

神戸大学先端融合研究環

研究プロジェクト最終報告書

神戸大学先端融合研究環

## 先端融合研究環研究プロジェクト最終報告書目次

### 【自然科学・生命医学系融合研究領域】

自生20	感染症国際共同研究拠点	森 康子	...	1
自生21	革新的予防・診断・治療法開発に向けたシグナル伝達医学研究	内匠 透	...	11
自生22	医療デバイス実装医工学研究	福本 巧	...	18
自生23	文理融合による「こころの生涯健康学」研究の創成	古屋敷 智之	...	25
自生24	アジア諸国におけるシームレス・ヘルスケアシステムの共創 ーライフイノベーションをもたらす未来型保健学システムの提案ー	種村 留美	...	32
開拓01	サステイナブル低炭素化システム創生研究	内山 雄介	...	47
開拓02	階層縦断的アプローチによる革新的光エネルギー変換系の開拓	立川 貴士	...	57
開拓03	宇宙暗黒物質研究	身内 賢太郎	...	61
開拓04	高次生命現象におけるゲノムファンクション	深城 英弘	...	68
開拓05	メガシティにおける河川の生物多様性が生み出す生態系サービスの評価	丑丸 敦史	...	76
開拓06	デジタルスマートものづくり	坪倉 誠	...	82
開拓07	低環境負荷ナノ粒子のバイオニクス・フォトニクス・エレクトロニクス展開	藤井 稔	...	92
開拓08	海洋再生可能エネルギーによる発電・水素製造システムの研究開発	大澤 輝夫	...	102
開拓09	神戸大学発次世代農資源生産システムの創造	本田 和久	...	109

## 【人文・社会科学系融合研究領域】

人社02	持続可能な交通(Sustainable Transport)実現に関する研究	三古 展弘	...	118
人社03	歴史資料・企業資料のデータベース化、及び画像・テキストデータに基づく歴史・実証・文理融合研究	上東 貴志	...	127
人社04	現代中国研究拠点	梶谷 懐	...	140
人社05	メタ科学技術研究プロジェクト:方法・倫理・政策の総合的研究	松田 毅	...	147
人社06	人文情報の文理融合研究と地域学創出	奥村 弘	...	154
人社07	移住・多文化・福祉政策に関する国際的研究拠点の形成	坂井 一成	...	163
人社08	市場経済の持続的成長可能性に関する研究	羽森 茂之	...	168
人社09	貧困削減のための持続可能なコミュニティ開発 豚のマイクロ・クレジット	島村 靖治	...	174

## 【統合研究領域】

統合01	統合バイオリファイナリー研究	近藤 昭彦	...	183
統合02	先端膜工学研究	松山 秀人	...	193
統合05	惑星科学国際教育研究	牧野 淳一郎	...	204
統合06	次世代サブサーフェスイメージングシステム研究	木村 建次郎	...	210
統合07	マルチスケール計算生物学	近藤 昭彦	...	223
統合11	神経回路網シミュレーションモデル研究	大森 敏明	...	228

自然科学・生命医学系融合研究領域



# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：感染症国際共同研究拠点

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：医学研究科附属感染症センター・森 康子

## 2. 研究目的

### プロジェクト開始時の目的、意義等

感染症がグローバル社会に対する脅威となっている現在において、本学が海外研究拠点（アイルランガ大学熱帯病研究所）を展開しているインドネシアを拠点として、アジア各地で蔓延している感染症に対する疫学研究および診断法および制御法などの開発に向けた基盤研究を推進し、さらに高度専門人材の育成を図る。

インフルエンザ：インドネシアにおける高病原性鳥インフルエンザウイルスの流行動態を解明する。

デング熱およびHIV感染症：デング熱およびHIV感染症の疫学調査と診断：インドネシアは東南アジア最大のデング蔓延国であり、バリなど観光地から日本への輸入感染例も多い。また、近年、インドネシアでは急激なHIV感染拡大が起こっている。そこで、インドネシア全土を対象としてデングウイルスとHIVの分子疫学調査を行う。また、デングウイルスに対する治療薬は未だ承認されていないため、新しい抗ウイルス薬や迅速診断法の開発研究を行う。

薬剤耐性菌とコレラの疫学調査と遺伝子解析：世界的な拡散が大きな問題となっているカルバペネム耐性腸内細菌（CRE：Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*）と、途上国では未だに犠牲者の多いコレラについて、その分布状況を調査し、菌株の遺伝子解析を実施する。これらの分子疫学データを基に国際的な感染制御対策を立案する。また得られた遺伝子情報をデータベース化し、新たな診断・治療薬の開発に活用する。

ウイルス性下痢症：ノロウイルスは、毎年、全世界で大規模な流行があり、ロタウイルスは小児重症下痢症の主要原因である。本研究ではインドネシアのノロウイルス、ロタウイルス株の塩基配列を分子疫学解析し、ウイルス伝播経路と流行の仕組みを解明する。また、我が国へのワクチン抵抗性ロタウイルス株の侵入を阻止するための監視体制に役立てる。

## 3. 研究成果の概要

(1)インドネシアにおけるヒト免疫不全ウイルス(HIV)の分子疫学調査：インドネシアにおけるHIV流行は現在も拡大傾向にある。特にHIV 1型(HIV-1)が流行を引き起こしている。アイルランガ大学のHIV-1研究グループとのJ-GRID共同研究課題として、2019年度にインドネシアの南カリマンタン州で試料収集を行った。現地の医療機関の協力を得て60検体のHIV患者血を収集した。また、インドネシア軍ヘルスセンターの協力を得て、東ジャワ州スラバヤから14検体、カリマンタン州から16検体および東ヌサ・トゥンガラ州ティモール島から2検体のHIV患者血を収集した。これまでに収集した血液試料よ

りウイルス遺伝子を増幅して解析した。その結果、CRF01\_AE が主な流行株であることと共に、CRF02\_AG の侵入が複数地域で確認された。また、2020 年度にインドネシアのスマトラ島東北部の都市メダン、西カリマンタン州の州都ポンティアナック及び首都ジャカルタで試料収集した HIV 患者血よりウイルス遺伝子を PCR 増幅して分子系統解析を行った。また、インドネシア軍の医療機関との共同研究で上記の都市を含めインドネシア全土から試料収集を再度行って、HIV-1 遺伝子の分子系統解析を実施した。その結果、CRF01\_AE が主な流行株であることと共に、前年度と同様にアフリカ諸国に流行するとされる CRF02\_AG の侵入が複数地域で確認された。また、薬剤治療患者血に由来する HIV-1 遺伝子の一部から薬剤耐性変異を検出した。更に 2020 年度までインドネシア各地で収集したサブタイプ B ウイルス遺伝子の分子系統解析を行い、インドネシアに流行するサブタイプ B はインドネシア系統群、中国系統群および米国系統群に分類され、1980 年代中盤から後半にインドネシアに侵入したことを明らかにした。また、薬剤治療患者血に由来する HIV-1 遺伝子の一部から薬剤耐性変異を検出した。

## (2) インドネシアにおけるデングウイルスの分子疫学調査

インドネシアは東南アジア最大のデング流行国であり、日本にもバリなどから毎年多数の輸入感染例が報告されている。アイルランガ大学の研究グループとの J-GRID 共同研究課題として、2019 年度に中部ジャワ州スマランから 115 検体、東ジャワ州パスルワンから 50 検体および東ジャワ州スラバヤから 36 検体のデングウイルス感染疑い患者の血清試料を収集した。デングウイルス 1 型をスマランの検体から 1 株、パスルワンの検体から 1 株分離した。また、デングウイルス 2 型をスマランの検体から 16 株？株分離した。これら分離ウイルスの遺伝子配列を調べて、遺伝子系統樹解析をおこなった。また、国立感染症研究所のデータベースにこれまで蓄積させてきたデングウイルス遺伝子情報を登録した。一連の研究を通じて、インドネシア国内外、アジア諸国、世界規模でのデング ウイルス流行推移の一端を明らかにするとともに、日本国内のデングウイルス対策に役立つ調査結果を得た。

(3) デングウイルスに対するヒト型中和抗体の性状解析：デング治療に関する開発研究の一環として、これまでにインドネシアのデング熱患者の末梢血試料よりヒト型中和単クローン抗体を 8 株樹立している。これらの中和単クローン抗体はデングウイルスインドネシア株およびプロトタイプ標準株の血清型 1 型から 4 型の増殖を広範囲にかつ強力に阻害（中和）する活性を示す。また、代表的な 2 株の抗体はジカウイルス、ウエストナイルウイルス、日本脳炎ウイルスの感染も強力に阻害する。しかし、すべての抗体が強力な抗体依存性感染増強効果（ADE）を示した。ADE は抗体が Fc 領域を介して Fc レセプターのある細胞へのウイルスの感染を助長させる現象で、デング重症化に関わっている。このままで抗体医薬品としては応用できないため、抗体 Fc 領域を改変した一連の組換え型抗体および抗体の抗原認識部位である可変領域（Fv）をペプチドリンカーで結合した単鎖可変領域フラグメント（single chain Fv, scFv）を作製して、それらの中和活性と ADE 活性を解析したところ、ADE を示さずに強力な中和活性を示した。また、抗体 Fc 領域を改変した組換え型抗体の一部は、デングウイルス感染マウスモデル系において、致

死量のデングウイルス接種からマウスを防御する in vivo におけるデングウイルス増殖阻害効果を示した。一連の解析はインドネシア・アイルランガ大学、国立感染症研究所および医学生物学研究所 (MBL) との共同研究として実施している。

#### (4) インドネシアにおけるノロウイルス感染症の分子疫学解析

急性胃腸症患者の糞便検体中のノロウイルスゲノム配列を解析した。2015-2016 のノロウイルス陽性検体では GII.4 が最も多い genotype であったが、興味深いことに GII.13 というマイナー genotype が 2 番目に多く (17%)、 GII.17 がそれに次いで多かった。ノロウイルス感染症の伝播様式を明らかにするために、2015-2016 年の 1 年間、インドネシアにおいて無症候者 18 人から糞便検体を継続的に収集したところ、512 検体中 14 検体 (7 人の無症候者) からノロウイルスゲノムが検出された。異なる遺伝子型同士の組換えノロウイルスも検出された。これらの結果から、無症候者から高率にノロウイルスが検出されることを分子疫学的に証明した。さらに無症候者の家族から有症患者の出現例についてウイルスゲノム解析を行い、ウイルス株の相違や特徴について解析を行った。

2015—2019 年に採取したスラバヤの急性胃腸炎患児の便検体を解析し、ノロウイルス GII の遺伝子型の多様性、ORF1/ORF2 での遺伝子組換えを見出した。2018 年 4 月から 2019 年 9 月に採取した健康ボランティアの 262 便検体を解析し、ノロウイルス家族内伝播例を見出した。

インドネシアの東ジャワにある 2 つの病院で、入院中の小児におけるノロウイルスの疫学を調査した。2015 年 9 月～2019 年 7 月に AGE を発症した 966 人の小児から便サンプルを採取した。すべてのサンプルを RT-PCR で分析し、ノロウイルスの RNA 依存性 RNA ポリメラーゼ (RdRp) とキャプシド遺伝子の両方を増幅した。遺伝子型は系統解析により決定した。2015～2019 年では、12.3%

(119/966) の検体からノロウイルスが検出された。2 歳未満の小児は、2 歳以上の小児よりも有意に高い有病率を示した。NoV の感染は 1 年を通して観察され、12 月に最も多く見られた。RdRp の遺伝子解析では、GII. [P31] (43.7%, 31/71) が最も多く見られ、次いで GII. [P16] (36.6%, 26/71) であった。 GII. [P31] は 2016 年と 2018 年に優勢な遺伝子型であったのに対し、 GII. [P16] は 2015 年と 2017 年に優勢な遺伝子型であった。キャプシドの遺伝子型のうち、2015 年から 2018 年まで最も優勢だったノロウイルスの遺伝子型は、 GII.4 Sydney\_2012 (33.6%, 40/119) だった。各年で最も優勢な遺伝子型は、2015 年は GII.13、2016 年と 2018 年は GII.4 Sydney\_2012、2017 年は GII.3 であった。各年の優勢な遺伝子型は、2015 年が GII.13 [P16]、2016 年が GII.4 シドニー [P31]、2017 年が GII.3 [P16]、2018 年が GII.4 シドニー [P31] であった。今回の結果から、インドネシアの小児急性胃腸炎サンプルにおけるノロウイルス GII 遺伝子型の高い検出率と遺伝的多様性が示された。

#### (5) インドネシアにおけるロタウイルス感染症の分子疫学解析

急性胃腸症患者糞便検体中のロタウイルスゲノム配列を解析し、2015 年から 2016 年の 1 年間に DS-1-like 遺伝子型構成をもつ Equine-like G3 ロタウイルス G3P[8]、G3P[6] がインドネシアで流行していたことを明らかにしてきた。2015 年から 2018 年の検体についてさらに解析をおこなった。432 検体を収集し、ロタウイルスをマルチプレックス RT-PCR 法、および次世代シーケンズ法で 11 セグメントを解析した。興味深いことに 2017 年 5 月までは equine-like ロタウイルスが優位な株であったが、2017 年 7 月より急激にウイルス株が通常のヒト型ロタウイルス (G1, G3) にシフ

トした。インドネシアではロタウイルスワクチンの普及率が低いにも関わらず、急激な流行株のシフトが起こり、ロタウイルス株の流行の全世界的な変化を反映しているものと推察された。

2018年9月にテンガラ州で発生した急性胃腸炎の集団発生を解析し、ロタウイルス G2P[4]が原因と同定した。また、2015-2016年にスラバヤでの流行を報告した馬様ロタウイルスを他地域でも調べ、インドネシア西部のスマトラから東部のパプアまで拡がっており、スラバヤと同様に馬様からヒト型に急速に遺伝子型が変化していた。

2016～2018年にインドネシアの3地域（西ヌサ・トゥンガラ州、南スマトラ州、西パプア州）で急性胃腸炎を発症した小児患者202人から便サンプルを採取した。ロタウイルスのGおよびPの遺伝子型は、RT-PCRおよびダイレクトシーケンス解析により決定した。南スマトラ州（55.4%）および西パプア州（54.0%）のRVAの有病率は、我々の前回の研究で決定した東ジャワ州（31.7%）の有病率よりも有意に高かった。西ヌサ・トゥンガラ（42.6%）は3地域の中で最も低かったが、東ジャワよりも高かった。2016年には南スマトラで、2017-2018年には西パプアで、馬様 G3 ロタウイルス株が優勢株として検出された。さらに、2016年に南スマトラで検出された馬様 G3 株は、2018年にはヒト様 G1 および G2 に完全に置き換わっていた。結論として、南スマトラと西パプアにおけるRVA感染は高度に流行していた。また、馬様 G3 株は、南スマトラ（西インドネシア）と西パプア（東インドネシア）、さらにジャワ島にも伝播していた。また、ロタウイルスの遺伝子型が、馬様 G3 型からヒト由来の遺伝子型へとダイナミックに変化していることも確認された。

#### (6) インドネシアにおける食肉から分離された薬剤耐性 *Salmonella enterica* の遺伝子解析

*Salmonella enterica* (*S. enterica*) は哺乳類・爬虫類・両生類や下水・河川および食品などの様々な環境に分布する。近年、発展途上国では食肉からの薬剤耐性株が増加している。そこで、インドネシアにおける食肉由来の *S. enterica* の薬剤耐性の有無を確認し、それらに関わる遺伝子解析を行った。2018年にインドネシアの鶏肉から分離された *S. enterica* 71株を対象とし、アンピシリン(ABPC)、テトラサイクリン(TC)、ゲンタマイシン(GM)、ナリジクス酸(NA)等の12薬剤について薬剤感受性試験(微量液体希釈法)を行い、対象株のDNAを抽出し、これらの薬剤耐性に関わる遺伝子として、*bla*<sub>TEM</sub>、*tetA*、*tetB*、*aadA*、*gyrA*、*parC*をPCR法でそれぞれ増幅した。*bla*<sub>TEM</sub>、*tetA*、*tetB*、*aadA*については遺伝子の有無を確認し、*gyrA*、*parC*についてはアミノ酸変異を検出した。薬剤感受性試験を行った結果、*S. enterica* 71株のうち、31株(44%)が耐性株であった。この31株のうち、ABPC耐性株が13株(42%)、TC耐性株が25株(81%)、NA耐性株が30株(97%)であり、NA耐性株が最も多かった。3系統以上の薬剤に耐性を示した多剤耐性株は10株(32%)だった。これらの株について、薬剤耐性遺伝子解析を行った結果、ABPC耐性13株のうち *bla*<sub>TEM</sub> を保有する株は12株(92%)、TC耐性25株のうち *tetA* を保有する株は15株(60%)、*tetB* を保有する株は7株(28%)であった。GM耐性5株のうち *aadA* を保有する株は4株(80%)だった。NA耐性30株全てに *gyrA*、*parC* いずれかのアミノ酸変異が検出された。30株全てが *gyrA* に変異を示し、そのうち28株はSer83→Tyrであった。*parC* に変異を示した株は1株でSer81→Ileであった。*gyrA*、*parC* 共に変異を示したのは1株見られた。

これらの結果より、NA耐性株において *gyrA* によるアミノ酸変異が最も大きく関与していることが明らかとなった。ABPC、GM耐性株における耐性遺伝子はそれぞれ高い保有率を示したが、TC耐性

株は低く、他の遺伝子や耐性機序の関与が考えられた。鶏肉の薬剤耐性 *S. enterica* が検出されたのは、食肉処理時の鶏の消化管内の便による汚染で、飼料に混じっている抗菌薬により、耐性菌が高率に選択されて消化管内に存在していることが原因ではないかと考えられた。

#### (7) インドネシアにおけるメタゲノム解析による河川水中の Resistome 解析

これまでの研究でインドネシアの病院の尿路感染症患者の尿より、ほとんどの抗菌剤が効かないカルバペネム耐性腸内細菌科細菌 (CRE: Carbapenem resistant *Enterobacteriaceae*) を多数分離している。またそれらのカルバペネマーゼ遺伝子は日本ではほとんど検出されることのない NDM-1

(New Delhi metallo- $\beta$ -lactamase-1) 型であることが判明した。我々が実施したインドネシアの河川水のメタゲノム解析による Resistome 解析においては、病院近辺 2 カ所、市中 3 カ所、浄水施設の水源 1 カ所の合計 6 カ所から河川水を採取した結果、検出された ARG の種類は、病院近辺が 74 および 50 遺伝子で、市中が 31、32 および 41 遺伝子、浄水場水源が 7 遺伝子で、病院近辺の河川水からは他の河川水と比較して多くの種類の ARG が検出されている。また、上述の NDM-1 型カルバペネマーゼ遺伝子については病院近辺の 2 カ所の河川水のみから検出された。これらの結果から、病院での抗菌剤の使用により、病院近辺の環境中の細菌叢の耐性化が進んでいることが推察された。

#### (8) 妊婦の多剤耐性腸内細菌科細菌の保菌率に関する調査

基質特異性拡張型  $\beta$  ラクタマーゼ産生腸内細菌科 (ESBL-E)、特に大腸菌 (ESBL-EC) および肺炎桿菌 (ESBL-KP) を含む多剤耐性腸内細菌科細菌を保菌する健常人の割合は世界中で増加している。ESBL-E は新生児敗血症の早期または後期発症の原因となる可能性があるが、インドネシアの妊婦における ESBL-E 保菌率は明らかにされていない。本研究では、プライマリヘルスケアセンター

(PHC) と病院の妊婦における ESBL-E の保菌率を比較した。2018 年 7 月から 10 月にインドネシアのスラバヤにある 2 つの病院に入院した、または PHC を訪れた 200 人の妊婦から直腸スワブサンプルを収集した。ESBL-E 株をサンプルから分離し、表現型および遺伝子型を分析した。結果、ESBL-E 株は、PHC を訪れた 25 人 (24.8%) の妊婦と、病院に入院した 49 人 (49.5%) の妊婦から分離された。病院での妊婦の ESBL-E 保菌率は、PHC よりも有意に高かった。分離された 74 の ESBL-E 株の中で、ESBL-EC が最も頻繁に分離され (62 株)、続いて ESBL-KP (12 株) が分離された。さらに、*blaCTX-M-15* 遺伝子は、分離された ESBL-E 株の中で最も頻度の高い ESBL 遺伝子タイプであった。これらの結果から、妊婦、特に病院に入院した女性で ESBL-E 保菌率が高いことが判明した。

#### (9) 鳥インフルエンザウイルスに関する研究

季節性インフルエンザウイルスと鳥ウイルスの重感染から世界的大流行を引き起こす新型インフルエンザがインドネシアで発生することが懸念されており、当地のアイランガ大学熱帯病研究所と共同でその出現予測・早期検知の為にヒト及び鳥のウイルスの監視を行なっている。インフルエンザ様疾患患者 22 検体で季節性インフルエンザウイルスを検出した。生鳥市場の疾病家禽 16 検体では H5N1 高病原性鳥インフルエンザウイルスを検出した。H5N1 ウイルスが蔓延していることが示されたが、ヒトへの感染は検出されなかった。また、健常家禽から H2N2、H3N2、H3N6、H4N2、H4N6、及び H9N2 亜型の低病原性ウイルスを分離し、インドネシアの家禽ではこれらウイルスも常在化していること

を明らかにした。H2N2 及び H3N2 亜型の鳥インフルエンザウイルスは HA 遺伝子の供給源としてそれぞれ 1957 年のアジアかぜ大流行と 1968 年の香港かぜ大流行に関与した履歴がある。特に H2N2 亜型は 1968 年の香港かぜの発生とともに姿を消し、人類は 50 年間この亜型を経験していない。従って大部分の人類が免疫を持たないため、次の新型ウイルス HA の供給源になる可能性が高いと考えられる。

家禽から分離された両系統のウイルスと報告されている H5N1 感染重症患者からインドネシアで分離されたウイルスのアミノ酸配列の比較から、ヒトで高病原性を示すウイルス HA の特徴的な配列を同定した。健康ニワトリ 223 個体からは 4 株 (1.8%) の H9N2 ウイルスが分離された。次世代シーケンサーを用いた全遺伝子解析によりこれらの鳥ウイルスが頻繁に遺伝子交雑を起こし新しい亜型のウイルスを生み出し、インドネシアで独自の進化を遂げていることを明らかにした。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

日本近隣のアジア諸国の研究グループとの連携による国際共同研究を展開して、アジア諸国における病原性ウイルスや薬剤耐性菌の蔓延状況や、流行する病原体の伝播推移を推定するための分子疫学的研究を行い、日本を含めたアジア諸国における感染症の流行動態の一端を明らかにすることで国内外の感染症対策に有用な情報を得た。今後も国際共同研究を継続して、現在の COVID-19 パンデミックのような新興感染症を対象とする感染症対策に貢献していく。また、これらの研究活動に博士課程大学院生を多数参画させて、将来、感染症研究分野でリーダーとなり得る若手研究者の人材育成を継続していく。

#### 5. 構成員 及び 学内支援

事務局で記載します

##### (1) 構成員数

令和元年度 7+2 人 (分担者 3+2 人、学内参画者 2 人、学外参画者 0 人、国外参画者 1 人)

令和2年度 6+2 人 (分担者 3+2 人、学内参画者 1 人、学外参画者 0 人、国外参画者 1 人)

令和3年度 6+2 人 (分担者 3+2 人、学内参画者 1 人、学外参画者 0 人、国外参画者 1 人)

##### (2) 運営経費

令和元年度 399,859 円

令和2年度 400,000 円

令和3年度 400,000 円

##### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 円

令和2年度 0 件、0 円

令和3年度 0 件、0 円

#### 6. 研究成果の状況等

##### (1) 論文

令和元年度 4 編 (内国際共著論文 4 編)

令和2年度5編（内国際共著論文 5編）

令和3年度1編（内国際共著論文 1編）

主たる論文リスト（最大20編）

令和元年度

Characterization of HIV-1 CRF01\_AE env genes derived from recently infected Indonesian individuals. Sasaki M, Kotaki T, Khairunisa SQ, Tachibana S, Ophinni Y, Hayashi Y, Nasronudin, Kameoka M. *AIDS Res Hum Retroviruses*. 2020, 36(3), 242-247.  
doi:10.1089/aid.2019.0179.

Transmission dynamics of HIV-1 subtype B strains in Indonesia. Ueda S, Witaningrum AM, Khairunisa SQ, Kotaki T, Motomura K, Nasronudin, Kameoka M. *Sci Rep*. 2019, 9(1), 13986.  
doi:10.1038/s41598-019-50491-8.

Genotypic characterization of human immunodeficiency virus type 1 isolated from antiretroviral treatment-experienced individuals in Buleleng Regency, Bali, Indonesia. Megasari NLA, Oktafiani D, Ana EF, Ueda S, Kotaki T, Nasronudin, Soetjipto, Kameoka M. *AIDS Res Hum Retroviruses*. 2019, 35(8), 769-774. doi:10.1089/aid.2019.0058.

Athiyyah AF, Utsumi T, Wahyuni RM, Dinana Z, Yamani LN, Soetjipto, Sudarmo SM, Ranuh RG, Darma A, Juniastuti, Raharjo D, Matsui C, Deng L, Abe T, Doan YH, Fujii Y, Shimizu H, Katayama K, Lusida MI and Shoji I. Molecular epidemiology and clinical features of rotavirus infection among pediatric patients in East Java, Indonesia during 2015-2018: dynamic changes in rotavirus genotypes from equine-like G3 to typical human G1/G3, *Frontiers in Microbiology*, 2019, 10: 940.

Gunawan E, Utsumi T, Wahyuni RM, Dinana Z, Sudarmo SM, Shoji I and Soetjipto. Post-vaccinated asymptomatic rotavirus infections: A community profile study of children in Surabaya, Indonesia. *Journal of Infection and Public Health*, 2019, 12: 625-629.  
Fujii Y, Doan YH, Wahyuni RM, Lusida MI, Utsumi T, Shoji I and Katayama K. Improvement of Rotavirus genotyping method by using the semi-nested multiplex-PCR with new primer set. *Frontiers in Microbiology*, 2019, 10: 647.

Novianti AN, Rahardjo K, Prasetya RR, Nastri AM, Dewantari JR, Rahardjo AP, Estoepangestie ATS, Shimizu YK, Poetranto ED, Soegiarto G, Mori Y, Shimizu K. Whole-genome sequence of an avian influenza A/H9N2 virus isolated from an apparently healthy chicken at a live-poultry market in Indonesia. *Microbiol Resour Announc* 8:e01671-18, 2019

令和2年度

A potent neutralizing mouse monoclonal antibody specific to dengue virus type 1 Mochizuki

strain recognized a novel epitope around the N-67 glycan on the envelope protein: a possible explanation of dengue virus evolution regarding the acquisition of N-67 glycan. Kotaki T, Yamanaka A, Konishi E, Kameoka M. *Virus Res* 2021, 294, 198278.

Identification of HIV-1 subtypes and drug resistance mutations among HIV-1-infected individuals residing in Pontianak, Indonesia. Khairunisa SQ, Megasari NLA, Indriati DW, Kotaki T, Natalia D, Nasronudin, Kameoka M. *GERMS* 2020, 10(3), 174-183.

Detection of human immunodeficiency virus type 1 transmitted drug resistance among treatment-naive individuals residing in Jakarta, Indonesia. Khairunisa SQ, Megasari NLA, Rahayu RP, Witaningrum AM, Ueda S, Yunifiar MMQ, Indriati DW, Kotaki T, Rusli A, Nasronudin, Kameoka M. *Infect Dis Rep* 2020, 12(s1), 8740.

Wulandari PS, Juniastuti, Wahyuni RM, Amin M, Yamani LN, Matondang MQY, Dinana Z, Soetjipto, Utsumi T, Shoji I and Lusida MI. Predominance of Norovirus GI.4 from children with acute gastroenteritis in Jambi, Indonesia, 2019, *Journal of Medical Virology*, 2020, 92: 3165-3172.

Utsumi T, Wahyuni RM, Dinana Z, Gunawan E, Putra ASD, Mubawadi T, Soetjipto, Lusida MI and Shoji I. G2P[4] rotavirus outbreak in Belu, East Nusa Tenggara Province, Indonesia, 2018, *Journal of Infection and Public Health*, 2020, 13: 1592-1594.

Molecular detection of a new pathotype enteroaggregative haemorrhagic *Escherichia coli* (EAHEC) in Indonesia, 2015. Setyarini W, Raharjo D, Arizandy RY, Pamoengkas Z, Sudarmo SM, Athiyyah AF, Shirakawa T. *Infect Dis Rep*. 2020;12(Suppl 1):8745. doi: 10.4081/idr.2020.8745.

Genetic analysis of ESBL-producing *Klebsiella pneumoniae* isolated from UTI patients in Indonesia. Yamasaki S, Shigemura K, Osawa K, Kitagawa K, Ishii A, Kuntaman K, Shirakawa T, Miyara T, Fujisawa M. *J Infect Chemother*. 2021;27(1):55-61.

#### 令和3年度

Kotaki T, Kurosu T, Grinyo-Escuer A, Davidson E, Churrotin S, Okabayashi T, Puiprom O, Mulyatno KC, Sucipto TH, Doranz BJ, Ono K, Soegijanto S, Kameoka M. An affinity-matured human monoclonal antibody targeting fusion loop epitope of dengue virus with in vivo therapeutic potency. *Sci Rep* 2021, 11, 12987.

Wahyuni RM, Utsumi T, Dinana Z, Yamani LN, Juniastuti, Wuwuti IS, Fitriana E, Gunawan E, Liang Y, Soetjipto, Lusida MI and Shoji I. Prevalence and distribution of rotavirus



genotypes among children with acute gastroenteritis in areas other than Surabaya, Indonesia, 2016–2018, *Frontiers in Microbiology*, 2021, 12: 672837.

Utsumi T, Lusida MI, Dinana Z, Wahyuni RM, Soegijanto S, Soetjipto, Athiyyah AF, Sudarmo SM, Juniastuti, Yamani LN, Doan YH, Shimizu H, Ishii K, Matsui C, Deng L, Abe T, Katayama K, Shoji I. Molecular epidemiology and genetic diversity of Norovirus infection in children hospitalized with acute gastroenteritis in East Java, Indonesia during 2015–2019, *Infection, Genetics and Evolution*, 2021, 88: 104703, 1–10.

Cross-Resistance and the Mechanisms of Cephalosporin-Resistant Bacteria in Urinary Tract Infections Isolated in Indonesia. Ishii A, Shigemura K, Kitagawa K, Harada M, Kan Y, Hayashi F, Osawa K, Kuntaman K, Shirakawa T, Fujisawa M. *Curr Microbiol*. 2021;78(5):1771–1777.

Differential effects of chromosome and plasmid bla<sub>CTX-M-15</sub> genes on antibiotic susceptibilities in extended-spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* isolates from patients with urinary tract infection. Yang YM, Osawa K, Kitagawa K, Hosoya S, Onishi R, Ishii A, Shirakawa T, Hirai I, Kuntaman K, Tanimoto H, Shigemura K, Fujisawa M. *Int J Urol*. 2021;28(6):623–628.

Occurrence of Carriage of Multidrug Resistant Enterobacteriaceae among Pregnant Women in the Primary Health Center and Hospital Setting in Surabaya, Indonesia. Oktaviani Sulikah SR, Hasanah M, Setyarini W, Parathon H, Kitagawa K, Nakanishi N, Nomoto R, Osawa K, Kinoshita S, Hirai I, Shirakawa T, Kuntaman K. *Microb Drug Resist*. 2021 Aug 4. doi: 10.1089/mdr.2020.0506.

Analysis of the upstream genetic structures of the ISEcp1-bla<sub>CTX-M</sub> transposition units in *Escherichia coli* isolates carrying bla<sub>CTX-M</sub> obtained from the Indonesian and Vietnamese communities. Widyatama FS, Yagi N, Sarassari R, Shirakawa T, Le DT, Bui MHT, Kuntaman K, Hirai I. *Microbiol Immunol*. 2021; 65(12):542–550.

## (2) 著書数

主たる著書リスト

なし

## (3) 特許出願数

主たる特許リスト

なし

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

なし

(2) 受賞

主たる受賞リスト

なし

(3) 研究集会の開催

主たる研究集会リスト（最大 20 件）

なし

(4) その他特記事項

なし

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：革新的予防・診断・治療法開発に向けたシグナル伝達医学研究

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：医学研究科・医科学専攻・内匠 透

平成28年度に新設したシグナル伝達医学研究展開センター(以下、CSMI)を中核とし、本学独自の先端シグナル研究の成果をがんやメタボリックシンドロームなどの疾患の診断・治療法開発へ繋げる研究を行う4分野(がん、脳こころ、代謝、免疫・炎症)と、創薬、医療機器開発、再生医療を目指す2分野(AI・デジタルヘルス/医療機器、再生医学)及び異分野融合の共同研究と超高齢社会における感覚障害やウィズコロナにおける嗅覚障害の研究を推進する2つのプラットフォーム(イメージング研究、感覚器研究)を設置し、1)新たなシグナル伝達機構の発見、シグナル分子の異常による諸疾患の病因・病態の解明、診断・治療の標的分子の同定、2)創薬シーズの同定と超早期診断法・革新的治療法の開発と安心・安全な社会へ向けた疾患予防法を確立、3)シグナル伝達医学研究を担う国際性に富む卓越した若手人材の育成・輩出、4)本邦において社会実装に繋がる国際連携創薬機構の設置と国際展開の実現を目標としたプロジェクトである。

## 2. 研究目的

本学において伝統のあるシグナル伝達研究の優れた研究基盤のもと、CSMIを拠点としてシグナル伝達システムの基礎医学研究を更に深化させると共に、これまで緊密な交流・連携を行ってきた米国ワシントン大学(シアトル)との国際連携・共同研究を強力に推進し、その成果(シーズ)を附属病院や科学技術イノベーション研究科等の他部局、また外部企業との連携による共同研究に投入し、疾患の病因・病態の解明、診断・治療・予防の確立、革新的治療薬の開発といった「メディカルイノベーション創出拠点」を形成して社会実装につなげるとともに、本学の国際プレゼンスの向上を図ることを目的としている。

## 3. 研究成果の概要

ここでは、CSMIを中核とする取組のうち本プロジェクトの構成員が担当する研究分野の成果の概要について述べる。

### ○脳こころ分野

・(内匠透)精神神経疾患のシグナル伝達機構と病態解明：自閉スペクトラム症をはじめとする発達障害のヒト型モデルマウス(15q11-13重複モデル)の順遺伝学的アプローチ、すなわちシナプス表現型によるスクリーニングにより、新規原因遺伝子としてNecdinを同定した。

### ○がん分野

・(南康博)がんの浸潤・増悪のシグナル伝達機構解明と診断・治療への応用：骨肉腫細胞などの孤立的浸潤および大腸癌細胞などの集団的浸潤のシグナル伝達機構を解明するとともに、これらのがん細胞の進展、増悪の機序を明らかにし、診断・治療に向けた一連の候補標的分子を同定した。

・(的崎尚)がんシグナル伝達機構の解明と治療への応用：

当研究室で独自に見出した細胞間シグナルCD47-SIRPα系による免疫・炎症の制御機構、並びに細胞の恒常性維持機

構について解明を進めたと同時に、新たながん治療法開発のための端緒となる成果を得ることができた。

・(鈴木聡)がん抑制遺伝子シグナルの制御機構・破綻 病態の解明・治療薬開発

Hippo、p53、PTEN シグナル経路が、癌抑制に作動する機構を解明するとともに、これら経路を標的とする薬剤開発のための端緒となる成果を得ることができた。

・(伊藤俊樹)生体膜リン脂質情報伝達と生体膜結合因子の機能異常による腫瘍悪性化の分子機構：

光ピンセット顕微鏡を用いて表層アクチンの組織化に伴う細胞膜の物理的張力を評価し、がん細胞の浸潤性運動能と膜張力の相関を見出すとともに、膜変形因子であるF-BAR タンパクファミリーによる制御モデルを導出した。

・(掛地吉弘)消化管がんの微小環境における浸潤・転移の分子機序の解明：食道癌の微小環境で、腫瘍関連マクロファージのCCL1、線維芽細胞のPAI-1、Metallothionein 2A 等が癌細胞の浸潤・転移を促進する機序を明らかにした。

#### ○代謝分野

・(仁田亮)細胞の極性形成の構造基盤とその異常の分子機構の解明：個々の細胞が正常に機能するためには、それぞれに特有のかたちを呈する(=極性形成)必要がある。その根幹を司る微小管ネットワーク制御因子を同定し、微小管ネットワーク形成の端緒となる分子機構を解明した。

・(平田健一)循環器疾患の成因におけるシグナル伝達機構の解明：循環器疾患の成因や病態における老化シグナル、慢性炎症、腸内細菌などの関連について明らかにした。

#### ○再生医学

・(青井貴之)再生医学に関わる幹細胞や組織構築の解析系の確立とそのシグナル伝達機構の解明：ヒト iPS 細胞から男性ホルモンを産生するライディッヒ細胞を作製する方法を明らかにした。また、患者由来 iPS 細胞を用いて福山型筋ジストロフィーの中樞神経病態モデルを作製し、その治療薬候補を見出した。

### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

ここでは、CSMI を中核とする取組のうち本プロジェクトの構成員が担当する研究分野について述べる。

#### ○脳こころ分野

(内匠透)ヒトのデータとマウスモデルのデータの直接比較を可能にするために、マウスの無麻酔、覚醒下での機能的核磁気共鳴画像法(fMRI)を確立し、自閉症モデルマウスにおいてネットワーク異常を明らかにした。

#### ○がん分野

(南康博)がん細胞種による浸潤・増悪の分子機構における相違点を解明するとともに、がん細胞の診断・治療に向けた一連の候補標的分子を同定した。今後、候補標的分子の発現・機能を阻害する分子標的治療薬を探索する予定である。

(的崎尚)これまでの成果を元にした研究をさらに推進させることで、特に細胞間シグナルCD47-SIRPα系を制御することによる新たながん治療法を確立する。

(鈴木聡)研究をさらに推進させることで、Hippo、p53、PTEN シグナル経路を標的とする新規がん治療薬を単離して、難治性腫瘍の予後改善に貢献する

(伊藤俊樹)細胞膜張力の強化によるがん細胞の浸潤能制御技術を考案し特許申請を行った。今後は細胞膜張力のがん幹細胞性への効果を調べるとともに、より広範な細胞分化現象への関与を明らかにすることを目指す。

(掛地吉弘)食道癌の微小環境における種々の分子標的の機序が解明され、シグナル伝達経路でのmTOR阻害剤等の活用が今後の治療戦略として期待される。

#### ○代謝分野

(仁田亮)本研究で明らかにした微小管ネットワーク形成機構は、神経細胞、上皮細胞、筋細胞など、様々な細胞が利用するメカニズムであり、また、その破綻の分子機構を探索することにより、様々な疾患の病理機構解明にも繋が

る。

(平田健一)研究成果に基づき、循環器疾患の予防や新規治療法の開発を行っている。

#### ○再生医学

(青井貴之)ヒト iPS 細胞由来ライディッヒ細胞作製法をさらに進化させ、再生医療の実現に向けた開発を進めている。また、福山型筋ジストロフィーの新たな病態理解に基づく新規治療薬開発を進めている。

### 5. 構成員 及び 学内支援

#### (1) 構成員数

令和元年度 10 人 (分担者 3 人、学内参画者 6 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人)

令和2年度 10 人 (分担者 3 人、学内参画者 6 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人)

令和3年度 10 人 (分担者 3 人、学内参画者 6 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人)

#### (2) 運営経費

令和元年度 400 千円

令和2年度 400 千円

令和3年度 400 千円

#### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 円

令和2年度 0 件、0 円

令和3年度 0 件、0 円

### 6. 研究成果の状況等

#### (1) 論文

令和元年 82 編 (内国際共著論文 79 編、内 TOP10%論文 7 編)

令和2年 92 編 (内国際共著論文 85 編、内 TOP10%論文 12 編)

令和3年 98 編 (内国際共著論文 95 編、内 TOP10%論文 4 編)

#### 主たる論文リスト

- Addition of Docetaxel to Oral Fluoropyrimidine Improves Efficacy in Patients With Stage III Gastric Cancer: Interim Analysis of JACCRO GC-07, a Randomized Controlled Trial Yoshida, Kazuhiro; Kodera, Yasuhiro; Kochi, Mitsugu; Ichikawa, Wataru; Kakeji, Yoshihiro; Sano, Takeshi; Nagao, Narutoshi; Takahashi, Masazumi; Takagane, Akinori; Watanabe, Takuya; Kaji, Masahide; Okitsu, Hiroshi; Nomura, Takashi; Matsui, Takanori; Yoshikawa, Takaki; Matsuyama, Jin; Yamada, Makoto; Ito, Seiji; Takeuchi, Masahiro; Fujii, Masashi (国際共著) **JOURNAL OF CLINICAL ONCOLOGY** 37(15):1296-+ MAY 20, 2019
- miR-221 Targets QKI to Enhance the Tumorigenic Capacity of Human Colorectal Cancer Stem Cells Mukohyama, Junko; Isobe, Taichi; Hu, Qingjiang; Hayashi, Takanori; Watanabe, Takashi; Maeda, Masao; Yanagi, Hisano; Qian, Xin; Yamashita, Kimihiro; Minami, Hironobu; Mimori, Koshi; Sahoo, Debashis; Kakeji, Yoshihiro; Suzuki, Akira; Dalerba, Piero; Shimono, Yohei (国際共著) **CANCER RESEARCH** 79 (20) , pp.5151-5158 Oct 15 2019
- Positive effect of dapagliflozin on left ventricular longitudinal function for type 2 diabetic mellitus patients with chronic heart failure Tanaka, Hidekazu; Soga, Fumitaka; Tatsumi, Kazuhiro; Mochizuki, Yasuhide; Sano, Hiroyuki; Toki, Hiromi; Matsumoto, Kensuke; Shite, Junya; Takaoka, Hideyuki; Doi, Tomofumi; Hirata, Ken-ichi (国際共著) **CARDIOVASCULAR DIABETOLOGY** 19 (1) Jan 7 2020
- Association of glycemic variability with left ventricular diastolic function in type 2

- diabetes mellitus Yokota, Shun; Tanaka, Hidekazu; Mochizuki, Yasuhide; Soga, Fumitaka; Yamashita, Kentaro; Tanaka, Yusuke; Shono, Ayu; Suzuki, Makiko; Sumimoto, Keiko; Mukai, Jun; Suto, Makiko; Takada, Hiroki; Matsumoto, Kensuke; Hirota, Yushi; Ogawa, Wataru; Hirata, Ken-ichi (国際共著) **CARDIOVASCULAR DIABETOLOGY** 18 (1) Dec 5 2019
- Microglial SIRP alpha regulates the emergence of CD11c(+) microglia and demyelination damage in white matter Sato-Hashimoto, Miho; Nozu, Tomomi; Toriba, Riho; Horikoshi, Ayano; Akaike, Miho; Kawamoto, Kyoko; Hirose, Ayaka; Hayashi, Yuriko; Nagai, Hiromi; Shimizu, Wakana; Saiki, Ayaka; Ishikawa, Tatsuya; Elhanbly, Ruwaida; Kotani, Takenori; Murata, Yoji; Saito, Yasuyuki; Naruse, Masae; Shibasaki, Koji; Oldenborg, Per-Arne; Jung, Steffen; Matozaki, Takashi; Fukazawa, Yugo; Ohnishi, Hiroshi **ELIFE** 8 Mar 26, 2019
  - Endothelial progeria induces adipose tissue senescence and impairs insulin sensitivity through senescence associated secretory phenotype Barinda, Agian Jeffilano; Ikeda, Koji; Nugroho, Dhite Bayu; Wardhana, Donytra Arby; Sasaki, Naoto; Honda, Sakiko; Urata, Ryota; Matoba, Satoaki; Hirata, Ken-ichi; Emoto, Noriaki (国際共著) **NATURE COMMUNICATIONS** 11 (1) Jan 24 2020
  - Gs/Gq signaling switch in beta cells defines incretin effectiveness in diabetes Oduori, Okechi S.; Murao, Naoya; Shimomura, Kenju; Takahashi, Harumi; Zhang, Quan; Dou, Haiqiang; Sakai, Shihomi; Minami, Kohtaro; Chanclon, Belen; Guida, Claudia; Kothegala, Lakshmi; Tol, Johan; Maejima, Yuko; Yokoi, Norihide; Minami, Yasuhiro; Miki, Takashi; Rorsman, Patrik; Seino, Susumu (国際共著) **JOURNAL OF CLINICAL INVESTIGATION** 130 (12) , pp.6639-6655 Dec 1 2020
  - Congenital pituitary hypoplasia model demonstrates hypothalamic OTX2 regulation of pituitary progenitor cells Matsumoto, Ryusaku; Suga, Hidetaka; Aoi, Takashi; Bando, Hironori; Fukuoka, Hidenori; Iguchi, Genzo; Narumi, Satoshi; Hasegawa, Tomonobu; Muguruma, Keiko; Ogawa, Wataru; Takahashi, Yutaka (国際共著) **JOURNAL OF CLINICAL INVESTIGATION** 130 (2) , pp.641-654 Feb 3 2020
  - YAP1 is a potent driver of the onset and progression of oral squamous cell carcinoma Omori Hirofumi; Nishio Miki; Masuda Muneyuki; Miyachi Youseke; Ueda Fumihito; Nakano Takafumi; Sato Kuniaki; Minoru Koshi; Taguchi Kenichi; Hikasa Hiroki; Nishina Hiroshi; Tashiro Hironori; Kiyono Tohru; Mak Tak Wah; Nakao Kazuwa; Nakagawa Takashi; Maehama Tomohiko; Suzuki Akira (国際共著) **SCIENCE ADVANCES** 6 (12) Mar 2020
  - Awake functional MRI detects neural circuit dysfunction in a mouse model of autism Tsurugizawa, Tomokazu; Tamada, Kota; Ono, Nobukazu; Karakawa, Sachise; Kodama, Yuko; Debacker, Clement; Hata, Junichi; Okano, Hideyuki; Kitamura, Akihiko; Zalesky, Andrew; Takumi, Toru (国際共著) **SCIENCE ADVANCES** 6 (6) Feb 2020
  - Serum elaidic acid concentration and risk of dementia The Hisayama Study Honda, Takanori; Ohara, Tomoyuki; Shinohara, Masakazu; Hata, Jun; Toh, Ryuji; Yoshida, Daigo; Shibata, Mao; Ishida, Tatsuro; Hirakawa, Yoichiro; Irino, Yasuhiro; Sakata, Satoko; Uchida, Kazuhiro; Kitazono, Takanari; Kanba, Shigenobu; Hirata, Ken-ichi; Ninomiya, Toshiharu (国際共著) | **NEUROLOGY** 93 (22) , pp.E2053-E2064 Nov 26 2019
  - Impact of diabetes mellitus on left ventricular longitudinal function of patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy Tanaka, Hidekazu; Tatsumi, Kazuhiro; Matsuzoe, Hiroki; Matsumoto, Kensuke; Hirata, Ken-ichi (国際共著) **CARDIOVASCULAR DIABETOLOGY** 19 (1) Jun 13, 2020
  - GCN2 regulates pancreatic beta cell mass by sensing intracellular amino acid levels Kanno, Ayumi; Asahara, Shun-Ichiro; Furubayashi, Ayuko; Masuda, Katsuhisa; Yoshitomi, Risa; Suzuk, Emi; Takai, Tomoko; Kimura-Koyanagi, Maki; Matsuda, Tomokazu; Bartolome, Alberto; Hirota, Yushi; Yokoi, Norihide; Inaba, Yuka; Inoue, Hiroshi; Matsumoto, Michihiro; Inoue, Kenichi; Abe, Takaya; Wei, Fan-Yan; Tomizawa, Kazuhito; Ogawa, Wataru; Seino, Susumu; Kasuga, Masato; Kido, Yoshiaki (国際共著) **JCI INSIGHT** 5 (9) May 7, 2020
  - An endothelial activin A-bone morphogenetic protein receptor type 2 link is overdriven in pulmonary hypertension Ryanto, Gusty R. T.; Ikeda, Koji; Miyagawa, Kazuya; Tu, LY; Guignabert, Christophe; Humbert, Marc; Fujiyama, Tomoyuki; Yanagisawa, Masashi; Hirata, Ken-ichi; Emoto, Noriaki (国際共著) **NATURE COMMUNICATIONS** 12 (1) Mar 19, 2021
  - Hepatocyte Mitogen-Activated Protein Kinase Kinase 7 Contributes to Restoration of the Liver Parenchyma Following Injury in Mice Ooshio, Takako; Yamamoto, Masahiro; Fujii, Kiyonaga; Xin, Bing; Watanabe, Kenji; Goto, Masanori; Okada, Yoko; Suzuki, Akira; Penninger, Josef M.; Nishina, Hiroshi; Nishikawa, Yuji (国際共著) **HEPATOLOGY** 73 (6), pp.2510-2526 Jun 2021
  - Methionine restriction breaks obligatory coupling of cell proliferation and death by an

oncogene Src in Drosophila Nishida, Hiroshi; Okada, Morihiro; Yang, Lynna; Takano, Tomomi; Tabata, Sho; Soga, Tomoyoshi; Ho, Diana M.; Chung, Jongkyeong; Minami, Yasuhiro; Yoo, Sa Kan(国際共著) **ELIFE** 10 Apr 27 2021

- Homeostatic membrane tension constrains cancer cell dissemination by counteracting BAR protein assembly Tsujita, Kazuya; Satow, Reiko; Asada, Shinobu; Nakamura, Yoshikazu; Arnes, Luis; Sako, Keisuke; Fujita, Yasuyuki; Fukami, Kiyoko; Itoh, Toshiki(国際共著) **NATURE COMMUNICATIONS** 12 (1) Oct 11, 2021
- Genetic dissection identifies Necdin as a driver gene in a mouse model of paternal 15q duplications Tamada, Kota; Fukumoto, Keita; Toya, Tsuyoshi; Nakai, Nobuhiro; Awasthi, Janak R.; Tanaka, Shinji; Okabe, Shigeo; Spitz, Francois; Saitow, Fumihito; Suzuki, Hidenori; Takumi, Toru (国際共著) **NATURE COMMUNICATIONS** 12 (1) Jul 1 2021
- Effect of heart rate on left ventricular longitudinal myocardial function in type 2 diabetes mellitus Yamauchi, Yuki; Tanaka, Hidekazu; Yokota, Shun; Mochizuki, Yasuhide; Yoshigai, Yuki; Shiraki, Hiroaki; Yamashita, Kentaro; Tanaka, Yusuke; Shono, Ayu; Suzuki, Makiko; Sumimoto, Keiko; Matsumoto, Kensuke; Hirota, Yushi; Ogawa, Wataru; Hirata, Ken-ichi (国際共著) **CARDIOVASCULAR DIABETOLOGY** 20 (1) Apr 24 2021
- Association of left ventricular longitudinal myocardial function with subclinical right ventricular dysfunction in type 2 diabetes mellitus Todo, Saki; Tanaka, Hidekazu; Yamauchi, Yuki; Yokota, Shun; Mochizuki, Yasuhide; Shiraki, Hiroaki; Yamashita, Kentaro; Shono, Ayu; Suzuki, Makiko; Sumimoto, Keiko; Tanaka, Yusuke; Hirota, Yushi; Ogawa, Wataru; Hirata, Ken-ichi(国際共著) **CARDIOVASCULAR DIABETOLOGY** 20 (1) Oct 23 2021

## (2) 著書数：2冊

### 主たる著書リスト

- ・「新しい臨床を開拓するための分子循環器病学」(分担執筆) 今崎剛, 仁田英里子, 仁田亮 PP. 9-16 (分子構造解析で何が見えるか) 南山堂 2019
- ・イメージング時代の構造生命科学(分担執筆) 仁田亮, 今崎剛 PP. 131-138 (細胞骨格が制御する細胞内の営みをトランススケールに理解する) 羊土社 2020

## (3) 特許出願数：2件

### 主たる特許リスト

- ・鈴木 聡  
PCT 国際出願  
発明の名称：癌モデル非ヒト哺乳動物  
令和元年(2019年)7月8日  
出願番号：PCT/JP2019/026950
- ・青井 貴之  
発明の名称：人工多能性幹細胞由来  $\gamma$   $\delta$  T細胞及びその作製方法  
令和3年2月5日  
出願番号：特願 2021-017831

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 320,012 千円

令和2年度 157,469 千円

令和3年度 282,884 千円

(2) 受賞： 4 件

主たる受賞リスト

・小川 渉

日本肥満学会学会賞

(授与機関名：一般社団法人日本肥満学会, 対象研究テーマ：インスリン抵抗性を軸とした肥満症研究)

受賞者名：小川 渉 受賞年月：令和元年 11 月

・的崎 尚

令和元年度兵庫県科学賞

(授与機関名：兵庫県芸術文化課, 対象研究テーマ：細胞シグナル伝達機構の解明とその臨床応用)

受賞者名：的崎 尚 受賞月日：令和元年 11 月 7 日

・的崎 尚

令和元年度安田医学賞

(授与機関名：安田記念医学財団, 対象研究テーマ：がん細胞の生存・維持の分子機構の解明とその臨床応用)

受賞者名：的崎 尚 受賞月日：令和元年 12 月 14 日

・的崎 尚

第 5 回生体の科学賞

(授与機関名：公益財団法人金原一郎記念医学医療振興財団,  
対象研究テーマ：自然免疫制御によるがん細胞の生存・維持の分子機構)

受賞者：的崎 尚 受賞年月：令和 3 年 3 月

(3) 研究集会の開催 12 件 (内国際研究集会 3 件)

主たる研究集会リスト

(主催)

- ・令和元年度シグナル伝達医学研究展開センター(CSMI)リトリート「若手道場」(開催日：R2. 2. 5～2. 6、場所：淡路夢舞台)
- ・シグナル伝達医学研究展開センター(CSMI)「平成 29 年度若手共同研究進捗報告会」(開催日：R1. 7. 3 場所：大学院医学研究科大講義室)
- ・令和 2 年度 CSMI ワークショップ Emergence Conference(R2. 12. 12 開催方法：オンライン)
- ・令和 2 年度 CSMI リトリート「若手道場」(開催日：R3. 2. 4・2. 4 開催方法：オンライン)
- ・令和 2 年度神戸大学ー理研 BDR 合同シンポジウム(開催日：R3. 3. 22 開催方法：オンライン)
- ・令和 3 年度 CSMI 「若手共同研究進捗報告会」(R3. 7. 6 開催方法：オンライン)
- ・令和 3 年度神戸大学ーワシントン大学国際合同シンポジウム(開催日：R3. 9. 16・9. 17 開催方法：オンライン)
- ・令和 3 年度 CSMI ワークショップ Emergence Conference (開催日：R3. 12. 8 開催方法：オンライン)
- ・令和 3 年度 CSMI リトリート「若手道場」(開催日：R4. 2. 3～2. 4 場所：淡路夢舞台)

(共催)

- ・老化メカニズムの解明・制御プロジェクト「加齢と神経インテグリティー：ヒト疾患研究者が求め



るモデル生物研究」(開催日：R1.6.10 場所：BTセンター1階 会議室)

- University of Washington Department of Pharmacology 2019 Symposium on Molecular Pharmacology (R1.9.19～9.20 場所：University of Washington, Seattle)
- 老化メカニズムの解明・制御プロジェクト「ライフコースと個体および臓器スケーリング」  
(開催日：R1.11.22 場所：大学院医学研究科 研究棟 B 2 階 共同会議室)
- 日本プロテインホスファターゼ研究会「第 14 回プロテインホスファターゼ国際集会」(開催日：R2.12.10～12.12 開催方法：ハイブリッド開催)

#### (4) その他特記事項

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：医療デバイス実装医工学研究

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：大学院医学研究科・医科学専攻・福本 巧

## 2. 研究目的

革新的医療技術を可能とする国産医療デバイスを創製するため、本学大学院医学研究科のニーズに基づく「必要とされている医療」を大学院工学研究科や企業等の研究シーズで「使える医療」へ結実させることを目的とする。

## 3. 研究成果の概要

### 1) 新規マグネシウム (Mg)合金を応用した吸収性医療機器の研究開発

大学院工学研究科の向井敏司らのシーズに基づき、大学院医学研究科の福本、佐々木、藤澤らのニーズによる吸収性の医療機器の研究開発を継続している。

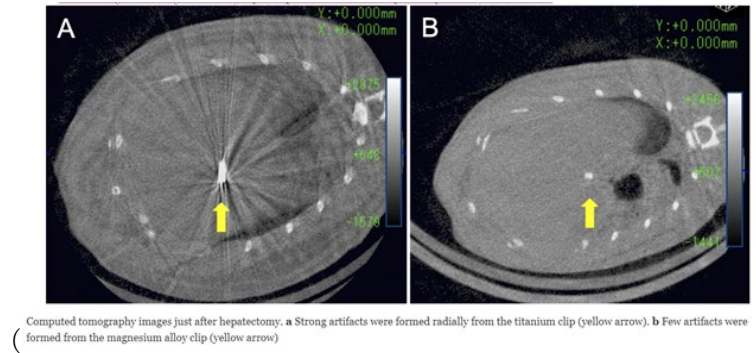
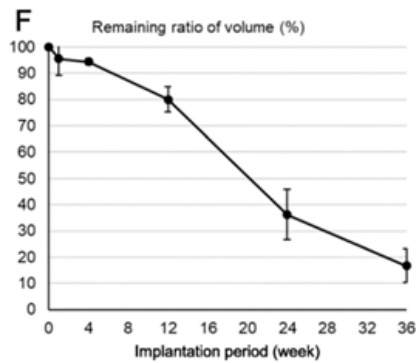
神戸大学単独の特許を、2015年国内出願 2016年 PCT 出願し、日本特許 JP.6164675 (生体軟組織固定用デバイスおよびその作製方法、以下同様)、欧州特許 EP.3192886、中国特許 CN.106715737、オーストラリア特許 AU.2015313647、カナダ特許 CA.2960612 が登録済、2021年に米国特許 US.10994056、韓国特許 KR.102227158 が成立し登録された。各国移行中である。研究開発の促進のために、大学発ベンチャー「ドリームファスナー株式会社」を 2016年3月に設立している。

公的助成金は、国立研究開発法人日本医療研究開発機構（以下 AMED と記す）の医工連携事業化促進事業（2018・19年度）、日本学術振興会の科学研究助成事業（以下 JSPS 科研費と記す）の基盤研究 A（2017・20年度）を継続した。2020年に JSPS 科研費の基盤研究 C（2020・22年度、日向信之ら：尿路手術に応用しうる新規可用性合金の開発）が採択された。

#### (1) 血管/胆管クリップ

向井らが、素材の結晶組織観察および合金成分の高濃度部位の分散状態確認、性能評価試験に適用するクリップの試作および表面観察による加工条件の検討、量産試作クリップの力学的性能および分解性の評価を実施した。福本らが、体重およそ 40kg のブタを用いて、3種の試作品（前回、改良 A,B）の血管結紮後の出血の有無、横滑りの有無、ミスクリップピング後の修正の容易さ、血管切断後の出血の有無等を評価した結果、改良試作品 A が優良と判断した。

また、ラット肝切除モデルでの結果を論文として発表した (Urade T et.al., BMC Surg. 2019 Sep 9;19(1):130.)。Mg 合金クリップは経時的に吸収された (左図)。24 週後の CT 画像におけるアーチファクトも臨床で広く使用されているチタン製クリップに比べ極めて僅かであった (右図、A：チタン製クリップ, B：Mg 合金製クリップ。)



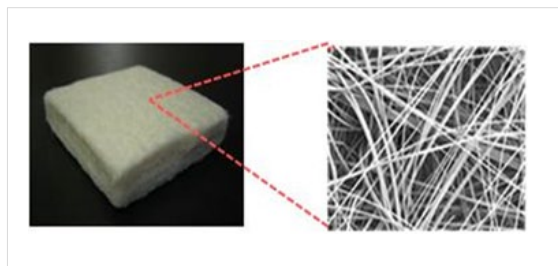
## (2) 尿路手術時のワイヤーリング

向井らが提供した試作品を用い、藤澤らがラットモデルにて評価し良好な成績が得られた (Okamura Y et.al., World J Urol. 2021 Jan;39(1):201-208.)。

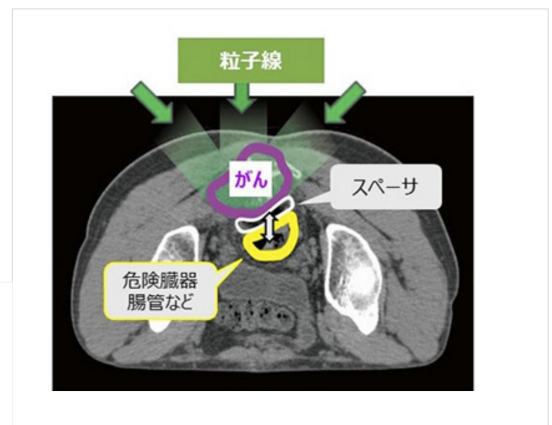
## 2) 切除不能腹部、骨盤部悪性腫瘍に対する体内空間可変粒子線治療に用いる吸収性スパーサー

福本、佐々木らのニーズに企業のシーズを繋ぎ、粒子線治療の際に併用する吸収性スパーサーの研究開発を継続している。

正常組織への被爆によって癌組織への根治線量を照射できない問題を解決するべく 2007 年に基礎研究を開始し 2008 年に「照射期間はスパーサーとして存在し機能したのちに生体に吸収され消失する吸収性スパーサー」の着想に至った。そののち産学官連携に繋げ、公的助成金を活用することによって基礎研究から開発研究へ移行、2009 年に企業と共同出願、2013 年日本特許が成立した。2014 年アルフレッサ ファーマ株式会社が治験届提出、2017 年 12 月医療機器として薬事申請、2018 年 12 月「ネスキープ®」薬事承認、2019 年 6 月に保険適用・発売に至り大学の研究が結実した。

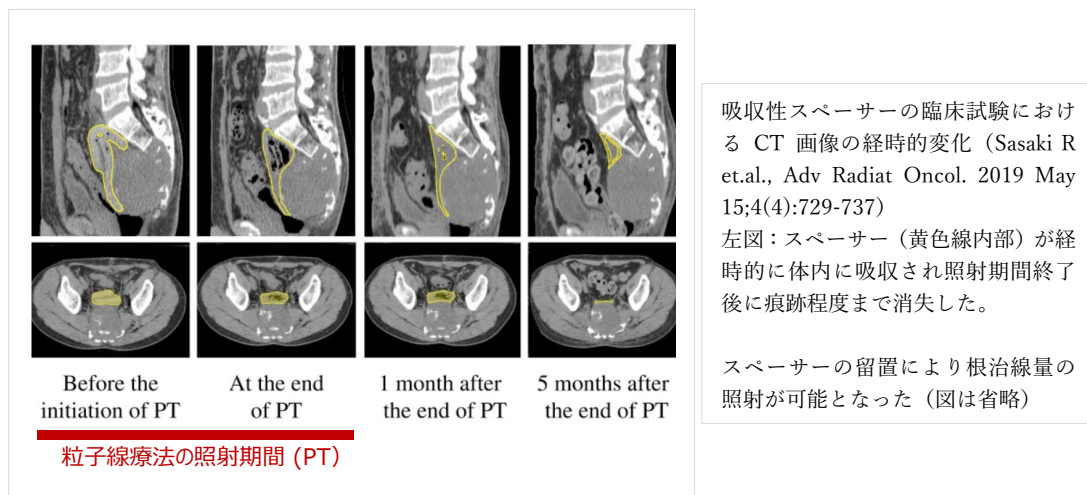


上図：吸収性スパーサー  
ポリグリコール酸の糸を不織布に加工した網の目構造。  
右図：体内空間可変粒子線治療（スパーサー留置粒子線療法）の模式図概念図  
いずれの図も、神戸大学 HP の「research\_at\_kobe/NEWS 2019/6/27」より



その研究成果として、ヒトへの世界初の適用となった粒子線治療における吸収性スパーサーの治験成績と考察 (Sasaki R et.al., Adv Radiat Oncol. 2019 May 15;4(4):729-737)、吸収性スパーサーの研究開発と薬事承認までの軌跡、並びに、小児がんへの適用の試み (佐々木ら, 日本小児血液・がん学会雑誌 2019 ; 56 (2) : 148-152), 体内空間可変粒子線治療 (スパーサー併用粒子線治療) の肝細胞癌における成績と考察 (Komatsu S et.al., J Surg Oncol. 2019 Aug;120(2):214-222.), 仙骨脊索腫における成績と考察 (Tsugawa D et.al., J Am Coll

Surg. 2020 Feb;230(2):207-215.)、腹部骨盤領域の肉腫における成績と考察 (Komatsu S et.al., Radiother Oncol. 2020 May;146:194-199.)、局所進行膀胱癌の放射線治療における照射計画におけるスぺーサー留置の効果 (Kawaguchi H, et.al., Anticancer Res. 2021 Jan;41(1):503-508.)、局所進行膀胱癌の陽子線治療における治療成績 (Lee D et.al., Radiat Oncol. 2021 Jan 6;16(1):3.) を論文として発表し、仙骨ユーイング肉腫の最初の小児症例についての症例を報告した (Takagi D et.al., Pediatr Blood Cancer. 2020 Dec 12:e28842.)。

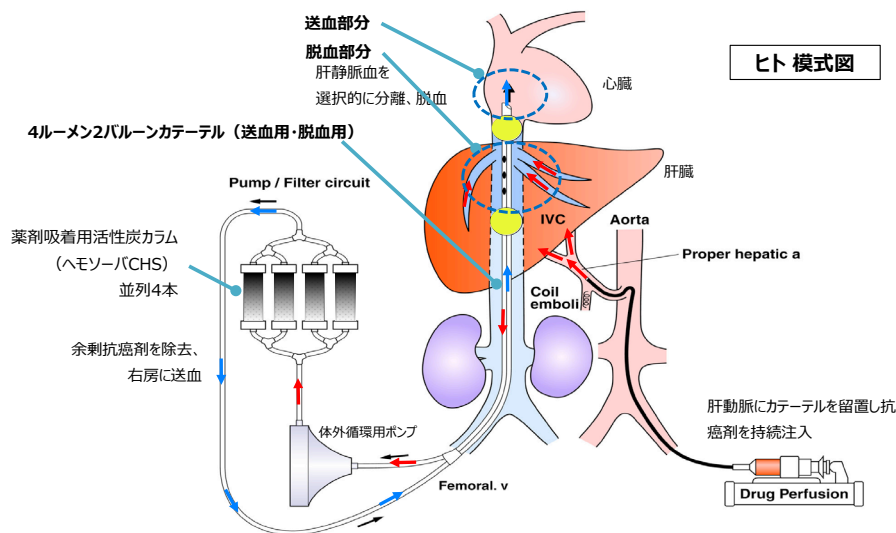


日本特許 JP.5432281（電離放射線治療用スぺーサー及びこれを作製するための、繊維集合体を含むシート）、中国特許 CN.102596317（電離放射線治療用スぺーサー（以下同様））、欧州特許 EP.2497534 が登録済、2020 年に米国特許 US.10525281、韓国特許 KR.102070986 が成立し登録した。なお、神戸大学特許（企業 2 社との共有）の不実施補償契約書を 2019 年度末に締結し、これによって、2020 年度は一時金及びロイヤリティ、2021 年度はロイヤリティを取得した。

公的助成金は、AMED の革新的がん医療実用化研究事業（2017-19 年度）を継続し、JSPS 科研費の基盤研究 B（2019-21 年度、佐々木ら：骨軟部肉腫、小児悪性腫瘍に対する新規・体内空間可変粒子線治療の開発）、基盤研究 C（2020-22 年度、出水祐介ら：小児・AYA 世代の骨軟部肉腫に対する吸収性スぺーサー併用陽子線治療の確立）、AMED 革新的がん医療実用化研究事業（2020-22 年度、佐々木ら：吸収性スぺーサーを用いた体内空間可変技術の定位放射線治療への展開）が新たに採択された。

### 3) 高度進行肝臓に対する経皮的肝灌流化学療法 (PIHP)

福本らのニーズに企業のシーズを繋ぎ、特殊な 4 ルーメン 2 バルーンカテーテルを研究開発することによって、進行肝臓に抗癌剤を直撃させた後に効率よく回収して全身の副作用を減弱させる画期的な治療法 PIHP を可能にした。既に自費治療での診療を行っており実績は 250 例を超え、その治療戦略や成績は論文や学会にて発表してきた。



使用するバルーンカテーテルの特許を企業と共同出願し2017年に日本特許(JP.6220102、JP.6275317)が登録済、2020年に前者の中国特許 CN.108738314 が成立し特許登録した。共有する企業が中心となり主要国への展開を試みている。研究開発の促進のために、大学発ベンチャー「PIHP メディカル株式会社」を2016年3月に設立している。

助成金では、JSPS 科研費の若手研究(2018-21年度)を継続中である。

#### 4) 新たな癌バイオマーカーの開発

福本らと、バイオシグナル総合研究センター(大学院農学研究科)の今石浩正らがチトクロームP450を活用した新規バイオマーカー研究に着手し2017年および2018年に観察等臨床研究3件を開始し、その結果に基づき2017年12月に特許出願した。公益財団法人住友電工グループの社会貢献基金の大学講座寄付を2017-21年度獲得(肝転移の早期診断が可能な新規がんバイオマーカー開発講座)し、今石教授が2018年開設した寄付講座「革新的疾患バイオマーカー開発講座」を継続中である。なお、現時点では患者血液サンプルの測定は中断している。

#### 5) 未来医工学研究開発センター

神戸大学は革新的医療機器開発を加速する目的で、2015年に先端融合研究環に大学院工学研究科と中心としたバイオマテリアル・メディカルエンジニアリング、大学院医学研究科を中心とした医療デバイス創製医工学の二つのプロジェクトを立ち上げた。さらに2017年に部局内センターとしてそれぞれに医療デバイス創製医工学研究センターおよび医工探索創成センター設立して体制整備を進めてきた。

学内外の動きを踏まえ分野融合型の新しいと取組みを検討した結果、医工学を完全にシームレスに融合し国際競争力の高い先端的医療機器研究開発のニーズ探索から事業化戦略までを行い、医療機器研究開発に必要な人材を養成する機関として「神戸大学 未来医工学研究開発センター」が2019年4月1日付で設立され、センター長に向井敏司教授、副センター長に福本が就任した。

## 6) その他

### (1) 生体侵襲性の低減可能な縫合糸等の医療機器

助成金 JSPS 科研費の基盤研究 C (2018-21 年度)を継続中。基礎研究並びに研究開発における産学連携を準備中である。

### (2) 空中映像表示技術の医療機器操作への応用

大学院医学研究科のニーズと企業のシーズを繋げた産学連携であり、2018 年に締結した企業との共同研究契約に基づき研究を継続した (2018 年 8 月～2021 年 10 月)。

### (3) チタン合金薄膜の軟組織接着剤としての研究開発

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 松本卓也教授のシーズに基づき、大学院医学研究科の柳本泰明・福本らが共同研究を開始した。研究成果 (Wang Y.et.al., J Mater Chem B (IF: 6.33; Q2). 2021 Oct 13;9(39):8348-8354) を論文として発表した。助成金は、JSPS 科研費の基盤研究 C (2021-23 年度、柳本ら：軟組織接着性チタン薄膜の接着力向上と中心静脈ポート固定への応用)が 2021 年度に採択された。

## 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

吸収性スパーサーは「ネスキープ®」として薬事承認・保険収載されて既に患者様に用いられている。切除不能な進行癌患で放射能による副作用が惹起されやすい腸などの正常組織が隣接しているために照射線量を低減せざるを得なかった患者様に根治線量の粒子線照射を可能にした世界初の医療機器である。また、研究開発中のマグネシウム合金のクリップ等は、現在広く使用されているチタン製品が生涯体内に残存し胆管内迷入などの合併症や MRI や CT 画像診断のアーティファクトを生むなどの欠点を解消するものである。

臨床医のニーズに基づいた本プロジェクトでは、論文や学会発表を目的とせず、製品となり医療現場で実際に役立つ医療機器等を提供することを目的としている。大学の基礎研究・臨床研究を深めるとともに、特許戦略や産官学連携・学学連携にも早期から力を注ぎ、医療現場が求める画期的な医療機器等を開発していきたい。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 11 人 (分担者 6 人、学内参画者 4 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人)

令和2年度 11 人 (分担者 6 人、学内参画者 4 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人)

令和3年度 10 人 (分担者 5 人、学内参画者 4 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人)

### (2) 運営経費：複数のプロジェクトに跨る。

令和元年度 400,000 円

令和2年度 400,000 円

令和3年度 400,000 円

### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 円

令和2年度 0 件、0 円

令和3年度 0 件、0 円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文 (英文)

令和元年度 5 編 (内国際共著論文 0 編)

令和2年度 5 編 (内国際共著論文 0 編)

令和3年度 3 編 (内国際共著論文 0 編)

#### 主たる論文リスト

##### 英文

Sasaki R, Demizu Y, Yamashita T, Komatsu S, Akasaka H, Miyawaki D, Yoshida K, Wang T, Okimoto T, Fukumoto T. First-In-Human Phase 1 Study of a Nonwoven Fabric Bioabsorbable Spacer for Particle Therapy: Space-Making Particle Therapy (SMPT). *Adv Radiat Oncol*. 2019 May 15;4(4):729-737

Komatsu S, Terashima K, Matsuo Y, Takahashi D, Suga M, Nishimura N, Lee D, Tai K, Kido M, Toyama H, Demizu Y, Tokumaru S, Okimoto T, Sasaki R, Fukumoto T. Validation of combination treatment with surgical spacer placement and subsequent particle radiotherapy for unresectable hepatocellular carcinoma. *J Surg Oncol*. 2019 Aug;120(2):214-222.

Mizumoto T, Terashima K, Matsuo Y, Nagano F, Demizu Y, Mima M, Sulaiman NS, Tokumaru S, Okimoto T, Toyama H, Fukumoto T. Proton Radiotherapy for Isolated Local Recurrence of Primary Resected Pancreatic Ductal Adenocarcinoma. *Ann Surg Oncol*. 2019 Aug;26(8):2587-2594.

Urade T, Yoshida T, Ikeo N, Naka K, Kido M, Toyama H, Ueno K, Tanaka M, Mukai T, Fukumoto T. Novel biodegradable magnesium alloy clips compared with titanium clips for hepatectomy in a rat model. *BMC Surg*. 2019 Sep 9;19(1):130.

Tsugawa D, Komatsu S, Demizu Y, Sulaiman NS, Suga M, Kido M, Toyama H, Okimoto T, Sasaki R, Fukumoto T. Space-Making Particle Therapy with Surgical Spacer Placement in Patients with Sacral Chordoma. *J Am Coll Surg*. 2020 Feb;230(2):207-215.

Komatsu S, Demizu Y, Sulaiman NS, Terashima K, Suga M, Kido M, Toyama H, Tokumaru S, Okimoto T, Sasaki R, Fukumoto T. Space-making particle therapy for sarcomas derived from the abdominopelvic region. *Radiother Oncol*. 2020 May;146:194-199.

Wang T, Inubushi S, Ikeo N, Mukai T, Okumura K, Akasaka H, Yada R, Yoshida K, Miyawaki D, Ishihara T, Nakaoka A, Sasaki R. Novel artifact-robust and highly visible zinc solid fiducial marker for kilovoltage x-ray image-guided radiation therapy. *Med Phys*. 2020 Oct;47(10):4703-4710.

Okamura Y, Hinata N, Hoshiba T, Nakatsuji T, Ikeo N, Furukawa J, Harada K, Nakano Y, Fukumoto T, Mukai T, Fujisawa M. Development of bioabsorbable zinc-magnesium alloy wire and validation of its application to urinary tract surgeries. *World J Urol*. 2021 Jan;39(1):201-208.

Kawaguchi H, Demizu Y, Mukumoto N, Ishihara T, Miyawaki D, Komatsu S, Akasaka H, Shinoto M, Shioyama Y, Nakamura K, Fukumoto T, Sasaki R. Efficacy of Spacers in Radiation Therapy for Locally Advanced Pancreatic Cancer: A Planning Study. *Anticancer Res*. 2021 Jan;41(1):503-508.

Lee D, Komatsu S, Terashima K, Toyama H, Matsuo Y, Takahashi D, Suga M, Nishimura N, Tai K, Kido M, Demizu Y, Tokumaru S, Okimoto T, Sasaki R, Fukumoto T. Surgical spacer placement for proton radiotherapy in locally advanced pancreatic body and tail cancers: initial clinical results. *Radiat Oncol*. 2021 Jan 6;16(1):3.

Takagi D, Morikawa Y, Kamei M, Ogino H, Iwata H, Maeda N, Akita N, Fukumoto T, Sasaki R, Kondo S. The first pediatric case of sacral Ewing sarcoma treated with space-making particle therapy. *Pediatr Blood Cancer*. 2021 May;68(5):e28842.

Tanaka M, Komatsu S, Kido M, Toyama H, Tominaga M, Uchida Y, Terashima K, Demizu Y, Okimoto T, Fukumoto T. Salvage hepatectomy for local recurrence after particle therapy using proton and carbon ion beams for liver cancer. *Ann Gastroenterol Surg*. 2021 May 7;5(5):711-719.

Wang Y, Okada M, Xie SC, Jiao YY, Hara ES, Yanagimoto H, Fukumoto T, Matsumoto T. Immediate soft-tissue adhesion and the mechanical properties of the Ti-6Al-4V alloy after long-term acid treatment. *J Mater Chem B*. 2021 Oct 13;9(39):8348-8354.

##### 邦文

小児がんに対する吸収性スパーサー留置を併用した粒子線治療. 佐々木良平, 出水祐介, 岩田宏満, 亀井美智, 文野誠久, 赤坂浩亮, 王天緑, 妹尾悟志, 犬伏祥子, 宮脇大輔, 吉田賢史, 小松昇平, 福本巧. 日本小児血液・癌学会雑誌 2019 ; 56 (2) : 148-152

吸収性スパーサー留置を併用した小児悪性腫瘍に対する粒子線治療. 佐々木良平, 出水祐介, 福本巧. 京都府立医科大学雑誌 2019 : 128 (12) : 889-897

粒子線治療後再発に対するサルベージ肝切除. 田中基文, 小松昇平, 木戸正浩, 福本巧. 手術 2021 : 75(3) : 273-279.

