

**平成29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	25
○構造ベース創薬研究プロジェクト	39
○国際健康学研究	46
○惑星科学国際教育研究プロジェクト	52
○次世代サブサーフェスイメージングシステム	66
○マルチスケール計算生物学研究プロジェクト	72
○3次元可視化システムを活用した文理融合研究プロジェクト	76
○計算科学・計算機工学研究プロジェクト	81
○神経回路網シミュレーションモデル研究プロジェクト	86
○計算科学研計算科学研究機構 (AICS)	92

様式（年次報告書）

平成30年 5月24日

## 平成29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 147,430 千円, 奨学寄附金 28,447 千円,	受託研究経費 988,386 千円 共同研究経費 78,947 千円
特許出願件数	24 件,	論文発表件数 158 件, 著書数 10 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	微生物細胞工場の開発
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	物質生産プロセス
西野 孝	工学研究科・応用化学専攻	バイオマス由来高分子の構造と物性
森 敦紀	工学研究科・応用化学専攻	バイオマス化学変換
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	分離・化学プロセス
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	生体分子を用いた機能性化合物の開発
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	酵素合成グリコーゲンの機能性評価
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	農学研究科・生命機能科学専攻	酸化酵素によるバイオマス変換
金丸 研吾	農学研究科・生命機能科学専攻	植物バイオマスリソース
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
宅見 薫雄	農学研究科・生命機能科学専攻	バイオマス資源の開発
上曾山 博	農学研究科・資源生命科学専攻	酵素合成グリコーゲンの機能性評価

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	酵素合成グリコーゲンの機能性評価
富永 圭介	理学研究科・化学専攻	先端計測
大西 洋	理学研究科・化学専攻	機能性・安全性評価、先端計測
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	植物の光合成機能の解析
吉田 優	医学研究科・医科学専攻	メタボローム解析
田中 成典	システム情報学研究科・計算科学専攻	生体分子シミュレーション
西田 敬二	科学技術イノベーション研究科	ゲノム編集
柘植 謙爾	科学技術イノベーション研究科	ゲノム合成
佐々木 建吾	科学技術イノベーション研究科	有用微生物群の創出
若井 暁	科学技術イノベーション研究科	タンパク質生産の研究
伊藤 洋一郎	科学技術イノベーション研究科	微生物細胞工場の開発
佐々木 大介	科学技術イノベーション研究科	代謝機構の解析
猪熊 健太郎	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
Gregory Guirimand	科学技術イノベーション研究科	バイオマスの特性評価
小林 淳平	科学技術イノベーション研究科	有用物質生産性微生物の構築

### 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。

**【近藤昭彦・荻野千秋】**バイオリファイナリーに適した様々なリグノセルロース系バイオマスの前処理技術をそれぞれ確立してきた。これらの前処理に加えて、微生物によるエタノール、芳香族化合物の発酵生産に関しても、微生物育種及び発酵生産を検討してきた。前処理技術と並行して阻害剤耐性微生物の育種にも成功した。

**【近藤昭彦・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、分裂酵母における代謝工学及び表層提示技術を構築し、物質生産に成功した。

**【近藤昭彦・蓮沼誠久】**高等植物、微細藻類、シアノバクテリアに由来するバイオマスを液体燃料やバイオベースケミカルに変換する技術の開発を行った。静的・動的メタボロミクス等の網羅的代謝物解析や遺伝子発現解析に基づいて微生物に改良を施し、バイオマス分解および発酵効率を向上させるための研究を促進した。コハク酸をはじめとする汎用化学品や色素等の高機能性化合物の生産に関する研究に取り組んだ。

**【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の開発に取り組んでいる。本年度は、プラスミドベクターを利用し昆虫細胞を宿主とした一過性発現において、抗体 Fab フラグメントの分泌生産量を増大させるための技術の開発などに取り組んだ。

**【西野孝】**バイオマス由来のトリメチレングリコールを主鎖骨格に組み込んだ高分子として、ポリトリメチレンナフタレートおよびポリトリメチレンフランエートの実用化において重要となる、力学物性の温度依存性を評価するために、結晶弾性率の温度依存性について評価し、これらの高分子の柔軟性が広い温度範囲で保たれることが確認できた。

**【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。

**【松山秀人】**バイオプロセスにより生産された有用物質を膜分離法により低エネルギーで分離回収・濃縮する方法として、正浸透膜法による濃縮分離プロセスを構築した。水チャンネル物質を組み込んだ高流速な新規正浸透膜、再生繰り返し使用可能な高浸透圧駆動溶液をそれぞれ開発し正浸透膜プロセスに用いることで、従来の加圧型膜分離法（逆浸透膜法）に比べ濃縮の所要エネルギーが最大 1/4 に低減され、プロセスの大幅な省エネルギー化が可能となった。また、正浸透膜法では膜ファウリングを生じにくいことも明らかにした。

**【大村直人】**バイオプロセスにおける攪拌の効果を、タービン翼、大型回転翼、旋回型回転翼によって、検証した。今年度は酵素生産性糸状菌を固定化した微生物保持担体(BSPs)を用いた攪拌槽型バイリアクターの特性解析を行うために、4 種類の攪拌翼を用いて、BSPs の分散性能、物質移動性能、攪拌翼によるせん断と培養および、アミラーゼ活性との相関性を明らかにすることで、最適な攪拌方法を探索した。

**【西山覚】**バイオプロセスから生産される含水アルコールを用いた不飽和アルデヒドの選択的還元反応による高付加価値不飽和アルコール合成反応を各種活性炭に担持したジルコニウム触媒で検討した。ジルコニウム活性点は、含まれる水によって容易に被毒されるが、担体に活性炭を用いると耐水性が高まる。活性炭は、原料、賦活方法、添加物等の違いでいろいろな細孔構造を有する。それらの中でもマイクロ孔の発達した活性炭が高い耐水性を示す担体であることがわかった。Zr 成分の活性炭担体内部での担持位置が重要であることが示唆された。

**【丸山達生】**生体適合性の高い合成高分子を用いて無機・有機ハイブリッド微粒子を作製し、その表面に機能性生体分子を化学的に固定化・表面修飾することに

成功した。この成果を元に、生体適合性合成高分子による中空ポリマーベシクルの効率生産技術を確立した。

【神尾英治】草本系バイオマスを原料としたエタノール発酵におけるエタノール発酵効率改善のため、効率的に糖化液中の糖濃縮とエタノール発酵阻害物の除去を行うことが可能な正浸透膜法の開発を検討した。表面改質を施した正浸透膜を用いることで、発酵阻害物質である酢酸およびフルフラール等はほとんど濃縮されず、キシロースのみを濃縮可能な膜の開発に成功した。

【芦田均】ESGの新たな機能性として、3,000-8,000 kDaのESGは、単層腸管に分化させたCaco-2細胞とマウス骨髄細胞由来肥満細胞の共培養系において、腸管細胞への刺激を介して、I型アレルギーを抑制することを明らかにした。また、ESGは、正常ヒト角化細胞において、大気汚染物質PM2.5による炎症を抑制することを明らかとした。これらのことから、ESGはI型アレルギーを抑制する食品素材としての利用だけでなく、皮膚における炎症を抑制する化粧品素材としての利用も期待される。

【吉田健一】枯草菌において副次的に機能する第3のシロイノシトール脱水素酵素遺伝子を見出すとともに、主要シロイノシトール脱水素酵素についてはその発現調節因子を同定解明とした。加えて、グルコースからバイオコンバージョンによって2種類のイノシトール異性体を生産する新規方法論を開発した。一方、スペイン・マドリード自治大学との共同研究のスピンオフとして100 kbもの長大な枯草菌染色体を僅か15分間の接合伝達によってある細胞から別の細胞へ移動集積させる新技術の開発にも成功した。以上は何れも枯草菌細胞工場を進展させる上で今後大いに有用となる知見と技術である。

【大澤朗】「培養系ヒト腸管モデル」(Kobe University Human Intestinal Microbiota Model [KUHIMM])を用いて機能性食品として注目されている「難消化性食物繊維」に着目し、これらのヒト大腸内の細菌群集に対する影響評価を行った。その結果、難消化性食物繊維の添加によってBacteroidetes門に属する細菌群の増加およびプロピオン酸濃度が特異的に上昇することが観察され、KUHIMMへの難消化性食物繊維添加により、個人ごとに異なる代謝プロファイル(pH・短鎖脂肪酸濃度の変遷)とそれに対応した細菌群変遷を予測できることが示された。

【水野雅史】近年、我が国では乳幼児から高齢者まで国民の約二人に一人が何らかのアレルギー疾患を有していると言われている。肥満細胞の脱顆粒はI型アレルギー症状をもたらす主要な反応として広く認識されている。本研究では、受身皮膚アナフィラキシー反応における乳酸菌の抗アレルギー効果を検討した。その結果、E. faecalis EC-12株は腸管上皮細胞に認識されることで何らかの情報伝達がおこり最終的に肥満細胞の活性化を抑制していることが明らかとなった。

【今石浩正】バイオリクターによるバイオマスからの有用物質生産の目的で、シトクロムP450の一種であるCYP53A15およびCYP97を大腸菌内へと高発現させ、最適な生物返還条件を検討した。その結果、新たにCYP97がβカロテンの水酸化に関与する事を明らかにした。

【金丸研吾】植物バイオマスの増産に役立つ生育促進物質の探索と効果検証用に開発、特許出願済みのハイスループット栽培系「球体法」で10物質、5項目の検証を行った。また企業との共同研究で、特定植物の有する生育促進物質の絞りこみを同法で行い、どのような遺伝子の発現が変動するか初期応答と後期応答それぞれについても検証し、当該物質の特許出願に至った。

【山崎将紀】食糧としての“コメ”と工業用原料バイオマスとしての“稲わら”を両立する交雑候補となる34系統を選抜した。今年はコメの品質についても絞り込むことができ、コメやわらの収量性やバイオマス特性の両立は可能であることが示唆された。

【宅見薫雄】細胞外排出シグナルを含んだ糸状菌のセルラーゼ遺伝子を乾燥条件下で発現する形質転換シロイヌナズナと形質転換オオムギを系統化した。また、雑種致死を示すコムギ種間雑種で高発現するNACとMYB転写因子が老化過程でも発現することを示した。

【上曾山博】酵素合成グリコーゲン(ESG)を用いた新規の肥満改善法提案の為の一環として、ESGの食欲抑制効果について検証した。その結果、ESGは盲腸のGLP-1及びPYYの発現促進を介して摂食を抑制することが示唆された。これらの結果から、ESGの肥満改善機構には脂肪吸収抑制と摂食抑制の2種の異なる経路が関与することが示唆された。

【竹中慎治】ジアミン類を生産するための微生物ツールとして好アルカリ性微生物の検索を行った。分離菌、Bacillus haloduransは、pHは11以上で高濃度のNa<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(50 g/L)添加培地においても良好な生育を示した。

**【本田和久】** 酵素合成グリコーゲン (ESG) による摂食抑制機構解明の為の一環として、ESG の給与が盲腸及び血中の短鎖脂肪酸濃度、並びに視床下部食欲調節ペプチドの発現異に及ぼす影響について調べた。その結果、ESG の給与は、盲腸内と血中の単さ脂肪酸濃度を上昇させるが、視床下部食欲調節関連ペプチドの発現量には影響しなかった。これらの結果から、ESG による摂食抑制機構への求心性迷走神経系の関与が暗示された。

**【富永圭介】** 西野グループとの共同研究としてポリグリコール酸のテラヘルツ帯の吸収スペクトルの測定と結晶構造までを考量した量子化学計算を行い、低振動領域に観測されるバンドの同定を行った。非晶質状態でも明確なバンドが観測されており、ある程度の構造が形成されていることを示唆していることがわかった。

**【大西洋】** 林智広准教授（東京工業大学）から提供された生体忌避性をもつ単分子膜をリン酸緩衝生理食塩水中で画像化する実験と測定結果の解析を完了した。忌避性単分子膜と接する強く構造化した液体層を見いだした。

**【秋本誠志】** 陸上植物および微細藻の環境ストレス耐性について、非破壊的に検査を行う方法の確立を目指している。金丸グループ内ではシロイヌナズナ野生株や変異株を対象とした解析を、また、近藤グループとの共同研究では藍藻や紅藻を対象とした解析を進めている。

#### 4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

論文名 : Improvement of ethanol production from crystalline cellulose via optimizing cellulase ratios in cellulolytic *Saccharomyces cerevisiae*

著者名 : Liu, Z., Inokuma, K., Ho, SH., den Haan, R., van Zyl, W.H., Hasunuma, T., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology and Bioengineering, 114(6), 1201-1207, 2017

論文名 : Dynamic metabolic profiling together with transcription analysis reveals salinity-induced starch-to-lipid biosynthesis in alga *Chlamydomonas* sp. JSC4

著者名 : Ho, SH., Nakanishi, A., Kato, Y., Yamasaki, H., Chang, JS., Misawa, N., Hirose, Y., Minagawa, J., Hasunuma, T., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 4(7), 45471, 2017

論文名 : Positive feedback genetic circuit incorporating a constitutively active mutant Gal3 into yeast GAL induction system

著者名 : Ryo, S., Ishii, J., Matsuno, T., Nakamura, Y., Matsubara, D., Tominaga, M., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : ACS Synthetic Biology, 6(6), 928-935, 2017

論文名 : Direct ethanol production from ionic liquid-pretreated lignocellulosic biomass by cellulase-displaying yeasts

著者名 : Yamada, R., Nakashima, K., Asai-Nakashima, N., Tokuhara, W., Ishida, N., Katahira, S., Kamiya, N., Ogino, C., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : Applied Biochemistry and Biotechnology, 182(1), 229-237, 2017

論文名 : Taurine does not affect the composition, diversity, or metabolism of human colonic microbiota simulated in a single-batch fermentation system

著者名 : Sasaki, K., Sasaki, D., Okai, N., Tanaka, K., Nomoto, R., Fukuda, I., Yoshida, K., Kondo, A., Osawa, R.  
掲載誌, 巻, ページ : PLOS ONE, 12(7), e0180991, 2017

論文名 : Caffeic acid production by simultaneous saccharification and fermentation of kraft pulp using recombinant *Escherichia coli*

著者名 : Kawaguchi, H., Katsuyama, Y., Danyao, D., P. Kahar, Nakamura-Tsuruta, S., Teramura, H., Wakai, K., Yoshihara K., Minami, H., Ogino, C., Ohnishi, Y., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : Appl Microbiol Biotechnol, 101(13), 5279-5290, 2017

論文名 : Sucrose purification and repeated ethanol production from sugars remaining in sweet sorghum juice subjected to a membrane separation process

著者名 : Sasaki, K., Tsuge, Y., Kawaguchi, H., Yasukawa, M., Sasaki, D., Sazuka, T., Kamio, E., Ogino, C., Matsuyama, H., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : Applied Microbiology and Biotechnology, 101(15), 6007-6014, 2017

論文名 : Targeted base editing in rice and tomato using a CRISPR-Cas9 cytidine deaminase fusion

著者名 : Shimatani, Z., Kashojiya, S., Takayama, M., Terada, R., Arazoe, T., Ishii, H., Teramura, H., Yamamoto, T., Komatsu, H., Miura, K., Ezura, H., Nishida, K., Ariizumi, T., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : Nature Biotechnology, 35(5), 441-443, 2017

論文名 : Mannan endo-1,4- $\beta$ -mannosidase from *Kitasatospora* sp. isolated in Indonesia and its potential for production of mannooligosaccharides from mannan polymers

著者名 : N. Rahmani, Kashiwagi, N., Lee, J., Niimi-Nakamura, S., Matsumoto, H., P. Kahar, Lisdiyanti, P., Yopi, Y., Prasetya, B., Ogino, C., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : AMB Express, 7(1), 100, 2017

論文名 : Biotransformation of ferulic acid to protocatechuic acid by *Corynebacterium glutamicum* ATCC 21420 engineered to express vanillate O-demethylase

著者名 : Okai, N., Masuda, T., Takeshima, Y., Tanaka, K., Yoshida, K., Miyamoto, M., Ogino, C., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : AMB Express, 7(1), 130, 2017

論文名 : Targeted nucleotide substitution in mammalian cell by Target-AID

著者名 : Arazoe, T., Nishida, K., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Bio-protocol, 7, 11, 2017

論文名 : Metabolic engineering of *Schizosaccharomyces pombe* via CRISPR-Cas9 genome editing for lactic acid production from glucose and cellobiose

著者名 : Ozaki, A., Konishi, R., Otomo, C., Kishida, M., Takayama, S., Matsumoto, T., Tanaka, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Metabolic Engineering Communications, 5, 60-67, 2017

論文名 : Future insights in fungal metabolic engineering

著者名 : Wakai, S., Arazoe, T., Ogino, C., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 245, 1314-1326, 2017

論文名 : Engineering metabolic pathways in *Escherichia coli* for constructing a “microbial chassis” for biochemical production

著者名 : Matsumoto, T., Tanaka, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 245, 1362-1368, 2017

論文名 : Glutathione production from mannan-based bioresource by mannanase/mannosidase expressing *Saccharomyces cerevisiae*

著者名 : A. Prima, Hara, Y. K., A. C. Djohan, Kashiwagi, N., P. Kahar, Ishii, J., Nakayama, H., Okazaki, F., B. Prasetya, Kondo, A., Yopi, Ogino, C.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 245, 1400-1406, 2017

論文名 : Development and evaluation of consolidated bioprocessing yeast for ethanol production from ionic liquid-pretreated bagasse

著者名 : Amoah, J., Ishizue, N., Ishizaki, M., Yasuda, M., Takahashi, K., Ninomiya, K., Yamada, R., Kondo, A., Ogino, C.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 245, 1413-1420, 2017

論文名 : Challenges of non-flocculating *Saccharomyces cerevisiae* haploid strain against inhibitory chemical complex for ethanol production

著者名 : P. Kahar, E. I. Riyanti, Otsuka, H., Matsumoto, H., Kihira, C., Ogino, C., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 245, 1436-1446, 2017

論文名 : Evolutionary engineering of salt-resistant *Chlamydomonas* sp. strains reveals salinity stress-activated starch-to-lipid biosynthesis switching

著者名 : Kato, Y., Ho, S.H., Vavricka, C.J., Chang, J.S., Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 245, 1484-1490, 2017

論文名 : Production of chemicals and proteins using biomass-derived substrates from a *Streptomyces* host

著者名 : Kashiwagi, N., Ogino, C., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 245, 1655-1663, 2017

論文名 : Microbial conversion of biomass into bio-based polymers

著者名 : Kawaguchi, H., Ogino, C., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 245, 1664-1673, 2017

論文名 : 1,5-Diaminopentane production from xylooligosaccharides using metabolically engineered *Corynebacterium glutamicum* displaying beta-xylosidase on the cell surface

著者名 : Imao, K., Konishi, R., Kishida, M., Hirata, Y., Segawa, S., Adachi, N., Matsuura, R., Tsuge, Y., Matsumoto, T., Tanaka, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 245, 1684-1691, 2017

論文名 : Bear-trap sensing of somatostatin via split aptamers and atomic force microscopy

著者名 : Takenaka, M., Amino, T., Miyachi, Y., Ogino, C., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Sensors & Actuators: B. Chemical, 252, 600-605, 2017

論文名 : Screening and evaluation of aptamers against somatostatin, and sandwich-like monitoring of somatostatin based on atomic force microscopy

著者名 : Takenaka, M., Amino, T., Miyachi, Y., Ogino, C., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Sensors & Actuators: B. Chemical, 252, 813-821, 2017

論文名 : Beyond native Cas9: manipulating genomic information and function

著者名 : Mitsunobu, H., Teramoto, J., Nishida, K., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Trends in Biotechnology, 35(10), 983-996, 2017

論文名 : Development of a comprehensive set of tools for genome engineering in a cold- and thermo-tolerant *Kluyveromyces marxianus* yeast strain

著者名 : Nambu-Nishida, Y., Nishida, K., Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 7(1), 8993, 2017

論文名 : Simultaneous conversion of free fatty acids and triglycerides to biodiesel by immobilized *Aspergillus oryzae* expressing *Fusarium heterosporum* lipase

著者名 : Amoah, J., Quayson, E., Hama, S., Yoshida, A., Hasunuma, T., Ogino, C., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology Journal, 12(3), 1600400, 2017

論文名 : Development of fed-batch process for high-yielding  $\beta$ -glucosidase displayed on cell surface of industrial yeast *Saccharomyces cerevisiae*

著者名 : Onodera, K., Hama, S., Yoshida, Y., Noda, H., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Biochemical Engineering Journal, 128, 195-200, 2017

論文名 : Engineering a synthetic pathway for maleate in *Escherichia coli*

著者名 : Noda, S., Shirai, T., Mori, Y., Oyama, S., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Nature Communications, 8(1), 1153, 2017

論文名 : Conversion of *Chlamydomonas* sp. JSC4 lipids to biodiesel using *Fusarium heterosporum* lipase-expressing *Aspergillus oryzae* whole-cell as biocatalyst

著者名 : J. Amoah, Ho, SH., Hama, S., Yoshida, A., Nakanishi, A., Hasunuma, T., Ogino, C., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Algal Research, 28, 16-23, 2017

論文名 : Improvement of xylose fermentation ability under heat and acid co-stress in *Saccharomyces cerevisiae* using genome shuffling technique

著者名 : Inokuma, K., Iwamoto, R., Bamba, T., Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 5, 81, 2017

論文名 : Selection of yeast *Saccharomyces cerevisiae* promoters available for xylose cultivation and fermentation

著者名 : Nambu-Nishida, Y., Sakihama, Y., Ishii, J., Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Bioscience and Bioengineering, 125(1), 76-86, 2018

論文名 : Streptavidin-hydrogel prepared by sortase A-assisted click chemistry for enzyme immobilization on an electrode

著者名 : Matsumoto, T., Isogawa, Y., Tanaka, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Biosensors and Bioelectronics, 99(15), 56-51, 2018

論文名 : Low amounts of dietary fibre increase in vitro production of short-chain fatty acids without changing human colonic microbiota structure

著者名 : Sasaki, D., Sasaki, K., Ikuta, N., Yasuda, T., Fukuda, I., Kondo, A., Osawa, R.

掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 11(8), 435, 2018

- 論文名 : Effective usage of sorghum bagasse: optimization of organosolv pretreatment using 25% 1-butanol and subsequent nanofiltration membrane separation  
著者名 : Teramura, H., Sasaki, K., Oshima, T., Kawaguchi, H., Ogino, C., Sazuka, T., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : *Bioresource Technology*, 252, 157-164, 2018
- 論文名 : Electrochemical biotechnologies minimizing the required electrode assemblies  
著者名 : Sasaki, K., Sasaki, D., Kamiya, K., Nakanishi, S., Kondo, A., Kato, S.  
掲載誌, 巻, ページ : *Current Opinion in Biotechnology*, 50, 182-188, 2018
- 論文名 : Direct and highly productive conversion of cyanobacteria *Arthrospira platensis* to ethanol with CaCl<sub>2</sub> addition  
著者名 : Aikawa, S., Inokuma, K., Wakai, S., Sasaki, K., Ogino, C., Chang, JS, Hasunuma, T., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : *Biotechnology for Biofuels*, 11, 50, 2018
- 論文名 : Enhanced cell-surface display of a heterologous protein using SED1 anchoring system in SED1-disrupted *Saccharomyces cerevisiae* strain  
著者名 : Bamba, T., Inokuma, K., Hasunuma, T., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : *Bioscience and Bioengineering*, 125(3), 306-310, 2018
- 論文名 : Metabolic Engineering of the 2-Ketobutyrate Biosynthetic Pathway for 1-Propanol Production in *Saccharomyces cerevisiae*  
著者名 : Nishimura, Y., Matsui, T., Ishii, J., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : *Microbial Cell Factories*, 17(1), 38, 2018
- 論文名 : Deaminase-mediated multiplex genome editing in *Escherichia coli*  
著者名 : Banno, S., Nishida, K., Arazoe, T., Mitsunobu, H., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : *Nature Microbiology*, 3, 423-429, 2018
- 論文名 : Modifying expression modes of human neurotensin receptor type 1 alters sensing capabilities for agonists in yeast signaling biosensor  
著者名 : Hashi, H., Nakamura, Y., Ishii, J., Kondo, A.  
掲載誌, 巻, ページ : *Biotechnology Journal*, 13(4), e1700522, 2018
- 論文名 : Direct bioconversion of rice residue from canteen waste into lipids by new amyolytic oleaginous yeast *Sporidiobolus pararoseus* KX709872.  
著者名 : Chaiyaso, T., Srisuwan, W., Techapun, C., Watanabe, M., Takenaka, S.  
掲載誌, 巻, ページ : *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 48(4), 361-371, 2018
- 論文名 : An integrated process for Xylooligosaccharide and bioethanol production from corncob.  
著者名 : Boonchuay, P., Techapun, C., Leksawasdi, N., Seesuriyachan, P., Hanmoungjai, P., Watanabe, M., Takenaka, S., Chaiyaso, T.  
掲載誌, 巻, ページ : *Bioresource Technology*, 256, 399-407, 2018
- 論文名 : Characterization and mutation analysis of a halotolerant serine protease from a new isolate of *Bacillus subtilis*.  
著者名 : Takenaka, S., Yoshinami, J., Kuntiya, A., Techapun, C., Leksawasdi, N., Seesuriyachan, P., Chaiyaso, T., Watanabe, M., Tanaka, K., Yoshida, K. I.  
掲載誌, 巻, ページ : *Biotechnology Letters*, 40(1), 189-196, 2018
- 論文名 : Homology modeling and prediction of the amino acid residues participating in the transfer of acetyl-CoA to arylalkylamine by the N-acetyltransferase from *Chryseobacterium* sp.  
著者名 : Takenaka, S., Ozeki, T., Tanaka, K., Yoshida, K. I.  
掲載誌, 巻, ページ : *Biotechnology Letters*, 39(11), 1699-1707, 2017

- 論文名 : Controlling surface-segregation of a polymer to display carboxy groups on an outermost surface using perfluoroacyl group  
 著者名 : Nishimori, K., Kitahata, S., Nishino, T., Maruyama, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Langmuir accepted, 2018
- 論文名 : Preparation of uncurled and planar multilayered graphene using polythiophene derivatives via liquid-phase exfoliation of graphite  
 著者名 : Iguchi, H., Miyahara, K., Higashi, C., Fujita, K., Nakagawa, N., Tamba, S., Mori, A., Yoshitani, H., Nakasuga, A., Maruyama, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : FlatChem, 8, 31-39, 2018
- 論文名 : Electrospun polymeric short microfibers with surface-selective functionalization  
 著者名 : Matsuura, T., Tsuchiya, E., Fukui, Y., Maruyama, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Colloid and Polymer Science, 296, 239-244, 2018
- 論文名 : In-situ synthesis of supramolecular hydrogelator at an oil/water interface for stabilization and stimuli-induced fusion of microdroplets  
 著者名 : Nishida, Y., Tanaka, A., Yamamoto, S., Tominaga, Y., Kunikata, N., Mizuhata, M., Maruyama, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Angewandte Chemie International Edition, 56, 9410-9414, 2017
- 論文名 : Hollow phosphorylcholine polymer vesicles prepared by a coaxial electrospray technique  
 著者名 : Matsuura, T., Maruyama, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Colloid and Polymer Science, 295, 1251-1256, 2017
- 論文名 : DNA-gold nanoparticle hybrid hydrogel network prepared by enzymatic reaction  
 著者名 : Eguchi, Y., Kato, T., Tanaka, T., Maruyama, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Chemical Communications, 53, 5802-5805, 2017
- 論文名 : Palmitoylated amino acids as low-molecular-weight gelators for ionic liquids  
 著者名 : Restu, W. K., Nishida, Y., Kataoka, T., Morimoto, M., Ishida, K., Mizuhata, M., Maruyama, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Colloid and Polymer Science, 295, 1109-1116, 2017
- 論文名 : Rational and practical exfoliation of graphite using well-defined poly(3-hexylthiophene) for the preparation of conductive polymer/graphene composite  
 著者名 : Iguchi, H., Higashi, C., Funasaki, Y., Fujita, K., Mori, A., Nakasuga, A., Maruyama, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 7, 39937, 2017
- 論文名 : Calcium phosphate-polymer hybrid microparticles having functionalized surfaces prepared by a coaxially electrospray technique  
 著者名 : Matsuura, T., Maruyama, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Colloids and Surfaces A, 526, 64-69, 2017
- 論文名 : 合成分子の自己組織化による細胞死の誘導  
 著者名 : 丸山達生  
 掲載誌, 巻, ページ : 化学, 72, 66-67, 2017
- 論文名 : 廃食品性バイオマスを用いたレアメタル高選択的分離技術の開発  
 著者名 : 丸山達生  
 掲載誌, 巻, ページ : ケミカルエンジニアリング, 62, 62-67, 2017
- 論文名 : Crystal Modulus of Poly(glycolic acid) and its Temperature dependence  
 著者名 : Lee, S., Hongo, C., Nishino, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Macromolecules, 50, 5074-5079, 2017
- 論文名 : Crystal modulus of Poly (lactic acid)s, and their Stereocomplex  
 著者名 : Lee, S., Kimoto, M., Tanaka, M., Tsuji, H., Nishino, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Polymer, 138, 124-131, 2018

