

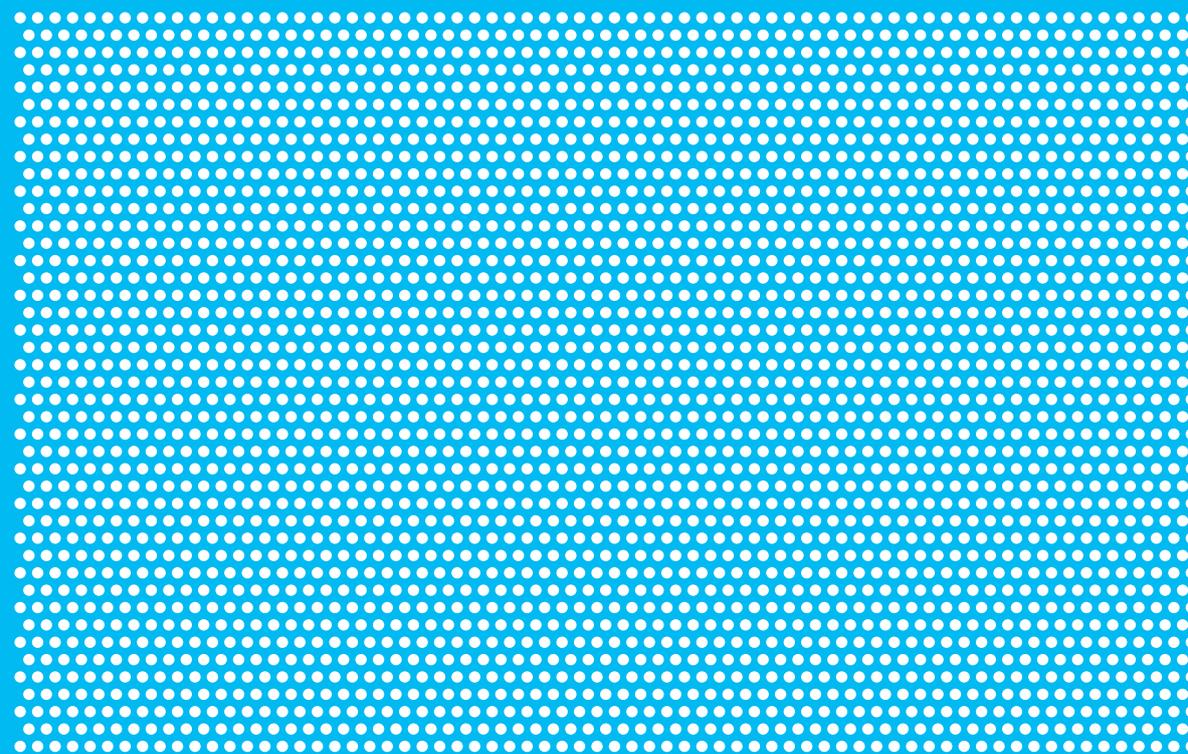
ISSN 2432-2792

2021年度版

総合研究院年報 No.39

ANNUAL REPORTS Number39

Research Institutes for Science and Technology



2021

東京理科大学  
Tokyo Rika Daigaku  
(Tokyo University of Science)

## 序

本年報は、2021年4月から2022年3月の期間における東京理科大学研究推進機構総合研究院(TUS-RIST)の活動記録です。

総合研究院は、東京理科大学における研究体制を刷新し新時代に即した有機的連携体制に基づく研究活動のより大きな発展を目指し、2005年11月に10研究センター5研究部門で発足した総合研究機構が2015年4月研究推進機構設置と共に改称されたものです。

2021年度には、ウォーターフロンティア研究センター、スペースシステム創造研究センター、カーボンバリュー研究拠点、先端エネルギー変換研究部門、再生医療を加速する超細胞・DDS 開発研究部門、パラレル脳センシング技術研究部門、デジタルトランスフォーメーション研究部門、先端的代数学融合研究部門が新設されました。また、新しい共同研究の仕組みとして「共創プロジェクト」がスタートし、その最初のプロジェクトとして、「花王 Kirei な未来共創プロジェクト」が新設されました。それに伴い、総合研究院は、年度末時点で3研究センター、21研究部門、1共同利用・共同研究拠点、1共創プロジェクトの構成となりました。

本総合研究院の設置目的として

- \* 実質的な連携研究の推進
- \* 分野横断研究の展開
- \* 基礎および応用研究についての総合的視点に立った新分野の開拓
- \* 学内・外と国内・外の壁を取り払った共同研究の推進
- \* 社会との連携の強化
- \* 次世代の社会を担う創造性豊かで多様性に富んだ優れた人材の育成

等が謳われています。上記目標の達成は決して容易ではありませんが、実質的な連携研究を推進するために2010年度に開始された領域制は、現在では「物質・材料」「構造材料・機械・流体・建築」「創薬・バイオ」「環境・情報・社会」「基礎・計測」で構成されております。また、2014年度各センター・部門毎に設置された学内外有識者による「アドバイザー委員会」は、より広い視点に立った研究活動展開に向けて重要な役割を持つようになっています。

「日本の理科大から世界の理科大へ」躍進をめざす東京理科大学の中にあって総合研究院はグローバルな視点に立った意欲的な研究活動の展開を通して大学・社会に寄与するため一層の努力を重ねて参ります。

関係各位のご協力ご援助よろしく申し上げます。

2022年3月

東京理科大学  
総合研究院(RIST)

院長 高柳 英明

## 目 次

院長挨拶	1
目次	2
総合研究院の沿革と現況	5
総合研究院組織図	6
総合研究院組織一覧表（2022年3月31日現在）	7
研究センター・研究部門別の研究報告	27
火災科学研究所	29
ウォーターフロンティア研究センター	41
スペースシステム創造研究センター	57
カーボンバリュー研究拠点	79
ナノカーボン研究部門	87
界面科学研究部門	99
実践的有機合成を基盤としたケミカルバイオロジー研究部門	107
先進複合材料・構造CAE研究部門	115
アカデミック・ディテールリング・データベース部門	121
核酸創薬研究部門	131
先端都市建築研究部門	139
合成生物学研究部門	145
再生可能エネルギー技術研究部門	157
アンビエントデバイス研究部門	169
生物環境イノベーション研究部門	177
統計科学研究部門	187
技術経営戦略・金融工学社会実装研究部門	203
数理解析連携研究部門	209
ナノ量子情報研究部門	217
先端エネルギー変換研究部門	225
再生医療を加速する超細胞・DDS開発研究部門	235
パラレル脳センシング技術研究部門	249

デジタルトランスフォーメーション研究部門	261
先端的代数学融合研究部門	273
花王 Kirei な未来共創プロジェクト	281
<b>研究者別の研究業績</b>	<b>283</b>
荒木 光典 (アラキ ミツノリ)	285
黄 麗娟 (コウ レイケン)	285
高田 健司 (タカダ ケンジ)	285
田沼 靖一 (タヌマ セイイチ)	286
土屋 好司 (ツチヤ コウジ)	286
西原 寛 (ニシハラ ヒロシ)	287
野島 雅 (ノジマ マサシ)	288
萩原 一郎 (ハギワラ イチロウ)	288
保坂 知宙 (ホサカ トモオキ)	288
前田 啓明 (マエダ ヒロアキ)	289
宮本 悦子 (ミヤモト エツコ)	289
<b>総合研究院フォーラム開催報告</b>	<b>291</b>
ウォーターフロンティア研究センター	294
ナノカーボン研究部門	295
界面科学研究部門	296
再生可能エネルギー技術研究部門	297
アンビエントデバイス研究部門	298
先端エネルギー変換研究部門	299
先進複合材料・構造 CAE 研究部門	300
実践的有機合成を基盤としたケミカルバイオロジー研究部門	301
アカデミック・ディテリング・データベース部門	302
核酸創薬研究部門	303
合成生物学研究部門	304
生物環境イノベーション研究部門	305
再生医療を加速する超細胞・DDS 開発研究部門	306
火災科学研究所	307
スペースシステム創造研究センター	308
先端都市建築研究部門	309
統計科学研究部門	310
パラレル脳センシング技術研究部門	311

デジタルトランスフォーメーション研究部門	312
数理解析連携研究部門	313
ナノ量子情報研究部門	314
先端的代数学融合研究部門	315
炎症病態治療研究懇談会	316
<b>事業開催記録</b>	<b>317</b>
<b>総合研究院研究設備</b>	<b>325</b>
火災科学研究所	327
ウォーターフロンティア研究センター	330
カーボンバリュー研究拠点	333
界面科学研究部門	335
核酸創薬研究部門	336
ナノ量子情報研究部門	337
<b>関係規程</b>	<b>339</b>
東京理科大学研究推進機構規程	341
東京理科大学総合研究院規程	345
東京理科大学総合研究院における研究センター 及び研究部門の設置並びに改廃に関する規程	353
学校法人東京理科大学共同研究契約取扱規程	356
東京理科大学総合研究院共創プロジェクト規程	363

## 総合研究院の沿革と現況

### (1) 総合研究院の目的・特徴

総合研究院は学問の変化・進展に対応し、かつ社会のニーズに応えるために、複数の学問分野の教員が協力して、学際型、分野横断型な総合的研究体制を構築するとともに、学外の専門家および産業界・行政との積極的な連携を通して優れた研究効果を創出・発信し、本学の学術教育研究体制の持続的発展と人材育成環境の高度化の実現を通して社会に大きく貢献することを目的としている。

その特徴は、理学・工学・薬学・理工学・先進工学・経営学の全学部を結ぶ横断型連携組織である。日本国内はもとより、国際的な連携を重視しており、国内外の研究拠点として活発な活動を進めている。

### (2) 総合研究院の変遷

2015年4月1日研究推進体制の充実を目的とする「東京理科大学研究推進機構」の設置に伴い東京理科大学総合研究機構は、東京理科大学研究推進機構総合研究院へと改組し設立した。2005年11月発足の東京理科大学総合研究機構は、25年の歴史を持つ東京理科大学総合研究所を前身とする。

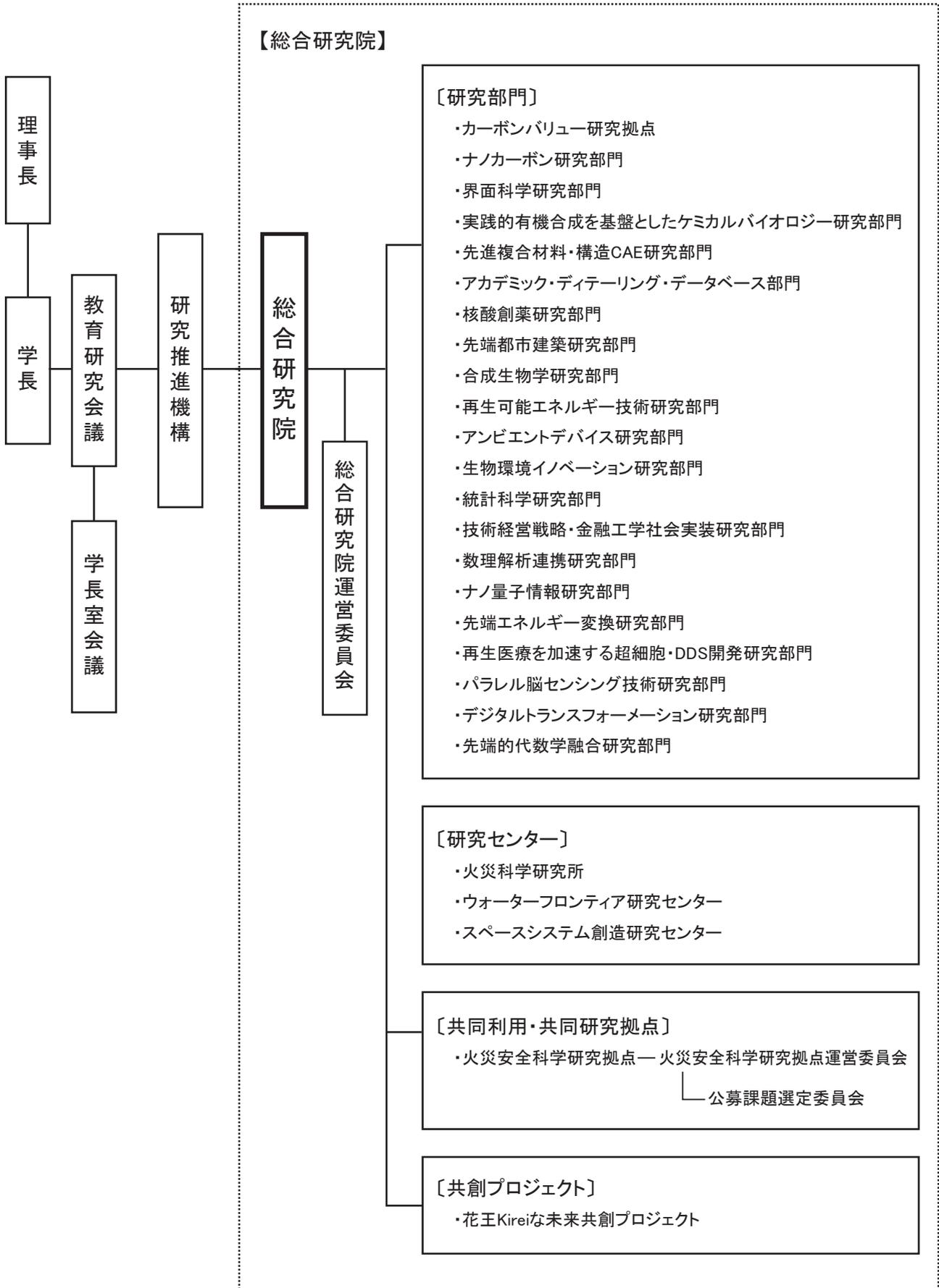
総合研究所は発足後、本学唯一の分野横断的な総合研究組織として活躍し、多くの実績を残した。25年間に17の研究部門が設置され、本学における分野横断型の研究グループの草分けとして、多くの研究組織を生み出す母体として重要な役割を果たしてきた。1989年にはバイオシステム研究部門から生命科学研究所が発足し、1996年には計算力学研究部門が母体となって情報科学教育・研究機構が発足した。

2004年3月31日付け「東京理科大学における研究所等のあり方について(答申)」がまとめられ、それをふまえて2005年4月25日「東京理科大学総合研究機構設立の提案(東京理科大学総合研究所等将来計画の最終答申)」が提示された。2005年11月10日に「東京理科大学総合研究機構設立準備委員会報告書」がまとめられ、それに基づき総合研究機構が発足した。

### (3) 総合研究院の組織

研究推進機構の元に設置される総合研究院は、研究部門・研究センター・共同利用・共同研究拠点及び共創プロジェクトで構成される。

# 総合研究院組織図



※共創プロジェクト及び懇談会は正式な組織図に含めない。

2022年3月31日

# 総合研究院組織一覧表

(2022年3月31日現在)

# 総合研究院組織一覧表

## 総合研究院運営委員会

(2022年3月31日現在)

氏名	職名
高柳英明	総合研究院長 兼 ナノ量子情報研究部門長
青木伸	総合研究院副院長
松山賢	火災科学研究所長
元祐昌廣	ウォーターフロンティア研究センター長
木村真一	スペースシステム創造研究センター長
工藤昭彦	カーボンバリュー研究拠点長
山本貴博	ナノカーボン研究部門長
酒井秀樹	界面科学研究部門長
椎名勇	実践的有機合成を基盤としたケミカルバイオロジー研究部門長
小柳潤	先進複合材料・構造CAE研究部門長
青山隆夫	アカデミック・ディテリング・データベース部門長
和田猛	核酸創薬研究部門長
高橋治	先端都市建築研究部門長
伊川友活	合成生物学研究部門長
杉山睦	再生可能エネルギー技術研究部門長
木下健太郎	アンビエントデバイス研究部門長
有村源一郎	生物環境イノベーション研究部門長
瀬尾隆	統計科学研究部門長
若林秀樹	技術経営戦略・金融工学社会実装研究部門長
加藤圭一	数理解析連携研究部門長
郡司天博	先端エネルギー変換研究部門長
西川元也	再生医療を加速する超細胞・DDS開発研究部門長
竹村裕	パラレル脳センシング技術研究部門長
滝本宗宏	デジタルトランスフォーメーション研究部門長
伊藤浩行	先端的代数学融合研究部門長
本間芳和	研究戦略・産学連携センター長

総合研究院 本務教員リスト

本務教員						
池田憲一	総研	教	授			
小林恭一	総研	教	授			
関澤愛	総研	教	授			
高柳英明	総研	教	授			
田沼靖一	総研	教	授			
西原寛	総研	教	授			
萩原一郎	総研	教	授			
松原美之	総研	教	授			
宮本悦子	総研	教	授			
石田直哉	総研	准教	授			
野島雅	総研	講	師			
今西哲	総研	講	師			
鈴木孝宗	総研	講	師			
長島佐代子	総研	講	師			
黄麗娟	総研	講	師			
大矢豊大	総研	助	教			
笹岡健二	総研	助	教			
堀内秀真	総研	助	教			
高田健司	総研	助	教			
福居直哉	総研	助	教			
保坂知宙	総研	助	教			
前田啓明	総研	助	教			
森修一	総研	助	教			
Sakiat Hossain	総研	助	教			
PAL Tigmansu	総研	助	教			

プロジェクト研究員	
荒木光典	
金井良博	
田中芳治	
土屋好司	
鳥越幹二郎	
福本敦	
宮奥香理	
吉野隼矢	
Ramesh Kumar Petla	
技術者	
安食敏宏	
安藤宗徳	
石川明日香	
宇都宮啓史	
岡沢美和	
工藤元樹	
佐々木貴大	
寶田哲仁	
朴鉉又	
福田真紀子	
堀尾浩司	
本田栄司	
Aryal Anu	
YOON UNGGI	
ポストドクトラル研究員	
斉匯成	
TAN Choon Meng	

# 火災科学研究所

センター長 松山賢			
本務教員			
萩原一郎	総研	教	授
関澤愛	総研	教	授
池田憲一	総研	教	授
小林恭一	総研	教	授
松原美之	総研	教	授
併任教員			
森田昌宏	理 1	教	授
秋津貴城	理 2	教	授
倉渕隆	工学	教	授
庄野厚	工学	教	授
辻本誠	工 2	教	授
大宮喜文	理工	教	授
兼松学	理工	教	授
衣笠秀行	理工	教	授
松山賢	理工研	教	授
河野守	理工研	教	授
桑名一徳	理工研	教	授
市村志朗	教養研	教	授
水野雅之	理工研	准 教	授
柳田信也	教養研	准 教	授
プロジェクト研究員			
荒木光典	総研		
技術者			
宇都宮啓史	総研		
福田真紀子	総研		
パクヒョンウ	総研		
YOON UNGGI	総研		

客員教授	
田中哮義	
長谷見雄二	
M. A. Delichatsios	
李克欣	
須川修身	
佐野友紀	
原田和典	
KIM WOONHYUNG	
中村祐二	
Guan-Yuan Wu	
岡泰資	
客員准教授	
福井潔	
山内幸雄	
若月薫	
客員研究員	
鈴木淳一	

ウォーターフロントティア研究センター

センター長 元 祐 昌 廣						
本務教員						
笹 岡 健 二	総 研	助	教			
併任教員						
徳 永 英 司	理	1	教			授
本 間 芳 和	理	1	教			授
三 浦 和 彦	理	1	教			授
山 本 貴 博	理	1	教			授
田 所 誠	理	1	教			授
由 井 宏 治	理	1	教			授
大 塚 英 典	理	1	教			授
中 井 泉	理	1	教			授
元 祐 昌 廣	工 学		教			授
佐々木 信也	工 学		教			授
山 本 誠	工 学		教			授
酒 井 秀 樹	理 工		教			授
上 野 一 郎	理 工		教			授
住 野 豊	理	1	准 教	教		授
酒 井 健 一	理 工		准	教		授
四 反 田 功	理 工		准	教		授
塚 原 隆 裕	理 工		准	教		授
勝 又 健 一	先 進 工		准	教		授
安 藤 格 士	先 進 工		講			師
浦 島 周 平	理	1	助			教
大 澤 重 仁	理	1	助			教
市 川 賀 康	工 学		助			教
赤 松 允 顕	理 工		助			教
黒 瀬 築	理 工		助			教
町 田 慎 悟	先 進 工		助			教
客員准教授						
加 藤 幸 一 郎						
山 口 康 隆						
客員研究員						
渡 辺 尚 貴						
山 本 憲						
荒 木 優 希						
森 樹 大						
川 田 将 平						

スペースシステム創造研究センター

センター長 木村真一			
本務教員			
石田直哉	総研	准教授	
鈴木孝宗	総研	講師	
併任教員			
向井千秋		特任副学長	
工藤昭彦	理 1	教授	
駒場慎一	理 1	教授	
根岸雄一	理 1	教授	
松下恭子	理 1	教授	
倉 潤	工学	教授	
郷田桃代	工学	教授	
阪田治	工学	教授	
長谷川幹雄	工学	教授	
浜本隆之	工学	教授	
赤倉貴子	工学	教授	
藤井孝藏	工学	教授	
後藤田浩	工学	教授	
山本誠	工学	教授	
月本光俊	薬学	教授	
幸村孝由	理 工	教授	
鈴木英之	理 工	教授	
井手本康	理 工	教授	
有光晃二	理 工	教授	
郡司天博	理 工	教授	
酒井秀樹	理 工	教授	
寺島千晶	理 工	教授	
湯 浅真	理 工	教授	
杉山睦	理 工	教授	
木村真一	理 工	教授	
堂脇清志	理 工	教授	
上野一郎	理 工	教授	
荻原慎二	理 工	教授	
米本浩一	理 工	教授	
飯田努	先進工	教授	
向後保雄	先進工	教授	
小柳潤	先進工	教授	
鈴木智順	教養研	教授	
渡辺量朗	理 1	准教授	
田中優実	工学	准教授	

立川智章	工学	准教授	
北村尚斗	理工	准教授	
近藤剛史	理工	准教授	
四反田功	理工	准教授	
藤本憲次郎	理工	准教授	
片山昇	理工	准教授	
勝又健一	先進工	准教授	
山根里香	経営	准教授	
水野雅之	理工研	准教授	
柳田信也	教養研	准教授	
向本敬洋	教養研 1	講師	
川脇徳久	理 1	助教	
山口友一	理 1	助教	
伊藤友輔	工学	助教	
前田慶博	工学	助教	
北嶋和己	薬学	助教	
東條敏史	理工	助教	
藤川貴弘	理工	助教	
町田慎悟	先進工	助教	
客員教授			
栄長泰明			
後藤英司			
手嶋勝弥			
坂本一民			
上塚洋			
Suresh Wamangir Gosavi			
VicenteRodríguezGonzález			
客員准教授			
中田一弥			

カーボンバリュー研究拠点

拠点長 工藤 昭彦			
本務教員			
石田 直哉	総研	准教	授
鈴木 孝宗	総研	講	師
併任教員			
工藤 昭彦	理	1	教 授
駒場 慎一	理	1	教 授
根岸 雄一	理	1	教 授
寺島 千晶	理工		教 授
堂脇 清志	理工		教 授
田中 優実	工学		准 教 授
川脇 徳久	理	1	助 教
山口 友一	理	1	助 教

ナノカーボン研究部門

部門長 山本 貴博			
併任教員			
山本 貴博	理	1	教 授
本間 芳和	理	1	教 授
根岸 雄一	理	1	教 授
梅村 和夫	理	2	教 授
Mark Paul Sadgrove	理	1	准 教 授
中嶋 宇史	理	1	准 教 授
田中 優実	工学		准 教 授
橋爪 洋一郎	教養研		准 教 授
松原 愛帆	理	1	助 教
川脇 徳久	理	1	助 教
ポストドクトラル研究員			
入田 賢	理	1	
客員教授			
岡田 晋			
阿武 宏明			
福山 秀敏			
丸山 茂夫			
客員准教授			
小鍋 哲			
千足 昇平			
平山 尚美			
客員研究員			
加藤 大樹			
清水 麻希			
根岸 良太			

界面科学研究部門

実践的有機合成を基盤としたケミカルバイオロジー研究部門

部門長 酒井 秀 樹			
併任教員			
田 所 誠	理	1	教 授
大 塚 英 典	理	1	教 授
根 岸 雄 一	理	1	教 授
河 合 武 司	工 学		教 授
近 藤 行 成	工 学		教 授
橋 詰 峰 雄	工 学		教 授
石 川 仁	工 学		教 授
佐々木 信也	工 学		教 授
牧 野 公 子	薬 学		教 授
後 藤 了	薬 学		教 授
金 井 要	理 工		教 授
酒 井 秀 樹	理 工		教 授
菊 池 明 彦	先 進 工		教 授
住 野 豊	理	1	准 教 授
青 木 健 一	理	2	准 教 授
近 藤 剛 史	理 工		准 教 授
酒 井 健 一	理 工		准 教 授
中 山 泰 生	理 工		准 教 授
プロジェクト研究員			
金 井 良 博	総 研		
客員教授			
坂 本 一 民			
大 島 広 行			
稲 木 敏 男			
鈴 木 敏 幸			
渡 辺 啓 久			
金 子 晃			
柴 田 攻			
山 縣 義 文			
柿 原 敏 明			
貝 瀬 千 尋			
Per B. Zetterlund			
客員准教授			
小 倉 卓			
客員研究員			
類 家 竜 司			

部門長 椎 名 勇			
併任教員			
下 仲 基 之	理	1	教 授
椎 名 勇	理	1	教 授
樋 上 賀 一	薬 学		教 授
川 崎 常 臣	理	1	准 教 授
真 野 泰 成	薬 学		准 教 授
酒 井 健 一	理 工		准 教 授
村 田 貴 嗣	理	1	助 教
ポストドクトラル研究員			
殿 井 貴 之	理	1	
客員教授			
長 原 礼 宗			
亀 井 克 彦			
森 田 明 典			
岡 本 康 司			
鈴 木 啓 介			
客員准教授			
石 和 田 稔 彦			
中 田 健 也			
小 幡 裕 希			
諸 橋 賢 吾			

先進複合材料・構造 CAE 研究部門

部門長 小柳 潤			
併任教員			
有 光 晃 二	理 工	教	授
萩 原 慎 二	理 工	教	授
岡 田 裕	理 工	教	授
高 橋 昭 如	理 工	教	授
小 柳 潤	先 進 工	教	授
向 後 保 雄	先 進 工	教	授
松 崎 亮 介	理 工	准 教	授
井 上 遼	工 学	講	師
新 井 優 太 郎	先 進 工	助	教
客員教授			
石 川 敏 弘			

アカデミック・ディテリング・データベース部門

部門長 青 山 隆 夫			
併任教員			
青 山 隆 夫	薬 学	教	授
小 茂 田 昌 代	薬 学	教	授
鹿 野 真 弓	薬 学	教	授
高 橋 秀 依	薬 学	教	授
西 川 元 也	薬 学	教	授
斎 藤 顕 宜	薬 学	教	授
後 藤 了	薬 学	教	授
宮 崎 智	薬 学	教	授
和 田 猛	薬 学	教	授
嶋 田 修 治	薬 学	准 教	授
鈴 木 立 紀	薬 学	准 教	授
根 岸 健 一	薬 学	准 教	授
真 野 泰 成	薬 学	准 教	授
高 澤 涼 子	薬 学	准 教	授
佐 藤 嗣 道	薬 学	准 教	授
山 根 里 香	経 営 学	准 教	授
河 野 洋 平	薬 学	講	師
客員教授			
寺 下 真 人			
杉 平 直 子			
宮 崎 美 子			
山 本 美 智 子			
後 藤 恵 子			
客員研究員			
尾 関 理 恵			
大 野 逸 子			

核酸創薬研究部門

部門長 和田 猛					
併任教員					
鳥越秀峰	理	1	教	授	
大塚英典	理	1	教	授	
花輪剛久	薬学		教	授	
西川元也	薬学		教	授	
和田 猛	薬学		教	授	
秋本和憲	薬学		教	授	
樋上賀一	薬学		教	授	
宮崎 智	薬学		教	授	
西山千春	先進工		教	授	
後飯塚僚	生命科学		教	授	
小林正樹	薬学		講	師	
八須匡和	先進工		講	師	
櫻井雅之	生命科学		講	師	
小澤知尋	薬学		助	教	
草森浩輔	薬学		助	教	
佐藤一樹	薬学		助	教	
多森翔馬	薬学		助	教	
中野義雄	薬学		助	教	
野崎 優香	薬学		助	教	
客員教授					
上園保仁					
武藤倫弘					
島野 仁					
谷中昭典					
山本哲哉					
江口 晋					
中川 嘉					
大野茂男					
客員准教授					
伊豫田拓也					
鈴木英雄					
森 亮 一					
土谷智史					
佐々木和教					
客員研究員					
沖田直之					

先端都市建築研究部門

部門長 高橋 治					
併任教員					
高橋 治	工学		教	授	
宇野 求	工学		教	授	
伊藤裕久	工学		教	授	
郷田桃代	工学		教	授	
今本啓一	工学		教	授	
伊藤香織	理工		教	授	
河野 守	理工		教	授	
熊谷亮平	工学		准	教	
栢木まどか	工学		准	教	
高佳音	工学		講	師	
清原千鶴	工学		助	教	

合成生物学研究部門

部門長 伊川友活					
併任教員					
青木伸	薬学	教授			
鎌倉高志	理工	教授			
十島二朗	先進工	教授			
清水公德	先進工	教授			
鞆達也	教養研	教授			
太田尚孝	教養研	教授			
伊川友活	生命研	教授			
定家真人	理工	准教授			
中村由和	理工	准教授			
古屋俊樹	理工	准教授			
前澤創	理工	准教授			
坂本卓也	理工	講師			
荒添貴之	理工	講師			
客員教授					
松永幸大					
西田敬二					
風間裕介					
客員准教授					
諸橋賢吾					
菅野茂夫					

再生可能エネルギー技術研究部門

部門長 杉山睦					
併任教員					
趙新為	理工	2	教授		
秋津貴城	理工	2	教授		
植田讓	工学		教授		
杉山睦	理工		教授		
永田衛男	工学		准教授		
近藤潤次	理工		准教授		
片山昇	理工		准教授		
生野孝	先進工		准教授		
原口知之	理工	2	講師		
中根大輔	理工	2	助教		
崔錦丹	工学		助教		
金胄男	理工		助教		
小平大輔	理工		助教		
客員教授					
平田陽一					
渡邊康之					
白方祥					
客員研究員					
大西悟					

## アンビエントデバイス研究部門

部門長 木下 健太郎		
本務教員		
高柳 英明	総 研	教 授
併任教員		
木下 健太郎	理 1	准 教 授
中嶋 宇史	理 1	准 教 授
生野 孝	先進工	准 教 授
橋爪 洋一郎	教養研	准 教 授
安藤 格士	先進工	講 師
客員教授		
竹谷 純一		
小野 新平		
客員准教授		
渡邊 峻一郎		

## 生物環境イノベーション研究部門

部門長 有村 源一郎			
併任教員			
朽津 和幸	理 工	教 授	授
西浜 竜一	理 工	教 授	授
佐竹 信一	先進工	教 授	授
有村 源一郎	先進工	教 授	授
田村 浩二	先進工	教 授	授
太田 尚孝	教養研	教 授	授
古屋 俊樹	理 工	准 教 授	授
宮川 信一	先進工	准 教 授	授
白石 充典	先進工	准 教 授	授
高橋 史憲	先進工	准 教 授	授
秋山 好嗣	教養研	准 教 授	授
坂本 卓也	理 工	講 師	授
櫻井 雅之	生命研	講 師	授
古宮 裕子	教養研	講 師	授
橋本 研志	理 工	助 教	授
出崎 能丈	先進工	助 教	授
客員教授			
松永 幸大			
客員准教授			
斉藤 拓也			
岡田 憲典			
客員研究員			
相馬 亜希子			

統計科学研究部門

部門長 瀬尾 隆					
併任教員					
瀬尾 隆	理	1	教	授	
矢部 博	理	1	教	授	
橋口 博樹	理	1	教	授	
松崎 拓也	理	1	教	授	
宮岡 悦良	理	2	教	授	
寒水 孝司	工学		教	授	
富澤 貞男	理工		教	授	
渡辺 雄貴	教職		教	授	
黒沢 健	理	1	准	教	授
村上 秀俊	理	1	准	教	授
田畑 耕治	理工		准	教	授
安藤 晋	経営		准	教	授
川崎 玉恵	理	1	講	師	
胡 艶楠	理	1	講	師	
下川 朝有	理	2	講	師	
篠崎 智大	工学		講	師	
石井 晶	理工		講	師	
八木 文香	理	1	助	教	
安藤 宗司	工学		助	教	
中川 智之	理工		助	教	
客員教授					
塩濱 敬之					
西山 貴弘					
客員准教授					
小泉 和之					

技術経営戦略・金融工学社会実装研究部門

部門長 若林 秀樹			
併任教員			
坂本 正典	経営	教	授
若林 秀樹	経営研	教	授
Robert Feldman	経営研	教	授
日戸 浩之	経営研	教	授
青木 英彦	経営研	教	授
中山 裕香子	経営研	教	授
石橋 哲	経営研	教	授
客員教授			
坂本 幸雄			
富田 純司			
片寄 裕市			
大平 亮			
福原 正大			
丹下 大			
白石 重明			
秋山 友紀			
客員研究員			
高田 久徳			
栗岡 大介			
平井 大之			
三上 奈央			

数理解析連携研究部門

部門長 加藤圭一					
併任教員					
加藤圭一	理	1	教	授	
太田雅人	理	1	教	授	
横田智巳	理	1	教	授	
二国徹郎	理	1	教	授	
石渡恵美子	理	1	教	授	
伊藤弘道	理	2	教	授	
池口徹	工学		教	授	
山崎多恵子	理工		教	授	
牛島健夫	理工		教	授	
東平光生	理工		教	授	
石田敦英	教養研		准	教	授
田中視英子	理	1	講	師	
相木雅次	理工		講	師	
側島基宏	理工		講	師	
江夏洋一	教養研		講	師	
深谷法良	理	1	助	教	
来間俊介	理	1	助	教	
只野之英	理	1	助	教	
鈴木俊夫	理	1	助	教	

ナノ量子情報研究部門

部門長 高柳英明					
本務教員					
高柳英明	総研		教	授	
併任教員					
蔡兆申	理	1	教	授	
渡邊昇	理工		教	授	
佐中薫	理	1	准	教	授
Mark Paul Sadgrove	理	1	准	教	授
入山聖史	理工		准	教	授
橋爪洋一郎	教養研		准	教	授
渡部昌平	理	1	講	師	
神澤健雄	理工		助	教	
客員教授					
山本剛					
仙場浩一					
齊藤志郎					
荒川泰彦					
樽茶清悟					

先端エネルギー変換研究部門

部門長 郡 司 天 博						
本務教員						
西	原	寛	総	研	教	授
併任教員						
早	瀬	仁	則	理	工	授
堂	脇	清	志	理	工	授
郡	司	天	博	理	工	授
有	光	晃	二	理	工	授
板	垣	昌	幸	理	工	授
井	手	本	康	理	工	授
坂	井	教	郎	理	工	授
寺	島	千	晶	理	工	授
北	村	尚	斗	理	工	准 教 授
近	藤	剛	史	理	工	准 教 授
酒	井	健	一	理	工	准 教 授
四	反	田	功	理	工	准 教 授
中	山	泰	生	理	工	准 教 授
藤	本	憲	次	郎	理	工 准 教 授
片	山	昇	理	工	准	教 授
客員教授						
秋 本 順 二						
客員准教授						
辻 村 清 也						

再生医療を加速する超細胞・DDS 開発研究部門

部門長 西 川 元 也						
併任教員						
西	川	元	也	薬	学	授
磯	濱	洋	一	郎	学	授
花	輪	剛	久	薬	学	授
牧	野	公	子	薬	学	授
山	下	親	正	薬	学	授
内	呂	拓	実	薬	学	授
後	藤	了		薬	学	授
菊	池	明	彦	先	進	工 教 授
早	田	匡	芳	薬	学	准 教 授
秋	山	好	嗣	教	養	研 准 教 授
秋	田	智	后	薬	学	助 教 授
小	澤	知	尋	薬	学	助 教 授
草	森	浩	輔	薬	学	助 教 授
大	塚	裕	太	薬	学	助 教 授
田	中	健	太	薬	学	助 教 授
小	松	周	平	先	進	工 助 教 授
客員教授						
大 島 広 行						
客員准教授						
伊 豫 田 拓 也						
竹 内 一 成						

パラレル脳センシング技術研究部門

部門長 竹村 裕			
併任教員			
阪 田 治	工 学	教	授
斎 藤 顕 宜	薬 学	教	授
牛 島 健 夫	理 工	教	授
竹 村 裕	理 工	教	授
瀬 木 恵 里	先 進 工	教	授
中 村 岳 史	生 命 研	教	授
萩 原 明	理 工	准 教	授
山 本 隆 彦	理 工	准 教	授
市 川 寛 子	教 養 研	准 教	授
橋 本 卓 弥	工 学	講 師	
朝 倉 巧	理 工	講 師	
山 田 大 輔	薬 学	助 教	
山 本 征 孝	理 工	助 教	
鯉 沼 真 吾	生 命 研	助 教	
客員教授			
長 谷 川 良 平			
客員研究員			
小黒-安藤 麻美			

デジタルトランスフォーメーション研究部門

部門長 滝本 宗宏			
併任教員			
伊 藤 浩 行	理 工	教	授
滝 本 宗 宏	理 工	教	授
宮 本 暢 子	理 工	教	授
朽 津 和 幸	理 工	教	授
大 和 田 勇 人	理 工	教	授
石 垣 綾	理 工	教	授
西 山 裕 之	理 工	教	授
小 松 亨	理 工	准 教	授
桂 田 浩 一	理 工	准 教	授
田 畑 耕 治	理 工	准 教	授
安 井 清 一	理 工	准 教	授
大 村 英 史	理 工	講 師	
松 澤 智 史	理 工	講 師	
客員教授			
玄 光 男			
客員准教授			
諸 橋 賢 吾			
客員研究員			
植 松 幸 生			
熊 澤 努			

# 先端的代数学融合研究部門

部門長 伊藤 浩行						
併任教員						
若山正人	理	1	教			授
木田雅成	理	1	教			授
功刀直子	理	1	教			授
眞田克典	理	1	教			授
佐藤洋祐	理	1	教			授
関川浩	理	1	教			授
佐藤隆夫	理	2	教			授
伊藤浩行	理	工	教			授
宮本暢子	理	工	教			授
青木宏樹	理	工	准	教		授
大橋久範	理	工	准	教		授
加塩朋和	理	工	准	教		授
小松亨	理	工	准	教		授
八森祥隆	理	工	准	教		授
田畑耕治	理	工	准	教		授
五十嵐保隆	理	工	准	教		授
中村隆	教	養研	准	教		授
野口健太	理	工	講			師
板場綾子	理	1	助			教
野村次郎	理	2	助			教
榎園誠	理	工	助			教
松本雄也	理	工	助			教

## 総合研究所 組織変遷表

組織名	西暦																									備考	
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005		
◆総合研究所																											1981年1月22日 発足
研究部門																											
火災科学研究部門																											火災科学研究センターに改組
界面科学研究部門																											2005年11月 総合研究機構へ移行
インテリジェントシステム研究部門																											2005年11月 総合研究機構へ移行
基礎科学研究部門																											
先端材料研究部門																											
環境・エネルギー研究部門																											
光科学研究部門																											
DDS 研究部門																											DDS研究部門研究センターに改組
数学教育研究部門																											2005年11月 総合研究機構へ移行
固体物性研究部門																											
破壊力学研究部門																											
バイオシステム研究部門																											インテリジェントシステム研究部門に改組
生命科学研究部門																											基礎科学研究部門に改組
計算力学研究部門																											
高温超伝導研究部門																											先端材料研究部門に改組
静電気研究部門																											環境・エネルギー研究部門に改組
リモートセンシング研究部門																											
研究施設																											
赤外自由電子レーザー研究センター																											2005年11月 総合研究機構へ移行
先端材料研究部門研究センター																											2005年11月 総合研究機構へ移行
火災科学研究センター																											2005年11月 総合研究機構へ移行
DDS 研究部門研究センター																											2005年11月 総合研究機構へ移行
海洋生物研究施設																											
高機能合成解析センター																											
◆生命科学研究所附属研究施設																											
再生工学研究センター																											2005年11月 総合研究機構へ移行
◆情報科学教育・研究機構																											
計算科学フロンティア研究センター																											
情報メディアセンター																											
◆薬学研究科附属研究施設																											
ゲノム創薬研究センター																											2005年11月 総合研究機構へ移行
◆基礎工学研究科附属研究施設																											
ナノサイエンス・テクノロジー研究センター																											2005年11月 総合研究機構へ移行

## 総合研究機構 組織変遷表

組織名	西暦	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	備考
◆総合研究機構												2005年11月1日 発足
研究部門												
神楽坂 人・未来研究部門												
物質界面化学研究部門												2008年4月「界面科学研究部門」から名称変更
インテリジェントシステム研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
数学教育研究部門												
知識インターフェース研究部門												
ものづくり・先端計測科学研究部門												
次世代フォトニック応用研究部門												2011年4月 先端ホログラフィ技術研究開発センターに改組
ケミカルバイオロジー研究部門												
再生工学研究部門												2010年4月 RNA科学総合研究センターに改組
危機管理・安全科学技術研究部門												
トランスレーショナルリサーチ部門												2014年4月 トランスレーショナルリサーチセンターに改組
先端デバイス研究部門												
太陽光発電研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
エコシステム研究部門												
エネルギー・環境光触媒研究部門												
次世代データマイニング研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
山岳大気研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
量子生命情報研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
創薬フロンティア研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
長万部地域社会研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
イメージングフロンティア研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
先端情報通信研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
マイクロ・ナノ界面熱流体力学国際研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
ナノカーボン研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
バイオルガノメタリクス研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
ヒト疾患モデル研究部門												2013年4月 生命研ヒト疾患モデル研究センターに改組
未利用熱エネルギー変換研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
界面科学研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
分子連関相乗系研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
先端都市建築研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
アカデミック・ディテリング・データベース部門												2015年4月 総合研究院へ移行
医理工連携研究部門												2015年4月 総合研究院へ移行
研究センター部												
赤外自由電子レーザー研究センター												2007年4月 先端研究施設共用イノベーション創出事業に採択
先端材料研究センター												
火災科学研究センター												2013年4月 戦略的研究基盤形成支援事業
DDS 研究センター												
ゲノム創薬研究センター												
再生工学研究センター												
ナノサイエンス・テクノロジー研究センター												
グリーン光科学技術研究センター												高度化推進事業
ホリスティック計算科学研究センター												高度化推進事業
人間支援工学研究センター												高度化推進事業
量子生命情報研究センター												高度化推進事業
ナノ粒子健康科学研究センター												高度化推進事業
ポリスケールテクノロジー研究センター												高度化推進事業
キラルマテリアル研究センター												高度化推進事業
界面科学研究センター												戦略的研究基盤形成支援事業
がん医療基盤科学技術研究センター												戦略的研究基盤形成支援事業
グリーン&セーフティ研究センター												戦略的研究基盤形成支援事業
戦略的物理製剤学研究基盤センター												戦略的研究基盤形成支援事業
RNA 科学総合研究センター												戦略的研究基盤形成支援事業
戦略的環境次世代健康科学研究基盤センター												戦略的研究基盤形成支援事業
先端ホログラフィ技術研究開発センター												戦略的研究基盤形成支援事業
キラリティー研究センター												戦略的研究基盤形成支援事業
光触媒国際研究センター												先端技術実証・評価設備整備費等補助金(経済産業省)
トランスレーショナルリサーチセンター												戦略的研究基盤形成支援事業
共同利用・共同研究推進部												
火災安全科学研究拠点												2015年4月 総合研究院へ移行

## 総合研究院 組織変遷表

組織名	西暦	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	備考
◆総合研究院														2015年4月1日 発足
研究部門														
次世代データマイニング研究部門														
山岳大気研究部門														
量子生命情報研究部門														
インテリジェントシステム研究部門														
創薬フロンティア研究部門														
長万部地域社会研究部門														
イメージングフロンティア研究部門														2015年 イメージングフロンティアセンターに改組
先端情報通信研究部門														
マイクロ・ナノ界面熱流体力学国際研究部門														
ナノカーボン研究部門														
バイオオルガノメタリクス研究部門														
未利用熱エネルギー変換研究部門														
界面科学研究部門														
分子連関相乗系研究部門														
先端都市建築研究部門														
アカデミック・ディテールリング・データベース部門														
医理工連携研究部門														
数理モデリングと数学解析研究部門														
ウォーターフロンティアサイエンス研究部門														
再生医療と DDS の融合研究部門														
太陽光発電技術研究部門														
先端 EC デバイス研究部門														
アグリ・バイオ工学研究部門														
ものこと双発研究部門														
大気科学研究部門														
超分散知能システム研究部門														
脳学際研究部門														
先進農業エネルギー理工学研究部門														
現代代数学と異分野連携研究部門														
マルチスケール界面熱流体力学研究部門														
実践的有機合成を基盤としたケミカルバイオロジー研究部門														
先進複合材料・構造 CAE 研究部門														
核酸創薬研究部門														
合成生物学研究部門														
再生可能エネルギー技術研究部門														
アンビエントデバイス研究部門														
生物環境イノベーション研究部門														
統計科学研究部門														
技術経営戦略・金融工学社会実装研究部門														
数理解析連携研究部門														
ナノ量子情報研究部門														
先端エネルギー変換研究部門														
再生医療を加速する超細胞・DDS 開発研究部門														
パラレル脳センシング技術研究部門														
デジタルトランスフォーメーション研究部門														
先端的代数学融合研究部門														
カーボンバリュー 研究拠点														2022年1月1日設置(設置期間:2022/1/1~2026/12/31)
研究センター														
赤外自由電子レーザー研究センター														2007年4月 先端研究施設共用イノベーション創出事業に採択
火災科学研究所(火災科学研究センター)														戦略的研究基盤形成支援事業(2013年度~2017年度)
戦略的環境次世代健康科学研究基盤センター														戦略的研究基盤形成支援事業
先端ホログラフィ技術研究開発センター														戦略的研究基盤形成支援事業
キラリティ研究センター														戦略的研究基盤形成支援事業
光触媒国際研究センター														先端技術実証・評価設備整備費等補助金(経済産業省)
トランスレーショナルリサーチセンター														戦略的研究基盤形成支援事業
イメージングフロンティアセンター														戦略的研究基盤形成支援事業
ウォーターフロンティアサイエンス&テクノロジー研究センター														2016.11.22私立大学ブランディング事業採択
スペース・コロニー研究センター														2017.11.7私立大学ブランディング事業採択
ヒト疾患モデル研究センター														2018.4.1 生命医学研究所より総合研究院へ
スペースシステム創造研究センター														
ウォーターフロンティア研究センター														
共同利用・共同研究拠点														
火災安全科学研究拠点														
光触媒研究推進拠点														
共創プロジェクト														
花王 Kirei な未来共創プロジェクト														

## 研究センター・研究部門別の研究報告



# 火災科学研究所

# 火災科学研究所について

## 1. 概要

火災科学研究センターは、2018年度より火災科学研究所という名称を使用している。本研究所は、前身の総合研究所火災科学研究部門を核とする組織が、2003年度文部科学省・21世紀COEプログラム（プログラム名：先導的建築火災安全工学研究の推進拠点）に採択され設置された組織である。続いて、2008年度に文部科学省・グローバルCOEプログラム（プログラム名：先導的火災安全工学の東アジア教育研究拠点）が採択され、この2つのCOE（Center of Excellence）プログラムの10年を通じて、先端的な研究推進のみならず、国際シンポジウム・セミナーの開催、査読付き英文研究ジャーナルの発行と電子化（International Journal for Fire Science and Technologyは1981年創刊で、現在はJ-stageで論文が公開され世界各国の人々が無料閲覧可能）、実験棟を最大限に活用した産官からの研究受託等を充実させ、国際協力や社会貢献も含めて、多面的に火災科学分野の発展に寄与する活動を展開してきた。特に、東アジア地域を中心とするアジアの諸都市での火災リスクやその安全対策に関する分析、集中講義の開催、若手研究者の短期受入、JSTが推進するさくらサイエンスプラン等を通じて、外国の教育研究機関との連携も強め、人材育成面でも貢献してきた。また、2013年度に文部科学省・私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（プロジェクト名：専門知の共有に基づくアジアの火災安全情報拠点の形成—情報化社会における新しい火災安全のあり方—）に採択された。過去に経験の無い速度、規模で高層化、近代化しているアジアの諸都市は、潜在的な火災リスクの増大の懸念と共に、その顕在化による脅威を科学的に分析し適切な対策を施すことが必要である。こうした課題にアジア諸都市で生じる火災危険事象の抽出にインターネットを活用し、これらに関係者と共有する火災情報ネットワークを構築し、その中で先導的火災研究による本学の研究成果を活用して火災リスクを減じ、都市で生活する人々の火災安全の向上を目的としている。具体的には、次の2つのテーマを掲げている。

- 1) 火災安全情報拠点の形成に基づくアジアの諸都市の火災リスク分析
- 2) アジアの諸都市における火災危険事象の分析

前者は、アジア圏において火災事故情報の収集と火災工学に関する専門知を共有する仕組みを構築することであり、後者は近代化・都市化に伴う火災リスクの顕在化に対して、その原因究明や安全対策のあり方を議論するものである。よって、本研究所は、火災安全工学の専門知を共有する研究拠点として機能し、アジアの諸都市での火災事象を分析し、これを安全対策とセットで情報展開することで地域全体の火災リスク抑制を実現することを目標としている。2018年度から設置期間を定めない組織となり、冒頭に記した通り対外的に火災科学研究所の名称を用い、また2020年度に実験棟の施設設備を活用して国土交通省から指定性能評価機関として認定を受けた。

また、2009年度に共同利用・共同研究拠点として「火災安全科学研究拠点」が文部科学省の認定を受け、学内外の研究者と協力し実施する共同研究を推進している。主に、都市化に伴う新空間（超高層、地下）および工業化・省エネルギー化に伴う新材料（主にアルミニウム、プラスチック等）の利用に伴って増大する火災の潜在リスクの抑制に資することを目的としている。

## 2. 研究センターの構成と施設設備

建築火災安全工学研究は、図1に示すとおり、火災現象に始まり、煙流動や延焼拡大、それに対する避難行動や構造部材の加熱性状などが対象となる。また、建築物の集合としての都市や地下空間の火災安全も研究対象に含まれる。火災科学研究センターでは、こうした多岐に及ぶ研究対象を、図2に示すような相互関係として位置づけ、研究活動を展開している。

研究テーマは「変容する空間・材料利用に対応する火災安全工学」を軸として、①「火災物理・化学現象」、②「火災時の人間挙動（心理・生理・行動）」、③「性能的火災安全設計技術」に関する研究、そしてそれら要素を総合化し実用化を図る④「変容する空間・材料利用対応の火災安全性能評価・設計体系の確立に関する研究」に携わる4分野について研究活動を展開している。

こうした研究活動の一端を担うのが、火災科学研究センター実験棟であり、大学に付属する火災科学研究専用施設としては世界トップレベルの規模を有しており、逐次大型設備を整備するこ

とで機能的にも充実してきている。図3にこれまでに整備された各種設備について、名称とその配置を実験棟の平面図を用いて示す（一部、写真1）。



図1 建築火災安全工学研究のイメージ

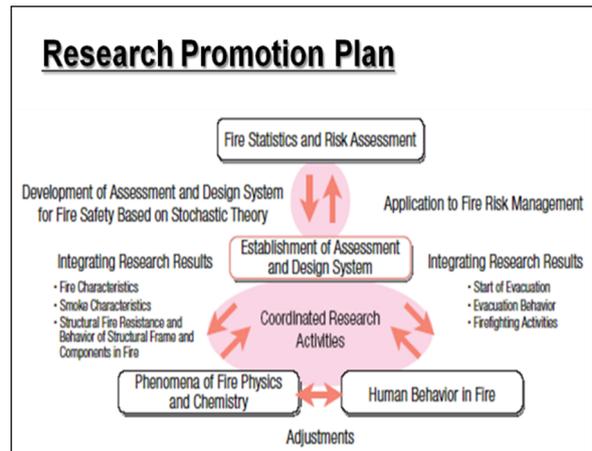


図2 研究分野の相互関係と活動体制

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| ① コーンカロリメータ試験装置<br>・ FTIR 分析装置       | ⑤ 散水設備を有する実規模火災区画模型                          |
| ② 中型複合炉（内寸 W1.5×D1.5×H1.5m）          | ⑥ 多目的水平載荷加熱装置<br>（内寸 W3×D4×H3.5m、最大載荷 500MN） |
| ③ 放射パネル（ICAL 装置）                     | ⑦ 外装材加熱試験装置                                  |
| ④ ルームコーナー試験装置<br>・ 焼集煙フード（固定式 5m×5m） | ⑧ 大型壁炉（内寸 W3.5×D1.0×H3.5m）                   |
|                                      | ⑨ 二次燃焼炉（排煙処理装置）                              |

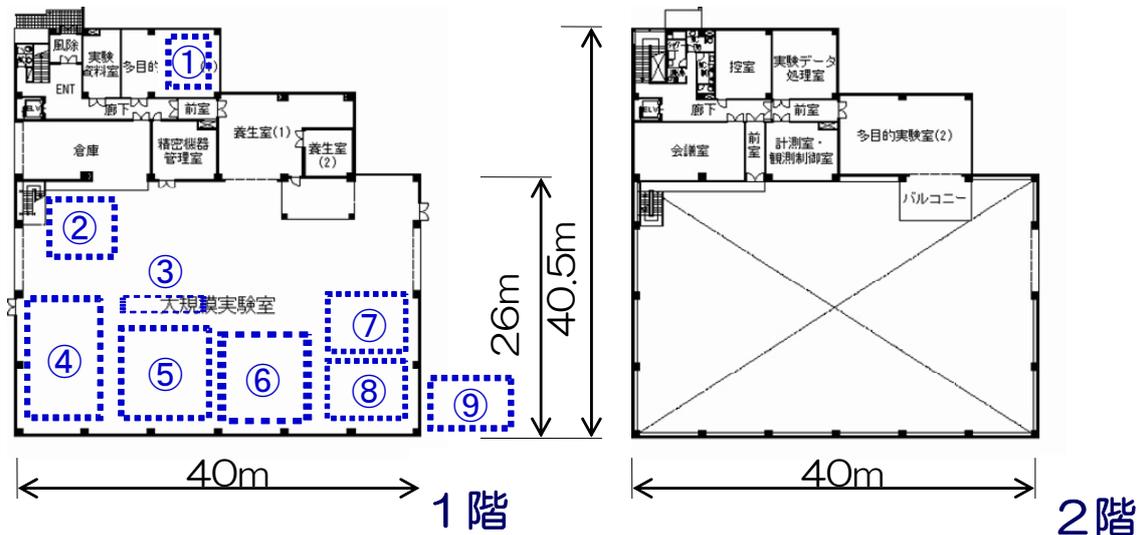


図3 大規模実験棟平面図と各種設備



⑥多目的水平載荷加熱装置



⑧大型壁炉

写真1 火災科学研究センター実験棟

### 3. 各研究グループの活動報告

2021年度から研究グループの体制を見直し、①「火災物理・化学領域」、②「避難・人間行動領域」、③「構造耐火・材料防災領域」および④「消防防災・産業火災領域」の4つの領域で研究活動を実施した。各領域の成果報告を次の3.1～3.4に示す。

#### 3.1. 火災物理・化学領域について

火災・爆発現象の解明を目的に、様々な基礎的研究が行われている。今回は、煙流動ならびに可燃性固体の反応解析の研究成果について報告する。

煙流動に関しては、エレベーターシャフトを活用した排煙効果を対象に実験的研究を行った。高層建築物における火災では、避難時間および消火活動の長時間化や消防隊支援の観点から、長期にわたり煙を効率的かつ継続的に建物外へ排出する方法が求められている。こうした背景の下、本研究では火災初期だけでなく火災盛期においても煙の浮力により屋外に煙を排出することが可能なスモークタワー方式、とりわけ、火災時に利用されていない乗用エレベーター（EV）シャフト等の活用に着目している。EVシャフトをスモークタワーに代用することができれば、スペースと排煙の効率化に関する大幅な改善が期待される。本研究では、EVシャフトを排煙設備に活用する技術的可能性検討に資することを目的として、縮小模型を用いた煙流動に関する実験を中心に、理論的考察が行われた。実験では、図4に示すような模型を用いて火源規模および開口条件をパラメータとし、各開口での圧力分布や煙流動特性を明らかにし、さらにシャフト頂部排煙量について定量的な把握を行っている。EVシャフトを利用した排煙は、シャフト内の圧力分布、すなわち中性帯位置の把握が最も重要となるが、本研究では、系統的な実験結果から中性帯位置を明らかにするとともに、理論的考察により、シャフト内中性帯位置および排煙量算定の簡易予測手法が提案され、実験結果との比較により、その有用性についても確認した。

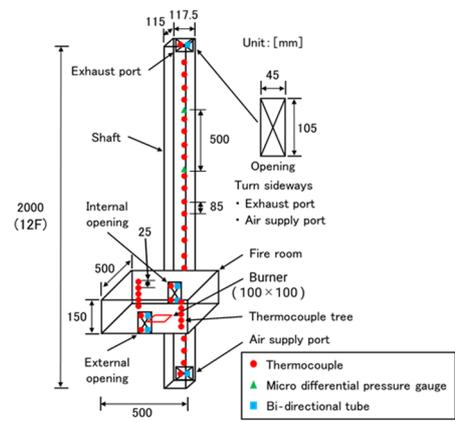


図4 煙流動模型実験の概要

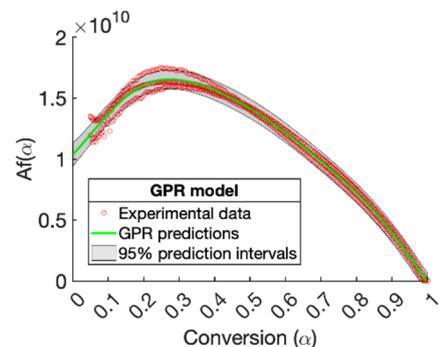


図5 反応モデルの推定

可燃性固体の反応解析に関しては、熱分解反応モデルの構築を試みた。可燃性固体の着火リスクや燃焼性の評価のためには、熱分解や燃焼等の反応速度を正確に予測することが重要である。本研究では、セルロース試料の熱重量測定結果データから反応モデルを構築する方法について検討した。まず、異なる昇温速度における熱重量測定結果から、活性化エネルギーを求めた。そして、非線形回帰法であるガウス過程回帰（GPR）により反応モデルを推定した（図5）。GPRを用いることにより、関数形を仮定することなく反応モデルを推定できる。この方法で得られた反応モデルを用いることにより、従来よりも高精度で実験結果を再現できることが確認された。

#### 3.2. 避難・人間行動領域について

この領域は火災時の避難安全だけでなく、火災現場における消防職員の労働安全などについても対象としている。ここでは、以下の2点について研究成果を紹介する。

（高層建築物の全館避難シナリオ）これまでに高層事務所ビルでの全館避難訓練の調査を通じて、順次避難計画の有効性を示してきたが、今後予測手法を用いて適切な避難シナリオの妥当性を評価する必要がある。その第一歩として、全館避難訓練の階段内避難状況に関するデータ（ED）を対象に、避難シミュレーションモデル SimTread（ST）、簡易計算手法（CV）を用いて階段内の避難状況の再現性を検討した。避難完了時間の予測は、ST及びCVにおいて比較的良好な一致を示したが、階段降下時の密度に関しては両者ともEDとの差が見られた（図6）。今後、これらの予測手法の精度を高めて、順次避難シナリオの妥当性評価に応用する計画である。

(避難器具の配置の評価) 避難器具は、火災時に階段等が使用できなくなった際に用いられる脱出手段の一つである。これまで避難器具の有効性や性能に関する研究があるものの、配置に関する研究がされていない。そこで、避難器具の効果的な配置を定量的に評価する方法を検討した。消防法により、避難器具は「階段、避難口その他の避難施設から適当な距離に」設置することを要求されていることから、階段との離隔距離の評価  $P_D$  と、階段から離れる方向の評価  $P_A$  の2つの評価軸による評価手法を提案した(図7)。また、火災報告データを用いて、避難器具が設置されている建築物で火災が発生した場合、避難器具の使用状況を分析した。25年分の火災データから避難器具が設置されていた建築物約5万件のうち、避難器具が使用された火災は4,782件であり、全体の9.1%で使用されていることが示された。

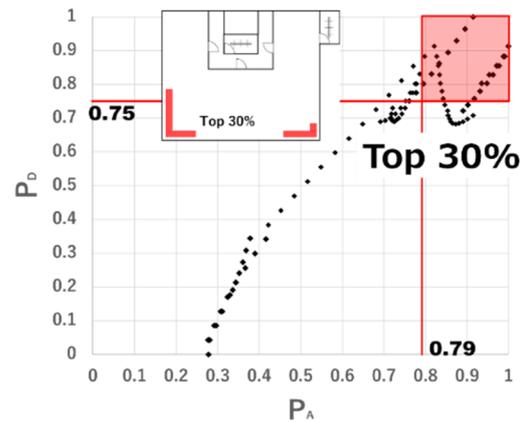
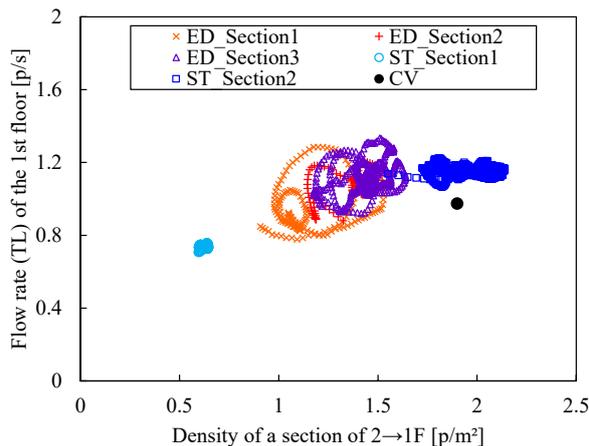


図6 階段1階出口での流動量と群集密度との関係 図7 効果的とされる避難器具の配置

### 3. 3. 構造耐火・材料防災領域について

この領域は、主として建築物を構成する部材や架構の火災安全性および建築部材に加えて、内装仕上げ、什器、家具等に用いられる材料の火災時安全性に対して検討を行ってきた。

2021年度は、従前の課題を延長して、鋼構造建築物の梁に広範囲に用いられているウェブに円形孔を有し、耐火被覆されたH形鋼梁の火災時挙動について、数例の実験結果をベンチマークとした有限要素法による解析手法を構築し、種々の断面、孔径をもつ同種の梁の火災時挙動を分析した。また、高強度鋼または高降伏点鋼のように普通鋼(規格上の降伏点が325 MPa以下、引張強さが490 MPa以下)より高強度(引張強さ700 MPa)または高降伏点(降伏点が400 MPa, 500 MPa)の柱について、鋼材の高温クリープを考慮した有限要素解析手法を検討した。これらの鋼種は、高度な耐震設計に向けて日本の鋼材メーカーにより開発された鋼種であり、その耐火性能については未解明の部分がある。これらの業界団体との連携をすすめ、かつ、高度な実験設備と耐火性能に関する解析能力が蓄積された理科大ならではの研究テーマといえる。

鋼材やコンクリートによる伝統的な「耐火構造」に加え、二酸化炭素排出抑制、ゼロエネルギー建築、住宅(ZEB, ZEH)の観点から建築への積極的な木材利用が期待されている。木材は可燃材料であり、建築物への利用にあたってはその火災安全性に関して、材料的にも構造的にも種々の課題を克服する必要がある。その一つとして、本年度は天井木内装の燃え広がりを抑制する方策を検討した。本研究では、下面加熱時の木材の燃焼性状を確認することを目的とした実験を実施し、下面燃焼時の木材の単位重量減少当たりの発熱量(燃焼熱)は、既往の研究(上面または側面加熱時)で報告されている燃焼熱12~13kJ/gより低く、約4~8割(平均:59%)となることを確認し、燃焼熱の低減および対流加熱の影響を考慮した天井木内装の燃え広がりモデルを構築した。

### 3. 4. 消防防災・産業火災領域について

この研究領域では、「科学技術を活用して消防活動を守る」、「化学物質・産業により発生する火災から守る」という視点から研究を実施している。

消防隊員の労働災害防止に向けた、心身の健康管理・効果的なトレーニング方法に関する研究においては、消防本部と連携し、実際に使用する装備を付けた消防隊員のトレーニング中に、生理学的指標を測定し、活動の安全性を保つための管理手法や効果的なトレーニング方法を立案する研究を実施した(写真2)。この他、アイススラリーの摂取が酷暑環境下の消防活動時にどのような身体冷却効果を有しているのかを分析し、夏季の消防活動における消防隊員の熱中症発症リスク低減を目的とした研究、消防防災分野でのドローン技術の活用に関する研究、環境負荷を考慮した消火剤の消火能力評価の研究も行った(写真3)。



写真2 トレーニング中の測定実験の様子

化学物質・産業により発生する火災から守るための研究では、想定される火災・爆発リスクを精度よく定量的に評価できる手法の確立を目指し、粉塵爆発事故を対象として、重力による粉体の移動や気流への追従遅れを考慮した、粉塵爆発に伴う圧力上昇速度等を予測可能な火災伝播速度の予測モデルの構築を行った。また、大学理学部研究室での数年間にわたる作業環境測定の結果にもとづく、有機溶媒(危険物第4類)の健康被害と火災危険性の両面からの有機溶剤のリスク分析を行った。この他、化学火災に関連する我が国の消防法による法規制と、バングラデシュの法規制との比較分析を実施し、当該国の消防法規の改善提案としてとりまとめるなど、わが国の法規制の国際展開に資する研究、産業火災の「原因と結果」「物質と条件」分析へのAI技術の活用に関する研究なども実施した。



写真3 限界消火剤供給率の測定

#### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

先述の通り、4つの領域で研究活動を開始した。これは、近年における火災現象の多様化が背景にある。昨今、ガソリン放火をはじめとする火災、具体的には“想定外の火災”が頻発していることで、現状の火災対策では十分な人命安全を確保できない可能性があり、新たな枠組みで研究活動を進めて行く必要がある。まずは特徴的な火災現象の分析を行った上で、各領域にて課題を洗い出し、議論をしながら研究を進めていく。さらに、共通の課題に対しては、領域間で緊密な連携をとりながら、課題解決を行っていくことで、火災被害の低減に繋げていきたい。

#### 5. むすび

本研究所の研究組織は、文部科学省が推進した2つのCOEプログラムを10年間で遂行し、2013年度より私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(プロジェクト名:専門知の共有に基づくアジアの火災安全情報拠点の形成—情報化社会における新しい火災安全のあり方—)を5年間推進してきた。これらの実績が評価され期限を定めない研究センターとして2018年度より位置づけられ、またその名称も対外的に火災科学研究所と称することが認められた。引き続き、主にアジア圏の火災事故情報を分析対象とし、研究課題を設定しながら火災リスク低減に寄与する研究成果をあげ、アジアの関係者との情報共有によりそれらを普及させる。また、国内においては国土交通大臣による指定性能評価機関として業務を実施するため、その広報及び実務を活発に実施する。

本研究所が運営する「火災安全科学研究拠点」は、文部科学省より共同利用・共同研究拠点として認定を受け、日本での火災科学の核としての役割をさらに果たしていく使命がある。引き続き、海外機関との共同研究も実施し、今後ともアジアの拠点として火災科学・火災安全工学の分野において世界で一層活躍の場を拡大させたいと考える。

なお、新型コロナウイルスの感染拡大を受けて延期していた8th Forum for Advanced Fire

Education/Research in Asia は、2021 年 10 月に本学がオーガナイザーとしてオンラインにて開催した。10 ヶ国から約 50 名の参加があり、火災分野の教育や研究事情について講演ならびに活発な質疑応答が行われ、成功裏に終えることができた。

また、当研究所所属教員のマスコミ対応は、特筆に値する。2021 年 12 月に発生した大阪・北新地ビルの火災では、連日、テレビや新聞をはじめ、約 100 件の解説・コメントが取り上げられた。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Analysis of Texts of Fire Accidents in University Chemistry Experiments Using AI Text Mining, Natsuki Date, Kohei Yokosuka, and Takashiro Akitsu, International Journal for Fire Science and Technology, 40 巻, pp 1-13, 2021 (査読有).
2. Risk of Fire and Health Hazards Due to Organic Solvents in Chemical Laboratories, Soron Yamauchi, Shunsuke Aoki, Masayuki Mizuno, and Takashiro Akitsu, International Journal for Fire Science and Technology, 40 巻, pp 15-24, 2021 (査読有).
3. Environmental Chemistry Related to Forest Fires and Fire Extinguishers, Soron Yamauchi, Ryuya Okubo, Hanae Ko, Kan Okada, Shizuya Saito, Momoka Hosoi, Shinichi Miki, Yuya Murakami, Masayuki Mizuno, and Takashiro Akitsu, International Journal for Fire Science and Technology, 40 巻, pp 25-37, 2021 (査読無).
4. From Students' Questions of Safety Education in a Chemistry Laboratory, Takashiro Akitsu, Edelweiss Chemical Science Journal, 4 巻, pp 14-15, 2021 (査読有).
5. Attempt to Reduce Potentially Flammable Organic Solvents in Chemical Synthesis, Takashiro Akitsu, Yuika Onami, Tetsundo Furuya, Edelweiss Chemical Science Journal, 4 巻, pp 16-17, 2021 (査読有).
6. Chemical and Material Science for Humanity and Social Science, Takashiro Akitsu, Chemical Science & Engineering Research, 3 巻, pp 30-32, 2021 (査読有).
7. Effects of Home Confinement on the Intensity of Physical Activity during the COVID-19 Outbreak in Team Handball According to Country, Gender, Competition Level and Playing Position: A Worldwide Study Souhail Hermassi, El Ghali Bouhafs, Nicola Luigi Bragazzi, Shiro Ichimura, Khaled E. Alsharji, Lawrence D. Hayes and René Schwesig, International Journal of Environmental Research and Public Health 18(8), 2021. (査読有)
8. 開口噴出熱気流の温度分布に対する余剰未燃ガスの影響に関する実験的研究, 大宮喜文, 姜 昇具, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 86, No. 783, pp.409-418, 2021 (査読有)
9. Cellular flame structures and thermal characteristics of axi-symmetric ceiling fires: an experimental study and scaling analysis, X. Fang, L. Hu, A. Qiu, X. Zhang, K. Kuwana, Combustion and Flame, 230 巻 111442, 2021 (査読有)
10. Research on risk of dust explosions in microgravity for lunar and planetary exploration, W. Kim, R. Saeki, R. Dobashi, T Endo, K. Kuwana, T. Mogi, M. Lee, M. Mikami, T. Ishikawa, Y. Nakamura, International Journal of Microgravity Science and Application, 38 巻 380204, 2021 (査読有)
11. 粉塵爆発下限濃度付近の燃焼挙動の検討, 桑名一徳, 金 佑勁, 茂木俊夫, 土橋 律, 安全工学会誌, 60 巻 pp 101-108, 2021 (査読有)
12. ウェブに円形孔を有する被覆 H 形鋼梁の孔小口面の形態係数, 村上晴彦, 尹 雄起, 河野 守, 鈴木淳一, 日本建築学会構造系論文集, 86 巻 pp.1380-1390, 2021 (査読有)
13. ウェブに円形孔を有する H 形鋼梁の高温時挙動 (その 2) : FEM 解析による実験の再現と様々な条件での耐火性能の解析, 尹 雄起, 村上晴彦, 河野 守, 鈴木淳一, 日本建築学会構造系論文集, 86 巻 pp.1464-1474, 2021 (査読有)
14. 避難器具配置の性能評価に関する研究, 萩原一郎, 日本建築学会学術講演梗概集 (防火), pp 99-100, 2021 (査読無)
15. Fully-developed Fire Temperature in a Compartment with Varying Wood Fuel Loads, K. Himoto, M. Noaki, K. Matsuyama, Progress in Scale Modeling, an International Journal, Vol. 2, Iss. 2, Article 8, 2021 (査読有)
16. Necessary Condition for Measurement of Heat Flux Sensor using a Thermoelectric Module, T. Matsuoka, T. Nishihara, D. Matsugi, D. Paul, K. Matsuyama, Yuji Nakamura, Fire Safety Journal, Vol. 125, 2021 (査読有)

17. RIP シガレットの着火性に関する実験的研究 第4報 -室内環境条件を変更したせんべい布団におけるRIPシガレットの効果検証-, 前田大輔, 松山賢, 名川良春, 荻野 薫, 松藤高明, 関澤 愛, 日本火災学会論文集, 第71巻, 第1号, pp. 17-23, 2021 (査読有)
18. 地震火災に対する広域避難対策に関する研究 -出勤時間帯を対象とした避難場所の収容能力の評価-, 水野雅之, 大塚拓弥, 地域安全学会論文集, No.39, pp. 411-418, 2021 (査読有)
19. 消防団員の属性に着目した消防団の持続可能性に関する研究-消防団員へのアンケート調査を通じて-, 松下港平, 水野雅之, 関澤 愛, 地域安全学会論文集, No. 39, pp. 187-193, 2021 (査読有)
20. 高層事務所ビルの避難訓練を再現した避難シミュレーション SimTread による階段内避難流動状況に関する比較分析, 朴 聖經, 水野雅之, 藤井皓介, 呉 貫遠, 門倉博之, 佐野友紀, ティンコストラクトニヤル, 関澤 愛, ライフサポート, Vol. 33, No. 3, pp. 87-93, 2021. (査読有)
21. 消防活動支援システムのための人工磁気導体一体型アンテナの検討, 井熊雄介, 山本隆彦, 柳田信也, 市村志朗, 仲吉信人, 水野雅之, 大宮喜文, 越地耕二, 円谷信一, 鈴木 峻, 清水祐二, 清水鉄也, 有海正浩, 日本AEM学会誌, 29巻 pp 372-377, 2021 (査読有)
22. 消防活動支援システムにおける中継器用人工磁気導体一体型アンテナに関する検討, 井熊 雄介, 柳田信也, 水野雅之, 大宮喜文, 山本隆彦, エレクトロニクス実装学会誌, 25巻 pp 111-122, 2022 (査読有)
23. 光電脈波法によるストレス計測にむけた基礎的検討 -緑色光による測定とスマートリング応用-, 窪田一磨, 山本隆彦, 松尾健右, 柳田信也, 1B16, 2022 (査読無)

## 著書

1. Chapter 13 “Future Aspects of Flame-Retardant Polyurethanes” in Materials & Chemistry of Flame-Retardant Polyurethanes Volume II (edited by Ram K. Gupta), Takashiro Akitsu, American Chemical Society, pp 249-268, 2021.
2. ISO/TR20413 Fire safety engineering - survey of performance-based fire safety design practices in differnt countries, Ichiro Hagiwara, Naohiro Takeichi, ISO, 2021
3. マイクロ・ナノ熱工学の進展, 中村祐二, 桑名一徳, 平沢太郎, エヌ・ティー・エス, pp 277-286, 2021
4. 建築物の火災荷重および設計火災性状指針 (第2版), 大宮喜文, 松山賢 他 (共著), 日本建築学会, 2022

## 招待講演

1. Chemical and Material Science for Humanity and Social Science, Takashiro Akitsu, 12th International Science Conference, New Delhi, India (or online), 2022.
2. 相似則の緩和について——指向的分割と方向性次元解析——, 桑名一徳, 日本実験力学学会 2021年度年次後援会, オンライン, 2021
3. 静電気現象と災害・障害, 松原美之, 東京安全衛生教育センター, 2021
4. 静電気による液体可燃物の災害と対策, 松原美之, 静電気学会, 2021
5. 障災害防止のための静電気基礎, 松原美之, トクヤマ, 静電気安全講習会, 2022

## 広報

1. 河野 守, 大阪市北区ビル火災に関するコメント, 毎日新聞, 2021
2. 萩原一郎, 大阪北新地放火火災に関するコメント, 朝日新聞, 2021
3. 松原美之, 火の効用・火の災害, 東京理科大学・野田市・流山市包括連携協定に基づく講演会, 2021
4. 松山 賢, 広島駅前 (エキニシ) 火災の発生に伴う旧市街地火災の危険性に関する解説, 5up!, 広島ホームテレビ, 2021
5. 松山 賢, 二酸化炭素消火設備による事故に関する解説, NewsZERO, 日本テレビ, 2021

## 受賞

1. 柳田信也, 優秀研究課題, 公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団, 2021

## 研究課題（研究者別）

### 秋津 貴城

#### 「森林火災や消火剤・難燃剤に関する環境化学の調査研究」

近年、大規模な森林火災や山火事は世界的問題であり、有害な消火剤の使用も環境問題を引き起こしうる。森林火災は、森林の消失以外にも、多環芳香族炭化水素やダイオキシンなどの有害生成物の発生点でも環境問題といえる。そこで、本研究では森林火災や山火事の事例をもとに、消火剤や難燃剤の化学的性状が環境問題を引き起こす潜在的可能性や、新技術への展望などについて、調査・考察を行った。

### 市村 志朗

#### 「消防隊員の消防活動中の熱中症対策に関する研究」

夏季の消防活動における消防隊員の熱中症発症リスク低減を目的とした身体冷却方法の開発を行っている。現在は、深部体温に直接的に効果があるとされているアイススラリーの摂取が酷暑環境下の身体活動時にどのような身体冷却効果を有しているのかについて検討している。

#### 「日本の消防隊員の心疾患についての疫学調査」

アメリカの消防隊員では、勤務中の心疾患での死亡は、過去10年間の平均で全死亡割合の43%と非常に高く（警察官7%、救急医療従事者11%）、特に最大のリスクは消火活動中または直後にあり、その程度は他の消防署勤務中の10倍～130倍になると報告されている。他の報告では、消防士の消防活動（シミュレーション）に労作や暑熱が加わると、血小板の活性化、血栓形の増加、血管機能の低下がみられ、心筋虚血要因が促進され、消防士の消防活動は急性心筋梗塞との関連を説明するための病因メカニズムが存在することが示されている。しなしながら、日本の消防隊員における勤務時の心疾患の発生数などは明らかにされていない。そこで、日本の消防隊員の勤務時の心疾患についての疫学的な調査を行う。

### 大宮 喜文

#### 「建物火災時の開口噴出熱気流性状に関する研究」

建築物の盛期火災を想定し、可燃物条件および建築的条件（庇、バルコニー）をパラメータとし、開口噴出熱気流性状に関する研究を実施する。火災室内で未燃焼の可燃性ガスが開口から噴出し燃焼した場合の開口噴出熱気流性状への影響を定量的に把握し、建築物の延焼拡大防止評価手法を提案する。

### 兼松 学

#### 「難燃薬剤処理木質材料の耐久性評価に関する研究」

近年、建物の外装材に木材を用い、防火性の観点から難燃処理木材を使用するが、雨にさらされることで薬剤が溶脱し、所要の性能を維持できなくなることが懸念される。本研究では、国内における外装用難燃処理木材の経年劣化を考慮した防火性能評価方法を確立することを目的とし、難燃薬剤処理木質材料の劣化メカニズムを明らかにするとともに、乾湿繰り返しサイクルの促進劣化試験方法の開発を進めている。

### 衣笠 秀行

#### 「地震時の都市機能継続性に関する研究」

近年の地震における東京の機能麻痺と混乱など、経済活動や都市機能の地震に対する脆弱性が明らかになってきた。本研究は、近年増大する大地震に対する都市の脆弱性への懸念を背景に、現行耐震基準で設計される建物の機能停止に対する耐性の現状と、地震時機能維持の観点から付与すべき耐震性レベルを明らかにすることを目的とする。本研究の大目標は機能継続性の観点から見た首都東京の耐震性の現状を明らかにすることにある。

## 倉淵 隆

### 「飲食店の火気器具に設ける上引きダクトの火災抑制方策の検討」

飲食店の火気器具に設ける排気用のダクトは、内壁に付着した油分やホコリ等が調理中の火の粉や火炎によって着火し、火災に至ることがある。炭火焼肉店等では、火源とダクト吸込み口が至近距離にあり、火災事例も散見される。この解決にはダクト清掃等のメンテナンスと適切な離隔距離の関係を実験的に見出す必要がある。そこで、(一社)日本空調システムクリーニング協会を事務局とし、研究委員会形式で検討を実施する予定である。

## 桑名 一徳

### 「可燃性固体の反応モデルに関する研究」

火災シミュレーションの高精度化は定量的火災リスク評価や効果的な消火法の立案において重要である。本研究は可燃性固体の熱分解および燃焼反応の正確なモデル化に着目した。これらの反応は複雑な反応機構を有するため、簡便な定式化は容易ではない。そこで、熱重量分析などの実験データに対してガウス過程回帰などの手法を適用し、反応モデルの推定を行うことを試みている。

## 河野 守

### 「建築構造部材・建築設備の耐火性能に関する研究」

建築物を構成する柱・梁・壁・床等の部材、これらとともに防火区画を構成する防火扉等の防火設備に関して、実験的、解析的な検討をすすめた。具体的には、耐火被覆された有孔H形鋼梁、高強度または高降伏点鋼を用いた柱、コンクリートとスチールデッキによる合成スラブ床、水平方向に展開するスチールシャッターを対象として、実験による挙動把握と実験をベンチマークとした有限要素解析手順の構築、さらに構築された手法を用いて実験とは異なる種々の条件下でのこれらの部材・設備の耐火性能分析を進めた。

## 庄野 厚

### 「断熱材の熱物性解析に関する研究」

軽量断熱材の開発には、断熱性能評価が必要不可欠であり、その中でも熱伝導率は重要な指標の一つである。本研究では、種々の断熱材の熱伝導率を測定し、断熱材の構造（繊維配向性、繊維長、繊維径、空隙率、空隙形状、連続空隙性等）の関係について明らかにすることを目的とする。定常法により測定した断熱材熱伝導率の異方性（繊維配向性）とX線CTスキャナを用いた断熱材の内部構造の解析から得られた空隙情報を抽出して指標化し、両者の相関性について検討を行った。

## 萩原 一郎

### 「避難器具配置の性能評価に関する研究」

本研究は、火災時における避難器具の効果的な配置について検討し、定量的な評価手法を開発することを目的とする。1995年から2019年に発生した戸建住宅を除く建物火災のうち避難器具が設置されていた火災約5万件において、①用途や構造など建築物の特性、②出火時刻や焼損程度など火災の状況に注目して、避難器具使用率などの分析を行った。また、実態調査を踏まえ、効果的な配置に関する評価手法と評価基準を検討した。

### 「避難安全のためのセキュリティ対策」

最近増えている避難経路上にあるアクセス制限などのセキュリティの実態調査を行い、発生が予想される事故や危険について分析し、避難安全を確保するため対策を検討する。成果は避難安全に関するセキュリティ（アクセス制限）のガイドラインとしてまとめ、安全な建築計画に資することを目的とする。今年度は、被験者による破壊錠の操作に関する実験計画を作成し、小型防火戸に破壊錠を設置した試験体4体を作成した。

## 松原 美之

### 「化学火災の被害軽減の研究」

化学火災（容易に着火する、火災の拡大が急速である、消火が困難である等の化学物質が関与する火災）である産業現場で発生した爆発・火災事故の分析を行うとともに、ヒューマンエラー・静電気など原因となる事象について研究する。化学火災に関連する我が国の消防法による法規制と、バングラディッシュの法規制との比較分析により明らかにする。

### 「消火・難燃化と延焼抑制に関する研究」

林野火災・都市延焼火災等の大規模火災の拡大を阻止する技術の提案など、物理・化学の側面からの火災被害の低減のための研究を実施している。特に、2021年度は林野火災に対するゲル状消火水の延焼抑止効果の検証と実装のための基礎的研究を企業との共同研究として実施。

## 松山 賢

### 「竪穴区画を利用した新たな煙制御手法の確立」

これまでの排煙設備は、初期火災を主な関心の対象にしているが、建築物の超高層化による避難時間の長時間化や火災階に突入する消防隊の支援の観点から、鎮火に至るまでの長期にわたり煙を建物外へ排出する方法が求められている。本研究では、建物内に常設されるEVシャフト等の竪穴空間をスモークタワーと見立て、排気・給気ファンに頼らず、効率の良い排煙手法の確立を目指している。

## 水野 雅之

### 「高層オフィスビルからの全館避難の計画手法の検討」

高層ビルからの全館避難は災害時に生じ得る事象で、これをスムーズかつ安全に実施する方策を検討する必要がある。これまで実施してきた東京都内のオフィスビルでの全館避難訓練の調査結果に基づいて、全館避難シナリオを計画する手法を検討する。避難流動状態を評価する手法を提案し、その適用性を確認する。

### 「VR技術を用いた避難行動分析に関する研究」

近年、VR技術を用いた避難行動分析を行う研究が活発に行われてきている。本研究では、地下街通路のような通路状の空間における大規模な避難における出口選択傾向を対象として、在館者密度、避難開始時の位置や方向などの条件の差が避難行動にどのように影響を及ぼすか調査している。VR避難実験と実空間での避難実験の比較についても検討する。

## 柳田 信也

### 「消防隊員の熱中症予防のための生理学的解析」

消防隊員の火災や救助現場における活動安全性を向上するために、実際の消防活動中の身体的および心理的負荷の定量化を生理学的見地から測定している。現在は特に、研究ターゲットとして熱中症対策について、実際の火災現場をシミュレーションした環境における暑熱曝露及び身体冷却実験を実践している。

### 「消防隊員の心身に対する労働負荷の定量」

24時間交代制など、時間的にも負担が大きい労働環境があるばかりでなく、災害や事故などに対応する消防隊員は極めて心身への労働負荷が高い職業であると考えられる。その労働安全性を保ち、適切な環境を維持することを目的として、生理学的指標を用いた疲労度などの心身の状態の解析を実際の消防隊員を対象として実施している。

# ウォーターフロンティア研究センター

# ウォーターフロンティア研究センターについて

## 1. 概要

ウォーターフロンティアサイエンス&テクノロジー研究センターは、本学の私立大学ブランディング事業「材料表面・界面における水の学際研究拠点の形成」を推進するために2016年11月22日に発足し、第1期である5年間（2021年3月31日）を終了し、ウォーターフロンティア研究センター（Water Frontier Research Center; WaTUS）として、第2期（2021年4月1日～）に引き継ぎ、発展的に改組することとなった。本研究センターは、生命や地球、我々の各種活動の存続にとって欠かすことのできない「水」を研究対象の中心に据え、特に、物質・材料表面との階層的な相互作用が発現する「水界面」において、吸着構造、濡れ・流れといった動態を対象として、原子・分子スケールから巨視的スケールまでを繋ぐように分野横断型の研究を指向する、国内外でも非常に珍しい「理科大ならではの」研究拠点である。

本研究センターでは、第1期に培った分野横断型の研究体制をある程度維持しつつ、活動のフィールドを広げ、以下の4項目について重点的に活動を展開する。

- (1) 水界面に関する学際研究の深化
- (2) 国際的なコア研究拠点の形成
- (3) 産業界とともに問題解決を目指す水研究のワンストップサービスの確立
- (4) 研究を通じた理科大の可視化

「水界面」に関する最先端研究を遂行しつつ世界随一の研究拠点を形成するために、国内外の研究者が集う場を提供していく。また、企業との連携と強化していく、産業社会が抱える様々な課題にソリューションを提供する、問題発見型・解決型の研究組織として確立させていくことを目指す。そして、センターの様々な活動を通して本学の存在を広く世にアピールすることも重要だと考える。

## 2. 研究センターの構成と施設設備

本研究センターでは、学問領域を超えた学際的な共同研究を推進するために、その構成に関して、研究アプローチとして、材料創成、計測分析、理論解析、の3項目、研究ターゲットとして、物質と水、生命と水、環境と水、の3項目を設定し、このユニットが有機的に絡み合う3×3方式のマトリックス型の研究ユニットを編成している。このマトリックス型の緩急編成では、機能性材料を創成する研究者、高度な計測・分析技術を開発する研究者、理論やシミュレーション、データサイエンスを専門とする研究者が三位一体となる共同研究を実施しながら、以下に示す各々の研究ターゲットに取り組む体制となっている。各自が得意分野を活かしながら連携を深めることで、効率的に研究を進めるだけでなくシナジー効果を生み出すことが期待される。

- ・物質と水：物質・材料サイドから水との関わりを意識した研究開発を進める。主としてマテリアル研究を核とする。
- ・生命と水：水と人や医療との関わりを意識した研究開発を進める。バイオ分析、生体医工学、医療貢献を志向する。
- ・環境と水：人間社会を取り巻く環境と水との関わりを意識した研究開発を進める。地球科学、省エネルギー技術開発などを対象とする。

施設・設備に関しては、第1期に導入した、①一体型フェムト秒再生増幅装置、②雰囲気制御走査型プローブ顕微鏡、③小型研究開発用スパッタリング装置、④高速度・高感度カメラシステム、⑤全反射界面蛍光顕微システムを保有している。物質表面のナノスケピックな和周波発生分光計測やAFM計測や、精緻な金属薄膜の形成、材料表面金属パターンニング、濡れ広がりの高精度画像計測や材料表面極近傍のサブマイクロメートルスケールの流れ計測、などが可能である。また、これまでに開発を進めてきている、電子軌道解析、分子動力学解析、流体解析を一体化させた水の統合シミュレータも実用段階に近づいて来ており、実験・分析装置だけでなく、高度シミュレーションにおいても本学独自の技術を打ち出し、本センターにおける水界面研究のさらなる推進と波及のための連携研究を推進している。

### 3. 各研究グループの活動報告

本センターは前述したように「物質と水」「生命と水」「環境と水」のユニットを形成しており、互いに連携しながら研究を進めている。以下に、そのうち数テーマ分の研究活動について報告する。

#### 3. 1. 「物質と水」ユニットについて

原子・分子スケールの物質表面と水との相互作用について研究する本ユニットでは、カーボンナノチューブに内包される水の固液共存状態に関する研究を進めている。これまでの研究において、界面水はその分子運動に制限を受けることが知られており、本研究ではその相変化でのバルクとは異なる挙動を見出すことを目的としている。単層カーボンナノチューブ内に水分子を配置して温度や圧力を変化させて分子動力学シミュレーションを実施した(図1)。各水分子の回転相関時間を求めたところ、 $-20^{\circ}\text{C}$ ~ $40^{\circ}\text{C}$ においては、相関時間が長くなり、液体と固体の中間の様相を呈することがわかった。相関時間のヒストグラム解析により、液体と固体の両方のピークが確認され、固液が共存している様子が示唆された。

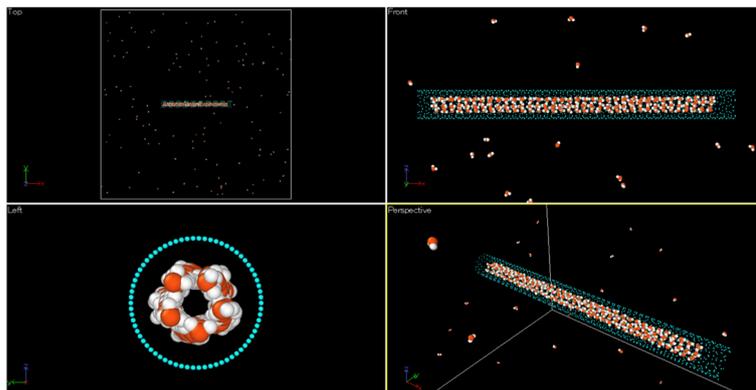


図1 カーボンナノチューブに内包される水分子の様子

#### 3. 2. 「生命と水」ユニットについて

酵素の反応性を利用したバイオセンサーの研究開発を行っている。本研究では、転写印刷された電極に酵素を固定化し、体液中のグルコース濃度に応じた酸化還元反応による発電を行う、酵素触媒を用いたバイオ燃料電池を開発した。小型でウェアラブルかつ高出力を実現できる点が特徴的である。そして、おむつに実装することで排尿を検知してリモート発信するデバイスを開発した。現在、このバイオ燃料電池をヘルスマonitoring用の電源とした統合型のスマートバイオセンシングを実現するべく、汗中の乳酸や各種イオンを計測するバイオセンサーを開発し、その評価を行っている。本センサーの電源として、この汗中の乳酸を用いたバイオ燃料電池を用いる。現在は、運動中の発電を行う近い将来に汗の成分分析を汗発電により賄う、無電源ヘルスケアへの発展が期待される。

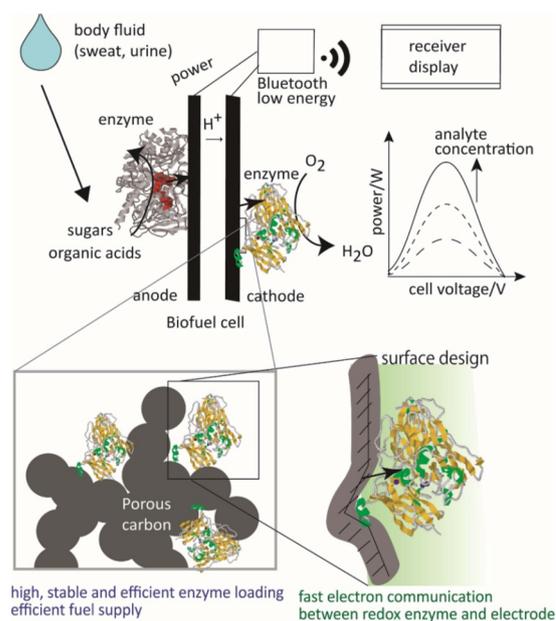


図2 酵素触媒を用いたバイオ燃料電池

### 3. 3. 「環境と水」ユニットについて

酸化チタン膜をコーティングした物質は、380nmより短波長の光を照射すると超親水性を発現する。この機能を利用した、防滴性・防曇性・防汚性の性質を持つセルフクリーニング性を有する物質表面として応用されている。この光誘起親水化の機構としては、酸化チタン表面の汚染物が光触媒反応によって酸化分解されて清浄な表面が露出し、さらに表面エネルギーの大きな準安定状態が作られるためだと考えられている。現在、光スイッチ型で生分解性・親水性を示す、地球環境に優しい樹脂ファイバーの開発を進めており、現在地球規模で問題となっているマイクロプラスチックの課題に取り組んでいる。現在、参加分解活性が低く光誘起親水性を示す光触媒材料としてニオブ酸ナトリウムに注目して開発研究を進めており、粒径と結晶系を制御したニオブ酸ナトリウム粒子の合成に成功している。

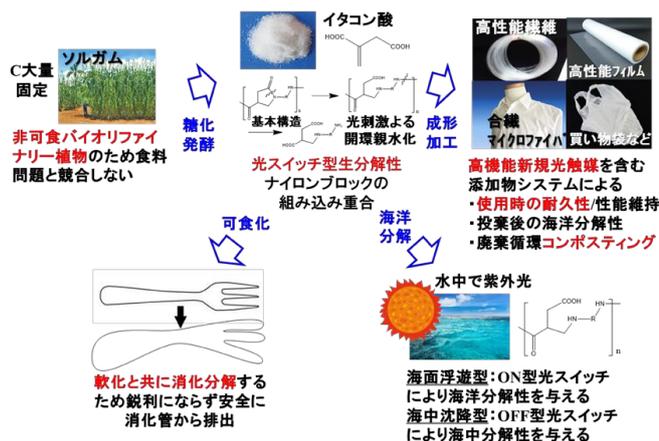


図3 開発中の生分解性プラスチック

### 4. 課題と展望

「水」を対象とした学際的な研究拠点としての本研究センターは、物理・化学・工学の教員が分野の垣根を超えて連携することで、最先端の研究を推進することに加えて、社会課題に応える拠点として、大学を牽引するような存在でありたいと考えている。そのためには、個々の研究者の単なる寄せ集めではなく、部局の垣根を超えた総合研究院の仕組みを最大限に活用していく必要がある。2021年度には、コロナ禍のために、講習会や講座などのアウトリーチ活動を行うことができなかったが、新しい成果発表や広報活動の形やあり方についての有意義な議論を重ねることができた期間であった。

2022年度は、学内の教育への貢献として、第1期に立ち上げた大学院向けの科目「ウォーターサイエンス特論」を、with コロナの新たな形式で再開予定であり、また、国際広報の一貫としての洋書「Water on Material Surfaces」をSpringer社より刊行する予定である。

### 5. むすび

第1期の活動を終えて第2期の新生センターが設立され、これまで続けてきた研究をより深化させながらも新しい共同研究や産学連携も少しずつ始まっており、今後の進展がますます期待される。これまでに開発を進めてきた「統合シミュレータ」について、第1版のリリースが迫っており、利用者のニーズや使用形態の要望などを聞くための行事を開催したい。その他、先端シミュレーションと計測・分析を産業界の方々が気軽に利用できるようなプラットフォームについても構築していく予定である。また、水界面の科学と研究成果の紹介、社会ニーズの取り入れを兼ねた講習会としての技術フォーラムを実施予定である。その他、小中高生や一般市民に向けた広報活動に関しても、社会情勢を見ながら随時行っていく。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Determining particle depth positions and evaluating dispersion using astigmatism PTV with a neural network, Y. Ichikawa, R. Kikuchi, K. Yamamoto, M. Motosuke, Appl. Opt., 60, 22, pp. 6538-6546, 2021 (査読有)
2. Accumulation mechanism of nanoparticles around plasmonic surface bubbles, K. Okada, K. Kodama, K. Yamamoto, M. Motosuke, J. Nanoparticle Res., 23, 188, 2021 (査読有)
3. Rheology of  $\alpha$ -gel formed by amino acid-based surfactant with long-chain alcohol: effects of inorganic salt concentration, K. Ichihara, T. Sugahara, M. Akamatsu, K. Sakai, H. Sakai, Langmuir, 37, pp. 7032-7038, 2021 (査読有)
4. Adsorption and lubrication of  $\alpha$ -gel ( $\alpha$ -form hydrated crystal) dispersion at solid/liquid interfaces, K. Sakai, R. Ishii, T. Saito, M. Akamatsu, T. Sakai, H. Sakai, J. Oleo Sci., 70, pp. 1247-1252, 2021 (査読有)
5. Chirality distributions for semiconducting single-walled carbon nanotubes determined by photoluminescence Spectroscopy, M. Irita, T. Yamamoto, Y. Homma, Nanomaterials, vol.11, 2309\_1-11, 2021 (査読有)
6. Glass etching with gaseous hydrogen fluoride: Rapid management of surface nano-roughness, Y. Ono, Y. Hayashi, S. Urashima, and H. Yui, International Journal of Applied Glass Science, pp 1-8. 2022 (査読有)
7. Phase behavior and contrast variation small-angle neutron scattering study of solubilization of perfumes in cationic surfactant micelles, M. Akamatsu, K. Saito, H. Iwase, T. Ogura, K. Sakai, H. Sakai, Langmuir, 37, pp 10770-10775, 2021 (査読有)
8. Rapid controlled release by photo-irradiation using morphological changes in micelles formed by amphiphilic lophine dimers, M. Akamatsu, K. Kobayashi, H. Iwase, Y. Sakaguchi, R. Tanaka, K. Sakai, H. Sakai, Sci. Rep., 11, pp 1-9, 2021 (査読有)
9. Cooperative regulation of endocytic vesicle transport by yeast Eps15-like protein Pan1p and epsins, N. Yoshida, I. Ogura, M. Nagano, T. Ando, J. Y. Toshima and J. Toshima, J. Biol. Chem., 2021, 297 (査読有)
10. Hi-CO: 3D genome structure analysis with nucleosome resolution, M. Ohno, T. Ando, D. G. Priest and Y. Taniguchi, Nat. Protoc., 2021 (査読有)
11. On homogeneity of vapor, H. Kobayashi, K. Kurose, Ichiro Ueno, Int. J. Heat Mass Transf. 188, 122564, 2022. (査読有)
12. Spatial-temporal thermal-fluid behaviors of microbubble boiling (MEB), K. Horiuchi, H. Kobayashi, S. Miyashita, T. Hori, I. Ueno, AIChE J. 67, 8, e17193, 2021 (査読有)
13. Accelerated redox reaction of hydrogen peroxide by employing locally concentrated state of copper catalysts on polymer chain, S. Osawa, K. Kitanishi, M. Kiuchi, M. Shimonaka, H. Otsuka, Macromol. Rapid Commun., 42, 2100274, 1-6. Selected as Back cover. 2021
14. An interpenetrating polymer network hydrogel with biodegradability through controlling self-assembling peptide behavior with hydrolyzable cross-linking networks, S. Ishikawa, K. Iijima, D. Matsukuma, M. Iijima, S. Osawa, H. Otsuka, Mater. Today Adv., 9, 100131, 1-8, 2021 (査読有)
15. C-doped ZnS-ZnO/Rh nanosheets as multijunctioned photocatalysts for effective H<sub>2</sub> generation from pure water under solar simulating light, S. Khan, M. Je, N. N. T. Ton, W. Lei, T. Taniike, S. Yanagida, D. Ogawa, N. Suzuki, C. Terashima, A. Fujishima, H. Choi, K. Katsumata, Applied Catalysis B: Environmental, 297, pp 120473, 2021 (査読有)
16. 二並列ミニチャンネル内沸騰流の流量振動発生限界, 黒瀬 築, 登立 航, 松澤 遼, 宮田一司, 濱本芳徳, 日本冷凍空調学会論文集, 38 (2), pp. 105-113, 2021 (査読有)
17. 水平ミニチャンネル内の冷媒流量減少過程における過渡沸騰熱伝達特性, 坂井祥平, 黒瀬 築, 宮田一司, 濱本芳徳, 日本冷凍空調学会論文集, 38 (2), pp. 115-122, 2021 (査読有)

18. Impact of doping a phytosteryl sulfate on the properties of liposomes made of saturated and unsaturated phosphatidylcholines, R. Tanaka, A. Kafle, M. Akamatsu, A. Bhadani, K. Sakai, C. Kaise, T. Kaneko, H. Sakai, J. Oleo Sci., 70, 1093-1101, 2021 (査読有)
19. Contrast variation small-angle neutron scattering study of solubilization of perfumes in cationic surfactant micelles, M. Akamatsu, K. Saito, H. Iwase, T. Ogura, K. Sakai, H. Sakai, Langmuir, 37, 10775-10780, 2021 (査読有)
20. Processes of molecular adsorption and ordering enhanced by mechanical stimuli under high contact pressure, S. Watanabe, C. Tadokoro, K. Miyake, S. Sasaki, K. Nakano, Sci. Rep. 12, 3870, 2022 (査読有)
21. Durability improvement of concentrated polymer brushes by multiscale texturing, S. Watanabe, E. Kodama, C. Tadokoro, K. Sakakibara, K. Nakano, S. Sasaki, Y. Tsujii, Tribol. Lett., 69, 99, 2021 (査読有)
22. Self-powered diaper sensor with wireless transmitter powered by paper-based biofuel cell with urine glucose as fuel, I. Shitanda, Y. Fujimura, T. Takarada, R. Suzuki, T. Aikawa, M. Itagaki, S. Tsujimura, ACS Sens., 6巻, 9号, pp 3409-3415, 2022 (査読有)
23. High-performance, two-step/Bi-enzyme lactate biofuel cell with lactate oxidase and pyruvate oxidase, I. Shitanda, K. Hirano, N. Loew, H. Watanabe, M. Itagaki, T. Mikawa, J. Power Sources, 498, pp 229935-229942, 2022 (査読有)
24. Edge current and pairing order transition in chiral bacterial vortex, K. Beppu, Z. Izri, T. Sato, Y. Yamanishi, Y. Sumino, Y. T. Maeda, Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 118 e2107461118, 2021 (査読有)
25. Preparation of a magnetic metal-organic square and metal-organic cubes using 4,5-bis(2-imidazolyl)imidazolate: slow magnetization relaxation behavior in mixed-valent octamanganese(II/III) clusters [Back Cover], H. Kamebuchi, H. Murakami, R. Shiga, M. Tadokoro, Dalton Trans., 50, pp 5452-5464, 2021 (査読有)
26. Scale interactions in turbulent plane Couette flows in minimal domains, T. Kawata and T. Tsukahara, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 911, A55, 2021 (査読有)
27. More than 50-fold enhanced nonlinear optical response of porphyrin molecules in aqueous solution induced by mixing base and organic solvent, S. Imura, T. Kobayashi, E. Tokunaga, Appl. Sci. 11, 4892, 2021 (査読有)
28. Interfacial Pockels effect of solvents with a larger static dielectric constant than water and an ionic liquid on the surface of a transparent oxide electrode, A. Okada, T. Kobayashi, E. Tokunaga, Appl. Sci. 12, 2454, 2022 (査読有)
29. Synchrotron micro-X-ray fluorescence imaging of arsenic in frozen-hydrated sections of a root of Pteris vittata”, T. Kashiwabara, N. Kitajima, R. Onuma, N. Fukuda, E. Satoshi, Y. Terada, T. Abe, A. Hokura, I. Nakai, Metallomics, 13, mfab009, 2021 (査読有)
30. Did ancient glassware travel the Silk Road? X-ray fluorescence analysis of a Sasanian glass vessel from Okinoshima Island, Japan, Y. Abe, R. Shikaku, M. Murakushi, M. Fukushima, I. Nakai, J. Archaeol. Sci.: Reports 40(A) 103195, 2021 (査読有)
31. A facile mechanochemical method to form aluminosilicate nanoparticles: complete breaking of kaolinite nanoscroll *via* manual grinding, S. Machida, T. Gotoh, K. Katsumata, A. Yasumori, Appl. Clay Sci., 214, 106295, 2021 (査読有)
32. Preparation of an anion-adsorbed inorganic filter by coating of layered double hydroxide on glass-bead filter disk, S. Machida, K. Katsumata, and A. Yasumori, Clay Sci., 25, pp 1-5, 2021 (査読有)
33. 夏季の富士山頂における粒子数濃度の経年変化, 五十嵐博己, 森 樹大, 三浦和彦, 岩本洋子, 大河内博, 和田龍一, 加藤俊吾, エアロゾル研究, 37巻 pp36-44, 2022 (査読有)

34. Numerical simulation of the solidification phenomena of single molten droplets impinging on non-isothermal flat plate using explicit moving particle simulation method, K. Fukudome, Y. Muto, K. Yamamoto, H. Mamori, M. Yamamoto, Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol.180, pp.1-11, 2021 (査読有)
35. Seasonal variation of wet deposition of black carbon at Ny-Ålesund, Svalbard, T. Mori, Y. Kondo, S. Ohata, K. Goto-Azuma, K. Fukuda, Y. Ogawa-Tsukagawa, N. Moteki, A. Yoshida, M. Koike, P. R. Sinha, N. Oshima, H. Matsui, Y. Tobo, M. Yabuki, W. Aas, J. Geophys. Res.: Atmos., 126(12), e2020JD034110, 2021 (査読有)
36. Local stress tensor calculation by the method-of-plane in microscopic systems with macroscopic flow: A formulation based on the velocity distribution function, H. Kusudo, T. Omori, Y. Yamaguchi, J. Chem. Phys., vol. 155, pp. 184103\_1-12, 2021 (査読有)
37. Droplet motion by Leidenfrost phenomenon on Zn plate surfaces with and without ZnO nanorods, T. Hirose, M. Sakai, K. Yamamoto, M. Motosuke, T. Isobe, S. Matsushita, A. Nakajima, Mater. Chem. Phys., 273, 125123, 2021 (査読有)

## 著書

1. 先端の分析法 (第2版, 澤田嗣郎監修, 分担執筆), 由井宏治, 株式会社エヌ・ティー・エス, pp175-185, 2022
2. 表面分析ハンドブック, 佐々木信也, 朝倉書店, pp356-359, 2021
3. 「第6章 糖や乳酸を基質とする紙基板バイオ燃料電池」, 近未来のデジタルヘルスを支える酵素バイオ技術, 四反田功, レーヴノヤ, 辻村清也, シーエムシー出版, pp 358-368, 2022
4. 電気化学センサ・バイオ燃料電池によるウェアラブルバイオセンシング技術, 四反田功, 辻村清也, 電子情報通信学会誌, pp 225-232, 2022, 105 巻, 3 号
5. 「現代無機化学」, 田所 誠, 裳華房, 2021 年 6 月 20 日出版, ISBN978-4-7853-3520-5
6. 粉末 X 線解析の実際 第3版, 中井泉, 泉富士夫編集, 朝倉書店, 全 296, 2021
7. マイクロ・ナノ熱工学の進展: 第2編 熱工学におけるマイクロ・ナノ現象-第1章 界面と濡れ, 山口康隆, エヌ・ティー・エス, 2021
8. マイクロ・ナノ熱工学の進展: 第5編 計測 -第1章 光計測, 元祐昌廣, エヌ・ティー・エス, 2021

## 招待講演

1. Microfluidic-based biosensing for sustainable human health, M. Motosuke, INTERFINISH, オンライン, 2021
2. 先端的流量評価のためのフレキシブル流れセンサー, 元祐昌廣, 第31回 MRS-J 年次大会, 横浜, 2021
3. Phase of water confined at single-walled carbon nanotube, Y. Homma and S. Chiashi, Pacificchem2021, Online, December 19, 2021
4. 表面選択的顕微振動分光法が拓く結晶の物理化学状態と履歴, 由井宏治, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会 (オンライン), 2021
5. Undulation of supported lipid bilayers and the resultant steric repulsive force between water/substrate interfaces, H. Yui, Pacificchem 2021 Congress (on-line), 2021
6. Functionalization of Photoresponsive Molecular Assemblies Using the Inner Environments, M. Akamatsu, 日本化学会 第102 春季年会(2022) アジア国際シンポジウムーコロイド・界面化学ディビジョンー, オンライン, 2022
7. 親水性材料表面への水吸着: 「摩擦前」の化学的表面均一性, 浦島周平, 内田 琢, 本間芳和, 由井宏治, 2021 年日本表面真空学会学術講演会「摩擦の科学研究部会」セッションシンポジウム「SDGs の実現に向けた摩擦観測と制御」, オンライン, 2021
8. Environmental purification using photocatalysts, K. Katsumata, 8th International Congress on Ceramics, Virtual Conference (Korea), 2021

9. Stabilization of non-aqueous emulsions by ion complex formation at the interface, functional liquid interfaces on the molecular scale: from basic science to nanotechnology, (#415), H. Sakai, H. Ishii, M. Akamatsu, K. Sakai, Pasifichem, Online, 2021
10. 体液を連続モニタリングするためのフレキシブルバイオセンサおよびバイオ電池の開発, 四反田功, 2022年電子情報通信学会総合大会, オンライン, 2022
11. ウェアラブル酵素バイオ燃料電池を高出力で実現するための様々な取り組みと実装評価試験, 四反田功, 第31回 日本MRS年次大会, パシフィコ横浜ノース, 2021
12. Molecular crystal with proton-assisted electron transfer, M. Tadokoro, Organic Electronics of Highly-Correlated Molecular Systems (#312), PasificChem, Online, 2021
13. 粘弾性流体乱流に対する機械学習代理モデル, 塚原隆裕, 電子情報通信学会 情報論的学習理論と機械学習研究会 (IBISML) 第45回 IBISML研究会, Online開催, 3月9日, 2022
14. Direct numerical simulation of subcritical wall turbulence using very large aspect-ratio domain, T. Tsukahara, 32nd Workshop on Sustained Simulation Performance (WSSP32), Online, Dec. 13-14, 2021
15. 沖ノ島出土ガラスは何を語るか, 中井泉, 令和3年度 公開講座 第8回 「特集: 沖ノ島のガラス」 2022年2月23日 福岡県 世界遺産宗像・沖ノ島公開講座#8-1
16. Multi-physics CFD simulation of deposition phenomenon in a jet engine, M. Yamamoto, 8th Asian Symposium on Computational Heat Transfer and Fluid Flow (ASCHT2021), Tokyo, (2021\_9\_24) (Plenary Lecture)
17. バイオミネラリゼーションにおける界面のマイクロ構造研究の重要性, 荒木優希, 第4回日本表面真空学会若手部会研究会, オンライン, 2021
18. イオン液体の摩擦界面構造に着目した新たな潤滑システム構築への試み, 川田将平, 丹治隼輔, 宮武正明, 佐々木信也, 日本表面真空学会学術講演会, オンライン, 2022
19. Seasonal variations of wet deposition of black carbon at Ny-Ålesund in Svalbard and at Barrow in Alaska, T. Mori, Y. Kondo, S. Ohata, K. Goto-Azuma, K. Fukuda, Y. Ogawa-Tsukagawa, N. Moteki, A. Yoshida, M. Koike, P. R. Sinha, N. Oshima, H. Matsui, Y. Tobo, M. Yabuki, W. Aas, PACES 4th Open Science Meeting, Web meeting 2021, Oral.