(2) 著書数： 該当なし

(3) 特許出願数： 該当なし (2019-21 年度の特許出願)

7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度 57,130 千円

令和2年度 60,064 千円

令和3年度 57,981 千円

(2) 受賞： 該当なし

(3) 研究集会の開催： 該当なし 2 件 (内国際研究集会 0 件)

主たる研究集会リスト

- ・ 神戸大学未来医工学研究開発センター設立記念キックオフシンポジウム, 2019/10/8 (神戸大学医学部会館シスメックスホール)
- ・ 神戸医療機器創出イノベーションシンポジウム、2021/3/22 (Zoom)

(4) その他特記事項： 該当なし



最終報告書  
(令和元年度～令和3年度)

1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称:文理融合による「こころの生涯健康学」研究の創成

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名:医学研究科医科学専攻・古屋敷 智之

2. 研究目的

こころの健康は人々の幸福と社会の発展に不可欠であるが、こころの病は年々増加している。超高齢少子社会では、多様な世代や立場でこころの問題が生じるが、その問題解決のための目標や対策は不明である。本プロジェクトでは、多様な世代や立場の人々のこころの健康を増進することを目的とし、社会におけるこころの健康を形作る「こころの多様性・共感性・社会性」「ストレス・レジリエンスと生活習慣・環境」「こころの発達と老化」について文理融合研究を推進する。脳機能や身体機能といった客観的指標に着目し、心理学、社会科学と連携して、こころの諸問題を一元的に理解する研究体制を構築する。その結果、こころの健康と破綻の原理を解明し、脳・身体機能に着目したこころの働きの客観的指標、さらに社会科学と連動したこころの問題の多次元評価尺度を開発する。この評価尺度を用いて、地域保健指導、看護・介護・リハビリテーション、ICTによる自己理解・制御支援、環境整備といった社会的介入を開発し社会に提言し、製薬企業、食品製造業、健康機器メーカーなどとの共同研究によりこころの健康を増進する技術や製品を創出する。この戦略により、社会全体のこころの諸問題を包括した処方箋を開発することを目指すとともに、次世代の文理融合研究の担い手を育成する。

3. 研究成果の概要

本プロジェクトでは、研究代表者・分担者が上記の研究目的に資する個別の研究を行うとともに、文理融合研究を促す以下の取り組みを行ってきた。

【こころの健康に関わる血液バイオマーカーの探索】

加藤佳子(人間発達環境学研究科)・篠原正和(医学研究科)・古屋敷智之(医学研究科)らが地方行政と連携して「文理融合的アプローチによる健康寿命促進要因に関する研究」を推進した。1,300名程度の健常被験者を対象に、身体的健康度、役割／社会的健康度、精神的健康度といった健康関連 QOL の三つの構成要素に関わる質問紙調査を行うとともに、健康診断の残余血液検体に含まれる脂質成分を質量分析により計測した。この手法により、健康関連 QOL を支える健康生成要因を明らかにするとともに、その妥当性を与える生物学的成分を同定し、質問紙調査に基づく特定保健指導の有効性を高めることを目指している。

【こころの健康の国際的評価尺度の確立】

加藤佳子(人間発達環境学研究科)・鳥居深雪(人間発達環境学研究科)・古屋敷智之(医学研究科)・篠原正和(医学研究科)らは共同で「心の健康の保持増進のための国際支援プログラム評価指標の開発」を推進してきた。オーストリア・グラーツに海外中核共同研究拠点を置く国際ネットワークを構築し、国際社会で活用可能な要心理支援者の家族や支援者の心の健康を保持増進するための心理支援プログラム評価指標の開発を目指している。質問紙調査が主となるが、一部に医学・生物学的指標を導入する。

【こころの健康とレジリエンスの関連についての調査研究】

古屋敷智之(医学研究科)・加藤佳子(人間発達環境学研究科)・松本絵理子(国際文化学研究科)らにより、健常被験者を対象とした質問紙調査により、健康生成に関わるストレス対処能力・生きがい・概日リズムと、疾患生成を促すうつ・不安傾向との関連性を調べてきた。健康生成要因と疾病生成要因の関連性に示唆を得ることを目指している。

【乳酸菌含有飲料によるレジリエンス増強効果の発見】

加藤佳子(人間発達環境学研究科)・古屋敷智之(医学研究科)らが中学生から大学生を対象に乳製品によるストレス対処能力への影響に関する研究を推進した。ストレスや抑うつ・不安に関する質問紙調査が主となるが、介入調査も行った。その結果の一つとして、大学生の乳酸菌含有飲料の摂取がストレスに対するレジリエンスを促進することを示唆する結果を得た。

【バーチャルリアリティ・オンライン環境下の心理学研究】

喜多伸一(人文学研究科)は、神戸大学計算科学教育センターが保有するバーチャルリアリティ・システムを

用いて、実験心理学と情報科学の文理融合研究を行った。また、大阪大学の高橋英之特任准教授と共同で、複数の中国人参加者間が対話ゲームをオンライン状況で遂行しているときの信頼関係を比較する実験を遂行し、母語(中国語)を用いているときと外国語(日本語)を用いているときの信頼関係の保持に関する研究を行った。

#### 【視覚障害者における心理学研究】

喜多伸一(人文学研究科)は、視覚障害を持つ女性の化粧に関する実験を遂行し、化粧行動と社会参画の関係を調べる研究を行った。

#### 【文理融合による嗅覚の心理学研究】

大坪庸介(人文学研究科)は、神戸大学理学研究科の尾崎まみこ名誉教授とともに新生児の頭部ののにおいに関する共同研究を行った。柳澤邦昭(人文学研究科)は、JST 未来社会創造事業「匂いによる母子間交流を活用した安全・安心の創造」(尾崎まみこ代表)の分担者に選ばれ、生物学や工学の研究者との共同研究を開始した。

#### 【健康増進へのモチベーション増強のための文理融合アプローチ】

藤岡秀英(経済学研究科)・岡山雅信(医学研究科)・八幡晋輔(医学研究科)・山岡淳(経済学研究科)らは「加圧式健診事業」(よいとこ健診)を姫路市夢前町で2019年から2021年にかけて、これまで7回実施してきた。受診者の日常生活習慣において「健康によいところをほめる」ことで、健康づくりへのモチベーションアップと地域でのコミュニティづくりへの積極的な参加につながることを、さらに、一般健康診断の受診率の向上が目的である。その成果を実証的な研究につなげている。

#### 【職場環境とメンタルヘルスの関連性についての調査研究】

藤岡秀英(経済学研究科)、鈴木純(経済学研究科)、勇上和史(経済学研究科)らは、データヘルス研究プロジェクト(経済学研究科)では、「職場環境とメンタルヘルス」の関連性を実証的に明らかにする研究に取り組んできた。そのために全国健康保険協会(協会けんぽ)との連携協定にもとづき、兵庫県下のレセプトデータ3年分、事業者ならび従業員アンケート調査をそれぞれ2回実施し、研究成果を公表している。2021年からは、民間企業との連携に基づいた独自のアンケートと、さらにストレスチェックを実施している企業との連携により、ストレスチェックと独自アンケートを組み合わせた調査を開始している。

#### 【こころの健康に関する各研究グループの取り組み】

その他、各部局の研究代表者・分担者らがそれぞれ、こころの健康の可視化と増強法の開発に精力的に取り組んだ。また、研究費の共同申請や共同取得も行い、本プロジェクトに関連の深い学術集会も開催した。

研究代表者・分担者の個別の研究の主な成果の概要は以下の通りである。

研究代表者の医学研究科の古屋敷智之らは、上記の文理融合共同研究に加え、マウスの社会挫折ストレスを用いてストレスの生物学的基盤を同定し、さらに精神疾患患者検体を用いて精神疾患病態との関連を調べた。具体的には、ストレスによる脳内炎症反応には脳領域により分子機序に多様性があり、この多様な脳内炎症反応を自然免疫受容体が統御することを示した。ストレスの長期化によるミクログリア・プライミング現象に伴う転写・エピゲノム制御の一端を神戸理研との共同研究により解明しつつある。生理学研究所、神戸理研との共同研究で三次元電顕や膨張顕微鏡を用いてストレスによる内側前頭前皮質の神経細胞の超微細構造変化を同定し、マルチオミクス解析も行いその分子基盤に迫りつつある。ストレスによる抑うつ・不安亢進に伴い、骨髄からの好中球の動員が長期的に誘導され、この変化がストレス感受性と相関していることを示した。一細胞トランスクリプトーム解析を導入し、ストレスによる脳内外の炎症性細胞サブセットの動態を同定し、多様な臓器の機能変化を示唆する結果を得つつある。キリンとの共同研究により、発酵食品に含まれるロイシン・ヒスチジンからなるジペプチド等の経口投与がマウスうつ病モデルでの脳内炎症やうつ・不安様行動を抑制することを示し、うつ病などストレス関連疾患の予防法開発に繋がる成果を得た。ストレスにより誘導される睡眠が社会行動や探索行動に対して多様な影響を与えていることを示した。脳機能の老化を調べるためのマウス多次元行動実験系を確立し、マルチオミクス解析を行い脳機能の老化に伴う脳内の分子変化を同定しつつある。ストレスや老化に対する抵抗性(レジリエンス)の分子・神経回路基盤も解析を進めた。ストレス抵抗性を担う神経回路として前頭前皮質から拡張扁桃体への投射経路の存在を示唆した他、ストレスや老化への抵抗性を担うシナプス関連変化を同定しつつある。篠原正和博士や製薬企業との共同研究

究により、精神疾患の動物モデルや疾患検体で変動する微量生体成分を同定していたが、この成分の産生酵素の遺伝子欠損マウスを作出して情動行動との関連を示した。精神疾患への橋渡し研究を目指し、研究分担者の曾良一郎博士らと精神疾患患者検体を用いた臨床研究を進めた。神戸理研と共同でストレス病態に伴う炎症性変化を捉える PET イメージングの開発も進めた。

研究分担者の人文学研究科の喜多伸一らは、情報工学系研究者とともに、バーチャルリアリティ・システムを用いて「歩きスマホ」に関する実験を行い、スマートフォン操作時にはバーチャル提示の障害物との衝突を回避することが困難になることを示した。また、眼科学の研究者とともに、視覚障害者が鏡を見ずに自分で行う化粧についての実験とアンケート調査を行い、化粧した顔が見えない視覚障害者も、化粧しているときとしていないときでは心理状態が異なり、その差の大きさは晴眼者と同等であることを示した。これらはいずれも文理融合研究を促す取り組みである。また喜多伸一らは、COVID-19 状況での文理融合研究として、オンラインでの心理学実験を行った。例えば、実物の写真と見分けづらいハイパーリアリスティックな絵画と実物の写真のオンライン識別実験を行い、顔認知の優位性を示した。また出来事のエピソード記憶に関するオンライン実験を行い、事故を含む映像の記憶が残りやすく、確信度との相関も高いことを示した。さらにゲーム遂行中の参加者間の信頼関係について大阪大学と共同実験を行い、対面状況とオンライン状況での信頼の保持を比較する研究を行った。

研究分担者の人間発達環境学研究科の加藤佳子らは、上記の文理融合共同研究に加え、健康寿命の延伸に関連する心理社会的要因について検討し、健康寿命に影響する要因について一定の結果を得ることができた。健康寿命の延伸のために、わが国では医学的な知見に基づいて活発な保健活動が行われているが、これに加え生活習慣における行動変容やストレスへの対処などが必要であることを確認した。その上で、行動科学を活用する食習慣改善支援ツールの開発をめざし、保健師や管理栄養士などの支援者を対象に調査を行い、行動変容をめざした支援での困難さについて検討できた。そして健康な食生活を送る動機づけの質がメタボリックシンドロームの状況に影響することを示し、その動機づけを高める要因について検討するとともに、介入(保健指導)のための指標についても検討を進めた。これらの研究を受け令和3年度は次のような取り組みへと発展させている。健康日本 21 の中間報告では、全国にある管理栄養士・栄養士養成施設の学生による同世代の者への啓発活動による若い世代の自立した食生活を支援するアプローチも推奨されてきた。そこで管理栄養士養成課程の学生による同世代の者への、食生活改善のための健康支援を実施し、食習慣改善支援ツールの一部について、その有効性を確認した。さらに医学研究科の栄養管理部との連携を検討しており、メタボリックシンドロームや重症化が問題視されている糖尿病を中心とした生活習慣病を課題とする対象者への支援の一助となるように社会実装に向けたプロジェクトへと発展させる予定である。その一環として令和3年度より兵庫県より健康教育プログラムに関する委託授業を受け、これにも着手している。さらにストレス対処に関する研究も進めている。ストレスイベントに遭遇した時に生じるネガティブな感情の調節を行うためのストレス対処方略として、認知および行動に注目した研究を行った。成人約 500 名を対象としたオンラインによる縦断調査を実施し、ストレス対処方略としてどのような認知や行動が、抑うつ、不安の低減や増幅あるいは well-being の促進や抑制に関与しているかについて検討を進めている。また健康を国際的な課題としてとらえ、食行動、well-being、ストレスなどに関する国際比較研究から国ごとの特徴や共通性を見出している。継続的にヨーロッパを研究拠点とする国際共同研究を推進する方向にあり、Graz 大学(オーストリア)、ELTE 大学(ハンガリー)に加え、Warwick 大学(イギリス)の研究者とオンラインで共同研究を進める計画に着手した。さらに公認心理師の制度が国家資格化されたことを背景に、歴史的にも先進的に心理支援が行われてきたオーストリアに研究拠点を置き、心理職の心の健康やこれに関連する要因としての社会制度についても検討をしている。

研究分担者の国際文化学研究科の松本絵理子らは、領域横断研究プロジェクトの試み、感情情報に対する心的反応とストレス・不安感などの心理的個人特性との関連に関する研究の推進、コロナ禍におけるリスクの認知に対するストレスや心理的個人特性の影響を調査するプロジェクトが主なものとして挙げられる。コロナ感染の状況に伴い、対人接触程度の高い脳機能計測や対面での生理指標計測を伴う研究を十分に実施出来ない状況が続いたため、オンライン調査の活用など可能な方法を模索しながら推進することとなった。一方、コロナ禍のリスク認知とストレス、心理特性に関わる研究課題を実施することにより、こころの健康学研究で得られた知見のアウトリーチの有り方を探求する機会が得られた。具体的な内容は以下通りである。

研究分担者の国際文化学研究科の松本絵理子、正田悠、林良子らは映像、音楽などの鑑賞者が何を共有得るのかについて領域横断的に考察し、本研究科においてコミュニケーションを解析する新しい学際的共同研究を目指し、国際文化学研究センタープロジェクトを立ち上げ研究集会を企画し国内外の研究者を招い

て議論を行った。令和元年度の本プロジェクトでは、映像や音楽などの情報に接した場合には、対象の持つ意味、属性、その対象の意図を理解するという認知過程と、対象に対する感性的価値(美、醜、脅威、安らぎ、親しみ、目新しさなど)に伴った感情反応過程に着目し、心理学実験とオンラインによる調査を中心に進めた。それらの結果の一部は、日本感情心理学会、日本心理学会、ヨーロッパ視知覚学会にて公表した。また、コロナ禍のリスク認知と個人の持つ心理的特性や感情ストレス、注意制御の関連に着目し、日本心理学会 2020 年度「新型コロナウイルス感染拡大に関連した実践活動及び研究助成金」を得て、『コロナ禍のリスクコミュニケーションの最適化ーリスク認知と潜在バイアスの影響ー』の研究課題を推進した。成果の一部を日本心理学会にて発表し、現在執筆中である。コロナ禍のリスクに対するストレス反応と不安感や注意制御の個人特性の関わりについて検討を行ったところ、将来のリスク認知と不安感の程度に相関がみられることが示された。また、国際文化学研究科の林良子らは感情音声に関する研究を進め、その成果を日本音響学会誌等に公表している。国際文化学研究科の西田健志らは情報科学的見地から競技性・観戦性を拡張したプログラミングゲームの提案をエンターテイメント・コンピューティング・シンポジウムで行った。

研究分担者の経済学研究科の藤岡秀英、鈴木純、勇上和史、山岡順太郎、足立泰美、木下祐輔、山岡淳、帳帆らは、全国健康保険協会(協会けんぽ)兵庫支部との共同研究事業により実施した、勤労者のメンタルヘルスに関わる中小企業従業員対象調査・事業所対象調査、およびレセプト(診療報酬請求書)データ(2016 年度・2017 年度)のマッチングデータが KUMIC に格納されており、勤労者のメンタルヘルス、生活習慣病等に関わる問題を中心として、このデータセットを使用した分析、および関連する健康・社会保障・財政に関わる分析がプロジェクトメンバーによって進められ、論文が作成された。さらに現在、同データのパネル化に向けて、第2回中小企業従業員対象調査・事業所対象調査が実施され、現在データの整理中である。また、研究分担者の経済学研究科の藤岡秀英らは以下の研究も推進した。

1. 職場環境とメンタルヘルスに関する中堅企業へのアンケート調査: 2020 年 2 月、第 2 回「事業者アンケート調査」、第 2 回「従業員アンケート調査」を実施し、レセプトデータとの結合データの作成が完了し、統合パネルデータのデータマイニング、計量分析を進めた。2021 年 3 月に新たな協力企業での全社員を対象とする調査を実施した。さらに、ストレスチェックを担う民間企業と連携し独自アンケート調査を企画し、ストレスチェックと同時に「職場環境とメンタルヘルス」の関連性を明らかにするアンケート調査を、2021 年 12 月から実施する。
2. 健康経営: 経済産業省「健康経営度調査」に回答した事業所の個票データと日経 NEEDS に収録された企業の財務データをマッチングさせ、「健康経営優良法人認定」取得が企業の雇用面に与える影響を分析した。
3. 加点式健診事業: 2019 年 12 月から 2021 年 9 月までに姫路市夢前町において「よいとこ健診」を 7 回実施し、そのうち 2021 年 3 月 14 日、9 月 26 日の 3 回は、コロナ禍のなかで「オンラインよいとこ健診」を姫路市夢前町前之庄校区で実施した。

研究分担者の経済経営研究所の瀧俊毅らは、まず、信頼ゲームの実験で男性と女性のリスクに対する選好が彼らの実験で得られる報酬の参照点に依存するか否かを検証し、その結果から、個人の経済行為を分析する際に性別や参照点に依存する選好等を考慮に入れる必要があることを明らかにした。次に、不純粋な公共財における公共特性の増加が個人の向社会的行動にどのように影響するかを調べるために、独裁者ゲームの実験を実施し、不純粋な公共財における公共特性の増加は、個人のその後の寄付を部分的に締め出させていることを観察した。これは、一見「心の会計」の精神的プロセスによって説明できる。さらに、不純粋な公共財を扱う独裁者ゲームにおける個人の利己的な行動は、不純粋な公共財が削除された場合、その後の寄付にある程度慣性的な影響を与えることも分かった。最後に、人々の外見が信頼行動にどのような影響を及ぼすかを調べるために、信頼ゲームの実験を実施した。その結果から、人々は外見のより良い相手または見た目からより信頼できそうな相手に信頼行動を行いやすいことが分かった。さらに、実験データからは、外見の良い人ほど、他人からの恩を受けて逆にあまり恩を返さないことも明らかになった。

研究分担者の工学研究科の塚本昌彦、寺田努は、生体センシングや IoT により人の活動や情動をセンシングし、生活の様々な状況下でそれを活用する研究を行った。特に、提示系情報心理学や経験サプリメント、行動変容など心理学と情報学を統合するキーワードのもとで、新しいセンシング技術や認識技術、運動やエンターテインメント分野における応用についての研究成果を得た。また、ウェアラブル情報提示、ウェアラブルセンシング、IoT、ユーザインタフェースに関わる研究としては、スポーツや屋外での遊び、カラオケ、ゲームなど生活に密着したセンシング活用の応用研究を行った。さらに寺田努は JST CREST プロジェクトにおいて、バーチャルリアリティを用いたスポーツ訓練などに受容性がある(その練習方法を受け入れてきちんと効

果を出す)かどうかを、MRI 計測を用いて事前に知る方法を提案し、その有効性を確認した。同様の方法を用いることで、人が心理効果にどう影響されるのかの個人差を事前予測・計測できる枠組みを提案している。実証実験としては、プロサッカーチームヴィッセル神戸と共同で、Jリーグの試合において、混雑状況を見せたり待機にインセンティブを与えたりすることで自然と分散帰宅を実現する仕組みを提案し、実運用して効果があることを確かめた。

研究分担者の医学研究科の曾良一郎らは、注意欠陥多動性障害(AD/HD)患者の白血球より作成した人工多能性幹細胞(induced pluripotent stem cells, iPSCs)より分化させたドーパミン神経細胞および大脳皮質における発達過程や治療薬反応性について解析を実施し、健常人由来のドーパミン神経細胞、大脳皮質との差異を検討している。統合失調症、摂食障害およびネット・ゲーム依存において、包括的認知機能評価テストバッテリーである MCCB (MATRICS - Consensus Cognition Battery) 日本語版を用いて、各疾患における認知機能障害を比較検討した。

保健学研究科の研究分担者の橋本健志、千葉理恵、法橋尚宏、森正弘らは、精神疾患を有する人およびその家族が、孤立無援感を抱くことなく安心して地域で生活し社会参加できるように、保健学的な支援策を確立するための研究を実施した。訪問看護・訪問リハビリテーション・入院治療の調査からは、当事者のコミュニケーションの困難さ、対人関係上の疲労および認知機能の状態から、ひきこもり状態となり、強い不安・焦燥が生じている実態が明らかになった。支援において、個別的に関わること、当事者の希望を重視すること、必要に応じてスマホや携帯メール等を利用すること、押しつけでなく共同作業を訪問看護リハの基本とすること、これらを強化した介入策の効果について、比較対照を置いた研究によって明らかにした。さらに、精神疾患を有する人々のパーソナル・リカバリーおよびベネフィット・ファインディングの支援方法の確立を目指して、ベネフィット・ファインディング評価尺度を作成し、パーソナル・リカバリー、ベネフィット・ファインディング、および首尾一貫感覚の関連を縦断的に検討し、相互に有意な正の関連があることを明らかにした。また、パーソナル・リカバリーと psychological distress との関連を縦断的に検討し、相互に有意な負の関連があることを明らかにした。家族看護学の視座からは、開発した家族ビリーフシステム理論などにもとづき、家族ウェルビーイングの実現、家族員の心身の健康をもたらすトランスレーショナルリサーチを実施した。日本と海外(フィリピン、インドネシア、ベトナム、香港)で暮らす 56 家族を対象とし、対面もしくは遠隔での家族インタビュー、家族インターベンションを実施した。家族員ビリーフを認識基準として、家族員の意図的な感情、判断・行為、身体反応(健康問題を含む)が生じるシステムを構造化、とくに、うつ病、統合失調症を対象とし、ビリーフの視点からその治療方法を開発した。心の問題の生物学的基盤を明らかにするために生理学研究を実施し、学習・記憶の責任部位である脳海馬の神経回路を構成する、苔状線維シナプス伝達の特性の解析を行った。学習・記憶時に伴う高頻度入力により抑圧されるフィードフォワード抑制が、一過性のグルタミン酸受容体脱感作、伝達物質貯蔵プールの枯渇によりもたらされることを示唆した。そのフィードフォワード抑制を担う抑制性介在神経のサブタイプの同定のため、パッチクランプ記録およびカルシウムイメージング研究を行った。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

「3. 研究成果の概要」で記した文理融合共同研究、研究代表者・分担者による個別研究、国際ネットワークや企業との共同研究をさらに推進し、こころの健康と破綻の原理を解明し、脳・身体機能に着目したこころの働きの客観的指標、さらに社会科学と連動したこころの問題の多次元評価尺度を開発するとともに、こころの健康を増進する技術や製品の創出を目指す。さらに文理融合を意識した研究集会を積極的に開催し、次世代の文理融合研究の担い手を育成する。

#### 5. 構成員 及び 学内支援

##### (1) 構成員数

令和元年度 51 人(分担者 9 人、学内参画者 34 人、学外参画者 7 人、国外参画者 0 人)

令和2年度 52 人(分担者 9 人、学内参画者 31 人、学外参画者 11 人、国外参画者 0 人)

令和3年度 48 人(分担者 9 人、学内参画者 28 人、学外参画者 10 人、国外参画者 0 人)

##### (2) 運営経費

令和元年度 400,000 円

令和2年度 400,000 円

令和3年度 400,000 円

##### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 円

令和2年度 0 件、0 円

令和3年度 0 件、0 円

## 6. 研究成果の状況等

令和元年度 101 編(内国際共著論文 10 編)

令和2年度 159 編(内国際共著論文 11 編)

令和3年度 131 編(内国際共著論文 20 編)

### 主たる論文

1. Furuyashiki T, Akiyama S, Kitaoka S. Roles of multiple lipid mediators in stress and depression. *Int Immunol* 31(9), 579-587 (2019).
2. Numa C, Nagai H, Taniguchi M, Nagai M, Shinohara R, Furuyashiki T. Social defeat stress-specific increase in c-Fos expression in the extended amygdala in mice: Involvement of dopamine D1 receptor in the medial prefrontal cortex. *Sci Rep* 9(1), 16670 (2019).
3. Nie X, Kitaoka S, Shinohara M, Kakizuka A, Narumiya S, Furuyashiki T. Roles of Toll-like receptor 2/4, monoacylglycerol lipase, and cyclooxygenase in social defeat stress-induced prostaglandin E2 synthesis in the brain and their behavioral relevance. *Sci Rep* 9(1), 17548 (2019).
4. Ano Y, Hoshi A, Ayabe T, Ohya R, Uchida S, Yamada K, Kondo K, Kitaoka S, Furuyashiki T. Iso- $\alpha$ -acids, the bitter components of beer, improve hippocampus-dependent memory through vagus nerve activation. *FASEB J* 33(4), 4987-4995 (2019).
5. Ano Y, Kita M, Kitaoka S, Furuyashiki T. Leucine-histidine dipeptide attenuates microglial activation and emotional disturbances induced by brain inflammation and repeated social defeat stress. *Nutrients* 11(9), 2161 (2019).
6. Ano Y, Ayabe T, Ohya R, Kondo K, Kitaoka S, Furuyashiki T. Tryptophan-tyrosine dipeptide, the core sequence of  $\beta$ -lactolin, improves memory by modulating the dopamine system. *Nutrients* 11(2), 348 (2019).
7. Ayabe T, Ano Y, Ohya R, Kitaoka S, Furuyashiki T. The lacto-tetrapeptide Gly-Thr-Trp-Tyr,  $\beta$ -lactolin, improves spatial memory functions via dopamine release and D1 receptor activation in the hippocampus. *Nutrients* 11(10), 2469 (2019).
8. Ano Y, Kitaoka S, Ohya R, Kondo K, Furuyashiki T. Hop bitter acids increase hippocampal dopaminergic activity in a mouse model of social defeat stress. *Int J Mol Sci* 21(24), 9612 (2020).
9. Nagai M, Nagai H, Numa C, Furuyashiki T. Stress-induced sleep-like inactivity modulates stress susceptibility in mice. *Sci Rep* 10(1), 18900 (2020).
10. Ishikawa Y, Kitaoka S, Kawano Y, Ishii S, Suzuki T, Wakahashi K, Kato T, Katayama Y, Furuyashiki T. Repeated social defeat stress induces neutrophil mobilization in mice: maintenance after cessation of stress and strain-dependent difference in response. *Br J Pharmacol* 178(4), 827-844 (2021).
11. Ishikawa Y, Furuyashiki T. The impact of stress on immune systems and its relevance to mental illness. *Neurosci Res* S0168-0102(21)00207-8 (2021).
12. Kato Y, Shimomura Y, Takada Y, Furuyashiki T. Correlation between lactic acid bacteria beverage intake and stress resilience. *Kobe J Med Sci* 67(1), E1-6 (2021).
13. Kato Y, Hu C, Wang Y, Kojima A. Psychometric validity of the motivation for healthy eating scale (MHES), short version in Japanese. *Current Psychology Epub ahead of print* (2021).
14. 川島朋也, 松本絵理子. 妨害刺激の抑制に無視手がかりが与える影響: 事象関連電位による検討. *認知心理学研究* 18 (2), 43-52 (2020).
15. 藤岡秀英, 衣笠智子, 山岡淳, 田村穂. 「夢前花街道事業」との連携による「加点数健診事業」—文理融合・異分野共創による地域活性化事業報告書—. *国民経済雑誌* 225(2), 1-14 (2022).
16. 岸野早希, 松下将章, 市村陽亮, 大矢隆記, 鈴木竜太. 上司の家族支援的行動とオーセンティック・リーダーシップの関係. *国民経済雑誌* 220(15), 1-36 (2019).
17. Guo Q, Wang E, Nie Y, Shen J. Revisiting the impact of impure public goods on consumers' prosocial behavior: A lab experiment in Shanghai. *Bulletin of Economic Research* 73(1), 51-66 (2021).
18. Matsuura Y, Terada T, Aoki T, Sonoda S, Isoyama N, Tsukamoto M. Readability and legibility of fonts considering shakiness of head mounted displays. *International Symposium on Wearable Computers (ISWC)* 150-159 (2019).
19. Chiba T, Ide K, Taylor JE, Boku S, Toda H, Kanazawa T, Kato S, Horiuchi Y, Hishimoto A, Maruyama T, Yamamoto T, Shirakawa M, Sora I, Kawato M, Koizumi A. A reciprocal inhibition model of alternations between under-/overemotional modulatory states in patients with PTSD. *Mol Psychiatry* 26, 5023–5039

- (2021).
20. Masuzawa T, Hashimoto T, Yotsumoto K. Subjectively-assessed cognitive impairment and neurocognition associations in schizophrenia inpatients. Schizophr Res Cogn 27, 100218 (2021).

主たる著書

喜多伸一. 「生活環境と情報認知[改訂版]」(川原靖弘・片桐祥雅(編著))(2020)

塚本昌彦. 今日からモノ知りシリーズ「トコトンやさしいウェアラブルの本」日刊工業新聞社(2021)

特許出願数:0 件

主たる特許

該当なし

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 199,666 千円

令和2年度 174,415 千円

令和3年度 333,418 千円

### (2) 受賞: 11 件

主たる受賞リスト

2019 年度牛乳乳製品健康科学会議学術研究 優秀賞(加藤佳子)

2020 年度ともにつくる安全で安心なまちづくり賞(神戸市)(法橋尚宏)

2021 年度ヒューマンインタフェースシンポジウム 2021 対話発表優秀プレゼンテーション賞(松井菜摘、大西鮎美、寺田 努、塚本昌彦)

### (3) 研究集会の開催 14 件(内国際研究集会 0 件)

主たる研究集会リスト

2019 年度日本基礎心理学会第 38 回大会、(2019/11/29～12/1、喜多伸一、大会委員長)

2020 年度第 61 回日本児童青年精神医学会総会(Web 開催)(2020/10/24、曾良一郎、顧問)

2020 年度文化看護学会第 12 回学術集会(2020/7/12～8/1、法橋尚宏、会長)

2020 年度 Transcultural Nursing Society Conference in Japan 2020(2020/7/12～8/1、法橋尚宏、会長)

2020 年度第 22 回日本看護医療学会学術集会(2020/9/19～10/5、法橋尚宏、会長)

2021 年度第 17 回日本てんかん学会近畿地方会開催(2021/7/18、松本理器、会長)

2021 年度「ウェアラブルの骨頂」シンポジウム 2021(2021/4/7、塚本昌彦、主催者)

2021 年度ウェアラブルユビキタスワークショップ(UWW2021)(塚本昌彦、主催者)

### (4) その他特記事項

YouTube「ウェアラブルチャンネル」動画 102 本、企画・出演(塚本昌彦)

YouTube「わぐちゃんねる」動画 16 本、企画・出演(塚本昌彦)

YouTube「シンギュラリティサロン・オンライン」動画 104 本、企画・出演(塚本昌彦)

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：アジア諸国におけるシームレス・ヘルスケアシステムの共創  
ーライフイノベーションをもたらす未来型保健学システムの提案ー  
研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：保健学研究科保健学専攻・種村 留美

## 2. 研究目的

### <グロース&ディベロップメント部門>

日本での経験をアジア各国の歴史・文化背景、経済状況に応じてカスタマイズし、快適な妊娠・分娩管理システム、胎児期から継続した子育て支援システムを開発する。

### <サクセスフル・エイジング部門>

人口の超高齢化と生活習慣病の増加に伴い、わが国の高齢者においてフレイル、サルコペニア、認知症が喫緊の課題として生じている。これは超高齢社会での大きな課題と考えられ、これに対するわが国での課題解決に向けた対策を検討し、将来、アジア諸国にも到来する超高齢社会における課題をいかに予防していくかということに貢献すること、およびこのような課題に取り組む人材を育成することは大きな意義があると考えている。

### <インフェクシャス・コントロール部門>

感染症の国際共同研究を実施し、次世代の感染症対策を担う若手人材育成に努め、日本国民と世界の人々の安全と安心を守るための活動を行う。

### <ヘルスリテラシー部門>

地域のヘルスリテラシー向上に関連する因子を多様な視点から解析し、医療保険システム、女性の地位向上やプロダクティブヘルスおよびプロダクティブライツなど、社会・医療制度面での改善を提言する。また、新規性に富む健康デバイスや情報管理システムの開発などの研究・人材育成を行う。

## 3. 研究成果の概要

### <グロース&ディベロップメント部門>

#### 1) 情報通信機器を用いた産科混合病棟の看護の可視化研究（齋藤）

2021年研究の大きな契機となったことは、齋藤らのこれまでの研究成果が認められ生育基本法に、研究成果の一部が盛り込まれることになった事である。現在、日本看護協会と厚生労働省と連絡を取り合い、条文の詳細を検討中である。詳細は日本看護協会ニュース 2021年2月15日号に掲載された。

日本の病院における分娩は、産科と他の科が混合する産科混合病棟で約80%実施される。産科混合病棟では複数の科の患者の看護を行っているが、産科混合病棟の看護職全員を対象とした看護の可視化は実施されていない。そこで齋藤のマンツーマンタイムスタディを発展継承させ、工学部と協働による情報通信機器を活用し、病棟の全診療科と看護職員全員を対象に産科混合病棟の看護の可視化を実施している。産科の看護時間、産科以外の看護時間、看護行為を複数の病院において明らか



にした。安全な混合病棟の運営に寄与し、看護人員配置の科学的根拠ある資料として活用できる。看護の可視化研究は、看護理工学会の学術研究の主要な3本の学術研究課題に選定され、現在看護理工学会としての研究課題として継続中である。

2020年度は、この研究班から学会奨励賞論文2論文、学会賞発表1演題、計3題が選定されたことは大きな前進であった。なかでも大学院助産師コースの一期生である田中美帆氏が、助産師・産婦人科医師が多く入会する日本母性衛生学会にて学会奨励賞を獲得したのは、快挙であった。大学の教員あるいは博士後期の論文の受賞がほとんどである中で、修士論文が選定された意義は大きい。助産師コースに大きな貢献であった。

2020年度、2021年度は、本研究はコロナ禍であったが、研究メンバーを遠隔会議の開催により充実させることができた。2020年5月から新たなメンバーが加わった。これまでのメンバー神戸大学保健学研究科齋藤いずみ・大滝千文・西川美樹・システム情報学研究科和泉慎太郎准教授、常磐大学大澤佳代教授に加え、保健学研究科本岡夏子、産業技術総合研究所主任研究員三輪洋靖、立命館大学理工学部ロボット学科平井慎一教授 松野孝博助教が継続的に参加している。2020年5月から2021年現在まで月一回90分から120分の研究会を継続し開催した。

外部資金申請において、共同で申請した民間の申請案件が民間1件採択された。この研究テーマではこれまで研究メンバーの齋藤・大滝が過去に科研B、科研若手で採択されたが、このメンバーが結成後は科研の採択はない。科学研究費基盤研究B・Cの新たな採択や、過去には、齋藤が代表研究者であった厚生科学研究の採択が課題である。

## 2) 家族同心球環境理論にもとづく研究（法橋）

フィリピン、インドネシア、ベトナム、香港で暮らす合計21家族を対象とし、ヴァーチャル家族インタビューを実施した。家族インタビューは、家族同心球環境理論にもとづく家族アセスメントツールであるFEM（Family Environment Map, 家族環境地図）、FEAI（Family Environment Assessment Index, 家族環境アセスメント指標）などを使用して実施した。家族スピリチュアリティなどをアセスメントし、治療的コミュニケーションなどのメソッドにより家族支援を実施し、家族機能の向上、家族ウェルビーイングを実現した。

## 3) アジア諸国における小児がん診療の向上（西村）

ベトナム、インドネシア、ミャンマー等のアジア諸国からの留学生を受け入れて、小児がんの診断・治療の向上を目指したトランスレーショナルリサーチを展開した。代表的な難治性小児がんである神経芽腫の再発を早期診断する検査法を開発した。

### <サクセスフル・エイジング部門>

#### ○JICA 草の根パートナー型事業（種村、長尾）

本プロジェクトでは、ハノイ医科大学およびベトナム北部に勤務する医師、理学療法士等リハビリテーション職種を対象に、ベトナムにおける高齢社会の到来に備えて、作業療法（以下、OT）を中心とした高齢者リハ技術を有する人材が安定的に育成され、地域高齢者の健康維持・認知症予防に貢献することを目的とし、神戸大学が研修や物的支援を行った。

#### <研修等人的支援>

##### 1. 現地カウンターパートに対する本邦研修

2019 年 12 月 1～7 日に保健省リハ課副課長、ハノイ医科大学教員、関連病院リハ関係者 7 名に対して本邦短期研修を実施した。主な内容として、神戸大学による日本の高齢者への医療とリハビリテーションシステムに関する講義、病院訪問、地域リハビリテーション施設への訪問、作業療法士教育機関への訪問を行った。

## 2. 高齢者リハ（OT）指導者に対する TOT（Training of Trainers）研修

高齢者リハ（OT）指導者として、関連 4 病院より選出された 12 名のリハビリテーション職種（リハ医、理学療法士、作業療法士、言語聴覚士）に対して、8 回の高齢者リハ（OT）研修と関連 4 病院における臨床指導を実施した。

8 回の TOT 研修については、2019 年 9 月 9～13 日に第 1 回 TOT 研修（頭部外傷）、2019 年 10 月 21～25 日に第 2 回 TOT 研修（ADL 及び IADL）、2019 年 11 月 11～15 日に第 3 回 TOT 研修（OT 評価）、2019 年 12 月 23～27 日に第 4 回 TOT 研修（福祉機器）を現地にて実施した。2020 年 2 月～5 月に予定していた第 5 回～8 回の研修は、コロナ禍のため 2020 年 9～12 月にかけて Web にて実施した。2020 年 9 月 21～25 日に第 5 回研修 TOT 研修（認知症）、2020 年 10 月 26～30 日に第 6 回研修（脳卒中と質的研究）、2020 年 11 月 16～20 日に第 7 回研修（OT 理論と量的研究）、2020 年 12 月 21～25 日に第 8 回研修（高次脳機能障害）を実施した。

関連 4 病院における臨床指導については、現地ハノイ市に本事業で雇用した長期専門家を 2019 年 8 月より派遣し、4 病院を現地通訳者と共に各週 1 回半日訪問して臨床指導を実施した。コロナ禍により JICA より緊急一時帰国命令が出されたため、2020 年 3 月 19 日で一時中止した。2020 年 4 月より Web 指導を再開し、TOT からの質疑応答や教科書的資料や補足的な映像資料を作成、現地通訳者を介して Web にて提供した。

12 名の TOT に対する高齢者リハ（OT）の知識・技術の修得の確認としては、第 1 回 TOT 研修開始時に TOT12 名に主観的評価（VAS）を実施した。それらと計 8 回の研修終了後（2020 年 12 月 25 日）に再度主観的評価（VAS）評価を実施したところ下記の結果を得た。

Name	VAS (Sep. 2019)	VAS (Dec. 2020)
A	5/10	8/10
B	2/10	6/10
C	4/10	8/10
D	1/10	7/10
L	1/10	7/10
E	1/10	5/10
F	1/10	7/10
G	1/10	7/10
H	2/10	7/10
I	3/10	6/10
J	2/10	8/10
K	1/10	8/10

また、2021 年 1 月に TOT は神戸大学に対して研修内容を活かしたケースレポートを提出した。本学教員らがそのレポートを採点したところ、平均で 7.8 点（10 点満点）であり、現地でリハビリテーションに携わっている技術者ゆえにその下地が活かされたため、高得点を示したと考えられた。

さらに、2021 年 4 月 16・23 日に TOT 9 名（産休中の 2 名は免除）に対して OSCE を Web にて実施したところ、平均が 82.5 点（100 点満点）となり、Web を併用した講義であっても現地の技術者は講義資料や動画を用いて十分に復習し、臨床的な対応を取得したと考えられた。

## 3. 神戸大学と TOT 協働での高齢者リハ（OT）に対する地方病院研修

神戸大学と TOT が協働して、地方病院において高齢者リハを行う 6 病院を対象とした研修を 2 回計画した。カリキュラム、スライド、資料などは協働で作成し、第 1 回研修は神戸大学からの講義が 50%、TOT による講義・実習が 50%の分担で、地方 6 病院の研修生(リハ医)6 名に対して Web での研修を行った。第 1 回地方研修の第 1 週として 2021 年 8 月 23～25 日に研修 (ADL 及び IADL)、2 週目として 9 月 27～29 日に研修 (OT 評価と福祉機器)、3 週目として 10 月 25～27 日に研修 (認知症および脳卒中)、4 週目として 11 月 29～12 月 1 日に研修 (頭部外傷と高次脳機能障害) を実施した。なお、各 3 日間講義の後に 2 日間予定していた関連 4 病院における臨床実習と確認テストは、現地のロックダウン措置や省をまたぐ移動制限により延期とし、2022 年以降の現地の感染状況を見ながら実施する予定である。第 2 回地方研修は、同地方 6 病院の研修生(セラピスト)6 名を対象とし 2022 年 2 月から TOT のみによる研修(講義と臨床実習)を実施予定である。

#### 4. 本事業の成果検証

2019 年 8-9 月にかけて、関連 4 病院に対して高齢者リハ (OT) に対する調査 (OT 担当職員数及び受療患者数等) を実施し、その結果は下記であった。

		Bach Mai		National Geriatric		HMU HP		Hanoi Rehab.	
		2019/8	2022/4	2019/8	2022/4	2019/8	2022/4	2019/8	2022/4
1	OT individual room (yes/no)	yes		yes		no *together with PT		yes	
2	OT staff (No.)	3		1 *together with 01 JOCV		1		2	
	*BS holders (any subjects)	2		1		1		2	
3	OT clients/day (No.)	60		22-23		4-7		40-55	
	*In-patients/day	55		20		2-4		30-40	
	*out-patients/day	5		2-3		2-3		10-15	
4	OT at bedside (yes/no)	no		no		yes		no	
5	OT daily record (yes/no)	yes		yes		yes		no	
6	OT initial assessment form (yes/no)	yes		no		no		yes	
7	OT discharged planning (yes/no)	yes		by NS/OT orally *diet, drug, ADLs, etc.		by PT/OT orally *phone no. of staff in charge, home modification, etc.		no	
8	Conference with other specialists (yes/no)	yes (1/wk)		no		no		yes (Internal Medicine) no (Geriatric)	
9	OT services covered by insurance	1) Upper limb ex. for hemiplegia 2) Wrist-Hand Orthosis(WHO) 3) Ex. using and controlling W/C 4) Ex. for Awareness & Cognition		1) Upper limb ex. for hemiplegia 2) Wrist-Hand Orthosis(WHO) 3) Ex. using and controlling W/C 4) Ex. for Awareness & Cognition		1) Upper limb ex. for hemiplegia 2) Wrist-Hand Orthosis(WHO) 3) Ex. using and controlling W/C 4) Ex. for Awareness & Cognition		1) Upper limb ex. for hemiplegia 2) Wrist-Hand Orthosis(WHO) 3) Ex. using and controlling W/C 4) Ex. for Awareness & Cognition	

2019 年 8-9 月にかけて、ハノイ医科大学が神戸大学と協働して、前述の地方 6 病院に対して OT 担当職員数や OT 受療患者数等を調査し、その結果は下記であった。

		Saint Paul		E HP		Duc Giang		Haiduong rehab.		Quang Ninh Rehab.		Bac Giang Rehab.	
		2019/8	2022/4	2019/8	2022/4	2019/8	2022/4	2019/8	2022/4	2019/8	2022/4	2019/8	2022/4
1	OT individual room (yes/no)	no		no		yes		yes		no		yes	
2	OT staff (No.)	0		4 *11 staff rotate PT/OT/ST		5		27 *2 OT & 25 rehab therapists		0		2	
	*BS holders (any subjects)	8(PT)		1-2(PT) *a total of 4		1(PT)		19		5(PT)		15	
3	OT clients/day (No.)	0		20		15		90-100		0		25	
	*In-patients/day	0		20		10		250		0		25	
	*out-patients/day	60		0		5		100		0		0	
4	OT at bedside (yes/no)	no		yes		yes		few		no		yes	
5	OT daily record (yes/no)	no		no		yes		yes		no		no	
6	OT initial assessment form (yes/no)	no		no		yes		no		no		no	
7	OT discharged planning (yes/no)	no		yes		yes		no		no		yes	
8	Conference with other specialists (yes/no)	yes		No		yes		no		no		yes	
9	OT services covered by insurance:	1) Upper limb ex. for hemiplegia 2) Wrist-Hand Orthosis (WHO) 3)Ex. using and controlling W/C 4)Ex. for Awareness & Cognition		1) Upper limb ex. for hemiplegia 2) Wrist-Hand Orthosis (WHO) 3)Ex. using and controlling W/C 4)Ex. for Awareness & Cognition		1) Upper limb ex. for hemiplegia 2) Wrist-Hand Orthosis (WHO) 3)Ex. using and controlling W/C 4)Ex. for Awareness & Cognition		1) Upper limb ex. for hemiplegia 2) Wrist-Hand Orthosis (WHO) 3)Ex. using and controlling W/C 4)Ex. for Awareness & Cognition		1) Upper limb ex. for hemiplegia 2) Wrist-Hand Orthosis (WHO) 3)Ex. using and controlling W/C 4)Ex. for Awareness & Cognition		1) Upper limb ex. for hemiplegia 2) Wrist-Hand Orthosis (WHO) 3)Ex. using and controlling W/C 4)Ex. for Awareness & Cognition	

なお、本事業の最終月(2022 年 9 月)に、関連 4 病院及び地方 6 病院に対して同様の調査を実施し、本事業の成果を検証する予定である。

#### ○地域在住高齢者の健康調査（安田、木戸、秋末、小野玲）

地域在住高齢者を対象に、健康寿命延伸の阻害要因の探索と、阻害要因改善への介入研究を行って

いる。2018 年度からタイ王国（マヒドン大学）と、地域在住高齢者のフレイル調査に関する共同研究を開始した。結果は、タイの高齢者より日本の高齢者の方が高齢であったが、応用歩行能力や全般的認知機能は優れていたというものであった。2020 年度以降 COVID-19 の蔓延に伴い、共同研究については進捗していない。2019 年度に地域のフィールドを拡大し、丹波市と「認知症予防・健康寿命延伸のための長期縦断共同研究事業」に関する協定を結び、特定健診と同時に地域在住高齢者の認知機能、運動機能について調査を行い、認知機能低下の早期発見と介入を行った。

## ○Conceptual framework for monitoring life-course approach to Universal Health Coverage (Ono R)

Our laboratory collaborated with Kyushu University and Mahidol University (Thailand) to review for monitoring life-course approach to Universal Health Coverage in 2019. WHO provided the grant to this project. The study aims to develop a conceptual framework for monitoring UHC using a life-course approach, with a focus on older persons and low- and middle-income countries.

## ○台湾（台北医学大学）との国際共同研究（グライナー、龍野、山口）

### 1. 急性期病院における認知症看護卒後研修プログラムの開発と評価に関する研究

2019 年 7 月に台北医学大学より 2 名の研究者を招聘し、国際共同研究についての打ち合わせ等を実施した。「急性期病院における認知症看護 Competency 尺度の開発に関する研究」では、日本で開発した急性期病院における認知症看護 Competency 尺度の台湾版を作成し、台湾でデータ収集を実施した。現在台湾版尺度の信頼性・妥当性検証がほぼ終了した段階にある。「Virtual Reality (VR)を用いた認知症看護卒後教育プログラムの開発と検証に関する研究」では、VR エピソードの台湾版作成（台湾語への翻訳・吹き替え）を行い、台湾での VR エピソード効果検証に向けて調整中である。

### 2. 家族介護者と被介護者を対象にした睡眠と介護負担及び関連する要因に関する国際比較研究

2019 年 8 月に台北医学大学倫理審査の承認を得たのち、台北医学大学において共同研究者らとともに家族介護者の睡眠データの測定方法などを打ち合わせ、2020 年 3 月より日本、7 月から台湾において地域在住の要介護高齢者とその家族介護者への調査を開始した。当初、台湾におけるデータ収集を 2019 年 11 月から 2020 年 3 月の間に予定していたが、COVID-19 による影響で実施することが困難となり、2020 年度に安全に配慮できることが分かり次第、調査を実施した。現在、日本と台湾において 149 組のデータ収集が完了した。また、2019 年 2 月よりインドネシア大学も本研究に参加した。質問項目の打ち合わせを行い、インドネシア大学において倫理審査の承認を得たのちジャカルタにおいて 126 組（要介護者と家族介護者）のデータ収集を終了した。その結果、要介護高齢者において睡眠と抑うつとの有意な関連が認められ ( $\beta=0.203$ ,  $p<.01$ )、日本やインドネシアよりも台湾においてその関連が認められる傾向が確認されている。今後、家族介護者におけるデータを更に分析し、国際学会における発表および学術雑誌への報告を予定している。なお、国際比較をする上での日本のベースラインデータは、家族介護者の介護負担感への関連因子についての横断研究と縦断研究の結果を 2 本の論文にまとめ発信した (Ryuno H, *et al. Psychogeriatrics* 2020, Ryuno H, *et al. Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology* 2020)。

### 3. 糖尿病高齢者を対象としたサルコペニア研究

2019 年 9 月に台北医学大学倫理審査の承認を得た後、2019 年 10 月～2020 年 2 月に萬芳医院 (Wan Fang Hospital) 糖尿病外来を利用する 65 歳以上高齢者 200 名を対象にサルコペニア罹患の実態とその影響因子について調査を実施した。台湾での研究結果と既に調査終了した日本人糖尿病高齢者サルコペニア研究結果を比較し、日本と台湾の糖尿病高齢者においてサルコペニア合併に影響する要因の解明のためにデータの解析を行った。現在はその研究成果をまとめ論文執筆に取りかかっている。さらに、本研究成果を発展させるべく、新たな研究助成の申請を行っている。

## ○工学技術を活用した環太平洋アジア地域における認知症家族介護者支援モデル開発（グライナー、龍野、山口）

システム情報学研究科と共同で VA との対話システムを構築し、7 組の認知症高齢者とその家族介護者へ、4 日間の VA による質的データ、7 日間の 24 時間連続した客観的データ（ストレス、睡眠、環境・行動センシング、活動）及び質問紙による主観的データ（PSS、POMS、NPI、ADL、CDR、J-ZBI 等）の収集を行った。家族介護者と被介護者のストレスデータについて比較検討を行った結果、睡眠中にも関わらず家族介護者の夜間のストレス値が高いという特徴が示された。今後更に 24 時間の詳細なデータ解析を行っていく予定である。また、今後はストレスデータ収集機器を hamon から Garmin に変更し、認知症高齢者のみでなく、対象者を MCI の方々にも広げ、更なるデータの蓄積を図っていく。なお、COVID-19 のパンデミックにより、海外視察と海外でのデータ収集はまだ実施できていない状況にあるが、海外の共同研究者と実施に向けた打ち合わせを進めていく。

## <インフェクシャス・コントロール部門>

1. インドネシアにおけるヒト免疫不全ウイルス (HIV) の分子疫学調査：インドネシアにおける HIV 流行は現在も拡大傾向にある。特に HIV 1 型 (HIV-1) が流行を引き起こしている。アイルランガ大学の HIV-1 研究グループとの J-GRID 共同研究課題として、2019 年度にインドネシアの南カリマンタン州で試料収集を行った。現地の医療機関の協力を得て 60 検体の HIV 患者血を収集した。また、インドネシア軍ヘルスセンターの協力を得て、東ジャワ州スラバヤから 14 検体、カリマンタン州から 16 検体および東ヌサ・トゥンガラ州ティモール島から 2 検体の HIV 患者血を収集した。これまでに収集した血液試料よりウイルス遺伝子を増幅して解析した。その結果、CRF01\_AE が主な流行株であることと共に、CRF02\_AG の侵入が複数地域で確認された。また、2020 年度にインドネシアのスマトラ島東北部の都市メダン、西カリマンタン州の州都ポンティアナック及び首都ジャカルタで試料収集した HIV 患者血よりウイルス遺伝子を PCR 増幅して分子系統解析を行った。また、インドネシア軍の医療機関との共同研究で上記の都市を含めインドネシア全土から試料収集を再度行って、HIV-1 遺伝子の分子系統解析を実施した。その結果、CRF01\_AE が主な流行株であることと共に、前年度と同様にアフリカ諸国に流行するとされる CRF02\_AG の侵入が複数地域で確認された。また、薬剤治療患者血に由来する HIV-1 遺伝子の一部から薬剤耐性変異を検出した。更に 2020 年度までインドネシア各地で収集したサブタイプ B ウイルス遺伝子の分子系統解析を行い、インドネシアに流行するサブタイプ B はインドネシア系統群、中国系統群および米国系統群に分類され、1980 年代中盤から後半にインドネシアに侵入したことを明らかにした。また、薬剤治療患者血に由来する HIV-1 遺伝子の一部から薬剤耐性変異を検出した。

2. HIV 感染症の根治を目指したウイルス遺伝子不活化に関する研究：HIV 感染症の根治を目指した

基礎的研究として、ゲノム編集技術 CRISPR/Cas9 システムを用いて、細胞の染色体遺伝子に挿入されている HIV-1 遺伝子の不活化を試みた。これまでに構築した、HIV-1 増殖に必須の調節タンパク質 Tat および Rev を標的とするゲノム編集技術について、Tat および Rev 遺伝子の多数の遺伝子部位を同時にゲノム編集するシステムとした。その結果、Tat 遺伝子を同時に 3 カ所ゲノム編集することでゲノム編集に対する耐性ウイルスが出現しない効果的なウイルス遺伝子の不活化を実現した。

### 3. インドネシアにおけるデングウイルスの分子疫学調査

インドネシアは東南アジア最大のデング流行国であり、日本にもバリなどから毎年多数の輸入感染例が報告されている。アイルランガ大学の研究グループとの J-GRID 共同研究課題として、2019 年度に中部ジャワ州スマランから 115 検体、東ジャワ州パスルワンから 50 検体および東ジャワ州スラバヤから 36 検体のデングウイルス感染疑い患者の血清試料を収集した。デングウイルス 1 型をスマランの検体から 1 株、パスルワンの検体から 1 株分離した。また、デングウイルス 2 型をスマランの検体から 16 株？株分離した。これら分離ウイルスの遺伝子配列を調べて、遺伝子系統樹解析をおこなった。また、国立感染症研究所のデータベースにこれまで蓄積させてきたデングウイルス遺伝子情報を登録した。一連の研究を通じて、インドネシア国内外、アジア諸国、世界規模でのデングウイルス流行推移の一端を明らかにするとともに、日本国内のデングウイルス対策に役立つ調査結果を得た。

4. デングウイルスに対するヒト型中和抗体の性状解析：デング治療に関する開発研究の一環として、これまでにインドネシアのデング熱患者の末梢血試料よりヒト型中和単クローン抗体を 8 株樹立している。これらの中和単クローン抗体はデングウイルスインドネシア株およびプロトタイプ標準株の血清型 1 型から 4 型の増殖を広範囲にかつ強力に阻害（中和）する活性を示す。また、代表的な 2 株の抗体はジカウイルス、ウエストナイルウイルス、日本脳炎ウイルスの感染も強力に阻害する。しかし、すべての抗体が強力な抗体依存性感染増強効果（ADE）を示した。ADE は抗体が Fc 領域を介して Fc レセプターのある細胞へのウイルスの感染を助長させる現象で、デング重症化に関わっている。このままで抗体医薬品としては応用できないため、抗体 Fc 領域を改変した一連の組換え型抗体および抗体の抗原認識部位である可変領域（Fv）をペプチドリンカーで結合した単鎖可変領域フラグメント（single chain Fv, scFv）を作製して、それらの中和活性と ADE 活性を解析したところ、ADE を示さずに強力な中和活性を示した。また、抗体 Fc 領域を改変した組換え型抗体の一部は、デングウイルス感染マウスモデル系において、致死量のデングウイルス接種からマウスを防御する *in vivo* におけるデングウイルス増殖阻害効果を示した。一連の解析はインドネシア・アイルランガ大学、国立感染症研究所および医学生物学研究所（MBL）との共同研究として実施している。

5. ジカウイルス NS1 単クローン抗体を用いたジカウイルス NS1 検出 ELISA の構築：ジカウイルス NS1 タンパク質を特異的に認識する単クローン抗体 3 種類を用いて、民間企業との共同研究による迅速診断医務のクロマトグラフィー（IC）キット試作品の作製を試みたが、今回得られた抗体 3 種類は IC 法には適さないことがわかった。そこで ELISA によりジカウイルス NS1 を検出する系を確立した。

6. 新型コロナウイルスに対する安全な創薬スクリーニング系の構築：新型コロナウイルスは現在世界中で猛威を振るっている。この新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の終息には治療薬の開発が

必要不可欠と考えるが、新型コロナウイルスの創薬スクリーニングは感染性のウイルスを使用するため危険性が高い。ウイルスを用いない安全かつ簡便なスクリーニング系の構築は、治療薬開発に有用であると考え、今回、安全な創薬スクリーニング系の構築を目指して、新型コロナウイルスのレプリコン（感染性のない、自己増殖の可能なウイルス遺伝子）を構築した。また、レプリコンの増殖を簡便に測定するため、ウイルス遺伝子の一部にレポーター遺伝子を導入した。今回作製したレプリコンを利用することで抗ウイルス活性の評価が安全かつ簡便に実施可能となる。今後さらに改良を加えることで、新型コロナウイルスに対する新薬開発の加速を目指す。

**7. インドネシアにおける臨床分離株の *Klebsiella pneumoniae* を用いてキノロン系薬剤耐性に関する研究を行った。**キノロン系薬剤はグラム陰性菌の尿路感染症において用いられる代表的な抗菌薬の1つであり、耐性菌の出現が課題となっている。キノロン耐性の代表的な機構は、キノロン耐性決定領域（QRDR）の変異とプラスミド性キノロン耐性（PMQR）遺伝子の存在である。本研究では、どちらの耐性機構がよりキノロン耐性に影響しているかを、インドネシアの尿路感染症患者から分離された基質拡張型  $\beta$  ラクタマーゼ産生 *K. pneumoniae* 93 株を対象として調査した。gyrA と parC の QRDR の変異をポリメラーゼ連鎖反応（PCR）およびシーケンスにより解析した。また PMQR 遺伝子である qnrA、qnrB、qnrS、aac(6')-Ib-cr、および qepA を保有するか否かを PCR にて確認した。これらの耐性因子とキノロン系薬剤であるナリジクス酸（NA）、シプロフロキサシン（CPFX）、レボフロキサシン（LVFX）の感受性の関連性をフィッシャーの正確検定によって解析し、QRDR の変異と PMQR 遺伝子のどちらがキノロン耐性により関連しているかを多項ロジスティック回帰分析によって解析した。87.1 %の株が、キノロン系薬剤である NA、CPFX、LVFX の少なくとも1つに対して非感性であった。gyrA の 50.5 %、par C の 63.4 %で QRDR に変異が確認された。PMQR 遺伝子は 83.9 %に存在しており、aac(6')-Ib-cr が 63.4 %と最も高頻度に存在していた。解析の結果 qnrB が NA と CPFX への耐性に有意に影響していることが分かった。一方で QRDR の変異は3つのキノロン系薬剤への耐性に有意な影響が見られなかった。本研究で、ESBL 産生 *K. pneumoniae* では PMQR 遺伝子の1つである qnr B の存在が、QRDR の変異や他の PMQR 遺伝子の存在よりも有意に影響していることが分かった。

**8. C 型肝炎ウイルス (HCV) 粒子形成に寄与する宿主因子の同定に関する研究：**これまでにクロロフィル分解産物であるメチルフェオフォルバイド A (MepheA) とフェオフルバイド A (PheA) は、ApoE や ApoB の産生を抑制し HCV の感染性粒子形成を阻害することを明らかにしていたが、今年度はアポリポプロテイン分子種や脂質の発現への影響について詳細に解析し、以下の結果を得た。(1) MePheA は、ApoA1, ApoB, ApoE, MTTP mRNA 発現を有意に抑えた。(2) MePheA 及び PheA 処理により細胞内の MTTP タンパクの発現が抑えられた。(3) MePheA 処理により、コレステロール放出量が 37%、中性脂質 (TG) 放出量が 27%低下した。リポタンパク質各分の解析では、LDL と HDL に含まれるコレステロール量が非処理細胞と比べ、それぞれ 34%、47%低下した。また、リポタンパク質主要各分の TG 量の解析では、VLDL と LDL に含まれる TG 量が非処理細胞のそれらと比較し、それぞれ 29%、29%低下した。(4) クロリン系化合物であるクロリン e6 や癌の光学的療法で持ちられてるレザルフィン (NPe6) に関しても、強い HCV 感染阻害活性がみられ、ApoB や ApoE の発現抑制活性があることを見出した。

#### 9. 天然物からの抗 B 型肝炎ウイルス薬候補物質の探索：

インドネシア・インドネシア科学院 (LIPI) とアイルランガ大学薬学部・熱帯病研究所の研究グループ



と、JSPS 二国間共同事業研究(2018-2021 年度)として、74 種類のインドネシア産薬用植物からの抽出エキスの B 型肝炎ウイルス(HBV)の感染・増殖を抑制する物質を探索する研究を行った。HBV 感染初期段階とウイルス感染後期段階への影響、並びに細胞毒性につき評価したところ、HBV の複製段階を阻害する粗エキス 2 種、HBV の初期侵入を強く阻害する粗エキス 3 種を見出した。さらに、細胞内の cccDNA 量を減少させていると考えられる粗エキス 1 種を見出した。現在、活性を有するエキスの分画と精製、阻害作用点の詳細解析を行っている。また、ジフランボンであるアメントフラボンに抗 HBV 活性があることを見出した。作用機序の解析により、アメントフラボンは HBV の感染初期段階である HBV preS1 の NTCP 受容体への結合を抑制することがわかった。また、アメントフラボンは、NTCP トランスポータ阻害活性を有していた。アメントフラボンの構造類縁体を用いた研究では、ロブスタフラボンはアメントフラボンと同程度の抗 HBV 活性が見られたが、シアドピチシン、キュプレスフラボン、および単量体のアピゲニンには阻害活性が見られなかったため、二量体構造とアメントフラボンの構造が阻害活性の保持に重要と考えられた。アメントフラボンの研究は、国立感染症研究所との共同研究で行っている。

## <ヘルスリテラシー部門>

### 1) 男女共同参画室と連携したユネスコ・チェアプロジェクト (Gender and Vulnerability in Disaster Risk Reduction Support)

ユネスコチェアとは、知の交流と共有を通じて、高等教育機関および研究機関の能力向上を目的とするユネスコの認定プログラムであり、大学間のネットワークを形成し、国境を越えた教育・研究活動を通し、知識の交換を促すことを目指している。神戸大学ユネスコチェアは、ジェンダーや脆弱性に配慮した減災対策をテーマに 2018 年 4 月から男女共同参画推進室を中心に実施されている(事業期間は 4 年間)。本事業は、パートナー機関であるインドネシア・ガジャマダ大学、マレーシア・トゥンクアブドールラーマン大学、タイ・タマサート大学、台湾・高雄科技大学等との協働により進められている。保健学研究科は、国際人間科学部、国際文化学部、発達科学部、海事科学部、国際協力研究科等とともに、2018 年度から 2021 年度までの 4 年間、主にユネスコチェアサマープログラム(文理融合型サマーコース:災害におけるジェンダーと脆弱性ジェンダー)を通して事業に参画した。保健学研究科では、サマープログラムへの大学生・大学院生の派遣により、神戸大学他、ガジャマダ大学や高雄科技大学(台湾)などの大学生・大学院生が、ジェンダーや脆弱性の視点から災害に関する講義を受講し、ディスカッションやフィールドワーク、ワークショップ等へ参加した。サマープログラムを通して、学生らはさまざまな社会的文化的背景をもつ人同士との協働やリーダーシップに求められる能力を養うことが出来た。2020 年度と 2021 年度は、Covid-19 感染拡大により、海外への渡航ができないためをオンラインで事業を展開した。テーマは、Covid-19 を一つの災害と考え、Covid-19 により各国がどのような状況になったか、どのような対策が必要なのかなど、各国の状況をジェンダーや脆弱性の観点から、各国の学生と一緒に考え、グループで議論し、研究発表を実施した。また、「International COVID-19 Conference」に神戸大学とユネスコチェアの 4 か国のパートナー大学から 33 名の学生が参加し、各国の共通した感染防止対策と、文化や国による相違について討論、ジェンダーと脆弱性を中心に各国の学生がプレゼンテーションを行い、都市部と農村部の違いや宗教による支援、LGBTQ+の人々の状況など、さまざまな視点からの報告を共有した。国、文化、専門が異なる学生が、ジェンダー、貧困、移民・少数民族などの各国の課題や新しい情報および視点をオンラインでの会議を通して理解し、協働やリーダーシップに求められる能力を養うことが出来た。

## 2) 経営学研究科と協働による大学院助産師コースにおける「助産管理学」から MBA 講義・基盤研究への発展

助産管理学に内包された医療と経営学に関する内容は、杉村和朗理事、前大学病院長藤澤正人教授、経営学部松尾貴巳教授らにより、文部科学省 大学教育再生戦略推進費「課題解決型高度医療人材養成プログラム」として採択され、経営学部の MBA 講義として実施され、助産大学院コース院生は MBA 講義を受講している。齋藤は松尾貴巳教授と、MBA 教育における蓄積を周産期医療・看護に応用展開するため基盤研究による研究を開始し、2019 年からはさらに内容の充実が図られ、MBA コースの院生、助産師コースの院生、「課題解決型高度医療人材養成プログラム」に参加している病院の医師または事務部門が、混成チームを数個形成し、同じ課題に対し、グループ間で競い課題解決に、医学看護学的視点のみならず、経営的視点を取り入れながら実践的なグループワークを形成し、発表会を実施している。これは大学院助産師コースの大きな特徴であり、日本では唯一のカリキュラムであると自負する。世界的には看護と MBA のダブルデグリーコースもあることから、本コースが日本の MBA や経営学と看護や助産学の先鞭を切るわが国最初のコースとなっていると自負している。

上記の試みは大学院の卒業時の調査からも非常に高く評価されており、大学院 2 年前期の助産管理学、大学病院および開業助産院における助産管理学実習、そして最後に MBA との合同講義は、多くの示唆に富んだ経験を助産師コースの院生に与えることができおり、院生から神戸大学らしい非常に充実したカリキュラムであると評価されている。

## 3) 米国イエール大学大学院助産師コース修士課程院生と准教授を迎え合同講義および共同研究の実施

米国イエール大学大学院助産師コース修士課程大学院生 2 名と Alison 准教授 1 名を迎え、日米の助産師教育や研究討論会を実施し、帝王切開後の経膈分娩について研究している。2019 年には Alison 准教授がイエール大学から、アラバマ大学の教授に昇格移動したため、さらにイエール大学のほかアラバマ大学と発展的に共同研究交流を深めることを計画している。

## 4) 周産期安全安心研究会の開催

周産期安全安心研究会を主宰し、周産期の課題を産婦人科医師、看護部長、助産師、看護師、病院長、弁護士、研究者などのメンバーで広く討論し約 10 年間継続している。ここ数年はパルモア病院にて研究を実施し、さらに山崎峰夫院長と研究討論会を実施し、助産師コースの大学院生 5 人の研究を発表し、理化学研究所のコーディネータ堀浩氏が研究の講評をした。

## 5) 地域住民のヘルスリテラシー向上に関する研究

地域在住高齢者のヘルスリテラシー向上のため、社会活動とその関連要因を明らかにすることを目的に調査を行い、社会活動の中でも個人活動、社会参加・奉仕活動、学習活動の高得点群はいずれも地域コミットメント尺度の総得点が高いことが明らかとなった。また、個人活動は主観的健康感が高い、友人の数が多く、友人の誘いがあること、社会参加・奉仕活動は友人の数が多く、社会活動に良い認識がある、行政職員の誘いがあること、学習活動は、主観的健康感が高い、社会活動に良い認識がある、掲示板を閲覧することと関連があった。高齢者の社会活動の関連要因は活動別に異なり、各活動に適した支援をすること、特に地域コミットメントを向上することの有効性が示唆された。

地域在住高齢者の平常時からの防災行動としての保健行動の実態と地域とのつながりなどの関連要因を明らかにすることを目的に調査を行い、平常時に内服薬の携帯している高齢者は 16.1%と少ないことが明らかとなった。病気を抱えながら暮らす地域住民とかかりつけ医などの医療機関が連携を取り、有事にも備えられるような取り組みを行うことが必要である。また、普段から家族や近隣住民と地震に対する話題をあげるという情報共有が防災行動において重要であることも明らかとなった。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

##### <グロース&ディベロップメント部門>

##### 1) 情報通信機器を用いた産科混合病棟の看護の可視化研究（齋藤）

プロジェクト成果の社会への還元（社会実装や学問領域へのインパクトなど）という事では、やはり生育基本法に日本看護協会会長、日本看護協会助産師職能委員長、厚生労働省の担当課との調整により法文に盛り込まれることは非常に意義のある大きい事である。

産科混合病棟の問題の可視化と今後の解決の方法について、これまで工学部と取り組んできたが現在は、さらに経営学研究科と取り組んでおり、管理会計学の分野の論文に共同執筆した。今後の研究の方向性は、より実践的に病院における運営管理に齋藤らのデータと知見が応用され、日本の約 80 万人の出産のうち 8 割をしめる産科混合病棟での分娩の安全と質の保証に貢献できることを社会実装として目指す。このプロジェクトは、産科混合病棟のみならず、様々な病院の看護部等から看護の可視化研究にぜひうちに病院でも取り組みたいという話がある。ぜひプロジェクトを産科混合病棟のみならず一般病棟にも拡大していきたいと考える。

##### 2) 家族同心球環境理論にもとづく研究（法橋）

理論研究から社会実装を目指す。

##### 3) アジア諸国における小児がん診療の向上（西村）

ベトナム、インドネシア、ミャンマー等のアジア諸国の大学、小児がん診療病院との連携を深め、Web カンファレンスによる症例検討、患者検体を用いた診断法の開発等を通じて、アジア諸国における小児がん診療能力の向上に寄与したいと考えている。

##### <サクセスフル・エイジング部門>

##### ○JICA 草の根パートナー型事業（種村、長尾）

ハノイ医科大学およびベトナム北部に勤務する医師、理学療法士等リハビリテーション職種は、本事業で得た知識や技術を用いて、ベトナムにおける高齢社会の到来に備え、作業療法を中心とした高齢者リハ技術を有する人材となり、地域高齢者の健康維持・認知症予防に貢献できる。現状においてもそれぞれの人材が所属施設内において作業療法の知見や手法を盛り込んだリハビリテーションが開始されつつあり、この動きは継続して拡充するものと考えられる。

##### ○地域在住高齢者の健康調査（安田、木戸、秋末、小野玲）

研究成果は丹波市での認知症予防について社会実装を行う。

## ○Conceptual framework for monitoring life-course approach to Universal Health Coverage (Ono R)

研究成果は WHO 神戸センターで公開されている。

[https://extranet.who.int/kobe\\_centre/sites/default/files/pdf/metrics\\_kobe\\_univ\\_en\\_0.pdf](https://extranet.who.int/kobe_centre/sites/default/files/pdf/metrics_kobe_univ_en_0.pdf)

## ○台湾（台北医学大学）との国際共同研究（グライナー、龍野、山口）

### 1. 急性期病院における認知症看護卒後研修プログラムの開発と評価に関する研究

日本と台湾で開発した急性期病院における認知症看護 Competency 尺度を論文化し、急性期病院における認知症看護 Competency の現状把握やプログラムの効果評価への活用につなげていく。日本で開発・効果検証を行った研修プログラムについては、今後台湾でも効果を検証し、結果を基に実際の研修への活用を検討していく。

### 2. 家族介護者と被介護者を対象にした睡眠と介護負担及び関連する要因に関する国際比較研究

本研究は地域在住の要介護高齢者における睡眠と抑うつとの関連を明らかにしたが、家族介護者における関連とその関連の 3 か国間の比較を現在進めている。家族介護者の睡眠と介護負担感およびその他の関連因子を検証した国際比較研究はほとんどない。超高齢社会である日本と、日本よりも急速に高齢化が進行しているアジア諸国との国際比較研究は新規性ある知見を報告することとなる。要介護高齢者だけではなく家族介護者の健康課題への関連因子を明らかにし双方の健康課題改善を目指した研究を引き続き展開していく。

### 3. 糖尿病高齢者を対象としたサルコペニア研究

高齢糖尿病患者におけるサルコペニア発症率は日台ともに約 20%と深刻であり、共通して改善すべき最重要課題の一つであることから、本研究において高齢糖尿病患者のサルコペニア合併の影響因子について明らかにしたことは極めて意義深い。現在地域包括ケアシステムを掲げ在宅移行を促進している両国において、本支援モデルは今後益々増加する地域在住高齢糖尿病患者へのニーズに沿った支援策となり得る。また、社会・経済・文化的背景の異なる両国の共通性と特殊性を考察することで、高齢糖尿病患者におけるサルコペニア予防のための保健課題とその支援策について相互に知見を得ることができる。本研究を発展的に活用し、今後は地域在住高齢糖尿病患者におけるサルコペニア予防支援モデルの構築に取り組む。

## ○工学技術を活用した環太平洋アジア地域における認知症家族介護者支援モデル開発（グライナー、龍野、山口）

現在データ収集の初期段階にあり、更なるデータの蓄積と分析が必要である。これまでの分析結果についてはできるだけ早期に国際学会や学術誌へ投稿し社会へ還元していく予定である。COVID-19 パンデミックが落ち着き次第、海外でのデータ収集も開始し、環太平洋アジア地域における認知障害被介護者と介護者のストレス、介護負担の低減と QOL 向上へ向けた対策を検討していく。

## <インフェクシャス・コントロール部門>

日本近隣のアジア諸国の研究グループとの連携による国際共同研究を展開して、アジア諸国にお

ける病原性ウイルスや薬剤耐性菌の蔓延状況や、流行する病原体の伝播推移を推定するための分子疫学的研究を行い、日本を含めたアジア諸国における感染症の流行動態の一端を明らかにすることで国内外の感染症対策に有用な情報を得た。今後も国際共同研究を継続して、現在の COVID-19 パンデミックのような新興感染症を対象とする感染症対策に貢献していく。また、感染症に対する新薬やワクチン開発に必要な情報を蓄積させるための基礎研究を行い、リード化合物やワクチン候補を元に社会実装に繋がる研究を目指す。更に、これらの研究活動に博士課程大学院生を多数参画させて、将来、感染症研究分野でリーダーとなり得る若手研究者の人材育成を継続していく。

### <ヘルスリテラシー部門>

男女共同参画室と連携したユネスコ・チェアプロジェクト（2018－2021）は継続申請が承認され、キーワードにウェルビーイングを加え、教育・研究プロジェクトとしていく計画である。

経営学研究科、医学研究科や学外病院、海外の大学等、学内外の協働によるリプロダクティブヘルスおよびリプロダクティブライツの推進のための教育・研究をさらに充実させていく計画である。また、女性だけでなく乳幼児期、学齢期、思春期への支援、成人期、さらに高齢者に至るまで年代を区切らないシームレスなヘルスリテラシー向上のための研究や保健活動を促進させ、社会と協働した実践を通じて地域社会の健康課題の解決につなげていく計画である。

## 5. 構成員 及び 学内支援

事務局で記載します

### (1) 構成員数

令和元年度 19 人（分担者 4 人、学内参画者 14 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人）

令和2年度 18 人（分担者 4 人、学内参画者 13 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人）

令和3年度 19 人（分担者 5 人、学内参画者 13 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人）

### (2) 運営経費

令和元年度 378,299 円

令和2年度 398,475 円

令和3年度 400,000 円

### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 円

令和2年度 0 件、0 円

令和3年度 0 件、0 円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 21 編（内国際共著論文 7 編、内 TOP10%論文 xx 編）

令和2年度 40 編（内国際共著論文 11 編、内 TOP10%論文 xx 編）

令和3年度 40 編（内国際共著論文 6 編、内 TOP10%論文 xx 編）

### (2) 著書：16 冊

### (3) 特許出願数：0 件

7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度 71,362 千円

令和2年度 139,150 千円

令和3年度 86,566 千円

(2) 受賞： 9 件

(3) 研究集会の開催 23 件（内国際研究集会 6 件）

開拓プロジェクト

最終報告書  
(令和元年度～令和3年度)

1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：サステイナブル低炭素化システム創生研究

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：先端融合研究環・内山 雄介

2. 研究目的

地球温暖化問題の主たる原因である二酸化炭素の排出を抑制する「低炭素社会」を構築し、持続可能な社会を創生することは今や世界的な喫緊の課題である。本プロジェクトでは、本学および国内外研究機関の流体・新素材研究者らの叡智を結集し、環境・エネルギー技術開発の強化に向けてゲームチェンジングテクノロジーによる低炭素社会実現を目指すための分野横断的な研究を展開する。さらに、社会実装に向けた評価や将来的な分野拡大を念頭に文系研究科研究者が参画し、文理融合研究領域の創設を目指す。

3. 研究成果の概要

本開拓プロジェクトでは、潤沢な外部研究予算（3年間合計で約823,352千円）を獲得しながら低炭素化社会創設に資する文理各分野における先端研究を鋭意実施し、253編の原著論文、15冊の著書、5件の特許等として社会還元したほか、43件の褒賞として対外的・学術的に高い評価を受けた。以下に本プロジェクト構成員および研究グループごとに具体的な成果について詳述する。

超低炭素社会を実現するアイテムとして、シリカ硬殻マイクロカプセル化蓄熱材を開発し、高温系潜熱輸送技術を確立した。この技術を応用して、高効率ケミカルヒートポンプの開発、高効率CO<sub>2</sub>キャプチャーの開発、高濃度H<sub>2</sub>貯蔵法の開発に成功した。また流動抵抗低減技術に関連して、乱れエネルギーの特殊な生成機構について明らかにした（鈴木・日出間）。化学プロセスの性能を飛躍的に向上させ、プロセスから排出される廃棄物と炭酸ガスを劇的に減少させるプロセス強化技術について、渦の持つ固体集積、混合・反応促進、粒子分級、物質輸送などの機能に着目し、基礎および、応用研究を行なった（大村）。リチウムイオン二次電池の性能向上に向けた最適な作製手法を探索するために、電極スラリー中での粉体材料の分散状態をレオロジーに基づいて解析する方法や、塗布操作がスラリー内部構造変化に与える影響を解明する研究手法を開発した（菰田）。多量の水を含むバイオマス由来化学品を既存プロセスの原料として利用を目指し、水の強い吸着による触媒被毒を低減できる耐水性触媒の開発を行った。（谷屋）。