- 論文名 : Three dominant awnless genes in common wheat: fine mapping, interaction and contribution to diversity in awn shape and length  
 著者名 : Yoshioka, M., Iehisa, J.C.M., Ohno, R., Kimura, T., Enoki, H., Nishimura, S., Nasuda, S., Takumi, S.  
 掲載誌, PLoS ONE, 12, e0176148, 2017
- 論文名 : Global gene expression profiling related to temperature-sensitive growth abnormalities in interspecific crosses between tetraploid wheat and *Aegilops tauschii*  
 著者名 : Matsuda, R., Iehisa, J.C.M., Sakaguchi, K., Ohno, R., Yoshida, K., Takumi, S.  
 掲載誌, PLoS ONE, 12, e0176497, 2017
- 論文名 : Genotypic effects on sugar and by-products of liquid hydrolysates and on saccharification of acid-insoluble residues from wheat straw  
 著者名 : Ohno, R., Teramura, H., Ogino, C., Kondo, A., Takumi, S.  
 掲載誌, Genes and Genetic Systems, 92, (doi:10.1266/ggs.17-00027), 2017
- 論文名 : Hybrid incompatibilities in interspecific crosses between tetraploid wheat and its wild relative *Aegilops umbellulata*  
 著者名 : Okada, M., Yoshida, K., Takumi, S.  
 掲載誌, Plant Molecular Biology, 95, 625-645, 2017
- 論文名 : The role of reproductive isolation in allopolyploid speciation patterns: empirical insights from the progenitors of common wheat  
 著者名 : Matsuoka, Y., Takumi, S.  
 掲載誌, Scientific Reports, 7, 16004, 2017
- 論文名 : Genetic mapping reveals a dominant awn-inhibiting gene related to differentiation of the variety anathera in wild diploid wheat *Aegilops tauschii*  
 著者名 : Nishijima, R., Ikeda, T. M., Takumi, S.  
 掲載誌, Genetica, 146, 75-84, 2018
- 論文名 : Natural variation in photoperiodic flowering pathway and identification of photoperiod-insensitive accessions in wild wheat, *Aegilops tauschii*  
 著者名 : Koyama, K., Okumura, Y., Okamoto, E., Nishijima, R., Takumi, S.  
 掲載誌, Euphytica, 214, 3, 2018
- 論文名 : *Bacillus subtilis* ioIU encodes an additional NADP<sup>+</sup>-dependent scyllo-inositol dehydrogenase  
 著者名 : Kang, D.-M., Tanaka, K., Takenaka, S., Ishikawa, S., Yoshida, K.  
 掲載誌, 巻, ページ : Microbial Cell Factories, 16,67(on-line), 2017
- 論文名 : *Bacillus subtilis* IoIQ (DegA) is a transcriptional repressor of ioIX encoding NAD<sup>+</sup>-dependent scyllo-inositol dehydrogenase  
 著者名 : Kang, D.-M., Michon, C., Morinaga, T., Tanaka, T., Takenaka, S., Ishikawa, S., Yoshida, K.  
 掲載誌, 巻, ページ : BMC Microbiology, 17, 154(on-line), 2017
- 論文名 : Homology modeling and prediction of the amino acid residues participating in the transfer of acetyl-CoA to arylalkylamine by the N-acetyltransferase from *Chryseobacterium* sp.  
 著者名 : Takenaka, S., Ozeki, T., Tanaka, K., Yoshida, K..  
 掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology Letters, 39, 1699-1707, 2017
- 論文名 : Genome Sequence of *Bacillus velezensis* S141, a New Strain of Plant Growth-Promoting Rhizobacterium Isolated from Soybean Rhizosphere

著者名 : Sibponkrung, S., Kondo, T., Tanaka, K., Tittabutr, P., Boonkerd, N., Teaumroong, N., Yoshida, K.

掲載誌, 巻, ページ : Genome Announcements, 5, e01312-17(on-line), 2017

論文名 : Rapid conjugative mobilization of a 100 kb segment of *Bacillus subtilis* chromosomal DNA is mediated by a helper plasmid with no ability for self-transfer

著者名 : Miyano, M., Tanaka, K., Ishikawa, S., Takenaka, S., Miguel-Arribas, A., Meijer, W. J. J., Yoshida, K.

掲載誌, 巻, ページ : Microbial Cell Factories, 17, 13(on-line), 2018

論文名 : Differences in glucose yield of residues from among varieties of rice, wheat, and sorghum after dilute acid pretreatment

著者名 : Teramura, H., K. Sasaki, H. Kawaguchi, F. Matsuda, J. Kikuchi, T. Shirai, T. Sazuka, M. Yamasaki, S. Takumi, C. Ogino and A. Kondo

掲載誌, 巻, ページ : Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 81, 1650-1656, 2017

論文名 : Genetic dissection of grain traits in Yamadanishiki, an excellent sake-brewing rice cultivar

著者名 : Okada, S., Suehiro, M., Ebana, K., Hori, K., Onogi, A., Iwata, H., Yamasaki, M.

掲載誌, 巻, ページ : Theoretical and Applied Genetics, 130, 2567-2585, 2017

論文名 : Genetic tracing of *Jatropha curcas* L. from its Mesoamerican origin to the world

著者名 : Li, H., Tsuchimoto, S., Harada, K., Yamasaki, M., Sakai, H., Wada, N., Alipour, A., Sasai, T., Tsunekawa, A., Tsujimoto, H. Ando, T., Tomemori, H., Sato, S., Hirakawa, H., Quintero, V. P., Zamarripa, A., Santos, P., Hegazy, A., Ali, M., Fukui, K.

掲載誌, 巻, ページ : Frontiers in Plant Science. DOI: 10.3389/fpls.2017.01539. 2017

論文名 : Effects of enzymatically synthesized glycogen on lipid metabolism in diet induced obese mice

著者名 : Furuyashiki, T., Ogawa, R., Nakayama, Y., Honda, H., Kamisoyama, H., Takata, H., Kamasaka, H., Yasuda, M., Kuriki, T., Ashida, H.

掲載誌, 巻, ページ : Food Science and Technology Research, 24, 119-127, 2018

論文名 : Effects of enzymatically synthesized glycogen and exercise on abdominal fat accumulation in high-fat diet-fed mice

著者名 : Tamura, S., Honda, K., Morinaga, R., Saneyasu, T., Kamisoyama, H.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 63, 406-411, 2017

論文名 : Using motion analysis to evaluation techniques for whipping heavy cream by hand

著者名 : Hara, M., Masuda, H., Horie, T., Honda, S., Kataoka-Shirasugi, N., Ohmura, N.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 51,180-184, 2018

論文名 : Functional characterization of CYP52G3 from *Aspergillus oryzae* and its application for bioconversion and synthesis of hydroxyl flavanone and steroids

著者名 : Uno, T., Yanase, T., Imaishi, H.

掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology and Applied Biochemistry, 64(3), 385-391, 2017

論文名 : Metabolism of 7-ethoxycoumarin, flavanone and steroids by cytochrome P450 2C9 variants

著者名 : Uno, T., Nakano, R., Kanamaru, K., Takenaka, S., Uno, Y., Imaishi, H.

掲載誌, 巻, ページ : Biopharmaceutics & Drug Disposition, 38(8), 486-493, 2017

論文名 : Effect of genetic polymorphism of human CYP2B6 on the metabolic activation of chlorpyrifos

著者名 : Imaishi, H., Goto, T.

掲載誌, 巻, ページ : Pesticide Biochemistry and Physiology, 144, 42-48, 2018

論文名 : Modification of N-terminal amino acids of fungal benzoate hydroxylase (CYP53A15) for the production of p-hydroxybenzoate and optimization of bioproduction conditions in *Escherichia coli*

- 論文名 : Mixing characteristics of submerged fungal fluid in a flexible stirred mixing system  
 著者名 : Ghobad, N., Ogino, C., Ogawa, T., Ohmura, N.  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 51, 143-151, 2018
- 論文名 : Intensification of mixing processes with complex fluids  
 著者名 : Ohmura, N., Masuda, H., Wang, S. (国際共著)  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 51, 129-135, 2018
- 論文名 : Flow dynamics in Taylor-Couette flow reactor with axial distribution of temperature  
 著者名 : Masuda, H., Yoshida, S., Horie, T., Ohmura, N., Shimoyamada, M.  
 掲載誌, 巻, ページ : AIChE Journal, 64, 1075-1082, 2018
- 論文名 : Thermal treatment of starch slurry in Couette-Taylor flow apparatus  
 著者名 : Hubacz, R., Masuda, H., Horie, T., Ohmura, N. (国際共著)  
 掲載誌, 巻, ページ : Chemical and Process Engineering, 38, 345-361, 2017
- 論文名 : Preparation of a photoresponsive tracer to evaluate the performance of dry-type powder photoreactors  
 著者名 : Hirota, J., Inoue, T., Watanabe, T., Okemoto, A., Horie, T., Ohmura, N., Taniya, K., Ichihashi, Y., Nishiyama, S.  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 50, 710-715, 2017
- 論文名 : Intensification of heat sterilization process for liquid foods using Taylor-Couette flow system  
 著者名 : Masuda, H., Horie, T., Ohmura, N., Shimoyamada, M.  
 掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Transactions, 57, 1753-1758, 2017
- 論文名 : Process development of starch hydrolysis using mixing characteristics of Taylor vortices  
 著者名 : Masuda, H., Horie, T., Hubacz, R., Ohmura, N., Shimoyamada, M. (国際共著)  
 掲載誌, 巻, ページ : Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 81(4), 755-761, 2017
- 論文名 : Effect of shear rate distribution on particle aggregation in a stirred vessel  
 著者名 : Masuda, H., Tsuda, K., Matsui, K., Komoda, Y., Ohmura, N.  
 掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering & Technology, 40, 493-497, 2017
- 論文名 : Characterizations of the submerged fermentation of *Aspergillus oryzae* using a Fullzone impeller in a stirred tank bioreactor  
 著者名 : Ghobadi, N., Ogino, C., Yamabe, K., Ohmura, N.  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Bioscience and Bioengineering, 123, 101-108, 2017
- 論文名 : Prediction of onset of Taylor-Couette instability for shear-thinning fluids  
 著者名 : Masuda, H., Horie, T., Hubacz, R., Ohta, M., Ohmura, N.  
 掲載誌, 巻, ページ : Rheologica Acta, 56, 73-84, 2017
- 論文名 : Preparation of Furan Dimer-Based Biopolyester Showing High Melting Points  
 著者名 : Miyagawa, N., Ogura, T., Okano, K., Mori, A.  
 掲載誌, 巻, ページ : Chemistry Letters, 46, 1535-1538, 2017
- 論文名 : Chirality recognition of winding vine-shaped heterobiaryls with molecular asymmetry. Kinetic and dynamic kinetic resolution by Shi's asymmetric epoxidation  
 著者名 : Maruhashi, K., Okayama, Y., Inoue, R., Ashida, S., Toyomori, Y., Okano, K., Mori, A.  
 掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 8, 1704, 2018
- 論文名 : Synthesis of Thieno[3,2-b]indoles via Halogen Dance and Ligand-Controlled One-Pot Sequential Coupling Reaction  
 著者名 : Hayashi, Y., Okano, K., Mori, A.  
 掲載誌, 巻, ページ : Organic Letters, 20, 958-961, 2018

- 論文名 : Magnesium Bisamide-Mediated Halogen Dance of Bromothiophenes  
 著者名 : Y. Yamane, Y. Sunahara, K. Okano, K. Mori, A.  
 掲載誌, 巻, ページ : Organic Letters, 20, 1688-1691, 2018
- 論文名 : Local Environment of Strontium Cations Activating NaTaO<sub>3</sub> Photocatalysts  
 著者名 : An, L., Sasaki, T., Weidler, P., Wöll, C., Ichikuni, N., Onishi, H.  
 掲載誌, 巻, ページ : ACS Catalysis, 8, 880-885, 2018
- 論文名 : Cross-Sectional Imaging of Boundary Lubrication Layer Formed by Fatty Acid by Means of Frequency-Modulation Atomic Force Microscopy  
 著者名 : Hirayama, T., Kawamura, R., Fujino, K., Matsuoka, T., Komiya, H., Onishi, H.  
 掲載誌, 巻, ページ : Langmuir, 33, 10492-10500, 2017
- 論文名 : Interface Structure between Tetraglyme and Graphite  
 著者名 : Minato, T., Araki, Y., Umeda, K., Yamanaka, T., Okazaki, K.-i., Onishi, H., Abe, T., Ogumi, Z.  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Physics, 147, 124701, 2017
- 論文名 : Localization of Cesium on Montmorillonite Surface Investigated by Frequency Modulation Atomic Force Microscopy  
 著者名 : Araki, Y., Satoh, H., Okumura, M., Onishi, H.  
 掲載誌, 巻, ページ : Surface Science, 665, 32-36, 2017
- 論文名 : Hot water extract of *Grifola gargal* possesses anti-inflammatory activity  
 著者名 : Mizuno, M., Sakane, I., Minato, K., Watanabe, J., Hashimoto, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Food Science and Technology Research, 23(5), 725-732, 2017
- 論文名 : Enhancement of anti-inflammatory and anti-allergic activities with combination of luteolin and quercetin in *in vitro* co-culture system  
 著者名 : Mizuno, M., Yamashita, S., Hashimoto, T.  
 掲載誌, 巻, ページ : Food Science and Technology Research, 23(6), 811-818, 2017
- 論文名 : Improved antifouling properties of polyvinyl chloride blend membranes by novel phosphate based-zwitterionic polymer additive  
 著者名 : L. F. Fang, S. Jeon, Y. Kakihana, J. Kakehi, B. K. Zhu, H. Matsuyama, S. F. Zhao  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 528, 326-335 (2017)
- 論文名 : New Approach for the Fabrication of Double-network Ion-gel Membranes with High CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> Separation Performance Based on Facilitated Transport  
 著者名 : F. Moghadam, E. Kamio, T. Yoshioka, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 530, 166-175 (2017)
- 論文名 : Biofouling Phenomena on Anion Exchange Membranes under the Reverse Electrodialysis Process  
 著者名 : M. Vasselbehagh, H. Karkhanechi, R. Takagi, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 530, 232-239 (2017)
- 論文名 : Poly(vinylidene difluoride)/Poly(tetrafluoroethylene-co-vinylpyrrolidone) Blend Membranes with Antifouling Properties  
 著者名 : Y. Sun, S. Rajabzadeh, L. Fang, S. Jeon, Z. Zhou, Y. Ohmukai, J. Miki, X. Wang, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Materials Science & Engineering (Part C), 75, 79-87 (2017)
- 論文名 : Evaluation of energy production from municipal wastewater using forward osmosis process and anaerobic membrane bioreactor  
 著者名 : S. Onoda, Y. Masumori, T. Miyoshi, M. Yasukawa, T. Takahashi, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Desalination and Water Treatment, 65, 1-10 (2017)
- 論文名 : Effect of the addition of fine bubbles on reversible and irreversible membrane fouling

- in surface water treatment  
 著者名 : T. Watabe, T. Takahashi, K. Matsuyama, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Desalination and Water Treatment, 78, 12-18 (2017)
- 論文名 : Fundamental study on pressure-retarded osmosis using ultrafiltration membranes and polymer draw solution  
 著者名 : T. Takahashi, M. Yasukawa, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn., 71, 346-347 (2017)
- 論文名 : Preparation of Robust Braid-reinforced Poly(vinyl chloride) Ultrafiltration Hollow Fiber Membrane with Antifouling Surface and Application to Filtration of Activated Sludge Solution  
 著者名 : Z. Zhou, S. Rajabzadeh, L.F. Fang, T. Miyoshi, Y. Kakihana, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Materials Science & Engineering (Part C), 77, 662-671 (2017)
- 論文名 : Effect of internal mass in the lattice Boltzmann simulation of moving solid bodies by the smoothed-profile method  
 著者名 : Y. Mino, H. Shinto, S. Sakai, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Physical Review E, 95, 043309 (2017)
- 論文名 : Preparation of Cyclic Peptide Nanotube Structures and Molecular Simulation of Water Adsorption and Diffusion  
 著者名 : H. Wu, T. Yoshioka, H. Nagasawa, M. Kanezashi, T. Tsuru, D. Saeki, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 537, 101-110 (2017)
- 論文名 : Improving amphiphilic polypropylenes by grafting poly(vinylpyrrolidone) and poly(ethylene glycol) methacrylate segments on a polypropylene microporous membrane  
 著者名 : H. Chen, W. Ma, Y. Xia, Y. Gu, Z. Cao, C. Liu, H. Yang, S. Tao, H. Geng, G. Tao, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Applied Surface Science, 419, 259-268 (2017)
- 論文名 : Effects of coexistent ions on  $^{137}\text{Cs}^+$  rejection of polyamide reverse osmosis membrane in decontamination of wastewater with low cesium-137 concentration  
 著者名 : J. Kakehi, E. Kamio, R. Takagi, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 56, 6864-6868 (2017)
- 論文名 : Niobate nanosheet membranes with enhanced stability for nanofiltration  
 著者名 : K. Nakagawa, H. Yamashita, D. Saeki, T. Yoshioka, T. Shintani, E. Kamio, H. T. Kreissl, S. C. E. Tsang, S. Sugiyama, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Chemical Communications, 53, 7929-7932 (2017)
- 論文名 : Facilitated  $\text{O}_2$  transport membrane containing Co(II)-salen complex-based ionic liquid as  $\text{O}_2$  carrier.  
 著者名 : A. Matsuoka, E. Kamio, T. Mochida, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 541, 393-402 (2017)
- 論文名 : Effects of operating conditions on biofouling in crossflow ultrafiltration membrane processes  
 著者名 : D. Saeki, R. Minami, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 189, 138-144 (2017)
- 論文名 : Preparation of positively charged PVDF membranes with improved antibacterial activity by blending modification: Effect of change in membrane surface material properties  
 著者名 : Y. Kakihana, L. Cheng, L. F. Fang, S. Y. Wang, S. Jeon, D. Saeki, S. Rajabzadeh, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 533, 133-139 (2017)
- 論文名 : Inorganic/organic composite ion gel membrane with high mechanical strength and

- high CO<sub>2</sub> separation performance  
 著者名 : F. Ranjbaran, E. Kamio, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 544, 252-260 (2017)
- 論文名 : Effect of Molecular Weight of Sulfonated Polyethersulfone (SPES) on the Mechanical Strength and Antifouling Properties of Polyethersulfone/SPES Blend Membranes  
 著者名 : L. F. Fang, H. Y. Yang, L. Cheng, N. Kato, S. Jeon, R. Takagi, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 56, 11302-11311 (2017)
- 論文名 : Inorganic/Organic Double-Network Gels Containing Ionic Liquids  
 著者名 : E. Kamio, T. Yasui, Y. Iida, J. P. Gong, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Advanced Materials, 29, 1704118 (2017)
- 論文名 : Water transport and ion rejection investigation for application of cyclic peptide nanotubes to forward osmosis process: A simulation study  
 著者名 : H. Wu, T. Yoshioka, K. Nakagawa, T. Shintani, T. Tsuru, D. Saeki, Y. Chen, K. Tung, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 424, 85-94 (2017)
- 論文名 : Applying amphotericin B-ergosterol in forward osmosis: A simulation study  
 著者名 : H. Wu, T. Yoshioka, K. Nakagawa, T. Shintani, T. Tsuru, D. Saeki, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Membrane, 42, 250-254 (2017)
- 論文名 : A novel strategy to immobilize enzymes on microporous membranes via dicarboxylic acid halides  
 著者名 : C. Liu, D. Saeki, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : RSC Advances, 564, 1-14 (2017)
- 論文名 : Ion gel membrane with tunable inorganic/organic composite network for CO<sub>2</sub> separation  
 著者名 : F. Ranjbaran, E. Kamio, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 56, 12763-12772 (2017)
- 論文名 : Removal profile of sulfate ion from mix ion solution with different type and configuration of anion exchange membrane in electrodialysis  
 著者名 : N. Arahmana, S. Mulyatia, M. R. Lubisa, R. Takagi, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Water Process Engineering, 20, 173-179 (2017)
- 論文名 : Effect of biological contact filters (BCFs) on membrane fouling in drinking water treatment system  
 著者名 : S. Hasegawa, T. Iwamoto, T. Miyoshi, S. Onoda, K. Morita, R. Takagi, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Water, 9(12), 981 (2017)
- 論文名 : Preparation of amphotericin B-ergosterol structures and molecular simulation of water adsorption and diffusion  
 著者名 : H. Wu, T. Yoshioka, K. Nakagawa, T. Shintani, T. Tsuru, D. Saeki, A. R. Shaikh, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 545, 229-239 (2018)
- 論文名 : Novel preparation and fundamental characterization of polyamide 6 self-supporting hollow fiber membranes via thermally induced phase separation (TIPS)  
 著者名 : S. Jeon, H. Karkhanechi, L. F. Fang, L. Cheng, T. Ono, R. Nakamura, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 546, 1-14 (2018)
- 論文名 : Synthesis of hydrophilic carbon nanotubes by grafting poly(methyl methacrylate) via click reaction and its effect on poly(vinylidene fluoride)-carbon nanotube composite membrane properties  
 著者名 : W. Ma, Y. Zhao, Y. Li, P. Zhang, Z. Cao, H. Yang, C. Liu, G. Tao, F. Gong, H. Matsuyama  
 掲載誌, 巻, ページ : Applied Surface Science, 435, 79-90 (2018)

- 論文名 : Development of antifouling poly(vinyl chloride) blend membranes by atom transfer radical polymerization  
著者名 : L.F. Fang, H. Matsuyama, B.K. Zhu, S. Zhao  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Applied Polymer Science, 135, 45832 (2018)
- 論文名 : Formation of supported lipid bilayers on porous polymeric substrates induced by hydrophobic interaction  
著者名 : W. Miyashita, D. Saeki, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ : Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 538, 297-303 (2018)
- 論文名 : Lattice-Boltzmann flow simulation of an oil-in-water emulsion through a coalescing filter: effects of filter structure  
著者名 : Y. Mino, A. Hasegawa, H. Shinto, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Science, 177, 210-217 (2018)
- 論文名 : Dissipative particle dynamics simulation on the membrane formation of polymer-solvent system via nonsolvent induced phase separation  
著者名 : H. H. Lin, Y.H. Tang, H. Matsuyama, X. L. Wang  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 548, 288-297 (2018)
- 論文名 : Tailoring the surface pore size of hollow fiber membranes in TIPS process  
著者名 : C. Fang, S. Jeon, S.Rajabzadeh, L. Cheng, L. F. Fang, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Materials Chemistry A, 6, 535-547 (2018)
- 論文名 : Novel ultrafiltration membranes with excellent antifouling properties and chlorine resistance using a poly(vinyl chloride)-based copolymer  
著者名 : S. Y. Wang, L. F. Fang, L. Cheng, S. Jeon, N. Kato, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 549, 101-110 (2018)
- 論文名 : Zwitterionic polymer modification of polyamide reverse-osmosis membranes via surface amination and atom transfer radical polymerization for anti-biofouling  
著者名 : Z. Yang, D. Saeki, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 550, 332-339 (2018)
- 論文名 : Adsorption of bovine serum albumin on poly(vinylidene fluoride) surfaces in the presence of ions: a molecular dynamics simulation  
著者名 : A. R. Shaikh, H. Karkhanechi, T. Yoshioka, H. Matsuyama, H. Takaba, D. M. Wang  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Physical Chemistry Part B, 122, 1919-1928 (2018)
- 論文名 : Evaluating the antifouling properties of polyethersulfone/sulfonated polyethersulfone blend membranes in a full-size membrane module  
著者名 : L. F. Fang, N. Kato, H. Y. Yang, L. Cheng, S. Hasegawa, S. Jeon, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 57, 4430-4441 (2018)
- 論文名 : Electrostatic engineering of the interface between heavy and light chains promotes antibody Fab fragment production  
著者名 : Ohmuro-Matsuyama, Y., Mori, K., Hamada, H., Ueda, H., Yamaji, H.  
掲載誌, 巻, ページ : Cytotechnology, 69, 469-475 (2017)
- 論文名 : Efficient production of an antibody Fab fragment by transient gene expression in insect cells  
著者名 : Mori, K., Hamada, H., Ogawa, T., Ohmuro-Matsuyama, Y., Katsuda, T., Yamaji, H.  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Bioscience and Bioengineering, 124, 221-226 (2017)
- 論文名 : Modification of N-terminal amino acids of fungal benzoate hydroxylase (CYP53A15) for the production of p-hydroxybenzoate and optimization of bioproduction conditions in Escherichia coli  
著者名 : Tamaki, S., Yagi, M., Nishihata, Y., Yamaji, H., Shigeri, Y., Uno, T., Imaishi, H.  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Microbiology Biotechnology, 28, 439-447 (2018)

- 論文名 : Low amounts of dietary fibre increase in vitro production of short-chain fatty acids without changing human colonic microbiota structure  
 著者名 : Sasaki, D., Sasaki, K., Ikuta, N., Yasuda, T., Fukuda, I., Kondo, A., Osawa, R.  
 掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, doi:10.1038/s41598-017-18877-8 (2018)
- 論文名 : Taurine does not affect the composition, diversity, or metabolism of human colonic microbiota simulated in a single-batch fermentation system. PLOS ONE  
 著者名 : Sasaki, K., Sasaki, D., Okai, N., Tanaka, K., Nomoto, R., Fukuda, I., Yoshida, K., Kondo, A., Osawa, R.  
 掲載誌, 巻, ページ : PLOS ONE, doi.org/10.1371/journal.pone.0180991 (2017)
- 論文名 : An in vitro investigation of immunomodulatory properties of *Lactobacillus plantarum* and *L. delbrueckii* cells and their extracellular polysaccharides  
 著者名 : Kishimoto, M., Nomoto, R., Mizuno, M., Osawa, R.  
 掲載誌, 巻, ページ : Bioscience of Microbiota, Food and Health, 36, 101-110, (2017)
- 論文名 : Localization and functional analysis of the insect-specific RabX4 in the brain of *Bombyx mori*  
 著者名 : Uno, T., Furutani, M., Sakamoto, K., Uno, Y., Kanamaru, K., Mizoguchi, A., Hiragaki, S., Takeda, M.  
 掲載誌, 巻, ページ : Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 96 (11), DOI 10.1002/arch.21404 (2017)
- 論文名 : Metabolism of 7-ethoxycoumarin, flavanone and steroids by cytochrome P450 2C9 variants  
 著者名 : Uno, T., Nakano, R., Kanamaru, K., Takenaka, S., Uno, Y., Imaishi, H.  
 掲載誌, 巻, ページ : Biopharmaceutics & Drug Disposition, 38(8), 486-493 (2017)
- 論文名 : Black soybean seed coat polyphenols prevent AAPH-induced oxidative DNA-damage in HepG2 cells  
 著者名 : Yoshioka, Y., Li, X., Zhang, T., Mitani, T., Yasuda, M., Nanba, F., Toda, T., Yamashita, Y., Ashida, H.  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 60, 108-114 (2017)
- 論文名 : Enzymatically synthesized glycogen inhibits colitis through decreasing oxidative stress  
 著者名 : Mitani, T., Yoshioka, T., Furuyashiki, T., Yamashita, Y., Shirai, Y., Ashida, H.  
 掲載誌, 巻, ページ : Free Radical Biology & Medicine, 106, 355-367 (2017)
- 論文名 : Adenosine isolated from *Grifola gargal* promotes glucose uptake via PI3K and AMPK signalling pathways in skeletal muscle cells  
 著者名 : Yoshioka, Y., Harada, E., Ge, D., Imai, K., Katsuzaki, H., Mishima, T., Gabazza, C. E., Ashida, H.  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Functional Foods, 33, 268-277 (2017)
- 論文名 : Effects of Enzymatically Synthesized Glycogen on Lipid Metabolism in Diet Induced Obese Mice  
 著者名 : Furuyashiki, T., Ogawa, R., Nakayama, Y., Honda, K., Kamisoyama, H., Takata, H., Kamasaka, H., Yasuda, M., Kuriki, T., Ashida, H.  
 掲載誌, 巻, ページ : Food Science and Technology Research, 24, 119-127 (2018)
- 論文名 : Effects of enzymatically synthesized glycogen and exercise on abdominal fat accumulation in high-fat diet-fed mice  
 著者名 : Tamura, S., Honda, K., Morinaga, R., Saneyasu, T., Kamisoyama, H.  
 掲載誌, 巻, ページ : Journal of Nutrition Science and Vitaminology, 63, 406-411 (2017)
- 論文名 : Hydrogen production for photocatalytic decomposition of water with urea as a reducing agent  
 著者名 : Okemoto, A., Tanaka, K., Kudo, Y., Gohda, S., Koshiba, Y., Ishida, K., Horie, T., Taniya, K., Ichihashi, Y., Nishiyama, S.

