

令和2年度

神戸大学先端融合研究環
統合研究領域
実績報告書

神戸大学先端融合研究環

目 次

<研究プロジェクトの名称>

○統合バイオリファイナリー研究プロジェクト・・・・・・・・・・・・・・・・	1
○先端膜工学研究プロジェクト・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3 5
○惑星科学国際教育研究プロジェクト・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5 1
○次世代サブサーフェスイメージングシステム・・・・・・・・・・・・・・	6 8
○マルチスケール計算生物学研究プロジェクト・・・・・・・・・・・・・・	7 8
○神経回路網シミュレーションモデル研究プロジェクト・・・・・・・・・・	8 4

様式（年次報告書）

令和 3年 5月 7日

令和2年度研究プロジェクト年次報告書

1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称	統合バイオリファイナリー研究		
研究代表者 部局・専攻・氏名	科学技術イノベーション研究科・近藤昭彦		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金	113,680 千円,	受託研究経費 650,786 千円
	奨学寄附金	8,130 千円,	共同研究経費 50,572 千円
特許出願件数	21 件,	論文発表件数	111 件,
		著書数	9 件

2. 構成員とその役割分担

氏名	部局・専攻	役割分担
近藤 昭彦	科学技術イノベーション研究科	総括
吉田 健一	科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻	グラム陽性菌の細胞工場開発
荻野 千秋	工学研究科・応用化学専攻	バイオマス前処理、微生物育種
蓮沼 誠久	科学技術イノベーション研究科	バイオマス前処理、微生物育種
山地 秀樹	工学研究科・応用化学専攻	バイオプロセス
西野 孝	工学研究科・応用化学専攻	バイオマテリアル評価
森 敦紀	先端膜工学研究センター・膜材料合成化学研究部門	バイオマス材料の化学変換
松山 秀人	工学研究科・応用化学専攻	バイオ生産物精製用多孔膜の設計
大村 直人	工学研究科・応用化学専攻	バイオマス前処理、攪拌操作
西山 覚	工学研究科・応用化学専攻	MOF を用いた水素移行反応評価
田中 勉	工学研究科・応用化学専攻	微生物育種
丸山 達生	工学研究科・応用化学専攻	生物資源を用いたバイオマテリアル創製

神尾 英治	工学研究科・応用化学専攻	バイオ生産物精製用多孔膜の作製
石井 純	科学技術イノベーション研究科	微生物細胞工場の開発
石川 周	科学技術イノベーション研究科	微生物細胞工場の開発
芦田 均	農学研究科・生命機能科学専攻	食品因子の機能性評価
大澤 朗	農学研究科・生命機能科学専攻	腸管内の食品因子と細菌叢の動態
水野 雅史	農学研究科・生命機能科学専攻	腸管を介した食品因子の生理機能
今石 浩正	バイオシグナル総合研究センター	バイオテクノロジー
金丸 研吾	農学研究科・生命機能科学専攻	植物生育促進物質の分子機構
山崎 将紀	農学研究科・資源生命科学専攻	バイオマス利用のイネ遺伝育種
橋本 堂史	農学研究科・生命機能科学専攻	非栄養素の体内動態と機能性評価
上曾山 博	農学研究科・資源生命科学専攻	飼料素材の機能性評価
竹中 慎治	農学研究科・生命機能科学専攻	新規微生物酵素の検索と特性解析
本田 和久	農学研究科・資源生命科学専攻	飼料素材の機能性評価
富永 圭介	分子フォトサイエンス研究センター	先端的分光計測手法を用いた、バイオプロダクション関連分子の測定
大西 洋	理学研究科・化学専攻	先端計測法によるソフト界面の計測評価
三村 徹郎	理学研究科・生物学専攻	植物材料作成支援、生理解析支援
林 昌彦	理学研究科・化学専攻	分離・反応プロセス
秋本 誠志	理学研究科・化学専攻	光合成初期過程の精密観測
吉田 優	医学研究科・医科学専攻	メタボローム解析

3. 研究成果の概要等について

本拠点では、バイオマス育種を含めた資源の有効活用技術を開発し、それらを用いて微生物によって目的物質を発酵生産する技術を開発する。続いてその下流の化学合成や分離精製、物質の安全性評価に至る、バイオリファイナリーを統合的な確立を行っている。以下に、各研究者及び研究グループの研究成果の概要を示す。

【蓮沼誠久】 微細藻類やシアノバクテリアを利用したバイオモノマー生産や機能性物質生産に関する技術開発に取り組んだ。また、微生物の物質生産能力を短時間で向上させるための方法論の開発に取り組んだ。

【西田敬二】 切らないゲノム編集技術としてより応用性を高めるため、特にオフターゲット効果を低減した改良を行うべく、タンパク質工学的手法により改変候補を作成、有望な候補を試験して絞り込んだ。

【田中勉】 バイオリファイナリーで重要な微生物の育種を行った。大腸菌、コリネ型細菌、酵母における代謝工学及び表層工学技術を構築し、物質生産に成功した。

【山地秀樹】 バイオリファイナリーにおける利用を視野に入れ、微生物細胞や昆虫細胞を用いた有用物質の高生産技術・プロセスの開発に取り組んでいる。本年度は、インフルエンザウイルスの2種の表面タンパク質の遺伝子を発現する組換え昆虫細胞を作製し、インフルエンザウイルス様粒子を高分泌生産することに成功した。

【森敦紀】 バイオマス由来の糖類から容易に変換可能である物質、フルフラールを原料としてポリアミドの合成に成功した。遷移金属触媒を用いるカップリング反応を利用することで得られるフラン化合物の二量体をモノマーとし、種々の1, ω -ジアミンと重縮合し、フラン系ポリエステルに比べ高融点な高分子を得た。また、フラン誘導体とベンザインを反応させることでバイオ由来のフラン骨格を、石油由来のナフタレン骨格へと変換する方法を開発した。

【丸山達生】 神戸大学が得意とする分離膜分野において、タンパク質分子種を識別する膜を開発した。遺伝子組み換えにより様々なタンパク質がテラーメイドで作製可能になったため、ペプチド性タグをつけたタンパク質を簡便にかつ選択的に分離可能な高分子多孔膜を開発した。特に、高分子多孔膜表面に反応性官能基を提示させることにより、製膜後に狙い通りに膜を機能化する手法を開発したことに意義がある。これにより膜の基本性能を維持したまま、分子式別納を付与できるようになった。

【神尾英治】 バイオプロセスにより生産された有用物質を培養液から効率良く分離回収するための膜濃縮法として、正浸透膜による分離回収、濃縮プロセスに関する検討を行った。駆動溶液として温度変化により LCST 型液-液相分離特性を示すイオン液体水溶液に着目し、その浸透圧は高温ほど低いことを明らかにし、低温での分離濃縮操作と高温での駆動溶液再生操作を行うことで正浸透膜プロセスを効率よく運転できる可能性を示した。

【芦田均】 酵素合成グリコーゲン(ESG)の新たな機能性として、抗炎症作用、都市大気粉塵 (PM2.5) からの防御作用、ならびに紫外線防御作用について、作用機序を検討し、研究論文を公表した。また、ESG 以外の食品因子、特にポリフェノールの生体調節作用の解明を行った。フラボノイドの生活習慣病予防に関わる研究が主な研究対象である。例えば、黒大豆ポリフェノールに関しては、ヒト

試験で血管機能改善効果を見出すとともに、総説論文を公表した。

【吉田健一】 枯草菌を有用化学物質や酵素等を生産する細胞工場とする意義と展望を論ずる研究論文をオランダ・フローニンゲン大学の van Dijl 教授と国際共著で公表した。また、グラム陽性菌の接合伝達に関する英国ニューカッスルとの共同研究へ、マドリード自治大とスイス・ヌーシャテル大のグループの加えて国際コンソを編成した。一方、ダイズ根粒を増強するバチルス属細菌の研究についてタイ・スラナリー工科大学と共に国際共著論文を発表した。さらに新規の耐熱性バクテリオシンとその抵抗性遺伝子を解明して特許出願した。

【大澤朗】 日本人潰瘍性大腸炎 (UC) 患者 12 名と健常者 12 名より糞便検体を採取し、神戸大学ヒト腸内細菌叢モデル (KUHIMM) にて 30 時間の培養を行った。高速液体クロマトグラフィーにより培養液中の短鎖脂肪酸濃度を測定した。その結果米国人 UC 患者を対象とした同様の試験とは対照的に日本人の UC 患者では、Faecalibacterium 属ではなく、Roseburia 属に関連する but が減少すること観察され、これによって酪酸量の低減が引き起されるという異なる UC 病態像が示唆された。この傾向は糞便および KUHIMM に共通して認められたことから、KUHIMM が UC における特徴的遺伝子動態も再現できるという有用性も確認された。

【水野雅史】 フコイダンと同時に摂取することでアレルギー抑制効果を増強させる食品を探索した。その結果、野菜類ではネギおよびタマネギに、藻類ではノリからの抽出物に増強効果が認められた。そこで活性が認められた野菜とそうでない野菜類中の各ポリフェノール類を比較したところ、ポリフェノールカクテルの候補としてはケルセチンやケンフェロールなどのフラボノール類が見出され、それらを豊富に含んでいる豆苗やオクラが列挙された。

【今石浩正】 P450 酵素を用いた新たなバイオマーカーを開発し、それらを知財化した。

【金丸研吾】 植物バイオマスの増産に資する特定物質について、生育阻害の抑制又は緩和効果、とくに酸化ストレス緩和剤としての有用性を生化学・分子生物学的に示し、特許申請した。

【山崎将紀】 稲わらを使ったバイオリファイナリーと食料生産を両立するイネ新系統「神大 5」が育成できた。篤農家での試験栽培も開始し、コメの高収量とバイオマス高生産性が確認できた。引き続き栽培技術の向上と年次変動を確認し、品種登録を目指していく。

【富永圭介】 サブテラヘルツ帯 (30~400 GHz) の複素誘電率を測定することができる時間領域分光装置を製作した。電磁波の発生・検出を行う光伝導アンテナにおいてストリップラインの間隔が広いものを選び、また電磁波の集光等に用いる光学系のサイズを大きくすることによりこれを実現した。この装置を用いて種々の樹脂のサブテラヘルツ帯のスペクトルを測定しデータベース化した。

【大西洋】 島津製作所が上市した SPM-8000FM 顕微鏡装置は JST 産学イノベーション加速事業【先端計測分析技術・機器開発】(2005-2010 年) の成果であり、カンチレバー振動共振の Q 値が低い液中環境において世界最高の力分解能 (10 ピコニュートン) を発揮する原子間力顕微鏡である。当該顕微鏡を用いて潤滑油界面・酸化チタン結晶・コロイド溶液に関連した界面の力学応答を 0.1 nm の空間分解能と 10 ピコニュートンの力分解能で実験計測し、統計力学的に解釈するノウハウを収集した。

【秋本誠志】 鉄欠乏状態にあるシアノバクテリアで見られるタンパク質 (IsiA) と光化学系 I の超複合体の構造を明らかにし、時間分解蛍光分光法により超複

合体中での励起エネルギー移動過程を調べた。IsiA が選択的な発現制御機構を持ち、光合成光化学反応に必要な励起エネルギー供給を担っていることを明らかにした。シアノバクテリアの超強光ストレス耐性株を指向性進化実験によって獲得し、この細胞が強光ストレス環境下で生育するための鍵因子を世界で初めて明らかにした。

【大村直人】本研究では、二種類の大型攪拌翼を用いて、油滴分散相を有するバイオプロセスにおいて、攪拌が培養特性にどのような影響を及ぼすかを調べた。その結果、攪拌による剪断力が強い方が、気泡径および、油相の液滴径が小さくなり、気液、液液界面積が増大することで、物質移動が促進されるため、良好な培養特性が得られることがわかった。

【橋本堂史】遊離アミノ酸（タンパク質を構成しないアミノ酸）であるオルニチンの体内動態についてマウスを用いて検討した。またオルニチンが、培養細胞レベルで肝細胞への脂肪蓄積を抑制することを明らかにした。

【西野孝】本研究グループでは、高分子材料の中でも、生分解性やバイオマス由来の原料から製造される結晶性高分子の潜在的力学物性評価に取り組んでいる。令和2年度では、超臨界二酸化炭素中でのポリビニルアルコールへの生分解性側鎖の選択的修飾に取り組んできた。結果、ポリビニルアルコールの非晶領域にのみ、生分解性側鎖が導入され、結晶領域が保持された生分解性側鎖変性ポリビニルアルコールを合成することに成功した。本年度は、6件の学術論文発表、4件の総説・著書、8件の招待講演を受けるとともに、学会などにおいて36件の発表をしている。さらに1件の受賞を受け、SIP、未来社会 創造事業、NEDOなどの外部資金も獲得している。

【上曾山 博】液状のエコフィードを給与するシステムを開発するための一環として、含水飼料の給与が肉用鶏の成長成績に及ぼす影響について調べ、その成長促進効果が飼料摂取量の増加に基づくこと、雌雄ともに認められることを明らかにした。

【本田 和久】肉用鶏の免疫能を高める飼料素材を開発するための一環として、乳酸菌（死菌）の給与が肉用鶏の成長成績と免疫関連遺伝子の発現に及ぼす影響について調べ、その給与が消化管におけるIL-1 β の発現を誘導することを明らかにした。

【佐々木大介】ヒト腸内細菌叢モデルの培養液を使用した嫌気的分離培養方法を考案し、実際に集積培養およびロールチューブ法による分離を行なった。短鎖脂肪酸の産生細菌をターゲットにした分離を行なったところ、詳細な機能性は未評価であるが Bacteroidetes 門や Firmicutes 門に属する菌株をいくつか取得することができた。

【石井純】目的代謝物の高生産を可能とするために、遺伝子発現を緻密に制御できる人工酵母細胞をつくりだすための基盤技術開発を進めた。本年度は、酵母の遺伝子スイッチを人工的に作りだす新たな手法を開発した論文が英国科学誌 Nature Communications に掲載された。また、ピキア酵母においてターミネーター配列が RNA 安定性と遺伝子発現量を制御していることを発見した論文が英国科学誌 Nucleic Acids Research に掲載された。

4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

論文名 : Concentration of lipase from *Aspergillus oryzae* expressing *Fusarium heterosporum* by nanofiltration to enhance transesterification

著者名 : Wijaya, H., Sasaki, K., Kahar, P., Quayson, E., Rachmadona, N., Amoah, J., Hama, S., Ogino, C., **Kondo, A.**

掲載誌, 巻, ページ : Processes, 8(4), 450, 2020

論文名 : *Bacillus coagulans* SANK 70528 suppresses *Enterobacteriaceae* in the microbiota of ulcerative colitis *in vitro* and enhances butyrogenesis in healthy microbiota

著者名 : Sasaki, K., Sasaki, D., Inoue, J., Hoshi, N., Maeda, T., Yamada, R., **Kondo, A.**

掲載誌, 巻, ページ : Applied Microbiology and Biotechnology, 104(9), 3859-3867, 2020

論文名 : Effective bifidogenic growth factors cyclo-Val-Leu and cyclo-Val-Ile produced by *Bacillus subtilis* C-3102 in the human colonic microbiota model

著者名 : Hatanaka, M., Morita, H., Aoyagi, Y., Sasaki, K., Sasaki, D., **Kondo, A.**, Nakamura, T.

掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 10, 7591, 2020

論文名 : High enzymatic recovery and purification of xylooligosaccharides from empty fruit bunch via nanofiltration

著者名 : Wijaya H., Sasaki, K., Kahar, P., Rahmani, N., Hermiati, E., Yopi, Ogino, C., Prasetya, B., **Kondo, A.**

掲載誌, 巻, ページ : Processes, 8, 619, 2020

論文名 : Sequentially addressable dielectrophoretic array for high-throughput sorting of large-volume biological compartments

著者名 : Isozaki, A., Nakagawa, Y., Loo, MH., Shibata, Y., Tanaka, N., Setyaningrum, DL., Park, JW., Shirasaki, Y., Mikami, H., Huang, D., Tsoi, H., Riche, CT., Ota, T., Miwa, H., Kanda, Y., Ito, T., Yamada, K., Iwata, O., Suzuki, K., Ohnuki, S., Ohya, Y., Kato, Y., **Hasunuma, T.**, Matsusaka, S., Yamagishi, M., Yazawa, M., Uemura, S., Nagasawa, K., Watarai, H., Di Carlo, D., Goda, K.

掲載誌, 巻, ページ : Science Advances, 6(22), eaba6712, 2020

論文名 : *In vitro* human colonic microbiota utilises D- β -hydroxybutyrate to increase butyrogenesis

著者名 : Sasaki, K., Sasaki, D., Hannya, A., Tsubota, J., **Kondo, A.**

掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 10, 8516, 2020

論文名 : Optimizing real swine wastewater treatment efficiency and carbohydrate productivity of newly microalga *Chlamydomonas* sp. QWY37 used for cell-displayed bioethanol production

著者名 : Qu, W., Show, PL., **Hasunuma, T.**, Ho, S. H.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 305, 123072, 2020

論文名 : Simultaneous increases in the levels of compatible solutes by cost - effective cultivation of *Synechocystis* sp. PCC 6803

著者名 : Iijima, H., Watanabe, A., Sukigara, H., Shirai, T., **Kondo, A.**, Osanai, T.

掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology and Bioengineering, 117(6), 1649-1660, 2020

論文名 : Metabolic engineering of *E. coli* for improving mevalonate production to promote NADPH regeneration and enhance acetyl-CoA supply

著者名 : Satowa, D., Fujiwara, R., Uchio, S., Nakano, M., Otomo, C., Hirata, T., Matsumoto, T., Noda, S., Tanaka, T., **Kondo, A.**

掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology and Bioengineering, 117(7), 2153-2164, 2020

論文名 : Base editors for simultaneous introduction of C-to-T and A-to-G mutations

著者名 : Sakata, R.C., Ishiguro, S., Mori, H., Tanaka, M., Tastuno, K., Ueda, H., Yamamoto, S., Seki, M., Masuyama, N., Nishida, N., Nishimasu, H., Arakawa, K., **Kondo, A.**, Nureki, O., Tomita, M., Aburatani, H., Yachie, N.

掲載誌, 巻, ページ : Nature Biotechnology, 38(7), 865-869, 2020

- 論文名 : Case study on the environmental monitoring for biological manufacturing using Time-lapse Shadow Image Analysis
 著者名 : Narutaki, S., Lee, I., Sugawara, Y., Akada, K., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Biologicals, 66, 1-8, 2020
- 論文名 : Optimal ratio of carbon flux between glycolysis and the pentose phosphate pathway for amino acid accumulation in *Corynebacterium glutamicum*
 著者名 : Murai, K., Sasaki, D., Kobayashi, S., Yamaguchi, A., Uchikura, H., Shirai, T., Sasaki, K., **Kondo, A.**, Tsuge, Y.
 掲載誌, 巻, ページ : ACS Synthetic Biology, 9(7), 1615-1622, 2020
- 論文名 : A possible beneficial effect of *Bacteroides* on faecal lipopolysaccharide activity and cardiovascular diseases
 著者名 : Yoshida, N., Yamashita, T., Kishino, S., Watanabe, H., Sasaki, K., Sasaki, D., Tabata, T., Sugiyama, Y., Kitamura, N., Saito, Y., Emoto, T., Hayashi, T., Takahashi, T., Shinohara, M., Osawa, R., **Kondo, A.**, Yamada, T., Ogawa, J., Hirata, K.
 掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 10(1), 13009, 2020
- 論文名 : Complete and draft genome sequences of amino acid producing *Corynebacterium glutamicum* strains ATCC 21799 and ATCC 31831 and their genomic islands
 著者名 : Kawaguchi, H., Sazuka, T., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Microbiology Resource Announcements, 9(32), e00430-20, 2020
- 論文名 : Metabolic engineering of shikimic acid-producing *Corynebacterium glutamicum* from glucose and cellobiose retaining its phosphotransferase system function and pyruvate kinase activities
 著者名 : Sato, N., Kishida, M., Nakano, M., Hirata, Y., Tanaka, T.
 掲載誌, 巻, ページ : Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 8, 569406, 2020
- 論文名 : Pyruvate metabolism redirection for biological production of commodity chemicals in aerobic fungus *Aspergillus oryzae*,
 著者名 : Zhang, S., Wakai, S., Sasakura, N., Tsutsumi, H., Hata, Y., Ogino, C., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Metabolic Engineering, 61, 225-237, 2020
- 論文名 : *In vivo* evaluation of the Z_{HER2}-BNC/LP carrier encapsulating an anticancer drug and a radiosensitizer
 著者名 : Nishimura, Y., Ezawa, R., Morita, K., Nakayama, M., **Ishii, J.**, Sasaki, R., Ogino, C., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : ACS Applied Bio Materials, 3(11), 7743-7751, 2020
- 論文名 : Glycosidic linkage structures influence dietary fiber fermentability and propionate production by human colonic microbiota *in vitro*
 著者名 : Sasaki, D., Sasaki, K., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology Journal, 15(10), 1900523, 2020 Cover Picture.
- 論文名 : Prebiotic effects of yeast mannan, which selectively promotes *Bacteroides thetaiotaomicron* and *Bacteroides ovatus* in a human colonic microbiota model
 著者名 : Oba, S., Sunagawa, T., Tanihiro, R., Awashima, K., Sugiyama, H., Odani, T., Nakamura, Y., **Kondo, A.**, Sasaki, D., Sasaki, K.
 掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 10(1), 17351, 2020
- 論文名 : Valorization of palm biomass waste into carbon matrices for the immobilization of recombinant *Fusarium heterosporum* lipase towards palm biodiesel synthesis
 著者名 : Quayson, E., Amoah, J., Rachmadona, N., Morita, K., Darkwah, L., Hama, S., Yoshida, A., **Kondo, A.**, Ogino, C.
 掲載誌, 巻, ページ : Biomass and Bioenergy, 142, 105768, 2020
- 論文名 : Multiple gene substitution by Target-AID base-editing technology in tomato
 著者名 : Uunziker, J., Nishida, K., **Kondo, A.**, Kishimoto, S., Ariizumi, T., Ezura, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 10(1), 20471, 2020

- 論文名 : Consolidated bioprocessing of corn cob-derived hemicellulose: engineered industrial *Saccharomyces cerevisiae* as efficient whole cell biocatalysts
 著者名 : Cunha, JT., Romani, A., Inokuma, K., Johansson, B., **Hasunuma, T., Kondo, A.,** Domingues, L.
 掲載誌, 巻, ページ : *Biotechnology for Biofuel*, 13(1), 1-15, 2020
- 論文名 : Immobilized lipases for biodiesel production: Current and future greening opportunities
 著者名 : Quayson, E., Amoah, J., Hama, S., **Kondo, A.,** Ogino, C.
 掲載誌, 巻, ページ : *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110355, 2020
- 論文名 : Exchange of endogenous and heterogeneous yeast terminators in *Pichia pastoris* to tune mRNA stability and gene expression
 著者名 : Ito, Y., Terai, G., Ishigami, M., Hashiba, N., Nakamura, Y., Bamba, T., Kumokita, R., **Hasunuma, T., Asai, K., Ishii, J., Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : *Nucleic Acids Research*, 48(22), 13000-13012, 2020
- 論文名 : Photoprotection mechanisms under different CO₂ regimes during photosynthesis in a green alga *Chlorella variabilis*
 著者名 : Ueno, Y., Shimakawa, G., Aikawa, S., Miyake, C., **Akimoto, S.**
 掲載誌, 巻, ページ : *Photosynthesis Research*, 144, 397-407, 2020
- 論文名 : Structure of a cyanobacterial photosystem I surrounded by octadecameric IsiA antenna proteins
 著者名 : Akita, F., Nagao, R., Kato, K., Nakajima, Y., Yokono, M., Ueno, Y., Suzuki, T., Dohmae, N., Shen, J. R. **Akimoto, S.,** Miyazaki, N.
 掲載誌, 巻, ページ : *Communications Biology*, 3, 232, 2020
- 論文名 : Structural basis for assembly and function of a diatom photosystem I-light-harvesting supercomplex
 著者名 : Nagao, R., Kato, K., Ifuku, K., Suzuki, T., Kumazawa, M., Uchiyama, I., Kashino, Y., Dohmae, N., **Akimoto, S.,** Shen, J. R. Miyazaki, N., Akita, F.
 掲載誌, 巻, ページ : *Nature Communications*, 11, 2481, 2020
- 論文名 : Acidic pH-induced modification of excitation energy transfer in diatom fucoxanthin chlorophyll *a/c*-binding proteins
 著者名 : Nagao, R., Yokono, M., Ueno, Y., Shen, J. R., **Akimoto, S.**
 掲載誌, 巻, ページ : *The Journal of Physical Chemistry B*, 124, 4919-4923, 2020
- 論文名 : Complete Genome Sequence of a Thermophilic Bacterium *Aeribacillus pallidus* PI8
 著者名 : Kita, K., Ishida, A., Tanaka, K., Ishikawa, S., Yoshida, K.
 掲載誌, 巻, ページ : *Microbiology Resource Announcements*, 9(17), e00224-20, 2020
- 論文名 : Engineering *Bacillus subtilis* cells as factories: enzyme secretion and value-added chemical production
 著者名 : Yoshida, K., Van Dijl, J. M.
 掲載誌, 巻, ページ : *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 25, 872-885, 2020
- 論文名 : Co-inoculation of *Bacillus velezensis* strain S141 and *Bradyrhizobium* strains promotes nodule growth and nitrogen fixation
 著者名 : Sibponkrung, S., Kondo, T., Tanaka, K., Tittabutr, P., Boonkerd, N., Yoshida, K., Teamroong, N.
 掲載誌, 巻, ページ : *Microorganisms*, 7, 8(5), 678, 2020
- 論文名 : Complete genome sequence of nitrogen-fixing *Paenibacillus* sp. strain URB8-2, isolated from the rhizosphere of wild grass.
 著者名 : Kita, K., Ishikawa, S., Yoshida, K.
 掲載誌, 巻, ページ : *Microbiology Resource Announcements*, 9(36), e00814-20, 2020
- 論文名 : Transient Kinetics of O₂ Evolution in Photocatalytic Water-Splitting Reaction

