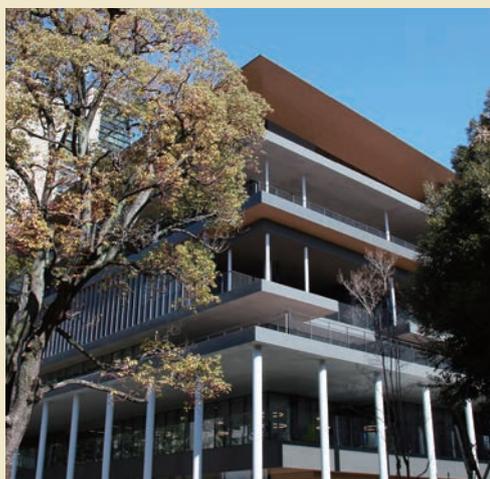


青山学院大学

総合研究所報

第32号



2024年11月

青山学院大学総合研究所

学校法人青山学院は、青山学院大学における教育・研究との有機的な関係のもとに、広く学術を統合し、社会と学術文化の進展に寄与することを目的として、大学に総合研究所を設置する。

《 目 次 》

巻 頭 言	所長 岩田 みゆき	1
I. 研究ユニット活動報告および研究成果（総括・要約）		
1) 研究ユニット活動報告		
がん放射線治療の最適条件を探るための酸素プローブ開発研究		4
光学活性芳香族複素環化合物及び光学活性芳香族化合物の環境調和型合成		5
国際秩序変容の構造とメカニズム：ネットワーク・アプローチによる実証分析		6
コーポレート・ディスクロージャーの総合的研究		7
新奇低次元トポロジカル物質の開発とその次世代超低消費電力スピン素子応用		8
〈人間以上〉の想像力と語り——環境人文学の研究教育基盤形成に向けて		9
留学生就職支援を目的とする ICT を用いたビジネス日本語教育の実証的研究		10
住宅政策・構想が地域社会に与える影響に関する史的研		10
国連 PKO の文民に対する暴力抑制効果—ジェンダー多様性の役割		11
日本の教育における伝統思想とキリスト教学校の攻防		12
体力や健康の維持増進に向けた電気刺激を用いた受動的トレーニングの開発		12
人口動態の変化が家計のエネルギー消費に与える影響：Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism (MuSIASEM) による予測		13
ミクロとマクロの境界における心臓における発生から修復機能の解明		13
聖書における「和解」の思想		16
2) 研究ユニット研究成果（総括・要約）		
研究成果報告論集		
『無線システムの運用環境改善に向けた電波吸収・シールド技術の開発』		17
（無線システムの運用環境改善に向けた電波吸収・シールド技術の開発）		
『現実世界の公共財における動態解析と実験室実験による社会的ジレンマ研究の新たな展開』		26
（現実世界の公共財における動態解析と実験室実験による社会的ジレンマ研究の新たな展開）		
（2024年度刊行予定）		
市販本		
『オペラの時代：音楽と文学のポリフォニー』		34
（19・20世紀のフランス文学とオペラ）		
II. アーリーイーグル研究支援制度活動報告		45
III. SDGs 関連研究補助制度活動報告		71
IV. 研究ユニット資料		79

巻 頭 言

総合研究所所長 岩田 みゆき

総合研究所は1988年の創立以来、今年で36年目を迎えます。その間今日に至るまで多くの研究プロジェクトを支援し、プロジェクトに携わった研究者と関係者の尽力によって膨大な研究成果が蓄積・発信され、社会の要請に答えるとともに、学術文化の進展に寄与してきました。しかし、その道のりは単純ではありません。創立当初から広く学術の「総合」を求めた総合研究所は、2003年の改革で「総合」から「統合」へとむかい、この方針に基づいて青山学院大学の研究機関として中心的な役割を果たしていました。しかし、徐々に学内における役割が形式化し、2014年の内部監査では「大学の研究組織の中心としての求心力も失」ったとされ、2015年を最後に新規研究プロジェクトの公募が中止され、2017年には本学の科研費採択件数の少なさも指摘されるなど、厳しい評価もされました。この間の所長をはじめとする総研運営に携わる方々の苦悩は察して余りあるものがありますが、これらを踏まえ2018年に大きな組織改革が行われ、総合研究所の位置づけも大きく変わりました。2018年4月から三木学長のもと、青山学院大学統合研究機構が組織され、外部資金等に基づく研究プロジェクト群である総合研究プロジェクト研究所と、学内競争資金に基づく研究ユニット群である総合研究所の二つの研究所が設置され、総合研究所は学内資金による研究成果を発展させることによって、外部資金獲得による研究プロジェクトへと移行していくことが期待されることとなりました。これにあわせて2018年以降、総合研究所内部の運営方法も変化し、それまで、総合研究部門（課題別研究部・キリスト教文化研究部）、領域別研究部門（人文科学研究部・社会科学研究部・自然科学研究部）の2部門5研究部に分かれていたのを、その枠組みをはずし、予算規模によって分類した、一般研究Aユニット・Bユニット、Cユニットのほかキリスト教文化研究ユニットによるユニット制に変更しました。またそれに加えて、助教・助手・博士後期課程学生を対象とした若手研究者支援を目的としたアーリーイーグル研究支援制度、科学研究費獲得に対する基盤研究強化支援推進プログラムが始まり、昨年度で新規募集が最後となった法人企画 AOYAMA VISION 予算による、SDGs（持続可能な開発目標）関連研究支援も行ってきました。こうして新体制の下で試行錯誤を繰り返しつつ、大学や社会が直面する多様な問題・課題にも取り組み、若手研究者の育成や、学問の発展に貢献し、今日に至っています。その研究成果の概要は、年度ごとに総合研究所の定期刊行物である『総合研究所報』や『NEWS SOKEN』、大学ホームページなどで紹介しており、2023年度も研究ユニット活動報告14本、研究成果報告3本、アーリーイーグル活動報告20本、SDGs 関連研究補助制度活動報告6本の研究活動報告・成果報告を掲載することができました。ご協力いただいた関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

ところで、2018年の組織改革が行われてから既に5年余が経過し、統合研究機構も新たに再編成が進められ、その中での総合研究所の活動も見直す時期がきております。外部資金獲得が総合研究所の主な役割だとは思いませんが、だからといって内部資金に安住してはならないと思います。研究所設立の趣旨に鑑み、総合研究所に信託された学内資金が有効に活用され、すぐれた研究を支援するとともに、新たな学問の芽が誕生・育成され、その研究成果が学術の発展に寄与し、広く大学教育や社会に還元されるように、皆様のご協力を切にお願いする次第です。

I. 研究ユニット活動報告および研究成果

1) 研究ユニット活動報告

がん放射線治療の最適条件を探るための酸素プローブ開発研究

ユニットリーダー：田邊 一仁

(研究の目的) がん治療法として広く用いられている放射線療法は、外科的な措置を行わず、全身への負担が少ないことから、その重要性がますます高まっている。しかし、現行の放射線療法は必ずしも最適な照射条件で進められていないことがわかってきた。放射線療法は、がん部位に直接放射線を照射することで殺細胞効果を得るが、その効果は、組織内の酸素濃度に大きく依存する。放射線治療は十分な酸素濃度をもつ腫瘍には高い殺細胞効果を示す一方で、酸素濃度が低い場合にはその効果は約3分の1程度に弱まる。これまで、腫瘍は酸素濃度が低いと言われてきたが、近年、腫瘍内の酸素濃度は必ずしも低酸素状態で一定ではなく、ある程度の時間間隔で変動していることが示された。すなわち、腫瘍内の酸素濃度が高まった時点で放射線を照射すれば非常に効果は高いが、酸素濃度が低い時点で照射しても治療効果は限られる。現在、短時間の酸素濃度変動をリアルタイムに、かつ簡便に計測する技術は限られ、酸素濃度が未知なまま放射線が腫瘍に照射されている。本研究ではこの課題を解決すべく、細胞の酸素濃度に応答して発光挙動が変わる蛍光プローブの開発に取り組んだ。2023年度は特に低酸素環境の細胞（低酸素細胞）の各小器官で発光する低酸素可視化プローブを開発した。

(2023年度の研究成果) 消光作用を持つアジド基が低酸素細胞内で活性化され、アミノ基に変換される事実に着目し、プローブをデザインした。アジド基を備えた核移行分子である Hoechst 分子 (Hoechst-N₃) および、ミトコンドリア移行性のシアニン系分子 (Cy-N₃) を設計し、数段階を経て合成に成功した。実際に合成した低酸素プローブを還元酵素で処理し、蛍光スペクトルを用いて評価したところ、いずれも酸素濃度が低い場合にのみアジド基部分が還元され、アミノ基を与えた結果発光した。また、低酸素条件で培養した細胞へ投与し、蛍光挙動を調べた結果、2種の低酸素プローブはそれぞれ低酸素細胞で強い蛍光を発することが認められた。加えて、これら低酸素プローブはそれぞれ細胞核内、細胞内ミトコンドリアに蓄積し、蛍光を発することが分かった。一方、酸素濃度が十分にある有酸素細胞では、アジド基の還元反応は大きく抑制され、発光はほとんど増大しなかった。以上のように、2023年度は、2種類の低酸素発光プローブ Hoechst-N₃, Cy-N₃ を開発し、それぞれ低酸素細胞の核とミトコンドリアを可視化できることがわかった。現在、これらプローブのさらなる応用として、経時的に変化する細胞内酸素濃度を追跡するプローブとして活用することを目指している。

(2023年度の研究組織) 本研究ユニットは、研究代表者の田邊と研究協力者の西原助教で構成される。有機化学を得意とする田邊が分子の設計と合成を担当し、研究協力者の西原が分子の生物学的評価（細胞実験）を担当した。また、必要に応じて研究室の学生に実験を依頼し、プローブの作成と評価にあたった。

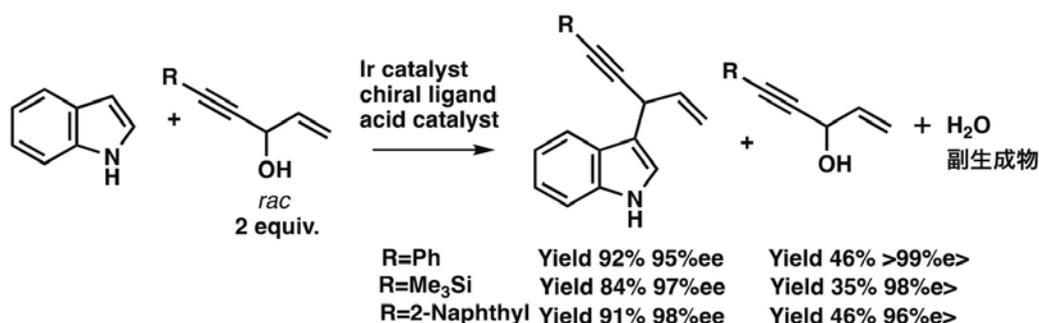
(研究経費) 今年度は主に、研究を遂行する際に必要となる有機合成用実験試薬およびガラス器具等の消耗品および細胞実験用試薬を購入するために研究経費を使用した。(情報発信) 今年度は、関連する研究内容で国内学会1件、招待講演1件(2024年2月予定)の発表を行った。発表においては多くの質問を頂き、好評であった。現在、本研究内容のうち核移行性プローブについて学術誌に公表すべく、論文を執筆中である。

光学活性芳香族複素環化合物及び光学活性芳香族化合物の環境調和型合成

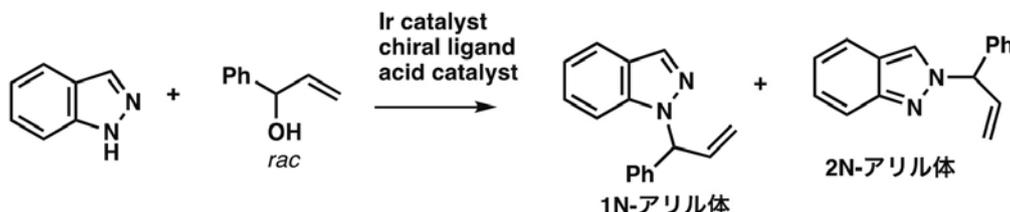
ユニットリーダー：武内 亮

炭素以外の原子を環の構成元素に持つ有機化合物を複素環化合物という。複素環化合物は医薬品の基本構造として極めて重要である。光学活性複素環化合物の需要は高いにも関わらず、必要とされる構造を効率的に提供する有効な方法が限られている。本研究では、我々が独自に発展させてきた触媒を用いて光学活性複素環化合物を効率的に合成することを目的とした。

インドールは、多くの生物活性物質中に存在する骨格である。それらの中でアルキンが置換した光学活性体のインドールは得られていない。我々が開発した触媒を用いてインドールとアセチレンアルコールから光学活性体のアルキン置換インドールを高収率かつ高エナンチオ選択的に得ることに成功した。副生成物は水だけである環境調和合成を達成できた。反応機構の検討により、本反応は速度論的光学分割で進行することがわかった。これはラセミ体のアルコールの片方だけが立体特異的に置換されることを示している。そのため反応しないアルコールも光学活性体で得られる。本反応では、インドール、アセチレンアルコール共に高い鏡像体過剰率で得られた。ここで得られる光学活性アセチレンアルコールは、falcarinol, falcarindiol, panaxytriol, panaxydol などの天然物に見られる骨格で、有用な光学活性ビルディングブロックである。二つの有用な光学活性体が同時に得られる有用な合成法を確立できた¹。



インダゾールは2つの窒素をもつ芳香族複素環化合物であり、2つの窒素はどちらも求核性を持つから、その位置選択性が問題となる。独自に開発し触媒を用いてインダゾールの位置選択的不斉アリル化反応が進行することを見出した。これについては、さらに研究を進める²。



1 Iridium-Catalyzed Asymmetric Allylation of Indoles via Kinetic Resolution of 1-Alken-4-yn-3-ols T. Sawano, Y. Yasumura, K. Kuwabara, H. Sugiura, K. Takahashi, E. Ishikawa, R. Takeuchi *Synlett*, 2023, 34, 2491-2495.

2 インダゾールの位置選択的不斉アリル化反応

澤野 卓大・石井 優吾・齋藤 大輝・沖杉 美海・石川 英里・吉川 武司・坂田 健・武内 亮 第52回複素環化学討論会2023年10月12~14日 1 O-20

国際秩序変容の構造とメカニズム：ネットワーク・アプローチによる実証分析

ユニットリーダー：林 載桓

1. 研究の目的と進捗状況：

本研究の目的は、ネットワーク分析の視点と手法を用いて、国際秩序の構造と変容のメカニズムを明らかにすることである。具体的には、異なる地域や政策領域において形成されてきた国家間のつながりの構造を「可視化」すること、また、その変化をもたらしている主たる要因とメカニズムを解明することを目指す。本研究は、ネットワーク科学（network science）の理論とデータ解析の手法が、これらの目的を達成する上で有効かつ斬新なツールを提供するという理解を共通の基盤としている。

2023年度における本研究ユニットの活動は次の2点に重点を置いて行われた。第一に、初年度に続き、ネットワーク科学の基本的な考え方、ならびに国際関係論との接点や応用の可能性についてメンバー全員の理解を深めることである。そのため、メンバーの大石氏を講師とする研究会（5月10日）を開催し、ネットワーク科学の最新動向と国際関係論における応用可能性について議論を重ねた。

第二に、ユニットメンバーによる実証研究の遂行である。具体的に、各メンバーが得意とする地域や政策領域に焦点を当て、国家間つながりの構造と変容に関する研究を進めた。そのうち泉川氏と山崎氏の研究成果は、研究会（1月24日・2月7日）を通じて共有した。

2. 研究活動を通じて得られた知見と成果の発信

2023年度の研究活動を通じて得られた学術的知見は次の2点である。

第一に、ネットワーク科学で国際関係を分析する利点の一つは、ミクロ（国家をはじめとした個別アクターの行動）とマクロ（国家間関係の構造と秩序）のつながりを深く、かつ体系的に理解することを可能にするということである。これまでの国際秩序の分析も「ミクロ的基礎付け」を重視してきたものの、それを合わせるだけではマクロ・レベルの変化を捉えきれない。ネットワーク科学では、ミクロの主体は各ノード（点）になり、それらのノードがリンクの構造を通じてさまざまな相互作用を起こし、ネットワーク全体に影響を与える形で、ミクロとマクロのつながりを捉えることが可能である。

第二に、こうしたネットワーク科学の知見は、異なる地域や政策領域における国際関係のダイナミックな変容を捉えかつ体系的に説明する上で有用であることを実証できるということである。具体的な研究成果は、各メンバーの成果物（業績表を参照）に反映されている。

3. 研究経費の使用

研究経費の使用にあたっては、初年度同様、2023年度におけるメンバー個人の使用額の限度を30万円とし、追加費用については、ユニット・リーダーとの事前相談を経て配分額を決めるようにした。なお、リサーチ・アシスタント（RA）による研究支援体制を構築し、メンバーによる研究費の申請・使用の事務手続きを補助している。

コーポレート・ディスクロージャーの総合的研究

ユニットリーダー：小西 範幸

本研究ユニットでは、サステナビリティ情報を介した会計、保証、ガバナンスの3つの研究領域の分野横断的な知見、さらには「総合知」の創出を得るための研究を試みています。国際サステナビリティ基準審議会 (ISSB) から2023年6月に『サステナビリティ報告基準』の公表があり、日本においても喫緊にサステナビリティ情報の開示制度の確立が必要になっていると言えます。本研究ユニットにおいて、制度、理論、実務の観点からその先鞭をつけることで、今後の日本における新しいディスクロージャー制度の確立に向けての貢献が期待できます。

サステナビリティ経営が21世紀の企業経営を標榜していると考え、コーポレートガバナンスは企業の方向づけと統制を行うシステムと捉えた「企業統治」の訳語は適切とはいえず、難しくなっていると考えられます。サステナビリティ経営の目的は、ステークホルダーのための価値創造と結びついているため、本研究ユニットでは、コーポレートガバナンスは、取締役会の適切な行動、並びに取締役会と株主間の良好なコミュニケーションを促進する手段として捉えて、会計、保証、ガバナンスを包括する概念として考察を深めています (図1)。それとともに、経済、経営、会計を連携して考察することで (図2)、企業経営と経済社会のサステナビリティの連結環となり得るコーポレート・ディスクロージャーについての総合的な研究を実現します。

(本研究ユニットは、2023年度の日本監査研究学会の課題別研究部会報告として公刊している。)

図1 コーポレートガバナンスの考え方

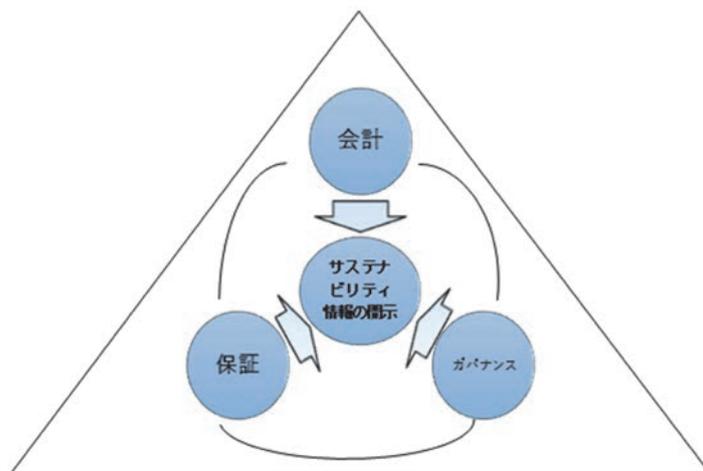
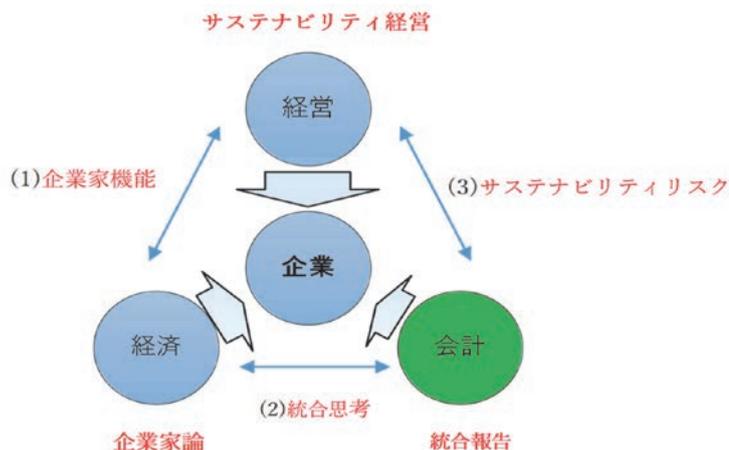


図2 コーポレート・ディスクロージャーの考え方



出所：小西範幸編著 [2024] 『サステナビリティ情報の会計・保証・ガバナンス』 同文館出版。

新奇低次元トポロジカル物質の開発とその次世代超低消費電力スピンスピン素子応用

ユニットリーダー：春山 純志

当初の研究目的は、二次元トポロジカル絶縁体 (TI) の量子スピンホール効果 (QSHE) における一次元ヘリカルエッジスピン流を外部電場などで制御し、エッジ上に積層した磁性体の磁化を磁場無しで室温高効率反転するメモリ素子など室温動作・次世代超低消費電力トポロジカルスピンスピン素子を創製、その基本動作を実現し高温 QSHE に関する多様な知見を得ることであった。そのために、(1)原子層半導体へのレーザー光描画で創製する室温二次元 TI 相、(2)原子層六方晶窒化ホウ素 (hBN) /SrTiO₃ (STO) 基板上に積層したグラフェンでの高温二次元 TI 相、の2つの系を提案した。まず(2)は昨年度から引き続き大きな成果となり、インパクトファクター30越えを誇る *Advanced Materials* 誌に論文受理され印刷中であり、掲載直前にはマスメディアへの配信を行う予定である。次に本年度は、(1)に関する研究過程で以下のような特筆すべき成果を得ることが出来た。

回転積層原子層磁性体によるトポロジカルスピンスピン素子創製

TI 上に磁性体を積層する過程で、磁性体積層だけで TI 状態が実現できないか検証した。2つの各種原子層物質を僅か1.1度回転させてファン・デア・ワールス (vdW) 力で積層するとこの TI 状態が発現することが最近数多く報告され、この角度は魔法角と呼ばれ「ツイストロニクス」として今や世界を席巻している。しかしこの試料作製は極めて困難であったため、逆に大きな角度で2つの磁性体薄膜 Fe₃GeTe₂を直接回転 vdW 積層したところ、2層間にトンネルバリア層を形成してないにも関わらず、磁気トンネル接合 (MTJ) のような磁気抵抗 (MR) 比ピーク特性が出現することを偶然発見した。この MR 比ピークは回転角度45度で最大になる事、試料裏面から印加するバックゲート電圧が正值の時に大きい事、温度20K 程度までは存在する事、なども発見した。

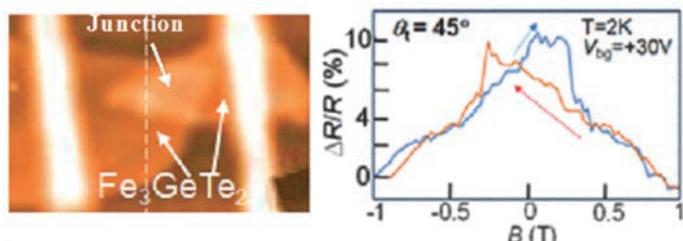


図1 (a) 45度回転 vdW 積層させた2つの薄層磁性体 Fe₃GeTe₂の原子間力顕微鏡像。(b) その磁気抵抗 (MR) 特性。負から正の磁場掃引 (青線) で先端が平坦な MR 比ピーク特性が確認出来る。

この試料を詳しく観察・分析し、更に理論計算も試みた結果、この MR 比ピークが、回転させた2層間の界面格子不整合に起因する可能性を発見した。Fe₃GeTe₂は極めて複雑な結晶構造を持ち、これを回転させて積層すると界面に大きな格子不整合が生ずる。これがトンネルバリア層の役目を担い層間のスピン電流を抑制する。しかし結晶構造は上面から見て六角形格子構造を持っているため回転させると周期30度で整合し重なる。従って回転角30度、60度の間の45度で格子不整合が最も大きくなり、最大の MR 比ピークが出現することがわかった。

MTJ ではトンネルバリア層を挟んだ上下の磁性体中の電子スピンが磁場に応答して反転する際にそのアップ・ダウンが反平行になる磁場領域があり、ここで MR 比ピークが出現する、この MR 比ピークがトンネルバリア無しでも発生するのには Fe₃GeTe₂特有の理由があり、アップ・ダウンの電子スピン数の差が他磁性体に比べて極めて大きいことが原因であると思われる。特に試料を薄層化するとこの差は顕著になり、これを格子不整合を介して接合することで、発見された大きい MR 比ピークが出現することが理論計算からもわかった。この結果は *Nature Materials* 投稿中である。

これを最適化することで TI 状態を実現できれば、本研究目的構造の TI/磁性体構造が磁性体積層のみで実現できることになり、最終年度の研究に大きな期待が持たれる。また、原子層半導体 MoS₂へのレーザー照射

による TI 相創製においても、その過程で生じる欠陥による TI 相創製の可能性を発見するなど、大きな成果が出ている。

ユニット構成員の北野との有機的な連携も強く、低温測定などで装置を共有し、活発な研究を行っている。更に研究経費も極めて効率的・効果的に使用され、特に円安で昨年度購入を見送った大型無冷媒装置を本年度後期に購入し立ち上げ、大きな成果が出ている。

モア・ザン・ヒューマン

〈人間以上〉の想像力と語り——環境人文学の研究教育基盤形成に向けて

ユニットリーダー：結城 正美

研究目的の進展

以下の課題における個人研究をさらに深めると同時に、各課題への取り組みにおいて得られた知見を相互参照的かつ批判的に議論し、本研究の総合テーマである「人間以上 (more-than-human)」をめぐる問題に人文学がどのように斬り込めるのか、斬り込むべきなのか、という問題について考察した。

課題 A. 土地の記憶と物語 (鳥越、西本、松井)

課題 B. 廃棄と廃墟化 (佐藤、結城)

課題 C. ナラティブの非人間的転回 (マクレディ、結城)

本研究においては、文献読解が重要な作業となる。その進捗状況は、口頭発表や書評に示されている通りであり、各課題の遂行状況は概ね良好である。

環境人文学の教育プログラム構築に関しては大きな進展があり、本学文学研究科英米文学専攻 (連絡教員：結城)、立教大学異文化コミュニケーション研究科 (同：奥野克巳教授)、明治大学理工研究科総合芸術系 (同：管啓次郎教授) との単位互換に基づく「環境人文学プログラム」(博士前期課程、2024年度開始) の設置に貢献した。参考：<https://www.agu-environmental-humanities.com/ehprogram>

新たな学術的知見の創出

本研究ユニットのメンバーは、2021年度本学人文科学研究プロジェクトとして始動した「AGU 環境人文学フォーラム」(以下、「フォーラム」と略) の創設メンバーでもあり、フォーラムで開催している研究会に参加している。そこで得た他分野=多分野の知見を参照し、各人が担当課題の研究において、専門分野の積極的な逸脱と学際的な視点に基づき人文知のとらえ直しをおこなっている。

構成員相互の研究活動

研究会等での議論のほか、本研究ユニットメンバーは日常的に電子メールや対面でやりとりをしており、その過程で研究に関する情報共有をおこなっている。また、前述したフォーラムの活動への参加を通して、環境人文学に関する共通理解を形成している。

研究経費の使用

本研究においては文献調査が重要であるため、図書・資料を多数購入した。また、国内外の移動が比較的自由になったため、研究遂行上必要な研究会や調査等のための出張をおこなった。さらに、研究成果出版を見据え、「人間以上」という概念と親和性の高い「惑星思考」について山里勝己氏 (琉球大学名誉教授) に行ったインタビュー、および前述のフォーラムで実施した鼎談「環境人文学の冒険」(奥野克巳×管啓次郎×結城) の文字起こしのための謝金として経費を使用した。

情報発信

本研究ユニットメンバー各人が、それぞれの専門分野での学術的活動 (書籍、論文、口頭発表等) を通して、

「人間以上 (more-than-human)」という概念を参照した学術知の再調整に接続するかたちで情報発信をおこなった。

留学生就職支援を目的とする ICT を用いたビジネス日本語教育の実証的研究

ユニットリーダー：田中 祐輔

本研究では、ビジネス現場の言語実態調査に基づくビジネス日本語業種別コーパスとオンデマンド型教材を作成することに取り組んでいる。今年度の第一段階として、国立国語研究所が公開する『現代日本語書き言葉均衡コーパス』(BCCWJ)、『日本語話し言葉コーパス』(CSJ)を用いて、特に留学生の志望先として多い5種の業種(情報通信業/卸売業・小売業/金融業・保険業/宿泊業・飲食店/生活関連サービス業)と3種の職種(営業/事務/経営・管理)において利用される語彙、文型、表現を書き言葉レベルで調査抽出し、レベル別シラバス(レベルそれぞれにおいて習得されるべき語彙・文法・表現のリスト)を作成することに取り組んだ。

得られたデータを検証し、既往のデータベース(国立国語研究所などによるもの)の語彙的な偏り(業種としては製造業やサービス業に偏り、比較的新しい情報通信業やメディア関係、宿泊などは少ない)が見られることが明らかとなり、ニュースアーカイブやテレビアーカイブなど、比較的新しいオンライン上のビジネス日本語関連スクリプトの語彙をデータベースに含める必要があることが導き出された。実際にニュースアーカイブとテレビアーカイブをデータベース化する作業に取り組んだ。また、ウェブコーパス作成ツールである Sketch Engine を利用した調査方法を検討し、ビジネス日本語の単語抽出への視座が得られた。この点については次年度の研究につなげたい。また、オンデマンド型映像教材の開発に取り組み、視聴留学生のレベルに応じた学習支援のための LMS の枠組みを作成することができた。

今年度の研究は、研究目的に沿って着実に進展している。具体的には、コーパス作成のための言語調査とその成果発表を国立国語研究所のシンポジウムや霞山会の雑誌にて発表し、ビジネス日本語と教材や言語調査をはじめとする成果を示した。

また、情報発信としては、上述に加え、得られた知見の一部を反映した教科書が、2023年グッドデザイン賞を受賞した。

さらに、技能実習生の技能習得に資する日本語教育教材の開発事業における日本語教材の監修・助言・指導を行い、得られた知見の社会還元に取り組んだ。

有能な外国人材が日本の企業や社会で活躍する上で最大の障壁の一つは、業種や業界ごとに特徴の異なる日本語ビジネスコミュニケーション力である。本研究で得られた成果が、本学留学生や国内大学の留学生が在学期間中を通して高度なビジネス日本語コミュニケーション力を段階的に修得することができる環境構築に資することができるよう研究を続けていきたいと考えている。

住宅政策・構想が地域社会に与える影響に関する史的研究

ユニットリーダー：永山 のどか

2023年度は、ユニット構成員が、本プロジェクトでの論点となっている、「住宅は、社会的なものなのかどうか、コミュニティ形成にどのように関わるのか」というテーマに合わせて研究を進めた。

永山は昨年度に引き続き、ドイツ・シュツットガルト・ハルシュラーク Hallschlag 地区を事例に、1955年に東独難民の流入をきっかけに建設されたデッサウアール通りの市営住宅の住民の流動性の度合いと、その住民の出入りの実態や住民の職業分布の変遷を分析した。1955年と1969年とを比較した結果、同通りの市営住宅にて市の主要産業ならびにその関連産業の職業の人々が主要な住民となっている点は、他地区と共通しているこ

とが明らかになった。しかし彼らの流動性や寡婦の割合の上昇は、この地区の特徴的な点であり、コミュニティ形成の在り方に影響を与えたといえる。

木下は昨年度に引き続き、17～20世紀の日本社会における住宅保障が、いかに「市場主義と自己責任」に規定されていたかを追究し、近世日本の村人たちにとって、「市場主義と自己責任」のもとで「尊厳ある」住まいを保障することの意味を明らかにした。また、1920年代の小作慣行調査から、地主が小作人に対し、主屋を提供ないし貸与することを、通常の慣行とする府県が一つもないことも判明した。近代に進行する地主制においても、やはり小作人たちは、「自己責任」にて家屋の維持・管理に努めなければならなかったのである。

黒石は住宅と地域の関連について3つの方向から調査研究を行った。①西山卯三らにより戦時中の住宅営団や戦後の住宅公団で展開された住宅計画について、従来の方法論を中心とした議論だけでなく、パターナルな特徴の背景の思想や問題意識にも着目して分析している。②ロックフェラー財団のアーカイブで、戦後の米国占領期における文化政策の視野と方向性を調査した。③日本の戦後公共住宅の主要な形態である集合住宅の計画が都市計画にどう位置付けられたか、という点や、その計画と戦後加速した郊外開発やコミュニティ形成との関係について調査・研究をしている。

シーダーは大牟田の炭鉱の社宅の研究を、ジェンダー、労働運動、記憶、という点に着目して行った。労働者の獲得や彼らの従順な働きを期待して供給された社宅は、戦後、「主婦会」に見られるような主婦の生活運動の場になり、また、社宅内での対立も含め、ストライキの現場にもなった。また、社宅取り壊し後、社宅があった、という事実を拠り所にして、そのコミュニティの記憶や記録はより鮮明に再認識・維持されている。

ユニットメンバー3名は、国際学会 EAJS (European Association for Japanese Studies) の住宅政策とウェルビーイングの展開に関する国際比較のパネル “Examination of the Idea of Well-being in Japanese Housing Social History and Architecture” において、研究報告を行ったが、発表の際にはこの研究会で得た知見の一部を盛り込んだ。また、昨年と同様、オンライン講演会も開催し、ドイツ・ジーゲン大学のラインヒルデ・クライス氏には “A hands on approach. Squatting, DIY and city planning in Germany since the 1970s” というタイトルで講演してもらった。また、ドイツ・ゲッティンゲン大学のヤン・ローゲマン氏には “Consumption (and Housing) in Postwar (West) Germany” というタイトルで講演してもらった。これまでの2年間にまして、国際的な学術交流を進めることができた一年だったと総括できる。

研究経費については、2023年度より参加したシーダーが九州での資料収集に使用した他、zoom での上述の外国人研究者の講演会の実施、データベース購入、書籍購入などに使った。研究経費は効率的・効果的に使用されているといえるだろう。

国連 PKO の文民に対する暴力抑制効果—ジェンダー多様性の役割

ユニットリーダー：佐桑 健太郎

- 当プロジェクトは、国連平和維持活動の女性要員比率が紛争地の平和と安定にどのように影響するかを実証的に分析するという目的に沿って進展させてきた。まず、計画通りに初年度・2年度目は数量データの収集・成型と初期分析を中心に進め、これまでに政策的な因果効果を推定する分析と、調査会社を通じた現地の調査を行った。しかしながら、ユニットリーダーが今年度の初期（在外研究期間中の2022年12月ごろから2023年4月ごろ）に長期の体調不良に陥って活動休止を余儀なくされたことが主たる理由で、成果を再検証して発展させるフェイズは当初の予定よりも大幅に遅れている。
- 厳密な因果推論の手法を応用した分析を行ったところ、軍事部隊における女性要員の効果は疑わしく、「ジェンダー多様性が平和をもたらす」と決めてかかることには危うさが伴うという政策的含意は確認された。しかし一方で、当初の分析で確認されていた警察部隊における女性要員の因果効果も不明瞭という結果が得られた。これは事例調査から得られた知見と整合性が弱く、使用データと分析手法を再検討することを迫られている。

