

富山第一銀行奨学財団
助成研究報告書

2023

Report of
subsidized research
2023

富山第一銀行奨学財団

2023

助成研究報告書

公益財団法人富山第一銀行奨学財団の富山県内高等教育機関の先生方の学術研究等への助成事業の運営に当り、多くの皆様にご支援を頂いておりますことをまづもって御礼申し上げます。

当財団では、2006年（平成18年）より例年7月上旬に前年度に研究助成を受けられた先生方の研究成果発表会「研究助成セミナー」を開催しておりましたが、コロナ禍の制約により一時期開催を断念せざるを得なくなり、その代替として2021年7月より「(公財)富山第一銀行奨学財団助成研究報告書」を発刊・公開させて頂くこととしました。

その後はこれを機に＝本報告書が研究活動の更なる深化の一助となれば＝との思いから、「セミナー」開催の有無に拘わらず発刊・公開させて頂いております。

なお、本誌の編纂にあたり、教育機関の先生方並びに事務局の方々に大変ご苦勞をお掛けしましたことにつきまして厚くお礼申し上げます。

さて、当財団は1959年（昭和34年）に富山相互銀行（現、富山第一銀行）の社長・初代金岡又左衛門氏の死去に伴い御遺族からの弔慰金500万円の寄付と銀行からの500万円の計1,000万円を基本財産として、富山県人で才能と将来性ある学生さん（高校生・大学生対象）へ奨学金の給・貸与を行って、人材育成に資する目的で財団法人富銀育英会が設立されたことからスタートしており、富山県内では最も古い財団の一つであります。

その後、基本財産は主に銀行及び銀行の関連会社、そしてその役職員・OBの方々からの寄付等により充実が図られてきました。一方で、事業目的は奨学金の給・貸与事業に加えて1984年（昭和59年）より主として富山県内の高等教育機関（高等学校・大学校）・教育関係諸団体等への設備・研究活動等への助成事業を加え、事業活動の充実を図ってきておりました。

このような中、令和3年度には行政庁の認定（新事業についての定款変更）を得て、科学技術・学術研究分野での秀れた研究成果を顕彰する「(公財)富山第一銀行奨学財団賞」を創設して、地域の公益財団として地方創生に資するべく新たな事業を展開することとしました。

これにより、当財団では、育英事業、助成事業、顕彰事業を財団運営の三本柱として鋭意取組んで参る所存であります。

最後になりますが、本誌に掲載されました研究成果が富山県内、更には我が国の産学官の関係者の皆様方及び教育関係者の皆様方で活用され、地域の、更には広く社会の発展に寄与することは勿論、その成果が「財団賞」（顕彰制度）の受賞にもつながっていくことを期待しております。

以上、引き続き当財団に対しましてご支援賜りますようお願い致しまして、本誌発刊のご挨拶と致します。



(公財)富山第一銀行
奨学財団
理事長 横田 格

当財団設立以来の主な事業の概要

(2023年(令和5年)6月現在)

1. 学生さんへの奨学金の給・貸与事業 (現在は大学・院生のみ)
1959年(昭和34年)～
奨学生累計365名(内訳:大学生223名 短大生29名 高専生5名 高校生108名)
2. 富山県内公・私立高等学校全校に対する設備・教育資機材導入への助成事業
(1984年(昭和59年)～2009年(平成21年))
延べ53校、助成額11,450千円
3. 富山県内教育関係諸団体(公益社団法人富山県教育会、富山県理科教育振興会、富山県家庭科教育振興会)への助成事業
1984年(昭和59年)～
延べ115団体、助成額17,760千円
4. 富山県内高等教育機関(富山大学、富山県立大学、富山国際大学、富山短期大学、富山高等専門学校(いずれも統合前を含む)及び高岡法科大学(令和4年度より))の先生方の研究活動への助成事業
1984年(昭和59年)～
延べ964研究、助成額487,300千円
5. 顕彰事業
 - (1). 第一回(令和4年度)「(公財)富山第一銀行奨学財団賞」の受賞者の決定と表彰式(2022年7月8日)
特別賞:富山大学 准教授 宮本 大祐 氏
研究テーマ
「アイドリング脳における記憶回路動態のイメージング・光操作研究」
努力賞:立山科学(株) 主任技師 竹内 道雄 氏
研究テーマ
「超音波散乱波の統計解析による生体組織内温度変化の非侵襲測定法の開発」
 - (2). 第二回(令和5年度)「(公財)富山第一銀行奨学財団賞」の受賞者の決定と表彰式(2023年7月7日)
特別賞:富山県立大学 准教授 古澤 裕之 氏
研究テーマ
「機能性素材による腸内細菌を介した免疫機能の調節と疾患予防」
奨励賞:富山大学 助教 廣島 渚 氏
研究テーマ
「宇宙物理学的アプローチによる暗黒物質についての理論研究」

以上

発刊に寄せて	2
--------------	---

富山大学

- ソクラテス式質問の作用機序の解明 - 「腑に落ちる」という現象に着目して
学術研究部人文科学系 講師 重松 潤 7
- 富山県内の幼少児の「健康・育ち・学び」を育む健康教育プログラムの作成と啓発活動
学術研究部教育学系 准教授 澤 聡美 11
- 景観遺伝学的分析による哺乳類の歴史探索
学術研究部理学系 准教授 山崎 裕治 19
- ラマン分光法を用いた加齢卵子の質低下の原因解明
学術研究部工学系 特命助教 小池 誠一 29
- 二酸化炭素からエタノールへの新規合成技術の開発
学術研究部工学系 准教授 楊 国輝 33
- 市販の水中ドローンと可搬型GPS 魚群探知機を用いた海底地質・地形調査法の開発
学術研究部都市デザイン学系 教授 佐野 晋一 39
- ホタルイカルシフェリンを用いた尿中アルブミン定量法の確立
学術研究部医学系 助教 石本 哲也 49
- 幼少期ストレス経験による不安・うつ発症メカニズム
学術研究部医学系 助教 中村 友也 57
- 脳病変部特異的な薬物送達を可能にするバイオリポソームの開発
学術研究部薬学・和漢系 助教 泉尾 直孝 63
- 嗅覚系を介したパブロフ型条件反射を基盤とする2型糖尿病とうつの防止法の開発
学術研究部薬学・和漢系 教授 恒枝 宏史 67
- 伝統的町家セルフリノベーションの教科書開発 - 高岡市吉久における学生シェアハウスづくりを通して -
学術研究部芸術文化学系 講師 藪谷 祐介 73

富山県立大学

- BMI 技術を用いたヒトの運動機能拡張に関する研究
工学部 知能ロボット工学科 講師 森重 健一 …… 83
- 形式概念分析と機械学習の融合による交通事故の解明・予測
工学部 情報システム工学科 教授 中村 正樹 …… 89
- 富山における河川水中浮遊ゴミの現況把握と水理モデルを用いた輸送特性の検討
工学部 環境・社会基盤工学科 准教授 久加 朋子 …… 99
- オゾンと過酸化水素を用いたCN-キトサン複合体による光触媒吸着反応の促進と
水中有機汚染物質除去への適用
工学部 環境・社会基盤工学科 准教授 黒田 啓介 …… 109
- 有機溶媒耐性微生物を利用した環境調和型物質生産システムの構築
工学部 生物工学科 講師 戸田 弘 …… 117
- ビタミンD 充足に向けた診断・予防法の開発
工学部 医薬品工学科 准教授 安田 佳織 …… 125
- 富山県における乳児を持つ母親における防災教育の課題
看護学部 看護学科 准教授 村田 美代子 …… 129

富山国際大学

- 北陸新幹線金沢開業8年・敦賀延伸前の沿線住民の意識調査
現代社会学部 現代社会学科 准教授 大谷 友男 …… 131
- 富山県におけるユニバーサルツーリズムをテーマとする観光コンテンツ開発と
若手観光人材の育成プログラムに関する研究
現代社会学部 現代社会学科 准教授 一井 崇 …… 141
- 生活科・総合の単元づくりに関するオンライン研修サポートの開発
子ども育成学部 子ども育成学科 教授 三原 茂 …… 145
- 在留外国人子女に向けた道徳教育の現状と課題に関する調査研究
子ども育成学部 子ども育成学科 講師 辻 和希 …… 155

高岡法科大学

- 憲法史的脈絡を踏まえた戦後改憲論の分析
法学部法学科 准教授 荒邦 啓介 …… 163

富山短期大学

- 富山県の里親への養育プログラム（前向き子育てトリプル P）導入の効果と心理専門支援ニーズの検討
幼児教育学科 准教授 嶋野 珠生 …… 169
- 日本海沿岸地域の港湾振興に関する地方紙社説の研究 ―地域の再認識の視点を中心に―
経営情報学科 講師 長田 元 …… 179

富山高等専門学校

- 「支援技術普及の場」の提供を目指した社会実装支援システムの開発
電子情報工学科 准教授 秋口 俊輔 …… 187
- 微細血管群から動脈までを網羅する完全非侵襲リアルタイムイメージング血流計測
商船学科 講師 小林 大 …… 193
- On the Anti-Chivalric Hero in Book 2 of The Faerie Qveene
一般教養科 助教 陳 璐 …… 197
- 倉庫内レイアウトを考慮した移動ロボット群の同期現象に基づく自律分散制御
電気制御システム工学科 助教 吉田 晃基 …… 203
- 富山県における観光まちづくり
国際ビジネス学科 准教授 宮崎 衣澄 …… 207

研究題目	ソクラテス式質問の作用機序の解明 - 「腑に落ちる」という現象に着目して -
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部人文科学系・講師・重松 潤
分野	心理学・臨床心理学
キーワード	認知行動療法・腑に落ちる理解・ソクラテス式質問・自己効力感

1. 研究の背景と目的

代表的な心理療法のひとつに認知行動療法がある。認知行動療法は、本邦においても今後さらなる普及が期待されている。

認知行動療法では、クライアントの能動的な気づきを促すために、ソクラテス式質問を用いる。例えば、落ち込み気分がさいなまれているクライアントに対して「落ちこんだ時、どのようなイメージが浮かびましたか?」といったような問いかけを行い、落ち込み気分に対する理解を深めることを促すことがある。このように、セラピストが何か答えを伝えるのではなく、ソクラテス式質問を用いてクライアント自身が考えるきっかけを作ることが重要である。

上述のようにソクラテス式質問は経験的に重要視されてきたが、どのような作用機序でソクラテス式質問の効果が発揮されるのかは未だ明確ではない。明確にされていない要因のひとつに、クライアントがどういった反応をしたら、ソクラテス式質問が機能しているといえるのかが不明であることが指摘されている (Clark et al., 2018)。この点を明らかにする一つの視点として、「腑に落ちる理解」という現象があげられる (重松他, 2019)。腑に落ちる理解 (以下、Total conviction) とは、情報に対する体験を伴った確信度の高い理解を指す。ソクラテス式質問がうまく機能すると、能動的な内省を促しされて、Total conviction が起こり、結果的に治療的な変化が起こっている仮定される。この仮説は実証的に検討されていない。その理由として①Total conviction に関する知見が積み重なっていない、②本邦において、ソクラテス式質問を行ったことを評価する指標が整備されていない、の2点が挙げられる。

そこで、本研究では、上記2点の解決を目指し、①実験的に Total conviction の影響する変数を検討し、②ソクラテス式質問の使用で増加すると考えられる自己効力感の指標の整備を行った。あわせて、ソクラテス式質問の評価指標の整備をすすめた。

2. 研究方法と成果

①Total conviction と感情制御方略の関連の検討 (Shigematsu et al., 2022)

本研究では、Total conviction に影響する要因として感情制御方略に着目した。

代表的な感情制御方略として、認知的再評価および表出抑制、気晴らしがある。認知的再評価は、状況についての考え方を変えることで、状況による感情への影響を変化させるよう意図した方略である。例えば、現在の困難を、驚異的な出来事でなく自身を成長させる挑戦であると再評価することである。表出抑制は、感情的な反応に焦点を当てた戦略であり、感情の行動的表現を抑制しようとする方略である。例えば、友人への怒りを表情に出さないようにしたり、不安な気

持ちを無視するようになりすることを指す。気晴らしは、注意をネガティブな感情や思考からネガティブでない対象に移行する方略である (Gross, 2013; Webb, Miles, & Sheeran, 2012)。例えば、嫌な気分になったので運動をする、来月の旅行のことを考えてみる、といったものである。Total conviction とこれらの感情制御方略には関連があると考えられるため、腑に落ちる理解と、感情制御方略の使用傾向の関連を実験的に検証した。

方法

参加者

ドロップアウト 1 名を除いた最終的な参加者は、日本語を母語とする大学生および大学院生 42 名 (男性 11 名, 女性 30 名, その他 1 名, 平均年齢=21.6 歳, SD=2.29 歳)。参加者には謝金として 1000 円分のギフトカードを渡した。

手続き

参加者に実験開始直前に質問紙で感情制御方略の傾向に回答してもらった。その後、実験を開始した。

まず、参加者に 1 回目のコールドプレッシャー課題 (試行 1) に取り組んでもらった。次に、冷水に手を浸す有用性についての偽の新聞記事の情報を紙面で示しながら教示した。その後、冷水に手を浸すことの有用性を評定してもらった。そして、2 回目のコールドプレッシャー課題 (試行 2) に取り組んでもらった。試行 2 後、デブリーフィングを行った。続いて、カジュアルなトークを行いながら、デブリーフィングを行い、教示時の心境を振り返ってもらい、教示に対する Total conviction の程度を測定した。

結果と考察

Total Conviction が得られるほど、認知的再評価の効果が示されることが示唆された。また、感情制御方略の中でも表出抑制方略を使用する傾向が高いほど、いざ認知的再評価が促される文脈になると、Total Conviction が生じにくいことが示された。抑制的な方略を取りやすい個人は、苦痛に対するポジティブな意味づけがしづらかった可能性がある。表出抑制による短期的な感情制御の効果を示すエビデンスはあるため (Franz, Kleiman., & Nock, 2021), 一概に表出抑制が適応的な行動を妨げる可能性があるとは言えないが、Total Conviction の生起を妨げる可能性がある予備的なデータを提供したと考えられる。

本研究では、想定していた通り Total Conviction が行動変容を予測した。この結果は、再評価

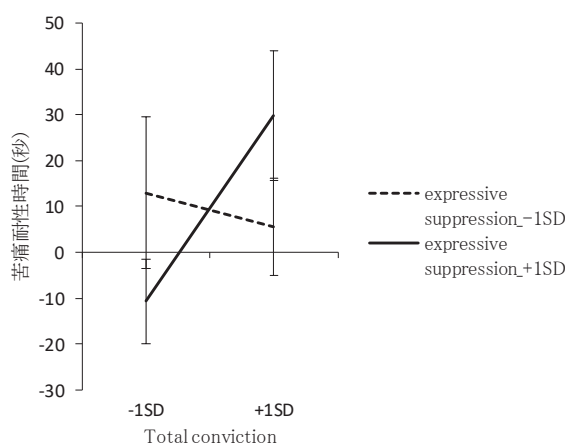


Figure 1.階層的重回帰分析:表出抑制(Expressive Suppression)の調整効果

Note. エラーバーは標準誤差

という認知的操作において Total Conviction が重要であることを示す証拠を提供している。

② 特性的自己効力感尺度の作成（重松他，2022）

認知行動療法でソクラテス式質問を使用した際に、クライアントの自己効力感が向上すると推察される。この点を確認することで、ソクラテス式質問のメカニズムを明らかにすることに近づくと考えられる。しかし、これまでの本邦で使用されてきた自己効力感の尺度には不十分な点があるため、まずは妥当性の高い自己効力感の尺度を作成する必要がある。本研究では、海外で一般的に使用されている特性的自己効力感尺度（NGSE：Chen et al., 2001）の日本語版（NGSE-J）を作成した。

方法

参加者

日本在住の15歳以上の1600名であった。虚偽項目を用い、虚偽回答が検出された384名（24%）を分析から除外した。分析対象は1216名（うち男性694名，Mage=50.83歳，SD=14.18）であった。調査はオンライン調査システム（アイブリッジ）を用いた。

結果と考察

NGSE-Jのすべての項目で天井効果や床効果はなかった。I-T相関もすべての項目で中程度以上の正の相関が示された（ $r=.826-.887$ ）。確証的因子分析では、原版と同じ1因子構造で、基準を概ね満たした適合度が確認された（GFI=.889，AGFI=.800，

Table 1. NGSE-Jの確証的因子分析

項目	因子負荷量	共通性
6. 私は、どんな種類の課題でもうまくこなせる自信がある	.879	.772
5. 私は、多くの挑戦をうまく乗り越えられる	.870	.757
8. 私は、どんなに厳しいことだとしても、十分にパフォーマンスを発揮できる	.865	.748
2. 私は、困難なことに直面しても、必ず達成できる自信がある	.861	.741
7. 私は、他の人と比べて、ほとんどの課題をうまくこなせる	.839	.704
3. 私はたいてい、自分にとって重要な成果を得られると思う	.811	.658
1. 私は、自分に課した目標ならほとんど達成できると思う	.790	.625
4. 私は、一度やると決めたらどんな努力でも成し遂げられる	.786	.619

CFI=.944, RMSEA=.142 : Table1)。信頼性係数は $\alpha=.950$ と高い内的整合性が示された。構成概念妥当性を検討するために、NGSE-Jと注射及び採血を受ける学童の自己効力感尺度の相関を確認したところ、低い正の相関が示された（ $r=.177$, $p=.00$ ）。また、再検査信頼性も十分に得られた（ICC(2,1)=0.76）。また、検出可能な最小の変化を示す smallest detectable change を算出したところ、8.09であった。

本研究で作成されたNGSE-Jは、概ね高い信頼性と妥当性を有する尺度であるといえる。本尺度は、従来の特性的自己効力感よりも項目数が少なく、利便性の高いものである。また、1因子でかつ、自尊感情との相関が過度に高いものでない点は、原版の特徴を再現しており、特性的自己効力感の概念的な独立性も、従来の特性的自己効力感の尺度よりも頑健であると考えられる。これは、今後NGSEに関する海外の知見との比較も可能な尺度が開発できたことを示す。

4. 今後の展望

本研究では、ソクラテス式質問の効果に関わる要因と考えられる「腑に落ちる理解」と「自己

効力感」について研究を進めた。具体的には、まだ知見の少ない腑に落ちる理解の効果について、Total Conviction が感情制御の方略の効果に影響を及ぼすことを実験的に示した。特に、Total Conviction が、認知行動療法の作用機序にも関わる感情制御方略である認知的再評価の効果に影響することが示唆された。また、抑制的な方略を取りやすい個人は、Total Conviction が得られづらい可能性があることも示唆された。また、ソクラテス式質問で向上すると想定される特性的自己効力感に着目し、現代に適した特性的自己効力感の尺度の開発を行った。

現在、これらの研究に並行して、ソクラテス式質問の評価指標の作成を進めた。尺度研究のガイドラインである COSMIN に則って原版の尺度の翻訳を行っている。今後の展望として、ソクラテス式質問を評価する指標を完成させたいうえで、Total conviction に影響する要因との関連や、今回作成した特性的自己効力感尺度を用いて、ソクラテス式質問と自己効力感の関連を検証する予定である。以上のような取り組みを進めて、ソクラテス式質問の作用機序を解明し、さらにはどのような質問の仕方がよりよいセラピーにつながるか検証していく予定である。

5. 参考文献

1. Chen, G., Gully, S. M., & Eden, D. (2001). Validation of a New General Self-Efficacy Scale. *Organizational Research Methods*, 4(1), 62–83.
2. Clark, D. A. (2013). Cognitive Restructuring. In Hofmann, S.G. (Ed.), *The Wiley Handbook of Cognitive Behavioral therapy*, John Wiley & Sons, Inc.
3. Franz, P. J., Kleiman, E. M., Nock, M. K. (2021). Reappraisal and suppression each moderate the association between stress and suicidal ideation: Preliminary evidence from a daily diary study. *Cogn. Ther. Res.* 45, 1120–1127. doi: 10.1007/s10608-021-10214-8.
4. Gross, J. J. (2013). Emotion regulation: Taking stock and moving forward. *Emotion*. 13, 359–365. doi: 10.1037/a0032135.
5. 重松 潤・波光涼風・神原広平・村上理子・尾形明子 (in press). 新版特性的自己効力感尺度日本語版 (NGSE-J) の作成と信頼性・妥当性の検討 日本心理学会第 86 回大会発表論文集
6. Shigematsu, J., & Kobayashi, R. (2022) Relationship Between Emotion Regulation Strategies and Total Conviction in Promoting Behavior Change. *Frontiers in Psychology*, 4938.
7. 重松 潤・尾形明子・伊藤義徳 (2020) . 認知行動療法において「腑に落ちる理解」が生じたときには治療者にどのように観察されるのか？——インタビュー調査による検討 認知行動療法研究, 46 (3) , 179-189.
8. Webb, T. L., Miles, E., Sheeran, P. (2012). Dealing with feeling: A meta-analysis of the effectiveness of strategies derived from the process model of emotion regulation. *Psychol. Bull.* 138, 775–808. doi: 10.1037/a0027600.

研究題目	富山県内の幼少児の「健康・育ち・学び」を育む健康教育プログラムの作成と啓発活動
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部教育学系・准教授・澤 聡美
分野	体育・身体教育学
キーワード	COVID-19, 幼児, 小学生, 架け橋期, 健康生活調査尺度, 生活習慣, メンタルヘルス, 運動プログラム, 健康教育

1. 研究の背景と目的

COVID-19 感染拡大を防止するため、学校では 2020 年 3 月から全国一斉休校が始まり、休校期間は最長で約 3 カ月に及んだ。さらに、人と人との接触を減らす措置は 2023 年 5 月まで約 3 年間続いた。このようなコロナ禍に伴う感染防止が長期化し、最近では子どものメンタルヘルスの低下が心配されている。感染防止が長期化する中、発達段階に応じた具体的な対策が急務である。本研究は、2022 年 3 月（コロナ第 6 波）に富山県内の幼児と児童を対象に実施した「健康・育ち・学び」に関する調査結果をもとに、その傾向と対策についての情報発信、健康教育のプログラム開発及び啓発活動を目的とした。

2. 研究方法

①「健康・育ち・学びを支える力」調査結果の報告書の作成

2022 年 3 月（コロナ第 6 波）に富山県内の幼児と児童を対象に実施した「健康・育ち・学び」に関する調査結果を分析し、報告書を作成する。学校や行政・地域と連携し、調査結果を踏まえた健康教育プログラムを作成し、富山県内の教育機関に配信する。

②子どもと保護者を対象にした健康教育の啓発活動

富山大学の学生と共に運動プログラムを作成し、運動教室及び子育て応援講座を実施する。

③教育関係者を対象にした健康教育の啓発活動

富山県内外での講演会等において、調査結果をもとに健康教育の啓発活動を実施する。

④「子ども・保護者・先生たちの元気アップセミナー」を開催する。

⑤雑誌論文への投稿・掲載及び学会発表

3. 研究成果

①「健康・育ち・学びを支える力」調査結果の報告書の作成

幼児 1,460 名、小学生 3,747 名、幼児施設及び小学校クラス担任 336 名のデータを分析し、報告書を作成した。報告書は富山県教育委員会を通じて県内の幼児施設、小学校に配信した。

健康子エック・元気アップ

富山大学「健康、育ち・学びを支える力に関する調査」報告

1 はじめに

コロナ禍で新しい生活様式となり、感染を防止しながらの生活が続いています。最近ではスクリーンタイムの増加、生活リズムの乱れ、体幹が弱い、落ち着かない等、子供の心身の健康を心配する声を聞く機会が増えています。そこで、**子供の健康や生活の状態を把握し、今後の教育活動に活かすことを目的に**、2022年3月に富山県教育委員会の協力を得て、幼児と児童を対象に健康、育ち・学びを支える力に関する調査を実施しました。先生方、保護者の皆様、調査にご協力いただき、ありがとうございます。

調査結果の主な特徴を紹介し、**子供の健康、育ち・学びを育むためのヒント**をお伝えします。



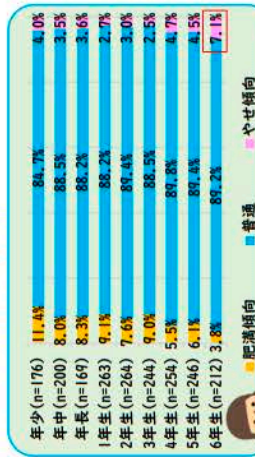
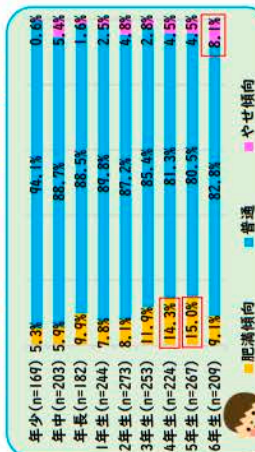
2 先生が感じている「子供の発達で気がかりなこと」

「クラスのお子さんが生活する中で気になることがありますか?」について、幼児施設と小学校の先生の回答336人のデータを分析しました。全体の8割以上の先生が「気になる」と回答していた項目は「姿勢の保持ができていない」「落ち着かない」「思いついたらしゃべる」でした。

さらに「気になることがとてもある」割合は**全体の30.4%**で、これに関連する要因は「**椅子に座る時に立膝をする**」「**すぐに怒り出す**」「**姿勢の保持ができていない**」「**肥満気味**」でした。先生の目線から子供の生活指導を考えた場合、「姿勢の保持」「気持のコントロール」「肥満予防」がポイントになることがわかりました。

3 子供の健康生活調査結果～コロナ禍での体格・視力と生活習慣～

① 男子の4年生と5年生に肥満傾向、男女共に6年生に痩身傾向



左の図は男子、右の図は女子の体格を学年別に示しています。体格は、幼児の肥満度判定(文献1)と学校保健統計調査方式による、性別・年齢別・身長別標準体重の判定方法(文献2)を用いました。その結果、**男子は4年と5年に肥満傾向の割合が高く、男女共に6年にやせ傾向の割合が高い**ことが分かりました。2020年度文部科学省の学校保健統計調査結果では、肥満及び痩身傾向がある子供の割合が上昇しており、特に小学5年生男子の肥満の増加幅が大きかったことが報告されています。日本小児内分沁学会では、**幼児期肥満の25%、学童期肥満の40%が成人肥満につながる**ことから、**早い時期からの対策が望ましい**といわれています。それでは、子供の健やかな成長には、生活の中で具体的にどのようなことに取り組んでいけばいいのでしょうか?次に体格と生活習慣との関連を分析しました。

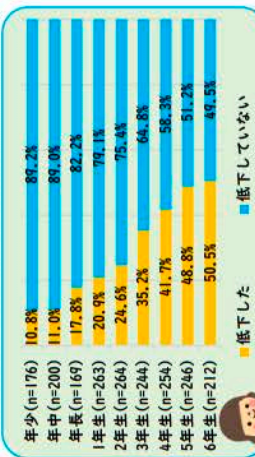
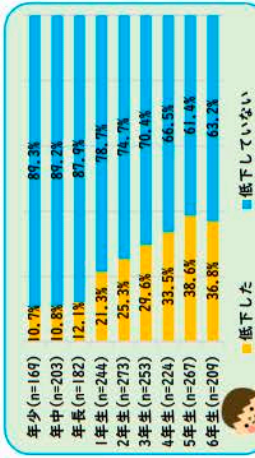
② 健やかな成長には、「よく噛んで食べる」、スクリーンタイムは平日3時間まで」



上の図は、小学生男子の分析結果です。今回の分析では、これまでの研究で体格と関連が報告されている生活習慣、①そしゃく、②平日のスクリーンタイム(テレビやインターネット等メディア機器使用時間の合計)、③朝食摂取、④園・学校外での運動、⑤平日の就寝時刻との関連を分析しました。

対象者を**幼児・小学生男子・小学生女子の3群に分け**、体格と生活習慣との関連を分析しました。**全ての群で「よく噛んで食べる」と「平日のスクリーンタイムが3時間未満」の子供に、標準児(普通)の割合が高い**ことが明らかになりました。

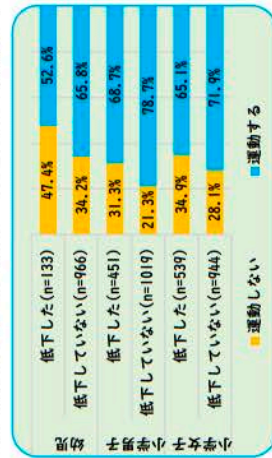
③ 1年前に比べ、視力が低下した子供は、学年が上がるにつれて増加



「昨年(2021年3月)と比較して、視力が悪くなっている」と診断を受けたり、悪くなっていると感じることがありますか」という質問に対し、「とてもある」「少しある」と回答した人を「低下した群」、「あまりない」「ない」と回答した人を「低下していない群」とし、学年と視力の関連を分析しました。その結果、**視力低下は男女共に学年が上がるにつれて増加する傾向が見られました**。



④ 視力低下の予防には運動が有効か?

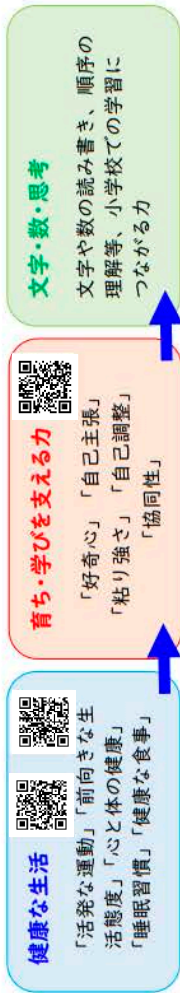


今回の分析では、①平日のスクリーンタイム、②朝食摂取、③園・学校外での運動、④平日の就寝時刻との関連を分析しました。対象者を**幼児・小学生男子・小学生女子の3群に分け**、視力と生活習慣との関連を分析した結果、**全ての群で、運動する子供は運動しない子供に比べ、視力が「低下していない」割合が高い**ことが分かりました。幼児では、「平日のスクリーンタイムが3時間以上」と視力低下との関連が見られましたが、小学生は男女共に関連はありませんでした。

4 子供の健康と育ち・学びを支える力

① 調査の概要と特徴

「健康な生活」は、睡眠習慣、食習慣、運動習慣、心と体の健康、生活の振り返りに関する内容を調査し、幼児と小学生、それぞれに因子分析を行い、5つの因子を抽出しました。「育ち・学びを支える力」(非認知能力：社会情動的スキル)は、国立教育政策研究所幼児教育研究センターで作成された「好奇心」「自己主張」「粘り強さ」「自己調整」「協同性」の5つの因子を用いました(文献3)。これまでの研究で、「育ち・学びを支える力」は小学校以降の文字・数・思考といった認知的スキルに関連することが報告されています(文献4)。今回の分析では、「健康な生活」と「育ち・学びを支える力」との関連を分析しました。



全ての項目に回答した幼児1,183人、小学生3,156人のデータを統計解析の対象としました。「健康な生活」と「育ち・学びを支える力」の関連を分析した結果、以下の特徴が明らかになりました。

② 幼児、小学生共に、「育ち・学びを支える力」の土台は、運動と前向きな生活態度



左の図は幼児、右の図は小学生の結果を示しています。幼児も児童も「健康な生活」の各因子は「育ち・学びを支える力」の各因子と関連していました(図に→で表示)。「比較的強い相関(相関係数.40~.70)が確認された因子は、「活発な運動」と「前向きな生活態度」でした(図に→で表示)。

「活発な運動」には、外遊びや親子での運動、走ることが好き等、学校(園)での運動に加えて、家庭における運動実践の内容が含まれています。また、「前向きな生活態度」には、日常生活や学校(園)での活動や学習に前向きに取り組んでいる様子、友達や家族との良好な関係性が含まれています。調査結果から、**子供が日常生活において運動や活動を楽しむこと、周囲との良好な関わりが「育ち・学びを支える力」に関連していることが分かりました。**

【参考文献】

1. 3歳以上の幼児の肥満度判定区分の簡易ソフト Ver.1.0 : <https://www.niph.go.jp/soshiki/07shougai/hatsuku/> (アクセス日: 2022年6月1日)
2. 日本小児内分沁学会・日本成長学会成長研究委員会: https://jspe.umin.jp/medical/chart_dl.html (アクセス日: 2022年6月1日)
3. 渡邊 恵子 (2017). 幼少期からの育ち・学びと幼児教育の質に関する研究報告書 > p.82
: https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf/seika/h28g/syacyu-5-1_a.pdf (アクセス日: 2022年6月22日)
4. ベネッセ教育総合研究所 (2019). 幼児期から小学4年生の家庭教育調査・縦断調査

5 調査結果をふまえて

2022年3月現在の岡山県を中心とした調査結果から、全国調査と同様に肥満・瘦身傾向や視力の低下が確認されました。また、先生方からは、子供の発達の違いが気になり点として、姿勢の保持や気持ちのコントロールなどの課題も挙がっています。これらの課題には「よく噛んで食べる」「スクリーンタイム」「運動」が解決の鍵となりそうです。近年、小学校での学習の基盤として、幼児小接続期の育ち・学びについての研究が進められています。今回の調査から、「育ち・学びを支える力」(非認知能力：社会情動的スキル)を育てるためには、「活発な運動」や、子供が楽しく、学校(園)や地域と家庭が連携し、「前向きな生活態度」になれる環境の重要性が明らかになりました。学校(園)や地域と家庭が連携し、「子供たちが安心して過ごせる居場所や、物事にチャレンジできるような環境づくり」が求められます。そこで、子供の健康、育ち・学びを育むためのヒントとして、日頃から子供との関わりを多く先生方に、8つの実践を紹介していただきました。学校(園)やご家庭で、活用していただきたいと思います。

6 子供の元氣アップを目指した、楽しい健康プログラムの提案

体格 家族で挑戦!
カミカミチャレンジ

富山大学教育学部附属特別支援学校
栄養教諭 伊藤志織先生

視力 メディアと上手なおつきあい
ししっ子メディア体操

高岡市立横田小学校
佐藤秀哉先生と令和3年度6年生

姿勢 姿勢子エックの合言葉

富山大学教育学部
(人間発達科学部)
澤研究室

姿勢呼吸 お座りじゃんけんと深呼吸

砺波市教育委員会
生涯学習スポーツ課 川原 有美子先生

運動 タオルを使った遊び

南砺市教育委員会 生涯学習スポーツ課
西田 誠先生

睡眠 子供の「気がかり」から
子供の「元氣アップ」へ

富山大学名誉教授 神川康子先生

運動 ちびっこ運動あそび
あそびを通して様々な運動を経験しよう!

NPO 法人おやべスポーツクラブ
沼田 秀樹先生

居場所 学びなおし
安んずる居場所をつなげる楽しさ

一般社団法人 Ponte とやま
理事長 水野 カオル先生

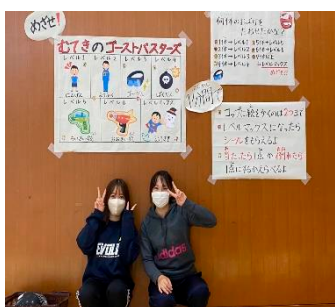
研究代表 澤 聡美 (富山大学教育学部講師)、共同研究者 神川 康子 (富山大学名誉教授) 研究の倫理審査は富山大学臨床疫学研究等に関する倫理審査委員会において審査を受け承認を得ています (R2021151)。本研究は、JSPS 科研費 19K11573、JSPS 科研費 22K11633、令和4年度 (第39回) 公益財団法人富山第一銀行奨学財団の助成を受けて実施しました。連絡先 〒930-8555 富山大学教育学部 (人間発達科学部) 澤研究室
Tel/Fax: 076-445-6320 Email: sawa@edu.u-toyama.ac.jp

②子どもと保護者を対象にした健康教育の啓発活動

富山大学の学生と共に運動プログラムを作成し、富山県内での運動教室を23回、10月にキッズワールド、12月にクリスマス運動教室及び子育て応援講座を各1回実施した。

【2022年10月開催 キッズワールドのプログラムの内容】

- ・クモの巣をくぐってミッションをクリアせよ！
- ・自分の陣地を増やせ！スプラトゥーン10.9！
- ・目指せ！ゴーストバスターズ！
- ・何が釣れるかわからない！目指せ釣り名人！
- ・スポーツいろいろ体験コーナー



【2022年12月開催 わくわくクリスマス運動教室の内容】

- ・あわてんぼうサンタの落とし物を集めよう！
- ・みつけて！まるめて！くつしたまいれ
- ・わくわく！的当てプレゼント大作戦！！
- ・あなたのサンタはどんな顔？サンタの福笑い



・子育て応援講座

「健康・育ち・学びを支える力」調査結果の報告及び、「子どもの育ちと居場所づくり」について一般社団法人 Ponte とやまの水野カオル先生にお話をいただいた。



③教育関係者を対象にした健康教育の啓発活動

富山県内外での講演会において、調査結果をもとに健康教育の啓発活動を実施した。研究代表者の澤は、富山県教育委員会及び市町村教育委員会の研修会などで10件、共同研究者の神川は、富山県教育委員会、静岡県、千葉県、石川県など県内外の講演において15件の啓発活動を実施した。

④「子ども・保護者・先生たちの元気アップセミナー」の開催

文部科学省「早寝早起き朝ごはん」運動の推進委員である鈴木みゆき先生を講師にお招きし、「子ども・保護者・先生たちの元気アップセミナー」を開催した。セミナーの企画・運営は、教員や行政職員を目指す大学生と共に実施し、健康教育を手歌遊びで伝える等、子どもたちが家庭及び学校等で楽しく実施・継続できそうなプログラムを作成・配信した（詳細は次項に示す）。

⑤雑誌論文への投稿・掲載及び学会発表

- ・澤聡美, 神川康子, 佐野朋子(2023) 架け橋期の子供の健康・生活を捉える尺度の検討, 日本幼少児健康教育学会誌, 第8巻, 第2号, 71-80.

本研究は、我が国の義務教育開始前後の年長児と小学校1年生を対象に健康・生活を捉える尺度を検討した。併せて、今回新たに開発した尺度を用いて学年や性別差を検討した。全ての項目に回答した計924名（回答率81.2%）を分析の対象とし、因子分析を行った。因子構造は、『活発な運動』、『楽しい生活』、『心と体の健康』、『睡眠習慣』、『生活スキル』、『健康な食事』の6因子30項目で構成された。本研究で抽出された6因子は、「幼児期の終わりまでに育ててほしい姿」の「健康な心と体」に関する内容を含んでおり、この時期の子供の健康や生活の実態を捉える尺度として信頼性及び妥当性を有していた。全ての因子得点の合計である『健康総合』は、年長児と比較し1年生の得点が高かった。1年生と比較し年長児において『睡眠習慣』が悪く、『楽しい生活』は年長児に比べ1年生の得点が低かった。『楽しい生活』と『生活スキル』は、女子と比較し男子の得点が低かった。本尺度を用いることは、幼児期の教育と小学校教育の接続に役立つ可能性がある。

- ・澤聡美, 萩原明人, 神川康子, 佐野朋子(2023) 新型コロナウイルス感染流行中の小学生のメンタルヘルスと生活習慣及びwell-beingとの関連性の検討, 第33回日本疫学会学術総会一般演題オンデマンド発表

本研究ではコロナ禍の小学生のメンタルヘルスに着目し、生活習慣及びwell-beingとの関連性を検討した。メンタルヘルスは、「イライラする」、「昼眠い」、「食欲不振」の3項目、生活習慣は、「学年」、「性別」のほか、「就寝時刻」、「起床時刻」、「朝食の摂取」、「スクリーンタイム（以下ST）」、「外遊び」、「運動頻度」の8項目、well-beingは、「学校が楽しいか」、「仲の良い友達がいるか」、「困ったときに家族に相談できるか」、「自分のことが好きか」の4項目でそれぞれ評価した。全てに回答した3,510名を解析の対象とし、メンタルヘルスに関する3項目をそれぞれ従属変数とし、生活習慣8項目とwell-beingの4項目を独立変数とした多変量ロジスティック

ク回帰分析を行った。メンタルヘルスに関する3項目で「要因あり」の子供の割合は、「イライラする」(15.6%)、「昼眠い」(25.9%)、「食欲不振」(7.5%)であった。他の変数を調整した後も3つのメンタルヘルス項目に共通して関連する要因は、「朝食の欠食」、「ST3時間以上」、「学校が楽しくない」、「困ったときに家族に相談できない」であった。コロナ禍の小学生のメンタルヘルスには、朝食摂取等の生活習慣のほかに、家族や学校、友達とのつながりが関連していた。

子ども・保護者・先生たちの 元気アップセミナー(報告)

新型コロナウイルス感染症の影響が長期化する中で、運動不足、生活リズムの乱れなど、様々な視点から子どもたちの心身の健康が心配されてきました。富山大学澤研究室では調査結果を踏まえ、2023年2月26日にセミナーを実施し、理論と実践から子どもたち、そして、子どもを取り巻く大人の元気アップを目指しました。アーカイブ動画を作成しました。ご活用いただければ幸いです。

第1部：13：30～15：00 講演

1. 2022年幼児と児童の健康調査報告(富山大学講師 澤 聡美)

資料



映像



2. 特別講演 (國學院大学教授 鈴木 みゆき 先生)

「かしこく、元気に、きげんよく一幼保小接続と生活習慣一」

資料



映像



3. 元気アップメッセージ (富山大学名誉教授 神川 康子)

「子どもたちの健やかな育ちに私たちができること」

資料



映像



第2部：15：15～16：00 みんなで運動不足解消！

リズムでるるるん♪「鈴木 みゆき先生の手遊び歌の紹介」

- | | | | |
|---------------|------|------|------|
| 1. はやおきマンたいそう | 1の映像 | 2の映像 | 3の映像 |
| 2. BABYピクス | | | |
| 3. ごりらのおすもう | | | |

各動画の最後に音源を入れました。録音してご活用ください。

本セミナーは、JSPS科研費 JP22K11633、第39回公益財団法人富山第一銀行奨学財団の助成(研究代表者：澤 聡美、共同研究者：神川 康子)を受けて実施しました。
第2部学生協力者：伊藤 藍里、遠藤 夏菜、寺口 夢音、土居 正弥、観堂 七緒、佐々木 香苗、平林 真奈
連絡先 〒930-8555 富山市五福3190 富山大学教育学部(人間発達科学部)澤研究室
Tel/Fax：076-445-6320 Email：sawa@edu.u-toyama.ac.jp

*2と3の音源は2024年3月まで使用可

4. 今後の展望

本研究を通して、コロナ禍の富山県の子どもの健康状態を把握し、学校や行政・地域と連携し、啓発活動を実施することができた。今後は論文化を進めるとともに、そこで得られた新しい知見を健康教育に活かし、啓発活動を継続していきたい。さらに、今回の研究で作成した健康生活調査尺度を用い、コロナ後の幼児と小学生を対象にしたアンケート調査を実施し、今後の研究に繋げていきたいと考えている。

研究題目	景観遺伝学的分析による哺乳類の歴史探索
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部理学系・准教授・山崎 裕治
分野	生物学・景観遺伝学・自然科学
キーワード	哺乳類, 生物多様性, 絶滅危惧種, 保全

1. 研究の背景と目的

富山県には、およそ 50 種類の哺乳類が生息している。しかし近年は、多くの哺乳類の個体数や生息地が減少しており、哺乳類の存続だけではなく、生態系全体の脆弱化が危惧されている。本研究では、私たちの身の回りに生息する哺乳類について、主にその象徴であるキツネに注目し、現在の生息環境および過去そして未来の状況を予測して、哺乳類を含む生態系の保全や持続性の確保に向けた提言を行うことを目的とした。このような目標の達成に対して、従来は、カメラトラップなどを用いた観察調査や、遺伝子を使った過去の推定、あるいは調査地における環境要因の評価が行われてきた。しかしこれらの方法では、調査可能地域や得られる生物情報が限定されてしまうことが課題となっていた。そのため最近では、対象生物の出現情報と対象地域の網羅的な景観情報を用いて、最大エントロピー原理を用いて対象生物の出現（生息）に適した場所を予測する MaxEnt モデルの活用が注目されている。

そこで本研究では、全ゲノム解析による網羅的な遺伝的特徴の把握に加えて、遺伝子分析と景観解析を融合した景観遺伝学的手法を採用し、富山県におけるキツネなどの哺乳類を網羅的に評価すること、さらに将来の生息状況を予測することを目的として、I. 目視および痕跡情報を用いた哺乳類の種同定、II. キツネのゲノム解析、III. キツネの景観分析、の研究を展開した。

本研究の遂行により、キツネなどの哺乳類の現状評価や保全に寄与することが期待される。それと同時に、本研究で確立した分析法は、他の生物、特に人間の身の回りで共存する多くの生物の実態解明や保全にも応用が可能である。

2. 研究方法

I. 目視および痕跡情報を用いた哺乳類の種同定

富山県における哺乳類の生息状況と種同定方法の確立のために、富山県内各地において、現地調査を行い、哺乳類の目撃情報の記録および爪痕、食痕、そして糞などの痕跡情報を収集した。

目視および痕跡情報に基づく種同定は、先行研究^{1,2}に基づき行った。ただし、形態情報に基づいて痕跡を種同定する場合は、その正確性が劣る場合があるため、遺伝子分析を併用した。

遺伝子分析において、現地調査において採取した糞を研究室に持ち帰り、核酸自動精製システム Maxwell RSC Instrument（プロメガ）において、Maxwell RSC PureFood GMO and

Authentication Kit を用いて DNA 抽出を行った。得られた DNA サンプルについて、先行研究³のプライマー (L2513/H2714) を用いて PCR 増幅を行い、精製した後にダイターミネーター反応を行い、ジェネティックアナライザ ABI3500 を用いて、ミトコンドリア DNA16S rRNA の部分領域の塩基配列 (約 250 ベースペア) を決定した。得られた配列について、NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) の BLAST サーチにおいて、該当種を探索した。

II. キツネのゲノム解析

上記 I において、富山県内で収集されたキツネサンプルを用いて、個体レベルの遺伝的特徴を明らかにするために、マイクロサテライト DNA 分析を行った。上記 I で抽出した DNA サンプルについて、複数のマイクロサテライト遺伝子座⁴を対象として、蛍光標識プライマーを用いた多型的 PCR およびジェネティックアナライザ ABI3500 を用いたフラグメント解析を行った。得られた波形データに対して、GeneMapper を用いてピーク検出を行い、アリルを確認した。そして、複数遺伝子座のアリル組成に基づき、個体ごとの遺伝子型を決定した。

また、富山県内の 1 個体および他県の 4 個体のキツネの筋肉サンプルから抽出した高精度の DNA サンプルについて、全ゲノム解析委託を行った。得られたリードについて、fastp を用いてクオリティコントロールし、低品質の塩基などを除去した。その後、BWA-MEM2 を用い、リードをリファレンスゲノムへマッピングした。GATK4 (Broad Institute) を用い、重複リードをマークアップした後、バリエーション情報を gVCF フォーマットで抽出した。各個体の gVCF ファイルから Genomics Data Base を作成し、joint genotyping を実施して Multi-sample VCF を取得した。バリエーションを SNPs と Indels とに選別し、それぞれ異なる閾値で Hard-filtering を実施した。得られたバリエーションを事前情報として供し、Base Quality Score Recalibration を行った。その後、較正後のマッピングファイルを用い、バリエーション抽出から Hard-filtering までを再度実施した。得られた高品質なバリエーションデータをリファレンスゲノムに適用し、各個体の染色体レベルの全ゲノムアセンブリを構築した。また、常染色体上の SNPs のみを選抜し、ModelTest-NG および RAxML-NG を用いて全ゲノム系統樹を最尤推定した。

III. キツネの景観分析

富山県におけるキツネの生息適地を明らかにするために景観分析を行った。

まず、上記 I および II において、キツネの生息が確認された地点および過去の文献情報に基づいて、富山県におけるキツネの出現地点を把握した。この際、狭い範囲内に出現場所が集中すると空間自己相関の影響が生じ、生息適地予測に影響することを考慮して、単一の 3 次メッシュ (1km 四方) 内に複数の出現地点がある場合、そのうちメッシュの中央に最も近い 1 つだけを選抜して解析に供した。

次に、キツネの生息に影響すると考えられる要因として、富山県全域の 3 次メッシュに記載されている環境情報 (地形、土地利用、気象、植生) について、国土交通省国土数値情報ダウンロードサイト (<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>) からダウンロードした。解析には、降雪量、降雨量、

水田面積，建物面積，道路面積を用いた。これら要因の選抜にあたって，事前により多くの要因との相関関係を調べ，高い相関係数を示した要因は除外した。例えば，降雪量は，標高，傾斜角，日照時間と強い正の相関を示し，気温は強い負の相関を示した。そのため，降雪量を調べることで，強い相関関係を有する他の要因の状況を検討することも可能となる。また，国立環境研究所が提供する日本全国標準土地利用メッシュデータ ver1.2 の3次メッシュ情報のうち，植生に関する情報を抽出し，森下の群集の多様度を算出し，これを植生多様度として解析に供した。

これら情報をQGIS ver 3.10.4 (<https://www.qgis.org/ja/site/forusers/download.html>) を用いて整列させ，環境情報についてはラスタ形式に変換した。以上のキツネの出現場所情報と環境情報を用いて，MaxEntモデル⁵⁾に基づき生息場所の予測（出現確率の算出）を行った。さらに，MaxEntのProjection機能を用いて，過去の景観情報あるいは将来を想定した景観情報を入力した際におけるキツネの出現確率の変化を評価した。この際，上記国土交通省のダウンロードサイトから1976年度の情報を採用し，当該年度の生息状況を推定した。また，約100年前を想定して，建物面積を2割減少（現在比），植生多様度を2割増加，降雪量を2割増加させた情報を用いて解析した。一方，将来の人為開発の増加および温暖化の進行を予測して，建物面積を1割あるいは2割増加，植生多様度と降雪量をそれぞれ1割あるいは2割減少させた情報を用いた解析も実施した。

3. 研究成果

I. 目視および痕跡情報を用いた哺乳類の種同定

目視および痕跡における形態情報に基づく哺乳類の種同定を行った。富山県中央部の呉羽丘陵（主に呉羽山と城山）における調査の結果，目視，爪痕，足跡，糞（外見）の情報に基づき，キツネ，ノウサギ，タヌキ，アナグマ，ニホンカモシカ，ハクビシン，そしてアライグマの生息を確認した。このうちアライグマは，呉羽丘陵では初めての確認となった。

富山県内各地から採取した哺乳類の糞を用いたDNA分析を行った結果，キツネ，タヌキ，ニホンカモシカ，テン，イタチ，そしてニホンザルのDNAを検出した。これら各種については，互いに塩基配列が明らかに異なることから，糞由来のDNAを用いて，これらの種の検出および同定を行う方法を確立することができた。

また，呉羽丘陵における調査において，同じ地点（数mの距離）において採取された糞のうち，一方がキツネ，もう一方がテンであることが示された。この結果は，両種が同一地点を生息範囲として活用していることを意味すると共に，糞由来DNAによる種判別の高い実用性を示し，保全のための基礎資料となる生態情報の収集に有効であることが示された。

II. キツネのゲノム解析

富山県内で収集されたキツネサンプルを用いて，個体レベルの遺伝的特徴を明らかにするために，マイクロサテライトDNA分析を行なった。個体ごとのアレル組成を比較した結果，14種

類の遺伝子型が検出され、本種は高い遺伝的多様性を保持していることが示唆された（図 1）。

また、同一地点や近隣地域において、複数の遺伝子型が検出された。このことは、本ゲノム解析が高い分析能を有していることを示唆している。その一方で、遺伝子型 G が、県内の広範囲で検出された。これらのことから、遺伝的特徴に基づく個体レベルの識別を行うためには、今後より詳細な分析が必要であると考えられる。

さらに、キツネの全ゲノム解析の結果、富山県の個体において 399,451,601 リード×150 ベース×2 = 119,835,480,300 ベース（約 120 ギガベース=1200 億塩基対）の配列情報を取得できた。各塩基座位にけるクオリティスコアは極めて高いことが示された（図 2, 3）。また、クオリティコントロール後においても約 70%にあたる約 84.2 ギガベースの配列情報を確保した。他県の 3 個体についても、同様のデータ量の配列を取得した。栃木県の 1 個体においては、グラム陰性細菌のメタゲノムが検出され、キツネの配列はほとんど得られなかった。原因として、このサンプルでは腐敗が進行していた可能性がある。

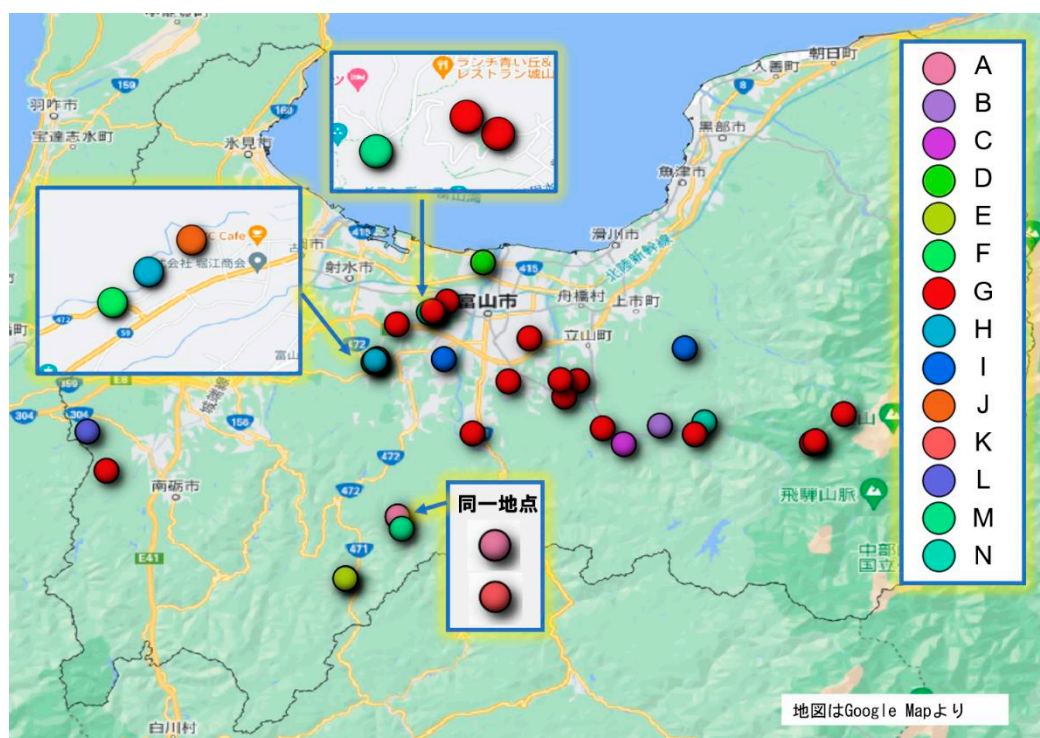


図 1. マイクロサテライト DNA 分析に基づく富山県におけるキツネの遺伝子型パターン。

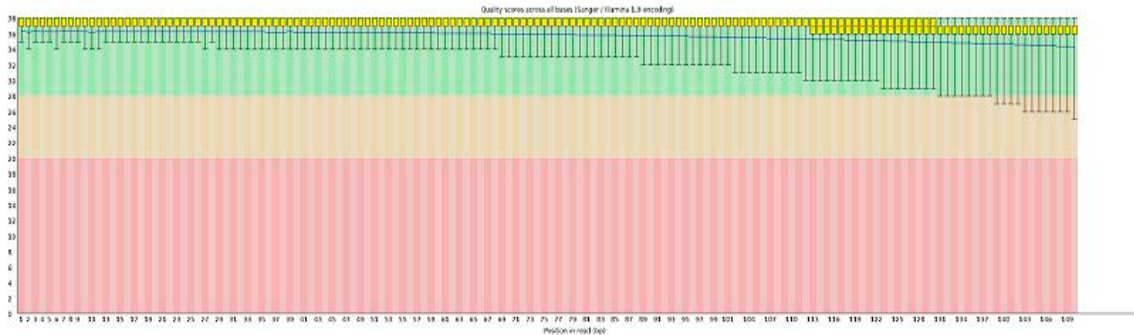


図2. キツネ全ゲノム解析結果における塩基座位（横軸：1～150 塩基目）のクオリティスコア。

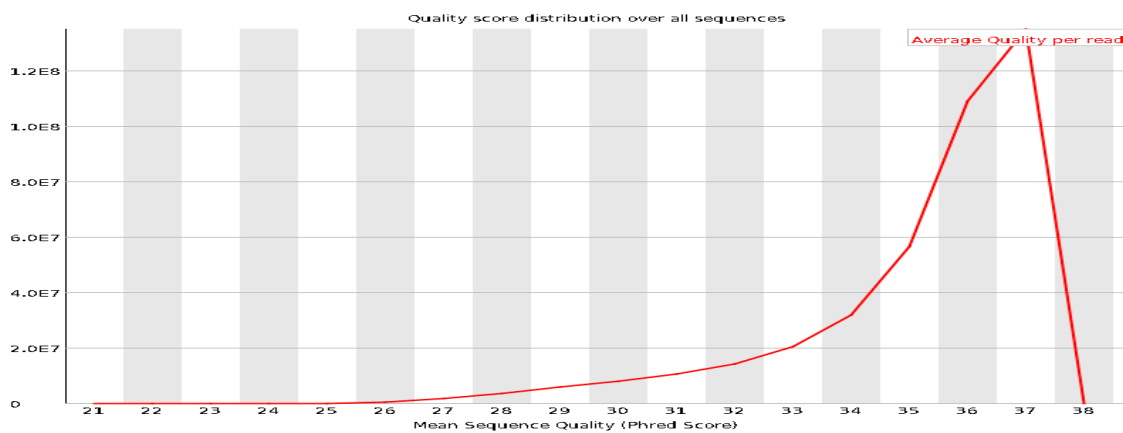


図3. キツネ全ゲノム解析結果における平均クオリティスコア（横軸）の頻度（縦軸）。

マッピングの結果、個体あたりの各染色体における被覆率は90%以上、常染色体の平均被覆深度は30から40倍程度、性染色体の被覆深度は約20倍程度であった。バリエント検出の結果、大陸の飼育個体のリファレンスゲノムに対し、4個体で約1300万座のSNPsを検出した。これらのSNPsおよびIndelsのデータをリファレンスに適用し、4個体分の全ゲノムアセンブリ（それぞれ約2.4ギガベース）を取得した。これまで、野生のキツネ（アカギツネ）の全ゲノムアセンブリは報告されていないため、世界初の成果と言える。今後、これらのバリエントやアセンブリを用いて詳細な解析を実施することで、キツネの過去の個体数の歴史的な変化や、地域間の遺伝的類縁関係など、キツネの進化過程の解明が期待される。

常染色体上のbiallelic SNPsのみを検出した結果、約1200万座の多型を取得した。それらのデータを用いて系統樹を推定した結果、日本のキツネは大陸のキツネとは大きく異なる遺伝的特徴を有することが明らかになった（図4）。また、日本のキツネの中における富山県の個体の系統的な位置が明らかになった。

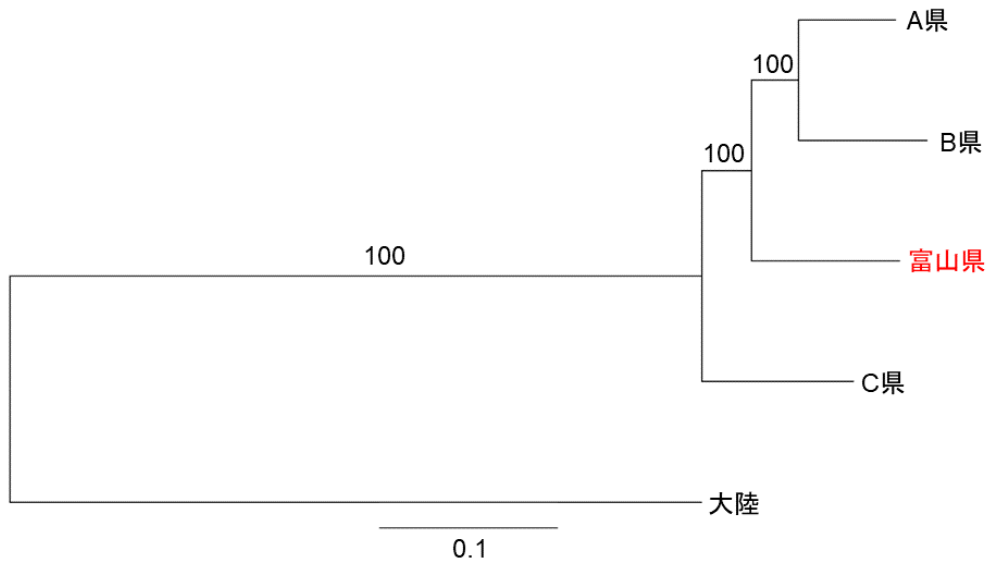


図 4. 全ゲノムデータに基づいて最尤推定したキツネの個体間系統樹。

III. キツネの景観分析

MaxEnt を用いてキツネの生息適地を推定した結果、ROC (Receiver Operating Characteristics) 曲線の AUC (Area Under the Curve) 値は 0.800 を示した。この値が 0.750 を超える場合、高い予測の信頼性を有することを意味するため、本結果は十分に高い予測精度を持つモデルであると判断される。

MaxEnt モデルに基づく解析の結果、各メッシュにおけるキツネの出現確率が得られた (図 5)。その結果、県内の平野部から中山間地域までの広い範囲において、キツネの高い出現確率が示された。その一方で、高山帯における出現確率は低かった。

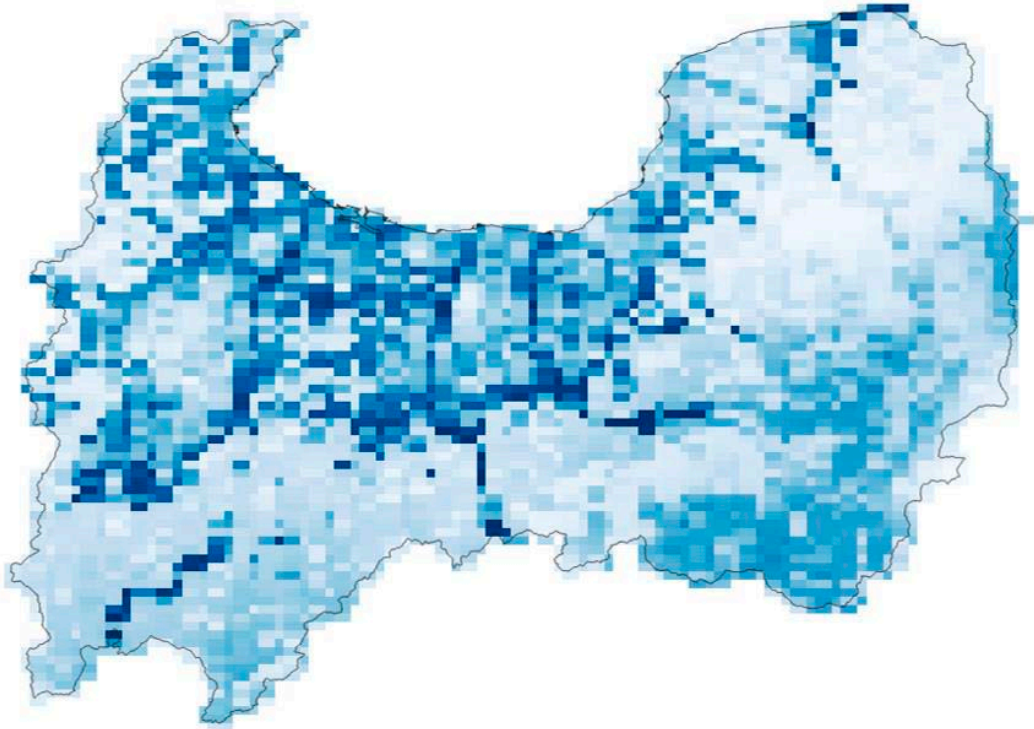


図 5. MaxEnt モデルにより予測されたキツネの出現確率。青が濃いほど、確率が高い。

出現に対する環境情報の寄与率は、建物面積において最も高く（47.2%）、次いで植生多様度が高い（30.4%）ことが示された（図 6）。これ以外の要因の寄与率は、積雪深（13.8%）、降水量（6.1%）、道路面積（1.3%）、そして水田面積（1.3%）の順であった。寄与率の高かった環境情報の反応曲線において、建物面積においてはその変数値が小さい時に出現確率は高く、値が大きくなるにしたがって、その確率は低下する傾向が示された（図 6）。また、植生多様度については、値が大きいくほど出現確率が増加した。

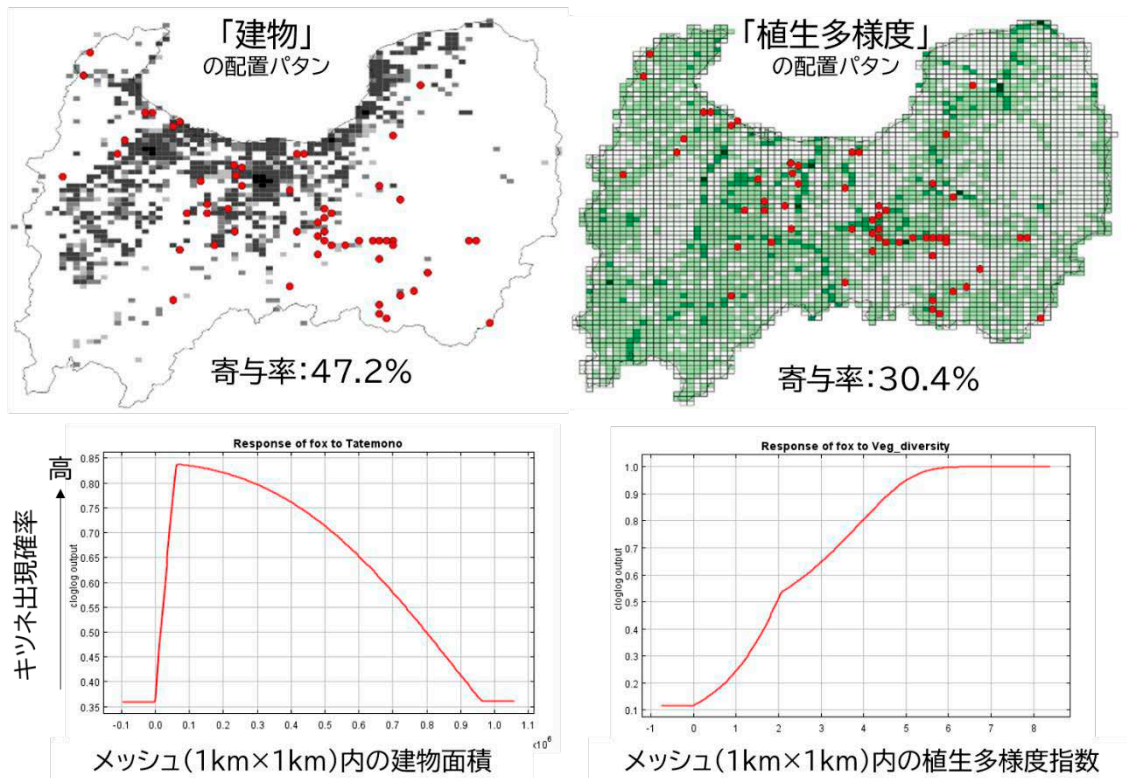


図 6. 寄与率の高かった環境情報の分布状態（上）と MaxEnt モデルによる出現確率に対する反応曲線（下）。分布状態では、いずれも色が濃いほど存在確率が高い。

これらの結果、富山県におけるキツネの出現確率が高い、すなわち生息に適した場所は、建物が少なく、植生が多様な場所であることが明らかになった。建物の少なさにおいては、キツネが市街地にも希に出現する一方で、多くは中山間地を利用していることを意味する。また、植生の多様度は、単に植物の本数や面積ではなく、様々な植物が存在する状態（植物の多様性が高い状態）を指す。キツネは主に肉食性であるため、植物の多様さそのものよりも、高い植生多様度の地点において、キツネの餌となる昆虫や小型哺乳類が豊富であることと関連すると考えられる。

さらに、MaxEnt の Projection 機能を用いて、過去と将来の生息適地の変動を予測した。現在におけるキツネの出現確率が 0.5 以上の地点（メッシュ）数を 100 とした時の相対値で表すと、過去の推定値は 1920 年代が 161 であり、1976 年は 96 であった（図 7）。1920 年代は今よりも植生が多様であったため、餌資源や生息場所が豊富で、キツネの生息に適していたと考えられる。これに対して 1976 年は、現在の数値と比べて低下していたが、誤差の範囲内と解釈できる一方で、高度成長期における土地利用の影響を受けて、現在と比べて、キツネにとって住みにくい時代だった可能性も否めない。

一方、将来の土地利用や温暖化を想定した場合、その影響が今より 1 割増加した場合の出現適地は 70 であり、2 割増加だと 49 であった（図 6）。いずれも生息適地の低下が示されたことから、将来において、キツネの生息が危惧される状況が予測される。

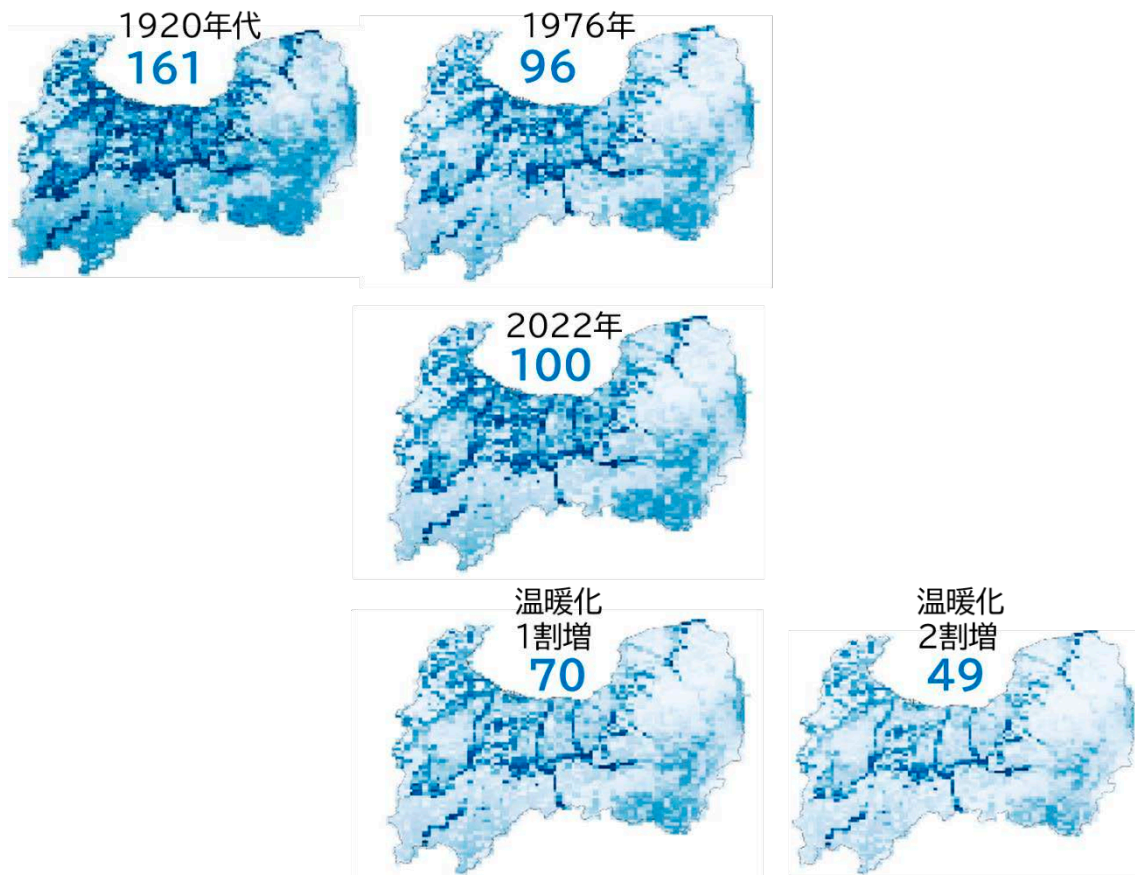


図 7. MaxEnt の Projection 機能を用いたキツネにおける生息適地の変動予測。数値は、2022年におけるキツネの出現確率が 0.5 以上の地点を 100 とした時の相対値を示す。環境条件の変動内容は、本文参照。

4. 今後の展望

本研究において、キツネにおける遺伝子分析に基づく個体レベルの特徴、ゲノム情報、そして生息に適した環境情報の検出に成功した。これら情報は、減少傾向にあるキツネの保全をする上で活用することができ、個体レベルの管理および環境復元に貢献することが期待される。

また、本研究で確立した遺伝子分析および景観分析を、他の生物に対して活用することで、生物多様性や生態系全体の保全に寄与することが可能となる。例えば昨今、国際的な目標であり、日本では環境省が中心となって取り組んでいる「30 by 30 目標（2030年までに国土の30%以上を保全する目標）」の達成に向けた自然共生サイトの認定が進められている。これには、行政だけでなく、企業・金融機関の参加も増えており、その認定のための基礎資料となる生物多様性情報の収集に対して、本成果が貢献することが期待される。例えば、研究者らのグループでは、自然共生サイト認定に向けて、本成果を応用した生物多様性評価指標の策定方法を開発中である。

以上のことから、本研究の成果は、生物多様性や生態系、およびそこから得られる恩恵を持続的に享受する SDGs の達成にも資するもの考えられる。そして人間生活の豊かさの向上、すなわち human well-being の実現にも寄与することが期待される。

5. 参考文献

1. 關義和・江成広斗・小寺祐二・辻大和 (2015) 野生動物管理のためのフィールド調査法. 436 頁. 京都大学学術出版会, 京都.
2. 伊藤隼・佐藤真・山崎裕治 (2022) 痕跡調査とカメラトラップ調査に基づく富山県における特定外来生物アライグマ (*Procyon lotor*) の生息状況. 哺乳類科学 62: 247-255.
3. Kitano T, Umetsu K, Tian W, Osawa M (2007) Two universal primer sets for species identification among vertebrates. International Journal of Legal Medicine 121: 423-427.
4. Tada T, Seki Y, Kameyama Y, Kikkawa Y, Wada K (2016) Characterization and application of newly developed polymorphic microsatellite markers in the Ezo red fox (*Vulpes vulpes schrencki*). Genetics and Molecular Research 15: gmr15049104.
5. Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modeling 190:231-259.