掲載誌, 巻, ページ : Catalysis Today, 307, 231-236 (2018)

論文名 : Meerwein-Ponndorf-Verley Reduction of Crotonaldehyde over Supported Zirconium Oxide Catalysts Using Batch and Tubular Flow Reactors

著者名 : Segawa, A., Taniya, K., Ichihashi, Y., Nishiyama, S., Yoshida, N., Okamoto, M.  
掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 57, 70-78 (2018)

論文名 : Cyclohexane photooxidation under visible light irradiation by WO<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> mixed catalysts

著者名 : Ueyama, K., Hatta, T., Okamoto, A., Taniya, K., Ichihashi, Y., Nishiyama, S.  
掲載誌, 巻, ページ : Research on Chemical Intermediates, 44, 629-638 (2018)

論文名 : Synthesis of bimetallic SnPt-nanoparticle catalysts for chemoselective hydrogenation of crotonaldehyde: Relationship between SnxPty alloy phase and catalytic performance

著者名 : Taniya, K., Yu, H. C., Takado, H., Hara, T., Okamoto, A., Horie, T., Ichihashi, Y., Chi Tsang, S., Nishiyama, S. (国際共著)  
掲載誌, 巻, ページ : Catalysis Today, 303, 241-248 (2018)

論文名 : Role of Al<sup>3+</sup> species in beta zeolites for Baeyer-Villiger oxidation of cyclic ketones by using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as an environmentally friendly oxidant

著者名 : Taniya, K., Mori, R., Okamoto, A., Horie, T., Ichihashi, Y., Nishiyama, S.  
掲載誌, 巻, ページ : Catalysis Today, 307, 300 (2018)

論文名 : XAFS によるスズおよびコバルトを還元析出した白金触媒の局所構造解析

著者名 : 谷屋啓太, 今井智太, 桶本篤史, 市橋祐一, 西山覚  
掲載誌, 巻, ページ : SPring-8 利用研究成果集, 6, 86-92 (2018)

論文名 : Direct oxidation of benzene with molecular oxygen in liquid phase catalysed by heterogeneous copper complexes encapsulated in Y-type zeolite

著者名 : Okamoto, A., Ueyama, K., Taniya, K., Ichihashi, Y., Nishiyama, S.  
掲載誌, 巻, ページ : Catalysis Communications, 100, 29-32 (2017)

論文名 : Preparation of a Photoresponsive Tracer to Evaluate the Performance of Dry-Type Powder Photoreactors

著者名 : Hirota, J., Inoue, T., Watanabe, T., Okamoto, A., Horie, T., Ohmura, N., Taniya, K., Ichihashi, Y., Nishiyama, S.  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 50, 710-715 (2017)

論文名 : 容器回転型反応器および流動層型反応器を用いたポリ塩化ビニルの乾式光塩素化反応

著者名 : 廣田淳一, 出口直樹, 内藤翔太, 谷屋啓太, 市橋祐一, 西山覚  
掲載誌, 巻, ページ : 化学工学論文集, 43, 379-385 (2017)

#### [著書]

著 書 : Production of platform chemicals from sustainable resources: Production of amino acids(L-glutamic acid and L-lysine) from biomass (国際共著)

著者名 : Tsuge, Y., Kondo, A.

巻, ページ : 437-455

発行所, 発行年 : Feng Z (Ed) Springer 2017 年

著 書 : 乳酸菌の遺伝子操作技術の進展, 酵母菌・麹菌・乳酸菌の産業応用展開, 第 III 編 乳酸菌 第 2 章

著者名 : 岡野憲司, 田中勉, 本田孝祐, 近藤昭彦

巻, ページ : 201-207

発行所, 発行年 : シーエムシー出版 2018 年

著 書 : Emerging Areas in Bioengineering : Whole cell biocatalysts using enzymes displayed on yeast cell surface (国際共著)

著者名：Inokuma, K., Hasunuma, T., Kondo, A.  
巻, ページ：81-92  
発行所, 発行年：Chang HN (Ed) Wiley-VCH 2018 年

著 書：Nanoparticle Technology Handbook, Development of the thermoresponsive magnetic nanoparticle and its deployment in the biotechnology field, Category A - Medical, Cosmetic, Biological (国際共著)

著者名：Kondo, A.  
巻, ページ：427-434  
発行所, 発行年：Elsevier 2018 年

著 書：Nanoparticle Technology Handbook, A cancer treatment strategy that combines the use of inorganic/biocomplex nanoparticles with conventional radiation therapy, Category A - Medical, Cosmetic, Biological (国際共著)

著者名：Morita, K., Nishimura, Y., Suzuki, T., Ogino, C., Kondo, A.  
巻, ページ：439-443  
発行所, 発行年：Elsevier 2018 年

著 書：ゲル化・増粘剤の使い方、選び方 事例集 (共著)

著者名：丸山達生  
巻, ページ：459-463  
発行所, 発行年：技術情報協会 2018 年

著 書：Vortex Dynamics and Optical Vortices (国際共著) Chapter 5, "Dynamical Particle Motions in Vortex Flows"

著者名：Steven Wang, Naoto Ohmura  
巻, ページ：133-150  
発行所, 発行年：INTECH 2017 年

著 書：最新プロセス強化(PI)の技術 (共著)

著者名：大村直人, 西山 覚, 堀江孝史他  
巻, ページ：1-10 (大村), 101-111 (西山), 221-235 (堀江)  
発行所, 発行年：三恵社 2017 年

著 書：走査型トンネル顕微鏡 (共著)

著者名：浅川雅, 岡嶋孝治, 大西洋  
発行所, 発行年：共立出版 2017 年

著 書：二酸化炭素・水素分離膜の開発と応用, 第2章 第4節 イオン液体膜

著者名：神尾英治, 松山秀人  
巻, ページ：89-98  
発行所, 発行年：シーエムシー出版, 2018

#### [特許]

発明等の名称：ゲノム配列改変技術における変異導入効率の向上方法、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：2017年4月21日

出願番号：PCT/JP2017/085631

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：2017年8月29日

出願番号：特開2018-19705

発明等の名称：双子葉植物のゲノムの改変方法

出願者：国立大学法人神戸大学・筑波大学

発明者：西田敬二ら

出願日：2018年2月6日

出願番号：PCT/JP2017/004062

発明等の名称：前処理済みの植物性バイオマスから発酵処理物を製造するための方法

出願者：国立大学法人神戸大学・株式会社日本触媒

発明者：近藤昭彦ら

出願日：2017年4月10日

出願番号：特願2017-077676

発明等の名称：細胞内在性のDNA修飾酵素を利用して標的化したDNAの核酸塩基を特異的に変換する、細胞の核酸配列の変換方法、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：西田敬二ら

出願日：2018年3月20日

出願番号：PCT/JP2018/011198

発明等の名称：組換え宿主細胞及びD-ブタントリオールの新規製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：蓮沼誠久ら

出願日：2018年2月15日

出願番号：特願2018-025394

発明等の名称：ゲル化剤

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：丸山達生ら

出願日：2017年6月1日

出願番号：特願2017-109107

発明等の名称：発光材料組成物、発光材料—炭素材料複合体、およびセンサ

出願者：積水化学工業(株)&国立大学法人神戸大学

発明者：丸山達生ら

出願日：2017年8月10日

出願番号：特願2017-154959

発明等の名称：グラム陽性菌の形質転換方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：吉田健一

出願日：2017年12月7日

出願番号：特願2017-235374

発明等の名称：ミオーイノシトールの製造法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：吉田健一

出願日：2017年8月21日

出願番号：特願2017-158927

発明等の名称：がん診断用のバイオマーカー

出願者：神戸大学

発明者：今石浩正、山本龍一、福本巧、荒井啓

出願日：2017年12月4日

出願番号：2017-232760

発明等の名称：ドロ溶液及びそれを用いた発電装置、水処理装置

出願者：国立大学法人神戸大学，他1者

発明者：松山秀人、高橋智輝、右田啓哉、後藤伸一

出願日：2017年4月28日

出願番号：特願2017-090352

発明等の名称：濃縮処理方法、及び濃縮処理装置

出願者：国立大学法人神戸大学，他1者

発明者：長谷川進、松山秀人、小野田草介

出願日：2017年6月8日

出願番号：2017-113514

発明等の名称：造膜溶液とそれを使用した分離膜の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他1者

発明者：松山秀人、ジョン・ソンイル、高尾翔太、浜田豊三

出願日：2017年7月25日

出願番号：特願2017-143196

発明等の名称：水処理方法および水処理システム

出願者：国立大学法人神戸大学，他1者

発明者：松山秀人、高橋智輝、神尾英治、安川政宏、熊野淳夫

出願日：2017年9月5日

出願番号：特願 2017-170403

発明等の名称：コンピュータプログラム、蛍光測定装置、及びファウリング進行速度の  
推定方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：長谷川進、松山秀人

出願日：2017年9月19日

出願番号：特願 2017-179183

発明等の名称：イオン性液体含有構造体の製造方法及びイオン性液体含有構造体

出願者：国立大学法人神戸大学，他1者

発明者：松山秀人、神尾英治、安井知己、木村直道、伊藤悠里、井原輝一、島津彰

出願日：2017年11月21日

出願番号：特願 2017-223766

発明等の名称：複合分離膜

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：中川敬三、國松美里、世良友宏、新谷卓司、吉岡朋久、松山秀人

出願日：2018年2月7日

出願番号：特願 2018-020508

発明等の名称：酸素分離膜

出願者：国立大学法人神戸大学，他1者

発明者：松山秀人、松岡淳、神尾英治、中西康哲

出願日：2017年7月10日

出願番号：PCT/JP2017/025137

発明等の名称：選択性透過膜、その製造方法及び水処理方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他1者

発明者：松山秀人、佐伯大輔、宮下若菜、川勝孝博

出願日：2017年8月8日

出願番号：PCT/JP2017/028721

発明等の名称：ナノシート積層型分離膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：中川敬三、佐伯大輔、山下洋令、新谷卓司、吉岡朋久、松山秀人

出願日：2017年8月18日

出願番号：PCT/JP2017/029627

発明等の名称：水処理方法および水処理システム

出願者：国立大学法人神戸大学，他1者

発明者：松山秀人、高橋智輝、神尾英治、安川政宏、熊野淳夫

出願日：2017年12月6日

出願番号：PCT/JP2017/043819

発明等の名称：植物の病原菌感染抑制剤

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、齊藤優

出願日：2017年3月2日

出願番号：特願2018-37114

発明等の名称：植物生育促進剤

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社カネカ、香寺ハーブガーデン

発明者：金丸研吾、田岡直明、上北健、柳楽洋三、付 焯、福岡譲一

出願日：2018年3月29日

出願番号：特願2018-065649

様式（年次報告書）

平成30年 5月17日

## 平成29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	工学研究科・応用化学専攻・松山秀人		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 13,300千円, 奨学寄附金 28,170千円,	受託研究経費 88,604千円, 共同研究経費 59,230千円	
特許出願件数	11件,	論文発表件数	48件, 著書数 2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	工学研究科	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	科学技術イノベーション研究科	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	ガス分離系の設計
市橋祐一	工学研究科	ガス分離特性評価
谷屋啓太	工学研究科	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
熊谷和夫	工学研究科	ガス分離特性評価
長谷川進	工学研究科	ガス分離実験系の設計
高橋智輝	工学研究科	アミノ酸イオン液体の分析
佐伯大輔	工学研究科	ガス分離用高分子材料の開発

Sungil Jeon	工学研究科	アミノ酸イオン液体ゲル膜の作成
Stephen Gray	Victoria University・College of Engineering and Science (Australia)	ガス分離特性評価
King Lun Yeung	The Hong Kong University of Science and Technology・Department of Chemical and Biomolecular 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
Bao-Ku Zhu	Zhejiang University・Institute of Polymer Science (China)	ガス分離研究助言
Da-Ming Wang	National Taiwan University・Department of Chemical Engineering (Taiwan)	ガス分離特性評価
Kueir-Rarn Lee	Chung Yuan University・Department of Chemical Engineering (Taiwan)	ガス分離特性評価
Hokyong Shon	University of Technology Sydney・Department of Chemical Engineering (Australia)	ガス分離研究助言

### 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、大規模 CO<sub>2</sub> 発生源から CO<sub>2</sub> を分離、回収可能な省エネルギープロセスの開発を目的とし、CO<sub>2</sub> 分離膜を用いた脱炭酸プロセスの実用化を目指した CO<sub>2</sub> 選択分離膜の開発とそのプロセス開発を実施している。CO<sub>2</sub> の分離回収が望まれている大規模 CO<sub>2</sub> 発生源の中でも、次世代型石炭ガス化複合発電 (IGCC) は CO<sub>2</sub> 回収貯蔵 (CCS) 技術を視野に入れた開発が進められているが、IGCC における CCS の実現には高温 (150 °C 程度) の高圧 (3~4 MPa) CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> 混合ガスから CO<sub>2</sub> を分離する必要がある。一方、天然ガス火力発電は CO<sub>2</sub> 排出量が少ない発電方式として注目されているが、天然ガスは CO<sub>2</sub> と混在した高圧状態 (8~10 MPa) で地中に埋蔵されているため、その精製には高圧場での CO<sub>2</sub> 分離技術が必要とされている。以上のように、将来的に需要の増大が見込まれる火力発電所に対して CO<sub>2</sub> の分離が望まれるガスはいずれも高圧ガスである。そのような背景のもと、本プロジェクトでは、優れた CO<sub>2</sub> 選択透過性能を有する耐压型 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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。本年度は特に、無機ネットワークと有機ネットワークから成るコンポジット相互侵入網目構造をイオン液体内に形成することによる高強度イオンゲルの作製について、そのネットワーク形成機構および強度発現機構を明らかにするとともに、ネットワーク形成速度の制御により 2 種類の異なる力学特性を有する高強度イオンゲルの調製が可能であることを明らかにした。調製に成功した高強度イオンゲルの一例を図 1 に示す。

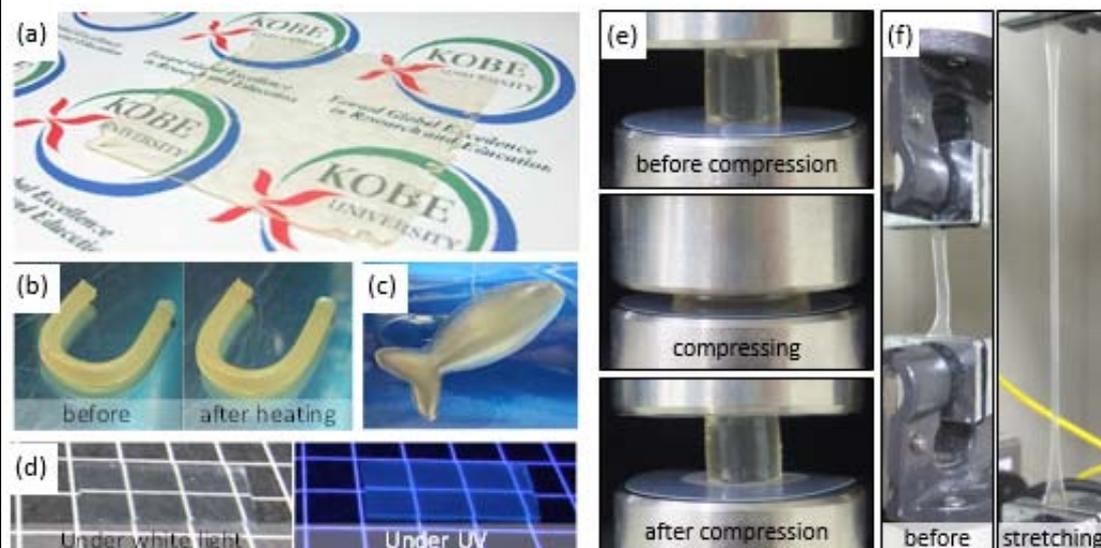
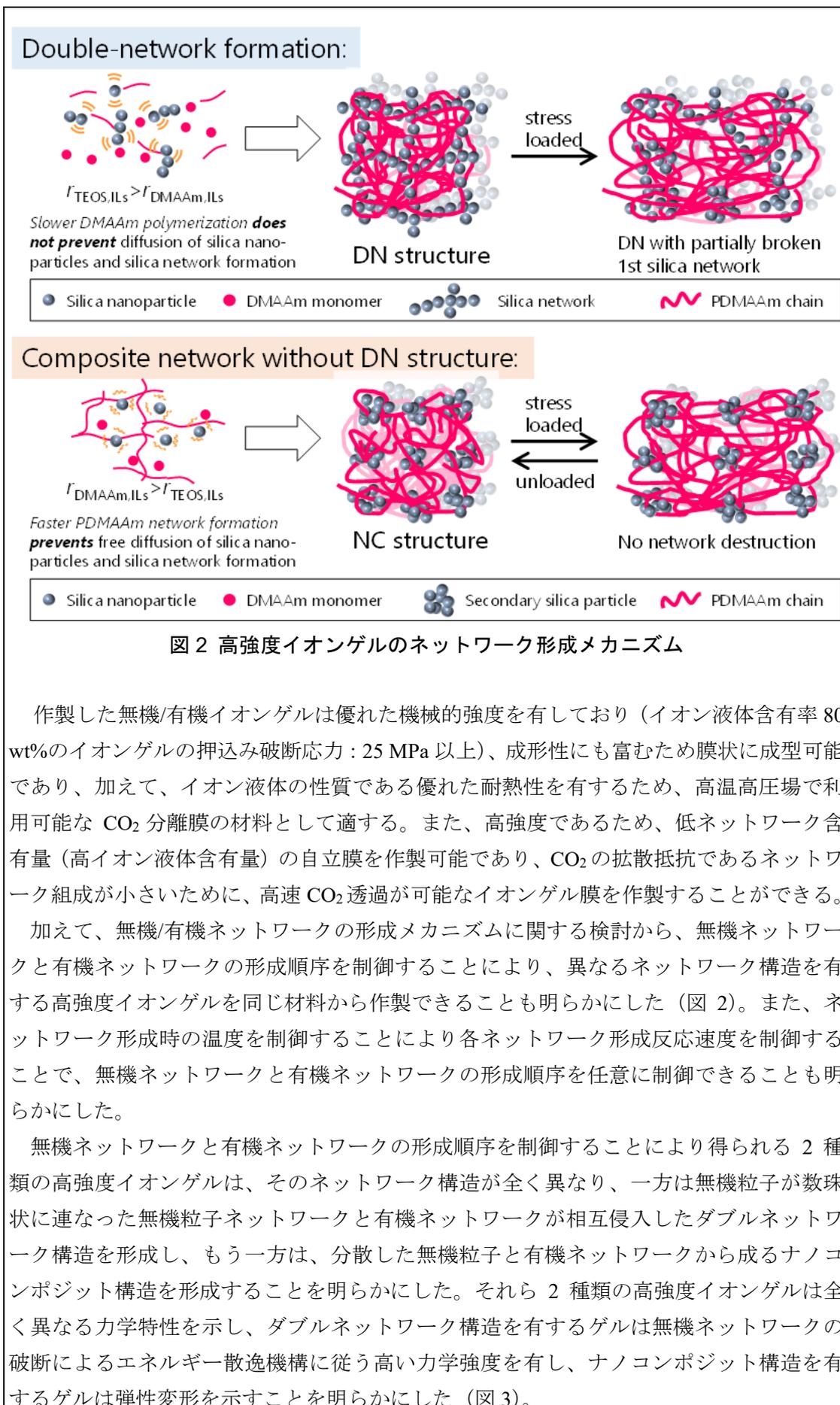


図 1 高強度無機/有機コンポジットイオンゲル. (a) イオンゲル膜, (b) 耐熱性 (左 : 熱処理前、右 : 100 °C にて 1 時間熱処理後), (c) 魚型イオンゲル, (d) UV 発光挙動, (e) 押し込み試験時の様子, (f) 引張試験時の様子



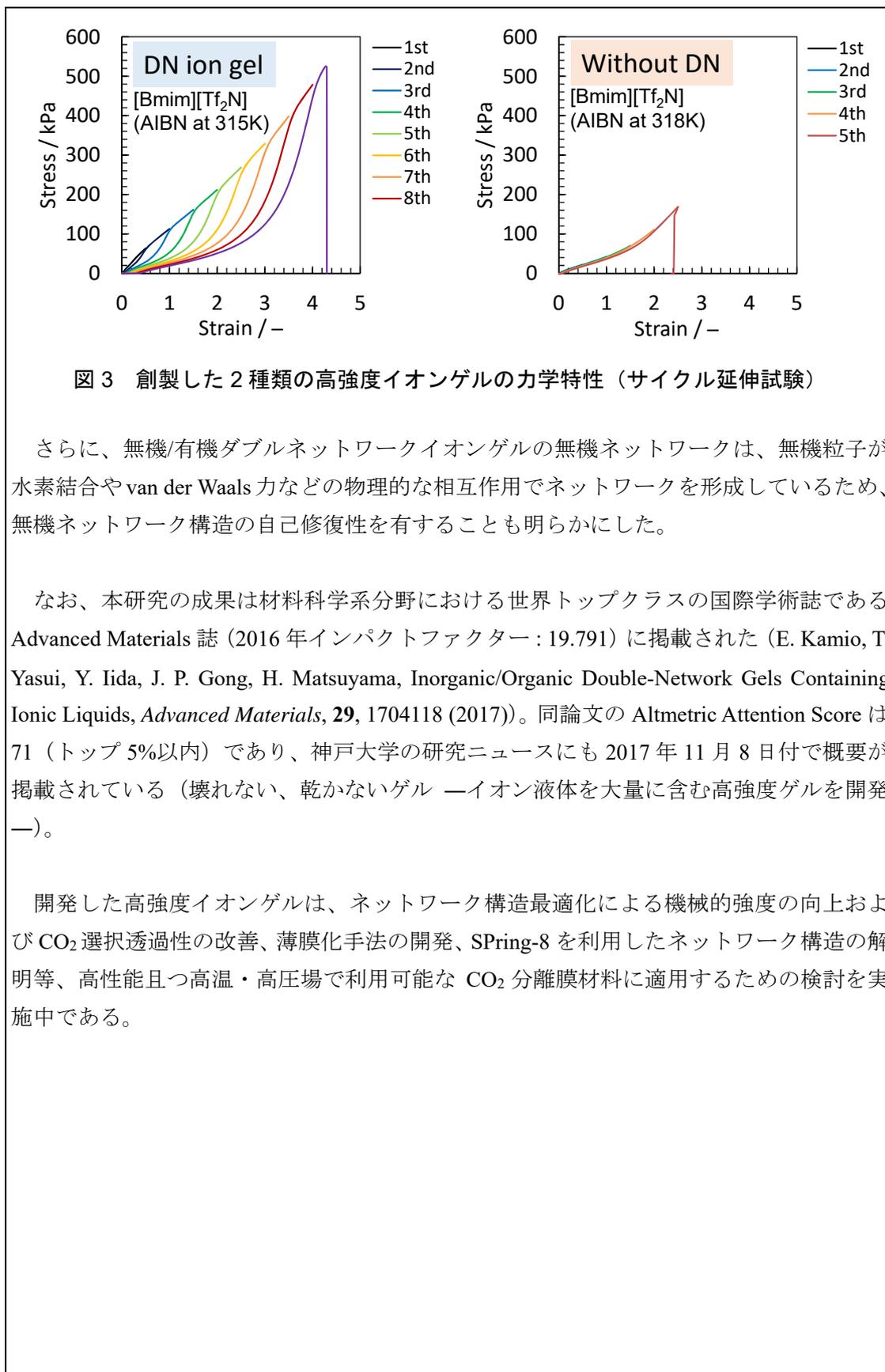


図3 創製した2種類の高強度イオンゲルの力学特性（サイクル延伸試験）

さらに、無機/有機ダブルネットワークイオンゲルの無機ネットワークは、無機粒子が水素結合や van der Waals 力などの物理的な相互作用でネットワークを形成しているため、無機ネットワーク構造の自己修復性を有することも明らかにした。

なお、本研究の成果は材料科学系分野における世界トップクラスの国際学術誌である *Advanced Materials* 誌（2016年インパクトファクター：19.791）に掲載された（E. Kamio, T. Yasui, Y. Iida, J. P. Gong, H. Matsuyama, *Inorganic/Organic Double-Network Gels Containing Ionic Liquids*, *Advanced Materials*, **29**, 1704118 (2017)）。同論文の Altmetric Attention Score は 71（トップ5%以内）であり、神戸大学の研究ニュースにも2017年11月8日付で概要が掲載されている（壊れない、乾かないゲル—イオン液体を大量に含む高強度ゲルを開発—）。

開発した高強度イオンゲルは、ネットワーク構造最適化による機械的強度の向上および CO<sub>2</sub> 選択透過性の改善、薄膜化手法の開発、SPRING-8 を利用したネットワーク構造の解明等、高性能且つ高温・高圧場で利用可能な CO<sub>2</sub> 分離膜材料に適用するための検討を実施中である。

#### 4. 論文・著書・特許出願リスト

##### [論文]

論文名 : Improved antifouling properties of polyvinyl chloride blend membranes by novel phosphate based-zwitterionic polymer additive

著者名 : L. F. Fang, S. Jeon, Y. Kakihana, J. Kakehi, B. K. Zhu, H. Matsuyama, S. F. Zhao

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 528, 326-335 (2017)

論文名 : Up-concentration of sugars in pretreated-rice straw by an osmotic pressure-driven method

著者名 : M. Shibuya, M. Yasukawa, K. Sasaki, Y. Tanaka, T. Takahashi, A. Kondo, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Biochemical Engineering Journal, 121, 13-16 (2017)

論文名 : New Approach for the Fabrication of Double-network Ion-gel Membranes with High CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> Separation Performance Based on Facilitated Transport

著者名 : F. Moghadam, E. Kamio, T. Yoshioka, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 530, 166-175 (2017)

論文名 : Biofouling Phenomena on Anion Exchange Membranes under the Reverse Electrodialysis Process

著者名 : M. Vasselbehagh, H. Karkhanechi, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 530, 232-239 (2017)

論文名 : Poly(vinylidene difluoride)/Poly(tetrafluoroethylene-co-vinylpyrrolidone) Blend Membranes with Antifouling Properties

著者名 : Y. Sun, S. Rajabzadeh, L. Fang, S. Jeon, Z. Zhou, Y. Ohmukai, J. Miki, X. Wang, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Materials Science & Engineering (Part C), 75, 79-87 (2017)

論文名 : Evaluation of energy production from municipal wastewater using forward osmosis process and anaerobic membrane bioreactor

著者名 : S. Onoda, Y. Masumori, T. Miyoshi, M. Yasukawa, T. Takahashi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Desalination and Water Treatment, 65, 1-10 (2017)

論文名 : Effect of the addition of fine bubbles on reversible and irreversible membrane fouling in surface water treatment

著者名 : T. Watabe, T. Takahashi, K. Matsuyama, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Desalination and Water Treatment, 78, 12-18 (2017)

論文名 : Fundamental study on pressure-retarded osmosis using ultrafiltration membranes and polymer draw solution

著者名 : T. Takahashi, M. Yasukawa, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn., 71, 346-347 (2017)

論文名 : Development of combined nanofiltration and forward osmosis process for production of ethanol from pretreated rice straw

著者名 : M. Shibuya, K. Sasaki, Y. Tanaka, M. Yasukawa, T. Takahashi, A. Kondo, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 235, 405-410 (2017)

論文名 : Preparation of Robust Braid-reinforced Poly(vinyl chloride) Ultrafiltration Hollow Fiber Membrane with Antifouling Surface and Application to Filtration of Activated Sludge Solution

著者名 : Z. Zhou, S. Rajabzadeh, L.F. Fang, T. Miyoshi, Y. Kakihana, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Materials Science & Engineering (Part C), 77, 662-671 (2017)

論文名 : Effect of internal mass in the lattice Boltzmann simulation of moving solid bodies by the smoothed-profile method

著者名 : Y. Mino, H. Shinto, S. Sakai, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Physical Review E, 95, 043309 (2017)

論文名 : Preparation of Cyclic Peptide Nanotube Structures and Molecular Simulation of Water Adsorption and Diffusion

著者名 : H. Wu, T. Yoshioka, H. Nagasawa, M. Kanezashi, T. Tsuru, D. Saeki, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 537, 101-110 (2017)

論文名 : Sucrose purification and repeated ethanol production from sugars remaining in sweet sorghum juice subjected to a membrane separation process

著者名 : K. Sasaki, Y. Tsuge, H. Kawaguchi, M. Yasukawa, D. Sasaki, T. Sazuka, E. Kamio, C. Ogino, H. Matsuyama, A. Kondo

掲載誌, 巻, ページ : Applied Microbiology and Biotechnology, 101, 6007-6014 (2017)

論文名 : Improving amphiphilic polypropylenes by grafting poly(vinylpyrrolidone) and poly(ethylene glycol) methacrylate segments on a polypropylene microporous membrane

著者名 : H. Chen, W. Ma, Y. Xia, Y. Gu, Z. Cao, C. Liu, H. Yang, S. Tao, H. Geng, G. Tao, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Applied Surface Science, 419, 259-268 (2017)

論文名 : Effects of coexistent ions on  $^{137}\text{Cs}^+$  rejection of polyamide reverse osmosis membrane in decontamination of wastewater with low cesium-137 concentration

著者名 : J. Kakehi, E. Kamio, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 56, 6864-6868 (2017)

論文名 : Niobate nanosheet membranes with enhanced stability for nanofiltration

著者名 : K. Nakagawa, H. Yamashita, D. Saeki, T. Yoshioka, T. Shintani, E. Kamio, H. T. Kreissl, S. C. E. Tsang, S. Sugiyama, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Communications, 53, 7929-7932 (2017)

論文名 : Facilitated  $\text{O}_2$  transport membrane containing Co(II)-salen complex-based ionic liquid as  $\text{O}_2$  carrier.