- ユニットは佐桑（リーダー）、田中（坂部）の2名およびリサーチアシスタント（研究補助のアルバイト）の体制で、データ分析と実証研究の統括、事例研究、データ収集と成型を行う、それぞれの研究上の強みを生かした分業体制になっており、これは機能している。
- インタビューや現地調査のために、リサーチアシスタントのアルバイト代の支払いだけでなく、調査会社への委託費に支出した。また、必要に応じて書籍なども購入している。
- これまで、学会発表を中心に情報発信を行ってきた。厳密には昨年度になるが、2023年3月のInternational Studies Association 年次大会（国際学会）で報告を行い、北米を中心とした研究者と意見交換を行った。

日本の教育における伝統思想とキリスト教学校の攻防

ユニットリーダー：森島 豊
伊藤 悟

本年度は大体月一回の研究会を行い、外部講師を招いた2回の公開講演会を含めて合計11回の活動を実施し、継続的な研究活動と構成員相互の内容共有を伴いながら、当初の研究目的に沿って着実に進展している。

特に、2回の公開講演会では、国家神道研究の第一人者島蘭進氏（参加者110名）と、元文部科学事務次官の前川喜平氏（参加者70名）をお招きし、充実した学びと講演会を実施できた。

研究活動における新たな学術的知見について、昨年の発見に基づき、我々の想定以上に日本の宗教政策が浸透しており、戦後のオールドリベラリストの世代まで伝統的日本精神すなわち国体思想を相対化することができていないことを確認した。また、二人の外部講師を通して、戦後の伝統思想が政治や民間団体において復活している傾向を確認できた。

今後必要になることは、キリスト教学校の攻防について提言をすることである。現在の共同研究では、歴史的な実績を踏まえて、国際的なネットワークと国内の横のつながりが政治的な影響力を持つことから、キリスト教学校の国際的なネットワークの形成と国内の私立学校との連携を考察している。

最初に述べたように、研究ユニットは毎月一度の頻度で研究会を重ねており、構成員相互の有機的な連携が保たれている。また、研究会ではそれぞれの調査報告や意見交換がなされており、活発な研究活動が展開される組織となっている。

情報発信について、紀要論文や執筆活動、また講演会等によって研究成果を発信しているが、2024年度には研究成果を刊行物として教文館から出版する予定である。

体力や健康の維持増進に向けた電気刺激を用いた受動的トレーニングの開発

ユニットリーダー：小木曾 一之

2023年度に計画していた1) 2022年度までの研究結果を論文として発表する、2) 国内外の学会で研究発表する、3) 協力病院で高齢者に対する追加実験を実施する、4) 2022年度までに得られた結果を生み出すメカニズムを解明する実験を実施する、ことについては、ほぼ計画通りに実施することができた。まだ、研究目的のすべてを達成できたわけではなく、今後も継続していく必要はあるが、体力や健康の維持・増進を図るための電気刺激（EMS）を用いた受動的なトレーニング方法やそれを効率よく実施するための新しい機器を開発することはできた。また、現在は、この方法の社会実装に向けて、機器の市販と方法の普及に向けた打ち合わせを協力企業と頻繁に実施している。

研究結果としては、EMSと受動的な等速性サイクル運動の組み合わせにおいて、EMS強度の変化よりもそのペダリング速度の変化の方が呼吸循環器系の応答に大きな影響を与えることが新たに明らかとなった。このことは、運動プログラムにペダリング速度の変化を加えると、より健康への効果が大きくなることを示唆して

いる。また、協力病院で得られた結果は、週1度の介入では、筋力増加への大きな効果は残念ながら期待できないことを示した。現在まで行ってきたトレーニングは、週3回の実施で効果が確認されており、特に病院に通院することが困難な高齢者に対しては、その頻度を考えたプログラムを考える必要があることが明確となった。

研究プロジェクト構成員相互では、研究の打ち合わせ等を行ってきたが、公務の忙しさもあり、派生した研究活動にはつながらなかった。学会での研究発表も、ユニットリーダーのみが参加し、行うこととなった。ただし、ゼミの学生などが研究内容に興味を示し、類似した研究に取り組み始めたことは良い点であった。

研究経費は目的通りに使用されている。旅費については7月の国際学会での発表に使用し、消耗品費も実験等でなくなってしまったものを中心に、1月中には残金を使用する予定である。人件費・謝金に関しては、外部からの実験への参加者を集めていないため、使用していない。

研究内容の発表については、国際学術誌の論文1本を発表し、国際学会での発表1回、国内学会での発表1回を行った。2024年3月には、国際学会での発表をもう1回行う予定であり、その内容を含む論文も現在作成中である。なお、本学で実施された「Meet up in AGU 2023 @AOYAMA」にもポスター発表で参加した。今後は、SNSなども活用し、本研究で得られた成果を広く情報発信していく予定である。

人口動態の変化が家計のエネルギー消費に与える影響：Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism (MuSIASEM) による予測

ユニットリーダー：松本 茂

2023年度は、主に2種類の研究活動を行った。

第1に、2024年度に刊行する書籍の内容について、研究メンバー全員ですり合わせた。同書籍はバルセロナ自治大学の環境技術研究所の先生方と執筆する予定であり、2023年3月に、同大学の Giampietro 教授に青学に来てもらい、青山学院大学の研究メンバーと書籍の内容を決めた。

その後、研究メンバーと調整をしながら Book Proposal を準備し、6月に Routledge 社に Book Proposal を提出した。審査を経て9月に Book Proposal が無事採択された。研究推進部の方々の協力を得ながら、Routledge 社との出版契約の調整を行い、12月に同社と出版契約にこぎつけることができた。

同書では、日本とスペインの比較を行うことを予定しているが、松本と眞弓が9月にバルセロナ自治大学を訪問し、使用データを確認した。なお、書籍は2025年2月に出版の予定であり、Routledge 社へは2024年8月1日に最終原稿を提出する予定である。現在は、各人が自身の担当章の原稿を準備している。

第2は、途中成果物の専門誌への掲載準備である。日本の人口将来推計データと家計のエネルギー消費データを組み合わせ、人口動態の変化によってエネルギー消費がどのように変化するかを将来予測を行った。井上が Population Association of America 2023 Annual Meeting にて研究成果を報告した後、Population and Environment 誌 (Springer: Q1, IF=3.28) に論文を投稿した。2024年1月現在、改訂要求を受けているので、こちらの方も近々に公刊したいと考えている。

ミクロとマクロの境界における心臓における発生から修復機能の解明

ユニットリーダー：三井 敏之

本研究では、心臓に関する発生や進化の謎を、物理学的な実験技術や数理モデルを用いて解明することを目的とした。ゴールは医療に貢献することでもある。西欧医療が発展を遂げて、循環器系の病理・臨床は主に化学的手法を用いている。しかし、20世紀より遺伝子をベースとした分野の発展により、様々な機能をもったイオンチャネルの理解が進み、生理学的にも心臓のリズムとイオン濃度の関係が、ミクロスケールでは明らかに

なった。一方で、マクロな視点においては、動物で言う胚の状態での心臓の発生（形成過程）は未解明のままである。また、心臓疾患における不整脈や心肥大のメカニズムは、細胞レベルの挙動と実際の心臓の動きや変化との間に理解のギャップが存在する。そこで、本研究では、過去に行われていない刺激をキーワードに装置を創造しながら実験的手法による心臓のメカニズムの解明に挑んだ。

・当初の研究目的に沿って着実に進展していたか

主な課題として心臓の細胞に物理的刺激（押す、引く、引っ張る）がどのように影響するかを調べるために、①発生を模倣した心臓細胞の培養系に、物理的刺激（押す、引く、引っ張る）を与えて、実際の生体内における心臓と血管の形成環境を実験的に模倣する。②心臓の発生・進化における物理量の役割を解明する。③機械刺激に応答して幾何学的以外に変化する gap junction、ion channel、YAP、G タンパク質受容体 / 細胞接着因子による応答をミクロのスケールで調べる、の三つ課題とした。

①の発生を模倣した心臓細胞の培養系に、物理的刺激では、

1. 刺激を細胞に与える装置を自作し、心筋細胞の自律拍動のリズムをリアルタイムで観測しながら外的刺激を与えるシステムを開発・改良した。細胞の自律拍動と一体化された刺激を与えることに成功した。
2. 培養下地を iPS 細胞の培養にも使用されるソフトマテリアル (PDMS) に変更した。この材料はより生体に近い環境を細胞に与え、さらに、心臓発生時の細胞の並び (異方性) も模倣するために、培養下地に半導体プロセスによるパターンニングを施し、一次元培養にも成功した。
3. 刺激応答は心臓の発生期に敏感であることから、2022年度の後期に、使用する心筋細胞の発生時期を早めた。その結果、顕著に刺激応答のタイミングによる違いが確認できた。

当初は、心臓と血管の形成も模倣する予定であったが、達成できなかったが、3. による細胞の変化により、今後、血管との共培養系が可能になることが期待される。また、本課題に起因して始めた心臓発生の直接観測装置に開発に成功して、その装置による先駆的実験結果では、心臓の発生と血管形成の相補性が観測され、今後の発展が楽しみである。

②心臓の発生・進化における物理量の役割を解明する課題については、これまでの我々の研究結果から、脊椎動物心臓の発生と進化において心臓領域における細胞外環境の「硬さ」という物理量が重要な役割を担っていることが示唆されていた (Moriyama *et al.*, *Nat. Commun.* 2016)。そこで本研究課題では原子間力顕微鏡 (Atomic Force Microscopy, AFM) を利用することで心臓の細胞外環境の硬さを個体発生 (発生過程における変化)・系統発生 (ことなる生物種間における差異) を定量化し検討した。まず、AFM による生体試料測定の実験系を確立した (適切なバネ定数のカンチレバーの選定、カンチレバー先端へのポリスチレンビーズの付加、計測データからの適切なフィッティング法の確立など)。さらに、心臓領域の細胞外環境のみを露出させるため、細胞を取り除き細胞外マトリックス (Extracellular Matrix, ECM) などの非細胞物質のみを露出させる脱細胞化の実験系も確立した。これらを組み合わせることで、ゼブラフィッシュやポリプテルスといった脊椎動物種の細胞外環境の硬さを定量化した。その結果、ゼブラフィッシュ心臓の動脈球と呼ばれる領域に存在する細胞外環境が心室などといった他の領域の細胞外環境と比べて有意に柔らかいという結果が得られた。動脈球は平滑筋から構成され、心筋から構成される心室や心房とは異なる性質を持つ心臓部位である。

次に、動脈球において特異的に発現する ECM をコードする *elastin b* という遺伝子に着目した。*elastin b* が動脈球における細胞外環境の柔らかさを担保しているのではないかと仮説を立て、CRISPR/Cas9法によって *elastin b* ノックアウトゼブラフィッシュを作出した。*elastin b* ノックアウトゼブラフィッシュでは動脈球の低形成が観察された。さらに、*elastin b* ノックアウトゼブラフィッシュの動脈球における細胞外環境の硬さを AFM で測定したところ、心室における細胞外環境の硬さと同程度まで固くなっていた。さらに、*elastin b* ノックアウトゼブラフィッシュの動脈球では異所的に心筋が観察された。このことから、*elastin b* が動脈球に特有の細胞外環境の硬さを作り上げ、これにより動脈球構成細胞は平滑筋に分化することが明らかになった。この結果は、細胞外環境の「硬さ」という物理量が生物の発生・進化において重要な役割を担っているということを示唆し、従来とは異なる知見にあり、新規な発見である。

③機械刺激に応答して幾何学的以外に変化する gap junction、ion channel、YAP、G タンパク質受容体 / 細胞接着因子による応答をミクロのスケールで調べる課題では、現在、ゼブラフィッシュの発生初期において、直接、心臓に物理的的刺激を与えて、その後の心臓の発生を観測して、その後、その心臓の発現等を調べる予定であったが、②における、ノックアウトゼブラフィッシュの動脈球における細胞外環境の硬さ測定に置いて、実験系の構築に時間を要した。この結果をベースとして、機械刺激への生命科学的応答としての発現分子をピックアップするために、③の研究を②と並行してすすめなかった。

・研究活動において、新たな学術的知見の創出や特記すべきことがあったか

本研究課題の結果のハイライトは、

1. 線維芽細胞の分化における刺激タイミングの影響：自律拍動によりリズムをもつ細胞の集合体は、物理的刺激的タイミングに応じて分化することを発見した。
2. 心臓発生期により刺激の応答が異なる：心臓発生期を発生から120h に早めた細胞に対する刺激の応答が、168h の細胞と比較して顕著に敏感であることが観察された。心臓発生の異なる段階における細胞の機械応答イオンチャンネルの役割に関する重要な洞察を提供する。これらの発見は、心臓の発生時における力学的要因の相互作用の可能性を示唆し、これにより先天性心疾患の治療に新たなアプローチの開発が期待される。また、細胞分化における物理的環境の役割を直接示したので、再生医療や組織工学の分野への研究の進展に貢献する可能性がある。
3. 心臓における細胞外環境の「硬さ」という物理量が生物の発生・進化において重要な役割を担っていることが明らかとなった。この硬さは *elastin b* という細胞外マトリックスをコードする遺伝子によって担保されており、細胞の運命決定を制御する。本結果は、生物がどのように作られるか、という生物学の根源的な疑問に新たな知見をもたらすものであると同時に、「細胞をどのように特定の細胞種に分化させるか」という再生医療分野の課題に大きなアイデアを与えるものである。

・研究プロジェクト構成員相互の有機的な連携が保たれ、活発な研究活動が展開される組織となっていたか

ユニットリーダーである三井と構成員の守山は、同じ研究室のメンバーであるため、頻繁なコミュニケーションと協力が可能であった。週に2回開催される学生を含むミーティングを通じて、実験のプランニングから結果の議論までを行い、これに加えて、日常的に研究に関する話し合いが行われており、実験のプランニングや結果に関する議論が日々進行していた。また、学生への実験教育も協力して行い、多くの学生に研究発表の場を提供した。

・研究経費は効率的・効果的に使用されていたか

初年度と二年目の研究経費は、主に光学系に使い、刺激のタイミングによる線維芽の分化誘導を直接観測に成功した。他には心臓の発生時に微小な力を測定する原子間力顕微鏡の探針や、細胞の元となる鶏卵、そして、蛍光観測用の試薬、培養用試薬に経費を使用した。

・どのような形の情報発信が行われていたか（国内外に向けて）

2020年度より2023年度までに、論文を一報、投稿中一報、執筆中三報であり、また、国際学会2件、主に日本応用物理学会、日本生物物理学会の全国大会へは、2020年度4件、2021年度6件、2022年度8件、2023年度7件の発表を行い、2024年の3月にも二件の発表を予定している。このうち、一件は日本生理学会への発表である。

キリスト教文化研究

研究課題名：聖書における「和解」の思想

ユニットリーダー：左近 豊

本研究プロジェクトの最終年度を迎えた。Duke 大学の和解センターのメンバーである新約聖書学の Douglas Campbell 教授と共に左近教授が韓国パジュ市で開催された第10回北東アジア和解フォーラムにて主題講演を担う得難い機会が与えられ、Campbell 教授による新約聖書神学におけるパウロの「新しい創造」と和解の思想と左近教授による旧約聖書神学における「嘆き」と和解の思想の神学的対話を行い、本プロジェクトの研究に反映させることができたことは幸いであった。

今年度は、書籍刊行に向けて、プロジェクトメンバーによる総括的研究発表を**定期的な研究会**において行ってきた。旧約聖書の領域に関しては、左近教授が、これまでの研究を踏まえて捕囚期以後の預言者と諸書を中心とするテキスト（哀歌、イザヤ書40章以下）における「和解」理解について、また3月に本プロジェクトの支援を得て行った世界的な聖書学者 W. Brueggemann 名誉教授とのインタビューについて報告し、意義深い洞察と視座を共有した。藤田研究員が律法のテキスト、特に創世記20章を手がかりに「和解」理解についての研究発表をした。新約聖書の領域については河野研究員が前年度の自身と浅野教授、辻教授の講演を踏まえて、パウロにおける「和解」理解について引き続き展開し、特に、人間の暴力性がクローズアップされている現代、パウロの和解理解における暴力の問題にも踏み込んで研究を進めた。大宮教授は、福音書における「和解」理解を、暴力性の極みである十字架に向かうイエスの受難物語に焦点を絞って発表した。

藤原教授は、研究プロジェクト全体の枠としての「和解」の神学的考察を、現代の霊性との関係を踏まえて、ポストコロナ時代、さらには「戦前」とされる昨今の世界情勢に資するものとすべくまとめる役割を担った。

本プロジェクトの集大成として諸講演を含めた各メンバーによる研究成果を**書籍刊行**する。市販本として、聖書学、キリスト教倫理学、キリスト教史学の分野で用いられることを想定したものを目指す。そして、全世界に等しく影響を及ぼしている COVID-19によるコミュニティーの分断や個人の孤立、共同体間のみならず共同体内の亀裂、さらにはロシアによるウクライナ侵攻に伴う戦争と分裂、さらには聖書の舞台である Levant（イスラエル、パレスチナを含む地域の学問的呼称）での紛争等に聖書的「和解」の思想が果たしうる貢献を提示するものとした。

2) 研究ユニット研究成果（総括・要約）

一般研究 B ユニット

研究課題：無線システムの運用環境改善に向けた電波吸収・シールド技術の開発
ユニットリーダー：黄 晋二

研究成果報告論集

『無線システムの運用環境改善に向けた電波吸収・シールド技術の開発』

執筆者：黄 晋二 橋本 修 松本 洋和 須賀 良介

1 研究総括

近年の爆発的な情報通信技術の急速な発展に伴う電波利用の拡大に伴い、他の電子機器の誤作動の原因となる不要な電波への対策が急務となっている。そして、電子機器内部からレーダのシステムに至るまで様々な個所で用いられる電波吸収体は、無線システムの安定運用や電波環境の改善のために非常に大きな役割を果たしている。また今後はより一層様々な付加価値を持つ電波吸収体が必要とされており、これまでにテラヘルツ用電波吸収体、周波数可変電波吸収体、偏波非依存電波吸収体、斜入射用電波吸収体及びマルチバンド電波吸収体などの様々な電波吸収体が研究されている。このような状況において、近年では誘電体基板の表面に波長程度の金属エレメントを周期配列した電波吸収体が提案されており、そのエレメント形状によって広角度特性、多周波特性、広帯域特性など様々な吸収特性を実現できることが報告されている。裏面に金属板を裏打ちした誘電体基板の表面に円形パッチを周期配列した単純かつ極めて薄型な構造を持つ、円形パッチ配列電波吸収体についても報告されている。本電波吸収体は、場所を選ばず施工可能であることからIoT社会における要求と良くマッチしており、他の無線システムへの影響を最小限にとどめながら伝播環境改善に貢献できると考えられる。しかしこれまでの報告では、その付加価値がなぜ実現できたのか、またその吸収原理や設計手法に関する議論はほとんどなく、要求性能を満足する電波吸収体の設計・実現するための議論や情報は極めて不足しており、設計には時間的コストがかかる電磁界解析が必要不可欠な状況である。さらにはこの電波吸収体の評価には、周波数、偏波、入射角度、入射面の回転角度、さらには偏波変換係数と多くのパラメータについて電磁界解析や測定が必要であり、これら全てのパラメータに対する特性の評価には膨大な時間を要する。

さらには近年、自動車の電動化拡大に伴い多数の電気・電子機器が近接に配置されるようになり、これらの機器から生じる放射ノイズが懸念されている。その中でも、高速でスイッチング動作を行う車載インバータは不要電磁波の発生源となっている。インバータにおいても回路の小型化のため電力変換装置の高周波化が進んでおり、この高周波インバータは、現在研究が盛んにおこなわれているワイヤレス電力電送システムにとっても、欠かすことのできない要素である。近年では半導体スイッチ素子として高速スイッチング可能な GaN FET や SiC FET などが実用化され、高電力を扱える高周波インバータが次々と製作されている。このインバータからは kHz 帯のスイッチングノイズが生じ、これによる AM ラジオやワイヤレス給電装置等近接配置された電気機器への電磁干渉が懸念される。またこれらのノイズは近くの自動車との電磁干渉の要因となるため、外部への漏洩を抑制することが不可欠である。一般的な対策として、このインバータを金属筐体で覆うことにより不要電磁波の抑制がなされている。そして、シールド効果の改善手法として筐体に磁性体と金属を積層した板で構成された材料を用いる事が報告されている。これらの筐体には排熱性及び透視性を備え、他機器との接続口が必要であるため、筐体に開孔やスリットを設けることが不可欠である。開孔がシールド効果に及ぼす影響や、開孔の個数及び形状、寸法、位置の最適化に関する報告があるがこれらは金属板厚が表皮厚より厚くなるような MHz 帯以上における報告が多い。金属単層の筐体は軽量かつ加工の容易さ、コストの少なさ等の利点が多いため、開孔やスリットを設ける実際の筐体に多く使用されているが、開孔を設けた金属筐体に

おけるシールド効果改善に関する検討は少ない。

そこで、本プロジェクトでは上記課題の解決に向け、パッチ配列電波吸収体およびパワーエレクトロニクス機器用シールド材の更なる高機能化を目的とする。

電波吸収体の高機能化に向けて、本研究プロジェクトでは1) 所望の吸収特性が得られる円形パッチ配列電波吸収体の設計方法の開発、2) 任意の偏波及び入射角度におけるパッチ配列電波吸収体のSパラメータ推定を目的とする。現在の電子回路や電子デバイスの作製工程はフォトリソグラフィなどの複雑なプロセスを必要であり、製造技術の低コスト化、効率化が求められている。近年、製膜とパターンングをワンプロセスで可能にするLaser Induced graphene (LIG) が注目されている。LIGは、大気雰囲気中でポリイミドなどの炭素前駆体にレーザーを照射することで作製できる多孔質の炭素系導電材料であり、スケラブルかつドライプロセスで簡便にデバイスを作製できることから、多くの応用研究がなされている。本研究では、LIGの電波吸収体へのデバイス応用について検討し、ポリイミド基板の上にLIGを製膜することで、ワンプロセスでパッチパターン抵抗膜を作製して、それを用いてパッチ型電波吸収体を作製することを目的とする。

またパワーエレクトロニクス機器用シールド筐体の軽量化と排熱性の向上を両立に向けて、開口を設けた構造の高シールド化について検討する。具体的には、単層の金属板6枚で構成された筐体を用いたkHz帯におけるシールド効果改善を目的とする。開孔がシールド効果に与える影響を評価するために、車載筐体を6枚の金属板で構成された300mm角の金属筐体としてモデル化し、その筐体を用いたkHz帯におけるシールド効果を評価してきた。初めに、周期的に開孔を設けた筐体の開孔部に円筒を装荷した際のシールド効果の比較について評価する。続いて円筒を設けることによるシールド効果改善要因について定量的に評価し、開孔に関するパラメータを最適化する。最後に、円筒によるシールド効果改善効果の有効性確認のため、測定系を製作し実測する。

以下に、研究目的に沿って得られた成果を総括する。

1. 本研究では、可視光レーザーを用いて、ポリイミド基板の上にLIGを作製する際のレーザー条件を最適化し、これを用いた簡便なプロセス製作可能なパッチ型電波吸収体の実現性について検討した。その結果15dBを超える良好な電波吸収特性が得られた。さらにはLIGに生じる異方性についてもレーザーの掃引方向を変更することで等方性化に成功し、LIGの新たなデバイス応用への可能性を見出した。
2. 円形パッチ配列電波吸収体のパッチ表面電流の推定手法を導出し、電磁界解析値と2%の差で一致することを示した。またこの表面電流と反射係数の関係を明らかとし、重ね合わせの理を適用して所望の吸収特性が得られる円形パッチ配列電波吸収体の設計方法を提案した。さらに、設計したパッチ配列電波吸収体の任意の偏波及び入射角度 θ 及び ϕ に対するSパラメータの推定手法を確立し、検討した角度分解能である5 deg. 以内の精度が得られたことから提案手法の有効性を示した。
3. 6.78MHz駆動のインバータから放射される電磁界のシールドについて、実験と電磁界解析により検証した。その結果、高電流かつ高電圧を取り扱う主回路近傍に高い電界と磁界が放射されていることが分かった。また放射電磁界測定をシールドルーム内で実施し、7倍高調波までに対するシールド効果を定量的に評価し、20dB以上のシールド効果が得られることを示した。

2. 要約

2-1 要約：黄晋二

Laser Induced graphene (LIG) は炭素前駆体となるポリイミド基板の上にレーザー光を照射することで多孔質な3次元グラフェンを生成することができる。本研究ではこのLIGを用いた抵抗膜をパッチパターンに分割した薄型電波吸収体について検討した。

LIG作製に使用する厚さ125 μ mのポリイミド基板(カプトン[®]、東レ・デュボン製)の200-1000nmの波長範囲における吸光度スペクトルの測定を行った。その結果、本研究で使用したポリイミド基板は波長200nmから500nm付近まで吸光度が4 Absとなり、ほとんど吸光していることがわかった。LIGの作製には、基板

にレーザを照射した際の光熱効果による熱を利用することから、レーザ光を吸収するほど、より効率的に光熱効果を起こすことができると考えられる。そこでレーザ波長445nmのレーザ加工機を用いることとした。

スキャン速度300、400、500mm/min、レーザ出力0.18、0.36、0.54Wのレーザ条件で、厚さ125 μ mのポリイミド基板上に10 \times 10mm²のLIGを製膜した。作製したLIGの電気特性評価としてAuのソフトコンタクトプローブを用いてvander Pauw法でシート抵抗を測定した。表1にスキャン速度300、400、500mm/min、レーザ出力0.18、0.36、0.54Wで作製したLIGのシート抵抗を示す。表よりレーザ出力を上げるもしくはスキャン速度を低下させるとシート抵抗は低減することから、シート抵抗を制御可能であることがわかった。

表1 レーザのスキャン速度と出力に対するLIGのシート抵抗

スキャン速度	レーザ出力		
	0.18 W	0.36 W	0.54 W
300 mm/min.	129 Ω /sq.	27 Ω /sq.	13 Ω /sq.
400 mm/min.	203 Ω /sq.	29 Ω /sq.	17 Ω /sq.
500 mm/min.	291 Ω /sq.	39 Ω /sq.	27 Ω /sq.

図1にスペーサにポリカーボネート(PC)を用いたパッチ型電波吸収体の(a)設計値、(b)試作した電波吸収体を示す。本電波吸収体は8~12GHz帯において吸収特性が得られるよう設計しており、ポリイミド基板と金属板間には1.5mm厚のPCをスペーサとして用い、パッチのシート抵抗値は15 Ω /sq.とした。なお、LIGの製作条件はスキャン速度350mm/min、レーザ出力0.54Wである。

図2に測定したLIGパッチ型電波吸収体の吸収特性を示す。点線は各パッチのシート抵抗が15 Ω /sq.の場合の理論値を示し、青実線は入射波の電界方向とスキャン方向が垂直の場合、橙実線は入射波の電界方向とスキャン方向が平行関係の場合の測定値である。理論値では9.8GHzにおいて吸収ピークが得られるが、測定では入射する偏波によりそれぞれ低域および広域にピークが得られた。これは、作製したLIGにはレーザのスキャン方向に起因するシート抵抗の異方性が原因であると考えられる。

レーザのスキャン方向と平行および垂直方向について、LIGシートの抵抗を測定したところ、平行方向が32 Ω 、垂直方向26 Ω と異方性が確認できた。そこで、スキャン速度300mm/min、レーザ出力0.54Wとし、異方性低減のためレーザを渦巻状に動かしLIGを作製した。作製したLIGに対して、Van der Pauw法を用いたシート抵抗は13.4 Ω /sq.、また各方向の抵抗値は16 Ω および15 Ω と等方性化が達成されていることがわかった。これにより偏波特性の無いLIGパッチ型電波吸収体が作製できると考えられる。

本研究では、可視光レーザを用いて、ポリイミド基板上にLIGを作製する際のレーザ条件の最適化を行った。またLIGを用いる事で簡便なプロセスでパッチ型電波吸収体を作製し、良好な電波吸収特性が得られたことから、LIGの新たなデバイス応用への可能性を見出した。今後の展望は、ポリイミド以外でLIGの基板となるポリマーの模索を考えている。レーザ照射時に生じる基板の歪みを防ぐ方法の1つとして、厚みを持つ基板を使用することで、基板自体の強度を向上させることが考えられる。しかし、本研究で基板として用いたポリイミドの特徴として、フィルムの厚みを出せないことが挙げられる。そのため、本研究では、ポリイミド基板にポリカーボネート板を接着させて、ポリイミド基板上にLIGの作製を行った。分厚いポリマーにポリイミドを使用した場合と同等のLIGを作成することができれば、基板兼スペーサとして用いることで、LIGパッチ型電波吸収体製作のスループット向上につながると考えられる。

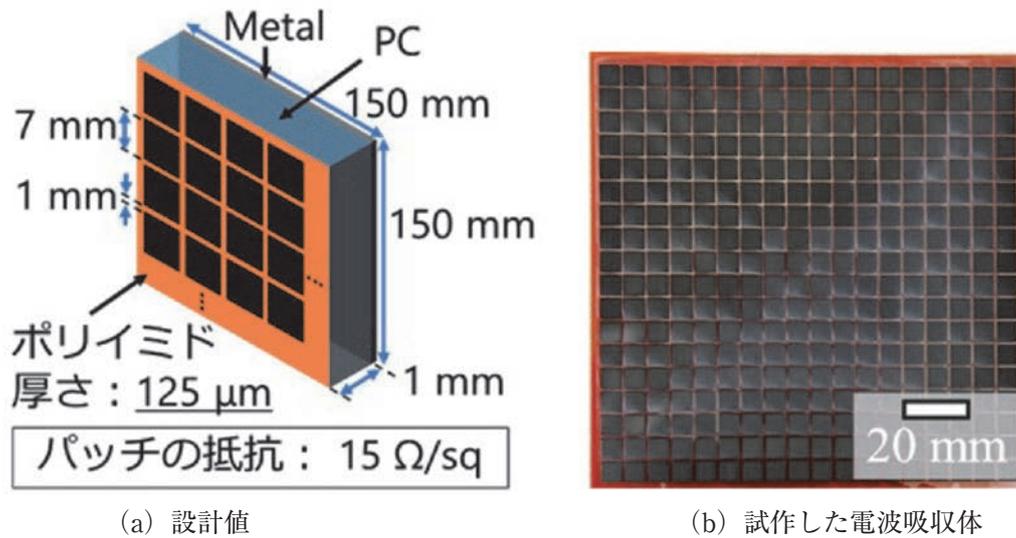


図1 スペースにポリカーボネートを用いたLIGパッチ型電波吸収体

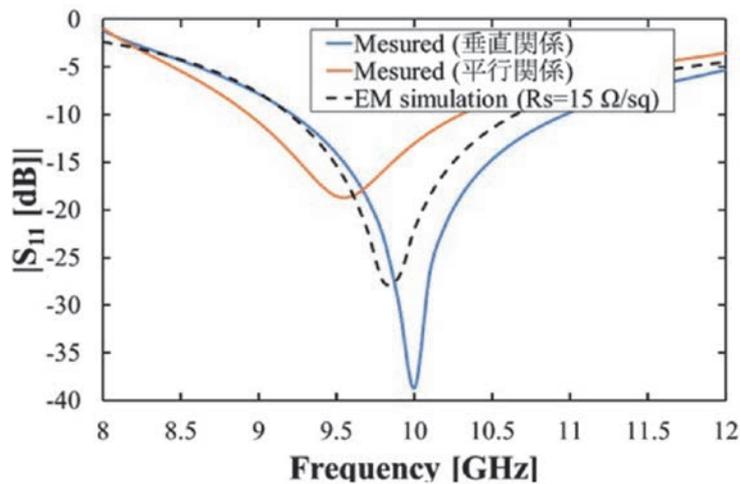


図2 スペースにポリカーボネートを用いたLIGパッチ型電波吸収体の吸収特性

2-2 要約：橋本修・須賀良介

本研究では図3に示す円形パッチ配列電波吸収体について、所望の吸収特性が得られる構造の設計方法を提案し、さらに従来から提案されている円形パッチ配列電波吸収体の等価回路における変成器の巻数比を二つの設計手法の比較により推定した。まず、パッチおよびグラウンド板の反射係数の重ね合わせにより本電波吸収体の反射係数を導出した。次に、比例係数を用いて反射係数導出に必要な円形パッチ表面電流を推定した。この比例係数はすべての構造パラメータに依存し、周波数特性を持つことが電磁界解析によりわかったため、比例係数を用いて円形パッチ表面電流を推定することは困難であると判断した。そこで、円形パッチ表面電流を誘電体内の電界の導出により推定した。その結果、円形パッチ表面電流の推定値と電磁界解析値はパッチ中央において2%の差で一致した。円形パッチ表面電流及び反射係数を導出し、その導出式より所望の吸収特性が得られる円形パッチ配列電波吸収体の設計方法を提案した。その設計手法を下記にまとめる。

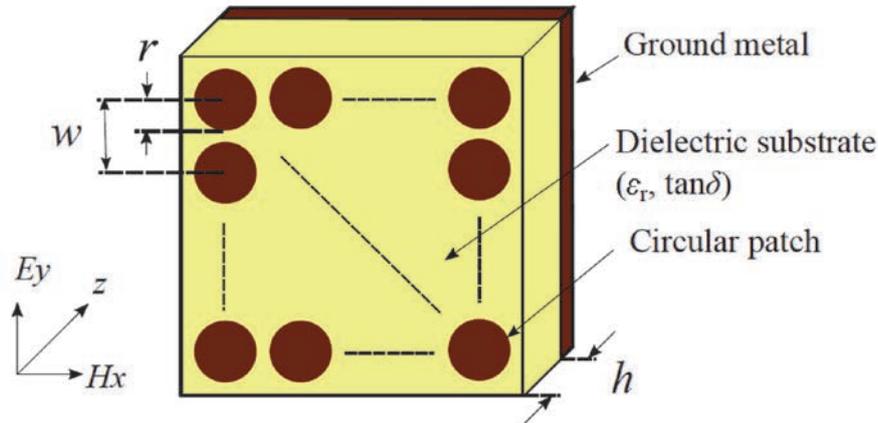


図3 パッチ配列電波吸収体の構成

1. 基板厚の決定

所望の中心周波数 f_0 と基板厚 h の決定により誘電正接 $\tan \delta$ の上限と下限を決定する。

2. 誘電正接の決定

所望の反射係数 Γ における帯域幅 Δf の決定及び下式より誘電正接 $\tan \delta$ を決定する。ここで、 Q_c は導体損 Q である。

$$\tan \delta = \frac{\Delta f}{2f_0} \sqrt{\frac{1 - \Gamma^2}{\Gamma^2}} - \frac{1}{Q_c}$$