- 著者名 : Kosaka, T., Teduka, Y., Ogura, T., Zhou, Y., Hisatomi, T., Nishiyama, H., Domen, K., Takahashi, Y., **Onishi, H.**
 掲載誌, 巻, ページ : ACS Catalysis, 10, 13159-13164, 2020
- 論文名 : Dopant Site in Indium-Doped SrTiO₃ Photocatalysts
 著者名 : Sudrajat, H., Fadlallah, M., Tao, S., Kitta, M., Ichikuni, N., **Onishi, H.**
 掲載誌, 巻, ページ : Physical Chemistry Chemical Physics, 22, 19178-19187, 2020
- 論文名 : Water Splitting Activity of La-Doped NaTaO₃ Photocatalysts Sensitive to Spatial Distribution of Dopants
 著者名 : Sudrajat, H., Kitta, M., Ito, R., Nagai, S., Yoshida, T., Katoh, R., Ohtani, B., Ichikuni, N., **Onishi, H.**
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Physical Chemistry C, 124, 15285–15294, 2020
- 論文名 : Intracellular self-assembly of supramolecular gelators to selectively kill cells of interest.
 著者名 : **Maruyama, T.**, Restu, W. K.
 掲載誌, 巻, ページ : Polymer Journal, 52, 883-889, 2020
- 論文名 : Hydrogel Formation by Short D-peptide for Cell-culture Scaffolds.
 著者名 : Restu, W. K., Yamamoto, S., Nishida, Y., Ienaga, H., Aoi, T., **Maruyama, T.**
 掲載誌, 巻, ページ : Materials Science and Engineering: C, 111, 110746, 2020
- 論文名 : Computer-aided Semi-empirical Model of Interphase Mass and Enthalpy Transfer in a Packed Column Distillation Process
 著者名 : Nishimura, G., Kataoka, K., Noda, H., Ohmura, N.
 掲載誌, 巻, ページ : Computer Aided Chemical Engineering, 48, 1-6, 2020
- 論文名 : Impacts of the Surfactant Concentration on the Sedimentation Characteristics of Silica Hard-Shell Microcapsules Containing Phase Change Materials
 著者名 : Usa, D., Hidema, R., Komoda, Y., Horie, T., **Taniya, K.**, **Ichihashi, Y.**, Ohmura, N., Nishiyama, S., Asano, H., Suzuki, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 53(8), 431 – 437, 2020
- 論文名 : Experimental study on mass transfer in a packed distillation column
 著者名 : Nishimura, G., Kataoka, K., Noda, H., Yamaji, H., Ohmura, N.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 53(8), 402-408, 2020
- 論文名 : Gas Absorption Enhancement of Slug Flow in the Presence of Non-Porous Silica Fine Particles
 著者名 : Iwamura, Y., Horie, T., Watabe, Y., Masuda, H., Wang, S., Hirai, K., **Kumagai, N.**, **Taniya, K.**, **Ichihashi, Y.**, Komoda, Y., Ohmura, N.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 53(8), 409-413, 2020
- 論文名 : Oral administration of pineapple glucosylceramide improves defective epidermal barrier function by restoring diminished level of TGF- β in the skin
 著者名 : Oka, S., Ohto, N., Kuwahara, H., Mizuno, M.
 掲載誌, 巻, ページ : European Food Research and Technology, 246(5), 867-874, 2020
- 論文名 : Polysaccharides from *Pyropia yezoensis* f. *narawaensis* ameliorate type I hypersensitivity through the secretion of interleukin 10
 著者名 : Yonekura, Y., Ueno, H., Minato, K., Mizuno, M.
 掲載誌, 巻, ページ : Food Science and Technogy Research, 26(6), 847-854, 2020
- 論文名 : Free amino acid, phenolic, flavonoid, β -carroten, lycopene, dehydrotomatine, and α -tomatine contents of peel powders prepared from commercial cherry tomatoes
 著者名 : Friedman, M., Sakakibara, H., Mizuno, M., Kim, D-H, Kozukue, N.
 掲載誌, 巻, ページ : Current Topics in Phytochemistry, 16, 1-16, 2020
- 論文名 : Preparation and Characterization of Cellulose Nanofiber Cryogels as Oil Absorbents and Enzymatic Lipolysis Scaffolds
 著者名 : Sato, T., Mori, S., Septiyanti, M., Hongo, C., Matsumoto, T., Nishino, T.

- 掲載誌, 巻, ページ : Carbohydrate Research, 493, 108020, 2020
- 論文名 : One-step biotinylation of cellulose paper by polymer-coating to prepare a paper-based analytical device
 著者名 : Kaneko, K., Hara, M., Nishino, T., **Maruyama, T.**
 掲載誌, 巻, ページ : Analytical Chemistry, 92, 1978-1987, 2020
- 論文名 : Strong reinforcement effects of nanodiamond on mechanical and thermal properties of polyamide 66
 著者名 : Morimune-Moriya, S., Yada, S., Kuroki, N., Ito, S., Hashimoto, T., Nishino, T.
 掲載誌, 巻, ページ : Composite Science and Technology, 199, 108356-108364, 2020
- 論文名 : Structural Deformation of Elastic Polythiophene with Disiloxane Moieties under Stretching
 著者名 : Shen, J., Kashimoto, M., Matsumoto, T., Mori, A., Nishino, T.
 掲載誌, 巻, ページ : Polymer Journal, 52, 1273-1278, 2020
- 論文名 : Surface Modification and Adhesion Mechanism of *Isotactic* Polypropylene with Low Energy Electron Beam Treatments
 著者名 : Matsumoto, T., Okumura, Y., Ichimura, M., Nakamura, H., Honda, K., Shibahara, M., Hirano, T., Yamada, H., Tanaka, R., Sakai, I., Kajiwara, A., Nishino, T.
 掲載誌, 巻, ページ : Langmuir, 36, 10846-10852, 2020
- 論文名 : Butyralization of poly(vinyl alcohol) under supercritical carbon dioxide for a humidity-resistant adhesive to glass substrates
 著者名 : Matsumoto, T., Yorifuji, M., Sugiyama, Y., Nishino, T.
 掲載誌, 巻, ページ : Polymer Journal, 52, 1349-1356, 2020 Cover Picture.
- 論文名 : Enzymatically synthesized glycogen inhibited degranulation and inflammatory responses through stimulation of intestine
 著者名 : Yoshioka, Y., Inoue, M., Yoshioka, H., Kitakaze, T., Furuyashiki, T., Abe, N., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal Clinical Biochemistry and Nutrition, 67, 67-73, 2020
- 論文名 : Enzymatically synthesized glycogen protects inflammation induced by urban particulate matter in normal human epidermal keratinocytes
 著者名 : Kitakaze, T., Yoshioka, Y., Furuyashiki, T., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal Clinical Biochemistry and Nutrition, 67, 29-35, 2020
- 論文名 : Enzymatically synthesized glycogen prevents UVB-induced cell damage in normal human epidermal keratinocytes
 著者名 : Yoshioka, Y., Kitakaze, T., Mitani, T., Furuyashiki, T., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal Clinical Biochemistry and Nutrition, 67, 36-42, 2020
- 論文名 : Extracellular transglutaminase 2 induces myotube hypertrophy through G protein-coupled receptor 56
 著者名 : Kitakaze, T., Yoshikawa, M., Kobayashi, Y., Kimura, N., Goshima, N., Ishikawa, T., Ogata, Y., Yamashita, Y., Ashida, H., Harada, N., Yamaji, R.
 掲載誌, 巻, ページ : Biochimica Biophysica Acta: Molecular Cell Research, 1867, 118563, 2020
- 論文名 : 6- (Methylsulfinyl)hexyl isothiocyanate protects acetaldehyde-caused cytotoxicity through the induction of aldehyde dehydrogenase in hepatocytes
 著者名 : Kitakaze, T., Yuan, S., Inoue, M., Yoshioka, Y., Yamashita, Y., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Archives of Biochemistry and Biophysics, 686, 108329, 2020
- 論文名 : Bisacurone suppresses hepatic lipid accumulation through inhibiting lipogenesis and promoting lipolysis
 著者名 : Ashida, H., Tian, X., Kitakaze, T., Yamashita, Y.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal Clinical Biochemistry and Nutrition, 67, 43-52, 2020

- 論文名 : The cacao procyanidin extract-caused anti-hyperglycemic effect was changed by the administration timings
 著者名 : Hironao, K., Ashida, H., Yamashita, Y.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal Clinical Biochemistry and Nutrition, 67, 61-66, 2020
- 論文名 : Cacao polyphenols regulate the circadian clock gene expression and through glucagon-like peptide-1 secretion
 著者名 : Hironao, K., Mitsuhashi, Y., Huang, S., Oike, H., Ashida, H., Yamashita, Y.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal Clinical Biochemistry and Nutrition, 67, 53-60, 2020
- 論文名 : Prevention effect of quercetin and its glycosides on obesity and hyperglycemia through activating AMPK α in high-fat diet-fed ICR mice after long-term feeding
 著者名 : Jiang, H., Horiuchi, Y., Hironao, K., Kitakaze, T., Yamashita, Y., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal Clinical Biochemistry and Nutrition, 67, 74-83, 2020
- 論文名 : Low dose of luteolin activates Nrf2 in the liver of mice at start of the active phase but not that of the inactive phase
 著者名 : Kitakaze, T., Makiyama, A., Yamashita, Y., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : PLoS ONE, 15, e0231403, 2020
- 論文名 : Kaempferol modulates TCDD- and t-BHQ-induced drug-metabolizing enzymes and luteolin enhances this effect
 著者名 : Kitakaze, T., Makiyama, A., Nakai, R., Kimura, Y., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Food & Function, 11, 3668-3680, 2020
- 論文名 : Black soybean improves the vascular function through an increase in nitric oxide and a decrease in oxidative stress in healthy women
 著者名 : Yamashita, Y., Wang, L., Nakamura, A., Nanba, F., Saito, S., Toda, T., Nakagawa, J., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Archives of Biochemistry and Biophysics, 688, 108408, 2020
- 論文名 : 4-Hydroxyderricin and xanthoangelol isolated from Angelica keiskei prevent dexamethasone induced muscle loss
 著者名 : Yoshioka, Y., Samukawa, Y., Yamashita, Y., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Food & Function, 11, 5498-5512, 2020
- 論文名 : The mechanisms of ameliorating effect of a green tea polyphenol on diabetic nephropathy based on diacylglycerol kinase α
 著者名 : Hayashi, D., Wang, L., Ueda, S., Yamanoue, M., Ashida, H., Shirai, Y.
 掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 10, 11790, 2020
- 論文名 : Kaempferol promotes glucose uptake in myotubes through a JAK2-Dependent Pathway
 著者名 : Kitakaze, T., Jiang, H., Nomura, T., Hironao, K., Yamashita, Y., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68, 13720-13729, 2020
- 論文名 : Black soybean seed coat polyphenols promote nitric oxide production in the aorta through the Akt/eNOS pathway
 著者名 : Domae, C., Ashida, H., Yamashita, Y.
 掲載誌, 巻, ページ : Functional Food in Health and Disease, 10, 330-343, 2020
- 論文名 : Black soybean improves the vascular function and blood pressure: a randomized, single blind, placebo controlled, crossover trail in human
 著者名 : Yamashita, Y., Nakamura, a., Nanba, F., Saito, S., Toda, T., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Nutrients, 12, 2755, 2020
- 論文名 : Insights into the potential benefits of black soybean (*Glycine max* L) polyphenols on lifestyle diseases
 著者名 : Yamashita, Y., Sakakibara, H., Toda, T., Ashida, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Food & Function, 11, 7321-7339, 2020
- 論文名 : Genetics and epistatic effects for grain quality and yield of three grain-size QTLs

- identified in brewing rice (*Oryza sativa* L.)
 著者名 : Okada, S., Iijima, K., Hori, K., Yamasaki, M.
 掲載誌, 巻, ページ : Molecular Breeding, 40, 88, 2020
- 論文名 : Landraces of temperate *japonica* rice have superior alleles for improving culm length associated with lodging resistance
 著者名 : Chigira, K., Kojima, N., Yamasaki, M., Yano, K., Adachi, S., Nomura, T., Jiang, M., Katsura, K., Ookawa, T.
 掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 10, 19855, 2020
- 論文名 : Theoretical Modeling for Electronic Structure of Polyiodide Species Included in α -Cyclodextrin
 著者名 : Okuda, M., Hiramatsu, T., Yasuda, M., Ishigaki, M., Ozaki, Y., Hayashi, M., Tominaga, K., Chatani, E.
 掲載誌, 巻, ページ : The Journal of Physical Chemistry B, 124, 4089-4096, 2020
- 論文名 : Dynamic Behavior of Photogenerated Charge Carriers in Diketopyrrolopyrrole-Linked Tetrabenzoporphyrin-Based Bulk Heterojunction Thin Films Probed with Time-Resolved Terahertz Spectroscopy
 著者名 : Ohta, K., Hiramatsu, Y., Takahashi, K., Suzuki, M., Yamada, H., Tominaga, K.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 400, 112693, 2020
- 論文名 : Molecular Mechanism of Acceleration and Retardation of Collective Orientation Relaxation of Water Molecules in Aqueous Solutions
 著者名 : Moritsugu, N., Nara, T., Koda, S., Tominaga, K., Saito, S.
 掲載誌, 巻, ページ : The Journal of Physical Chemistry B, 124 (51), 11730-11737, 2020
- 論文名 : Production of an antibody Fab fragment using 2A peptide in insect cells
 著者名 : Mizote, Y., Masumi-Koizumi, K., Katsuda, T., Yamaji, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Bioscience and Bioengineering, 130, 205-211, 2020
- 論文名 : Production of influenza virus-like particles using recombinant insect cells
 著者名 : Matsuda, T., Tanijima, T., Masumi-Koizumi, K., Katsuda, T., Yamaji, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Biochemical Engineering Journal, 163, 107757, 2020
- 論文名 : Inorganic/organic nanocomposite ion gels with well dispersed secondary silica nanoparticles
 著者名 : Yasui, T., Kamio, E., Matsuyama, H.
 掲載誌, 巻, ページ : RSC advances, 10, 14451, 2020
- 論文名 : Fundamental investigation of the gas permeation mechanism of facilitated transport membranes with Co(salen)-containing ionic liquid as O₂ carriers
 著者名 : Matsuoka, A., Kamio, E., Yoshioka, T., Nakagawa, K., Matsuyama, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 248, 117018, 2020
- 論文名 : Fabrication of Porous Polyketone Forward Osmosis Membranes Modified with Aromatic Compounds: Improved Pressure Resistance and Low Structural Parameter
 著者名 : Nakagawa, K., Uchida, K., Wu, L, C, J., Shintani, T., Yoshioka, T., Sasaki, Y., Fang, L-F., Kamio, E., Shon, K. H., Matsuyama, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 251, 117400, 2020
- 論文名 : Multistage osmotically assisted reverse osmosis process for concentrating solutions using hollow fiber membrane modules
 著者名 : Nakagawa, K., Togo, N., Takagi, R., Shintani, T., Yoshioka, T., Kamio, E., Matsuyama, H.
 掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Research and Design, 162, 117-124, 2020
- 論文名 : Preparation of inorganic/organic double-network ion gels using a cross-linkable polymer in an open system
 著者名 : Kamio, E., Kinoshita, M., Yasui, T., Lodge, P. T., Matsuyama, H.

- 掲載誌, 巻, ページ : Macromolecules, 53(19), 8529-8538, 2020
- 論文名 : Effect of ligand structures on oxygen absorbability and viscosity of metal-containing ionic liquids
 著者名 : **Matsuoka, A., Kamio, E., Matsuyama, H.**
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Molecular Liquids, 318, 114365, 2020
- 論文名 : Gas permeation characteristics of TiO₂-ZrO₂-aromatic organic chelating ligand (aOCL) composite membranes
 著者名 : Tachibana, T., **Yoshioka, T., Nakagawa, K., Shintani, T., Kamio, E., Matsuyama, H.**
 掲載誌, 巻, ページ : Membranes, 10, 388, 2020
- 論文名 : Effect of Sn_xPt_y Alloy Structures in SnPt Bimetallic Nanoparticle Catalysts on Catalytic Activity for Hydrogenation of Acetic Acid
 著者名 : **Taniya, K.,** Takado, H., Ito, H., Horie, T., **Ichihashi, Y.,** Tsang, C. S., **Nishiyama, S.**
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 53, 383-388, 2020
- 論文名 : Gas Absorption Enhancement of Slug Flow in the Presence of Non-Porous Silica Fine Particles
 著者名 : Iwamura, Y., Horie, T., Watabe, Y., Masuda, H., Wang, S., Hirai, K., **Kumagai, N., Taniya, K., Ichihashi, Y., Komoda, Y., Ohmura, N.**
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 53, 409-413, 2020
- 論文名 : Impacts of the Surfactant Concentration on the Sedimentation Characteristics of Silica Hard-Shell Microcapsules Containing Phase Change Materials
 著者名 : Usa, S., **Hidema, R., Komoda, Y., Horie, T., Taniya, K., Ichihashi, Y., Ohmura, N., Nishiyama, S., Asano, H., Suzuki, H.**
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 3, 431-437, 2020
- 論文名 : Identification of a repressor for the two iol operons required for inositol catabolism in *Geobacillus kaustophilus*
 著者名 : Yoshida, K., Shirae, Y., Nishimura, R., Fukui, K., Ishikawa, S.
 掲載誌, 巻, ページ : Microbiology (Reading) 167(1), doi: 10.1099/mic.0.001008, 2021
- 論文名 : Artificially Designed Compositionally-Graded Sr-Doped NaTaO₃ Single-Crystalline Thin Films and the Dynamics of Their Photoexcited Electron-Hole Pairs
 著者名 : Konno, R., Maruyama, S., Kosaka, T., Katoh, R., Takahashi, R., Kumigashira, H., Ichikuni, N., **Onishi, H.,** Matsumoto, Y.
 掲載誌, 巻, ページ : Chemistry of Materials, 33, 226-233, 2021
- 論文名 : Preparation of affinity membranes using polymer phase separation and azido-containing surfactants.
 著者名 : Morita, K., Takeda, S., Yunoki, A., Tsuchii, T., Tanaka, T., **Maruyama, T.**
 掲載誌, 巻, ページ : Colloids & Surfaces B, 611, 125802, 2021
- 論文名 : Molecular design of pH-responsive helix peptides that can damage tumor cells selectively
 著者名 : Sakurai, H., Nishimura, K., Yamamoto, S., **Maruyama, T.,** Tamura, A.
 掲載誌, 巻, ページ : ACS Applied Bio Materials, 4, 2442-2452, 2021
- 論文名 : Production of influenza virus proteins using recombinant insect cells
 著者名 : Matsuda, T., Tanijima, T., Masumi-Koizumi, K., Katsuda, T., Yamaji, H.
 掲載誌, 巻, ページ : MATEC Web of Conferences, 333, 07009, 2021
- 論文名 : Optimization of 1,2,4-butanetriol production from xylose in *Saccharomyces cerevisiae* by metabolic engineering of NADH/NADPH balance
 著者名 : Yukawa, T., Bamba, T., Guirimand, G., Matsuda, M., **Hasunuma, T., Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology and Bioengineering, 118(1), 175-185, 2021
- 論文名 : An ion-pair free LC-MS/MS method for quantitative metabolite profiling of microbial bioproduction systems

- 著者名 : Takenaka, M., Yoshida, T., Hori, Y., Bamba, T., Mochizuki, M., Vavricka, C. J., Hattori, T., Hayakawa, Y., **Hasunuma, T., Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Talanta, 222, 121625, 2021
- 論文名 : The alga *Euglena gracilis* stimulates *Faecalibacterium* in the gut and contributes to increased defecation
 著者名 : Nakashima, A., Sasaki, K., Sasaki, D., Yasuda, K., Suzuki, K., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 11, 1074, 2021
- 論文名 : Enhanced methane production from cellulose using a two-stage process involving a bioelectrochemical system and a fixed film reactor
 著者名 : Sasaki, K., Sasaki, D., Tsuge, Y., Morita, M., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology for Biofuels, 14, 7, 2021
- 論文名 : Ultrahigh thermoresistant lightweight bioplastics developed from fermentation products of cellulosic feedstock
 著者名 : Nag, A., Ali, MA., Kawaguchi, H., Saito, S., Kawasaki, Y., Miyazaki, S., Kawamoto, H., Nugroho Adi, DT., Yoshihara, K., Masuo, S., Katsuyama, Y., **Kondo, A.**, Ogino, C., Takaya, N., Kaneko, T., Ohnishi, Y.
 掲載誌, 巻, ページ : Advanced Sustainable Systems, 5(1), 2000193, 2021
- 論文名 : CRISPR-derived genome editing technologies for metabolic engineering
 著者名 : Nishida, K., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Metabolic Engineering, 63, 141-147, 2021
- 論文名 : Comparative analyses of site-directed mutagenesis of human melatonin MTNR1A and MTNR1B receptors using a yeast fluorescent biosensor
 著者名 : Nakamura, Y., Asama, R., Tabata, T., Morita, K., **Maruyama, T., Kondo, A., Ishii, J.**
 掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology and Bioengineering, 118(2), 863-876, 2021
- 論文名 : Growth stimulation of *Bifidobacterium* from human colon using *daikenchuto* in an *in vitro* model of human intestinal microbiota
 著者名 : Sasaki, K., Sasaki, D., Sasaki, K., Nishidono, Y., Yamamori, A., Tanaka, K., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 11, 4580, 2021
- 論文名 : Metabolic engineering of 1,2-propanediol production from cellobiose using beta-glucosidase-expressing *E. coli*
 著者名 : Nonaka, D., Fujiwara, R., Hirata, Y., Tanaka, T., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 329, 124858, 2021
- 論文名 : Titanium oxide nano-radiosensitizers for hydrogen peroxide delivery into cancer cells
 著者名 : Morita, K., Nishimura, Y., Nakamura, S., Arai, Y., Numako, C., Sato, K., Nakayama, M., Akasaka, H., Sasaki, R., Ogino, C., **Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 198, 111451, 2021
- 論文名 : Disruption of alpha-tubulin releases carbon catabolite repression and enhances enzyme production in *Trichoderma reesei* even in the presence of glucose
 著者名 : Shibata, N., Kakeshita, H., Igarashi, K., Takimura, Y., Shida, Y., Ogasawara, W., Koda, T., **Hasunuma, T., Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology for Biofuels, 14(1), 39, 2021
- 論文名 : Robust and flexible platform for directed evolution of yeast genetic switches
 著者名 : Tominaga, M., Nozaki, K., Umeno, D., **Ishii, J., Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Nature Communications, 12, 1846, 2021
- 論文名 : Development of a method for fucoxanthin production using the haptophyte marine microalga *Pavlova* sp. OPMS 30543
 著者名 : Kanamoto, A., Kato, Y., Yoshida, E., **Hasunuma, T., Kondo, A.**
 掲載誌, 巻, ページ : Marine Biotechnology, 23, 331-341, 2021 Cover Picture.
- 論文名 : Inorganic/organic double-network ion gel membrane with high ionic liquid content for