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

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 541, 393-402 (2017)

論文名 : Effects of operating conditions on biofouling in crossflow ultrafiltration membrane processes

著者名 : D. Saeki, R. Minami, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 189, 138-144 (2017)

論文名 : Structural Studies of Bulk to Nano-size Niobium Oxides with Correlation to Their Acidity

著者名 : H. T. Kreissl, M. M. J. Li, Y. K. Peng, K. Nakagawa, T. Hooper, J. V Hanna, A. M. Shepherd, T. S. Wu, Y. L. Soo, S. C. E. Tsang

掲載誌, 巻, ページ : Journal of the American Chemical Society, 139, 12670-12680 (2017)

論文名 : Preparation of positively charged PVDF membranes with improved antibacterial activity by blending modification: Effect of change in membrane surface material properties

著者名 : Y. Kakihana, L. Cheng, L. F. Fang, S. Y. Wang, S. Jeon, D. Saeki, S. Rajabzadeh, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 533, 133-139 (2017)

論文名 : Inorganic/organic composite ion gel membrane with high mechanical strength and high  $\text{CO}_2$  separation performance

著者名 : F. Ranjbaran, E. Kamio, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 544, 252-260 (2017)

論文名 : Effect of Molecular Weight of Sulfonated Polyethersulfone (SPES) on the Mechanical Strength and Antifouling Properties of Polyethersulfone/SPES Blend Membranes

著者名 : L. F. Fang, H. Y. Yang, L. Cheng, N. Kato, S. Jeon, R. Takagi, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 56, 11302-11311 (2017)

論文名 : Inorganic/Organic Double-Network Gels Containing Ionic Liquids

著者名 : E. Kamio, T. Yasui, Y. Iida, J. P. Gong, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ : Advanced Materials, 29, 1704118 (2017)

論文名 : Water transport and ion rejection investigation for application of cyclic peptide nanotubes to forward osmosis process: A simulation study

著者名 : H. Wu, T. Yoshioka, K. Nakagawa, T. Shintani, T. Tsuru, D. Saeki, Y. Chen, K Tung, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 424, 85-94 (2017)

論文名 : Applying amphotericin B-ergosterol in forward osmosis: A simulation study

著者名 : H. Wu, T. Yoshioka, K. Nakagawa, T. Shintani, T. Tsuru, D. Saeki, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Membrane, 42, 250-254 (2017)

論文名 : A novel strategy to immobilize enzymes on microporous membranes via dicarboxylic acid halides

著者名 : C. Liu, D. Saeki, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : RSC Advances, 564, 1-14 (2017)

論文名 : Ion gel membrane with tunable inorganic/organic composite network for CO<sub>2</sub> separation

著者名 : F. Ranjbaran, E. Kamio, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 56, 12763-12772 (2017)

論文名 : Removal profile of sulfate ion from mix ion solution with different type and configuration of anion exchange membrane in electrodialysis

著者名 : N. Arahmana, S. Mulyatia, M. R. Lubisa, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Water Process Engineering, 20, 173-179 (2017)

論文名 : Effect of biological contact filters (BCFs) on membrane fouling in drinking water treatment system

著者名 : S. Hasegawa, T. Iwamoto, T. Miyoshi, S. Onoda, K. Morita, R. Takagi, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Water, 9(12), 981 (2017)

論文名 : Preparation of amphotericin B-ergosterol structures and molecular simulation of water adsorption and diffusion

著者名 : H. Wu, T. Yoshioka, K. Nakagawa, T. Shintani, T. Tsuru, D. Saeki, A. R. Shaikh, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 545, 229-239 (2018)

論文名 : Novel preparation and fundamental characterization of polyamide 6 self-supporting hollow fiber membranes via thermally induced phase separation (TIPS)

著者名 : S. Jeon, H. Karkhanechi, L. F. Fang, L. Cheng, T. Ono, R. Nakamura, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 546, 1-14 (2018)

論文名 : Synthesis of hydrophilic carbon nanotubes by grafting poly(methyl methacrylate) via click reaction and its effect on poly(vinylidene fluoride)-carbon nanotube composite membrane properties

著者名 : W. Ma, Y. Zhao, Y. Li, P. Zhang, Z. Cao, H. Yang, C. Liu, G. Tao, F. Gong, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Applied Surface Science, 435, 79-90 (2018)

論文名 : Development of antifouling poly(vinyl chloride) blend membranes by atom transfer radical polymerization

著者名 : L.F. Fang, H. Matsuyama, B.K. Zhu, S. Zhao

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Applied Polymer Science, 135, 45832 (2018)

論文名 : Formation of supported lipid bilayers on porous polymeric substrates induced by hydrophobic interaction

著者名 : W. Miyashita, D. Saeki, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 538, 297-303 (2018)

論文名 : Lattice-Boltzmann flow simulation of an oil-in-water emulsion through a coalescing filter: effects of filter structure

著者名 : Y. Mino, A. Hasegawa; H. Shinto, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Science, 177, 210-217 (2018)

論文名 : Dissipative particle dynamics simulation on the membrane formation of polymer-solvent system via nonsolvent induced phase separation

著者名 : H. H. Lin, Y.H. Tang, H. Matsuyama, X. L. Wang

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 548, 288-297 (2018)

論文名 : Tailoring the surface pore size of hollow fiber membranes in TIPS process

著者名 : C. Fang, S. Jeon, S.Rajabzadeh, L. Cheng, L. F. Fang, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Materials Chemistry A, 6, 535-547 (2018)

論文名 : Novel ultrafiltration membranes with excellent antifouling properties and chlorine resistance using a poly(vinyl chloride)-based copolymer

著者名 : S. Y. Wang, L. F. Fang, L. Cheng, S. Jeon, N. Kato, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 549, 101-110 (2018)

論文名 : Zwitterionic polymer modification of polyamide reverse-osmosis membranes via surface amination and atom transfer radical polymerization for anti-biofouling

著者名 : Z. Yang, D. Saeki, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 550, 332-339 (2018)

論文名 : Adsorption of bovine serum albumin on poly(vinylidene fluoride) surfaces in the presence of ions: a molecular dynamics simulation

著者名 : A. R. Shaikh, H. Karkhanechi, T. Yoshioka, H. Matsuyama, H. Takaba, D. M. Wang

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Physical Chemistry Part B, 122, 1919-1928 (2018)

論文名 : Evaluating the antifouling properties of polyethersulfone/sulfonated polyethersulfone blend membranes in a full-size membrane module

著者名 : L. F. Fang, N. Kato, H. Y. Yang, L. Cheng, S. Hasegawa, S. Jeon, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 57, 4430-4441 (2018)

論文名 : Properties of modified surface for biosensing interface

著者名 : M. Tanaka, T. Sawaguchi, Y. Hirata, O. Niwa, K. Tawa, C. Sasakawa, K. Kuraoka

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Colloid and Interface Science, 497, 309-316 (2017)

論文名 : Meerwein-Ponndorf-Verley Reduction of Crotonaldehyde over Supported Zirconium Oxide Catalysts Using Batch and Tubular Flow Reactors

著者名 : A. Segawa, K. Taniya, Y. Ichihashi, S. Nishiyama, N. Yoshida, M. Okamoto  
掲載誌, 巻, ページ : Ind. Eng. Chem. Res., 57, 70-78 (2018)

論文名 : Cyclohexane photooxidation under visible light irradiation by  $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$   
mixed catalysts

著者名 : K. Ueyama, T. Hatta, A. Okamoto, K. Taniya, Y. Ichihashi, S. Nishiyama  
掲載誌, 巻, ページ : Research on Chemical Intermediates, 44, 629-638 (2018)

論文名 : Preparation of a Photoresponsive Tracer to Evaluate the Performance of  
Dry-Type Powder Photoreactors

著者名 : J. Hirota, T. Inoue, T. Watanabe, A. Okamoto, T. Horie, N. Ohmura, K. Taniya,  
Y. Ichihashi, S. Nishiyama

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Reaction Engineering, 50, 710-715 (2017)

論文名 : Direct oxidation of benzene with molecular oxygen in liquid phase catalysed  
by heterogeneous copper complexes encapsulated in Y-type zeolite

著者名 : A. Okamoto, K. Ueyama, K. Taniya, Y. Ichihashi, S. Nishiyama

掲載誌, 巻, ページ : Catalysis Communications, 100, 29-32 (2017)

論文名 : Mechanistic study of reaction mechanism on ammonia photodecomposition over  
 $\text{Ni/TiO}_2$  photocatalysts

著者名 : A. Utsunomiya, A. Okamoto, Y. Nishino, K. Kitagawa, H. Kobayashi, K. Taniya,  
Y. Ichihashi, S. Nishiyama

掲載誌, 巻, ページ : Applied Catalysis B: Environmental, 206, 378-383 (2017)

論文名 : Kinetics of Dry Photochlorination of Poly(Vinyl Chloride) using Rotary  
Vessel Reactor and Fluidized Bed Reactor

著者名 : J. Hirota, N. Deguchi, S. Naito, K. Taniya, Y. Ichihashi, S. Nishiyama

掲載誌, 巻, ページ : Kagaku Kogaku Ronbunshu, 43, 379-385 (2017)

[著書]

著 書 : Current Trends and Future Developments on (Bio-)Membranes Silica  
Membranes: Preparation, Modelling, Application, and Commercialization, Chapter  
5: Molecular dynamic (MD) simulation of silica membranes

著者名 : T. Yoshioka

巻, ページ : PP. 97-131

発行所, 発行年 : Academic Press, 2017

著 書：二酸化炭素・水素分離膜の開発と応用，第2章 第4節 イオン液体膜

著者名：神尾英治，松山秀人

巻， ページ：PP. 89-98

発行所， 発行年：シーエムシー出版， 2018

[特許]

発明等の名称：ドロー溶液及びそれを用いた発電装置、水処理装置

出願者：国立大学法人神戸大学， 他1者

発明者：松山秀人、高橋智輝、右田啓哉、後藤伸一

出願日：2017年4月28日

出願番号：特願 2017-090352

発明等の名称：濃縮処理方法、及び濃縮処理装置

出願者：国立大学法人神戸大学， 他1者

発明者：長谷川進、松山秀人、小野田草介

出願日：2017年6月8日

出願番号：2017-113514

発明等の名称：造膜溶液とそれを使用した分離膜の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学， 他1者

発明者：松山秀人、ジョン・ソンイル、高尾翔太、浜田豊三

出願日：2017年7月25日

出願番号：特願 2017-143196

発明等の名称：水処理方法および水処理システム

出願者：国立大学法人神戸大学， 他1者

発明者：松山秀人、高橋智輝、神尾英治、安川政宏、熊野淳夫

出願日：2017年9月5日

出願番号：特願 2017-170403

発明等の名称：コンピュータプログラム、蛍光測定装置、及びファウリング進行速度の  
推定方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：長谷川進、松山秀人

出願日：2017年9月19日

出願番号：特願 2017-179183

発明等の名称：イオン性液体含有構造体の製造方法及びイオン性液体含有構造体  
出願者：国立大学法人神戸大学，他1者  
発明者：松山秀人、神尾英治、安井知己、木村直道、伊藤悠里、井原輝一、島津彰  
出願日：2017年11月21日  
出願番号：特願2017-223766

発明等の名称：複合分離膜  
出願者：国立大学法人神戸大学  
発明者：中川敬三、國松美里、世良友宏、新谷卓司、吉岡朋久、松山秀人  
出願日：2018年2月7日  
出願番号：特願2018-020508

発明等の名称：酸素分離膜  
出願者：国立大学法人神戸大学，他1者  
発明者：松山秀人、松岡淳、神尾英治、中西康哲  
出願日：2017年7月10日  
出願番号：PCT/JP2017/025137

発明等の名称：選択性透過膜、その製造方法及び水処理方法  
出願者：国立大学法人神戸大学，他1者  
発明者：松山秀人、佐伯大輔、宮下若菜、川勝孝博  
出願日：2017年8月8日  
出願番号：PCT/JP2017/028721

発明等の名称：ナノシート積層型分離膜及びその製造方法  
出願者：国立大学法人神戸大学  
発明者：中川敬三、佐伯大輔、山下洋令、新谷卓司、吉岡朋久、松山秀人  
出願日：2017年8月18日  
出願番号：PCT/JP2017/029627

発明等の名称：水処理方法および水処理システム  
出願者：国立大学法人神戸大学，他1者  
発明者：松山秀人、高橋智輝、神尾英治、安川政宏、熊野淳夫  
出願日：2017年12月6日  
出願番号：PCT/JP2017/043819

様式（年次報告書）

平成30年5月21日

## 平成29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	構造ベース創薬研究プロジェクト		
研究代表者 部局・専攻・氏名	学術・産業イノベーション創造本部 社会実装デザイン部門 応用構造科学産学連携推進室・鶴田宏樹		
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 共同研究経費 10,000千円 0千円
特許出願件数	件,	論文発表件数	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
鶴田宏樹	学術・産業イノベーション創造本部・社会実装デザイン部門	プロジェクトマネジメント・構造生物学研究・人材育成プログラム開発
田中成典	システム情報学研究科・計算科学専攻	計算科学研究
森一郎	科学技術イノベーション研究科	創薬化学・計算科学研究
保多隆裕	医学部附属病院臨床研究推進センター	臨床研究デザイン
濱田大三	工学研究科・応用化学専攻	構造生物学研究
立岡俊雄	学術・産業イノベーション創造本部・産学連携・知財部門	知財戦略研究
忽那憲治	科学技術イノベーション研究科	研究成果に基づく起業支援
祇園景子	工学研究科・市民工学専攻	分子生物学研究
高岡 裕	医学部附属病院医療情報部	計算科学研究
山本雅貴	理化学研究所播磨SPring-8センター／神戸大学学術・産業イノベーション創造本部	放射光科学・構造生物学 先進科学技術基盤活用マネジメント

横山和司	兵庫県立大学 放射光ナノテクセンター／神戸大学学術・産業イノベーション創造本部	放射光科学・先進科学技術基盤活用マネジメント
小林薫	こばやし耳鼻咽喉科／神戸大学学術・産業イノベーション創造本部	蛋白質科学・ターゲットタンパク質の大量生産技術
佐藤秀行	オープンアイ・ジャパン株式会社／神戸大学学術・産業イノベーション創造本部	計算科学・人材育成プログラム開発
福澤 薫	星薬科大学／神戸大学学術・産業イノベーション創造本部	計算科学研究
井上知子	カルナバイオサイエンス／神戸大学学術・産業イノベーション創造本部	構造生物学研究
中島史雄	カルナバイオサイエンス／神戸大学学術・産業イノベーション創造本部	計算科学研究

### 3. 研究成果の概要等について

【概要】本プロジェクトは、医療産業都市であるポートアイランド地区からイノベーションを創出することを目的として、構造ベース創薬に焦点をあてた“創薬イノベーション・エコシステム”の構築を図る。そのミッションにおいて、i) 統合研究拠点への新規創薬技術の集約、ii) 創薬研究と創薬イノベーター育成、iii) 「計算科学」と「放射光科学」の融合によるイノベーション創出、といった3つの事業を展開している。

国家基幹産業である製薬産業においては様々な理由から新薬が創成されにくい現状がある。創薬ターゲット・創薬技術双方に関して産学連携の促進により現状を打破したいといった傾向が強まっている。大学（アカデミア）側においても医学研究科を含む生命科学系研究科の教員が生み出した研究成果、特に疾患関連研究の成果を産業界に移転するためには、その成果に基づいてヒット&リード化合物を生み出す必要がある。日本の知識集約型産業である製薬産業を活性化させるためにはこの「産」と「学」のギャップを埋めるためのセカンドプレーヤー（疾患関連研究を進めるのがファーストプレーヤーと位置づけた場合）が必要とされている。創薬研究は110以上の学問領域が関与する異分野融合の学術領域である。その中の一つ的手法である構造ベース創薬においても「構造生物学」、「計算科学」、「創薬化学」の融合が必要とされる。

兵庫・神戸地区には大型放射光施設 SPring-8 やスーパーコンピュータ（京・FOCUS）などが設置され、ポートアイランド地区には「医療産業都市」といった医療クラスターが形成されている。また神戸大学医学研究科を含む生命科学系研究科には、疾患関連研究の優れた成果が蓄積されている。このような「地の利」と「優れた成果」をうまく活用してアカデミアの研究成果を技術移転できる化合物に転換することは大学の技術移転機能の一つであると言える。そこで神戸大学連携創造本部は「応用構造科学産学連携推進センター（CASS）」を設置した。

本プロジェクトは、工学研究科、システム情報学研究科・医学部附属病院の教員を核として、学術・イノベーション創造本部・社会実装デザイン部門 応用構造科学産学連携推進室（CASS：平成28年10月に改組）がマネジメントをすることで、構造ベース創薬研究「放射光を利用した構造科学に基づく先進的創薬の研究」として開始した。このプロジェクトでは、地域イノベーションの加速を目標に、①先進的構造ベース創薬研究のための有効な技術の目利きを行い、医療産業都市であるポートアイランド地区に技術・ノウハウを“アグリゲート”した融合型研究プラットフォーム「創薬イノベーション・エコシステム」の構築を進め、②アカデミア創薬の“セカンドプレーヤー”としてアカデミア創薬研究を進展させるとともに、③創薬研究人材・イノベーターの育成を行う、これら3つの事業を展開している。このエコシステムは、構造ベース創薬研究の主体である CASS とシステム情報学研究科に加え、本学経営学研究科や理化学研究所播磨放射光科学総合研究センター、兵庫県立大学放射光産業利用機構ナノテク研究センター、(財)計算科学振興財団などに加え、製薬企業、情報系企業等で形成されている。この連携において CASS は構造生物学研究を分担するとともにプロジェクト戦略立案機能を担っている。

#### 【研究成果の状況】

##### i) 創薬イノベーション・エコシステムの構築

各研究項目の成果については以下に列記する。本プロジェクトの基盤となる“創薬イノベーション・エコシステム”の構築については、構造ベース創薬研究に基本となる研究インフラ・技術（放射光技術、タンパク質結晶構造解析技術、ドッキングシミュレーション技術など）は既に集積され、その過程で課題として抽出された人材育成のための連携体制も既に構築されつつある。しかし、放射光技術と計算科学技術をシームレスに創薬研究に活用するためには、溶液散乱解析によるタンパク質の動的構造解析の創薬研

究への適用や水素位置情報などを含む超高分解能構造情報の取得を可能とする電子密度情報改良技術の開発などが必要である。その融合技術と実証についての研究を、カルナバイオサイエンスの創薬ターゲットを対象にする共同研究として開始した。

## ii) 創薬研究の成果

### ○脂質代謝異常（ターゲット：Endothelial Lipase、Hepatic Lipase、Lipoprotein Lipase）

血管内皮リパーゼ（Endothelial Lipase、EL：482 残基のホモダイマー、94.5kDa）は、血液中の善玉コレステロール（HDL-C）の代謝に関わる酵素であり（Hirata, et al. JBC,1999）、脂質異常症の一つである低 HDL-C 血症に直接関与することが本学医学研究科平田研究室（循環器内科）で明らかとされた。低 HDL-C 血症は、動脈硬化症の重要な危険因子の一つであり、その治療薬の開発は世界的な急務である。これまで、EL の HDL-C 代謝における病態生理学的な意義が明らかとされてきた。EL はホスホリパーゼ A1 活性を有し、HDL 対して高い選択性を示す。さらに、実際に EL が血清 HDL-C の規定因子であることをマウス（Ishida, et al. J Clin Invest, 2003）及びヒト（Kojima, et al. CVR, 2010）で証明した。血管障害や炎症によって EL 発現は亢進し、低 HDL-C 血症を助長して動脈硬化を重篤化させていると考えられる（Ishida, et al. JBC, 2004）。さらにマウスにおいて EL の不活性化により、動脈硬化の抑制が確認された（Ishida, et al. JBC, 2004）。昨年度までに、宿主系としてヒト胎児腎臓由来 HEK293S GnTI 細胞で発現したヒト EL タンパク質を SAXS に供試することで EL が溶液中で単量体であることを明示した。今年度は EL 機能と対の機能を有する悪玉コレステロール代謝酵素である Hepatic Lipase (HL)、Lipoprotein Lipase (LPL) の発現・精製・結晶化も試み、脂質異常関連リパーゼ群全ての結晶化に成功した。各タンパク質は微小な平板状結晶として得られたが、世界最高性能の SPring-8 ビームライン BL32XU を用いてでさえ構造解析に十分な回折データ及び位相情報を得る事ができなかった。そこで、BL32XU での回折実験に最近開発・整備された溶液フリーマウント法を組み合わせることで初めて構造モデル構築に十分な位相情報の取得に成功した。平成 27 年度に得られた回折データの質の向上と分解能の向上を図り、現在回折データからの高分解能構造モデルの構築を行なっている。平成 29 年度は構造モデルの構築を実施したが、現在のところ解析に十分なデータ取得にいたっていない。

### ○炎症・ガン転移（ターゲット：Sphingosine Kinase SPHK 1&2）

スフィンゴシンキナーゼはスフィンゴシンの 1 位の水酸基リン酸化し、スフィンゴシン 1 リン酸（S1P）を産生する酵素である。S1P は血管新生、リンパ球の運動性の調節や神経伝達物質の放出調節など多彩な生理作用を示す。このことから、S1P をリン酸化、すなわち合成する SPHK は、細胞増殖、アポトーシスの抑制、細胞運動の亢進、免疫機能の調節さらには神経伝達物質の放出などに関与する。本学医学研究科生化学研究室（中村俊一教授）において、SPHK 2 の活性がガン転移に関わっていることが明らかとされた。特に SPHK 2 がガン細胞への誘導に関連するある種のキナーゼ群の細胞外放出に関わることが示され、その機能を阻害する化合物がガン転移に有効であることが示唆された。昨年度には Sf9 昆虫細胞で発現させた組換え SPHK 2 の分離精製を行い、結晶化条件のスクリーニングを実施したが結晶化に適した材料ではないことが判明した。宿主瀬細胞をより創薬に適したヒト胎児腎臓由来 HEK293S GnTI 細胞に変更し、組換え SPHK の発現・分離精製系の確立を試み成功した。ターゲットの POM（Proof of Mechanism）に資するためのタンパク質の安定供給系の構築に成功しているが、平成 29 年度は結晶化条件の検索を実施したが現在のところ解析に十分な結晶を得るにいたっていない。

### ○腺腫腫症に関わる GPCR タンパク質抗体の GPCR 立体構造解析への適用実証試験（Human GPCR CCR7）

北海道の創薬ベンチャーである NB 健康研究所が製造する「機能性」抗 GPCR 抗体は、バイオ医薬品としての側面をもつ一方で、その機能（GPCR 機能阻害あるいは促進作用）

から考えると GPCR 自体の立体構造を阻害状態・活性化状態の構造で「固める」ことができると考えられる。そこで経済産業省の委託を受け、GPCR 立体構造解析に対するこの機能性抗体の適用実証試験を行うことを計画した。平成 27 年度は構造解析の対象となる GPCR (CCR7 受容体) の発現・精製を実施した。昆虫 (カイコ) を宿主とした発現は共同研究先であるシスメックス、ヒト胎児腎臓由来 HEK293S GnTI 細胞は CASS で実施した。その結果、カイコと HEK293S GnTI 細胞での CCR7 発現に成功した。平成 28 年度には膜タンパク質の結晶化に有効な LCP 法 (Lipid Cubic Phase 法) を活用し、微小結晶の取得に成功した。SPring-8 BL32XU での回折実験を結晶の改善作業を繰り返している。平成 29 年度には構造決定と抗体との複合体解析を実施した。現在そのデータ解析を行っている。

### iii) 「計算科学」と「放射光科学」の融合によるイノベーション創出

ひょうご・神戸地区には、世界に誇る先進技術基盤として、播磨地区の大型放射光施設 SPring-8、神戸ポートアイランド地区の超並列計算資源 京コンピュータが存在する。これら世界に誇る研究開発リソースを融合することで生まれる地域のイノベーションを加速させることが連携創造本部のミッションとして定義されている。2つの研究技術基盤の現状とその融合に必要な要素について、平成 27 年度に JST「我が国の未来を拓く地域の実現に関する調査研究」事業の支援を受け、兵庫県立大学、理化学研究所 計算科学研究機構 (AICS)、理化学研究所 放射光科学総合研究センター (SPring-8) と共同で、「計算と放射光の融合活用した理論的分子設計が実現する近未来型ものづくりプロセス」をテーマにした調査研究を実施した。その結果、産業界 (技術のユーザ) が望むのは、単一技術ではなく融合され、実効性のあるシームレスな技術プラットフォームである。即ち、上記の産業界の課題に即した技術の融合が必要である。産業界のニーズの正確な把握→技術の組み合わせ・ギャップの抽出 (産学でのプロジェクト・デザイン) →コンソーシアム化、実証・実用化研究→社会実装のスキームが重要であることを導いた。平成 27 年度~28 年度においては、システム×デザイン思考を活用して「ポスト京コンピュータ」構築の戦略立案に資する「ポスト京」の社会受容性を検討するアウトカム調査研究を文部科学省研究振興局・計算科学技術推進室と理化学研究所計算科学研究機構との共同研究として実施した。その結論として、ポスト京を含む次世代スーパーコンピュータは「人間形成」をアウトカムとし文理融合型の研究のエンジンとなるべきであることを導き出した。本共同研究で、学術価値を社会的価値に変換するための集合知活用フレームワークを構築することができた。その知見を生かして先進技術基盤である SPring-8 と京コンピュータの融合によるイノベーション創出を目指す。また、平成 28 年度より研究代表者である鶴田が「FMO 創薬コンソーシアム」(立ち上げ発起人: 理研・本間光貴、星薬科大・福澤薫、神戸大・田中成典、鶴田宏樹) の副代表に就任し、京コンピュータ・SPring-8 の融合活用を産学官で共通のテーマとして加速させる。

#### 4. 論文・著書・特許出願リスト

##### [論文]

論文名 : Mechanism of M-cell differentiation accelerated by proliferation of indigenous bacteria in rat Peyer's patches.