## 特許

1. 大澤重仁, 大塚英典 名称: 抗菌・抗ウイルス剤 出願人: 東京理科大学 出願日: 2021年4月1日 特願 2021-062725
2. 田中佑治, 柏木賢治, 大澤重仁 名称: 温度制御により薬効解消可能な眼圧上昇剤 出願人: 山梨大学, 東京理科大学 出願日: 2021年10月28日 PCT/JP2021/39837

## 広報

1. 山本貴博, 「ザ!世界仰天ニュース」内「チーズボールの爆発」「電子レンジでの角煮の爆発」監修, 日本テレビ, 2022, 3, 22 放送分
2. 由井宏治, 山本貴博, 元祐昌廣, 松本洋一郎「教養としてのナノテクノロジー (10回の連続講義)」, テンミニッツ TV, 2021
3. 大澤重仁, 大塚英典, プレスリリース: 銅錯体の局所濃縮状態により、過酸化水素の分解とヒドロキシルラジカルの生成の効率化に成功～高分子鎖の性質を利用した新たな抗菌剤設計への応用に期待～ [https://www.tus.ac.jp/today/archive/20210726\\_1573.html](https://www.tus.ac.jp/today/archive/20210726_1573.html)
4. 四反田功, 尿の微量な糖から発電 東京理科大など、医療センサーに, 日本経済新聞, 2021
5. 四反田功, Tokyo University of Science develops urine sugar level monitoring diaper sensor, Bioworld™, 2021
6. 中井泉, YouTube <https://www.okinoshima-heritage.jp/lectures/detail/39>
7. 山本 誠, 計算科学: ジェットエンジンの安全性をコンピュータでシミュレーション, 河合塾 みらいぶプラス・研究室ページ, (2021\_4), <https://miraibook.jp/researcher/1379>
8. 荒木優希, 生物が作り出す造形美・結晶の謎を解く, 立命館大学研究活動報 RADIANT, 2021

9. 森 樹大, 北極圏のブラックカーボン濃度測定の国際標準化に成功—北極温暖化に与える影響を高精度で推定可能に—, プレスリリース, 2022 年 2 月 9 日. URL <https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2022/7756/>

## 受賞

1. T. Taira, T. Yanagimoto, T. Fouquet, K. Sakai, H. Sakai, T. Imura, 24th Journal of Oleo Science Editors' Award, 日本油化学会, 2021
2. 加藤幸一郎, 前川侑毅, 渡辺尚貴, 笹岡健二, 山本貴博, 応用物理学会優秀論文賞, 日本応用物理学会, 2021
3. 赤松允顕, 第 72 回コロイドおよび界面化学討論会 若手口頭講演賞, 日本化学会コロイドおよび界面化学部会, 2021
4. 上野一郎, 中村 颯, F. Zoueshtiagh, H. N. Yoshikawa, L. Mu, G. F. Dietze, 塚原隆裕, 日本伝熱学会学術賞, 2021
5. 佐々木信也, 日本トライボロジー学会論文賞, 2021
6. 川田将平, 関西潤滑懇談会第 6 回ポスター発表会 優秀賞, 関西潤滑懇談会, 2022

## 研究課題（研究者別）

### 元祐 昌廣

#### 「プラズモニックバブルを用いたナノ粒子の集積制御に関する研究」

本研究では、金ナノ粒子を多数ガラス基板上に固定化し、そこに吸収波長帯のレーザ光を集光照射することで、局在表面プラズモン共鳴による加熱による微小気泡を発生させ、その周囲の界面流を用いた液中に懸濁するナノ粒子の集積制御を行った。2方向からの顕微観察の結果、気泡発生からの時間に応じて周囲界面の流れの様子が時々刻々と変化する様子を観察することができ、その集積への寄与を定性的に明らかにした。

### 酒井 健一

#### 「 $\alpha$ ゲルのレオロジー挙動に及ぼす塩添加の影響」

アミノ酸系界面活性剤と高級アルコールで調製した $\alpha$ ゲルのレオロジー挙動に及ぼす無機塩の添加効果を検証した。その結果、 $\alpha$ ゲルの粘度は、二分子膜間に抱え込まれなかった過剰水の量とドメイン間相互作用によって制御されていることを見出した。また、高塩濃度の条件下で「ずり」が加わると、ドメイン間の凝集エネルギーが高くなり、ネットワーク構造の回復が遅延することも見出した。

### 本間 芳和

#### 「ナノカーボン制限空間に存在する水の構造と物性の評価」

カーボンナノチューブ (CNT) やグラフェンの表面に存在する2次元ナノ構造水やCNTの内部空間に存在する1次元ナノ構造水を対象に、分光計測および原子間力顕微鏡を用いた計測技術の高度化を進め、束縛水の構造および物性を調べる。これを通じて、CNT外表面吸着水および内包水の相変化に関する熱力学的を構築する。

### 山本 貴博

#### 「グラフェンに吸着した水のダイナミクスに関する分子動力学計算的研究」

前年度までの研究により、パーシステントホモロジーを用いて、グラフェンの面から1nm程度までの水分子が、バルク水と異なる水素結合ネットワークを形成することを明らかにした。今年度では、吸着水のそのような構造だけでなく、ダイナミクス、特に回転運動の解析を行った。その解析結果によれば、グラフェンの面付近の水分子の回転運動は凍結し、面から離れるにつれて、回転運動がより自由になることが明らかとなった。

### 由井 宏治

#### 「先端の振動分光法による物質・材料表面と水の相互作用に関する研究」

物質の成り立ちや化学反応、材料の物性や機能に決定的な影響を与えるそれらの表面と水との相互作用について、分子レベルの知見を与える先端の振動分光法を用いて、目では見えないナノスケールの視点から明らかにしていく。物質としては、小惑星リュウグウで採取された水との相互作用が記録された鉱物等の自然物、材料としてはガラスなどの無機物表面や、ゲルなどの化粧品剤の基剤などに用いられる有機分子集合体などを扱う。

### 赤松 允顕

#### 「固体/水界面におけるアニオン- $\pi$ 相互作用の評価」

アニオン- $\pi$ 相互作用とは電子欠乏性芳香環とアニオンとの間に働く引力相互作用である。近年、生体接着といった界面現象への寄与が明らかになった。本研究では、ナフタレンジイミド (NDI) とアニオンとの間に働く相互作用を、固体/水界面において QCM-D 法による吸着量測定ならびに原子間力顕微鏡測定のスコープ測定により評価した。その結果、NDI 部位と探針上の負電荷との間に生じる相互作用の単一力は約 40 pN であることが明らかになった。

## 安藤 格士

### 「ポリエチレングリコール、およびポリオキシメチレンの水和状態解析」

ポリエチレングリコール (PEG,  $[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-]_m$ ) は水によく溶ける高分子である。一方、ポリオキシメチレン ( $[-\text{CH}_2-\text{O}-]_m$ ) は、モノマーにおける炭素数が PEG に比べ 1 つ少ないにもかかわらず、水に対し不溶性である。この 2 つの高分子の水への溶解度の違いの原因を明らかにするため、量子力学計算、および分子動力学計算を用い水中での高分子の状態を解析している。

## 市川 賀康

### 「複雑流体の流動形態解明とその計測」

複雑流体として、高分子溶液に代表される粘弾性流体の不安定挙動に関して光学的な手法による流動計測に取り組む。高いせん断力が溶液に対して断続的に付加される環境下において、流れ場が高せん断領域と低せん断領域に分離する shear banding の状態を作り出し、低せん断領域の面積および粘度分布とその変化について調査し、低せん断領域内部の粘度が高せん断領域の流動変化に影響されることを明らかにした。

## 上野 一郎

### 「3 相接触界線近傍流体における熱・物質輸送現象に関する研究」

本研究では、(i) 固体面上に固体粒子などの障害物が存在する系での局所的加速現象、(ii) 伝熱面上での蒸気泡群協調的振動現象を伴う高熱流束相変化伝熱現象、(iii) 表面張力差駆動対流における低ストークス数粒子が形成するコヒーレント構造形成現象などを主要テーマとして取り組んできた。

## 浦島 周平

### 「表界面にある水の水素結合ネットワークに関する研究」

大気中に置かれた固体材料の表面には水が吸着し、摩擦・濡れ性・帯電性といった表面特性に影響を与えている。また、油/水界面は生体中などに普遍的に存在し物質の授受を担うだけでなく、溶媒抽出の場として積極的に利用されている。しかし、表界面の水が何故/どのように表面特性を変化させたり物質の授受を行ったりしているのかの理解は未だ乏しい。本研究ではミクロな水構造の観点からこの疑問に迫る。

## 大澤 重仁

### 「水溶液中で金属錯体が局所濃縮状態となる高分子金属錯体に関する研究」

高分子上に金属錯体を配置させることで、水溶液全体としての金属濃度は低いながら、局所的に金属濃度が高くなる空間を水溶液中に作る事が可能となる。局所濃縮された金属錯体空間では、触媒反応の過程で複核系の反応中間体の形成が促進されるため、触媒機能に変化する。この高分子金属錯体の生体環境で触媒する反応や生体分子との相互作用を検討することで、高分子金属錯体のバイオマテリアルとしての利用を模索する。

## 大塚 英典

### 「ヒドラゾン結合由来の架橋を有する新たな自己修復性相互侵入高分子網目ゲルの構造設計」

自己修復性を有する相互侵入ポリマーネットワーク (IPN) ハイドロゲルは力学特性、細胞特性に優れ高い組織再生を促すことが確認されている。しかし、短時間で分解し構造安定性が十分でないという課題があった。かかる課題を解決すべく、ヒドラゾン-動的結合で形成される化学架橋とペプチドで形成される物理架橋を IPN 網目に採用し、架橋安定性を向上させ組織再生に十分な構造保持時間を確保する自己修復性ゲルを開発した。

## 勝又 健一

### 「メタノール水溶液中におけるオキシ水酸化鉄の光触媒的反応に関する研究」

メタノール水溶液中におけるオキシ水酸化鉄 ( $\alpha$ -FeOOH) の光触媒的反応について、気相と液相分析から反応機構を調査した。反応溶液の UV-Vis スペクトルおよび液体クロマトグラフからギ酸と過酸化水素が生成していることがわかった。 $\alpha$ -FeOOH ありの場合には過酸化水素が生成し、 $\alpha$ -FeOOH なしの場合には過酸化水素の生成がみられなかった。以上より、鉄イオンと過酸化水素が関連するフェントン反応およびフォトフェントン反応が起きていると考えられた。

## 黒瀬 築

### 「自励振動ヒートパイプの流動・伝熱特性の解明」

本研究では、自励振動ヒートパイプで生じる複雑な気液二相流動現象を明らかにするために、均質流モデルを用いたシミュレーションモデルの構築を行った。構築したモデルは、流れの方向が時間的に変動する振動流のみならず、脈動しながら一方向に流動する脈動循環流を再現した。さらに、得られた速度振動特性が先行研究と定性的・定量的に一致することを確認するとともに、振動流と脈動循環流の遷移境界条件を予測した。

## 酒井 秀樹

### 「リン脂質二分子膜の水和状態に及ぼすフィトステロール誘導体添加の影響」

我々は昨年度までに、リン脂質 (DPPC) が形成するリボソームの構造 (大きさ・二分子膜面間隔)、物性 (水中での分散安定性、膜の柔軟性) がフィトステロール誘導体 ( $PSO_4$ ) の少量の添加により制御できることを報告した。本年度は、 $PSO_4$  の添加が二分子膜親水基近傍の水和状態に及ぼす影響について検討した。示差走査熱量測定 (DSC) 等を用いた解析により、 $PSO_4$  の添加により水和量が増加し、また水和水の運動性が促進されることを見出した。

## 笹岡 健二

### 「分子動力学法を用いたカーボンナノチューブ内包水の固液共存状態に関する研究」

カーボンナノチューブ (CNT) に内包された水の相に関して分子動力学シミュレーションの立場から研究を行っている。通常バルク水では、固相中の水分子の回転運動は凍結し、一方液相の水分子は完全にランダムに回転運動をする。しかし、CNT 内包水の場合、分子動力学計算の結果から、CNT 内包水の回転運動はランダムな回転運動した水分子と凍結した水分子が共存していることが明らかとなった。

## 佐々木 信也

### 「界面ナノ構造制御による摩擦特性改善に関する研究」

摩擦面にナノ構造を付与することにより、マクロな摩擦特性を制御するための研究を実施している。摩擦面には大気や潤滑油中の水分子が吸着層を形成するが、その吸着構造がマクロな摩擦・摩耗挙動を大きく支配することが知られている。ポリマー材料の場合には、水分子の吸着構造に加え、表面の高分子が水分子を捕捉した層が、一定以上の荷重負荷能力を有することで、優れた摩擦低減効果を発現すると考えられている。本研究では、極低摩擦発現メカニズムを解明するため、分解能に優れた FM-AFM を用いた界面ナノ構造解析技術に関する研究を行っている。

## 四反田 功

### 「局所空間内の水/酵素/炭素界面の挙動解析によるバイオ燃料電池の高性能化に関する研究」

バイオ燃料電池は、水/酵素/多孔質炭素界面の設計次第で、酵素の活性・安定性が著しく変化するため、界面での挙動を詳細に評価する必要がある。本センターにおいて、我々は小角 X 線と電気化学測定を駆使することで、水/酵素/多孔質炭素界面における酵素の動態について検討している。今年度は、電解液中での酵素の酸化還元に伴う動態変化を評価する手法を確立した。

## 住野 豊

### 「水性 2 相分離系で見られるアクティブ対流に関する研究」

高分子はモノマーが化学的に結合しており、配位エントロピーが抑制される。このため高濃度の高分子溶液は、エンタルピー的な寄与が優先され、水に溶解する高分子同士であっても相分離、つまり水性 2 相分離を示す。近年、水性 2 相分離系は細胞環境の模倣系としても着目されつつある。本研究課題では細胞環境を念頭に置き水性 2 相分離系に能動的なタンパクや非平衡性を取り入れる事でアクティブな対流が見られる系を解析した。

## 田所 誠

### 「親水性分子ナノ結晶細孔に閉じ込められた水分子クラスターのイオン伝導挙動」

結晶性のナノ多孔質準 1 次元細孔に閉じ込められた水分子クラスター (WMC) は、階層的なクラスター構造をとることを、我々の研究で明らかにしてきた。この WMC に NMe<sub>4</sub>Cl などの電解質イオンを溶かし込むと電解質イオンのイオン伝導と H<sub>2</sub>O 由来のプロトン伝導が競合することが明らかになった。本研究では直流イオン伝導測定装置を組み上げ、ナノサイズの WMC を通るイオン伝導性について明らかにしていきたいと考えている。

## 塚原 隆裕

### 「データ同化による計測面外の速度場推定に関する研究」

水などの流体運動は複雑な時空間構造を持つ非線形現象であり、時々刻々と変化する流れ場の正確な把握は、現象の理解・予測・制御の観点から重要である。限られた計測データから流れ場を推定する手法として「データ同化」があり、気象・海洋分野で発展してきた。本研究は、4 次元変分法に基づくデータ同化を用いて、2 次元速度情報から 3 次元乱流場全体の推定を目指した。その可能性と限界を直接数値計算により明らかにした。

## 徳永 英司

### 「界面水のポッケルス効果のメカニズム解明と応用に関する研究」

電極界面の電気二重層内の水の巨大なポッケルス係数を予測できる物理メカニズムの解明、気水界面のポッケルス効果の実証とその係数の決定、界面ポッケルス効果の応用、の 3 つを大きなテーマとしている。今年度は、水よりも大きな静的誘電率を持つ溶媒であるホルムアミド、メチルホルムアミドのポッケルス係数が水より小さい値を持つことを測定し、静的誘電率の大きさはポッケルス係数の決定的因子でないことがわかった。

## 中井 泉

### 「リュウグウ小惑星試料の蛍光 X 線分析による特性化」

特別プロジェクトとして、この 3 年間小惑星探査機はやぶさ 2 が地球に持ち帰ったリュウグウ試料の化学組成分析に取り組み、化学組成を明らかにした。今回の化学分析は、人類初の C 型小惑星物質の分析である。貴重な試料であることから、我々の分析のあと ICP-MS 等で分析が行われるため、非破壊分析の蛍光線分析法が採用された。炭素までの基本組成は WD-XRF で、炭素までの軽元素の 2 次元分析分析は、 $\mu$ -ED-XRF で求めた。又、微量重元素は高エネルギー SR-XRF により分析した。又、化学状態分析は XANES と XRD を適用し、特性化を行った。

## 町田慎悟

### 「層状複水酸化物担持ガラスビーズフィルターの陰イオン吸着容量の向上」

層状複水酸化物 (LDH) は陰イオンを交換できる唯一の無機化合物である。これを大量の水を循環系で処理できるガラスビーズフィルター (GBF) に担持することができる。このフィルターは陰イオンを流水系で吸着できる。しかしながら、LDH 担持 GBF の陰イオン吸着容量はそれ程高くない。この陰イオン吸着容量を、LDH の粒径や GBF の孔径を自在に変えることによって、向上させる。

### 三浦和彦

#### 「大気エアロゾルの気候影響に関する研究」

富士山頂(3776m)における旧気象庁測候所において、夏期のみであるが2006年～2019年まで、東京スカイツリー458m(TST)においては2016年6月から2021年3月まで大気エアロゾルの観測をした。今年度は新型コロナウイルス対策のため、富士山頂での観測はできなかったため山麓太郎坊で観測した。また1号館屋上での観測を継続している。都市大気、山岳大気ともエアロゾル濃度が減少している。

### 山本 誠

#### 「着氷現象の数値シミュレーションに関する研究」

着氷とは、大気中の過冷却液滴や氷粒子が壁面に衝突し、壁面上に氷層を形成する現象である。航空機において着氷が発生すると、空力性能の低下や離脱した氷片の衝突による機械的損傷などが生じ、飛行の安全性に重大な脅威となる。本研究室では、着氷現象を正確に予測するための計算手法の開発、防氷・除氷技術の評価、液滴の壁面衝突挙動や凝固プロセスの解明などに関して数値シミュレーションによる研究を実施している。

### 荒木 優希

#### 「固液界面の水の構造に対する添加物効果とぬれへの影響」

周波数変調原子間力顕微鏡(FM-AFM)を用いて、高湿下でガラス表面にnmサイズの水滴が形成されることを発見した。この「ナノ水滴」はバルク水とは異なる物性を持つと考えられ、2021年度はピークフォースタッピング法を用いてナノ水滴の粘性計測を中心に行った。その結果、ナノ水滴はバルク水に比べて粘性が低いことが明らかとなった。さらに、薄膜水と液滴の間に界面が存在する可能性が浮上したため、FM-AFMによる液-液界面構造の可視化を目指す。

### 加藤 幸一郎

#### 「データ科学と分子シミュレーションの融合による材料表面や高分子膜中の水に関する研究」

分子シミュレーションとデータ科学を駆使することで、マイクロ・メゾスケールの水の構造解明を推進する。グラフェン表面における水のマイクロ構造解析をパーシステントホモロジーにより実施し、表面水から自由水への変遷を見出すことに成功したことから、これらの手法を他の材料表面へ展開する。さらに、粗視化シミュレーションとパーシステントホモロジーによる高分子材料と水のメゾスケール相分離構造解析も開始する予定である。

### 川田 将平

#### 「イオン液体の潤滑膜形成に与える界面水の影響に関する研究」

イオン液体は、電気的な相互作用により安定な潤滑膜を摩擦界面上に形成する。一方で、界面吸着水の存在やイオン液体が水分を吸収することで、潤滑膜構造が乱されることが報告されている。2021年度においては、摩擦雰囲気中の相対湿度を制御することで、イオン液体の潤滑特性へ与える影響を評価した。新たな知見として、イオン液体のアルキル鎖を長くすることで、相対湿度の影響を減らすことが明らかとなった。

### 森 樹大

#### 「北極域に沈着した光吸収性エアロゾル粒子に関する研究」

北極圏の温暖化を適切に予測するためには、雪氷面に沈着した光吸収性粒子を粒子種ごとに分類し、粒子種ごとの質量濃度を測定する必要がある。本年度は粒子の蒸発温度の違いから、積雪に含まれる黒色炭素粒子(BC)と黒色酸化鉄粒子( $FeO_x$ )を選択的に分離し、両者の粒径別質量濃度の高精度な測定法を確立した(測定精度はそれぞれ16%と17%)。北極圏に沈着した $FeO_x$ 濃度はBCと同程度であり、 $FeO_x$ 粒子の沈着による雪面融解の可能性を示唆した。

## **山口 康隆**

### **「固体面上の液滴の濡れ、および固液界面の運動量輸送のミクロとマクロの物理」**

固体面上の液滴の濡れを対象として、分子動力学解析から、応力の空間分布の抽出、あるいは熱力学積分法などの様々な方法により正確に界面張力を求め、濡れ物理的解釈を目指す。本年度はSiO<sub>2</sub>やグラフェンなどの水の濡れに対象を拡張する。また、ナノスケールでは固体と液体の界面の間に有意な速度差が現れうることが知られているが、この速度すべりと固液間の摩擦の関係について、分子動力学解析からメカニズムを明らかにする。

## **山本 憲**

### **「ライデンフロスト液滴の運動に関する研究」**

高温基板上をほぼフリクションレスに移動することができるライデンフロスト液滴の自発的な運動方向変更メカニズムの解明および運動方向制御を行う。前者に関しては、干渉縞やサーモグラフィを用いて現象解明に迫る。後者については、運動方向制御手法として高温壁面にラチェット構造を設けることが有効であることが知られているが、本研究ではそのような壁面上に置かれた液滴の詳細な運動メカニズムを理解する。

## **渡辺 尚貴**

### **「水統合シミュレータの開発」**

材料界面での水分子の構造・挙動・物性を解析する WaTUS の数値計算技術を社会に還元することを目的として、水統合シミュレータを開発した。このシミュレータにより基板上の水分子の分子動力学計算からの水素結合ネットワーク、パーシステントダイアグラム、液滴形状のリアルタイム解析・可視化が可能になった。



# スペースシステム創造研究センター

# スペースシステム創造研究センターについて

## 1. 概要

東京理科大学の宇宙開発と宇宙環境利用に関する研究・教育活動を結集し、基礎研究から宇宙へのアクセス手段までを網羅する多様な技術課題に対して総合的に取り組むことのできる研究センター[スペースシステム創造研究センター：Research Center for Space System Innovation (SSI)]を2021年4月1日に創設した。

具体的には以下に示す目標を掲げて、宇宙と地上に共通する様々な課題を解決するために、地上⇄宇宙の好循環サイクルの形成により分野横断的な技術・人材を結集できる共創の場の構築を目指す。

- 本学が得意とする光触媒技術を活用し、宇宙での生命維持技術の開発と地上における安全・快適な生活環境の実現を目指す。
- 開発中のサブオービタルスペースプレーンや国際宇宙ステーションを用いた宇宙での技術実証に取り組み、産業界との協力により新たな「宇宙」マーケットを開拓する。
- これまで宇宙滞在技術の研究開発を行ってきたスペース・コロニー研究センターの主軸を、「地上-宇宙のDual開発とそれらを橋渡しする宇宙機開発」へと移すことで、さらなる戦略的発展を目指す。
- これらの宇宙とつながった研究機会にもとづく教育の場を提供し、博士や若手研究者の人材確保育成や、「本物」の研究体験を行える環境を構築する。



図1 地上-宇宙のDual開発

## 2. センターの構成と施設設備

本研究センターは4つのユニットが相互に連携しながら研究を進め、研究開発の過程で生み出された技術を束ねて、実用化する力を持つ民間企業に速やかにこれらの技術を技術移転し、将来的には宇宙で利活用が可能で、地上においても有用な技術の高度化の実現を目指している。

### ■教育ユニット

『宇宙での実利用につながる「本物」の技術・経験を活用した教育』

フライトミッションやロケット打ち上げ、宇宙物理学の理論研究や天体観測など、東京理科大学の技術・研究を教育に活用することは、研究者、学生の双方にとって大きなインセンティブとなる。数多くのミッションに参画してだけでなく、国内外の宇宙開発機関やスペースベンチャー企業、宇宙開発企業等とも強固に連携し、得られた成果を積極的に教育へ活用する。

■光触媒国際ユニット

『光触媒を基軸に、資源・環境問題解決』

酸化チタンに代表される光触媒は、その強い酸化分解力から、有機汚染物質の分解や抗菌・殺菌に効果を発揮する。また、光触媒を用いた人工光合成（水分解による水素生成・二酸化炭素還元による有機物生成）に関する研究も精力的になされている。これらの研究を推し進め、我々が地球上で既に直面しており、宇宙進出の際にも克服すべき課題となる環境浄化やエネルギー製造といった課題に取り組む。

■スペース・コロニーユニット

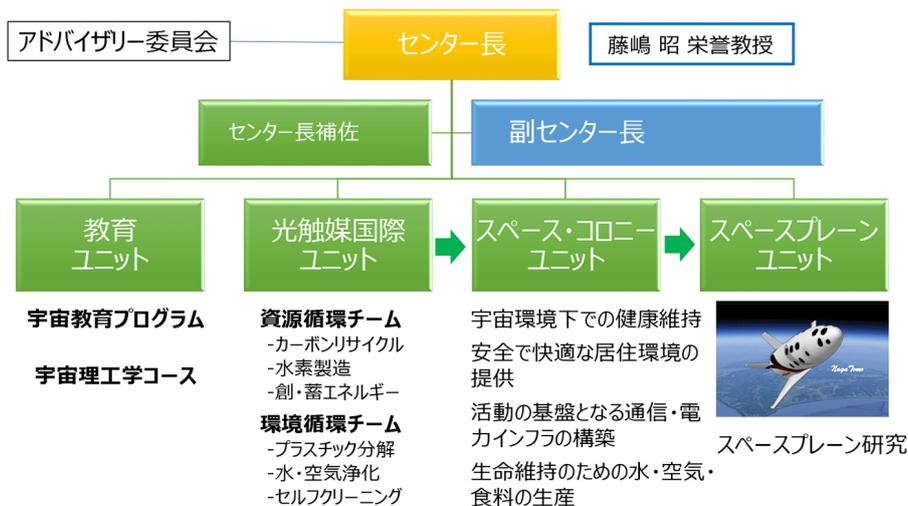
『宇宙居住を中心とした、宇宙滞在技術の高度化と社会実装の促進』

これまで宇宙と直接関係を持たなかった衣・食・住に関する様々な技術や、電力・通信といった閉鎖領域におけるインフラ構築技術を、分野を跨いで横断的に研究開発を行う。また、その宇宙滞在技術すなわち、極限的な閉鎖環境において人間が長期間滞在する技術を、企業や研究機関と応用展開について連携し、人類の共通課題である地上の災害や食料問題などの社会の課題解決を目指す。

■スペースプレーンユニット

『誰もが宇宙に往き来が出来るスペースプレーンの実現』

スペースプレーンユニットでは、「宇宙が、みんなのものになる。」をスローガンに、飛行機に乗るように誰もが自由に宇宙を往き来が出来る未来のスペースプレーンの実現に必要なシステム最適化技術、故障許容システム、LOX/LNG エンジンの運用、自律航行技術、複合材製機体及び推進薬タンク、商業宇宙輸送の法制化等のシステムインテグレーションの研究開発を行う。



**地上 ⇄ 宇宙の好循環サイクルの形成により共創していく。**

図 2 スペースシステム創造研究センターの構成

スペースシステム創造研究センターの施設設備として、資源循環・環境浄化に関する研究を総合的に進める 22 号館スペースシステム創造研究センター研究棟や、宇宙搭載機器開発に必要な「人工衛星搭載機器温度試験設備」等を有する。

3. 各研究グループの活動報告

3. 1. 教育ユニット

「宇宙教育プログラム」と連携し、これまで6カ年にわたって「宇宙教育プログラム」で培ってきた、「本物」の宇宙開発を題材にしたアクティブラーニング型の教育プログラムを、教材として広く展開することを目的として、文部科学省宇宙航空科学技術推進委託費の「人文×宇宙」

という新しいカテゴリーへ提案した。提案が無事採択された事を受け、中学高校の協力を得つつ、新たなカリキュラムの立ち上げに貢献してきた。また、「宇宙教育プログラム」からスピンアウトした、学生ベンチャー企業「宇宙の学び舎 seed」に協力し、宇宙教育活動の普及に貢献した。また、「宇宙教育プログラム」を、大学院の科目として設置し、2022年度からの開講を実現した。これまでのこうした取り組みが評価され、「宇宙教育プログラム」は2021年度文部科学大臣表彰を受賞した。

### 3. 2. 光触媒国際ユニット

2020年度まで文部科学省に認定された光触媒研究推進拠点を基盤に、カーボンリサイクルを中心とした資源循環チームと、水と大気の浄化を中心とした環境循環チームから構成され、地上と宇宙における「理科大発循環社会の実現」を推進している。

2021年度の主な研究成果は以下の通りである。

#### [資源循環]

- ・リチウムより入手しやすいナトリウムやカリウムを使用した高出力新型電池の開発に成功した。
- ・水分解光触媒の研究において、粉末光触媒や白金クラスターを活用した新規触媒開発に成功し、従来触媒より高活性な触媒や、世界最高活性の触媒を開発した。

#### [環境循環]

- ・環境浄化光触媒の研究において、従来の光触媒とは異なり、超親水性を有しながら、光照射有りの条件でも細胞毒性を示さない新規触媒を開発した。
- ・光触媒殺菌機構の研究において、細菌細胞壁成分であるペプチドグリカンや真菌胞子の色素有無（緑、白）や色彩の違いで光触媒殺菌効果が異なることを明らかにした。
- ・植物栽培における水浄化の研究において、水中プラズマによって改質した水（プラズマ機能水）がアオコ等の藻類の生育を抑制することを明らかにした。
- ・閉鎖系の植物栽培技術（袋培養技術）について、竹中工務店、キリンホールディングス、千葉大学および JAXA との共同研究により、袋培養技術によるウイルスフリーなレタス栽培を国際宇宙ステーション(ISS)で実施し、宇宙実証実験に成功した。

### 3. 3. スペース・コロニーユニット

スペース・コロニーユニットでは5つの柱(1)健康維持、(2)放射線計測・防護、(3)環境浄化 ECLSS、(4)食料生産、(5)通信・エネルギーインフラで、将来の宇宙長期滞在に向けた技術開発を進めている。

2021年度の研究成果としては、環境浄化 ECLSS の分野において、光触媒技術を利用したアンモニアガスの無害化で ECLSS システムへの貢献（JAXA との共同研究）、同様に光触媒技術を利用して、国際宇宙ステーション(ISS)の匂い除去装置プロトタイプの開発・製作、宇宙実証実験を実施した（JAMSS、AXIOM SPACE との共同）。

また、宇宙居住に関する研究開発において、宇宙居住拠点の構築を目指したインフレーターブルモジュールの開発（清水建設、太陽工業と共同）で、内閣府スターダストプログラムに採択され、FS ステージの研究開発を実施した。本研究は来年度のフェーズアップを目指している。

その他にも、健康維持の研究としてオンラインフィットネスプログラムの構築、エネルギー関連技術として宇宙用高効率軽量 CIGS 太陽電池・宇宙用透明フレキシブル IoT デバイスの開発、放射線計測の分野において月軌道プラットフォーム Gateway での活用を目的とした放射線モニターの開発（JAXA、理化学研究所との共同）、放射線防護の研究として放射線防護効果のある薬剤の探索などの研究開発を実施した。

### 3. 4. スペースプレーンユニット

科学ミッションおよび小型衛星打上ミッションのサブオービタルスペースプレーンを共通化する開発計画とし、パートナー会社の川崎重工業、IHI、IHI エアロスペース、アイネット、東レ・カーボンマジックおよび JAXA と 2021 年度 10 月より基本設計（その 3）をスタートさせた。

東京理科大学と JAXA との共同研究として、ドイツ航空宇宙センター DLR との連携協定によって進めている技術実証機である有翼ロケット実験機 WIRES#015 の製造に着手し、その飛行実験候補地となるスウェーデン宇宙公社 SSC による飛行安全審査を受審した。

また、DLR Augsburg とは、東京理科大学が国内および国際特許を申請した液体酸素適合複合材料も用いて、世界で初めての液体酸素に適合する複合材タンクの共同研究試作を 2022 年 1 月よりスタートさせた。この共同研究を進めるにあたり、欧州の基幹ロケット Ariane ロケットを製造する ArianeGroup Germany が支援することを決定し、民間旅客機製造メーカー Airbus もその成果に期待することを表明した。

#### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

スペースシステム創造研究センターは、教員が 60 名以上所属する大規模の研究センターである。教育ユニット、光触媒国際ユニット、スペース・コロニーユニット、スペースプレーンユニットの 4 つのユニットにおいて精力的に活動が進められ、学術的な面でもアウトリーチの面でも大きな成果を出すことができた(主要な研究業績欄を参照)。一方で、多くの教員で構成されるため研究分野が非常に広範囲に渡るとい背景もあり、ユニット間の連携をより深めて活動のシナジー効果を出すような取り組みについては十分とは言えない。この点は、今期中に克服できなかった課題であると言える。

来年度は、今年度と同様に各ユニットの研究活動を進めることと並行して、各教員が有する技術の特徴をマッピングして整理することで、内部的に連携を進めやすい体制を整備するとともに、スペースシステム創造研究センターの技術の強みを外部にもわかりやすく提示できる仕組みについても検討を進める予定である。

#### 5. むすび

スペースシステム創造研究センターは、宇宙と地上に共通する様々な課題を解決するために、「地上-宇宙の好循環サイクル」の形成により、分野横断的な技術・人材を結集できる共創の場の構築を目指している。

今年度は、バンダイナムコが主導する「ガンダムオープンイノベーション宇宙世紀実現プログラム」にスペースシステム創造研究センターとして採択され、将来の宇宙居住実現に向けた共創の取り組みを加速させている。人類の宇宙進出の鍵となるのは、国内外の大学・研究機関・民間企業等、学外関係機関と積極的に連携し、英知を結集し、イノベーションを起こすことであると考えている。今後も、スペースシステム創造研究センターを核として、新たな連携構築の場、様々な技術・人材が結集する宇宙共創の場となるための活動を継続していく。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. A. Kanai, M. Sugiyama: “Na induction effects for J-V properties of Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub> (CTS) solar cells and fabrication of a CTS solar cell over-5.2% efficiency”, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 231(2021)111315. (査読有)
2. “Simple and High-Yield Preparation of Carbon-Black-Supported ~1-nm Platinum Nanoclusters and Their Oxygen Reduction Reactivity”, T. Kawawaki, N. Shimizu, K. Funai, Y. Mitomi, S. Hossain, S. Kikkawa, D. J. Osborn, S. Yamazoe, G. F. Metha, Y. Negishi, *Nanoscale* 13, 14679-14687 (2021). (査読有)
3. “Interactions between pH, reactive species, and cells in plasma-activated water can remove algae” Ken Mizoi, Vicente Rodríguez-González, Mao Sasaki, Shoki Suzuki, Kaede Honda, Naoya Ishida, Norihiro Suzuki, Kazuyuki Kuchitsu, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Akira Fujishima, Katsuya Teshima, and Chiaki Terashima\*, *RSC Adv.*, 12 (2022) 7626-7634.
4. Mirai Ohara, A. Shahul Hameed, Kei Kubota, Akihiko Katogi, Kuniko Chihara, Tomooki Hosaka, and Shinichi Komaba  
“A vanadium-based oxide-phosphate-pyrophosphate framework as a 4 V electrode material for K-ion batteries” *Chemical Science*, 12, 12383 - 12390 (2021)
5. Complete decomposition of sulfamethoxazole during an advanced oxidation process in a simple water treatment system, Norihiro Suzuki, Akihiro Okazaki, Kai Takagi, Izumi Serizawa, Yuki Hirami, Hiroya Noguchi, Sudhagar Pitchaimuthu, Chiaki Terashima, Tomonori Suzuki, Naoya Ishida, Kazuya Nakata, Ken-ichi Katsumata, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Akira Fujishima, *Chemosphere*, 287, 132029, 2021 (査読有)
6. Evaluation of Anti-icing Performance for NACA0012 Airfoil with Asymmetric Heating Surface, Koji Fukukudome, Yuki Tomita, Sho Uranai, Hiroya Mamori, Makoto Yamamoto, *Aerospace*, Vol.8, Issue10, pp.1-14, 2021 (査読有)
7. High-Density Resource-Restricted Pulse-Based IoT Networks, F. Peper, K. Leibnitz, C. Tanaka, K. Honda, M. Hasegawa, K. Theofilis, A. Li, N. Wakamiya, *IEEE Transactions on Green Communications and Networking*, vol. 5, no. 4, pp. 1856-1868, 2021 (査読有)
8. A review of phosphorus(V)-substituted titanium-oxo clusters, Ryohei Hayami and Takahiro Gunji, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 100 卷, pp. 205-223, 2021 (査読有)
9. First-principles calculations of stable local structures and electronic structures of magnesium secondary battery cathode materials, MgCo<sub>2-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>4</sub> (x=0, 0.5), in second charged state after first discharge, Chiaki Ishibashi, Mai Ichiyama, Naoya Ishida, Naoto Kitamura, Yasushi Idemoto, *J. Solid State Electrochem.*, 26, 663-682 (2022). (査読有)
10. Proton radiation hardness of x-ray SOI pixel sensors with pinned depleted diode structure  
Hayashida, Mitsuki., Hagino, Kouichi., Kohmura, Takayoshi, et al,  
*Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, Volume 7, id. 036001 (2021).
11. Effect of chemical oxidation of spinel-type LiNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>1.3</sub>Ti<sub>0.204</sub> by soaking in HNO<sub>3</sub>, HCl and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Kenjiro Fujimoto, Yuki Kitajima, Akihisa Aimi, *Journal of Solid State Chemistry* 302 (2021) 122366 (査読有)
12. Computational Fluid Dynamics Simulation and Energy Consumption Analysis of Metal Hydride in Its Hydrogen Charging Process, Daisuke HARA, Chiharu MISAKI, Noboru KATAYAMA, Kiyoshi DOWAKI, *Journal of the Japan Institute of Energy*, Vol. 100, No. 12, pp. 294-300, 2021 (査読有)

13. Y. Yamaguchi and A. Kudo, “Visible light responsive photocatalysts developed by substitution with metal cations aiming at artificial photosynthesis”, *Frontiers in Energy*, 2021, 15, 568. (査読有)
14. Non-Contact Heart Rate Estimation via Adaptive RGB/NIR Signal Fusion, Kosuke Kurihara, Daisuke Sugimura, Takayuki Hamamoto, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 30, pp. 6528–6543, 2021 (査読有)
15. S. Machida\*, K. Katsumata, and A. Yasumori, Regioselective approach to characterizing increased edge availability in layered crystal materials following layer expansion: reaction of kaolinite with octadecyltrimethylammonium salts, *Materials*, 2022, 15, 588.
16. Finding Multiple Local Solutions to Optimal Control Problems via Saddle Points and Its Application to the Ascent Trajectory of a Winged Rocket, Takahiro FUJIKAWA, Koichi YONEMOTO, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, Vol. 15, No. 2, pp. 126-140, 2022 (査読有)
17. Self-Powered Diaper Sensor with Wireless Transmitter Powered by Paper-Based Biofuel Cell with Urine Glucose as Fuel, Isao Shitanda, Yuki Fujimura, Tatsuya Takarada, Ryo Suzuki, Tatsuo Aikawa, Masayuki Itagaki, and Seiya Tsujimura, *ACS Sensors*, 6 卷, 9 号, pp 3409-3415, 2022 (査読有)
18. Masaaki Akamatsu, Kazuki Kobayashi, Hiroki Iwase, Yoshifumi Sakaguchi, Risa Tanaka, Kenichi Sakai, Hideki Sakai, Rapid controlled release by photo - irradiation using morphological changes in micelles formed by amphiphilic lophine dimers *Scientific Reports*, 11(10754), 1-9 (2021).
19. K. Miyazawa, Y. Tanaka, “LAMMPS molecular dynamics simulation of methane decomposition on nickel thin films at high temperatures”, *Surface Science*, 713, PP. 121904\_1-10 (2021) (査読有)

## 著書

1. “Photoelectrocatalytic and Photocatalytic Reduction Using Diamond”, Kazuya Nakata, and Chiaki Terashima, *Diamond Electrodes: Fundamentals and Applications*, Springer Singapore, 2022 年 3 月 16 日, ISBN: 978-981-16-7833-2
2. “The latest information in simple terms, Photocatalysis Experimental Methods”, Akira Fujishima, Tsuyoshi Ochiai, Kengo Hamada, Donald Alexander Tryk, Chiaki Terashima, Norihiro Suzuki, Katsunori Tsunoda, Hitoshi Ishiguro, Jinfang Zhi, Jong-ho Kim, Frantisek Peterka, Henrik Jensen, and Photocatalyst Museum, Kitano-Shoten Publishing Co. Ltd., 2021 年 12 月 24 日, ISBN: 978-4-904733-08-0.
3. “Gas-Phase Synthesis for Mass Production of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles for Environmental Applications”, Sovann Khan, Ken-ichi Katsumata, Vicente Rodríguez-González, Chiaki Terashima, and Akira Fujishima, *Handbook of Nanomaterials and Nanocomposites for Energy and Environmental Applications*, Springer, 2021 年 7 月 11 日, ISBN: 978-3-030-36267-6.
4. 「スペース・コロニー 宇宙で暮らす方法」 向井千秋ら, 講談社ブルーバックス, 2021 年 5 月 20 日, ISBN: 978-4-06-523566-9.
5. 「最新 教育課題解説ハンドブック (追録)」 赤倉貴子, 「ICT の活用と教師の資質・能力の向上」, 「ICT 環境整備の在り方」執筆, ぎょうせい, pp. 723-737, 2021
6. 「VR/AR 技術における感覚の提示、拡張技術と最新応用事例」, 赤倉貴子, 第 10 章第 2 節「eラーニングにおける孤独感解消のための VR システムの開発と評価」執筆, 技術情報協会, pp. 512-523, 2021
7. 「第 8 章 MgO 鋳型細孔径制御型炭素によるバイオ燃料電池」, 近未来のデジタルヘルスを支える酵素バイオ技術, 辻村清也, 四反田功, シーエムシー出版, pp 377-386, 2022

8. 「第6章 糖や乳酸を基質とする紙基板バイオ燃料電池」, 近未来のデジタルヘルスを支える酵素バイオ技術, 四反田功, レーヴノヤ, 辻村清也, シーエムシー出版, pp 358-368, 2022
9. 電気化学センサ・バイオ燃料電池によるウェアラブルバイオセンシング技術, 四反田功, 辻村清也, 電子情報通信学会誌, pp 225-232, 2022, 105 巻, 3 号
10. 尿糖から安定して出力する自己駆動型バイオセンサの開発, 四反田功, 辻村清也, クリーンエネルギー, pp 21-25, 2022, 31 巻, 2 号
11. ウェアラブルデバイス用電源としてのバイオ燃料電池, 四反田功, 辻村清也, PETROTECH, pp 844-849, 2021, 44 巻, 12 号
12. マイクロ波液中プラズマ法によるダイヤモンド合成, 富永悠介, 内田晃弘, 近藤剛史, 四反田功, 湯浅 真, 板垣昌幸, 藤嶋 昭, 上塚 洋, 寺島千晶, 日本材料科学会誌『材料の科学と工学』, pp 172-175, 2021, Vol. 58 , No. 5
13. K. Miyazawa\*, M. Yoshitake, Y. Tanaka\*, “Concepts and Design of Materials Nanoarchitectonics, Ch. 8 Atomic-scale characterization of the platinum nanoparticles deposited on C60 fullerene nanowhiskers and related carbon nanomaterials ”, pp. 168-192, Royal Society of Chemistry (UK) (2022. 2. 16)
14. ISBN-13: 978-1788018029
15. 田中優実, “第1章 振動発電 7 イオン電導を利用したセラミックエレクトレット材料”, 環境発電ハンドブック第2版, pp. 36-53 (2021. 10)

### 招待講演

1. スペースシステム創造研究センター紹介と壊れない太陽電池の開発”, 杉山 睦, “公益社団法人日本化学会 2021 年 第 11 回 CSJ 化学フェスタ 2021 企画シンポジウム F2 「次は宇宙 (そら) だ! ~宇宙も化学も可能性は無限大~」, 於オンライン F2-04, 2021-10-19~21. (招待講演)
2. “Current status of earth abundant materials for next-generation solar cells”, Mutsumi Sugiyama, Ayaka Kanai, Naruhide Kato, :2021 Materials Research Society - Taiwan International Conference (2021 MRSTIC), B1. Solar Cells (Organic Solar Cells, Inorganic Solar Cells, Perovskite Solar Cells), Taipei, Taiwan, B1-0326, Online, November 13-17 (2021) (招待講演).
3. 「高活性酸素還元反応活性を有した微細白金クラスターの創製」, 根岸雄一, 量子・デバイス研究会, オンライン, 2021
4. 「金属クラスターの構造制御とそれによるエネルギー・環境触媒の高機能化」, 根岸雄一, 第二回東京理科大学スペースシステム創造研究センター光触媒国際ユニット合同チーム会議, オンライン, 2021
5. “Application of Atomically Precise Metal Clusters in Energy and Environmental Field”, 根岸雄一, Indo-Japan virtual workshop on “Cluster science by interdisciplinary approach: Emerging materials and phenomena”, オンライン, 2021
6. “Precise Synthesis and Application of Thiolate-Protected Gold Clusters”, 根岸雄一, ナノ学会 2021 年度ナノ構造・物性-ナノ機能・応用部会合同シンポジウム, 松江テルサ, 2021
7. 「金属クラスターの精密合成と構造・物性の解明」, 根岸雄一, 東京理科大学総合研究院「物性と離散幾何」ワークショップ, オンライン, 2022
8. “Structure Control of Metal Clusters and Their Application in Energy and Environmental Catalysts”, 根岸雄一, Composite Materials Congress, Advanced Materials Lecture Series, Dubai (UAE) Hybrid Setup, オンライン, 2022
9. 「金属クラスターの構造制御と機能創発」, 根岸雄一, 第 4 回ナノ材料科学・応用研究会, 広島大学 東広島キャンパス ハイブリッド開催, 2022
10. 「金属クラスターの構造制御とエネルギー・環境触媒への応用」, 根岸雄一, 日本化学会第 102 春季年会 (2022), オンライン開催, 2022
11. “宇宙から気付く食料生産技術-衛生的で物質循環なくみ-”, 寺島千晶, 東京理科大学オープンカレッジ講座, 口頭発表 (招待・特別), 国内会議, オンライン, 2021 年 11 月 6 日.

12. “光触媒を取り巻く環境と期待感”, 寺島千晶, 高分子学会フォトニクスポリマー研究会, 口頭発表 (招待・特別), 国内会議, オンライン, 2021年10月27日.
13. “ダイヤモンド半導体によるCO<sub>2</sub>の光電気化学還元”, 寺島千晶, 手嶋勝弥, 藤嶋昭, 第82回応用物理学会秋季学術講演会, 口頭発表 (招待・特別), 国内会議, オンライン, 2021年9月13日.
14. CCS10周年と分野横断型研究会の意義を振り返る, 長谷川幹雄, 電子情報通信学会複雑コミュニケーションサイエンス研究会 (CCS), 2021
15. MABアルゴリズムを応用した自律分散型Massive IoTの研究, 長谷川幹雄, 電子情報通信学会 回路とシステムワークショップ, 2021
16. Multi-physics CFD Simulation of Deposition Phenomenon in a Jet Engine, Makoto Yamamoto, 8th Asian Symposium on Computational Heat Transfer and Fluid Flow (ASCHT2021), Tokyo, 2021
17. 放射光X線・中性子全散乱法によるイオン伝導性無機結晶の局所構造解析, 北村尚斗, 「全固体電池実用化に向けた固体電解質の開発」研究会, オンライン, 2021
18. (Keynote) Kudo, “Photocatalytic water splitting and carbon dioxide reduction as artificial photosynthesis”, The 11th Asian Photochemistry Conference (APC 2021), 2021/11/1. (Online conference, Korea).
19. 日本の宇宙観光を担うプレーン開発と新タンク技術による水素社会実現へのスピノフ, 米本浩一, 第4回勉強会「環境投資を超え20年後, 50年後に必要な宇宙分野に取り組む企業への投資を考える」, 宇宙投資の会, 遠隔開催, 2021年8月16日.
20. SPACE WALKER, The Launch of Space Travel: Future Prospect of Human Spaceflight, Koichi YONEMOTO, SPACE TIDE 2021 Winter in Nihonbashi Day 4, Nihonbashi, Tokyo, December, 16, 2021.
21. スペースプレーンの研究開発, 米本浩一, 第2回岐阜県航空宇宙産業人材育成セミナー「宇宙輸送システムの現状と将来展望」, 公益財団法人岐阜県産業経済振興センター, 2022年1月19日.
22. Environmental Purification Using Photocatalysts, Ken-ichi Katsumata, 8th International Congress on Ceramics, Virtual Conference (Korea), 2021
23. ウェアラブルセンサやウェアラブルバイオ電池の話題, 四反田功, 第2回SPIRITS生物-無機-有機融合化学セミナー, オンライン, 2022
24. 体液を連続モニタリングするためのフレキシブルバイオセンサおよびバイオ電池の開発, 四反田功, 2022年電子情報通信学会総合大会, オンライン, 2022
25. 汗や尿を用いた自己発電型バイオセンサーの開発と未来の暮らし, 四反田功, 未来の暮らしと水の科学研究会第4回定例研究会, 東京理科大学森戸記念館, 2022
26. 次世代ヘルスケアデバイスを指向したウェアラブルバイオセンシングデバイスの開発, 四反田功, 第1回ウォーターフロンティアシンポジウム, オンライン, 2022
27. バイオ燃料電池を搭載した自己駆動型バイオセンサの開発と体液成分センシングへの応用, 四反田功, 広島大学スマートバイオセンシング融合研究拠点セミナー, オンライン, 2022
28. ウェアラブル酵素バイオ燃料電池を高出力で実現するための様々な取り組みと実装評価試験, 四反田功, 第31回日本MRS年次大会, パシフィコ横浜ノース, 2021
29. 酵素を用いたバイオ燃料電池の開発と自己駆動型センサへの応用, 四反田功, 第82回応用物理学会秋季学術講演会, Online, 2021
30. Y. Tanaka, “Development of Ceramic Electrets For Vibrational Power Generator”, Power MEMS 2021 at virtual (2021.12.6)
31. 宮澤薫一, 田中優実, “炭素基板上に作製された白金ナノ粒子の原子構造評価”, 第16回ナノ・バイオメディカル学会 (21021.11.25)
32. K. Miyazawa, M. Asahara<sup>2</sup>, T. Miyasaka, T. Nagai, K. Kimoto, Y. Tanaka, “Surface atomic structural analysis of nickel plating films reacted with methane at high temperature using HRTEM-EELS”, Sixth International Conference on Catalysis and Chemical Engineering at San Francisco, CA, on February 22-24, 2022 (CCE-2022)

## 特許

1. “ギ酸の精製方法” 鈴木孝宗, 寺島千晶, 石田直哉, 勝川るみ, 藤嶋昭, 特願 2021-181153, 2021年11月5日
2. 特許第 7012951 号「浄化装置、浄化方法、炭素材の製造方法および炭素材」鈴木孝宗・寺島千晶・中田一弥・勝又健一・藤嶋昭・岡崎晟大・栗山晴男・芹澤和泉, 学校法人 東京理科大学 / 株式会社 オーク製作所 共同出願, 令和 4 年 (2022 年) 1 月 21 日登録 / 令和 4 年 (2022 年) 1 月 31 日発行
3. 特許第 6969743 号「ダイヤモンド製造方法」上塚洋・原田洋平・寺島千晶・櫻井悠生・宮坂和弥・鈴木孝宗・近藤剛史・藤嶋昭・中田一弥・勝又健一, 学校法人 東京理科大学 / 旭ダイヤモンド工業株式会社 共同出願, 令和 3 年 (2021 年) 11 月 1 日登録 / 令和 3 年 (2021 年) 11 月 24 日発行
4. 磯谷亮介, 吉田宜史, 長谷川幹雄, 北川諒真, 安田裕之, 李 傲寒, 送信装置, 通信システム, 送信方法及びプログラム, 特願 2021-134595, 2021
5. 磯谷亮介, 吉田宜史, 長谷川幹雄, 北川諒真, 安田裕之, 李 傲寒, 送信装置, 通信システム及び送信方法, 特願 2021-175223, 2021
6. 磯谷亮介, 吉田宜史, 長谷川幹雄, 北川諒真, 安田裕之, 李 傲寒, 送信装置, 通信システム及び送信方法, 特願 2021-175224, 2021
7. 長谷川幹雄, 會田竜也, 酒造 孝, 若井秀之, 移動経路算出装置, 移動経路算出方法, 移動経路算出プログラム, 記録媒体および移動体, 特願 2022-042767, 2022
8. 藤川貴弘, 米本浩一, 角田智樹, 特願 COP-22374, 「センシングシステム」, 2022 年 3 月 11 日
9. 山本睦也, 米本浩一, 特願 COP-21981, 「液化ガス容器の製造方法、及び液化ガス容器」, 2022 年 1 月 11 日.

## 広報

1. 根岸雄一, 「東京理科大学 根岸教授の研究インタビュー」, (公財) 矢崎科学技術振興記念財団のホームページ, 2021
2. 根岸雄一, 「大学の勉強ってこんなにおもしろい! : ナノテクノロジーのゲンバ: 最小の金属材料をつくって次世代エネルギー社会に貢献」, 教育系情報誌「Dream Navi」誌, 2021
3. 根岸雄一, 「配位子脱離 仕組み解明 東京理科大学 水分解光触媒の作製時」, 日刊工業新聞, 2021
4. 根岸雄一, 「レーザー 根岸さん 現象理解が重要」, 日刊工業新聞, 2021
5. 根岸雄一, 「東京理科大学・根岸雄一教授 「現象理解が重要」」, 日刊工業新聞, 2021
6. 寺島千晶, 東洋経済「ACADEMIC SDGs に取り組む大学特集 Vol.3」, 2021 年 6 月 26 日.
7. 東京理科大学報 第 223 号(2021 年 10 月 20 日号)PICKUP!に光触媒国際ユニットが掲載
8. プレスリリース「国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟で世界初となる袋型培養槽技術による栽培実験を実施」2021 年 10 月 22 日.
9. 「国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟で世界初となる袋型培養槽技術による栽培実験を実施」, 日刊工業新聞, 2021 年 10 月 25 日.
10. 長谷川幹雄, 500 台の IoT デバイスによる大規模無線通信実験に成功 ~パルスで情報を変調する APCMA 方式による多数同時通信を実証~ (プレスリリース), 2021
11. 四反田功, 汗で発電するバイオ電池, 花王が東京理科大と共同研究, 日本経済新聞, 2021
12. 四反田功, もしものときの人体発電 汗や摩擦の電源研究進む, 日本経済新聞, 2021
13. 四反田功, 人間の汗や尿を活用して発電するウェアラブルバイオ燃料電池で医療や介護、スポーツ分野に貢献, ちばぎん総合研究所 MANAGEMENT SQUARE No.379, 2021
14. 四反田功, 人の体温でスマホ充電できるかも, 汗を利用する挑戦も…変わり種発電戦国時代, 読売新聞, 2021
15. 四反田功, 尿の微量な糖から発電 東京理科大など, 医療センサーに, 日本経済新聞, 2021
16. 四反田功, Oha!4 NEWS LIVE 宇宙開発最前線 5 いくつか移住? 宇宙コロニー, 日本テレビ, 2021
17. 四反田功, Tokyo University of Science develops urine sugar level monitoring diaper sensor, Bioworld™, 2021

18. 四反田功, 尿や汗から電気を取り出せる? 生物の仕組み応用した電池の開発, 毎日新聞, 2021
19. 四反田功, “人の汗や尿から発電する和紙製バイオ燃料電池” — 脱炭素に挑む情熱科学者たち —, 週刊ポスト 小学館, 2022
20. 四反田功, 汗で作った電気が健康管理に役立つ!? 東京理科大学・四反田功准教授が開発したウェアラブルバイオ燃料電池, リケラボ, 2022
21. 田中優実, “高校化学で勉強した「電池」の先の世界”, “振動を電気に変える化学”, 教育系 YouTuber 「よびノりたくみ」との学術対談 (チャンネル名: 予備校のノりで学ぶ「大学の数学・物理」), (2021. 9. 5 配信開始)
22. 田中優実 他, “冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収技術(Cryo-DAC)の開発”, 日刊工業新聞 (2021. 8. 23)
23. 田中優実, “固体アイオニクス入門”, 2021 年度オープンキャンパスにおける模擬講義 (2021.8.9)
24. 田中優実 他, “冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収技術(Cryo-DAC)の開発”, NHK お早う日本 (2021. 5. 8)
25. 木村真一, Oha!4 NEWS LIVE 日本テレビ, 2021.10.22
26. 木村真一, スペースシステム創造研究センターがガンダム×未来技術の新構想「ガンダムオープンイノベーション」に採択, 2021.3.29
27. 米本浩一, 眞鍋顕秀, 「ベゾス氏, 宇宙飛行に成功」, 日本経済新聞, 2021年7月22日.
28. 米本浩一, 森戸俊樹, 「牧田くんは JAXA に転職したい! #17 ぼくは宇宙旅行の最新情報を知りたい!!」, BS 日本テレビ, 2021年7月23日.
29. 米本浩一, 「宇宙空間, 30年代には身近に 旅行以外の需要も出現」, 日本経済産業新聞, 2021年7月26日(電子版:2021年7月27日).
30. 米本浩一, 「宇宙・深海, 行くならどっち? 『夢体験』の値段は」, 日本経済新聞, 2021年8月24日(電子版).
31. 米本浩一, 「誰もが宇宙に行ける サブオービタルプレーンをメイド・イン・ジャパンで実現へ(上)」, 科学機器 No.880, 2021年10月.
32. 米本浩一, 「誰もが宇宙に行ける サブオービタルプレーンをメイド・イン・ジャパンで実現へ(下)」, 科学機器 No.881, 2021年11月.
33. 西澤友作, 稲波紀明, 山崎直子, 米本浩一, 袴田武史, 中須賀真一, 「民間人宇宙へ 新時代の幕開け」, NHK クローズアップ現代, 2021年12月14日.
34. 米本浩一, 「目指せ 2030年宇宙の旅 日本のベンチャー意欲」, 毎日新聞(夕刊), 2021年12月21日(電子版:2021年12月25日).
35. 米本浩一, 眞鍋顕秀, 「海に捨てないロケットが人類の未来に不可欠な訳-『使い捨て』という宇宙利用・開発の常識への挑戦」, 東洋経済 ONLINE, 2022年2月1日.

## 受賞

1. 三富優介 (根岸研究室, M1), 若手優秀ポスター発表賞, ナノ学会第19回大会, 2021
2. 宮嶋小百合 (根岸研究室, M1), 若手優秀ポスター発表賞, ナノ学会第19回大会, 2021
3. 中本真奈 (根岸研究室, M1), 若手優秀ポスター発表賞, ナノ学会第19回大会, 2021
4. 三富優介 (根岸研究室, M1), 優秀ポスター発表賞, 第12回触媒科学研究発表会, 2021
5. 三富優介 (根岸研究室, M1), 優秀ポスター発表賞, 第12回触媒科学研究発表会, 2021
6. 川地正将 (根岸研究室, M2), 優秀ポスター賞, 第40回光がかかわる触媒化学シンポジウム, 2021
7. 加藤 峻 (根岸研究室, M2), 優秀発表賞, ナノカーボンワークショップ 2021, 2021
8. 三富優介 (根岸研究室, M1), ポスター賞, 第72回コロイドおよび界面化学討論会, 2021
9. 矢崎大地 (根岸研究室, M1), ポスター賞, 第72回コロイドおよび界面化学討論会, 2021
10. 平田桃子 (根岸研究室, M2), 優秀ポスター賞, 分子科学討論会, 2021
11. 川地正将 (根岸研究室, M2), 優秀ポスター発表賞, 第11回CSJ化学フェスタ 2021, 2021
12. 矢崎大地 (根岸研究室, M1), 優秀ポスター発表賞, 第11回CSJ化学フェスタ 2021, 2021
13. 根岸雄一, 学術賞, 第39回日本化学会, 2021

14. 川地正将 (根岸研究室, M2) , 奨励賞, 第 31 回日本 MRS 年次大会, 2022
15. 平田桃子 (根岸研究室, M2) , 奨励賞, 第 31 回日本 MRS 年次大会, 2022
16. 川脇徳久 (根岸研究室, 助教) , 花王科学奨励賞, 公益財団法人 花王芸術・科学財団, 2022
17. 川脇徳久 (根岸研究室, 助教) , Silver Award, MRM2021 Poster Award, 2022
18. 石見麻衣 (根岸研究室, B4) , 優秀賞, 第 26 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」, 2022
19. 池田彩華 (根岸研究室, B4) , 優秀賞, 第 26 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」, 2022
20. 亀甲ひなの (根岸研究室, B4) , 優秀賞, 第 26 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」, 2022
21. 駒場慎一, Highly Cited Researchers 2021 に選出
22. Z. Duan, N. Okada, A. Li, M. Naruse, N. Chauvet, M. Hasegawa, EXCELLENT PAPER AWARD, International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication, 2021.
23. 山本 誠, フェロー, 日本技術者教育認定機構 (JABEE) , 2021
24. 電子情報通信学会教育工学研究会研究奨励賞. 上記, 学術論文 (11) (力覚装置を用いた電磁気学学習支援システムの評価, 程子軒, 加納 徹, 赤倉貴子) で発表者・程子軒が受賞)
25. 電子情報通信学会 2022 年総合大会ジュニア&学生ポスターセッション特別賞 (協創). 国内学会発表 (仮想生徒アバタを見ながら作成できる VR コンテンツ作成支援システムの開発, 小山陸, 卯木輝彦, 加納 徹, 赤倉貴子) で発表者・小山陸が受賞
26. 並木修一, 佐藤俊一, 亀田裕介, 浜本隆之, PCSJ/IMPS 優秀論文賞, PCSJ/IMPS, 2021
27. Shuichi Namiki, Shunichi Sato, Yusuke Kameda, Takayuki Hamamoto, IWAIT 2022 Best Paper Award, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT), 2022
28. 萩野浩一 2021 年 10 月 第 16 回 (2022 年) 日本物理学会若手奨励賞

## 研究課題（研究者別）

### 木村 真一

#### 「スペースコロニーのシステム検討と関連技術の搭載化に関する研究」

スペースコロニーを実現するためには、閉鎖環境での環境維持など、さまざまな技術が必要となる。これらの要素技術を宇宙に特化して開発することは、非常に大きな効率が悪い。一方、我々はこれまで地上民生技術を搭載化することで、高機能な宇宙機器の開発を実現してきた。このような、民生技術を宇宙環境で利用する技術を活用し、主に地上向けとして研究されている技術の宇宙化を図ることで、スペースコロニー実現を目指す。

### 鈴木 英之

#### 「超新星ニュートリノと超新星背景ニュートリノ」

重い星の重力崩壊で放出されるニュートリノに関する大規模な多次元数値シミュレーションが行われているが、我々はその結果を定性的に再現するような簡略モデルと種族合成計算を組み合わせることで、超新星背景ニュートリノや宇宙化学進化の総合的な理解を目指している。

### 山本 誠

#### 「推進システムにおけるマルチフィジックス現象の数値シミュレーション」

航空宇宙輸送機用推進システム内の流れは、固体微粒子、液滴、氷塊などが混在するため、マルチフィジックス現象となっている。本研究は、推進システムにおけるマルチフィジックス流動現象を数値予測する方法を開発し、推進システムの安全性を高めることを目的とする。

### 米本 浩一

#### 「有翼式の再使用型宇宙輸送システム（スペースプレーン）」

誰もが飛行機に乗るように気軽に宇宙を行き来できる未来を目指し、従来の使い捨てロケットに替わる有翼式の再使用型宇宙輸送システム、すなわちスペースプレーンの研究を行っている。国内外の大学、研究機関や企業と協働して、システム最適化技術、先進的誘導制御技術、複合材製の極低温推進剤タンク等の基礎研究を行うとともに、小型実験機を開発して要素技術の飛行実証試験を実施している。

### 向井 千秋

#### 「月面開拓医学とスペース QOL」

スペースシャトル計画や国際宇宙ステーションにおいて宇宙飛行士の健康を支えてきた宇宙医学研究（生理的対策、精神心理サポート、放射線被ばく管理・防護、宇宙船内環境整備、軌道上医療システム開発）の知見をもとに、これまでの地球周回軌道上の宇宙医学に月面環境特殊性を考慮した医学・ライフサイエンス分野（可変重力生理学、レゴリスの人体影響・防護、居住空間整備等）を加え、調査・研究・技術開発を推進している。

### 藤井 孝藏

#### 「希薄気体内での移動手段に関する研究」

宇宙空間での推進手段や月の先にある火星など薄い大気中での飛行による移動を可能にする飛翔技術に関する研究を進めている。本年は、揚力向上を可能とする翼型など飛翔体形状などに関する基礎的な実験と数値シミュレーションを実施した。

### 松下 恭子

#### 「宇宙教育プログラムと連携した、体験型宇宙教育に関する研究」

宇宙教育プログラムにおいて培ってきた、体験型宇宙教育についてのノウハウを活用し、教育教材開発を目指した、新宇宙教育プログラムに協力するとともに、大学院でのカリキュラム化についての検討をすすめ、2022年度からの開講を実現した。

## 渡辺 量朗

### 「貴ガス水素化物の生成メカニズムに関する研究」

宇宙空間には  $\text{ArH}^+$  や  $\text{HeH}^+$  などのさまざまな貴ガス水素化物の正イオン(カチオン)が存在することが知られている。一方、電荷を持たない中性の貴ガス水素化物はほとんど存在が知られていなかった。ところが我々は金属基板試料表面に貴ガスイオンビームを照射しさらに水素ガスに接触させることで、 $\text{ArH}$  や  $\text{KrH}$  などの中性の貴ガス水素化物が生成することを見いだした。現在そのメカニズムを研究している。

## 倉淵 隆

### 「無重力条件下における汚染物質拡散挙動の数値シミュレーションによる解明」

無重力条件では浮力を駆動力とする自然対流が生じないため、重力の作用する環境と比べて汚染物質の拡散が著しく制約を受け、局所的に発生する滞留によって宇宙船内の空気環境が悪化する可能性がある。この問題を数値シミュレーション手法と換気効率算出手法を組み合わせることを目的とした基礎的な検討を実施する。

## 長谷川 幹雄

### 「宇宙にインターネットをつなげる」

長距離長遅延宇宙通信、および、衛星地上間光通信を対象とし、クロスレイヤにまたがる様々なパラメータを、機械学習を用いたアルゴリズムによって最適化することによって、スループットを改善できることを、研究室内実験およびシミュレーションによって示した。

## 立川 智章

### 「厳しい制約を持つ多目的設計最適化問題の解法に関する研究」

コロニー建設地点の選定や様々な宇宙探査ミッションはパラメータが多いことに加えその制約が非常に厳しく、複数の評価指標を同時に満足する実現可能解を効率よく見つけることが難しい。そのような最適化問題に適用可能な進化的多目的最適化手法の研究を進めている。本年は、ベンチマーク問題および実問題を用いて既存手法の有効性に関する基礎的な検証を行った。

## 上野 一郎

### 「宇宙環境を利用した界面熱流体力学」

表面張力差駆動対流や相変化熱伝達など、宇宙環境を利用した熱・物質輸送に関する研究を実施。国際宇宙ステーション日本実験モジュール「きぼう」での界面熱流体力学実験に共同研究者として1999年より参画。現在、「きぼう」上での日欧共同実験 JEREMI (Japan-Europe Research Experiments on Marangoni Instability) に向けた準備に従事。

## 幸村 孝由

### 「宇宙放射線モニター用のセンサーの開発とその放射線耐性の評価」

スペースコロニーの周囲環境を監視するためのセンサー(例えば、CMOSの可視化センサーや被ばく量をモニターする放射線計測用センサー)などの電子機器は、大気の無い月面では、太陽からの宇宙線(放射線)によって被爆し、性能が劣化する。そこで本研究では、放射線量が高い環境下で正常に動作する放射線計測センサーの開発と、その耐久性の評価を行う。

## 後藤田 浩

### 「自然対流によって生じる乱流火災の挙動の基礎的解明」

高温の燃焼生成物と周囲雰囲気との界面は、自然対流によって流体力学的に不安定化し、乱流火災が形成される。ケルビンヘルムホルツ不安定とレーリーテラー不安定の影響を強く受ける乱流火災の複雑さと流体力学的構造の関係を明らかにすることは、火災分野において重要な課題の一つである。本研究では、様々な宇宙環境を想定して、低重力から高重力場における乱流火災の挙動の解明を行う。

## 高久 雄一

### 「スペースコロニーのシステム検討と関連技術の搭載化に関する研究」

スペースコロニーを実現するためには、閉鎖環境での環境維持など、さまざまな技術が必要となる。これらの要素技術を宇宙に特化して開発することは、非常に大きな効率が悪い。一方、我々はこれまで地上民生技術を搭載化することで、高機能な宇宙機器の開発を実現してきた。このような、民生技術を宇宙環境で利用する技術を活用し、主に地上向けとして研究されている技術の宇宙化を図ることで、スペースコロニー実現を目指す。

## 寺島 千晶

### 「水中プラズマ反応場を利用した液体肥料の開発」

空気と水を資源循環の視点で活用し、水中プラズマ技術によって防藻効果のある液体肥料に改質する研究開発を行う。水中プラズマによって改質した水はプラズマ機能水として効果を発現し、アオコ等の藻類の生育を抑制することができ、環境循環に資する技術とも成り得る。プラズマ反応場を解明して産業応用できるように実用化を目指す。

## 鈴木 孝宗

### 「メソ細孔誘起結晶格子歪みを活用した光触媒活性向上」

酸化チタンに代表される光触媒は、環境浄化技術として多方面で注目されている。近年、結晶格子歪みを用いて連続的な電位勾配や双極子モーメントによる内部電場を光触媒内部に形成し、光キャリア移動を促進させることで活性を上げる研究がいくつかなされている。そこで、安価・容易に結晶格子歪みを導入できるメソ細孔の導入を介して、光触媒の活性向上を目指す。

## 井手本 康

### 「高容量と高安全性を両立する次世代二次電池材料の開発と構造解析」

マグネシウム二次電池の正極材料である  $\alpha$ - $\text{MgCo}_{1.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_4$ - $(1-\alpha)$ - $\text{Mg}(\text{Mg}_{0.33}\text{V}_{1.57}\text{Ni}_{0.1})\text{O}_4$  の固溶比を最適化し、サイクル特性の改善に成功した。また、リチウムイオン電池についても酸化物負極の探索を行い、 $\text{TiNb}_2\text{O}_7$  の熱処理条件の最適化により、高放電容量を得ることに成功した。

## 工藤 昭彦

### 「水分解に活性な光触媒の開発」

太陽光に含まれる紫外光に応答する光触媒化合物群として金属酸化物がある。金属酸化物は化学的に安定であるため、宇宙空間での強い紫外線や宇宙線を利用できるポテンシャルを持っている。そこで本研究では、水分解を伴う光エネルギー変換や二酸化炭素の資源化を目的とした人工光合成型金属酸化物光触媒を開発することを目的としている。その成果として、水分解や二酸化炭素還元活性な数多くの光触媒材料を開発することができた。

## 駒場 慎一

### 「汎用元素を用いる次世代ナトリウムイオン蓄電池材料に関する研究」

希少元素や毒性元素を必要としない次世代蓄電池として、ナトリウムイオン蓄電池に関する材料研究を推進している。2021年度はリチウムやカリウムの各電池特性を比較し、ナトリウムイオン蓄電池用の炭素負極や酸化物正極の電池特性の解析を行った。

## 根岸 雄一

### 「微細な金属クラスターによる高活性な水分解光触媒の創製とその評価」

水と太陽光から水素製造できる水分解光触媒は、真にクリーンな水素製造手法として注目を集めている。この光触媒の高活性化には、助触媒と呼ばれる金属微粒子を担持することが有効である。しかし従来の担持法は、その「大きさ」や「電子状態」を精密に制御することが困難であった。そこで本研究では、極微細な金属クラスターを液相合成し、光触媒表面上に担持する新規手法を確立することで、水分解光触媒の更なる高活性化を目指す。

## 北村 尚斗

### 「高容量と高安全性を両立する次世代二次電池材料の開発と構造解析」

マグネシウム二次電池の正極材料である  $\alpha$ - $\text{MgCo}_{1.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_4$ - $(1-\alpha)$ - $\text{Mg}(\text{Mg}_{0.33}\text{V}_{1.57}\text{Ni}_{0.1})\text{O}_4$  の固溶比を最適化し、サイクル特性の改善に成功した。また、リチウムイオン電池についても酸化物負極の探索を行い、 $\text{TiNb}_2\text{O}_7$  の熱処理条件の最適化により、高放電容量を得ることに成功した。

## 田中 優美

### 「静電式振動発電機用セラミックエレクトレットに関する研究」

セラミックスを基材とする静電式振動発電機用高性能エレクトレット（安定な静電気を保持する誘電体材料）の開発に向け、各種セラミックスの組成と誘電・伝導特性およびエレクトレット性能の関係について検討している。

## 山口 友一

### 「水分解に活性な光触媒の開発」

太陽光に含まれる紫外光に応答する光触媒化合物群として金属酸化物がある。金属酸化物は化学的に安定であるため、宇宙空間での強い紫外線や宇宙線を利用できるポテンシャルを持っている。そこで本研究では、水分解を伴う光エネルギー変換や二酸化炭素の資源化を目的とした人工光合成型金属酸化物光触媒を開発することを目的としている。その成果として、水分解や二酸化炭素還元活性な数多くの光触媒材料を開発することができた。

## 川脇 徳久

### 「サイズ制御された白金クラスターを用いた燃料電池カソード電極触媒の創製」

クリーンな発電材料として期待される燃料電池は、カソードの酸素還元反応が律速段階であり、多量の白金微粒子触媒が使用されている。しかし、白金は高価な貴金属であり、その使用量を抑えることが重要な課題である。そこで本研究では、従来の白金微粒子よりも微細な白金クラスターを簡便かつ高収率で合成する方法の確立に取り組んだ。更に、これを燃料電池カソード電極触媒に応用することで、実用的な白金触媒の創製を目指す。

## 多々良涼一

### 「汎用元素を用いる次世代ナトリウムイオン蓄電池材料に関する研究」

希少元素や毒性元素を必要としない次世代蓄電池として、ナトリウムイオン蓄電池に関する材料研究を推進している。2021年度はリチウムやカリウムの各電池特性を比較し、ナトリウムイオン蓄電池用の炭素負極や酸化物正極の電池特性の解析を行った。

## 保坂 知宙

### 「カリウムイオン電池用電解液およびインサージョン材料に関する研究」

カリウムイオン電池は、資源が豊富な元素のみで構成可能なだけでなく、高電圧作動・急速充放電の実現も期待できる。カリウムイオン電池の高電圧作動を実現するための電解液および正極材料を見出し、カリウムイオン電池の500サイクル以上の安定作動を達成した。

## 石橋 千晶

### 「高容量と高安全性を両立する次世代二次電池材料の開発と構造解析」

マグネシウム二次電池の正極材料である  $\alpha$ - $\text{MgCo}_{1.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_4$ - $(1-\alpha)$ - $\text{Mg}(\text{Mg}_{0.33}\text{V}_{1.57}\text{Ni}_{0.1})\text{O}_4$  の固溶比を最適化し、サイクル特性の改善に成功した。また、リチウムイオン電池についても酸化物負極の探索を行い、 $\text{TiNb}_2\text{O}_7$  の熱処理条件の最適化により、高放電容量を得ることに成功した。

## 湯浅 真

### 「バイオミメティックアプローチによる活性酸素センサー、ならびに抗酸化・抗がん剤に関する研究」

宇宙空間であるスペース・コロニー、あるいは地上等において、高い有用性があり、病気の前状態などの体調確認のできるスーパーオキシドアニオンラジカル ( $O_2^{\cdot -}$ ) すなわち、活性酸素のセンサーについて検討した。今後、より高機能で、定量性を高め、かつ、生体に適合した  $O_2^{\cdot -}$  センサーの構築を検討する。

## 酒井 秀樹

### 「白金担持チタニアナノスケルトンの光触媒特性と殺菌への応用」

カチオン界面活性剤が形成するリオトロピック液晶を構造指向剤として調製したアナターゼ型多孔質酸化チタン (チタニアナノスケルトン) に対して、光還元法を用いて白金ナノ粒子を助触媒として高分散担持した。450°Cで焼成処理した白金担持チタニアナノスケルトンは、アセトアルデヒドの気相光酸化分解ならびに大腸菌の殺菌に対して優れた活性を示した。

## 四反田 功

### 「宇宙空間における健康管理に必要なストレスモニタリング用ウェアラブルバイオセンサの開発」

本研究では、非侵襲かつリアルタイムに宇宙空間滞在中の汗中の成分のリアルタイムモニタリング可能なウェアラブルバイオセンシングシステムを開発する。本年度は、特に、肌に装着するタイプの乳酸センサ・ナトリウムセンサ・塩化物イオンセンサの実装評価試験を行った。

## 勝又 健一

### 「メタノール水溶液中におけるオキシ水酸化鉄の光触媒的反応に関する研究」

メタノール水溶液中におけるオキシ水酸化鉄 ( $\alpha$ -FeOOH) の光触媒的反応について、気相と液相分析から反応機構を調査した。反応溶液の UV-Vis スペクトルおよび液体クロマトグラフからギ酸と過酸化水素が生成していることがわかった。 $\alpha$ -FeOOH ありの場合には過酸化水素が生成し、 $\alpha$ -FeOOH なしの場合には過酸化水素の生成がみられなかった。以上より、鉄イオンと過酸化水素が関連するフェントン反応およびフォトフェントン反応が起こっていると考えられた。

## 堂脇 清志

### 「バイオ水素の製造及び水素吸蔵合金カートリッジを利用した燃料電池システムに関する研究」

下水汚泥等のバイオマス資源を熱分解・ガス化することにより得られる水素について、小型移動体 (アシスト自転車) への適用を目指し、水素吸蔵合金を用いた燃料電池バッテリーの基礎試験を含めた開発を実施している。

## 郡司 天博

### 「柔軟な有機高分子薄膜上に担持した二酸化チタンナノ粒子を用いるセルフクリーニング材料」

チタニアナノ粒子を担持するポリシルセスキオキサン分子構造とそれから調製したセルフクリーニング材料の物性の関係を明らかにして、最適な構造を見出した。また、粘着層を有する有機高分子膜に二酸化チタンナノ粒子を用いるセルフクリーニングフィルムをスピニングにより調製し、光触媒としての耐久性を評価したところ、有機高分子膜をオゾンで前処理することにより光触媒としての性能が向上することを明らかにした。

## 有光 晃二

### 「酸化チタン表面への有機ケイ素ポリマーのグラフトとセルフクリーニング材料への応用」

Tetraisopropyl orthotitanate とポリシランを含む溶液中で、ゾルゲル反応による酸化チタン微粒の調製とポリシランの光化学的なグラフトを同時に実施した。これにより従来の固相法で作製したポリシラン修飾酸化チタン粒子に比べて、粒径がより小さい修飾酸化チタン粒子を得ることができた。さらに、このポリシラン修飾酸化チタン粒子を分散した UV 硬化膜を作製したところ、従来よりも透明度の向上したセルフクリーニング膜を作製することに成功した。

## 鈴木 智順

### 「光触媒の殺菌メカニズム解析とその応用に関する研究」

ペプチドグリカンおよびその構成成分である2種類のアミノ糖は光触媒殺菌効果を高める可能性が強く示唆された。日光社寺文化財表面に発生する真菌に対して光触媒抗菌効果が確認された。光触媒・ダイヤモンド電極併用污水处理装置の最適運転条件を決定した。

## 藤本 憲次郎

### 「NO 選択還元およびCO 吸着や光触媒への応用を見据えた複合酸化物に関する研究」

一次元超イオン導電体として研究対象となっていた Hollandite 型結晶構造を有する酸化物がNO 選択還元触媒や光触媒としての機能が発見されて四半世紀が経過する中、高比表面積化に向けた材料合成プロセスの改良に取り組み、粒子形態の違いによる触媒能の性能差、新たにCO 吸着の可能性について取り組む。

## 近藤 剛史

### 「導電性ダイヤモンドパウダー充填電解フローセルの開発に関する研究」

導電性ボロンドープダイヤモンドパウダー (BDDP) 充填電解フローセルを開発し、水処理への応用を検討した。BDDP 充填層は電極として機能し、電解により電解液中の有機物を効率的に分解できることがわかった。また、繰り返しの電解実験により、長期耐久性にも優れていることが確かめられた。

## 町田 慎悟

### 「酸化チタンと無機材料を組み合わせた硫酸酸性下での重金属イオンの光還元」

光触媒の光還元作用により重金属イオンを金属に還元すれば、可視光応答光触媒や抗菌材料に応用できるが、酸化チタンは硫酸酸性化では光触媒能を発現しにくい。そこで、酸化チタンを様々な無機化合物と組み合わせて、硫酸酸性化における重金属の光還元を効果的に行う。

## 東條 敏史

### 「バイオミメティックアプローチによる活性酸素センサー、ならびに抗酸化・抗がん剤に関する研究」

宇宙空間であるスペース・コロニー、あるいは地上等において、高い有用性があり、病気の前状態などの体調確認のできるスーパーオキシドアニオンラジカル ( $O_2^{\cdot -}$ ) すなわち、活性酸素のセンサーについて検討した。今後、より高機能で、定量性を高め、かつ、生体に適合した  $O_2^{\cdot -}$  センサーの構築を検討する。

## 杉山 睦

### 「宇宙用太陽電池に関する研究」

放射線の強い宇宙空間で使用可能な、低コストに製造できる  $Cu_2SnS_3$  系(CTS)太陽電池の高効率化および放射線耐性を検討した。Sb を添加することで結晶粒径が大幅に増大し、電気特性が向上する結晶成長メカニズムを明らかにした。また、電子線・陽子線耐性が従来の Si 系太陽電池より数万倍高いことを明らかにし、実用化に向けて期待できることがわかった。

## 浜本 隆之

### 「健康状況を把握するための画像センシングに関する研究」

画像情報を用いて、宇宙滞在者の健康状況を把握するためのセンシング技術について検討する。可視光情報と近赤外情報を同時に取得でき、低照度の空間においても低ノイズで高空間解像度な画像を再構成できるようにする。また、取得した画像情報を用いて、部屋内の照明の明るさが大きく変動する際にも、心拍数を正しく計測できる手法について検討する。

## 向後 保雄

### 「室内外温度差での発電システム構築」

ゼーバック効果による温度差発電を用いて、スペースコロニーに生ずる昼間時および夜間時の屋内外温度差により電力供給する熱電温度差発電システムの開発と実証システム環境構築を実施する。熱発電による温度差電力供給は、太陽電池が発電できない夜間や日陰、さらにはコロニーの地下空洞設置の際に補助的な電力供給を実現できることから、太陽電池発電、フライホイール蓄電と連携した電源システム開発を実施する。

## 飯田 努

### 「室内外温度差での発電システム構築」

ゼーバック効果による温度差発電を用いて、スペースコロニーに生ずる昼間時および夜間時の屋内外温度差により電力供給する熱電温度差発電システムの開発と実証システム環境構築を実施する。熱発電による温度差電力供給は、太陽電池が発電できない夜間や日陰、さらにはコロニーの地下空洞設置の際に補助的な電力供給を実現できることから、太陽電池発電、フライホイール蓄電と連携した電源システム開発を実施する。

## 片山 昇

### 「燃料電池、エネルギーデバイス診断、エネルギーマネジメント」

静電噴霧法を用いた固体高分子形燃料電池の触媒層形成について、発電性能の評価および交流インピーダンス法を用いた分析を実施した。エネルギーマネジメントについては、太陽電池・蓄電池を含むエネルギーシステムについて深層強化学習を用いた際の有効性を数値シミュレーションにより評価した。

## 月本 光俊

### 「宇宙放射線を防護する薬剤の開発」

宇宙放射線から身体を防護するため、放射線障害を防護・減弱する薬剤について研究を行い、放射線障害を受けやすい骨髄細胞を防護する物質を明らかにした。また重力方向変化下における放射線細胞応答についても研究中である。

## 柳田 信也

### 「TUS オリジナルスペースフィットネスの開発」

身体活動量の低下は超高齢社会において解決すべき課題である。一方で、宇宙空間での滞在や生活にもオーバーラップする部分が多い。我々はいつでも・どこでも利用することができるオンラインフィットネスプログラムの開発を行い、この問題の解決を目指す。

## 向本 敬洋

### 「レジスタンス運動における運動条件の違いが運動後過剰酸素消費に及ぼす影響」

本研究では異なる運動強度および実施順序によるレジスタンス運動プログラムにおける運動中の酸素摂取量およびエネルギー消費量、運動後過剰酸素消費（EPOC）について検討し、個人の目的に合わせたレジスタンス運動・トレーニングプログラム立案のために役立つ知見の構築を目指している。

## 赤倉 貴子

### 「VR を利用した協働作業システムの開発に関する研究」

遠隔地において協働作業をするための環境、及び一人で作業していても誰かと作業しているかのような感覚が得られる環境を VR を利用して開発している。リアルな人間と VR 空間内の人間（アバター）とのインタラクションを実現するシステムは、モチベーションの維持や孤独感の軽減に効果があることが明らかになった。

### 「顔画像・発声情報・視線情報等を用いたユーザの疲労状態の推定に関する研究」

孤独な条件下で宇宙空間に長期間滞在する場合、精神的な疲労が問題となる。そこで疲労の生体情報から疲労状態を推定する方法論を構築している。目頭や鼻筋など51点の顔特徴点に加え、声帯特徴の一種であるメル周波数ケプストラム係数、視線情報等を用いて疲労状態の推定を行っている。

郷田 桃代

### 「宇宙居住に向けた閉鎖狭小空間の居住性能の評価および室内空間の計画技術の開発」

本研究は、宇宙居住において、人間の心理、動作に適合した室内空間の計画技術を開発することを目標とする。そのための基礎研究として、無重力下に限定せず、複数の滞在者を想定した閉鎖狭小空間において、人間の心理や動作に着目して、居住空間としての性能を評価すること、および、実際の宇宙居住における室内空間の形態と配置および人間の動作の調査・分析を実施する。

水野 雅之

### 「宇宙施設における微小重力下での避難行動に関する研究」

宇宙施設内の微小重力下での人の移動は、手で周壁の手すりなどに捕まりながらの移動する必要がある。宇宙施設がデブリの衝突や火災等の様々なハザードの出現に見舞われた場合、人はモジュール間のハッチを経由して隣接モジュールなどに避難しなければならない。こうした緊急時における少数あるいは群集での空間内やハッチ通過の移動に対して効果的な手すり配置などを提案する。

### 「低重力下の歩行特性に関する研究」

月や火星などの地球以外の惑星では重力環境が異なるため人の歩行環境が変化する。例えば、人の飛び跳ねに関して同じエネルギー（初速度）を生じることができれば、到達高さは重力加速度の倍数の逆数倍に相当するから月面では6倍に及ぶことになり、30cmの跳躍が1.8mに及ぶということは、空間の天井高さを高くする必要がある。そこで、これを解決して安全な歩行空間を実現するための方策を検討する。

金井 良博

### 「宇宙閉鎖環境でのキノコ生産技術開発およびキノコ生産用基材の資源循環利用技術開発」

宇宙閉鎖環境での食料生産を行うとともに、宇宙閉鎖環境の限られた資源を有効利用するため、キノコ生産技術の開発とキノコ生産用基材を再資源化する技術の開発を目指す。

萩野 浩一

### 「宇宙放射線モニター用のセンサーの開発とその放射線耐性の評価」

スペースコロニーの周囲環境を監視するためのセンサー（例えば、CMOSの可視化センサーや被ばく量をモニターする放射線計測用センサー）などの電子機器は、大気の無い月面では、太陽からの宇宙線（放射線）によって被爆し、性能が劣化する。そこで本研究では、放射線量が高い環境下で正常に動作する放射線計測センサーの開発と、その耐久性の評価を行う。

前田 慶博

### 「画像による実時間バイタルセンシングに関する研究」

宇宙滞在者のバイタルを取得する画像情報を活用した非接触型のセンシング技術について検討する。また、バイタルをリアルタイムに取得するために、画像センシングにおける基盤的な処理であるフィルタリングを中心に高速化手法を検討する。そして、実時間で動作するバイタルセンシングシステムを構築する。

## 北島 和己

### 「宇宙放射線を防護する薬剤の開発」

宇宙放射線から身体を防護するため、放射線障害を防護・減弱する薬剤について研究を行い、放射線障害を受けやすい骨髄細胞を防護する物質を明らかにした。また重力方向変化下における放射線細胞応答についても研究中である。

## 阪田 治

### 「閉鎖環境内長期滞在者のストレス蓄積モニタリング技術の研究」

宇宙コロニーのような一般社会から強く隔離された閉鎖環境内に人間が長期滞在する際に、負のストレスが蓄積して心身の不調に繋がることが考えられる。一般にストレス蓄積由来の心身不調は深刻な症状となるケースが多々あるため、日常生活や業務の中での早期発見と早期対処が重篤化を防ぐ有効手段となる。本課題では、複数の生体情報や環境情報といった異なる物理量を持つ諸量間の因果性解析をすることにより、負のストレスの蓄積を察知する技術の研究を行う。

## 荻原 慎二

### 「繊維強化複合材料の微視的損傷挙動に関する研究」

積層型繊維強化複合材料を中心に、様々な形態の負荷による材料内の微視的損傷発生・進展プロセスを実験的に検討した。さらに、損傷発生に伴う、材料の力学的特性への影響を実験的に評価した。得られた実験結果を元に、有限要素法や損傷力学モデルによる予測との比較を行い、それらの妥当性を検討した。より複雑な内部構造を有する材料系への適用の基礎を築いた。これにより、運用中の材料の構造健全性評価への貢献が期待できる。

## 藤川 貴弘

### 「スペースプレーンのシステム設計および誘導軌道の最適化に関する研究」

使い切りのロケットに替わり、飛行機に近い運用が行えるスペースプレーンを実現するための課題として、システム設計技術と自律飛行誘導技術の確立が挙げられる。本研究では、勾配法と進化計算手法という 2 種類の数理最適化手法の特長を組み合わせるという着眼点のもと、多目的システム最適化手法および、終端拘束を満足する多様な軌道群の高速生成手法の開発に取り組んでいる。

## 小柳 潤

### 「高性能 CFRP フライホイールの開発」

CFRP の周巻き円盤を用いて高性能なフライホイールバッテリーを開発した。フライホイール内部の構造を工夫することによって従来の CFRP フライホイールと比較して 1.5 倍程度の回転数に耐えられる設計を用いた。成形が終了し、次年度スピントテストによる検証試験を実施する予定である。一方で、月面では、フライホイールのケースだけを運んで行って、現地のレゴリスをもちいることで機械式バッテリーとすることが都合良く、CFRP フライホイールは地面のない宇宙での適用が期待される。



## カーボンバリュー研究拠点

# カーボンバリュー研究拠点について

## 1. 概要

地球温暖化に伴う気候変動への懸念から、世界的に脱炭素化に向けた動きが加速しており、日本政府も 2020 年 10 月に「温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを 2050 年までに実現する」と宣言している。カーボンニュートラルへの挑戦を経済と産業の好循環につなげるグリーン成長戦略が策定され、野心的なイノベーションに挑戦する企業を支援するため 2 兆円の基金も造成された。翌 2021 年には、本学もメンバーとして参画した「カーボンニュートラル達成に向けた大学等の貢献に係る学長等サミット」が開催され、ここでの議論を基に「カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」が設立された。

このような社会的背景から、「カーボンニュートラル」に関わる研究分野を戦略的重点分野として位置づけ、本学が強みを有している人工光合成、二次電池、水素利用分野等の研究者を集結したカーボンバリュー研究拠点を 2022 年 1 月に設立した。本拠点では、本学教員が有するサイエンス・テクノロジーを駆使すると同時に、外部機関との連携・共同研究を通じて、カーボンニュートラルに繋がる本質的な要素科学技術を開発する。また、研究成果に基づくトータルシステムを社会実装化し、地球が抱えている資源・エネルギー・環境問題の解決に貢献することを目指す。図 1 に本拠点が目指す将来像を示した。



図 1 本拠点が目指すカーボンニュートラルが実現された社会像

## 2. 研究拠点の構成と施設設備

カーボンバリュー研究拠点は、学内教員 10 名ほどで構成されている。図 2 に組織体制を示すが、世界的に評価の高い本学研究者が連携することで、「人工光合成 光触媒・光電極」「電気化学還元 (太陽電池+電極触媒) 電気化学プロセス」「二次電池・燃料電池 (ソーラー水素で還元)」に関する世界トップクラスの研究に取り組んでいる。また、その他関連技術として Life Cycle Assessment (LCA) などのシミュレーション、CO<sub>2</sub>貯蔵・吸蔵、生物学的プロセス、および計測技術に関する研究も行っている。

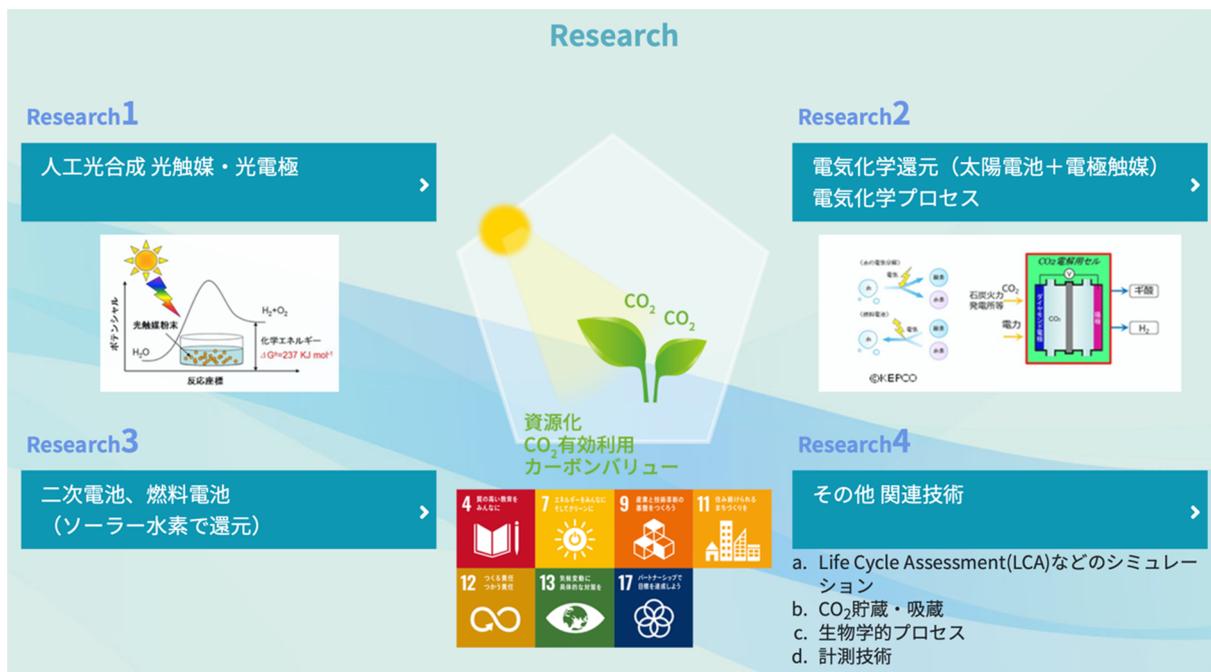


図 2 本拠点の研究体制

本研究拠点は、以下のような研究施設設備を有している。

電子顕微鏡：走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡

X線分析装置：自動X線解析装置、X線光電子分光装置

質量分析装置：マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析装置、誘導結合プラズマ質量分析装置

### 3. 各研究グループの活動報告

循環型社会の実現に向け、当拠点では「クリーンな水素生成手法の確立と、その水素を利活用するシステム構築」ならびに「二酸化炭素還元による有価物生成」に取り組んだ。

前者について、工藤グループは、480 nm までの可視光に応答して水を分解できる Ru, La 共ドーピング NaTaO<sub>3</sub> 光触媒の開発に成功した。Rh-Cr 助触媒担持、La ドーピングによる NaTaO<sub>3</sub> 粒子表面のナノステップ構造、および Ru ドーパントによる不純物準位の形成が高性能化の鍵であることを見いだした。根岸グループは、微細な金属クラスターを用いて活性部位を制御することにより、触媒を高機能化させることに取り組んだ。その結果、高機能化に適した助触媒創製に対して明確な設計指針を確立することに成功した。また、工藤グループにて開発された最先端紫外光応答水分解光触媒の高活性化にも成功した。堂脇グループは、バイオマス資源の熱分解・ガス化による水素製造を産学共同のもと実施し、電動自転車の動力源としての可能性を探る実証試験を行った。

後者について、工藤グループは、種々の金属硫化物光触媒、金属酸化物光触媒およびメディアエーターからなる Z スキーム系を構築することで、粉末懸濁系において世界最高の CO 生成活性および水を電子源としたソーラーCO<sub>2</sub>還元を実証した。寺島グループは、ゼオライト分離膜の分子ふるい効果を活用する事で、ホウ素ドーパダイヤモンド(BDD)電極を用いたCO<sub>2</sub>電解還元由来のギ酸を電解還元液から単離精製するシステムを構築した。

また、電気化学的な水素生成・二酸化炭素還元のコア技術として、発電・蓄電材料の研究にも取り組んだ。駒場グループは、レアメタルフリーの次世代蓄電池であるカリウムイオン蓄電池の正極材料としてヘキサシアノ鉄マンガン塩を用い、4 ボルト域での充放電活性を実現した。田中グループは、希土類カチオンを二価カチオンで部分置換することで導電率を増大させたランタンアルミネート及びイットリウムアルミネートが、静電式振動発電機用高性能エレクトレット(安定な静電気を保持する誘電体材料)基材として優れていることを実証した。

#### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

2022年1月に設立したばかりの研究拠点であるため、今年度は本学教員が既に進めている研究を核に活動を行った。今後は、産学官を交えた国内外の有力研究者との連携を深め、カーボンニュートラルの実現に向けた研究を総合的に実施していく。また、大型公的研究費の獲得や国際共同研究拠点の形成に向けた取り組みを進めていく。

#### 5. むすび

設立から間もない研究拠点であるため、広く拠点を知って頂けるよう2022年3月にスペースシステム創造研究センター、光機能材料研究会と光触媒に関するシンポジウムを共催したほか、ホームページを作製・公開した。拠点キックオフの場として、今夏にInternational Workshopの開催を計画している。

今後は、研究成果を広くグローバルに発信する事で、国際的なプレゼンス向上を進めていく。また、独自性の高い研究体制を構築することで、同分野の他研究組織との差別化を図っていく。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文 (すべて査読あり)

1. Photocatalytic CO<sub>2</sub> Reduction Using Water as an Electron Donor under Visible Light Irradiation by Z-Scheme and Photoelectrochemical Systems over (CuGa)<sub>0.5</sub>ZnS<sub>2</sub> in the Presence of Basic Additives, S. Yoshino, A. Iwase, Y. Yamaguchi, T. M. Suzuki, T. Morikawa, A. Kudo, J. Am. Chem. Soc., 144, 2323–2332, 2022.
2. CO<sub>2</sub> Reduction Using Water as an Electron Donor over Heterogeneous Photocatalysts Aiming at Artificial Photosynthesis, S. Yoshino, T. Takayama, Y. Yamaguchi, A. Iwase, A. Kudo, Acc. Chem. Res., 55, 966–977, 2022.
3. Creation of High-Performance Heterogeneous Photocatalysts by Controlling Ligand Desorption and Particle Size of Gold Nanocluster, T. Kawawaki, Y. Kataoka, M. Hirata, Y. Akinaga, R. Takahata, K. Wakamatsu, Y. Fujiki, M. Kataoka, S. Kikkawa, A. S. Alotabi, S. Hossain, D. J. Osborn, T. Teranishi, G. G. Andersson, G. F. Metha, S. Yamazoe, Y. Negishi, Angew. Chem. Int. Ed., 60, 21340–21350, 2021.
4. Ion-Selective Covalent Organic Framework Membrane as a Catalytic Polysulfide Trap to Arrest Redox Shuttle Effect in Lithium-Sulfur Batteries, K. Sun, C. Wang, Y. Dong, P. Guo, P. Cheng, Y. Fu, D. Liu, D. He, S. Das, Y. Negishi, ACS Appl. Mater. Interfaces, 14, 4079–4090, 2022.
5. Interactions between pH, reactive species, and cells in plasma-activated water can remove algae, Ken Mizoi, Vicente Rodríguez-González, Mao Sasaki, Shoki Suzuki, Kaede Honda, Naoya Ishida, Norihiro Suzuki, Kazuyuki Kuchitsu, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Akira Fujishima, Katsuya Teshima, Chiaki Terashima, RSC Adv., 12, 7626–7634, 2022.
6. Hydrogel photocatalyst for efficient energy conversion and environmental treatment, Wenwei Lei, Norihiro Suzuki, Chiaki Terashima, Akira Fujishima, Front. Energy, 15, 577–595, 2021.
7. Phase Evolution of Electrochemically Potassium Intercalated Graphite, Hiroo Onuma, Kei Kubota, Shotaro Muratsubaki, Wataru Ota, Maxim Shishkin, Hirofumi Sato, Koichi Yamashita, Satoshi Yasuno, Shinichi Komaba, J. Mater. Chem. A., 9, 11187–11200, 2021.
8. A vanadium-based oxide-phosphate-pyrophosphate framework as a 4 V electrode material for K-ion batteries, Mirai Ohara, A. Shahul Hameed, Kei Kubota, Akihiko Katogi, Kuniko Chihara, Tomooki Hosaka, Shinichi Komaba, Chem. Sci., 12, 12383–12390, 2021.
9. Multi-Enzyme-Modified Bioanode Utilising Starch as a Fuel, Rurika Toda, Ryoichi Tatara, Tatsuo Horiba, Shinichi Komaba, ChemElectroChem, 8, 4199–4206, 2021.
10. 1,3,2-Dioxathiolane 2,2-Dioxide as an Electrode Additive for K-Metal Cells, Tomooki Hosaka, Taiga Fukabori, Tatsuo Matsuyama, Ryouichi Tatara, Kei Kubota, Shinichi Komaba, ACS Energy Lett., 6, 3643–3649, 2021.
11. Cycling performance for storage and purification of lanthanum-rich mischmetal alloy in the presence of hydrogen sulfide, Shan Miao, Akashi Eguchi, Noboru Katayama, Kiyoshi Dowaki, Energy Sci. Eng., 9, 1409–1415, 2021.
12. LAMMPS molecular dynamics simulation of methane decomposition on nickel thin films at high temperatures, K. Miyazawa, Y. Tanaka, Surf. Sci., 713, 121904, 2021.

### 著書 (計 7 件)

1. (Section I, Chapter 3) Heterogeneous Photocatalyst for CO<sub>2</sub> Reduction (Section Editors: Takashi Hisatomi, Kazunari Domen), A. Kudo, Springer Handbook of Inorganic Photochemistry (Editors: Detlef Bahnemann, Antonio Otavio, T. Patrocínio), Springer, 2021.
2. Photoelectrocatalytic and Photocatalytic Reduction Using Diamond, Kazuya Nakata, Chiaki Terashima, Diamond Electrodes: Fundamentals and Applications, Springer Singapore, Mar. 16, 2022.

3. (Chapter 8) Atomic-scale characterization of the platinum nanoparticles deposited on C<sub>60</sub> fullerene nanowhiskers and related carbon nanomaterials, K. Miyazawa, M. Yoshitake, Y. Tanaka, Concepts and Design of Materials Nanoarchitectonics, Royal Society of Chemistry (UK), Feb. 16, 2022.
4. (第3編 第1章) 7. イオン伝導を利用したセラミックエレクトレット材料, 田中優実, 環境発電ハンドブック 第2版, 2021年10月.

### 招待講演

1. Artificial Photosynthesis using powdered photocatalyst materials, A. Kudo (Plenary), The 4th Energy Future Conference, Hybrid conference, Australia, Oct. 18, 2021.
2. Structure Control of Metal Clusters and Their Application in Energy and Environmental Catalysts, Y. Negishi, Composite Materials Congress, Advanced Materials Lecture Series, Dubai (UAE) Hybrid Setup, Online, 2022.
3. 金属クラスターの構造制御とエネルギー・環境触媒への応用, 根岸雄一 (学術賞受賞講演), 日本化学会第102春季年会, オンライン, 2022年3月23日.
4. ダイヤモンド半導体によるCO<sub>2</sub>の光電気化学還元, 寺島千晶, 手嶋勝弥, 藤嶋 昭, 第82回応用物理学会春季学術講演会, 口頭発表(招待・特別), オンライン, 2021年9月13日.
5. Development of Ceramic Electrets For Vibrational Power Generator, Y. Tanaka, Power MEMS 2021 at Virtual, Dec. 6, 2021.
6. 炭素基板上に作製された白金ナノ粒子の原子構造評価, 宮澤薫一, 田中優実, 第16回ナノ・バイオメディカル学会, 2021年11月25日.
7. Surface atomic structural analysis of nickel plating films reacted with methane at high temperature using HRTEM-EELS, K. Miyazawa, M. Asahara, T. Miyasaka, T. Nagai, K. Kimoto, Y. Tanaka, Sixth International Conference on Catalysis and Chemical Engineering at San Francisco, CA (CCE-2022), Feb. 22-24, 2022.

### 特許

1. 堂脇清志 他2名, 国内特許, 塩化水素除去剤, 特許第6999910号, 2021.
2. 鈴木孝宗, 寺島千晶, 石田直哉, 勝川るみ, 藤嶋 昭, 国内優先出願, ギ酸の製造方法, 特願2021-181153, 2021.

### 広報

1. 工藤昭彦, 日経 XTECH ラーニング「CO<sub>2</sub>を減らしグリーン水素を作る人工光合成」についてのインタビュー, 2022.
2. 根岸雄一, 配位子脱離 仕組み解明 東京理科大学 水分解光触媒の作製時, 日刊工業新聞, 2021.
3. 根岸雄一, 大学の勉強ってこんなにおもしろい! : ナノテクノロジーのゲンバ: 最小の金属材料をつかって次世代エネルギー社会に貢献, 教育系情報誌「Dream Navi」誌, 2021.
4. 寺島千晶, 東洋経済「ACADEMIC SDGsに取り組む大学特集 Vol.3」, 2021年6月26日.
5. 田中優実 他, 冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収技術(Cryo-DAC)の開発, NHK おはよう日本, 2021年5月8日 / 日刊工業新聞, 2021年8月23日.
6. 田中優実, 高校化学で勉強した「電池」の先の世界 / 振動を電気に変える化学, 教育系 YouTuber「よびノリたくみ」との学術対談(チャンネル名: 予備校のノリで学ぶ「大学の数学・物理」), 2021年9月5日配信開始.

### 受賞

1. 根岸雄一, 学術賞, 第39回日本化学会, 2021.
2. 川脇徳久, 花王科学奨励賞, 公益財団法人 花王芸術・科学財団, 2022.
3. 川脇徳久, Silver Award, MRM2021 Poster Award, 2022.
4. 駒場慎一, Highly Cited Researchers 2021に選出, クラリベイト・アナリティクス社, 2021.
5. Daisuke HARA, Chiharu MISAKI, Noboru KATAYAMA, Kiyoshi DOWAKI, Best Paper Award, EcoDesign 2021, 2021.

## 研究課題（研究者別）

### 工藤 昭彦・山口 友一

#### 「粉末光触媒を用いた水を電子源とした可視光水分解および CO<sub>2</sub> 還元」

光触媒を用いた水分解と CO<sub>2</sub> 還元はクリーンな手法で水素の製造および CO<sub>2</sub> の資源化が可能である大変魅力的な反応である。しかし、本技術の実用化のためには光触媒の更なる高活性化が求められている。そこで本研究では、「元素戦略」、「バンドエンジニアリング」などのストラテジーを駆逐することで高活性な光触媒の開発を行う。

### 根岸 雄一

#### 「微細な金属クラスターによる高活性な水分解光触媒の創製とその評価」

水と太陽光から水素製造できる水分解光触媒は、真にクリーンな水素製造手法として注目を集めている。この光触媒の高活性化には、助触媒と呼ばれる金属微粒子を担持することが有効である。しかし従来の担持法は、その「大きさ」や「電子状態」を精密に制御することが困難であった。そこで本研究では、極微細な金属クラスターを液相合成し、光触媒表面上に担持する新規手法を確立することで、水分解光触媒の更なる高活性化を目指す。

### 寺島 千晶

#### 「カーボンリサイクルを目指した太陽熱触媒の研究」

二酸化炭素を資源として捉え有用資源へと変換する二酸化炭素還元技術が注目を集めている。人工光合成では、酸化チタン光触媒では太陽光のうち約 6%の紫外光しか利用できず可視光応答化の研究開発が進められている。一方、太陽熱触媒は可視光も含め太陽光の 50%以上を利用することが可能である。そこで、太陽熱を利用した二酸化炭素変換材料の合成と反応プロセスの開発に取り組む。

### 駒場 慎一

#### 「電気エネルギーの効率利用を実現する次世代蓄電池材料に関する研究」

希少元素や毒性元素を必要としない次世代蓄電池として、ナトリウムイオン蓄電池およびカリウムイオン蓄電池に関する材料研究を推進している。本年度は、正極材料としてプルシアンブルー類似体として知られるヘキサシアノ鉄マンガン塩が 4 ボルト域での充放電活性を示すことに注目し、充放電反応メカニズムやカリウムイオン拡散挙動について解析を行った。

### 堂脇 清志

#### 「バイオ水素の製造及び水素吸蔵合金カートリッジを利用した燃料電池システムに関する研究」

下水汚泥等のバイオマス資源を熱分解・ガス化することにより、水素製造を行う研究開発を産学共同のもと実施している。特に、このシステムにおいては、ガス化特性で一番重要となる熱伝達の様相をダイナミックに解析し、後段で必要となる不純物除去についてもその性能を把握している段階である。加えて、製造された水素燃料を水素吸蔵合金に貯蔵し、電動自転車としての駆動動力の可能性についても実証検討を行っている。

### 田中 優実

#### 「静電式振動発電機用セラミックエレクトレットに関する研究」

セラミックスを基材とする静電式振動発電機用高性能エレクトレット（安定な静電気を保持する誘電体材料）の開発に向け、ペロブスカイト型希土類アルミネートの組成と誘電・伝導特性およびエレクトレット性能の関係を評価した。結果、希土類カチオンを二価カチオンで部分置換することで導電率を増大させたランタンアルミネート及びイットリウムアルミネートが優れたエレクトレット基材となることを実証した。

**鈴木 孝宗**

**「ゼオライト膜を用いた CO<sub>2</sub> 電解還元由来ギ酸の分離精製」**

CO<sub>2</sub>の電解還元によるギ酸製造の実用化に向けては、電解質を含む希薄ギ酸水溶液からギ酸を安価にかつ容易に分離精製する技術が必要である。大工業的に入手可能なゼオライト分離膜を用い、ゼオライト細孔よりも大きな分子は浸入できない「分子ふるい作用」と、細孔空間と親和性の高い分子が吸着する「選択吸着作用」を活用することで、高濃度・高純度ギ酸の単離を目指す。

**川脇 徳久**

**「サイズ制御された白金クラスターを用いた燃料電池カソード電極触媒の創製」**

クリーンな発電材料として期待される燃料電池は、カソードの酸素還元反応が律速段階であり、多量の白金微粒子触媒が使用されている。しかし、白金は高価な貴金属であり、その使用量を抑えることが重要な課題である。そこで本研究では、従来の白金微粒子よりも微細な白金クラスターを簡便かつ高収率で合成する方法の確立に取り組んだ。更に、これを燃料電池カソード電極触媒に応用することで、実用的な白金触媒の創製を目指す。

# ナノカーボン研究部門

# ナノカーボン研究部門について

## 1. 概要

ナノカーボン研究部門は、カーボンナノチューブ、グラフェンに関わる新奇物性の解明とともに、ナノチューブのナノ空間を利用した物質科学およびナノチューブと生体分子との相互作用を利用した物質科学の構築を目指している。ナノカーボンに関して、先進的な研究を行っている物性理論、物性実験、電気工学、熱工学、生物物理それぞれの分野の専門家が、相互の情報交換および連携によりナノカーボンに関する基礎から応用までの研究を推進することを特色とする。

## 2. 研究部門の構成

ナノカーボンに関わる広い分野の中で、主に以下の分野を対象として特徴ある研究を展開する。

### ① ナノ空間の物質科学：

ナノチューブの表面や内部空間に局在化された物質の状態およびその新奇物性を解明する。また、ナノ空間における物質の状態図を明らかにする。

### ② ナノカーボン・ハイブリット材料：

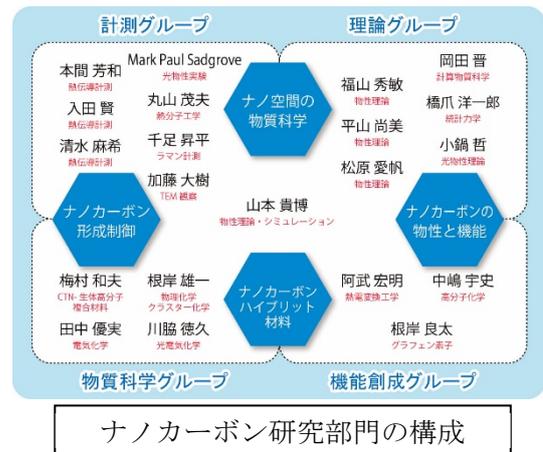
DNA・ナノチューブ複合体の光物性を解明する。また、ナノチューブによる生体分子認識技術を確認する。

### ③ ナノカーボン形成制御：

ナノチューブの位置制御、グラフェンの大面積化等、ナノカーボンを応用するために必要な形成制御技術を確認する。

### ④ ナノカーボンの物性と機能：

ナノカーボンを活用したエネルギー変換の物理と材料開発およびデバイスの応用を行う。また、ナノカーボンを活用したペーパーエレクトロニクスの基盤を構築する。



## 3. 各研究グループの活動報告

2021 年度は、コロナ禍ということもあり海外での研究活動を進めることが困難であったが、その一方で国内での研究が大幅に進展した。とりわけ、ナノカーボン研究部門のメンバーと他部門や他センターの研究者とが連携することで、カーボンナノチューブ熱電センサーの基礎研究と建築分野への応用においては、社会実装を行うべき理科大発ベンチャーの起業を行なった。この点に関しては、「理科大ならでは」の連携研究成果であり、部門の研究活動としては模範的成果と言えよう。

### 3. 1. 計測グループについて

「ナノカーボン物質の特性・構造評価」

単一架橋カーボンナノチューブ (SWCNT) の熱物性評価を目的とし、蛍光測定を自動化を進めた。その技術を応用し、コバルト触媒を用いて合成した 332 本の架橋 SWCNT についてカイラリティ分布を測定し、(9, 7), (9, 8) など near armchair 型の生成効率が高いものの、カイラル角だけでは説明のできないことを明らかにした。また、ナノファイバの近接場光と SWCNT との相互作用を計測するための実験系を構築した。これにより、SWCNT のカイラリティがファイバモード光の伝搬特性に及ぼす効果を検証する。(本間・入田)

### 「カーボンナノチューブの熱電計測」

カーボンナノチューブ 1 本の熱電計測を行うための 1 本の CNT に電極を形成する技術、電極構造、ヒーター構造、ダイヤモンド NV センターによる温度センサの温度測定精度等の検討を行った。1 本の CNT に電極を形成し、温度センサを両端に取り付けることが可能となった。温度センサの精度は 0.1°C 程度であった。温度差をつけるための局所ヒーターを用いると温度精度が悪くなってしまふことがわかった。(清水)

## 3. 2. 物質科学グループについて

昨年度から継続していた天然界面活性剤を用いたカーボンナノチューブの分散実験について 2 報の査読付き論文を発表した。また、生物由来のナノ多孔質バイオシリカを用いてマイクロサイズのカーボンナノチューブバイオセンサーを試作し、バイオセンシングに使えることを示した。フィリピン産の天然セルロースで薄膜を作製し、これにカーボンナノチューブを包埋しても発光が得られることを確認した。(梅村)

カーボン鎖と水素化された硫黄 (SH) を分子構造の末端に持つ、有機化合物「チオラート (SR)」は安定化保護剤である「リガンド」として機能する。我々のグループでは、液相中で白金イオンを還元して、配位子を加えるという液相還元法を用いることで、従来ではできなかった大気・常圧下での、白金クラスター合成に成功した。さらに、これらの白金クラスターを水分解光触媒の水素生成助触媒や酸素還元電極触媒として利用することで、一般的な白金ナノ粒子触媒に比べて高い活性を示すことが明らかとなった。(根岸雄一)

「Pt/カーボン系酸素還元反応触媒の活性に及ぼす担体効果に関する研究」

高い結晶性を有するカーボンである高配向性熱分解グラファイト (HOPG) ディスクをモデル担体として、アルゴンプラズマエッチングによる炭素欠陥導入及びスパッタリングによる炭素欠陥部への白金原子吸着・白金粒子 (膜) 形成を組み合わせた新たな手法に基づく白金/カーボン系酸素還元反応触媒の調製を試みるとともに、得られた白金/HOPG 複合体の触媒活性を評価した。結果、エッチング処理した HOPG を担体とした系において、市販の触媒よりも高い質量活性が発現することを示した。(田中)

## 3. 3. 機能創成グループについて

グラフェンをナノスケール幅の細線構造にしたものをグラフェンナノリボン (GNR) と呼び、バンドギャップの形成や量子伝導など特異な物性を示すことから、次世代の電子デバイス材料として注目されている。本研究では、乱層積層した多層 GNR を単一チャンネルとした電界効果型トランジスタ (FET) を作製し、キャリア輸送特性と層数との相関を調べた。5 層以下の乱層積層した多層 GNR では、層数の増加に伴い FET のキャリア移動度と Ion/Ioff 比とが向上する。この半導体的特性の向上は、乱層効果による伝導率の増加によって促進される。6 層以上の多層 GNR では、Ion/Ioff 比は低下するものの、層数を増やすことで伝導率がさらに増加し、低抵抗な金属的ワイヤーとして振舞う。この半導体特性と金属特性とのクロスオーバーポイントは、基板上に存在する不純物電荷からの電界に起因した GNR を取り巻く環境効果の強さによって決定されることを明らかにした。(東洋大学 根岸良太)

SWCNT の局所熱電物性を走査型熱電顕微法により評価した。電気伝導度 L11 および熱電伝導度 L12 をカンチレバー先端から電極基板間に誘起させる電場および温度勾配に対する電流応答から見積もった。eDIPs 法で作製された SWCNT 膜中において、p 型および n 型の CNT がそれぞれ存在していることや、CNT の接点において L11 および L12 が特異的に増大していることを新たに見出すことができた。このような CNT 膜の不均一がマクロに発現する物性に影響を及ぼしていると考えられる(中嶋)。

## 3. 4. 理論グループについて

定常電界下における、種々のナノスケール炭素物質の構造ダイナミクスと電子物性の解明を行なった。特に、ナノ炭素物質の電界効果トランジスタ応用/電界効果によるキャリア注入現象に注目し、ナノスケール炭素物質の構造が電界効果によるキャリア注入に及ぼす影響を第一原理的に明らかにした。また、炭化水素分子と 2 層グラフェンからなる新しい層間化合物の物質設計を行い、当該系が炭素原子のみから構築される電荷移動系となり得ることを明らかにした。(岡田)

材料の微視的構造の理解と制御に向けて、数値シミュレーション手法の開発を進めている。本年度は、第一原理計算データを基に、機械学習により原子間ポテンシャルを構築し、それを用いて分子動力学計算を行う手法を導入した。この手法を用いたシミュレーションからホウ素の準安定相を得ることができ、現在はその詳細な電子物性について調査を進めている。(平山)

カーボンナノチューブに代表される新材料を用いたデバイスの作製が部門メンバーによって進められている。我々は、そのようなデバイスによって取得された信号データを出現頻度にもとづく確率分布に変換し、カルバック・ライブラー ダイバージェンス (KL ダイバージェンス) と呼ばれる相対エントロピーによって解析する方法を見出した。この手法は、信号の欠落の補完や、復元不可能性を兼ね備えている。現在、実際に得られる信号情報に対してどの程度有効かについての検証を進めている。(橋爪)

グラフェンやカーボンナノチューブ (CNT) の熱電特性を最適化するための条件を明らかにした。また、CNT がランダムに分布した薄膜の熱電性能の最適化に関しても、RSN モデル理論と電気・熱回路網方程式を組み合わせた手法に加えて、遺伝的アルゴリズムを用い新たな側面から、最適な CNT の配向性や密度等の調査を行った。(松原)

カーボンナノチューブの熱放射特性を明らかにするため、放射率について理論的な研究を行った。その結果、ナノチューブ構造や励起子効果を適切に取り入れた放射率の実用的な公式を導出することに成功した。(小鍋)

#### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

現在進行中の研究プロジェクトのゴールである「高温酵素デバイスの作製」についてはまた改良の途中にある。次年度で完成としたい。(梅村)

白金クラスター触媒は高活性であるが、密度当りの活性を高めるために、担持量を増やすと容易に凝集してしまうという課題がある。そのため、凝集を防ぎながら高密度にて担体上に白金クラスターを担持する精密担持法の確立が必要と考える。今後は、そのような担持手法の開発のため、担体や担体と白金クラスター間のアンカー効果が発現するような材料創製に取り組む(根岸雄一)

今期合成した乱層積層型多層 GNR は単一チャンネルの FET 構造で、その機能が有効に発現する。スケーラブルな電子デバイスへの応用を考えると、薄膜状のチャンネル構造が望ましい。そこで今後の展開として、安価に大量合成可能な酸化グラフェンから大面積の乱層積層した多層グラフェン薄膜形成法を開拓する。酸化グラフェンをグラフェンとして機能を発現させるためには、還元工程が必須となる。そのため、赤外線加熱炉を利用した反応性ガス雰囲気での超高温加熱処理装置を開発する。合成する多層グラフェンに対して、量子ホール測定や角度分解光電子分光測定を行うことで、キャリア伝導機構や電子構造を解明する。これら現象のより深い理解を進めるため、理論グループとの共同研究を推進したい。さらに、合成する多層グラフェンの高機能化に向けて、物質科学グループとの有機的な研究を進めたいと考えている。(東洋大学 根岸良太)

実際の合成過程における構造発生メカニズムの解明と制御に向けて、外場の影響を考慮した計算手法の確立が課題となる。そこで、機械学習による原子間ポテンシャルの作成において、外場を考慮できるように手法を拡張する。これが実現できれば、欠陥を含む不規則相やアモルファス相など、過渡的な準安定状態に対する外場の影響を、理論的に解明できると期待される。(平山)

今年度の研究で得られた熱放射公式を用いることで、カーボンナノチューブを用いた熱光起電力効果を調べることが可能になった。今後は、カーボンナノチューブによる熱光起電力発電におけるエネルギー変換効率などを明らかにする。(小鍋)

カーボンナノチューブの熱電特性計測にあたり、局所ヒーターで温度差を付けた上で両端の電圧を計測する必要があるが、ヒーター電流から生じる磁場によりダイヤモンド NV センターによる温度センサの計測の精度が落ちてしまう問題が生じた。磁場をキャンセルするようにヒーター構造を改善し、実験を行っている。1本の計測について要素技術はそろったので実際に計測を行う。(清水)

## 5. むすび

コロナ禍で対面での研究会などを実施することが困難であったにも関わらず、部門内ならびに部門間の共同研究開発の進展は目覚ましかった。特に、学内の物理・材料・機械・データサイエンス・建築の異分野の研究者が連携し、カーボンナノチューブの熱電センサー開発に取り組み、基礎研究にとどまることなく社会実装まで達成したことは素晴らしい成果である。今回、理科大発ベンチャーとして株式会社 preArch を起業したことで、今後ますます本部門の研究成果が広く社会に還元されることを期待する。

参考：株式会社 preArch ホームページ：<https://prearch.co.jp/>

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Kazuo Umemura, Ryo Hamano, Hiroaki Komatsu, Takashi Ikuno, and Eko Siswoyo, Dispersion of Carbon Nanotubes with “Green” Detergents, *Molecules* 26(10), 2908, 2021 (査読有)
2. Ryo Hamano, Shingo Shoumura, Yuto Takeda, Tokio Yamazaki, Kota Hirayama, Yasutaka Hanada, Shieghi Mayama, Masaharu Takemura, Han-Jia Lin and Kazuo Umemura, Sinking of Four Species of Living Diatom Cells Directly Observed by a “Tumbled” Optical Microscope, *Microscopy and Microanalysis*, 27, 5, 1154–1160, 2021 (査読有)
3. “Ion-Selective Covalent Organic Framework Membrane as a Catalytic Polysulfide Trap to Arrest Redox Shuttle Effect in Lithium-Sulfur Batteries”, K. Sun, C. Wang, Y. Dong, P. Guo, P. Cheng, Y. Fu, D. Liu, D. He, S. Das, Y. Negishi, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 14, 4079–4090 (2022). (査読有)
4. “Development and Functionalization of Visible-light-driven Water-splitting Photocatalysts”, T. Kawawaki, M. Kawachi, D. Yazaki, Y. Akinaga, D. Hirayama, Y. Negishi, *Nanomaterials*, 12, 344 (2022). (査読有)
5. Chirality Distributions for Semiconducting Single-Walled Carbon Nanotubes Determined by Photoluminescence Spectroscopy, Masaru Irita, Takahiro Yamamoto, Yoshikazu Homma, *Nanomaterials*, 11, 2021 (査読有)
6. Wafer-Scale Growth of One-Dimensional Transition Metal Chalcogenide Nanowires, H. E. Lim, Y. Nakanishi, Z. Liu, J. Pu, M. Maruyama, T. Endo, C. Ando, H. Shimizu, K. Yanagi, S. Okada, T. Takenobu, Y. Miyata, *Nano Lett.* 21, 243–249 (2021). (査読有)
7. Carrier distribution control in bilayer graphene under a perpendicular electric field by interlayer stacking arrangements, Y. Gao, S. Okada, *Appl. Phys. Express* 14, 035001 (2021). (査読有)
8. Scanning probe analysis of twisted graphene grown on a graphene/silicon carbide template, Yao Yao, Ryota Negishi, Daisuke Takajo, Makoto Takamura, Yoshitaka Taniyasu and Yoshihiro Kobayashi, *Nanotechnology*, Vol.33 pp 155603/1–8, 2022 (査読有)
9. Crossover point of the field effect transistor and interconnect applications in turbostratic multilayer graphene nanoribbon channel, Ryota Negishi, Katsuma Yamamoto, Hirofumi Tanaka, Seyed Ali Mojtahedzadeh, Nobuya Mori, Yoshihiro Kobayashi, *Scientific Reports*, Vol. 11, pp 10206/1–12, 2021 (査読有)
10. Enhanced thermoelectric performance of vertical Bridgman-grown Mg<sub>2</sub>Si by codoping with Sb and Zn, D. Shiojiri, T. Iida, H. Hamba, T. Kodama, M. Yamaguchi, N. Hirayama, and Y. Imai, *Journal of Electronic Materials* 51, pp 1311–1321, 2022 (査読有)
11. First-Principles Study of the Structural and Thermoelectric Properties of Y-Doped  $\alpha$ -SrSi<sub>2</sub>, M. Yamaguchi, D. Shiojiri, T. Iida, N. Hirayama, and Y. Imai, *Japanese Journal of Applied Physics* 61, pp 031002, 2022 (査読有)
12. Self-powered Fault Diagnosis Using Vibration Energy Harvesting and Machine Learning, Kota Tsuchikawa, Tomohiro Sato, Mitsuki Funato, Kiyotaka Imai, and Takashi Nakajima, *Sens. Mater.*, in press (査読有)
13. Optimization of Thermoelectric Power Factor of Bilayer Graphene by Vertical Electric Field, H. Horii, M. Matsubara, K. Sasaoka, T. Yamamoto, and H. Fukuyama, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 90, 104711 (2021).
14. Maximum Thermoelectric Power Factor and Optimal Carrier Concentration of Bilayer Graphene at Various Temperatures, H. Horii, M. Matsubara, K. Sasaoka, and T. Yamamoto, *e-JSSNT.*, 19, 125 (2021).