研究題目	ラマン分光法を用いた加齢卵子の質低下の原因解明
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部工学系・特命助教・小池 誠一
分野	細胞生物学
キーワード	ラマン分光法、卵子

1. 研究の背景と目的

加齢とともに妊娠成功率が下がるため、妊娠を望む女性の高齢化が進む我が国では、不妊症に苦しむカップルが増え続けている。これまでの研究から、加齢による妊娠率低下には、卵子の“質”の低下が関係することが分かっている。しかし、この“質”が科学的に何を意味するのかはこれまで明らかになっていない。そこで申請者は、不妊症を解決するためにはまず“質”の実態を明らかにしなければならないと考え研究を開始した。質の実体解明が遅れている原因として、加齢卵子を得るためには時間と費用がかかることから、生化学的実験などのための十分な試料を得ることが難しいことが挙げられる。逆に言えば、少数のサンプルから網羅的データが得られれば、卵子の変容メカニズムを解明できるのではないかと考えた。

そこで、申請者は少数のサンプルから網羅的情報を抽出する手法として、ラマン分光法による分析を取り入れた。ラマン散乱光は光が物質と作用し入射光から振動数がシフトした光のことである。そのシフトは物質に含まれる分子結合の固有振動数のため、細胞ヘレーザーを照射した時に得られるスペクトルから、細胞の分子組成やそれらの状態を推測できる。例えば、分子生物学手法では扱うことが難しい分子（脂質やリン酸など）の細胞内挙動の可視化や、分子状態（シトクロム C の酸化還元状態など）を知りこともできる（文献1）。また、個々の卵子にレーザー照射するだけで、非侵襲的に細胞を構成する分子の網羅的情報を得られるため、少数のサンプルがあるだけで膨大なデータを得ることができる。これまでのオミクス解析では、プロテオームではタンパク質の発現データ、トランスクリプトームでは mRNA の発現データといったように一つの生体物質のみを扱うのに対して、ラマンスペクトルでは細胞を構成する全ての分子からの情報が反映されていることから、究極のオミクスデータである。そのため、ラマンスペクトルを解析することで、これまでの研究手法では明らかにできなかった新たな卵子の加齢の分子メカニズムを明らかにできると考えた。

本研究の成果によって、卵子の“質”の本質が理解できれば、それを元に卵子を再活性化させる方法を確立することによって、加齢卵子を若返らせ、妊娠率の向上に寄与できる可能性がある。現在、日本で 50 万組以上いる不妊に苦しむカップルが持つ不妊治療のために費やしている経済的負担、精神的不安、頻繁に必要な通院や診察のための時間を軽減させることができる。またこれによって子供の数が増えれば、社会問題となっている少子化問題の解決に貢献できる。また本研究で得られた技術や知見を、卵子以外の細胞にも適応することができれば、老化関連疾患の理解と予防・治療に応用できる可能性がある。

2. 研究方法

実験マウス

研究に用いる卵子を採取するため、各週齢の ICR マウスを三協ラボサービスから購入もしくは富山大学動物実験施設から譲り受けることで用意した。特に高齢マウスは高価であるため、動物施設の業務で使われていて、高齢のため廃棄される予定のものを譲り受けることで、実験に使う動物の数を減らすように努めた。

卵子の採取

1 日目に PMSG(血清性性腺刺激ホルモン)を 8 U 腹腔内注射。3 日目に hCG (胎盤性性腺刺激ホルモン)を 8 U 腹腔内注射することで過排卵を誘導した。過排卵処理を施した雌マウスを hCG 投与 15~17 時間後に安楽死させ、子宮、卵管、卵巢および脂肪の一部を取り出し、濾紙上で卵管のみを切り取り、血液や脂肪を除去した。卵管を、受精用ディッシュ内の流動パラフィン中に沈め、解剖針で膨大部の卵管壁を引き裂き、放出した卵子塊を取り出した。卵丘細胞を取り除くために、最終濃度 0.1% になるようにヒアルロニダーゼを添加し、CO₂ インキュベーター内 (37° C、5% CO₂、95% air) で 30 分培養した。その後、薬剤を適時添加して培養を続けた。

ラマン計測

Ti-E 顕微鏡 (Nikon) に RPM-532 レーザー (Airix) を設置し、x63 接眼レンズをあを通して卵子にレーザー照射した。ラマン散乱光は、ダイクロイックビームスプリッター (LPD02-532RU-25x36x1.1, Semrock) とロングパスフィルター (LP03-532RE-25, Semrock) によって分離した。散乱光はマルチモードファイバー (コア径 50 μm) を介して検出し、CCD (iVac, ANDOR TECHNOLOGIES) を備えた分光器 (SP2150, Teledyne Princeton Instruments) に接続した。各試料のラマンスペクトルは、露光時間 60 秒、2 回

積算で取得した。卵子は石英ガラスボトムディッシュの上に作った TBS (Tris-Buffered saline) のドロップに卵子を一つずつ入れてステージにセットした。1 個の卵子に対して、任意の 5 点もしくは 9 点を選び計測を行なった。

実験方法

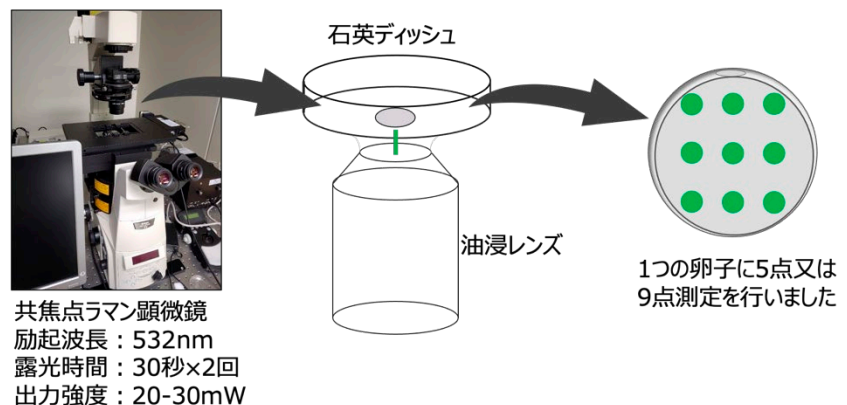


図 1. 卵子のラマン計測方法

卵子内 ATP 量の測定

ATP Assay kit Luminescence (Dojindo) を用いて計測した。卵子 15 個を入れた 96 ウェルプレートを用いて、説明書通りに実験を行なった。

3. 研究成果

加齢卵子での機能異常を明らかにするために、若齢（6週齢）、加齢マウス（1年齢）それぞれから採取した卵子の正常発生率を調べた。胚盤胞までは大きな変化が見られなかったが、受精卵を代理母マウスに戻した時の、加齢卵子からの産仔数が少なかった（図1）。このことから、実際に加齢によって卵子の“質”が低下し、出産率が低下することがわかった。

そこで、その“質”が何に由来しているのかを明らかにするために、ラマン顕微鏡を用いた計測を行なった。6週齢マウスから得られた卵子に比べて、1年2ヶ月齢、1年7ヶ月齢へと加齢するにつれて、いくつかのピークに有意な差が見られることがわかった。ラマン分光法によって得られるそれぞれのラマンシフトのピークが何の分子もしくは分子状態に帰属するかは先行研究で明らかにされている。そこで加齢によって変化しているピークの帰属を、その帰属表と照らし合わせると、加齢によってシトクロム C（ミトコンドリアの機能変化）、脂質に由来するシグナルが増大していることが分かった（図2）。

そこで次に、ラマン分光法を用いた解析から得られた、加齢卵子でシトクロム C に帰属するラマンスペクトルが増強している原因について検討した。ウェスタンブロットによってシトクロム C タンパク質の発現量を調べたが若齢卵子と加齢卵子で大きな変化は見られなかった。次に他グループが、「還元型」シトクロム C は「酸化型」シトクロム C に比べて高いラマンシグナルを示すことを報告している（文献2）ことから、加齢卵子では「還元型」シトクロム C が増加しているのではないかと考えた。そこで、シトクロム C の酸化を担う呼吸鎖複合体 IV の特異的阻害剤 (KCN) を若齢卵子に投与したところ、加齢卵子と同様のラマンスペクトル変化を示したことから、加齢卵子では、呼吸鎖複合体 IV の機能が低下し、「還元型」シトクロム C が異常に増加していることが示唆された。ここで興味深いこととして、ミトコンドリア呼吸鎖の機能阻害によって、脂質分子由来のスペクトルも加齢卵子同様に増加していた。この結果から、加齢卵子で見られた脂質分子由来のスペクトル増加はミトコンドリア機能低下と深い関わりがあることが判明した。

これと並行して、加齢卵子でミトコンドリア呼吸鎖の機能が本当に低下しているの

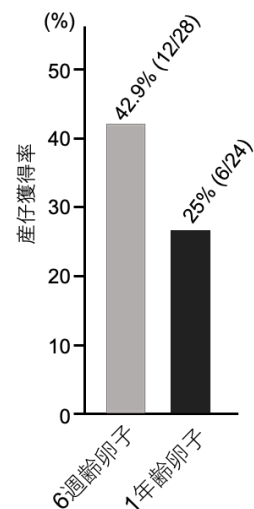


図2. 卵子の加齢によって産仔数が減少する

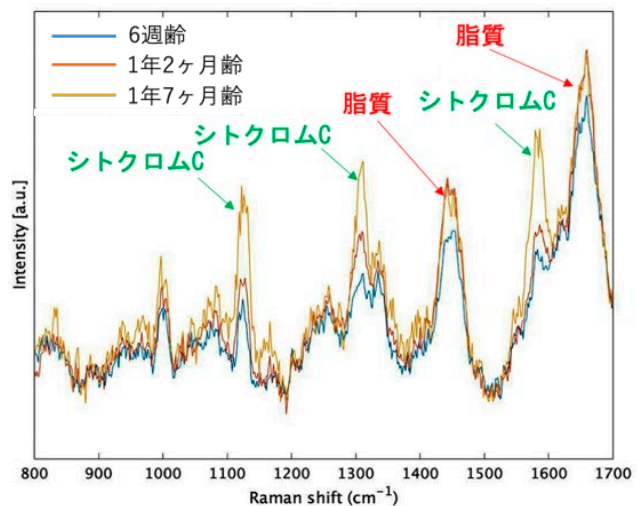


図3. 加齢するに従いシトクロム C (緑) や脂質 (赤) シグナルが強くなっている。

かを調べた。まず加齢卵子では若齢卵子に比べて有意に卵子内の ATP 量が減少していることがわかった。更にミトコンドリアの膜電位も加齢卵子で低下していることが明らかにすることができた。これらの結果から、加齢に伴って卵子では、ミトコンドリア呼吸鎖の機能が低下していることがわかった。

4. 今後の展望

今後も、継続して加齢卵子で起こっている変化を、ラマン分光法を用いて明らかにしていく。すでにミトコンドリア呼吸鎖の機能が、加齢によって変化していることを明らかにした。すでに多くのグループが加齢によってミトコンドリアの機能が低下していることは報告しており（文献3）、加齢にはミトコンドリア機能が大きく関わっていることが分かっている。しかし、ミトコンドリアに存在するどの分子が加齢に直接関わっているのかはわかっていない。実際、ミトコンドリア呼吸鎖は複合体 I~V からなるとともに、それぞれの複合体は多くのタンパク質から構成されており非常に複雑である。そこで、ラマン分光法を駆使することで、加齢によってどのミトコンドリア呼吸鎖複合体のどのタンパク質にどのような変化が起こっているのか？その加齢の根源を分子レベルで明らかにしていく。もしその分子が同定できれば、申請者がこれまでに開発してきたリポソームを用いて必要なタンパク質を目的のオルガネラまで送り届ける手法（文献4）を用いて、その機能を再活性化し、卵子を若返らせることができるのではないかと考えている。

5. 参考文献

1. Asaoka, Kiyomatsu, Miura, et al., *J. Biomed. Opt.* (2022) 11, 115002
2. Okada, Smith, Palonpon, et al., *P.N.A.S.* (2011) 109, 28-32
3. Lima, Li, Mottis, and Auwerx, *Nat. Aging* (2022) 2, 199-213
4. Koike and Jahn, *Biochem. J.* (2022) 479, 273-288

研究題目	二酸化炭素からエタノールへの新規合成技術の開発
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部工学系・准教授・楊 国輝
分野	触媒プロセス工学
キーワード	二酸化炭素、水素化、カルボニル化、エタノール

1. 研究の背景と目的

日本は2050年までに二酸化炭素(CO₂)の排出を全体としてゼロにするという目標を掲げ、カーボンニュートラル社会の実現を宣言した。この目標の達成には、化学品や医薬品産業においても重要な課題である医薬品の原料多様化が存在している。化学品と医薬品の多様な原料供給とCO₂の資源化は、持続可能な未来を見据えた日本の戦略的な取り組みとなっている。化学品や医薬品産業は、人々の生活に欠かせない存在である。しかし、従来の製造には化石燃料由来の原料が多く使用されてきた。これにより、環境への負荷や資源の枯渇といった課題が浮き彫りになってきた。そのため、持続可能な社会を築くためには、化学品や医薬品の原料の多様化とCO₂の有効活用が重要なテーマとなっている。

この研究は二酸化炭素(CO₂)をC1化学的な原料として、基礎医薬品と化学品であるエタノールの新規合成ルートを実現するために、その触媒および反応ステップの探索を目的とする。申請者らは新規カプセル触媒でジメチルエーテル(Dimethyl ether: DME)と合成ガスからエタノールまでのタンデム反応を一段で遂行できた[1]。先行研究に基づいて、図1に示すような数段階のタンデムステップを計画し、二酸化炭素からエタノールを選択的に合成できる新たなルートと触媒を新規に開発する。計画する金属担持触媒(CuやFe系など金属、及びAl₂O₃やゼオライトなどの酸性担体)の上で①、②、③反応ステップを動かせ、メタノールを経由し、最終に適切なモル比を持つDMEとCOの混合ガスを合成する。次に、ゼオライト触媒を経由して、④のカルボニル化反応によりCOをDMEに挿し、生成した酢酸メチル(Methyl acetate: MA)が⑤のステップで水素化され、最終に高選択率でエタノールの合成を実現する[2, 3]。従来のCO₂からのエタノール合成と異なり、この新たな「二酸化炭素からの新規エタノール合成」ルートを確立し、将来の工業化生産を目指す。従来の二酸化炭素を原料とするエタノールの合成は高いコストの触媒、又は電気化学反応を用いて、低選択性と低効率な問題が大体に伴い、実用化のハードルは非常に高い。本研究は斬新なCO₂ to

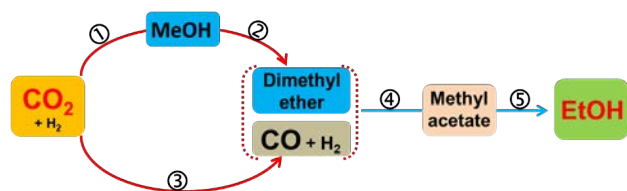


図1、CO₂からエタノールへの新規合成ルート：
①水素化反応、②脱水反応、③逆水性ガスシフト反応、④カルボニル化反応、⑤水素化反応

EtOH というタンデムなルートを開拓し、厳密な触媒化学に規定されたエタノールの生産ルートを CO₂ から実施し、大量に CO₂ を化学転換できる新規ルートの開発を目指す。これに合わせて、触媒設計、性能評価、触媒構造解析と反応メカニズム解明を行った。

2. 研究方法

研究を実施するために、以下の三の研究内容を行った。

(a) メタノール自体を助触媒とする新規低温メタノール合成

共沈法によって MgO 含有量を変えた Cu/ZnO/MgO 系触媒を調製し、CO₂ を含む合成ガスからの低温メタノール合成におけるメタノール自体助触媒を通じた反応活性を評価した。沈殿過程での Mg²⁺の影響については、触媒前駆体の形成と組成について詳細に検討した。焼成および還元された触媒の構造特性に及ぼす MgO 含有量の影響も、複数の分析方法によって研究された。反応活性との関連性を明らかにするために、メタノール合成の TOF (turnover frequency) と STY (space time yield) と Cu 結晶粒径、CuO 表面積、弱塩基および中程度塩基部位の量との相関を解明した。さらに、低反応温度で高いメタノールの STY を実現するための高効率メタノール合成プロセスを開発した。

(b) スパッタリング法による高性能カルボニル化反応用ゼオライト触媒の開発

粉末の H-MOR (東ソー : Si/Al = 9 (モル比)) を 20~40 mesh に整粒した H-MOR (東ソー) の 2 つの担体を用意し、マッフル炉で高温焼成を行った (前処理)。前処理終了後、すぐにサンプル管に保存した。ターゲットとして Cu 板を取り付けたバレルスパッタリング装置に保存した担体を入れ、装置内の圧力が 9.9×10^{-4} Pa まで下がってから、高純度 Ar (99.9999%) を装置内が約 6.5 Pa になるまで導入し、RF 値 300W、時間の 20 分でスパッタリングを行った。また、スパッタリング時間を 10, 20, 30, 40 min に変更し、スパッタリングを行った後、触媒を回収し、EDX 分析を行うことで、Cu 担持量を測定した。カルボニル化反応において、調製したゼオライト触媒の性能を評価した。

(c) 効率的なエタノール合成を実現するためのナノフィラメント型ゼオライト触媒開発

直径制御されたナノフィラメント状の MOR ゼオライトの新規合成法を提案した。この種の MOR ゼオライトの合成プロセスは非常に簡単で、高価または複雑なテンプレートを使用しないである。合成された MOR 単結晶の形態は楕円体、ナノシート、ナノピラー、ナノロッド、ナノフィラメントが含まれる。この新規合成法では、アミノ酸またはポリオキシエチレンオレイルエーテルを添加剤として、結晶体の過剰成長を特定の方向に制御することで、結晶体の成長を抑制する。さらに、一段階のエタノール合成ルートにおいて、DME カルボニル化反応と水素化反応を組み合わせ、ナノフィラメント型 MOR 触媒の性能を評価した。

3. 研究成果

研究の結果について、以下の三の項目で記述している。

(a) メタノール自体を助触媒とする新規低温メタノール合成

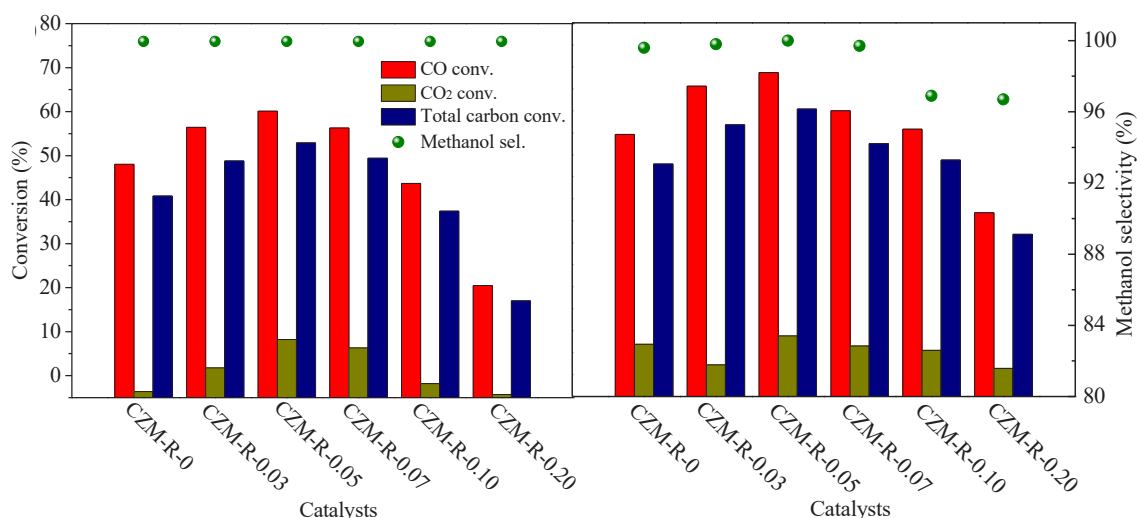


図2 メタノール自体助触媒なしのCu/ZnO/MgO触媒と0.003 mL/minのメタノール自体助触媒を使用した場合の、CO、CO₂、および総炭素の転化率（左）、および（右）。反応条件：触媒重量=0.5 g、反応温度=200℃、反応圧力=7.0 MPa、H₂/CO₂/CO/Ar=60.30/4.86/29.80/5.04、GHSV=1800 mL g_{cat}⁻¹ h⁻¹。

図2はメタノール自体助触媒なしのCu/ZnO/MgO触媒（左）と0.003 mL/minのメタノール自体助触媒を使用した場合（右）の触媒活性を示している。メタノール自体助触媒が存在しない場合、CZM-R-0触媒のCO、CO₂、および総炭素の転化率はそれぞれ48.0%、-3.6%、40.8%であった。CO₂の転化率が負値であることから、供給ガス中の微量のCOが水蒸気ガスシフト(WGS: water-gas-shift)反応によってCO₂に変換されたことが示される。MgOの含有量を0から0.05に増加させることにより、COとCO₂の転化率がそれぞれ48.0%から60.1%、-3.6%から8.2%に向上し、総炭素の転化率も40.8%から52.9%に増加した。これらの結果は、微量のMgOの添加が低温メタノール合成の触媒性能向上に有益であることを明らかに示している。しかし、MgOの含有量が0.05を超えると、特にCZM-R-0.10とCZM-R-0.20の方ではCO、CO₂、および総炭素の転化率が低下し、CZM-R-0触媒と比較して総炭素の転化率ははるかに低いことが示された。過剰なMgOの添加はCu/ZnO触媒の触媒活性向上には好ましくないことを示している。0.003 mL/minのメタノール自体助触媒を導入すると、すべての触媒のCO、CO₂、および総炭素の転化率が著しく増加し、添加されたメタノールが自体助触媒として低温メタノール合成反応を促進していることが示された。すべての触媒の中で、CZM-R-0.05が最も高いCO(68.7%)、CO₂(8.8%)、および総炭素の転化率(60.4%)を示した。

(b) スパッタリング法による高性能カルボニル化反応用ゼオライト触媒の開発

スパッタリング法により調製した触媒(HMS-P@Cu, HMS-G@Cu)が高いSTYを示した。スパッタリング法では、金属を直接でゼオライト担体に担持することが可能であるため、伝統的焼成プロセスが要らないである。そのため、焼成分のシンタリングを抑制でき、高いSTYを示したと考えられる。また、スパッタリング法で調製した触媒を比較すると、HMS-G@Cuの方が高いSTYを示

した。そこで、整粒したゼオライトにより多くの Cu を担持させることで、更なる性能向上を試みた。Cu の担持量を増加させることで、H-MOR の結晶度が若干低下したが、大きな差異は見られなかった。Cu 担持量を増加させた HMS-G@Cu 触媒の反応結果を図 3 に示す。Cu 担持量を増加させることで、MA の STY 増加が見込めたが、0.65wt%以上 Cu を担持すると、STY の値がほとんど変化しないことがわかった。また、1.01wt%と 1.20wt%の触媒を比較すると、1.20wt%の触媒の方が若干ではあるが STY が低いという結果が得られた。この理由は、スパッタリングの原理が関わっていると考えている。スパッタリング法は金属粒子をゼオライトに担持することができる触媒調製法である。そのため、高い STY を示したと考えているが、スパッタ時間を延長することで、ゼオライト上に Cu が堆積していくことが考えられる。そのため、Cu 粒子がゼオライト全体を被覆してしまい、チャンネルが塞がれてしまう可能性が考えられる。

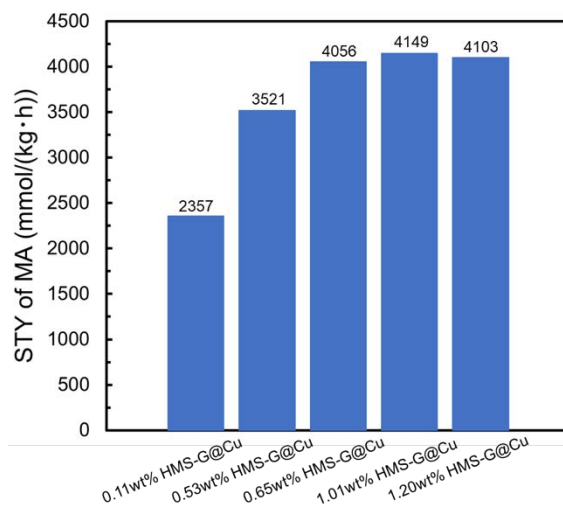


図 3 異なる Cu を担持した HMS-G@Cu 触媒の性能評価結果

(c) 効率的なエタノール合成を実現するためのナノフィラメント型ゼオライト触媒開発

一段法でのエタノール (EtOH) 合成は、ダブルレイヤー型ゼオライト-金属触媒システムで行われた。この合理的に設計された触媒システム (図 4a) では、DME、CO、および H₂ の反応物はまず MOR ゼオライト触媒層を通過し、DME と CO がカルボニル化反応を経て酢酸メチル (MA : methyl acetate) を生成する。次に生成された MA と H₂ は、続く金属触媒層でさらに水素化し、エタノールが最終的に得られる。一段法でエタノールを合成するため、通常の ES-MOR 触媒と CZ/SiO₂ 触媒との仕組みと比較し、新しいナノフィラメント型ゼオライトである NF-MOR と CZ/SiO₂ 触媒の組み合わせを評価した。図 4b に示されるように、ES-MOR&CZ/SiO₂ 触媒の組み合わせと比較して、NF-MOR&CZ/SiO₂ 触媒の組み合わせは DME 変換率 (85% vs 40%) および EtOH 選択性 (50% vs 42%) がより高く、また 30 時間の反応時間で優れた触媒安定性を示した。これらの結果から、自己組織化されたナノフィラメント型 MOR 触媒が大きな結晶サイズを持つ従来の MOR 触媒よりも優れた触媒性能を持つことが示唆された。

図 4d では、MOR 触媒と金属触媒の相乗効果が調査された。また、CZ/SiO₂ 触媒の優れた触媒性能を強調するために、従来の CZ (Cu/ZnO) 触媒が参照として使用された。図 4d に示されるように、CZ/SiO₂ 触媒の CZ 含有量は CZ 触媒の 1/10 程度であるにも関わらず、MOR&CZ/SiO₂ の仕組みは MOR&CZ の方よりも高い EtOH の STY を示した。これは、CZ/SiO₂ 触媒のより優れた水素化能力が MA の変換を促進し、結果としてゼオライト触媒上の DME の変換をさらに促進したためである。ゼオライト触媒においては、CZ/SiO₂ または CZ との協力に関係なく、一段法エタノール合成における触媒の性能は NF-MOR > NS-MOR > ES-MOR の順になる。ナノフィラメント型ゼオライト触媒

の NF-MOR は優れたカルボニル化又はエタノール合成性能を示した。

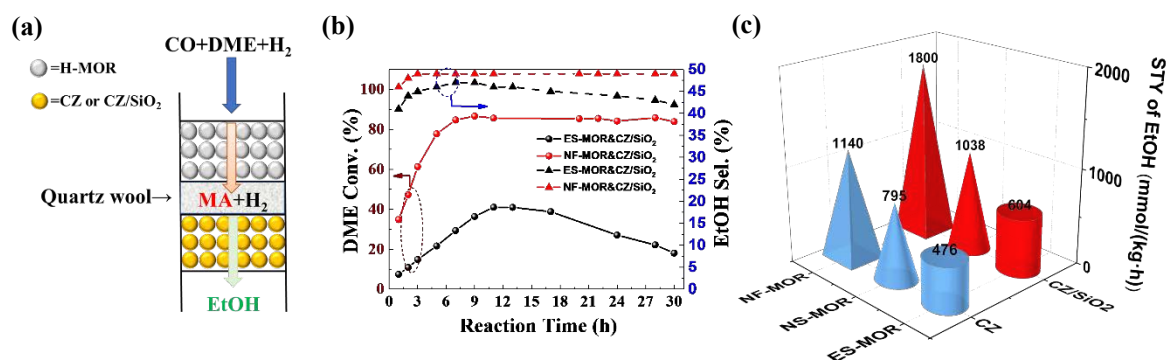


図 4 (a) ダブルレイヤー型ゼオライト-金属触媒システム。(b)NF-MOR&CZ/SiO₂ の組み合わせと NF-MOR&CZ/SiO₂ の組み合わせの一段法エタノール合成反応における触媒の安定性を比較する。(c) 異なる触媒の組み合わせによる一段法エタノール合成反応における活性。反応条件: ゼオライト触媒および金属触媒各 0.5 g、1.5 MPa、220 °C、DME/CO/H₂/Ar = 4.1/32.8/60/3.1 (体積%)、流速 = 20 mL/min。

4. 今後の展望

この研究の成果は持続可能な社会への貢献につながる。二酸化炭素 (CO₂) の資源化により、CO₂ の排出量を削減し、環境への負荷を軽減することが期待される。化学品や医薬品の原料の多様化と CO₂ の有効活用により、持続可能な製造方法を開発し、温室効果ガスの削減や資源の循環利用を実現することが今後の展望となっている。今後には研究開発と産業との連携を強化し、新たな技術を実用化して持続可能性への貢献と低炭素社会の実現に向けた努力を継続する。

5. 参考文献

- [1] "Space-Confined Self-Regulation Mechanism from a Capsule Catalyst to Realize an Ethanol Direct Synthesis Strategy", Peng Lu, Qingjun Chen, Guohui Yang*, Li Tan, Xiaobo Feng, Jie Yao, Yoshiharu Yoneyama, Noritatsu Tsubaki, *ACS Catalysis*, 10, pp: 1366-1374, 2020, doi: 10.1021/acscatal.9b02891
- [2] "Self-Assembled Nano-Filamentous Zeolite Catalyst to Realize Efficient One-Step Ethanol Synthesis", Jie Yao, Xiaobo Feng, Jiaqi Fan, Shoya Komiyama, Yasuharu Kugue, Xiaoyu Guo, Yingluo He, Guohui Yang*, Noritatsu Tsubaki, *Chemistry – A European Journal*, 28, pp: 1-7, 2022, doi: 10.1002/chem.202201783
- [3] "Ammonia pools in zeolites for direct fabrication of catalytic centers", Jie Yao, Yingluo He, Yan Zeng, Xiaobo Feng, Jiaqi Fan, Shoya Komiyama, Xiaojing Yong, Wei Zhang, Tiejian Zhao, Zhongshan Guo, Xiaobo Peng, Guohui Yang*, Noritatsu Tsubaki, *Nature Communications*, 13, pp: 935-945, 2022, doi: 10.1038/s41467-022-28606-z

研究題目	市販の水中ドローンと可搬型 GPS 魚群探知機を用いた海底地質・地形調査法の開発
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部都市デザイン学系・教授・佐野 晋一
分野	地質学・古生物学
キーワード	水中ドローン, GPS 魚群探知機, 海底地形図, 海洋調査, 富山湾

1. 研究の背景と目的

水中ドローンとは遠隔操作型移動機 (Remotely Operated Vehicles, ROV) の一種で、一般にドローン本体とコントローラーが光ケーブルで繋がっており、操縦者は、船上で、ドローンに搭載されたカメラの映像を確認しながら、遠隔操作する (南, 2020)。水中ドローンを用いた調査は、人間が容易には到達することができない水深 40 m 以深での調査を可能とする、また、投下式海中カメラとは異なり、ドローンを操作することで、海中を自由に移動することができる、さらに、リアルタイムで海中映像を観察しながら、深度・温度・方位等のデータを記録できる、といった特徴を持つ。近年、水中ドローンの比較的安価な機種が市販され始め、地球科学、あるいは生物学等の分野における、学術研究への活用が大いに期待される状況にある。

佐野ほか (2022) は、富山湾において水中ドローンを用いた調査を試み、水中ドローン調査が、底生生物自身とそれらが形成する生痕の形成過程、さらには海底地形や露頭観察にも有用であることを指摘した。しかし、実際に、市販の水中ドローンを用いた調査を実施するにあたっては、陸上における調査とは異なり、1) 海底におけるドローンの位置を把握する手段がない (水中では GPS が利用できず、かつ、ドローン本体は、海中での能動的な移動以外に、潮流で流される)、2) 海底調査に利用できる、大縮尺の海底地形図が存在しない (市販の海底地形図には粗い地形情報のみしか描かれていないことが多い。例えば、等深線が直線的に描かれ、微地形が反映されていないことがある。) といった大きな課題があることが認識された。これらの課題に対して、産業レベルでは、高性能な深度計測を行うマルチビーム測深機を用いた海底地形図の作成、あるいはドローン本体から発信した音響信号を船付近に設置した受信機で受けることでドローンの位置の把握を行う、USBL (Ultra Short Base Line) 水中測位システムの活用などで解決できるが (例えば、古殿ほか, 2019)、現状では、市販の水中ドローンでは、これらの設備 (オプション) は用意されないか、もしくは、ドローン本体に対して著しく高額であるため、誰もが手軽に利用できるとはいえない。

佐野ほか (2022) で報告した調査の際に、「魚群探知機 (以下、魚探) にドローンが映る」という情報を得て、「水中ドローンの位置の特定」に魚探を活用できる可能性に気づいた。また、湖において、GPS 魚探を用いて大縮尺の湖底地形図を作成した研究例 (例えば、山崎ほか, 2013: Yamasaki et al., 2017) があり、海域においても同様に、「大縮尺の海底地形図を作成」できる

可能性がある。このように、GPS 魚探を用いることで、海底調査に必要となる、調査地点の把握、すなわち、海底地形図上への水中ドローンの位置のプロットが実現可能になるものと考えられる。

本研究では、水中ドローンによる海底調査に、市販の GPS 魚群探知機を活用することにより、「課題 A) 大縮尺の海底地形図の作成」と「課題 B) 水中ドローンの位置の特定」を解決することで、誰もが、比較的低コストで海底調査を実施できる道を拓き、今後の海底地質・地形や生物の生態研究の発展の一助としたい。

2. 研究方法

2-1. 実験・調査場所

富山湾の、庄川河口から新湊沖にかけての 2 地点で現地実験・調査を行った (図 1)。ドローンの位置特定の容易さを考え、漁礁が存在する水深 10-20 m の地点 1 と、本研究で使用した水中ドローン機材の限界深度である、水深 100 m に到達可能な地点 2 を実験・調査場所に設定した。

2-2. 使用機材

水中ドローンは CHASING 社 M2 を使用した (図 2 A)。このドローンは奥行 38 cm × 幅 26.7 cm × 高さ 16.5 cm、重量 4.5 kg と、コンパクトで持ち運びが容易である。また、本機は最大深度 100 m まで稼働可能で、8 基のスラスターにより、水中方向への自由な移動、さらには鉛直方向と水平方向に 360° の回転が可能で、海底表面を真上から観察することもできる。付属カメラの映像は 4K 解像度で、映像のほか、日時・深度・温度・方位・ドローンの機体の傾きのデータが SD カードに記録される。オプションのレーザースケイラーを搭載し、対象物のサイズの計測に利用した。これは、間隔が 10 cm の 2 本のレーザを照射することで、観察・映像記録時のスケールとして利用するものである。さらに、GoPro (HERO9 Black) を搭載し、ドローン付属カメラによる近距離での観察以外に、より広範囲での映像の記録を行った。

本研究では、魚探で取得したデータをパソコンに移行して処理をする必要があることと、レジャーボートなどでの利用する場合を想定し、可搬型の GPS 魚探を採用した。魚探は、複数機種を検討の結果、最終的には Lowrance 社 Hook Reveal-5 を浅場振動子 (83/200/455/800 kHz) との組み合わせで使用した (図 2 B)。GPS 機能を用いて、船の位置を記録可能である。この機種は約 1 秒間隔の測深を行うため、船速が一定であれば、ほとんど等間隔で、海底地形図を作成するのに必要なデータを取得することができる。さらに、この魚探にはチャープソナー機能が搭載されており、海底地形図作成のための測深には Med. Chirp (水深 40 m 未満) と 高周波チャープ (水深 40 m 以深) を使用した。

2-3. GPS 魚群探知機の学術調査への活用

魚探は、船底から海底に向かって、一定の時間間隔で 1 本の超音波 (音響ビーム) を発信し、

魚や海底での反射を逐次記録し、超音波を発信してからの時間差を用いて対象物との距離を算出し、魚影や地形縦断面を画面に映し出す装置である（山崎ほか，2013）。超音波は船底を頂点とした円錐状の範囲に届くため、船から海底に向けて開いた円錐形を、ある深度で切った円内の範囲の反射が1点に映し出される。近年、漁業やレジャーに利用される魚探の測深機能が飛躍的に向上したことにより、浅海域から水深数百 m に及ぶ漸深海底まで、比較的簡単に地形調査を行えるようになりつつある。魚探には、GPS 機能を搭載するものがあり、水底地形図作成に必要となる、緯度・経度・深度データを得ることができる。ただし、シングルビームの探査であるため、GIS ソフトあるいは三次元グラフ作成ソフト等を用いて、測深点の間を空間補間することにより、水底地形の形状を把握する必要がある。

魚探の画面に水中ドローンが捉えられれば、魚探の超音波の探査範囲内に水中ドローンが存在することになる。魚探の音響ビームは、使用する機器によって、周波数ごとに異なる指向角を持つ。水中ドローンがある深度の海底にいた場合、この深度での探査範囲は、 $\text{深度} \times \tan(\text{指向角}/2)$ で求められた値を半径にした範囲円となる。例えば、水深 20 m で 50 kHz の超音波を用いた（指向角 50°）の場合、探査範囲円の半径は $20 \text{ m} \times \tan(25^\circ) = 9.3 \text{ m}$ である。船の位置は GPS 魚探の GPS 機能で把握できるため、魚探でドローンを捉えることにより、ドローンが存在する位置範囲をある程度限定することが可能となる。魚探で使用する周波数が高いほど、また深度が小さいほど、ドローンの位置を高精度で把握することができる。

3. 実験・調査結果

3-1. 魚群探知機のデータによる海底地形図作成

海底地形図作成は、1) 事前準備、2) 現地調査、3) データ処理、4) データの可視化の4過程からなる（Yamasaki et al., 2017）。以下に、本研究で実施した事例に基づいて詳しく説明する。

3-1-1. 事前準備

無料公開され、一般に入手できる海図である「みんなの海図」（マリーンネットワークス（株））を最大に拡大した画面をキャプチャし、ジオリファレンスにより、オープンソフトウェアである QGIS（3.22.11）に表示し、その等深線に沿う方向に進む、並行航路を設定した（図 3A）。航路の間隔は、使用する周波数の指向角と深度によって変更する必要があり、水深 40 m 未満では Med. Chirp を使用したため、15-20 m に、水深 40 m 以深、100 m 以浅の海域では高周波チャープを使用したため、海底地形図上の等深線から読み取った深度の約 3 分の 1 に設定した。

3-1-2. 現地調査

魚探のデータは、事前準備であらかじめ設定した並行航路に従って、船速 5 km/h を基準に走査を行い、取得した（図 3B）。魚探で得られたデータ（魚探ソナー映像、緯度、経度、深度データなど）は、約 1 秒ごとに、距離にすると約 1.2 m 間隔で、魚探に搭載した SD カード内に記録された。

3-1-3. データ処理

現地調査で SD カードに記録したデータを、まず ReefMaster Software 社製ソナーデータ処理ソフト ReefMaster v. 2.0 で読み込み、振動子を沈めた深度や潮位等による水深の補正を行う (図 3C)。次に、本ソフト上で録画した魚探画面を参照することにより、測深データに含まれるノイズや船舶の揺動に起因する異常値、すなわち、周辺の地形の状況とは大きく外れた測深値を修正・補正する (山崎ほか, 2013)。さらに、魚探で記録したデータ (実際には ReefMaster で補正したデータ) から、緯度・経度・補正後の深度・時刻を抽出して、CSV ファイルに変換し、QGIS (3.22.11) に移行する。

3-1-4. データの可視化

魚探で取得できるのは、断続的な、船直下の水深データのみであり、このままでは地形図としては利用できない。そこで、GIS ソフト上で空間補間を行い、海底地形図を作成する。空間補間は、オープンソフトウェアである QGIS (3.22.11) および SAGA GIS (7.8.2) を用いて行う。ReefMaster で作成した CSV ファイルを読み込んだ後、shp ファイルに変換し、空間補間を行う。SAGA GIS では複数の空間補間法を選択することが可能だが、今回はクリギング法 (Ordinary Kriging, Point 推定, Attribute : Depth (m), Predefined Functions : linear(no nugget)) を採用した。補間により作成されたラスターデータをファイル形式 GeoTIFF (.tif) で保存し、これを QGIS にドラッグアンドドロップした後、等深線を抽出することで海底地形図を作成する。この手法により作成された海底地形図は、一般に入手できる海底地形図 (例えば「みんなの海図」とは異なり、2500 分の 1 や 1250 分の 1 程度の大縮尺にしても、魚探で確認された微地形が描画されており、海底調査に利用可能な海底地形図を作成できたと考えられる。

3-2. 魚群探知機の映像上での水中ドローンの確認

ドローンを海中に投入し、水深約 5 m まで降下させたところ、魚探の画面にドローンが捕捉できた (図 4A)。魚探の画面ではドローンと魚の像の区別がつきにくいこともあるが、意図的に浮上や潜航をさせたドローンを画面上で認識することによって識別可能である (図 4B, C)。

3-3. ドローンの観察位置の特定方法

本実験・調査では、次のような方法で、水中ドローンの観察位置を特定することができた。まず、魚探でドローンの着底を確認した際に、船の位置 (GPS データ) を把握し、作成した海底地形図上にプロットする (図 5A, B)。着底確認時の船の位置と、魚探使用周波数の探査範囲からドローンが存在する範囲が予想できる。この範囲内でドローンの深度 (ドローンと魚探の両方で認識可能) と海底地形図の深度が一致する場所を探し、ドローンの映像と海底地形図で示された地形の比較もあわせて行うことで、ドローンの位置の特定が可能となる。ドローンが着底場所

から移動する際には、ドローンを移動させた方位・深度・地形を操作画面で確認し、海底地形図と比較することで、ドローンの移動経路の把握が可能となる。このほか、ケーブルの伸長距離も、ドローンの観察位置の範囲を限定する上で役立つことがある。本研究では、魚探の画面上で、水深 75 m の海底におけるドローンの着底を確認し、約 20 m 移動した後に、水深 81.7 m でエビスダイの巣穴の密集部を特定することができた (図 5C, D)。

4. 今後の展望

本研究において、可搬型 GPS 魚探を併用することで、市販の水中ドローンによる海底地質・地形調査の実施に向けて、「課題 A) 大縮尺の海底地形図の作成」と「課題 B) 水中ドローンの位置の特定」を解決する方法を開発することができた。具体的には、魚探による水深値の変化に基づいて認識された微地形を描画した、海底調査に十分使用可能な、大縮尺の海底地形図を作成する手法を確立することができた。さらに、魚探でドローンの着底位置を把握することで、ドローンの観察位置を絞り込み、海底地形図上にプロットすることが可能となった。このことは、誰もが、手軽に、水中ドローンを用いた調査を実施できる環境整備に向けて、重要な一歩を進めることができたと考える。今回の調査は水深 100 m までの海底を対象としており、使用した機器の整備には 50 万円弱の費用がかかっているが、今後、水中ドローンの開発や普及が進めば、より深い海底を、より低価格で調査が実施できるようになり、必要経費はさらに下がるものと予想される。

現時点では、まだ富山湾のごく一部でしか水中ドローンによる調査を実施できていないにもかかわらず、潜航調査の度に、ヤドカリの密集部やエビスダイの巣穴、堆積構造 (例えば、リップルマーク) とそれを切って形成された生痕など、興味深い事象を発見・観察することができている。本研究をきっかけに、多くの方々が水中ドローンを用いた海底調査を実施し、新たな発見やモデルの検証を行うことで、海への挑戦・知的探究の機運が高まることを期待する。

本研究には、2022 年度の富山第一銀行奨学財団「研究活動に対する助成」(代表者:佐野晋一)を使用した。本報告書の内容は、富山大学都市デザイン学部地球システム科学科の清水啓人(令和 5 年 3 月卒業)の卒業研究によるところが大きい。富山大学学術研究部都市デザイン学系の立石 良准教授のほか、海野 奏氏をはじめとする、地史・古生物学研究室の方々には野外調査実施や GIS ソフト使用にあたり、多大な御協力をいただいた。ユウアクアライブには魚群探知機に水中ドローンが映るという、本研究のきっかけとなる重要な情報をいただいた。以上の方々に心より感謝申し上げます。

5. 参考文献

古殿太郎・高倉創太郎・西林健一郎・大野敦生・峯岸宣遠 (2019) : 音用機器を用いた水中可視化技術の水産分野への応用. 水産工学, Vol. 55, No. 3, pp. 223-229.
佐野晋一・海野奏・立石 良・牧村祐樹・望月ちほ・伊藤綾花・丸山湧己・橋本勇一・布施悠

汰 (2022) : 水中ドローンによる水深 200 m での現生生痕その場観察の試み. 化石, No. 111, pp. 1-2.

南 政樹 (2020) : 水中ドローンシステムの現状と課題. 計測と制御, Vol. 59, No. 7, pp. 492-496.

山崎新太郎・原口 強・伊藤陽司 (2013) : レジャー用魚群探知機を利用した水底地形調査. 応用地質, Vol. 54, No. 5, pp. 204-208.

Yamasaki, Shintaro, Tomonori Tabusa, Shunsuke Iwasaki and Masahiro Hiramatsu (2017) : Acoustic water bottom investigation with a remotely operated watercraft survey system. Progress in Earth and Planetary Science, Vol. 4, Article number 25.

(図)

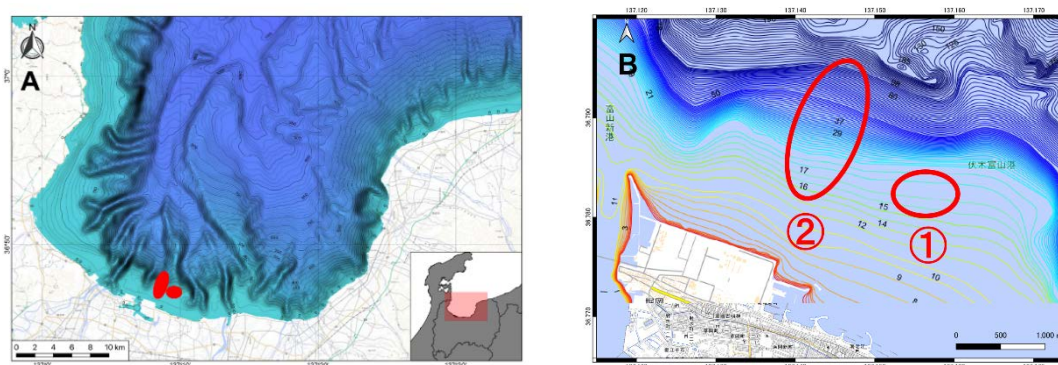


図 1. 調査範囲. (A) 富山湾の海底地形図 (海底地形デジタルデータ「M7011 Ver. 2.2 佐渡」 日本水路協会); (B) 地理院地図上に「みんなの海図」を QGIS でジオリファレンスして作成. ①, ②は調査場所.

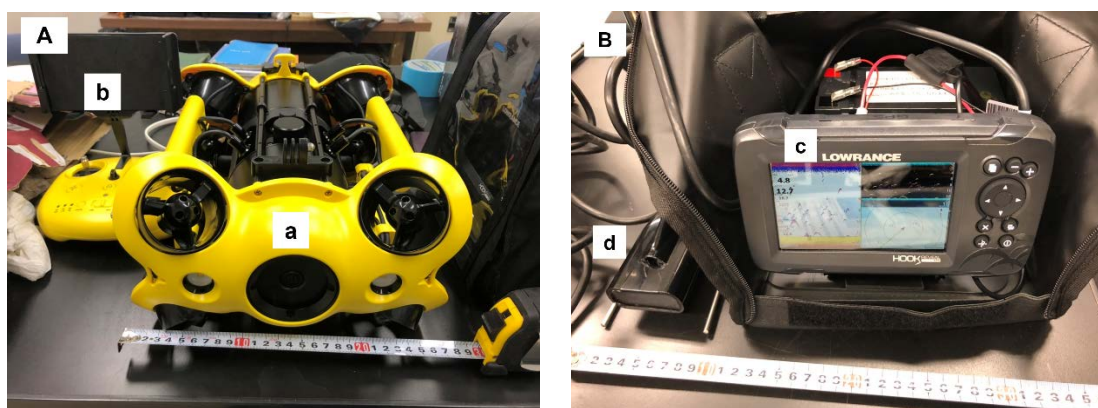


図 2. 使用した機材の外観. (A) 水中ドローン (CHASING 社 CHASING M2) (a) とコントローラー(b); (B) 魚探 Lowrance 社 Hook Reveal-5 (c) と浅場振動子 (83/200/455/800 kHz) (d)

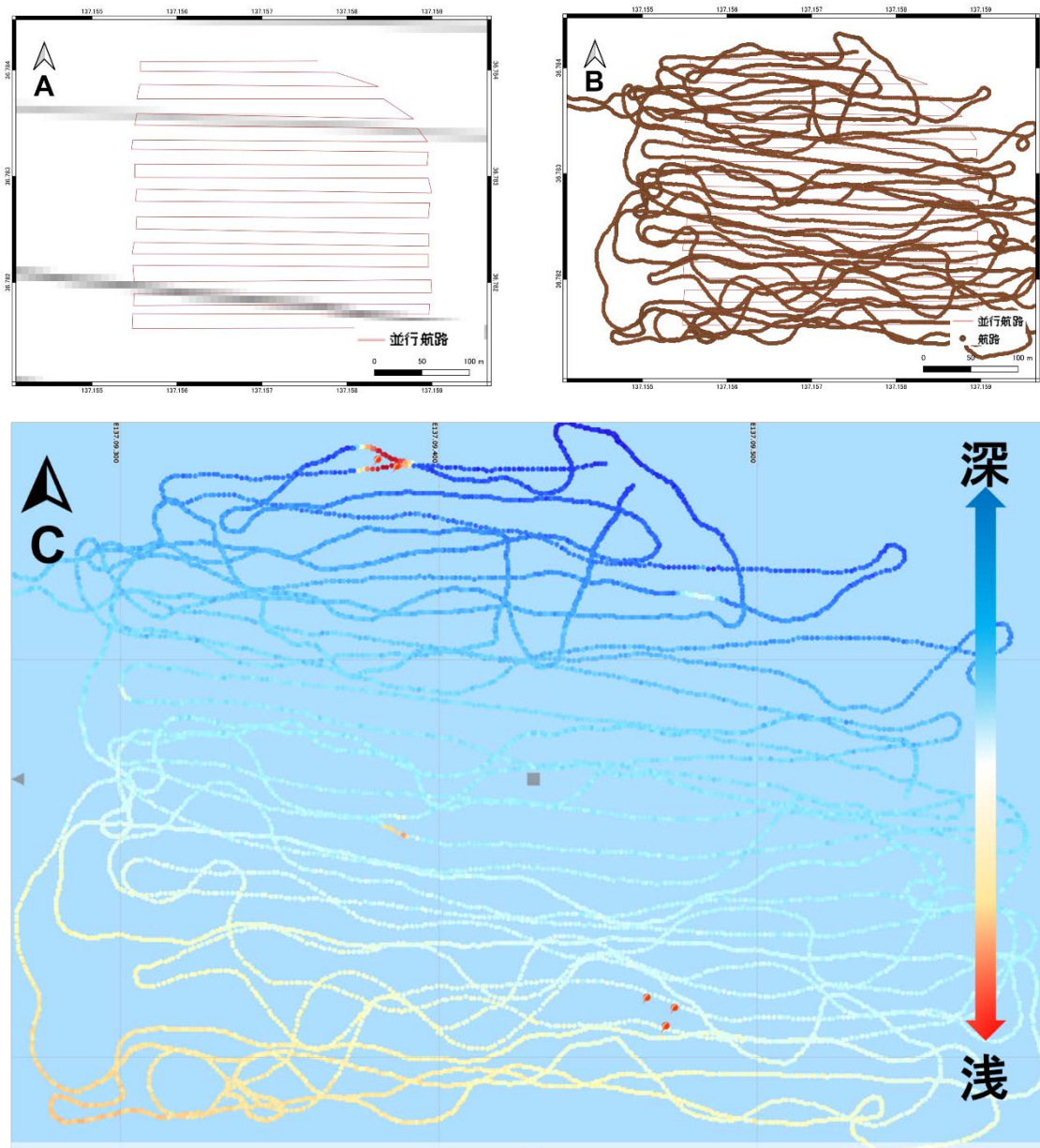


図3. 目標航路と実際の航路. (A) 水深 15-20 m, 航路間隔 20 m の目標 (並行) 航路. 「みんなの海図」を QGIS でジオリファレンスし (灰色線の等深線), その等深線に沿った, 航路間隔 20 m の目標航路を作成; (B) 並行航路をなぞるように走査した実際の航路. 各点データは東西約 1.2 m, 南北約 20 m 間隔で緯度・経度・深度を記録する; (C) ReefMaster の画面で表示した航路. 最深値 20.81 m 最浅値 14.57 m)

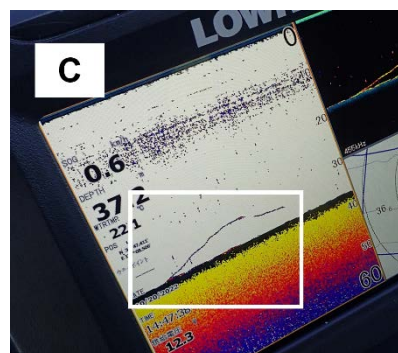
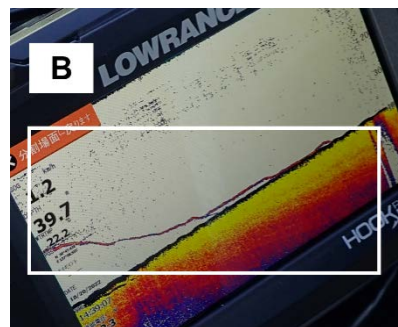
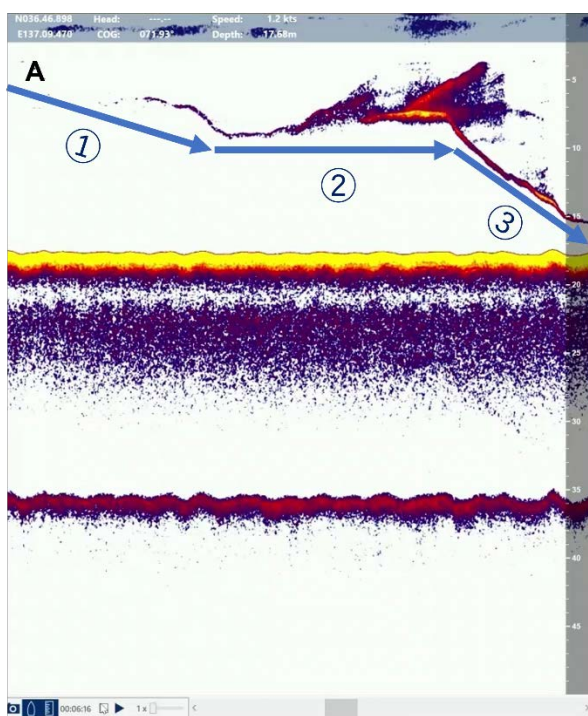


図 4. 魚探でドローンを捕捉した際の表示。(A) ReefMaster 上での魚探に映るドローン。画面右端が最新の海中情報のため、ドローンが潜航 (①) 後、同じ水深に留まり (②)、再度潜航した様子 (③) を捉えた；(B) 船上の魚探画面で潜航していくドローンを捕捉した；(C) 船上の魚探画面で海底から浮上後、潜航するドローンを捉えた様子。潜航中に魚探の探査範囲から外れた。

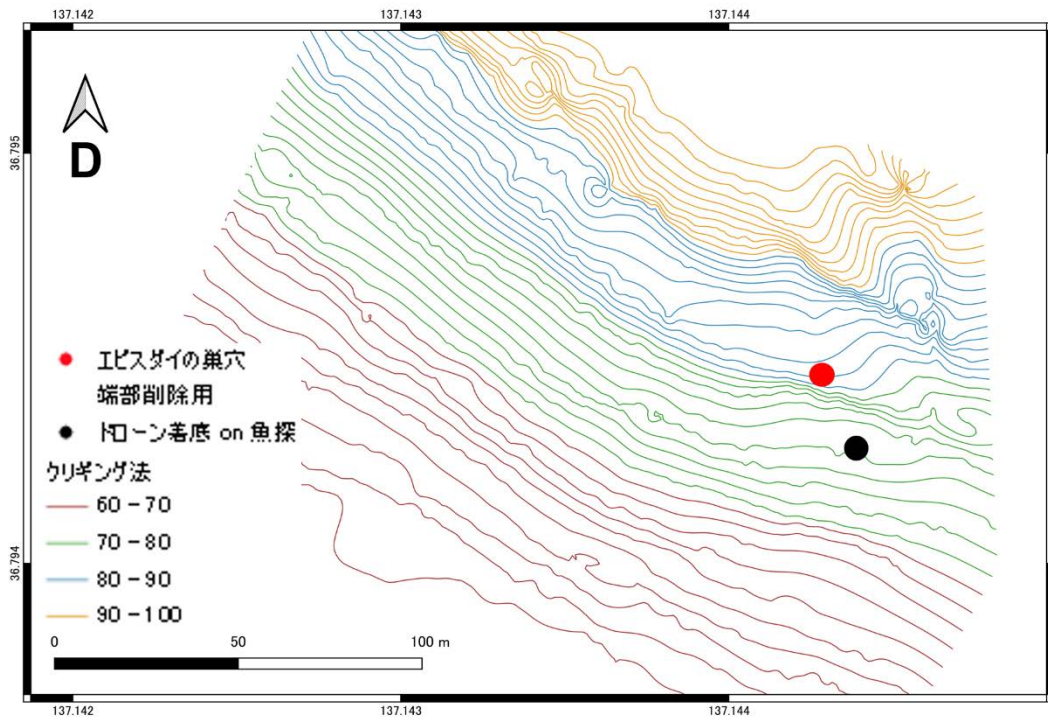
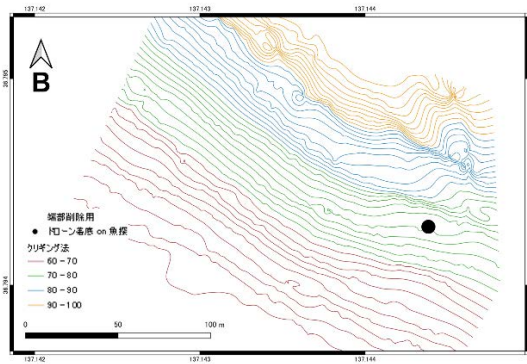
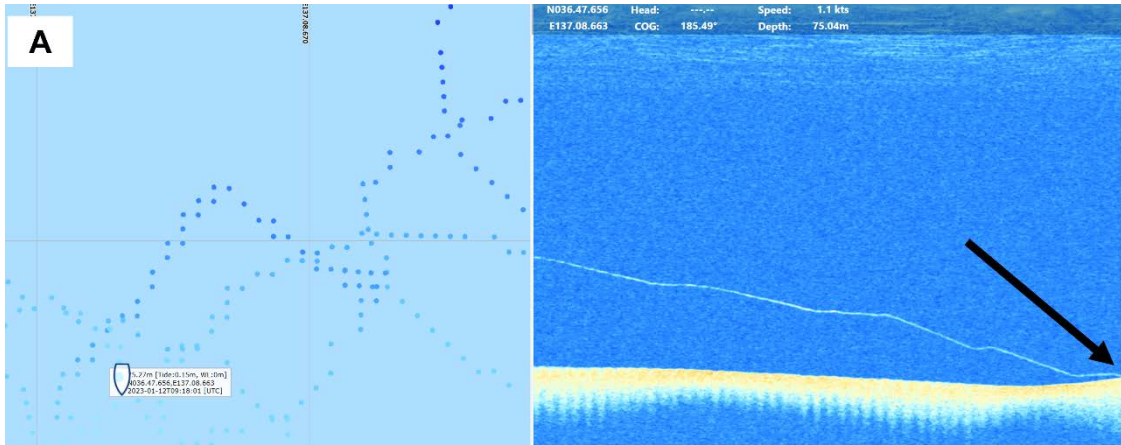


図 5. ドローンの観察位置を特定する行程. (A) 魚探上でドローンが着底した水深と位置 (黒矢印). 航路から座標を確認する; (B) 作成した海底地形図に魚探上でのドローンの着底位置 (船の座標) をプロットした図; (C) ドローンの操作画面. ①: 方位, ②: 深度, ③: 温度, ④: レーザースケイラーの照射した光; (D) ドローンの観察位置を特定し, プロットした図. ドローン着底後から観察位置まで進めた方位・深度・地形を海底地形図と比較し, 作成した海底地形図上でドローンの位置を特定した.

研究題目	ホタルイカルシフェリンを用いた尿中アルブミン定量法の確立
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部医学系・助教・石本 哲也
分野	医薬系
キーワード	糖尿病腎症、ホタルイカ、ルシフェリン、尿アルブミン

1. 研究の背景と目的

ホタルイカは富山湾を代表する海産物であり、その青白い発光によって国の特別天然記念物にも指定されている。ホタルイカや他の発光生物の体内では、タンパク質であるルシフェラーゼとその基質であるルシフェリンが反応することによって、光を生み出すことが知られている。ルシフェラーゼとルシフェリンは発光生物ごとに構造が異なっており、ホタルイカの場合、ルシフェリンはその構造が同定されているが、ルシフェラーゼはいまだに同定単離に至っていない。こうした中、申請者はホタルイカルシフェリンが、本来の反応相手であるルシフェラーゼとは異なる血中蛋白質であるアルブミンと反応して発光を呈することを偶然発見した。本課題ではこの反応を用いて、糖尿病患者の尿中アルブミンの濃度を計測する技術に応用できるか調査し、反応条件の最適化を試みた。

糖尿病腎症は高頻度に見られる糖尿病の合併症であり、初期の段階では無症状なため患者は進行に気づきにくい。糖尿病腎症の進行を検知できる指標の一つとして尿中のアルブミン濃度の上昇が挙げられる。アルブミンは血中に存在する蛋白質であるが、初期の腎症の尿中には微量のアルブミンが漏出していることが知られており、その微量アルブミン尿を計測し、適切な治療を行うことが進行を防ぐうえで重要である。つまり尿中の微量なアルブミンを計測する技術は糖尿病腎症の進行を防ぐうえで必要不可欠である。

現在、微量アルブミンを計測する方法として、抗アルブミン抗体を用いた免疫比濁法が広く用いられる。この方法は簡便で高感度である一方、別の動物個体で作られた抗アルブミン抗体は特異性や反応強度が異なる点、アルブミンの濃度が高いと値が不正確になるという点（プロゾーン現象, *Ann. Clin. Biochem.* 1999; 36: 704-721）が短所としてあげられる。ホタルイカルシフェリンを用いて、この短所を克服したアルブミン測定法が確立できれば、糖尿病腎症の早期発見に役立つかもしれない。

2. 研究方法

事前研究でホタルイカルシフェリンがアルブミンと反応して発光を呈することが明らかになっている。ホタルイカルシフェリン存在下では、非常に広い濃度範囲で、アルブミン濃度と発光

量が比例関係を示すことが特徴である（図 1）。この反応を尿中アルブミン濃度計測に応用するにあたって、いくつかの課題が生じた。それは①ホタルイカルシフェリンとアルブミンの最適な反応条件を探る、という点と②尿中アルブミンを計測するにあたって、尿サンプルの最適な処理方法を見つけるという点である。

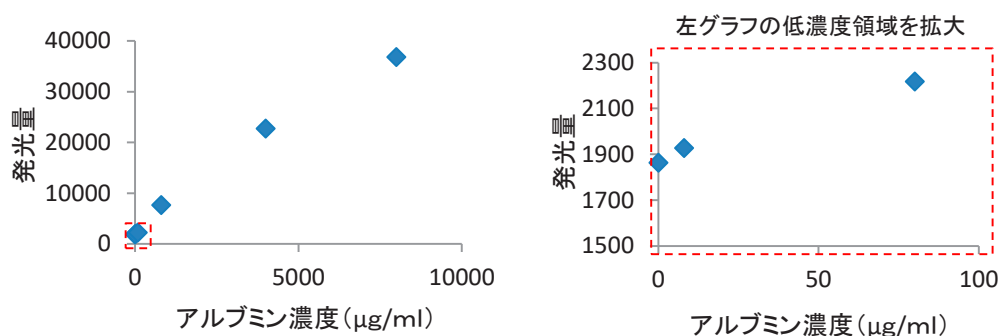


図1 アルブミン濃度と発光量の関係。右のグラフは左のグラフの点線で囲まれた低濃度領域を拡大したものである。広い範囲で両者の比例関係が成立し、相関係数は0.995と高い。

①の問題に関しては、ホタルイカルシフェリン-アルブミンの反応に酸素が必要であるか調べた。具体的には、最適な pH の探索、過酸化水素を反応液に加える場合、加えない場合で発光強度がどう変化するかを観察した。過酸化水素依存的な発光であれば、ホタルイカルシフェリン-ルシフェラーゼの反応と同様に酸素が必要であるといえる。

またアルブミンの熱変性、プロテアーゼによる消化が発光現象にどのような影響を与えるか実験を行った。もし熱変性やプロテアーゼ処理によって全く発光しなくなれば酵素反応である可能性が高い。同時にこれらの実験は、患者尿中のアルブミン定量を行う際の反応液の組成を最適化するためにも重要なデータとなる。

②に関して、尿サンプルを直接ルシフェリンと混合すると、ホタルイカルシフェリン-アルブミン発光が尿中夾雑物によって阻害されるということが、実験を進めるうちに判明してきたので、ホタルイカルシフェリン-アルブミン反応の前に尿中蛋白質を精製することを試みた。本研究では、硫酸アンモニウム、ポリエチレングリコール、アセトンなどを用いた精製法を試し、従来法を用いた尿アルブミン計測の結果と最も相関が高い精製法を選定した。

研究を遂行するにあたり、工学部豊岡尚樹教授、岡田卓哉助教にホタルイカルシフェリンの化学合成を依頼した。また糖尿病患者の尿に関しては、医学部第一内科の戸邊一之教授、藤坂志帆准教授、八木邦公准教授（当時）に分与していただいた。この研究は富山大学臨床研究倫理審査委員会の承認を受けて遂行した。

3. 研究成果

まず、アルブミンとホタルイカルシフェリンの最適な反応 pH を探索した。各 pH での発光の

量をプレートリーダーにて計測した結果、pH10が最も高い発光強度を示した。全体としてpHが高くなれば発光が高くなる傾向が見られた(図2A)。つぎに、ホタルイカルシフェリン-アルブミンの反応に酸素が必要か調べた。ルシフェリンのみでアルブミンの入っていない水溶液は、過酸化水素水を入れても入れなくても発光をほとんど呈さないが(図2B)、ルシフェリンとアルブミンの水溶液においては、過酸化水素を加えることで有意に発光量が上昇した(図2B)。一般にルシフェリンの発光は酸化反応と考えられているので、過酸化水素による発光量上昇は、妥当な結果といえる。しかし過酸化水素がない状態でも発光を呈することも観測されたので、酸素がない状態、あるいは非常に少ない状態でもルシフェリンとアルブミンが存在すればある程度の

図2

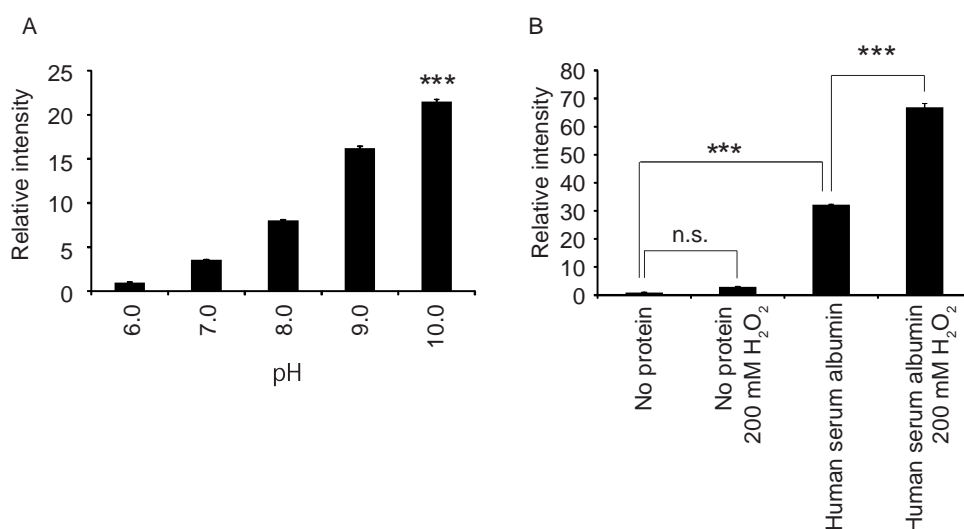


図2 (A)横軸はpHを示し、縦軸は相対的な発光量を示す。(B)横軸は反応液中のアルブミンの有無、過酸化水素の有無を示し、縦軸は発光量を示す。

光が発せられるのかもしれない。今回の実験では、ルシフェリン-アルブミン発光の断片的な情報しか得られていないので、継続的な解析が必要であろう。

次に、ホタルイカルシフェリン-アルブミン反応液を熱処理した場合、もしくはタンパク質分解酵素で処理した場合、発光量はどう変化するか解析した。ホタルイカルシフェリン-アルブミン反応液を熱処理した場合、熱処理した時間に応じて発光量が低下し、30分後には発光なくなった(図3A)。また同じ反応液を抗原抗体反応を用いたアルブミン検出法である免疫比濁法(Immunoturbidimetry)で計測した場合には、熱処理によるシグナル低下は見られなかった(図3B)。このことはアルブミンが変性するとホタルイカルシフェリン-アルブミン反応は起きなくなるということを示す。

さらにホタルイカルシフェリン-アルブミン反応液を、低濃度のタンパク質分解酵素であるトリプシン処理することで緩やかに蛋白質を切断すると、ルシフェリン-アルブミン反応

の発光量、免疫比濁法のシグナルともに低下した（図 3CD）。この結果は予想通りであり、切断されたアルブミンは発光能がなくなることを示す。まとめるとホタルイカルシフェリン-アルブミン発光は非変性のアルブミンをより特異的に認識する反応であるといえる。

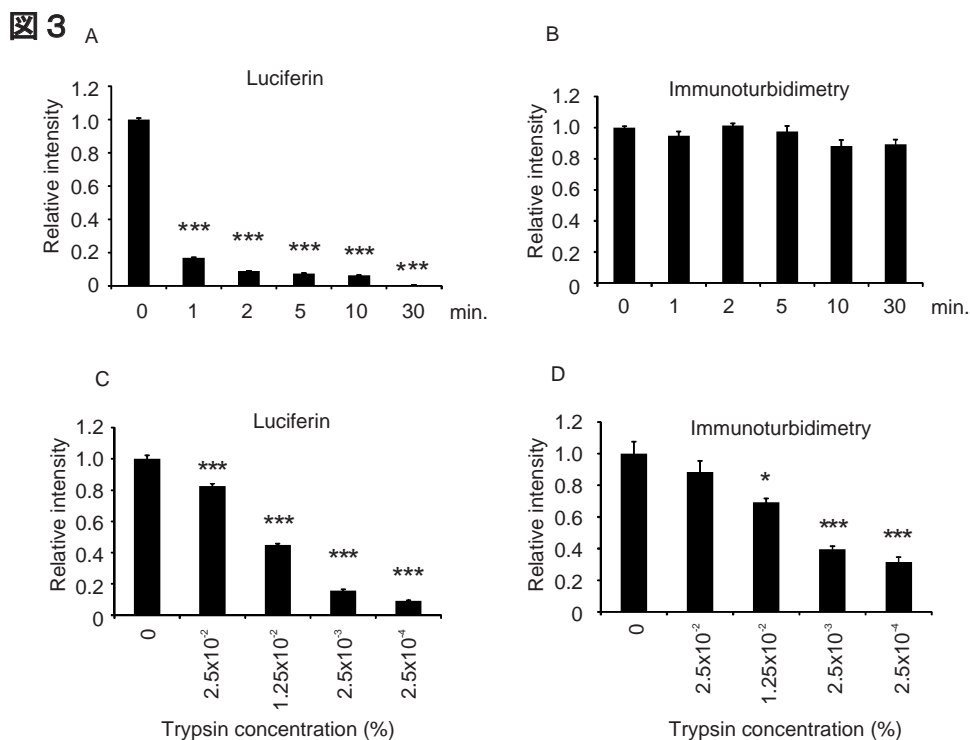


図3 (A) ホタルイカルシフェリン-アルブミン発光と (B) 免疫比濁法によるアルブミン計測において、横軸で示した時間だけ加熱するとシグナルが相対的にどれだけ減少するかを示す。(C) ホタルイカルシフェリン-アルブミン発光と (D) 免疫比濁法によるアルブミン計測において横軸で示す濃度の蛋白質分解酵素（トリプシン）を加えた場合に、シグナルがどれだけ減るかを示す。

次に、糖尿病患者の尿中のアルブミン濃度計測を試みた。ホタルイカルシフェリンと患者尿を混合し、発光を計測すると弱い発光が認められた。あらかじめアルブミン濃度の分かったスタンダードを用いて検量線を作製し、各尿サンプルのアルブミン濃度を決定した。次に、同じ尿サンプルを従来法である免疫比濁法で計測した結果と比較した。図 4 A 中の横軸は免疫比濁法によって計算された尿アルブミン濃度であり、縦軸が患者尿とルシフェリンを直接混ぜた場合の発光強度から計算されたアルブミン濃度である。各ドットが各患者尿を表す。この散布図において、両者が同じ値を示すとドットが直線状になり、相関係数 R が 1 に近づく。図 4 A の相関係数は 0.4552 となり、高い相関は示さなかった。また、尿と直接ルシフェリンを混合した場合は全体的に値が低くなった。

患者尿を直接アルブミンに混合する方法では、従来法と同じ程度のアルブミン定量ができない理由として、尿中の夾雑物質がルシフェリン-アルブミン反応を阻害することが考えられた。このことから、患者尿を硫酸アンモニウム（図 4 B）、ポリエチレングリコール（図 4 C）、アセトン（図 4 D）と反応させることで、アルブミンなどの蛋白質を沈殿させ、夾雑物を除去しルシ

フェリンと反応させた。それぞれの反応での発光量を用いて免疫比濁法での結果との相関を計算すると、図4Dのアセトンで尿蛋白を沈殿させた場合が、相関係数 0.888 となり最も優秀であった。

図4

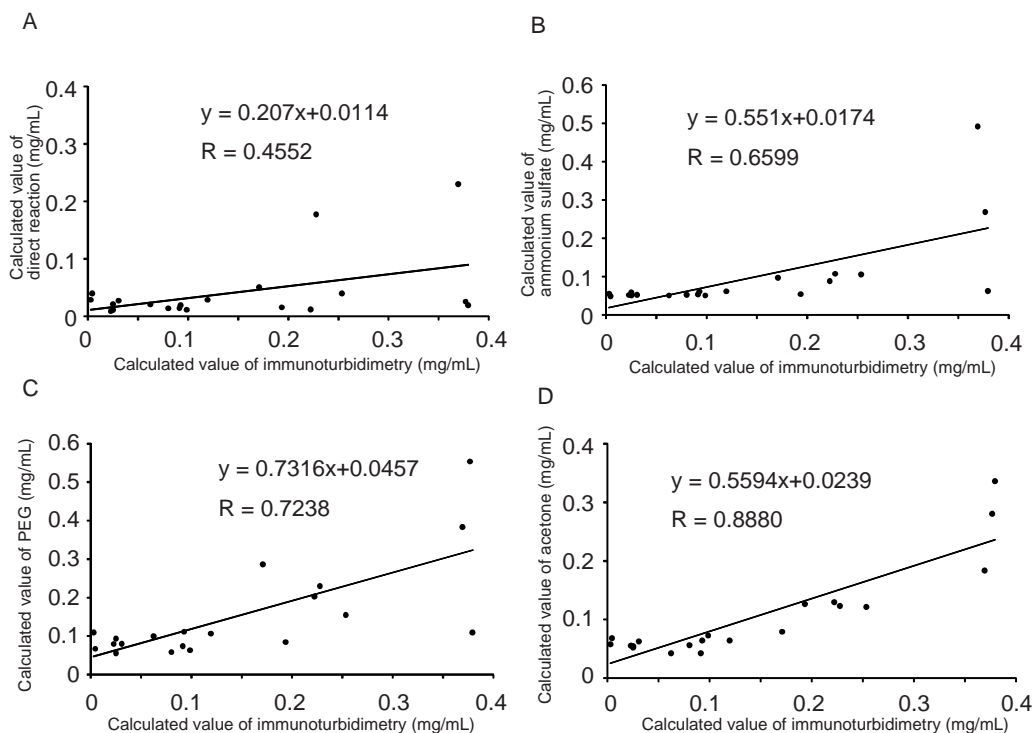


図4 尿中アルブミン(20検体)を免疫比濁法で計測した値(ABCDの横軸)と、尿中アルブミンを(A)直接(B)硫酸アンモニウムで沈殿後(C)ポリエチレングリコール沈殿後(D)アセトン沈殿後にホタルイカルシフェリンと反応させることで定量した値(各縦軸)の相関を表す。

これらの結果から、患者尿中のアルブミン濃度を計測する方法として、ホタルイカルシフェリン-アルブミン発光が有効であると結論できる。今回確立したホタルイカルシフェリン-アルブミン発光による尿中アルブミン濃度計測法は、ルシフェリンという安定した化合物を使ったものであるため、誰が行っても安定した値を出せると期待できる。また、抗体を用いた定量法でしばしばみられる、抗原が高濃度の場合に定量値が逆に低下してくるプロゾーン現象も、原理的に起きないと考えられる。ホタルイカを医療計測に用いるという報告は世界初であり、富山ならではの研究成果と言える。

4. 今後の展望

現状尿中アルブミンの濃度を計測する方法として、免疫比濁法が一般的である。免疫比濁法は尿と抗アルブミン抗体を混ぜることによる凝集反応を分光光度計を用いて計測する方法である。

尿中のアルブミン濃度が高ければ凝集は多くなり、吸光度は上昇する。この方法の長所は感度が高く簡便であることであり、短所は高濃度のアルブミンでは不正確になる可能性がある点である。

我々が開発したホタルイカルシフェリン-アルブミン発光による尿中アルブミン計測法はルシフェリンという安定した化合物を使用する反応なので、作製した個体によって抗体の特異性がことなる免疫比濁法に比べ、いつでも安定した値が出ると期待できる。また、ホタルイカルシフェリンの構造を改変することで、さらに感度よくアルブミンを計測できる可能性もある。これには化学合成ができる共同研究者が必要となる。短所としては、本法で用いられる発光計測装置が、免疫比濁法で用いられる分光光度計に比べて普及していない点、免疫比濁法に比べて手順が多い点があげられる。今後尿中蛋白質の沈殿操作を簡便に短時間でを行う方法を探索すべきであろう。

ホタルイカルシフェリンがなぜアルブミンと反応するのは全く分かっていない。この反応が生理的な意味があるのか明らかにするために、ホタルイカのアルブミンがホタルイカルシフェリンと反応するか興味を持たれる。もしホタルイカアルブミンがホタルイカルシフェリンと反応し発光するなら、それは何か生物学的な意義がある可能性もある。

5. 参考文献

1. A New Method for Albuminuria Measurement Using a Specific Reaction between Albumin and the Luciferin of the Firefly Squid *Watasenia scintillans*.