著者名 : Hideto Yuasa, Youhei Mantani, Natsumi Masuda, Miho Nishida, Masaya Arai, Toshifumi Yokoyama, Hiroki Tsuruta, Nobuhiko Hoshi, Hiroshi Kitagawa

掲載誌 : The Journal of Veterinary Medical Science 79 , 11 , 1826-1835, 2018

論文名 : Ultrastructural and immunohistochemical study on the lamina propria cells beneath Paneth cells in the rat ileum.

著者名 : Youhei Mantani, Miho Nishino, Kyouji Yamamoto, Kazuki Miyamoto, Hideto Yuasa, Natsumi Masuda, Takuya Omotehara, Hiroki Tsuruta, Toshifumi Yokokawa, Nobuhiko Hoshi, Hiroshi Kitagawa

掲載誌 : Anatomical Record, in press, 2018

論文名 : Interaction between a unique minor protein and a major capsid protein of Bluetongue virus controls virus infectivity

著者名 : Eiko Matsuo, Kiyoshi Yamazaki, Hiroki Tsuruta, Roy Polly

掲載誌 : Journal of Virology, 92, 3, pii: e01784-17, 2018

論文名 : Analysis of major paralogs encoding the *Fra a 1* allergen based on their organ-speci city in *Fragaria* × *ananassa*

著者名 : Misaki Ishibashi, Takeshi Nabe, Yoko Nitta, Hiroki Tsuruta, Miho Iduhara, Yuichi Uno

掲載誌 : Plant Cell Reports 37, 3, pp 411–424, 2018

論文名 : Newly Characterized Interaction Stabilizes DNA Structure: Oligoethylene Glycols Stabilize G-quadruplexes via CH- $\pi$  Interactions

著者名 : H. Tateishi-Karimata, T. Ohyama, T. Muraoka, P. Podbevsek, A.M. Wawro, S. Tanaka, S. Nakano, K. Kinbara, J. Plavec, N. Sugimoto

掲載誌, 巻, ページ : Nuc. Acids Res. 45 (2017) pp. 7021-7030

論文名 : An Effective Microscopic Index Associated with Cell Survival and DNA Lesions for Estimating Radiation Risk

著者名 : K. Yoshinari, S. Tanaka, K. Ebina

掲載誌, 巻, ページ : J. Environ. Health Sci. 3 (1) (2017) pp. 1- 5

論文名 : Improved Equation of State for Finite-Temperature Spin-Polarized Electron Liquids on the Basis of Singwi-Tosi-Land-Sjolander Approximation

著者名 : S. Tanaka

掲載誌, 巻, ページ : Contrib. Plasma Phys. 57 (2017) pp. 126-136

論文名 : Cosolvent-Based Molecular Dynamics for Ensemble Docking: Practical Method for Generating Druggable Protein Conformations

著者名 : S. Uehara, S. Tanaka

掲載誌, 巻, ページ : J. Chem. Inf. Model. 57 (2017) pp. 742-756

論文名 : Meteorite Impacts on Ancient Oceans Opened Up Multiple NH<sub>3</sub> Production Pathways

著者名 : K. Shimamura, F. Shimojo, A. Nakano, S. Tanaka

掲載誌, 巻, ページ : Phys. Chem. Chem. Phys. 19 (2017) pp. 11655-11667

論文名 : Structural Transition of Solvated H-Ras/GTP Revealed by Molecular Dynamics Simulation and Local Network Entropy

著者名 : S. Matsunaga, Y. Hano, Y. Saito, K.J. Fujimoto, T. Kumasaka, S. Matsumoto, T. Kataoka, F. Shima, S. Tanaka

掲載誌, 巻, ページ : J. Mol. Graph. Model. 77 (2017) pp. 51-63

論文名 : Information Geometrical Characterization of the Onsager-Machlup Process

著者名 : S. Tanaka

掲載誌, 巻, ページ : Chem. Phys. Lett. 689 (2017) pp. 152-155

論文名 : Theoretical Analysis of Activity Cliffs among Benzofuranone Class Pim1 Inhibitors Using the Fragment Molecular Orbital Method with Molecular Mechanics Poisson-Boltzmann Surface Area (FMO+MM-PBSA) Approach

著者名 : C. Watanabe, H. Watanabe, K. Fukuzawa, L. Parker, Y. Okiyama, H. Yuki, S. Yokoyama, H. Nakano, S. Tanaka, T. Honma

掲載誌, 巻, ページ : J. Chem. Inf. Model. 57 (2017) pp. 2996-3010

様式（年次報告書）

平成 29 年 5 月 20 日

## 平成 29 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	国際健康学研究
研究代表者 部局・専攻・氏名	先端融合研究環・羅志偉
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 3100 千円, 受託研究経費 0 千円 奨学寄附金 0 千円, 共同研究経費 0 千円, JST さくらサイエンス 2147 千円
特許成立件数	1 件, 論文発表件数 17 件, 著書数 2 件

## 2. 構成員とその役割分担

氏名	部局・専攻	役割分担
羅志偉	先端融合研究環	総括
多田幸生	システム情報学研究科システム科学専攻	生体力学解析
全昌勤	システム情報学研究科情報科学専攻	健康情報解析
坂本憲広	医学研究科バイオメディカルサイエンス専攻	
加藤佳子	人間発達環境学研究科心身発達専攻	健康食科学
喜多伸一	人文学研究科知識システム講座	認知行動研究
松尾貴巳	経営学研究科会計システム専攻	ヘルスケア組織

### 3. 研究成果の概要等について

国際健康学研究プロジェクトは、超少子高齢化社会に資する人々の健康に関わる学際連携研究、産学連携研究を推進し、今年度は主に以下の研究を研究科横断で行い、有益な研究成果を得ることができた。

まず、脳における展望記憶機能に着目し、没入型の仮想現実技術を開発して、より現実の生活場面に近い状況で展望記憶機能の評価を試みた。展望記憶 (**Prospective Memory**、略称 PM) とは、未来の行なうべきことに関わる脳の記憶機能であり、従来は、実験室内で特別に設計されたスライドを用いて検査し、評価するように行なわれ、実生活場面におけるその記憶機能を十分に評価できない問題が残されていた。そのため、近年仮想現実技術を活用した研究が活発に行なわれており、多様な側面から展望記憶機能の解明を行なわれてきている。本研究は、没入型仮想現実技術を用いて、街で買い物するという生活行為に関わる展望記憶を研究するシステムを開発し、以下に示す展望記憶に関する三つの研究を展開している。

まずは、10名の若い被験者に対して、スライドを用いた記憶実験と仮想現実環境における商品購入の記憶実験を行い、両実験における成績や反応時間を記録し、比較解析を行なった。その結果、被験者ほぼ全員は、スライドを用いた記憶実験では満点に近い成績を得るのに対して、仮想現実空間では成績が低下し、スライドを用いた記憶実験の成績との相関が認められないこと、そして、両実験の反応時間に相関があることが明らかになり、仮想現実環境で展望記憶機能をよりの確に評価できる可能性があることを判明した。この研究成果は、査読付きの国際論文誌 **Psychology** に掲載されている。

そして、同一の仮想現実環境における展望記憶に関わる作業と継続的な作業 (**Ongoing Task**) を遂行する場合の脳内活動を比較するために、前頭葉の血流活動を計測する fNIRS を取り入れて、10名の若い健常者で没入型の仮想現実環境下での作業を行なわせ、前頭葉における血流分布変化を観察した。その結果、BA10 領域において展望記憶に関わる行動を実施するときの脳活動がより活発であることを確認できた。この研究成果は、査読付きの国際論文誌 **Journal of Behavioral and Brain Science** に掲載されている。

さらに、BA10 領域における脳血流の活動について、仮想現実環境での作業とスライドを用いた作業をそれぞれ実施した場合の比較を詳細に行い、より特定なチャンネル付近での相違を明らかにした。

また、深刻な社会の超少子高齢化に伴って、ヒトに優しいロボットの研究開発への関心は一段と高まってきており、介護・医療施設や、街や家などの日常生活空間で人間と密接な相互作用を行いながら、各種の生活支援を安全且つ円滑に行なうことが熱く期待されるようになってきている。ロボットと人間や動作環境との物理的な力学相互作用を有効に実施するために、①実時間における複雑な対象物体の計測と認識、②作業対象や動作環境への安全性確保、そして、③ロボットによる人間の身体構造や運動特性への適合など、今までの産業用ロボットと異なる新しい計測制御技術を確立することが必要である。

そこで、本研究ではロボットの力センサーによる対象物体との接触位置や接触力を

最適化の枠組みで推定することを提案している。従来の技術では、面状触覚センサーシートを用いて対象物体との接触位置や力を直接に計測することが提案されていた。コストが高だけでなく、面状触覚センサーシートの耐故障性や分布方式での情報センシングと処理に莫大な処理時間が要するなど、実用上多くの課題が残されていた。また、指の接触位置と異なる場所に設置されている力センサーで対象物体との接触位置や接触力を推定する方式も提案されているが、ロボットによる人間の抱き上げのようなロボットと対象物体との多点接触や双腕同時接触などのより複雑な接触状態での位置と力の推定についてまだほとんど研究されていなかった。本研究では、円筒形物体の保持作業を想定し、双腕ロボットによる物体を保持するための物体の重心位置や、接触点での力を、一点接触と二点接触の二種類に分けて最適手法で推定することを試みた。そして、計算機シミュレーションとロボットによる実験検証で提案された最適推定方式の有効性を示している。本研究の成果は、査読付き国際論文誌「**Journal of Mechanics Engineering and Automation**」に掲載されている。

次に、接触作業におけるロボットが作業環境への安全性確保を念頭に、本研究はインピーダンス制御を発展させ、時変するインピーダンスセンターの作業要求を達成させ、かつ対象環境への受動性を実現できるために、実際の動作におけるロボットのモデル誤差による受動性への影響を解析し、ロボットの慣性行列やコリオリ力項が未知の場合、ロボットの受動性を満たすためのこれらの行列の推定値の設定法を提案し、結果として、簡単なPD制御でロボットの受動性を確保できることを明らかにした。本研究の成果は、査読付き国際論文誌「**Journal of Mechanics Engineering and Automation**」に掲載されている。一方、ロボットのモデル誤差がある場合における軌道追従性能を向上させるために、誤差で生じるロボットインピーダンスの外乱項を、オブザーバーを構成することで推定し、打ち消すための制御方式も提案され、計算機シミュレーションでその有効性を示している。本研究の成果も、査読付き国際論文誌「**Journal of Mechanics Engineering and Automation**」に掲載されている。

さらに、固定回転軸を有する外骨格型ロボットによる人間の複雑な関節構造への適合が困難であるとの問題点に配慮して、ワイヤ駆動機構の制御と受動性について研究されている。ワイヤ駆動の場合、機構的に人間の複雑な関節構造に適合しやすい利点がある反面、ワイヤの牽引力の制限や駆動の冗長性が新たな拘束条件として生じ、これらの拘束条件を満たすようなロボット制御入力的设计が必要である。本研究は、**Passive Velocity Field Control (PVFC)**を発展させ、高次元な仮想ダイナミクスを拡張し、かつ制御入力のスケーリングパラメータの設定範囲を明らかにすることで、ワイヤの牽引制限と冗長性拘束条件を満たす斬新な受動性を有するワイヤ駆動ロボットの制御設計を提案した。本研究の成果は、査読付き国際論文誌「**Journal of Mechanics Engineering and Automation**」に掲載されている。

本研究プロジェクトは、以上各の学際共同研究、企業との共同研究だけでなく、地元神戸市が推進している医療産業都市構想とも協力し合い、恒例の市民向けの平成29年度神戸医療産業都市・京コンピュータ一般公開にて「健康福祉の新技术開発コーナー展示」神戸大学 羅研究室で出展するなど活発な社会還元活動を推進し、日本国内外から高く評価された。

これらの連携研究活動推進で、今年度も**3名の学生が博士学位を取得**できた。また、以下の二件の国際学術会議で受賞した。

1. The IEEE International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM) 2017  
**Best Conference Paper Award Finalist**

2. 12th International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering (NLP-KE 2017) Dec. 7 - 10, 2017, Chengdu, China **最優秀論文賞**を受賞

さらに、「**International Symposium on Smart Brain Medical Informatics and Engineering 2017**」を先端融合研究環統合研究拠点の主催で開催、JSTのさくらサイエンスプランの事業活動として、中国湖北省科学技術庁をはじめ、武漢大学中南病院、中国湖北省中医院の若手研究者、医師計10名を神戸へ招聘し、「高齢社会を支える医療・健康工学に関する国際交流」をテーマに、第一線で活躍する若者を中心とした科学技術体験・交流行事を開催し、活発な国際交流を展開しました。

#### 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：**Evaluation of Heart Rate in Daily Life Based on 10 Million Samples Database**

著者名：Makoto Komazawa, Kenichi Itao, Guillaume Lopez, Zhiwei Luo

掲載誌：Global Journal of Health Science Vol. 9, No. 9, pp105-115, 2017年

論文名：**Experiment and Dynamic Simulation of Cervical Traction in Inclined and Sitting Positions**

著者名：Lawrence K. F. Wong, Zhiwei Luo, Nobuyuki Kurusu, Keiji Fujino

掲載誌：Open Journal of Therapy and Rehabilitation Vol.5 No.3, pp.83-97, 2017年

論文名：**The Effect of Traction Position in Cervical Traction Therapy Based on Dynamic Simulation Models**

著者名：Lawrence K. F. Wong, Zhiwei Luo, Nobuyuki Kurusu

掲載誌：J. Biomedical Science and Engineering, 10, 5, pp.243-256, 2017年

論文名：**Assessment of Prospective Memory using fNIRS in Immersive Virtual Reality Environment**

著者名：Dong, D., Wong, L. and Zhiwei Luo

掲載誌：Journal of Behavioral and Brain Science, 7, pp.247-258, 2017年

論文名：**On Energy-based Robust Passive Impedance Control of a Robot Manipulator**

著者名：Sheng Cao, Zhiwei Luo, Changqin Quan

掲載誌：Journal of Mechanics Engineering and Automation Vol.7, No.2, pp.65-70, 2017年

論文名：**On Observer-based Passive Robust Impedance Control of a Robot Manipulator**

著者名：Sheng Cao, Zhiwei Luo, Changqin Quan

掲載誌：Journal of Mechanics Engineering and Automation Vol.7, No.2, pp.71-78, 2017年

論文名：**Estimation of an Object's Physical Parameter by Force Sensors of a Dual-arm Robot**

著者名：Sheng Cao, Zhiwei Luo, Changqin Quan

掲載誌 : **Journal of Mechanics Engineering and Automation** Vol.7, No.3,  
pp.120-131,2017年

論文名 : **Passive Velocity Field Control of a Redundant Cable-Driven Robot with  
Tension Limitations**

著者名 : Sheng Cao, **Zhiwei Luo**, Changqin Quan i

掲載誌 : **Journal of Mechanics Engineering and Automation** Vol.7, No.3,  
pp. 132-144, 2017年

[著書]

1. 放送大学出版 「生活環境と情報認知」共著
2. くもん出版 「友だちロボットがやってくる」単著 再版

[特許]

発明名称 : エラスティックフレキシブルセンサ

整理番号 : KP12-106

出願国 : 日本

登録番号 : 6165002

登録日 : 2017/6/30

様式（年次報告書）

平成30年5月11日

## 平成29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・惑星科学研究センター・観山 正見		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金	68,958千円,	受託研究経費 41,070千円
	奨学寄附金	1,630千円,	共同研究経費 18,700千円
特許出願件数	0件,	論文発表件数	56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
観山 正見	理学研究科	研究プログラム総括、CPSセンター長 惑星形成過程とアストロバイオロジー すばる望遠鏡による太陽系外の惑星形成領域の観測的研究を推進 日本学術会議会員として学術の振興に関して貢献
上野 宗孝	理学研究科	特命教授 金星探査機『あかつき』による金星起源の研究、将来の太陽系探査機システムの検討
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 惑星衝突と宇宙雪氷学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 衛星起源および太陽系小天体観測に関する研究
牧野 淳一郎	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 計算惑星学の研究
高橋 芳幸	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 惑星大気大循環モデルの構築
中村 昭子	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 空隙をもつ小天体に形成される強度支配域クレーター

岩山 隆寛	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 地衡流乱流における Danilov 不等式の数値的研究
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 非平衡領域における地球システムの安定性
保井 みなみ	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 氷天体のレオロジーと衝突クレーターに関する実験的研究
筧 楽磨	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 スラブ内地震とプレート境界地震の距離減衰特性の評価
平田 直之	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 はやぶさ 2 の探査対象天体 RYUGU の形状モデル作成のための検討・訓練
早田 次郎	理学研究科物理学専攻	CPS 研究員 ゲージ場とインフレーションに関する研究
播磨 尚朝	理学研究科物理学専攻	CPS 研究員 強相関電子系の電子構造計算に関する研究
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
臼井 文彦	理学研究科	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
檜村 博基	理学研究科	特命助教 惑星大気に関する数値的研究

### 3. 研究成果の概要等について

本年度(平成 29 年度)、神戸大学惑星科学研究センター(CPS)は、神戸大学と JAXA 宇宙科学研究所(ISAS)のマッチングファンドによる連携拠点として、昨年度と同様に以下の 2 点を目指し掲げ、惑星科学のコミュニティと連携した拠点として活動を続けています。

**目的 1 惑星科学の研究手段として太陽系探査を重要な手段と考え、宇宙科学研究所と協力して学術的に優れたミッション(探査計画)を、コミュニティからのボトムアップとしてつくりだす。**

**目的 2 上記の目的を達成するため、惑星科学分野にミッションを推進できる人材養成を推進する。**

惑星科学の新たなミッション創成に関しては、様々なプロジェクトの推進に向けて、研究会、ワークショップ、勉強会などを多様に実施しました。特に、次期の火星衛星探査プロジェクト(MMX)やDestiny+計画など様々な研究会やセミナーが開催され、小型ミッションの形成に向けても、コミュニティとの会合がもたれました。ポスト「京」を念頭とした研究会を始め、計算科学に関する研究会なども開催され、CPS を活用した大小の研究会など、その総計はセミナーを含め 39 回にのぼり、CPS が国内の惑星科学研究者のハブになっていることが良く認識されると思われまます。

上記の目的 2 に沿った「惑星探査ミッション立案スクーリング」を前年度に引き続き、2 回開催しました。詳細については後述をご覧ください。

今後も、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ひます。

具体的活動については CPS の Web ページ(<https://www.cps-jp.org/>)をご覧ください。

#### **探査ミッション立案スクール**

##### 第 4 回探査ミッション立案スクール「Astrobiorgy in solar systems」

日 程：2017 年 8 月 20 日-25 日

開催地：自然科学研究機構国立天文台野辺山宇宙電波観測所

参加人数：31 名うち受講者 15 名

はじめて惑星科学センターを離れて、国立天文台野辺山宇宙電波観測所で、8 月に開催しました。太陽系内でのアストロバイオロジーを目指したミッションと言うことで関心も高く、3 チームの構成で、それぞれに野心的なミッションの構築に挑戦いただきました。いずれも外惑星に於ける衛星の探査計画となりましたが、この分野の専門家の講義やアドバイスを受けてチャレンジングな探査ミッションが創成できました。野辺山宇宙電波観測所の施設の見学も大変好評でした。



(第4回スクーリング風景)

### 第5回探査ミッション立案スクール「小惑星探査」

日 程：2018年2月23日-28日

開催地：惑星科学研究センター（CPS）

参加人数：36名　うち受講者人数：8名

前半の授業の一部は、公開セミナー「世界最先端の小惑星探査：その科学と技術」（後述）として、大学内の学生、ネット中継による全国の関係者に公開しました。各先生による講演があり、総合討論の時間には、活発な意見交換が実施されました。今回は、はじめて神戸市青少年科学博物館の見学した後、「将来の科学者・技術者に期待すること」と題して科学館の珍田隼さんの講演を聞きました。



(第5回スクーリング風景)

スクーリング自体については、専門分野や経歴の異なるメンバーでチームワーク活動を行うという目的は十分に達せられました。平成29年度の二回のスクーリングの修了時の受講生による点検評価はどちらも高い評価が得られ、大いに満足するスクーリングとなったといえます。また、受講生の成果発表会の後には、様々な分野の学識経験者からのアドバイスがあり、今後の参考になったのではないかと思います。

惑星科学分野のコミュニティのハブとして、他大学・機関との連携のために、CPSにおける画像配信・会議サーバの維持、知見アーカイブシステムの内容の蓄積を行い、今後の諸活動に資するインフラを整備・運用しました。また、人的体制の強化を図り、研究会等の開催時における事務に関しても今までの経験を元に円滑に行われました。特に第4回は、神戸大学を離れて野辺山宇宙電波観測所で、合宿形式で行いましたが、様々なスタッフの協力の下に円滑にすすめることができました。また、受講者には観測所の見学などは好評を博しました。

## 公開セミナー

### 「世界最先端の小惑星探査：その科学と技術」

日 程：2018年2月24日（土）

開催地：神戸大学先端融合研究環統合研究拠点 コンベンションホール

#### 要 旨：

現在、小惑星探査機「はやぶさ2」が小惑星「Ryugu(リュウグウ)」に向けて宇宙を航行しています。今年の6-7月頃に到着して、約1年半かけて小惑星の詳細な観測と表面物質(サンプル)の採取を行う予定です。このプロジェクトには、神戸大学の研究者を含む多くの研究者が関わっています。今回、国内外の著名な研究者をお招きして、小惑星探査の目的や投入される最先端技術、期待される成果について講演して頂きました。

#### プログラム：

開会の挨拶	観山 正見(神戸大学/広島大学)
小惑星と太陽系科学	向井 正(京都情報大学院大学/神戸大学)
物質分析から解き明かす太陽系の姿	中村 栄三(岡山大学惑星物質研究所)
小惑星の衝突破壊と進化	中村 昭子(神戸大学)
小惑星帯での様々な現象について	石黒 正晃(ソウル大 学校)
探査における技術的チャレンジ	久保田 孝(宇宙科学研究所)
総合質疑応答	



(セミナーの様子)

#### 4. 論文・著書・特許出願リスト

##### [論文]

論文名 : Large stationary gravity wave in the atmosphere of Venus

著者名 : Fukuhara, T.; Futaguchi, M.; Hashimoto, G.L.; Horinouchi, T.; Imamura, T.;  
Iwagami, N.; Kouyama, T.; Murakami, S.; Nakamura, M.; Ogohara, K.; Sato, M.;  
Sato, T.M.; Suzuki, M.; Taguchi, M.; Takagi, S.; Ueno, M.\*; Watanabe, S.; Yamada,  
M.; Yamazaki, A.

掲載誌, 巻, ページ : *Nature Geoscience* , 10 巻, 1038 号, PP. 85-88, 2017.4

論文名 : Distribution of Captured Planetesimals in Circumplanetary Gas Disks and  
Implications for Accretion of Regular Satellites

著者名 : Suetsugu, Ryo ; Ohtsuki, Keiji \*

掲載誌, 巻, ページ : *ASTROPHYSICAL JOURNAL* , 839 巻, 1 号, 66, 2017.4

論文名 : Unconvergence of very-large-scale giant impact simulations

著者名 : Natsuki Hosono, Masaki Iwasawa, Ataru Tanikawa, Keigo Nitadori,  
Takayuki Muranushi, Junichiro Makino\*

掲載誌, 巻, ページ : *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 69 巻, 2 号, 26, 2017.4

論文名 : A Formulation of Consistent Particle Hydrodynamics in Strong Form

著者名 : Satoko Yamamoto, Junichiro Makino\*

掲載誌, 巻, ページ : *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 69 巻, 2 号, 35, 2017.4

論文名 : Drastic change of the Fermi surface across the metamagnetic transition in  
CeRh<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>

著者名 : K. Götze, D. Aoki, F. Lévy-Bertrand, H. Harima\*, and I. Sheikin

掲載誌, 巻, ページ : *Phys. Rev. B* , 95 巻, PP. 161107(R) , 2017.4

論文名 : Spatial distribution of impact craters on Deimos

著者名 : Naoyuki Hirata \*

掲載誌, 巻, ページ : *Icarus* , 288 巻, 15 号, PP. 69-77, 2017.5

論文名 : Magnetic fabric evidence for rapid, characteristic changes in dynamics of the 2011  
Tohoku-oki tsunami

著者名 : Bradák Balázs; Tanigawa, Koichiro.; Hyodo Masayuki\*; Seto Yusuke\*

掲載誌, 巻, ページ : *Marine Geology* , 387 巻, PP. 85-96, 2017.5

論文名 : Anisotropic Ejection from Active Asteroid P/2010 A2: An Implication of Impact  
Shattering on an Asteroid

著者名 : Kim, Yoonyoung ; Ishiguro, Masateru ; Michikami, Tatsuhiro ; Nakamura, Akiko M. \*

掲載誌, 巻, ページ : *The Astronomical Journal* , 153 巻, 5 号, 288 (11 pages),2017.5

論文名 : Shortwave radiative forcing, rapid adjustment, and feedback to the surface by sulfate geoengineering: analysis of the Geoengineering Model Intercomparison Project G4 scenario

著者名 : Hiroki Kashimura \*, Manabu Abe, Shingo Watanabe, Takashi Sekiya, Duoying Ji, John C. Moore, Jason N. S. Cole, and Ben Kravitz

掲載誌, 巻, ページ : *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS* , 17 巻, 5 号, PP. 3339-3356,2017.5

論文名 : Infinite violation of Bell inequalities in inflation

著者名 : Sugumi Kanno, Jiro Soda\*

掲載誌, 巻, ページ : *Phys. Rev D*, 96 巻, PP. 083501,2017. 5

論文名 : Superconductivity and magnetic fluctuations developing in the vicinity of strong first-order magnetic transition in CrAs

著者名 : H Kotegawa, K Matsushima, S Nakahara, H Tou, J Kaneyoshi, T Nishiwaki, E Matsuoka, H Sugawara and H Harima\*

掲載誌, 巻, ページ : *Journal of Physics: Condensed Matter*, 29 巻, 23 号, 2017. 5

論文名 : Real-time simulation of a cat-scale artificial cerebellum on PEZY-SC processors

著者名 : Tadashi Yamazaki, Jun Igarashi, Junichiro Makino\*, Toshikazu Ebisuzaki

掲載誌, 巻, ページ : *The International Journal of High Performance Computing Applications*, PP. 1-14, 2017. 6

論文名 : Dynamic fracture of tantalum under extreme tensile stress

著者名 : Bruno Albertazzi;Norimasa Ozaki;Vasily Zhakhovsky;Anatoly Faenov;Hideaki Habara;Marion Harmand;Nicholas Hartley;Denis Ilnitsky;Nail Inogamov;Yuichi Inubushi;Tetsuya Ishikawa;Tetsuo Katayama;Takahisa Koyama;Michel Koenig; Andrew Krygier;Takeshi Matsuoka;Satoshi Matsuyama;Emma McBride;Kirill Petrovich Migdal;Guillaume Morard;Haruhiko Ohashi;Takuo Okuchi;Tatiana Pikuz;Narangoo Purevjav;Osami Sakata;Yasuhisa Sano;Tomoko Sato; Toshimori Sekine;Yusuke Seto\*;Kenjiro Takahashi;Kazuo Tanaka;Yoshinori Tange; Tadashi Togashi;Kensuke Tono;Yuhei Umeda;Tommaso Vinci;Makina Yabashi; Toshinori Yabuuchi;Kazuto Yamauchi;Hirokatsu Yumoto;Ryosuke Kodama

掲載誌, 巻, ページ : *Science Advances* , 3 巻, 6 号,PP. e1602705,2017.6

論文名 : Nepheline and sodalite in chondrules of the Ningqiang carbonaceous chondrite: Implications for a genetic relationship with those in the matrix

著者名 : Megumi Matsumoto;Kazushige Tomeoka;Yusuke Seto\*

掲載誌, 巻, ページ : *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2017.7

論文名 : Organized Autotelescopes for Serendipitous Event Survey (OASES): design and performance

著者名 : Ko Arimatsu, Kohji Tsumura, Kohei Ichikawa, Fumihiko Usui\*, Takafumi Ootsubo, Takayuki Kotani, Yuki Sarugaku, Takehiko Wada, Koichi Nagase, Jun-ichi Watanabe

掲載誌, 巻, ページ : *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 69 巻, 4 号, PP. 68,2017.7

論文名 : System Configuration and Operation Plan of Hayabusa2 DCAM3-D for Scientific Observation in Impact Experiment

著者名 : Ogawa, K.#;Shirai, K.;Sawada, H.;Arakawa, M.\*;Honda, R.;Wada, K.;Ishibashi, K.;Iijima, Y.;Sakatani, N.;Nakazawa, S.;Hayakawa, H.