3. 比誘電率の決定

決定した誘電正接 $\tan \delta$ が設計可能範囲内となるように比誘電率 ϵ_r を決定する。

4. パッチ半径の設計

所望の中心周波数 f_0 を実現するためのパッチ半径 r を設計する。ここで、 c は光速 r はパッチ半径、 r_{eff} は実効パッチ半径である。

$$f_0 = \frac{1.841c}{2\pi r_{eff} \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$r_{eff} = r \sqrt{1 + \frac{2h}{\pi r \epsilon_r} \left(\ln \frac{\pi r}{2h} + 1.7726 \right)}$$

5. 配列周期の設計

反射係数が0となるよう配列周期 w を設計する。

$$w = \frac{\pi r}{\sqrt{Z_0 G}}$$

その結果、中心周波数及び-15dB比帯域の設計値と電磁界解析値の差はそれぞれ30MHz、0.09%以下の差で一致したことから提案手法の有効性を確認した。また、変成器を用いた等価回路及び重ね合わせの原理に基づいた設計手法の比較により、等価回路における変成器の巻数比の決定に必要な比例定数を推定した。その結果、比例定数が円周率 π であることを示した。

次に図4に示すように任意の偏波及び入射角度 θ 及び ϕ に対するパッチ配列電波吸収体のSパラメータ推定を目的とし、回路モデルを用いた推定手法を提案した。まず、電波吸収体のインピーダンス行列の導出のため、1つのパッチを表す基本回路を無限周期配列した回路を構成した。基本回路は上下左右に隣接したパッチとの電磁界結合を表す4つのポートと自由空間との入出力を表す2つのポートで構成された6ポート回路とした。本回路から電波吸収体のインピーダンス行列を導出したところ、4つの未知パラメータを含む式で表せる

ことがわかった。これら4つの未知パラメータは4つの入射角度におけるインピーダンス行列から連立方程式を解くことで算出できる。ここで、電波吸収体のインピーダンス行列はSパラメータから算出できることから、4つの入射角度における電波吸収体のSパラメータから任意の偏波及び入射角度におけるSパラメータを推定できると考えた。次に、上記のSパラメータ推定手法の有効性を評価した。まず、未知パラメータ算出に用いる入射角度によって未知パラメータ及びSパラメータの推定結果に変化が生じるか検証したところ、算出した未知パラメータには差異が生じたものの、Sパラメータ推定結果は電磁界解析結果と概ね一致した。次に、電磁界解析値及び測定値からあらゆる入射角度におけるSパラメータを推定し電磁界解析結果と比較したところ、両者は概ね一致した。反射係数が最小となる入射角度、-15dB以下となる入射角度の幅や偏波変換係数が-30dB以上となる角度の幅は5 deg. 以内の誤差で一致し、提案手法の有効性を確認できた。

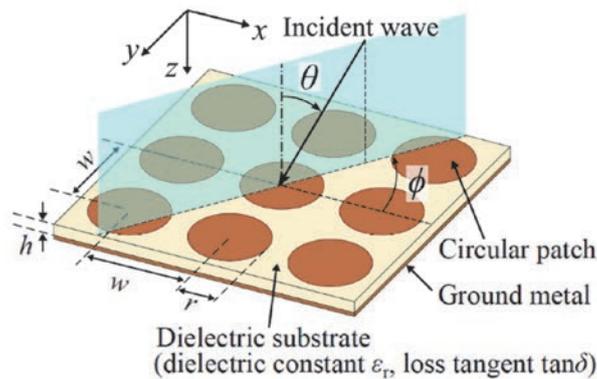


図4 パッチ配列電波吸収体の構造と入射角度 θ , ϕ

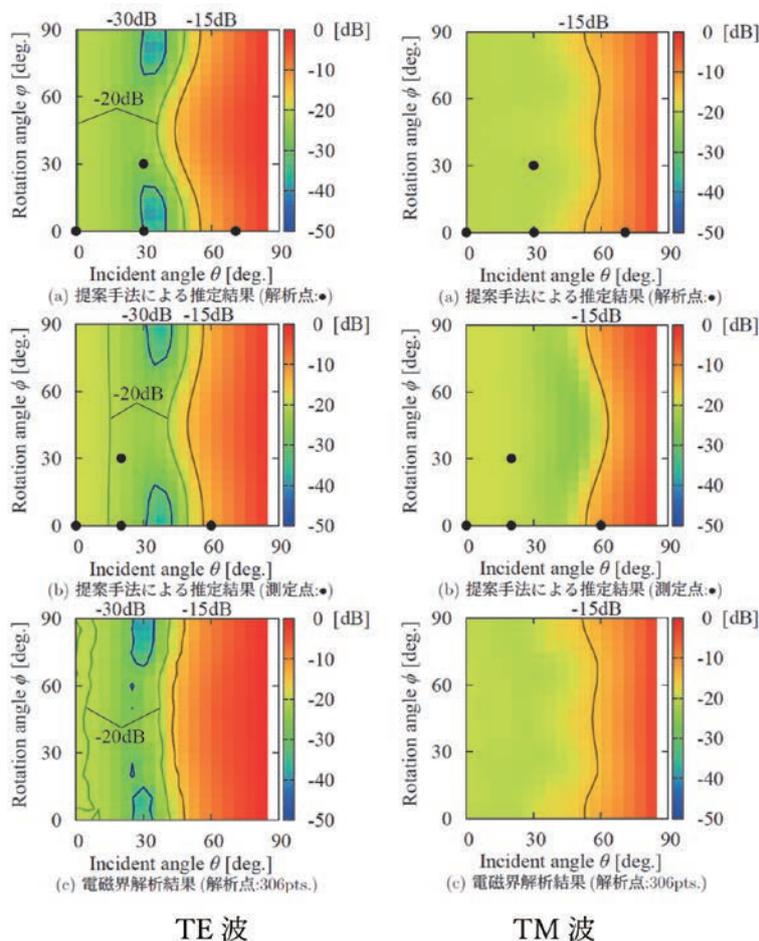


図5 反射係数の推定結果

2-3 要約：松本洋和

本研究では6.78MHz 駆動のインバータの放射電磁界とその抑制シールドについて解析と測定により検証を行った。図6に供試インバータと解析モデルを示す。供試インバータは単相電圧型インバータで、スイッチ素子として GaN FET を使用し、定格出力周波数は6.78MHz、定格出力電力は1000W である。解析モデルは、供試回路の主回路パターンを再現した PCB (Printed circuit board) とインダクタ L 、コンデンサ C 、負荷抵抗 R そしてアルミ製のヒートシンクを有する。また計4つのスイッチの内、SW1とSW4を ON 状態、SW2とSW3を OFF 状態と想定し、該当スイッチが実装される位置にて PCB パターンを開放または短絡した。解析時の信号入力は DC リンク部の整流コンデンサの両端に設定した。

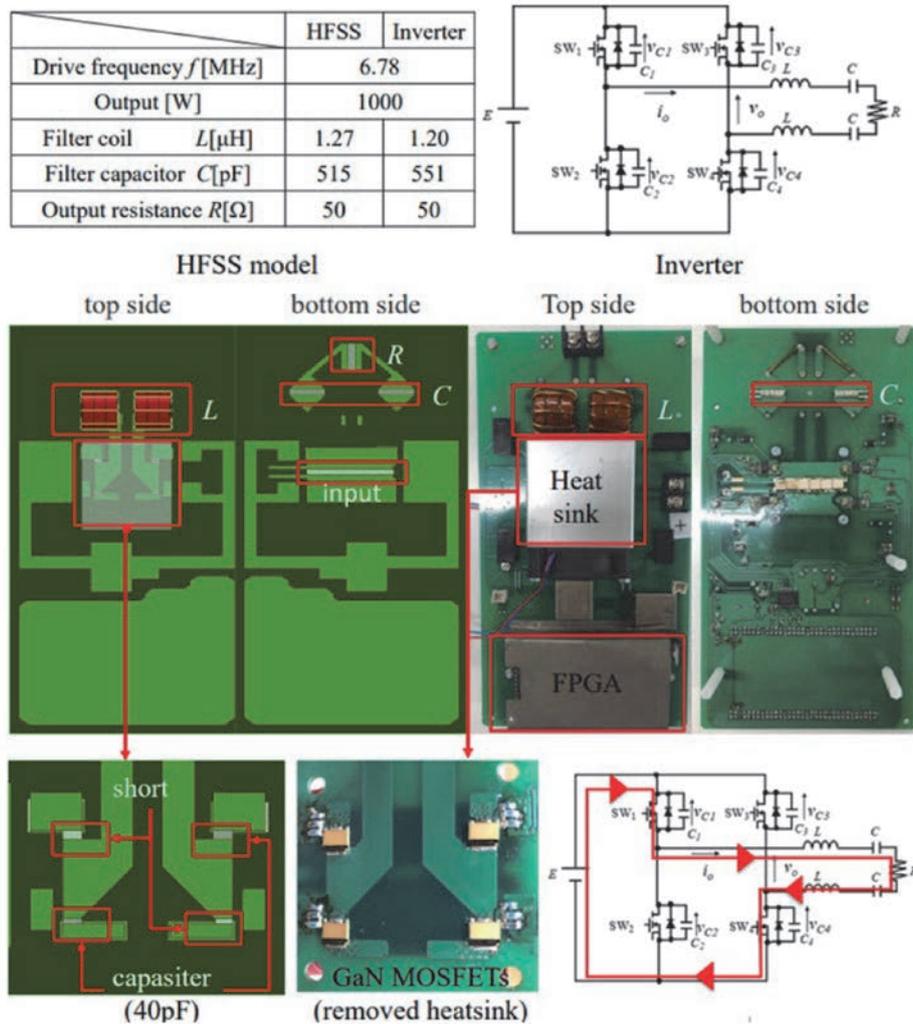


図6 供試インバータとその解析モデル

図7に供試インバータを厚さ $35\mu\text{m}$ の銅箔によるシールドで囲った場合の電磁界の解析結果を示す。回路下部にスイッチ素子の ON/OFF 信号を生成する制御回路があり、回路上部には高電流かつ高電圧を取り扱う主回路部がある。インダクタ L のみをシールドで囲った場合、若干の電磁界抑制効果が見られるものの、依然として大きな電磁界の漏洩が確認される。なお国際非電離放射防護委員会 (ICNIRP) によって設けられた規制の参考レベルは6.78MHz で電界が83V/m、磁界が21A/m であるため、これらは規制レベル内に収められていることが分かる。一方、回路全体を囲むことにより完全に電磁界をシャットアウトすることができることが分かる。ただし、インバータは電力変換の際に多くの熱を発生し、これを外部に逃がす必要がある。そのためインバータ回路は一般的に空気穴の開いたケースに収められる。また円形の空気穴をシールド上面と下面に複数開けた場合においては、主回路に近い上面から電磁界が漏れ出していることがわかる。一方これらのレベ

ルはシールド無し時やコイルのみをシールドした場合に比べると非常に小さく、シールドが効果的に働いていることが分かる。

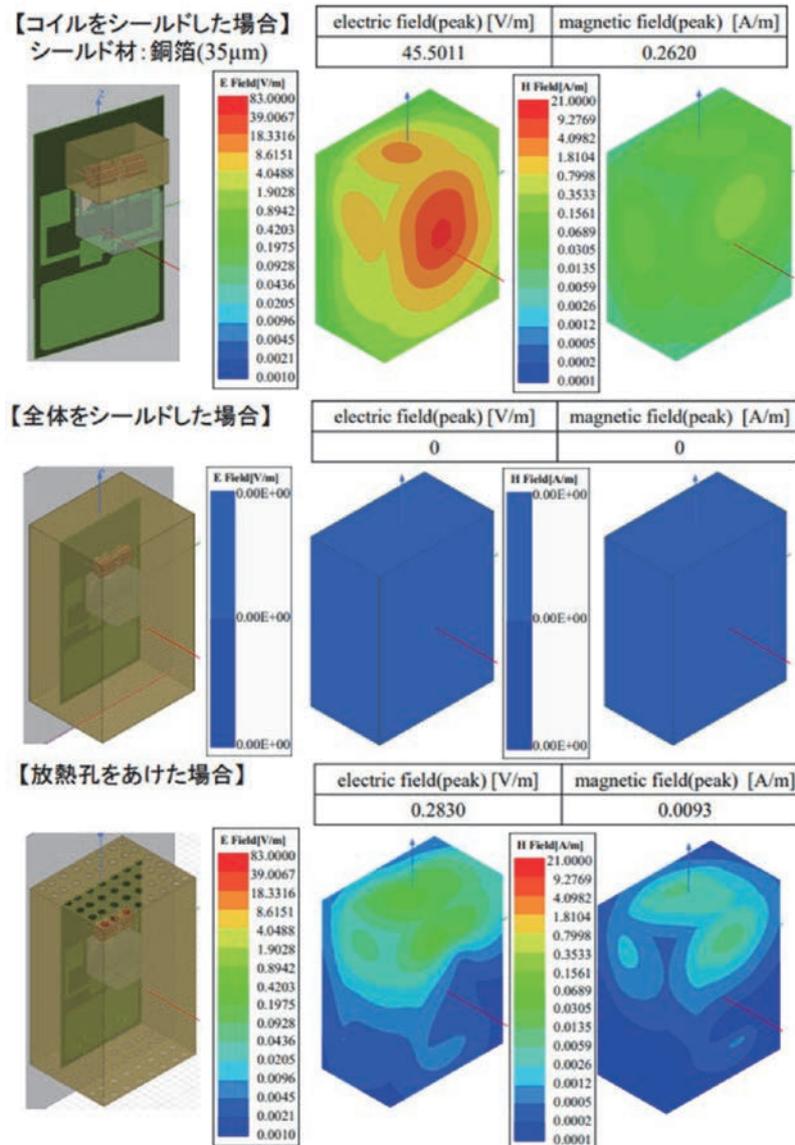


図7 各種シールドでインバータを囲った場合の電磁界分布

次に電子機器用ケース（摂津金属工業社製 UB-15）に先の電圧型インバータを収納し、50W 出力動作時における電磁界を計測することで電磁界シールド効果を調査した。実験はシールドルームで行い、インバータとその出力につながる整流器はシールドルーム内に設置し、直流安定化電源（菊水工業社製 PWR801MH）、スペクトラムアナライザ（テクシオ・テクノロジー社製 GSP-9330）及び直流電子負荷（菊水工業社製 PLZ1004WH）は外部に設置した。整流器はアルミホイルで自作したシールドで囲い、プローブの同軸ケーブルはプローブ以外からノイズを拾わないためにシールドスリーブに通した。シールド無、シールド有、シールドの上からさらに厚み20 μ mのアルミホイルを4巻きし補強したシールドの3つの条件において漏洩電磁界を測定した。

図8に電界の測定結果を示す。シールド有の場合、シールド無と比較して2倍高調波では7dB減っていたが、全体的には減少しなかった。5,6,7倍高調波ではシールド有の場合の方が増えており、シールドによる電界抑制効果は確認できなかった。これはシールドの隙間から電磁波が漏れ出ていることや、シールドの部品

同士の接合部が小さくなってしまったことが原因だと考えられる。その裏付けとして、アルミホイルでシールドを補強した場合は全体的に27dB程の電界抑制効果が確認できた。

図9及び10に電圧型インバータの垂直磁界の測定結果と水平磁界の測定結果を示す。垂直磁界は、シールド有では基本波は20dB、2倍高調波では25dB程減少しているが他の高調波では大きな抑制効果は確認できなかった。水平磁界はシールド有では基本波は10dBほど減少しているが、他の高調波では大きな抑制効果は確認できなかった。磁界では水平方向、垂直方向共に基本波の抑制効果が確認できた。アルミホイルでシールドを補強した場合、水平、垂直どちらも全体的に30dBほど抑制効果が確認できたが、水平方向では電界と同じような分布となり4倍高調波だけ効果が薄かった。

以上から、高いシールド効果を得るためには可能な限り空気穴を低減する必要があるが、先に述べたようにインバータ動作時の発熱を考えると空気穴を低減することは実用的ではない。

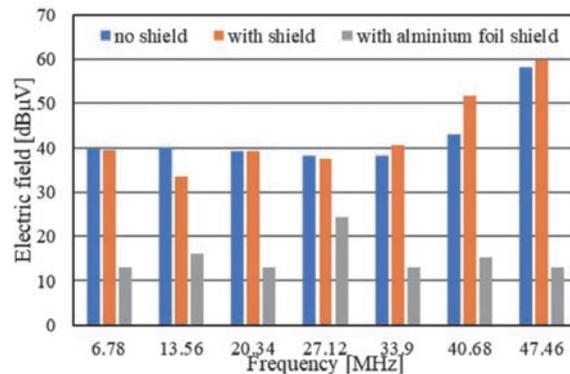


図8 電圧型インバータのスイッチ上部における電界

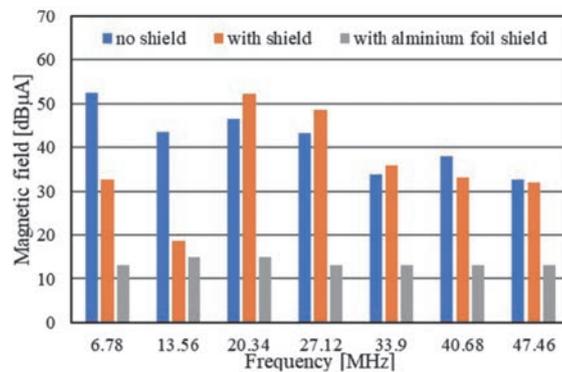


図9 電圧型インバータの放射磁界（垂直方向）

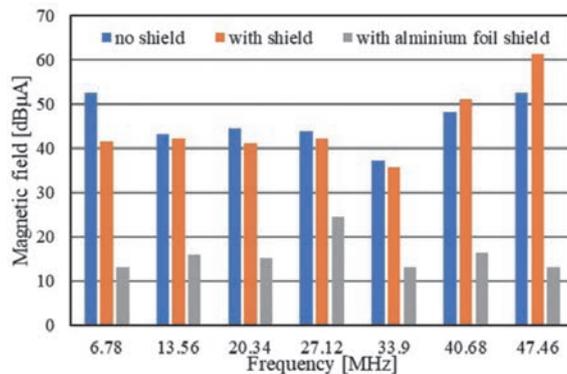


図10 電圧型インバータの放射磁界（水平方向）

研究課題：現実世界の公共財における動態解析と実験室実験による社会的ジレンマ研究 の新たな展開

ユニットリーダー：清成 透子

研究成果報告論集（2024年度刊行予定）

『現実世界の公共財における動態解析と実験室実験による社会的ジレンマ研究の新たな展開』

ユニット構成員：大林 真也 大平 哲史 稲葉 美里 松本 良恵 井上 裕香子
高橋 伸幸 稲積 宏誠 寺尾 敦

総括

本研究ユニットは、匿名化社会において、如何にして協力的な社会の形成・維持が可能かという問いに挑むために、以下の二つを目的として結集した。第一に、現実の情報化社会特有のコミュニティに関するデータ解析を行うこと、第二に、これまでの社会的ジレンマ研究から得られた理論的予測や、データ解析から得られた知見を基に、実験室内で構築した人工的集団を用いて、協力的集団形成の実証的検証を行うことである。

本研究では、第一の目的のため、株式会社オプテージが運営している格安スマホサービス mineo（マイネオ）の提供する「フリータンク」という顧客同士が協力しあうことで通信パケット量を公共財化するサービスに関するデータ解析を行ってきた。しかし、2020年初頭から世界中で突如として始まった新型コロナウイルス感染症のパンデミックの影響により、本研究ユニットもいくつかの計画変更を余儀なくされた。具体的には、緊急事態宣言に伴う外出自粛などにより、モバイルデータ通信量に大きな影響が生じ、パンデミック前との単純な比較が困難となった。繰り返し襲いかかる大規模な感染の波や、その時々の方策による行動制限など、様々な要因で人々のモバイルデータ通信行動が影響を受けたため、短期的視点に基づく解析から何らかの断定的な結論を導くことは困難であると判断せざるを得ない状況であった。したがって、本研究ユニットでは、パンデミック前の平時におけるデータをより丹念に解析することで、一般的傾向性を見出す作業を中心に進め、その成果を論文化することに重点を置いた。パンデミック前までに限定された解析対象ではあるが、対象は十分な情報量を含有するビッグデータであるため、解析には相当の時間を要し、結果として、本研究ユニットの主要な取り組みとなった。

以下、成果の一部について簡単に紹介する。まず、平時のフリータンクの行動履歴データを用いてユーザーの行動タイプの変化を検討したところ、年々、一方的にタンクアウトするだけのフリーライダーが増加していることが明らかになった。これは、実験室内で観察されるような公共財ゲームにおけるレモン市場化が、現実の社会的ジレンマ状況でも発生していることを示している（稲葉他、2022）。次に、実際の通信パケット量の提供および引き出し双方の行動履歴データの解析を通し、規則性を見出した後、その分布がどのような行動パターンによって生み出されるのかをシミュレーション実験で検討した結果、ごく一部のユーザーによってフリータンクが維持されているメカニズムが明らかとなった（大平他、2023）。さらに、タンクインを促す介入策の効果を検討した結果、災害発生時に被災ユーザー向けに開放される災害支援タンク情報が、必要性への認識を高め、その結果、タンクイン行動の増加に一定の効果があることが示唆された（稲葉他、2022）。また、フリータンク利用時のコメントデータを解析することで、利用者の行動には「互惠的フレーム」「利他的フレーム」「利己的フレーム」という3つのフレームが存在することを明らかにし、それぞれの特徴を抽出することに成功した（大林他、2022）。

さらに、災害支援タンクの利用が、その後のフリータンクへの貢献にどのような影響を与えるのかを、因果推論のフレームワークに基づいて差分の差推定を行った。その結果、災害支援タンクの利用がその後の公共財への貢献を有意に増加させることが示された。つまり、他者から助けられたことによって、その後の援助行動が増えるという、協力行動の連鎖である上方型間接互惠性（upstream indirect reciprocity）と呼ばれる現象が実際に発生していることが明らかとなった。この上方型間接互惠性は、理論研究ではその重要性が指摘され

ていたが、現実社会において「助けられた経験があるから、誰かを助ける」という因果関係を体系的に立証することは困難であり、実験室外での実証的な証拠は乏しかった。しかし、本研究では「自然実験」という因果推論の枠組みを用いることで、この困難を克服するに至った。具体的には、被災の有無がランダムに決定される状況を利用し、無作為割り付けの状態が自然に成立していることを利用したのである。結果として、被災時に支援を受けた人の方が、その後のフリータンクへの貢献量が増加することが明らかとなった。このように、被災者を支援することが、巡り巡って社会全体に利他行動を波及させる効果があることを体系的に実証した本研究ユニットの成果は特筆に値するものである。研究結果は計算社会科学の国際学術専門誌に掲載され (Obayashi et al., 2023)、さらに2023年度第39回電気通信普及財団賞 (テレコム学際研究部門奨励賞) を受賞するに至った。

第二の目的に関しては、パンデミック前は実験室に参加者を招き入れて実施していた実験手法を、パンデミック発生後にはオンライン実験へと変更する必要が生じた。周知の通り、パンデミック発生後は長期間にわたり感染防止の観点から対面を伴う実験が実施困難となった。多くの心理測定や意思決定を伴う実験は、実験室内で綿密な統制のもとに実施されることが望ましい。そのため、パンデミック以前から情報通信技術の発展により一部の実験はオンライン化が進んでいたが、厳密な統制が必要とされる実験においては、オンライン実験は現実的ではなく、ある程度の棲み分けが進むだろうと予測されていた。しかし、新型コロナウイルスのパンデミックによってこの状況は一変し、急速にオンライン実験の普及が進むと同時に、オンライン実験のメリットとデメリットが明確になってきた。

本研究ユニットでも、一部の研究についてはオンライン実験へと手法を変更し実施を試みたが、メリット以上にデメリットに直面することとなった。最も苦慮した点としては、参加者の匿名性保持と参加者の行動統制の間に生じるトレードオフ問題が挙げられる。実験室での実施では、ある程度の工夫をすることで参加者間の匿名性保持のみならず、対面する実験スタッフに対する匿名性保持も比較的容易に実現できる。しかしながら、オンライン実験では同様の手続きを行うことが困難であるか、場合によっては不可能である。また、参加者の匿名性保持を重視することによって、匿名化された状況特有のモラルの低下が生じることがある。たとえば、実験参加に対する動機づけの低い一部の参加者による途中離脱や長時間の無反応など、ある種の妨害行為ともいえる振る舞いにより、集団内での繰り返しのある相互作用の継続が困難になり、実験を強制終了せざるを得ない事態が発生することもあった。これらの問題は、実験室内での統制された環境下では発生しづらいものである。たとえば、実験室では個室で実験課題に取り組む参加者の様子は見えないが、一定時間反応のない参加者には、実験スタッフが個室に向いて声をかけることで状況を把握できる。しかし、オンラインでは、PCやスマホを放置して離席している参加者にはいくら呼びかけても応答がない。一人で課題に取り組む実験デザインであればまだ良いが、集団で全員の意思決定が終わらない限り全員が次のステップへ進めない実験デザインでは、無反応の参加者がいることによって実験プログラムの進行が停止する。試行数や参加人数を固定した実験デザインの場合には、柔軟に参加者の途中離脱行為への対処は困難であることが多く、その実験セッション自体を断念せざるを得なくなり、データとしても利用できないものとなる。このような問題が、パンデミック前の対面実験で得られたデータとパンデミック中のオンライン実験で得られたデータの不整合にどの程度影響したのかは現時点では不明であるが、その原因究明作業等に相当な時間を要している。

したがって、パンデミック期間中に実施を中断したまま、オンラインで実施しなかった実験研究については、現在論文を執筆中であるが、オンライン実験と併用した実験については、問題点を検討し、より安定した結果を得るための試行錯誤に時間を要しており、現在もデザインの改良を含めて進行中である。なお、ここで報告するのは、パンデミック期間中に中断していた実験研究のみであり (Inoue et al., mimeo)、オンライン実験との結果の整合性に問題があると判断された実験研究については、現在も検討中であるため、報告を差し控えさせていただくことをご了承いただきたい。

最後に、本研究プロジェクトを支えていただいた本学総合研究所の関係各位に、メンバーを代表して厚く御礼申し上げます。

大規模な社会的ジレンマにおける協力

——オンライン上のビッグデータを用いた分析——

稲葉美里・大林真也・大平哲史・清成透子
生駒経済論叢, 20 (1), 1-20, 2022.

要約

本研究は、現代社会における大規模な社会的ジレンマ問題について、日本の仮想移動体通信事業者 mineo の提供する「フリータンク」システムに着目し、大規模集団における協力的行動の変化とその要因を解明することを目的としている。社会的ジレンマとは、個人が自己利益を追求することで、集団全体の利益が損なわれる状況を指す。従来の研究が主に小規模集団での協力的行動に焦点を当てていたのに対し、本研究は、大規模化が進む現代社会における協力的行動の変化とそのメカニズムを明らかにすることを目指している。

本研究では、mineo のフリータンクシステムを利用した実証的なデータ分析を行った。フリータンクは、ユーザーが未使用のデータ通信量を他のユーザーと共有するシステムであり、ここでの協力的行動は余剰パケットの投入として捉えられる。データはシステム導入から一定期間にわたって収集され、ユーザーの協力的行動の変化や、特定の介入策（例：災害支援タンクの開放、リマインドメールの送信）に対する反応が分析された。定量的分析により、システムの規模拡大が協力的行動に与える影響を評価し、協力を促進するための有効な手段を探った。

本研究の結果、規模の拡大に伴い、フリータンクに貢献しながらも便益を享受する互恵的な協力的行動が減少し、貢献せずに便益を受けるだけのフリーライダーが増加する傾向が見られた。フリータンクでは2016年から2018年の2年間で半数程度のユーザーが入れ替わっていたが、新規に参入したユーザーの中で互恵的協力者が減少し、既存ユーザーで互恵的協力者だった人がフリーライダーに転向するという二つの現象が確認された。

社会的ジレンマの規模が拡大することが貢献を減少させると推測され、それを支持する結果が得られた。しかし、この変化の原因が規模の拡大にあると断言することはできない。社会的ジレンマは、同じメンバーでやりとりを繰り返すことで協力率が低下することが知られており、既存ユーザーの行動変化の原因は規模の拡大ではなく、繰り返しやりとりを行ったことにある可能性がある。また、新規ユーザーの行動変化も、規模の拡大以外に、例えば mineo の新規契約者層の変化など、フリータンクの構造外の要因が影響している可能性がある。本研究で分析対象としたデータの範囲では、フリータンクは常にその規模を拡大してきたため、社会的ジレンマの規模と協力的行動の因果関係を特定するには、規模が減少した局面において人々の行動がどのように変化するかも調べる必要があるだろう。しかし、現実にはフリータンクの規模縮小は起きていないため、本研究で扱うデータに関しては、そのような検討は不可能である。この点は実験室実験や他のデータセットを用いることで、さらに検討する必要があるだろう。

必要性への気づきと協力の勧誘が協力的行動を促進する効果については、必要性への気づきを高める災害支援タンクの効果が見られた。本研究では、災害が必要性への気づきを高めることでタンクインを増加させると仮定していたが、災害がタンクインを増加させたメカニズムにはさらなる検討が必要である。たとえば、被災者への共感や、以前に自分が被災した経験を思い出して互恵性が高まったことなどが影響している可能性がある。この点については、大林論文を参照されたい。

一方で、協力の勧誘としてのリマインドメールの配信は、タンクイン数の増加には寄与しなかった。これは予測に反する結果である。メール送信日にはタンクインの数が増加したが、その月全体のタンクイン数は増加していなかった。これは、元々協力する予定だった人が、メール配信をきっかけに行動のタイミングを変えたことを意味し、元々協力の意図が低い人には勧誘が効果を持たなかったと考えられる。規模の大きな社会的ジレンマにおいて、勧誘が一般的に効果を持たないのかどうかについては、今後、さまざまな事例や勧誘方法を用いた研究で、より詳細に検討することが望まれる。

本研究では、フリータンクにおける行動に影響を与える要因を、利他行動の一種である寄付に関する先行研

究の枠組みから分析した。しかし、フリータンクにおけるタンクインと一般的な寄付は完全に同一ではない。フリータンクで寄付される通信パケットは、繰り越し期限を過ぎると消失するため、余っていて自分には価値のない財を、一手間をかけて供出するという形態の利他行動である。一方、金銭を寄付する場合などは、寄付される財が寄付者自身にとっても価値があるため、自己犠牲を伴う利他行動である。したがって、フリータンクの分析結果を寄付行動や社会的ジレンマに適用する際には、この違いにも注意が必要だろう。

フリータンクは元々、困った時に助け合えるシステムを目指して構想されている。それは、ある月にはパケットが足りなくなってタンクアウトを行うユーザーが、別の月にはパケットが余れば貢献するという、互恵的協力者の行動パターンを想定したものである。しかし実際には、互恵的協力者の割合は比較的少なく、貢献のみを行う利他主義者が割合としては多かった。これは、フリータンクの実状が助け合いというよりも、一方的な利他行動に近いことを示している。この点も、システムのルールだけではなく、実際のデータ分析を通じて明らかになったものである。

本研究では、既存の実験研究やフィールド研究で得られた知見が、大規模な社会的ジレンマにおいても同様に適用可能かどうかを、ビッグデータ解析を用いて検討した。このような手法を用いたことは、現実社会に存在する社会的ジレンマにおける人々の行動と学術的な研究を結びつけるうえで、大きな意義を持つと考えられる。本研究では協力行動や利他行動に影響を与えるさまざまな要因のうち一部についてのみ検討したが、今後は他のデータセットを利用するなどして、他の要因についても実データを用いた検討が勧められることが期待される。

オンライン公共財の提供と引き出しの分布に潜む規則性の説明

大平哲史・稲葉美里・大林真也・清成透子
情報処理学会論文誌, 64 (2), 594-602, 2023.

要約

本研究は、インターネット上の匿名コミュニティにおいて、如何にして協力的な集団が形成可能かという問いにアプローチするため、格安スマホサービス mineo (マイネオ) が提供する「フリータンク」という、顧客同士が協力して通信パケット量を公共財化するサービスに着目した。まず、顧客のフリータンクへの通信パケットの提供および引き出し双方の行動履歴データを分析し、通信パケットの提供と引き出し行動の分布に潜む規則性を明らかにする。次に、その規則性が顧客のどのような行動パターンにより生み出されているのかをシミュレーション実験によって検証する。最後に、ごく一部のユーザーによる余剰パケットの提供によってフリータンクが維持されていることを示す。

本研究では、mineo のフリータンクシステムを利用したユーザーの行動履歴データを解析し、そこから抽出される規則性に基づいてシミュレーション実験を行った。具体的には、ユーザーが通信パケットをフリータンクに提供する行動 (タンクイン) と、それを引き出す行動 (タンクアウト) の頻度と量に関するデータを基に、顧客の行動パターンを推定した。その後、推定された行動パターンを基にエージェントベースのシミュレーションを実施し、フリータンクシステム内での協力行動のダイナミクスを再現・分析した。

使用されたデータは、mineo のフリータンクシステムにおける2018年10月と11月のユーザー行動履歴である。これらのデータには、ユーザーが毎月どの程度の通信パケットをタンクインまたはタンクアウトするか、その際の残りの通信パケット量、行動のタイミングなどが含まれている。さらに、シミュレーション実験のパラメータ設定には、mineo の提供する Web サイトから得られた統計データも活用された。

研究結果から、フリータンク内での通信パケットの提供と引き出しには明確な規則性が存在することが明らかになった。特に、ユーザーの行動は残りの通信パケット量に強く依存しており、一定のパケット量を下回るとタンクアウトが促進され、逆に余剰パケットが多い場合にはタンクインが増加することが示された。また、シミュレーション実験によって、フリータンクが一部のユーザーによる余剰パケットの提供によって維持され

ていることが確認された。これにより、協力行動の持続性は少数の積極的な貢献者に依存していることが示唆された。

本研究は、従来の公共財に関する理論研究やフィールド研究と比較して、特に匿名性の高いインターネット上の大規模コミュニティにおける協力行動を実証的に分析している点で新規性がある。従来の理論研究では、協力行動の進化において罰や報酬が必要とされることが多かったが、本研究では、こうした要素がないにもかかわらず協力が維持されていることが確認されており、これまでの理論に新たな視点を提供するだろう。さらに、フリータンクのような匿名の大規模コミュニティにおいても、協力行動が自然に発生しうることを示した点は重要である。特に、協力行動が一部のユーザーの積極的な貢献によって維持されることが確認された点は大変興味深い。この結果は、インターネット上での公共財提供に関する新しい洞察を提供し、今後の研究においてさらに深められるべき課題を提示している。こうした協力行動を促進するための具体的な施策について、さらなる研究が必要であることが示唆される。

人々は現実の社会的ジレンマ状況をどのように解釈しているか：

テキストマイニングによるフレームの探索的分析

大林真也・稲葉美里・大平哲史・清成透子
理論と方法, 37 (2), 156-169, 2022.