医薬品やポリマー等の生産現場で多く用いられる回分式攪拌槽型反応器を連続式管型反応器へと転換し、省資源かつ省エネルギーな化学プロセス開発を行った。非定常渦流を応用した振動流バッフル反応器やスラグフロー反応装置のモデル構築を行った（堀江）。植物由来の材料であるCNFの分散流体の数理解析モデルとして、繊維ブロックサイズ分布のポピュレーションバランス方程式に基づく粘弾性モデルを開発し、CNF分散流体のレオロジー特性の再現性の評価およびマクロ流動とのカップリング計算を行った（山本）。固液境界面近傍でのコロイド分散粒子の複雑流動挙動に着目し、浸透距離の極めて短いエバネッセント光を用いた周波数計測と画像計測を構築し、壁面から約1 μm



以内の領域で粒子挙動の実験的解明に取り組んだ（白井）。サスペンション中の微粒子の分散・凝集挙動について予測するモデルの開発および数値計算を実施した。特に一軸混練機内の粒子の分散・凝集挙動について解析を行い、微粒子の凝集状態が局所的に異なる流れについて調査した（増田興）。食品および化学産業における製造工程の省エネルギーを達成するために、流動や伝熱操作を対象として渦流れの利用や混合操作の最適化を行った（増田勇）。

二酸化炭素の液相への吸収速度を評価するための物質移動係数モデルを種々の液相純度及び気泡形状について整備するとともに、抗力や揚力などの気泡力学モデルを開発し、これらを組み合わせることにより、物質移動を伴う複雑気泡流の数値シミュレーション技術を開発した（富山・林・細川）。工業システムの省エネルギー化、低環境負荷化、安全性向上を実現するための基礎知見の獲得を目的とし、気泡運動ならびに界面での吸着・物質輸送現象を調査し、その理解を深めるとともに、変形界面・境界付近の速度分布を精密に測定する手法を開発した。また、配管内気液二相流の乱流特性、熱伝達特性ならびに摩擦損失特性についても実験的に調査し、知見の拡充を図った（細川）。未利用の熱の活用、熱の発生、熱交換技術の高度化を目的として、相変化を伴う混相流（沸騰、溶融、凝固）の数値解析法を確立した。沸騰および溶融現象の数値解析を行うことで方法論の妥当性を検証し、相変化を伴う現象の評価に数値解析が有効であることを確認した（太田）。生体内の輸送現象を理解するために、赤血球やカプセルの流体構造連成解析、蠕動運動によって駆動される流れの数値流体力学解析を行い、レオロジー特性や輸送機能の特徴を明らかにした（今井）。多孔質体内部の液滴や微粒子を含む流体挙動を解析するために、3次元画像解析（X線CTやFIB-SEM）を連携した数値シミュレーションモデルを開発した（石神）。

再生エネルギーとして有効活用が求められる地熱熱源を対象とし、比較的低温（100 から 150℃程度）の熱源を利用するバイナリサイクルの熱効率向上を目的とした研究開発を行った。現在主流であるケトル型リボイラを対象として、水平管群内沸騰熱流動実験を行い、沸騰気泡による攪拌効果を評価するとともに、沸騰伝熱促進管による気泡径の細径化、均一分散化による管群内沸騰熱伝達の向上効果を明らかにした（浅野・村川・杉本）。前出のバイナリサイクル、ヒートポンプ／冷凍サイクルでは低沸点媒体が作動流体として使用されるが、地球温暖化係数が高いフロン系冷媒が広く使用されている現状にある。そこで、フロン系冷媒の使用量削減と蒸発熱伝達改善による熱効率もしくは成績係数向上を目的として、流下液膜式蒸発器の研究開発を行った。流下液膜蒸発熱伝達での核沸騰導入による伝熱促進効果を明らかにするとともに、液膜内に核沸騰伝熱促進面で小気泡群を形成することで液膜安定化できることを明らかにした（浅野・杉本）。超音波計測技術を基盤とし、超音波トモグラフィ法（UCT）の開発および、水・蒸気を対象とした流量計の開発を実施した。UCTでは、高熱流束の除熱に有効な液体金属における二相流の流動を評価することを目的とし、一断面を1ミリ秒で計測可能なシステムを実現した。水－アルゴン、GaInSn－アルゴン気泡流の比較から液体金属中における気泡形状、合体および揺動の違いを明らかにするとともに、液体金属気泡流への磁場印可の効果について研究を進めている。なお、本研究は、Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf（ドイツ）との国際共同研究として行った。一方、エネルギーの有効利用を目的として既存施設に適用できるクランプオン型超音波蒸気流量計の開発を行い、補正手法の導入によって湿り度20%以下の条件において誤差10%以内での蒸気流量計測を実現した（村川）。

海洋での CO<sub>2</sub> 吸収機構を解明するために、海洋鉛直混合に関する流体力学的な研究を行うとともに、低炭素化に資する海運部門でのエネルギー効率向上のためのウェザールーティングシステムの開発を行った（内山）。小規模な流体力学的プロセスの物質輸送や生態系構造への影響評価について湖沼（霞ヶ浦）を対象に観測とモデルのアプローチを統合させた研究を実施している。特に乱流強度を計測可能な観測装置を設置することで湖沼における長期間の拡散・輸送現象のモニタリングすることに成功した（増永）。放射性物質の海洋拡散挙動を迅速に予測可能な緊急時海洋環境放射能評価システム STEAMER の改良を行い、福島県沖合に適用、海洋拡散解析を行った。領域海洋循環モデル ROMS をベースにしたマルチクラス懸濁質（多粒径土砂）を考慮した高分解能放射性物質海洋拡散モデルを開発、STEAMER に導入し、東京電力福島第一原子力発電所事故起源の放射性セシウムの初期堆積過程及び中長期的な移行過程の解析を行った（上平）。陸水も含めた炭素貯留機構を解明するため、現地観測、室内実験、および数値計算等を行い、炭素貯留速度の推定モデルを開発した（中山）。大気・海洋中の水面波および内部重力波などの波動現象を再生エネルギーとして利用するための可能性に関する基礎的研究を実施した（片岡）。建築物における省 CO<sub>2</sub> を実現するために、人流・気流センサを用いた空調制御手法の実証研究を実施した。都市空間における温暖化適応策の実践のために、種々の暑さ対策技術の効果検証と温熱環境シミュレーションを実施した（竹林）。企業の低炭素化を促進する企業の環境マネジメントコントロールシステム（EMCS）に関する研究を行った。資源およびエネルギーの効率的な利用を促進するマテリアルフローコスト会計の実証分析も行い、アジア諸国や中小企業向けの手法開発を行った（國部）。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

化学蓄熱を利用したサーマルランジスタ・サーマルブースターの開発および高効率潜熱輸送技術の開発を通して、産 to 産の高度熱マネジメント技術を確立し、カーボンニュートラル実現に向けた取り組みを行う（鈴木・日出間）。化学プロセスの中で最も重要な装置である反応装置において、渦流動を用いて固体物の沈積や反応器壁への固体物付着の抑制、理想的な押し出し流れに近い管型反応器の実証を行い、反応プロセスのプロセス強化技術への応用が期待される（大村）。全固体電池などの次世代電池への展開、実機に近い塗布操作に対する適応、塗布膜乾燥過程における内部構造変化など、より電池性能に影響を与える下流工程やナノ炭素材料など実材料への展開を進める（菰田）。炭素系材料に覆われた空間内に活性成分を導入することで触媒の耐水性を向上できる可能性が示唆された。更に知見を集積することで、水に強い反応場の設計指針の構築に貢献できると期待される（谷屋）。

化学系、医薬系企業の多くが、副生成物を生成し、エネルギー多消費の回分式攪拌槽型反応器を用いた生産を行っている。これらを高効率な連続式反応器に転換し、広く社会実装が行われれば、省エネ、省資源への与えるインパクトは非常に大きいと考える（堀江）。CNF を利用した製品の成形加工における流動解析に使用可能な数値解析モデルを提供し、本モデルによるブロックサイズ分布を考慮した高度な流動解析の実現の可能性が示された（山本）。光の回折限界を超える高空間分解能を実現可能な 2 種類の計測手法を構築し、固体壁極近傍でコロイド粒子挙動の計測を実現した。今後は両手法の特性を活かして併用するハイブリッド計測に基づく粒子挙動解析を予定する（白井）。凝集体の生成・消失速度をモデル化することで、大規模な装置内の分散・凝集挙動を予測することが可能で

あり、様々な混相流への応用も期待される（増田興）。食品分野の製造工程における工学的検討は発展途上にあり、本プロジェクトの成果で示した熱流体工学をベースとした装置・プロセス開発は持続可能な食料生産に向けて有力な解決策となることが期待される（増田勇）。

二酸化炭素の物理吸収及び化学吸収、液相内不純物と電解質が及ぼす影響、気泡形状が及ぼす影響を考慮した適用範囲の広い物質移動係数評価ツールが提示され、これを気液接触反応器や海洋固定等における吸収速度評価に活用するなど社会実装が期待される（富山・林・細川）。工業システムの省エネルギー化、低環境負荷化、安全性向上に向けた熱流体に関する基礎知見が獲得できており、これらの知見をカーボンニュートラルに向けた工業システムの開発に利用し、社会にフィードバックする（細川）。生体システムを模倣した新しい輸送システムの設計などに貢献することが期待される（今井）。相変化を伴う混相流（沸騰、溶融、凝固）の数値解析方法を示すことができ、熱プロセスを高精度で緻密に評価や制御をする1つの指針を得た。今後、数値解析を用いて熱プロセスの高度化が大きく期待される（太田）。様々な多孔質体内の混相流現象を可視化することができるとともに、定量的な性能評価が可能となる。エアフィルター、バグフィルター、精密ろ過膜など様々な多孔質体の最適設計や性能向上策の提案が可能になる（石神）。

地熱資源を利用するバイナリ発電システムの高効率化が進められるとともに、地熱以外での工場排熱など比較的低温の熱源を利用した発電システムに低減することができる（浅野・村川・杉本）。冷凍サイクル、ヒートポンプサイクルで急務とされている使用冷媒量の削減に対し、大型冷凍設備では流下液膜蒸発器が必要とされており、その液膜蒸発熱伝達現象の解明、伝熱促進技術の開発は機器設計に応用できると期待される（浅野・杉本）。カーボンニュートラルに向けて熱エネルギーの有効利用、熱融通が必要とされているが、既存設備にも適用可能な流量計測の高精度化によって既存設備でのエネルギー管理の高度化が可能となることが期待される（村川）。

カーボンニュートラルに向けて地球システムの中で海洋が果たす役割を定量的に評価するモデル・ツールが提示され、これを環境アセスメントに活用していくなど社会実装が期待される（内山）。炭素循環と直接的な関わりがある湖内における酸素フラックス及び底質と湖水間の酸素輸送量が明らかとなった。この成果を元に、湖周辺に関わる環境アセスメントに活用することが期待される（増永）。開発した放射性物質海洋拡散モデルを福島周辺海域に適用することで、福島事故由来の放射性物質の海水、海底土、生物等の海洋環境アセスメントに活用されることが期待できる（上平）。これまでに炭素を放出していると考えられていた湖沼について、実は炭素を多く吸収する効果を有することを発見し、植栽などを通じて社会実装に向けた取り組みを開始している（中山）。海洋中に無限に存在する波動現象の再生エネルギーとしての利用可能性を探ることで、持続可能な社会実現に向けて近づくことが期待される（片岡）。環境省 CO<sub>2</sub> 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業の採択を受けて、日建設計総合研究所、神戸地下街とともに人流・気流センサを用いた屋外への開放部を持つ空間の空調制御手法の開発・実証を実施し、大幅な CO<sub>2</sub> 排出削減を実現した。神戸市からの委託により異常高温対策基本計画策定調査業務を実施し、神戸市の暑さ対策施策に対する提言、対策技術の導入効果の評価を行った（竹林）。企業が低炭素化さらには脱炭素化を進めるためのマネジメントコントロールシステムの役割をアジア諸国や中小企業にも適用可能な方法で明らかにできたので、これを活用してさらに環境経営を促進することが期待できる（國部）。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 39 人（分担者 4 人、学内参画者 20 人、学外参画者 8 人、国外参画者 6 人）

令和2年度 42 人（分担者 4 人、学内参画者 19 人、学外参画者 9 人、国外参画者 9 人）

令和3年度 43 人（分担者 4 人、学内参画者 18 人、学外参画者 11 人、国外参画者 9 人）

### (2) 運営経費

令和元年度 50,000 円

令和2年度 296,269 円

令和3年度 703,731 円

### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 3 件、500,000 円

令和2年度 2 件、0 円

令和3年度 2 件、0 円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 98 編（内国際共著論文 29 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和2年度 81 編（内国際共著論文 25 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和3年度 74 編（内国際共著論文 21 編、内 TOP10%論文 0 編）

### 主たる論文リスト

1. Uchiyama, Y., Tokunaga, N., Aduma, K., Kamidaira, Y., Tsumune, D., Iwasaki, T., Yamada, M., Tateda, Y., Ishimaru, T., Ito, Y., Watanabe, Y.W., Ikehara, K., Fukuda, M. and Onda, Y. (2021): A storm-induced flood and associated nearshore dispersal of the river-derived suspended 137-Cs, Sci. Total Environ., doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151573
2. Hiroshi SUZUKI, Ruri HIDEA, Sohei USA, Takafumi HORIE, Yoshiyuki KOMODA, Naoto OHMURA, Keita TANIYA, Yuichi ICHIHASHI, Satoru NISHIYAMA, Hitoshi ASANO, "Flow and Sedimentation Characteristics of Silica Hard-Shell Microcapsule Slurries Treated with Additives", International Journal of Refrigeration, Vol. 106, (2019), pp.18-23.
3. Ruri HIDEA, Ryotaro OHASHI, Susan J. Muller and Hiroshi SUZUKI, "Effects of Channel Geometry and Physicochemical Properties of Solutions on Stable Double Emulsion Production in Planar Microfluidic Devices Having Triangular Orifices", AIP Advances, Vol. 11, (2021), #065219.

4. N. Wong, C. Tan, D. Kolokotsa, H. Takebayashi, Greenery as a mitigation and adaptation strategy to urban heat, *Nature reviews earth & environment*, 2021, 2021 年
5. Eiji Masunaga, Yusuke Uchiyama, Hidekatsu Yamazaki, Strong Internal Waves Generated by the Interaction of the Kuroshio and Tides over a Shallow Ridge, *Journal of Physical Oceanography*, 49, PP. 2917-2934, 2019 年, DOI : 10.1175/JPO-D-18-0238.1
6. D. S. Sa'adiyah, Y. Matsuo, M. Schlüter, R. Kurimoto, K. Hayashi, A. Tomiyama, Effects of Chemical Absorption on Mass Transfer from Single Carbon Dioxide Bubbles in Aqueous Sodium Hydroxide Solution in a Vertical Pipe, *Chemical Engineering Science*, 245, 116852, 2021
7. K. Hayashi, H. Hessenkemper, D. Lucas, D. Legendre, A. Tomiyama, Scaling of Lift Reversal of Deformed Bubbles in Air-Water Systems, *International Journal of Multiphase Flow*, 142, 103653, 2021
8. Kamidaira, Y., Kawamura, H., Kobayashi, T., and Uchiyama, Y., Development of regional downscaling capability in STEAMER ocean prediction system based on multi-nested ROMS model, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 56,8,p.752-763.
9. Kokubu, K., Wu, Q., Nishitani, K. Tongurai, J. and Pochanart, P., Comprehensive Environmental Management Control System and Stakeholder Influences : Evidence from Thailand, *Sustainability Management and Business Strategy in Asia*, World Scientific, pp.131-148, 2019年.
10. Takeishi, N.\*, Rosti, M. E., Imai, Y., Wada, S., and Brandt, L., Hemorheology in dilute, semi-dilute, and dense suspensions of red blood cells, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 872, pp. 818-848 (2019).
11. K. Nakayama, K. Lamb, Breathers in a three-layer fluid, *Journal of Fluid Mechanics*, 903, A40, (2020)
12. Hayato Masuda, Makoto Shimoyamada, Naoto Ohmura, Heat transfer characteristics of Taylor vortex flow with shear-thinning fluids, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol.130, pp. 274-281, 2019
13. M. Ohta, T. Furukawa, Y. Yoshida, M. Sussman, A Three-Dimensional Numerical Study on the Dynamics and Deformation of a Bubble Rising in a Hybrid Carreau and FENE-CR Modeled Polymeric Liquid, *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, Vol.265, pp.66–78 (2019).
14. Shigeo Hosokawa, Hideaki Shakutsui, Akio Tomiyama, Turbulence Modification of Gas-Liquid-Solid Dispersed Three-Phase Flow in a Vertical Pipe, *Multiphase Science and Technology*, Vol. 31, pp. 175 – 197, 2019 年
15. Hideki Murakawa, Shuhei Ichimura, Katsumi Sugimoto, Hitoshi Asano, Shuichi Umezawa, Hirotoshi Taira, Masayuki Ibi, Hajime Akahane, Measurement of steam flow rates using a clamp-on ultrasonic flowmeter with various wetness fractions, *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol. 80, paper No. 101997, 2021 年.
16. Hitoshi Asano, Hideki Murakawa, Ryosuke Moriyasu, Katsumi Sugimoto, Yohei Kubo, Kazuhisa Fukutani, Daisuke Ito, Yasushi Saito, Visualization and Measurement of Boiling Flow Behaviors in Parallel Mini-channel Heat Exchanger by Neutron Radiography, *Materials Research Proceedings*, Vol. 15, pp. 274-280, 2020年
17. Keita Taniya, Hiromu Takado, Hiroaki Ito, Takafumi Horie, Yuichi Ichihashi, Shik Chi Tsang, Satoru Nishiyama, “Effect of SnxPty Alloy Structures in SnPt Bimetallic Nanoparticle Catalysts on Catalytic Activity for Hydrogenation of Acetic Acid”, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 53 (2020) 383-388.
18. Y. Komoda, T. Hira, H. Kojo, H. Miura, Y. Shibata, K. Udaka, A. Watanabe, K. Suzuki, “Effect of

- Yielding of Dense Silica Slurry on the Uniformity of Coated Layer,” J. Coat. Technol. Res. (2021).  
<https://doi.org/10.1007/s11998-021-00507-8>
19. Koji MASUDA and Masataka MINAMI, Relationship Between Viscosity and Fine Current of Electrorheological Suspension, Toward Prediction of the Inner Structure, Transactions on Electrical and Electronic Engineering, vol. 16 (5) pp. 673-676 (2021)
  20. T.Kataoka and T.R.Akylas, Viscous reflection of internal waves from a slope, Physical Review Fluids, Vol.5 (2020) 014803. DOI: 10.1103/PhysRevFluids.5.014803

(2) 著書数： 15 冊

主たる著書リスト

1. Uchiyama, Y. (2019): Surface gravity and capillary waves, In: Encyclopedia of Ocean Sciences, 3rd Edition, Eds.: J.K. Cochran, H.J. Bokuniewicz and P.L. Yager, Vol. 3, pp. 672-681, Elsevier, ISBN: 978-0-12-813081-0, doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.11465-4.
2. Nagai, T., Clayton, S. and Uchiyama, Y. (2019): Multiscale routes to supply nutrients through the Kuroshio nutrient stream, In: Kuroshio Current: Physical, Biogeochemical and Ecosystem Dynamics, Geophysical Monograph Series, Eds: Nagai, T., Saito, H., Suzuki, K. and Takahashi, M., John Wiley & Sons, NY, ISBN:1119428343.
3. 鈴木洋 監修, "分散系のレオロジー～基礎・評価・制御・応用", (2021), (株) エヌティーエス
4. 石神 徹, 分散系のレオロジー-基礎・評価・制御, 応用-3 章 3 節 固液液三相粒子分散系のレオロジー, (株)エヌ・ティー・エス, 2021 年
5. 竹林英樹, 都市環境計画 (単著), 83pp, 神戸大学出版会, 2019 年
6. Hideki Takebayashi, Masakazu Moriyama, 他 10 名, Adaptation Measures for Urban Heat Islands (共著), Chapter 1, pp.1-8, 2.1, 2.2, pp.9-21, Chapter 3, pp.39-75, Chapter 7, pp.171-178, Elsevier, 2020 年
7. 日本建築学会編, 村上公哉, 竹林英樹他, 都市の環境設備計画 (共著), 第 3 章, pp.36-72, 森北出版, 2020 年
8. 富山明男(編著), 梶島岳夫, 加藤健司, 宋明良, 高比良裕之, 林公祐, 細川茂雄, 流体力学(機械工学基礎課程)(共著), 176pp., 朝倉書店, 2020 年
9. Kokubu, K. and Nagasaka, Y., Sustainability Management and Business Strategy in Asia, World Scientific, 2019
10. T. Okawa, H. Asano, K. Ito, S. Mori, H. Umekawa, R. Matsumoto, C.H. Pyeon and D. Ito (共著) Fundamentals for power engineering, In: Fundamentals of Thermal and Nuclear Power Generation, Eds.: Y. Koizumi, T. Okawa and S. Mori, pp. 77-226, Elsevier, ISBN: 978-0-12-820733-8, 2021 年
11. 堀江孝史他, 化学プロセスのスケールアップ、連続化 (共著), 10pp., 技術情報協会, 2019 年
12. 堀江孝史他, フロー合成、連続生産のプロセス設計、条件設定と応用事例 (共著), 10pp., 技術情報協会, 2020 年
13. 菰田 悦之 (分担), 化学工学会関東支部 (編) / 化学工学会材料・界面部会 (著): “塗布・乾燥技術の基礎とものづくり-新素材の利用と次世代デバイスへの展開 (最近の化学工学 68)” 第 3 章 レオロジーの基礎 担当, 三恵社 (2020)
14. Ohmura, N., Masuda, H. Wang, S., “Vortex Dynamics in Complex Fluids,” *Vortex Dynamics - From Physical to Mathematical Aspects* Edited by İlkey Bakırtaş and Nalan Antar, IntechOpen, 1-11 (2021)

15. 荻野千秋、大村直人、祇園景子、“多孔体粒子を用いた培養槽の攪拌技術、”攪拌技術とスケールアップ、(株)技術情報協会、208-213 (2021)

(3) 特許出願数：5 件

主たる特許リスト

1. 硬殻マイクロカプセル化潜熱輸送物質とその製造方法", 中国特許 2019 年 6 月 21 日 ZL201480046353., 発明人：鈴木洋・日出間るり・菰田悦之
2. 硬殻マイクロカプセル化潜熱輸送物質とその製造方法", 米国特許 2019 年 10 月 15 日 10442968, 発明人：鈴木洋・日出間るり・菰田悦之
3. 硬殻マイクロカプセル化潜熱輸送物質とその製造方法", 欧州特許 2020 年 5 月 6 日 3037496, 発明人：鈴木洋・日出間るり・菰田悦之
4. 空調システム、及び空調システムの制御方法 PCT/JP2020/000943, 国際公開日 2020 年 7 月 23 日 (長廣剛, 大原誠, 竹林英樹, 玉置久, 鈴木義康, 進藤宏行)
5. 流体の制御方法、テイラー渦流における反応促進方法、テイラー渦流反応装置の洗浄方法、及びテイラー渦流反応装置, 大村直人、小林知之、加藤海里, 国立大学法人神戸大学、株式会社チッブトン, 特願 2021-131157, R3.8.11

7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度 323,006 千円

令和2年度 235,924 千円

令和3年度 264,422 千円

(2) 受賞： 43 件

主たる受賞リスト

1. 内山雄介, 令和2年度土木学会賞・国際活動奨励賞 (2021 年 5 月)
2. 内山雄介, Best Presenter Award in the 4th International Symposium on Green and Sustainable Technology (ISGST 2021) (2021 年 10 月)
3. 藤戸健矢・日出間るり・鈴木洋, "走査型プローブ顕微鏡を用いた高分子の流動抵抗実測と流体中の高分子形態予測", 第 67 回レオロジー討論会優秀ポスター賞, (2019)
4. Kengo FUKUSHIMA, Ruri HIDEMA and Hiroshi SUZUKI, "Effects of Relaxation Time of Polyethylene Oxide Solutions on Vortex Deformation and Turbulence Statistics in Two-Dimensional Turbulent Flow", The 15th International Workshop for East Asian Young Rheologists, The Best Poster Award of NIHON REOROJI GAKKAISHI, (2020)
5. 鈴木洋・日出間るり, "硬殻マイクロカプセル化蓄熱材による未利用熱利用に関する研究", 日本伝熱学会学術賞, (2020)
6. 鈴木洋, "熱輸送の高効率化に対する希薄溶液および微粒子分散系レオロジーの応用", 日本レオロジー学会学術賞, (2021)
7. 増永英治, 第 3 回めぶきビジネスアワード大学発イノベーション賞 (授与機関名：めぶきフィナンシャルグループ, 対象研究テーマ：高精度海洋数値モデルと機械学習システムを用いた沿岸海域海況予測システムの提供), 令和元年 6 月

8. 増永英治, 令和 2 年度岩手県三陸海域研究論文知事表彰 岩手県知事賞 (授与機関名: 岩手県, 対象研究テーマ: 三陸沿岸海域に伝播する内部潮汐に関連する諸現象), 令和 3 年 1 月
9. 富山明男, 日本混相流学会業績賞 (気液二相流現象のモデリングとシミュレーション), 令和 2 年 8 月
10. 富山明男, 日本機械学会流体工学部門 部門賞, 令和元年 11 月
11. 林公祐, マツダ研究助成奨励賞 (授与機関名: マツダ財団, 対象研究テーマ: 強制振動管内気液二相流に及ぼす 慣性力の影響の解明), 令和 2 年 9 月
12. 小林 卓也; 川村 英之; 上平 雄基; 藤井 克治, 第 52 回(2019 年度)日本原子力学会賞技術賞 (授与機関名: 日本原子力学会, 対象研究テーマ: 緊急時海洋環境放射能評価システムの開発), 令和 2 年 3 月
13. 今井陽介, APACM Young Investigator Award, Asian Pacific Association for Computational Mechanics (2019).
14. 今井陽介, グラフィックスアワード優秀賞, 第 24 回計算工学講演会 (2019).
15. 増田勇人, 2021 年 日本食品工学会第 21 年次大会 優秀発表賞
16. 増田勇人, 2020 年 化学工学会粒子・流体プロセス部会 奨励賞
17. Ubara Tsutomu, Katsumi Sugimoto, Hitoshi Asano, Student Paper Award (17th Int. Refrigeration and Air Conditioning Conf., Purdue University, Heat Transfer Enhancement of Falling Film Evaporation of HFO-1233zd(E) and HFC-134a on a Horizontal Tube by Thermal Spray Coating, 令和 3 年 5 月
18. 堀江 孝史・谷川 仁・間中 敦史・菰田 悦之・大村 直人, SIS 部会賞技術賞 (授与機関名: 化学工学会 SIS 部会, 対象研究テーマ: 連続式振動流バツフル反応器による晶析プロセスの強化), 令和 3 年 10 月
19. 大村直人, 2019 年 03 月 化学工学会 粒子・流体プロセス部会, 化学工学会 粒子・流体プロセス部会 フロンティア賞
20. 坂元 敦, 優秀研究賞 (日本エネルギー学会関西支部第 66 回研究発表会・石油学会関西支部第 30 回研究発表会), (授与機関名: 日本エネルギー学会関西支部、石油学会関西支部), ”含水溶媒中での Zr-MOF 触媒を用いたシンナムアルデヒドの選択還元反応”, 令和 3 年 12 月 3 日

(3) 研究集会の開催 20 件 (内国際研究集会 5 件)

主たる研究集会リスト

1. 第 6 回複雑熱流体工学シンポジア(2019), 神戸
2. 3<sup>rd</sup> International COFTEC Symposia (2019), 神戸
3. 化学工学会熱工学セミナー(2019), 有馬
4. 第 1 回 COFTEC セミナー(2019), 神戸
5. 第 9 回潜熱工学シンポジウム (2019), 水戸
6. 第 2 回 COFTEC セミナー(2020), 神戸
7. 第 7 回複雑熱流体工学シンポジア(2020), 神戸
8. 第 8 回複雑熱流体工学シンポジア (2021), 神戸
9. 第 10 回潜熱工学シンポジウム(2021), 神戸
10. 第 18 回アジアオセアニア地球科学大会 (2021), オンライン



11. サーキュラエコノミー研究会を合計 7 回開催した（7 回目は 2022 年 1 月開催予定）
12. International Conference on power Engineering 2021 (ICOPE-2021), オンライン
13. The 10th International Symposium on Mixing in Industrial Processes

(4) その他特記事項

なし

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：階層縦断的アプローチによる革新的光エネルギー変換系の開拓

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：分子フォトサイエンス研究センター・立川 貴士

## 2. 研究目的

地球温暖化や異常気象などの環境問題が深刻化する中、温室効果ガスの排出を実質ゼロにする脱炭素化が世界規模で進んでいる。そのような中、太陽光エネルギーを有効活用し、使用時に二酸化炭素を排出しない水素のようなクリーン燃料や有用化学品を製造する技術の確立は、持続可能な社会を実現するうえで重要な課題のひとつである。本プロジェクトでは、時間的・空間的スケールの異なる階層構造間における化学反応ネットワークを積極的に設計・構築する階層縦断的アプローチによって、光触媒を用いた高効率太陽光水素製造など、革新的な光エネルギー変換系の開拓を目指す。また、異なる分野の研究者らが互いに連携することで、従来の階層概念を超えた学理と技術の確立につながる融合型研究を推進する。

## 3. 研究成果の概要

### (1) 太陽光水素製造を目指したメソ結晶光電極の開発

赤錆として知られるヘマタイトは、安全・安価・安定な光触媒材料であり、古くから太陽光を利用した水素製造への応用が期待されてきた。一方、光照射によって生成した電子が、同時に生成する正孔と再結合し、消失してしまうため、光エネルギー変換効率が極めて低いという課題があった。本研究では、階層縦断的アプローチによってこの再結合を劇的に抑制し、高効率なヘマタイトメソ結晶光電極を開発した。特に、ナノからマイクロメートルスケールにわたって粒子配列を制御するとともに、メソ結晶を構成する粒子を約 5 nm まで超微粒子化することで粒界に多数の酸素空孔を導入することで、世界最高レベルの太陽光水分解性能を達成した。また、異種元素をドーピングしたヘマタイトメソ結晶を焼結することで、表面に厚さ数ナノメートルの酸化物被膜が形成することを見出した。この被膜の構造を制御することで、水の酸化反応によってほぼ選択的に過酸化水素を生成できることがわかった。過酸化水素は酸素と比べ市場価値が高いことから、太陽光水素のコスト低下が期待できる。

### (2) 光エネルギー変換系における階層的ダイナミクスの解明

有機無機ペロブスカイトは次世代の太陽電池・発光デバイス材料として注目されている。秒スケールのイオン拡散やナノ秒スケールの電荷拡散が連動するなど、時間的階層を越えて構造と反応が連動する系として基礎的にも興味深い。本研究ではペロブスカイトナノ結晶注のハロゲン化物イオンを、形状と発光効率を維持したまま完全に入れ替えることに成功した。また、1粒子レベルの発光観測などから、発光挙動や結晶構造が時々刻々と変わる様子をとらえることで、イオン組成を制御するための指針を得た。一方、構成イオンの高い運動性が、合成の再現性やデバイスの耐久性を低下させる要因となっている。例えば、ハロゲン混合型ペロブスカイトに光を照射することでハロゲン組成が局所的に変化し、デバイス性能が低下するという欠点がある。本研究では、光照射による発光特性の

変化がサブオングストロームレベルのごく僅かな結晶構造の変化によって起こることを見出した。また、この構造変化は上記の劣化を引き起こす要因であり、結晶表面の格子欠陥を不活性化することで抑制できることを明らかにした。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

メソ結晶技術によって効率低下の主要因である再結合損失を大幅に低減することに加え、水の分解反応自体を飛躍的に促進できることがわかった。本技術は、ヘマタイトだけでなく、他の金属酸化物へも適用できると期待される。また、市場価値の高い過酸化水素を CO<sub>2</sub> フリー水素とともに高効率かつ高選択的に同時製造することができれば、産業界に大きな波及効果を及ぼすことができる。今後は、ヘマタイトメソ結晶光触媒電極の更なる高効率化と太陽光水素製造システムへの導入を産学協働で進めると同時に、人工光合成を含む様々な反応系への応用展開を図っていきたい。

#### 5. 構成員 及び 学内支援

##### (1) 構成員数

令和元年度 24 人（分担者 3 人、学内参画者 12 人、学外参画者 5 人、国外参画者 3 人）

令和2年度 23 人（分担者 3 人、学内参画者 12 人、学外参画者 4 人、国外参画者 3 人）

令和3年度 22 人（分担者 3 人、学内参画者 11 人、学外参画者 4 人、国外参画者 3 人）

##### (2) 運営経費

令和元年度 500,000 円

令和2年度 500,000 円

令和3年度 500,000 円

##### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 1 件、489,556 円

令和2年度 1 件、49,830 円

令和3年度 1 件、360,000 円

#### 6. 研究成果の状況等

##### (1) 論文

令和元年度 9 編（内国際共著論文 2 編、内 TOP10%論文 2 編）

令和2年度 13 編（内国際共著論文 1 編、内 TOP10%論文 2 編）

令和3年度 15 編（内国際共著論文 4 編、内 TOP10%論文 1 編）

主たる論文リスト

Zhujun Zhang, Izuru Karimata, Hiroki Nagashima, Shunsuke Muto, Koji Ohara, Kuniyoshi Sugimoto, Takashi Tachikawa, “Interfacial Oxygen Vacancies Yielding Long-Lived Holes in Hematite Mesocrystal-Based Photoanodes”, Nat. Commun., Vol. 10, Article number: 4832 (2019).

Toshiyuki Saegusa, Hayato Sakai, Hiroki Nagashima, Yasuhiro Kobori, Nikolai V. Tkachenko, Taku Hasobe, “Controlled Orientations of Neighboring Tetracene Units by Mixed Self-Assembled Monolayers on Gold Nanoclusters for High-Yield and Long-Lived Triplet Excited

States through Singlet Fission” , J. Am. Chem. Soc., 141, 14720–14727 (2019).

Yasunori Matsui, Shuhei Kawaoka, Hiroki Nagashima, Tatsuo Nakagawa, Naoki Okamura, Takuya Ogaki, Eisuke Ohta, Seiji Akimoto, Ayana Sato-Tomita, Shigeyuki Yagi, Yasuhiro Kobori, Hiroshi Ikeda, “Exergonic Intramolecular Singlet Fission of an Adamantane-Linked Tetracene Dyad via Twin Quintet Multiexcitons” , J. Phys. Chem. C, 123, 18813–18823 (2019).

Feng Zhang, Houn-Wei Wang, Keisuke Tominaga, Michitoshi Hayashi, Tetsuo Sasaki, “Terahertz Fingerprints of Short-Range Correlations of Disordered Atoms in Difluoromethane” , J. Phys. Chem. A, 123, 4555–4564 (2019).

Izuru Karimata, Takashi Tachikawa, “In Situ Exploration of the Structural Transition during Morphology- and Efficiency-Conserving Halide Exchange on a Single Perovskite Nanocrystal” , Angew. Chem. Int. Ed., 60, 2548–2553 (2021).

Zhujun Zhang, Hiroki Nagashima, Takashi Tachikawa, “Ultra-Narrow Depletion Layers in Hematite Mesocrystal-Based Photoanode for Boosting Multihole Water Oxidation” , Angew. Chem. Int. Ed., 59, 9047–9054 (2020).

Ji Young Hwang, Gun-hee Moon, Bupmo Kim, Takashi Tachikawa, Tetsuro Majima, Seungwoo Hong, Kangwoo Cho, Wooyul Kim, Wonyong Choi, “Crystal phase-dependent generation of mobile OH radicals on TiO<sub>2</sub>: Revisiting the photocatalytic oxidation mechanism of anatase and rutile” , Appl. Catal. B, 286, Article number: 119905 (2020).

Saki Matsuda, Shinya Oyama, Yasuhiro Kobori, “Electron Spin Polarization Generated by Transport of Singlet and Quintet Multiexcitons to Spin-Correlated Triplet Pairs during Singlet Fissions” , Chem. Sci., 11, 2934–2942 (2020).

Nakajima, Koji Ohara, Takashi Tachikawa, “Dynamic Symmetry Conversion in Mixed-Halide Hybrid Perovskite upon Illumination” , ACS Energy Lett., 6, 3858–3863 (2021).

Feng Zhang, Izuru Karimata, Houn-Wei Wang, Takashi Tachikawa, Keisuke Tominaga, Michitoshi Hayashi, Tetsuo Sasaki, “Terahertz Spectroscopic Measurements and Solid-state Density Functional Calculations on CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBr<sub>3</sub> Perovskites –Short-Range Order of Methylammonium” , J. Phys. Chem. C, in press (2021).

Yulian Han, Morihiko Hamada, I-Ya Chang, Kim Hyeon-Deuk, Yasuhiro Kobori, Yoichi Kobayashi, Fast T-Type Photochromism of Colloidal Cu-Doped ZnS Nanocrystals, J. Am. Chem. Soc., 143, 2239–2249 (2021).

(2) 著書数： 0 冊

主たる著書リスト

(3) 特許出願数： 4 件

主たる特許リスト

発明の名称：光触媒電極及び光触媒電極の製造方法 (PCT/JP2019/180641)

発明の名称：光分解モジュール及び光分解セル (特願 2019-163198)

発明の名称：光触媒電極及び光触媒電極の製造方法 (特願 2021-198333)

## 7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度 24,559 千円

令和2年度 20,135 千円

令和3年度 144,331 千円

(2) 受賞： 5 件

主たる受賞リスト

第33回光化学協会賞 (光化学協会) (小堀康博)

第4回分子科学国際学術賞 (分子科学会) (小堀康博)

令和3年度学長表彰 (国立大学法人神戸大学) (立川貴士)

(3) 研究集会の開催 4 件 (内国際研究集会 1 件)

主たる研究集会リスト

先端融合研究環 開拓プロジェクト「階層縦断的アプローチによる革新的光エネルギー変換系の開拓」第1回シンポジウム (令和元年4月16日)

KAITAKU Project “Development of innovative light energy conversion systems by hierarchical approach” International Workshop on Frontier of Science and Technology for Solar Energy Conversion (令和元年11月5, 6日)

研究集会名：先端融合研究環 開拓プロジェクト「階層縦断的アプローチによる革新的光エネルギー変換系の開拓」ワークショップ ～マテリアルサイエンスの最前線～ (令和2年11月10日)

(4) その他特記事項

日経新聞、「酸化鉄の触媒改良 水から水素を生産」 (令和2年5月18日)

朝日新聞 関西夕刊、「赤サビ 低コストで水を分解」 (令和2年7月13日)

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：宇宙暗黒物質研究

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：理学研究科物理学専攻・身内 賢太郎

## 2. 研究目的

ビッグバンで始まった宇宙は、重力の源となる「暗黒物質」によって、星や銀河が形成され、現在の姿になったとされる。宇宙の歴史を理解する上で欠かせない「暗黒物質」は、未知の素粒子であると考えられて、これまでに多くの研究が行われてきたがその正体は依然として謎である。暗黒物質は素粒子物理・宇宙物理にまたがる大きな問題であり、宇宙理解の鍵となる。

こうした暗黒物質の正体解明のための研究は、大きく分けて「直接探索」「加速器による探索」「間接探索」の3つがある。これらは、直接探索=極低バックグラウンド技術、加速器実験=極高エネルギー、間接探索=広視野高解像度、といったいずれも最先端技術を駆使した手法である。お互いに相補的な研究であり、同時に進めることによって暗黒物質の発見・正体解明を効率的に進めることができる。本研究は、国際的な大規模実験に「NEWAGE」「GRAINE」といった神戸大学主導の研究を加えた、3つの手法をカバーする複数手法で推進する。

## 3. 研究成果の概要

### ＜暗黒物質直接探索＞

暗黒物質の直接探索として、①XENON 実験、②XMASS 実験、③NEWAGE 実験を推進した。まずは、有効質量の大きな XENON 実験・XMASS 実験で暗黒物質の直接検出を行い、将来的に方向に感度のある NEWAGE 実験でより確実な証拠・正体解明を目指す。2019 年度より新学術領域「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」が発足、身内が領域事務及び計画研究 B02 の研究代表者として研究を推進した。

①XENON 実験 イタリアグランサッソ研究所で行われている2相型液体キセノン検出器を用いた暗黒物質直接探索実験「XENON 実験」に参画している。XENON 実験は、米国コロンビア大学、ドイツマックスプランク研究所、イタリアボローニャ大学、ドイツマインツ大学など世界から20機関以上が参加する国際共同研究である。XENONnT として2020年に大型検出器を建設、調整を開始、中性子反同時計測装置(nVeto)の製作、調整へ貢献した。身内がXENON 実験グループ内のEditorial Boardとして論文出版を推進する貢献を行った。2020年度には、XENON1Tのデータによる低エネルギーでの電子反跳事象の超過を報告や、XENONnT 実験の感度見積もりといった論文を出版した。

②XMASS 実験 XMASS 実験は岐阜県飛騨市の東京大学宇宙線研究所附属神岡宇宙素粒子研究施設の地下実験サイトにおいて、液体キセノンシンチレータ検出器による観測を2013年から2019年2月まで行った。2020年度には、既存データの解析を進めた。

③NEWAGE 実験 NEWAGE 実験は、方向に感度を持った観測装置によって、暗黒物質検出を決定的なものとし、さらにその性質解明へとつなげることを目指す。現在、神岡宇宙素粒子研究施設の地下実験室で、小型の装置を用いた予備実験を進め、方向に感度を持つ暗黒物質検出器としては世界最高感度を示した。2020年度には、「陰イオンガスTPC」の開発、高感度化した神岡地下での測定論文、を出版した。また、NEWAGEの技術を用いて、XENON 実験などで低閾値暗黒物質探索を可能とするミグダル

効果の初観測に向けた提案論文を出版した。

#### ＜加速器による暗黒物質探索＞

加速器による暗黒物質探索実験として、欧州原子核研究機構（CERN）の世界最高エネルギーのハドロン衝突型加速器 LHC における陽子・陽子衝突実験アトラスによる研究を進めた。2019-21 年度は LHC 加速器が運転を休止し、加速器・実験アップグレードを行った。本プロジェクトでは① 2021 年度末からの高輝度運転(約 1.5 倍)に向けた検出器およびトリガーのアップグレード、および② 2018 年度までに取得した総計 150fb<sup>-1</sup> の 13TeV 衝突を用いたデータ解析を行っている。これらの研究は CERN 研究所、INFN ボローニャ（イタリア）、ローマ大学、マンチェスター大学、バーミンガム大学、ペンシルバニア大学などと共同で行っている。その成果は以下のとおりである。

- ① 高輝度化に向けたトリガー装置の開発を行った。越智がアップグレードされたミューオン検出器 (New Small Wheel, NSW) の制作の一部 (精細パターンの高抵抗膜を形成したフォイル) を担当し、NSW が 2021 年にアトラス実験に設置された。前田は 2021 年からのレベル 1 トリガー論理をハードウェア上のファームウェアとして開発・実装し、高輝度運転に対応する準備を行い、またその試験を CERN 研究所で行った。また前田は運動量性能向上のための最適化と関連するソフトウェアの整備を進め、加えて重い低速新粒子のトリガー効率向上の開発を行った。また、コンピューターファームを用いた高段トリガーについて、近接ミューオンのトリガー効率を前年よりさらに向上したアルゴリズム、および NSW に対応したアルゴリズムを山崎が実装した。
- ② 物理データの解析は、新物理探索を主に進めた。前田がクォークと  $\tau$  粒子の量子数を共に持つレプトクォークの探索を行った。藏重が、質量が非常に縮退し、軽い質量状態の仮想  $\gamma/Z$  粒子を通して崩壊する過程を用いた超対称粒子の探索感度を大きく向上させた。両解析とも論文の作成準備を進めた。

#### ＜暗黒物質観間接探索＞

暗黒物質間接探索としては、①大型水チェレンコフを用いた実験(SK/HK)及び② GRAINE 実験を推進した。

- ① SK/HK 本研究は、世界最大の純水を用いた水チェレンコフ装置実験 Super-Kamiokande (SK) を用いて対消滅の際に生じるニュートリノを捉えることで、太陽中心・地球中心・銀河系中心などに存在する可能性のある WIMP 型暗黒物質の探索を行うものである。併せて、現在建設中で 2027 年に観測開始予定の次世代超大型水チェレンコフ装置実験 Hyper-Kamiokande (HK) に向けた開発研究も行う。SK 実験に関しては、主に低エネルギーニュートリノ観測データの解析を推進した。2020 年度に SK 検出器にガドリニウム 0.011%を溶かして SK-Gd 検出器として新たな観測を開始したため、2021 年度は SK-Gd 検出器の較正に取り組んだ。暗黒物質探索については、国際会議 PPNT19[Uppsala University, スウェーデン, Oct. 7, 2019]で竹内が招待講演を行った。また、銀河中心からの観測結果を論文[PRD 102 (2020) 072002]で報告した。HK に関して、正式な共同研究グループが 2020 年に立ち上がった。本研究の実施期間中、竹内は暗黒物質探索を含む宇宙物理研究グループの共同責任者を担当した。HK 検出器の宇宙物理研究の感度評価に関して、論文[Astrophys. J. 916 (2021) 15]の報告を行った。
- ② GRAINE 実験 GRAINE 実験では、銀河中心領域などからのガンマ線を独自の原子核乾板技術によって高角度分解能で観測することによって暗黒物質の検出を目指す (代表：青木茂樹)。

2018 年気球実験フライトデータ解析を進め、世界最高解像度[従来のガンマ線望遠鏡に対して像広がり(角度)で約 6 倍、解像度(立体角)で約 40 倍の改善]での Vela パルサーの結像を達成し、世界最高角度分解能を実現する原子核乾板ガンマ線望遠鏡を確立した。本成果を「宇宙線国際会議

ICRC2021(口頭発表：高橋 寛)」や「持続性社会のための材料とシステムに関する国際会議 ICMaSS2021(招待講演：青木茂樹)」等で発表するとともに、論文としてまとめ投稿した(筆頭責任著者：高橋 寛)。

また銀河中心領域の観測を目指す次期気球実験[2023 年実施予定(コロナウィルス感染症の影響により再度延期)]に向けて鋭意準備を進めており、特に望遠鏡の要となる時刻情報付与機構である新型多段シフターの開発を精力的に進めている。2022 年度から基盤 A(代表：高橋 寛)が採択され研究開発をより一層活発に進めている。また大学院生が 2022 年度学振特別研究員 DC1(指導教員：青木茂樹)に採用された。また学術研究員として新メンバーを加え、より一層強力に推進していく。

またこれまでの研究開発の成果が認められ、令和元年度神戸大学優秀若手研究者賞を受賞(高橋 寛)した。

#### ＜検出器開発＞

次世代の粒子線イメージング検出器として、①マイクロパターンガス検出器(MPGD)の開発及び②記録型放射線検出器の開発を行った。

① マイクロパターンガス検出器(MPGD)の開発 MPGDの開発については、(1)ATLAS ミューオンシステムアップグレードに向けた MicroMEGAS の開発、(2) diamond-like-carbon (DLC) 薄膜を用いた MPGД 開発、(3)DLC 薄膜を用いた低物質質量粒子線検出器開発 を行った。

(1) ATLAS ミューオンシステムアップグレードに向けた MicroMEGAS の開発について、追加生産が必要になった抵抗陽極フォイルを含め、2020 年度には必要な全ての生産と検査を完成させた。なお当初の予定ではこれを用いた ATLAS 検出器建設・インストレーションなどに現地に関わる予定であったが、海外渡航が非常に難しくなったため、遠隔での議論参加や総計 2800 枚のフォイルに関するデータ管理を行っている。

(2) DLC 薄膜を用いた高抵抗陰極型  $\mu$ -PIC の開発では、異なる抵抗値を持つ検出器を試作し、これらのガス増幅率の位置依存性などの基礎特性や、海事科学部のタンデム加速器を用いた高速中性子による高レート粒子線環境下での動作特性を測定した。さらに、DLC の抵抗値コントロールや実装方法についての研究も行った。

(3) DLC を用いた超低物質質量粒子線検出器については、チューリッヒ郊外の PSI で行われている  $\mu$ - $\gamma$  崩壊探索実験(MEG II 実験)のグループと共同で、ミューオンビームライン中を横切る形の Radiative Decay Counter のために開発を行っている。2020 年度は基礎動作試験を確認するための RPC タイプの検出器試作を行い、学外の共同研究者により PSI におけるミューオンビームによるビームテストまでを行い、電子及び  $\mu$  粒子の信号の観測が確認されている。2021 年 8 月からは、共同研究を加速するために越智が正式に MEG II 実験のメンバーに加わった。

② 記録型放射線検出器の開発 高分子系エッチング型飛跡検出器のうち最も高い感度を有するポリアリルジグリコールカーボネート(PADC)検出器と相対的に高い閾値を持つポリエチレンテレフタレート(PET)検出器の閾値を記述する物理的指標としてイオントラック内径方向電子フルエンス(REFIT)を提唱した。また、化学的指標としてヒドロキシル基生成密度が PADC の感度を記述することを定量的に明らかにした。応用研究として、量子科学技術研究開発機構・関西光科学研究所との共同研究として PET やビスフェノール A ポリカーボネート(PC)を用いた、レーザー駆動加速実験において、C イオンと O イオンとを識別計測する手法を開発した。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

暗黒物質は現代の物理学、宇宙物理学に渡る大問題で、この解決がサイエンスに与える影響は大きい。



また、本プロジェクトの放射線計測技術は社会に広く応用可能である。特に高分子系エッチング型飛跡検出器は、放射線被ばくモニタとして実用化されており、その性能向上はそのまま社会に還元される。暗黒物質研究は今後さらに感度を上げ、今後いつ発見されてもおかしくない状況である。本プロジェクトで整えた体制を発展させ、暗黒物質の発見～正体解明まで神戸大学がビジビリティーを発揮して推進してゆく。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 16 人（分担者 5 人、学内参画者 3 人、学外参画者 3 人、国外参画者 4 人）

令和2年度 16 人（分担者 5 人、学内参画者 3 人、学外参画者 3 人、国外参画者 4 人）

令和3年度 16 人（分担者 5 人、学内参画者 3 人、学外参画者 3 人、国外参画者 4 人）

### (2) 運営経費

令和元年度 500,000 円

令和2年度 500,000 円

令和3年度 500,000 円

### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 円

令和2年度 1 件、124,350 円

令和3年度 1 件、104,347 円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 116 編（内 国際共著論文 101 編、TOP10%論文 36 編）

令和2年度 104 編（内 国際共著論文 90 編、TOP10%論文 26 編）

令和3年度 56 編（内 国際共著論文 51 編、TOP10%論文 5 編）

### 主たる論文リスト

- [1] “Observation of Excess Electronic Recoil Events in XENON1T”, XENON Collaboration (国際共著), Phys. Rev. D 102, 072004 (2020)
- [2] “Development of a Negative Ion Micro TPC Detector with SF6 Gas for the Directional Dark Matter Search”, T. Ikeda, T. Shimada, H. Ishiura, K. D. Nakamura, T. Nakamura, K. Miuchi (国際共著), Journal of Instrumentation, **15** (2020) P07015
- [3] “Detection capability of Migdal effect for argon and xenon nuclei with position sensitive gaseous detectors”, Kiseki D Nakamura, Kentaro Miuchi, Shingo Kazama, Yutaro Shoji, Masahiro Ibe, Wakutaka Nakano (国際共著), Progress of Theoretical and Experimental Physics, (2020) ptaa162
- [4] Direction-sensitive dark matter search with a low-background gaseous detector NEWAGE-

- 0.3b"Tomonori Ikeda, Kiseki Nakamura, Takuya Shimada, Ryota Yakabe, Takashi Hashimoto, Hirohisa Ishiura, Takuma Nakamura, Hiroshi Ito, Koichi Ichimura, Ko Abe, Kazuyoshi Kobayashi, Toru Tanimori, Hidetoshi Kubo, Atsushi Takada, Hiroyuki Sekiya, Atsushi Takeda, and Kentaro Miuchi Progress of Theoretical and Experimental Physics, (2021) ptab0532101.09921
- [5] “Final results on neutrino oscillation parameters from the OPERA experiment in the CNGS beam”, OPERA collaboration (国際共著), PHYSICAL REVIEW D 100 (2019) 051301(R).
- [6] “Development of a balloon-style pressure vessel gondola for balloon-borne emulsion gamma-ray telescopes”, H. Rokujo, M. Komiyama, S. Aoki, K. Hamada, T. Hara, A. Iyono, H. Kawahara, K. Kodama, R. Komatani, M. Komatsu, K. Kuretsubo, T. Marushima, S. Matsuda, H. Matsumoto, M. Miyanishi, F. Mizutani, K. Morishima, M. Morishita, N. Naganawa, M. Nakamura, M. Nakamura, T. Nakamura, Y. Nakamura, T. Nakano, A. Nishio, K. Niwa, S. Okada, N. Otsuka, K. Ozaki, O. Sato, E. Shibayama, A. Suzuki, S. Takahashi, Y. Tateishi, M. Torii, M. Yabu, K. Yamada, S. Yamamoto and M. Yoshimoto, 14 (2019) P09009.
- [7] “First observation of a tau neutrino charged current interaction with charm production in the OPERA experiment”, OPERA collaboration (国際共著), EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 80 (2020) 699.
- [8] “First measurement using a nuclear emulsion detector of the  $\nu(\mu)$  charged-current cross section on iron around the 1 GeV energy region”, H Oshima, T Matsuo, A Ali, S Aoki, L Berns, T Fukuda, Y Hanaoka, Y Hayato, A Hiramoto, A K Ichikawa, H Kawahara, T Kikawa, R Komatani, M Komatsu, K Kuretsubo, T Marushima, H Matsumoto, S Mikado, A Minamino, K Mizuno, Y Morimoto, K Morishima, N Naganawa, M Naiki, M Nakamura, Y Nakamura, N Nakano, T Nakano, T Nakaya, A Nishio, T Ogawa, S Ogawa, H Rokujo, O Sato, H Shibuya, K Sugimura, L Suzui, Y Suzuki, H Takagi, S Takahashi, T Takao, Y Tanihara, R Watanabe, K Yamada, K Yasutome, M Yokoyama (国際共著), Progress of Theoretical and Experimental Physics (2021) 033C01.
- [9] “Performance of emulsion telescope for gamma-ray observation in GRAINE2018 balloon-borne experiment”, Yuya Nakamura, Shigeki Aoki, Atsushi Iyono, Ayaka Karasuno, Kohichi Kodama, Ryosuke Komatani, Masahiro Komatsu, Masahiro Komiyama, Kenji Kuretsubo, Toshitsugu Marushima, Syota Matsuda, Kunihiro Morishima, Misaki Morishita, Naotaka Naganawa, Mitsuhiro Nakamura, Motoya Nakamura, Takafumi Nakamura, Noboru Nakano, Toshiyuki Nakano, Akira Nishio, Miyuki Oda, Hiroki Rokujo, Osamu Sato, Kou Sugimura, Atsumu Suzuki, Satoru Takahashi, Mayu Torii, Saya Yamamoto, Masahiro Yoshimoto, Progress of Theoretical and Experimental Physics (2021) ptab148.
- [10] “Search for sub-GeV dark matter by annual modulation using XMASS-I detector”, M. Kobayashi et al. (XMASS Collaboration), Phys. Lett. B 795 (2019) 308-313
- [11] “Atmospheric neutrino oscillation analysis with improved event reconstruction in Super-Kamiokande IV”, Jiang, M, et. al. (Super-Kamiokande Collaboration), PTEP 053F01 (2019)
- [12] “Indirect search for dark matter from the Galactic Center and halo with the Super-

- Kamiokande detector”, Super-Kamiokande Collaboration; K. Abe et al., Phys. Rev. D 102 (2020) 7, 072002
- [13] “Search for tens of MeV neutrinos associated with gamma-ray bursts in Super-Kamiokande”, Super-Kamiokande Collaboration; A. Orii et al., PTEP 2021 (2021) 103F01
- [14] “Supernova Model Discrimination with Hyper-Kamiokande”, Hyper-Kamiokande Collaboration; K. Abe et al., Astrophys. J. 916 (2021) 15
- [15] “Development of the Micro Pixel Chamber with DLC cathodes”, Fumiya Yamane, Atsuhiko Ochi, Kohei Matayoshi, Keisuke Ogawa and Yusuke Ishitobi, NIMA 951 (2020) 162938”
- [16] “Search for dark matter in events with missing transverse momentum and a Higgs boson decaying into two photons in pp collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector”, ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP 10 (2021) 13
- [17] “Search for new phenomena in events with two opposite-charge leptons, jets and missing transverse momentum”, ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP 2104 (2021) 165
- [18] “Search for dark matter produced in association with a single top quark in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collisions with the ATLAS detector”, ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. C 81 (2021) 860
- [19] “Search for dark matter in association with an energetic photon in pp collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector”, ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP 2102 (2021) 226
- [20] “Performance of the ATLAS muon triggers in Run 2”, ATLAS Collaboration, Georges Ard et al., JINST 15 (2020) 09, P09015

(2) 著書数： 1 冊

主たる著書リスト

著 書：宇宙物理学ハンドブック（共著）

著者名：竹内康雄、身内賢太郎 他

ページ： 2.6.2 太陽ニュートリノ p138-141（竹内） 5.6.1 暗黒物質直接探査 p762-767（身内）

発行所，発行年：朝倉書店，2020 年

(3) 特許出願数：xx 件

主たる特許リスト

## 7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度 68,800 千円

令和2年度 77,772 千円

令和3年度 72,450 千円

(2) 受賞： 4 件

主たる受賞リスト

○優秀若手研究者賞

(授与機関名：神戸大学，対象研究テーマ：宇宙ガンマ線精密観測計画 GRAINE)

受賞者名：高橋 寛 受賞年月：令和 2 年 1 月

○教育研究活動に関する表彰

(授与機関名：神戸大学，対象研究テーマ：教育研究活動)

受賞者名：身内賢太郎 受賞年月：令和 2 年 10 月

○教育研究活動に関する表彰

(授与機関名：神戸大学，対象研究テーマ：教育研究活動)

受賞者名：身内賢太郎 受賞年月：令和 3 年 10 月

○ATLAS Outstanding Achievement Award

(受賞対象：Outstanding contributions to the reduction of the Level-1 muon endcap trigger rates, 受賞者名：前田順平，授与機関名：ATLAS Collaboration, 受賞年月：令和 3 年 2 月)

(3) 研究集会の開催 4 件 (内国際研究集会 2 件)

主たる研究集会リスト

- 2019 年 8 月 28-30 日 KUBEC International Workshop on Dark Matter Searches 2019 神戸大学ブリュッセルオフィス (KUBEC) (国際集会)
- 2020 年 12 月 9 日 ミグダル観測検討会 2020 神戸大学六甲台キャンパス (国際集会)
- 2020 年 12 月 25、26 日 マイクロパターンガス検出器 (MPGD) & アクティブ媒質 TPC 合同研究会 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
- 2021 年 11 月 25、26 日 新学術領域「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」第 2 回若手研究会 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

(4) その他特記事項

なし

最終報告書  
(令和元年度～令和3年度)

1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：高次生命現象におけるゲノムファンクション

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：理学研究科生物学専攻・深城 英弘

2. 研究目的

多細胞生物は、機能特化した多彩な細胞種や組織・器官から成り、それぞれの生物種に特徴的な複雑な形態を有するとともに、生育する環境の様々な非生物学的ストレス、および病原菌などの生物学的ストレスに適切に応答する能力を有している。しかしながら、これらの高次生命現象（多細胞生物の構築・維持、環境応答など）を担うゲノム機能の詳細は、生命科学が飛躍的に進展した現在でも、未だ解明されていない。本開拓プロジェクトでは、多細胞生物にみられる高次生命現象を担うゲノム機能を、各種モデル実験生物（動物・植物）の利点を活かして明らかにする。特に、ゲノム情報やエピゲノム情報の時空間的制御によるゲノム機能の発現機構について、細胞・組織・器官・個体レベルで明らかにするとともに、哺乳類培養細胞、小型魚類、維管束植物、コケ植物、糸状菌など多様な生物種による知見から、ゲノム機能の共通性と多様性を見出す。主な研究項目は以下の通り。

（1）動物の高次生命現象におけるゲノム機能の解明

- ①小型魚および哺乳類培養細胞を用いた多細胞動物の構築・維持機構の解明
- ②ゲノム損傷プロセッシングに関わる分子機構とその破綻がもたらす病態の解明

（2）植物の高次生命現象におけるゲノム機能の解明

- ①シロイヌナズナを用いた多細胞植物の構築・維持と環境応答機構の解明
- ②ゼニゴケを用いた多細胞植物の構築・維持と環境応答および進化機構の解明
- ③糸状菌におけるゲノム維持と環境応答機構の解明

3. 研究成果の概要

（1）動物の高次生命現象におけるゲノム機能の解明

- ①小型魚および哺乳類培養細胞を用いた多細胞動物の構築・維持機構の解明（担当：理・井上 邦夫）

多くの動物に保存された RNA 結合タンパク質 NANOS と PUM は翻訳抑制因子として知られているが、ゼブラフィッシュ胚において、生殖質に局在する *dazl* mRNA が NANOS および PUM によって翻訳活性化を受けることを見出した。また、哺乳類遺伝子はサイズの大きなイントロンが多いが、きわめて短いイントロンを有する遺伝子も存在する。きわめて短いイントロンの場合、通常アクセプター領域を認識する U2AF の代わりに SPF45 が働く特異的なスプライシング機構が存在することを明らかにし、国際共著論文として発表した。一方、研究協力者の松花助教との共同研究により、ニワトリ心臓神経堤細胞で発現する *mafB* 遺伝子の転写制御領域を同定し、ゼブラフィッシュとの比較解析を進めている。また、松花助教や工樂博士（学外協力研究者）との共同研究により

同定したゼブラフィッシュ神経堤細胞のトランスクリプトームをもとに、色素細胞で働く新規遺伝子を同定した。

②ゲノム損傷プロセッシングに関わる分子機構とその破綻がもたらす病態の解明（担当：バイオ／理・菅澤 薫）

生体内におけるヌクレオチド除去修復（NER）の高次制御機構、特にクロマチン構造変換の役割に着目して研究を進めた。NER における DNA 損傷認識の制御におけるユビキチン-プロテアソーム系の新たな役割を明らかにするとともに、色素性乾皮症 C 群（XPC）タンパク質による DNA 損傷認識を促進するヒストン脱アセチル化酵素複合体を同定し、ヒストンの脱アセチル化が DNA 損傷非依存的に XPC の核内局在を制御していることを初めて証明した。国際共同研究としては、本開拓プロジェクトの研究参画者である Thomä 博士らとヌクレオソーム中の DNA 損傷の認識において働く新たな分子機構を明らかにし、Nature 誌に論文発表した。また、発がんに関わる DDB2 遺伝子の新たな突然変異の同定（米国 Stanford 大学等との共同研究）および DDB2 タンパク質の安定性制御と発がん抑制における脱ユビキチン化酵素 USP44 の機能（米国 Mayo Clinic 等との共同研究）に関する成果を国際共著論文として発表した。さらに、本プロジェクトの研究協力者である浦博士のグループと DNA に誤って取り込まれたリボヌクレオチドやチロシン-DNA ホスホジエステラーゼ（TDP）を介した突然変異誘発機構に関する共同研究を行い、それぞれ成果を論文発表した。

上記①②の研究以外に、研究協力者により論文発表につながる研究成果が得られた[ショウジョウバエを用いた多細胞動物の構築・維持機構の解明（バイオ／理・影山 裕二）、生細胞イメージングを用いた哺乳類細胞の染色体複製阻害に対する応答機構の解析（バイオ／理・横井 雅幸）、DNA 損傷応答経路と脂質代謝制御の機能的連関の解明（バイオ／理・酒井 恒）、ニワトリ胚を用いた動物の構築機構の解析（理・松花 沙織）]。

## （2）植物の高次生命現象におけるゲノム機能の解明

①シロイヌナズナを用いた多細胞植物の構築・維持と環境応答機構の解明（担当：理・深城 英弘）

維管束植物の根系構築の機構を明らかにする目的で、シロイヌナズナの側根発生機構に焦点を当てて研究を行った。シロイヌナズナの側根形成では、根の内鞘細胞の一部が側根創始細胞として特定化されたのちに、特徴的な細胞分裂を経て側根原基となる。そこで側根形成開始を制御する鍵転写因子 LBD16 の標的遺伝子群の解析を進め、側根形態形成を制御する *PUCHI* 遺伝子が、側根創始細胞の非対称分裂後の娘細胞で LBD16 によって活性化されることを明らかにした。また、深城らが近年見出した側根創始細胞形成の側方抑制に働く TOLS ペプチドと RLK7 受容体を介したシグナル伝達機構に関与する複数の遺伝子座を同定した。一方、側根創始細胞の位置や間隔を決定する側根プレパターニングの機構を明らかにする目的で、予定分岐部位や側根創始細胞をモニターできるオーキシン応答レポーター遺伝子 *DR5::Luciferase* の発現を指標にした解析を行い、側根プレパターニング機構に SLR/IAA14- ARF7-ARF19 オーキシンシグナリングモジュールが関与すること、および、側根プレパターニングに関わる新規の遺伝子座 *DPF* および *IPF* を同定した。

②ゼニゴケを用いた多細胞植物の構築・維持と環境応答および進化機構の解明（担当：理・石崎 公庸）

無性芽形成の場となる杯状体の形成に必須な R2R3-MYB 型転写因子 GCAM1 を同定し、GCAM1 が被子植物シロイヌナズナの腋芽形成の制御因子 REGULATOR OF AXILLARY MERISTEMS とオーソログの関係にあることを明らかにした。本研究は、新たな芽を構築する仕組みが陸上植物進化の初期に獲得され、多様な陸上植物種の器官発生プログラムに転用されていることを示唆するものである（図参

照)。また、杯状体は形成されるが無性芽は全く形成されない *karappo* 変異体の解析を進め、*karappo* 変異体の原因遺伝子が低分子量 GTP アーゼ ROP (動物細胞の非対称分裂や形態を制御する Rho に近い因子) の活性化を制御する RopGEF をコードすることを明らかにした。杯状体底部からの無性芽発生の開始に ROP の活性化が関わることを示唆するものである。さらに、メキシコの共同研究者の協力の下、ゼニゴケにおけるリン酸欠乏に応答した転写制御機構やリン酸の転流・貯蔵に関する研究も進め、ゼニゴケが被子植物と似た栄養塩応答と分配の仕組みが存在し、リンの分配には液胞膜リン酸輸送体 VPT が重要な役割をもつことを明らかにした。維管束をもたないゼニゴケをモデルにリン酸応答、転流・貯蔵についてさらに解析することで、陸上植物における栄養塩転流・貯蔵機構の原型と進化を考察する上で重要な知見が得られると期待される。

### ③糸状菌におけるゲノム維持と環境応答機構の解明 (担当: 農・中屋敷 均)

各種イネ科植物いもち病菌系統の比較ゲノム解析を行い、植物との相互作用に大きな影響を与えるエフェクターと呼ばれる遺伝子群が、進化の過程で獲得されたり、喪失したりといったことを繰り返していることを台湾中央研究院 (Academia Sinica) との共同研究により明らかにした。また、イネ科いもち病菌に存在するレトロトランスポゾン MAGGY は、ゲノム上のコピー数の上昇に応じて DNA メチル化を強く受けるようになるが、これには DNA 修復酵素である RecA ホモログ (Rad51, Rad55, Rad57) などの因子と RNAi 関連因子 (AGO) の協調的な貢献が必要であることが示された (Vu et al., 2021)。このことは、トランスポゾンの転移に伴う DNA 損傷を感知して、RNAi 機構を介した RdDM (RNA-directed DNA methylation) が機能することにより、ゲノム上の転移因子の DNA メチル化が起こることを示唆している。さらに、コムギいもち病菌 Br48 株の telomere-to-telomere の完全長ゲノム配列を決定した。同菌のゲノムは 7 本の染色体を持ち 42.5 Mbp であった。コムギいもち病菌はライグラス菌から進化してきたことが示されているが、SNP 解析の結果、ライグラス菌とブラキアリア菌との有性生殖もしくは疑似有性生殖がその過程に寄与していることが示唆された。また、すでに公開されているライグラス菌 (LpKy97) やコムギ菌 (B71) 系統のゲノムと比較すると、Br48 系統の 6 番染色体および 7 番染色体には数十万塩基の配列が “挿入” された形になっており、塩基配列の解析から少なくとも部分的にはそれらが *P. grisea* や *P. pennisetigena* から水平移行により得られたものと推定された。また、こういった “挿入配列” には H3K9me3 および H3K27me3 といった抑制的なヒストン修飾が多く集積していた。

上記①～③の研究以外に、研究協力者により論文発表につながる研究成果が得られた [維管束分化誘導系 VISUAL を用いた細胞運命決定機構の解明 (理・近藤 侑貴)]。

## 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

### <プロジェクト成果の社会への還元>

本開拓プロジェクトでは、先端的な研究を行うメンバーが互いの強みを活かして、各種モデル実験材料を用いた研究を通じて、多細胞生物全体に共通する基本原理だけでなく、動物特異的あるいは植物特異的な基本原理など、種による多様性とその進化の仕組みまで明らかにすることに挑んだ。得られた成果をすぐに社会に還元することは容易ではないが、基礎生命科学の学問領域へのインパクトを持った研究成果 (菅澤, Nature ; 石崎, Current Biology) が数多く得られた。本開拓プロジ

エクトで得られた研究成果は、今後、遺伝性疾患や癌の治療、幹細胞・再生医療などの医科学分野や、植物の育種や病害対策等、多方面への波及効果が期待される。

＜今後の研究の方向性、プロジェクトの展開＞

本開拓プロジェクト期間のうち令和2年度以降の2年間は、国内外における新型コロナウイルス感染症拡大の影響により、メンバー間での分野の枠を超えた最先端の研究手法や解析技術などの情報の共有や研究設備の有効活用、研究進捗についてメンバー間で議論し合う研究発表会の開催、さらには海外研究協力者を招聘しての学術講演会の開催など、十分に実施することが困難であった。したがって、本プロジェクトの枠組みを活かし、多細胞生物にみられる高次生命現象を担うゲノム機能を各種モデル実験生物（動物・植物）の利点を活かして明らかにする研究を引き続き遂行し、ヒト疾患・癌などの創薬・治療を行う研究者との連携や、植物の感染症対策、植物の生産性や環境適応性を人為的に強化させる技術開発者との連携などによる新たなプロジェクトへの展開を模索していきたい。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 15 人（分担者 4 人，学内参画者 4 人，学外参画者 3 人，国外参画者 3 人）

令和2年度 15 人（分担者 4 人，学内参画者 4 人，学外参画者 3 人，国外参画者 3 人）

令和3年度 16 人（分担者 4 人，学内参画者 5 人，学外参画者 3 人，国外参画者 3 人）

### (2) 運営経費

令和元年度 500,000 円

令和2年度 500,000 円

令和3年度 500,000 円

### (3) ワークショップ，研究会経費

令和元年度 0 件，0 円

令和2年度 0 件，0 円

令和3年度 0 件，0 円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 26 編（内国際共著論文 14 編）

令和2年度 19 編（内国際共著論文 8 編）

令和3年度 12 編（内国際共著論文 4 編）

主たる論文リスト

論文名：SPF45/RBM17-dependent, but not U2AF-dependent, splicing in a distinct subset of human short introns.

著者名：Fukumura, K., Yoshimoto, R., Sperotto, L., Kang, H.-S., Hirose, T., Inoue, K., Sattler, M., Mayeda, A.（国際共著）



掲載誌, 巻, ページ: Nature Communications, 12, 4910, 2021 年

論文名: Identification of regulatory elements for MafB expression in the cardiac neural crest.

著者名: Tani-Matsuhana, S. and Inoue, K.

掲載誌, 巻, ページ: Cells and Development, 167, 203725, 2021 年

論文名: Tissue growth constrains root organ outlines into isometrically scalable shape

著者名: Fujiwara M, Goh T, Tsugawa S, Nakajima K, Fukaki H, Fujimoto K.

掲載誌, 巻, ページ: Development, 148(4) dev196253, 2021 年

論文名: Copy number-dependent DNA methylation of the Pyricularia oryzae MAGGY retrotransposon is triggered by DNA damage.

著者名: Vu VB, Nguyen Q, Kondo-Takeoka Y, Murata T, Kadotani N, Nguyen G, Arazoe T, Ohsato S, Nakayashiki H.

掲載誌, 巻, ページ: Commun. Biol., 4, 351, 2021 年

論文名: Tyrosyl-DNA phosphodiesterases are involved in mutagenic events at a ribonucleotide embedded into DNA in human cells.

著者名: Takeishi, A., Kogashi, H., Odagiri, M., Sasanuma, H., Takeda, S., Yasui, M., Honma, M., Suzuki, T., Kamiya, H., Sugasawa, K., Ura, K., Sassa, A.

掲載誌, 巻, ページ: PLoS One, 15, e0244790, 2020 年

論文名: Functional impacts of the ubiquitin-proteasome system on DNA damage recognition in global genome nucleotide excision repair.

著者名: Sakai, W., Yuasa-Sunagawa, M., Kusakabe, M., Kishimoto, A., Matsui, T., Kaneko, Y., Akagi, J.I., Huyghe, N., Ikura, M., Ikura, T., Hanaoka, F., Yokoi, M., Sugasawa, K. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ: Sci. Rep., 10, 19704, 2020 年

論文名: Gemma cup and gemma development in *Marchantia polymorpha*.

著者名: Kato, H., Yasui, Y. and Ishizaki, K.

掲載誌, 巻, ページ: New Phytologist, 228, 459-465, 2020 年

論文名: Design principles of a minimal auxin response system.

著者名: Kato, H., Mutte, S.K., Suzaki, H., Crespo, I., Das, S., Redoeva, T., Fontana, M., Yoshitake, Y., Haniwa, E., van den Berg, W., Lindhoud, S., Ishizaki, K., Hohlbein, J., Borst, J.W., Boer, D.R., Nishihama, R., Kohchi, T. and Weijers, D. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ: Nature Plants, 6, 473-482, 2020 年

論文名 : Lateral root initiation requires the sequential induction of transcription factors LBD16 and PUCHI in *Arabidopsis thaliana*.

著者名 : Goh, T, Toyokura, K, Yamaguchi, N, Okamoto, Y, Uehara, T, Kaneko, S, Takebayashi, Y, Kasahara, H, Ikeyama, Y, Okushima, Y, Nakajima, K, Mimura, T, Tasaka, M, Fukaki, H.

掲載誌, 巻, ページ : New Phytologist, 224, 749-760, 2019 年

論文名 : PUCHI regulates very long chain fatty acid biosynthesis during lateral root and callus formation.

著者名 : Trinh DC, Lavenus J, Goh T, Boutté Y, Drogue Q, Vaissayre V, Tellier F, Lucas M, Voß U, Gantet P, Faure JD, Dussert S, Fukaki H, Bennett MJ, Laplace L, Guyomarc 'h S. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ : Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 116, 14325-14330, 2019 年

論文名 : Cytoskeleton dynamics are necessary for early events of lateral root initiation in *Arabidopsis*.

著者名 : Vilches Barro A, Stöckle D, Thellmann M, Ruiz-Duarte P, Bald L, Louveaux M, von Born P, Denninger P, Goh T, Fukaki H, Vermeer JEM, Maizel A. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ : Current Biology, 29, 2443-2454, 2019 年

論文名 : GEMMA CUP-ASSOCIATED MYB1, an orthologue of axillary meristem regulators, is essential for vegetative reproduction in a liverwort *Marchantia polymorpha*.

著者名 : \*Yasui, Y., \*Tsukamoto, S., Sugaya, T., Nishihama, R., Wang, Q., Kato, H., Yamato, K.T., Fukaki, H., Mimura, T., Kubo, H., Theres, K., Kohchi, T. and Ishizaki, K. \*These authors contributed equally to this work. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ : Current Biology, 29, 3987-3995, 2019 年

論文名 : The RopGEF KARAPPO is essential for the initiation of vegetative reproduction in *Marchantia polymorpha*.

著者名 : Hiwatashi, H., Goh, H., Yasui, Y., Koh, L.Q., Takami, H., Kajikawa, M., Kirita, H., Kanazawa, T., Minamino, N., Togawa, T., Sato, M., Wakazaki, M., Yamaguchi, K., Shigenobu, S., Fukaki, H., Mimura, T., Toyooka, K., Sawa, S., Yamato, K.T., Ueda, T., Urano, D., Kohchi, T. and Ishizaki, K. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ : Current Biology, 29, 3525-3531, 2019 年

論文名 : MRG-1 is required for both chromatin-based transcriptional silencing and genomic integrity of primordial germ cells in *C. elegans*.

著者名 : Miwa, T., Inoue, K., Sakamoto, H.

掲載誌, 巻, ページ : Genes to Cells, 24, 377-389, 2019 年

論文名 : Forkhead box B2 inhibits the malignant characteristics of the pancreatic cancer cell line Panc-1 in vitro.

著者名 : Fukuchi, H., Hayashida, Y., Inoue, K., Sadamura, Y.

掲載誌, 巻, ページ : Genes to Cells, 24, 674-681, 2019 年

論文名 : DNA damage detection in nucleosomes involves DNA register shifting.

著書名 : Matsumoto, S., Cavadini, S., Bunker, RD., Grand, RS., Potenza, A., Rabl, J., Yamamoto, J., Schenk, AD., Schübeler, D., Iwai, S., Sugasawa, K., Kurumizaka, H., Thomä, NH. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ : Nature, 571, 79-84, 2019 年

論文名 : Processing of a single ribonucleotide embedded into DNA by human nucleotide excision repair and DNA polymerase  $\eta$ .

著書名 : Sassa, A., Tada, H., Takeishi, A., Harada, K., Suzuki, M., Tsuda, M., Sasanuma, H., Takeda, S., Sugasawa, K., Yasui, M., Honma, M., Ura, K.

掲載誌, 巻, ページ : Sci. Rep., 9, 13910, 2019 年

論文名 : Transcriptome analysis of the fungal pathogen *Rosellinia necatrix* during infection of a susceptible avocado rootstock identifies potential mechanisms of pathogenesis.

著者名 : Zumaquero A, Kanematsu S, Nakayashiki H, Matas A, Martínez-Ferri E, Barceló-Muñoz A, Pliego-Alfaro F, López-Herrera C, Cazorla FM, Pliego C. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ : BMC Genomics, 20, 1016, 2019 年

論文名 : Three ourmia-like viruses and their associated RNAs in *Pyricularia oryzae*.

著者名 : Ohkita S, Lee Y, Nguyen Q, Ikeda K, Suzuki N, Nakayashiki H.

掲載誌, 巻, ページ : Virology, 534, 25-35, 2019 年

論文名 : Blast fungal genomes show frequent chromosomal changes, gene gains and losses, and effector gene turnover.