Ishimoto T, Okada T, Fujisaka S, Yagi K, Tobe K, Toyooka N, Mori H.

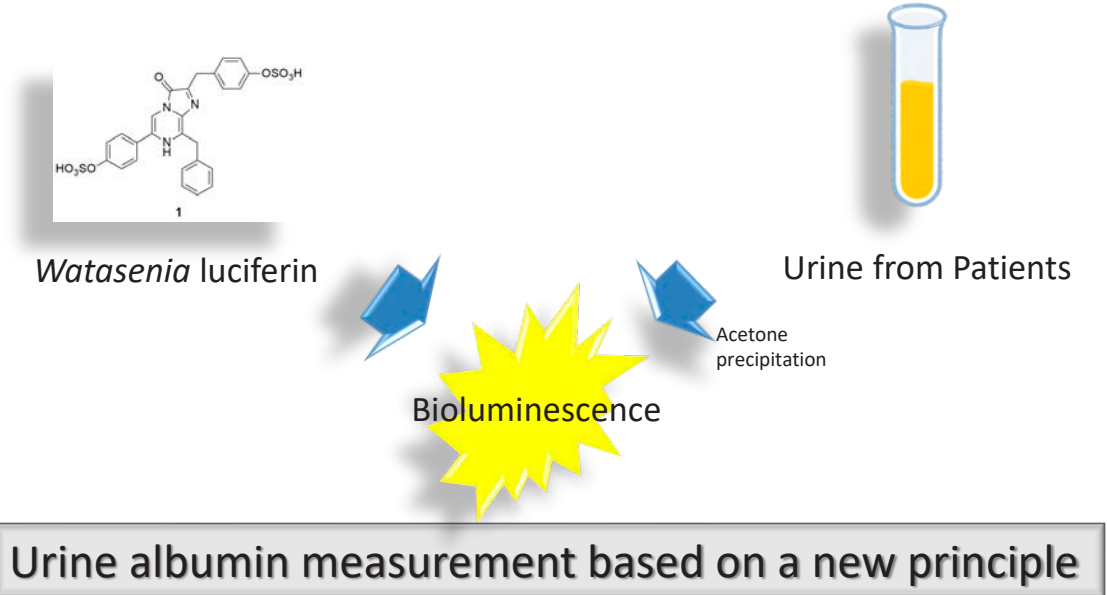
Int J Mol Sci. 2022 Jul 28;23(15):8342.

2. Control of actin polymerization via reactive oxygen species generation using light or radiation.

Ishimoto T, Mori H.

Front Cell Dev Biol. 2022 Sep 23;10:1014008.

Graphic abstract



研究成果の模式図

研究題目	幼少期ストレス経験による不安・うつ の発症メカニズム
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部医学系・助教・中村 友也
分野	神経科学
キーワード	幼少期ストレス, 不安, うつ, パルブアルブミン

1. 研究の背景と目的

外側手綱核 (lateral habenula: LHb) は、間脳背側に位置し、ストレスや嫌悪刺激などの情報を基底核や辺縁系から受け、腹側被蓋野 (Ventral tegmental area: VTA) や背側縫線核 (Dorsal raphe nucleus: DRN) などの中脳のモノアミン系神経回路を調節することにより、報酬と嫌悪の情報処理、認知機能と情動を制御していることが知られている。ヒトのうつ患者では、LHb の過活動が報告されている (Morris et al., 1999, Neuroimaging)。さらにげっ歯類の不安・うつ動物モデルにおいても LHb の過活動がみられ、GABA 作動薬を局所投与して LHb を抑制すると同症状が改善する (Winter et al., 2011, Behav Brain Res)。これらの所見は LHb の過活動が「不安とうつ」の発症に関与することを示唆する。

申請者らの研究で、生後 10-20 日の幼少期にストレスを受けたマウスは、成長後の LHb において、Parvalbumin (PV) 陽性神経細胞が少なく、ストレス神経細胞反応性が高く、不安・うつ様行動を呈することが明らかになった (Nakamura et al., 2021, Journal of Psychiatry and Neuroscience)。PV 陽性神経細胞が行動の変化に関与していることが示唆されるが、神経回路における役割はわかっておらず、発症メカニズムは不明である。本研究では、in-situ hybridization chain reaction (in-situ HCR) と免疫染色により、LHb の PV 陽性細胞における、興奮性のグルタミン酸作動性神経細胞マーカーの *vglut1*, *vglut2*, *vglut3* と抑制性の GABA 作動性神経マーカーの *gad1*, *gad2*, *vgat* の発現を明らかにし、神経回路における役割を明らかにする。

2. 研究方法

野生型雌雄 C57BL/6J マウス (B6/J) は、株式会社日本エスエルシー (日本、浜松市) から購入した。全てのマウスは温度調節された部屋 (23±1℃) で、12 : 12 時間の明暗サイクル (05 : 00 に点灯、17 : 00 に消灯) で飼育された。実験は、60~70 日齢のマウスで行った。すべての実験プロトコルは、富山大学動物実験倫理委員会 (ライセンス番号: A2019MED-34 および A2022MED-2) の承認を受け、実験動物の飼育と使用に関するガイドラインおよび米国国立衛生研究所の実験動物の飼育と使用のためのガイドに従って行った。

マウス LHb における PV 陽性神経細胞について、高い感度と特異性で mRNA を検出できる in-

situ HCR 法 (Choi et al., 2018) (probe sets; *gad1*, *gad2*, *vgat*, *vglut1*, *vglut2*, *vglut3*; Molecular Instruments, Inc., California, USA) と免疫染色 (anti-Parvalbumin antibody #P3088, 1:10000 dilution; Sigma-Aldrich, St Louis, ML, USA) を組み合わせ、神経伝達物質作動性を同定した。

3. 研究成果

A. LHb の PV 陽性神経細胞における GABA 作動性神経マーカーの低い発現率

LHb の PV 陽性神経細胞は外側手綱核の内側部と外側部の両方に分布しており (Fig. 1A1), *gad2* は低い発現率だった ($2.93 \pm 0.57\%$, Fig. 1A1-4). *gad1* ($1.42 \pm 0.33\%$, Fig. 1A5)と *vgat* ($1.14 \pm 0.22\%$, Fig. 1A6) は、更に低い発現率だった。

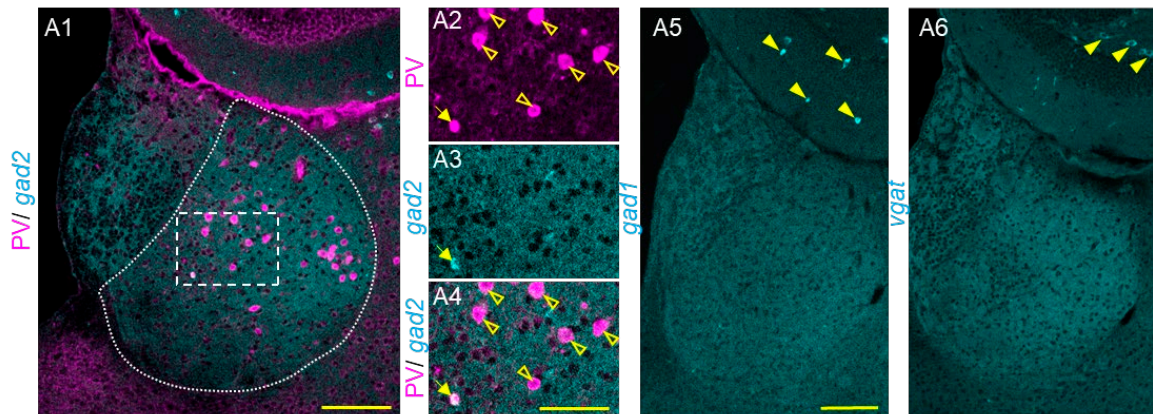


Figure 1. LHb の PV 陽性神経細胞における GABA 作動性神経マーカーの発現. LHb の PV の免疫染色 (マゼンタ) と *gad2* の mRNA in-situ HCR (シアン) の低倍率画像 (A1), PV 高倍率画像 (A2), *gad2* 高倍率画像 (A3), 重ね合わせ (A4). *gad1* (A5) と *vgat* (A6) の mRNA in-situ HCR の低倍率画像.

PV 陽性神経細胞の *gad2* 発現率は、脳領域間で有意に異なっていた ($F_{3,16} = 94.78, p < 0.0001$, one-way ANOVA). LHb における発現率 ($2.93 \pm 0.57\%$) は海馬における発現率 ($52.36 \pm 4.60\%$, $p < 0.0001$) より有意に低かった (Tukey-HSD 検定). しかし、帯状皮質 ($5.24 \pm 1.19\%$, $p = 0.9064$) および扁桃核 ($7.55 \pm 0.84\%$, $p = 0.5502$) (Tukey-HSD test) における発現率と有意差はなかった (Figure 2A). さらに、PV 陽性神経細胞の *gad1* の発現率は、脳領域間で有意に異なっていた ($F_{3,16} = 3229.71, p < 0.0001$, one-way ANOVA). LHb における発現率 ($1.42 \pm 0.33\%$) は、他の領域 (帯状皮質 ($27.43 \pm 1.35\%$, $p < 0.0001$), 海馬 ($99.24 \pm 0.47\%$, $p < 0.0001$), 扁桃核 ($93.76 \pm 0.88\%$, $p < 0.0001$) における発現率) に比べて著しく低いことがわかった (data not shown) (Tukey-HSD test). LHb では、PV 陽性神経細胞の GABA 作動性神経マーカーの発現率が、他の領域と比較して低かった。

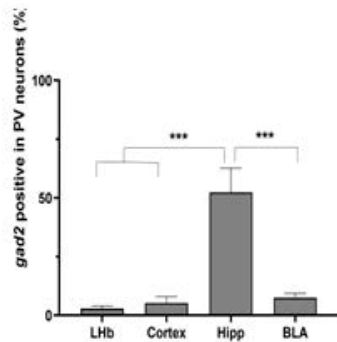


Figure 2. LHb の PV 陽性神経細胞における *gad2* の発現. 各脳領域における PV 陽性神経細胞の *gad2* の発現率. LHb, 外側手綱核. Cortex, 帯状皮質. Hipp, 海馬. BLA, 基底外側扁桃体.

B. LHb の PV 陽性神経細胞におけるグルタミン酸作動性神経マーカーの高い発現率

LHb において, グルタミン酸作動性マーカーの発現を調べた (Figure 3A). PV 陽性神経細胞では *vglut1* の発現はほとんど認められず (Figure 3A2-4), 多くは *vglut2* を発現していた (Figure 3A5-7).

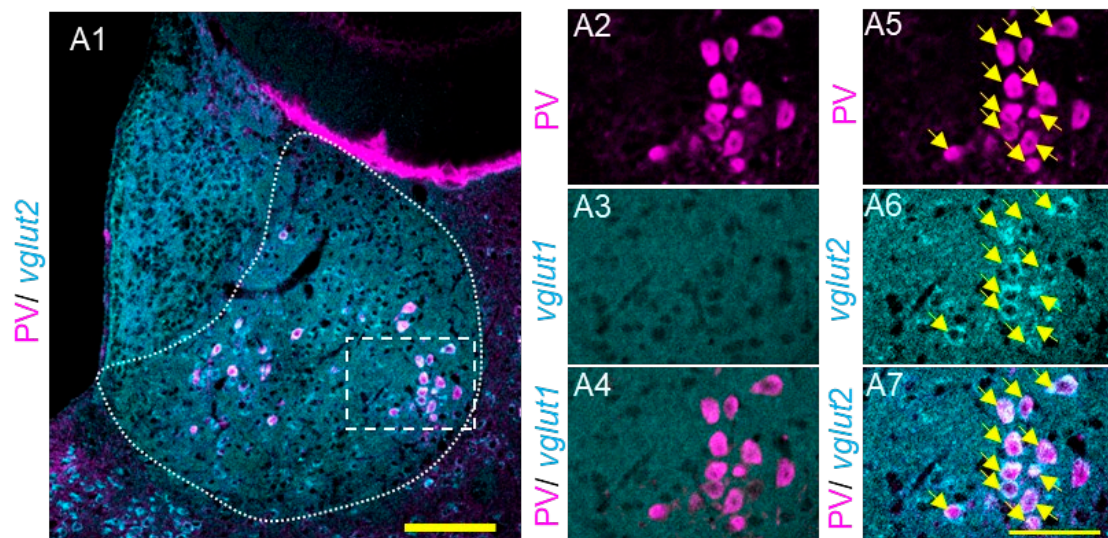


Figure 3. LHb の PV 陽性神経細胞における *vglut2* の発現. LHb の PV の免疫染色 (マゼンタ) と *vglut2* の mRNA in-situ HCR (シアン) の低倍率画像 (A1), PV 高倍率画像 (A2), *vglut1* 高倍率画像 (A3), 重ね合わせ (A4). PV 高倍率画像 (A5), *vglut2* 高倍率画像 (A6), 重ね合わせ (A7).

PV 陽性神経細胞の *vglut1* 発現率は, 脳領域間で有意に異なっていた ($F_{3,16} = 272.64, p < 0.0001$, one-way ANOVA, Figure 4A). LHb における発現率 ($0.10 \pm 0.064\%$) は, 他の領域 (帯状皮質 ($71.57 \pm 3.59\%, p < 0.0001$), 海馬 ($16.64 \pm 0.47\%, p < 0.0001$), 扁桃体 ($38.61 \pm 0.94\%$,

$p < 0.0001$) における発現率と比べて著しく低いことがわかった (Tukey-HSD 検定). LHb では, PV 陽性神経細胞の *vglut2* 発現率 ($76.08 \pm 1.20\%$) は, 帯状皮質における割合 ($0.016 \pm 0.016\%$, $p < 0.0001$, Welch's t-test) よりも著しく高かった (Figure 4B). 扁桃体, 海馬には PV 陽性神経細胞に *vglut2* の発現は見られなかった. LHb では, PV 陽性神経細胞の高い割合でグルタミン酸作動性マーカー、特に *vglut2* が発現していた。

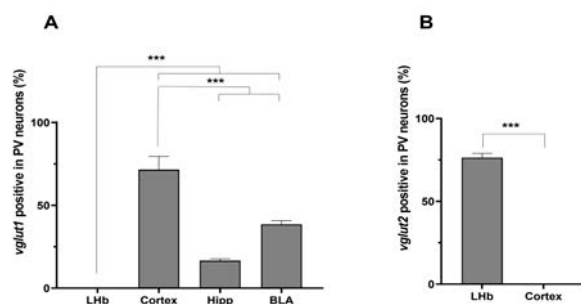


Figure 4. LHb の PV 陽性神経細胞におけるグルタミン酸作動性神経細胞マーカーの発現. PV 陽性神経細胞の *vglut1* 発現率 (A). PV 陽性神経細胞の *vglut2* 発現率 (B). LHb, 外側手綱核. Cortex, 帯状皮質. Hipp, 海馬. BLA, 基底外側扁桃体.

4. 今後の展望

以上から, LHb の PV 陽性ニューロンの多くはグルタミン酸作動性神経細胞であることが明らかになり, 興奮性の神経細胞であると考えられる. 今まで, PV 陽性神経細胞は GABA 作動性の抑制性神経細胞であるという定説があったが, それを覆す結果が得られた. 今後は, 興奮性の神経細胞として, LHb 回路内外で, どのような役割があるのか, 行動に対してどのような機能があるのかを検討する必要がある. また, PV 陽性神経細胞の GABA 作動性マーカーとグルタミン酸作動性マーカーの発現は, 脳領域によって異なっており, 脳領域ごとに興奮と抑制の役割が異なると考えられた. 他の脳領域との機能比較も検討したい.

5. 参考文献

1. Nakamura T, Kurosaki K, Kanemoto M, Sasahara M, Ichijo H. Early-life experiences altered the maturation of the lateral habenula in mouse models, resulting in behavioural disorders in adulthood. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 2021;46(4):E480-E489.
2. Morris JS, Smith KA, Cowen PJ, et al. Covariation of activity in habenula and dorsal raphe nuclei following tryptophan depletion. *Neuroimage* 1999;10:163-72.
3. Winter C, Vollmayr B, Djodari-Irani A, et al. Pharmacological inhibition of the lateral habenula improves depressive-like behavior in an animal model of treatment resistant depression. *Behav Brain Res*

2011;216:463-5.

4 . Choi, HM, Schwarzkopf M, Fornace ME, Acharya A, Artavanis G, Stegmaier, J. et al.. Third-generation in situ hybridization chain reaction: multiplexed, quantitative, sensitive, versatile, robust. *Development*, 2018;145(12);dev165753.

研究題目	脳病変部特異的な薬物送達を可能にする バイオリポソームの開発
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部薬学・和漢系・助教・泉尾 直孝
分野	医薬系
キーワード	薬物脳内送達・ナノキャリア・神経変性

1. 研究の背景と目的

中枢神経系への薬物送達は、血液-脳実質間の物質・細胞の移行を制限する血液脳関門 (BBB) が障壁となり非常に困難である。また、中枢神経系に対する薬物の殆どは、標的外の脳領域への薬理作用により情動性・神経性の副作用が発現することが問題となっており、脳内の病変部特異的な薬物送達法の開発が強く望まれる。標的組織への薬物送達の方法として、ナノサイズの脂質二重膜小胞 (ナノ脂質キャリア) であるリポソームへの封入が研究されてきた。リポソームは人工脂質のフィルトレーション (Extrusion 法) により調整される。リポソーム自体は大量合成が可能であり臨床実装されているが、高難度の組織への送達には、標的化シグナルをリポソーム膜に有機合成的に付与する必要があるが、大量合成には不向きである。また生理的なナノ脂質キャリアであるエクソソームは、細胞からの遊離量が僅かであり臨床応用は現状困難である。報告者は、以前より、生きた細胞の膜成分から調整したリポソーム (= 「バイオリポソーム」) の開発に取り組んできた。バイオリポソームは、培養細胞の懸濁液をフィルトレーションし、断片化した膜の自発的再構築により形成される小胞として回収する (Cell extrusion 法) (図 1)。バイオリポソームの調整はリポソームと同等に簡便であり、同スケールの培養細胞から得られるエクソソームに対し、その 100 倍の粒子数を得ることができる (参考文献 1)。また、親細胞の選択・修飾によりバイオリポソームの組織標的化が可能である。バイオリポソームは、工業的な大規模生産が可能な組織標的化ナノキャリアとして期待される。本研究では、バイオリポソームの技術を活用し脳病変部に特異的な薬物送達法の作出を試みる。

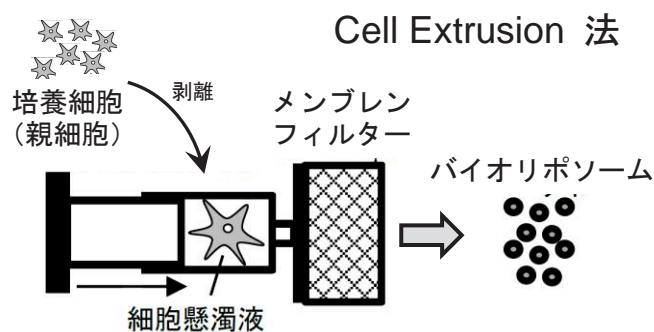


図 1 バイオリポソームの調整法

2. 研究方法

研究および実施した実験の方法については、「3. 研究成果」において併せて記載する。

3. 研究成果

従来法では、親細胞を 10 μm , 5 μm , 1 μm の 3 段階のメンブレンフィルターを用いて Extrusion することでバイオリポソームを回収する。この方法は、1 μm のメンブレンフィルターを通した時点で得られる小胞のサイズが不均一である。またミトコンドリアを含む様々な親細胞由来の夾雑物を内包する。このような製剤学的・生物学的な不安定性を克服するため、バイオリポソームの調整法の改良を試みた。親細胞（神経芽細胞腫 Neuro2A）の 10 μm による Extrusion の後、密度勾配超遠心法により 6 つの画分（低密度 F1 → 高密度 F6）に分け、内容物についてオルガネラマーカーによるウェスタンブロッティングを実施したところ、F1・F2 画分には細胞膜成分が回収され、一方 F3・F4 画分にはミトコンドリア成分が濃縮されることが明らかとなった（図 2）。そこで、F1・F2 画分を回収し、1 μm および 0.4 μm の Extrusion を実施したところ、200-400 nm のサイズに限定的な小胞プロファイルを示した（図 3）。以上より、改良法により製剤学的・生物学的な安定性を高めたバイオリポソームを得ることができた。

バイオリポソームの克服すべき課題として、水溶性化合物の封入効率の低さが挙げられる。現状、Extrusion の過程における断片化した膜の自発的再構築において水溶性化合物は取り込まれるが、総溶液量に対する脂質成分の空間充填率により規定されるため、このような受動的様式では封入効率を高めることは難しい。そこで報告者は、プラスミド DNA を細胞内に取り込ませる手法として確立されている電気穿孔法に着目した。GFP 親細胞である Neuro2A 細胞に最適化されたパルスプロトコルによる電気穿孔法により、蛍光タンパク質 GFP のバイオリポソーム内への明瞭な取り込みが認められた（図 4）。

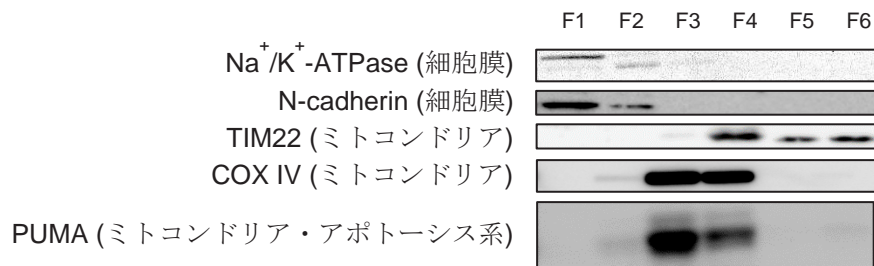


図 2 密度勾配遠心後の各画分におけるオルガネラマーカー

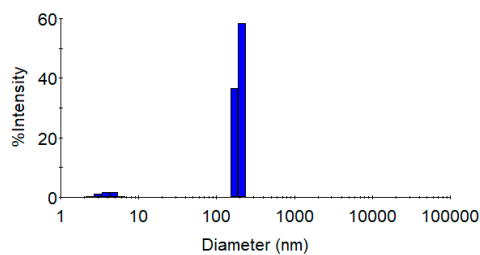


図 3 改良法によるバイオリポソームのサイズ分布

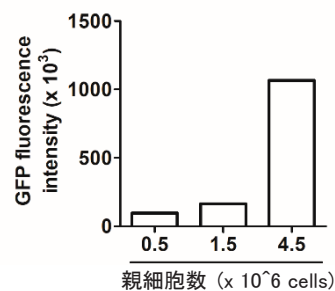


図 4 電気穿孔法による GFP の取り込み

4. 今後の展望

今回の検討では、バイオリポソームの調整法に関連した基礎的な研究を中心に実施した。現在、親細胞の神経芽細胞腫 Neuro2A に、脳血管内皮細胞株 b.End3 および骨髄由来細胞株 H-1D のミックスとする脳病変部への集積性の向上に取り組んでいる。これまで、Cell extrusion 法によるナノ脂質粒子を用いた薬物送達には既に数報の報告があるが、標的化が容易なガン細胞をターゲットとしている。今後、様々な工夫を凝らし、難易度の高い脳内送達、特に脳病変部への送達を実現することで、中枢性副作用の少ない脳疾患の薬物治療の開発に貢献することが期待される。

5. 参考文献

1. Nasiri Kenari A, Kastaniegaard K, Greening DW, Shambrook M, Stensballe A, Cheng L, Hill AF. Proteomic and Post-Translational Modification Profiling of Exosome-Mimetic Nanovesicles Compared to Exosomes. *Proteomics* 2019; 19(8): e1800161.

研究題目	嗅覚系を介したパブロフ型条件反射を基盤とする2型糖尿病とうつの防止法の開発
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部薬学・和漢系・教授・恒枝 宏史
分野	医薬系
キーワード	嗅覚、脂質代謝、脳、糖尿病、うつ

1. 研究の背景と目的

科学技術が大いに進歩した現代社会では、多くの人々がその恩恵を享受し、便利でスピーディーな生活を送ることができる時代となった。しかし、近代以降、生活習慣の変化が極端に速かったため、身体や精神面での適応が不完全であり、ヒトの健康に甚大な影響を与え続けている。特に、移動手段の発達や飽食環境の急拡大が運動不足や糖・脂質の過剰摂取を招き、肥満や2型糖尿病の発症増加を招いている。また、スローライフとは対極のゆとりの少ない生活習慣が過度のストレスを生み、うつ病などの精神疾患の発症を助長している。しかも、2型糖尿病とうつ病は相互に発症リスクを増加させることが知られている¹⁾。代謝機能と精神機能の両者を高め、糖尿病とうつの悪循環を防止する手法の開発が求められている。

人類の歴史を振り返ると、稲作などの農耕が始まる以前は、狩猟中心の生活であり、食物摂取の機会が不安定であったため常に飢餓の危機に曝されてきた。狩猟で得た獲物の肉と油を食する生活では栄養素の主体が炭水化物よりも脂質やアミノ酸に偏る。このような進化的背景を持つ人類は、飽食には脆弱であるが、飢餓には比較的高い適応力を有し、遊離脂肪酸やケトン体といった脂質（油）を生体のエネルギー源とする飢餓適応機能は高度に発達した。従来の糖尿病治療法の開発研究では、脆弱な糖代謝機能が肥満などの影響で低下した際、その低下を補うことに重点が置かれてきた。しかし、強靱な飢餓適応機能である脂質代謝をさらに促進することで、飽食時代の代表的疾患である糖尿病やうつ病に有益な影響をもたらされるかは不明である。

あらゆる動物に共通する重要な飢餓対応策は、食物を探索すること、また、そのために必要な生体エネルギーを供給し続けることである。食物の発見には五感の機能が活躍する。特に、食物の匂いは重要な手がかりであり、空腹時には嗅覚感度が上昇する。生体エネルギー供給の観点では、絶食後しばらくは肝臓でグリコーゲンを分解して糖を供給するが、やがて枯渇すると、その後は脂肪組織に蓄えられていた中性脂肪を分解して遊離脂肪酸、すなわち脂質をエネルギー基質として放出する。このように、長期の空腹時や飢餓時には、嗅覚と脂質代謝が活発になる。空腹時に感覚機能を介して食物の存在を認識すると条件反射として唾液や消化液が分泌するなど、生体機能に変化する。本機構は発見者の名前にちなんで「パブロフの条件反射」と呼ばれる²⁾。しかし、嗅覚と脂質代謝が機能的に関係するかは不明であった。

そこで本研究では、飢餓適応機構として嗅覚と脂質代謝が連係する可能性をマウスを用いて検証し、さらにその連係機構が糖尿病やうつの発症を防止する可能性を追究した。

2. 研究方法

マウスを用いた嗅覚刺激実験を実施するため、匂い放出用遮光チューブを設置した密閉ケージにマウスを入れた。遮光チューブには複数の穴が開けられており、外側からは中身を見ることができない。そのため、チューブの中に餌を入れると、マウスは餌の匂いだけを感じることになる（図1）。実際に、1ケージに4本の匂い放出用遮光チューブを設置して、各チューブに異なる餌を入れると、絶食中のマウスは摂食経験のある餌の匂いを放出するチューブのみに接近して、餌の在り処を探索し続けた。したがって、本装置は正確に匂いの知覚情報をマウスに伝達できることがわかった。

そこで本装置を用いて、マウスを嗅覚刺激し、脂質代謝や糖代謝が変化するかを以下の方法で解析した。実験動物としては、一般的に野生型あるいは正常マウスとして汎用される雄性 C57BL/6J マウス、脳の報酬効果あるいは動機付けに関わるドパミン D2 受容体やオレキシンを欠損したマウス、遺伝性肥満・2型糖尿病 db/db マウス、食餌性肥満（高脂肪食負荷）マウスを使用した。また、脳の嗅球部位摘出による嗅球機能消失マウスや、嗅覚記憶の想起を担う梨状皮質に抑制性人工受容体を発現させたマウスも使用した。嗅覚刺激には、摂食経験のある餌の匂いや、食物以外の匂い物質（ムスコンなど）を使用した。代謝機能の解析では、絶食条件下で嗅覚刺激し、食前、食後、糖・脂質・インスリン負荷後の血液成分を生化学的に解析した。また全身のエネルギー代謝を小動物用代謝測定システムで解析した。さらに、各臓器の遺伝子・タンパク発現量の変化を RT-PCR 法やウェスタンブロット法で解析した。精神機能の解析では、急性うつ評価法として一般的に汎用される行動試験を実施した。なお、本研究は富山大学動物実験委員会および遺伝子組み換え生物等使用実験安全管理委員会の審査を経て富山大学学長の承認後に実施した。

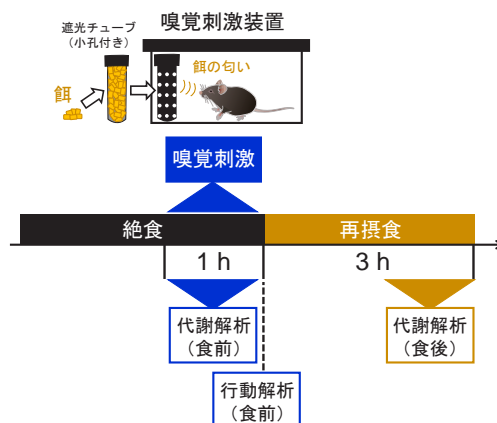


図1. 空腹マウスに対する食物の匂い刺激法

3. 研究成果

嗅覚と代謝が関連するかを解明するため、絶食マウスを餌の匂いで刺激して、血液成分を解析した。その結果、血糖値は変動しなかった一方で、脂質である遊離脂肪酸の血中濃度が匂い刺激

中、持続的に増加した。絶食条件下で餌の匂いを1時間嗅がせた後に、その餌を摂食させると、全身で利用するエネルギー源が糖から脂質にシフトすることが、呼吸商の低下となって表れた。このように、空腹時に食べ物の匂いを嗅ぐことで、食前では利用可能な脂質が増加し、食後では脂質の利用が促進される生体変化を認めた³⁾。

嗅覚と脂質代謝が関連するメカニズムを解明するため、まず、嗅覚系を介した食前の血中遊離脂肪酸の増加機序を解析した。その結果、嗅球の機能を消失したマウスや、薬理遺伝学的に梨状皮質の機能を低下させたマウスでは、嗅覚刺激による遊離脂肪酸の動員は消失した。各種受容体拮抗薬を用いた薬理的解析を実施した結果、視床下部プロオピオメラノコルチン(POMC)神経系や交感神経系の抑制でも嗅覚刺激による遊離脂肪酸の動員は消失した。遊離脂肪酸が分泌される白色脂肪組織の生化学的解析では、嗅覚刺激に伴う脂質分解経路の活性化指標の増加を認めた。したがって、食前において餌の匂いは鼻粘膜を介して嗅球-梨状皮質-視床下部 POMC 神経-交感神経系を活性化し、白色脂肪組織からの遊離脂肪酸の分泌を誘発することを明らかにした³⁾ (図 2)。なお、マウスが先天的に嗜好性を示す匂い物質であるムスコンによっても同様の脂質動員が誘発され、本機構を標的とした薬物介入が可能であることが示唆された。

一方、餌の匂い刺激による食後の脂質利用に関しては、オレキシンやドパミン D2 受容体の欠損は影響しなかったが、遺伝性肥満 db/db マウスで効果が消失した。db/db マウスは視床下部のホルモン(レプチンとグレリン)感受性が変容したマウスであることから、嗅覚刺激によるこれらのホルモンの感受性を薬理学的手法で解析したところ、グレリン感受性の増加と、レプチン感受性の低下を認めた。グレリンの反応性増加と対応のある視床下部アグーチ関連ペプチド(AgRP)の遺伝子発現量も増加した。絶食マウスを餌の匂いで刺激した後にオリーブ油を経口投与すると、血中への脂質の吸収量が増加し、その変化は交感神経系阻害薬存在下で増強された。したがって、空腹時に餌の匂いを嗅いだマウスでは食後において、視床下部 AgRP 神経の活性化-交感神経系の抑制-消化管の脂質吸収の増加を介して全身の脂質利用が増加することを明らかにした³⁾ (図 2)。

高脂肪食の長期間の摂取は肥満や2型糖尿病の原因となる。空腹時の食べ物の匂い刺激で脂質代謝を促進することにより糖尿病の発症が防止できるかを明らかにするため、高脂肪食を摂取したマウスを定期的に絶食し、餌の匂い刺激を与えてから再摂食を開始させた。その結果、本処置によりインスリン感受性が増加し、血糖上昇が防止された。嗅覚と脂質代謝の連係は代謝異常を防ぐために重要な役割を果たすことが示された³⁾ (図 2)。

さらに、嗅覚と精神機能の関連を明らかにするため、通常食または高脂肪食を摂取させたマウスに対し、絶食下で餌の匂いを嗅がせてから行動試験を実施した。その結果、嗅覚刺激した群では、対照群に比べ、うつ指標が減少した。このように、空腹時の食物の匂いは抗うつ効果を示すことが示唆された(図 2)。

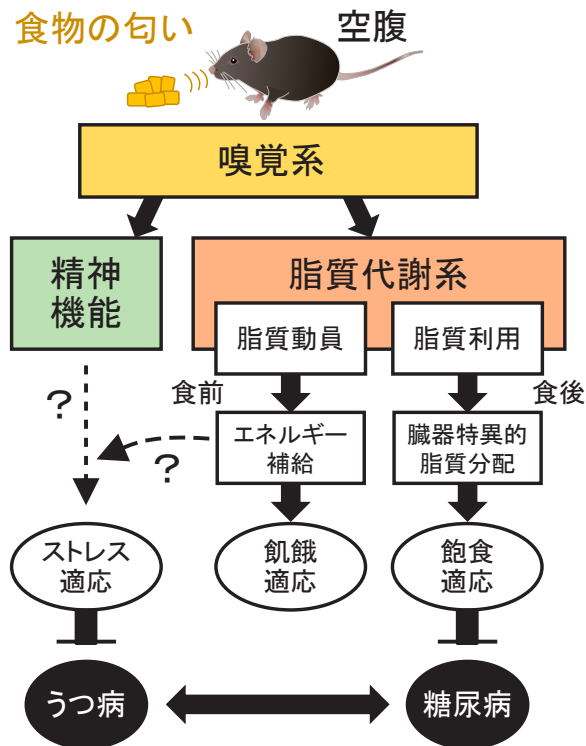


図2. 空腹時における嗅覚系を介したパブロフ型条件反射による脂質利用の促進とうつの防止効果（仮説）

4. 今後の展望

本研究ではマウスを用いた実験で、絶食状態において食物の匂いを感知すると、脂質代謝が向上して糖尿病の発症防止に寄与すること、またストレスによるうつも防止される可能性を見出した。嗅覚刺激による代謝機能と精神機能の改善が連動的に誘導されるのか、あるいは独立に誘導されるのかは今後の課題として残された。しかし、空腹時において嗅覚刺激した後、両作用が同時に誘発されたことから、代謝機能と精神機能には何らかの関連があると考えられる。食物に関わる知覚情報が空腹時に生体機能を変化させるという点では、本研究で見出した嗅覚刺激の効果はパブロフの条件反射の新機能と見なすことができる。パブロフ型条件反射としてはこれまで、空腹時に食物の存在を感知すると唾液やインスリンが分泌されるなど、数分程度の短期的な生体反応のみが注目されていた²⁾。一方、嗅覚系を介した代謝・精神機能の調節はより長い時間維持された。したがって、嗅覚系を起点とするパブロフ型条件反射の機構は代謝機能異常や精神機能異常を改善するための新規の標的である可能性が考えられる。近年の疫学調査では、嗅覚障害が2型糖尿病の発症率と関連することが示されている⁴⁾。また、嗅覚障害はうつ病の発症にも関連することが知られている⁵⁾。今後、ヒトにおいて嗅覚系を起点としたパブロフ型条件反射の意義を明らかにすることを通して、代謝疾患や精神疾患の予防・治療に寄与する嗅覚療法が見出されることが期待される。

5. 参考文献

1. Mezuk B, Eaton WW, Albrecht S, Golden SH. Depression and type 2 diabetes over the lifespan: a meta-analysis. *Diabetes Care*. 2008;31:2383-2390.
2. Langhans W, Watts AG, Spector AC. The elusive cephalic phase insulin response: triggers, mechanisms, and functions. *Physiol Rev*. 2023;103:1423-1485.
3. Tsuneki H, Sugiyama M, Ito T, Sato K, Matsuda H, Onishi K, Yubune K, Matsuoka Y, Nagai S, Yamagishi T, Maeda T, Honda K, Okekawa A, Watanabe S, Yaku K, Okuzaki D, Otsubo R, Nomoto M, Inokuchi K, Nakagawa T, Wada T, Yasui T, Sasaoka T. Food odor perception promotes systemic lipid utilization. *Nat Metab*. 2022;4:1514-1531.
4. Rasmussen VF, Vestergaard ET, Hejlesen O, Andersson CUN, Cichosz SL. Prevalence of taste and smell impairment in adults with diabetes: A cross-sectional analysis of data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *Prim Care Diabetes*. 2018;12:453-459.
5. Canbeyli R. Sensory stimulation via the visual, auditory, olfactory and gustatory systems can modulate mood and depression. *Eur J Neurosci*. 2022;55:244-263.

研究題目	伝統的町家セルフリノベーションの教科書開発 —高岡市吉久における学生シェアハウスづくりを通して—
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部芸術文化学系・講師・藪谷 祐介
分野	建築計画、コミュニティデザイン
キーワード	町家, リノベーション, ワークショップ

1. 研究の背景と目的

近年、地方都市において空き家の増加が社会的課題となっており、その適切な管理や有効活用に向けた様々な取り組みが全国各地で取り組まれている¹⁾。富山県においても同様の課題を有し、特に県内に多く残存する伝統的町家は「文化財未満の文化的価値のあるもの」と捉えることができ、現行の文化財保護行政ではカバーしきれないこれらの対象を草の根的に保全することで地域性を有する建築文化や景観を継承し、独自性を有する地域づくりにつながると考えられる。空き家となった伝統的町家を草の根的に保全する方法として、新たな用途に合ったかたちや現代の生活水準にあった性能に更新するリノベーションが挙げられる。特に、使用者が主体的に空間のありようや改変の仕方について考え、自らの手によって改修するセルフリノベーションは、コストを削減しながら、個別事情に合わせた空間の実現が可能である。さらには、必要に応じて随時、継続的に空間づくりを進めることができるため、持続可能な手法であると言える。しかしながら、セルフリノベーションには専門的知識が必要であり、特に、富山県において伝統的町家を活用する上では断熱性能の向上等に関する知識が必要不可欠であるため、そのことが知識・技術未熟者の実践における障壁となり得る。今後、セルフリノベーションによる活用をより多く促すためには、コストを最小限に抑えながら、必要な居住性能を獲得するためのセルフリノベーションの手法開発と、それを知識・技術未熟者にわかりやすく伝えるツール開発が必要である。

そこで本研究では、本研究者が公民学連携でまちづくりに取り組んでいる高岡市吉久において、伝統的町家を学生シェアハウスとして活用するための必要最低限のリノベーションを実践する。それを通して、最小限セルフリノベーションの実践知を体系的に整理し、伝統的町家をセルフリノベーションすることによる可能性と課題を考察する。さらに、その成果をもとに初学者でも実践可能なセルフリノベーションの教科書を作成し、富山県内を中心に広く発信することを目的とする。

関連する既往研究として、大学生のセルフリノベーションにおける学習効果を学習機会ごとに丹念に論じた研究²⁾や、セルフリノベーションについての一般の実践者の意識を調査した研究³⁾、セルフリノベーションの事業スキームや学生による実態と課題の把握を試みた研究⁴⁾がある。本研究は、学生等の知識・技術未熟者がコストをかけずに伝統的町家を居住可能な性能に向上させるために、できるだけ最小限の範囲でセルフリノベーションを実践する方法論を検討

する点で学術的意義を有し、その成果を分かりやすく知識・技術未熟者に伝える教科書を開発しようとする点に独創性を有する。

2. 研究方法

研究対象は、高岡市吉久にある伝統的町家・旧藤田邸である。現在はNPO法人吉久みらいプロジェクトが所有しており、学生居住およびリノベーションの許可を得ている。研究体制は図1の通りである。

2-1 リノベーション | 伝統的町家を学生シェアハウスにするための設計とワークショップによる施工

居住学生が主体となって設計し、本研究者はその指導を行った。設計内容は図面を用いて検討した。伝統的町家を学生シェアハウスとして活用するためには、①断熱性能の向上、②地域とのつながりの2つが最も重要であると考え、それらを予算内で達成できるよう、必要最低限の範囲のリノベーションとし、材料費等の積算をしながら設計を行った。施工は、建築職人集団GO、左官職人の指導によるワークショップ形式で、富山大学学生、吉久地区の住民の参加のもと計3回実施した。

2-2 調査分析 | セルフリノベーションの実践知の体系化に向けた観察・ヒアリング・アンケート調査

最小限セルフリノベーションの実践知の体系化に向けて、2-1のワークショップに合わせて、観察調査とヒアリング調査を実施した。さらに、すべてのワークショップ終了後に居住学生に対してアンケート調査を実施した。観察調査はカメラとフィールドノートへの記録により行い、ヒアリング調査は指導を行った大工や左官職人に実施した。各調査項目は表1の通りである。得られた情報を体系的に整理し、セルフリノベーションの可能性と課題を考察する。

2-3 成果まとめ | リノベーションのノウハウを広く共有するための教科書作成

2-1, 2-2の結果をもとに、知識・技術未熟者でも実践可能なセルフリノベーションの教科書第1弾を作成した。執筆・編集作業は本研究者が行い、デザインは本研究者指導の元、学生が担当した。教科書はpdfデータをWeb上で広く公開する。



図1 研究体制

表1 調査項目

調査方法	調査項目
観察調査	a) 基本情報 使用材料と材料費/必要工具/作業時間(人数×時間) b) セルフリノベーションの実践知 手順・作業内容(写真による記録も含む)/職人による指導内容
ヒアリング調査	c) 職人へのヒアリング調査項目 指導内容・要点/安全に配慮する点/指導が難しかった点・課題/その他気づいた点
アンケート調査	e) 居住学生へのアンケート調査項目 学びになった点/分からなかった点/居住しての感想、断熱性能

3. 研究成果

3-1 リノベーション | 伝統的町家を学生シェアハウスにするための設計とワークショップによる施工

(1) 内窓・網戸ワークショップ (2022年7月20日, 21日実施)

木材を加工して、内窓と網戸を作るワークショップを実施した。1日目は、キッチンの内窓と網戸の制作を行った。参加者は学生が2名であった。大工職人から工具の使い方や制作手順などを指導してもらいながら作業を進めた(写真1)。作業は事前準備として木材の墨付け・切り出しを行った。当日は①網戸部材面取り, ②網戸枠組み立て, ③網戸枠設置(仮), ④網戸組み立て, ⑤網戸塗装,



写真1 内窓・網戸ワークショップの様子

⑥網戸組み立て, ⑦網張り, ⑧網戸組み立て(挟み), ⑨網戸取り付け, ⑩内窓部材面取り, ⑪内窓組み立て, ⑫中空ポリカーボネートカット, ⑬中空ポリカーボネート取り付け, ⑭内窓取り付けの順に行った。2日目は2階居室の内窓と網戸の制作と設置を行った。参加者は学生が3名, 地域住民が1名であった。2日目は大工職人の指導がなかったが, 参加した地域住民が元家具職人であったため, 網戸の貼り方や工具の使い方についてアドバイスがあった。作業は事前準備として木材の墨付け・切り出しを行った。当日は①キッチン網戸調節, ②2階内窓組み立て, ③2階網戸塗装, ④網戸組み立て, ⑤中空ポリカーボネートカット, ⑥網張り, ⑦中空ポリカーボネート取り付け, ⑧2階内窓枠組み立て, ⑨2階内窓取り付け, ⑩2階網戸枠取り付け, ⑪2階網戸取り付けの順に行った。

(2) 床断熱ワークショップ (2022年11月21日実施)

木材や断熱材を加工し, 床断熱を目的としたワークショップを実施した(写真2)。対象はキッチンである。参加者は学生3名で, 本研究者も参加した。前回のワークショップと同じ参加者も見られた。当日は①墨付け, ②根太設置, ③断熱材カット・設置, ④合板の捨て張りの順に行った。後日, 学生たちのみで仕上げのラワン合板を張り, 塗装, 乾燥まで行った。



写真2 床断熱ワークショップの様子

(3) 左官ワークショップ (2023年3月5日実施)

床断熱を行った一部の下地合板にモルタルを塗る左官のワークショップを実施した。対象は前回のワークショップと同じキッチンのある部屋である。参加者は学生2名で、本研究者も参加した。当日は左官職人から塗り方のコツや注意点などを指導してもらいながら作業を進めた(写真3)。作業は事前準備として養生・シーラー塗装を行なった。当日は①塗料練り、②カチオンワン練り、③カチオンワン塗り付け、④乾燥、⑤モルタル塗り付け、⑥乾燥、⑦押さえの順に行なった。



写真3 左官ワークショップの様子

ワークショップ後はセルフリノベーションを実施したキッチンが居住空間となり、冬でも過ごせることができた。

3-2 調査分析 | セルフリノベーションの実践知の体系化に向けた観察・ヒアリング・アンケート調査

(1) 内窓・網戸ワークショップ

内窓・網戸ワークショップの基本情報を整理した(表2)。使用材料は19種類、費用は約11万円であった。必要工具は17種類で、参加者すべての作業時間を合算すると、延べ2500分であった。

表2 内窓・網戸ワークショップの基本情報

使用材料	単価	数量	費用	必要工具	作業時間
杉角材(4000×80×20mm)	3410	4	13640	筆記用具/メジャー/ カンナ/毛引き/カッター/スポンジ/手袋/ ドライバ/ドリル ビット/タッカー/掃除用具/定規(短・長)/差し金/スライド丸鋸のみ	2500分
杉角材(4000×40×40mm)	3234	5	16170		
杉角材(4000×20×40mm)	1848	11	20328		
杉角材(4000×25×20mm)	2200	2	4400		
杉角材(4000×20×20mm)	1100	6	6600		
網戸用ネット (2500×14500mm)	1529	1	1529		
ステンレス厚口蝶番(76×49×1.5mm)	659	6	3954		
ステンレスフラッシュ蝶番(64×37.5mm)2枚入	768	2	1536		
ビス(M4.5×90mm/200本)	1529	1	1529		
ビス(M3.8×51mm/1000本)	1749	1	1749		
ビス(M3.8×32mm/1800本)	2189	1	2189		
タッカー	1969	2	3938		
タッカー用ステーブル (10mm/15000本)	1529	1	1529		
水性木部保護塗料(オーク色/0.7L)	1749	1	1749		
ポリカーボネート中空ボード(1820×910×6mm)	5049	4	20196		
カラビナ(10mm)	1529	2	3058		
ステンレス製アイボルト(25×42mm)	900	2	1800		
バラコード(5mm×30000mm)	1700	1	1700		
マグネットキャッチ(50mm/吸着力:35N)	1529	1	1529		
		合計	109123		

また、内窓・網戸ワークショップ様子を観察調査し、大工職人へのヒアリング調査を行った(表3、表4)。1日目は

作業が14工程あった。指導内容としては「削る角に対してカンナを45度傾けて刃を入れるとよい」など、道具の使い方や組み立て、設置の際に精度を高めるコツのレクチャーが多くみられた。また、「ビスは曲がった道ができるとそこに引っ張られてしまうので注意」など、作業の注意点に関するレクチャーもみられた。2日目の作業は11工程であった。参加した地域住民が元家具職人であったため、「毛引を使って蝶番の彫り込み分の印をつける」など、専門的な道具の使用について指導を受けることができた。

ヒアリング調査では、「真っ直ぐビスを入れるため初心者は特に下穴を開けた方がいい」など、ワークショップの際に指導した点以外に作業の要点が挙げられた。安全に配慮する点では「カッ

ターを使う時は後ろに人がいないか確認する」など、自分はもちろん、周りの人への安全にも配慮する点が挙げられた。指導が難しかった点・課題では、「言葉で伝えるのが難しかった」など、言語化や難易度・参加者の技量が不明確な点、ワークショップの適正人数、事前の打ち合わせやスケジュール管理などが挙げられた。

(2) 床断熱ワークショップ

床断熱ワークショップの基本情報を整理した(表5)。使用材料は10種類、費用は約21万円であった。必要工具は16種類で、参加者すべての作業時間を合算すると、延べ2420分であった。

また、床断熱ワークショップの様子を観察調査し、大工職人へのヒアリング調査を行った(表6)。作業は7工程あった。指導内容としては「カッターの刃を入れているときに、カッターを傾けると刃が折れるため危険」など、注意する点や、作業手順や精度を高めるコツに関するレクチャーが多くみられた。

ヒアリング調査では、「基準線をどこに設定するかがかなり大事」など、床断熱ワークショップの際に指導した点以外に作業の要点が挙げられた。安全に配慮する点では「薄い板の場合、たわみやすいため、丸鋸がぶれやすく、キックバックする危険性が高くなる」などが挙げられた。指導が難しかった点・課題では、「その場その場で臨機応変に対応するため、基準の取り方の説

表3 内窓・網戸ワークショップ1日目の観察調査とヒアリング調査

手順	観察調査		ヒアリング調査			
	作業内容	指導内容	指導内容・要点	安全に配慮する点	指導が難しかった点・課題	その他気づいた点
1	網戸部材面取り	・削る角に対してカンナを45度傾けて刃を入れるとよい。 ・木の上方(末)から下方(元)にやると仕上がりが綺麗。 ・カンナは刃を上にして置く。 ・回数を揃えると均一な仕上がりになる。	今回は1回しか面取りしなかったが、木材によっては2回する場合もある。 ・カンナは45度(再掲)	・指が刃に引っかからないように注意する。	・全部難しかった。 ・想定より作業が遅まなかった。	
2	網戸枠組み立て	・面取りした分隙間ができるため面落ちで仕上げるとよい。(今回は面合わせ) ・上からしっかり押さえてビス打ちする。 ・ビスは曲がった道ができるとそこに引っ張られてしまうので注意。 ・ビスは木材に1ミリ程度陥没させる→木材同士が引っ張り合う。 ・100mm底で寸法を採る。	・真っ直ぐビスを入れるため初心者は特に下穴を開けた方がいい。 ・ビスに対して適切な大きさのビットを使用する。 ・ボリカのカットは何回も分けて切断する。 ・木枠は1~2mm小さくカットする。	・ビットとビスの噛みつきが悪いときや、ビスに対して斜めにビットが入っているときは滑りやすくなるため注意する。 ・丸鋸は安全カバーをしっかりつけて使用する。 ・キックバックに注意する。刃を途中で止めた場合は少し下げてから切り始める。 ・カッターを使う時は後ろに人がいないか確認する。	・設計段階では難しい度合いがわからない。やってみないとわからない。 ・事前の打ち合わせで調整する必要がある。 ・難しい度合いの設定は技量に合わせる。 ・ボリカの付け方 ・窓と枠は窓が枠より4~5mm内側に入れるようにする。	
3	網戸枠設置(仮)	・鉛筆などで印をつけてから、先に半分程ビスを打ち込んでおく ・対角を測ることで直角を出す。	・クリアランスを大きくした方が削ったりする作業に時間がかかりすぎない。			
4	網戸組み立て				・線番がかからない問題 ・木取りの寸法が重要。 ・インセットの難易度: ★×3.5(上枠だけつけて、建具はアウトセットの場合は★×3) ・指導者1人に対して、作業者2人が適正人数、多くても3~4人。 ・人が増えると事前の段取りで調整が必要。 ・イレギュラーは必ず出てくるため日程に余裕をもつ。	
5	網戸塗装					
6	網戸組み立て	・「ビスダボ」は8mmドリルビットで50mm程度穴をあけてビスの頭を接着剤でとりつける。 ・測るときはなるべく基準を一カ所にする。				・フラッシュ接着剤は弱く、軽い建具が出ていると接着剤をつけにくい
7	網張り					
8	網戸組み立て(狭む)					
9	網戸取り付け(蝶番が合わず断念)					
10	内窓部材面取り					
11	内窓組み立て					
12	中空ボリカカット					
13	中空ボリカ取り付け					
14	内窓取り付け					

表4 内窓・網戸ワークショップ2日目の観察調査

手順	観察調査		ヒアリング調査			
	作業内容	指導内容	指導内容・要点	安全に配慮する点	指導が難しかった点・課題	その他気づいた点
1	キッチン網戸調節	窓の端を斜めに				
2	2階内窓組み立て	毛引を使って蝶番の彫り込み分の印をつける				
3	2階網戸塗装					
4	2階網戸組み立て					
5	中空ボリカカット					
6	網張り					
7	中空ボリカ取り付け					
8	2階内窓枠取り付け					
9	2階内窓取り付け					
10	2階網戸枠取り付け					
11	2階網戸取り付け					

明が難しかった」などが挙げられた。

(3) 左官ワークショップ

左官ワークショップの基本情報を整理した(表7)。使用材料は9種類、費用は約3万円であった。必要工具は12種類で、参加者すべての作業時間を合算すると、延べ1050分であった。また、左官ワークショップ様子を観察調査し、左官職人へのヒアリング調査を行った(表8)。作業は7工程あった。指導内容としては「塗材を広げるときはコテを立てて、均すときはコテを寝かせる」など、塗り方のコツに関するレクチャーが多くみられた。

ヒアリング調査では、「厚みの異なるコテの使い分けが一番大事なポイント」など、左官ワークショップの際に指導した点以外に作業の要点が挙げられた。指導が難しかった点・課題では、「感覚的なことを言語化するのが難しい」などが挙げられた。

3-3 学生アンケート調査

すべてのワークショップ終了後、居住学生に対してアンケート調査を行った(表9)。学びになった点では、「職人さんに教えてもらった

表5 床断熱ワークショップの基本情報

使用材料	単価	数量	費用	必要工具	作業時間
床根太用木材(2000×45×60mm)	715	52	37180	筆記用具/メジャー/	2420分
構造用合板(910×1820×12mm)	3080	14	43120	カンナ/スライド丸鋸	
ラワン合板(910×1820×5.5mm)	2046	14	28644	/丸鋸/サンダー/カッター/ドライバード	
ネオマフォーム(910×1820×60mm)	4797	11	52767	リルビット(長・小)/	
発泡ウレタンブレード(340mm)	1529	1	1529	ローラーセット(ロー	
ビス(M4.5×90mm/200本)	1529	1	1529	ラー、バケツ)/掃除	
ビス(M3.8×51mm/1000本)	1749	1	1749	用具/定規(短・長)/墨	
血木ねじ(M2.7×25mm/200本)	1749	1	1749	蓋/ビニールシート/	
養生テープ(W:50mm/L:2500mm)	570	1	570	布巾	
オスモカラーフロアクリアー(2.5L)	43890	1	43890		
		合計	212727		

表6 床断熱ワークショップの観察調査とヒアリング調査

手順	観察調査		ヒアリング調査			
	作業内容	指導内容	指導内容・要点	安全に配慮する点	指導が難しかった点・課題	その他気づいた点
1	墨付け	・壁から2寸バックで基準線をとり、455mmピッチで墨付けする(リノベでは壁がゆがんでいる場合があるため、調整できるように)。 ・糸はびんと張る。 ・1尺5寸ピッチで測ると良い。	・基準線をどこに設定するかがかなり大事。真壁の場合は、構造に依っている柱の芯から寸法をとる。	・糸巻を自動で巻くタイプの墨巻は、巻き上げの時に針に注意する。	・その場で墨巻状態に対応するため、基準の取り方の説明が難しかった。	・人数が多すぎると、クオリティを担保できなくなる。今回は2-3人で丁度良い。 ・言葉で説明するのが難しい。
2	根太設置	・隙に3mm程度の隙間を作ると床なり防止になる。	・本来なら根太は1本通し。 ・既存の床材と根太の間に隙間ができないように、ビスを最後まで打ち込む。	・支点次第で丸鋸が反発する可能性がある。		
3	断熱材カット&設置	・大きさは現場合わせ。 ・カッターの刃を入れていくときに、カッターを傾けると刃が折れるため危険。 ・断面は少し斜めにする ・大きすぎることは無くなるし、入れやすくなる。 ・隙間にウレタンフォームを入れて塞ぐ。	・根太と断熱材を交互に入れていくと測らずにできる。ただし、小さい部屋のみの場合、小さい部屋だと部材数がそれほど多くなく、生じる誤差が少ないから。	・カッターで切るときに上定規を抑える手を切っただけで済ませる。 ・あらかじめ救急箱を用意しておくが良い。	・人数が多すぎると、クオリティを担保できなくなる。今回は2-3人で丁度良い。 ・言葉で説明するのが難しい。	
4	合板の捨て張り	(1)割付の基準線(志)をとる。 (2)基準線から壁までの大きさを測る(調節幅5mm)。 (3)丸鋸で切る。 (4)四隅からビス打ち、位置を決める。残りのビスを打ち(床なしないうちに、1mmくらい隙間を開けて並べる)。		・支点次第で丸鋸が反発する可能性がある。(再掲) ・合板の下にものがあると切ってしまうため、刃は板から3mmほど出る程度に調整する。	・刃物とかの道具を使うとき、危険が伴うため、どこまでやってもらうかの判断が難しい。 ・女の子とか力が無い人は物理的に難しい。 ・予定通り終わらなかった。学生がどれくらいできるか未知数。学生主体でやるとなかなか難しい。事前に工程を簡素化した。参加者と共有しておく必要がある。	
5	ラワン張り	合板の捨て張りと同じ(調節幅1mm)。ただし、現場合わせで微調整しながらカットする。	・隙間はプロは1mm以下にする。 ・DIYならあえて「逃げ」をつけて、巾木やコーキングで埋める方法も良い。	薄い板の場合、たわみやすいため、丸鋸がぶれやすくなり、キックバックする危険性が高くなる。	・難易度: ★×4.5 (巾木を使う場合は★×4)	
6	ラワン塗装	・濃くなる時乾きづらくなるため、薄く延ばして塗る。 (1)サンダーをかける。 (2)掃き掃除をする。 (3)水拭きする。	・着色すると元の色の差が少なくなる(極端に赤かったり白かったり)。 ・2回塗りを推奨。サンダーをかけてから塗ると平坦になる。	・ウエスで拭き取ったあと、発火する塗料もあるため注意が必要。 ・油性の塗料の場合は特に換気を行うように注意する。		
7	乾燥	・風通しを良くする。扇風機でも良い。				

表7 左官ワークショップの基本情報

使用材料	単価	数量	費用	必要工具	作業時間
養生テープ(W:50mm/L:2500mm)	570	1	570		1050分
マスキングテープ(W:30mm/L:1800mm)	118	4	472	定規(短)/かくはん機/ひしゃく/バケツ×2/	
マスキングテープ付き	197	1	197	ブラシ/霧吹き機/コ	
ファイバーテープ(W:50mm/L:153m)	5918	1	5918	テ(0.5mm,大,中)/コテ	
シーラー(古壁用強力アクストップ剤4kg)	6419	1	6419	(0.3mm,中,小)/ビニ	
シーラー(NSハイフレックス4kg)	5500	1	5500	ールシート/足場用断熱	
下地材(NSカチオンワン4kg)	8800	1	8800	材/カッター/掃除用	
仕上げ材(NSフロアハード4kg)	4400	1	4400	具	
水	0	1	0		
		合計	32276		

り、繰り返し作業する中で自分に気づいたりして、色々な道具の使い方や施工方法のコツを知ることができた」など道具の使い方や精度を出すコツが挙げられた。分からなかった点では、「断熱性能がどれほど向上したのか数値的に分からなかった」など、温熱環境がどの程度向上したのかが分からないという記述がみられた。一方で、居住した感想や断熱性能への効果では、「網戸を取り付けたことで虫を気にすることなく窓を開けることができ、非常に快適に過ごすことができた」というようになった」や「冬季に内窓を開けてみたところ足元に冷気が流れ込んで来たことや、他の部屋と比べて暖房器具の効きが良いことから、体感ではあるが内窓によって断熱性能は向上していると感じた」とあるように、温熱環境の向上を体感していることが確認できた。

表 8 左官ワークショップの観察調査とヒアリング調査

手順	観察調査		ヒアリング調査			
	作業内容	指導内容	指導内容・要点	安全に配慮する点	指導が難しかった点・課題	その他気づいた点
1	準備・かくはん	準備・かくはん	レベル★★☆☆☆ (外部だと水勾配をつけなければならないため、レベル★★★★★)			
2	カチオンワゴン塗り	・先に水を容器に入れて、そこに粉を加えて混ぜ合わせる。(等西流) ・シュークリームに入っている生クリームよりも少し柔らかいくらいの硬さがベスト。(塗る厚みが増すほど硬くなる)	・カチオンワゴンに含まれるボンドは下地とモルタルをつなぎ合わせるためのもの。(＝にかた) ・NSフロアボードに含まれるボンドは強度を高めるためのもの。(＝海苔海苔)			
3	カチオンワゴン塗りつけ	・まずは端から塗っていく。 ・塗る厚みは下地が透けなくらい。(1-2mm) ・塗料を広げるときはコテを立てて、均すときはコテを寝かせる。 ・端を塗るときは、コテの角を使って塗料を削って、それを角に塗り付ける。 ・薄くなっているところが穴になってしまう。穴が開いた場合はそこに塗料を運んで均す。 ・腕ではなく、体で腕を運ぶように意識すると平らに塗りやすい。 ・右利きの場合、右から左に塗るのは塗りやすいが平らにしにくい。逆に、左から右に塗る方が手首の可動域が制限されて平らに塗りやすい。				
4	待ち時間(昼食)	表面の水気が飛んで、マットな質感になればOK。	・コーキングする場合、完成シリコンを使うと良い。 ・モルタルで汚れた本物はクリーニング剤で染み抜きすることができる。			
5	モルタル塗りつけ	・コテは弧を描くように抜くとコテの跡が残りにくい。 ・小さいコテで平らにして、大きいコテで塗りムラをなくす。	厚みがある場合は一度に塗らず、2回に分けて塗り重ねる方が塗りムラがでにくく、きれいに仕上げやすい。			
6	待ち時間	・4と同様。 ・今回は厚みが薄いためすぐに抑えを行うが、厚みがある場合は一度マットになってから、もう一度表面を均す。				
7	おさえ	おさえ	・厚みの異なるコテの使い分けが一番大事なポイント。 ・コテの長さが24mmを越えたと少し塗りやすくなる。 ・ボンド系の塗料を塗る場合は、ステンレス製のコテが塗りやすい。		感覚的なことを言語化するのが難しい。	WSでは楽しさを大切にしている。制度的なものを上げるためには言語化が課題。

3-4 成果まとめ | リノベーションのノウハウを広く共有するための教科書作成

観察調査・ヒアリング調査をもとに実践知を整理し、その結果を用いて「セルフリノベーションの教科書」を作成し、Web ページで公開した(図2)。作業全体の手順の流れ、作業名称、手順ごとの流れ、安全上の注意点、作業のポイントなどについてまとめた。