要約

本研究の目的は、人々が現実の社会的ジレンマ状況をどのように解釈しているのか（フレーム）を明らかにすることである。研究の対象は、格安スマホサービス mineo の会員サイト「マイネ王」にある「フリータンク」と呼ばれるオンライン公共財である。社会的ジレンマ状況において、フレームが協力行動に影響を与えることは、これまで主に実験研究を中心に指摘されてきた。しかし、そもそも現実の社会的ジレンマ状況を人々がどのように解釈しているかは、これまで明らかにされていなかった。本研究は、計算社会科学的手法を用いて、大規模なコメントデータから現実の社会的ジレンマ状況における人々のフレームを探索的に明らかにすることに意義がある。フリータンク利用時のコメントデータを基に、語の使い分けに着目し、テキストマイニングによってフレームの抽出・分類を行った。

本研究では、現実の社会的ジレンマ状況において人々がどのようにそれを解釈しているのかというフレームを探索的に解明し、その特徴を記述した。フリータンクへの「入れる」「出す」という行為をどのように表現するかという観点から、語の使い分けに着目し、自然言語処理やテキストマイニングによって、語の分類を行った。その結果、フリータンクを会員同士の互恵的な交換の場と認識する「互恵的フレーム」、公共財に対する寄付や貢献の場と認識する「利他的フレーム」、自分の銀行のような利用を行う場として認識する「利己的フレーム」の3つが抽出された。mineo のフリータンク設立初期には利己的フレームが多かったが、フリータンクが枯渇の危機に直面したことを境にその傾向は減少した。その一方で、互恵的フレームや利他的フレームがその時期から増加した。とくに、災害が集中した2度目の危機では、これらのフレームが急増し、フリータンクへの貢献に寄与していることが示唆された。

このように、現実の社会的ジレンマ状況に関する膨大なコメントデータを分析することで、新たなフレームを探索的に明らかにすることができた点が、本研究の意義である。従来のフレーミング研究では、主にラベルフレーミングや正負のフレーミングに着目していたが、人々が公共財ゲームに対して持つフレームは、より多様であることが示唆された。とくに、公共財ゲームを互恵的なシステムと解釈するフレームは、これまで指摘されてこなかった新しい点である。このように新たに見出された3つのフレームを実験研究に組み込むことで、協力行動とフレームの関係について研究をさらに発展させることが期待される。

また、タンクアウトの二面性に着目し、タンクインとタンクアウトではフレームの表明され方が異なるのではないかと仮定し、その使用方法や使用者の行動を記述した。その結果、タンクアウトでのみ互恵的フレーム

を用いる人は、比較的貢献回数が少なく、互恵的に振る舞っているとは言い難いことが示された。貢献回数の少ない人が互恵的フレームを用いるのは、他のユーザーに対して自らの行為を正当化するためである可能性が示唆される。たとえば、今回はタンクアウトするが、「いつかお返します」といった互恵的表現を用いることで、将来の協力の意思を示し、自分は一方的な非協力者ではなく互恵的協力者であることをアピールしている可能性がある。

フレームと行為が一貫していない人が一定数いることは、二つの意味で興味深い。一つ目は、フリータンクの維持という観点からである。フリータンクでは明示的な罰行動が取られることはないが、評判を気にして行為の正当化が行われているとすれば、興味深い。評判を気にした行動がフリータンクの維持にどのように関連しているのか、なぜ評判を気にするのかなど、マイネ王内の他の掲示板を含めた会員同士の相互行為を解明する必要がある。二つ目は、表明されるフレームと行為の関係についてである。フレームが行為を生み出すだけでなく、行為がフレームを生み出す可能性も考慮する必要がある。人の行為を考える際、フレームの戦略的表明による自己呈示という観点も重要であろう。

本研究では「入れる」「出す」を意味する語の使い分けに着目したが、これ以外にもフレームを反映する語が存在する可能性がある。そのため、マイネ王にある掲示板などのコメントデータをさらに詳細に分析する必要がある。また、それらのフレームがどのように発生したのか、すなわち、個人のフレームが特定の状況で活性化されたのか、もともとそのフレームを持っていた人がフリータンクをよく利用するようになったのか、あるいは他のユーザーが表明したフレームに影響されたのかなども明らかにする必要がある。

さらに、今回扱った公共財ゲームは特殊な構造を持っているため、今回発見されたフレームがどの程度一般性を持つのかについては、さらなる経験的研究が必要である。また、本研究ではフレームと行動の関連の分析が不十分であった。大きな理由は因果の向きである。リサーチクエスチョン1ではフレームが行為に影響を与えると想定していたが、リサーチクエスチョン2では行為がフレームに影響を与えるということを想定していた。今回の分析ではこれら二つの相互依存関係が示唆されたが、それ以上踏み込んで因果効果を明らかにするには至らなかった。この点については Obayashi et al. (2023) を参照していただきたい。

It's my turn: empirical evidence of upstream indirect reciprocity in society through a quasi-experimental approach

Obayashi, S., Inaba, M., Ohdaira, T., & Kiyonari, T.

Journal of Computational Social Science, 6 (2), 1055-1079, 2023.

要約

本研究の目的は、社会における間接的な利他的行動、特に「上方型間接互恵性 (upstream indirect reciprocity)」が実社会でどのように機能するかを解明することである。上方型間接互恵性とは、ある個人が他者から援助を受けた後、その恩返しとして第三者を助ける行動を指す。本研究では、mineo の提供する「災害支援タンク」を対象に、災害時にデータ通信量の支援を受けた利用者が、その後、他者に対する支援をどのように行うかを検討した。

従来の研究では、統制された実験室環境や理論的研究において、上方型間接互恵性の存在やその重要性が指摘されてきたが、現実世界ではほとんど証拠が得られていなかった。これは、理論研究で判明している通り、上方型間接互恵性を維持するための条件が限られているためである。また、援助を受けることとその後の援助行動との因果関係を証明することが困難であるため、実験研究では内的妥当性が検証されるものの、実験室内の現象が現実世界で生じるかどうかには疑問が残るため、外的妥当性に課題があった。一方で、災害ボランティアに関する研究では、災害後に被災した地域で助けられた被災者が、将来の災害において援助者になるという「被災地リレー (pay it forward; 恩送り)」の存在が知られており、上方型間接互恵性の傍証として言及されてきた。しかし、インタビュー調査や定量調査を含む観察研究や事例研究では、因果関係を明確にするこ

とには限界があり、内的妥当性に関して議論の余地があった。

これに対して、本研究では、mineoによって提供される災害支援タンクと平時のフリータンクへのインとアウトの行動データを用い、準実験的アプローチを通じて因果関係を解析することで、内的妥当性と外的妥当性の双方を兼ね備えた実社会における上方型間接互惠性の存在を検証した。具体的には、差分の差分法 (Difference-in-Difference: DID) と呼ばれる統計的因果推論の手法を用いて、災害支援タンクの利用が、その後の被災者のフリータンクへの貢献行動にどのような影響を与えたかを分析した。

本研究に用いたデータは、2015年12月から2018年12月までの mineo 利用者の行動記録であり、合計で約600万件のデータを解析対象とした。このデータには、各利用者が災害支援タンクを利用した際の日時、通信量、コメントなどの詳細な情報が含まれていた。また、この期間に日本で発生した6つの主要な自然災害 (例：大阪地震、西日本豪雨、北海道地震など) に関連するデータも収集し、各災害について差分の差推定を行った。本研究の結果、解析対象とした全ての自然災害に関して、災害時に災害支援タンクを利用してデータ通信量の援助を受けた利用者は、その後の月に他の利用者に対する援助行動であるタンクイン行動が増加することが確認された。また、二元配置固定効果モデルを用いて個人特性によるバイアスも検討したが、結論に大きな影響は認められなかった。

本研究で用いた準実験的手法による因果関係の推定により、実社会においても上方型間接互惠性が存在していることが明らかとなり、これまでの研究で十分に検証されていなかった内的妥当性と外的妥当性の双方を兼ね備えた頑健な証拠が提供された。災害時に他者からの援助を受けたことが、その後の援助行動を増加させるという因果関係を実証的に示した本研究の知見は、自然災害が多発する昨今の日本において、災害ボランティアに対する支援活動の重要性に改めて光を当てるものであり、これからの社会における持続可能な相互支援ネットワークの構築に寄与することが期待される。

The Possible Effect of Decision Synchronization in Driving Game Sustaining Voluntary Cooperation in a Repeated Social Dilemma Game

Inoue, Y., Matsumoto, Y., Takahashi, N., & Kiyonari, T.
mimeo

要約

本研究の目的は、公共財ゲームに代表される社会的ジレンマ構造のゲームにおける協力率上昇に寄与する相互依存関係を明らかにすることである。本研究が着目したのは、経済ゲームにおける「意思決定の同期経験」が、後続の社会的ジレンマゲームにおける利他的協力を促進するかどうかである。一般に、同じ集団に所属して同じ作業に従事することで連帯感が生まれ、集団内での協力行動が促進・維持されることが知られている。こうした現象は通常、対面状況で同じ空間を共有する際に発生することが多い。しかし、昨今急速に進展しているオンライン社会においては、他者との関係性もオンライン空間に構築され、匿名化された状況が一般的である。この特殊な空間内での協力行動の生起については未解明な部分が多い。そこで本研究では、PCを通して接続された他者との間で、どのような利得構造における協働作業の成功が、集団全体の利他的な行動の生起や持続性に影響を与えるのかに焦点を当てた。他者とオンライン上で同じ作業に従事することで生じる行動の同期が、公共財ゲームのような経済ゲームにおける協力にどのような効果をもたらすかを検討した。

本研究では、1回限りの繰り返しのある二者経済ゲームと、その後に行われる集団全体での繰り返しのある公共財ゲーム (社会的ジレンマゲーム；SD ゲーム) の二段階のデザインを用いた。実験参加者は、まず集団内でランダムにマッチングされた相手との間でフィードバック付きの二者ゲームを10ラウンド行った。その後、グループ全体で毎回のフィードバック付きのSD ゲームを10ラウンド行った。第一段階の二者ゲームには、相利協働が可能な Stag Hunt Game (SH ゲーム)、相手と同じ選択をとると互いに利益を獲得し、選択がずれると互いに何も獲得できない Driving Game (DR ゲーム)、非協力が優越戦略である囚人のジレンマゲーム

(PD ゲーム)、ペアの相手と自分の間に利益の依存関係は存在しないものの、互いに自己利益が最も高い選択をすることで結果として互いの選択が同期する相互依存なしゲーム (NI ゲーム) の4条件が被験者間要因として設定された。

本研究は、国内の3つの大学で実施された75セッションに参加した373名のデータを分析対象とした。各セッションでは、3～6名の参加者が1グループとして扱われ、それぞれが第一段階でランダムにマッチングされる1回限りの二者ゲーム、第二段階では集団全体で行う繰り返しのあるSDゲームに参加した。収集されたデータには、ラウンドごとの参加者の選択、第一段階の意思決定の同期の成功率、SDゲームにおける協力率、およびグループアイデンティティに関する回答などが含まれている。

本研究の結果、DRゲームにおける同期の経験が、後続のSDゲームにおける協力行動を維持する効果が確認された。具体的には、第二段階で実施されたSDゲームの最初のラウンドにおいては、全てのゲーム条件で協力率に大きな差は見られなかったが、ラウンドが進むにつれて、DR条件以外では協力率が徐々に低下する一方、DR条件のみ高い協力率が維持された。興味深いことに、第二段階の開始時点では、他の集団成員に対する好意的な評価や信頼に関する質問への回答は、SHゲーム条件が最も高く、協力率予測についても同様の傾向が示されていた。さらに、他の事後質問項目に対する回答の分析でも、第二段階開始時点でDR条件においてSH条件以上に集団成員に対するポジティブな心理的反応が顕著に見られることはなかった。したがって、なぜDR条件でのみSDゲームにおける協力率の持続が認められたのかの原因は解明されなかった。現在、各参加者の社会的価値志向性 (Social Value Orientation) を含めたデータを統計モデリングの手法で解析し、DR条件における協力率持続の要因を検討している最中である。

従来の研究では、身体的な同期 (たとえば、一緒にダンスすることや合唱、楽隊での行進など) を経験すると、利他性が促進されることが知られている。また、経済ゲーム実験においても、相利協働を目指すことが可能なSHゲームにおいて、協働的な同期を経験することで、その後の混合動機状況、たとえばPDゲームでの協力率が上昇する効果が示されている。しかし、DRゲームのように相手の人間性に対する予測とは無関係で、単に相手の手と合わせるだけのゲームにおける同期経験が同様の効果を持ち、さらに協力の持続性に対してより頑健な効果を持つことを示した本研究の知見は非常に興味深い。とはいえ、参加者の主観レベルを探るだけでは、何故そのような効果が生じたのかは解明できなかった。これまで、利得構造の違いがジレンマ型の意思決定に与える影響については膨大な研究が行われてきたが、相手と同じ選択をすること自体の効果についての研究は我々が知る限りない。協働作業を経験することで連帯感が生まれることは広く知られているが、単に同じ選択を試みる経験そのものが協力の持続性に効果をもたらすことは驚きである。匿名化された空間で何か同じことを試みることで、集団全体に対する利他性が生起・持続する可能性があるという点は、現代社会において重要な示唆を提供するものである。

一般研究 C ユニット

研究課題：19・20世紀のフランス文学とオペラ

ユニットリーダー：和田 恵里

市販本

『オペラの時代：音楽と文学のポリフォニー』

執筆者：澤田 肇 稲田 隆之 和田 恵里 福田 美雪 荒木 善太 安川 智子
林 信蔵

<総 括>

1. 目的と意義

19・20世紀のフランス文学とオペラのあいだには他に類をみない複雑かつ緊密な関係性を認めることができる。16世紀末以降、王侯貴族の宮廷芸術として発展したオペラは、大革命による旧体制の崩壊後、新興のブルジョアジーを対象とした総合芸術に生まれ変わった。一方、旧体制末期のオペラ＝コミックに胚胎していた「市民の自画像」も、19世紀における大衆社会の登場とともに、小説を中心とする市民文学として多様な発展を遂げた。従来の研究では、しばしばその対象が音楽史と文学史という二つの領野に隔てられていたことから、オペラと文学のあいだのこのような密接な関連について総合的かつ緻密な調査・分析が行われることは稀であった。近年国内外でこの分野で研究が進められているが、未開拓の地がまだまだ多く残されているのも事実である。

そのような問題意識から、研究ユニット「19・20世紀のフランス文学とオペラ」は、フランス文学を専攻する青山学院大学文学部所属の3名の研究員——荒木善太、福田美雪、和田恵里を中心に、客員研究員として上智大学名誉教授の澤田肇氏（フランス文学）を加えた4名を当初の構成員とし、研究期間を2020年度から2022年度までの3年間として発足した。2022年度には、音楽学専攻の客員研究員として稲田隆之氏（武蔵野音楽大学）と安川智子氏（北里大学）にも加わっていただいた。

2. 研究活動の概要

(1) 研究会の開催

研究活動の第1段階として、音楽学とフランス文学の研究者間での知識と情報の共有を目的として研究会を開催した。上記6名のユニットメンバーのほか、大阪大学名誉教授の和田章男氏（フランス文学）、福岡大学の林信蔵氏（比較文学）をゲストスピーカーにお迎えした。2021年6月から、2022年12月まで計6回の研究会を開催した。各回の質疑には、中村翠氏（京都市立芸術大学・フランス文学）、成田麗奈氏（東京藝術大学・音楽学）にも参加していただいた。

この研究会をとおして問題の射程とそのアプローチの多様性がより明確になった。また、特にフランス文学の研究者にとっては、音楽学の研究者によるプロットと音楽の関係に関する詳細な分析に触れることは大変貴重な経験であったことを強調しておきたい。

(2) シンポジウムの開催

2023年1月には、上記10名の研究会参加メンバーによるシンポジウム「文学と音楽のポリフォニー——近現代のフランスオペラをめぐって——」を青山学院大学で開催した（オンラインを併用）。オンラインでの学外からの参加者も多数あり、活発な質疑応答がなされた。10名のシンポジウム登壇者のうち、残念ながら本書に論文を掲載することができなかった3名の発表タイトルは以下のとおりである。豊かな知見と示唆に富んだ講演を行ってくださった各氏に改めてお礼を申し上げたい。

成田 麗奈「シャルル・グノーの散文オペラ論——『ジョルジュ・ダンダン』序文を中心に」
中村 翠「ゾラのドラマ・リリック『メシドール』におけるバレエ」
和田 章男「『失われた時を求めて』における音の風景——「パリの物売りの声」とオペラ」

3. 研究成果とこれからの課題

これらの活動から、従来見落とされがちであった問題が次々と浮き彫りとなった。例えばフランス・オペラとイタリア・オペラとの関係など、国や言語を超えた視点で探究すべき問題系が確認された。また、オペラと文学を繋ぐ要である台本の重要性、オペラと「笑い」の関係を通史的に概観・再考する研究、演出の問題などの重要性も再認識された。今後は近年の新作オペラをさらに取り上げるとともに、新たな演出・照明・衣装などによるレパートリーの再生・拡大、そしてオペラの大衆化現象をも視座に入れ検討することが必要である。

〈成果刊行物の要約〉

本ユニットの成果は、『オペラの時代 音楽と文学のポリフォニー』（水声社）としてまとめられた。上記シンポジウムでの発表をもとに各自が考察を深めた7つの論考が収録されている。本書の概要は以下のとおりである。

まえがき

澤田 肇「バルザックの『十三人組物語』と『娼婦の栄光と悲惨』——オペラにおける借用から翻案まで」
稲田隆之「グランド・オペラとヴァーグナー

——定型としてのグランド・オペラとマイヤベーアからの影響関係をめぐって」

和田恵里「オペラ《ユダヤの女》の成立——台本作家ウジェーヌ・スクリーブをめぐって」

福田美雪「第二帝政期のパリ社交界とオッフエンバックのオペレッタ——「時代」を笑う、「いま」を笑う」

荒木善太「化粧部屋をめぐる「もう一つの」顛末——ラヴェル《スペインの時》とセノグラフィー」

安川智子「ポール・デュカス《アリアーヌと青ひげ》の神話論理的解釈——ヴァーグナーとレヴィ＝ストロースの間で」

林 信蔵「音楽の方へ——エミール・ゾラと永井荷風におけるオペラの美学と象徴の哲学」

参考文献

人名索引

音楽作品名索引

「あとがき」にかえて——「時代遅れ」でつねに新しいオペラについて語ること 和田恵里

本書の構成は次のとおりである。澤田氏と稲田氏、和田の論文は19世紀とオペラに関わる考察である。澤田氏が取り上げたオペラ《死神だまし》(2017)はバルザックの小説『娼婦の栄光と悲惨』をもとに作られたもので、これはフランス文学の翻案プロジェクトの一環であり、実際の舞台演出に関する考察も含まれている。稲田氏は、19世紀のグランド・オペラの定型の形成に大きく関与することになったジャコモ・マイヤベーアと台本作家ウジェーヌ・スクリーブを取り上げて、グランド・オペラ特有のドラマトゥルギーを検証し、スクリーブがかたち作った「well-made play」の型と19世紀オペラの「タブロー」の関係について論じ、グランド・オペラのドラマトゥルギーと美学がヴァーグナーにどのように影響を及ぼしたのかを分析した。和田はグランド・オペラ《ユダヤの女》(1835)について台本作者スクリーブを中心に、この作品に見られる「美しきユダヤの女」という紋切り型とヴォルテールの主題の構造について考察し、結末での異化効果にこの台本の特徴があることを示した。

福田氏と荒木氏の論考はオペラ・ブッフというジャンルに関わるものである。福田氏は、オッフエンバックに焦点を当て、オペラ・ブッフは諷刺の芸術として第2帝政期にオペレッタへと発展することで大衆を惹きつけたが第3共和政では衰えていったという経緯を踏まえつつ、現代における蘇演の可能性を明らかにした。荒

木氏はラヴェルの《スペインの時》(1911)と18世紀の舞台とのアナロジーについて論じ、このオペラの結末では、柱時計のモチーフが18世紀の舞台での「閉ざされた場所」と「衣装の交換」という2つの機能を集約することから、オペラ・ブッフというジャンルがその出発点に回帰することを解き明かした。

安川氏はデュカスの音楽劇《アリアーヌと青ひげ》(1907)を新たな時代へと開かれる管弦楽作品の出発点として捉え、その独自性について論じた。レヴィ=ストロースがヴァーグナー研究から類推して打ち立てた神話と音楽の関係を応用し、象徴的引用をも組み合わせて、オペラ全体を分析するという方法論が提示された。林氏はエミール・ゾラの晩年のオペラ共作への積極的な関与と永井荷風のアメリカ外遊以降の文学的傾向の変化とを関連づけて考察した。

本研究ユニットのメンバーの研究概要は以下のとおりである。

バルザックのモデルニテ

——フランチェスコニのオペラ《死神だまし》(2017) について——

澤田 肇

19世紀を代表する小説家オノレ・ド・バルザックと現存する作曲家として大家の一人であるルカ・フランチェスコニについて、モデルニテ(=現代性)という観点から二人の芸術が生み出すポリフォニーを論じた。

フランチェスコニの新作フランス語オペラ《死神だまし》(*Trompe-la-Mort*)は、2017年3月16日にパリ・オペラ座ガルニエ宮にて世界初演された。これの原作はバルザックの大長編小説『娼婦の栄光と悲惨』(*Splendeurs et misères des courtisanes*)であるが、その主人公である脱獄徒刑囚ヴォートランのあだ名「死神だまし」がオペラの題名となっている。

『娼婦の栄光と悲惨』の冒頭はオペラ座の仮面舞踏会の長い描写が有名であるが、従来の翻訳は三重の誤訳があり、日本の読者に読み間違いを引き起こす箇所について仮訳を示しながら解説を行った。澤田によるその仮訳は以下のとおりである。

1824年のカーニバルシーズン最後の舞踏会で、仮面をつけた何人もの女たちは一人の青年の美しさにハッとした。[...] 男たちは仮面をしない。ドミノの仮面をした男は滑稽に見えるからだ。

一般的に小説の冒頭は全体の象徴であることもあるし、バルザックの場合は冒頭の描写が物語の過去と未来をつなぐ要素を多く含むことが多々あるので、冒頭を正確に読むことは重要である。

冒頭部分は全体の縮図であると考え、『娼婦の栄光と悲惨』におけるオペラ座は巨大な芝居の世界を示すものと見える。そこに集まること自体が目的となる場所であったオペラ座舞踏会は社会の縮図にもなる。そこでは仮面の下に隠れているのは誰なのか、あるいは素顔の外見の下に隠されているのは何なのかを推察することになる。しかし仮面をつけるのは舞踏会ばかりではない。小説の全体を通して誰もが社会においては仮面の生活を過ごす、アイデンティティーを使い分ける、芝居を演じることが示されている。

「仮面」と「劇(芝居)」をキーワードとして読むことができる小説がオペラになったが、演出では舞台の上にオペラ座の様々な断面が提示されて、それが示す場としての劇場で登場人物が演技する点が注目される。舞台を劇場の中の劇場としたオペラであり、これはフランチェスコニが発揮した優れた着眼の一つである。そのアイデアは『娼婦の栄光と悲惨』の一文「世界は一つの劇場なのではあるまいか?」が出发点であろう。

もう一つ注目すべき点は、このオペラの台本におけるフランチェスコニによる階層化とテキスト選択である。伝統的なオペラでは複数の幕があり、その幕ごとにいくつもの場があるというのが通例である。フランチェスコニは台本でさらなる階層化を行なっていて、場がどの層/レベルに登場するのかを明示している。第一層は外見の世界、第二層は内側の世界、第三層は物語の起源、第四層は地下の世界だが、演出ではガルニエ宮の上下構造や内部の天井と壁面のあちこちを舞台美術に組み入れることで表現している。台本を構成するテキストについては、二つの特徴がある。第一に、小説中の演劇と関連する箇所を集中的に選択している。第二に、

ほとんどの台詞が小説中の地の文と対話文から抽出されたということである。

バルザックは『人間喜劇』において、資本主義の負の側面、階層の格差、都市と地方の分断、世代間の対立、男女の不平等、結婚制度の弊害などさまざまな問題の本質を説き明かした。そうした問題を抱える近代社会では、多くの人々が孤立／疎外に苦しみ、アイデンティティーの危機に直面する。それは今現在のフランス人であれ、日本人であれ、われわれも同様に経験する可能性が高いものである。

われわれが未だ解決できないでいる問題を登場人物が生きた真実として語るのがバルザックの小説である。そのモデルニテについてオペラをとおして考えたのがフランチェスコニの《死神だまし》である。初演後の評価は大別して三つに分かれる。第一に、「文学オペラ」として好意的に迎えるもの。第二に、現代オペラの傑作だとみなすもの。第三に、耐え難い音楽作品だと感じるもの。第二と第三については、現代音楽派と伝統オペラ派との間の「新旧論争」ともとらえられる評価の差であろう。

《死神だまし》が将来レパートリーに入るか否かは、現代音楽に理解を持つ観客が増えるかどうかにかかるといえる。

グランド・オペラの定型化と定型としてのグランド・オペラ

—— スクリューブ、マイヤベーアからヴァーグナーへ ——

稲田 隆之

1. グランド・オペラの定型化

「グランド・オペラ」というジャンルのきっかけを作ったのは、1830年前後に初演された3つのオペラ——すなわち、オーベール Daniel-François-Esprit Auber (1782-1871) の《ポルティチの物言わぬ娘》(1828年初演)、ロッシーニ Gioachino Rossini (1792-1868) の《ギョーム・テル》(1829年初演)、マイヤベーア Giacomo Meyerbeer (1791-1864) の《悪魔のロベール》(1831年初演) であった。

これらの作品の最大公約数的に、「グランド・オペラ」の定型がかたち作られたわけだが、「5幕」からなり「バレエ」が必要不可欠、という今日的な意味でのグランド・オペラの定義は、楽譜に記されるものでもなければ、オペラ座で明確に定義づけられるものでもなく、バレエのあり方もむしろ慣習によるものであった。

しかし、オペラ研究でジャンルの定型を考える場合、そのドラマトゥルギーの内部に踏み込まなければならぬ。19世紀のオペラのドラマトゥルギーの鍵を握っている人物こそ、スクリューブ Eugène Scribe (1791-1861) である。スクリューブが提示したドラマの型は、現在「ウェルメイド・プレイ」と呼ばれる。詳細を記すスペースはないが、観客を飽きさせないように、波乱に満ち、劇場効果満点のドラマとなっている。そのうえで Pendle 1971は、スクリューブのリブレットの特徴を大きく4つに整理している。第1に、プロットの動機付けとなる主要な動きや行為が、オペラ開始前から始まっていること。第2に、いくつかのサブプロットが複雑に絡んで、全体のプロットを複雑化させていること。第3に、主要人物は単純で、二面性はあるが、最後まで変化しないこと。第4に、観客は出来事の連続による盛り上がりを楽しめばいいようにしたこと、である。

さらにここに、音楽がオペラ特有のドラマトゥルギーに絡む。音楽がオペラで担う機能は大きく4つに整理できる。第1にドラマを進行させ展開させる機能、第2にドラマの時間を音楽によって静止させ、劇的緊張やクライマックスを強調する機能、第3に登場人物の感情や心理を描写し注釈する機能、第4にドラマを音楽的に構造化する機能である。特に第2の機能によって、ドラマ上「タブロー」場面を設定し、大編成の合唱とオーケストラによる一大絵巻を劇場内に繰り広げることが、グランド・オペラの最大の特徴のひとつとなった。そのうえで、オペラのドラマトゥルギーとして、ドラマと音楽の一貫性と多様性のバランスがオペラ創作者の腕に見せ所となる。

2. 定型としてのグランド・オペラ

ヴァーグナーが《指環》の理論的著作『オペラとドラマ』等で高く評価している作品が、マイヤベーアの《ユグノー教徒》(1836年初演)とアレヴィ Jacques-Frumental Halévy (1799-1862) の《ユダヤの女》(1835年初演)

である。《ユグノー教徒》はそのオペラ的ドラマトルギーで、《ユダヤの女》は「前史」支配のプロットで、ヴァーグナーに多大な影響を及ぼすことになる。

3. ヴァーグナーのオペラ創作とグランド・オペラ

本発表では、グランド・オペラの特徴として、全5幕、群衆シーン、バレエ、タブロー場面、歴史的題材、スペクタクル性、戦闘・対決場面、プロットの前史、ウェルメイド・プレイ、および音楽的コントラストをリストアップし、それらの特徴がヴァーグナー Richard Wagner (1813-1883) のオペラにどのように表れているのかを表にまとめた。そのほか、ヴァーグナーとグランド・オペラとの関係を年表にまとめた（本報告書では割愛）。

それらのデータから次の3点が明らかとなった。第1に、グランド・オペラの特徴は《ローエン格林》(1848年完成)までのオペラにおいて外形的な面でみられ、特に群衆場面やタブロー場面で見られることである。その余波は「ジークフリートの死」、のちの《神々の黄昏》にまで及ぶ。ただし、音楽的コントラストについては、それほど際立っていない、というのがヴァーグナーの特徴でもある。第2に、ヴァーグナーのオペラ作品のうち、《ラインの黄金》(1854年完成)以降は、グランド・オペラの外形的な特徴が消えていく。それと反比例するように、音楽的なコントラストが増える。

それらの特徴と年表を照らし合わせると、ヴァーグナーのオペラ創作は、グランド・オペラへの憧れと挫折、断念とが背中合わせになっていることが浮き彫りとなってくる。とりわけ自身の《リエッツィ》(1842年初演)とマイヤベーアの《預言者》(1849年初演)の類似性にヴァーグナーが気付いたことが、グランド・オペラ断念のひとつの要因だったと考えられる。

4. まとめと《タンホイザー》パリ初演について

1861年の《タンホイザー》パリ初演について、これまで指摘されていないことを2点指摘したい。いずれも《悪魔のロベール》との関係性である。第1に、ヴァーグナーが第1幕へのバレエ挿入に拘った理由は、マイヤベーアの《悪魔のロベール》第2幕のバレエが異界の世界に属し、オペラのプロットに直接関係していたことであり、第2に、《悪魔のロベール》のオペラの結末やその響きもまた《タンホイザー》に大きく影響を及ぼしたこと、である。

オペラ《ユダヤの女》(1835)の成立

——台本作家ウジェーヌ・スクリーブをめぐって——

和田 恵里

19世紀フランス・オペラの大ヒット作《ユダヤの女》を台本作者ウジェーヌ・スクリーブ(1791-1861)に焦点を当て分析することが本論の目的である。いかにしてこの人物は「グランド・オペラの発明者」となったのか。そして、作曲家フロマンタル・アレヴィとの共作、5幕のグランド・オペラ《ユダヤの女》の物語はいかに組み立てられたのだろうか。

スクリーブは1791年にパリで生まれた。1861年に58歳で亡くなるまでに約425作を世に送り出した。そのジャンルはヴォードヴィル、オペラ・コミック、コメディ、オペラ、バレエなど多岐にわたる。初めの成功はヴォードヴィル『国民軍の一夜』(1815)によってもたらされた。また、コメディ・ヴォードヴィル『いかさま』(1825)は、バルザックに文壇とジャーナリズムの癒着を描く(『幻滅』第二部)という着想をあたえたという点で興味深い。

グランド・オペラというジャンルは、スクリーブとジェルマン・ドラヴィーニュの台本、エスプリ・オペール作曲の《ポルティチの物言えぬ娘》(1828)によって拓かれたとされる。スペイン支配に対するナポリの民

衆蜂起（1647）を扱ったこの作品のリアリティが観客を惹きつけた（周知のとおり1830年のブリュッセル・モネ座におけるこのオペラの上演がベルギー革命の契機となった）。また、マイヤベーアとの共作により、《悪魔のロベール》（1831）、《ユグノー教徒》（1836）、《預言者》（1849）、《アフリカの女》（1865）が誕生した。《ユグノー教徒》は聖バルテルミーの虐殺を題材とし、《預言者》はドイツ再洗礼派の指導者ヤン・ファン・ライデン（1509-1536）による反乱を主題としている。

《ユダヤの女》の舞台となるコンスタンツをスクリーブは1826年に訪れている。このオペラの生成過程について綿密な調査を行ったダイアナ・ハルマンは、フランス国立図書館に保管されているスクリーブの「旅行手帳」を調べ、コンスタンツ行きは一種の取材旅行であり、このとき手帳に記した情景（教会、広場、湖など）がそのまま舞台背景となったと指摘した。またハルマンは、スクリーブが別の手帳に「美しきユダヤの女」、男女の三角関係、そして「アウト・ダ・フェ」といった《ユダヤの女》の初期のアイデアを記していることも明らかにした。本論ではこの「アウト・ダ・フェ」と「美しきユダヤの女」に注目して考察を進めた。

「アウト・ダ・フェ」とは異端審問による有罪宣言、そしてその後の刑、とくに火刑を意味する。《ユダヤの女》の歴史的設定は、皇帝ジギスムントによるコンスタンツ公会議（1414-1418）の直前とされており、第1幕ではフスに関する言及もある（史実によると、公会議後にフスは火刑に処された）。この「アウト・ダ・フェ」の暗示を物語に取り込むという考えをスクリーブは、ヴォルテール（1694-1778）の『諸国民の風俗と精神について』（1756）から得た（前述の《預言者》の主題もこの書物に由来する）。ヴォルテールによる宗教的不寛容の告発が《ユダヤの女》の中心的主題となったのである。ユダヤ人金銀細工師エレアザルとその娘ラシエルの処刑という物語の結末では、キリスト教徒（プロニ枢機卿）のユダヤ教徒に対する不寛容のみならず、キリスト教徒を忌み嫌うユダヤ教徒（エレアザル）の宗教的偏狭さが描かれる。これは啓蒙主義的な思想が物語の基礎となっているためである。

一方、「美しきユダヤの女」とは、《ユダヤの女》のヒロインであるラシエルが「美しきユダヤ女」の系譜に連なることを示している。エリック・フルニエによると、「美しきユダヤの女」の祖型はマーロウの『マルタのユダヤ人』（1590初演、1633初版）と、それに着想を得たとされるシェークスピアの『ヴェニスの商人』（1594-1599頃）によって生まれ、ドイツ啓蒙思想の詩人・劇作家レッシングの『賢人ナータン』（1779）やウォルター・スコット（1771-1832）の『アイヴァンホー』（1820）によりそのイメージが伝播された。フランスでも英文学の影響を受け、「美しきユダヤの女」はロマン主義の作家たちが好んで扱う主題となった。

また、死刑を見物する残酷な群衆という場面は、エスメラルダという（偽の）ロマの女性が絞首刑に処されるユゴーの小説『ノートル＝ダム・ド・パリ』（1831）にもみられ、この作品もオペラの源泉の一つに加えることができる（残酷な群衆の主題は《ユグノー教徒》でも取り上げられた）。