著者名 : Gómez Luciano LB, Tsai IJ, Chuma I, Tosa Y, Chen YH, Li JY, Li MY, Lu MJ, Nakayashiki H, Li WH. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ : Mol. Biol. Evol., 36, 1148-1161, 2019 年

(2) 著書数 : 2 冊

主たる著書リスト

著 書 : 植物たちの戦争 (共著)

著者名 : 中屋敷 均 (日本植物病理学会編)

ページ : PP. 3-44

発行所，発行年：講談社ブルーバックス，2019 年

著 書：三訂版 植物の科学

著者名：塚谷裕一，荒木崇，（編著），深城英弘（3，5 章を執筆）

巻，ページ：3 章（pp. 102-115），5 章（pp. 116-139），

発行所，発行年：NHK 出版，2021 年

（3）特許出願数：0 件

主たる特許リスト

## 7. 関連活動及び特記事項

（1）外部資金獲得実績

令和元年度 58,000 千円

令和2年度 60,600 千円

令和3年度 58,700 千円

（2）受賞：2 件

主たる受賞リスト

The 4th AOSP Award

（授与機関名：アジア・オセアニア光生物学会，対象研究テーマ：紫外線誘発 DNA 損傷修復の分子機構に関する研究）

受賞者名：萱澤 薫 受賞年月：令和元年 9 月

日本植物学会奨励賞

（授与機関名：公益社団法人日本植物学会，対象研究テーマ：VISUAL を用いた維管束細胞運命決定機構の研究）

受賞者名：近藤 侑貴 受賞年月：令和3年 9 月

（3）研究集会の開催 1 件（内国際研究集会 1 件）

主たる研究集会リスト

研究集会名：International Symposium on “Maintenance of Genome Integrity”

主催団体：神戸大学バイオシグナル総合研究センター，先端融合研究環境開拓プロジェクト

「高次生命現象におけるゲノムファンクション」（共催）

開催日：令和元年 11 月 12 日

場所：バイオシグナル総合研究センター・研修室

（4）その他特記事項

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：メガシティにおける河川の生物多様性が生み出す生態系サービスの評価  
研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：人間発達環境学研究科人間環境学専攻・丑丸 敦史

## 2. 研究目的

都市の巨大化に伴い、人間の Well-Being に不可欠な生態系サービスを供給する環境の劣化が進んでいる。特に、都市域や都市近郊の里地里山城の河川生態系に関しては、治水（防災）・利水の目的のために河川改修などの人工化が進んでおり、生物多様性の減少が懸念されている。本取組では、日本の巨大都市圏（メガシティ）の一つ京阪神都市圏の一部である神戸市周辺を対象地域とし、都市河川における生物多様性の減少を環境 DNA 調査手法により定量化する。一方で、アンケート調査より河川から受ける生態系サービス（文化的サービス）を定量化する。この二つの調査を組み合わせ、河川における生物多様性と生態系サービスの関係を明らかにする。その結果に基づき、都市住民への生態系サービス維持の側面から、都市河川における生物多様性保全の重要性を考える。また、研究結果を都市における河川管理行政に反映させる提案を行う。

## 3. 研究成果の概要

神戸市六甲山系の小河川群の 108 地点において魚類群集を環境 DNA メタバーコーディング手法により調査を行い、在来魚種 41 種、外来種魚種 17 種の計 58 種の環境 DNA の検出に成功した。周辺に人工地の多い都市部の河川（都市河川）では、約 5 種（中央値、最大 19 種、最小 0 種）の魚類が検出された一方で、神戸市の里山部の河川（里山河川）では、15 種程度（中央値、最大 28 種、最小 0 種）の魚類が検出され、都市河川では魚類の多様性が低いことが明らかになった。最も多くの地点で検出された魚種はカワヨシノボリで、絶滅危惧種であるニホンウナギも半数ほどの調査地点で検出された。

また河川の境 DNA データ (95 地点分) を 20 の流域に分け、流域ごとに平均的な魚類種数を求め、各流域における近隣河川のリクリエーションに関する満足度に関するアンケート調査結果 (合計 364 人の人から得たアンケート結果) と照らし合わせ、魚類の多様性の生態系サービスについて研究を行った。その結果、魚類の多様性と近隣河川の満足度には負の有意傾向が見られ、多様性の高い河川（多くの場合、豊かな植生が残るなど護岸強度の低い河川）に対して、都市住民が満足しているわけではないことが明らかになった。一方で、河川に多く訪れることができた場合、近隣河川への満足度が高くなっており、親水公園など河川と触れ合える場所の存在が満足度を高めている可能性が示唆された。特に幼少期に自然との触れ合いの少なかった市民において、魚類の多様性の高い河川に対して低い満足度を持っていることが明らかになり、幼少期の体験を促進することが多様性の高い河川と人間生活の共生を都市で可能にするために重要であることが明らかになった。

加えて、本プロジェクトでは、新型コロナウイルスのパンデミック下で都市河川の利用が見られたのかについてアンケート調査を行い。第一回目の緊急事態宣言の発令時には、市民による都市河川の利用が減少したことが明らかになったが、河川を訪れた市民達は、ストレスの発散のためや健康維持

を目的とした運動を行うために河川周辺を多く利用していることが明らかになった。この発見は、都市河川や周辺の景観の持つ文化的サービスがコロナ下でも重要な役割を果たすことが示唆された。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

プロジェクト成果の社会への還元（社会実装や学問領域へのインパクトなど）  
及び 今後の研究の方向性、プロジェクト展開予定など

#### 5. 構成員 及び 学内支援

##### (1) 構成員数

令和元年度 5 人（分担者 4 人、学内参画者 0 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人）

令和2年度 5 人（分担者 4 人、学内参画者 0 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人）

令和3年度 5 人（分担者 4 人、学内参画者 0 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人）

##### (2) 運営経費

令和元年度 500 千円

令和2年度 500 千円

令和3年度 500 千円

##### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 千円

令和2年度 0 件、0 千円

令和3年度 0 件、0 千円

#### 6. 研究成果の状況等

##### (1) 論文

令和元年度 5 編（内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和2年度 5 編（内国際共著論文 2 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和3年度 10 編（内国際共著論文 3 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和元年度

Wu Q, Takami Y, Minamoto T, Ishikawa T (2019) The life history with seasonal migration of the lacustrine shrimp *Palaemon paucidens* in an ancient lake in Japan. *Ecosphere* 10: e02628.

Jo T, Arimoto M, Murakami H, Masuda R, Minamoto T (2019) Particle size distribution of environmental DNA from the nuclei of marine fish. *Environmental Science & Technology* 53:9947–9956.

Jo T, Fukuoka A, Uchida K, Ushimaru A, Minamoto T (2020) Multiplex real-time PCR enables the simultaneous detection of environmental DNA from freshwater fishes: a case study of three exotic and three threatened native fishes in Japan. *Biological Invasions*

22:455-471.

Iwachido Y, Uchida K, Ushimaru A, Yokota S and Sataki T (2020) Nature-oriented park use of satoyama ecosystems can enhance biodiversity conservation in urban landscapes. Landscape and Ecological Engineering 16:163-172.

佐藤真行, 栗山浩一, 藤井秀道, 馬奈木俊介 (2019) 「日本における森林生態系サービスの経済評価」, 統計数理 67:3-20.

令和2年度

Hayami K, Sakata MK, Inagawa T, Okitsu J, Katano I, Doi H, Nakai K, Ichiyanagi H, Gotoh R. O, Miya M, Sato H, Yamanaka H, Minamoto T. (2020) Effects of sampling seasons and locations on fish environmental DNA metabarcoding in dam reservoirs. Ecology and Evolution 10:5354-5367.

Takeshita D, Terui S, Ikeda K, Mitsuzuka T, Osathanunkul M, Minamoto T (2020) Projection range of eDNA analysis in marshes: a suggestion from the Siberian salamander (*Salamandrella keyserlingii*) inhabiting the Kushiro marsh, Japan. PeerJ 8:e9764.

Jo T, Murakami H, Masuda R, Minamoto T (2020) Selective collection of long fragments of environmental DNA using larger pore size filter. Science of the Total Environment 735:139462.

Imamura A, Hayami K, Sakata MK, Minamoto T (2020) Environmental DNA revealed the fish community of Hokkaido Island, Japan, after invasion by rainbow trout. Biodiversity Data Journal 8:e56876.

Jo T, Tomita S, Kohmatsu Y, Osathanunkul M, Ushimaru A, Minamoto T (2020) Seasonal monitoring of Hida salamander *Hynobius kimurae* using environmental DNA with a genus-specific primer set. Endangered Species Research 43:341-352.

令和2年度

Ushimaru A, Ishii R and Katsuhara KR (2021) Covering and shading by neighbouring plants diminish pollinator visits to and reproductive success of a forest edge-specialist dwarf species. Plant Biology 23:711-718.

Sakata MK, Watanabe T, Maki N, Ikeda K, Kosuge T, Okada H, Yamanaka H, Sado T, Miya M, Minamoto T (2021) Determining an effective sampling method for eDNA metabarcoding: a case study for fish biodiversity monitoring in a small, natural river. Limnology 22:221-235.

Doi H, Minamoto T, Takahara T, Tsuji S, Uchii K, Yamamoto S, Katano I, Yamanaka H (2021) Compilation of real-time PCR conditions toward the standardization of eDNA methods. Ecological Research 36:379-388.

Jo T, Minamoto T (2021) Complex interactions between environmental DNA (eDNA) state and water chemistries on eDNA persistence suggested by meta-analyses. Molecular Ecology Resources 21:1490-1503.

Jo T, Ikeda S, Fukuoka A, Inagawa T, Okitsu J, Katano I, Doi H, Nakai K, Ichiyanagi H, Minamoto T (2021) Utility of environmental DNA analysis for effective monitoring of invasive fish species in reservoirs. Ecosphere 12, e03643.

Sato M, Aoshima I, Chang Y (2021) Connectedness to Nature and the Conservation of the Urban Ecosystem: Perspectives from the Valuation of Urban Forests. Forest Policy and Economics 125:102396.

Saiful, I, Okubo, K, Saiful AHM I, Sato M (2021) Food Scurity, Food Loss and Climate Change in Bangldesh, Springer Nature Business and Economics in press.

Hayashi T, Kunii D, Sato M (2021) A Practice in Valuation of Ecosystem Services for Local Policymakers: Inclusion of Local-Specific and Demand-Side Factors. Sustainability 13:11894.

佐藤真行 (2021) 「自然資本の経済評価と持続可能な発展」, 環境情報科学 49: 24-29.

佐藤真行 (2021) 「社会的費用の考慮と持続可能な発展」, 繊維機械学会誌 74: 44-49.

(2) 著書数 : 7 冊

主たる著書リスト

Sato M, Managi, S (2019) Public debt as a negative stock in sustainability indicator. in Shunsuke Managi (ed), Wealth, Inclusive Growth and Sustainability, Routledge, pp.77-86.

Ushimaru A, Uchida K, Ikegami M and Suka T (2020) Grasslands and shrublands in Japan. in Goldstein MI & DellaSala L (eds.) The Encyclopedia of the World's Biomes, Vol.3 section 6: Grasslands and shrublands - Sea of plants Elsevier, Oxford, pp 785-799.

丑丸敦史 (2021) 生物の適応進化(2 章)および生物多様性(8 章) (武田義明編著) 生態学 化学同人.

源利文 (2021) 環境 DNA 分析における手法の標準化 (土居秀幸・近藤倫生編) 環境 DNA-生態系の真の姿を読み解く-. 共立出版, pp 249-253.

坂田雅之, 徐寿明, 源利文 (2021) 環境 DNA 分析の概要 (土居秀幸・近藤倫生編) 環境 DNA-生態系の真の姿を読み解く-. 共立出版, pp 1-35.

佐藤真行 (2021) 制度の質と持続可能性指標 (大塚直編) 持続可能性と Well-being) 日本評論社, 近刊.

蔡佩宜, 竈橋一輝, 佐藤真行 (2021) ダム事業の意思決定支援ツールとしての多基準分析 (ダムと環境の科学IV), 京都大学学術出版会, 近刊

(3) 特許出願数 : 0 件

## 7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績 代表のもののみ掲載

令和元年度 27,050 千円

令和2年度 24,930 千円

令和3年度 22,200 千円

### 令和元年度

科研費基盤 B「複雑な花形態が適応的になる生態学的条件の解明: 種間比較・群集間比較を通じた検討」丑丸 5,070 千円



科研費基盤 B「環境 DNA/RNA を利用した生物調査の新展開：水を汲んで生物の行動や状態を知る」丑丸 4,940 千円

科研費基盤 B「生物群集が創発する寄生者制御：宿主多様性による感染動態安定化機構の理論と実証」佐藤 6,240 千円

環境省受託研究 「生態系サービスの定量的評価及び生態勘定フレームワーク構築に向けた研究」10,800 千円

#### 令和 2 年度

科研費基盤 B「複雑な花形態が適応的になる生態学的条件の解明：種間比較・群集間比較を通じた検討」丑丸 3,900 千円

科研費基盤 B「環境 DNA 分析による繁殖レジームの多種同時分析系の開発」源 4,030 千円

科研費基盤 B「生物群集が創発する寄生者制御：宿主多様性による感染動態安定化機構の理論と実証」佐藤 4,810 千円

環境省受託研究 「生態系サービスの定量的評価及び生態勘定フレームワーク構築に向けた研究」佐藤 11,000 千円

アーバンイノベーション神戸 「新型コロナウイルスの感染拡大下での都市の生態系サービスとその評価」佐藤 1,200 千円

#### 令和 3 年度

科研費基盤 B「複雑な花形態が適応的になる生態学的条件の解明：種間比較・群集間比較を通じた検討」丑丸 4,030 千円

科研費基盤 B「環境 DNA 分析による繁殖レジームの多種同時分析系の開発」源 8,450 千円

科研費基盤 B「生物群集が創発する寄生者制御：宿主多様性による感染動態安定化機構の理論と実証」佐藤 4,550 千円

神戸市受託研究「里地里山放置林等の生物多様性向上に向けた整備及びその整備に伴う生態系サービスに係る調査研究」丑丸 2,510 千円

アーバンイノベーション神戸 「新型コロナウイルスの感染拡大下での都市の生態系サービスとその評価」佐藤 1,200 千円

アーバンイノベーション神戸 「生物多様性に関する市民意識の把握と市民参加型の多様性調査手法の開発」源 1,464 千円

#### (2) 受賞： 1 件

2021 年 7 月 第 21 回 生態学琵琶湖賞 日本生態学会 / 滋賀県（源利文）

#### (3) 研究集会の開催 1 件（内国際研究集会 xx 件）

主たる研究集会リスト

環境経済・政策学会 2020 年大会 企画セッション「生態系サービスの可視化と主流化～経済評価と政策適用」（佐藤）

#### (4) その他特記事項

2021 年 11 月 26 日、神戸市役所内において、丑丸、源、佐藤の 3 名が久元喜造神戸市長と公式に神

戸の都市域における生物多様性保全について意見交換を行った。また、神戸市環境局の職員と連携しながら神戸市小河山林の放棄二次林や放棄棚田・ため池の管理再導入による市民利用の可能性について定期的に意見交換を行い、今後の事業化に向けて議論を行っている。

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：デジタルスマートものづくり

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：システム情報学研究科計算科学専攻・坪倉 誠

## 2. 研究目的

第一次産業革命（蒸気機関）以後、第二次（電力）、第三次産業革命（デジタル技術）を経て、世界経済は一括大量生産、大量消費で支えられてきた。しかし、昨今の地球環境問題や先進国における人口減少問題の中で持続可能な発展を維持し、今後も日本がものづくり大国として国際競争力を維持していくには、工業製品に様々な付加価値を創出し、消費者の嗜好、ニーズに応じたテーラーメイド型のものづくりを実現することが必須の課題である。実際、IoT（Internet of Things）やビッグデータ活用、人工知能、CPS(Cyber Physical Systems)といった IT 技術の急速な進展、3D モデリングやシミュレーションを主体とした CAE（コンピュータ支援エンジニアリング）設計技術、CPS 技術をベースとするスマートファクトリやサプライチェーン技術、さらに 3D プリンタ等のデジタル製造技術の台頭により、ものづくりをスマート化することで第四次産業革命を牽引すると期待されている。

本研究では、ものづくりの三つの柱である設計技術、生産システム、製造加工技術に焦点をあて、そのスマート化を実現するような最新デジタル技術との融合を研究・開発することで、次世代のデジタルスマートものづくりのフレームワークを構築し、その可能性とあり方を検討することを目的とする。

## 3. 研究成果の概要

### (1-1) 自動車空力設計を対象とした機械学習サロゲートモデル併用による多目的最適化フレームワークの構築

設計の初期段階で空力性能を効率的に最適化することを目的として、多目的最適化解析フレームワークを開発した。このフレームワークでは、宇宙航空研究開発機構との連携により多目的進化最適化ソフトウェア CHEETAH を、また米国 Detroit Engineered Products 社による形状モーフィングソフトウェア MeshWorks を用いた。各ソフトウェアは、テキストベースの結果またはパラメータファイルを介して情報を交換することによって情報交換している。最適化手法にはチェビシェフ距離と選好領域と呼ばれる考え方を用いた多目的進化アルゴリズムを用いている。多目的最適化においては、解が唯一の点ではなく複数の解集合であるパレート解として表されるが、チェビシェフ距離を用いることによって解同士の優劣をつけやすく、目的関数を増やした場合でも質の良い解集合を得ることが可能である。また選好領域の概念を取り入れることで、ある目的関数1つのみに対する最適化を抑制することを可能とした。

### (1-2) 人工知能を活用した流れ場のリダクションモデルの構築

来るべき AI イニシアチブによる計算科学の時代の到来に向け、将来活用が期待されるニュー

ラルネットワークを基にした性能予測技術の基礎研究を実施した。現時点で活用できる機械学習技術として畳み込みフィルタを用いたニューラルネットワーク（CNN）を基に、統一流体解法コード CUBE により計算された 2 次元及び 3 次元流れに対する流れ場の再構成（縮約モデル、もしくはリダクションモデル）を可能とした。これにより高精度な流体シミュレーションの結果を、リダクションモデルを用いて数十分の一のコストで得ることが可能となった。

#### (2-1) クラウドソースドマニュファクチャリングに対する組合せダブルオークションに基づくリソース配分の最適化手法

近年 IoT（Internet of Things）の発展に伴い、工場や製造機器をインターネット上に繋ぐことにより生産性を向上させること動きが活発化している。また、同一企業や工場内だけでなく、企業の壁を超えたつながりを利用した生産に注目が集まっており、その中で IoT 環境下において複数の工場や複数の企業をつなぎ設備・材料・労働力・工法を融通し合う生産形態であるクラウドソースドマニュファクチャリングと呼ばれる生産形態が提案された。クラウドソースドマニュファクチャリングを形成することにより、リソースが不足した処理や、自社にはないリソースを使用する処理をつながる他企業に委託することで、顧客ニーズに合わせたカスタム生産を低コストで実現可能となる。クラウドソースドマニュファクチャリングにおいて必要とされているのが独立した企業群においても合理的なリソース配分の仕組みが重要となる。そこで本課題ではリソースの提供企業のコストと要求企業の予算を基にした評価値を考慮し、リソースの配分と取引価格を決定することができる組合せダブルオークションに着目した。また、独立した企業の集まりであるクラウドソースドマニュファクチャリングにおいて、リソースの配分と取引価格は参加企業が申告する評価値に基づくので、その評価値を正直に申告して貰う必要がある。その為個々の参加者にとって、正直な評価値の申告が各企業の支配戦略となるオークションの設計が重要となる。このようなオークションを耐戦略性のあるオークションと言う。本研究においても各参加企業の正直な評価値をオークション主催者が知るために、耐戦略性のある組合せダブルオークションをあたたらに提案し、計算機実験によりその有効性を検証した。

#### (2-2) 自律分散型マスカスタム生産対応スマート日程計画策定に関する研究

昨今のユーザニーズの多様化に伴い、スマート生産を指向する製造業では製品の多様性への対応が求められ、この多様なユーザのニーズに素早く対応するための方法として、低コスト・高効率の製造と顧客一人一人のニーズに適した製品・サービスの両立を目指したマスカスタマイゼーションに注目が集まっている。また複雑化された生産システムへ対応するために、システムの拡張や故障に全体の機能を停止することなく対応することが出来るという特徴を持っており、環境の変化への適用に着目した概念である自律分散システムの適用が注目されている。そこで本課題では、成形加工工程及び素材製造工程を有するマスカスタム生産工程を対象に自律分散型生産スケジューリング手法を提案する。具体的には、生産工程やユーザ情報から得られるオーダなどを生産スケジューリング立案のための自律分散型生産システムの構成要素としてとらえ、ユーザが持つ納期及び製品仕様に対し、納期遅れを低減しつつ、ユーザが満足する製品仕様及び日程計画を立案した。そして、製品仕様の決定には、探索履歴を保持するためにフェロモンを導入し、ラグランジュ分解・調整法を用いて、ユーザの希望を加味しながら納期を遵守する製品仕様及び日程計画の立案を目指した。さらに計算機実験により、ユーザニーズと総納期遅れをそれぞれ満たした製品仕様及び日

程計画が立案でき、目的関数の重みを変更させることで製品の指標と納期に対してどちらを重視するかを反映させた製品選定及び日程計画の立案が可能であることを検証した。

### (3-1) エンドミル加工における工具系の弾性変形の予測結果に基づく加工誤差補正

現在、切削加工においては、コンピュータによる数値制御で動作する NC 工作機械が世界中で広く普及しており、必要となる部品形状を高精度に高効率で加工できることから、多くの製造現場で利用されている。NC 工作機械は NC プログラムとよばれる数値制御プログラムによって駆動される。つまり、NC 工作機械は NC プログラムで指示されている工具送り速度や工具位置および姿勢に従って加工を行うため、NC プログラムでのこれらの指示は重要である。これらを最適に決定して、高精度加工を高効率に実現することが必要となっている。切削加工の加工効率を向上させるためには、加工状況を把握し切削条件を適切に設定することが重要となる。これまでに、被削材をボクセルモデルで表現する従来の切削シミュレータを拡張して、工具切れ刃の形状を微小間隔の点群で離散的に表現し、工具 1 刃当たりの送り量ごとの解析ではなく、工具微小回転量ごとの解析を可能とする切削シミュレータを開発してきた。さらに、微小時間および微小空間分解能で切削現象の事前予測が可能となるシミュレータを応用して、工具系の弾性変形に起因する加工誤差の予測が可能な切削シミュレータを開発してきた。これらをもとに、工具系の弾性変形の予測結果に基づき、加工面の加工誤差を補正する方法を提案して、検証を行った。

### (3-2) 工具経路の自動生成を実現する CAM ソフトウェア

これまでに機械加工用の NC プログラムの作成を支援する CAM (Computer Aided Manufacturing) ソフトウェアが数多く開発されてきており、加工現場では広く使われている。しかし、市販の CAM ソフトウェアでは、加工領域の選択や加工順序の決定、加工条件の決定など多くの CAM 操作を機械加工の技能者が行う必要があるため、CAM ソフトウェアの習得には膨大な時間と経験を要していた。また、これらの多くの CAM 操作を技能者に委ねているため、NC プログラム作成の完全自動化は実現されていない。大量生産の場合には NC プログラムの作成に多くの時間と労力を要したとしても、全体の生産コストに占める割合は小さかった。しかしながら、金型製品や機械部品の試作などの一品生産の場合には、NC プログラムの作成に要する時間と労力が全体の生産コストに占める割合は非常に大きい。本課題では、市販の CAD ソフトウェアに依存しないデータ書式である STL (Standard Triangulated Language) 形式の 3 次元 CAD モデルのみを入力情報として、完全自動で加工領域を抽出して工具経路を計算し、NC プログラム作成を自動化する革新的な CAM ソフトウェアを開発した。

## 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

我々のグループでは、神戸大学価値創造スマートものづくり研究センター（センター長貝原、副センター長白瀬）や、理研産学連携コンソーシアム「HPC を活用した自動車用次世代 CAE コンソーシアム」（会長坪倉）、「燃焼システム用次世代 CAE コンソーシアム」（副会長坪倉）を主宰している。上記で得られた研究成果は、まずこれらの産学連携フレームワークに展開して、迅速に社会実装することが可能である。

今後は、上記の研究成果に対して、より密接に連携した課題を新たに設定し、スマート設計（1-1、1-2）、スマート製造・加工（2-1、2-2）、スマート生産システム（3-1、3-2）を統合したスマートものづくりの実現に向けて、さらなる連携を強化していきたい。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 14 人 (分担者 2 人、学内参画者 5 人、学外参画者 3 人、国外参画者 3 人)

令和2年度 13 人 (分担者 2 人、学内参画者 4 人、学外参画者 3 人、国外参画者 3 人)

令和3年度 13 人 (分担者 2 人、学内参画者 4 人、学外参画者 3 人、国外参画者 3 人)

### (2) 運営経費

令和元年度 500,000 円

令和2年度 368,313 円

令和3年度 631,687 円

### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 円

令和2年度 0 件、0 円

令和3年度 0 件、0 円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 28 編

令和2年度 22 編

令和3年度 16 編

主たる論文リスト

論文名 : Coupled analysis of transient aerodynamic and dynamic response of articulated heavy vehicles under crosswind

著者名 : Qianwen Zhang, Chuqqi Su, Makoto Tsubokura, Zhen Hu, Yiping Wang

掲載誌, 巻, ページ : Physics of Fluids, vol. 34, No. 1, pp.212013 (2021)

論文名 : Topology-free immersed boundary method for incompressible turbulence flows: An aerodynamic simulation for “dirty” CAD geometry

著者名 : Keiji Onishi, Makoto Tsubokura

掲載誌, 巻, ページ : Computer methods in applied mechanics and engineering, vol. 378, 113734 (2021)

論文名 : A one-sided direct forcing immersed boundary method using moving least squares

著者名 : Rahul Bale, Amneet Pal Singh Bhalla, Boyce E. Griffith, Makoto Tsubokura

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Computational Physics, vol.440, 110359 (2021)

論文名 : Numerical investigation of effects of incisor angle on production of sibilant /s/

著者名 : HsuehJui Lu, Tsukasa Yoshinaga, ChungGang Li, Kazunori Nozaki, Akiyoshi Iida, Makoto Tsubokura

掲載誌, 巻, ページ : Scientific Reports, vol. 11, 167209 (2021)

論文名 : Building Cube Method を利用した車体フレームのボクセルトポロジー最適化

著者名 : 和田有司, 嶋田宗将, 西口浩司, 大高雅史, 岡澤重信, 坪倉誠

掲載誌, 巻, ページ : 日本計算工学会論文集, 採択決定(2021)

論文名 : Eulerian finite volume formulation using Lagrangian marker particles for incompressible fluid-structure interaction problems

著者名 : Tokimasa Shimada, Koji Nishiguchi, Rahul Bale, Shigenobu Okazawa, Makoto Tubokura

掲載誌, 巻, ページ : International Journal for Numerical Methods in Engineering, 10.1002/nme.6896 (2021)

論文名 : Automated process planning system for end-milling operation by CAD model in STL format

著者名 : Isamu Nishida, Keiichi Shirase

掲載誌, 巻, ページ : International Journal of Automation Technology, Vol.15, No.2, pp.149-157, (2021)

論文名 : A practical method to monitor tool wear in end milling using a changing cutting force model that requires no additional sensors

著者名 : Kazuki Kaneko, Isamu Nishida, Ryuta Sato, Keiichi Shirase

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.15, No.6, DOI: 10.1299/jamdsm.2021jamdsm0077, (2021).

論文名 : Influence of Geometric Errors in Rotary Axes onto Cubic-machining Test Considering the Workpiece Coordinate System

著者名 : Zongze LI, Ryuta SATO, Keiichi SHIRASE, Shigehisa SAKAMOTO

掲載誌, Precision Engineering, Vol.71, pp.36-46, doi: 10.1016/j.precisioneng.2021.02.011, (2021).

論文名 : Unsteady Flow Analysis Method for Automotile LED Headlamp based on Massively Parallel CFD considering the External Environment

著者名 : Touichirou Shiozawa, ChungGang Li, Takuji Nakashima, YUkinomu Hiranaka, Makoto Tsubokura

掲載誌, 巻, ページ : SAE World Congress Experience (WCX20), SAE Technical Paper 2020-01-0636, [doi.org/10.4271/2019-01-0660](https://doi.org/10.4271/2019-01-0660) (21-23, April, 2020, Detroit) (2020)

論文名 : 製造業の複数主体間における信用度を考慮した受発注計画手法の一提案

著者名 : 山下 健, 貝原 俊也, 藤井 信忠, 國領 大介, 梅田 豊裕, 井筒 理人

掲載誌, 巻, ページ : システム制御情報学会論文誌, Vol.33, No.10, pp275-282, 2020.

論文名 : A Proposed Production Decision Method for Order Planning Considering Decision

Criteria of Multiple Organizations

著者名 : Daisuke Kokuryoa, Ken Yamashitaa, Toshiya Kaiharaa, Nobutada Fujiia, Toyohiro Umeda\*, Rihito Izutsu\*

掲載誌, 巻, ページ : Proc. of the 53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems, Vol.93, pp.933-937, 2020.

論文名 : A Proposal of Resource Allocation Method based on Combinatorial Double Auction Technique in Crowdsourced Manufacturing

著者名 : Daisuke Kokuryo, Yoshiaki Harada, Toshiya Kaihara, Nobutada Fujii

掲載誌, 巻, ページ : International Symposium on Flexible Automation ISFA2020, pp.1-4, 2020.

論文名 : System Architecture Analysis with Network Index in MBSE Approach-Application to Smart Interactive Service with Digital Health Modeling-

著者名 : Toshiya Kaihara, Nobutada Fujii, Daisuke Kokuryo, Mizuki Harada

掲載誌, 巻, ページ : Proc. of APMS 2020 International Conference Advances in Production Management Systems, pp.307-313, 2020.

論文名 : A Study on Menu Planning Method for Managed Meal-Consideration of the Cost of Ordering Ingredients-

著者名 : Kyohei Irie, Nobutada Fujii, Daisuke Kokuryo, Toshiya Kaihara

掲載誌, 巻, ページ : Proc. of APMS 2020 International Conference Advances in Production Management Systems, pp.679-685, 2020.

論文名 : Identification Method of Error Motions and Geometric Errors of a Rotary Axis by R-test

著者名 : Takaaki KENNO, Ryuta SATO, Keiichi SHIRASE, Shigemasa NATSUME, Henny A.M. SPAAN

掲載誌, 巻, ページ : International Journal of Automation Technology, Vol.14, No.3, pp.399-408, (2020), DOI: 10.20965/ijat.2020.p039919.

論文名 : Machining Time Reduction by Tool Path Modification to Eliminate Air Cutting Motion for End Milling Operation

著者名 : Isamu Nishida, Keiichi Shirase

掲載誌, 巻, ページ : International Journal of Automation Technology, Vol.14, No.3, pp. 459-466, (2020), DOI: 10.20965/ijat.2020.p0459.

論文名 : Experimental Evaluation of Mechanical and Electrical power Consumption of Feed Drive Systems driven by a Ball-screw

著者名 : Massimiliano RIGACCI, Ryuta SATO, Keiichi SHIRASE

掲載誌, 巻, ページ : Precision Engineering, Vol.64, pp.280-287, (2020), DOI: 10.1016/j.precisioneng.2020.04.016.



論文名：Automated Tool Path Generation for Roughing Using Flat Drill

著者名：Isamu Nishida, Hidenori Nakatsuji, Keiichi Shirase

掲載誌, 巻, ページ：International Journal of Automation Technology, Vol.14, No.6, pp. 1036-1044,  
(2020), DOI: 10.20965/ijat.2020.p1036.

論文名：Automated process planning system for end-milling operation by CAD model in STL format

著者名：Isamu Nishida, Keiichi Shirase

掲載誌, 巻, ページ：International Journal of Automation Technology, Vol.15, No.2, pp.149-157,  
(2021), DOI: 10.20965/ijat.2021.p0149.

(2) 著書数：

なし

(3) 特許出願数：2 件

主たる特許リスト

生産計画策定装置, 生産計画策定プログラム, および生産計画策定方法

特願 2019-121418,

西田勇, 白瀬敬一

形状認識装置, および形状認識方法      特願 2020-085466

## 7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度    107, 030 千円

令和2年度    123, 710 千円

令和3年度    115, 280 千円

(2) 受賞：    12 件

主たる受賞リスト

一般社団法人日本 ITU (国際電気通信連合) 協会特別賞

受賞者名：坪倉誠                      受賞年月： 2021 年 5 月

ACM ゴードン・ベル賞 COVID-19 研究特別賞

受賞者名：坪倉誠                      受賞年月： 2021 年 11 月

功績賞 (授与機関名：日本機械学会)

受賞者名：貝原俊也                      受賞年月： 2021 年 3 月

工作機械技術振興財団 第42次工作機械技術振興賞（論文賞）

受賞者名：白瀬敬一

受賞年月：2021年6月

神戸大学学長賞

受賞者名：坪倉誠

受賞年月：2020年10月

理化学研究所栄峰賞

受賞者名：坪倉誠

受賞年月：2021年3月

功績賞（授与機関名：日本機械学会）

受賞者名：貝原俊也

受賞年月：2021年3月

ASME International Symposium on Flexible Automation 2020 Young Investigator Award in Flexible Automation

受賞者名：西田 勇

受賞年月：2020年7月

自動車技術会 2019年度技術部門貢献賞

受賞者名：白瀬敬一

受賞年月：2020年8月

一般財団法人FA財団論文賞

受賞者名：金子和暉，西田 勇，佐藤隆太，白瀬敬一

受賞対象論文：Machining state monitoring in end milling based on comparison of monitoring and predicted cutting torques, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, The Japan Society of Mechanical Engineers, Vol.13, No.3, (2019), DOI: 10.1299/jamdsm.2019jamdsm0052.

受賞年月：2020年12月

日本機械学会生産加工・工作機械部門 研究業績賞

受賞者名：白瀬敬一

受賞年月：2021年1月

(3) 研究集会の開催 9件（内国際研究集会 9件）

主たる研究集会リスト

研究集会名：2021年度精密工学会秋季大会学術講演会

主催団体がある場合は主催団体：精密工学会

開催日：2021年9月21 - 27日

場所：COVID-19 の感染拡大のためオンライン開催

研究集会名：スマートフレキシブルオートメーション研究分科会 第20回研究例会

主催団体がある場合は主催団体：システム制御情報学会

開催日：2020年5月13日

場所：オンライン開催

研究集会名：スマートフレキシブルオートメーション研究分科会 第21回研究例会

主催団体がある場合は主催団体：システム制御情報学会

開催日：2020年7月16日

場所：オンライン開催

研究集会名：スマートフレキシブルオートメーション研究分科会 第22回研究例会

主催団体がある場合は主催団体：システム制御情報学会

開催日：2020年9月30日

場所：オンライン開催

研究集会名：神戸大学価値創造スマートものづくり研究センター 第1回シンポジウム

主催団体がある場合は主催団体：神戸大学

開催日：2020年12月1日

場所：オンライン開催

研究集会名：スマートフレキシブルオートメーション研究分科会 第23回研究例会

主催団体がある場合は主催団体：システム制御情報学会

開催日：2020年12月18日

場所：オンライン開催

研究集会名：スマートフレキシブルオートメーション研究分科会 第24回研究例会

主催団体がある場合は主催団体：システム制御情報学会

開催日：2021年1月26日

場所：オンライン開催

研究集会名：スマートフレキシブルオートメーション研究分科会 第25回特別例会

主催団体がある場合は主催団体：システム制御情報学会

開催日：2021年3月3日

場所：大阪大学中之島センターとオンラインのハイブリッド開催

研究集会名：The 18th International Conference on Precision Engineering (ICPE2020)

主催団体がある場合は主催団体：精密工学会

開催日：2020年11月24 - 26日

場所：COVID-19 の感染拡大のためオンライン開催

(4) その他特記事項

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：低環境負荷ナノ粒子のバイオニクス・フォトニクス・エレクトロニクス展開

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：工学研究科電気電子工学専攻・藤井 稔

## 2. 研究目的

工学研究科電気電子工学専攻及び応用化学工学専攻が中心となり開発する様々な低環境負荷ナノ粒子材料をプロジェクトのコアとし、それに工学研究科応用化学専攻の技術を融合することにより様々な機能を有する新機能性材料を開発する。さらに、開発した機能性材料のナノバイオニクス分野への応用展開を、医学研究科及び工学研究科応用化学専攻のグループが協力して行う。また、ナノフォトニクス分野、ナノエレクトロニクス分野への応用展開を工学研究科電気電子工学専攻のグループが協力して行う。本プロジェクトにより、ナノ粒子をコアとし、持続可能な社会の実現に貢献する新技術を継続的に創出する研究拠点を実現するための基盤を構築する。

## 3. 研究成果の概要

### 【藤井・杉本グループ】

独自に開発した量子ドット、ナノ粒子の物性評価とエレクトロニクス、フォトニクス、バイオフォトニクス分野への応用探索を行っている。(1) 量子ドットのバイオフォトニクス応用、光触媒応用に関する研究：PBS 中においてシリコン量子ドットとウシ血清アルブミン (BSA) の凝集体の形成について研究を行い、凝集体の形状が量子ドットのサイズに強く依存することを見出した。シリコン量子ドットの球状凝集体 (Supraparticles) を制御して形成する技術を開発した。カレル大学 (チェコ) のグループと共同で、金ナノロッドの表面にシリコン量子ドットを付加した複合体蛍光粒子を開発した。KTH (スウェーデン) のグループと共同でポリマー中にシリコン量子ドットを分散した luminescent solar concentrator の形成と評価について研究を行った。シリコン量子ドット塗布薄膜が水素生成光電極として機能することを初めて示した。(2) ナノ粒子を用いた光ナノアンテナの開発に関する研究：可視光領域に Mie 共鳴を示すシリコンナノ粒子の溶液が自然界に存在する液体よりも大きいもしくは小さい屈折率を有するメタフルイドとして機能する可能性を示した。シリコンナノ粒子溶液が、塗布により構造色を発色する構造色インクとして利用できることを示した。シリコンナノ粒子が近傍の物質の磁気双極子遷移を増強するナノアンテナとして機能することを実証した。また、光の磁場成分の増強により分子の3重項状態の直接励起を可能にすることを示した。

### 【荻野・西村グループ】

がん腫瘍のイメージングや放射線治療の革新的な進歩に機能性ナノ粒子の応用が期待され、生体内評価に関する研究が近年急速に増加している。その中で、ナノ粒子の腫瘍への輸送方法やその機構解明は長年研究されており、腫瘍への受動的なターゲティング方法として EPR (enhanced permeability and retention) 効果が報告されている。この戦略に基づき、体内でのナノ粒子の選択的な送達と、体内滞留制御を行うことを目的として、ナノ粒子の表面に生体高分子の化学修飾を行う

事を試みた。具体的には、我々が開発してきた過酸化チタンナノ粒子の表面に、カテキン、ポリフェノール類、更にはポリエチレングルコールを化学修飾する事で、生体内での親和性を高め、血中滞留性を高める事を目指して研究を行った。それにより、化学修飾条件を確立した。また、更なる体内滞留性、選択的特異性を高めるために、胆汁抱合排泄を可能とするグルクロン酸の修飾を行った。更には、細胞とマウスを用いた実験により、その生体親和性の評価を実施した。

#### 【佐々木・赤坂グループ】

金属ナノ粒子を用いた新規放射線増感剤の開発を主に担当してきた。先行研究において従来以上の放射線増感効果を有する過酸化チタンナノ粒子 (TiO<sub>x</sub>NPs) を工学部との共同研究の下に開発し、本期間では更なる改良のために以下の (1) から (4) の検討項目に取り組んできた。

(1) APS-TiO<sub>x</sub>NPs の合成：メルボルン大学の協力の下に腫瘍選択的な表面修飾を TiO<sub>x</sub>NPs に施すことに成功した。本項目においては、腫瘍細胞に高発現している CD44 を認識する antiCD44 抗体を組み込んだコーティング剤で TiO<sub>x</sub>NPs 表面を修飾する際の合成手法の確立に成功した。

(2) APS-TiO<sub>x</sub>NPs の粒径測定：基となる TiO<sub>x</sub> と、表面修飾を施した過酸化チタンナノ粒子 (APS-TiO<sub>x</sub>NPs) の粒径分布を DLS 測定した結果、APS-TiO<sub>x</sub>NPs は TiO<sub>x</sub>NPs のサイズと同程度であることを確認した。

(3) APS-TiO<sub>x</sub>NPs の腫瘍選択性：細胞実験において、antiCD44 抗体を組み込んだ APS-TiO<sub>x</sub>NPs を CD44 が高発現している腫瘍細胞（乳がん細胞：MDA-MB-231、膵がん細胞：MIAPaCa2、PANC-1）と CD44 の発現を弱めた腫瘍細胞（トリプシン処理した MIAPaCa2）へそれぞれ投与し、APS-TiO<sub>x</sub>NPs の選択的取り込みを確認した。結果、表面修飾が施されていない TiO<sub>x</sub>NPs と比較して、APS-TiO<sub>x</sub>NPs はその多くが CD44 陽性腫瘍細胞へ選択的に取り込まれていることを確認した。さらに、細胞に誘導された APS-TiO<sub>x</sub>NPs は、その多くが細胞内のリソソームに取り込まれていることも併せて確認した。

(4) APS-TiO<sub>x</sub>NPs の放射線増感効果：APS-TiO<sub>x</sub>NPs の放射線増感効果を調べるために実施したコロニーアッセイ (MDA-MB-231 細胞を使用) の結果、APS-TiO<sub>x</sub>NPs 投与群はコントロール群や TiO<sub>x</sub>NPs 投与群と比較して放射線増感効果の増強が認められた。

#### 【竹内・北山・砂山・高野グループ】

エクソソームをバイオマーカーとしたがんの検出システムを構築し、がん摘出手術後は、手駆出前に比べて、がん関連エクソソームの含量が減少し、確かにこの検出システムががんを検出していることが確かめられた。多検体に対応するため、検出プロトコルの自動化も行った。今後は本格的な臨床研究に進み、がん患者の術前と術後のデータを大量に取得し、実検体による原理検証 (POC) を行い、がんの検査法としての方法論を確立する。

#### 【喜多・朝日グループ】

独自の量子ナノ構造を駆使して新しい光機能や既存デバイスの性能を凌駕する光デバイスの実現を目指している。(1) バンド内光学遷移分極の制御を基盤とした赤外増感型光電変換：量子ドットを量子井戸に埋め込んだ新しい量子ナノ構造や、ヘテロ界面に量子ドットを挿入したシンプルな量子ナノ構造におけるバンド内遷移を利用した高感度量子型赤外線センサの開発を行っている。室温において中赤外域において光検出を確認し、高感度化を行っている。(2) 中間バンド型高性能太陽電池：量子ドットを用いた超高性能中間バンド型太陽電池構造に関する研究や独自に開発したヘテロ界面を利用したフォトンアップコンバージョン太陽電池においてキャリア分離を利用したラチェット機構を明らかにするとともに、2段階プロセスによる光電流増大と電圧上昇に係る励起光強度（光集光度）依存性を世界で初めて実証した。(3) ウイルス不活化紫外光源の開発：独自の UVC 光源を

開発して新型コロナウイルス不活化に挑んでいる。

【北村・服部グループ】

①有機薄膜トランジスタの高性能化, ②薄膜素子を使ったガスセンサ応用, ③薄膜デバイスへの応用に向けた単分子膜作製技術に関する研究に取り組んだ。有機トランジスタの高性能化については, 特に, 回路応用に重要となる閾値電圧制御を試みた。閾値電圧制御にはゲート絶縁膜に対する酸素プラズマ処理による手法を採用し, 結果として数 V から 10V 程度の範囲で制御することが可能であることを示した。また, その安定性を評価しバイアスストレスを加えた場合でも, 初期段階では 1 V 程度の変化があるものの安定であることを明らかにした。また, その技術を応用し, インバータおよびリング発振器の動作にも成功した。これに加え, 酸素プラズマ処理による閾値電圧の変化は, ゲート絶縁膜表面に形成されるエネルギー準位が関係していると予想してきたが, MOS キャパシタの静電容量の測定によりエネルギー準位の密度を明らかにした。ガスセンサ応用については, 酸化物トランジスタのガスセンサ応用に取り組んだ。ガスセンサには, 通常, 2 端子素子が用いられるが, トランジスタを使うことによりゲート電圧の印加による安定化が期待できる。チャネル層に SnO<sub>2</sub> を有するトランジスタについて, ゲート電圧に対する電流の安定性を調べたところ, ゲート電圧に依存して電流のバイアスストレスが変わることが分かった。特に, あるゲート電圧 ( $V_G = V_0$ ) より大きいとドレイン電流は減少, 逆に,  $V_G < V_0$  ではドレイン電流は増加することが分かった。また,  $V_G = V_0$  では 60s の測定時間で, ドレイン電流の変化は 0.01%程度の変化に抑えられることを明らかにした。単分子膜作製技術については, ガスセンサ応用に向けた, 金表面や酸化物表面上への混合単分子膜の作製や耐熱性に優れた単分子膜の作製に成功した。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

【藤井・杉本】

Mie 共鳴を示すシリコンナノ粒子に関して, JST の新技術説明会等において発表を行い, キヤノン, カネカ, パイロット等の多くの企業から技術の詳細について問い合わせがあった。また, 複数の企業に試料を提供し評価を行うと共に共同研究の可能性について研究を行っている。さらに, 光技術関連業界誌「月刊 OPTRONICS」, 加工技術研究会, 塗装技術協会会誌への解説論文の寄稿を通して, 産業界に対して研究成果の普及活動を行った。シリコンナノ粒子ナノアンテナによる近傍の物質の磁気双極子遷移増強に関する成果と, 光の磁場成分の増強による分子の 3 重項状態の直接励起の実証に関する成果については, いずれもプレスリリースを行い, 後者は日経新聞電子版に掲載された。また, 日刊工業新聞からも取材を受けており, 近々掲載される予定である。

【佐々木・赤坂グループ】

難治がん治療の現況は, 外科的治療だけでなく, 化学療法, 放射線療法に関しても治療効果には限界があり, 根治は難しい現状にある。本研究で得られる成果は, 治療法が十分ではない難治がんに対して従来以上の治癒効果を期待できるものであり, がん患者やその家族によって希求されているものであり, 社会実装時の貢献度は非常に大きいものだと予想できる。

また, これまでは金属ナノ粒子に腫瘍選択性を持たせるには, ミセル状やカプセル状の容器でナノ粒子を包み込む手法が主であったが, 全体の大きさをナノオーダーにするためには, コアとなるナノ粒子のサイズに制限を加えざるを得なかった。本期間で得られた研究成果である APS 法はナノ粒子の表面を直接コーティングし, 腫瘍選択性を持たせるものであり, ナノ粒子のサイズに制限されることはない。ナノ粒子のサイズを自由に設定出来るようになると, 様々なサイズのナノ粒子の複合体から

成る放射線増感剤の開発等も視野に入るようになり、本研究成果は今後のナノメディシン研究分野を大いに発展させるものである。

(今後の研究の方向性、プロジェクト展開予定)

今後は国際的な臨床試験を目指した開発に引き継いでいく。まずは非臨床試験を実施するために必要な検討項目や製造法を確立し、基礎データ取得実験を実施していく。基礎データ取得実験がある程度の段階まで到達した時点で、非臨床試験に向けた具体的な相談を規制当局と実施していく予定である。

#### 【竹内・砂山・高野グループ】

エクソソームをバイオマーカーにしたがん診断法は、従来の腫瘍マーカーによる診断法に比べ格段に正確性が高いことから、その実用化は強く望まれている。実際、クラウドファンディングによる本研究の支援を求めたところ、全国 44 都道府県、約 900 名からの支援が集まり、総額は 1000 万円を超えたことから、その期待の大きさがうかがえる。今後、ベンチャーを起業して、本研究の社会実装に取り組む予定である。

#### 【喜多・朝日グループ】

##### (1) バンド内光学遷移分極の制御を基盤とした赤外増感型光電変換

量子ドットを量子井戸に埋め込んだ新しい量子ナノ構造や、ヘテロ界面に量子ドットを挿入したシンプルな量子ナノ構造におけるバンド内遷移を利用した高感度量子型赤外線センサーの開発を行っている。室温において中赤外域において光検出を確認し、高感度化を行っている。本プロジェクトの一部はイタリアのミラノビコッカ大学との国際共同研究であり、また、浜松ホトニクスと共同研究を開始した。

##### (2) 中間バンド型高性能太陽電池

量子ドットを用いた超高性能中間バンド型太陽電池構造に関する研究やわれわれが独自に開発したヘテロ界面を利用したフォトンアップコンバージョン太陽電池においてキャリア分離を利用したラチェット機構を明らかにするとともに、2 段階プロセスによる光電流増大と電圧上昇に係る励起光強度（光集光度）依存性を世界で初めて実証した。NEDO 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発（神戸大受入総額 92,908 千円）を実施した。

##### (3) ウイルス不活化紫外光源の開発

新型コロナウイルスの蔓延に伴い社会行動が大きく制約を受けている。われわれは企業及び金融系ホールディングスとともに新型紫外光源の応用実証(PoC)のために「UV 光源応用実証研究会 (UVLA)」を 2019 年の 12 月に立ち上げ、独自の UVC 光源を開発して新型コロナウイルス不活化に挑んでいる。UVLA で開発した光源はすでに社会実装され、3 法人と研究成果実施許諾契約を済ませるとともに、関連する知財について製造販売契約を締結した。また、環境省「革新的な省 CO2 型感染症対策技術等の実用化加速のための実証事業」（神戸大受入総額 545,600 千円）を 2021 年度から開始した。

#### 【北村・服部グループ】

有機薄膜トランジスタは次世代のフレキシブルエレクトロニクスへの応用が期待されている。有機薄膜トランジスタと同様に、有機 EL 素子もフレキシブルデバイスに応用可能であるが、有機 EL ディスプレイの駆動回路として有機薄膜トランジスタが利用できれば、フレキシブルディスプレイへの応用が期待できる。薄膜素子を使ったガスセンサ応用について、薄膜表面へ単分子膜を形成することにより、気体分子の識別を試みるものである。薄膜デバイスにより気体分子の識別が可能となれば、そのデバイスを集積化することにより人工嗅覚への展開が期待できる。



## 5. 構成員 及び 学内支援

事務局で記載します

### (1) 構成員数

令和元年度 16 人 (分担者 5 人, 学内参画者 5 人, 学外参画者 1 人, 国外参画者 4 人)

令和2年度 16 人 (分担者 5 人, 学内参画者 5 人, 学外参画者 1 人, 国外参画者 4 人)

令和3年度 17 人 (分担者 5 人, 学内参画者 6 人, 学外参画者 1 人, 国外参画者 4 人)

### (2) 運営経費

令和元年度 500,000 円

令和2年度 236,239 円

令和3年度 763,761 円

### (3) ワークショップ, 研究会経費

令和元年度 1 件, 143,148 円

令和2年度 0 件, 0 円

令和3年度 0 件, 0 円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 38 編 (内国際共著論文 7 編)

令和2年度 40 編 (内国際共著論文 12 編)

令和3年度 21 編 (内国際共著論文 7 編)

主たる論文リスト (最大 20 編)

- ① 論文名 : Direct excitation of triplet state of molecule by enhanced magnetic field of dielectric metasurfaces  
著者名 : Hiroshi Sugimoto, Hiroaki Hasebe, Taniyuki Furuyama and Minoru Fujii  
掲載誌, 巻, ページ : Small, Vol. 17, Issue 47, pp.2104458 (2021)
- ② 論文名 : Magnetic Purcell Enhancement by Magnetic Quadrupole Resonance of Dielectric Nanosphere Antenna  
著者名 : Hiroshi Sugimoto, and Minoru Fujii  
掲載誌, 巻, ページ : ACS Photonics, Vol. 8, Issue 6, pp.1794-1800 (2021)
- ③ 論文名 : Comparative Assessment of Mechanisms and Effectiveness of adiosensitization by Titanium Peroxide and Gold Nanoparticles.  
著者名 : Hassan M, Nakayama M, Salah M, Akasaka H, Kubota H, Nakahana M, Tagawa T, Morita K, Nakaoka A, Ishihara T, Miyawaki D, Yoshida K, Nishimura Y, Ogino C, Sasaki R.  
掲載誌, 巻, ページ : Nanomaterials (Basel). 2020 Jun 7;10(6):1125.
- ④ 論文名 : Elucidation of gastrointestinal dysfunction in response to irradiation using metabolomics.  
著者名 : Salah M, Osuga S, Nakahana M, Irino Y, Shinohara M, Shimizu Y, Mukumoto N,

- Akasaka H, Nakaoka A, Miyawaki D, Ishihara T, Yoshida K, Okamoto Y, Sasaki R.  
掲載誌, 巻, ページ: Biochem Biophys Rep. 2020 Jul 29;23:100789.
- ⑤ 論文名: Titanium oxide nano-radiosensitizers for hydrogen peroxide delivery into cancer cells.  
著者名: Morita K, Nishimura Y, Nakamura S, Arai Y, Numako C, Sato K, Nakayama M, Akasaka H, Sasaki R, Ogino C, Kondo A.  
掲載誌, 巻, ページ: Colloids Surf B Biointerfaces. 2020 Nov 7;111451
- ⑥ 論文名: Oncogenic miRNAs Identified in Tear Exosomes From Metastatic Breast Cancer Patients.  
著者名: Inubushi S, Kawaguchi H, Mizumoto S, Kuniyoshi T, Baba M, Kitayama Y, Takeuchi T, Hoffman RM, Tanino H, Sasaki R.  
掲載誌, 巻, ページ: Anticancer Res. 2020 Jun;40(6):3091-3096.
- ⑦ 論文名: Exosome-mediated radiosensitizing effect on neighboring cancer cells via increase in intracellular levels of reactive oxygen species  
著者名: Nakaoka A, Nakahara M, Inubushi S, Akasaka H, Salah M, Fujita Y, Kubota H, Hassan M, Nishikawa R, Mukumoto N, Ishihara T, Miyawaki D, Sasayama T, Sasaki R.  
掲載誌, 巻, ページ: Oncol Rep. 2021 Apr;45(4):1.
- ⑧ 論文名: Antibody-conjugated signaling nanocavities fabricated by dynamic molding for detecting cancers using small extracellular vesicle markers from tears  
著者名: Takeuchi, T., Mori, K., Sunayama, H., Takano, E., Kitayama, Y., Shimizu, T., Hirose, Y., Inubushi, S., Sasaki, R., Tanino, H.  
掲載誌, 巻, ページ: J. Am. Chem. Soc., 142, 6617-6624, 2020 年
- ⑨ 論文名: Molecularly imprinted polymer nanogel-based fluorescence sensing of pork contamination in halal meat extracts  
著者名: Cheubong, C., Takano, E., Kitayama, Y., Sunayama, H., Minamoto, K., Takeuchi, R., Furutani, S., Takeuchi, T.  
掲載誌, 巻, ページ: Biosens. Bioelectron., 2021, 172, 112775.
- ⑩ 論文名: "Increase in Terahertz-Wave Generation by Difference Frequency Mixing by the Overlap of Exciton States in Different GaAs/AlAs Quantum Wells and Spectroscopic Measurements"  
著者名: K. Sakaue, O. Kojima, T. Kita, Matthew J. Steer, and Richard A. Hogg  
掲載誌, 巻, ページ: Optics Express. Vol. 29, No. 15, pp. 24387-24395, 2021
- ⑪ 論文名: "An Energy Transfer Accompanied by Phonon Absorption in Ytterbium-Doped Yttrium Aluminum Perovskite for Optical Refrigeration"  
著者名: Y. Nakayama, Y. Harada, and T. Kita  
掲載誌, 巻, ページ: Applied Physics Letters, Vol. 117, 041104-1~5, 2020
- ⑫ 論文名: "Infrared Photodetector Sensitized by InAs Quantum Dots Embedded Near an Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As/GaAs Heterointerface"  
著者名: T. Murata, S. Asahi, Stefano Sanguinetti, and T. Kita  
掲載誌, 巻, ページ: Scientific Reports, Vol. 10, 11628-1~11, 2020

- ⑬ 論文名 : Energy distribution of interface states generated by oxygen plasma treatment for control of threshold voltage in pentacene thin-film transistors  
著者名 : Yoshinari Kimura, Yoshiaki Hattori, Masatoshi Kitamura  
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Physics D: Applied Physics 53 505106 (2020)
- ⑭ 論文名 : Wide-range work function tuning in gold surfaces modified with fluorobenzenethiols toward application to organic thin-film transistors  
著者名 : Takumi Yoshioka, Hiroki Fujita, Yoshinari Kimura, Yoshiaki Hattori, Masatoshi Kitamura  
掲載誌, 巻, ページ : Flexible and Printed Electronics 5 014011 2020

(2) 著書数 : 3 冊

主たる著書リスト (最大 20 編)

- ① 著 書 : Energy Conversion Efficiency of Solar Cells  
著者名 : Takashi Kita, Yukihiro Harada, and Shigeo Asahi  
発行所, 発行年 : Springer, Singapore 出版, 2019 年
- ② 著 書 : においのセンシング, 分析とその可視化, 数値化 (第 5 章 第 5 節 VOC 検出のための気体センサの開発と肺がんスクリーニング)  
著者名 : 北村雅季  
発行所, 発行年 : 技術情報協会 2020 年 10 月
- ③ 著 書 : 匂いのセンシング技術 (第 II 編匂いセンサ 第 2 章 酸化物半導体ガスセンサ)  
著者名 : 北村雅季  
発行所, 発行年 : シーエムシー出版 2020 年 8 月

(3) 特許出願数 : 12 件

主たる特許リスト

- ① 発明の名称 : ナノホールが形成されたナノ粒子, 並びに, ナノ粒子, ナノ構造体およびナノ構造体アレイの作製方法  
発明者 : 杉本泰, 藤井稔, 出願人 : 神戸大学, 出願日 : 令 1. 12. 25  
出願番号, 出願人, 出願日 : 神戸大学, 特願 2019-235317, 令 1. 12. 25
- ② 発明の名称 : フルカラー無機ナノ粒子インクとその作製方法, 及びシリコンナノ粒子の作製方法  
発明者 : 杉本泰, 岡崎 拓真, 藤井稔,  
出願番号, 出願人, 出願日 : 特願 2019-200333, 神戸大学, 令 1. 11. 1
- ③ 発明の名称 : サブ波長光導波路  
発明者 : 雛本樹生, 藤井稔, 杉本泰, 三宮 工  
出願番号, 出願人, 出願日 : 特願 2020-219688, 神戸大学, 令 2. 12. 28
- ④ 発明の名称 : 量子型赤外線センサ  
発明者 : 喜多隆, 朝日重雄, 村田貴彦  
発明者 : 特願 2019-138335

7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度 115,535 千円

令和2年度 77,423 千円

令和3年度 52,209 千円

(2) 受賞： 15 件

主たる受賞リスト

① 第30回光物性研究会奨励賞

授与機関名：光物性研究会

対象研究テーマ：光の周波数で磁気応答を示す誘電体メタ原子の開発

受賞者名：雛本 樹生

受賞年月：2019年12月14日

② 神戸大学 令和2年度優秀若手研究者賞「学長賞」

授与機関名：神戸大学

対象研究テーマ：シングルナノ～サブ波長サイズのシリコンナノ粒子の光機能

受賞者名：杉本 泰

受賞年月：2020年8月

③ 第14回（2020年度）応用物理学会フェロー表彰

授与機関名：応用物理学会

対象研究テーマ：

受賞者名：藤井 稔

受賞年月：2020年9月

④ 第49回（2020年秋季）応用物理学会講演奨励賞

授与機関名：応用物理学会

対象研究テーマ：

受賞者名：雛本 樹生（PD）

受賞年月：2020年11月

⑤ 第18回（2021年秋季）応用物理学会 Poster Award

授与機関名：応用物理学会

対象研究テーマ：

受賞者名：森朝 啓介（B4）

受賞年月：2021年10月

⑥ 学長表彰

授与機関名：神戸大学

受賞者名：杉本 泰

受賞年月：令和3年10月

⑦ 学長表彰

授与機関名：神戸大学

受賞者名：佐々木 良平

受賞年月：令和2年10月

- ⑧ Best Presentation Award  
授与機関名：第 26 回クロマトグラフィーシンポジウム  
対象研究テーマ：バイオマーカーの生物発光・蛍光検出のためのピペットチップ型自動センシングプラットフォームの開発  
受賞者名：高野恵里  
受賞年月：令和元年 6 月
- ⑨ 学長表彰  
授与機関名：神戸大学  
受賞者名：竹内俊文  
受賞年月：令和元年 10 月
- ⑩ 最優秀賞・ロート賞・日本ユニシス賞(トリプル受賞)  
授与機関名：第 2 回メドテックグランプリ Kobe  
対象研究テーマ：涙で乳がん検知  
受賞者名：竹内俊文・砂山博文・高野恵里・谷野裕一  
受賞年月：令和元年 12 月
- ⑪ EMS 賞  
授与機関名：第 38 回電子材料シンポジウム  
対象研究テーマ：Efficient Laser Cooling in Rare-Earth Doped Oxides at High Temperature  
受賞者名：中山雄太(博士前期課程指導学生)  
受賞年月：2019 年 10 月 11 日
- ⑫ SemiconNano2019 Best Poster Award 賞  
授与機関名：SemiconNano2019  
対象研究テーマ：Laser Cooling Utilizing Anti-Stokes Photoluminescence in Yb-Doped Yttrium Aluminum Garnet)  
受賞者名：Y. Nakayama, Y. Harada, and T. Kita  
受賞年月：令和元年 9 月
- ⑬ 令和元年度日本材料学会論文賞  
授与機関名：日本材料学会  
対象研究テーマ：デュアルヘテロダイン干渉計により光源起因のノイズを低減したサブナノメートル精度ウエハフラットネス計測システム  
受賞者名：田原和彦，松岡英毅，甘中将人，喜多隆  
受賞年月：2020 年 3 月 2 日
- ⑭ PVSC-47 Best Student Paper Award  
授与機関名：47TH IEEE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE (PVSC 47)  
対象研究テーマ：Up-converted photocurrent enhancement in modulation-doped two-step photon up-conversion  
受賞者名：渡辺航平(博士前期課程指導学生)  
受賞年月：2020 年 6 月 19 日
- ⑮ スチューデントアワード  
授与機関名：薄膜材料デバイス研究科

対象研究テーマ：フルオロベンゼンチオールを電極表面に修飾した有機薄膜トランジス

受賞者名：濱野 凌，藤田 宏樹，木村 由斉，服部吉晃，北村 雅季

受賞年月：令和元年 1 1 月

(3) 研究集会の開催 3 件（内国際研究集会 3 件）

主たる研究集会リスト（最大 20 件）

- ① 研究集会名：開拓プロジェクト「低環境負荷ナノ粒子のバイオニクス・フォトニクス・エレクトロニクス展開」キックオフミーティング

主催団体がある場合は主催団体：なし

開催日：2019 年 6 月 6 日

場所：神戸大学 自然科学総合研究棟 3 号館 1 2 5 室

講師：開拓プロジェクトメンバー，Prof. M. Sailor (UC San Diego)

- ② 研究集会名：“Nano -Medicine, Device and Technology-”

主催団体がある場合は主催団体：神戸大学医学研究科放射線腫瘍科

開催日：2019/11/15

場所：神戸大学工学研究科 大会議室

- ③ 研究集会名：スマート物質・材料研究センター国際セミナー

International Seminar on Advanced Smart Materials and Devices

主催団体がある場合は主催団体：なし

開催日：2019 年 11 月 20 日

場所：工学研究科多目的室 (D1 201 203)

講師：Prof. Stephen Sweeney (University of Surrey, UK), Prof. Richard Hogg (University of Glasgow, UK)

(4) その他特記事項

なし

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：海洋再生可能エネルギーによる発電・水素製造システムの研究開発

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：海事科学研究科海事科学専攻・大澤 輝夫

本プロジェクトでは、水素による電力貯蔵システムの導入による海洋再生可能エネルギーの利用拡大を最終目標に掲げ、洋上風力エネルギーを主とした海洋再生可能エネルギーによる発電から、変動する電力の安定化、海水の水電解による水素製造、水素の液化と貯蔵に至るまでのエネルギー変換過程を洋上で実現するための基礎研究を実施した。

## 2. 研究目的

上記最終目標に至るまでの研究開発項目を、1) 海洋再生可能エネルギー、2) 浮体システム、3) 独立電源システム、4) 水素製造システム、5) 水素貯蔵・輸送技術、の5つに分け、それぞれの過程で必要となる要素技術を洗い出し、それらの技術開発を進めることを本プロジェクトの目的とする。

## 3. 研究成果の概要

本プロジェクトの研究成果を5つの研究開発項目毎に以下に記す。

### 1) 海洋再生可能エネルギーの研究開発

NEDO「洋上風況調査手法の確立」事業（2019～2022年度、研究開発責任者：大澤輝夫）に参画し、むつ小川原港（青森県）において3機種のフローティングライダーの年間実証実験を実施し、それらの風況観測精度及び観測特性を明らかにした。これらの研究成果は事業最終年度となる2022年度中に、洋上風力開発促進に向けた国の技術ガイドラインとして発行される予定である。また、北日本太平洋沿岸海域において非係留型洋上風力発電の利用に向けた風況・発電量解析を行い、年間の設備利用率として60%前後の値が期待出来ることを明らかにした。

### 2) 浮体システムの研究開発

大型試験水槽での模型実験により、考案したセミサブ浮体に作用する流体力の基本特性を明らかにするとともに、粒子法による数値計算により実験結果を正確に推定可能であることを確認した。また、洋上で太陽光発電を展開することを目的として、本学を含めた2大学と民間2社から成るコンソーシアムによる浮体基地の研究計画に参画し、設置予定の海域における気象海象の調査、安全性および発電コストの両面から見た浮体構造を検証した。

### 3) 独立電源システムの研究開発

洋上独立電源に発展しうる電力変換回路・システムとして、①高周波絶縁方式三相AC-DCコンバータ、②燃料電池発電用高周波絶縁型昇圧直流コンバータ、③共振形双方向直流コンバータ、④大容量電磁誘導方式非接触給電システム、⑤超音波方式非接触給電システムをそれぞれ開発した。特に①

については、直流平滑キャパシタを使用しない周波数変換回路を新たに考案し、有効な回路技術を確立した。

#### 4) 水素製造システムの研究開発

海水電気分解反応を理解する上で電極表面構造解析は非常に重要であるため、表面構造が原子レベルで規定された単結晶電極を用いて、海水電気分解反応特性評価を行った。それにより水素発生反応および塩素発生反応の反応活性（反応の起こりやすさ）に電極表面構造依存性があることが明らかになった。また、電極、浮体システムへの耐久性・耐食性の付与には高性能なガスバリア膜の開発が重要となるため、グラフェンを分散したガスバリア膜、ポリシルセスキオキサンを用いたガスバリア膜、層状複水酸化物を用いたガスバリア膜などを開発した。

#### 5) 水素貯蔵・輸送技術の研究開発

科研費・若手研究「急減圧時における船用液体水素タンク内部の沸騰現象の解明」（研究代表者：前川一真，2020～2023 年度）に基づき、液体水素を輸送・貯蔵するための基盤技術の確立を目的として、船用液体水素タンク急減圧時におけるタンク内部の沸騰現象（気液相転移現象）に関する研究を行った。液体水素タンク蓄圧状態からの急減圧実験を様々な条件下で行うとともに、数値解析ソフト STAR-CCM+を用いて、液体水素海上輸送時における熱流体解析を行った。また、自由表面の大変形と伴う数値解析とボイルオフ可視化計測実験により、液体水素運搬船のタンク内スロッシングによる流体混合率、壁面熱伝達率を求め、ボイルオフ促進量の推算モデルを機構した。

### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

本プロジェクトは、2020 年 10 月以降、文部科学省事業「オープンイノベーション（OI）機構の整備」（2020 年度～）海事エネルギー分野の活動と一体化して運営されてきた。本プロジェクト研究員の大澤及び武田と、OI 事業でクリエイティブ・マネージャーを務める駒井啓一客員教授、小林英一名誉教授の 4 名でコア会議を構成し、海洋再エネ及び水素の研究開発に関して密な情報交換、意見交換を行ってきた。そうした枠組みで 2021 年 3 月に外部に対して実施した「CO2 削減に関する企業活動の実情調査アンケート」では、海洋・再エネ・水素関連の産業界のニーズや動向を幅広く収集・把握することができた。またほぼ同時期に実施した「洋上風況セミナー」では、洋上風力発電の開発のための風況調査の在り方について最新の研究成果発表を行い、参加者 230 名を集める盛況ぶりであった。今後の展開としては、開拓プロジェクトのメンバーがコアになって 2021 年度中に「再エネ高度利活用のための水素勉強会」を立ち上げ、水素・再エネ・海洋に関する地元産業界との連携を強化していく予定である。

### 5. 構成員 及び 学内支援

#### (1) 構成員数

令和元年度 14 人（分担者 4 人，学内参画者 5 人，学外参画者 1 人，国外参画者 3 人）

令和 2 年度 14 人（分担者 3 人，学内参画者 5 人，学外参画者 2 人，国外参画者 3 人）

令和 3 年度 14 人（分担者 3 人，学内参画者 5 人，学外参画者 2 人，国外参画者 3 人）

#### (2) 運営経費

令和元年度 499,553 円



令和2年度 0 円

令和3年度 1,000,000 円

(3) ワークショップ, 研究会経費

令和元年度 0 件, 0 円

令和2年度 0 件, 0 円

令和3年度 0 件, 0 円

## 6. 研究成果の状況等

(1) 論文

令和元年度 63 編 (内国際共著論文 13 編, 内 TOP10%論文 0 編)

令和2年度 46 編 (内国際共著論文 8 編, 内 TOP10%論文 0 編)

令和3年度 41 編 (内国際共著論文 10 編, 内 TOP10%論文 0 編)

主たる論文リスト

論文名 : Land-sea contrast of nearshore wind conditions: Case study in Mutsu-Ogawara

著者名 : Mizuki Konagaya, Teruo Ohsawa, Takaya Inoue, Toshinari Mito, Hideki Kato, Kazuhiro Kawamoto.

掲載誌, 巻, ページ : SOLA, vol.17, pp.225-228, 2021.

論文名 : Coastal Wind Measurements Using a Single Scanning LiDAR

著者名 : Susumu Shimada, Jay P. Goit, Teruo Ohsawa, Tetsuya Kogaki, Satoshi Nakamura

掲載誌, 巻, ページ : Remote Sensing, vol.12. no.8, id.1347, 2020.

論文名 : Speed Loss Analysis and Rough Wave Avoidance Algorithms for Optimal Ship Routing Simulation of 28,000-DWT Bulk Carrier

著者名 : Sasa, K., Chen, C., Fujimatsu, T., Shoji, R., and Maki, A.

掲載誌, 巻, ページ : Ocean Engineering, Vol.228, pp.1-18, 108800, May, 2021.

論文名 : Analysis of Ship Maneuvering Difficulties under Severe Weather Based on Onboard Measurements and Realistic Simulation of Ocean Environment

著者名 : Jing, Q., Sasa, K., Chen, C., Yin, Y., Yasukawa, H., and Terada, D.

掲載誌, 巻, ページ : Ocean Engineering, Vol.221, pp.1-27, 108254, 2021.

論文名 : 水素エネルギー海上輸送のための基盤技術の研究開発－液体水素実験施設の構築－

著者名 : 武田 実, 前川一真

掲載誌, 巻, ページ : 低温工学, 55 巻 1 号, pp.14-21, 2020 年.

論文名 : Variable Frequency Phase-Shift Modulation Symmetrical Series-Resonant

Bidirectional DC-DC Converter - Analysis and Verification on ZVS Performance and Reactive Power Minimization-

著者名 : Tomokazu Mishima, Ching-Ming Lai

掲載誌, 巻, ページ : IEEJ Journal of Industry Applications, vol.10, no.5, pp.540-553, Sep. 2021.

論文名 : Three-Phase to Single-Phase Multi-Resonant Direct AC-AC Converter for Metal Hardening High-Frequency Induction Heating

著者名 : Ryosuke Kawashima, Tomokazu Mishima, Chiaki Ide

掲載誌, 巻, ページ : IEEE Transactions on Power Electronics, vol.36, no.1, pp.639-653, Jan. 2021.

論文名 : 海流 MHD 発電における水素発生効率の磁場強度依存性

著者名 : 青木 誠, 武田 実

掲載誌, 巻, ページ : 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集, 09-048, 2021 年.

論文名 : Photoelectrochemical Reaction in an Electric Cell with a Porous Carbon Anode

著者名 : T. Kaizu, Y. Kawajiri, M. Enomoto, T. Uchino, M. Mizuhata, Y. Ichihashi, K. Taniya, S. Nishiyama, M. Sugiyama, M. Ueno, T. Kita

掲載誌, 巻, ページ : The Journal of Physical Chemistry C, vol.123, pp.19447-19452, 2019.

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

著者名 : Koji Kuraoka and Kazumi Miki

掲載誌, 巻, ページ : Journal of the Ceramic Society of Japan, vol.128, no.8, pp.573-576, 2020.

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

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

掲載誌, 巻, ページ : Journal of the Ceramic Society of Japan, vol.128, no.4, pp.229-232, 2020.

論文名 : 超伝導液面センサーを用いた液体水素タンク内部のスロッシング現象の解明

著者名 : 前川一真

掲載誌, 巻, ページ : 電気評論, 2019 年 8 月号, pp.56-60, 2019 年.

論文名 : コラムを有する浮体海洋構造物と規則波の相互作用

著者名 : 石川妃奈子, 宋 明良

掲載誌, 巻, ページ: 日本船舶海洋工学会関西支部秋季講演会 2019 講演論文集, vol. 29, pp. 169-173, 2019 年.

(2) 著書数: 2 冊

主たる著書リスト

著 書: 流体力学 (機械工学基礎課程) (共著)

著者名: 富山明男, 梶島岳夫, 加藤健司, 宋 明良, 高比良裕之, 林 公祐, 細川茂雄

発行所, 発行年: 朝倉書店, 2020 年.