CO₂ separation

著者名 : **Kamio, E.**, Minakata, M., Iida, Y., Yasui, T., **Matsuoka, A.**, **Matsuyama, H.**
掲載誌, 巻, ページ : Polymer Journal, 53, 137-147, 2021

論文名 : HNb₃O₈ Nanosheet–Graphene Oxide Composite Membranes for Molecular Separation
著者名 : **Nakagawa, K.**, Kunimatsu, M., Yasui, K., **Yoshioka, T.**, **Shintani, T.**, Yasui, T., **Kamio, E.**, Hung, W. S., **Lee, R. K.**, Tsang, E. C. S., **Matsuyama, H.**
掲載誌, 巻, ページ : ACS Applied Nano Materials, 4, 3455-3466, 2021

論文名 : Estimation of linear and cyclic electron flows in photosynthesis based on ¹³C-metabolic flux analysis
著者名 : Yamamoto, C., Toyoshima, M., Ueno, Y., Kitamura, S., **Akimoto, S.**, Toya, Y., Shimizu, H.
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Bioscience and Bioengineering, 131, 277-282, 2021

論文名 : Basic pH-induced modification of excitation-energy dynamics in fucoxanthin chlorophyll *a/c*-binding proteins isolated from a pinguiphyte, *Glossomastix chrysolasta*
著者名 : Nagao, R., Yokono, M., Ueno, Y., Kato, K., Tsuboshita, N., Shen, R. J., **Akimoto, S.**
掲載誌, 巻, ページ : Biochimical et Biophysica Acta, 1862, 148306, 2021

論文名 : Molecular organizations and function of iron-stress-induced-A protein family in *Anabaena* sp. PCC 7120
著者名 : Nagao, R., Yokono, M., Ueno, Y., Suzuki, T., Kato, K., Kato, K., Tsuboshita, N., Jiang, Y. T., Dohmae, N., Shen, R. J., Ehira, S., **Akimoto, S.**
掲載誌, 巻, ページ : Biochimical et Biophysica Acta, 1862, 148327, 2021

論文名 : Enhancement of excitation-energy quenching in fucoxanthin chlorophyll *a/c*-binding proteins isolated from a diatom, *Phaeodactylum tricornutum*
著者名 : Nagao, R., Yokono, M., Ueno, Y., Suzuki, T., Kumazawa, M., Kato, K., Tsuboshita, N., Dohmae, N., Ifuku, K., Shen, R. J., **Akimoto, S.**
掲載誌, 巻, ページ : Biochimical et Biophysica Acta, 1862, 148350, 2021

論文名 : Role of type I NADH dehydrogenase in *Synechocystis* sp. PCC 6803 under phycobilisome excited red light
著者名 : Toyoshima, M., Yamamoto, C., Ueno, Y., Toya, Y., **Akimoto, S.**, Shimizu, H.
掲載誌, 巻, ページ : Plant Science, 304, 110798, 2021

論文名 : Mutations in hik26 and slr1916 lead to high-light stress tolerance in *Synechocystis* sp. PCC6803
著者名 : Yoshikawa, K., Ogawa, K., Toya, Y., **Akimoto, S.**, Matsuda, F., Shimizu, H.
掲載誌, 巻, ページ : Communications Biology, 4, 343, 2021

[著書]

著 書 : シランカップリング剤の最新技術動向 (中村吉伸 監修) 「セルロース繊維/樹脂界面におけるシランカップリング剤の効果」

著者名 : 西野孝
巻, ページ : 第 5 章, 第 11 項, 177-187
発行所, 発行年 : シーエムシー出版, 2020 年

著 書 : 水処理用分離膜の開発最前線 (共著)

著者名 : **神尾英治**
巻, ページ : 第 4 章 1 節, 193-204
発行所, 発行年 : シーエムシー出版, 2020 年

著 書 : 脱石油に向けた CO₂ 資源化技術—化学・生物プロセスを中心に—, 第Ⅲ編 生物プロセス

著者名 : **蓮沼誠久**
巻, ページ : 第 2 章 ラン藻によるバイオコハク酸生産, 247-254
発行所, 発行年 : シーエムシー出版, 2020 年

著 書：新型コロナで変わる時代の実験自動化・遠隔化 「微生物での発酵生産と実験の自動化」

著者名：石井純

巻，ページ：第 39 巻，第 1 号，8-12

発行所，発行年：羊土社，2021 年

著 書：酵母シグナル伝達経路を利用したリガンド検出システムの開発とメタボライトセンサへの応用

著者名：中村泰之，近藤昭彦，石井純

巻，ページ：第 5 章 DNA 二重鎖切断を伴わない塩基編集技術，43-50

発行所，発行年：シーエムシー出版，2021 年

著 書：最新のゲノム編集技術と用途展開，第 2 編：ゲノム編集ツールの開発動向

著者名：大西美輪，光延仁志，西田敬二

巻，ページ：第 98 巻，第 3 号，116-122

発行所，発行年：シーエムシー出版，2021 年

著 書：最新のゲノム編集技術と用途展開，第 3 編：微生物への応用と用途展開

著者名：西田敬二，近藤昭彦

巻，ページ：第 9 章 バクテリアでのゲノム編集の有用性，79-83

発行所，発行年：シーエムシー出版，2021 年

著 書：メタボロミクス 実践ガイド，応用・展望編 I. 応用研究

著者名：蓮沼誠久

巻，ページ：代謝工学分野へのメタボロミクスの応用，302-304

発行所，発行年：羊土社，2021 年

著 書：Metabolic Engineering for Carotenoid Production Using Eukaryotic Microalgae and Prokaryotic Cyanobacteria

著者名：Kato, Y., Hasunuma, T.

巻，ページ：Carotenoids: Biosynthetic and Biofunctional Approaches, 121-135

発行所，発行年：Springer, 2021 年

[特許]

発明等の名称：標的化した DNA 配列の核酸塩基を特異的に変換するゲノム配列の改変方法及びそれに用いる分子複合体

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：西田敬二，近藤昭彦，小嶋聡美

出願日：2020 年 4 月 16 日

出願番号：特願 2020-073425

発明等の名称：耐熱性組換え宿主大腸菌、耐熱性組換え宿主大腸菌の製造方法、宿主大腸菌に耐熱性を付与する方法、及び有用物質を生産する方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：裏地美杉，柘植謙爾，近藤昭彦

出願日：2020 年 6 月 5 日

出願番号：特願 2020-098902

発明等の名称：徐放性哺乳動物忌避組成物

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社カネカ，関西医科大学

発明者：丸山達生ら

出願日：2020年5月21日
出願番号：特願 2020-089154

発明等の名称：徐放性哺乳動物忌避組成物
出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社カネカ、関西医科大学
発明者：丸山達生ら
出願日：2020年5月21日
出願番号：特願 2020-089149

発明等の名称：メタン発酵促進方法
出願者：国立大学法人神戸大学
発明者：佐々木建吾，佐々木大介，近藤昭彦
出願日：2020年9月30日
出願番号：特願 2020-165992

発明等の名称：標的化したDNA配列の核酸塩基を特異的に変換するゲノム配列の改変方法及びそれに用いる分子複合体
出願者：国立大学法人神戸大学
発明者：西田敬二，小嶋聡美，近藤昭彦
出願日：2020年10月8日
出願番号：特願 2020-170600

発明等の名称：カロテノイド高蓄積株の選抜方法、カロテノイド高蓄積変異株及びそれを用いたカロテノイドの製造方法
出願者：国立大学法人神戸大学
発明者：蓮沼誠久，加藤悠一，近藤昭彦
出願日：2020年11月11日
出願番号：特願 2020-187861

発明等の名称：有用化合物を高生産する代謝改変微生物株の構築方法及び代謝改変大腸菌株
出願者：国立大学法人神戸大学，国立大学法人東京大学
発明者：蓮沼誠久，近藤昭彦，石井純，柘植謙爾，秀瀬涼太，酒井香奈江，竹中武藏，番場崇弘ら
出願日：2020年12月8日
出願番号：特願 2020-203335

発明等の名称：組換え微生物および当該微生物を用いた2，4，5-トリヒドロキシ安息香酸の製造方法
出願者：国立大学法人神戸大学，昭和電工マテリアルズ株式会社

発明者：蓮沼誠久ら

出願日：2020年12月9日

出願番号：特願 2020-204225

発明等の名称：潰瘍性大腸炎の検査方法および装置ならびに治療薬のスクリーニング方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：佐々木建吾，星美奈子，井上潤，東健，大澤朗，佐々木大介，近藤昭彦

出願日：2021年1月8日

出願番号：特願 2021-002238

発明等の名称：経口コロナウイルス感染症ワクチン

出願者：国立大学法人神戸大学，国立大学法人京都大学

発明者：近藤昭彦ら

出願日：2021年1月26日

出願番号：特願 2021-010009

発明等の名称：微生物の代謝物の分析方法

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社島津製作所，味の素株式会社

発明者：蓮沼誠久，吉田崇伸

出願日：2021年1月26日

出願番号：特願 2021-010181

発明等の名称：植物の生育阻害の抑制又は緩和剤

出願者：国立大学法人神戸大学，コスモ石油株式会社

発明者：金丸研吾，遠藤史弥

出願日：2021年1月26日

出願番号：特願 2021-010577

発明等の名称：耐熱性抗菌物質をコードする遺伝子、耐熱性抗菌物質、抵抗性遺伝子、及び薬物耐性マーカー

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：吉田健一

出願日：2021年1月29日

出願番号：特願 2021-014024

発明等の名称：接着構造体及びその製造方法、被着体セット、被着体、並びに活性化アルキン基含有ポリマー

出願者：国立大学法人神戸大学，積水化学工業株式会社

発明者：丸山達生、西野孝ら

出願日：2021年2月12日

出願番号：特願 2021-020276

発明等の名称：組換え微細藻及び微細藻を用いた有機酸の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：蓮沼誠久，松田真実，近藤昭彦

出願日：2021年2月12日

出願番号：PCT/JP2021/005284

発明等の名称：菌叢を改善するための組成物、およびそれを用いた菌叢を改善するための方法、並びにその応用

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社バイオパレット

発明者：近藤昭彦，佐々木大介

出願日：2021年2月25日

出願番号：特願 2021-029165

発明等の名称：改良型鉄代謝工学による新規キシロース代謝系を介した有用物質の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：蓮沼誠久，近藤昭彦，秀瀬涼太，番場崇弘，湯川貴弘

出願日：2021年3月23日

出願番号：PCT/JP2021/012073

発明等の名称：大腸菌及び当該大腸菌を用いた目的のタンパク質を製造するための方法

出願者：国立大学法人神戸大学，国立大学法人東北大学，国立大学法人東京大学

発明者：柘植謙爾，近藤昭彦

出願日：2021年3月19日

出願番号：特願 2021-046678

発明等の名称：薄片化黒鉛－ポリチオフェン複合体及びその製造方法、ならびに耐食コーティング材

出願者：国立大学法人神戸大学，積水化学工業株式会社，国立大学法人大分大学

発明者：丸山達生，森敦紀，松井雅樹，草本好ら

出願日：2021年3月26日

出願番号：特願 2021-053494

発明の名称：食物繊維の哺乳動物腸内での分解性能または有機酸生産能を評価する方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：佐々木大介，佐々木建吾，近藤昭彦

特許出願日：2021年3月26日

出願番号：特願 2021-056736

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名: 科学研究費補助金 ※

研究種目: 新学術領域研究

代表者名: 皆川純

研究課題名: プロトン勾配による集光のフィードバック制御

受入金額: 5,000,000 円

○外部資金名: 科学研究費補助金 ※

研究種目: 基盤研究 (B)

代表者名: 田中亮一

研究課題名: 常緑針葉樹の光合成調節機構の複合体プロテオミクスおよび分光学的手法による統合的解析

受入金額: 850,000 円

○外部資金名: 科学研究費補助金

研究種目: 基盤研究 (B)

代表者名: 吉田健一

研究課題名: 新たなゲノム機能調節機構の解明につながる好熱バチルスの制御因子 Crh の解析

受入金額: 3,200,000 円

○外部資金名: 受託 (共同) 型協力研究

代表者名: 吉田健一

研究題目: 微生物集団の形質転換: 遺伝子水平伝搬が微生物集団に与える影響

受入金額: 1,900,000 円

○外部資金名: 科学研究費補助金

研究種目: 若手研究 (A)

代表者名: 西田敬二

研究課題名: 標的 DNA のあらゆる塩基を自在に直接変換できる人工酵素技術の創出

受入金額: 4,400,000 円

○外部資金名: 科学研究費補助金

研究種目: 基盤研究 (B)

代表者名: 田中勉

研究課題名: 糖の使い分けによる高収率物質生産微生物の構築

受入金額: 5,070,000 円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤研究（A）

代表者名：近藤昭彦

研究課題名：増殖にとらわれずに様々な前駆体を十分量供給できるプラットフォーム微生物群の構築

受入金額：19,370,000円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

代表者名：近藤昭彦

研究課題名：CO₂を出さずに有用物質を生産する非遺伝子組換え微生物（non-GMO）の構築

受入金額：2,600,000円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：佐々木大介

研究課題名：腸内細菌代謝物を用いたテラーメイドな善玉菌の分離・培養技術の創出

受入金額：2,080,000円

○外部資金名：地域イノベーション・エコシステム形成プログラム

代表者名：近藤昭彦

研究題目：バイオ経済を加速する革新技術：ゲノム編集・合成技術の事業化

受入金額：147,944,000円

○外部資金名：戦略的創造研究推進事業「先端的低炭素化技術開発（ALCA）」

代表者名：小山内崇

研究題目：ラン藻代謝改変株の代謝解析とコハク酸・乳酸生産プロセスの検討

受入金額：11,104,000円

○外部資金名：戦略的創造研究推進事業「先端的低炭素化技術開発（ALCA）」

代表者名：廣田隆一

研究題目：PCC7002における遺伝子工学的手法の基盤技術開発

受入金額：10,140,000円

○外部資金名：未来社会創造事業「地球規模課題である低炭素社会の実現」

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：ラン藻芳香族代謝工学技術の開発

受入金額：14,990,000円

- 外部資金名：NEDO「ムーンショット型研究開発事業」
代表者名：蓮沼誠久
研究題目：電気エネルギーを利用した大気CO₂を固定するバイオプロセスの研究開発
受入金額：8,600,000円
- 外部資金名：AMED「新型コロナウイルス感染症（COVID-19）に対するワクチン開発」事業
代表者名：白川利朗
研究題目：新型コロナウイルス感染症（COVID-19）に対する経口ワクチンの開発
受入金額：5,000,000円
- 外部資金名：ムーンショット型農林水産研究開発事業
代表者名：清水達也
研究題目：藻類と動物細胞を用いたサーキュラーセルカルチャーによるバイオエコノミカルな培養食料生産システムの開発
受入金額：142,000円
- 外部資金名：受託（共同）型協力研究
代表者名：蓮沼誠久
研究題目：先端バイオ工学技術に関するフィジビリティスタディ
受入金額：6,260,000円
- 外部資金名：受託（共同）型協力研究
代表者名：蓮沼誠久
研究題目：生物による物質生産に関する研究
受入金額：2,330,000円
- 外部資金名：受託（共同）型協力研究
代表者名：蓮沼誠久
研究題目：スクリーニングシステムについて
受入金額：4,300,000円
- 外部資金名：受託（共同）型協力研究
代表者名：蓮沼誠久
研究題目：合成生物学を用いた化合物合成の研究
受入金額：550,000円
- 外部資金名：受託（共同）型協力研究
代表者名：蓮沼誠久

研究題目：有用化合物発酵生産微生物の代謝設計および菌株構築

受入金額：2,500,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：LC/MS/MS を用いたノンイオンペア・メタボロミクスにおける安定同位体化合物を利用した網羅的定量解析システムの構築

受入金額：1,670,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：タンパク生産培養プロセスの解析

受入金額：834,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：合成生物学的手法による機能性物質産生株の最適化研究

受入金額：2,574,000 円

○外部資金名：NEDO「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発」

代表者名：久原哲

研究題目：高生産性微生物創製に資する情報解析システムの開発

受入金額：247,679,000 円

○外部資金名：NEDO「カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発」

代表者名：関実

研究題目：データベース空間からの新規酵素

受入金額：60,991,000 円

○外部資金名：NEDO「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発」

代表者名：久原哲

研究題目：高生産性微生物創製に資する情

受入金額：8,900,000 円

○外部資金名：NEDO「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発」

代表者名：西田敬二

研究題目：ゲノム編集の国産技術基盤プラットフォームの確立

受入金額：42,609,000 円

○外部資金名：研究成果展開事業 共創の場形成支援（産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム）

代表者名：山本卓

研究題目：ゲノム編集による革新的な有用細胞・生物作成技術の創出

受入金額：7,860,000円

○外部資金名：難治性疾患実用化研究事業

代表者名：西田敬二

研究題目：筋萎縮性側索硬化症（ALS）に対する遺伝子治療法の開発

受入金額：3,000,000円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：西田敬二

研究題目：ゲノムワイド点変異スクリーニング系の開発

受入金額：9,500,000円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：佐々木大介

研究題目：マイクロバイオームにおける *in vitro* 評価系の構築

受入金額：1,239,000円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：近藤昭彦

研究題目：ゲノム編集技術を用いた微生物への変異導入技術の開発

受入金額：1,668,000円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：近藤昭彦

研究題目：大腸叢を用いた酸化型グルタチオン生産技術の開発

受入金額：2,500,000円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：近藤昭彦

研究題目：バンラス属微生物を用いた抗菌ペプチド生産技術の開発

受入金額：834,000円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：近藤昭彦

研究題目：腸内細菌をターゲットとした機能性食品の開発

受入金額：834,000円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：近藤昭彦

研究題目：KUHIMMによるグリコサミノグリカンが腸内細菌に与える影響評価

受入金額：2,000,000円

○外部資金名：科学研究費 ※

研究種目：基盤研究(A)

代表者名：大西洋

研究課題名：半導体光触媒による水の4電子酸化反応：高効率な逐次物質変換のメカニズム

受入金額：8,400,000円

○外部資金名：国際共同研究加速基金 ※

研究種目：国際共同研究強化(B)

代表者名：大西洋

研究課題名：人工光合成の学理：タンタル酸ナトリウム光触媒をプラットフォームとする多国間協働

受入金額：4,000,000円

○外部資金名：科学研究費 ※

研究種目：基盤研究(A)

代表者名：小堀康博

研究課題名：電子スピン分極の三次元映像化で解く多重励起子・電荷分離立体構造の分子運動効果

受入金額：500,000円

○外部資金名：科学研究費補助金 ※

研究種目：基盤研究B

代表者名：丸山達生

研究課題名：低分子ハイドロゲル機能化の学理

受入金額：5,200,000円

○外部資金名：科学研究費補助金 ※

研究種目：特別推進研究

代表者名：長崎幸夫

研究課題名：分子組織化に立脚した革新的医薬品の分子設計

受入金額：29,600,000円

○外部資金名：科学研究費 ※
研究種目：新学術領域研究
代表者名：丸山達生
研究課題名：ガン細胞内酵素をトリガーとする自己組織化を利用した選択的抗ガン活性
受入金額：1,900,000円

○外部資金名：科学研究費補助金
研究種目：基盤研究(A)
代表者名：大村直人
研究課題名：革新的プロセスを創生するプロセス強化技術のための渦動力学の体系化への
挑戦
受入金額：5,400,000円

○外部資金名：科学研究費補助金
研究種目：国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B))
代表者名：大村直人
研究課題名：機能構造に着目した新しい渦動力学の複雑流体系への展開
受入金額：3,800,000円

○外部資金名：科学研究費補助金
研究種目：挑戦的研究（萌芽）
代表者名：大村直人
研究課題名：人間動作模倣を導入した攪拌・混合操作論の新機軸確立への挑戦
受入金額：1,700,000円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究
代表者名：大村直人
研究題目：高粘性食品の加熱混合攪拌における熱流体解析に関する研究
受入金額：363,000円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究
代表者名：大村直人
研究題目：テイラー渦流反応装置による機能性微粒子連続合成法の開発
受入金額：1,100,000円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究
代表者名：金丸研吾
研究題目：新規生理活性物質の活性評価と応用展開に向けた検討
受入金額：990,000円

- 外部資金名：科学研究費補助金
研究種目：挑戦的研究（萌芽）
代表者名：水野雅史
研究課題名：IgE に対して高親和性レクチン分泌を惹起する食品因子による新規
アレルギー抑制効果
受入金額：1,900,000 円
- 外部資金名：受託（共同）型協力研究
代表者名：水野雅史
研究題目：抑制型ペア型免疫受容体 LMIR3 を介した植物由来グルコシルセラミド
による新規アレルギー抑制
受入金額：4,300,000 円
- 外部資金名：奨学寄附金
代表者名：水野雅史
研究題目：機能性多糖に関する研究
受入金額：3,800,000 円
- 外部資金名：NEDO「革新的新構造材料等研究開発」
代表者名：西野孝
研究題目：構造材料用接着技術の開発に関する研究
受入金額：4,400,000 円
- 外部資金名：SIP「統合型材料開発システムによるマテリアル改革」
代表者名：西野孝
研究題目：AI 援用積層最適化による CFRP 設計・製造自動化技術の開発 CFRTP の
マトリックス PEEK の複合材料化による CFRTP の構造構築のための最適化
に関する研究
受入金額：1,300,000 円
- 外部資金名：未来社会創造事業「界面マルチスケール 4 次元解析による革新的接
着技術の構築」
代表者名：西野孝
研究題目：高分子接着界面のナノラマン散乱による解析に関する研究
受入金額：7,800,000 円
- 外部資金名：NEDO「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」
代表者名：西野孝
研究題目：材料再生プロセス開発に関する研究
受入金額：10,300,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：西野孝

研究題目：高分子表面および接着界面の現象把握に関する研究

受入金額：434,783 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：西野孝

研究題目：電子線滅菌・改質用高機能フィルム創製に関する研究

受入金額：500,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：西野孝

研究題目：コーヒーの副産物を活用した新規素材の開発に関する研究

受入金額：957,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：西野孝

研究題目：コンクリート表面保護工の性能に関する研究

受入金額：416,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：西野孝

研究題目：表界面制御に関する基盤技術の基礎研究

受入金額：626,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：西野孝

研究題目：植物性廃棄物起因のセルロースによる資源化に関する研究

受入金額：250,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：西野孝

研究題目：ファイバーの品質発現メカニズムに関する研究

受入金額：1,042,000 円

○外部資金名：科学研究費補助金 ※

研究種目：基盤研究（A）

代表者名：芦田均

研究課題名：ポリフェノール・パラドックスの解明

受入金額：8,000,000 円

○外部資金名：戦略的創造研究推進事業（CREST）環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出

代表者名：中川博視（山崎将紀 分担）

研究題目：ハイブリッドモデリングによる環境変動適応型品種設計法の開発

受入金額：8,300,000 円

○外部資金名：戦略的プロジェクト研究推進事業（民間事業者等の種苗開発を支える「スマート育種システム」の開発 育種ビッグデータの整備および情報解析技術を活用した高度育種システムの開発）

代表者名：米丸淳一（山崎将紀 分担）

研究題目：スマート育種地域における水稻育種選抜の最適化に繋がるフィールドビッグデータの取得

受入金額：3,100,000 円

○外部資金名：神戸大学イノベーションファンド

代表者名：山崎将紀

研究題目：食料とバイオマス供給を高度に両立するイネ新品種の社会実装へむけた基盤技術の開発

受入金額：1,000,000 円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤研究（C）（一般）（分担）