《ユダヤの女》はユダヤ人（育ての父）とカトリック（実の父）双方の悲劇で幕を閉じる。復讐の連鎖という不条理が浮き彫りにされるこの結末では、ロマン主義的な紋切り型が解体されるとともに、ヴォルテールの哲学的主題が垣間見え、宗教的対立を無と化す異化効果の驚きのなか、音楽で締めくくられる。このオペラが現代の問題提起を含んだ作品であることは、ホロコーストや集団的排他主義を喚起する演出により、20世紀末よりヨーロッパ各地で繰り返し蘇演されていることが証明している。

第二帝政期のパリ社交界とオッフェンバックのオペレッタ

——「時代」を笑う、「いま」を笑う——

福田 美雪

1. オッフェンバックの現在地 ～ 忘却から蘇りへ

第二帝政期（1852-70）のパリでオペレッタという音楽ジャンルを築き上げ、「シャンゼリゼのモーツァルト」として囃されたジャック・オッフェンバック（1819-80）は、毀誉褒貶相半ばする音楽家の一人である。サン

=サーンスはオペレッタを、「オペラ=コミックの不良娘、しかし時になかなか魅力がある」と評した。ゾラははるかに辛辣で、「有害な動物と同じく、プロンプター・ボックスの奥で絞め殺すべき、公衆の敵」と糾弾した。第三共和制以降、オッフェンバック作品は軽佻浮薄な時代の遺物として軽視され、オペレッタというジャンル自体が20世紀前半に衰退する。J. C. ヨン、森佳子らの著作によって、近年再評価こそ進んでいるが、音楽史の文脈にオッフェンバックの名とその作品をどう位置づけるか、研究の余地は多く残されている。21世紀以降のフランス演劇界では、オッフェンバック・リバイバルが起きている。とくに、《地獄のオルフェ》、《ジェロルスタン女大公殿下》、《パリの生活》など、かつて一世を風靡した作品を次々と蘇らせた演出家ローラン・ペリー（1962-）とリヨン国立歌劇場の貢献が際立つ。生前に作曲家を受け容れなかった劇場に、その作品が凱旋するという現象も起きている。原作台本を極力尊重しつつ、時事ネタの部分では大胆にアレンジするペリー演出の成功は、オッフェンバック作品の本質が「いま、この時を笑う」という鮮度の高い風刺にあること、そして軽快な音楽と綿密に練られた台本との融合によって最大限に魅力を発揮することの証である。

2. 「帝政の祝祭」と「オペレッタ」

オペレッタの栄枯盛衰は、いかにそれが一時代を象徴する音楽と認識されてきたかを物語る。ドイツから移住したオッフェンバックは、グランド・オペラ全盛の七月王政期にはチェロ奏者として活動し、二月革命後にパリに定住、最も成功した改宗ユダヤ人芸術家となった。1855年、シャンゼリゼ通りにブッフ・パリジャン座を設立、政財界の後援を得て徐々に規制緩和を勝ち取り、最初は一幕物だったコメディを長尺なコーラスつきの「オペラ・ブッフ」という新たなジャンルへと発展させる。台本作家メーヤックとアレヴィのコンビによる《地獄のオルフェ》（1858）で最初のヒットを飛ばすと、《美しきエレヌ》（1864）、《パリの生活》（1866）、そして《ジェロルスタン女大公殿下》（1867）で名声は頂点に達した。サン＝ラザール駅の鉄道開通や外国人観光客の増加、社交界の享樂的な文化の隆盛など、目まぐるしい世相を反映させた音楽と台本は、ナポレオン三世による2度のパリ万国博覧会やオスマン男爵のパリ大改造、芸術の自由化といった社会的動向と合致していた。19世紀半ばまで、パリ中心部の二大オペラ劇場が牽引していた観劇文化は、ブッフ・パリジャン座やヴァリエテ座など、チュイルリー宮殿以西の新しい都市空間へと拡張していく。1860年代の自由主義帝政を、「帝政の祝祭」というスペクタクルとして演出したナポレオン三世にとっても、民衆に鬱積する不満を笑いに変えて発散させるオッフェンバック作品は、市民暴動の抑止力として好都合であった。きわどい風刺を盛り込んだ台本とはいえ、1860年代のオペレッタはあくまでも権力に許容された娯楽であった。

3. 《ジェロルスタン女大公殿下》（1867）の高揚

一見華やかな1860年代の自由主義帝政は、対外的には失策を重ねていた。1864年のプロイセンとオーストリアによるシュレスヴィヒ・ホルシュタイン併合、1866年の普墺戦争によって、軍事的な緊張が高まっていく。そして第2回パリ万博が大成功を収め、オッフェンバックの最新作が各国の来賓をもてなす傍ら、メキシコにてフランスの傀儡政権が倒れ、マクシミリアン皇帝の処刑という事件が政権に大打撃を与えた。1867年の新聞にはオッフェンバックを「悪魔」と呼び、オペレッタを「現代の猛烈な発作」の産物と評する批評が現れる。享樂的な「帝政の祝祭」の陰で進行する政情の変化は、オペレッタの作り手も、そして観客さえもが敏感に感じ取っていた。《ジェロルスタン女大公殿下》は、「1720年頃のドイツ」が舞台と断り書きを入れた作品で、オペレッタおきまりの男女の四角関係のもつれと幸福な大団円の物語である。しかし、第1幕のブン大将や女大公の歌、進軍する兵士たちの合唱によるフィナーレ、第2幕の陰謀家たちのトリオなど、作品の随所に1860年代後半の好戦的な世相が風刺されている。本作品は、オッフェンバック最大のヒットとなるが、普仏戦争の敗北後は政治的な理由で長らく上演されなかった。この不自然な沈黙を打ち破ったのはほかならぬゾラであり、女優オルタンス・シュナイダーをモデルに、オッフェンバック作品のパロディ化をちりばめた『ナナ』（1880）で文学的名声を不動のものとする。忘却されかけたオペレッタは、第三共和制の社会に娯婦ナナの姿をとって蘇ったのである。

化粧部屋をめぐる「もう一つの」の顛末

—— ラヴェル《スペインの時》とセノグラフィー ——

荒木 善太

オペラ《スペインの時》(1911)の第16場、ラバ曳きのラミーロは人妻コンセプションとの睦まじい暮らしを夢想する(「もし、自分がラバ曳きでないとしたら、時計屋 horloger になって、この店である時計屋の奥さん horlogère と暮らしたいものだ」)。一方、オペラの終盤、店に戻った時計屋の主人トルケマダは妻コンセプションの2人の浮気相手に遭遇する。神話の貞淑な妻ペーネロペーとは異なり、コンセプションは実際に不貞を働いていたが、20世紀のオデュッセウスは弓矢は取らず、柱時計を2人の愛人に売りつけることで(それとは知らぬままに)妻の不貞の意趣返しを果たす。2つの場面は、どちらも「ブッファ」と呼ばれるジャンルの常套で、前者では牧歌劇の「羊飼い」berger と「羊飼いの娘」bergère(「恋する男女」の意)が時計屋 horloger とその女性形に置き換えられ、後者では、よく知られた神話の一場面——オペラで言えば《ウリッセの帰還》——が裏返しにされている。

こうした周知の物語の引用とその書きかえの構造は、《スペインの時》の場合、おそらく物語の全体に当てはまる。ここではヒロインの3人の不倫相手が詩人、資本家、ラバ曳き(労働者)という3つの社会的なカテゴリーに対応し、オペラでは、これがテノール、バス、バリトンという3つの声部に相当する(その結果、《スペインの時》は、声部の構成という点でも異例の形を取り、ソプラノ、テノール、バスまたはバリトンの3つの声部が三角形を作る、19世紀的なオペラの常套に背を向けることになる)。3つの男声部はまた、それぞれ言葉、富、力という3つのカテゴリーに対応し、ヒロインがその中から1つを選択する点で、《スペインの時》は、その物語の一部始終が(男女を入れ替えた)音楽による「パリスの審判」の様相を呈することになる。「パリスの審判」を初めとする「運命の選択」の物語には、「選ぶ者」(男性)と「選ばれる者」(女性)の関係を前提にした明らかなジェンダー・コードが存在するが、この関係を転倒した《スペインの時》が一部の反発を招いた背景には、(物語の内容が「不道德」という以上に)こうしたジェンダーにかかわる暗黙のコードの存在が透けて見えると言ってよいかもしれない。

オペラ《スペインの時》はまた、物語の舞台を「18世紀のトレド」と明記することで、旧体制下の「オペラ=コミック」や「オペラ・ブッファ」が好んで取り上げた「スペインもの」との親和性を明示する(オペラの原作となったフラン=ノアンの戯曲では単に「スペインの時計店」とされ、時代や町の名は指定されていない)。第9場、柱時計の中に身を隠したイニーゴのモノローグが示すように(「柱時計とは、まさに時計屋のクローゼットではあるまいか」)、《スペインの時》と18世紀の舞台とのアナロジーは、とりわけセノグラフィー、つまり舞台構成や舞台空間のレベルで明確な形をとって現れる。すなわち《スペインの時》の柱時計は、『フィガロの結婚』(1784)第2幕で小姓シェリュバンが身を隠した化粧部屋の変奏にほかならず、ここでは時を刻むのではなく(時間の比喩ではなく)、一個の空間的な装置として、20世紀初めのラヴェルのオペラを旧体制下の舞台空間と結びつける。

18世紀の舞台において、化粧部屋は其中で男女や主従が入れ替わる「取り違え」の装置として用いられたが、人物の取り違えには「閉ざされた場所」と「衣装の交換」の2つのパターンが存在し、とりわけ後者、すなわち衣装の交換は、擬似的な身分差の消去を含意するものだった(主人と召使いの間で衣装が交換されると主従の見分けがつかない)。同じように、《スペインの時》の柱時計も社会的な帰属や差異を覆い隠す衣装として機能する。柱時計という同じ衣装の下では、ゴンザルヴとイニーゴ、詩人と銀行家の区別がつかず、本来交換できないはずの2つのカテゴリーが交換可能なものになるからである。

18世紀半ば、世俗的な物語として人気を博した「オペラ=コミック」は形成期にあった市民階級の音楽による自画像をなし、市民社会の成熟とともに、この自画像は、支配階級になりかわったブルジョワ層のグロテスクなカリカチュアへと変貌する(オッフエンバック)。「オペラ・ブッファの再生」を謳ったラヴェルのオペ

ラは、音楽によるカリカチュアの系譜に連なる最後の作品の1つであり、「衣装」と「閉ざされた場所」という2つの機能を集約した柱時計のモチーフを通して、《スペインの時》は遠くこのジャンルの原点に目を向ける。言いかえるなら、《スペインの時》においては、「オペラ・ブッフア」と呼ばれる1つのジャンルが、その出発点に回帰することで幕を閉じたのである。

ポール・デュカス《アリアーヌと青ひげ》の神話論理的解釈

——ヴァーグナーとレヴィ=ストロースの間で——

安川 智子

ポール・デュカス（1865-1935）の《アリアーヌと青ひげ》は、1907年にパリのオペラ=コミック座で初演された3幕の音楽劇である。17世紀のシャルル・ペローの童話集から「青ひげ」の素材を借りて、1901年にベルギーの象徴主義作家モリス・メーテルランク（1862-1949）が書き下ろした戯曲に基づく。本研究は、この《アリアーヌと青ひげ》を、レヴィ=ストロース（1908-2009）の神話論理の考え方をを用いて新たに分析し、音楽史の中に位置付ける試みである。ヴァーグナーとドビュッシーという共通のインスピレーションに由来するデュカスの音楽作りとレヴィ=ストロースの思想を互いに照らし合わせることで、それぞれの新たな側面を見出し、デュカスの《アリアーヌと青ひげ》の新しい解釈（聴き方）を導き出すことができた。

1. レヴィ=ストロースとデュカス

レヴィ=ストロースは神話と音楽の関連性と同一性、そして自身の神話論理にヴァーグナーの楽劇が直接的にインスピレーションを与えたことを各所で述べているが、デュカスも同様に音楽批評家としての仕事を通じてヴァーグナーの楽劇を研究していた。二人の共通の関心事である「神話」については、ボードレールが1861年に紹介した（「リヒャルト・ヴァーグナーと《タンホイザー》のパリ公演」）、ヴァーグナーの詩人と神話と音楽に関する言葉を踏まえて、次のような定義を前提とする。すなわち「神話」とは、民族のような集団で共有される価値をもち、文化に応じて絶えず修正され、そして絶えず再活性化されて現代的意味を与えられるという特徴をもつものである（Gaboriaud 2017, 28）。本研究で参考とするのは、レヴィ=ストロースによる一つの「神話」研究ではなく、彼の「神話論理」の考え方や手法である。すなわち神話（または象徴）が何を意味しているかではなく、各神話がいかに変化して別の神話となり、それぞれが関係付けられるか、という操作体系、組織化の手段（構造）、あるいは思考の型としての神話論理である（エナフ2006、渡辺2020）。

2. 《アリアーヌと青ひげ》分析

先行研究の多くは、この音楽劇が何を語っているかという「意味づけ」を行なってきた。代表的なものは、メーテルランクによる「無益な解放」という副題の意味を探り、ペローの「青ひげ」の物語から変化した部分に現代的教訓を読みとるもの、そしてギリシャ神話の「アリアドネ」を表すアリアーヌに、現代的な女性像をみるものである。さらに青ひげの先妻たちの中に「メリザンド」が含まれていることから、ドビュッシーの《ペレアスとメリザンド》と同様に、光と闇、アリアーヌなどの象徴を解釈するものがある（Messiaen 1936, Boyd 1980, Boukobza 2018ほか）。

一方でヴァーグナー以降、オペラにおけるライトモチーフの分析は常套手段である。本研究では、ヴァーグナーのライトモチーフを神話素（mythème）の先駆形態としたレヴィ=ストロースの考えと、伝統的な音楽分析におけるモチーフ（動機、主題）分析を組み合わせ、モチーフが何を意味しているかではなく、それらがどのように変化し、組み合わせられていくか、そして聴き手がその変化とモチーフの同一性をどこまで認識できるか、という点に着目して分析を行なった（レヴィ=ストロースは、聴き手を通して作曲者の意図が実現するところに、音楽と神話の同一性を見ていた）。

分析の結果分かったことから一例を紹介する。デュカスのモチーフには、旋律的モチーフ、和声的モチーフ、リズム的モチーフ、それに加えて楽器を特定するモチーフ（例えば金管楽器のみによるモチーフ）などがあり、この中で聴き手が最も耳で認識しやすいのが「旋律」のモチーフであり、もっとも認識しにくいのが和声のモチーフである。《アリアヌと青ひげ》では、第1幕で先妻たちによる合唱によって完全な形が現れる「オルラモンドの娘たちの歌」が、もっとも耳に残る重要な旋律的モチーフであり、第1幕ではこの旋律が完成形へと至るまでに、断片的に変化しつつ生成され、それが第3者によって語られる青ひげ伝説と関連して聞こえてくる（聴き手の無意識への印象づけ）。一方で聴き手がほとんど認識できないような音の操作も、和声モチーフに張り巡らされていた。すなわち特徴的な音型とリズムで聴き手に認識される「アリアヌ」「青ひげ」「小作人たち」の3つの重要なモチーフには、同種の全音音階（各音が全音の音程差で並べられた音階。六音音階）から5つの音を選択して配置した、同族の和声モチーフが隠れていた。したがってこれらは容易に重ねられ、溶け合うことができる。さらに第2幕冒頭では、オルラモンドの娘たちの旋律が全音音階による旋律に変化して現れ、第2幕は全体を通して、このテーマが変化しつつ展開していくこととなる。このようにモチーフの変化に焦点を当ててこの音楽劇を読み解くと、青ひげも先妻たちも、もともと存在せず、後に残るのは「オルラモンドの娘たちの歌」、すなわち民族的・神話的核となる旋律のみ、という結果となる。

日仏・ポスト自然主義文学とオペラ美学との相関関係

林 信蔵

本発表では、19世紀から20世紀のフランスにおける文学とオペラの関係性を多角的に検証するというシンポジウムの趣旨と文学者がオペラに関心を持った時に生まれる文学上の可能性という発表者の研究テーマとを関連付けることを目的とした。具体的には、自然主義文学の提唱者であるエミール・ゾラ Émile Zola (1840-1902) の晩年のオペラ共作への積極的な関与と、永井荷風 (1879-1959) のアメリカ・フランス外遊 (1903-1908) 以降の文学的傾向の変化とを関係付けることを試みた。

ゾラは、晩年、自身の文学規範から自由になろうとする時期にアルフレッド・ブリュノー Alfred Bruneau (1857-1934) とのオペラ共作に積極的に関わった。一方、荷風は、習作期において、ゾラの色濃い影響を受けたが、外遊後、ゾラの影響を相対化する過程で、オペラを熱心に聴取し、文章と音楽を融合させることを夢見るようになる。このように、本発表では、晩年のゾラと外遊後の荷風の文学的営為を「ポスト自然主義」的傾向を持つものとして捉え、自然主義を相対化する比喩的なモデルとしてオペラ美学が存在するという仮説を提示した。

ゾラと文学以外の芸術との関係は、音楽よりも絵画との関係の方がよく知られている。とりわけ、1860年代のエドゥアール・マネ Édouard Manet (1832-1883) 擁護は有名で、作家の個性の表出と現実の正確な再現とを両立するという美術批評上の論理は、ゾラの文学創造の論理と並行関係にあり、ゾラ的美術批評が自然主義文学理論の形成と密接な関係を持つことを示している。一方、1890年代以降、ゾラは、絵画に対する関心が希薄になる中で、自身が台本を執筆したオペラ《メシドール》*Messidor* (1897年、オペラ・ガルニエ座初演) に関する評論において「象徴」« symbole » の役割を重視する発言を残している。つまり、絵画から音楽へという関心の変化が、自然主義から象徴主義への転向と並行関係を有しているかのようでもある。

しかしながら、ジャン＝クリストフ・ブランジェ Jean-Christophe Branger は、ゾラの文学に共鳴し、ゾラの小説『夢』*Le Rêve* (1888) をオペラ化したブリュノーには、クロード・ドビュッシー Claude Debussy (1862-1918) の《ペレアスとメリザンド》*Pelléas et Mélisande* (1902年、オペラ＝コミック座初演) を予感させる部分がある一方で、「暗示」や「言葉では言い表せないもの」をオペラで表現するというドビュッシーの象徴的側面に関しては、演劇的なオペラを志向するブリュノーと相入れない部分が多いと指摘している。ブリュノーに影響を与えたゾラも「象徴」をオペラの理解を助けるための手段と考えており、象徴性そのものを

追求しようとする美学とは一線を画している。

一方、外遊後の荷風は文章に音楽的な効果を持たせたいという希望を述べるようになる。そして、『すみだ川』（1909）の第五版序文において、事物を重層的なイメージの融合体として知覚するありようを「音楽」ないし「象徴」と関連づけている。

こうした「音楽」ないし「象徴」が重要な役割を果たしていると考えられる場面として本発表では『すみだ川』の結末部分を取り上げた。『すみだ川』の主人公長吉は、芸者になるため家を出た幼馴染の恋人お糸と会えなくなると、学業を放擲し自暴自棄となり、腸チフスにかかり病院に運ばれる。物語は、長吉の伯父蘿月が長吉の家を訪ねる場面で終わっている。その際、長吉の中学の教科書に挟まれていたお糸の芸者姿の写真と自殺をほのめかす絶望的な内容が書かれた手紙を見つけた蘿月は、長吉に希望を取り戻して生きて欲しいと、長吉とお糸の仲睦まじい姿を「人情本の口絵」の図様を熱心に考える浮世絵師のように思い浮かべる。発表者は、この場面で、荷風が無意識的に《ペレアスとメリザンド》の一場面のイメージを投影しているという解釈を示した。

荷風は浮世絵に関する論考のなかで、鈴木春信の浮世絵を高く評価しており、その中でも若い男女の相思相愛の姿を描くものが印象深いと述べていた。その上で、特に愛好する具体的な図様を3点挙げているのだが、その中でも最も『すみだ川』の文脈に合致するものは『伊勢物語』第23段に題材をとった「筒井筒」の図様である。そして、この若い男女が井戸の近くで遊んでいる図に関して《ペレアスとメリザンド》の一場面を想起させるとも述べていた。一方、写真を眺めて絶望する長吉の様子は、ロラン・バルト Roland Barthes（1915-1980）が『明るい部屋』*La Chambre claire*（1980）において述べたような写真を見るものが陥る狂気と喪失感を想像させるが、バルトは、写真を見るものは、ペレアスとメリザンドに嫉妬するゴローの立場に置かれるとも述べていた。荷風は《ペレアスとメリザンド》につながる様々な要素を重ね合わせながら、現実拘泥し絶望する視点と現実から距離をとって眺める視点が交錯する物語世界を描き出すことができたのである。そして、その「象徴」性を重視する姿勢は、ゾラの象徴主義への接近よりも一歩踏み出したものであったと言える。

Ⅱ. アーリーイーグル研究支援制度活動報告

大正期の台湾・「南支」・南洋における医療事業の展開

青山学院史研究所 助教

日向 玲理

1. 研究の背景

本研究は、大正期の植民地台湾及び「南支」・南洋における医療事業の展開を、台湾総督府民政長官下村宏と台湾総督秘書官兼台湾総督府参事官石井光次郎という2人の官僚に着目して検討した。特に下村や石井ら台湾総督府官僚が「南支」と称される広東・福建・廈門に加えて、南洋のシンガポール、ボルネオ、セレベスなどで病院建設をはじめとする医療事業に力を入れていた点に着目した。官制上では「台湾及澎湖列島ヲ管轄ス」と規定された台湾総督府が、なぜ植民地台湾にとどまらない、広域的な医療・衛生秩序の形成を構想・展開するに至ったのかという問いを立てた。また、下村は昭和期に貴族院議員として「優生保護法」の前身である「国民優生法」の成立を推進した人物として知られるが、大正期における台湾・「南支」・南洋における医療事業の経験が、「人種改良」という問題を導出したのではないかとの仮説も設定した。

このような問いに答えるためには、台湾総督府と医学者との関係、台湾総督府と日本内地の官僚らの折衝、官僚と政治家との接触といった政策決定過程を詳細に検討し、どのような論理や解釈によって実施されたのかを明らかにしなければならないと考えた。そこで本研究では、台湾総督府民政長官下村宏と台湾総督秘書官兼台湾総督府参事官石井光次郎の関係史料を収集・分析し、以下の3点を課題とした。

- (1) 大正中期の日本の政治指導者や各省の官僚たちが植民地を含む対外医療事業をどのように認識していたのかを確認する。
- (2) 台湾総督府による広域的な医療・衛生秩序構想はいかなる経緯で誕生したのか、当該期の国内政治と国際政治の状況をふまえながら、官僚たちの企画立案・調整の側面に焦点をあてて検討する。
- (3) 昭和戦前期において「国民優生法」の成立を推進する下村宏と、同法に基づく「民族国策」を喧伝するメディアに身を置く石井光次郎（朝日新聞社専務取締役）がこの施策を実施した背景を探り、戦後の「優生保護法」への対応も合わせて考察する。

2. 研究成果の概要

(1) について。台湾総督府や海軍軍人の間では、病院に医学校を附属させ簡易医学などを教授し、医師養成を図ろうとする議論がなされた。そこには「人道ノ発展ヲ計ルハ是レ帝国ノ発展ニシテ其裏面ニハ政略上ノ便宜ヲ得ルコト多大ナル」効果があるとの意識が共有されていた。

(2) について。日本は「北支」方面に対する積極的な投資を行う一方で、「南支」に対する投資は不十分であった。欧米各国が「南支」方面で地歩を固めつつあるなか、遅れをとるわけにいかない日本は、台湾領有後に進めていた医療・衛生事業をより一層積極的に展開していく必要に迫られた。

(3) について。主に(1)及び(2)までしか検討することができず、十分な回答を準備するに至らなかった。

3. 今後の課題

今回の調査では主に「日記」を分析史料としたが、「書翰」なども残されているので、今後は分析対象史料を広げていくことにしたい。また、台湾総督府の公文書などを参照し、当該期の植民地研究を進めたい。今後の見通しとしては、石井光次郎を介して近現代日本の政治史・外交史を捉えるべく、収集した石井日記の翻刻作業を継続する予定である。

【成果物】

「石井光次郎と南方政策」（『法律時報』第1203号、2024年6月号）。

TBAB 水和物の結晶成長ダイナミクスの解明

理工学部機械創造工学科 助教
森本 崇志

1. 研究背景・研究背景

昼夜間の電力需要格差の是正や、変動型再生エネルギーの利用へ向けた取り組みの一つとして、物質の固液相変化に伴う潜熱を利用した潜熱蓄熱システムが注目されている。潜熱蓄熱システムの一つに蓄熱式空調システムがある。蓄熱式空調システムでは、余剰電力や電力需要の低い時間帯の電力を利用して、固液相平衡温度が10℃程度の蓄熱材に熱を蓄え、蓄えた熱を冷房等の用途に使用する。固液相平衡温度が10℃程度でありながら蓄熱量の大きな物質として、テトラブチルアンモニウムブロミド（Tetra-n-butylammonium bromide、TBAB）水和物がある。TBAB 水和物の相平衡温度は、水和物を形成する TBAB 水溶液の濃度によって、空調用途に最適と言われている5-12℃で調整可能である。しかし、TBAB 水和物はその形成速度が氷等に比べてかなり遅いことがわかっており、蓄熱に要する時間が長くなってしまうことが実用上の課題となる。このため、TBAB 水和物の結晶成長メカニズムの解明が待たれている。

2. 研究成果概要

本研究では、TBAB 水和物の結晶成長メカニズムの解明およびその結晶成長速度の予測を目的として、TBAB 水和物の結晶成長について実験的に検討を行った。実験では、矩形流路の上面が冷却板となっている冷却用流路内に TBAB 水溶液を循環させ、冷却面から TBAB 水和物を成長させた。そして、冷却面からの TBAB 水和物の結晶成長の様子を、カメラで観察することで、TBAB 水和物の結晶成長速度を計測した。実験結果より、TBAB 水和物の結晶成長速度は、熱量収支から推算した成長速度の半分以下となることが明らかとなった（図1）。

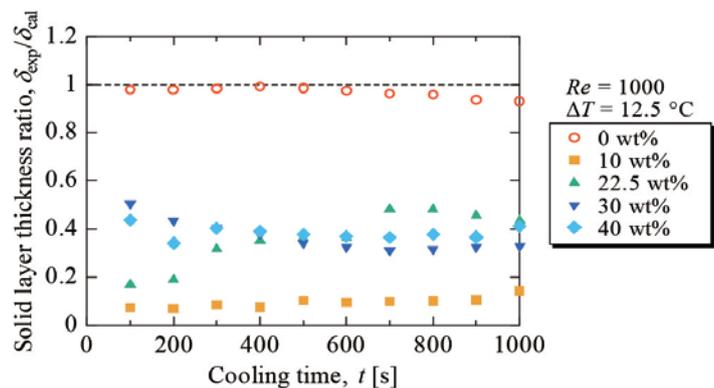


図1 TBAB 水和物の結晶成長量の比較結果

また、成長速度は TBAB 水溶液の濃度によって変化し、TBAB 水溶液の濃度が高いほど、結晶成長速度が増加する傾向にあることがわかった。これまで固液界面は相平衡温度に保たれると考えられてきたが、TBAB 水和物の場合、固液界面が相平衡温度に保たれていないことが示唆された。

3. まとめと今後の課題

熱量収支以外の要因によって、TBAB 水和物の結晶成長が律速されていることが示唆された。また、TBAB 水溶液濃度が増加するとともに、固液界面の温度が相平衡温度に近づいているものと考えられる。このため、今後の研究で、TBAB 水和物と TBAB 水溶液の界面における温度を正確に把握し、仮説を立証すること、そして、TBAB 水和物の結晶成長モデルを提案する必要がある。

[研究成果]

1. 森本崇志、佐々木亮、熊野寛之、矩形流路を流れる水溶液から形成される氷および水和物層の成長特性、2023年度日本冷凍空調学会年次大会（2023）。

動的モード分解を用いた超解像計測手法の開発

理工学部機械創造工学科 助教

小澤 雄太

1. 研究背景・目的

航空機やロケットのエンジン排気流は、超音速ジェット噴流と呼ばれ、音速を超える流れの変動によって強い騒音が発生します。この騒音は空港周辺の騒音公害や機内環境悪化を招くため、「流れ」から「騒音」が発生する物理メカニズムに基づいて低騒音化を実現する必要があります。超高速な物理現象を高精細かつ連続的に撮影できる高速度カメラは、物理を解き明かす強力なデバイスの1つですが、最新鋭の高速度カメラをもってしても超音速ジェット噴流の流動現象に対しては十分な撮影速度とはいえません。一般的な高速度カメラは、撮影速度を向上するために空間分解能を下げる必要があります。超音速ジェット噴流の微細な乱流構造の解析が困難でした。これを解決するため、圧縮センシングと呼ばれる少ない観測データから元の情報を復元する先進的な信号処理を適用することで、撮影速度と空間分解能の双方を維持できる計測手法の研究開発が進められています。(Tinney, JFM, 2008; Tu *et al.*, ExiF, 2013, Ozawa *et al.*, JoV, 2022) 既往研究では、周期性の強い現象に限定して撮影速度を50倍にする超解像を実現していますが、より複雑な現象には適用できません。そこで本研究では、複雑現象を時間的に成長・振動・減衰する特徴量に分解できる動的モード分解と呼ばれるデータ解析手法を導入し、複雑な現象にも適用可能な超解像計測手法の構築を目指します。

2. 研究成果概要

超音速ジェット噴流の発生装置および可視化計測装置を有する東北大学にて実験計測を行いました。実験は、撮影速度は高いが空間分解能が低い撮影条件と、空間分解能は高いが撮影速度が低い撮影条件の同時計測とし、撮影速度と空間分解能の相補的なデータセットを取得しました。本データセットに対して動的モード分解を適用することで、「流れ」から「騒音」が発生する際の重要な構造を抽出に成功しました。さらに抽出された特徴量を用いて、空間分解能が低い撮影画像から空間分解能が高い画像を推定する低次元モデルを構築することで、撮影速度と空間分解能の両立した超解像画像を再構築しました。図1は超音速ジェット噴流の流速分布の可視化結果であり、左から右に向かって噴流が流れています。図1(a)は空間解像度が低い入力画像であり、図1(b)は本研究で構築したモデルによって超解像された画像を表しています。低解像度画像のノイズを低減しつつ、細かな流れ構造が再構築できることを示しました。

3. 研究業績

原著論文：Ozawa, Y., Honda, H., & Nonomura, T. (2024). Spatial superresolution based on simultaneous dual PIV measurement with different magnification. *Experiments in Fluids*, 65 (4), 42.