著 書: GHG 排出量ゼロに向けた船舶流体力学の現状と展望 (共著)

著者名: 川北千春, 川島英幹, 新郷将司, 寺田大介, 上野道雄, 毛利隆之, 白石耕一郎, 木村校優, 松田識史, 笹 健児, 折原秀夫, 日野孝則, 大橋訓英, 一ノ瀬康雄, 金井 健, 佐藤 圭, 犬飼泰彦, 蓮池伸宏, 平田宏一, 金丸 崇, 日夏宗彦

巻, ページ: 第 5 章 (pp. 69-111)

発行所, 発行年: 日本船舶海洋工学会・推進運動性能研究会, 2020 年

(3) 特許出願数: 2 件

主たる特許リスト

名 称: シロキサ樹脂組成物

特許番号: 特許第 6529036 号

申請者: 蔵岡孝治

名 称: 超音波非接触給電システム, 非接触送電装置及び非接触受電装置

出願番号: 特願 2021-155824

申請者: 三島智和・横井翔

## 7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度 177,597 千円

令和2年度 684,463 千円

令和3年度 449,682 千円

(2) 受賞: 19 件

主たる受賞リスト

○ 論文賞

受賞者: 嶋田進, 小垣哲也, 竹山優子, 大澤輝夫, 中村聡志, 川口浩二

論文題目: ライダー観測値ナッジングによる WRF 海上風シミュレーションの高精度化

機関名：日本風力エネルギー学会

受賞年月：2019 年 5 月

○ ポスター賞

受賞者：竹山優子，浅川知紗，嶋田進，大澤輝夫，香西克俊，小垣哲也

論文題目：洋上風況アセスメントにおけるマイクロ波散乱計の品質フラグの影響

機関名：日本風力エネルギー学会

受賞年月：2019 年 5 月

○Best Presentation Award

受賞者：橋本博公

論文題目：Comparison of Master' s Route Selection Criteria of Vehicle Carriers in North Pacific and North Atlantic Using Satellite AIS and Ocean Wave Data

機関名：13th International Conference on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNAV 2019)

受賞年月：2019 年 6 月

○日本マリンエンジニアリング学会論文賞

授与機関名：日本マリンエンジニアリング学会

対象研究テーマ：液化水素用緊急離脱機構の熱応力特性

受賞者名：猪股昭彦，梅村友章，河合 務，成尾芳博，丸 祐介，武田 実，千田哲也

受賞年月：令和 2 年 10 月

○微粒化シンポジウム優秀講演賞

授与機関名：日本液体微粒化学会

対象研究テーマ：インジェクタ寸法と噴孔数がミニサックノズル内ストリングキャビテーションに及ぼす影響

受賞者名：木村一至，中道勝久，脇坂優志，宋 明良，和田好隆，植木義治，横畑英明

受賞年月：令和 2 年 12 月

○日本エネルギー学会奨励賞

授与機関名：日本エネルギー学会

対象研究テーマ：多噴孔ミニサックノズル内ストリングキャビテーションの支配無次元数

受賞者名：脇坂優志，中道勝久，木村一至，宋 明良，三輪 誠，川口幹祐，松本有平，西田恵哉，中島 聖，和田好隆

受賞年月：令和 3 年 3 月

○日経エレクトロニクス (NE) パワーエレクトロニクスアワード 2021 読者賞

授与機関名：日経エレクトロニクス

受賞者名：三島智和

受賞年月： 2021 年 12 月

○黒田チカ賞

授与機関名：お茶の水女子大学

受賞者名：青木 誠

受賞年月：2022 年 2 月（授賞予定）

(3) 研究集会の開催 1 件（内国際研究集会 0 件）

主たる研究集会リスト

○洋上風況セミナー（大澤輝夫）

主催団体：神戸大学産官学連携本部オープンイノベーション推進部門

開催日：2021 年 3 月 1 日

場所：オンライン

(4) その他特記事項

○招待講演（笹 健児）

学会名：14th Baska GNSS Conference

講演題目：Development of Optimal Ship Routing and Evaluation of Maneuvering Difficulty with Onboard Measuring

開催日：2021 年 5 月 10 日

場所：オンライン

○特別講演（武田 実）

学会名：第 91 回（令和 3 年）マリンエンジニアリング学術講演会

講演題目：神戸発の世界最先端科学技術：超伝導電磁推進船・電気推進船から液体水素運搬船・燃料船まで

開催日：2021 年 9 月 28 日

場所：オンライン

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：神戸大学発次世代農資源生産システムの創造

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：農学研究科資源生命科学専攻・本田 和久

## 2. 研究目的

本プロジェクトでは神戸大学が強みとする基幹農資源（和牛、鶏肉および酒米）の次世代生産システムを構築、実用化するとともに、新規の繁殖技術の導入による農資源の飛躍的な増産を目指す。具体的には、和牛については、脂肪の「質」と「美味しさ」による高付加価値化および新規の能力推定法と飼育管理方法の開発を、家禽については、純国産鶏肉の高付加価値化と農畜産業の振興の先導を、酒米については、次世代酒米品種の開発とその生産システム体系の構築を、繁殖技術については、ウシの雄性繁殖能力分子診断法の開発および受粉作業が不要な自家和合品種の作出を、それぞれ行う。加えて、学外・海外研究者招聘による国際ワークショップ開催、若手研究者の海外派遣のサポートおよび大学院の講義の新設を通じて、情報の発信・人材育成の推進に努める。

## 3. 研究成果の概要

【和牛の次世代生産システムの創造】（万年，大川）

### （1）脂肪酸組成や脂肪交雑に関与する責任遺伝子の同定

脂肪酸組成が関与する責任遺伝子が位置する候補染色体 BTA9 の QTL に対して、全ゲノムリシーケンス解析を適用し責任候補多型の網羅的探索を試みた。GWAS において最も低い  $p$  値を示した SNP (Hapmap43702-BTA-84086) より上流及び下流に 5Mbp を候補領域とし多型探索を実施した結果、全 39,658 多型を検出した。Hapmap43702-BTA-84086 との連鎖不平衡を考慮し 1,993 多型を候補として絞り込み、それらの候補多型が位置していた 23 遺伝子について遺伝子機能の調査を実施した。結果として、CYB5R4、MED23、VNN1 の 3 遺伝子を候補遺伝子と認め、それぞれの遺伝子における候補多型として、CYB5R4 c.\*349G>T、MED23 c.3700G>A、VNN1 c.197C>T を選出した。

また、全ゲノムリシーケンスデータを基に網羅的多型探索を行い、ウシ体脂肪のオレイン酸含有率 (C18:1) に対する候補多型の抽出を試みた。黒毛和種調査牛 383 頭より、C18:1 の上位下位各 4 頭に対して全ゲノムリシーケンス解析を実施した。それら 8 頭の塩基配列の比較により全多型を検出し、C18:1 に影響を与える可能性の高い候補多型を絞り込んだ。さらに残りの 375 頭に対して候補多型の遺伝子型判定を行い C18:1 との関連を調査した。全ゲノムにおいて各個体平均約 860 万多型が検出され、上位群下位群間の遺伝子型を比較し 27,179 多型を抽出した。さらに、多型のアノテーションおよび関連解析の結果、DSEL 遺伝子 c.733 T>A (S245T) 多型は関連の傾向を示した ( $p=0.070$ )。

### （2）和牛肉の次世代形質に対する遺伝学的解析

日本短角種のハプログループ P に対するミトゲノム配列の決定を行い、この起源や分岐・成立過程の推定を行った結果、日本短角種特有のハプログループ P は、最終氷期に

おける氷河の退行に伴い、オーロックスのアジアへの拡散と地理的隔離、アジアでのウシへの遺伝子流動、その後約 500 年前に日本に遺伝子流入したことが考察された。また、インドネシアにおけるバリウシは、和牛と起源・遺伝的特性が大きく異なることから、次世代形質を検討するのに適していると考えられた。更に、日本固有のウシ品種である、黒毛和種、褐毛和種（高知系・熊本系）、日本短角種、無角和種の 4 品種について、50K SNP チップ解析データを利用し、それぞれの多様性や類縁関係を調べ、Structure 解析により、品種造成に利用された海外品種の遺伝的影響を認めた。加えて、和牛を含む東アジアの北方系牛において高頻度で観察される T4 と T3c の焦点を当て、東アジアでの頻度調査、ミトゲノムを用いた分岐年代推定、D-loop 配列を用いた集団動態を調査し、アジア特異的 T4・T3c はおよそ 1-1.5 万年に分岐したことが示され、最終氷河の終わりとともに広がった生息域拡大がこれらの分岐と密接に関連していることを推測した。

### （3）和牛を対象とした新規の能力推定法と飼育管理法の開発

ICT を活用した和牛の母性能力推定法の精度向上を目的として、まず、子牛に装着した無線 RFID タグによる個体識別処理と深度画像からの姿勢判定処理を統合することにより、カメラの前を歩行中の子牛を撮影した全ての画像の中から体重推定に適した深度画像を自動抽出することを可能とした。更に、深度カメラを用いて自動撮影された子牛の側面画像をもとに、腹部の連続的变化に着目した対称軸抽出により、体重推定精度の向上を図った。その結果、従来手法に比較した平均絶対誤差率の低下が達成された。更にまた、体重推定および個体識別のそれぞれにおいて、従来とは全く異なるアプローチを試み、10%未満の平均絶対誤差率を達成した。個体識別に関しては、大型アンテナを備えた受信機器を必要としない、体重推定用の深度カメラによって取得されるデータのみから個体識別を行う方法について検討しその識別精度比較を実施している。

放牧牛に装着した無線タグを利用して取得された各種データに基づいて推定された牛の位置や行動をもとに、牛間インタラクションを抽出し、その時間的変化の解析により、牛の異常状態（発情や健康状態の変化等）を高感度に検知することで、放牧牛の飼養管理の支援を試みた。その結果、牛の首に装着した BLE タグから発せられるビーコン信号を放牧場周辺に設置したレシーバで受信し、その受信電力から深層学習により牛の位置を推定する手法を開発するとともに、位置情報から抽出した多様なインタラクション情報を解析・可視化し、牛の異常状態を検知可能な飼養管理支援システムを構築した。牛の位置推定に関しては、再帰型の深層ニューラルネットワークである LSTM を利用することにより、GPS と同程度の誤差である平均距離誤差 5~6m で推定可能であった。また、発情検知においては、インタラクション情報を解析して得られる発情コミュニティ所属度や被接近度を利用することにより、従来の歩数計では見逃されていた発情徴候を的確に検知することに成功した。更に、放牧牛間の社会的なネットワーク構造の時間変化における異常同期の検出により、発情を検知する手法の開発を行い、実際に受胎に至った人工授精 5 件の全てに対して、的確にその発情兆候を高い適合率で検出できる手法を開発した。更に、牛に装着したセンサから得られる加速度データ、気圧データおよびセンサデバイスが備えた BLE 装置が発する電波の受信強度データをもとに、牛と固定レシーバ（基地局）間の距離を深層学習により推定する手法を開発し、GPS とほぼ同程度の誤差による位置推定を実現した。また、インタラクション検出に関しても、深層学習を活用することによ

り、俯瞰動画データから、70%以上の高い精度でマウンティングなどのインタラクション情報を自動的に検出・判定できることを確認した。

#### 【家禽の次世代生産システムの創造】（本田）

配合飼料の約 60%を占めるトウモロコシを玄米に置換した飼料をブロイラー及び地鶏に給与し、肉質に及ぼす影響を調べた。その結果、ブロイラー及び丹波地どり共に、トウモロコシ主体飼料給与群と比較し、玄米主体飼料給与群の体重および各部位の重量に有意な差は見られなかった。色調については、ブロイラーの大腿二頭筋の  $b^*$  値(黄色み)が  $-2.3 \pm 0.8$  から  $-7.0 \pm 1.3$  に、縫工筋脂肪組織のそれが  $11.1 \pm 0.6$  から  $4.6 \pm 0.8$  に、丹波地どりの縫工筋脂肪組織のそれが  $-3.4 \pm 1.3$  から  $-4.6 \pm 0.8$  に、それぞれ有意に低下した。もも肉の官能検査については、ブロイラーにおいては鶏肉らしい香りが3段階評価で  $+0.269$ 、味の持続性が3段階評価で  $+0.308$ 、それぞれ玄米給与群で有意に高い値となった。一方、丹波地どりの官能検査においては有意な差は認められなかった。脂肪酸組成については、オレイン酸の割合が、玄米の給与によりブロイラーでは  $33.4 \pm 1.1\%$  から  $39.0 \pm 1.4\%$  に、丹波地どりでは  $29.1 \pm 0.8\%$  から  $37.2 \pm 0.1\%$  に、それぞれ有意に上昇した。もも肉中のアミノ酸および核酸関連物質含量には有意な差は認められなかった。これらの結果から、飼料米の給与によって、見た目で判断できる高品質な鶏肉の供給が可能になることが明らかになった。更に、輸入トウモロコシを含まない飼料用米主体飼料を日和産業株式会社にて製造し、これを用いて地鶏（ひょうご味どり）を生産した。飼料米主体飼料の給与は、従来給与していた通常飼料（トウモロコシ主体飼料）と比較して、体重、むね肉割合、及びもも肉割合に悪影響を及ぼさないこと、肉色は白く、オレイン酸含有率が上昇することが明らかになった。また、外食チェーン店での食味評価に関するアンケートの結果では、「弾力がある」「美味しい」「甘い香り」「ジューシー」が、その特徴として多く選択された。更に、売り上げに占めるひょうご味どりの割合も、2.3%から4.0%に上昇した。これらの結果に基づき、同様の方法で生産された鶏肉を継続的に生産・販売することとなった。

#### 【酒米の次世代生産システムの創造】（山崎）

日本酒の原料となる「酒造好適米（酒米）」品種を収集して同一条件で栽培し、酒米の代表である「山田錦」と比較しながら各形質の差異を確認し、2カ年で同様の結果であることがわかった：白鶴酒造開発品種「白鶴錦」は「山田錦」より約3日出穂期が早く、「白鶴錦」の草丈は「山田錦」より約10cm低く、「白鶴錦」には芒がある一方「山田錦」には芒がなかった。神戸大と白鶴酒造との共同開発した純米酒「神のまにまに」に使われている「白鶴錦」と「にこまる」、「白鶴錦」の両親に近縁と推定される「新山田穂1号」と「渡船2号」や、「山田錦」など合計8品種の386,609箇所 DNA多型を使って系統樹を作成した。この成果は日本醸造協会誌に2021年の5月に掲載された。「白鶴錦」と「山田錦」はきょうだい関係であるが、縁が比較的遠く、食用米である「にこまる」とは縁が遠いことが明らかになった。白鶴酒造と共同開発した「神のまにまに」はこの3年間醸造と販売ができた。

#### 【動物の次世代繁殖技術の創造】（原山）

黒毛和種精子の受精能力検査法を生存性の低い検査試料に対応させるための改良方法を検討し、培養液への  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$  阻害剤「Digoxin」の添加の有効性を見いだした。



また、黒毛和種の雄性低繁殖症の原因に精巣上体での精子成熟に伴う脂質ラフト構成分子（SPACA1 タンパク質）の調整の異常が関与する可能性を示唆した。更に、黒毛和種凍結保存精子の鞭毛機能を評価するための Full-type ハイパーアクチベーション能力を指標とする検査手法を確立するとともに、Full-type ハイパーアクチベーションの発生を制御する新規の細胞内シグナル伝達経路の存在を明らかにした。また黒毛和種凍結保存精子でのハイパーアクチベーションのトリガー反応（細胞質内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度の上昇）を引き起こす  $\text{Ca}^{2+}$  の由来（細胞外および細胞内ストアの頸部余剰核膜胞）の違いによりハイパーアクチベーションの運動様式に多様性が生じることを示唆した。

#### 【植物の次世代繁殖技術の創造】（安田）

ニホンナシの自家不和合性を制御する *S* ハプロタイプのゲノム構造を解析した。花粉管の伸長を阻害する *S*-RNase を起点とした染色体歩行により、*S2*-RNase 上流 578kb~下流 481kb, *S4*-RNase 上流 935kb~下流 538kb まで BAC コンティグを拡張し、DNA 配列を決定した。各コンティグ内には 18 個の *S2*-SFBB とパラログを含む 20 個の *S4*-SFBB が同定された。SFBB 様配列はコンティグの両末端には検出されなかったことから、*S2* と *S4* ハプロタイプがコードする SFBB 群を掌握できた。ハプロタイプ間で、推定アミノ酸配列レベルで高い相同性をもつ SFBB が 18 対見出され、これら SFBB が非自己 *S*-RNase をポリユビキチン化し、26S プロテアソームを介した分解に導いていると考えられた。更に、*S* ハプロタイプにコードされる SFBB の数を掌握するため、染色体歩行を実施し、*S2*-RNase 上流 578kb ~下流 481kb に 18 個の *S2*-SFBB, *S4*-RNase 上流 935kb ~下流 538kb まで 20 個の *S4*-SFBB がコードされることを明らかにした。加えて、*S3*-RNase 上流 824kb ~下流 471kb の配列を解析し、この領域に 19 個の *S3*-SFBB を見出した。推定アミノ酸配列を基に分子系統樹を作成したところ、SFBB は 21 タイプに分類された。同じタイプに属する SFBB は同一の *S*-RNase を認識している可能性が示唆された。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

家禽の次世代生産システムの創造により開発された国産米給与地鶏肉は商品化され、酒米の次世代生産システムの創造により開発された酒米から製造された日本酒も発売されている。加えて、新たな家禽の次世代生産システムとして立ち上がりつつある、酒米から生産された酒粕を用いた高付加価値鶏肉の開発は、本プロジェクトが生んだ新たなシーズと言える。今後も、本プロジェクト成果の社会への還元が次々と達成されていくものと判断される。

#### 5. 構成員 及び 学内支援

##### (1) 構成員数

令和元年度 15 人（分担者 6 人、学内参画者 5 人、学外参画者 2 人、国外参画者 1 人）

令和2年度 16 人（分担者 6 人、学内参画者 6 人、学外参画者 2 人、国外参画者 1 人）

令和3年度 16 人（分担者 6 人、学内参画者 6 人、学外参画者 2 人、国外参画者 1 人）

##### (2) 運営経費

令和元年度 500,000 円

令和2年度 500,000 円

令和3年度 500,000 円

(3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 1 件、243,460 円

令和2年度 1 件、62,975 円

令和3年度 1 件、494,000 円

6. 研究成果の状況等

(1) 論文

令和元年度 10 編（内国際共著論文 4 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和2年度 8 編（内国際共著論文 2 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和3年度 14 編（内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編）

主たる論文リスト（最大 20 編）

○論文名：Genetic characteristics of Korean Jeju Black cattle with high density single nucleotide polymorphisms

著者名：Alam ZM, Lee YM, Son YJ, Hanna LH, Riley DG, Mannen H, Sasazaki S, Park SP, Kim JJ.（国際共著）

掲載誌，巻，ページ：Anim Bioscience, 34, 789-800, 2021

○論文名：Effect of five polymorphisms on percentage of oleic acid in beef and investigation of linkage disequilibrium to confirm the locations of quantitative trait loci on BTA19 in Japanese Black cattle

著者名：Kawaguchi F, Kakiuchi F, Oyama K, Mannen H, Sasazaki S

掲載誌，巻，ページ：Life, 11, 597, 2021.

○論文名：Genetic characteristics of Korean Jeju Black cattle with high density single nucleotide polymorphisms

著者名：Alam ZM, Lee YM, Son YJ, Hanna LH, Riley DG, Mannen H, Sasazaki S, Park SP, Kim JJ.（国際共著）

掲載誌，巻，ページ：Anim Bioscience, 34, 789-800, 2021.

○論文名：Depth Image Selection Based on Posture for Calf Body Weight Estimation

著者名：Yamamoto Y, Ohkawa T, Ohta C, Oyama K, Nishide R.

掲載誌，巻，ページ：Eng Proc, 9, 20, 2021.

○論文名：酒米品種「白鶴錦」の遺伝特性

著者名：玉田佳大，窪寺隆文，広畑修二，山崎将紀

掲載誌，巻，ページ：日本醸造協会誌，116, 1-10, 2021.

○論文名：Calmodulin is involved in the occurrence of extracellular  $\text{Ca}^{2+}$ -dependent full-type hyperactivation in boar ejaculated spermatozoa incubated with cyclic AMP analogs

著者名：Wada A, Harayama H.

掲載誌，巻，ページ，年：Anim Sci J, 92, e13552, 2021.

○論文名：The transcriptional response to salicylic acid plays a role in Fusarium yellows resistance in *Brassica rapa* L.

著者名：Miyaji N, Shimizu M, Takasaki-Yasuda T, Dennis E S, Fujimoto R

掲載誌，巻，ページ：Plant cell rep, 40, 605-619, 2021.

○論文名：Indonesian native goats (*Capra hircus*) reveal highest genetic frequency of mitochondrial DNA

haplogroup B in the world

著者名 : Mannen H, Iso K, Kawaguchi F, Sasazaki S, Yonezawa T, Dagong MIA, Bugiwati SRA. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ : Anim Sci J, 91, e13485, 2020.

○論文名 : Cattle mitogenome variation reveals a post-glacial expansion of haplogroup P and an early incorporation into northeast Asian domestic herds

著者名 : Mannen H, Yonezawa T, Murata K, Noda A, Kawaguchi F, Sasazaki S, Olivieri A, Achilli A, Torroni A. (国際共著)

掲載誌, 巻, ページ : Sci Rep, 10, 20842, 2020.

○論文名 : Detection of candidate polymorphisms around the QTL for fat area ratio to rib eye area on BTA7 using whole-genome resequencing in Japanese Black cattle

著者名 : Sasazaki S, Kawaguchi F, Nakajima A, Yamamoto R, Akiyama T, Kohama N, Yoshida E, Kobayashi E, Honda T, Oyama K, Mannen H.

掲載誌, 巻, ページ : Anim Sci J, 91, e13335, 2020.

○論文名 : Characteristics of bull sperm acrosome associated 1 proteins

著者名 : Minami K, Arai-Aso MM, Ogura-Kodama Y, Yamada A, Kishida K, Sakase M, Fukushima M, Harayama H.

掲載誌, 巻, ページ, 年 : Anim Reprod Sci, 218, 106479, 2020.

○論文名 : Effects of digoxin on full-type hyperactivation in bovine ejaculated spermatozoa with relatively lower survivability for incubation with stimulators of cAMP signaling cascades

著者名 : Saha SR, Sakase M, Fukushima M, Harayama H.

掲載誌, 巻, ページ, 年 : Theriogenology, 154, 100-109, 2020.

○論文名 : IoC:Internet of Cows ～インタラクシオン分析による放牧牛飼養管理システム

著者名 : 山内陽平, 山西雄大, 福元駿汰, 治京拓人, 太田 能, 西出 亮, 大山憲二, 谷口隆晴, 大川剛直

掲載誌, 巻, ページ : 情報処理学会デジタルプラクティス, 11 巻, 511-532, 2020 年

○論文名 : The non-synonymous mutation in bovine SPP1 gene influences carcass weight

著者名 : Matsumoto H, Kohara R, Sugi M, Usui A, Oyama K, Mannen H, Sasazaki S.

掲載誌, 巻, ページ : Heliyon, 5, e03006, 2019.

○論文名 : The SNPs in bovine MMP14 promoter influence on fat-related traits

著者名 : Matsumoto H, Kawaguchi F, Itoh S, Yotsu S, Fukuda K, Oyama K, Mannen H, Sasazaki S.

掲載誌, 巻, ページ : Meta Gene, 20, 100558, 2019.

○論文名 : Whole-genome resequencing to identify candidate genes for the QTL for oleic acid percentage in Japanese Black cattle

著者名 : Kawaguchi F, Kigoshi H, Fukushima M, Iwamoto E, Kobayashi E, Oyama K, Mannen H, Sasazaki S.

掲載誌, 巻, ページ : Anim Sci J, 90, 467-472, 2019.

○論文名 : A study on outdoor localization method by recurrent deep learning based on time series of received signal strength from low power wireless tag

著者名 : Yamanishi T, Jikyo T, Kamada T, Nishide R, Ohta C, Oyama K, Ohkawa T.

掲載誌, 巻, ページ : IEICE Communications Express, 8, 572-577, 2019.

○論文名 : A study on outdoor localization method based on deep learning using model-based received power estimation data of low power wireless tag

著者名 : Jikyo T, Yamanishi T, Kamada T, Nishide R, Ohta C, Oyama K, Ohkawa T.

掲載誌, 巻, ページ : IEICE Communications Express, 8, 524-529, 2019.

○論文名 : Validation of a quantitative trait locus for the white-core expression rate of grain on chromosome 6 in a brewing rice cultivar and development of DNA markers for marker-assisted selection.

著者名 : Okada S and Yamasaki M.

掲載誌, 巻, ページ : Breed Sci, 9, 401-409, 2019.

○論文名 : The role of FRIGIDA and FLOWERING LOCUS C genes in flowering time of *Brassica rapa* leafy vegetables.

著者名 : Takada S, Akter A, Itabashi E, Nishida N, Shea DJ, Miyaji N, Mehraj H, Osabe K, Shimizu M, Takasaki-Yasuda T, Kakizaki T, Okazaki K, Dennis ES, Fujimoto R.

掲載誌, 巻, ページ : Sci rep, 9, 13843, 2019.

## (2) 著書数 : 4 冊

○著 書 : アジアの在来家畜－写真からみえる半世紀の記録－ (共著)

著者名 : 万年英之 他

巻, ページ : 1 巻, PP.15-20

発行所, 発行年 : 東京農大出版社, 2020 年

○著 書 : 「品種」新しい子牛の科学 -胎生期から初産分娩まで-. (共著)

著者名 : 万年英之 他

巻, ページ : 1 巻, PP.18-23

発行所, 発行年 : 書 緑書房, 2021 年

○著 書 : 発生生物学 (共著)

著者名 : 原山 洋

巻, ページ : 5.3 哺乳類の受精 pp. 44-47

発行所, 発行年 : (株) 培風館, 2019 年

○著 書 : 繁殖生物学 改訂版 (第 2 版)

著者名 : 原山 洋, 内藤邦彦

巻, ページ : 第 5 章 3 受精 pp. 228-237

発行所, 発行年 : (株) インターズー, 2020 年

## (3) 特許出願数 : 1 件

本田和久, 大島用三, 照明装置、及び肉用鶏の生産方法. 出願番号特願 2021-146439

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 38,844.7 千円

令和 2 年度 29,437 千円

令和3年度 34,805 千円

(2) 受賞： 4 件

主たる受賞リスト

○賞名称：第 21 回日本動物遺伝育種学会大会・優秀発表賞&学会長特別賞

授与機関名：日本動物遺伝育種学会，

受賞対象：ネパール在来ヤギにおける EPAS1, FGF5 遺伝子多型と高地適応形質との関連調査

受賞者名：富田宏一郎、野村悠登、笹崎晋史、万年英之

受賞年月日：2020 年 11 月 21 日

○賞名称：第 128 回日本畜産学会大会・優秀発表賞

授与機関名：日本畜産学会

受賞対象：父母系および高密度 SNP マーカーを用いたフィリピン在来ヤギの遺伝構造と伝播の推定

受賞者名：AYIN、田端 里彩、笹崎 晋史、川口 英岐、小林 栄治、山本 義雄、米澤 隆弘、呉 佳齊、Masangkay JS、万年 英之

受賞年月日：2021 年 3 月 28 日

○賞名称：第 20 回日本動物遺伝育種学会大会・優秀発表賞

受賞対象：ミトゲノム配列による ハプログループ T4 の系統解析

受賞者名：角谷菜帆，村田佳子，川口英岐，笹崎晋史，万年英之

授与機関名：日本動物遺伝育種学会

受賞年月日：2020 年 11 月 30 日

○賞名称：第 20 回日本動物遺伝育種学会大会・優秀発表賞

受賞対象：在来鶏および改良品種の遺伝的構造と遺伝的多様性に関する研究

受賞者名：松永萌，山本義雄，西堀正英，Sayed AM Osman，万年英之，米澤隆弘

授与機関名：日本動物遺伝育種学会

受賞年月日：2020 年 11 月 30 日

(3) 研究集会の開催 7 件（内国際研究集会 0 件）

○研究集会名：水稻研究と動植物研究の最前線

主催団体：開拓プロジェクト 神戸大学発次世代農資源生産システムの創造

開催日：2021 年 12 月 15 日～16 日

場所：オンラインシステム LINC Biz を利用する。

○研究集会名：第 51 回 精子研究会・神戸大学先端融合研究環境研究プロジェクト共催講演会

主催団体：精子研究会

開催日：2021 年 6 月 26 日

場所：オンラインシステム Zoom Webinar

○研究集会名：ゲノム編集技術による機能性トマトの開発と未来(江面浩先生（筑波大）ご講演)

主催団体：開拓プロジェクト 神戸大学発次世代農資源生産システムの創造

開催日：2021 年 2 月 26 日

場所：オンラインシステム Zoom Webinar

○研究集会名：国産果実の新たな需要を喚起する育種素材の創出および加工技術の開発の研究推進集

会

主催団体：農研機構

開催日：2021 年 1 月 24 日

場所：オンライン集会

○研究集会名：日本における水稻育種と遺伝研究の最前線

主催団体：開拓プロジェクト 神戸大学発次世代農資源生産システムの創造

開催日：2020 年 12 月 8 日～9 日

場所：オンラインシステム LINC Biz を利用した

○研究集会名：第 8 回関西生殖医学集談会（代表世話人：原山 洋）

主催団体：（一社）日本生殖医学会関西ブロック

開催日：2020 年 2 月 29 日

場所：ハービス PLAZA

○研究集会名：日本水稻育種研究の最前線～日本各地から、イネの新品種や研究、事業の紹介

主催団体：開拓プロジェクト 神戸大学発次世代農資源生産システムの創造

開催日：2020 年 2 月 7 日

場所：神戸大学大学院農学研究科

#### (4) その他特記事項

○メディア等

令和 2（2020）年 NHK「ガッテン」（9 月 23 日、再放送 9 月 30 日）に出演し、研究チームで開発している「野生ナシ遺伝資源を用いた DNA マーカーによる香りナシ育種」について詳しく紹介された。

○講義の開講

博士前期課程 1 年生に向けて「神戸大学発次世代農資源生産学」の講義を 2019 年度～2021 年度の 3 年間に渡り、農学研究科（神戸市灘区）と附属食資源教育研究センター（兵庫県加西市）で実施した。授業と実習内容としては飼料米を用いた鶏肉の開発（本田和久）、ICT を使ったイネの管理システムに関する講義と見学実習（山崎将紀）、ICT を活用した和牛生産に関する講義と見学実習（大山憲二）、野生ナシ遺伝資源を用いたニホンナシの DNA マーカー育種に関する講義と見学実習（片山寛則）であった。

○白鶴酒造と神戸大学との共同開発された純米酒「神のまにまに」の販売

[https://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/info/2019\\_09\\_18\\_01.html](https://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/info/2019_09_18_01.html)

<http://www.hakutsuru.co.jp/corporate/news/2019/-927.shtml>

Facebook: <https://www.facebook.com/kaminomanimani.kobeuniv/>

人文・社会科学系融合研究領域

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：持続可能な交通（Sustainable Transport）実現に関する研究

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：経営学研究科経営学専攻・三古 展弘

## 2. 研究目的

持続可能な交通（Sustainable Transport）の定義は一意に定まっているわけではないが、そこに共通するのは、適切な費用負担のもと、効率的で、可能な範囲で複数の選択肢を持ちながら、社会経済活動をしっかりと支え、環境面でも持続可能性に配慮された交通システムといった考え方である。これは、近年の交通政策・交通学研究のキーコンセプトとなっている。本研究プロジェクトは、われわれがこれまで取り組んできた基盤的研究を基に、持続可能な交通を実現するための規制制度を含む制度設計における各種論点と運営の分析を進め、同分野の研究発展に資するとともに、実践的課題解決へ繋がることを目指している。都市公共交通、鉄道、航空といった多様な交通機関、さらに交通行動、公益事業、公的規制といった密接に関連する分野における研究実績を持つメンバーが各分野の知見を活かしながら研究する。

## 3. 研究成果の概要

2019年度の具体的成果としては、例えば、サービスの生産局面だけでなくその設計についても自立的交通事業者委ねることに多くの利点があることが明らかになるなか、公的補助なしで自立的に経営を維持させ、さらに鉄道以外の広範なサービス供給を通じて多様な価値創造も行い、経営を維持し続けていることで各国の研究者から注目されている大手私鉄を対象として、需給調整規制の撤廃などの規制改革が鉄道事業経営、その経営戦略に与えた影響について研究したものがある。分析の結果、競争者の参入を容易にする規制改革よりも市場環境の変化により大きく影響を受けていると考えられること、各社は沿線価値向上を意識した鉄道の価値向上に変わらず努めていること、鉄道事業を中核とした事業全体で顧客が経験する価値向上に引き続き努めていることを明らかにした。それ以外にも、鉄道産業に対する構造改革や規制緩和がその需要面にどのように影響を与えたか、発展途上国の乗用車トリップ生成モデルに関する論文を海外ジャーナルに公表することができた。また、鉄道事業における上下分離を数理モデルで分析した研究では、上下分離型・上下一体型・中間型の組織形態について分析し、鉄道輸送密度のレベルによって費用的に優位な形態がどれなのかを理論的に明らかにした。

さらに、16th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport (Thredbo 16), Air Transport Research Society 23rd World Conference, 15th World Conference on Transport Research, Business and Creative Industries in East Asia といった国際学会・国際会議において、それぞれの研究成果を発表し、多くの有益なコメントを得ることができた。なお、2020年3月21日に海外から C.Nash 教授（リーズ大）らを招聘して開催予定だった国際シンポジウムは、新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受けて中止を余儀なくされたが、われわれの研究進展そのものには、幸い大きな影響は与えていない。



2020 年度の成果として、海外ジャーナルにて公刊された研究の一部を紹介すると、まず、わが国の JR 貨物と JR 旅客会社間の線路使用料におけるアボイダブル・コスト・ルールについて検討し、現在の JR 貨物が支払う線路使用料と JR 旅客会社が負担している線路維持費用を試算したところ、費用の 1/3 程度しか使用料が支払われておらず、JR 旅客会社には、自社の線路を走行する貨物列車を削減するインセンティブを持つ可能性があることを明らかにしたものがある。また、鉄道事業においてインフラ維持部門と車両運行部門の間の調整問題について、日本の鉄道事業 3 社を対象にケーススタディを行い、調整プロセスでインフォーマルなコミュニケーションが果たす役割は大きく、このようなコミュニケーションを可能にする組織設計は、垂直統合組織でしか導入できないこと、したがって、輸送密度が高く部門間調整が特に重要となる場合には、調整効率を上げる垂直統合組織が望ましいといえることを明らかにした。これら以外にも、既存事業者である大手 FSC (Full Service Carrier) の運賃水準に与えた影響は、LCC (Low Cost Carrier) よりも新幹線の方が大きく、その理由の一つは、新幹線の大きな輸送力にあると考えられることを明らかにした研究や、鉄道事業における上下分離を数理モデルを用いて解明した研究、オートモビリティのレベルにおけるジェンダーギャップを米国におけるヒスパニック系住民を中心に分析した研究、傾斜地におけるアクセス交通の手段選択行動を、RP データおよび SP データを用いて分析した研究など、構成員による多様な視座から研究を推進することができている。

また、2019 年に開催された International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport は、本分野における非常に重要な国際会議として交通政策分野の第一線の研究者のみならず、政策担当者、交通事業者・技術者が集まり、ワークショップ形式で議論を積み重ねるというユニークなスタイルをとっている。その第 17 回大会が、東アジアでは初めて神戸で開催することになっており、その開催準備にも努めている（日本側運営委員会の chair を代表者の三古が務め、他の構成員も多くが運営委員会メンバーになっている）。なお、同会議は、当初 2021 年秋に開催予定であったが、新型コロナの影響を受けて、2022 年 9 月に開催する予定である。

2021 年度の成果としては、鉄道事業における運輸部門と施設管理部門の組織的調整システムについて、ケーススタディによる日本、ドイツ、イギリスの国際比較を行ったものがある。その結果、ドイツでは不確実性を減らし作業発生時の調整を重視する一方で日本とイギリスでは不確実はあるものの事前の調整を重視していること、どの国でもまず「職務の特性」と「コントロール」が設計され、それを補うように「調整」が行われていることがわかった。また、柔軟性という意味では日本とイギリスが勝るが、調整の効率性という意味ではドイツが勝る点、日本は垂直統合のため内部組織間の調整に適した形に、イギリスは垂直分離で多くの主体が関わる調整に適した形に設計されている点も明らかになった。また、近年の我が国の港湾政策により導入された国際コンテナ戦略港湾政策や港湾運営会社制度などの民間活用に加えて、各港湾が置かれる運営環境などが港湾の経営状況に与える影響の検証を行ったものがある。分析の結果、国際戦略港湾政策は費用という観点からは効果がみられない、また、民間活用は導入当初は生産性への影響はなかったものの、徐々にその効果を発揮していることが明らかになった。この他、取引費用理論を援用した鉄道の上下部門のコーディネーション問題や水道事業の民間活用の効果に関する調査の研究も進行中である。物流・ロジスティクス分野では、プラットフォーム企業の需要情報開示戦略が製造企業のマルチチャネルマネジメントに及ぼす影響について分析し、需要の不確実性の程度に応じてプラットフォーム企業が情報開示戦略を変え、結果として製品の流通システムが変容することを明らかにしたものがある。さらに、LCC のビジネスモデルの特性についてまとめた上で、わが国におけるこれまでの LCC 市場展開、さらにはコロナ

による影響について考察したものや、古くから道路とフェリーが競合関係にある阪神－四国・九州間の貨物輸送においては、近年のドライバー不足の深刻化に伴ってフェリーが選択されやすくなったことを示した。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

これまで同様、相互に連携しながら各自研究を進めていき、適宜その結果を学会、論文等で発表していく。17 回目にしてはじめて東アジアで開催される Thredbo 17 の成功に向け、引き続きその準備も進める計画である。Thredbo 17 の Local Organising Committee には、本研究グループのメンバーが多数入っている。この学会を通じて研究成果を世界へアピールすることとしている。また、新型コロナウイルスは交通に大きな影響を与えており、その観点からの研究も続けていく予定である。

#### 5. 構成員 及び 学内支援

##### (1) 構成員数

令和元年度 10 人（分担者 4 人、学内参画者 2 人、学外参画者 1 人、国外参画者 2 人）

令和2年度 11 人（分担者 4 人、学内参画者 3 人、学外参画者 1 人、国外参画者 2 人）

令和3年度 10 人（分担者 4 人、学内参画者 3 人、学外参画者 0 人、国外参画者 2 人）

##### (2) 運営経費

令和元年度 400 千円

令和2年度 451,600 円

令和3年度 523 千円

##### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 千円

令和2年度 0 件、0 千円

令和3年度 0 件、0 千円

#### 6. 研究成果の状況等

##### (1) 論文

令和元年度 3 編（内国際共著論文 1 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和2年度 14 編（内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和3年度 6 編（内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編）

##### 主たる論文リスト

- 正司健一・Song Yeon-Jung. 規制改革と大手私鉄経営. 同志社商学 73(2), pp. 63-76, 2021 年 9 月.
- 水谷淳. 道路貨物輸送産業における労働力不足とフェリーへのモーダルシフトー阪神－四国・九州航路を対象に－. 同志社商学 73(2), pp. 263-273, 2021 年 9 月.
- 酒井裕規. 我が国の港湾経営に関する実証分析ー政府の港湾政策や管理形態の効果の検証ー. 同志社商学 73(2), pp. 625-651, 2021 年 9 月.

- Tsunoda, Y., Zenny, Y. Platform information transparency and effects on third-party suppliers and offline retailers. *Production and Operations Management* **30**(11), pp. 4219-4235, June 2021.
- 水谷淳. LCC のビジネスモデルとわが国における展開, 関西空港調査会監修『航空・空港政策の展望—アフターコロナを見据えて』中央経済社, 第 6 章, pp. 53-60, 2021 年 5 月.
- Mizutani, J., Sakai, H. Which is a stronger competitor, High Speed Rail, or Low Cost Carrier, to Full Service Carrier?: Effects of HSR network extension and LCC entry on FSC's airfare in Japan. *Journal of Air Transport Management* **90**, pp. 1-11, 2021 年 1 月.
- Mizutani, F. The impact of structural reforms and regulations on the demand side in the railway industry. *Review of Network Economics* **18**(1), pp. 1-33, 2020. DOI: 10.1515/rne-2019-0006
- Sanko, N. Activity-end access/egress modal choices between stations and campuses located on a hillside. *Research in Transportation Economics* **83**(100931), 2020 年 11 月.
- Nakamura, E., Sakai, H. Does vertical integration facilitate coordination between infrastructure management and train operating units in the rail sector? implications for Japanese railways. *Utilities Policy* **66**, 2020 年 10 月.
- 水谷淳. タイとオーストラリアの国内航空市場における FSC と LCC の競争構造について—Market Commonality と Resource Similarity を用いた分析—. KANSAI 空港レビュー **503**, pp. 24-27, 2020 年 10 月
- Mizutani, F. A comparison of vertical structural types in the railway industry: a simple mathematical explanation model. *Research in Transportation Economics* **81**(100865), pp. 1-10, 2020 年 9 月.
- Mizutani, F., Uranishi, S. An analysis of the inter-effect of structural reforms and rail mode share. *Research in Transportation Economics* **81**(100862), pp. 1-15, 2020 年 9 月.
- 酒井裕規. 地域交通維持における住民参画の意義と課題—青葉台コミュニティバス運営協議会の取り組み—. 青木亮 (編著)『地域公共交通の維持と活性化 (日本交通政策研究会研究双書 32)』, 成山堂書店, 第 9 章, pp. 137-156, 2020 年 8 月.
- Matsuo, M. Carpooling and drivers without household vehicles: gender disparity in automobility among Hispanics and non-Hispanics in the U.S. *Transportation* **47**(4), pp. 1631-1663, 2020 年 8 月.
- Mizutani, J., Fukuda, S. Issues on modal shift of freight from road to rail in Japan: review of rail track ownership, investment and access charges after the national railway restructuring. *Research in Transportation Business and Management* **35**, pp. 1-9, 2020 年 6 月.
- 松尾美和. 米国フロリダ州交通局におけるパフォーマンス管理の取り組みとその課題—MAP-21 以降のパフォーマンス規定型計画への示唆—. 国民経済雑誌 **221**(5), pp. 21-39, 2020 年 5 月.
- 正司健一・Yeon-Jung Song. 規制改革がわが国大手私鉄の経営戦略に与えた影響についての一考察. 国民経済雑誌 **221**(3), pp. 1-15, 2020 年 5 月.
- Mizutani, F., Nakamura, E. Regulation, public interest, and private interest: an empirical investigation of firms in Japan. *Empirical Economics* **56**(4), pp. 1433-1454, 2019. DOI: 10.1007/s00181-017-1389-0
- Nakamura, E., Mizutani, F. Necessary demand and extra demand of public utility product: identification using the stochastic frontier model. *Economia e Politica Industriale: Journal of Industrial and Business Economics* **46**(1), pp. 45-64, 2019.
- Bwambale, A., Choudhury, C.F., Sanko, N. Car trip generation models in the developing world: data issues and spatial transferability. *Transportation in Developing Economies* **5**(10), 2019. DOI: 10.1007/s40890-

(2) 著書数：0 冊

(3) 特許出願数：0 件

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 5,980 千円 (直接経費：4,600 千円、間接経費：1,380 千円)

令和2年度 5,590 千円 (直接経費：4,300 千円、間接経費：1,290 千円)

令和3年度 5,590 千円 (直接経費：4,300 千円、間接経費：1,290 千円)

### (2) 受賞： 5 件

主たる受賞リスト

- 兵庫県功労者表彰 (学術教育功労), 正司健一, 兵庫県, 2019 年 5 月
- 神戸市功労者表彰 (市政功労), 水谷文俊, 神戸市, 2019 年 7 月
- 日本海運経済学会 国際交流賞, The Impact of LCC on Non-Aeronautical Revenues in Airport: An Empirical Study of UK Airports, 横見宗樹・P. Wheat・水谷 淳, 2019 年 10 月
- 令和元年度 (第 63 回) 交通文化賞, 正司健一, 国土交通大臣, 2020 年 2 月
- 日本交通学会賞 (論文の部), 松尾美和, 2021 年

### (3) 研究集会の開催 12 件 (内国際研究集会 6 件)

主たる研究集会リスト

研究集会名：Academic Research Seminar in Sustainable Transport (国際研究集会), 神戸交通マネジメントワークショップ共催

開催日：2019 年 8 月 9 日

場所：神戸大学大学院経営学研究科中会議室

講演者：Prof. A. Smith (University of Leeds, UK)

研究集会名：Applications of the Discrete Choice Models (国際研究集会)

開催日：2019 年 8 月 13 日

場所：神戸大学大学院経営学研究科中会議室

講演者：Assoc. Prof. P. Mariel (University of the Basque Country, Spain)

研究集会名：神戸交通マネジメントワークショップ

開催日：2019 年 6 月 11 日

場所：神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館 1 階 125 講義室

講演者：秋田直也 (神戸大学海事科学研究科), 井原健雄 (香川大学名誉教授)

研究集会名：神戸交通マネジメントワークショップ（国際研究集会）

開催日：2019年7月16日

場所：経済経営研究所 会議室（新館2階）

講演者：Jos van OMMEREN (School of Business and Economics, Vrije Universiteit Amsterdam [The Netherlands])

研究集会名：神戸交通マネジメントワークショップ（国際研究集会）

開催日：2019年8月22日

場所：経済経営研究所 会議室（新館2階）

講演者：Milad GHASRI (School of Engineering and Information Technology, The University of New South Wales [Australia])

研究集会名：神戸交通マネジメントワークショップ

開催日：2019年11月12日

場所：経済経営研究所 会議室（新館2階）

講演者：三古展弘（神戸大学大学院経営学研究科）

研究集会名：神戸交通マネジメントワークショップ

開催日：2019年11月25日

場所：経済経営研究所 会議室（新館2階）

講演者：喜多秀行（神戸大学大学院工学研究科）

研究集会名：神戸交通マネジメントワークショップ

開催日：2019年12月4日

場所：経済経営研究所 会議室（新館2階）

講演者：中村絵理（神戸大学大学院経営学研究科）

研究集会名：神戸交通マネジメントワークショップ

開催日：2020年1月31日

場所：経済経営研究所 会議室（新館2階）

講演者：北村友宏（神戸大学大学院経済学研究科）

研究集会名：神戸交通マネジメントワークショップ

開催日：2021年5月31日

場所：Zoomを使ったオンラインセミナー

講演者：榎本大悟（神戸大学経済経営研究所）

研究集会名：神戸交通マネジメントワークショップ（国際研究集会）

開催日：2021年10月18日

場所：Zoomを使ったオンラインセミナー

講演者：Hristina GAYDARSKA（神戸大学経済経営研究所）

研究集会名：神戸交通マネジメントワークショップ（国際研究集会）

開催日：2021年11月16日

場所：Zoomを使ったオンラインセミナー

講演者：Andrew SCHOUTEN（立命館大学政策科学部）

#### （4）その他特記事項

##### ◆令和元(2019)年度

- シンガポールで開催された The 16th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport（通称 Thredbo 16）で研究報告を行った。また、次回の Thredbo 17 が令和3（2021）年に神戸で開催されることが決定され、会議において三古展弘が受諾スピーチを行った。
- 三古展弘が共同主催者となっている、The Sixth International Choice Modelling Conference が神戸国際会議場で開催された（アジアで初めての開催）。セッション数 57（基調講演 3，口頭発表 54），発表数 183（基調講演 3，口頭発表 180），参加者数 217 名（うち国外から 172 名）であった。
- アムステルダム自由大学の Jos van Ommeren 教授を招いてのセミナー，リーズ大学の A. Smith 教授を招いてのセミナー，ニューサウスウェールズ大学の Milad Ghasri 講師を招いての連続ワークショップを神戸大で行った。また，アムステルダムで開催された Air Transport Research Society 23rd World Conference，ムンバイ(インド)で開催された 15th World Conference on Transport Research にて研究報告を行った。
- 令和元年 5 月に香港大学で開催された Global Creative Industries Program and the Asian Studies Association of Hong Kong 共催の「International Forum: Cultural Power, Business and Creative Industries in East Asia」と題する会議において水谷文俊が招待講演を行った。その会議には，元文化庁長官である青木保氏など著名な学者が参加した。講演内容は，「Change and Reform of Public Utilities in Japan: Focusing on Cultural Background and Management in the Railway Industry」である。
- 令和元年 7 月より，関西鉄道協会都市交通研究所において「鉄道沿線の健康まちづくりと鉄道事業に関する研究」委員会が組織され，水谷淳（副主査），正司健一（研究所所長）が参画している。

##### ◆令和 2(2020)年度

- 令和 2 年 8 月にアメリカの Lincoln Institute of Land Policy 主催の Online 国際会議である Conference on Critical Issues in Infrastructure Economics and Policy において，水谷文俊と松尾美和の両名が参加し，National Infrastructure Policies in Japan: Focusing on Railways と題する研究を発表した。
- 令和 2 年 9 月より，関西鉄道協会都市交通研究所において「新型コロナウイルスの影響を踏まえた交通需要予測」委員会が組織され，三古展弘（副主査），水谷淳（委員），正司健一（研究所所長）が参画している。

##### ◆令和 3(2021)年度

- 令和 3 年 9 月，関西鉄道協会都市交通研究所において「新型コロナウイルスの影響を踏まえた交通需要予測」委員会の中間報告書を，三古展弘（副主査），水谷淳（委員）が参画して取りまとめた。
- 正司は特定非営利活動法人「再生塾-持続可能なまちと交通をめざして」理事長として，まちづ

くりや交通の問題の解決に取り組む行政団体、地域、学校、交通事業者、コンサルタント等の担当者等を対象に、人材育成、取り組みへの支援、技術普及などの活動に仲間とともに従事している。同組織は令和3(2021)年7月には、地域公共交通優良団体国土交通大臣表彰を受けている。

- 松尾が2021年8月から2022年12月の予定でUCLAのInstitute of Transportation Studiesへ在外研究のため滞在している。

#### 【参加メンバーの地域貢献等】

○三古展弘（経営学研究科・教授）

神戸市交通事業審議会委員（2021年9月～）、尼崎市地域公共交通会議委員（2021年6月～）、第13回大都市交通センサス調査検討委員会委員および近畿圏専門委員会委員長（2019年12月～2020年3月、2021年1月～3月）において、交通政策及び交通調査について貢献している。

○水谷文俊（経営学研究科・教授）

神戸市交通事業審議会の委員を2001年から務め、2021年からは会長として、神戸の交通事業の政策決定に貢献している。さらに、交通事業に深く関係する学会である公益事業学会と日本交通学会の会長として、日本全体の交通政策研究の振興に貢献している。

○水谷淳（海事科学研究科・准教授）

大阪市開発審査会委員（2017年3月～2021年2月）として、大阪市の都市計画について貢献している。

○酒井裕規（海事科学研究科・准教授）

伊丹市都市計画審議会委員として、伊丹市の都市計画について貢献している。

○正司健一（経営学研究科・教授）

三宮周辺地区のバスのあり方研究会、タクシーを活用した神戸市地域問題検討会、神戸市路線バス利用促進協議会の座長を務めている他、神戸市地域公共交通活性化協議会、神戸駅前再整備検討委員会、国道2号線神戸三宮駅前空間整備検討会委員（平成30(2018)年11月～令和2(2020)年3月）、神戸市敬老優待乗車制度・福祉乗車制度のあり方検討に関する有識者会議（令和元(2019)年7月～11月）等にも参画し、地域の交通計画・政策検討の議論の場をリードしてきている。その活動は神戸だけにとどまらず、四国における鉄道ネットワークのあり方に関する懇談会Ⅱ（四国旅客鉄道(株)、香川県、徳島県、愛媛県、高知県）、西日本スーパーメガリージョン勉強会（近畿整備局）、大阪市建設事業評価有識者会議、姫路市地域公共交通会議、三木市地域公共交通検討協議会、阪神都市圏公共交通利用促進会議（兵庫県阪神北県民局）等、多くの国、自治体が主催する会議に有識者として参画している。

また、阪神高速道路(株)アドバイザー会議、西日本高速道路建設事業評価委員会、神戸市域交通圏タクシー準特定地域協議会等の準公共的組織の会議の座長も務めるほか、（公財）交通文化振興財団評議員、（一財）阪神高速先進技術研究所、（一財）近畿地域づくり研究所、（一社）システム科学研究所の各理事、関西鉄道協会都市交通研究所所長などを務め、研究成果の社会還元を行う機会が多い。

さらに、まちづくりや交通の問題の解決に取り組む行政団体、地域、学校、交通事業者、コンサルタント等の担当者等を対象として、人材育成、取り組みへの支援、技術普及などの事業を行うことを通じ、より望ましい持続可能なまちと交通の推進に寄与することを目的として活動している特定非営利活動法人「再生塾 - 持続可能なまちと交通をめざして」理事長も務めている。

○中村絵理（経営学研究科・准教授）

神戸市上下水道審議会の委員を務め（2021 年 4 月～），神戸市における上下水道の機能的な在り方についての議論に参画している．



# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：歴史資料・企業資料のデータベース化、及び画像・テキストデータに基づく歴史・実証・文理融合研究

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：計算科学研究センター・上東 貴志

## 2. 研究目的

神戸大学では、「鐘紡資料」、「兼松資料」、「内外綿資料」、「新聞記事文庫」等、他大学には見られない唯一無二の資料を多数有しており、既に国内有数の資料データベース拠点となっている。一方、ディープラーニングやテキストマイニング等の最新技術は、近年発展が目覚ましいものの、歴史資料研究に関しては未だ十分に活用されていない。本プロジェクトの目的は学内外の歴史資料を、データベース化・デジタル化の対象を学内外の史資料に拡大し、ディープラーニングやテキストマイニング等の最新技術とともに、従来の資料研究の手法も活用することで、神戸大学独自の文理融合型資料研究を展開、形成することである。

## 3. 研究成果の概要

令和元年(2019)年度は大学文書史料室に保管されている神戸高等商業学校初代校長水島鍬也先生が発行した卒業生の推薦書等の控え約2,300点を翻刻し、現代語に訳した。同推薦書は、明治44(1911)年から大正7(1918)年まで、水島校長が神戸高等商業学校で「学理」を学んだ卒業生が「実際」の社会へと第一歩を踏み出す際に、企業・学校等へ宛てたものである。その成果として、『水島鍬也校長 卒業生推薦書全集』（全6巻）を刊行した。

関連イベントとして、出光佐三記念六甲台講堂においてシンポジウム 神戸高商のグローバル人材育成とキャリア支援～水島鍬也校長の推薦書（1911-1918年）から読み解く～

2019年9月6日（金）を開催し、多数の参加者を集めた。

さらに、以下の特許出願を行った。

「学術論文の査読者検索装置、査読者検索方法、及び査読者検索プログラム」

特願 2020-014904

幸若完壮、上東貴志

令和2(2020)年度は、『水島鍬也校長 卒業生推薦書全集』（全6巻）の電子版の制作を進めるとともに、少子化および家族構成の変化に関わる長期的な歴史資料を用いたデータベースの構築を開始し、現在、国際日本文化研究センターとの共同研究について議論を進めている。

また、本プロジェクトの成果として、第5回「計算社会科学ワークショップ」（神戸大学計算社会科学センター共済・オンライン開催、2021年2月27-28日）において、鴨頭俊宏 「自治体史誌

の全国的な編さん傾向へのアプローチ：近世史用語『異国船』をキーワードとして」の発表を行い、歴史研究と計算社会科学研究の連携の方向性を示すものとして、好評を博した。

令和 3(2021)年度は、『水島鍬也校長 卒業生推薦書全集』（全 6 巻）の電子版を完成させ、さらに、以下のウェビナーを開催した。2021 年放映の大河ドラマ「青天を衝け」の人気のことから、渋沢栄一を紹介するウェビナーは非常に注目され、多数の聴講者があり開催中質問も数多く寄せられた。

「藩札から銀行へ～渋沢栄一と明治の金融革命～」神戸大学経済経営研究所ウェビナー

2021 年 12 月 5 日

さらに、以下の特許を取得した。

「画像認識装置、画像認識方法、コンピュータプログラム、及び製品監視システム」

登録番号 6964857

登録日 2021/10/22

陳金輝、上東貴志、伊藤宗彦、高槻泰郎

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

##### 【研究成果の社会への還元】

##### 【2019 年度】

1) 大学文書史料室に保管されている神戸高等商業学校初代校長水島鍬也先生が発行した卒業生の推薦書等控え約 2,300 点を翻刻し、現代語に訳し、『水島鍬也校長 卒業生推薦書全集』（全 6 巻）を刊行した。これにより、本学大学文書史料室の貴重資料に基づく研究成果を社会へ還元することができた。

2) 関連イベントとして、出光佐三記念六甲台行動において以下のシンポジウムを開催し、多数の参加者を集め、社会に向けて成果発信することができた。

2019 年 9 月 6 日(金) 神戸高商のグローバル人材育成とキャリア支援

～水島鍬也校長の推薦書(1911-1918 年) から読み解く～

##### 【2020 年度】

3) 「近世大坂米市場における価格形成の安定性」神戸大学金融研究会  
神戸大学経済経営研究所（オンラインセミナー）

4) 第 5 回「計算社会科学ワークショップ」（神戸大学計算社会科学研究センター共催・オンライン開催、2021 年 2 月 27-28 日）において、以下の発表を行い、史料研究の成果を社会に還元することができた。

『自治体史誌の全国的な編さん傾向へのアプローチ：近世史用語「異国船」をキーワードとして』

【2021 年度】

- 5) 「小西新右衛門の大名貸と藩債処分」第 90 回社会経済史学会全国大会  
神戸大学オンライン
- 6) 以下のウェビナーを開催し、史料データベースに関わる成果を社会に還元することができた。

「藩札から銀行へ～渋沢栄一と明治の金融革命～」神戸大学経済経営研究所  
ウェビナー 2021 年 12 月 5 日

【今後の研究の方向性】

- 1) 本プロジェクトの一環として電子化を進めた「廣岡家文書」（近世・近代の大  
阪を代表する豪商）を使った共同研究の成果が 2022 年 5 月に刊行予定である（高  
槻泰郎編『豪商の金融史』慶應義塾大学出版会）。
- 2) 江戸幕府の人事記録である「柳営補任」の情報を電子データベース化する作業  
を進め、その分析を 2022 年度以降に進める予定である。

5. 構成員 及び 学内支援

(1) 構成員数

令和元年度 10 人（分担者 4 人、学内参画者 5 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人）  
令和 2 年度 9 人（分担者 4 人、学内参画者 4 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人）  
令和 3 年度 10 人（分担者 5 人、学内参画者 4 人、学外参画者 0 人、国外参画者 0 人）

(2) 運営経費

令和元年度 400 千円  
令和 2 年度 451,600 円  
令和 3 年度 523 千円

(3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 千円  
令和 2 年度 0 件、0 千円  
令和 3 年度 0 件、0 千円

6. 研究成果の状況等

(1) 論文

令和元年度 8 編（内国際共著論文 5 編、内 TOP10%論文 xx 編）  
令和 2 年度 9 編（内国際共著論文 6 編、内 TOP10%論文 xx 編）  
令和 3 年度 11 編（内国際共著論文 6 編、内 TOP10%論文 xx 編）

【2021 年度】

- 1). 論文名 : **"Japan's Monetary Policy: A Literature Review and An Empirical Assessment"**  
著者名 : Takashi Kamihigashi with Masahiko Shibamoto and Wataru Takahashi)  
掲載誌 : Journal of Computational Social Science Forthcoming
- 2). 論文名 : **"Strategic Communication and Competitive Advantage: Assessing CEO Letters of Global Airline Alliances"** (査読あり)  
著者名 : Munehiko Itoh with Gang-Hoon Seo, Zhonghui Li  
掲載誌 : Foundations of Management, Vol.13, pp.57-72 June 2021
- 3). 論文名 : **"Environmental management control tools for promoting sustainable consumption and production in Thai and Vietnamese companies"**  
著者名 : Kimitaka Nishitani coauthored with Wu, Q. and Kokubu, K.  
掲載誌 : Global Environmental Research 25 (1&2), pp.51-56. 2021
- 4). 論文名 : 「サステナビリティ会計はSDGs促進手法となり得るか: 環境会計導入が環境パフォーマンスと生産性に与える効果」  
著者名 : kimitaka Nishitani  
掲載誌 : 『メルコ管理会計研究』第13巻第1号, 3-18頁 2021
- 5). 論文名 : **"Are corporate environmental activities to meet sustainable development goals (SDGs) simply greenwashing? An empirical study of environmental management control systems in Vietnamese companies from the stakeholder management perspective"**  
著者名 : Kimitaka Nishitani coauthored with Nguyen, T.B.H., Trinh, T.Q., Wu, Q., and Kokubu, K.  
掲載誌 : Journal of Environmental Management 296, 113364 2021
- 6). 論文名 : 「コロナ禍における中小企業の資金繰りと金融機関の役割」  
著者名 : 柴本昌彦  
掲載誌 : しんくみ 第68巻第9号 6-13頁 2021年9月
- 7). 論文名 : **"Japan's Monetary Policy: A Literature Review and An Empirical Assessment"**  
著者名 : Masahiko Shibamoto with Wataru Takahashi and Takashi Kamihigashi)  
掲載誌 : Journal of Computational Social Science forthcoming

【2020 年度】

- 8). 論文名 : **"Partial Stochastic Dominance via Optimal Transport"**  
著者名 : Takashi Kamihigashi with John Stachurski

掲載誌：Operations Research Letters, vol.49, Issue 5, pp.584-586 September 2020

- 9). 論文名：**"Perceptions of Customers as Sustained Competitive Advantages of Global Marketing Airline Alliances: A Hybrid Text Mining Approach"** (査読あり)

著者名：Munehiko Itoh with Gang-Hoon Seo

掲載誌：Sustainability, Vol.12, Issue 15, No.6258 August 2020

- 10). 論文名：**"The introduction of material flow cost accounting in Thien Phuoc Manufacturing & Trading Co., Ltd and Vietnam Food Industries Joint Stock Company"**

著者名：Kimitaka Nishitani coauthored with Nguyen, T.B.H. and Kokubu, K.

掲載誌：Journal of International Economics and Management 132, pp.59-75 (in Vietnamese) 2020

- 11). 論文名：**"Views of corporate managers on assurance of sustainability reporting: Evidence from Japan"**

著者名：Kimitaka Nishitani coauthored with Haider, M.B.

掲載誌：International Journal of Disclosure and Governance 17 (1), pp.1-19 2020

- 12). 論文名：**"Are third-party assurances preferable to third-party comments for promoting financial accountability in environmental reporting?"**

著者名：Kimitaka Nishitani coauthored with Haider, M.B. and Kokubu, K.

掲載誌：Journal of Cleaner Production 248, 119199 2020

- 13). 論文名：**"Can firms enhance economic performance by contributing to sustainable consumption and production? Analyzing the patterns of influence of environmental performance in Japanese manufacturing firms"**

著者名：Kimitaka Nishitani coauthored with Kokubu, K.

掲載誌：Sustainable Production and Consumption 21, pp.156-169 2020

- 14). 文名：**「日本の新型コロナウイルス感染症拡大の現状と感染リスク」**

著者名：柴本 昌彦

掲載誌：国民経済雑誌 第222巻第5号 33-53頁 2020年11月

- 15). 論文名：**Time horizon of government and public goods investment: Evidence from Japan**

著者名：Junichi Yamasaki

掲載誌：Journal of Development Economics Volume 146, September 2020, 102518

【2019年度】

- 16). 論文名：**「計算社会科学と経済学におけるAI」**

著者名：上東 貴志

掲載誌：栗原聡監修『人と共生する AI 革命最前線～人工知能がもたらす生活・産業・社会の未来像を展望する～』エヌ・ティー・エス 12 章 4 節 427-433 頁 2019 年 6 月

17). 論文名：“A Unified Stability Theory for Classical and Monotone Markov Chains”

著者名：Takashi Kamihigashi with John Stachurski

掲載誌：Journal of Applied Probability, Vol.56, Issue 1, pp.1-22 March 2019

18). 論文名：“The Perceived Risks of Online Apparel Shopping Japanese and Chinese Consumers Who Shop at Uniqlo Online”

著者名：Munehiko Itoh with Chikako Kohsaka, Kakuro Ka

掲載誌：The Journal of Japanese Operations Management and Strategy, Vol.9, Nov.1, pp1-17 December 2019

19). 論文名：「地域ブランド形成－1 次産業の 6 次産業化－」

著者名：伊藤 宗彦

掲載誌：『国民経済雑誌』第 220 巻第 4 号 21-36 頁 2019 年 10 月

20). 論文名：“Comprehensive environmental management control system and stakeholder influences: Evidence from Thailand”

著者名：Kimitaka Nishitani coauthored with Kokubu, K., Wu, Q., Tongurai, J. and Pakpong, P.), in Kokubu, K. and Nagasaka, Y. (eds.),

掲載誌：Sustainability Management and Business Strategy in Asia, pp.131-148 2019

(2) 著書数：20 冊

主たる著書リスト

【2021 年度】

1). タイトル：『鐘紡資料叢書 株主総会編第 7 巻』（研究叢書 84 号）

著者名：伊藤宗彦 國本光正・加島美和と編著

発行・掲載誌：神戸大学経済経営研究所 401 頁 2021 年 10 月

【2020 年度】

2). タイトル：『鐘紡資料叢書 株主総会編第 6 巻』（研究叢書 83 号）

著者名：伊藤宗彦 國本光正・加島美和と編著

発行・掲載誌：神戸大学経済経営研究所 285 頁 2020 年 12 月

3). タイトル：『鐘紡資料叢書 株主総会編第 5 巻』（研究叢書 82 号）

著者名：伊藤宗彦 國本光正・加島美和と編著

発行・掲載誌：神戸大学経済経営研究所 295 頁 2020 年 9 月

【2019 年度】

- 4). タイトル：『水島鋳也校長 卒業生推薦書全集』（全 6 巻）  
著者名：神戸大学経済経営研究所・編  
発行：神戸大学経済経営研究所
- 5). タイトル：『鐘紡資料叢書 株主総会編第 4 巻』（研究叢書 81 号）  
著者名：伊藤宗彦 國本光正・加島美和と編著  
発行・掲載誌：神戸大学経済経営研究所 293 頁 2020 年 3 月
- 6). タイトル：『鐘紡資料叢書 株主総会編第 3 巻』（研究叢書 79 号）  
著者名：伊藤宗彦 國本光正・加島美和と編著  
発行・掲載誌：神戸大学経済経営研究所 379 頁 2020 年 3 月
- 7). タイトル：『創発型責任経営—新しいつながりの経営モデル—』  
著者名：西谷公孝 國部克彦・北田皓嗣・安藤光展との共著  
発行・掲載誌：日本経済新聞出版社 272 頁 2019 年 6 月

(分担執筆)

【2021 年度】

- 8). タイトル：「SDGs と価値」  
著者名：西谷公孝 國部克彦・鶴田宏樹・祇園景子編  
発行・掲載誌：『価値創造の教育 神戸大学バリュースクールの挑戦』神戸大学出版会 189-208 頁 2021 年 8 月
- 9). タイトル：「米市場・両替屋—江戸時代経済の中枢を支えた仕組み—」  
著者名：高槻泰郎（平井健介・島西智輝・岸田真編著）  
発行・掲載誌：『ハンドブック日本経済史—徳川期から安定成長期まで—』 第 I 部 8 34-37 頁  
ミネルヴァ書房 2021 年 12 月 14 日
- 10). タイトル：「小西新右衛門の大名貸と藩債処分」  
著者名：高槻泰郎（飯塚一幸編）  
発行・掲載誌：『近代移行期の酒造業と地域社会—伊丹の酒造家小西家—』 第一部第一章  
16-54 頁 吉川弘文館 2021 年 11 月
- 11). タイトル：「大坂金融商人の成長と領国経済」  
著者名：高槻泰郎（今村直樹・小関悠一郎編）  
発行・掲載誌：『熊本藩からみた日本近世—比較藩研究の提起—』 第 II 部第一章  
112-150 頁 吉川弘文館 2021 年 9 月

12). タイトル：「商品取引所」

著者名：高槻泰郎

発行・掲載誌：社会経済史学会編『社会経済史学事典』第2章 60-61頁 丸善出版

2021年6月

13). タイトル：「書信・信号」

著者名：高槻泰郎

発行・掲載誌：社会経済史学会編『社会経済史学事典』第10章 402-403頁 丸善出版

2021年6月

【2020年度】

14). タイトル：「計算社会科学の今後の展望と課題」

著者名：上東貴志

掲載誌：鳥海不二夫 編著『計算社会科学入門』丸善出版 12章 289-297頁

15). タイトル：「大坂米市場の形成と気候変動」

著者名：高槻泰郎

発行・掲載誌：中塚武監修／中塚武・鎌谷かおる・佐野雅規・伊藤啓介・對馬あかね編『気候変動から読みなおす日本史第1巻 新しい気候観と日本史の新たな可能性』第4章 188-193頁 臨川書店 2021年2月

16). タイトル：「近世大坂米市場における価格形成の安定性」

著者名：高槻泰郎

発行・掲載誌：鎮目雅人編『信用貨幣の生成と展開 近世～現代の歴史実証』第5章 183-218頁 慶應義塾大学出版会 2020年8月

17). タイトル：「コロナ禍における中小企業の資金繰りと政策対応」

著者名：柴本昌彦

発行・掲載誌：「マイナス金利環境の下での地域金融機関の経営の現状と課題」研究会報告書 (2020年度) 第2章 33-64頁 2021年3月

18). タイトル：「近世日本の中央市場と気候変動」

著者名：柴本昌彦 高槻泰郎、村和明と共著

発行・掲載誌：中塚武監修／鎌谷かおる・渡辺浩一編『気候変動から読みなおす日本史第5巻 気候変動から近世をみなおす—数量・システム・技術—』臨川書店 第5章 pp. 125-151  
2020年11月

19). タイトル：「都市の歴史に学ぶ未来のまちづくり」

著者名：小代薫

発行・掲載誌：『美しい未来をつくるひとのための15のはなし』神戸大学出版会 pp. 24-32



2021 年 3 月

【2019 年度】

20). タイトル：「日本経済の歴史と金融」

著者名：高槻泰郎

発行・掲載誌：坂根嘉弘・森良次編『日本の経済発展をどうとらえるか』第2章 33-63 頁 清文堂出版 2019 年 9 月

(3) 特許出願数：1 件

“学術論文の査読者検索装置、査読者検索方法、及び査読者検索プログラム”

特願 2020-014904

幸若完壮、上東貴志

7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度 14613 千円

令和2年度 5613 千円

令和3年度 6113 千円

(2) 受賞： 1 件

主たる受賞リスト

・2021 年 7 月

Homer Hoyt Institute Best Paper Award

2021 Virtual Joint Real Estate Conference by AsRES (Asian Real Estate Society)

Kensuke Teshima, Junichi Yamasaki, Kentaro Nakajima

(3) 研究集会の開催 10 件（内国際研究集会 xx 件）

主たる研究集会リスト（最大 20 件）

【2021 年度】

・上東貴志

1) 神戸大学経済経営研究所ウェビナー 藩札から銀行へ～渋沢栄一と明治の金融革命～

2021 年 12 月 5 日

・高槻泰郎

2) 「加島屋久右衛門の創業と成長―業態変化に着目して―」第 57 回経営史学会全国大会

〈統一論題〉 テーマ：豪商の金融史 東北大学（オンライン）

2021 年 12 月 4 日

3) 第 57 回経営史学会全国大会 〈統一論題〉 テーマ：豪商の金融史 東北大学（オンライン）

2021 年 12 月 4 日

4) 「金融史パネル 商人から銀行へー 大阪の豪商・廣岡家と日本金融市場ー」

日本金融学会 2021 年度秋季全国大会 大阪経済大学（オンライン）2021 年 10 月 16 日

5) 「近世日本金融市場の構造：Relationship Finance と Arm's Length Finance」

日本金融学会 2021 年度秋季全国大会 大阪経済大学（オンライン）2021 年 10 月 16 日

6) "Microstructure of the First Organized Futures Market: The Dojima Security Exchange from 1730 to 1869 (co-authored with Takashi Kamihigashi)" Research Seminar, Economic History, Growth & Development Martin Luther University of Halle-Wittenberg (online) 2021 年 6 月 17 日

7) 「江戸時代の『利殖』活動」全日本通訳案内士連盟業務研修 協同組合全日本通訳案内士連盟（オンライン）2021 年 6 月 15 日

8) "Microstructure of the First Organized Futures Market: The Dojima Security Exchange from 1730 to 1869 (co-authored with Takashi Kamihigashi)" Early Modern Financial History online seminars 2021 年 4 月 6 日

【2020 年度】

・高槻泰郎

9) 「近世大坂米市場における価格形成の安定性」神戸大学金融研究会「信用貨幣の生成と展開：近世～近代移行期日本の事例から」 神戸大学経済経営研究所（オンライン）

2020 年 12 月 12 日

【2019 年度】

・上東貴志/石堂詩乃

10) 「神戸高商のグローバル人材育成とキャリア支援～水島鍊也校長の推薦書（1911-1918 年）から読み解く～」神戸大学出光佐三六甲記念講堂

2019 年 9 月 6 日

(4) その他特記事項

〈寄稿・執筆等〉

【2021 年度】

高槻泰郎

1). 論文名：「江戸時代に学ぶお金と暮らしー第 2 回 現金は危険？江戸の資産運用の実態と背景に迫るー」

掲載誌：『くらし塾きんゆう塾』金融広報中央委員会 第 58 巻 13-15 頁 2021 年 10 月

- 2). 論文名：「幕末維新期の金融市場」  
掲載誌：『経済セミナー』721号 115-120頁 2021年9月
- 3). 論文名：「江戸時代に学ぶお金と暮らしー第1回 庶民の金融リテラシーをのぞいてみよう」  
掲載誌：『くらし塾きんゆう塾』金融広報中央委員会 第57巻 14-16頁 2021年7月
- 4). 論文名：「忘れられたイノベーションー徳川日本の達成に何を学ぶかー」  
掲載誌：『学術の動向』第26巻第6号 86-91頁 2021年6月
- 5). 論文名：「長期相対融資慣行の形成」  
掲載誌：『経済セミナー』720号 78-85頁 2021年6月
- 6). 論文名：「江戸幕府による金融監督・規制」  
掲載誌：『経済セミナー』719号 101-107頁 2021年5月

【2020年度】

- 7). 論文名：「近世期市場経済における商秩序」  
掲載誌：『法制史研究』第70号 115-121頁 2021年3月
- 8). 論文名：「デリバティブ取引はいかにして生まれたか」  
掲載誌：『経済セミナー』718号 111-116頁 2021年3月
- 9). 論文名：「金融の街・大坂はいかにして生まれたか」  
掲載誌：『経済セミナー』717号 81-87頁 2021年1月
- 10). 論文名：「近世日本経済の概観」  
掲載誌：『経済セミナー』716号 70-76頁 2020年11月

【2019年度】

- 11). 論文名：(インタビュー記事)「コメ先物残した松平定信 神戸大・高槻准教授に聞く」  
掲載誌：『日本経済新聞』(電子版) 2019年7月26日付

〈学会報告活動等〉

【2021年度】

- 1). 加島屋久右衛門の創業と成長ー業態変化に着目してー 第57回経営史学会全国大会 〈統一論題〉 テーマ：豪商の金融史 東北大学(オンライン) 2021年12月4日
- 2). 第57回経営史学会全国大会 〈統一論題〉 テーマ：豪商の金融史 東北大学(オンライン) 2021年12月4日
- 3). 「金融史パネル 商人から銀行へー 大阪の豪商・廣岡家と日本金融市場ー」日本金融学会 2021年度秋季全国大会 大阪経済大学(オンライン) 2021年10月16日

- 4).「近世日本金融市場の構造： Relationship Finance と Arm's Length Finance」日本金融学会  
2021 年度秋季全国大会 大阪経済大学（オンライン） 2021 年 10 月 16 日
- 5). "Microstructure of the First Organized Futures Market: The Dojima Security Exchange  
from 1730 to 1869 (co-authored with Takashi Kamihigashi)" Research Seminar, Economic  
History, Growth & Development Martin Luther University of Halle-Wittenberg (online)  
2021 年 6 月 17 日
- 6).「江戸時代の『利殖』活動」全日本通訳案内士連盟業務研修 協同組合全日本通訳案内士連盟（オ  
ンライン） 2021 年 6 月 15 日
- 7). "Microstructure of the First Organized Futures Market: The Dojima Security Exchange  
from 1730 to 1869 (co-authored with Takashi Kamihigashi)" Early Modern Financial  
History online seminars 2021 年 4 月 6 日

#### 【2020 年度】

- 8).「小西新右衛門の大名貸と藩債処分」日本金融学会歴史部会 日本金融学会（オンライン）  
2021 年 3 月 13 日
- 9).「近世金融市場を支えた重層的秩序—大坂市場を中心に—」第 3 回「信用の人類史」研究会 サ  
ントリー文化財団（オンライン） 2020 年 10 月 28 日
- 11).「知られざる大坂豪商の世界」全日本通訳案内士連盟業務研修 協同組合全日本通訳案内士連盟  
（オンライン） 2020 年 9 月 14 日
- 12).「金融の町・大坂」全日本通訳案内士連盟業務研修 協同組合全日本通訳案内士連盟（オンライ  
ン） 2020 年 7 月 11 日
- 13). "Reconstruction of solar radiation based on historical weather records in Japan;  
Climatic condition and market economy in the famine of 1830s" EGU General Assembly  
2020 2020 年 5 月 4 日

#### 【2019 年度】

- 14).「歴史ビッグデータと前近代経済史研究—時系列データを中心に—」歴史ビッグデータ研究会  
国立情報学研究所（NII） 2019 年 10 月 24 日
- 15).「気候適応史の試み—近世日本の米市場を素材として—」歴史人口学セミナー 麗澤大学東京研  
究センター 2019 年 7 月 27 日
- 16).「江戸幕府による金融監督・規制—大坂堂島米市場を中心に—」金融経済学勉強会 金融庁 2019  
年 7 月 23 日
- 17). "Can Market Economy Mitigate the Influence of Climate Change? Evidence from Pre-  
industrial Japan (co-authored with Masahiko Shibamoto)" The 129th Meeting: The Osaka  
Workshop on Economics of Institutions and Organizations, OEIO, Jointly Organized with  
International Public Policy Seminar 2019 年 7 月 19 日
- 18). "Climate changes and market economy: the case of early modern Japan (joint with Masahiko  
Shibamoto)" 大阪大学 2019 年 5 月 23 日
- 19).「堂島米市場の成立と近世社会」2019 年度同志社大学公開講座 同志社大学 2019 年 5 月 22 日
- 20).「江戸時代の「経済学」—大坂米市場へのまなざし—」第 95 回経済史研究会 大阪経済大学 2019

年 4 月 20 日

21). 「大坂堂島米市場を舞台とした江戸時代の市場経済の実態」 TOCOM サロン TOCOM スクエア (東京商品取引所内 2019 年 4 月 18 日

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：現代中国研究拠点

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：経済学研究科経済学専攻・梶谷 懐

## 2. 研究目的

- ・2013年8月、神戸大学社会科学系教育研究府の下に、人間文化研究機構（NIHU）の現代地域研究推進事業に参加し、他大学・研究機関における現代中国を対象にした実証研究との連携を図る目的で設立された。
- ・研究拠点設立当初は、経済学研究科の故・加藤弘之教授が中心となり「中国における経済システムの持続可能性に関する実証的研究：『二重の罌を越えて』」というテーマで現代中国経済に関する実証研究を行った。
- ・2016年8月、加藤教授が惜しくも逝去されたことに伴い、梶谷懐が現代中国拠点のプロジェクトを引き継いだ。
- ・その後、中国経済研究の分野にとどまらない、現代中国の歴史、政治、思想、文学に関する第一線の研究を行っている神戸大学に在籍する研究者を新たにメンバーに加え、部局を超えた連携を図りながら、分野横断的かつ総合的な現代中国理解を目的として、研究活動を継続している。

## 3. 研究成果の概要

- ・中国の経済文化に関する研究の第一人者、Erfurt University の Max Weber Centre for Advanced Cultural and Social Studies, Carsten Herrmann-Pillath 氏をはじめ、国内外の著名な中国研究者に講演を依頼し、メンバーとの学術交流を盛んに行った。
- ・2020年12月には、香港の民主化運動についてかねてより積極的に発言を行って来た知識人であるチャイナ・レイバーネットの區龍宇氏らを神戸にお招きして、香港の問題に関心を持つ市民との交流の機会を設けるなど、よりアクチュアルなテーマについても積極的に議論する場を設けた。
- ・これらの講演会や学術交流の機会を活かし、各メンバーが積極的に論文や書籍の形で学術成果を発表した。

## 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

- ・2021年2月の米スタンフォード大 School of Humanities and Sciences の Andrew G. Walder 教授をお招きしてのウェビナーを一般視聴者参加可にするなど、最先端の中国研究の成果を広く市民向けに提供した。
- ・2021年6月から9月にかけて、グリーン・ニューディール研究会と共同開催で、「中国版グリーン・ニューディールの真相—中国の環境・経済政策を読み解く」と題した4回シリーズの連続ウェビナーを行い、環境問題に関心を持つ研究者や市民との対話を通じ、分野横断的な議論の場を設けることができた。

- ・以上の成果を踏まえて、今後は一般向けの書籍の出版などを視野に入れて活動を行っていく予定である。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 7 人（分担者 4 人、学内参画者 0 人、学外参画者 2 人、国外参画者 0 人）

令和2年度 8 人（分担者 5 人、学内参画者 0 人、学外参画者 2 人、国外参画者 0 人）

令和3年度 8 人（分担者 4 人、学内参画者 1 人、学外参画者 2 人、国外参画者 0 人）

### (2) 運営経費

令和元年度 400 千円

令和2年度 451,600 円

令和3年度 523 千円

### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 千円

令和2年度 0 件、0 千円

令和3年度 0 件、0 千円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 9 編（内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和2年度 9 編（内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和3年度 2 編（内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編）

主たる論文リスト

[論文]

論文名：「他者の発見と「中華民族論」の誕生」、

著者名：王 柯

掲載誌，巻，ページ：日本中国友好協会『研究中国』、第8号（通巻128号）、14－24頁、2019年3月。

論文名：「周縁を脱出する作意——中国南方ムスリムの『宗族化』と『官』の語り」

著者名：王 柯

掲載誌，巻，ページ：神戸大学国際文化学研究科『国際文化学研究』52号、35-64頁、2019年7月。

論文名：「恐怖からの脱出——ウイグル人亡命者の選択」

著者名：王 柯

掲載誌，巻，ページ：神戸大学国際文化学研究科『国際文化学研究』53号、37-54頁、2019年12月。

論文名：「李秀成の供述書はいかに作成されたか」

著者名：緒形康

掲載誌，巻，ページ：『文学部紀要』（神戸大学文学部）第 47 号、PP. 1-67, 2020 年 3 月.