代表者名：山本直樹（自治医大）

研究課題名：水和水ダイナミクスによって誘起されるタンパク質機能関連モードの観測

受入金額：600,000 円

○外部資金名：JST 研究成果展開事業 A-STEP 機能検証フェーズ

代表者名：富永圭介

研究題目：サブテラヘルツ精密分光装置の開発と建築材料等の非破壊検査への展開

受入金額：700,000 円

○外部資金名：科学研究費補助金 ※

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：神尾英治

研究課題名：無機ネットワーク制御によるイオン液体ゲルの超高強度化と高速 CO₂ 透過膜への展開

受入金額：1,300,000 円

- 外部資金名：科学研究費補助金 ※
研究種目：基盤研究（A）
代表者名：松山秀人
研究課題名：チャンネル型正浸透膜の創製と究極的ゼロエネルギー水処理プロセスの構築
受入金額：470,000円
- 外部資金名：NEDO 先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム ※
代表者名：新谷卓司
研究題目：窒素資源循環のための膜分離を利用した廃水からのアンモニア高効率分離回収の研究開発
受入金額：36,827,000円
- 外部資金名：JST 未来社会創造事業（探索加速型：地球規模課題である低炭素社会の実現）「ゲームチェンジングテクノロジー」による低炭素社会の実現 ※
代表者名：鈴木 洋
研究題目：新規マイクロカプセル化蓄熱材による低炭素社会の実現
受入金額：2,200,000円
- 外部資金名：科学研究費補助金 ※
研究種目：基盤研究（C）
代表者名：谷屋 啓太
研究課題名：固体触媒上に複数ある活性店の機能発現を制御する、マイクロ流動プロセスの構築
受入金額：2,340,000円
- 外部資金名：研究助成金 ※
代表者名：谷屋 啓太
研究題目：Zr系金属有機構造体における有機配位子構造の制御による高耐水性触媒反応場の構築
受入金額：1,000,000円
- 外部資金名：奨学寄附金 ※
代表者名：西山覚
受入金額：500,000円
- 外部資金名：奨学寄附金 ※
代表者名：市橋祐一
受入金額：165,000円

○外部資金名：奨学寄附金 ※
代表者名：蓮沼誠久
受入金額：2,500,000 円

○外部資金名：奨学寄附金 ※
代表者名：谷屋啓太
受入金額：165,000 円

(2) 受賞（賞名称、受賞対象、受賞者名、授与機関名、受賞年・月）（KUIDにあわせる）

学生優秀発表賞（第1位）

（授与機関名：2020年度グラム陽性菌ゲノム機能会議，対象研究テーマ：好熱性グラム陽性菌 *Aeribacillus pallidus* PI8 が有する環状バクテリオシン生合成遺伝子群の発見とその解析）

受賞者名：喜多恭介 受賞年月：平成2年9月

令和2年度神戸大学学長表彰（財務貢献者） ※

（授与機関名：神戸大学）

受賞者名：近藤昭彦、大西洋、蓮沼誠久、西田敬二、田中勉

受賞年月：令和2年10月

優秀発表企業賞「いいちこ特別賞」

（授与機関名：糸状菌分子生物学研究会「若手の会」，対象研究テーマ：分散型麹菌での高い酵素生産能力と代謝・酸素消費の相関解析）

受賞者名：櫻川拓 受賞年月：令和2年11月

優秀発表賞

（授与機関名：生物工学会，対象研究テーマ：酵母 *Pichia pastoris* を宿主とした高効率な有用芳香族生産プロセスの開発）

受賞者名：雲北涼太 受賞年月：令和2年11月

2020 Editors' Choice（年間優秀論文）

（授与機関名：The Journal of Chemical Physics，対象論文題目：Atom-Scale Imaging of TiO₂(110) Surface in Water by Frequency-Modulation Atomic Force Microscopy）

受賞者名：Xue Shengkai, 笹原亮, 大西洋 受賞年月：令和3年2月

応用化学クラブ優秀発表賞

（授与機関名：応用化学クラブ（神戸大学工学部応用化学科同窓会），

対象研究テーマ：ピセン誘導体光触媒を用いた可視照射下での水分解による素生成反応)

受賞者名：江宇帆

受賞年月：令和3年2月

応用化学クラブ優秀発表賞

(授与機関名：応用化学クラブ(神戸大学工学部応用化学科同窓会),

対象研究テーマ：Ni/MgO触媒上でのメタンのドライリフォーミング反応に及ぼすCO₂処理の影響)

受賞者名：太田隆輔

受賞年月：令和3年2月

学生奨励賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：大腸菌の代謝改変による1,2-プロパンジオール生産技術の開発)

受賞者名：野中大輔

受賞年月：令和3年3月

(3) 研究集会の開催(研究プロジェクトの活動と関連の深いものに限る)

(5) その他, 研究プロジェクトの活動と関連のある特記事項

様式（年次報告書）

令和3年4月30日

令和2年度研究プロジェクト年次報告書

1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称	先端膜工学研究プロジェクト		
研究代表者 部局・専攻・氏名	先端膜工学研究センター 松山 秀人		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 奨学寄附金	35,360 千円, 32,330 千円,	受託研究経費 共同研究経費 139,413 千円 115,573 千円
特許出願件数	8 件,	論文発表件数	62 件, 著書数 3 件

2. 構成員とその役割分担

氏名	部局・専攻	役割分担
松山秀人	先端膜工学研究センター	研究統括
蔵岡孝治	海事科学研究科	ガス分離特性評価
吉岡朋久	先端膜工学研究センター	ガス透過解析
中川敬三	科学技術イノベーション研究科	ガス分離用高分子材料の開発
神尾英治	工学研究科・応用化学専攻	ガス分離系の設計
市橋祐一	工学研究科・応用化学専攻	ガス分離特性評価
谷屋啓太	工学研究科・応用化学専攻	透過セル内流れ解析
新谷卓司	科学技術イノベーション研究科	ガス分離用高分子材料の開発
松岡 淳	先端膜工学研究センター	ガス透過解析
熊谷和夫	工学研究科・応用化学専攻	ガス分離特性評価
Rajabzadeh Kahnamouei Saeid	工学研究科・応用化学専攻	ガス分離実験系の設計
Stephen Gray	Victoria University, Institute for Sustainable Industries and Liveable	ガス分離特性評価

	Cities, Australia	
King Lun Yeung	The Hong Kong University of Science and Technology, Department of Chemical and Biological Engineering, Hong Kong	ガス分離研究助言
Yong Soo Kang	Hanyang University, Department of Energy Engineering, Korea	促進輸送膜によるガス分離
Xiao-Ling Wang	Tsinghua University, Department of Chemical Engineering, China	ガス分離研究助言
Bao-Guo Wang	Tsinghua University, Department of Chemical Engineering, China	ガス分離研究助言
Da-Ming Wang	National Taiwan University, Department of Chemical Engineering, Taiwan	ガス分離研究助言
Kueir-Rarn Lee	Chung Yuan Christian University, Department of Chemical Engineering, Taiwan	ガス分離特性評価
Hokyong Shon	University of Technology Sydney, School of Civil and Environmental Engineering, Australia	ガス分離特性評価

3. 研究成果の概要等について

先端膜工学研究プロジェクトでは、CO₂回収貯蔵（CCS）技術併設次世代型石炭ガス化複合発電（IGCC）やCO₂排出量が少ない天然ガス火力発電などの大規模CO₂発生源から、省エネルギーでCO₂を分離・回収可能なプロセスの開発を目的とし、CO₂分離膜を用いた脱炭酸プロセスの実用化を目指したCO₂選択分離膜の開発とそのプロセス開発を実施している。上記のようなCO₂排出の抑制が期待されている発電方式では、数MPaの高圧ガスからCO₂を分離するための技術が必要とされている。本プロジェクトでは、優れたCO₂選択透過性能を有する耐压型CO₂分離膜の開発を目指している。

本研究プロジェクトで開発を目指す耐压型CO₂分離膜は、長期使用安定性と耐压性を両立するものであり、それらを実現するための材料として、イオン液体を含有する高強度ゲル（高強度イオンゲル）に着目している。これまでに、CO₂を選択的に吸収できるイオン液体を高強度化するための技術と、その高強度イオンゲルフィルムの優れたCO₂選択透過性能は確認できており、高強度イオンゲルの薄膜化技術の開発が現状の課題である。

開発に成功している高強度イオンゲル膜は、異なる性質を有する2種類のゲルネットワークをイオン液体中に形成することで調製されるダブルネットワークイオンゲル（DNイオンゲル）である。2種類のゲルネットワークのうちの一つ（1stネットワーク）は、硬くて脆い性質を有し、応力印可によりゲル内で容易に破壊されることで印可されたエネルギーを散逸する役割を担う。もう一方のネットワーク（2ndネットワーク）は柔らかくてよく伸びる隠れ長としての役割を担い、ゲルのマクロな破壊を抑制する。そのようなDNイオンゲルを薄膜化するためには、ゲル前駆体溶液をキャスト法やディップコーティング法、スピニング法などといった薄層形成技術により薄層展開し、そのゲル前駆体溶液薄層をゲル化する手法が有効である。昨年度までの検討で、薄層展開したゲル前駆体溶液をDNゲル化するための要素技術として、不揮発性ネットワーク原料によるダブルネットワークの形成技術を確認してきた。本年度は、昨年度までに確立した開放系における高強度イオンゲル膜作製技術に基づき、高強度イオンゲル膜の調製条件の最適化を行い、その機械的強度の向上を図るとともに、特に有機ネットワークの架橋度に着目し、強度発現に寄与するネットワークの役割について検討を行った。また、キャスト法やスピニング法等の薄膜形成手法を用いることで、高強度イオンゲル膜を作製し、そのCO₂選択透過性能を評価した。また、CO₂透過性能に及ぼすゲル厚みの影響について検討を行った。

昨年度までに確立したDNイオンゲル調製法では、不揮発性の有機ネットワーク原料として、架橋性官能基を有する架橋性高分子を用いる。この架橋性高分子は、予め、別のバッチで合成したものを用いるため、その架橋性官能基導入率を任意に制御可能である。さらに、ゲル前駆体溶液中の架橋性高分子濃度を調整することにより、架橋反応速度を制御し、有機ネットワークの架橋度を制御する

こともできる。異なる架橋性官能基（N-succinimidyl 基, NSA）導入率の架橋性高分子を用いて開放系で作製した DN イオンゲル、および、異なる架橋性官能基濃度のゲル前駆体溶液を用いて密閉系で作製した DN イオンゲルの一軸延伸試験結果を図 1(a)および(b)に各々示す。これらの図に示されているように、架橋性高分子の NSA 導入率が小さいほど DN イオンゲルの強度は大きく、また、ゲル前駆体溶液の希釈率が大きいほど、つまり架橋性高分子濃度が小さいほど DN イオンゲルの強度が大きいことが明らかとなった。この結果は、開放系で調製される DN イオンゲル薄膜の強度を架橋性官能基導入率とゲル前駆体溶液希釈率により制御できることを示している。

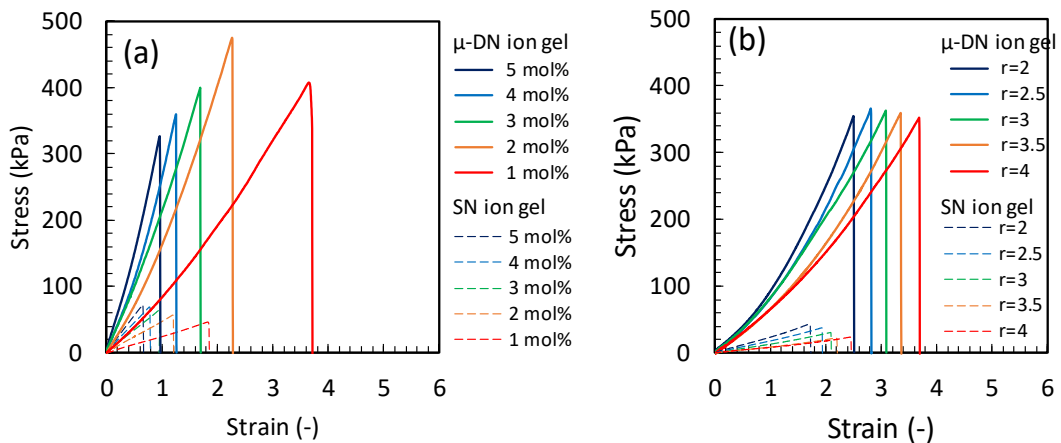


図 1 DN イオンゲルおよびシングルネットワークイオンゲル（SN イオンゲル）の一軸延伸試験結果. (a) 異なる NSA 導入率の架橋性高分子を用いて調製したゲルサンプル（ゲル前駆体溶液希釈率, $r = 2$ g-ethanol/g-IL）, (b) 異なる希釈率のゲル前駆体溶液を用いて調製したゲルサンプル（NSA 導入率：5 mol%）

次に、スピコーティング法により開放系で作製した DN イオンゲル膜の結果を示す。図 2 には、作製した DN イオンゲル膜の写真を示す。断面電子顕微鏡写真より、DN イオンゲル層が支持体膜上に作製されていることが確認できる。また、そのゲル層の厚みは約 5 ミクロン程度まで薄くすることができた。また、DN イオンゲル層の厚みはスピコーティングの回転数により制御できること、および、キャスト法でも DN イオンゲル薄膜を調製できることを確かめた。

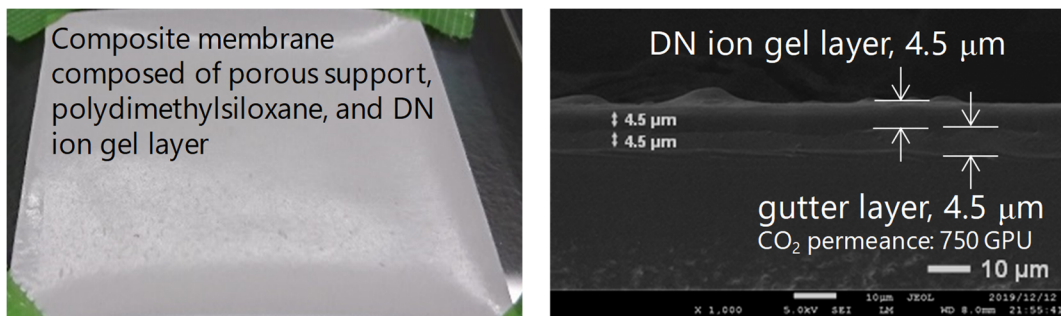


図 2 DN イオンゲル薄層を有する複合膜. (左) 表面写真および (右) 断面電子顕微鏡写真

調製した DN イオンゲル薄層を有する複合膜の CO₂ permeance とイオンゲル層厚みの関係を図 3 に示す。図 3 に示されているように、複合膜の CO₂ permeance は DN イオンゲル層厚みが減少するほど大きくなり、その CO₂ permeance と DN イオンゲル層厚みには反比例の関係が認められた。これは溶解拡散機構に基づき CO₂ を透過するイオンゲル膜に対して妥当な結果である。また、図中の実線は、溶解拡散機構に基づき、DN イオンゲル層と支持膜表面近傍の中間層 (Gutter layer) を直列拡散過程で CO₂ が透過すると考えた際の CO₂ permeance と DN イオンゲル層厚みの関係に対する理論線である。理論線は実験結果に良好に相関していることから、DN イオンゲル層には欠陥が無いことが確認できた。

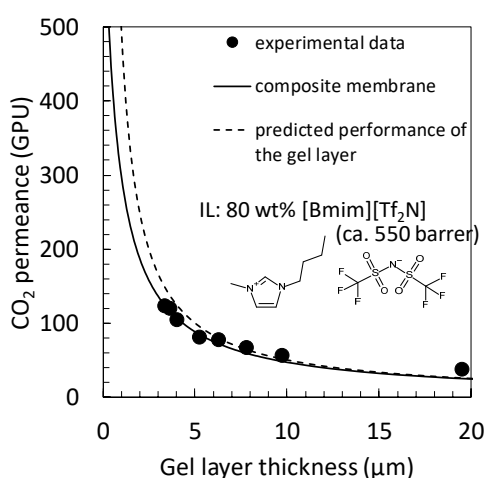


図 3 DN イオンゲル薄層を有する複合膜の CO₂ permeance と DN ゲル層厚みの関係

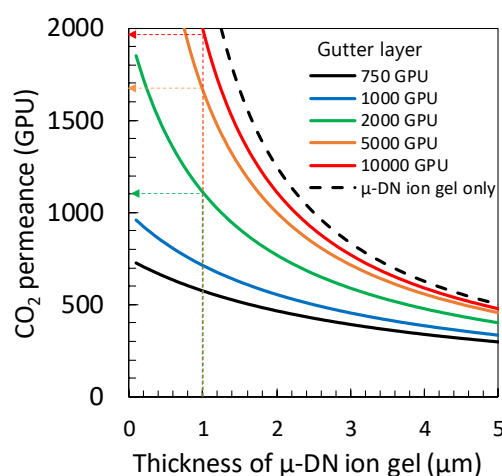


図 4 CO₂ permeability が 2500 barrer の DN イオンゲル薄層と種々性能の gutter layer から成る複合膜に対する CO₂ permeance の DN イオンゲル層厚み依存性計算結果

現状の DN イオンゲル層のイオン液体は CO₂ 透過に最適なイオン液体ではないこと、および、そのイオン液体含有率も 80 wt%程度であり、更に増大できること、また、今年度作製した複合膜の gutter layer の CO₂ permeance も 750 GPU 程度で非常に小さいことを鑑みると、DN イオンゲル薄層を有する複合膜の CO₂ permeance はまだまだ増大する余地がある。図 4 に示すとおり、CO₂ 透過に最適なイオン液体 ([Emim][B(CN)₄]) を 80 wt%以上含有する DN イオンゲル層 (CO₂ permeability 2500 barrer) と高性能 gutter layer を有する支持膜から成る複合膜の CO₂ permeance は、DN イオンゲル層の厚みが 1 ミクロンであったとしても 1000 GPU 以上となることを見込まれる。今後は、CO₂ 透過に適するイオン液体を含有する DN イオンゲル薄層形成技術の確立、DN イオンゲル層のイオン液体含有量の増大、および高性能 gutter layer を有する支持膜の開発について検討を行う。

4. 論文・著書・特許出願リスト

*当該年度において学術誌などに発表した論文・著書等の著者，発表論文名，掲載誌，巻号，ページ，年の各項目及び特許出願について記載して下さい。(受理証明があるものも記載可)

[論文]

論文名 : Influence of graphene oxide lateral size on the properties and performances of forward osmosis membrane

著者名 : N. Akther, Z. Yuan, Y. Chen, S. Lim, S. Phuntsho, N. Ghaffour, H. Matsuyama, H.K. Shon

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 484, 114421 (2020)

論文名 : Inorganic/organic nanocomposite ion gels with well dispersed secondary silica nanoparticles

著者名 : T. Yasui, E. Kamio, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : RSC advances, 10, 14451-14457, (2020)

論文名 : Improved performance of polysulfone ultrafiltration membrane using TCP by post-modification method

著者名 : Y. Jia, S. Shun, S. Hu, S. Li, C. Li, Z. Wang, F. Wen, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Membranes, 10, 66 (2020)

論文名 : Development of Janus membrane with controllable asymmetric wettability for highly-efficient oil/water emulsions separation

著者名 : Y. Lin, M. S. Salem, L. Zhang, Q. Shen, A. H. El-shazly, N. Nadyd, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 606, 118141 (2020)

論文名 : Silica Gel-coated Silicon Carbide Layer Deposited by Atmospheric Plasma Spraying

著者名 : G.-S. Lin, Y.-C. Liu, R. Anbarasan, K. Nakagawa, T. Yoshioka, H. Matsuyama, H.-H. Tseng, K.-L. Tung

掲載誌, 巻, ページ : Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 110, 173-181 (2020)

論文名 : Controlling spherulitic structures at surface and sub-layer of hollow fiber membranes prepared using nucleation agents via triple-orifice spinneret in TIPS process

著者名 : C. Fang, S. Rajabzadeh, P. Zhang, W. Liu, N. Kato, H. K. Shon, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 609, 118229 (2020)

論文名 : Graphene-based membranes for pervaporation processes

著者名 : K. Guan, G. Liu, H. Matsuyama, W. Jin,

掲載誌, 巻, ページ : Chinese Journal of Chemical Engineering, 28, 1755-1766 (2020)

論文名 : Influence of Photocatalysis on Blood Cell Attachment over Protein-Immobilized Polystyrene Surfaces Modified with a Poly(styrene)-b-Poly(acrylic acid) Copolymer

著者名 : C-C. Yeh, K. Nakagawa, Y. Chang, C. Hu

掲載誌, 巻, ページ : Langmuir, 36, 3268-3275 (2020)

論文名 : Phase separation behavior of binary mixture of photopolymerizable diacetylene and unsaturated phospholipids in liposomes

著者名 : K. Okuno, D. Saeki, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Biochimica et Biophysica Acta-Biomembranes, 1862, 183377 (2020)

論文名 : Change of foulant concentration in an anaerobic membrane bioreactor

著者名 : S. Hasegawa, G. Murakami, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Water Science and Technology, 81, 2381-2390 (2020)

論文名 : A Numerical Simulation and Experimental Comparison of Atmospheric Thermal Plasma Spray Coatings between Internal and External Powder Injection Processes

著者名 : T.-Y. Hsu, T.-C. Huang, Tse-Chiang J.-H. Chou, Y.-F. Lin, K. Nakagawa, T. Yoshioka, H. Matsuyama, H.-H. Tseng, K.-L. Tung

掲載誌, 巻, ページ : IEEE Transactions on Plasma Science, 48, 2759-2767 (2020)

論文名 : One-Pot Polymerization of Dopamine as an Additive to Enhance Permeability and Antifouling Properties of Polyethersulfone Membrane

著者名 : S. Mulyati, S. Muchtar, N. Arahman, F. Meirisa, Y. Syamsuddin, Z. Zuhra, C. M. Rosnelly, N. Shamsuddin, N. I. M. Nawi, M. D. H. Wirzal, M. R. Bilad, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Polymers, 12, 1807 (2020)

論文名 : Permeation and diffusion of nutrient ions in poly (vinyl alcohol) hydrogel membrane

著者名 : B. Zhao, W. Ma, P. Zhang, Q. Zhang, J. Zhong, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Papers, 74, 3913-3923 (2020)

論文名 : Engineering Heterostructured Thin-film Nanocomposite Membrane with Functionalized Graphene Oxide Quantum Dots (GOQD) for Highly-efficient Reverse Osmosis

著者名 : Q. Shen, Y. Lin, Y. Kawabata, Y. Jia, P. Zhang, N. Akther, K. Guan, T. Yoshioka, H. Shon, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : ACS Applied Materials and Interfaces, 12, 38662-38673 (2020)

論文名 : Development of Polyvinylidene Fluoride Membrane by Incorporating Bio-based Ginger Extract as Additive

著者名 : A. Fahrina, N. Arahman, S. Mulyati, N. A. S. Aprilia, N. I. M. Nawi, A. Aqsha, M. R. Bilad, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Polymers, 12, 2003 (2020)

論文名 : Fundamental investigation of the gas permeation mechanism of facilitated transport membranes with Co(salen)-containing ionic liquid as O₂ carriers

著者名 : A. Matsuoka, E. Kamio, T. Yoshioka, K. Nakagawa, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 248, 117018 (2020)

論文名 : Controlling the formation of porous polyketone membranes via a cross-linkable alginate additive for oil-in-water emulsion separations

著者名 : K. Guan, L. Zhang, S. Wang, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 611, 118362 (2020)

論文名 : Enhancing membrane surface antifouling by implanting amphiphilic polymer brushes using a swelling induced entrapment technique

著者名 : C. Fang, X. Zhang, X. Gong, W. Feng, L. Zhu, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 195, 111212 (2020)

論文名 : Structure control of hydrophilized PVDF hollow-fiber membranes using amphiphilic copolymers: PMMA-co-P (HEMA-co-MEA)

著者名 : S. Hikita, T. Shintani, K. Nakagawa, H. Matsuyama, T. Yoshioka

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 612, 118421 (2020)

論文名 : Preparation of polyamide-PVDF composite hollow fiber membranes with well-developed interconnected bicontinuous structure using high-temperature rapid NIPS for forward osmosis

著者名 : Y. Yabuno, K. Mihara, N. Miyagawa, K. Komatsua, K. Nakagawa, T. Shintani, H. Matsuyama, T. Yoshioka

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 612, 118468 (2020)

論文名 : Custom-tailoring Metal-organic Framework in Thin-film Nanocomposite Nanofiltration Membrane with Enhanced Internal Polarity and Amplified Surface Crosslinking for Elevated Separation Property

著者名 : Y. Lin, H.-C. Wu, L. Zhang, Q. Shen, K. Guan, T. Shintani, K.-L. Tung, T. Yoshioka, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 493, 114649 (2020)

論文名 : Engineering of ultrafine polydopamine nanoparticles in-situ assembling on polyketone substrate for highly-efficient oil-water emulsions separation

著者名 : L. Zhang, Y. Lin, S. Wang, L. Cheng, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 613, 118501 (2020)

論文名 : Fabrication of Porous Polyketone Forward Osmosis Membranes Modified with Aromatic Compounds: Improved Pressure Resistance and Low Structural Parameter

著者名 : K. Nakagawa, K. Uchida, J. L. C. Wu, T. Shintani, T. Yoshioka, Y. Sasaki, L-F. Fang, E. Kamio, H. K. Shon, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 251, 117400 (2020)