4. 考察

4-1 伝統的町家をセルフリノベーションの可能性

キッチンのある部屋の内窓と床断熱の施工を行ったことで、そこが冬の作業スペースになったことから、生活空間を最小限に抑えて、暮らすことができる可能性が示唆された。

内窓と網戸を葺戸的な機構にしたことや、窓際の床断熱した一部分を土間的な仕上げにすることで、外部空間との関係性を創出することができた。また、地域住民がワークショップに参加したり、シェア

ハウスの前面道路を通る人から、セルフリノベーションした網戸について声をかけられたりしたことから、地域とのつながりを創出できる可能性が示唆された。

内窓・網戸ワークショップの2日目には元家具職人である地域住民からのアドバイスなどはあったものの、知識・技術未熟者である学生たちで新たに網戸と内窓を製作することができたことから、職人に指導してもらったことで、自分達だけでも行えることができるため、セルフリノベーションは持続可能な活動である。さらに指導を受けた学生から、他の参加者や地域住民に知識や技術を伝達することにより、活動を拡大することができるという展開性を持つことが示唆される。

表9 居住学生へのアンケート調査

学びになった点	<ul style="list-style-type: none"> ●設計から材料の発注、施工という工程を身をもって体験できてよかった。 ●調べてわかったこと、実際にやってみないと分からないことがあるため、職人などの知識・技術熟練者との事前の打ち合わせが重要だとわかった。 ●職人さんに教えてもらったり、繰り返し作業の中で自分なりに気づいたりして、色々な道具の使い方や施工方法のコツを知ることができた。 ●断熱環境の向上における必要最低限の改修を一通り経験することができたため、これから他の部屋でも応用できると感じた。また、教科書や報告書にまとめるという作業を通して、WSでの学びを復習することができ、経験をより定着させることができた。これから、他の参加者に教えたりする中でより経験が定着すると考えられる。 ●設計課題では分らなかった施工精度を上げるためのポイントを知ることができた。 ●実際にWSをするために必要な段取りの経験を積むことができた。 ●セルフリノベに直接関係することだけではなく職人さんの考え方に触れたり、建物に関する知識を得ることができたため、有意義なWSだった。人数が多いとそういう濃い経験はできないかもしれないと思った。 ●施工精度を上げるためには実測の精度も非常に重要だということが分かった。
分らなかった点	<ul style="list-style-type: none"> ●断熱性能がどれほど向上したのか数値的に分らなかった。 ●本当にコストを抑えているのか分らなかった。 ●設計や材料発注の工程や作業時間のスケジュール管理が難しかった。 ●組み立てや左官はある程度道具を使うことができればそれほど難しくはなかったが、網戸・内窓や床面の合板を取り付ける際の調整が難しかった。クオリティや精度を求められる作業は難易度が高くなることを痛感した。特に、既存建物ゆがんでいることの多いリノベーションでは難易度が高くなるのだと感じた。
居住しての感想	<ul style="list-style-type: none"> ●リノベーションした空間や住居そのものに愛着が湧いた。 ●網戸を取り付けたことで虫を気にすることなく窓を開けることができ、非常に快適に過ごすことができるようになった。 ●町家にとって貴重な窓辺に魅力的な居場所を生み出すことができ、陰影によるコントラストのある町家のもつ空間的な魅力を高めることができたと感じている。 ●接道面に魅力的な窓辺が生まれたことで、その窓辺に引き付けられ、より地域との繋がりを感ずることができている。 ●外観は特に夜景が魅力的で、明りの少ない通りに対して温かい明りの灯る窓が浮かぶ風景を提供することができていると思う。 ●窓を開け放って外観の撮影をしていた時に、通りかかった地域住民の方が関心をもってくれたので、断熱環境の向上だけではなく魅力的な空間を生み出すことで、活動が地域に展開する可能性を高めることができると感じた。
断熱性能への効果	<ul style="list-style-type: none"> ●冬季に内窓を開けてみたところ足元に冷気が流れ込んで来たことや、他の部屋と比べて暖房器具の効きが良いことから、体感ではあるが内窓によって断熱性能は向上していると感じた。 ●施工精度を高めることが難しく、隙間が生じているため多少は隙間風が入ってくる。隙間テープでふさげば改善されると思うが、意匠性が損なわれる点が課題。

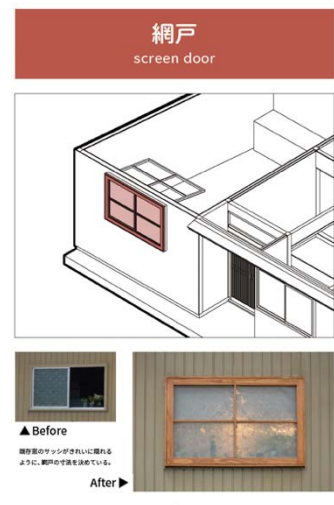
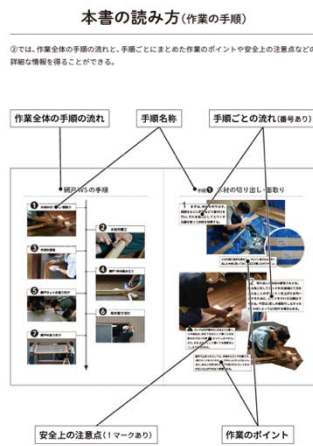


図2 セルフリノベーションの教科書 (<https://researchmap.jp/yabutani>)

学生アンケート調査の結果から、空間への愛着形成や魅力的な内部空間や街並みの形成に寄与できる可能性が考えられる。

4-2 伝統的町家をセルフリノベーションする課題

本研究では建築を大学で学ぶ学生がセルフリノベーションの主体であったため、ワークショップの準備や設計、当日の作業が円滑に進んでいた部分は考慮する必要がある。さらに、教科書のみで一般の人が行えるのかどうかは課題であり、教科書とワークショップを組み合わせた方法でセルフリノベーションを行うことが望ましいと考える。また、本研究では、数値的な費用対効果を算出することができなかった。今後は様々なパターンの内窓や床断熱の施工方法とそれに係るコストを検討し、温熱環境の変化を数値的に図ることが課題である。

5. まとめと今後の展望


本研究では、伝統的町家を学生シェアハウスとして活用するための必要最低限のリノベーションを計3回のワークショップ形式で開催し、観察調査・ヒアリング調査・アンケート調査から、その知識を体系的に整理した結果、①生活空間を最小限に抑えて暮らすことができること、②セルフリノベーションを通して地域とのつながりを創出できること、③知識・技術未熟者である学生たちが職人に指導をしてもらうことで知識・技術を獲得し持続的にセルフリノベーションを実施できること、④空間への愛着形成や魅力的な内部空間や街並みの形成に寄与できること、以上4つの可能性が示唆された。

一方、①本研究では建築を大学で学ぶ学生がセルフリノベーションの主体であったため、ワークショップの準備や設計、当日の作業が円滑に進んでいた部分は考慮する必要がある点、②教科書のみで一般の人が行えるのかどうかは課題であり、教科書とワークショップを組み合わせた方法でセルフリノベーションを行うことが望ましい点、③数値的な費用対効果を算出することができなかったことから、今後は様々なパターンの内窓や床断熱の施工方法とそれに係るコストを検討し、温熱環境の変化を数値的に測る必要がある点、以上3点が課題として挙げられた。

本研究はセルフリノベーションの教科書開発に向けた第一弾であり、本申請課題終了後もさらなる実践を重ねることで実践知を体系化し、富山発の伝統的町家のセルフリノベーションの教科書開発を目指す。富山県内に多く残存する伝統的町家の有効活用を実践する層の拡張につなげ、富山らしい建築文化や景観を継承していきたい。

参考文献

- 1) 長聡子：セルフリノベーションによる空き家再生事業の実態と課題-新潟県柏崎市の学生シェアハウスを事例に-,日本建築学会技術報告集,23 巻 55 号,pp.1009-1014,2017
- 2) 江口克成,他：まちなか空き家改修プロジェクトにおける学習機会に関する研究,日本建築学会技術報告集 19(41),pp.351-356, 2013

- 
- 3) 西野雄一郎,他：住み手からみたセルフ・リノベーションの特性と有効性-賃貸共同住宅におけるセルフ・リノベーションの評価その1,81 巻,720 号,pp.259-269,2016

研究題目	BMI 技術を用いたヒトの運動機能拡張に関する研究
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 知能ロボット工学科・講師・森重健一
分野	神経科学 生体情報工学
キーワード	脳波 アーチファクト 階層ベイズ推定 ロボット

1. 研究の背景と目的

脳波は脳の神経活動に伴って頭皮表面で生じる電位変化であり、運動や判断に関する様々な情報が含まれている。しかし、脳波データに含まれる神経活動を反映した信号は極めて小さく、眼球運動や心拍、筋電信号といった様々なノイズに歪められているため、脳情報の解読は困難を伴う。研究代表者は、脳波・脳磁図データを脳電流と複数ノイズ源の電流に一度に変換する方法を見だし、ノイズに乱されたデータであっても、それらを分離し脳電流のみを抽出する方法を開発した [1-3]。さらに、抽出した様々な脳領域での脳電流の中から、実験タスクに真に重要な脳電流だけに絞り込み、未知の計測データに対しても高い推定精度で時系列信号を解読することができた [4]。本研究では、研究代表者が見出してきたブレイン・マシン・インタフェース技術にロボットアームを組み合わせることで、人間の機能を拡張し、「第3の手」として利用可能なシステムの基盤技術を開発することを目的とする。さらに、ロボットアームという道具が人間の拡張機能としてどのように身体化され、それに伴って脳内表現がどう変化していくのか、明らかにするための一助とする。

2. 研究方法および成果

到達運動課題遂行中の筋電位や眼球運動が脳波に与える影響

健康者を対象に、実験参加者が肘の単関節到達運動を遂行しているときの脳波と筋電位、手先の運動軌道の計測を行い、自分自身が発するノイズが脳波へ及ぼす影響を調べた。実験参加者は背もたれとベルトのある椅子に座り、上肢はベルトで固定された。プラスチック製の回転台の上に、右腕を支持するための木製の板を固定した。手首は板を使ってベルトで固定し、腕を載せる作業台は肩の高さに合わせ、水平面上で肘の単関節運動を行なった。磁気レシーバを取り付けた手先および肘関節の位置は、三次元位置計測装置 Fastrak (Polhemus, Colchester, VT, USA) を用いて 60 Hz で計測された。課題遂行中、脳波およびアーチファクト源となる筋、および平面運動に主要な役割を果たす筋（肘単関節筋：腕橈骨筋（屈筋）、上腕三頭筋外側頭（伸筋）；二関節筋：上腕二頭筋（屈筋）、上腕三頭筋長頭（伸筋））の表面筋電位を記録した。計測には 64 チャンネル脳波計測システム ActiveTwo System (BioSemi, Amsterdam, Netherlands) を用い、サンプリング周波数 2048 Hz で記録した。脳波電極は拡張 10-20 法に基づき配置した。

実験タスクとして肘の単関節の到達運動を行った。実験参加者の正面を 0° とし、実験参加者は合図と同時に手先の位置を 0° から時計回りに 45° へ素早く移動させるように指示された。この動作を 1 試行とし、被験者は 100 試行遂行した。

計測した上肢の軌跡、脳波の電位マップ、筋電位の時系列波形を図 1 に示す。図 1 は、典型的な例として動作開始から 400 ms 後における手先位置との頭皮上のセンサの値と筋電位の大きさを表している。上肢を動かしているときの筋電位やそれに伴って生じる眼球運動が、頭皮上に配置したセンサ全体に（特に頭部周辺センサに）、大きく影響を及ぼしていることを明らかにした。

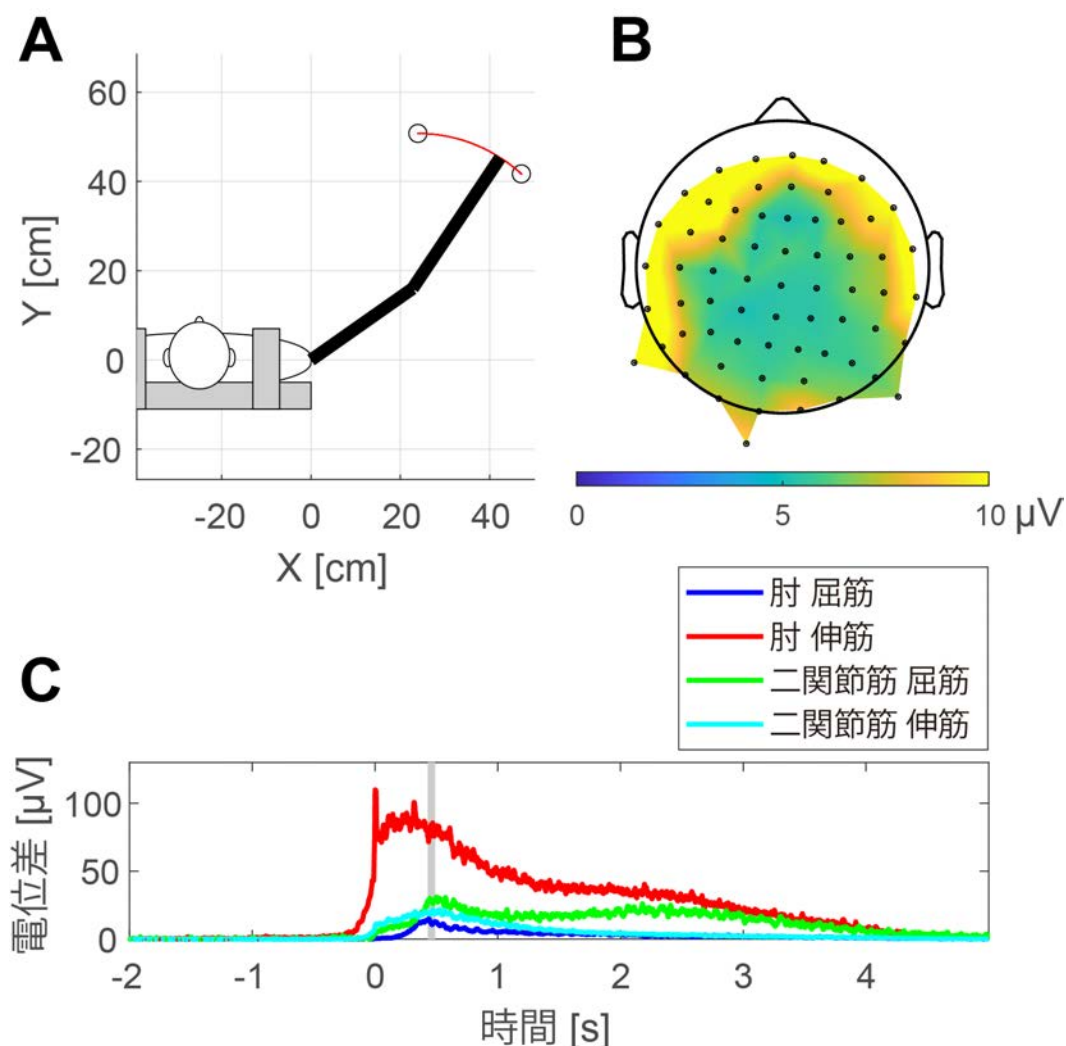


図 1 : 頭皮上のセンサと筋電位の大きさと手先位置 (A) 計測した上肢の軌跡 (赤色の実線), (B) 脳波データ電位差について試行間の標準偏差を表したマップ。頭部を上から見た図であり, 図の上側は鼻の方向を表す。(C) 筋電位の試行平均値の時間波形。肘の屈筋, 伸筋, 二関節筋の屈筋, 伸筋をそれぞれ青色, 赤色, 緑色, シアンで表す。

大脳皮質表面と複数のアーチファクト源の同時電流推定

脳波データからノイズの影響を取り除く方法として、主成分分析や独立成分分析といった統計的手法を用いることが従来から提案されている。しかし、ノイズと脳活動の時間波形の間に相関がある場合、その成分まで取り除いてしまうため、大きな問題であった。特にヒト腕の到達運動中の脳波の場合、その運動制御に関する神経活動は筋電位や眼球運動と相関がある場合が多く、既存の手法では両者を分離することが困難だった。そのようなノイズに歪んだ脳波からその影響を分離して脳活動のみを抽出するために、本研究課題では脳波逆問題を解くことで、計測した脳波データを大脳皮質表面と複数のノイズ限の電流に一度に変換しているため、歪みの少ない脳活動を抽出できる（拡張ダイポール法）。その際に、実験参加者のMRI構造画像から作成した頭部3次元モデルと到達運動のメタ解析fMRIデータを階層ベイズ推定の事前分布として用い、到達運動遂行中の脳波から大脳皮質表面とノイズ源に配置したダイポール位置での電流を推定した。メタ解析fMRIデータとして、Neurosynth (<https://neurosynth.org/>) [5] のデータベースに公開されている腕の到達運動のデータを用いた。

実験参加者は右手で到達運動実験を行っていたため、主に対側の一次運動野と補足運動野付近で大きな電流が推定され、その値の大きさや特徴は妥当だった（図2）。

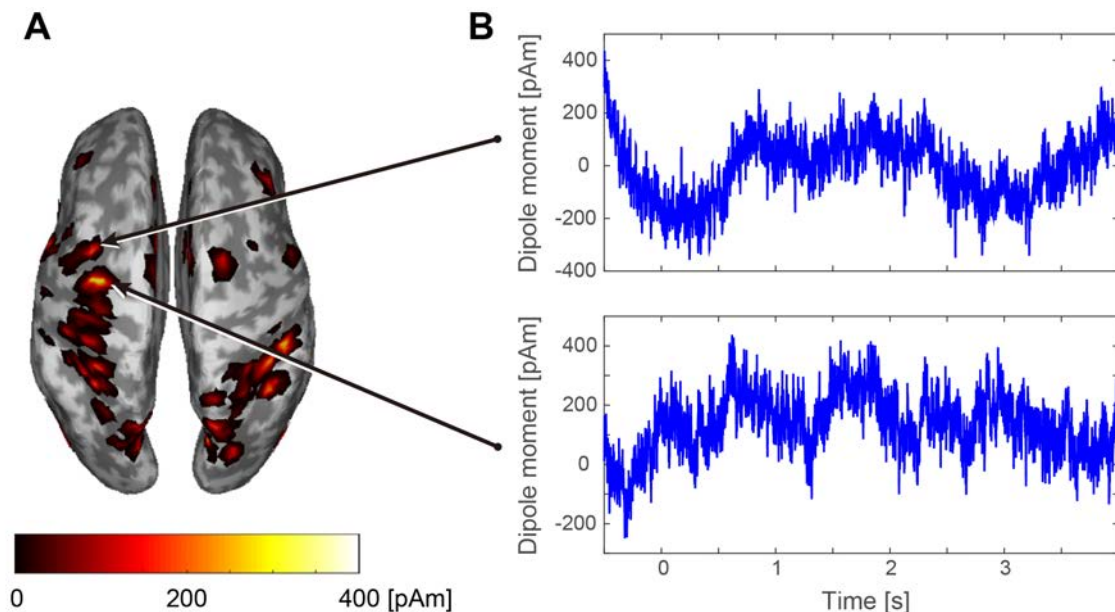


図2：推定電流の信号強度。(A) 電流強度を大脳皮質表面上にプロットした図。(B) 推定電流の時系列波形の例。

脳波を用いたロボットアーム制御システムの構築

実験参加者が椅子に座り、右腕・左腕を実際に動かす運動課題を行った。これに加えて、実際には動かさず、イメージのみを行う運動想起課題も行い、これらの課題を遂行しているときの脳

波を計測した。脳波データから周波数特徴を脳活動のパターンとして見分けることで実験参加者の運動意図を推定することを行ない、良好な結果が得られた。

さらに、脳波データからロボットアームをリアルタイムで制御するためのシステムを構築した(図3)。ロボットアームには Elephant Robotics 社 myCobot320 を使用した。これは 6 軸の回転自由度をもつ卓上ロボットアームである。またエンドエフェクタには、身体化の向上を期待し、シリコン製のヒトの手模型を用いた。myCobot は PC2 と有線接続しシリアル通信を通じて制御された。脳波の計測には、64 チャンネル脳波計測システム ActiveTwo System (BioSemi, Amsterdam, Netherlands) を用い、サンプリング周波数 2048 Hz で記録した。脳波電極は拡張 10-20 法に基づき配置した。

計測された脳波データは PC に取り込み、3 秒分のデータをバッファリングしたのち、TCP サーバとしてネットワーク的に利用することで、クライアントからの要求に応じて保持しているデータを送信する。バッファリングの際、脳波データは 2048 Hz から 512 Hz にダウンサンプリングされた。脳波データの前処理の後、Common Spatial Pattern (CSP) による特徴量抽出と Linear Discriminant Analysis (LDA) による 2 クラス分類を行った [6]。特徴抽出及び 2 クラス分類に必要なパラメータはオフラインで取得したデータをもとに学習し、そこで得られたパラメータを利用することでオンラインでのロボットアーム制御を行った。

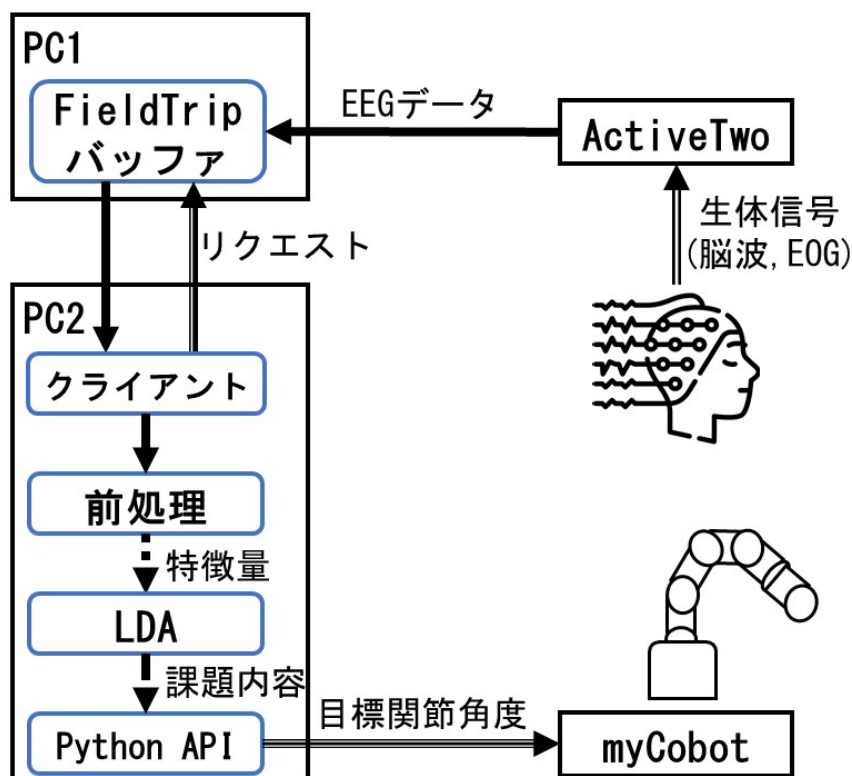


図3：脳波を用いたロボットアーム制御システムの概要

人間の機能を拡張し、「第3の手」が必要な協働課題として、木の板を片方の手とロボットアームを使って壁に押し付け、もう片方の手で壁に固定する作業を想定した。この協働課題では、実験参加者が部材の端を壁に押し付けたとき、腕を動かすことをイメージすることでロボットアームを動かし、部材のもう一方の端を壁に押さえ付ける必要がある。実験の結果、実験参加者の運動意図に応じてロボットアームを動かし、「第3の手」としてロボットアームを制御することが、ある程度実現できた。識別率については、特徴抽出や識別方法を含めて、さらなる改良が必要である。

4. 今後の展望


本研究では、肘単関節の到達運動遂行中の脳波を計測し、上肢を動かしているときの筋電位やそれに伴って生じる眼球運動が、頭皮上に配置したセンサ全体に及ぼす影響について明らかにした。さらに、脳波データを脳電流と複数ノイズ源の電流に一度に変換する方法を用いることで、ノイズに乱されたデータであっても、それらを分離し脳電流を推定することができた。

また、右腕・左腕を実際に動かす運動課題に加えて、実際には動かさず、イメージのみを行う運動想起課題も行い、これらの課題を遂行しているときの脳波を計測した。脳波データから周波数特徴を脳活動のパターンとして見分けることで実験参加者の運動意図を推定することを行ない、良好な結果が得られた。その特徴抽出および2クラス分類に必要なパラメータを利用することで、「第3の手」としてロボットアームの制御を試み、脳波でリアルタイムに制御可能なシステムを構築できた。

今後は、推定した脳電流から手先位置・速度・加速度、屈筋と伸筋の筋電位の時系列信号を再構成するとともに、それに置き換えてロボットアームを制御する予定である。そのことで、よりアーチファクトに対して頑健であり、かつ精度良くユーザの運動意図を推定できるシステムへの改良が期待できる。ブレイン・マシン・インタフェース技術とロボットアームを組み合わせることで、ロボットアームという道具がヒトの拡張機能として使い続けることで、その道具があたかも身体の一部のように扱われる状況を構築できることになる。そのことが脳活動に対してどのような変容を及ぼすのかについて、識別に必要な特徴量の変化や分類器の汎化性能、さらには機能的結合について継続的に解析及び評価することで、明らかにしていく予定である。

5. 参考文献

1. Sato, Masa-aki, Taku Yoshioka, Shigeki Kajihara, Keisuke Toyama, Naokazu Goda, Kenji Doya, and Mitsuo Kawato. 2004. "Hierarchical Bayesian Estimation for MEG Inverse Problem." *NeuroImage* 23 (3): 806–26.
2. Yoshioka, Taku, Keisuke Toyama, Mitsuo Kawato, Okito Yamashita, Shigeaki Nishina, Noriko Yamagishi, and Masa Aki Sato. 2008. "Evaluation of Hierarchical Bayesian Method through Retinotopic Brain Activities Reconstruction from fMRI and MEG

- 
- Signals.” *NeuroImage* 42 (4): 1397–1413.
3. Morishige, Ken-ichi, Taku Yoshioka, Dai Kawawaki, Nobuo Hiroe, Masa-aki Sato, and Mitsuo Kawato. 2014. “Estimation of Hyper-Parameters for a Hierarchical Model of Combined Cortical and Extra-Brain Current Sources in the MEG Inverse Problem.” *NeuroImage* 101: 320–36.
 4. Morishige, Ken-ichi, Nobuo Hiroe, Masa-aki Sato, and Mitsuo Kawato. 2021. “Common Cortical Areas Have Different Neural Mechanisms for Covert and Overt Visual Pursuits.” *Scientific Reports* 11 (1): 13933.
 5. Yarkoni, Tal, Russell A. Poldrack, Thomas E. Nichols, David C. Van Essen, and Tor D. Wager. 2011. “Large-Scale Automated Synthesis of Human Functional Neuroimaging Data.” *Nature Methods* 8 (8): 665–70.
 6. Koles, Zoltan J., 1991. “The quantitative extraction and topographic mapping of the abnormal components in the clinical EEG.” *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Volume 79, Issue 6.

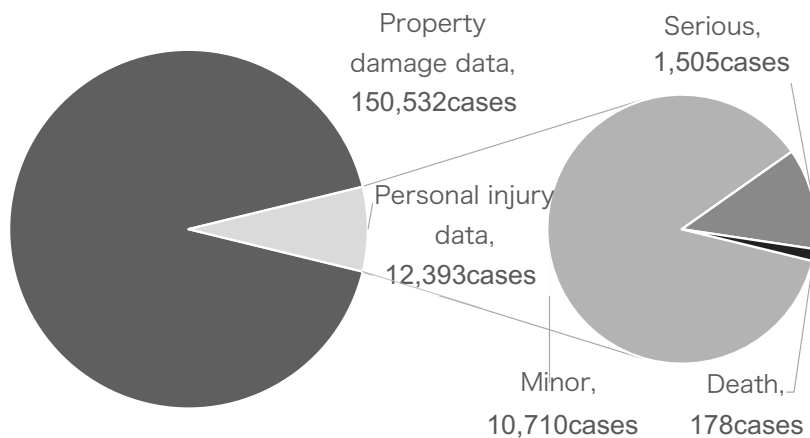
研究題目	形式概念分析と機械学習の融合による交通事故の解明・予測
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 情報システム工学科・教授・中村正樹
分野	データサイエンス, ソフトウェア工学, 理論計算機科学
キーワード	交通事故分析, データ分析, 機械学習, 形式概念分析

1. 研究の背景と目的

交通事故は近年減少傾向にある一方で、超高齢化社会の進行に伴い、歩行中・自転車乗車中の死亡事故が52.9%（H29年度）を占めており、欧米諸国（アメリカ、ドイツ、イギリス、フランス、スウェーデン）のいずれの国よりも2倍以上となっている。これは欧米に比べ日本は、生活圏が歩行圏内に収まる割合が高い都市構造に関係しているものと考えられている。内閣府においても、今後の交通安全対策を講じる際の重要な視点として、「高齢者及び子供の安全確保」、「歩行者及び自転車の安全確保」、「生活道路における安全確保」を掲げており（H30年度）、車優先で整備されてきた交通システムから人優先の安全思想に移行していることがわかる。一方で、生産年齢人口は今後徐々に縮減することから、従来のような警察業務の質を落とすことなく提供することの課題が顕在化すると考えられる。

本研究では、このような課題の解決に向けて、交通事故に対して事故が発生する前に先制的な対策が取れるように、事故発生分析・予測システムを開発する。超高齢化を背景とした社会変容に警察業務のあり方が検討されており、そのために、交通事故の精緻なデータが近年蓄積されつつある一方、従来のデータ駆動による分析方法では因子が多様なために一般的な傾向を見いだせないケースが頻発している。交通事故発生メカニズムの解明を題材に、機械学習をはじめとするデータ駆動手法の課題の解決を目標とする。

富山県警察本部と連携し、人身事故、物損事故のデータ、交通事故防止のための対策事例などの提供を受ける。さらに、気象データや人流データ等の各種オープンデータや商用データを入手し、これらの異種のビックデータを統合的に活用するため、機械学習法を導入する。機械学習法を効果的に用いるため、形式概念分析を用いてデータを形式的な枠組みで取り扱う。これによって機械学習の入出力となる複雑な交通事故メカニズムを可視化する。富山県警察本部より提供された平成29年から令和3年の162,925件の交通事故データ（下図）には、およそ12,000件の人身事故が含まれ、そのうち、1,505件が重傷、178件が死亡事故である。

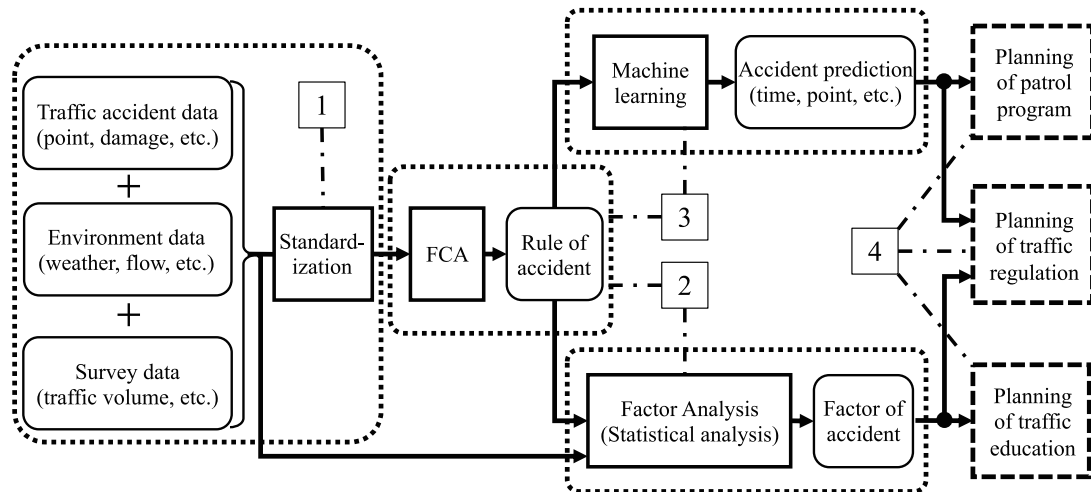


提案課題の達成により、交差点単位での事故のリアルタイム予測を分・時単位で実現し、予測に基づく集中的なパトロールが行えるようになる。有限の警察リソースを時空間上で効果的に活用することによって、場合によっては従来パトロールの対象外であった地域や時間帯における活動が可能となると考えられる。さらには、各地域での事故分析から共通項を抽出することにより、取締方式や体制の構築のみならず交通安全教育活動が設計可能となる。とくに高齢者の交通事故に対する新たな施策の構築は喫緊の課題であり、地域性を考慮した抜本的な対策が求められる。

2. 研究方法

富山県警察本部と連携し、人身事故、物損事故のデータ、交通事故防止のための対策事例などの提供を受ける。さらに、気象データや人流データ等の各種オープンデータや商用データを入手し、これらの異種のビックデータを統合的に活用するため、機械学習法を導入する。機械学習法を効果的に用いるため、形式概念分析を用いてデータを形式的な枠組みで取り扱う。これによって機械学習の入出力となる複雑な交通事故メカニズムを可視化する。

提案手法の流れを下図に示す。(1) 交通事故データから変換して得られたコンテキスト表に対し、形式概念分析を適用する。得られたルールをもとに、(2) 交通事故要因を分析し、(3) 交通事故予測のための機械学習モデルを作成する。それらの結果をもとに、(4) 巡回、交通規制、交通安全教育に資する分析結果を提示する。



形式概念分析は、数学的基礎に基づく概念構造の分析を特徴としており、概念データを思考の単位として、対象構造の明確化や事象の分析、データ自身およびデータ依存関係の可視化に用いられる。データ群をいったんオブジェクトとそれらが有する属性として整理し、属性同士の間で成立する包含関係（含意関係）を出力する。注目するオブジェクト群が必ず有する特徴を論理式として出力するため、機械学習器等の計算機処理との接続がよい。さらには、「属性 A をもつならば、属性 B も必ずもつ」といった人が直感的に理解しやすい形式の出力のため、データの可視化技法として有望である。つまり、対象交差点あるいは対象地域に特徴的な情報を抽出するだけでなく、統計的手法と異なり大数の法則を前提としないため、富山県における交通事故のみの少数のオブジェクト群に成立しうる特徴も論理式として表現できる。

ニューラルネットワークに基づく機械学習法は、近年画像音声認識分野において著しい進展がある技術である。画像や音声処理の分野を中心に成功例が報告されている一方で、それ以外の分野に対しては、どのようなデータあるいはデータの特徴を用いてニューラルネットワークを設計、整備すればよいかについて、十分な知見が得られていない。また、ニューラルネットワークが有用な結果を出力するよう見えたとしても、その出力結果が得られるメカニズムの解釈が困難であり、出力結果の信頼性をどのように担保すればよいかという課題がある。

本研究を達成するための実施計画を以下に示す。

- A) 異種ビックデータの可視化：交通事故データなどの異種ビックデータへ形式概念分析を適用し、データの形式化を行う。扱うデータの特徴や属性間の関係が論理式として形式化されるため、統合的に扱うことができる。こうして得られた異種ビックデータの特徴は、要因分析などを通して、交通取締や教育の設計に役立てられると同時に、交通事故予測システムの核となる機械学習の訓練データの選別に用いられる。
- B) 予測システムの構築：上記の形式化の結果を踏まえて、ニューラルネットワークに基づく機械学習による交通事故予測システムを実現する。例えば、ある時間と地点における道路形状や時間帯、人や車両の状況、天候などを入力することで、その時間と地点における事故発生割合を過去のデータベースから算出し、事故発生率を予測するようなニューラルネットワー

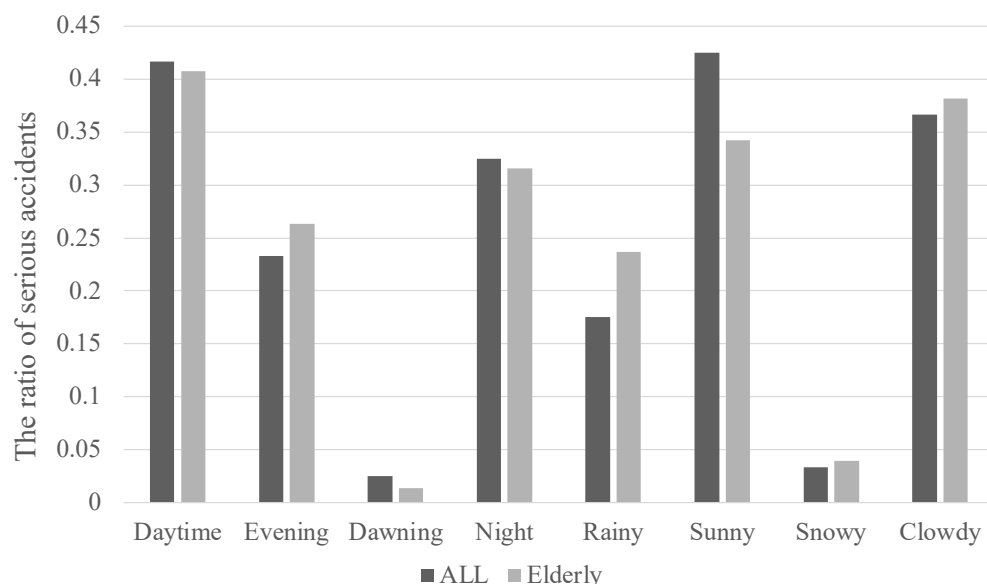
クを、データベースおよび特徴量に基づいて作成する。

- C) 予測システムの可視化：機械学習に基づく予測システムの出力結果を取締方式や体制の構築、および、交通教育活動の設計に利活用するための枠組みを構築する。ニューラルネットワークによる予測メカニズムは、内部でどのような計算が行われているかわからない。そこで、再び形式概念分析を用いて、構築した予測システムの入出力から予測メカニズムの可視化を試みる。可視化により予測の根拠を知ることができ、交通事故対策に利用可能となる。

3. 研究成果

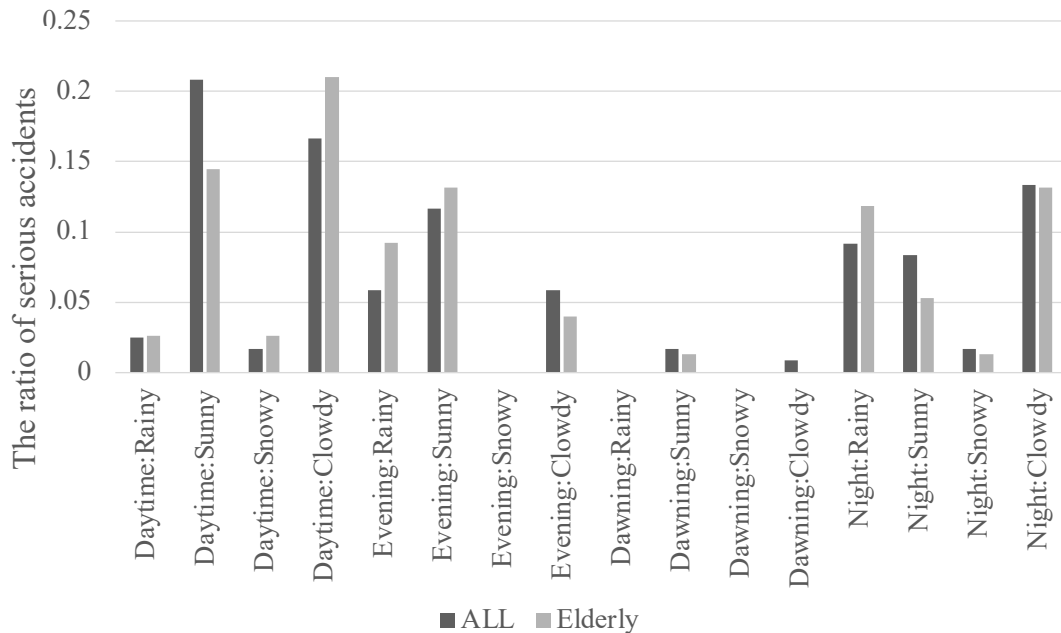
本研究では、形式概念分析による交通事故の事故要因を分析、機械学習による予測モデルを作成する手法を提案した。機械学習による予測モデル作成における、特徴量エンジニアリングや予測結果の分析において形式概念分析を活用する手法を検討した。本手法を用いて将来の人対車両事故が重傷・死亡事故になるかを予測するモデルを作成することで、本手法に関する有用性を得た。

形式概念分析により、例えば「曇りで昼の時間帯に横断歩道以外を横断していた高年期であり歩行者中の第二当事者と損傷がない第一当事者の間で発生した 19 件の交通事故のうち、16 件は第二当事者が重傷を負った」とルールが得られる。この関連規則より、第二当事者が横断歩道以外を横断しようとした際に重傷を負った事故において、年齢や時間帯、天候によって事故発生傾向に差があるという仮説が立てられる。交通事故データにおける人対車両事故のうち横断歩道以外を横断中かつ第二当事者が重傷である 120 件の事故を分析する。全体 120 件とそのうち第二当事者が高年期である 76 件に対し、時間帯と天候別に重傷・死亡事故の発生割合を下図に示す。



時間帯および天候のそれぞれでは、昼や曇りにおいて特に高年期の特徴は見られない。一方で、時間帯と天候の組み合わせにおいては、昼の時間帯かつ曇りの天候のときに第二当事者が高年期

となる事故が全体に対して発生しやすいという傾向が確認できる（下図）。すなわち、形式が稲分析により得られたルールに基づき天候と時間帯の組み合わせに着目して高年期の人身事故を分析した結果、天候、時間帯に単独では見つけられないような高年期の事故の傾向が発見された。



このように形式概念分析を適用することで、人手では探しきれない膨大な事故関連データから事故分析に効果的なヒントを得ることができる。

さらに、本研究では、形式概念分析の結果を用いることで、機械学習に基づく事故分類予測の精度が向上するという知見を得ることができた。提案手法の評価のため、予測対象を第一または第二当事者の人身損傷程度とし、平成29年から令和2年の人対車両の人身事故1,114件を学習データ、令和3年の同事故222件を検証データとして用いる。人身事故において、元データの人身損傷程度の属性には死亡、重傷、軽傷の3つの値がある。人身損傷程度の属性から新たな属性として、死亡事故または重傷事故を死亡・重傷事故（それ以外を軽傷事故）と定義し、事故が起きた際の死亡・重傷事故の予測を試みる。死亡・重傷事故は90件、軽傷事故は132件である。

提案する予測手法では、ある条件で発生する事故を分類する。例えば、道路形状や天候などの属性は予測時点でわかるが、衝突部位やエアバッグの作動などの属性は事故が起きた後でないとわからない。そのため、機械学習モデルの入力（説明変数）として利用可能な属性を検討し、486属性を抽出した。

機械学習に用いる説明変数の選択方法として、下記の特徴量エンジニアリング手法を検討し、どの手法がモデルの予測精度向上に寄与するのか確認する。提案手法1（形式概念分析により説明変数を選択）および提案手法2（交互作用特徴量を追加）を比較手法1（全説明変数を使用）および比較手法2（コサイン類似度により説明変数を選択）と比較する。提案手法1,2で用いる

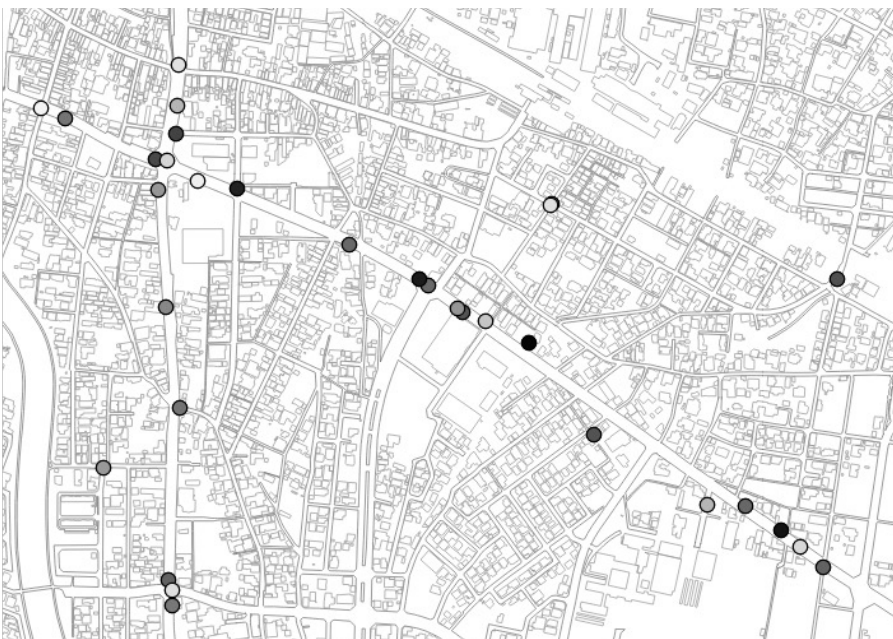
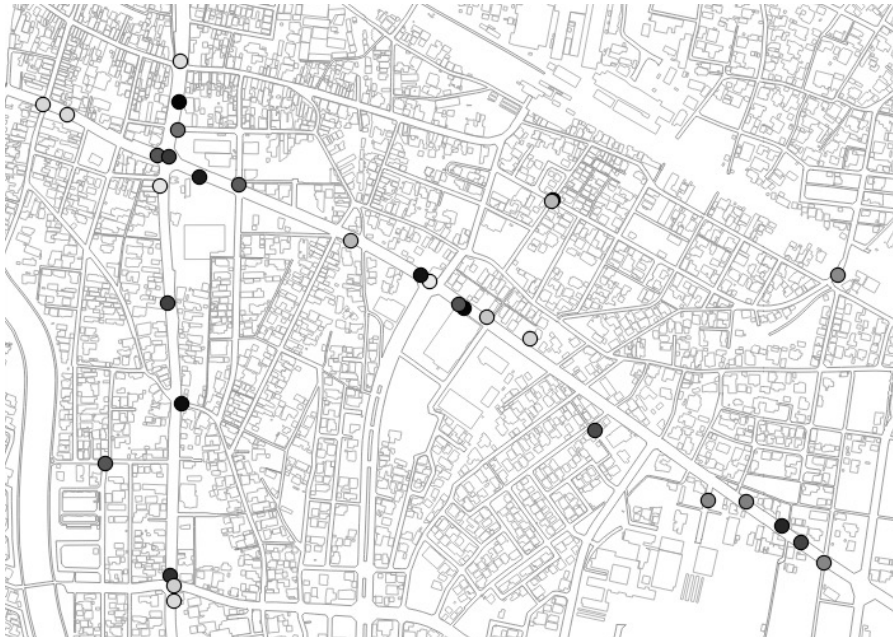
説明変数は、それぞれ 87, 227 属性である。比較手法 1 では全 486 属性をそのまま用いる。比較手法 2 では、コサイン類似度により属性間の距離を算出し、目的変数（死亡・重傷事故）との距離が近い属性として、提案手法 1 と同じ数の上位 87 属性を説明変数として用いる。平成 29 年から令和 2 年の人対車両事故 1,114 件に対し、各手法で抽出された説明変数と死亡・重傷事故の目的変数で作成した深層ニューラルネットワークにより、令和 3 年の人対車両事故 222 件を死亡・重傷事故（Fatal and Serious）とそれ以外（Minor）に分類した結果を下表に示す。

Proposed Method 1 (F1-score : 0.4912281)		Prediction	
		Minor	Fatal and Serious
Actual	Minor	93	39
	Fatal and Serious	48	42
Proposed Method 2 (F1-score : 0.5000000)		Prediction	
		Minor	Fatal and Serious
Actual	Minor	99	33
	Fatal and Serious	49	41
Comparative Method 1 (F1-score : 0.2880000)		Prediction	
		Minor	Fatal and Serious
Actual	Minor	115	17
	Fatal and Serious	72	18
Comparative Method 2 (F1-score : 0.3941606)		Prediction	
		Minor	Fatal and Serious
Actual	Minor	112	20
	Fatal and Serious	63	27

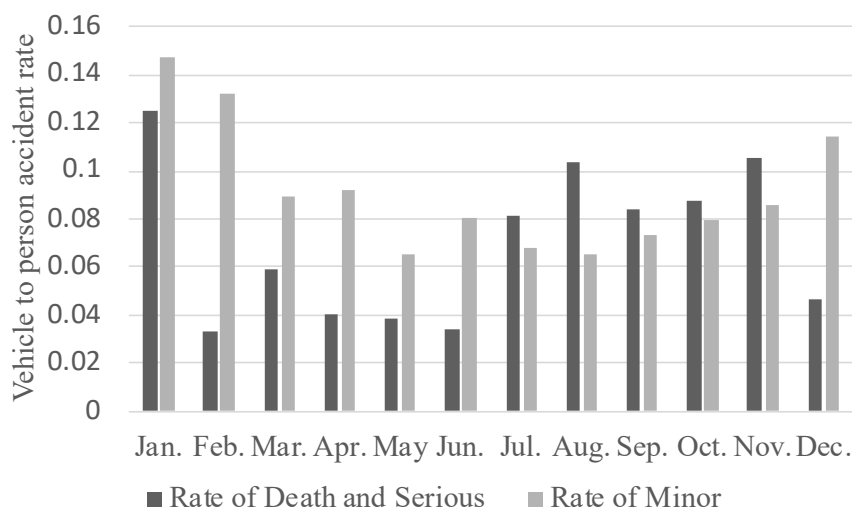
F1-score はすべての手法で 0.5 以下であり、特に再現率（実際の死亡・重傷の中で死亡・重傷と予測できた割合）が低くなった。この原因として、交通事故における人身損傷程度（死亡・重傷か軽傷か）が本データの属性以外の要因（例えば健康状態など）によるところが大きい可能性がある。一方で、提案手法は比較手法と比べて精度がよくなっており、特に比較手法で低かった再現率の精度向上が見られる。全 486 属性をそのまま説明変数として用いたモデルは、形式概念分析またはコサイン類似度による特徴量エンジニアリングを適用したモデルよりも F1-score が低い。形式概念分析を用いた提案手法 1 とコサイン類似度を用いた比較手法 2 では、提案手法 1 の方が F1-score が高い。また、交互作用特徴量も用いた提案手法 2 が最も高い F1-score である。提案手法 1,2 に比べ、比較手法 1,2 とともに比較的多くの死亡・重傷事故を軽傷事故と誤って分類している。

本提案手法を用いた警察活動の支援方法を検討する。予測結果を可視化することで、重点的に取り締まる場所を絞り込むなどの警察活動を支援する。ここで、平成 29 年から令和 3 年に人身事故が発生した 12,393 地点については、機械学習モデルで用いた説明変数が既知である。本機械学習モデルを用いて、過去に事故が発生した地点に対し、ある条件における死亡・重傷事故の

傾向の地図上への可視化が可能である。例えば、全交通事故データに対して、日時と天候の値を「2022年1月26日水曜日における晴れの昼間」と「2022年10月26日水曜日における晴れの昼間」という架空の日時と天候に置き換えて、前節の提案手法2で作成した機械学習モデルで予測する。地域の例として、富山県射水市越中大門駅付近における予測結果のQGIS上への表示例を下図に示す（上：2022年1月26日水曜日における晴れの昼間，下：2022年10月26日水曜日における晴れの昼間）。図中の点は、重傷・死亡事故の危険性が高いほど濃く表示されている。図より、日時や天候が異なることで重傷・死亡事故の危険性が高いと予測される地点が異なることが確認できる。



機械学習モデル、特に深層ニューラルネットワークは内部構造が複雑であり、予測根拠の説明が難しいことが知られている。本モデルがどのような根拠で死亡・重傷事故を予測しているか知ることができれば、将来の事故防止に役立てることが可能である。そこで、機械学習モデルに対する形式概念分析の適用を試みる。上記の1月26日と10月26日で置き換えた架空の交通事故データにおける提案手法1の説明変数（道路幅、交差点道路幅、指定速度の量的データを除く）とそれぞれの死亡・重傷事故の予測結果（予測確率0.5以上）をコンテキスト表とし、形式概念分析を適用すると、確信度が80%以上の含意関係・関連は10,660件抽出される。例えば「10月の水曜日に非市街地で低層建物が密集している、ペイントの中央線である中央分離帯と三灯式の信号機が稼働している地点で人対車両事故が12件発生すると、10件が死亡・重傷事故と予測される」というルールが含まれる。架空の事故の形式概念分析であるが、元の交通事故データに対してフィッシャーの正確確率検定を適用すると前提部と結論部が同時に出現しやすいことが確認できる。ペイントの中央線である中央分離帯と三灯式の信号機という属性が成り立つ平成29年から令和3年に発生した1,336件の人対車両事故に対する軽傷事故と重傷・死亡事故の割合を下図に示す。7月から11月にかけて重傷・死亡事故の発生割合が高いことが確認でき、この中央線と信号機の2属性の組み合わせが、夏から秋で死亡・重傷事故になりやすいことが確認できる。



以上の研究成果は、下記参考文献の1,6で発表し、特に6については、講演会の最優秀論文賞および優秀発表賞と表彰された。上記以外にも、衛星画像を用いた事故予測モデルの検討(同2,4)や道路形状に基づく事故分析(3,5)、自転車事故の分析や形式概念分析の効率化(7)などの研究成果について、それぞれ学外発表した。

4. 今後の展望

本研究では、形式概念分析による交通事故の事故要因を分析、機械学習による予測モデルを作成する手法を提案した。前節では、死亡・重傷事故の予測結果を示したが、他に「自転車に関わる事故」や「事故類型（車両対車両，人対車両，車両単独）」に対する分類でも同等の予測精度

を得ている。今後は、死亡・重傷事故以外の予測対象に対する本手法の適用の仕方や結果の利用方法を検討する。予測結果の可視化では、過去に事故が発生した地点のみを予測地点としている。富山県全域における土地利用細分メッシュ単位あるいは道路や交差点単位での予測・可視化は今後の課題である。そのためには、事故が発生していないメッシュや道路に対しても、本手法で用いた説明変数の情報を得る必要がある。例えば、予測時点における予測地点の道路形状、信号機、路面状況などの情報を、地図情報サービスや直前の天候などを用いて補完することが考えられる。本研究では、既存の形式概念分析ツール **Concept Explorer** を用いたが、大量のデータの分析に対する計算コストが問題である。例えば、本目的にはツールの主要機能の1つである概念束の図示は必要ない。目的に適した効率的な形式概念分析ツールの選択あるいは作成は今後の課題である。

5. 参考文献

1. Shogo Kotani, Masaki Nakamura, Kazutoshi Sakakibara, Tatsuo Motoyoshi, Keisuke Hoshikawa, Toward prediction of traffic accidents using formal concept analysis of actual accidents and related data, The Proceedings of the International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC), 6014, Toyama, 9-11 Sep. 2022
2. 浅井 智也, 中村 正樹, 榑原 一紀, 本吉 達郎, 星川 圭介, 富山県の交通事故データと衛星画像を用いた交通事故予測モデルの開発 2022 年電気・情報関係学会北陸支部連合大会, F2-46, 2022.9.3 (金沢大学, Online).
3. 甲斐 雅也, 中村 正樹, 榑原 一紀, 本吉 達郎, 星川 圭介, 富山県における交通事故現場周辺の道路形状 6 による事故属性の分析, 2022 年電気・情報関係学会北陸支部連合大会, F2-27, 2022.9.3 (金沢大学, Online).
4. 浅井智也, 中村正樹, 榑原一紀, 本吉達郎, 星川圭介, 交通事故データと衛星画像を用いた富山県特有の交通事故予測モデルの開発, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2022, SS04-01, pp.362-363, 2022 年 11 月 25-27 日, 近畿大学東大阪キャンパス
5. 甲斐雅也, 中村正樹, 榑原一紀, 本吉達郎, 星川圭介, 機械学習を用いた富山県における交通事故現場周辺の道路形状による事故属性の分析, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2022, SS04-07, pp.383-384, 2022 年 11 月 25-27 日, 近畿大学東大阪キャンパス
6. 小谷祥悟, 中村正樹, 榑原一紀, 本吉達郎, 星川圭介, 形式概念分析と機械学習による交通事故予測システムの検討, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2022, SS04-02, pp.364-369, 2022 年 11 月 25-27 日, 近畿大学東大阪キャンパス (最優秀論文賞, 優秀発表賞 W 受賞)
7. 中村正樹, 輿水樹, 柴田大翔, 小谷祥悟, 榑原一紀, 本吉達郎, 星川圭介, 形式概念分析による交通事故データ分析について ―自転車事故の分析と形式概念分析のための属性抽出手法―, 計測自動制御学会 システム・情報部門 社会システム部会 第 31 回社会システム部会研究会予稿集, pp.1-6, 2023.3.5-7 石垣島

謝辞

本研究に取り組むにあたって富山県警察本部に貴重なデータを御提供頂くとともに、有益な議論及び御提案を頂きました。心より感謝申し上げます。本研究の一部は、公益財団法人富山第一銀行奨学財団の令和4年度研究助成金を受けて行ったものです。

研究題目	富山における河川水中浮遊ゴミの現況把握と水理モデルを用いた輸送特性の検討
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 環境・社会基盤工学科・准教授・久加 朋子
分野	河川工学
キーワード	浮遊ゴミ, 小矢部川, ドローン, 水理モデル, 輸送特性

1. 研究の背景と目的

近年、世界各地の海域で海ゴミ、とくにプラスチックゴミの問題が深刻化している。多岐に渡る既往研究の結果、これらのゴミ発生源は陸域から河川を通じて流出したものが大半を占めること、日本海域は海ゴミ集積のホットスポットであること、ゴミへの化学物質吸着等による生態系への影響等が報告されている¹⁾²⁾など。しかしながら、海ゴミに関する既往研究の多くは海洋や海岸が対象とされており、陸域発生源から河道内への流入、流入後の輸送特性、沿岸域に到達するごみ量推定等、河川水中浮遊ゴミの挙動に関する情報は比較的限られた状況にある³⁾⁴⁾⁵⁾など。なかでも、国内での河川内の報告事例は関東や九州地域に集中している³⁾⁶⁾⁷⁾など。

2009年7月15日、海岸漂着物処理推進法（平成21年法律第82号）が公布・施行され、富山県においても2010年度より海岸漂着物実態調査が実施されている。富山県調査では、県内20箇所の海岸を対象とし、100 m³あたりの漂着物量（m³）を把握している。その結果、県内の海岸では、射水市庄西町に位置する小矢部川河口の六渡寺海岸にて、最も漂着ゴミ量が大きいことが確認されている。

小矢部川は大門山を源流とする勾配 1/400～1/2640 の 1 級河川である。小矢部川は庄川・小矢部川流域における用水の排水経路でもあり、多数の支流が流れ込んでいる。主な支川には、旅川、千保川、祖父川、渋江川などがある。六渡寺海岸では海岸清掃活動を六渡寺地区住民にて年2回、ボランティア活動（六友会）にて月1回（3月～11月、8月を除く）、富山県による清掃委託が年3回実施される他、海ゴミに関する普及活動も展開されている。こうした活動の結果、六渡寺海岸における海ゴミ量は年々減っている。しかし依然としてごみ量は多い。そこで本研究では、小矢部川から河口に至るまでの浮遊ゴミの挙動を明らかとすることを目的とし、聞き取り

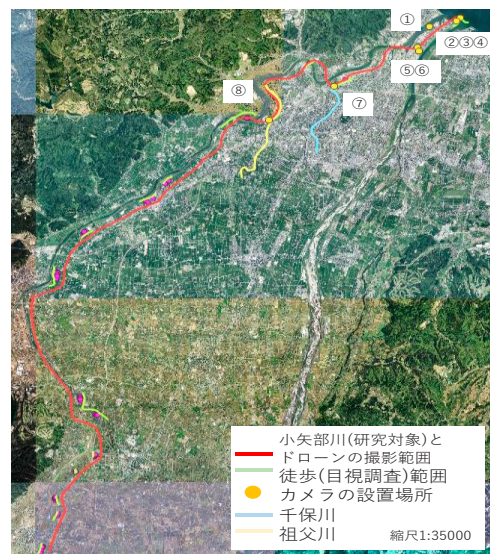


図-1 小矢部川の調査範囲(目視調査域, ドローン撮影範囲・計算区間, 定点カメラ位置)

調査（富山県環境政策課，富山市，六渡寺自治会），目視調査，ドローン（UAV）調査，定点カメラ・画像解析（8か所設置），水文データ整理，非定常2次元流れ解析にゴミモデルを追加し，現地データとの比較からモデル精度の検証までを実施した。



図-2 Autell Evo II

2. 研究方法

(1) 目視調査，ドローン飛行調査

目視調査とドローン飛行調査では，小矢部川本川の平水時のゴミ集積状況を把握するために実施した。図-1 に小矢部川本川および主な支川の位置，目視調査範囲，ドローン飛行調査範囲を示す。本調査（研究初年度）では，まず小矢部川を歩き，目視調査を行った。目視での調査箇所は富山県による既往調査報告等を参考とし，河道内にてゴミが確認できる可能性が高く，かつ河道内まで容易にアクセスできる場所を航空写真より選定した。

続いて，ドローン（Autel Evo II, Autel 社，図-2）によるゴミ調査を実施した。調査範囲は小矢部川河口（0 km）から 40 km 上流の南砺市（左岸側に南砺市福光斎場）までとし，これらの区間を 23 区間に分け，5 日間かけて撮影を行った。撮影時の飛行条件は，県立大グラウンドにて事前検討を行い，ペットボトルや袋等のゴミが十分に確認できる条件として飛行高度 70 m，フロントオーバーラップ 85%，サイドオーバーラップ 75%，ジンバルピッチ 90°，飛行速度 25 m/s とし，地上解像度 2cm を確保するようにした。撮影後，得られた多量の画像は MetaShape Professional（Metashape 社）を用い，区間ごとにオルソ画像合成までを行った。

(2) タイムラプスカメラを用いた定点撮影

タイムラプスカメラを用いた定点撮影は，降雨時における河道内でのゴミ挙動を把握するために実施した。カメラ設置箇所は，図-1 に示す 8 箇所（河口付近 6 台，支川付近 2 台）である。河口付近のカメラは六渡寺海岸へのごみが流入する様子や，伏木港付近におけるゴミの挙動を把握するものである。一方，小矢部川と祖父川（⑧），小矢部川と千保川（⑦）との合流点付近のカメラは，本川と支川とのゴミ挙動の違いを把握するものである。カメラ設置期間は，研究初年度である本調査では，いずれも 8/24~10/31 の約 2 ヶ月とし，降雪が始まる前にカメラの撤去を行った。定点カメラの撮影間隔は 5 分とし，5 時から 19 時まで，日の出から日の入り後までの明るい時間帯のみ撮影するように設定した。撮影終了後は，順次タイムラプスカメラを回収し，画像を確認し，ゴミの移動，支流から本川へのゴミの流入，流出傾向等を把握した。

(3) 水文データの整理

長江観測所の水文データを整理し，小矢部川下流域における日流量の年変動を把握すると共に，定点カメラ設置期間における千保川からの流入流量についても併せて整理した。前者は水文



図-3 計算格子と計算区間

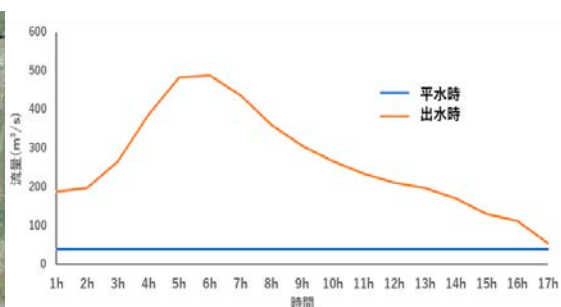


図-4 計算での流量ハイドログラフ

水質データベースから取得したデータであり、後者は富山県より提供頂いた。

(4) 水理モデルの改良とゴミ輸送特性の検討

本研究では、フリーソフトウェアである非定常平面 2 次元モデル iRIC Nays2d (<https://i-ric.org/ja/>) を一部改良した Nays2dSecondary を用い、粒子を流れに追跡させ、その移動軌跡を追跡した。計算範囲を図-3 に示す。計算範囲の河床高には、2021 年グリーンレーザーによる計測データ（富山河川国道事務所提供）を用いている。計算格子サイズは事前計算（2020/09/04 出水の流量ハイドログラフ）より検討し、計算水位と長江観測所の実績水位との比較から精度検証を行った結果、縦断方向に 7.5m、横断方向に 5.0m としている。格子のマニングの粗度係数は 0.03、河床材料は 31.38mm と設定している。計算は 2 ケース実施した。Case 1 と Case 2 の流量ハイドログラフを図-4 に示す。Case 1 は平水時を想定したものであり、Case 2 は出水時（500 m³/s 規模）を想定したものである。検討初年度のため、本検討では始めの段階として、現況の数値計算を用いてゴミ輸送およびゴミ集積状況がどの程度再現できるかを把握する。

3. 研究成果

(1) 目視調査によるゴミ調査結果

図-5 に、目視調査で確認したゴミの一部を示す。上流部では図-5a のように水深が浅い地点が多いため、低水路内に中州ができ、そこにいくつかゴミが確認できた。ゴミの種類としては、生活ゴミよりも図-5b のような農業用ゴミが多くみられた。中流域では、低水路幅が広がり、水深も上流部に比べ深くなっているため、低水路内でも河岸沿いの水深の浅い場所によくゴミが見られた（図-5c）。さらに中流部の一部では、図-5d のように五位庄頭首工直後のブロックに多くゴミが見られた。河岸沿いの植生にゴミが引っかかりも数多く確認できた（図-5e）。下流域では図-5f のように低水路から少し離れた高水敷上にペットボトルや缶など多くの生活ゴミが集まっている様子が見られた。河口付近の伏木港では、雨の日の直後、図-5g のように生活ゴミや自然系ゴミがくぼみ一面に滞留する状態が確認された。以上より全体でのごみの停止傾向は砂州や低水路内の中州、堰下流、高水敷、ブロック、河岸沿いの植生であった。そして上流から河口に行くにつれ農業用ゴミに対して、生活ゴミの割合が増えていく傾向にあった。なお、図-5d お

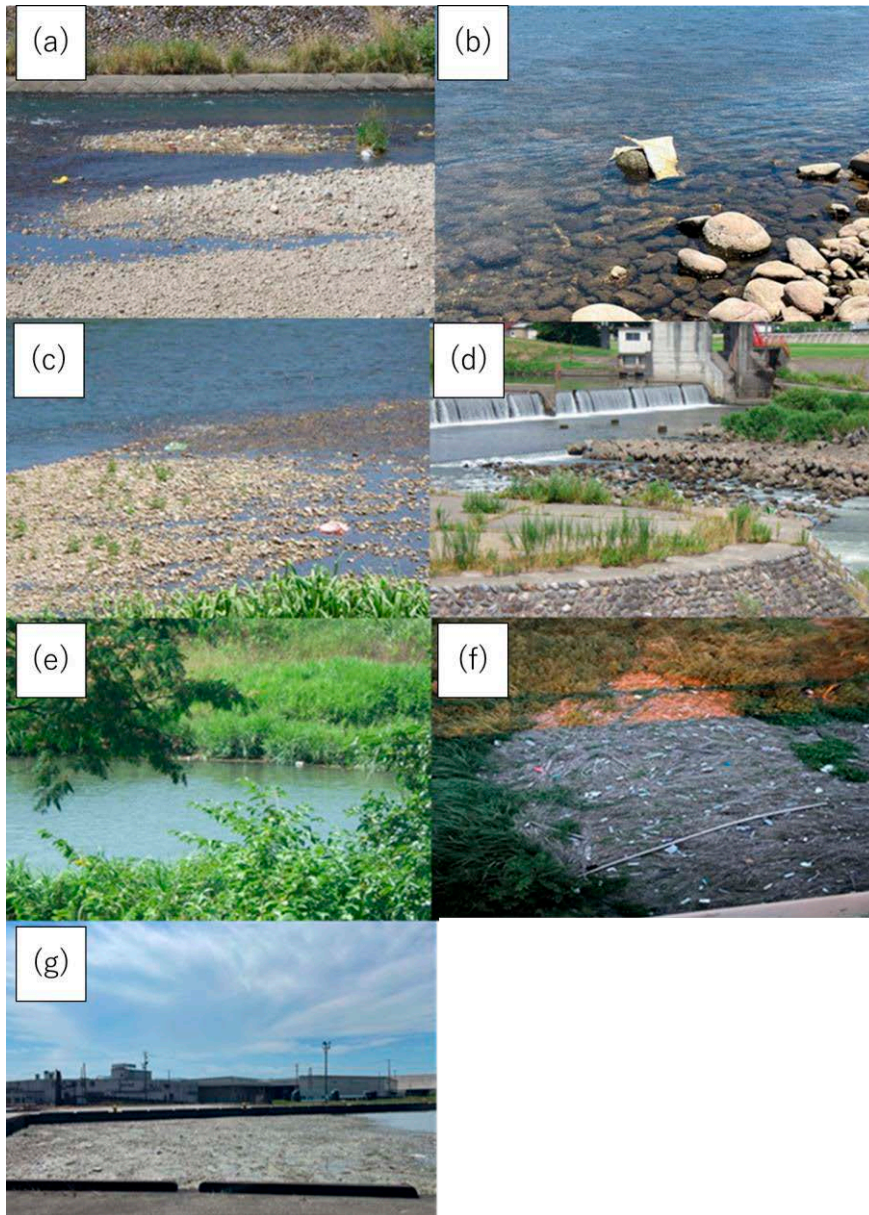


図-5 目視調査で確認できたごみ

よび図-5f は普段水位より高い場所なので、出水により水位が上がった際その場に溜まったものと考えられる。図-5g は、出水後の写真であり、小矢部川を流れるゴミの一部が河口付近の伏木港のくぼみの中に入り、滞留したものと考えられる。

(2) ドローンにおける平水時のゴミ集積結果

図-6 に、ゴミが確認できた箇所を示す。図に示す紫点は右岸側、黄色点は左岸側、赤点は中州部分にて確認されたゴミの停止箇所を示す。さらに、図-6 の点をグラフにしたものが図-7 である。図-6 および図-7 より、ドローンによるオルソ画像作成失敗（欠損）区域を除けば、どの地点でもゴミが確認できたことが分かる。また、図-7 によると、(i) 上流域から下流域にかけて

ゴミの停止数が増加すること、(ii) ゴミの停止数は、五位庄頭首工 (図-8) や二日市頭首工付近のような落差のある構造物下流側に多いこと、(iii) ゴミの停止数は構造物の他に、支川(旅川、山田川、岸渡川、祖父川、千保川)の合流後にも増加することが確認された。

次に、右岸側と左岸側とでゴミの停止・集積特性に違いがあるかを把握する。図-9 に、右岸と左岸に分けたごみの停止数を示す。図-9 より、上流部(38k~30k)では青枠で囲んだ蛇行部の外岸部にごみが多いことが分かる。この他、色枠のない場所の主な停止場所は砂州上である。