掲載誌, 巻, ページ : *Space Science Review* , 208 巻,PP. 125-142,2017.7

論文名 : Scientific objectives of Small Carry-on Impactor (SCI) and Deployable Camera 3 Digital (DCAM3-D): Observation of an ejecta curtain and a crater formed on the surface of Ryugu by an artificial high-velocity impact

著者名 : Arakawa, M.\*;Wada, K.;Saiki, T.;Kadono, T.;Takagi, Y.;Shirai, K.;Okamoto, C.+;Yano, H.;Hayakawa, M.;Nakazawa, S.;Hirata, N.;Kobayashi, M.;Michel, P.;Jutzi, M.;Imamura, H.;Ogawa, K.#;Sakatani, N.;Iijima, Y.;Honda, R.;Ishibashi, K.;Hayakawa, H.;Sawada, H.

掲載誌, 巻, ページ : *Space Science Review* , 208 巻,PP. 187-212,2017.7

論文名 : Vertical structure of the axi - asymmetric temperature disturbance in the Venusian polar atmosphere: Comparison between radio occultation measurements and GCM results

著者名 : Hiroki Ando;Takeshi Imamura;Norihiko Sugimoto;Masahiro Takagi; Hiroki Kashimura\*;Silvia Tellmann;Martin Pätzold;Bernd Häusler;Yoshihisa Matsuda

掲載誌, 巻, ページ : *Journal of Geophysical Research Planets* , 122 巻,PP. 1687-1703,2017.7

論文名 : Performance of Hayabusa2 DCAM3-D camera for short-range imaging of SCI and ejecta curtain generated from the artificial impact crater formed on asteroid 162137 Ryugu (1999 JU3)

著者名 : Ishibashi, K.;Shirai, K.;Ogawa, K.#;Wada, K.;Honda, R.;Sakatani, N.; Arakawa, M.\*;Ikeda, Y.

掲載誌, 巻, ページ : *Space Science Review* , 208 巻,PP. 213-238,2017.7

論文名 : Nonlinear resonant oscillation of gravitational potential induced by ultralight axion in  $f(R)$  gravity

著者名 : Arata Aoki, Jiro Soda\*

掲載誌, 巻, ページ : *Phys. Rev D*, 96 巻, PP. 023534, 2017.7

論文名 : Scaling of Impact-generated Cavity-size for Highly Porous Targets and Its Application to Cometary Surfaces

著者名 : Okamoto, Takaya ; Nakamura, Akiko M. \*

掲載誌, 巻, ページ : *Icarus* , 292 巻, PP. 234-244, 2017.8

論文名 : Experimental studies on mechanical properties and ductile-to-brittle transition of ice-silica mixtures: Young's modulus, compressive strength, and fracture toughness

著者名 : Minami Yasui\*, Erland M. Schulson, Carl E. Renshaw

掲載誌, 巻, ページ : *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* , 122 巻, 8 号, PP. 6014-6030, 2017.8

論文名 : Development of an ensemble Kalman filter data assimilation system for the Venusian atmosphere

著者名 : Norihiko Sugimoto; Akira Yamazaki; Toru Kouyama; Hiroki Kashimura\*; Takeshi Enomoto; Masahiro Takagi

掲載誌, 巻, ページ : *Scientific Reports* , 7 巻, 9321 号, 2017.8

論文名 : Equatorial jet in the lower to middle cloud layer of Venus revealed by Akatsuki

著者名 : Takeshi Horinouchi; Shin-ya Murakami; Takehiko Satoh; Javier Peralta; Kazunori Ogohara; Toru Kouyama; Takeshi Imamura; Hiroki Kashimura\*; Sanjay S. Limaye; Kevin McGouldrick; Masato Nakamura; Takao M. Sato; Ko-ichiro Sugiyama; Masahiro Takagi; Shigeto Watanabe; Manabu Yamada; Atsushi Yamazaki; Eliot F. Young

掲載誌, 巻, ページ : *Nature Geoscience* , 10 巻, PP. 646-651, 2017.8

論文名 : Nepheline formation in chondrite parent bodies: Verification through experiments

著者名 : Shun Ichimura; Yusuke Seto\*; Kazushige

掲載誌, 巻, ページ : *Geochimica et Cosmochimica Acta* , 210 号, PP. 114-131, 2017.8

論文名 : 多結晶体二次元回折パターンに基づいた格子選択配向解析と地球惑星科学への応用

著者名 : 瀬戸 雄介\*

掲載誌, 巻, ページ : *日本結晶学会誌* , 59 巻, PP. 143-144, 2017.8

論文名 : Photon-Axion Conversion, Magnetic Field Configuration, and Polarization of Photons

著者名 : Emi Masaki, Arata Aoki, Jiro Soda\*

掲載誌, 巻, ページ : *Phys. Rev D*, 96 巻, PP. 043519 ,2017.8

論文名 : Quasi-two-dimensional Fermi surfaces with localized f electrons in the layered heavy-fermion compound CePt<sub>2</sub>In<sub>7</sub>

著者名 : K. Götze, Y. Krupko, J. A. N. Bruin, J. Klotz, R. D. H. Hinlopen, S. Ota, Y. Hirose, H. Harima\*, R. Settai, A. McCollam, and I. Sheikin

掲載誌, 巻, ページ : *Phys. Rev. B*, 96 巻, PP. 075138 ,2017.8

論文名 : Follow-up observations for the Asteroid Catalog using AKARI Spectroscopic Observations

著者名 : S. Hasegawa, D. Kuroda, K. Yanagisawa, and F. Usui\*

掲載誌, 巻, ページ : *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 69 巻, 99 号, 2017. 9

論文名 : KCC analysis of the normal form of typical bifurcations in one-dimensional dynamical systems: geometrical invariants of saddle-node, transcritical, and pitchfork bifurcations

著者名 : K. Yamasaki\*; T. Yajima

掲載誌, 巻, ページ : *Int. J. Bifurcation and Chaos*, 27 巻, 1750145(14pages), 2017. 9

論文名 : 雪を通過する物体にかかる抵抗

著者名 : 松本 学; 荒川 政彦\*; 前野 紀一

掲載誌, 巻, ページ : *雪氷*, 79 巻, 5 号, PP. 403-414, 2017. 9

論文名 : Electromagnetic Memory Effect Induced by Axion Dark Matter

著者名 : Daiske Yoshida, Jiro Soda\*

掲載誌, 巻, ページ : *Phys. Rev D*, 96 巻, PP. 064005, 2017. 9

論文名 : Fermi surfaces of the pyrite-type cubic AuSb<sub>2</sub> compared with split Fermi surfaces of the ullmannite-type cubic chiral NiSbS and PdBiSe

著者名 : K.Nishimura, M.Kakahana, A.Nakamura, D.Aoki, H.Harima, M.Hedo, T.Nakama, Y.Ōnuki

掲載誌, 巻, ページ : *Physica B: Condensed Matter*, In Press, 2017. 9

論文名 : Absolute calibration of brightness temperature of the Venus disk observed by the Longwave Infrared Camera onboard Akatsuki the atmosphere of Venus

著者名 : FUKUHARA Tetsuya; TAGUCHI Makoto; IMAMURA Takeshi; HAYASHITANI Akane; YAMADA Takeru; FUTAGUCHI Masahiko; KOUYAMA Toru; SATO Takao M.; TAKAMURA Mao; IWAGAMI Naomoto; NAKAMURA Masato; SUZUKI Makoto; UENO Munetaka\*; HASHIMOTO George L.; SATO Mitsuteru; TAKAGI Seiko; YAMAZAKI Atsushi; YAMADA Manabu; MURAKAMI Shin - ya; YAMAMOTO Yukio; OGOHARA Kazunori; ANDO Hiroki; SUGIYAMA Ko - ichiro;

KASHIMURA Hiroki\*;OHTSUKI Shoko;ISHII Nobuaki;ABE Takumi;SATO  
Takehiko;HIROSEChikako;HIRATA Naru

掲載誌, 巻, ページ : *Earth, Planets and Space* , 69 巻, 1 号, 2017. 10

論文名 : Initial performance of the radio occultation experiment in the Venus orbiter mission  
Akatsuki

著者名 : IMAMURA Takeshi;ANDO Hiroki;TELLMANN Silvia;PAETZOLD Maertin;  
HAEUSLER Bernd;YAMAZAKI Atsushi;SATO Takao M.;NOGUCHI Katsuyuki;  
FUTAANA Yoshifumi;OSCHLISNIOK Janusz;LIMAYE Sanjay;CHOUDHARY R.  
K.;MURATA Yasuhiro;TAKEUCHI Hiroshi;HIROSE Chikako;CHIKAWA Tsutomu;  
TODA Tomoaki;TOMIKI Atsushi;ABE Takumi;YAMAMOTO Zen - ichi;NODA  
Hiroto;IWATA Takahiro;MURAKAMI Shin - ya;SATO Takehiko;FUKUHARA  
Tetsuya;OGOHARA Kazunori;SUGIYAMA Ko - ichiro;KASHIMURA Hiroki\*;  
OHTSUKI Shoko;TAKAGI Seiko;YAMAMOTO Yukio;HIRATA Naru;  
HASHIMOTO George L.;YAMADA Manabu;SUZUKI Makoto; ISHII Nobuaki;  
HAYASHIYAMA Tomoko;LEE Yeon Joo;NAKAMURA Masato

掲載誌, 巻, ページ : *Earth, Planets and Space* , 69 巻, 2017. 10

論文名 : Ray craters on Ganymede: Implications for cratering apex-antapex asymmetry and  
surface modification processes

著者名 : Luyuan Xu;平田 直之\*;Hideaki Miyamoto

掲載誌, 巻, ページ : *Icarus* , 295 巻, PP.140-148, 2017. 10

論文名 : Polarimetric Study of Near-Earth Asteroid (1566) Icarus

著者名 : Masateru Ishiguro , Daisuke Kuroda , Makoto Watanabe , Yoonsoo P. Bach,  
Jooyeon Kim, Mingyeong Lee, Tomohiko Sekiguchi, Hiroyuki Naito, Katsuhito  
Ohtsuka , Hidekazu Hanayama , Sunao Hasegawa ,Fumihiko Usui\*,Seitaro  
Urakawa, Masataka Imai, Mitsuteru Sato, and Kiyoshi Kuramoto\_

掲載誌, 巻, ページ : *The Astronomical Journal* , 154 巻, 5 号, PP. 180-189, 2017. 10

論文名 : Performance of Akatsuki/IR2 in Venus orbit: the first year

著者名 : SATOH Takehiko;SATO Takao M.;NAKAMURA Masato;KASABA Yasumasa;  
UENO Munetaka\*;SUZUKI Makoto;HASHIMOTO George L.;HORINOUCI  
Takeshi;IMAMURA Takeshi;YAMAZAKI Atsushi;ENOMOTO Takayuki;SAKURAI  
Yuri;TAKAMI Kosuke;SAWAI Kenta;NAKAKUSHI Takashi;ABE Takumi;ISHII  
Nobuaki;HIROSE Chikako;HIRATA Naru;YAMADA Manabu;MURAKAMI  
Shin - ya;YAMAMOTO Yukio;FUKUHARA Tetsuya;OGOHARA Kazunori;ANDO  
Hiroki;SUGIYAMA Ko - ichiro;KASHIMURA Hiroki\*;OHTSUKI Shoko

掲載誌, 巻, ページ : *Earth, Planets and Space* , 69 巻, 1 号, 2017. 11

論文名 : Thermal Modeling of Comet-like Objects from AKARI Observation

著者名 : Yoonsoo P. Bach, Masateru Ishiguro, and Fumihiko Usui\*

掲載誌, 巻, ページ : *The Astronomical Journal*, 154 巻, 5 号, PP. 202-211,2017. 11

論文名 : Electromagnetic waves propagating in the string axiverse

著者名 : Daiske Yoshida, Jiro Soda\*

掲載誌, 巻, ページ : *High Energy Physics - Theory*, 5 pages,2017. 11

論文名 : Impact cratering on porous targets in the strength regime/Impact cratering on porous targets in the strength regime

著者名 : NAKAMURA AKIKO\*

掲載誌, 巻, ページ : *Planetary and Space Science/Planetary and Space Science*, 149 巻, PP. 5-13,2017. 12

論文名 : Experimental study on compression property of regolith analogues/Experimental study on compression property of regolith analogues

著者名 : OMURA TOMOMI+; NAKAMURA AKIKO\*

掲載誌, 巻, ページ : *Planetary and Space Science/Planetary and Space Science*, 149 巻, PP. 14-22,2017. 12

論文名 : Overview of Akatsuki data products: definition of data levels, method and accuracy of geometric correction

著者名 : OGOHARA Kazunori;TAKAGI Masahiro;MURAKAMI Shin - ya;HORINOUCI Takeshi;YAMADA Manabu;KOUYAMA Toru;HASHIMOTO George L.;IMAMURA Takeshi;YAMAMOTO Yukio;KASHIMURA Hiroki\*;HIRATA Naru;SATO Naoki;YAMAZAKI Atsushi;SATO Takehiko;IWAGAMI Naomoto;TAGUCHI Makoto;WATANABE Shigeto;SATO Takao M.;OHTSUKI Shoko;FUKUHARA Tetsuya;FUTAGUCHI Masahiko;SAKANOI Takeshi;KAMEDA Shingo;SUGIYAMA Ko - ichiro;ANDO Hiroki;LEE Yeon Joo;NAKAMURA Masato;SUZUKI Makoto;HIROSE Chikako;ISHII Nobuaki;ABE Takumi

掲載誌, 巻, ページ : *Earth, Planets and Space*, 69 巻, 2017. 12

論文名 : Topographical and local-time dependence of large stationary gravity waves observed at the cloud top of Venus

著者名 : T. Kouyama;T. Imamura;M. Taguchi;T. Fukuhara;T. M. Sato;A. Yamazaki;M. Futaguchi;S. Murakami;G. L. Hashimoto;Munetaka Ueno\*;N. Iwagami;S. Takagi;M. Takagi;K. Ogohara;Hiroki Kashimura\*;T. Horinouchi;N. Sato;M. Yamada;Y. Yamamoto;S. Ohtsuki;K. Sugiyama;H. Ando;M. Takamura;T. Yamada;T. Satoh;M. Nakamura

掲載誌, 巻, ページ : *Geophysical Research Letters*, 2017. 12

論文名 : The fundamental stellar parameters of FGK stars in the SEEDS survey Norman,  
OK 73071,USA

著者名 : Rich, Evan A.; Wisniewski, John P.; McElwain, Michael W.; et al.

掲載誌, 巻, ページ : *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*,  
472 巻: 2 号: PP 1736-1752, 2017.12

論文名 : The Detection Rates of Merging Binary Black Holes Originating from Star Clusters  
and Their Mass Function

著者名 : Michiko Fujii, Ataru Tanikawa,Junichiro Makino\*

掲載誌, 巻, ページ : *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 69 巻, 6 号, 94, 2017.12

論文名 : Data Reduction of AKARI/IRC Spectroscopic Observations.

著者名 : F. Usui\*, T. Onaka, and the AKARI/IRC team.

掲載誌, 巻, ページ : *Publications of the Korean Astronomical Society*, 32 巻, PP.41-43,2017.

論文名 : Hyper Suprime-Cam: System design and verification of image quality

著者名 : Miyazaki, Satoshi; Komiyama, Yutaka; Kawanomoto, Satoshi; et al.

掲載誌, 巻, ページ : *PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN*,  
70 巻, 特別号 1 ,記事番号 S1, 2018. 1

論文名 : The Hyper Suprime-Cam SSP Survey: Overview and survey design

著者名 : Aihara, Hiroaki; Arimoto, Nobuo; Armstrong, Robert; et al.

掲載誌, 巻, ページ : *PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN*,  
70 巻, 特別号 1 ,記事番号 S4, 2018. 1

論文名 : First data release of the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program

著者名 : Aihara, Hiroaki; Armstrong, Robert; Bickerton, Steven; et al.

掲載誌, 巻, ページ : *PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN*,  
70 巻, 特別号 1 ,記事番号 S8, 2018. 1

論文名 : Initial products of Akatsuki 1- $\mu$ m camera

著者名 : Naomoto Iwagami; Takeshi Sakanoi; George L. Hashimoto; Kenta Sawai; Shoko  
Ohtsuki; Seiko Takagi; Kazunori Uemizu; Munetaka Ueno\*; Shingo Kameda; Shin-ya  
Murakami; Masato Nakamura; Nobuaki Ishii; Takumi Abe; Takehiko Satoh; Takeshi  
Imamura; Chikako Hirose; Makoto Suzuki; Naru Hirata; Atsushi Yamazaki; Takao M.  
Sato; Manabu Yamada; Yukio Yamamoto; Tetsuya Fukuhara; Kazunori Ogohara;  
Hiroki Ando; Ko-ichiro Sugiyama; Hiroki Kashimura\*; Toru Kouyama

掲載誌, 巻, ページ : *Earth, Planets and Space*, 2018. 1

論文名 : Anisotropic Constant-roll Inflation

著者名 : Asuka Ito, Jiro Soda\*

掲載誌, 巻, ページ : *Eur.Phys.J.*, C78 巻, 1 号, PP. 55, 2018. 2

論文名 : Schwinger pair production by electric field coupled to inflaton

著者名 : Jia-Jia Geng, Bao-Fei Lia, Jiro Soda\*, Anzhong Wang, Qiang Wu and Tao Zhu

掲載誌, 巻, ページ : *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2018 巻, 2018. 2

論文名 : A conceptual magnetic fabric development model for the Paks loess in Hungary

著者名 : Bradák B.;Ujvári G.;Seto Yusuke\*;Hyodo Masayuki\*;Végh, T.

掲載誌, 巻, ページ : *Aeolian Research*, 30 巻, PP. 20-31,2018. 2

論文名 : Anisotropic Magnetic Fluctuations in Ferromagnetic Superconductor UGe2:  
73Ge-NQR Study at Ambient Pressure

著者名 : Yuichiro Noma, Hisashi Kotegawa, Tetsuro Kubo, Hideki Tou, Hisatomo Harima\*,  
Yoshinori Haga, Etsuji Yamamoto, Yoshichika Ōnuki, Kohei M. Itoh, Eugene E.  
Haller, Ai Nakamura, Yoshiya Homma, Fuminori Honda, and Dai Aoki

掲載誌, 巻, ページ : *J. Phys. Soc. Jpn.*, 87 巻, 3 号, PP. 033704 [5 Pages],2018. 2

論文名 : Exploring the string axiverse and parity violation in gravity with gravitational waves

著者名 : Bradák B.;Ujvári G.;Seto Yusuke\*;Hyodo Masayuki\*;Végh, T.

掲載誌, 巻, ページ : *General Relativity and Quantum Cosmology*, 5 pages,2018. 3

[著書]

なし

[特許出願]

なし

様式(年次報告書)

平成 30 年 5 月 23 日

## 平成29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	次世代サブサーフェスイメージングシステム		
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	8,100 千円,	受託研究経費 115,003 千円 奨学寄附金 0 千円, 共同研究経費 4,250 千円
特許出願件数	0 件,	論文発表件数	15 件, 著書数 2 件 特許権利化件数 3 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
河野 誠之	医学研究科 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	医学研究科	サブサーフェスイメージング医療応用
三木 万由子	兵庫県がんセンター	サブサーフェスイメージング医療応用
舘田 英加	プレシオ国際特許事務所	サブサーフェスイメージング知財戦略
土井 恭二	(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
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
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	大阪大学	ナノ計測
野北 和弘	クイーンズランド大学	電子デバイス計測

### 3. 研究成果の概要等について

#### ○ マイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発と社会実装

近年、メディアで数多く報道される乳癌検診における、X線マンモグラフィの有効性の問題に関して、我々はこれまで世界最高性能の乳癌検出を可能とするマイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発に成功してきた。X線マンモグラフィにおける高濃度乳房の問題は、全世界で問題視され、アメリカの州では“被験者が高濃度乳房であること”に関する通知義務に関して、法整備がなされている。人種別に見ると、50歳以下で、白人61%、黒人57%、アジア人79%、スペイン人55%、50歳から64歳白人46%、黒人42%、アジア人61%、スペイン人55%の割合で高濃度乳房を持つ女性が存在し(図1)、この集団に関して、現在世界中の研究者が、新しい乳癌検診技術を探求している現状にある。近年、我が国では、超音波検査の有効性を臨床的に確認する大規模な研究がなされたが、物性生物物理学の見地から、超音波と乳癌検出の関連性を考察すると、乳房の体積主成分は、脂肪であり、乳房全体の90%以上を占める。高濃度乳房か非高濃度乳房かは、乳房内に含まれるコラーゲン繊維の量によって決まる。いずれにせよ、生体内において超音波を良好に伝播する水は、乳房内では非常に少なく、乳癌検査技術の長い歴史のなかで、超音波ではなくX線が上記の高濃度乳房の問題を含みつつも、世界標準として広く活躍してきたことは議論に及ばない。

一方、この20年間、X線に替わるマイクロ波が広く注目されてきた。プローブとアンテナ技術の著しい進歩により、より高い周波数のマイクロ波の発生と検出が可能になったためである。マイクロ波を用いて乳房内で1cm以下の空間分解能を達成するためには、10GHz以上の広帯域マイクロ波の発生と検出が不可欠となる。

マンチェスター大学やカルガリー大学、世界的な大手計測機メーカーによって開発競争が繰り広げられる中、近年我々の研究グループでは、実現へのボトルネックとなっていた画像再構成の問題“散乱の逆問題”を解決する重要な理論“多次元空間における散乱場の逆解析理論”を発表、さらにこの理論における画像再構成において不可欠となる計測システム“マイクロ波散乱場断層イメージングシステム”の開発に成功した。日本学術振興会、総務省、国立研究開発法人医療研究開発機構に支援され、世界の競合に対して、数万倍(n=512)以上の性能を達成し、世界最高性能に到達している<sup>[1]</sup>。

- Next-generation screening technology to bring us to zero death from breast cancer -

Integral Geometry Science, Kobe University Project Leader Prof. Dr. Kenjiro Kimura, CEO Dr. Noriaki Kimura

#### Breast Cancer Statistics (World, 2012)

Lifetime risk of getting breast cancer  
The number of new cases: 1676600(per year)  
The number of deaths: 521900(per year)

#### Conventional Method - X-ray mammography

#### Limitations of mammography

The sensitivity is markedly lower in women with dense breasts (Fig.1)

Women under 50: White 61%, Black 57%, Asian 79%, Hispanic 55%  
Women between 50 - 64: White 46%, Black 42%, Asian 61%, Hispanic 55%  
Pain associated with breast compression, and radiation exposure (breast CT in particular)

Breast-Density Laws in the US-24 states require breast density notification. An effective screening method which can replace mammography is needed all over the world.

#### Novel Method - Microwave Scattered Field Tomography

Kimura group, Kobe university, has successfully developed world's first technology, microwave scattered field tomographic imaging system based on their own inverse analysis theory of multiple scattered field, which exploits low-power electromagnetic waves and enable to locate breast cancer precisely with 3-dimensional images. (Fig.2)

#### (The World's Highest Performance)

It takes only a few seconds to produce 3D images using a general purpose computer. It has demonstrated high breast cancer sensitivity over 90%. (examined 200 patients so far)

(Tens of thousands of times higher performance than conventional methods at n=512)

#### Quantitative analysis

Not exposure to radiation, without contrast agent, without pain.

Japan Agency for Medical Research and Development (AMED)

Medical field research achievement development project (advanced measurement analysis technology / equipment development)

#### Comparison in the same patient

#### Conventional Method

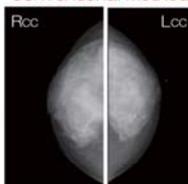
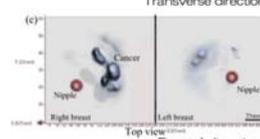


Fig1: X-ray mammogram images of a breast cancer patient. Dense breast tissue shows up white and that makes it difficult to detect abnormalities.

#### Novel Technology provides 3D images of the breast cancer



Kobe University Prof. Dr. Kenjiro Kimura Prime Minister Shinzo Abe

The 1st Japan Medical Research and Development Award  
December 13, 2017  
Award ceremony at the Prime Minister's Office

図1：神戸大学 木村建次郎研究グループが推進する、世界最高性能の“電波を用いたマンモグラフィ”と第一回日本医療研究開発大賞。

2017年度は、マイクロ波を出射する自己補対型アンテナの改良、実装に成功し、10 GHzを越える超広帯域アンテナモジュールの試作に成功した。さらに、画像再構成における重要な計算前入力パラメータとなる、乳房内の平均比誘電率を、実際の切除標本を用いて実測し(図2)、年齢、乳房のタイプに強く依存しないほぼ同一のパラメータとなることが分かった。これらの装置開発および乳房電磁物性の研究に加え、合計4つの医療機関にて臨床研究を進め、累積延200人を超える貴重なデータが蓄積された。

以上の研究開発が内閣府健康・医療戦略推進本部によって高く評価され、第一回日本医療研究開発大賞AMED理事長賞を受賞し(図1)、総理官邸にて、安倍総理大臣の出席のもと、受賞式に出席した。第一回日本医療研究開発大賞は日本のみならず世界の医療の発展に向けて、医療分野の研究開発の推進に多大な貢献をした事例に関して、功績を称えることにより、国民の関心と理解を深めるとともに、研究者等のインセンティブを高めることを目的としている。今後、木村研究グループでは、乳癌で苦しむ女性が一人でも少なくなるように全力で研究開発に取り組む。

○ 蓄電池- 高分解能電流経路映像化システムの開発

近年、パリ協定に基づき世界各国が低炭素化に向けた、技術開発を進めるなか、自動車立国の我が国では、これまでの世界最高レベルの自動車技術を生かし、安全と”自動車としての基本的性能”を損なわないEVカーの実現に向けて、自動車メーカー、電機メーカー、大学等研究機関が連携して急速に開発を進めている。我々は、JST先端計測分析技術・機器開発プログラムにおいて、世界初の蓄電池内-電流経路映像化システムを実用化し、これまで国内大手電機メーカーをはじめとして国内外の数多くの企業で活用されてきた。昨年度からNEDOの支援により、世界中の高エネルギー密度蓄電池の健全性評価を可能とする技術開発を推進している。昨年度末に、S/Nを低下させることなく、これまでの200倍の高速化に成功し、車載蓄電池、携帯用蓄電池等さまざまな製品の蓄電池内部の電流密度分布を可視化、品質評価可能な装置の試作機を完成させた。2018年度末には計測器メーカーより販売予定で、今後世界で年間、数千億円の市場に投入する計画である。これらの取り組みが評価され、JSTでは事後評価S評価を得て、2017年11月17日の日本経済新聞に報道され、多くの蓄電池メーカー、自動車メーカー、投資家の注目を集めている。

【参考文献】

[1]木村建次郎, 木村憲明, “リアルタイムマイクロ波マンモグラフィの研究開発”, ICTイノベーションフォーラム2016 予稿集, 戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE), pp.26-27, 2016.