論文名 : Antifouling thin-film composite membranes with multi-defense properties by controllably constructing amphiphilic diblock copolymer brush layer

著者名 : Z. Yang, X. Zhang, M. Xie, H.-C. Wu, T. Yoshioka, D. Saeki, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 614, 118515 (2020)

論文名 : Effect of the molecular weights of thermoresponsive polyalkylene glycol draw solutes on forward osmosis performance

著者名 : A. Inada, K. Kumagai, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 252, 117462 (2020)

論文名 : Multistage osmotically assisted reverse osmosis process for concentrating solutions using hollow fiber membrane modules

著者名 : K. Nakagawa, N. Togo, R. Takagi, T. Shintani, T. Yoshioka, E. Kamio, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Research and Design, 162, 117-124 (2020)

論文名 : Two-step Dopamine-to-Polydopamine Modification of Polyethersulfone Ultrafiltration Membrane for Enhancing Anti-Fouling and Ultraviolet

Resistant Properties

著者名 : S. Mulyati, S. Muchtar, N. Arahman, Y. Syamsuddin, N. I. M. Nawi, N. Y. Harun, M. R. Bilad, Y. Firdaus, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Polymers, 12, 2051 (2020)

論文名 : Effect of hydrophilic-hydrophilic interactions between the foulant and membrane surface on the fouling propensity of different foulants

著者名 : S. Rajabzadeh, H. Awaji, Y. Sun, D. Saeki, N. Kato, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science and Research, 6, 383-389 (2020)

論文名 : Preparation of inorganic/organic double-network ion gels using a cross-linkable polymer in an open system

著者名 : E. Kamio, M. Kinoshita, T. Yasui, T. Lodge, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Macromolecules, 53, 8529-8538 (2020)

論文名 : Effect of ligand structures on oxygen absorbability and viscosity of metal-containing ionic liquids

著者名 : A. Matsuoka, E. Kamio, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Molecular Liquids, 318, 114365 (2020)

論文名 : 2D Nanocomposite Membranes: Water Purification and Fouling Mitigation

著者名 : L. Loske, K. Nakagawa, T. Yoshioka, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Membranes, 10, 295 (2020)

論文名 : Nanochannel-confined charge repulsion of ions in a reduced graphene oxide membrane

著者名 : K. Guan, S. Wang, Y. Ji, Y. Jia, L. Zhang, K. Ushio, Y. Lin, W. Jin, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Materials Chemistry A, 8, 25880-25889 (2020)

論文名 : Gas permeation characteristics of TiO₂-ZrO₂-aromatic organic chelating ligand (aOCL) composite membranes

著者名 : T. Tachibana, T. Yoshioka, K. Nakagawa, T. Shintani, E. Kamio, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Membranes, 10, 388 (2020)

論文名 : Impact of heat modification conditions on the removal of N-nitrosodimethylamine by polyamide reverse osmosis membranes

著者名 : T. Fujioka, M. Osako, K. Oda, T. Shintani, H. Kodamatani

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 247, 116921 (2020)

論文名 : Plugging nonporous polyamide membranes for enhanced rejection of small contaminants during advanced wastewater treatment

著者名 : T. Fujioka, M. Osako, S. Tanabe, H. Kodamatani, T. Shintani

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 253, 117490 (2020)

論文名 : Facile modification of aliphatic polyketone-based thin-film composite membrane for three-dimensional and comprehensive antifouling in active-layer-facing-draw-solution mode

著者名 : Y. Sun, Y. Lin, S. Wang, Z. Yang, Lei Zhang, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Applied Polymer Science, 138, e49711 (2021)

論文名 : Inorganic/organic double-network ion gel membrane with a high ionic liquid content for CO₂ separation

著者名 : E. Kamio, M. Minakata, Y. Iida, T. Yasui, A. Matsuoka, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Polymer Journal, 53, 137-147 (2021)

論文名 : Development of Novel Positively Charged Nanofiltration Membranes Using Interfacial Polymerization, Followed by Plasma Graft Polymerization

著者名 : K. Akamatsu, Y. Igarashi, T. Marutani, T. Shintani, S. Nakao

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 54, 28-34 (2021)

論文名 : Hollow fiber membranes with hierarchical spherulite surface structure developed by thermally induced phase separation using triple-orifice spinneret for membrane distillation

著者名 : C. Fang, W. Liu, P. Zhang, S. Rajabzadeh, N. Kato, Y. Sasaki, H.K. Shon, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of membrane science, 618, 118586 (2021)

論文名 : Enabling polyketone membrane with underwater superoleophobicity via a hydrogel-based modification for high-efficiency oil-in-water emulsion separation

著者名 : Y. Jia, K. Guan, L. Zhang, Y. Lin, Q. Shen, P. Zhang, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 618, 118705 (2021)

論文名 : Highly improved organic solvent reverse osmosis (OSRO) membrane for organic liquid mixture separation by simple heat treatment

著者名 : C. Liu, R. Takagi, D. Saeki, L. Cheng, T. Shintani, T. Yasui, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 618, 118710 (2021)

論文名 : Engineering a dual-functional sulfonated polyelectrolyte-silver nanoparticle complex on a polyamide reverse osmosis membrane for robust biofouling mitigation

著者名 : Z. Yang, R. Takagi, X. Zhang, T. Yasui, L. Zhang, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 618, 118757 (2021)

論文名 : Antifouling and antibacterial behavior of membranes containing quaternary ammonium and zwitterionic polymers

著者名 : M.-M. Zhu, Y. Fang, Y.-C. Chen, Y.-Q. Lei, L.-F. Fang, B.-K. Zhu, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Colloid And Interface Science, 584, 225-235 (2021)

論文名 : Effect of branch structure of thermoresponsive oligomers on draw solution performance in forward osmosis process

著者名 : A. Inada, K. Yumiya, K. Kumagai, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 609, 125659 (2021)

論文名 : In situ formation of ultrathin polyampholyte layer on porous polyketone membrane via a onestep dopamine co-deposition strategy for oil/water separation with ultralow fouling

著者名 : L. Zhang, R. Takagi, S. Wang, Y. Lin, K. Guan, L. Cheng, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 619, 118789 (2021)

論文名 : Effect of hydrophilic polymer modification of reverse osmosis membrane surfaces on organic adsorption and biofouling behavior

著者名 : D. Saeki, G. Yonamine, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 609, 125680 (2021)

論文名 : Development of membranes with well-dispersed polyampholytic copolymer via a composite coagulation process

著者名 : S.-Y. Wang, L.-F. Fang, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 620, 118848 (2021)

論文名 : Effect of polymer molecular weight on structure and performance of PVDF hollow fiber membranes prepared via TIPS process with co-extrusion of solvent using triple orifice spinneret

著者名 : P. Zhang, C. Fang, S. Rajabzadeh, W. Liu, Y. Jia, Q. Shen, L. Zhang, S.-Y. Wang, N. Kato, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 620, 118854 (2021)

論文名 : In situ ultrathin silica layer formation on polyamide thin-film composite membrane surface for enhanced forward osmosis performances

著者名 : N. Akther, Y. Lin, S. Wang, S. Phuntsho, Q. Fu, N. Ghaffour, H. Matsuyama, H. Shon

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 620, 118876 (2021)

論文名 : Organic solvent reverse osmosis membranes for organic liquid mixture separation: A review

著者名 : C. Liu, G. Dong, T. Tsuru, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 620, 118882 (2021)

論文名 : Controlling the inner surface pore and spherulite structures of PVDF hollow fiber membranes in thermally induced phase separation using triple-orifice for membrane distillation

著者名 : C. Fang, W. Liu, P. Zhang, M. Yao, S. Rajabzadeh, N. Kato, H. Shon, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 258, 117988 (2021)

論文名 : One step surfactant entrapment onto PVDF hollow fiber membrane surface by the TIPS process using a triple-layer orifice spinneret

著者名 : C. Fang, P. Zhang, S. Rajabzadeh, N. Kato, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Colloid and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 611, 125885 (2021)

論文名 : A high ZIF-8 loading PVA mixed matrix membrane on alumina hollow fiber with enhanced ethanol dehydration

著者名 : G.-S. Lin, Y.-R. Chen, T.-H. Chang, T.-C. Huang, G.-L. Zhuang, W.-Z. Huang, Y.-C. Liu, H. Matsuyama, K.C.W. Wu, K.-L. Tung

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 621, 118935 (2021)

論文名 : Inkjet printed single walled carbon nanotube as an interlayer for high performance thin film composite nanofiltration membrane

著者名 : M.J. Park, C. Wang, D.H. Seo, R.R. Gonzales, H. Matsuyama, H.K. Shon

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 620, 118901 (2021)

論文名 : Surface engineering with microstructured gel networks for superwetting membranes

著者名 : Y. Jia, K. Guan, P. Zhang, Q. Shen, S. Wang, Y. Lin, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Materials Chemistry A, 9, 7924-7934 (2021)

論文名 : Effect of the Characteristic Properties of Membrane on Long-Term Stability in the Vacuum Membrane Distillation Process

著者名 : Y. Suga, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Membranes, 11, 252 (2021)

論文名 : Gas barrier properties of inorganic-organic nanocomposite gas barrier membranes with high content of layered double hydroxide (LDH) using surface modified LDH

著者名 : Koji Kuraoka, Kazumi Miki

掲載誌, 巻, ページ : Journal of the Ceramic Society of Japan, 128 (8), 573-576
2020 年

論文名 : Preparation and gas barrier properties of organic-inorganic hybrid gas barrier membranes using 3-glycidoxypropyl silsesquioxane

著者名 : Koji Kuraoka, Yuta Shimmen, Hidetoshi Kato, Hiroyasu Seki, Takeshi Nishikawa

掲載誌, 巻, ページ : Journal of the Ceramic Society of Japan, 128 (4), 229-232,
2020 年

論文名 : Effect of Sn_xPt_y Alloy Structures in SnPt Bimetallic Nanoparticle Catalysts on Catalytic Activity for Hydrogenation of Acetic Acid

著者名 : Keita Taniya, Hiromu Takado, Hiroaki Ito, Takafumi Horie, Yuichi Ichihashi, Shik Chi Tsang, Satoru Nishiyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 53 巻, PP. 383-388,
2020 年

論文名 : Gas Absorption Enhancement of Slug Flow in the Presence of Non-Porous Silica Fine Particles

著者名 : Yuuki Iwamura, Takafumi Horie, Yoshihide Watabe, Hayato Masuda, Steven Wang, Kenta Hirai, Norihisa Kumagai, Keita Taniya, Yuichi Ichihashi, Yoshiyuki Komoda, Naoto Ohmura

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 53 巻, PP. 409-413,
2020 年

論文名 : Impacts of the Surfactant Concentration on the Sedimentation Characteristics of Silica Hard-Shell Microcapsules Containing Phase Change Materials

著者名 : Sohei Usa, Ruri Hidema, Yoshiyuki Komoda, Takafumi Horie, Keita Taniya,

Yuichi Ichihashi, Naoto Ohmura, Satoru Nishiyama, Hitoshi Asano, Hiroshi Suzuki

掲載誌，巻，ページ：Journal of Chemical Engineering of Japan, 53 巻, PP. 431-437, 2020 年

[著書]

著 書：新材料・新素材シリーズ 水処理用分離膜の開発最前線（松山秀人監修）

著者名：松山 秀人

発行所，発行年：シーエムシー出版，2020 年

著 書：シンポジウムシリーズ 3 分離技術のシーズとライセンス技術の実用化（共著）

著者名：高橋 智輝，松山 秀人

巻，ページ：正浸透法による水処理技術と要素技術の開発，50-59

発行所，発行年：分離技術会，2020 年

著 書：ポストグラフェン材料の創製と用途開発最前線（共著）

著者名：中川 敬三

巻，ページ：第 III 編第 3 章第 3 節 金属酸化物ナノシートを利用した積層型分離膜の開発

発行所，発行年：株式会社エヌ・ティー・エス，2020 年

[特許]

発明等の名称：酢酸の回収方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，他 5 名

出願日：2020 年 9 月 8 日

出願番号：特願 2020-150254

発明等の名称：ポリアミド多孔膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，他 4 名

出願日：2020 年 9 月 30 日

出願番号：特願 2020-165096

発明等の名称：ナノ濾過膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，他 4 名

出願日：2020 年 9 月 30 日

出願番号：特願 2020-165097

発明等の名称：フッ素含有ポリアミド層を有する複合半透膜

出願者：国立大学法人神戸大学，他1名

発明者：松山秀人，新谷卓司，他1名

出願日：2020年11月26日

出願番号：特願2020-195912

発明等の名称：酸化グラフェン層を有する複合半透膜

出願者：国立大学法人神戸大学，他1名

発明者：中川敬三，松山秀人，他1名

出願日：2020年11月26日

出願番号：特願2020-196188

発明等の名称：医療デバイスの結石付着又は石灰化の抑制化剤、結石付着又は石灰化が抑制化された医療デバイス、及び結石付着又は石灰化が抑制化された医療デバイスの製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：重村克巳，松山秀人，熊谷和夫，梁英敏

出願日：2021年2月19日

出願番号：特願2021-025274

発明等の名称：多孔膜

出願者：国立大学法人神戸大学，他1名

発明者：松山秀人，グアンケチェン，他2名

出願日：2021年3月1日

出願番号：特願2021-031961

発明等の名称：オレフィン/パラフィン分離用複合分離膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他1名

発明者：松山秀人，他1名

出願日：2021年3月19日

出願番号：特願2021-045772

様式（年次報告書）

令和 3 年 5 月 7 日

令和2年度研究プロジェクト年次報告書

1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称	惑星科学国際教育研究プロジェクト		
研究代表者 部局・専攻・氏名	理学研究科惑星学専攻 牧野 淳一郎		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金	51,008 千円,	受託研究経費 42,375 千円 奨学寄附金 5,520 千円, 共同研究経費 47,700 千円
特許出願件数	0 件,	論文発表件数	28 件, 著書数 0 件

2. 構成員とその役割分担

氏名	部局・専攻	役割分担
牧野 淳一郎	理学研究科惑星学専攻	CPS センター長 計算惑星学
林 祥介	理学研究科惑星学専攻	CPS 副センター長 惑星大気シミュレーションモデルの開発と 大気循環構造の解明
荒川 政彦	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 リング粒子や小天体の衝突現象に関する実 験的研究
大槻 圭史	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 衛星-リング系の起源および太陽系小天体 観測に関する研究
高橋 芳幸	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 惑星大気放射モデルの構築
中村 昭子	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 フラッシュ X 線を用いたダストク ラスターの充填率の研究
斎藤 貴之	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 銀河形成過程のシミュレーション 研究
瀬戸 雄介	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 惑星構成物質の微細組織に関する鉱物学・ 結晶学的研究
山崎 和仁	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 ダグラステンソルに基づくカタス トロフィックシフト過程の非平

		衡安定性解析
保井 みなみ	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 小惑星及び氷衛星のクレーター形成過程に関する実験的研究
樫村 博基	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 火星および金星大気の全球非静力学モデルの開発と高解像度計算
笥 楽磨	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 北海道で発生する深い地震による強震動と島弧の減衰構造に関する研究・東北日本で発生するスラブ内地震, プレート境界地震, アウターライズ地震による強震動と島弧の減衰構造に関する研究
平田 直之	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 小惑星リュウグウの表層進化ほか
播磨 尚朝	理学研究科物理学専攻	CPS 研究員 多極子伝導系の物理の推進
大道 英二	理学研究科物理学専攻	CPS 研究員 磁性体・超伝導体の強磁場物性の研究
永井 智哉	惑星科学研究センター	特命准教授 富岳加速・計算宇宙惑星プロジェクトのマネージメント
細野 七月	惑星科学研究センター	特命助教 巨大衝突による月形成シナリオ
臼井 文彦	惑星科学研究センター	特命助教 近赤外線分光観測による小惑星の含水鉱物探査
野村 昂太郎	惑星科学研究センター	特命助教 粒子系シミュレーションの高速化
上野 宗孝	惑星科学研究センター	客員教授 宇宙科学・太陽系探査に関わるミッションの創出に関わる研究と, 将来要素技術の開拓
岩澤 全規	惑星科学研究センター	客員准教授 並列粒子シミュレーションコード開発フレームワーク (FDPS) の開発

3. 研究成果の概要等について

*継続用紙添付可，研究者や研究テーマごとなど，3ページ以内に簡潔にまとめて下さい。

本プロジェクトでは、天文学から地球科学にわたる全国の研究者の連携融合を促し、惑星・惑星系の形成進化多様性と惑星表層環境の可能な姿を探究する総合的な研究を推進し、生命の発生と生存の議論につなげるべく、惑星科学研究センター(CPS)を立ち上げこれを運営してきました。令和2年度は特に以下の4点を軸に活動を行いました。

1. 計算惑星学分野の研究推進事業

実験が不可能な惑星の起源・進化や惑星環境の変動といった現象を、「京」やポスト「京」(「富岳」)などのスーパーコンピュータを用いた大規模数値シミュレーションによって解明する。

2. 惑星探査コンソーシアム推進事業

太陽系探査計画におけるミッションの企画・創出とそれを担う人材育成を目的とした「惑星探査コンソーシアム」計画をリードする。

3. 研究交流事業

国内外の著名講師による惑星科学一般の最先端講義と国際交流の場を提供する。また、多数の実習・セミナー等を支援する。

4. ネット図書館事業

上記1-3の活動で得られた知見をウェブ上に集積公開し、分野横断的な教育研究活動を奨励する。

これによって、CPS という我が国の当該分野には他に類を見ないユニークな機能を維持し、コミュニティの中核としてこれを機能させ、神戸大学のプレゼンス向上に当該分野から寄与してきました。

惑星科学・地球科学・宇宙生物学で扱う現象は観測・実験だけでは探求不可能な対象を多々有するため、計算科学やデータ科学の手法を用いたアプローチが必須であります。これについて、次世代高機能計算機を含む様々な計算資源の活用による惑星・惑星系の形成進化多様性の研究、データ同化に象徴される観測とシミュレーションの融合、また、これらに必要となる計算環境やソフトウェアの開発を主な目的として活動を展開するとともに、全国の関連研究者との連携を促進しました。さらに、これまで行ってきた知見の集積・シミュレーション・データに、AI コンピューティングの手法を導入することで融合進化していくことを意図した専用アーキテクチャの開発も推進しました。さらに、超並列プロセッサ PEZY-SC2 を採用した高性能スーパーコンピューター「アジサイ」を設置し、並列アプリケーションの開発を推進しました。

既存の計算資源の活用としては、文部科学省委託研究事業「富岳成果創出加速プログラム」に新規に採択され、国内16か所の大学研究機関と連携して理化学研究所のスーパーコンピュータ「富岳」による大規模シミュレーションの研究開発、それに関連した研究会やソフトウェア講習会を開催しました。

系外惑星を含む地球型惑星大気研究について、自然科学研究機構アストロバイオロ

ジーセンターとの共催で CPS & ABC ワークショップ「系外惑星大気の観測とモデリング」(2021 年 3 月 1 日、オンライン)を開催、また、科学研究費補助金・基盤研究 S「あかつきデータ同化が明らかにする金星大気循環の全貌」(代表:林祥介)をコアとして、金星大気の構造解明に迫るセミナー群と年度末研究会(3 月 10・11日、15 日)を開催するなど、研究交流の場を提供するとともに、金星・火星から系外惑星に至る汎惑星気象学・気候学のためのミュレーションモデルの研究開発を推進しました。

新たなアーキテクチャ開発事業としては、新エネルギー・産業技術総合開発機構による「高効率・高速処理を可能とする AI チップ・次世代コンピューティングの技術開発プロジェクト(1)革新的 AI エッジコンピューティング技術の開発」に基づき、株式会社 Preferred Networks との共同研究で高効率・高速処理を可能とする AI チップの開発に向けた研究を進め、特に電力性能向上のための回路方式の検討を行いました。

計算科学振興財団による研究教育拠点(COE)形成推進事業「ポスト「京」、ポスト・ポスト「京」をみすえたハードウェア・アルゴリズム・ソフトウェアの総合的研究」では、理化学研究所と共同で地球惑星数値シミュレーションに関する情報収集を行い、さらに気象気候共通ライブラリ等の PEZY-SC プロセッサ使用のサーバ等の超メニーコアプロセッサへの移植可能性について検討を行ってきました。株式会社テラピクセル・テクノロジーズとの共同研究部門である高性能プロセッサコデザイン部門では、大規模シミュレーション・人工知能・データサイエンス応用に特化した高性能プロセッサの開発を、アプリケーション開発・それによる惑星学を中心とするサイエンス研究と一体となって推進し、シミュレーションやデータサイエンス等の手法による惑星学・計算科学の発展を推し進めました。

太陽系探査計画を推進するための環境整備やこれを担う人材育成に向けての活動については、日本学術会議の大型計画 2020 の一つとして日本惑星科学会と地球電磁気・惑星圏学会が連名で申請した「惑星探査コンソーシアム」計画の提案幹事として貢献しました。提案後も、JAXA/宇宙科学研究所並びに東北大学惑星プラズマ・大気研究センターや国立天文台等と関係諸機関と連携し、計画の具体化に向けての議論検討を続けています。

今年度はコロナウイルス流行の影響下で、本プロジェクトで主催・共催した全ての研究会・ワークショップや実習会をオンライン開催としました。CPS ではかねてよりテレビ会議やウェブ会議システム Zoom を積極的に取り入れてきたことから、大きな負担もなく遠隔参加を受け入れることが可能でした。この知見は学内外へ提供し、遠隔講義等に活用されました。

令和 3 年度も、CPS は全国の惑星科学研究のハブとして活動を続けていきます。これによって、神戸大学の惑星科学研究の推進力となると同時に、全国の惑星科学のコミュニティと連携した活動を続けていきたいと思えます。具体的活動については CPS のウェブページ(<https://www.cps-jp.org/>)をご覧ください。

4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

- Takeshi Horinouchi, Yoshi-Yuki Hayashi*, Shigeto Watanabe, Manabu Yamada, Atsushi Yamazaki, Toru Kouyama, Makoto Taguchi, Tetsuya Fukuhara, Masahiro Takagi, Kazunori Ogohara, Shin-ya Murakami, Javier Peralta, Sanjay S. Limaye, Takeshi Imamura, Masato Nakamura, Takao M. Sato, and Takehiko Satoh How waves and turbulence maintain the super-rotation of Venus' atmosphere Science 2020.4 368 巻 6489 号 pp.405-409
- M. Arakawa*, T. Saiki, K. Wada, K. Ogawa, T. Kadono, K. Shirai*, H. Sawada, K. Ishibashi, R. Honda, N. Sakatani, Y. Iijima, C. Okamoto, H. Yano, Y. Takagi, M. Hayakawa, P. Michel, M. Jutzi, Y. Shimaki, S. Kimura, Y. Mimasu, T. Toda, H. Imamura, S. Nakazawa, H. Hayakawa, S. Sugita, T. Morota, S. Kameda, E. Tatsumi, Y. Cho, K. Yoshioka, Y. Yokota, M. Matsuoka, M. Yamada, T. Kouyama, C. Honda, Y. Tsuda, S. Watanabe, M. Yoshikawa, S. Tanaka, F. Terui, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, G. Ono, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, H. Takeuchi, Y. Yamamoto, T. Okada, C. Hirose, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, R. Tsukizaki, T. Iwata, M. Ozaki, M. Abe ,N. Namiki, K. Kitazato, S. Tachibana, H. Ikeda, N. Hirata, N. Hirata* ,R. Noguchi, A. Miura An artificial impact on the asteroid (162173) Ryugu formed a crater in the gravity-dominated regime Science 2020.4 368 巻 6486 号 pp. 67-71
- Yuichi Ito, George L. Hashimoto, Yoshiyuki O. Takahashi*, Masaki Ishiwatari, Kiyoshi Kuramoto H₂O₂-induced Greenhouse Warming on Oxidized Early Mars The Astrophysical Journal 2020.4 893 巻 2 号 68 (8pp)
- T. Morota, S. Sugita, Y. Cho, M. Kanamaru, E. Tatsumi, N. Sakatani, R. Honda, N. Hirata*, H. Kikuchi, M. Yamada, Y. Yokota, S. Kameda, M. Matsuoka, H. Sawada, C. Honda, T. Kouyama, K. Ogawa, H. Suzuki, K. Yoshioka, M. Hayakawa, N. Hirata, M. Hirabayashi, H. Miyamoto, T. Michikami, T. Hiroi, R. Hemmi, O. S. Barnouin, C. M. Ernst, K. Kitazato, T. Nakamura, L. Riu, H. Senshu, H. Kobayashi, S. Sasaki, G. Komatsu, N. Tanabe, Y. Fujii, T. Irie, M. Suemitsu, N. Takaki, C. Sugimoto, K. Yumoto, M. Ishida, H. Kato, K. Moroi, D. Domingue, P. Michel, C. Pilorget, T. Iwata, M. Abe, M. Ohtake, Y. Nakauchi, K. Tsumura, H. Yabuta, Y. Ishihara, R. Noguchi, K. Matsumoto, A. Miura, N. Namiki, S. Tachibana, M. Arakawa*, H. Ikeda, K. Wada, T. Mizuno, C. Hirose, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, R. Tsukizaki, H. Yano, M. Ozaki, H. Takeuchi, Y. Yamamoto, T. Okada, Y. Shimaki, K. Shirai*, Y. Iijima, H. Noda, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, S. Nakazawa, F. Terui, S. Tanaka, M. Yoshikawa, T. Saiki, S. Watanabe, Y. Tsuda Sample collection from asteroid (162173) Ryugu by Hayabusa2: Implications for surface evolution Science 2020.5 368 巻 6491 号 pp.654-659
- Iori Sumida, Yuya Ishizawa, Natsuki Hosono*, Takanori Sasaki N-body