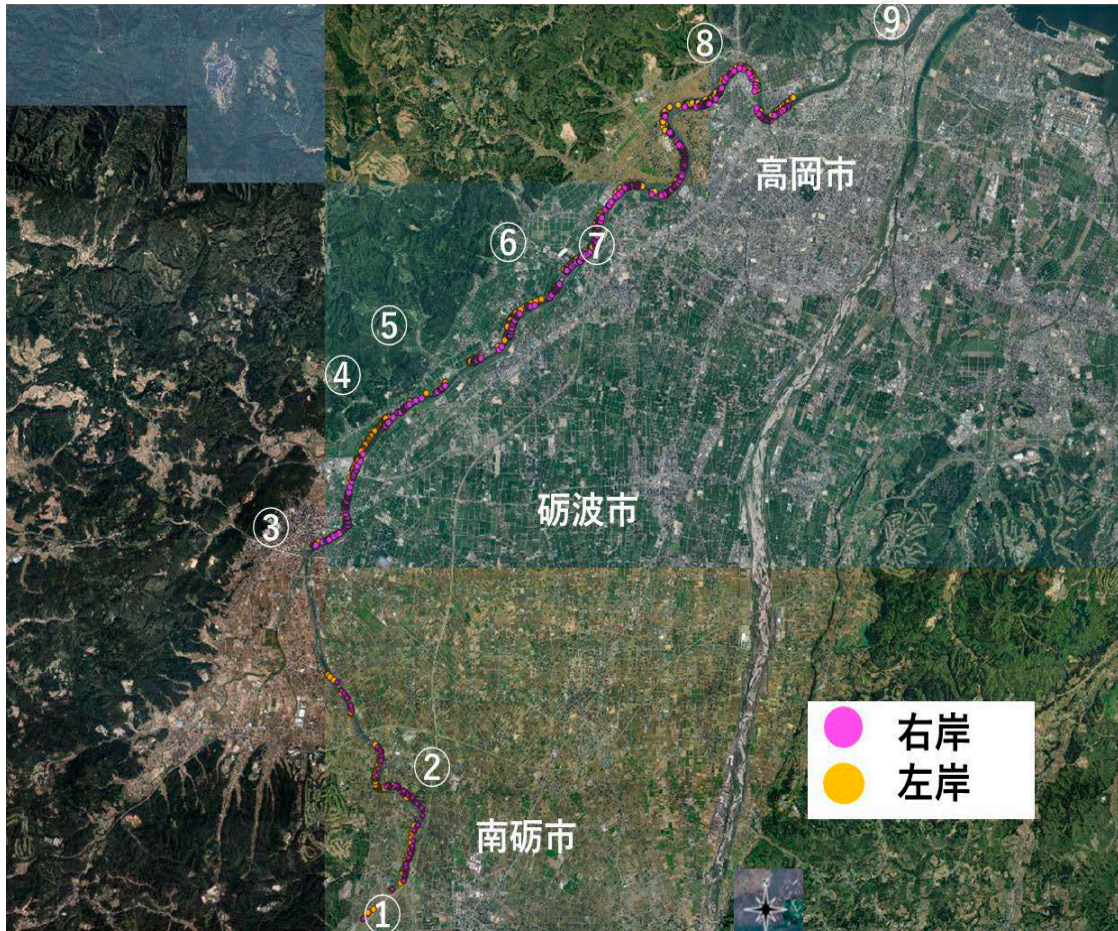


図-6 ドローンにて確認されたゴミの停止箇所(紫点は右岸側、黄色点は左岸側)

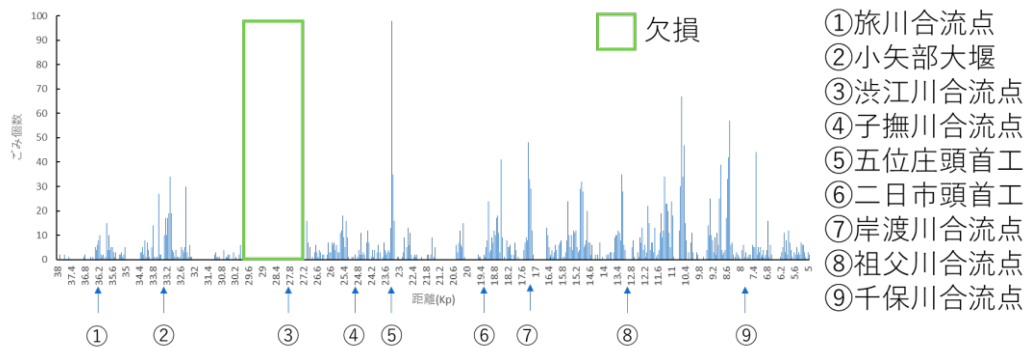


図-7 流程方向へのゴミ停止数の変化



図-8 五位庄頭首工下流のゴミ停止状況(紫点は右岸側, 黄色点は左岸側)

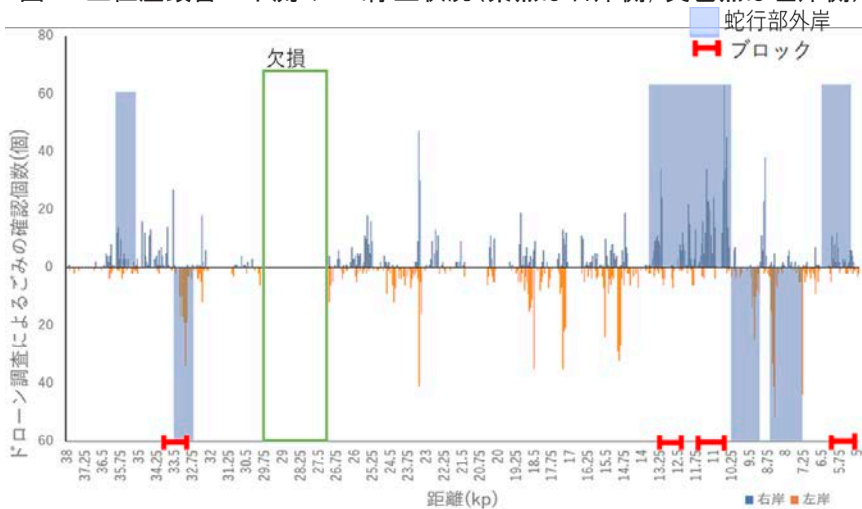


図-9 UAV 画像から確認した停止ゴミ(右岸・左岸)

上流部は水深も浅く低水路も狭いため、水位が上がりやすく、砂州上や低水路から離れた場所までゴミが到達し、停止したものと考えられる。

中流域(27k~14k)では上流部や下流部と異なり、蛇行部分が少なく単調な流れが多い。このため、図-9の20k~14kでは右岸左岸まんべんなくゴミが停止したと考えられる。

下流域(14k~5k)では、大きく蛇行する地形を有する。このため、図-9から分かるように、右岸と左岸で大きくゴミの停止に偏りが見られた。ゴミは蛇行部の外岸側(図-9の青枠部分)ほど停止数が多いことが分かる。ドローン画像や現地目視によると、これらは蛇行部の外岸側の設置されているブロックの上に停止するゴミであった。

(3) 定点カメラによるゴミ輸送結果

タイムラプスカメラ8台のうち、ある程度傾向がつかめたのは3か所(図-1の(2),(6),(8))であった。とくに千保川合流部(図-1の(2), 図-10)では、小矢部川本川と千保川から流入する浮遊ゴミが明瞭に確認できた。図-11に、8/24~10/31の期間の浮遊ゴミ数(5分間隔撮影画像を用いた)を示す。調査期間中、ゴミ輸送が確認されない日はなく、平水時も常に若干のゴミが河口



図-10 小矢部川と千保川合流点の撮影状況(白丸:流れているゴミ)

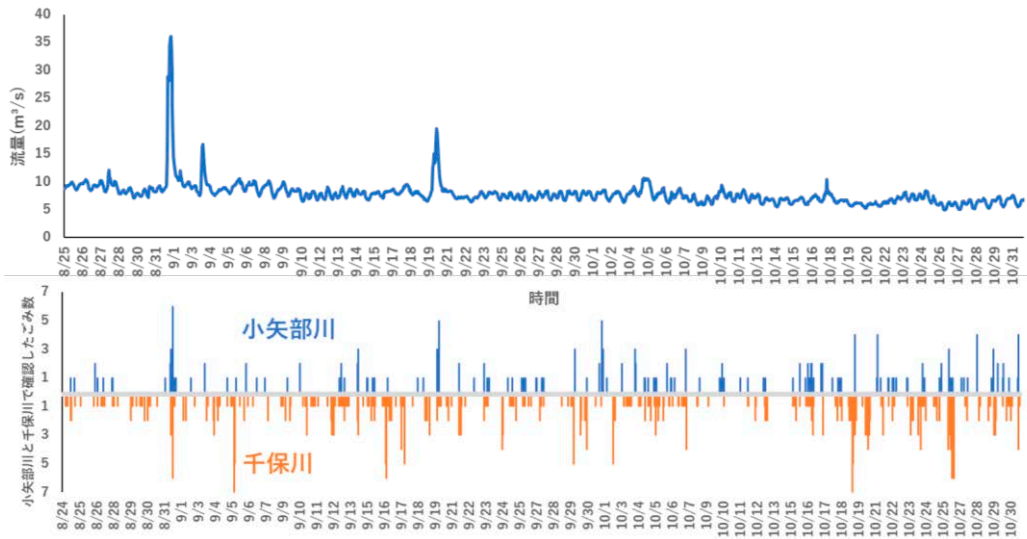


図-11 上)千保川の時間流量, 下)浮遊ゴミ確認数(小矢部川・千保川)

に向かって流出する状況が確認された。さらに、確認された浮遊ゴミ数は小矢部川で 191 個、千保川で 445 個となり、5 分間隔の画像の集計において、約 2.3 倍もの差が認められた。千保川は市街地を經由し、比較的小矢部川の下流付近で合流する支川であり、ゴミの多さが際立って多いことが分かる。このほか、出水時のみに着目すると、出水前半に浮遊ゴミが集中するファーストフラッシュ現象も確認された。

(4) 水理モデルによる検討結果

計算では、平面二次元浅水流モデルを用い、平均流速に追従する形での粒子の移動を計算した。粒子の停止条件には水深を用い、この値は今後の検証が必要であるものの、本検討では 0.01 m を設定した。図-12 および図-13 に平水条件と出水条件を与えた際の粒子の停止位置を示す。計算では繰り返し出水を与えていないため、粒子(浮遊ゴミ)停止数は限られるが、平水条件お

び出水条件の何れもゴミの停止が確認された。ただし、両者で停止場所は幾分異なった。

図-12 より、ドローン調査結果 (a) と平水シナリオでの計算結果 (b) とを比較する。図-12b によると、平水時の主な粒子停止箇所は砂州や中州の上、蛇行部外岸であることが分かる。図中

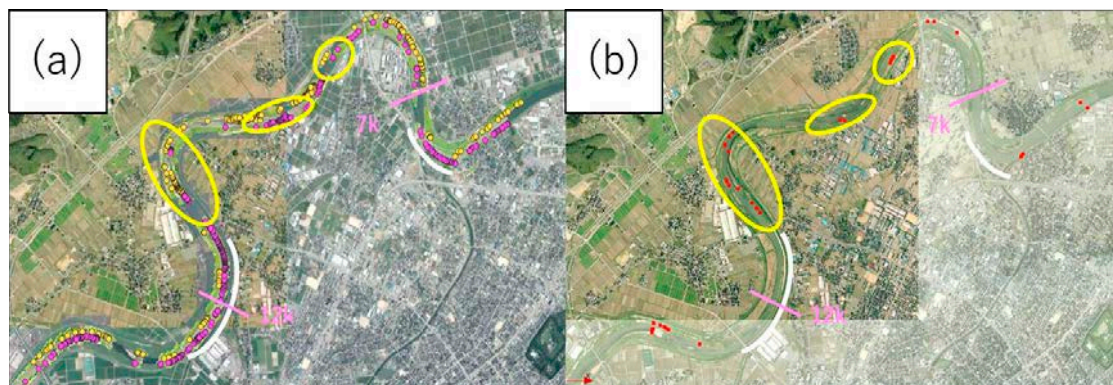


図-12 小矢部川におけるゴミ定着状況, ドローン結果(左), 平水シナリオの計算結果(右)

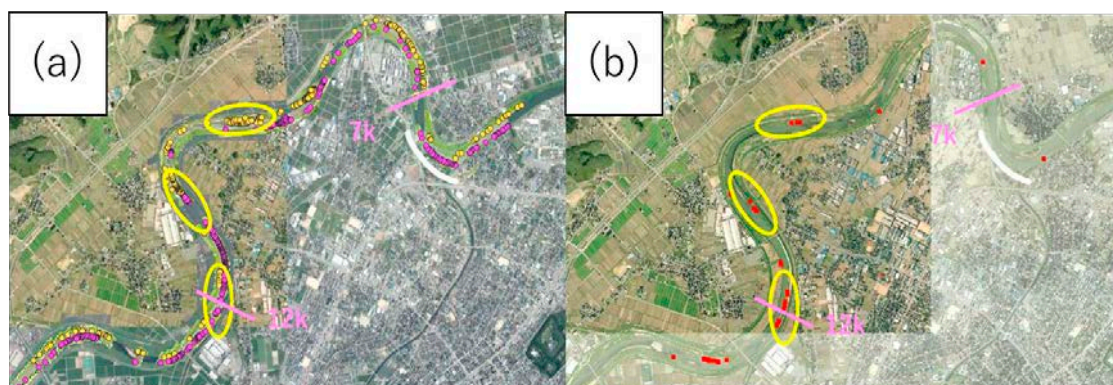


図-13 小矢部川におけるゴミ定着状況, ドローン結果(左), 出水シナリオの計算結果(右)

に黄色で示した箇所はドローン調査結果と一致するが、白印で示す場所では平水条件での粒子の停止は確認されることが分かる。続いて、図-13 より、ドローン調査結果 (a) と出水シナリオでの計算結果 (b) とを比較する。図-13b によると、出水条件下では、平水条件下にて再現されなかった河口より 12km 付近の蛇行外岸部への粒子停止が確認された。この場所は比較的水位が高い時にゴミが到達し、停止する場所であると分かる。一方、7k 付近の蛇行外岸部への粒子停止は、本計算条件下においても確認されなかった。これは、この場所が河岸沿いのブロック上へとゴミが停止する箇所であり、現況のモデルのままでは再現が難しい場所であると推察された。以上の計算より、まずは研究初年度の第一段階として、数値計算を用いてある程度の粒子（ゴミ）停止箇所の推定が出来る可能性を示すことが出来た。今後、今回用いた流れの平均流速ではなく、表面流速の近似計算を行い、その結果を用いて粒子の追従計算を実施することで計算精度の再検討を実施する。さらに、計算にて複数回の出水を繰り返すことで、ゴミが堆積するホットスポットが計算できるかどうか、流れるゴミのうち、何割程度が河道内に一時貯留されるかなどの検討に発展させていくことが課題である。

4. 今後の展望

本年度は研究初年度であり、まずは現況把握と数値計算にてゴミ輸送特性がどの程度再現できそうか把握することを目的とした。結果、現地の状況については、目視調査に加え、ドローン画像よりある程度把握できた。出水時のゴミ輸送については、定点カメラを用いて流れるゴミの数をカウントすることが十分出来ることを確認できた。ただし、静止画を用いたため、平水時に比べて出水時のゴミ輸送数を過小評価していることが課題である。さらに、数値解析では、平水と出水シナリオ下での検討を行い、水位の計算精度を揃えた上で、粒子の流れに追従させる検討を行った結果、ドローン調査結果と類似する場所への粒子の停止が確認された。ただし、実測と計算との相違する場所もあり、今後、モデル修正も含めた検討を進めることが必要である。


今後の展望は以下の通りである。まず、定点カメラを用いた調査については、静止画ではなく、動画を用いる方法へと変更する。また、本検討では小矢部川のみを対象としたが、R5年度は富山県1級河川の小矢部川、庄川、神通川との比較を試みる。通常、既往報告等では都市化率に応じて河川を通じたゴミ流出量が増加すると報告されるが、富山県では、神通川河口よりも小矢部川河口の六渡寺海岸のゴミ集積量が多い。そこで、R5はR4調査を発展させ、河川間比較より現況の把握に努める。県内河川にて対策を検討するには、河川からの流出量と海岸への堆積量との対応を明らかにしておくことが必須と考えるためである。ならびに、数値解析については、前述の通り、平均流速ではなく、表面流速を用いて粒子の追従計算を行う形へとモデル変更する。ならびに、複数回の出水シナリオを与えた計算を行い、ゴミ定着ホットスポットやゴミ定着から流失までの時間スケールを評価できるようにすることを考えている（R6実施予定）。

謝辞

本研究は富山第一銀行奨学財団および富山県立大学の研究助成を受けて実施した。国土交通省北陸地方整備局富山河川国道事務所および伏木富山港湾事務所、国土交通省伏木海上保安部、大阪税関伏木税関支署、富山県、富山市には、水位、流量、河川測量データの観測データ、県内の海ゴミ・漂着ゴミに関する既往調査結果、ドローン撮影や定点カメラ設置などに纏わるご協力を頂いた。富山県立大学地域連携センターには、定点カメラ設置に纏わる調整にご協力いただいた。令和4年度の当研究室所属学生には、全員での現地調査に取り組んで頂いた。ここに謝意を表します。

5. 参考文献

1. 高田秀重: マイクロプラスチック汚染の現状、国際動向および対策、廃棄物資源循環学会誌, 29(4), pp. 261-269, 2018.
2. A. Isobe: Percentage of Microbeads in Pelagic Microplastics within Japanese Coastal Waters, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 110, No. 1, pp. 432- 437, 2016.
3. 二瓶泰雄・片岡智哉: 河川から考える海洋プラスチックごみ・マイクロプラスチック対策, 廃棄物資源循環学会誌, 29(4), pp.309-316, 2018.

- 
4. Mani, T., Hauk, A., Walter, U. & Burkhardt-Holm, P. Microplastics profile along the Rhine River. *Sci. Rep.* 5, 17988, 2014.
 5. 安達智哉・懸樋洗大・中谷祐介: 深層学習を用いた河川浮遊ごみ検出手法の開発と流出特性の解析, 土木学会論文集 B1 (水工学) , 78(2), pp. I_937-I_942, 2022.
 5. 二瓶泰雄・若月宣人: 洪水時河川における浮遊ゴミ輸送量計測の試み, 土木学会論文集 B, 66(1), pp. 19-24, 2010.
 6. 工藤功貴・片岡智哉・二瓶泰雄・日向博文・島崎穂波・馬場大樹: 日本国内における河川水中のマイクロプラスチック汚染の実態とその調査手法の基礎的検討, 土木学会論文集 B1 (水工学) , 73(4), pp. I_1225-I_1230, 2017.

研究題目	オゾンと過酸化水素を用いた CN・キトサン複合体による光触媒吸着反応の促進と水中有機汚染物質除去への適用
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 環境・社会基盤工学科・准教授・黒田啓介
分野	環境工学
キーワード	可視光駆動光触媒、グラフィティックカーボンナイトライド、有機色素、抗生物質、促進酸化処理

1. 研究の背景と目的

世界中で都市化が進み水環境の汚染が進む中、安価で環境負荷が小さく、かつ高効率な水質浄化技術が求められている。光触媒による水質浄化は、強い酸化力を持つスーパーオキシドラジカル($\cdot\text{O}_2^-$)、ヒドロキシルラジカル($\cdot\text{OH}$)、一重項酸素($^1\text{O}_2$)などの活性酸素種により水系媒体中の多くの有機汚染物質が高効率に分解されるため、廃水中の汚染物質を低減する環境負荷が少ない処理方法と考えられている¹⁾。反面、これまで多く用いられてきた光触媒である二酸化チタン(TiO_2)等は紫外線照射を要するため高コストな点や、触媒金属の溶出・腐食が問題であった。

近年、グラフィティックカーボンナイトライド ($\text{g-C}_3\text{N}_4$; 今後 CN と略す)が省エネルギーな光触媒として注目が高まっている。CN はメタルフリーのため毒性が低く、安価であり、尿素やメラミンなど窒素を豊富に含む前駆体の熱重合により容易に合成できる²⁾。またバンドギャップが狭いため可視光でも駆動し、金属を含まないため光腐食による金属の溶出の問題がないという利点がある³⁾。これまで研究代表者は、CN と吸着剤であるキトサンを用いて、太陽光が利用でき、汚染物質を酸化分解と吸着の両方で除去し、かつ処理後の固液分離が容易な低コストの光触媒担持型吸着ビーズを開発した²⁾。しかし、酸化力が弱く反応時間が2時間程度と長い点が課題であった。

そこで本研究では CN の分解速度の向上について検討するため、CN による光触媒分解に寄与する活性酸素種を同定するとともに、一般に酸化処理による水質浄化において反応速度の向上に有効とされているオゾン³⁾や過酸化水素⁴⁾の添加を検討した。除去対象物質は、発がん性のあるアシッドブラック1 (AB1) およびマラカイトグリーン (MG) の2種類の有機色素と、水環境中に広く分布するため薬剤耐性菌の発生が懸念される抗生物質のスルファメトキサゾール (SMX) とした。いずれの物質も途上国で使用量が多く、高濃度の廃水による水環境汚染が問題となっている。

2. 研究方法

2. 1 CN の作製

既存の研究²⁾を参考に、10 g の尿素 (富士フィルム和光純薬(日本)) をるつぼに入れ、電気炉で 550°C で2時間焼成し、室温まで冷却後、メノウ製の乳鉢と乳棒を使用して微粉末にし CN を得た。Surface Area & Size Analyzer (NOVA3200e, Quantachrome, FL)を用いて算出した

BET 比表面積は 65.0 m²/g であった。

2. 2 CN 担持キトサンビーズの作製

既報²⁾に従い、キトサン 1 g を 0.1 mol/L の酢酸溶液 100 mL に加え、さらに CN を加えて 24 時間攪拌することで溶解させ CN-キトサン溶液を作製した。作製した CN-キトサン溶液を 50 g/L のヘキサメタリン酸溶液中にシリンジポンプで送り入れ、一晩浸漬し CN 担持キトサンビーズを作製した。その後、キトサンビーズの洗浄水の pH が 6–7 付近になるまでビーズを純水で洗浄し 28 °C で 2 日間乾燥させ、光触媒吸着剤 CN/CS を得た。さらに等電荷点 pH など、ビーズの吸着に関わる物理的・化学的特性を評価した。

2. 3 色素分解実験と反応種の同定

AB1 と MG は Sigma-Aldrich (米国) より購入した。0.15 g の CN を 10 mg/L の AB1 または MG 溶液 (溶液 pH 6) 300 mL に加え (触媒濃度 0.5 g/L)、約 750 rpm で攪拌しながら 100W のキセノンランプ (放射波長域: 300–780 nm) を 27 cm 真上から照射した明条件 (光束: 78.5 cd)、段ボールで周りを覆い光を遮断した状態で行った暗条件で実験を行った。試料水 (採水量: 3 mL) を経時的に採水し、吸光度計 (UV-1800、島津) で色素濃度 (mg/L) を測定した。

さらに、光触媒反応による色素除去において主に寄与している反応種を確認するために、スカベンジャー添加による反応種の同定を行った。スカベンジャーは特定の反応種と特異的に反応して消費させることで、当該反応種の一連の反応への寄与を抑えることができるため、色素分解に寄与している反応種を同定するのに役立つ。

既存の研究^{6),7)}をもとに設定した、本研究で用いたスカベンジャーと対象反応種の対応を表 1 に示す。スーパーオキシドラジカル ($\cdot\text{O}_2^-$) にはベンゾキノン (BQ, 4 mmol/L)、ヒドロキシルラジカル ($\cdot\text{OH}$) にはイソプロパノール (IPA, 40 mmol/L)、 h^+ にはヨウ化カリウム (KI, 1 g/L)、 e^- には二クロム酸カリウム ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 2 mmol/L) をスカベンジャーに用いた。実験では、10 mg/L の AB1 溶液 300 mL にスカベンジャーを表 1 の濃度で添加し、上記と同様に光触媒実験を行った。また、比較のため、二酸化チタン (TiO_2) を光触媒として同様に実験を行った。

表 1. スカベンジャーの種類と対象反応種

スカベンジャー	対象反応種	濃度	文献
ベンゾキノン(BQ)	スーパーオキシドラジカル($\cdot\text{O}_2^-$)	4 mmol/L	Eshaq et al., 2020
2-プロパノール (IPA)	ヒドロキシルラジカル($\cdot\text{OH}$)	40 mmol/L	Eshaq et al., 2020
ヨウ化カリウム(KI)	正孔(h^+)	1 g/L	Trandafilovic et al., 2017
二クロム酸カリウム($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	電子(e^-)	2 mmol/L	Eshaq et al., 2020

2. 4 オゾンと光触媒による SMX 分解実験

SMX は（富士フィルム和光純薬(日本)）から購入した。10 mg/L の SMX 溶液 200 mL (pH7) を、上面が石英ガラス製の密閉容器に入れ、CN 0.10 g を入れて攪拌し、300W キセノンランプにより可視光（波長 400 nm—600 nm）を上方 20 cm から照射した。純酸素から作成したオゾン気体（10.5 g/m³）を、微細な気泡を発生させる曝気用セラミック球により毎分 100 mL で試料水中に注入した（O₃ 注入量 1.05 mg/min）。過酸化水素は実験開始直前に 10 mg/L になるよう注入した。容器は水道水により常に冷却されている（図1）。これらにより、CN とオゾン、CN と過酸化水素、CN とオゾン+過酸化水素の各相乗効果による SMX の除去速度の変化を調べた。これらの結果から、SMX が可視光照射下でオゾンあるいは過酸化水素の添加によって実用的に除去可能か評価した。また、比較として光照射のない暗所での実験を行った。試料は 10 分毎に 3 mL 程度を採取し、孔径 0.45 μm の親水性フィルターでろ過したのちに SMX 濃度を吸光度計（UV-1800、島津）で測定した。

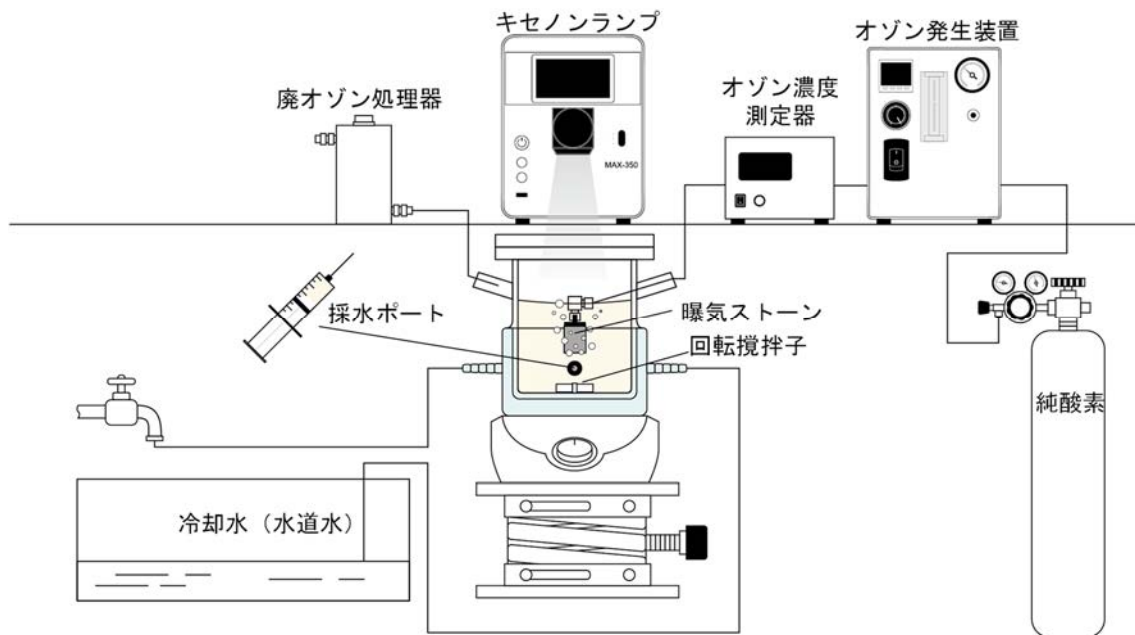


図1 オゾン実験の装置構成

3. 研究成果

3. 1 CN 担持キトサンビーズによる有機色素の吸着・分解実験

図2左、図2右に CN 担持キトサンビーズによる AB1 と MG の吸着・分解実験結果をそれぞれ示す。AB1 に関しては、暗条件では pH3、6、9 すべてにおいて濃度が減少せず、AB1 がほぼ吸着していないことがわかった。これに対し、キセノンランプを照射した明条件では AB1 の除去が見られたことから、光触媒反応により色素が分解されたと考えられる。除去速度は pH3 > pH6 > pH9 と pH が低いほど大きかった。これは溶液 pH がキトサンビーズの等電点 pH であ

る 5.42 より低い条件ではキトサンビーズ表面が電気的中性、溶液 pH が等電点 pH より高い条件ではキトサンビーズ表面が負に帯電するため、溶液 pH6、9 では陰イオンである AB1 と吸着剤表面が電氣的に反発し、AB1 が吸着剤表面で起こる光触媒反応の影響を受けにくかったためであると考えられる。さらに、CN の光触媒反応において酸性条件下では $\cdot\text{O}_2^-$ 生成が促進されるとともに e^- と h^+ の再結合が抑制される⁸⁾ことも pH3 で最も分解が速かった要因と考えられる。一方、実験時間が長くなった pH6 と pH9 では 600–1440 分の間に光触媒担持吸着剤が攪拌によって細かいフレーク状になっていく様子が目視で確認された。ビーズ状であった CN 担持キトサンビーズが細かいフレーク状になると比表面積が増すと考えられるため、この間の色素除去速度は増加した可能性があることに留意が必要である。

MG を用いた実験 (図 2 右) では、暗条件では C/C_0 は約 0.4–0.8 の間で吸着平衡に達したのに対し、明条件では C/C_0 がほぼ 0 になるまで色素を除去することができた。光触媒反応により吸着容量以上の色素を除去することができたといえる。明条件では最終的に溶液 pH が 3、6、9 の順で除去速度が大きかった。CN による MG の分解速度は比較的遅いため、明条件における CN 担持キトサンビーズによる MG の除去は実験初期 (開始から 200 分程度まで) では吸着と分解が同程度、それ以降は分解が卓越したと考えられる。CN は酸性条件下で光触媒反応が促進される⁹⁾ため、AB1 と同様、明条件では溶液 pH3、6、9 の順で最終的な MG の除去速度が大きかったと考えられた。

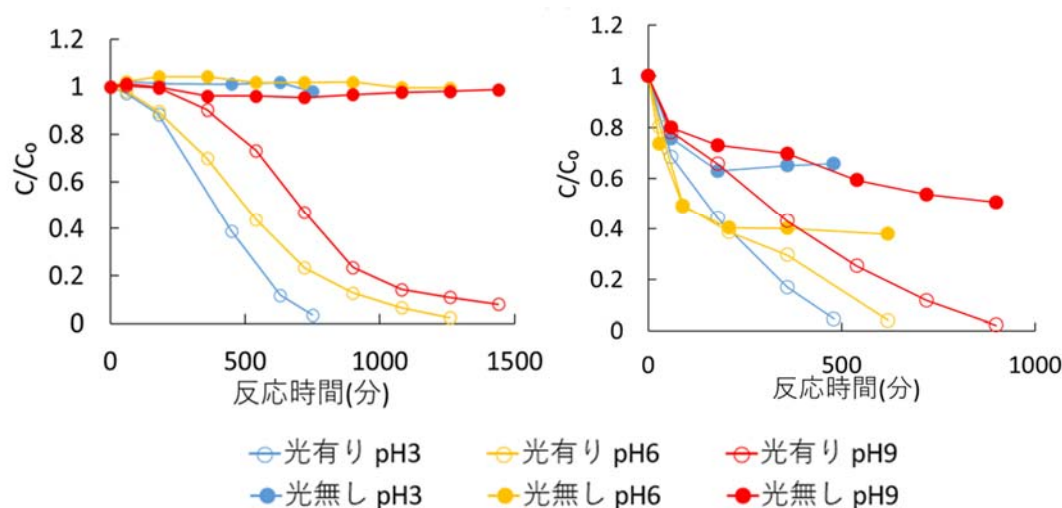


図 2 左) CN 担持キトサンビーズによる有機色素の吸着・除去実験結果。右は AB1、左は MG。縦軸は初期濃度に対する濃度比を示す。

3. 2 CN による有機色素の分解に寄与する活性酸素種の同定

スカベンジャーを添加した AB1 の光触媒色素分解実験結果を、CN を使用した場合を図 3 左に、二酸化チタン (TiO_2) を使用した場合を図 3 右に示す。

CN、 TiO_2 いずれにおいても、スーパーオキシドアニオン ($\cdot\text{O}_2^-$) を捕捉するベンゾキノン

(BQ) を添加すると AB1 の分解が抑制された。また、KI (h^+ のスカベンジャー) と $K_2Cr_2O_7$ (e^- のスカベンジャー) を添加した場合、スカベンジャーなしの場合に比べて反応速度が低下したが、その差は小さかった。よって、CN による AB1 の分解において h^+ と e^- の影響は小さいと考えられた。

これに対し、紫外線で駆動する TiO_2 を光触媒に用いて同様に実験した結果、KI および $K_2Cr_2O_7$ を添加した場合にスカベンジャーなしの場合に比べて大きく反応速度が低下しており、 h^+ と e^- の AB1 分解への寄与が大きいことが確認できた。CN における AB1 分解への h^+ の寄与が TiO_2 に比べ小さかった理由には、CB (伝導帯)/VB (価電子帯) の関係から CN によって生成された h^+ は OH^- を $\cdot OH$ に酸化することができない⁹⁾ ことが挙げられる。一方、 TiO_2 は OH^- を $\cdot OH$ に酸化することができるため、KI により h^+ の生成が抑えられると $\cdot OH$ の生成も抑制され、AB1 の分解速度が低下したと考えられる。また、 TiO_2 は CN よりも e^- 、 h^+ 、 $\cdot OH$ の寄与が大きいため、複数の反応種が複合的に AB1 分解に関わっていたと考えられる。 TiO_2 では反応種が複合的に物質分解に関わる点はヒドロキシ安息香酸 (p-HBA) の分解でも示されている⁹⁾。

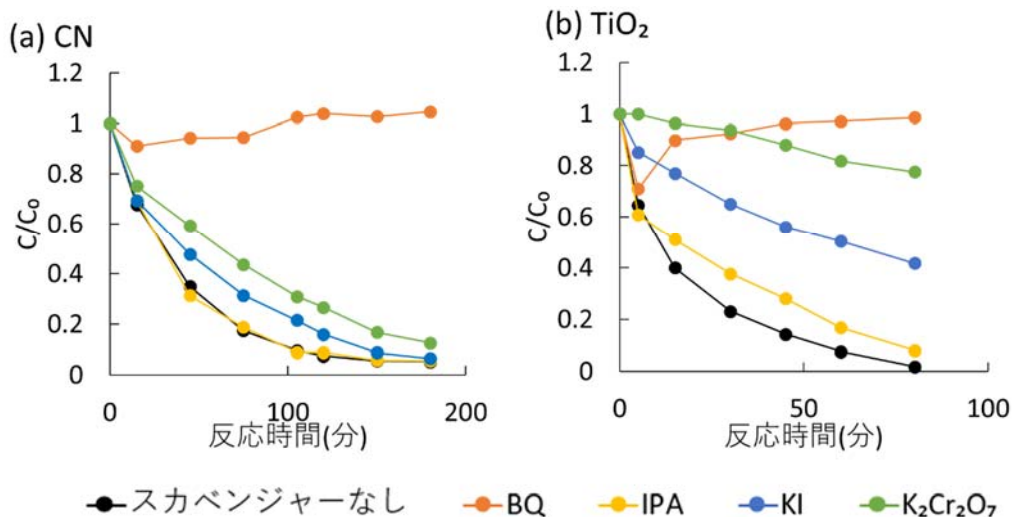


図3 左) CN による AB1 の光触媒分解におけるスカベンジャーの効果、右) CN 担持キトサンビーズによる AB1 の除去特性と溶液 pH の関係 (縦軸は初期濃度に対する濃度比)

3. 3 CN による SMX の光触媒分解とオゾン・過酸化水素添加の効果

CN による SMX の光触媒分解において過酸化水素添加が及ぼす影響を図4に、オゾン添加が及ぼす影響を図5に示す。

SMX は可視光照射のみや、可視光+過酸化水素、CN (暗条件)、CN および過酸化水素 (暗条件) では濃度が変化せず、分解が生じなかった (図4)。一方、可視光照射下の CN と、可視光照射下の CN+過酸化水素では SMX 濃度が低下し、分解が生じたと考えられる。しかしながら、CN と過酸化水素を組み合わせると、CN 単独の光照射の場合より分解速度が小さかった。これ

は、CNの光触媒反応によって生じた反応種の一部が過酸化水素により消費されたためである可能性がある。これらのことより、促進酸化法を用いた水質浄化においてしばしば用いられる過酸化水素の添加は、CNの光触媒反応を促進しないと考えられた。既存の報告では、UV照射によるSMXの分解が過酸化水素の添加によって加速しており⁴⁾、本研究の可視光を用いた実験結果と対比的であった。

一方、試料水にオゾンを追加（光照射なし）すると、SMXは急速に濃度が減少した（図5）。SMXの分解にオゾンが有効であることは既存研究⁴⁾とも調和的である。ここに可視光照射下のCNを組み合わせた場合、SMXの分解速度はオゾン単独に比べて増加したが、増加した割合は数%と小さかった。これは、オゾンとSMXの反応性の高さからSMXの分解速度がCNによる光触媒分解速度に比べて大きいことが一因とも考えられる。今後はCNの光触媒活性の向上に加えて、オゾン単独では分解しにくい物質を対象に検討していきたい。

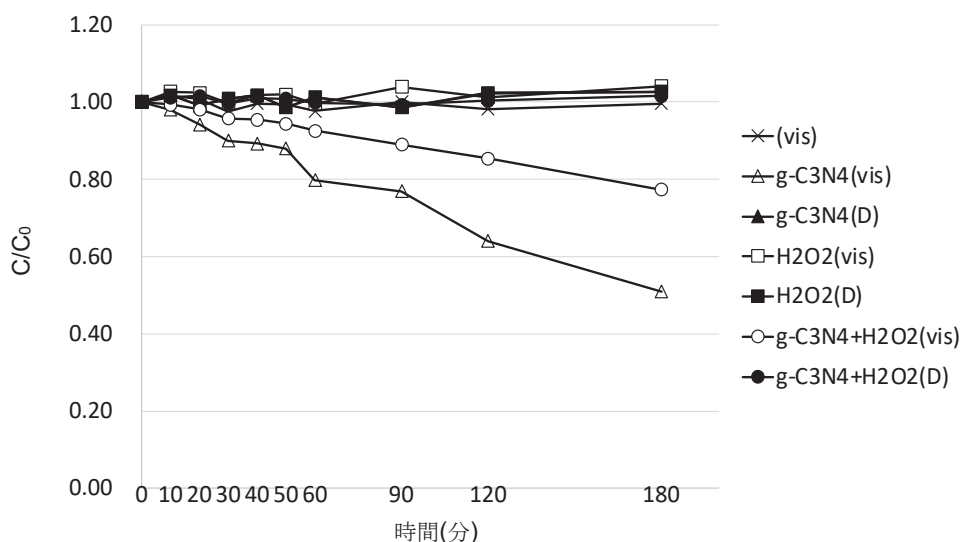


図4左 可視光照射下のCNによるSMXの光触媒分解特性と過酸化水素添加の効果（縦軸は初期濃度に対する濃度比。Visは可視光照射条件、Dは光照射なしの条件を表す）。

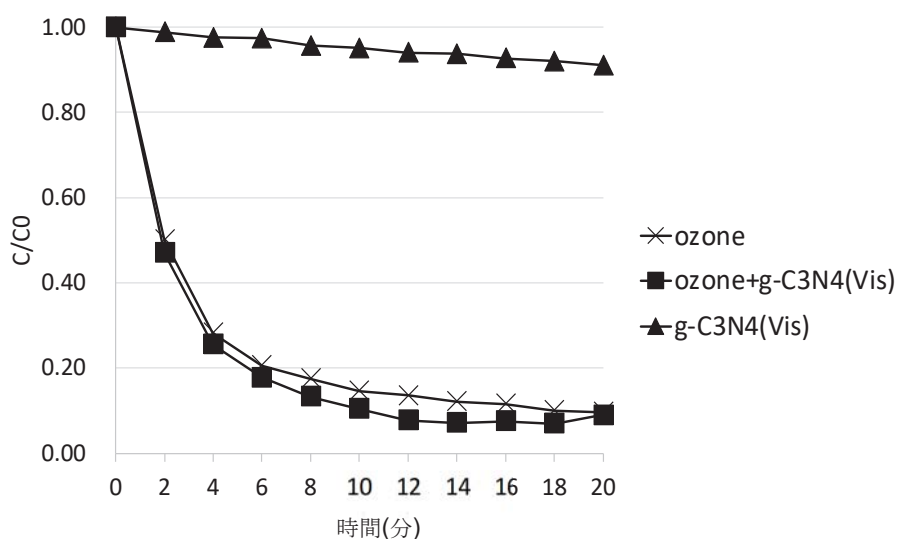


図5 可視光照射下のCNによるSMXの光触媒分解特性とオゾン添加の効果（縦軸は初期濃度に対する濃度比。Visは可視光照射条件を表す）。

4. 今後の展望

CNの有機色素の分解には $\cdot\text{O}_2^-$ が最も寄与していることが示されたが、CNによる汚染物質の分解力の向上には、 TiO_2 のように、光触媒反応で生成する $\cdot\text{O}_2^-$ 以外の反応種がより分解反応に寄与することが必要である。今後は、CNと他の光触媒とのヘテロ結合やドーピング等により、可視光駆動かつ、より光触媒活性の高いCNベースの光触媒の活用が求められる。これにより、光触媒とオゾンの併用においても、より速い分解が期待できる。今後はSMXの分解においてもスカベンジャー添加実験による活性酸素種を同定することで、SMXのオゾン+光触媒による分解に関与する反応種とメカニズムを明らかにすることができると考えられる。また、総有機炭素(TOC)を分析することによるSMXの無機化割合の測定や、光触媒をキトサン等の吸着剤に担持した場合のSMXの分解特性を調べる予定である。

光触媒による水質浄化技術は近年盛んに研究が行われているが、CNを用いた研究や、キトサン担持させた光触媒担持型吸着剤に関しては研究例が少なく、今後の研究余地は大きいと考えられる。また、カニ殻から得られるキトサンは医療や美容分野で使われているが、水質浄化に活用できれば富山のカニの付加価値向上・産業振興につながる可能性もある。

5. 参考文献

1. Zhong, J., Jiang, H., Wang, Z., Yu, Z., Wang, L., Mueller, J.F., and Guo, J. (2021) Efficient photocatalytic destruction of recalcitrant micropollutants using graphitic carbon nitride under simulated sunlight irradiation, *Environmental Science and Ecotechnology* 5; 100079.
2. 羽間悠菜・黒田啓介 (2022) グラフィティックカーボンナイトライドを用いた可視光駆動型

光触媒吸着剤による色素除去、第 56 回日本水環境学会年会要旨集、2022.3.16 (富山)

3. Xiao, J., Xie, Y., Rabeah, J., Brückner, A., and Cao, H. (2020) Visible-Light Photocatalytic Ozonation Using Graphitic C_3N_4 Catalysts: A Hydroxyl Radical Manufacturer for Wastewater Treatment, *Acc. Chem. Res.* 53, 5, 1024–1033.
4. Martini, J., Orge, C.A., Faria, J.L., Pereira, M.F.R., and Soares, O.S.G.P. (2018) Sulfamethoxazole degradation by combination of advanced oxidation processes, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 4054–4060.
5. Zheng, Y., Zhang, Z., and Li, C (2017) A comparison of graphitic carbon nitrides synthesized from different precursors through pyrolysis, *J. Photochem. Photobiol. A* 332; 32–44.
6. Eshaq, G., Wang, S., Sun, H., and Sillanpää, M. (2020) Core/shell $FeVO_4@BiOCl$ heterojunction as a durable heterogeneous Fenton catalyst for the efficient sonophotocatalytic degradation of p-nitrophenol, *Sep. Purif. Technol.* 231; 115915.
7. Trandafilovic, L.V., Jovanovica, D.J., Zhang, X., Ptasinska, S., and Dramicanin, M.D. (2017) Enhanced photocatalytic degradation of methylene blue and methylorange by $ZnO:Eu$ nanoparticles, *Appl. Catal. B.* 203; 740–752.
8. Fang, S., Lv, K., Ye, H., Du, D., and Li, M. (2015) Effect of acid on the photocatalytic degradation of rhodamine B over g- C_3N_4 , *Appl. Surf. Sci.* 358; 336–342.
9. Asif, A., Rafique, N., Hirani, R., Wu, H., Shi, L., Zhang, S., Wang, S., Yin, Y., Saunders, M., and Sun, H. (2022) Morphology/facet-dependent photo-Fenton-like degradation of pharmaceuticals and personal care products over hematite nanocrystals, *Chem. Eng. J.* 432; 134429.

研究題目	有機溶媒耐性微生物を利用した環境調和型 物質生産システムの構築
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 生物工学科・講師・戸田 弘
分野	生物工学
キーワード	有機溶媒耐性菌、代謝工学

1. 研究の背景と目的

近年の合成生物学の発展に伴い、バイオプロセスによる有用物質生産の研究が加速している。しかし、これらの多くのバイオプロセスは水系反応で行われるため、医薬品中間体などの難水溶性化合物を対象とした微生物変換などでは、高濃度の基質を反応させることが困難である。この課題解決の一つアプローチとして、有機溶媒-水二相系反応が用いられるが、従来宿主として利用されてきた大腸菌宿主は有機溶媒耐性が低く、酵素菌体の失活による反応持続性の低下が問題となる。こうした課題解決のために、近年 *Rhodococcus* 属細菌や *Pseudomonas* 属細菌などの有機溶媒耐性菌を利用した物質生産プロセスが研究されている。我々はこれまでに、有機溶媒耐性菌 *Kocuria rhizophila* を利用したスチレン酸化酵素の発現及びキラル化合物の生産等について研究しており、また当該細菌で利用可能な新規シャトルベクターなどの開発も行っている(参考文献 1、2)。そこで本研究では、*K. rhizophila* DC2201 が有する有機溶媒耐性機構の解明や、代謝系遺伝子改変による有用物質生産について研究を行った。

2. 研究方法

K. rhizophila DC2201 が示す有機溶媒耐性機構の解明

有機溶媒耐性に関与する遺伝子を推測するために、次世代シーケンス(NGS)を用いた RNA 転写量の網羅的解析を試みた。*K. rhizophila* DC2201 を 100mL の LB 培地に植菌し、OD₆₆₀ が 0.5 になるまで 30°C で振とう培養した。OD₆₆₀ が 0.5 に到達した時点で、終濃度が 10% になるようにジメチルホルムアミド(DMF)を添加し、培養を継続した。コントロールとして、DMF 未処理群についても培養を行った。DMF 添加後 30 分および 2 時間において、DMF 処理群および未処理群それぞれから培養液をサンプリングし、菌体を回収後市販の RNA 抽出キット(マッハライ・ナーゲル社)を用いて全 RNA の抽出精製を行った。抽出した RNA の NGS 解析およびデータ解析は日本ジーンウィズ株式会社に委託した。

K. rhizophila DC2201 代謝改変株による有用物質生産

データベースより各種生物由来フェニルアラニンアンモニアリアーゼ(PAL)および桂皮酸脱炭酸酵素(FDC, PAD) 遺伝子の配列をそれぞれ取得し、遺伝子の合成を行った。遺伝

子合成は日本ジーンウィズ株式会社に委託した。またその際、アミノ酸のコドンをも *K. rhizophila* DC2201 に最適化した。合成した遺伝子をプラスミド抽出により調製後、制限酵素を用いて切断し、目的遺伝子の精製を行った。*Kocuria* 用発現ベクター pKITE101P および pKITE303P に PAL 遺伝子および FDC/PAD 遺伝子をそれぞれクローニングした後、*K. rhizophila* DC2201 へ導入した。得られた形質転換体を LB 液体培地で培養し、培養上清を回収したのちに高速液体クロマトグラフィー(HPLC)を用いて桂皮酸およびスチレン蓄積量を分析した。

スチレン生産量の向上を目的として、*K. rhizophila* DC2201 代謝系の改変を試みた。芳香族アミノ酸であるトリプトファンおよびチロシン生合成に関与する TrpE および TyrA 両遺伝子破壊株の作成を行った。両遺伝子の周辺領域を含む約 3kbp のゲノム配列を PCR により増幅し、クローニングベクターへクローニングした。得られたプラスミドに対して inverse PCR を行うことで、TrpE および TyrA 遺伝子を欠損する形で増幅を行いライゲーション後大腸菌へ導入し TrpE、TyrA 両遺伝子欠損用カセットを作成した。作製した遺伝子破壊カセットを *K. rhizophila* DC2201 ゲノム破壊用プラスミド pKITE101 Δ RepA2SacB へクローニングし、それぞれ TrpE 破壊用プラスミド(pKITE101 Δ RepA2SacB-KrTrpE Δ)および TyrA 破壊用プラスミド(pKITE101 Δ RepA2SacB-KrTyrA Δ)を得た。作製したゲノム破壊用プラスミドを *K. rhizophila* DC2201 へ導入し、相同組換えを行わせたのちスクロース感受性を利用したスクリーニングにより TrpE 破壊株および TyrA 破壊株をそれぞれ得た。また、TrpE 破壊株に対し、TyrA 破壊用プラスミドを用いて上記の操作を再度行うことで、TrpE、TyrA 二重破壊株を作成した。得られた各破壊株を宿主として、PAL 発現プラスミド(pKITE101P-PAL)および FDC/PAD 発現プラスミド(pKITE303P-FDC-PAD)を導入し、桂皮酸およびスチレン生産量の変化について検討した。

水-有機溶媒二相系反応によるスチレン生産を検討するため、スチレン生産菌株を LB 培地で培養し培養菌体を調製した。培養菌体を遠心分離により回収し、無機塩最小培地に菌体湿重量で 10%(w/v)になるように懸濁し、炭素源として 2%グルコースを添加した。この菌体懸濁培地に 1/10 容の各種有機溶媒を添加し、30°C で振とう培養した。経時的に有機溶媒相を回収し、フィルタ処理後 HPLC により有機溶媒中へのスチレン蓄積量を分析した。

K. rhizophila DC2201 を利用したアスタキサンチン生産を目的として、代謝系改変およびカロテノイド合成遺伝子の導入を試みた。*K. rhizophila* DC2201 の内在性カロテノイド合成遺伝子である CrtEb を破壊するために、前述と同様の手法により CrtEb 破壊用プラスミド pKITE101 Δ RepA2SacB-KrCrtEb Δ を得た。このプラスミドを用いて前述同様に *K. rhizophila* DC2201 の遺伝子破壊を行い、CrtEb 破壊株を得た。

アスタキサンチン生合成に関与する遺伝子として、CrtY、CrtW、CrtZ のクローニングおよび発現プラスミドの構築を行った。データベースより各種微生物由来 CrtY、CrtW、CrtZ 遺伝子配列を取得し、遺伝子合成を行った。遺伝子合成は日本ジーンウィズ株式会社に委託した。合成し

た遺伝子を *Kocuria* 用発現ベクター-pKITE101P および pKITE303P ヘクローニングし、pKITE101P-CrtY および pKITE303P-CrtW-CrtZ を得た。作成した *K. rhizophila* DC2201 ΔCrtEb 株に上述の発現プラスミドを導入し、形質転換体を得た。形質転換菌体を LB 培地で培養し、培養菌体からメタノール-クロロホルム(3:1)を用いてカロテノイド類の抽出および HPLC による分析を行った。

3. 研究成果

網羅的 RNA 転写量解析による *K. rhizophila* DC2201 の有機溶媒耐性関連遺伝子の推測

10%DMF 処理および未処理両試験群の菌体より抽出した RNA を次世代シーケンスにより網羅的に解析した結果、転写量が 2 倍以上に上昇した遺伝子が 336、1/2 以下に減少した遺伝子が 287 見いだされた。転写量が上昇した遺伝子の属性を解析した結果、転写調節因子、トランスポーター、分子シャペロン、細胞膜合成など、他の微生物において有機溶媒耐性との関連が報告されている遺伝子が多く見いだされた(図)。これらに加え、本菌株に特徴的な遺伝子として細胞外多糖合成酵素関連酵素の遺伝子が多数見いだされた。このことより、*K. rhizophila* DC2201 では有機溶媒に曝露した際に細胞外多糖類の分泌量が大きく増加することが示唆される。本菌株と同じグラム陽性細菌である *Rhodococcus* 属細菌において、菌体外多糖類がその有機溶媒耐性に関与していることが報告されていることから(参考文献 4)、本菌株でも同様に細胞外に多糖類を分泌し、菌体周辺の親水性を上昇させることにより相性化合物からのバリア機能を強化していることが推測される。現在、これらの遺伝子の破壊株の作成及び有機溶媒耐性に及ぼす影響について検討している。

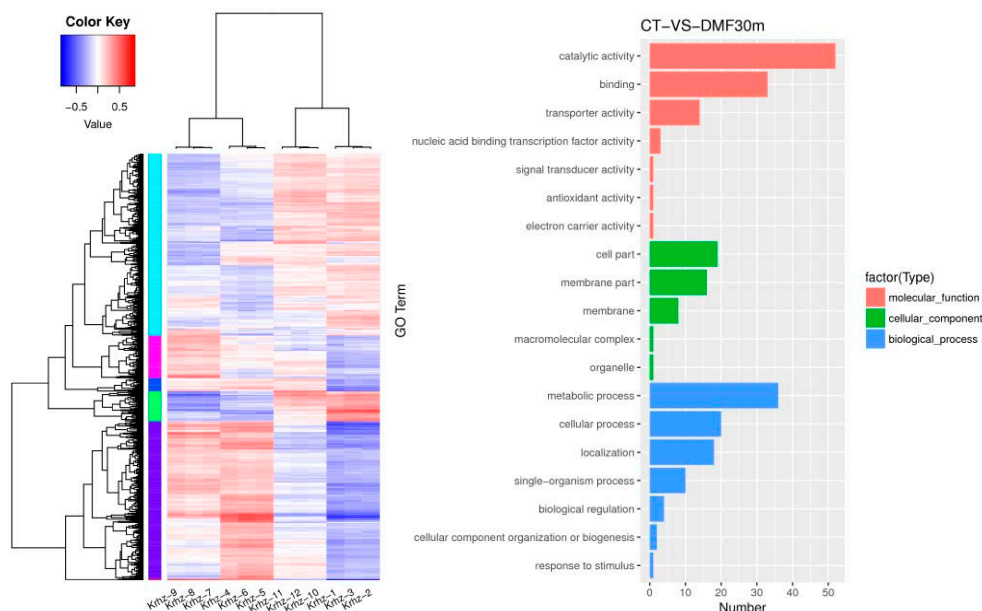


図1 RNA シーケンスによる、有機溶媒曝露下における遺伝子転写量解析結果

K. rhizophila DC2201 代謝改変株による有用物質生産

バイオマス由来原料を用いて様々な化成品などを生産する、いわゆる「バイオリファイナリー」技術は近年目覚ましい発展を遂げており、バイオエタノールやバイオプラスチック原料などすでに国内外において実用化が進んでいるものも多数ある。バイオリファイナリーにおいては大腸菌が主な微生物宿主として利用されているが、有機溶媒や細胞毒性の強い化合物に対する耐性はさほど高いものではなく、こうした化合物をターゲットとするバイオプロセスにおいては酵素や菌体の死滅・失活による生産性の低下が問題となる。この課題を解決するために、有機溶媒などに高い耐性を示す耐性菌を宿主として物質生産を行うことが研究されている。本研究で使用している *K. rhizophila* DC2201 は NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)のプロジェクトの一環でその有機溶媒耐性の高さが見いだされ、ゲノム配列の解析が完了するなどバイオリファイナリー技術の宿主として期待される菌である(参考文献 3)。

K. rhizophila DC2201 を利用した有用族化合物生産のモデルケースとして、芳香族化合物であるスチレンの生産を試みた。スチレンの生合成は、芳香族アミノ酸であるフェニルアラニンを出発物質として PAL による脱アミノ反応および FDC/PDA による脱炭酸反応の 2 段階により行われる(図 2)。これらの酵素は各種植物や微生物において見いだされており、データベースにその遺伝子配列が登録されている。そこでデータベースよりこれらの酵素遺伝子の配列を取得し、その遺伝子合成を行った。合成対象として *Arabidopsis thaliana* (シロイヌナズナ)由来 AtPAL, *Rhodotolura glutinis* 由来 RgPAL, *R. toruloides* 由来 RtPAL, *Saccharomyces cerevisiae* (酵母)由来 ScFDC1, PAD をそれぞれ選択し合成した。合成遺伝子をそれぞれ *Kocuria* 用発現ベクター pKITE101P および pKITE303P へクローニングし *K. rhizophila* DC2201 へ導入した結果、いずれの遺伝子も *Kocuria* 菌体内で正常に発現し、それぞれ有意な酵素活性を発現することが確認された。両酵素の活性が確認された組換え菌体を用いて、グルコースからのスチレン生産を試みた。無機塩培地に菌体湿重量 10%になるように組換え菌体を懸濁し、2%グルコースを炭素源として培養した結果、培養 24 時間後に約 0.07mM のスチレンが培地中に蓄積した。このことより、組換え菌体において構築した人工代謝系が正常に機能し、フェニルアラニンからスチレンが生産されていると示唆される。

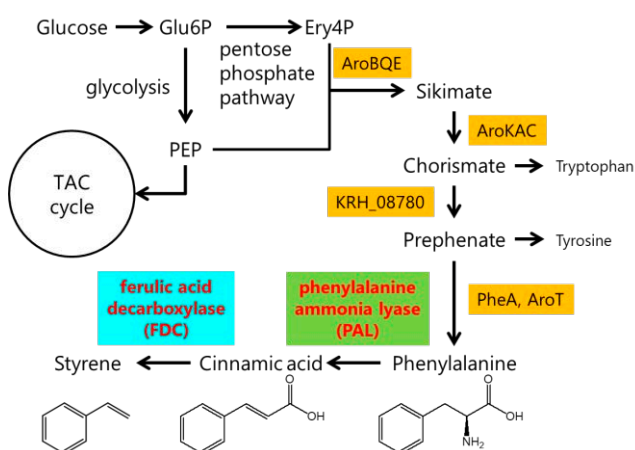


図 2 芳香族アミノ酸生合成およびスチレン生合成経路

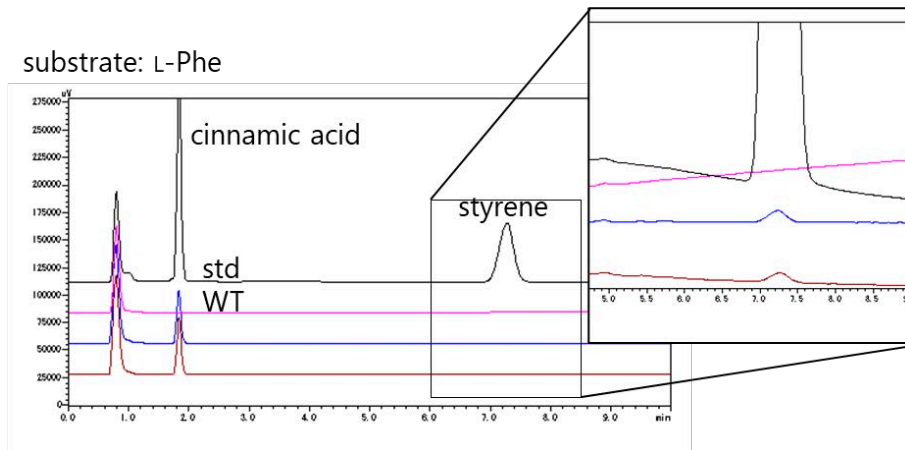


図3 スチレン生合成経路遺伝子導入株によるスチレン生産の HPLC 分析結果

スチレン生産性を向上させるために、芳香族アミノ酸代謝系改変株の作成を行った。芳香族アミノ酸であるフェニルアラニン、トリプトファン、チロシンはいずれもシキミ酸経路を経由して生合成される。よって、トリプトファンおよびチロシン生合成に関与する遺伝子を破壊することでフェニルアラニン生産量が増加し、スチレン生産量が向上することが期待される。トリプトファン合成遺伝子 *TrpE* およびチロシン合成遺伝子 *TyrA* をそれぞれ破壊した株及びいずれも破壊した二重破壊株を作成し、それぞれに対して *PAL*, *FDC*, *PAD* 遺伝子を導入した。各形質転換体を用いて、上記と同様に無機塩培地を用いたグルコースからのスチレン生産を試みた結果、*TrpE* 破壊株において 0.18 mM、*TyrA* 破壊株において 0.2 mM、二重破壊株において 0.5 mM のスチレン生産が確認された(図 4)。この結果から、芳香族アミノ酸生合成経路の改変により、フェニルアラニン生産量が向上し、結果としてスチレン生産量が向上したと考えられる。

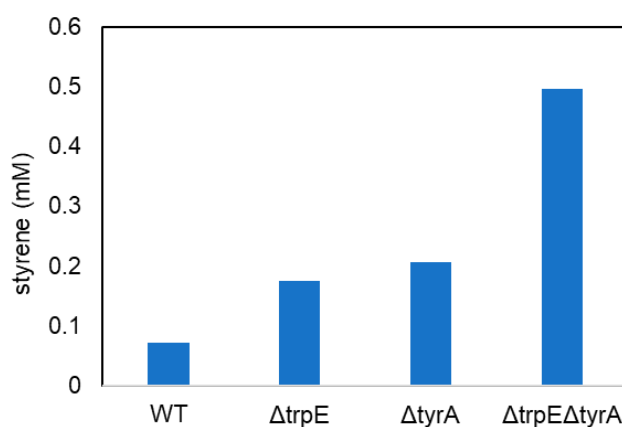


図4 *TrpE* および *TyrA* 破壊株を宿主としたスチレン生産量の変化

スチレンは細胞毒性の強い化合物であり、培地中に蓄積するスチレンにより宿主細胞が損傷を受け、最終的には死滅する。このことはスチレンを連続的にかつ高濃度で生産させるために解

決すべき課題である。2-プロパノールや1-ブタノールなど他の化合物においても、生成物を随時反応系中から除去することで細胞毒性を低下させ、生産性が向上することが報告されている。本研究では、有機溶媒-水二相系培養を行うことにより、生産されたスチレンを速やかに有機溶媒中に拡散させることで培地中スチレン濃度を低濃度に保たせ、細胞毒性の低下及び生産性の向上を試みた。TrpE, TyrA 二重破壊株を宿主としたスチレン生産菌体を懸濁した無機塩培地に、1/10 容の各種有機溶媒を添加し培養を行った。その結果、n-オクタンを重層した反応系において48時間反応後9.92 mMのスチレンが有機溶媒相に蓄積することが明らかとなった(図5)。反応系全体に換算すると0.99 mMとなり、有機溶媒未添加時(0.5mM)の約2倍量となる。よって、有機溶媒を重層することで培地中のスチレンが除去され、細胞への毒性低減およびスチレン生産性の向上へつながったと推測される。

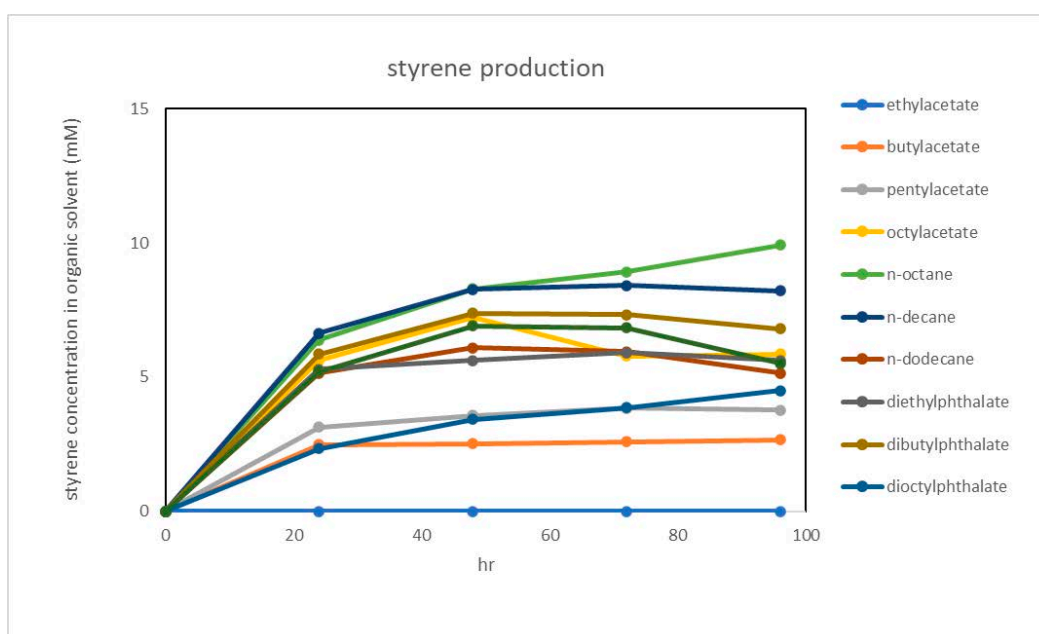


図5 有機溶媒-水二相系培養によるスチレン生産量の変化

カロテノイド化合物は様々な生物に含まれるテルペノイドの一種であり、高い抗酸化活性を示すものが多い。このことから、近年β-カロテンやリコペン、アスタキサンチンなどがサプリメントや化粧品成分として需要が高まっており、その効率的な生産法が研究されている。現在主な生産法としては化学合成法や藻類を用いたものが主流であるが、微生物を用いた未利用バイオマスからの生産法が確立されれば、SDGsの観点などからも望ましい。*Kocuria* 属細菌は内在性のカロテノイド生合成経路を有し、各種カロテノイドを生産している。本研究で用いている *K. rhizophila* DC2201 もデカプレノキサンチンなどの C₅₀カロテノイドを生合成、蓄積している。そこで、本菌のカロテノイド生合成経路を代謝改変することで、β-カロテンやアスタキサンチンといった工業的に利用価値の高いカロテノイドを効率的に生産することを目指した。

本菌が生産するデカプレノキササンチンは、リコペンを出発物質として *CrtEb*、*CrtYe* などの働きにより合成されている。一方、 β -カロテンやアスタキササンチンは *CrtY*、*CrtZ*、*CrtW* の活性によりリコペンから合成される。よって、*CrtEb* を破壊することでリコペン蓄積株を作成し、さらに外来遺伝子として *CrtYWZ* を導入することで β -カロテンやアスタキササンチンを合成できると考え、これら破壊株および外来遺伝子発現系の作成を行った。上述の芳香族アミノ酸合成遺伝子破壊株と同様の手法により *CrtEb* 破壊株を作成した結果、得られた菌体のコロニーの色が野生株の黄色からピンク色に変化した(図 6)。これはリコペンが有意に蓄積していることを示唆している。この破壊株からカロテノイドを抽出し HPLC にて分析した結果、野生株で見られるピークが消失し、リコペンのピークが増加していたことから破壊株において有意にリコペンが蓄積していることが確認された。

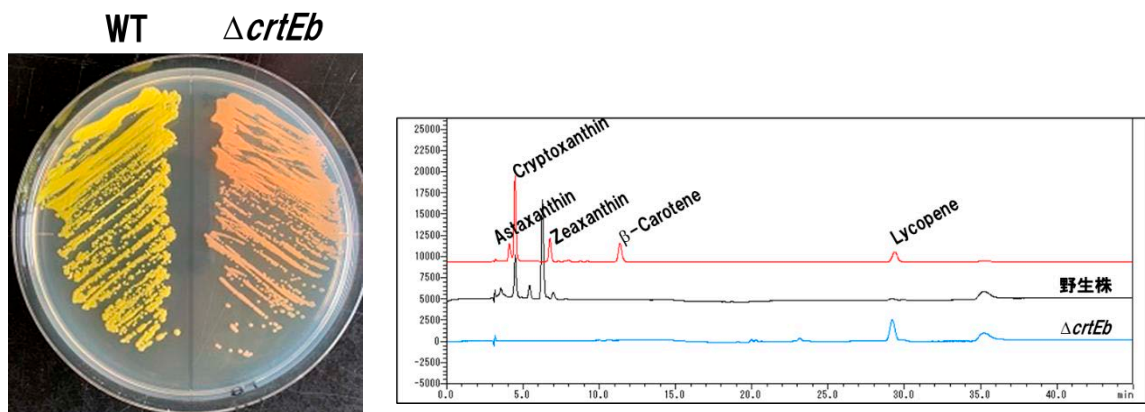


図 6 *CrtEb* 破壊株のコロニー形態および HPLC による細胞内カロテノイド分析結果

作成した *CrtEb* 破壊株に、各種微生物由来 *CrtY*、*CrtW*、*CrtZ* 遺伝子を発現ベクターを用いて導入し、 β -カロテン、カンサキササンチン、ゼアキササンチン、アスタキササンチンの生産について検討した。*Paracoccus haeundensis* 由来 *CrtY* 導入株において有意にリコペンのピークが減少し、代わりに β -カロテンのピークが得られたことから、本遺伝子が *K. rhizophila* DC2201 細胞内で発現しリコペンから β -カロテンを合成していることが明らかとなった。さらに、*CrtY* と *Brevundimonas aurantiaca* 由来 *CrtW*、もしくは *Pantoea ananatis* 由来 *CrtZ* をそれぞれ導入した株では、カンサキササンチンおよびゼアキササンチンの生産がそれぞれ確認された(図 7)。しかし、*CrtY*、*CrtW*、*CrtZ* の三遺伝子を同時に導入した株では、アスタキササンチンの生産は極微量であり検出限界以下であった。カンサキササンチンおよびゼアキササンチンを基質として、変換反応を試みた結果 *CrtZ* の活性が極弱かつ弱かつたことから、三遺伝子を導入することで *CrtZ* 遺伝子の発現量が低下したことが推測される。

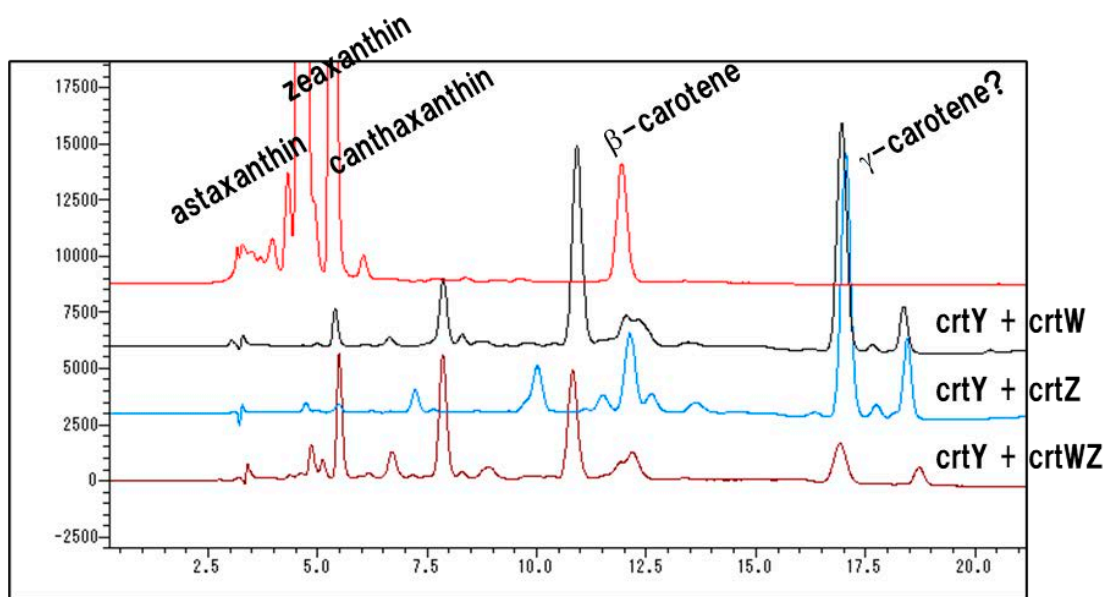


図7 HPLCによるCrtYWZ導入株の蓄積カロテノイド分析

4. 今後の展望

有機溶媒耐性に関与すると推測される遺伝子群を特定するために、転写量が特に顕著に上昇した約30遺伝子について破壊株および過剰発現株を作成中である。それら破壊株、過剰発現株について有機溶媒耐性を評価し、顕著に変化が見られた遺伝子について改変を加えることで、*K. rhizophila* DC2201の有機溶媒耐性をさらに向上させることが可能であると考えられる。宿主の有機溶媒耐性が向上することは、二相系反応などを行うにあたり使用可能な有機溶媒の選択肢が増えることやより毒性が強い化合物も合成可能になるなど、バイオプロセスによる物質生産の可能性を大きく広げることにつながると期待される。

K. rhizophila DC2201の代謝改変により、芳香族化合物であるスチレンおよびカロテノイド化合物であるβ-カロテン、ゼアキサンチン、カンサキサンチンの合成が可能であることが明らかとなった。このことから、*K. rhizophila* DC2201が各種物質生産に有用な微生物宿主であると期待される。今後、他の化合物の生産にも適用することを検討する。