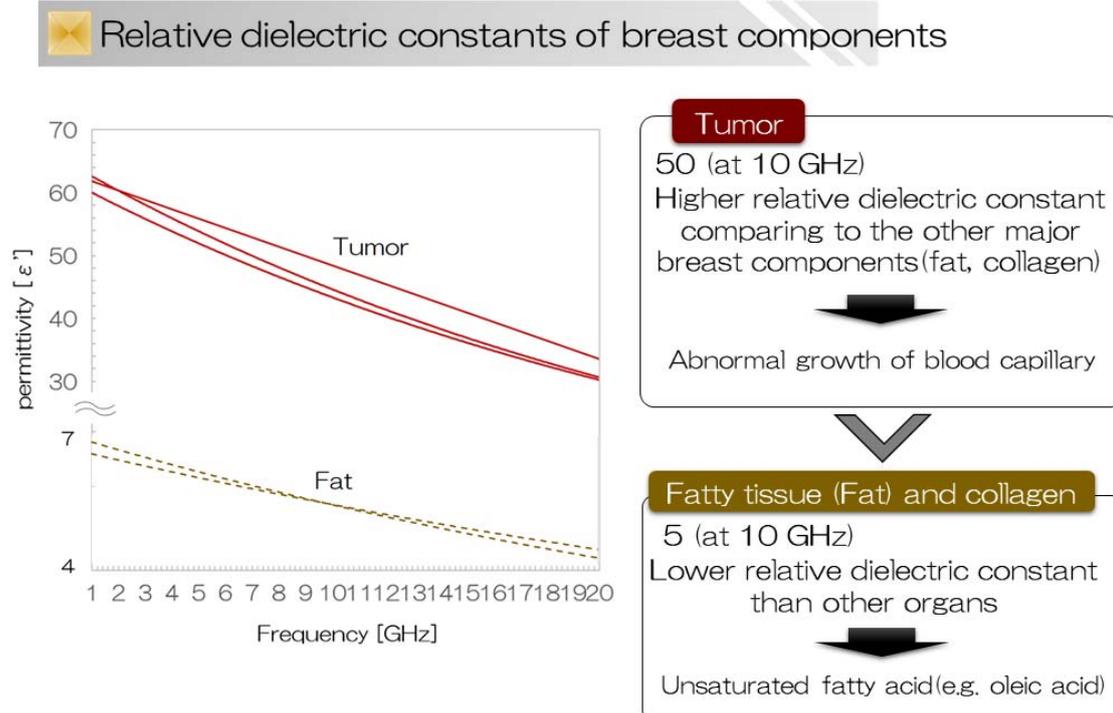


図2：乳癌組織と脂肪組織の誘電分散。

#### 4.論文・著書・特許出願リスト

[論文]

1.  
論文名: “Local electric current reconstruction theory for nondestructive inspection inside battery cell using magnetic field measurement”  
著者名: Kenjiro Kimura, Yuki Mima, Noriaki Kimura.  
掲載誌, 巻, ページ: *Subsurface Imaging Science & Technology*, 1 巻, 1 号  
pp.1-16, 2017 年
2.  
論文名: Femtosecond-laser-enhanced amyloid fibril formation of insulin  
著者名: Tsung-Han Liu, Ken-ichi Yuyama, Takato Hiramatsu, Naoki Yamamoto, Eri Chatani, Hiroshi Miyasaka, Teruki Sugiyama, Hiroshi Masuhara (国際共著)  
掲載誌, 巻, ページ: *Langmuir*, 33, 8311-8318, 2017 年
3.  
論文名: Heparin-dependent aggregation of hen egg white lysozyme reveals two distinct mechanisms of amyloid fibrillation  
著者名: Ayame Nitani, Hiroya Muta, Masayuki Adachi, Masatomo So, Kenji Sasahara, Kazumasa Sakurai, Eri Chatani, Kazumitsu Naoe, Hirotosugu Ogi, Damien Hall, Yuji Goto  
掲載誌, 巻, ページ: *J. Biol. Chem.* 292, 21219-21230, 2017 年
4.  
論文名: Recent progress on understanding the mechanisms of amyloid nucleation  
著者名: Eri Chatani, Naoki Yamamoto  
掲載誌, 巻, ページ: *Biophys. Rev.*, 10, 527-534, 2018 年
5.  
論文名: A specific form of prefibrillar aggregates that functions as a precursor of amyloid nucleation  
著者名: Naoki Yamamoto, Shoko Tshara, Atsuo Tamura, Eri Chatani  
掲載誌, 巻, ページ: *Sci. Rep.*, 8, 62, 2018 年
6.  
論文名: Effect of temperature and hydration level on purple membrane dynamics studied using broadband dielectric spectroscopy from sub-GHz to THz regions  
著者名: Naoki Yamamoto, Shota Ito, Masahiro Nakanishi, Eri Chatani, Keiichi Inoue, Hideki Kandori, Keisuke Tominaga  
掲載誌, 巻, ページ: *J. Phys. Chem. B* 122, 1367-1377, 2018 年
7.  
論文名: “Nanoscale observation of organic thin film by atomic force microscopy”  
著者名: S. Mochizuki, T. Uruma, N. Satoh, S. Saravanan and T. Soga  
掲載誌, 巻, ページ: *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 56, 08LB08, 2017 年
8.  
論文名: “Evaluation of carrier concentration reduction in GaN-on-GaN wafers by Raman spectroscopy and Kelvin force microscopy”  
著者名: H. Yamamoto, K. Agui, Y. Uchida, S. Mochizuki, T. Uruma, N. Satoh, and T. Hashizume  
掲載誌, 巻, ページ: *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 56, 08LB07, 2017 年
9.  
論文名: “Observation of silicon carbide Schottky barrier diode under applied reverse bias using atomic force microscopy/Kelvin probe force microscopy/scanning capacitance force microscopy”  
著者名: T. Uruma, N. Satoh, and H. Yamamoto  
掲載誌, 巻, ページ: *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 56, 08LB05, 2017 年
10.  
論文名: “Surface potential measurement of n-type organic semiconductor thin films by mist deposition via Kelvin probe microscopy”

著者名：A. Odaka, N. Satoh, and S. Katori  
 掲載誌，巻，ページ： *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 56, 08LB04, 2017年  
 11.  
 論文名：“Non-resonant frequency components observed in a dynamic Atomic Force Microscope”  
 著者名：H. Nagao, T. Uruma, K. Shimizu, N. Satoh, K. Suizu  
 掲載誌，巻，ページ： *Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE*, Vol. 8,  
 p.118-128, 2017年  
 12.  
 論文名：“Using dynamic force microscopy with piezoelectric cantilever for indentation and high-speed observation”  
 著者名：N. Satoh, M. Nakahara, K. Kobayashi, S. Watanabe, T. Fujii, K. Matsushige,  
 and H. Yamada  
 掲載誌，巻，ページ： *Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE*, Vol. 8,  
 pp.98-106, 2017年  
 13.  
 論文名：Investigation on readout coil design for fluxed locked loop control  
 of HTS rf-SQUID,  
 著者名：Y. Miyato, H. Itozaki,  
 掲載誌，巻，ページ： *J. Phys.: Conf. Ser.*, 871(1) 12078 [8 pages], 2017年  
 14.  
 論文名：Quantitative and high-resolution magnetic images obtained by STM-SQUID  
 microscope with distance modulation technique,  
 著者名：T. Yokocho, H. S-Akaba, Y. Miyato,  
 掲載誌，巻，ページ： *J. Phys.: Conf. Ser.*, 871(1) 12073 [8 pages], 2017年

[著書]  
 1.  
 著書：“高分解能電流経路映像化システムの開発—磁場計測に基づく蓄電池内電流の非破壊可視化のための基礎理論—” ポストリチウムに向けた革新的二次電池の材料開発  
 (共著)  
 著者名：**木村建次郎**, 鈴木章吾, 松田聖樹, 美馬勇輝, 木村憲明  
 巻，ページ： pp.129-141  
 発行所，発行年：NTS, 2018年  
 2.  
 著書：“物体内部を透視する眼”に関する研究  
 著者名：**木村建次郎**  
 巻，ページ：28号, pp.20-21  
 発行所，発行年：くさだより, 2017年

[特許]  
 1.  
 発明等の名称：分布解析装置および分布解析方法  
 出願者：国立大学法人神戸大学  
 発明者：**木村建次郎**

出願日：2013年2月25日, 国際出願日：2014年2月13日

出願番号：特願: 2013-035177, PCT 出願番号：PCT/JP2014/000743

○日本 登録日：2017年12月15日, 登録番号：6257053

○中国 登録日：2017年10月13日, 登録番号：ZL 2014 8 0010105.3

[解説]

1.

論文名：“サブサーフェス磁気イメージングシステムによる物体内磁気微粒子の非破壊映像化と医療応用に関する検討”

著者名：稲垣明里, 木村建次郎, 美馬勇輝, 松田聖樹, 鈴木章吾, 鈴木智子, 木村憲明

掲載誌, 巻, ページ：第31回最先端実装技術・パッケージング展（2017マイクロエレクトロニクスショー）アカデミックプラザ論文集 AP-24

3. その他特記事項

【受賞】

1.

日付：2017年6月7日

受賞者：木村研究室

賞名：2017 マイクロエレクトロニクスショー(第31回最先端実装技術・パッケージング展) アカデミックプラザ5年連続継続賞

2.

日付：2017年10月26日

受賞者：木村建次郎

賞名：第9回 学長表彰(神戸大学)

3.

日付：2017年12月13日

受賞者：木村建次郎

賞名：第一回日本医療研究開発大賞 日本医療研究開発機構理事長賞

4.

日付：2017年10月28日

受賞者：稲垣明里, 木村建次郎, 木村憲明

賞名：神戸大学理学部ホームカミングデイ第8回サイエンスフロンティア 優秀発表賞

5.

日付：2018年3月18日

受賞者：稲垣明里, 木村建次郎, 河野誠之, 谷野裕一, 三木万由子, 高尾信太郎,

渡邊奈津子, 小西豊, 岡本交二, 松本元, 山神和彦, 美馬勇輝, 土井恭二, 木村憲明

賞名：第44回（2018年春季）応用物理学会講演奨励賞

6.

日付：2018年3月

受賞者：鈴木章吾, 松田聖樹, 木村建次郎, 美馬勇輝, 木村憲明

賞名：第65回応用物理学会 注目講演に選出

様式（年次報告書）

平成30年 5月23日

## 平成29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	0千円,	受託研究経費 11,435千円
	奨学寄附金	1,800千円,	共同研究経費 0千円
特許出願件数	0件,	論文発表件数	10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
天能 精一郎	科学技術イノベーション研究科	研究統括
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
森 ゆうこ	科学技術イノベーション研究科	製造プロセス
厨 佑喜	科学技術イノベーション研究科	バイオインフォマティクス解析
Christopher Vavricka	科学技術イノベーション研究科	データ解析
村田 昌浩	科学技術イノベーション研究科	機械学習
望月 正雄	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。

#### ○ 分子・細胞スケール解析：次世代バイオ医薬品製造技術研究プロジェクト

次世代バイオ医薬である抗体医薬の実用化に向けて、Chinese Hamster Ovary (CHO) 細胞を用いたバイオ医薬の大量生産技術の開発に着手した。前年度までに、CHO-K1 細胞培養における時系列のオミクスデータ取得に向けて、糖・アミノ酸・エネルギー代謝を中心に LC-MS/MS 測定ならびに MiSeq を利用した網羅的な遺伝子発現 (RNA-seq) 測定を行った。得られた測定データを利用して、代謝物・遺伝子間の相関解析を行うことで、細胞増殖に関わる代謝物・遺伝子と互いの相関について同定を行った。また、得られた結果を代謝パスウェイ上に視覚化するツールを開発することで、トランスクリプトーム・メタボロームの統合解析システムを構築した。こうした相関解析をもとにしたシステム解析技術の開発により、増殖に関与する指標の同定ならびに遺伝子・代謝物の相関を明らかにした。また、当該解析システムの抗体生産細胞への展開に向けて、すでに医薬品として認定されている3種の抗体医薬品の生産細胞を開発し、抗体生産に資する指標の同定ならびに遺伝子・代謝物の相関を明らかにするための解析をスタートした。こうしたアプローチは分子・細胞のマルチスケール解析を可能にし、新たな作業仮説を産み出していく上で意義あるものと考えられる。

#### ○ 分子・細胞スケール解析：高機能遺伝子デザイン技術研究プロジェクト

物質生産を目的として、生産宿主のマルチスケール設計・構築・測定・(学習)のゲノムデザインサイクル (GDC) の実施を支援するプロトタイプシステムとして、前年度までに GDC プラットフォーム (PF) 開発を行い、GDC 方法論のうち特に代謝設計から (異種) 代謝経路の導入、代謝ゲノムスケールモデルの構築、フラックスバランス解析 (FBA) から代謝経路視覚化・ノックアウトモデル構築に至るプロセスを中心に検討することで、実用的なツール開発まで実施した。検証対象としては、Isobutanol (大腸菌)、Astaxanthin (出芽酵母) 生産をモデルとして設定し、GDC PF 構築と実験検証を並行して行った。GDC PF では、想定される必要ツール群を予め準備しておき、各検証対象に応じてプロジェクト管理者が1プロジェクトとしてツール群を選択・管理することで、1ユーザに対して検証プロトコールとして提供していく仕様とした。

Isobutanol (大腸菌) では、M-path による代謝設計・代謝ゲノムスケールモデルの構築 (SBML 変換) による代謝経路の導入、フラックスバランス解析 (FBA) からノックアウトモデル構築に至るプロセスの実験検証を逐次的に実施することで、GDC PF の妥当性について評価した。その結果、Isobutanol (大腸菌) 生産について新たな最適化経路について提示できたと同時に、目的に近い生産量の株構築を短期間で実現した。一方で、代謝経路導入・ノックアウトの際の遺伝子・制御因子選択による代謝経路最適化並びに、測定データの規格化から学習に向けたプロセス開発についても今後の検討課題として挙げた。

○ 分子・細胞スケール解析：NEDO プロジェクト

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。

具体的には、わが国の独自技術である長鎖 DNA 合成技術を超高速化することで、高度の多様性を有する微生物を短時間で構築する技術を開発するとともに、情報解析に必要な生産性データおよびオーミクスデータを高精度かつ高スループットで取得する分析・評価技術、すなわち「ハイスループット合成・分析・評価技術」を開発する。次に、取得したデータを基に、有用物質の生産性を画的に高め、従来と比較して圧倒的に現実性を高めた代謝モデル、遺伝子発現制御モデル、統合モデル（これらを生産細胞モデルと称する）を構築し、生産細胞モデルを具現化する遺伝子配列を設計するシステム、「遺伝子配列設計システム」を開発する。

本システムは、出芽酵母や大腸菌等の汎用宿主だけでなく、産業用微生物にも適用性を広げ、民間企業が標的とする特定の生産物質で有効性を検証するとともに実用化技術を開発する。さらには、基盤技術を集約したファウンドリー（バイオファウンドリー）を構築し、微生物物質生産における新規産業形態の創出を目指す。

本年度は、代謝設計技術開発の一環として、代謝経路・酵素反応予測並びに代謝モデル構築技術の開発を中心に、NEDO 参画プロジェクト内機関と連携して、予測と検証によるフィードバックを開始した。また、長鎖 DNA 合成技術を超高速化、ハイスループット合成・分析・評価技術、遺伝子配列設計システムの開発に必要とされる要素・基盤技術の開発を実施した。

#### 4. 論文・著書・特許出願リスト

##### [論文]

論文名 : Synthesis of sulfo-sialic acid analogues: potent neuraminidase inhibitors in regards to anomeric functionality

著者名 : Vavricka, C.J., Muto, C., Hasunuma, T., Kimura, Y., Araki, M., Wu, Y., Gao, G.F., Ohrui, H., Izumi, M., Kiyota, H.

掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, 7(1), 8239, 2017

論文名 : Transporter Engineering in Biomass Utilization by Yeast

著者名 : Hara, Y. K., Kobayashi, J., Yamada, R., Sasaki, D., Kuriya, Y., Hirono-Hara, Y., Ishii, J., Araki, M., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology Advances, 35(8), 1049-1059, 2017

論文名 : Explicit correlation factors

著者名 : Johnson, M. C., Hirata, S., Ten-no, S.

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Physics Letters, 683, 247-252, 2017

論文名 : Bridging Single- and Multireference Domains for Electron Correlation: Spin-Extended Coupled Electron Pair Approximation

著者名 : Tsuchimochi, T., Ten-no, S.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Theory and Computation, 13(4), 1667-1681, 2017

論文名 : Multi-state effective Hamiltonian and size-consistency corrections in stochastic configuration interactions

著者名 : Ten-no, S.

掲載誌, 巻, ページ : The Journal of Chemical Physics, 147, 244107, 2017

論文名 : Partially linearized external models to active - space coupled - cluster through connected hextuple excitations

著者名 : Xu, E., Ten-no, S.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Computational Chemistry, 39, 875-880, 2018

論文名 : Xylomexicanins I and J: limonoids with unusual B/C rings from xylocarpus granatum  
著者名 : Wu, Y.B., Wang, Y.Z., Ni, Z.Y., Qing, X., Shi, Q.W., Sauriol, F., Vavricka, C.J., Gu, Y.C., Kiyota, H.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Natural Products, 80(9), 2547-2550, 2017

論文名 : Chemical and pharmacological research of the plants from genus *Ajuga*

著者名 : Qing, X., Yan, H.M., Ni, Z.Y., Vavricka, C.J., Zhang, M.L., Shi, Q.W., Gu, Y.C., Kiyota, H.

掲載誌, 巻, ページ : Heterocyclic Communications, Doi:10.1515/hc-2017-0064, 2017

論文名 : Glycoform of a newly identified pollen allergen, Cha o 3, from *Chamaecyparis obtusa* (Japanese cypress, Hinoki)

著者名 : Osada, T., Maeda, M., Tanabe, C., Furuta, K., Vavricka, C.J., Sasaki, E., Okano, M., Kimura, Y.

掲載誌, 巻, ページ : Carbohydrate Research, 448, 18-23, 2017

論文名 : Evolutionary engineering of salt-resistant *Chlamydomonas* sp. strains reveals salinity stress-activated starch-to-lipid biosynthesis switching

著者名 : Kato, Y., Ho, S.H., Vavricka, C.J., Chang, J.S., Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Bioresource Technology, 245, 1484-1490, 2017

様式（年次報告書）

平成30年 5月28日

## 平成29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	3次元可視化システムを活用した文理融合研究プロジェクト		
研究代表者 部局・専攻・氏名	システム情報学研究科・システム科学専攻・教授		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 奨学寄附金	7,375 千円, 2,000 千円,	受託研究経費 共同研究経費 23,850 千円 0 千円
特許出願件数	1 件,	論文発表件数	11 件, 著書数 2 件

## 2. 構成員とその役割分担

氏名	部局・専攻	役割分担
的場 修	システム情報学研究科・システム科学専攻	高臨場感3次元ディスプレイ・センシング技術の開発
喜多 伸一	人文学研究科	視覚障害者移動支援システムの開発
伊藤 真之	人間発達環境学研究科・人間環境学専攻	仮想現実を用いた宇宙教育
井料 隆雅	工学研究科・市民工学専攻	仮想空間内での交通行動実験への活用
高橋 裕	医学研究科・医学	臨床および基礎医学応用
田浦 俊春	工学研究科・機械工学専攻	「デザイン学」のための思考プロセスの可視化
山田 香織	先端融合研究環	「デザイン学」のための思考プロセスの可視化
榎並 直子	先端融合研究環	画像認識
賀谷 信幸	アドバンスト・マイクロウェブ・アレイズ株式会社	コーディネータ
山下 真知子	大手前大学	立体可視化装置CAVEによる心理評価実験
清末 優子	理化学研究所ライフサイエンス技術基盤研究センター	格子光シート顕微鏡による3Dライブイメージング画像の提供

### 3. 研究成果の概要等について

#### 高臨場感 3次元ディスプレイ・センシング技術の開発（的場）

的場のグループでは、 $\pi$ -CAVE の更なる発展型の 3次元ディスプレイを開発するために、電子ホログラフィー技術に基づく空中像再生型の 3次元ディスプレイの研究を行なっている。特に、2 値位相変調に基づく 3次元再生像の画質向上方法の開発と、高速 2 値位相変調型空間光変調素子を用いて実験システムを構築している。本年は、毎秒 5,000 フレームの 2 値位相変調が可能な高速空間光変調素子を用いて、時間分割による再生画像の拡大実験を実施した。実験結果から 3 倍の再生像を得ることに成功した。また、フルカラー再生に向けて R, G, B の 3 色のレーザー光源を用いて、個々の色に対する再生像を得て、計算機内で色合成することでカラー再生を実施した。光センシング技術に関しては、デジタルホログラフィー技術を用い、生きた細胞の状態をリアルタイムかつ 3次元を一括して記録することのできる、マルチモーダルデジタルホログラフィック顕微鏡の開発を行なっている。今年度は、蛍光の 3次元取得に向けて、共通光路型オフアクシスデジタルホログラフィー法を提案し、マイクロビーズやマウスの神経細胞の蛍光 3次元信号の取得に成功した。

#### 視覚障害者移動支援システムの開発（喜多）

視覚障害者の大部分を占める弱視者は、屋内や屋外を歩行するときに足元の見え方が弱く、路面でつまずき、道路の側溝や下り階段に落ち、事故を起こしがちである。特に鉄道のプラットホームでは死亡事故も多発している。この問題に対し 29 年度は、神戸大学計算科学センターが保有する没入型バーチャルリアリティ・システム  $\pi$ -CAVE を用いて、歩行中の弱視者の足元に光点や図形を提示するシステムを開発し、地面にバーチャル視野計を作ることにより弱視者の足元知覚の精度を計測した。この目的のため、実験に参加する弱視者の歩行中の弱視者の頭部の 3次元位置を計測し、それに対応する足元に光点や図形を提示し、見え方を調べた。視覚障害の症状や重度は多様であり、それゆえ弱視者の視力・視野の障害も多様であることから、計測システムの実用化のためには多様な弱視者への対応が必要である。そのため本研究では、網膜色素変性症、緑内障、網膜剥離など、多様な症状の弱視者に協力していただき、足元知覚の精度を計測した。歩行時の足元知覚を計測する本研究は、これまで眼科の検査室で行われた視力・視野の検査と、日常的な視覚機能を数値的・計量的に対応させ、歩行時の安全性を高めるものであり、計測結果を社会に還元することにより、安全性を高める技術の社会実装につなげることを目的として遂行している。

#### リスク存在下での交通行動を観測するための仮想環境実験手法の構築と評価（井料）

交通事故などのリスク存在下で人の行動を仮想空間で観測する際に、危険感を代替するために「負のインセンティブ」を再現する実験手法の開発と実験装置の構築を行うことを目的とした研究である。本研究は科学研究費補助金事業（挑戦

的萌芽研究)の2年目として実施しており、本年度は、昨年度構築した、歩行者の道路横断挙動を評価する実験システムを用いた実験を行った。具体的には、仮想空間における身体的な現実感の差異を検証するため、横断の有無を変化させた複数のシナリオを用意した実験を行った。

「デザイン学」のための思考プロセスの可視化：創造的思考のための概念空間の仮想的可視化（田浦，山田）

人間が新しいアイデアを創案するなど創造的思考を行う際には、頭の中にある概念をたどりながら思考していると考えられる。創造的思考を支援するため、そのような概念空間を可視化することを試みた。しかしながら、人間の思考を直接的に可視化することは困難であるため、概念辞書 WordNet を用いて概念同士の意味的なつながり（構造）を仮想空間内に可視化した（「仮想的概念空間」）。この仮想的概念空間内で、概念の構造をウォークスルーしながら、「ある3つの概念の中心となる概念を求める」という実験を行い、仮想的概念空間が創造的思考の手助けとなるとの結果を得た。

立体可視化装置 CAVE による心理評価実験（山下）

研究成果として、1.色彩空間がヒトの味覚，嗅覚，空間の広・狭感，時間的体感，記憶に及ぼす影響を探るため，CAVE での色彩空間モデルを開発，2.空間の広・狭感，嗅覚，味覚，時間的体感，記憶の印象評価実験のための実験プログラムの開発，3.空間の広・狭感，嗅覚，味覚，時間的体感，記憶の印象評価に関する前段階実験の実施を行なった。前段階実験を経てプログラム改善後，被験者による4.色彩空間による味覚，嗅覚，広・狭感，時間的体感，記憶の印象評価に関する実験を実施した。各実験項目に於ける6色相（赤・黄赤・黄・緑・青・紫）各色200を超えるデータより得た概ねの結果として，いずれの実験においても，色彩空間がヒトに何らかの影響を及ぼし，空間色の異なりと影響の度合いが異なる。結果の一部だが，空間の色彩が及ぼす味覚・嗅覚に関して，赤空間では味覚の甘味，苦味及び嗅覚の良臭，悪臭とも強調され，反対に赤の補色である緑空間では嗅覚の良臭，悪臭とも抑制され，味覚では甘味の抑制，苦味の強調が見られるなど新しい知見を得ている。

格子光シート顕微鏡による3Dライブイメージング画像の提供（賀谷，清末）

細胞の高速高解像三次元画像化を革新した格子光シート顕微鏡によって得られた細胞の3D映像を、 $\pi$ -CAVE やホールで立体視プレゼンテーションする試みを行っている。これまでに、高分解能情報を含む大容量データの上映のための処理速度や、プレゼンテーション用画像を作成するツールやノウハウの不足が判明しており、引き続き対応を検討した。

#### 4. 論文・著書・特許出願リスト

##### [論文]

論文名 : Image recovery from defocused 2D fluorescent images in multimodal digital holographic microscopy

著者名 : X. Quan, O. Matoba, and Y. Awatsuji

掲載誌, 巻, ページ : Optics Letters, Vol. 42, No. 9, PP. 1796-1799, 2017 年

論文名 : Multimodal imaging based on digital holography

著者名 : O. Matoba, X. Quan, P. Xia, Y. Awatsuji, and T. Nomura

掲載誌, 巻, ページ : Proceedings of the IEEE, Vol. 105, Issue 5, PP. 906-923, 2017 年

論文名 : Evaluation and design of a large-scale cloaking device by Hamiltonian-based ray-tracing method. Part I: full-mesh representation

著者名 : T. Tanaka and O. Matoba

掲載誌, 巻, ページ : Journal of the Optical Society of America B, Vol. 34, No. 5, PP. 1041-1051, 2017 年

論文名 : Evaluation and design of a large-scale cloaking device by Hamiltonian-based ray-tracing method. Part II: design of the distribution of constitutive parameters

著者名 : T. Tanaka and O. Matoba

掲載誌, 巻, ページ : Journal of the Optical Society of America B, Vol. 34, No. 5, PP. 1052-1059, 2017 年

論文名 : Three-dimensional imaging of distribution of refractive index by parallel phase-shifting digital holography using Abel inversion

著者名 : T. Fukuda, Y. Wang, P. Xia, Y. Awatsuji, T. Kakue, K. Nishio, and O. Matoba

掲載誌, 巻, ページ : Opt. Express, Vol. 25, PP.18066-18071, 2017 年

論文名 : Optical voice encryption based on digital holography

著者名 : S. K. Rajput and O. Matoba

掲載誌, 巻, ページ : Optics Letters, Vol. 42, No. 22, PP. 4619-4622, 2017 年

論文名 : Digital holography and its multidimensional imaging applications: a review

著者名 : T. Tahara, X. Quan, R. Otani, Y. Takaki, O. Matoba

掲載誌, 巻, ページ : Microscopy, Vol. 67, No. 2, PP. 55-67, 2018 年

論文名 : Haptic search in divided areas: optimizing the number of divisions

著者名 : Kaga, H., Kawaguchi, C., Mishina, M., Kita, S., & Watanabe, T.

掲載誌, 巻, ページ : Japanese Psychological Research, 59(2), 144-151. 2017. DOI:

10.1111/jpr.12151

論文名 : Creative Design Thinking By Walking Through Virtual Concept Space

著者名 : Kaori Yamada, Katsuhiko Kishimoto, Toshiharu Taura

掲載誌, 巻, ページ : Proceedings of 5th International Conference on Design Creativity,  
2018.