Simulations of the Ring Formation Process around the Dwarf Planet Haumea
The Astrophysical Journal 2020.6 897 卷 1 号 21 (11pp)

- Long Wang, Masaki Iwasawa, Keigo Nitadori, Junichiro Makino* PETAR: a high-performance N-body code for modelling massive collisional stellar systems
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 2020.7 497 卷 1 号 pp. 536-555
- Takayoshi Nagaya, Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, Yusuke Seto*, Akira Miyake, Masaoki Uno, Jun Muto, Simon R. Wallis Crystallographic preferred orientation of talc determined by an improved EBSD procedure for sheet silicates: Implications for anisotropy at the slab–mantle interface due to Si-metasomatism
American Mineralogist 2020.6 105 卷 6 号 pp. 873-893
- Ohtsuki, K*, Kawamura, H, Hirata, N*, Daisaka, H, Kimura, H Size of the smallest particles in Saturn's rings ICARUS 2020.7 344 卷 113346 号 (11pp)
- Yuta Nakagawa, Takanori Kodama, Masaki Ishiwatari, Hajime Kawahara, Yasushi Suto, Yoshiyuki O. Takahashi*, George L. Hashimoto, Kiyoshi Kuramoto, Kensuke Nakajima, Shin-ichi Takehiro, Yoshi-Yuki Hayashi* Obliquity of an Earth-like Planet from Frequency Modulation of Its Direct-imaged Lightcurve: Mock Analysis from General Circulation Model Simulation The Astrophysical Journal 2020.7 898 卷 2 号 95 (18pp)
- Toshihiko Kadono, Masahiko Arakawa*, Rie Honda, Ko Ishibashi, Kazunori Ogawa, Naoya Sakatani, Hirotaka Sawada, Yuri Shimaki, Kei Shirai*, Seiji Sugita, Koji Wada Impact Experiment on Asteroid (162173) Ryugu: Structure beneath the Impact Point Revealed by In Situ Observations of the Ejecta Curtain ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS 2020.8 899 卷 1 号 L22 (6pp)
- Yuri Shimaki, Hiroki Senshu, Naoya Sakatani, Tatsuaki Okada, Tetsuya Fukuhara, Satoshi Tanaka, Makoto Taguchi, Takehiko Arai, Hirohide Demura, Yoshiko Ogawa, Kentaro Suko, Tomohiko Sekiguchi, Toru Kouyama, Sunao Hasegawa, Jun Takita, Tsuneo Matsunaga, Takeshi Imamura, Takehiko Wada, Kohei Kitazato, Naru Hirata, Naoyuki Hirata*, Rina Noguchi, Seiji Sugita, Shota Kikuchi, Tomohiro Yamaguchi, Naoko Ogawa, Go Ono, Yuya Mimasu, Kent Yoshikawa, Tadateru Takahashi, Yuto Takei, Atsushi Fujii, Hiroshi Takeuchi, Yukio Yamamoto, Manabu Yamada, Kei Shirai*, Yu-ichi Iijima, Kazunori Ogawa, Satoru Nakazawa, Fuyuto Terui, Takanao Saiki, Makoto Yoshikawa, Yuichi Tsuda, Sei-ichiro Watanabe Thermophysical properties of the surface of asteroid 162173 Ryugu: Infrared observations and thermal inertia mapping ICARUS 2020.9 348 卷 113835 号 (15pp)
- Shota Kikuchi, Sei-ichiro Watanabe, Takanao Saiki, Hikaru Yabuta, Seiji Sugita, Tomokatsu Morota, Naru Hirata, Naoyuki Hirata*, Tatsuhiko Michikami, Chikatashi Honda, Yashuhiro Yokota, Rie Honda, Naoya Sakatani, Tatsuaki

Okada, Yuri Shimaki, Koji Matsumoto, Rina Noguchi, Yuto Takei, Fuyuto Terui, Naoko Ogawa, Kent Yoshikawa, Go Ono, Yuya Mimasu, Hirotaka Sawada, Hitoshi Ikeda, Chikako Hirose, Tadateru Takahashi, Atsushi Fujii, Tomohiro Yamaguchi, Yoshiaki Ishihara, Tomoki Nakamura, Kohei Kitazato, Koji Wada, Shogo Tachibana, Eri Tatsumi, Moe Matsuoka, Hiroki Senshu, Shingo Kameda, Toru Kouyama, Manabu Yamada, Kei Shirai*, Yuichiro Cho, Kazunori Ogawa, Yukio Yamamoto, Akira Miura, Takahiro Iwata, Noriyuki Namiki, Masahiko Hayakawa, Masanao Abe, Satoshi Tanaka, Makoto Yoshikawa, Satoru Nakazawa, Yuichi Tsuda Hayabusa2 Landing Site Selection: Surface Topography of Ryugu and Touchdown Safety SPACE SCIENCE REVIEWS 2020.10 216 卷 7号

- K. Yamasaki*, T. Yajima KCC analysis of a one-dimensional system during catastrophic shifts of the Hill function: Douglas tensor in the non-equilibrium region International Journal of Bifurcation and Chaos 2020.10 30 卷 11号 2030032-1
- Takanao Saiki, Yuto Takei, Yuya Mimasu, Hirotaka Sawada, Naoko Ogawa, Go Ono, Kent Yoshikawa, Fuyuto Terui, Masahiko Arakawa*, Seiji Sugita, Seiichiro Watanabe, Makoto Yoshikawa, Satoru Nakazawa, Yuichi Tsuda Hayabusa2's kinetic impact experiment: Operational planning and results Acta Astronautica 2020.10 175 卷 pp.362-374
- Toru Homma, Keiji Ohtsuki*, Natsuho Maeda, Ryo Suetsugu, Masahiro N. Machida, Takayuki Tanigawa Delivery of Pebbles from the Protoplanetary Disk into Circumplanetary Disks The Astrophysical Journal 2020.11 903 卷 2号 98p
- Masaki Iwasawa, Daisuke Namekata, Ryo Sakamoto, Takashi Nakamura, Yasuyuki Kimura, Keigo Nitadori, Long Wang, Miyuki Tsubouchi, Jun Makino*, Zhao Liu, Haohuan Fu, Guangwen Yang Implementation and Performance of Barnes-Hut N-body algorithm on Extreme-scale Heterogeneous Many-core Architectures The International Journal of High Performance Computing Applications 2020.11 34 卷 6号 pp.615-628
- Balázs Bradák, Yusuke Seto*, Martin Chadima, József Kovács, Péter Tanos, Gábor Újvári, Masayuki Hyodo Magnetic fabric of loess and its significance in Pleistocene environment reconstructions Earth-Science Reviews 2020.11 210 卷 103385
- Naoyuki Hirata*, Ryo Suetsugu, Keiji Ohtsuki* A global system of furrows on Ganymede indicative of their creation in a single impact event ICARUS 2020.12 352 卷
- Takanao Saiki, Yuya Mimasu, Yuto Takei, Manabu Yamada, Hirotaka Sawada, Kazunori Ogawa, Naoko Ogawa, Hiroshi Takeuchi, Akira Miura, Yuri Shimaki, Koji Wada, Rie Honda, Yasuhiro Yokota, Kei Shirai*, Naruhisa Sano, Hirohito Ohtsuka, Go Ono, Kent Yoshikawa, Shota Kikuchi, Chikako Hirose, Yukio

- Yamamoto, Takahiro Iwata, Masahiko Arakawa*, Seiji Sugita, Satoshi Tanaka, Fuyuto Terui, Makoto Yoshikawa, Satoru Nakazawa, Sei-ichiro Watanabe, Yuichi Tsuda Motion reconstruction of the small carry-on impactor aboard Hayabusa2 *Astrodynamic* 2020.12 4 卷 4 号 pp.289-308
- Naoyuki Hirata*, Noriyuki Namiki, Fumi Yoshida, Koji Matsumoto, Hirotomo Noda, Hiroki Senshu, Takahide Mizuno, Fuyuto Terui, Yoshiaki Ishihara, Ryuhei Yamada, Keiko Yamamoto, Shinsuke Abe, Rina Noguchi, Naru Hirata, Yuichi Tsuda, Sei-ichiro Watanabe Rotational effect as the possible cause of the east-west asymmetric crater rims on Ryugu observed by LIDAR data *ICARUS* 2021.1 354 卷
 - Ayako I. Suzuki, Yoichi Fujita, Shunya Harada, Masato Kiuchi, Yasunari Koumoto, Eri Matsumoto, Tomomi Omura, Sae Shigaki, Erine Taguchi, Sayaka Tsujido, Kosuke Kurosawa, Sunao Hasegawa, Takayuki Hirai, Makoto Tabata, Hideki Tamura, Toshihiko Kadono, Akiko M. Nakamura*, Masahiko Arakawa*, Seiji Sugita, Ko Ishibashi Experimental study concerning the oblique impact of low- and high-density projectiles on sedimentary rocks *Planetary and Space Science* 2021.1 195 卷
 - E. Tatsumi, C. Sugimoto, L. Riu, S. Sugita, T. Nakamura, T. Hiroi, T. Morota, M. Popescu, T. Michikami, K. Kitazato, M. Matsuoka, S. Kameda, R. Honda, M. Yamada, N. Sakatani, T. Kouyama, Y. Yokota, C. Honda, H. Suzuki, Y. Cho, K. Ogawa, M. Hayakawa, H. Sawada, K. Yoshioka, C. Pilorget, M. Ishida, D. Domingue, N. Hirata*, S. Sasaki, J. de León, M. A. Barucci, P. Michel, M. Suemitsu, T. Saiki, S. Tanaka, F. Terui, S. Nakazawa, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, Y. Yamamoto, T. Okada, C. Hirose, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, R. Tsukizaki, T. Mizuno, T. Iwata, H. Yano, M. Ozaki, M. Abe, M. Ohtake, N. Namiki, S. Tachibana, M. Arakawa*, H. Ikeda, M. Ishiguro, K. Wada, H. Yabuta, H. Takeuchi, Y. Shimaki, K. Shirai*, N. Hirata, Y. Iijima, Y. Tsuda, S. Watanabe, M. Yoshikawa Collisional history of Ryugu's parent body from bright surface boulders *Nature Astronomy* 2021.1 5 卷 1 号 pp.39-45
 - Rina Noguchi, Naoyuki Hirata*, Naru Hirata, Yuri Shimaki, Naoki Nishikawa, Sayuri Tanaka, Takaaki Sugiyama, Tomokatsu Morota, Seiji Sugita, Yuichiro Cho, Rie Honda, Shingo Kameda, Eri Tatsumi, Kazuo Yoshioka, Hirotaka Sawada, Yasuhiro Yokota, Naoya Sakatani, Masahiko Hayakawa, Moe Matsuoka, Manabu Yamada, Toru Kouyama, Hidehiko Suzuki, Chikatoshi Honda, Kazunori Ogawa, Masanori Kanamaru, Sei-ichiro Watanabe Crater depth-to-diameter ratios on asteroid 162173 Ryugu *ICARUS* 2021.1 354 卷
 - Ayako I. Suzuki, Yoichi Fujita, Shunya Harada, Masato Kiuchi, Yasunari Koumoto, Eri Matsumoto, Tomomi Omura, Sae Shigaki, Erine Taguchi, Sayaka Tsujido, Kosuke Kurosawa, Sunao Hasegawa, Takayuki Hirai, Makoto Tabata, Hideki

Tamura, Toshihiko Kadono, Akiko M. Nakamura*, Masahiko Arakawa*, Seiji Sugita, Ko Ishibashi Experimental study concerning the oblique impact of low- and high-density projectiles on sedimentary rocks *Planetary and Space Science* 2021.1 195 卷 105141(12 pp)

- Tomomi Omura, Akiko M. Nakamura* Primordial Porous Structure of Chondrite Parent Bodies Due to Self-gravity *The Planetary Science Journal* 2021.2 2 卷 41(12 pp)
- K. Wada, K. Ishibashi, H. Kimura, M. Arakawa*, H. Sawada, K. Ogawa, K. Shirai*, R. Honda, Y. Iijima, T. Kadono, N. Sakatani, Y. Mimasu, T. Toda, Y. Shimaki, S. Nakazawa, H. Hayakawa, T. Saiki, Y. Takagi, H. Imamura, C. Okamoto, M. Hayakawa, N. Hirata, H. Yano Size of particles ejected from an artificial impact crater on asteroid 162173 Ryugu *Astronomy and Astrophysics* 2021.3 6
- K. Kitazato, R. E. Milliken, T. Iwata, M. Abe, M. Ohtake, S. Matsuura, Y. Takagi, T. Nakamura, T. Hiroi, M. Matsuoka, L. Riu, Y. Nakauchi, K. Tsumura, T. Arai, H. Senshu, N. Hirata, M. A. Barucci, R. Brunetto, C. Pilorget, F. Poulet, J.-P. Bibring, D. L. Domingue, F. Vilas, D. Takir, E. Palomba, A. Galiano, D. Perna, T. Osawa, M. Komatsu, A. Nakato, T. Arai, N. Takato, T. Matsunaga, M. Arakawa*, T. Saiki, K. Wada, T. Kadono, H. Imamura, H. Yano, K. Shirai*, M. Hayakawa, C. Okamoto, H. Sawada, K. Ogawa, Y. Iijima, S. Sugita, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, E. Tatsumi, Y. Cho, K. Yoshioka, Y. Yokota, N. Sakatani, M. Yamada, T. Kouyama, H. Suzuki, C. Honda, N. Namiki, T. Mizuno, K. Matsumoto, H. Noda, Y. Ishihara, R. Yamada, K. Yamamoto, F. Yoshida, S. Abe, A. Higuchi, Y. Yamamoto, T. Okada, Y. Shimaki, R. Noguchi, A. Miura, N. Hirata*, S. Tachibana, H. Yabuta, M. Ishiguro, H. Ikeda, H. Takeuchi, T. Shimada, O. Mori, S. Hosoda, R. Tsukizaki, S. Soldini, M. Ozaki, F. Terui, N. Ogawa, Y. Mimasu, G. Ono, K. Yoshikawa, C. Hirose, A. Fujii, T. Takahashi, S. Kikuchi, Y. Takei, T. Yamaguchi, S. Nakazawa, S. Tanaka, M. Yoshikawa, S. Watanabe, Y. Tsuda Thermally altered subsurface material of asteroid (162173) Ryugu *Nature Astronomy* 2021.3 5 卷 3 号 pp246-250
- Yuuya Nagaashi, Akiko M. Nakamura*, Sunao Hasegawa, Koji Wada Packing fraction of clusters formed in free-falling granular streams based on flash x-ray radiography *Physical Review E* 2021.3 103 卷 3290(36 pp)

[著書]

なし

[特許]

なし

5. 関連活動及び特記事項

(注) 複数の研究プロジェクトに所属されている先生で、研究成果の切り分けが難しく、複数のプロジェクトから成果として報告する場合は、その成果のあとに「※」印を付して下さい。

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名：科学研究費補助金（研究代表者）

研究種目：基盤研究 (S)

代表者名：林 祥介

研究課題名：あかつきデータ同化が明らかにする金星大気循環の全貌

受入金額：14,625千円

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

代表者名：中村 昭子

研究課題名：粉体流を用いたダスト集合体の衝突進化の実験的研究

受入金額：2,470千円

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

代表者名：平田 直之

研究課題名：カッシーニ画像データ解析による土星中型氷衛星の熱進化史の解明

受入金額：2,600千円

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

代表者名：山崎 和仁

研究課題名：ミルフィーユ構造のキンク強化理論：砂泥互層褶曲の微分幾何学的考察

受入金額：2,210千円

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

代表者名：播磨 尚朝

研究課題名：J-Physics：多極子伝導系の物理の研究総括

受入金額：2,470千円

研究種目：基盤研究 (A)

代表者名：荒川 政彦

研究課題名：衝突破壊の超高速X線トモグラフィーによる小惑星族の多様性に関する研究

受入金額：8,320千円

研究種目：基盤研究 (B)

代表者名：瀬戸 雄介

研究課題名：原始太陽系を模擬した浮遊溶融システムの新規開発

受入金額：2,080千円

研究種目：基盤研究 (C)

代表者名：中村 昭子

研究課題名：微小重力実験による小天体レゴリス上のクレータースケール則の構築

受入金額：780千円

研究種目：基盤研究(C)

代表者名：樫村 博基

研究課題名：非静力学金星大気大循環モデルの開発と雲層大規模構造における熱対流の役割解明

受入金額：1,300千円

研究種目：若手研究

代表者名：細野 七月

研究課題名：原始地球のマグマオーシャンが、巨大衝突と地球-月系の形成に与える影響の評価

受入金額：2,440千円

研究種目：若手研究

代表者名：平田 直之

研究課題名：はやぶさ2画像データをつかった、現在・過去の自転状態の解析と表層進化の解明

受入金額：3,250千円

○外部資金名：**科学研究費補助金**（研究分担者）

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

代表者名：臼井 寛裕（宇宙航空研究開発機構） 分担者： 荒川 政彦

研究課題名：水惑星学創成に向けた太陽系探査

受入金額：1,040千円

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

代表者名：玄田 英典（東京工業大学） 分担者：高橋 芳幸

研究課題名：太陽系天体における水・物質循環のモデリング

受入金額：1,040千円

研究種目：基盤研究(A)

代表者名：奥地 拓生（岡山大学） 分担者：瀬戸 雄介

研究課題名：高強度中性子散乱と高分解能電顕によるマントル鉱物の水素配置と水素輸送の統合解析

受入金額：390千円

研究種目：基盤研究(A)

代表者名：荒川 政彦（神戸大学） 分担者：保井 みなみ

研究課題名：衝突破壊の超高速X線トモグラフィーによる小惑星族の多様性に関する研究

受入金額：1,430千円

研究種目：基盤研究(A)

代表者名：中村 智樹（東北大学） 分担者：臼井 文彦

研究課題名：新しい時代の太陽系物質科学：マルチスケールで見た含水小惑星の形成進化歴史

受入金額：1,950千円

研究種目：基盤研究(A)

代表者名：野口 高明（九州大学） 分担者：臼井 文彦

研究課題名：彗星塵とされてきた宇宙塵は彗星起源なのか？：分析と分光観測からのアプローチ

受入金額：650千円

研究種目：基盤研究(B)
代表者名：土井 妙子(金沢大学) 分担者：牧野 淳一郎
研究課題名：「福島を伝える」ICT教材開発と評価
受入金額：390千円

研究種目：基盤研究(B)
代表者名：石渡 正樹(北海道大学) 分担者：高橋 芳幸
研究課題名：地球型系惑星の気候多様性の解明および気候状態に基づく惑星緒量の推定
受入金額：260千円

研究種目：基盤研究(B)
代表者名：藤井 通子(東京大学) 分担者：斎藤 貴之
研究課題名：銀河シミュレーションで探る星団起源ブラックホール連星の宇宙史
受入金額：65千円

研究種目：基盤研究(C)
代表者名：台坂 博(一橋大学) 分担者：牧野 淳一郎
研究課題名：計算機の中の惑星探査：計算機の中の惑星リングの実現にむけて
受入金額：130千円

研究種目：基盤研究(C)
代表者名：台坂 博(一橋大学) 分担者：大槻 圭史
研究課題名：計算機の中の惑星探査：計算機の中の惑星リングの実現にむけて
受入金額：130千円

研究種目：基盤研究(C)
代表者名：長谷川 直(宇宙航空研究開発機構) 分担者：中村 昭子
研究課題名：分化小惑星上の水から読み解く太陽系衝突の歴史
受入金額：247千円

研究種目：基盤研究(C)
代表者名：馬場 淳一(国立天文台) 分担者：斎藤 貴之
研究課題名：銀河系の大局的物質混合史の解明：何がいつどのように星の大移動を引き起した
のか？
受入金額：195千円

研究種目：基盤研究(C)
代表者名：長谷川 直(宇宙航空研究開発機構) 分担者：臼井 文彦
研究課題名：分化小惑星上の水から読み解く太陽系衝突の歴史
受入金額：221千円

研究種目：国際共同研究加速基金 国際共同研究強化(B)
代表者名：WALLIS R・Simon(東京大学) 分担者：瀬戸 雄介
研究課題名：EBSDの新展開によって拓く断層岩の微細組織学
受入金額：325千円

- 外部資金名：受託研究 新エネルギー・産業技術総合開発機構
代表者名：(株)Preferred Networks 名村 健 分担者：牧野 淳一郎
研究題目：FPGA IPと可変精度演算コアの融合による超低消費電力エッジヘビーコンピューティング向けSoCの研究開発
受入金額：33,712千円
- 外部資金名：文部科学省高性能汎用計算機高度利用事業費補助金
代表者名：牧野 淳一郎 分担者：林 祥介、斎藤 貴之
研究題目：「富岳」成果創出加速プログラム「宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統一的描像の構築」
受入金額：8,663千円
- 外部資金名：共同研究 自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター
代表者名：林 祥介
研究題目：CPSが推進する惑星科学研究における新グループ形成プログラム
受入金額：4,000千円
- 外部資金名：共同研究 (株)Preferred Networks
代表者名：牧野 淳一郎
研究題目：AI向けプロセッサ上での高性能HPCアプリケーション・アプリケーションフレームワークの開発
受入金額：15,000千円
- 外部資金名：共同研究 (株)テラピクセル・テクノロジーズ
代表者名：牧野 淳一郎
研究題目：高性能プロセッサコデザイン部門
受入金額：22,770千円
- 外部資金名：共同研究 先端加速システムズ(株)
代表者名：牧野 淳一郎
研究題目：バイオインフォマティクス解析の高速化
受入金額：6,000千円
- 外部資金名：奨学寄附金 公益財団法人計算科学振興財団研究教育拠点(COE)形成推進事業
代表者名：林 祥介
研究題目：ポスト「京」、ポスト・ポスト「京」をみすえたハードウェア・アルゴリズム・ソフトウェアの総合的研究
受入金額：620千円
- 外部資金名：奨学寄附金 2020年度笹川科学研究助成
代表者名：中村 昭子
研究題目：「原子惑星系円盤ダストのサイズ成長に関する実験的研究—自由落下ダスト流を用いた新手法—」に対する研究
受入金額：690千円

○外部資金名：奨学寄附金 公益財団法人ひょうご科学技術協会
代表者名：平田 直之
研究題目：土星系氷衛星の熱進化史の解明：将来探査に向けての画像解析に基づく研究
受入金額：1,000千円

○外部資金名：奨学寄附金 SCES寄付金
代表者名：播磨 尚朝
研究題目：若手育成と強相関電子系研究振興のため
受入金額：500千円

○外部資金名：奨学寄附金 2020年度天田財団助成金
代表者名：大道 英二
研究題目：一般研究開発助成AF-2020208-B2レーザー加工によるテラヘルツ帯フォトニックジェットレンズの作製
受入金額：2,700千円