15. “Thermal properties of single-walled carbon nanotube forests with various volume fractions,” J. Cha, K. Hasegawa, J. Lee, I. Y. Stein, A. Miura, S. Noda, J. Shiomi, S. Chiashi †, B. L. Wardle †, S. Maruyama †, Int. J. Heat Mass Transfer, 171, 121076-1-6 (2021). (査読有)
  16. “Photoluminescence from Single-Walled MoS<sub>2</sub> Nanotubes Coaxially Grown on Boron Nitride Nanotubes,” M. Liu, K. Hisama, Y. Zheng, M. Maruyama, S. Seo, A. Anisimov, T. Inoue, E. I. Kauppinen, S. Okada, S. Chiashi, R. Xiang, S. Maruyama †, ACS Nano, 15, 8418 (2021). (査読無)
  17. “Optimization of Thermoelectric Power Factor of Bilayer Graphene by Vertical Electric Field” Journal of the Physical Society of Japan, 90号:10 104711-1~104711-12, 2021年9月22日, Hikaru Horii, Manaho Matsubara, Kenji Sasaoka, Takahiro Yamamoto, and Hidetoshi Fukuyama
  18. “Thermoelectric Effect in Mott Variable-Range Hopping”, Journal of the Physical Society of Japan, 91号:4 044704-1~044704-4, 2022年3月25日, T. Yamamoto, M. Ogata, H. Fukuyama
  19. Chirality Distributions for Semiconducting Single-Walled Carbon Nanotubes Determined by Photoluminescence Spectroscopy, Masaru Irita, Takahiro Yamamoto, Yoshikazu Homma, Nanomaterials, 11, 2309, 2021 (査読有)
  20. Theory of exciton thermal radiation in semiconducting single-walled carbon nanotubes, S. Konabe, T. Nishihara, and Y. Miyauchi, Optics Letters 46, 3021-3024, 2021 (査読有)
  21. K. Miyazawa, Y. Tanaka, “LAMMPS molecular dynamics simulation of methane decomposition on nickel thin films at high temperatures”, Surface Science, 713, PP. 121904\_1-10 (2021) (査読有)
- 他, 計 48 件

## 著書

1. Synthesis and transport analysis of turbostratic multilayer graphene (Chapter 8) in Quantum Hybrid Electronics and Materials, Ryota Negishi and Yoshihiro Kobayashi, Springer, to be published in 2022.
  2. 《著書》「工学へのアプローチ 量子力学」山本貴博 著 (裳華房) 11月30日
  3. K. Miyazawa, M. Yoshitake, Y. Tanaka, “Concepts and Design of Materials Nanoarchitectonics, Ch. 8 Atomic-scale characterization of the platinum nanoparticles deposited on C60 fullerene nanowhiskers and related carbon nanomaterials”, pp. 168-192, Royal Society of Chemistry (UK) (2022.2.16)  
ISBN-13: 978-1788018029
- 他, 計 4 件

## 招待講演

1. Conjugates of Nanocarbons with Asian Biomolecules, Kazuo Umemura, The 10th International Conference on Nanostructures, Nanomaterials and Nanoengineering 2021 (ICNNN 2021), オンライン開催, 2021
2. Potentials of digital holographic microscopy for life sciences, Kazuo Umemura, International Symposium on Nanoscience and its Applications (ISNA), オンライン開催, 2021
3. 乱層構造を持つ多層グラフェンナノリボンの合成およびキャリア輸送現象, 根岸良太, シリコン材料・デバイス研究会, オンライン, 2021年11月11~12日
4. Development of low-consumption diagnostic edge device by integrating vibration energy harvesting and machine learning, Takashi Nakajima, 1st International Conference on ENERGY Materials (ICEM2021), Online, November 7, 2021

5. 中嶋宇史, 「フレキシブル圧電ポリマーを用いた振動エネルギーハーベスティング～振動発電能とデバイス展開の可能性～」, 日本機械学会 2021年度 年次大会、オンライン, 2021年9月8日
  6. Theoretical Prediction of Optimal Thermoelectric Properties of Low-Dimensional Nanomaterials, Manaho Matsubara, Junei Kobayashi, Hikaru Horii, Kenji Sasaoka, Takahiro Yamamoto, and Hidetoshi Fukuyama, The 11th The International Conference on Flexible and Printed Electronics (ICFPE), Online, 2021/9/30.
  7. Phase of water confined at single-walled carbon nanotube, Yoshikazu Homma and Shohei Chiashi, Pacificchem2021, Online, December 19, 2021
  8. “Synthesis of single-walled carbon nanotube @ boron nitride nanotubes and their optical properties,” S. Chiashi, 14th Symposium on Nanotube Spectroscopy, Photonics, and Applications in Metrology (NT21 satellite), (Rice University, USA (Online)), 2021
  9. Theory of exciton thermal radiation in semiconducting single-walled carbon nanotubes, S. Konabe, The 12th International Symposium of Advanced Energy Science, IAE, Kyoto University, Sept. 7, 2021
  10. Y. Tanaka, “Development of Ceramic Electrets For Vibrational Power Generator”, Power MEMS 2021 at virtual (2021.12.6)
  11. 宮澤薫一, 田中優実, “炭素基板上に作製された白金ナノ粒子の原子構造評価”, 第16回ナノ・バイオメディカル学会 (2021.11.25)
- 他, 計26件

### 特許

1. 内田秀樹、山本貴博, 伊藤拓海, 森健士郎, 中嶋宇史, 橋爪洋一郎, 元祐昌廣, 特願 2022-061286 (2022.3.31) 「地震による建造物の損傷の計測方法及び計測システム」
2. 内田秀樹、中嶋宇史、元祐昌廣、山本貴博、特願 PCT/JP2022/016309 (2022.3.30) 「熱電変換モジュール」

計2件

### 広報

1. 大阪大学 (根岸良太助教 (現 東洋大学), 森 伸也教授, 小林慶裕教授), 九州工業大学 (田中啓文教授) 層数制御した多層グラフェンナノリボン-金属・半導体 特性発生機構解明-, 科学新聞, 2021年7月2日
2. 中嶋宇史, 「ヒトコネクションテクノロジー」の実証実験を東京理科大学と共同実施, 日経新聞, 2021年11月12日
3. 阿武宏明, 未利用熱を電気に直接変換する熱電発電, 山陽小野田市広報さんようおのだ, 理大つうしん, 2022年2月1日号, 2022.
4. 田中優実 他, “冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収技術(Cryo-DAC)の開発”, NHK お早う日本 (2021.5.8)
5. 山本貴博, “理論物理学者の計算ノートがすごい【研究者の机】”, 教育系 YouTuber 「よびノリたくみ」との学術対談(チャンネル名:予備校のノリで学ぶ「大学の数学・物理」), (2021.8 配信開始)

他, 計8件

### 受賞

1. 根岸雄一, 学術賞, 第39回日本化学会, 2021
2. 川脇徳久 (根岸研究室, 助教), 花王科学奨励賞, 公益財団法人 花王芸術・科学財団, 2022
3. 掘井 耀 (山本研究室, D3) 2022年 日本表面真空学会学術講演会 講演奨励賞「垂直電場下での二層グラフェンの熱電性能の最適化」2021年5月21日

他, 計21件

## 研究課題（研究者別）

### 山本 貴博

#### 「ナノカーボン物質の量子輸送現象」

ナノカーボン物質とその関連物質の量子輸送現象（熱電効果を含む）ならびにナノカーボン物質と水との相互作用について理論的および計算科学的に調べる。

### 福山 秀敏

#### 「ナノカーボン物質の熱電効果の理論」

久保・Luttinger の熱電応答理論をもとに、可一ボンナノチューブ、二層グラフェン、フラーレン結晶の熱電効果の理論研究を行う。

### 本間 芳和

#### 「ナノカーボン材料の物性・構造評価に関する研究」

単一カーボンナノチューブ（SWCNT）の分光計測を利用して、SWCNT 中における励起子とフォノンの相互作用を解明する。また、走査電子顕微鏡法（SEM）と分光計測を駆使して、墨粒子などの新奇ナノカーボン材料の形態・構造を調べる。

### 梅村 和夫

#### 「東南アジア特有な生体分子とナノカーボンの複合による高温酵素デバイスの作製」

東南アジア特有な生体分子とナノカーボンとの複合体を作製し、高温で動作する酵素デバイスを作製する。

### 根岸 雄一

#### 「サイズ制御された白金クラスターを用いた燃料電池カソード電極触媒の創製」

クリーンな発電材料として期待される燃料電池は、カソードの酸素還元反応が律速段階であり、多量の白金微粒子触媒が使用されている。しかし、白金は高価な貴金属であり、その使用量を抑えることが重要な課題である。そこで本研究では、従来の白金微粒子よりも微細な白金クラスターを簡便かつ高収率で合成する方法の確立に取り組んだ。更に、これを燃料電池カソード電極触媒に応用することで、実用的な白金触媒の創製を目指す。

### 田中 優実

#### 「Pt/カーボン系酸素還元反応触媒の活性に及ぼす担体効果に関する研究」

白金が具備する重要な機能の一つに、酸素還元反応（ORR）に対する触媒活性がある。本研究では、グラファイト構造の発達したカーボン上に、気相法によって白金ナノ粒子をボトムアップ形成した系を対象として、カーボンの性状や粒子の形成過程が白金の電子状態や ORR 活性に及ぼす影響について研究している。

### 中嶋 宇史

#### 「多階層構造制御に基づく機能性ナノカーボン材料の開発」

電流測定法による熱電特性評価技術を新規に開発し、多階層性を内包する CNT 及びグラフェンの機能物性を明らかにする。また、同じく柔軟性を特徴とする強誘電性ポリマーと CNT の複合構造を形成し、自発分極によるキャリア注入と CNT の配向性制御を実現するとともに、実用化に向けた応用展開を進める。

## Mark Paul Sadgrove

### 「ナノ光ファイバと SWCNT のキラル結合に関する研究」

At Sadgrove lab, single wall carbon nanotubes (SWCNTs) are combined with optical nanofibers of waist diameter  $\sim$ 500 nm. The optical nanofibers have the property of mode chirality - that is, left and right propagating modes in the nanofiber have opposite circular polarizations. Working together with Prof. Homma (TUS) and Prof. Shimizu (Saitama Univ.), the aim of the research is to interface the optical nanofiber mode chirality with the structural chirality of SWCNTs. By achieving this goal, the Sadgrove group plans to make new non-reciprocal optical devices, and new methods of isolating and analyzing single SWCNTs.

## 橋爪 洋一郎

### 「熱電デバイスから取得される情報の処理技術の開拓」

カーボンナノチューブに代表されるカーボン材料を用いたデバイスの作製が部門メンバーによって進められている。そこで我々は、そのようなデバイスによって取得される情報を、より効率的に解析できる情報処理技術を開拓する。特に、信号の不安定さから生じる欠落の補完可能性と、セキュリティの面から求められる復元不可能性を兼ね備えた手法が必要である。これに応えるため、本研究においては、カルバック・ライブラー ダイバージェンス (KL ダイバージェンス) と呼ばれる、情報エントロピーを用いた解析手法に着目する。

## 川脇 徳久

### 「微細な金属クラスターによる高活性な水分解光触媒の創製とその評価」

水と太陽光から水素製造できる水分解光触媒は、真にクリーンな水素製造手法として注目を集めている。この光触媒の高活性化には、助触媒と呼ばれる金属微粒子を担持することが有効である。しかし従来の担持法は、その「大きさ」や「電子状態」を精密に制御することが困難であった。そこで本研究では、極微細な金属クラスターを液相合成し、光触媒表面上に担持する新規手法を確立することで、水分解光触媒の更なる高活性化を目指す。

## 松原 愛帆

### 「低次元材料の熱電特性の最適化に関する研究」

フレキシブルな熱電材料として期待されている不純物ドーパカーボンナノチューブ (CNT) とグラフェンに着目し、その熱電性能の温度依存性を明らかにした。CNT に関しては、直径の減少に伴いパワーファクターの最大値が指数関数的に増加することを明らかにした。また、2層グラフェンに垂直電場を印加することで、特にバンド端近傍における熱電性能が上昇することを定量的に示した。これはバンドエッジエンジニアリングの重要性を示唆している。

## 入田 賢

### 「単層カーボンナノチューブの熱制御技術に関する研究」

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) について、熱物性を計測することで、ナノスケールでの熱制御技術を確立することを目指す。SWCNT の研究では、光励起発光分光法で熱伝導率、ラマン分光法で熱伝導現象の計測を行う。

## 阿武 宏明

### 「ナノカーボン熱電変換素子材料の創製に関する研究」

熱電変換素子への応用のために安定な p・n 型のカーボンナノチューブ (CNT) の開発を目指す。無機ナノ粒子、CNT、有機マトリックスからなるハイブリッドの創製、ならびに電荷注入型 CNT 熱電素子の創製の 2 つのアプローチを進める。無機ナノ粒子、有機マトリックス、ハイブリッド構造、電気二重層構造、キャリア注入量の制御と最適化による熱電特性の向上を進める。

## 岡田 晋

### 「電界印加下におけるグラフェンや CNT の電子物性に関する研究」

密度汎関数理論と有効遮蔽媒質法を組み合わせることにより、グラフェン等の原子層物質や CNT 薄膜の電子物性に対する電界効果の解明を行なった。本年度は 2 層グラフェンへの電界効果によるキャリア蓄積が、層間の原子配列の違いに強く依存することを明らかにした。また、六方晶窒化ホウ素のグラフェンデバイスに対する遮蔽能の見積もりも行い、電子ドーピングに対してロバストでホールドーピングに対して脆弱であることを明らかにした。さらに、CNT 薄膜において、電解により誘起されるキャリアの浸透が CNT 密度が高いほど高められることを示した。

## 丸山 茂夫

### 「1次元ヘテロ構造の創成と応用」

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) をテンプレートとして、その外層に窒化ホウ素ナノチューブや遷移金属ダイカルコゲナイドナノチューブを形成した 1 次元ヘテロ構造が実現している。様々な 1 次元ヘテロ構造の CVD 合成と合成メカニズムの解明、電子、光学、熱、機械的な物性の解明、様々なデバイス応用などについて検討する。

## 小鍋 哲

### 「カーボンナノチューブの熱放射特性に関する理論的研究」

カーボンナノチューブの熱放射特性と熱光起電力効果について理論的に調べる。特に、カーボンナノチューブを用いた熱光起電力発電におけるエネルギー変換効率の理論限界などを明らかにする。

## 千足 昇平

### 「ナノカーボン材料の新規構造の構築とその物性評価」

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) やグラフェンを始めとするナノカーボン材料の構造制御合成技術や六方窒化ホウ素など他のナノ材料とを組み合わせた (積層構造, 接合構造など) 新しいナノ物質構築技術を開発し、それらの物性の探求・解明を目指す。SWCNT においてはカイラリティ制御合成法の開発、グラフェン等のナノ材料についてはその大面積化や高品質化を進める。同時に、これらナノ物質・ナノ構造体に対する光学的分析手法の開発を進める。

## 根岸 良太

### 「多層グラフェンの合成とキャリア輸送特性に関する研究」

安価に大量合成可能な酸化グラフェン材料を出発材料として、乱層積層した多層グラフェンのスケラブルな合成を試みる。この目標達成に向けて、赤外線加熱炉による超高温加熱装置を開発する。エタノールをカーボン原料とした反応性ガスを導入することにより、不活性ガス雰囲気やヒドラジン雰囲気による処理など従来の還元法では困難な構造修復を促進させ、高結晶化を実現する。本手法の有効性を検証するため、量子ホールや吸収スペクトル、角度分解光電子分光測定など、多角的な物性評価を実施する。

## 加藤 大樹

### 「ナノカーボン材料の荷電粒子線装置への応用」

カーボンナノチューブ試料について軟 X 線分光器 (SXES) を配備した走査電子顕微鏡 (SEM) である SEM-SXES を利用して、価電子帯から K 殻 (1s 電子) の遷移に由来する特性軟 X 線のスペクトルを収集する。得られたスペクトルを理論計算によって解析し、SEM-SXES のナノカーボン分野への応用の可能性を探る。

**平山 尚美**

**「材料の微視的構造の発生メカニズムの理解と制御にむけた理論研究」**

材料の作製過程における微視的構造の発生と、そこから発現する物性の理解に向けて、数値計算手法を確立する。この目的のため、第一原理計算データを基に、機械学習により原子間ポテンシャルを作成し、それを用いて分子動力学計算を行う手法に着目した。本研究では、結晶のみならず不規則構造やアモルファス相を含む幅広い構造を扱うことができ、さらに外場の影響を考慮した原子間ポテンシャルを開発する。これを用いて、ナノ材料を含む様々な物質の構造特性および電子物性、機械特性などを解明する。

**清水 麻希**

**「カーボンナノチューブの熱電計測」**

フレキシブルな熱電材料として注目されているカーボンナノチューブ1本の熱電特性を明らかにする。1本のカーボンナノチューブに電極を形成し温度差をつけてその両端の温度をダイヤモンドのNVセンタという微小な温度センサを用いて計測を行う。

# 界面科学研究部門

# 界面科学研究部門について

## 1. 概要

東京理科大学には、「界面科学」分野を専門とする研究室が各学部に設置されており、「界面科学研究部門」は、各学部の界面科学研究者により 1981 年に設立された 40 年近い歴史を有する研究部門である。界面科学に特化した研究施設がある大学は国内外を通じて少なく、これまで部門メンバーは、界面科学分野の国内外学会を多数主催してきており、また界面科学分野の主要な国際誌のエディターを務めるなど、世界に対する情報発信基地として、分野をリードしてきた歴史がある。2013 年度からは、研究対象を大きく「ソフト界面」と「ハード界面」の 2 つに分けて、特に「動的」な界面現象についての理解を深めることを目的として研究を推進してきた。

さらに、2018 年からの現体制では、これまで化学分野が中心であったメンバー構成に対して、物理・機械（流体力学・トライボロジー）・理論科学・計測科学を専門とする研究者にメンバーに加わっていただいた。これにより、これまで顕著な成果を上げてきた「界面科学を利用したものづくり」や「光・温度・電気などの刺激に応答する機能性材料の開発」等の重点課題に関して、先端計測科学や理論科学の支援を受けて、新たに「界面ダイナミクス／界面での反応機構の正確な理解」を達成することを目標として研究を推進している。これにより、界面ならびに界面反応に関わる静的・動的な挙動や界面構造についての新しい知見が得られてきており、それらの成果をもとに、本学発の「新規機能性材料の創製」にフィードバックしていく。

## 2. センターの構成と施設設備

我々が取り扱う「ソフト界面」とは、界面を形成している分子（原子）が通常の観測時間内に常に入れ替わる動的な界面で、例えば界面活性剤によるミセルなどの分子集合体形成が相当する。一方「ハード界面」は表面構成分子（原子）の入れ替わりが事実上生じないリジッドな界面であり、例えば金属・半導体などのナノ粒子が該当する。それぞれ「動的」な界面と「静的」な界面と言い換えることもできるが、両者の研究を次元毎に進め、動的な界面現象の理解を深め、機能性材料開発に活かすことを目指している。

当研究部門では、材料科学・物理・バイオサイエンス・機械工学・先端計測科学・理論科学等の専門を通じて界面科学分野の研究を行っている専門家が、「動的・静的挙動」と「対象の次元性」を意識しながら、相互の情報交換および連携によって界面現象に関する基礎から応用までの研究を実施する構成となっている。各部門メンバーの主な担当は上図に示す通りであり、国外の研究者や企業研究者とも部門レベルでの連携を図っているのが特徴である。

装置としては、個々の研究者が、光散乱測定装置、分子間相互作用分析装置、原子間力顕微鏡 (AFM)、小角 X 線散乱装置 (SAXS)、凍結切断透過型電子顕微鏡 (FF-TEM)、水晶振動子マイクロバランス (QCM-D)、界面粘弾性測定装置等の装置を保有または管理しており、部門員が自由にアクセス可能な状況となっている。また、研究機器センター登録機器としては、「環境制御型構造観察装置」が設置されており、溶液中に分散したコロイド粒子、各種分子集合体の Cryo-TEM, Freeze Fracture TEM による直接観察が可能である。さらに、2020 年度に「高機能小角／広角 X 線散乱装置」が設置され、ナノメートルからマイクロメートルに渡る構造解析が可能となり、各種分子集合体、エマルション、触媒粒子などの微細構造の解析が可能となっている。

## 3. 各研究グループの活動報告

「2021 年度界面科学研究部門成果報告会」の開催（コロナウィルス流行により On-line 開催）

開催日：2022 年 3 月 9 日（水）

概要：成果報告会を On-line で開催した。参加者は 学内 71 名、学外 25 名、計 96 名であり、多くの参加者を迎え、活発な討論が行われた。

部門メンバーによる研究報告に加えて、客員教授 坂本一民 先生による招待講演が「界面制御による処方技術の進歩」の演題で実施され、活発な質疑が行われた。

各メンバーから部門の重点課題についての研究成果が多く発表され、特に本年度は、部門員間の共同研究の成果が、学会発表・論文して公表された。

「界面科学研究部門第2回産学連携セミナー」の開催(コロナウィルス流行により On-line 開催)

開催日：2022年1月13日(木) 参加者：学内59名、学外56名、計115名

概要：企業研究者との部門レベルでの連携を図るため、第2回産学連携セミナーを実施した。

部門メンバーならびに企業の最先端で活躍されている研究者による先端開発研究事例を紹介していただいた。

外部講師：株式会社コーサー 池田裕政 先生、

株式会社アントンパール・ジャパン 山縣義文 先生

部門メンバーからのシーズ紹介：菊池明彦 先生、佐々木信也 先生

成果：多くの企業研究者に参加していただき、活発な質疑が行われるとともに、産学交流の良ききっかけとなった。

「PACIFICHEM2021におけるセッション運営」

開催日：2021年12月15日-20日

概要：前年から延期されていた、環太平洋地域の化学系学会の合同国際会議“PACIFICHEM2021”がオンラインで実施され、その中のシンポジウム“Frontier of Colloid and Interface Chemistry”を部門メンバーが日本からのオーガナイザーとして運営し、部門のプレゼンス、アクティビティーを海外に発信することができた。

#### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

従来から部門員が開発に取り組んできた、製薬・化粧品・食品・インク・電子部品などに応用可能なナノ機能性材料に関して、部門員間の連携により only at TUS の技術に発展させるとともに、これらの材料に関する先端計測、ならびに理論解析を共同で実施し、現象理解を深め、特に界面の「ダイナミクス」について新規知見を得ることを目指していきたい。

また、大学院生・学部学生の教育にも力を入れていく。従来から毎年8月に、大学院生・学部生による研究成果の英語による報告会を実施してきており、これがきっかけとなり学生が国際会議で堂々と発表できるようになり、結果としてポスター賞や口頭講演賞を多く受賞している。2020, 2021年度はコロナウィルス流行により中止を余儀なくされたが、2022年度は再開して、研究に携わる学生のポテンシャルをさらに活性化させたい。

#### 5. むすび

2021年度は、過去のアドバイザー委員会での指摘や助言を基に、重点研究を精力的に推進し、専門分野が異なる部門員間の共同研究で新規な成果を得ることができた。さらに、本学オープンカレッジでの化粧品講座や産学連携セミナーの開催など、部門が主催・共催する各種イベントを開催し、部門のアクティビティーをアピールできたと考えている。2022年度は、研究成果の国際誌での公表、国際共同研究などをさらに活発に行うとともに、国内に向けては、部門/企業のコンソーシアムの立ち上げとこれを利用した部門/企業間の共同研究、人材育成、そして部門メンバーを中心とした大型予算の獲得を目的として、さらに部会のアクティビティーを向上させていきたい。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Contrast Variation Small-Angle Neutron Scattering Study of Solubilization of Perfumes in Cationic Surfactant Micelles, M. Akamatsu, K. Saito, H. Iwase, T. Ogura, K. Sakai, H. Sakai, *Langmuir*, 37, 10775–10780, 2021. (査読有)
2. Morphology of Surfactant Mixtures at Solid/Liquid Interfaces: High-Speed AFM Observation. R. Saino, M. Akamatsu, K. Sakai, H. Sakai, *Colloids Surf. A*, 616, 126297, 2021. (査読有)
3. Preparation of a Magnetic Metal–Organic Square and Metal–Organic Cubes using 4,5-Bis(2-imidazoliny)imidazolate: Slow Magnetization Relaxation Behavior in Mixed-Valent Octamanganese(II/III) Clusters, M. Tadokoro et al., *Dalton Trans.*, 50, 5452–5464, 2021. (査読有)
4. Creation of High-Performance Heterogeneous Photocatalysts by Controlling Ligand Desorption and Particle Size of Gold Nanocluster, T. Kawawaki, Y. Kataoka, S. Ozaki, M. Kawachi, M. Hirata, Y. Negishi, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 60, 21340–21350, 2021. (査読有)
5. Edge Current and Pairing Order Transition in Chiral Bacterial Vortex, K. Beppu, Z. Izri, T. Sato, Y. Yamanishi, Y. Sumino, Y. T. Maeda, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 118, e2107461118, 2021. (査読有)
6. Synthesis and Properties of Aromatic-Terminated Diacetylene Organogelators and Their Application to Photopatterning of Polydiacetylenes, K. Aoki, N. Tamaoki, A. Seki, K. Narazaki, D. Takahashi, K. Horitsugu, *Langmuir*, 37, 13160–13169, 2021. (査読有)
7. Thermally Tunable Structural Coloration of Water/Surfactant/Oil Emulsions, Y. Arai, N. Yashiro, Y. Imura, K.-H. Wang, T. Kawai, *Langmuir*, 38, 569–575, 2022. (査読有)
8. Synthesis and Optical/Electronic Properties of Imitation-copper Crystals Based on Low-molecular Azobenzene Derivatives, K. Onodera, N. Saito, Y. Kondo, *Chem. Lett.*, 51, Accepted. (査読有)
9. Preparation of Polymer-Immobilized Polyimide Films Using Hot Pressing and Titania Coatings, M. Hashizume, M. Hirashima, *Langmuir*, 37, 4403–4410, 2021. (査読有)
10. Behavior of Vortex Connections in the Wake Behind a Circular Disk, S. Kudo, Y. Shibasaki, H. Ishikawa, *Proceedings of 7th International Conference on Jets, Wakes and Separated Flows (ICJWSF2022)*, 2022. (査読有)
11. Processes of Molecular Adsorption and Ordering Enhanced by Mechanical Stimuli under High Contact Pressure, S. Watanabe, C. Tadokoro, K. Miyake, S. Sasaki, K. Nakano, *Sci. Rep.* 2022. doi.org/10.1038/s41598-022-07854-5 (査読有)
12. Increased Selectivity of Sodium Deoxycholate to around Tryptophan<sup>213</sup> in Bovine Serum Albumin upon Micellization as Revealed by Singular Value Decomposition for Excitation Emission Matrix, Y. Kurosawa, Y. Otsuka, S. Goto, *Colloids Surf. B.*, 212, 112344, 2022. (査読有)
13. Protein Removal from Hydrogels through Repetitive Surface Degradation, T. Kamiya, S. Komatsu, A. Kikuchi, *ACS Applied Bio Materials*, 4, 8498–8502, 2021. (査読有)
14. Mechanism of Charge Accumulation of Poly(heptazine imide) Gel, G. Seo, Y. Saito, M. Nakamichi, K. Nakano, K. Tajima, K. Kanai, *Sci. Rep.*, 11, 17833–127, 2021. (査読有)
15. Quasi-homoepitaxial Junction of Organic Semiconductors: A Structurally Seamless but Electronically Abrupt Interface between Rubrene and Bis(Trifluoromethyl) Dimethyl-rubrene, K. Takahashi, S. Izawa, N. Ohtsuka, A. Izumiseki, R. Tsuruta, R. Takeuchi, Y. Gunjo, Y. Nakanishi, K. Mase, T. Koganezawa, N. Momiyama, M. Hiramoto, Y. Nakayama, *J. Phys. Chem. Lett.*, 12, 11430–11437, 2021. (査読有)

16. Accelerated Redox Reaction of Hydrogen Peroxide by Employing Locally Concentrated State of Copper Catalysts on Polymer Chain. Shigehito Osawa, Kenichi Kitanishi, Maho Kiuchi, Motoyuki Shimonaka, and Hidenori Otsuka. Macromol. Rapid Commun., 42(16), 2100274, 1-6, 2021. Selected as Back cover. (査読有)

### 著書

1. 現代無機化学, 田所 誠, 裳華房, ISBN 978-4-7853-3520-5, 2021
2. 表面分析ハンドブック, 佐々木信也, 朝倉書店, 356-359, 2021
3. 刺激応答性高分子の開発動向, 菊池明彦, 小松周平, シーエムシー出版社, 79-86, 2021

### 招待講演

1. Stabilization of Non-Aqueous Emulsions by Ion Complex Formation at the Interface, Functional Liquid Interfaces on the Molecular Scale: From Basic Science to Nanotechnology, (#415), Hideki Sakai, Hikaru Ishii, Masaaki Akamatsu, Kenichi Sakai, PasificChem 2021, Online.
2. Molecular Crystal with Proton-Assisted Electron Transfer, Organic Electronics of Highly-Correlated Molecular Systems (#312), Makoto Tadokoro, PasificChem 2021, Online
3. Application of Atomically Precise Metal Clusters in Energy and Environmental Field, 根岸雄一, Indo-Japan virtual workshop on “Cluster science by interdisciplinary approach: Emerging materials and phenomena”, オンライン, 2021
4. 活性酸素還元反応活性を有した微細白金クラスターの創製, 根岸雄一, ナノ学会 2021 年度 ナノ構造・物性-ナノ機能・応用部会合同シンポジウム, 松江テルサ, 2021
5. 水溶液プロセスによるヒドロキシアパタイト複合化のための有機材料の表面修飾, 橋詰峰雄, 日本セラミックス協会第 34 回秋季シンポジウム, オンライン, 2021
6. Stimuli-Responsive Hydrogels Degradable under Cancer Environment, Akihiko Kikuchi, 18th International Symposium on Recent Advances on Drug Delivery Systems, Salt Lake City, Utah (USA) and Online, 2022
7. 界面活性剤が形成する分子集合体の機能性:  $\alpha$ ゲルの構造と性質の理解, 酒井健一, グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム第 71 回 研修セミナー, オンライン, 2021
8. Physicochemical Properties of Epitaxially-Grown Well-Defined Molecular Heterojunctions Built on an Organic Semiconductor Pentacene, Y. Nakayama, The Asia Pacific Society for Materials Research (APSMR) 2021 Annual Meeting, オンライン, 2021

### 特許

1. 酒井秀樹他, 膜透過促進剤及び膜透過促進方法, 特願 2021-138716, 2021
2. 酒井健一他, 消毒剤組成物, 特願 2021-133450, 2021

### 広報

1. 金井 要, 有機トランジスタの集積課題を克服 ~複数の論理演算回路を単一素子で実現~ [https://www.tus.ac.jp/today/archive/20220309\\_7461.html](https://www.tus.ac.jp/today/archive/20220309_7461.html)
2. 菊池明彦, 高機能材の自律調製に挑む, 医薬経済, 2021

### 受賞

1. 根岸雄一, 第 39 回学術賞, 日本化学会, 2021
2. 佐々木信也, 日本トライボロジー学会論文賞, 2021
3. M. Tadokoro, Dalton Trans [Back Cover], 2021
4. A. Kikuchi, ACS Applied Bio Materials [Front Cover], 2021
5. T. Taira, T. Yanagimoto, T. Fouquet, K. Sakai, H. Sakai, T. Imura, 24th Journal of Oleo Science Editors' Award, 日本油化学会, 2021

## 研究課題（研究者別）

### 酒井 秀樹

#### 「小角 X 線散乱 (SAXS)、小角中性子散乱 (SANS) を用いた可溶化ミセルの構造解析」

界面活性剤が形成するミセルの構造・サイズに及ぼす香料の可溶化の影響ならびに香料のミセル中での可溶化位置を小角 X 線散乱 (SAXS)、小角中性子散乱 (SANS) を用いて明らかにした。また、新規両親媒性ロフィンダイマーが形成するミセルの光照射下での高速構造変化ならびに可溶化された蛍光分子の放出・取り込み機構を J-PARC 共同開発した in situ SANS システムにより明らかにした。

### 田所 誠

#### 「PEG-M<sup>+</sup>イオン伝導体を含む多孔質結晶の集積化とその物性」

自己組織化を用いた One-Pot 合成で、polyethyleneglycol (PEG) とアルカリ金属イオン (M<sup>+</sup>) の固体電解質を閉じ込めたナノ多孔質結晶を構築する。この PEG-M<sup>+</sup> はアニオニックな 1 次元チャンネルに閉じ込められており、電場に応答してイオンを運ぶことができる刺激応答性の分子結晶である。

### 大塚 英典

#### 「錯体高分子化による局所濃縮環境の形成と酸化還元反応の活性化」

過酸化水素を分解する触媒反応は、抗菌性、抗がん活性を示すヒドロキシルラジカル発生を伴うことがあり、医療や創薬分野での活用が期待されている。側鎖に銅錯体を有する高分子化合物が過酸化水素の分解反応およびヒドロキシルラジカルの生成反応において、少ない銅錯体で高い触媒活性を示すことを明らかにした。溶液中で銅錯体の局所濃縮状態を作り出すことで触媒活性を向上させる手法は、薬剤設計の新たな指針になることが期待される。

### 根岸 雄一

#### 「高活性な金クラスター担持触媒の創製に向けた配位子脱離過程の追跡に関する研究」

微細な金クラスター (Au<sub>n</sub>(SR)<sub>m</sub>) を担持した高活性な不均一系触媒の創製には、保護剤である配位子 (SR) を焼成処理により適切に除去することが重要である。本研究では、様々な測定法を用いて焼成時の配位子脱離過程を明らかにした。また、得られた知見を基に、凝集を抑えた Au<sub>n</sub>(SR)<sub>m</sub> 担持法を確立し、高活性かつ高安定な水分解光触媒を得ることに成功した。

### 住野 豊

#### 「アクティブ界面を利用した自己駆動系の作成に関する研究」

界面活性剤水溶液を混合した油水界面、あるいは電場を印可した固液界面ではマランゴニ流や電気浸透流のような流動が生じる。これらは物質流、あるいは電場による非平衡な表面流動であり、適切な幾何的条件を課すことで自己駆動する液滴や自己駆動するコロイド粒子を作成できる。本研究計画では自己駆動要素の作成、およびこれらの集積体が示すマクロな空間パターンに関して数値計算・モデル実験双方の観点から研究を行なった。

### 青木 健一

#### 「トリル末端を有するジアセチレンジアミド誘導体のゲル化および光重合特性に関する研究」

末端にトリル基を有するジアセチレンジアミド誘導体を合成した。本化合物は、ヘキサン、四塩化炭素などに加え、トルエン、キシレンなどの芳香族溶媒を良好にゲル化できることが分かった。分光分析の結果、ジアミド間での水素結合連鎖に加え、末端トリル基間に CH- $\pi$  相互作用が働くことにより、ゲルネットワークが安定化していることが分かった。結果として、紫外光照射により、ゲル内で効率の良い光重合を誘起することができた。

## 河合 武司

### 「2つの温度領域で発色するエマルションの創製」

長鎖アミドアミン誘導体のトルエン溶液に4級アンモニウム塩と水を加えると、特定の温度で構造色を呈するエマルションが得られることを報告してきた。本年度は、水とトルエンの溶媒比の影響を検討したところ、水の割合を小さくすると、発色エマルションの安定性と透明性が向上することがわかった。さらに、力学的な外部刺激（攪拌など）で色が素早く変わり、刺激を解くと元の色に戻るカメレオン発色現象を見出した。

## 近藤 行成

### 「銅色光沢有機結晶の作製」

これまでに近藤らは、有機化合物から、金色および銀色の光沢結晶の作製に成功している。今回、新たに、アゾベンゼン骨格の片末端にCN基またはNO<sub>2</sub>基を有する有機化合物を合成した。また、これらに加え、分子内にアゾベンゼンユニットを二つ有する有機化合物も合成した。これらを良溶媒に溶解させ、得られた溶液を冷却、析出した微結晶をろ紙上に回収した。その結果、これらの有機化合物から銅色光沢有機多結晶膜を得ることができた。

## 橋詰 峰雄

### 「高分子フィルム表面へのアパタイト複合化における表面修飾方法の効果」

ポリイミドフィルムに対し、熱プレスによる親水性高分子の固定化と表面選択的加水分解の2種の表面処理を施し、交互浸漬法による処理を経たのち擬似体液中でアパタイトを析出させた。いずれの場合もフィルム表面全面へのアパタイト複合化が達成されたが、析出物の形態や厚さに若干の相違が見られ、表面修飾によって提示された官能基の違いによる効果が示唆された。一方でフィルムとアパタイト層との接着強度は同程度であった。

## 石川 仁

### 「粘度変化を利用した流れ制御手法の研究（点レーザーによる局所的変化）」

界面活性剤 CTAB/C4AzoNa は、UV光と可視光の照射により粘性が増減する性質をもつ。本年度はCTAB/C4AzoNa溶液の回転渦流れに点レーザー光を照射させ、粘度の局所的変化の様子を可視化観察した。

## 佐々木 信也

### 「摩擦界面に生成された化学反応膜の機械的物性評価に関する研究」

潤滑下における摩擦界面には、固体表面に厚さ100nm程度の潤滑油添加剤由来の化学反応膜が形成される。この反応膜の機械的な物性がマクロな摩擦・摩耗挙動を大きく支配する。そこで、反応膜のヤング率や硬さ、せん断強さを、ナノインデンテーション法やAFMを用いて定量的に評価するとともに、反応膜の形成プロセスをその場観察するための計測技術の開発を行っている。

## 牧野 公子

### 「ナノ粒子を用いた経皮免疫療法に関する研究」

食物アレルギーに対する新たな経皮免疫療法の確立を目指し、新規微粒子製剤を開発した。抗原モデルタンパクとしてHen egg lysozymeを用いて調製した平均粒子径90nmの微粒子は、イオントフォoresis法の利用により抗原の皮内への送達性が向上した。また、アレルギーモデル動物を用いた実験の結果から、抗原のナノ粒子化とイオントフォoresisの利用がアレルギー反応の抑制に有用であることが示唆された。

## 後藤 了

### 「特異値分解を利用したスペクトルデータや自然言語処理の解析」

特異値分解は系統的なデータにおける共通成分を抽出して、有意なシグナル成分をノイズ成分から分離する。ビッグデータについて、機械学習のような不可視性の問題を回避できるような、高次元ベクトル空間における凸包多様体である非階層的クラスターとして分類することができる。特定ピークの組み合わせ変化だけでなくピークシフトにおける非線形データの解析にも適用範囲を拡大する。

## 菊池 明彦

### 「刺激応答性微粒子を用いた診断材料に関する研究」

本研究では、温度刺激に応答し表面の親水性・疎水性が変化する微粒子の分散性変化を利用して簡易診断を実現する微粒子の界面設計を目的に研究を展開した。電子吸引性基を導入したフェニルボロン酸(PBA)を微粒子最表面に導入すると、所定温度においてグルコース濃度変化で微粒子表面の親水性が増し、凝集速度が変化した。グルコース濃度変化に伴う微粒子表面の親水性化を利用した簡易診断への可能性が示された。

## 金井 要

### 「Poly(heptazine imide)の示す暗触媒活性に関する研究」

Poly(heptazine imide) (PHI) は、ヘプタジン骨格が二次元状に重合した窒化炭素ポリマーであり、「暗触媒活性」という特異な機能を示す光触媒である。暗触媒活性とは、光が照射されることで光エネルギーを蓄積し、光照射を止めた後の暗状態でも光触媒活性を示す機能である。本研究では、光照射によって生じる PHI の電子構造変化を直接観測することで、PHI の暗触媒活性の機構を提案した。

## 近藤 剛史

### 「導電性 DLC 電極を用いた血中薬剤濃度測定に関する研究」

血中薬剤濃度をモニタリングするための電気化学測定システムへの応用を目的として、導電性ダイヤモンドライクカーボン (DLC) 電極の作製条件と検出特性について検討した。最適条件で作製した DLC 電極では、全血中のテオフィリンの電気化学検出において、電極浸漬 18 時間後でも検出限界  $2.9 \mu\text{M}$ 、回収率 110%と高い感度と安定性を示した。このことから、本電極材料は血中薬剤の長期安定的な検出に利用できると期待される。

## 酒井 健一

### 「高濃度エタノール水溶液の泡沫安定性に及ぼす無機塩の添加効果」

高濃度エタノール水溶液の泡沫安定性を高めるためには、起泡性に優れた界面活性剤と高級アルコールの共添加が有効である。今年度はさらに、硫酸マグネシウム等の無機塩を共存させた条件下での泡沫安定性を評価した。その結果、無機塩を添加することで気/液界面近傍の粘度が増加し排液速度を低下させることで、泡沫安定性を高めていることが示された。本知見は、泡沫状で塗布できるアルコール消毒剤の開発に資する。

## 中山 泰生

### 「有機半導体単結晶上への高秩序結晶界面の創製および電子構造に関する研究」

有機太陽電池などの有機エレクトロニクスの機能の根源は異種の有機半導体分子同士が直に接触する界面にあり、こうした電子機能性界面における構造制御・電子物性はデバイス開発の要点をなす。本研究では、高移動度材料として知られるルブレンの単結晶表面上にルブレン誘導体を極めて高秩序に整列させた「準ホモエピタキシャル」結晶界面を創製し、得られた界面におけるエネルギー準位関係を決定することに成功した。

**実践的有機合成を基盤とした  
ケミカルバイオロジー研究部門**

# 実践的有機合成を基盤としたケミカルバイオロジー研究部門 について

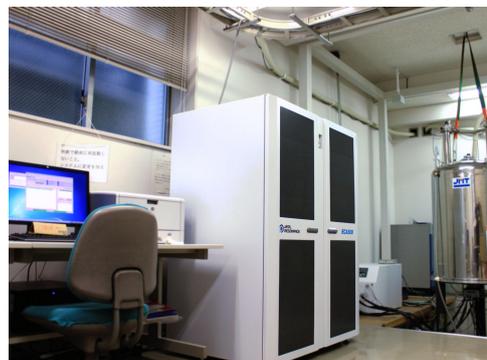
## 1. 概要

人類が医薬品として利用する物質のほとんどは、炭素を基本とした有機化合物からできていて、複数の化学反応を組み合わせることで合成される。しかし、目的の化合物を作るまでに何段階もの反応を行わなければならない場合、時間と手間がかかるうえに、膨大な量の廃棄物が出るため、環境に負荷がかかる。本研究部門ではまず第一の課題として、医薬品の合成収率を極限まで向上させる反応手法の研究を行っている。

例えばその成果として、抗生物質や抗がん剤の生産効率を劇的に高める新たな脱水縮合剤「2-メチル-6-ニトロ安息香酸無水物 (MNBA)」をこれまでに開発した。脱水縮合反応とは、有機化合物から 2 つの水素原子と 1 つの酸素原子を一度に取り除き、2 つの物質を連結させる構造変換法で、その反応を起こさせる試薬が脱水縮合剤である。脱水縮合反応は、古くから医薬品の基本骨格を組み上げる際に利用されてきたものの、従来の方法では触媒に酸を用いたり、高温で処理するなどの過酷な反応条件を必要とするため、原料となる物質を破壊してしまうなどの課題が残されていた。当研究部門では徹底的に化合物や反応条件の探索を行い、世界最速の脱水縮合反応剤である MNBA を発明することに成功している。また現在は次世代の新型脱水縮合剤として、「2-フルオロ-6-トリフルオロメチル安息香酸無水物 (FTFBA)」を用いた反応も開発中である。これらの手法は、新型抗生物質や分子標的抗がん剤、糖尿病治療薬の合成に加え、生物学や医学分野での研究ツールとしても幅広く活用されている。本年度の成果の一つとして、2020 年に開発した新反応「Macrolactamization」(マクロラクタミゼーション：大環状アミド化反応)を用い、従来合成が困難で大量供給が行えなかった環状ペプチド等の新薬リード化合物の迅速合成法が確立できたことが挙げられる。2021 年、当研究部門が所有する生物活性評価システムにて肺腺がん細胞株 NCI-H1650 [EGFR( $\Delta$ 746-750)]、NCI-H2228 [EML4-ALK]、NCI-H226 [EGFR-wt]、A549 [EGFR-wt] ならびに PC-9 [EGFR( $\Delta$ 746-750)] 等の複数 cell ラインにより得られた化合物の細胞増殖阻害能を比較したところ、天然マクロラクタム FE399 は PC-9 に対して特に活性が高く、GI<sub>50</sub> = 1.2  $\mu$ M の濃度にて有効な増殖抑制を示すことが明らかとなった。後述するように本研究部門ではタンパク質細胞内輸送阻害剤を分子標的薬として用いた抗がん剤や本学発の抗ウイルス薬の開発研究も独自に展開しており、基礎研究を踏まえた応用展開として新薬の開発を強く指向した実用研究を産学連携によって押し進めている。

## 2. 研究部門の構成

本研究部門は、2018 年度に発足したもので、実践的有機合成技術の開発・応用グループとケミカルバイオロジー・医薬品開発グループの 2 グループからなる。構成員は 8 名で研究部門長は椎名 勇教授 (理学研究科化学専攻・理学部第一部応用化学科) であり、本学大学院の各専攻の教授・准教授・講師・助教から成る。施設は神楽坂校舎 11 号館別館である。本研究部門の前身であるキラリティー研究センター (2012~16 年度、センター長；椎名 勇) が購入した設備装置には、核磁気共鳴測定装置 (500 MHz, 300 MHz NMR)、ガスクロマトグラフ質量分析計、ならびに飛行時間型質量分析計システムがある。また、他の分析機器として単結晶 X 線構造解析装置や円二色性分散計 (CD) 等を同施設に備えている。これらの高性能分析装置を併せて有効に活用し、研究の推進を図っている。



核磁気共鳴装置 (500MHz)

### 3. 各研究グループの活動報告

#### 3. 1. 実践的有機合成技術の開発・応用グループについて

生物活性化合物合成法の開発や天然物の全合成、有機触媒を用いる不斉合成、金属錯体を利用した不斉合成、脱水縮合反応、不斉自己増幅反応の開発や応用など、実践的な有機合成手段の提供に関する研究を展開している。

#### 3. 2. ケミカルバイオロジー・医薬品開発グループについて

当研究部門の技術を利用して得られる本学オリジナル化合物リダイフェンを中心とした研究テーマを設定し、椎名・下仲・酒井/酒井・樋上・真野各研究室で各々検討を進めている。また、不斉合成技術によって得られた化合物の生物活性評価を椎名・下仲・川崎各研究室の共同研究として展開中である。さらに、複雑な構造の天然物合成を基盤とした薬剤開発を実践し、FE399 を母核とする抗真菌剤、およびタンザワ酸 B を母核とする抗腫瘍剤の上市を目指し研究を進めている。

### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

本年度設定した課題は全て解決した。新規化合物 LTD10 は東京理科大学椎名研究室でその合成法が開発され、東京電機大学長原研究室で活性評価が実施された低分子量化合物である。LTD10 は血中コレステロール総量を調整する機能を有する。脂質異常症等の慢性疾患に対処する手法として、真野研究室にて LTD10 を用いて体内動態 (PK) を静注にて予備的に調査したところ、薬物最大耐量 (MTD) 内で体内濃度が維持されることが分かり、また、樋上研究室にて安全域で in vivo 薬効を示すことが確認された。2022 年度に採択された AMED 橋渡し研究【シーズ A】においては、LTD10 の経口投与 PK 試験を実施することで、MTD 範囲内の適切な濃度を長時間維持し、副作用を発現しない範囲で薬効を持続的に維持できる新しいプロトコルを開発する。

一方、東京理科大学椎名研究室で見出したタンザワ酸類縁体を既存チロシンキナーゼ阻害薬 (TKI) に不応となった変異 RTK を持つがん種に対する新規抗がん剤として用いることで、腫瘍を縮退させる動物実験に成功している。2022 年度に採択された AMED 革新的がん医療実用化研究事業においてはタンザワ酸類縁体の nonGLP 大量製造法の効率化を進めグラム単位のタンザワ酸類縁体合成法を確立するとともに変異がんや耐性がん、さらに小胞体ストレス感受性がん細胞に対する抗がん作用の効果を非臨床レベルで確実なものとする。また、臨床試験開始に必要な非臨床試験を完遂するために、PMDA 面談資料作成に向けたデータセットを得る予定である。

### 5. むすび

実践的有機合成を基盤としたケミカルバイオロジー研究部門は、2018 年度に発足した組織であり、上述のように計画通りプロジェクトが進行している。この期間に本学で開発された有機合成手段や化合物の有効利用を図り、基礎研究のみならず応用を目指した生物学的研究への展開をより一層目指す。

#### 参考資料

1. 日本医療研究開発機構 (AMED) 革新的がん医療実用化研究事業 (2022 年 3 月 22 日掲載), [https://www.amed.go.jp/koubo/15/01/1501C\\_00038.html](https://www.amed.go.jp/koubo/15/01/1501C_00038.html)

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. 4-(Dimethylamino)pyridine N-Oxide-Catalyzed Macrolactamization Using 2-Methyl-6-nitrobenzoic Anhydride in the Synthesis of the Depsipeptidic Analogue of FE399, Takayuki Tono, Takehiko Inohana, Ryo Kawahara, Teruyuki Sato, Miyuki Ikeda, Miku Akutsu, Takatsugu Murata, Isamu Shiina, ACS Omega, 2021, 6, 3571-3577. (査読有)
2. BRAP2 Inhibits the Ras/Raf/MEK and PI3K/Akt Pathways in Leukemia Cells, Thereby Inducing Apoptosis and Inhibiting Cell Growth, Hiroharu Sakai, Isamu Shiina, Takahisa Shinomiya, Yukitoshi Nagahara, EXPERIMENTAL AND THERAPEUTIC MEDICINE, 2021, 21, 463. (査読有)
3. FLT3-ITD transduces autonomous growth signals during its biosynthetic trafficking in acute myelogenous leukemia cells, Kouhei Yamawaki, Isamu Shiina, Takatsugu Murata, Satoru Tateyama, Yutarou Maekawa, Mariko Niwa, Motoyuki Shimonaka, Koji Okamoto, Toshihiro Suzuki, Toshirou Nishida, Ryo Abe, Yuuki Obata, SCIENTIFIC REPORTS, 2021, 11, <https://www.nature.com/articles/s41598-021-02221-2.pdf>. (査読有)
4. Characterization of a Cobalt-Substituted Globin-Coupled Oxygen Sensor Histidine Kinase from Anaeromyxobacter sp. Fw109-5: Insights into Catalytic Regulation by Its Heme Coordination Structure, Kenichi Kitanishi, Motoyuki Shimonaka, Masaki Unno, ACS OMEGA, 2021, 6, 34912. (査読有)
5. Accelerated Redox Reaction of Hydrogen Peroxide by Employing Locally Concentrated State of Copper Catalysts on Polymer Chain, Shigehito Osawa, Kenichi Kitanishi, Maho Kiuchi, Motoyuki Shimonaka, Hidenori Otsuka, MACROMOLECULES RAPID COMMUNICATIONS, 2021, 2100274. (査読有)
6. Asymmetric Autocatalysis Triggered by Triglycine Sulfate with Switchable Chirality by Altering the Direction of the Applied Electric Field, Tsuneomi Kawasaki, Yoshiyasu Kaimori, Seiya Shimada, Natsuki Hara, Susumu Sato, Kenta Suzuki, Toru Asahi, Arimasa Matsumoto, Kenso Soai, CHEMICAL COMMUNICATIONS, 2021, 57, 5999. (査読有)
7. Quantitative Difference in Solubility of Diastereomeric (<sup>2</sup>H/<sup>1</sup>H)-Isotopomers, Tsuneomi Kawasaki, Hiroki Kubo, Satoshi Nishiyama, Taiki Saijo, Rintaro Yokoi, Yuji Tokunaga, JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, 2021, 143, 19525. (査読有)

### 著書・総説・解説

1. 椎名 勇, 「有機触媒を用いた不斉合成反応の開発」・2021年ノーベル賞(化学賞)解説, 理大 科学フォーラム, 2022, 427, 26.
2. Asymmetric Autocatalysis as a Link between Crystal Chirality and Highly Enantioenriched Organic Compounds, Kenso Soai, Arimasa Matsumoto, Tsuneomi Kawasaki, ISRAEL JOURNAL OF CHEMISTRY, 2021, 61, 507.
3. 酒井健一・酒井秀樹・湯浅 真, 「化学系学生にわかりやすい平衡論・速度論」, コロナ社(2021年)

### 招待講演

1. 椎名 勇, 大環状ラクトンおよびラクタム類の全合成ならびに生命現象解析ツールとしての有機合成化学, 第79回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2021年5月29日, オンライン
2. 椎名 勇, 既存分子標的抗がん剤不応性の遺伝子変異を有するがんを治療対象とした小胞体ストレス応答を制御する新しい ARF-GEF 阻害経口低分子医薬品の開発, 革新的医療技術創出拠点 2021年度 成果報告会, 日本医療研究開発機構 (AMED), 2022年2月22日, オンライン
3. 小林正樹・樋上賀一, 白色脂肪組織におけるカロリー制限に伴う代謝リモデリング, 第94回日本生化学会大会, 2021年11月4日, オンライン
4. 真野泰成, 東京理科大学薬学部薬学科における医療薬学実習の現状, 日本医科大学・東京理科大学 第8回合同シンポジウム, 2021年12月11日, オンライン

5. 酒井健一, 界面活性剤が形成する分子集合体の機能性:  $\alpha$ ゲルの構造と性質の理解, グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム (GIC) 第 71 回 研修セミナー, 2021 年 7 月 14 日, オンライン

## 広報

1. 椎名 勇, 下仲基之, 真野泰成, 村田貴嗣, 「抗がん剤開発に関する研究課題が日本医療研究開発機構 (AMED) 令和 4 年度革新的がん医療実用化研究事業に採択～既存抗がん剤に“耐性を獲得したがん”を対象とする新しい治療法の開発に期待～」, プレスリリース, 2022 年 3 月 31 日公開
2. 椎名 勇, 「アクセリード社」HP ニュース《アクセリードが非臨床試験の実施を支援する東京理科大学・椎名教授の新規抗がん剤開発に関する研究課題が, AMED 「革新的がん医療実用化研究事業」に採択》, 2022 年 3 月 31 日報道
3. 椎名 勇, 「Axcelead Drug Discovery Partners 社」HP ニュース《アクセリード株式会社が非臨床試験の実施を支援する東京理科大学・椎名教授の新規抗がん剤開発に関する研究課題が, AMED 「革新的がん医療実用化研究事業」に採択》, 2022 年 3 月 31 日報道
4. 真野泰成, ゼミ・研究室探訪、長野県民新聞発行 受験情報誌「飛翔」No475, 6月号 (2021)

## 受賞

1. 椎名 勇, 第 9 回 DSANJ Digital Bio Conference AMED 招聘枠研究成果選定, 2021 年 11 月 25 日, 日本医療研究開発機構 (AMED) 実用化推進部
2. 川崎常臣, Chemical Communications (Chem. Commun.) Front Cover (Jun/2021), 2021 年 6 月 17 日, Royal Society of Chemistry (RSC)
3. 川崎常臣, Journal of the American Chemical Society (JACS) Supplementary Cover (Nov/2021), 2021 年 11 月 24 日, American Chemical Society (ACS)
4. 石津 拓 (真野研究室: 修士 2 年), 阿部健太郎, 前田絢子, 橋本浩伸, 山口正和, 古川哲也, 真野泰成, 第 65 回 日本薬学会関東支部大会 (オンライン), 優秀ポスター発表 (2021)
5. T. Taira, T. Yanagimoto, T. Fouquet, K. Sakai, H. Sakai, T. Imura, 24th Journal of Oleo Science Editors' Award, 日本油化学会 (2021)

## 研究課題（研究者別）

### 実践的有機合成技術の開発・応用グループ

椎名 勇、殿井 貴之、村田 貴嗣

#### 「MNBA マクロラクタム化を利用する抗がん剤の不斉全合成」

FE399 はキャラボクの内生真菌 *Ascochyta* sp. から産出される天然デブシペプチドであり、ヒト大腸がん細胞をはじめとするさまざまながん細胞および腫瘍細胞に対する増殖抑制効果が報告されていた。我々は、高速脱水縮合剤である MNBA と求核有機触媒の DMAPO を組み合わせることで、目的のマクロラクタム化がきわめて迅速に進行することを見出し、本手法を鍵反応として FE399 の全合成に成功した。2021 年度は FE399 の分子構造を基軸とし、様々な新規類縁化合物の合成を達成した。

川崎 常臣

#### 「ストレッカーアミノ酸合成を用いたキラルな生物活性化合物ならびに BNCT キャリア化合物の探索」

アミノ酸は生体を構成する代表的なキラル化合物の一つであり、L 型と D 型の鏡像異性体のうち L 型のみから構成されている（ホモキラリティ）。生体関連化合物がホモキラリティに至った反応経路の解明を目指した研究では、ストレッカーアミノ酸合成中間体アミノニトリルの不斉発生と増幅メカニズムを解明した。本研究では、ストレッカー合成により調製したアミノ酸類誘導体を用いて細胞増殖阻害活性試験を行なったところ、がん細胞のみならず正常細胞の増殖にも影響を与えない新規化合物を見出すことができた。2021 年度はタンパク質細胞内輸送阻害剤の安定晶の決定を試み、粉末 X 線結晶構造解析法ならびに偏光顕微鏡を用いてこれら新物質の構造解析を実施した。

### ケミカルバイオロジー・医薬品開発グループ

下仲 基之

#### 「ホウ素中性子捕獲療法（BNCT）に用いる新規ホウ素化合物のスクリーニング」

現在臨床試験で使用されているボロノフェニルアラニン類縁体を含む、様々な含ホウ素化合物を椎名研究室ならびに川崎研究室の不斉合成手段等で合成し、乳腺がん細胞と乳腺正常細胞、皮膚がん細胞と皮膚正常細胞、その他がん細胞に対する毒性を検討し、合成した化合物を細胞毒性の有無によって二群に分類した。検討の結果、がん細胞ならびに正常細胞のいずれの細胞の増殖にも影響を与えない新規化合物に加え、ある特定のがん細胞に対し選択的に毒性を有する新規化合物も合わせて入手することに成功した。2021 年度は肺腺がん細胞株等の複数 cell ラインにより天然マクロラクタム FE399 の細胞増殖阻害能を比較検討し、特に PC-9 に対して活性が高く  $GI_{50} = 1.2 \mu M$  の濃度にて有効な増殖抑制を示すことを明らかとした。

樋上 賀一

#### 「新規コレステロール蓄積誘導性化合物（リポプロフェン）の活性試験」

椎名研究室で見出した新規コレステロール蓄積誘導性化合物（リポプロフェン）の肝細胞におけるコレステロール低下作用を動物レベルで立証するため、食餌性肥満モデルマウスにリポプロフェンを 3 週間投与した。その結果、リポプロフェン投与により血中の総コレステロール量が約 30% 減少した。さらに投与群の肝臓では、コレステロール取り込みに重要な LDL 受容体の遺伝子発現の増加が確認された一方で、コレステロール量は変化しなかった。これより、リポプロフェンは肝臓へのコレステロール取り込みを亢進すると同時にその肝臓内での代謝を促すことで、血中コレステロールを低下させることが示唆された。

## 真野 泰成

### 「新規コレステロール蓄積誘導性化合物（リポプロフェン）の動態試験」

Wistar 系雄性ラットにリポプロフェンを単回静脈内投与し、経時的に採血・採尿し体内動態を解析した結果、消失半減期は 3.6 時間程度であり、投与 1 時間後まで急激に、それ以降はなだらかに消失する 2 相性の推移を示した。本化合物は中程度のクリアランスを持ち、分布容積が大きい肝代謝型の薬物であることが明らかとなった。さらに、人の皮膚角層に用事一過性の微細孔を開口する経皮投与デバイスである「PassPort® System」を用いた経皮投与後の体内動態についても検証を始めている。

## 酒井 秀樹

### 「生体コロイド界面化学的側面からのリダイフェンの挙動（輸送）の解析・評価および剤型」

リダイフェン誘導体（RID-STD10 クエン酸塩）の皮膚透過効果を検証するために、角質細胞間脂質（SCL）モデルを構築した。中でも、セラミド IIIb、ステアリン酸、およびコレステロールで構成される脂質 3 成分系の SCL は、実際の角質に類似した熱特性と三次元構造を有することが示された。「PassPort® System」を本モデルに適用する目的で、経皮吸収剤の処方条件の探索にも着手した。

## 酒井 健一

### 「生体コロイド界面化学的側面からのリダイフェンの挙動（輸送）の解析・評価および剤型」

リダイフェンの皮膚透過性を物理化学的観点から検証した。経皮吸収試験では縦型拡散セル（フランツセル）を用いて、ヘアレスラット皮膚にリダイフェン誘導体（RID-STD10 クエン酸塩）を作用させた。その後、レセプター溶液を経時的にサンプリングし、高速液体クロマトグラフィーで経皮吸収量を測定した。その結果、「PassPort® System」を適用することで、RID-STD10 クエン酸塩の皮膚角層への浸透が促進されることを実証した。



## 先進複合材料・構造 CAE 研究部門

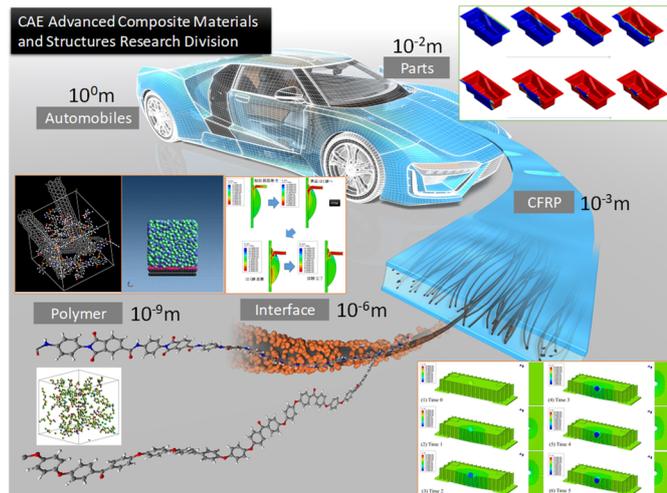
# 先進複合材料・構造 CAE 研究部門について

## 1. 概要

先進複合材料・構造 CAE 研究部門では、21 世紀の材料と言ってしまうほどの複合材料を題材として、近年主流の一つとなった CAE 技術を用いた工学研究を通して、産業と強い連携を構築するとともに、「手に職」をモットーに近年需要が増えてきた CAE 技術者を育成し、産業へ輩出することを目指しています。

## 2. 研究部門の構成と施設設備

本部門は小柳教授（部門長）、向後教授、岡田教授、荻原教授、有光教授、石川教授、高橋准教授、松崎教授、井上講師、新井助教の 10 名からなる。上記の材料系～計算科学系の教員が CAE 技術を駆使して複合材料に関する学際的な研究を行っている。2021 年度までに、部門として施設・設備は導入していない。一方で本部門では CAE に関する高い技術を保有している。この技術を学生に教授し、有能な卒業生を輩出することで長期的に産業に貢献していることを注記したい。



## 3. 活動報告

これまでの地道な研究教育活動が功を奏し、22 年度からの大型資金の獲得を達成した。JST の未来社会創造事業の本格研究の分担者として 22～26 年度に理科大への分担金を直接経費で 1 億 3800 万円を獲得した。タイトルは CFRP の疲労劣化の機構解明と余寿命推定法の確立で、研究代表者は名古屋大の荒井教授である。理科大は部門長小柳教授を筆頭に、第一分担グループとして大きな分担金を獲得できた。22 年度は直接経費で 3000 万円が配算されている。

一方で、スターダストプログラムの一環である国交省の月居住プログラムに関して、CFRP3D プリントのテーマが分担者として採択された。21 年度は理科大は分担金 300 万円を獲得し、この資金は 25 年度まで継続する見込みである。また、21 年度には井上講師が科研費の基盤 B を代表者として獲得、小柳教授が科研費の国際共同研究強化 B を獲得したことを注記したい。

## 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

本部門では CFRP の強度・耐久性に関する研究、熱可塑 CFRP の超音波溶着の研究、CFRP3D プリントの研究の 3 本を主軸として、大型資金の獲得を狙っている。主軸のうち、超音波溶着に関する研究での資金獲得が達成されていない。22 年度は技術の実用化を進め、超音波のテーマでも大型資金の獲得を狙いたい。

## 5. むすび

部門発足から 4 年が経過し、21 年度に急に成果が出始めた。センター化にふさわしい資金調達を達成している。22 年度に（23 年度からの）センター化を目指し申請を進めていく所存である。センター化し、日本の複合材料の研究の拠点としてますます注目を集める存在を目指し、より強固な産学連携を築いていく。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Masaki Kotani and Shinji Ogihara, Effects of pyrochemical treatment for producing interfacial carbon layer on tensile properties of polymer-derived-matrix-based SiC/SiC composites, Journal of Asian Ceramic Societies, Volume 9, Issue2, Pages519-530, 2021
2. M. J. Mohammad Fikry, Shinji Ogihara and Vladimir Vinogradov, Measurement of residual strains as a parameter of matrix cracking in CFRP laminates, Journal of Advanced Mechanical Design Systems and Manufacturing, Volume 15, Issue4, PaperNo20, Pages00367, 2021
3. M. J. Mohammad Fikry, Vladimir Vinogradov and Shinji Ogihara, Experimental observation and modeling of resin pocket cracking in unidirectional laminates with ply discontinuity, COMPOSITES SCIENCE AND TECHNOLOGY, Volume218, Pages109175, 2022
4. Daisuke Kuba, Ryosuke Matsuzaki, Shono Ochi and Shinji Ogihara, 3D printing of composite materials using ultralow-melt-viscosity polymer and continuous carbon fiber, Composites Part C, Volume8, Pages100250, 2022
5. Jun Koyanagi, K. Kawamoto, R. Higuchi, V.B.C. Tan, T.E. Tay, Direct FE2 for simulating strain-rate dependent compressive failure of cylindrical CFRP, COMPOSITES PART C, Volume5, Pages100165, 2021
6. Jun Koyanagi, K. Hasegawa, A. Otani, T. Sakai, K. Sakaue, Formulation of non-linear Viscoelastic-Viscoplastic constitutive equation for Polyamide 6 resin, Heliyon, Volume7, Pages e06335, 2021
7. S. Kasahara, Jun Koyanagi, K. Mori, M. Yabe, Evaluation of Interface Properties of Carbon Fiber/Resin Using the Full Atomistic Model Considering the Electric Charge State, ADVANCED COMPOSITE MATERIALS, Volume30, Pages164-175, 2021
8. Sakai T, Takase N, Oya Y, Koyanagi Jun, A possibility for quantitative detection of mechanically-induced invisible damage by thermal property measurement via entropy generation for a polymer material, Materials, Volume15, Pages737, 2022
9. Ryosuke Matsuzaki, Tadahiro Kobara, Ryota Yokoyama, Efficient estimation of thermal conductivity distribution during curing of thermoset composites, ADVANCED COMPOSITE MATERIALS, Volume30, Issue sup2, Pages34-49, 2021
10. Jumpei Kajimoto, Jun Koyanagi, Yusuke Maruyama, Hideyuki Kajita, Ryosuke Matsuzaki, Automated interlaminar reinforcement with thickness directional fiber arrangement for 3D printing, COMPOSITE STRUCTURES, Volume286, Pages115321, 2022
11. Yutaro Arai, Ryo Inoue, Hideki Kakisawa, Optical imaging of surface strain distribution up to 1500°C: Development of micro-speckle pattern, International Journal of Ceramic Engineering and Science, Volume3, Issue3, Pages140-149, 2021
12. Yutaro Arai, Tomoki Marumo, and Ryo Inoue, Use of Zr-Ti Alloy Melt Infiltration for Fabricating Carbon-Fiber-Reinforced Ultrahigh-Temperature Ceramic Matrix Composites, Journal of Composites Science, Volume5, Issue7, Pages186, 2021
13. Yutaro Arai, Ryo Inoue, Hideki Kakisawa, Anisotropic crack propagation behavior for the silicon-bond coat layer in a multilayer coated system, International Journal of Applied Ceramic Technology, Volume18, Issue3, Pages947-956, 2021
14. Yu Ishioka, Hideki Kakisawa, Kazuya Shimoda, Yutaro Arai, Ryo Inoue, Masashi Wada, Satoshi Kitaoka, Fabrication, microstructure, and mechanical properties of all-oxide ceramic matrix composites using high-yield precursors, JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, Volume57, Issue16, Pages7767-7777, 2022

15. Omar Tabaza, Hiroshi Okada, Yasunori Yusa, A new approach of the interaction integral method with correction terms for cracks in three-dimensional functionally graded materials using the tetrahedral finite element, THEORETICAL AND APPLIED FRACTURE MECHANICS, Volume115, Pages103065, 2021
16. Omar Tabaza, Hiroshi Okada, Yasunori Yusa, A comprehensive investigation of the formulations of the interaction integral method for the evaluation of stress intensity factors of three-dimensional cracks in functionally graded materials, THEORETICAL AND APPLIED FRACTURE MECHANICS, Volume119, Pages103297, 2021
17. Yasunori YUSA, Shota MIYAUCHI, Hiroshi OKADA, Performance investigation of quasi-Newton-based parallel nonlinear FEM for large-deformation elastic-plastic analysis over 100 thousand degrees of freedom, Mechanical Engineering Journal, Volume8, Issue3, Pages21-00053, 2021
18. Satoyuki Tanaka, Hanlin Wang, Hiroshi Okada, On the essential BC enforcement techniques in wavelet Galerkin method for 3D elastic solids, Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering, Volume9, Issue1, Pages78-95, 2022
19. Yutaro Arai, Yuka Daigo, Esuke Kojo, Ryo Inoue, Yasuo Kogo, Geometric factors affecting Young's modulus of porous carbon with a three-dimensional network structure, International Journal of Applied Ceramic Technology, Volume19, Issue1, Pages523-532, 2022
20. Yutaro Arai, Manami Saito, Akane Samizo, Ryo Inoue, Keishi Nishio, Yasuo Kogo, Hot-corrosion of refractory high-entropy ceramic matrix composites synthesized by alloy melt-infiltration, CERAMICS INTERNATIONAL, Volume47, Issue22, Pages31740-31748, 2021
21. 飯田 努, 向後保雄, 草鹿 仁, エンジン搭載型電動車における排熱発電システムの技術的可能性, システム制御情報学会誌, 65 巻, 6 号, 225-230 頁, 2021
22. 有光晃二, 青木大亮, 光反応による架橋, 接着の技術, 41 巻, 2 号, 9-15 頁, 2021

## 著書

1. 有光晃二, 青木大亮, 「第3章 第1節 光重合開始剤・増感剤の基礎」, UV硬化樹脂の開発動向と応用展開, サイエンス&テクノロジー株式会社, pp33-48, 2021

## 研究課題（研究者別）

### 小柳 潤

#### 「CAE 技術を用いた複合材料の力学研究」

炭素繊維強化プラスチック（CFRP）などに代表される 21 世紀の材料である先進複合材料を題材に、分子軌道法（MO）や分子動力学法（MD）による分子レベルでの材料開発や、有限要素法（FEM）、粒子法（SPH）、数値流体力学（CFD）を用いた破壊シミュレーション、実構造物の設計、成形シミュレーションや流体解析を通して、CAE 技術を効率的に活用した工学研究を実施している。メーカー等との共同研究として実践的な研究活動を実施し、産業へ直接的に貢献するとともに、これを通して有能な CAE 技術者を育成し産業へ輩出している。

### 荻原 慎二

#### 「繊維強化複合材料の微視的損傷挙動に関する研究」

積層型繊維強化複合材料を中心に、様々な形態の負荷による材料内の微視的損傷発生・進展プロセスを実験的に検討した。さらに、損傷発生に伴う、材料の力学的特性への影響を実験的に評価した。得られた実験結果を元に、有限要素法や損傷力学モデルによる予測との比較を行い、それらの妥当性を検討した。より複雑な内部構造を有する材料系への適用の基礎を築いた。これにより、運用中の材料の構造健全性評価への貢献が期待できる。

### 松崎 亮介

#### 「複合材料 3D プリントに関する研究」

連続炭素 繊維で強化された樹脂系複合材料を用いて、自動車・航空宇宙用構造部材に適用できる高強度・高剛性な製品づくりを実現する 3D プリントの開発を行っています。特に今年度は曲線繊維まで含めた繊維配向の最適化と実証試験を行い、複合材 3D プリントの優位性と課題について研究を行いました。

### 井上 遼

#### 「不均一材料の変形・損傷の可視化に関する研究」

複合材料の損傷・破壊を理解し新しい材料設計基準を導き出すには、局所的に生じる変形分布を理解する必要がある。セラミックスをマトリックスとした複合材料の場合、高温での計測が必要だが輻射の影響により正しく理解することは難しい。これまで二次元に留まってきた計測を三次元に拡張し、本年度は 1000°C を超える環境で材料表面での三次元変形を可視化することに成功し、構成素材の弾性率・熱膨張係数のミスマッチに起因する複合材料の不均一変形・損傷の様子を明らかにすることができた。加えて、本年度はラボ CT 及び放射光 CT により取得した体積画像から材料内部の変形分布を定量的に理解することにも成功した。今後、得られたデータを機械学習を用い強度や寿命予測に発展させる予定である。

### 岡田 裕

#### 「不均一材料に対する線形・非線形破壊力学解析に関する研究」

溶接接手の溶接金属や熱影響部では、溶接施工時の熱履歴や凝固の過程が材料の力学的性質に影響を与えるため、不均一材料となる。また、複合材料の一種とも考えられる傾斜機能材料では、意図した材料機械的・熱的性質の空間的分布を創出するものである。一般に、その機械的・熱的性質は材料内で連続変化する。これらのように機械的性質が材料内で不均一となる材料について、それらの破壊力学的評価を厳密に行うための J 積分や相互積分法による応力拡大係数計算法の研究をしてきた。本年度は溶接接合部や傾斜機能材料の線形破壊力学解析の高度化を目指し、様々な相互積分法定式化を行いそれらの精度評価をした。また、繰返し荷重下で進行する破壊現象解析高速化のための、サイクルジャンプ法解析手法の高度化を行ってきた。

## 高橋 昭如

### 「き裂の開閉口挙動の影響を考慮した定量的疲労き裂進展解析に関する研究」

疲労き裂進展問題において、き裂先端部に発生する小領域の塑性変形がき裂先端の開閉口挙動を変化させ、疲労き裂進展速度が低下することが知られている。これまでに開発してきた重合メッシュ法を用いた疲労き裂進展解析システムに弾塑性有限要素解析を用いた開閉口挙動の数値解析を実装し、き裂先端の塑性変形が与える疲労き裂進展速度への影響を直接計算することを可能にした。さらに、これとは異なるアプローチとして、二次元弾塑性解析による開閉口挙動のモデル化と、そのモデルを実装した三次元疲労亀裂進展解析により、簡便に開閉口挙動を考慮した疲労亀裂進展シミュレーションを実現した。

## 向後 保雄

### 「電線用 CFRP ロープの力学特性に関する研究」

送電線ケーブルの芯材として用いられる CFRP 製ロープの力学特性について検討している。撚りのある CFRP を 7 本撚り合わせて作製する特殊な複合材料製ロープであり、その力学的挙動は不明な点も多い。本研究では、撚りのある CFRP 単線の力学的挙動、ならびにこれらをさらに撚り合わせた CFRP 製ロープについても力学特性試験を行う。本年度は、圧縮曲げ試験法による特性試験を提案し、接触部の影響を受けない特性評価を実施した。本試験法は、たわみ変形・破壊挙動の評価として極めて有用である事が確認された。

## 有光 晃二

### 「エポキシ/ビスマレイミド混合樹脂のアニオン UV 硬化に関する研究」

光塩基発生剤、ビスマレイミド樹脂 (BMI)、エポキシ樹脂 (jER828) からなる混合樹脂膜のアニオン UV 硬化を実施すると、BMI : jER828 = 1 : 1 のときにそれぞれの単体樹脂では得られない高硬度の硬化膜が得られることがわかっている。しかしながら、光照射後に高温長時間の加熱が必要であった。そこで、本系に多官能チオールを添加することで、従来の系より低温・短時間でアニオン UV 硬化が可能となり、単純な熱硬化系に匹敵する硬度が発現することを見出した。

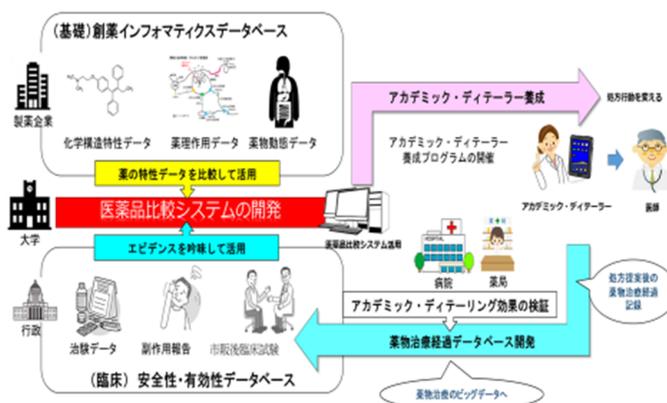
## アカデミック・ディテールリング・データベース部門

# アカデミック・ディテリング・データベース部門について

## 1. 概要

アカデミック・ディテリングとは、コマーシャルベースにとらわれない、公正中立な根拠に基づいた医薬品情報を医師に提供することで、薬物治療の質や経済性を向上させることが目的である<sup>1)</sup>。そこで、医薬品情報提供者（ディテラー）としての薬剤師の役割が益々重要視されており、患者に最適な薬物治療を行うためには、多角的な視点から薬剤を選択することが重要となる。薬剤師は医師との教育の違いにより、主に薬剤の薬理作用、物理化学的特性や代謝メカニズムから最適な薬剤を選択する。本部門では、薬剤師が患者に適した薬剤を選択する際に必要な生物学的、化学的、物理学的、薬理学的、薬剤学的、薬物治療、EBM（ガイドラインや臨床試験評価）の8分野に渡る薬剤情報を集約し、医薬品データベースを構築した。さらに構築したデータベースを基に、薬剤師教育への活用や薬剤師が臨床で活用しやすい処方支援システムを開発する。アカデミック・ディテラー養成プログラムでは第4回養成プログラムを開始し、アカデミック・ディテラーによる処方支援効果に関する研究も開始した。新規のアカデミック・ディテリング資材開発として、糖尿病治療薬に取り組んだ。

アカデミック・ディテリングから薬物治療レジストリ登録へ



## 2. 研究部門の構成

システム開発は、すでに共同研究契約を取り交わしているメディカル・データベース株式会社による薬物動態データベース開発が進んだため、そのデータを臨床現場で薬剤師が活用しやすいシステムの開発を行った。

## 3. 各研究グループの活動報告

2021年度は、部門最終年度として、難航していた薬物動態支援システムの開発を行うことができた。海外アカデミック・ディテリング拠点である The National Resource Center for Academic Detailing (NaRCAD) も注目しており、今後、国際学会での発表も検討したい。

### 3. 1. システム開発グループについて

データベースの開発として、薬剤師の最も重要な領域である薬物動態のデータベース開発が難航していたが、共同研究を行っているメディカルデータベース株式会社において、データベース開発が進んだことにより、そのデータを活用したシステム開発に取り組むことができた。

### 3. 2. アカデミック・ディテラー養成プログラム開発グループについて

薬物動態データを活用できるスキルを身に付けるために、アカデミック・ディテラー養成プログラム B コースにおいて、薬物動態の考え方を強化する研修を行った。さらに、D コース「論文の批判的吟味」は、今まで日本アプライドセラピューティクス学会にお願いしている状況であったが、アカデミック・ディテラー養成プログラムの一環として研修プログラムを開発し、2022年2月20日に実施することができた。

1. 小茂田昌代、西川元也、斎藤顕宜、清水忠、青山隆夫、第4回アカデミック・ディテーター養成プログラムA：基礎薬学を臨床に活かす処方提案とは（便秘）、2021. 4. 24, Zoom開催
2. 小茂田昌代、西川元也、斎藤顕宜、清水忠、青山隆夫、第4回アカデミック・ディテーター養成プログラムB：薬物動態に視点を置いたアカデミック・ディテーターリング、2021. 8. 22, Zoom開催
3. 小茂田昌代、有田悦子、清水忠、青山隆夫、第4回アカデミック・ディテーター養成プログラムC：アカデミック・ディテーターリングを実践しよう、2021. 12. 18, Zoom開催
4. 小茂田昌代、山本紘司、井上雅明、清水忠、青山隆夫、第4回アカデミック・ディテーター養成プログラムD：臨床論文の批判的吟味を実践しよう、2022. 2. 20, Zoom開催

#### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

「1. アカデミック・ディテーターリング支援システムの開発」や「4. 薬物治療経過記録データベースの開発」では、現場の実装までは進めることができなかった。しかし、今後は一般社団法人日本アカデミック・ディテーターリング研究会（代表理事：小茂田昌代）において、システム部会が発足し、具体的に実装方法を検討して、日本の現状に即した配信方法の検討を開始する予定である。「3. アカデミック・ディテーターリング効果に関する研究」はアカデミック・ディテーターに認定された人数が2022年3月末時点で65名となったため、今後は日本アカデミック・ディテーターリング研究会において、進める予定である。さらに、2021年12月に日本がんサポーターズケア学会より、日本癌治療学会／ファイザー公募型医学教育プロジェクト助成「がん患者のためのチーム医療・地域医療連携の推進に対する取り組み」として、「がん患者と医療者のコミュニケーションツールを活用した支持療法アカデミック・ディテーターリング教育プロジェクト」を応募し、採択された（日本がんサポーターズケア学会所属の部門委員小茂田昌代、斎藤顕宜）。2022年から2025年までの間に、アカデミック・ディテーターリングの研修を8回行う予定であり、更なる日本への普及が期待される。

#### 5. むすび

アカデミック・ディテーターリングの普及に向けて、最初の一步は公的資金の獲得が難しく、部門の活動補助費により、研究を進めることができた。また、総合研究院の他部門の方のご意見は大変参考になり、活動の軌道修正や方向転換など、多大なるご支援をいただいたことは活動継続の大きな力となった。本部門で開発したシステムやアカデミック・ディテーター養成プログラムは、2022年4月以降、一般社団法人日本アカデミック・ディテーターリング研究会（顧問：青山隆夫、代表理事：小茂田昌代）が引き継ぎ、日本におけるアカデミック・ディテーターリングの更なる普及により、薬物治療の質の向上が期待される。

#### 参考論文

- 1) 小茂田昌代、尾関理恵：アカデミック・ディテーターリングの概要と実践—日本における薬剤師の専門性確立に向けて—。薬局薬学 11(1)：8-17, 2019

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. 小茂田昌代: 創薬サイエンティストと情報基盤を築くアカデミック・ディテールリングが薬剤師を変える. *ファルマシア*, 57(4)299-303, 2021.
2. Yohei Kawano, Masashi Nagata, Saeko Nakamura, Yuuki Akagi, Tatsunori Suzuki, Emi Tsukada, Mai Hoshiko, Azusa Kujirai, Satoshi Nakamatsu, Tomoki Nishikawa, Aya Enomoto, Kenichi Negishi, Shuji Shimada, Takao Aoyama, Yasunari Mano, Comprehensive exploration of medications that affect the bleeding risk of oral anticoagulants, *Biol. Pharm. Bull*, 43(5)611-619(2021)
3. Takahiro Kasai; Takashi Wada; Tsubasa Iijima; Yoshiko Minami; Tomoyo Sakaguchi; Tomoki Shiratori; Yuta Otsuka; Yohsuke Shimada; Yukiko Okayama; Satoru Goto, Comparative study of the hydrophobic interaction effect of pH and ionic strength on aggregation/emulsification of Congo red and amyloid fibrillation of insulin, *BBA Advances*, 2021, 2, 100036.
4. Daisuke Yamada, Junpei Takahashi, Keita Iio, Hiroshi Nagase, Akiyoshi Saitoh, Modulation of glutamatergic synaptic transmission and neuronal excitability in the prelimbic medial prefrontal cortex via delta-opioid receptors in mice, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 56:192 (2021)
5. Kotaro Sakamoto, Daisuke Yamada, Nanami Yamanaka, Moeno Nishida, Keita Iio, Hiroshi Nagase, Akiyoshi Saitoh, A selective delta opioid receptor agonist SNC80, but not KNT-127, induced tremor-like behaviors via hippocampal glutamatergic system in mice, *Brain Research*, 1757:147297(2021)
6. Tsugumichi Sato, Ching-Lan Cheng, Heung-Woo Park, Yea-Huei Kao Yang, Min-Suk Yang, Mizuki Fujita, Yuji Kumagai, Masahiro Tohkin, Yoshiro Saito, Kimie Sai, Real-world evidence of population differences in allopurinol-related severe cutaneous adverse reactions in East Asians: A population-based cohort study, *CTS-Clinical and Translational Science*, 2021;14(3):1002-14.
7. Miku Azuma, Manami Inoue, Aya Nishida, Haruka Akahane, Masataka Kitajima, Shunsuke Natani, Ryusei Chimori, Atsushi Yoshimori, Yasunari Mano, Hiromi Uchiro, Sei-ichi Tanuma, Ryoko Takasawa, Addition of hydrophobic side chains improve the apoptosis inducibility of the human glyoxalase I inhibitor, TLSC702, *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 40, 127918(2021)
8. Hitomi Motomura, Shoma Tamori, Masa-aki Yatani, Ayano Namiki, Chotaro Onaga, Ayaka Ozaki, Ryoko Takasawa, Yasunari Mano, Tsugumichi Sato, Yasushi Hara, Keiko Sato, Yuyun Xiong, Yohsuke Harada, Takehisa Hanawa, Sei-ichi Tanuma, Kazunori Sasaki, Shigeo Ohno and Kazunori Akimoto, GLO 1 and PKC $\lambda$  Regulate ALDH1-positive Breast Cancer Stem Cell Survival, *Anticancer Research*, 41, 5959-5971(2021)
9. Chinatsu Otake, Takuya Namba, Hidetsugu Tabata, Kosho Makino, Kiriko Hirano, Tetsuta Oshitari, Hideaki Natsugari, Takenori Kusumi, Hideyo Takahashi, Conformational Preference of 2'-Fluoro-Substituted Acetophenone Derivatives Revealed by Through-Space  $^1\text{H}$ - $^{19}\text{F}$  and  $^{13}\text{C}$ - $^{19}\text{F}$  Spin-Spin Couplings" *J. Org. Chem.* 2021, 86(6), 4638-4645
10. Kosho Makino, Kumi Tozawa, Yuki Tanaka, Akiko Inagaki, Hidetsugu Tabata, Tetsuta Oshitari, Hideaki Natsugari, Hideyo Takahashi, Rapid Photoracemization of Chiral Alkyl Aryl Sulfoxides, *Journal of Organic Chemistry*, 2021, 86 (23), 17249-17256.
11. Yukiya Takayama, Kosuke Kusamori\*, Chihiro Tsukimori, Yosuke Shimizu, Mika Hayashi, Ikumi Kiyama, Hidemasa Katsumi, Toshiyasu Sakane, Akira Yamamoto, Makiya Nishikawa, Anticancer drug-loaded mesenchymal stem cells for targeted cancer therapy, *Journal of Controlled Release*, 2021 329: 1090-1101

12. Daisuke Sasaki, Kosuke Kusamori, Yukiya Takayama, Shoko Itakura, Hiroaki Todo, Makiya Nishikawa, Development of nanoparticles derived from corn as mass producible bionanoparticles with anticancer activity, Scientific Reports, 2021 11: 22818
13. Kentaro Abe, Tsukasa Higurashi, Mio Takahashi, Ayako Maeda-Minami, Yohei Kawano, Satoru Miyazaki and Yasunari Mano, Concomitant Use of High-dose Methotrexate and Glycyrrhizin Affects Pharmacokinetics of Methotrexate, Resulting in Hepatic Toxicity, In Vivo, 2021, 35, 2163-2169
14. Tetsuya Nagata, Chrissa A. Dwyer, Kie Yoshida-Tanaka, Kensuke Ihara, Masaki Ohyagi, Hidetoshi Kaburagi, Haruka Miyata, Satoe Ebihara, Kotaro Yoshioka, Takashi Ishii, Kanjiro Miyata, Kenichi Miyata, Berit Powers, Tomoko Igari, Syunsuke Yamamoto, Naoto Arimura, Hideki Hirabayashi, Toshiki Uchihara, Rintaro Iwata Hara, Takeshi Wada, C. Frank Bennett, Punit P. Seth, Frank Rigo, Takanori Yokota, Cholesterol-functionalized DNA/RNA heteroduplexes cross the blood-brain barrier and knock down genes in the rodent CNS, Nature Biotechnology, 2021, 39, 1529-1536
15. Hideyo Takahashi, Takao Aoyama, Akiyoshi Saitoh, Shuji Shimada, Tatsunori Suzuki, Ryoko Takasawa, Makiya Nishikawa, Yasunari Mano, Masayo Komoda, Academic detailing exercise class in RIKADAI: Toward the integration of basic and clinical science, Journal of Asian Association of School of Pharmacy, 10, 35-39 (2021)

## 著書

1. 佐藤嗣道, “薬剤疫学の基礎と実践 改訂第3版” 2-5. 非ステロイド性抗炎症薬と上部消化管出血、2-10. サリドマイドの催奇形性、3-1. 薬害, pp. 32-41, pp. 72-78, pp. 97-128, (2021年7月23日), ISBN: 978-4-89775-439-0.
2. 亀井美和子, 恩田光子, 浦山隆雄, 赤羽根秀宜, 赤沢学, 嶋田修治, 鈴木勝宏, 多根井重晴, 成川衛, 渡邊文之. 薬事法規・制度・倫理マニュアル 改訂15版. 南山堂. 2021. ISBN: 978-4-525-71235-8.
3. 西川元也, 吉岡志剛, 長岡誠, 草森浩輔. “核酸医薬品開発における体内動態とDDS” Drug Delivery System, 2021 21: 55-61 (2021年).
4. 西川元也. “核酸医薬の体内動態” (株)羊土社 実験医学 増刊、第39巻17号 (2021年11月1日)
5. 野口耕司, 斎藤顕宜, 宮崎智, 深澤征義 (2021) “新型コロナウイルスの感染メカニズム” “理大科学フォーラム2月号

## 招待講演

1. 小茂田昌代, 尾関理恵, 斎藤顕宜, 佐藤淳也, 土屋雅美, 宮嶋篤志, 西森久和, 関根郁夫: 新規医療情報委員会企画シンポジウム「がん患者の便秘治療薬アカデミック・ディテールング資料の開発」第6回日本がんサポーターブケア学会学術集会, 2021. 5. 30, Zoom開催
2. 小茂田昌代, 宮崎美子, シンポジウム 66「アカデミック・ディテールングが医療薬学の未来を変える～科学的視点から専門性を発揮する薬剤師の挑戦～」第31回日本医療薬学会年会, 2021. 9. 10, Zoom開催
3. 小茂田昌代, 関根郁夫: アカデミック・ディテールングが薬剤師を変えるー基礎と臨床のエビデンスを活用した医薬品情報提供アプローチとはー, 2022. 2. 12, ハイブリッド開催, 仙台
4. 小茂田昌代, 宮崎美子, 清水忠, アカデミック・ディテールング基礎講義, 相模原市薬剤師会, 2022. 3. 6, Zoom開催
5. 鈴木立紀. ランニングと感染症予防. 第33回ランニング学会大会 (東京) 2021年3月21日, プロジェクト事業報告.
6. Makiya Nishikawa. Making your presentation slides attractive and informative. CSPS/PSJ/CC-CRS SYMPOSIUM (2021/6/3) online.
7. Takeshi Wada, “Development of new molecular technologies for oligonucleotide therapeutics” The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021), 12/16-22, 2021 (online).

## 特許

1. 東京理科大学, 高橋秀依, 牧野宏章, 顧 嘉悦, 田中優希, 岩崎電気株式会社, 石原英明, 江湖俊介, 金丸国夫 “エナンチオマー調製システム及びエナンチオマー調製システム用照射装置” 特願 2021- 3290
2. 和田 猛, 佐藤一樹, 高橋裕平, (特願 2021-092873) (令和 3 年 (2021) 年 6 月 2 日出願)  
「ホスホロチオエート及びボラノホスフェートを含むキメラ型核酸オリゴマー, 及びその製造方法」

## 広報

1. 佐々木大輔, 草森浩輔, 西川元也. 理科大プレスリリース: 食用トウモロコシから, がん細胞増殖抑制効果のあるナノ粒子を作製～安価で大量に作製できる治療薬として, がん治療などへの応用に期待～ (2022 年 2 月 14 日).  
日本語版: [https://www.tus.ac.jp/today/archive/20220214\\_5834.html](https://www.tus.ac.jp/today/archive/20220214_5834.html)  
“Amazing” Nanoparticles from Maize: A Potent and Economical Anti-Cancer Therapeutic

## 研究課題（研究者別）

### 青山 隆夫

#### 「医薬品の適正使用に関する研究：医療用手袋に対する抗悪性腫瘍薬の透過性」

抗悪性腫瘍薬の注射液の調製および投与時における薬剤師や看護師への意図しない曝露を回避するために、医療用手袋の装着は有効な方法の一つである。しかし、抗悪性腫瘍薬が手袋を透過することが知られている。本研究では、抗悪性腫瘍薬の注射液に含まれる添加剤が手袋の薬物透過性に与える影響をモデル薬物としてカフェインを用いて検討した。トロメタモール、PEG400、Tween80 および HC060 の前処置におけるカフェインの透過性は、対照の精製水と比較して 2~3 倍に増加した。一方、エタノールでは約 1/3 に減少した。これらから、注射液に含まれる添加剤が薬物の手袋透過に影響を与えた可能性が示唆された。医療用手袋に対する抗悪性腫瘍薬の透過性を予測するには、薬剤の物性に加えて添加剤の影響を考慮する必要があることがわかった。

### 河野 洋平

#### 「カフェインによるシスプラチン誘発性細胞死の作用増強メカニズムの解明」

肝細胞がんにおいて、カフェイン（CAF）がシスプラチン（CDDP）による細胞死誘導作用をがん細胞特異的に増強する機構には不明な点が多い。本研究では、アデノシン（Ade）受容体と ataxia telangiectasia mutated（ATM）を介した DNA 修復機構、及び phosphatidylinositol-3 kinase（PI3K）を介したアポトーシス抑制機構に着目し、CAF が CDDP 誘発性細胞死を増強する機構の解明を目的とした。HuH-7（ヒト肝細胞がん細胞株）において、CDDP、CAF 及び Ade の処理に加えて、Ade 受容体刺激剤または阻害剤の併用、あるいは CDDP 処理に ATM 阻害剤

（KU55933）と PI3K 阻害剤（ZSTK474）を併用し、WST-8 法による細胞生存率解析、Annexin V-FITC/PI 二重染色法を用いたアポトーシス解析、ウェスタンブロット法に基づく細胞内シグナル解析を行った結果、CAF による CDDP 誘発性細胞死増強効果には、CAF の ATM・PI3K 同時阻害作用が強く関与していることを見出した。

### 小茂田昌代

#### 「支持療法のアカデミック・ディテリングを支援する FN、CINV 電子患者日誌に関する研究」

がん患者が発熱性好中球減少症（FN）やがん化学療法誘発性嘔気嘔吐（CINV）の症状について簡単に入力・確認できる患者報告アウトカム電子システム（ePRO:electronic patient-reported outcome；電子患者日誌）およびそのデータを受け取り、アカデミック・ディテリングを支援する薬学的管理システムを開発した。その電子患者日誌を実際に病院で活用した効果を確認する臨床研究を行った。

#### 「支持療法の便秘治療薬アカデミック・ディテリング資材開発に関する研究」

近年、新規の便秘治療薬が発売され、その使い分けを示すアカデミック・ディテリングは非常に重要となるため、アカデミック・ディテリングを行うための資材開発を行った。さらに糖尿病治療薬のアカデミック・ディテリング資材開発を行った。

#### 「アカデミック・ディテリングが処方行動に与える影響に関する研究」

研究は、薬物療法の最適化に向けて、薬剤師による医師に対する新たな医薬品情報提供アプローチとその方法論を提案するものである。薬剤師の薬物治療における科学者としての専門性確立と、処方に影響を与え、薬物治療の最適化に貢献する意識改革を目指し、実際にアカデミック・ディテラーの病院において、アカデミック・ディテリングが処方に与える影響について介入研究を行った。

## 後藤 了

### 「類似医薬品探索のための医薬品添付文書における形態素解析の適用」

文書中の単語とその出現頻度から文書をベクトル表現することを形態素解析という。この目的に用いられる MeCab によって医薬品の添付文書の解析を行うことでベクトル空間モデルを構築し、潜在意味インデックス化を用いて添付文書を表す特徴ベクトルを抽出した。得られた添付文書ベクトル間の距離に基づいてクラスター分析を行い、モデルデータセットを解析したところ、薬効別にクラスター分類されることを確認した。

## 宮崎 智

### 「医薬品情報を基盤としたデータベーススキーマの研究開発」

昨年度までに構築されている、アカデミックディティールデータベースのスキーマについて、今後必要とされる GUI への連携および CYP 情報や KEGG データベース等の分子生物学的データの統合利用に向けて、改良に着手した。データ量と項目数の増加に伴う、スキーマ変更が柔軟に行えるようなテーブル設計について考察している。

## 真野 泰成

### 「有害事象自発報告データベースを用いたと有害事象プロファイルの検討」

様々な医療データベースを検証する目的で、本邦における有害事象自発報告データベース (Japanese Adverse Drug Event Report database : JADER) を用いて、メトトレキサート (MTX) と関連有害事象の発症傾向について調査し副作用プロファイルを検討した。有害事象の集計の結果、骨髄抑制が最も多く次いで間質性肺炎、肝障害であった。また、高用量のメトトレキサートでは肝障害など注意が必要な有害事象であることが示された。

## 嶋田 修治

### 「GLP-1 受容体作動薬 (リラグルチド) を用いたアドオンセラピーに関する分析」

インスリン療法で血糖コントロールが不十分な成人 2 型 DM 患者では、インスリン療法にリラグルチドを併用することで、ランダム効果モデルを用いたメタ解析の結果、プラセボと比較して  $\Delta$ HbA1c は -1.00% となり、HbA1c 値が有意に低下することが示された。しかし解析に使用した 7 件の臨床試験間に  $\Delta$ HbA1c の異質性が認められた ( $I^2 = 74.7\%$ )。混合効果モデルを用いたメタ回帰分析を行いベースラインの BMI を含む 5 つの共変量を検討したが、異質性の原因を説明することができなかった。

## 根岸 健一

### 「レセプトデータからみた鎮痛薬服用による依存状況の推察調査」

現在の新型コロナ禍において、医薬品を意味なく大量服用し、それが常態化している実態が特に若年者で見られるが、その服用している医薬品として、習慣性を持つような作用を持たない鎮痛薬が服用されていることに注目し、鎮痛薬の精神的依存を起こしうる要因の調査を行った。PMDA で公開している副作用データベース報告より、服用開始から副作用発現までの期間の平均が 11.9 ヶ月程度であることが分かり、また非麻薬性鎮痛薬の精神障害に関して、トラマドール単独服用で依存と報告されたのが 1/38 件 (2.0%) の報告だったのに対して、トラムセット (トラマドール+アセトアミノフェンの配合剤) では 17/235 件 (7.2%) と、より多くなっていることが分かった。また、JMDC のレセプトデータを解析したところ、「処方日から 3 ヶ月以内に次の鎮痛薬処方があり、その処方継続期間が 1 年以上の患者」を鎮痛薬の“連用”と定義した場合に、オピオイド鎮痛薬であるトラマドールを単独で服用している患者よりも、トラマドール+アセトアミノフェンまたはトラマドール+NSAIDs 服用者の方が“連用”の患者数が多くなることが明らかになった。このことから、オピオイド鎮痛薬に非麻薬性鎮痛薬を併用すると、より鎮痛作用に依存しやすい傾向になると考えられるため、併用する際には慎重に投与する必要があることが分かった。

## 和田 猛

### 「構造式から見た医薬品の有効性、安全性を考察する研究」

アカデミック・ディテリングに必要なデータベースの構築には、薬の基礎薬学的特徴を臨床に活用する視点が求められる。基礎薬学的特徴とは、構造式などの化学的な特徴、薬を目的とする臓器に効率よく届ける製剤学的工夫などの物理的特徴、薬が効くメカニズムである。2020年度は、引き続き薬剤の化学構造と作用機序の關係に着目して薬剤の基礎薬学的特徴を臨床に活用する手法を検討した。

## 高澤 涼子

### 「がん細胞に高発現する代謝酵素 Glyoxalase I を標的とした制がん剤の創製に関する研究」

Glyoxalase I (GLO I)は、がん治療薬開発の有望なターゲットである。我々は、in silico 設計による新規 GLO I 阻害剤リード化合物創製を目的として研究を行い、高い GLO I 阻害効果をもつ新規阻害化合物 TLSC702 を見出した。TLSC702 の構造活性相関解析を行い、GLO I 活性中心の  $Zn^{2+}$  に結合するカルボキシ基の位置の重要性や、脂溶性の高い側鎖の付加によって細胞膜透過性が改善されて制がん効果が上がることを明らかにした。

## 佐藤 嗣道

### 「患者向医薬品ガイド改善の試みと評価」

患者向医薬品ガイドの改善を目的に、現行の患者向医薬品ガイドの構成と内容を検討し、患者向医薬品ガイドの構成と記載内容に関する改訂案を作成した。また、「くすりのしおり」と患者向医薬品ガイドの統合の可能性について検討し、全ての医薬品を対象とする患者向け添付文書の作成を新たに制度化し、「くすりのしおり」の内容を患者向け添付文書の簡易版、患者向医薬品ガイドの内容を患者向け添付文書の詳細版とすることを提案した。

## 鈴木 立紀

### 「統合失調症治療への持効性注射導入が処方用量の適正化に及ぼす意義に関する研究」

精神科単科病院で持効性注射剤 (LAI) を導入された統合失調症患者を対象とした、診療データを用いた後ろ向き調査研究である。LAI 導入後 6 ヶ月間の抗精神病薬の総力価などを導入前の 1 ヶ月間と比較することにより、導入前の投与用量を評価することを目的としている。2020 年度は、抽出した対象患者のカルテ情報を解析し、LAI 導入の意義について検討した。

### 「使用する抗精神病薬の違いがその後の統合失調症治療に及ぼす影響に関する研究」

精神科単科病院に入院歴のある統合失調症患者を対象とした、診療データを用いた後ろ向き調査研究である。入院前 1 ヶ月間、入院中、退院後 1 ヶ月間の統合失調症に対する抗精神病薬の力価を比較することで、入院前に治療に用いられていた薬剤の影響や問題点を明らかにすることを目的としている。2020 年度は、抽出した対象患者のカルテ情報の解析を継続した。

## 山根 里香

アカデミック・ディテリングを担うディテラー養成プログラムの開発と実施事例を対象に、リーダーシップ・スタイルとマネジメント・コントロールの機能について検証を行った。医療従事者は職能として専門性が高く、メンバーが自らの専門性を発揮するシェアード・リーダーシップのスタイルが適応していることが明らかとなった。専門性の違いから来るコンフリクトの解決に向けて、ミッションを共有すること、対話環境を充実させること、目標達成に向けて組織内の学びを活性化させる相互作用的なマネジメントの仕組みの設定と運用が必要であることが明らかとなった。今後は、実際に医療法人でのディテラー養成プログラムの開発と展開についてアクションリサーチを継続していく。

## 西川 元也

### 「ニューモダリティの体内動態制御に関する研究」

抗体医薬品や核酸医薬品が臨床で広く利用されつつある。近年では、間葉系幹細胞などの細胞を患者に投与することによる治療も進められている。こうした「ニューモダリティ」の効率的な開発には、その体内動態の解明ならびに制御が必須である。そこで、核酸医薬品の一種である CpG オリゴを選択し、免疫細胞へのデリバリーによる効果増強を試みた。免疫細胞上のマンノースレセプターのリガンドであるマンノースで修飾した CpG オリゴを合成し、これを多足型構造とすることで免疫細胞への効率的なデリバリーおよび CpG オリゴの活性増強に成功した。今後、マンノース修飾による体内動態制御および効果増強についてマウスでの検討を計画する。

## 高橋 秀依

### 「医薬品代謝物の効率良い合成法の研究」

医薬品の代謝物の生物活性や毒性を明らかにするために、代謝物の化学合成が求められている。オメプラゾールは、ベンズイミダゾールとピリジンの両方にメトキシ基が存在する構造をもっているが、この代謝物として、ピリジン環上のメトキシ基のみが選択的に脱保護された化合物が同定されている。今年度は、L-selectride を用いてその効率良い化学合成法を開発することに成功した。本法は、メトキシピリジン化学選択的な合成法として一般性があることも明らかになった。また、光反応によってスルホキシドの立体化学を制御する方法を開発した。これにより、所望する立体化学のスルホキシドのみを得ることができるようになった。本法をリサイクル HPLC に組み込み、精製だけでなく、反応装置としても使うことにより、所望する立体化学のスルホキシドを簡便に製造するシステムを構築できた。スルホキシドは硫黄を含有する医薬品の代謝物として多く認められるが、それら代謝物の立体制御を効率よく行える合成法を確立できた。

## 斎藤 顕宜

### 「アカデミック・ディテリング資材開発に関する研究」

今年度は、便秘治療薬、高血圧治療薬、制吐剤について、アカデミック・ディテラー養成に必要となる薬理作用機序の観点からの調査を行い、資材開発を行った。これらの活動内容については、アカデミック・ディテリング研究会および複数の学会にて報告した。引き続き、他疾患治療薬の薬理的な観点からの資材開発を行っていく予定である。

## 鹿野 真弓

### 「レギュラトリーサイエンスに関する研究」

医薬品開発のグローバル化により医薬品評価の国際調和が重要になっている。一方で AI やビッグデータ解析等の新技術利用も進み、従来の考え方にあてはまらない課題もある。そこで、新技術の特徴を踏まえた医薬品の有効性・安全性評価の考え方を整理し、国際的コンセンサス形成に寄与する研究を行っている。

## 後藤 恵子

### 「アカデミックディテラーのパフォーマンス評価指標の構築」

日本版アカデミックディテラー (AD) の認定試験に当たって、海外の資料を参考に AD のパフォーマンスをコミュニケーションの視点から客観的に評価する指標としてのループリックを構築した。目標は、「プレゼンテーションを通じて AD への信頼を培い、処方行動への影響をもたらす」とした。構築されたループリックは事前の研修段階から共有され、求められる行動とレベルを共有しながら学習することができた。内容については、今後も検証を続けていく。習うことができた。内容については、今後も検証を続けていく。

## 核酸創藥研究部門

# 核酸創薬研究部門について

## 1. 概要

「核酸医薬」は、DNA や RNA 等の核酸分子をベースとした新しいタイプの医薬品である。疾病関連遺伝子に直接作用することができる点でこれまでの医薬と大きく異なり、次世代医薬として期待されている。核酸医薬の開発に必要な研究分野は多岐に渡るが、本学には各分野における極めて優れた研究者がおり、本部門でそれらを結集することにより、本学独自の核酸医薬の開発が推進できるという大きなシナジー効果が期待できる。本研究部門では、従来の核酸医薬品と比較して、有効性、安定性、安全性に優れた新規核酸誘導体を開発し、さらに、核酸に結合して安定性や体内動態を改善する新規キャリア分子、製剤技術の確立することを目指す。また、それらの核酸医薬分子の標的として、免疫系、代謝系、がんに関わる疾患領域を選び、新規核酸医薬を用いた治療法の開発につなげることを目標としている。

## 2. 研究部門の構成

本部門は、独自の核酸合成技術を基盤とした核酸創薬ベンチャーの設立と核酸医薬の臨床開発実績のある和田を部門長とし、核酸医薬の体内動態制御を基盤とした DDS (西川元也教授)、アンチセンス核酸医薬の設計と応用 (鳥越秀峰教授)、核酸医薬の高分子キャリア (大塚英典教授)、核酸医薬分子の製剤化 (花輪剛久教授)、核酸医薬を用いる免疫系の制御 (西山千春教授)、核酸医薬の代謝 (樋上賀一教授)、核酸医薬によるがん治療 (秋本和憲教授)、核酸医薬の標的探索と設計 (宮崎智教授)、RNA 編集創薬 (櫻井雅之講師) の各分野に加え、核酸医薬の免疫制御の応用に後飯塚僚教授が加わる組織構成となっている。

研究設備に関しては、薬学部 15 号館に共用の機器として核磁気共鳴装置 (JEOL 社製、NM-ECZ400S) 及び質量分析装置 (SCIEX 社製、X500R QTOF) を有しており、合成サンプルや複雑な構造を有する生体分子の構造解析が可能である。

核酸創薬研究部門 (核酸医薬の開発)



## 3. 各研究グループの活動報告

### 第 4 回核酸創薬研究部門シンポジウム

日時：2021 年 9 月 18 日 (土)

場所：オンライン開催

概要：核酸創薬研究部門の第 4 回シンポジウムとして、部門メンバーの研究内容を発表した。

シンポジウムを行う中で、メンバー、学生、客員研究員が各々研究内容の相互理解を深め、共同研究体制の強化を図った。また、コロナ禍での開催となったためオンライン開催とした。

招待講演者：高倉喜信 先生 (京都大学大学院薬学研究科)

高草英生 先生 (第一三共株式会社薬物動態研究所)

石井 健 先生 (東京大学医科学研究所)

位高啓史 先生 (東京医科歯科大学生体材料工学研究所)

## 第5回核酸創薬研究部門シンポジウム

日時：2022年3月12日（土）

場所：オンライン開催

概要：核酸創薬研究部門の第5回シンポジウムとして、部門メンバーの研究内容を発表した。シンポジウムを行う中で、メンバー、学生、客員研究員が各々研究内容の相互理解を深め、共同研究体制の強化を図った。また、コロナ禍での開催となったためオンライン開催とした。

招待講演者：赤坂喜清 先生（東邦大学大学院 医学研究科 先端医科学研究センター）

伊庭英夫 先生（千葉大学真菌医学研究センター）

## 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

これまでに部門内での共同研究が進行している皮膚創傷治癒、乳がん、特に緊急性の高いCOVID-19といった特定の標的を定めた共同研究をさらに推進するとともに、核酸医薬を用いた免疫系や脂質代謝系の制御などの分野への展開も進める。また、ホスホロチオエート核酸に代わる次世代の核酸医薬分子として期待されているボラノホスフェート核酸を、リン原子の立体化学を厳密に制御して合成する手法を確立しており、アンチセンス核酸への応用と、安全性、有効性について検証を進める。また、DNA ナノテクノロジーを駆使した高機能化核酸や新規 DDS 手法などのプラットフォーム技術の開発を行う。なお、本研究部門は2022年3月をもって3年間の設置期間を終了したが、2年間の設置期間延長が認められた。

## 5. むすび

本研究部門では、次世代の医薬として注目される核酸医薬の実用化に向け、学部等の垣根を越え、核酸医薬、あるいは関連分野の研究者の英知を結集している。大学内の研究チームで核酸医薬を開発する試みは他に例を見ず、本学でこそ実現可能な研究組織であると言える。理科大発の核酸医薬創出に向け、今後も積極的に研究を推進する。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Inhibition of off-target cleavage by RNase H using an artificial cationic oligosaccharide, Rintaro Iwata Hara, Takeshi Wada, ORGANIC & BIOMOLECULAR CHEMISTRY, 2021, 19, 6865-6870 (査読有)
2. Solid-Phase Synthesis of Boranophosphate/Phosphorothioate/Phosphate Chimeric Oligonucleotides and Their Potential as Antisense Oligonucleotides, Yuhei Takahashi, Kazuki Sato, Takeshi Wada, The Journal of Organic Chemistry, 2022, 87, 3895-3909 (査読有)
3. Critical contribution of macrophage scavenger receptor 1 to the uptake of nanostructured DNA by immune cells. Umemura K., Ohtsuki S., Nagaoka M., Kusamori K., Inoue T., Takahashi Y., Takakura Y., Nishikawa M. Nanomedicine 34:102386, 2021 (査読有)
4. Long-Term Dietary Taurine Lowers Plasma Levels of Cholesterol and Bile Acids, Tagawa R, Kobayashi M., Sakurai M, Yoshida M, Kaneko H, Mizunoe Y, Nozaki Y., Okita N, Sudo Y, Higami Y. Int J Mol Sci. 2022;23:1793. doi: 10.3390/ijms23031793. (査読有)
5. TARC is synergistically transactivated by PU.1 and IRF4 driven by the mammalian common promoter in dendritic cells, Naoto Ito, Fumiya Sakata, Masakazu Hachisu, Kazuki Nagata, Tomoka Ito, Kurumi Nomura, Masanori Nagaoka, Keito Inaba, Mutsuko Hara, Nobuhiro Nakano, Tadaaki Nakajima, Takuya Yashiro, and Chiharu Nishiyama, Allergy, 77:1054-1059, 2022 (査読有)
6. Accelerated Redox reaction of Hydrogen Peroxide by Employing Locally Concentrated State of Copper Catalysts on Polymer Chain. Shigehito Osawa, Kenichi Kitanishi, Maho Kiuchi, Motoyuki Shimonaka, and Hidenori Otsuka, Macromol. Rapid Commun., 42(16), 2100274, 1-6, 2021. Selected as Back cover. (査読有)
7. Solubility Enhancement of Ibuprofen by Adsorption onto Spherical Porous Calcium Silicate, Yayoi Kawano, Shiyang Chen, Takehisa Hanawa, Pharmaceutics, 13(6)pp.767-782, 2021 (査読有)
8. Glyoxalase 1 and protein kinase C $\lambda$  as potential therapeutic targets for late-stage breast cancer, Hitomi Motomura, Ayaka Ozaki, Shoma Tamori, Chotaro Onaga, Yuka Nozaki, Yuko Waki, Ryoko Takasawa, Kazumi Yoshizawa, Yasunari Mano, Tsugumichi Sato, Kazunori Sasaki, Hitoshi Ishiguro, Yohei Miyagi, Yoji Nagashima, Kouji Yamamoto, Keiko Sato, Takehisa Hanawa, Sei-ichi Tanuma, Shigeo Ohno and Kazunori Akimoto, Oncology Letters, 22, Article number 547, 2021 (査読有)
9. ADAR1 RNA editing enzyme regulates R-loop formation and genome stability at telomeres in cancer cells., Shiromoto, Y. \*, Sakurai, M. \* (\*Equal contribution as a 1st author), Minakuchi, M. \*, Ariyoshi, K., and Nishikura, K. Nat. Commun. 12, 1654, 2021 (査読有).