論文名 : Creativity in Innovation Design: the roles of intuition, synthesis,  
and hypothesis

著者名 : Toshiharu Taura and Yukari Nagai

掲載誌, 巻, ページ : International Journal of Design Creativity and Innovation,  
Vol.5, Issues3-4, pp.131-148, 2017 年

論文名 : 空間の色彩がヒトの味覚、嗅覚に及ぼす影響に関する研究－立体可視化装置  
CAVE での空間心理評価実験の試み－

著者名 : 山下 真知子

掲載誌, 巻, ページ : 日本色彩学会誌, 第 41 巻, 第 6 号, 25-28, 2017 年

[著書]

著 書 : 田浦 俊春 (単著)

著者名 : 質的イノベーション時代の思考力 : 科学技術と社会をつなぐデザインとは  
発行所, 発行年 : 勁草書房, 2018 年

著 書 : 色の魔法で子どもがかわる みんなのトイレペイントガイド

著者名 : 山下真知子

発行所, 発行年 : 新風書房, 2017 年

[特許]

発明等の名称 : デジタルホログラフィック顕微鏡

出願者 : 国立大学法人神戸大学

発明者 : 的場修, 全香玉

出願日 : 2017 年 10 月 11 日

出願番号 : PCT/JP2017/36894

様式（年次報告書）

平成30年5月9日

## 平成29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	計算科学・計算機工学研究プロジェクト		
研究代表者 部局・専攻・氏名	システム情報学研究科・計算科学専攻・田中成典		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 16,200 千円, 奨学寄附金	受託研究経費 千円	共同研究経費 4,000 千円
特許出願件数	件,	論文発表件数 11 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
田中成典	システム情報学研究科・計算科学専攻	全体のとりまとめ、計算生物学
臼井英之	システム情報学研究科・計算科学専攻	計算宇宙科学
坪倉誠	システム情報学研究科・計算科学専攻	計算流体力学

### 3. 研究成果の概要等について

#### 「宇宙機推進用イオンビームの電磁環境に関する格子多階層型粒子シミュレーション」(臼井グループ)

本研究は、格子細分化粒子シミュレーションコード PARMER を用いた大規模粒子シミュレーションにより、宇宙機推進用イオンビームの電磁環境について、その電流と磁場擾乱の関係およびイオンビームの電子による電荷中和過程を解析したものである。特に、イオンビーム領域ではデバイ長が小さいため、その領域のみ時間空間共に格子を細分化した。図 1 に 3 次元のシミュレーション空間を示す。中央のイオンビーム領域では時間格子及び空間格子をその外部領域に対して半分と設定した。また、イオン放出口を固定して、電子放出口について 2 つの場合を考えた。

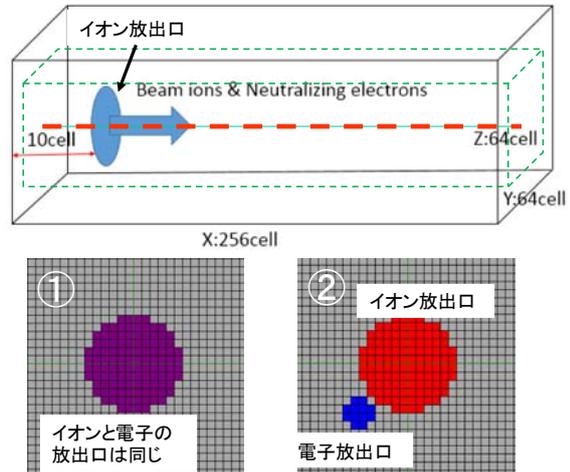


図 1: シミュレーションモデル

Case(1)の場合の放出イオンと電子の密度図を図 2 に示す。質量が大きいイオンはほぼ直線的に進み、電子もイオンの静電力によりほぼイオンと同じ密度分布を示す。熱速度放出の電子は半径方向にやや拡散する。図 3 に電流密度分布とそれに伴って発生する磁場のベクトルを示す。どちらのケースにおいても、ビーム内部は赤で示されたイオンビーム電流が主であり、ビーム境界の外側には、半径方向に拡散した電子がイオンに引きつけ

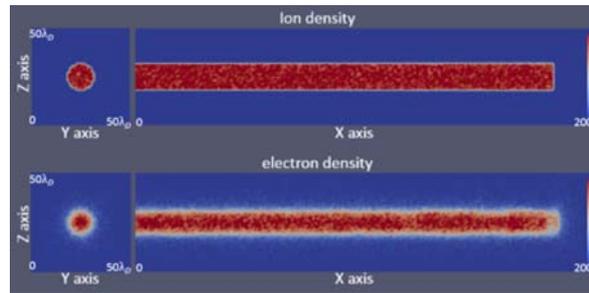


図 2: イオン (上) と電子 (下) のビーム方向の密度断面図

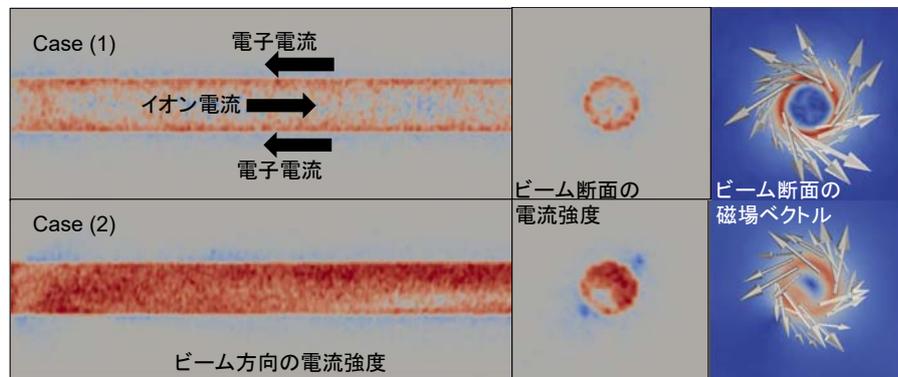


図 3: ビーム方向の電流密度 (左)、ビーム断面での電流密度 (中)、磁場ベクトル (右)

られて同じ方向に進むために、薄い青色で示された電子電流が存在する。ビーム境界イオン電流と電子電流により、図の右に示すように強い磁場がビーム境界で見られる。Case(2)

では、放出口から出された電子がイオンビーム面の斜め方向からビーム領域に加速されながら入るため、中央下の図にあるように、ビーム境界のすぐ外において電子電流が大きくなる。このため、右下の図にあるように、その領域での磁場も強くなる。そのため、Case(1)ではほぼ環状の磁場ベクトルも、Case(2)では斜め方向に歪められた磁場ベクトル分布となる。Case(2)では、放出口からの電子がイオンビーム内を半径方向に振動しながらビーム方向に進むため、磁場構造もビーム方向に変化する。このようにイオンビーム電荷中和過程における磁場変動が確認された。磁場強度、周波数を特定することが今後の課題である。

### 「計算生命科学シミュレーション」(田中グループ)

昨年度より引き続き、「FMO 創薬コンソーシアム」の主要メンバーとして、産官学連携で、京などの HPCI インフラを活用し、フラグメント分子軌道 (FMO) 法による創薬シミュレーションを行い、インシリコ創薬の研究開発と基盤技術プラットフォームの構築を進めた。例として、Pim1 阻害剤の activity cliff の溶媒効果を考慮したフラグメント分子軌道法を用いて解析した (理化学研究所との共同研究)。

また、ガンに関係する Ras タンパク質の構造変化の分子動力学シミュレーションと周辺の水の水素結合ネットワークに付随した情報エントロピーの動的変化の解析を行った (図 4 参照; 神戸大学医学研究科との共同研究)。タンパク質-リガンド分子系のドッキングシミュレーションに関し、共溶質を添加してアンサンブルドッキングの効率を向上させる新たな手法開発を行った。さらに、放射線リスクを定量化するために、細胞生存率と DNA 二重鎖切断率を関係づける新たな指標を提案した。

上記以外にも、原始地球における生命の起源物質生成の機構を探るために、隕石衝突による衝撃波誘起のアンモニアならびに炭化水素生成の第一原理シミュレーションを行い、様々な反応メカニズム・反応経路について議論した (熊本大学、南カリフォルニア大学との共同研究)。また、非平衡線形 Onsager-Machlup 緩和過程のダイナミクスを情報幾何学的な観点から温度・時間空間の曲率を用いて特徴付けた。さらに、スピン分極した有限温度電子液体の相関関数ならびに熱力学関数の正確な評価を Singwi-Tosi-Land-Sjolander 近似に基づき行った。

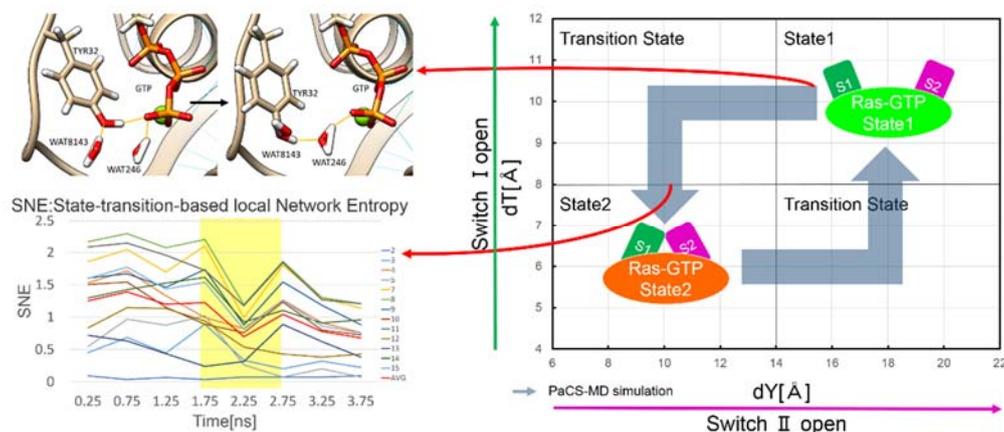


図 4: Ras/GTP 系のスイッチ開閉の MD シミュレーションと状態遷移に伴う周囲の水の水素結合ネットワークに付随した情報エントロピーの動的変化の様子。

#### 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 : Numerical simulations of a sounding rocket in ionospheric plasma: effects of magnetic field on the wake formation and rocket potential

著者名 : D. Darian, S. Marholm, J. J. P. Paulsson, Y. Miyake, H. Usui, M. Mortensen and W. J. Miloch

掲載誌, J. Geophys. Res.- space physics, 2017. DOI: 10.1002/2017JA024284

論文名 : Application of Block-structured Adaptive Mesh Refinement to Particle Simulation

著者名 : H. Usui, S. Kito, M. Nunami, M. Matsumoto

掲載誌, Procedia Computer Science, Volume 108, 2017, Pages 2527-2536, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.255>

論文名 : Dependence of Generation of Whistler-Mode Chorus Emissions on the Temperature Anisotropy and Density of Energetic Electrons in the Earth's Inner Magnetosphere

著者名 : Yuto Kato, Yoshiharu Omura, Yohei Miyake, Hideyuki Usui, and Hiroshi Nakashima

掲載誌, J. Geophysical Research: Space Physics, Vol. 123, No. 2, pp. 1165-1177, February 2018 <https://doi.org/10.1002/2017JA024801>

論文名 : Newly Characterized Interaction Stabilizes DNA Structure: Oligoethylene Glycols Stabilize G-quadruplexes via CH- $\pi$  Interactions

著者名 : H. Tateishi-Karimata, T. Ohyama, T. Muraoka, P. Podbevsek, A.M. Wawro, S.

Tanaka, S. Nakano, K. Kinbara, J. Plavec, N. Sugimoto

掲載誌, 巻, ページ : *Nuc. Acids Res.* 45 (2017) pp. 7021-7030

論文名 : An Effective Microscopic Index Associated with Cell Survival and DNA Lesions for Estimating Radiation Risk

著者名 : K. Yoshinari, S. Tanaka, K. Ebina

掲載誌, 巻, ページ : *J. Environ. Health Sci.* 3 (1) (2017) pp. 1- 5

論文名 : Improved Equation of State for Finite-Temperature Spin-Polarized Electron Liquids on the Basis of Singwi-Tosi-Land-Sjolander Approximation

著者名 : S. Tanaka

掲載誌, 巻, ページ : *Contrib. Plasma Phys.* 57 (2017) pp. 126-136

論文名 : Cosolvent-Based Molecular Dynamics for Ensemble Docking: Practical Method for Generating Druggable Protein Conformations

著者名 : S. Uehara, S. Tanaka

掲載誌, 巻, ページ : *J. Chem. Inf. Model.* 57 (2017) pp. 742-756

論文名 : Meteorite Impacts on Ancient Oceans Opened Up Multiple NH<sub>3</sub> Production Pathways

著者名 : K. Shimamura, F. Shimojo, A. Nakano, S. Tanaka

掲載誌, 巻, ページ : *Phys. Chem. Chem. Phys.* 19 (2017) pp. 11655-11667

論文名 : Structural Transition of Solvated H-Ras/GTP Revealed by Molecular Dynamics Simulation and Local Network Entropy

著者名 : S. Matsunaga, Y. Hano, Y. Saito, K.J. Fujimoto, T. Kumasaka, S. Matsumoto, T. Kataoka, F. Shima, S. Tanaka

掲載誌, 巻, ページ : *J. Mol. Graph. Model.* 77 (2017) pp. 51-63

論文名 : Information Geometrical Characterization of the Onsager-Machlup Process

著者名 : S. Tanaka

掲載誌, 巻, ページ : *Chem. Phys. Lett.* 689 (2017) pp. 152-155

論文名 : Theoretical Analysis of Activity Cliffs among Benzofuranone Class Pim1 Inhibitors Using the Fragment Molecular Orbital Method with Molecular Mechanics Poisson-Boltzmann Surface Area (FMO+MM-PBSA) Approach

著者名 : C. Watanabe, H. Watanabe, K. Fukuzawa, L. Parker, Y. Okiyama, H. Yuki, Yokoyama, H. Nakano, S. Tanaka, T. Honma

掲載誌, 巻, ページ : *J. Chem. Inf. Model.* 57 (2017) pp. 2996-3010

様式（年次報告書）

平成30年 5月11日

## 平成29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プロジェクト		
研究代表者 部局・専攻・氏名	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 22,750千円, 奨学寄附金	受託研究経費 千円 共同研究経費 千円	
特許出願件数	0件,	論文発表件数	4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
大森敏明	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	システム情報学研究科・計算科学専攻・教授	研究分担者
和氣 弘明	医学研究科・医科学専攻・教授	研究参画者
森田 光洋	理学研究科・生物学専攻・准教授	研究参画者
橘 吉寿	医学研究科・医科学専攻・講師	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、スーパーコンピュータ  $\pi$ -computer を利用して、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  $\pi$ -computer 上に構築し、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、平成29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・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。

#### 【研究成果の概要】

##### 1. スーパーコンピュータ $\pi$ -computer における神経回路網シミュレーション環境

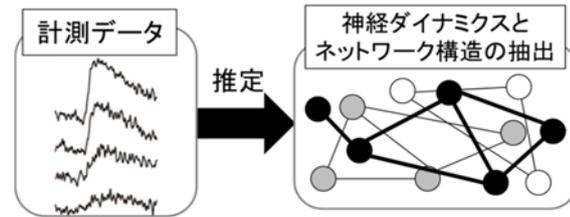
###### NEURON の構築と神経回路網シミュレーションによる脳型情報処理の理論研究

昨年度に引き続き、米国・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、 $\pi$ -computer に神経回路網シミュレーション環境 NEURON の構築を進めた。NEURON 環境は、脳神経システムに関する実験と理論の融合的研究を行う上で重要視されているが、従来の枠組みは一般的なパーソナルコンピュータでの使用を前提としており、スーパーコンピュータでの環境構築には、NEURON 自体の改変を含む調整が必要となる。本年度は、特に、NEURON において、ギャップジャンクション型の結合を有するネットワークのシミュレーションを行うことで、電気シナプスによって形成されるネットワーク構造が、情報統合様式に与える影響を理論的に研究した。この成果は国内外の学会で公表するとともに、京都大学数理解析研究所より依頼講演を受けた。

##### 2. データ駆動型アプローチに基づく時空間ダイナミクスの推定アルゴリズムの構築と他分野への応用

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。しかしながら、計測データに基づいて、神経回路ネットワークの数理モデルを構築するための方法論は確立していない。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、神経システムのダイナミクスを支配する電気特性の空間分布や神経細胞間の結合パターンは、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。

このような背景のもと、本年度は、NEURON 環境で実装される神経ネットワーク構造を、実験データから推定するための機械学習アルゴリズムの構築を行った。ベイズ統計学の枠組みと NEURON 環境を融合することにより、



図：神経ネットワークダイナミクスの抽出

計測データから神経ネットワークの時空間非線形ダイナミクスを定めるシナプスコンダクタンスを推定する方法を構築した。ベイズ統計の枠組みに基づいて構築したアルゴリズムを用いた推定により、神経ネットワークにおける時空間応答の精緻な推定を行うとともに、その背後にあるシナプスコンダクタンス（神経ネットワークの構造）も精緻に推定可能であることを示した。本研究に関連して、2017年5月に行われた国内学会（システム制御情報学会研究発表講演会）にて、当該研究に関する特別セッションを提案し、受理された。加えて、本研究の成果は関連研究者の注目を受け、国内研究会で依頼講演を受けるとともに、本手法を拡張した方法について、国内学会より発表賞を受賞した。

さらに、本研究で構築したアルゴリズムを地球惑星科学分野へ応用する研究を行った。前年度に行った時間方向のみの推定アルゴリズム研究を発展させ、地球惑星科学分野で重要とされる固相と液相が混在する不均質反応において、特に、時空間ダイナミクスの推定アルゴリズムの構築を行った。他機関[海洋研究開発機構(JAMSTEC)、東北大学、東京大学、物質・材料研究機構(NIMS)]の研究者と共同で、上述の神経の時空間システムへ方法を応用することにより、観測可能な液相の中間物の時空間データからその背後にある固相の反応物や生成物の時空間応答を推定するとともに、非線形ダイナミクスを支配する拡散定数と反応定数をも同時に推定することが可能な統計的アルゴリズムを構築した。得られた結果は、アメリカ地球物理連合(American Geophysical Union; AGU)との合同国際学会で公表するとともに、依頼講演を受けた。

なお、NEURON 環境に適合した数理モデルや不均質反応ダイナミクスの時空間モデルを計測データから推定する上で重要な、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8回の集中講義を行った。

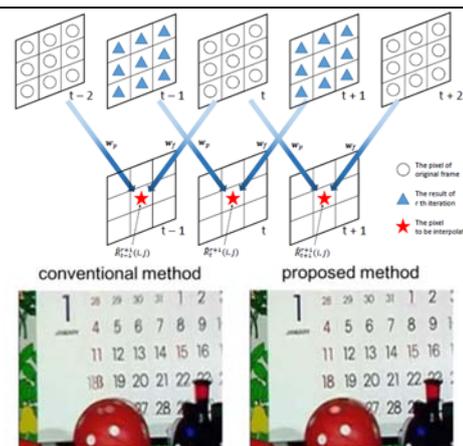
### 3. 神経イメージングと数理モデリングの融合による情報抽出技術の研究開発

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ダイナミクスを抽出する技術は確立していない。イメージング計測において、神経応答と実際の観測量との間の関係は非線形であることに注目し、カルシウムイメージング計測の観測モデルを考慮したデータ解析アルゴリズムを構成する研究を行い、その有効性を検証した。

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、機械学習技術を用いた動画像からの超解像技術の研究を行った。フレームレートが低いイメージングデータからより高フレームレートのイメージングデータを推定するための時間超解像技術の開発を行った。時空間自己回帰モデルを導入するアルゴリズムを構成することにより、

低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推定できることを示した。これらのイメージングと数理モデリングを融合した研究について、知能システムに関する国際会議より、最優秀論文賞を受賞した。

さらに、イメージング技術と数理モデリング解析技術を融合する研究を推進するために、後述するイメージング数理モデリング研究会を開催し、活発な討論を行った。



図：時空間自己回帰モデルによる時間超解像

以上の3つのテーマの通り、本プロジェクトの2年度目として、平成29年度は、神経回路網に関する医学・工学・情報学の融合研究を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、神経ネットワークにおける時空間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時空間ダイナミクス抽出への応用研究も行った。

なお、上記の研究の一部は、文部科学省 科学研究費補助金・新学術領域研究「スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の創成」、科学研究費助成事業・国際共同研究加速基金(国際共同研究強化)、科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業CRESTの支援のもとで、行われた。

■学会における特別セッションの開催

セッション名：「スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の展開」

オーガナイザー：大森敏明（神戸大学）

学会名：第61回システム制御情報学会研究発表講演会，開催日：2017年5月24日

1. スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の展開（東京大学，物質・材料研究機構・福島孝治）
2. 物理モデリングとスパースモデリングの融合による脳神経ダイナミクスの抽出（神戸大学・大森敏明）
3. 地球システムの理解に向けた情報計測融合（海洋研究開発機構・桑谷立）
4. シミュレーション／データ両駆動型データ同化法の創出へ（東京大学地震研究所・長尾大道）
5. 動的スパースモデリングと最適制御（北九州市立大学・永原正章）

■イメージング数理研究会の開催

開催日・場所：2017年7月26日，神戸大学自然科学総合研究棟3号館

概要：本研究プロジェクトを構成する工学研究科，システム情報学研究科，医学研究科，理学研究科の教員，学生が参加する研究会を開催し，プロジェクト外の講師2名（産業技術総合研究所，本学医学研究科）を含む6件の講演において，神経科学に関するイメージング技術，数理解析技術の融合研究に関する討論を行った。学生を含む若手研究者にも口頭発表の機会を設けることで，神経科学や脳型人工知能を切り口に，学際的な視野を備えた人材を育む場を設けた。

#### 4. 論文・著書・特許出願リスト

##### [論文]

論文名 : Belief Propagation for Probabilistic Slow Feature Analysis

著者名 : Toshiaki Omori, Tomoki Sekiguchi, Masato Okada

掲載誌 : Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 86, pp. 084802-1-6 (2017).

論文名 : Sparse Super-Resolution Method Using Accelerated Cross-Validation

著者名 : Takenori Nakaya, Toshiaki Omori

掲載誌 : ACM International Conference Proceeding Series [2nd International Conference on Intelligent Systems, Metaheuristics & Swarm Intelligence], pp. 1-6 (2018)

論文名 : Frame Rate Upconversion Using Sparse Spatio-Temporal Auto Regressive Model

著者名 : Yusuke Tanaka, Toshiaki Omori

掲載誌 : Proceedings of 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, pp. 107-114 (2017)

【当該国際会議にて、最優秀論文賞を受賞】

論文名 : t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding Spectral Clustering

著者名 : Nicoleta Rogovschi, Jun Kitazono, Nistor Grozavu,  
Toshiaki Omori, Seiichi Ozawa

掲載誌 : Proceedings of 2017 International Joint Conference on Neural Networks , pp. 1628-1632 (2017)

##### [参考 : 国際学会における発表]

- [1] “Extracting Neuronal Nonlinear Dynamics Based on Sparse Modeling”  
Shinya Otsuka, Toshiaki Omori  
International Meeting on “High-Dimensional Data-Driven Science” (2017)
- [2] “Bayesian Inversion Analysis of Nonlinear Spatiotemporal Dynamics of Heterogeneous Reactions in Rock-Water Interaction”  
Ryota Morimoto, Tatsu Kuwatani, Atsushi Okamoto, Koji Hukushima,  
Toshiaki Omori  
International Meeting on “High-Dimensional Data-Driven Science” (2017)
- [3] “Bayesian Inversion Analysis of Nonlinear Spatiotemporal Dynamics of Heterogeneous Reactions in Rock-Water Interactions”  
Toshiaki Omori, Ryota Morimoto, Tatsu Kuwatani, Atsushi Okamoto, Koji Hukushima  
JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (2017)
- [4] “Optimization of Non-ideal Parameters of Amphibole Solid Solution Using Exchange Monte Carlo Method”,

Atsushi Okamoto, Tatsu Kuwatani, Kenta Ueki, Toshiaki Omori, Koji Hukushima

JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (2017)

- [5] “Localization of Innexins in the Antennae of the Japanese Carpenter Ant, *Camponotus Japonicus* and Its Putative Involvement in the Chemosensory Mechanism for Nestmate-nonnestmate Discrimination”

Tatsuya Uebi, Yusuke Takeichi, Kouji Yasuyama, Naoyuki Miyazaki, Kazuyoshi Murata, Satoshi Kurihara, Eichi Takaya, Hideo Kubo, Toshiaki Omori, Mamiko Ozaki

51th Annual Meeting of the Japanese Association for the Study of Taste and Smell (2017)

- [6] “Localization of Innexin in the Antennae of the Japanese Carpenter Ant, *Camponotus Japonicus*, and Its Involvement in the Specific Functions of Dendritic Network for the Chemosensory System of Nestmate-nonnestmate Discrimination”

Tatsuya Uebi, Yusuke Takeichi, Kouji Yasuyama, Naoyuki Miyazaki, Kazuyoshi Murata, Satoshi Kurihara, Eichi Takaya, Hideo Kubo, Toshiaki Omori, Mamiko Ozaki

The 16th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception (2017)

- [7] “t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding Spectral Clustering”

Nicoleta Rogovschi, Jun Kitazono, Nistor Grozavu, Toshiaki Omori, Seiichi Ozawa

International Joint Conference on Neural Networks (2017)

- [8] “Frame Rate Upconversion Using Sparse Spatio-Temporal Auto Regressive Model”

Yusuke Tanaka, Daiki Kishimoto, Toshiaki Omori

18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (2017)

- [9] “Sparse Super-Resolution Method Using Accelerated Cross-Validation”

Takenori Nakaya, Toshiaki Omori

2nd International Conference on Intelligent Systems, Metaheuristics & Swarm Intelligence (2018)

様式（年次報告書）

平成 30 年 5 月 11 日

## 平成 29 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	計算科学研究機構（AICS）共同研究		
研究代表者 部局・専攻・氏名	システム情報学研究科・計算科学専攻・横川三津夫		
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金	1,976 千円,	受託研究経費 0 千円
	奨学寄附金	500 千円,	共同研究経費 0 千円
特許出願件数	0 件,	論文発表件数	0 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
横川 三津夫	システム情報学研究科・ 計算科学専攻	研究プロジェクト全体の統括と 高性能アルゴリズムの提案
宇野 篤也	理化学研究所計算科学研究機構・ 運用技術部門システム運用技術チーム	計算結果の可視化データの生成
石原 卓	名古屋大学大学院工学研究科・流 体工学	DNS データの解析
金田 行雄	愛知工業大学基礎教育センター・計 算流体力学	DNS データ解析に関する統括
今村 俊幸	理化学研究所計算科学研究機構・ 大規模並列数値計算技術研究チー ム	3 次元 FFT の並列解法の開発
廣田 悠輔	理化学研究所計算科学研究機構・ 大規模並列数値計算技術研究チー ム	3 次元 FFT の並列解法の開発
青木聖陽	システム情報学研究科博士課程前 期課程	3 次元 FFT の並列解法の開発

### 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。

#### (1) 大規模乱流直接シミュレーションコードの高性能化及びその評価

本研究の目的は，境界壁を持たない乱流の中で周期境界条件を満たす最も規範的な非圧縮性乱流（カノニカル乱流）の振る舞いをシミュレーションすることである．このため，周期境界条件を課した3次元立方体領域においてナビエ・ストークス方程式を解く2軸方向の領域分割による並列化直接数値シミュレーション（DNS）コードの定式化，2軸並列のDNSプログラムを開発したものをを用いた高解像度乱流DNSを進展させた．

世界最大規模（格子点数12288<sup>3</sup>）のDNSを継続実施し，信頼性の高い乱流データベースを構築した．得られたデータを解析し，エネルギースペクトルや二次の構造関数に見られたべき則がこれまでの理論が想定している（ $Re$ が十分大きい極限での）慣性小領域のものではなく，粘性の影響を受けたものであることを発見した．これは従来の乱流間欠性モデルの見直しの必要性を示すものである．また，スペクトル法に代わる手法として，Compactスキーム及び時間方向の積分手法についての検討を開始した．

また，メニーコア・システム上でのコード実行を目指して，3次元FFTに対する1軸分割（Slub），2軸分割（Pencil）に加え，3軸分割（Cube）の空間分割による並列化手法について，通信コストのモデルの観点から，最適な分割方法に関する評価を京コンピュータおよびOakforest-PACS上で実施した．その結果，2軸分割が比較的少ないコストの可能性を示唆したが，2次元Alltoall方式の3軸分割も高い性能を出す可能性が残されていることが分かった．そして，2軸分割と2種類の通信方法の3軸分割の3次元FFTを，1次元FFTにFFTEのC言語移植版FFTE-Cを用いて実装し，京コンピュータとOakforest-PACSを用いてその性能を測定した．また，Oakforest-PACS上でMPI Alltoall関数の実行時間を測定し，Oakforest-PACSの通信モデルの推定を行った．結果として，ノード数が32までの場合では理想的なpairwise通信モデルがもっとも近い通信モデルであることが分かった．

#### 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）

##### 【参考】

- (1) T. Ishihara, Y. Kaneda, K. Morishita, M. Yokokawa, and A. Uno, Second-order structure function in high-resolution DNSs of turbulence – Where is the inertial subrange?, 70th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics, 62 (14), November 19-21, Denver (2017)
- (2) M. Yokokawa, K. Morishita, T. Ishihara, A. Uno, and Y. Kaneda, Performance of DNS of Canonical Turbulence and Some Simulation Results on the K Computer, Russian Supercomputing Days, September 25-16, 2017, Moscow, Russia (2017)
- (3) 青木聖陽, 廣田悠輔, 今村俊幸, 横川三津夫, FFT カーネルを用いた KNL でのスケールビリティに関する調査, Vol.2017-HPC-161, No.16, pp.1-7 (2017)
- (4) 青木聖陽, 今村俊幸, 横川三津夫, 廣田悠輔, メニーコアプロセッサにおける多軸分割を用いた 3 次元 FFT の性能評価, Vol.2018-HPC-163, No.29, pp.1-7 (2018)