学会発表：日本航空宇宙学会第54期年会講演会、2023年、「ステレオ PIV とダブルパルスシュリーレン可視化の同時計測による超音速噴流の空力音響場解析」

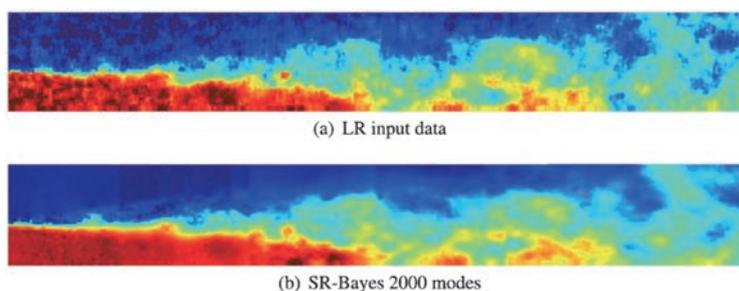


図1 超音速ジェット噴流の流速分布可視化結果

マルタ共和国における独立後の高等教育政策の背景分析 —国民党エドワルド・フェネク・アダミ政権期に焦点を当てて—

シビックエンゲージメントセンター 助手
水谷 耕平

1. 研究背景と目的

地中海の島国マルタ共和国は、1964年にイギリスから独立し1974年に共和国となっているが、独立以来国民党と労働党（2013年まではマルタ労働党）の二大政党による政権獲得競争が繰り返されてきた。マルタ大学をはじめとする高等教育機関は政権が代わる度に大きな影響を受けており、その背景と影響を明らかにするため、筆者はこれまで1970年代・80年代のマルタ労働党政権時代と2013年以降の労働党政権について、それぞれドム・ミントフ政権、ジョゼフ・ムスカット政権の政策を中心に研究してきた。本研究はその間の時代に当たる1987年から2013年までの国民党政権時代の高等教育政策に注目し、特に政権交代を成し遂げたエドワルド・フェネク・アダミ政権の高等教育政策に焦点を当てている。フェネク・アダミ政権期における高等教育の特徴的な変化は、マルタ大学の学生数急増である。この時代、マルタ大学は同国唯一の大学であるため、マルタ大学の学生数急増はそのままマルタにおける大学生の急増として捉えられる。本研究はこのマルタにおける学生数拡大に影響を与えたものや、この時代の高等教育政策及びその背景を明らかにすることを目的としている。

2. 研究の方法及び成果の概要

マルタ大学の学生数急増は1988年の教育法改正に端を発している。そこでこの教育法改正に向けた国会での議論を参照する必要があるが、当時の議事録等はオンライン上では公開されていない。また、先行研究から本研究の対象としている時代において学生数が急増していること自体は明らかだが、各年度の具体的な数字や内訳等についてはこちらもオンライン上では確認することができない。そこでマルタ共和国へ赴き、国立図書館、国立統計局、マルタ大学図書館において資料調査を行った。本研究が対象とするフェネク・アダミ政権、その中でも特に1988年教育法改正前後の国会議事録、独立以降の教育関係の統計資料、マルタ大学の年報、政策関係者等へのインタビューを掲載した当時の雑誌記事等各種資料を収集し、それらを基に、フェネク・アダミ政権期の高等教育政策について、調査・考察を行った。なお、マルタ大学訪問に当たり、マルタ大学の教職員複数名からも話を聞いているが、いずれも当時の関係者ではないため、本研究における質的データとしては使用せず、あくまでも参考情報とした。

これら資料調査の結果、フェネク・アダミ政権期におけるマルタ大学学生数の急拡大は、Worker-Student Scheme や入学者数制限制度といった国民党の前のマルタ労働党政権時代に導入された制度の廃止やそれに伴う給付金制度の導入、非実学系学部の復活等、フェネク・アダミ政権による複数の高等教育政策が組み合わさってもたらされたものであると結論づけられる。

3. 課題と今後の展望

本研究では1987年から2004年にかけての国民党エドワルド・フェネク・アダミ政権に焦点をあてたが、その前の重要なもう一つの政権、1971年から1984年にかけてのマルタ労働党ドム・ミントフ政権との比較が今後の課題である。イデオロギーを異にする両政権では、対極的ともいえる高等教育政策が採られているが、しかしその政策決定過程にはある種の共通性が見出される。今後は両政権の高等教育政策及びその背景をより詳細に比較分析することで、マルタの高等教育形成における政策的特質をさらに明確に浮かび上がらせていきたい。

4. 研究業績

[本支援に基づく学会発表及び講演]

1. 水谷耕平、「マルタ大学の歴史と国家との関係」日本マルタ友好協会2023年度総会（講演）（2023年7月15日）。
2. 水谷耕平、「小国における高等教育政策の特質についての一考察—マルタ共和国における国民党政権の大学改革に焦点を当てて」日本比較教育学会 第60回大会（自由研究発表）（2024年6月29日）。

「アーリーイーグル研究支援制度」のご支援を賜りましたことに深く感謝申し上げます。

機能化 TLC を用いた特定領域内代謝物解析手法の開発

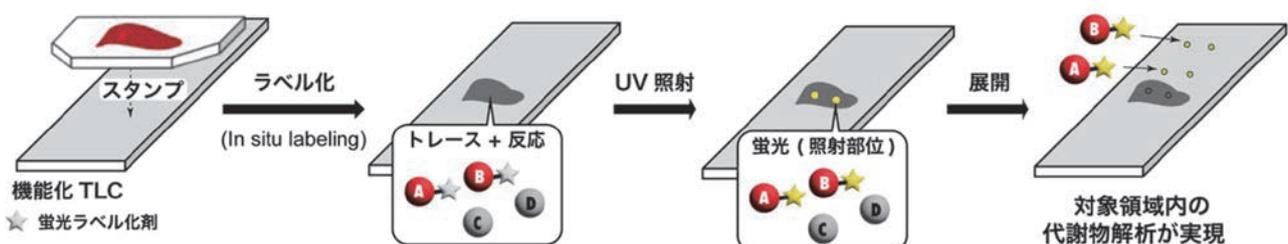
理工学部化学・生命科学科 助教
西原 達哉

1. 研究背景、及び目的

組織切片に含まれる分子解析技術は免疫染色を中心に古くから進展しており、基礎研究のみならず、病理診断などの臨床研究に至るまで、現在幅広く実施されている。実際に、免疫染色や In situ hybridization を用いることで、タンパク質や核酸などの生体高分子は簡便に解析可能である。その一方で、小分子化合物から構成される代謝物の解析には困難を伴うのが現状である。現在、代謝物の解析にはイメージング MS が汎用されている。しかしながら、ピクセルごとの質量分析を行うため、1スライスあたりの解析時間が極めて長く、スループット性に乏しい。また、質量分析装置の利用を前提とするため、汎用性に欠ける。そのため、イメージング MS の課題を克服した新たな組織内代謝物解析手法の開発が求められている。以上を踏まえ、本研究では、蛍光ラベル化剤で機能化した薄層クロマトグラフィー（TLC）を用い、簡便、かつ迅速な代謝物解析の実現を目指した。

2. 研究成果概要

本研究では、標的代謝物として生体内の酸化還元において重要な役割を果たすチオール代謝物群を標的とし、組織切片の解析対象領域に含まれるチオール代謝物の組成を解析する方法論の構築を目指した。組織内代謝物の TLC 上での蛍光ラベル化にあたり、L-リジンを母格構造とし、オルトニトロベンジル（光解離性部位）、マレイミド（チオールとの反応部位）、ピレン酪酸（蛍光部位）を備えたラベル化剤を設計、合成した。本ラベル化剤は、光照射とチオール代謝物との反応の2条件が揃った際に、蛍光が回復する特性を付与している。以上を踏まえ、検出手法について説明する（下図参照）。まず、ラベル化剤を塗布した機能化 TLC に対して、凍結組織切片をスタンプする。この際、TLC 上で蛍光ラベル化剤と各チオール代謝物の間でマイケル付加反応が進行する。その後、解析対象領域に対して、UV 照射を行うことで、照射部位内に含まれるチオール代謝物の付加体のみ蛍光が回復する。そのため、適切な展開溶媒を用いることで、生成物を分離、検出可能となる。実際に、食肉用の豚レバー内に含まれるグルタチオン、及びシステインの検出可能性を見出すことに成功した。



3. 本研究のまとめ

新たに開発した蛍光ラベル化剤を塗布した TLC を用いることで、組織内の特定領域に含まれるチオール代謝物の組成を解析可能であることを明らかにした。本方法論は、従来法であるイメージング MS に比べ、はるかに簡便かつ、迅速な解析が可能になる。

4. 研究業績

【学会発表（一部）】

西原達哉、鈴木我空、西田光輝、塚目莉加、田邊一仁 “組織内チオール代謝物イメージング及び組成解析を実現する TLC 蛍光ラベル化剤の開発”、日本化学会第104春期年会、千葉県（2024/3/21）

最後に、「アーリーイーグル研究支援制度」の助成を賜る機会に恵まれたことに深く感謝いたします。

トポロジカル磁性体における新奇な磁気光学応答の開拓

理工学部物理科学科 助教
廣澤 智紀

1. 研究背景

電子スピンの揺らぎが波として伝搬するスピン波（マグノン）は、磁性絶縁体中においてスピン角運動量を運ぶ準粒子である。これまでマグノンは古典スピンを利用したスピントロニクス技術への応用を目指して研究されてきた。特に、トポロジカルに非自明なマグノン相で現れるカイラルエッジ状態は不純物散乱に安定であることから、高効率なスピン輸送への応用が期待されている。これらの研究は室温に近い温度で行われるため、マグノンは古典的なスピン波として近似することができる。

一方で、超伝導量子ビットを用いた小規模な量子コンピューターの実現を背景に、マグノンの量子状態の研究が世界中で行われるようになってきた。特に異なる量子系の間で量子状態を変換する量子変換器の実現に向けて、マグノンとフォトンが強く結合した系の研究が盛んに行われている。しかし、可視光領域におけるマグノンとフォトンの結合は弱く、マグノンのカイラルエッジ状態の観測やマグノンとフォトンの強結合状態の実現は難しいという課題がある。そこで、先行研究では電気磁気効果によるマグノン・フォトン相互作用の理論を構築し、電気的な制御によるマグノンのトポロジカル状態や量子状態の生成・測定・制御の可能性を示した。ここで電気磁気効果とは電場による磁化の変化、あるいは磁場による電気分極の変化が生じる現象である。

本研究の目的は先行研究で得られた知見をもとに電気磁気効果による新奇な磁気光学効果を明らかにし、巨大な磁気光学応答や非線形の電気磁気効果の新たな起源を確立することである。また、マグノンとフォトンの結合によって生じる新たなトポロジカル状態の解明を目指す。

2. 研究成果概要

今年度はマグノンとフォトンの結合系のトポロジカル物性について理論的な研究を行った。フォトンの速度は光速である一方で、磁性体中を伝搬するマグノンの速度は光速に比べてはるかに小さい。そのため、マグノンとフォトンの相互作用は波数ゼロの長波長極限で近似することができる。しかし、トポロジカルに非自明なバンドをつくるには波数依存性のある相互作用が必要であるため、本研究ではマグノンとの速度の差を抑えるために物質中の電子に束縛された電磁波のつくるプラズモン・ポラリトンについて調べた。

グラフェン中で生じるプラズモンはギャップレスな分散を持つことから、低エネルギーにおけるマグノンとの結合を可能にする。そこで、グラフェン中のプラズモンがつくる電磁場やその分散関係について先行研究を調べた。次に、プラズモンから生じる電磁場がマグノンと結合することで、マグノンとプラズモンの間でバンドギャップができることを確認した。さらに、キッテルモードのような磁化の回転を伴うマグノンモードが

ラズモンと結合する際には、トポロジカルに非自明なバンドが生じることを明らかにした。その結果として強磁性体や反強磁性体でマグノンの熱ホール効果やスピネルンスト効果が生じることを示した。また、この機構によって生じたカイラルエッジ状態を観測するためには、負の質量をもつマグノンのバンドが必要である。そこで、トポロジカルな磁気構造をもつスカーミオン結晶中のマグノンが負の質量を持つことを用いて、プラズモン・ポラリトンとの結合によるカイラルエッジ状態の存在を明らかにした。

3. まとめと今後の展望

本研究では、グラフェンと強磁性体の二層系におけるプラズモン・ポラリトンとマグノンの結合により、トポロジカルに保護されたカイラルエッジ状態が現れることを明らかにした。本成果により、レーザーによるマグノンのカイラルエッジ状態の制御や、プラズモンのつくる電磁波を介したカイラルエッジ状態の測定が可能になることが期待される。今後は本研究の成果を電気磁気効果へと拡張することで、トポロジカル物性と量子マグノニクスの研究をさらに進めることを目指す。

本支援による研究成果：

- [1] T. Hirose, "Magnetolectric coupling of topological magnets for spintronic and quantum information applications", 13th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics, Paris, July 2023
- [2] T. Hirose, "Magnetolectric Cavity Magnonics in Skyrmion Crystals", International Workshop on Quantum Magnonic Hybrid Systems, online, September 2023.
- [3] T. Hirose, A. Mook, J. Klinovaja, and D. Loss, "Magnetolectric Cavity Magnonics in Skyrmion Crystals", Minneapolis, APS March Meeting 2024.
- [4] 廣澤智紀、「双極子相互作用とジャロシンスキー・守谷相互作用の競合によるスカーミオンの変形とそのスピン波励起」、日本物理学会2024年春季大会、オンライン、2024年3月。

人間の動作に基づく汎用ロボット組立システムの実現

理工学部機械創造工学科 助教
山下 貴仁

【研究背景・研究目的】

ロボットが人間に代わって多くの作業を担うことが期待されているが、繊細な感覚が要求される作業の自動化・ロボット化は難しい。一方でロボットに作業を任せておけば失敗せず遂行できるという大きな期待があり、労働者不足、人件費、作業品質の観点から製造設備の自動化は今後の産業を支えるための不可避の課題である。しかし、自動化した設備が作業を失敗した場合、元通り生産を再開できる様にするために、人間が作業を担っていた場合よりも専門的な知識と時間を要してしまう。

本研究ではロボットによる高速かつ正確な失敗しない組立システムの確立を目的とし、実際の作業に従事する熟練者の動作を元にロボット動作の生成を行う。人間が経験的に身に着ける“作業のコツ”と作業の成否を予測するための“失敗の予兆”を関連付けてデータの収集を行い、効率的なロボットによる自動組立作業システムの実現を目指す。

【研究成果概要】

図1に示す様に人間が行った作業から対象のワークの動きを抽出し、ロボットアームとロボットハンドと組み合わせた動作でこの動きを再現する（人間の腕とロボットアーム及び、人間の指とロボットハンドで構造が異なるため、再現するのは作業対象のワークの動きである）。人間の様に作業を行うため、汎用的な作業が可

能な図2に示す3指ロボットハンドを開発した。また、ワークの操り実験、組立作業中の位置修正実験を行い開発したハンドの性能評価を行った。

開発したロボットハンドは把持対象物を3本の指で把持する。各指に3つのモータを搭載し各接触点の座標を自由に変えることができ、ハンドの中で把持対象物の位置姿勢を自由に操ることができる。人間と同等の最大で直径160mmの対象物を把持することができる。また、力の伝達にワイヤを用いるといった構造の工夫により、つまむ様な把持方法で約2000gの重量を持ち上げることができる。

操り実験では把持したテストワークに任意の操作（平行移動と回転）を与えたとき、これを正確に再現できることを確認している。図3では指先のみで動作で5.0mmの水平移動を行っている。目標移動距離に対し0.05mm程度の誤差しか生じさせず正確な操りを実現している。組立作業中の位置補正実験では、図4の様にロボットの指先のみでワークの位置誤差を修正して働作業を成功させている。これらの結果から指令に対しワークを正確に操ることができることが確認できる。

【まとめと今後の展望】

本研究では熟練作業者に依存する精密機械の組立作業をロボット化するため、人間の様に汎用的な作業が可能なロボットハンドを開発した。開発したハンドの性能検証のため、テストワークの操り実験、組立作業中の位置補正実験を行った。指令されたワークの動作を正確に実現できることを確認した。今後は指先にセンサを搭載し、把持したワークに加わった力を計測し、人間の経験則に基づいてワークの動作指令を生成できる様にし、失敗を回避するように動作する効率的なロボット自動組立作業システムの実現を目指す。

【研究業績】

Yui Chiba, Takahito Yamashita, Ryosuke Tasaki, Three-finger Robot Hand that Mimics Human Fingertip Movements in Precision Assembly Work, ICCRE2024 Osaka, Japan

【謝辞】

「アーリーイーグル研究支援制度」の助成を賜る機会に恵まれたことに深く感謝いたします。

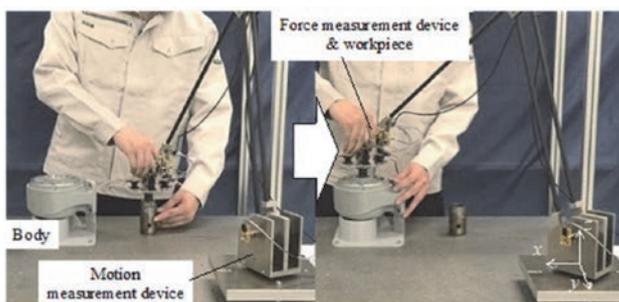


図1 作業者の動作計測実験

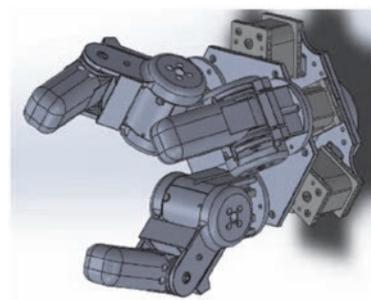


図2 3指ロボットハンド



図3 ワークの操り実験



図4 ロボットハンドによる位置補正実験

環境変動にロバストかつシングルショットでの光位相分布計測の実現に向けた回折格子の作製

理工学部電気電子工学科 助教

前田 智弘

1. 研究背景・目的

通常、光波の位相分布はカメラなどの撮像素子で直接検出することはできないが、平面波（参照光）と干渉させると干渉縞として強度分布に現れる。位相シフトデジタルホログラフィ（PSDH）は、2光波間に位相シフトを与えて取得した複数の干渉縞強度分布を用いることで光波の位相分布を定量的に取得する技術であり、物体の3次元形状や屈折率分布を定量的に評価できることから、工業分野や生体医療分野などへの応用が期待されている。並列位相シフト法は空間分割的に位相シフトを与える手法であり、単一露光で複数の位相シフト干渉縞を取得可能であることから、動的な試料の計測に適している。一方で、参照光に位相シフトを与えるアレーデバイスと撮像素子との間に厳密な位置調整が要求され、振動や大気ゆらぎなどの環境的な変動に対するロバスト性に課題を抱えている。

我々は、環境変動にロバストかつシングルショットでの光位相分布計測の実現に向けて、PSDHのための全く新しい位相シフト法を提案している。本研究では、提案法の原理の根幹をなす特殊な光学素子である市松模様回折格子を作製し、提案法による光位相分布計測の実験的な実証を目指す。

2. 研究成果概要

図1に示すように、直径2インチ、350 μm 厚の SiO_2 基板に対して、フォトリソグラフィにより周期120 μm の市松模様パターンを生成し、 CF_4 ガスを用いたプラズマエッチングにより凹凸構造を形成することで透過型市松模様回折格子を作製した。段差の深さは波長532nmの光波に対して π の位相差が与えられるように577nmと設定した。

作製した回折格子の段差深さを触診式段差計で測定した結果、パターンを形成した領域の中央付近では595.0nm、外縁付近では594.7nmと、設定値よりは18nm程度深くなったものの、領域内では均一な深さの凹凸が得られた。また、回折格子に波長532nmのレーザ光を照射したところ、四方に生じる1次回折光の回折効率はいずれも15.8%程度のほぼ等しい値を取った。さらに、1次回折光に対する0次光のパワー比は0.51%であった。これらの結果から、同程度の回折効率で物体光の複製を生じることができ、かつ計測精度の劣化の原因となる0次光の重畳がほとんどない良質な回折格子を作製することができたといえる。

最後に、作製した回折格子を用いて、光位相分布計測の実験を行った。計算機合成ホログラムを用いて2次元画像を強度分布・位相分布としてそれぞれエンコードした光波を物体光とした。回折格子によって生じる物体光の複製間に与えられる位相シフト量については、事前に測定した値を用いた。計測の結果得られた強度および位相分布を図2に示す。いずれの画像も概ね元画像の特徴を捉えているが、位相分布が急峻に変化している部分では開口制限により強度が欠落し、強度が小さい部分ではノイズが支配的になり位相分布が乱れている事がわかる。しかし、これらの現象は提案手法に固有のものではないことから、提案法による光位相分布計測の実証に成功したといえる。

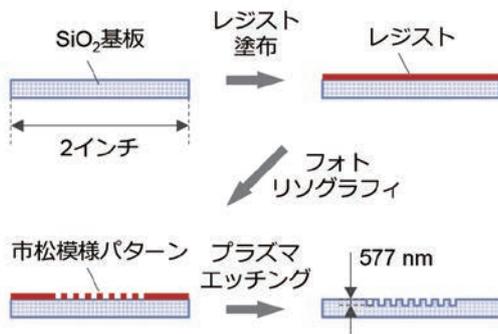


図1 市松模様回折格子の作製プロセス



図2 計測された複素振幅分布

3. 本研究のまとめ

本研究では、提案法における原理の根幹をなす特殊な光学素子である市松模様回折格子を作製し、回折効率の角度依存性を実験により評価した。さらに、原理実証実験により、市松模様回折格子を用いた位相シフト法によって、光波の位相分布が計測可能であることを示した。

最後に、「アーリーイーグル研究支援制度」によるご支援を賜りましたこと、心より感謝申し上げます。

非回折ビームを用いたハイパーラマン分光計の開発とその時間分解分光法への応用

理工学部化学・生命科学科 助教
島田 林太郎

1. 研究背景、および目的

ハイパーラマン散乱は1965年に初めて観測されて以来、赤外吸収分光法やラマン分光法と並ぶ第三の振動分光法として物理化学・分析化学・構造化学などの広範な化学分野でその活用が期待されている。しかし、ハイパーラマン過程の発生効率は非常に低く、その観測が難しいため、高効率なハイパーラマン分光計の開発は重要な課題の一つであった。

ハイパーラマン散乱は照射した光の強度の二乗に比例した発生効率を示すため、従来のハイパーラマン分光計は、励起パルスレーザーを試料に強く集光する設計であった。この方法は、レンズの焦点において光による試料の破壊（レーザーアブレーション）も発生しやすく、ハイパーラマン過程を阻害する問題があった。

本研究はアキシコンと呼ばれる特殊なレンズによって生成した集光しない光（非回折ビーム）を利用した高効率なハイパーラマン分光計の開発を目的とした。さらに開発した装置を時間分解測定へ応用することで、化学反応過程における分子の構造変化を直接分析する新たな時間分解分光法の創生を目指した。

2. 研究成果概要

再生増幅されたパルスレーザーを光源として、アキシコンを励起光の集光に用いた定常 HR 分光計を製作した。アキシコンレンズを透過したレーザー光の光軸周りの強度分布を直接イメージング測定し、試料位置における非回折ビームの発生を確認した。本装置を用いて溶液中の *p*-ニトロアニリン (pNA) の HR スペクトルを計測し、多数のピークを観測した。pNA の共鳴ラマンスペクトルとの比較から、856と1316 cm^{-1} に観測されたピークを、それぞれ pNA の NO_2 面内変角振動 (ν_1) と NO_2 対称伸縮振動 (ν_2) に帰属し、高波数側に観測された多数のピークをこの2つの振動モードの倍音および結合音に帰属した。これらの HR 信号強度の励起

光強度依存性を調べたところ、すべての HR バンドが理論で予測されるとおり二次の依存性を示した。一方、従来型 HR 分光計で同様の測定を行ったところ、HR 信号は励起光強度の二乗に比例せず、また、測定前後で試料の顕著な変性（変色）が生じた。これは再生増幅されたレーザーの尖頭出力が非常に高く、凸レンズによる強い集光によって、試料内でレーザーアブレーションが発生したためだと考えられる。以上の結果から、非回折ビームは焦点への集光効率は低いものの、より大きな体積で均一な光強度分布を形成できるため、ハイパーラマン散乱の発生効率を最適化しやすいと結論した。

以上の新たな知見を踏まえて、今後は再生増幅されたパルスレーザーを用いた時間分解 HR 分光計を製作し、励起状態における HR 分光の実現を目指す。

3. 研究業績

[国内学会発表]

[1] 藤澤 幸樹、島田 林太郎、坂本 章、「非回折ビームを用いたハイパーラマン分光計：ビーム強度プロフィールの評価」、日本分光学会年次講演会（2023）。

4. 謝辞

「アーリーイーグル研究支援制度」によるご支援を賜りましたこと、感謝申し上げます。

形状の異なる様々な物体を把持可能なロボット義手の開発

理工学部電気電子工学科 助教

伊丹 琢

1. 研究背景

不慮の事故等による後天的な外傷で、上肢を切断せざるを得ない上肢切断者は多く存在し、中でも18歳以上の片腕前腕切断者が最も多いと報告されている。上肢装具である義手には図1に示すように装飾義手、能動義手、電動義手の3タイプがあるが、人間の運動機能を持たない外観のみを補う装飾義手が圧倒的に使用されているのが現状である。電動義手は、センサから筋電位等の信号を受け取り、モータを制御することで手先把持等を行う義手であり、近年国内外で多く研究開発されている。しかしながら、現在の国内の状況ではリハビリテーション設備がほとんどなく、また義手に理解のある医療従事者が少ない他、高価である等の課題が残されている。一方で、操作性の問題としては誤作動がしばしば生じるほか、使用者の感覚的なフィードバックがないため、切断者が頭で考える操作と実際の操作の間でギャップが生じる問題点も報告されている。能動義手は、装着者の残存機能を利用した義手でありケーブルを引っ張ることで手先把持の動力を得るが、体幹の拘束、把持操作の直観性の欠如など操作性に課題がある。このような背景から、上肢切断者のQOL向上を目的とする機能的な義手が現在に至ってもなかなか普及していないのが現状である。

本研究では能動義手の操作性に焦点を当て、特に現在の能動義手では構造的に操作不可能な前腕の回内・回外運動を可能とするロボット義手の開発を行う。

2. 研究成果概要

2.1 ロボット義手

本研究では、能動義手を用いたADLの向上を目的として、前腕の回内・回外運動に着目したロボット義手を開発した。提案するロボット義手を図1に示す。本機構はステッピングモータ、サーボモータ、親指・人差し指・小指に貼付された圧力センサを有する。手先ハンドの開閉にはサーボモータを使用し、親指に取り付けられたラックギア機構により把持を行う。前腕の回内・回外運動にはステッピングモータを使用し、以下に示すGPPアルゴリズムにより、把持物体が安定状態となるように手首回転を制御する。なお、本研究で開発し

た義手はスイッチを採用しており、スイッチ操作によりサーボモータの平歯車が回転し、ラックピニン機構で把持可能な機構となる。

2.2 Grasping Power Position (GPP) アルゴリズム

本研究では、手首回転により把持物体を安定姿勢にリアルタイムで制御するため、各指に貼付された圧力センサによる把持力の中心位置を示す GPP (Grasping Power Position) を定義する。GPP は物体の重心位置 COG (Center Of Gravity) ではなく、物体を把持した際に物体から各指にかかる反力による重心位置であり、把持する物体や形状、重心位置により GPP は随時変化する。簡易かつ正確に把持の中心位置を調べられるよう、安定把持をするのに必要最低限とされる親指、人差し指、小指の3指構造とした。3指の各指の座標と各指に添付した圧力センサによる出力値を用いて GPP の位置座標 (GPP(x), GPP(y)) を定義する。本定義により、把持物体の安定状態を随時モニタリングし、極座標系において90度もしくは180度となるようにモータを制御する。本手法により、把持物体の状態により、現在の手首回転位置を算出し、把持状態が安定となるように手首が自動的に回転される。

3. 本研究のまとめ

本研究では、従来義手の ADL を向上するため、手首の回内・回外運動に着目し、把持物体を安定状態に保つ回転制御が可能なロボット義手を提案した。今後の展望は、把持物体の上で指にかかる圧力が永続的に変化する際の安定性評価や、実際の被験者による有効性の検証を行う予定である。

4. 本研究の業績

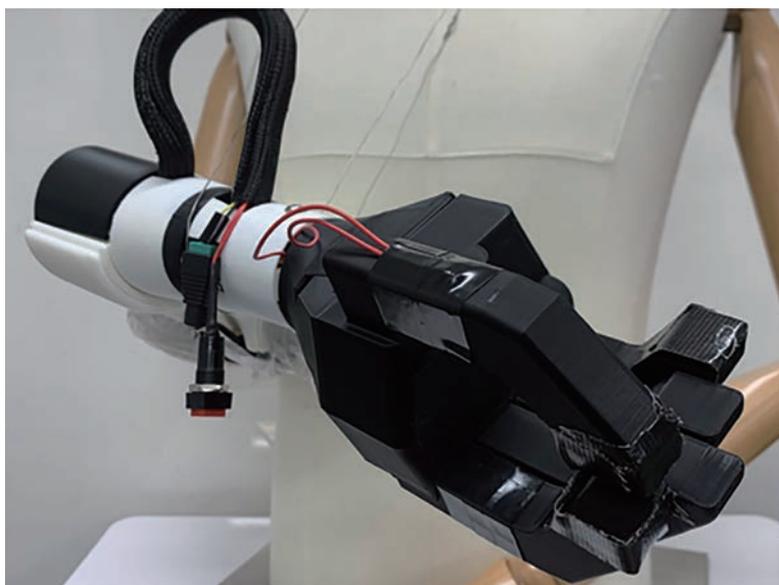


図1 前腕の回内・回外運動機能を有するロボット義手

[国際会議論文]

- I. R. Ogura, T. Itami, J. Yoneyama, A Body-Powered Prosthetic Hand Using the User's Body Weight of a Forearm Amputee, AROB-ISBC-SWARM, GS7-4, pp. 208-211, 2023.
- II. R. Ogura, T. Itami, J. Yoneyama, A Prototype Body-powered Prosthetic Hand Using Self-weight for Upper Limb Amputees in Return to Work, IEEE International Conference on Industrial Informatics, INDIN23-000063, 2023.
- III. R. Tsukishiro, R. Ogura, M. Soon, T. Itami, J. Yoneyama, Robotic prosthetic hand with a mechanism for wrist rotation using the center of grasping force of the fingers, 2023 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2023.

ゼブラフィッシュを用いた早老モデルの作製

理工学研究科理工学専攻生命科学コース博士後期課程
氏部 浩太

1. 研究目的

私は老化メカニズム解明を目的として、ゼブラフィッシュを用いた個体老化研究を行っている。老化研究をするにあたり、早期に老化をする早老モデルを必要としたため、ウェルナー症候群（ヒト成人早老症）の原因遺伝子 *wrn* に変異をもつゼブラフィッシュ (*wrn* 変異体) を作製した。*wrn* 変異体は野生型と比較して、21日齢において外見に違いはなかったが7~21日齢で9割が死んだ。また、生き残った1割の *wrn* 変異体は皮膚が荒い、色素が薄くなるなど老化を想起させる外見上の変化が現れた後に56~84日齢で死んだ。このことから、*wrn* 変異体には早期性と後期性の2通りの死に方をすることが分かった。しかし、それぞれで何を死因としているのか外見から判断できなかつたため、4~35日齢の一個体丸ごとのサンプルを用いた時系列一個体 RNA-Seq を行った。遺伝子発現の経時的变化から、*wrn* 変異体には“早期に膵臓の外分泌マーカー遺伝子の発現低下が起きている個体”と、“遅れて膵臓の外分泌と β 細胞マーカー遺伝子の発現低下と同時に DNA 損傷マーカー遺伝子の発現増加している個体”の2種類いることが分かった。このことから、早期に死ぬ *wrn* 変異体では膵臓の外分泌に異常が起きていることが示唆された。膵臓の外分泌を標識する *wrn* 変異体を作製したところ、一部の個体で9日齢以降からやせ細り外分泌形態が小さい異常が起きていることが分かった。WRN タンパク質は DNA ヘリカーゼであることから、DNA 損傷を修復することができず最終的に細胞死が起きていると考えられる。そこで9日齢の切片を作製し膵臓において細胞死が起きているのかを染色で確認したところ、外分泌形態が小さい *wrn* 変異体では膵臓や腸、皮膚で細胞死が起きていた。また、膵臓外分泌に異常が見られる変異体は、全身のグルコースやグリコーゲン、脂肪量が野生型と比べ少なかった。これらの結果から、早期に死亡する *wrn* 変異体は膵臓外分泌異常により栄養不足で死亡していることが明らかとなった。

論文化に必要なデータは一旦全て揃っているため、論文作業に全力を尽くしており1か月以内の完成を予定している。論文作成と同時並行で、膵臓外分泌形態に異常が見られない時期である5日齢の野生型と *wrn* 変異体を用いた切片で、DNA 損傷や細胞死の染色を行う。そうすることで、野生型と膵臓の大きさが同じにも関わらず *wrn* 変異体において顕著に膵臓で DNA 損傷や細胞死が起きているのかを検証する。この染色結果が出れば、「作製した早期に死ぬ *wrn* 変異体は、*wrn* 遺伝子が欠損することにより膵臓で DNA 損傷や細胞死が起き、膵臓の外分泌形態が小さくなることで栄養不足により死んでいる」という一連の流れを証明することができる。また、後期に死ぬ *wrn* 変異体は早期老化しているのかの解析も同時並行で行っていく。具体的には早期に死ぬ *wrn* 変異体と同様に、後期に死ぬ *wrn* 変異体の切片を用いた DNA 損傷や細胞死の染色を行う。さらに、後期に死ぬ *wrn* 変異体は早期老化していると現在考えているため、既知の老化マーカーである Senescence-associated β -galactosidase (SA- β -gal) の染色も行う。これらの染色結果が出れば、後期に死ぬ *wrn* 変異体に関する論文化に必要なデータも揃うと考えているため、秋を目標に2本目の論文の完成を目指している。

本研究の業績

[論文]

1. 氏部浩太、鹿島誠、平田普三。誰でも再現できる NGS 「前」 サンプル調整プロトコール。実験医学別冊 247-253 (2024).
2. Hirata, H., Tezuka, T. and Ujibe, K. Aging and Senescence Studies in Human and Zebrafish. *Gerontology as an Interdisciplinary Science*. (2024)

[学会発表]

1. Ujibe, K., Kashima, M., Wada, S. and Hirata, H. Premature aging gene *wrn* mutant zebrafish become malnourished. The 29th Japanese Medaka and Zebrafish Meeting, 埼玉大学 (埼玉)。2023年9月22日。(ポスター発表)
2. 氏部浩太、鹿島誠、和田清二、平田普三。ウェルナー早老遺伝子 *wrn* を欠損したゼブラフィッシュは栄養失調となる。第96回日本生化学会大会。福岡国際会議場 (博多)。2023年10月31日。(ポスター発表)
3. 氏部浩太、鹿島誠、島田林太郎、岡本正成、和田清二、松田大樹、坂本章、平田普三。ウェルナー症候群遺伝子 *wrn* 欠損ゼブラフィッシュは早期の栄養不足を起こす。第9回ゼブラフィッシュ・メダカ創薬研究会。文部科学省研究交流センター (つくば)。2023年11月7日。(口頭発表)
4. Ujibe, K., Kashima, M., Shimada, R., Okamoto, M., Wada, S., Matsuda, H., Sakamoto, A. and Hirata, H. Loss of *wrn* gene mutant zebrafish become premature malnourished. 第45回日本比較生理生化学会。大阪大学 (大阪)。2023年12月2日。(ポスター発表)
5. 氏部浩太、鹿島誠、和田清二、平田普三。*wrn* 変異体ゼブラフィッシュは腩臓外分泌異常により栄養失調となる。第46回日本分子生物学会年会。神戸ポートアイランド (神戸)。2023年12月6日。(ポスター発表)

密度行列の置換不変部分の持つ量子情報の解析 ：量子相転移におけるレニーエントロピーの振る舞い

理工学研究科理工学専攻博士後期課程
宮崎 優希

1. 研究背景

相転移現象は我々の生活でも馴染みのある物理現象である。相転移とは、ミクروسケールの同種粒子が無数に集まったとき、温度などの外部パラメータによってそのマクロな性質が変化する現象である。例えば、水(液相)から氷(固相)への状態変化や、磁性体における常磁性相から強磁性相への変化が有名である。また絶対零度における相転移は量子相転移と呼ばれる。1980年頃まで、量子相転移を含めた相転移現象は、「秩序変数」やそれによる系の「対称性の破れ」の変化として全て説明されると考えられていた。上記の例では、水分子の離散並進対称性の破れ(水分子の配置の秩序化)、磁気モーメントの回転対称性の破れ(磁気モーメントの向きの秩序化)によって説明される。ところが1982年、対称性を保持したまま量子相転移が起こる量子 Hall 効果が発見され、従来の「対称性の破れ」に代わる新たな相転移の説明が必要となった。

今日、量子情報理論に基づくアプローチは、量子相転移をはじめとする量子多体系の示す物理現象の解析において有効に用いられている。例えば、エンタングルメントエントロピーは量子状態特有の性質であるエンタングルメント(非局所的な量子相関の強さ)を定量化することができ、そのスケーリング則(系の大きさに関する依存性)は、従来の「対称性の破れ」では説明できないトポロジカル秩序相を特徴づけることが知られている。今日の量子物性物理学では、量子情報に関係した量の理論的解析、及び実験的測定が盛んに行われている。量子情報理論において、系の状態は密度行列と呼ばれる行列によって表される。密度行列が分かれば原理的にエンタングルメントエントロピーをはじめとする種々の量子情報を得ることができる。しかし固体物質系では、基本的には磁化や電気抵抗などのマクロな物理量しか計測することができないため、実験的に密度行列を構築することは困難である。一方、光格子中の冷却原子気体系、イオントラップ系をはじめとする人工量子系では、その高いクリーンネスと制御性を活かし、同一の量子状態を準備して様々な物理量の測定を繰り返すことによって密度行列の再構築が行われている。これを量子状態トモグラフィー(以下 QST)と呼ぶ。しかし、システムサイズに関して指数関数的に増大する実験コストにより、これまでの QST は少数系(現在は8粒子が最大)だけに限定されている(図1参照)。

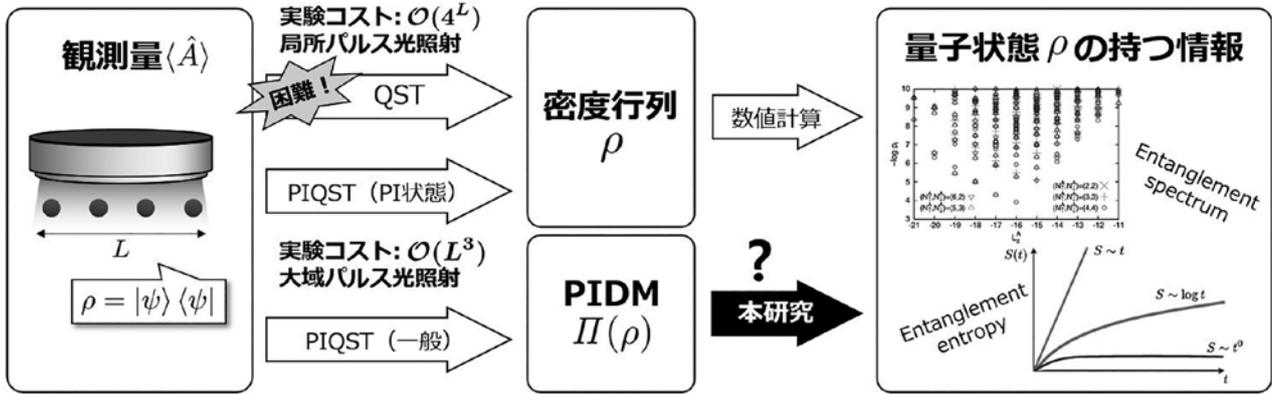


図1. QST 及び PIQST の概要と本研究の位置づけ

2. 本研究の位置づけと研究成果概要

本研究では系の密度行列の置換不変な部分（以下PIDM）に注目し、量子多体系におけるPIDMの持つ役割を探索した。PIDMは、密度行列に対し全通りの粒子の置換を施したものを平均することで得られる。QSTの文脈では、完全な密度行列の再構築に必要な測定回数が粒子数に関して指数関数的に増加するのに対し、PIDMの構築は多項式回数で可能であることが知られている（図1参照）。PIDMの構築はPIQSTと呼ばれる。任意の粒子の置換に対して不変な量子状態（以下PI状態）は、PIDMと密度行列が一致するため、PIQSTによって効率的に量子情報が取得可能である。一方、一般の量子状態に対しては両者は一致せず、PIDMの持つ量子情報は元の密度行列から得られる量子情報と異なってしまう。本研究の目的は、PIDMから得られる系の量子情報を解明することである。我々は、このスケラブルに取得可能な量が量子相転移における基底状態の変化をどのように反映するかを探索した（図1黒矢印）。特に横磁場イジング鎖を例に、基底状態に対してPIDMの2次のレニーエントロピーを密度行列繰り込み群法を用いて計算した。PIDMの2次のレニーエントロピーは、定性的にはその量子状態がどれだけPI状態に近いかを表す。結果として、PIDMの2次のレニーエントロピーは各相によって異なるシステムサイズ依存性を示した（図2参照）。

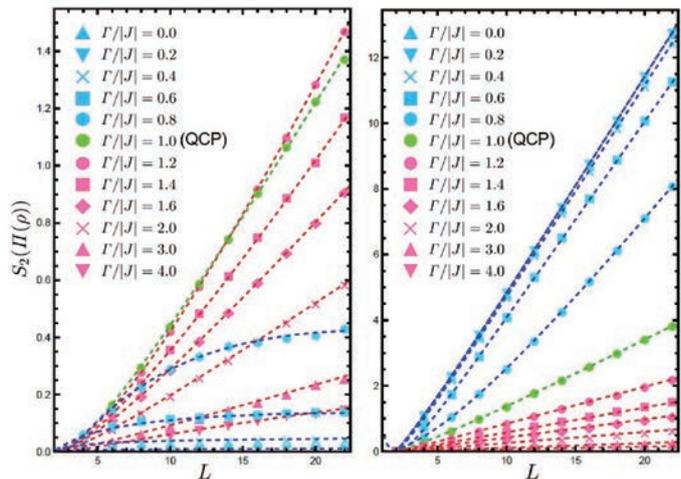


図2. (右) 強磁性的、(左) 反強磁性的横磁場イジング鎖におけるPIDMの2次のレニーエントロピーのサイト数依存性

3. 今後の展望

これまで得た2次のレニーエントロピーの振る舞いに関する研究結果はあくまでケーススタディによるものであり、本質的に分からないことが多く存在する。今後は、この量子情報量に関する基礎的な理論解析および量子多体現象の解析への応用を進める。例えば、

- 非PI状態間の量子相転移を含む他の量子多体モデルにおけるPIDMの2次のレニーエントロピーの振る舞いの解析
- PIDMの2次のレニーエントロピーのスケラリング即と量子相の持つ特徴の関係性の解明
- PIDMの2次のレニーエントロピーを用いた量子エンタングルメント評価法の開拓

などを考えており、現時点でいくつか結果が出始めている。

最後に、「アーリーイーグル研究支援制度」によるご支援を賜りましたことを感謝申し上げます。

研究業績（学術論文）

1. [Yuki Miyazaki](#), Giacomo Marmorini, Nobuo Furukawa, and Daisuke Yamamoto, “Rényi entropy of the permutationally invariant part of the ground state across a quantum phase transition”, arXiv:2404.08389.