### 著書

1. 進化を続ける核酸化学 ゲノム編集, 非二重らせん, 核酸医薬, 核酸創薬ベンチャーの起業と挑戦, 和田 猛, 杉本直己, 他, 化学同人, pp184-189, 2021
2. モノフォリノ核酸の合成と性質, 鶴崎太樹, 佐藤一樹, 和田 猛, 横田隆徳 他, 核酸医薬本領を發揮する創薬モダリティ (実験医学 vol.39 No.17 増刊), 羊土社, pp 81, 2021
3. 単球系細胞における転写因子 PU.1, IRF4, IRF8 の機能, 西山千春, 臨床免疫・アレルギー科, 科学評論社, 77 巻, pp292-298, 2022
4. 新規細胞死機構が制御する生体応答 がんゲノミクスデータ解析を起点としたがん幹細胞の生存機構の解明, 多森翔馬, 本村 瞳, 野崎優香, 尾崎綾葉, 翁長朝太郎, 佐藤圭子, 秋本和憲, 月刊「細胞」10月臨時増刊号, ニューサイエンス社 vol.53 pp58(784)-61(787), 2021
5. ゲノム情報とオミックス情報を活用した「予防医学」, 情報論・統計解析手法を用いたがんゲノミクスデータ解析による乳がん患者層別化, 秋本和憲, 多森翔馬, 翁長朝太郎, 野崎優香, 本村 瞳, 尾崎綾葉, 熊御雲, 田畑耕治, 佐藤圭子, 月刊 Precision Medicine 臨時増刊号, 北隆館 vol.4 pp83(1371)-87(1375), 2021

6. A-to-I RNA 塩基編集による疾患と対策技術, 櫻井雅之, 久保田真依, 中野美世子, 岡田俊平, BIO Clinica (ニューサイエンス社) 5月号 36巻 pp112-115, 2021.

### 招待講演

1. 究極の核酸合成反応を目指して, Takeshi Wada, The 48th International Symposium on Nucleic Acids Chemistry 2021 (ISNAC2021) /The 5th Annual Meeting of Japan Society of Nucleic Acids Chemistry, online, 2021
2. Development of new molecular technologies for oligonucleotide therapeutics, Takeshi Wada, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021), online, 2021
3. Making your presentation slides attractive and informative, Nishikawa M., CSPS/PSJ/CC-CRS Symposium, online, 2021
4. DNA-based nanosystems for the targeted and controlled delivery of immunostimulatory agents and antigens, Nishikawa M., International Conference on Pharma Research & Development, online, 2022
5. Development and Characterization of Patient-Friendly Formulations, Takehisa Hanawa, International Research Network Initiative (IRNI) and International Postgraduate Conference on Pharmaceutical Science (iPOPS) 2021, Malaysia, 2021

### 特許

1. 和田 猛, 佐藤一樹, 高橋裕平, ホスホロチオエート及びボラノホスフェートを含むキメラ型核酸オリゴマー及びその製造方法, 特願 2021-092873, 2021
2. 小林範行, 西川元也, 草森浩輔, 下村明日香, 西村萌伽, 薬物投与デバイス, PCT/JP2020/034348, 2020
3. 山田良一, 西山千春, 伊藤直人, 池田裕樹, 八代拓也, 生体内の IgA と IFN-g 産生を促進する乳酸菌製剤及び経口組成物, 特願 2021-129986, 2021
4. 大澤重仁, 大塚英典, 抗菌・抗ウイルス剤, 特願 2021-062725, 2021

### 広報

1. 和田 猛, 革新的次世代核酸医薬の開発で契約 INGOT プロジェクトの一環, 薬事日報, 2021
2. 和田 猛, 薬として働く人工核酸を有機化学的に創製する, Chem-Station 第 52 回日本人化学者インタビュー, 2021
3. 西山千春, Opioid regulate the activity of peripheral immune cells - a step towards alleviating inflammatory bowel disease?, サイエンス・ジャパン (JST ポータルサイト), 2022
4. 西山千春, 理科大など解明: 末梢の免疫細胞をオピオイドが調節~炎症性腸疾患緩和か, 科学新聞, 2021
5. 大澤重仁, 大塚英典, プレスリリース: 銅錯体の局所濃縮状態により, 過酸化水素の分解とヒドロキシルラジカルの生成の効率化に成功~高分子鎖の性質を利用した新たな抗菌剤設計への応用に期待~ 東京理科大学 news and topic, 2021
6. 秋本和憲, 日刊工業新聞「本学と国立がんセンターとのデータサイエンス医療 (DS) 連携について」, 2021

### 受賞

1. 草森浩輔, 2021 年度日本薬学会奨励賞, 2021
2. 草森浩輔, 学校法人東京理科大学優秀研究者奨励賞, 2022
3. 那須会里香, 大澤重仁, 大塚英典, 高分子学会優秀ポスター賞, 公益社団法人 高分子学会, 2021
4. 手島涼太, 河野弥生, 大澤重仁, 大塚英典, 花輪剛久, 菊池明彦, 最優秀ポスター発表賞 (CSJ 化学フェスタ賞), 2021

## 研究課題（研究者別）

### 和田 猛

#### 「5' -ホスファイト法による新規核酸合成法の開発」

従来の核酸化学合成法の刷新を目指し、5' -ホスファイト法による DNA の合成を行った。この手法は、無保護のヌクレオシドからわずか 1 段階でモノマーユニットを合成し、抽出操作や再沈殿などの簡易的な精製のみで鎖長伸長を可能にするものである。4 量体の合成まで達成しており、今後はアンチセンス核酸としての性質を付与可能な鎖長のオリゴマー合成を目指す。

### 佐藤 一樹

#### 「アンチセンス核酸の性能向上を可能にするキメラ型リン原子修飾核酸の合成に関する研究」

核酸のインターヌクレオチド結合として、ホスフェート (PO)、ホスホロチオエート (PS)、ボラノホスフェート (PB) などが知られているが、これらを適材適所に組み込むことで従来にない高性能なアンチセンス核酸となることが期待される。そこで、PO、PS、PB を任意の箇所に導入可能なキメラ型核酸の合成法を確立した。今後はアンチセンス医薬としての *in vitro*, *in vivo* での有効性、安全性の検証を進める。

### 西川 元也

#### 「DNA ナノテクノロジーを基盤とする高機能性核酸の創製」

機能性に優れた DNA ナノ構造体の創製を目的に、様々な構造的特徴を有する DNA ナノ構造体を設計・開発した。自然免疫を活性化する CpG オリゴデオキシヌクレオチド (CpG ODN) をステアリン酸 (SA) で修飾した SA-CpG ODN を合成し、これを多足型 DNA ナノ構造体に組み込むことで、免疫細胞からのサイトカイン産生の向上に成功した。

#### 「薬物徐放型 DNA ハイドロゲルの開発」

これまでに開発した自己ゲル化核酸技術を基盤として、DNA ハイドロゲルを構成する DNA ユニットの構造最適化を検討した。Palindrome 配列を有する 2 種類の ODN を設計することで、わずか 2 種類の ODN で DNA ハイドロゲルが形成できることを見出した。また、レオロジー特性および熱安定性に関する検討により、マウス皮下投与後、投与部位に長期間滞留する DNA ハイドロゲルを開発した。

### 草森 浩輔

#### 「細胞を介した核酸デリバリーシステムの開発」

疾患治療を目的とした核酸を細胞内の細胞外小胞 (EVs) に封入するシステムを構築し、細胞から放出される EVs を介した核酸デリバリーシステムの開発を試みた。EVs 内膜に高発現するタンパク質とレポータータンパク質の融合タンパク質を発現するプラスミドを設計し、遺伝子導入法を用いて、EVs 内に高効率でレポータータンパク質を封入することに成功し、EVs のマウス体内動態特性を解析した。

### 鳥越 秀峰

#### 「3 本鎖核酸形成と 3 本鎖核酸結合蛋白質による人工的遺伝子発現制御法の開発」

2 本鎖 DNA に 1 本鎖核酸を加えると遺伝子発現制御領域で 3 本鎖核酸が形成され、転写制御因子が結合できず、転写活性が人工的に制御される可能性がある。アンドロゲン受容体遺伝子やコラーゲン 1A1 遺伝子のプロモーターに結合して 3 本鎖核酸形成可能な、3 本鎖核酸形成用 1 本鎖核酸と共に、3 本鎖核酸結合蛋白質の遺伝子を、これらの遺伝子を高発現するがん細胞に導入すると、これらの遺伝子の mRNA 発現の人工的抑制が促進された。

## 樋上 賀一、野崎 優香

### 「ミトコンドリアシグナルペプチダーゼ MIPEP に関する研究」

MIPEP は、ミトコンドリアタンパク質の成熟に関わるミトコンドリアシグナルペプチダーゼの一つである。我々は、抗老化・寿命延伸効果を有するカロリー制限がこの MIPEP を白色脂肪組織において誘導することを明らかにした。この報告以来、脂肪特異的 MIPEP 欠損マウスの解析、MIPEP 基質の同定を通じて、MIPEP の機能および病態との関連の解明に取り組んでいる。

## 小林 正樹

### 「白色脂肪組織における PARIS を介したミトコンドリア制御機構に関する研究」

PARIS は、転写因子としてミトコンドリア生合成を制御する一方で、マイトファジー関連因子群との相互作用を介してミトコンドリアのクリアランスにも関与する。我々はこの PARIS のタンパク質発現量が、他組織に比べ白色脂肪組織において顕著に高いことを見出した。これを踏まえ、我々は PARIS が白色脂肪組織において果たす役割について、老化や肥満症との関連も含め研究している。

## 西山 千春

### 「TARC 発現制御機構と PU.1 を標的とした核酸医薬の可能性」

アトピー性皮膚炎の病態指標ともなるアレルギーと相関性が高いケモカイン TARC をコードする CCL17 遺伝子の発現制御機構を解析し、樹状細胞特異的な遺伝子発現に寄与するヒトとマウスに共通の仕組みとして血球系細胞特異的転写因子 PU.1 と IRF4 によって転写活性化される詳細を明らかにした。さらに、PU.1 siRNA 投与によって、アレルギー性喘息が緩和されることをマウスモデルの実験系で示した。(Allergy 2022)

### 「食品微量成分や腸内細菌代謝産物による免疫調節」

難消化性食物繊維が腸内細菌によって代謝される際に産生される短鎖脂肪酸について、その経口接種により皮膚疾患である乾癬の病態が緩和することを見出し、その分子機構を明らかにした。また、多価不飽和脂肪酸の腸内乳酸菌代謝産物がもつ免疫調節作用の解析を進め、多発性硬化症や炎症性腸疾患の緩和効果があることを見出した。

## 八須 匡和、西山 千春

### 「芽胞性乳酸菌の免疫賦活作用」

企業との共同研究で取り組んでいる本課題では、芽胞性乳酸菌の菌体成分に IgA や IFN-g 産生誘導活性があることを見出している（特願 2021-129986, 2021）。他の乳酸菌と比べて高活性である当該乳酸菌について、その活性成分の特定に向けた分画をすすめた。

## 大塚 英典

### 「ヒドラゾン結合由来の架橋を有する新たな自己修復性相互侵入高分子網目ゲルの構造設計」

自己修復性を有する相互侵入ポリマーネットワーク (IPN) ハイドロゲルは力学特性、細胞特性に優れ高い組織再生を促すことが確認されている。しかし、短時間で分解し構造安定性が十分でないという課題があった。かかる課題を解決するべく、ヒドラゾン-動的結合で形成される化学架橋とペプチドで形成される物理架橋を IPN 網目に採用し、架橋安定性を向上させ組織再生に十分な構造保持時間を確保する自己修復性ゲルを開発した。

## 花輪 剛久

### 「創傷治癒を目的とした製剤素材の開発」

慢性創傷において、褥瘡や糖尿病性足潰瘍等の疾患は、局所的に発生するが、その程度や病態は各患者で異なることから、創傷に適用する製剤には複雑な形状の創傷部位にも均一に適用できる物性が求められる。我々は、熱応答性高分子としてポロキサマーに着目し、総称部位に適用した際に、表面温度でゲル化し、長時間患部に留まる製剤開発に取り組んでいる。また、凍結融解により医療現場でも容易に調製できるハイドロゲルの開発に取り組んでいる。

## 秋本 和憲

### 「患者ゲノムデータベースを用いた癌の予後予測マーカーの同定と癌幹細胞における分子機能の解明」

難治性癌の早期発見、分子標的治療の開発に向けての基盤形成のために、データサイエンス手法を用いて予後予測マーカー候補と核酸医薬の治療標的分子候補の単離を進めた。2021年度は2020年度までに単離した予後予測マーカー候補と核酸医薬の治療標的分子候補の癌幹細胞における機能解析もあわせて進めた。2022年度は、引き続き新たな候補の抽出を目指すとともに既に単離済みの分子についての機能解析を進める。

## 宮崎 智

### 「ヒトゲノムに存在しない配列を用いたアンチセンス配列の設計手法」

ヒトゲノム配列の全長について、全てのパターンを機械的に探索すると、長さ10 (4<sup>10</sup>通り (約100万種類) 以下の配列については、全てのパターンの配列が存在することが分かる。長さ11以上では、ヒトゲノムに存在しない配列パターンが判明し始める。一方、これらのヒトゲノムに存在しない配列のいくつかは、COVID19のゲノム配列には存在している。そこで、ヒトゲノム配列に存在しない配列パターンを使い、翻訳阻害を目的としたアンチセンス核酸医薬品のためのオフセット効果の軽減を前提とした候補配列の探索のプロトコルの開発に取り組んでいる。ヒトゲノム配列との比較に加え、アンチセンス候補の2次構造予測やウィルゲノムでの変異情報を加味した、データサイエンス主導の統合システムの開発を目指している。

## 後飯塚 僚

### 「胎生期免疫記憶による成体疾患制御機構の解明」

B細胞抗原受容体 (BCR) 遺伝子の再構成に関与する RAG2 を胎生期に発現した履歴のある B細胞を特異的に標識するシステムを用いて解析した結果、成体腹腔、脂肪関連リンパ球集積および脾臓において B-1細胞の表現系を示す細胞の約40%および10%は胎児由来であり、組織 (腹腔、FALC および脾臓) 特異的な BCR を発現する胎児由来 B-1細胞が存在することが明らかになった。

## 櫻井 雅之

### 「未踏のアデノシン脱アミノ化編集領域:ゲノム DNA イノシン化部位の同定」

遺伝暗号は A, G, C, T(U) の4塩基で記述される。しかし細胞にはアデノシンを脱アミノ化する酵素 ADAR が存在し、A から G への変化と配列上同義となるイノシンへの編集機構が存在する。我々は近年 ADAR が RNA だけでなく DNA にも作用することを発見した。本研究では、独自のイノシン同定法を発展開発し、微量イノシンを標識及び単離精製可能とし、DNA 上のイノシン部位の網羅的同定を進めている。

### 「A-to-I 編集が制御する核酸とタンパク質の相互作用制御」

細胞内における dsRNA および DNA:RNA ハイブリッド鎖の動態に焦点を置く。ADAR による A-to-I 編集による、核酸構造・配列機能・結合因子の変動による遺伝子発現最適化システムを、核酸塩基修飾が繋ぐ遺伝子網:ノヴァエピヌクレオームと提唱し、概念確立を目指す。特に細胞がん化に繋がる DNA 損傷修復機構と、RNA 依存的転写制御機構に着目し分子機構の解明を進めている。

### 「任意対象ゲノム部位への人為的 A-to-I DNA 編集導入技術」

本研究では A-to-I RNA および DNA 編集の分子機構を紐解き、これを応用して新たなゲノム DNA 配列の編集技術を開発し、遺伝子工学・がん変異や単一遺伝子変異疾患・抗ウイルス技術へ効果を示す A-to-I 編集ガイド核酸の創薬化を目指す。

## 先端都市建築研究部門

# 先端都市建築研究部門について

## 1. 概要

平成26年(2014年)4月1日に設置された「先端都市建築研究部門」は、平成30(2018)年度に5年間の研究活動を行い、今年度にて8年目を迎えた。21世紀の都市環境・都市生活に関わる諸課題の多くは、現代の社会構造と科学技術の成果が複雑に絡み合って、生じている。自然災害、環境、エネルギー、廃棄物、水と空気の汚染、流通、情報通信、それらのシステムが複合的に絡み合って、様々なバグやシステムエラーを生じさせていると考えることができる。近代化と産業化が分野ごとに細分化され高度に進行した結果、全体と部分のシステムの整合性がうまく稼働していないことによるとも考えることができよう。そうした課題に応えようと、理科大建築学研究者有志が集まり、防災・材料・構法・計画・デザイン・歴史の各研究分野から成る総合的研究体を編成し、各分野の特性を生かした分担と連携を図りながら、都市建築の研究活動を行ってきた。先端都市建築研究部門の特徴は、理科大の本拠地である「神楽坂キャンパス」の位置する飯田橋地域、すなわち「外濠及び神楽坂」を研究対象地域と定め、局所的(local)なエリア・マネジメントを念頭に、サステナブルとレジリアンスをキーワードとして、各分野の研究を行っている点にある。これらは、東京都心部の元周縁部に焦点をあてて、かつての宮城周縁地域に色濃く見いだすことができるローカルティに、グローバル時代を迎えた21世紀の大都市の在り様と進む方向性を探る試みである。また、年度を追って、研究対象地域を外濠から、神田川周辺・駿河台・湯島地域・隅田川とその周辺地域へと展開しデザイン・スタディを行っている。

## 2. センターの構成と施設設備

部門の構成は、本研究部門設置時と変更はない。先端都市建築研究部門は、工学部、旧工学部第二部、理工学部、国際火災科学研究科の4ファカルティに所属する有志で構成され、幅広い専門分野の研究者集団である点に特徴がある。研究体は、3研究分野(都市文化研究、都市性能研究、都市デザイン研究)から成り、研究分担者の相互関係は、都市文化研究を基盤として都市性能研究・都市デザイン研究の相互連携によっている。「都市文化研究グループ」は、地域に固有の価値を維持創出するための伝統と都市文化に関する建築学の基礎研究、「都市性能研究グループ」は、都市機能について計画的および工学的性能(特に防災性能)の向上を図る応用研究、「都市デザイン研究グループ」は、他の2グループと連携して建築及び地域更新モデルのデザイン・スタディを行う応用研究である。グループ相互の関係を図2に示す。施設は、平成30年(2018年)4月より神楽坂キャンパス12号館1Fの「外濠及び神楽坂地域調査研究促進室」を拠点とし、「地域研究・地域貢献・地域交流」活動を多角的に展開してきた。室内には、本研究部門の研究・デザイン提言等をパネル・模型により常時展示しており、展示内容は随時更新している。また通信機器・発表設備/PC・模型制作設備等が設置され、日々の研究・資料・制作活動のみならず、各種地域調査研究の発表、会合、セミナー等の開催も当該拠点で行っている。



図1 研究対象地域の展開

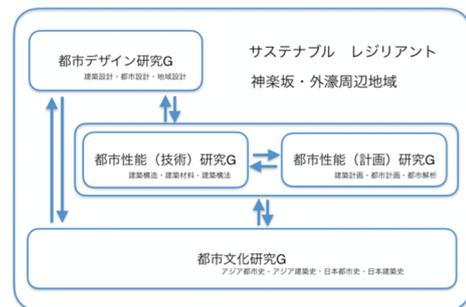


図2 研究部門を構成する研究グループとその相互関係

### 3. 各研究グループの活動報告

#### 3. 1. 都市文化研究グループについて

伊藤裕久(主任)、栢木まどか、：21世紀の都市計画では、都市文化研究、都市遺産・文化財研究および街区形成の変容、街区構成と街路形態、近現代市街地形成、伝統木造構法などの研究重要度が増している。研究蓄積を整理統合し、それらを体系化して都市性能研究および都市デザイン研究の評価に資するプラットフォームを築くことを目標に基礎研究を行う。都市中心域の水辺について検討を進めてきたが、自然地形、土地に積層した経時的な変化とともに、これからの都市環境の形成に資する知見を集積する。

#### 3. 2. 都市性能研究グループについて

##### ・計画グループ（都市計画・都市解析）

郷田桃代(主任)、伊藤香織：神楽坂地域は外濠にむかう斜面に展開する路地空間と高密度低層木造建築に特徴があり、その独自の個性が集客をうみだしている。神楽坂における人の流れや行動パターンにもユニークな特性を見いだすことができ、総体として、世界的にみて特徴的な都市空間が形成されている。都市計画、都市デザイン、建築設計に資する、この地域の建築と都市の計画条件を明らかにするとともに、災害に抗するレジリアンスの評価方法などの研究をまとめて提言を行う。

##### ・技術グループ（都市防災・都市防火）

高橋治(主任)、今本啓一、熊谷亮平：都心型大学キャンパスおよび周辺地域をケースとして想定、高層建築の地震後火災に対する対応計画に関する調査および研究を行う。構造材料の耐火耐用性能、建築構法による防災性能評価、耐震改修における補強構法等から多角的な検討を加えて、地域街区防災性能の向上に資する都市計画の制度および方法について提言を行う。

#### 3. 3. 都市デザイン研究グループ

伊藤香織(主任)、高佳音、石山さつき：都市再生にかかる東京都心部の地区活性化事業等の実績をもとに、まだらな地質地形上に展開する今日の都市計画の脆弱性を点検。都市形態、材料、モデリング、防災など諸点を勘案、検討、統合する試設計を行い、サステナブルでレジリエントな都心街区の新たな設計計画方法とまちづくりの合意形成についての手法について検討をまとめて提言する。また、ヴィジヨナリーな大きな絵を描くことを目標として研究活動を行ってきたところであり、ビジョンを示すことで研究部門の総括とする。

### 4. 研究活動の展望

昨年度は委員長が変わり、今年度はメンバーが複数人、変わった。未だにCOVID-19の影響は残るものの、前年度より社会全体として大きな活動が行えるようになってきているので、本部門も研究活動の停滞を取り戻し、防災を軸に研究を進めていきたい。

昨年度ご指摘いただいたアドバイザー委員会会議のアドバイスは以下の3つである。

1. 適切で合理的な空間活用の評価手法と計画手法の取りまとめと提示
  2. 災害に備えるための防災性能の評価手法と性能向上の工学的提案
  3. これらを統合する建築・都市環境のデザイン方法及び応用実践的な具体的成果を提示する
- これらの事項を引き続き鑑み、神楽坂・外濠地域に留まらず、特に地域防災性能の研究に軸足を置き、地域計画、地域防災の提言を啓蒙し、作り上げていく所存です。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. 常泉佑太, 伊藤香織, 高柳誠也 (2021), 公共空間で行われるアートプロジェクトでの中間組織の役割に関する研究: 東京アートポイント計画「TERATOTERA」を事例に, 都市計画論文集 56(3), pp. 665-672.
2. 松下耕太, 伊藤香織, 高柳誠也 (2021), 首都圏郊外部における鉄道駅周辺小売業の広域的空間分布とその変容, 都市計画論文集 56(3), pp. 1199-1206.
3. 吉祥寺の検地帳と地引絵図にみる新田集落の地割形態・地目構成について 一寛文検地と元禄検地における短冊形地割の比較考察一, 山崎美樹・伊藤裕久 2021. 3, 2020 年度日本建築学会関東支部研究報告集(電子媒体), II 巻, pp. 553-556
4. 台湾の伝統街屋にみる共同建築の原型-公壁・街路亭・亭仔脚-(1) 台湾における日本統治期の亭仔脚付街屋の街並形成と共同建築に関する研究、栢木まどか・伊藤裕久 2021. 3, 2020 年度日本建築学会関東支部研究報告集(電子媒体), II 巻, pp. 565-568
5. 台湾の伝統街屋にみる共同建築の原型-公壁・街路亭・亭仔脚-(2) 台湾における日本統治期の亭仔脚付街屋の街並形成と共同建築に関する研究、栢木まどか・伊藤裕久 2021. 3, 2020 年度日本建築学会関東支部研究報告集(電子媒体), II 巻, pp. 569-572
6. 台湾の伝統街屋にみる共同建築の原型-公壁・街路亭・亭仔脚-(3) 台湾における日本統治期の亭仔脚付街屋の街並形成と共同建築に関する研究、栢木まどか・伊藤裕久 2021. 3, 2020 年度日本建築学会関東支部研究報告集(電子媒体), II 巻, pp. 573-576
7. 台南末廣町店舗住宅にみる共同建築の計画的特徴 台湾における日本統治期の亭仔脚付街屋の街並形成と共同建築に関する研究 台湾における日本統治期の亭仔脚付街屋の街並形成と共同建築に関する研究、栢木まどか・伊藤裕久 2021. 3, 2020 年度日本建築学会関東支部研究報告集(電子媒体), II 巻, pp. 577-580
8. メディアからみる神楽坂のイメージと空間的中心の変遷, 加城七海・栢木まどか, 2021 年度工学研究科建築学専攻修士論文, 2022. 2.
9. 1576 X 線 CT による蟻害を受けた木部材内部における食痕の分析, 矢島 卓・今本啓一, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp. 1151-1152, 2021. 7
10. 3D プリンターによる蟻害劣化を受けた木材に対する樹脂充填方法の検討, 矢島 卓・今本啓一, 2021 年度日本建築学会関東支部研究報告集 I, pp. 121-124, 2022. 3
11. 1577 CLT の劣化特性に関する基礎的研究, 浜崎 岳・今本啓一, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp. 1153-1154, 2021. 7
12. CLT の蟻害劣化特性に関する基礎的研究, 浜崎 岳・今本啓一, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp. 125-128, 2022. 3
13. 減衰を付加した制振天井の実用化に関する研究(その8) 大地震時を想定した実験的検討および解析的検討, 長岡拓馬・高橋 治・安田拓矢, 岩下裕樹, 2021 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 2021. 7
14. 波板デッキ鋼板の引張り伝達性能に関する研究 (その1 波板デッキ鋼板の一軸引張試験), 加藤大地・鈴木恵太・加藤鐘悟・渡辺誠司・高橋 治, 2021 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 2021. 7
15. 波板デッキ鋼板の引張り伝達性能に関する研究 (その2 実建物をを用いた構造計算解析), 加藤大地・鈴木恵太・高橋 治, 2021 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 2021. 7
16. 脚部を半固定とする RC 造柱の開発, 御前大久海・吉田紘菜・小田稔・高橋 治, 2021 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 2021. 7
17. 戦間期の清水組工事現場におけるセメント調達先について, 宮谷慶一, 松本直之, 熊谷亮平, 権藤智之, 松村秀一, 日本建築学会計画系論文集, pp. 2689-2698, 2021. 12.
18. 昭和戦前期の建築構法・生産の変遷に関する産業史的研究—清水組工事竣工報告書を対象として— 松本直之, 藤田香織, 宮谷慶一, 松村 秀一, 熊谷亮平, 権藤智之, 今田多映, 住総研研究論文集・実践研究報告集, 47 巻, pp. 143-154, 2021. 3.

## 招待講演

1. 第8回「震災対策技術展」大阪, 「構造技術で社会をデザインする～産学連携のジレンマ～」, インテックス大阪, 2021.8, 高橋 治
2. 第10回「震災対策技術展」in 仙台(BOSAI EXPO), 「構造技術で社会をデザインする～産学連携のジレンマ～」, 仙台国際センター, 2021.9, 高橋 治
3. 第26回「震災対策技術展」横浜, 「生きている地球に寄り添う構造技術 ～建物を恋して暮らしを育む～」, パシフィコ横浜, 2022.2, 高橋 治
4. 「あやすぎを使った家づくりの未来を考える」シンポジウム, 熊本, 「生きている地球に寄り添う構造技術 ～建物を恋して暮らしを育む～」, 熊本県山鹿市民交流センター, 2022.3, 高橋 治

## 研究課題（研究者別）

### 高 佳音、石山 さつき

#### 「神楽坂・外濠及び周辺地域に関する都市建築デザイン研究」

旧市街地と旧郭外を隔てる「外濠」周辺地域の地形、歴史的変遷、建築の形式と配列について構造的に分析を加え、近代都市として展開した際の不整合をすり合わせ整えるデザインワークを行っている。要素技術、専門知見を統合して優れたデザイン案を実現するための手法研究と実践を担当。

### 伊藤 裕久、栢木 まどか

#### 「神楽坂・外濠及び周辺地域に関する都市史・建築史研究」

近代移行期から昭和戦前期の東京の都市史研究に取り組んだ。また引き続き旧市街地の周辺地域に見られる祭礼行事に着目して文化資産の発掘を試みている。地域競争力を維持するためにも歴史的伝統及び地域固有性を調査し文化資産の保全を図っている。

### 郷田 桃代、伊藤 香織

#### 「神楽坂・外濠及び周辺地域に関する都市計画・建築計画の解析及び評価手法研究」

公共空間を適切な形で残しながら、街区更新の都市計画及び建築計画的な技法を用いた検討を行う。神楽坂の建物ファサードの素材と色彩に着目した街路景観の定量分析や袋小路を有する街区における二方向避難の経路分析を行なった。

### 高橋 治

#### 「神楽坂・外濠及び周辺地域に建つ建築物の建築構造の性能に関する研究」

制振構造、免震構造をテーマとして、当該地域に建つ制振構造建築の調査と評価検討を行う。また、当該地域に多い木造建造物に応用可能な高強度新素材に関する実践的研究を行っている。

### 今本 啓一

#### 「神楽坂・外濠及び周辺地域に建つ建築物の建築材料の性能に関する研究」

蟻害により内部劣化した木造建築物の欠陥探査と樹脂充填による補強方法に向けた基礎的検討等、当該地域に多い木造建築物やコンクリート構造物の健全性について建築材料を専門に研究を行っている。

### 熊谷 亮平

#### 「神楽坂・外濠及び周辺地域の建築構法に関する研究」

当該地域である神楽坂地域に高い密度で集合する戦後木造建築について、その外観及び構法的特徴を分析する。また、引き続き、当該地域の街区と同種の木造密集街区を対象地域として店舗の特徴とその変化について調査・考察を行なう予定である。

## 合成生物学研究部門

# 合成生物学研究部門について

## 1. 概要

東京理科大学の理学部、基礎工学部、理工学部、生命医科学研究所の生物学分野の研究者が中心になり分野・組織横断的に集結した合成生物学研究部門は、「生物種を超えたハイブリッド細胞を創成する」という明確な目標達成に向けて研究を推進する。本部門は、生物学・医科学分野の優れた研究者が在籍する理科大の強みを最大限に活かす。生物学の最先端技術を共有することで、ブレークスルー技術を生み出すシナジー効果を得ることが期待できる。

合成生物学は人工細胞作製や DNA 合成を通じて生命の動作原理を解明する学問である。イヌ、ネコなどのペット動物、花屋で売られているランなどの園芸作物、ラバ、ニワトリなどの家畜、コムギや果物などの農作物の複数種は、近縁種交雑による雑種である。人類は太古の昔から、ゲノム交雑やゲノム移植を意識せずに、ハイブリッド生物を創り活用してきた。現在の技術革新により、近縁種以外のゲノム交雑やゲノム移植も可能になった。この新しいバイオテクノロジーからフロンティア領域を生み出すべく、優れた生命科学者が集う本学の強みを活かして部門研究を推進する。

## 2. 研究部門の構成と施設設備

合成生物学によるハイブリッド細胞の解析には、実験生物学的アプローチだけでなくコンピュータや人工知能などを用いた情報科学的アプローチが必要となる。ハイブリッド細胞内における異種由来のゲノムの 3 次元的分布、遺伝子発現のネットワーク解析、エピジェネティクス状態の変化などを解析することで、異種ゲノムの共存・競争・協働状況を解析する。デープシーケンシングにより得られた膨大なデータをバイオインフォマティクス解析により統合解析することで、新たに誕生した細胞の中で何が起きているか明らかにする。

研究部門は、植物ゲノム移植グループ、近縁種ゲノム移植グループ、創薬・医療に繋がる細胞創成グループの 3 グループで主に構成されている。

## 3. 各研究グループの活動報告

合成生物学は、倫理的・法的・社会的影響 (Ethical, Legal and Social Issues: ELSI) を常に認識して、研究を慎重に進めていく必要がある。科学的興味を持ちながらも、ELSI を重視し「何のために、何を知りたいか？」を常に意識しながら研究を展開している。将来の有用物質生産技術や医療技術への展開を視野に入れ、安全対策を十分に施したゲノム移植技術の確立を目指し、次の 3 つの研究課題に取り組んでいる。各グループの今年度の成果を以下に記載する。

### 3. 1. 植物ゲノム移植グループについて

梶 達也 (教養教育研究院)、太田尚孝 (教養)、坂本卓也 (理工)、松永幸大 (東大)、菅野茂夫 (産総研)、風間祐介 (福井県立大)、西田敬二 (神戸大)

梶研究室では、光合成のエネルギー変換において重要な役割を果たしているクロロフィル (Ch1) に注目して研究を行っている。本年度は、光エネルギー変換機構の一部を種々の物理化学的方法を用いて明らかにした。また、合成生物学的概念を用いて、酸素発生型生物に存在するクロロフィルを酸素発生を行わない細菌のタンパク質に組み込むことによりタンパク質内で機能しうることを示した。

太田研究室では、環境ストレスに関与し、複数のプロトン/カチオン対向輸送体をコードする遺伝子群である *Synechocystis* sp. PCC 6803 の遺伝子領域 slr2006-2012 に注目して研究を行っている。先行研究により、slr2006-2009 領域は細胞内への水素イオンの取り込み及び細胞外へのナトリウムイオンの放出に、slr2009-2012 領域は細胞外への水素イオンの放出及び細胞内へのナトリウムイオンの取り込みに関連する可能性が示唆されているが、それぞれのサブユニットの役割は同定されていなかった。本年度は、各遺伝子変異体を解析した結果、Slr2006, Slr2007,

Slr2009 は ナトリウムイオンの輸送に関与している可能性が高いことが示唆された。

坂本研究室および松永研究室では、二次共生現象を合成生物学的手法で再現するために、藻類と動物培養細胞を細胞融合してゲノムを移植する研究を実施し、移植した藻類ゲノムを保持する動物培養細胞を構築することができた。構築した細胞に 50 世代以上、安定的に藻類ゲノムが保持されていた。

坂本研究室では、藻類のゲノムを動物培養細胞に移植した動植物ハイブリッド細胞の遺伝子発現解析やゲノム解析を行った。藻類ゲノムが Mbp 単位で動物ゲノムに移植されたことを確認した。

風間研究室では、染色体再編成を高頻度で誘発できる重イオンビームを照射することで、2 倍体の園芸植物トレンシアにおいて照射当代でも変異体が発現することを発見した。また、重イオンビーム照射により 1 Mb の巨大欠失をもつシロイヌナズナ変異体の解析により、葉緑体の発生の器官ごとの違いを発見した。大輪の花をつけるシロイヌナズナ変異体の解析では、花器官のサイズ制御に複数の経路があることを明らかにした。

西田研究室では、切らないゲノム編集である塩基編集技術 Target-AID について、その信頼性と安全性を更に高める改良として、コンストラクトの小型化と低オフターゲット化を同時に達成することを目指し、構造学的アプローチにより、触媒タンパク質の改変の検討を行った。その結果、Target-AID2S および AID3S の基本構成を完成させ、最小サイズと最低オフターゲットのパフォーマンスを確認することができた。

### 3. 2. 近縁種ゲノム移植グループについて

鎌倉高志（理工）、荒添貴之（理工）、清水公徳（先進工）、十島二郎（先進工）

鎌倉・荒添研究室では、細胞融合による糸状菌ハイブリッド細胞の解析により新たなゲノム維持・交雑機構を見出し、人為的に制御されたゲノム移植やゲノム再編成誘導、新規ゲノム編集手法への応用に成功した。また最小単位での糸状菌人工染色体・自立複製プラスミドの開発に成功した。

清水研究室では、微生物の二次代謝産物生産制御に関わる因子の一つとして、浸透圧適応経路（HOG 経路）を特定した。また、地衣類がもつ抗菌物質合成クラスターの一部をモデル糸状菌にて発現させることを試みている。

十島研究室では、細胞の遊走やがん細胞の浸潤、転移などに深く関わり、G タンパク質共役受容体（GPCR）の一種であるヒトケモカイン受容体に注目して研究を行っている。本年度は、ヒトケモカインである CCL2、SDF 1 の受容体を出芽酵母に発現させたヒト-酵母ハイブリッド細胞を作製し、リガンド刺激による受容体の活性化シグナルを高感度で検出できる方法の開発に成功した。また、リガンドであるケモカインの出芽酵母での発現に成功した。

### 3. 3. 創薬・医療に繋がる細胞創成グループについて

伊川友活（生命研）、定家真人（理工）、諸橋賢吾（Michigan State Univ）、古屋俊樹（理工）、青木 伸（薬）、中村由和（理工）、前澤 創（理工）

伊川研究室では、独自に開発した人工白血球幹細胞（iLS 細胞）や T/NK 前駆細胞へ、がん抗原を標的としたキメラ抗原受容体（CAR）を導入し、CAR-NK 細胞や CAR-T 細胞を作製する研究に取り組んだ。

定家研究室では、テロメラーゼ非依存性がん細胞に特徴的な ATRX 発現喪失を狙った細胞増殖阻害剤の探索を行い、得られたヒット化合物について阻害効果の高いものを絞り込む解析を行った。また、セルベースのテロメラーゼ阻害剤のスクリーニング系開発に取り組んだ。

中村研究室では、上皮細胞のアイデンティティーの決定・維持において生体膜リン脂質の果たす役割の解明を目指した研究を進め、上皮細胞に豊富に存在するイノシトールリン脂質が細胞間接着因子の細胞膜への輸送を促すことにより、上皮細胞特有の性質を維持する働きを持つことを明らかにした。また、伊川研究室との共同研究により、人工白血球幹細胞から B 細胞への分化に対する細胞膜リン脂質の関与を調べる研究に取り組んだ。

前澤研究室では、エピゲノム編集に用いるシングルガイド RNA（sgRNA）の活性を、培養細胞中で評価する実験系を構築した。また、シングルセル ATAC-seq 法を用いて、マウス精子形成期における遺伝子発現制御領域を同定した。分化進行に伴ってクロマチン開閉状態が変化するゲノム領域の多くに、エンハンサーとしての機能が推測された。今後、これらの領域をエピゲノム編集の

候補として sgRNA を設計し、生殖細胞様エピゲノムへの書き換えを検討する。

諸橋研究室では、生体内ネットワーク解明に向けて、転写因子複合体による転写制御機構の解明に取り組んだ。特に陸上植物進化と転写因子複合体ネットワークの関係性について、原始陸上植物であるゼニゴケと高等植物であるシロイヌナズナとを転写因子の組み合わせと標的となる遺伝子群の比較を行った。また転写因子と相互作用する低分子化合物の動態についても調査した。

青木研究室では、細胞内脱リン酸化反応を触媒するための人工分子を、化学修飾された分子ブロックの自己集積によって構築し、細胞内膜内と細胞質の境界に見立てた二相系溶媒中で機能することを明らかにした。また、イリジウム錯体およびトリプチセンのペプチドハイブリッド化合物をがん細胞へ添加すると、プログラム細胞死の一つである paraptosis を誘導することを見出し、その分子機構を明らかにした。

#### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

それぞれの研究グループ・個々の研究課題で精力的に研究が進められているが、まだ新規に作製した異種ゲノム移植細胞やがん治療用遺伝子改変細胞などの解析が進行中のものが多い。今後は分子メカニズムの解明を更に進めるとともに、産業や医療への応用へ向けた研究に取り組みたい。

#### 5. むすび

本研究部門では、細胞工学的に異種ゲノム移植細胞を創生し、有用物質生産や医療技術に貢献することを目指している。本年度は、藻類と動物培養細胞を細胞融合してゲノムを移植する研究を実施し、移植した藻類ゲノムを保持する動物培養細胞を構築・維持することに成功した。また、がん治療に有効な遺伝子改変免疫細胞を作製し、その機能を確認した。今後は生命科学のビッグデータを情報工学的に統合インフォマティクス解析するとともに、長鎖 DNA 合成・細胞融合・マイクロインジェクション・顕微レーザー技術などの細胞工学技術を活用して、異種ゲノム移植研究を推進したい。なお、本研究を遂行する際には、倫理的・法的・社会的影響を重視し、有用物質生産技術や医療技術への展開を視野に入れ、安全対策を十分に施したゲノム移植技術の確立を目指す。今後もフロンティア精神を発揮して、“細胞を創る”プロジェクトを推進したい。また、本研究部門が国内外の合成生物学研究者と共同研究・情報共有・技術交流のプラットフォームになるべく、研究を盛り上げていきたい。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Margarita V. Rodionova, Ayshat M. Bozieva, Sergey K. Zharmukhamedov, Yoong Kit Leong, John Chi-Wei Lan, Ayfer Veziroglu, T. Nejat Veziroglu, Tomo T., Jo-Shu Chang, Suleyman I. Allakhverdiev\*, A comprehensive review on lignocellulosic biomass biorefinery for sustainable biofuel production, *International Journal of Hydrogen Energy*, 47, 1481-1498, 2022 (査読有り)
2. Yoshitaka Saga\*, Aiko Tanaka, Madoka Yamashita, Toshiyuki Shinoda, Tomo T., Yukihiro Kimura, Spectral Properties of Chlorophyll f in the B800 Cavity of Light-harvesting Complex 2 from the Purple Photosynthetic Bacterium *Rhodospirillum rubrum*, *Photochemistry and Photobiology* 98, 169-174, 2022 (査読有り)
3. Elvin S. Allakhverdiev, Venera V. Khabatova, Bekzhan D. Kossalbayev, Elena V. Zadneprovskaya, Oleg V. Rodnenkov, Tamila V. Martynyuk, Georgy V. Maksimov, Saleh Alwasel, Tomo T., Suleyman I. Allakhverdiev\*, Raman Spectroscopy and Its Modifications Applied to Biological and Medical Research, *Cells*, 11, 386 - 411, 2022 (査読有り)
4. Kohga H, Saito Y, Kanamaru M, Uchiyama J, Ohta H. The lack of the cell division protein FtsZ induced generation of giant cells under acidic stress in cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC6803. *Photosynthesis Research*. 150: 343-356, 2021 (査読有り)
5. 太田尚孝、内山純爾. バイオフィルムを用いた物質生産プラットフォームの開発に向けて, *科学フォーラム*, 426 巻 pp 6-9, 2022 (査読無し)
6. Kim J.-S., Sakamoto Y., Takahashi F., Shibata M., Urano K., Matsunaga S. Arabidopsis TBP-ASSOCIATED FACTOR 12 ortholog NOBIR06 controls root elongation with unfolded protein response cofactor activity. Yamaguchi-Shinozaki K. and Shinozaki K. \*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 119: e2120219119 (9 pages), 2022 (査読有り)
7. Sakamoto Y., Ishimoto A., Sakai Y., Sato M., Nishihama R., Abe K., Sano Y., Furuichi T., Tsuji H., Kohchi T. and Matsunaga S\*. Improved clearing method contributes to deep imaging of plant organs. *Commun. Biol.*, 5, 12 (12 pages), 2022 (査読有り)
8. Yagi N., Kato T., Matsunaga S., Ehrhardt D. W., Nakamura M\*. and Hashimoto T.\* An anchoring complex recruits katanin for microtubule severing at the plant cortical nucleation sites. *Nature Commun.*, 12: 3687 (14 pages), 2021 (査読有り)
9. A live imaging system to analyze spatiotemporal dynamics of RNA polymerase II modification in *Arabidopsis thaliana*. Shibata M. K., Sakamoto T., Yamaoka T., Yoshikawa M., Kasamatsu S., Yagi N., Fujimoto S., Suzuki T., Uchino S., Sato Y., Kimura H. and Matsunaga S\*. *Commun. Biol.*, 4, 580 (10 pages), 2021 (査読有り)
10. Matsuo T., Isosaka T., Hayashi Y., Tang L., Doi A., Yasuda A., Hayashi M., Lee CY., Cao L., Kutsuna N., Matsunaga S., Matsuda T., Yao I., Setou M., Kanagawa D., Higasa K., Ikawa M., Liu Q., Kobayakawa R. and Kobayakawa K\*. Thiazoline-related innate fear stimuli orchestrate hypothermia and anti-hypoxia via sensory TRPA1 activation. *Nature Commun.*, 12, 2074 (17 pages), 2021 (査読有り)
11. Taiki Kobayashi, Masako Takahashi, Ryo Nishijima, Ryuji Sugiyama, Kotaro Ishii, Shigeyuki Kawano, Kazama Y\*. Effective Chromosomal Preparation Protocol for the Dioecious Plant *Silene latifolia*. *CYTOLOGIA* 86,323-328, 2021
12. Male/Female Trade-Off in Hermaphroditic Y-Chromosome Deletion Mutants of the Dioecious Plant *Silene latifolia* (2021) Wataru Aonuma, Hiroki Kawamoto, Kazama Y., Kotaro Ishii, Tomoko Abe, Shigeyuki Kawano\*. *CYTOLOGIA* 86(4) 329-338, 2021
13. Einkorn Wheat (*Triticum monococcum*) Mutant Extra-Early Flowering 4, Generated by Heavy-Ion Beam Irradiation, Has a Deletion of the LIGHT-REGULATED WD1 Homolog. Kasumi Hashimoto, Kazama Y., Hiroyuki Ichida, Tomoko Abe, Koji Murai\*. *CYTOLOGIA* 86, 297-302, 2021

14. The Effect of Heavy-Ion Beams with High Linear Energy Transfer on Mutant Production in M<sub>1</sub> Generation of *Torenia fournieri*. Ayaka Matsuta, Takahiro Mayuzumi, Hajime Katano, Masanori Hatashita, Keiichi Takagi, Yoriko Hayashi, Tomoko Abe, Koji Murai, Kazama Y\* CYTOLOGIA 86, 317-322, 2021
15. Robust Mutants Isolated through Heavy-Ion Beam Irradiation and Endurance Screening in the Green Alga *Haematococcus pluvialis*. Tsuyoshi Takeshita, Kaori Takita, Kotaro Ishii, Kazama Y, Tomoko Abe, Shigeyuki Kawano\*. CYTOLOGIA 86, 283-289, 2021
16. Double Mutant Analysis with the Large Flower Mutant, *ohbanal*, to Explore the Regulatory Network Controlling the Flower and Seed Sizes in *Arabidopsis thaliana*. Vuong Quoc Nhat, Kazama Y, Kotaro Ishii, Sumie Ohbu, Hisato Kunitake, Tomoko Abe, Tomonari Hirano\*. Plants 10, 1881, 2021
17. *Arabidopsis* EGY1 Is Critical for Chloroplast Development in Leaf Epidermal Guard Cells. Alvin Sanjaya, Ryohsuke Muramatsu, Shiho Sato, Mao Suzuki, Shun Sasaki, Hiroki Ishikawa, Yuki Fujii, Makoto Asano, Ryuichi D Itoh, Kengo Kanamaru, Sumie Ohbu, Tomoko Abe, Kazama Y, Makoto T Fujiwara\*. Plants 10, 1254, 2021
18. TGD5 is required for normal morphogenesis of non-mesophyll plastids, but not mesophyll chloroplasts, in *Arabidopsis*. Ryuichi D Itoh, Kohdai P Nakajima, Shun Sasaki, Hiroki Ishikawa, Kazama Y, Tomoko Abe, Makoto T Fujiwara\* Plant J. 107:237-255, 2021
19. Alvin Sanjaya, Kazama Y\*, Kotaro Ishii, Ryohsuke Muramatsu, Kengo Kanamaru, Sumie Ohbu, Tomoko Abe, Makoto T Fujiwara\*. An Argon-Ion-Induced Pale Green Mutant of *Arabidopsis* Exhibiting Rapid Disassembly of Mesophyll Chloroplast Grana. Plants 10, 848, 2021
20. Hiroshi Tojo, Aki Nakamura, Ali Ferjani, Kazama Y, Tomoko Abe, Hidetoshi Iida\*. A Method Enabling Comprehensive Isolation of *Arabidopsis* Mutants Exhibiting Unusual Root Mechanical Behavior. Front plant sci 12, 646404, 2021
21. Kashojiya S, Lu Y, Takayama M, Komatsu H, Minh LHT, Nishida K, Shirasawa K, Miura K, Nonaka S, Masuda JI, Kondo A, Ezura H, Ariizumi T. Modification of tomato breeding traits and plant hormone signaling by target-AID, the genome-editing system inducing efficient nucleotide substitution. Horticulture Res. Jan 19;9:uhab004., 2022 (査読有り)
22. Kawaguchi K, Takei-Hoshi R, Yoshikawa I, Nishida K, Kobayashi M, Kusano M, Lu Y, Ariizumi T, Ezura H, Otagaki S, Matsumoto S, Shiratake K. Functional disruption of cell wall invertase inhibitor by genome editing increases sugar content of tomato fruit without decrease fruit weight. Sci Rep. Nov 2;11(1):21534, 2021 (査読有り)
23. Nishida K, Kondo A. Transversion Expansion of Base Editing. CRISPR J. Aug;4(4):462-463, 2021 (査読無し)
24. Nishida K, Kondo A, Ariizumi T, Ezura H, Miura K, Yuan S, Kawasaki S, Abdellatif IMY Efficient base editing in tomato using a highly expressed transient system., Plant Cell Rep. Apr;40(4):667-676, 2021 (査読有り)
25. Le TTH, Le NT, Yoshimi A, Abe K, Imanishi-Shimizu Y, Shimizu K. Hyperosmotic medium partially restores the growth defect and the impaired production of sterigmatocystin of an *Aspergillus nidulans* *pmtC* mutant in a *HogA*-independent manner. FEMS Microbiol Lett. 368: fnab127, 2021. (査読有り)
26. Imanishi-Shimizu Y, Kamogawa Y, Shimada Y, Shimizu K. A capsule-associated gene of *Cryptococcus neoformans*, CAP64, is involved in pH homeostasis. Microbiology 167: 001029, 2021. (査読有り)
27. Nguyen PT, Toh-e A, Nguyen NH, Imanishi-Shimizu Y, Watanabe A, Kamei K, Shimizu K. Identification and characterization of a sulfite reductase gene and new insights regarding the sulfur-containing amino acid metabolism in the basidiomycetous yeast *Cryptococcus neoformans*. Curr Genet 67: 115-128, 2021. (査読有り)

28. Ogawa T, Ochian K, Iwata T, Ikawa T, Tsuzuki T, Shiroguchi K and Takahashi K. Different cell imaging methods did not significantly improve immune cell image classification performance. Plos One. 17(1):e0262397, 2022 (査読有り)
29. 伊川友活. 転写因子とマクロファージ分化 臨床免疫・アレルギー科 75: 699-706, 2021 (査読無)
30. Kato, Y., Inoue, T., Furuyama Y., Ohgane, K., Sadaie, M., and Kuramochi, K\*. Deoxygenation of tertiary and secondary alcohols with sodium borohydride, trimethylsilyl chloride, and potassium iodide in acetonitrile. Tetrahedron Lett. 86, 153519, 2021 (査読有り)
31. Oya. S., Tonegawa. S., Nakagawa. H., Habe. H., Furuya. T.\* Isolation and characterization of microorganisms capable of cleaving the ether bond of 2-phenoxyacetophenone, Sci. Rep. 12, 2874, 2022 (査読有り)
32. Ishida. A., Furuya. T.\* Diversity and characteristics of culturable endophytic bacteria from Passiflora edulis seeds, Microbiologyopen 10, e1226., 2021 (査読有り)
33. Kurokawa. M., Nakano. M., Kitahata. N., Kuchitsu. K., Furuya. T.\* (2021) An efficient direct screening system for microorganisms that activate plant immune responses based on plant-microbe interactions using cultured plant cells. Sci. Rep. 11, 7396. (査読有り)
34. Ding X, Zhang X, Paez-Valencia J, McLoughlin F, Reyes FC, Morohashi K, Grotewold E, Vierstra RD, Otegui MS. Microautophagy mediates vacuolar delivery of storage proteins in maize aleurone cells. Front. Plant Sci. 13:833612. doi: 10.3389/fpls.2022.833612., 2022 (査読有り)
35. Nao Yoshida, Ippo Ogura, Makoto Nagano, Junko Y. Toshima, and Toshima J Cooperative regulation of endocytic vesicle transport by yeast Eps15-like protein Pan1 and epsin. J. Biol. Chem., 297 (5): 1-10,. doi: 10.1016/j.jbc.2021.101254, 2021 (査読有り)
36. Ryoga Ishii, Ayu Fukui, Yuri Sakiyama, Shoko Kitsukawa, Ayami Futami, Takahiro Mochizuki, Makoto Nagano, Toshima J, and Fumiyoshi Abe: Substrate-induced differential degradation and partitioning of the two tryptophan permeases Tat1 and Tat2 into eisosomes in Saccharomyces cerevisiae. Biochim. Biophys. Acta Biomem, 1864(4): 1-16,. doi: 10.1016/j.bbamem.2021.183858., 2021 (査読有り)
37. Rahman, A. B., Hirokazu Okamoto, H., Miyazawa, Y., Aoki, S.,\* Design and Synthesis of Supramolecular Phosphatases Formed from a Bis(Zn<sup>2+</sup>-Cyclen) Complex, Barbital-Crown-K<sup>+</sup> Conjugate and Cu<sup>2+</sup> for the Catalytic Hydrolysis of Phosphate Monoester” , Eur. J. Inorg. Chem., 2021, 1213-1223 (査読有り)
38. Yamaguchi, K., Yokoi, K., Umezawa, M., Tsuchiya, K., Yamada, Y., Aoki, S.\* Design, Synthesis, and Anticancer Activity of Triptycene-Peptide Hybrids that Induce Paraptotic Cell Death in Cancer Cells. Bioconjugate Chem. 33, in press (27 pages) (DOI: org/10.1021/acs.bioconjchem.2c00076), 2022 (査読有り)
39. Yokoi, K., Yamaguchi, K., Umezawa, M., Tsuchiya, K., Aoki, S.\* Induction of Paraptosis by Cyclometalated Iridium Complex-Peptide Hybrids and CGP37157 via a Mitochondrial Ca<sup>2+</sup> Overload Triggered by Membrane Fusion between Mitochondria and the Endoplasmic Reticulum. Biochemistry 61, in press (17 pages) (DOI: 10.1021/acs.biochem.2c00061), 2022 (査読有り)
40. 青木 伸,\* 横井健汰, Chandrasekar Balachandran, 久松洋介. Post-complexation functionalizationによるシクロメタレート型イリジウム(III)錯体の機能化と生命科学および材料科学への応用—金属錯体をビルディングブロックとする機能性分子の創製— 有機合成化学協会誌, 79, 1113-1124, 2021 (査読有り)
41. Aoki, S.,\* Rahman, A. B., Hisamatsu, Y., Miyazawa, Y., Zulkefeli, M., Tanaka, T., Saga, Y., Tanaka, T. Development of Metallosupramolecular Phosphatases Based on Combinatorial Self-Assembly of Metal Complexes and Organic Building Blocks for the Catalytic Hydrolysis of Phosphate Monoester, Results Chem. 3, 100133 (20 pages), 2021 (査読有り)

## 著書

1. 梶 達也 「光合成生物(1章), 光合成」朝倉書店, 2021年12月
2. Tatsuya Tomo, Suleyman I. Allakhverdiev, 「Chlorophyll Species and Their Functions in the Photosynthetic Energy Conversion」Photosynthesis: Molecular Approaches to Solar Energy Conversion (Springer), 2021年9月
3. Arazoe, T. 「Magnaporthe oryzae. Methods in Molecular Biology, Chapter 12: Genome editing using CRISPR/Cas9 system in the rice blast fungus」Methods Mol. Biol. (Springer Nature), 2021年7月
4. 青木 伸, スタンダード薬学シリーズ II-9 “薬学演習 II. 基礎科学” 日本薬学会編, 東京化学同人, 2021, pp 195-200, 287-291, 479-480 (2021年10月22日), ISBN: 978-4-8079-8079-1724-2 (総ページ数 493) (共著)

## 招待講演

1. 西田敬二 「切らないゲノム編集」塩基編集技術の開発と応用. 第2回ソニーライフサイエンスウェビナー, 2022年3月23日, 国内オンライン, 口頭 (招待講演)
2. 西田敬二 「切らないゲノム編集」塩基編集技術の開発と応用. 先端バイオ工学推進機構「化学・素材・燃料分科会」第12回会合, 2022年3月17日, 国内オンライン, 口頭 (招待講演)
3. Keiji Nishida, Development and application of base editing technologies. Future Trends and Emerging Technologies in Synthetic Biology Connecting Australia and Japan through science and technology, 2022年3月16日, 国際オンライン, 口頭 (招待講演)
4. 西田敬二 切る?切らない? 「ゲノム編集技術」の開発と応用, 西田敬二, 東京六甲クラブ講演会, 2022年1月25日, 国内オンライン, 口頭 (招待講演)
5. 西田敬二 「切らないゲノム編集」塩基編集技術の開発と応用, 令和3年度兵庫県バイオ技術研究会秋の講演会, 2021年11月2日, 国内オンライン, 口頭 (招待講演)
6. Keiji Nishida, Development and application of base editing technology, ERATO セミナー, 2021年10月5日, 国内オンライン, 口頭 (招待講演)
7. Keiji Nishida, Development of base editing technology for plant molecular biology and breeding, IPSR International Plant Web Forum 2021, 2021年9月6日, 国際オンライン, 口頭 (招待講演)
8. 西田敬二 塩基編集技術の開発と高精度化, 第72回日本細胞生物学会 シンポジウム, 2021年6月31日, 国内オンライン, 口頭 (招待講演)
9. Keiji Nishida Development and improvement of Target-AID base editing technology and its applications, KSBB 2021 annual meeting, 2021年4月15日, 国際オンライン, 口頭 (招待講演)
10. 伊川友活 「急性リンパ性白血病モデルを用いた発症メカニズムの解明」第85回日本インターフェロン・サイトカイン学会 2021年5月21日 オンライン
11. Tomokatsu Ikawa, Junichiro Takano, Koseki Haruhiko. “Polycomb Group protein PCGF1 links hematopoietic lineage specification with DNA replication.” 第94回日本生化学会大会 2021年11月3日 オンライン
12. Shin Aoki, Design and Synthesis of Luminescent Iridium Complex-Peptide Hybrids for the Theranostics of Cancer,” Molecules Webinar “Future Trends in Bioorganic Chemistry” (Online), 2021年6月1日 (Online, Invited lecture) ([https://molecules-9.sciforum.net/#webinar\\_content](https://molecules-9.sciforum.net/#webinar_content))
13. Shin Aoki, Akib Bin Rahman, Hirokazu Okamoto, Combinatorial Synthesis of Metallosupramolecular Phosphatases formed by the Self-Assembly of Functionalized Building Blocks, The 3rd International Conference on Material Science & Nanotechnology (ICMSN 2021), 2021年8月16-17日, Lisbon, Portugal (Hybrid) (Invited lecture)
14. Shin Aoki, Interdisciplinary Research on Luminescent Metal Complexes by Post-complexation Functionalization in Biomedical and Material Sciences, Advanced Materials Lecture Series (AMLS) of International Association of Advanced Materials (IAAM), 2021年9月15-16日, Sweden (Online, Invited lecture)

15. Shin Aoki, Kenta Yokoi, Chandrasekar Balachandran, Haribabu Jebiti, Arisa Koyamada, Masakazu Umezawa, and Koji Tsuchiya, Design and Synthesis of Triscyclometalated Iridium(III) Complex-Peptide Hybrids that Induce Programmed Cell Death of Cancer Cells, 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACICHEM2021), 12/16-12/21, 2021年12月16-21日, Honolulu, Hawaii, U.S.A. (Online, Invited lecture).

### 特許

1. 馬場昌範, 岡本美佳, 外山政明, 青木 伸, 田中智博, PCT 出願, 抗 SARS-CoV-2 薬, PCT/JP2021/018602, 令和3(2021)年5月17日
2. 馬場昌範, 岡本美佳, 外山政明, 青木 伸, 田中智博, 横井健汰, 国内優先出願, 抗 SARS-CoV-2 薬, 特願 2021-184512, 令和3(2021)年11月12日

### 広報

1. 松永幸大, 蛍光タンパク質の蛍光強度を維持したまま組織・器官を透明化できる動植物共通の透明化法開発に成功～農作物の品種改良や脳の診断法開発に貢献～毎日新聞, 2021
2. 松永幸大, 動植物の器官を透明化～蛍光タンパク質景況強度は維持 科学新聞, 2022

## 研究課題（研究者別）

### 松永 幸大

#### 「植物ゲノムを動物細胞に移植する研究」

二次共生現象を合成生物学的手法で再現するために、藻類と動物培養細胞を細胞融合してゲノムを移植する研究を推進し、葉緑体や藻類を動物細胞内で維持する方法を開発する。

### 伊川 友活

#### 「iLS 細胞を用いた新規免疫細胞療法の開発」

キメラ抗原受容体 (CAR) -T 細胞はがん免疫療法の 1 つとして注目されている。しかし、患者由来の末梢血リンパ球を利用することから、十分な数にまで増幅することが難しいことや細胞が疲弊・老化することが問題となっている。そこで本研究では、当研究室で開発された多能性造血前駆細胞である iLS 細胞を用いて、がんや感染症を標的とした CAR-NK 細胞や CAR-T 細胞を作製し、機能解析を行う。

### 十島 二郎

#### 「出芽酵母を用いた GPCR シグナル検出系の開発」

G タンパク質共役受容体 (GPCR) はヒトゲノムに 900 種以上存在する創薬の重要な標的タンパク質である。この中でヒトケモカイン受容体 CCR2 はがん細胞の増殖、移動能の亢進に関わる。本年度の研究では、ヒト CCR2 受容体およびその下流のシグナル伝達タンパク質を出芽酵母に発現させたヒト-酵母ハイブリッド細胞を作成し、リガンド刺激による CCR2 受容体の活性化シグナルの効率的な検出方法の開発を推進する。

### 鞆 達也

#### 「植物ゲノム移植を目指した基盤研究」

光合成による光エネルギー変換は地球環境を支えてきた。この反応の理解に部位特異的アミノ酸置換など摂動を与えて解析する方法は重要な研究手法の一つである。本研究では色素置換という摂動を与えて、その反応機構の解明を推進する。

### 太田 尚孝

#### 「シアノバクテリアを用いたトランスポーターの解析」

シアノバクテリア *Synechocystis* sp では、50 を超える ATP 結合カセット (ABC) トランスポーター関連遺伝子が検出されている。基質不明 ABC トランスポーター遺伝子の欠失変異体を低 pH 培地での酸ストレス感受性についてスクリーニングし解析する。

### 鎌倉 高志・荒添 貴之

#### 「生物種を超えたハイブリッド糸状菌の創成」

近縁種であっても、普通の交雑法では「種の障壁」があり、生物間のゲノム交雑は多くの種間で難しい。我々は真核多細胞微生物である糸状菌をモデルとしたゲノム工学や細胞融合により、有用物質生産や有用機能を付与する糸状菌ハイブリッド細胞の創成を目指す。

### 清水 公德

#### 「微生物機能制御を目指した分生生物学的研究」

微生物機能を制御することを目的に、遺伝学や分子生物学的手法を駆使して合成生物学研究に役立つ研究を推進する。

### 諸橋 賢吾

#### 「ネットワーク解析による生命現象の解明」

生物のなかにひそむ“つながり” = “ネットワーク”に着目し、バイオインフォマティクス解析技術の開発を進め、合成生物学に役立つ研究を推進する。

## 定家 真人

### 「がんの脆弱性の探索とがん抑制手法の開発」

がん細胞の増殖にはテロメアの維持が必須である。がん細胞には、テロメラーゼ依存的に増殖を維持するものと、テロメラーゼ非依存性のものがあり、テロメラーゼ非依存性のテロメア維持機構は肉腫などの難治性がんによく認められる。本研究課題では、テロメラーゼ非依存性がん細胞の増殖を抑制する化合物の作用機序の解明と、増殖に必須な新規遺伝子の探索を行い、テロメラーゼ非依存性がんの治療シーズと、治療標的分子の発見を目指す。

## 古屋 俊樹

### 「新規微生物・酵素の機能解明」

合成生物学的手法により、大腸菌等の微生物内に新たな代謝経路を設計、構築して、有用物質の生産手法を確立する。具体的には、希少ポリフェノールや香料化合物の効率的生産を目指す。

## 坂本 卓也

### 「動植物ハイブリッド細胞のオーム解析」

藻類のゲノムを動物培養細胞に移植した動植物ハイブリッド細胞の遺伝子発現解析やゲノム解析を行う。また、移植ゲノムや宿主ゲノムの DNA 相互作用解析を行う。

## 西田 敬二

### 「DNA 二重鎖を切らないゲノム編集技術の開発」

DNA 塩基変換反応を利用する塩基編集技術を開発し、直接的に点変異を導入することを可能にする。また、これによって DNA 切断に関わる不確実性や毒性を回避するゲノム編集技術を可能にする。

## 風間 裕介

### 「染色体再編成の遺伝学的解析」

転座、欠失、重複、逆位などの染色体再編成は、生物の種分化や進化に関与した重要な突然変異である。染色体再編成を誘発することで、遺伝子の並びやコピー数、細胞核内での DNA の高次元配置を変更する研究を推進する。

## 菅野 茂夫

### 「非相同末端結合修復を利用した高効率ノックイン法の開発」

相同組換え経路ではなく、非相同末端結合修復経路を用いた効率的なノックイン技術を開発する。本方法を利用して、動物内で植物の転写因子が働きうるかを調べる実験を行う。また、植物でのノックインを行うことにも着手する。

## 青木 伸

### 「細胞内反応のモデル化、制御および有用化合物の細胞内合成」

リン酸化／脱リン酸化反応や炭素－炭素結合の生成／開裂反応は、細胞内における重要な代謝およびシグナル伝達経路である。そこで、細胞内脱リン酸化反応を触媒するために、人工化合物の自己集積によって生成する超分子ホスファターゼの開発と、細胞内代謝によって生成するアルデヒド基質を用いる炭素－炭素結合生成反応による有用化合物の細胞内合成法の開発を目指す。



## 再生可能エネルギー技術研究部門

# 再生可能エネルギー技術研究部門について

## 1. 概要

本部門の前進は、太陽光発電技術研究部門である。2010年より途中の改組を含め都合10年間、クリーンなエネルギー源として太陽光発電技術に関する研究に注力してきた。しかし現在では太陽光のみならず、風力発電や熱発電など、多岐に渡る「再生可能エネルギー」に関する研究開発が進行している。また前部門発足当時は、原発が安定的に電力を供給し、変動分を火力発電でフォローする単純な電力供給が取られていたが、多くの生成可能エネルギーが系統連系するに従って、電力安定供給のためのシステム・インフラの運用が非常に難しくかつ重要となってきた。本部門は、これまでの太陽光のみを扱ってきた部門を「再生可能エネルギー」全体を扱うように改組することによって、

- (i) 導入・運用コストを、化石燃料を用いた発電と同等レベルまで下げるための材料開発  
→これまで太陽電池研究で得た知見を、他の発電材料（太陽電池・熱電発電用素子・燃料電池など）開発の基盤技術として、部門内で横断的に共同開発
- (ii) 様々な発電方法で得られた電力の高効率マネジメント技術開発  
→系統連系、故障診断技術、AIを活用した最適化など、各発電方法で得られた電力を無駄なく活用する技術を、部門内で縦断的に共同開発
- (iii) 新材料・新システム技術などの開発  
→太陽電池×熱発電の積層シート化、ソーラーシェアリングによる農業との融合、化学系電池・フライホイールなど蓄電技術や、水素製造技術などエネルギー貯蔵技術との融合といった、萌芽技術の部門内開発

ことを目的に、2020年度に発足した。

再生可能エネルギーは、環境に優しい反面、電力供給が安定しない、導入・ランニングコストが高い、といった、インフラとして重大な課題がある。上記4つの研究目的によって、安定して利用でき低コストな電力を供給する礎を提案し、東京理科大学における再生可能エネルギー利用技術の研究開発を活性化ならびに促進させることを目標としている。2021年度は前年度に引き続きコロナ禍で、研究活動が制限された1年であったが、様々な共同研究課題に取り組むと共に以下の、対外的・对学生への活動を行った。

### ○ 第2回部門シンポジウム「再生可能エネルギー技術の最新動向」

部門主催の再生可能エネルギー技術に関するシンポジウムを、2022年1月31日にZOOMを用いたリモート開催した。EVの動向や再エネと関連法制度などの政策や、関連材料の研究開発動向まで、これらの分野でご活躍の第一線の研究者の方々をお招きして御講演いただいた。大学内外から約80名の参加者があり、前部門のシンポジウム以上の集客があった。以上、東京理科大学に、再生可能エネルギー技術の研究拠点ができたことを発信できた。また、本シンポジウム開催に当たり、招待講演者の謝金に活動補助費を使用した。

### ○ RENEWABLE ENERGY 2022 発表展示

東京ビックサイト西ホールで2022年1月26-28日に開催された、再生可能エネルギー関連の日本最大級の展示会「第16回再生可能エネルギー世界展示会&フォーラム RENEWABLE ENERGY 2022」に、部門として3ブースを使用して、理科大ならではの各種再生可能エネルギー材料システムに関する研究成果・デモ機の展示を、感染症予防対策を十分施した上で行った。また、本展示発表を行うに当たり、チラシの作成や説明要員の交通費に部門活動費を使用した。）

### ○ 部門オンライン勉強会開催

対面での共同研究が難しかったので、部門所属の教員が、再生可能エネルギーに関するレクチャーを行う「オンライン勉強会」を2020年度に引き続き不定期に行った。学生にとっては、自分が所属する研究室以外の、再生可能エネルギー技術に関する最先端の勉強が出来る良い機会となった。質問などはオンラインで受け付け、後日回答することで、継続的な教育効果も高かった。

### ○ 教員間の研究進捗報告開催

オンラインで4ヶ月に1度、全教員の研究進捗状況を発表・報告してきた。専門分野・領域が異なる教員の情報を共有することは、最新の再生可能エネルギー技術に関する知見が深まるだけでなく、新しい共同研究が生まれるなど有益な報告会となった。

2021年度のこれらの活動により、部門の研究成果・活動を広く発信すると共に、今後の研究の進め方についての示唆を得た。

## 2. 部門の構成と施設設備

### 部門の構成

本研究部門の構成メンバーとその専門分野は以下の通りである。

杉山 睦	理工学部 電気電子情報工学科	教授	薄膜太陽電池、透明太陽電池、
趙 新為	理学部第二部 物理学科	教授	半導体ナノ材料工学 薄膜太陽電池
秋津 貴城	理学部第二部 化学科	教授	錯体化学・有機無機複合材料の光燃料電池
植田 譲	工学部 電気工学科	教授	太陽光発電システム
永田 衛男	工学部 工業化学科	准教授	有機系太陽電池、人工光合成
近藤 潤次	理工学部 電気電子情報工学科	准教授	太陽光発電、風力発電、電力系統
片山 昇	理工学部 電気電子情報工学科	准教授	燃料電池、水素貯蔵、デバイス診断
生野 孝	先進工学部 電子システム工学科	准教授	表面界面、太陽電池、振動発電
原口 知之	理学部第二部 化学科	講師	錯体化学・色素増感太陽電池
中根 大輔	理学部第二部 化学科	助教	錯体化学、生物無機化学、触媒化学
崔 錦丹	工学部 電気工学科	助教	エネルギーマネジメントシステム
金 冨男	理工学部 電気電子情報工学科	助教	エネルギーハーベスト、ナノ材料
小平 大輔	理工学部 電気電子情報工学科	助教	スマートグリッド、蓄電池制御システム
平田 陽一	公立諏訪東京理科大学 工学部	客員教授	太陽光発電、風力発電、マイクログリッド
渡邊 康之	公立諏訪東京理科大学 工学部	客員教授	有機分子バイオエレクトロニクス
白方 祥	愛媛大学 工学部	客員教授	CIGS 太陽電池、半導体光物性
大西 悟	国立環境研究所	客員研究員	エネルギー経済学 低炭素都市計画

### 施設設備

東京理科大学野田キャンパス 10号館 4階に部門の研究室を設置し、太陽電池や透明導電膜の研究開発を中心に部門内の共同研究を進めてきた。

## 3. 各研究グループの活動報告

再生可能エネルギー技術の研究開発拠点として、技術の垂直統合により新規再生可能エネルギー材料や発電システムを実現すると共に、次代の研究者を養成する教育や社会への技術の普及を図るために、部門内で概ね「再生可能エネルギー材料グループ」と「エネルギーマネジメントグループ」に分かれて活動している。

### 3. 1. 再生可能エネルギー材料グループについて

導入・運用コストを、化石燃料を用いた発電と同等レベルまで下げるための材料開発を目標に掲げ、これまで太陽電池研究で得た知見を、他の発電材料（太陽電池・熱電発電用素子・燃料電池など）開発の基盤技術として、部門内で横断的に共同開発していく計画のもと、2021年度は教

員・学生の新型コロナ感染リスク低減のために、研究室ごとに活動を行ってきた。

杉山らは、Cu-Sn-S 系化合物半導体を用いた、安価な太陽電池開発に取り組んできた。硫化物系 Cu-Sn-S 系太陽電池に、Ag および Ge を添加することで、半導体の価電子帯・伝導帯を自在にコントロールすることができ、太陽電池の発電効率向上に寄与出来ることを明らかにした。また、衣類やビニールハウス等への IoT デバイス応用を目指した酸化物系太陽電池は、CO<sub>2</sub> センサとのモノリシック化を試みた。趙は、有機/無機半導体薄膜太陽電池の開発を行い、特にヘテロ界面の特性に注目し、電流-電圧特性を改善した。また、透明型太陽電池の試作において、バルク型量子ドットタイプの有機半導体薄膜を用いて試作を行い、発電ができるようになった。なお、量子ドットの分散を図り特性の改善が見られた。秋津らは、ラッカーゼはバイオ燃料電池のカソードで酸素還元触媒となる。本年度は、1～3次元シアノ架橋エチレンジアミン系銅-金属錯体に関して、各種分光法・電気化学測定・DFT 計算・ドッキング計算等を用いて系統的に検討した。市販試薬の錯体とカワラタケ由来ラッカーゼとの複合体のリン酸バッファー溶液を調製した。各種分析手法から、直接電子移動またはメディエータ電子移動の両機構を取りうることを明らかにした。永田は、光吸収によって励起した光触媒が廃棄物を有機酸等に分解しながら、クリーンな燃料である水素を生成する光改質反応のために CdS または ZnS 複合光触媒を新たに開発し、擬似太陽光下でセルロース系バイオマス、動物性バイオマス、プラスチックなどの有機性廃棄物から効率的に水素を製造することに成功した。生野は、低発電コストが期待できるトライボ発電素子の出力向上に関する研究に取り組んだ。高分子フィルムと金属箔との接触・離間により発電する本素子において、高分子フィルムに異種ナノ材料を添加することにより、従来の 26 倍の電圧増加を達成することができた。また、渡邊と共同で、生野が開発した低環境負荷高分子フィルム上へ有機 EL 素子を作製・評価した。原口は、太陽電池などへの応用利用に向けて、金属錯体ナノシートのコロイド溶液を用いて多孔性金属錯体の結晶配向膜を簡便に構築した。イオン性フレームワークなどの様々なナノシートについて結晶配向膜を構築可能であることを明らかとした。中根は、直接メタノール燃料電池の燃料極触媒として安価な鉄イオンを用いた錯体触媒を新規に合成し、その光学的、電気化学的性質を明らかにした。さらに、これら鉄錯体がメタノールを酸素分子の酸化力でホルムアルデヒドへと酸化する触媒能があることが示した。金は、多層 2 次元材料のエネルギー分野への応用に取り組んでいる。安価かつ高性能の水素生成用触媒を開発のため基板に対して縦方向に成長させた MoS<sub>2</sub> を用いて多層 MoS<sub>2</sub> ナノシートの成長メカニズムや配向性の向上の変化による触媒特性への影響の検討を行った。また、ハイブリッドナノ構造を持つ 2 次元材料薄膜を用いて水滴の動きにより 3V 以上の発電を確認した。渡邊は、高配向なポリマー材料を用いた OPV の上部電極形成において、杉山研究室と協力し、透明電極である ITiO<sub>2</sub> を用いて、可視光透過型の半透明有機薄膜太陽電池 (ST-OPV) を作製した。また、太陽光発電と光合成の両立を目指し、ST-OPV 下において農作物栽培やオイル産生藻類培養が可能であることを発電特性に加えて、光合成速度や藻類培養における細胞濃度特性を定量的に評価する手法を開発した。白方は、新しい薄膜太陽電池の候補である Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub> (CTS) に対して、バルク単結晶の成長を行った。融点からの徐冷で成長を行ったが、結晶構造は正方晶であった。これは太陽電池で用いられている CTS 薄膜は単斜晶である為にバルク結晶と単結晶の特性の比較はできない。今後、二温度法を用いて単斜晶のバルク結晶の成長を行う予定である。

### 3. 2. エネルギーマネジメントグループについて

様々な発電方法で得られた電力の高効率マネージメント技術開発や、系統連系、故障診断技術、AI を活用した最適化など、各発電方法で得られた電力を無駄なく活用する技術を、部門内で横断的に共同開発していく計画のもと、2021 年度は教員・学生の新型コロナ感染リスク低減のために、研究室ごとに活動を行ってきた。

植田は、2021 年度より新たに NEDO プロジェクトに参画し、太陽光発電所において計画的に発電量を抑制制御することで上げ調整力を創出する技術開発を開始した。翌日の発電量予測値に応じて、スポット市場向け売電計画、予測誤差対応分、上げ調整力のための抑制分を確保し、3 次調整力を基本に、蓄電池の有無、より短い応動と継続時間となる調整力の確保手法の検討を行った。近藤は、地理的に分散した太陽光発電群の短時間 (30 分) 後の出力変動を予測する手法において、出力変動が大きく大きな誤差が生じやすい時間帯の予測誤差を、前の時刻の発電出力が持続するとした簡易的な予測手法と比較して、半分以下に低減できることを示した。片山は深層強化学習

によるエネルギーマネジメント方法を実機により実証するために 6kW の太陽光発電システムと 5.4kWh の蓄電池を導入し今年度はシステム構築の途中まで完了している。本システムはエネルギーマネジメント以外にもエネルギーシステムの異常検知にも利用できる可能性がある。崔は、太陽光発電のエネルギー価値のほかに上げ調整力を創出するための Headroom 制御について、発電予測誤差分析を行い、予測値から予測誤差吸収分の Headroom を決める方法を検討した。小平は、リチウムイオン蓄電池の制御と劣化について研究を進めた。制御については、深層強化学習に基づき、PV からの発電を充電し、最適な時刻に放電することで、売電利益を最大化するアルゴリズムをシミュレーションで実装した。来年度は、家庭用蓄電池と太陽光パネルの実機を用いて、シミュレーション通りの制御ができるかを実証していく。劣化の評価については、同研究部門内の片山准教授と協力し、バッテリーの状態を推定するアルゴリズムの開発と実装を行った。成果物は、コンペ (BETTERWHY 社および Hyundai Morter 主催、1st Open Competition for better battery service algorithms) において、1st Prize を獲得した。平田は、災害による停電を想定しスマートコンセントを活用する再生可能エネルギー復旧システムの構築を目指した。天候、温度を入力とした場合の太陽光発電システム、バッテリー、負荷装置の各機器の動作特性を入力した EMS シミュレーションを完成した。太陽光の変動により、太陽光発電の出力、バッテリーの SoC (State of Charge)、負荷電力の時刻別変化がシミュレートされた。続いて、各機器を具体的に EMS ソフトにより制御し、動作することを確認した。そこで、バッテリーの放電時にはシミュレーションと SoC 実験値が一致する。今後は、その乖離の解明を行い、各分割負荷の切り替えスイッチ動作を行う展開となった。スマートコンセントの実現で、蓄電池コストを抑えたシステム制御が可能となる。また、渡邊と共に窓の内側に OPV を貼った発電シミュレーションと評価を行い、両者の一致を確認した。大西は電力を含む地域のエネルギー需要を推計し、地理的な特性を踏まえた供給システムの在り方を研究した。北九州市、川崎市等では、アドバイザーとして参画し、特定の地区でのエネルギー需給マッチングを分析し、ビジネスモデルを検討した。福島県・三島町の木質バイオマス利活用を主としたゼロカーボンビジョン策定の支援をした。

#### 4. 研究活動の展望

本研究部門の設置目的である、(i)導入・運用コストを、化石燃料を用いた発電と同等レベルまで下げるための材料開発、(ii)様々な発電方法で得られた電力の高効率マネージメント技術開発、および、(iii)新材料・新システム技術などの開発、を中心として、技術の垂直統合によるシナジー効果を生かした再生可能エネルギー技術の研究開発を続けて進める。部門内共同研究を活性化すると共に、技術ロードマップを作成するなどして将来の再生可能エネルギー技術の斬新なコンセプトの創出を図る。また、シンポジウム開催や展示会への出展を引き続き行い、本部門の研究成果を社会にアピールすると共に、再生可能エネルギーに関する技術情報を交換し今後の研究に資する。さらに学生間の連携を強め、共同研究の推進に向けた環境づくりを行う。

#### 5. むすび

再生可能エネルギーは、環境に優しい反面、電力供給が安定しない、導入・ランニングコストが高い、といった、インフラとして重大な課題がある。本研究部門では、専門分野の異なる研究者が積極的に交流することにより、融合的な研究分野やデバイス、プロセスの開発を進めており、安定して利用でき低コストな電力を供給する礎を提案し、東京理科大学における再生可能エネルギー利用技術の研究開発を活性化ならびに促進させていき、再生可能エネルギー技術研究拠点としてのレベルアップを進めたい。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. N. Urata, A. Kanai, M. Sugiyama: “Influence of Sb inclusion on morphologies and carrier concentration properties of CTS thin films grown by sulfurization of Cu-Sn precursors”, *Japanese Journal of Applied Physics*, 60(2021)115503. (査読有).
2. A. Kanai, M. Sugiyama: “Na induction effects for J-V properties of Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub> (CTS) solar cells and fabrication of a CTS solar cell over-5.2% efficiency”, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 231(2021)111315. (査読有)
3. I. Khatri, P. Santos, P. Anacleto, D. Sharma, M. Belmoubarik, N. Nicoara, M. Sugiyama, S. Sadewasser: “Effect of Se-free Annealing on Cesium Fluoride Treated Cu(In, Ga)Se<sub>2</sub> Thin Films and Corresponding Solar Cells”, *Physica Status Solidi Rapid Research Letter*, 16 (2022) 2100462. (査読有)
4. Yuhong Xie, Yuzuru Ueda and Masakazu Sugiyama, “A Two-Stage Short-Term Load Forecasting Method Using Long Short-Term Memory and Multilayer Perceptron” , *Energies* 2021, 14(18), 5873 (査読有)
5. Yuhong Xie, Yuzuru Ueda, Masakazu Sugiyama, “Greedy energy management strategy and sizing method for a stand-alone microgrid with hydrogen storage” , *Journal of Energy Storage*, Volume 44, Part B, 15 December 2021, 103406 (査読有)
6. Y. Sato, T. Akitsu, “[Short commentary] Improvement and enhancement of enzyme activity by metal-organic framework (MOF) adsorption” , *Journal of Material Sciences & Engineering* 10 (2021) 4. (査読有)
7. Kazuya Saiga, Tomoyuki Haraguchi, Yasutaka Kitahama, Takuya Hosokai, Hiroyuki Matsuzaki, Dohyun Moon, Mutsumi Sugiyama, Michikazu Hara, Takashiro Akitsu, “Optical Properties of Chiral Azo-Schiff Base Mn(II) and Zn(II) Complexes with Silver Nanoparticles” , *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 9, 1, 2021. (査読有)
8. Shabana Noor, Shintaro Suda, Tomoyuki Haraguchi, Fehmeeda Khatoun, Takashiro Akitsu, “Chiral crystallization of a zinc(II) complex” , *Acta Crystallographica Section E*, E77, 542, 2021. (査読有)
9. Tomoyuki Haraguchi, Kazuya Otsubo, Osami Sakata, Akihiko Fujiwara, Hiroshi Kitagawa, “Strain-Controlled Spin Transition in Heterostructured Metal-Organic Framework Thin Film” , *Journal of the American Chemical Society*, 143(39), 16128, 2021. (Selected as Supplementary Cover) (査読有)
10. D. Kodaira, K. Tsukazaki, T. Kure, J. Kondoh, “Improving Forecast Reliability for Geographically Distributed Photovoltaic Generations” , *Energies*, Vol. 14, No. 21, 7340, pp. 1-15 (2021.11) (査読有)
11. Haruki Nagakawa and Morio Nagata: “Highly Efficient Hydrogen Production in the Photoreforming of Lignocellulosic Biomass Catalyzed by Cu, In-Doped ZnS Derived from ZIF-8” , *Advanced Materials Interfaces*, 9(2), 2101581 (2022). Inside Front Cover (査読有)
12. Haruki Nagakawa and Morio Nagata: “Photoreforming of Organic Waste into Hydrogen Using a Thermally Radiative CdOx/CdS/SiC Photocatalyst” , *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 13, 40, 47511-47519 (2021). Supplementary Cover (査読有)
13. J. Kondoh, D. Kodaira, “An Evaluation of Flicker Emissions from Small Wind Turbines” , *Energies*, Vol. 14, No. 21, 7263, pp. 1-18 (2021.11) (査読有)
14. T. Yamamoto, J. Kondoh, “Self-Inertia-Varying Fixed-Speed Flywheel Energy Storage System” , *IEEJ Journal of Industry Applications*, Vol. 10, No. 6, pp. 638-642, (2021.11) (査読有)
15. T. Ikuno and Z. Somei: “Fabrication of Eutectic Ga-In Nanowire Arrays Based on Plateau-Rayleigh Instability” , *Molecules*, 26 (2021) 4616. (査読有)

16. R. Takita, K. Koshiji, H. Kokubo, W. Wongwiriyan, and T. Ikuno: “Effect of Injected Charges in Polydimethylsiloxane Films on Triboelectric Power Generation”, *Sensors and Materials*, 33 (2021) 4311. (査読有)
17. H. Komatsu, Y. Kawamoto, and T. Ikuno: “Freestanding Translucent ZnO-Cellulose Nanocomposite Films for Ultraviolet Sensor Applications”, *Nanomaterials*, 12 (2022) 940. (査読有)
18. J. Park, D. Kodaira, K. A. Agyeman, T. Jyung, and S. Han, “Adaptive Power Flow Prediction Based on Machine Learning,” *Energies*, vol. 14, no. 13, p. 3842, Jun. 2021 (査読有)
19. J.N. Kim, K. Takahashi, T. Takaetsu, T. Funatsu: “Characterization of Vertically Aligned MoS<sub>2</sub> Thin Film on Mo Electrode for Hydrogen Evolution Catalyst”, *Journal of the Japan Institute of Energy*, 100 (2021) 283. (査読有)
20. J.N. Kim, N. Kato, S. F. Chichibu and M. Sugiyama: “Electrical degradation and recovery of NiO/ZnO visible-light-transparent flexible solar cells”, *Japanese Journal of Applied Physics*, 60 (2021) 064001. (査読有)
21. Kohei Kuwano, Taiki Okajima, Yasuyuki Watanabe, Masayuki Chikamatsu, Yuji Yoshida, Eiichi Nishikawa, “Investigation of the electron transport layer in semitransparent organic photovoltaic cells using near-infrared light-absorbing materials”, *Japanese Journal of Applied Physics* 60(7) 071004-071004. (査読有)
22. Yasuo Nakayama, Koji Sudo, Noboru Ohashi, Satoshi Kera, Yasuyuki Watanabe, “Interface electronic structure and valence band dispersion of bis(1,2,5-thiadiazolo)-p-quinobis(1,3-dithiole) on polycrystalline Au electrodes”, *Electronic Structure* 3(2) 024006-024006. (査読有)
23. 高橋和輝, 苗山, 片山 昇: “ニューラルネットワークと交流インピーダンス法を用いた二次電池の SoC と SoT の推定法”, *電気学会論文誌 D*, 141(12), 1011-1012 (2021) (査読有)
24. 五井雅登, 片山 昇, 盛田克彦, 大川 浩, 小杉明史, 今井庸二: “畳み込みニューラルネットワークを用いた太陽電池システムの異常種類の判定”, *電気学会論文誌 B*, 141(6), 464-472, (2021).
25. 濱 健斗, 臼井琉斗, 西原智也, 北沢慧大, 渡辺由太郎, 平田陽一, 安藤 昇「独立型マイクログリッドシステム的设计及びシミュレーション評価」, 2021年度 日本太陽エネルギー学会 (2021) (査読なし)
26. 濱 健斗, 臼井琉斗, 西原智也, 北沢慧大, 渡辺由太郎, 平田 陽一, 安藤 昇「マイクログリッドシステムの統合制御及びシミュレーション評価」, 令和4年電気学会全国大会 (2022) (査読なし)
27. 大西 悟, 藤井 実, 後藤尚弘; 産業都市における地域循環共生圏形成にむけた障壁の実態解析と対応策の考察—熱 EIP 事業を対象として—, *土木学会論文集 G(環境)*, Vol. 77, No. 6 (環境システム研究論文集 第 49 巻), II\_235-II\_246, 2021 (査読あり)
28. Seiya Maki, Satoshi Ohnishi, Minoru Fujii, Naohiro Goto, Lu Sun; Technical and economic analysis of potential steam supply from waste treatment plants to industries in Aichi Prefecture, Japan, *Optimization and Engineering*, 1-28 (査読あり)

## 著書

1. Agnes Chinecherem Nkele, Sabastine Ezugwu, Mutsumi Sugiyama, Fabian I. Ezema, “Electrode Materials for Energy Storage and Conversion”, CRC Press, Boca Raton, FL, USA143-166 (2021)
2. Serdar Türkeli, Beijia Huang, Satoshi Ohnishi, René Kemp; Issues, interventions, and innovations in the cement industry: A comparative trajectory analysis of eco-cement transitions in the Netherlands, China, and Japan, Chapter 29; *Circular Economy and Sustainability, Volume 1: Management and Policy*, 2022, Pages 545-566.

3. Jian Xue, Yanhu Ying, Wenbing Liu, Tingdong Zhou, Xinwei Zhao. Effect of Mn content on structural evolution and magnetic properties of ZnO particles, Journal of Superconductivity and Novel Magnetism. 34, 7-13 (2020), SCI Search No.: 000580399200001.

### 招待講演

1. Mutsumi Sugiyama, Ayaka Kanai, Naruhide Kato: “Current status of earth abundant materials for next-generation solar cells”, 2021 Materials Research Society - Taiwan International Conference (2021 MRSTIC), B1. Solar Cells (Organic Solar Cells, Inorganic Solar Cells, Perovskite Solar Cells), Taipei, Taiwan, B1-0326, Online.
2. Ishwor Khatri, Mutsumi Sugiyama, Sascha Sadawasser: “Alkali-Metal Treatment for High-Efficiency CIGS Solar Cells”, 2021 Materials Research Society - Taiwan International Conference (2021 MRSTIC), B1. Solar Cells (Organic Solar Cells, Inorganic Solar Cells, Perovskite Solar Cells), Taipei, Taiwan, B1-0429, Online.
3. Takashiro Akitsu et al., “Electrode materials for laccase using two dimensional MXene ” Virtual Meet on 2D Materials and Graphene (2022), Online.
4. Joonam Kim, Naruhide Kato, Tomohiro Hamada, Yuta Arai, and Mutsumi Sugiyama, “Utilization of Visible Light Transparent Solar Cells Using Wide Bandgap Oxide Materials for IoT Devices”, 6th International Conference on Advanced Electromaterials2021, Advanced Photovoltaic Materials and Devices, Korea, Jeju, Online.
5. 生野 孝: “異分野連携で瀬戸内の海ゴミゼロは達成できるのか?”, 超異分野学会香川フォーラム 2021, 高松, 香川.

### 受賞

1. 講演奨励賞受賞: 令和3年 応用物理学会 多元系化合物・太陽電池研究会 年末講演会 高橋和樹, 佐藤公輝, 松島聖人, 金 冑男, 杉山 睦: “Vertically aligned MoS<sub>2</sub>を用いた水分解によるH<sub>2</sub>生成の検討” (2021年12月)
2. 優秀学生発表賞 (ポスター): Annual Meeting on Photochemistry 2021, Haruki Nagakawa, Morio Nagata “Elucidation of the Effect of Type II Electron Transfer on Photocatalytic Hydrogen Production” (2021年9月)
3. Best Oral Presentation Award: International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology, H. Komatsu, Y. Kawamoto, and T. Ikuno: “Carrier transport properties of hetero nanostructures based on cellulose nanofibers”, Pattaya, Thailand (Online).
4. 2021年度若手研究発表会奨励賞: 日本太陽エネルギー学会 2021年度若手研究発表会 谷名香里, 植田 讓, “大規模太陽光発電所におけるモジュール動作点密度を用いた故障ストリング検出” JSES 若手研究発表会 No. 16 (2021年7月)
5. Innovative PV 奨励賞: 日本太陽光発電学会第18回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム 皆井健太, 崔 錦丹, 植田 讓, 大関 崇 “需給調整に向けた太陽光発電の出力制御に伴う蓄電池運用” 第18回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第1回日本太陽光発電学会 学術講演会) (2021年10月)
6. 若手エンジニア向けの研究発表 (YSP) 優秀論文発表賞: 2021年電気学会産業応用部門大会, 高橋和輝, 林 優太, 片山 昇: “機械学習による温度特性を考慮したリチウムイオン電池のSOH推定”, (2021年10月22日)
7. 1st Place: 1st Open Competition for Better Battery Service Algorithms, 高橋和輝, 打川大悟, 得田大悟, 久保峻樹, 土屋 億ダニエル, 山本裕己, 塚崎紀貴, 小平大輔, 片山 昇 (2021年12月20日)
8. ポスター賞: 大場 真, 中村省吾, 大西 悟, P-07 木質バイオマスを利活用したエネルギーシステムの脱炭素効果評価, バイオマス科学会議発表、一般社団法人 日本エネルギー学会 バイオマス部会 (2022年1月)

## 研究課題（研究者別）

### 杉山 睦

#### 「Earth abundant 材料を用いた次世代太陽電池に関する研究」

ありふれた材料で構成された Earth-abundant 系太陽電池の一つである CuSnS(CTS)系太陽電池の発電効率向上に向け、Ag および Ge を添加することで、禁制帯幅と価電子帯・伝導帯位置をコントロールすることが出来るとともに、組成と表面形態との相関などを検討した。またこれまで明らかにされていなかった、CuSnGeS 系薄膜の硫化温度に対する結晶生成プロファイルをはじめて明らかにし、高効率太陽電池実現のための礎を築くことができた。

### 趙 新為

#### 「透明型太陽電池に関する研究」

本年度は、有機半導体/酸化半導体および全有機半導体の透明型太陽電池を試作し、動作の確認と特性の向上を引き続き図った。また、バルク量子ドットタイプの太陽電池を試作し、ドットの分散改善により発電できることになった。来年度は、さらに転換効率の向上を図り、透明太陽電池を試作し、評価する。

### 秋津 貴城

#### 「バイオ燃料電池カソードメディエータを目指したシアノ金属—銅錯体の探索」

ラッカーゼはバイオ燃料電池のカソードで酸素還元触媒となる。昨年度のシアノ金属錯体を利用したバイオ燃料電池の要素に続き、本年度は、1～3次元シアノ架橋エチレンジアミン系銅-金属錯体に関して、各種分光法・電気化学測定・DFT 計算・ドッキング計算等を用いて系統的に検討した。市販試薬の錯体とラッカーゼとの複合体のリン酸バッファー溶液を調製した。各種分析手法から直接電子移動またはメディエータ電子移動の両機構を取りうることを明らかにした。

### 植田 譲

#### 「太陽光発電システムに関する研究」

太陽光発電システムの発電特性評価・不具合検出・劣化分析などシステムの設計から、電力システムにおける運用まで、システム技術の開発および需要家側分散電源として太陽光発電システムを利用するエネルギーマネジメントに関する研究を行っている。2020 年度以降は太陽光発電所における発電量予測評価技術開発や、発電電力量に加えて調整力を創出する運用手法について、NEDO プロジェクトに参画し研究を行っている。

### 永田 衛男

#### 「有機系太陽電池と人工光合成に関する研究」

光合成タンパク質を用いたバイオ太陽電池の高効率化を目指して、TiO<sub>2</sub> 層に散乱層を導入し性能向上を行った。人工光合成では、CdO<sub>x</sub>/CdS/SiC 複合光触媒または銅、インジウムドーブ型硫化亜鉛(CIZS: Cu, In-doped ZnS)光触媒の新規合成手法を開発した。さらに作製した光触媒を、太陽光下における植物性バイオマスの光改質反応に応用することで、高効率で水素を製造できることが明らかになった。それぞれの光触媒の論文はアメリカ化学会誌の Supplementary Cover と Wiley 出版の Inside Front Cover に選出された。

### 近藤 潤次

#### 「地理的に分散した太陽光発電システム群の出力予測に関する研究」

地理的に分散した太陽光発電(PV)システム群の発電出力データがスマートメータ等により容易に収集できる状況を想定し、それらの出力データを用いて短時間先の個々の PV システムの出力を予測する手法を研究した。PV 出力データを規格化した値の地理的分布の時間変化から、画像処理で用いられる動き推定手法を応用して、短時間先の分布を予測する。動き推定ベクトルの地理的分布の一様性を決めるパラメータを変化させて、予測誤差を最小にする最適値を求めた。この最適値を用いて推定した場合、前の時刻の発電出力が持続するとした簡易的な予測手法と比較して、予測誤差を半分以下に低減できることを示した。

## 片山 昇

### 「深層強化学習を用いたエネルギーシステムのマネジメントの研究」

太陽光発電や風力発電、燃料電池などの分散型エネルギー源は多様化しエネルギーマネジメントは複雑化しており、深層強化学習を用いてエネルギーシステムのマネジメントを行うことを提案している。これまではモデル化したエネルギーシステムを用いて学習を行い、エネルギーシステムの経済性を高める手法について検討を行っていたが、これらの実機実験により実証を太陽光発電と蓄電池を組み合わせたシステムの構築を行った。

## 生野 孝

### 「低発電コスト振動発電素子に関する研究」

異種物質の接触・離間もしくは摩擦により発電するトライボ発電素子に関する研究開発を実施している。トライボ発電素子に用いる高分子ポリマーフィルムへ TiO<sub>2</sub> 微粒子やエアナノ空孔を添加し、さらにコロナ放電により負の永久固定電荷を形成することにより、出力電圧が 26 倍に向上した。今後は、高分子ポリマーの表面処理を実施し、出力電流向上を試みる。

## 原口 知之

### 「印刷可能な多孔性金属錯体による結晶配向膜の構築」

金属錯体ナノシートのコロイド溶液を用いて多孔性金属錯体の結晶配向膜を簡便に構築し、色素増感太陽電池などへの応用利用を検討した。イオン性フレームワークなどの様々なナノシートについて結晶配向膜を構築可能であることを明らかとした。今後は構成要素を変えていくことで階層的に構造と HOMO/LUMO のエネルギー準位の制御を行い、幅広い波長の光を吸収し、高効率に電子を輸送する色素増感型太陽電池を目指す。

## 中根 大輔

### 「Fe(III)錯体を用いた直接メタノール燃料電池燃料極触媒の開発」

直接メタノール燃料電池の燃料極触媒として安価な鉄イオンを用いた錯体触媒を新規に合成し、それらの各種分光学的を明らかにした。各鉄錯体の電気化学性質を評価したところ、これらの鉄錯体には十分なメタノール酸化触媒能があることが示唆された。実際に酸素雰囲気下、室温でのメタノール酸化反応を試みたところ、電子供与基を有する鉄錯体により高い触活性を有していることが明らかになった。

## 崔 錦丹

### 「太陽光発電による調整力創出のための Headroom 制御」

天気が大きく左右される太陽光発電の導入促進には調整力確保が必要となる。また、太陽光発電の拡大導入により日中の電力市場価格が低くなる日が予想されスポット市場だけへの売電は収益性が低い。この 2 点より太陽光発電のエネルギー (kWh) 価値に加え  $\Delta$ kW 価値を創出するための Headroom 制御について検討を行った。前日計画段階において kWh 計画値を下げ、上げ調整力  $\Delta$ kW を確保する手法である、発電予測の誤差吸収問題と 2 つ市場への計画値比率問題 2 段階に分けて問題を解くアルゴリズムを開発する。

## 金 冑男

### 「多層層状物質を用いたエネルギーデバイスへの応用」

多層層状物質は高い光吸収係数や移動度、科学的な安定性を持つため、エネルギー分野への次世代半導体材料として注目されているが、成長メカニズムの詳細やデバイスの実用化に向けた報告はまだ数少ない。本年度は基板に対して縦軸方向に成長させた多層層状薄膜のナノシートの配向性制御と水素生成用触媒への影響の検討を行った。また、ナノシートの構造を変化させエネルギーハーベストデバイス(流体発電)の試作を行った。今後、多層層状物質の成長メカニズムの詳細を明らかにし、エネルギーデバイスの実用化に向けた基盤研究を行う。

## 小平 大輔

### 「Ethereum を用いた電力の P2P 取引手数料の定量的評価」

P2P 取引をブロックチェーンプラットフォーム (Ethereum) で行うことを想定した際に、取引に係る手数料 (Gas) を 3 つの観点から定量的に評価した。1 つ目は約定方式について。板寄せ方式とザラバ方式を同条件で比較したところ、10 名の参加者がいる場合、ザラバ方式の方が 1 取引あたり 3.1 万円有利であることが明らかになった。また、プラットフォームに参加するメンバーを登録メンバーのみで行うクローズド市場と、都度参加者を募るオープン市場の場合について手数料を評価した。結果として、参加メンバーが 1 名増加するごとに、オープン市場では手数料が平均 9.9% 上昇することが明らかになった。また、全体をとおして、Ethereum のプラットフォームでは取引手数料が高く、10 名がザラバで参加した場合で、1 取引あたり 7~10 万円程度の手数料がかかる。そのため、小規模な電力取引には不向きであることが明らかになった。

## 平田 陽一

### 「災害による停電を想定しスマートコンセントを活用する再生可能エネルギー復旧システム」

天候、温度を入力とした場合の太陽光発電システム、バッテリー、負荷装置の各機器の動作特性を入力した EMS シミュレーションを完成した。太陽光の変動により、太陽光発電の出力、バッテリーの SoC (State of Charge)、負荷電力の時刻別変化がシミュレートされた。続いて、各機器を具体的に EMS ソフトにより制御し、動作することを確認した。また、スマートコンセントの実現で、蓄電池コストを抑えたシステムが可能となる。

## 渡邊 康之

### 「光合成と太陽電池の両立を目指した太陽光高度利用技術開発」

光透過型有機薄膜太陽電池 (ST-OPV) の発電効率向上に向け、杉山研究室と共同研究を行い、発電層である有機半導体上への透明電極を形成し、ST-OPV の作製に成功した。また、OPV の波長選択性を活用した農業ビニールハウスでの実証試験に向けて、OPV 下における植物の光合成速度を測定し、発電と農業の両立が可能であることを定量的に示した。さらに、OPV の応用展開として発電とオイル燃料産生の両立を目指して藻類培養に必要な光波長及び光強度に関して、人工太陽光下での培養実験を行い、発電特性—藻類培養速度特性のデータを取得し、発電とオイル産生藻類の両立を示唆する結果を得た。

## 白方 祥

### 「ナローギャップカルコパイライト半導体の研究」

新しい薄膜太陽電池の候補である多元系半導体のバルク単結晶の成長を行い、その基礎物性である結晶構造、バンドギャップ測定、吸収係数測定、ラマン散乱測定を行う。これらよりバルクと多結晶の特性の比較検討を行う。昨年度成長した  $\text{CuIn}(\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x)_2$  のバルク単結晶、および今年度作製した  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  (CTS) 結晶に対して上に述べた測定を行う。なお  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  (CTS) 結晶に対して、融点からの徐冷で成長を行った。今後、二温度法を用いて単斜晶のバルク結晶の成長を行う予定である。

## 大西 悟

### 「バイオマス熱利用を主とした産業部門への適正な再生エネ導入に向けた設計・評価」

地域主導の脱炭素化を実現するために、バイオマス熱利用を主とした産業部門への適正な再生エネ導入は重要な課題である。産業都市、中山間地域、震災復興地域における地域計画と社会実装を見据えた再生エネ導入のビジョン策定、ビジネスモデルの構築に向けて公民学連携の体制を整備し、地域特性に応じた設定と評価を行うことで、実際の事業者の意思決定を支援していく。



## アンビエントデバイス研究部門

# アンビエントデバイス研究部門について

## 1. 概要

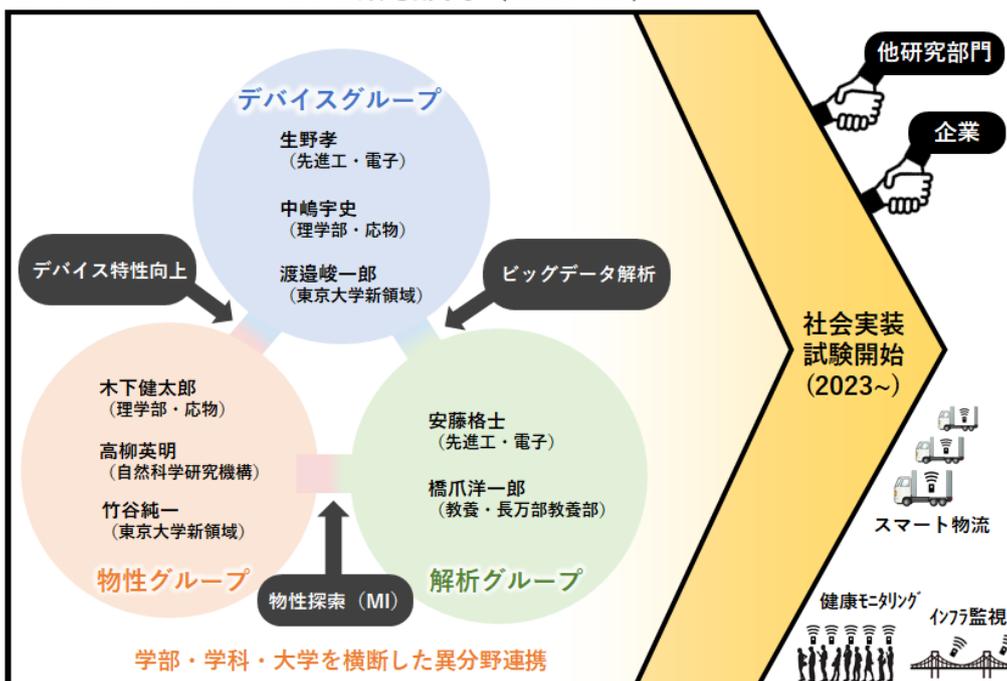
アンビエントデバイス研究部門は、環境に溶け込み、環境情報を抽出するアンビエントデバイスの大量普及時代を見据え、部門設置期間中にアンビエントデバイスに関わる材料物性制御・デバイス創製・取得データ解析の研究を実施し、社会実装を目指す。リサイクルやアップサイクルを含め、デバイスが土に還るまでを考慮した環境にやさしい再生プロセスを検討し、抽出されたデータの利用及び解析手法（AI、確率共鳴等）も研究の対象とする。

## 2. 研究部門の構成

### ・構成メンバー

職名	氏名	所属
部門長・准教授	木下 健太郎	理学部第一部応用物理学科
副部門長・准教授	生野 孝	先進工学部電子システム工学科
客員教授	高柳 英明	総合研究院大学共同利用機関法人 自然科学研究機構・理事
准教授	中嶋 宇史	理学部第一部応用物理学科
准教授	安藤 格仕	先進工学部電子システム工学科
准教授	橋爪 洋一郎	教養教育研究院北海道・長万部キャンパス教養部
客員教授	竹谷 純一	東京大学大学院 新領域創成科学研究科
客員准教授	渡邊 峻一郎	東京大学大学院 新領域創成科学研究科

### アンビエントデバイス研究部門（2020-23）



### 3. 各研究グループの活動報告

#### 3. 1. イオン液体充填による金属有機構造体 (MOF) の物性制御

イオン液体 (IL) 充填前後における金属有機構造体  $\text{Cu}_3(\text{btc})_2$  単結晶の大気中での結晶構造変化を X 線回折により明らかにした。IL 未充填の  $\text{Cu}_3(\text{btc})_2$  では分単位で結晶構造の劣化が確認された。一方、IL 充填  $\text{Cu}_3(\text{btc})_2$  では 1 週間経過後も結晶構造は変化せず、更に、ナノインデンテーション試験の結果より、IL の充填が  $\text{Cu}_3(\text{btc})_2$  の機械的強度を向上させることが確認された。水分耐性の低さと機械的強度の脆弱性が MOF のデバイス応用を阻む要因であったが、両課題は IL の充填により同時に解決できることが明らかにされた。(木下)

#### 3. 2. イオン液体をベースとするエッジ AI デバイスの開発

エッジ AI 学習に対する適用性の高い「リザーバーコンピューティング (RC)」において、学習性能を左右する物理リザーバードバイスに応用可能な物質として、高い分子デザイン性を有するイオン液体 (IL) を提案した。IL の誘電緩和を利用するもので、IL の粘性制御により、入力信号に対する学習性能の最適化が可能であることを明らかにした。これにより、生活環境で生じる信号をリアルタイムで学習し、周期など、信号の特徴に応じて学習性能を最適化することが可能な AI デバイスの実現が期待される。(木下)

#### 3. 3. 無機導電性ブリッジメモリを混載した有機 RFID の開発

昨年度の取り組みにより部門メンバーである東京大学竹谷教授の高性能有機 RFID に搭載する無機抵抗変化型メモリとして  $\text{Cu}/\text{WO}_3/\text{Pt}$  導電性ブリッジメモリが有望であることが明らかになった。今年度は無機  $\text{Cu}/\text{WO}_3/\text{Pt}$  メモリを混載した有機 RFID の実現を目指し、テスト・エレメント・グループ (TEG) による評価を実施した。これにより素子構造と製造プロセスが構築されつつある。(木下)

#### 3. 4. 有機 RFID 用有機 FET の特性ばらつき問題の解析

有機半導体を用いた RFID タグに向けたオペアンプを構築するため、東大竹谷研究室にて均質な特性の有機 FET の研究開発が行われている。作製された有機 FET は伝達特性において不均質なヒステリシス特性を示すものが含まれているため、ヒステリシスの除去を目指し、この起源の解明を試みた。S、D 電極付近の  $V_g$  に依存する界面抵抗の存在に着目し、LTSpice を用い界面抵抗を含んだ過渡応答シミュレーションを行った。自動フィッティングアルゴリズムを LTSpice に組み込み計算を繰り返し行ったところ、定性的にヒステリシスを再現できた。今後は、実デバイスのデータにフィッティングさせ、実験プロセスへのフィードバックを試みる。(生野)

#### 3. 5. 使用済みフレキシブルデバイスのカーボンナノチューブ化

プラスチック基板と有機半導体から構成されるフレキシブルデバイスの使用後、単に廃棄するのではなく、産業的に有用な CNT へ変換する技術を確認した。効果的に高分子を分解するプロセスと流体制御を行うことにより、各種プラスチックを CNT へ高速かつ大量に変換することができた。今後は実デバイスの CNT 化を行う。(生野)

#### 3. 6. エネルギーハーベスティングを用いたエッジデバイスの研究開発

振動発電によって供給される電力を用いて、電池レスで動作する異常診断システムを構築した。充放電回路、インピーダンスマッチング回路、機械学習を用いた解析アルゴリズムを最適化し、監視対象とするコンプレッサーの異常状態を 98% の精度で判別することに成功した。また、振動発電素子、加速度センサ、低消費電力無線を用いて、観客ならびに演者の動作を機械学習によってリアルタイムに判別するシステムを開発した。モーションの判別精度を改善するとともに、遠隔ライブおよびテレビ放送事業への実装研究を開始させることができた。(中嶋)

### 3. 7. ビッグデータの解析

ビッグデータ解析は、解析可能なデータの取得が十分に得られなかった。そこで、統計モデルを用いたデータ分析手法について検討を進めた。従来、多体系の物理学ではしばしば利用される熱力学量としての内部エネルギーやエントロピーをデータ分析に応用した手法を見出した。これは2022年度に特許出願できるかどうか検討中である。(橋爪)

### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

部門メンバーが個々に進めている上記研究テーマについては、いずれも進展著しく、各分野のトップランナーとなっている。一方、目標として掲げているアンビエントデバイスの創生に向けた各テーマの融合は進捗が芳しくない。引き続き要素技術を磨くことは勿論であるが、今後、メンバー間の連携をより深めていく必要がある。また、各要素を集積化するための知識・ノウハウを具えた人材に新メンバーとして参入頂くことの必要性も感じている。

### 5. むすび

次年度は本部門の最終活動年度となる。優れた研究者の集まる総研院の環境を堪能し、オンリーTUSと言える研究成果をもって部門の集大成としたい。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Hiroshi Sato, Hisashi Shima, Yusei Honma, Yasuhisa Naitoh, Hiroyuki Akinaga, Toshiki Nokami, Toshiyuki Itoh, Dan Sato, and Kentaro Kinoshita: “Control of the data-retention characteristics of ionic-liquid conducting bridge memory by designing device structures based on corrosion mechanisms”, Applied Physics Express, 14, 8 (2021) 084005. (査読有)
2. T. Ikuno and Z. Somei: “Fabrication of Eutectic Ga-In Nanowire Arrays Based on Plateau-Rayleigh Instability”, Molecules, 26 (2021) 4616. (査読有)
3. R. Takita, K. Koshiji, H. Kokubo, W. Wongwiriyan, and T. Ikuno: “Effect of Injected Charges in Polydimethylsiloxane Films on Triboelectric Power Generation”, Sensors and Materials, 33 (2021) 4311. (査読有)
4. H. Komatsu, Y. Kawamoto, and T. Ikuno: “Freestanding Translucent ZnO-Cellulose Nanocomposite Films for Ultraviolet Sensor Applications”, Nanomaterials, 12 (2022) 940. (査読有)
5. Self-powered Fault Diagnosis Using Vibration Energy Harvesting and Machine Learning, Kota Tsuchikawa, Tomohiro Sato, Mitsuki Funato, Kiyotaka Imai, and Takashi Nakajima, Sens. Mater., in press (査読有)
6. Yoichiro Hashizume and Takanori Sugimoto, “A Toy Model Approach to Fractal Nature: Thermodynamics on a Cantor-Lattice Ising Model”, MATERIALS TRANSACTIONS, 62, 374-379 (2021). (査読有)

### 招待講演

1. 木下健太郎: “金属有機構造体の電子デバイス応用”, 電気学会・電子材料研究会「フレキシブル素子応用に向けた新規薄膜電子材料の合成と評価」(2021年11月18日~11月19日, オンライン).
2. Electrode/Nb-doped SrTiO<sub>3</sub> junction as a physical reservoir device, Kentaro Kinoshita, MEMRISYS 2021, Online, November 1-4, 2021.
3. 生野 孝: “異分野連携で瀬戸内の海ゴミゼロは達成できるのか?”, 超異分野学会香川フォーラム 2021, 高松, 香川.
4. Development of low-consumption diagnostic edge device by integrating vibration energy harvesting and machine learning, Takashi Nakajima, 1st International Conference on ENERGY Materials (ICEM2021), Online, November 7, 2021.
5. 中嶋宇史, 「フレキシブル圧電ポリマーを用いた振動エネルギーハーベスティング〜振動発電能とデバイス展開の可能性〜」, 日本機械学会 2021年度 年次大会, オンライン, 2021年9月8日
6. 中嶋宇史, 「機能性圧電ポリマーの開発とIoT センサーとしての応用展開」, 第92回武蔵野地区高分子懇話会・圧電ポリマーの微視的理解と応用展開, オンライン, 2021年9月23日

### 特許

1. 秋永広幸, 島 久, 内藤泰久, 佐藤洋士, 佐藤 暖, 松尾拓真, 木下健太郎, 伊藤敏幸, 野上敏材, 小林正和, 特願 2021-137167 (2021. 8. 25) 「情報処理装置および情報処理装置の制御方法」.
2. 秋永広幸, 島 久, 内藤泰久, 佐藤 暖, 松尾拓真, 木下健太郎, 野上敏材, 伊藤敏幸, 折井靖光, 小林正和, 特願 2021-032819 (2022. 3. 3) 「相互接続構造および情報処理装置」.
3. 内田秀樹, 山本貴博, 伊藤拓海, 森健士郎, 中嶋宇史, 橋爪洋一郎, 元祐昌廣, 特願 2022-061286 (2022. 3. 31) 「地震による建造物の損傷の計測方法及び計測システム」
4. 内田秀樹, 中嶋宇史, 元祐昌廣, 山本貴博, 特願 PCT/JP2022/016309 (2022. 3. 30) 「熱電変換モジュール」

## 広報

1. 中嶋宇史, 「ヒトコネクションテクノロジー」の実証実験を 東京理科大学と共同実施, 日経新聞, 2021年11月12日.
2. 生野孝中, 木下健太郎, 「セミコンジャパン 2021 におけるアンビエントデバイス部門の研究成果発表」, 東京ビッグサイト, 2021年12月14日(火) -17日(金).