5. 参考文献

1. H. Toda, T. Koyanagi, T. Enomoto, N. Itoh, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 124, 255-262 (2017)
2. H. Toda, N. Itoh, *Frontiers in Microbiology*, doi: 10.3389/fmicb.2017.02313 (2017)
3. K. Fujita, et al., *Enzyme and Microbial Technology*, 39, 511-518 (2006)
4. N. Iwabuchi, et al., *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 30, 51-60 (2003)

研究題目	ビタミンD 充足に向けた診断・予防法の開発
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 医薬品工学科・准教授・安田佳織
分野	生化学、薬物代謝
キーワード	ビタミンD、代謝

1. 研究の背景と目的

超高齢社会に突入した現代の日本において、丈夫な骨や筋力を維持し健康を保つことは重要課題である。骨や筋肉の形成には、ビタミンDが重要な役割を果たす。食品から摂取、もしくは皮膚で生合成されたビタミンD3は、体内で、25-ヒドロキシビタミンD3 (25D3) を経て、1 α ,25-ジヒドロキシビタミンD3 (1,25D3) へと代謝され、ビタミンDレセプター (VDR) と結合することで種々の生理作用を示す (図1)。

活性型は1,25D3であるが、体内では大部分が25D3として存在し、血中25D3濃度が低くなるほど、骨粗鬆症や癌、また筋力低下のリスクが高まることが知られている。日本では、近年の生活習慣により血中25D3の不足・欠乏者の割合が増加しており、ビタミンD3の積極的摂取が望まれている。

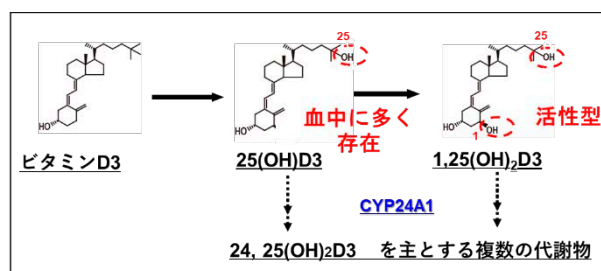


図1 ビタミンDの代謝経路

我々は、近年、複数のビタミンD遺伝子改変ラットを利用し、25D3が骨粗鬆症・くる病に対する予防・治療の両方に有望であること、一方で、ビタミンD不活性化酵素CYP24A1遺伝子欠損(KO)ラットでは、同量の25D3投与が腎石灰化等の重篤な副作用につながることを明らかにした。これらの結果は、ビタミンD3や25D3の積極的摂取が疾患予防と健康維持に重要であるが、一方で、CYP24A1が機能不全に陥った人の場合、ビタミンD3や25D3の摂取が副作用を引き起こす可能性を示唆している。すなわち、安全にビタミンD3や25D3の積極的摂取を推奨するために、事前に、血中ビタミンD代謝物を簡便かつ安価に測定する技術がきわめて重要になる。LC/MS/MSやELISA法による定量が一般的であるが、本研究では、分割型ルンフェラーゼを利用し、簡便かつ迅速なビタミンD代謝物定量系の開発を目指した。

ビタミンDが関与する疾患の予防・治療に対して25D3摂取が有効である可能性を前述したが、25D3は体内でCYP24A1による代謝を受け不活性化を受けやすい。そこで、重篤なビタミンD欠乏者に対してより効率よくビタミンDの充足を可能にすることを目指し、ビタミンD3や25D3よりもさらに効果持続性の高い25D3型誘導体の探索を行った。

2. 研究方法

2.1 分割型ルシフェラーゼを利用した簡便なビタミン D 代謝物定量系の開発

これまでに、我々は、野生型 VDR のリガンド結合領域 (LBD) と分割型ルシフェラーゼの融合タンパク質を大腸菌で発現させ、得た酵素液をバイオセンサーとするビタミン D 代謝物定量系を開発してきた[1,2]。今回は、生体内の 25D3 濃度をより正確に測定することを目的とし、VDR との結合能の高い 1,25D3 に対する応答を低下させるために、ラット VDR(R270L)の LBD と分割ルシフェラーゼの融合タンパク質を大腸菌内で発現させ、目的タンパクを取得した。取得したバイオセンサーに種々の濃度の 25D3 もしくは 1,25D3 を混合し、30 分間放置した。その後、発光基質であるルシフェリン、ATP を添加し、30 分後の発光値をプレートリーダーで測定した。

2.2 効果持続性の高い 25D3 型誘導体の探索

CYP24A1 活性については、CYP24A1 発現大腸菌の膜画分と電子伝達系を添加した再構成系を用い、代謝解析を行うことで算出した[3,4]。各種酵素や電子伝達系を含む反応溶液に 25D3 もしくはその誘導体を 5 μ M (終濃度) になるように添加し、15 分後、有機溶媒抽出法にて代謝物を得た。得られた代謝物を HPLC にて分析をし、基質から代謝物への変換率を算出した。VDR 結合能については、上述と同様のバイオセンサー (本項目では、ヒト VDR (野生型) の LBD と分割ルシフェラーゼの融合タンパク質を使用) を用いた。

3. 研究成果

3.1 分割型ルシフェラーゼを利用した簡便なビタミン D 代謝物定量系の開発

上述したとおり、これまでに、我々は、VDR のリガンド結合領域 (LBD) と分割型ルシフェラーゼの融合タンパク質を大腸菌で発現させ、得た酵素液をバイオセンサーとするビタミン D 代謝物定量系を開発してきた。このセンサーでは、LBD にリガンドが結合すると、LBD の構造変化に伴い、N 末領域 (LucN) と C 末領域 (LucC) が機能的な複合体を形成できなくなり、発光能を失う[1,2]。今回、血中 25D3 濃度を 1,25D3 と交差しない状態で、より正確に定量することを目的とし、上述の融合タンパク質について、該当する変異体を作製した。ラット VDR の 270 番目のアルギニン (Arg270 ; ヒトの Arg274 に相当) は 1,25D3 の 1 α 位水酸基と水素結合をすることで、1,25D3 との結合に重要な役割を果たすことが知られていることから、Arg270 をロイシンに置換した R270L 変異体の LBD を利用したバイオセンサーを作製し、WT の場合と比較した。その結果、WT の場合と異なり、R270L 変異体のバイオセンサーでは、1,25D3 は、25D3 と同程度まで発光能が著しく低下した (図 2)。生体では、25D3 が 1,25D3 の 500~1000 倍程度の濃度で存在することを考量すると、今回新たに作製したバイオセンサーは、生体試料中の 25D3 濃度測定により適した形のものになったといえる。

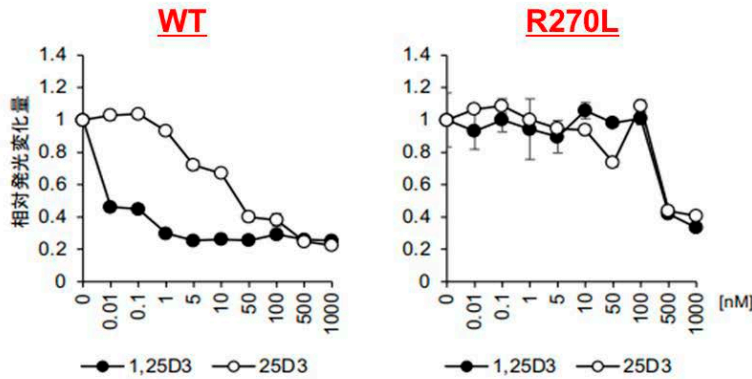


図2 野生型(WT)および変異型(R270L)のVDRリガンド結合領域を利用したバイオセンサーに対する25D3および1,25D3の応答

3.2 効果持続性の高い25D3型誘導体の探索

25D3の積極的摂取はビタミンDが関与する疾患の予防・治療に有望であるが、25D3も1,25D3と同様にVDRを介してCYP24A1による連続的な不活性化を受ける。すなわち、VDRへの結合能を維持しつつ、CYP24A1による不活性化を受けにくい25D3型誘導体は効果持続性が高いといえる。そこで、側鎖にフッ素を導入した8種類の25D3型誘導体について、CYP24A1の代謝活性、VDR結合能評価を行った。両実験の結果から、導入したフッ素基の位置や数により、CYP24A1代謝抵抗性やVDR結合能が大きく異なることがわかった。誘導体の中には、25D3に比べて顕著に高い結合能を有しつつ、CYP24A1代謝抵抗性を有するものも存在し、24,24F2-25D3は有望な誘導体になる可能性が高い。

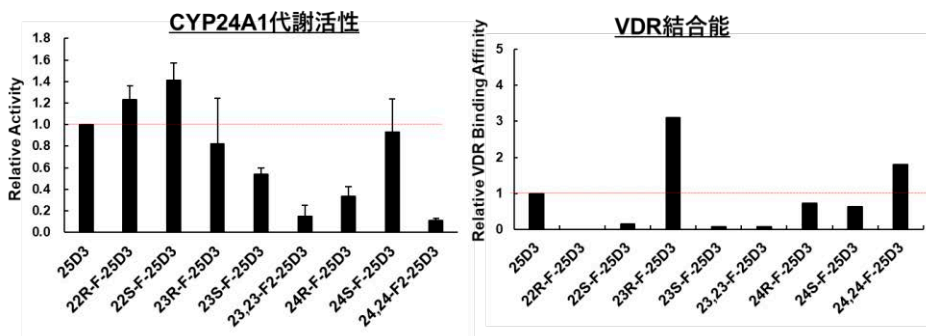


図3 25D3および各誘導体のCYP24A1代謝活性およびVDR結合能

*in vitro*系でCYP24A1代謝抵抗性のあった誘導体について、ラット体内における血中濃度の経時変化を25D3と比較したところ、*in vivo*においても25D3に比べて顕著に代謝されにくく、長時間高い血中濃度を維持していることがわかった。高いVDR結合能と代謝抵抗性を併せ持つ25D3型誘導体が、ビタミンDをより効果的に充足できる化合物として有望である。

4. 今後の展望

CYP24A1 の機能不全時には、ビタミン D3 や 25D3 の過剰摂取が副作用を引き起こしやすいことから、25D3 や 1,25D3 に加え、CYP24A1 代謝物である 24,25-ジヒドロキシビタミン D3 (24,25D3) 濃度の測定も重要であると考えており、今後、1,25D3、24,25D3 それぞれに特異的な定量系を開発したいと考えている。また、25D3 型誘導体については、今回と異なる構造を有する誘導体について *in vitro* 試験を継続し、有望であると判断した化合物については、生体内評価 (*in vivo* 試験) を行う予定である。一般的に使用されるビタミン D3 と比較して、25D3 摂取は血中のビタミン D 濃度をより短期間で上昇させることが報告されている。我々はこれまでに、CYP24A1 機能が正常である場合、25D3 が 1,25D3 と比べて安全性領域の高い予防・治療薬になる可能性を示しており、今回取得、もしくは今後さらに改良する 25D3 型誘導体が、より効果の高い予防・治療へと繋がることが期待される。

5. 参考文献

1. Mano et al., *Bioconjug Chem.* 26(10):2038-45 (2015)
2. Mano et al., *J Steroid Biochem Mol Biol.* 178:55-59 (2018)
3. Kusudo et al., *Biochem Biophys Res Commun.* 321(4):774-82 (2004)
4. Yasuda et al., *Int J Mol Sci.* 22(21): 11839 (2021)

研究題目	富山県における乳児を持つ母親における 防災教育の課題
機関名	富山県立大学
研究代表者	看護学部 看護学科・准教授・村田 美代子
分野	看護学分野、母性看護、災害看護
キーワード	乳児 母親 災害 支援課題

1. 研究の背景と目的

我が国は近い将来新たな災害発生の緊迫性が指摘されており、これらの災害に備えていく必要がある。しかし妊娠出産は限られた期間にあり、災害を想定した備えより日々の生活や育児が優先される。そこで今回、出産を終えた3～4か月の乳児を持つ母親の減災に向けた支援課題を明らかにすることを目的に調査をおこなった。

2. 研究方法

研究を実施するために、富山県内の研究協力が得られた7市町村において乳児健診に来所した3～4か月児を持つ母親を対象に匿名性Webアンケート調査を実施した。

期間は2022年8月～12月。

調査項目は基本属性、被災経験、災害に対する意識、災害の想定と備え、災害に向けた支援の状況、被災想定時の不安、支援の要望について文献を参考に独自に作成した。加えて共助における他者の支援を受け入れを活用しようとする力を評価するために木村ら¹⁾の受援力尺度を含め計36項目について回答を求めた。

3. 研究成果

調査の結果、101名の回答（有効回答率94.4%）を得た。母親の年齢は32.2±4.7歳であった。

1) 被災経験

被災経験のあるものは7名(6.9%)で、被災した災害の種類は地震、豪雪、豪雨であり、ほとんどの母親は被災経験がなかった。

2) 災害の意識

家族と災害についての話をすると答えたものは62.4%、身近な地域で起こる災害については81.6%の母親が想定していた。また大規模災害（例えば南海トラフ地震や豪雨など）への関心も高く88.1%があると回答していた。

3) 災害の想定と備え

想定する災害の種類は豪雪、地震、豪雨、洪水、暴風、津波、土砂崩れ・崖崩れの順で多か

った。地域の防災マップやハザードマップの確認は63.3%、避難場所の確認は64.4%の母親があると回答しているが、避難経路の確認は25.0%と低かった。地震や津波による損害補償の加入は98.0%と高いものの家具や冷蔵庫の固定は59.0%と6割が固定していないと回答していた。また、災害時の家族との連絡方法の確認をしている母親は12.9%、生活用品の備蓄をしているは29.7%、育児用品の備えについても23.0%と少ない状況であった。受援力尺度では先行研究より若干高めであった。

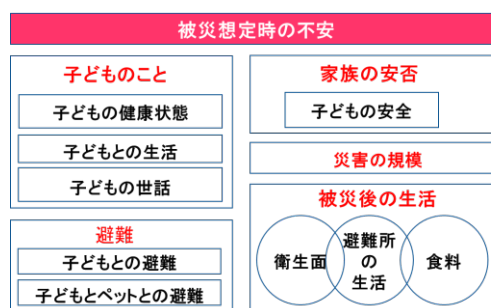
4) 災害に向けた支援の状況

妊娠中から防災対策について話を聞く機会があったと答えたのはわずか4%で、妊娠分娩における期間や子育てを始める中ではその機会は少ない結果であった。

5) 被災想定時の不安と支援の要望

被災を想定したときの母親の不安は、乳児を中心とした不安や避難所での生活であった。中にはペットと乳児を連れての避難に不安を示した母親がいた。

支援の要望では「富山県は災害が少なく、私は防災の意識が低くそのため、健診時など、防災グッズのリストなど（乳幼児向け）を貰えると備えやすい」や「常日頃から情報発信して欲しい」など災害の備えに対する情報を求めている。「必要最低限の赤ちゃん用の防災グッズが袋に入っているとありがたい、災害用のキットなど配布や販売などして欲しい」と具体的災害用品の配布を求めている。



4. 今後の展望

富山県における3~4か月の乳児を持つ母親は、地域の災害の想定や大規模災害への関心があり、家族と話しあうことや防災マップ・ハザードマップの確認行動はとっているものの、避難経路の確認や生活用品・育児用品の備えが低いことが明らかとなった。また、防災行動についての情報を得たい、乳児用の災害用品の配布希望などの要望があった。

いつ起こるかわからない災害に対して過度の心配は不要と考えるが、今回の調査からは3~4か月の乳児を持つ母親に対して災害時に乳児を連れた避難方法の確認や乳児に応じた育児用品の準備など平時の備えに関する情報の発信の必要性が示唆された。今後統計解析にて分析を行う予定である。

5. 参考文献

1. 木村美也子,尾島俊之: 未就学児を養育する母親の受援力尺度の信頼性と妥当性,日本社会医学学会誌,38(1),41-52,2021.

研究題目	北陸新幹線金沢開業8年・敦賀延伸前の沿線住民の意識調査
機関名	富山国際大学
研究代表者	現代社会学部 現代社会学科・准教授・大谷友男
分野	交通、観光
キーワード	北陸新幹線、観光資源、金沢開業、敦賀延伸、アンケート

1. 研究の背景と目的

富山国際大学大谷友男研究室では、北陸新幹線の金沢開業から8年、敦賀開業を1年後に控え、旅客流動の変化や観光への影響、進学移動の変化といった新幹線開業が地域に及ぼす効果・影響に関する調査・研究に取り組んできた。

これらの効果・影響の分析にあたっては、国や自治体の各種統計をもとに客観的な指標による変化を分析することが必要であるが、それと同様に沿線住民の意識や受け止め方がどうだったかを明らかにすることも重要である。沿線住民の意識や受け止め方については、住民を対象としたアンケート調査を行う必要があるが、調査に相応に費用が掛かることから実施は容易でなく、ましてや開業から時間が経過すると、こうした効果を検証しようとする動きも鈍るため、調査が行われることは少ない。

しかし、今回、富山第一銀行奨学財団からの研究助成を得ることができたことから、沿線住民を対象としたアンケート（ネットリサーチ）を実施し、金沢開業から8年が経過した沿線住民の評価や意識を明らかにする。

本研究は、北陸新幹線金沢開業の影響分析、とくに住民目線での評価や課題を明らかにし、その結果をもとに2024年春に控えた敦賀開業に向けて、その効果を高めるための基礎資料として活用されることを目指す。

2. 研究方法

民間企業が提供しているインターネットリサーチのサービスを利用し、関東圏や関西圏も含めた北陸新幹線沿線10都府県（東京都、埼玉県、群馬県、長野県、新潟県、富山県、石川県、福井県、京都府、大阪府）の住民を対象にアンケート調査を実施する。

実施にあたっては、年代や性別の偏りが生じないように、回収目標数の設定を年代と性別で均等に割り振った。また、日本政策投資銀行北陸支店が2022年11月に類似の調査を実施し、公表していることから、この調査と質問が重複しないよう考慮した。詳細は次ページに示すとおりである。

対象：北陸新幹線沿線 10 都府県在住の 20 歳以上の男女
 割付：年代（20 代、30 代、40 代、50 代、60 代以上）、

男女の割合が均等になるよう設定

サンプル数：各都府県で表 1 の想定回答数を設定、
 合計 4,366 名からの回答を得る。

調査期間：2023 年 2 月 8 日～2 月 16 日（9 日間）

調査方法：インターネットリサーチ

調査委託先：Fastask（ジャストシステム）

調査項目

北陸新幹線の利用頻度

北陸・上信越の観光地・特産品の認知度

北陸・上信越の観光地・特産品の訪問（購買）意向

北陸新幹線開業への期待度

北陸新幹線開業による自身の生活や地域への影響評価

敦賀乗り換えに対する評価

表 1. サンプル数の想定と回収実績

	サンプル数	
	想定	回収
東京都	400	423
埼玉県	400	440
群馬県	200	210
長野県	400	425
新潟県	400	427
富山県	500	539
石川県	500	520
福井県	500	519
京都府	400	439
大阪府	400	424
合計	4,100	4,366

3. 研究成果

北陸新幹線の利用頻度（開業初年度と 2022 年の比較）

まず、沿線住民における北陸新幹線^(※)の利用頻度を開業 1 年目（2015 年 3 月 14 日～2016 年 3 月 13 日）と直近の 2022 年で尋ねた。

それによると、年に一度は北陸新幹線を利用している人の割合は、開業 1 年目では富山県で 47.8%、石川県で 38.7%であった。その他の都府県について見てみると、東京都で 27.7%、埼玉県で 22.5%、群馬県で 22.9%、長野県で 22.8%、新潟県で 12.9%、福井県で 23.1%、京都府で 16.4%、大阪府で 18.6%であった。関西では 2 割を下回ったが、関東や長野県、福井県では 2 割を超えた。新潟県は沿線県でありながら 12.9%と低い値だったが、北陸新幹線沿線に当たる上越地域（上越市、妙高市、糸魚川市）に限定すれば 34.6%と高い割合であった。開業から 7 年経過した 2022 年でも同様の傾向であるが、「一度もない」と回答した人の割合がいずれの都府県においても上昇している。これは、新型コロナウイルス感染拡大の影響により旅行や出張が手控えられていたことのほか、開業初年度にあった新幹線の物珍しさが薄れたことによるものと考えられる。

一方で、少数ではあるが利用頻度の高い層も増えている。北陸 3 県では、富山県で 3.5%→3.7%、石川県で 2.9%→3.8%、福井県で 0.8%→1.2%と上昇している。首都圏でも、東京都で 3.5%→7.1%、埼玉県で 1.8%→4.1%、群馬県で 1.9%→3.3%となっており、ヘビーユーザーの割合が高まっていることは注目される。

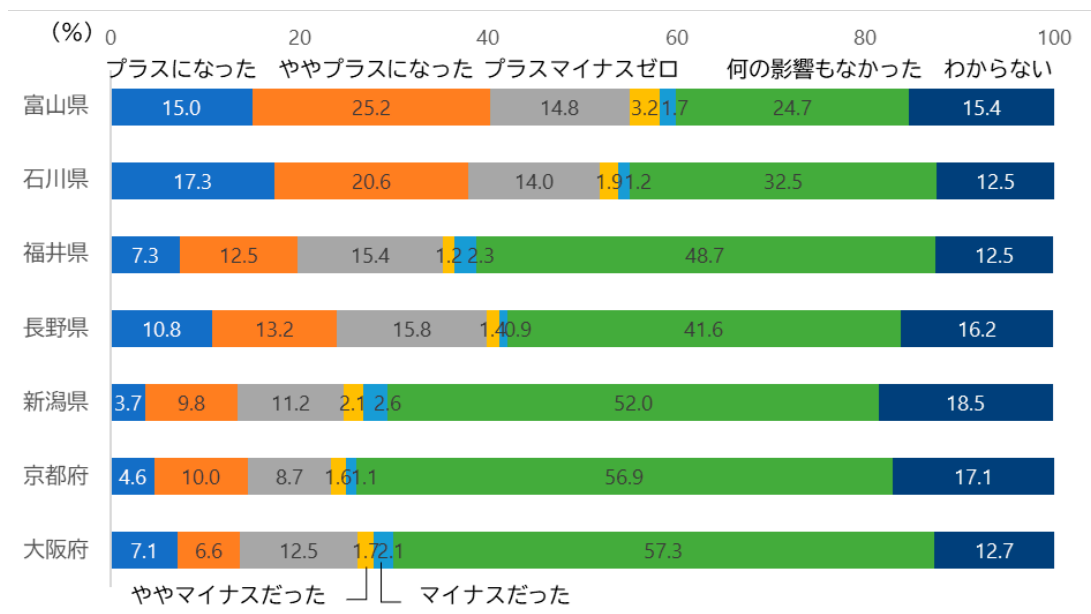
(※) ここでは北陸新幹線の長野～金沢間の利用に限定して尋ねている。この区間の一部でも利用していれば1回とカウントした(例：東京～上越妙高、富山～金沢など)。また往復利用でも、片道利用(例：復路は高速バス利用)でも1回とカウントした。

金沢開業の評価

次いで、金沢開業から約8年が経過して、「自身の生活」と「自身が住む市町村」にとってプラス・マイナスどちらの影響があったかについて、長野県以西の7府県の住民に尋ねた。なお、「自身の生活」と「自身が住む市町村」に分けて尋ねたのは、自身の生活にとってはプラスだったが、地域にとってはマイナスだったという評価(逆のケースも)が考えられたためである。

図1は、北陸新幹線金沢開業の「自身の生活」への影響について尋ねたものである。これによれば、富山県では「プラスになった」が15.0%、「ややプラスになった」が25.2%で、合わせて40.2%の人がプラス評価をしている。石川県では「プラスになった」が17.3%、「ややプラスになった」が20.6%で、合わせて37.9%の人がプラス評価であった。両者を合わせた値では富山県の方が高い値だが、「プラスであった」の回答が多かったのは石川県だった。また、2015年の時点では新幹線が開業したわけではない福井県においても、プラスとややプラスを合わせた値は19.8%となっているほか、長野県では同24.0%であった。一方で、富山県や石川県だけでなく、「ややマイナスだった」や「マイナスだった」という評価は少数であり、プラス評価が優勢であることがわかる。なお、県土の大半が北陸新幹線沿線から外れる新潟県や、金沢までの開業では、まだ効果らしい効果を感じる事が難しい京都府や大阪府の住民からは「何の影響もなかった」とする回答が5割を超えた。

図1. 北陸新幹線金沢開業の影響(自身の生活)



「自身が住む市町村」にとっての影響についても「自身の生活」と概ね同様の傾向であった。その中では、石川県で「プラスになった」が20.6%、「ややプラスになった」が21.7%で、合わせて42.3%の人がプラス評価で「自身の生活」よりもプラス評価が目立った。富山県でも「プラスになった」が15.4%、「ややプラスになった」が25.8%で、合わせて41.2%の人がプラス評価をしていた。

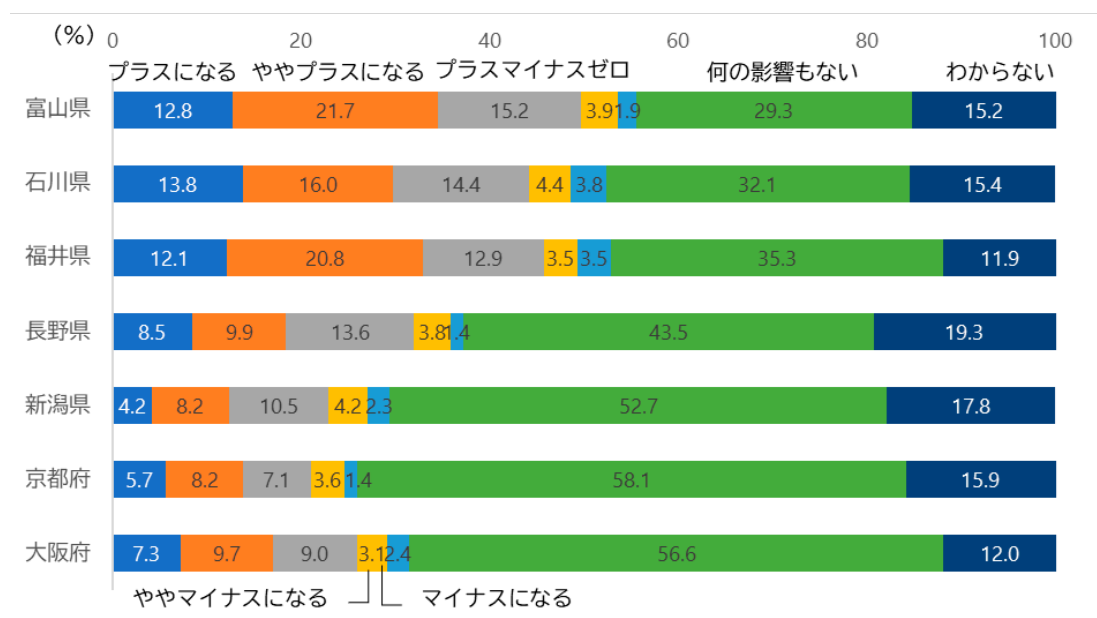
敦賀開業への期待

金沢開業8年の評価と同様の方法で、2024年春に開業が予定されている金沢～敦賀間の開業（以下、敦賀開業）への期待度について尋ねた。

これによれば、富山県では「プラスになる」が12.8%、「ややプラスになる」が21.7%で、合わせて34.5%の人がプラス評価をしている。石川県では「プラスになる」が13.8%、「ややプラスになる」が16.0%で、合わせて29.8%の人がプラス評価、福井県では、「プラスになる」が12.1%、「ややプラスになる」が20.8%で、プラス評価は32.9%であった。富山県と石川県では金沢開業と比べてプラス評価の割合は下がっているが、福井県は新たに新幹線を迎える地域ということもあり、金沢開業時と比べてプラス評価の割合は高くなっている（図2）。

なお、「自身が住む市町村」にとっての影響についても「自身の生活」と概ね同様の傾向であった。

図2. 北陸新幹線敦賀開業への期待（自身の生活）



プラス評価の割合が金沢開業の時と比べて低いのは、敦賀開業では金沢開業に比べて東京への時間短縮効果がそれほど大きくないことがあげられる（表2・3）。

金沢開業の際の富山や金沢と東京との間の時間短縮は1時間以上であったが、敦賀開業では、

福井～東京の時間短縮効果は28分の想定と小幅なものに止まる。敦賀から東京に至っては、現行の米原経由（2時間50分）が開業後（3時間17分）よりも速い状況である。加えて、敦賀開業による対関西への時間短縮効果はわずかなことに加え、金沢や福井からは新たに敦賀での乗り換えが必要になるといった負担が増す。そのため、敦賀開業による時間短縮効果が乗り換えの負担によって相殺される。

その結果、新たに開業を迎える福井県や金沢以西にも新幹線が延びる石川県での期待値が、福井へは直通が可能になり、関西に向かう際には、金沢乗り換えが敦賀乗り換えに変わる（金沢～敦賀間の時間短縮効果の分がプラスとなる）だけの富山県よりも低くなっている。

全線開業への期待

北陸新幹線は東京から大阪を結ぶ路線として計画されているが、現状では、敦賀から新大阪までの開業は具体的な見通しが立っていない。敦賀開業への期待度の結果からもわかるように、関西と北陸が新幹線で結ばれることへの期待も高いものと考えられる。そこで、敦賀開業への期待と同様にして大阪までの開業（以下、全線開業）への期待についても尋ねた。

これによれば、富山県では「プラスになる」が20.4%、「ややプラスになる」が20.0%で、合わせて40.4%の人がプラス評価をしている。石川県では「プラスになる」が20.6%、「ややプラスになる」が14.8%で、合わせて35.4%の人がプラス評価、福井県では、「プラスになる」が18.5%、「ややプラスになる」が19.1%で、プラス評価は37.6%であった。この結果は金沢開業での影響とほぼ同水準であり、全線開業への期待の大きさがうかがえる。また、新幹線を迎え入れることとなる関西に関しては、京都府では「プラスになる」が6.6%、「ややプラスになる」が13.0%で、合わせて19.6%の人がプラス評価、大阪府では「プラスになる」が11.8%、「ややプラスになる」が12.3%で、合わせて24.1%の人がプラス評価であった。また、長野県では「プラスになる」が9.9%、「ややプラスになる」が10.4%で、合わせて20.3%の人がプラス評価を

表2. 北陸新幹線金沢開業前後での所要時間の変化

	開業前	現在	時短効果
富山～東京	3時間11分	2時間5分	▲1時間6分
富山～金沢	35分	19分	▲16分
富山～新大阪	3時間8分	3時間	▲8分
金沢～東京	3時間47分	2時間25分	▲1時間22分

注) 現在は2023年7月。いずれも最速時間。
資料) 時刻表をもとに大谷作成

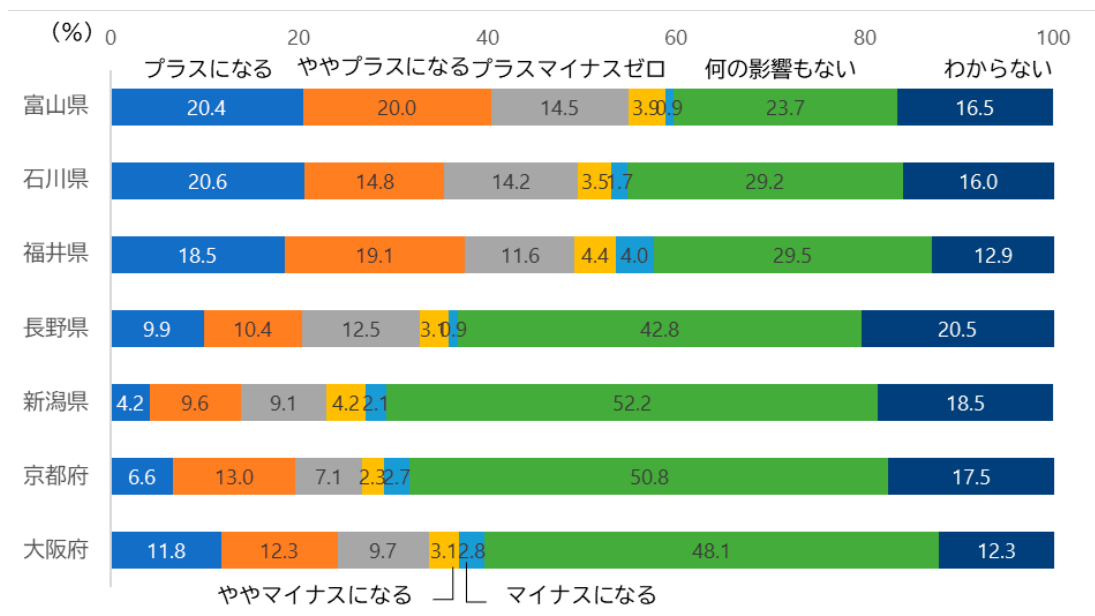
表3. 北陸新幹線敦賀開業前後での所要時間の変化

	現在	敦賀開業	時短効果
富山～新大阪	3時間	2時間26分	▲34分
金沢～新大阪	2時間27分	2時間6分	▲21分
福井～東京	3時間21分	2時間53分	▲28分
福井～新大阪	1時間43分	1時間42分	▲1分

注) 2023年7月現在の最速時間。
敦賀での乗り換え時間は10分と想定。金沢、福井での停車時間は1分と想定。
資料) 福井県ホームページ「整備効果」、時刻表をもとに大谷作成

している（図3）。

図3. 北陸新幹線全線開業への期待（自身の生活）



長野県でも北陸新幹線沿線にあたる北信・東信地域においては、北陸新幹線の全線開業が実現すれば関西への大幅な時間短縮が期待されるためである。長野から京都や大阪へは、現状では名古屋まで在来線特急で移動し、そこから東海道新幹線を利用する（大阪で所要4時間）が一般的であるが、これが北陸新幹線経由に代わるのである。全線開業後の長野から新大阪は、2時間26分と想定されており、大きな時間短縮効果が期待されるのである。

全線開業への期待においても、「自身が住む市町村」も「自身の生活」も、概ね同様の傾向であった。

北陸新幹線沿線の観光資源の認知度

敦賀開業を翌年に控え、各地で観光振興への期待が膨らむと同時に、プロモーション活動も活発化する中、北陸3県の観光資源（観光地・特産品）が沿線住民にどのくらい知られているかについてもアンケートを実施した。対象は各県16、計48の観光資源で、名所・旧跡、B級グルメを含めた食、工芸品など、地域バランスも考慮して選定した。また比較の意味も込め、同じく沿線地域である上信越の20の観光資源についても同様のアンケートを実施した。

関東、関西という二大マーケットにおける北陸3県の観光資源の認知度は表4に示す通りとなった。上位は、関東・関西ともに1位黒部ダム（関東60.1%、関西63.9%）、2位兼六園（関東58.6%、関西63.4%）、3位ホテルイカ（関東55.7%、関西54.8%）であった。全体的に北陸の観光資源は、関西での認知度が高い傾向にある。昨今は北陸新幹線の開業により、関東にとっても比較的なじみができ北陸であるが、歴史的・文化的なつながりの古い関西における認知

度の方が高く出ている。

上位10資源について見てみると、名所・旧跡から食、工芸品に至るまで幅広く、特定の分野に偏っているわけではないことがわかる。一方、10傑には福井県の観光資源は関東では1つしか入っていない。また、関西と関東で認知度の差が10ポイント以上ある観光資源を見てみると、その多くは和倉温泉、加賀温泉郷(ともに石川県)を除くと、すべて福井県の観光資源であった。北陸の温泉地は関西の奥座敷として発展してきた側面もあることを考えると、関西との結びつきの強さの差が出ていると考えられる。

北陸新幹線開業前に同様の調査を実施したわけではないため、一概にはいえないものの、北陸新幹線金沢開業によって関東における富山県と石川県の観光資源の認知度が向上した可能性も考えられる。もし、そうであるならば、現状では低い水準にとどまる福井県の観光資源の認知度も来春の敦賀開業以降は向上することも考えられる。

表4. 北陸3県の観光資源の認知度上位10資源

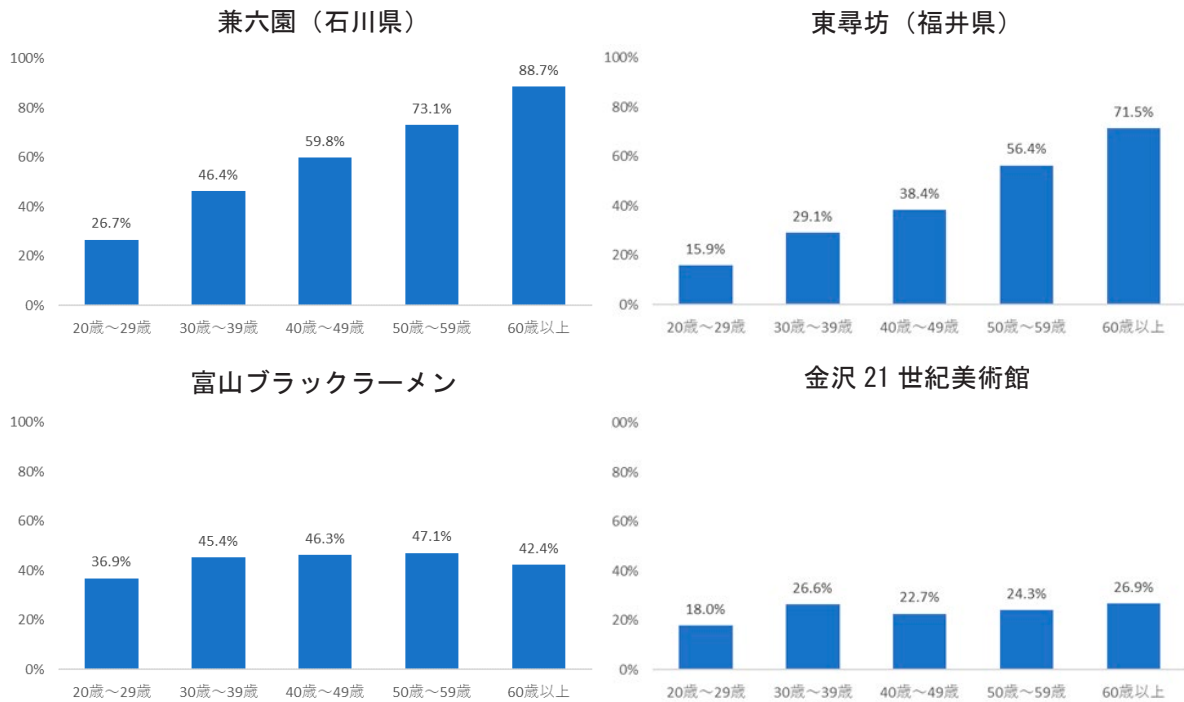
	観光資源	所在地	認知度 (%)		観光資源	所在地	認知度 (%)
関東 認知度 上位 10	黒部ダム	富山県	60.1	関西 認知度 上位 10	黒部ダム	富山県	63.9
	兼六園	石川県	58.6		兼六園	石川県	63.4
	ホタルイカ	富山県	55.7		ホタルイカ	富山県	54.8
	ます寿し	富山県	50.6		越前がに	福井県	54.1
	輪島塗	石川県	47.3		東尋坊	福井県	53.1
	白えび	富山県	44.6		輪島塗	石川県	52.5
	金箔	石川県	43.7		ます寿し	富山県	47.0
	加賀友禅	石川県	43.6		加賀友禅	石川県	46.6
	富山ブラックラーメン	富山県	43.6		金箔	石川県	46.2
	越前がに	福井県	42.9		鯖江メガネ	福井県	43.6

注) 関東は東京都、埼玉県、群馬県。関西は京都府、大阪府。これらの結果を各都府県の人口比でウエイトバックした値である。

こうした観光資源の認知度であるが、年代別に見ると、年齢層が高いほど認知度が高くなる傾向が認められる。とくに、関東や関西といった域外においてその傾向が顕著である。

なかでも図4に示した兼六園や東尋坊のように、古くからある観光資源においてその傾向が強い。一方で、富山ブラックラーメンや金沢21世紀美術館といった比較的新しい観光資源の場合、年代による認知度の差にほとんど差がないことがわかる。たとえば、関東の20~29歳においては、兼六園よりも富山ブラックラーメンの認知度の方が高いといった現象が起こっているのである。こうした年代別の認知度の違いは、今後のプロモーションを考える上では留意すべき点といえよう。

図4. 観光資源の年代別認知度



注) いずれも関東での年代別認知度のグラフである

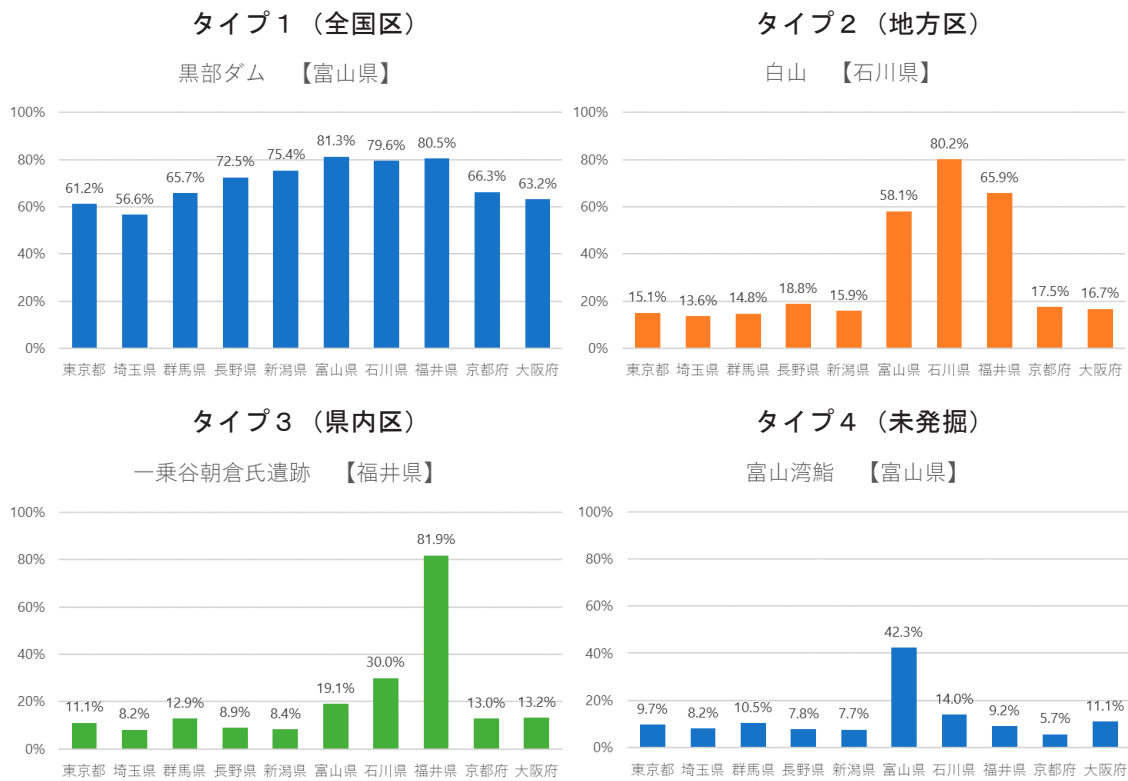
また、これらの観光資源の都府県別の認知度を見てみると、大きく4つに分類できる(図5)。

タイプ1は、観光資源の所在地である県はもちろん、近隣県だけでなく関東や関西でも高い認知度を誇る観光資源である。これは全国区の知名度を有する観光資源であるといえよう。具体的には、黒部ダムや兼六園、越前がになどが該当する。タイプ2は、自県や近隣県での認知度は高いが、関東や関西といった他地域での認知度は低いといった地方区の観光資源である。具体的には五箇山(富山県)や白山(石川県)、越前おろしそば(福井県)などが該当する。タイプ3は、自県での認知度は高いが、近隣県を含めた他地域での認知度は低いという県内苦の観光資源である。具体的には、ひみ番屋街(富山県)や一乗谷朝倉氏遺跡(福井県)などが該当する。タイプ4は、自県での認知度もまだ高くはなく、近隣県を含めた他地域での認知度は低いといった、いわば未発掘ともいべき観光資源である。具体的には富山湾鮨や敦賀の屋台(福井県)などが該当する。

観光資源をその認知度から4つに区分したが、全国区であればいい、未発掘であれば悪いというものではない。全国区の観光資源は、確かにその地域の「顔」となる観光資源であるが、一方ですでに知られ過ぎている面も否めず、観光客を呼び込めるかどうかは別次元の話である。逆に、県内区や未発掘といった観光資源の中にも、評価の高い観光資源もある。実際、ここでは未発掘の事例として示した富山湾鮨は、富山湾で獲れた魚を使って握られた寿司で、北陸新幹線金沢開業にあわせて売り出された新メニュー(地域ブランド商標も取っている)で、認知度の低さは誕生からの日が浅いためと考えられる。本調査では、認知度とあわせて訪問意向や購買意向について

でも尋ねているが、富山湾鮭の購買意向は高い割合を示していた。これは富山湾鮭を知っている人の中では評価が高いということの裏返しである。このように認知度が高いだけでなく、訪れたり食べたりした人から評価されるコンテンツを育てていくことが重要である。

図5. 都府県別認知度の違いから見た観光資源の4区分



なお、個別の観光資源の認知度など、紙面の都合上、掲載できなかったアンケート結果は、本学ホームページに掲載しているので参照されたい。(https://www.tuins.ac.jp/2023/03/10964/)

4. 今後の展望

今回の調査を通じて、金沢開業から8年、敦賀開業1年前における沿線住民の意識がどのようなかを明らかにすることができた。

こうした意識は、今後新幹線が敦賀まで開業し、実際に新幹線のある暮らしをしていくことで感じるメリット・デメリットというものも出てくるため、住民の新幹線に対する意識も時間の変化とともに変わってくる。また、観光資源の認知度についても新幹線開業による露出の増加によりその結果が変わってくることも考えられる。その意味では、来春の敦賀開業以降も、住民の意識がどのように変化したか、あるいはしなかったのかといったことを継続的にモニタリングしていくことが重要であると考えられる。

もう1つは、新幹線が地域にもたらす効果・影響といったものが、開業直後の観光客による賑わいにばかり目が向けられがちであるといった問題がある。本来、新幹線という高速交通インフラの整備が地域にもたらす影響は、観光客を増やすという単なるイベントではなく、中長期にわたってビジネス交流、進学や就職に伴う地域間の移動、医療や福祉といった生活を支える基盤を支えるといったことなども考えられる。新幹線開業を単なるイベントとしてとらえるのではなく、インフラの活用という視点から負の側面も含めて、その効用を検証するとともに、住民の意識や受け止め方がどう変わっていったかを見ていくことも重要である。

5. 参考文献

- 大谷友男・田部敦也（2021）：「九州新幹線全線開業10年での旅客流動と交通体系の変化」九州経済調査月報2021.3月号、pp.13-20.
- 大谷友男・南源来（2021）：「九州新幹線全線開業が企業活動に与えた影響」九州経済調査月報2021.3月号、pp.21-27.
- 大谷友男（2022a）：「2010年代における北陸地域の大学進学に伴う人口移動」2022年経済地理学会大会・地理科学学会春季学術大会一般発表
- 大谷友男（2022b）：「再起動 北陸新幹線 第2回 開業効果に沸いた北陸新幹線沿線の観光とその後」北陸経済研究2022年12月号、pp.20-29.
- 大谷友男・藤沢和弘（2022）：「再起動 北陸新幹線 第1回 北陸新幹線の金沢延伸後を旅客流動から考える」北陸経済研究2022年8月号、pp.16-25.
- 金沢市（2017）：『北陸新幹線開業による影響検証会議 報告書』
- 櫛引素夫（2020）：『新幹線は地域をどう変えるのか』古今書院、144p
- 櫛引素夫・竹内紀人・大谷友男・永澤大樹（2021）：「新幹線開業が東北北部と九州地方にもたらした変化—10周年オンライン・フォーラムからの検討—」青森大学附属総合研究所紀要第22巻第2号、pp.1-20.
- 櫛引素夫・三原昌巳・大谷友男（2022）：「北海道新幹線開業が青森市の地域医療にもたらした変化—青森新都市病院の事例と今後の展望」弘前大学地域研究第15号、pp.1-14.
- 鉄道・運輸機構（2020）：『北陸新幹線（長野・金沢間）事業に関する事後評価報告書』
- 日本政策投資銀行北陸支店（2022）：『「つながる北陸」新幹線レポート：vol.2 福井駅 北陸新幹線敦賀開業に関する北陸・首都圏・関西在住者の意識調査 —福井が開業効果を最大限活かすために—』
- 藤沢和弘（2015）：『北陸新幹線レボリューション』交通新聞社新書、219p
- 藤沢和弘（2018）：「地方創生の視点から行政が取り組むイメージアップ戦略について考える」地域研究交流 No.98、pp18-26.
- 北陸経済連合会（2017）：『北陸新幹線金沢開業の整理と敦賀延伸に向けた課題』49p

研究題目	富山県におけるユニバーサルツーリズムをテーマとする観光コンテンツ開発と若手観光人材の育成プログラムに関する研究
機関名	富山国際大学
研究代表者	現代社会学部 現代社会学科・准教授・一井崇
分野	観光学、社会学
キーワード	ユニバーサルツーリズム、観光コンテンツ開発、若手人材育成

1. 研究の背景と目的

本研究は、富山県におけるユニバーサルツーリズム(以下、UT)をテーマとする観光コンテンツの開発と若手観光人材育成を見据えたプログラムの策定を目的とする、実践的かつ萌芽的な研究である。富山県の観光振興において、同県の観光の魅力をPRする若手観光人材の育成が課題であることが2021年12月に実施した(公社)やま観光推進機構へのインタビュー調査から明らかになった。本研究はその課題に取り組むものである。◆「研究課題の学術的重要性」について、本研究では移住を目的とする「定住人口」や観光を目的とする「交流人口」だけでなく、地域と継続的かつ多様に関わる将来的な「関係人口」を見据え、首都圏の大学生との合同フィールドワーク(以下、FW)を立山町にて実施した。これは、人口減少・高齢化により地域づくりの担い手不足という課題に直面する地方圏において若年層を中心とする都市部の人材が将来的な地域づくりの担い手となることを想定したものであり、得られた研究成果は今後の富山県の観光振興を考える上での知見を導出する手掛かりとなる。◆「研究課題の独創性」について、持続可能な地域形成において特に都市部の若年層の関係人口創出と観光を通じた人材育成プログラムを接合する先進的な事例研究はほとんど見られず、その点に本研究の独自性があるといえる。

2. 研究方法

立山町でのFWでは、UTをテーマとする観光コンテンツ開発のためのキーコンセプトを「五感の観光」とした。それは、FWを通じ、旅の効率化や利便性、時間などに捉われ過ぎず、五感を活かした新たな観光スタイルを創造することが、富山県の有する文化資源、自然資源を活用した独自の観光振興の切り口になると想定されるからである。立山町におけるFWでは、「立山信仰」「越中瀬戸焼」「里山観光」の3つのテーマ別グループに分かれ、FWで学生たちが収集した観光素材を元にテーマ別グループ毎の着地型観光プランを約半年間をかけて作成した。

3. 研究成果

「立山信仰」グループは、都会から離れて癒された学生自身の実体験や海外の山岳信仰に関する事例、立山信仰の認知度に対する学生アンケート調査の結果などを踏まえ、デジタル・デトックスを目的とするヒーリング、立山信仰独自の宗教観に関心をもつ訪日外国人向けのオリジナルアルバム作成、地元富山県の人に立山信仰をより身近に知ってもらうための探求型体験プラン「立山クエスト」(タテクエ)を提案した。「越中瀬戸焼」グループは、越中瀬戸焼が土地に根差した素材、歴史文化、生活と深く関わる焼き物であることを活かし、富山を訪れた旅行者が陶芸体験で自作した器を首都圏で受け取り、富山の食材や地酒を楽しみながら陶器を介し、都市部で

も新たな交流の輪を広げてもらうプログラムを開発した。商品化を見据えた同プログラムは、新たな観光の可能性を感じさせる内容であった。「里山観光」グループは、従来の観光地に加え、e マウンテンバイクで里山をめぐりながら旅行者オリジナルのマップを作成してもらうプラン、立山信仰の歴史にちなんだ「極楽と地獄」をテーマにしたイベント開催により立山町への来訪を促すプランを提案した。これら諸成果は東京、富山での発表会で観光事業者らと共有された。

なお、立山町におけるフィールドワークの様子、および東京(渋谷 QWS)、富山(県民会館)での研究成果発表会の様子は写真資料の通りである。また、これらの研究成果は本学ホームページに掲載されているほか、その他の研究成果および執行予算の内訳については下表にまとめた。



【立山町での越中瀬戸焼の作陶体験の様子】



【立山町での e バイクを使った実地調査】



【学生による成果発表会の様子(東京)】



【観光事業者向けセミナーの様子(県民会館)】

研究成果一覧	学会発表、新聞掲載
	<p>【学会発表】</p> <p>◆日本観光学会・第 115 回全国大会「ユニバーサルツーリズムに関する一考察－『五感で感じる観光』をテーマとする着地型観光商品造成のためのフィールドワークより－」（2022 年 11 月 13 日・於東京農業大学）</p>

	【新聞掲載】 ◆富山新聞「立山観光の新ツアー提案」(2023年2月15日付朝刊) ◆北日本新聞「大学生が観光プラン提案－富山国際大生3テーマ発表」 (2023年3月21日付朝刊) ◆教育学術新聞「Z世代が考える五感の観光 in TATEYAMA」(2023年3月22日付)		
予算内訳	区 分	執行額(円)	備 考
	【旅費】(学生6名+教員1名)	349,280	成果発表会(東京)
	【体験参加費】(学生6名分)	16,500	ダイアログインザダーク
	【物品費】	134,220	研究機材ほか
	合計	500,000	

4. 今後の展望

今回のFWで得られた成果をもとに、次年度も引き続き立山町において亜細亜大学との合同FWを実施する予定である。今後の展望として、まずはこれらの研究成果について学術的な考察を進めることである。既に、昨年の研究成果については日本観光学会での研究発表を通じて観光研究者らとも知見を共有し、情報交換を行っているが、引き続き次年度実施予定のFWを通じて新たな知見を導出し、論文化することで実践的な示唆をより広く伝えていく所存である。

本研究における今後の課題としては、主に以下の2点が挙げられる。1点目は、高齢化、障害者の社会参加の進展を見据えた社会環境の整備につなげることである。UT当事者向けの観光コンテンツの開発は、当事者の外出機会や余暇保障にとどまらず、社会的困難を抱える人々に対する理解醸成にもつながることから、本研究を通じて得られた知見について情報発信を積極的に行っていく。2点目は、若手観光人材育成プログラムにより、今後、富山県の観光振興を担い得る人材を継続的に創出することである。引き続きカウンターパートとして亜細亜大学と連携することで、首都圏からの誘客にもつながる都市部・若年層への富山県のPRにもつなげたい。

5. 参考文献

- 1.伊藤亜紗(2015)『目の見えない人は世界をどう見ているのか』光文社新書
- 2.広瀬浩二郎(2017)『目に見えない世界を歩く－「全盲」のフィールドワーク』平凡社新書
- 3.尾家建生・金井萬造編(2008)『これでわかる!着地型観光－地域が主役のツーリズム』学芸出版社
- 4.吉村迪(1995)『信仰の山』東京新聞出版局
- 5.福江充(2006)『立山信仰と布橋大灌頂法会－加賀藩芦峯寺衆徒の宗教儀礼と立山曼荼羅－』桂書房

研究題目	生活科・総合の単元づくりに関するオンライン研修サポートの開発
機関名	富山国際大学
研究代表者	子ども育成学部 子ども育成学科・教授・三原茂
分野	教育
キーワード	教員研修 生活科 総合

1. 研究の背景と目的

小学校教育における教科等の中で、生活科は具体的な活動や体験を、総合的な学習の時間（以下、総合とする）は、探究的な学習をすることが重視されている。しかしながら、実際は、学校で決められた指導計画に沿って、毎年、同様の活動が進められたり、或いは、新たに指導計画を立てるとなれば、学級担任の力量に大きく左右され、その計画を継続して実施することが困難であったりする現状が散見される。また、生活科や総合の実践においては、他の国語や算数等の教科と比較すると、教材開発や指導法の研修機会が少なく、研究や実践が進まないことが課題として挙げられることが多い。加えて、コロナ禍でのオンライン研修会等による教員の指導では、助言やサポートする者が児童の活動の様子を直接観察していない状況下で授業者にアドバイスをすることになり、一層授業者のニーズに応える研修を困難なものにしている。そこで、本研究では、生活科や総合について、教員がどのような困り感や悩みをもっているのかを把握し、オンラインでの研修の内容や進め方を、実践を通して検討し、そこで得られた知見を基にさらに教員研修を充実させ、教員の生活科・総合の単元づくりや実践の力量を高めることを目指した。

2. 研究方法

生活科・総合の単元づくりに関するオンライン研修「単元づくりオンライン研修」を企画し、学校現場での研修サポートを行い、個々の教員と実践内容や成果を振り返って研修内容を検証した。

- ① 若手教員の生活科・総合に関する課題意識の把握と学習指導要領に見る生活科・総合の特質との関連性の検討
- ② 若手教員研修会「単元づくりオンライン研修」（Zoom を利用）による、単元づくりにおける問題の所在の明確化
- ③ 授業者との懇談内容についての考察を基にした、単元づくりの方法と留意点の整理

3. 研究成果

- ① 若手教員の生活科・総合の単元づくりに関する課題意識の把握と学習指導要領に見る生活科・総合の特質との関連性の検討
Google Forms を活用して、広く無記名・記入自由のアンケート調査を行った。回答数が少な

いため、限定的ではあるものの、若手教員の困り感の所在を把握することができた。なお、回答の「教科書がなく、何をしたらよいか分からない。」の割合は、生活科には教科書があるため、低学年担任を除外して算出した結果である。

質問：実践をする上で、困っていることや悩んでいることは何か。(選択・記述)

回答：総合は教科書がなく、何をしたらよいか分からない。(47.8%)

進め方が分からない (39.3%)

どのように評価したらよいか分からない。(39.3%)

活動の時間が足りない。(35.7%)

先が見えない。(25.0%)

<追加記述>

- ・ どのような話し合いをしたらよいか、子供にどのように考えさせたらよいか、子供をやる気にさせるポイントなどが分からない。
- ・ 子供が自分事として本気で学習に取り組むことができる教材を考えるのがとても難しい。
- ・ 校外に学習を広げた活動では、教員数に限りがあるため、安全確保が難しく、思ったような活動がしにくい。

特筆すべきことは、「教科書がなく、何をしたらよいか分からない」といった回答が多く、若手教員の場合は、さらにこの傾向が強まっていたことである。総合は、各学校で目標と内容を定めることになっており、教科書は存在しない。各学校で年間指導計画が作成されているが、具体的な計画が記載されていないため、半数の教員がそれでは役に立たないと感じていることが分かった。

これは、教える内容が学習指導要領で具体的に定められていないことや、生活科や総合が、教えるべき内容を理解させる教科等ではないことに起因する。このことは、主に教える内容を記載している学習指導要領の生活科や総合の扱いからも、見て取ることができる。

平成 29 年 3 月告示の小学校学習指導要領の各教科等の記載ページ数 (行数は1ページに切り上げ)

国語	18	社会	17	算数	30	理科	17	生活	4
音楽	12	図画工作	7	家庭	6	体育	14	外国語	9
道徳	7	外国語活動	4	総合	4	特別活動	7		

教科等によって実施される学年が異なるため、単純に比較することはできないが、記載スペースを見ると、生活科は3ページと1/3、総合的な学習お時間に至っては、3ページと1/4にも満たない文章量である。

また、進め方が分からない(39.3%)、活動の時間が足りない。(35.7%)、先が見えない。(25.0%)の回答率の高さからも、指導計画立案や単元づくりに悩みを抱えている教員が多いことが分かる。この状況は、生活科や総合は、他の教科の指導とは考え方や進め方が異なることを受け入れたり、理解したりすることの難しさが遠因と推測される。また、教員研修についても、習得すべき内容

があり、それを効率的に学ぶ研修スタイルとは異なり、生活科・総合に関しては、授業者が子供の実態に応じた単元づくりや授業づくりを学ぶ研修が求められる。

以上のことから、オンラインによる研修内容を、単元づくりを中心に進めることとした。

② 若手教員研修会への参画による、単元づくりにおける問題の所在の明確化

a 小学校では「思いや願いの実現に向けて探究する児童の育成」を研究テーマに、想像力と実践力を身に付けた子供の育成を目指している。低・中・高学年部会に分かれた研修グループで、視点を明確にして実践研究を共同で行っている。それぞれの部会で若手教員の授業を基に授業研究が進められていたため、管理職の了承を得て、管理職や授業者の教員から単元づくりの状況を聞き、課題を明らかにしていった。

また、b 小学校では「自ら課題を見付け、主体的に取り組む子供の育成を目指して」を研究主題に、主体的に学ぶ子供の育成を目指している。部会構成や研究の進め方はa 小学校とほぼ同様であり、授業研究を通して校内研修における課題の解決を目指していた。

a、bのいずれの小学校においても、若手教員は、夏季休業中に学習指導案を作成し、9月の研修部会等で検討、修正し、10月から11月にかけて実践していた。その中で本研究に係る若手教員4名の研修の様子と実践について比較、検討を行った。

②-1 若手教員Aについて

1年生活科「あきとなかよし」全16時間

<単元の概略・主な学習活動>

1次 あきをみつけよう（4時間）

夏と比べながら、秋の公園の様子の変化について予想し、秋となかよくなるとういう思いを高める。公園で秋の姿を見付ける活動を行う。見付けた秋や、遊んで思ったこと、感じたことを絵や文等の自分なりの方法で表現する。

2次 あきをたのしもう（6時間）

秋の自然（枯葉やどんぐり等）で思い切り楽しく遊ぶ。どんな遊びをしたいか計画を立て、必要な物を考える。家庭から身近にある材料を持ち寄って、どんぐりコマや宝探し等、作ったり遊んだりしながら、遊びを工夫していく。クラスのみんなと秋の遊びを楽しみ、アドバイスし合う。

3次 みんなであそぼう（6時間）

自分のお気に入りの遊びを決めて、1組の友達となかよく遊ぶことができるように工夫する。別のクラスの友達に遊びを紹介し、みんなで楽しく遊ぶ。これまでの活動を振り返り、秋の思い出や、秋の自然と自分との関わり等について、話や文字、絵で表現したり、伝え合ったりする。

<授業者の困り感や不安に思っていること>

- ・子供が活動をしたいと思うようになるために、教師はどのように働きかけをすればよいか分からない。
- ・これまでの話し合いの進め方でよいか、不安である。

<課題の所在とアドバイスの内容等>

子供が活動したくなる教材提示をどうするかという課題ではあるが、この単元の上位目標に関わる課題であり、まずは目の前の1年生の子供に、どのような力を付けたいのか、どのような姿になってほしいのかを明確にすることから始める必要がある。その目的を達成するための、子供の活動への意欲を高める方法の一つが教材を提示する導入段階であり、この一連の過程を研修部会の教員で整理、共通理解することができれば、単元の展開が想定しやすくなり、授業の方向性が決まる。

②-2 若手教員Bの実践について

4年総合「町をきれいにし隊！！」全45時間

<単元の概略・主な学習活動>

1次 町はきれいといえる？きれいとはいえない？（6時間）

3年生で学習した地域での学習を振り返りながら、町の環境について疑問をもち、「町はきれいといえる？きれいとはいえない？」について調査活動を行う。学習専用端末で写真を撮る際の注意事項を確認する。「町はきれいといえる？きれいとはいえない？」の観点で撮ってきた写真から数点選び、自分の考えをカードに記入する。調査活動で得られたことを基に、考えたことや感じたことを話し合い、自分たちの住む町の環境について考える。話し合いを基に、「町をきれいにし隊」の個人探究課題を設定する。

2次 町をきれいにし隊！！Ⅰ～町の環境について考えよう～

書籍や学習専用端末を活用したり、家族や地域の人にインタビューしたりして、情報収集をする。ごみ処理の現状について調べる。（ごみ収集車の見学、資源回収の集積場の見学、地域の人へのインタビュー等）自分たちにできる取組と具体的な活動を考えて実践する。（実際に、ごみ調べ、ごみ拾い、ポスター作り等、自分ができることを行っている）。取組を見直し、夏休みの活動を計画して実践する。夏休みの取組報告会を行い、成果と課題を学級全体で共有する。

3次 町をきれいにし隊！！Ⅱ～広めよう！守ろう！私たちの町の環境～

町の環境を守るために、様々な人が努力していることを確認する。自分たちが調べてきたことや自分の見出した考えを、誰にどのように伝えることが有効かについて話し合う。自分が広めたい取組と、その取組によって生み出したい変化について紹介し合う。校内の児童向けに、自分たちの町の環境について関心を高めるための活動を企画する。環境保全に関するポスターやマスコットを作成したアニメーション等、プレゼンテーションの動画作成を含む情報発信の方法を考える。無理なく実践できる取組を話し合っ、具体的な行動を決定し、実践する。今後の自分たちと地域との関わりや環境との関わり方について、これまでの活動を振り返ってまとめる。

<授業者の困り感や不安に思っていること>

- ・活動意欲が低下してきているが、自分の実践はこれでよいのか。
- ・この後、どのように進めていけばよいのか。
- ・教育実践研究記録にまとめて小学校教育研究会の教育研究論文等に応募したいが、どのような内容でまとめていけばよいのか。

<課題の所在とアドバイスの内容等>

単元構想が明確にはなっていないものの、社会科の学習の内容が単元の中に位置付けられ、クロスカリキュラムのような指導過程になっている。学習の見通しやゴールが明らかになっていない中で、子供の学習の状況や思いを捉えて授業を進めているため、授業者自身が不安になっていると考えられる。授業者が、子供の活動意欲が低下していると分析していることから、子供の状況を敏感に感じ取ることができていることが分かる。子供の思いや意欲を大切にす姿勢を変える必要はない。授業者に、この単元で子供にどのような力を身に付けさせたいかを聞き、「身近な環境を守るために自分には何ができるかについて考え、実践することができるようにする力」ということを再確認した。また、35名の子供がいれば、35通りの学びの軌跡をたどるので、自分には何ができるかを考える姿は一様に見られないことが前提である。観察した学級の子供であれば、少し取り組んだ後に、自分に何ができるかを考える子供が多いのではないかと伝えた。教師側が、活動の内容を決めるのではなく、子供が考え、実践する力を高めたいのであれば、そのためにはどのような進め方をするかを子供と相談しながら進めていけばよいと助言した。目指すところは大体のところであり、それでも授業者が不安であれば、学習発表会や敬老会での表現活動の場を活用して、目当てや時間設定を子供と相談しながら決めておくことを勧めた。それは単元途中でも行うことができるし、子供一人一人が自分の活動を振り返る契機にもなると考えられるからである。

②-3 若手教員Cの実践について

6年総合「見つめよう今の自分、見つけよう将来の自分

～自分らしい生き方とは～」全55時間

<単元の概略・主な学習活動>

1次 今の自分を見つめよう（7時間）

入学式、運動会やなかよしプール学習（異学年集団による、いわゆる縦割り班活動）等、最上級生として学校のために活動する学校行事を通して、自分の成長を振り返る。これまでの小学校生活を振り返り、成長できたことについて話し合う。「社会に学ぶ『14歳の挑戦』」に参加した先輩から、中学校生活や経験談について聞く。13年後（25歳）の自分の未来予想図を描いて紹介し合うとともに、これから先の未来への期待や不安等について友達と語り合う。学年を通して取り組む探究課題を設定する。

2次 「働く」 ことについて調べよう (5 時間)

「働く」ことに対する考えを学級で共有しながら、コンセプトマップにかく。実社会で働いている保護者のコンセプトマップと自身のものを比較し、気付いたことを話し合う。保護者の考える「働く」と自分たちの考える「働く」が違うことについて話し合う。保護者の考える「働く」について、詳しく調査したり、保護者にインタビューしたりする。

3次 「働く」 体験をしよう (23 時間)

いろいろな「働く」のうち、自分たちにできる「働く」の可能性を考える。働く体験をするための会社設立について話し合う。民間企業経営者の話を参考に、ものづくり会社を設立し、活動の計画や目標を立てる。会社活動を進める上で、どんな準備が必要か話し合う。民間企業経営者に相談し、アドバイスをもらう(1回目)。部署(運営部・広告部・製作部)毎に分かれて活動を行う。社内会議を開き、会社名や部署毎の活動についてアイデアを出し合う。民間企業経営者に相談し、アドバイスをもらう(2回目)。部署毎の進捗状況を確認し、連携や協力を進める。会社体験の取組を振り返り、自分の成長について考える。学習参観の日に製品を販売する。収支決算を行い、利益の活用方法について話し合う(利益は地域に還元する)。会社体験を通して得た学びを振り返り、これからの自分の生き方について考える。

4次 今の自分にできることをしよう (10 時間)

将来に向けて、今の自分でもできることや大事にすべきことについて考え、実践する。(感謝集会、ありがとうプロジェクト等)

5次 将来の自分について考えよう (10 時間)

6年間を振り返り、自分の成長や将来の自分の姿を作文にまとめる。今まで様々な人と関わって成長してきたことを振り返るとともに、卒業に向け自分たちができることについて話し合う。

<課題の所在とアドバイスの内容等>

授業者は、どのような形で単元を終わればよいか、また、最後まで見通しがもてないことや、単元構想はこれでよいかということを手問自答しながら、授業を進めていた。具体的に何に悩んでいるかを明確にできないところに課題があるとも話していたが、聞いているこちらは、あまり課題を感じなかった。子供の学習の記録や振り返りカードを見ても、文章の内容や友達との話し合いの記録を読んでも、かなりの学習成果が表れていたし、ある程度の差はあるにしても、充実した学習活動が展開されていたことが分かったからである。また、授業者と子供や、子供同士の関係性もよいことが、子供の発言の機会の多さや、それを授業者が一つ一つコメントを付して応えていることからよく伝わってきた。そのため、この学習の進め方でよいこと、最終的に何か形にしようと思うのであれば、それも子供たちと相談して決めていけばよいこと、一人一人の表現が違っていても、どのような学びができたかを子供とともに振り返れば

よいことの3点を伝えた。おそらく、誰に聞いても「これでよい」という反応が得られないために、不安感を高めていたと推察される。

②-4 若手教員Dの実践について

1年生活科「わくわく!ピタゴランド」全17時間

<単元の概略・主な学習活動>

1次 どんな「わくわく!ピタゴランド」を作って楽しもう? (3時間)

NHKのテレビ番組「ピタゴラスイッチ」で作られている仕掛けを自分で作る学習であることを示すとともに、導入で4つの装置を提示し、玉を転がして遊ぶ、転がる動きを、倒す、飛ばすといった別の動きに変化させながら進むことが分かる仕掛けを取り入れることで、子供のイメージが膨らむようにする。さらに多くの材料で試したり、家庭から持参した材料を活用してコースを作ったりして遊ぶ。

2次 「わくわく!ピタゴランド」を作って楽しもう! (10時間)

動きを試す中で、友達のピタゴランドと比べたり材料を工夫したりして、各自がピタゴランドを作っていくことを繰り返す。その際、授業者は次の点に留意しながら進めていく。毎回、活動の満足度についての自己評価を行い、それを基に活動を振り返ることで、自分の目当てを明確にしたり、見直したりして活動する。また、子ども同士が満足度の理由についての思いを聞き合ったり、問い返したりして、互いの思いや願いに深く迫ることができるようにする。ペアや学級全体で活動を見合う時間を設け、友達が工夫したことや発見したことを知り、共に学ぶよさを感じることができるようにする。ストップウォッチやメジャーを活用し、速さや高さを客観的に捉えられるようにする。活動の経過が分かるように、学習用端末のカメラで撮影し記録することで、改良前後の変化を捉えたり、自分の取組を振り返ったりすることができるようにする。

3次 「わくわく!ピタゴランド」をもっと楽しんでカスタマイズしよう! (4時間)

遊びを試しながら、みんなでより楽しく遊べるように、場所の使い方を考えたり、必要な物を作ったりして遊ぶ。これまでの学習の振り返り自体を振り返ったり、学習を終えた後の互いの気持ちを聴き合ったりすることで、自分の学びや成長を実感することができるようにする。

<課題の所在とアドバイスの内容等>

授業者が抱える課題は、単元の構想の段階で、何をどのように進めたらよいか分からないことであった。単元構想や子供の追究予測を立てるように管理職から指示され、実践の困難さを感じていたが、低学年研修部会の教員とともに教材分析や教材提示、授業展開について検討し、学習を進める上での課題を一つ一つ解決していった。そのため、特段アドバイスをすることはなく、課題として特筆することもなかった。(授業を進める中で、ある子供の対応についてどのようにしたらよいか悩んだという話が