○外部資金名：奨学寄附金 尾林 優
代表者名：牧野淳一郎
研究題目：理学研究助成金
受入金額：10千円

(2) 受賞（賞名称，受賞対象，受賞者名，授与機関名，受賞年・月）（KUIDにあわせる）

学長表彰

（授与機関名：神戸大学，対象研究テーマ：「はやぶさ 2」による宇宙衝突実験）
受賞者名：はやぶさ2 SCI/DCAM3 神戸大学チーム 受賞年月：2020年度

(3) 研究集会の開催（研究プロジェクトの活動と関連の深いものに限る）

研究集会名：富岳計算宇宙惑星・計算資源利用に関する課題内ワークショップ（第1回）

開催日：2020年6月5日

場所：オンライン

研究集会名：FDPS 初級講習会

主催団体：理化学研究所 計算科学研究センター 粒子系シミュレータ研究チーム

開催日：2020年8月19日

場所：オンライン

研究集会名：理研データ同化オンラインスクール（基礎編）

主催団体：理化学研究所 計算科学研究センター

開催日：2020年9月2日-30日

場所：オンライン

研究集会名：第1回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2020年9月8日

場所：オンライン

研究集会名：第2回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2020年9月23日

場所：オンライン

研究集会名：第3回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2020年10月14日

場所：オンライン

研究集会名：富岳計算宇宙惑星・計算資源利用に関する課題内ワークショップ（第2回）

開催日：2020年10月27日

場所：オンライン

研究集会名：第4回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2020年11月16日

場所：オンライン

研究集会名：第5回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2020年11月25日

場所：オンライン

研究集会名：第6回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2020年12月4日

場所：オンライン

研究集会名：第7回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2020年12月7日

場所：オンライン

研究集会名：第8回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2020年12月25日

場所：オンライン

研究集会名：第9回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2021年1月12日

場所：オンライン

研究集会名：第 10 回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2021 年 1 月 21 日

場所：オンライン

研究集会名：「富岳で加速する素粒子・原子核・宇宙・惑星」シンポジウム

開催日：2021 年 1 月 28 日 - 29 日

場所：オンライン

研究集会名：CPS & ABC ワークショップ「系外惑星大気の観測とモデリング」

開催日：2021 年 3 月 1 日

場所：オンライン

研究集会名：金星大気の観測・シミュレーション・データ同化に関する研究会

開催日：2021 年 3 月 10 日-11 日, 15 日

場所：オンライン

研究集会名：国立天文台・天文シミュレーションプロジェクト (CfCA) 2020 年度流体学校

主催団体：国立天文台・天文シミュレーションプロジェクト

開催日：2021 年 3 月 10 日-12 日, 22 日-23 日

場所：オンライン

研究集会名：第 11 回 金星大気「温故知新」セミナー

開催日：2021 年 3 月 18 日

場所：オンライン

研究集会名：第 13 回探査データ解析実習会

主催団体：月惑星探査育英会 実行委員会

開催日：2021 年 3 月 24 日 - 26 日

場所：オンライン

研究集会名：地球流体データ解析・数値計算ワークショップ

主催団体：地球流体電脳倶楽部

開催日：2021 年 3 月 29 日 - 31 日

場所：オンライン

(5) その他, 研究プロジェクトの活動と関連のある特記事項

[記事]

牧野 淳一郎 中央公論新社 中央公論 2020年12月号「富岳」の正体⑦ 富岳を使形成の過程を忠実に再現できる 聞き手:小林雅一 2020.12

中央公論新社 中公新書ラクレ 『「スパコン富岳」後の日本』(小林雅一著)「富岳」の正体⑦ 富岳を使えば銀河形成の過程を忠実に再現できる 2021.3

樫村 博基 夢ナビ 講義 No.10253「火星は明日の朝から猛烈な砂嵐」宇宙の気象を読み解く惑星気象学(高校生向け研究紹介記事)

<https://yumenavi.info/lecture.aspx?GNKCD=g010253>

[共催企画]

保井 みなみ 神戸アストロクラブ第3回 太陽系研究の最前線 講師
バンドー神戸青少年科学館 2020.10.17

冬の企画展「神戸でシル!ミル!宇宙展」
ワークショップ「砂にクレーターをつくろう」講師
バンドー神戸青少年科学館 2020.12.5

[取材協力]

牧野 淳一郎 神戸新聞 NEXT 神戸ゆかりのスパコン、また快挙 省エネで世界一 2020.6.24

PC Watch PFN のスパコン「MN-3」、省電力性能ランキングで世界 2 位
~26.04Gflops/W の省電力性能を実現 2020.11.17

荒川 政彦 中日新聞 小惑星「りゅうぐう」に亡き研究者の名 2020.12.6

山陰中央新報 はやぶさ 2 太陽系を知るカギ 2020.11.28

山陰中央新報 おうちで学ぼう まなぶん学園 はやぶさ 2 カプセル帰還 2020.12.12

アエラ 「完璧な旅」はまだ続く 2020.12.21

平田 直之 「木星衛星ガニメデ表面に太陽系最大の巨大クレーターを発見」プレスリリース
読売新聞・神戸新聞・日本経済新聞・東京新聞・共同通信・時事通信、Universe Today (カナダ) 紙面、オンライン掲載 2020.7-8

様式（年次報告書）

令和 3年 5月 7日

令和2年度研究プロジェクト年次報告書

1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称	医療診断に革新をもたらす世界初の サブサーフェスイメージングシステムの実現		
研究代表者 部局・専攻・氏名	数理データサイエンスセンター 理学研究科・化学専攻 木村 建次郎		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 26,000 千円, 奨学寄附金 7840 千円,	受託研究経費 399,479 千円, 共同研究経費 千円	
特許出願件数	3 件,	論文発表件数	1 件, 著書数 6 件

2. 構成員とその役割分担

氏名	部局・専攻	役割分担
木村 建次郎	数理・データサイエンスセンター 理学研究科・化学専攻	サブサーフェスイメージング装置開発
茶谷 絵理	理学研究科・化学専攻	サブサーフェスイメージング装置開発
和田 昭英	理学研究科・化学専攻	可視光レーザートモグラフィに関する技術指導
谷野 裕一	医学部附属 国際がん医療・研究センター	サブサーフェスイメージング医療応用
國久 智成	医学部附属病院・乳腺内分泌外科	サブサーフェスイメージング医療応用
馬場 基	医学部附属病院・乳腺内分泌外科	サブサーフェスイメージング医療応用
水本 紗千子	医学部附属病院・乳腺内分泌外科	サブサーフェスイメージング医療応用
三木 万由子	医学部附属病院・乳腺内分泌外科	サブサーフェスイメージング医療応用
犬伏 祥子	医学部附属病院・乳腺内分泌外科	サブサーフェスイメージング医療応用
大西 佐季	医学部附属病院・乳腺内分泌外科	サブサーフェスイメージング医療応用
舞田 利佳	医学部附属病院・乳腺内分泌外科	サブサーフェスイメージング医療応用

高尾 信太郎	兵庫県立がんセンター	サブサーフェスイメージング医療応用
河野 誠之	社会医療法人 製鉄記念広畑病院	サブサーフェスイメージング医療応用
木村 憲明	(株) Integral Geometry Science	サブサーフェスイメージング装置開発
美馬 勇輝	(株) Integral Geometry Science	サブサーフェスイメージング装置開発
佐藤 宣夫	千葉工業大学 工学部 機械電子創成工学科	ナノ計測
宮戸 祐治	東芝ナノアナリシス(株)評価解析技術センター	ナノ計測
木戸彰彦	一般財団法人日本自動車研究所 FC・EV研究部	サブサーフェスイメージング自動車応用に関する技術指導
古沢 隆博	凸版印刷株式会社 生活・産業事業本部	サブサーフェスイメージング医療応用
野村 彩英子	凸版印刷株式会社 生活・産業事業本部	サブサーフェスイメージング医療応用
山崎 智彦	凸版印刷株式会社 生活・産業事業本部	サブサーフェスイメージング蓄電池応用
清水 俊彦	神戸市立工業高等専門学校	サブサーフェスイメージング自動車応用
三熊 敏靖	日本薬科大学 分子機能科学分野	サブサーフェスイメージング防犯技術応用に関する指導
平 伸二	福山大学人間文化学部心理学科	サブサーフェスイメージング防犯技術応用に関する指導
大杉 朱美	福山大学人間文化学部心理学科	サブサーフェスイメージング防犯技術応用に関する指導
瀬戸 康雄	国立研究開発法人理化学研究所放射光科学研究センター	サブサーフェスイメージング防犯技術応用に関する指導
舘田 英加	プレシオ国際特許事務所・弁理士	サブサーフェスイメージング知財戦略
野北 和宏	クイーンズランド大学	電子デバイス計測
呂宗昕	國立臺灣大學	サブサーフェスイメージング蓄電池応用に関する指導

3. 研究成果の概要等について

我々の研究グループでは、応用数学史上の未解決問題、波動散乱の逆問題の解析解である、多重経路散乱場理論を世界で初めて導くことに成功したことにより、透過性の高い波動を用いることが前提となる従来のトモグラフィを置き換える、新しい物体内部の断層的可視化法を実現した。本理論に基づくと、低エネルギーの波動を用いて、異種物質界面での波動の散乱から、物体内部の構造を可視化することが可能となり、さらに多重経路散乱を考慮していることから、従来の共焦点方式ではとらえることが不可能な、物体の陰の構造を撮像することができ、画像センシングに革新がもたらされることになる。本研究では、特に社会問題にまで発展しつつある乳がん画像診断に焦点を絞った技術開発を進めている。乳がん画像診断のデファクトスタンダードは、X線マンモグラフィであるが、X線遮断材料であるコラーゲン繊維が大量含まれる高濃度乳房では乳がん検出が困難となり、高濃度乳房を持つ女性はアジア人の50歳未満の約80%を占めるといわれている。超音波エコーは深度とS/Nの問題、MRIはガドリウム脳沈着の問題、PETは被曝の問題があり、X線マンモグラフィに勝る乳がんスクリーニング技術は従来技術としては存在していないのが現状である。我々の研究グループでは、乳房の主成分の大部分が低誘電率、低誘電率の脂肪であり、乳がん組織が、細胞水、新生血管に含まれる水分により、高誘電率であることから、物性論的考察によりマイクロ波が乳がん検出に最も適していることを突き止めている。これまでの先行研究も含め、マイクロ波マンモグラフィが実現されなかった最大の要因としては、散乱したマイクロ波から散乱体である癌組織をいかに映像化するか、波動散乱の逆問題を解く必要がある上に、10mm以下の空間分解能を達成するためには、数10GHzの帯域の超広帯域レーダを実現させることが不可欠であったためである。これまで、我々の研究グループでは、世界で初めて波動散乱の逆問題を解析的に解くこと [K.Kimura, Nature Vol.588 pp.S124-S125 (2020), K.Kimura et al. システム/制御/情報 VOL.64 NO.3 pp.87-91 (2020)]、さらに世界最高性能超広帯域レーダの実現に成功させた[令和元年度 i-Construction 大賞, 国土交通省]。この基盤理論、技術を用いて、2019年に世界で初めて、マイクロ波マンモグラフィのプロトタイプ実現に成功させた[朝日新聞 1面等 他約250以上のメディアやwebニュースに掲載]。2020年度は、マイクロ波マンモグラフィの量産化にむけた、要素技術開発を進め、スイスジュネーブを本拠とするSGSでEMC規格(JISTO601-1及びJISTO601-1-2)の企画を獲得し、さらに、マイクロ波マンモグラフィの世界的普及を目指すスタートアップIntegral Geometry Science社において、製版業、製造業を取得した。また、マイクロ波マンモグラフィに用いられる様々な基盤技術は、コンクリート構造物の非破壊検査、リチウムイオン蓄電池の検査、防犯セキュリティーゲート等、様々な分野に生かされ、2020年11月時点で、国内のスタートアップ、バイオ医薬品企業関係で、国内3位の時価総額となり、世界各国の超特殊技術専門投資家から注目を集めている。以下では、2020年度の当初の課題・計画に対する成果の具体的な内容を列挙する。

①マイクロ波マンモグラフィの製品開発・評価

課題1 マイクロ波信号発生源

令和2年度では、マイクロ波マンモグラフィ専用のLSIを実装したマイクロ波の信号発生源の量産用ボードを開発し、製造コストを下げることを課題としていたが、現時点では、ボードの設計、製造体制の構築が完了し、これを装置に組み込みテストした結果、プロトタイプ機と同等以上の性能が達成された。また、複数の周波数帯域のマイクロ波信号発生源を完成させ、装置全体に組み込みが完了し、量産機用のマイクロ波信号発生源が完成した。

課題2 マイクロ波を乳房に照射するアンテナ

堅牢なケーシングを施し、ユーザービリティの高いマイクロ波マンモグラフィ専用の量産用プローブを完成させることを課題としていたが、マイクロ波マンモグラフィのマルチスタティックアンテナの制御回路のボード化が完成し、量産体制を整えた。また実験室において、乳房ファントムに対し、性能テストを実施した。

課題3 受信信号の検波回路

マイクロ波マンモグラフィでは、乳房内で反射して乳房表面に到達したマイクロ波の位相と振幅をピコセカンドスケールで検波しなければならない。超音波と比べ、10万倍の速度で伝搬するため、その分、検波回路には、超高速で動作する半導体の使用が不可欠なのである。我々の研究グループでは、最先端の半導体技術を駆使し、10ピコセカンドスケールで検波する回路の開発に成功している。また、計測のS/Nの著しい向上のため、疑似ランダム符号のマイクロ波のパルス列を生成、乳房内に、超広帯域アンテナにより照射、乳房内にパルス列が伝搬し、乳房内の乳癌で、乳房表面のあらゆる個所に散乱した“疑似ランダム符号をもつパルス列”を、受信後、本検波回路における、自己相関回路により検波する。一点から乳房全体に放射し、乳房全体に散乱したマイクロ波を、乳房表面のあらゆる箇所でその位相と振幅を精密に計測する必要があり、これまでの工学的技術の流用ができない、超最先端の検波技術が必要となり、それを我々の研究グループでは開発に成功していることになる。このマイクロ波回路技術を量産に向けて、ボード化し、普及させることが本項目の目標としており、量産機用の検波モジュールの開発は完了した。

課題4 計測位置情報

距離計は、アンテナプローブが、乳房表面でどの位置でデータを取得しているか、全自動で記録する装置であり、距離計を用いることで、再構成された画像が、乳房表面のどの位置に対応するか、正確に対応付けすることができる。これまで開発された距離計の信号制御系の回路をボード化し、量産対応とすることを本事業の目標としており、距離情報取得の新規回路の開発に成功した。

課題5 乳房表面に貼る座標シート

マイクロ波マンモグラフィは人間ドックや病院付属の検診センターでの活用を想定して

いる。測定時期が異なり、定期的に検査したデータを、相互に正確に比較するためには、測定箇所や測定時の乳房の形状など可能な限り一致しているのが望ましい。本座標シートでは、乳房の形を固定するとともに、毎回観測の原点を同一のものとし、さらに乳癌が映像化された場合、正確にその座標が記録に残すためのものである。これまでのモダリティの多くが、得られたデータが、目の前の患者の乳房のどの位置に相当するか位置合わせすることが困難であった。本シートにより、座標が明確化され、手術箇所の正確なマーキングと、部分切除における乳癌組織の取り残しがなくなり、再発防止に繋がることが需要である。本事業では、乳房表面に張るシートの形状や印字方法などを量産対応のものとし、フィルム会社と連携して商品化することを目標としており、乳房表面シールの品質管理基準の策定のための試験を進め、生産時に混入する異物のサイズの限界値を決定した。

課題6 機器のユーザーインターフェース、コンソール及びケーシング

現時点のマイクロ波マンモグラフィシステムは、改良、調整がしやすいプロトタイプ機であるが、量産化に向けて、持ち運びが容易で、衝撃に強い、堅牢なケーシングを施す。人間ドックや病院付属の検診センターの他に、検査車両への設置を検討しており、様々なシーンで使用、設置が可能な汎用性の高い構造を設計、製作することを計画していたが、現在、装置の中核部品を機械的、電氣的衝撃から保護するためのケースのデザインを現在進めている。

2020年度の総括

2020年度は、総括として、各要素技術におけるマイクロ波マンモグラフィ量産期使用の確定、世界各国における知財の成立、医療機器プロトコル相談及び製造販売業取得が大きな成果としてあげられる。知財戦略では、マイクロ波マンモグラフィの最も基本的な特許が日米中欧あわせて26カ国成立し、さら原理特許も日米欧など主要各国で成立し、全世界的に制覇した。医療機器プロトコル相談ではPMDAとの相談により、安全性試験及び性能試験は製造メーカーであるIGSが自社で非臨床試験の試験内容を策定した。QMS体制の構築では、製造販売業を2019年9月に前倒しにて取得し、後工程に余裕を持たすことに成功した。また上記以外にも、各医療機関における臨床研究の実施、販売体制の構築など、マイクロ波マンモグラフィの事業化に向けて着実に成果をあげている。

4 論文・著書・特許出願リスト

*当該年度において学術誌などに発表した論文・著書等の著者、発表論文名、掲載誌、巻号、ページ、年の各項目及び特許出願について記載して下さい。(受理証明があるものも記載可)

[論文]

論文名：Non-destructive visualization of short circuits in lithium-ion batteries by a magnetic field imaging system

著者名：Shogo Suzuki, Hideaki Okada, Kai Yabumoto, Seiju Matsuda, Yuki Mima, Noriaki Kimura, Kenjiro Kimura

Japanese Journal of Applied Physics, Vol.60, No.5, 2021

[解説]

○木村建次郎, 稲垣明里, 前澤眞之, 木村憲明. “散らばった波紋から物体の3次元構造を決定する数理と世界初のマイクロ波マンモグラフィの実現”, Precision Medicine2020年4月号, 北隆館, Vol.3, No.4, pp.93-96, 2020年4月25日発行

○木村建次郎, 稲垣明里, 前澤眞之, 中島義晴, 木村憲明, 河野誠之, 八木潤子, 岡本交二, 國久智成, 谷野裕一, 高尾信太郎, 山神和彦. “マイクロ波マンモグラフィの技術と研究・開発の動向”, 月刊インナービジョン, 株式会社インナービジョン, 第35巻, 第8号, pp.52-57, 2020年7月25日発行

○2020年10月, 凌霜, “みえないものをみる、レントゲン100年間の歴史を越える発見”, 神戸大学 凌霜会, 2020年10月号, 第427号

○木村建次郎, 稲垣明里, 中島義晴, 木村憲明. “世界初のマイクロ波マンモグラフィによる乳癌検診システム”, RFワールドトランジスタ技術増刊, No.53, pp.49-60, 2021年

○木村建次郎, 松田聖樹, 鈴木章吾, 美馬勇輝, 木村憲明. “サブサーフェス磁気イメージング技術の開発ー蓄電池品質管理、インフラ検査への応用ーDevelopment of Subsurface Magnetic Imaging Technology - Storage battery quality control, Infrastructure inspection-”, 日本磁気学会第231回研究会資料, 2021年3月30日

[著書]

著書：“マイクロ波マンモグラフィの実現”, 生物・生体・医療のためのマイクロ波利用～熱/非熱プロセスを用いた基礎から応用の技術～

著者名：木村建次郎, 稲垣明里, 前澤眞之, 中島義晴, 木村憲明

巻, ページ：PP.91-95

発行所, 発行年：NTS, 2020年

[特許]

発明等の名称：ポテンシャル取得装置、磁場顕微鏡、検査装置およびポテンシャル取得方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：木村建次郎

出願日：欧州 2020年4月15日

出願番号：2544016

[特許]

発明等の名称：検査方法および検査装置

出願者：国立大学法人神戸大学, IGS

発明者：木村建次郎, 木村憲明

出願日：日本 2020年8月21日, 米国 2020年3月10日

出願番号：日本 6752473, 米国 10,586,354

[特許]

発明等の名称：観測方法および観測装置

出願者：国立大学法人神戸大学, IGS

発明者：木村建次郎, 木村憲明

出願日：日本 2020年8月6日

出願番号：67455009

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名: 兵庫県最先端技術研究事業 (COE プログラム)

代表者名: 木村 建次郎

研究題目: 飛沫感染を防ぐ共振トラッキング超高性能プラズマ空気清浄機の開発

受入金額: 10,000 千円

○外部資金名: 兵庫県最先端技術研究事業 (COE プログラム)

代表者名: 木村 憲明 (IGS)

研究題目: レベル5-完全自動運転車実現のための高分解能磁気映像化技術の開発

受入金額: 3,250 千円

○外部資金名: JST SCORE 神戸大学イノベーションファンド

代表者名: 木村 建次郎

研究題目: 社会危機を未然に防ぐスーパーセキュリティゲートシステムの開発

受入金額: 10,000 千円

○外部資金名: 令和2年度科学研究費助成事業 (科学研究費補助金) 学術変革領域研究 A

代表者名: 木村 建次郎

研究題目: 散乱理論・散乱イメージング理論の構築

受入金額: 20,000 千円

○外部資金名: 医工連携イノベーション推進事業

代表者名: 木村 憲明

研究題目: 次世代乳がんスクリーニングに向けた世界初のマイクロ波マンモグラフィの開発・事業化

受入金額: 239,999 千円

○外部資金名: 2020年度新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業
(フェーズD)

代表者名: 木村 建次郎

研究題目: 次世代蓄電池実用化に資する

インライン電流密度分布検査システムの大規模実証研究開発

受入金額: 120,480 千円

○外部資金名: 令和2年度建設技術研究開発費補助金

代表者名: 木村 憲明

研究題目: トンネル磁気効果素子を用いたコンクリート内部鉄筋腐食・破断映像化装置の開発

受入金額: 4,750 千円

(2) 受賞 (賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名, 受賞年・月) (KUID にあわせる)

【 記載例 】

令和2年度学長表彰 (授与機関名: 神戸大学)

受賞者名: 木村建次郎

受賞年月: 2020年10月

(3) 研究集会の開催 (研究プロジェクトの活動と関連の深いものに限る)

なし

(4) その他、研究プロジェクトの活動と関連のある特記事項

- [1] 2020年4月1日(新聞社発行 BtoB 製品情報)
新製品情報 第38巻 第4号 pp.11 日刊工業新聞
リチウムイオン電池の非破壊診断システム
- [2] 2020年4月27日(新聞)
日刊工業新聞 第23367号 19面
社会の安心・安全を支える非破壊検査・計測・診断技術 リチウムイオン電池の非破壊診断システムの原理と応用例
- [3] 2020年5月12日(新聞)
日経産業新聞 第12284号 7面
自動運転、ローテクで実用化へ 磁気誘導、悪天候に強く注目
- [4] 2020年6月29日(新聞)
日経産業新聞 第12317号 4面
大学発スタートアップ経営のプロ活用を
- [5] 2020年7月21日 20:00-21:00(YouTube 生配信)
SpringX 超学校 ONLINE, 「仕事を生み出す秘訣」, 「透視のテクノロジー」で世界を変える: 独創的な研究から生まれた本格派スタートアップ”
- [6] 2020年8月6日発売, 週刊新潮, 新潮社, 本誌記者が体験「がん超早期発見」最新検査特集, 8月13・20日夏季特大号, 第65巻, 第31号(通巻3247号)
- [7] 2020年8月22日発行, 週刊東洋経済, 東洋経済新報社, すごいベンチャー100, 第6939号
- [8] 2020年10月23日, 日経産業新聞, 日刊第12394号1面, “START up 集積MAP 地方美芽吹く起業の「種」”
- [9] 2020年10月26日, 日本産業新聞電子版, 第12394号1面“神戸になぜ医療スタートアップ 起業支える黒子たち”
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO65340520S0A021C2X11000/>
- [10] 2020年11月4日, 日本経済新電子版, 新型コロナ コロナの課題解決、医療革新 神戸が存在感
- [11] 2020年11月15日, 日本経済新聞, 第48377号7面, IGS、マイクロ波でコロナ分解 空気清浄機に応用
- [12] 2020年11月25日 ForbesJapanNo.077 2021年1月号 「200社一挙掲載! 日本のスタートアップ大図鑑 200 SUPERSTAR ENTREPRENEURS」
- [13] 2020年12月25日, 月刊プレジジョン メディシン(2020年12月号) Precision Medicine Vol.3 No.14, 2020 (pp.90(1370)-93(1373)), 2020年「散らばった波紋から物体の3次元構造を決定する数理と世界初のマイクロ波マンモグラフィの実現」
- [14] 2020年12月10日 Nature vol.588 (2020年12月号) AI特集「みえない世界を視覚化する理論」(pp.S124-S125)
Kenjiro Kimura, “Discovering a theory to visualize the world”, Nature Vol.588,

pp.S124-S125

- [15] 2020年12月11日 日経産業新聞第12426号18面 電磁波で万物見透かす 乳がん検診に活用も
- [16] 2020年12月30日 日経産業新聞電子版 次のメルカリ探せ NEXT ユニコーン 注目企業まとめ読み IGS、万物見透かす数式 電池やがん検診に革新を
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQODZ270YW0X21C20A2000000?unlock=1>
- [17] 2021年1月24日 健康カプセル！ゲンキの時間 放映
- [18] 2021年2月1日 RFワールドトランジスタ技術増刊 No.53_pp.49-60 「世界初のマイクロ波マンモグラフィによる乳癌診断システム」
- [19] 2021年2月7日 NHKサイエンスゼロ 放映、「命を救う“驚異の数学”発明家・木村建次郎」
- [20] 2021年2月18日 日刊工業新聞 第23570号23面 輝け！スタートアップ IGS、電磁波で 物体内部 可視化
- [21] 2021年2月15日, ForbesJapan2021年1月号、「200社一挙掲載！日本のスタートアップ大図鑑 200 SUPERSTAR ENTREPRENEURS」