## 受賞

1. Best Oral Presentation Award: International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology, H. Komatsu, Y. Kawamoto, and T. Ikuno: “Carrier transport properties of hetero nanostructures based on cellulose nanofibers”, Pattaya, Thailand (Online).

## 研究課題（研究者別）

### 木下 健太郎

#### 「抵抗変化メモリの有機デバイスへの混載及び AI 応用の研究」

抵抗変化メモリは、陰イオン拡散型、陽イオン拡散型、界面型の 3 種に大別されるが、この全ての研究開発に取り組んできた強みを生かし、混載材料及び使用目的に合った抵抗変化メモリを設計・作製する。抵抗変化メモリのアナログ抵抗変化及び抵抗減衰特性を生かした AI 応用の研究にも取り組む。

#### 「金属有機構造体 (MOF) 及びイオン液体のデバイス応用」

代表的な MOF である  $\text{Cu}_3(\text{btc})_2$  の大型単結晶を合成し、 $\text{Cu}_3(\text{btc})_2$  の本質的な物性を明らかにする。MOF の高密度細孔にイオン液体を充填することで、大気、真空を問わず、固体の様に使える高イオン伝導材料を実現する。

### 生野 孝

#### 「有機半導体デバイスの特性解析と使用済みデバイスのアップサイクル」

デバイス特性の均質性向上を目標に、有機半導体デバイスの特性解析を行い、実験プロセスへフィードバックする。使用済みフレキシブルデバイスを有用な機能性材料へ変換するプロセスを確立する。

### 中嶋 宇史

#### 「フレキシブルエネルギーハーベスティング材料を用いた新規 IoT デバイスの創成」

柔軟性や成形性に優れた圧電、熱電材料を用いて、貼付可能なエネルギーハーベスティングを実現するとともに、微小発電によって自立動作が可能な低消費診断系エッジデバイスの実現を目指した融合的研究に取り組む。

### 橋爪 洋一郎

#### 「複数の信号源からのデータの解析手法の検討」

アンビエントデバイスに代表される複数のセンサデバイスからは複数の信号情報が並列かつ多角的に流入する。そのような信号情報から有益なデータを取得するために、確率共鳴や機械学習・統計処理などを組み合わせた効率的な手法を検討する。

#### 「確率共鳴を利用したアンビエントデバイスの研究」

アンビエントデバイスは多くの素子が想定されるため、ノイズの効果が無視できない。そこで、メモリネットワークにおける確率共鳴現象に着目している。メモリ素子単体へのノイズの導入についての研究は盛んになされていて、ある程度のことは予測できる。一方で、それらが特定の目的のために構造を持つとき、非自明な現象が起こりうる。物性グループ・デバイスグループと協力して実験データを参照可能な状況になってきている。

### 安藤 格士

#### 「有機半導体 C8-DNBDT-NW の単層膜構造の分子動力学シミュレーション」

有機半導体は柔軟性に優れ、簡便な印刷プロセスによって低コストで製膜できるところから、次世代電子材料として注目されている。本研究では、分子動力学シミュレーションを用い、有機半導体の一つである C8-DNBDT-NW のナノシートの外部圧力による変形、ナノシート上部での水・イオンの挙動を分子のレベルで解析し、本有機半導体の圧力センサー、イオンセンサーへの応用に関する基礎的研究を行う。



## 生物環境イノベーション研究部門

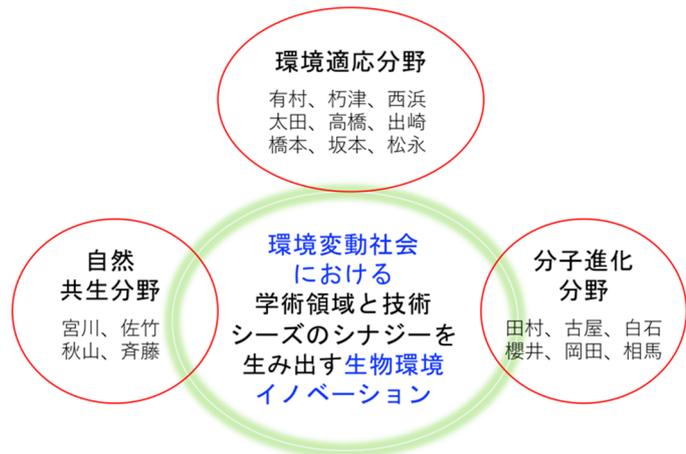
# 生物環境イノベーション研究部門について

## 1. 概要

生物環境イノベーション研究部門は、急速に変動する生存圏環境において、ヒトを含めた生命が適応、多様化、分子進化するための作用機序を紐解き、地球環境・生態系・生物多様性の保全のための基盤構築ならびに、食と健康の改善につながる新規技術シーズの開発を目指す研究部門である。本学の先進工学部、理工学部、理学部、および外部の生命系の研究者に加えて、環境物理学、大気化学分野における研究者が組織横断型に協力し、生命科学と環境科学を融合させた、新しい研究領域を開拓する。

## 2. センターの構成と施設設備

生物の環境適応、相互作用、分子進化、共進化、生態発生の分野で活躍する研究者が、「環境適応分野」「分子進化学分野」「自然共生分野」の3つのサブグループを形成している。従来の環境生物学、進化学、生態学の概念や垣根を壊した学術研究分野を創出し、待った無しの地球規模での環境変化の中で人類の存続に資する新しい技術シーズを構築することを目指し、活動に取り組んだ。



### <環境適応分野>

有村源一郎、朽津和幸、西浜竜一、太田尚孝、高橋史憲、出崎能丈、橋本研志、坂本卓也、松永幸大（東京大）

### <分子進化分野>

田村浩二、古屋俊樹、白石充典、櫻井雅之、岡田憲典（東京大）、相馬亜希子（千葉大）

### <自然共生分野>

宮川信一、佐竹信一、秋山好嗣、斉藤拓也（国立環境研）

### 共通施設設備

葛飾キャンパス実験棟を、動物飼育、植物栽培、生化学実験、分析化学、遺伝子組換え実験のためのP1（P1A、P1P）実験室として使用した。当該施設は、遺伝子組換え動物・植物・微生物の生育・実験のための備品の設置、および作業スペースを揃える（飼育・栽培システム、オートクレーブ、バイオクリーンベンチ、遺伝子導入装置等）。実験室の使用計画の内訳は、部屋番号170040302（57.55 m<sup>2</sup>）を動物飼育・植物栽培、170040304（56.30 m<sup>2</sup>）を生化学実験、分析化学、遺伝子組換え実験である。全ての実験は、「遺伝子組換え生物等の規制による生物多様性の確保に関する法律」および東京理科大学における「遺伝子組換え実験実施規則」に従って行われた。高圧ガス（液体窒素、ヘリウムガス等）、動物実験に関しても本学の安全規定に従って実施された。

## 3. 各研究グループの活動報告

各研究グループにおいて、各研究領域でイニシアチブをもつ部門員が集合し、「食」や「環境」の面から「世界の理科大」を発信するための基盤研究に取り組んだ。全体における活動として、以下の公開シンポジウムおよびセミナーを開催した。

## 公開シンポジウム

「～わたしたちの生活と生物環境を考える～」 2021. 11. 18

成果：生物環境イノベーション研究推進のため、今年度は、「環境医薬品の魚類次世代生産への影響解析」を一つのキーワードに、第一線の研究者を集めてシンポジウムを開催した。対面とオンラインとの融合形式で実施し、理科大ならではの融合研究のシーズともなり得る良い機会にもなった。

## 部門ワークショップ 2021. 7. 20

成果：部門員全員が本部門に関与する研究プロジェクトをショートプレゼンし、横断型の共同研究のためのスタートアップとなった。

## セミナー

「農業技術開発における生化学的アプローチの有用性」（岩手生物工学研究センター 根本圭一郎 主任研究員）2021. 7. 6

「サリドマイドによる催奇形性の分子機構」（愛媛大学プロテオサイエンスセンター 澤崎達也 教授）2021. 7. 13

「植物の香り生合成の進化」（山口大学大学院創成科学研究科 松井健二 教授）2021. 10. 13

「植物におけるポリイソプレノイド生合成機構」（東北大学大学院工学研究科 高橋征司 准教授）2021. 10. 20

### 3. 1. 環境適応分野について

生命の環境応答センシングのための作用機序を明らかにし、環境ストレス適応型栽培技術等の新技術の開発を目指している。本年度は、そのための学術基盤の構築に取り組んだ。

### 3. 2. 分子進化分野について

生命の適応・多様化を可能にするためのゲノム進化やセントラルドグマの作用機序を、従来見過ごされてきた進化の観点から解析し、これまでの常識に捕われない新しい生命システム技術の開発を目指している。本年度は、そのための学術基盤を構築した。

### 3. 3. 自然共生分野について

生態系及び生物多様性の保全とそれに資する科学的知見を集積し、化学物質等の生物へのリスク評価や大気・水・土壌等の環境管理・改善のための技術を開発している。本年度は、そのための学術基盤を構築した。

## 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

コロナ禍でありながら、部門内ワークショップや公開シンポジウムを開催することで部門内の横断型共同研究および情報交換ができた。しかし、理科大における当該分野研究の存在意義を広く世の中にアピールするためには、学内外における学術機関や企業との共同研究の発展やアウトリーチ活動のさらなる発展が重要であると考えます。また、研究部門を起点とした大型予算の獲得および、部門員間の共同研究の成果を学会や学術論文等に発表することを目指す。

## 5. むすび

今年度の研究成果を踏まえ、今後、様々な生物種の環境適応能力と分子進化のメカニズムを紐解き、環境変動に直面する21世紀において、生態系・生物多様性の保存（＝地球環境/エコシステムの健全化）につながる、さらなるイノベーションを目指す。さらに、環境生物学や生態学といった個別でこれまで発展してきた研究領域を融合した、我が国にこれまで無かった新学術変革領域を創出する。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Sustained defense response via volatile signaling and its epigenetic transcriptional regulation, Onosato H., Sakamoto T., Matsunaga S., Arimura G. (他 9 名), *Plant Physiol.*, in press (査読有)
2. Immune gene activation by NPR and TGA transcriptional regulators in the model monocot *Brachypodium distachyon*, Shimizu K., Desaki Y., Arimura G. (他 9 名), *Plant J.*, in press (査読有)
3. Sexual fate of murine external genitalia development: conserved transcriptional competency for male-biased genes in both sexes, Kajioka S., Miyagawa S., Yamada G. (他 12 名), *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 118 巻 pp e2024067118, 2021 (査読有)
4. Novel validating indices to indicate sexual differences in the horsehair crab *Erimacrus isenbeckii* (Brandt, 1848), Toyota K., Arai Y., Miyagawa S., Kogo Y., Takeuchi K., *Aquat. Anim.*, AA2021, pp 1-8, 2021 (査読有)
5. Characterization of G protein-coupled estrogen receptors in Japanese medaka, *Oryzias latipes*, Miyaoku K., Ono A., Miyagawa S. (他 10 名), *J. Appl. Toxicol.*, 41 巻 pp 1390-1399, 2021 (査読有)
6. The rice wound-inducible transcription factor RERJ1 sharing same signal transduction pathway with OsMYC2 is necessary for defense response to herbivory and bacterial blight, Valea I, Motegi A, Kawamura N, Okada K. (他 12 名), *Plant Mol. Biol.*, in press (査読有)
7. Deciphering OPDA signaling components in the momilactone-producing moss *Calohypnum plumiforme*, Inagaki H., Miyamoto K., Okada K. (他 17 名), *Front. Plant Sci.*, in press (査読有)
8. Isolation and characterization of microorganisms capable of cleaving the ether bond of 2-phenoxyacetophenone, Oya S., Tonegawa S., Nakagawa H., Habe H., Furuya T., *Sci. Rep.*, 12 巻 pp 2874, 2022 (査読有)
9. Diversity and characteristics of culturable endophytic bacteria from *Passiflora edulis* seeds, Ishida A., Furuya T., *Microbiologyopen*, 10 巻 pp e1226, 2021 (査読有)
10. An efficient direct screening system for microorganisms that activate plant immune responses based on plant-microbe interactions using cultured plant cells. Kurokawa M., Nakano M., Kitahata N., Kuchitsu K., Furuya T., *Sci. Rep.*, 11 巻 pp 7396, 2021 (査読有)
11. Arabidopsis TBP-ASSOCIATED FACTOR 12 ortholog NOBIR06 controls root elongation with unfolded protein response cofactor activity, Kim J.S., Sakamoto Y., Takahashi F. (他 5 名), *Proc Natl Acad Sci USA.*, 119 巻 pp e2120219119, 2022 (査読有)
12. Arabidopsis group C Raf-like protein kinases negatively regulate abscisic acid signaling and are direct substrates of SnRK2, Kamiyama Y., Hirotani M., Takahashi F. (他 13 名), *Proc Natl Acad Sci USA*, 118 巻 pp e2100073118, 2021 (査読有)
13. Long-distance stress and developmental signals associated with abscisic acid signaling in environmental responses. Yoshida T., Fernie AR., Shinozaki K., Takahashi F., *Plant J.*, 105 巻 pp 477-488, 2021 (査読有)
14. Effect of the gap height between the vibration plate and heating surface on boiling heat transfer in a boiling bubble resonator, Unno N., Yuki K., Taniguchi J., Satake S., *J. Thermal Sci. Technol.*, 16 巻 pp JTST0017, 2021 (査読有)
15. Impact of water treatment reactor using TiO<sub>2</sub>-coated micropillar made by UV-NIL, Daigo K., Akama R., Unno N., Satake S., Taniguchi J., *J. Photopolymer Sci. Technol.*, 34 巻 pp 127-132, 2021 (査読有)
16. The lack of the cell division protein FtsZ induced generation of giant cells under acidic stress in cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC6803. Kohga H., Saito Y., Kanamaru M., Uchiyama J., Ohta H., *Photosynthesis Res.*, 150 巻 pp 343-356, 2021 (査読有)

17. Evolution of ribosomal protein S14 demonstrated by the reconstruction of chimeric ribosomes in *Bacillus subtilis*, Akanuma G., Kawamura F., Watanabe S., Okawa F., Natori Y., Nanamiya H., Asai K., Chibazakura T., Yoshikawa H., Soma A., Hishida T., Kato-Yamada Y., *J. Bacteriol.*, 203 巻 pp e00599-20, 2021 (査読有)
18. A decline in emissions of CFC-11 and related chemicals from eastern China, Park S., Western LM, Saito T. (他 20 名), *Nature*, 590 巻 pp 433-437, 2021 (査読有)
19. Improvement of the affinity of an anti-rat P2X4 receptor antibody by introducing electrostatic interactions, Shinozaki C., Kohno K., Shiroishi M. (他 9 名), *Sci. Rep.*, 12 巻 pp 131, 2022 (査読有)
20. Facile preparation of a hairpin DNA-gold nanoparticle monoconjugate with a single-dye molecule and lactobionic acid as targeting ligand, Mukaida A., Adachi R., Akiyama Y., Kamimura M., *Anal. Sci.*, 37 巻 pp. 785-788, 2021 (査読有)
21. Functional analyses of the two distinctive types of two-pore channels (TPCs) and the slow vacuolar channel in *Marchantia polymorpha*, Hashimoto K., Koselski M., Tsuboyama S., Dziubinska S., Trębacz K., Kuchitsu K., *Plant Cell Physiol.*, 63 巻 pp 163-175, 2022 (査読有)
22. Amino acid activation analysis of primitive aminoacyl-tRNA synthetases encoded by both strands of a single gene using the malachite green assay, Onodera, K., Suganuma, N., Tamura, K. (他 8 名), *Biosystems*, 208 巻 104481, 2021 (査読有)
23. Improved clearing method contributes to deep imaging of plant organs. Sakamoto Y., Matsunaga S. (他 9 名), *Commun. Biol.*, 5, 12 12 pages 2022 (査読有)

## 著書

1. Epigenetic regulation of sex determination and toxicity in non-mammalian vertebrates. In: *Genomic and Epigenomic Biomarkers of Toxicology and Disease: Clinical and Therapeutic Actions*, Safu S (Ed.), Yamagishi G, Iguchi T, Miyagawa S. Wiley. in press.
2. 環境要因による性決定, 宮川信一, *ファルマシア* 58 巻 1 号 pp 39-43, 2022
3. Peptide Signaling in Plants, Wu Q., Schmidt W., Aalen RB., Xu C., Takahashi F., *Front. Plant Sci.* 出版社, 13 巻 pp 843918, 2022

## 招待講演

1. 安全な食と環境をめざした有機農業システムの開発に向けて, 有村源一郎, TUS Forum 2021, オンライン, 2021
2. Macro- and micro-perspective of signal transduction for trade-off between plants and insects, Arimura G., Tsukuba Conference 2021, オンライン, 2021
3. Specialized metabolites for plant defense: Transcriptional regulation of a wound inductive volatile production in rice, Okada K., IBMP Seminar, Strasbourg, France, 2021
4. Phytoalexins in rice: Biosynthesis, regulation, signaling, and what about the mode of action?, Okada K., JSPS-FWF 二国間交流事業共同研究 Seminar, Ludwig-Maximilians University (LMU), Munich, Germany, 2021
5. Towards the understanding of the information processing system in plants, Kuchitsu K., The Virtual QBIC Workshop 2021, オンライン, 2021
6. Design of a hairpin DNA-gold nanoparticle monoconjugate with a single-dye molecule for targetable molecular beacon strategies, Mukaida A, Adachi R., Akiyama Y., Kamimura M., The 38th International Conference of Photopolymer Science and Technology, オンライン, 2021
7. Towards the understanding of the information processing system in plants, Kuchitsu K., The Virtual QBIC Workshop 2021, オンライン, 2021

## 広報

1. 有村源一郎, 害虫ハスモンヨトウの唾液成分 植物の免疫力を弱くする作用, 日本農業新聞, 2021
2. 有村源一郎, 生物の相互作用から学ぶ食と環境保全, 理大科学フォーラム 38 巻 6 号, 2021
3. 宮川信一, 坂本卓也, 多彩な研究で豊かな環境と生態系を守っていく, 東京理科大学 SDGs 特設サイト (<https://www.tus.ac.jp/sdgs/731>)
4. 秋山好嗣, キャリアフリーDDS 製剤向け核酸医薬コンジュゲートの開発, JST 主催「イノベーション・ジャパン 2021 大学見本市 Online」, 2021

## 受賞

1. 有村源一郎, 2021 年度長瀬研究振興賞, 公益財団法人長瀬科学技術振興財団, 2021
2. 岡田憲典, 2021 International Excellence Fellow, Botanischen Institut, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Germany, 2021
3. 高橋史憲, 2021 年度自然科学研究助成, 公益財団法人三菱財団, 2021

## 研究課題（研究者別）

### 秋山 好嗣

#### 「1分子モレキュラービーコン固定化金ナノ粒子の蛍光特性に関する研究」

ステム・ループ構造を有する DNA の両末端に、蛍光色素 Cy5 と金ナノ粒子を導入したモレキュラービーコンを作製した。完全相補な一本鎖 DNA の存在下で著しい蛍光の増大を確認し、かつ配列特異的な蛍光検出を実証した。本ナノ粒子は、ターゲティング素子の導入が可能な構造的な特徴を有していることから、標的細胞内での蛍光イメージングが期待される。

### 有村 源一郎、出崎 能文

#### 「生物の相互作用から学ぶ食と環境保全のための基盤研究」

食害された植物では害虫が分泌するエリシターが認識され、害虫に抵抗するための様々な防御応答および他生物とのコミュニケーションが促進される。本研究では、農薬散布等による環境問題や生物多様性の崩壊の解決の糸口として、植物の害虫認識および相互作用のメカニズムを紐解き、農薬に依存しない次世代の有機農法の開発に発展させるための学術基盤を構築した。

### 太田 尚孝

#### 「シアノバクテリアの酸性ストレス応答機構の解明と応用」

シアノバクテリアは、光エネルギーから二酸化炭素から様々な物質を生産することができるため、環境への負荷が低いバイオ燃料やバイオプラスチックなどを生産するホストとして注目されている。本研究では、シアノバクテリアの酸性ストレスに伴ういくつかの応答機構において役割を担う、脂肪滴の蓄積に関わる遺伝子変異やバイオフィルムの形成に関わる遺伝子を同定した。

### 岡田 憲典

#### 「植物におけるジテルペン型抗菌性化合物の生合成遺伝子クラスターの進化に関する研究」

イネで発見されたジテルペンファイトアレキシンのモミラクトンはイネゲノム上でクラスターを構成している。本研究課題では、下等植物の蘚類で初となるモミラクトン生合成遺伝子クラスターの存在とそのオキシリピンシグナルを介した誘導機構を、ゲノム科学および生化学的な観点で明らかにした。植物における遺伝子クラスター進化と生物学的な意味を追究する上で重要な発見と言える。

### 朽津 和幸、橋本 研志

#### 「植物が細胞壁空間に生成する活性酸素種の生理機能と標的因子の探索」

活性酸素種 (ROS) は一般に毒性が高い物質だが、植物の酵素 Rboh により積極的に生成される ROS は、さまざまな生理機能に関与する。Rboh を 2 種しか持たない苔類ゼニゴケの欠損変異体を用いた解析により、積極的に生成される ROS が、細胞の伸長・分裂・分化の制御や形態形成に必須なことを明らかにした。変異体では細胞壁の構造・物理的強度が異常となる可能性が示唆され、ROS の標的因子の探索を進めた。

### 斉藤 拓也

#### 「自然起源の揮発性有機化合物に関する大気化学研究」

揮発性有機化合物 (VOC) は、森の香りとして知られる化学物質群で、森林では主に植物のストレス対抗手段として生産・放出される。大気中に放出された VOC は、大気汚染、温暖化、オゾン層破壊をもたらす側面を持つ。本研究では、VOC の化学的多様性の把握、放出パターン種の種による違いやその規定要因の解析などを通して、VOC を介した森林—大気相互作用の解明を試みた。

### 坂本 卓也、松永 幸大

#### 「環境適応におけるエピジェネティクスとクロマチン変化に関する研究」

クロマチン変化のメカニズムをセントロメアの動態に注目して研究を進め、植物のセントロメア動態制御複合体を同定した。また、環境刺激によって引き起こされるエピジェネティクス変化を検出するイメージング技術の開発を進めた。

## 櫻井 雅之

### 「生物進化適応にみる核酸アデノシン塩基脱アミノ化編集に関する研究」

「生命のセントラルドグマ」における発現制御機構において、4種の塩基の化学構造を改変する機構が存在する。本研究では、RNAのアデノシン塩基脱アミノ化反応の結果であるイノシン塩基への改変機構の解明を試みている。高精度にイノシンを同定する手法を開発し、ヒト脳転写産物において1万7千カ所の新規部位を含む3万カ所のイノシン部位を97%の精度で同定した。

## 佐竹 信一

### 「実験と数値計算を用いたシチトウイの穂波シミュレーション」

穂波のシミュレーション技術構築のための基礎研究として、シチトウイの動特性モデリング技術の確立を目指す。実在のシチトウイからの曲げこわさと振動数を計測した。その値をチャンネル乱流コードに適用し等間隔で植えられたシチトウイ圃場を計算機空間内作製し穂波の揺れとその上面の空気の流れを解析した。数秒間の風の流れを計算し動画を作製した。動画より流れと穂波の揺れの相関を見出した。

## 白石 充典

### 「ヒト膜受容体ならびに自己抗体における分子認識メカニズムの研究」

膜受容体に関する研究では、ヒスタミン H1 受容体に結合するドキセピン異性体の分析、H3 受容体のクライオ電子顕微鏡による構造解析を目指したサンプル調製を行った。さらに、自己抗体に関する研究では、リウマトイド因子 YES8c と RF-TS1 の Fv-clasp の大量調製系を確立し、親和性解析、ならびに構造解析に向けた結晶化を行った。

## 相馬 亜希子

### 「植物オルガネラの翻訳反応を司る tRNA レパートリーの同定と制御機構の探索」

オルガネラは独自の遺伝子発現系を有し、tRNA も各オルガネラゲノムにコードされているが、一般的に、コドンの数に対して tRNA 遺伝子の数や種類が圧倒的に足りない。本研究では単細胞藻類のオルガネラ tRNA のアンチコドン解析した結果、転写後修飾によってコドン認識能を拡張していることを明らかにした。また、その修飾酵素遺伝子を同定した。

## 高橋 史憲

### 「植物の環境ストレス応答における長距離シグナル伝達機構の解明と作物への利活用」

植物が乾燥ストレスを根で感受し、葉でストレス耐性に必要なホルモンであるアブシジン酸合成を促すセンサーモジュールの同定、およびその機能を明らかにした。特に受容体の下流で機能するシグナル伝達経路や転写因子、調節因子群の詳細な解析を行った。さらにこれらの知見をイネに応用し、環境ストレス耐性イネの作出を進めた。

## 田村 浩二

### 「生物環境イノベーションの根幹に位置する遺伝暗号の起源と進化に関する研究」

生命の適応・多様化を可能にするためのゲノム進化やセントラルドグマの作用機序を、従来見過ごされてきた進化の観点から解析し、これまでの常識に捕われない新しい生命システム技術の開発を目指す。

## 西浜 竜一

### 「コケ植物を用いた環境依存的な植物成長制御メカニズムの研究」

植物が備える高効率な再生機構についてゼニゴケを用いて解析した。その結果、主要な植物ホルモンであるオーキシンの内生量低下が細胞リプログラミングを誘導するという新規知見を得た。また、その際に重要な働きをする AP2/ERF 型転写因子を同定した。この遺伝子を通して、陸上植物の再生と幹細胞制御機構の進化に関する理解が、さらに深化することが期待される。

**宮川 信一**

**「自然との共生に不可欠な環境と生物の相互作用のメカニズムについての解析」**

すべての生物は、常に環境からさまざまな影響を受けている。特に発生途上の動物は、自らの生存と子孫の繁殖の可能性をより高めるために、外部の環境要因を巧みに利用して、表現型を変えることがある。このような現象は表現型可塑性と呼ばれる。本研究は、動物がどのように外部の環境情報を受容し、細胞内のシグナルへと変換するのかを明らかにすることで、生物と環境の相互作用の理解を深める。

**古屋 俊樹**

**「微生物・酵素機能の高度活用に関する研究」**

植物免疫活性化微生物は、ワクチンのように植物自身の免疫を高め、病原菌に広く効果を発揮することから、微生物農薬として期待されている。本研究では、微生物の植物免疫活性化能を評価する手法を開発し、新規有用微生物を取得するとともに、その作用機構を明らかにする。また、SDGs の観点から持続可能な物質生産手法への関心が高まっており、再生可能資源からの酵素を活用した有用物質生産プロセスの開発に取り組む。



# 統計科学研究部門

# 統計科学研究部門について

## 1. 概要

本研究部門では、研究テーマは異なるが、その背後にある共通理論に関心を持つ研究者が集結し、本質的な理論や手法について研究水準の向上を目指し、データサイエンス時代の新理論の創造や新分野への開拓などを行うことを目的とする。

構成は、2つの研究グループ「数理統計基礎グループ」と「応用統計研究グループ」からなり、東京理科大学データサイエンスセンターとも連携しながら研究を推進していく。

## 2. 研究部門の構成と施設設備

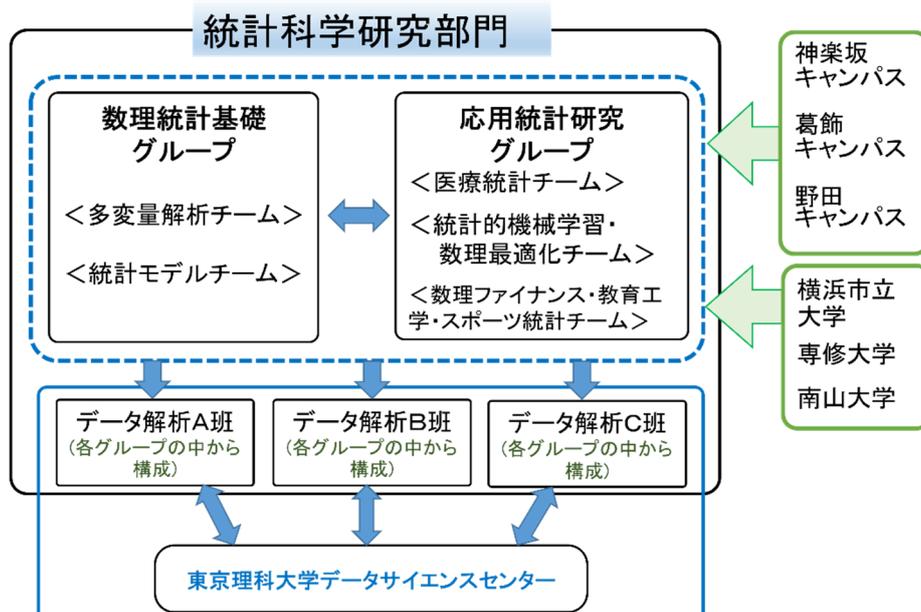
本研究部門は、大きく2つのグループで構成され、以下のような分野について研究を行っている。

### 1. 数理統計基礎グループ（リーダー：橋口博樹教授（理学部第一部応用数学科））

「多変量解析分野」は神楽坂・葛飾・野田キャンパスの各教員と客員准教授で構成され、各教員の既存の研究テーマ「多次元欠測データ解析」、「高次元データ解析」、「ランダム行列論」、「次元圧縮法」を中心に、応用統計研究グループへの発展・融合を視野にいて研究を行う。「統計モデル分野」は神楽坂・野田キャンパスの教員で構成され、「統計モデリングとモデル選択」、「ノンパラメトリック法」、「分割表統計解析」などのテーマで研究を行う。

### 2. 応用統計研究グループ（リーダー：寒水孝司教授（工学部情報工学科））

「医療統計分野」については、葛飾キャンパスの教員で構成され、医学研究を中心に研究デザインとデータ解析の方法論に関する研究活動を行う。「数理ファイナンス（時系列解析）」については、葛飾キャンパス、「教育工学」における量的分析による教育方法・システムの開発に関する研究については、神楽坂キャンパスの教員を中心に研究を行う。また、近年、「スポーツ統計学」という分野が注目されており、野田キャンパスの教員や客員准教授によりそれぞれ活発に研究が行われており、学生等の交流も交えた共同研究を行う予定である。「統計的機械学習・数理最適化分野」については、神楽坂キャンパスの教員を中心に、「統計・機械学習及び記号モデリングを融合した自然言語処理に関する研究」や「大規模な非線形最適化問題・機械スケジューリング問題の研究」を行う。



### 3. 各研究グループの活動報告

各グループでは、以下のような活動を行った。

#### 3. 1. 数理統計基礎グループについて

第5、7、8、9、10回の統計科学セミナーを通して、グループに所属する研究室の研究紹介や最新の研究話題の提供、外部講師による研究成果の報告が行われた。第5回のセミナーでは、Anderson-Darling 検定に関する研究成果や非特異ランダム行列論に関する研究成果が部門内研究グループから報告があった。第7回のセミナーでは、外部講師として菅澤翔之助氏(東京大学)から外れ値に頑健なベイズ推定についての研究成果の紹介、第8回セミナーでも橋本真太郎氏(広島大学)から非正則な統計モデルに対するベイズ予測の研究成果の紹介が行われた。第9、10回のセミナーでは、研究部門内の客員准教授である小泉和之氏(横浜市立大学)から実データを意識した構造方程式モデリングの改良について、同じく、研究部門内の客員教授である西山貴弘氏(専修大学)から Factor モデルにおける高次元平均ベクトルの検定についての研究報告があった。

#### 3. 2. 応用統計研究グループについて

医療統計チームは3名(寒水孝司、篠崎智大、安藤宗司(工学部情報工学科))で構成され、医学研究を中心に研究デザインとデータ解析の方法論に関する研究を進めている。3名の教員は大学院ゼミ等の時間を使って、研究課題に関する意見交換を進め、第6回統計科学セミナーを実施した。本年度の活動実績を次に示す。

##### (1) 医学研究の試験デザイン

- ・2剤併用療法の臨床試験における用量探索のためのコピュラ型モデルの柔軟な使用 (Biometrics 2021)
- ・がん第1相臨床試験における最大耐量の選択割合に基づく標本サイズ設計法 (計量生物学 2021)
- ・用量反応試験における深層強化学習を用いた最適な適応的割り付け (Statistics in Medicine 2021)

##### (2) 医学研究のデータ解析

- ・ランダム化比較試験における複数のヒストリカル対照データを組み込むための馬蹄事前分布の使用 (Statistical Methods in Medical Research (Accepted))
- ・多変数臨床予測モデル開発におけるブートストラップに基づくオプティミズム補正手法の比較有効性の再評価 (BMC Medical Research Methodology 2021)
- ・検証的がん臨床試験における後治療の感度解析: 2段階確率的動的治療レジメンによるアプローチ (Biometrics 2021)
- ・経時変化する治療と反復測定された複数の媒介変数に対する媒介 g-公式: 高齢2型糖尿病患者におけるコレステロール低下作用と抗炎症作用を介したアトルバスタチンの心血管疾患予防効果への適用 (Statistical Methods in Medical Research 2021)
- ・ブートストラップ法に基づくオプティミズム補正法による多変数予測モデルの予測精度指標の信頼区間 (Statistics in Medicine 2021)
- ・教科書における人口寄与割合の記載: いまが見直すべき時 (Global Epidemiology 2021)
- ・繰り返し治療に対する g-計算アルゴリズムにおけるバイアス増幅 (BMC Medical Research Methodology (Accepted))
- ・離散化された視力データを解析するための統計モデルの提案 (METRON, 2021)
- ・進行性疾患を対象とした順序カテゴリカル変数を評価項目とするランダム化比較試験における治療効果の推測法 (SUT Journal of Mathematics, 2021)
- ・握力データを離散化するためのカットオフ値の適切性を評価する統計モデルの提案 (Austrian Journal of Statistics (Accepted))

その他、数理ファイナンス(時系列解析)・教育工学・スポーツ統計チームについては、3キャンパスの教員および客員教授によりそれぞれ研究を行った。特に、統計的機械学習・数理最適化チームについては、神楽坂キャンパスの教員を中心に「統計・機械学習及び記号モデリングを融合した自然言語処理に関する研究」や「大規模な非線形最適化問題・機械スケジューリング問題の研究」を行った。

#### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

広報活動（ホームページの充実）やお互いの理論研究を深く理解し、キャンパス間、学部学科間を超えて大学院生、卒研究生も含めた統計科学セミナーを引き続き行っていく。さらにキャンパス間を超えて他分野の研究室の学生もゼミなどに参加できる環境の構築を行い、共同研究に繋げていくことを検討している。また、総合研究院データサイエンス医療研究部門との連携を進めるとともに、引き続き東京理科大学データサイエンスセンターとの連携も強化していく。

#### 5. むすび

東京理科大学データサイエンスセンターとの共催で6回の統計科学セミナーを開催した。今後も、引き続き連携を強化していくとともに、東京理科大学データサイエンスセンター経由で相談のある企業など外部機関への教育活動および共同研究も行っていく予定である。来年度も引き続き、本質的な理論や手法について研究水準の向上を目指し、データサイエンス時代の新理論の創造や新分野への開拓などを行うことを目的とする。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Multivariate normality test based on kurtosis with two-step monotone missing data, Kurita, E., Seo, T., Journal of Multivariate Analysis, 188 巻 104824 号, 2022 (査読有)
2. Simultaneous testing of mean vector and covariance matrix with three-step monotone missing data, Sakai, R., Yagi, A., Seo, T., Technical Report No.21-04, Statistical Research Group, Hiroshima University, Hiroshima, Japan, 2021 (査読無)
3. Predicting study duration in clinical trials with a time-to-event endpoint, Machida, R., Fujii, Y., Sozu, T., Statistics in Medicine, 40 巻 10 号, pp 2413-2421, 2021 (査読有)
4. Matrix decomposition in meta-analysis for extraction of adverse event pattern and patient-level safety profile, Matsuura, K., Tsuchida, J., Ando, S., Sozu, T., Pharmaceutical Statistics, 20 巻 4 号, pp 806-819, 2021 (査読有)
5. A test for treatment effects based on the exact distribution of an ordinary least squares estimator in sequential parallel comparison design, Tsuchida, J., Miyauchi, T., Ando, S., Sozu, T., Statistics in Biopharmaceutical Research, Published online, 2021 (査読有)
6. Flexible use of copula-type model for dose-finding in drug combination clinical trials, Hashizume, K., Tsuchida, J., Sozu, T., Biometrics, Published online, 2021 (査読有)
7. Sample size determination in phase I oncology trials based on selection probability of the maximum tolerated dose, Kawatsu, Y., Tsuchida, J., Ando, S., Hirakawa, A., Sozu, T., Japanese Journal of Biometrics, 42 巻 1 号, pp 55-64, 2021 (査読有)
8. Optimal adaptive allocation using deep reinforcement learning in a dose-response study, Matsuura, K., Honda, J., Hanafi, IE., Sozu, T., Sakamaki, K., Statistics in Medicine, Published online, 2021 (査読有)
9. The within- and between-laboratories reproducibility and predictive capacity of Amino acid Derivative Reactivity Assay using 4 mM test chemical solution: Results of ring study implemented at five participating laboratories, Fujita, M., Yamamoto, Y., Wanibuchi, S., Watanabe, S., Yamaga, H., Wakabayashi, K., Tahara, Y., Horie, N., Fujimoto, K., Takeuchi, K., Kamiya, K., Kawakami, T., Kojima, K., Sozu, T., Kojima, H., Kasahara, T., Ono, A., Journal of Applied Toxicology, 42 巻 2 号, pp 318-333, 2022 (査読有)
10. Within- and between-laboratory reproducibility and predictive capacity of amino acid derivative reactivity assay (ADRA) using a 0.5 mg/ml test chemical solution: Results of the study for reproducibility confirmation implemented in five participating laboratories, Yamamoto, Y., Fujita, M., Watanabe, S., Yamaga, H., Wakabayashi, K., Tahara, Y., Horie, N., Fujimoto, K., Takeuchi, K., Kamiya, K., Kawakami, T., Kojima, K., Sozu, T., Kojima, H., Kasahara, T., Ono, A., Journal of Applied Toxicology, Published online, 2022 (査読有)
11. Longitudinal effects of one-leg standing time on neuropathy outcomes in association with glycemic control in non-elderly patients with type 2 diabetes, Sugimoto, K., Sozu, T., Hoshino, T., Watanabe, Y., Tamura, A., Yamazaki, T., Ohta, S., Suzuki, S., Shimbo, T., Journal of Diabetes Investigation, Published online, 2022 (査読有)
12. Group cognitive behavioral therapy with interoceptive exposure for drug-refractory irritable bowel syndrome: a randomized controlled trial, Kikuchi, S., Oe, Y., Ito, Y., Sozu, T., Sasaki, Y., Sakata, M., Luo, Y., Sahker, E., Horikoshi, M., Seno, H., Furukawa, TA., American Journal of Gastroenterology, Published online, 2022 (査読有)
13. 複数の主要評価変数を用いる臨床試験の実際, 寒水孝司, 医学のあゆみ, 280 巻 5 号, pp 480-485, 2022 (査読無)

14. Measure of departure from point-symmetry for the analysis of collapsed square contingency tables, Iki, K., Yamamoto, K., Tomizawa, S., Open Journal of Statistics, 11 卷, pp 1062-1071, 2021 (査読有)
15. A generalized two-dimensional index to measure the degree of deviation from double symmetry in square contingency tables, Ando, S., Hoshi, H., Ishii, A., Tomizawa, S., Symmetry, 13 卷, Article number: 2067, pp 1-10, 2021 (査読有)
16. Non-inferiority marginal symmetry model and its decomposition for ordinal square contingency tables, Aizawa, M., Ando, S., Tahata, K., Tomizawa, S., SUT Journal of Mathematics, 57 卷, pp 147-165, 2021 (査読有)
17. A two-dimensional index for marginal homogeneity in ordinal square contingency tables, Ando, S., Noguchi, T., Ishii, A., Tomizawa, S., SUT Journal of Mathematics, 57 卷, pp 211-224, 2021 (査読有)
18. Improved approximate unbiased estimators the measure of departure from partial symmetry for square contingency tables, Nakagawa, T., Namba, R., Iki, K., Tomizawa, S., SUT Journal of Mathematics, 57 卷 2 号, pp 167-183, 2021 (査読有)
19. Two-dimensional index of departure from the symmetry model for contingency tables, Momozaki, T., Nakagawa, T., Ishii, A., Saigusa, Y., Tomizawa, S., Symmetry, 13 卷 11 号, pp 2031 (査読有)
20. Heterogeneous hypergeometric functions with two matrix arguments and the exact distribution of the largest eigenvalue of a singular beta-Wishart matrix, Shimizu, K., Hashiguchi, H., Journal of Multivariate Analysis, 183 卷 104714, 2021 (査読有)
21. Expressing the largest eigenvalue of a singular beta F-matrix with heterogeneous hypergeometric functions, Shimizu, K., Hashiguchi, H., Random Matrices: Theory and Applications, 11 卷 01 号, 2250005, 2022 (査読有)
22. The distribution of the sum of independent and non-identically generalized Lindley random variables, Kitani, M., Murakami, H., Hashiguchi, H., Communications in Statistics - Theory and Methods, accepted (査読有)
23. Asymptotic behavior of the distributions of eigenvalues for beta-Wishart ensemble under the dispersed population eigenvalues, Nasuda, R., Shimizu, K., Hashiguchi, H., Communications in Statistics - Theory and Methods, accepted (査読有)
24. Generalized heterogeneous hypergeometric functions and the distribution of the largest eigenvalue of an elliptical Wishart matrix, Shinozaki, A. Shimizu, K., Hashiguchi, H., Random Matrices: Theory and Applications, accepted (査読有)
25. BERT を用いた日本語係り受け解析の精度向上要因の分析, 宇田川忠朋, 久保大亮, 松崎 拓也, 2021 年度人工知能学会全国大会 (第 35 回) 論文集, 2021 (査読無)
26. 深層学習による非可逆圧縮を施した音声の復元, 松永隆太郎, 中谷俊介, 松崎拓也, 情報処理学会第 84 回全国大会発表論文集, 2021 (査読無)
27. Construction of a survival tree for dependent censoring, Shimokawa, A., Miyaoka, E., J. Biopharm Stat., 2 卷 31 号, pp 63-78, 2021 (査読有)
28. Clinical Impacts of EGFR Mutation Status: Analysis of 5780 Surgically Resected Lung Cancer Cases, Suda, K., Mitsudomi, T., Shintani, Y., Okami, J., Ito, H., Ohtsuka, T., Toyooka, S., Mori, T., Watanabe, SI., Asamura, H., Chida, M., Date, H., Endo, S., Nagayasu, T., Nakanishi, R., Miyaoka, E., Okumura, M., Yoshino, I., Ann. Thorac Surg, 111 卷, pp 269-276, 2021 (査読有)
29. Clinical features and outcomes of patients with stage I multiple primary lung cancers, Shintani, Y., Okami, J., Ito, H., Ohtsuka, T., Toyooka, S., Mori, T., Watanabe, SI., Asamura, H., Chida, M., Date, H., Endo, S., Nagayasu, T., Nakanishi, R., Miyaoka, E., Okumura, M., Yoshino, I., CANCER SCIENCE, 112 卷 5 号, pp 1924-1935, 2021 (査読有)
30. アンサンブル法に基づく異常値検知について, 錦織護直, 下川朝有, 宮岡悦良, 計算機統計学 (Bulletin of the Computational Statistics of Japan), 33 卷 2 号, pp 77-90, 2021 (査読有)

31. An active-set memoryless quasi-Newton method based on a spectral-scaling Broyden family for bound constrained optimization, Nakayama, S., Narushima, Y., Nishio, H., Yabe, H., Results in Control and Optimization, 3 巻, 100012, 2021 (査読有)
32. A globally convergent active-set memoryless quasi-Newton method based on spectral-scaling Broyden family for bound constrained optimization, Nishio, H., Nakayama, S., Narushima, Y., Yabe, H., Proceedings of the International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis & International Conference on Optimization: Techniques and Applications II, (in Hakodate, Japan, 2019), pp 147-160, 2021, (査読有)
33. A smoothing and scaling Fletcher-Reeves type conjugate gradient method for systems of nonsmooth equations, Narushima, Y., Yabe, H., Pacific Journal of Optimization, 17 巻, pp 547-564, 2021 (査読有)
34. 非線形半正定値計画問題に対する主双対内点法, 矢部 博, 山下 浩, 原田耕平, オペレーションズ・リサーチ, pp 29-34, 2021年6月号 (査読無)
35. Development of an Effective and Engaging Instructional Design and Technology Course, Nakamura, K., Misono, T., Watanabe, Y., International Journal for Educational Media and Technology, 15 巻1号, pp 81-94, 2021 (査読有)
36. Factors Affecting University Students' At-home Learning during the COVID-19 Pandemic, Matsuda, T., Watanabe, Y., Shigeta, K., Kondo, N., Kato, H., International Journal for Educational Media and Technology, 15 巻1号, pp 48-70, 2021 (査読有)
37. An Approach for Academic Success Predictive Modeling based on Multi-objective Genetic Algorithm, Kondo, N., Matsuda, T., Hayashi, Y., Matsukawa, H., Tsubakimoto, M., Watanabe, Y., Tateishi, S., Yamashita, H., International Journal of Institutional Research and Management, 5 巻1号, pp 31-49, 2021 (査読有)
38. 高校生の数学的問題解決方略使用を促す授業外学習教材の開発, 橋本佳蓉子, 渡辺雄貴, 日本教育工学会論文誌, 45 巻, Suppl.号, pp 137-140, 2021 (査読有)
39. 同期遠隔授業における生徒の協同作業に対する認識の変容, 島 智彦, 渡辺雄貴, 伊藤 稔, 教育メディア研究, 28 巻1号, pp 59-72, 2021 (査読有)
40. Evaluation of a Sequential Feedback System to Promote Nudge Among Learners and Support Learning Strategies, Kondo, T., Yokoyama, K., Misono, T., Inaba, R., Watanabe, Y., 44rd Annual AECT Proceedings, pp 96-105, 2021 (査読有)
41. Investigation of Psychological and Environmental Factors that Influence Assignments Completion, Matsuoka, R., Watanabe, Y., 44rd Annual AECT Proceedings, pp 162-171, 2021 (査読有)
42. Effects of a Problem-solving Framework Based on Engineering Design of Japanese High School Students, Tamaki, K., Watanabe, Y., 44rd Annual AECT Proceedings, pp 227-236, 2021 (査読有)
43. A Junior High School Science Teachers' Attitude Survey of Active Learning Classrooms in Science, Yano, S., Watanabe, Y., Okiharu, F., International Conference for Media in Education 2021 Conference Program and Proceedings, pp 181-182, 2021 (査読有)
44. Effectiveness of an Interface That Facilitates Nudge to Improve Note-Taking Strategies, Kondo, T., Yokoyama, K., Misono, T., Inaba, R., Watanabe, Y., International Conference for Media in Education 2021 Conference Program and Proceedings, pp 165-166, 2021 (査読有)
45. Transformation of Students: Problem-Solving Instruction Based on Engineering Design, Tamaki, K., Watanabe, Y., International Conference for Media in Education 2021 Conference Program and Proceedings, pp 177-178, 2021 (査読有)
46. How to Support Students in Implementation of Assignments, Matsuoka, R., Watanabe, Y., International Conference for Media in Education 2021 Conference Program and Proceedings, pp 163-164, 2021 (査読有)

47. Nudge for Note Taking Assist System: A Learning Strategy Feedback System Among Learners Through Their Tablet, Kondo, T., Yokoyama, K., Misono, T., Inaba, R., Watanabe, Y., 23rd International Conference on Human-Computer Interaction Proceedings Part 1, pp 315-331, 2021 (査読有)
48. Suggestions for Improving High School Students' Mathematical Explanation Skills, Komachi, M., Watanabe, Y., International Conference for Media in Education 2021 Conference Program and Proceedings, pp 138-139, 2021 (査読有)
49. The Learning Strategy Classification for Learning Goals in High School Mathematics, Jitsukawa, H., Watanabe, Y., International Conference for Media in Education 2021 Conference Program and Proceedings, pp 179-180, 2021 (査読有)
50. Deep Representation Learning with an Information-theoretic Loss, Ando, S., Computing Research Repository (CoRR), DOI: 10.48550/arXiv.2111.12950, Feb. 2022 (査読無)
51. 異常検知のための Few-shot 表現学習, 山本綾華, 安藤 晋, 第 84 回情報処理学会全国大会講演論文集, 2022 (査読無)
52. An entropy-based tool to help the interpretation of common-factorspaces in factor analysis, Eshima, N., Borroni, C.G., Tabata, M., Kurosawa, T., Entropy, 23 巻 2 号, pp 1-13, 2021 (査読有)
53. Bias reduction of a conditional maximum likelihood estimator for a Gaussian second-order moving average model, Honda, F., Kurosawa, T., Modern Stoch. Theory Appl., 8 巻 4 号, pp 435-463, 2021 (査読有)
54. Extension of Marginal Complementary Log-Log Model and Separations of Marginal Homogeneity for Ordinal Categorical Data, Fujisawa, K., Mitomi, K., Tahata, K., Journal of Statistical Theory and Practice, 15 巻 62 号, 2021 (査読有)
55. Extended asymmetry model based on logit transformation and decomposition of symmetry for square contingency tables with ordered categories, Fujisawa, K., Kinoshita, J., Tahata, K., Electronic Journal of Applied Statistical Analysis, 14 巻 1 号, pp 1-12, 2021 (査読有)
56. Power comparisons of the unbiased Berk-Jones test and the unbiased reversed Berk-Jones test, Hanyuda, B., Murakami, H., Communications in Statistics - Simulation and Computation, 50 巻, pp 989-1004, 2021 (査読有)
57. Symmetric smoothed bootstrap methods for ranked set samples, Yamaguchi, H., Murakami, H., Journal of Nonparametric Statistics, 33 巻, pp 435-463, 2021 (査読有)
58. Two New Distribution-Free Two-Sample Tests for Versatile Alternative, Mukherjee, A., Kossler, W., Murakami, H., Statistics, 55 巻, pp 1123-1153, 2021 (査読有)
59. A test statistic with a ranking method based on the Jeffreys divergence measure, Murakami, H., Kawada, S., Communications in Statistics - Simulation and Computation, 51 巻, pp 266-279, 2022 (査読有)
60. One-sample location test based on the sign and Wilcoxon signed-rank tests, Kitani, M., Murakami, H., Journal of Statistical Computation and Simulation, 92 巻, pp 610-622, 2022 (査読有)
61. Re-evaluation of the comparative effectiveness of bootstrap-based optimism correction methods in the development of multivariable clinical prediction models, Iba, K., Shinozaki, T., Maruo, K., Noma, H., BMC Medical Research Methodology, 21 巻 Article 9, 2021 (査読有)
62. Sensitivity analysis for subsequent treatments in confirmatory oncology clinical trials: a two-stage stochastic dynamic treatment regime approach, Hagiwara, Y., Shinozaki, T., Mukai, H., Matsuyama, Y., Biometrics, 77 巻, pp 702-714, 2021 (査読有)

63. Mediation g-formula for time-varying treatment and repeated-measured multiple mediators: application to atorvastatin's effect on cardiovascular disease via cholesterol lowering and anti-inflammatory actions in elderly type 2 diabetics, Yamamuro, S., Shinozaki, T., Imuro, S., Matsuyama, Y., *Statistical Methods in Medical Research*, 30 卷, pp 1782-1799, 2021 (査読有)
64. Confidence intervals of prediction accuracy measures for multivariable prediction models based on the bootstrap-based optimism correction methods, Noma, H., Shinozaki, T., Iba, K., Teramukai, S., Furukawa, T.A., *Statistics in Medicine*, 40 卷, pp 5691-5701, 2021 (査読有)
65. Population attributable fraction in textbooks: time to revise, Khosravi, A., Nazemipour, M., Shinozaki, T., Mansournia, M.A., *Global Epidemiology*, 3 卷, Article 100062, 2021 (査読有)
66. Bias amplification in the g-computation algorithm for time-varying treatments, Inoue, K., Goto, A., Kondo, N., Shinozaki, T., *BMC Medical Research Methodology*, in press (査読有)
67. Geometric classifiers for high-dimensional noisy data, Ishii, A., Yata, K., Aoshima, M., *Journal of Multivariate Analysis*, in press, 2022 (査読有)
68. Hypothesis tests for high-dimensional covariance structures, Ishii, A., Yata, K., Aoshima, M., *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 73 卷, pp 599-622, 2021 (査読有)
69. 論説：高次元小標本における統計的仮説検定, 青嶋 誠, 石井 晶, 矢田和善, *日本数学会邦文誌「数学」*, 73 卷, pp 360-379, 2021 (査読有)
70. An anti-sum-symmetry model and its orthogonal decomposition for ordinal square contingency tables with an application to grip strength test data, Ando, S., *Biometrical Letters*, 58 卷, pp 59-68, 2021 (査読有)
71. A directional measure for reverse global symmetry in square contingency tables with application to unaided vision data, Ando, S., *Metron*, 79 卷, pp 273-283, 2021 (査読有)
72. Knowledge and preventive actions toward COVID-19, vaccination intent, and health literacy among educators in Japan: An online survey, Fukuda, Y., Ando, S., Fukuda, K., *PLoS ONE* 16, Article number: e0257552, pp 1-16, 2021 (査読有)
73. Polynomial columns-parameter symmetry model and its decomposition for square contingency tables, Ando, S., *Statistica*, 81 卷, pp 123-134, 2021 (査読有)
74. Preoperative magnetic resonance imaging as a diagnostic aid for hypermobile lateral meniscus, Toyooka, S., Shimazaki, N., Masuda, H., Arai, N., Miyamoto, W., Ando, S., Kawano, H., Nakagawa, T., *Diagnostics*, 11 卷, Article number: 2276, pp 1-11, 2021 (査読有)
75. Orthogonal decomposition of the sum-symmetry model for square contingency tables with ordinal categories: Use of the exponential sum-symmetry model, Ando, S., *Biometrical Letters*, 58 卷, pp 95-104, 2021 (査読有)
76. Orthogonal decomposition of the sum-symmetry model using the two-parameters sum-symmetry model for ordinal square contingency tables, Ando, S., *Biometrical Letters*, 58 卷, pp 105-117, 2021 (査読有)
77. Asymmetry model using marginal ridits for ordinal square contingency tables, Ando, S., *Austrian Journal of Statistics*, 51 卷, pp 70-82, 2022 (査読有)
78. Odds-symmetry model for cumulative probabilities and decomposition of a conditional symmetry model in square contingency tables, Ando, S., *Australian & New Zealand Journal of Statistics*, in press, 2022 (査読有)
79. Asymmetry models based on non-integer scores for square contingency tables, Ando, S., *Journal of Statistical Theory and Applications*, in press, 2022 (査読有)
80. Distribution of coronal plane alignment of the knee classification in patients with knee osteoarthritis in Japan, Toyooka, S., Osaki, Y., Masuda, H., Arai, N., Miyamoto, W., Ando, S., Kawano, H., Nakagawa, T., *Journal of Knee Surgery*, in press, 2022 (査読有)

81. Land price polarization and dispersion in Tokyo: a spatial model approach, Kanno, Y., Shiohama, T., Asia-Pacific Journal of Regional Science, Online published, 2022 (査読有)
82. Bayesian Estimation for mode and anti-mode preserving circular distributions, Abe, T., Miyata, Y., Shiohama, T., Econometrics and Statistics, Online published 2021 (査読有)

### 招待講演

1. 東京理科大学のデータサイエンス教育の取り組み, 矢部 博, SAS アナリティクス・キャリア シンポジウム, 2021年12月22日
2. 東京理科大学のデータサイエンス教育～データサイエンスセンターの取り組みを中心として～, 矢部 博, 山口東京理科大学データサイエンス教育に関する研修会, 2022年1月13日 (オンライン)
3. 東京理科大学の取り組み, 矢部 博, 第1回「統計エキスパート育成システムの構築」に向けたワークショップ～大学統計教員育成センター設立を記念して～, 2022年2月1日 (オンライン)
4. 東京理科大学のデータサイエンス教育～データサイエンスセンターの取り組みを中心として～, 矢部 博, 新潟大学FD「数理・データサイエンス教育の推進」数理・データサイエンス・AI 応用教育と産学連携体制の整備に向けて, 2022年3月8日 (オンライン)
5. 東京理科大学におけるデータサイエンス教育, 矢部 博, 日本ソーシャルデータサイエンス学会シンポジウム「次世代のAI戦略と人材」, 2022年3月12日 (オンライン)
6. IRTを用いた学修到達度測定のWebテストー東京理科大学教育DXの取り組み, 渡辺雄貴, 情報メディア教育研究センターシンポジウム 2022 教育におけるデジタル・トランスフォーメーション, オンライン, 2022
7. デジタルトランスフォーメーションと学びのこれからのカタチ～大学における議論を中心に～, 渡辺雄貴, New Education Expo 2021, 東京, 2021
8. デジタルトランスフォーメーションと学びのこれからのカタチ～大学における議論を中心に～, 渡辺雄貴, New Education Expo 2021, 大阪, 2021
9. オンライン授業を効果的にする7つの方法, 渡辺雄貴, IEEE Asia Pacific Region 10 Japanの主催する, Engineer Spotlight ウェビナーシリーズ, オンライン, 2021
10. ビッグデータ論文を読む際の十か条, 篠崎智大, 第71回日本東洋医学会学術総会, オンライン, 2021
11. 反事実因果モデルとRWEとの架橋, 篠崎智大, 2021年度統計関連学会連合大会, オンライン, 2021
12. いま改めて「欠測データ」の解析について考える: 欠測データの扱いに応じた様々なバイアス, 篠崎智大, 第32回日本疫学会学術総会プレセミナー, オンライン, 2022
13. One-step approximation of covariate balancing propensity score using generalized linear models, Shinozaki, T., The 11th Conference of the Asian Regional Section of the International Association for Statistical Computing (IASC-ARS), Kyoto, Japan, 2022
14. Classifying structures of possible biases in naïve analyses with missing data, Shinozaki, T., 2022 International Epidemiological Association-Western Pacific Region (IEA-WP) & Japan Epidemiological Association (JEA) Joint Seminar, online, 2022
15. Tests for covariance structures in high-dimensional data, Yata, K., Ishii, A., Aoshima, M., The 4th International Conference on Econometrics and Statistics, June 26, 2021
16. High-dimensional classifiers under the strongly spiked eigenvalue model, Ishii, A., Yata, K., Aoshima, M., The 4th International Conference on Econometrics and Statistics, June 25, 2021
17. High-dimensional quadratic classifiers under the strongly spiked eigenvalue model, Ishii, A., Yata, K., Aoshima, M., IISA 2021 Conference, May 21, 2021

18. 単一強スパイク固有値モデルにおける高次元平均ベクトルの2標本検定 (応用統計学会学会賞受賞者講演), 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠, 2021年度統計関連学会連合大会, 2021年9月8日
19. 高次元データにおけるノイズ構造の高精度な解析に基づく統計的推測, 矢田和善, 石井 晶, 青嶋 誠, 2021年度統計関連学会連合大会, 2021年9月8日
20. Choice of the Dirichlet parameter to estimate measures for square contingency tables, 中川智之, 桃崎智隆, 長光 司, 富澤貞男, RIMS 共同研究『ベイズ法と統計的推測』, オンライン, 2022
21. A two sample Behrens-Fisher problem for factor models in high dimensions, Takahiro Nishiyama, Masashi Hyodo and Tatjana Pavlenko, International Symposium on New Developments of Theories and Methodologies for Large Complex Data, Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 2021

## 広報

1. 寒水孝司, 医学・医療の諸問題の解決を目指す医療統計学, 東京理科大学校友会[理窓会]会報, No.506 (2021年5月), 18, 2021
2. 寒水孝司, 中川雄貴, 松浦健太郎, 橋詰公一, 町田龍之介, 医学・医療の諸問題の解決を目指す医療統計学, 理大科学フォーラム, 2021年6月号(423号), pp 4-7, 2021
3. 寒水孝司, 学びのみちしるべ 第19回 医療統計学, リクルート進学総研, 2021年11月1日, [http://souken.shingakunet.com/career\\_g\\_jirei/2021/11/19-66f3.html](http://souken.shingakunet.com/career_g_jirei/2021/11/19-66f3.html), 2021
4. 矢部 博, レーザー:他大学をリード, 日刊工業新聞, 2021年12月21日朝刊
5. 矢部 博, 東京理科大学における統計教育と統計人材育成, 月刊統計「特集/統計教員の育成」, 日本統計協会, pp 21-22, 2021年12月号
6. 渡辺雄貴, デジタル教科書「利点と課題は」, 北海道新聞, 2021年7月14日
7. 塩濱敬之, 多様体上の時系列解析, 理大科学フォーラム, 第39巻3号, pp 24-30, 2021

## 受賞

1. 宮岡悦良, 令和3年度東京都功労者表彰(技術振興功労), 東京都, 2021
2. Kondo, T., Watanabe, Y., Young Scholar Award, International Conference for Media in Education, 2021
3. Yano, S., Watanabe, Y., Okiharum, F., Young Scholar Award, International Conference for Media in Education, 2021
4. Yannan HU, Best paper award for scheduling theory, International Symposium on Scheduling 2021, 2021
5. 石井 晶, 応用統計学会 奨励論文賞, 応用統計学会, 2021年5月15日
6. 石井 晶, 日本計算機統計学会 奨励賞, 日本計算機統計学会, 2021年6月3日
7. 中川智之, 2021年度応用統計学会 優秀ポスター発表賞, 応用統計学会, 2021

## 研究課題（研究者別）

### 瀬尾 隆

#### 「単調欠測データの下での平均ベクトルや分散共分散行列の検定に関する研究」

本研究は、単調型欠測データの下での平均ベクトルや分散共分散行列の検定に関するものである。特に1標本問題および2標本問題について、平均ベクトルと分散共分散行列の同時検定、分散共分散行列に構造がある場合の分散共分散行列の検定、分散共分散行列やサンプルサイズが異なる場合の平均ベクトルの検定そして部分平均ベクトルの検定、プロフィール分析について研究を行った。

#### 「欠測値をもつ多変量正規性検定に関する研究」

本研究は、多変量正規性検定問題について、多変量尖度を用いた検定統計量とその帰無分布の研究を行っている。完全データを基に単調欠測データの下での議論を行い新たな検定統計量の提案とその帰無分布を与えている。さらにシミュレーションによる近似評価を行った。

### 寒水 孝司

#### 「臨床試験の効率化と迅速化を実現する統計学的方法の構築」

近年、医薬品開発では、開発費用の高騰、開発期間の長期化、試験治療の有効性が検証できる確率の低さが世界的な問題となっている。本研究では、この問題の解決に向けて、次の3つの臨床試験の統計学的方法を構築・発展させる。

- (1) 3群比較臨床試験における2段階試験デザインとデータ解析法
- (2) 事象時間データを主解析とする臨床試験の試験期間とそのばらつきを評価する方法
- (3) 既存データを利用する臨床試験のデザインとデータ解析法

### 富澤 貞男

#### 「分割表解析におけるモデルと尺度の研究」

正方分割表において、任意の併合した $3 \times 3$ 分割表を用いての周辺点対称モデルからの隔たりの程度を測る尺度を提案した。また、対称性に関するモデルとその分解に関する研究も行った。

### 橋口 博樹

#### 「特異ランダム行列論に関する研究」

行列変数の超幾何関数は多変量解析の分布論の中でよく現れる重要な関数であり、標本分散共分散行列の固有値の分布などを記述できる。本研究では、次元がサンプル数より大きい特異ケースのベータウィシャート行列の分布論について研究を行なった。ジャック多項式の積計算アルゴリズムの開発や、多変量分散分析でのロイ型検定統計量の正確分布の導出、楕円母集団への拡張を行なった。

### 松崎 拓也

#### 「ニューラル言語モデルのメカニズムの理解に関する研究」

BERTを始めとする、文脈に依存した単語埋め込みを行ういわゆるニューラル言語モデルは、種々の言語処理課題においてその有効性が示されている。一方、その学習と動作の原理を合理的に理解することは必ずしも容易でない。このニューラル言語モデルの特性を、英文読解課題、日本語読解課題、日本語係り受け解析などの課題において調査した。

### 宮岡 悦良

#### 「新しい統計的推測の枠組みに関する研究」

ビッグデータや機械学習のようなデータサイエンスの時代における新しい統計的推測の枠組みを吟味し再構築する必要があり、そのための研究であり、本研究部門が1つの拠点となるべくその活動をサポートしていく。

## 矢部 博

### 「非線形最適化問題に対する数値解法の研究」

本研究では、大規模な最適化問題を解くための数値計算アルゴリズムを提案してその収束性を証明するとともに、数値実験を通じて提案手法の有効性を検証している。無制約最適化問題については共役勾配法・準ニュートン法について、制約付き最適化問題（非線形半正定値計画問題を含む）については主双対内点法について研究している。また最近では、機械学習などの分野で扱われている近接勾配法やリーマン多様体上の最適化についても研究している。

## 渡辺 雄貴

### 「授業支援システムの開発」

学習者中心教育への質的転換に伴い、授業者は相互作用を促す授業展開が求められる。一方、一斉授業内で授業者が学習者の理解度や進捗を把握することは難しい。ICT の普及により学習者の反応を把握できる環境が整いつつあることから、本研究では、授業支援システムを開発し、評価を行った。その結果、学習者がノートテイキングをしようとする意識面と実際に実行する行動面の両方において、ノートテイキングが促されたことが示された。

## 安藤 晋

### 「異常検出および不均衡分類のための深層学習に関する研究」

本研究は例が与えられない、もしくは少数の例しか与えられないクラスの事例を検出するための深層学習に関するものである。非単一情報源の正常事例集合に対応する埋め込み損失を情報ボトルネック原理から導出し、Few-shot 学習の枠組みに導入する方法を提案した。このモデルを画像および時系列において敵対的生成学習や自己補完学習モデルの初期学習と組み合わせた際の評価および埋め込み空間での特性の調査を行った。

## 黒沢 健

### 「一般化線形モデルにおけるモデル評価尺度に関する研究」

線形モデルでは、決定係数に代表されるモデル評価尺度が存在する。一方で一般化線形モデルにおいては、尤度比ベースのモデル尺度が複数存在するが、決定係数とかけ離れた尺度であることや、その値自体に意味を見出せないため、問題を抱えている。その問題を解消する一つの流れとして、相関係数ベースのモデル評価尺度が存在する。特にポアソン回帰モデルにおける相関係数ベースのモデル評価尺度の統計的性質について検討した。

### 「Type II 打切りデータのベイズ型予測分布に関する研究」

Type II 打切りデータにおいて、打切って未観測となった未観測データの予測分布の評価に関する研究である。単純な予測分布の構成法は、発生分布のパラメータを最尤推定量などで推定し、その値を発生分布のパラメータに plug-in して得られる plug-in 型予測分布である。この plug-in 型予測分布とベイズ型予測分布の優劣を Kullback Leibler を用いた評価尺度で評価した。

## 田畑 耕治

### 「欠測データの情報を含んだ分割表解析に関する研究」

計算機の発達により大規模で詳細なデータの収集が可能となり、多元分割表データが手軽に得られるようになったが、欠測が多いという特徴もある。これらのデータに対しては、モデルの適合度検定で用いるカイ二乗検定統計量のカイ二乗近似がよくないことが知られている。したがって、その数理的な精度評価と欠測データの影響を考慮した解析法の研究・開発に継続して取り組む。

## 村上 秀俊

### 「ノンパラメトリック検定統計量の分布および不偏性に関する研究」

本研究課題では、ノンパラメトリック検定問題における新たな1標本および2標本検定統計量の提案を行なった。数値的に検定統計量の分布が推定されることがあるが、標本サイズが大きい場合、計算時間が膨大になるという問題も生じるため、様々な検定統計量の極限分布を導出した。また、正確な分布を導出することが困難であり、かつ極限分布を用いることができない標本サイズに対して、より精緻な近似分布を導出した。統計的仮説検定では、対立仮説の下での議論が重要であることから、提案統計量の不偏性についても議論した。

## 胡 艶楠

### 「機械スケジューリング問題に関する研究」

機械の取替時間を考慮する機械スケジューリング問題は、順序制約を持つ作業から構成される仕事、各作業を処理可能な機械および機械を替えるときの取替時間が与えられるとき、すべての仕事を処理し、最大完了時刻を最小にするスケジュールを求める問題である。本研究では、特殊ケースに注目し、最適なスケジュールが求める手法を提案する。これらのケースは生産計画やサプライチェーンなど実社会の様々な課題への応用に繋がる。

## 篠崎 智大

### 「疫学・臨床データを対象とした統計的因果推論に関する研究」

本研究課題では、臨床試験データのみならず、実験的介入を伴わない観察研究データを統計的因果推論の枠組みで統一的に扱うための方法論、特に潜在アウトカムモデルにもとづく統計モデルの識別性に関して理論面からの研究を行っている。特に、患者に応じた治療方法選択、特に臨床経過に応じて適応的な治療選択を行う「最適な治療レジメン」に対する統計推測理論に関心をもっている。

## 下川 朝有

### 「競合リスクを考慮した木構造モデルに関する研究」

競合するリスクによるイベント発生が存在するとした仮定のもと、着目するイベント発生に対する生存時間のモデル構築法について研究を行った。モデルとしては主に決定木とランダムフォレストを扱い、その構築基準として有限混合モデルを用いた場合、またコピュラ関数を用いた場合についてそれぞれ検討を行い、シミュレーション及び実データによる解析を行った。

## 石井 晶

### 「高次元小標本における2次判別に関する研究」

高次元小標本データのもつ幾何学的表現を基に、新たな2次判別手法を与えた。本研究では、巨大なノイズをもつ強スパイク固有値モデルに属する高次元小標本データに対し、ノイズを除去するデータ変換技術を適用し、さらに2母集団のノイズ構造の差異を加味することで理論的に高い精度保証を与える判別手法を開発した。

## 川崎 玉恵

### 「単調欠測データにおける部分平均ベクトルの仮説検定に関する研究」

欠測値を含むデータについて、欠測構造に2-step単調欠測を仮定し、部分平均ベクトルに関する仮説検定を考えた。単調欠測データにおける検定統計量を提案し、その近似帰無分布を与え、近似精度についてモンテカルロ・シミュレーションを用いて評価した。

## 安藤 宗司

### 「正方分割表におけるモデルと尺度に関する研究」

正方分割表において、データに良く適合し、かつ解釈が容易な統計モデルを提案することは重要な研究課題である。さらに、関心のあるモデルがデータに適合しないとき、そのモデルからの隔たりの程度を測る尺度の導入も重要な研究分野として位置づけられている。本研究では、新たなモデルや既存のモデルに対する尺度を提案した。さらに、実データ解析によりそれらの有用性を示した。

## 中川 智之

### 「ベイズ法を用いた統計解析に関する研究」

ベイズ法を様々な統計課題の解決に応用した。本年では、シシャモの時空間データの解析への応用や分割表における連関性を測る尺度の推定への応用を行った。これらはベイズ法を用いることで、計算機的な側面や頻度論では解決できなかった問題点を解決した。さらに昨年から引き続き、ダイバージェンスを用いたロバストなベイズ推定の理論的な妥当性の導出を行った。

## 八木 文香

### 「単調欠測データを持つ平均ベクトルと分散共分散行列の同時検定に関する研究」

多次元データが単調型欠測を持つ場合の平均ベクトルと分散共分散行列の同時検定について研究している。1 標本問題及び多標本問題について、3-step 単調欠測データの下での同時検定問題に対する尤度比検定統計量の導出を行い、その帰無分布の近似上側パーセント点やカイ二乗近似を改善する検定統計量を提案した。モンテカルロ・シミュレーションにより、提案した近似上側パーセント点や検定統計量の近似精度が改善していることを示した。

## 塩濱 敬之

### 「幾何多様体上の統計解析に関する研究」

球面や円周およびトーラスといった幾何的な構造をもつ多様体上に値を取るデータに対する統計手法の開発とデータ解析を行っている。この様な幾何多様体上のデータ解析は方向統計学として知られていて、その重要な応用分野に空間統計モデルにおける共分散構造の異方性を扱ったモデルがある。2021 年度は、シリンダー上の隠れマルコフモデル等の時系列モデルに関する推測論や、非対称な円周分布のベイズ推定、及び空間統計モデルに関する空間異質性に関する研究を行った。

## 西山 貴弘

### 「多様な状況における統計的仮説検定方式に関する研究」

近年の情報化社会の発展に伴い、日々新しく生まれるデータがますます巨大化し、それらのデータが互いに融合し複雑化する「ビッグデータ時代」とよばれる社会になっている。そのため、現実的に起こりうる多種多様な状況に対する新たな統計解析手法の開発の重要性が増している。本研究では、従来の統計理論を適用することができないような様々な状況の下で、特に統計的仮説検定問題についての理論と方法論の開発を行う。

## 小泉 和之

### 「データサイエンス理論と応用に関する研究」

多種多様なデータの出現により、これまでの統計学や機械学習の理論では扱えない問題が多く出てきている。データの保存先も Web 上にあることが多くなり、分析を意識した効率的な情報抽出方法なども問題にあげられる。これらは企業との共同研究を通じて今後も引き続き実施していく。主たる分野はスポーツ（野球・サッカー・eSports）、マーケティング、自然言語処理での連携を想定しており、これらの成果を将来的には実装までしていく。



## 技術経営戦略・金融工学社会実装研究部門

# 技術経営戦略・金融工学社会実装研究部門について

## 1. 概要

技術経営において、理論と実践を融合した実践教育を行う MOT と、金融工学をリードする理科大イノベーション・キャピタルが、その組織・人脈を取り囲むネットワークも交流し、多様な理論ツールを試すことで、先進技術、知識情報を活用したプロダクトの開発、新サービスに関する実証研究、社会実装を目的とする。

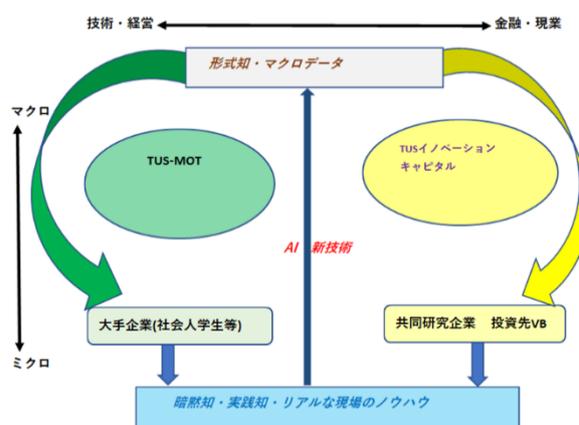
なお、名称が長いので、MOT-FESI、あるいは FESI と略称する。

## 2. 研究部門の構成

MOT や理科大 IM に蓄積され眠っている、イノベーションやマネジメント、ベンチャーに関するケーススタディ、ノウハウなどの暗黙知を、体系・データベース化、社会実装、研究テーマ選択やベンチャー投資に資する。目利きのノウハウのデータベース化により、研究テーマ選択、新規事業創出、M&A やベンチャー投資の成功確率を上げることが可能になる。

現在 以下の研究グループがある。担当については、客員教授や客員研究員も、一部、分けている。

- ① 目利き力
- ② DAAE 構想 (SHIFT 社による) 理論化
- ③ ベンチャーエコシステムの構築に関する調査及びスタートアップ・データベースの構築
- ④ 国内外のベンチャー投資・支援に関する調査及び研究



## 3. 各研究グループの活動報告

2021 年度は、コロナ禍もあり、ZOOM 中心の研究会を開催した。目利き力に関しては、FESI 金曜会、DAAE 構想は FESI 木曜会とした。秋は、JUA の実地調査もあり、回数が減った。

### 3. 1. 目利き力研究グループについて

研究成果を、研究・イノベーション学会第 36 回年次学術大会において、発表を行った。

予稿集「『目利き』を価値転換の函数系として再定義～アートからサイエンスへ」(若林秀樹)

### 3. 2. DAAE 構想研究グループについて

研究成果の一部を、MOT と連携して 2021 年 5 月 24 日 (月) に MOT シンポジウム「DX 時代の DAAE 構想とは」を ZOOM にて開催、60 名近い参加者があった。

<https://most.tus.ac.jp/news/21973/>

また、研究・イノベーション学会第 36 回年次学術大会において、発表を行った。

予稿集「GAFAM/BAT と日本企業を分けたもの～DAAE 構想と QCD 思想の比較」(若林秀樹、丹下 大)

また、日経 BP 社には日経 BP 総研の持つ豊富なデータや、人脈、人材を活用するため委託研究契約を締結し、研究を促進した。その研究の成果は、経済産業省の政策に活用され、高く評価され、出版社から 2022 年度中の書籍化の提案があり、出版を計画している。

#### **4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望**

今後は、それぞれの研究グループでの深掘りとメンバーの役割分担の中で、目利き力、DAAE 構想それぞれで、10月の研究イノベーション学会の発表、総合研究院シンポジウム参加を予定している。さらに、日経BP 総研ともシンポジウム開催も考えている。

#### **5. むすび**

2021年度は、コロナ禍もあり、ZOOMでの開催中心だったが、対面での会議も増やし、学会発表で成果を発表したい。また、引き続き、MOTと連携、シンポジウム開催も行いたい。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. 「目利き」を価値転換の函数系として再定義～アートからサイエンスへ, 若林秀樹, 研究・イノベーション学会第 36 回年次学術大会予稿集
2. コロナ禍でのハイブリッド講義～理科大 MOT の取り組み紹介, 若林秀樹, 中山裕香子, 石橋 哲, 東京理科大学大学院経営学研究科技術経営専攻事務室, 研究・イノベーション学会第 36 回年次学術大会予稿集
3. 公益と利益の両利き時代の R&D 政策と戦略の検証と提言, 若林秀樹, 研究・イノベーション学会第 36 回年次学術大会予稿集
4. 新時代の半導体政策の評価～サプライチェーン改革の中で, 若林秀樹, 研究・イノベーション学会第 36 回年次学術大会予稿集
5. 会計制度が国際競争力とイノベーションに及ぼす影響～GAFA 育成になった戦略的会計基準, 若林秀樹, 研究・イノベーション学会第 36 回年次学術大会予稿集
6. GAFAM/BAT と日本企業を分けたもの～DAAE 構想と QCD 思想の比較, 若林秀樹, 丹下 大, 研究・イノベーション学会第 36 回年次学術大会予稿集
7. 教育 DX への鍵「内省の共有」～わかりやすいプロジェクト (国会事故調編) の事例から～, 石橋哲, 研究・イノベーション学会第 36 回年次学術大会予稿集
8. 科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律に基づく基金の設置状況と中長期目標における位置づけについて, 井上悟志, 研究・イノベーション学会第 36 回年次学術大会予稿集

研究課題（研究者別）

若林 秀樹

「技術経営（研究開発、産業分析）、電子産業、ヘッジファンドに関する研究」

井上 悟志

「技術経営（予測、研究開発、政策）に関する研究」

日戸 浩之

「マーケティングに関する研究」

青木 英彦

「ユーザーイノベーション、小売・流通産業に関する研究」

中山 裕香子

「ITメディア産業、DXに関する研究」

石橋 哲

「コンプライアンス、業界倫理に関する研究」

坂本 正典

「技術経営、応用物性に関する研究」

白石 重明

「技術経営、産業政策に関する研究」



# 数理解析連携研究部門

# 数理解析連携研究部門について

## 1. 概要

本研究部門は、本学の数理科学分野の研究を推進するため、「数理モデリングと数学解析研究部門」（2015年4月～2020年3月）を前身とし、2020年4月に発足した。現在の主要な研究テーマは次の3つである。

a) 数理物理モデル

シュレディンガー方程式の解の表現を励起電子と原子の相関ダイナミクスシミュレーションに応用すること。

b) 数理工学モデル

逆問題の数学理論を非破壊検査等に応用すること。

c) 数理生物モデル

感染症流行の数理モデル等、生命現象を記述する数理モデルを解析し、応用すること。

以上の小グループでの研究の他に、現代代数学と異分野連携研究部門と共同で学内向けに数学に関する相談窓口を開設している。また、各メンバーによる共同研究で当部門のテーマに合致するものが複数ある。

## 2. 研究部門の構成と施設設備

本研究部門は、2021年度は本学の専任教員19名（理学部第一部数学7名、理学部第一部物理1名、理学部第一部応用数学2名、理学部第二部数学1名、工学部情報工学1名、理工学部数学4名、理工学部土木1名、教養教育研究院2名）により、構成されており、テーマごとにいくつかのグループを作り研究活動を行っている。

a) 数理物理モデルグループ

b) 数理工学モデルグループ

c) 数理生物モデルグループ

2021年度に当部門のウェブページを開設している。

<https://www.rs.tus.ac.jp/ma-alliance/index.html>

グループでの研究に加えて、前身の数理モデリングと数学解析研究部門時代の平成28年2月より、当部門が窓口となり、学内向けに数学に関する相談窓口を開設している。平成29年度からは現代代数学と異分野連携研究部門と共同で運営しており、数学および応用数学のかなりの部分をカバーしている。相談窓口のURLは以下の通りである。

<http://www.rs.tus.ac.jp/k-seminar/soudan.html>

## 3. 各研究グループの活動報告

各研究グループの本年度の活動は以下の通りである。

### 3.1. 数理物理モデルグループ

加藤らが開発した波束変換を用いたシュレディンガー方程式の解の表現公式(参考文献(1))を物性物理学に応用することを模索している。波束変換を用いたシュレディンガー方程式の解の表現方法の数値計算に適する改良に成功し、実際に数値計算を試みている。現在1次元で簡単なポテンシャルの場合は計算可能である。加藤と牛島で2021年10月ごろより月1回程度オンラインで議論し、この方法による数値計算の実装化を試みている。

### 3.2. 数理工学モデルグループ～偏微分方程式の逆問題の他分野への応用

本グループの目的は、連続体（弾性体、流体）における様々な現象の数学解析およびそれらの工学を中心とする分野への応用として逆問題の研究を行うことである。2021年度には、線形弾性体における複数のき裂の逆問題の再構成公式のさらなる発展と弾性体における接触や摩擦問題に

関する理論的成果が得られた。これらの成果はそれぞれ国際専門誌に発表し、他分野の研究者（学内の応用物理学の先生など）と共同研究計画について議論した。また、国際連携として、J S P Sの二国間共同研究を本研究部門メンバーと継続しており、ロシアの研究機関（流体研究所やノボシビルスク州立大学など）と国際研究集会をオンラインで開催した。

### 3. 3. 数理生物モデルグループについて

当研究グループでは感染症流行を記述する感染症モデルや癌の浸潤現象等を記述する走化性モデルをはじめとする、時間発展に伴う生物個体数の増減を調べるための数理生物モデルの解の漸近挙動の解析を行っている。

当研究グループの石渡恵美子・牛島健夫・江夏洋一および部門長の加藤圭一を世話人として、平成30年度2月からスタートした神楽坂「感染症にまつわる数理」勉強会を、令和3年度は11月にオンライン形式で開催した。勉強会では、國谷紀良先生（神戸大学）より、新型コロナウイルス感染症の数理モデルの話題を提供いただいた。モデル解析の目的であった、緊急事態宣言の効果検証や国内流行の波の繰り返し等については、身近な問題として活発に議論された。

学生教育を目的とした研究集会「応用数理にまつわる研究集会」を、令和3年度も開催した。本集会は、平成30年度からの例年開催となっている。令和3年度は、当研究グループの石渡恵美子・牛島健夫・江夏洋一・鈴木俊夫を世話人として、本学学生（理学部・理工学部）・芝浦工業大学・青山学院大学・武蔵野大学の研究者や学生に、応用数理に関わる研究発表の機会を提供した。令和2年度に引き続きオンライン開催の下で、多くの参加者が集まり、学生同士も積極的に交流していた。令和4年度においても、本集会の開催を予定している。

当研究グループの石渡恵美子・牛島健夫・江夏洋一による感染個体の生息領域の拡大を記述した自由境界問題に関わる共同研究では、昨年度に共著論文が査読付き国際誌に掲載され、打ち合わせを定期的に行っている。特に、進行波解の存在・非存在や存在する場合の伝播速度に関する課題については、解析の見通しを良くするための数値計算を交えた議論を進めている。新たな結果が得られ次第、これまでと同様に学会や国際会議等で発表を行いたい。

## 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

今年度は、各研究グループの研究を推進した。数理物理モデルグループでは、シュレーディンガー方程式の数値計算を行うための理論的な枠組みお構築に成功し、この方法による数値計算を試みているところである。上記、研究グループ以外にも、数値計算を専門としている石渡、牛島両氏が積極的に交流し、研究を進めている。

## 5. むすび

本年度は、研究部門内の研究グループの研究を推進すること、および、昨年を引き続き、「技術相談窓口」への対応を通じて他部門および学内の研究者との連携することを中心に活動を行った。今後は、研究部門内の各グループの研究の推進を継続するとともに、他部門と連携して研究を行うことを目指していきたい。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Wave front set of solutions to Schrödinger equations with perturbed harmonic oscillators, Shingo Ito and Keiichi Kato, Journal of Mathematical analysis and applications, 507 125821, 2022 年 1 月 (査読あり)
2.  $H^s$  wave front set for Schrödinger equations with sub-quadratic potential, Fumito Abe and Keiichi Kato, SUT Journal of Mathematics, 57(1) 17-34, 2021 年 6 月 (査読有)
3. The Construction of p-Adic Stockwell Transform and its Spectra, Toshio Suzuki, p-Adic Numbers, Ultrametric Analysis and Applications 13(2) 166-173 2021 年 4 月. (査読有)
4. Feature Extraction of Distorted Sound Waveforms and Estimation of Distortion Effects and Their Settings, Proceedings of The 40th JSST Annual International Conference on Simulation Technology, Taiga Ishida, Toshio Suzuki, Emiko Ishiwata, 8-11 2021 年 9 月 (査読有)
5. Searching Strategies with Low Computational Costs for Multiple-Vehicle Bike Sharing System Routing Problem, Honami Tsushima, Takafumi Matsuura, Tohru Ikeguchi Applied Sciences, Vol.12, No.5, 2675, 2022. (査読有)
6. Strategy for Exploring Feasible and Infeasible Solution Spaces to Solve a Multiple-Vehicle Bike Sharing System Routing Problem, Honami Tsushima, Takafumi Matsuura and Tohru Ikeguchi, Applied Sciences, Vol.11, No.16, 7749, 2021. (査読)
7. Performance evaluation of chaotic random numbers generated from responses of integer logistic maps, Shiki Kanamaru, Yutaka Shimada, Kantaro Fujiwara and Tohru Ikeguchi, Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, Vol.12, No.3, 489-499, 2021. (査読有)
8. Analysis on the mechanism of enhancing insulin secretion by TRPM2 channel in a pancreatic  $\beta$ -cell, Kotaro Kasahara, Yutaka Shimada, Kantaro Fujiwara and Tohru Ikeguchi, Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, Vol.12, No.3, 500-511, 2021. (査読有)
9. Possibility of Reconstructing Nonlinear Dynamical System from Marked Point Process, Kazuya Sawada, Yutaka Shimada and Tohru Ikeguchi, Journal of Signal Processing, RISP, Vol.25, No.4, pp. 127-131, 2021. (査読有)
10. Propagation of phase-imprinted solitons from superfluid core to Mott-insulator shell and superfluid shell, Yuma Watanabe, Shohei Watabe, Teturo Nikuni, Physical Review A, Vol.104, 043314, 2021 (査読有)
11. Boltzmann machine learning with a variational quantum algorithm, Yuta Shingu, Yuya Seki, Shohei Watabe, Suguru Endo, Yuichiro Matsuzaki, Shiro Kawabata, Tetsuro Nikuni, Hideaki Hakoshima, Physical Review A, Vol. 104, 032413, 2021 (査読有)
12. NISQ デバイスを用いた分配関数の計算, 松本佳大, 神宮裕汰, 遠藤 傑, 川畑史郎, 渡部昌平, 二国徹郎, 箱嶋秀昭, 松崎雄一郎, 量子ソフトウェア (QS), 4 巻 2 号 pp1-8, 2021 (査読無)
13. Variational secure cloud quantum computing, Yuta Shingu, Yuki Takeuchi, Suguru Endo, Shiro Kawabata, Shohei Watabe, Tetsuro Nikuni, Hideaki Hakoshima, Yuichiro Matsuzaki, Physical Review A, Vol. 105, 022603, 2022 (査読有)
14. Calculation of Gibbs partition function with imaginary time evolution on near-term quantum computers, Keisuke Matsumoto, Yuta Shingu, Suguru Endo, Shiro Kawabata, Shohei Watabe, Tetsuro Nikuni, Hideaki Hakoshima, Yuichiro Matsuzaki, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.61, 042002, 2022 (査読有)
15. Blow-up phenomena in a parabolic-elliptic-elliptic attraction-repulsion chemotaxis system with superlinear logistic degradation, Yutaro Chiyo, Marras Monica, Tanaka Yuya, Tomomi Yokota, Nonlinear Anal., 212 巻, Paper No. 112550, 14 pp., 2021 (査読有)
16. Lagrange multiplier approach to unilateral indentation problems: well-posedness and application to linearized viscoelasticity with non-invertible constitutive response, Hikomichi Ito, Victor A. Kovtunencko, Kumbakonam R. Rajagopal, Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 31 巻 pp. 649-674, 2021 (査読有)

17. On an Implicit Model Linear in Both Stress and Strain to Describe the Response of Porous Solids, Hikomichi Itou, Victor A. Kovtunenکو, Kumbakonam R. Rajagopal, Journal of Elasticity, 144 卷 pp. 107-118, 2021 (査読有)
18. Three-field mixed formulation of elasticity model nonlinear in the mean normal stress for the problem of non-penetrating cracks in bodies, Hikomichi Itou, Victor A. Kovtunenکو, Evgeny M. Rudoy, Applications in Engineering Science, 7 卷 100060, 2021 (査読有)
19. A parabolic-elliptic chemotaxis system with nonlinear diffusion approached from a Cahn-Hilliard-type system, Shunsuke Kurima, Journal of Evolution Equations, 21 卷 pp 1755-1778, 2021 (査読有)
20. Stability of standing waves for  $L^2$ -critical nonlinear Schrödinger equations with attractive inverse-power potential, Harmonic analysis and nonlinear partial differential equations, Noriyoshi Fukaya, RIMS Kokyuroku Bessatsu, B88, Res. Inst. Math. Sci. (RIMS), Kyoto, 2021, pp. 45--54. (査読有)
21. On stability and instability of standing waves for 2d-nonlinear Schrödinger equations with point interaction, Noriyoshi Fukaya, Vladimir Georgiev, and Masahiro Ikeda, J. Differential Equations 321 (2022), 258--295. (査読有)

### 招待講演

1. Construction of solutions to Schrödinger equations via wave packet transform, Keiichi Kato, 13th International ISAAC Congress, 2021
2. 時間依存ポテンシャルを持つ分数階シュレディンガー型作用素の低速度伝播不等式について I-IV, 石田敦英, RIMS 共同研究 (グループ型) 時間依存するハミルトニアンに対する散乱理論および超局所解析の新展開, 京都大学数理解析研究所, 2021
3. デルタ関数を伴う非線形シュレディンガー方程式の定在波, 太田雅人, NLPDE Spring セミナー, 京都大学, 2022年3月14日.
4. On an inverse crack problem in a linearized elasticity by the enclosure method, Hikomichi Itou, The 8th European congress of Mathematics, オンライン開催, 2021
5. ある非線形(粘)弾性体モデルの数学解析, 伊藤弘道, 幾何学・連続体力学・情報科学の交差領域の探索(II), オンライン開催, 2021
6. A remark on crack problems with time-dependent friction condition in linearized elastodynamic body, Hikomichi Itou, Takahito Kashiwabara, The XXIII International Symposium on Mathematical Methods Applied to Science (XXIII SIMMAC, MS: Khludnev-70), オンライン開催, 2022
7. 時間離散化法を用いた, 慣性項をもつ非局所フェーズフィールドシステムの解の存在証明, 来間俊介, 第171回神楽坂解析セミナー, 東京理科大学, 2021
8. 逆二乗型ポテンシャルを持つ Schrödinger 作用素の  $L_p$  理論について, 側島基宏, 第8回室蘭連続講演会, 室蘭工業大学 (オンライン開催), 2022年3月 (4連続講演)
9. Weighted energy estimates for wave equations with spacedependent damping, 側島基宏, 日本数学会 2022年度年会関数方程式論分科会, 埼玉大学(オンライン開催), 2022年3月
10. 「点相互作用を持つ2次元非線形シュレディンガー方程式の定在波解の安定性と不安定性」深谷法良, 九州関数方程式セミナー, オンライン, 2021年11月26日
11. 一般の格子上的離散シュレディンガー作用素における修正波動作用素の構成, 只野之英, 第171回神楽坂解析セミナー, 東京, 2021
12. 一般格子上的離散シュレディンガー作用素の長距離散乱理論, 只野之英, 微分方程式の総合的研究, オンライン, 2021
13. Continuum limit problem of discrete Schrodinger operators, 只野之英, Himeji Conference on Partial Differential Equations, オンライン, 2022
14. 離散シュレディンガー作用素における長距離散乱理論, 只野之英, Critical Exponent and Nonlinear Partial Differential Equation 2022, 東京, 2022

## 研究課題（研究者別）

### 加藤 圭一

#### 「シュレディンガー方程式の解の伝播構造に関する研究」

波束変換を用いたシュレディンガー方程式の解の表現を 2011 年頃に得た。これを物性物理学に応用することが課題である。最近、この解の表現を数値計算に適するよう改良することに成功した。2021 年 10 月よりメンバーの牛島と共同でこの改良された方法を用いて効率的な数値計算法の開発を行なっている。

### 太田 雅人

#### 「非線形シュレディンガー方程式の定在波解の安定性に関する研究」

空間 1 次元で引力的なデルタ関数ポテンシャルと斥力的な 3 次の冪乗型非線形項及び引力的な 5 次の冪乗型非線形項を持つ非線形シュレディンガー方程式の定在波解について研究を行った。デルタ関数ポテンシャルと 3 次の冪乗型非線形項の係数の大小によって定在波解の安定性が大きく変わることを発見した。

### 横田 智巳

#### 「走化性モデルに関する研究」

ロジスティック項をもつ誘引・反発型の走化性方程式系に対して、モーメント型関数を利用した方法により、解の有限時刻爆発と爆発時刻の評価に関する結果を得た。

### 二国 徹郎

#### 「超流動 Fermi 原子気体のダイナミクスの解析」

超流動 Fermi 原子気体における秩序変数のダイナミクスを Bogoliubov-de Gennes 方程式の数値シミュレーションにより解析した。特に、BCS-BEC クロスオーバー全領域において、相互作用定数を急激に変化させることによって Higgs mode（秩序変数の振幅が振動する集団モード）を励起することが可能であることを示した。さらに、Higgs mode を効率的に観測するために最適な実験パラメータを数値シミュレーション結果から明らかにした。

### 池口 徹

#### 「マーク付点過程の解析手法の開発とその応用に関する研究」

神経細胞、地震活動など我々の現実世界において観測される時系列の多くはマーク付点過程であり、これらを非線形力学系理論およびネットワーク科学的な立場から解析する手法の開発を行った。また、近年注目されているバイクシェアリングシステムの貸出・返却の点過程時系列に着目し、どのような統計的性質を有しているのかを明らかにした。

### 伊藤 弘道

#### 「弾性体における接触・摩擦問題と非破壊検査に関わる逆問題の理論解析についての研究」

構成則が陰関数で与えられる弾性体についての任意形状の剛体圧子の接触問題、および動的な摩擦問題の数学解析を行い、解の存在性などの定性理論を構築した。非破壊検査に関わる線形弾性体におけるき裂の逆問題の研究を行い、従前の再構成手法を深化させた。これらの応用として、得られた結果の数値シミュレーションや実験、他分野との連携を計画している。

### 石田 敦英

#### 「分数冪ラプラス作用素および分数冪相対論作用素についてのスペクトル・散乱理論と逆問題の研究」

ラプラス作用素を一般化した非局所型作用素は、相対論的シュレディンガー作用素のような量子力学を動機とする微分作用素であるが、大気や海の流れを記述する流体力学の方程式や非線形楕円型方程式においてもその姿を現し、計算機の発展とともに理論面から実用面への広がりを見せている。このような豊富な数学的背景を持つ微分作用素に対して、量子力学において基本的なテーマであるスペクトル・散乱理論の研究を進める。またそこで得られた結果を相互作用ポテンシャル関数を決定する逆問題にも応用していく。

## 江夏 洋一

### 「感染免疫の損失を考慮した感染症モデルの解の安定性に関する研究」

回復個体の免疫損失を含めた感染症流行モデルにおいて、平衡点の安定性条件に関する研究を進めている。LaSalle の不変性原理に基づく、平衡点が大域吸引的であるための条件を得るリヤプノフ関数法と、各変数の上極限・下極限の評価を繰り返し用いて安定性条件を得る単調反復法を組み合わせるなどの手法を用いて、任意の初期条件に対して解が平衡状態に近づくための具体的な条件について研究している。

## 相木 雅次

### 「渦輪の運動に関する研究」

流体の運動は様々なアプローチによって研究されているが、その中でも渦の挙動は流体の運動を理解するうえで最も重要な要素の1つである。本研究では、渦輪と呼ばれる円環状の渦構造の特徴的な運動を数学的に定式化及び解析を行っている。特に、2つの渦輪の相互作用によって引き起こされる様々な運動パターンの解明を目指して数理モデルの構築・特徴的な挙動を示す解の存在証明・特徴的な解の安定性解析を行っている。

## 深谷 法良

### 「非線形シュレディンガー方程式の孤立波解の安定性に関する研究」

非線形シュレディンガー方程式の孤立波解の安定性に関する研究を行う。特にポテンシャルを持つ場合や2つのべき乗型非線形項を持つ場合など、スケール不変性を持たない方程式を扱い、軌道安定性不安定性の解析を行う。さらに、より詳細な解の大域挙動を解明するため、漸近安定性や強不安定性などの解析も行っている。

## 只野 之英

### 「離散シュレディンガーのスペクトル・散乱理論の研究」

離散シュレディンガー作用素は通常のシュレディンガー作用素の空間離散化したものであるが、結晶固体中の電子の挙動を表すハミルトニアンとしての側面も持つ。前者の立場からは離散シュレディンガー作用素と通常のシュレディンガー作用素の類似が期待される一方、後者の背景からはトポロジカル絶縁体の存在を筆頭に両者の相違性が強く示唆される。本研究では、両者の類似性・相違性をスペクトル・散乱理論の立場で研究している。



## ナノ量子情報研究部門

# ナノ量子情報研究部門について

## 1. 概要

研究の中心である超伝導量子ビットには、従来の古典的半導体回路と同じように、エラー（誤り）が発生する。また外部雑音などによって、量子ビットの量子重ね合わせ状態（俗に言う猫状態）が壊れてしまう現象（デコヒーレンス現象）もあり、これもエラーの一要因となる。真の実用化という意味での量子コンピュータと呼ばれるシステムは、このような誤りに対する耐性を持ったシステムである。そこで本研究部門では、超伝導量子ビットを用いた様々な誤り耐性量子回路の開発を実施している。世界では2050年までに誤り耐性型量子コンピュータの出現が期待されているが、本研究部門もその実現に貢献していく所存である。集積性、操作性という観点から、超伝導素子が量子ビットとして最も適していると考えられている。しかし、超伝導量子ビットにも問題点がある。それはコヒーレンス時間がまだまだ短いという点である。また、誤り訂正回路が複雑で大規模になるという共通の問題も存在する。量子ビットの研究の初期から、超伝導以外の物理システム、例えば光とかイオン、冷却原子、半導体といったものが研究されてきた。本研究部門でも、超伝導量子ビットだけでなく、スピンや光量子ビットの量子回路を追求していく。

## 2. 研究部門の構成と施設設備

部門は主に、超伝導量子回路の研究グループ、量子光学の研究グループ、量子情報の研究グループ、そして客員グループから構成される。超伝導量子回路の研究グループは、昨年度、国家プロジェクトであるムーンショットプロジェクトに「超伝導共振器を用いたボゾニックコードの研究開発」というテーマで、蔡教授を代表として採択された。このグループには、蔡研究室に2台の希釈冷凍機と、量子ビット測定用の各種パルス発生器や高感度電圧・電流検出器などが揃っている。

量子光学の研究グループは、単一希土類原子とナノ光ファイバー共振器との結合や、カーボンナノチューブと光ファイバーとの結合を目指している。昨年度から、東大との共同研究を模索している。

量子情報の研究グループは、故大矢教授を原点として、伝統的に量子情報理論を遂行している。2021年度もこの分野の国際会議を開催した。一方、超伝導量子回路の理論的側面をカバーすべく、研究を開始した。

## 3. 各研究グループの活動報告

上記3研究グループの活動状況を以下に述べる。

### 3. 1. 超伝導量子回路研究グループについて

ジョセフソン接合を使った超伝導量子ビットに基づく量子回路の研究を行っている。量子ビットの集積化に関しては、理科大独自に開発した疑似2次元量子ビット結合ネットワークを用いた平面実装が可能な量子チップの研究を行っている。また理科大独自の超伝導一方向量子回路の研究を進め、時間領域での一次元量子クラスター状態の生成を達成した。また新規に超伝導 Kerr パラメトリック発振器 (KPO) を利用した量子情報処理の研究を進めた。KPO での自律的エラー訂正方式を提案した。超高速な猫状態が生成可能な KPO 量子回路の設計と作成を進めている。

### 3. 2. 量子光学研究グループについて

東大ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構と本研究部門との間で、2020年度に引き続き以下の2テーマでナノ技術とその量子情報およびエレクトロニクスへの応用を目指した共同研究を行った。

- a. Sadgrove 准教授、テーマ名：カーボンナノチューブ・ナノファイバを用いるキラルなナノフォトニックデバイスの開発

b. 佐中准教授、テーマ名：単一希土類原子とナノ光ファイバー共振器との結合実験

2021 年度には 2 回の共同研究議論を行い、上記 2 テーマに関して、東大側から大変有益な提案・コメントを得ることが出来た(1 回目：2021 年 5 月 15 日、Zoom 会議、2 回目：2021 年 11 月 29 日、Zoom 会議)。

Sadgrove 准教授の主な成果はキラルカーボンナノチューブとナノ光ファイバー複合デバイスの実現及び電子顕微鏡を用いたファイバー中のカラーセンターの励起である。佐中准教授の主な成果は、ナノ光ファイバー構造中で個別に観測された希土類原子のスペクトル測定および光子相関測定を実施したことである。

### 3. 3. 量子情報研究グループについて

10 月 13 日 (水) から 10 月 15 日 (金) の期間に、東京理科大学とナノ量子情報研究部門の主催で「Virtual QBIC 国際会議 2021」を、Zoom を用いて開催した。今回の国際会議は、理科大セッションを国際セッションとして実施、国際セッションのオープニングアドレスを研究部門長の高柳教授が行った。国外の研究者 13 名、学外の研究者 6 名、およびナノ量子情報研究部門の研究者 7 人と理科大の研究者 1 人が招待講演を行い、本研究部門の研究者の 9 件と理科大の研究者の 1 件のポスター講演が行われた。国内外から多数の参加者があり、量子情報や生命情報に関連した最新のナノ量子情報研究に係わる様々なテーマに関して、活発な研究発表が行われた。

## 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

2021 年度も、コロナ禍のために、研究部門内や東大との共同研究が大きな制約を受けた。対面での会合を開くことが出来ず、主に Zoom による打ち合わせとなったため、研究部門内での 3 研究グループ相互間の意見交換も、それ程進まなかった。しかし、超伝導量子回路研究グループを中心とした国際シンポジウムを、一回開催することが出来た。3 研究グループそれぞれに研究は進展しているので、2022 年度以降は、相乗効果が期待できる。

## 5. むすび

ジョセフソン接合を使った超伝導量子ビットに基づく量子回路の研究は、いくつかの重要な成果を生んだ。また東大との共同研究も、共同で実験を行うには至らなかったが、研究者間の議論から多くのすぐれたアイデアが生まれた。そういった意味で、2021 年度の部門研究活動は順調に推移したと言える。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. “Magnetic-Free Traveling-Wave Nonreciprocal Superconducting Microwave Components”, Dengke Zhang and Jaw-Shen Tsai, Phys. Rev. Applied, 15, 064013, 2021(査読有)
2. “Fast unconditional initialization for superconducting qubit and resonator using quantum-circuit refrigerator”, Teruaki Yoshioka and Jaw-Shen Tsai, Appl. Phys. Lett. 119, 124003, 2021 (査読有)
3. “Ultrastrong Tunable Coupler Between Superconducting LC Resonators”, Takafumi Miyanaga, Akiyoshi Tomonaga, Hikaru Ito, Hiroto Mukai and Jaw-Shen Tsai, Phys. Rev. Applied, 16, 064041, 2021 (査読有)
4. “Quasiparticle tunneling and  $1=f$  charge noise in ultrastrongly coupled superconducting qubit and resonator”, Akiyoshi Tomonaga, Hiroto Mukai, Fumiki Yoshihara and Jaw-Shen Tsai, Physical Review B, 104, 224509, 2021 (査読有)
5. “Vacuum-gap-based lumped element Josephson parametric amplifier”, Sishi Wu, Dengke Zhang, Rui Wang, Yulong Liu, Shuai-Peng Wang, Qichun Liu, Jaw-Shen Tsai and Tiefu Li, Chin. Phys. B, 31, 010306, 2022 (査読有) .
6. “Variational secure cloud quantum computing”, Y. Shingu, Y. Takeuchi, S. Endo, S. Kawabata, S. Watabe, T. Nikuni, H. Hakoshima, and Y. Matsuzaki, Physical Review A, 105 022603, pp 1-10, 2022 (査読有)
7. “Calculation of Gibbs partition function with imaginary time evolution on near-term quantum computers”, K. Matsumoto, Y. Shingu, S. Endo, S. Kawabata, S. Watabe, T. Nikuni, H. Hakoshima, and Y. Matsuzaki, Japanese Journal of Applied Physics, 61 042002, pp 1-11, 2022 (査読有)
8. “Efficient Criteria of Quantumness for a Large System of Qubits”, S. Watabe, M. Z. Serikow, S. Kawabata and A. Zagoskin, Frontiers in Physics, 9 773128, pp 1-6, 2022 (査読有)
9. “Propagation of phase-imprinted solitons from superfluid core to Mott-insulator shell and superfluid shell”, Y. Watanabe, S. Watabe, and T. Nikuni, Physical Review A, 104 043314, pp 1-8, 2021 (査読有)
10. “Boltzmann machine learning with a variational quantum algorithm”, Y. Shingu, Y. Seki, S. Watabe, S. Endo, Y. Matsuzaki, S. Kawabata, T. Nikuni, and H. Hakoshima, Physical Review A, 104 032413 pp 1-12, 2021 (査読有)
11. “Hugenholtz-Pines theorem for multicomponent Bose-Einstein condensates”, S. Watabe, Physical Review A, 103 053307, pp 1-11, 2021 (査読有)
12. “Analysis of shape change of droplet in dipolar Bose-Hubbard model”, K. Tamura, S. Watabe and T. Nikuni, arXiv:2110.01265, pp 1-7, 2021 (査読無)
13. Andrei Khrennikov and Noboru Watanabe, Order-Stability in Complex Biological, Social, and AI-Systems, Entropy, 2021, Vol.23, 355. pp.1-18, <https://doi.org/10.3390/e23030355> (査読有)
14. Taihei Takahashi and Noboru Watanabe, A Note on Improved Treatment of Gaussian Communication Process, to appear in Open Systems and Information Dynamics, (査読有)
15. Noboru Watanabe, Note on Transmitted Complexity for the Modified Compound states, to appear in International Journal of Modern Physics A, (査読有)
16. Noboru Watanabe, Note on Complexity of Communication Processes, to appear in Infinite Dimensional Analysis, Quantum Probability and Applications. ICQPR2021, (査読有)
17. Masaki Nakazato and Noboru Watanabe, OA Mathematical Formulation of Polarizing Beam Splitters and Its Applications to Quantum Computer, The Proceedings of the 44th Symposium on Information Theory and its Applications SITA2021, Vol.44, pp.180-pp.185, 2021 (査読無)

18. Ryo Kotaki and Noboru Watanabe, Formulation of quantum teleportation by using 2n orthogonal ground states consisted of coherent states, 信学技報, Vol. 121, No. 96, IT2021-18, pp. 17-21, 2021 (査読無)
19. Itaru Nakazawa and Noboru Watanabe, Improving Modular Exponential Circuits based on FTM Gate, 信学技報, Vol. 121, No. 96, IT2021-19, pp. 22-27, 2021 (査読無)
20. Taihei Takahashi and Noboru Watanabe, A New Treatment of Gaussian Communication Process, 信学技報, Vol. 121, No. 96, IT2021-17, pp. 12-16, 2021 (査読無)
21. “Probing the local density of states near the diffraction limit using nanowaveguide-collected cathode luminescence”, Y. Uemura, M. Irita, Y. Homma, M. Sadgrove, Physical Review A, 104 L031504 (Letter), pp 1-5 2021 (査読有)
22. “Optically induced sieve effect for nanoparticles near a nanofiber taper”, M. Sadgrove, T. Yoshino, M. Sugawara, Y. Mitsumori, K. Edamatsu, Physical Review Applied, 16 044034, pp 1-9 2021 (査読有)
23. “Interference-induced directional emission from an unpolarized two level emitter into a circulating cavity” L. Ostrowski, S. Parkins, M. Shirane, M. Sadgrove, Accepted for publication, Physical Review A 2022 (査読有)
24. New Subclass Framework and Concrete Examples of Strongly Asymmetric Public Key Agreement, S. Iriyama, K. Jimbo, M. Regoli, Appl. Sci. 2021, 11(12), 5540; <https://doi.org/10.3390/app11125540> (査読有)
25. Cold-Restraint Stress-Induced Ultrasonic Vocalization as a Novel Tool to Measure Anxiety in Mice, Tsugumi Yamauchi, Toshinori Yoshioka, Daisuke Yamada, Takumi Hamano, Misaki Ohashi, Maki Matsumoto, Keita Iio, Maika Ikeda, Masato Kamei, Takaya Otsuki, Yasuo Sato, Kyoko Nii, Masashi Suzuki, Hiroko Ichikawa, Hiroshi Nagase, Satoshi Iriyama, Kazumi Yoshizawa, Shoichi Nishino, Satoru Miyazaki, Akiyoshi Saitoh, Biological and Pharmaceutical Bulletin, 2022, Volume 45, Issue 3, Pages 268-275, <https://doi.org/10.1248/bpb.b21-00776> (査読有)
26. Alfaxalone improved in acute stress-induced tactile hypersensitivity and anxiety-like behavior in mice, Kazumi Yoshizawa, Saki Ukai, Junpei Kuroda, Tsugumi Yamauchi, Daisuke Yamada, Akiyoshi Saitoh, Satoshi Iriyama, Shoichi Nishino, Satoru Miyazaki, Neuropsychopharmacology Reports (2022), [doi.org/10.1002/npr2.12233](https://doi.org/10.1002/npr2.12233) (査読有)
27. “Effective Algebraic Methods are Widely Applicable”, T. Kamizawa, Proceedings of the Sixth International Conference on Mathematics and Computing, pp. 515-528, 2020 (査読有)

## 招待講演

1. “Superconducting quantum information: recent progress in our lab”, J.S. Tsai, The virtual QBIC Workshop 2021, Oct. 14, 2021, Online
2. “Superconducting quantum computer and its future issues (Plenary)”, J.S. Tsai, PACRIM 14 Vancouver, Dec. 13, 2021, Online
3. “Planar integration of superconducting qubits”, J.S. Tsai, ISQNS2022 International Symposium on Quantum Nano Science, Jan. 13, 2022, Tokyo
4. “Superconducting qubit and quantum computer”, J.S. Tsai, FCMP Lecture Columbia University Feb. 8, 2022, Online
5. “超伝導量子コンピュータとその課題 Superconducting quantum computer and its future issues”, 蔡兆申, 大阪大学 QLEAR 2021 年度 研究者交流会, Online, 3/8/2022
6. S. Watabe, Scaling Hypothesis of Spatial Search on Fractal Lattice Using Quantum Walk, The Virtual QBIC Workshop 2021 (Online), Tokyo University of Science, Noda, Japan, 2020-10-15
7. Noboru Watanabe, On complexities for the quantum compound systems, 52 Symposium on Mathematical Physics, “Channels, Maps and All That”, Nicolaus Copernicus University, (Online), 2021-6-14~6-17, (2021年6月14日~6月17日).