あった。子供の思いを探りながら関わり、必要に応じて支援をしていくしかないことに気付いた授業者は、その子の様子を観察し、その子の声を真摯に受け止めることに集中していた。実際には、授業を進めながら子供の状況を把握し、課題を明らかにし、そして解決するということが繰り返し行われていた。）

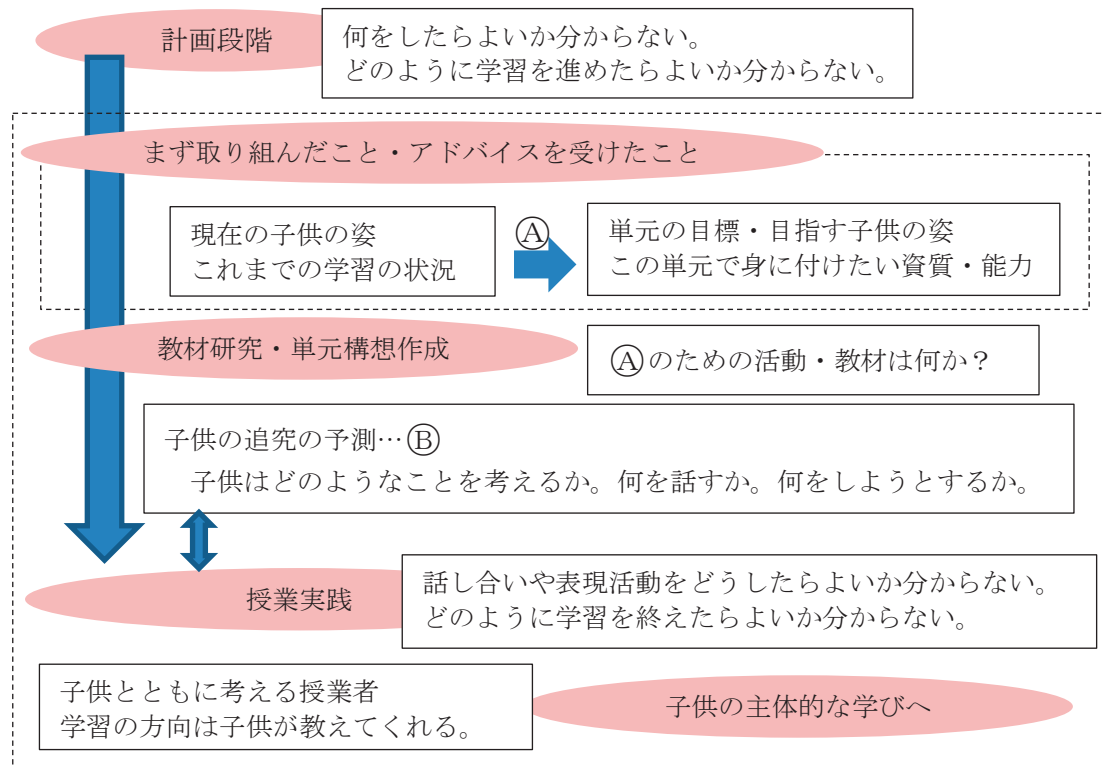
③ 授業者と懇談内容を基にした、単元づくりの方法と留意点の整理

授業者との懇談で話題になったトピック、特に、共通した内容について整理した。

- ア. 単元構想は単元で高めたい子供の資質・能力や子供の姿を明確にして作成する。
- ・何のために活動をするのかを見失わないようにする。
 - ・段階を追って活動を行うと主体的な活動にならない。
 - ・子供の追究予測（子供がどのようなことに課題を感じて解決していこうとするか）をしながら、学習を進めていくことができるように設計する。
- イ. 子供同士が関わる場面を想定する。
- ・一緒に作業する、役割を明確にする、チームで活動するなど、活動や子供の発達に応じて子ども同士が関わる場面を意図的に設定する。
 - ・相談して決めないと進まない、協力しないと進まない活動を的確に取り入れ、話し合ったり、試したりする活動を行う。
 - ・活動の適切な段階で、それぞれの思っていることや考えていること、希望を語り合う機会を適時、または定期的に行う。
- ウ. 振り返り活動を必ず取り入れる。
- ・ワークシート、Forms、ノート等、子供が自分の活動を振り返って、感じたことや考えたこと、改善したいことなどを書いたり、入力したりして、文字化する。
 - ・振り返り活動の成果物を使って、その変化を見たり、友達と交流したりして、次の活動への意欲化を図る。
- エ. 単元が進む途中でも、本来の単元の目的達成に寄与するように、単元構想を修正する。
- ・必要に応じて、全部、又は一部について、教材や活動を変更したり、追加したりする。
 - ・教材研究は、ホームセンターや施設、地域でも行う。新たな気付きがある。（このような材料もあったのか。このような道具があるなんて知らなかった。このような材料だったら、こんなふう遊ぶことができるのだろうなど、授業者の気付きがあった。）
- オ. 子供と活動内容や表現活動を話し合っ決めて決めるなど、子供の自己決定の場を設定する。
- ・教師から活動を提示せず、またはいくつかの例を提示するとしても、判断する材料を与えて、自己決定できるようにするなど、子供が考え、判断しながら活動していく姿を確認する。
 - ・最終的な活動を提示したり、授業者がまとめたりしない。
 - ・表現活動を活動の目的として設定する場合は、発達の段階に応じて、その運営自体も子供の手で進めることができるように、子供と話し合っ決めて決める。
- カ. 研修部会の同僚教員のサポートが自然な形で行われている。

- ・授業者が何に困っているか、何を悩んでいるかを先輩教員が的確に感じ取り、ともに解決策を考えたり、準備物を作成したりしている。

以上の内容は、すべて授業者が実践中、または実践した後での振り返りの内容であるため、喉元過ぎれば熱さを忘れるではないが、いろいろあったかもしれないがやってよかったといった、多少美化されている部分もあると考えられる。その部分を差し引いて、授業者が感じている生活科・総合の実践の困難さ、単元づくりの方法とポイントを時系列で整理し、まとめると次のようになる。



生活科や総合における授業者の不安や困り感は、学習内容が明確に、かつ具体的に定められていない、または、具体的な内容が決まってもその進め方が分からないことからきていた。この問題については、図中の ①の部分を確認し、その後の授業実践の中で確認しながら、または立ち返りながら進め、授業者が子どもの学習の手応えを一つ一つ確認していったり、子供との関わりの中で新たな課題に直面して、それを解決したりしながら進めることで学習が進んでいった。この際の大きなポイントは ②の子どもの追究の予測であった。授業者が子供の状況や考えていることを把握した上で授業を展開させていかないと、子供の切実感を捉え、授業者が適時・適切な対応ができないためであると考えられる。子供が何を求めているかも分からずに授業者が活動を提示しても、授業者が活動をさせていることになり、次第に子供の活動の意欲が減退していくことは自明なことである。試行錯誤する指導の積み重ねがあって初めて、子供は主体的に学習する姿を見せると言える。

以下に本研究の成果をまとめる。

- 生活科や総合に関する研修として、学校現場のニーズとして高いのは単元づくりであり、研修の成果は、授業者である教師の目を通して子供の変容を把握しながら授業構想を立てたり、見直したり、修正を試みたりすることを、どの程度できるかにかかっている。
- 教科等の指導に関する教員研修の多くは、指導内容や方法、教材、授業の進め方についての技能を高めることや、新たな情報を得ることがテーマの中心になる。しかし、子供の主体的な活動を中心とした授業の実践力を高めるには、実際の子どもの動きを基にした授業をどのように展開していくかが大きなテーマとなる。少人数のオンライン研修であれば、授業者が捉えた日々の子供の様子を基にした考察や授業者が思っていることを、研修講師に容易に相談することができ、その過程で子供の捉え方や多角的・多面的な見方を身に付けていく機会を多く設けることができる。
- 研修講師が子供の様子を観察することについては、オンラインでは限界がある。実際にその場の雰囲気を感じ取り、子供同士が関わる姿を見ていないと、子供の思いや考えていることを掴み、今後の授業について授業者と検討することは難しくなる。授業観察は実際の教室で行い、それを基にオンラインで研修を進めるなど、対面とオンラインで行うことの切り分けと、地理的な状況や通信状況等の条件、人数や通信環境に応じた運営をする必要がある。
- 生活科・総合の授業実践は、様々な家庭環境やそれまでの生活経験、その日の気分や健康状態等、一人一人が異なる背景によって左右される。また、教員研修は、指導する立場と指導される立場が存在するが、生活科・総合の単元づくりをテーマにした研修は、教えられたから身に付くといった構造を持ち合わせていない。そのため、この種の研修は、授業実践を通して、単元づくりと子供の変容から、授業者と研修講師が共感的に学んでいく関係性が不可欠である。

4. 今後の展望

コロナ禍によって中止になったり制限が加えられたりした教育活動がある一方で、多くの会議や研修がオンラインで行われるなど、時間や費用があまりかからない手法が短時間で広まり、これまでの教員研修の運用の仕方に大きな変革をもたらした。アフターコロナの段階に入り、オンライン研修については、多くの教員が経験しているので、ますますその質が問われることになる。「やはり対面で行った方がよい」と、全てコロナ禍以前の研修の仕方に戻すことは愚行であり、現実的ではない。研修内容に応じた実施方法について、実践的に検討を重ねることによって、教員研修を「自己の崇高な使命を深く自覚し、絶えず研究と修養に励み、その職責の遂行」（学校教育法第九条）に資するものにしていくことは、今後も続けていかなければならない。

5. 参考文献

小学校学習指導要領（平成29年3月）

同 解説 総則編（平成29年7月）、解説 生活編（平成29年7月）、

解説 総合的な学習の時間編（平成29年7月）

研究題目	在留外国人子女に向けた道德教育の現状と 課題に関する調査研究
機関名	富山国際大学
研究代表者	子ども育成学部 子ども育成学科・講師・辻和希
分野	教育学
キーワード	道德教育・国際教育・異文化理解

1. はじめに

本研究では二つの調査に取り組んだ。一つは、小学校・中学校の教員が、外国人児童生徒に道德教育をする際に直面している課題、および、その課題に地方都市と大都市圏で差異があるのかを調査した。調査にあたり、地方都市の一例として研究者が研究拠点を置く富山県を、大都市圏に関しては、すでに多くの外国人児童生徒等が居住している首都圏（東京都・神奈川県・埼玉県・千葉県）、中部圏（静岡県・愛知県）、京阪神圏（大阪府・京都府・兵庫県）を対象にした。

もともとの調査の予定では、各地域の教員との面接や実際の授業を観察する予定であった。しかし、新型コロナウイルス感染症の影響が依然として大きかったため、2022年度の調査ではこれらの方法を避けることにした。代わりに、アンケート調査会社のシステムを利用して匿名の自由記述アンケート調査を行った。

もう一つは、横浜山手中華学校で在日華僑におこなわれている道德教育について調査を行なった。同校は1898年から横浜で華僑に対して中日両国の言語・文化を教えてきた。2008年には当時の国家主席である胡錦濤国家主席・劉永清夫人が来校し、2009年には中国政府から「世界華文教育模範学校」に認定されるなど、華僑学校の中でもその教育が高く評価されている。現在、同校には、中国籍239名、華人（日本国籍または外国籍で中国にルーツがある児童生徒）342名、日本人33名の児童生徒が在籍している。教職員は、華僑出身15名、中国出身23名、日本人13名が在籍している。同校が、中国の文化的背景を持ちながら日本文化のなかで生きていく児童・生徒に対してどのように道德教育をおこなっているのかを調査した。

2. 本研究の背景

本研究の着想に至った背景は二つある。一つは、我が国における外国人児童生徒等が増加しており、今後もその数の増加が予想される現状である。文部科学省によれば、我が国の学校（小学校、中学校、高等学校、中等教育学校、義務教育学校、特別支援学校）における外国人児童生徒等の数は、近年、増加の傾向をみせており、平成30年（2018年）には全国で93,133人に達した¹。このような増加傾向は、今後、ますます大きくなると予想される。その理由は、平成31年（2019年）4月1日に改正された「出入国管理及び難民認定法」（入管法）である。改正入管法では、5年間で約345,000人の外国人労働者の受け入れ増大が目指されることになった²。この

ような政策の後押しの下で、平成31年（2019年）から令和3年（2021年）にかけて、外国人労働者数は図1のように推移している。このグラフからは2015年からその総数が増えていることがわかる。改正入管法が施行された年から2021年度までは、新型コロナウイルス感染症の影響もあってか、当初の予定よりもその数は伸びていない。しかし、今後、新型コロナウイルス感染症が収束に向かえば、外国人労働者数が増加していくことが予想される。外国人労働者の家族が日本に移住すれば、その子どもが日本の学校に就学することも想像に難くない。以上の理由から、外国人児童生徒等の数が増加することが予想される。

もう一つは、特設されていた「道徳の時間」が、平成30年度（2018年度）から「特別の教科 道徳」へとその位置づけを変えたことである。道徳科の授業内で扱われる内容は、学年に応じて19～22の項目が設定されている。そのなかには、「郷土の伝統と文化の尊重、郷土を愛する態度」や「我が国の伝統と文化の尊重、国を愛する態度」といった、いわゆる「愛国心」に関わる項目もある。愛「国」心や我が「国」の「国」という文字が示すのは、多くの場合、「日本」である。だとすれば、海外の文化的背景を持つ外国人児童生徒等は、「愛国心」や「我が国の伝統」に関する内容を自分に関わりのあることとして学ぶことが難しいと予想される。

以上の二つの背景をふまえると、今後、我が国で外国人児童生徒等の増加に比例して、当該児童生徒に対する道徳科の授業で困難を抱える教員が増えると予想される。

図1 外国人労働者総数の推移



厚生労働省（2021年）『『外国人雇用状況』の届出状況まとめ【本文】』<<https://www.mhlw.go.jp/content/11655000/000729116.pdf>>（2022年9月25日）より筆者作成。

3.外国人児童生徒に対する道徳教育に関する調査・研究

3.1. 道徳教育に関するアンケート調査概要

外国人児童生徒等に道徳教育をする際にどのような課題があるのかを明らかにするために、小学校・中学校の教員に匿名式のアンケート調査を行った。アンケートを実施するにあたって、株式会社クロス・マーケティングが提供するアンケート調査サービス「QIQUMO」（キクモ）を使用した。本サービスは、同サービスに登録している登録者にアンケートを配布し、回答してもらうものである。アンケート配布に当たっては、その対象者を事前に職業や年齢等によって絞ることができる。本アンケートに関しては、学校教育に従事している登録者に対象を絞り、年齢や性別は条件に組み込まなかった。

アンケートを実施した地域は、富山県の他に、首都圏（東京都・神奈川県・埼玉県・千葉県）、中部圏（静岡県・愛知県）、京阪神圏（大阪府・京都府・兵庫県）である。富山県以外の地域を上記した地域に絞ったのは、いずれの地域も外国人児童生徒等の数が多いからである。令和3年

(2021年)5月に文部科学省から提出された資料「外国人児童生徒等教育の現状と課題」のなかでは、外国人児童生徒を含む日本語指導が必要な児童生徒数が都道府県別に示されている。同資料によれば、日本語指導が必要な児童生徒数をもっとも多い県は、愛知県 11,276 人である。ついで、神奈川県 6,076 人、東京都 4,586 人、大阪府 3,632 人と続いている³。

本アンケート調査は令和4年(2022年)9月20日～令和4年10月12日にかけておこなった。得られた回答数は表1の通りである。回答数の合計は147件であった。今回の調査では、以下の質問項目(表2)でアンケートを作成した。(1)、(2)の質問には選択肢で、残りの質問には自由記述で回答する形式になっている。

表1 地域別回答数

地域	小学校	中学校	合計
富山県	17	4	21
首都圏(神奈川県・東京都・埼玉県・千葉県)	21	12	33
京阪神圏(京都府・大阪府・兵庫県)	21	24	45
中部圏(静岡県・愛知県)	33	15	48
合計	92	55	147

表2 アンケートの質問項目

共通の質問事項	
(1) あなたが勤めている学校種を教えてください。 <選択肢> 小学校・中学校・高等学校・その他()	
(2) あなたが担当しているクラスに外国人児童生徒等はいますか。 <選択肢> はい・いいえ	
(2)に「はい」と答えた場合	(2)に「いいえ」と答えた場合
(3) その外国人児童生徒等の文化的な背景はどここの国ですか。(複数の外国人児童生徒等がいる場合は複数回答可能です。)	(3) あなたの知り合いの教員で、外国人児童生徒等への道徳の授業に難しさを感じている人、外国人児童生徒等への道徳の授業を工夫している人はいますか。いれば、どのような難しさを感じていたか、どのような工夫をしていたかを教えてください。
(4) 外国人児童生徒等に道徳の授業をするにあたって、難しいと感じたことや工夫している点などがあれば教えてください。	

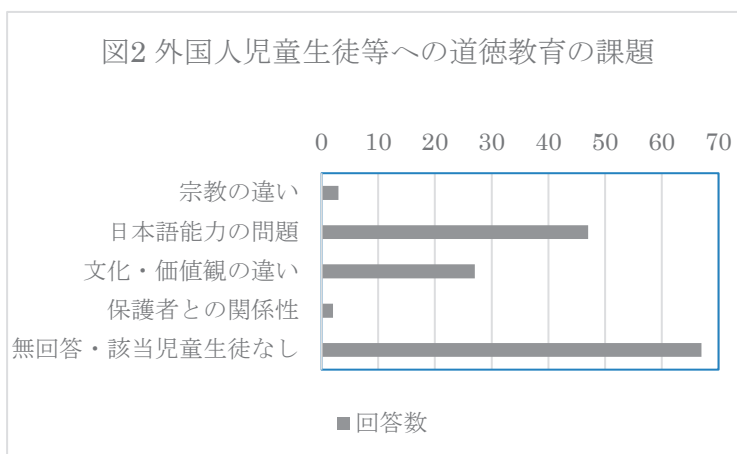
3.2. アンケート調査の結果

得られた回答のうち、外国人児童生徒等への道徳教育の課題、あるいは、外国人児童生徒等への道徳教育をする際の工夫について回答が得られたもののみをアフターコーディングし、それぞれの割合を示したものが図2である。

もっとも多い回答は「日本語能力の問題」であった。道徳科も他の教科同様、外国人児童生徒等の日本語能力が十分とはいえず、教員は教えることに難しさを感じているようである。アンケートの回答には、教科書の読み物教材を使用した授業の場合、文章から登場人物の機微を読み取れず、結果として道徳性を養うまでに至らないという趣旨の回答が寄せられてもいた。

つぎに多い回答は、「文化・価値観の違い」である。アンケートには、日本人の美德とされることを理解してもらうことへの苦悩や生活習慣の違いからトラブルが生じるといった回答が寄せられていた。また、文化の一種でもある「宗教」の違いから道徳を教えることに課題を感じているという回答や国民性の違いによる指導の難しさを感じているという回答も寄せられた。

最後に、家庭環境の違いから難しさを感じているという回答があった。これは国民性の



の違いに由来する難しさとも関連するものである。寄せられた回答を見ると、保護者が日本の学校教育で行われる道徳教育に理解がないことで、教員が子どもへ道徳を教えることが難しくなっている部分があるようである。そのため、子どもへの道徳教育以前に、保護者に日本の道徳観に馴染んでもらう必要があるというアンケート回答があった。

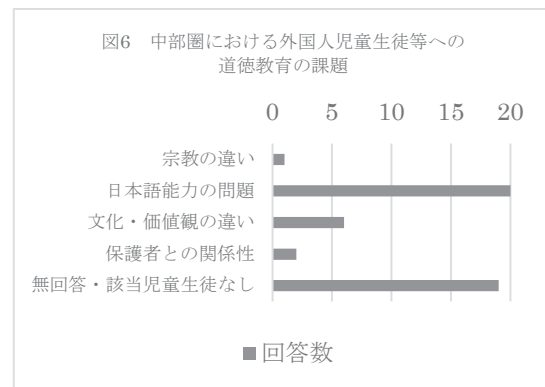
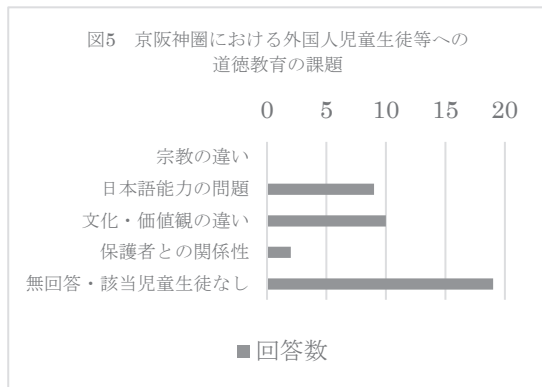
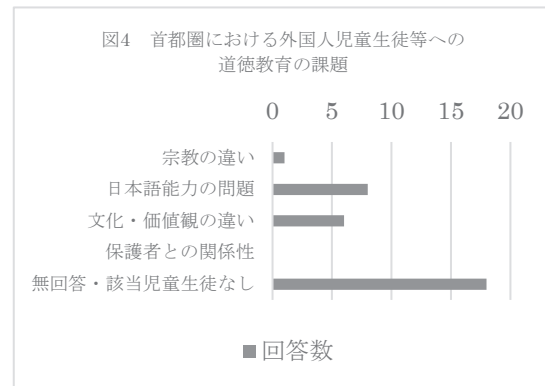
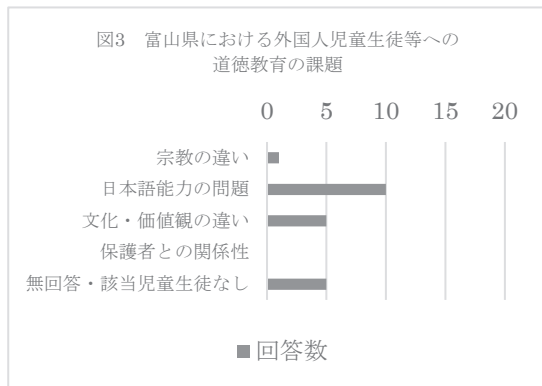
以上、アンケート結果の概要を見てきた。アンケートの結果、外国人児童生徒等に対する道徳教育に関して、日本語能力に由来する課題、文化・価値観の違いに由来する課題、宗教の違いに由来する課題、保護者との関係性に由来する課題があることがわかった。

3.3. 富山県と他の都府県の比較

本研究では、富山県とそれ以外の地域のアンケート結果を比較することで富山県に固有の問題があるか、他府県と共通する問題があるのかを明らかにすることを目的の一つとしていた。そのため、次に富山県と他の都府県との間に、外国人児童生徒等への道徳教育に関する課題に傾向の違いがあるかを確認する。

図3から図6はアンケートを実施した地域毎にそれぞれの課題にどれだけの回答が寄せられたのかを示したグラフである。

いずれの地域も日本語能力の問題と文化・価値観の違いが多くなっているという傾向の違いは見られない。それゆえ、外国人児童生徒等に対する道徳教育に関する課題には、富山県とそれ以外の地域では大きな違いがないことが推測される。



3.4. 小結

本研究では、小学校・中学校の教員が、外国人児童生徒に道徳教育をする際に直面している課題、および、その課題に地方都市と大都市圏で差異があるのかを明らかにすることであった。前者に関しては、アンケートから、①日本語能力に由来する課題、②文化・価値観の違いに由来する課題、③宗教の違いに由来する課題、④保護者との関係性に由来する課題という四つの課題があることがわかった。さらに、アンケートの回答を読むと、外国人児童生徒等の文化的背景と日本文化の違いには、広い意味での日本文化との違いのほか、日本の学校制度・学校文化と彼らの文化的背景の違いがあることがうかがえる。また、後者に関しては、今回の調査結果からは、富山県と大都市圏の間に大きな差異は見られなかった。

今後の課題として、以下の二つが挙げられる。一つは、富山県以外の地方都市の状況を調査し、大都市圏と比較することである。もう一つは、日本の学校文化と外国人児童生徒等の文化的背景の齟齬の視点から分析することである。この関係性について、宮島・太田は「外国人の子どもを受け入れる日本の学校が、彼らの言語や文化の状況を考慮した対応を行えないこと」や「日本語モノリンガリズム、複雑な学校規則、異質な行為者に対して向けられるいじめその他不寛容の壁」が、外国人の子どもやその親に就学をためらわせる要因にさえなっていると指摘している⁴。今後、外国人児童生徒等への道徳教育の課題を研究していく上では、宮島らが指摘している点に関しても考慮に加えていくことで、日本の学校で外国人児童生徒等に道徳を教えていく際の課題

に関して、より正確に分析できると予想される。

4. 横浜山手中華学校における道德教育に関する調査

4.1. 横浜山手中華学校の教育カリキュラム

同校が実施する教育に関して、特に道德教育に関連するカリキュラムを確認しておこう。同校の教育の中核には「Chinese Spirit」（中国心）が置かれている。これは「中華文化」と「華僑精神」から形成され、「中華文化を継承することで、子どもたちのアイデンティティを確立し、自尊心を高め」るなかで育まれるものだ⁵とされる。とりわけ、「華僑精神」は「居住国の方たちや故郷との良好な関係を築くための導き」になるという⁶。この「華僑精神」は、「勤労奮闘・自力厚生」、「団結互助・誠信守則」、「敬祖愛郷・善隣友好」、「包容開放・進取創新」から成り、『礼記』の一篇である「大学」の中で提示される「修身、齐家、治国、平天下」という考えに通じるものだという⁷。それぞれの対応関係は表3の通りである。

表3 華僑精神とその意味、『礼記』との対応関係

華僑精神	意味	『礼記』
勤労奮闘・自力厚生	労苦をいとわず奮闘する・自分の力でやり遂げる	修身
団結互助・誠信守則	力を合わせて助けあう・信用を重んじルールを守る	齐家
敬祖愛郷・善隣友好	祖先を敬い故郷を愛する・隣人と仲よくする	治国
包容開放・進取創新	包容力があり開放的である・進取性と創造力を備える	平天下

教育方針は「徳育・知育・体育など多方面にわたる能力開発教育をとおして、華僑華人の子弟が中国の言語と文化を継承、発揚し、さらに日本の言語と文化を理解し、（中略）中日友好を促進し国際性豊かな人材となるための基礎教育」を与えることである⁸。

以上の教育方針を達成していくために、同校は五つの特色ある教育を実施している。そのなかでも、とりわけ道德教育と関わりのある「三好五愛教育」に焦点をあててみよう。「三好五愛」とは、表4に示す徳目の総称である。

表4 三好五愛の項目とその意味

	中国語表記	日本語表記	意味
三好	品行好	品行良し	日常のふるまいや行いを正すこと
	学习好	学習良し	日々の学習にしっかりと取り組むこと
	身体好	身体良し	健やかな体を保つこと
五愛	爱祖国	祖国を愛す	「Chinese spirit」（中国心）を備える
	爱集体	集団を愛す	仲間と助け合う
	爱劳动	労働を愛す	率先して奉仕する
	爱清洁	清潔を愛す	整理整頓・みだしなみに気をつける
	爱自然	自然を愛す	自然・環境を守る

「三好五愛教育」に関しては、毎月、重点項目が置かれる。発表者が訪問した2月には「清浄奉獻」（訳：清掃に力をいれよう）という目標が掲げられたポスターが廊下や各教室に貼られていた。ポスターには、目標とともに「讲究卫生爱清洁」（訳：衛生に気を配り、清潔にしましょう）、「服务别人多奉献」（訳：他の人のためになることをたくさんしましょう）とも書き添えられていた。

4.2. 小結

以上、横浜山手中華学校の道德教育の実践を確認してきた。同校では、「Chinese spirit」の軸に据えた道德教育が行われていた。同校では、児童・生徒が日本と中国という二つの文化の間で、両文化を学んでいけるような取り組みを実施している。学校生活のなかでどのような実践を行なっているのかに関しては、さらなる調査が必要である。この点に関しては、今後の研究課題としたい。

5. おわりに


以上、本研究で取り組んできた二つの調査に関して、その概要と結果について説明をしてきた。外国人児童生徒等に対する道德教育には、①日本語能力に由来する課題、②文化・価値観の違いに由来する課題、③宗教の違いに由来する課題、④保護者との関係性に由来する課題という四つの課題があることがわかった。

在日華僑に対する道德教育に関しては、横浜山手中華学校の事例から、同校では、児童・生徒が日本と中国という二つの文化の間で、両文化を学べるようなカリキュラム作り、実践を行っていることがわかった。

今後は、本調査での結果を軸に、外国籍児童生徒等への道德教育について研究を進めていく予定である。なお、本研究に関しては、2023年3月に発行された富山国際大学紀要子ども育成学部第14巻第2号にて、その成果の一部を論文として発表をした。

註

- 1 文部科学省『外国人児童生徒等受入れの手引き』2019年、5頁。
- 2 日本経済新聞（2019年3月31日）「外国人受け入れ拡大へ 改正入管法4月1日施行 5年間で34.5万人」<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO43156940R30C19A3PE8000/>（2022年9月25日）
- 3 文部科学省（令和4年3月25日）「『日本語指導が必要な児童生徒の受入状況等に関する調査（令和3年度）』の結果（速報）について」https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/31/09/1421569_00003.htm（2022年9月11日）なお、この結果は、小学校・中学校・高等学校・義務教育学校・中等教育学校・特別支援学校に在籍する外国人児童生徒等の数である。

- 
- 4 宮島喬・太田晴雄編『外国人の子どもと日本の教育 不就学問題と多文化共生の課題』東京大学出版会刊、2005年、4頁。
 - 5 横浜山手中華学校パンフレット、7頁。
 - 6 同パンフレット、8頁。
 - 7 同パンフレット、8頁。
 - 8 同パンフレット、9頁。

研究題目	憲法史的脈絡を踏まえた戦後改憲論の分析
機関名	高岡法科大学
研究代表者	法学部法学科・准教授・荒邦 啓介
分野	公法学
キーワード	憲法史 憲法学説史 憲法改正

1. 研究の背景と目的

本研究は、先行研究とは異なる分析視角を意識しながら、戦後日本の憲法改正論を検討するものである。その分析視角とは、要するに、《戦後日本の改憲論を1945年以前（戦前・戦中）の法・政治思想とのつながり（脈絡）において理解する》というものである。

こうした分析視角によることで、1950年代以降蓄積され続けてきた極めて多種多様な改憲論について、より精緻な検討を行うための基礎を構築できると考えられる。このことは、戦後の我が国における憲法改正論史研究にとって、また、戦後憲法学説史研究にとって、一定の貢献をなし得るものだと思われる。

2. 研究方法

本研究においては、主に、以下のふたつの点に留意して研究を進めた。すなわち、

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> (1) 改憲論を、1次資料などに基づき、基礎的・実証的に検討する (2) 改憲論を、1945年以前との思想的連続性——戦後改憲論の《憲法史的脈絡》——のなかで捉える |
|---|

という2点である。

そこで、国立国会図書館憲政資料室所蔵資料の閲覧や、改憲論に関する国内外文献の収集・分析を重ねた。特に、後述のとおり本研究ではふたりの憲法学者に注目したため、彼らの著作については、複写によるものを含め、可能な限り入手するよう試みた。

収集した文献等をもとに、今回の研究では、1950年代のふたつの改憲論について、上記（1）および（2）の点を踏まえた分析を行った。

3. 研究成果

3-1. 本研究の結論

本研究で具体的に着目したのは、1950年代に憲法改正を主張したふたりの憲法学者である。彼らの改憲論を分析した結果、本研究で見出すことができた一応の結論は、次の2点である。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> (1) 1945年以前との脈絡を捉えることで、改憲論の内容や思想を、より精緻に追跡できる可能性が高いこと (2) 《固有性・独自性志向の強い改憲論》と《普遍性志向の強い改憲論》とがあったこと（本研究では、暫定的に、前者を《復古的な改憲論》、後者を《革新的な改憲論》と呼びたい） |
|---|

その詳細は、すでに発表済みの拙稿（荒邦・2022）のほか、今後公表予定の注を付した論文・著書において示すので、そちらを参照されたい。ここでは、その要点筆記的なものを記録しておくことにしたい。

3-2. 井上孚麿の改憲論

着目した憲法学者のひとり、井上孚麿（1891～1978）である。

長崎に生まれた井上は、第五高等学校大学予科を経て東京帝国大学法科大学を卒業、同助手を務め、法政大学教授、台湾総督府高等学校教授、台北帝国大学教授と転じ、その後、「内地」の国民精神文化研究所へと移った。しかし、東条英機内閣批判をきっかけとして辞職、そのまま終戦を迎えた。

戦後は、徐々に『神社新報』等に論考を寄せ始め、日本経済短期大学教授、亜細亜大学教授を務めた。その一方、1960年には憲法調査会において日本国憲法無効論を主張したほか、改憲派や憲法無効論者が集っていた「憲法の会」という団体にも参加した。

井上の唱えた憲法無効論とは、日本国憲法の制定過程に「瑕疵」があることを理由に、それを有効に成立したものではないと解する理論である。さらに、日本国憲法が無効であることを確認したうえで、大日本帝国憲法の復原を求めるものであったため、帝国憲法復原論といわれることもある。著名な憲法無効論者のひとり、憲法無効論を、広い意味での憲法改正論の一種として扱っているから、本研究においてもそうした観方にしたがうことにしたい。

では、なぜ、井上は憲法無効論を唱えたのか。本研究の分析によれば、それは、①法理論的理由とでも呼ぶべきものと、②法思想的理由とでも呼ぶべきものがあつた、と考えられる。

法理論的理由とは、日本国憲法の制定が帝国憲法の改正の限界を逸脱したものであつたことなどを踏まえて、「重大且つ明白なる瑕疵」が日本国憲法の有効な成立を妨げている、とするものである。こうした理由付けについては、先行研究などでも、つとに引用されてきたものであつて、特に分析を要するものでもない。

一方、法思想的理由とでも呼ぶべきものがあつたのではないかという点は、本研究において特に注意を払ったポイントである。井上の帝国憲法下での議論も参照すると、彼には、「憲法が——権力者を含めて——人々に順守されるには何が重要か」という問題意識があつたことが分かる。井上の言葉を借りれば、「憲法恪循」の問題だ、といえるものである。

日本国憲法は、その制定経緯や内容に鑑みると、十分に「恪循」されるための条件を備えているものではないと井上はいう。そうした、いわば吹けば飛ぶような憲法では、意味のある憲法とはいえない。そこで、彼の考えによれば十分に「恪循」される憲法である帝国憲法を復原し、必要があればあらためて適切な手続によって憲法改正を行うべきだ、とされた。なぜ、帝国憲法は「恪循」される憲法だといえるのかというと、人為的ではなく自然に生成された点に、その理由があると井上は主張した。「統治ノ洪範」を「紹述」したものが帝国憲法だとする井上は、その漸進的・生成的な面を強調し、専制政治を防ぐために人為的に作られる諸外国の憲法とはその性質が異なるとした。

3-3. 大西邦敏の改憲論

本研究で着目したもうひとりの憲法学者は、大西邦敏（1899～1990）である。

大西は香川に生まれ、早稲田の第一高等学院を経て、早稲田大学政治経済学部を卒業、大学院へと進んだ。その後、同助手、講師、助教授となり、1940年から教授となった。その間、海軍出身の実業家・中島知久平が主宰した国政研究会で嘱託となったり、1938年に政府が設けた議会制度審議会の嘱託となったりした。

戦後になると、早い段階から、日本国憲法上の疑義ある条文への検討を行い、神川彦松を代表とする「憲法研究会」に参加した。同会は1950年、『日本国自主憲法試案』という改憲を具体的に論じ、提案した成果物を刊行したが、神川によれば、それを著すに際して「特に大西教授の深い造詣と蘊蓄とに負うところが多大であった」（憲法研究会・1955）という。ほかにも大西は、自主憲法期成同盟の理事を務め、さらには自身の手で日本国憲法を全面的に改正する改憲案を公表した。さらに、憲法調査会委員を務め、加えて中曾根康弘の憲法改正案（「高度民主主義民定憲法草案」）作成にアドバイスを与えてもいた。その経歴からもはっきりと分かるように、大西は、戦後初期を代表する改憲派憲法学者のひとりであった。

では、大西の憲法改正論は、どのようなものだったのか。大西の改憲論は、基本的に、比較憲法研究を土台として、そこで得られたデータをもとに具体的な改憲を論じる、というものであった。そして、大西によれば、彼の研究の基本にあったのは、『民主政治』の追求（大西・1970）であった。

本研究では、そうした大西の改憲論の手法を跡付けるべく、彼の議会制論、とりわけ第二院に関する議論を分析の対象とした。その際、憲法史的脈絡を踏まえるべく、帝国憲法下で展開された大西の議会制論と、日本国憲法下で展開されたそれとを、取り扱った。

大西が研究を始めた頃というのは、ヨーロッパにおいて「デモクラシーの危機」とか「議会政治の危機」とかといわれていた時代であった。そうしたなか、彼は、第一次世界大戦後の第二院の動向を詳細にリサーチしており、憲法の明文をもって第二院の権限を縮小する傾向が見出せると結論付けている（大西・1930）。また、権限に縮小傾向がみられる第二院の組織方法としては、貴族院型、任命型、選挙型のほか、職業別に議員を選び、その職業を代表させようとする職能代表型の第二院——第二院の議員の一部ではあったものの——がある、ということを紹介した（大西・1932）。

その後、職能代表型の議会制度を採る各国の制度を整理・分類した大西は、我が国における当時の貴族院の改革問題に対し、職能代表型の議会制論を適用していった。そこでは、職能代表制を日本の貴族院の組織方法として採用すべきだ、ということが明確に考えられていた（大西・1938）。

その採用は、確かに部分的なものであって、すべての貴族院議員を職能代表とするプランではなかったが、従来の貴族院議員の選出方法からすれば、極めてラディカルな制度改革構想であった。そうした構想が比較憲法研究に基礎づけられていた点は、法の改正を論じる際の、大西のま

さに十八番的な手法であった。このことは、戦後も同じであった。

戦後の大西は、参議院改革のために、間接選挙制へと着目し、さらには第二院廃止論（＝一院制論）へと傾斜していった。衆議院と同じように政党化される参議院に危惧の念を抱いた大西は、政党化の傾向は直接選挙制を採る場合に著しいと分析し（大西・1955）、直接選挙制、間接選挙制、任命制などを組み合わせた組織方法を採る国が多いことも指摘した（大西・1950）。

そこで大西は、自身の改憲案でも「衆議院は、国民によつて直接に選挙された議員でこれを組織し、参議院は、国民によつて間接に選挙された議員でこれを組織する」という条文案を設け、間接選挙制を採る第二院とせよ、という主張を展開した。こうした主張は、当時二院制を採る国々がどのように第二院を組織しているかを幅広く調査した結果、必ずしも直接選挙制のみで組織する国が多いわけではなく、間接選挙制や複数の仕組みを組み合わせた方法で第二院を組織する国が多数見受けられることを踏まえたものだった。さらにその後、「断然第二次世界大戦後一院制が増えております」と述べる大西は、日本もまた、「一院制が良いと思う」と唱えるまでになった（大西ほか・1959）。

このような大西の改憲論は、上述のとおり、比較憲法研究を土台として、そこで得られたデータを用いて組み立てられたものであった。その手法は、帝国憲法下から一貫していたといつて良い。

3-4. ふたつの改憲論から分かること

ところで、本研究で検討の対象としたふたりの憲法学者それぞれの改憲論を踏まえると、1950年代の改憲論について、どのようなことがいえるであろうか。

まずは、3-1で述べたように、1950年代の改憲論については、

(1) 1945年以前との脈絡を捉えることで、改憲論の内容や思想を、より精緻に追跡できる可能性が高いこと

を指摘することができる。井上の改憲論も、大西の改憲論も、その持ち味を十分に吟味するには、彼らの帝国憲法下での主張を踏まえる必要がある。もちろん、そうせずとも彼らの主張を読み取ることにはできなくはないが、ただし彼らの改憲論をより精緻に分析するには、それでは足りないところもあるだろう。

井上の場合は、帝国憲法下から彼のなかにあった「憲法恪循」の問題を踏まえることで、戦後の憲法無効論の意義をより多角的にとらえることができる。大西の場合は、帝国憲法下から彼が用いていた研究手法を踏まえることで、戦後の改憲論でもその手法が一貫していたということを理解できる。本研究では、このふたつの例を見たに過ぎないが、1945年をまたいで活躍した法学者の言説を分析する際に十分に意識されて良いことが、これらの例から取り出せるように思われる。

次に、ふたりの憲法学者それぞれの改憲論を突き合わせてみると、1950年代の改憲論には、

(2) 《固有性・独自性志向の強い改憲論》と《普遍性志向の強い改憲論》とがあったことを指摘できると考えられる。

井上の改憲論は、帝国憲法の独自性に着目し、それゆえに、帝国憲法には十分に「恪循」されるための条件が備わっていることを主張するものであった。一方で、大西の改憲論はどうであったかという、日本の独自性などといったことにはほとんど無頓着であったとあって良い。各国の立法や制度を参考に、我が国の法改正を論じる様子は、むしろ普遍性を志向するものだったといえる。そのことは、井上との比較によって、いっそう際立つ（なお、大西は皇位の継承を女性にも認める改憲案を作るなど、我々が通常思い浮かべる保守的な改憲論とは明らかに一線を画している）。

こうした両者の違いを踏まえ、本研究においては、暫定的に、井上のような改憲論を《復古的な改憲論》と呼び、大西のような改憲論を《革新的な改憲論》と呼びたい。このふたつの用語は、やや落ち着いた感があり、うまく両者の改憲論をイメージさせるものとなっているか不安も残る。この課題については、今後さらなる検討を経て、あらためて考えることにしたい。

4. 今後の展望

今後の展望として、まず、上述のとおり、《復古的な改憲論》－《革新的な改憲論》という観方が説得的なものといえるかどうか、あらためて検討を行いたい。このことは、用語の定義に加えて、1950年代に展開されたその他の改憲論を広く検討対象とすることで一定の結論を見出せるものと思われる。

また、戦後日本の改憲論研究として、1960年代以降にも視野を拓げることとしたい。今日、戦後日本の憲法学説史について、改憲を主張した憲法学者のそれを含めて描こうとチャレンジすることは、特異なものではなくなったとあって良いわけだが（例えば、鈴木ほか・2021）、1960年代以降の改憲論も検討対象に含めることで、戦後の我が国の改憲論史を組み立てることができだろう。

5. 参考文献

※ここでは、本研究を進めるうえで特に参照した主な文献と、本報告書中で言及した文献とに限って、掲載した。

1. 荒邦啓介「大西邦敏の議会制論」高岡法学 41号（2022年12月）
2. 葦津珍彦ほか編『井上孚麿憲法論集』（神社新報社、1979年）
3. 井上孚麿「憲法を支ふるもの」桃李 4巻2号（1954年2月）
4. 井上孚麿「憲法生死の岐路」桃李 6巻1号（1956年1月）
5. 井上孚麿「憲法の一貫性」日本 10巻1号（1960年1月）
6. 井上孚麿『増訂 憲法研究』第15版（政教研究会、1971年）
7. 大西邦敏「議会意思構成の実証形態」早稲田政治経済学雑誌 20号（1930年12月）
8. 大西邦敏「二院制度」早稲田政治経済学雑誌 27号（1932年12月）
9. 大西邦敏「議会制度改革の理論と実際（一、二・完）」（1938年10月、12月）
10. 大西邦敏「参議院の性格」早稲田政治経済学雑誌 103号（1950年4月）

- 1 1. 大西邦敏「理性の政治へ」民主政治 4 号 (1955 年 10 月)
- 1 2. 大西邦敏ほか (座談会)「参議院制度研究会 第二回 参議院をどう改革するか」民主戦線 17 号 (1959 年 9 月)
- 1 3. 大西邦敏『憲法と民主政治』(成文堂、1970 年)
- 1 4. 憲法研究会編『日本国自主憲法試案』(勁草書房、1955 年)
- 1 5. 鈴木敦ほか編『「戦後憲法学」の群像』(弘文堂、2021 年)
- 1 6. Georg Jellinek, Allgemeine Staatslehre, 3. Aufl., 1966
- 1 7. Hans Helfritz, Allgemeines Staatsrecht, 2. erweiterte Aufl., 1928
- 1 8. Karl Braunias, Die rumänische Verfassungsentwicklung 1923-1938, in: Zeitschrift für osteuropäisches Recht, Heft 12, 1938
- 1 9. Otto Koellreuter, Die politischen Parteien im modernen Staate, 1926
- 2 0. Walter Anderssen, Die Entwicklung des öffentlichen Rechts in Rumänien vom 1. Juli 1930 bis 30. Juli 1938, in: Jahrbuch des öffentlichen Rechts der Gegenwart, Bd. 25, 1939

研究題目	富山県の里親への養育プログラム（前向き子育てトリプル P）導入の効果と心理専門支援ニーズの検討
機関名	富山短期大学
研究代表者	幼児教育学科・准教授・嶋野珠生
分野	人文・社会・芸術系
キーワード	前向き子育てトリプル P、里親、心理支援

1. 研究の背景と目的

近年、少子化にもかかわらず、社会的養護を必要とする子どもは減ることなく 45,000 人前後を推移してきた。2021 年 3 月末には、里親とファミリーホームへの委託を合わせた家庭養育の子どもは 7,798 人、一方、児童養護施設や乳児院といった施設養護の子どもは 33,975 人、合計 41,773 人に上っている。欧米諸国では、社会的養護を必要とする子どもの養育は里親が主流であり、オーストラリア 92.3%、アメリカ 81.6%、イギリス 73.2%、イタリア 52.4% など、いずれの国も概ね半数以上が里親委託である。それに対し、日本では 2021 年 3 月末によろやく 23.5% になったところであり、社会的養護を必要とする子どもたちの措置先が施設措置に偏重している現状がある。欧米先進国では、1950 年代以降、ボウルビィのアタッチメント理論が大きく影響し施設養育が縮小され里親養育が急速に進んだ経緯があるが、日本には特有の里親制度の変遷があったと考えられる（貴田 2019）。わが国では明治期以来篤志家や宗教団体によって誕生した施設が、戦後の浮浪児対策を経て、現在増え続ける被虐待児の受け皿として依然大きな役割を担っているのが現状である。

しかし、2016 年の児童福祉法改正で、「家庭養育優先の原則が明確化」された。全ての子どもは家庭または家庭における養育環境と同様の養育環境で継続的に養育されるべきであることが明文化され、わが国の社会的養護の方針が大きな転換点を迎えた。これを受けて「新しい社会的養護ビジョン」が取りまとめられ、「愛着形成に最も重要な時期である 3 歳未満については概ね 5 年以内に、それ以外の就学前の子どもについては概ね 7 年以内に里親委託率 75% 以上を実現し、学童期以降は概ね 10 年以内を目途に里親委託率 50% 以上を実現する」という数値目標が定められた。里親養育では、一般家庭という環境の中で、特定の大人との愛着関係の下で養育され、安心感の中で基本的信頼感や自己肯定感といったその後の子どもの生涯にわたる発達の基礎を育むことができることが期待される。また成人後も実家的な役割を持つことができ、永続的に安定した養育環境を保障することが自立後の支援につながる効果などが期待されている。各地で里親委託を推進するための取り組みが様々に実施されており、新潟市や福岡市、静岡市、さいたま市のように委託率の上昇が大きい自治体もある一方で、その普及がなか

なか進まない自治体も多いのが現状である（子ども家庭庁（2023）「社会的養護推進に向けて」）。富山県においては、社会的養護を必要とする児童数は117人、そのうち里親委託児童は25人、委託率21.4%（2020年3月末）であり、里親委託が全国的に見て進んでいるとはいいがたい。年齢別で見ると、3歳未満児4人（委託率40%）、3歳以上就学前3人（15.8%）、学童期以上18人（20.5%）となっており、3歳未満児での委託率は全国平均より高いが、その他は下回っているという現状である。

里親委託が進まない理由の一つとして、里親不調（里親子関係がうまくいかず委託解除になること）が挙げられる。伊藤（2018）によると里親不調を経験した里親の割合は17%であり、その理由で最も多いのが「障害児や被虐待児などのケアに対応しきれなかったため」である。児童養護施設入所児童等調査結果（2018）によると、里親に委託されている子どものうち38.4%が虐待を受けており、24.9%に障害等があった。このように里親に委託される子どもは、虐待による愛着障害の問題やトラウマ由来の問題を抱えている率が高く、また障害も抱えている率も高いため、里親の養育にこそ、それに関する知識や技術が当然必要である。にもかかわらず、里親登録に際しての研修カリキュラムにはそれらは含まれておらず、また養育里親の認定前研修や更新研修には、「児童の発達と心理・行動上の理解など」や「養育上の課題に対応する研修」は含まれているが、いずれも座学であり、養育技術の向上を図る実践的なトレーニングプログラムの提供はなされていない。支援が不十分なまま里親不調に至り、子どもは再トラウマを負うことになり、里親は自信を失うことになる。里親不調に陥った場合、里親への丁寧なケアが必要であるがそれも十分には行われているとは言えない現状で、こうして里親委託が増えていかないという悪循環にもつながっていると言える。

里親不調を回避し、里子の再トラウマ化を防ぎ安定した養育環境で成育できることを保障するために、里親となるものが里子特有の問題を理解して養育できるように、愛着形成に注目した養育方法の提供や、発達障害を含む障害のある子どもへの養育方法を提供するためのさまざまな養育プログラムの実施が試みられている。大人と子どもの関係づくりに焦点をあてたCAREプログラム（福丸2018）や、アタッチメントに焦点をあてたプログラム（徳山・田辺2015、瀬地山2022）、また里親のニーズに沿ってイギリスで開発されたフォスタリング・チェンジ・プログラムの導入と普及の報告（村山・是永2020, 2021）などがみられる。今後我が国で里親を普及させていく上では、こうした養育プログラムを里親に提供することが不可欠となってくるが、どのプログラムがどの点において効果的であるのか、何が最も効率的で有効であるのかは検証途上である。

そこで本研究では、以下の3点を目的として取り組むこととする。

第1に、養育支援プログラムとして科学的な効果が実証されている「前向き子育てトリプルPプログラム（以下、TP）」を富山県内の里親対象に実施しその効果を検討する。

TPはオーストラリアで開発された「Positive Parenting Program」である。子どもとの良い関係を作り問題を防ぐための技術10個と、問題行動を扱うための技術7個を8回セッションの中で学び、家庭での実践をモニタリングしながら各家庭に合わせた子育てのやり方に応用して

いく力をつけられるようにデザインされている。社会学習モデル・行動療法・応用行動分析・認知行動療法・発達心理学・公衆衛生などの研究に基づく家族介入支援プログラムであり、子どもの問題行動の改善と養育者の養育力の向上やストレスの低減などの効果が実証されている。世界 25 か国、19 言語に翻訳され、400 万人以上の子どもと家庭を支援してきた。わが国においても発達障害児への効果も報告されている（(西嶋・松浦・星田 2015)）。

第 2 に、TP 終了後に里親へのインタビュー調査を実施し、TP の有効性と限界を明らかにし、富山県の里親支援に求められる心理支援の方向性を見出すこととする。

第 3 に、富山県と同レベルで積極的な取り組みをしている地域への聞き取り調査を実施し、その結果も参考にして、本県における里親への心理支援の課題を整理する。

2. 研究方法

研究 I TP の実施と TP 参加者へのアンケート調査によるプログラム効果の評価

(1) TP の実施

富山県里親支援機関および厚生部子ども支援課への研究協力への依頼後、富山県里親会を通じて、里親への説明を行い、研究協力里親の募集を行った。TP 参加および研究協力の同意を得たのは、8 名（男性 2 名、女性 6 名）そのうち、4 名は夫婦での参加だった（表 1）。今回実施した TP プログラムは子どもの対象年齢を 12 歳までとしているが、関心をもって自発的な参加意思を示された方は全て対象としたため、思春期の里子を養育する里親さんが 2 名参加された。思春期の子どもの場合、TP だけでは十分に効果が上がらないかもしれないことも説明し同意を得た。プログラム実施は土日祝日を利用して筆者の勤務校である短期大学を会場として保育付きで 2022 年 7 月～9 月にかけてグループセッションを 5 回、8 月中に個別のセッションをオンライン会議システムで各家庭 3 回ずつ、プログラム終了 3 か月後にフォローアップセッションを 1 回実施した（表 2）。欠席の場合は、次のセッション開始までの間に、個別でオンラインにてフォローを行い、プログラム受講の取りこぼしがないように配慮した。

表 1 参加者の属性

里親	性別	里親種別	里子年代
A	女性	専門里親	10代
B	女性	専門里親	10代
C	女性	特別養子縁組里親	幼児
D	女性	特別養子縁組里親	小学生
E	男性	特別養子縁組里親	小学生
F	女性	特別養子縁組里親	幼児
G	男性	特別養子縁組里親	幼児
H	女性	養育里親	幼児

*D、EおよびF、Gはご夫婦

表 2 プログラムの実施状況

回	実施日		場所	参加人数
#1	7月3日	日	富山短大	8
#2	7月9日	土	富山短大	8
#3	7月23日	日	富山短大	5
#4	7月31日	土	富山短大	7
#5	8月中に1～2週に1回の間隔で、各家庭3回の個別セッション。1回30分～1時間		オンライン	8
#6				
#7				
#8	9月4日	日	富山短大	7
フォローアップ	12月18日	土	富山短大	7

(2) TP 参加者へのアンケート調査

①実施アンケート内容

参加者には以下の 4 種類のアンケートをプログラム前後に実施した。

- A. 親の子育てスタイル（手ぬるさ、過剰反応、多弁さ）を測る質問紙 PS (Arnold, O' Leary, Wolff and Acker, 1993)
- B. 子どもの行動変化（社会的行動、感情的症状、行為問題、多動性、交友問題）を測る質問紙 SDQ (Goodman, 1997, 1999)
- C. 親の抑うつ、不安、ストレスを測る質問紙 DASS (S. H. Lovibond and P. F. Lovibond, 1995)
- D. 子育ての経験（子育ての困難度、子育てへの意識、自信度、被援助感、パートナーとの関係）に関する質問紙 PES

②分析方法

回答結果を集計し数値の前後比較を行った。スコアの分析については、トリプル P ファシリテーターマニュアル（2006）に基づき、数値が問題とされる臨床範囲にあるか否かを確認した。

研究Ⅱ TP 参加者へのインタビュー調査

(1) 面接内容および手続き

プログラム終了後の 9 月後半から 10 月前半にかけて、各家庭にオンライン会議システムを通じて半構造化インタビューを行った。A, B, C, H は筆者と 1 対 1 で、D, E および F, G はそれぞれ夫婦一緒に行い計 6 組のインタビューを実施した。面接時間は合計 4 時間 56 分（最長 61 分、最短 31 分）であり、平均 49 分であった。インタビュー項目は「TP の役にたったところ」「自分の変化」「子どもの変化」「その他の変化」「グループの意義」「TP 以外の心理支援で役立ったところ」「TP だけでは改善が難しいところ」「里親特有の課題と思うこと」などであるが、参加者の自発的な語りは静止せず、自由な対話が行われるように配慮した。面接内容は、許可を得て IC レコーダーに記録した。

(2) 分析方法

録音された面接内容を逐語録化したものをデータとした。データの分析手順は、6 組それぞれについて、各質問項目に沿って、発話者の語りのまとまりを抜き出し、それをまず短文で要約した。その要約を KJ 法によりカテゴリー分類し一覧表にまとめた。

研究Ⅲ 高知県への聞き取り調査

(1) 高知県選択の理由

第 1 に、富山県と 2019 年時点での里親委託率が同水準であったことが挙げられる。さらに、高知県ではその年より里親養育支援プログラム「フォスタリングチェンジ・プログラム（以下、FCP）」を導入されていた。導入の経緯とプログラム実施に関しては村山・是永（2020、2021）の報告があるが、その後の継続・定着のための仕組みづくりなどについて情報を得ることができなかった。そこで、インタビュー調査を行うこととした。

(2) 手続きと調査時期

先行論文の筆頭著者である村山は、県庁職員で FCP 実施主体であったが、現在は、里親家庭サポートセンター「結いの実」が実施機関となり継続されていることがわかった。

2022 年 9 月 12 日に、「結いの実」の職員、県子ども家庭課の担当者および元担当者の村山氏から 1 時間程度の聞き取りを行った。

(3) 調査項目と分析方法

インタビュー項目は、里親養育支援の高知県の取組の現状、FCP 導入・継続・定着上の工夫や課題点などであった。許可を得て IC レコーダーに音声を記録し逐語録をデータとしまとめた。

3. 研究成果

研究結果と考察を以下に述べる。

研究 I TP 参加者へのアンケート調査によるプログラム効果の評価

PS、SDQ、DASS の結果を表 3～表 5 に示す。

PS においては、「多弁さ」実施後臨床域に、「手ぬるさ」は実施前後ともに臨床域にあり、改善は見られなかったが、「過剰反応」スコアが実施前は臨床域にあったものの、実施後は臨床外域に低下した。「過剰反応」とは、「権威主義的なしつけ、怒り、意地悪さ、短気を表に出す」といった親の子育てスタイルであり、これが減少したということは、里親が落ち着いて子どもに接することができるようになったと読み取れる。

SDQ においては、里子の問題行動として「交友問題」「多動性」「行為問題」「感情的反応」が臨床域または境界域にあったが、実施後には、正常範囲または境界範囲まで低下している。トリプル P の実施が子どもの問題行動の減少に効果があったと見て取れる。

DASS においては、実施前後で数値は上昇してはいるが、親の精神的健康度は事前事後いずれも正常域であった。実施後の数値上昇は、子どもをよく見て関わるが増えたためより気になるが増えたのではないかと考えられる。

表 3 親の子育てスタイル

PS	事前	事後
多弁さ	3.25	3.52
過剰反応	3.19	2.66
手ぬるさ	2.91	3.27

表 4 子どもの行動変化

SDQ	事前	事後
社交性	8.25	7.00
交友問題	4.38	3.13
多動性	6.13	5.50
行為問題	4.75	3.63
感情的	5.75	3.63

表 5 親の抑うつ不安ストレス

DASS	事前	事後
ストレス	4.63	8.00
不安	3.25	6.13
抑うつ	3.13	3.63

PE の結果は表 6 に示す。すべての項目で実施前後の平均値の差の検定を実施したが有意差は見いだせなかった。そこで、実施前後で数値が上昇したのを見ると、「子育ては報われる」「子育ては確かな結果が出る」といった自分の子育てによって子どもが前向きに変化したことでの手ごたえを感じていることがうかがえる。それが「自信がもてた」の上昇につながっているものと思われる。「助けを得られた」の数値上昇から、プログラム期間中に子育てが助けられていると実感していたものと考えられる。パートナーとのしつけの一致や協力度にもプラス変化が見られる。

TP においては、親の子育てスタイル、子どもの行動変化、ストレスの減少、子育てへの自信などが増すことが先行研究では明らかにされている (Nowak, C. & Heinrichs, N. (2008)、Sanders, M. R., Kirby, J. N., Tellegen, C. L., Day, J. J. (2014) 柳川俊彦、平尾恭子、加藤則子他 (2009) など) が、今回の調査でも、親の子育てスタイル、子どもの行動変化、子育てへの自

信の変化などに効果が見られていると言える。

表 6 子育ての経験 (PES)

項目	平均 (前)	平均 (後)
子育ての困難度	2.88	2.38
①子育ては報われるものである	2.13	2.50
②子育てはすべきことが多くてきつい	3.00	2.50
③子育てはストレスになる	3.13	2.75
④子育ては確かな結果が出る	2.00	2.63
⑤子育てで落ち込んだ気持ちになる	3.13	3.00
自信が持てた	1.88	2.50
助けが得られた	2.38	3.75
パートナーとのしつけの一致度	2.75	3.63
パートナーとの協力度	2.88	4.13
パートナーとの幸福度	3.13	4.38

研究Ⅱ TP 参加者へのインタビュー調査

6組のインタビュー結果をカテゴリー分類した結果を表7、表8に示す。文中の【 】はカテゴリー、「 」は発言の要約を示す。

参加者は<TPの役に立ったところ>として、【日々の子育ての振り返りから気づきを得】、それを【具体的なスキルと結びつけ】「繰り返し」実践する機会を持つことで、【子育ての手ごたえを得る】ことができたことと評価している。TPの実践を通して、里親自身は【子どもの見方が前向きに変わ】ったり、【子どもとの良い関係が築ける】ようになると同時に多くの里親が【自分自身が落ち着いて対処できるようになった】と変化を報告している。里親自身が変わることで、【里子が安定】し、里子の【前向きな行動が増えた】と感じている。さらに、TPで得たスキルを実子や夫婦関係でも応用し、【夫婦での協力的な取り組みが増えた】という報告もある。TPのプログラムの良さは【具体的なスキル】が身につくように実践を繰り返すことだが、その際に、グループメンバーから【他の家族の実践を聞く】ことで【理解が深ま】っていく。「ここまで親しい関係の子育て仲間を初めて持てた」という参加者もあり、グループでの学びは【里親特有の悩みを】安心して【共有できる】【仲間がいることに支えられて】親自身が変わることを促進していると考えられる。こうした変化は、TPプログラムが対象としている幼児から小学生を育てる4家庭で特に顕著である。幼児と小学生を育てる里親は「子育て経験のないところいきなり3歳児が来る戸惑い」や「どう育っていくかの見通しが立たず、教えてもらう教室もない不安なままの子育て」を一人で乗り越えてきており、「本当につらかった」と言っている。里親養育の課題として、委託1年目の【委託前後に養育プログラムを実施する】ことを望む声が多く聞かれた。

<TP以外の心理支援で役立ったこと>については、中途養育で思春期の里子を委託された里親から、トラウマ治療のトレーニングを受けている心理士である筆者に【トラウマインフォームドな視点からの相談ができたこと】が挙げられた。トラウマインフォームド視点とは、背景にトラウマがあることを理解した視点のことである。

表7 プログラムの何が良かったのか

インタビュー項目	カテゴリー	発言数	要約例
TPの役にたったところ	気づきと具体的なスキルを結び付けていける	5	子育ての具体的な方法を知ったことが発見だった
			具体的な手法を多く知ることができたことで、落ち着いて自分で対処する余裕ができた
	日々の子育ての振り返りから気づきを得る	3	日々の子育て行動を意識化することで目指すところを見通した関わりができるようになる もともとやっていた技術を子どもの段階に合わせて応用できるようになった
	子育ての手ごたえを得られる	3	相談して効果があると実感できたことがよかった
	TPの学習方法が効果的な実践を後押し	1	テキスト、DVD、グループワークの繰り返し学習で身につく 個別セッションが継続を後押し
思春期への活用は難しい	1	自分が知っている知識と照らし合わせて取り入れて使ってみたが、思春期であり活用が難しい	
自分の変化	自分自身が落ち着いて対処できるようになる	4	子育てへの不安は誰にでもある、子育ての基礎を学んだことでやみくもに動揺しなくなる 穏やかな指示を意識的に使うことでエスカレートしなくなる
	自分が変わることで子どもと良い関係が築ける	3	自分が変わることで子どもとの良い関係が気づけると思える 子どもにとっても話しかけるようになった
	子どもの見方が前向きに変わる	2	子どものできること、やりたい気持ちができるようになった 子どものいい面をわかるようになった
里子の変化	子ども自身の前向きな行動が増える	4	ほめると子ども自らももっといろいろとやろうとする姿が増えた 子どもが思いを言葉で伝えるようになった 子ども自身がより前向きに楽しそうになった
	里親が穏やかな状態であることで里子が安定	3	自分の対応が落ち着いたので、子どもはゆっくりと待てる上になったり、納得する場面が増えた。 言われた指示に従うようになり少しずつ落ち着きが出てきた
その他の変化	夫婦での共有で協力的な取り組みが増える	3	夫も協力しようとしてくれるようになった 夫と家族としての方向性を整えられた
	里子以外への応用で関係が変わる	2	成人した実子への応用で関係性が変化 夫との関係で謝れるようになる 保育園の先生にも教わったことを伝え、先生も工夫してくれた
グループの意義	親密に話せる子育て仲間がいることで支えられ自分が変わる	4	仲間がいることで自分の意識も行動も変わっていった 継続的に参加してお互いの様子を話し合えることで親近感が増し自分も話しやすくなった
			ここまで親しい関係の子育て仲間を初めて持てた
	他の家族の実践を聞いて具体的に子育てスキルの理解が深まる	2	グループワークでみんなの実践を聴くことで具体的に理解ができるようになっていく
	里親特有の悩みの共有ができる	1	里親グループだからこそ共有できることが共有できる
TP以外の心理支援で役立ったこと	トラウマインフォームドな視点からの相談ができた	2	中途養育、思春期の里子対応にはトラウマインフォームドの視点からの相談ができて里子理解ができた

TPの個別セッション中は夏休みであり、その間の子どもたちの日常の行動を具体的に聴きながら、里親には理解しにくい行動が、トラウマ由来のものであることを心理教育することで、適切にTP技術を応用して対応し、里子自身の自信につなげていった家庭もあった。虐待トラウマを抱えた子どもたちを預かる上ではトラウマインフォームドな視点は欠かせないが、現在そのような視点を持った【相談機関の欠如】が里親養育の課題の一つであり、そうした【機関の必要

性】を里親たちは痛感している。里親たちが頼る相談機関としては児童相談所が一番に挙げられているが、「児相は日常生活の心理対応で精いっぱい」だと感じており、「児相の担当者がころころ変わるので」継続相談がしにくいこと、そんな状況でも自ら相談できる里親もいるが「頼りたくても頼れない人もいる」と指摘している。また児相に「子育ての具体的な支援の相談をしても、回答が出てこない」こともあり、里親のことを理解した上で具体的な子育て相談に応じられる「中間ぐらいの立ち位置の機関」が必要だという声もあった。

また、里親子を継続的に支えていくために求められているものは、今回のグループのような【子育て世代のコミュニティ】の存在、「子どもや家族の変化に応じた心理支援」の提供、「里親のためのレスパイト」、「里親と実親が子どもとの関係で関わること」、「真実告知」など、「里子が愛されていることを時間をかけて実感できるように永続的に支援を続ける仕組み」であるということであった。

表 8 里親養育の課題と思うこと

インタビュー項目	カテゴリー	発言数	要約例
里親養育の課題と思うこと	里親委託前後に養育プログラム実施が必要	5	突然里子のいる生活が始まる里親養育では、子育てが楽しく準備できるように養育プログラムを実施していくとよい 里子を育てる早い段階からこのようなグループで参加するプログラムがあると助かった どう育っていくのかの見通しが立たず、教えてもらおう教室もなく不安なままの子育てになりがち 子育て経験のないところにいきなり3歳児が来る戸惑いがあった。委託直後に受講したかった 専門的なペアレントトレーニングが必要なのに欠如しているために苦しいだけの養育
	児相が里親相談機能を十分果たすことが困難な現状と子育ての相談できる機関が必要	5	児相は日常生活の心理対応で精いっぱい 児相からは具体的支援の相談が出てこない 児相よりも中間ぐらいの立ち位置の機関が必要 児相を頼れる人とそうでない人がいる 児相の担当者はころころ変わるので思ったほど相談できず、回答も得られなかった
	里親子を継続的に支えるために必要なこと	3	こどもの発達変化、家族の変化に応じた心理的支援が必要 里親のためのレスパイトの必要性 里子が愛されていることを実感できるよう時間をかけて里親が伝え続け永続させて行ける仕組み
	子育て世代のコミュニティの作りやすさとその必要性	2	ベテランの里親さんが多いコミュニティには新しい里親は入りにくい 同じ年齢の子を育てる里親グループがあると安心の一つ
	トラウマインフォームドな視点のある相談機関の欠如とその必要性	2	トラウマインフォームドな視点のある相談機関があるといい 児童相談所は県内にトラウマを扱える機関がないのだから、トラウマを触れないと言う
	里親と実親が子どもとの関係で関わること	2	里親と実親が子どもとの関係でもっとかかわることのメリットがある 実親のことを知りたいと思ったが、担当者が良く変わるし、あまり何度も聴きにくい
	真実告知	2	告知について夫婦でまずは方針を一致させるために勉強している

研究Ⅲ 高知県への聞き取り調査

高知県では、パイロット的に 2019 年に県主導で FCP を実施後、社会福祉法人「結いの実」が里親家庭サポートセンターの委託を受け、事業の一環としてプログラムを継続している。里親家庭サポートセンターには常勤心理士がおり、日常の相談業務にもあたりつつプログラム運営

にも携わるため、プログラム中の支援だけでなく、終了後も継続して心理支援をしていくことに寄与する体制ができていた。また多職種の専門職が職員におり、里親支援が組織的に行われていた。FCP は社会学習理論や応用行動分析をもとにしてできた子育てスキルを学び合うプログラムが組み込まれており、かつ里親同士の温かな支え合いのコミュニティを作ることを重視している点で、TP と共通点が多い。加えて FCP には、アタッチメント理論、ライフストーリーを含む真実告知、委託の終了、思春期への移行など、本研究で里親たちが特有の課題として挙げた話題も含んでいる点で、里親養育の心理支援プログラムとしてはやはり適しているものと考えられた。目下、「結いの実」では、平日に 12 回のセッションを実施する規定のために参加者募集が難しいという問題を抱えていたが、柔軟な運用をしながら、少人数であっても継続していくことの意味を重視していた。

総合考察

以上の結果から、次の 3 つの観点から心理専門支援のニーズがあると考えられる。第 1 に里親養育委託前後での養育支援プログラムの実施の必要性である。多くの里親が、「どう育っていくのかの見通しが立たず、教えてもらう教室もなく不安なままの子育てになりがち」「子育て経験のないところにいきなり 3 歳児が来る戸惑いがあった。委託直後に受講したかった」と語った通り、「突然里子のいる生活が始まる里親養育では、子育てが楽しく準備できるように養育プログラムを実施していく」ことが求められている。「里子を育てる早い段階からこのようなグループで参加するプログラム」を提供し、同じ子育て仲間と一緒に子育てスキルを具体的に学びあいながら自分たちの家庭に応用していけるような支援が必要である。この結果は NHK (208) が実施した全国の里親 540 名の調査において、養育で困ったときに必要だと思うサポートの上位に、「専門家」「実践で役立つ養育研修」「子育て仲間」が挙げられた結果とも合致する。第 2 にトラウマインフォームドな視点から相談が受けられる専門家を擁する支援機関が不可欠であるということである。特に思春期の中途養育で委託される里親子支援では、被虐待でトラウマを有した里子の回復支援および里親がトラウマインフォームドな視点から子どもを理解し支えることができるよう専門家の支援体制を整備することが切に期待されていると言える。富山県では富山児童相談所の機能強化に併せて、2026 年度に開設が決定している児童心理治療施設に専門性の高い相談体制の構築が求められるだろう。最後に、里親自身が継続的に”支えられている”と安心感を持てるような専門家を擁する支援機関の設置の必要性である。2022 年に児童福祉法の更なる改正が行われ、家庭養育の推進により児童の養育環境を一層向上させるために、里親支援センターを児童福祉施設として位置づける方針が明らかになった。高知県の「結いの実」のような、日常的継続的に里親の相談に応じていける里親支援センターが富山県においても充実することが望まれる。

4. 今後の展望

富山県では、2022 年 10 月に富山で初の児童家庭支援センター「aid」が射水市に開設され、地域の子育て家庭支援に加えて里親支援も担うこととなった。2023 年度には FCP が実施されることが決定している。地域に根差し里親の身近なところで、継続的なプログラム提供、相談支

援、仲間づくりを担っていける機関として期待されており、より充実した組織作りが望まれる。

児童家庭支援センター「aid」での FCP がどのように実施されていくか、筆者は今後も継続してプログラムの導入に関わりながら成果を評価し、充実した里親支援に寄与したいと考える。