論文名：「五権憲法と心性儒学」

著者名：緒形康、『孫文研究』

掲載誌，巻，ページ：第 65 号、PP. 43-49, 2019 年 12 月

論文名：「中国の『監視社会化』と市民社会の役割」

著者名：梶谷懐

掲載誌，巻，ページ：『社会思想史学会年報』第 43 号、9-30 頁、2019 年 9 月。

論文名：「中国経済のマクロ動向ー積極的な財政政策と地方政府の制御は両立するかー」

著者名：梶谷懐

掲載誌，巻，ページ：『東亜』第 630 号、30-39 頁、2019 年 12 月。

論文名：「陰謀論としての継続革命論、そして文化大革命」

著者名：谷川真一

掲載誌，巻，ページ：石川禎浩編『毛沢東に関する人文科学的研究』京都大学人文科学研究所，PP. 275-302, 2020 年。

論文名：「『二重の不確実性』を越えて：米中貿易摩擦で揺れ動く中国のイノベーションー大規模企業データベースを用いた定量的検討」

著者名：三竝康平

掲載誌，巻，ページ：郭四志編『米中摩擦化の中国経済と日中連携ー産業高度化及び日中産業・ビジネス連携の新動向』同友館、第 5 章

論文名：馬新貽総督の暗殺とその共犯者を追う

著者名：緒形康

掲載誌，巻，ページ：『文学部紀要』（神戸大学文学部）第 48 号、1-73 頁、2021 年 3 月

論文名：周縁への眼差し、周縁からの眼差しー五四運動と大正モダニズム

著者名：緒形康

掲載誌，巻，ページ：『経済史研究』第 24 号、49-81 頁、2021 年 1 月

論文名：宋教仁暗殺事件の二つのシナリオ

著者名：緒形康

掲載誌，巻，ページ：『孫文研究』第 67 号、1-38 頁、2020 年 12 月



論文名：庚子事変における袁許三摺問題

著者名：緒形康

掲載誌，巻，ページ：『孫文研究』第 66 号、21-44 頁、2020 年 6 月

論文名：中国の対外援助と新興国の「早すぎる脱工業化」

著者名：梶谷懐

掲載誌，巻，ページ：『国民経済雑誌』第 222 巻第 2 号、1 - 16 頁、2020 年 8 月

論文名：Dynamic Efficiency in World Economy

著者名：Kevin Luo, Tomoko Kinugasa, Kai Kajitani

掲載誌，巻，ページ：Prague Economic Papers, Vol.29, No.5, pp.522 - 544, 2020.

論文名：コロナウイルス感染症 COVID-19 と監視社会

著者名：梶谷懐

掲載誌，巻，ページ：『サービソロジー』第 7 巻 1-4 号、15 - 21 頁、2021 年 3 月

論文名：中国経済の歴史制度分析に向けて：伝統社会におけるコンベンションの形成

著者名：梶谷懐

掲載誌，巻，ページ：『現代中国研究』第 46 巻、33 - 50 頁、2021 年 3 月

論文名：中日 MeToo 与文学

著者名：濱田麻矢

掲載誌：『日本学研究』31, pp.95-105, 2020 年

(2) 著書数：12 冊

主たる著書リスト

著書：《亦師亦友亦敵-民族主義與近代中日關係》（師であれ友であれ敵でもある：民族主義と近代日中關係）（単著）

著者名：王 柯

巻，ページ：633 頁

発行所，発行年：香港中文大學出版社，2019 年 12 月。

著書：『從“天下”国家到民族国家：歴史中国的認知与实践』（「天下」国家から民族国家へ：歴史的中国の自己認識と実践）（単著）

（台湾政治大学出版社 2014 年 6 月出版『中国、從天下到民族国家』の简体字版）

著者名：王 柯

巻，ページ：352 頁

発行所，発行年：上海人民出版社、2020 年 3 月、

著書：『幸福な監視国家・中国』（共著）

著者名： 梶谷懐・高口康太

巻，ページ：254 頁

発行所，発行年：NHK 出版新書、2019 年 8 月。

著書：『新・図説 中国近現代史〔改訂版〕：日中新時代の見取図 』

著者名： 田中仁・菊池一隆・加藤弘之・日野みどり・岡本隆司・梶谷懐

巻，ページ：298 頁

発行所，発行年：法律文化社、2020 年 2 月。

著 書：『中日国力消長與東亞秩序重構』（共著）

著者名：林泉忠（編）

巻・ページ：第五章「近代中日兩國民族主義的『血縁』關係」，PP. 126-155

発行所，台湾五南出版社

発行年：2021 年 2 月出版

著 書：アジア太平洋研究所編『アジア太平洋と関西（関西経済白書 2020）』

著者名：梶谷懐

巻，ページ：「新型コロナウイルスと中国経済—財政金融政策を中心に—」19-24 頁

発行所，発行年： アジア太平洋研究所、2020 年 10 月

著 書：川島真・森聡 編『UP plus アフターコロナ時代の米中関係と世界秩序』

著者名：梶谷懐

巻，ページ：「米中通商交渉とその課題——『デカップリング』は現実的か」101-113 頁

発行所，発行年：東京大学出版会、2020 年 12 月

著 書：村上衛編『転換期中国における社会経済制度』

著者名：梶谷懐

巻，ページ：1 巻，「中国経済における「制度」の連続性をめぐって」207-237 頁

発行所，発行年：（京都大学人文科学研究所、2021 年 1 月

著 書：廣野美和編『一带一路は何をもたらしたのか：中国問題と投資のジレンマ』

著者名：梶谷懐

巻，ページ：「一带一路構想は新興国に『債務の罠』をもたらすか」71-89 頁、

発行所，発行年：勁草書房、2021 年 2 月

著 書：池本修一編『体制転換における国家と市場の相克』

著者名：梶谷懐

巻，ページ：『緊縮と反緊縮』からみた中国の経済体制 161-177 頁

発行所，発行年：日本評論社、2021 年 2 月

著 書：〈母〉を問う 母の比較文学史（共著）

著者名：濱田麻矢 PP. 101-106

発行所，発行年：神戸大学出版会，2021 年

(3) 特許出願数： 0 件

#### 4. 関連活動及び特記事項

##### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 0 千円

令和2年度 5 6 0 0 千円

令和3年度 3 9 0 0 千円

(2) 受賞： 0 件

(3) 研究集会の開催 11 件（内国際研究集会 3 件）

主たる研究集会リスト

2019 年 9 月 19 日に、中国経済の現状に関する研究会を神戸にて開催した。研究会では、藤井大輔氏による報告「中国の東南アジアへの FDI は効率的なのか？」ならびに宝剣久俊氏による報告「中国農村の就業構造変化による農業労働の女性化：家計調査に基づく実証分析」が行われた。

2019 年 9 月 28 日には、中国の経済文化に関する研究の第一人者、Erfurt University の Max Weber Centre for Advanced Cultural and Social Studies, Carsten Herrmann-Pillath 氏をお迎えして“Entrepreneurs and ritual in China’s economic culture”という論題での講演会を実施した。

2020 年 12 月 17 日には、香港の民主化運動についてかねてより積極的に発言を行って来た知識人であるチャイナ・レイバーネットの區龍宇氏および香港の大学院生でアクティビストの陳怡を神戸にお招きして、香港の問題に関心を持つ市民との交流の機会を設けた。

2020 年 2 月 3 日には、北京国能環科環保科技有限公司の佐野史明氏をお招きして、「北京の最新のスタートアップ事情」と題した後援会を開催した。

2021 年 2 月 10 日は、神戸大学金融研究会との共催で帝京大学の露口洋介先生によるオンライン講演会を開催した。

2021 年 3 月 6 日には、米スタンフォード大 School of Humanities and Sciences の Andrew G. Walder 教授にオンラインでご講演をいただいた。

2021 年 6 月 26 日から 9 月 11 日にかけて、グリーン・ニューディール研究会と共同開催で、「中国版グリーン・ニューディールの真相—中国の環境・経済政策を読み解く」と題して、中国の環境政策、エネルギー問題、電気自動車産業の専門家をお招きして、4 回シリーズの連続ウェビナーを行った。

2021 年 11 月 27 日、北京大学、復旦大学との三大学人文フォーラム『言語横断的視野からの東アジア人文交流』がオンラインで開催された。

(4) その他特記事項

なし

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：メタ科学技術研究プロジェクト：方法・倫理・政策の総合的研究

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：先端融合研究環・松田 毅

## 2. 研究目的

科学方法論、科学技術倫理、科学技術政治経済学に跨がる「メタ科学技術研究 (MST)」プロジェクトを推進し、今後登場しうる先端分野の開発や新技術の社会実装に関する倫理・政策的問題の先取りを含め、科学と技術の社会問題を学際的・国際的に研究することを通じ、神戸大学の文理融合研究の推進に貢献する。現代科学の営みを構成、規定する多様な方法論、倫理規範的制約そして政治経済的動因に関する専門研究者が従来の積み上を活かすだけでなく、互いにクロスし「ブレインストーミング」を繰り返す討議・研究の場とスタイルを確立し、研究力の強化に繋げる。

- ・自然科学だけでなく、人文社会科学の基礎に関する研究：現場に即した問題提起と討議。特に社会倫理・法と連動させ、教育に落とし込める教科書、アクティブラーニングを取り入れたカリキュラムの試作。

- ・研究倫理、知的財産の倫理と法、先端的生命医療倫理、ケアと公衆衛生倫理、工学倫理、情報技術の倫理、環境倫理の課題に関する研究。科学技術社会論、科学技術コミュニケーションの実践者、法学者、企業の研究者も交え、研究の社会的実効性を担保

- ・歴史的観点からも、今後の研究の政策的前線配置を見据え、世界的競争環境での科学と大学の有り様を多方面から研究。企業活動、国策だけでなく、多様な属性を有する消費者・市民も含めたステークホルダーへの説明、アウトリーチ、コミュニケーション活動も重視し、大学を取り巻く社会的環境にふさわしい科学技術研究のあり方を討議。

「メタ科学技術研究ワークショップ」(以下、WMST)を国内学会、国際会議と連動させる。社会科学分野に強みを有する神戸大学の総合大学としての特性を考慮し、科学技術の問題を突破口とした、人文社会系の融合研究推進の一步にする。

## 3. 研究成果の概要

WMSTを中心に、国際シンポジウムも含め、総計60回を超える共同討議の場をもった。共同討議は神戸大学のメンバーを軸に、学内の自然科学系教員や学外の人文社会・自然科学系研究者などを交えた日本学術振興会：課題設定による先導的人文学・社会科学研究推進事業(領域開拓プログラム(研究テーマ公募型))「責任ある研究とイノベーション」の概念と「社会にとっての科学」の理論的実践的深化「生命・環境技術の社会実装に関する先端融合研究—21世紀型参加のビジョンと試行—」(平成29年10月～令和3年3月、以下「領域開拓プログラム」)の推進を通じて強化され、プロジェクト開始以来の成果の一端を英文の論文集 *Risks and the Regulation of New Technologies*, Kobe University Social Science Research Series として刊行し、国際的にも発信した。こうした活動を通じて、先端科学の開発と新技術の社会実装について社会倫理的に説明できる文理融合的研究教育の推進の足場を築

いた。科学研究費も新たに獲得したスピ・ン・オ・フ・プロジェクトも開始し、京都大学、大阪大学、北海道大学などに比べ、神戸大学では弱かった応用倫理学を中心とした研究力強化に貢献した。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

WMSTの開催以外に、以下のような成果の社会的還元を行った（予定あり）。

- ・人文学研究科紀要として毎年度刊行の『21 世紀倫理創成研究』と（英文ページを含む）ウェブサイト <http://www.lit.kobe-u.ac.jp/mst/> による WMST の討議内容の紹介（発表資料、要約、追加資料を掲載）
- ・生殖医療をめぐる、市民向けサイエンス・カフェ（2019 年 1 月 14 日「いのちをデザインする医療——ゲノム編集とひとの誕生」）の開催。「領域開拓プログラム」のメンバーが中心になり、灘区で行った。

・日本応用哲学会サマースクール『先端融合研究としての応用哲学入門』（2021 年 9 月 14～16 日）開催。生命と環境の技術発展の問題（「気候危機」「Degrowth」「生殖技術」「人工知能」）を哲学系研究者が各分野の研究者・専門家とペアになり、同じ主題についてそれぞれ 45 分の講義（合わせて 90 分）を行った後、一般公募の参加者を交えて質疑応答と議論を行う 60 分のワークショップをオンラインで行った。

- ・和書（教科書）の出版

活動の成果を教育に活かすために WMST やサマースクールの提題者を加え、神戸大学の法経連携で生まれた『エコノリーガル・スタディーズの勧め』をモデルに、科学技術の社会経済的側面と規範的法的側面も論じ、一般市民、多様な研究分野の学生・大学院生の「現代的教養」として活かせる図書として、『3STEP シリーズ 応用哲学』（昭和堂、編者：松田毅、藤木篤、新川拓哉）の刊行を 2023 年 3 月に予定している。

#### 5. 構成員 及び 学内支援

##### (1) 構成員数

令和元年度 12 人（分担者 4 人、学内参画者 6 人、学外参画者 1 人、国外参画者 0 人）

令和 2 年度 15 人（分担者 4 人、学内参画者 8 人、学外参画者 2 人、国外参画者 0 人）

令和 3 年度 14 人（分担者 4 人、学内参画者 7 人、学外参画者 2 人、国外参画者 0 人）

##### (2) 運営経費

令和元年度 400 千円

令和 2 年度 451,600 円

令和 3 年度 400 千円

##### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 1 件、375 千円

令和 2 年度 1 件、500 千円

令和 3 年度 1 件、262 千円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 22 編（内国際共著論文 2 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和 2 年度 34 編（内国際共著論文 2 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和 3 年度 8 編（内国際共著論文 2 編、内 TOP10%論文 0 編）

### 主たる論文リスト

1. MATSUD Tsuyoshi, “The Gradation of the Causation and the Responsibility focusing on “Omission””, *Risks and Regulation of New Technologies*, Springer. Ed by. Matsuda. T., Wolff. J., Yanagawa. T., 2021年1月（RRNT と略、ISBN978-981-15-8688-0） 19-46.
2. YANAGAWA Takashi, “Electricity Market Reform in Japan: Fair Competition and Renewable Energy”, RRNT, 201-215.
3. TSUKAHARA Togo, “Global Climate Change and Uncertainty: An Examination from the History of Science” RRNT, 291-312.
4. OTSUKA Jun., “Ockham's Proportionality: A Model Selection Criterion for Levels of Explanation”. RRNT, 47-64.
5. ITAMOUCHI Kengo “Posthumously Conceived Children and Succession from a Legal Perspective”, RRNT, 111-134.
6. NAKA Mao, “Reinterpreting Motherhood: Separating Being a “Mother” from Giving Birth.” RRNT, 153-170.
7. FUJIKI, A. “Reconsidering Precautionary Attitudes and Sin of Omission for Emerging Technologies: Geoengineering and Gene Drive.” RRNT, 249-267.
8. CHATANI Naoto, “Aristotle and Bioethics.”RRNT, 135-152.
9. KANO Kei, KUDO Mitsuru, YOSHIKAWA Go, MIZUMACHI Eri, SUGA Makiko, AKYA Naonori, EBINA Kuniyoshi, GOTO Takayuki, ITOH Masayuki, JOH Ayami, MAENAMI Haruhiko, MINAMOTO Toshifumi, MORI Mikihiro, MORIMURA Yoshitaka, MOTOKI Tamaki, NAKAYAMA Akie, TAKANASHI Katsuya, How science, technology and innovation can be placed in broader visions? -Public opinions from inclusive public engagement activities-, *Journal of Science Communication*, 18 (3), DOI: 10.22323/2.18030202. 2019.6.14, A02[1-19]
10. Tsutomu Sawai, Yoshiyuki Hayashi, NIKAWA Takuya, Joshua Shepherd, Elizabeth Thomas, Tsung-Ling Lee, Alexandre Erler, Momoko Watanabe & Hideya Sakaguchi, “Mapping the Ethical Issues of Brain Organoid Research and Application”, *AJOB Neuroscience*, 2021 年 3 月現在オンライン版のみ公開のためページ数なし
11. YANAGAWA Takashi, “JAPAN ECONOMIC POLICY ASSOCIATION: Toward Economic Policy Research with Internationality, Comprehensiveness, and Practicality” *Information Bulletin of the Union of National Economic Association in Japan*, The Union of National in Japan Economic Association in Japan” No. 39, 38-46, 2019.
12. TSUKAHARA Togo, Hisayuki Kubota, Jun Matsumoto, Masumi Zaiki, Takehiko Mikami, Rob Allan, Clive Wilkinson, Sally Wilkinson, Kevin Wood & Mark Mollan, “Tropical cyclones over the western north Pacific

since the mid-nineteenth century” *Climatic Change*, volume 164, Article 29 (2021) オンラインで頁数なし(国際共著)

13. Kato, T., Kudo, Y., Miyakoshi, J., OTSUKA J., Saigo, H., Karasawa, K., Yamaguchi, H., Hiroi, Y., and Deguchi, Y. (2020). “Sustainability and Fairness Simulations Based on Decision-Making Model of Utility Function and Norm Function”, *Applied Economics and Finance* 7(3): 96-114. DOI:

<https://doi.org/10.11114/aef.v7i3.4825>. 2020.05,

14. 角松生史、「第1部「参加原則の概観と環境法」へのコメント」、環境法政策学会誌、第22号、2019.8、86-95.

15. 高橋裕「法社会学は司法制度改革にどのように接近してきたか」法社会学 86号(2020年3月)、44-60.

16. 石川雅紀「経済的構造変化と廃棄物管理-グローバルな視点から日本の今後の循環政策を展望する」『都市清掃』360号2021.03.01、108-113.

17. 北川真也・原口剛「ロジスティクスによる空間の生産—インフラストラクチャー、労働、対抗ロジスティクス」『思想』第1162号、2021.1.27.78-99.

18. 塚原東吾「東アジアと欧州のSTS」『科学技術社会論とは何か』藤垣裕子責任編集、161-193. 2020年4月

19. 松田毅「新型コロナウイルスをめぐる公衆衛生倫理の問題——科学技術倫理の観点から」『倫理創成研究』14号、2021年3月 30-60.

20. Li, Yue, and Takashi Yanagawa. (2021). Fixed-fee vs. royalty licensing under asymmetric demand information. *The Manchester School*, Vol.89, Issue 6, 640—657, <https://doi.org/10.1111/manc.1237>

(2) 著書数：23冊

令和元年度 8 2020 令和2年度 12 2021 令和3年度 4

主たる著書リスト

1. MATSUDA Tsuyoshi. *Risks and Regulation of New Technologies*, Jonathan Wolff., Yanagawa Takashi と共編著 Springer. ISBN978-981-15-8688-0, 2021年1月.312p (国際共著)

2. Shinichi Kusanagi, Takashi YANAGAWA eds., *Privatization of Public City Gas Utilities*, Springer, 2021, 全143頁

3. Otsuka, J. (2019). *The Role of Mathematics in Evolutionary Theory*, Cambridge University Press. 総頁75page.

4. Narufumi KADOMATSU, James J. Kelly Jr., Romain Melot, Arne Pilniok, *Legal Responses to Vacant Houses: An International Comparison*, (Springer, 2020.8) ISBN 978-981-15-6641-7 (国際共著)

5. Otsuka, J. (2019). Ontology, Causality, and Methodology of Evolutionary Research Programs, in *Evolutionary Causation: Biological and Philosophical Reflections*, Uller, T. and Laland, K eds, The MIT Press, 247-264.

6. Yuka Kaneko/Narufumi Kadomatsu/Brian Z. Tamanaha (eds.), *Land Law and Disputes in Asia: In Search of an Alternative for Development* (Routledge, 2021.9) (国際共著)

7. Glen Miller, Xiaowei (Tom) Wang, Satya Sundar Sethy and Atsushi FUJIKI, (2020).Ch.4. Eastern Philosophical Approaches and Engineering. In *The Routledge Handbook of the Philosophy of Engineering*. 50-65. Routledge. (Fujiki



involved in writing Section 3. Japanese Philosophical Approaches and Engineering. 57-61) (国際共著)

8. YANAGAWA, Takashi, Hiroshi TAKAHASI and Shinya OUCHI eds., (2021) *Econo-Legal Studies: Thinking Through the Lenses of Economics and Law*, Springer.

9.大塚淳『統計学を哲学する』名古屋大学出版局 2020年10月全242頁

10.茶谷直人『アリストテレスと目的論——自然・魂・幸福』(単著)、晃洋書房、2019年9月、全204+iv頁(索引)

11. 中真生『生殖する人間の哲学 「母性」と血縁を問い直す』、勁草書房、2021年8月、全277頁

12.松田毅『夢と虹の存在論——身体・時間・現実を生きる』講談社 2021年4月全353頁

13.塚原東吾『科学技術社会論とは何か』(共著)藤垣裕子責任編集、科学技術社会論の挑戦第1巻東京大学出版会(担当箇所「東アジアと欧州のSTS」161-193)2020年4月

14.中真生『因果・動物・所有一ノ瀬哲学をめぐる対話』(共著)宮園健吾・大谷弘・乗立雄輝編、武蔵野大学出版会、2020年、「死の所有」と生のリアリティ、159-192.

15.松田毅『マンガ／漫画／MANGA—文学の視点から』(共著)前川修・奥村弘編、神戸大学出版会 2020年280-283.

16.塚原東吾 [ほか] 編著『歴史の中の気候 気候の中の歴史：国際シンポジウム資料集』神戸STS研究会 2019.2 神戸STS叢書シリーズ 15 (全115頁)

17.塚原東吾 [ほか] 編著『アジアの気候再現：航海日誌・モンスーン・台風をめぐる人文学と気象学のトランスサイエンス：連続国際ワークショップ資料集』神戸STS研究会 2019.12 神戸STS叢書シリーズ16 (全144頁)

18.塚原東吾・井上雅俊『ものがつなぐ世界史』(共著)ミネルヴァ世界史叢書5、桃木至朗・中島秀人編集(担当箇所「ウランウム：現代史における原子力性」363-385)2021年3月

19.塚原東吾『コロナ禍をどう読むか：16の知性による8つの対話』(共著)奥野克巳・近藤祉秋・辻陽介編、亜紀書房(担当箇所「平田周との対談」369-427)2021年2月

20.松田毅『世界哲学史 VI』(伊藤邦武他編)(共著)筑摩書房(担当箇所「時空をめぐる論争」70-71)2020年6月

(3) 特許出願数：0件

## 7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度 21554千円

令和2年度 27435千円

令和3年度 12565千円

(2) 受賞：0件

(3) 研究集会の開催 26件(内国際研究集会 2件、1件は予定)

主たる研究集会リスト

1. 2019年4月26日 田坂さつき・立正大学文学部教授（日本学術会議24期哲学委員会「いのちと心を考える」分科会委員長）「ゲノム編集をめぐる倫理規範の構築を目指して—科学技術イノベーションと人間の尊厳」
2. 7月25日、標葉隆馬・成城大学文芸学部マスコミュニケーション学科准教授、「萌芽的科学技術を巡る責任ある研究・イノベーションの実現に向けたアーキテクチャの構築試行」、河村賢・成城大学博士研究員「先端科学のデュアルユース言説に見る境界設定作業」
3. 8月1日、正村俊之・大妻女子大学教授（東北大学名誉教授）、「科学技術の時代における民主的な意思決定——リスク・無知・合意」
4. 9月24日、青井貴之・神戸大学大学院医学研究科教授（iPS細胞応用医学分野・科学技術イノベーション研究科先端医療学分野）、「再生医療の研究・開発に関する諸問題」
5. 12月20日、水野祐・弁護士（シティライツ法律事務所）、「創造性・イノベーションを加速するための法のデザイン」
6. 2020年3月2日 先端科学技術の公共性を討議する国際ワークショップ  
Focusing on Intellectual Property（法学研究科で開催）  
Merges Robert P. Professor, University of California at Berkeley: “Justifying Intellectual Property”  
Tamura Yoshiyuki, Professor, The University of Tokyo: “A Theory of Intellectual Property”  
Yamane Takakuni, Professor, Doshisha University: “Conflict between Rights-based Theory and Utilitarian Theory in the field of IP”
7. 6月12日「ヒト脳オルガノイド研究をめぐる倫理的課題」 提題者：澤井努・京都大学高等研究院ヒト生物学高等研究拠点（ASHBi）特定助教 新川拓哉・神戸大学人文学研究科講師
8. 6月26日「海洋プラスチックごみ問題—わかっていることとわかっていないこと」  
提題者：石川雅紀・NPO法人ごみじゃぱん代表理事、神戸大学経済学研究科名誉教授
9. 7月10日「トランジション・デザインと脱成長—文化と経済の関係を再考する」提題者：中野佳裕・早稲田大学地域間研究機構次席研究員／研究院講師
10. 7月31日「パリ協定と気候変動ガバナンスの現在」  
提題者：伊与田昌慶・特定非営利活動法人気候ネットワーク主任研究員
11. 8月7日「なぜ養子縁組は不妊当事者に選択されないのか？」  
提題者：野辺陽子・大妻女子大学准教授
12. 10月30日「国際共同臨床試験の倫理：COVID-19治療薬・予防ワクチン開発をめぐって」提題者：栗原千絵子・国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、信頼性保証・監査室主任研究員
13. 2021年1月7日「人新世の環境危機とマルクスの脱成長コミュニズム」  
齋藤幸平・大阪市立大学経済学研究科准教授
14. 1月22日「新型コロナウイルスワクチンの接種と法的制御」  
下山憲治・一橋大学大学院法学研究科教授
15. 3月16日 *In what sense can AI have a mind?*（ハイブリッド形式で開催）  
Tim Crane (Central European University): “AI Fantasies and the AI Reality: Sceptical Reflections”

谷口忠宏(立命館大学) “Symbol Emergence in Robotics: Towards Emergence of Mind through Physical and Semiotic Interaction”

杉本舞(関西大学) “Metaphor Guides the Direction of Research: How Computers Have Been Analogized to Brains”

宮原克典(北海道大学) “Intentionality, Normativity, and Habit”

新川拓哉(神戸大学) “Conscious AI and Cognitive Phenomenology”

16. 7 月 15 日 「医療 AI の『倫理』をめぐる議論と課題」

提題者：東京大学医科学研究所・井上悠輔・准教授

17. 7 月 30 日 「特許データを活用した環境技術評価について」提題者：関西外国語大学・宮本舞・助教

18. 11 月 25 日 「倫理的なロボット」はどのようなものでありうるか：3つの戦略 提題者：岡本慎平・広島大学大学院人間社会科学研究科助教

19. 2021 年 9 月 2021 年度応用哲学会サマースクール

「先端融合研究としての応用哲学入門」【講師】

松田毅（神戸大学）藤木篤（神戸市看護大学）中真生（神戸大学）

新川拓哉（神戸大学）豊田陽介（気候ネットワーク）小門穂（神戸薬科大学）

谷口忠大（立命館大学）中野佳裕（早稲田大学）

20. 2022 年 3 月中旬 2 日間（予定）国際ワークショップ「予防原則の射程」

(4) その他特記事項 なし

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：人文情報の文理融合研究と地域学創出

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：神戸大学・奥村 弘

## 2. 研究目的

日本社会の国際化と地域課題の深刻化に対応する人文系学術情報の全国的共有化を基礎とした文理融合研究と地域学創出は、日本の人文社会科学系の最先端の研究課題であり、その展開は社会的な要請という観点からも喫緊の課題である。本研究は、阪神淡路大震災以来、この分野で持続的先端的な研究を進める神戸大学を拠点として、自然環境を視野に入れた人間文化研究の総合的研究拠点として、新しいパラダイム創出をめざす大学共同利用機関法人人間文化研究機構と協力し、人文系学術情報の全国的な共有化モデル形成とそれを基礎とした地域学創出を研究目的とする。

人文学研究科の奥村を中心としたこの分野の研究は、平成21年度～25年度科学研究費(基盤S)「大規模自然災害時の史料保全論を基礎とした地域歴史資料学の構築」、平成25年度～29年度「災害文化形成を担う地域歴史資料学の確立」(基盤S)に採択され、さらに大学共同利用機関法人人間文化研究機構は、第3期中期目標、中期計画の研究についての重点目標として、新たに大学等との共同研究を展開する「広領域連携型基幹研究プロジェクト」3部門を本年度から開始し、その内の一つである「日本列島における地域社会変貌・災害からの地域文化再構築」プロジェクトについては、本研究と立ち上げから関係するものである。

人文学研究科は、2016年に人間文化研究機構に属する国立歴史民俗博物館と、このような研究を具体化する「総合資料学の創成と日本歴史文化に関する研究資源の共同利用基盤構築」を相互に協力して推進することで合意し協定を結び、国立民族学博物館とは、地域に存在する地域歴史文化資料の発見、保全、活用していく学術的なプロセスを明らかにし、それを地域歴史文化遺産として社会的に価値づける教育研究を進めることで協定を締結した。

これまで大学及び人文系研究機関における全国的な人文系学術情報共有のプラットフォームは、存在しなかった。これを人間文化研究機構と共同し、さらに国立博物館や国立文化財研究所を統括する国立文化財研究機構とも協力して構築していくことは、この分野において、日本ではじめての取組であり、広く人文諸科学の国立研究機関と大学間のプラットフォーム構築の基盤となるものである。本学は、開学以来、神戸開港以来の膨大な国際的、地域的な資料を蓄積しており、さらに阪神・淡路大震災等、災害資料の体系的収集とそのための文理融合研究、地域社会における資料活用研究とその人文学的な社会実装研究を展開してきた。その蓄積を活かし、研究を展開するものである。

## 3. 研究成果の概要

<令和1年度>

①本プロジェクトは、2018年1月に、本学・東北大学・人間文化研究機構(基盤機関：国立歴史民俗博物館)の三者で、「歴史文化資料保全の大学・共同利用機関ネットワーク事業」(略称：歴史資料保全NW事業)についての連携協定を基礎にしている。この事業は、歴史文化資料保全およびそのた

めの全国的な相互支援体制の構築等を主な目的としており、本学では、人文学研究科が事業の主導機関であり、本プロジェクトはそこでの基礎研究をすすめている。また、本プロジェクトの研究成果を地域社会での具体的に実践する歴史資料ネットワークの代表として奥村弘は、歴史資料ネットワークの代表として実践的研究を展開し、東日本大震災で被災した史料のクリーニングや撮影を行った貢献が評価され、文化遺産の継承に多大な貢献をした個人・団体を顕彰する「第13回読売あをによし賞」（読売新聞社主催）の特別賞を2019年5月に受賞した。また本プロジェクトは、2019年に採択された科学研究費補助金（特別推進研究）「地域歴史資料学を機軸とした災害列島における地域存続のための地域歴史文化の創成」の内容を、文理融合的な観点から強化する役割を持ち、採択にも大きな役割を果たした。

② 2019年10月24日、Vrije Universiteit Brussel（ベルギー・ブリュッセル）での神戸大学主催のThe 10th Anniversary Kobe University Brussels European Centre Symposium “Open Science, Evolving Societies: New Horizons For EU-Japan Research”の歴史文化遺産についてのワークショップを担当した。その成果として、ハンガリーエルテ大学、ハンガリー国立歴史博物館、イーストアングリア大学、国立歴史民俗博物館、神戸大学との歴史文化遺産の保全と活用についての相互協力協定の締結についての取り組みが進められ、2020年度に締結されることとなった。③ 先端融合研究環「未来世紀都市学研究ユニット」と連携して、文理融合型研究展開のため以下の研究を進めた。2019年台風19号では、水損した近代和紙製史料が放置され大量のカビが発生した。湿潤程度にばらつきのある水損資料を一度に殺菌するためガンマ線照射による殺菌についての実践的研究をすすめた。結論としては、事前・事後に採取したカビ試料は10kGy以上のガンマ線照射によって不活化されていることが培養により確認され、所期の目的を達することができた。今後、歴史文化遺産保全の現場での活用について検討を深めていきたい。

#### <令和2年度、3年度>

令和2年度と3年度は、地域学創出については、コロナ渦にあって、実践的な研究は極めた困難であったが、2020年12月19日の地域連携協議会を「古文書を読む、楽しむ、活かすーコロナ禍の中で考えるー」をテーマに、初のオンラインで開催、県内を中心に参加者は39機関89名となり、コロナウイルス感染症が地域に拡大していく中で、地域学の実践的な展開について議論を深めるとともに、参加団体が地域で具体的な活動を行うための指針をしめすことができた。また、県内の自治体を中心とした約30の個別事業について、地域学創出のための分析を行い、その成果を神戸大学大学院人文学研究科地域連携センターの2020（令和2）年度の「歴史文化に基礎をおいた地域社会形成のための自治体等との連携事業報告書」として集約した。さらに研究内容の全国的な発信を、2020年11月29日（日）地域歴史文化フォーラム福島「東日本大震災・原発事故の記録・記憶を伝えるーふくしまの史料保全活動の10年ー」、2021年2月20・21日「第7回全国史料ネット研究交流集会」（歴史資料保全NW事業主催、オンライン開催）において進めた。さらに2021年11月13日に、地域歴史文化フォーラム福島で延期していた福島県内アーカイブ施設等現地見学会を開催し、原子力災害を地域の歴史の中に組み込み、記憶の継承を進める取り組みについて、知見を深めた。また日本学術会議史学委員会文化財部会及び、復興モニタリング会議で奥村がこれまでの研究の成果を代表して、2021年11月、12月に報告した。なお今年度の地域学創出のための総合シンポジウムを人文学研究科地域連携センターの2021年度地域連携協議会のシンポジウム（2021年1月29日）で総括的に議論する予定である。

国際的には、5月に神戸大学大学院人文学研究科・ハンガリーエルテ大学・イーストアングリア大

学・国立歴史民俗博物館・ハンガリー国立博物館との歴史文化遺産についての共同研究の協定が締結され、国際的なプラットフォームが形成された。その一環として、欧州委員会が2018年に作成した報告書”Innovation in Cultural Heritage Research-For an integrated European Research Policy”

(仮訳「文化遺産研究の最前線—統合的応酬研究政策のために」)の翻訳・研究を進め、その翻訳草稿を完成し、報告書として刊行した。2021年10月20日には、この成果を基礎に「EU—日本の歴史と文化遺産に関する研究会」を開催し、同報告書の主執筆者であるハンガリーエルテ大学のションコイ教授とZoomによる国際研究会を開催し、その内容をさらに深めた。11月4日には東京国立博物館において行われた世界博物館会議博物館防災国際委員会の第1回年次大会で奥村が基調報告を行い、本研究の成果を発表した。さらに国際会議としては、2021年12月14日、15日にZoomで行われたユネスコによる国際会議「アジア太平洋地域における文化財防災の現状と課題」に奥村が主コーディネーターとして参加、本研究による知見を紹介した。

このほか、神戸市が若手研究者の研究活動を補助する「大学発アーバンイノベーション神戸」事業において、地域連携センターでの本研究を基盤として神戸市での歴史文化遺産の保存活用を主題とした申請が2件採択され、研究を展開している。

② 人文情報の分離融合研究の分野では、災害時の文化遺産の保存のための情報共有手法の開発をすすめ、今年度は、先に記載した第10回被災地図書館との震災資料の収集・公開に係わる情報交換会や、中播磨地域で行われた2020年9月7日「兵庫県文化財防災研修会」において、文化財専門職員に対する報告として集約し、一昨年度に比べ、より地域の実情に即した内容に更改した(なお2021年10月22日にも阪神地区を対象として文化財防災研修会を開催した)。またその成果を、科学研究費助成事業・特別推進研究「地域歴史資料学を基軸とした災害列島における地域存続のための地域歴史文化の創成」と連携した研究会(2021年2月22日 第10回被災地図書館との震災資料の収集・公開に係わる情報交換会、2021年3月20日地域歴史資料継承領域オンラインシンポジウム等)に反映させた。さらにサンテレビと協力して、阪神・淡路大震災のテレビ映像を研究資料として保存公開していくための研究会を3度にわたって行い、その一部は附属図書館震災文庫において公開されることとなった。2021年度はその成果の上に、2021年7月2日、地域再生や防災・減災研究の推進のため、神戸大学とサンテレビが連携協定を締結した。この協定に基づき、人文学研究科地域連携センター・震災文庫・サンテレビの連携による震災映像デジタルアーカイブと方法論のモデル構築のための研究会を、現在、月一度のペースで開催しており、その成果を2022年2月にシンポジウムを行い、東日本大震災被災地の図書館等と議論を展開することを予定している。

さらに国立歴史民俗博物館の情報部門と共同研究を進め、新たなデジタル歴史資料保存公開システム(麒麟C)のプロトタイプを完成、国立歴史博物館のサーバーから、関係者内での閲覧が可能となった。この成果については、神戸大学、東北大学、国立歴史民俗博物館が基幹となって展開している歴史資料保全ネットワーク事業が主催する2021年3月28日「地域歴史文化大学フォーラム」において、その内容が報告された。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

本プロジェクトは、本学・東北大学・人間文化研究機構(基盤機関：国立歴史民俗博物館)の三者での、「歴史文化資料保全の大学・共同利用機関ネットワーク事業」(略称：歴史資料保全NW事業)についての連携協定を基礎にしている。同プロジェクトは2021年度に終了するが、2022年度からさらに6年間規模を拡大して行われることが、人間文化研究機構において予定されている。また

本プロジェクトを基礎として、2019年に採択された科学研究費補助金（特別推進研究）「地域歴史資料学を機軸とした災害列島における地域存続のための地域歴史文化の創成」が進行中であり、2021年度に行われた中間評価でA評価を受けており、その展開が、日本の学術研究において強く期待されている。本研究は、日本の地域社会の歴史文化を人文科学と自然科学の両領域から得られて知見によって、継続発展させていくものとして、自治体や地域社会から期待されている。また国際的にも同分野の研究を先導し、文化財行政担当者や博物館等から強く期待されている。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 13 人（分担者 5 人、学内参画者 3 人、学外参画者 4 人、国外参画者 0 人）

令和2年度 14 人（分担者 4 人、学内参画者 5 人、学外参画者 4 人、国外参画者 0 人）

令和3年度 13 人（分担者 4 人、学内参画者 4 人、学外参画者 4 人、国外参画者 0 人）

### (2) 運営経費

令和元年度 400 千円

令和2年度 451,600 円

令和3年度 523 千円

### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 千円

令和2年度 0 件、0 千円

令和3年度 0 件、0 千円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 4 編（内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和2年度 6 編（内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和3年度 6 編（内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編）

#### 主たる論文リスト

論文名：東日本大震災の被災地における記憶の街ワークショップの手法の変遷—模型制作を通じた被災前の地域空間の復元手法に関する研究(その1)（共著）

著者名：磯村和樹、友渕貴之、槻橋修

掲載誌，巻，ページ：日本建築学会計画系論文集，84 巻 764 号，pp. 2139-2149，2019 年

論文名：歴史系博物館の可能性—国立歴史民俗博物館での経験から—

著者名：久留島浩

掲載誌，巻，ページ：市大日本史，22 号，pp. 1-24，2019 年

論文名：第 24 回情報知識学フォーラム予稿 持続可能な地域資料のためのデータ化・オープン化を考

える

著者名：後藤真

掲載誌，巻，ページ：情報知識学会誌，29 巻 4 号，pp. 309-314，2019 年

論文名：インタビューシリーズ 歴史研究の隣人たち—第 1 回 家じまいアドバイザー®屋宜明彦さん

著者名：屋宜明彦，市沢哲，井上舞，木村修二，古市晃

掲載誌，巻，ページ：LINK【地域・大学・文化】，11 号，pp. 63-88，2019 年

論文名：歴史資料ネットワーク発足二五年—続発する大規模水害の中での保全活動の展開—

著者名：奥村弘・小野塚航一

掲載誌，巻，ページ：日本史研究，699 号、pp. 48-58，2020 年

論文名：国家形成史研究の方法と課題：仁藤敦史氏の批判に寄せて

著者名：古市晃

掲載誌，巻，ページ：歴史科学，242 号、pp. 5-8，2020 年

論文名：地域文化の活用を目指して

著者名：日高真吾

掲載誌，巻，ページ：民具研究，161 号，pp. 43-54，2020 年

論文名：災害と地域文化—研究者が果たす役割

著者名：日高真吾

掲載誌，巻，ページ：民俗藝術学会誌 arts/，vol. 36，pp. 42-45，2020 年

論文名：襖・屏風下張り文書の保全と活用—住民参加型事例を中心に 小特集にあたって

著者名：松下正和

掲載誌，巻，ページ：LINK【地域・大学・文化】，12 号，pp. 72-76，2020 年

論文名：文献史料から見た播磨の秦氏

著者名：古市晃

掲載誌，巻，ページ：歴史と神戸，59 巻 6 号，pp. 1-13，2020 年

論文名：コロナ禍における地域資料の調査と情報共有・公開—岩手県奥州市を事例として

著者名：堀井美里，小川歩美，寺尾承子，堀井洋，高橋和孝，野坂晃平，川邊咲子，後藤真

掲載誌，巻，ページ：情報知識学会誌，30 巻 4 号，pp. 477-480，2021 年

論文名：史料ネットによる水損写真資料の保全・応急処置—「思い出」をレスキューするために

著者名：松下正和

掲載誌，巻，ページ：日本写真学会誌，84 巻 2 号，pp. 72-79，2021 年



論文名：大阪府北部を震源とする地震で被災した国立民族学博物館の復旧活動—展示場・図書室を中心に

著者名：日高真吾

掲載誌，巻，ページ：日本写真学会誌，84 巻 2 号，pp. 96-103，2021 年

論文名：新自由主義時代の博物館と文化財 コロナ禍と博物館（2）：新型コロナウイルス蔓延下における博物館の諸活動と今後—オンライン・現代資料・パブリック

著者名：後藤真

掲載誌，巻，ページ：日本史研究，706 号，pp. 60-73，2021 年

論文名：「歴史と向き合う」ということ

著者名：久留島浩

掲載誌，巻，ページ：宮城歴史科学研究，86・87 号，pp. 1-31，2021 年

論文名：東日本大震災復興十年の被災地における住民の生活復興意識調査—統合結果と考察

著者名：北後明彦，金子由芳，本荘雄一，豊田利久，塩見有美，ピニェイロ アベウ タイチ コンノ，イエガネ ゲゼール

掲載誌，巻，ページ：国際協力論集，29 巻 1 号，pp. 1-49，2021 年

(2) 著書数：12 冊

著書：歴史学研究会編『歴史を未来につなぐ「3・11 からの歴史学」の射程』（共著）、「大規模自然災害時の歴史研究者と大学の役割」

著者名：奥村弘

ページ：pp. 70-87

発行所，発行年：東京大学出版会，2019 年

著書：新修神戸市史 生活文化編（共著）

著者名：奥村弘

総ページ数：1162

発行所，発行年：神戸市，2020 年

著書：白石太一郎先生傘寿記念論文集編集委員会編『古墳と国家形成期の諸問題』（共著）、「ニホツヒメ・住吉大神伝承と紀伊・播磨」

著者名：古市晃

ページ：pp. 223-228

発行所，発行年：山川出版社，2019 年

著書：古田亮編『教養の日本美術史』（共著）、「平安の日本美術」

著者名：増記隆介

発行所，発行年：ミネルヴァ書房，2019 年

著書：佐藤孝之、三村昌司編『近世・近現代文書の保存・管理の歴史』（共著）、「デジタルアーカイブから見る文書」

著者名：後藤真

ページ：pp. 319-326

発行所，発行年：勉誠出版，2019 年

著書：菅豊、北條勝貴編『パブリックヒストリー入門—開かれた歴史学への挑戦』（共著）、「歴史のデータは誰のものか」

著者名：後藤真

ページ：pp. 372-387

発行所，発行年：勉誠出版，2019 年

著書：地域文化を保存する実践者の視点から（共著）

著者名：日高真吾

総ページ数：242

発行所，発行年：Knit-K，2019 年

著書：佐藤信編『古代史講義【宮都編】』（ちくま新書）（共著）、「大津宮—滋賀の都の実像」

著者名：古市晃

ページ：pp. 47-62

発行所，発行年：筑摩書房，2020 年

著書：大阪市立大学難波宮研究会編『難波宮と大化改新』（共著）、「難波屯倉の成立と凡河内直氏」

著者名：古市晃

ページ：pp. 39-55

発行所，発行年：和泉書院，2020 年

著書：日本高麗浪漫学会（監修），須田勉（編），荒井秀規（編）『古代日本と渡来系移民—百済都と高麗郡の成立』（共著）、「摂津国百済郡をめぐる諸問題」

著者名：古市晃

ページ：pp. 33-48

発行所，発行年：高志書院，2021 年

著書：被災地図書館との震災資料の収集・公開に係る情報交換会報告書

著者名：奥村弘他

総ページ数：38

発行所，発行年：神戸大学大学院人文学研究科，2021 年

著書：倭国 古代国家への道（講談社現代新書）

著者名：古市晃

総ページ数：288

発行所，発行年：講談社，2021 年

(3) 特許出願数：0 件

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 135,248 千円

令和2年度 113,698 千円

令和3年度 118,865 千円

### (2) 受賞： 2 件

主たる受賞リスト

2019 年 5 月 「第 13 回読売あをによし賞」（読売新聞社主催）特別賞

2021 年 12 月 明石市文化功労者

### (3) 研究集会の開催 74（内国際研究集会 3 件）

主たる研究集会リスト

- ・2020 年 7 月 4 日 「シンポジウム：デジタル・ヒューマニティーズと歴史学（リモート）」
- ・2020 年 9 月 7 日 人文学研究科地域連携センター主催 兵庫県文化遺産防災研修会：播磨地域（兵庫県福崎町）
- ・2020 年 11 月 29 日 地域歴史文化フォーラム福島「東日本大震災・原発事故の記憶・記録を伝える—ふくしまの資料保全活動の 10 年—」（リモート）
- ・2020 年 12 月 19 日 人文学研究科第 19 回歴史文化をめぐる地域連携協議会（オンライン開催）
- ・2021 年 2 月 14 日 第 10 回被災地図書館との震災資料の収集・公開に係わる情報交換会（オンライン開催）
- ・2021 年 3 月 20 日 「シンポジウム：地域横断型の歴史文化継承～大学・自治体・地域住民等による連携事例～」（オンライン）
- ・2021 年 5 月 1 日 被災文化財を通じた地域文化の継承モデル—博物館の視点から—
- ・2021 年 7 月 4 日 地域歴史継承領域研究会「「統合型」博物館と住民参画—阪神間の事例—」（オンライン）
- ・2021 年 8 月 21 日 地域歴史資料継承領域研究会「「家」「すまい」の現在を考える—地域歴史遺産の「器」の現在—」（リモート）
- ・2021 年 10 月 20 日 EU—日本の歴史と文化遺産に関する研究会（オンライン 国際会議）
- ・2021 年 10 月 22 日 兵庫県文化遺産防災研修会：神戸市・阪神地域（リモート）
- ・2021 年 11 月 23 日 地域歴史資料継承領域研究会「歴史教育と地域社会—地域歴史資料の「活用」

のあり方―」(リモート)

- ・2021年11月27日 地域歴史文化フォーラム愛媛「安政・昭和南海地震の新研究」(リモート)
- ・2021年11月28日 災害文化と地域社会形成史研究会「岡山県高梁川流域の災害と地域社会」
- ・2021年12月5日 地域歴史文化大学フォーラム「地域歴史文化の継承と大学教育―神戸大学の取り組みから―」(リモート)
- ・2022年1月22日 災害文化と地域社会形成史研究会 テーマ「災害・疫病と地域社会」

#### 4) その他特記事項

なし

# 最終報告書

(2019 (令和元) 年度～2021 (令和3) 年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：移住・多文化・福祉政策に関する国際的研究拠点の形成

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：国際文化学研究科・文化関連専攻・坂井 一成

## 2. 研究目的

現代社会では《移住の活発化》によって受入社会の社会的・政治的・経済的不安定が引き起こされ、《多文化化》の進行によって地域コミュニティが分断される一方、多文化化が福祉的再分配に必要な国民の連帯感を浸食し《福祉国家》そのものを揺るがしつつあると危惧されている。これら3つの社会変動は、少子高齢化という人口動態と相まって、先進社会の安定性と維持をおびやかす、移住者やその家族の人権と福祉に関する深刻な懸念を突きつけている。課題適切に対応するためには、国内レベルの共同研究にとどまらず、送出社会と受入社会の双方を包摂する国際的な研究ネットワークによる迅速な共同調査・討議が必要であった。この国際共同研究のハブとして、グローバルな「人の移動」に関する研究センターを本学に設立し、恒常的かつ世界水準の国際的な学術研究活動を推進することを目指した。

## 3. 研究成果の概要

研究領域を、①移住者にとっての境界線と人権、②移民をめぐるガバナンス、③国境を越える親密性／公共性、④多文化主義のローカル化とナショナリズム、⑤移民と統合のための文化政策、⑥移民動態と文化適応の6つに区分し、有機的に連携を図りながら、国内の主要研究機関のみならず、EU、アジアの海外の研究拠点大学と緊密に連携しつつ、現代の大規模な「人の移動」が世界各地で惹起している諸課題に関して共同研究に取り組んだ。世界各地で(並びにコロナ禍にあってはオンラインで)国際ワークショップを毎年開催し、相互の研究発表と共同討議を通じて、「日本、EU、アジア等の現代社会が、グローバル化と移住の活発化のもとで、持続的かつ安全な生活圏を構築するには、いかなる知見と政策が必要か」という課題を追究した。

## 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

各メンバーが国内外の研究協力者との連携を広げながら、国際共著論文を含めて成果を発信してきた。とくに Routledge 社から研究叢書‘Global Perspectives on Migration and Multiculturalisation’として成果を刊行することで、広く国内外に発信するとなった。2022 年刊行予定の Volume 1 *What do borders and human rights mean for migrants?*, Volume 2 *Migration Governance in Asia - a Multi-level Analysis* を端緒に、順次刊行していく。

また今後は、2021 年に採択された日本学術振興会・課題設定による先導的人文学・社会科学研究推進事業(学術知共創プログラム)「移住・移民の常態化を前提とする持続的多文化共生社会の構築」

(2021-2026 年度)において、移民の「常態化」のなかでの共生社会の構築のための諸課題の克服について、人文社会科学と自然科学との連携を通じて推進していく。2022 年 4 月に国際文化学研究科に発足する国際文化学研究推進インスティテュート「移住・移民文化研究センター」が、その研究推

進のハブの役割を担うこととなる。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

2019（令和元）年度 26 人（分担者 6 人、学内参画者 7 人、学外参画者 3 人、国外参画者 9 人）

2020（令和2）年度 25 人（分担者 5 人、学内参画者 7 人、学外参画者 3 人、国外参画者 9 人）

2021（令和3）年度 24 人（分担者 5 人、学内参画者 5 人、学外参画者 4 人、国外参画者 9 人）

### (2) 運営経費

2019（令和元）年度 400 千円

2020（令和2）年度 451,600 円

2021（令和3）年度 523 千円

### (3) ワークショップ、研究会経費

2019（令和元）年度 1 件、375 千円

2020（令和2）年度 1 件、242 千円

2021（令和3）年度 0 件、0 千円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

2019（令和元）年度 9 編（内国際共著論文 3 編、内 TOP10%論文 0 編）

2020（令和2）年度 8 編（内国際共著論文 1 編、内 TOP10%論文 0 編）

2021（令和3）年度 4 編（内国際共著論文 2 編、内 TOP10%論文 0 編）

主たる論文リスト

1. Kazunari Sakai & Gilles Ferragu,（国際共著）“France’s Strategy on Migration Issues in the Mediterranean,” *International Relations and Diplomacy*, February 2020, Vol. 8, No.02, doi: 10.17265/2328-2134/2020.02.001.
2. Tetsu Sakurai, “The Borders of Law,” in H. Takikawa ed. *Rule of Law and Democracy (Archiv für Rechts- und Sozialphilosophie Beiheft 161)*, Stuttgart: Franz Steiner, pp.41-57. 2020.
3. Mauro Zamboni, “The Positioning of the Supreme Courts in Sweden: An Oddity for Democracy?” *European Constitutional Law Review*, issue 3, 2019.
4. Mauro Zamboni, “Law-making in the face of the Migration Crisis: to find the best Legislative Policy (the Swedish Case),” *The Journal of Legislative Studies*, 2019.
5. Joshua Kassner, “An Essay in Defense of a Republican Understanding of the Relationship between Law and Liberty” in *The Value and Purpose of Law: Essays in Honor of M.N.S. Sellers*, (Stuttgart, Germany: Franz Steiner Verlag, 2019), pp. 57-76.
6. Kevin Ip, “Selecting Immigrants in an Unjust World.” *Political Studies*. (Published online 4 April 2019). DOI: <https://doi.org/10.1177/0032321719833885>
7. Kaoru Aoyama, ‘Researchers and Gatekeepers in Participatory Action Research in Japan’s Sex Industry’, in Dewey, Susan, Crowhurst, Isabel, Izugbara, Chimaraoke eds., *Routledge International Handbook of Sex*

*Industry Research*, Routledge, pp. 90-101 in 620, 2019.

8. Ya-Han Chuang and Hélène Le Bail, (国際共著) ‘How marginality leads to inclusion: insights from mobilizations of Chinese female migrants in Paris’, *Ethnic and Racial Studies*, DOI: 10.1080/01419870.2019.1572907, 2019.
9. Kanchana Tangchonlatip, Berit Ingersoll-Dayton and Sureeporn Punpuing, (国際共著) ‘Conflict in Skipped Generation Households in Thailand’, *The International Journal of Aging and Human Development*, DOI: 10.1177/0091415019871209, 2019.
10. Chen, Ting, et Hélène Le Bail (国際共著) “Créer des liens pour lutter contre l’isolement et les violences. Mobilisation de femmes chinoises migrantes se prostituant à Paris,” *Hommes & Migrations*, vol.1331, no.4, pp.67-73, 2020.
11. 青山薫「十三の中国エステで働くということ」崔博憲・伊藤泰郎編著『日本で働く——外国人労働者の視点から』所収、399-412 ページ、松籟社、2021 年。
12. Kumada, Yoko, “Bodies of Onna-no-ko: The Case of a Sex Establishment in Tokyo, Japan,” in Holca, Irina, Tamas, Carmen Sapunaru eds., *Forms of the Body in Contemporary Japanese Society, Literature, and Culture*, Lexington Books, pp.273-288, May 2020.
13. 太田和宏「東南アジアにおける新型コロナ対応と地域秩序」『アジア・アフリカ研究』第 61 巻第 1 号、2021 年 2 月。
14. 関根由紀「ソーシャル・ヨーロッパの行方-人の移動の自由と社会保護のジレンマ」吉井昌彦(編)『EU の回復力』勁草書房、2021 年 3 月、26-43 ページ。
15. 坂井一成「移民難民危機と EU の回復力～新しい連帯の模」吉井昌彦(編)『EU の回復力』勁草書房、2021 年 3 月、93-110 ページ。
16. 吉井昌彦「2010 年代の EU の揺らぎと回復力-域内南北経済格差の観点から」吉井昌彦(編)『EU の回復力』勁草書房、2021 年 3 月、26-43 ページ。
17. 井上弘貴「共和党の「トランプ化」に歯止めはかかるか」『国際問題』2021 年 6 月、33-40 ページ。
18. Pierre-William Fregonese and Kazunari Sakai (国際共著) “French Cultural Strategy and the Japanese Paradigm: How to Seduce in International Relations in the 21st Century?” *Alternative Francophone*, Vol.2, No.9, April 2021, pp.6-22, DOI : <https://doi.org/10.29173/af29420>. (WOS 論文)
19. 坂井一成『影響力ある外交』を模索するフランスの文化外交』『国際文化学研究』第 56 号、2021 年 7 月、159-171 頁。
20. Kazunari Sakai and Olivier Chopin (国際共著) “Diversification of Security and Possibilities for “Cultural Security”: Focusing on the Cases of the EU and France,” *International Relations and Diplomacy*, Vol.9, No.7, December 2021.

(2) 著書数： 5 冊

主たる著書リスト

1. Frederik von Harbou and Jekaterina Markow eds. *Philosophie des Migrationsrechts*, Mohr Siebeck, 2020. 444 pp.
2. 小笠原博毅・鋤柄史子(編)(国際共著)『Materialism of Archive 記録のマテリアリズム-A Dialogue on Movement / Migration and Things Between Japanese and Mexican Researchers ? —移動／移民とモノをめぐる日墨研究者による対話—』神戸大学出版会、2021 年 3 月、全 128 ページ。

3. 吉井昌彦(編)『EUの回復力』勁草書房、2021年3月、全254ページ。
4. 日下渉(編)『東南アジアと「LGBT」の政治：性的少数者をめぐって何が争われているのか』明石書店、2021年4月。
5. Kazunari Sakai and Noemi Lanna, eds., *Migration Governance in Asia: A Multi-level Analysis*, Routledge, February 2022.

(3) 特許出願数：0件

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

2019（令和元）年度 41,079 千円  
2020（令和2）年度 16,109 千円  
2021（令和3）年度 6,136 千円

### (2) 受賞： 0件

### (3) 研究集会の開催 7件（内国際研究集会 4件）

主たる研究集会リスト

研究集会名：グローバル・ガバナンス学会第12回研究大会

主催団体：グローバル・ガバナンス学会、神戸大学国際文化学研究推進センター

開催日：2019年5月11日-12日

場所：神戸大学

研究集会名：JSPS 研究拠点形成事業「コミュニティの再生を目指す移住・多文化・福祉政策の研究拠点形成」2019 ナポリ・セミナー

開催日：2019年9月18日-19日

場所：ナポリ東洋大学

研究集会名：JSPS 研究拠点形成事業「コミュニティの再生を目指す移住・多文化・福祉政策の研究拠点形成」2020 神戸セミナー

開催日：2020年2月13日

場所：神戸大学

研究集会名：「零れ落ちる声たちのために—いまこの世界で「書く」ということ」

主催団体：神戸大学国際文化学研究推進センター

開催日：2020年12月4日

場所：神戸大学梅田インテリジェントラボラトリ（オンラインでも配信）

研究集会名：JSPS 研究拠点形成事業「コミュニティの再生を目指す移住・多文化・福祉政策の研究拠点形成」2021 神戸セミナー



開催日：2021年2月16日-17日

場所：神戸大学を拠点にオンライン開催

研究集会名：JSPS 課題設定による先導的人文学・社会科学研究推進事業（学術知共創プログラム）  
「移住・移民の常態化を前提とする持続的多文化共生社会の構築」キックオフセミナー

開催日：2021年11月12日

場所：神戸大学を拠点にオンライン開催

研究集会名：JSPS 研究拠点形成事業「コミュニティの再生を目指す移住・多文化・福祉政策の研究  
拠点形成」2022 神戸セミナー

開催日：2022年2月15日

場所：神戸大学を拠点にオンライン開催

#### (4) その他特記事項

##### 1. 招待講演

Kaoru Aoyama, 'Sex Workers and the Right Approach: the International Legal Framework' at Intersections:Global Dialogue on Gender, Development & Social Justice, Gender and Development Studies Program, Asian Institute of Technology, Thailand (Online), 9th November 2020

##### 2. 招待講演

Kaoru Aoyama, 'Sex Marriage and Other Contracts' at Podcast production of the Lion's Share, PPE Society, King's College, London, UK (Online), with Shrage, Laurie and Friedman, David, 11th February 2021

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：市場経済の持続的成長可能性に関する研究

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：経済学研究科経済学専攻・羽森 茂之

## 2. 研究目的

伝統的な経済学では、経済の成長が人々の豊かさの源泉であると考えられ、経済成長は優先順位の高い政策課題とされてきた。しかし、現在の世界は、経済成長を妨げる様々な諸問題・諸制約に直面し、こうした経済成長の持続可能性に対して大きな疑問符が投げかけられている。

第1に、自然災害・パンデミック・金融危機などの対外的なリスクにさらされている。具体的には、地震津波による経済への甚大な被害、新型インフルエンザや伝染病等による影響、リーマンショックや欧州債務危機等の影響、等があげられる。特に、経済のグローバル化に伴い各国の経済的なつながりは極めて密接なものとなっており、これらの諸問題は重要な検討課題となっている。

第2に、食料・環境等の制約条件が存在する。途上国における人口増加は食料・水・エネルギーなどの不足問題を引き起こし、さらに中国をはじめとする新興国の工業化に伴う環境の悪化は深刻な問題となっている。

第3に、人口・産業の集積と負荷の問題が存在する。一部の都市への人口・産業の集積は、一方では、産業集積を生み出す経済発展の主要エンジンとしての正の側面が存在するが、数多くの負の側面も存在する。

本研究プロジェクトは、このような制約のもとで、「如何にして持続的な経済成長を成し遂げるのか？」という問題について、経済学の研究者と情報工学の研究者とがお互いに協力をして、データサイエンス的アプローチをもとに、プロジェクトを遂行することを目的としている。社会分析力に優れた経済学とデータを扱う技術力に優れた情報工学の英知に基づく「情報の可視化」と「可視化された情報に基づく価値創造」は時代の要請の高い重要な研究課題であり、本研究プロジェクトの大きな特徴である。

## 3. 研究成果の概要

本研究プロジェクトでは、「市場経済の持続的成長可能性に関する研究」という共通テーマのもと、研究統括者・研究分担者が研究参画者と協力をしながら、下記のテーマを中心とした関連課題に精力的に取り組んできた。

- ・ 環境・エネルギー問題に関する持続的成長可能性の観点からの分析。
- ・ 人口及び食料問題に関する持続的成長可能性の観点からの分析。
- ・ 発展途上国の貧困・格差の問題に関する持続的成長可能性の観点からの分析。
- ・ 金融リスクに代表される外的ショックに対するリスクの視覚化とそれを用いた経済分析。

研究プロジェクトのアウトプットとして、国際カンファレンスでの研究報告、国際学術専門誌へ

の論文発表、英文研究書の出版、等を通じた国際的な情報発信を積極的に行ってきた。また、海外の研究者の招聘等を通じた国際的ネットワークの構築等にも精力的に取り組んできた。その結果、海外でも注目を集める国際的な研究プロジェクトとして大きな成長を遂げることができた。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

これまでの研究プロジェクトの成果をもとに、今後は、それぞれの教員が社会との連携を積極的に推進するとともに、アカデミックな分野における一層の貢献を果たしていく予定である。特に、金融ハザードマップの構築、資産価格変動の予測モデルの構築、ポートフォリオマネージメントのための高次モーメントの利用、各種資産市場市場間の相互依存関係に関する分析の貢献は、社会的意義も大きく、今後のさらなる発展が期待される。さらに、海外の諸大学との連携を強め、数多くの国際共同研究を行ってきたことは、今後の神戸大学の国際連携における一助となることと思われる。

#### 5. 構成員 及び 学内支援

##### (1) 構成員数

令和元年度 19 人（分担者 6 人、学内参画者 6 人、学外参画者 1 人、国外参画者 5 人）

令和2年度 17 人（分担者 5 人、学内参画者 5 人、学外参画者 1 人、国外参画者 5 人）

令和3年度 17 人（分担者 5 人、学内参画者 5 人、学外参画者 1 人、国外参画者 5 人）

##### (2) 運営経費

令和元年度 400 千円

令和2年度 451,600 円

令和3年度 400 千円

##### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 1 件、375 千円

令和2年度 1 件、500 千円

令和3年度 1 件、500 千円

#### 6. 研究成果の状況等

##### (1) 論文

令和元年度 45 編（内国際共著論文 24 編、内 TOP10%論文 4 編）

令和2年度 34 編（内国際共著論文 27 編、内 TOP10%論文 1 編）

令和3年度 21 編（内国際共著論文 23 編、内 TOP10%論文 3 編）

##### 主たる論文リスト

1. Hamori, S., Motegi, K., and Zhang, Z. (2019) Calibration estimation of semiparametric copula models with data missing at random, Journal of Multivariate Analysis, Vol. 173, pp.85-109.
2. Tanaka, K., Higashide, T., Kinkyo, T., and Hamori, S. (2019) Analyzing industry-level vulnerability by predicting financial bankruptcy, Economic Inquiry, Vol/57 (4), pp. 2017-2034.

3. Yasuda, K., Kinugasa, T. and Hamori, S. (2019) An Empirical Analysis of Marital Status in Japan, *Singapore Economic Review*, Vol.64, No.03, pp.773-798.
4. Mai Miyamoto and Kenji Takeuchi (2019) Climate agreement and technology diffusion: Impact of the Kyoto Protocol on international patent applications for renewable energy technologies, *Energy Policy*, Vol. 129, pp. 1331-1338
5. Frank Adusah-Poku and Kenji Takeuchi (2019) Household energy expenditure in Ghana: A double-hurdle model approach, *World Development*, Vol. 117, pp. 266-277
6. Yimeng Du and Kenji Takeuchi (2020) Does a small difference make a difference? Impact of feed-in tariff on renewable power generation in China, *Energy Economics*, Volume 87, #104710
7. Eric Ghysels, Jonathan B.Hill, and Kaiji Motegi (2020) Testing a large set of zero restrictions in regression models, with an application to mixed frequency Granger causality, *Journal of Econometrics*, vol. 218, pp. 633-654.
8. Tamotsu Nakamura, (2020) On the long-run wealth distribution in a simple Ramsey model with heterogeneous households, *Economic Modelling*, Vol. 84, pp.177-180
9. Xiao Jing Cai, Zheng Fang, Youngho Chang, Shuairu Tian & Shigeyuki Hamori (2020) Co-movements in commodity markets and implications in diversification benefits, *Empirical Economics*, 58(2), pp.393-425.
10. Kaiji Motegi, Xiaojing Cai, Shigeyuki Hamori, and Heifeng Xu (2020) Moving average threshold heterogeneous autoregressive (MAT-HAR) models, *Journal of Forecasting*, 39(7), pp.1035-1042.
11. Shigeyuki Hamori, Kaiji Motegi, and Zheng Zhang (2020) Copula-based regression models with data missing at random, *Journal of Multivariate Analysis*, 180, #104654.
12. Jonathan B. Hill and Kaiji Motegi (2020) A max-correlation white noise test for weakly dependent time series, *Econometric Theory*, vol. 36, pp. 907-960.
13. Takuji Kinkyo (2029) Time-frequency dynamics of exchange rates in East Asia, *Research in International Business and Finance*, Vol. 52, #101174
14. Wenting Zhang and Shigeyuki Hamori (2021) Crude oil market and stock markets during the COVID-19 pandemic: Evidence from the US, Japan, and Germany, *International Review of Financial Analysis*, 74, 101702.
15. Xie He and Shigeyuki Hamori (2021) Is volatility spillover enough for investor decisions? A new viewpoint from higher moments, *Journal of International Money and Finance*, 116, # 102412.
16. Tiantian Liu, Tadahiro Nakajima, and Shigeyuki Hamori (2021) The Impact of Economic Uncertainty Caused by COVID-19 on Renewable Energy Stocks, *Empirical Economics*.
17. Wang Chen, Zhiwen Zhang, Shigeyuki Hamori, and Takuji Kinkyo (2021) Not all bank systemic risks are alike: Deposit insurance and bank risk revisited, *International Review of Financial Analysis*, 77, #101855.
18. Jin Shang and Shigeyuki Hamori (2021) Do Crude Oil Prices and the Sentiment Index Influence Foreign Exchange Rates Differently in Oil-Exporting/Importing Countries? A Dynamic Connectedness Analysis, *Resources Policy*, 64, #102400.
19. Lu Yang and Shigeyuki Hamori (2021) The role of the carbon market in relation to the cryptocurrency market: Only diversification or more?, *International Review of Financial Analysis*, 77,

#101864.

20. Chunrong Ai, Oliver Linton, Kaiji Motegi, Zheng Zhang (2021) A unified framework for efficient estimation of general treatment models, Quantitative Economics, Vol12(3), pp.779-816.

(2) 著書数： 8 冊

1. Hamori, S. ed., (2019) Empirical Finance, Basel: MDPI.
2. Inoue, T. and Hamori, S. (2019) Financial Inclusion, Remittance Inflows, Economic Growth and Poverty Reduction: Evidence from Macro Empirical Analysis, Singapore: World Scientific.
3. Hamori, S. and Takiguchi, T. (2020) AI and Financial Markets, Basel: MDPI.
4. Anderson, D.A. and Hamori, S. (2020) Empirical Analysis of Natural Gas Markets, Basel: MDPI
5. 井上武 (2020) 『インドの金融発展：経済成長と貧困削減に向けた銀行部門の役割』 晃洋書房,
6. 斎藤政彦・小澤誠一・羽森茂之・南知恵子編 (2021) 『データサイエンス基礎』 (培風館)
7. Nakajima,T., Hamori,S., He, Xie, Liu,G., Zhang,W., Zhang,Y., and Liu.T., (2021) ESG Investment in the Global Economy. Springer.
8. Matsubayashi,Y., Nakamura,T., Aoki,K., and Takahashi, W. (2021) Monetary Policies in the Age of Uncertainty, Springer.

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 15600 千円 (直接経費：12000 間接経費：3600)

令和2年度 15340 千円 (直接経費：11800 間接経費：3540)

令和3年度 9100 千円 (直接経費：7000 間接経費：2100)

### (2) 受賞： 6 件

#### [受賞 1]

賞名称：Best Paper Award

受賞対象：SIBR 2020 Sydney Conference on Interdisciplinary Business & Economics Research での研究報告

受賞者名：Kohei MATSUOKA, Shigeyuki HAMORI

授与機関名：Society of Interdisciplinary Business Research (SIBR)

受賞年・月：2020 年 1 月

#### [受賞 2]

賞名称：RIBER Best paper Prize

受賞対象：Forecasting WTI Futures Prices Using Recurrent Neural Networks. Review of Integrative Business and Economics Research, Vol. 10(1), 34-50.

受賞者名：Kohei Matsuoka, Shigeyuki Hamori

授与機関名：Review of Integrative Business and Economics Research

受賞年・月：2020 年 2 月

[受賞 3]

賞名称：第 33 回日本統計学会小川研究奨励賞

受賞対象：茂木快治 個人

受賞者名：茂木快治

授与機関名：一般社団法人 日本統計学会

受賞年・月：2019 年 9 月

[受賞 4]

賞名称：神戸大学令和元年度優秀若手研究者賞

受賞対象：茂木快治 個人

受賞者名：茂木快治

授与機関名：国立大学法人 神戸大学

受賞年・月：2020 年 1 月

[受賞 5]

賞名称：Outstanding Reviewer Award

受賞対象：Journal of Risk and Financial Management における論文の査読活動

受賞者名：Shigeyuki HAMORI

授与機関名：Journal of Risk and Financial Management

受賞年・月：2020 年 4 月

[受賞 6]

第 3 回細谷賞

受賞対象論文：Shigeyuki Hamori, Kaiji Motegi, and Zheng Zhang. Copula-based regression models with data missing at random. Journal of Multivariate Analysis, vol. 180, November 2020, article #104654.

受賞対象者：茂木快治

授与機関：東北大学大学院経済学研究科

受賞年・月：2021 年 11 月 4 日

(3) 研究集会の開催 13 件（内国際研究集会 7 件）

主たる研究集会リスト

- ・2019 年 9 月「第 5 回国際カンファレンス応用計量経済学 in Hawaii (The 5<sup>th</sup> International Conference on Applied Econometrics in Hawaii)」
- ・2021 年 11 月「第 6 回国際カンファレンス応用計量経済学 in Hawaii (The 6th Annual International Conference on Applied Econometrics in Hawaii)」

(4) その他特記事項

1. 2019 年 6 月：羽森茂之教授が国際学術専門誌「Journal of Risk and Financial Management」

の Section- Editor-in-Chief に就任した。

2. 2019 年 6 月：羽森茂之教授が一般社団法人「デジタルトランスフォーメーション研究機構」の理事に就任した。
3. 2019 年 8 月：羽森茂之教授が国際学術専門誌「Energies」の Topic Editor に就任した。
4. 2019 年 8 月：羽森茂之教授が国際学術専門誌「SAGE Open」の Editorial Board に就任した。
5. 2019 年 8 月：羽森茂之教授が国際学術専門誌「Palgrave Communications」の Associate Editor に就任した。
5. 2019 年 12 月：羽森茂之教授が国際学術専門誌「Eurasian Economic Review」の Associate Editor に就任した。
6. 2020 年 3 月：羽森茂之教授が International Engineering and Technology Institute (IETI) の Executive Committee Member (EC Member) に選出された。
7. 2020 年 4 月：羽森茂之教授が International Research Institute for Economics and Management (IRIEM) の President に就任した。
8. 2020 年 5 月：羽森茂之教授が国際学術専門誌「Journal of Risk and Financial Management」の Guest Editor として、Special Issue “AI and Financial Markets”の編集を行った。
9. 2020 年 6 月：羽森茂之教授が Springer Nature 傘下の学術専門誌である「Humanities & Social Sciences Communications」の Editorial Board Member に就任した。
10. 2020 年 6 月：羽森茂之教授が国際学術専門誌「Energies」の Guest Editor として、Special Issue “Empirical Analysis of Natural Gas Markets”の編集を行った。
11. 2020 年 8 月：羽森茂之教授が国際学術専門誌「Mathematical Problems in Engineering」の Editorial Board Member に就任した。
12. 2020 年 9 月：羽森茂之教授が国際学術専門誌「Businesses」の Editorial Board Member に就任した。
13. 2020 年 11 月：羽森茂之教授が国際学術専門誌「Singapore Economic Review」の Co-Editor に就任した。
14. 2021 年 1 月：茂木快治准教授が国際学術専門誌「Journal of Risk and Financial Management」の Review Board Member に就任した。
15. 2021 年 1 月：羽森茂之教授が Institute of Data Science and Artificial Intelligence (IDSAI) の Distinguished Fellow に選出された。

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：貧困削減のための持続可能なコミュニティ開発

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：国際協力研究科地域協力政策専攻・島村 靖治

## 2. 研究目的

2015年の国連総会でミレニアム開発目標を引き継ぎ「持続可能な開発目標(SDGs)」が採択された。SDGsは2030年までに達成すべき17の目標を定めているが、貧困撲滅はその最優先課題として位置づけられている。本研究プロジェクトは開発途上国の貧困地域において、貧困撲滅を目指す持続可能なコミュニティ開発のための文理融合研究拠点の形成を行うものである。具体的な研究課題として、(A)持続可能な農業技術の普及、(B)村落医療施設の機能強化、(C)インフラストラクチャー整備の3つの課題を設定し、社会科学・自然科学の融合的アプローチにより研究を推進する。

## 3. 研究成果の概要

### (A) 持続可能な農業技術の普及

開発途上国の多くの国や地域で、化学肥料の大量使用に起因する環境への過剰負荷、残留農薬による食品汚染の問題が深刻となっている。本研究課題では少額融資(家畜のマイクロ・クレジット)による家畜飼育と家畜の糞尿を利用した有機農法や地域未使用資源を活用した新たな農業技術の導入を促進し、持続可能な農業モデルの構築を目指した。

- ベトナムでは、フエ農林大学との共同研究を実施、家畜の糞尿を活用した有機肥料を使った農法に関する技術普及における社会ネットワークの役割について研究を行った。
- フエ農林大学との別の共同研究では、農薬の使用量を減少させるコメの新しい品種の導入についての研究も進めた。また、地域未使用資源を活用した鶏の飼育に関する研究も行った。
- インドにおいて実施されている女性自助組織を基盤としたマイクロ・ファイナンス(主に鶏や山羊の飼育を目的としている)に関する研究については、ウィスコンシン大学マディソン校との共同研究を実施。当該事業の持続可能性を女性自助組織活動に対する家族からの理解や協力といった視点からの検証を行った。
- バイオエコノミーに関する研究については、定期的に研究会を開催した。そして、2019年にはノルウェーのバイオエコノミー研究所との共同研究の集大成として、これまでの研究業績をまとめた著書“The Bioeconomy Approach: Constraints and Opportunities for Sustainable Development”を出版した。
- その他、アジア工科大学及びマラウィのリロング農業自然資源大学とも共同研究を実施した。

### (B) 村落医療施設の機能強化

ユニバーサル・ヘルス・カバレッジ(UHC)を持続的に実現する上で村落レベルの医療施設は重要な役割を担っている。しかし、貧困地域では医療施設・設備、保健医療人材が不足しており、提供できる医療サービスの質に対する懸念も根深い。本研究課題では村落医療施設の問題点を特定・改善し、利用率の向上を図ることを目的とした。



- 本研究課題では、SDGs の第 3 重要課題に設定された「健康な暮らし及び厚生促進」に関連した研究課題に対して、既存データならびに現地調査を通して収集する独自データを用いて取り組むことを目的とした一連の研究を実施した。特に、ベトナムでは政府が 2020 年までに目標としてきた医療保険の皆保険化の達成に向けた様々な政策に関連した研究を行った。
- ベトナムではフエ医科薬科大学との共同研究として独自の現地調査を実施、医療保険制度とプライマリー・ヘルス・ケアの需給に関する研究を遂行した。ラオスでは国立感染症研究所、カンボジアでは国立公衆衛生院をカウンターパートとして村落医療施設の医療サービスに関する独自調査の準備を進めている。
- 保健医療に関する社会科学分野の研究については、これまでに実施してきたベトナムにおける医療保険制度の変遷とその加入率の変化に関する研究を財務省財務総合政策研究所 ASEAN ワークショップにて発表する機会を得ることができた。
- その他、アジア工科大学及びインドネシアのガジャマダ大学医療看護学部とも共同研究を実施。

### (C) インフラストラクチャー整備

持続的なコミュニティの開発、発展のためにはインフラストラクチャー(社会基盤)の整備が不可欠である。本研究課題は、給水施設や電力設備、地方道路といったインフラストラクチャー整備事業がどのような社会・経済的効果をもたらすのか検証し、政策提言を行うことを目的とした。

- SDGs では第 6 課題としてとり上げられている「安全な水へのアクセス」は人々の生活を支える重要な要素の一つである。国際協力機構(JICA)研究所との共同研究であるザンビア農村における深井戸建設事業については、その貧困削減効果に関する研究を実施した。
- JICA 研究所及びアジア工科大学とのミャンマーでの共同研究としてマンダレー市都市配管給水施設建設事業についても、市民の厚生水準に与える影響について研究を行った。
- モロッコでは JICA 研究所との共同研究である地方道路整備事業について、その社会・経済効果に関する研究を実施している。
- ザンビアの深井戸建設、ミャンマーでの都市配管給水事業、モロッコでの地方道路整備事業の研究から得られた知見に関しては、国際開発学会において JICA 研究所と共同で企画セッションを開催し、研究成果の発表を行った。

## 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

### (A) 持続可能な農業技術の普及

農業分野では、本研究プロジェクトの研究成果に関連する幾つかの新しい農業技術がベトナムの農村において実際に採用されている。例えば、鶏の餌にそれまでは廃棄されていたキャッサバの根を発酵させたものを混ぜることで鶏の肉質の改善が実現できることは本研究プロジェクトがフエ農林大学と共同で発見した研究成果であり、同時にフエ市近郊の農村においてその普及活動が始まっている。なお、その普及活動においても、本プロジェクトの研究が明らかにした女性のインフォーマルな社会ネットワークを通じた情報の拡散が有効活用されている。自然科学分野の研究成果と社会科学分野の研究成果が融合的に、新しい農業技術の普及に貢献していることを示す好例となっている。

### (B) 村落医療施設の機能強化

保健医療分野における研究活動及び研究成果は国際的により幅広く活用されている。特に、中部ベ

トナムで実施してきた村落レベルの医療施設および家計調査については、まずその実施にあたり地域の看護学生に調査を依頼して実施している。そして、そうした活動は看護学校におけるカリキュラムに組み込まれており、医療施設や近隣住民への聞き取り調査を通じて看護学生は地域における医療施設の実態をより正確に把握することができ、また村落レベルの医療施設を利用する地域住民の医療サービスに対するニーズも理解することのできる貴重な機会を提供している。加えて、現地調査データを使った分析成果は、共同研究を行っているフエ医科薬科大学ならびに地方政府の保健局とも情報共有し、政策議論の基礎を成すものとして活用されている(主に COVID-19 の医療サービス利用への影響についての研究成果)。更に、ベトナム統計局が公表している全国規模の家計調査データを用いた研究の成果は、アジア開発銀行や日本の財務省とも情報共有し、ASEAN 諸国における社会保障制度の構築に係る課題解決に向けた国際的な議論を促進する一助となった(主に医療保険の拡大と医療サービスの需給に関する研究成果)。

### (C) インフラストラクチャー整備

インフラストラクチャー整備に関する研究は、大半が JICA 研究所との共同研究である。そして、他にも世界銀行、アジア工科大学、慶応義塾大学など多くの国内外の組織や機関が関与している。そのため、研究成果は国際的にも様々な機会情報共有され、研究成果から得られた知見は国際協力や国際開発の実務において活用されている。とりわけ、アフリカ(ザンビアの深井戸建設事業、モロッコの地方道路整備事業)での研究成果は次の TICAD でのサイドイベントの開催に向けて、その活用が予定されている。

今後も、(A)農業、(B)保健医療、(C)インフラストラクチャー、それぞれの課題で社会科学及び自然科学の分野における公刊論文の数を増やしていくことを大きな目標としている。なかでも、科学研究費挑戦的研究(萌芽)「新興国における農村フィールド実験と医療データベースを結合した政策シミュレーション(2018-2020)」を引き継ぐ形で 2021 年に採択された科学研究費挑戦的研究(萌芽)「新興国におけるナッジ活用と大規模データとの結合による政策評価手法の探求(2021-2023)」は、これまでの研究が採用してきた観察データによる研究ではなく、ナッジ(少しのきっかけを与えることで行動の変化を促す手法)による積極的な介入を行う研究を計画している。それにより、例えば適切なタイミングで手洗いをを行い、感染症に対する予防となるような人々の実際の行動変容を効果的に引き起こすための研究を企画している。

また、今後はこれまでに数多く実施してきた各国における研究成果を、より地域横断的に視点から分析していくことを考えている。事実、2018 年度に採択された科学研究費国際共同研究強化(B)「インドシナ半島におけるプライマリ・ヘルスケア・システムの国際比較研究(2018-2022)」はインドシナ半島の 3 カ国(ベトナム、ラオス、カンボジア)の国際比較研究を行うことを目指している。残念ながら、本研究プロジェクトの期間中は国際的な新型コロナウイルス感染症の蔓延により独自調査の実施が中断してしまっているが、今後、状況の改善を確認しつつ順次再開していく予定である。そして、今後はプライマリ・ヘルスケア・システムの国際比較研究としてインドネシアも対象に加えたいと考えている。なお、インドネシアも 2014 年から医療保険の国民皆保険化に向けた政策を実施しており、将来的には 2020 年の国民皆保険化の達成を目標としてきたベトナムとの比較研究も行いたいと考えている。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 21 人（分担者 4 人、学内参画者 5 人、学外参画者 2 人、国外参画者 9 人）

令和2年度 18 人（分担者 2 人、学内参画者 3 人、学外参画者 3 人、国外参画者 9 人）

令和3年度 19 人（分担者 1 人、学内参画者 3 人、学外参画者 4 人、国外参画者 10 人）

### (2) 運営経費

令和元年度 400 千円

令和2年度 451,600 円

令和3年度 523 千円

### (3) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 0 件、0 千円

令和2年度 0 件、0 千円

令和3年度 0 件、0 千円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 10 編（内国際共著論文 8 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和2年度 15 編（内国際共著論文 14 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和3年度 13 編（内国際共著論文 11 編、内 TOP10%論文 0 編）

### 主たる論文リスト

#### [1]

論文名 : Analysis on demand- and supply-side responses during the expansion of health insurance coverage in Vietnam: Challenges and policy implications toward universal health coverage.