研究業績（学会発表）

2. ○宮崎優希, Giacomo Marmorini, 古川信夫, 山本大輔, “Evaluation of Quantum Entanglement via Permutationally Invariant Quantum State Tomography”, 2023年量子物性若手交流研究会, 日本大学軽井沢研修所, 2023年8月.
3. ○宮崎優希, Giacomo Marmorini, 古川信夫, 山本大輔, “Evaluation of Quantum Entanglement via Permutationally Invariant Quantum State Tomography”, YIPQS long-term workshop Quantum Information, Quantum Matter and Quantum Gravity, 京都大学 基礎物理学研究所, 2023年9月.

研究業績（セミナー発表）

4. ○宮崎優希, Giacomo Marmorini, 古川信夫, 山本大輔, “Evaluation of Quantum Entanglement via Permutationally Invariant Quantum State Tomography” QPT seminar, Kindai university, 2023年11月.
5. ○宮崎優希, Giacomo Marmorini, 古川信夫, 山本大輔, “量子相転移における密度行列の置換不変部分に関するレニーエントロピーの振る舞い”, 第102回 CMT seminar, online, 2024年6月.

惑星思考の文学的表出に関する研究

文学研究科英米文学専攻博士後期課程
清水 美貴

1. 研究目的

本研究は、気候変動をはじめとする環境危機に直面した現代において喫緊の課題である地球観の再調整に文学研究の見地から取り組み、環境問題と絡み合う価値観や文化を明らかにしつつ、地球を近代的時間・空間概念の外部にある「惑星」として再想像しようとする文学的手法を明らかにするものである。環境危機への人文学的応答として地球を惑星として捉え直そうとする試みは、人新世という地質年代が人文学研究に影響を与え始めた2010年頃から活発化したが、歴史学や哲学に牽引されている現状がある。しかし、それ以前の環境文学研究によって、先住民文学やアメリカンネイチャーライティングの作品に地球環境への脱人間中心主義的なまなざしが確認されている。本研究は、そうした環境文学研究の蓄積を惑星という概念的枠組みで分析しなおすことで、人新世の議論のなかに位置づけ、文学的想像力が環境問題に与える示唆を明らかにすることが目的である。

2. 研究成果概要

惑星思考は比較文学者ガヤトリ・スピヴァクが『ある学問の死』（2003）のなかで最初に提起した概念と認知されているが、その執筆の背景にアメリカ詩人ゲーリー・スナイダーとの対話があったことはあまり知られていない。本研究は、スナイダーのスピヴァクへの影響を再確認し、スナイダーの著作に表出する「惑星」の先駆性と現代的な示唆を掘り起こすことを試みた。

まず、スナイダー研究の第一人者である山里勝己氏にインタビューを行い、スピヴァクの著作に文章構造や

語彙表現の点でスナイダーの影響が確認されることなどを調査した。スナイダーは、ローカルな場所を重視する書き手とみなされ、グローバルな視点の欠落を指摘する研究者もいるが、今回のインタビューでは、場所との親密な関係が惑星全体への想像力の起点となっていることや地質学的時間（Deep Time）感覚が確認されることなどを伺うことができた。

そのうえで、「場所」に根を下ろす生き方と「惑星」への想像力がどのように接続するのか、という問題をスナイダーの「野生」の概念を手掛かりに検討し、スナイダーの作品を人新世の議論のなかに位置づけなおすことを試みた。スナイダーの「野生」は、物理的な場所である原生自然（Wilderness）とは異なり、人間のコントロールを越えた自然のプロセスを意味する概念である。ローカルな場所に根付いた生活のなかで養われた「野生」への理解が、ひいては地球という惑星の自律性や他者性を理解する想像力へと接続していることを作品分析から明らかにした。

3. 今後の課題

今回行ったゲーリー・スナイダーの作品分析は、「惑星思考の文学的表出に関する研究」の理論的整理に関わる重要な研究であった。スナイダーの惑星思考には、仏教思想とアメリカ先住民文化の強い影響が確認されている。今後は、アメリカ先住民文学を分析対象とし、近代西洋中心主義に端を発する人間中心主義的地球観を相対化する「惑星」の表出を検討したい。

4. 研究業績

【国際学会】

○ Miki Shimizu. "Place-Based Storytelling for Planetary Future in Gary Snyder's Philosophy," International Conference *Storytelling for Environmental Futures*, 8 August 2024, Stavanger

最後に、「アーリーイーグル研究支援制度」のご支援を賜りましたこと、心より感謝申し上げます。

分子線エピタキシー法を用いて成膜した高品質 Ir(111) 薄膜の評価

理工学研究科理工学専攻博士後期課程

橋本 恵里

1. 研究背景

CVD (chemical vapor deposition) 法は大面積かつ高品質なグラフェンを得られる有力な手法である。我々はこれまでに単結晶性を有するエピタキシャル Ir(111)/ α -Al₂O₃(0001) 基板を用いた低圧 CVD 法の検討を進め、高品質なグラフェンの作製や基板の再利用性の実証、光電子運動量顕微鏡を用いた Graphene/Ir(111) の単結晶性や電子構造の評価を行ってきた。さらなるグラフェンの高品質化には成長基板の結晶性の向上が有効である。従来用いてきたスパッタリング法は容易に十分な膜厚を有する薄膜を得られるものの転位や欠陥の発生が課題であり、新たに高純度かつ低い成長速度により、高い表面平坦性と結晶性を有する薄膜成膜が期待される分子線エピタキシー法に着目した。本研究では MBE (molecular beam epitaxy) 法を用いた Ir(111) 薄膜を作製し、分子科学研究所・極端紫外光研究施設 UVSOR・BL6U に設置されている光電子運動量顕微鏡を用いて光電子分光測定を行い、作製した Ir 薄膜の物性評価を行った。

2. 研究成果

MBE 法を用いて α -Al₂O₃(0001) 基板上にエピタキシャル Ir(111) 薄膜を成膜した。成膜温度を 500°C とし、20min 低温パルファ層を堆積させた後に、950°C に昇温し 220min 堆積させることで膜厚約 70nm の Ir(111) 薄膜を成膜した。その後 H₂ 雰囲気下で 1000°C、60min のポストアニールを行った。図 1 に示す AFM 像から、

Ir(111) 薄膜の表面粗さ Ra 値は0.3nm であり高い表面平坦性を有することが分かる。また、X 線回折測定を行ったところ、ロッキングカーブの半値全幅は 0.054° と小さな値であり Ir(111) 薄膜は高い結晶性を有する。これまで用いたスパッタリング法で成膜した Ir(111) 薄膜の表面粗さ Ra 値は1.3nm、ロッキングカーブの半値全幅は 0.139° であることから、MBE 法を用いて成膜した Ir(111) 薄膜は表面平坦性と単結晶性が共に極めて優れていることが実証された。

図2に価電子帯光電子分光測定（照射エネルギー $h\nu=100\text{eV}$ ）によって得られた Ir(111) のフェルミ面を示す。初期位置では Ir 特有の3回対称のパターンが観測され、約 $50\mu\text{m}$ 測定位置を変化させて同様の測定を行うと、方位の異なる2つのドメインの境界が反映された6回対称のパターンが観測された。さらに測定位置を変化させると 60° 回転したドメインが反映されたパターンが観測され、以上のように測定位置を変化させながらバンド分散の観測を行った結果、数 $100\mu\text{m} \times$ 数 $100\mu\text{m}$ という大面積で単一のドメインが存在することが明らかになった。

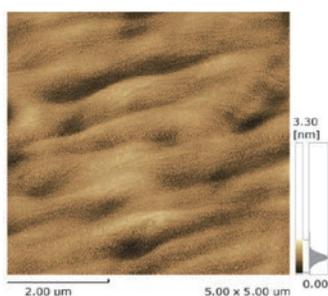


図1 Ir(111)のAFM像

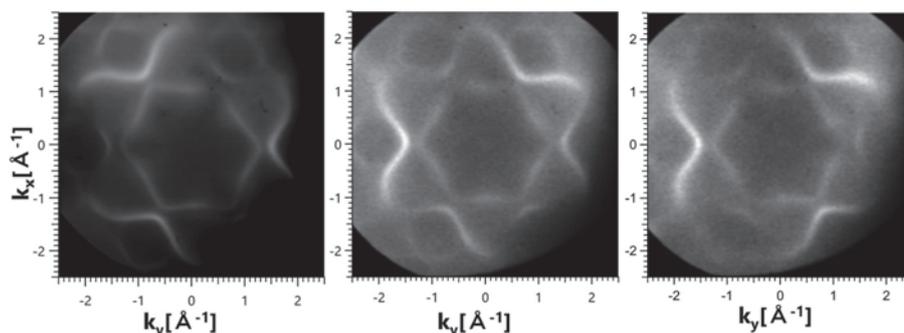


図2 Ir(111)のフェルミ面

3. 本研究のまとめ

以上のように本研究ではMBE法を用いて、CVDグラフェンの成長基板に適した高い表面平坦性と結晶性を有する Ir(111) 薄膜の作製に成功した。今後はさらに成膜条件の最適化を行い、単一のドメインで構成された薄膜の作製を目指す。最後に、「アーリーイーグル研究支援制度」によるご支援を賜りましたことを心より感謝申し上げます。

【研究業績】

- ・橋本 恵里、大沼 佑貴、黒坂 洋人、西尾 雄大、松井 文彦、黄 晋二
第71回応用物理学会春季学術講演会、22p-P07-27、2024年3月22日

草稿の見直し revision への関与を高める支援の検討 — 社会実践に通用する主体的書き手の育成を目指して —

教育人間科学研究科教育学専攻博士後期課程
宮本（土屋） 章子

【本研究の目的】

本研究の目的は、作文活動における内容的推敲活動への関与に着目し、自分とは異なる考えやものの見方を取り入れた上で説得的な文章を書くことを学ぶ環境条件を明らかにすることである。学習者自身が書くに至るプロセスの質を向上させられる作文学習環境のあり方を検討する。

【本研究が扱う課題および仮説】

高校生にプランニングシートを配布して、文章を書き始める前に内容を十分に吟味・推敲することを促そうとした過去の実践報告によると、生徒たちはプランニングシートを有効に活用しなかったことや書き上げた文章の仕上がりを向上させようとする姿勢が見られなかったことを報告している。また、シートを使った介入を行ったとしても、書くことに対する取り組みの姿勢は変わらず、手早く文章を完成させることが目的化していることから、プランニングへの関与が簡素になったという考察が示されている。

本研究では、支援ツールの有無や学習者の活動に対する意欲態度とは別に、学習環境的な制約がプランニングやプランニングの推敲への関与を妨げているのではないかと仮説を立てた。

【本研究の方法および分析】

本研究は基礎的研究として作文指導研究および協調学習の先行研究を参照し、書き手となった学習者が作文活動でプランニング時点での内容的推敲活動に従事しないことから窺える学習環境的課題を詳らかにすることを目指した。

分析の結果として、内容的推敲活動を行わない背景に、①トピック理解に対する時間的制約、②書く作業に係る人間関係の簡素さがあることを確認した。

この2点は、中等教育における作文指導自体が試験対策を目的として行われているという事情と符合するものである。つまり、プランニングの時点で内容的推敲を行わないことは学習者がその方法を知らないという個別具体的問題ではなく、書くことを学ぶ上での時間的および人的リソースといった支援不足の影響によるものだということが示唆された。また、指導者が構成の整った文章を仕上げることへの指示が、内容的推敲への関与を低下させる可能性も窺えた。

【考察と課題】

プランニング時点で内容的推敲を行うことは、限られた時間の中で作文学習に取り組んでいる学習者にとって、かなり取り組みづらい課題の1つとなる可能性がある。この課題を乗り越えるには、指導者が評価者の役割だけでなく、支援者として学習者と関わりを深め、対話的学びを実現することがカギとなると考えられる。また、学習者がプランニングの内容を精査し、自分が書こうとしていることとのずれに気が付くために、どのような足場架けを設けるかということについては実証研究を行い確認する必要があるため、今後の課題とした。

最後に、「アーリーイーグル研究支援制度」により、本研究課題のご支援を賜りましたことを感謝申し上げます。

非線形システム制御のための高木・菅野ファジィシステムに対するコントローラ的设计開発

理工学研究科理工学専攻電気電子工学コース博士後期課程
浅井 佑仁

1. 研究背景および目的

この世界に存在するほとんどのシステムは、入出力関係が複雑な非線形システムであるため、非線形システムに対する制御器を設計することは重要である。本研究では、非線形システムを的確に表現可能な高木・菅野ファジィモデルを利用した制御器を開発する。

高木・菅野ファジィモデルを用いたファジィシステムは、局所的線形化された「複数のサブシステム」と複数のサブシステムの使用割合を決定する「適合度関数」の2要素から構成される。制御対象を数式モデルで表

現する場合、微分方程式のみから構成される「ファジィシステム」と、微分方程式のみならず代数方程式も構成可能な「ファジィディスクリプタシステム」に大きく分かれる。後者は、前者とは違い、状態方程式の右辺だけでなく左辺にも適合度関数が関係し、制御器の設計が困難になる。しかし、これまでの研究で、簡単のために後者を無理に前者に変形して制御器を設計するよりは、後者そのものに対する制御器を設計する方が、制御器として満たさなければならない設計条件を満たしやすいという結果が得られていたり、後者でしか表現できないシステムが存在することがわかっている。したがって、本研究では、後者であるファジィディスクリプタシステムを対象として、従来手法より、制御器として満たさなければならない設計条件をより満たし易い新たな条件式を設計することを目的とした。

2. 研究成果概要

ファジィディスクリプタシステムに対して、適合度関数を積分した関数を組み込んだリアプノフ関数を用いて、新たな安定化制御器の設計条件を開発したため、このことについて報告する。

ファジィディスクリプタシステムに対する安定化制御器を設計する際、リアプノフの安定定理を利用して設計する。そのため、提案するリアプノフ関数の構成によって、制御器として満たさなければならない設計条件の厳しさが変化する。リアプノフの安定定理では、システムを1階微分する必要があることから、適合度関数の「1階微分が可能である条件」が要求される。そのため、微分不可能な適合度関数を持つファジィディスクリプタシステムに対して制御器を設計することが困難であった。従来提案されたリアプノフ関数を用いた設計条件では、適合度関数の導関数が必須であり、適合度関数の導関数の上界値または下界値を仮定する論文がほとんどである。したがって、この課題に対処するために、本研究では適合度関数を積分した関数をリアプノフ関数に組み込んで制御器を設計することを試みた。

本研究では、はじめに、適合度関数を積分した関数を組み込んだ制御器とリアプノフ関数を提案し、その提案したリアプノフ関数に対して1階微分を行った。次に、数値計算ソフトで解析が容易な線形行列不等式に落とし込めるように設計条件を設計した。今回設計した設計条件では、適合度関数を積分した関数を使用したため、システムを1階微分したとしても、元の適合度関数が出現するだけであるため、適合度関数の導関数が要求されない。したがって、適合度関数の導関数の上界値や下界値を仮定する必要のない緩和された設計条件を設計することに成功した。

3. 本研究のまとめ

より汎用性の高い制御器として、適合度関数が微分不可能な場合に対しても制御可能な、ファジィディスクリプタシステムに対する安定化制御器の設計条件の開発に成功した。

最後に、「アーリーイーグル研究支援制度」によるご支援、心より感謝申し上げます。

4. 研究業績（国際会議論文、査読あり、口頭発表）

Yuto Asai, Taku Itami, Jun Yoneyama, Stability Conditions and Control Designs via Improved Lyapunov Function for Takagi-Sugeno Fuzzy Descriptor Systems, 2023 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2023), pp. 3367-3372, October 1-4, Honolulu, Oahu, Hawaii, 2023.

5. 受賞など

2023年7月 — 青山学院大学 学業成績優秀者（最優秀賞）

2023年10月 — The IEEE SMC student travel grant

2024年2月 — 青山学院大学 電気電子工学科 理工学会奨励賞

非マルコフ過程における First Passage 問題

理工学研究科理工学専攻博士後期課程

阪本 悠太

1. 研究背景

ある確率的な運動をする系に着目し、空間上に何かしらの目標物が存在する状況を考える。系は確率的な運動を行い、時間発展に従って、目標物に到達することもあるだろう (図1)。このときの目標物に対する到達を「First Passage 現象」と呼び、それまでの過程に付随するさまざまな問題を「First Passage 問題」と呼ぶ。本研究では、記憶を持つ確率過程である非マルコフ過程の First Passage 問題を扱う。

非マルコフ過程とは、系の現在の状態が自身の直前の状態にのみ依存するマルコフ過程に対して、長期的な過去の状態に依存する、すなわち記憶を持つ確率過程である。非マルコフ過程は、生体内物質のダイナミクスや市場の価格変動、動物の行動生態など、多くの分野で確認されており、生体内の物質輸送や化学反応などの理論は、First Passage 問題の理論から構築することが期待されている。しかし、単純なマルコフ過程と比較して、記憶効果を持つ非マルコフ過程の扱いは難しく、その理論的土台は未だに未整備なままである。そこで、本研究では、非マルコフ過程における First Passage 問題を扱い、いくつかの統計量を議論し、その理論的導出を目指す。

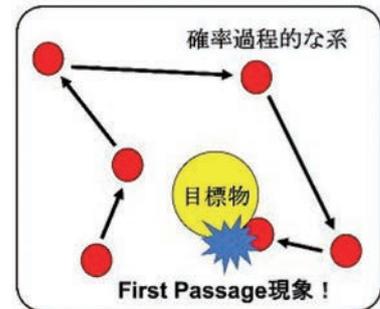


図1：First Passage 現象の概念図 ダイアグラム

2. 研究方法

本研究では、First Passage 問題における記憶効果の影響を定量化すべく、あえて First Passage 現象 (目標物への到達) までの運動ではなく、First Passage 現象後の運動に着目し、その統計量の導入、および理論的導出を行った。First Passage 現象までの運動は当然、確率的に決定され、一意に描述できるものではない。そこで、本研究の方針として、到達までの運動を統計的には決定論的な一定の外力に置き換えることができると仮定し、そこから記憶を持つ確率系を記述する一般化ランジュバン方程式を用いて、いくつかの統計量を導出した。また、解析解との比較のために、予備的に数値シミュレーションを行い、結果を比較した。

3. 研究成果

本研究では、First Passage 現象後の記憶効果の影響を定量的に表すために、First Passage 現象後の系の位置の平均またはその分布を導入した。理論より得られた平均、分布は、近似的ではあるが、シミュレーション結果ともよく一致し、記憶効果を捉えたものになっている [学術論文1]。また、統計量に現れる First Passage 問題特有のべき則も本理論より導出することができた。

4. 今後の展開

本研究の解析手法によって、First Passage 問題における非マルコフ性の特徴を定量的にとらえることに成功した。今後は、本研究の理論を発展させ、より厳密な理論を構築していきたい。

5. 研究業績

<学会発表>

1. 阪本悠太、坂上貴洋、「Brownian motion with memory effect under absorbing boundary」、STATPHYS28、(2023年8月 / Tokyo University, Japan)
2. 阪本悠太、坂上貴洋、「高分子鎖における First Passage 問題」、日本物理学会 第78回年次大会、(2023年

1. Yuta Sakamoto, Takahiro Sakaue, First passage time statistics of non-Markovian random walker: Dynamical response approach, Phys. Rev. Research 5, 043148 (2023)

最後に、「アーリーイーグル研究支援制度」の助成を賜る機会に恵まれたことに深く感謝いたします。

人間機械システムにおけるヒト—機械接触に関する研究

理工学研究科理工学専攻博士後期課程

北澤 勇氣

1. 研究背景

近年、1つのシステムの中に人間と機械が存在する人間機械システムが増加している。例えば、介護の分野では介護者の身体負荷が大きい移乗介助などをサポートするロボットが開発されている。こうしたロボットは、人間と能動的に接触を行うという動作特徴から極めて高い安全性が求められる。製品開発において安全性を保障する方法として、試作機を用いて、想定されるシーケンスを網羅した実験を行うことが考えられるが、多くの時間とコストを要する。近年、開発サイクルの短縮およびコスト削減のためにモデルベース開発(MBD)が注目されている。ここで、人間の皮膚感覚は皮膚および皮下組織に配置されている感覚受容器により発生する。このため、人間機械システムの安全性に関わる開発に対してMBDを適用するために、機械と人間の接触により生じる皮膚の動的な変形や応力変化を予測することは必須である。本研究では、接触現象を伴う人間機械システムのための運動解析手法を提案した。人間の皮膚が物体と接触すると、皮膚の柔軟性や表皮と物体との間の摩擦により、スティック/スリップや接触/非接触などの異なる状態分布が皮膚表面に生じる可能性がある。このため状態分布と内部変形を表現するための離散モデルの導入が必要となる。

2. 研究成果概要

本報告では、皮膚のような柔軟体が物体と接触した際の変形を含む運動挙動解析の概説と妥当性検証の結果を報告する。本研究では皮膚と物体の接触運動の基礎研究として「指先の平面上滑らせ動作」(図1)を対象として運動解析を行った。指先の柔軟性を考慮するため、ばねマスダンパ系を用いて皮膚を離散化した(図2)。さらに、接触現象は線形相補性問題(LCP)と呼ばれる数学問題に帰着した。LCPを用いることで、摩擦現象のように力の方向が瞬間的に変わる変化を数値解析に取り込むことができる。さらにLCPは1つの物体が多接触を伴う際に接触状態(接触/非接触、スティック/スリップ)の分布によらず1つの行列式の計算として扱うことができるという特徴を持つため、離散化された要素がそれぞれ異なる接触状態を有する場合でも効率的に計算が可能であり、皮膚のような柔軟体の接触現象を表現するのに適している。図3中の実線に押しつけ力 $F_N=5\text{ N}$ 、滑らせ力 $F_T=4\text{ N}$ とした時の指骨の滑り方向位置の解析結果を示す。図3中の点線は疑似指を用いて対象の運動を再現させた実験の結果である。解析結果では柔軟体を滑らせた際の特徴的な運動であるスティックスリップのような運動が見られ、提案手法が接触を含む柔軟体の運動解析に適している。さらに、解析結果と実験結果の比較から、各時刻における速度を定量的によく再現できるこ

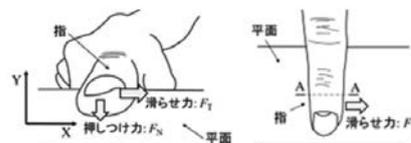


図1 指先の平面上滑らせ動作

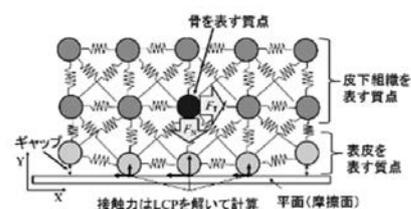


図2 指モデル (図1中A-A断面)

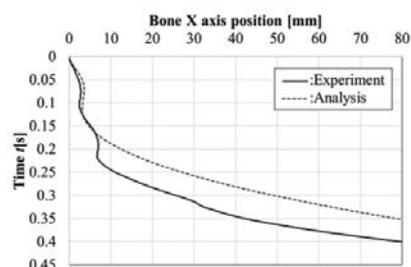


図3 指骨位置の時刻歴

とを確認した。一方、スティックスリップの挙動には差異が見られ、改善が必要である。

[学術論文]

- [Kitazawa Y.](#), Sugawara Y, Takeda M, Formulation of motion between human finger and machine considering non-smooth and soft contact phenomena, Journal of Biomechanical Science and Engineering. (公開予定)

[国際学会]

- [Kitazawa Y.](#), Sugawara Y, Takeda M, Analysis method for finger-machine non-smooth contact considering flexibility of skin, 11th ECCOMAS Thematic Conference on Multibody Dynamics, ID:150, Lisboa, Jul. 2023.
- [Kitazawa Y.](#), Sugawara Y., Takeda M., Motion Analysis Method Using Mathematical Problems of Human-Machine Systems with Contact Phenomenon, The 7th Japan-Korea Joint Symposium on Dynamics & Control, No:J08, Nagoya, Aug. 2023.

3. 本研究のまとめ

本研究では皮膚のような柔軟体が物体と接触した際の変形を含む運動挙動の解析手法を提案し、提案手法を用いて「指先の平面上滑らせ動作」を対象に運動解析を行った。結果は模擬指を用いた再現実験の結果とよく一致しており提案手法は妥当であると考えられる。今後はロバスト性向上とモデル精度向上のため、非線形有限要素法を用いた柔軟体のモデル化を予定している。

最後に、「アーリーイーグル研究支援制度」に助成を賜りました事を心より感謝申し上げます。

外国語科における児童の文法意識の発達について

—意味のある文脈の中から児童はどのような内的文法を構築するのか—

文学研究科英米文学専攻博士後期課程

澀谷 順子

1. 研究背景及び目的

2017年に告示された学習指導要領のもと、2020年度から外国語（英語）が5・6年生において全面実施となった。本研究は、外国語（英語）の授業において、児童がどのような英語の文法意識を発達させているかを用法基盤理論（the usage-based theory）をもとに明らかにすることが目的である。用法基盤理論では、言語は言語的経験や頻度により発達するとされている（Robinson & Ellis, 2008）。

現行の学習指導要領では、意味のある文脈の中で繰り返し文法項目を使うことで文法意識を発達させることとされており、これは用法基盤理論と非常に近い考え方であるといえる。このことから、日本における公立小学校における外国語（英語）の授業での児童の英語の文法の発達について、用法基盤理論を基盤とし、第二外国語である英語の発達はその頻度の影響を受ける、とするのは妥当であると考えられる。

本研究の目的は、以下の2点である。まず、公立小学校の児童が高頻度に接する文法事項について、どのような文法意識を持っているかを明らかにすることである。そして、予備調査の結果からテストの問題点を明らかにし、reliability、validityが高い本調査用のテストを開発することである。

2. 研究成果

2023年3月に北陸地方のX県の公立小学校に通う5、6年生児童を対象に予備調査を行った。予備調査では、アレン玉井（2023）の開発した児童が高頻度に接する文法事項（代名詞、can、過去、語順）についての

文法意識を測るテストを実施した。その結果、各学年共に、各文法事項の発達の程度について、統計的に有意な差が見られた。一方、学年による文法意識の発達の違いについては統計的に有意な差は見られなかった。

また項目分析の結果、「代名詞」のテストにおいて文脈を特定することが難しいこと、またテストの絵が意図した情報を正確に伝えられておらず、改善が必要なことなどが明らかとなった。

3. 本研究のまとめと今後の展望

予備調査では、児童の文法意識の発達の程度が文法事項によって異なることが明らかとなった。一方、文法意識の学年差は見られなかった。しかし、用法基盤理論では頻度により文法意識が発達するとされているため、学年により英語の摂取量に差があり、用法基盤理論に従えば文法意識の発達について学年差があると考えられる。このことから、本予備調査においては用法基盤理論を支持する結果は得られなかったことになる。しかし、項目分析により改良すべき点が明らかとなった。これらの課題を改良した本調査用のテストを開発することで、予備調査とは異なった結果が得られる可能性がある。

予備調査で得られた結果をもとに本調査用にテストを改良し、2024年2～3月に本調査を実施した。この調査の結果を今後まとめ、公立小学校に通う児童がどのような英語の文法意識を発達させているのかを明らかにしていきたい。

4. 研究業績

【論文】

- Shibuya, J. (2023). Development of Grammatical Awareness through English Classes in a Public Elementary School in Japan. 『青山学院大学英文学会英文學思潮』 96.
- Shibuya, J. (2024). Literature Review: A Usage-Based Approach to Children's Grammatical Development. 『青山学院大学大学院文学研究科英米文学専攻院生会論集』 47.