8. Noboru Watanabe, A Note on Complexity for Compound Quantum Systems, The QBIC Workshop 2021 (Online), Tokyo University of Science, Noda, Japan, 2021-10-13~10-15 (2021年10月13日~10月15日).
9. Noboru Watanabe, NOTE ON TRANSMITTED COMPLEXITY FOR THE MODIFIED COMPUND STATES, The International Conference "Selected Topics in Mathematical Physics" Dedicated to 75-th Anniversary of I. V. Volovich, (online), Steklov Mathematical Institute, Moscow, Russia, 2021-9-27~9-28 (2021年9月27日~9月28日).
10. Noboru Watanabe, On Transmitted Complexity for Modified Compound States, The International Symposium on Infinite Dimensional Analysis, Quantum Probability and Related Topics QP42 (Hybrid), Indian Statistical Institute, Bangalore, India, 2022-1-17~1-20 (2022年1月17日~1月20日).
11. Masaki Nakazato and Noboru Watanabe, A Mathematical Formulation of Polarizing Beam Splitters and Its Application to Quantum Computer, The QBIC Workshop 2021, Tokyo University of Science, Noda, Japan, 2021-10-13~10-15 (2021年10月13日~10月15日).
12. Ryo Kotaki and Noboru Watanabe, Formulation of quantum teleportation by using  $2n$  orthogonal ground states consisted of coherent states, The QBIC Workshop 2021, Tokyo University of Science, Noda, Japan, 2021-10-13~10-15 (2021年10月13日~10月15日).
13. Itaru Nakazawa and Noboru Watanabe, A New Treatment of Gaussian Communication Process, The QBIC Workshop 2021, Tokyo University of Science, Noda, Japan, 2021-10-13~10-15 (2021年10月13日~10月15日).
14. Taihei Takahashi and Noboru Watanabe, Improving Modular Exponential Circuits based on FTM Gate, The QBIC Workshop 2021, Tokyo University of Science, Noda, Japan, 2021-10-13~10-15 (2021年10月13日~10月15日).
15. 中里将輝, 渡邊 昇, 偏光ビームスプリッターの数学的定式化とその量子計算機への応用, 第44回情報理論とその応用シンポジウム, 関西学院会館, 2021-12-8~2021-12-10 (2021年12月8日~12月10日).
16. 小滝 遼, 渡邊 昇, コヒーレント状態から構成される  $2n$  個の互いに直交する基底状態を用いた量子テレポーテーションの定式化, 電子情報通信学会, 情報理論研究会, オンライン開催, (2021年7月8日(木)-7月9日(金)).
17. 中沢 達, 渡邊 昇, FTM ゲートを用いたモジュラー指数回路の改良, 電子情報通信学会, 情報理論研究会, オンライン開催, (2021年7月8日(木)-7月9日(金))
18. 高橋 太平, 渡邊 昇, ガウス通信過程の新しい取り扱い, 電子情報通信学会, 情報理論研究会, オンライン開催, (2021年7月8日(木)-7月9日(金))
19. Mark Sadgrove, Some topics in nano-particle transport using nanofibers, Metanano 9/15 (2021)

## 特許

1. 佐中薫、特願 2021-89181、単一光子を発生させることが可能な光ファイバー及びその製造方法、発光方法並びに発光装置 (令和3年5月27日)

## 研究課題（研究者別）

### 高柳 英明

#### 「超伝導量子素子に関する研究」

蔡研究室で実験されている超伝導量子ビットの動特性の理解を進めている。この超伝導量子ビットは基本的に Al 系のトンネル素子であるが、これとは別に半導体 2 次元電子ガス中に誘起される超伝導性を用いた超伝導素子の量子ビットとしての可能性を追求している。

### 蔡 兆申

#### 「超伝導量子回路に関する研究」

疑似 2 次元量子ビット結合ネットワークを用いた 100 ビットの超伝導量子コンピュータチップを作成した（チップサイズは 20mm x 20mm）。可変 Q ファクター共振器を使った高速な超伝導量子ビット初期化方式を提案した。ジョセフソン効果に基づく Kerr パラメトリック発振器 (KPO) を利用した量子情報処理の研究を進めた。KPO での自律的エラー訂正方式を提案した。超高速な猫状態が生成可能な KPO 量子回路の設計と作成を進めている。

### 渡邊 昇

#### 「複雑量としてのエントロピー型汎関数を用いた Gauss 通信過程の数理的定式化に関する研究」

チャンネルやエントロピー型尺度は、通信過程の情報伝送の効率を調べるために導入され様々な研究が行われている。連続確率分布で記述される通信過程の情報伝送の効率を調べるには、一般的に古典系の相互エントロピー（コルモゴロフ-ゲルファンド-ヤグロム）が使用される。

本研究では、Gauss 通信過程に関する前年度までの研究を元に、チャンネルの(1)線形性、(2)トレース保存性、という条件のもとで情報伝送を調べる尺度としてエントロピー型汎関数と相互エントロピー汎関数を定める研究を行った。

### 佐中 薫

#### 「単一希土類原子とナノ光ファイバー共振器との結合実験」

光ファイバー延伸処理により光ファイバー内部における希土類原子分布が 20~60  $\mu\text{m}$  の間隔に分離し、回折限界による光拡がりよりも十分に離れた状態になっている単一の希土類原子からの発光に関して光スペクトル測定および光子相関測定を行った。その結果、単一原子からのスペクトルは原子集団によるものとはほぼ同じスペクトル分布を示し、光子相関測定では集群効果が現れることが確認された。

### Mark Sadgrove

#### 「カーボンナノチューブを用いるキラルナノ光学デバイスの研究」

光ファイバ中の単一光子のルーティングが次世代の量子ネットワークに必要不可欠である。しかし、主な単一光子エミッターは室温下の放出方向がランダムである。本課題では、室温下における方向性を有しているフォトリックデバイスの実現を目的とした。特に、ナノ粒子（カーボンナノチューブ）とナノ光ファイバのカイラリティを用いたデバイスを提案して開発した。

### 入山 聖史

#### 「非可換代数をもとにした暗号理論に関する研究」

量子情報の数学的基礎となる非可換代数をもとにした、安全と利便性を兼ね備えた暗号理論の基礎理論研究と実装を行い、ost quantum 時代を念頭に置いた情報セキュリティ理論の構築を目指した研究を行う。

### 渡部 昌平

#### 「量子情報理論とその応用」

大規模量子アニーリングマシンの性能を特徴づける指数の提案に成功した。また、謝り訂正を用いない量子コンピュータである NISQ コンピュータについて、NISQ コンピュータでのボルツマン機械学習方法の提案・NISQ コンピュータでのクラウド型秘匿量子計算の提案・NISQ コンピュータ

での分配関数の計算手法の提案を行った。また、Moonshot プロジェクトとして 4 光子タイプの KPO を用いた自律型量子誤り訂正の研究を蔡先生と Kwon 博士で行った。また、JST さきがけ研究者に採択され、虚時間量子ツールボックスの研究を開始した。

#### **橋爪 洋一郎**

##### **「量子情報の解析に応用可能なデータ分析に関する研究」**

2021 年度は、トモグラフィーに関する研究の議論に加わるとともに、量子系から取得される情報をより効率的に解析できる情報処理技術を検討した。特に、信号の不安定さから生じる欠落の補完可能性と、情報の操作可能性が重要である。これに応えるため、本研究においては、カルバック・ライブラー ダイバージェンス (KL ダイバージェンス) と呼ばれる、情報エントロピーを用いた解析手法に着目している。この手法は、信号の欠落の補完や外的な操作を評価できる可能性を備えている。現在、実際に得られる信号情報に対してどの程度有効かについての検証を進めている。

#### **神澤 健雄**

##### **「量子可積分系及び可分性判定についての研究」**

量子系の力学は、外界からのノイズの影響により時間依存線型微分方程式で記述される。この様な方程式の解は存在しても一般には閉じた形式は知られていない。解が閉じた形式で記述できる系を可積分系と呼ぶが、新しい量子可積分系のクラスを見出すのが本研究である。更に可分性という性質に注目すると、系をより簡単な系に分割出来る。代数の性質を利用し効果的に判別する指標を量子開放系の解析に適用する研究も行なっている。

# 先端エネルギー変換研究部門

# 先端エネルギー変換研究部門について

## 1. 概要

石油資源の枯渇や経済的な不安定性が叫ばれる昨今、効率的なエネルギーシステムの開発や高効率なエネルギーの利用と新エネルギーの開発が急務になっている。特に、石油の大部分を輸入に頼る我が国においてその傾向は顕著である。本学においても、これまでにエコシステム研究部門や先端 EC デバイス研究部門において電気化学デバイスの開発と利用を検討しており、上市可能なデバイスを開発してきている。

また、国連が提唱する持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals: SDGs）の中では、7: すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する 12: 持続可能な生産消費形態を確保するが本部門に強く関連する。

本研究部門では、先端 EC デバイス研究部門の精神と成果を引き継ぎつつ、電気化学デバイス、水素エネルギー、熱エネルギー、光エネルギーに特化して、エネルギー開発と利用・環境低負荷な利用を検討する。

本研究部門は、エネルギー変換およびエネルギー貯蔵の研究グループにより構成されます。エネルギー変換グループはエネルギーの創生や変換に係る技術や材料の開発を、エネルギー貯蔵グループはエネルギーの貯蔵や利用に係る技術や材料の開発を担当する。これらのグループのメンバーが相互に連携することにより、エネルギーの創生・変換・貯蔵・利用に係るシステムの構築を目指す。つまり、先端エネルギーデバイスの開発において、本研究部門に属する教員が専攻や研究分野の枠を越えて互いに協力して現状の問題点を克服することにより、デバイス開発が加速されるとともに、教員相互の基礎知識レベルを向上し、加速度的な相互協力を引き出すことができるかと期待される。

本研究部門には第一線級の教員が参加していますので、さまざまな分野で学界の最先端に位置する情報や技術が集積できるため、only at TUS に基づく、本学独自で本学ならではのオリジナリティの高い技術開発とノウハウの集積が期待される。

また、本研究部門の特徴として、理工学研究科の横断型コースであるエネルギー・環境コースと協力を進める。これらの新システムや新材料の開発には教員とともに学生の参加が不可欠である。次世代の科学技術を担う学生の教育研究を通じて技術や智慧を伝承し、エネルギー・環境コースの学生や教員との積極的な交流を図り、本研究部門の目的を早期に達成できるように企図している。

## 2. 研究部門の構成と施設設備

### エネルギー変換グループ

エコシステム開発部門や先端 EC デバイス研究部門の成果に基づいて、高効率で環境低負荷な有機合成プロセスの開発や高感度で高機能な光反応性高分子の開発を進めてきた。中でも、新しい触媒反応を開発することにより、高選択的にカルボニル基をメチレンに還元する反応や、酸素以外の元素を含む有機化合物への応用を目指す。また、光と熱に反応する高分子材料を設計することにより、複数のエネルギーに感応する高分子材料の開発を目指す。さらに、コンビナトリアル法による高速合成と高速物性評価を推進する。

バイオ水素の創生とその利用の提案を目指す。これは SDGs の「12: 持続可能な生産消費形態を確保する」に関連し、ライフサイクルアセスメント（life-cycle assessment: LCA）に基づいた開発を進める。廃木材などを原料として水素を生成し、その高純度化、貯蔵、燃料電池による発電、キャパシタへ充電するシステムを構築し、LCA を評価する。

一方、小型かつウェアラブルなバイオ燃料電池では、紙および転写シートを利用した印刷型ウェアラブルバイオ燃料電池の開発と利用を進める。発汗中の乳酸をモニタリングできる燃料電池は、アスリートの健康管理に利用できる。ウェアラブルなデバイスの開発には、印刷型ペーパーデバイスの開発、酵素に適したメソ孔を有する炭素材料の開発を行う。

固体高分子形燃料電池の開発では、安定かつ高出力化が可能な電極材料として導電性ダイヤモンド

ンド触媒担体へ担持した金属錯体原料の電極触媒を開発する。

### エネルギー貯蔵グループ

リチウム電池に替わる高容量で高効率な電池として、1族以外の金属を使った電池の開発と利用を目指す。また、リチウムイオン電池の用途の多様化に対応するため、原子からマイクロレベルで構造制御された高容量電極の作製に加えて、高速マテリアルスクリーニングとデバイス指向型の評価・解析を実施し、材料の最適化と新たなデバイスの開発を目指す。

また、実験と計算化学を併用した原子配列モデリングに基づくマテリアルスクリーニングにより材料探索する。さらに、種々の作動条件下における電池特性の劣化機構を、電気化学特性の評価と、量子ビームを用いた原子・電子レベルの解析で、エネルギー変換部門と協力して検討する。評価・解析結果を材料探索にフィードバックし、使用目的および作動条件に応じたデバイス設計を提案する。

## 3. 各研究グループの活動報告

当研究部門では、部門に所属するメンバー個々の活動を進めつつ、部門内での共同研究を推進することを推奨した。

- ・Blue Tower デモンストレーションプラント (AGM/Advanced Gasification Module) プロジェクトに係るガス精製及び2段PSAによるガス精製性能に係る開発研究(堂脇清志、郡司天博) 合成ガス中に含まれる不純物の除去性能の評価を行っている。加えて、プロセス設計ならびにLCAの評価を実施している。

- ・モバイルバッテリーを用途とした水素吸蔵貯蔵による燃料電池システムの開発研究(堂脇清志、片山昇)

水素吸蔵合金と燃料電池を用いた電源システムの開発、バイオマス水素を貯蔵し電力エネルギーに変換するための水素吸蔵合金と燃料電池によるシステムを構築している。不純物存在下での水素吸蔵合金の性能評価や燃料電池の排熱を水素吸蔵合金の脱水素化に用いるシステムを検討している。現在、アシスト需要ならびに水素吸蔵カートリッジ(プロトタイプ)の作成中である。

- ・アセト酢酸エチル錯体からの酸化インジウムスズ薄膜の低温合成(郡司天博、藤本憲次郎) 水蒸気処理を用いた酸化インジウムスズ薄膜の低温合成とその評価を行った。
- ・リチウムイオン二次電池の迅速ヘルスマニタリングシステムの開発(板垣昌幸、片山昇) リチウムイオン二次電池の高速インピーダンス法が可能な小型な回路システムを開発している。現在、基本原理の構築と回路設計を行っている。
- ・ウェアラブルバイオ燃料電池の開発と評価(四反田功、辻村清也、片山昇、板垣昌幸) ウェアラブルバイオ燃料電池に関する共同研究を実施している。主に、汗中の乳酸から発電する絆創膏型電池、尿中の糖から発電するおむつ電池の開発を行っている。特に、分布定数回路を用いたバイオ燃料電池の等価回路解析、バイオ燃料電池の電極形状を設計するための面方向の挙動を再現可能な数値モデルを構築し、一部のパラメータを推定できている。

また、これらの広報として、研究部門独自のホームページを日本語と英語で作成して情報を発しするとともに、東京理科大学報222号(2021/7)に特集記事を掲載した。

本研究部門は、理工学研究科の大学院横断型コースエネルギー・環境コースと連携することを特長としており、若手研究者の育成にも注力している。本年度は8月28日(土)午後開催した理工学研究科大学院横断型コースエネルギー・環境コースのポスターコンペにおいて、所属学生のポスターセッション(48件)とパネルディスカッションに参加し、ポスターセッションでは講演賞などの審査にも参加した。

### 3. 1. エネルギー変換グループについて

エネルギー変換グループにおける研究テーマの一例を示す。

- ・新しい触媒反応によるカルボニル基の還元反応や酸素以外の元素を含む有機化合物への応用
- ・光と熱に反応する高分子材料の設計
- ・コンビナトリアル法による高速合成と高速物性評価
- ・LCAを評価したバイオ水素の創生とその利用の提案
- ・小型かつウェアラブルなバイオ燃料電池の開発

### 3. 2. エネルギー貯蔵グループについて

エネルギー貯蔵グループにおける研究テーマの一例を示す。

- ・導電性ダイヤモンドへ担持した金属錯体原料を電極とする固体高分子形燃料電池の開発
- ・1族以外の金属を使った高容量で高効率な電池の開発
- ・原子からマイクロレベルで構造制御された高容量電極の作製
- ・原子配列モデリングに基づくマテリアルスクリーニングによる材料探索
- ・電池特性の劣化機構の解明と使用目的や作動条件に応じたデバイス設計の提案

### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

今期の目標として克服できなかった課題として、次のことが挙げられる。

- ・研究部門内外における共同研究の推進  
研究部門内外で共同研究について、目標となる件数を設定して、積極的に推進する。
- ・講演会・研究発表会の運営

国際会議の開催や後援を目標に掲げているが、本年度は対象となる事業がなかった。来年度は国際会議の後援を予定している。Japan-US Workshop on Organic/Inorganic Hybrid Materials, Mishima, 2022/11/30-12/3.

- ・研究費の獲得  
研究部門のメンバーが積極的に活動しており、研究費を獲得している。今後は、研究部門として大型の研究予算への申請や獲得を目指す。
- ・実験室の運用（10号館4階実験室4・実験室9）  
研究部門で使用している実験室について、一層の稼働率向上と有効活用を目指す。

### 5. むすび

本研究部門は2021年度に設置され、本年度は初年度にあたる。手探りの運営ではあるが、研究部門メンバー個々の努力により望外の成果を挙げつつある。今後は、研究部門内外における共同研究を推進し、理科大ならではの、また、当研究部門ならではのオリジナリティあふれる研究成果を発出することを目標として、更なる発展を期待する。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Synthesis of indium tin oxide films from ethyl acetoacetonato complexes at low temperatures, T. Gunji, K. Nakamura, R. Hayami, A. Aimi, K. Fujimoto, K. Yamamoto, Journal of Sol-Gel Science and Technology, 100, 68-73, 2021 (査読有)
2. A review of phosphorus(V)-substituted titanium-oxo clusters, R. Hayami, T. Gunji, Journal of Sol-Gel Science and Technology, 100, 205-223, 2021 (査読有)
3. Two-Dimensional p-Conjugated Frameworks as a Model System to Unveil a Multielectron-Transfer-Based Energy Storage Mechanism, K. Sakaushi, H. Nishihara, Acc. Chem. Res., 54, 3003-3015, 2021 (査読有)
4. Interactions between pH, reactive species, and cells in plasma-activated water can remove algae, K. Mizoi, V. Rodríguez-González, M. Sasaki, S. Suzuki, K. Honda, N. Ishida, N. Suzuki, K. Kuchitsu, T. Kondo, M. Yuasa, A. Fujishima, K. Teshima, C. Terashima, RSC Adv., 12, 7626-7634, 2022 (査読有)
5. C-doped ZnS-ZnO/Rh nanosheets as multijunctioned photocatalysts for effective H<sub>2</sub> generation from pure water under solar simulating light, S. Khan, M. Je, N. Nu Thanh Ton, W. Lei, T. Taniike, S. Yanagida, D. Ogawa, N. Suzuki, C. Terashima, A. Fujishima, H. Choi, K. Katsumata, Appl. Catal. B: Environ., 297, 120473-1-13, 2021 (査読有)
6. Bonding formation and gas absorption using Au/Pt/Ti layers for vacuum packaging, S. Kariya, T. Matsumae, Y. Kurashima, H. Takagi, M. Hayase, E. Higurashi, Microsystems & Nanoengineering, 8, 2, 2022 (査読有)
7. First-principles calculations of stable local structures and electronic structures of magnesium secondary battery cathode materials, MgCo<sub>2-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>4</sub> (x=0, 0.5), in second charged state after first discharge, C. Ishibashi, M. Ichiyama, N. Ishida, N. Kitamura, Y. Idemoto, J. Solid State Electrochem., 26, 663-682, 2022 (査読有)
8. Production of Alkyl Aryl Sulfides from Aromatic Disulfides and Alkyl Carboxylates via a Disilathiane-Disulfide Interchange Reaction, T. Nakajima, K. Takano, H. Maeda, Y. Ogiwara, N. Sakai, Chem. Asian J. 16, 4103-4107, 2021 (査読有)
9. Cycling performance for storage and purification of lanthanum-rich mischmetal alloy in the presence of hydrogen sulfide, S. Miao, A. Eguchi, N. Katayama, K. Dowaki, Energy Sci. Eng. 9, 1409-1415, 2021 (査読有)
10. Rapid Controlled Release by Photo-Irradiation Using Morphological Changes in Micelles Formed by Amphiphilic Lophine Dimers, M. Akamatsu, K. Kobayashi, H. Iwase, Y. Sakaguchi, R. Tanaka, K. Sakai, H. Sakai, Sci. Rep. 11, 1-9, 2021 (査読有)
11. Effect of chemical oxidation of spinel-type LiNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>1.3</sub>Ti<sub>0.2</sub>O<sub>4</sub> by soaking in HNO<sub>3</sub>, HCl and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K. Fujimoto, Y. Kitajima, A. Aimi, Journal of Solid State Chemistry, 302, 122366, 2021 (査読有)
12. Quasi-homoepitaxial junction of organic semiconductors: a structurally seamless but electronically abrupt interface between rubrene and bis(trifluoromethyl)-dimethylrubrene, K. Takahashi, S. Izawa, N. Ohtsuka, A. Izumiseki, R. Tsuruta, R. Takeuchi, Y. Gunjo, Y. Nakanishi, K. Mase, T. Koganezawa, N. Momiyama, M. Hiramoto, Y. Nakayama, J. Phys. Chem. Lett., 12, 11430-11437, 2021 (査読有)
13. Designing a cross-linked redox network for a mediated enzyme-based electrode, M. Hossain, J. Morshed, S. Tsujimura, Chem Comm., 57, 6999-7002, 2021 (査読有)
14. High-performance, two-step/Bi-enzyme lactate biofuel cell with lactate oxidase and pyruvate oxidase, I. Shitanda, K. Hirano, N. Loew, H. Watanabe, M. Itagaki, T. Mikawa, J. Power Sources, 498, 229935, 2021 (査読有)
15. Improvements in the physical properties of UV-curable coating by utilizing type II photoinitiator, Y. Sanai, T. Ninomiya, K. Arimitsu, Progress in Organic Coating, 151, 106038-106052, 2021 (査読有)

## 著書

1. Photoelectrocatalytic and Photocatalytic Reduction Using Diamond, K. Nakata, C. Terashima, Diamond Electrodes: Fundamentals and Applications, Springer Singapore, 2022
2. Gas-Phase Synthesis for Mass Production of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles for Environmental Applications, S. Khan, K. Katsumata, V. Rodríguez-González, C. Terashima, A. Fujishima, Handbook of Nanomaterials and Nanocomposites for Energy and Environmental Applications, Springer, 2021
3. Porous Diamond Electrodes and Application to Electrochemical Capacitors in Diamond Electrodes: Fundamentals and Applications (Y. Einaga, Eds.), T. Kondo, Springer, 73-96, 2022
4. 第6章 糖や乳酸を基質とする紙基板バイオ燃料電池, 近未来のデジタルヘルスを支える酵素バイオ技術, 四反田功, レーヴノヤ, 辻村清也, シーエムシー出版, 358-368, 2022

## 招待講演

1. Challenges toward automated high-throughput processes for synthesis, evaluation, and analysis of multi-component powder libraries, K. Fujimoto, A. Aimi, Materials Research Meeting 2021, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan, 2021
2. Conductive diamond powders/nanoparticles for functional electrode material, T. Kondo, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021), オンライン, 2021
3. Physicochemical properties of epitaxially-grown well-defined molecular hetero-junctions built on an organic semiconductor pentacene, Y. Nakayama, The Asia Pacific Society for Materials Research 2021 Annual Meeting, オンライン, 2021
3. Porous carbon materials for enzymatic biofuel cells, S. Tsujimura, ICFPE2021 (The 11th International Conference on Flexible and Printed Electronics), 2021
4. パラジウム触媒によるフッ化アシルを利用した分子変換反応 -最近見出した反応から-, 坂井敬郎, 有機合成化学協会東海支部令和3年度有機合成セミナー, オンライン開催, 2021
5. 金属錯体二次元物質「配位ナノシート」の創製と特性・機能, 西原 寛, 日本化学会 第102春季年会, 2022
6. ダイヤモンド半導体によるCO<sub>2</sub>の光電気化学還元, 寺島千晶, 手嶋勝弥, 藤嶋 昭, 第82回応用物理学会秋季学術講演会, 口頭発表(招待・特別), 国内会議, オンライン, 2021
7. 放射光 X 線・中性子全散乱法によるイオン伝導性無機結晶の局所構造解析, 北村尚斗, 「全固体電池実用化に向けた固体電解質の開発」研究会, オンライン, 2021
8. 界面活性剤が形成する分子集合体の機能性: αゲルの構造と性質の理解, 酒井健一, グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム 第71回 研修セミナー, オンライン, 2021
9. 酵素を用いたバイオ燃料電池の開発と自己駆動型センサへの応用, 四反田功, 第82回 応用物理学会秋季学術講演会, Online, 2021

## 特許

1. 西原 寛, 田寺佐代子, 前田啓明, 国内優先出願, 配位高分子膜, 配位高分子膜の製造方法, 水素発生用電極及び水素発生装置, No. 2021-198073, 2021
2. 鈴木孝宗, 寺島千晶, 石田直哉, 勝川るみ, 藤嶋 昭, ギ酸の精製方法, 特願 2021-181153, 2021
3. 堂脇清志他2名, 国内特許, 塩化水素除去剤, 特許第6999910号, 2021
4. 有光晃二, 光塩基発生剤, 化合物, 光反応性組成物及び反応生成物, 特願 2021-158355, 2021
5. 中村理沙, 馬場好孝, 亀井宏美, 片山 昇, 佐野慎太郎, 劣化検出装置及び劣化検出プログラム, 特許第6993652号, 2021
6. 辻村清也, 大山真紀子, エムディ モタハー ホサイン, 栗山宏斗, 長崎幸夫, 甲田優太, 酵素架橋体, 電極材料, 電極及び電気化学デバイス, 特願 2022-032882

## 広報

1. 郡司天博, 堂脇清志, 水素の時代, 東京理科大学報 222 号, pp. 03-04, 2021
2. 寺島千晶, 東洋経済「ACADEMIC SDGs に取り組む大学特集 Vol.3」, 2021
3. 四反田功, もしものときの人体発電 汗や摩擦の電源研究進む, 日本経済新聞, 2021
4. 片山 昇, 「東ガス, 太陽光パネル劣化診断」日経産業新聞, 2021

## 受賞

1. D. Hara, C. Misaki, N. Katayama, K. Dowaki, Best Paper Award, EcoDesign 2021, 2021
2. T. Taira, T. Yanagimoto, T. Fouquet, K. Sakai, H. Sakai, T. Imura, 24th Journal of Oleo Science Editors' Award, 日本油化学会, 2021

## 研究課題（研究者別）

### 郡司 天博

#### 「高機能性金属酸化物材料の開発に関する研究」

金属錯体を水の沸点以下の温度の水蒸気で加水分解することにより金属酸化物の薄膜を得た。また、この仕組みを利用して、インジウムスズ酸化物の薄膜を塩酸で処理してからアセト酢酸エチルと反応することによりインジウムの回収と再利用のシステムを構築することに成功した。一方、高分子電極燃料電池のプロトン伝導膜としてホスホン酸を側鎖とするポリシルセスキオキサンを合成し、その薄膜化とプロトン伝導性を評価した。

### 西原 寛

#### 「金属錯体二次元物質「配位ナノシート」に関する研究」

金属イオンと平面形有機配位子との組み合わせからなる配位ナノシートについて、合成、構造解析、特性機能の解明および応用展開の研究を行った。ベンゼンヘキサチオール(BHT)を原料とした配位ナノシートに関して、Ni と Cu の 2 種類の異なる金属から成る新規構造相の NiCu<sub>2</sub>BHT が高い結晶化度、高い電気伝導性を示すことを実証した。また Fe<sub>3</sub>BHT の紫外光吸収能を利用した高感度、高速応答の超安定セルフパワーUV 光検出器の作製に成功した。

### 寺島 千晶

#### 「高効率二酸化炭素還元に向けたダイヤモンド光触媒の開発」

二酸化炭素の高効率変換技術を開発することを目指し、バンドギャップが大きく伝導帯下側のエネルギー準位が低いダイヤモンド材料に注目した。ダイヤモンドを励起できる紫外線を低消費電力で駆動できるようなエキシマランプと組み合わせ、銀などの助触媒を担持した材料を水溶液に浸漬し、溶解している二酸化炭素から効率よく一酸化炭素を取り出す研究開発を実施する。

### 有光 晃二

#### 「固体高分子型燃料電池の触媒層用プロトン伝導性材料の作製」

固体高分子型電池では、電極接合時の熱圧着法により電解質膜であるナフィオン膜の性能が低下することが問題とされている。本研究では、熱圧着法を用いない接着剤として、光誘起チオール/エン反応を利用した触媒層用のプロトン伝導性材料の開発を行った。

### 四反田 功、板垣 昌幸

#### 「ウェアラブルバイオ燃料電池に関する研究」

紙基板上にスクリーン印刷した紙基板バイオ燃料電池を作製した。メディエータにはチオニン、酵素には FAD 依存型グルコース脱水素酵素 (FAD-GDH) または乳酸オキシダーゼ (LOx) を用いた。また、作製したバイオ燃料電池と無線送信機を組み合わせた自己駆動型センサを用いて身体上試験を行い、運動中の使用者の汗中乳酸濃度をモニタリングした。

### 井手本 康、北村 尚斗

#### 「マグネシウム二次電池用正極材料の創製と放充電機構の検討」

マグネシウム二次電池を社会実装するためには、高エネルギー密度と優れたサイクル特性を両立する正極材料の創製が必要不可欠である。今年度は、主に高放電容量を示すスピネル型構造の MgCo<sub>2-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>4</sub> に着目し、第一原理計算と放射光 X 線全散乱測定を併用して放充電機構を検討した。その結果、Mg/Co カチオンミキシングが放充電時の相変化に影響を及ぼすことが明らかになった。

## 坂井 教郎

### 「導電性材料を指向した非対称アルキルアリアルスルフィド類の高効率合成反応の開発」

電気化学デバイスへの応用が期待されている有機硫黄化合物、中でも非対称スルフィド化合物の効率的合成法に着目し、芳香族ジスルフィドとエステル混合物に、反応促進剤としてヘキサメチルジシラチアン、塩基として炭酸カリウムを共存させN-メチルピロリドン溶媒中加熱反応させると、非対称アルキルアリアルスルフィドが高収率で合成できる手法を新たに見出した。

## 堂脇 清志

### 「バイオ水素の製造・利用チェーンの創出とその要素技術の開発及び評価」

下水汚泥等のバイオマス資源を熱分解・ガス化することにより、水素製造を行う研究開発を産学共同のもと実施している。また、製造された水素燃料を水素吸蔵合金に貯蔵し、電動自転車としての駆動動力の可能性についても実証検討を行っている。この一連チェーンの中で、特に重要な課題（プラントでの熱伝導、吸着技術、水素貯蔵技術など）について、基礎実験含めライフサイクルエンジニアリングの視点から検討している。

## 早瀬 仁則

### 「MEMS型燃料電池に関する研究」

一酸化炭素耐性に優れシリコン基板に一体成型できる触媒層として、Au-Pd-Pt 多層構造の研究を進めている。今年度は、初期プロセスのである多孔質シリコン層形成後の表層処理時間の最適化を進め、前年の研究により可能とした孔径を拡大した多孔質 Au 層の作製歩留まり向上を実現した。さらに、この多孔質金属層に、Underpotential Deposition により Pd 原子層堆積を行った。この結果、単原子層堆積による大幅に電気化学的挙動の変化を確認し、Au-Pd-Pt 多層触媒形成プロセスの前半を確実にした。

## 近藤 剛史

### 「導電性ダイヤモンドパウダーを用いた水系電気二重層キャパシタの開発に関する研究」

ボロンドープナノダイヤモンド (BDND) を電極材料とする水系電気二重層キャパシタを試作し、塗工および電解液の最適化を検討した。BDND インクの塗工回数を検討したところ、容量および安定性の観点から 2 回塗布が最適であることが分かった。また、電解液である過塩素酸ナトリウム水溶液の濃度を検討したところ、8 M においてセル電圧 (2.3 V) およびレート特性の双方に優れることがわかった。

## 酒井 健一

### 「両親媒性ロフィンダイマーによる界面物性の高速光制御に関する研究」

光応答性分子集合体を用い、光エネルギーを利用した被可溶化物質のオンデマンドな放出制御を検討した。両親媒性ロフィンダイマーが形成する分子集合体を用い、紫外光照射 ON-OFF にともなうモデル薬物の高速放出制御に成功した。さらに、その過程で生じるフォトクロミック反応・分子集合体構造変化・可溶化能変化のダイナミクスを評価した。また、生体透過性を持つ赤色光に応答するインジゴ誘導体の合成および評価を行った。

## 藤本 憲次郎

### 「革新的な機能性セラミックスの高速探索に関する研究」

データ駆動型と呼ばれるインフォマティクス研究が進むなか、そのデータの信頼度性および実験条件の統一性を高めるためのハイスループット実験（合成・評価・解析）と得られるデータセットを活用した新素材探索プロセスの構築を目指している。現在、リチウムイオン二次電池正極材や熱電変換材において、試料合成とその放射光 X 線計測と解析の高速・高精度解析処理に向けた開発・改良を進めている。

## 片山 昇

### 「機械学習とインピーダンス法によるリチウムイオン電池の診断方法」

近年リチウムイオン電池は電気自動車や電子機器などの電源として広く普及している。しかしながら劣化や故障などによる不具合は実例として多く存在し、これらを事前に検知する方法が求められている。そこで機械学習と電気化学インピーダンス法を組み合わせた手法を提案した。多種の条件でのインピーダンスを事前に測定し学習しておくことで、測定条件によらない診断方法を実現し、SoC や温度推定を行うことに成功した。

## 中山 泰生

### 「有機半導体単結晶上への高秩序結晶界面の創製および電子構造に関する研究」

有機太陽電池などの有機エレクトロニクスの機能の根源は異種の有機半導体分子同士が直に接触する界面にあり、こうした電子機能性界面における構造制御・電子物性はデバイス開発の要点をなす。本研究では、高移動度材料として知られるルブレンの単結晶表面上にルブレン誘導体を極めて高秩序に整列させた「準ホモエピタキシャル」結晶界面を創製し、得られた界面におけるエネルギー準位関係を決定することに成功した。

## 辻村 清也

### 「バイオ燃料電池の高性能化に向けた材料開発」

酵素を電極触媒として用いるバイオ燃料電池の実用化に向けて、印刷による製造に適した材料開発を進めている。本年度においては、酵素およびメディエータの固定化技術、そのメディエータ修飾炭素電極材料の開発を行った。有機系レドックスメディエータ、有機系メディエータを修飾したレドックスポリマー、さらに有機系メディエータを修飾した多孔質炭素を開発した。

## 秋本 順二

### 「新規リチウムイオン伝導性酸化物の合成と結晶構造・導電特性」

新規リチウムイオン伝導性酸化物として  $\text{LiTa}_2\text{PO}_8$  に着目し、合成条件の検討を行った。その結果、Li を過剰に仕込むことにより単一相の合成に成功した。また、 $\text{LiTa}_2\text{PO}_8$  の導電特性に与える水分の影響を検討した結果、化学的安定性に優れる酸化物固体電解質材料であることが明らかとなった。

**再生医療を加速する超細胞・DDS 開発研究部門**

# 再生医療を加速する超細胞・DDS 開発研究部門について

## 1. 概要

本研究部門では、再生医療の加速を目的として、治療目的で生体に投与される細胞を対象に、これを高機能化することにより「超細胞 (superior cell)」を開発するとともに、細胞をはじめとする各種機能性分子の体内動態を精密に制御可能な DDS (ドラッグデリバリーシステム) を開発する。開発した超細胞・DDS の治療標的として、呼吸器、脳、免疫、がんなどの疾患領域を選択し、これら疾患の治療法の開発につなげることを目標とする。

本研究部門は 4 つのグループが相互連携し、「再生医療を加速する超細胞・DDS 開発」研究を推進する。「超細胞・DDS 開発グループ」では、超細胞の設計・開発と、細胞や各種生理活性物質の体内動態制御のための DDS を開発する。細胞への新機能付加、細胞スフェロイド・オルガノイド構築、細胞外微粒子の利用などの視点から、超細胞を開発する。また、DDS 技術を超細胞に利用し、疾患モデル動物等でその有用性を検証する。「細胞機能制御システム開発グループ」では、細胞機能を制御する新規分子の創製ならびに再生医療・細胞治療を助ける機能性素材を開発する。「物性制御・評価グループ」では、上記グループで開発される種々の機能性分子・素材の物性を評価することで超細胞・DDS の機能最適化を支援する。「細胞・臓器再生グループ」では、肺や骨などを対象に臓器再生のメカニズムの解明および治療、また超細胞・DDS を適用した際の免疫系との相互作用の解明などを行う。

## 2. 研究部門の構成と施設設備

本研究部門は、図に示すように 18 名の学内外の研究員が参画しており、4 つのグループを編成し、相互に連携しながら「再生医療を加速する超細胞・DDS 開発」研究を推進する。

1. 超細胞・DDS 開発グループ
2. 細胞機能制御システム開発グループ
3. 物性制御・評価グループ
4. 細胞・臓器再生グループ

施設設備は、薬学部・先進工学部に在籍する参画研究員の研究室に加えて、野田キャンパス 18 号館 (旧 DDS 研究センター棟) である。これらの施設には、画像解析装置、LCMS システム、液体クロマトグラフシステム、プラズマイオン化定量装置、粉体性状測定装置、フローサイトメーター、超微細構造観察装置、単結晶 X 線回折装置、粉末 X 線回折装置、示差走査熱量測定装置、熱重量分析装置、赤外分析光度計、高性能呼吸機能解析システムなどを現有し、部門内で共同利用し、研究を遂行している。

## 3. 各研究グループの活動報告

研究部門として、2021 年 12 月 18 日 (土) に部門が主催して「東京理科大学薬学部 DDS シンポジウム 2021」をオンライン形式で開催した。各研究グループからの進捗報告に加えて、昭和電工マテリアルズ株式会社の坂東博人先生から「企業における DDS・再生医療等製品の研究開発・商用化に向けた課題」、立命館大学理工学部の小西 聡先生から「マイクロマシンの再生医療研究・DDS 研究への活用」と題した特別講演をしていただいた。シンポジウムは非公開として開催し、学内の部門関係者を中心に 71 名が参加した。



再生医療を加速する超細胞・DDS 開発研究部門を構成する研究グループのメンバー・役割

### 3. 1. 超細胞・DDS 開発グループについて

本グループでは、腫瘍集積性を有する間葉系幹細胞を基盤とするドラッグデリバリーシステムの開発に関する検討を行った。間葉系幹細胞表面に抗がん剤ドキシソルビシン内包リポソームを修飾することで、肺がんを標的とした有効性の高いがん標的治療に成功した。また、乳酸・グリコール酸共重合体 (PLGA) を用いたナノ粒子調製技術を利用した抗原タンパク含有ナノ粒子製剤の開発を行い、その経皮免疫療法における有効性を示した。さらに、合成レチノイド Am80 を封入した細胞環境応答性脂質ナノ粒子を用い、未封入の Am80 のわずか 100 分の 1 の投与量で肺胞を修復し、呼吸機能を改善することに成功した。

### 3. 2. 細胞機能制御システム開発グループについて

分解性ロッド状粒子を調製し、温度変化によるロッド状から球状への形状制御と、pH 変化による分解により、細胞取り込みと細胞内での薬物放出を制御可能な DDS キャリアとしての可能性を見出した。また、感温性分解性高分子を用いて骨誘導能を示す炭酸アパタイトカプセルを調製し、異所性骨形成の可能性を明らかにした。低分子医薬オリゴマーを内核とした核酸医薬密生型のナノ構造体について、酵素と pH 変化により自己崩壊を誘起できる末端修飾剤として、4-アミノベンジルアルコールをリンカー骨格としたガラクトースおよびシトラコン酸誘導体を合成した。

### 3. 3. 物性制御・評価グループについて

弱酸性・中性・弱塩基性小分子薬物、ペプチド類やタンパク質、生体膜の水相における熱力学的状態が、エンタルピー・エントロピー補償関係によって決まることを見出し、これを実証するために薬物間相互作用およびタンパク質変性などについて解析した。また、粒子表面と水の間の分子間引力が弱い疎水性粒子の場合の電気泳動について、すべりを考慮した理論を展開した。

### 3. 4. 細胞・臓器再生グループについて

種々の疾患に伴う炎症反応を制御するための標的として、水チャネルのアクアポリン (AQP) について検討し、AQP5 の恒常的な細胞膜局在にその C 末端領域が必須であること、また刺激依存的に増加する AQP5 の細胞膜輸送にエズリンの相互作用が重要であることを見出した。また、腎メサングウム細胞株における接着分子の異常な活性化が細胞増殖を抑制することを明らかにした。また、温度応答性高分子の局所滞留性を向上するための製剤設計、凍結融解法により調製したハイドロゲル、および、難水溶性医薬品をこれらの製剤に導入するために、医薬品結晶の微細化にも取り組んだ。

## 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

部門内での共同研究の加速を目的に、部門に参画する 2 つ以上のグループで新たに提案された共同研究に対して部門予算から共同研究のための研究費を配分することを計画し、部門内で了承した。しかしながら、この新たな共同研究に関しては提案があったものの、具体的な成果が得られる形での運用には至らなかった。2 年目以降については、この共同研究のあり方について、部門内で改めて検討し、部門内における共同研究の推進につなげたい。

## 5. むすび

部門設立の初年度であった 2021 年度は、専門性の異なる研究者が参集し、再生医療を加速する超細胞・DDS 開発研究部門として、個々の研究者がこれまでに進めてきた研究テーマについて研究を進めるとともに、今後の共同研究の方向性についても議論を重ねてきた。今後は、共同研究の推進による「超細胞」の開発および新規疾患治療法の開発に部門として取り組むことで、「超細胞」、「再生医療」、「DDS」をキーワードとする他に類を見ない新たな研究領域の創出し、部門外研究機関との共同研究や病院との提携による治験、特許取得に向けて部門研究を推進する予定である。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. Critical contribution of macrophage scavenger receptor 1 to the uptake of nanostructured DNA by immune cells, Keisuke Umemura, Shozo Ohtsuki, Makoto Nagaoka, Kosuke Kusamori, Takao Inoue, Yuki Takahashi, Yoshinobu Takakura, Makiya Nishikawa, Nanomedicine, vol 34 pp 102386, 2021 (査読有)
2. Development of advanced cell-based therapy by regulating cell-cell interactions, Kosuke Kusamori, Biological and Pharmaceutical Bulletin, vol 44 pp 1029-1036, 2021 (査読有)
3. Mesenchymal stem/stromal cells as next-generation drug delivery vehicles for cancer therapeutics, Yukiya Takayama, Kosuke Kusamori, Makiya Nishikawa, Expert Opinion on Drug Delivery, vol 18 pp 1627-1642, 2021 (査読有)
4. Calcium peroxide-containing polydimethylsiloxane-based microwells for inhibiting cell death in multicellular spheroids through improved oxygen supply, Yuya Mizukami, Yuki Takahashi, Kazunori Shimizu, Satoshi Konishi, Yoshinobu Takakura, Makiya Nishikawa, Biological and Pharmaceutical Bulletin, vol 44 pp 1458-1464, 2021 (査読有)
5. Intravenous injection of mesenchymal stem cell spheroids improves the pulmonary delivery and prolongs in vivo survival, Yoshihiko Shimazawa, Kosuke Kusamori, Mari Tsujimura, Asuka Shimomura, Ryo Takasaki, Yukiya Takayama, Kazunori Shimizu, Satoshi Konishi, Makiya Nishikawa, Biotechnology Journal, in press (査読有)
6. Development of nanoparticles derived from corn as mass producible bionanoparticles with anticancer activity. Daisuke Sasaki, Kosuke Kusamori, Yukiya Takayama, Shoko Itakura, Hiroaki Todo, Makiya Nishikawa. Scientific Reports 2021;11:22818. (査読有)
7. Academic detailing exercise course in RIKADAI: Toward the integration of basic and clinical science. Hideyo Takahashi, Takao Aoyama, Akiyoshi Saitoh, Shuji Shimada, Tasunori Suzuki, Ryoko Takasawa, Makiya Nishikawa, Yasunari Mano, Masayo Komoda. Journal of Asian Association of Schools of Pharmacy, 2021;10:35-39 (査読有)
8. Targeted delivery of immunostimulatory CpG oligodeoxynucleotides to antigen-presenting cells in draining lymph nodes by stearic acid modification and nanostructurization. Makoto Nagaoka, Wenqing Liao, Kosuke Kusamori, Makiya Nishikawa. International Journal of Molecular Sciences, 2022;23:1350. (査読有)
9. Therapeutic effects of GGsTop® gel in a mouse model of 5-fluorouracil-induced oral mucositis with reduced white blood cells, I. Takeuchi\*, K. Tanaka, K. Makino, Anticancer Research, 41 pp 4313-4319, 2021 (査読有)
10. Effects of lower alcohols on nanocomposite particles for inhalation prepared using O/W emulsion, Issei Takeuchi, Yukie Kimura, Takehisa Nakajima, Kimiko Makino, Bio-Medical Materials and Engineering, 2022, in press (査読有)
11. Optimization of Very Low-Dose Formulation of Vitamin D3 with Lyophilizate for Dry Powder Inhalation System by Simple Method Based on Time-of-Flight Theory. K. Miyamoto, M. Yanagisawa, H. Taga, H. Yamaji, T. Akita, C. Yamashita\*, Pharmaceutics, 13, pp 632, 2021. (査読有)
12. Usefulness of cell-penetrating peptides and penetration accelerating sequence for nose-to-brain delivery of glucagon-like peptide-2. T. Akita, R. Kimura, S. Akaguma, M. Nagai, Y. Nakao, M. Tsugane, H. Suzuki, J. Oka, C. Yamashita\*, Journal of Controlled Release. 335, pp 575-583, 2021. (査読有)
13. 凍結乾燥ケーキの品質に及ぼす凍結乾燥工程の一次乾燥時における昇温速度の影響、大堀 良、秋田智后、山下親正、製剤機械技術学会誌、第 119 号:Vol. 30, No. 3:P14-21. 2021. 7. (査読有)

14. Induction of mucosal immunity by pulmonary administration of a cell-targeting nanoparticle. T. Kurosaki, Y. Katafuchi, J. Hashizume, H. Harasawa, H. Nakagawa, M. Nakashima, T. Nakamura, C. Yamashita, H. Sasaki, Y. Kodama, Drug Delivery, 28, pp 1585-1593, 2021. (査読有)
15. Yukari Tsubata, Tomomi Akita, Ryosuke Tanino, Takamasa Hotta, Ayano Tezuka, Misato Kobayashi, Takae Okuno, Yohei Shiratsuki, Akari Tanino, Megumi Hamaguchi, Chikamasa Yamashita, Takeshi Isobe. (2021.11) Clinical Study on Nicotinamide Phosphoribosyl Transferase and SIRT1 Level in Patients With Neutropenia After Chemotherapy for Lung Cancer. Shimane Journal of Medical Science. Vol.38 pp.119-125. ISSN : 0386-5959 Online ISSN : 2433-2410. (査読有)
16. Ryo Ohori, Tomomi Akita, Chikamasa Yamashita\*. (2021.12) Scale-up/tech transfer issues of the lyophilization cycle for biopharmaceuticals and recently emerging technologies and approaches. Drying Technology. (査読有)
17. Kahori Miyamoto, Tomomi Akita, and Chikamasa Yamashita\*. (2022.3) Radiolabeling Method for Lyophilizate for Dry Powder Inhalation Formulations. Pharmaceutics. 2022. 14(4). 759.
18. Goreisan inhibits vascular endothelial cell migration and angiogenesis. K. Murakami, I. Horie, Y. Isohama, Traditional & Kampo Medicine, 8, pp 83-90, 2021.
19. Goreisan regulates AQP3 expression and improves diarrhea. K. Murakami, I. Horie, M. Chikuma, T. Shimizu, C. Matsumoto, Y. Isohama, Traditional & Kampo Medicine, 8, pp 91-99, 2021.
20. Ibudilast Suppresses MUC5AC Mucus Production through Inhibition of ERK1/2 Phosphorylation. J. Ishibashi, K. Saito, T. Ishizaki, I. Horie, Y. Isohama, Biol Pharm Bull, 44, pp 404-409, 2021.
21. Bisacodyl Suppresses TGF- $\alpha$ -Induced MUC5AC Production in NCI-H292 Cells. J. Ishibashi, Y. Isohama, Biol Pharm Bull, 44, pp 590-592, 2021.
22. C-Terminal domain of aquaporin-5 is required to pass its protein quality control and ensure is trafficking to plasma membrane, Shin-ichi Muroi, Yoichiro Isohama, Int J Mol Sci, 22, 13461, 2021 (査読有)
23. Ezrin regulates Ca<sup>2+</sup> ionophore-induced plasma membrane translocation of aquaporin-5, Shin-ichi Muroi, Yoichiro Isohama, Int J Mol Sci, 22, 13505, 2021 (査読有)
24. Testing a Benchtop Wet-Milling Method for Preparing Nanoparticles and Suspensions as Hospital Formulations, Y. Kawano, Y. Shimizu, T. Hanawa, Pharmaceutics, 13, pp 482-495, 2021. (査読有)
25. Solubility Enhancement of Ibuprofen by Adsorption onto Spherical Porous Calcium Silicate, Y. Kawano, S. Chen, T. Hanawa, Pharmaceutics, 13, 767-782, 2021. (査読有)
26. Development and evaluation of novel hydrogel for preventing postoperative pancreatic fistula, H. Mamada, A. Kemmochi, T. Tamura, Y. Shimizu, Y. Owada, Y. Ozawa, K. Hisakura, T. Oda, N. Ohkohchi, Y. Kawano, T. Hanawa, Polym Adv Technol, 2021, pp 1-12, 2021. (査読有)
27. Preparation and Evaluation of a Powdered Rebamipide Mouthwash as In-Hospital Formulation: Considering Dispersion before Use in Patients, Naoko Ishii, Senri Mizobuchi, Yayoi Kawano, Takehisa Hanawa, Pharmaceutics, 13, 1848-1860, 2021 (査読有)
28. The Role for miR-146b-5p in the Attenuation of Dermal Fibrosis and Angiogenesis by Targeting PDGFR $\alpha$  in Skin Wounds, Chie Fujisawa, Makoto Hamanoue, Yayoi Kawano, Daiki Murata, Yuri Akhima-Fukasawa, Tetsuya Okaneya, Takeo Minematsu, Hiromi Sanada, Kayo Tsuburaya, Takuma Isshiki, Tetsuo Mikami, Takehisa Hanawa, Yoshikiyo Akasaka, JOURNAL OF INVESTIGATIVE DERMATOLOGY, 2021 (査読有)

29. Induction of cellular senescence in fibroblasts through beta1-integrin activation by tenascin-C-derived peptide and its protumor effect, M. Fujita, M. Sasada, M. Eguchi, T. Iyoda, S. Okuyama, T. Osawa, K. Tsuzuranuki, M. Sakamoto, Y. Hagihara, M. Matsumura, S. Osada, H. Kodama, Y. Higami, F. Fukai, American Journal of Cancer Research, 11, pp 4364-4379, 2021 (査読有)
30. Induction of cellular senescence in fibroblasts through beta1-integrin activation by tenascin-C-derived peptide and its protumor effect. Fujita M, Sasada M, Eguchi M, Iyoda T, Okuyama S, Osawa T, Tsuzuranuki K, Sakamoto M, Hagiwara Y, Matsumura M, Osada S, Kodama H, Higami Y, Fukai F, Am J Cancer Res, 11(9), pp 4369-4379, 2021 (査読有)
31. Facile preparation of multi-stimuli-responsive degradable hydrogels for protein loading and release, S. Komatsu, M. Tago, Y. Ando, T. Asoh, A. Kikuchi, Journal of Controlled Release, 331, pp 1-6, 2021 (査読有)
32. Facile preparation of 2-methylene-1, 3-dioxepane-based thermoresponsive polymers and hydrogels, S. Komatsu, T. Sato, A. Kikuchi, Polymer Journal, 53, pp 731-739, 2021 (査読有)
33. Material Design of Drug Loadable Scaffold for Bone Regeneration and Treatment, S. Komatsu, A. Kikuchi, Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan, 28, pp 290-294, 2021 (査読有)
34. Preparation of Spherical Nucleic Acid Nanoparticles Containing Self-Immolative Poly(carbamate) Core, S. Fukumoto, M. Kawade, K. Kimura, Y. Akiyama, A. Kikuchi, Analytical Sciences, 37, pp 781-784, 2021 (査読有)
35. Multiplex MicroRNA Detection on a Surface-Functionalized Power-Free Microfluidic Chip, R. Ishihara, R. Kitane, Y. Akiyama, S. Inomata, K. Hosokawa, M. Maeda, A. Kikuchi, Analytical Sciences, 37, pp 745-751, 2021 (査読有)
36. Micropatterned Smart Culture Surfaces via Multi - Step Physical Coating of Functional Block Copolymers for Harvesting Cell Sheets with Controlled Sizes and Shapes, M. Nakayama, Y. Toyoshima, A. Kikuchi, T. Okano, Macromolecular Bioscience, 21, 20000330, 2021 (査読有)
37. Terminal cationization of poly(*N*-isopropylacrylamide) brush surfaces facilitates efficient thermoresponsive control of cell adhesion and detachment, M. Nakayama, T. Kanno, H. Takahashi, A. Kikuchi, M. Yamato, T. Okano, Science and Technology of Advanced Materials, 22, pp 481-493, 2021 (査読有)
38. Conjugation of antibody with temperature-responsive polymer via in situ click reaction to enable biomarker enrichment for increased diagnostic sensitivity, K. Hironaka, E. Yoshihara, A. Nabil, J. J. Lai, A. Kikuchi, M. Ebara, Biomaterials Science, 9, pp 4870-4879, 2021 (査読有)
39. Facile Preparation of a Hairpin DNA-Gold Nanoparticle Monoconjugate with a Single-Dye Molecule and Lactobionic Acid as Targeting Ligand, A. Mukaida, R. Adachi, Y. Akiyama, M. Kamimura, Analytical Sciences, 37, pp 785-788, 2021 (査読有)
40. Shape-memory balloon offering simultaneous thermo/chemotherapies to improve antiosteosarcoma efficacy, Sosuke Ouchi, Eri Niiyama, Ken Sugo, Koichiro Uto, Satoshi Takenaka, Akihiko Kikuchi, Mitsuhiro Ebara, Biomaterials Science, 9, pp 6957-6965, 2021 (査読有)
41. Protein Removal from Hydrogels through Repetitive Surface Degradation, Tatsuki Kamiya, Syuuhei Komatsu, Akihiko Kikuchi, ACS Applied Bio Materials, 4, pp 8498-8502, 2021 (査読有)
42. Development of carbonate apatite capsules based on degradable coacervate droplets for bone defect treatment, Syuuhei Komatsu, Drug Delivery System, 36, pp 216-217, 2021 (査読有)

43. Facile fabrication of gelatin hydrogels with anisotropic gel properties via self-assembly, Kohei Kawaguchi, Syuuhei Komatsu, Akihiko Kikuchi, Yoshihiro Nomura, Kazuki Murai, *Polymer Journal*, 54, pp 377-383, 2022 (査読有)
44. 複数薬物治療可能な骨再生能を持つ炭酸アパタイト粒子の作製, 小松周平, 麻生隆彬, 菊池明彦, *バイオマテリアル -生体材料-*, 40, pp 26-27, 2022 (査読無)
45. Creation of carbonate apatite particles with drug treatable bone reproduction ability for bone defects treatment, Syuuhei Komatsu, Akihiko Kikuchi, *Impact*, 1, pp 51-53, 2022 (査読無)
46. “Leading individual features of antioxidant systematically classified by the ORAC assay and its single electron transfer and hydrogen atom transfer reactivities; Analyzing ALS therapeutic drug Edaravone”, M. Takatsuka; S. Goto; K. Kobayashi; Y. Otsuka; Y. Shimada; *BBA Advances*. 2021, 100030. (査読有)
47. “Singular value decomposition analysis of the secondary structure features contributing to the circular dichroism spectra of model proteins”, T. Shiratori; S. Goto; T. Sakaguchi; T. Kasai; Y. Otsuka; K. Higashi; K. Makino; H. Takahashi; K. Komatsu; *Biochemistry and Biophysics Reports*. 2021, 28:101153. (査読有)
48. “Comparative study of the hydrophobic interaction effect of pH and ionic strength on aggregation/emulsification of Congo red and amyloid fibrillation of insulin”, T. Kasai; T. Wada; T. Iijima; Y. Minami; T. Sakaguchi; T. Shiratori; Y. Otsuka; Y. Shimada; Y. Okayama; S. Goto; *BBA Advances*, 2021, 2:100036. (査読有)
49. “Saturated adsorption of lidocaine and coal tar dyes onto porous polytetrafluoroethylene”, K. Mitsuya; S. Goto; Y. Otsuka; Y. Kawano; T. Hanawa; *RSC Advances*, 2022, 12:1914-1921. (査読有)
50. “Dry mechanochemical synthesis of ethenzamide and saccharin 1:1 cocrystal and their evaluation using powder X-ray diffraction and FT-MIR and NIR spectroscopy”, Y. Otsuka; S. Goto; *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 2022, 67:102918. (査読有)
51. “Dry and wet mechanochemical synthesis of piroxicam and saccharin co-crystals and evaluation by powder X-ray diffraction, thermal analysis and mid- and near- infrared spectroscopy”, Y. Otsuka; S. Goto; *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2022, 111(1):88-94. (査読有)
52. “Uniformity and Efficacy of Dry Powders Delivered to the Lungs of a Mycobacterial-Surrogate Rat Model of Tuberculosis”, K. Hirota; Y. Hirai; T. Nakajima; S. Goto; K. Makino; H. Terada; *Pharmaceutical Research*. 2022, 39(1):143-152. (査読有)
53. “Enthalpy-Entropy Compensation in the Structure-Dependent Effect of Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs on the Aqueous Solubility of Diltiazem”, T. Kinoshita; S. Goto; H. Chatani; M. Fujita; H. Kataoka; Y. Katahara; Y. Shimada; Y. Otsuka; K. Komatsu; H. Terada; *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 2022, 70(2):120-129. (査読有)
54. “Increased selectivity of sodium deoxycholate to around Tryptophan<sup>213</sup> in bovine serum albumin upon micellization as revealed by singular value decomposition for excitation emission matrix”, Y. Kurosawa; Y. Otsuka; S. Goto; *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces*, 2022, 212:112344. (査読有)
55. “Protective effects of cyclodextrins on edaravone degradation induced by atmospheric oxygen or additive oxidant”, R. Hiroshige; S. Goto; R. Ichii; S. Shimizu; A. Wada-Hirai; Y.-P. Li; Y. Shimada; Y. Otsuka; K. Makino; H. Takahashi; *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 2021, 102:327-338. (査読有)
56. Ion-partitioning effects on electrokinetic flow of generalized Maxwell fluids through polyelectrolyte layer-coated nanopore under AC electric field, P. Koner, S. Bera, H. Ohshima, *Colloid and Polymer Science*, 299, pp 1777-1795, 2021 (査読有)

57. Electrophoresis of Liquid-Layer Coated Particles: Impact of Ion Partitioning and Ion Steric Effects, P. Mahapatra, H. Ohshima, P.P. Gopmandal, Langmuir, 37, pp 11316-11329, 2021 (査読有)
58. External Magnetic Field-Enhanced Supercapacitor Performance of Cobalt Oxide/Magnetic Graphene Composites, M.M.M. Ahmed, T. Imae, H. Ohshima, K. Ariga, L.K. Shrestha, 94, pp 2245-2251, 2021 (査読有)
59. Electrophoretic mobility of a liquid drop with a slip surface, H. Ohshima, Colloid and Polymer Science, 299, pp 1353-1356, 2021 (査読有)
60. Electrophoretic mobility of a soft particle in a polymer gel medium, H. Ohshima, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 618, 126400, 2021 (査読有)
61. Electroosmotic velocity in an array of parallel cylindrical fibers with a slip surface, H. Ohshima, Colloid and Polymer Science, 299, pp 937-941, 2021 (査読有)
62. Settling of a charged hydrophobic rigid colloid in aqueous media under generalized gravitational field, D. Kundu, S. Bhattacharyya, P.P. Gopmandal, H. Ohshima, Electrophoresis 42, pp 1010-1020, 2021 (査読有)
63. A simplified model for gel electrophoresis of a hydrophobic rigid colloid, P.P. Gopmandal, S. Bhattacharyya, H. Ohshima, Soft Matter, 17, pp 5700-5710, 2021 (査読有)
64. 疎水性コロイド粒子の表面における流体のすべりと界面動電現象, 大島広行, 粉体工学会誌, 58 巻 4 号 pp 186-192, 2021 (査読有)
65. Diffusiophoretic velocity of a spherical soft particle, H. Ohshima, Colloid and Polymer Science, 300, pp 153-157, 2022 (doi:org/10.1007/s00396-021-04933-3) (査読有)
66. Diffusiophoretic velocity of a large spherical colloidal particle in a solution of general electrolytes, H. Ohshima, Colloid and Polymer Science, 299, pp 1877-1884, 2022 (査読無)
67. Electrostatic interaction between two spheroidal particles at large separations, H. Ohshima, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 629, 127482, 2022 (査読有)
68. Approximate analytic expressions for the electrophoretic mobility of spherical soft particles, H. Ohshima, Electrophoresis, 42 (21-22), pp 2182-2188, 2021 (査読有)

## 著書

1. 電気刺激を利用した薬物の経皮投与, 竹内一成\*, 牧野公子, 理大科学フォーラム 424, pp 21-23, 2021
2. 「第十八改正日本薬局方」, 山下親正, その他多数、厚生労働省（東京都千代田区霞が関）, 総頁数 2497、2021 年 6 月 7 日, ISBN:978-4-8407-5359-3
3. 山下親正, その他多数, 「第十八改正日本薬局方解説書一条文・注・解説一」, 廣川書店, 総頁数 6,500, 2021 年 12 月 4 日, ISBN: 978-4567015448
4. 刺激応答性高分子の開発動向, 荏原充宏, 宮田隆志, 児島千恵, 竹岡敬和, 大崎基史, 原田 明, 高島義徳, 金 昌明, 朴 峻秀, 菊池明彦, 小松周平, 大山陽介, 今任景一, 山門陵平, 前田大光, 大矢裕一, 粕谷有造, 池田英里子, 吉原愛澄, 増田 造, 坂本和歌子, 嶋田直彦, 丸山 厚, 中川泰宏, 藤澤七海, 下元浩晃, 井原栄治, 和田健彦, 遊佐真一, 山田創太, 金澤秀子, 西浦正芳, 侯 召民, 麻生隆彬, 三輪洋平, 宇田川太郎, 杓水祥一, 高木賢太郎, 杉野卓司, 釜道紀浩, 菊地邦友, 宇都甲一郎, 小土橋陽平, 伊藤祥太郎, 秋山陽久, 磯田恭佑, 塚原剛彦, 崎川伸基, 垣内田洋, 原口和敏, 野々山貴行, シーエムシー出版, pp 79-86, 2021

## 招待講演

1. 東京理科大学薬学部における取り組み, 西川元也, 日本薬剤学会第 36 年会, Online, 2021. 5. 15
2. Making Your Presentation Slides Attractive and Informative, Makiya Nishikawa, 2021 CSPS/PSJ/CC-CRS SYMPOSIUM, Online, 2021. 6. 3

3. 核酸医薬品の体内動態制御を目的とした構造最適化, 西川元也, 第 36 回日本薬物動態学会 (JSSX) 年会, Online, 2021.11.18.
4. 食用植物由来ナノ粒子を基盤とする DDS 開発と疾患治療への応用, 西川元也、佐々木大輔、鈴木日向子、草森浩輔, 日本医科大学・東京理科大学第 8 回合同シンポジウム, 2021.12.11.
5. オルガノイドサイズ依存的なヒト iPS 細胞由来膵島オルガノイドの分化誘導, 草森浩輔、西川元也, 東京理科大学薬学部 DDS シンポジウム, online, 2021.12.18.
6. DNA-based nanosystems for the targeted and controlled delivery of immunomodulatory agents and antigens, Makiya Nishikawa, Fourth Edition of Pharma R&D Conference, online, 2022.2.26.
7. 半固形製剤の物性評価, 竹内一成, 一般社団法人製剤機械技術学会 2021 年度半固形製剤教育研修会, オンライン開催, 2021.8.19
8. Drug-loaded nanoparticles for DDS, I. Takeuchi, Division of Colloid and Interface Science (DCIS), Research Institute for Science and Technology (RIST), Tokyo University of Science (TUS), オンライン開催, 2021.8.4
9. 秋田智后, 山下親正, 「合成レチノイド Am80 を投入した環境応答性脂質ナノ粒子による慢性閉塞性肺疾患の根治治療法と DDS の確立」, 東京理科大学薬学部 DDS シンポジウム 2021, オンライン開催/東京理科大学総合研究院 再生医療を加速する超細胞・DDS 開発研究部門, 2021 年 12 月 18 日
10. アクアポリンから考える漢方薬の浮腫・下痢への臨床応用, 磯濱洋一郎, ONCOLOGY X KAMPO WEB SEMINAR, 京都 (Web 開催), 2021.6.28.
11. 五苓散による下痢改善作用～アクアポリン 3 (AQP3) を標的に～. 村上一仁, 磯濱洋一郎, 生体機能と創薬シンポジウム, 札幌 (Web 開催), 2021.8.27.
12. 漢方薬の利尿作用とアクアポリンの密接な関係. 磯濱洋一郎, 循環器医のための循環器 Kampo シリーズ講演会, 佐賀 (Web 開催), 2021.9.10.
13. 漢方薬の利尿作用とアクアポリンの密接な関係～基礎薬理学的アプローチの成績から, 磯濱洋一郎, 第 49 回日本東洋医学会中四国支部総会, 高松市, 2021.10.17
14. 漢方薬の利尿作用への科学的アプローチ～漢方薬の薬能を担う分子アクアポリン, 磯濱洋一郎, Zoom ウェビナー「如何効く なぜ効く利尿剤」, 新潟市 (Web 開催), 2021.10.19
15. 漢方薬のユニークな薬理作用～五苓散, 人参養栄湯を中心に～, 磯濱洋一郎, 千葉県病院薬剤師会南部支部研修会, 千葉市 (Web 開催), 2021.10.28
16. 漢方薬の薬理作用の特性, 磯濱洋一郎, 東京理科大学薬学部医療薬学教育研究支援センター薬剤師のためのスキルアップ講座, 東京都千代田区 (Web 開催), 2021.12.18
17. がんの悪性化に寄与するがん間質細胞の老化においてインテグリンの活性調節が果たす役割, 伊豫田拓也, 基礎老化学会 第 42 回シンポジウム, 山口, 2021.11.28.
18. Fabrication of dual drug loadable CO3Ap particles for bone regeneration, Syuuhei Komatsu, Taka-Aki Asoh, Akihiko Kikuchi, 第 43 回日本バイオマテリアル学会, 名古屋, 2021.11.29
19. Stimuli Responsive Hydrogels Degradable Under Cancer Environment, Akihiko Kikuchi, 18<sup>th</sup> International Symposium on Recent Advances in Drug Delivery Systems, Salt Lake City, Utah, USA and Online, 2022.2.22-2.24
20. DLVO 理論の発展を振り返る一現状と課題一, 大島広行, 第 8 回分散凝集科学技術講座, 日本化学会 コロイドおよび界面化学部会, 東京, 2021.12.9
21. Design of a Hairpin DNA-Gold Nanoparticle Monoconjugate with a Single-Dye Molecule for Targetable Molecular Beacon Strategies, A. Mukaida, R. Adachi, Y. Akiyama\*, M. Kamimura, The 38th International Conference of Photopolymer Science and Technology (On-line), 2021.6.15-7.14.

## 特許

1. 山下親正 「発明の名称:非開示」特願 2021-081875

## 広報

1. 高山幸也, 草森浩輔, 西川元也. 理科大プレスリリース: 間葉系幹細胞が腫瘍組織に集積する性質を利用した, 新規がん標的治療法を開発～細胞移植によるドラッグデリバリーシステムの開発～ (2020年12月16日).  
日本語版: [https://www.tus.ac.jp/today/archive/20201215\\_1057.html](https://www.tus.ac.jp/today/archive/20201215_1057.html)  
動画: <https://www.youtube.com/user/ridaiweb>  
英語版: [https://www.tus.ac.jp/en/mediarelations/archive/20201216\\_0123.html](https://www.tus.ac.jp/en/mediarelations/archive/20201216_0123.html)  
メディア版: <https://www.tus.ac.jp/mediarelations/>
2. 佐々木大輔, 草森浩輔, 西川元也. 理科大プレスリリース: 食用トウモロコシから、がん細胞増殖抑制効果のあるナノ粒子を作製～安価で大量に作製できる治療薬として、がん治療などへの応用に期待～ (2022年2月14日).  
日本語版: [https://www.tus.ac.jp/today/archive/20220214\\_5834.html](https://www.tus.ac.jp/today/archive/20220214_5834.html)  
“Amazing” Nanoparticles from Maize: A Potent and Economical Anti-Cancer Therapeutic  
英語版: [https://www.tus.ac.jp/en/mediarelations/archive/20220214\\_5834.html](https://www.tus.ac.jp/en/mediarelations/archive/20220214_5834.html)  
EurekAlert: <https://www.eurekalert.org/news-releases/943324>  
LinkedIn: <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6898931474607726592>
3. 山下親正, 秋田智后, 中枢神経系疾患薬の経鼻投与実現への道を拓く「鼻から脳へ」～画期的な神経ペプチドのNose-to-Brainシステムの開発～ (2021年11月26日).  
日本語版: [https://www.tus.ac.jp/today/archive/20211124\\_8305.html](https://www.tus.ac.jp/today/archive/20211124_8305.html)  
英語版: [https://www.tus.ac.jp/en/mediarelations/archive/20211111\\_8305.html](https://www.tus.ac.jp/en/mediarelations/archive/20211111_8305.html)
4. European Pharmaceutical Review 「Intranasal anti-depressant drug successfully delivered to the brain」 12-11-2021
5. Knowledia News 「On the Nose: Scientists Optimize Intranasal Anti-Depressant Drug Delivery to the Brain | Tokyo University of Science」 12-11-2021
6. Anysubj 「On the Nose: Scientists Optimize Intranasal Anti-Depressant Drug Delivery to the Brain | Tokyo University of Science」 16-11-2021
7. Technology.org 「On the Nose: Scientists Optimize Intranasal Anti-Depressant Drug Delivery to the Brain | Tokyo University of Science」 12-11-2021
8. Drug Target Review 「Intranasal drug may be the future of depression treatments」 12-11-2021
9. Science Post 「Japon : un nouveau spray nasal pour lutter contre la dépression」 26-11-2021
10. Pop Mech 「В Японии разработали действенный антидепрессант в виде спрея для носа」 12-11-2021
11. Wonderful Engineering 「This New Nasally Injected Brain Drug Can Alleviate Depression In 20 Minutes」 12-11-2021
12. Interesting Engineering 「Nasally-Injected Brain Drug Can Help Treat Depression in 20 Minutes」 11-11-2021
13. News In 24 「A simple nasal spray could treat depression in 20 minutes」 11-11-2021
14. Gearx news 「A simple nasal spray could treat depression in 20 minutes」 11-11-2021
15. 247 News Bulletin 「A simple nasal spray could treat depression in 20 minutes」 12-11-2021
16. Newsbreezer 「Intranasal antidepressant successfully delivered to the brain」 12-11-2021
17. Newsbreezer 「A simple nasal spray could treat depression in 20 minutes」 12-11-2021
18. The Hack Posts 「Nasally-Injected Brain Drug Can Help Treat Depression in 20 Minutes」 12-11-2021
19. 菊池明彦, 小松周平, 多湖萌野, 安藤祐, 麻生隆彬, 微小環境の変化に応答して薬物放出するハイドロゲルの簡便な調製方法の開発に成功 ～より効果的に標的部位に薬剤を送達できるがん治療技術への応用に期待～, プレスリリース, 2021. 4. 12

20. 小松周平、本学教員が日韓バイオマテリアル学会若手研究者交流 AWARD を受賞、東京理科大学、2021. 12. 2
21. 神谷樹、小松周平、菊池明彦、本学教員による学術論文が ACS Applied Bio Materials 誌の Front Cover に選出、東京理科大学広報、2021. 12. 24

## 受賞

1. 吉岡志剛，川原賞（優秀発表者賞），日本核酸医薬学会第 6 回年会，2021
2. 高村皓大，優秀発表賞，第 37 回日本 DDS 学会学術集会，2021
3. 鈴木日向子，優秀発表賞，第 37 回日本 DDS 学会学術集会，2021
4. 高崎 凌，優秀口頭発表賞，第 65 回日本薬学会関東支部大会，2021
5. 手塚綾乃，島村美槻，木村玲良，安井瑞希，秋田智后，山下親正，最優秀発表者賞，日本薬剤学会第 36 年会，2021
6. 小田優介，木村玲良，島村美槻，山崎隼，細木悠眞，秋田智后，山下親正，優秀発表賞，第 37 回日本 DDS 学会学術集会，2021
7. 細木悠眞，小田優介，山崎 隼，木村玲良，島村美槻，手塚綾乃，秋田智后，山下親正，優秀口頭発表賞，第 65 回日本薬学会関東支部大会，2021
8. 前田浩暉，細野薫里，石井香佳，井川峻哉，秋田智后，山下親正，奨励賞，日本レチノイド研究会第 32 回学術集会，2021
9. 森屋広美，優秀発表賞，第 95 回日本薬理学会年会，2022
10. 小松周平，日韓バイオマテリアル学会若手研究者交流 AWARD，日本バイオマテリアル学会，2021.
11. Tatsuki Kamiya, Syuuhei Komatsu, Akihiko Kikuchi, ACS Applied Bio Materials Cover, American Chemical Society, 2021.

## 研究課題（研究者別）

### 西川 元也、草森 浩輔

#### 「細胞を利用したドラッグデリバリーシステム開発に関する研究」

2021年度は、細胞を利用したドラッグデリバリーシステム開発を行った。腫瘍集積性を有する間葉系幹細胞の表面に抗がん剤を修飾し、肺がんを標的とした有効性の高いがん標的治療に成功した。本研究結果は原著論文として Journal of Controlled Release 誌に掲載され、優れた研究成果として理科大プレスリリースとしても配信された。

### 牧野 公子、竹内 一成

#### 「生分解性高分子を用いた皮膚を介したドラッグデリバリーシステムに関する研究」

新たな経皮免疫療法の開発を目指し、乳酸・グリコール酸共重合体（PLGA）を用いたナノ粒子調製技術を利用した抗原タンパク含有ナノ粒子製剤の開発を行った。ナノ粒子化技術とイオントフォoresisを併用することで、モデル抗原の毛嚢深部および角層への送達性が向上することが確認された。抗 HEL IgG1 および IgG2a 抗体価、血清総 IgE 抗体価の測定結果より、本ナノ粒子製剤の経皮免疫療法における有効性が示唆された。

### 山下 親正、秋田 智后

#### 「合成レチノイド Am80 を用いた COPD 根治治療薬の開発とその DDS の構築に関する研究」

肺胞再生による COPD 根治治療を目指して、合成レチノイドの Am80 を封入した細胞環境応答性脂質ナノ粒子を用いて検討した結果、未封入の Am80 に比較して、100 分の 1 の投与量で肺胞を修復し、呼吸機能を改善することを世界で初めて見出した。さらに、応答局面法を用いて臨床応用可能な Am80 封入細胞環境応答性脂質ナノ粒子の吸入粉末剤の最適製剤化にも成功した。

### 内呂 拓実

#### 「天然有機化合物の合成法の確立と構造最適化」

合成困難な高歪み大環状構造をもつ天然由来抗腫瘍性物質 GKK1032A2 の世界初の全合成を達成した。また、テロメラーゼ阻害物質 UCS1025A およびその安定化類縁体に関して、Michael acceptor 型の Reversible Covalent Drug の雛型構造の効率的合成法を確立した。

### 伊豫田 拓也

#### 「病態形成およびその進展において細胞接着環境の変化が果たす役割に関する研究」

接着分子の過剰な活性化を介した動脈硬化の病態進展機序と、その抑制による病態改善を報告したことから、本年度は動脈硬化と平行的な進展を示す腎疾患を次なる研究標的とし、腎メサンギウム細胞株を用いた検討を開始した。接着分子の異常な活性化を本細胞に誘導したところ、優位な増殖抑制が観察された。種々細胞内シグナル伝達分子の活性化抑制も観察されたことから、今後は細胞老化との関係を検討の予定である。

### 菊池 明彦、小松 周平

#### 「環境応答性薬物放出 DDS 開発に関する研究」

本年度は、分解性ロッド状粒子を調製し、温度変化によるロッド状から球状への形状制御と、pH 変化による分解性により薬物放出が期待できる特徴を見出した。この粒子は、形状変化による取り込み制御と細胞内での薬物放出ができる DDS キャリアとして期待できる。さらに、感温性分解性高分子を用いて骨誘導能を示す炭酸アパタイトカプセルを調製し、異所性骨形成の可能性を明らかにした。

## 秋山 好嗣

### 「自己崩壊機能を搭載した多機能ナノ構造体の界面設計に関する研究」

低分子医薬オリゴマーを内核とした核酸医薬密生型のナノ構造体は、キャリアフリーDDS の創製を可能とし、本学の共同研究（共同研究者：菊池明彦教授）によって、その概念の一旦を実証してきた。今年度は、外部刺激（ここでは酵素と pH 変化）でナノ構造体の自己崩壊を誘起できる末端修飾剤として、4-アミノベンジルアルコールをリンカー骨格としたガラクトースおよびシトロン酸誘導体の合成を試みた。核磁気共鳴スペクトルを用いた構造解析から末端修飾剤の新規合成に成功した。

## 後藤 了、大塚 裕太

### 「生体と医薬品の相互作用解析に関する研究」

生体と医薬品の相互作用は、水相における疎水性物質の挙動が要因となる。この解明には、弱酸性・中性・弱塩基性小分子薬物、ペプチド類やタンパク質、生体膜がそれぞれ水相において示す熱力学的状態の理解を要する。我々は、これを支配する原理としてエンタルピー・エントロピー補償関係が主導的であることを見出した。これを実証するために有用な事例の探索として、薬物間相互作用、タンパク質変性などの解析を行った。

## 花輪 剛久、小澤 知尋

### 「ハイドロゲルに効率的に医薬品を導入する方法に関する研究」

2021 年度は温度応答性高分子の局所滞留性を向上するための製剤設計、凍結融解法により調製したハイドロゲル、および、難水溶性医薬品をこれらの製剤に導入するための医薬品結晶の微細化に関する研究を進めた。特に医学部研究者と進められた温度応答性高分子に核酸を導入した半固形製剤に関する研究、凍結融解法により調製したハイドロゲルに関する研究は論文としてまとめることができ、実用化に近づけることができた。

## 磯濱 洋一郎

### 「新規疾患治療標的としてのアクアポリンの可能性に関する研究」

生体内の水分代謝だけでなく、種々の疾患に伴う炎症反応を制御するため標的として水チャネルのアクアポリン (AQP) に注目し、特に AQP5 の機能調節機構について調べている。今回は、AQP5 の恒常的な細胞膜局在に、その構造中の C 末端領域が必須であること、また、刺激依存的に増加する AQP5 の細胞膜輸送にはエズリンと呼ばれるタンパク質との相互作用が重要であることを見出した。さらに、AQP 類が漢方薬の薬理作用と密接な関係にあることも明らかにした。

## 早田 匡芳

### 「筋骨格系疾患発症に関わる遺伝子に関する研究」

2021 年度は、我々が着目する脱リン酸化酵素遺伝子が筋骨格系疾患の発症に関与するかどうかを遺伝子組換えマウスを用いて検討したところ、その遺伝子が異所性骨化、筋委縮症、脂肪異栄養症、骨粗鬆症など様々な疾患の発症に関与することを見出した。今後、それら疾患の発症メカニズムの解明並びにそれらの症状を治療できる薬物の同定を試みる。

## 大島 広行

### 「コロイド粒子の電気泳動と DDS への応用に関する理論的研究」

水中の帯電粒子は電場下で移動する（電気泳動）。この問題を理論的に扱うとき、粒子表面で流体速度をゼロと置くすべりなし境界条件を用いる。しかし、この条件は粒子表面と水の間の分子間引力が強い親水性粒子の場合には正しいが、引力が弱い疎水性粒子の場合には正しくない。私はすべりを考慮した理論を展開した。DDS への応用として、薬物担体粒子の表面の親疎水性を変化させ、電場中の粒子速度を変えることが期待される。



# パラレル脳センシング技術研究部門

# パラレル脳センシング技術研究部門について

## 1. 概要

神経科学（脳科学）は、21世紀に飛躍的な発展が期待されている生命科学分野である。それに加え、脳の健康を保持することにより高齢化社会における生活の質の向上が見込めること、さらには脳で行われる情報処理の仕組みを応用することで革新的な技術の創出が見込まれることから、社会・産業界からも熱い視線が送られている分野でもある。近年、あらゆるものがインターネットにつながるようになり（IoT）、スマートウォッチなどのウェアラブルデバイスによりヒトも知らず知らずのうちにインターネットにつながるようになってきた（IoBodies）。次はヒトの心がインターネットにつながる時代になる（IoMinds）。まさに、脳インターネット時代である。本部門は、脳と神経情報・システムに関する学内の多次元・多軸の専門技術・情報を集中し、学外の関連研究者とも連携して多分野融合型の研究開発基盤を構築することで、複数個体の脳活動の協調や集団形成プロセスにおいてどのように相互作用するかを明らかにする脳インターネット時代を見据えた、理科大発の革新的学問分野、つなげる脳科学、『パラレル脳』の創出を目指します。

## 2. 研究部門の構成と施設設備

マウスやヒトを対象とした脳研究手法によって集団を形成する複数の個体の脳を同期（パラレル）計測し、脳研究の知見に根差した生体情報のセンシングや再現する技術を本学ならではの学際分野から提案する。オンライン空間での集団形成や共生の機序解明・支援、さらに、共通したセンシング技術をマウス実験とヒト実験とで利用することにより、社会性動物に共通した複数の脳の間でおこる相互作用を数理モデルにより記述し理論的な背景を構築することを目指す3つの班から構成され、これらの班間の相乗効果で創発的な成果を生み出すことを追求する。

### 動物実験班（マウス・ヒト）

認知に着目した脳の健康と疾患（悲観的認知の特徴があるうつ病、認知や記憶機能が低下する老人性認知症、社会的認知とコミュニケーションに障害がみられる自閉症など）について、分子、神経回路からモデル動物までの多次元研究を遂行し、関連メカニズムを解明し、改善薬や診断薬のシーズ創出をめざします。

### センシング班

発達障害等における視線行動や生理指標に着目した性格特性について、脳機能障害の解析や評価の多次元研究を遂行し、関連する計測技術やアシスト装置の創出をめざします。

### 数理モデル班

ヒトの視知覚に着目した脳内情報処理について、脳機能イメージング、認知心理実験、脳型アルゴリズムなどの多次元研究を遂行し、情報処理システムの解明とモデルや理論の構築をめざします。

部門メンバーは、理工学部（竹村 裕、牛島健夫、山本隆彦、萩原 明、朝倉 巧、山本征孝）、薬学部（斎藤顕宜、山田大輔）、生命研（中村岳史、鯉沼真吾）、工学部（阪田 治、橋本卓弥）、先進工学部（瀬木（西田）恵里）、教養教育研究院（市川寛子）の14名に、学外2名：産業技術総合研究所（長谷川良平）、University of Exeter Medical School（小黒一安藤麻美）を加えた計16名の学際的な神経科学関連分野の研究者からなる。主に各メンバーが個別に関係する施設や所有する設備を活用した共同や連携による研究を展開している。

## パラレル脳センシング技術研究部門

モノトーンのヒトなんていない

ヒトそれぞれ彩りがある・・・「多様性」



人類は高度に進化した脳のはたらきで特徴づけられる  
ヒトの多様性、すなわち地球上には個性ある脳が溢れている  
世界は・・・「超集団脳」・・・からなる

脳内ダイナミクスから脳間ダイナミクスへ  
「つながる」脳科学

*It is not enough to have good brains.  
The main thing is to connect them well.*

超高度化/複雑化，超高齢化が加速する未来社会，100年後の人類が，脳が  
どう共生するのか，変革の第一歩・・・「脳と科学工学の融合アプローチ」

### 3. 各グループを超えた共同研究の活動報告

部門設立の初年度より、本部門だからこそ可能である各グループの垣根を超えた共同研究を開始した。研究の概要と初年度の研究成果を下記に記載する。さらに、初年度の部門全体の活動についても報告する。

#### 3. 1. 社会性行動を制御する脳機能の解明 ～自閉症を伴うヒト染色体欠失疾患モデルでの社会性行動と脳発達変化の解明～（瀬木[理科大]／小黒—安藤[エクスター大学]）

ヒト染色体欠失疾患として、第3染色体 p26.3 領域に存在する3遺伝子欠損に着目する。この疾患は受精後に起きる変異であり、知能を含む発達遅延、自閉症などが症状として現れる (Fernandez et al. 2008)。この領域には CHL1, CNTN4, CNTN6 という3つの遺伝子が存在し、中でも CHL1, CNTN4 は自閉症のリスクファクターとして報告されている。これら3つの遺伝子は神経接着因子として知られているが、その機能や行動に与える影響については明らかでない。小黒はこれまでにこれら3遺伝子のトリプルノックアウトマウス(3PKOマウス)を作成した。これらマウスは生存すること分かっているものの、社会的認知・不安・鬱などの情動行動や記憶などの認知にどのような影響があるかは全く不明であった。

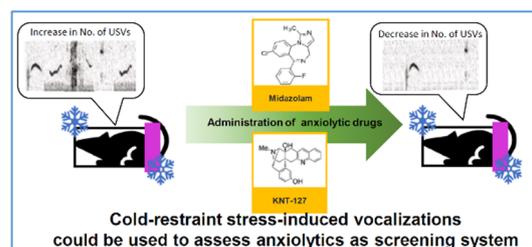
2021年度はまずこれらヘテロ変異マウスを、イギリスエクスター大学から東京理科大学へ輸送し、交配を進め遺伝型を決定することで、3PKOマウスの安定的な繁殖を進めた。また、社会的行動の予備的検討のために、社会性チャンバーを購入し、同種のマウスとの社会的相互作用試験を遂行することで、社会的認知行動の確立を進めた。

本研究の特色は、ヒト染色体欠失疾患を模倣した3つの隣接した遺伝子を同時にノックアウトしたマウスを用いることで、神経の接着因子に着目した神経発達と社会的認知・情動への影響を明らかにできることである。2022年度の目標は、これらマウスを用いて各種行動試験を行い、マウスモデルでの行動変化を明らかにすることである。さらに脳組織での構造変化の探索を行う予定である。

### 3. 2. 種を超えた音声コミュニケーションの検討～マウスにおける超音波発声とヒトにおける超音波聴取の効果との関連～（市川、斎藤、山田）

2021年度は音声コミュニケーションと情動の関連性を明らかにするため、マウスにおける超音波発声と情動状態の関連性を検討した。齧歯類は快・不快刺激の受容や捕食者の接近といった状況をヒトの可聴域外の音で伝え合うことが知られている。我々は昨年度の研究において、マウスが不快な情動状態に伴う超音波を発声する条件を定め、超音波発声回数が抗不安薬の投与で減少することを明らかにした。超音波発声回数の減少は抗うつ薬や統合失調症治療薬の投与では認められなかった。さらに、この試験は繰り返しの評価を行うことができることから、抗不安薬の新規スクリーニング系としての使用可能性が示された。この成果は国際誌で論文として公開済みである（右図、Yamauchi et al., Biol Pharm Bull. 2022;45:268.）。この検討結果により、超音波発声が情動状態と密接に関連していることを示唆し、安定した音声収集の方法を確立した。

今後は収集した超音波音声をうつ病モデル動物に曝露し、情動行動の変化とその作用メカニズムの解明を進めていく。同時に、ヒトを対象として超音波を曝露した際の脳活動の変化、心理状態の変化、内分泌系の変化を検討する。本研究の特色は、モデル動物を用いた実験とヒトを対象とした実験の両面から超音波聴取の影響を検討することである。モデル動物を用いた研究でその詳細なメカニズム解明を進めるとともに、ヒトを対象とした研究で応用可能性を示していく。



### 3. 3. ヒトの歩行動作と性格特性との関連に関する研究～ヒトの内部状態に由来する歩行の特徴を抽出・評価～（市川、竹村）

ヒトの歩行動作には、年齢や性別だけでなく外向性/内向性などの性格特性が反映される。性格特性には発達障害のひとつである自閉症的な性格（自閉症特性）も含まれ、自閉症者の歩行動作がぎこちないことはこれまでに繰り返し報告されてきた。我々は2018年に、二者が向かい合って接近したのちに衝突を避けて歩く場面での歩行動作を計測し、自閉症特性の高い者ほどすれ違う際の腰の角加速度のノルムが大きくなることを示した（Shigeta et al., 2018）。

本研究の目的は、なぜ自閉症特性の高さがすれ違い歩行のぎこちなさに関連するかを、歩行時の脳波計測を行うことによって解明することである。2021年度は他者の接近を知覚することの遅れが脳波計測上でも観察されるか、さらに、接近を知覚して回避するための体勢を整えるための重心動揺の違いがないかを、立位静止時の脳波計測（図1）によって検討した。その結果、左後側頭部で他者が歩き始めた100ミリ秒後に見られる事象関連脳電位が、自閉症特性高群において低群よりも潜時が長かった（図2）。本研究成果は2022年度に学会発表を行う予定である。今後は、接近する歩行者をバーチャルキャラクタとし、より実環境に近い条件での脳波計測を行う。

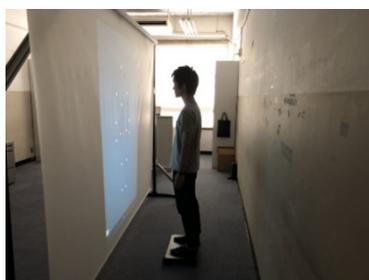


図1 立位静止状態での脳波計測

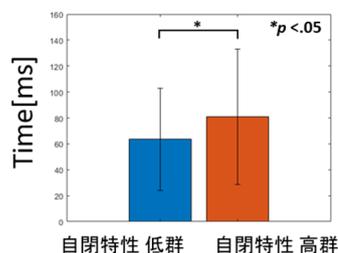


図2 左後側頭部での事象関連脳電位（N1）の潜時

### 3. 4. 部門全体の活動について

- 1) 第1回公開シンポジウム「Think Synch Brain Dynamics ～理工が挑む脳科学～」の開催
  - ・日時：2021年12月04日（土）10:00-17:30
  - ・東京理科大学 野田キャンパス 講義棟 K401 他
  - ・学外招待講演3題、企業講演2題、部門メンバー講演4題、学生ポスタ43題
  - ・参加者：132名（うち学外15名）

脳神経関連分野で活躍する研究者からの基礎から最新の内容までの講義と関連情報の提供、部門メンバーの研究室における最新の研究成果の情報交流と人的交流ができ盛会であった。

- 2) パラレル脳 勉強会・セミナーの開催

第1回マウス・ヒト・ウシの動作センシングとAI超入門

理工学部：竹村 裕 先生：6月30日

第2回高齢がん患者を認知機能障害から守る

国立がんセンター東病院：小川朝生 先生：8月3日

第3回成体のニューロン新生から学ぶ脳の再生医療の可能性

筑波大学：坂口昌徳 先生、9月1日

第4回脳波計測の基礎と応用-脳波のダイナミクスと複数人同時計測

NICT：成瀬 康 先生、11月19日

第5回脳波実験のツボとコツーそれと複数人からの同時計測実験結果も

関西学院大学：片山順一 先生、3月24日

- 3) 第1回アドバイザリー委員会

10月17日 オンライン開催

3名の学外有識者委員、2名の学内委員による部門活動の審査とアドバイスを受けた。おおむね良好の評価結果ではあったが、改善すべき点を含めて、部門活動の方針と計画を再考して、さらに部門活動の強化を目指した。

### 4. 課題と研究活動の展望

本部門は、融合型の連携・共同研究を推進するために、学内外の多分野・異分野を専門とする学際的な研究者により構成されている。多分野・異分野の知恵と技術力を結集することで、脳を基軸とした理科大ならではの多分野・異分野融合型の独創的な基礎研究と応用研究を開拓し、多様化社会から求められる創発的な研究成果を産み出すことを目指している。

部門設立初年度から開始した新しい共同研究を推進することと、理工系の知恵と力を結集し、センシング班の最先端の技術を拡張し新たな分析方法や計測技術を動物・ヒト計測実験に応用し、理科大ならではの“パラレル脳”研究を実施する。また、シンポジウムや勉強会を通じての学外者との連携強化を実施し、大型外部資金獲得のための宣伝活動・ロビー活動を積極的に実施し、予算の調達を目指す。

さらに、上記の活動を通じて、教員のみならず学生へ学際連携研究の楽しさを伝え、今後脳科学分野を支える若手の育成に努める。

### 5. むすび

本部門は、理科大ならではの脳神経研究を発展させるため、共同研究の推進と個別の独創的な研究を統合させて、理科大発の革新的学問分野、“つなげる脳科学”、『パラレル脳』の構築をめざして今後も活動していきます。理工系の学際的な総合力とシナジー効果を追究し、医学部や病院などの臨床機関とも連携することで、学内の脳科学、神経科学の研究基盤をさらに充実・発展させると共に、次世代の人材育成のための教育も実践する。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. 実験動物運動量計に対する磁界ばく露調査, 中田悠乃, 山本隆彦, 山田大輔, 斎藤顕宜, 越地耕二, 日本 AEM 学会誌, Vo.29, No. 2, pp. 239-244, 2021 (査読有)
2. 埋め込み型運動量計へのワイヤレス電力伝送に向けた磁界ばく露による実験用小動物の行動評価, 中田悠乃, 山本隆彦, 山田大輔, 斎藤顕宜, 越地耕二, 日本 AEM 学会誌, Vo.29, No. 2, pp. 378-382, 2021 (査読有)
3. Planar cell polarity protein Vangl2 and its interacting protein Ap2m1 regulate dendritic branching in cortical neurons. Yasumura M, Hagiwara A, Hida Y, Ohtsuka T. Genes to Cells, 2021; 26(12) 987-998 (査読有)
4. An engineered channelrhodopsin optimized for axon terminal activation and circuit mapping. Hamada S, Nagase M, Yoshizawa T, Hagiwara A, Isomura Y, Watabe A M, Ohtsuka T. Communications Biology, 2021; 4(1), 461 (査読有)
5. Effect of Ankle-Foot Orthosis Stiffness on Muscle Force During Gait through Mechanical Testing and Gait Simulation. Yamamoto M, Shimatani K, Okano H, Takemura H. IEEE Access, 2021; 9, 98039-98047 (査読有)
6. Accuracy of Temporo-Spatial and Lower Limb Joint Kinematics Parameters Using OpenPose for Various Gait Patterns With Orthosis. Yamamoto M, Shimatani K, Hasegawa M, Kurita Y, Ishige Y, Takemura H. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 2021; 29, 2666-2675 (査読有)
7. Evaluation of Remote Photoplethysmography Measurement Conditions toward Telemedicine Applications, Tohma A, Nishikawa M, Hashimoto T, Yamazaki Y, and Sun G, Sensors, 2021, vol. 21, no. 24, 8357 (2021) (査読有)
8. Frailty Care Robot for Elderly and its Application for Physical and Psychological Support, Yamazaki Y, Ishii M, Ito T, and Hashimoto T, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 2021, vol. 25, no. 6, pp. 944-952 (査読有)
9. Yamauchi, T., Yoshioka, T., Yamada, D., Hamano, T., Ohashi, M., Matsumoto, M., Iio, K., Ikeda, M., Kamei, M., Otsuki, T., Sato, Y., Nii, K., Suzuki, M., Ichikawa, H., Nagase, H., Iriyama, S., Yoshizawa, K., Nishino, S., Miyazaki, S., Saitoh, A. (2022). Cold-Restraint Stress-Induced Ultrasonic Vocalization as a Novel Tool to Measure Anxiety in Mice. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 45, 268-275. doi: 10.1248/bpb.b21-00776 (査読有)
10. Takefusa, M., Kubo, Y., Ohno, M. and Segi-Nishida, E. Electroconvulsive seizures lead to lipolytic-induced gene expression changes in mediobasal hypothalamus and decreased white adipose tissue mass. Neuropsychopharmacol Rep. 41:56-64. 2021. doi: 10.1002/npr2.12156. (査読有)
11. Aging induces abnormal accumulation of Ab in extracellular vesicle and/or intraluminal membrane vesicle-rich fractions in nonhuman primate brain, Koinuma, S., Shimozawa, N., Yasutomi, Y. and Kimura, N. Neurobiology of Aging, vol. 106, pp 268-281, 2021 (査読有)
12. TC10 as an essential molecule in axon regeneration through membrane supply and microtubule stabilization, Nakamura, T. and Koinuma, S., Neural Regeneration Research, vol. 17, pp 87-88, 2022 (査読有)
13. A selective delta opioid receptor agonist SNC80, but not KNT-127, induced tremor-like behaviors via hippocampal glutamatergic system in mice, Sakamoto K, Yamada D, Yamanaka N, Nishida M, Iio K, Nagase H, Saitoh A, Brain Research, vol. 1757, pp 1-8, 2021 (査読有)

14. Modulation of glutamatergic synaptic transmission and neuronal excitability in the prelimbic medial prefrontal cortex via delta-opioid receptors in mice, Yamada D, Takahashi J, Iio K, Nagase H, Saitoh A, Biochemical and Biophysical Research Communications, vol. 560, pp 192-198, 2021 (査読有)
15. Juvenile social defeat stress exposure favors in later onset of irritable bowel syndrome-like symptoms in male mice, Matsumoto K, Takata K, Yamada D, Usuda H, Wada K, Tada M, Mishima Y, Ishihara S, Horie S, Saitoh A, Kato S, Scientific Reports, vol. 11, pp 1-15, 2021 (査読有)
16. Chronic vicarious social defeat stress attenuates new-born neuronal cell survival in mouse hippocampus, Yoshioka T, Yamada D, Kobayashi R, Segi-Nishida E, Saitoh A, Behavioural Brain Research, vol. 416, 113536, 2022 (査読有)
17. Selective  $\delta$ -opioid receptor agonist, KNT-127, facilitates extinction learning of contextual fear via infralimbic cortex and amygdala in mice, Kawaminami A, Yamada D, Yanagisawa S, Shirakata M, Iio K, Nagase H, Saitoh A, Frontiers in Behavioral Neuroscience, vol. 2022, 808232, 2022 (査読有)
18. Disulfiram Produces Potent Anxiolytic-Like Effects Without Benzodiazepine Anxiolytics-Related Adverse Effects in Mice, Saitoh A, Nagayama Y, Yamada D, Makino K, Yoshioka T, Yamanaka N, Nakatani M, Takahashi Y, Yamazaki Y, Shigemoto C, Ohashi M, Okano K, Omata T, Toda E, Sano Y, Takahashi H, Matsushima K, Terashima Y, Frontiers in Pharmacology, vol. 13, 826783, 2022 (査読有)

## 著書

1. 理大・科学フォーラム, 「心・意識を科学する～神経科学」, 萩原 明, 2021年(12)426号, pp24-29
2. Precision Medicine 2022年2月号, 情動調節における $\delta$ オピオイド受容体の役割とそのメカニズム, 山田大輔, 斎藤顕宜, 北隆館, pp84-89, 2022

## 招待講演

1. Exploration of neurobiological mechanism on disturbed caregiving in the presynaptic CAST-deficient dams., Akari Hagiwara, The third international symposium on brain science: University of Yamanashi, Kofu Yamanashi, 2022
2. ヒトの認知・行動を計測し健康に寄与する, 市川寛子, 第8回 東京理科大学・日本医科大学合同シンポジウム, オンライン開催, 2022
3. 瀬木(西田)恵里 抗うつ治療による海馬神経の機能制御と治療機序に関わる分子メカニズム探索(シンポジウム発表) 第44回日本神経科学大会、神戸 2021年7月28-30日
4. オピオイド $\delta$ 受容体をターゲットとした向精神薬開発, 斎藤顕宜, 第40回鎮痛薬・オピオイドペプチドシンポジウム, オンライン開催, 2021
5. Neural mechanism underlying the regulation of emotional behaviors via  $\delta$ -opioid receptors, 山田大輔, 第95回日本薬理学会年会(シンポジウム), 福岡, 2021

## 特許

1. 中村岳史, 松井真優, 鯉沼真吾, 一分子型FRETバイオセンサー, 及びRab39Bの活性を制御する薬剤のスクリーニング方法, 特願 2021-137389, 2021

## 広報

1. 瀬木(西田)恵里, 竹村裕, 脳のこれから, 東京理科大学 学報 224号, 2022.

## 受賞

1. 奥野琳太郎・高橋風樹・市川寛子, 2021PCカンファレンス学生論文賞, CIEC コンピュータ利用教育学会, 2021
2. 白方基揮, 山田大輔, 河南絢子, 柳澤祥子, 飯尾啓太, 長瀬 博, 斎藤顕宜, 優秀発表賞, 第145回日本薬理学会関東部会

3. 吉岡寿倫, 山田大輔, 飯尾啓太, 長瀬 博, 斎藤顕宜, 最優秀発表賞, 第31回神経行動薬理若手研究者の集い, 2022
4. 河南絢子, 山田大輔, 柳澤祥子, 白方基揮, 飯尾啓太, 長瀬 博, 斎藤顕宜, 学生優秀発表賞, 第95回日本薬理学会年会

## 研究課題（研究者別）

### 竹村 裕

#### 「マウスの3次元歩行計測に関する研究」

本研究では Azure Kinect DK を用いた下方からの RGB-D 動画像の撮影と、DeepLabCut を用いた深層学習による身体部位追跡を組み合わせた、1 台の RGB-D カメラで四肢の動きを 3 次元計測する方法を提案した。結果として、提案手法では既存の四肢追跡の手法から精度を向上し、十分な精度でマウスの 3 次元歩行計測が可能であることが確認された。今後の展望として、鼻や尻尾などのより多くの身体部位の追跡することで、より多様なマウスの行動解析が可能にする。

### 中村 岳史、鯉沼真吾

#### 「複数の精神・神経疾患のリスク因子である Rab39 の解析」

本研究では、知的能力発達不全、自閉症、若年性パーキンソン病のリスク因子である Rab39B について、その活性をモニターできる FRET センサーを作製して、Rab39B の多様な機能を実現する分子メカニズムを明らかにすることを目指している。2021 年度は、リンカー部分について試行錯誤することで約 100%のダイナミックレンジを持つ Rab39B センサーを作り出すことができた。今後は、神経細胞での Rab39B 活性について、主に分解経路とリサイクリング経路での比較を行う。

### 瀬木（西田）恵里

#### 「海馬機能に着目した情動応答に関する研究」

本研究では抗うつ作用に関わる海馬の機能変化に着目し、どのような分子が情動機能に影響するか、その時海馬ではどのような変化が起きているかを明らかにする。2021 年度はデスモプラキン・カルビンジンといった海馬歯状回に特異的に発現する因子を生体で発現抑制（ノックダウン）し、その影響を調べた。その結果、これら因子の発現が低下すると不安行動が亢進すること、歯状回で起きる神経新生プロセスが抑制されることを見出した。

### 斎藤 顕宜

#### 「ストレス誘発超音波発声における情動行動解析」

本研究では、マウスに特定のストレス暴露（寒冷+拘束ストレス）を暴露することで、20 kHz 帯の超音波を発声することを見出した。この負情動で誘発された超音波は、抗不安作用を示す薬物により抑制し、他の抗精神病薬や抗うつ薬では変化が認められないことから、不安の状態を示していることが示唆された。

### 山田 大輔

#### 「ストレスによる脳-末梢臓器連関の変容メカニズムに関する研究」

抑うつ・不安・恐怖などの負情動は、脳だけでなく末梢臓器と脳の間での相互連絡、いわゆる脳腸相関によって影響を受けることが知られている。本研究では、脳腸相関に重要と考えられている自律神経系と脳内神経回路がストレスによってどのような影響を受けるかについて明らかにする。2021 年度は、代理社会敗北ストレスを負荷した動物で過敏性腸症候群様の症状が認められることを見出した。

### 市川 寛子

#### 「個体間相互作用の心理学的視点からの検討」

本部門の他研究者との共同研究として、個体間相互作用のメカニズムを心理学的知見をもとに検討する。竹村・山本らと、自閉症特性をもつ大学生を研究対象として歩行者の接近に対する知覚と、衝突を避けるという身体反応との関連を検討する。斎藤・山田らと、ヒトの可聴域を超えたげっ歯類の発声（超音波発声）が生体におよぼす影響を考察する。客員研究員の小黑と、ヒトがお笑いのような快情動を経験することが他者表情の認知に及ぼす影響を考察する。

## 牛島 健夫

### 「様々な数理モデルに対する解析的研究」

本研究は、様々な現象に対する微分方程式で記述された数理モデルについて、その解の諸性質の解明を目指している。対象としている数理モデルは、感染症の流行・群集運動・界面現象等である。2021年度には、界面現象に関わる数理モデルの爆発解の諸性質を調べるために必要となる、進行波解と呼ばれる特殊解の性質について研究を行い、その性質がモデルに含まれるパラメータによって著しく変化することを見出した。

## 山本 隆彦

### 「交流磁界が生体に及ぼす影響調査」

現代において電磁波はあらゆる場面で利用されているものの、電磁波が生体に与える影響については未だに解明されていない点が多い。本研究では非接触電力伝送に用いられている数百 kHz の交流磁界が実験用小動物の行動に与える影響を調査している。結果として、磁界ばく露を行った群と磁界ばく露を行わなかった群において、運動量に有意な差が確認され、磁界ばく露が生体に対して何らかの影響を及ぼしていることがわかった。

## 朝倉 巧

### 「快音と不快音に対する主観的反応と生体反応の関係」

本研究では、川のせせらぎとホワイトノイズという対照的な2種類の音響刺激に対する主観的および生体反応の関係を検討した。川のせせらぎ音に比べ、ホワイトノイズ提示時において $\alpha$ 領域における脳波エネルギー、および心拍関連指標であるSD2/SD1の変化量が有意に低下し、提示音の快・不快性の影響が示唆された。一方、クラスタリングによる詳細な解析の結果、川のせせらぎを聴いたときに「美しさ」よりも「迫力」と感じた被検者の場合には、快音として提示したにも関わらず、 $\alpha$ 領域における脳波エネルギーが減少し、音への曝露による生体反応は、個人によって異なる音の印象にも影響される可能性が示唆された。

## 山本 征孝

### 「リハビリテーションによる心身機能拡張」

本研究ではヒトの運動を補助する機器の使用時における運動変化を簡易に計測し、そこから脳卒中患者の最適なアシストの設定や運動能力判定について調査している。1台のRGBカメラから健常成人の歩行機能を評価する方法を提案し、結果として十分な精度で計測が可能であることが確認された。今後は脳卒中患者を対象とした計測や治療方法提案、心身機能を拡張するニューロリハビリテーションの影響について調査を実施していく。

## 阪田 治

### 「異種生体信号の因果解析」

人体からは様々な種類の生体信号・生体情報が発生し、我々はこれらの多くを計測することができる。各生体信号については、主に医学的な利用を目的として、その判読技術や分析加工技術が整備され、さらに医学以外の領域での利活用も進んでいる。しかし、個々の生体信号の単独利用、あるいは複数の生体情報の併用という形のみであり、単一の肉体から得られた信号や情報であるにも関わらず、異なる生体信号・生体情報間の関係性について客観的に分析する技術は未整備である。本研究では、特に、単一の人体から取得された異なる生体信号・生体情報間の因果性に着目し、これを定量解析・可視化する技術の開発に取り組む。

## 橋本 卓弥

### 「ロボット・シミュレータ」

ヒトでは統制が難しい仕草や行動をヒトに姿形が酷似したロボット(アンドロイド・ロボット)で再現し、他者が受ける印象や影響を評価する。現在、医療面接訓練用として模擬患者ロボット(SPロボット)の開発を行っており、患者らしい言動の再現を行っている。今後、SPロボットを用いた模擬医療面接において、医師の非言語動作や発話情報を数値化する方法について検討し、医師の面接技能を定量化する方法を開発する。

**萩原 明**

**「シナプス伝達を基盤とした神経ネットワークと脳機能の解析」**

脳内の様々な情報処理を行う神経回路や情報伝達の間であるシナプスを形態学的に解析し、脳機能や精神・神経疾患の神経メカニズムを明らかにする。最近開発したマウスは老化現象の一つでもある歩行機能の低下を解析するモデルマウスとなる可能性が示唆され、今後バイオメカニクス研究と融合し、歩行障害のメカニズムや適切なリハビリ法の開発を目指す。



# デジタルトランスフォーメーション研究部門

# デジタルトランスフォーメーション研究部門について

## 1. 概要

本研究部門は、異なる分野の専門家が数理的な基盤の上に連携し、確率的な機械学習に数理的な論拠を与えるとともに、従来から信頼性を必要とする事案に適用されてきた統計モデルを用いる手法を、より多様な入力データおよびシステムが加工したデータに拡張し、機械学習の信頼性向上のためにフィードバックする枠組みを確立することを目指している。このような一体化した安心安全なビッグデータ処理の枠組みによって、その応用範囲を信頼性が要求される分野に広げ、社会的にもブレイクスルーをもたらすことを目指す。

## 2. 研究部門の構成と施設設備

### 2. 1. 研究部門の構成

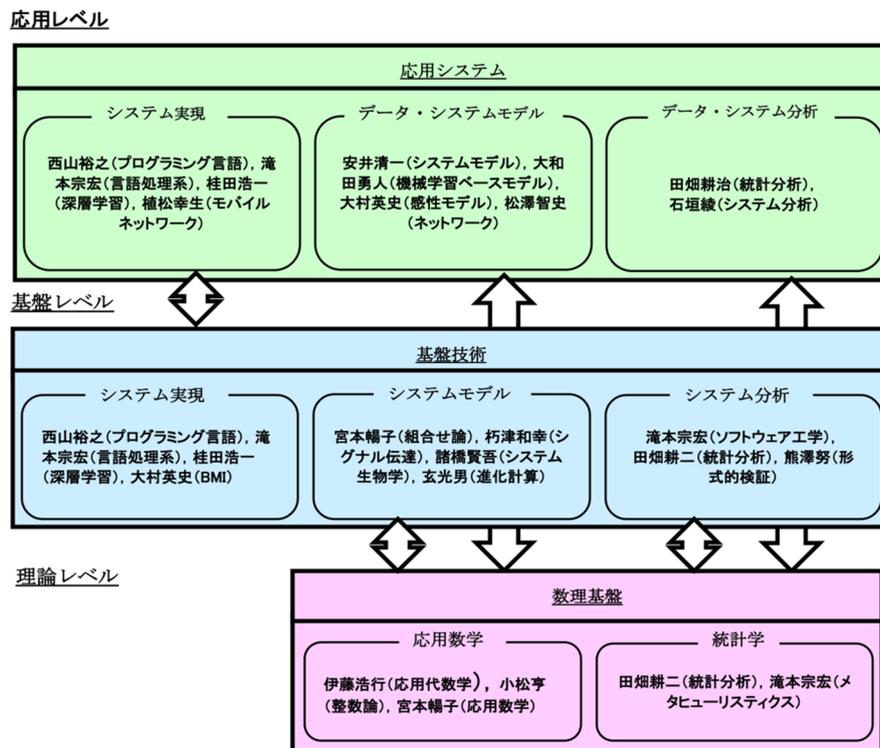


図1 超分散知能システム部門の構成

本研究部門では、超分散知能システム研究部門の成果を引き継ぐとともに、情報科学と応用数学のメンバを加え、図1に示す理論、基盤、応用の3レベルで研究を進めながら、互いに支援やフィードバックを受けられる体制を実現する。

#### (1) 応用レベル

応用レベルでは、それぞれの応用分野に精通した研究代表者及び研究分担者（大和田、西山、安井、松澤、大村、田畑、植松）がもつ知見から応用の問題点を探り、最適な基盤システムを用いて問題の解決法を導き、得られた結果の妥当性を検証する。特に、応用の性質によって、大和田、安井、大村、松澤が、問題をモデル化する。そして、研究代表者、西山、桂田を中心に、モデルを応用システムとして実現する。応用システムから得られた結果は、その妥当性を田畑が分析する。

## (2) 基盤レベル

基盤レベルでは、研究代表者及び研究分担者（大和田、朽津、西山、宮本、田畑、桂田、松澤、大村、熊澤、諸橋、玄）によって、人工知能や機械学習といった基盤技術における直接的な性能向上や、生物の信号モデル等の新しいアプローチの実現を進める。松澤が、分散システムやセンサネットワークにおけるネットワークの性能向上および、分散資源の効率的な探索アルゴリズムの開発に取り組む。西山は、人工知能のさらなる分散処理によって性能の向上に取り組む。研究代表者は、プログラム中のループ文を中心に GPU による命令レベル並列性の向上に取り組む。宮本は、深層学習において確率的に決定されるパラメタを定式化することによって、さらなる精度向上を目指す。基盤レベルで実現される基盤技術と基盤システムについては、その妥当性を、田畑と研究代表者がそれぞれ検証する。

また、応用レベルと基盤レベルにおいて、真のブレイクスルーを実現するには、従来の常識に囚われないアプローチが必要である。

## (3) 理論レベル

理論レベルでは、研究代表者および研究分担者（伊藤、松本、宮本、田畑）が一体となって、深層学習や機械学習など工学的に成功しつつも、理論的に不明な部分が多い手法に理論的裏付けを与えることを試み、その過程で得られる知見を基に、これまででない手法やシステムモデルを提案していく。

以上のように、研究代表者が、3層構造の各レベルにおける研究開発のいずれにも参加することによって、レベル間の連絡を密にし、一体化した成果が得られるように努める。

## 2. 2. 研究部門の施設設備

### ・ GPGPU 並列計算サーバ

革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）で、乳用子牛の哺乳方法と成長の度合いの関係を解析するために、計算用サーバとして導入した、高性能 GPGPU マシン 5 台、Pascal Tesla P100 (GPU : P100 x 1, CPU : 6Core x 2) x 3, Pascal Titan X (GPU : Titan X, CPU : 6Core x 2) x 2 が存在する。現在、GPU 上で並列学習が可能な ILP を目指して、本サーバ上での実現を進めている。



図 2 GPGPU 並列計算サーバマシン

## 3. 各研究グループの活動報告

2021 年度の 3 月には、デジタルトランスフォーメーション研究フォーラムの開催を企画していたが、新型コロナウイルスの影響によって、開催を断念した。一方、研究部門メンバの 2021 年度成果報告は、研究成果概要集（図 3）としてまとめた。

次の国立がんセンターや NEDO によるプロジェクトでは、最新のデータサイエンス技術と医療データを密に結びつけ、高精度の予防技術や経過予測を実現するために研究を進行中である。

### 3. 1. 「がんゲノクスデータサイエンス医療」(国立がんセンターとの共同研究)グループについて

手術現場での効率化から、がんの症例についての大規模データベースのデータマイニングまで、複数粒度に渡る共同研究を開始している。研究部門メンバーの倫理審査やデータベースのアクセス条件の検討など、今後の密な共同研究を見据えた準備も進めている。



2022 年 3 月

図 3 2021 年度研究成果概要集

### **3. 2. 「人工知能技術適用によるスマート社会の実現／健康, 医療・介護分野／人工知能による脳卒中予防システムの開発・実用化」(NEDO)グループについて**

医療画像データ、患者個人データ、病歴データのような医療情報と、脳血流のシミュレーション結果等の工学情報を組み合わせた、人工知能分析による高精度な脳卒中予防を実現すべく研究を進めている。

### **4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望**

本研究部門は2021年度が初年度であり、2021年度の成果は、個々の研究によるものが中心で、研究部門としての成果はこれからである。一方で、現在進行中のプロジェクトの課題は、幅が広く、今後、いくつかのサブプロジェクトとして進行していく予定である。

### **5. むすび**

各実践的な応用問題への取組みを通じて、応用レベル、基盤レベル、理論レベルのメンバーが、一体となって、安心安全なモデルを実現していく体制ができつつある。今後は、一般性のある安心安全なビッグデータ処理の枠組みを確立するために、個々の成果やプロジェクトの成果とともに、その成果を検証する体制も整えていく必要がある。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. A Study on Deception Detection in Online Interviews Using Machine Learning with Facial Expressions and Pulse Rate, Kento Tsuchiya, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama, Proceedings of the Joint Symposium of The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022), pp. 443-448, 2022 (査読有)
2. Distraction Detection of Lectures in E-learning Using Machine Learning Based on Human Facial Features and Postural Information, Iku Betto, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama, Proceedings of the Joint Symposium of The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022), pp. 341-346, 2022 (査読有)
3. Estimation of habit information from male voice using machine learning methods, Takaya Yokoo, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama, Proceedings of the Joint Symposium of The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022), pp. 449-454, 2022 (査読有)
4. Market prediction aids using machine learning based on social media specific features, Satoshi Sekioka, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama, Proceedings of the Joint Symposium of The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022), pp. 460-465, 2022 (査読有)
5. Optimal and efficient designs for fMRI experiments via two-level circulant almost orthogonal arrays, Xiao-Nan Lu, Miwako Mishima, Nobuko Miyamoto and Masakazu Jimbo, Journal of Statistical Planning and Inference 213, pp.33-49, 2021 (査読有)
6. Extension of Marginal Complementary Log-Log Model and Separations of Marginal Homogeneity for Ordinal Categorical Data, Kengo Fujisawa, Kouji Mitomi and Kouji Tahata, Journal of Statistical Theory and Practice, 15, 62, 2021 (査読有)
7. Extended asymmetry model based on logit transformation and decomposition of symmetry for square contingency tables with ordered categories, Kengo Fujisawa, Jin Kinoshita, and Kouji Tahata, Electronic Journal of Applied Statistical Analysis, 14(1) pp 1-12, 2021 (査読有)
8. Unexpectedness in Jazz Harmony with Probabilistic Incremental Parser, Yuta Ogura, Hidefumi Ohmura, Satoshi Tojo and Kouichi Katsurada, Proc. of SMC2021, pp. 292-299, 2021. (査読有)
9. 和声構造を表現した木の改変によるリハーモナイゼーションシステム, 倉崎大輔, 大村英史, 澤田 隼, 東条 敏, 桂田浩一, 報告音楽情報科学 (MUS), 2022-MUS-133, 4, pp. 1-5, 2022. (査読無)
10. Kaiyu Suzuki, Yasushi Kambayashi, Tomofumi Matsuzawa, “CrossSiam: k-Fold Cross Representation Learning,” Proceedings of the 14th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, Vol. 1, pp. 541-547, 2022.
11. 田中 蘭, 綿川日菜, 中川智之, 小林正弘, 田畑耕治, 松澤智史, “記述式評価データを用いた推薦システムの試作” オペレーションズ・リサーチ, Vol. 67, No. 2, pp. 64-72, 2022.
12. Tomofumi MATSUZAWA, Akiyoshi ISHII, “Evaluation of PSO Algorithm Considering Obstacle Avoidance in Evacuation Guidance,” Advances in the Theory of Nonlinear Analysis and its Application, Vol. 6, No. 3, pp.318-335, 2022
13. Functional Analyses of the Two Distinctive Types of Two-Pore Channels (TPCs) and the Slow Vacuolar Channel in *Marchantia polymorpha*, Hashimoto K., Koselski M., Tsuboyama S., Dziubinska S., Trębacz K., Kuchitsu K. (2022) Plant Cell Physiol. 63 巻 pp 163-175, 2022 (査読有; Research Highlight, Editor’s Choice に選出)
14. Ultrafine bubble water mitigates plant growth in damaged soil. Yokoyama M., Yamashita T., Kaida R., Seo S., Tanaka K., Abe S., Nakano M., Fujii Y., Kuchitsu K., Biosci. Biotech. Biochem. 85 巻, pp 2466-2475, 2021 (査読有)

15. Kaneko T., ..., Kuchitsu K., ..., Ishikawa K. (他 16 名) Functional nitrogen science based on plasma processing: Quantum devices, photocatalysts and activation of plant defense and immune systems. Jap. J. Appl. Phys. 61 卷 SA0805, 2021 (査読有)
16. Exploration strategies for balancing efficiency and comprehensibility in model checking with ant colony optimization, Kumazawa, T., Takimoto, M., and Kambayashi, Y., Journal of Information and Telecommunication, 2022, (査読有)  
<https://doi.org/10.1080/24751839.2022.2047470>
17. Exploration Strategies for Model Checking with Ant Colony Optimization, Kumazawa, T., Takimoto, M., and Kambayashi, Y., In Computational Collective Intelligence. ICCCI 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol. 12876, 12876, pp 264-276, 2021 (査読有)  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-88081-1\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88081-1_20)
18. アリコロニー最適化法を用いたモデル検査の効率化のための探索戦略, 熊澤 努, 滝本宗宏, 神林 靖, ソフトウェア・シンポジウム 2021 論文集 pp 126-135, 2021 (査読有)
19. “Performance Evaluation of Various Heuristic Algorithms to Solve Job Shop Scheduling Problem (JSSP)”, A. Syarif, A. Pamungkas, RK Mahendra, & Mitsuo Gen, Inter. J. Intelligent Engineering & Systems, vol.14, no.2, pp. 334-343 (2021);  
<https://doi.org/10.22266/ijies2021.0430.30>
20. “Multidirection update-based multiobjective particle swarm optimization for mixed no-idle flow-shop scheduling problem”, W. Zhang, W. Hou, C. Li, W. Yang & Mitsuo Gen: Complex System Modeling and Simulation, vol. 1, no. 3, pp. 176-197, September (2021),  
<https://doi.org/10.23919/CSMS.2021.0017>.
21. “Multi-objective Multi-mode Resource-constrained Project Scheduling with Fuzzy Activity Durations in Prefabricated Building Construction”, Y. Yuan, S. Ye, L. Lin & Mitsuo Gen Computers & Industrial Engineering, vol.149, (2021), 107316 16pp.  
(<https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107316>).
22. “Fuzzy programming of dual recycling channels of sustainable multi-objective waste electrical and electronic equipment (WEEE) based on Triple Bottom Line (TBL) Theory”, J. Guo, B. Tang, Q. Huo, C. Liang & Mitsuo Gen, Arabian J. Science and Engineering, (2021), 14pp, <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05705-5>.
23. “Research on remanufacturing closed loop supply chain based on incentive-compatibility theory under uncertainty”, J. Guo, G. Wang, Z. Wang, C. Liang, & Mitsuo Gen, Annals of Operations Research, March 2022; <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04591-w>.
24. “Hybrid differential evolution and particle swarm optimization for Multi-visit and Multi-period workforce scheduling and routing problems”, V. Punyakum, K. Sethanan, K. Nitisiri, R. Pitakaso, Mitsuo Gen, Computers and Electronics in Agriculture, vol.197 (March 2022), 106929, 16pp.; (<https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106929>).