著者名 : Matsushima, M., Yamada, H., and Shimamura, Y.

*Review of Development Economics* 24(1), PP.144-166, 2020.

#### [2]

論文名 : Information acquisition and the adoption of a new rice variety towards the development of sustainable agriculture in rural villages in central Vietnam.

著者名 : Le T.Q.A., Shimamura, Y., and Yamada, H.

*World Development Perspectives* 20:100262, 2020.

#### [3]

論文名 : Information acquisition and conservation farming practices for sustainable agriculture in rural Vietnam.

著者名 : Le T.Q.A., Shimamura, Y., and Yamada, H.

*Asian Journal of Agriculture and Development* 18(1), PP.32-48, 2021.

#### [4]

論文名 : The effects of women's self-help group participation on domestic violence in Andhra Pradesh, India

著者名 : Sato, N., Shimamura, Y., and Lastarria-Cornhiel, S.

*Feminist Economics* early access, Nov. 2021.

[5]

論文名 : Economic valuation of safe water from new boreholes in rural Zambia: A coping cost approach

著者名 : Shimamura, Y., Shimizutani, S., Taguchi, S., and Yamada, H.

*Water Resources and Economics* forthcoming 2022.

[6]

論文名 : Nondestructive VIS/NIR spectroscopy estimation of intravitelline vitamin E and cholesterol concentration in hen shell eggs..

著者名 : Kuroki, S., Kanoo, T., Itoh, H., Kamisoyama, H.

*Journal of Food Measurement and Characterization* 14, PP.1116-1124, 2020.

[7]

論文名 : Central administration of insulin-like growth factor-2 suppresses food intake in chicks.

著者名 : Honda, K., Kewan, A., Osada, H., Saneyasu, T., Kamisoyama, H.

*Neuroscience Letters* 751:135797, 2021.

[8]

論文名 : Effects of fasting and re-feeding on the expression of CCK, PYY, hypothalamic neuropeptides, and IGF-related genes in layer and broiler chicks.

著者名 : Kewan, A., Saneyasu, T., Kamisoyama, H., Honda, K.

*Comparative Biochemistry and Physiology - Part A Molecular & Integrative Physiology* 257:110940, 2021.

[9]

論文名 : Long-term monitoring of soil salinity in a semi-arid environment of Turkey.

著者名 : Akça, E., Aydin, M., Kapur, S., Kume, T., Nagano, T., Watanabe, T., Çilek, A., Zorlu, K.

*Catena*, 193, 104614

[10]

論文名 : Biomass effect on soil organic carbon in semi-arid continental conditions in central Turkey.

著者名 : Büyük, G., Akça, E., Kume, T., Nagano, T.

*Polish Journal of Environmental Studies* 29(5), PP.3525-3533.

[11]

論文名 : Assessment of Local Perception on Eco-industrial Estate Performances after 17 years of Implementation in Thailand.

著者名 : Yamsrual, S., Sasaki, N., Tsusaka, T.W., Winijkul, E.

*Environmental Development* 32, 100457, 2019.

[12]

論文名 : Productivity, profitability, efficiency, and land utilization scenarios of rice cultivation: an assessment of hybrid rice in Bangladesh.

著者名 : Anwara, M., Zulfiqar, F., Ferdousa, Z., Tsusaka, T.W., Datta, A.

*Sustainable Production and Consumption* 26, PP.752-760. 2021.

[13]

論文名 : Effect of REDD+ projects on local livelihood assets in Keo Seima and Oddar Meanchey, Cambodia.

著者名 : Ken, S., Entani, T., Tsusaka, T.W., Sasaki, N.

*Heliyon* 6 (4), Article e03802. 2020.

[14]

論文名 : Factors influencing the intensity of adoption of the roundtable on sustainable palm oil practices by smallholder farmers in Thailand.

著者名 : Rodthong, W., Kuwornu, J. K. M., Datta, A., Anal, A.K., Tsusaka, T.W.

*Environmental Management* 66, PP.377-394. 2020.

[15]

論文名 : Reasons for adoption of sustainable land management practices in a changing context: A mixed approach in Thailand.

著者名 : Salaisook, P., Faysse, N., Tsusaka, T.W.

*Land Use Policy* 96, Article 104676. 2020.

[16]

論文名 : Assessment of the changing levels of livelihood assets in the Kampong Phluk community with implications for community-based Ecotourism.

著者名 : Kry, S., Sasaki, N., Abe, I., Datta, A., Tsusaka, T.W.

*Tourism Management Perspectives* 34, Article 100664. 2020.

[17]

論文名 : Potential for Smart Food products in rural Myanmar: use of millets and pigeonpea to fill the nutrition gap.

著者名 : Seetha, A., Htut, T.T., Tsusaka, T.W., Jalagam, A., Kane-Potaka, J.

*Journal of the Science of Food and Agriculture* 100 (1), PP.394-400. 2020.

[18]

論文名 : Residents' Perception of Changing Local Conditions in the Context of Tourism Development: The Case of Phuket Island.

著者名 : Tuntipisitkul, P., Tsusaka, T.W., Kim, S.M., Shrestha, R.P., Sasaki, N.

*Sustainability* 13(16), 8699. 2021.

[19]

論文名 : Valuation of Local Demand for Improved Air Quality: The Case of the Mae Moh Coal Mine Site in Thailand.

著者名 : Srisawasdi, W., Tsusaka, T.W., Winijkul, E., Sasaki, N.

*Atmosphere* 12(9), 1132, 2021.

[20]

論文名 : Agricultural productivity, aging farming workforce, sustainable agriculture, and well-being: Household survey data from central Thailand.

著者名 : Szabo, S., Apipoonyanon, C., Pramanik, M., Tsusaka, T.W., Leeson, K.

*Frontiers in Sustainable Food Systems* 5:728120, 2021..

(2) 著書数： 1 冊

主たる著書リスト

[1]

著 書：The Bioeconomy Approach: Constraints and Opportunities for Sustainable Development (Nagothu U.S. eds. ), Routridge, 2020.

著者名：Nagothu, U. S. and Nagano, T.

Chapter 1: The bioeconomy approach and sustainable development: A review of the concept, opportunities and constraints, PP.1-23.

著者名：Akça, E., Berberoğlu, S., Nagano, T., Kapur, S.

Chapter 8: Mediterranean anthroscapes: A bioeconomy domain for sustainable land use, PP.149-168.

著者名：Nagano, T., Bando, Y., Okano, Y. Maki, D., Ueyama, T.

Chapter 9: Centrum Woods Vision: Creating new value chains for sustainable woods management in Japan, PP.169-188.

(3) 特許出願数：0 件

## 7. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金獲得実績

令和元年度 22206 千円

令和2年度 18290 千円

令和3年度 11301 千円

(2) 受賞： 0 件

(3) 研究集会の開催 15 件（内国際研究集会 7 件）

主たる研究集会リスト

[1]

研究会集会名：第3回バイオエコノミー研究会 生物多様性ビジネスの最前線

開催日：2019年5月16日 場所：神戸大学農学部

[2]

研究集会名：第4回バイオエコノミー研究会

The Bioeconomy Approach：Constraints and Opportunities for Sustainable Development

開催日：2019年10月31日 場所：神戸大学農学部

[3]

研究集会名：国際開発学会・人間の安全保障学会 2019 共催全国大会 企画セッション

マイクロデータを用いたインフラ事業の実証分析

ーインフラ事業は住民に如何なる多様な効果、影響を与えるか

開催日：2020年1月17日 場所：東京大学駒場キャンパス

[4]

研究集会名：国際開発学会・人間の安全保障学会 2019 共催全国大会 企画セッション  
途上国における政策課題のミクロ実証分析—ベトナム・インドを事例に—

開催日：2020 年 1 月 17 日 場所：東京大学駒場キャンパス

[5]

研究集会名：第 5 回バイオエコノミー研究会

日本の森林管理とそれを担う林業事業体の組織マネジメント

開催日：2020 年 1 月 24 日 場所：神戸大学農学部

[6]

研究集会名： Biodiversity Hackathon

開催日： 2019 年 4 月 20 日 場所： Asian Institute of Technology

[7]

研究集会名： Sustainability Hackathon

開催日： 2019 年 11 月 16 日 場所：Asian Institute of Technology

[8]

研究集会名：財務省総合政策研究所・ASEAN ワークショップ

新興国の医療保障制度の構築に向けて—ベトナムの医療保険制度に関する調査研究—

開催日：2020 年 6 月 29 日 場所：財務省総合政策研究所

[9]

研究集会名： 国際開発学会第 31 回全国大会 企画セッション

途上国におけるミクロ実証分析：家計調査データを用いた研究事例

開催日：2020 年 12 月 6 日 場所：オンライン

[10]

研究集会名： Forest Restoration and Global Sustainability

(International Day of Forests)

主催団体： Asian Institute of Technology (AIT)

開催日：2021 年 3 月 21 日 場所：オンライン

[11]

研究集会名： Sustainability Hackathon

主催団体： Asian Institute of Technology (AIT)

開催日： 2020 年 11 月 21 日 場所：Entrepreneurship Center, AIT

[12]

研究集会名： AEON Ocean Plastic Hackathon

主催団体： AIT & Prefectural University of Hiroshima

開催日： 2020 年 4 月 3 日 場所： Chulalongkorn University

[13]

研究集会名：Ocean Commons and Ecotourism: Mutual Learnings from Vietnam, Thailand, and Japan

Organizers: T. W. Tsusaka and Narumi Yoshikawa

Participants: 42 registrants, 7 speakers, 6 mentors, and 5 judges.

開催日：2021 年 11 月 1 日 場所：オンライン

[14]

研究集会名： 国際開発学会第 32 回全国大会 「医療」セッション

ベトナム中部における新型コロナウイルス感染症の医療サービス利用への影響

—トゥア・ティエン・フエ省の医療データベースを使った分析—

ベトナム中部における妊産婦の検診・出産における医療施設選択行動の分析

医療従事者へのインセンティブ制度導入の効果—カンボジアの公的医療セクターの事例—

開催日：2021 年 11 月 20 日 場所： オンライン

[15]

研究集会名： The 3rd Sustainability Hackathon “Finish the Unfinished”

Organizers: Nophea Sasaki, Kyoko Kusakabe, Vilas Nitivattananon, T. W. Tsusaka

開催日：2021 年 11 月 26~27 日 場所： Hybrid (AIT Entrepreneurship Center + Online)

(4) その他特記事項 特になし



# 統合研究領域

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

研究プロジェクトの名称：統合バイオリファイナリー研究

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：科学技術イノベーション研究科・近藤 昭彦

## 2. 研究目的

持続可能な社会の構築および地球温暖化問題の解決に向け、バイオリファイナリー技術の構築が求められている。再生可能なバイオマス資源はカーボンニュートラルな性質を持ち、この有効利用は低炭素化社会の構築にも大きく貢献する。本プロジェクトでは、様々な有用化合物におけるベンチスケールでの一貫プロセスの確立を目指し、バイオマスリソースから微生物を用いた発酵生産技術、その後の分離精製技術をも見据えた統合的なバイオリファイナリー技術を開発する。

## 3. 研究成果の概要

バイオプロダクション次世代農工連携拠点（JST・先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム）や高生産性微生物創製に資する情報解析システムの開発（NEDO・植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発事業）をはじめとした大型プロジェクトを多数推進することで、様々な研究成果が生まれた。例えば、微生物を用いて、次世代燃料や化学品原料、付加価値品など、様々な化合物に対して生産株を構築できることを実証し、その生産量を高める研究を進め、多数の論文として報告した。代表的な例として、アルカロイド類の生合成に向けた酵素に関する研究や、グルコースとキシロースを物質生産と生育に切り分ける手法に関する研究が *Nature Communications* 誌に掲載された。また、バイオエコノミー実現に向けて、合成生物学のための技術やツール開発も精力的に進めた。例えば、*Science* 誌に掲載された切らないゲノム編集技術を活用した研究や、枯草菌を用いた長鎖 DNA 合成技術、酵母の人工遺伝子スイッチの迅速創出技術、バイオフィアウンドリのグローバルアライアンス締結に関する報告、などが *Nature Biotechnology* 誌や *Nature Microbiology* 誌、*Nature Communications* 誌などの雑誌に掲載された。これらの成果をもとに、2018 年に、神戸大学先端バイオ工学研究センター（EGBRC）および一般社団法人先端バイオ工学推進機構（OEB）を新設することができた。

## 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

上述の成果は多数の論文や発表として報告し、代謝工学や合成生物学などの学問領域に大きなインパクトを与えた。特に、ゲノム編集技術、DNA 合成技術、バイオフィアウンドリ、をそれぞれコアとしたバイオベンチャー企業として、(株)バイオパレット、(株)シンプロジェン、(株)バックス・バイオイノベーション、を立ち上げ、社会実装を強力に推進している。今後はさらに、合成生物学に関する技術開発を進め、2030 年バイオエコノミーや 2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた取り組みを加速し、これまで以上に企業とも協力して大型プロジェクトへの展開・社会実装を進めていく予定である。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 50 人（分担者 3 人、学内参画者 30 人、学外参画者 14 人、国外参画者 2 人）

令和2年度 43 人（分担者 3 人、学内参画者 25 人、学外参画者 12 人、国外参画者 2 人）

令和3年度 41 人（分担者 3 人、学内参画者 24 人、学外参画者 11 人、国外参画者 2 人）

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 101 編（内国際共著論文 25 編、内 TOP10%論文 5 編）

令和2年度 111 編（内国際共著論文 19 編、内 TOP10%論文 0 編）

令和3年度 85 編（内国際共著論文 27 編、内 TOP10%論文 0 編）

### 主たる論文リスト

論文名：pH-Sensing machinery of excitation energy transfer in diatom PSI-FCPI complexes

著者名：Nagao, R., Yokono, M., Ueno, Y., Shen, J.-R., Akimoto, S.

掲載誌, 巻, ページ：J. Phys. Chem. Lett., 10, 3531–3535, 2019

論文名：Spectral properties and excitation relaxation of novel fucoxanthin chlorophyll a/c-binding protein complexes

著者名：Ueno, Y., Nagao, R., Shen, J.-R., Akimoto, S.

掲載誌, 巻, ページ：The Journal of Physical Chemistry Letters, 10, 5148–5152, 2019

論文名：Structure of a cyanobacterial photosystem I tetramer revealed by cryo-electron microscopy

著者名：Kato, K., Nagao, R., Jiang, T.-Y., Ueno, Y., Yokono, M., Chan, S. K., Watanabe, M., Ikeuchi, M., Shen, J.-R., Akimoto, S., Miyazaki, N., Akita, F.

掲載誌, 巻, ページ：Nature Communications, 10, 4929, 2019

論文名：Advances in biological liquid crystals

著者名：Zhao, T., Gulan, U., Horie, T., Ohmura, N., Han, J., Yang, C., Kong, J., Wang, S., Xu, B. B.

掲載誌, 巻, ページ：Small, Paper No. 1900019, 12 pages, 2019

論文名：THz Fingerprints of Short-Range Correlations of Disordered Atoms in Diflunisal

著者名：Zhang, F., Wang, W. H., Tominaga, K., Hayashi, M., Sasaki, T.

掲載誌, 巻, ページ：The Journal of Physical Chemistry A, 123 (21), 4555-4564, 2019

論文名：Cell-surface display technology and metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for enhancing xylitol production from woody biomass

著者名：Guirimand, G., Inokuma, K., Bamba, T., Matsuda, M., Morita, K., Sasaki, K., Ogino, C., Berrin, J. G.,

Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Green Chemistry, 21, 1795-1808, 2019

論文名 : Versatility of a dilute acid/butanol pretreatment investigated on various lignocellulosic biomasses to produce lignin, monosaccharides and cellulose in distinct phases

著者名 : Schmetz, Q., Teramura, H., Morita, K., Oshima, T., Richel, A., Ogino, C., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 7(13), 11069-11079, 2019

論文名 : Structure of a cyanobacterial photosystem I surrounded by octadecameric IsiA antenna proteins,

著者名 : Akita, F., Nagao, R., Kato, K., Nakajima, Y., Yokono, M., Ueno, Y., Suzuki, T., Dohmae, N., Shen, J.-R., Akimoto, S., Miyazaki, N.

掲載誌, 巻, ページ : Communications Biology, 3, 232, 2020

論文名 : Engineering Bacillus subtilis cells as factories: enzyme secretion and value-added chemical production.

著者名 : Yoshida, K., Van Dijl, J. M.

掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology and Bioprocess Engineering, 25, 872-885, 2020

論文名 : Butyralization of poly (vinyl alcohol) under supercritical carbon dioxide for a humidity-resistant adhesive to glass substrates

著者名 : Matsumoto, T., Yorifuji, M., Sugiyama, Y., Nishino, T.

掲載誌, 巻, ページ : Polymer Journal, 52, 1349-1356, 2020 (Cover Picture)

論文名 : Free amino acid, phenolic, flavonoid,  $\beta$ -caroten, lycopene, dehydrotomatine, and  $\alpha$ -tomatine contents of peel powders prepared from commercial cherry tomatoes

著者名 : Friedman, M., Sakakibara, H., Mizuno, M., Kim, D-H, Kozukue, N.

掲載誌, 巻, ページ : Current Topics in Phytochemistry, 16, 1-16, 2020

論文名 : Production of an antibody Fab fragment using 2A peptide in insect cells

著者名 : Mizote, Y., Masumi-Koizumi, K., Katsuda, T., Yamaji, H.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Bioscience and Bioengineering, 130(2), 205-211, 2020

論文名 : Metabolic engineering of Escherichia coli for shikimate pathway derivative production from glucose-xylose co-substrate

著者名 : Fujiwara, R., Noda, S., Tanaka, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Nature Communications, 11, 279, 2020

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

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

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

論文名 : Effect of temperature on the osmotic behavior of LCST type ionic liquid solutions as draw solutions in the forward osmosis process

著者名 : Kamio, E., Kurisu, H., Takahashi, T., Matsuoka, A., Yoshioka, T., Nakagawa, K., Sun, Y., Matsuyama, H.

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 275, 119164, 2021

論文名 : Using reverse osmosis membrane at high temperature for water recovery and regeneration from thermo-responsive ionic liquid-based draw solution for efficient forward osmosis

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

掲載誌, 巻, ページ : Membranes, 11, 588, (2021)

論文名 : Enzymatically-synthesized glycogen induces cecal glucagon-like peptide-1 production and suppresses food intake in mice

著者名 : Honda, K., Yasuhara, A., Saneyasu, T., Kamisoyama, H.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 67, 217-224, 2021

論文名 : Improvement of the halotolerance of a Bacillus serine protease by protein surface engineering

著者名 : Takenaka, S., Takada, A., Kimura, Y., Watanabe, M., Kuntiya, A.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Basic Microbiology, <https://doi.org/10.1002/jobm.202100335>, 2021

論文名 : Enzymatic starch hydrolysis performance of Taylor-Couette flow reactor with ribbed inner cylinder

著者名 : Matsumoto, M., Masuda, H., Hubacz, R., Horie, T., Iyota, H., Shimoyamada, M., Ohmura, N.

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Science, 231, 116270-116278, 2021

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

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

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

(2) 著書数 : 21 冊

主たる著書リスト (最大 20 編)

著 書 : Immunomodulating Glucans Can Influence Innate Immunity and Prevent Inflammatory Disease, In Advances in Health and Disease

著者名 : Minato, K., Mizuno, M.

巻, ページ : Volume 15, Chapter 3

発行所, 発行年 : Hauppauge, Nova Science Publishers, 2019 年

著 書 : 昆虫細胞を用いたバイオ医薬品の生産技術, 「医薬品モダリティの特許戦略と技術開発動向」

著者名：山地秀樹

巻，ページ：第2章7節，135-142

発行所，発行年：技術情報協会，2019年

著書：Genetic engineering of microorganisms for high glutathione production, Glutathione: Biosynthesis, Functions and Biological Implications

著者名：Kobayashi, J., Sasaki, D., Hara, K.Y., Kondo, A.

巻，ページ：83-103

発行所，発行年：Nova Science Publishers，2019年

著書：Energy Production: Biodiesel, Yeast Cell Surface Engineering

著者名：Ogino, C., Amoah, J.

巻，ページ：Chapter 4, 43-61

発行所，発行年：Springer Nature，2019年

著書：骨格筋研究を核とした筋スマート社会，第3章7. 組織内の分子を網羅的に測る技術

著者名：西村勇哉，蓮沼誠久

巻，ページ：94-99

発行所，発行年：シーエムシー・リサーチ，2019年

著書：水処理用分離膜の開発最前線（共著）

著者名：神尾英治

巻，ページ：第4章1節，193-204

発行所，発行年：シーエムシー出版，2020年

著書：脱石油に向けたCO<sub>2</sub>資源化技術—化学・生物プロセスを中心に—，第Ⅲ編 生物プロセス，第2章 ラン藻によるバイオコハク酸生産

著者名：蓮沼誠久

巻，ページ：247-254

発行所，発行年：シーエムシー出版，2020年

著書：シランカップリング剤の最新技術動向，第5章，第11項 セルロース繊維/樹脂界面におけるシランカップリング剤の効果

著者名：西野孝

巻，ページ：177-187

発行所，発行年：シーエムシー出版，2020年

著書：最新のゲノム編集技術と用途展開，第2編：ゲノム編集ツールの開発動向，第5章 DNA二重鎖切断を伴わない塩基編集技術

著者名：大西美輪，光延仁志，西田敬二

巻, ページ : 43-50

発行所, 発行年 : シーエムシー出版, 2021 年

著 書 : 最新のゲノム編集技術と用途展開, 第 3 編 : 微生物への応用と用途展開, 第 9 章 バクテリアでのゲノム編集の有用性

著者名 : 西田敬二, 近藤昭彦

巻, ページ : 79-83

発行所, 発行年 : シーエムシー出版, 2021 年

著 書 : メタボロミクス 実践ガイド, 応用・展望編 I. 応用研究 代謝工学分野へのメタボロミクスの応用

著者名 : 蓮沼誠久

巻, ページ : 302-304

発行所, 発行年 : 羊土社, 2021 年

著 書 : Metabolic Engineering for Carotenoid Production Using Eukaryotic Microalgae and Prokaryotic Cyanobacteria, Carotenoids: Biosynthetic and Biofunctional Approaches

著者名 : Kato, Y., Hasunuma, T.

巻, ページ : 121-135

発行所, 発行年 : Springer, 2021 年

著 書 : バイオリアクターのスケールアップと物質生産事例集, 第 11 章 スマートセルの動向と効率  
的創製に向けた AI 活用, 第 1 節 国内におけるスマートセルの動向

著者名 : 蓮沼誠久

巻, ページ : 481-489

発行所, 発行年 : 技術情報協会, 2021 年

著 書 : 醸造の辞典, 第 2 章 醸造の科学, 最近の育種技術

著者名 : 蓮沼誠久

巻, ページ : 150-151

発行所, 発行年 : 朝倉書店, 2021

著 書 : 医薬品モダリティの特許戦略と技術開発動向, 第 2 章 7 節 昆虫細胞を用いたバイオ医薬品の生産技術

著者名 : 山地秀樹

巻, ページ : 135-142

発行所, 発行年 : 技術情報協会, 2021 年

著 書 : 食品免疫学事典, 第 9 章 食品の免疫調節作用とメカニズム, 9-15 食品成分の体内動態とバイオアベイラビリティ

著者名：水野雅史

巻，ページ：428-429

発行所，発行年：日本食品免疫学会，2021 年

著 書：Vortex Dynamics - From Physical to Mathematical Aspects, Vortex Dynamics in Complex Fluids

著者名：Ohmura, N., Masuda, H. Wang, S.

巻，ページ：1-11

発行所，発行年：IntechOpen, 2021 年

著 書：攪拌技術とスケールアップ、シミュレーションの活用，多孔体粒子を用いた培養槽の攪拌技術

著者名：荻野千秋，大村直人，祇園景子

巻，ページ：208-213

発行所，発行年：技術情報協会，2021 年

著 書：Photosynthesis: molecular approaches to solar energy conversion, Modification of Energy Distribution Between Photosystems I and II by Spillover Revealed by Time-Resolved Fluorescence Spectroscopy

著者名：Yokono, M., Ueno, Y., Akimoto, S.

巻，ページ：277-302

発行所，発行年：Springer, 2021 年

著 書：遺伝学の百科事典，第 2 章 醸造の科学，最近の育種技術

著者名：蓮沼誠久

巻，ページ：150-151

発行所，発行年：朝倉書店，2022 年

(3) 特許出願数：54 件

主たる特許リスト

発明名称：徐放性哺乳動物忌避組成物

発明者：丸山達生 他

出願人：国立大学法人神戸大学、関西医科大学、株式会社カネカ

PCT/JP2021/019152

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

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：裏地美杉，柘植謙爾，近藤昭彦

PCT/JP2021/021404



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

出願者：国立大学法人神戸大学、株式会社バイオパレット

発明者：近藤昭彦、佐々木大介

出願番号：特願 2021-029165

発明名称：流体の制御方法、テイラー渦流における反応促進方法、テイラー渦流反応装置の洗浄方法、及びテイラー渦流反応装置

発明者：大村直人、小林知之、加藤海里

出願人：国立大学法人神戸大学、株式会社チップトン

出願番号：特願 2021-131157

発明名称：照明装置、及び肉用鶏の生産方法

発明者：本田和久、大島用三

出願人：国立大学法人神戸大学

出願番号：特願 2021-146439

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 928,299 千円

令和2年度 1,042,510 千円

令和3年度 758,487 千円

### (2) 受賞： 27 件

主たる受賞リスト

#### 最優秀ポスター賞

(授与機関名：日本光合成学会、対象研究テーマ：灰色藻 *Cyanophora paradoxa* の光捕集機能における培養光質と光量の影響)

受賞者名：植野嘉文、秋本誠志

受賞年月日：2019 年 5 月

#### Outstanding Achievement Award

(授与機関名：PRS2019、対象研究テーマ：Responses of energy-transfer processes in diatoms to fluctuating light)

受賞者名：Tanabe, M., Akimoto, S.

受賞年月日：2019 年 6 月

#### Best Poster Award

(授与機関名：AOCP2019、対象研究テーマ：Modification of excitation energy-transfer processes of the primary symbiotic algae grown under different light qualities)

受賞者名：Ueno, Y., Akimoto, S.

受賞年月日：2019 年 9 月

第 43 回井植文化賞（科学技術部門）

（授与機関名：井植記念会，対象研究テーマ：切らないゲノム編集技術）

受賞者名：西田敬二

受賞年月日：2019 年 10 月

日本食品科学工学会学会賞

（授与機関名：日本食品科学工学会，対象研究テーマ：腸管を介した食物繊維の新規生理活性機能の解明）

受賞者名：水野雅史

受賞年月日：2021 年 8 月

兵庫県科学賞

（授与機関名：兵庫県，対象研究テーマ：食物繊維による腸上皮細胞を介した新規生理活性に関する食品科学的研究）

受賞者名：水野雅史

受賞年月日：2021 年 11 月

(3) 研究集会の開催 12 件（内国際研究集会 6 件）

主たる研究集会リスト

Global BioFoundry Meeting 2019

2019.5.9-10

神戸大学統合研究拠点

日本農芸化学会 関西・中部支部 2019 年度合同神戸大会

2019.9.21-22

神戸大学農学部

Frontiers in Genome Engineering 2019

2019.11-25-27

神戸国際会議場

日本農芸化学会関西支部第 511 回講演会

2019.12.7

神戸大学農学部

日本農芸化学会関西支部第 513 回講演会

2020.11.28

オンライン開催

The 26th Symposium of Young Asian Biological Engineers' Community (YABEC)

2021.11.19-20

オンライン開催

The 10th International Symposium on Mixing in Industrial Processes (ISMIP10)

2021.11.29-12.2

オンライン開催

(4) その他特記事項

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 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

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：先端膜工学研究センター・松山 秀人

## 2. 研究目的

先端膜工学研究プロジェクトでは、CO<sub>2</sub>回収貯蔵(CCS)技術併設次世代型石炭ガス化複合発電(IGCC)や、CO<sub>2</sub>排出量が少ない天然ガス火力発電などの大規模CO<sub>2</sub>発生源から、省エネルギーでCO<sub>2</sub>を分離・回収可能な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た。上記のようなCO<sub>2</sub>排出の抑制が期待されている発電方式では、数MPaの高圧ガスからCO<sub>2</sub>を分離するための技術が必要とされる。本プロジェクトは、優れたCO<sub>2</sub>選択透過性能を有する耐圧型CO<sub>2</sub>分離膜の開発を目指すものである。

## 3. 研究成果の概要

本研究プロジェクトで開発を目指す耐圧型CO<sub>2</sub>分離膜は、長期使用安定性と耐圧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)を創製した。また、創製した高強度イオンゲルを材料とするCO<sub>2</sub>分離膜を作製し、圧力場を含む様々な条件下でのCO<sub>2</sub>選択透過性能を評価した。さらに、高強度イオンゲル薄膜の開発にも取り組んだ。

創製した高強度イオンゲル膜は、異なる性質を有する2種類のゲルネットワークをイオン液体中に形成することで調製される。2種類のゲルネットワークのうちの一つ(1stネットワーク)は、硬くて脆い性質を有し、応力印可によりゲル内で容易に破壊されることで印可されたエネルギーを散逸する役割を担う。1stネットワークの形成には、原料としてシリカナノ粒子を用いた。シリカナノ粒子がイオン液体中で水素結合によりネットワーク状に自己凝集する性質を利用し、イオン液体中に固くて脆いシリカナノ粒子ネットワークを形成した。もう一方のネットワーク(2ndネットワーク)は柔らかくてよく伸びる隠れ長としての役割を担い、ゲルのマクロな破壊を抑制する。2ndネットワークにはイオン液体との親和性に富むpoly(*N,N*-dimethylacrylamide)を主骨格とする高分子ネットワークを採用した。創製したイオンゲルの圧縮破断応力は25MPa以上であり、高圧場でも十分に使用できる強度を有する。また、開発した高強度イオンゲル膜は、膜間差圧が600kPaの圧力場においても破断すること無く、約900 barrer (1 barrer =  $3.35 \times 10^{-16}$  mol·m/(m<sup>2</sup>·s·Pa))のCO<sub>2</sub>透過係数と約20のCO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>透過選択性を維持することを確認した。また、そのCO<sub>2</sub>透過速度はイオン液体含有率の増大に伴い指数関数的に増大し、イオン液体含有率が95wt%のイオンゲル膜は理論限界性能の66.7%のCO<sub>2</sub>透過係数を有することを明らかにした。さらに、高強度イオンゲル膜は種々イオン液体を用いて調製することが可能であり、CO<sub>2</sub>を選択的に吸収するイオン液体(1-ethyl-3-butylimidazolium tetracyanoborate)を含有する高強度イオンゲル膜は約2500 barrerのCO<sub>2</sub>透過係数と約40のCO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>選択透過性を有することを確認した。

加えて、高強度イオンゲル薄膜の作製についても検討を行った。高強度ゲルネットワークを形成するための原料として不揮発性のシリカナノ粒子および架橋性高分子を用いることにより、高強度イ

オンゲルを開放系で調製するゲル化手法を確立し、キャスト法やスピンコーティング法による薄膜形成技術を確立した。創製したイオンゲル薄膜の厚みは5ミクロン以下であり、そのCO<sub>2</sub>透過性能の理論解析より、膜厚を1ミクロン以下にすることで2000 GPU (1 GPU = 3.35×10<sup>-10</sup> mol/(m<sup>2</sup>·s·Pa))以上のCO<sub>2</sub>透過速度と40以上のCO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>選択透過性を有するイオンゲル薄膜を創製できる可能性を見出した。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

高イオン液体含有率でありながら高強度なイオンゲルは、CO<sub>2</sub>分離媒体としてのイオン液体の優れた特性を最大限発揮できる材料であり、そのゲル薄膜は高速且つ高選択的なCO<sub>2</sub>透過性を有するとともに、圧力場でも使用できる。CO<sub>2</sub>透過速度が2000 GPU以上、CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>選択性が40以上の高強度イオンゲル薄膜は、20ドル/トン-CO<sub>2</sub>の分離コストで石炭火力発電所排ガスからCO<sub>2</sub>を分離回収できる可能性が試算されている。様々なCO<sub>2</sub>排出源に対して、開発した高強度イオンゲル薄膜を用いたCO<sub>2</sub>分離回収プロセスを適用できれば、化石燃料の使用によるCO<sub>2</sub>排出を抑制することが可能となり、地球温暖化の主要原因である大気中CO<sub>2</sub>濃度増大の抑制やエネルギー問題に大きく貢献する。CO<sub>2</sub>分離膜はモジュール化によりコンパクトなプロセスを実現できる可能性があるため、大規模CO<sub>2</sub>発生源だけでなく、中規模、小規模なCO<sub>2</sub>発生源にも適用できる可能性が見込まれ、地域分散型の脱炭素システムを構築できる可能性がある。

今後は、開発した高強度イオンゲル膜の社会実装を目指し、更なる薄膜化技術の確立、大規模製膜技術の確立、およびモジュール化に関する検討を進める。

#### 5. 構成員 及び 学内支援

##### (1) 構成員数

令和元年度 18人 (分担者 4人、学内参画者 5人、学外参画者 0人、国外参画者 8人)

令和2年度 19人 (分担者 4人、学内参画者 6人、学外参画者 0人、国外参画者 8人)

令和3年度 19人 (分担者 4人、学内参画者 6人、学外参画者 0人、国外参画者 8人)

##### (2) ワークショップ、研究会経費

令和元年度 1件、500千円

令和2年度 1件、500千円

令和3年度 1件、500千円

#### 6. 研究成果の状況等

##### (1) 論文

令和元年度 44編 (内国際共著論文 30編、内TOP10%論文 4編)

令和2年度 62編 (内国際共著論文 32編、内TOP10%論文 10編)

令和3年度 51編 (内国際共著論文 28編、内TOP10%論文 未定)

主たる論文リスト

論文名 : Tough and Stretchable Inorganic/Organic Double Network Ion Gel Containing Gemini-Type Ionic Liquid as Multiple Hydrogen Bond Cross-Linker

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

掲載誌, 巻, ページ : RSC Advances, 9, 11870-11876 (2019)

論文名 : Photoelectrochemical Reaction in an Electric Cell with a Porous Carbon Anode

著者名 : T. Kaizu, Y. Kawajiri, M. Enomoto, T. Uchino, M. Mizuhata, Y. Ichihashi, K. Taniya, S. Nishiyama, M. Sugiyama, M. Ueno, T. Kita

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Physical Chemistry C, 123, 2019, 19447-19452

論文名 : Preparation and characterization of organic chelate ligand (OCL)-templated TiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> nanofiltration membranes

著者名 : Y. Sada, T. Yoshioka, K. Nakagawa, T. Shintani, R. Iesako, E. Kamio, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 591, 117304 (2019)

論文名 : Design of Niobate Nanosheet-Graphene Oxide Composite Nanofiltration Membranes with Improved Permeability

著者名 : M. Kunimatsu, K. Nakagawa, T. Yoshioka, T. Shintani, T. Yasui, E. Kamio, S. C. E. Tsang, J. Li, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 595, 117598 (2020)

論文名 : Development of facilitated transport membranes composed of a dense gel layer containing CO<sub>2</sub> carrier formed on porous cylindrical support membranes

著者名 : E. Kamio, S. Kasahara, F. Moghadam, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Research and Design, 153, 284-293 (2020)

論文名 : Investigation into the Effective Chemical Structure of Metal-Containing Ionic Liquids for Oxygen Absorption

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

掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 2019, 58, 51, 23304-23316

論文名 : Hollow Fiber-type Facilitated Transport Membrane Composed of Polymerized Ionic Liquid-based Gel Layer with Amino Acidate as the CO<sub>2</sub> Carrier

著者名 : E. Kamio, M. Tanaka, Y. Shirono, Y. Keun, F. Moghadam, T. Yoshioka, K. Nakagawa, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 2020, 59, 5, 2083-2092

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

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

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

- 論文名: Fundamental investigation of the gas permeation mechanism of facilitated transport membranes with Co(salen)-containing ionic liquid as O<sub>2</sub> carriers  
著者名: A. Matsuoka, E. Kamio, T. Yoshioka, K. Nakagawa, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ: Separation and Purification Technology, 248, 117018 (2020)
- 論文名: Preparation of inorganic/organic double-network ion gels using a cross-linkable polymer in an open system  
著者名: E. Kamio, M. Kinoshita, T. Yasui, T. Lodge, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ: Macromolecules, 53, 8529-8538 (2020)
- 論文名: Effect of ligand structures on oxygen absorbability and viscosity of metal-containing ionic liquids  
著者名: A. Matsuoka, E. Kamio, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ: Journal of Molecular Liquids, 318, 114365 (2020)
- 論文名: Nanochannel-confined charge repulsion of ions in a reduced graphene oxide membrane  
著者名: K. Guan, S. Wang, Y. Ji, Y. Jia, L. Zhang, K. Ushio, Y. Lin, W. Jin, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ: Journal of Materials Chemistry A, 8, 25880-25889 (2020)
- 論文名: Gas permeation characteristics of TiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>-aromatic organic chelating ligand (aOCL) composite membranes  
著者名: T. Tachibana, T. Yoshioka, K. Nakagawa, T. Shintani, E. Kamio, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ: Membranes, 10, 388 (2020)
- 論文名: Inorganic/organic double-network ion gel membrane with a high ionic liquid content for CO<sub>2</sub> separation  
著者名: E. Kamio, M. Minakata, Y. Iida, T. Yasui, A. Matsuoka, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ: Polymer Journal, 53, 137-147 (2021)
- 論文名: HNb<sub>3</sub>O<sub>8</sub> Nanosheet-Graphene Oxide Composite Membranes for Molecular Separation  
著者名: K. Nakagawa, M. Kunimatsu, K. Yasui, T. Yoshioka, T. Shintani, T. Yasui, E. Kamio, W-S. Hung, K-R. Lee, S. C. E. Tsang, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ: ACS Applied Nano Materials, 4, 3455-3466 (2021)
- 論文名: Fundamental Investigation of the Rate-Determining Step of CO<sub>2</sub> Permeation through Ion Gel Membrane Containing Amino Acid Ionic Liquid as the CO<sub>2</sub> Carrier  
著者名: A. Matsuoka, S. Taniguchi, E. Kamio, H. Matsuyama  
掲載誌, 巻, ページ: Industrial & Engineering Chemistry Research, 60, 7397-7405 (2021)
- 論文名: Development of a micro-double-network ion gel-based CO<sub>2</sub> separation membrane from

nonvolatile network precursor

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

掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 60, 12640-12649 (2021)

論文名 : Inorganic/organic micro-double-network ion gel-based composite membrane with enhanced mechanical strength and CO<sub>2</sub> permeance

著者名 : J. Zhang, E. Kamio, M. Kinoshita, A. Matsuoka, K. Nakagawa, T. Yoshioka, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 60, 12698-12708 (2021)

論文名 : Effect of temperature on the osmotic behavior of LCST type ionic liquid solutions as draw solutions in the forward osmosis process

著者名 : E. Kamio, H. Kurisu, T. Takahashi, A. Matsuoka, T. Yoshioka, K. Nakagawa, Y. Sun, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 275, 119164 (2021)

論文名 : A gradient viscosity model for estimating CO<sub>2</sub> permeability of amino acid ionic liquid-based facilitated transport membrane

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

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 280, 119847 (2022)

## (2) 著書数 : 5 冊

### 主たる著書リスト

著 書 : 分子シミュレーションによる多孔性無機膜の気体透過性評価、マテリアルズ・インフォマティクスによる材料開発と活用集 (共著)

著者名 : 吉岡 朋久

巻, ページ : 第 4 章 16 節 209-22

発行所, 発行年 : 技術情報協会, 2019 年

著 書 : 新材料・新素材シリーズ 水処理用分離膜の開発最前線 (松山秀人監修)

著者名 : 松山 秀人

発行所, 発行年 : シーエムシー出版, 2020 年

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

著者名 : 高橋 智輝, 松山 秀人

巻, ページ : 正浸透法による水処理技術と要素技術の開発, p. 50-59

発行所, 発行年 : 分離技術会, 2020 年

著 書 : ポストグラフェン材料の創製と用途開発最前線 (共著)

著者名 : 中川 敬三



巻，ページ：第 III 編第 3 章第 3 節 金属酸化物ナノシートを利用した積層型分離膜の開発  
発行所，発行年：株式会社エヌ・ティー・エス，2020 年

著 書：HOLLOW FIBER MEMBRANES, Fabrication and Applications

著者名：Hideto Matsuyama, Hamed Karkhanechi, Saeid Rajabzadeh

巻，ページ：Chapter 3: Polymeric membrane fabrication via thermally induced phase separation (TIPS) method

発行所，発行年：Elsevier, 2021

(3) 特許出願数：29 件

主たる特許リスト

発明等の名称：選択性透過膜の製造方法および水処理方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 2 名

発明者：松山秀人，奥野健太，清明充，佐伯大輔，川勝孝博，藤村侑

出願日：2019 年 7 月 8 日

出願番号：特願 2019-126965

発明等の名称：選択性透過膜、選択性透過膜の製造方法および水処理方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 2 名

発明者：松山秀人，清明充，吉岡朋久，古高啓介，佐伯大輔，川勝孝博，藤村侑

出願日：2019 年 7 月 8 日

出願番号：特願 2019-126966

発明等の名称：ドロー溶質及び水処理装置

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，稲田飛鳥，小山康司，三吉祐輝

出願日：2019 年 8 月 28 日

出願番号：PCT/JP2019/033777

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 名

発明者：神尾英治，松山秀人，木ノ下雅之，安井知己，木村直道，伊藤悠里，井原輝一

出願日：2019 年 8 月 29 日

出願番号：特願 2019-157339

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 名

発明者：神尾英治，松山秀人，木ノ下雅之，安井知己，木村直道，伊藤悠里，井原輝一

出願日：2019 年 8 月 29 日

出願番号：PCT/JP2019/034024

発明等の名称：正浸透膜モジュール発電システム

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：岸本通雅，熊谷和夫，松山秀人

出願日：2019 年 9 月 1 日

出願番号：特願 2019-159194

発明等の名称：エーテル誘導体の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，稲田飛鳥，弓矢健一郎，高瀬一郎，浜田豊三，橋爪陽子

出願日：2019 年 9 月 4 日

出願番号：特願 2019-161210

発明等の名称：エーテル誘導体の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，稲田飛鳥，弓矢健一郎，高瀬一郎，浜田豊三，橋爪陽子

出願日：2019 年 9 月 11 日

出願番号：PCT/JP2019/035693

発明等の名称：ポリフッ化ビニリデン樹脂製多孔膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，西谷允一，長谷川泰彦

出願日：2019 年 12 月 25 日

出願番号：PCT/JP2019/050997

発明等の名称：換気装置

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，神尾英治，梅本勝弥，奥村寿浩，福本康二，梅村友章

出願日：2020 年 1 月 24 日

出願番号：PCT/JP2020/002544

発明等の名称：酸素吸収能を有する液体状金属錯体

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：中西康哲，松山秀人，神尾英治，松岡淳

出願日：2020 年 3 月 4 日

出願番号：PCT/JP2020/009190

発明等の名称：オレフィン/パラフィン分離用複合分離膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，西谷允一

出願日：2020 年 3 月 19 日  
出願番号：特願 2020-049976

発明等の名称：酢酸の回収方法  
出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名  
発明者：松山秀人，他 5 名  
出願日：2020 年 9 月 8 日  
出願番号：特願 2020-150254

発明等の名称：ポリアミド多孔膜及びその製造方法  
出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名  
発明者：松山秀人，他 4 名  
出願日：2020 年 9 月 30 日  
出願番号：特願 2020-165096

発明等の名称：ナノ濾過膜及びその製造方法  
出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名  
発明者：松山秀人，他 4 名  
出願日：2020 年 9 月 30 日  
出願番号：特願 2020-165097

発明等の名称：フッ素含有ポリアミド層を有する複合半透膜  
出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名  
発明者：松山秀人，新谷卓司，他 1 名  
出願日：2020 年 11 月 26 日  
出願番号：特願 2020-195912

発明等の名称：酸化グラフェン層を有する複合半透膜  
出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名  
発明者：中川敬三，松山秀人，他 1 名  
出願日：2020 年 11 月 26 日  
出願番号：特願 2020-196188

発明等の名称：医療デバイスの結石付着又は石灰化の抑制化剤、結石付着又は石灰化が抑制化され  
た医療デバイス、及び結石付着又は石灰化が抑制化された医療デバイスの製造方法  
出願者：国立大学法人神戸大学  
発明者：重村克巳，松山秀人，熊谷和夫，梁英敏  
出願日：2021 年 2 月 19 日  
出願番号：特願 2021-025274

発明等の名称：多孔膜

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，グアンケチェン，他 2 名

出願日：2021 年 3 月 1 日

出願番号：特願 2021-031961

発明等の名称：オレフィン/パラフィン分離用複合分離膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，他 1 名

出願日：2021 年 3 月 19 日

出願番号：特願 2021-045772

発明等の名称：分離機能層，分離膜及び分離機能層の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：神尾英治，張勁輝，松山秀人，他 3 名

出願日：2021 年 9 月 6 日

出願番号：特願 2021-144903

発明等の名称：ポリアミド多孔膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，他 4 名

出願日：2021 年 9 月 24 日

出願番号：PCT/JP2021/035113

発明等の名称：ナノ濾過膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，他 4 名

出願日：2021 年 9 月 24 日

出願番号：PCT/JP2021/035114

発明等の名称：酢酸の回収方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，他 5 名

出願日：2021 年 9 月 7 日

出願番号：PCT/JP2021/032795

発明等の名称：酢酸の回収方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，他 5 名

出願日：2021 年 9 月 7 日

出願番号：PCT/JP2021/032798

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 名

発明者：松山秀人，ジョン・ソン・イ，他 2 名

出願日：2021 年 10 月 4 日

出願番号：2021-163232

発明等の名称：L i p o m y c e s 属酵母を利用した油脂の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，熊谷和夫，他 2 名

出願日：2021 年 11 月 12 日

出願番号：特願 2021-184722

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 105,351 千円

令和2年度 322,676 千円

令和3年度 393,936 千円

### (2) 受賞： 55 件（学生の受賞含む）

主たる受賞リスト

日本農芸化学会関西支部 技術賞（藤村太郎、松山秀人）（2020 年 2 月）

### (3) 研究集会の開催 12 件（内国際研究集会 3 件）

主たる研究集会リスト

第 1 回先端膜工学研究センター成果発表会（2019 年 7 月 10 日）

2019 年度膜工学秋季講演会・膜工学サロン（2019 年 9 月 13 日）

膜国際 WORKSHOP 2019（iWMK2019）（2019 年 11 月 19 日）

第 2 回先端膜工学研究センター成果発表会（2020 年 7 月 21～28 日）

2020 年度膜工学秋季講演会・膜工学サロン（2020 年 9 月 29 日）

膜国際 WORKSHOP 2020（iWMK2020）（2020 年 11 月 20 日）

第 1 回先端膜工学研究推進機構特定テーマフォーラム（2020 年 12 月 22 日）

2020 年度膜工学春季講演会・膜工学サロン（2021 年 3 月 9 日）

第 3 回先端膜工学研究センター成果発表会（2021 年 7 月 21 日）

2021 年度膜工学秋季講演会・膜工学サロン（2021 年 9 月 28 日）

第 2 回先端膜工学研究推進機構特定テーマフォーラム（2021 年 10 月 27 日）

膜国際 WORKSHOP 2021（iWMK2021）（2021 年 11 月 19 日）

(4) その他特記事項

先端膜工学研究センターは、海外・国内グローバル企業との産学連携活動を積極的に展開している拠点として、2020年12月に経済産業省「J-Innovation HUB 地域オープンイノベーション拠点制度（国際展開型）」に採択。

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 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

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：理学研究科惑星学専攻・牧野 淳一郎

## 2. 研究目的

本プロジェクトでは、神戸大学理学研究科附属惑星科学研究センター(Center for Planetary Science: CPS)を、国内外の惑星科学研究者やグループによる教育研究活動のネットワーク化を支援するコーディネーションセンター、さらに計算惑星学を推進する研究センターとして実質化し、惑星科学・計算科学コミュニティ全体の発展に貢献できる多様な人材育成と研究活動の触媒として機能させることを目的とする。

## 3. 研究成果の概要

神戸大学理学研究科附属惑星科学研究センター(CPS)は惑星科学コミュニティ・計算科学コミュニティの連携を促す拠点としての活動に努めてきた。また、これらの活動を通して得られた知見をCPSサーバ上に集積し、インターネット上に公開する分野横断的な教育研究活動(ネット図書館事業)も展開してきた。具体的活動の詳細・成果についてはCPSのWebページ(<https://www.cps-jp.org/>)をご覧ください。

### 【惑星科学コミュニティ連携推進活動】

CPS セミナーを3年間で計32回開催、研究会も40回開催し、惑星科学コミュニティの連携活動を推進した。また、各種講習会等も開催した。これらについてはすべて動画による記録を作成・CPSサーバ上で公開し、知識の集積・共有をはかっている。

### 【計算惑星学分野推進事業】

計算惑星科学の振興、特にスーパーコンピュータ「京」やポスト「京」を念頭においた、当該分野でのハイパフォーマンスコンピューティング研究を推進してきた。特に、平成28年度に文部科学省の委託研究「ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発・研究開発」萌芽的課題「太陽系外惑星(第二の地球)の誕生と太陽系内惑星環境変動の解明」に採択、令和2年度には文部科学省の補助金事業「富岳」成果創出加速プログラムに「宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統一的描像の構築」が採択され、計7年間にわたり、神戸大学を中核とした国内の全13研究機関によって、富岳向けのアプリケーション開発を実施し、成果の創出に取り組んでいる。CPSはこの両課題において、プロジェクト全体の連携を密としつつ円滑に運営していくため、参画各機関の連携・調整にあたる事務局機能を担っている。また、CPSおよび神戸大学は、萌芽的課題ではサブ課題の1つ「惑星内部・表層のダイナミクスと進化」を担当し、「京」および既存の計算資源を用いて、岩石惑星・衛星の火成活動・マントル対流、ガス惑星表層と深部の循環、火星全球ダストストームを対象とした球面・球殻形状での高解像度数値計算の実現に向けた研究開発を

推進した。富岳成果創出加速プログラムではサブ課題 A の一部とサブ課題 D の一部を担当し、銀河形成の大規模シミュレーション、惑星大気の大規模シミュレーションによる研究を推進している。また、理化学研究所 計算科学研究センターと密接に連携しながら、富岳を念頭とした大規模シミュレーションに関する研究会やソフトウェア講習会などの会合を複数回開催してきた。

さらに、株式会社プリファード・ネットワークス等の民間企業との共同研究で、人工知能並びに大規模シミュレーションをターゲットとした高効率プロセッサの研究開発、そのプロセッサ向けのアプリケーションソフトウェアの開発を推進している。プリファード・ネットワークスとの共同研究は NEDO の委託研究「高効率・高速処理を可能とする AI チップ・次世代コンピューティングの技術開発／【研究開発項目〔1〕】革新的 AI エッジコンピューティング技術の開発」に採択され、2018 年度から 5 年間にわたる研究開発を進めている。また、共同研究の成果である MN-Core プロセッサを使用した MN-3 スーパーコンピュータは、2020 年 6 月、2021 年 6 月、11 月の 3 度に渡って Green500 リストの 1 位となり、電力当り性能で世界一を実現した。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

研究成果の社会への還元には多様な側面があるが、CPS の活動はそもそも惑星科学コミュニティ・計算科学コミュニティ全体の発展に貢献することを知之のネットワーク化を通じて推進するものであり、広い意味での「社会」への研究成果の還元を目指すものである。

一方、極めて具体的な社会への還元としては、民間企業との共同研究があり、株式会社プリファード・ネットワークスとの共同研究で開発された MN-Core プロセッサはプリファード・ネットワークス社内、さらには社外ユーザーによる人工知能応用に使われることを目指すものである。

ポスト「京」萌芽的課題や富岳成果創出加速プログラムでは、「京」や富岳上で高い効率で実行できるアプリケーションの開発が大きな目標になっており、開発したアプリケーションやライブラリは惑星科学だけにとどまらず、民間利用を含めて様々な分野で使われている。

研究の今後の展開については、特に、計算科学・データ科学的手法の当該分野への展開、逆に計算惑星科学の手法の応用の拡大の双方を企図しており、富岳を含む様々な計算資源の活用による惑星・惑星系の形成進化多様性の研究、データ同化に象徴される観測とシミュレーションの融合、また、これらに必要となる計算環境やソフトウェアの開発を主な目的として活動を展開するとともに、全国の関連研究者との連携を促進し、その展開を触媒する。また、人工知能向けプロセッサ自体の開発、その応用の開発も推進する。また、これまで行ってきた知見の集積・シミュレーション・データは、今後、いわゆる AI と称される手法の進展によって融合進化していく。シミュレーションと AI の融合は世界中で様々な形が模索されており、CPS でも多様な方向を探っていく。

#### 5. 構成員 及び 学内支援

##### (1) 構成員数

令和元年度 35 人（分担者 7 人、学内参画者 9 人、学外参画者 18 人、国外参画者 0 人）

令和 2 年度 37 人（分担者 7 人、学内参画者 10 人、学外参画者 19 人、国外参画者 0 人）



令和3年度 36人（分担者 6人、学内参画者 10人、学外参画者 19人、国外参画者 0人）

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 25編（内国際共著論文 12編、内TOP10%論文 3編）

令和2年度 28編（内国際共著論文 8編、内TOP10%論文 3編）

令和3年度 25編（内国際共著論文 9編、内TOP10%論文 12編）

#### ○主たる論文リスト

- Aoi Takahashi, Takafumi Ootsubo, Hiedo Matsuhara, Itsuki Sakon, Fumihiko Usui\*, Hiroki Chihara “Mid-infrared spectroscopy of zodiacal emission with AKARI/IRC” Publications of the Astronomical Society of Japan, 2019.11, Vol.71(6), pp110
- Kazuhito Yamasaki\*, Tadashi Hasebe “Duality of the Incompatibility Tensor” Materials transactions, Special Issue, 2020.1, Vol.61, pp875-877
- Takashi Uchino, Nanami Teramachi, Ryosuke Matsuzaki, Emi Tsushima, Shusuke Fujii, Yusuke Seto\*, Kazuyuki Takahashi, Takao Mori, Yutaka Adachi, Yukihiro Nagashima, Yoshifumi Sakaguchi, Kazuki Ohishi, Akihiro Koda, Takahiro Sakurai, Hitoshi Ohta “Proximity coupling of superconducting nanograins with fractal distributions” PHYSICAL REVIEW B, Rev. B 101, 035146, 2020.1
- Keiji Ohtsuki\*, Hiroshi Kawamura, Naoyuki Hirata\*, Hiroshi Daisaka, Hiroshi Kimura “Size of the smallest particles in Saturn's rings” ICARUS, 2020.7, Vol.344, 113346, pp11
- Kazuhito Yamasaki\*, Takahiro Yajima “KCC Analysis of a One-Dimensional System During Catastrophic Shifts of the Hill Function: Douglas Tensor in the Nonequilibrium Region” International Journal of Bifurcation and Chaos, 2020.10, Vol.30(11), 2030032-1
- Yuuya Nagaashi, Akiko M. Nakamura\*, Sunao Hasegawa, Koji Wada “Packing fraction of clusters formed in free-falling granular streams based on flash x-ray radiography” Physical Review E, 2021.3, Vol.103(3290), 36 pp
- K. Katagiri, N. Ozaki, S. Ohmura, B. Albertazzi, Y. Hironaka, Y. Inubushi, K. Ishida, M. Koenig, K. Miyanishi, H. Nakamura, M. Nishikino, T. Okuchi, T. Sato, Y. Seto\*, K. Shigemori, K. Sueda, Y. Tange, T. Togashi, Y. Umeda, M. Yabashi, T. Yabuuchi, R. Kodama “Liquid Structure of Tantalum under Internal Negative Pressure” Physical Review Letters, 2021.4, Vol.126(17)
- Yasuyoshi Yamamoto, Takashi Okamoto, Takayuki R Saitoh\* “Testing the effect of resolution on gravitational fragmentation with Lagrangian hydrodynamic schemes” Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2021.5, Vol.504(3), pp3986-3995
- Akimasa Suzumura, Noriyuki Kawasaki, Yusuke Seto\*, Hisayoshi Yurimoto, Shoichi Itoh “Origin of minerals in akermanite-rich patch texture and oxygen isotopic evolution of compact Type A Ca-Al-rich inclusions from the Northwest Africa 7865 CV chondrite” GEOCHIMICA ET COSMOCHIMICA ACTA, 2021.6, Vol.303, pp51-65
- Norihiko Sugimoto, Yukiko Fujisawa, Hiroki Kashimura\*, Katsuyuki Noguchi, Takeshi Kuroda, Masahiro Takagi, Yoshi-Yuki Hayashi\* “Generation of gravity waves from thermal tides in the Venus atmosphere” Nature Communications, 2021.6, Vol.12(1), pp3682

- Takuma Suda, Takayuki R Saitoh\*, Yuki Moritani, Tadafumi Matsuno, Toshikazu Shigeyama  
“First star survivors as metal-rich halo stars that experienced supernova explosions in binary systems” Publications of the Astronomical Society of Japan, 2021.6, Vol.73(3), pp609-629
- Ryo Ogawa, Akiko M. Nakamura\*, Ayako I. Suzuki, Sunao Hasegawa “Crater shape as a possible record of the impact environment of metallic bodies: Effects of temperature, impact velocity and impactor density” ICARUS, 2021.7, Vol.362, 114410
- T. Okuchi, Y. Seto\*, N. Tomioka, T. Matsuoka, B. Albertazzi, N. J. Hartley, Y. Inubushi, K. Katagiri, R. Kodama, T. A. Pikuz, N. Purevjav, K. Miyanishi, T. Sato, T. Sekine, K. Sueda, K. A. Tanaka, Y. Tange, T. Togashi, Y. Umeda, T. Yabuuchi, M. Yabashi, N. Ozaki “Ultrafast olivine-ringwoodite transformation during shock compression” Nature Communications, 2021.7, Vol.12(1), pp4305
- R. Honda, M. Arakawa\*, Y. Shimaki, K. Shirai, Y. Yokota, T. Kadono, K. Wada, K. Ogawa, K. Ishibashi, N. Sakatani, S. Nakazawa, M. Yasui\*, T. Morota, S. Kameda, E. Tatsumi, M. Yamada, T. Kouyama, Y. Cho, M. Matsuoka, H. Suzuki, C. Honda, M. Hayakawa, K. Yoshioka, Naru Hirata, Naoyuki Hirata\*, H. Sawada, S. Sugita, T. Saiki, H. Imamura, Y. Takagi, H. Yano, C. Okamoto, Y. Tsuda, Y. Iijima “Resurfacing processes on asteroid (162173) Ryugu caused by an artificial impact of Hayabusa2’s Small Carry-on Impactor” ICARUS, 2021.9, Vol.366(6),
- Ren Ikeya, Naoyuki Hirata\* “Ejecta emplacement as the possible origin of Ryugu’s equatorial ridge” ICARUS, 2021.10, Vol.367, 114590
- C. Sugimoto, E. Tatsumi, Y. Cho, T. Morota, R. Honda, S. Kameda, Y. Yokota, K. Yumoto, M. Aoki, D. N. DellaGiustina, T. Michikami, T. Hiroi, D. L. Domingue, P. Michel, S. E. Schröder, T. Nakamura, M. Yamada, N. Sakatani, T. Kouyama, C. Honda, M. Hayakawa, M. Matsuoka, H. Suzuki, K. Yoshioka, K. Ogawa, H. Sawada, M. Arakawa\*, T. Saiki, H. Imamura, Y. Takagi, H. Yano, K. Shirai, C. Okamoto, Y. Tsuda, S. Nakazawa, Y. Iijima, S. Sugita “High-resolution observations of bright boulders on asteroid Ryugu: 1. Size frequency distribution and morphology” ICARUS, 2021.11, Vol.369, 114529
- C. Sugimoto, E. Tatsumi, Y. Cho, T. Morota, R. Honda, S. Kameda, Y. Yokota, K. Yumoto, M. Aoki, D. N. DellaGiustina, T. Michikami, T. Hiroi, D. L. Domingue, P. Michel, S. E. Schröder, T. Nakamura, M. Yamada, N. Sakatani, T. Kouyama, C. Honda, M. Hayakawa, M. Matsuoka, H. Suzuki, K. Yoshioka, K. Ogawa, H. Sawada, M. Arakawa\*, T. Saiki, H. Imamura, Y. Takagi, H. Yano, K. Shirai, C. Okamoto, Y. Tsuda, S. Nakazawa, Y. Iijima, S. Sugita “High-resolution observations of bright boulders on asteroid Ryugu: 2. Spectral properties” ICARUS, 2021.11, Vol.369, 114591
- Yuri Shimaki, Masahiko Arakawa\* “Tensile strength and elastic properties of fine-grained ice aggregates: Implications for crater formation on small icy bodies” ICARUS, 2021.11, Vol.369, 114646

(2) 著書数： 1 冊

○主たる著書リスト

- Junichiro Makino “Principles of High-Performance Processor Design”, Springer, 2021.6

(3) 特許出願数：0 件

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 179,188 千円

令和2年度 146,673 千円

令和3年度 156,422 千円

### (2) 受賞： 1 件

○主たる受賞リスト

学長表彰

(授与機関名：神戸大学、対象研究テーマ「はやぶさ2」による宇宙衝突実験)

受賞者名：はやぶさ2 SCI/DCAM3 神戸大学チーム 受賞年：2020 年度

### (3) 研究集会の開催

令和元年度 31 件 (内国際研究集会 6 件)

令和2年度 21 件 (内国際研究集会 3 件)

令和3年度 20 件 (内国際研究集会 0 件)

○主たる研究集会リスト

研究集会名：CPS セミナー

開催日：5 月 11 日, 5 月 28 日, 7 月 22 日, 8 月 20 日, 10 月 12 日, 11 月 12 日, 12 月 14 日

場所：オンライン

研究集会名：松田先生による若手向けレクチャー

主催：京都産業大学

開催日：第1回 5 月 21 日, 第2回 6 月 11 日, 第3回 6 月 25 日, 第4回 7 月 13 日, 第5回 8 月 6 日, 第6回 9 月 15 日, 第7回 10 月 1 日

場所：オンライン

研究集会名：富岳計算宇宙惑星・計算資源利用に関する課題内ワークショップ (第3回)

開催日：2021 年 8 月 5 日

場所：オンライン

研究集会名：FDPS 講習会 (C++, Fortran 対応)

開催日：2021 年 9 月 9 日

場所：オンライン

研究集会名：富岳計算宇宙惑星・計算資源利用に関する課題内ワークショップ (第4回)

開催日：2021 年 10 月 26 日

場所：オンライン

研究集会名：惑星科学と情報基盤シンポジウム

開催日：2021 年 11 月 9 日

場所：オンライン

研究集会名：金星データ同化研究会：あかつきデータによる試行

開催日：2021 年 11 月 26 日

場所：オンライン

研究集会名：掩蔽観測ワークショップ

開催日：2021 年 12 月 2 日-3 日

場所：惑星科学研究センター

#### (4) その他特記事項

令和 3 年度プレスリリース

- ・保井みなみ

「小惑星で起こった衝突残留熱が、地球の水や生命材料を生み出す水質変成や有機物合成を引き起こすか」 2021. 5. 18

- ・林 祥介、樫村 博基

「金星大気中の自発的な波の励起を初めて再現」 2021. 6. 18

- ・牧野 淳一郎

「PFN の深層学習用スーパーコンピュータ MN-3、省電力性能ランキング Green500 で再び世界 1 位を獲得」 2021. 6. 28

「PFN の深層学習用スーパーコンピュータ MN-3、39. 38GFlops/W の電力効率を記録し Green500 ランキングで 3 度目の世界 1 位を獲得」 2021. 11. 16

- ・瀬戸 雄介

「天体衝突を記録する結晶の生成を超高速計測 ―レーザー衝撃圧縮実験による太陽系史の読解―」 2021. 7. 14

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 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

研究プロジェクトリーダーの部局・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

## 2. 研究目的

我々がこれまで開発を進めてきた、世界初のサブサーフェスイメージングシステムを、最先端の電子部品の非破壊画像検査や老朽化したインフラ建造物検査、乳がん診断をはじめとする医療画像診断に適用し、高度に発展した安全・安心な社会を実現することを目標とする。サブサーフェスすなわち表面下の構造体を映像化するための、“理論研究”、“実用化に向けた装置技術の研究”、“装置のユーザーを随時積極的に研究チームに取り入れた実践的研究”の3本の柱に基づき、産学連携を加速器として、研究成果を広く社会に浸透させる。

## 3. 研究成果の概要

現行の乳がん検診の世界標準であるX線マンモグラフィはコラーゲン繊維が豊富に含まれる乳房（高濃度乳房）において乳がん組織の検出が困難であり、社会問題にまで発展している。また、高濃度乳房をもつ女性は、世界の50歳未満の女性の約79%を占めており、X線マンモグラフィの代替となる技術の登場が望まれている。一方で乳癌が存在する乳房における物性の観点—乳癌組織の高比誘電率、乳房組織の主成分である脂肪の低比誘電率、低導電率—から、高い透過性、高S/N比が期待されるマイクロ波を用いた乳がん検出技術が注目されてきたが、マイクロ波を用いた乳癌組織の3次元構造の映像化には、応用数学史上の未解決課題である“波動散乱の逆問題”を解く必要があるという理論的課題と数十ギガヘルツの帯域で安定動作する超広帯域アンテナが必要であるという技術的課題のために実用化されてこなかった。これらの課題に対し、我々の研究グループは、世界で初めて波動散乱の逆問題を解析的に解き<sup>[1]</sup>、世界最高性能の多重経路超広帯域レーダーの開発に成功した。そして2019年には、この基盤理論と技術を用いて、世界初となるマイクロ波マンモグラフィのプロトタイプ機を完成させた。これまで約450人以上の臨床研究を実施し、“病理検査との対応、非高濃度乳房でのX線マンモグラフィとの対応評価”、“高濃度乳房および非高濃度乳房双方における乳癌映像化の実証”、“超早期発見に資する乳管内進展癌の映像化”、“良性悪性の乳癌組織の判別に向けた基礎検討”を行った結果、90%を超える乳癌検出感度を示し、マイクロ波マンモグラフィの有効性を確認した。また性能テストでは、1mm以下の乳癌検出が可能であることを示した。そのほか、量産化に向けた要素技術の開発や各種申請手続きを進めており、2020年にはEMC規格（JIST0601-1及びJIST0601-1-2）を取得し、IGS社において製造販売業、製造業許可を取得、2020年度末からは治験もス

タートしている。

2019年には総理官邸で開催された、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を表彰する『第一回日本医療研究開発大賞』の日本医療研究開発機構(AMED)理事長賞を受賞。2021年度は、総理から依頼を受け、2度自由民主党本部にて講演を行った(自民党文部科学部会講演会, 2021年5月19日、“「基礎数理の研究成果に基づくイノベーション・社会実装について」～医療、国土強靱化、安全保障への応用、国家戦略への展開～”, 自由民主党 科学技術・イノベーション戦略調査会・新国際秩序創造戦略本部講演, 2021年6月10日)。さらに、令和3年高市政調会長の総裁選公約に「木村建次郎教授の電磁場制御技術<sup>[2-3]</sup>」、令和3年自民党政策パンフレットに「マイクロ波マンモグラフィの普及」が記載された<sup>[4]</sup>。

#### 【機器開発】

マイクロ波信号生成源の開発～製品化に向けたケーシングの開発

##### ① マイクロ波信号生成源の開発

マイクロ波マンモグラフィの低コスト化のための、マイクロ波発生源の量産用ボードの設計と試作に成功し、量産体制の構築が完了している。この量産用ボードを搭載したマイクロ波マンモグラフィの評価実験では、FPGAテストボードを搭載していたプロトタイプ機と同等以上の性能を有していることが証明された。

##### ② 超広帯域アンテナの開発

乳がん初期ステージに見られる数ミリ程度の微小ながん組織を検出するために、DC～20 GHzのマイクロ波を送受信可能な超広帯域アンテナを開発した。

##### ③ 検波回路の開発

乳房内で複雑に散乱したマイクロ波を10ピコ秒スケールで検波することが可能な回路を開発した。マイクロ波は乳房内(≒脂肪)を約 $1.2 \times 10^8$  m/sの速度で伝搬するため、アンテナプローブから見て乳房内の浅い位置で散乱した波を検出するためには、高速で動作する検波回路が必要不可欠である。さらに、計測のS/Nを著しく向上させるために、疑似ランダム符号のマイクロ波のパルス列を生成し、乳房内に向けて超広帯域アンテナより照射、乳房内にパルス列が伝搬し、乳房内の乳癌で乳房表面のあらゆる箇所に散乱した“疑似ランダム符号をもつパルス列”を受信後、本検波回路における、自己相関回路により検波している。また、本検波回路の量産用モジュールの開発が完了している。



図1. 第一回日本医療研究開発大賞

2017年12月13日に総理官邸にて受賞。「次世代乳癌スクリーニングのためのマイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発」＜功績＞(官邸資料より引用)

木村氏は、現在、乳癌検診の世界標準であるX線マンモグラフィの課題を克服する世界最高性能の「マイクロ波を用いたマンモグラフィ」を発明、臨床研究にて高い乳癌検出感度を実証し、乳癌早期発見による死亡率低減に向けた基礎を築いた<sup>[5]</sup>。

#### ④ 距離計の開発

散乱場データの取得位置を自動で記録するための距離計を開発した。これにより、再構成された画像と乳房最表面の位置との対応付けが可能になった。また、ワイヤエンコーダの出力信号からアンテナプローブの移動速度を計測し、測定者が計測中に適さない速度で走査を行った際にブザーで警告して丁寧な測定を促すことで、測定者ごとのデータのばらつきが低減された。

#### ⑤ メモリシールの開発

測定ごとのプローブ走査箇所や乳房の形状を可能な限り一致させるためのメモリシールを開発した。マイクロ波マンモグラフィは人間ドックや病院付属の検診センターでの活用を想定しているため、同じ受診者について異なる時期の検査結果を比較する必要がある。また、手術の際に、検査結果と乳房の座標を正確に照合し、手術箇所を厳密に指定することで、がん組織の遺残や再発の防止が可能になる観点から、本シートによる乳房上の座標の明確化は必要不可欠である。

#### ⑥ 製品化に向けたケーシングの開発

装置の機械的、電氣的に脆弱な個所を保護する専用のケースを開発した。この保護ケースは、高周波ケーブルの保護や電源部から漏洩するノイズや制御回路からマイクロ波が漏洩するのを防止する設計となっており、ユーザビリティの向上だけでなく計測データの信頼性を保つために重要な役割も担っている。

### 【医療機器事業化に向けた承認申請準備】

#### ① 薬事戦略

マイクロ波マンモグラフィを事業化するために、PMDA に薬事承認を行う必要がある。これまで、PMDA の開発前相談から治験および非臨床試験等の準備面談および対面助言等を実施し、クラス分類や新規性について議論した。その結果、新医療機器の取り扱いとなるため、認証申請ではなく承認申請が必要であること確認した。本機器は、先駆け審査指定制度に採択されている。承認申請書および添付資料（非臨床項目）の草案を作成した。

#### ② 治験

承認申請には治験が必須であることから、治験を 2020 年度末から開始した。新型コロナウイルス感染症拡大の影響があったが、治験関係者全員へのワクチン接種など感染症対策を充実させつつ実施している。







#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

##### 【プロジェクト成果の社会への還元】

我々が開発したマイクロ波マンモグラフィは、現在乳がん検診の世界標準とされている X 線マンモグラフィでは発見が困難な高濃度乳房における乳がんを、がん進行ステージ 0 の非浸潤性乳癌の段階で鮮明に映像化できる。また、無痛かつ無被ばく、造影剤無使用であるため、検査時に患者に掛かる身体的負担が非常に小さく、乳がん検診の受診率向上にもつながると考えている。乳がんは、早期発見による術後の生存率が非常に高い疾病であるため、このマイクロ波マンモグラフィの実用化によって、乳がん検診の定期的な受診が浸透し、早期発見、早期治療が可能となることで、乳がんによる死亡者数の大幅な減少が期待される。

また、本研究に関してこれまでに論文・著書 72 件、学会 354 件（うち招待講演 86 件）、メディア 385 件で発表した。特に本年度は、総理から依頼を受け、2 度自由民主党本部にて講演（自民党文部科学部会講演会, 2021 年 5 月 19 日、“「基礎数理の研究成果に基づくイノベーション・社会実装について」～医療、国土強靱化、安全保障への応用、国家戦略への展開～”, 自由民主党 科学技術・イノベーション戦略調査会・新国際秩序創造戦略本部講演, 2021 年 6 月 10 日）。さらに、令和 3 年高市政調会長の総裁選公約に「木村建次郎教授の電磁場制御技術」、令和 3 年自民党政策パンフレットに「マイクロ波マンモグラフィの普及」が記載され、世間からも高い評価を頂いている。

2021 年 12 月時点で、木村建次郎教授研究グループおよび木村建次郎教授創立神戸大学発スタートアップで累計 5,047,771,446 円を調達している。また、特許出願 41 件（のべ 60 か国で権利化）、公証先使用权 50 件を取得しており、事業化に向け順調に準備を進めている。

##### 【今後の研究方向性、プロジェクト展開予定】

2021 年度中に、これまで開発したプロトタイプ機を基に、信号発生源、受診信号の検波回路、距離計回路のボード化を進め、最終製品の仕様決定、量産型装置を完成させる。また、探索的治験を完了する。

2022 年度は、探索的治験から検証的治験に移行する。2024 年度の欧州上市を目標に、CE マーク取得のための機器の仕様決定と機器の製造を実施し、安全性試験を完了させる。そのため、海外展開のためのパートナーの決定なども含めての事業化戦略を策定する。具体的には ISO13485 に適合した品質管理体制を構築するとともに、ISO、IEC、EN 等の規格で要求される機器の仕様の設計・作製・検証を実施し、ISO13485 に則り製造を進める。さらに、要求される安全性試験項目を選定・実施し、海外での臨床試験申請準備として、臨床試験に係る法規制の情報を収集、Sponsor、CRO、試験実施機関、責任医師の選定、GCP 体制を構築する。

2023 年は 12 月に国内薬事申請を行うことを目標とする。ただし、先駆け審査指定制度に則り、2021 年 9 月より先駆け総合評価相談を開始し、国内薬事申請前に全先駆け評価相談を終了させる。

2024 年以降は、承認を日本、EU、米国で取得し、世界で初めて、マイクロ波マンモグラフィを上市、機器販売事業、検診サービス事業、データ解析サービス事業を全世界でスタートさせる。

- [1] Kenjiro Kimura, Noriaki Kimura, “Inverse Scattering filed theory”, RIMS 共同研究報告集, 京都大学数理解析研究所講究録 No.2186, June, 2021.
- [2] 2021 年 9 月 3 日, 月間 Hanada プラス, “【わが政権構想】日本経済強靱化計画 高市早苗”  
<https://hanada-plus.jp/articles/815>
- [3] 2021 年 9 月 1 日発行, 文藝春秋, 第 99 巻第 9 号, pp122-129, “特集 四面楚歌の菅政権 高市早苗衆議院議員「総裁選に出馬します！」”
- [4] 2021 年 10 月 11 日, 第 49 衆 自民党令和 3 年政策パンフレット 第 1 号  
[https://jimin.jp-east-2.storage.api.nifcloud.com/pdf/pamphlet/20211011\\_pamphlet.pdf](https://jimin.jp-east-2.storage.api.nifcloud.com/pdf/pamphlet/20211011_pamphlet.pdf)
- [5] 2017 年 11 月 17 日, 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 内閣官房健康・医療戦略室  
[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kenkouiryousuisin/pdf/h29\\_iryoudenkyu\\_taishou.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kenkouiryousuisin/pdf/h29_iryoudenkyu_taishou.pdf)

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和 1 年度 118 人 (分担者 2 人、学内参画者 16 人、学外参画者 98 人、国外参画者 2 人)  
 令和 2 年度 118 人 (分担者 2 人、学内参画者 16 人、学外参画者 98 人、国外参画者 2 人)  
 令和 3 年度 118 人 (分担者 2 人、学内参画者 16 人、学外参画者 98 人、国外参画者 2 人)

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 2 編

令和 2 年度 1 編

令和 3 年度 4 編

主たる論文リスト

- [1] 松田聖樹, 鈴木章吾, 田口龍一, 坂倉涼太, 美馬勇輝, 木村憲明, 木村 建次郎, “非破壊リアルタイム蓄電池内電流イメージング技術の開発”, Development of nondestructive real-time electric current density imaging inside rechargeable battery, 第 33 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, 講演論文集 AP-17, 2019, 2019 年 6 月 6 日
- [2] 栃岡 慧, 渡辺 朋広, 伊東 和彦, 田中 弘毅, 宮口 浩一, 木村 建次郎, 鈴木 章吾, 松田 聖樹, 美馬 勇輝, “直流がいしピン部の健全性評価手法の検討”, 令和 2 年電気学会全国大会, 東京電機大学東京千住キャンパス, 5-192, 2020 年 3 月 11 日～13 日
- [3] Kenjiro Kimura, Noriaki Kimura. “Multi-static Inverse Wave Scattering Theory and Microwave Mammography”, システム／制御／情報, 一般社団法人システム制御情報学会, 第 64 巻 第 3 号, pp.87-91, 2020 年 3 月 15 日
- [4] 木村建次郎, 稲垣明里, 前澤眞之, 中島義晴, 木村憲明, 河野誠之, 八木潤子, 岡本交二, 國久智成, 谷野裕一, 高尾信太郎, 山神和彦. “マイクロ波マンモグラフィの技術と研究・開発の動向”, 月刊インナービジョン, 株式会社インナービジョン, 第 35 巻, 第 8 号, pp.52-57, 2020 年 7 月 25 日発行 (invited)
- [5] Shogo Suzuki, Hideaki Okada, Kai Yabumoto, Seiju Matsuda, Yuki Mima, Noriaki Kimura, and Kenjiro Kimura, “Non-destructive visualization of short circuits in lithium-ion batteries by amagnetic field imaging system”, Japanese Journal of Applied Physics, 60 056502(2021).
- [6] Akari Inagaki, Tomoko Suzuki, Yuki Mima, Kenjiro Kimura, “Development of magnetic particle distribution imaging using magnetic field reconstruction for biopsy of the sentinel lymph node”, Magnetochemistry, 7(6), 85, 15(2021).