【発表】

- 澁谷順子. (2023). 「小学校英語教育における文法意識」中部ことばのコミュニティ第5回勉強会
- 澁谷順子. (2023). “Development of Grammatical Awareness through English Classes in Public Elementary Schools in Japan”. 大学院英文学専攻課程協議会 第57回 研究発表会
- 澁谷順子. (2024). 「小学校英語教育における文法性の発達についての研究」中部ことばのコミュニティ第6回例会

最後に、「アーリーイーグル研究支援制度」により本研究課題のご支援を賜りましたことを心より感謝申し上げます。

「国益」概念における「価値観」の再考とその位置付けについて ——戦後日本の文化外交における「文化協力」言説の変遷を通して——

総合文化政策学研究科総合文化政策学専攻博士後期課程
鈴木 勉

1. 研究目的

戦後日本の文化外交をめぐる理念およびその言説に見られる課題を提示することが目的である。いわゆる「国益」を構成する三要素、「安全」「繁栄」「価値観」のうち、「価値観」について十分な議論がなされてこなかったため、「国益」概念そのものが曖昧に展開され、その結果、日本の戦後文化外交において国際社会に対して説得力及び影響力を有する構想を展開する機会が十分にあったのにも関わらず、その機会を喪失してきたので

はないか。そうした観点に立ち、文化外交における言説の中で「価値観」がどのように語られてきたかを検討するため、国益を「国家益」型国益と「世界益」型国益に分類した上で分析する。日本の認知度・好感度を高めて海外における親日家を増やして国際社会における日本のプレゼンス向上を目指してゆこうとするものが「国家益」、普遍的価値を創造して世界の文化・福祉に貢献することを目指してゆこうとするものが「世界益」とし、その「世界益」を最も反映するものとみなされている「文化協力」という政策に焦点を当て、その淵源、成立、言説としての前景化と後景化について実証的に検証し、その背景について検討を加える。

2. 研究成果の概要

当該期間中に日本国際文化学会と日本国際政治学会において発表を行った。その過程で以下の通り研究を深めることができた。

「文化協力」は1978年頃に文化外交の一つの新しいアプローチとして成立し、1980年代には政策立案の現場やメディアでも盛んに語られるようになったが、1990年代になるとあまり語られることが無くなった。その理由について、「文化協力」および「国益」の二つのキーワードから検討を加えた。まず一つ目の理由は、文化協力が経済協力の一環もしくは代替する施策として認識されて「国家益」型国益の議論に回収され、「世界益」として自立した価値観としての認識が確立されなかったことにある。もう一つの理由は、国益における「価値観」について十分な議論がなされてこなかったことである。日本における「国益」概念の淵源を辿るとともに、1950年前後に現代につながる「国益」が“national interest”の翻訳として登場した頃の議論を調べることによって、日本における「国益」概念の揺れを批判的に検証した。

3. 今後の課題

文化協力そのものについてのさらなる検証が必要である。「文化協力」が体現してきた「利他性」に支えられた行動が相手国や国民の心にどのように響き、評価されたのかを明らかにし、「世界益」型の価値観が含蓄する意味についてさらに検討を行う。その上で、「世界益」型価値観を国際社会に向かって提示していく意義という観点から、日本の国益をめぐる議論に新たな視点を提示することを目指してゆきたい。

【学会発表】

- (1) 2023年7月9日 日本国際文化学会・全国大会・自由論題
題目：戦後日本の文化外交における「文化協力」の成立とその課題
- (2) 2023年11月11日 日本国際政治学会・研究大会・国際交流分科会
題目：文化外交における「価値観」をめぐる一考察
——戦後日本の国益概念の揺らぎを通して——

【公表研究ノート】

日本国際文化学会・学会誌『インターカルチュラル22』（査読有、2024年3月31日刊行予定）
題目：戦後日本の文化外交における「文化協力」言説の変遷とその課題

Ⅲ. SDGs 関連研究補助制度活動報告

CLIL に基づく SDGs 教育：文化的多様性とクリティカル・シンキングの関連性についての考察

法学部法学科 教授
山本 有香

複雑性・不確実性に満ちた現代のグローバル社会では、様々な心理・社会的なリソースを結集し、適切に対応する力である「コンピテンス」の育成が不可欠である。これまで英語教育は「メソッド」（教授法）と「コンテンツ」（教科内容）に主眼が置かれてきた。しかし、現代において英語教育はコミュニケーション能力の育成だけでなく、より大きな社会的視点に立ち、他文化理解・思考力も重視した包括的な能力の育成を目指した英語教育が求められる。これには、多様な文化を理解し、批判的思考を促進する能力が含まれ、これらは最新の「内容言語統合型学習」（Content and Language Integrated Learning: CLIL）（Coyle & Meyer, 2021）の発展に鑑みても明らかである。

本研究では、CLIL の教育アプローチに基づく英語授業において、「持続可能な開発目標」（Sustainable Development Goals; SDGs）について学ぶことにより、異文化間能力（Intercultural Competence）が発達するのか調査を行った。CLIL は専門分野（Content）を学ぶことで、他者と議論や対話（Communication）を通じ、批判的思考力（Cognition）を養い、自己のアイデンティティ（Culture）を構築し、他者や社会についての理解を深めることを目的とした教育アプローチである。その中でも、異文化理解の育成は CLIL 教育展開の中心である（Yang, 2021）。

具体的には、質問紙及び半構造化インタビューデータの分析を通じて、文化的多様性と批判的思考能力がどのように発達するのか、またそれらの相互作用について考察した。分析から、英語学習を通して SDGs について学ぶことで、グローバルな課題や多様な視点についての理解を深めることができることが示唆された。すなわち、学習者は言語能力を向上させると同時に、グローバルな問題に対する本質的な洞察力を身につけ、相互に結びついた世界に対する責任感と共感を促進することができた。具体的に述べると、「世界規模の諸問題に対しての気づき > 多面的な観点から課題を抽出し分析 > 多様性の尊重への意識 > 社会課題解決に向けた取り組み」と段階的な学びのステップが見られた。SDGs で取り扱うテーマは、身近でかつ地球規模のリアルなコンテンツを使用するため、批判的思考力の育成を促進させることができた。グループでの協同学習は、知識の実践的な使用や SDGs の実施に積極的に参加することに関連するため、学習者の相互作用を刺激したと思われる。また、協同学習を通して、違う視点から課題について捉えられることができた。

調査結果に基づき、CLIL アプローチを採用した SDGs 教育は、多様な文化を理解し、評価することができる学習者の世代を育成すると同時に、この先に待ち受ける複雑な課題に対処するための批判的思考能力を育成する大きな可能性を秘めていると主張する。

タイとメキシコにおける国内格差：多面的な比較研究

地球社会共生学部地球社会共生学科 准教授
咲川 可央子

本助成による成果としては、①現地調査及び国内・海外の専門家との研究交流、②論文作成、を通じて研究を進展させた。

現地調査及び国内・海外の専門家との研究交流では、2023年8月末から9月初旬にメキシコに出張し有意義な現地調査・ヒアリング・研究交流ができた。タイもメキシコも世界における工程間分業「グローバル・バリュー・チェーン」に盛んに取り込まれ、自動車産業や機械産業を中心に海外直接投資を引きつけて経済成長

を遂げた経緯を持つ。数多くの日系企業も両国に進出しており、タイはアジアの、メキシコは北米の製造業生産・輸出拠点となっている。開発途上国や新興国が労働集約的な工程を中心にグローバル・バリュー・チェーンに参加した先に進み「中所得国の罠」から脱するためには、高度化（広い意味での能力向上）が必須である。近年、「社会的高度化」と呼ばれる、雇用の質を向上させ、社会的アクターとしての労働者の権利を改善するプロセスが注目されるようになってきたが（Rossi (2019))、「社会的高度化」は国内格差是正と関わる重要な概念である。「社会的高度化」と従来の「経済的高度化」は相互に関係しており、高度化についての研究は、両国の国内格差是正を考える上で重要であると考えた。こうした背景から、メキシコへの出張では、大学、研究所、政府機関のみならず、日系企業・工場も訪問した。特に、自動車産業を中心に日系企業が進出している中部高原地域（バヒオ）のグアナファト州とケレタロ州を初めて訪問できたことは収穫であった。日進月歩な製造業界の厳しい現実や、麻薬問題により急速に治安が悪化した中でも生産せざるを得ない企業の苦悩を知り、国の政情や治安がいかに企業の現地進出に影響を及ぼすか、それがいかに地域格差に影響するかがわかった。

こうした現地調査と同時並行的に、「メキシコのグローバル・バリュー・チェーン参加：高度化への予備的考察」と題する論文を作成し、査読付きの学術雑誌ラテン・アメリカ論集第57号に掲載された。本論文では、国際貿易データ、付加価値貿易データ、世界銀行のGVC統計データを用いて、メキシコの産業の高度化とグローバル・バリュー・チェーンへの参加の特徴を詳細に示した上で、メキシコのグローバル・バリュー・チェーンの高度化についての既存研究をサーベイした。メキシコは比較的安価な労働力と米国に近いという立地上の優位性を生かした段階で留まる「要素投入型成長路線路線の限界」に直面しており、高度化が一部の特定の地域や企業で生じたとする事例もあるもののメキシコ全般の状況ではなく、格差があることを示した。



写真：グアナファト州の日系企業・工場を訪問

大学生のグローバルリーダーシップ育成—JEARN Youth Project での国際協働学習におけるファシリテーションを通して—

国際政治経済学部国際コミュニケーション学科 教授
勝又 恵理子

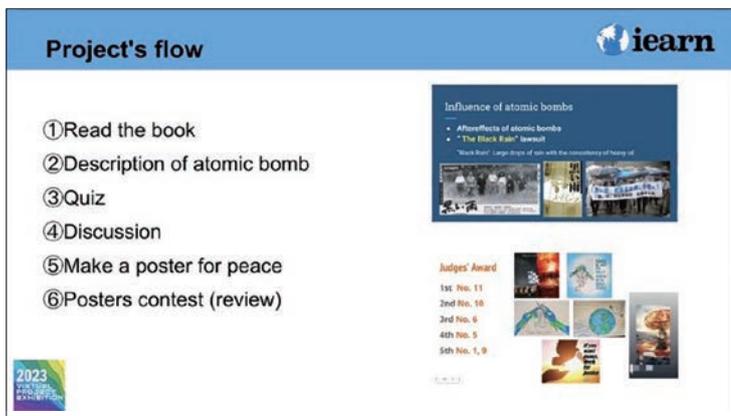
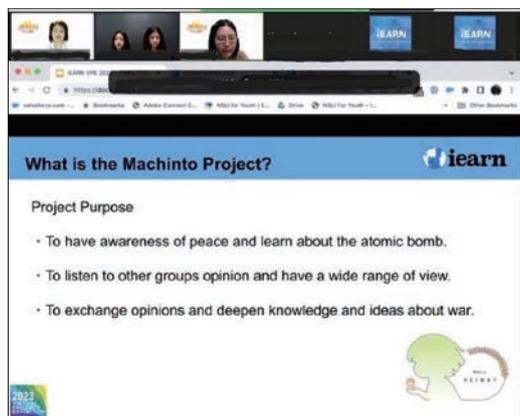
本研究は、2023年に海外の小学生～高校生とSDGsにつながるプロジェクトをベースにオンラインで国際協働学習を推進する「International Education and Resource Network (iEARN)」に、ファシリテーターとして参加した大学生のファシリテーション能力の向上とグローバルリーダーの育成について調査した。

iEARNは、140カ国以上、3万以上の教育機関・団体と提携するNGOで、オンラインネットワークを通じて、異文化交流やコラボレーションを行う学習者のグローバルコミュニティを運営している。国内ではNPO法人JEARNが、iEARNの日本センターとして活動しており、2017年に日本の教育事情に合わせたJEARN独自の大学生向け地球市民育成プロジェクト「JEARN Youth Project」を開始した。このプロジェクトは、国内外の小中高生を対象とした国際協働学習のプロジェクトにおいて、大学生がファシリテーターとして活動する体験を通じて、地球市民を育成することを目的としている。

本研究では、①実践経験を通して、どのように、ファシリテーション能力を成長させるのか、②グローバルリーダーシップ能力の向上に必要な経験は何か、を明らかにするために調査を行った。調査対象者は、平和教育に取り組むプロジェクトのファシリテーターとなり、海外の生徒に向けてワークショップを実施したA大学の学生である。調査方法は、アンケート調査と観察調査である。アンケート調査は、大学生ファシリテーターと交流した学校の先生に対して行い、観察調査は、大学生ファシリテーターのワークショップの様子を、調査者の主観を加えずに、正確に描写・分析した。

調査の結果、大学生ファシリテーターは、海外の生徒に向けたワークショップの実践を通じて、企画力・ICT能力・言語能力を向上させ、生徒の主体的な学びの促進を意識していくことが明らかになった。また、異文化交流と不確実性の高い状況への対応を経験することで、臨機応変な対応力を身につけた。さらには、グローバルな視点から世界共通の問題に取り組むことで、異文化理解力を高めていることもわかった。

本研究から、大学生が国際協働学習プロジェクトに参加することで、ファシリテーション能力の向上やグローバルリーダーとしての成長が期待できることが示唆された。今後も、このようなプロジェクトを通じて学生の能力開発を促進していくことが重要であると考えられる。



多文化共生社会に資する JSL 児童向け日本語教育資源開発に関する実証的研究

文学部日本文学科 准教授
田中 祐輔

本研究では、持続可能な共生社会の実現に言語教育の側面から寄与することを目的とし、児童が小学校での学びに必要な語を学ぶことができるように、小学校第一学年から第六学年までの教科学習の根幹となる基本語の選定を行う調査を実施し、教育機関で利用可能なアプリケーション型の教材開発を通じた社会課題解決のための実証的研究に取り組んでいる。

2023年度は、小学校国語教科書の掲載語彙のうち、出現頻度の高い語を抽出し、習得をサポートするためのアプリケーション型教材のクイズアイテムを作成した。特に第三学年・第四学年の低学年の作問を行い、児童が「朝の時間」の10-15分程度を利用して、日本語を母語とする児童もそうでない児童も共に学ぶための教材配信を行なった。

本研究では、基盤とするデータベースを用いて、アプリのクイズに加え、NHK for school の動画の利用なども検討した。NHK for school の動画を用いた教育実践（横浜市立潮田小学校）の様子は、NHK の「ようこそ！楽しい学びの入り口へ」にて放送された。アプリケーション型教材や動画教材は、児童の日本語に対する理解を深める効果があり、また、DX が進む教育現場での親和性も極めて高い。今後も検討を続けていきたいと考えている。

本研究によって児童が学習する上で助けとなる学習基本用語が明らかになり、そのための学習ツールが設けられることは、これまで別室で学ぶ他なかった、あるいは、学校に通えなかった帰国・外国人児童が、日本語母語児童・日本国籍児童と共に学ぶ道を拓くものであり、日本で学ぶ全ての児童が等しく学習機会を得る国語教育の拡充に寄与したいと考えている。とりわけ、SDGs の大目標である「質の高い教育をみんなに」、および、中項目である「公平で質の高い教育を無料で受け、小学校と中学校を卒業できるようにする。」「読み書きや計算ができるようにする。」に関連し、特に「だれも取り残されないような学習のための環境をとどける。」という理念実現に資するものとなることを目指している。



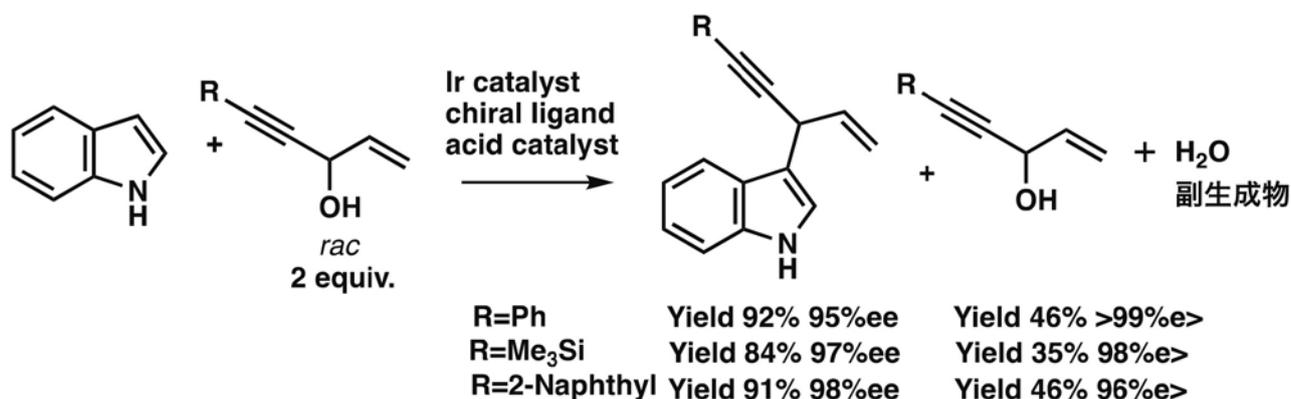
有用有機化合物の環境調和型合成

理工学部化学・生命科学科 教授
武内 亮

炭素原子の4つの結合がすべて異なる場合、その分子と鏡に映ったその分子は重ね合わせることができない。実像と鏡像が重ね合わせることができない右手と左手の関係になる。これらを鏡像異性体という。鏡像異性体を光学活性分子という。医薬品や農薬などは、鏡像異性体で薬理作用が異なることが多く、医薬品では鏡像異性体の片方だけが必要となる。

炭素以外の原子を環の構成元素に持つ有機化合物を複素環化合物という。複素環化合物は医薬品の基本構造として極めて重要である。光学活性アセチレンアルコールや光学活性複素環化合物の需要は高いにも関わらず、必要とされる構造を効率的に提供する有効な方法が限られている。本研究では、独自に発展させてきた触媒を用いて光学活性アセチレンアルコールと光学活性複素環化合物の両方を同時に効率的に合成することを目的とした。

本研究では、速度論的光学分割という手法を用いた。インドールは、多くの生物活性物質中に存在する骨格である。それらの中でアルキンが置換した光学活性体のインドールは申請者が知る限り得られていない。申請者が開発した触媒を用いてインドールとアセチレンアルコールから光学活性体のアルキン置換インドールを高収率かつ高エナンチオ選択的に得ることに成功した。副生成物は水だけである環境調和合成を達成できた。これはラセミ体のアルコールの片方だけが立体特異的に置換されることを示している。そのため反応しないアルコールも光学活性体で得られる。本反応では、インドール、アセチレンアルコール共に高い鏡像体過剰率で得られた。ここで得られる光学活性アセチレンアルコールは、falcarinol, falcarindiol, panaxytriol, panaxydolなどの天然物に見られる骨格で、有用な光学活性ビルディングブロックである。二つの有用な光学活性体が同時に得られる有用な合成法を確立できた。



産学官民連携と学生参加型共同研究による SDGs フードロス新生プロジェクト

経営学部経営学科 教授
玉木 欽也

1. 本研究と SDGs 目標／ターゲットとの関連

本研究と SDGs 目標／ターゲットとの関連性は、SDGs の「目標12 持続可能な生産・消費」の中で、特にターゲット「12.3小売・消費レベルにおける世界全体の一人当たりの食料の廃棄を半減させ、収穫後損失など

の生産・サプライチェーンにおける食品ロスを減少させる」に焦点を当てて、「フードロス削減」という社会課題解決に挑戦することである。

なお、フードロスとは、「食べられるのに捨てられてしまう食品」と定義されている。我が国において、農林水産省は、「食品リサイクル法に基づく基本方針の概要（平成19年12月改定）」を提示し、外食産業では、食品廃棄量が毎年199万tあり、そのうち133万tがフードロスとなっている。農林水産省では、製造業、卸売、小売、外食、家庭において、フードロス削減に向けた留意事項を例示しているものの、全サプライチェーンマネジメント（SCM）にわたって、総合的な施策は実施されていないのが日本の実情といえる。

2. 研究課題および学生参加プロジェクトの研究活動

本研究では、フードサービスの上流サプライチェーン（SC）に相当する収穫後損失などのフードロス削減に焦点を当てて、2023年度において以下に示すような「SDGs フードロス新生プロジェクト」活動を推進した。

- ①上流 SC においてフードロスが発生する原因とそれが解決できない阻害要因の実態調査：府中に所在する JA マインズを通して、夏期の余剰野菜と余剰果物の代表例としてトマトとブルーベリーがあるという報告を受け、それらの余剰食材を協力農家から提供・販売していただいた。
- ② SDGs 視点からフードロス削減・再活用に向けた新たな「SDGs 食品レシピ企画」の立案：「SDGs トマトジャム」と「SDGs ブルーベリージャム」のレシピを考案した。
- ③企画した SDGs 食品に必要な余剰食材の調達および試作・試食（学生担当）・改良・生産：双方のジャムの試作・改良・生産を、すでに多くのジャムの製造・販売を手掛けた経験をもつ「428カフェ」に業務委託をした。
- ④ SDGs 食品の販売イベントの企画・実施運営、広報活動：2023年11月4日（土）・5日（日）に開催された青山祭に、玉木研究室として出展して、双方のジャムと、双方のジャムを使った SDGs パフェを商品化して（商品パッケージにロゴシール添付、売価決定）、販売イベントと事前・事中の広報活動を実施した。
- ⑤上記のイベント開催時と後に、来場者ならびに購入者にオンラインアンケートを実施して、「SDGs スイーツ商品」の消費者購買意識と広報活動効果の分析を行った。



IV. 研究ユニット資料

1年目

ユニット	研究課題	研究期間	氏名	兼担等の種別	所属・職位	研究実施計画に対する役割分担
一般研究B	がん放射線治療の最適条件を探るための酸素プローブ開発研究	3年	田邊 一仁	兼担・リーダー	理工学部化学・生命科学科・教授	化合物の合成研究と化学的手法を用いた化合物の機能評価ならびに研究統括
			西原 達哉	兼担	理工学部化学・生命科学科・助教	細胞実験と動物実験による化合物の機能評価
一般研究C	光学活性芳香族複素環化合物及び光学活性芳香族化合物の環境調和型合成	2年	武内 亮	兼担・リーダー	理工学部化学・生命科学科・教授	全般

2年目

ユニット	研究課題	研究期間	氏名	兼担等の種別	所属・職位	研究実施計画に対する役割分担
一般研究B	国際秩序変容の構造とメカニズム：ネットワーク・アプローチによる実証分析	3年	林 載桓	兼担・リーダー	国際政治経済学部国際政治学科・教授	研究活動の総合調整 共同セミナー・成果報告会の運営
			泉川 泰博	兼担	国際政治経済学部国際政治学科・教授	東アジアにおける同盟ネットワークの実証分析
			佐桑 健太郎	兼担	国際政治経済学部国際政治学科・准教授	地域の安全保障秩序のネットワーク分析 ネットワーク分析手法の紹介と研究支援
			武田 健	兼担	国際政治経済学部国際政治学科・准教授	国際秩序変容とEU、秩序変容をめぐるEU内の政治過程の実証的考察
			佐竹 知彦	兼担	国際政治経済学部国際政治学科・准教授	インド太平洋の安全保障秩序の実証分析
			菊池 努	客員研究員	日本国際問題研究所・上席客員研究員	アジア太平洋地域における国際秩序変容の実証的考察
			山崎 周	客員研究員	東洋大学国際学部・講師	秩序変革期の中国外交の実証的考察
			大石 晃史	客員研究員	東京外国語大学現代アフリカ地域研究センター・特別研究員	国際秩序変容と対外援助ネットワークの実証分析 ネットワーク分析手法の紹介と研究支援
	コーポレート・ディスクロージャーの総合的研究	3年	小西 範幸	兼担・リーダー	会計プロフェッション研究科・教授	コーポレート・ディスクロージャーの研究
			蟹江 章	兼担	会計プロフェッション研究科・教授	ガバナンスと保証の理論研究
			重田 麻紀子	兼担	会計プロフェッション研究科・教授	ガバナンス責任者の国際比較研究
			高井 駿	兼担	会計プロフェッション研究科・助教	会計ディスクロージャーの研究
			矢澤 憲一	兼担	経営学部経営学科・教授	会計・保証・ガバナンスの実証分析
			内山 哲彦	兼担	会計プロフェッション研究科・教授	ガバナンス改革と管理会計
			小俣 光文	客員研究員	明治大学経営学部・教授	英国の保証制度の研究
			柿崎 環	客員研究員	明治大学法学部・教授	日英のガバナンス制度の研究
			坂根 純輝	客員研究員	長崎県立大学経営学部・准教授	会計・保証・ガバナンスのアンケート調査
			平田 沙織	客員研究員	横浜商科大学・非常勤講師	統合報告におけるガバナンスのあり方
			松本 祥尚	客員研究員	関西大学大学院会計研究科・教授	保証理論の研究
山崎 秀彦	客員研究員	専修大学経営学部・教授	保証とガバナンスの理論研究			
新奇低次元トポロジカル物質の開発とその次世代超低消費電力スピントロニクス応用	3年	春山 純志	兼担・リーダー	理工学部電気電子工学科・教授	新奇トポロジカル絶縁体創製と素子応用	
		北野 晴久	兼担	理工学部物理科学科・教授	イオン化液体ゲートによる高効率・高制御化	

ユニット	研究課題	研究期間	氏名	兼任等の種別	所属・職位	研究実施計画に対する役割分担
一般研究C	モア・ザン・ヒューマン 〈人間以上〉の想像力と語り——環境人文学の研究教育基盤形成に向けて	3年	結城 正美	兼任・リーダー	文学部英米文学科・教授	研究全般の統括、課題B、Cの遂行
			鳥越 けい子	兼任	総合文化政策学部総合文化政策学科・教授	課題Aの遂行
			佐藤 泉	兼任	文学部日本文学科・教授	課題Bの遂行
			西本 あづさ	兼任	文学部英米文学科・教授	課題Aの遂行
			McCREADY, Elin S.	兼任	文学部英米文学科・教授	課題Cの遂行
			松井 優子	兼任	文学部英米文学科・教授	課題Aの遂行
	留学生就職支援を目的とするICTを用いたビジネス日本語教育の実証的研究	3年	田中 祐輔	兼任・リーダー	文学部日本文学科・准教授	研究代表者

3年目

ユニット	研究課題	研究期間	氏名	兼任等の種別	所属・職位	研究実施計画に対する役割分担
一般研究B	住宅政策・構想が地域社会に与える影響に関する史的的研究	3年	永山 のどか	兼任・リーダー	経済学部経済学科・教授	統括 戦後ドイツの住宅と地域
			SCHIEDER, Chelsea	兼任	経済学部・教授	副統括 戦後の社宅と女性
			黒石 いずみ	客員研究員	福島学院大学マネジメント学部・教授	副統括 戦前戦後日本の住宅構想と地域
			木下 光生	客員研究員	奈良大学文学部・教授	渉外 住宅保障の長期的分析と地域
	国連PKOの文民に対する暴力抑制効果—ジェンダー多様性の役割	3年	佐桑 健太郎	兼任・リーダー	国際政治経済学部国際政治学科・准教授	実証分析計画の統括、数量データ分析
			田中 (坂部) 有佳子	客員研究員	共立女子大学国際学部・講師	フィールド調査、事例研究
キリスト教文化研究	日本の教育における伝統思想とキリスト教学校の攻防	3年	森島 豊	兼任・リーダー (～2023.8.20)	総合文化政策学部総合文化政策学科・教授	幕末・明治期の日本の国策と教育政策、戦前戦後のキリスト教教育への弾圧と対応
			伊藤 悟	兼任・リーダー (2023.8.21～2024.3.31)	教育人間科学部・教授	戦後日本とアジアのキリスト教学校の取り組みと課題、政府による教育政策の本質的問題とキリスト教学校の対応策
			島田 由紀	兼任	国際マネジメント研究科・准教授	戦前戦後のキリスト教教育への弾圧と対応
			長山 道	客員研究員	東京神学大学・教授	日本における人格教育について、戦後日本とアジアのキリスト教学校の取り組みと課題

4年目

ユニット	研究課題	研究期間	氏名	兼担等の種別	所属・職位	研究実施計画に対する役割分担
一般研究B	体力や健康の維持増進に向けた電気刺激を用いた受動的トレーニングの開発	4年	小木曾 一之	兼担・リーダー	教育人間科学部教育学科・教授	研究の立案、実験実施、データ整理、論文・報告書作成、研究成果の広報活動
			井上 直子	兼担	教育人間科学部教育学科・教授	実験実施、データ整理、研究成果の広報活動
			安井 年文	兼担	コミュニティ人間科学部コミュニティ人間科学科・教授	実験実施、データ整理、研究成果の広報活動
	人口動態の変化が家計のエネルギー消費に与える影響：Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism (MuSIASEM) による予測	4年	松本 茂	兼担・リーダー	経済学部経済学科・教授	総括、世帯のエネルギー消費分析
			高橋 朋一	兼担	経済学部現代経済デザイン学科・教授	エネルギー消費データと GIS Data の接合
			岸田 一隆	兼担	経済学部・教授	省エネ予測シナリオの策定
			井上 孝	兼担	経済学部現代経済デザイン学科・教授	地域が無居住化するリスクの分析
			須田 昌弥	兼担	経済学部現代経済デザイン学科・教授	人口高齢化が交通利用に与える影響の分析
			眞弓 浩三	客員研究員	京都情報大学院大学・教授	MuSIASEM 分析のデータ準備
	一般研究C	マイクロとマクロの境界における心臓における発生から修復機能の解明	4年	三井 敏之	兼担・リーダー	理工学部 物理科学科・教授
守山 裕大				兼担	理工学部 物理科学科・助教	ゼブラフィッシュの心臓解析の実験と解析・生命科学的解析実験
キリスト教文化研究	聖書における「和解」の思想	4年	左近 豊	兼担・リーダー	国際政治経済学部・教授	旧約聖書学の視座から、特に捕囚期以降のテキストに見られる「和解」についての研究発表、執筆を行う。研究ユニットの統括を行う
			大宮 謙	兼担	社会情報学部・教授	新約聖書神学の視座から福音書におけるイエスの教えと受難物語における「和解」についての研究発表、執筆を行う
			藤原 淳賀	兼担	地球社会共生学部地球社会共生学科・教授	キリスト教神学、社会倫理の視座から「聖書の和解」についての研究発表、執筆を行う
			藤田 潤一郎	客員研究員	関東学院大学法学部・教授	ヨーロッパ思想史の視座から、特に旧約聖書の捕囚期以前のテキストにおける「和解」についての研究発表、執筆を行う
			河野 克也	客員研究員	東京神学大学・特任准教授	新約聖書学の視座から、パウロ書簡における「和解」についての研究発表、執筆を行う

ユニット	研究課題	研究期間	氏名	兼任等の種別	所属・職位	研究分担
一般研究B	無線システムの運用環境改善に向けた電波吸収・シールド技術の開発	3年	黄 晋二	兼任・リーダー	理工学部電気電子工学科・教授	研究とりまとめ、電波吸収体の開発
			松本 洋和	兼任	理工学部電気電子工学科・准教授	シールド材料の開発
			須賀 良介	兼任	理工学部電気電子工学科・准教授	電波吸収体、シールド材料の開発・評価
			橋本 修	客員研究員	理工学部・客員教授	電波吸収体材料の開発
	現実世界の公共財における動態解析と実験室実験による社会的ジレンマ研究の新たな展開	3年	清成 透子	兼任・リーダー	社会情報学部・教授	全体統括
			稲積 宏誠	兼任	社会情報学部社会情報学科・教授	データマイニング指導
			寺尾 敦	兼任	社会情報学部社会情報学科・教授	データマイニング指導
			大林 真也	兼任	社会情報学部社会情報学科・教授	研究計画・データ解析・理論構築
			大平 哲史	兼任	情報メディアセンター・助教	研究計画・データ解析・理論構築
			高橋 伸幸	客員研究員	北海道大学大学院文学研究院・教授	研究計画・理論構築・実験統括
			稲葉 美里	特別研究員	近畿大学経済学部・特任講師	研究計画・データ解析・理論構築
			松本 良恵	特別研究員	西南学院大学人間科学部心理学科・嘱託実験助手	研究計画・実験実施・データ解析
	井上 裕香子	特別研究員	高知工科大学フューチャー・デザイン研究所・助教	研究計画・実験実施・データ解析		
一般研究C	19・20世紀のフランス文学とオペラ	3年	和田 恵里	兼任・リーダー	文学部フランス文学科・教授	19世紀オペラ、特にフロマンタル・アレヴィとマルセル・ブルーストについて
			荒木 善太	兼任	文学部フランス文学科・教授	20世紀オペラ、特にラベルについて
			福田 美雪	兼任	文学部フランス文学科・准教授	19世紀オペラ、特にオフエンバックとエミール・ゾラについて
			澤田 肇	客員研究員	上智大学名誉教授	19・20世紀オペラとバルザックについて
			稲田 隆之	客員研究員	武蔵野音楽大学・教授	グランド・オペラの定型化と定型としてのグランド・オペラ
			安川 智子	客員研究員	北里大学一般教育部・准教授	ポール・デュカスの《アリアーヌと青髭》について

2023年度 総合研究所研究成果一覧

○印 ユニットリーダー
 ※印 所員以外の執筆協力者・研究協力者
 市販本の価格は本体価格（税抜）

ユニット	形態	書名（ユニット名）	所 員	内 容	刊行日	出版社	価格
一般研究 B	報告論集	無線システムの運用環境改善に向けた電波吸収・シールド技術の開発 (無線システムの運用環境改善に向けた電波吸収・シールド技術の開発)	○ 黄 晋二 松本 洋和 須賀 良介 橋本 修	第1章 研究の背景と目的 第2章 パッチ配列電波吸収体の設計手法の開発 第3章 任意の偏波及び入射角度におけるパッチ配列電波吸収体のSパラメータ推定 第4章 レーザ誘起法グラフェンを用いたパッチ型電波吸収体 第5章 電力変換回路の電磁界シールド 参考文献 本研究に関する発表論文 謝辞	2024.3.31	—	—
一般研究 C	市販本	文学と音楽のポリフォニー (19・20世紀のフランス文学とオペラ)	澤田 肇 ○ 稲田 隆之 和田 恵里 福田 美雪 荒木 善太 安川 智子 ※ 林 信蔵	まえがき バルザックの『十三人組物語』と『娼婦の栄光と悲惨』 グランド・オペラとヴァーグナー オペラ《ユダヤの女》の成立 第二帝政期のパリ社交界とオッフエンバックのオペレッタ 化粧部屋をめぐる「もう一つの」顛末 ポール・デュカス《アリアースと青ひげ》の神話論理的解釈 音楽の方へ 参考文献 人名索引 音楽作品名索引 「あとがき」にかえて	2024.2.29	水声社	3,500円

2023年度総合研究所 公開講演会等開催状況

日 時	タ イ ト ル	講 師 等	場 所	主 催
23.5.29 18:30~ 20:00	公開講演会第1弾 「戦後日本と国家神道 ——今私達が知っておくべきこと」	島蘭進（東京大学名誉教授）	青山 キャンパス 17号会4階 17410教室	総研ユニット「日本の教育における伝統思想とキリスト教学校の攻防」
23.7.1 15:00~ 16:30	公開講演会第2弾 「安倍教育再生の本質」	前川喜平（元文部科学事務次官）		
23.9.23 13:30~ 15:00	AOYAMA GAKUIN Global Week 総合研究所 SDGs フォーラム AOYAMA GREEN FESTIVAL 同時開催 豊かな人生のために「ダレデモダンス」講演会	SAM（青山学院大学ジェロントロジー 研究所客員研究員）	総研ビル 12階大会議室	主催：青山学院、青山学院大学総合研究所 共催：青山学院大学ジェロントロジー研究所
23.9.26 16:00~ 17:30	AOYAMA GAKUIN Global Week 総合研究所 SDGs フォーラム講演会 「コロナ禍を乗り越えて」	小高芳宗 (株式会社ホテル三日月 代表取締役社長) 川島ゆか (日本航空株式会社 客室本部チーフ キャビンアテンダント)	青山学院 ガウチャー 記念礼拝堂	青山学院 青山学院大学総合研究所 青山学院高等部 青山学院中等部
23.12.22 13:20~ 14:50	青山学院大学 AGU 環境人文学フォーラム 鼎談イベント「環境人文学の冒険」	奥野克己（立教大学教授） 管啓次郎（明治大学教授） 結城正美（文学部英米文学科教授）	青山 キャンパス 15号館3階 15305教室	研究ユニット「〈人間以上〉 の想像力と語り——環境 人文学の研究教育基盤形 成に向けて」 文学部英米文学科

編集後記

『総合研究所報』第32号をお届けします。ユニット研究、アーリーイーグル研究およびSDGs関連研究の活動やその成果などが収録されています。

新型コロナ・ウイルス感染症が消えたわけではありませんが、大学での研究活動はすっかりコロナ以前に戻ったのではないのでしょうか。コロナ禍での研究ユニットの活動には大変な苦勞があり、それは過去のいくつかの活動報告で読み取ることができました。いまあらためて、自由に研究を進められる環境をありがたく思います。学会の大会はほとんど対面開催となっているようです。この夏に私が参加した3つの大会もすべて対面開催でした。

興味深いことに、コロナ禍での非常手段として始まったオンラインの研究会や会議が、コロナ後にも重要な役割を果たしています。これらは研究活動の新たな方法として定着しました。私の研究領域である心理学では、コロナ禍でオンラインの実験や調査を始めた研究者が、現在でもそうした方法を継続しているようです。

この総合研究所報からわかるように、研究総合研究所の支援制度のもとで精力的な研究が進められていますが、現在の制度にさまざまな問題があることは認識しております。総合研究所では、今後の研究支援制度について議論を始めたところです。支援制度の目的を明確にして、その目的達成のための効果的な制度を設計していきたいと考えております。

(寺尾 敦 記)

青山学院大学総合研究所報 第32号

2024年11月発行

編集 青山学院大学総合研究所

発行 青山学院大学総合研究所

所長 岩田 みゆき

〒150-8366 東京都渋谷区渋谷4-4-25

03-3409-7472 (TEL)

03-3409-4184 (FAX)

印刷 ヨシダ印刷株式会社

150th
140th



青山学院スクール・モットー

地の塩、世の光

The Salt of the Earth, The Light of the World

(マタイによる福音書 第5章 13～16節より)



Aoyama Gakuin since 1874