様式（年次報告書）

令和3年5月7日

令和2年度研究プロジェクト年次報告書

1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称	マルチスケール計算生物学研究プロジェクト		
研究代表者 部局・専攻・氏名	科学技術イノベーション研究科・近藤昭彦		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 奨学寄附金	0千円, 0千円,	受託研究経費 38,845千円 共同研究経費 10,340千円
特許出願件数	4件,	論文発表件数	6件, 著書数 0件

2. 構成員とその役割分担

氏名	部局・専攻	役割分担
石井 純	科学技術イノベーション研究科	検証統括
荒木 通啓	科学技術イノベーション研究科	解析統括
蓮沼 誠久	科学技術イノベーション研究科	分析統括
内田 和久	科学技術イノベーション研究科	製造プロセス
李 仁義	科学技術イノベーション研究科	製造プロセス
望月 正雄	科学技術イノベーション研究科	データ解析
竹中 武藏	科学技術イノベーション研究科	データ解析

3. 研究成果の概要等について

*継続用紙添付可，研究者や研究テーマごとなど，3ページ以内に簡潔にまとめて下さい。

連携機関：京都大学、理化学研究所、九州大学、石川県立大学、新潟薬科大学、グリコ、三菱ケミカル、島津製作所、RITE、産業技術総合研究所、日立製作所

○ 原子・分子スケール解析：NEDO プロジェクト

NEDO プロジェクト・スマートセル開発では、新規情報解析技術を開発することにより、微生物が持つ物質生産能力を人工的に最大限引き出した細胞を短期間で構築し、従来法の生産性の凌駕、または生産が難しい有用物質の創製を目指す。そのために必要となる基盤技術を開発するとともに、特定の生産物質における実用化技術を開発することを目的とした。

本年度は、NEDO プロジェクト内の連携により、酵素反応設計を中心に先端的モデル解析・ソフトウェア開発を実施した。

○ 分子・細胞スケール解析：NEDO プロジェクト

微生物の生産能力を最大限引き出す上では、微生物の代謝産物を網羅的に計測して、シミュレーションへ活用していくことが求められる。そこで、代謝産物細胞内濃度のデータを取得可能な技術基盤の開発を行い、NEDO 参画プロジェクト機関との連携を通じて、微生物育種への活用を実施することとした。また、ゲノムスケールモデル(GSM)を用いた FBA(Flux balance analysis)や微分方程式モデルなどのシミュレーションによる代謝改変方策の探索が実施されており、その有効性が示唆されている。このため、有用物質生産の改善方策を探索する方法として、実際に実験的に得られた培養のタイムコースデータの一部を利用した疑似的な dFBA による手法を想定しその有効性を検証することを目的とした。さらに、スマートセル開発に特化した知識ベースを構築することを目的に、文献データ・公開データ等からの情報抽出および知識ベース構築を行う AI 基盤技術の開発と、スマートセル開発の一連のプロセスに応じたデータ処理・学習技術の開発を行う。これにより、オミクス測定データや代謝モデルの解釈の迅速化、代謝経路設計・酵素反応選択の意思決定支援、更には遺伝子・代謝物に関する新たな知識発見と獲得を目指し、有効性検証と連動した知識ベース拡充と AI 基盤技術高度化を進め、本プロジェクトが対象とする宿主・生産物への適用拡大を狙うこととした。

本年度は NEDO プロジェクトにおいて、物質生産を目指した遺伝子・代謝関連データの取得により、データ主導型のモデル開発と統合解析技術開発を実施した。

4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

論文名 : *In vivo* evaluation of the Z_{HER2}-BNC/LP carrier encapsulating an anticancer drug and a radiosensitizer

著者名 : Nishimura, Y., Ezawa, R., Morita, K., Nakayama, M., **Ishii, J.**, Sasaki, R., Ogino, C., **Kondo, A.**

掲載誌, 巻, ページ : ACS Applied Bio Materials, 3(11), 7743-7751, 2020

論文名 : Exchange of endogenous and heterogeneous yeast terminators in *Pichia pastoris* to tune mRNA stability and gene expression

著者名 : Ito, Y., Terai, G., Ishigami, M., Hashiba, N., Nakamura, Y., Bamba, T., Kumokita, R., **Hasunuma, T.**, Asai, K., **Ishii, J.**, **Kondo, A.**

掲載誌, 巻, ページ : Nucleic Acids Research, 48(22), 13000-13012, 2020

論文名 : Comparative analyses of site-directed mutagenesis of human melatonin MTNR1A and MTNR1B receptors using a yeast fluorescent biosensor

著者名 : Nakamura, Y., Asama, R., Tabata, T., Morita, K., **Maruyama, T.**, **Kondo, A.**, **Ishii, J.**

掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology and Bioengineering, 118(2), 863-876, 2021

論文名 : Robust and flexible platform for directed evolution of yeast genetic switches

著者名 : Tominaga, M., Nozaki, K., Umeno, D., **Ishii, J.**, **Kondo, A.**

掲載誌, 巻, ページ : Nature Communications, 12, 1846, 2021

論文名 : Metabolic design for selective production of nicotinamide mononucleotide from glucose and nicotinamide

著者名 : Shoji, S., Yamaji, T., Makino, H., **Ishii, J.**, **Kondo, A.**

掲載誌, 巻, ページ : Metabolic Engineering, 65, 167-177, 2021

論文名 : An ion-pair free LC-MS/MS method for quantitative metabolite profiling of microbial bioproduction systems

著者名 : Takenaka, M., Yoshida, T., Hori, Y., Bamba, T., Mochizuki, M., Vavricka, C. J., Hattori, T., Hayakawa, Y., **Hasunuma, T.**, **Kondo, A.**

掲載誌, 巻, ページ : Talanta, 222, 121625, 2021

[著書]

なし

[特許]

発明等の名称：遺伝子スイッチを選抜する方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：石井純， 富永将大， 能崎健太， 近藤昭彦

出願日：2020年12月4日

出願番号：特願 2020-202233

発明等の名称：遺伝子スイッチ

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：石井純， 富永将大， 能崎健太， 近藤昭彦

出願日：2020年12月4日

出願番号：特願 2020-202234

発明等の名称：高発現高制御性遺伝子スイッチ

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：石井純， 富永将大， 能崎健太， 近藤昭彦

出願日：2020年12月4日

出願番号：特願 2020-202239

発明等の名称：内在性遺伝子の発現が増強された遺伝子組換え細胞の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：伊藤洋一郎， 石井純， 近藤昭彦

出願日：2021年3月18日

出願番号：PCT/JP2021/011093

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

【 記載例 】

○外部資金名：未来社会創造事業「地球規模課題である低炭素社会の実現」

代表者名：原清敬

研究題目：DNA モジュールの多様化

受入金額：5,340,000 円

○外部資金名：AMED 次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業

代表者名：近藤昭彦

研究題目：高性能な国産細胞株の構築

受入金額：28,959,251 円

○外部資金名：AMED 次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業

代表者名：石井純

研究題目：バイオ医薬品の多品種・大量製造に適した微生物による高度生産技術の開発

受入金額：4,545,455 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：石井純

研究題目：バイオ生産プロセスを用いた特殊ペプチド創出の可能性検討

受入金額：740,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：近藤昭彦

研究題目：微生物・酵母（スマートセル）を用いた診断薬の原料開発

受入金額：6,159,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：近藤昭彦

研究題目：バイオ医薬品の高度製造技術の開発/高性能な国産細胞株の構築

受入金額：3,441,000 円

(2) 受賞（賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名, 受賞年・月）(KUIDにあわせる)

令和2年度神戸大学学長表彰（財務貢献者） ※

（授与機関名：神戸大学）

受賞者名：近藤昭彦、蓮沼誠久 受賞年月：令和2年10月

優秀発表賞

(授与機関名：日本農芸化学会関西支部，対象研究テーマ：酵母におけるスクアレ
ン生合成経路の改変および下流モノオキシゲナーゼの発現調節)

受賞者名：宮崎敬太

受賞年月：平成 2 年 11 月

優秀発表賞

(授与機関名：日本農芸化学会関西支部，対象研究テーマ：ドーパミン発酵生産性
を簡易的に評価する GPCR メタボライトセンサの開発)

受賞者名：浅間梨々花

受賞年月：平成 2 年 11 月

(3) 研究集会の開催 (研究プロジェクトの活動と関連の深いものに限る)

(5) その他，研究プロジェクトの活動と関連のある特記事項

様式（年次報告書）

令和3年5月7日

令和2年度研究プロジェクト年次報告書

1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称	神経回路網シミュレーションモデル研究		
研究代表者 部局・専攻・氏名	大学院工学研究科・電気電子工学専攻・大森敏明		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金	21,580千円,	受託研究経費 14,820千円
	奨学寄附金	千円,	共同研究経費 千円
特許出願件数	件,	論文発表件数	5件, 著書数 件

2. 構成員とその役割分担

氏名	部局・専攻	役割分担
大森 敏明	大学院工学研究科・電気電子工学専攻・准教授	研究代表者
横川 三津夫	先端融合研究環・教授	研究分担者
和氣 弘明	先端融合研究環・特命教授 名古屋大学・大学院医学系研究科・総合医学専攻・教授	研究参画者
森田 光洋	大学院理学研究科・生物学専攻・准教授	研究参画者
橘 吉寿	大学院医学研究科・医科学専攻・准教授	研究参画者
Amitava Majumdar	米国・カリフォルニア大学サンディエゴ校・サンディエゴスーパーコンピュータセンター・部長	研究参画者
Subhashini Siyagnanam	米国・カリフォルニア大学サンディエゴ校・サンディエゴスーパーコンピュータセンター・スタッフ	研究参画者

3. 研究成果の概要等について

【研究の背景および目的】

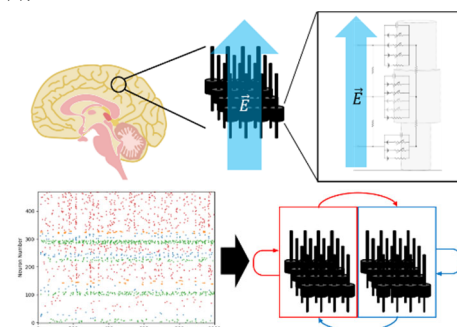
本プロジェクトでは、神経回路網の動きを神経生理学に基づいてモデル化した数理モデルによるシミュレーションを通して、脳型情報処理システムの解明及び工学分野への適用可能性について追求することを目的としている。このため、米国・カリフォルニア大学サンディエゴ校(UCSD)・サンディエゴ・スーパーコンピュータセンター (SDSC) との連携により、イェール大学とデューク大学で開発が進められている神経回路網シミュレーション環境 NEURON を構築し、NEURON 環境の実問題への適用可能性について評価する。また、このシステムに適合した数理モデルを構築し、脳型情報処理システムの機能と神経回路網の空間構造との間の連関を解明するとともに、医工学分野への適用可能性や、イメージングデータとして計測される神経活動データからの数理モデル抽出を実現するデータ駆動型のアプローチを探求することを目標として、令和2年度は、下記に示す3つのテーマに関する研究を行った。なお、本研究プロジェクトに関連して、科学研究費補助金・国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）に採択され、国際共同研究を推進している。これまで本プロジェクトに関連して実施してきたCREST（バイオオプト領域）に加えて、前年度（令和元年度）よりCREST（数理的情報活用基盤領域）に採択され、さらに、次年度（令和3年度）より科学研究費補助金・基盤研究（B）に採択されている。

【研究成果の概要】

1. 細胞外電場の効果を有する大脳皮質神経回路網の NEURON 環境構築・情報論的解析，データ駆動型アプローチに基づく非線形ダイナミクスの推定・制御アルゴリズムの構築，ならびに、他分野への応用

大脳皮質では多数の神経細胞が複雑に情報のやりとりを行うことによって、高次の情報処理機能が実現されている。本年度は、経頭蓋磁気刺激法による脳疾患治療や非シナプス間相互作用として注目を集めている細胞外電場の効果に注目し、細胞外電場の効果を有する大脳皮質神経回路網の NEURON シミュレーション環境を構築した。さらに、情報論的解析により、細胞外電場が大脳皮質における情報伝達の促進や抑圧などの調整機構を有することを強く示唆する結果を得ることに成功した。

近年の計測技術の発展により、脳神経システムの時空間データの計測が実現されつつある。NEURON 環境では、個々の神経細胞の形態構造（神経細胞の空間構造）は比較的精緻に数理モデル化されているものの、神経回路のネットワーク構造は未知の場合が多く、データ駆動でこれらの特性を推定する方法を構築する必要がある。そこで、NEURON 環境で実装される神経ネットワーク構造を実験



図：細胞外電場の効果を有する神経回路網の NEURON 環境構築，大脳皮質神経回路のデータ駆動型推定アルゴリズム

データから推定するためのデータ駆動型アルゴリズムの構築を推進した。本年度は、特に、大脳皮質の層状構造を考慮した神経ネットワークに注目し、各層における局所回路から得られるスパイク系列から、ネットワーク構造を推定するためのデータ駆動型手法を構築した。大脳皮質の層構造を考慮する場合、系の複雑さのため、尤度関数を陽に得ることが困難となる。そこで、尤度関数が明示的に与えられない場合に有効なベイズ推論の枠組みである近似ベイズ計算と NEURON 環境に基づく神経回路網モデルとを融合することで、NEURON 環境の実問題への適応を実現するための神経データ解析技術を構築した。得られた成果は、北米神経科学会や脳型人工知能に関する国際会議において公表するとともに、関連する研究会において依頼講演を受けた。

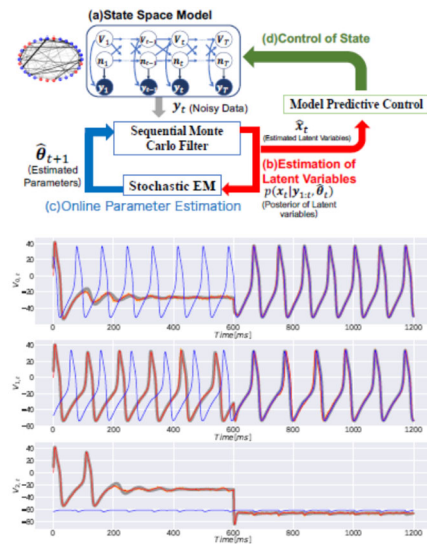
近年の光計測と光操作の進展により、神経応答を踏まえた神経制御技術の確立が求められている。本年度は、観測データに基づいた神経ダイナミクスの推定と動的制御を同時に実現するアルゴリズムの開発を行った。昨年度に構築した単一神経細胞の制御技術をさらに進展させ、局所回路の神経ダイナミクスと神経回路制御を実現するアルゴリズムの構築を行った。得られた成果は、IEEE が主催する国際会議や脳型計算機に関する国際会議において公表した。

さらに、数理構造の類似性に注目し、本プロジェクトで神経回路の非線形ダイナミクスに対して構築した手法に基づいて、地球惑星科学における非線形ダイナミクスを抽出する方法の構築を行った。国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC) と共同で、岩石形成ダイナミクスを支配する不均質反応をデータ駆動で推定する方法をベイズ推論やスパースモデリングに基づいて構築した。

本プロジェクトで構築したデータ駆動的アプローチの研究について、研究代表者は東京大学からの依頼を受け、東京大学高次元データ駆動科学教育プログラムにおける全7回の集中講義を行い、他大学の研究者や学生に対して、本研究プロジェクトで得られた研究成果の紹介を行った。

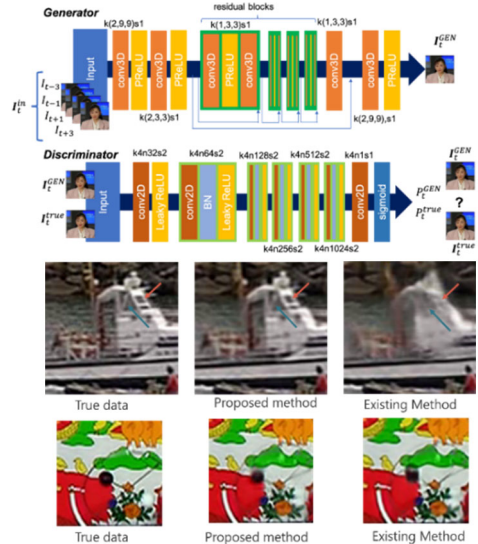
2. イメージングデータからの情報抽出・情報認識技術の研究

近年の神経イメージング技術の発展により、神経ネットワークを構成する多数のニューロンの同時計測が実現されつつある。しかしながら、神経イメージングで計測されたデータからその背後にある時空間構造を自動的に抽出する技術は確立していない。本年度は、イメージング計測において、計測データに潜む空間構造や時間構造を自動的に抽出するとともに、計測データの解像度と比してより高解像度のデータを得るためのアルゴリズムの構築を行った。まず、空間超解像技術に注目し、本研究プロジェクトで開発してきたスパースモデリングに基づくデータ駆動型解析技術 (Otsuka and Omori, Neural Networks, 2019) を応



図：神経回路ダイナミクス推定とダイナミクス制御を同時に実現するデータ駆動型アルゴリズム

用することで、低解像度と高解像度に共通のスパース基底表現を実現し、低解像度画像から高解像度画像を推定する方法の構築を行った。加えて、神経イメージングデータの時間超解像への応用を想定し、動画像からの超解像技術の研究を行った。前年度に構築した深層学習アルゴリズムに対して、より精緻な推定結果を実現するために、敵対的生成ネットワークを導入した方法を構築し、低い時間解像度の動画像データから高い時間解像度の動画像をより高精度で推定できることを示した。これらの成果は、知能システムに関する国際会議にて発表を行った。

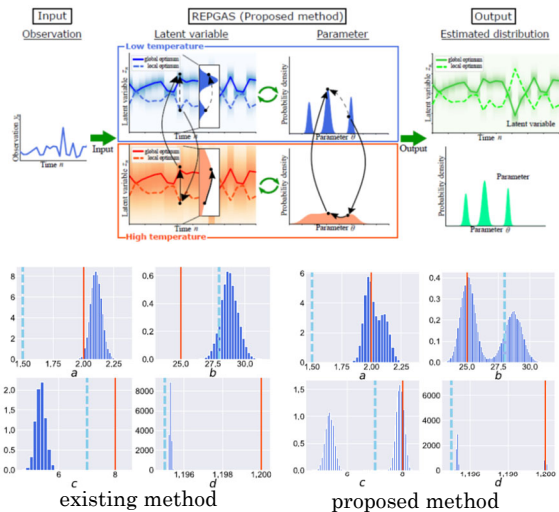


図：敵対的生成ネットワークに基づくイメージングデータの時間超解像

3. 多次元時系列データからの潜在ダイナミクス抽出に関する理論研究

計測技術の発展により、我々の手にする科学技術データが大規模かつ高次元化しつつある。神経科学データにおいても多数の神経細胞からの同時計測が実現されており、計測データから潜在情報を抽出するための確立が望まれている。

本年度は、非線形動的システムの逆問題に重要な数理モデルである非線形状態空間モデルに対して、計測データからその背後にある状態変数の時間発展や非線形ダイナミクスを支配する物理パラメータを精緻に推定するためのアルゴリズムの構築を行った。機械学習に基づく時系列解析手法である粒子ギブス法と統計物理学で提案されているレプリカ交換モンテカルロ法を融合することにより、潜在変数分布とパラメータ分布の同時推定を実現し、部分的に観測されるデータに基づいて非線形ダイナミクスを精緻に推定する方法の構築に成功した。この成果は物理系の学術雑誌や京都大学数理解析研究所講究録に受理されるとともに、関連する研究会より依頼講演を受けた。



図：非線形ダイナミクスのデータ駆動型推論による潜在変数分布とパラメータ分布の同時推定

以上の通り、令和2年度は神経回路網に関する医学・工学・脳科学の融合研究をUCSDとの国際共同研究として推進するとともに、神経回路網研究の推進において構築した、神経ダイナミクス抽出のための情報処理技術を用いて、地球惑星科学分野における計測データからのダイナミクス推定へと応用する研究も行った。

4. 論文・著書・特許出願リスト

*当該年度において学術誌などに発表した論文・著書等の著者，発表論文名，掲載誌，巻号，ページ，年の各項目及び特許出願について記載して下さい。(受理証明があるものも記載可)

[論文]

論文名：Exploration of Nonlinear Parallel Heterogeneous Reaction Pathways through Bayesian Variable Selection

著者名：Ryosuke Oyanagi, Tatsu Kuwatani, Toshiaki Omori

掲載誌：European Physical Journal B, Vol. 94, pp. 42:1-12, 2021 年

論文名：Replica Exchange Particle Gibbs Method with Ancestor Sampling

著者名：Hiroaki Inoue, Koji Hukushima, Toshiaki Omori

掲載誌：Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 89, No. 10, pp. 104801:1-7, 2020 年

論文名：Online Bayesian Approach for Estimation and Control of Neural System

著者名：Shuhei Fukami, Toshiaki Omori

掲載誌：Proceedings of IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies, 2021 年

論文名：Video Frame Rate Up-Conversion via Spatio-Temporal Generative Adversarial Networks

著者名：Naomichi Takada, Toshiaki Omori

掲載誌：Journal of Image and Graphics, 2021 年

論文名：データ駆動型アプローチによる神経ダイナミクスの推定

著者名：大森敏明

掲載誌：京都大学数理解析研究所講究録，2021 年

[参考：国際学会における発表]

- [1] “Bayesian Data-driven Approach for Extracting Nonlinear Dynamics of Heterogeneous Reactions”

Masaki Ito, Tatsu Kuwatani, Ryosuke Oyanagi, Toshiaki Omori

JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (2020)

- [2] “Estimation of Neural Dynamics with Particle Markov Chain Monte Carlo”

Hiroaki Inoue, Koji Hukushima, Toshiaki Omori

The 9th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (2020)

- [3] “Influence of Extracellular Electric Fields on Network Model of Neocortical Neural Circuit”
Naoki Matsumoto, Toshiaki Omori
The 9th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (2020)
- [4] “Online Data-driven Estimation and Control of Nonlinear Model for Neuronal Dynamics”
Shuhei Fukami, Toshiaki Omori
The SfN Global Connectome, Society for Neuroscience (2021)
- [5] “Data-driven Analysis of Information Transfer Using Cortical Neural Circuit Model with Extracellular Electric Field”
Naoki Matsumoto, Toshiaki Omori
The SfN Global Connectome, Society for Neuroscience (2021)
- [6] “Online Bayesian Approach for Estimation and Control of Neural System”
Shuhei Fukami, Toshiaki Omori
2021 IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies (2021)

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名: 戦略的創造研究推進事業チーム型研究 (CREST)

「数学・数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開・幾何学的離散力学を核とする構造保存的システムモデリング・シミュレーション基盤 (研究総括: 上田修功・研究代表: 谷口隆晴)」

研究担当者名: 大森敏明

研究題目: 構造保存的システムモデリング

受入金額: 14,820,000 円 (期間全体の受入金額: 72,800,000 円)

(2) その他, 研究プロジェクトの活動と関連のある特記事項

○集中講義

大森敏明, データ駆動科学入門Ⅱ

東京大学高次元データ駆動科学教育プログラム・集中講義 (105分×7回)

○依頼講演

「データ駆動型メレオロジーに基づく階層連関モデリング技術の創成」

大森敏明

フィジオメレオロジー研究会, 大阪大学大学院医学系研究科, 2020年

「データ駆動型アプローチに基づく物理モデリングⅠ」

大森敏明

研究会「幾何学的力学・計算代数学を基礎とするデータ駆動型モデリング」
2020年

「データ駆動型アプローチに基づく物理モデリングⅡ」

大森敏明

研究会「幾何学的力学・計算代数学を基礎とするデータ駆動型モデリング」
2020年

「データ駆動型アプローチに基づく神経活動の解析」

井上広明, 大森敏明

神戸大学先端融合研究環第4回極みプロジェクトシンポジウム 2020年

「データ駆動型アプローチによる非線形ダイナミクスの推定」

大森敏明

KISC Workshop 2020, 2020年