- [7] Seiju Matsuda, Shogo Suzuki, Kai Yabumoto, Hideaki Okada, Yuki Mima, Noriaki Kimura, Kenjiro Kimura, “Real-time imaging of the electric conductivity distribution inside a rechargeable battery cell”, *Electrochemistry*, 89 (5), 420-426(2021).
- [8] Kenjiro Kimura, Noriaki Kimura, “Inverse Scattering field theory”, RIMS 共同研究報告集, 京都大学数理解析研究所講究録, No.2186, June, 2021.

(2) 著書数： 6 冊

主たる著書リスト

- [1] 木村建次郎, 前澤眞之, 稲垣明里, 木村憲明, “散乱場逆問題の解析解発見とマイクロ波マンモグラフィの実現”, *Medical Science Digest*, ニューサイエンス社, Vol.45, No.8, pp.52-54, 2019 年. (invited)
- [2] 木村建次郎, 松田聖樹, 藪本海, 鈴木章吾, 美馬勇輝, 木村憲明. “蓄電池内部—非破壊電流密度分布映像化技術—逆問題の解析解発見と超高感度磁気計測—”, *リチウムイオン電池の分析、解析と評価技術 事例集*, 技術情報協会, 第 5 章 第 2 節, pp.353-361, 2019 年.
- [3] 木村建次郎, 稲垣明里, 前澤眞之, 中島義晴, 木村憲明. “マイクロ波マンモグラフィの実現”, *生物・生体・医療のためのマイクロ波利用～熱/非熱プロセスを用いた基礎から応用の技術～*, NTS, pp.91-95, 2020 年.
- [4] 木村建次郎, 稲垣明里, 前澤眞之, 木村憲明. “散らばった波紋から物体の 3 次元構造を決定する数理と世界初のマイクロ波マンモグラフィの実現”, *Precision Medicine* 2020 年 4 月号, 北隆館, Vol.3, No.4, pp.93-96, 2020 年. (invited)
- [5] 木村建次郎, “みえないものをみる、レントゲン 100 年間の歴史を越える発見”, *神戸大学 凌霄会*, 2020 年 10 月号, 第 427 号, 2020 年.
- [6] 木村建次郎, 稲垣明里, 中島義晴, 木村憲明. “世界初のマイクロ波マンモグラフィによる乳癌検診システム”, *RF ワールドトランジスタ技術増刊*, No.53, pp.49-60, 2021 年.

(3) 特許出願数： 10 件

主たる特許リスト

- [1] 木村建次郎, ポテンシャル取得装置、磁場顕微鏡、検査装置およびポテンシャル取得方法, 特願 2010-44218 (2010 年 3 月 1 日), PCT/JP2011/054635 (2011 年 3 月 1 日), 日本 5713246(2015 年 3 月 20 日), オランダ 2544016 (2020 年 4 月 15 日), ドイツ 602011066267.8 (2020 年 4 月 15 日)
- [2] 木村建次郎, 分布解析装置および分布解析方法, 特願 2013-035177 (2013 年 2 月 25 日), PCT/JP2014/000743 (2014 年 2 月 13 日), 日本 6257053(2017 年 12 月 15 日), 米国 10295617 (2019 年 5 月 21 日), フランス 2960668(2018 年 5 月 16 日), ドイツ 602014025591.4(2018 年 5 月 16 日), 中国 ZL 2014 8 0010105.3(2017 年 10 月 13 日)
- [3] 木村建次郎, 分布解析装置および分布解析方法, 特願 2013-035177 (2013 年 2 月 25 日), PCT/JP2014/000743 (2014 年 2 月 13 日), 日本 6257053(2017 年 12 月 15 日), 米国 10295617 (2019 年 5 月 21 日), フランス 2960668(2018 年 5 月 16 日), ドイツ 602014025591.4(2018 年 5 月 16 日), 中国 ZL 2014 8 0010105.3(2017 年 10 月 13 日)
- [4] 木村建次郎ら, 散乱トモグラフィ方法および散乱トモグラフィ装置, 特願 2013-025043 (2013 年

- 2月12日), PCT/JP2014/000722 (2014年2月12日), 日本 6305974(2018年3月16日), 米国 10578552 (2020年3月3日), イギリス EP2957925B1(2016年11月23日), フランス EP2957925B1(2016年11月23日), ドイツ 602014005077.8(2016年11月23日), オランダ EP2957925B1(2016年11月23日), イタリア 502016000128173(2016年11月23日), スウェーデン EP2957925B1(2016年11月23日), 分割出願: 木村建次郎ら, 散乱トモグラフィ方法および散乱トモグラフィ装置, 特願 2018-040744, 2018年3月7日, 日本 6557747 (2019年7月19日)
- [5] 木村建次郎ら, 散乱トモグラフィ方法および散乱トモグラフィ装置, 特願 2014-049536 (2014年3月13日), PCT/JP2015/001353 (2015年3月11日), 日本 6468570(2019年1月25日), 米国 10101282 B2(2018年10月16日), 欧州(ドイツ DE、フランス FR、ルーマニア RO、イギリス UK、オーストリア AT、ベルギーBE、ブルガリア BG、チェコ共和国 CZ、デンマーク DK、フィンランド FI、ギリシャ GR、ハンガリーHU、アイルランド IE、イタリア IT、オランダ NL、ノルウェーNO、ポーランド PL、ポルトガル PT、スロバキア SK、スペイン ES、スウェーデン SE、スイス CH、トルコ TR)2019年10月9日 特許付与通知, 中国 ZL201580013422.5(2019年6月14日), 韓国 10-2106-7027934 (2021年4月12日)
- [6] 木村建次郎ら, 導電率分布導出方法および導電率分布導出装置, 特願 2014-049513 (2014年3月12日), PCT/JP2015/001344 (2015年3月11日), 日本 6521261(2019年5月10日), 米国 10254352(2019年4月9日)
- [7] 木村建次郎ら, 検査方法および検査装置 (PCT出願時の発明の名称: 画像化方法および画像化装置), 特願 2015-192216 (2015年9月29日), PCT/JP2016/078742 (2016年9月28日), 日本 6752473 (2020年8月21日), 米国 10,586,354 (2020年3月10日), 中国 ZL201680059162.X (2021年3月9日)
- [8] 木村建次郎ら, 導電率分布観測方法および導電率分布観測装置 (PCT出願時の発明の名称: 観測方法および観測装置), 特願 2015-224321 (2015年11月16日), PCT/JP2016/083867 (2016年11月15日), 日本 67455009 (2020年8月6日), 米国 出願番号: 15/775905(査定通知 2021年6月8日)
- [9] 木村建次郎ら, 計測装置および計測方法, 特願 2018-514168 (2016年4月28日), PCT/JP2017/008710 (2017年3月6日), 日本 6784984 (2020年10月28日), 欧州 3450970 (2021年4月28日)
- [10] 木村建次郎ら, 外場応答分布可視化装置及び外場応答分布可視化方法, 特願 2019-215478 (2019年11月28日)

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 407,690 千円

令和2年度 59,840 千円

令和3年度 468,095 千円

### (2) 受賞: 8件

主たる受賞リスト

- [1] 木村建次郎, 第11回令和元年度学長表彰、神戸大学, 2019年10月17日.

- [2] 木村建次郎,令和元年度 i-Construction 大賞 優秀賞,“インフラ構造物の非破壊検査に向むけた世界最高性能-超広帯域レーダの実現”,国土交通省 2020 年 1 月 14 日.
- [3] 木村建次郎, 令和 2 年度学長表彰, 神戸大学, 2020 年 10 月 8 日.
- [4] 木村建次郎, 令和 3 年度学長表彰, 神戸大学, 2021 年 10 月 21 日.
- [5] 鈴木章吾, 松田聖樹, 木村建次郎, 美馬勇輝, 木村憲明, 第 46 回 (2019 年春季) 応用物理学会講演奨励賞,“超高感度磁気計測および画像再構成理論に基づく埋め込み型防犯ゲートシステムの開発”, 講演番号: 11p-M116-13, 2019 年 5 月 12 日.
- [6] 松田聖樹, IIFES2019 大学・高専テクニカルアカデミー研究発表 奨励賞,“高感度非侵襲乳がん計測技術の開発”, 公益財団法人 計測自動制御学会, 2019 年 11 月 29 日.
- [7] 稲垣明里, “マイクロ波マンモグラフィ”, 第 2 回メドテックグランプリ KOBE 大鵬薬品賞, 2019 年 12 月 15 日.
- [8] 稲垣明里, 超異分野学会 大阪大会 2021 最優秀ポスター賞, “マイクロ波マンモグラフィ画像に関する研究”, 2021 年 4 月 24 日.

### (3) その他特記事項

#### 【メディア】

- [1] 2019 年 4 月 1 日 朝日新聞 (夕刊) 49322 号 5 面, 「ぶらっとラボ」にてマイクロ波マンモグラフィ掲載
- [2] 2019 年 4 月 9 日放送 CBC ラジオ【多田しげおの気分爽快!!〜朝から P・O・N】
- [3] AMED 医療分野研乳成果展開事業 参考資料  
[http://www.lifescience.mext.go.jp/files/pdf/n2067\\_07.pdf](http://www.lifescience.mext.go.jp/files/pdf/n2067_07.pdf)
- [4] 2019 年 6 月 4 日日刊工業新聞 第 23145 号 3 面, 乳がん発見を高精度に IGS マイクロ波マンモグラフィ実用化へ  
<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00518993>
- [5] 2019 年 6 月 5 日日刊工業新聞 第 23146 号 22 面, 世界初の蓄電池内-非破壊電流密度分布映像化システム
- [6] 2019 年 5 月 20 日 第 37 回神戸大学長 定例記者会見, 神戸大学数理・データサイエンスセンター, Integral Geometry Science 社らは世界で初めてマイクロ波マンモグラフィの実現に成功, 2019 年 4 月厚生労働省 先駆け審査指定制度対象品目に指定される。
- [7] 2019 年 6 月 24 日 スタートアップ支援プログラム「J-Startup2019」に選定発表会に参加。J-Startup2019 企業に選定される。プログラム運営事務局: 経済産業省, 日本貿易振興機構(JETRO), 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
- [8] 2019 年 7 月 9 日 日刊工業新聞 第 23169 号 21 面, 磁気センサで凶器検知, 磁気センサーで凶器検知 IGS がシステム開発  
<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00523296?isReadConfirmed=true>
- [9] 2019 年 8 月 7 日 日経産業新聞 第 12108 号 9 面, マイクロ波で乳がん画像診断
- [10] 2019 年 8 月 27 日 youtube 動画, 数理・データサイエンスセンター, 非破壊検査に革新をもたらす画像構成理論と計測技術
- [11] 2019 年 9 月 3 日, 大学ファクトブック, 国立大学 60 項,  
[https://www.meti.go.jp/policy/innovation\\_corp/kokuritsu\\_daigaku.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/kokuritsu_daigaku.pdf)
- [12] 2019 年 9 月 2 日 WOWNEWS 34 号, pp.38
- [13] 2019 年 9 月 6 日, The Asahi Shimbun “Microwave technology leads to painless tests for breast cancer”  
<http://www.asahi.com/ajw/articles/AJ201904170001.html>
- [14] 2019 年 9 月 9 日, 数理・データサイエンスセンター CMDS 紹介動画
- [15] 2019 年 9 月 9 日 神戸大学 ホームページ お知らせ, 京都・大阪・神戸 3 大学シンポジウムを開催しました  
[http://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/info/2019\\_09\\_06\\_01.html](http://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/info/2019_09_06_01.html)
- [16] 2019 年 9 月 13 日 神戸大学記者会見 新聞、WEB 掲載
  - ・NHK Live Love ひょうご 2019 年 9 月 13 日 18 時 30 分放送
  - ・報道ランナー 2019 年 9 月 13 日 19 時 28 分放送
  - ・NHK 兵庫ニュース 845 2019 年 20 時 45 分放送
  - ・NHK おはよう日本 2019 年 9 月 14 日 6 時 30 分
  - ・朝日新聞 2019 年 9 月 14 日 1 面 第 49482 号
  - ・読売新聞 2019 年 9 月 14 日 33 面 第 23886 号
  - ・日本経済新聞 2019 年 9 月 14 日 35 面 第 47962 号
  - ・産経新聞 2019 年 9 月 14 日 3 面 第 27542 号
  - ・神戸新聞 2019 年 9 月 14 日 1 面 第 43669 号
  - ・北海道新聞 2019 年 9 月 14 日 26 面 第 27589 号
  - ・岩手日報 2019 年 9 月 14 日 24 面 第 29528 号
  - ・山形新聞 2019 年 9 月 14 日 28 面 第 48186 号
  - ・茨城新聞 2019 年 9 月 14 日 9 面 第 44746 号
  - ・信濃毎日新聞 2019 年 9 月 14 日 33 面 第 49288 号
  - ・北日本新聞 2019 年 9 月 14 日 35 面 第 47708 号
  - ・福井新聞 2019 年 9 月 14 日 12 面 第 42178 号
  - ・山陽新聞 2019 年 9 月 14 日 2 面 第 48963 号

- ・日本海新聞 2019年9月14日 26面 第45176号
  - ・山陰中央新報 2019年9月14日 28面 第27847号
  - ・四国新聞 2019年9月14日 3面 第44994号
  - ・徳島新聞 2019年9月14日 1面 第27125号
  - ・西日本新聞 2019年9月14日 1面 第48794号
  - ・長崎新聞 2019年9月14日 23面 第26065号
  - ・東京新聞 2019年9月15日 3面 第27581号
  - ・紀伊民報 2019年9月15日 2面 第23151号
  - ・佐賀新聞 2019年9月15日 2面 第46687号
  - ・毎日新聞 2019年9月15日 1面 第49253号
  - ・日刊工業新聞 2019年9月16日 3面 第23215号
  - ・女性自身 2019年9月17日(10月1日号) 第62巻 第34号 p.156-157
- 共同通信、時事通信、日経メディカル、日経 X-tech、Yahoo!ニュース、goo ニュースほか約 250 媒体の web ニュースに掲載
- ・日経産業新聞 2019年9月24日 9面 第12137号
  - ・読売新聞 2019年9月28日 夕刊6面 第51629号
- [17] 2019年9月27日, 自動運転ラボ, 自動運転に MaaS も! CEATEC 2019 が 10月15日開幕、見所は! ?
- [18] 2019年9月28日, 読売新聞 夕刊6面 第51629号 「痛くない乳がん検査機」
- [19] 2019年10月1日, 日経産業新聞 9面 第12142号, 磁気で危険物検知 高精度に
- [20] 2019年10月9日, 日刊工業新聞 6面 第23232号, 自動運転「レベル5」実現へ 神戸大発VBなど、磁気センシング開発
- [21] 2019年10月9日, 朝日新聞デジタル, 日本アジア投資が統騰、出資先が完全自動運転関連技術を開発
- [22] 2019年10月16日, 読売新聞 5面 第23917号, 体内透視 命救う数式
- [23] 2019年10月17日, テレビ大阪「やさしいニュース2部」
- [24] 2019年10月24日, 日本経済新聞 31面 第48001号, 医療・IT世界水準 スタートアップ動き活発
- [25] 2019年10月25日, 日経産業新聞 1面 第12158号, マイクロ波 並外れた力
- [26] 2019年10月29日, 日本経済新聞 38面 第48006号, “ユニコーン狙う新鋭”
- [27] 2019年10月29日, 日経新聞 web 版, “関西スタートアップ、医療・健康が3割 大学集積強み”  
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO51505200Y9A021C1LKA000/>  
 “関西新興企業ランキング 企業価値1位はミツフジ”  
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO51505110Y9A021C1N10100/>
- [28] 2019年10月30日, 日経産業新聞 1面 第12158号, マイクロ波で乳がん発見、スタートアップが変える未来
- [29] 2019年10月31日, Beyond Health | ビヨンドヘルス, 「マイクロ波」で乳がん検出、2年後にも実用化へ
- [30] 2019年11月15日, 神戸新聞 10面 第43729号, 数理で「透視」技術確立 自動運転用センサー実証中
- [31] 2019年11月15日, FOURIN 世界自動車技術調査月報 2019年11月号(第68号) pp.24-27, 数学の難問を難問である逆問題を解き、電池内非破壊検査やレベル5自動運転開発に貢献する神戸大発ベンチャー
- [32] 2019年11月18日, 日本経済新聞 7面 第48025号, バイオ企業の1人当たり価値、上位3割占める
- [33] 2019年12月1日, 神戸大学広報誌 風 Dec.2019 Vol.14, 世界初の「マイクロ波マンモグラフィ」開発
- [34] 2019年12月14日(前編)、2019年12月21日(後編), BSフジ「この国の行く末2～テクノロジーの進化とオープンイノベーション～」16:00～放送, 前編: マイクロ波マンモグラフィ 後編: リチウムイオン電池の非破壊検査、セキュリティゲート
- [35] 2019年12月18日, 日本経済新聞 39面 第48054号, 自動運転 磁気で誘導 悪天候でも安全走行
- [36] 2019年12月26日, 東海テレビ 「スイッチ!」放映, マイクロ波マンモグラフィ
- [37] 2020年1月28日, 女性自身, 光文社, 第63巻 第2号, pp.55-57, 神戸大教授が開発した最新マンモグラフィ マイクロ波なら「痛くない」「被ばくしない」女性自身 web 版など13のオンラインニュースにて掲載
- [38] 2020年2月10日, AERA., 第33巻7号通巻1783号, pp.17-18, がんと家族 医療 極小がんも逃さない
- [39] 2020年2月16日(テレビ東京)、20日(BSテレ東), 「チェンジ・ザ・ワールド」、マイクロ波マンモグラフィ
- [40] 2020年2月27日(新聞) (NEDO プレスリリース), 日経産業新聞 4面 第12238号, 電池の故障箇所、非破壊で特定, 日経新聞 web 版等25のオンラインニュースに掲載
- [41] 2020年3月15日, 兵庫保険医新聞 6面 第1936号, 支部研究会より 世界初マイクロ波マンモグラフィの開発
- [42] 2020年3月19日, 化学工業日報 5面(広告)10面(記事) 第24259号, 阪神播磨特集 LiB 検査で安全に貢献
- [43] 2020年3月24日, 日本経済新聞(夕刊) 1面 第48148号, 月曜日コラム「はたらく」 IGS、優秀な新卒の開発力期待
- [44] 2020年3月30日, プライベート・エクイティ投資の実践 オープンイノベーションが企業を変える, 中央経済社, pp.110-111
- [45] 2020年4月1日(新聞社発行 BtoB 製品情報), 新製品情報 第38巻 第4号 pp.11 日刊工業新聞, リチウムイオン電池の非破壊診断システム
- [46] 2020年4月27日, 日刊工業新聞 第23367号19面, 社会の安心・安全を支える非破壊検査・計測・診断技術 リチウムイオン電池の非破壊診断システムの原理と応用例
- [47] 2020年5月12日, 日経産業新聞 第12284号7面, 自動運転、ローテクで実用化へ 磁気誘導、悪天候に強く注目
- [48] 2020年6月29日, 日経産業新聞 第12317号4面, 大学発スタートアップ経営のプロ活用を
- [49] 2020年7月21日 20:00-21:00(YouTube 生配信), SpringX 超学校 ONLINE, 「仕事を生み出す秘訣」, “「透視のテクノロジー」で世界を変える: 独創的な研究から生まれた本格派スタートアップ”
- [50] 2020年8月6日発売, 週刊新潮, 新潮社, 本誌記者が体験「がん超早期発見」最新検査特集, 8月13・20日夏季特大号, 第65巻, 第31号(通巻3247号)
- [51] 2020年8月22日発行, 週刊東洋経済, 東洋経済新報社, すごいベンチャー100, 第6939号
- [52] 2020年10月23日, 日経産業新聞, 日刊第12394号1面, “START up 集積MAP 地方美芽吹く起業の「種」”
- [53] 2020年10月26日, 日本産業新聞電子版, 第12394号1面“神戸になぜ医療スタートアップ 起業を支える黒子たち”
- [54] 2020年11月4日, 日本経済新聞電子版, 新型コロナ コロナの課題解決、医療革新 神戸が存在感
- [55] 2020年11月15日, 日本経済新聞, 第48377号7面, IGS、マイクロ波でコロナ分解 空気清浄機に応用
- [56] 2020年11月25日 ForbesJapan№077 2021年1月号 「200社一挙掲載! 日本のスタートアップ大図鑑 200 SUPERSTAR ENTREPRENEURS」
- [57] 2020年12月25日, Precision Medicine Vol.3 No.14, 2020 (pp.90(1370)-93(1373)), 2020年「散らばった波紋から物体の3次元構造を決定する数理と世界初のマイクロ波マンモグラフィの実現」
- [58] 2020年12月10日 Nature vol.588 (2020年12月号) AI特集「みえない世界を視覚化する理論」(pp.S124-S125), Kenjiro Kimura,



- “Discovering a theory to visualize the world”, Nature Vol.588, pp.S124-S125
- [59] 2020 年 12 月 11 日 日経産業新聞第 12426 号 18 面 電磁波で万物見透かす 乳がん検診に活用も
- [60] 2020 年 12 月 30 日 日経産業新聞電子版 次のメルカリ探せ NEXT ユニコン注目企業まとめ読み IGS、万物見透かす数式 電池やがん検診に革新を
- [61] 2021 年 1 月 24 日 健康カプセル！ゲンキの時間 放映
- [62] 2021 年 2 月 1 日 RF ワールドトランジスタ技術増刊 No.53\_pp.49-60 「世界初のマイクロ波マンモグラフィによる乳癌診断システム」
- [63] 2021 年 2 月 7 日（本放送）2 月 13 日（再放送）NHK サイエンスZERO 放映、「命を救う“驚異の数学”発明家・木村建次郎」
- [64] 2021 年 2 月 18 日 日刊工業新聞 第 23570 号 23 面 「輝け！スタートアップ IGS」、電磁波で物体内部可視化
- [65] 2021 年 2 月 15 日, ForbesJapan2021 年 1 月号、「200 社一挙掲載！日本のスタートアップ大図鑑 200 SUPERSTAR ENTREPRENEURS」
- [66] 2021 年 1 月 5 日, 神戸大学 武田 廣学長 年頭挨拶
- [67] 2021 年 5 月 13 日, みんなの試作広場, “「散乱の逆問題」を解決することで、見えない内部を透視できるとは～数理学によって広がる見える化技術（前編）”
- [68] 2021 年 5 月 20 日, みんなの試作広場, “乳がんを高精度で発見、「マイクロ波マンモグラフィ」への応用事例～数理学によって広がる見える化技術（中編）”
- [69] 2021 年 5 月 23 日, 自民党文部科学部会で有識者から聴き取り 若手研究者の力で科学技術立国へ 国民の幸福増進
- [70] 2021 年 6 月 22 日, “超早期発見を目指して、新たな乳がん検査を届けるまで”, リバネス研究応援雑誌特集, Vol.23, pp.3. 【神戸大学大学院 理学研究科 特別研究員 稲垣明里】
- [71] 2021 年 9 月 1 日発行, 文藝春秋, 第 99 巻第 9 号, pp122-129, “特集 四面楚歌の菅政権 高市早苗衆議院議員「総裁選に出馬します！」”
- [72] 2021 年 9 月 3 日, 月間 Hanada プラス, “【わが政権構想】日本経済強靱化計画 高市早苗”
- [73] 2021 年 10 月 10 日、10 月 16 日（再放送）NHK サイエンスZERO 放映, 「命を救う“驚異の数学”発明家・木村建次郎」
- [74] 2021 年 2 月 7 日（本放送）2 月 13 日（再放送）NHK サイエンスZERO 放映, 「命を救う“驚異の数学”発明家・木村建次郎」
- [75] 2021 年 10 月 11 日, 自民党令和 3 年政策パンフレット, P.10 リチウムイオン電池の安全対策, P.17 マイクロ波マンモグラフィの普及
- [76] 2021 年 11 月 25 日発行, Forbes JAPAN 1 月号, 第 9 巻第 1 号通巻 97 号, “200 社一挙掲載！日本のスタートアップ大図鑑”

#### 【招待講演】

- [1] 木村建次郎, 日浅巧, 井戸慎一郎, 藪範昭, 小林圭, 今井隆志, 山田啓文, 大西洋, “AFM で探る金属酸化物界面の溶液構造”, 日本化学会第 90 春季年会特別企画「固液界面の溶液構造」, 近畿大学, 2010 年 3 月（招待講演）
- [2] 木村建次郎, “見えないものを診る：顕微鏡の原理”, 高大連携特別講義, 神戸大学 2010 年 8 月
- [3] K. Kimura, T.Hiasa, H.Onishi, M.Ohta, K.Watanabe, R.Kokawa, S.Ido, N.Oyabu, K.Kobayahi, T.Imai, H.Yamada, “Liquid Structure on Solid Surface Investigated by Atomic Force Microscopy”, 日印二国間交流事業セミナー, 2010 年 9 月(invited)
- [4] 木村建次郎, “物質内部を診る顕微鏡法の開発”, 科研費特定領域研究「高次系分子科学」第 6 回合同班会議, 2011 年 12 月 10 日 (Invited)
- [5] 木村建次郎, 美馬勇輝, 木村憲明, 大藪範昭, 稲男健, “電磁場再構成機能を備えた磁気イメージング装置の開発と電子部品故障解析への応用”, 高温エレクトロニクス研究会, 神奈川県 2012 年 3 月 21 日 (Invited)
- [6] 木村建次郎, “物質界面における構造と電荷移動を可視化する走査型プローブ顕微鏡法の開発”, 第 50 回日本生物物理学会年会, 名古屋, 2012 年 9 月 (Invited)
- [7] 木村建次郎, “トンネル磁気抵抗効果顕微鏡と電磁場再構成法の開発”, ナノプローブテクノロジー第 167 委員会第 69 回研究会, 2013 年 1 月, （招待講演）
- [8] 木村建次郎, “電流経路を映像化する磁気イメージング技術★徹底解説～Li イオン電池の検査や電子部品の故障解析における革新的技術の詳細～”, Electronic Journal 第 1564 回 Technical Seminar, 東京 2013 年 1 月（招待講演）
- [9] 木村建次郎, “研究シーズ・ベンチャー立ち上げ”, 神戸医療産業都市 クラスタ交流会, 神戸 2013 年 2 月（招待講演）
- [10] 木村建次郎, “周波数検出方式原子間力顕微鏡による固液界面の構造解析”, 日本分析化学会 第 62 年会 溶液界面研究懇談会, 近畿大学, 2013 年 9 月 10 日（招待講演）
- [11] 木村建次郎, “高分解能サブサーフェスイメージング法の開発”, 第一回中辻賞授与式(第 6 回京都 SMI 産学公連携セミナー), 2014 年 2 月 25 日（受賞者招待講演）
- [12] 木村建次郎, “電流経路を映像化する磁気イメージング技術★徹底解説～Li イオン電池や電子部品の故障解析における革新的技術の詳細～”, Electronic Journal 第 2077 回 Technical Seminar, 2014 年 4 月 2 日（招待講演）
- [13] 木村建次郎, “電池内部の電流経路を映像化する非破壊検査システムの開発”, 応用物理学 会関西支部 平成 26 年度第 1 回講演会, 「プローブ顕微鏡と有機エレクトロニクス ～関西若手研究者からの情報発信～」 “電池内部の電流経路を映像化する非破壊検査システムの開発”, 2014 年 6 月 26 日（招待講演）
- [14] 木村建次郎, “Nondestructive electric current density imaging inside rechargeable battery cell”, NC-AFM 2014, 7th International Conference on non-contact Atomic Force Microscopy（第 17 回 非接触原子間力顕微鏡国際会議）, 2014 年 8 月 4 日-8 日（招待講演）
- [15] 木村建次郎, 第 5 回関西地域大学研究支援スタッフミーティング, “木村研究室の活動, 期待する研究成果のアウトリーチ支援”, 神戸大学 2015 年 8 月 2 日 (Invited).
- [16] 木村建次郎, “高分解能電流経路映像化システムの開発と蓄電池非破壊検査への応用-電池内部の電流経路を見る-, 新型電池オープンラボ第 19 回講演会, 2016 年 9 月 28 日（招待講演）
- [17] 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”, 総務省 ICT イノベーションフォーラム 2016 【戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE)】, 予稿集 C-2, P26-27, 2016 年 10 月 4 日（招待講演）
- [18] 木村建次郎, “次世代乳癌スクリーニングのためのマイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発”, 医療法人社団 伍仁会 神戸アーバン乳腺クリニック開院 10 周年・岡本乳腺クリニック新規開院祝賀会 特別講演, ホテル ラ・スイート神戸ハーバーランド, 2017 年 1 月 28 日（招待講演）
- [19] 木村建次郎, “マイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発”, 「国産医療機器創出促進基盤等整備事業 平成 28 年度 神戸医療機器創出イノベーションフォーラム」, ホテルクラウンパレス神戸, 2017 年 3 月 3 日（招待講演）
- [20] 木村 建次郎, “非破壊画像診断システムの最近の動向と鉄道応用の可能性”, 平成 29 年 電気学会全国大会, 講演番号 S-15-8,

- 2017 年 3 月 15 日.(招待講演)
- [21] 木村建次郎, “一神戸大学発の先端計測技術開発の紹介とその展望—次世代乳癌スクリーニングのためのマイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発と臨床研究による成果”, 大学発革新医療技術の紹介と意見交換, 2017 年 4 月 18 日 (招待講演)
- [22] 木村建次郎, “次世代乳癌スクリーニングのためのマイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発”, 第 27 回京都乳癌コンセンサス会議, ウェスティン都ホテル京都, 2017 年 9 月 16 日(招待講演)
- [23] 木村建次郎, “サブサーフェス磁気イメージングシステムの実用化”, イノベーションリーダーサミット, 虎ノ門ヒルズ, 2017 年 10 月 25 日(招待講演)
- [24] 木村建次郎, “物体内部を透視する眼に関する研究”, 京都大学大学院講義「原子分子工学持論」における特別講義, 2017 年 11 月 8 日(招待講演)
- [25] 木村建次郎, 鈴木章吾, 松田聖樹, 稲垣明里, 美馬勇輝, 木村憲明, “高分解能非破壊検査のための画像再構成理論と磁気映像化システムの開発”, 第 5 回岩崎コンファレンス 社会基盤の向上につながる磁気センサとその活用, 講演要旨集 pp.121-139, 2017 年 11 月 27 日~28 日(招待講演)
- [26] 木村建次郎, 次世代乳癌スクリーニングのためのマイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発”, 医療機器等ビジネスセミナー—乳癌における診断から再建まで—【神戸医療産業都市クラスター交流会】, 2018 年 1 月 23 日(招待講演)
- [27] 木村建次郎, “次世代サブサーフェスイメージングシステムの研究開発 -みえないものをみるための理論と技術-, 神戸大学×三菱重工データサイエンスセミナー, 2018 年 3 月 16 日(招待講演)
- [28] 木村建次郎, 稲垣明里, 高尾信太郎, 小西豊, 渡邊奈津子, 岡本交二, 松本元, 山神和彦, 美馬勇輝, 土井恭二, 木村憲明, “マイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発”, 第 40 回日本乳腺甲状腺超音波医学会学術集会, 京王プラザホテル, 2018 年 3 月 24 日(招待講演)
- [29] Kenjiro Kimura, Akari Inagaki, Seishi Kono, Hirokazu Tanino, Tomohisa Hashimoto, Toshiko Sakuma, Mayuko Miki, Shintaro Takao, Natsuko Watanabe, Yutaka Konishi, Koji Okamoto, Hajime Matsumoto, Kazuhiko Yamagami, Yuki Mima, Kyoji Doi, Noriaki Kimura, “Development of Microwave Scattered Field Tomographic Imaging System and Clinical Trial Results”, 第 26 回日本乳癌学会学術総会, 国立京都国際会館, 2018 年 5 月 17 日(International Symposium 4 ISY-2-04-2) (Invited)
- [30] 木村建次郎, “次世代蓄電池の故障解析, 高度品質管理を担う非破壊電流密度分布映像化システムの開発と実用化”, 第 5 回関西二次電池展, 2018 年 9 月 27 日 (招待講演)
- [31] Kenjiro Kimura, Akari Inagaki, Yuki Mima, Kyoji Doi, Noriaki Kimura, Nao Yamamoto, Tomoko Tsuruhara, Natsuko Watanabe, Yutaka Konishi, Koji Okamoto, Yuen Sachiko, Hajime Matsumoto, Kazuhiko Yamagami, “Development of microwave scattering field tomography for next-generation breast cancer screening”, MNC 2018, 31st International Microprocesses and Nanotechnology Conference, 第 31 回マイクロプロセス・ナノテクノロジー国際会議, 札幌パークホテル, 2018 年 11 月 16 日 (Invited)
- [32] 木村建次郎, “次世代乳がん検診に向けた世界初のマイクロ波マンモグラフィの開発と臨床研究-現行の X 線マンモグラフィは 65 才未満のアジア人の半数以上が適用困難-, 神戸大学 数理・データサイエンスセンター 1 周年記念シンポジウム データサイエンスが創る未来, 神戸大学 出光佐三記念六甲台講堂, 2018 年 12 月 1 日
- [33] 木村建次郎, “電池評価の非破壊・可視化”, 日本学術振興会 薄膜第 131 委員会 第 286 回委員会・第 292 回研究会, 2018 年 12 月 18 日(招待講演)
- [34] 木村建次郎, 電気化学セミナー最先端電池技術—2019, “蓄電池内の電流密度分布を非破壊映像化する理論と計測技術”, 2019 年 1 月 23 日 (招待講演)
- [35] 木村建次郎, “次世代乳がん検診に向けた世界初のマイクロ波マンモグラフィの開発と臨床研究-高濃度乳房にも有効な痛みのない、被曝のない、造影剤を用いない高感度乳がん画像診断技術の実現-, 神戸医療産業都市 20 周年記念, 2019 年 1 月 27 日 (招待講演)
- [36] 木村建次郎, 稲垣明里, 國久智成, 谷野裕一, 橋本知久, 佐久間淑子, 三木万由子, 廣利浩一, 高尾信太郎, 結縁幸子, 松本元, 山神和彦, 山元奈穂, 渡邊奈津子, 鶴原知子, 小西豊, 岡本交二, 美馬勇輝, 土井恭二, 木村憲明, “マイクロ波マンモグラフィの実現- 次世代乳癌検診の世界標準に向けて-, 第 28 回 日本乳癌画像研究会, 2019 年 2 月 10 日 (招待講演)
- [37] 木村建次郎, 稲垣明里, 國久智成, 谷野裕一, 橋本知久, 佐久間淑子, 三木万由子, 廣利浩一, 高尾信太郎, 結縁幸子, 松本元, 山神和彦, 山元奈穂, 渡邊奈津子, 鶴原知子, 小西豊, 岡本交二, 美馬勇輝, 土井恭二, 木村憲明, “Development of Microwave Scattering Field Tomography for Next-generation Breast Cancer Screening—次世代乳癌スクリーニングのためのマイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発と臨床研究—”, 第 75 回日本放射線技術学会総会学術大会, パシフィコ横浜, 2019 年 4 月 12 日 (招待講演)
- [38] 木村建次郎, 千葉工業大学キャリアデザイン講義, 2019 年 5 月 13 日. (招待講演)
- [39] 木村建次郎, “非破壊検査に革新をもたらす画像再構成理論と計測技術”, 総合教養科目「データサイエンス概論 A・B」, (招待講演)
- [40] 木村建次郎, “非破壊検査に革新をもたらす画像再構成理論と計測技術” 新電気利用技術研究会, 日本鉄道電気技術協会, 2019 年 7 月 30 日. (招待講演)
- [41] 木村建次郎, “非破壊検査に革新をもたらす画像再構成理論と計測技術”, 新技術説明会, 2019 年 8 月 1 日. (招待講演)
- [42] 木村建次郎, “「非破壊検査に革新をもたらす画像再構成理論と計測技術」, 医療現場革新プログラム, 2019 年 8 月 7 日. (招待講演)
- [43] 木村建次郎, “レベル 5-完全自動運転車実現のための高分解能磁気映像化技術の開発”, 令和元年度兵庫県最先端技術研究事業 (COE プログラム) 認定式, 2019 年 9 月 5 日 (招待講演)
- [44] 木村建次郎, “世界初マイクロ波マンモグラフィの開発と臨床研究、今後の医療技術進歩の可能性”, 兵庫県保険医協会神戸支部 第 40 回総会記念講演, 2019 年 10 月 19 日(招待講演)
- [45] 木村建次郎, “現行乳がん検診技術の課題と世界初マイクロ波マンモグラフィの実現”, 2019-2020 国際ロータリー第 2640 地区大会, 2019 年 10 月 26 日(招待講演)
- [46] 木村建次郎, “世界初の乳がん早期発見技術の実現”, 医療の最前線、神戸で働く～神戸医療産業都市で働く人々～, 2019 年 11 月 9 日(招待講演)
- [47] 木村先生, ロータリークラブ, ホテル・アゴーラリージェンシー大阪堺, 2019 年 12 月 5 日 (招待講演)
- [48] 木村建次郎, “波動散乱の逆問題の解決とマイクロ波マンモグラフィの実現”, 第 17 回日本乳癌学会近畿地方会, 2019 年 12 月 7 日(招待講演)
- [49] 木村建次郎, サイバニクス EXPO, 2019 年 12 月 16 日 (招待講演)
- [50] 木村建次郎, 神戸高専特別講義, 2019 年 12 月 24 日 (招待講演)
- [51] 木村建次郎, “最先端技術を用いたマイクロ波医療応用-”, 第 13 回 日本電磁波エネルギー応用学会研究会, 2020 年 1 月 23 日.(招待講演)
- [52] 木村建次郎, 2020 年度大学発ベンチャー創出シンポジウム, 東京ミッドタウン日比谷 BASEQ, 2020 年 1 月 27 日 (招待講演)



- [53] 木村建次郎, 第 6 回全国医療機器開発会議 第二部, 2020 年 2 月 4 日 (招待講演)
- [54] 木村建次郎, ヘルスケア・医療機器 開発展併催セミナー, 2020 年 2 月 28 日 (Invited)
- [55] 木村建次郎, 松田聖樹, 鈴木章吾, 藪本海, 美馬勇輝, 木村憲明, “超高エネルギー密度蓄電池の電流密度分布診断技術の開発”, 日本化学会第 100 春季年会, 東京理科大学野田キャンパス, 予稿集 (DVD) 3E1-10, 2020 年 3 月 24 日 (招待講演)
- [56] 木村建次郎, “世界初のマイクロ波マンモグラフィ ～乳がん検診は新時代へ～”, 東京都医工連携 HUB 機構 令和元年度 第 11 回クラスター研究会 (Web 開催), 2020 年 3 月 24 日 (特別講演)
- [57] 木村建次郎, SpringX「超学校 ONLINE」生配信, 2020 年 7 月 21 日 20:00-21:00 (招待出演)
- [58] 木村建次郎, 竹本直一内閣府特命担当大臣 (科学技術政策) による, ひょうご神戸スタートアップ・エコシステム関係者との意見交換会, 神戸市, 2020 年 7 月 29 日 (招待プレゼン)
- [59] 木村建次郎, 「With コロナ」時代の産官学連携による DX 戦略と大学の意義～神戸大学のチャレンジ, 078KOBÉ 2020 (YouTube 配信), 2020 年 9 月 6 日 (依頼出演)
- [60] Kenjiro Kimura, Akari Inagaki, Masayuki Maezawa, Yoshiharu Nakashima, Noriaki Kimura, “Development of microwave scattering field tomography for next-generation breast cancer screening”, Virtual Congress on Breast Cancer Research2020 (CBCR2020), September 12, 2020. (Invited)
- [61] 木村建次郎, 稲垣明里, 前澤真之, 中島義晴, 木村憲明, 河野誠之, 八木順子, 岡本交二, 國久智成, 谷野裕一, 高尾信太郎, 山神和彦, “次世代乳がん検診に向けた世界初マイクロ波マンモグラフィの開発”, 第 30 回日本乳癌検診学会学術総会, NPO 法人日本乳癌検診学会, 2020 年 11 月 22 日 (招待講演)
- [62] 木村建次郎, “非破壊検査に革新をもたらす画像再構成理論と計測技術”, 計測展 2020 OSAKA, 2020 年 10 月 21～23 日 (招待講演)
- [63] 木村建次郎, “非破壊検査に革新をもたらす画像再構成理論と計測技術”, 日本学術振興会先進セラミックス第 124 委員会 第 161 回研究会, 2020 年 11 月 11 日 (招待講演)
- [64] 木村建次郎, “産学連携による世界初のマイクロ波マンモグラフィの実現～応用数学における未解決問題の解決・特許取得から医療機器開発へ～”, 第 3 回ヘルスケア・医療福祉事業交流会, 2020 年 11 月 19 日 (招待講演)
- [65] 木村建次郎, “多重経路逆散乱理論の探求と次世代非破壊画像診断技術の開発”, 令和 2 年度 第 1 回関西道路研究会コンクリート構造調査研究委員会, 神戸, 2020 年 12 月 22 日 (招待講演)
- [66] 木村建次郎, “偏微分方程式における逆問題とその応用のさらなる展開”, RIMS 共同研究集会発表, オンライン, 2021 年 1 月 8 日 (招待講演)
- [67] 木村建次郎, “多重経路散乱場理論の開発とマイクロ波マンモグラフィへの応用”, 日本光学会第 47 回冬期講習会, オンライン, 2021 年 1 月 14 日 (招待講演)
- [68] Kenjiro Kimura, “New imaging and development of optimal screening system”, Kyoto Breast Cancer Consensus Conference 2021, Evening Lecture, オンライン, January 23, 2021. (invited)
- [69] 木村建次郎, パネルディスカッション 1「新しいモダリティー」, 演題番号: PD(1)-5, 第 30 回日本乳癌画像研究会, オンライン, 2021 年 2 月 12 日 (招待講演)
- [70] 木村建次郎, “乳がん診療の未来～マイクロ波マンモグラフィ～”, Breast Cancer Seminar ～乳がん診療の近未来～, 2021 年 3 月 12 日 (招待講演)
- [71] 木村建次郎, 岡田英朗, 藪本海, 松田聖樹, 鈴木章吾, 倉谷健太郎, 小林弘典, 美馬勇輝, 木村憲明, “蓄電池内非破壊電流密度分布可視化技術の開発” (Development of nondestructive imaging for electric current density distribution inside rechargeable battery.), 講演番号: S04-4pm-01, 日本化学会 第 101 春季年会 (2021), 2021 年 3 月 22 日 (招待講演)
- [72] 木村建次郎, 松田聖樹, 鈴木章吾, 美馬勇輝, 木村憲明, “サブサーフェス磁気イメージング技術の開発ー蓄電池品質管理、インフラ検査への応用ー”日本磁気学会 第 231 回研究会, 2021 年 3 月 30 日 (招待講演)
- [73] 木村建次郎, “次世代乳癌診断に向けたマイクロ波マンモグラフィの開発と臨床研究”, 第 77 回日本放射線技術学会総会学術大会, 2021 年 4 月 17 日 (招待講演)
- [74] 木村建次郎, “マイクロ波マンモグラフィの開発とその実用化”, 兵庫県立大学先端医工学研究センターセミナー, 2021 年 4 月 26 日 (招待講演)
- [75] 木村建次郎, 自民党文部科学部会講演会, 2021 年 5 月 19 日 (招待講演)
- [76] 木村建次郎, “世界初 マイクロ波マンモグラフィ開発”「21 世紀先端医療コンソーシアム」医療機器部会, 2021 年 5 月 25 日 (招待講演)
- [77] 木村建次郎, “多重経路散乱場理論の開発とマイクロ波マンモグラフィへの応用”, 第 15 回日本分子イメージング学会総会・学術集会, 2021 年 5 月 27 日 (招待講演)
- [78] 木村建次郎, “応用数学史上未解決問題の解決と社会実装”, 灘中学校・高等学校, 灘校土曜講座, 2021 年 6 月 5 日 (招待講演)
- [79] 木村建次郎, “命を救う数式”, 神戸大学 志講義, 2021 年 6 月 3 日 (招待講演)
- 木村建次郎, “「基礎数理の研究成果に基づくイノベーション・社会実装について」～医療、国土強靱化、安全保障への応用、国家戦略への展開～”, 自由民主党 科学技術・イノベーション戦略調査会・新国際秩序創造戦略本部講演, 2021 年 6 月 10 日 (招待講演)
- [80] 木村建次郎, GE ヘルスケア×SMFG 次世代ヘルスケアオープンイノベーション, hoops link kobe, 2021 年 7 月 14 日 (招待講演)
- [81] 木村建次郎, “物体内部を見る数理と先端計測技術開発”, 第 12 回 インフラ先端技術コンソーシアム 先端 MSD 分科会, 2021 年 9 月 1 日 (招待講演)
- [82] 木村建次郎, 岡田英朗, 藪本海, 松田聖樹, 鈴木章吾, 美馬勇輝, 木村憲明, “蓄電池内非破壊電流経路映像化技術の開発”, 第 407 回電池技術委員会, 2021 年 9 月 7 日 (招待講演)
- [83] Kenjiro Kimura, Ayaka Hirai, Akari Inagaki, Tomonari Kuniyoshi, Yuichi Tanino, Koji Okamoto, Yoshiharu Nakashima, Takayoshi Yumii, Noriaki Kimura, Kazuhiko Yamagami, Shintaro Takao, “Development of multi-static scattering field inverse analysis theory and next-generation breast cancer diagnostic imaging technology”, ISOM'21, Kobe, Mo-B-01, October 4, 2021. (invited)
- [84] 木村建次郎, “38 億人を救う数式”, 兵庫県立長田高等学校特別講義, 2021 年 10 月 14 日 (招待講義)
- [85] 木村建次郎, IGS 社企業プレゼンテーション, 関経連×NEDO オープンイノベーションフォーラム 2021, 2021 年 10 月 28 日 (招待講義)
- [86] 木村建次郎, “多重経路散乱場理論の開発とマイクロ波マンモグラフィへの応用”, 第 64 回自動制御連合講演会 特別講演, 2021 年 11 月 14 日 (招待講義)

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 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

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：科学技術イノベーション研究科・近藤 昭彦

## 2. 研究目的

本研究課題では、生命のマルチスケール（階層）性に着目し、原子・分子・細胞といった各レイヤーにおいて、理論あるいはデータをもとに計算科学的解析のアウトプットを統合していくことで、マルチスケール計算生物学を創生していく。得られる結果をもとに、低炭素化社会の実現に向けたバイオエネルギーや高付加価値化学品の効率的生産とともに、健康長寿社会に貢献するための効率的バイオ医薬生産を目指す。

## 3. 研究成果の概要

原子・分子スケールの解析では、NEDO プロジェクトを中心に、特に酵素分子に着目し、計算化学的手法による原子配置を考慮した酵素設計・改変手法の開発を実施した。分子・細胞スケールの解析では、次世代バイオ医薬品製造技術研究プロジェクトにて、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向けた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。さらに、高機能遺伝子デザイン技術研究プロジェクト・NEDO プロジェクトを中心に、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 GDC プラットフォームの開発に加えて、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「スマートセル」の開発に向けて、バイオインフォマティクス・機械学習技術を利用した代謝設計、代謝モデル構築、酵素反応設計の各技術を開発した。また、代謝設計に向けた人工知能（AI）技術として、文献・データベースからの知識抽出をもとに、知識ベースの開発を実施した。アルカロイド合成に向けた酵素設計技術の開発と検証の研究は、こうした原子・分子・細胞スケールの各要素技術を組み合わせることにより達成できたマルチスケール計算生物学の成果と言える。

## 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

物質生産工場に向けた情報技術の開発は、カーボンニュートラルを意識した持続可能な社会に向けて、NEDO プロジェクトの連携機関においてもニーズの高いテーマであり、本研究課題のマルチスケール計算生物学のテーマとしても原子・分子・細胞スケールの各技術を開発要素として含むことから、こうした方向を中心に据えて、今後の研究の深化とともに、連携先の開拓といった展開を目指す。また、Covid-19 のような新興感染症に対抗する手段として、効率的バイオ医薬生産は必須であるが、AMED プロジェクトにて国際競争力のある次世代抗体医薬品製造技術開発プロジェクトをスタートしており、ここにおいても原子・分子・細胞スケールのマルチスケール計算生物学の要素技術の開発と展開を推進していく。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 20 人 (分担者 1 人、学内参画者 5 人、学外参画者 12 人、国外参画者 1 人)

令和2年度 20 人 (分担者 1 人、学内参画者 5 人、学外参画者 12 人、国外参画者 1 人)

令和3年度 18 人 (分担者 1 人、学内参画者 2 人、学外参画者 14 人、国外参画者 0 人)

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 6 編 (内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編)

令和2年度 6 編 (内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編)

令和3年度 1 編 (内国際共著論文 0 編、内 TOP10%論文 0 編)

主たる論文リスト

論文名 : Application of Graphs Theory to Evaluate the Chemical Reactions in Living Cells.

著者名 : Aburatani, S., Kokabu, Y., Teshima, R., Ogawa, T., Araki, M., Shirai, T.

掲載誌, 巻, ページ : IC-MSQUARE 2019, 2019

論文名 : Reconstruction of metabolic pathway for isobutanol production in *Escherichia coli*.

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

掲載誌, 巻, ページ : Microbial Cell Factories, 18, 124, 2019

論文名 : Production of 1,2,4-butanetriol from xylose by *Saccharomyces cerevisiae* through Fe metabolic engineering

著者名 : Bamba, T., Yukawa, T., Guirimand, G., Inokuma, K., Sasaki, K., Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Metabolic Engineering, 56, 17-27, 2019

論文名 : Mechanism-based tuning of insect 3,4-dihydroxyphenylacetaldehyde synthase for synthetic bioproduction of benzyloquinoline alkaloids

著者名 : Vavricka, C. J., Yoshida, T., Kuriya, Y., Takahashi, S., Ogawa, T., Ono, F., Agari, K., Kiyota, H., Li, J., Ishii, J., Tsuge, K., Minami, H., Araki, M., Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Nature Communications, 10, 2015, 2019

論文名 : Exploration and Evaluation of Machine Learning-Based Models for Predicting Enzymatic Reactions

著者名 : Watanabe, N., Murata, M., Ogawa, T., Vavricka, C. J., Kondo, A., Ogino, C., Araki, M.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chemical Information and Modeling, 60(3), 1833-1843, 2020

論文名 : Dynamic metabolomics for engineering biology: Accelerating learning cycles for bioproduction

著者名 : Vavricka, C. J., Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Trends in Biotechnology, 38(1), 68-82, 2020

論文名 : *In vivo* evaluation of the Z<sub>HER2</sub>-BNC/LP carrier encapsulating an anticancer drug and a radiosensitizer

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

論文名 : Enhancing carbohydrate repartitioning into lipid and carotenoid by disruption of microalgae starch debranching enzyme

著者名 : Kato, Y., Oyama, T., Inokuma, K., Vavricka, C. J., Matsuda, M., Hidese, R., Satoh, K., Oono, Y., Chang, J. S., Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Communications Biology, 4, 450, 2021

(2) 著書数： 0 冊

主たる著書リスト

(3) 特許出願数： 5 件

主たる特許リスト

発明等の名称：遺伝子スイッチを選抜する方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：石井純，富永将大，能崎健太，近藤昭彦

PCT/JP2021/044573

発明等の名称：遺伝子スイッチ

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：石井純，富永将大，能崎健太，近藤昭彦

出願番号：特願 2020-202234

発明等の名称：高発現高制御性遺伝子スイッチ

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：石井純，富永将大，能崎健太，近藤昭彦

出願番号：特願 2020-202239

発明等の名称：内在性遺伝子の発現が増強された遺伝子組換え細胞の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：伊藤洋一郎，石井純，近藤昭彦

出願番号：PCT/JP2021/011093

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

令和元年度 187,480 千円

令和2年度 49,185 千円

令和3年度 349,500 千円

### (2) 受賞： 4 件

主たる受賞リスト

#### 優秀発表賞

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

受賞者名：宮崎敬太

受賞年月：平成2年11月

優秀発表賞

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

受賞者名：浅間梨々花

受賞年月：平成 2 年 11 月

(3) 研究集会の開催 0 件 (内国際研究集会 0 件)

主たる研究集会リスト

(4) その他特記事項

# 最終報告書

(令和元年度～令和3年度)

## 1. 研究プロジェクト概要

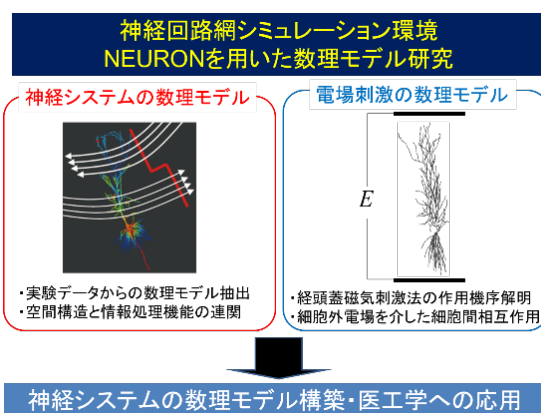
研究プロジェクトの名称：神経回路網シミュレーションモデル研究プロジェクト

研究プロジェクトリーダーの部局・専攻・氏名：工学研究科電気電子工学専攻・大森 敏明

## 2. 研究目的

本プロジェクトでは、神経回路網の動きを神経生理学に基づいてモデル化した数理モデルによるシミュレーションを通して、脳型情報処理システムの解明及び工学分野への適用可能性について追求することを目的としている。

このため、米国・カリフォルニア大学サンディエゴ校 (UCSD) ・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 をスーパーコンピュータ  $\pi$ -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索することを目標とする。



図：研究開始当初の研究概要

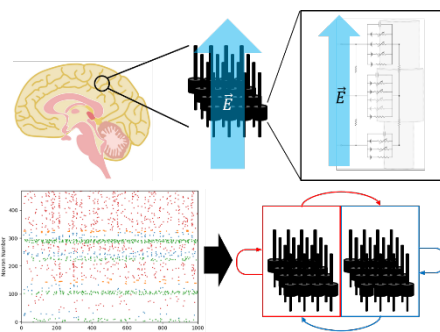
## 3. 研究成果の概要

本プロジェクトは、初年度(平成28年度)は横川三津夫教授(システム情報学研究科)、2年度目以降(平成29年度～)は大森敏明准教授(工学研究科)が研究プロジェクトリーダーを担当し、神経回路網モデルに関する計算科学研究ならびにデータサイエンス研究を推進してきた。本プロジェクトに関連して、科研費・国際共同研究強化に採択され、カリフォルニア大学サンディエゴ校の計算科学研究者と神経回路網モデルのシミュレーションに関し、意見交換を行うことで、神経回路網モデル研究の更なる推進を行ってきた。

神戸大学における各分野の先端研究を融合することを目的として、平成29年度より、新たに、医学研究科医科学専攻の教員2名、理学研究科生物学専攻の教員1名を研究参画者として本プロジェクトに招聘することで、神経回路網の数理モデルを主軸として、生命・医学系や自然科学系の各分野と計算科学・データサイエンス分野との融合研究を推進した。特に、医学・生物学・工学・情報学の研究者が交流する研究会として、イメージング数理研究会を開催し、本研究プロジェクトのメンバーの3名が参画する神戸大学先端融合研究環・極みプロジェクト(平成30年10月～)へと繋げるとともに、令和元年度以降、JST CRESTプロジェクト(令和元年10月～)、AMED「脳とこころの研究推進プログラム」プロジェクト(令和3年8月～)が採択されている。

### 3-1. 細胞外電場の効果を有する大脳皮質神経回路網の NEURON 環境構築・情報論的解析・データ駆動型解析

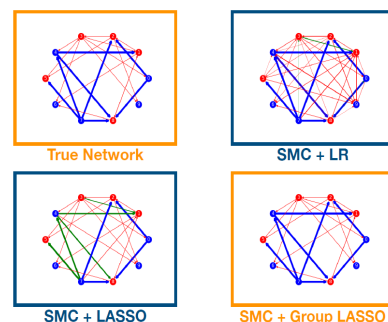
大脳皮質では多数の神経細胞が複雑に情報のやりとりを行うことによって、高次の情報処理機能が実現されている。本研究では、経頭蓋磁気刺激法による脳疾患治療や非シナプス間相互作用として注目を集めている細胞外電場の効果に注目し、細胞外電場の効果を有する大脳皮質神経回路網の NEURON シミュレーション環境を構築した。情報論的解析により、細胞外電場が大脳皮質における情報伝達の促進や抑圧などの調整機構を有することを強く示唆する結果を得ることに成功した。さらに、大脳皮質の層状構造を考慮した神経ネットワークに注目し、各層における局所回路から得られるスパイク系列から、ネットワーク構造を推定するためのデータ駆動型手法を構築した。大脳皮質の層構造を考慮する場合、系の複雑さのため、尤度関数を陽に得ることが困難となる。そこで、尤度関数が明示的に与えられない場合にも有効なベイズ推論の枠組みである近似ベイズ計算と NEURON 環境に基づく神経回路網モデルとを融合することで、NEURON 環境の実問題への適応を実現するための神経データ解析技術を構築した。神経回路の空間構造と情報処理機能の関係性を繋ぐ本研究の成果は日本神経科学学会や北米神経科学学会などの国内外の学会で発表するとともに、京都大学数理解析研究所やカリフォルニア大学サンディエゴ校神経回路行動センターからの依頼講演を受けた。



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

### 3-2. データ駆動型アプローチに基づく非線形ダイナミクスの推定・制御アルゴリズムの構築，ならびに，他分野への応用

近年の計測技術の発展により、脳神経システムの時空間データの計測が実現されつつある。NEURON 環境では、個々の神経細胞の形態構造（神経細胞の空間構造）は比較的精緻に数理モデル化されているものの、神経回路のネットワーク構造は未知の場合が多く、データ駆動でこれらの特性を推定する方法を構築する必要がある。そこで、NEURON 環境で実装される神経ネットワーク構造を実験データから推定するためのデータ駆動型アルゴリズムの構築を推進した。まず、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データ駆動型アルゴリズムの構築を行った。雑音が重畳された限定的なデータからのネットワーク構造推定を実現するために、神経回路構造が有する特徴であるスパース性を事前確率として導入し、さらに、Dale の法則と呼ばれる神経ネットワークが有する生物学的特徴（特定の神経細胞から放出される伝達物質は興奮性か抑制性のいずれか一方のみ）も事前確率に導入することで、精緻なネットワーク構造推定を実現するアルゴリズムを構築することに成功した。逐次モンテカルロ法とスパースモデリングを融合した統計的アルゴリズムにより、真のネットワーク構造と多次元潜在状態の同時推定を実現した。本研究の成果は、関連研究者の注目を集め、情報処理学会や大阪大学数理・データ科学教育研究センターからの依頼講演



図：神経回路ネットワークのスパースモデリング



演を受けるとともに、情報処理学会より受賞を受けた。

近年の光計測と光操作の進展により、神経応答を踏まえた神経回路制御技術の確立が求められている。このような背景のもと、観測データに基づいた神経ダイナミクスの推定と動的制御を同時に実現するアルゴリズムの開発を行った。まず、観測データに基づいて神経システムの多次元状態変数と複数の電気特性をオンラインで推定するための手法を構築した。さらに、これまで本プロジェクトで構築してきた単一神経細胞の制御技術を神経回路システムに応用することで、局所回路の神経ダイナミクスと神経回路制御を実現するアルゴリズムの構築を行った。得られた成果は、IEEE が主催する国際会議や脳型計算機に関する国際会議において公表した。

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

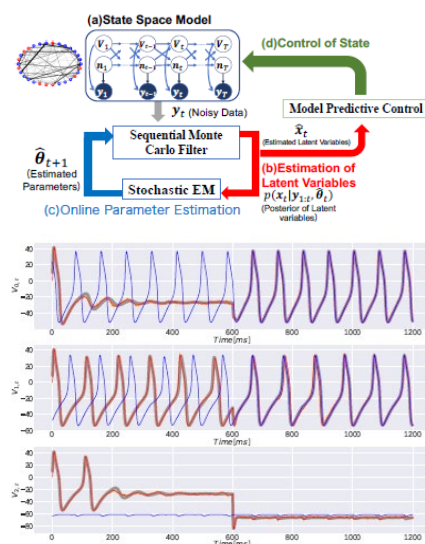
本プロジェクトで構築したデータ駆動的アプローチの研究について、研究代表者は東京大学からの依頼を受け、東京大学高次元データ駆動科学教育プログラムにおける全7回の集中講義（令和元年度～令和3年度）を行い、他大学の研究者や学生に対して、本研究プロジェクトで得られた研究成果の紹介を行った。

### 3-3. 多次元時系列データからの嗅覚情報の情報抽出・情報認識技術の研究

本プロジェクトの前半（平成28年度～平成30年度）において推進してきたアリ嗅覚情報処理の数理モデリングを進展させるとともに、嗅覚情報の認識アルゴリズムの工学研究を推進した。複数の匂いセンサから得られる多次元時系列データから匂いの快適度を推定するための機械学習アルゴリズムの構築を行った。スパースモデリングに基づいて、匂いの快適度の推定に重要なセンサ情報のみの抽出を実現するとともに、学習で用いていない未知データに対しても快適度の推定を精緻に行う方法を考案した。さらに、NEURON 環境に適合する神経ケーブル理論に基づく匂い情報認識モデルの数理モデルの理論研究も進め、得られた成果を IEEE などの国際会議で発表するとともに、京都大学数理解析研究所などから依頼講演を受けた。

### 3-4. 多次元時系列データからの潜在ダイナミクス抽出に関する理論研究

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



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

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

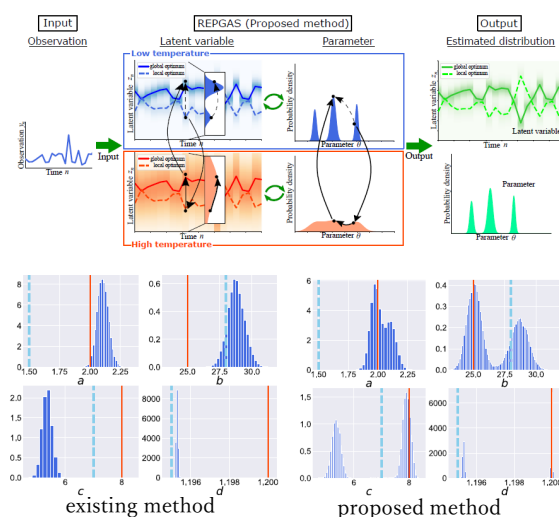
以上の通り、本プロジェクトでは、令和元年度～令和3年度において、神経回路網に関する医学・工学・情報学の融合研究を UCSD との国際共同研究として推進するとともに、神経回路網研究の推進において構築した、神経ネットワークにおける非線形時空間ダイナミクス抽出のための情報処理技術を用いて、地球惑星科学分野における非線形時空間ダイナミクス抽出への応用研究も行い、海洋研究開発機構などの他研究機関との共同研究へと展開した。

なお、上記の研究の一部は、文部科学省 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）、基盤研究(B)、科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 CREST、日本医療研究開発機構「脳とこころの研究推進プログラム」（領域横断的かつ萌芽的脳研究プロジェクト）の支援のもとで、行われた。

#### 4. 研究成果の社会への還元 および 研究の今後の展開

本研究で行った神経回路網シミュレーション環境 NEURON による順方向研究の展開とイメージングデータなどの計測データからのデータ駆動型の逆方向研究を社会へと還元するために、脳科学におけるシミュレーションモデル駆動アプローチとデータ駆動アプローチの融合による複雑システム研究を深化・展開する。

近年のイメージングデータにおける大規模化された神経回路網の計測データから、その背後にある神経システムの数理モデルを抽出する上で、計算科学（第3の科学）とデータ駆動科学（第4の科学）を融合させた新たな情報技術の開拓が必須である。特に、脳を代表とする多くの複雑システムでは、その情報処理機能の実現に対してシステムの階層性が重要視されているにもかかわらず、従来の研究では、個々の階層レベルの研究に限定されており、階層性を貫く統合的理解を実現するための方法論の構築が望まれている。そこで、多階層において計測されるマルチスケールデータに対してデータ駆動型アプローチに基づいて、階層性を有する脳型情報処理システムの動作メカニズムを理解す



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

るための方法論を構築するとともに、階層連関を解明するために有効な実験計画を実現するベイズ最適化理論の構築を行う。最先端の計測技術と情報処理技術を融合させるとともに、本プロジェクトで構築してきた神経回路制御に関する数理基盤を深化させることにより、複雑システムのマルチスケール制御を実現するための新たな数理情報基盤を構築する。さらに、階層性が重要とされる脳神経システムや地球システムを代表とする学問領域の実験研究者との共同研究により、構築した数理基盤の展開を図る。

なお、令和3年度より、視覚野の情報処理に関して生理学研究所と共同でAMEDプロジェクト予算の獲得に成功しており、本プロジェクトで推進しているJST CREST数理情報活用基盤プロジェクトとも融合を図ることにより、先端計測と先端情報処理の融合による「情報計測学」と呼ぶべき新たな研究領域の展開を進める。さらに、多階層性を有する複雑システムに注目した理論・実験・シミュレーション・データ科学の融合領域としての学術変革領域の提案を進めることにより、本プロジェクトの更なる深化と展開を推進する。

国内外の研究連携を強化するために、最終年度の残期間（令和4年1月～3月）には、カリフォルニア大学サンディエゴ校との国際学際研究シンポジウム開催（令和4年2月を予定）、日本生理学会での公開シンポジウム講演への参画（本プロジェクト代表が2件のシンポジストとして招聘）を行うとともに、次年度以降も国内外の連携を図ることを通して、脳型人工知能やデータ駆動型神経科学に関する先端融合研究拠点の形成を図る。

## 5. 構成員 及び 学内支援

### (1) 構成員数

令和元年度 7人（分担者 1人、学内参画者 3人、学外参画者 0人、国外参画者 2人）

令和2年度 7人（分担者 1人、学内参画者 3人、学外参画者 0人、国外参画者 2人）

令和3年度 7人（分担者 1人、学内参画者 3人、学外参画者 0人、国外参画者 2人）

### (2) ワークショップ、研究会経費

令和3年度 1件、500千円

## 6. 研究成果の状況等

### (1) 論文

令和元年度 5編

令和2年度 5編

令和3年度 7編

### 主たる論文リスト

論文名：Online Estimation and Control of Neuronal Nonlinear Dynamics Based on Data-Driven Statistical Approach

著者名：Shuhei Fukami and Toshiaki Omori

掲載誌：Communications in Computer and Information Science, Vol. 1143, pp. 600-608, 2019年

論文名：Sparse Estimation of Neuronal Network Structure with Observed Data

著者名 : Ren Masahiro and Toshiaki Omori

掲載誌 : Communications in Computer and Information Science, Vol. 1143,  
pp. 609-618, 2019 年

論文名 : Sparse Modeling of Nonlinear Dynamics in Heterogeneous Reactions

著者名 : Masaki Ito, Tatsu Kuwatani, Ryosuke Oyanagi, Toshiaki Omori

掲載誌 : Neural Information Processing, pp 380-391, 2019 年

論文名 : Sparse Modeling Approach for Estimating Odor Pleasantness  
from Multi-dimensional Sensor Data

著者名 : Moe Yokoi and Toshiaki Omori

掲載誌 : Proceedings of IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences  
and Technologies, 2020 年

論文名 : Switching Probabilistic Slow Feature Analysis for Time Series Data

著者名 : Kazuki Tsujimoto and Toshiaki Omori

掲載誌 : International Journal of Machine Learning and Computing, 2020 年

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

著者名 : Ryosuke Oyanagi, Tatsu Kuwatani, Toshiaki Omori

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

論文名 : Replica Exchange Particle Gibbs Method with Ancestor Sampling

著者名 : Hiroaki Inoue, Koji Hukushima, Toshiaki Omori

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

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

著者名 : Shuhei Fukami, Toshiaki Omori

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

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

著者名 : Naomichi Takada, Toshiaki Omori

掲載誌 : Journal of Image and Graphics, Vol. 9, No. 3, pp. 87-94, 2021 年

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

著者名 : Ryosuke Oyanagi, Tatsu Kuwatani, Toshiaki Omori

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

論文名：Estimation of Neuronal Dynamics of Izhikevich Neuron Models from Spike-Train Data with Particle Markov Chain Monte Carlo Method

著者名：Hiroaki Inoue, Koji Hukushima, Toshiaki Omori

掲載誌：Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 90, No. 10, pp. 104801:1-9, 2021 年

論文名：Data-driven Analysis of Nonlinear Heterogeneous Reactions through Sparse Modeling and Bayesian Statistical Approaches

著者名：Masaki Ito, Tatsu Kuwatani, Ryosuke Oyanagi and Toshiaki Omori

掲載誌：Entropy, Vol. 23, No. 7, pp. 824:1-22, 2021 年

論文名：データ駆動型アプローチによる神経ダイナミクスの推定

著者名：大森敏明

掲載誌：京都大学数理解析研究所講究録, 2022 年

論文名：Self-Organizing Nonlinear State-Space Model Based on Gaussian Process

著者名：Takashi Terayama and Toshiaki Omori

掲載誌：Proceedings of 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics, 2022 年

論文名：Deep Neural Network-based Framework for Estimation of Integrated Information

著者名：Ryo Omae and Toshiaki Omori

掲載誌：Proceedings of 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics, 2022 年

論文名：Data-driven Method for Estimating Neuronal Nonlinear Dynamics from Noisy Partial Observation

著者名：Hiroaki Inoue and Toshiaki Omori

掲載誌：Proceedings of 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics, 2022 年

論文名：Data-Driven Super-Resolution for Rock Sample CT images Based on Sparse Modeling

著者名：Shoi Suzuki, Atsushi Okamoto, Katsuyoshi Michibayashi and Toshiaki Omori

掲載誌：Proceedings of 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics, 2022 年

(2) 著書数：1 冊

主たる著書リスト

大森敏明, データサイエンスの考え方, 第 7 章「確率モデル・確率推論」, オーム社 (2021)

(3) 特許出願数：0 件

主たる特許リスト

## 7. 関連活動及び特記事項

### (1) 外部資金獲得実績

- ・科学研究費補助金・国際共同研究加速基金(国際共同研究強化), 科学技術振興機構 CREST, 日本医療研究開発機構「脳とこころの研究推進プログラム」を中心として, データ駆動科学, 計算科学, 脳科学分野, さらに, 地球惑星科学分野との先端融合研究に関して, 外部資金の獲得を行った.

令和元年度 26,000 千円 (科学研究費補助金 22,620 千円, 受託研究経費 3,380 千円)

令和2年度 36,400 千円 (科学研究費補助金 21,580 千円, 受託研究経費 14,820 千円)

令和3年度 66,430 千円 (科学研究費補助金 47,190 千円, 受託研究経費 19,240 千円)

### ■主たる外部資金リスト

- ・科学技術振興機構 CREST「数理的情報活用基盤」 総額 72,800 千円 (令和元年度～令和6年度)
- ・日本医療研究開発機構「脳とこころの研究推進プログラム」(領域横断的かつ萌芽的脳研究プロジェクト) 総額 18,720 千円 (令和3年度～令和5年度)
- ・日本学術振興会 科学研究費助成金 基盤研究(B) 総額 16,900 千円 (令和3年度～令和7年度)
- ・日本学術振興会 科学研究費助成金 国際共同研究強化 総額 11,310 千円 (平成28年度～令和元年度)

### (2) 受賞: 1件

### ■主たる受賞リスト

政廣蓮 第18回情報科学技術フォーラム 奨励賞

### (3) 研究集会の開催 4件 (内国際研究集会 2件)

- ・情報学, 生物学, 脳科学, 計測科学などの異分野交流を目的としたイメージング数理研究会を複数回開催することで, 神経回路網モデルを主軸として, イメージング技術と数理解析技術の先端融合研究の推進を行うとともに, 学生を含む若手研究者にも口頭発表やポスター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.
- ・国際共同研究を推進するために, 米国カリフォルニア大学サンディエゴ校にて, 生命科学, 計算科学, 構造工学にわたる異分野交流型の国際シンポジウムを開催し, 複雑システムを主軸として, データ駆動型の先端融合研究を推進するための方法論を議論する場を設けた.

### ■主たる研究集会リスト

- ・研究集会名: Joint Symposium on Life Science, Computational Science, and Structural Engineering Between Kobe University and UC San Diego  
場所: 米国カリフォルニア大学神経回路行動センター  
開催年月: 2019年11月
- ・研究集会名: イメージング数理研究会  
場所: 神戸大学百年記念館六甲ホール  
開催年月: 2019年9月
- ・研究集会名: Joint Symposium on Life Science, Computational Science, and Structural Engineering Between

場所：オンライン

開催年月：2022 年 2 月（予定）

- ・研究集会名：Data-driven Approach for Nonlinear Dynamical System Modeling

場所：オンライン

開催年月：2022 年 3 月（予定）

#### (4) その他特記事項

##### ■主たる招待講演リスト

- ・Toshiaki Omori “Data-Driven Approach for Estimating Neuronal Network Dynamics”  
京都大学数理解析研究所，2019 年
- ・大森敏明「オマーン掘削コア試料の X 線 CT 画像の超解像」名古屋大学環境学研究科，2019 年
- ・Toshiaki Omori “Extracting Neural Dynamics Based on Computational and Data-driven Approaches”, The Center for Neural Circuits and Behavior, University of California San Diego, USA, 2019 年
- ・大森敏明「データ駆動によるシステム・パラメタのベイズ推定について」，文部科学省 科学技術試験研究委託事業「数学アドバンストイノベーションプラットフォーム」数学-生物学領域横断ワークショップ，東京大学先端科学技術研究センター，2019 年
- ・大森敏明「スパースモデリングに基づく神経回路活動からの刺激推定」CREST「ホログラム光刺激による神経回路再編の人為的創出」第 3 回シンポジウム，2019 年
- ・Toshiaki Omori “Data-Driven Approach for Extracting Neuronal Non-linear Dynamics” The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, 2020 年
- ・大森敏明，「データ駆動型アプローチに基づく階層連関モデリング技術の創成」大阪大学大学院医学系研究科，2020 年
- ・大森敏明，「データ駆動型アプローチに基づく物理モデリング」幾何学的力学・計算代数学を基礎とするデータ駆動型モデリング，2020 年
- ・大森敏明，「データ駆動型アプローチによる動的システムの数理モデリング」情報処理学会関西支部 定期講演会『機械学習・深層学習に関する最新動向』，2021 年
- ・大森敏明，「ホワイトボックスモデリングによる非線形動的システムの推定」研究会「数理科学と情報学の連携による次世代モデリング理論」，2021 年
- ・大森敏明，「データ駆動型アプローチによる動的システムモデリング」大阪大学 数理・データ科学教育研究センター(MMDS) AI・データ利活用研究会，2021 年
- ・大森敏明，「ホワイトボックスモデリングによる非線形動的システムの推定」研究会「数理科学と情報学の連携による次世代モデリング理論」，2021 年
- ・Toshiaki Omori “Data-driven Modeling of Neuronal Nonlinear Dynamics” 第 99 回日本生理学会大会 公開シンポジウム「計算論的神経生物学の新潮流」，2022 年（予定）
- ・大森敏明，「多次元・多階層データ解析へのデータ駆動型アプローチ」第 99 回日本生理学会大会 公開シンポジウム「部分と全体学による脳の理解」，2022 年（予定）