## 招待講演

1. ロジスティクスにおける先端技術の導入と課題, 石垣綾, 一般社団法人システム制御情報学会, サイバーフィジカル・フレキシブル・オートメーション (CyFA) 第 2 回研究分科会, オンライン, 2021
2. ROS-Mediated Regulation of Development and Stress Responses in Plants: Towards the Growth Control by Plasma and Ultrafine/Nano Bubble Technology, Kuchitsu K., 5th International symposium on Application of High-voltage, Plasma & Micro/Nano (Fine) Bubbles to Agriculture, Aquaculture and Food Safety (ISHPMNB2021), オンライン, 2021
3. Regulation of plant development and stress responses by the ROS-Ca<sup>2+</sup> signaling network, Kuchitsu K., “Finland-Japan Seminar 2021 “Understanding the integrative systems to coordinate paradoxes between enhanced efficiency and stress tolerance of photosynthesis”, オンライン, 2021.
4. Towards the understanding of the information processing system in plants, Kuchitsu K., The Virtual QBIC Workshop 2021, オンライン, 2021

5. “Recent advances in hybrid heuristic algorithms for multiobjective flexible jobshop scheduling”, Keynote talk, Mitsuo Gen, The 15th Inter. Conf. on Management Science and Eng. Management, Aug. 2nd - 3rd, 2021, Toledo, Spain; Online Conference.
6. “Recent advances in hybrid metaheuristics and applications: Intelligent manufacturing and train network”, Tutorial talk, Mitsuo Gen, The 22nd International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Dec. 15-18, 2021, CheongJu, Korea; Online Conference.
7. “How to Expand Hybrid Metaheuristics for Flexible Jobshop Scheduling Problems with Applications”, Keynote talk, Mitsuo Gen, International Conference on Science, Engineering Management and IT, Feb. 2nd - 3rd, 2022, Ankara, Turkey; Online Conference.

## 広報

1. 古屋俊樹, 朽津和幸 「植物の免疫活性化する微生物:簡便な手法で能力判定 東京理科大」, 日刊工業新聞, 2021
2. 古屋俊樹, 朽津和幸 「植物の免疫活性化する微生物 簡便スクリーニング手法開発 東京理科大グループが成果 活性酸素種生成計測で能力評価 数時間で微生物農薬候補を探索」科学新聞, 2021
3. 古屋俊樹, 朽津和幸 「植物を病気から守る微生物の評価手法を開発 東京理科大学」フジサンケイビジネス, 2021
4. Research.com ranked “Mitsuo Gen is ranked #10 in Japan among Top Scientists for 2022” as shown in their URL as follows: <https://research.com/scientists-rankings/computer-science/jp/>

## 受賞

1. 田畑耕治, 文 翔, 川満 豪, 田中 蘭, 中川智之, 小林正弘, 松澤智史, 技能賞, 経営科学系研究部会連合協議会主催データ解析コンペティション(OR 部門), 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 2022.
2. 田畑耕治, 文 翔, 川満 豪, 田中 蘭, 中川智之, 小林正弘, 松澤智史, 研究奨励賞, 日本ソーシャルデータサイエンス学会, 2022.
3. 曾根侑斗, 小柴春樹, 中川智之, 小林正弘, 田畑耕治, 松澤智史, 優秀賞, 第 11 回スポーツデータ解析コンペティション, 日本統計学会スポーツ統計分科会, 2022.
4. 熊澤 努, 最優秀論文賞, ソフトウェア技術者協会ソフトウェア・シンポジウム 2021, 2021

## 研究課題（研究者別）

### 滝本 宗宏

#### 「粒子群最適化に基づく帰納論理プログラミングに関する研究」

帰納論理プログラミング (ILP) は、帰納推論によって、事例からモデルを作成し、未知の入力から結果を予測できるようにする人工知能の一種であるが、問題が大きくなると、計算が膨大になる傾向があった。本研究では、群知能の1つである粒子群最適化を ILP の仮説探索に用いることによって、ILP を実践的な問題に適用可能なツールとして実現することを目指す。

### 大和田 勇人

#### 「人工知能による脳卒中予防システムの開発・実用化」

NEDO 主催の人工知能技術適用によるスマート社会の実現における研究課題が5年目（最終年）になり、脳卒中予防システムの実用化研究を推進する。現在、AI- $\alpha$ とAI- $\beta$ という2つの予防システムを研究開発しており、その成果は順調に進展している。これをさらに加速させることが研究目標である。

### 西山 裕之

#### 「高速論理型機械学習器に基づく哺乳子牛に対する要約情報作成技術の応用に関する研究」

本研究では、高速論理型機械学習器を用いて生成した哺乳ロボットから得られた各種データに対する哺乳子牛の出荷時体重を基準とした論理型ルールを用いることで、新たな子牛のデータに対する育成状況を説明する要約情報作成技術を応用したシステムの作成に成功した。本研究では、複数個所の酪農家から得られたデータに対して本システムを活用し、その有効性を確認した。

### 安井 清一

#### 「骨格キャプチャを用いた統計的問題解決体験学習に関する研究」

統計的問題解決とは、データに基づいて問題解決を行うことである。その教育方法においては、データは与えられるか、既存のものを収集して分析することが多い。実際の問題解決においては、現象と対比させたデータを分析する必要がある。本研究では、パターゴルフを題材にし、パッティングを骨格キャプチャでデータ化し、転がった距離と角度のデータを統合して分析することで、実際の問題解決に近い学習教材の構築を目指す。

### 伊藤 浩行

#### 「正標数代数幾何学とその高性能疑似乱数生成への応用に関する研究」

正標数代数幾何学における典型的な有限群スキーム作用による代数多様体の商としての商多様体、並びにそこに現れる商特異点に関する一般理論の構築を行なっている。また、これを関数体の言葉で置き換えると、Artin-Schreier 拡大と Frobenius 型純非分離拡大の統合理論を目指すものとなる。これらの応用として、これまでに得られている Artin-Schreier 拡大塔による巨大有限体の構成を利用した高性能疑似乱数生成器に関してその性能の改良を試みている。

### 小松 亨

#### 「DXにおける整数論と線形代数の利活用に関する研究」

DXにおける様々なデータに関する諸問題を数学的な観点から分析することで、整数論と線形代数を応用する形の解決法を研究する。コンピューターサイエンス、幾何学、組み合わせ論において、整数論や線形代数を応用することで解決できる問題の具体例が多くある。そのような整数論や線形代数の応用法をさらに拡張することで、DXにおける整数論と線形代数の利活用を研究していく。

### 宮本 暢子

#### 「組合せデザインの深層学習への応用に関する研究」

深層学習において、過学習を避けるため各層のノードのいくつかを休ませて学習をさせるドロップアウトという手法がある。このドロップアウト法に適用するためドロップアウトデザインと呼ばれる組合せデザインを定義し、その構成手法をアフィン幾何により提案した。

## 桂田 浩一

### 「調音運動を中間情報とする音声合成システムの開発」

近年性能の向上が目覚ましい end-to-end 型の音声合成では、発話時の調音運動（舌や唇の動き等）を考慮せず、言語と音声の関係を直接モデル化している。これに対して本研究では人間の発話メカニズムに近い音声生成法を実現するため、「言語⇒調音運動⇒音声」の形の音声合成システムの開発を目指す。人間の発声の過程を模倣した音声合成システムによって、構音障害者のサポートや語学学習システムでの活用に繋がられると期待できる。

## 田畑 耕治

### 「多様な分野における統計科学の研究」

多種多様な分野で大規模複雑データが現れ、統計科学への期待と関心が高まっている。スポーツデータ、医療データ、ソーシャルメディアデータなどの実データ解析や分割表統計解析の方法論の研究に取り組み、いくつかの研究成果を得た。今後も統計科学における理論と方法論の研究及びその応用について研究を行う。

## 大村 英史

### 「和声の表現と構造解析に関する研究」

音楽のデジタル表現として和声がある。この和声は文法として見なすことで木構造として表現可能である。この技術をもちいて、音楽的期待に基づく漸進的構造解析を行うシステムの構築を行った。さらに、木構造で表現した音楽の和声を、部分木の変換により和声を改変するリハーモナイゼーションシステムの提案を行った。

## 松澤 智史

### 「コンテンツベース通信の研究」

移動端末、車、ドローン、飛行物体などで構成される臨時・動的ネットワークでは、従来の IP 通信のような送信相手を事前に知る必要がある通信は難しい。われわれは、通信相手の指定ではなく、必要なコンテンツの種類を指定することでエンドツーエンドの通信を実現する仕組みの研究を行っており、その仕組みを従来の IP 上に載せることで DX を支える通信基盤の構築を目指す。

### 「深層学習におけるデータ表現の研究」

近年、様々な分野で高い分類精度を出す深層学習において、深層学習向きのデータの特徴の分析、学習における中間表現の分析を行うことによって、深層学習に適した学習データの生成やその選択法の研究を行っており、応用として画像の生成・判別・分類精度を高めるニューラルネットワークの構築を行っている。

## 朽津 和幸

### 「遺伝子発現パターンの大規模解析に基づく新規植物免疫活性化剤候補化合物の作用機構の解析」

最近発見した、植物の免疫応答を活性化する候補化合物の作用機構解明の一步として、mRNA の塩基配列を網羅的に解析し、ワークフローツールとコンテナツールを用いた解析パイプラインを構築することにより、化合物処理に伴う遺伝子発現パターンの変化を大規模に解析した。本化合物は、通常は拮抗的に作用すると考えられている二種の免疫経路の双方を活性化することが明らかとなり、公開大規模解析データとの比較解析から作用機構の解明を進めている。

## 石垣 綾

### 「人と機械の協調型生産・物流システムの設計・実装に関する研究」

生産・物流現場では、人の経験や柔軟性が求められる作業を完全に自動化することが難しく、人と機械それぞれがもつ能力を生かし、かつ高い知能と自律性を備えた自動化システムの導入が求められている。本研究では、あくまで人を中心に考え、①作業者の感情・ストレス・行動のモデル化と最適な環境設計、②作業者の能力向上をサポートするための e-learning 教材の開発、を軸に、人と機械の協調型生産・物流システムを開発することを目指す。

## 植松 幸生

### 「モバイルネットワークにおけるデジタルトランスフォーメーションに関する研究」

モバイルネットワークは、携帯電話を中心とする端末を使って多くの人やモノに様々な目的で利用されている。本研究では、モバイルネットワークとそれを利用するサービスを対象として、データ分析や活用に関する研究を実施する。具体的には、end2endのモバイルネットワークの解析や、IoT 機器等を対象とした異常検知技術などに焦点をあてる。

## 熊澤 努

### 「群知能を用いた形式的検証技術の研究」

ソフトウェアシステムの開発において、システムの正しさを自動的に証明する技術が形式的検証技術である。形式的検証技術の研究では、計算機による実行性能を向上させるとともに、ユーザが理解しやすい検証結果を得ることが課題となっている。本研究では、多数の探索エージェントが互いに作用しながら高い効率で最適解を求める群知能アルゴリズムを用いて、これらの課題を解決する。

### 「深層学習への組合せ構造の適用と評価」

複雑な構造を持つニューラルネットワークを用いた深層学習では、精度等の性能を向上させる正則化法の開発が主要な研究課題の一つである。近年、組合せ論の成果を用いた正則化の提案がなされているが、その効果には不明な点が多く、実験を通じて解明されることが望まれている。本研究は、組合せ構造を深層学習に適用することで、組合せ構造による正則化の効果と性質を実験的に明らかにする。

## 玄 光男

### 「フレキシブル・ジョブショップ・スケジューリング問題(FJSP)の応用報告」

半導体素子、液晶ディスプレイデバイス(TFT LCD)、ハードディスクデバイス(HDD)等の各種半導体部品の生産工程は、実時間ベースで製造されており、各素子には所定の処理時間制約内で加工処理が要求される。この時間制約内で所定の処理が実行できない場合は不良品として取り扱われ、生産効率に大きく影響を及ぼす。一般に半導体各種デバイスの生産スケジューリング問題は混合整数計画(MIP: Mixed Integer Programming; MIP)モデルとして定式化され、従来の数理計画ソフトウェアでは数分間の計算時間内で最適なスケジュールを得ることは非常に難しい。特に、非線形な MIP モデルでは、従来のソフトウェアでは最適解を求めることは不可能である。本研究では、フレキシブル・ジョブショップ・スケジューリング問題(Flexible Job-shop Scheduling Problem)を効率よく解く事ができるハイブリッド型進化計算法に基づく最適生産計画・スケジューリング法の研究開発を行い、各種ヒューリスティック手法で中-大規模なデータの数値実験によって GA 手法の有効性を国際誌(学術論文-[1])に掲載し、更に従来の多目的進化算法の典型的な手法である SPEA2 や NSGA II が世界標準になっているが新たに提案する多方向探索の多目的 PSO 手法で混合のアイドル時間なしのフローショップ型スケジューリング問題解法で有効性を実証し国際誌に掲載した(論文-[2])。

### 「ハイブリッド型進化計算ベースの最適化アルゴリズム」

最近注目を集めているハイブリッド型進化計算法を更に発展させるために、遺伝的アルゴリズム(GA)をベースにした従来型手法に教員-学習ベース最適化法(Teaching-Learning-based Optimization; TLBO)を活用し、更に PSO 法を組み合わせた新たなハイブリッド型進化算法 GA-PSO-TLBO を開発し、国内外の会議で提案・報告した(講演-[1, 4, 5])。またハイブリッド型協調共進化法(Hybrid Cooperative Co-evolution Algorithm; HCOEA)を開発し、多目的マルチモードの資源制約付きのプロジェクトスケジューリング問題に応用し、プレハブ建設計画問題に活用した応用研究を掲載(学術論文-[3])し、更に TLBO を改良した進化算法 JAYA を従来型の GA と PSO に組み併せてハイブリッド型進化計算法 GA-PSO-JAYA を開発し報告した(講演-[6])

### 「最適配車計画問題へのハイブリッド型進化アルゴリズム開発」

最適配車計画問題 (VRP) は巡回セールスマン問題 (TSP) と同様に NP 困難な典型的な組合せ最適化モデルであり、VRPTW モデルは各配送先の配送時間制約を伴う最適配車計画問題である。この VRPTW での第 1 の目的関数は総配車数を最小化し、第 2 の目的関数は総待ち時間を最小化する多目的関数最適化問題である。現実的な配車計画問題は都市内の走行時間あるいはプロジェクトの使用可能な資源量等にはそれぞれの環境や状況に応じて曖昧性を伴う事から一般にファジィデータとして取り扱われる (講演-[3])。そこで、電気部品等の持続可能な目標 (SDG) の実用研究例として、リサイクルショップや閉ループ型サプライチェーンモデルにファジィデータを想定した最適ロジスティクス計画問題にハイブリッド型進化アルゴリズムを活用した共同研究の論文を国際誌に掲載した (学術論文-[4, 5])。

### 「物流ロジスティクス問題への応用研究」

近年、環境保護・企業価値創出・競争力を高めるための再利用や持続可能性を目標とした物流ロジスティクス問題への先端的進化技術の活用が求められている。すなわち、再使用・再生産・リサイクルのモデルを統合したリバース・ロジスティクスが、持続可能な開発の事例研究として注目されている事から、ハイブリッド型遺伝的アルゴリズム (HGA) や粒子群最適化 (PSO) をベースにした先端的進化算法を活用した共同事例研究として、国際会議で発表・提案した (講演-[2])。これはハイブリッド型 GA-PSO-TLBO を活用したサプライチェーン (SC) の最適設計に関する事例研究 (論文-[6]) である。学術論文 [6] はハイブリッド型 DE (Differential Evolution)-PSO を活用したシステムの最適設計に関するモデルの設計と事例研究である。



## 先端的代数学融合研究部門

# 先端的代数学融合研究部門について

## 1. 概要

代数学内部の相互連携による代数学研究の深化と、20世紀後半からの代数学ベースの新しい応用分野との連携を発展させると共に、未来へ向けた新しい連携分野を発掘することを目的として、2016年10月からスタートし2020年度に終了した「現代代数学と異分野連携」研究部門を引き継ぎ、2021年度より新たに「先端的代数学融合」研究部門として活動を始めた。数学内部の理論研究により純粋数学の発展に寄与すると共に、代数学ベースの連携分野の研究を深化させ、理科大ならではの研究拠点を確立する。「数理解析連携」研究部門や東北大学数理科学連携研究センターとの協定を通して幅広く数学及びその連携分野の発展に寄与していく。

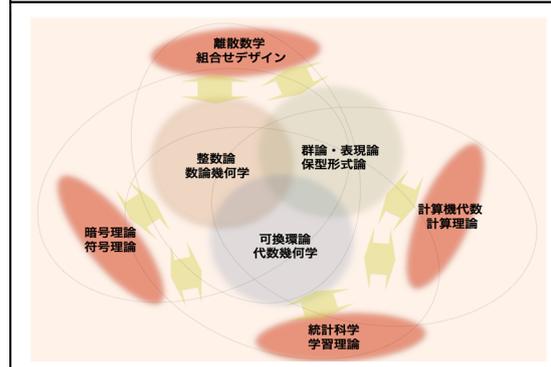
## 2. 研究部門の構成と施設設備

本研究部門は、学内に分散する整数論、数論幾何学、代数幾何学、可換環論、表現論、保型形式論、代数的位相幾何学などの代数学中心の研究者に加え、離散数学、組合せデザイン、計算機代数学、計算論理学、暗号理論、符号理論、応用代数学などの代数学ベースの応用研究を扱う研究者から構成され、研究者の重複はあるが、大きく基礎グループ、応用グループに分かれて研究している。

基礎グループは可換環論・代数幾何学グループ、整数論・数論幾何学グループ、群論・表現論・保型形式論グループの3つに細分され、それぞれが各研究分野の主たる問題に取り組むつつ大きな枠組みで理論構築を行っている。また、グループの枠を超えて外部講師を含むセミナーの実施、シンポジウム・ワークショップの開催を行っている。応用グループはこれら基礎分野の各研究グループと関連する形で計算機代数・計算理論グループ、離散数学・組合せデザイングループ、暗号理論・符号理論グループ、統計科学・学習理論グループの4つに細分されている。

施設設備は特になく、研究院が神楽坂地区と野田地区に分かれて所属しているため、オンラインを活用して、それぞれのキャンパスにおいてセミナーやワークショップ、シンポジウムを開催している。

氏名	職位	所属	専門分野
伊藤 浩行	教授・部門長	理工学部数学科	代数的幾何学・応用代数学
若山 正人	教授	理学部第一部数学科	表現論・数論・数学解析
眞田 克典	教授	理学部第一部数学科	多元環のコホモロジー論・多元環の表現論
木田 雅成	教授	理学部第一部数学科	整数論
功刀 直子	教授	理学部第一部数学科	有限群の表現論
佐藤 洋祐	教授	理学部第一部応用数学科	計算機代数・計算理論
関川 浩	教授	理学部第一部応用数学科	計算機代数
宮本 暢子	教授	理工学部情報科学科	離散数学・組合せデザインとその応用
佐藤 隆夫	教授	理学部第二数学科	代数的位相幾何学
八森 祥隆	准教授	理工学部数学科	代数学・整数論
青木 宏樹	准教授	理工学部数学科	保型形式
小松 享	准教授	理工学部数学科	代数的整数論・数論幾何学
加塩 朋和	准教授	理工学部数学科	整数論
大橋 久範	准教授	理工学部数学科	代数的幾何学
田畑 耕治	准教授	理工学部情報科学科	統計科学
五十嵐 保隆	准教授	理工学部電気電子情報工学科	理論的暗号解読
中村 隆	准教授	教養教育研究院 野田キャンパス教養部	数論・確率論
野口 健太	講師	理工学部情報科学科	情報数学・グラフ理論
板場 綾子	講師	教養教育研究院 野田キャンパス教養部	多元環の表現論・非可換代数的幾何学
野村 次郎	助教	理学部第二数学科	代数的整数論
松本 雄也	助教	理工学部数学科	整数論・代数的幾何学



## 3. 各研究グループの活動報告

本研究部門の研究推進スタイルは

a) 幅広く相互の専門に近い内容を深く学び最新の研究成果を共有し、それぞれが追求している問題解決に有用な方法を取り入れている方法

b) 一つの問題やテーマに集中的に議論を重ね、連携することで問題解決を行う方法の二つのパターンがあり、基礎グループおよび応用グループ両者ともに両方の研究スタイルを用いている。2021年度は a) b) それぞれのスタイルで研究を行い、コロナ禍ではあったが、対面とオンラインを併用により少しずつコロナ禍以前の状況に戻そうと努力した。

今年度を通して a) については、神楽坂代数セミナー3回(講演者4名)を開催するとともに、次世代の若手育成の意味から代数学の各分野を専攻する複数の大学の大学院生を中心とした研究集会「代数学の萌芽」(2022年3月4日)を開催し、同時に各分野での問題提起を行い研究の活発化

に寄与した。一方 b) の手法では、「野田代数幾何学ワークショップ」(2021年8月4日～8月7日)を開催し正標数代数幾何学を中心とした話題により集中的に研究交流を行った。特に、同分野の新進の若手達による最新の研究成果について講演をしてもらい拠点としての役割を十分に果たした。また、代数学とその応用に関して東北大学数理科学連携研究センターとの共催により研究集会「代数学の広がり」を開催し、代数学の応用まで視野に入れた意義のある交流の場となった。「代数学の萌芽」や「代数学の広がり」(2022年3月25日)は研究拠点としての特徴的役割であり重要な研究集会であり今後も継続していく。

#### 4. 今期中に克服できなかった課題と研究活動の展望

やはりコロナ禍以前のような活発な研究拠点としての活動ができていない。これは新型コロナウイルス感染症対応による制限によることもあるが、コロナ禍によって対話や議論中心の数学研究という特殊性が負の方向に働いてしまったものと考えられる。一方で、オンライン併用による新しい形により主催者側の負担は増したものの研究集会そのものの開催については障害が減ったように思われるので、今後は新しい形でこれまでできなかった多彩な講演者による研究集会の開催をしていくことで活性化が見込まれる。また、東北大学数理科学科連携研究センターとの連携協定も実質的な共同研究を始め、クロスアポイントメント等の人材交流のステージへと進む必要があると考えられる。

#### 5. むすび

コロナ禍のため停滞気味であった研究の融合や研究交流については、新しいスタイルを取り入れつつ少しずつ復活の兆しが見えてきている。コロナ対応のため日常業務に多大な労力を割く必要があったことから本研究部門のような内容の研究については遅れが見られるが、徐々に以前の状況に戻りつつあることを実感するとともに、新しい変化を取り入れた手法にも期待を持っている所である。2021年度より3年間の部門設置ではあるが、その後の発展も見据えて次年度も積極的に活動を行っていききたい。

## 主要な研究業績 (2021 年度分)

### 学術論文

1. On the graded quotients of the  $SL_m$ -representation rings of groups, Takao Satoh, Pacific Journal of Mathematics 312-2 (2021), 477-504. 査読あり
2. On theta functions of binary quadratic forms with congruence condition, Kida, Masanari and Okano, Ryota and Yokoyama, Ken Kyushu J. Math. 75 (2021) 41-54. 査読あり
3. The index of degeneracy of a CM abelian variety can be arbitrarily large, Kida, Masanari and Yanai, Hiromichi Acta Arithmetica 202 (2022) 55-66. 査読あり
4. Optimal and efficient designs for fMRI experiments via two-level circulant almost orthogonal arrays, Xiao-Nan Lu, Miwako Mishima, Nobuko Miyamoto and Masakazu Jimbo, Journal of Statistical Planning and Inference 213, 33-49, 2021 査読有り
5. Embeddings of a graph into a surface with different weak chromatic numbers, Kengo Enami, Kenta Noguchi, Graphs and Combinatorics, 37, 435-444, 2021, 査読有
6. Extension of Marginal Complementary Log-Log Model and Separations of Marginal Homogeneity for Ordinal Categorical Data, Kengo Fujisawa, Kouji Mitomi and Kouji Tahata, Journal of Statistical Theory and Practice, 15, 62, 2021 (査読有)
7. Extended asymmetry model based on logit transformation and decomposition of symmetry for square contingency tables with ordered categories, Kengo Fujisawa, Jin Kinoshita, and Kouji Tahata, Electronic Journal of Applied Statistical Analysis, 14(1) pp 1-12, 2021 (査読有)
8. Hochschild cohomology related to graded down-up algebras with weights  $(1, n)$ , A. Itaba and K. Ueyama, Journal of algebras and its applications 20 (2021), no. 7, 2150131-1-2150131-19. 査読あり
9. AS-regularity of geometric algebras of plane cubic curves, A. Itaba and M. Matsuno, Journal of the Australian Mathematical Society, 112 (2022), Issue 2, 193-217. 査読あり
10. Quantum projective planes finite over their centers, A. Itaba and I. Mori, The Canadian Mathematical Bulletin, First View (2022) 1-15. 査読あり
11. Rapidly convergent series representations of symmetric Tornheim double zeta functions, T. Nakamura, Acta Math. Hungar. 165 (2021), no. 2, 397-414. 査読あり
12. Down-up algebra の Beilinson algebra のホッホシルトコホモロジーについて, 板場綾子, 研究会集「第14回数論女性の集まり」(WINJ2021) (早稲田大学) 報告集, 2021年10月, 査読なし、日本語プロシーディング
13. Characterization of the quantum projective planes finite over their centers, A. Itaba and I. Mori, Proceedings of the 53rd Symposium on Ring Theory and Representation Theory, 110-115, Symp. Ring Theory Represent. Theory Organ. Comm., Osaka, 2022.
14. A Batalin-Vilkovisky structure on the complete cohomology ring of a Frobenius algebra, Tomohiro Itagaki, Katsunori Sanada, Satoshi Usui, Journal of Algebra, Volume 581, Pages 226-277, 1 September 2021, 査読有
15. Slope equality of plane curve fibrations and its application to Durfee's conjecture, Makoto Enokizono, 査読有, Asian J. Math. に掲載予定
16. Upper bounds on the slope of certain fibered surfaces, Makoto Enokizono, 査読有, J. Math. Soc. Japan に掲載予定
17. メビウス変換の凸結合, 若菜 魁, 関川 浩, 数式処理, Vol. 27, No. 2, pp. 45-48, 2021. 査読無
18. ある石山分割ゲームから考える自然数の分割, 新井友也, 関川 浩, 数式処理, Vol. 27, No. 2, pp. 49-52, 2021. 査読無
19. 楕円関数とヤコビ形式, 青木宏樹, 特集「楕円関数の味わい」数学セミナー (日本評論社) 60(2021-10), 26-32.

## 著書

1. 連分数, 木田雅成, 近代科学社. 2022. pp.206

## 招待講演

1. On twisted unstable cohomologies of automorphism groups of free groups, 佐藤隆夫, RIMS 研究集会「変換群論の新展開」, 京都大学数理解析研究所 (via Zoom, 2021 年 5 月 26 日).
2. ヤコビ形式の消滅次数について, 青木宏樹, 第 1 回仙台保型形式小集会 2022, 東北大学, 2022 年 1 月.
3. 正標数 2 次元特異点に関する話題, 松本雄也, 代数学の萌芽, 東京理科大学, 2022.
4. Torsors over the Rational Double Points in characteristic  $p$ , 松本雄也, 第 2 回 超ケーラー多様体のモジュライとその周辺, 京都大学, 2021.
5. Torsors over the Rational Double Points, 松本雄也, 野田代数幾何学ワークショップ 2021, 東京理科大学, 2021.
6. Spanning bipartite subgraphs of triangulations of a surface, Kenta Noguchi, 8th European Congress of Mathematics, Portorož, Slovenia, (ハイブリッド開催, online で発表) 2021 (Jun 22)
7. 無限個の既約グラフをもつ生成定理, 野口健太, 令和 3 年度 RIMS 共同研究 (グループ型 A) 『グラフの局所構造の制限が与える不変量への影響』, 京都大学数理解析研究所, (ハイブリッド開催, 現地で発表) 2022 年 (2 月 28 日)
8.  $p$  進ガンマ関数の関数等式と連続性に関して, プロジェクト研究集会 2021, 慶応義塾大学 (online), 2022 年
9. 整数論における  $p$  進的手法の紹介, 代数学の萌芽, 東京理科大学野田キャンパス, 2022 年 CM 周期, 多重ガンマ関数, Stark 予想の関係とその  $p$  進類似, Dasgupta Kakde Workshop, 慶応義塾大学矢上キャンパス, 2022 年
10. 中心上有限生成な非可換射影平面の特徴づけ, 板場綾子, 2021 年度神楽坂代数セミナー (東京理科大学神楽坂キャンパス), 2021 年 5 月 13 日招待講演
11. AS-regular algebras and Frobenius algebras, A. Itaba, Winter School on Koszul algebras and Koszul duality, (大阪市立大学杉本キャンパス), 2022 年 2 月 19 日招待講演
12. 中心上有限生成な非可換射影平面の特徴づけ, 板場綾子, 研究集会「代数学の広がり」(東京理科大学野田キャンパス), 2022 年 3 月 25 日招待講演
13. L-functions with Riemann's functional equation and real zeros of Dirichlet  $L$ -functions'', 13th International Symposium of Natural Science, Incheon National University (Zoom), Korea, 2021, 10.6.
14. Vanishing theorem on normal surfaces in positive characteristic, 榎園 誠, 阪大オンライン代数幾何学セミナー, オンライン開催, 2021 年 5 月 10 日
15. Vanishing theorems and adjoint linear systems on normal surfaces in positive characteristic, 榎園 誠, 特異点論セミナー, オンライン開催, 2021 年 6 月 28 日
16. 代数曲面上の曲線からの射の拡張定理, 榎園 誠, 代数学の広がり, 東京理科大学野田キャンパス, 2022 年 3 月 25 日
17. The Nearest Function Represented by a Convex Combination of Given Functions with Constraints, Hiroshi Sekigawa, 26th Conference on Applications of Computer Algebra (ACA2021), Online, 2021.

## 研究課題（研究者別）

### 伊藤 浩行

#### 「正標数代数幾何学とその高性能疑似乱数生成への応用に関する研究」

正標数代数幾何学における典型的な有限群スキーム作用による代数多様体の商としての商多様体、並びにそこに現れる商特異点に関する一般理論の構築を行なっている。また、これを関数体の言葉で置き換えると、Artin-Schreier 拡大と Frobenius 型純非分離拡大の統合理論を目指すものとなる。これらの応用として、これまでに得られている Artin-Schreier 拡大塔による巨大有限体の構成を利用した高性能疑似乱数生成器に関してその性能の改良を試みている。

### 眞田 克典

#### 「完備ホッホシルトコホモロジー環のリー代数構造の研究」

フロベニウス多元環のホッホシルトコホモロジー環を負の次元まで拡張した完備ホッホシルトコホモロジー環に、BV (Batalin-Vilkovisky) 構造を導入し、Gerstenhaber によるリーブラケット積によるリー環構造を定義する研究を行なっています。

### 木田 雅成

#### 「L 関数とゼータ関数の一致に関する研究」

いくつかの相異なる代数体の L 関数やデデキントゼータ関数が一致する現象についての研究をおこなった。L 関数についてもゼータ関数についても次数に比例して一致する個数の大きくなる族を発見した。

### 関川 浩

#### 「数値数式融合計算に関する研究」

有限個の相異なるメビウス変換  $T_j$  が、いずれも単位円板上の自己同型であるとする。このとき、 $T_j$  の凸結合  $T$  に対し、不動点、周期点の所在、力学系について調べ、いくつかの定理を得た。さらに、係数の誤差のために  $T$  が  $T_j$  の凸結合ではなくなった場合、係数ベクトルのユークリッド距離で測ったときに  $T$  にもっとも近い  $T_j$  の凸結合で、指定された点を不動点とするものを求めるアルゴリズムを提案した。

#### 「自然数の分割に関する研究」

自然数  $n$  の、ある条件を付けた分割について、いくつかの性質を示した。また、 $n$  を無限大に近付けたときの、この分割の総数のオーダーを評価した。

### 青木 宏樹

#### 「ヤコビ形式をもちいた多変数保型形式の明示的・構成的研究」

代数学、特に整数論における重要な研究テーマである多変数の保型形式について、特に、明示的・構成的な観点から、単年度ではなく継続的に研究を行っている。明示的・構成的な観点を選んだ理由は、定性的な抽象論ではなく、ある意味定量的な、具体的に整数論に応用可能なデータを取り出せる理論を構築したかったからである。今年度は、昨年度に引き続き、特にヤコビ形式について研究を進めている。

### 田畑 耕治

#### 「分割表解析に関する正確検定の研究」

計算機の発達により大規模で詳細なデータの収集が可能となり、多元分割表データが手軽に得られるようになったが、欠測が多いという特徴もある。これらのデータに対しては、モデルの適合度検定で用いるカイ二乗検定統計量のカイ二乗近似がよくないことが知られている。したがって、代数学を応用した正確検定の導出を目標に研究を行う。

宮本 暢子

「組合せデザインの深層学習への応用に関する研究」

ディープラーニングの学習手法の一つであるドロップアウト法に適用するため定義したドロップアウトデザインの新しい構成手法をアフィン幾何により提案した。

「fMRI 実験のための巡回的準直交配列の最適性に関する研究」

fMRI 実験では、MRI 装置で脳の反応を測定する。脳の反応を測定するための血流動態関数のピークを推定するために、巡回的準直交配列を用いた実験計画の手法が提案されている。巡回的準直交配列の構成法とその最適性について研究を行なった。

佐藤 隆夫

「階数 2 の自由群の自己同型群のねじれ係数コホモロジーの研究」

自由群のある種の verbal subgroup のアーベル化には自由群の自己同型群が非自明に作用する。この作用に関する 1 次元コホモロジーには、森田類として知られる非自明なコサイクルが 2 つ現れることが簡単な議論で分かるが、階数が 2 の場合にはそれ以外の非自明なコサイクルが現れることが分かった。

八森 祥隆

「ポジティブ分岐拡大の  $p$  進  $L$  関数の関数等式に関する研究」

素数  $p$  が不分解の虚二次体のアーベル拡大  $K$  の  $(\mathbb{Z}_p)^2$  拡大  $K_\infty$  上の半局所単数群  $U$  のある階数 1 の直和因子  $U(1)$  の存在を探索した。また、そのようなものの存在を仮定して、Kriz による最近の結果の類似を得ることができるか、さらにこのような 2 変数の結果から所期の (1 変数の)  $p$  進  $L$  関数の関数等式が得られるかについて、確認を行った。

小松 亨

「代数体のイデアル類群に関する研究」

ガロア群が 2 次巡回群のいくつかの直積になるガロア拡大体を multiquadratic field という。在外研究中に Klueners 氏との共同研究により、イデアル類群の指数が 3 になる虚 multiquadratic field を、拡張リーマン予想の下で、すべて具体的に決定することに成功した。上記の指数 3 のところを指数 5 にした場合を共同研究して論文が雑誌 Math Comp に 出版された。具体的に決定した代数体が数百単位が多いため、代数体の数表を作成し、Klueners 氏のウェブページで公開している。

加塩 朋和

「代数体の構造の明示的な表現に関連する研究」

整数論における古典的な研究対象である代数体（有理数体の有限次拡大体）の研究を行っている。2021 年度は特に、代数体の整数環の構造に関わる冪整基底の存在条件を調べ、論文として発表した。また、代数体の単数を  $p$  進的な手法や数論幾何的な手法で構成する手法を調べ、論文を投稿し、招待講演でも発表した。

中村 隆

「2 重 Tornheim ゼータ関数についての研究」

対称 2 重 Tornheim ゼータ関数を定義し、その性質を調べた。具体的には、対称 2 重 Tornheim ゼータ関数の急速収束級数表示を示し、その系としてそれらの関数の極を決定した。その極の情報を利用して、Tornheim 2 重ゼータ関数  $T(s, s, s)$  はリーマンゼータ関数の多項式で書けないことを証明した。対照的に、関数  $T(0, 0, s)$  や  $T(0, s, s)$  はリーマンゼータ関数の多項式として明示的に書くことができることは良く知られている。

## 野口 健太

### 「閉曲面上の三角形分割グラフの全域四角形分割部分グラフに関する研究」

任意の閉曲面上の三角形分割グラフ  $G$  に対し、 $G$  の全域四角形分割部分グラフ  $H$  として良い性質をもつものを探すという研究を行った。これまで2部グラフ的な  $H$  を探す研究で“偶”三角形分割グラフ  $G$  に対する部分的な結果を得ていたが、偶という仮定を外すべく、グラフの生成定理や1-平面描画などの手法を用いながら研究を行った。とくに、ある意味で“悪い”生成定理を用いるという手法において進展が見られた。

## 板場 綾子

### 「非可換射影平面の多元環の表現論的特徴づけの研究」

3次元 quadratic AS 正則環  $A$  に付随する非可換射影スキーム（非可換射影平面）の中心上有限性な場合の特徴づけとして、 $A$  に対応する Beilinson algebra の Auslander-Reiten 理論での振る舞いを考察し、論文が採択された。この研究の続きとして、現在投稿準備中であるが、多元環の表現論の手法を用いて  $A$  に対応する Beilinson algebra 上の regular module を考察し、regular module たちは、射影平面と対応する幾何でパラメトライズされることを証明した。

## 松本 雄也

### 「正標数の商特異点に関する研究」

商特異点とは、正則な環の有限群スキーム作用による商として得られる環をいい、一般の特異点と比べて良い性質をもつことが知られている。正標数の有理二重点は標数  $2, 3, 5$  以外ではすべて商特異点であることが知られているが、標数  $2, 3, 5$  の場合を  $\alpha_p$ -torsor などを用いて検討し、多くの場合について商特異点でか否かを決定した。また、有理二重点以外の2次元特異点についても調査している。

## 榎園 誠

### 「正標数曲面上のコホモロジー消滅定理とその応用」

射影多様体上のコホモロジー消滅定理は代数幾何学において重要であり、その中でも小平の消滅定理やその一般化である川又 - Viehweg 消滅定理は、標数  $0$  の代数幾何学における基本的な道具である。しかし正標数においては、小平の消滅定理は一般に成立しない。本研究では、正標数の代数曲面に対し、適切な条件の下で小平型の消滅定理が成立することを示した。この応用として、正標数の正規曲面の随伴線形系に対する Reider 型の定理や、平面曲線の非特異な有理点の射による特徴付けを得た。

## 花王 Kirei な未来共創プロジェクト

# 花王 Kirei な未来共創プロジェクトについて

東京理科大学(以下、「理科大」)は、2021年4月1日付けで、総合研究院に「共創プロジェクト」を創設し、その最初のプロジェクトとして、花王株式会社(以下、「花王」)との共同研究契約に基づき、「花王 Kirei な未来共創プロジェクト」を設置しました。

## 1. 「共創プロジェクト」とは

共創プロジェクトとは、企業等と本学との共同研究のうち、社会課題解決に貢献することを目指したものです。実施される共同研究の内容や、研究成果を広く国内外へ発信することにより、企業、理科大、そして社会へ新たな価値を創造する研究プロジェクトです。

企業等の中期的な研究開発戦略にあった確実な研究成果が期待できる「知の共創」と呼ぶべき研究活動と位置付けています。

## 2. 「花王 Kirei な未来共創プロジェクト」について

本学では、教育研究理念である「自然・人間・社会とこれらの調和的発展のための科学と技術の創造」をもとに、教育と研究を通じて社会のさまざまな問題を解決していくことを目指しています。また、花王は、中期経営計画の中で「未来の命を守る会社になる」という方向性を示しており、人々の喜びと満足のある豊かな生活文化の実現と社会のサステナビリティへ貢献するための研究開発を行っています。このように、科学技術を通じて社会問題の解決に取り組む両者が、協働して研究開発を推進することによる大きなシナジー効果が期待されます。

「花王 Kirei な未来共創プロジェクト」では、両者がそれぞれの社会的使命およびその役割を認識しつつ、人々の暮らしを豊かにするための革新的な技術開発を推進します。

当初の共同研究テーマとしては以下の3つを設定しています。

テーマ1：バイオ燃料電池・バイオセンサに関する研究

テーマ2：泡の制御・機能化に関する研究

テーマ3：痛みの神経・分子メカニズムに関する研究

本学の世界をリードする生物電気化学および界面科学、脳科学に関する知見と、花王の製品開発研究および基盤技術研究を融合させることで、イノベーティブな成果を創出する体制を構築します。

## 3. 花王 Kirei な未来共創プロジェクト教員および担当責任者

理工学部 先端化学科	准教授	四反田 功 (プロジェクト責任者)
理学部第一部 化学科	教授	由井 宏治
先進工学部 生命システム工学科	教授	瀬木 恵里
研究推進機構 総合研究院	客員教授	松尾 恵子 (花王株式会社・担当責任者)

## 研究者別の研究業績



## 荒木 光典

### 学術論文

1. “Rapid Measurements of Hydrogen Cyanide Concentration in Combustion Gas via Terahertz Spectroscopy,” Mitsunori Araki and Ken Matsuyama, *Current Applied Physics*, 36, 83-87, (2022).  
<https://doi.org/10.1016/j.cap.2021.12.015> (査読有)
2. “Gas-Phase CH-Overtone Band Spectra of Methyl Acetate and Ethyl Acetate via Incoherent Broad-Band Cavity-Enhanced Absorption Spectroscopy,” Mitsunori Araki, Takeru Sato, Takahiro Oyama, Shoma Hoshino, and Koichi Tsukiyama, *Chemical Physics Letters*, 2022, in-press,  
<https://doi.org/10.1016/j.cplett.2022.139568> (査読有)

### 著書

1. 日本分光学会 監修, 紫外可視・蛍光分光法, 講談社, 荒木光典(執筆分担), 第5章 可視・紫外域におけるレーザー分光計測法 5.1 キャビティ・リングダウン分光法: 微量成分検出への応用 (10頁), 2021年8月27日, ISBN: 978-4-06-523805-9, (査読有)

### 招待講演

1. “Laboratory Optical Spectroscopy of New Interstellar Molecules to Solve Mysterious Absorption Bands in Space,” Mitsunori Araki, Seminar, Department of Chemistry and Biochemistry, ROSE-HULMAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, (2021.9.22)

### 受賞

1. 荒木光典, エスベック環境研究奨励賞, 公益信託 エスベック地球環境研究・技術基金 (2021年8月20日)

## 黄 麗娟

### 学術論文

1. G12D/V degradation mediated by CANDDY using a modified proteasome inhibitor. Imanishi S, Huang L, Itakura S, Ishizaka M, Iwasaki Y, Yamaguchi T, Miyamoto-Sato E.. *bioRxiv* 2021,  
doi: <https://doi.org/10.1101/2021.04.23.441075>. (査読無)

### 総説

1. ケミカルノックダウン技術 CANDDY用いたアンドラッグターゲット分解による創薬戦略. 宮本悦子, 今西 哲, 黄麗娟. *Journal of the Society of Japanese Women Scientists*. Vol. 22, 19-24, 2022

## 高田 健司

### 学術論文

1. “Heterometallic Benzenehexathiolato Coordination Nanosheets: Periodic Structure Improves Crystallinity and Electrical Conductivity” Ryojun Toyoda, Naoya Fukui, Dionisius H. L. Tjhe, Ekaterina Selezneva, Hiroaki Maeda, Cédric Bourges, Choon Meng Tan, Kenji Takada, Yuanhui Sun, Ian Jacobs, Kazuhide Kamiya, Hiroyasu Masunaga, Takao Mori, Sono Sasaki, Henning Siringhaus, Hiroshi Nishihara. *Advanced Materials*, 2022, 34, 2106204. (査読有)
2. “Metal atom-guided conformational analysis of single polynuclear coordination molecules” Kenji Takada, Mari Morita, Takane Imaoka, Junko Kakinuma, Ken Albrecht, Kimihisa Yamamoto, *Science Advances*, 2021, 7, eabd9887. (査読有)

### 特許

1. 西原 寛, 米田 丈, 高田健司, 前田啓明, 福居直哉, 国内優先出願, シートおよびシートの製造方法, 特願2021-147216, 2021

## 学術論文

1. Trimebutine suppresses Toll-like receptor 2/4/7/8/9 signaling pathways in macrophages. Ogawa N, Nakajima S, Tamada K, Yokoue N, Tachibana H, Okazawa M, Oyama T, Abe H, Yamazaki H, Yoshimori A, Sato A, Kamiya T, Yokomizo T, Uchiumi F, Abe T, [Tanuma SI](#), Archives of Biochemistry and Biophysics. 711:109029, 2021, doi:10.1016/j.abb.2021.109029. Online ahead of print. (査読有)
2. Hinokitiol-induced decreases of tyrosinase and microphthalmia-associated transcription factor are mediated by the endoplasmic reticulum-associated degradation pathway in human melanoma cells. Oyama T, Ogawa H, Shirai Y, Abe H, Kamiya T, Abe T, [Tanuma SI](#), Biochimie. 192:13-21. 2022, doi:10.1016/j.biochi.2021.09.007. (査読有)
3. Passion fruit seed extract protects beta-amyloid-induced neuronal cell death in a differentiated human neuroblastoma SH-SY5Y cell model. Akira Sato, Nozomi Tagai, Yoko Ogino, Haruka Uozumi, Shinpei Kawakami, Takayuki Yamamoto, [Sei-ichi Tanuma](#), Hiroko Maruki-Uchida, Sadao Mori, and Minoru Morita. Food Science & Nutrition, 1-8, 2022, doi:10.1002/fsn.3.2757. (査読有)
4. GLO1 and PKC $\lambda$  Regulate ALDH1-positive Breast Cancer Stem Cell Survival. Motomura H, Tamori S, Yatani MA, Namiki A, Onaga C, Ozaki A, Takasawa R, Mano Y, Sato T, Hara Y, Sato K, Xiong Y, Harada Y, Hanawa T, [Tanuma SI](#), Sasaki K, Ohno S, Akimoto K. Oncol Lett. 22(1):547. 2021, doi: 10.3892/ol.2021.12808. (査読有)
5.  $\beta$ -Thujaplicin Enhances TRAIL-Induced Apoptosis via the Dual Effects of XIAP Inhibition and Degradation in NCI-H460 Human Lung Cancer Cells. Seno S, Kimura M, Yashiro Y, Kimura R, Adachi K, Terabayashi A, Takahashi M, Oyama T, Abe H, Abe T, [Tanuma SI](#), Takasawa R. Medicines (Basel). 8(6):26. 2021, doi:10.3390/medicines8060026. (査読有)
6. A 3-styrylchromone converted from trimebutine 3D pharmacophore possesses dual suppressive effects on RAGE and TLR4 signaling pathways. Okazawa M, Oyama T, Abe H, Yamazaki H, Yoshimori A, Tsukimoto M, Yoshizawa K, Takao K, Sugita Y, Kamiya T, Uchiumi F, Sakagami H, Abe T, [Tanuma SI](#). Biochem Biophys Res Commun. 20:566:1-8, 2021, doi: 10.1016/j.bbrc.2021.05.096. (査読有)
7. Glyoxalase 1 and protein kinase C $\lambda$  as potential therapeutic targets for late-stage breast cancer. Oncol Lett. 22(1):547, 2021. doi: 10.3892/ol.2021.12808. (査読有)
8. Human microRNA hsa-miR-15b-5p targets the RNA template component of the RNA-dependent RNA polymerase structure in severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. Sato A, Ogino Y, [Tanuma SI](#), Uchiumi F, NUCLEOSIDES NUCLEOTIDES & NUCLEIC ACIDS, 40(8):790-797, 2021, doi: 10.1080/15257770.2021.1950759. (査読有)

## 著書

1. ニュートン別冊「学びなおし 中学・高校の生物」, 田沼靖一 監修, ニュートンプレス, pp143, 2022

## 学術論文

1. Key factor of sponge phase formation in commercial polyethoxylated nonionic surfactant/cosurfactant/water systems and its unique feature at interface, Kei Watanabe, Yuki Watanabe, Kazuki Masuda, Zhang Yang, Ami Kaneshima, Akira Motoyama, Takaaki Shima, [Koji Tsuchiya](#), Hideki Sakai, Colloids and Surfaces, A: Physicochemical and Engineering Aspects, Vol. 641, pp. 128405, 2022 (査読有)
2. Synthesis and Anticancer Properties of Bis- and Mono(cationic peptide)Hybrids of Cyclometalated Iridium (III) Complexes: Effect of the Number of Peptide Units on Anticancer Activity, Jebiti Haribabu, Yuichi Tamura, Kenta Yokoi, Chandrasekar Balachandran, Masakazu Umezawa, [Koji Tsuchiya](#), Yasuyuki Yamada, Ramasamy Karvembu, Shin Aoki, European Journal of Inorganic Chemistry, Vol. 2021, No. 18, pp. 1796-1814, 2021 (査読有)
3. Cyclometalated Iridium(III)Complex-Cationic Peptide Hybrids Trigger Paraptosis in Cancer Cells via an Intracellular Ca<sup>2+</sup> Overload from the Endoplasmic Reticulum and a Decrease in Mitochondrial Membrane Potential, Chandrasekar Balachandran, Kenta Yokoi, Kana Naito, Jebiti Haribabu, Yuichi Tamura, Masakazu Umezawa, [Koji Tsuchiya](#), Toshitada Yoshihara, Seiji Tobita, Shin Aoki, Molecules, Vol. 26, No. 22, pp. 7028, 2021 (査読有)
4. Novel spontaneous cleansing feature of foam-hybrid bicontinuous-microemulsion-type foamy makeup remover-, Kei Watanabe, Namiko Sakurai, Takashi Meno, Chihiro Yasuda, Shigeo Takahashi, Ayaka Hori, [Koji Tsuchiya](#), Hideki Sakai, Nippon Keshohin Gijyutsusha Kaishi, Vol. 55, No. 1, pp. 19-27, 2021 (査読有)
5. Interaction between sodium dodecylsulfate (SDS) and pluronic L61 in aqueous medium: assessment of the nature and morphology of the formed mixed aggregates by NMR, EPR, SANS and FF-TEM measurements, G.K.S.Prameela, B.V.N.Phani Kumar, J.Subramanian, [K.Tsuchiya](#), A. Pan, V.K. Aswal, M. Abe, A.B.Mandal, S.P.Moulik, Physical Chemistry Chemical Physics, Vol. 23, No. 23, pp. 13170-13180, 2021 (査読有)

## 学術論文

1. Determination of Chemical Structure of Bis(dithiolato)iron Nanosheet. C. M. Tan, M. Horikawa, N. Fukui, H. Maeda, S. Sasaki, K. Kazuhito, H. Nishihara, Chem. Lett. 2021, 50, 576-579. (査読有)
2. Two-Dimensional  $\pi$ -Conjugated Frameworks as a Model System to Unveil a Multielectron-Transfer-Based Energy Storage Mechanism. K. Sakaushi, H. Nishihara, Acc. Chem. Res. 2021, 54, 3003-3015. (査読有)
3. Electrochemically Synthesized Bis(diimino)metal Coordination Nanosheets as Ultrastable Electrocatalysts for Hydrogen Evolution Reaction. K.-H. Wu, J. Cao, T. Pal, H. Yang, H. Nishihara, ACS Appl. Energ. Mater. 2021, 4, 5403-5407. (査読有)
4. Bio-organic-inorganic Hybrid Soft Materials: Photoelectric Conversion Systems Based on Photosystem I and II with Molecular Wires. Y. Yamanoi, T. Nakae, H. Nishihara, Chem. Lett. 2021, 50, 1263-1270. (査読有)
5. Two-Dimensional Bis(dithiolene)iron (II) Self-Powered UV Photodetectors with Ultrahigh Air Stability. Y.-C. Wang, C.-H. Chiang, C.-M. Chang, H. Maeda, N. Fukui, T. Wang, C.-Y. Wen, K.-C. Lu, S.-K. Huang, W.-B. Jian, C.-W. Chen, K. Tsukagoshi, H. Nishihara, Adv. Sci. 2021, 2100564. (査読有)
6. Ultralong  $\pi$ -Conjugated Bis(terpyridine)metal Polymer Wires Covalently Bound to a Carbon Electrode: Fast Redox Conduction and Redox Diode Characteristics. K.-H. Wu, R. Sakamoto, H. Maeda, E. J. H. Phua, H. Nishihara, Molecules 2021, 26, 4267. (査読有)
7. Expansion of Photostable Luminescent Radicals by Meta-Substitution, Y. Hattori, S. Tsubaki, R. Matsuoka, T. Kusamoto, H. Nishihara, K. Uchida, Chem. Asian J. 2021, 16, 2538-2544. (査読有)
8. Dirac-point Shift of Graphene-FET in the Presence of Ionic Molecules or Surfactants, M. Miyachi, W. Zhu, T. Nakae, Y. Yamanoi, T. Ikuta, K. Maehashi, Kenzo, H. Nishihara, Chem. Lett. 2021, 50, 1639-1642. (査読有)
9. Luminescent Behavior Elucidation of a Disilane-Bridged D-A-D Triad Composed of Phenothiazine and Thienopyrazine. T. Nakae, M. Nishio, T. Usuki, M. Ikeya, C. Nishimoto, S. Ito, H. Nishihara, M. Hattori, S. Hayashi, T. Yamada, Teppei, Y. Yamanoi, Angew. Chem. Int. Ed. 2021, 60, 22871-22878. (査読有)
10. Amplification of luminescence of stable radicals by coordination to NHC-gold(I) complex. Y. Hattori, R. Kitajima, R. Matsuoka, T. Kusamoto, H. Nishihara, K. Uchida, Chem. Commun. 2022, 58, 2560-2563. (査読有)
11. Heterometallic Benzenehexathiolato Coordination Nanosheets: Periodic Structure Improves Crystallinity and Electrical Conductivity. R. Toyoda, N. Fukui, D. H. L. Tjhe, E. Selezneva, H. Maeda, C. Bourges, C. M. Tan, K. Takada, Y. Sun, I. Jacobs, K. Kamiya, H. Masunaga, T. Mori, S. Sasaki, H. Siringhaus, H. Nishihara, Adv. Mater. 2022, 34, e2106204. (査読有)
12. An Organic Quantum Spin Liquid with Triangular Lattice: Spinon Fermi Surface and Scaling Behavior. T. Kusamoto, C. Ohde, S. Sugiura, S. Yamashita, R. Matsuoka, T. Terashima, Y. Nakazawa, H. Nishihara, S. Uji, Bull. Chem. Soc. Jpn., 2022, 95, 306-313. (査読有)
13. Two-Dimensional Metal-Organic Framework Acts as a Hydrogen Evolution Cocatalyst for Overall Photocatalytic Water Splitting. J. Guan, T. Pal, K. Kamiya, N. Fukui, H. Maeda, T. Sato, H. Suzuki, O. Tomita, H. Nishihara, R. Abe, R. Sakamoto, ACS Catal. 2022, 12, 3881-3889. (査読有)

## 招待講演

1. 金属錯体二次元物質「配位ナノシート」の創製と特性・機能, 西原 寛, ヘテロ界面制御部会・第5回研究会, リモート, 2021/6/25.
2. 理科教育の接続性に関する課題と展望, 西原 寛, 令和3年度化学系学協会東北大会, リモート, 2021/10/3.
3. 金属錯体二次元物質「配位ナノシート」の創製と特性・機能, 日本化学会 第102春季年会, リモート, 2022/3/26.

## 特許

1. 西原 寛, 米田 丈, 高田健司, 前田啓明, 福居直哉, 国内優先出願, シート及びシートの製造方法, 特願2021-147216, 2021/9/9.
2. 西原 寛, タンチューンメンゲ, 福居直哉, 国内優先出願, 配位高分子膜及び配位高分子膜の製造方法, 特願2021-188145, 2021/11/18.
3. 西原 寛, 田寺佐代子, 前田啓明, 国内優先出願, 配位高分子膜, 配位高分子膜の製造方法, 水素発生用電極及び水素発生装置, 特願2021-198073, 2021/12/6.
4. 西原 寛, 田寺佐代子, 前田啓明, 国内優先出願, 配位高分子膜, 酸素発生用電極及び酸素発生装置, 特願2022-47241, 2022/3/23.

## 広報

1. 西原 寛, 高い安定性を長期間維持する有機-無機複合ナノシートのボトムアップ合成法を開発～電源のいらぬ受光センサーなど、オプトエレクトロニクス分野への応用に期待～, 東京理科大学プレスリリース, 2021/7/15
2. 西原 寛, 高い結晶性と電気伝導性を有する『ヘテロ金属配位ナノシート』の合成に成功～新たな二次元電子材料、電池材料開発への貢献に期待～, 東京理科大学プレスリリース, 2022/2/21

## 野島 雅

### 学術論文

1. X-ray photo electron diffraction and X-ray spectro-holography from the contributions of our instruments, Masashi Nojima, Yoshimasa Nihei, Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, in press(査読有)
2. Development of mass-controlled ion beam from metallic solution ion source, Masashi Nojima, e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, submitted(査読無)

### 著書

1. A revolution in materials-driven fabrication processes, Masashi Nojima, Impact publishing, in press

### 特許

1. 野島 雅, 国内優先出願, 溶液金属イオン源を用いた元素選択型イオンビーム生成装置, No.2021-170549,2021

### 受賞

1. 野島 雅, 2021年度 キオクシア(旧:東芝メモリ)奨励研究採択
2. 野島 雅, 2021年度 東芝デバイス&ストレージ株式会社学術奨励制度採択

## 萩原 一郎

### 学術論文

1. 避難器具の効果的な配置に関する研究 その1, 萩原一郎, 高木翔, 日本火災学会研究発表会梗概集, pp 160-161, 2021(査読無)
2. 避難器具の効果的な配置に関する研究 その2, 高木翔, 萩原一郎, 日本火災学会研究発表会梗概集, pp 162-163, 2021(査読無)
3. 避難器具配置の性能評価に関する研究, 萩原一郎, 日本建築学会学術講演梗概集(防火), pp 99-100, 2021(査読無)

### 著書

1. ISO/TR20413 Fire safety engineering - survey of performance-based fire safety design practices in different countries, Ichiro Hagiwara, Naohiro Takeichi, ISO, 2021

### 広報

1. 萩原一郎, 大阪北新地放火火災に関するコメント, 朝日新聞, 2021

## 保坂 知宙

### 学術論文

1. 1,3,2-Dioxathiolane 2,2-Dioxide as an Electrolyte Additive for K-Metal Cells, Tomooki Hosaka, Taiga Fukabori, Tatsuo Matsuyama, Ryoichi Tataru, Kei Kubota, and Shinichi Komaba, ACS Energy Letters, 6巻, pp 3643-3649, 2021(査読有)
2. Effect of Crystallinity of Synthetic Graphite on Electrochemical Potassium Intercalation into Graphite, Daisuke Igarashi, Kei Kubota, Tomooki Hosaka, Ryoichi Tataru, Tsuyoshi Inose, Yuji Ito, Hirofumi Inoue, Masataka Takeuchi, and Shinichi Komaba, Electrochemistry, 89巻, pp 433-438, 2021(査読有)
3. Comparison of Ionic Transport Properties of Non-Aqueous Lithium and Sodium Hexafluorophosphate Electrolytes, Johannes Landesfeind, Tomooki Hosaka, Maximilian Graf, Kei Kubota, Shinichi Komaba, and Hubert A Gasteiger, Journal of the Electrochemical Society, 168巻, pp 040538, 2021(査読有)
4. A vanadium-based oxide-phosphate-pyrophosphate framework as a 4V electrode material for K-ion batteries, Mirai Ohara, A Shahul Hameed, Kei Kubota, Akihiro Katogi, Kuniko Chihara, Tomooki Hosaka, and Shinichi Komaba, Chemical Science, 12巻, pp 12383-12390, 2021(査読有)
5.  $\text{La}_2\text{Ni}_{0.5}\text{Li}_{0.5}\text{O}_4$  Modified Single Polycrystalline Particles of NMC622 for Improved Capacity Retention in High-Voltage Lithium-Ion Batteries, Chinnasamy Sengottaiyan, Kei Kubota, Shinichi Kumakura, Yang TaeHyeon, Tomooki Hosaka, and Shinichi Komaba, Journal of the Electrochemical Society, 168巻, pp 110505, 2021(査読有)
6. プルシアンブルー類似体へのナトリウムおよびカリウムインサージョンの蓄電池応用, 保坂知宙, 久保田圭, 駒場慎一, Accounts of Materials & Surface Research, 6巻, pp 139-150, 2021(査読有)
7. Development of Nonaqueous Electrolytes for High-Voltage K-Ion Batteries, Tomooki Hosaka, and Shinichi Komaba, Bulletin of the Chemical Society of Japan, In press, 2022(査読有)

## 著書

1. Tomooki Hosaka, Kei Kubota, Shinichi Komaba, "Electrode Materials for K-Ion Batteries", Comprehensive Inorganic Chemistry III, ELSEVIER, in press (46 pages), 2021.

## 招待講演

1. 4 V級カリウムイオン電池用インサージョン材料および有機電解液の開発, 保坂知宙, 久保田圭, 駒場慎一, 次世代ESICBセミナー2021-2, 2021.

## 特許

1. 駒場慎一, 久保田圭, 多々良涼一, 保坂知宙, 松山達央, 国内出願, カリウムイオン電池用電解液添加剤、カリウムイオン電池用電解液, カリウムイオン電池, カリウムイオンキャパシタ用電解液添加剤, カリウムイオンキャパシタ用電解液, 及び, カリウムイオンキャパシタ, 特願2021-173969, 2021.
2. Tomooki Hosaka, Kei Kubota, Shinichi Komaba, 米国特許登録, Electrolyte solution for potassium ion battery, potassium ion battery, electrolyte solution for potassium ion capacitor, and potassium ion capacitor, No. US11227726B2, 2022.
3. 駒場慎一, 久保田圭, 保坂知宙, 松山達央, 国内特許登録, カリウムイオン電池用電解液、カリウムイオン電池、カリウムイオンキャパシタ用電解液、及び、カリウムイオンキャパシタ, 特許第6966760号
4. 駒場慎一, 多々良涼一, 保坂知宙, ベトララメッシュ, 眞柄和史, 国内出願, カリウムイオン電池用正極活物質、カリウムイオン電池用正極、及びカリウムイオン電池, 特願2022-031044, 2022.

## 前田 啓明 -----

### 学術論文

1. A Two-Dimensional Metal-Organic Framework Acts as a Hydrogen Evolution Cocatalyst for Overall Photocatalytic Water Splitting, Jingyan Guan, Tigmansu Pal, Kamiya Kazuhide, Naoya Fukui, Hiroaki Maeda, Tetsu Sato, Hajime Suzuki, Osamu Tomita, Hiroshi Nishihara, Ryu Abe, Ryota Sakamoto, ACS Catalysis, 12, 3881, 2022(査読有)
2. Heterometallic Benzenehexathiolato Coordination Nanosheets: Periodic Structure Improves Crystallinity and Electrical Conductivity, Ryojun Toyoda, Naoya Fukui, Dionisius H.L. Tjhe, Ekaterina Selezneva, Hiroaki Maeda, Cédric Bourgès, Choon Meng Tan, Kenji Takada, Yuanhui Sun, Ian Jacobs, Kazuhide Kamiya, Hiroyasu Masunaga, Takao Mori, Sono Sasaki, Henning Sirringhaus, Hiroshi Nishihara, Adv. Mater., 34, 2106204, 2022(査読有)
3. Ultralong  $\pi$ -Conjugated Bis(terpyridine)metal Polymer Wires Covalently Bound to a Carbon Electrode: Fast Redox Conduction and Redox Diode Characteristics, Kuo-Hui Wu, Ryota Sakamoto, Hiroaki Maeda, Eunice Jia Han Phua, Hiroshi Nishihara, Molecules, 26, 4267, 2021(査読有)

### 特許

1. 西原 寛, 米田 丈, 高田健司, 前田啓明, 福居直哉, 国内優先出願, シート及びシートの製造方法, 特願2021-147216, 2021
2. 西原 寛, 田寺佐代子, 前田啓明, 国内優先出願, 配位高分子膜、配位高分子膜の製造方法、水素発生用電極及び水素発生装置, 特願2021-198073, 2021
3. 西原 寛, 田寺佐代子, 前田啓明, 国内優先出願, 酸素発生用電極及び酸素発生装置, 特願2022- 47241, 2022

## 宮本 悦子 -----

### 学術論文

1. G12D/V degradation mediated by CANDDY using a modified proteasome inhibitor. Imanishi S, Huang L, Itakura S, Ishizaka M, Iwasaki Y, Yamaguchi T, Miyamoto-Sato E.. bioRxiv 2021, doi: <https://doi.org/10.1101/2021.04.23.441075>. (査読無)

### 総説

1. ケミカルノックダウン技術CANDDYを用いたアンドラッグターゲット分解による創薬戦略.宮本悦子, 今西 哲, 黄 麗娟. Journal of the Society of Japanese Women Scientists. Vol. 22, 19-24, 2022

#### 招待講演

1. ケミカルノックダウン技術 CANDDY を用いたアンドラッグターゲット分解による創薬戦略. 宮本悦子, 第26回女性科学者の会例会「女性のチャレンジ賞」受賞記念講演会, Online開催, 2021.9.26

#### 特許

1. Miyamoto, E., Ozawa,M.Tokyo University Of Science. PROTEIN DEGRADATION INDUCING TAG AND USAGE THEREOF.US10,976,306, 2021
2. Miyamoto, E., Ozawa,M.Tokyo University Of Science. Ras PROTEIN DEGRADATION INDUCING MOLECULE AND PHARMACEUTICAL COMPOSITION. US11,052,154, 2021
3. Miyamoto, E., Ozawa,M.Tokyo University Of Science. p53 DEGRADATION INDUCING MOLECULE AND PHARMACEUTICAL COMPOSITION. US11,007,269, 2021
4. Miyamoto, E., Ozawa,M.Tokyo University Of Science. p53 DEGRADATION INDUCING MOLECULE AND PHARMACEUTICAL COMPOSITION.IN368538, 2021
5. Miyamoto, E., Ozawa,M.Tokyo University Of Science.Ras PROTEIN DEGRADATION INDUCING MOLECULE AND PHARMACEUTICAL COMPOSITION. ZA2019/03657, 2021

#### 広報

1. 宮本悦子, 女性のチャレンジ賞, 内閣府男女共同参画局, 2021

## 総合研究院フォーラム開催報告

## 「総合研究院フォーラム 2021」を開催（9/22・開催報告）

2021年9月22日（水）に「総合研究院フォーラム 2021 Only at TUS を目指して」が対面およびオンラインにて開催されました。当日は約 276 名の方にご出席いただき、盛会のうちに終わりました。（会場参加者：16 名、オンライン参加者数 260 名（講演 170 名、ポスターセッション 90 名））

フォーラムでは、「物質・材料」、「構造材料・機械・流体・建築」、「創薬・バイオ」、「環境・情報・社会」、「基礎・計測」の領域毎の研究センター・研究部門による最新の研究成果発表と各研究センター・研究部門および懇談会によるポスターセッションが行われました。

質疑応答の時間においては、多数の研究者による活発な議論が繰り広げられ、研究センター・研究部門の枠を越えた本学独自の研究活動の今後の展開が期待できる有意義なフォーラムとなりました。

### 【プログラム】

10:00 学長事務取扱挨拶 岡村 総一郎 学長事務取扱

#### 【領域：物質・材料】

10:05 ウォーターフロンティア研究センター  
工学部機械工学科 元祐 昌廣 教授

10:20 ナノカーボン研究部門  
理学部第一部物理学科 中嶋 宇史 教授

10:35 再生可能エネルギー技術研究部門  
理工学部電気電子情報工学科 杉山 睦 教授

10:50 質疑応答

#### 【領域：創薬・バイオ】

11:15 アカデミック・ディテリング・データベース部門  
薬学部薬学科 小茂田 昌代 教授

11:30 核酸創薬研究部門  
薬学部生命創薬科学科 和田 猛 教授

11:45 合成生物学研究部門  
研究推進機構生命医科学研究所 伊川 友活 教授

**[領域：環境・情報・社会]**

- 13:15 火災科学研究所、火災安全科学研究拠点  
理工学研究科国際火災科学専攻 松山 賢 教授
- 13:30 スペースシステム創造研究センター  
理工学部電気電子情報工学科 木村 真一 教授
- 13:45 先端都市建築研究部門  
工学部建築学科 高橋 治 教授
- 14:00 デジタルトランスフォーメーション研究部門  
理工学部情報科学科 滝本 宗宏 教授
- 14:15 質疑応答

**[領域：基礎・計測]および[領域：構造材料・機械・流体・建築]**

- 14:30 数理解析連携研究部門  
理学部第一部数学科 加藤 圭一 教授
- 14:45 先進複合材料・構造 CAE 研究部門  
先進工学部マテリアル創成工学科 小柳 潤 教授
- 15:00 質疑応答
- 15:35 講評  
高柳 英明 総合研究院長

**ポスターセッション(Zoom ブレイクアウトセッション)**

- 15:40 30分間程のポスターセッションを2回実施
- 16:40 終了

以上

# 「水界面」の分野横断的研究センター(WaTUS)における有機的共同研究

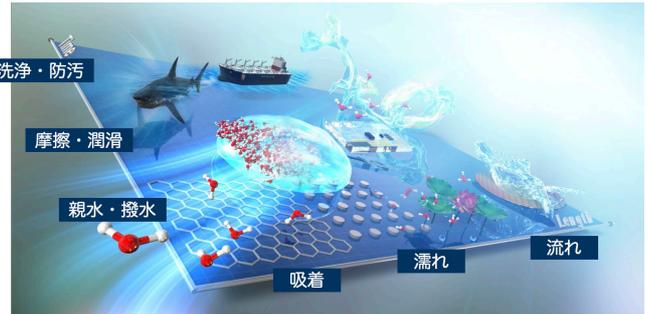
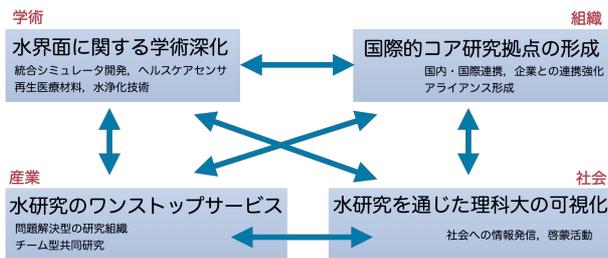
研究推進機構 総合研究院 ウォーターフロンティア研究センター

## ▶ 研究概要

時間・空間的多重スケールにまたがる  
水と物質との複雑な相互作用

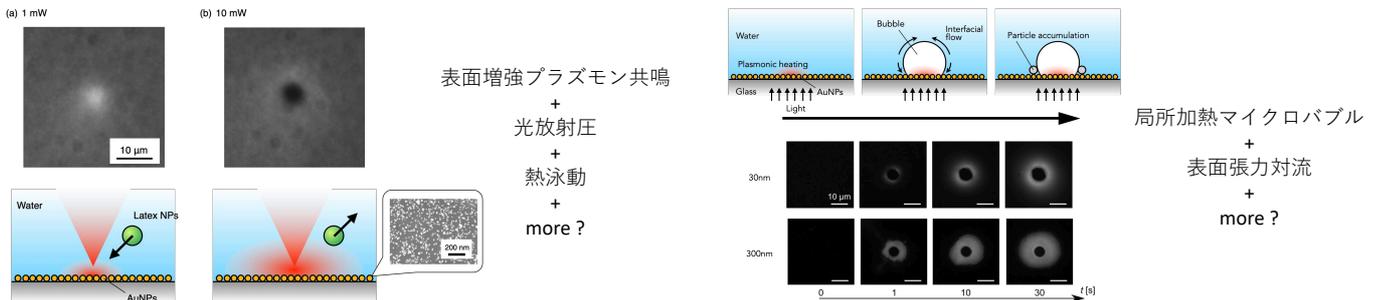
原子・分子から連続体（流体）の挙動までが  
階層的・連続的に繋がる「水界面」

→ 「水界面」に関する学際的研究拠点の形成

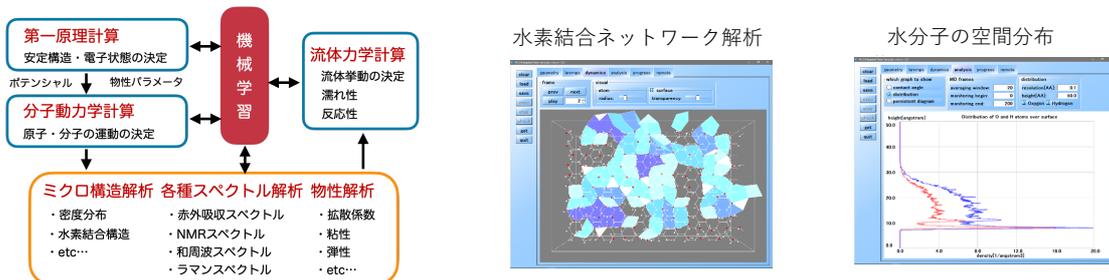


## ▶ 研究開発成果

### 光照射下の金属ナノ構造体への液中ナノ物質輸送メカニズム



### 分子から流体までを包含する「統合シミュレータ」の開発 (Windows, Mac, Linuxのソフト開発中)



## ▶ 今後の展開

- ・ ミクロとマクロ、理論・材料・計測の共同研究の推進による「水界面」先端研究
- ・ 「材料と水」「生命と水」「環境と水」をターゲットとした技術開発の展開
- ・ 新分野における企業との共同研究の推進（衛生分野、食品分野 etc...）
- ・ 産業界、市民に対する広報活動

【連絡先】  
センター長（工学部機械工学科）  
元祐 昌廣 mot@rs.tus.ac.jp

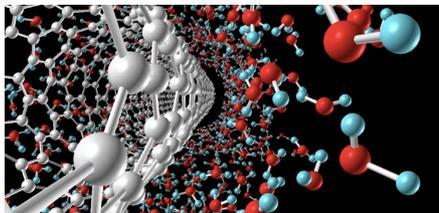
WaTUS URL



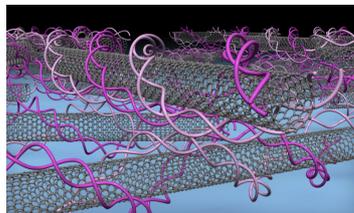
～ ナノカーボン研究部門における共同研究の現状～

研究推進機構 総合研究院 ナノカーボン研究部門

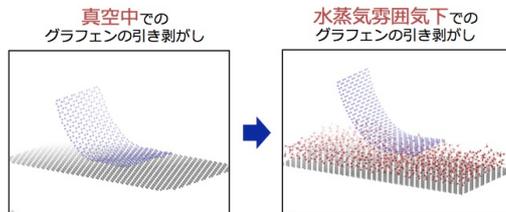
研究課題



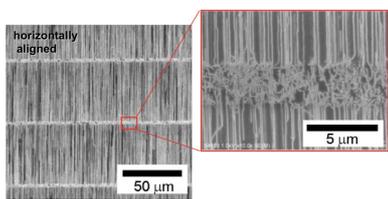
ナノ空間・ナノ表面の物質科学



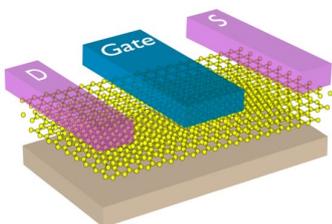
ナノチューブと生体分子との相互作用



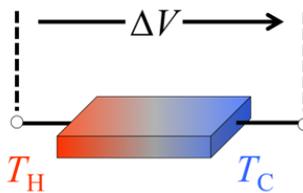
真空中でのグラフェンの引き剥がし  
水蒸気雰囲気下でのグラフェンの引き剥がし  
ナノカーボンに凝集した水が及ぼす  
トライボロジーへの影響



ナノカーボンの形成制御



グラフェン電界効果トランジスタ



ナノカーボンの熱電物性



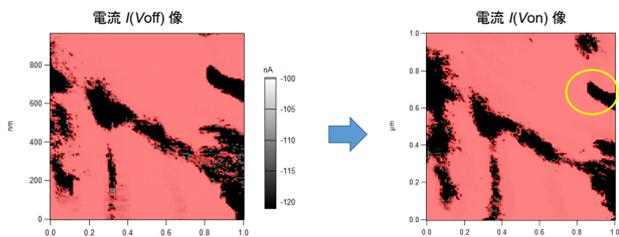
紙と墨のにじみの科学

▶ 研究開発成果

CNT熱電

電流測定法を用いたゼーベック係数/ $L_{11}, L_{12}$ 測定

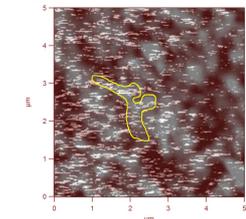
■ 電圧印加の有無による電流分布の変化



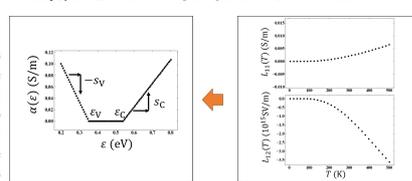
$$I = -\frac{L_{12}}{T} \frac{dT}{dz}$$

$$I = \frac{L_{11}}{d} V - \frac{L_{12}}{T} \frac{dT}{dz}$$

■ ゼーベック係数の分布



■ 機械学習でスペクトル伝導率分布の推定へ

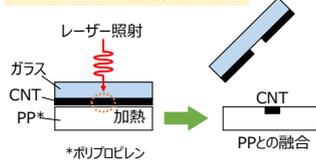


CNT配線描画法の開発

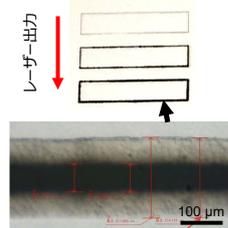
レーザー熱転写法によるプラスチックフィルムへのCNT配線描画

■ レーザー熱転写法の開発

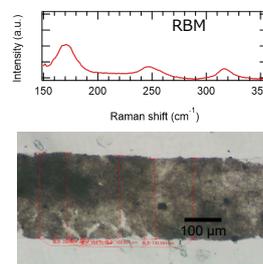
大気圧・室温でCNT配線が可能



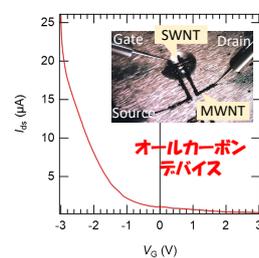
■ MWNTの転写



■ SWNTの転写



■ トランジスタ動作を確認!



▶ 今後の展開

- ▶ 高度な計測技術と理論を融合したナノカーボン研究の推進
  - ▶ 電流測定法・機械学習を用いた熱電特性分布の解明
  - ▶ 貴金属ナノクラスター、金属ナノ微粒子の機能化
- ▶ CNTとセルロースを用いたオンペーパーエレクトロニクス研究の推進
- ▶ フレキシブル熱電デバイスの特性向上と社会実装に関する研究

連絡先：  
山本貴博（部門長）  
takahiro@rs.tus.ac.jp

ナノカーボン  
研究部門HP



# 外部刺激に応答するスマート界面

研究推進機構 総合研究院 界面科学研究部門

## 研究概要

界面科学研究部門 (設立1981年)

界面 → 「時空間的な機能発現の場」  
新規な物性・機能・理論を創造

### 重点テーマ

「界面ダイナミクスの先端計測」「刺激応答界面」「生体界面」

化学・物理・薬学・機械工学など様々な分野を基盤とするメンバーの連携によって、界面現象に関する基礎から応用までの先端研究を実施

企業との連携、部門が中心になっての国際会議開催なども、積極的に実施



本発表  
本部門の重点課題の中から「外部刺激に応答するスマート界面」に関する部門員の最新成果について紹介

## 研究開発成果

光誘起金属クラスター合成による単結晶配列制御法 根岸雄一(理工学部応用化学科)

研究目的  
光によるクラスター合成・単結晶化法

溶媒蒸発法

金属クラスター結晶生成

CF<sub>3</sub>COOAg, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, RSH, BuSO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cu(II)

光照射位置での配位子生成/クラスター合成を目指した結晶配列制御 (光照射形状の依存性) 単結晶X線構造解析 丸い穴から光を導入

Y. Negishi, et al., Mater Horiz 2020, 7, 706

クラスター単結晶の微細配列制御が不可欠

従来法  
AgNO<sub>3</sub>, RSH, NaBH<sub>4</sub>, Ag<sub>x</sub>(SR)<sub>y</sub> クラスタ, 結晶化

スリットから光を導入

Ag<sub>24</sub>S<sub>12</sub>(BuS)<sub>20</sub>(BuSO<sub>3</sub>)<sub>12</sub>

BuSO<sub>3</sub>配位子保護金属クラスターの結晶配列制御に成功した

総合研究院フォーラム

ナノ粒子をナノ薄膜にする光変換技術 (工学部工業化学科 河合武司)

光変換技術の概念図

Irradiation with UV

Transfer onto a substrate

Transparent Flexible

Au NPs, Au nanosheet, Hole pattern

紫外線照射による粒子薄膜化モデル

UV irradiation time

↑ Surfactant, Gold nanoparticle

総合研究院フォーラム

窒化炭素ポリマーを用いた光触媒の構築と電子材料への展開 金井要(理工学部物理学科)

Melem-based Semiconductors

malamine, melem (300-400°C), melem tetramer (415°C), melon (430-600°C), amorphous melon (430-600°C)

近紫外光による発光

λ<sub>exc</sub> = 339.1 nm, η = 71.2%

λ<sub>exc</sub> = 442.1 nm, η = 10.4%

η = 13.6% (in vacuum)

λ<sub>exc</sub> = 453.6 nm, η = 7.4%

λ<sub>exc</sub> = 494.8 nm, η = 1.9% (in vacuum)

光触媒 (水素発生 / 有機物分解)

遅延発光による高い量子効率

総合研究院フォーラム

小角中性子散乱(SANS)を用いた光応答性分子集合体の in situ 計測 (理工学部先端化学科 赤松光顕・酒井秀樹)

ミセル

紫外光

両親水性ロフィンダイマー

UV照射によるミセル構造の高速切替

内包物質の高速放出制御

in-situ 小角中性子散乱(SANS)によるその場計測

J-PARC, MLF, BL-15 大観

光照射ともなう内包物質の高速放出制御と in situ SANSによるミセル構造のその場計測

1. Akamatsu, M.; Sakai, K.; Sakai, H. et al. Chem. Commun. 2019, 56, 9769. 表紙組に採択

2. Akamatsu, M.; Iwase, H.; Sakai, K.; Sakai, H. et al. Sci. Rep. 2021, 11, 10754.

総合研究院フォーラム

## 今後の展開

各部門メンバーが得意とする「界面科学的手法を用いたものづくり」に対して、「先端界面計測」技術を適用することにより、only at TUSの技術として実用化に繋げて行きたい。



【連絡先】 部門長 (理工学部先端化学科) 酒井秀樹 hisakai@rs.tus.ac.jp

**太陽光・風力・バイオマスなど、再生可能エネルギーの材料探索からシステム開発まで**
**研究推進機構 総合研究院 再生可能エネルギー技術研究部門**
**▶ 研究概要**

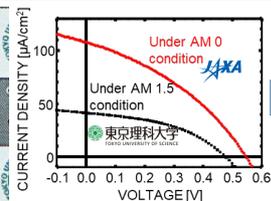
世再生可能エネルギー技術の研究開発拠点として、2つのグループに分かれ、以下の活動を実施する。

**◆再生可能エネルギー材料グループ：**

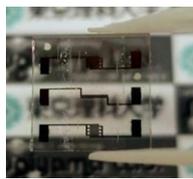
- ・薄膜太陽電池/熱電発電素子のタンデム化による超高効率エネルギー変換デバイスの提案
- ・太陽電池薄膜を用いた水素製造技術や、高性能な燃料電池の製造技術
- ・世界に太刀打ちできるような超安価な太陽電池材料・製造手法の開発や、共通基盤技術の検討

**◆エネルギーマネジメントグループ：**

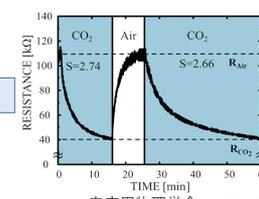
- ・各エネルギーをロスしないための、故障診断・遠隔診断・発電予測・AI活用技術の開発
- ・風力発電×太陽光発電の平滑化技術の開発と、蓄電池やフライホイール等の蓄電技術との融合
- ・再エネの農業向けソーラーマッチング、電気自動車、スマートハウス等への応用技術展開

**▶ 研究開発成果**
**再生可能エネルギー材料グループ研究の一例) 酸化半導体を用いた透明太陽電池とIoTデバイス**


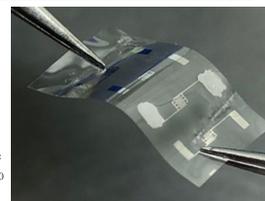
Jpn. J. Appl. Phys. 60 (2021) 048001.



Phys. Stat. Solidi A 216(2019)1800749.



2021春応用物理学会16a-Z33-2.

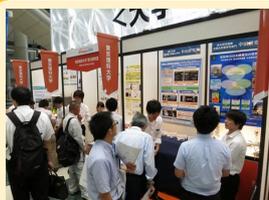


- フレキシブルなプラスチック上に作製した透明太陽電池。紫外線の強い宇宙環境では、地上での3倍多く発電します。曲げ・熱・放射線などの耐久性も備わっています。

- 透明太陽電池で発電した電力で駆動する、透明CO<sub>2</sub>センサ。積層化した簡単なIoTデバイスです。

- フレキシブルなプラスチック上に作製した透明CO<sub>2</sub>センサ（電極はあえて着色しています）。フレキシブルなので衣類やビニールハウスなど、設置場所を選びません。

■発電量が少ない透明太陽電池の電力を効果的に活用する、IoTデバイスのモニタリング化を目指しています。



日本最大規模の展示会「Renewable Energy 2020」にて研究成果を展示・発表（今年度は2022年1月に開催予定）

**部門内の研究体制**

工・電気 植田 譲  
 理工・電情 近藤 潤次  
 理工・電情 片山 昇  
 工・電気 崔 錦丹  
 理工・電情 小平 大輔  
 諏訪理科大 平田 陽一  
 国立環境研 大西 悟

**再生可能エネルギー材料グループ**
**エネルギーマネジメントグループ**

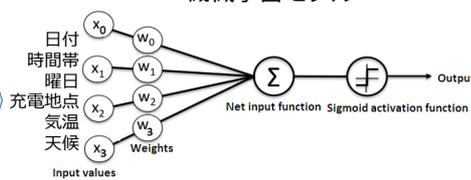
理工・電情 杉山 睦  
 理工・物理 趙 新為  
 理工・化学 秋津 貴城  
 理工・工化 永田 衛男  
 先工・電子 生野 孝  
 理工・化学 原口 知之  
 理工・化学 中根 大輔  
 理工・電情 金 青男  
 諏訪理科大 渡邊 康之  
 愛媛大 白方 祥



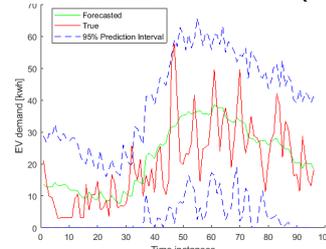
前部門時代から継続して、企業・研究者向けのセミナーを開催（今年度は2022年1月に実施予定）

**エネルギーマネジメントグループ研究の一例) 電気自動車の充電需要予測アルゴリズム**
**過去の充電データの収集**


赤印：スコットランド、Dundeeの市街地エリアの充電スポット

**機械学習モデル**


過去の充電データに加え、天候等のデータを用いて機械学習モデルを学習させる

**95%信頼幅を持った予測(翌日)**


詳細



■EVの充電需要を確率的に予測することで、予測はずれのリスクを考慮することを実現しています

**▶ 今後の展開**

- ◆ 導入・運用コストが化石燃料を用いた発電と同レベルの発電素材開発
- ◆ 様々な発電方法で得られた電力の高効率マネジメント技術開発
- ◆ 新材料・新システムなどの新技術開発
- ◆ 理科大内研究部門・外部研究機関のコラボレーション、新たな学内連携

共同研究・部門参加などの連絡先

杉山睦 (理工・電情)  
 mutsumi@rs.tus.ac.jp

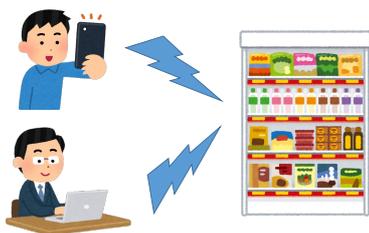
# 次世代物流用センサ付きRFIDタグの実現を目指して

研究推進機構 総合研究院 アンビエントデバイス研究部門

## 研究概要

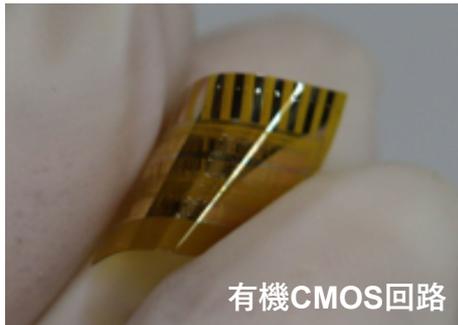
数兆個のセンサ社会  
「トリリオンセンサ構想」

「コンビニ電子タグ1000億枚宣言」  
(経済産業省)



【アンビエントデバイス】

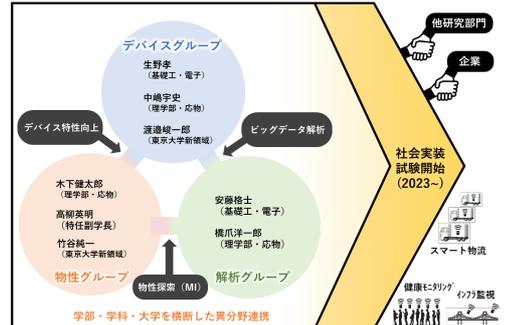
- ・ 貼付型・バラマキ型センサ
- ・ 環境に溶け込み, 低負荷



有機CMOS回路

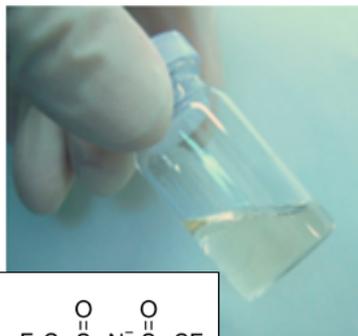
【部門の目的】  
材料物性制御  
デバイス創製  
取得データ解析

社会実装

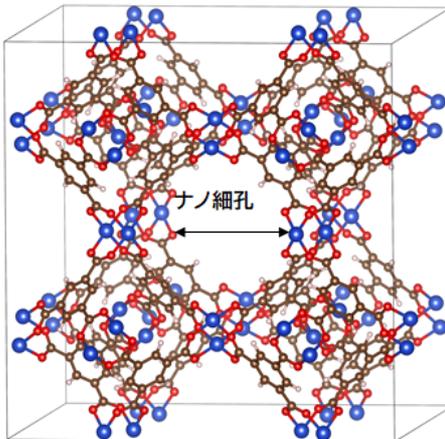


## 研究開発成果 -新技術・新材料の導入により高付加価値を実現-

イオン液体

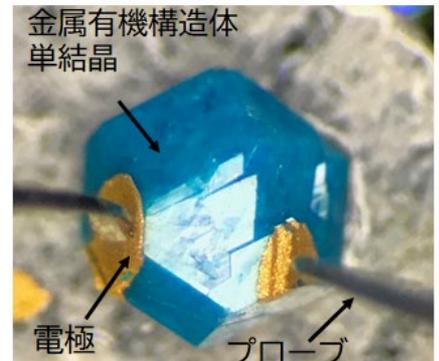


金属有機構造体 (MOF)



ナノ細孔

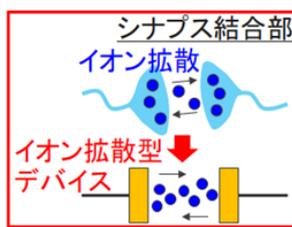
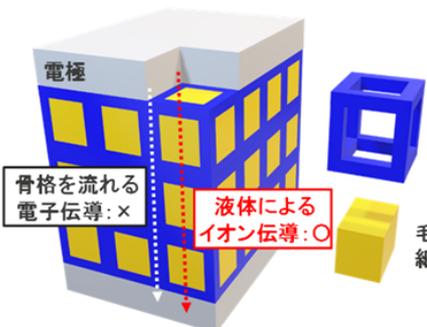
軽量・低消費電力 ⇒ 有機回路混載  
リザーバコンピューティング素子



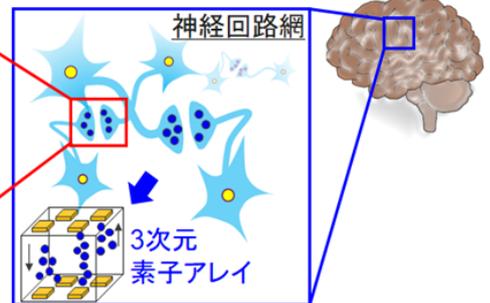
金属有機構造体  
単結晶

電極

プローブ



固体と液体の融合による  
新規高性能デバイスの創生



課題: 細孔形状とイオン種をアレンジできる合成技術 ⇒ 他部門との連携が必要に!

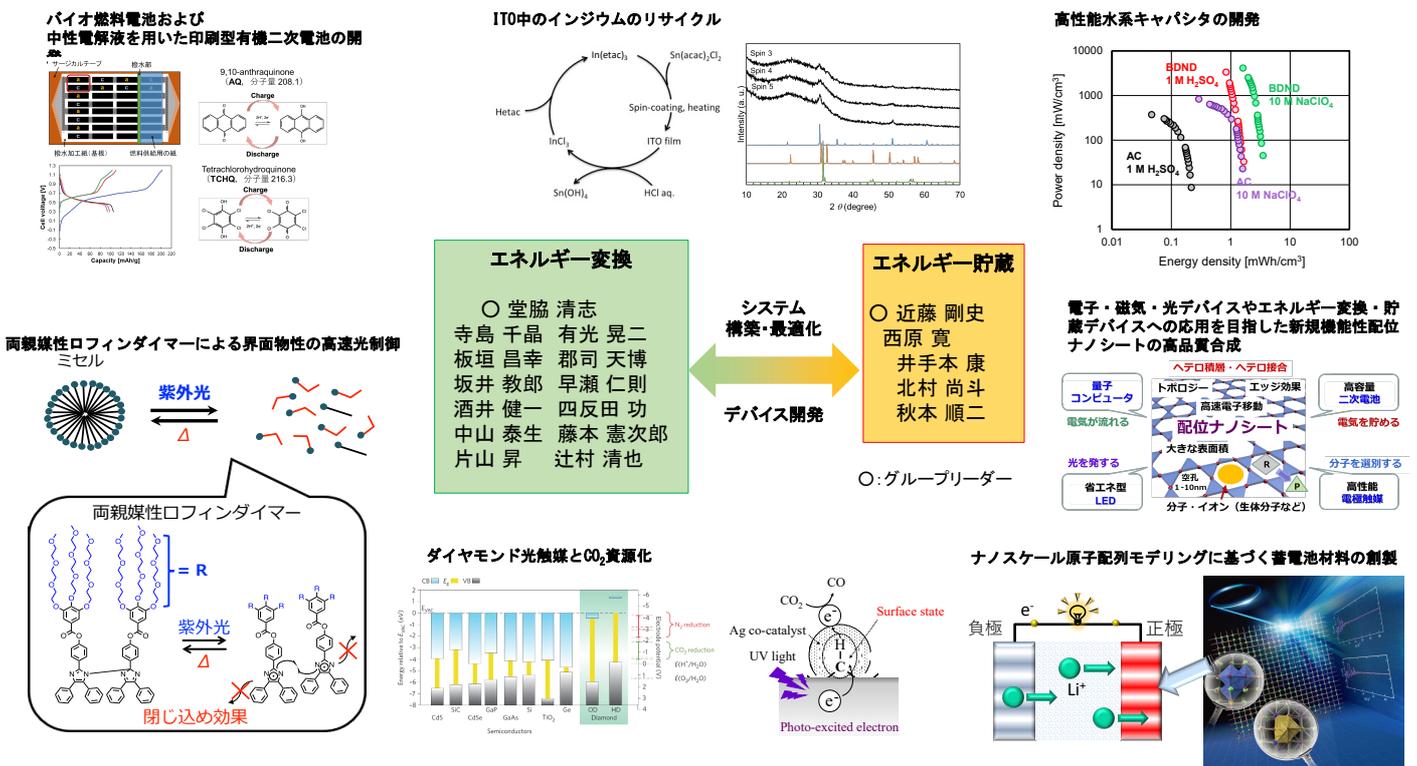
## 今後の展開

- ・ 素子の社会実装を目指し、東京大学 竹谷グループと共同で、さらなるデバイス特性向上に向けた物性制御、デバイス要素技術の構築、収集データの新規解析法の確立を進める。
- ・ 使用済みデバイスを次のデバイスに生まれ変わらせるアップサイクル技術を開発する。  
Ex. プラスチック ⇒ CNTの変換 (生野ら、特許出願準備中)

【連絡先】 部門長 (理学部応用物理学科) 木下健太郎 email: kkinosita@rs.tus.ac.jp

**Only at TUSによるユニークなエネルギー創生・貯蔵・利用システムの開発と利用**
**研究推進機構 総合研究院 先端エネルギー変換研究部門**
**▶ 研究概要**

- 素材からシステムまで一貫した開発体制と相互連携により要素技術を集約
- SDGsに基づいた理科大オリジナルのエネルギーシステムを創製
- ✓ 新しい触媒反応によるカルボニル基の還元反応や酸素以外の元素を含む有機化合物への応用
- ✓ 光と熱に反応する高分子材料の設計
- ✓ コンビナトリアル法による高速合成と高速物性評価
- ✓ LCAを評価したバイオ水素の創生とその利用の提案
- ✓ 小型かつウェアラブルなバイオ燃料電池の開発
- ✓ 導電性ダイヤモンドへ担持した金属錯体原料を電極とする固体高分子形燃料電池の開発
- ✓ 1族以外の金属を使った高容量で高効率な電池の開発
- ✓ 原子からマイクロレベルで構造制御された高容量電極の作製
- ✓ 原子配列モデリングに基づくマテリアルスクリーニングによる材料探索
- ✓ 電池特性の劣化機構の解明と使用目的や作動条件に応じたデバイス設計の提案

**▶ 研究開発成果**

**▶ 今後の展開**

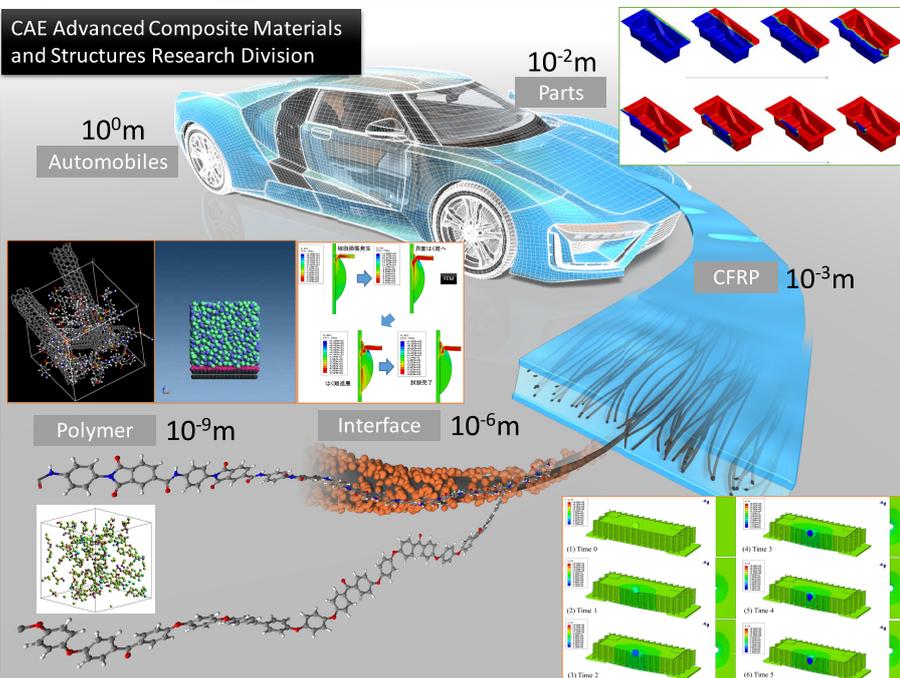
- 新たな二次電池の実用化
- 新しい燃料電池システムの構築
- 効率的な熱電変換システムの構築
- 光を高効率に利用する新材料の開発
- 研究部門内外で共同研究を推進

【連絡先】 部門長 (理工学部先端化学科)  
 郡司 天博  
 gunji@rs.tus.ac.jp

## ～航空宇宙分野の材料であったCFRPを次世代自動車へ適用するために～

研究推進機構 総合研究院 先進複合材料・構造CAE研究部門

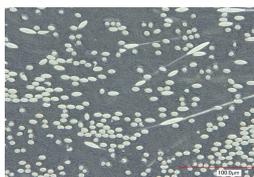
## ▶ 研究概要

 CAE Advanced Composite Materials  
 and Structures Research Division


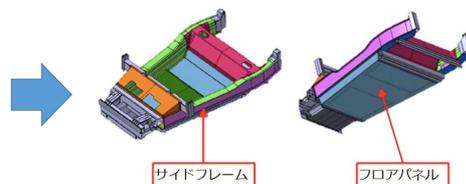
部門のコンセプト：

- ▶ 21世紀の材料と言って過言ではない炭素繊維強化プラスチック（CFRP）を題材とする。
- ▶ 近年主流の一つとなったCAE技術を用いた工学研究を実施する。
- ▶ 共同研究を通して、産業と強い連携を構築する
- ▶ 成型～破壊までに関して、マルチスケール解析を駆使し、分子レベル～構造レベルまでを取り扱う。
- ▶ 数値シミュレーションを活用して、実験コストを大幅カット！
- ▶ 次世代自動車・空飛ぶ自動車へCFRPを適用する！

次世代自動車のパーツの健全性をマイクロスケールから調査



CFRP顕微鏡写真



サイドフレーム

フロアパネル



## ▶ 研究開発成果

- 戦略的イノベーション創造プログラムSIPに参画
- 重工メーカー、自動車メーカー、CFRPメーカー、建設会社、シミュレーションソフトメーカー、部品メーカー等多数の民間企業との共同研究
- 自動車への熱可塑CFRP適用を目的としたCFRPの評価を実施
- ボルトレス接合を目指した熱可塑CFRPの超音波溶着に関する数値解析を実施
- CFRP製の高強度ロープの力学特性に関する研究を実施

## ▶ 今後の展開

- 上記の中規模な共同研究を継続しながら、一つの大きな研究に着手。内容は熱可塑CFRPの成形に関する研究。大型設備を野田に導入、産業との連携を図りながらCAE技術を駆使して高効率なCFRP成形手法を確立する。
- 研究グループ全体での年間獲得予算6000万円を目指し（現在約4000万）、到達した段階で研究センターの立ち上げを図る。

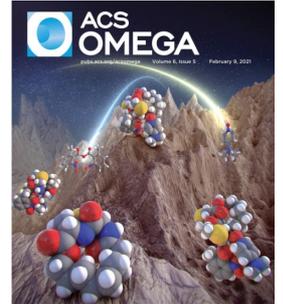
 連絡先：部門長 小柳潤 教授 先進工学部マテリアル創成工学科 [koyanagi@rs.tus.ac.jp](mailto:koyanagi@rs.tus.ac.jp) (03-5876-1411)

## 抗腫瘍性天然物FE399の創薬研究

### 実践的有機合成を基盤としたケミカルバイオロジー研究部門

#### ▶ 研究概要

- ▶ 抗腫瘍性天然物FE399の三次元構造(相対立体配置)を明らかにし、その人工的な供給法を確立した。
- ▶ FE399類縁体の合成を実施し、構造活性相関研究へ進展させた。
- ▶ 脱水縮合剤として、MNBAとDMAPOの組み合わせがマクロラクタム化において極めて効果的に作用することを見出した。
- ▶ アメリカ化学会学術誌『ACS OMEGA』の **Cover Featured Article** に選定された。  
(ACS OMEGA 2021, 6, 3571-3577)



#### ▶ 研究開発成果

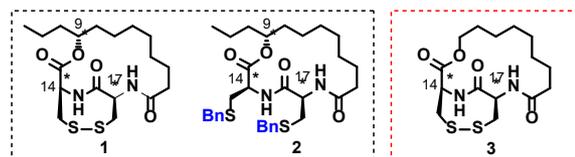
##### FE399



- ▶ マメ科植物の内生菌から単離・(平面)構造決定された天然物(二環性デプシペプチド)であるが、これまで三次元構造がわかっていなかった。
- ▶ p53遺伝子変異型ヒト大腸ガン細胞に対する選択的なアポトーシス誘導活性を有する。

Y. Obayashi, T. Yoshimura, Y. Ikenoue, R. Fudo, M. Murata, T. Ando,  
PCT Int. Appl. WO 9700827 A1 19971127, 1997.

#### 1. 合成されたFE399および類縁体の構造式



(9R,14R,17R)-FE399 (1) and its congener (2)

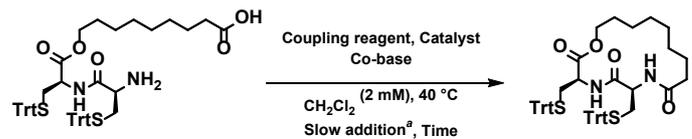
Analog of FE399 (3)

#### 2. 合成品の *in vitro* 抗腫瘍活性

cell line	GI <sub>50</sub> (μM)	
	1 (isomeric mixture)	2
SKOV-3 (卵巣がん細胞株) <sup>a</sup>	3.0	>100
DU-145 (前立腺がん細胞株) <sup>b</sup>	3.0	>100
Hs578t (乳がん細胞株) <sup>c</sup>	2.5	>100

<sup>a</sup>Human ovarian cancer cell line. <sup>b</sup>Human prostate cancer cell line.  
<sup>c</sup>Human breast cancer cell line.

#### 3. MNBAマクロラクタム化の検討



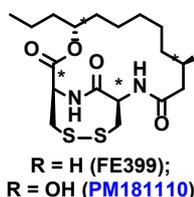
Entry	Coupling reagent, Catalyst (equiv.)	Co-base (equiv.)	Time (h)	Yield <sup>b</sup> (%)
1	MNBA (1.3), DMAP (2.6)	-	12	62
2	MNBA (1.3), DMAP (2.6)	-	1	69
3	MNBA (1.3), DMAP (2.6)	-	0.5	58
4	MNBA (1.3), DMAP (2.6)	-	5 min	51
5	MNBA (1.3), DMAP (0.2)	Et <sub>3</sub> N (2.6)	12	49
6	MNBA (1.3), DMAPO (2.6)	-	12	45
7	<b>MNBA (1.3), DMAPO (0.2)</b>	Et <sub>3</sub> N (2.6)	12	<b>71</b>
8	MNBA (1.3), DMAPO (0.2)	Et <sub>3</sub> N (2.6)	1	45
9	HATU (1.3)	<sup>i</sup> Pr <sub>2</sub> NEt (2.6)	12	50
10	PyBOP (1.3)	<sup>i</sup> Pr <sub>2</sub> NEt (2.6)	12	36

<sup>a</sup>A syringe pump was employed during the reaction. <sup>b</sup>Yield of isolated product.

- ▶ MNBAマクロラクタム化において、MNBA/DMAPO系が既存のウロニウム系縮合剤(HATU)あるいはホスホニウム系縮合剤(PyBOP)を凌駕する高い活性を示すことを明らかにした。
- ▶ FE399の構造に含まれるジスルフィド結合は抗腫瘍活性の発現に必須と考えられる。

#### ▶ 今後の展開

##### 新規抗腫瘍薬開発への創薬展開



- ▶ MNBAマクロラクタム化を基軸とする抗腫瘍活性物質 **PM181110**の全合成研究
- ▶ MNBAマクロラクタム化を基軸とする **FE399**類縁体の合成ならびに構造活性相関研究

##### [連絡先]

東京理科大学理学部応用化学科 教授  
ケミカルバイオロジー研究部門 部門長  
椎名 勇

〒162-8601 東京都新宿区神楽坂1の3  
Tel: 03-5228-8263(直通)  
Fax: 03-3260-5609(直通)  
E-mail: shiina@rs.kagu.tus.ac.jp

# 日本の薬物治療を変えるアカデミック・ディテリング ～基礎薬学を臨床につなぎ最適処方提案～

研究推進機構 総合研究院 アカデミック・ディテリング・データベース部門

## ▶ 研究概要

### 1. アカデミック・ディテリングとは

◆コマーシャルベースではない公正中立な根拠に基づく医薬品の情報提供を医師に対して行うことであり、海外ではアカデミック・ディテラーとして薬剤師が活躍しています。



Web site of ACADMIC DETAILING at Aloose Health

### 2. 医薬品比較システムの開発

◆米国では医薬品情報を活用しやすく加工した配信システムが整備され、薬剤師はベッドサイドでシステム活用により、医薬品を比較し処方提案しています。日本でもアカデミック・ディテラーが活用できるわかりやすいシステムを開発しています。



図1. 医薬品検索画面

### 3. アカデミック・ディテラー養成プログラムの開発

◆日本版アカデミック・ディテリングは、**基礎を臨床につなぐ科学的視点を強化**することを特徴(図3)とし、さらにエビデンスを活用した公正中立な医薬品比較情報を、**能動的に発信**する**新たな医薬品情報提供アプローチ**(図4)として、今年度は高血圧のWeb研修プログラムを開発しました。

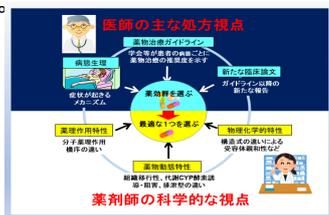


図3. 医師と薬剤師の処方視点

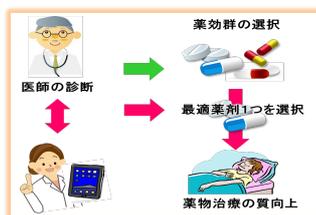


図4. 日本のアカデミック・ディテリング・イメージ

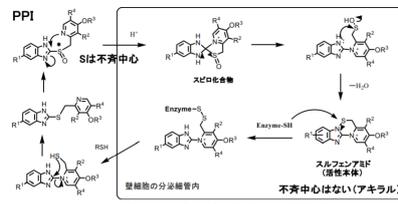


図2. 医薬品の比較情報を一覧表示

項目	フェマール錠2.5 mg	アリミテック錠1 mg	アロマシ錠2.5 mg
構造式			
半減期 (h)	68.6(2.5mg)	52.5(0.5mg), 56.3(1mg)	22.5(25mg)

図2. 医薬品の比較情報を一覧表示

### 4. プロトンポンプ阻害薬のアカデミックディテリングに関する研究

◆医薬品情報におけるプロトンポンプ阻害薬の阻害様式(図5)はいずれも**非可逆的**であるが、現場の薬剤師はラベプラゾールのみ**可逆的**であるという**認識**がされているため、その情報源を調査しています。

## ▶ 研究開発成果

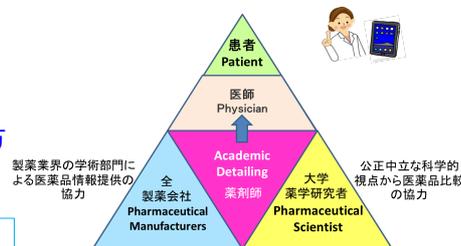
### 本邦初のアカデミックディテラー39名誕生

#### アカデミック・ディテリング効果に関する研究

◆医師にアカデミック・ディテリングを行うことにより、**医師の処方行動**にどのような影響を与えるか研究を行っています。

#### ★研究のゴール

アカデミック・ディテリングの普及により、**最適な処方**につなげ、日本の薬物治療の質の向上に貢献する。



U.S. Department of Veterans Affairs 2019: Academic Detailing Educational Catalogより引用改変

図6. オール薬剤師で取り組むディテリング資料開発

## ▶ 今後の展開

創薬データベースを医薬品につなぎ、アカデミック・ディテリング支援システムの充実と共に、アカデミックディテラー養成プログラムの疾患領域拡大を図る。

【連絡先】 部門長(薬学部薬学科) 青山隆夫  
t-aoyama@rs.tus.ac.jp



～新しい細胞を作り、医療に応用する～

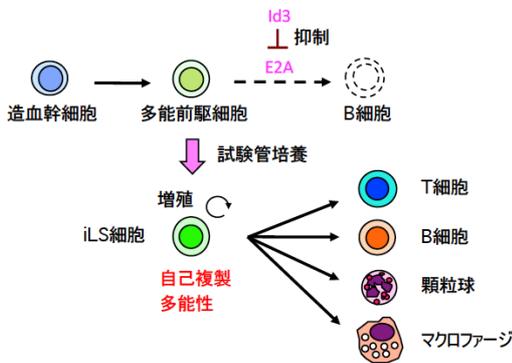
研究推進機構 総合研究院 合成生物学研究部門

▶ 研究概要

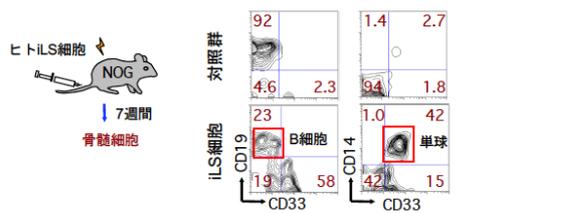
- ・植物ゲノムモジュールを動物ゲノムに移植することで、動物細胞に新機能を付与する。
- ・ゲノム工学や細胞融合により、有用物質生産を可能にするゲノムハイブリッド細胞を創成する。
- ・ヒト人工白血球幹(iLS)細胞を用いて創薬・再生医療に貢献する。

▶ 研究開発成果

人工白血球幹(iLS)細胞を用いて機能的な免疫細胞を作製する



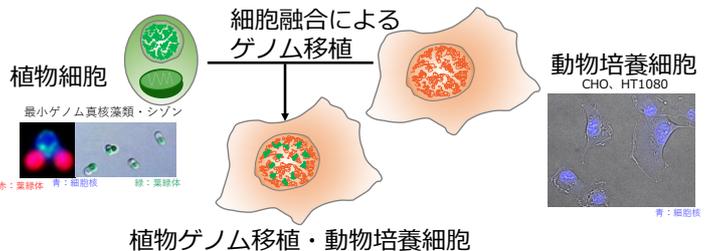
自己複製能と多能性を兼ね備えたiLS細胞



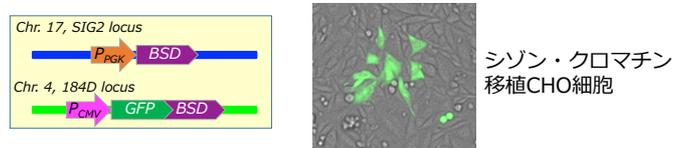
iLS細胞から作られた免疫細胞

伊川友活教授 研究成果

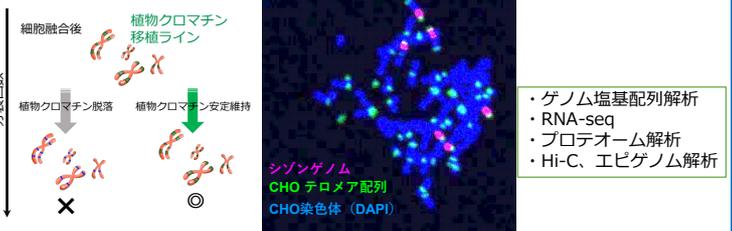
16億年前に分かれたゲノムを植物界から動物界に移植する



植物ゲノム移植・動物培養細胞



25回分裂後のシゾン・クロマチン移植CHO細胞



松永幸大教授 (東京大)・坂本卓也講師 研究成果

▶ 今後の展開

- ・動物細胞内で光合成を作動させて、従属栄養生物を独立栄養生物に変換する技術を開発する。
- ・ゲノムハイブリッド法により有用物質を生産する新しい微生物を創り出す。
- ・iLS細胞を用いてがん・感染症治療薬や細胞製剤を開発する。

【連絡先】 部門長 (生命医科学研究所) 伊川 友活  
ikawa@rs.tus.ac.jp

# 生命の適応、多様化、分子進化の作用機序を紐解く

## 研究推進機構 総合研究院 生物環境イノベーション研究部門

### ▶ 研究概要

「環境適応分野」「分子進化的分野」「自然共生分野」の研究分野が、従来の環境生物学、進化学、生態学の概念や垣根を壊した学術研究分野の創出と、待った無しの地球規模での環境変化の中で人類の存続に資する新しい技術シーズを構築することを目指す。

#### 環境適応分野

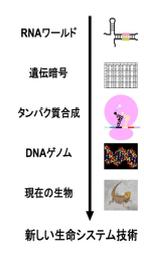
生命の環境応答センシングのための作用機序を紐解く

#### 分子進化的分野

ゲノム進化やセントラルドグマの作用機序を紐解く

#### 自然共生分野

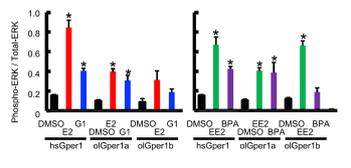
化学物質等の生物へのリスク評価や環境管理・改善のための技術を開発する



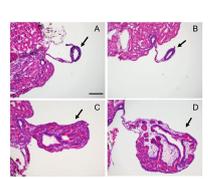
### ▶ 研究開発成果

#### 植物のコミュニケーション分子を利用した食と環境イノベーション

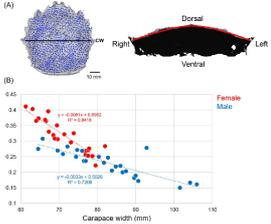
食害を受けた植物は分子シグナルを介して防衛応答を活性化させる  
シロイヌナズナとSpodoptera属のガとの相互作用  
シロイヌナズナは植物の被害を受けた際に、揮発性有機化合物を放出し、周囲の植物にシグナルを送ります。  
シロイヌナズナは、シロイヌナズナが被害を受けた際に、揮発性有機化合物を放出し、周囲の植物にシグナルを送ります。  
シロイヌナズナは、シロイヌナズナが被害を受けた際に、揮発性有機化合物を放出し、周囲の植物にシグナルを送ります。



#### 化学物質の新たな標的としてGPER1を同定



スッポンの性転換はエストロゲン受容体1 (ESR1) を介する



経験的におこなわれてきたカニの見た目で雌雄判別を、幾何学的形態解析によって証明

#### 地球上の生命システムの根幹を成す遺伝暗号の進化の手がかりを発見

JOURNAL OF MOLECULAR EVOLUTION  
Arutaki et al., Journal of Molecular Evolution 88, 501–509 (2020)

メントール誘導体の開発  
ハスメントール抽出の割合 (g/g)  
Cont: コントロール溶液  
ment: メントール溶液  
ment-Val: ment-Val溶液

Arimura (2021) Trends Plant Sci.; Yamasaki et al. (2021) New Phytol.; Tsuzuki et al. (2021) Plant Mol. Biol.

Miyacku et al. (2020) J Appl Toxicol.; Toyota et al. (2020) Zool Stud.; Toyota et al. (2021) Aquat Anim.

### ▶ 今後の展開

#### 環境適応分野

- 生命の共進化と多様性を育む作用機序の解明
  - 環境ストレス耐性、生物間相互作用に優れた有用植物品種・微生物の開発
  - 減農薬にや環境問題解決に資する有機栽培技術の開発
- メンバー：有村源一郎、朽津和幸、西浜竜一、太田尚孝、高橋史恵、出崎能文、橋本研志、坂本卓也、松永幸大（東京大）

#### 分子進化的分野

- 地球生命のタンパク質合成システムの最小構成要素と作用機序の解明とその利用
  - RNAテクノロジーを基盤とした新しい生命システム技術の開発
- メンバー：田村浩二、古屋俊樹、白石充典、櫻井雅之、岡田憲典（東京大）、相馬亜希子（千葉大）

#### 自然共生分野

- 生物の次世代生産に影響する環境要因と作用機序の解明
  - 大気中分子や環境化学物質の分析手法と生物への影響評価手法の開発
- メンバー：宮川信一、佐竹信一、秋山好嗣、齋藤拓也（国立環境研）

#### 主な活動

部門セミナー 7月6日（岩手生物工学研究センター・根本博士、13日（愛媛大・澤先教授）、10月予定（東北大・高橋准教授、山口大・松井教授）  
部門ワークショップ 7月20日、部門シンポジウム 11月予定

【連絡先】部門長（先進工学部生命システム工学科）  
有村源一郎 garimura@rs.tus.ac.jp

RIST TUS  
わたしたちの生活と生物環境を考える  
東京理科大学 研究推進機構 総合研究院  
生物環境イノベーション研究部門  
独立行政法人環境再生保全機構 環境研究総合推進費  
「環境医薬品の魚類次世代生産への影響解析」5-1952  
公開シンポジウム  
今年度の生物環境イノベーション研究部門・公開シンポジウムは環境研究総合推進費「環境医薬品の魚類次世代生産への影響解析プロジェクト」共同で行います。わたしたちが生活のなかで使った医薬品は環境中、特に水域に放出されます。これを環境医薬品と呼びますが、水生動物にどのような影響を与えるのでしょうか。新たな環境問題「環境医薬品」のほか、さまざまな環境要因が動物に与える影響に焦点を当てた研究を紹介いたします。  
【プログラム】  
演者（予定）  
征矢野清（長崎大学）  
井原真（京都大学）  
西川信（東京理科大学）  
ほか来賓  
部門員および学生によるプレゼンテーション  
2021年11月  
東京理科大学  
筋節キャンパス図書館ホール  
一般公開オンライン開催とさせていただきます。  
参加申し込みは本部門からお願いします。  
お問い合わせ先  
東京理科大学 先進工学部生命システム工学科環境生命研究室  
〒158-8585 東京都目黒区三軒がわ3-1  
TEL: 03-5876-1441  
FAX: 03-5876-1442  
Eメール: 環境生命システム工学科 金町駅  
〒158-8585 東京都目黒区三軒がわ3-1  
本部門HP: https://site.rist.tus.ac.jp/view/bioinnovation

# 再生医療を加速する超細胞・DDS開発研究の現状

## 研究推進機構 総合研究院 再生医療を加速する超細胞・DDS開発研究部門

### ▶ 研究概要

研究目的：超細胞およびDDSを用いて再生医療を加速する。

開発目標：疾患治療に利用可能な超細胞（高機能化細胞）および細胞・機能性分子の動態制御型DDSを開発する。

対象とする疾患領域：呼吸器疾患、脳疾患、がん、骨疾患、自己免疫疾患など。

部門構成グループ：(1) 超細胞・DDS開発グループ；(2) 細胞機能制御システム開発グループ；(3) 物性制御・評価グループ；

(4) 細胞・臓器再生グループ

研究の進め方：部門内での共同研究を含め、グループが相互に連携し研究を進める。

### ▶ 研究開発成果

#### 細胞表面の化学修飾による細胞への機能性付与

【研究目的】間葉系幹細胞を抗がん剤で修飾することによりがん抑制機能を付与し、細胞を利用したがん標的治療法を開発する。

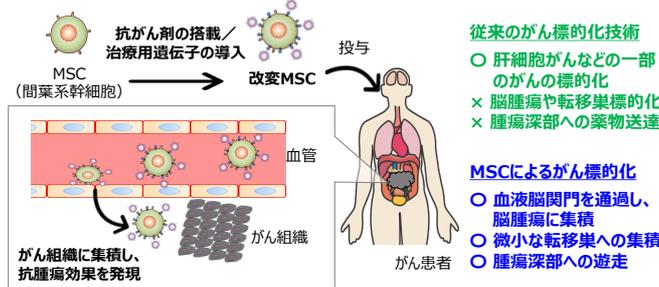


Fig. 1. ABC法によるMSC表面への化合物修飾

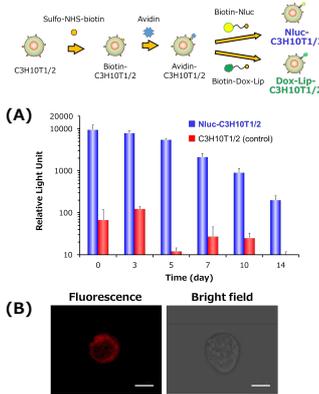


Fig. 1. アビシン-ビオチン複合体 (ABC) 法を利用したマウス間葉系幹細胞株C3H10T1/2細胞への化合物修飾。(A) ビオチン化NanoLuc ルシファゼ (Nuc) を利用し、14日間の持続的NanoLuc発現に成功した。(B) ビオチン化ドキルピシリンリポソーム (Dox-Lip) 修飾の共焦点画像。Doxが赤色で細胞表面で観察された。

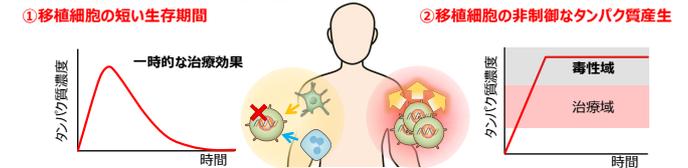
ABC法を利用して抗がん剤封入リポソームを修飾した間葉系幹細胞はがん治療に有用であることが示された。

References: Takayama et al. J Control Release 329: 1090-101 (2021); Kusamori et al. Curr Protoc Stem Cell Biol 47: e66 (2018); Takayama et al. Sci Rep 7: 16953 (2017).

#### 自殺遺伝子とカプセル化による移植細胞の機能制御

【研究目的】間葉系幹細胞のカプセル化による移植細胞の生存長期化と、自殺遺伝子の利用による細胞が産生するタンパク質の制御を試みた。

【細胞介在型遺伝子治療における問題点】



細胞のカプセル化は細胞の生存を長期化する。

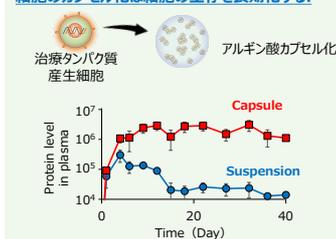
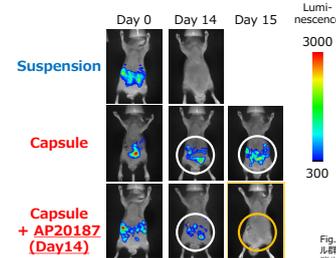


Fig. 1. カプセル化したiC9発現ヒト間葉系幹細胞の生存期間とAP20187投与による増殖制御



iC9遺伝子発現細胞の増殖はAP20187投与で制御できる。

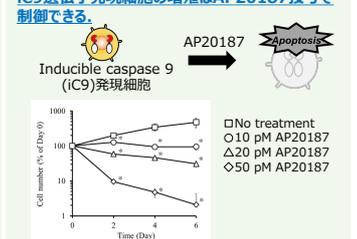


Fig. 2. エリスロポエチン発現ヒト間葉系幹細胞封入カプセル移植後の赤血球数の変化

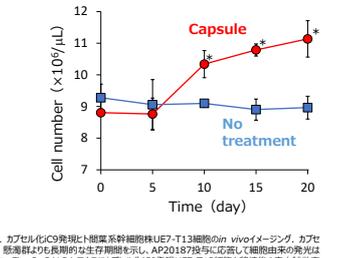


Fig. 1. カプセル化したiC9発現ヒト間葉系幹細胞株UE7-T13細胞のin vivo移植。カプセルは、移植後の長期生存を可能にした。AP20187投与に反応して細胞増殖は消失した。Fig. 2. BALB/cマウスにカプセル化したiC9発現UE7-T13細胞を移植後の赤血球数変化。単回移植で高い赤血球数の増大を示した。

細胞カプセル化は移植細胞の生存期間を長期化し、自殺遺伝子とアポトーシス誘導剤を用いることで細胞機能を制御可能であった。

References: Tsujimura et al. J Control Release 275: 78-84 (2018); Tsujimura et al. Int J Mol Sci 20: 5759 (2019); Tsujimura et al. Sci Rep 9: 18869 (2019).

### ▶ 今後の展開

- ▶ 専門性の異なる研究者間での共同研究の推進による「超細胞」の開発および新規疾患治療法の開発。
- ▶ 「超細胞」、「再生医療」、「DDS」をキーワードとする他に類を見ない新たな研究領域の創出。
- ▶ 部門外研究機関との共同研究、病院との提携による治験、特許取得に向けた研究活動の推進。

【連絡先】部門長（薬学部薬学科）西川元也  
makiya@rs.tus.ac.jp



## 宇宙へのアクセス、居住技術の高度化と社会実装（2021年4月設立）

研究推進機構 総合研究院 スペースシステム創造研究センター

### ▶ 研究概要

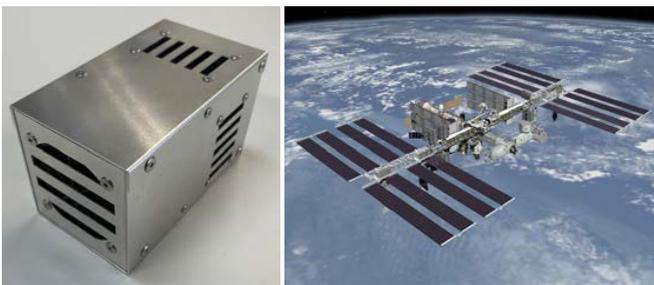
東京理科大学の得意とする広範な技術を「宇宙」に結集し、宇宙へのアクセス、居住技術の高度化を図るとともに、地上の持続可能な発展に寄与する。

- 「宇宙-地上Dual開発によって人類の宇宙進出を加速する」というコンセプトのもと、地上技術と宇宙開発との積極的な融合を図り、人類の宇宙進出の促進、及び、SDGsに代表される地上の諸問題の解決に寄与
- 基礎研究から宇宙へのアクセスまで広範な分野の融合を実現することで、イノベーションを目指す。
- 開発中のサブオービタルスペースプレーンや国際宇宙ステーションを用いた宇宙での技術実証に取り組み、産業界との協力により新たな「宇宙」マーケットを開拓
- 宇宙プロジェクトやミッションと教育を連携し、「本物」に基づく教育の場を形成、宇宙を中心とした広範な分野の博士や若手研究者の人材を育成



### ▶ 研究開発成果

光触媒技術を活用した閉鎖環境浄化技術や、遠隔による健康・運動管理技術などについて、先行的に融合研究を推進。環境浄化技術については、有人宇宙システム株式会社と連携して、国際宇宙ステーションでの技術実証を計画



光触媒技術を活用した閉鎖環境浄化技術軌道上実証装置



遠隔による健康・運動管理技術に関する融合研究

### ▶ 今後の展開

- 宇宙開発期間や大学・企業との連携を図り、共創の場の形成
- ユニット内及び、ユニット間の連携により、融合研究の推進、理科大宇宙ブランドの確立
  - ・宇宙環境での健康維持、月面での電力インフラの構築など、融合研究テーマを設定、融合研究の推進
  - ・軌道上実証実験機会の獲得など、実証実用に向けた取り組みを推進
  - ・宇宙教育プログラムの資産を活用して、宇宙教育のカリキュラム化を実現
  - ・理科大の強みである光触媒技術の宇宙と地上への展開
  - ・光触媒センターの研究拠点としての展開・発展、など

【連絡先】センター長（理工学部電気電子情報工学科）  
 木村真一 skimura@rs.tus.ac.jp

～江戸東京の旧周縁・水辺地域における都市及び建築の維持に関する総合研究～

研究推進機構 総合研究院 先端都市建築研究部門

▶ 研究概要

- 江戸東京（外濠・神楽坂）の「持続可能な都市東京」への再生
- 江戸東京（外濠・神楽坂）を生きた題材とした「伝統と革新に軸足を置いた建築防災」の展開

▶ 研究成果 —大学・研究機関・市民(団体)から社会へ—

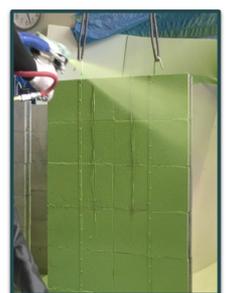
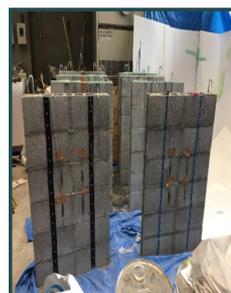
- 「東京理科大学発防災都市提案」を目標として、変化中
- 理科大らしさを展開するための（神楽坂～葛飾～野田）連携を研究の芯とする

【リーガル面】		【クリエイティブ面】
行政と協働	被災対策コンテナの提案	特化センサーの開発
新素材の採用提案	東京理科大学発防災都市提案	事前応急危険度判定アプリ開発
耐震・免震・制振化	市民の避難場所としての理科大施設	神楽坂・葛飾・野田連携
【テクニカル面】		【ソーシャル面】

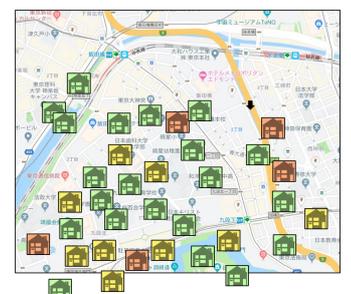
2. 新素材・新構造システムを用いた防災技術

① 高強度アラミドロープは、耐熱性、耐薬品性にも優れたアラミド繊維を用いたロープ。ワイヤーロープと同じ太さで同等の引張強度を持つも重さは1/6程度と軽い。施工性や運搬性が良好で、工場屋根面や木造建築物の耐震補強に使用できる。

② ポリウレア樹脂は、吹き付けると即効で硬化し、材料の靱性を発揮できる効果を持つ。生卵に吹き付ければ割れなくなる。コンクリートブロック塀や煉瓦造の耐震補強に使用している。



③ 緊急被災度判定加速度計を使って常時微動計測を行い、建物の耐震性から地震後の被災状況の予測、被災度速報を算出。応急危険度判定予測に活用することができる。



▶ 今後の計画と要望

建築の様々な分野のスペシャリストが連携し、そのシナジー効果を理科大基幹の外濠・神楽坂で展開実施していく。

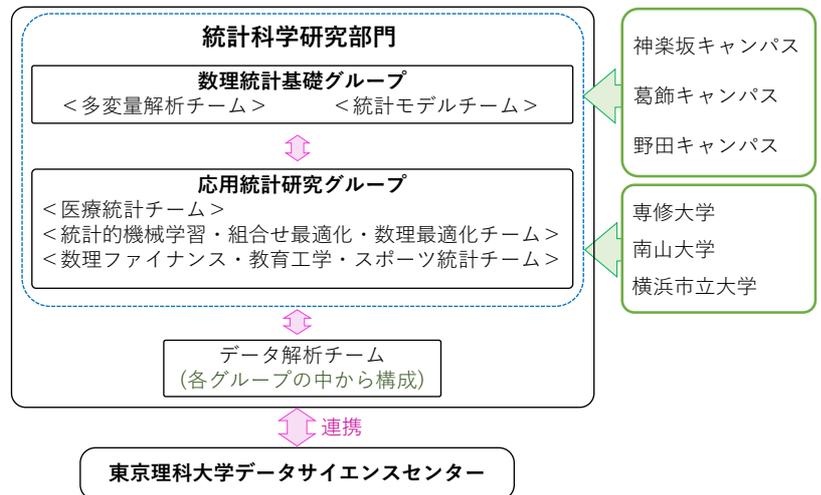
【連絡先】 研究部門長（工学部建築学科）高橋 治 o.taka@rs.tus.ac.jp

## 数理統計基礎研究と応用統計研究の発展及びその融合

研究推進機構 総合研究院 統計科学研究部門

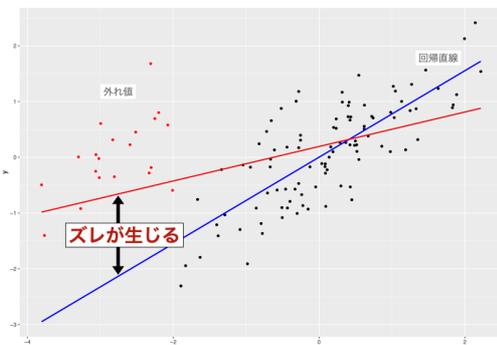
### ▶ 研究概要

- AI 及びデータサイエンスの研究基盤である統計科学研究において、国内ばかりでなく世界をリードする研究体制を構築し研究拠点を形成する。
- 統計科学に関する分野において、研究テーマは異なるが、その背後にある共通理論に関心を持つ本学の教員が集結し、本質的な理論や新たな統計的手法を開拓する。



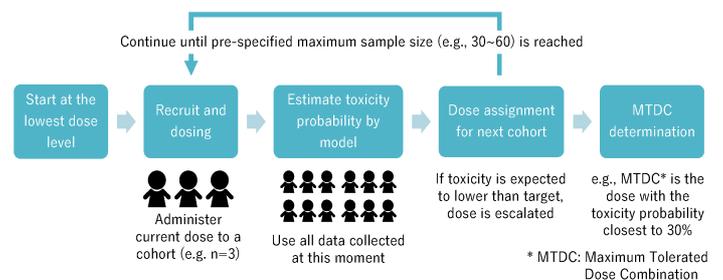
### ▶ 研究開発成果

#### ▶ 数理統計基礎グループ 多変量解析チーム



外れ値のような異質なデータの混入がある場合の統計的モデリングや統計手法の開発とそれらの数理的な性質に関する研究

#### ▶ 応用統計研究グループ 医療統計チーム



2剤併用がん第1相試験における用量探索法の構築: コピュラ型モデルのもとで交互作用の表現の制約を緩めてより柔軟に発現確率を推定できる方法を提案

### ▶ 今後の展開

- キャンパス間や学部学科間を超えた統計学に携わる教員・学生による共同研究及び研究集会（統計科学セミナー等）の実施
- 「がんゲノミクスデータサイエンス医療の社会実装に向けた基盤形成」（学長特別研究推進費）研究グループとの連携
- 東京理科大学データサイエンスセンターと連携し、企業など外部機関との共同研究

【連絡先】 部門長（理学部第一部応用数学科） 瀬尾 隆  
seo@rs.tus.ac.jp



## デジタルトランスフォーメーション研究部門における基礎研究

研究推進機構 総合研究院 デジタルトランスフォーメーション研究部門

### ▶ 研究概要

#### ■ デジタルトランスフォーメーションが目指すもの

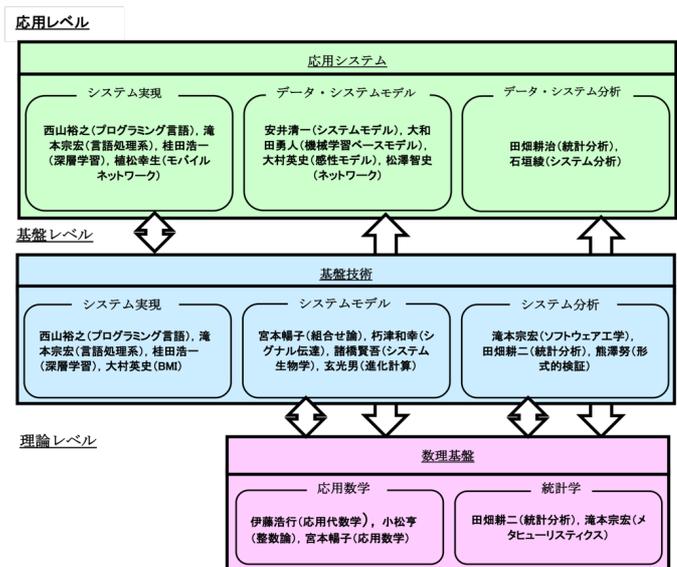
デジタルトランスフォーメーション研究部門では、さらに複雑な多くのデータを効率的に処理し、精度の高い結果を得るために、各レベルおよび側面の専門家が、数理的な基盤の上に連携し、融合した一体型の分析システムを実現することによって、データマイニング手法に変革をもたらすことを目指しています。

主に次の点を一体になって進めます。

1. 新しい理論に基づく人工知能を含むシステムの拡張
2. 入力データおよびシステムが加工したデータに対する有効な数理的分析手法の確立
3. 分析から得られた結果をシステムへフィードバックする循環データマイニングモデルの確立

#### ■ 研究体制

理論レベル、基盤レベル、応用レベルの各レベルにおける研究者が一体となって進めます。



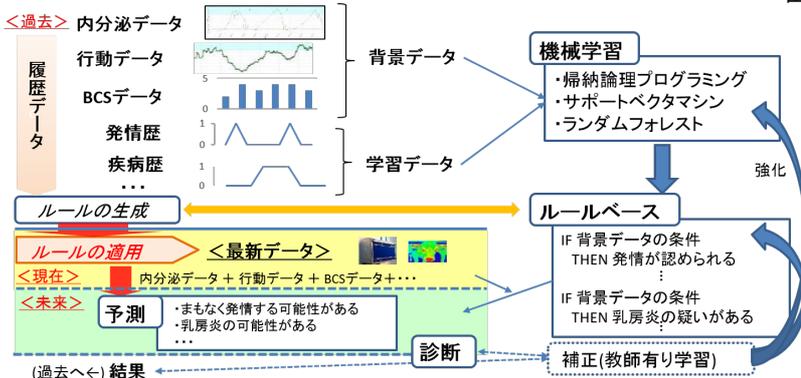
### ▶ 研究開発成果

#### ■ 前研究部門「超分散知能システム研究部門」の成果

デジタルトランスフォーメーション研究部門は、前研究部門の数々の成果を引き継いでいます。

うち先導プロジェクト：搾乳ロボットを用いた飼養高度化

畜産振興事業：哺乳子牛と搾乳牛のトレーサビリティの高度化



### ▶ 今後の展開

- 学長特別推進費に基づく国立がんセンターとの共同研究
- GPUデータセンターを用いた共同研究
- GIGAスクール時代のプログラミング教育についての共同研究

【連絡先】 研究部門長 (理工学部情報科学科)  
滝本 宗宏  
mune@rs.tus.ac.jp

## ～ 数学解析の他分野への応用の試み～

研究推進機構 総合研究院 数理解析連携研究部門

## ▶ 研究概要

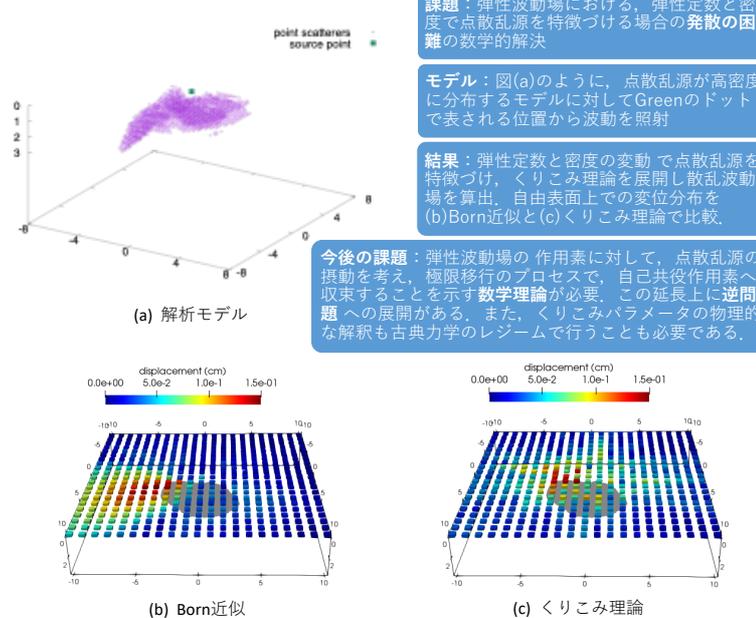
数学の1分野である解析学を他分野へ応用することが目的である。

解析学の中心課題である微分方程式の研究と他分野との連携を図ることが研究の中心で、以下のテーマで研究している。

- ・感染症の数理モデルによる、感染症流行動態の解明
- ・シュレーディンガー方程式の解の新しい計算法
- ・数学的逆問題の他分野への応用

## ▶ 研究開発成果

## ・弾性波散乱解析 (理工・土木: 東平光生)



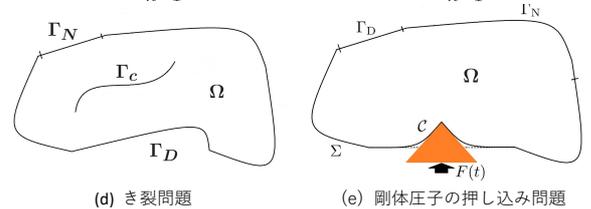
## ・き裂問題・接触問題の数学解析 (理2・数学: 伊藤弘道)

## 粘弾性体モデル (Kelvin-Voigtモデルの一般化)

$$\varepsilon(t) = J(0)\mathcal{F}(\sigma(t)) + \int_0^t J'(t-s)\mathcal{F}(\sigma(s)) ds.$$

Creep ft.:  $J(t)$  with  $J(0), J_1, \dots, J_N, \tau_1, \dots, \tau_N \geq 0$ ,

$$J(t) = J(0) + \sum_{n=1}^N J_n(1 - e^{-t/\tau_n}), \quad J'(t) = \sum_{n=1}^N \frac{J_n}{\tau_n} e^{-t/\tau_n}.$$



**結果:** 境界値問題の解の存在性などの定性的理論を確立した。

ただし、(e)は剛体との接触部分が単調に減少する場合

**活動 (分野間交流):** ・JSPS二国間交流事業 (ロシアとの共同研究)

・研究集会「Elastic and dissipative motions of curves and interfaces in continuum media」の開催

・若手研究集会「波動・振流れの制御と逆問題

- 理論と数値計算 理論と数値計算 -」の開催

## ▶ 今後の展開

- ・感染症の数理モデル  
移流を考慮した方程式の解析や spreading speed の評価などの精密な解析を行うこと。  
感染症の再感染を考慮した SIS, SIRS などの方程式系へ応用すること。  
中長期の流行を見るために、個体の出生と死亡を考慮した場合の解析を行うこと。  
感染個体に加えて、感受性個体の拡散も考慮して、進行波の存在と非存在の解析を行うこと。
- ・本研究部門で開発したシュレーディンガー方程式の解の表現を用いて、長時間安定な数値計算スキームを開発し、具体的な計算を行うこと。
- ・弾性体に関する問題の数学解析  
地震時の断層破壊の理論的考察を行うこと。  
非破壊検査に由来する逆問題の解析を行うこと。

**【連絡先】** 数理解析連携研究部門長  
(理学部第一部数学科)  
加藤 圭一  
kato@rs.tus.ac.jp

## ナノ技術とその量子情報およびエレクトロニクス応用

研究推進機構 総合研究院 ナノ量子情報研究部門

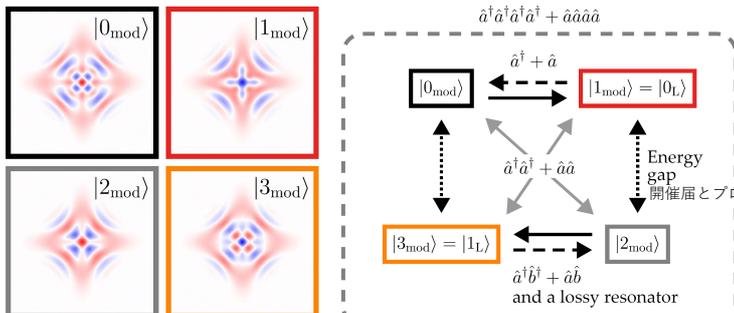
## ▶ 研究概要

理論・実験両面から、超伝導量子ビット、光量子ビット、スピン量子ビットの最適動作(環境)の解明を目的。

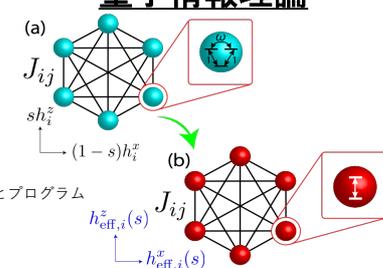
背景 契機:カナダのD-wave systems社の超伝導アニーリングマシン(2011年) 大きな衝撃:汎用タイプであるGoogleがゲートタイプで、量子超越性を達成

→ 誤り訂正機能を有した超伝導量子コンピュータ研究が、ムーンショットプロジェクトの下で開始

## ▶ 研究開発成果

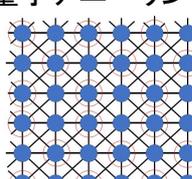


### 量子情報理論



- 縮退二準位系による性能向上の可能性を探索
- 量子アニーリングの効率化

- 量子情報は、調和振動子の位相空間において、対称パターンとしてコード化される
- これによって、最小の補助量子システムで、量子誤り訂正が可能となる→ハードウェアの効率化
- 調和振動子の代わりに、カー・パラメトリック振動子を使うことによって、ハードウェア資源の更なる効率化が実現する



Proof of universal resource in a graph state with a complete graph of four vertices

We obtain above resource state by using Z-measurement to qubit which circled red. Above resource state is universal resource, therefore this resource state which can transform to it is universal resource also.

- Virtual QBIC国際ワークショップ2020開催 <https://www.rs.noda.tus.ac.jp/qbic/VQBICworkshop2020new.html>
- チャネル符号化の定理の量子系への拡張
- 非可換代数をもとにした暗号理論と実装
- 量子開放系とマスター方程式

## ▶ 今後の展開

 1. **ムーンショット**目標6のプロジェクト名「超伝導量子回路の集積化技術の開発」に参画 (2020年度~2025年度)

 ● **超伝導共振器を用いたボゾニックコードの研究開発**

2. 東大との共同研究

- 単一希土類原子とナノ光ファイバー共振器との結合実験
- カーボンナノチューブとナノファイバー間のカイラルな室温での光学結合

 【連絡先】 部門長 (総合研究院) 高柳 英明  
 h-taka@rs.tus.ac.jp



# 炎症性病態を基盤とした疾患に対する新規治療薬研究の現状

研究推進機構 総合研究院

炎症病態治療研究懇談会

## 研究概要

炎症病態治療研究懇談会では、さまざまな疾患基盤に共通している「炎症」にライトを当て、さまざまな炎症性疾患研究により明らかになった標的分子をもとに新規治療薬候補化合物を探索し、その候補化合物を他の炎症性疾患にも適用することにより、高効率で効果的な炎症性疾患治療研究の連携体制の構築を目指しています。

### 炎症に着目

- 炎症は重要な生体防御反応の一つ
- 多くの疾患の病態形成や悪化に関与
  - がん、神経精神疾患、動脈硬化、自己免疫疾患、代謝性疾患、加齢性疾患など

未だ完全に制御できていない

**炎症反応の制御**  
多くの疾患の治療において重要な課題



炎症性疾患の発症メカニズムを解明  
→新たな治療ターゲットの解明  
→新規化合物合成、薬用成分抽出  
→多様な炎症性疾患研究に応用  
→炎症性疾患に幅広く使える  
**強力な新規治療薬の開発へ**

### 炎症性疾患の病態メカニズム解明と治療標的たんぱく質の探索

- 炎症・免疫難病制御に関する解析 (生命研・松島教授、寺島講師)
- 全身性炎症反応症候群の薬理的解析 (薬・月本教授)
- 呼吸器系炎症の薬理的解析 (薬・磯濱教授)
- 神経精神疾患での薬理的解析 (薬・斎藤教授)
- 制御性T細胞および腸管炎症・皮膚炎症の免疫学的解析 (薬・原田講師、理工・中村准教授)
- がん病態のデータサイエンス・分子細胞生物学的解析 (薬・秋本教授)
- 抗がん剤治療抵抗性メカニズム (先端工・上村講師)
- 加齢性疾患 (動脈硬化・がん間質環境) の病態分子機序解明 (山口東理大・伊豫田准教授)
- 炎症病態の医学的評価および肥満症の病態解明 (薬・樋上教授)

炎症を抑制できる  
標的タンパク質を提案



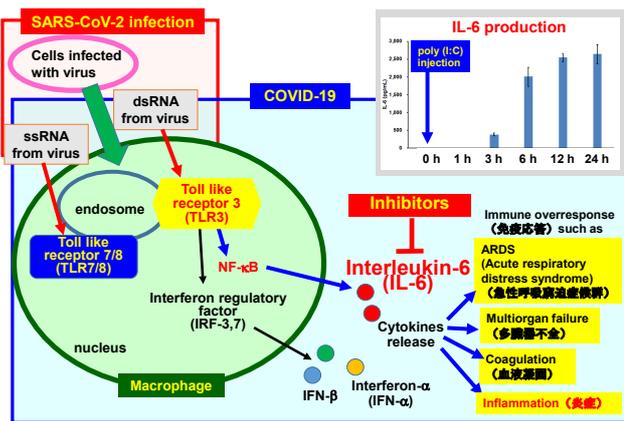
治療候補化合物の提供  
さまざまな疾患モデルで効果を解析

### 治療薬シーズの合成・探索と最適化

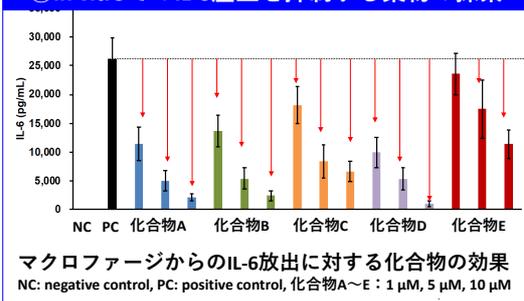
- 治療薬の候補化合物合成 (薬・青木教授)
- 天然物からの薬用成分の抽出 (薬・羽田教授)
- 免疫細胞活性化を抑制する薬物のin vitroスクリーニング (薬・月本教授)
- 薬物送達技術 (DDS) の開発 (薬・西川教授)

## 研究開発成果

研究例：COVID-19などでの急性全身性炎症（敗血症）に関わるIL-6産生を抑制する薬物の探索



### ① in vitroでのIL-6産生を抑制する薬物の探索



- ②マウス（動物実験）での抑制効果の検証中
- ③新たな化合物を合成中
- ④新たな化合物のIL-6産生抑制効果を検討中
- ⑤他の炎症疾患研究に応用

IL-6産生抑制効果による敗血症治療薬の創出  
→さまざまな炎症病態を改善する新規治療薬の創出へ

## 今後の展開

- 共同研究や報告会を行う中で、研究者間のコミュニケーションを活発にし、基盤となる炎症反応についての知識や実験手技等を共有し、本学での炎症病態治療研究を発展させ、新たな連携研究プロジェクト形成と大型研究費の獲得を目指す
- 本研究懇談会のメンバー間のみならず、各メンバーの学外共同研究者と他のメンバーが新たに連携を始める契機も創出し、新たな連携研究が派生していくことも期待

【連絡先】 炎症病態治療研究懇談会 座長  
月本光俊 (薬学部薬学科)  
tsukim@rs.tus.ac.jp

## 事業開催記録

No	事業概要
1	【共催】アカデミック・ディテリング・データベース部門 第4回アカデミック・ディテラー養成プログラムAコース 開催日：2021年4月24日（土） 場 所：オンライン研修
2	【主催】ナノ量子情報研究部門 ナノ量子情報研究部門セミナー 開催日：2021年5月7日（金） 場 所：オンライン開催
3	【共催】ウォーターフロンティア研究センター 化学とマイクロ・ナノシステム学会 開催日：2021年5月17日（月）～18日（火） 場 所：オンライン開催
4	【共催】ナノ量子情報研究部門 ナノ量子情報研究部門研究会 開催日：2021年5月25日（火） 場 所：オンライン開催
5	【主催】ナノ量子情報研究部門 ナノ量子情報研究部門セミナー 開催日：2021年6月11日（金） 場 所：オンライン開催
6	【主催】ウォーターフロンティア研究センター ウォーターフロンティア研究センター (WaTUS) キックオフシンポジウム 開催日：2021年6月12日（土） 場 所：オンライン開催
7	【主催】火災安全科学研究拠点 令和2年度共同利用・共同研究成果発表会 開催日：2021年6月18日（金） 場 所：オンライン開催
8	【主催】生物環境イノベーション研究部門 生物環境イノベーションセミナー 開催日：2021年7月6日（火）、13日（火） 場 所：オンライン開催
9	【共催】炎症病態治療研究懇談会 東京理科大学一国立感染症研究所 感染症勉強会 開催日：2021年7月10日（土） 場 所：オンライン開催
10	【主催】統計科学研究部門 第5回統計科学セミナー 開催日：2021年7月12日（月） 場 所：オンライン開催
11	【主催】生物環境イノベーション研究部門 生物環境イノベーション研究部門ワークショップ 開催日：2021年7月20日（火） 場 所：葛飾キャンパス 管理棟 第2会議室
12	【主催】統計科学研究部門 第6回統計科学セミナー 開催日：2021年7月26日（月） 場 所：オンライン開催

No	事業概要
13	【主催】 ウォーターフロンティア研究センター ウォーターフロンティア研究センター 第1回イブニングセミナー 開催日：2021年7月26日（月） 場 所：オンライン開催
14	【主催】 パラレル脳センシング技術研究部門 第2回パラレル脳センシング技術研究部門 勉強会・セミナー 開催日：2021年8月3日（火） 場 所：オンライン開催
15	【主催】 界面科学研究部門 界面科学研究部門 2021 夏季シンポジウム 開催日：2021年8月4日（水） 場 所：オンライン開催
16	【主催】 先端的代数学融合研究部門 野田代数学幾何学ワークショップ 開催日：2021年8月4日（水）～7日（土） 場 所：野田キャンパス 4号館3階 数学科セミナー室／オンライン
17	【主催】 スペースシステム創造研究センター 第12回スペース・コロニー講演会 開催日：2021年8月6日（金） 場 所：オンライン／野田キャンパス 7号館 7407室
18	【共催】 アカデミック・ディテリング・データベース部門 第4回アカデミック・ディテラー養成プログラムBコース 開催日：2021年8月22日（日） 場 所：オンライン開催
19	【主催】 ナノカーボン研究部門 ナノカーボン研究部門 学生ワークショップ 2021 開催日：2021年8月26日（木） 場 所：オンライン開催
20	【主催】 統計科学研究部門 第7回統計科学セミナー 開催日：2021年8月30日（月） 場 所：オンライン開催
21	【共催】 数理解析連携研究部門 談話会 開催日：2021年9月9日（木） 場 所：オンライン開催
22	【主催】 核酸創薬研究部門 核酸創薬研究部門 第4回シンポジウム 開催日：2021年9月18日（土） 場 所：オンライン開催
23	【主催】 ウォーターフロンティア研究センター ウォーターフロンティア研究センター 第2回イブニングセミナー 開催日：2021年10月1日（金） 場 所：オンライン開催
24	【協賛】 ナノカーボン研究部門 サイエンスフェス 2021in 大分 ～大人も子供も科楽の世界へ～ 開催日：2021年10月1日（金）～10月9日（土）、10月24日（日） 場 所：オンライン開催

No	事業概要
25	【協賛】 界面科学研究部門 コロナ界面科学若手 WEB セミナーシリーズ 2021 (第 1 回) 開催日: 2021 年 10 月 6 日 (水) 場 所: オンライン開催
26	【共催】 数理解析連携研究部門 談話会 開催日: 2021 年 10 月 8 日 (金) 場 所: 野田キャンパス 講義棟 2 階 K203 / オンライン開催
27	【主催】 統計科学研究部門 第 8 回統計科学セミナー 開催日: 2021 年 10 月 15 日 (金) 場 所: オンライン開催
28	【主催】 数理解析連携研究部門 第 175 回神楽坂解析セミナー 開催日: 2021 年 10 月 23 日 (土) 場 所: オンライン開催
29	【協賛】 界面科学研究部門 コロナ界面科学若手 WEB セミナーシリーズ 2021 (第 2 回) 開催日: 2021 年 11 月 2 日 (火) 場 所: オンライン開催
30	【主催】 数理解析連携研究部門 第 11 回神楽坂「感染症にまつわる数理」勉強会 開催日: 2021 年 11 月 5 日 (金) 場 所: オンライン開催
31	【主催】 統計科学研究部門 第 9 回統計科学セミナー 開催日: 2021 年 11 月 8 日 (月) 場 所: オンライン開催
32	【主催】 スペースシステム創造研究センター 第 13 回スペース・コロニー講演会 開催日: 2021 年 11 月 11 日 (木) 場 所: 野田キャンパス 7 号館 7411 / オンライン開催
33	【主催】 ウォーターフロンティア研究センター ウォーターフロンティア研究センター 第 3 回イブニングセミナー 開催日: 2021 年 11 月 16 日 (火) 場 所: オンライン開催
34	【主催】 生物環境イノベーション研究部門 生物環境イノベーション研究部門 公開シンポジウム 開催日: 2021 年 11 月 18 日 (木) 場 所: 葛飾キャンパス図書館ホール / オンライン
35	【主催】 デジタルトランスフォーメーション研究部門 デジタルトランスフォーメーション研究部門キックオフミーティング (1) 開催日: 2021 年 11 月 18 日 (木) 場 所: オンライン開催
36	【主催】 パラレル脳センシング技術研究部門 第 4 回パラレル脳 勉強会・セミナー 開催日: 2021 年 11 月 19 日 (金) 場 所: 野田キャンパス講義棟 K308 教室 / オンライン開催

No	事業概要
37	【主催】 先進複合材料・構造 CAE 研究部門 第 12 回先進複合材料・構造 CAE セミナー 開催日：2021 年 11 月 22 日（月） 場 所：オンライン開催
38	【主催】 デジタルトランスフォーメーション研究部門 デジタルトランスフォーメーション研究部門キックオフミーティング（2） 開催日：2021 年 11 月 22 日（月） 場 所：オンライン開催
39	【主催】 先進複合材料・構造 CAE 研究部門 第 13 回先進複合材料・構造 CAE セミナー 開催日：2021 年 11 月 23 日（火・祝） 場 所：葛飾キャンパス研究棟 9 階マテリアル創成工学科会議室 / オンライン開催
40	【共催】 ニューロ・ナノ懇談会 ニューロ・ナノ懇談会 シンポジウム 開催日：2021 年 11 月 25 日（木） 場 所：オンライン開催
41	【協賛】 界面科学研究部門 コロイド界面化学若手 WEB セミナーシリーズ 2021（第 3 回） 開催日：2021 年 11 月 26 日（金） 場 所：オンライン開催
42	【主催】 数理解析連携研究部門 第 176 回神楽坂解析セミナー 開催日：2021 年 11 月 27 日（土） 場 所：オンライン開催
43	【主催】 ナノ量子情報研究部門 ナノ量子情報研究部門研究会 開催日：2021 年 11 月 29 日（月） 場 所：オンライン開催
44	【主催】 東京理科大学に特に焦点を当てた大学史研究懇談会 東京理科大学に特に焦点を当てた大学史研究懇談会 第 2 回例会 開催日：2021 年 11 月 30 日（火） 場 所：オンライン開催
45	【主催】 先進複合材料・構造 CAE 研究部門 第 14 回先進複合材料・構造 CAE セミナー 開催日：2021 年 12 月 3 日（金） 場 所：葛飾キャンパス研究棟 9 階マテリアル創成工学科会議室 / オンライン開催
46	【主催】 パラレル脳センシング技術研究部門 第 1 回 公開シンポジウム 開催日：2021 年 12 月 4 日（土） 場 所：野田キャンパス講義棟 K308 教室
47	【協賛】 アンビエントデバイス研究部門 セミコンジャパン 2021 における研究成果の発表 開催日：2021 年 12 月 14 日（火）～ 17 日（金） 場 所：東京ビッグサイト
48	【主催】 統計科学研究部門 第 10 回統計科学セミナー 開催日：2021 年 12 月 17 日（金） 場 所：オンライン開催

No	事業概要
49	【主催】再生医療を加速する超細胞・DDS 開発研究部門 東京理科大学薬学部 DDS シンポジウム 2021 開催日：2021 年 12 月 18 日（土） 場 所：オンライン開催
50	【主催】ウォーターフロンティア研究センター ウォーターフロンティア研究センター 第 4 回イブニングセミナー 開催日：2022 年 1 月 11 日（火） 場 所：オンライン開催
51	【主催】界面科学研究部門 第 2 回 東京理科大学界面科学研究部門 産学連携セミナー 開催日：2022 年 1 月 13 日（木） 場 所：オンライン開催
52	【主催】ナノ量子情報研究部門 International Symposium on Quantum Nano Science 2022 (ISQNS2022) 開催日：2022 年 1 月 13 日（木） 場 所：森戸記念館第二フォーラム／オンライン開催
53	【主催】先端的代数学融合研究部門 野田代数セミナー 開催日：2022 年 1 月 21 日（金） 場 所：オンライン開催
54	【主催】数理解析連携研究部門 Workshop on Analysis in Kagurazaka 2022 開催日：2022 年 1 月 22 日（土） 場 所：オンライン開催
55	【協賛】ナノカーボン研究部門 nano tech 2022 でのブース出展 開催日：2022 年 1 月 26 日（水）～ 28 日（金） 場 所：東京ビッグサイト東ホール&会議棟 + オンライン併用
56	【主催】再生可能エネルギー技術研究部門 第 2 回シンポジウム「再生可能エネルギー技術の最新動向」 開催日：2022 年 1 月 31 日（月） 場 所：オンライン開催
57	【主催】数理解析連携研究部門 第 177 回神楽坂解析セミナー 開催日：2022 年 2 月 26 日（土） 場 所：神楽坂校舎 834 教室 + Zoom（ハイブリッド開催）
58	【主催】スペースシステム創造研究センター 第 26 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 開催日：2022 年 3 月 3 日（木） 場 所：オンライン開催
59	【主催】先端エネルギー変換研究部門 先端エネルギー変換研究部門 研究成果報告会 開催日：2022 年 3 月 5 日（土） 場 所：野田キャンパス 10 号館 1 階 総合研究院ホール／オンライン開催
60	【協賛】ウォーターフロンティア研究センター 第 1 回ウォーターフロンティアシンポジウム 開催日：2022 年 3 月 5 日（土） 場 所：オンライン開催

No	事業概要
61	【主催】 界面科学研究部門 界面科学研究部門 2021 年度報告会 開催日：2022 年 3 月 9 日（水） 場 所：オンライン開催
62	【主催】 スペースシステム創造研究センター スペースシステム創造研究センター 第 3 回宇宙シンポジウム 開催日：2022 年 3 月 10 日（木） 場 所：神楽坂キャンパス 1 号館 17 階記念講堂／オンライン開催
63	【共催】 マテリアルズインフォマティクス懇談会 表面科学セミナー 2022（実践編） 開催日：2022 年 3 月 10 日（木）～ 11 日（金） 場 所：オンライン開催
64	【主催】 合成生物学研究部門 第 3 回 東京理科大学総合研究院合成生物学研究部門シンポジウム 開催日：2022 年 3 月 11 日（金） 場 所：オンライン開催
65	【主催】 ナノカーボン研究部門 ナノカーボン研究部門・非一様物質科学懇談会 合同成果報告会 開催日：2022 年 3 月 11 日（金） 場 所：オンライン開催
66	【共催】 非一様物質科学懇談会 ナノカーボン研究部門・非一様物質科学懇談会 合同成果報告会 開催日：2022 年 3 月 11 日（金） 場 所：オンライン開催
67	【主催】 幾何学と様々な自然現象の解析懇談会 ワークショップ「物性と離散幾何学」 開催日：2022 年 3 月 12 日（土） 場 所：オンライン開催
68	【主催】 核酸創薬研究部門 核酸創薬研究部門 第 5 回シンポジウム 開催日：2022 年 3 月 12 日（土） 場 所：オンライン開催
69	【共催】 数理解析連携研究部門 Critical Exponent and Nonlinear Partial Differential Equations 2022 開催日：2022 年 3 月 17 日（木）～ 18 日（金） 場 所：オンライン開催（関係者のみ対面：神楽坂キャンパス 621 教室）
70	【主催】 ニューロ・ナノ懇談会 ニューロ・ナノ懇談会 公開セミナー 開催日：2022 年 3 月 18 日（金） 場 所：オンライン開催
71	【主催】 パラレル脳センシング技術研究部門 第 5 回 パラレル脳勉強会・セミナー 開催日：2022 年 3 月 24 日（木） 場 所：野田キャンパス 7 号館 7407 教室
72	【主催】 マテリアルズインフォマティクス懇談会 第 5 回研究会 開催日：2022 年 3 月 25 日（金） 場 所：オンライン開催

No	事業概要
73	<p>【主催】東京理科大学に特に焦点を当てた大学史研究懇談会  東京理科大学に特に焦点を当てた大学史研究懇談会 第3回例会  開催日：2022年3月25日（金）  場 所：オンライン開催</p>
74	<p>【共催】アンビエントデバイス研究部門  オンラインセミナー（非一様物質科学懇談会、ナノカーボン研究部門）  開催日：2022年3月28日（月）  場 所：オンライン開催</p>
75	<p>【主催】非一様物質科学懇談会  オンラインセミナー「有機半導体単結晶における2次元正孔ガス」  開催日：2022年3月28日（月）  場 所：オンライン開催</p>
76	<p>【共催】ナノカーボン研究部門  オンラインセミナー「有機半導体単結晶における2次元正孔ガス」  開催日：2022年3月28日（月）  場 所：オンライン開催</p>

# 総合研究院研究設備



## 火災科学研究所における主要な研究機器

### コーンカロリメーター

1. 型式 C3 (東洋精機製作所製)
2. 設置場所 21世紀COE火災科学研究所センター実験棟1階コーンカロリー室
3. 性能・特徴  
熱放射のある場での建築材料の着火性を調べるための装置で、円錐形の電気ヒータの下に試験体を置き、ヒータから熱放射を加えつつ試験体表面上10mmのところパイロット炎を当てる。熱放射は50kW/m<sup>2</sup>までの範囲に設定でき、それぞれの熱放射での着火時間を測定する。

### PIV 燃焼場測定システム

1. 型式 (日本レーザー社製)
2. 設置場所 火災科学研究所センター実験棟1階精密機器室
3. 性能・特徴  
燃焼場や煙流動場のような流れ場の瞬間的かつ微細な速度の計測を行うことができるシステムである。具体的には、トレーサー(追跡用微細粒子)を流体に流し、ストロボやレーザーなどの光源を打ち込み、その反射を超高速カメラで撮影することで瞬時に測定対象流れ場の速度2次元情報を得る。

### 二次燃焼炉

1. 型式 (東和耐火工業社製)
2. 設置場所 火災科学研究所センター実験棟外部
3. 性能・特徴  
燃焼実験により発生する黒煙を含む燃焼ガスをフードにて捕集・排煙ファンで吸引して、二次燃焼炉で800℃に再加熱し完全燃焼させて消煙する設備。加熱用バーナーは4台で480万kcal/hの容量がある。

### 5M 角燃焼実験フード

1. 型式 (東和耐火工業社製)
2. 設置場所 火災科学研究所センター実験棟
3. 性能・特徴  
室内の家具・備品等を燃焼させ、その燃焼ガスを捕集・分析し、燃焼特性を解析する設備。ダクト内に燃焼ガスの流量測定及びサンプリング装置を装備している。設計上の測定発熱量は最大2MWを想定しており、最大600m<sup>3</sup>/minの吸煙量を設定できる。

### 大型壁炉

1. 型式 (東和耐火工業社製)
2. 設置場所 火災科学研究所センター実験棟
3. 性能・特徴  
建築の外壁材の火災における耐火性能を試験評価する設備であり、ISO834に定められた標準加熱温度及び炉内圧力が制御できる加熱設備。壁面に20台のバーナーを配置して、急加熱及び均一な温度分布を確保している。

## 移動型 4M フード基本形

1. 型式 (東和耐火工業社製)
2. 設置場所 災科学研究センター実験棟
3. 性能・特徴

限られた実験棟スペースでは、固定された実験装置は効率がよくない。スペースの有効利用の為に移動式装置として必要な時期に必要な試験が出来るように計画された。屋外保管も可能なように、車輪式としている。

## ルームコーナー試験装置

1. 型式 ISO 9705 に準拠
2. 設置場所 火災科学研究センター実験棟
3. 性能・特徴

幅 2.4m×奥行き 3.6m×高さ 2.4m(約 6 畳)の室内に、幅 0.8m×高さ 2m の開口を設けた装置であり、家具や壁紙等を配して室内の初期火災から盛期火災を再現することが可能である。また室内全体が短時間で火炎に包まれるフラッシュオーバー現象も再現可能で、その時の燃焼ガス濃度、温度分布、室内映像も測定できる。

## 放射パネル (ICAL)

1. 型式 (東和耐火工業社製)
2. 設置場所 火災科学研究センター実験棟
3. 性能・特徴

本装置は、一定の熱流束を放射熱伝達で与えた状態において、可燃物の燃焼挙動を把握する装置である。パネルヒーター部は、1750(W)×1380(H)の加熱面積を有し、表面温度を 950℃ に上昇させることにより、50kW/m<sup>2</sup>の熱流束を可燃物に与えることができる。

## 多目的水平載荷加熱装置

1. 型式 (東和耐火工業社製)
2. 設置場所 火災科学研究センター実験棟
3. 性能・特徴

外部加力を与えながら耐火試験を行うことが可能な装置である。建築物の水平部材「梁、床、屋根」及び垂直部材「柱、壁」などのあらゆる建築構造部材について、ISO834 (建築構造部材の耐火性試験) に規定されている標準火災加熱試験、さらには RABT の急加熱火災試験による耐火性能試験が可能である。加熱寸法は幅 3m×長さ 4m で、深さ 3.5m を有し、相対する二壁面に各 16 台 (合計 32 台) のエクセスエア式ガスバーナーを設置し、最大定格燃焼熱量約 2,900 万キロジュール/時間の加熱能力を有する。

## 外装材加熱試験装置

1. 型式 (東和耐火工業社製)
2. 設置場所 火災科学研究センター実験棟
3. 性能・特徴

ISO 13785-2 (Reaction-to fire tests for facades-Part2: Large-scale test) として規格化されているもので、幅 3m×高さ 5.7m のファサード面に、幅 1.2m×高さ 5.7m の袖壁部を取り付けて入隅部を設けた L 型の形状の試験体について、火災時のフラッシュオーバー現象後の開口部からの火炎の噴出を再現して、外装材料への影響及び上階への燃焼性状を把握する試験が可能である。

## FTIR ガス分析装置 (IS019702), 発煙性試験装置

1. 型式 FTIR: (GASMET 社製), 発煙性試験装置: (東京システムバック社製)
2. 設置場所 火災科学研究センター実験棟
3. 性能・特徴

燃焼性・発煙性試験装置に接続して、燃焼ガス分析を拘束連続測定が可能ないように開発された装置である。短時間間隔 (5~10 秒) での測定値を更新することが可能となっており、測定対象ガスを火災燃焼発生特有のガス種に対応したものである。

## ウォーターフロンティア研究センターにおける主要な研究機器

### ヘテロダイン和周波発装置

1. 型式 Astrella-USP-1K/0PerA Solo System (コヒレント社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 1 号館 5 階 0501 室
3. 性能・特徴

本装置は、表界面近傍の水を選択的かつ高感度に検出しその振動スペクトルを得ることのできる、ヘテロダイン検出振動和周波発生分光 (HD-VSFG) 計測装置です。HD-VSFG 計測では材料表面に対する吸着分子の配向を実験的に直接決定可能であり、振動数情報と併せて利用することで、表面構造を詳細に解析することができます。本装置は出力パルス光のスペクトル幅が 400  $\text{cm}^{-1}$  以上と広いため、広いスペクトル領域を一度に取得できるマルチプレックス計測が可能です。

### 全反射顕微鏡

1. 型式 ECRIPSE Ti-2U/LAPP EPI+TIRF (ニコン製)
2. 設置場所 葛飾校舎研究棟 4 階元祐研究室
3. 性能・特徴

界面蛍光顕微鏡法は、通常の蛍光顕微鏡のようにサンプル全体に励起光を照射せずに、エバネッセント光と呼ばれる局在非伝搬光を照明光として用いることで、物質・材料表面近傍 100 nm 程度における高 SN 比での蛍光観察が可能な顕微鏡です。本装置を用いることで、物質表面近傍での流れ計測や 1 分子観察などが可能となり、物質・材料表面と流体や分子の相互作用を評価することができます。

励起光源として、波長 405 nm、488nm、561nm、640 nm のレーザを搭載しており、通常の落射式蛍光顕微鏡観察との併用も可能なため、バルクと表面近傍での挙動の比較・評価にも対応することができます。

### 環境制御型接触角計

1. 型式 Drop Shape Analyser (DSA) 25 (KRUSS 製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 1 号館 5 階 0501 室
3. 性能・特徴

接触角測定は材料に滴下した液体と材料とのなす角を調べる手法であり、材料表面のマクロな濡れ性を評価する代表的な測定法の一つです。本装置は材料表面を地面と平行に保って測定する通常の接触角 (静的接触角) だけでなく、試料を徐々に傾けていった時に液体が転がり始める傾き角 (転落角)、またその時の接触角 (前進接触角および後退接触角) まで、ほぼ全自動で測定することができます。さらに試料室の温度と湿度を制御した測定が可能で、実際の使用環境を模した測定や、大気から材料表面への水吸着が濡れ性に及ぼす影響の解析に対応できます。

## 高速度カメラ

1. 型式 FASTCAM Mini WX100 TUS2 (フォトロン製)
2. 設置場所 野田校舎 10 号館 1 階機器室 6
3. 性能・特徴

1080 フレーム毎秒の高速で、フルフレーム 2048×2048 画素の高解像度画像を取り込む第 5 世代モデルの高速度カメラ 2 台で構成されています。高速度高感度同時計測により、従来行われてきた 2 次元的な現象解析ではなく、3 次元的な現象の詳細な観察・モデル化に本設備による計測が不可欠です。本システムの利便性の一つに、当該スペックを小さいサイズにて実現したことが挙げられます。装置の自由な移動・設置を可能とし、観察対象の制限を大きく取り払うものです。さまざまな空間的スケールの現象の観察が可能で、非常に高い応用性・拡張性を有しています。

## フォトリソグラフィ装置一式

1. 型式 ES20tr (ナノテック製)、ACT-220AII (アクティブ製) 他
2. 設置場所 葛飾校舎研究棟 4 階元祐研究室
3. 性能・特徴

界面での水の挙動を詳細に把握するためには、微細な構造を作り込む必要がある場合が多々あります。本装置一式では、フォトレジストと呼ばれる感光剤を塗布した基板に、紫外線パターンを照射して露光することで部分的に感光させて、現像することで光照射部/非照射部のパターンを生成することができます。微細構造の製作や化学修飾パターンの形成などに用いることができ、数  $\mu\text{m}$  程度の空間分解能でのプロセスが可能です。レジストを塗布するスピンドーターやベーク用のヒーターも同じクリーンルーム (ISO 規格クラス 6) 内に設置されており、一連の工程を同じ場所で行うことが可能です。

## レオメータ

1. 型式 Discovery HR-1 (TA Instruments 製) 他
2. 設置場所 葛飾校舎研究棟 4 階元祐研究室
3. 性能・特徴

第 2 世代磁気ベアリングを搭載し、 $10^{-7}$ ~100Hz の周波数範囲で、10n~150mNm のトルクを 0.1nNm の分解能で制御可能で、水から高分子水溶液やオイルなど各種ニュートン・非ニュートン流体のレオロジー特性の評価が可能です。ペルチェと電気炉の温度調節機構を有し、広範囲な温度域での測定が可能です。

## 恒温恒湿環境試験器

1. 型式 PR-1J (エスペック製)
2. 設置場所 葛飾校舎研究棟 4 階元祐研究室
3. 性能・特徴

物質表面の温度・湿度管理は、表面の水を理解する上で非常に必要になります。本装置は、温度範囲-20~150°C、湿度範囲 20~98RH において、その環境を長時間維持することができ、また、120L の容積 (内寸法 500×400×600 mm) を有するため、小型装置を内部に入れた評価を行うことが可能です。内部観察用カメラや外部配線取り出し口も搭載しており、様々な用途に使うことが可能です。

### 3次元表面性状測定システム

1. 型式 Profilm3D (フィルメトリクス製)
2. 設置場所 葛飾校舎研究棟 4階元祐研究室
3. 性能・特徴

白色光干渉技術を用い、非接触で段差・粗さを含む3次元形状の測定が可能です。マイクロオーダーの段差や形状の高精度測定に最適な垂直走査干渉法(WLI)と、ナノオーダーの形状測定、粗さの測定に最適な位相シフト干渉法(PSI)の両測定モードを備え、対象とする物質表面の空間スケールに合わせて選択することで、詳細な表面解析を行うことができます。アクティブ除振台上に設置されているため、周囲環境の影響を受けない計測が可能です。光を反射しにくい表面性状を有するサンプルの測定が困難な場合には同室に設置されたDCマグネトロンスパッタ装置で金属薄膜を設けて測定することができます。

### 環境制御型構造観察装置

1. 型式 Hitachi H-7650 TEM
2. 設置場所 野田校舎 10号館 1階 研究機器センター 機器室 4
3. 性能・特徴

ソフトマテリアルの構造解析に適した透過型電子顕微鏡です。直径300nm未満のソフトマテリアル(例えば、ひも状ミセルやベシクル)を対象とする場合は低温凍結(cryo)法、それ以上のサイズを有するソフトマテリアル(例えば、乳化液滴)の場合には凍結切断レプリカ(FE)法がそれぞれ有効です。

### 高速原子間力顕微鏡

1. 型式 RIBM Nano Explorer SS-NEX
2. 設置場所 野田校舎 10号館 1階 研究機器センター 機器室 3
3. 性能・特徴

従来の原子間力顕微鏡では不可能であった1秒間に12.5フレームの高速サンプリングを実現し、動画として観察可能です。水溶液中でのタンパク質の形態、界面活性剤吸着層の動的な構造変化などを観察することができます。

### 多機能小角/広角X線散乱装置

1. 型式 Xeuss3.0
2. 設置場所 野田校舎 10号館 1階 研究機器センター 機器室 6
3. 性能・特徴

小角分解能( $0.01\text{nm}^{-1}$ )での測定が可能な小角X線散乱(SAXS)装置です。小角/広角領域での同時測定も可能です。BonseHart型の光学系を搭載し、極小角(USAXS)領域でのマイクロメートルスケールでの測定も可能です。有機材料(自己組織体・液晶)、無機材料(多孔質材料・触媒)、生体材料(タンパク質、生体膜)など広範にわたるナノ材料の精密構造解析に適用できます。

### 分子間相互作用評価装置/エリブソメトリー

1. 型式 Biolin Scientific Q-Sense QCM-D Explorer / Film Sense FS1
2. 設置場所 野田校舎 11号館 1階 酒井酒井研究室 1B
3. 性能・特徴

固体/溶液界面での吸着現象の解析に有効です。QCM-Dでは溶液中での吸着質量を高感度に定量できるばかりでなく、吸着膜の粘弾性に関する知見を得ることができます。また、エリブソメトリー測定をQCM-D測定と同時にを行うことで、吸着膜の溶媒和量を見積もることもできます。

## カーボンバリュー研究拠点における主要な研究機器

### X線光電子分光装置

1. 型式 JPS-9010MC (日本電子社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 1号館 12階 機器測定室
3. 性能・特徴  
固体表面に近い層を構成する原子に関する情報が得られる。スペクトルから読み取れる結合エネルギーから表面付近の元素分析、およびそのケミカルシフトから元素の参加数などの電子状態の情報が得られる。アルゴンイオンによるエッチング方により、深さ方向分析も可能である。

### マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析 (MALDI-TOF-MS) 装置

1. 型式 JMS-S3000 SpiralTOF (JEOL 社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 5号館 地下2階 化学系機器分析センター
3. 性能・特徴  
MALDIは、試料と有機マトリックスを混合し、そこにレーザーを照射することで、試料を破壊せずにイオン化する方法である。また、TOF-MSは、質量電荷比の違いでイオンの飛行時間が異なることを利用して、質量分析を行う方法である。特徴は、一価のイオンとして高分子領域まで検出が可能で、多価イオンが生成する他の手法と比較して、測定後のマスペクトルの解析が容易である点である。また、従来のMALDI-TOF-MSのイオン飛行距離(約2m)に比べて、SpiralTOF-MSは長いイオン飛行距離(約17m)を有することにより、高分解能での質量分析が可能である。

### 自動X線回折装置

1. 型式 RINT2500 (Rigaku 社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 5号館 地下2階 化学系機器分析センター
3. 性能・特徴  
回転対陰極X線発生装置から発生するX線を用いた装置である。X線源として、通常ポイントフォーカスを選択してある。測定部は二つあり、一つはコリメーターから発生する入射X線を試料に照射し、試料からの回折X線を観測することができる。さらに測定アタッチメントとして繊維試料台を装備しているため、一般の回折パターンに加え、試料内部の配向分布の測定も可能である。もう一つは試料からの散乱や周期構造を二次元像として撮影し、Imaging Plateを用いて撮影することができる。

### 誘導結合プラズマ質量分析装置

1. 型式 Agilent7500 (Agilent Technologies 社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 5号館 地下2階 化学系機器分析センター
3. 性能・特徴  
Arガスの誘導結合プラズマ(ICP、約8000°C)に、試料(金属元素等を含む溶液)をエアロゾル化して導入し、目的元素をイオン化する。このICPによって生じたイオンを質量分析計により質量電荷比( $m/z$ )別に分けて検出装置である(例:ヒ素 $^{75}\text{As}^+$ は $m/z = 75$ で検出される)。質量電荷比の値、強度を測定することで、溶液中に含まれる元素の定性分析、定量分析、同位体比分析等を行うことができる。

## 透過型電子顕微鏡

1. 型式 JEM-2100 (JEOL 社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 5号館 地下2階 化学系機器分析センター (現在は葛飾校舎)
3. 性能・特徴  
触媒、光触媒、燃料電池、二次電池、色素増感太陽電池など、エネルギー・環境分野において重要な各種無機材料のナノメートルオーダーの構造解析や組成分析を行うための装置である。高分解能観察、形態観察、電子回折、EDS 組成マッピング分析、圧電素子のゴニオメータステージによる試料ドリフトが低減されている。従って、半導体、バイオ、機能性材料研究で重要なミクロンサイズからナノサイズの形態観察および EDX 分析、さらにはナノビーム回折ができる。

## 走査型電子顕微鏡

1. 型式 JSM7001F (JEOL 社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 5号館 地下2階 化学系機器分析センター
3. 性能・特徴  
試料に電子線を照射して二次電子や反射電子、特性 X 線を発生させることで、試料の超高分解能形態観察や元素分析を行うための装置である。高性能対物レンズを搭載しており、従来の装置に比べて、高倍率・高分解能で観察が可能である。さらに、5つの検出器を使い分けることで様々な像観察もできるようになっている。また、EDS ではスポット分析やライン分析、元素マッピングを行うことができる。

## 界面科学研究部門における主要な研究機器

### 環境制御型構造観察装置

1. 型式 H-7650 (日立ハイテク社製)
2. 設置場所 野田校舎 10号館 1階 研究機器センター 機器室 4
3. 性能・特徴  
Freeze Fracture-TEM、Cryo-TEM 観察が可能な透過型電子顕微鏡(TEM)。液体試料、分散試料、生体試料の急速凍結による直接観察が可能。通常の TEM 観察にも対応。加速電圧 120 kV。EDXによる元素分析も可能。

### 多機能小角／広角X線散乱装置

1. 型式 Xeuss3.0 (Xenox 社製)
2. 設置場所 野田校舎 10号館 1階 研究機器センター 機器室 6
3. 性能・特徴  
小角分解能 ( $q_{\min}: 0.01 \text{ nm}^{-1}$ ) での測定が可能な小角 X線散乱(SAXS)装置。BonseHart 型光学系搭載により、USAXS(極小角測定)での  $\mu\text{m}$  スケールでの測定も可能。小角／広角(SAXS/WAXS)同時測定も可能であり、生体材料から触媒まで、広範なナノ材料の構造解析が可能。  
測定対象：有機材料(自己組織体・液晶)、無機材料(多孔質材料・触媒)、生体材料(タンパク質、生体膜)など広範にわたるナノ材料の精密構造解析に適用可能。

## 核酸創薬研究部門における主要な研究機器

### 核磁気共鳴装置 (400 MHz)

1. 型式 JNM-ECZ400S (JEOL 社製)
2. 設置場所 野田校舎 15 号館 1 階核磁気共鳴分析室
3. 性能・特徴

本装置は、400MHz の核磁気共鳴装置である。 $^1\text{H}$ 、 $^{13}\text{C}$  に加え、 $^{11}\text{B}$ 、 $^{19}\text{F}$ 、 $^{31}\text{P}$  などの核種も測定が可能である。さらに、COSY、HMQC、HMBC などの 2 次元スペクトルや、NOE 測定も行っており、合成サンプルのみならず複雑な構造を有する天然物の構造解析に有用である。

### 質量分析装置

1. 型式 SCIEX X500R QTOF (SCIEX 社製)
2. 設置場所 野田校舎 15 号館 1 階 質量分析室
3. 性能・特徴

本装置は、エレクトロスプレーイオン化法 (electrospray ionization, ESI) によって試料をイオン化し、質量電荷数比 ( $m/z$ ) の測定を行う質量分析装置である。高分解能質量分析、MS/MS による分析が可能。

## ナノ量子情報研究部門における主要な研究機器

### 無冷媒希釈冷凍機装置

1. 型式 LD250 (Bluefors 社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 6 号館 4 階 6401 室
3. 性能・特徴  
10mK 以下の極低温環境を月単位で維持可能であり、その内部には、超伝導量子回路の測定を行うための高周波配線及びサンプルホルダーが備え付けられている。サンプルは 6 個を個別に冷却可能であり、それぞれに磁場印加用のコイルも付随している。

### 無冷媒希釈冷凍機装置

1. 型式 LD400 (Bluefors 社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 6 号館 4 階 6401 室
3. 性能・特徴  
10mK 以下の極低温環境を月単位で維持可能であり、その内部には、超伝導量子回路の測定を行うための高周波配線及びサンプルホルダーが備え付けられている。配線数は、高周波配線が入力 42 本、出力 6 本を備え、サンプルは基本のものが 3 個と、それに加えて大型のチップ測定用が 1 つ備えられている。

### ベクトルネットワークアナライザ 2 台

1. 型式 N5231B (キーサイトテクノロジー社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 6 号館 4 階 6401 室
3. 性能・特徴  
高周波帯域 300kHz-13.5GHz において、良好な確度で S パラメータを測定し、反射・透過測定を行う装置である。パッシブコンポーネントおよび単純なアクティブデバイスの基本解析を実行可能である。この装置は、超伝導量子回路の特性評価において、第一に欠かせない装置であり、2 台あることによって、複数チップの測定をスムーズに実行可能である。

### 高周波任意波形生成及びリアルタイム観測装置 2 台

1. 型式 M9010A、M9048B、M9023A、M3102A、M3202A (キーサイトテクノロジー社製)
2. 設置場所 神楽坂校舎 6 号館 4 階 6401 室
3. 性能・特徴  
超伝導量子回路に対して、高周波の任意波形を印加可能であり、また、測定対象からの応答をリアルタイムでデジタル化することができる。多数の入出力を有しているため、複数量子ビットの測定が可能である。また、PXIe 規格に準拠し、スロットを増やすことで今後の拡張も容易に行える。任意波形生成、リアルタイム観測両方において、オンボードの FPGA を備えており、量子ビットの制御測定に必要な機能を追加可能である。



# 關係規程



○東京理科大学研究推進機構規程

平成 27 年 3 月 18 日

規程第 61 号

改正 平成 27 年 12 月 22 日規程第 192 号

平成 28 年 3 月 31 日規程第 57 号

平成 28 年 9 月 29 日規程第 86 号

平成 29 年 4 月 7 日規程第 53 号

平成 30 年 3 月 30 日規程第 82 号

平成 30 年 10 月 29 日規程第 125 号

平成 31 年 3 月 18 日規程第 26 号

令和 2 年 3 月 17 日規程第 33 号

(趣旨)

第 1 条 この規程は、東京理科大学学則（昭和 24 年学則第 1 号）第 62 条の 2 第 4 項の規定に基づき、東京理科大学研究推進機構（以下「機構」という。）に関し必要な事項を定めるものとする。

(目的)

第 2 条 機構は、わが国における科学技術政策や大学への社会的・経済的要求を踏まえ、東京理科大学（以下「本学」という。）における学術研究の将来構想及び戦略を提示し、研究組織の活性化を図るとともに、その学術的水準を向上させ、世界の学術的動向及び我が国の社会的動向を適切に先導し、かつ、協働することを目的とする。

(センター等)

第 3 条 機構に、次に掲げるセンター、研究院及び研究所（以下「センター等」という。）を置く。

- (1) 研究戦略・産学連携センター
- (2) 総合研究院
- (3) 生命医科学研究所
- (4) 研究機器センター

2 センター等に関する事項は、この規程に定めるもののほか、別に定める。

(機構長)

第 4 条 機構に、東京理科大学研究推進機構長（以下「機構長」という。）を置き、機構長は、本学の学長（以下「学長」という。）の命を受けて、機構の運営に関する事項を掌理する。

2 機構長は、本学の副学長のうちから学長が決定し、理事長に申し出て、理事長が委嘱する。

(センター長等)

第5条 センター等に、それぞれセンター長、研究院長及び研究所長（以下「センター長等」という。）を置き、センター長等は、機構長の命を受けて、当該センター等に関する事項を掌理する。

2 センター長等の資格、任期等については、別に定める。

(会議)

第6条 機構に、機構の運営に関する事項を審議するため、研究推進機構会議（以下、「会議」という。）を置く。

2 会議は、次に掲げる事項を審議する。

- (1) 本学の学術研究の将来構想に関する事項
- (2) 本学の学術研究及び産学連携における研究戦略の策定に関する事項
- (3) 本学が助成を行う研究課題等に関する事項
- (4) センター等の設置及び改廃に関する事項
- (5) センター等の事業計画に関する事項
- (6) 機構、センター等の予算に関する事項
- (7) 総合研究院の研究部門の設置及び改廃に関する事項
- (8) 総合研究院の研究センターの設置に関する事項
- (9) 総合研究院の研究センターの評価に関する事項
- (10) 機構、センター等に関する諸規程等の制定及び改廃の発議に関する事項
- (11) その他機構、センター等の管理・運営に関する事項

3 会議は、次に掲げる委員をもって組織し、学長がこれを委嘱する。

- (1) 機構長
- (2) 研究戦略・産学連携センター長
- (3) 総合研究院長
- (4) 生命医科学研究所長
- (5) 研究機器センター長
- (6) 機構長が各学部長と協議のうえ指名する教授 各学部1人
- (7) その他機構長が特に必要と認めた者 若干名

4 前項に規定するもののほか、第2項第3号、第7号及び第9号に掲げる事項を審議するにあたり、機構長が必要と認めた場合は、機構長が指名する者を委員に加えることができる。

5 第3項第6号、第7号及び前項に規定する委員の任期は、2年以内とし、再任を妨げない。ただし、補欠による後任者の任期は、前任者の残任期間とする。

6 会議は、機構長が招集し、その議長となる。ただし、議長に事故のあるときは、議長があらかじめ指名した委員がその職務を代理する。

7 議長が必要と認めたときは、会議に委員以外の者の出席を求め、意見を聴くことができる。

8 会議の議事は、出席した委員の過半数をもって決し、可否同数のときは、議長の決するところによる。

(幹事会)

第7条 会議の下に、前条に規定する審議事項の具体的事案に速やかに対応するため、研究推進機構会議幹事会（以下「幹事会」という。）を置く。

- 2 幹事会は、次に掲げる委員をもって組織する。
  - (1) 機構長
  - (2) 会議委員のうちから機構長が指名する者 若干人
- 3 幹事会の委員長は、機構長をもって充てる。
- 4 委員長が必要と認めるときは、幹事会委員以外の者の出席を求め、意見を聴くことができる。

(部会)

第8条 会議の下に、専門的事項を審議するため、次の部会を置く。

- (1) 医療・生命科学部会
  - (2) 物質・材料科学部会
  - (3) 数理・情報科学部会
- 2 部会に関する規程は、別に定める。

(報告義務)

第9条 センター長等は、当該年度における活動経過及び次年度における事業計画を機構長に報告しなければならない。

(事務)

第10条 機構の運営に関する事務は、研究推進部研究推進課において処理する。

- 2 センター等の運営に関する事務は、それぞれのセンター等に関する規程において定める。

附 則

この規程は、平成27年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成27年12月22日から施行し、平成27年11月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成28年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成28年9月29日から施行し、平成28年8月1日から適用する。

附 則

(施行期日)

- 1 この規程は、平成 29 年 4 月 7 日から施行し、平成 29 年 4 月 1 日から適用する。

(廃止規程)

- 2 東京理科大学研究審議部会規程（平成 27 年規程第 62 号）及び東京理科大学研究評価部会規程（平成 27 年規程第 63 号）は、廃止する。

附 則

この規程は、平成 30 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、平成 30 年 10 月 29 日から施行し、平成 30 年 10 月 1 日から適用する。

附 則

この規程は、平成 31 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、令和 2 年 4 月 1 日から施行する。

○東京理科大学総合研究院規程

平成 17 年 11 月 16 日

規程第 68 号

改正 平成 18 年 7 月 26 日規程第 121 号

平成 18 年 9 月 27 日規程第 137 号

平成 18 年 11 月 28 日規程第 142 号

平成 19 年 3 月 28 日規程第 63 号

平成 19 年 4 月 20 日規程第 140 号

平成 19 年 12 月 25 日規程第 197 号

平成 20 年 2 月 13 日規程第 16 号

平成 21 年 3 月 11 日規程第 30 号

平成 21 年 10 月 19 日規程第 91 号

平成 22 年 3 月 19 日規程第 38 号

平成 23 年 3 月 30 日規程第 34 号

平成 24 年 3 月 29 日規程第 80 号

平成 25 年 3 月 27 日規程第 52 号

平成 26 年 3 月 29 日規程第 90 号

平成 26 年 4 月 1 日規程第 97 号

平成 27 年 3 月 18 日規程第 40 号

平成 27 年 8 月 24 日規程第 172 号

平成 28 年 3 月 31 日規程第 55 号

平成 28 年 3 月 31 日規程第 57 号

平成 28 年 7 月 27 日規程第 82 号

平成 29 年 4 月 7 日規程第 51 号

平成 30 年 3 月 28 日規程第 47 号

平成 30 年 3 月 28 日規程第 56 号

平成 30 年 3 月 29 日規程第 67 号

平成 30 年 3 月 30 日規程第 82 号

令和 2 年 5 月 11 日規程第 86 号

(趣旨)

第 1 条 この規程は、東京理科大学研究推進機構規程（平成 27 年規程第 61 号。以下「研究推進機構規程」という。）第 3 条第 2 項の規定に基づき、東京理科大学総合研究院（以下「総合研究院」という。）に関し必要な事項を定めるものとする。

(目的)

第 2 条 総合研究院は、本学の特色ある高度な研究活動の展開及びそれに基礎を置いた人材育成を通じて、本学の研究・教育向上に寄与することを目的とする。

(研究部門等)

第3条 総合研究院に、研究部門及び研究センター（以下「研究部門等」という。）を置く。

- 2 研究センターに関する規程は、別に定める。
- 3 必要に応じ、研究部門等に研究グループを置くことができる。

(総合研究院長等)

第4条 総合研究院に、総合研究院長（以下「院長」という。）を置き、東京理科大学研究推進機構長（以下「機構長」という。）の命を受けて、総合研究院に関する事項を掌理する。

- 2 院長は、本学の学長（以下「学長」という。）が機構長と協議の上選出し、東京理科大学教育研究会議の議を経て決定し、理事長に申し出て、理事長が委嘱する。
- 3 総合研究院に、副院長を置くことができる。
- 4 前項に規定する副院長は、院長の職務を補佐する。
- 5 副院長は、機構長が院長と協議し、候補者を選出の上、学長に推薦し、学長は東京理科大学学長室会議の議を経て決定し、理事長に申し出て、理事長が委嘱する。
- 6 院長及び副院長の任期は、2年以内とし、再任を妨げない。

#### 第4条の2 削除

(共同利用・共同研究拠点)

第4条の3 国全体の学術研究の更なる発展に資することを目的とし、総合研究院に共同利用・共同研究拠点（以下「研究拠点」という。）を置く。

- 2 研究拠点は、学校教育法施行規則（昭和22年文部省令第11号）第143条の2の規定に基づき、共同利用・共同研究拠点として文部科学大臣の認定を受けた場合に限り、その認定期間において設置することができる。
- 3 研究拠点に関する規程は、別に定める。

(部門長)

第5条 研究部門に部門長を置き、部門長は、当該研究部門の活動を統括する。

- 2 部門長は、原則として本学の専任又は嘱託の教授又は准教授で、当該研究部門に所属するもののうちから選出した者について院長が第7条に規定する東京理科大学総合研究院運営委員会（以下「運営委員会」という。）に諮って機構長に推薦し、機構長の決定により、理事長が委嘱する。
- 3 部門長の任期は、2年以内とし、再任を妨げない。ただし、補欠による後任者の任期は、前任者の残任期間とする。

(研究センター長)

第6条 研究センターに研究センター長を置き、研究センター長は、当該研究センターの研究を統括する。

- 2 研究センター長は、本学の専任又は嘱託の教授又は准教授のうちから院長が第7条に規定する運営委員会に諮って機構長に推薦し、機構長の決定により、理事長が委嘱する。
- 3 研究センター長の任期は2年以内とし、再任を妨げない。ただし、補欠による後任者の任期は、前任者の残任期間とする。

(拠点長)

第6条の2 研究拠点に、拠点長を置き、拠点長は、当該研究拠点の活動を統括する。

- 2 拠点長は、本学の専任又は嘱託の教授又は准教授のうちから院長が第7条に規定する運営委員会に諮って機構長に推薦し、機構長の決定により、理事長が委嘱する。
- 3 拠点長の任期は2年以内とし、再任を妨げない。ただし、補欠による後任者の任期は、前任者の残任期間とする。

(特例措置)

第6条の3 第5条第2項、第6条第2項及び第6条の2第2項に定める者のほか、機構長の申出により、学長が特に必要と認めた場合は、専任又は嘱託の教授又は准教授以外の者が部門長、研究センター長又は拠点長になることができる。

(運営委員会)

第7条 総合研究院に、総合研究院の運営に関する事項を審議するため、運営委員会を置く。

- 2 運営委員会は、次に掲げる事項を審議する。
  - (1) 研究拠点の設置、改廃に関する事項
  - (2) 研究部門等における研究グループの設置に関する事項
  - (3) 総合研究院の人事に関する事項
  - (4) 総合研究院の事業計画に関する事項
  - (5) 総合研究院に関する研究スペース、設備の管理に関する事項
  - (6) 総合研究院の予算及び決算に関する事項
  - (7) 総合研究院に関する諸規程等の制定及び改廃の発議に関する事項
  - (8) その他総合研究院の管理・運営に関する事項
- 3 運営委員会は、次に掲げる委員をもって組織する。
  - (1) 院長
  - (2) 副院長
  - (3) 研究部門長
  - (4) 研究センター長
  - (5) 研究戦略・産学連携センター長
- 4 運営委員会は、院長が招集し、その議長となる。ただし、議長に事故のあるときは、議長があらかじめ指名した委員がその職務を代理する。

- 5 議長が必要と認めたときは、運営委員会に委員以外の者の出席を求め、意見を聴くことができる。
- 6 機構長は、運営委員会に出席し、意見を述べるができる。
- 7 運営委員会は、委員の総数の3分の2以上が出席しなければ、これを開くことができない。
- 8 運営委員会の議事は、出席した委員の過半数をもって決し、可否同数のときは、議長の決するところによる。

(本務教員)

第8条 総合研究院に、総合研究院を本務とする専任又は嘱託の教育職員（以下「本務教員」という。）を置くことができる。

- 2 本務教員は、院長が運営委員会に諮って、機構長を通じて、学長に推薦し、学長の申出により理事長が委嘱する。

(併任教員)

第9条 総合研究院に、併任の教育職員（以下「併任教員」という。）を置くことができる。

- 2 併任教員は、本学所属の専任又は嘱託の教授、准教授、講師及び助教のうちから充てる。
- 3 併任教員は、院長が運営委員会に諮って機構長に推薦し、機構長の決定により、理事長に申し出て、理事長が委嘱する。
- 4 前項の場合において、本学以外の教育職員を併任教員とする場合は、学長は、当該教育職員が所属する当該大学学長の了承を得た上で、理事長に申し出て、理事長が委嘱する。
- 5 併任教員の任期は、2年以内とし、再任を妨げない。ただし、嘱託である者については、嘱託としての委嘱期間内とする。

(プロジェクト研究員)

第9条の2 総合研究院に、プロジェクト研究員を置くことができる。

- 2 プロジェクト研究員の資格、選考手続等は、東京理科大学プロジェクト研究員規程（平成30年規程第20号）の定めるところによる。

## 第10条 削除

(技術者)

第10条の2 総合研究院に、技術者を置くことができる。

- 2 技術者は、教育研究のための支援並びに技術の開発及び普及並びに学生への技術指導を行う。
- 3 技術者に係る取扱いについては、東京理科大学ポストドクトラル研究員規程（平成30年規程第19号。以下「PD規程」という。）の規定を準用する。ただし、資格、手当等については別に定める。

(客員教授等)

第 11 条 総合研究院に、学外の教育研究機関等から招へいする客員教授、客員准教授及び客員研究員（次項において「客員教授等」という。）を置くことができる。

- 2 客員教授等の資格、選考手続等は、東京理科大学客員教授等規則（昭和 53 年規則第 5 号）の定めるところによる。

(受託研究員及び共同研究員)

第 12 条 総合研究院に、受託研究員及び共同研究員を受け入れることができる。

- 2 受託研究員及び共同研究員は、学外の教育機関等を本務とする者につき選考するものとし、その手続等は、東京理科大学受託研究員規程（昭和 43 年規程第 7 号）及び学校法人東京理科大学共同研究契約取扱規程（平成 21 年規程第 7 号）の定めるところによる。

(PD)

第 13 条 総合研究院に、東京理科大学ポストドクトラル研究員（以下「PD」という。）を置くことができる。

- 2 PD の資格、選考手続等は、PD 規程の定めるところによる。

(RA)

第 14 条 総合研究院に、東京理科大学リサーチ・アシスタント（以下「RA」という。）を置くことができる。

- 2 RA の資格、選考手続等は、東京理科大学リサーチ・アシスタント規程（平成 13 年規程第 9 号）の定めるところによる。

(その他職員等)

第 14 条の 2 総合研究院に、第 8 条から前条までに規定する者のほか、理事長又は学長が特に必要と認めた場合に限り、学校法人東京理科大学業務規程（平成 13 年規程第 6 号）第 3 条に規定する者を置くことができる。

(報告義務)

第 15 条 研究部門長、研究センター長及び拠点長は、年度ごとに研究部門等又は研究拠点の活動経過及び事業計画を院長に報告しなければならない。

(評価)

第 16 条 研究センターは、研究推進機構規程第 6 条第 1 項に規定する研究推進機構会議における評価を受けなければならない。

- 2 研究部門は、アドバイザー委員会による報告を基に、院長が評価を行う。
- 3 アドバイザー委員会に関する詳細は、別に定める。

(廃止)

第 17 条 研究部門等の廃止は、東京理科大学総合研究院における研究センター及び研究部門の設置並びに改廃に関する規程（平成 17 年規程第 72 号）の定めるところによる。

(事務)

第 18 条 総合研究院の事務は、野田統括部野田研究推進課において処理する。ただし、神楽坂地区及び葛飾地区に設置する研究部門等に係る事務は、研究推進部研究推進課及び葛飾統括部葛飾研究推進課においてそれぞれ処理する。

附 則

(施行期日)

1 この規程は、平成 17 年 11 月 16 日から施行し、平成 17 年 11 月 1 日から適用する。

(廃止規程)

2 東京理科大学総合研究所規程（昭和 55 年規程第 5 号）は、廃止する。

(任期の特例)

3 当初の第 4 条、第 5 条、第 6 条並びに第 7 条第 3 項第 2 号及び第 5 号に規定する者に係る任期については、それぞれ第 4 条第 3 項、第 5 条第 3 項、第 6 条第 3 項及び第 7 条第 4 項の規定にかかわらず、平成 19 年 9 月 30 日までとする。

附 則

この規程は、平成 18 年 7 月 26 日から施行し、平成 17 年 11 月 1 日から適用する。

附 則

この規程は、平成 18 年 9 月 27 日から施行し、平成 18 年 4 月 1 日から適用する。

附 則

この規程は、平成 18 年 11 月 28 日から施行し、平成 18 年 10 月 1 日から適用する。

附 則

この規程は、平成 19 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、平成 19 年 4 月 20 日から施行し、平成 19 年 4 月 1 日から適用する。

附 則

この規程は、平成 19 年 12 月 25 日から施行し、第 3 条、第 5 条、第 7 条（第 2 項第 4 号を除く。）及び第 18 条の規定については、平成 19 年 7 月 1 日から適用し、第 4 条の 2 及び第 7 条第

2項第4号の規定については、平成20年1月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成20年2月13日から施行し、平成20年1月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成21年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成21年10月19日から施行し、平成21年7月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成22年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成23年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成24年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成25年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成26年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成27年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成27年9月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成28年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成28年7月27日から施行し、平成28年4月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成 29 年 4 月 7 日から施行し、平成 29 年 4 月 1 日から適用する。

附 則

この規程は、平成 30 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、令和 2 年 4 月 1 日から施行する。

○東京理科大学総合研究院における研究センター及び研究部門の設置並びに改廃に関する規程

平成 17 年 11 月 16 日

規程第 72 号

改正 平成 21 年 6 月 11 日規程第 65 号

平成 23 年 11 月 10 日規程第 88 号

平成 27 年 8 月 6 日規程第 162 号

平成 28 年 7 月 27 日規程第 83 号

平成 29 年 4 月 7 日規程第 52 号

平成 29 年 10 月 11 日規程第 81 号

(趣旨)

第 1 条 この規程は、東京理科大学総合研究院における研究センター及び研究部門の設置、継続、廃止等に関し必要な事項を定めるものとする。

(研究センターの設置)

第 2 条 研究センターの設置は、国、地方公共団体、産業界等（以下「学外諸機関」という。）が実施している助成事業に選定された場合に限り、東京理科大学研究推進機構会議（以下「機構会議」という。）の議を経て、学長が決定する。

2 設置の期間は、当該学外諸機関により定められた助成対象期間とする。

(研究センターの設置の継続)

第 3 条 学長は、研究センターが次の各号のいずれかに該当する場合は、機構会議の議を経て、当該研究センターの設置を継続することができる。

(1) 学外諸機関が実施している助成事業に新たに選定された場合

(2) 共同利用・共同研究拠点（以下「研究拠点」という。）として文部科学大臣の認定を受けた場合

(3) 研究センターの設置期間の最終年に行われる機構会議による研究評価が優れており、かつ東京理科大学（以下「本学」という。）独自の研究として、当分の間、継続することが望ましいと判断された場合

2 前項の規定により研究センターの設置を継続する際の継続期間は、それぞれ次の各号に定めるとおりとする。

(1) 前項第 1 号の場合 当該学外諸機関の定めた助成対象期間が終了するまで

(2) 前項第 2 号の場合 研究拠点の認定期間が終了するまで

(3) 前項第 3 号の場合 学長が、機構会議の議を経て決定した期間

(設置期間の上限)

第3条の2 研究センターの設置期間は、原則として、第2条第2項に定める設置期間及び前条第2項に定める継続期間の通算が10年を超えないものとする。ただし、次条に定める設置期間を定めない研究センターの設置期間は、この限りではない。

(設置期間を定めない研究センター)

第3条の3 学長は、第2条第2項に定める設置期間又は第3条第2項に定める継続期間の最終年に行われる機構会議による研究評価が特に優れており、かつ本学独自の研究として継続することが望ましいと判断する場合には、教育研究会議の議を経て、当該研究センターを、設置期間を定めない研究センターとすることができる。

2 前項に規定する研究センターは、研究所と称することができる。

3 第1項に規定する研究センターは、機構会議により5年ごとに研究評価を受けるものとする。

4 学長は、前項の規定による研究評価の結果により、教育研究会議の議を経て、当該研究センターを廃止することができる。

(研究センターの廃止及び研究部門への移行)

第4条 第2条第2項又は第3条第2項に規定する設置期間が終了した研究センターは、当該研究センターを廃止するものとする。

2 前項の規定にかかわらず、本学における研究者からの申請を受け、機構会議の議を経て、当該研究センター又はそのプロジェクトの一部を総合研究院に研究部門を設置することにより移行し、引続き組織的研究活動を行うことができる。

(研究部門の設置及び廃止)

第5条 研究部門の設置は、本学における研究者からの申請を受け、機構会議の議を経て、学長が決定する。

2 研究部門の設置期間は3年間とする。ただし、総合研究院長から申出があった場合は、機構会議の議を経て、最長2年を限度に延長することができる。

3 前項の規定にかかわらず、研究部門は当該研究部門の部門長の申出又は機構会議の決定により廃止することができる。

4 研究部門の設置及び廃止に係る申請に必要な書類は、別に定める。

(研究センターに係る設備、装置等の取扱い)

第6条 研究センターはその設置時において、当該研究センターに係る当初計画の範囲内で必要な設備、装置等を整備することができる。整備した設備、装置等については、当該研究センターにおける研究者が優先的に使用するものとする。

2 研究センターの設置期間が終了し、第4条第2項の規定により移行した研究部門又は新たに設置された研究部門においては、東京理科大学研究機器センター運営委員会（以下「研究機

器センター運営委員会」という。)の承認を得た上で、当該研究センターの研究設備、装置等を、引続き管理し、使用することができる。この場合において可能な範囲で、全学的利用を行うこととする。

- 3 前2項に規定する設備、装置等のうち、研究機器センター運営委員会が適当と判断した場合には、東京理科大学研究機器センターへ移管するものとする。

(規程の改廃)

第7条 この規程の改廃は、機構会議の議を経て、行うものとする。

附 則

この規程は、平成17年11月16日から施行し、平成17年11月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成21年6月11日から施行する。

附 則

この規程は、平成23年11月10日から施行し、平成23年10月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成27年8月6日から施行し、平成27年4月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成28年7月27日から施行し、平成28年4月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成29年4月7日から施行し、平成29年4月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成29年10月11日から施行し、平成29年10月1日から適用する。

○学校法人東京理科大学共同研究契約取扱規程

平成 21 年 1 月 21 日

規程第 7 号

改正 平成 24 年 2 月 29 日規程第 12 号

平成 24 年 3 月 6 日規程第 16 号

平成 24 年 3 月 27 日規程第 62 号

平成 25 年 3 月 27 日規程第 52 号

平成 26 年 2 月 23 日規程第 27 号

平成 26 年 6 月 21 日規程第 149 号

平成 27 年 8 月 6 日規程第 162 号

平成 28 年 3 月 31 日規程第 55 号

平成 28 年 3 月 31 日規程第 57 号

平成 29 年 3 月 22 日規程第 31 号

平成 30 年 3 月 28 日規程第 56 号

平成 31 年 3 月 18 日規程第 38 号

令和 3 年 3 月 26 日規程第 122 号

(趣旨)

第 1 条 この規程は、東京理科大学(以下「大学」という。)において学校法人東京理科大学産学官連携ポリシーに基づく学外との共同研究契約の取扱いに関し、基本事項を定めるものとする。

(定義等)

第 2 条 この規程において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

- (1) 「共同研究」とは、次号に定める教員が学外の国又は地方公共団体、民間企業等から原則として第 13 条において共同研究費と定義される経費を受け入れて共通の研究課題について共同して行う研究をいう。
- (2) 「教員」とは、学校法人東京理科大学業務規程(平成 13 年規程第 6 号)第 3 条第 1 項第 1 号に定める教育職員及び大学の嘱託教員(専任扱)をいうものとする。
- (3) 「共同研究機関」とは、第 1 号に定める研究を学校法人東京理科大学(以下「法人」という。)と共同して行う法人以外の機関をいう。
- (4) 「研究担当責任者」とは、法人が分担する共同研究を統括する教員をいう。ただし、助教については当該所属する研究室の指導教員の承認を得た場合を除き、研究担当責任者になることはできない。
- (5) 前号の規定にかかわらず、理事長又は大学の学長(以下「学長」という。)の許可を得た者は、研究担当責任者となることができる。

- (6) 「共同研究員」とは、共同研究機関において現に研究業務に従事しており、共同研究のための当該共同研究機関に在職のまま大学の研究場所に派遣される研究員をいう。

(共同研究の実施基準)

第3条 共同研究は、次の各号のいずれにも該当する場合において、実施することができる。

- (1) 当該共同研究を実施することが、大学にとって教育・研究上有意義であり、かつ、その共同研究の成果の社会への還元が期待されるものであること。
- (2) 当該共同研究の実施が大学の教育・研究に支障を生じさせると認められないこと。

2 前項各号のいずれにも該当するか否かの決裁は、次条に定める手続に従い学長が行う。

(承認願の提出)

第4条 教員が共同研究を実施する場合においては、当該共同研究の研究担当責任者は、別に定める共同研究承認願(以下「承認願」という。)を作成し承認を得るものとする。

2 研究担当責任者は、前項の承認願を提出するに先立ち、法人に対し共同研究を実施する旨の共同研究機関の明確な意思を確認するものとする。

3 外国の機関と共同研究を実施しようとする場合には、第1項の承認願を作成するに先立って、東京理科大学安全保障輸出管理規程(平成31年規程第5号)第8条に規定する安全保障輸出管理に係る事前確認を行わなければならない。(日本国内の機関との共同研究であって、当該共同研究において研究成果又は研究内容に関する情報を、当該機関が何らかの関係を有する外国の機関に対して提供することについてあらかじめ知り得ている場合を含む。)

(承認願の承認)

第5条 学長は、前条の規定に従い提出された承認願について第3条に定める共同研究の実施基準に適合すること及びその他の状況を確認の上、承認の是非を決定する。

(公的研究費への応募の特則)

第6条 研究担当責任者は、公的研究費への応募を行おうとする場合で、学長又は理事長名の申請書の提出を必要とするときは、事前に別に定める公的研究費申請願を作成し、学長又は理事長の承認を得るものとする。

2 研究担当責任者は、前項に定める承認を得ようとするときは、あらかじめ応募書類の記載内容が当該公的研究費募集要項、学内諸規程等に抵触するか否かについて確認するものとする。

(契約書締結の原則)

第7条 第5条の規定により共同研究の受入れを決定したときは、理事長は当該共同研究機関との間に共同研究に係る契約書を締結するものとする。

(共同研究員の服務)

第 8 条 共同研究員の服務については、特に学長の許可を得た場合を除き、教員の例による。

(契約業務の開始)

第 9 条 第 25 条に定められた契約締結に係る業務を行う部署(以下「契約担当部署」という。)は、第 5 条の定めに従い決裁された承認願の趣旨を踏まえ契約書の立案、契約交渉、法人内の決裁を得るための原議書の起案等の契約業務を行う。

(原議書の決裁及び契約締結者)

第 10 条 前条に規定する契約締結に関する原議書は、あらかじめ関係する部署等の同意及び確認を得るものとする。

2 前項に規定する契約締結に関する決裁者及び契約締結者は、法人の定める学校法人東京理科大学文書決裁に係る専決及び職務権限の委任に関する規程(平成 20 年規程第 41 号)に基づくものとする。

(契約書の基本)

第 11 条 共同研究契約書は、この規程の定めを基本として共同研究機関との間で取り決めるものとする。

2 前項の規定にかかわらず、この規程に定める条件と異なる条件で契約を締結せざるを得ない場合には、原議書にその旨を明記した上で決裁を受けなければならない。

3 契約担当部署は、この規程の規定に基づき適切な共同研究契約書サンプルを作成し、契約書の円滑な締結を図るものとする。

(契約書の遵守及び実施の責任)

第 12 条 研究担当責任者は、前条に従い締結した契約書の諸条件を誠実に遵守するとともに、関係法令等に抵触しないよう責任を持って共同研究機関との間で共同研究を実施しなければならない。

(共同研究に要する経費)

第 13 条 共同研究を遂行するために法人に発生する次の各号に規定する経費(以下「共同研究費」という。)については、法人は共同研究機関に負担させなければならない。

(1) 謝金、旅費、研究支援者等の人件費、消耗品費、設備備品費、研究料等の共同研究の遂行に直接必要な経費(以下「直接経費」という。)

ただし、理事長が特に必要と認める場合においては、直接経費の全部又は一部を徴収せず、法人が負担することができる。

(2) 当該研究の遂行に関連し直接経費以外に必要となる経費で、光熱水費並びに施設設備の維持管理、事務管理等に係る経費等として法人に納入する額(以下「間接経費」という。)

- 2 前項に規定する共同研究費は、原則としてその全額を一括して契約書締結後、速やかに共同研究機関から徴収しなければならない。

(間接経費の額)

第 13 条の 2 間接経費の額は、直接経費の 15%に当たる額とする。

- 2 前項の規定にかかわらず、競争的資金に係る間接経費については、原則として直接経費の 30%に当たる額とし、競争的資金等以外の公的研究費に係る間接経費については、当該公的研究費を配分する機関が定めるところによる。この場合において、特に定めがないときは、直接経費の 30%に当たる額とする。
- 3 前 2 項の規定にかかわらず、理事長が特に必要と認める場合においては、間接経費の額を変更することができる。

(施設、設備、備品等の使用等)

第 14 条 法人は、法人の施設、設備、備品等を共同研究の用に供するものとする。

- 2 共同研究の遂行上必要な場合で、理事長が特に認めたものについては、共同研究機関の所有する特定の設備及び備品(以下「設備等」という。)を大学の研究場所に無償で受け入れることができる。

なお、大学の研究場所への搬入及びその返還のための当該研究場所からの搬出に関する費用は当該共同研究機関の負担とする。

- 3 前項の規定による受入れが困難な場合は、学長が特に認めたものについては、大学の研究員を共同研究上必要な限度内で当該共同研究機関の施設に派遣し当該設備等を使用して研究を行わせることができる。

なお、研究担当責任者は、原則として第 4 条に定める承認願にその旨を記載して学長の決裁を得なければならない。

(共同研究費により取得した設備等の帰属)

第 15 条 第 13 条第 1 項第 1 号に規定する直接経費により法人が取得した設備等は、法人に帰属するものとする。

(共同研究の中止、停止及び期間の延長)

第 16 条 天災その他研究遂行上やむを得ない理由がある場合においては、法人は共同研究機関と協議し、共同研究機関の同意を得て当該共同研究を中止若しくは停止し、又は研究期間を延長することができる。

(共同研究の中止等に伴う経費の返還等の取扱い)

第 17 条 前条の規定により共同研究を中止した場合で、第 13 条第 1 項第 1 号の規定により納付された直接経費の額に不用が生じたときは、法人は、不用となった額の範囲内でその全部又は一部を共同研究機関に返還することができる。

- 2 共同研究が完了し、又は中止したときは、法人は、第 14 条第 2 項の規定により共同研究機関から受け入れた設備等を共同研究の完了又は中止時の状態で当該共同研究機関に返還しなければならない。

(共同研究費の収納、配付方法等)

第 18 条 共同研究費は、法人会計において収納され、間接経費額を控除した後に研究担当責任者に直接経費相当額が予算配付される。

- 2 前項に規定する予算配付を受けた研究担当責任者は、法人が別途定めるところに従い配付された直接経費の管理、使用等を行わなければならない。

(収支決算報告)

第 19 条 研究担当責任者は、共同研究完了又は中止後、必要に応じて、別に定める共同研究収支決算報告書を作成し、理事長に提出しなければならない。

(共同研究完了報告)

第 20 条 研究担当責任者は、共同研究を完了したときは、必要に応じて、別に定める共同研究完了報告書を理事長及び学長に速やかに提出しなければならない。

(研究成果の取扱い)

第 21 条 共同研究の結果生じた研究成果(発明等及び当該発明等に基づく知的財産権を含む。)の帰属、出願等の経費、共同研究機関での実施、第三者への実施許諾等の取扱いについては、共同研究に対する法人及び研究担当責任者の貢献、大学の使命等を考慮した上で、適切に共同研究機関との間に取り決めなければならない。

- 2 前項に規定する取扱いの詳細については、別に定める。

(機密保持)

第 22 条 法人は、共同研究機関から開示された秘密情報について、その機密を保持するために適切な措置をとらなければならない。

- 2 法人の秘密情報を共同研究機関に開示する場合には、共同研究機関に対して適切な機密保持義務を課した上で開示しなければならない。
- 3 研究担当責任者は、前 2 項の機密保持を遵守して当該共同研究を遂行する責務を負う。

(研究成果の公表)

第 23 条 法人の担っている社会的使命にかんがみ、共同研究の成果は、原則公表しなければならない。

- 2 前項に規定する研究成果の公表の時期及び方法については、法人及び共同研究機関との協議の上、決定するものとする。

- 3 研究担当責任者は、研究成果の公表にあたっては、前条に規定する機密保持義務を確認しなければならない。

(適用除外)

第 24 条 共同研究機関が外国又は公共の研究機関である場合においては、この規程の一部を適用しないことができる。

(業務処理)

第 25 条 共同研究に関する業務処理は、次のとおりとする。

- (1) 契約に関する業務は、東京理科大学研究戦略・産学連携センターにおいて行う。
- (2) 共同研究費の収納及び配付に関する事務は、財務部財務課において処理する。
- (3) 共同研究の円滑な運用を図るための事務は、当該共同研究を実施する学部、研究科、研究所、研究推進機構等に係る事務課等において処理する。
- (4) 共同研究に係る経費執行に関する事務は、研究担当責任者の所属する学部事務課等にて処理する。ただし、共同研究機関が公的機関の場合は、学校法人東京理科大学公的研究費管理規程(平成 19 年規程第 142 号)別表 2 に規定する担当部署にて処理する。

附 則

(施行期日)

- 1 この規程は、平成 21 年 4 月 1 日から施行する。

(規程の廃止)

- 2 学校法人東京理科大学共同研究取扱規程(平成 15 年規程第 219 号)は、廃止する。

(経過措置)

- 3 この規程の施行日前に締結された共同研究の取扱いについては、なお従前の例による。

附 則

(施行期日)

- 1 この規程は、平成 24 年 4 月 1 日から施行する。

(経過措置)

- 2 第 13 条の 2 の規定にかかわらず、理事長が特に認める場合においては、平成 24 年 3 月 31 日以前より継続している共同研究における間接経費の額は、契約締結時に定めた割合で算出することができる。

附 則

この規程は、平成 25 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、平成 26 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、平成 26 年 6 月 21 日から施行し、平成 26 年 4 月 1 日から適用する。

附 則

この規程は、平成 27 年 8 月 6 日から施行し、平成 27 年 4 月 1 日から適用する。

附 則

この規程は、平成 28 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、平成 29 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、平成 30 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、平成 31 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、令和 3 年 4 月 1 日から施行する。

## ○東京理科大学総合研究院共創プロジェクト規程

令和3年3月3日

規程第12号

改正 令和3年12月20日規程第153号

### (趣旨)

第1条 この規程は、東京理科大学総合研究院規程(平成17年規程第68号)第3条の4第2項の規定に基づき、東京理科大学総合研究院共創プロジェクト(以下「共創プロジェクト」という。)に関し必要な事項を定めるものとする。

2 この規程における用語の定義は、本規程に定めるもののほか、学校法人東京理科大学共同研究契約取扱規程(平成21年規程第7号。以下「共同研究契約規程」という。)第2条に定めるところによる。

### (目的)

第2条 共創プロジェクトは、東京理科大学(以下「本学」という。)の教員が実施する共同研究のうち、社会課題の解決に対し、特段に貢献できると認められるものについて、その研究成果や知見を学内外へ発信することにより、本学と社会による新たな価値の共創の推進に寄与することを目的とする。

### (共創プロジェクトの要件)

第3条 前条の目的を達成するため、次の各号に掲げる要件を全て満たす共同研究を共創プロジェクトとして指定し、東京理科大学総合研究院(以下「総合研究院」という。)に置く。

- (1) 本学において既に実施している共同研究又は共同研究契約規程第3条に定める共同研究の実施基準を満たす研究であること。
- (2) 本学の教員が研究担当責任者となって実施する外部資金による共同研究であること。
- (3) 原則として、共同研究費の年間予算規模が間接経費を含め2,500万円以上であること。
- (4) 共同研究の契約期間が3年以上であること。
- (5) 「知の共創」と呼ぶべき研究活動の実施計画を有すること。

2 共創プロジェクトの指定期間は、原則として1期3年とする。

3 共創プロジェクトは、実施する共同研究の名称、研究内容等について、本学及び共同研究機関の双方の合意の範囲で公表する。

### (指定の申請)

第4条 共創プロジェクトの指定を希望する共同研究の研究担当責任者(以下「プロジェクト責任者」という。)は、共同研究契約規程第4条及び第5条に定める共同研究の承認の完了を確認の上、別に定める申請書に研究計画書、研究業績書等を添えて、これを総合研究院長(以下「院長」と言う。)を経て、東京理科大学研究推進機構長(以下「機構長」という。)に提出するものとする。

- 2 機構長は、院長と協議のうえ審査を行い、適切と認めるときは、当該共同研究を共創プロジェクトに指定する。
- 3 前項の規定により共創プロジェクトの指定を行ったときは、機構長は、その旨を学長へ報告するものとする。

(成果の報告)

- 第 5 条 プロジェクト責任者は、年度ごとに研究プロジェクトの活動経過及び事業計画について、院長を経て、機構長に報告しなければならない。
- 2 機構長は、前項の報告を基に、院長と協議の上、当該共創プロジェクトの評価を行う。

(指定期間の更新)

- 第 6 条 共創プロジェクトに顕著な研究成果等が認められた場合は、当該共創プロジェクトの指定期間を更新することができる。
- 2 共創プロジェクトの指定期間の更新が認められた場合は、プロジェクト責任者は、第 4 条第 1 項に定める手続を行うものとする。

(指定の解除)

- 第 7 条 機構長は、共創プロジェクトがその指定期間中において次の各号のいずれかに該当する場合は、院長と協議の上、当該共創プロジェクトの指定を解除することができる。
- (1) 共同研究契約規程第 16 条の定めにより共同研究を中止したとき
  - (2) 優れた研究成果を挙げるのが著しく困難と認められたとき
  - (3) その他共創プロジェクトの指定が困難と認められたとき
- 2 機構長は、前項の規定により共創プロジェクトの指定を解除したときは、その旨を学長に報告するものとする。

(事務)

- 第 8 条 共創プロジェクトに関する事務は、野田統括部野田研究推進課において処理する。

附 則

この規程は、令和 3 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、令和 4 年 1 月 1 日から施行する。

---

2021年度版 総合研究院年報 No.39

発行日 2023年3月

編集・発行 東京理科大学 研究推進機構 総合研究院  
〒278-8510 千葉県野田市山崎2641番地  
電話 04-7124-1501(代)

---