5. 参考文献

1. 福丸由佳、伊東ゆたか、木村一絵、加茂登志子 (2018) 里親向け研修における CARE プログラムの効果の検討—里子と里親の関係作りに向けたペアレントプログラムの実践— 白梅学園大学・短期大学紀要 54, 55-68.
2. 貴田美鈴 (2019) 「里親制度の史的展開と課題 社会的養護における位置づけと養育実態」 p.5 勁草書房
3. 子ども家庭庁 (2023) 資料集「社会的養護推進に向けて」(令和 5 年 4 月 5 日)
https://www.cfa.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/8aba23f3-abb8-4f95-8202-f0fd487fbe16/355512cb/20230401_policies_shakaiteki-yougo_68.pdf
2023 年 7 月 2 日閲覧
4. 村山真一、是永かな子 (2020) 里親家庭支援としてのフォスタリングチェンジプログラムの導入の可能性 高知大学学校教育研究 2, 125-133.
5. 村山真一、是永かな子 (2021) 里親家庭支援としてのフォスタリングチェンジプログラムの導入と効果の検証 高知大学学校教育研究 3, 241-247.徳山美千代、田辺肇 (2015) 里親と里子に対するアタッチメントに焦点をあてた支援に関する検討—介入プログラムへの里親の内省報告の分析より— 静岡福祉大学紀要 11, 1-7.
6. NHK(2018) 全国里親アンケート <https://www.nhk.or.jp/d-navi/link/kodomo/qa.html> (2023 年 3 月 20 日閲覧)
7. 西嶋真理子・松浦仁美・星田ゆかり (2015) 発達障害児の親を対象に保健師が行った前向き子育てプログラム (トリプル P) の評価: 評価指標による介入効果の分析 日本地域看護学会誌 vol.18, No.2-3, p41-50
8. Nowak, C. & Heinrichs, N. (2008). A comprehensive meta-analysis of Triple P - Positive Parenting Program using hierarchical linear modeling: Effectiveness and moderating variables. *Clinical Child and Family Psychology Review*, 11, 114-144.
9. Sanders, M. R., Kirby, J. N., Tellegen, C. L., Day, J. J. (2014). The Triple P-Positive Parenting Program: A systematic review and meta-analysis of a multi-level system of parenting support. *Clinical Psychology Review*, 34 (4), 337-357
10. 瀬地山葉矢 (2022) 里親への心理的支援—アタッチメント理論に基づく支援を中心に— 日本福祉大学子ども発達学論集 14, 1-9.
11. 柳川俊彦、平尾恭子、加藤則子、北野尚美、上野昌江、白山真知子、山田和子、家本めぐみ、庖丁高子、志村光一、梅野裕子 (2009) 児童虐待予防のための地域ペアレンティング・プログラムの評価に関する研究—「前向き子育てプログラム (トリプル P)」の有用性の検討— 子どもの虐待防止とネグレクト vol11, No1, 通巻 25, 54-68

研究題目	日本海沿岸地域の港湾振興に関する地方紙社説の研究—地域の再認識の視点を中心に—
機関名	富山短期大学
研究代表者	経営情報学科・講師・長田 元
分野	社会科学・港湾経済学・地域経済学
キーワード	港湾振興策、地方紙、新聞社説

1. 研究の背景と目的

本研究の目的は、日本海沿岸地域に所在する地方紙の社説及び論説委員へのアンケート調査から、同地域の港湾振興に関する地方紙社説の特徴を明らかにすることである。

港湾振興には様々な主体が関わっている。地域の様々な主体の意見を反映させることができる国土形成計画では、「これからの国土づくり、地域づくりは、国や地方公共団体のみならず、民間事業者、大学・研究機関、NPO、住民等多様な主体の参画の下に行われるべきものである」と指摘している。地方紙を発行する多くの新聞社が発行地域に密着した活動を行っている。例えば、新潟日報社は「環日本海懇談会幹事会」の事務局を担い、北國新聞社は国土形成計画に関するシンポジウムを国土交通省と共催しており、地域づくりの主体としての活動がある。他方、事実を記載した新聞記事や報道と異なり、社説は自らの主張や見解を発信する手段となる。新聞社を地域づくりにかかわる主体のひとつとして捉え、社説を調査することにより、新聞社が港湾による地域経済発展についてどのような見解を有しているか明らかにすることができる。こうした着眼点から、本研究は地方紙社説に着目した。

なお、本報告書は次の初出一覧に記載した研究成果をまとめたものである。

初出一覧

論文：長田元(2023)「日本海沿岸地域の港湾振興に関する地方紙社説の研究—地域づくりの視点を中心に—」『港湾経済研究』No.61pp.35-50。

研究発表：「日本海沿岸地域の港湾振興に関する地方紙社説の研究—地域の再認識の視点を中心に—」2022年9月9日日本港湾経済学会60周年記念全国大会。

2. 研究方法

本研究では、対象港湾・地方紙を秋田港(秋田県・秋田魁新報)、酒田港(山形県、山形新聞)、新潟港(新潟県・新潟日報)、伏木富山港(富山県・北日本新聞)、金沢港(石川県・北國新聞)、敦賀港(福井県・福井新聞)、舞鶴港(京都府・京都新聞)、境港(鳥取県及び島根県・日本海新聞及び山陰中央新報)の8港湾・9地方紙とした。なお、本研究では東北地方を秋田県・山形県、北陸地方を新潟県・富山県・石川県・福井県、近畿・山陰地方を京都府・鳥取県・島根県とする。

本研究において日本海側の港湾港湾・地方紙を対象としたのは、次の理由によるものである。いずれの港湾も国際コンテナ航路があり、各府県のそれぞれの地域において輸出入といった役割を果たしている。また、日本海沿岸地域は環日本海交流等の対岸諸国との地域交流も盛んであ

る。加えて、港湾管理者の多くは地方自治体であるが、日本海沿岸の12府県は日本海沿岸地帯振興連盟を結成し、国に社会資本整備の促進に関する提言等を行っている。太平洋側にはこのような振興連盟はない。こうした点から日本海側の港湾に着目した。

新聞社への照会方法を示す。対象となる地方紙の特定後、新聞社に対して電話にて事前に質問の依頼及び趣旨説明を行い、2022年4月23日、表1に示した質問項目をメール送信により照会した。ただし、秋田魁新報社に対しては同社が指定したホームページの「記事に関するご意見・ご質問」フォームから照会を実施した。照会にあたっては、アンケートの集計結果について新聞社名の公表が可能かどうかを確認のうえ、個人を特定できる情報を除いた形で公表することを付記した。また、回答にあたっては、必ずしも新聞社としての公式な見解は求めず、論説委員の見解を自由に記載してもらう形式とした。回答は、2022年5月31日まで受付け、秋田魁新報社及び山形新聞社を除く7社から回答があった。福井新聞社については趣旨説明時に回答を受けたことからその内容を回答として取り扱った。京都新聞社については郵送を指定されたことから書面にて実施した。新潟日報社、北國新聞社、新日本海新聞社、山陰中央新報社からは新聞社名を公表することに問題ない旨回答頂いた。

社説の調査方法を示す。社説の検索については、株式会社ジー・サーチが提供する「G-Search データベースサービス」を使い、「社説/論説 And 港湾(地方紙本社に所在する港湾)」をキーワードに検索を実施した。対象とする期間を示す。これまでの研究から北陸地方では2009年から開始された国際コンテナ戦略港湾政策の立案、2010年から開始された日本海側拠点港湾の選定が開始された時期に港湾振興に関する社説が増加していることから、2009年1月1日から2022年4月30日とした。ただし、検索された社説のうち港湾名を引用したのみの社説や所在地のみを紹介した社説等、港湾振興に直接関係がない社説を対象外とした。

3. 研究成果

(1) 社説の特徴

検索の結果、205本の社説が認められた。最も多く社説が検索されたのは北國新聞であり、59本認められた。2位の山形新聞の38本を大きく上回るものであった。これに対して、山陰中央新報は4本、京都新聞は10本と少ないものであった。北日本新聞は2013年以降社説が認められなかった。これら205本の社説を表2に基づき分類した。社説の論調は、港湾振興を肯定的に捉え一層の施設整備を求めるものが太宗を占めた。日本海側拠点港湾については、多くの新聞社において選定を歓迎する論調が認められた。

また、社説の全体的な特徴として、太平洋側の港への貨物流出の懸念や太平洋側の港との競争を意識した論調は少ないものであった。議論を避けているという考えもあるかもしれないが、新聞社からの回答にあるように地元の人に関心を持つように執筆していると考えられる。新聞社名は公表できないが回答結果の内容確認で電話照会した際に「都会の記事や社説ばかり書いていると地元の人が都会のことしか考えていないと捉え読んでもらえなくなる」と回答があった。地元の読者を意識した新聞社が多いことも背景にあると考えられる。

多くの社説は、地元港湾の整備を提唱する論調であったが、その特徴は地道に地元企業への港湾利用や環日本海交流といった地域構想を提唱する論調が太宗を占めている。また、2016年以降、日本ではクルーズ人口が増加している。こうした情勢を反映して、寄港に関する社説も増加している。クルーズに関連した社説は、2015年以前では京都新聞の1本のみであったが、2016年以降では新潟日報、北日本新聞、山陰中央新報を除く6紙において認められた。新聞社毎に分類項目でまとめた結果を表3に示す。

表1 新聞社への照会項目

Q1	社説全般について、社説を執筆する際に最も重視している点について可能な範囲で教えてください。
Q2	営業エリア内に支局がある場合、例えば支局長等に相当する方(本社の論説委員以外の方)が社説を執筆することはありますか。
Q3	港湾振興に関する社説を執筆したことがありますか。
Q4	Q3で「ある」を選択した方、執筆の際に最も重視している点を教えてください。
Q5	Q3で「ない」を選択した方、どのような情報や出来事があった場合、港湾に関する社説を執筆したいと考えますか。
Q6	港湾振興に関する社説を執筆した際、都道府県や国土交通省が記者クラブ等に投げ込む資料を参考にしたことはありますか(執筆したことがない場合、投げ込み資料があれば執筆にしたい執筆できると考えますか)。
Q7	差し支えなければ、回答結果に新聞社名のみ公表することは可能でしょうか。

出所) 長田元(2023)「日本海沿岸地域の港湾振興に関する地方紙社説の研究—地域づくりの視点を中心に—」『港湾経済研究』No. 61 p. 38 表2より。

表2 社説の分類項目

社説の論調・使用されている言葉	分類項目
港湾整備や振興は意義がある・更なる取組みや整備が必要	(a) 意義がある
コンテナ定期航路の充実や安定に言及したもの	(b) 航路安定
地元企業に地元港湾の利点を紹介したり、利用を提唱したりするもの	(c) 利用の提唱
地域間競争に言及したもの	(d) 地域間競争
地域間交流や港湾間の連携に言及したもの	(e) 地域間交流
環日本海交流といった地域構想に言及したもの	(f) 地域構想
対岸諸国との関係に言及したもの	(g) 対岸諸国
「事業は無駄である」といった問題や課題に対して懸念を表明したもの	(h) 課題がある
クルーズ振興やクルーズ船の寄港の取組みを支持するもの	(i) クルーズ振興
道路や空港等のインフラとの結合や国土形成計画(国土軸)といったインフラ整備全般の必要性の中から港湾整備・港湾振興の必要性を提唱したもの	(j) インフラ・国土軸
上記のいずれにも該当しない(港湾の歴史に依拠した社説含む)	(k) 該当なし

出所) 長田元(2023)「日本海沿岸地域の港湾振興に関する地方紙社説の研究—地域づくりの視点を中心に—」『港湾経済研究』No. 61 p. 39 表3より。

表3 社説の調査結果(分類項目・年別)

単位: 本

新聞名	秋田魁 新報	山形 新聞	新潟 日報	北日本 新聞	北國 新聞	福井 新聞	京都 新聞	日本海 新聞	山陰中央 新報
(a) 意義がある	4	11	6	6	29	9	3	3	3
(b) 航路安定	1		1						
(c) 利用の提唱	3	2			10	1			
(d) 地域間競争	1		2		2				
(e) 地域間交流		1	1	1	5			1	
(f) 地域構想				3	1				
(g) 対岸諸国	9	2	1				3	8	
(h) 課題がある	1	1	1	1	4	1			
(i) クルーズ振興	2	6			6	2	2	5	
(j) インフラ・国土軸	8	11				1	2	4	
(k) 該当なし		4	2		2	5			1
合計	29	38	14	11	59	19	10	21	4

出所) 長田元(2023)「日本海沿岸地域の港湾振興に関する地方紙社説の研究—地域づくりの視点を中心に—」『港湾経済研究』No. 61 p. 40 表4より。

(2) 地域別の特徴

2. 研究方法に示した地域、東北地方を秋田県・山形県、北陸地方を新潟県・富山県・石川県・福井県、近畿・山陰地方を京都府・鳥取県・島根県として、地域別に特徴を整理した。東北地方では対岸諸国との関係、環日本海交流と地元港湾の振興を関連付ける社説が認められた。また、これらの地域の特徴として国土軸のほか、道路や空港等の他のインフラとの結び付きを重視する社説も認められた。同じ日本海沿岸地域でも北陸地方では北陸自動車道が全線開通しており、既に同地域と太平洋側の地域はつながっている。東北地方で建設が進められている日本海沿岸東北自動車道は部分開通の状態である。未開通や未接続の状況からインフラ整備と関連付けた社説が多いと考えられる。

北陸地方では、北國新聞を除き東北地方や日本海新聞と比較して社説の本数は少ないものであった。北日本新聞では、2013年以降港湾振興に関する社説が認められなかった。港湾振興を行う富山県も他の日本海沿岸地域と同様に様々な活動を行っており、とりわけロシア等の対岸諸国との関係も深いものの、港湾振興に関する社説は認められなかった。一方、北國新聞では金沢港の貨物取扱量が増加するにつれ、地域間競争を意識した社説が認められるようになった。福井新聞では、敦賀港の整備や振興を意義があると提唱する論調が最も多かったが、その次に敦賀港の歴史と関連付けた論調が多く認められた。その多くは、第二次世界大戦中にリトアニア領事代理の杉原千畝氏によってヴィザの発行を受けたユダヤ人がシベリア鉄道を経由して敦賀港に上陸したことになんだものであった。

京都新聞、日本海新聞及び山陰中央新報では、日本海新聞を除き社説の本数は少ないものの、環日本海交流に代表される対岸諸国との交流深化を提唱する論調、クルーズ振興を提唱する社説の本数が太宗を占めた。京都新聞では舞鶴港とロシアとの関係を重視する論調が、日本海新聞では対岸諸国を広く網羅して交流深化を提唱する社説が多いが、中でも韓国との関係に着目した社説が多く認められた。

(3) 社説の執筆体制

社説の執筆体制については、新潟日報社のようにその日の出来事（生ニュース）や紙面での扱いを重視する体制がある一方で、北國新聞社や新日本海新聞社のように地方の立場を重視する新聞社もあった。新聞社によって体制は異なっていた。港湾振興に関する社説を多く執筆した新聞社では地域経済の視点から港湾振興を提唱する論調が多数であった。一方で社説を執筆したことがない新聞社では、1日1本の掲載の中で優先度が厳しく問われたり、重大な事象が発生した際に執筆したりするといった重要度の差異が明らかになった。地方自治体や国土交通省の投げ込み資料の活用については、殆どの新聞社において参考程度にとどめていることが明らかになった。新聞社に対して行った照会結果を表4に示す。

表4 新聞社への照会項目・回答結果 上段:照会項目 下段:回答

Q1	<p>社説全般について、社説を執筆する際に最も重視している点について可能な範囲で教えてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・毎朝、社説担当の論説編集委員が参加する社説会議を開き、当日のテーマを決める。その日の出来事（生ニュース）や紙面での扱いなどを重視している。憲法記念日や沖縄復帰50年など節目の日で、とりわけ通常時より長い文（大型社説）を執筆する際は、事前に執筆者を決めている（新潟日報社）。 ・地域社会に影響の大きな話題をテーマとして取り上げるようにしている。地ダネの社説と、全国ニュースの社説を毎日、2本立てで書いているが、1番手は地ダネがほとんど。それが地方紙の役割だと思っている（北國新聞社）。 ・地方の立場で論説、人口減少社会での地方活性化の方策を提言等（新日本海新聞社）。 ・執筆時に島根、鳥取両県民が最も注目しているテーマ・島根原発2号機の再稼働を巡る自治体の判断＝2021年12月22日付、2022年2月16日付で社説執筆（山陰中央新報社）。 ・掲載日との関連は強く意識します（新聞社名非公表）。 ・ニュース性、社会への影響度を勘案します（新聞社名非公表）。
Q2	<p>営業エリア内に支局がある場合、例えば支局長等に相当する方(本社の論説委員以外の方)が社説を執筆することはありますか。</p> <p>1ある（新潟日報社、新日本海新聞社、新聞社名非公表3社）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ただし、論説編集委員であり、事前に社説担当であることと決めている。さらに、おおまかな掲載日を決めている（緩やかなローテ制）（新潟日報社）。 <p>2ない（北國新聞社、山陰中央新報社）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ない。社説を書くのは論説委員のみ（北國新聞社）。
Q3	<p>港湾振興に関する社説を執筆したことがありますか。</p> <p>1ある（北國新聞社、新日本海新聞社、新聞社名非公表2社）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・どの地方紙より多く書いていると思う（北國新聞社）。 ・港の歴史を踏まえた社説を執筆している（新聞社名非公表）。 ・過去の地元の港の社説は、現地の兼務委員の執筆が多い（新聞社名非公表）。 <p>2ない（新潟日報社、山陰中央新報社、新聞社名非公表）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・近年を調べても、佐渡航路関連、地域振興の一部として取り上げたことはあるが、正面から港湾振興を取り上げたケースはない。2018年2月の「日本海航路計画」は航路についてであり、港湾振興は2013年9月の「新潟港将来構想」にまでさかのぼる。それ以前は年間数本掲載されている。環日本海圏絡みの経済的な動きと連動しており、動きがなくなると掲載機会もなくなった（新潟日報社）。
Q4	<p>Q3で「ある」を選択した方、執筆の際に最も重視している点を教えてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地域経済との関連、地域間競争の視点は当然、主題となる。金沢港クルーズターミナルがオープンし、新たなにぎわいの拠点ができた。県民の関心も高く、この1年で10回程度、社説で触れている（北國新聞社）。 ・地域経済活性化に向けた論説（クルーズ船や港湾整備などをテーマに）、環日本海諸国との友好交流について論説（定期貨客船就航など）（新日本海新聞社）。 ・地元の人に関心を持つように執筆している（新聞社名非公表）。
Q5	<p>Q3で「ない」を選択した方、どういった情報や出来事があった場合、港湾に関する社説を執筆したいと考えますか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・港湾関連の大ニュースがあった場合。何も無い時（ニュースがない平時）に取り上げるのは難しい。1日1本しか掲載しないので、優先度が厳しく問われる（新潟日報社）。 ・地元経済に多大な影響を及ぼす事態が発生した場合（山陰中央新報社）。 ・周年や貨物取扱高を巡る特別なトピックなどがあれば取り上げたい（新聞社名非公表）。 ・地域の産業、社会に波及する事象は取り上げます（新聞社名非公表）。
Q6	<p>港湾振興に関する社説を執筆した際、都道府県や国土交通省が記者クラブ等に投げ込む資料を参考にすることはありますか（執筆したことがない場合、投げ込み資料があれば執筆したい/執筆できると考えますか）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・資料があれば大いに参考にしますが、資料があるからといってテーマを決めることはない（新潟日報社）。 ・ない。参考程度にするかもしれないが、必要性を感じない。投げ込み資料は、あくまでニュースを書くためのもので、社説の論調に影響を及ぼすものではない（北國新聞社）。 ・県の資料を参考にすることがある（新日本海新聞社）。 ・資料の内容次第。掲載に値するものであれば参考にし、執筆します（山陰中央新報社）。 ・具体的な資料が入手できるようなら参考にしたい（新聞社名非公表）。 ・さまざまな資料は参考にしています（新聞社名非公表）。
Q7	<p>差し支えなければ、回答結果に新聞社名のみ公表することは可能でしょうか。</p> <p>可能な新聞社：新潟日報社、北國新聞社、新日本海新聞社、山陰中央新報社</p>

出所) 長田元(2023)「日本海沿岸地域の港湾振興に関する地方紙社説の研究—地域づくりの視点を中心に—」『港湾経済研究』No. 61 pp. 42-43 表6より。

(4) 考察

本研究で調査した社説の殆どは、港湾を通して地域の魅力や地域づくりを考えるというものである。日本海沿岸地域全域において、社説の特徴は地域間競争よりも港湾を活用した対岸諸国との交流深化の推進や地域経済の発展を提唱するものであった。

本研究の対象期間のみならず、国家間における対岸諸国との関係は必ずしも良好な状態が続いているわけではない。長田（2018）は、新潟日報や北日本新聞から地域構想と港湾振興を関連付けた社説の特徴を明らかにしたが、秋田魁新報や日本海新聞は近年においてもより具体的に港湾を通して対岸諸国との関係を重視する論調が認められた。いずれも、地域の立場から対岸諸国との交流から自らの地域の在り方を考えていること示す社説である。対岸諸国との関係を端的に表す構想として環日本海圏に関する構想がある。新日本海新聞社の回答が示すように、環日本海諸国との友好交流はとりわけ自治体外交において冷戦中から続けられている。国家間の国際関係とは別に地域における長年の交流実績を基に、読者に届く社説を執筆していると考えられる。こうした考えに対しては反論も想定される。例えば、マスメディアは人々の行動に影響を与えないのではないかというものである。例えば、新聞社が特定の事象に否定的な論評を行っても、その事象を肯定する人が論評を踏まえて支持政党を変えることはしないというものである。しかしながら、話題を提供することで考える機会を提供していることは事実である。

2022年2月24日のロシアのウクライナ侵攻により、多くの地方自治体がロシアとの交流事業を中止しているが、長い歴史でみれば環日本海交流は日本海側の自治体の多くが関心を有し活動を行っている。近年においても、国家間関係とは異なる形で交流は続いている。なぜ東北地方や山陰地方において多くの社説があったのだろうか。その要因の一つにインフラ整備の差があると考えられる。東北地方や山陰地方ではそれぞれ太平洋側とつながる高速道路や新幹線があるが、日本海に沿って整備される高規格道路は建設中のものが多い。日本海沿岸東北自動車道や山陰自動車道は2022年時点で全線開通していない。山陰新幹線も計画があるにとどまっている。一方、同じ日本海側でも北陸地方の場合、日本海に沿って北陸自動車道が開通しているほか、磐越自動車道、上信越自動車道、東海北陸自動車道、舞鶴若狭自動車道といった太平洋側とつながる高速道路も開通している。北陸新幹線や上越新幹線といった鉄道も整備されている。こうした格差に対して、例えば対岸諸国と海路で結びつく場合、港湾整備や航路が設定されればよく、道路や鉄道のような長い延長は必要ない。なかなか整備が進まない道路や新幹線に対して、長年の対岸諸国との交流を軸に、海路により対岸諸国と結びつき地域の発展を目指すことが志向されたと考えられる。海に囲まれた日本の港湾は外国と結びつくことができるインフラのひとつとなる。特に日本海新聞の社説はこうした視点を示している。クルーズ船の寄港増加も地域振興の一助となっている。

これらの調査結果をまとめると、1.地域社会に影響の大きな話題をテーマや地方の立場で地方活性化に着眼している新聞社では港湾振興に関する社説が多い、2.道路や空港等の整備やこれらとの接続が十分でない地域では、インフラ整備と関連付け社説が多い、3.社説が1日1本体制であったり、掲載日との関連を重視したりしている新聞社では社説が少ないという傾向が認めら

れた。港湾管理者がこうした新聞社の体制や社説の特長を踏まえた情報発信を行えば、社説で扱われる機会の増加や地域の港湾に対する一層の理解促進に貢献できると考える。それぞれの地域の特性を踏まえた社説の多くは、地域づくりにかかわる様々な主体にとっても有益なものになる。

(5) 結論

研究の結果、社説の定量及び定性的な調査に加え、対象地に所在する新聞社にアンケート調査を行い、新聞社の執筆体制や論説委員の着眼点からも新聞社が港湾の一層の発展や地域経済の発展といった地域づくりに向けてどのような提唱を行っているかを調査した。検証した範囲では、社説を執筆する体制や重視する内容の差異から新聞社の社説の本数は異なる中、北陸地方では港湾を通して地域の魅力、地元港湾の存在を通して地域経済のあり方を考える論調であった。東北地方や山陰地方では対岸諸国との長年の交流や太平洋側の地域とのインフラ整備の格差を背景として港湾振興を通して地域経済の発展を提唱する論調が認められた。

これらの論調の多くは、地域の特性を踏まえ港湾を活用した地域づくりを提唱するものであり、対岸諸国との交流深化、観光振興、地元港湾の利用の提唱、他のインフラ整備と関連付けによる地域経済の発展を提唱するものであった。

4. 今後の展望

本研究では、社説の定量及び定性的な調査に加え、対象地に所在する新聞社にアンケート調査を行い、新聞社の執筆体制や論説委員の着眼点からも新聞社が港湾の一層の発展や地域経済の発展といった地域づくりに向けてどのような提唱を行っているかを調査した。検証した範囲では、社説を執筆する体制や重視する内容の差異から新聞社の社説の本数は異なる中、北陸地方では港湾を通して地域の魅力、地元港湾の存在を通して地域経済のあり方を考える論調であった。東北地方や山陰地方では対岸諸国との長年の交流や太平洋側の地域とのインフラ整備の格差を背景として港湾振興を通して地域経済の発展を提唱する論調が認められた。これらの論調の多くは、地域の特性を踏まえ港湾を活用した地域づくりを提唱するものであり、対岸諸国との交流深化、観光振興、地元港湾の利用の提唱、他のインフラ整備と関連付けによる地域経済の発展を提唱するものであった。

なお、本研究では日本海側の港湾において大きな動きがあった2010年代を中心に調査したことから、今後の課題として30年や50年、港湾法が公布された1950年以降といった長期間の調査も必要である。また、ロシアによるウクライナ侵攻の影響が長期化することが想定される中、どのような変化が生じているのか引き続き研究を推進することにより、調査することも必要である。引き続き、多くの人々が港湾の可能性を共有して活かしながら、より良い地域づくりに貢献できる研究を推進していく。

5. 参考文献

- (1) 稲増一憲 (2022) 『マスメディアとは何か』 中公新書。
- (2) 浦島郁夫・竹下俊郎・芹川洋一 (2007) 『メディアと政治』 有斐閣。
- (3) 梅本清一 (2015) 『地方紙は地域をつくる—住民のためのジャーナリズム』 七つ森書館。
- (4) 四方洋 (2015) 『新聞のある町 地域ジャーナリズムの研究』 モリモト印刷株式会社。
- (5) 田中皓介・藤井聡 (2015) 「1950年代から現代までの公共事業を巡る新聞社説についての時系列分析」『土木学会論文集 D3 (土木計画学)』 Vol.71 No.5 (土木計画学研究・論文集第 32 巻)pp.I_143-I_148。
- (6) 富山学研究グループ (1999) 『環日本海、その新たな潮流』 北日本新聞社。
- (7) 長田元 (2018) 「2004 年以降の港湾振興に関する地方紙社説の分析—論説における地域振興と自己意識の視点を中心に—」『比較文化研究』 第 132 号 pp.61-71。
- (8) 長田元 (2023) 「日本海沿岸地域の港湾振興に関する地方紙社説の研究—地域づくりの視点を中心に—」『港湾経済研究』 No.61pp.35-50。
- (9) 橋本五郎 (2017) 『新聞の力 新聞で世界が見える』 労働調査会。
- (10) 富山学研究グループ (1999) 『環日本海、その新たな潮流』 北日本新聞社。
- (11) 日本を元気にするみなとづくり実行委員会 (2020) 「みなとが紡ぐ未来」 ウェイツ。
- (12) 山縣宜彦・加藤一誠 (2019) 『「みなと」のインフラ学 PORT 2030 の実現に向けた処方箋』 成山堂書店。
- (13) 読売新聞東京本社広告局 (2021) 「読売新聞メディアガイド 2021-22」
<https://adv.yomiuri.co.jp/mediadata/files/mediadata2021-22.pdf>
(最終閲覧日：2022 年 6 月 18 日)。

研究題目	「支援技術普及の場」の提供を目指した 社会実装支援システムの開発
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	電子情報工学科・准教授・秋口俊輔
分野	支援技術
キーワード	アシスティブテクノロジー

1. 研究の背景と目的

日本は65歳以上人口が総人口に占める割合（高齢化率）が29.1%（2022年）と世界で最も高く[1]、富山県では2040年には高齢化率が38.8%になると予想されている[2]。また、総人口に占める障害者は7.4%（936万6千人：2018年）と前回2013年の推計より149万人増加している[3]。このような高齢者・障害者の社会参画機会の増加に伴い、支援技術（Assistive Technology：AT）の重要性も増しており、さまざまな製品が登場しているが普及には至っていない。その理由の1つが高齢者・障害者が持つ多様な困難さである。このため、既存の機器をただ使うだけでは解決できず、一人一人の特性・環境に合わせた使い方や組み合わせ・機能追加などのカスタマイズを行う手間が発生する（多品種少量生産）。これらのカスタマイズ事例は共有の場がないため広く展開されることがなく、類似の事例が発生した場合でも0からの取り組みとなる。また同様の理由により、有用な技術や研究シーズ、成功事例についての学びや現場ニーズ発信についても困難な状況である。

今後さらなる少子高齢化により高齢者の割合は増加していく。高齢になると必然的に身体機能は低下していき、それによって身体の不自由を訴える割合は多くなる。さらに重度の認知症をきたすと精神障害が認められるケースなどもあり障害の割合が増加する。また、近年障害に対して社会全体の認識が高まったことにより障害者割合が増加している。このように高齢化率が世界で最も高い、今後も増加傾向が見込まれる日本において、高齢者・障害者へのATによるサポートの重要性は今後さらに高まっていく。

そこで本研究では「支援技術普及の場」を提供することで上記問題を解決することを目指す。具体的には現場ニーズを発信し、それを解決するための有用な技術や研究シーズ・成功事例の共有やそれらを活用するための学びを行うための社会実装支援システムをWebシステムとして構築する。これによって支援技術の普及を加速できるかについて明らかにしていくことを試みる。上記のような技術や研究シーズ・成功事例などの情報共有について、その重要性から既に支援機器やニーズ、人材などに関する情報を集約する試みがいくつか実施されている[4][5]。これら既存の情報集約システムには既に製品化された機器や各種団体による報告書などが集約されている。これらは製品検索や分野動向を把握するには有用であるが、製品化されているため特性に合わせたカスタマイズが難しく、個人・現場ベースの困りごとにも対応し難い。また、個人が直接

情報を入力できるシステムとはなっていない。本研究では多品種少量生産の手間を減らし、当事者にマッチした支援技術を迅速に提供することを目指す。そのために製品化前段階の研究シーズや個別事例・現場ニーズを個人で入力可能なシステムを提供する。また、それらの技術を活用するための学習コンテンツもシステムに登録することにより、類似事例でのノウハウを再利用することで素早い支援技術の提供を目指している。

2. 研究方法

本研究では、上記の目的のために研究シーズや個別事例・現場ニーズなどを集約する Web システムとして高専 AT ライブラリー（以下 AT ライブラリー）を開発する。本研究では AT ライブラリーを AT リポジトリ、AT リソース、AT ラーニング、AT レシピ&モジュールの4つで構成するものとした（図1）。

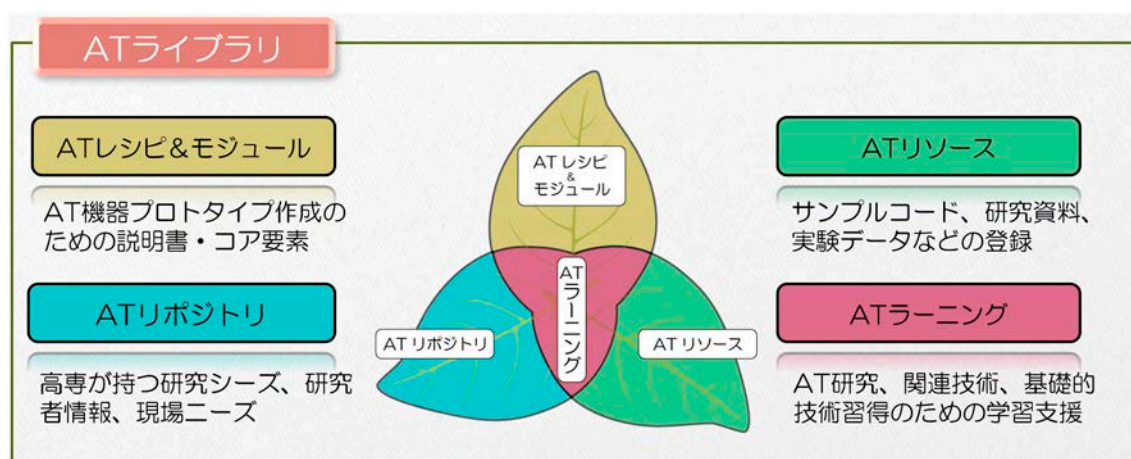


図1. 高専 AT ライブラリー

AT ライブラリーへの情報登録については高専ネットワークを利用する。高専は全国に 51 校あり、それぞれ地域と連携した活動を行っている。AT 分野でも同様に、それぞれの高専が地域の支援学校や障害者就労施設などと連携し、困りごとの共有や支援技術の提供を行っている。ここでは各高専がローカルに持つ支援技術やノウハウ、成功事例、現場ニーズなどを AT ライブラリーに登録することで閉じたノウハウの共有を行う。図1における各項目について簡単に説明する。AT リポジトリは各高専が持つ AT に関わる研究シーズ、研究者情報、現場ニーズの他、AT 機器活用事例や AT 機器作成マニュアルなどの登録システムである。この他にも AT リポジトリに関連する実験データやサンプルコード、研究資料などの各種データを AT リソースと呼んでいる。本研究で開発した Web システムは主に AT リポジトリと AT リソースを合わせたもので、ここではそれらをまとめて AT ライブラリーと呼んでいる。また、AT リポジトリや AT リソースのデータを効率よく活用するための学習システムとして AT ラーニングを構築する。今回は学習のし易さ、学習コンテンツ作成・配布の容易さを考慮して、LMS として AT ライブラリーとは別システムで構築する。AT レシピ&モジュールは AT リポジトリの中から特に現場での活用

が見込まれる具体的な技術・ツールに絞って設計図や活用方法などを提供するシステムを想定している。今回はATライブラリーの基盤部分であるATリポジトリ・リソース・ラーニングの部分について開発を行い、活用事例について報告する。本研究ではATライブラリーを活用することで情報の集約、利活用、共有を目指している。前述のように、ATには既存の機器をただ使うだけでなく、一人一人の特性・環境に合わせた使い方や組み合わせ・機能追加などのカスタマイズを行う手間が発生する。

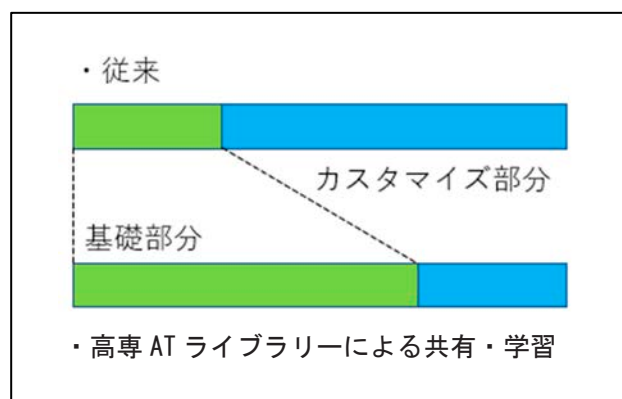


図2. 基礎部分共有化による負担軽減

本ライブラリーを活用することで図2のようにカスタマイズ部分削減による負担軽減・素早い支援技術の提供も目指す。

3. 研究成果

ここでは①ATライブラリーの開発、②ATライブラリーの活用事例、③学習コンテンツの活用事例についてそれぞれ成果報告を行う。

①ATライブラリーの開発について、図3に示すWebシステムの開発を行った。研究内容、シーズ、開発の基礎となる事項、開発ツール・環境などさまざまな項目の登録が可能である。2023年3月31日現在で275件のデータが登録されている。各データには登録者、登録概要、支援分類、支援対象、支援内容などの各種情報が登録されており、詳細ページで確認することができる。また各高専が持つシーズ情報だけでなく、現場ニーズを登録するためのフォームも作成した。定期的なデータ追加の機会として、今回はJapanATフォーラムを活用した。JapanATフォーラムは高専教員を中心に2010年から福祉・情報教育関連の研究交流の場として開催されていた「全国KOSEN福祉情報教育フォーラム」を前身とし、2014年からは研究交流とともにAT技術者育成のためのワークショップを組み入れ「JapanATフォーラム」と改称したもので毎年1回開催している。このフォーラムは、AT関連に携わる技術者・学生・団体等が支援技術の研究開発と技術者育成のために集う研究・技術交流の場で、これまでに9回開催されている。ここでの研究発表予稿提出システムとしてATライブラリーを使用した。これにより毎年定期的に新規情報を追加する環境を整備した。

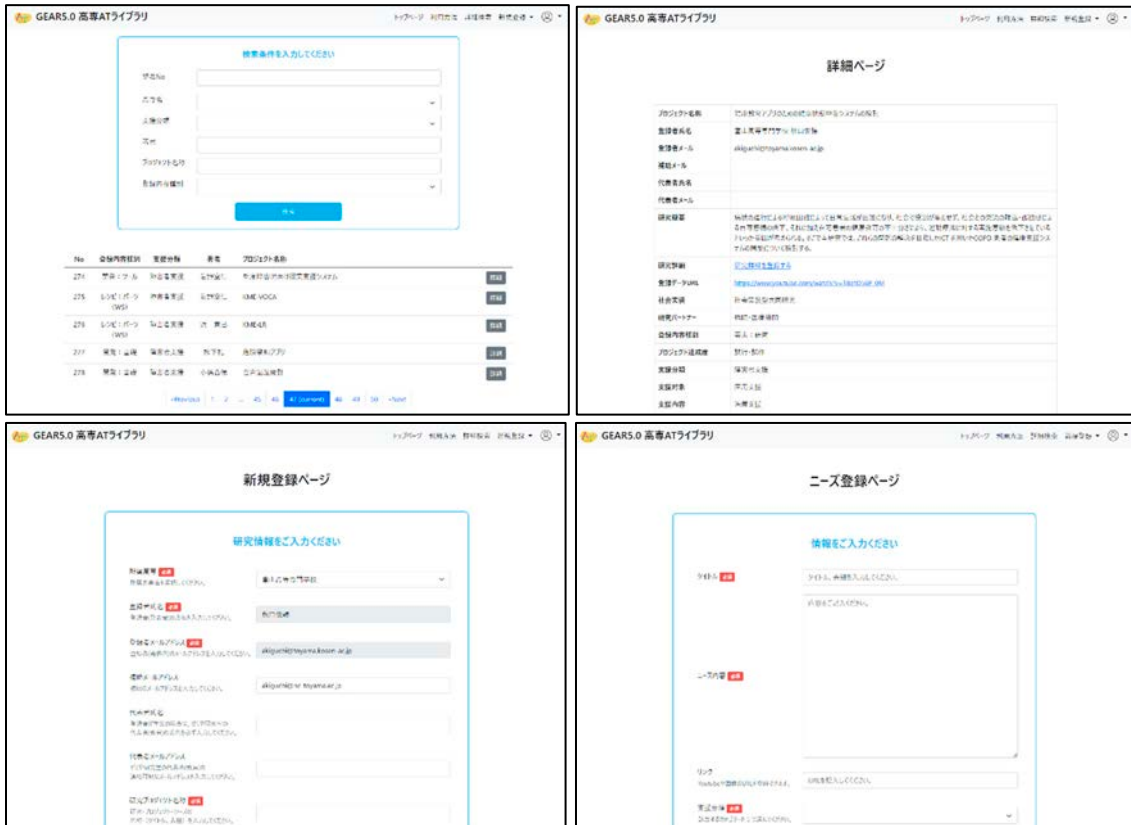


図3. AT ライブラリー外観

②AT ライブラリーの活用事例について、多品種少量生産の負担軽減を目的としたデータの共有を行った。事例1はKME（KOSEN Multifunctional Endpoint; 高専多機能支援端末）の開発データ共有である。熊本高専で開発されたKMEを仙台高専、函館高専などに展開する際に、ATライブラリーが活用された。事例2は富山高専での支援アプリ開発での基礎機能共有である（図4）。ATライブラリーに基礎アプリとして音声認識アプリを登録しておき、それをベースとして障害の状況に応じたカスタマイズを行うことでプログラム作成の負担軽減を行った。このようにATライブラリーを活用することによる多品種少量生産の負担軽減を行った。



図4. 基礎アプリの共有

③学習コンテンツの活用事例について、図5に示すようなオンライン学習を開発した。特別支援教育でよく利用されるiPad用の支援アプリの作成に活用できるものや、前述のKMEの開発コンテンツ、iPadと接続できるIoT機器であるMESH (<https://meshprj.com/jp/>) のプログラム作成コンテンツなどを開発した。

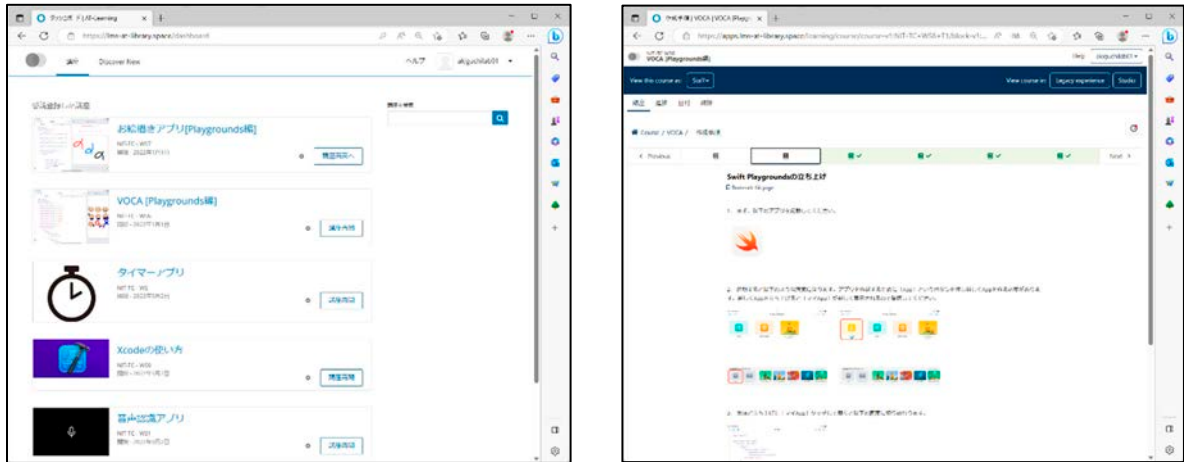


図5. 学習コンテンツ外観（左図：ホーム画面、右図：コンテンツ内容）

また、作成したコンテンツは複数高専生が参加した JapanAT フォーラムや県内特別支援学校教員向けに実施したワークショップで実際に活用した。



図6. 学習コンテンツ活用風景

このように、支援技術やノウハウ、成功事例、現場ニーズなどを集約する AT ライブラリーを開発し、技術の共有や多品種少量生産の負担軽減を行った。また学習コンテンツを開発し、実際にワークショップで活用することで技術修得の機会提供を行った。

4. 今後の展望

本研究では、「支援技術普及の場」を提供すること目指し、有用な技術や研究シーズ・成功事例の共有やそれらを活用するための学びを行うための社会実装支援システム「AT ライブラリー」を Web システムとして構築した。また、JapanAT フォーラムや県内特別支援学校教員向けワークショップなどで利活用を行った。今後はリポジトリやリソース・ラーニングコンテンツの充実や県外への展開を行っていく。

5. 参考文献

1. 総務省統計局 統計トピックス No.132 統計からみた我が国の高齢者,
<https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1320.html> 閲覧日：2023年6月28日
2. 富山県高齢福祉課 富山県高齢化の推移及び現状,
<https://www.pref.toyama.jp/documents/31451/sankou.pdf> 閲覧日：2023年6月28日
3. 厚生労働省 障害者の数,
https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/seikatsu_chousa_b_h28_01.pdf
閲覧日：2023年6月28日
4. 東京大学 AT(支援機器)ライブラリー, <https://phed.jp/at/> 閲覧日：2023年6月28日
5. 情報通信研究機構 情報アクセシビリティ支援ナビ Act-navi,
<https://www.actnavi.jp/> 閲覧日：2023年6月28日

研究題目	微細血管群から動脈までを網羅する完全非侵襲リアルタイムイメージング血流計測
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	商船学科・講師・小林 大
分野	流体力学
キーワード	LDV, レーザ計測

1. 研究の背景と目的

本研究はレーザー光を用いた多様な計測が可能な完全非侵襲リアルタイムイメージング血流計測装置を發展させ、同一の計測機器で生体内を網羅する微細血管（数十 μm ）群から比較的太い大動脈血管（数十 mm ）までを同一の計測原理で計測できる血流計を開発することにある。本装置は、MRI や CT などの生体内部の血管を画像化できる方法では解析できなかった、微細血管の計測が可能な多点同時レーザードップラー（MLDV）血流測定装置の計測原理を發展させる。MLDV 血流測定装置を「面計測 MLDV」と名付け、「流速を安価な装置ながら高精度に多点同時計測が可能」、「流速情報のリアルタイムイメージングが可能」、「血流速度が絶対値で取得可能」、「人体に対して非侵襲で血流計測が可能」をそのままに、光学系を改良することで数十 μm 群から数 mm オーダーまでの幅広い領域を同一測定原理で計測することができる装置の開発を目指す。

近年、医療分野での血流画像機器ではマイクロスケールの断層イメージングのコヒーレンス光断層法（OCT）があるが、血流速度の絶対値評価はできず、定性的な指標の提供にとどまる。造影剤の注入を必要とせず、完全非侵襲で、高時間・空間分解能（現状それぞれ 0.1ms , $100\mu\text{m}$ ）で絶対値血流速度を取得できる血流計は世界に目を向けても提案されていない（表1）。

富山県では、年間約3,500人ががんで亡くなっており、死因の第一位となっている。がんや脳卒中は全国平均より高く、富山県では富山県がん対策推進条例を制定し、がん対策に現在取り組んでいる。血流情報はそのまま患者の不調を知りうる有力なバイタルサインになりうる。本研究の計測対象は人体における血流異常とし、糖尿病患者の抹消部血管閉塞（血管径 $5\sim 20\mu\text{m}$ ）から冠状動脈の閉塞（血管径 $2\sim 20\text{mm}$ ）を網羅するレーザー光による計測結果で異常を発見できるシステムの開発を課題とする。

表 1 計測原理の比較

測定次元	手法	完全非侵襲計測	血流速度絶対値計測	空間分解能	時間分解能
平面計測	MRI	◎	×	◎	×
	CT	◎	×	◎	×
	超音波血流計	◎	◎	△	△
	面計測 MLDV	◎	◎	◎	◎

2. 研究方法

2-1 送光系

本研究では、新たに PIV (Particle Image Velocimetry : 粒子画像流速測定法) 計測に用いられているレーザ (カトウ光研株式会社製 G2000AU-2) を採用して実験装置を構築した。従来のレーザでは面計測を行うためにビーム光をロッドレンズ等でシート光に変換して計測を行っていた。装置の小型化へ繋げるために今回採用したレーザは最初からシート光で照射できるタイプとした。新しいレーザを用いた新たな光学系を作成するにあたり、まずは線計測でデータを採取し計測器として有効であることを確認した。新たな光学系概要を図 1 に示す。シート光で照射されたレーザはハーフミラーを使い、2つの光に分ける。分けられたレーザ光はシリンドリカルレンズを使い、測定線を結ぶ。測定線上を流体が通ることにより、散乱された光はアクロマティックレンズを使い、光ファイバへ集光される。この光学系は従前の光学系に比べて部品点数を少なくすることができるため、小型化する事が出来ている。また、測定線を従来より広くとることができ、最大 20mm までの計測が可能となっている。

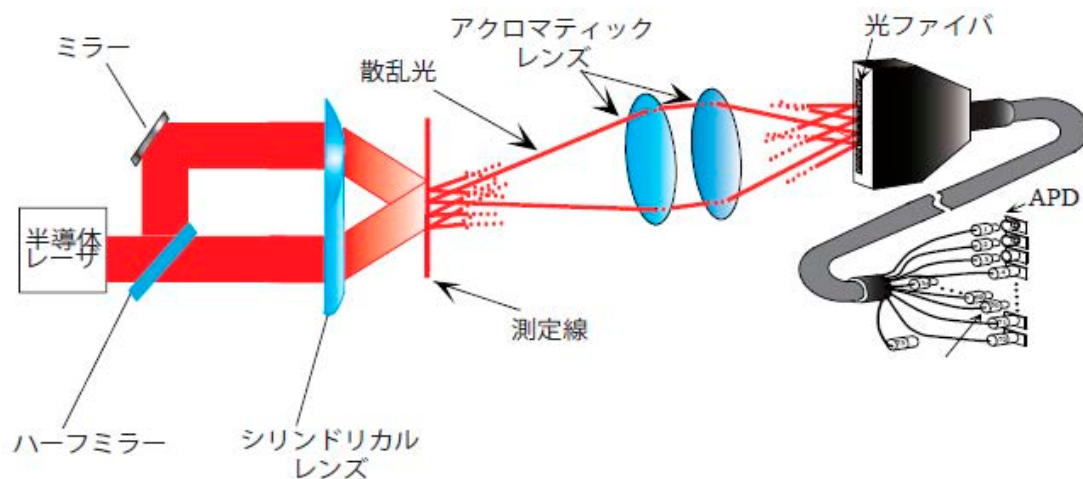


図 1 光学系概要

2-2 受光系

この光学系では受光部の光ファイバの配列により計測範囲や精度を決めることが出来る。シート光が交差する測定線の中に光ファイバを並べることにより、詳細な流速情報を得ることが出来る。計測対象に合わせて配列を決める必要がある。図2に計測部分の概念図を示す。

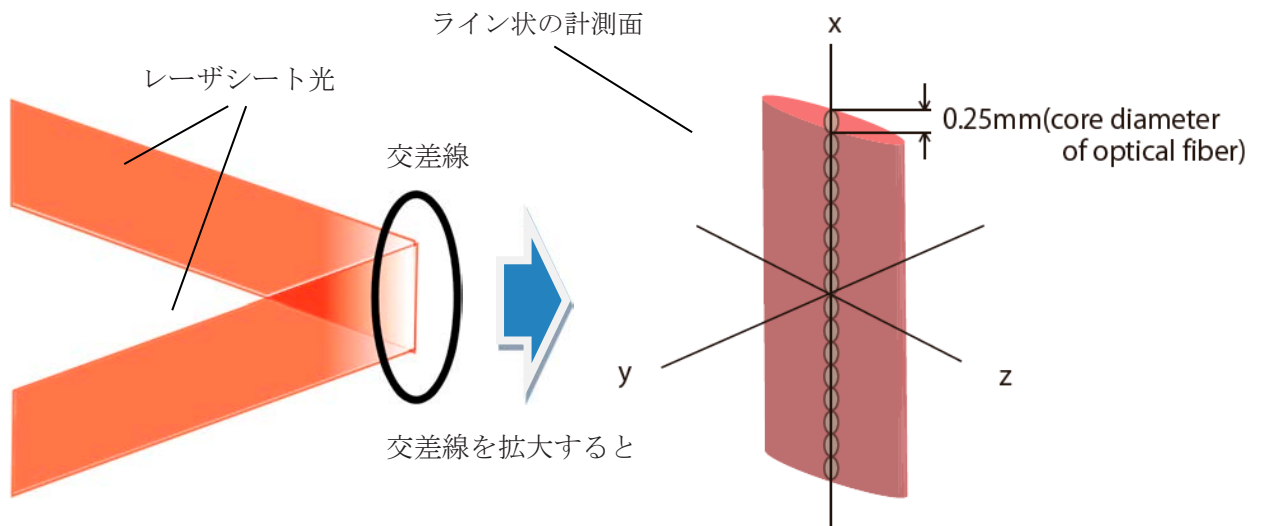


図2 計測部分の概念図

集光された散乱光は光ファイバを通り光電変換素子であるシリコン・アバランシェ・フォトダイオード（浜松ホトニクス製 S2383、以下 APD）を埋め込んだ光学レセプタクルに接続することにより散乱光信号を検知することになる。APD は小型で、高周波特性をもち、内部増幅作用があるため微弱な信号でも検知でき、散乱光信号の SN 比を高めることが出来る。APD の電流信号は電流・電圧変換器により電圧信号に変換され、低ノイズアンプで増幅される。増幅された信号を今回新たに購入したスペクトラムアナライザ（RIGOL 製 DSA815-TG）で計測する事により、リアルタイムに周波数信号を取得する事が出来るようになった。

3. 研究成果

広範囲を高出力で計測する事が出来るシート状に照射するレーザを新たに取り入れ、光学系の試作機を作成する事が出来た。部品点数を減らすことができ、従来の光学系よりも小型化する事が可能となった。新たな光学系を検証するため、直径 7mm のガラス管内の流速計測を実施した。測定した流速と実際の流速に誤差が無い事を確認する事が出来た。

信号処理について、今回新たにスペクトラムアナライザを導入する事が出来た。試作機の検証を行う際にリアルタイムに流速の変化をとらえることが出来るようになり、試作機の検証がスムーズに実施する事が出来るようになった。

4. 今後の展望

今回、送光系は広範囲、高出力計測が出来るように作成する事が出来たが、今後はさらに、データ取得を進め、送光系の最適化、小型化を進めていく。また、信号強度が強い前方散乱光学系を採用して検証を行っているが、さらに小型化が可能な後方散乱光学系を作成してデータ取得を進めていく。図3に後方散乱光学系の概念図を示す。後方散乱光学系は散乱光の強度が低く、データ取得が難しい欠点がある。しかしながら、装置が小型化でき、レーザー光が透過しない計測対象でも計測が可能となることからさらなる計測対象の拡大が見込まれる。今回は検証のため、ガラス管内流速を計測したが、より実際の生体に近い模擬血液や模擬血管のデータを取得していく。受光系については、光ファイバーアレイの配列でデータ取得範囲や精度が決まってくるため、光ファイバーアレイ配列の最適化を進めより高精度で詳細なデータ取得が出来るように改良を行っていく。

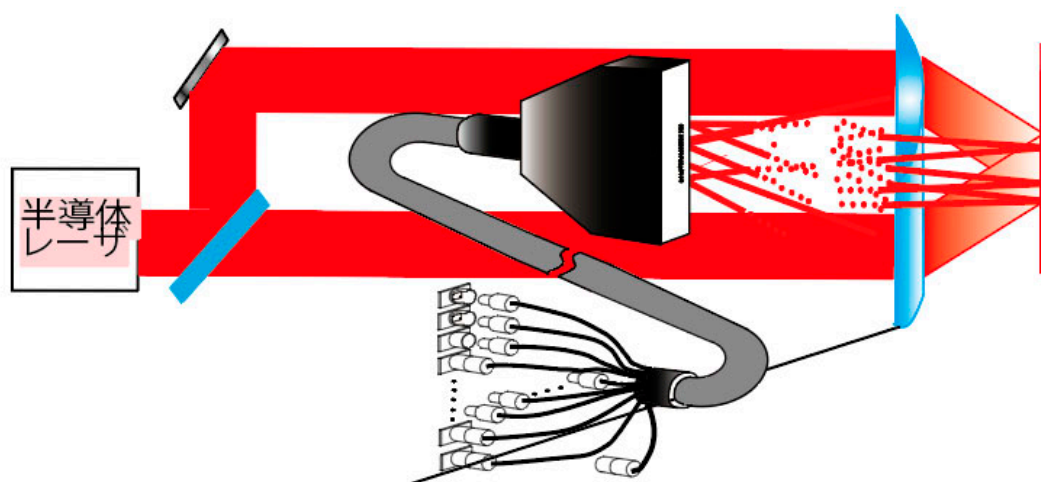


図3 後方散乱光学系の概念図

5. 参考文献

1. In-Vivo 血管血流三次元マッピング高精度計測 2008年 平成20年度電気関係学会北陸支部連合大会論文集(pp.212) 小林大、安東嗣修、石田弘樹、秋口俊輔、白川博樹、八賀正司
2. Reflection-type micro multipoint laser Doppler velocimeter for measuring velocity distributions in blood vessels 2011年 Review of Scientific Instruments ACCEPT H.Ishida, D.Kobayashi, T.Andoh, S.Akiguchi, T.Wakisaka, M.Ishizuka, T.Hachiga

研究題目	On the Anti-Chivalric Hero in Book 2 of <i>The Faerie Qveene</i>
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	一般教養科・助教・陳璐
分野	英文学
キーワード	英国近代初期、スペンサー、英雄像、節制

1. Introduction

This research aims at interpreting Sir Guyon—the protagonist of book 2 in Edmund Spenser’s *The Faerie Qveene* (1590, 1596)—as an anti-chivalric hero.

Spenser is a representative poet of the early modern period in England, often compared to Shakespeare, and *The Faerie Qveene* is an unfinished work by the poet. Only a portion of the originally planned twelve books was completed, but even so, it remains a grand work consisting of over 33,000 lines, including six books and the fragments of the seventh book. The completed six books each have a theme of “Holiness,” “Temperance,” “Chastity,” “Friendship,” “Justice,” and “Courtesy,” and they narrate the adventures of knights who embody these virtues through allegorical storytelling techniques. This work, which showcases the essence of English poetry and the spirit of the Renaissance, had a profound influence on subsequent poets and writers. In particular, the unique poetic form known as the “Spenserian stanza,” a stanza of nine lines, has been beloved by later poets such as George Gordon Byron and John Keats.

This research examines Guyon’s disarmament by focusing on his behaviors and characteristics opposite to chivalric convention depicted in book 2. I suggest that chivalric symbols and romantic chivalric motifs are employed in expression of Spenser’s moral allegory, but in Guyon, some part of the normal chivalric heroes’ features is missing. By considering Guyon as an “anti-chivalric” hero, we may reassess the motif of missing armor and the limitation of Guyon’s virtue in book 2, thus grasping a more complete understanding of the heroic figure of book 2 and of the virtue of temperance.

2. Materials and Methods

This research involves a sincere engagement in close reading of the primary texts, which is fundamental in literary studies. When studying literary works from a historical and cultural perspective, it is important not only to compile existing criticism and secondary sources but also to explore and immerse oneself in primary sources written by contemporaries. Also, in dealing with primary sources from the early modern period,

it becomes necessary to investigate the complex vocabulary, etymology, and word usage. For this purpose, *The Oxford English Dictionary* is indispensable. Additionally, since the virtues that Spenser focused on in each book are regarded as inheriting the ethical traditions of ancient Greek philosophers Aristotle and Plato, it is essential to have the works of Aristotle and Plato as significant reference materials for this research.

3. Results

It is evident that Spenser was aware of chivalric tradition and of chivalric emblems. Spenser, as a government official and an observer of Elizabethan court life, should not have been far from the chivalric practices either as an ideology or as a monarchic propaganda in his time. Therefore, Spenser intended to portray Guyon as a chivalric knight, and that is why Guyon's disaccord with this idea deserves attention.

Analysis of references to the hero's equipment makes it difficult to believe that changes in that of Guyon do not contribute to the construction of Spenser's allegorical structure in book 2. The disarming knight is a commonly used motif throughout the entire poem of *The Faerie Queene*. There is some persistent power that continuously tempts the knights to remove their armor or lay down their weapons. However, Guyon is famous for his self-imposing abstinence. Unlike other protagonists in the poem, Guyon's problem does not lie in the divergence from any mission. However, due to his virtue, he does not belong to the realm of a romantic chivalry knight. This is represented by the loss of his armor. In addition, the missing equipment becomes a trigger for his further distancing from a chivalric life.

The second reason why Guyon is an outsider of chivalric acts is that Guyon does not kill. In book 2, all the pagan enemies—the Pyrochles brothers and Maleger—were destroyed by Prince Arthur. When Guyon is about to kill Furor, he is stopped by the Palmer immediately (2.4.9-10). Later, when Guyon has the chance to kill Pyrochles, he responds by rather advising Pyrochles to be temperate. It is an inevitable outcome for Guyon that when he learns to master his power out of the virtue of temperance, he is unable to kill his enemies anymore. When Arthur fights Pyrochles and Cymochles, who represent “wrathfulness” and “sensuality” respectively, Guyon lies unconscious on the ground as a corpse during the whole battle. The fact that Guyon is stripped of his armor by Pyrochles and Cymochles further shows that temperance, as a defensive virtue, lacks the power to destroy its enemies.

Guyon's killing of Pyrochles's horse (2.5.4) is another behavior that violates the chivalric convention, since in jousts, it was considered a disgrace to harm the opponent's horse. In the knights' battles, it is acceptable to ground the rival, but

striking the horse, although unintentionally, brings great humiliation.

In later cantos and later books, Guyon gradually has his equipment returned. Accordingly, Guyon's whole adventure and his personal growth are bound with the process of arming and disarming. Because his virtue is embodied only in his capability in defending himself, losing his armor makes him physically vulnerable to outer attacks. This leads to another problem—Guyon's intense passion manifested in destroying the Bower of Bliss at book 2's conclusion. The Bower of Bliss represents excessive physical pleasure and enticement of erotic love, which is a violation of the principle of temperance. Because Guyon is not allowed to act outside the scope of temperance, which is a manner of moderation, he is kept outside of the realm of erotic life. This further highlights his contrast to other chivalric heroes in this poem.

In conclusion, Guyon's "anti-chivalric" behaviors are consistently associated with the loss of his knightly equipment. After he loses his horse, he slays that of Pyrochles during a fight with him—an apparent violation of the chivalric convention. In the cave of Mammon, Guyon tells Mammon that all his delight lies in warlike amor, a good shield, and a good warhorse. This is sarcasm in that Guyon does not then have his horse and will later lose his shield and sword. Such impudence reduces his previous virtue to similarity with Braggadocchio's boasting and belligerent pride. Moreover, Guyon's allegorical death at the end of canto 7 is the turning point of book 2. In canto 8, Guyon is treated as a corpse, rendering him incapable of defending himself against his enemies. During this process, he is stripped of his shield and helmet. Then, his awakening at the conclusion of canto 8 is more like a rebirth. In the Bower of Bliss, he furiously attacks the exotic garden. Because his virtue is embodied only in his ability to defend himself, losing his armor makes him physically vulnerable to external attacks. Therefore, his armor is an outward sign of both self-protection and self-awareness. Consequently, when Guyon encounters the Bower's temptation to disarm and thus deprive men of their knightly selfhood, as in the case of Verdant, he fiercely denies the garden as a threatening Other. By doing so, he can secure his authority and self-possession.

The portrayal of heroism in *The Faerie Queene* is a significant aspect of the poem. Spenser presents a complex and multifaceted depiction of heroes that challenges conventional notions of chivalry and explores alternative forms of heroism. Instead of adhering strictly to the traditional knightly virtues, Spenser's heroes often embody more nuanced and individualistic characteristics. They display qualities such as courage, intelligence, resourcefulness, and resilience in the face of adversity. They are driven by their personal quests for virtue and justice, and they demonstrate a

willingness to confront moral dilemmas and make difficult choices. Furthermore, Spenser's heroes are not without flaws or vulnerabilities. They are depicted as human, subject to temptations and weaknesses. This adds depth and realism to their characters, making them relatable and more complex than the archetypal knight.

4. Discussion

This research has reevaluated elements such as the disarming of knights and the codes of chivalry, as well as the protagonist's anti-chivalric heroism and the portrayal of other cultures in book 2 of *The Faerie Queene*. Moving forward, it is possible to further reconsider aspects mentioned in this research, such as the heroic ideals, the virtue of temperance, the portrayal of the Other, and the presence of pagan knights. Through such reexamination, it becomes possible to provide a deconstructive reading of this work. Indeed, this approach can be applied not only to book 2 but also to other books of the work. By applying the same analytical framework to different books, it becomes possible to explore and reassess various themes, characterizations, and narrative elements throughout the entire work. This approach allows for a comprehensive and cohesive understanding of the overarching themes and the construction of the poem as a whole.

5. References

1. Aristotle. *Nicomachean Ethics*. *The Works of Aristotle*, editor in chief, Mortimer J. Adler, vol.2, Encyclopædia Britannica, 1993, pp. 339-444.
2. Bayley, Peter. "Braggadocchio." *The Spenser Encyclopaedia*, general editor, A.C. Hamilton, Routledge, 2014, pp. 109-10.
3. Berger, Harry. *The Allegorical Temper: Vision and Reality in Book II of Spenser's Faerie Queene*. Yale UP, 1957.
4. Berman, Ruth. "Blazonings in *The Faerie Queene*." *Cahiers elisabethains*, vol. 23, 1983, pp. 1-14.
5. Giamatti, A. Bartlett. *The Earthly Paradise and the Renaissance Epic*. Princeton UP, 1966.
6. Greenblatt, Stephen. *Renaissance Self-Fashioning: From More to Shakespeare*. U of Chicago P, 1980.
7. Homer. *The Odyssey*. *The Iliad and The Odyssey of Homer*. Translated by Richmond Lattimore, Encyclopædia Britannica, 1993, pp. 307-541.
8. Huizinga, J.. *The Waning of the Middle Ages*. Translated by F. Hopman, Penguin Books, 1987.

9. Keen, Maurice. *Chivalry*. Yale UP, 1990.
10. McCoy, Richard C.. “chivalry.” *The Spenser Encyclopaedia*, general editor, A.C. Hamilton, Routledge, 2014, pp. 148-49.
11. Meyrick, Samuel Rush. *A Critical Inquiry into Antient Armour*, vol.2, London, 1824.
12. Schulze, Ivan L.. “Notes on Elizabethan Chivalry and *The Faerie Queene*.” *Studies in Philology*, vol. 30, no. 2, 1933, pp.148-59.
13. Snyder, Susan. “Guyon the Wrestler.” *Renaissance News*, vol. 14, no. 4, 1961, pp.249-52.
14. Spenser, Edmund. *The Faerie Qveene*. Edited by A. C. Hamilton, Longman, 2001.
15. ---. “Letter to Raleigh.” *The Faerie Qveene*. Edited by A. C. Hamilton, Longman, 2001, pp.714-18.
16. Strong, Roy. *The Cult of Elizabeth: Elizabethan Portraiture and Pageantry*. Thames and Hudson, 1977.
17. “Tempest, *N*.” *The Oxford English Dictionary*, vol. 17, Clarendon Press, 1989, p.751.
18. Webster, John, and Richard Isomaki. “Pyrochles, Cymochles.” *The Spenser Encyclopaedia*, general editor, A.C. Hamilton, Routledge, 2014, pp. 574-75.

研究題目	倉庫内レイアウトを考慮した移動ロボット群の同期現象に基づく自律分散制御
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	電気制御システム工学科・助教・吉田晃基
分野	ソフトコンピューティング, 非線形問題
キーワード	同期現象, マルチエージェントシステム

1. 研究の背景と目的

つり橋の上を歩く人々の歩行タイミングが自然と揃う、ホタルの群れがタイミングを揃えて発光する、これらの現象は同期現象と呼ばれている。近年、同期現象を移動ロボット群のフォーメーション制御に活用する研究が行われている[1]。同期現象を用いる利点として、ロボット群全体の動作を集中管理・制御するコントローラが不要であることが挙げられる。各ロボットは、自身と近い位置にいる別のロボットとのみ情報を交換し、個々の移動速度を変化させることで、全体として統制のとれた動作が可能になることが報告されている[2]。特に、これまでの研究ではロボット群を円形状に等間隔で配置することに成功している[3]。しかし、実応用の際には、円形以外のフォーメーションを形成する必要が生じることは容易に想像できる。例えば、倉庫内の荷物の運搬に無人搬送車(Automatic Guided Vehicle, AGV)を利用する場合、AGVの移動ルート(フォーメーション)は倉庫のレイアウトに左右される。そこで、本研究では、同期現象を活用したロボット群の制御法を円形以外のフォーメーション形成に利用する方法を提案する。

2. 研究方法

本研究では、図1に示す倉庫レイアウトを想定して、AGVの動作シミュレーションを行った。倉庫は基盤のような縦30横30の2次元空間で表現している。ここで、黒色の丸はAGVを表している。また、灰色の四角形はAGVが通ることのできない障害物、左上にある赤色の四角形はAGVのバッテリー残量を回復させる充電ステーションを表している。各AGVは離散時間1ステップごとに、上下左右のいずれかへの移動、あるいはその場にとどまることが可能である。ただし、隣接するAGV同士は互いの方向に移動することができない。AGVには最大容量200のバッテリー残量が設定されており、どのAGVも1ステップごとに残量を1消費する。残量が0になったAGVは動作不能として、倉庫から取り除かれる。AGVが充電ステーションへ到達すると、残量は最大値の200へと回復する。

上記の問題設定でAGVが動作を続けるためには、何らかの協調制御が必要である。なぜなら、各AGVはバッテリー残量を回復させるために定期的に充電ステーションを訪問しなくてはならないが、複数台のAGVが同時に充電ステーションを訪問してしまうと、渋滞やデッドロックが発生し、結果的に充電ステーションへの到達が困難になってしまうからである。よって、渋滞

やデッドロックを解消するための
協調制御が必要である。

本研究では、AGV の移動ルール
を、ニューラルネットワークを用い
て表現した。その概念図を図 2 に示
す。この移動ルールでは、各 AGV は
自身のバッテリー残量と位置の情報
をもとに、次ステップに移動する
方向を一意に決定する（ただし、同
期現象を誘発させる制御を行う際
には、他の AGV のバッテリー残量
の情報も使用する）。また、全ての

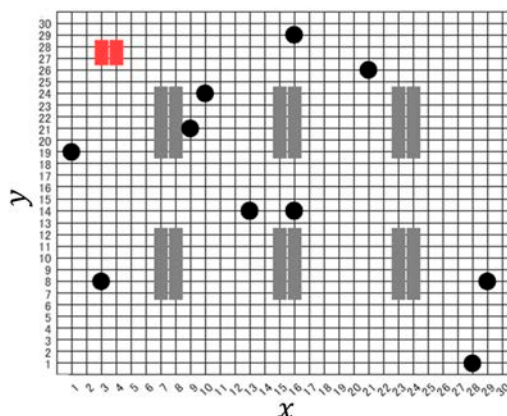


図 1 シミュレーションで使用した倉庫レイアウト

AGV は同一の移動ルールをもつ。ニューラルネットワークの結合の重みは、50 台の AGV を図 1 の倉庫にランダムに配置して離散時間 500 ステップ動作させた際に、できるだけ長い時間多くの AGV が動作を継続できるような重みを、遺伝的アルゴリズムを使って探索した。その結果、AGV はバッテリー残量が多いときは倉庫内を動き回り、バッテリー残量が少なくなると充電ステーションを訪問するような移動ルールが得られた。得られた移動ルールに基づく AGV 1 台の動作を図 3 に示す。AGV は矢印の方向に移動し、定期的に充電ステーションを訪問する。

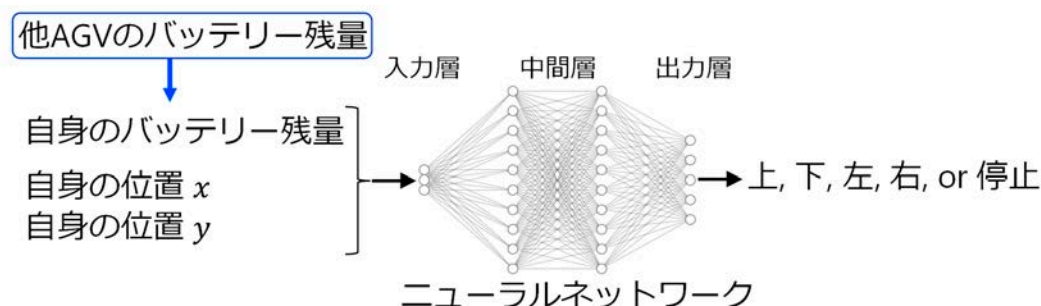


図 2 本研究で使用した AGV の移動ルールの概念図:

ニューラルネットワークの入力層は 3 つのニューロンがあり、それぞれには AGV の自身のバッテリー残量と位置 x 、位置 y が入力される；中間層は 10 個のニューロンを 2 層用意した；出力層は 5 つのニューロンがそれぞれ AGV の移動方向（上、下、左、右、停止）に対応し、出力される値が最も大きいものが採用される；ニューロン間の結合には全結合を、中間層の活性化関数にはシグモイド関数を使用した。

3. 研究成果

得られた移動ルールを使用して、2台のAGVを動作させた。図4(a)に2台のAGVのバッテリー残量の時系列を示す。横軸は離散時間を表しており、0から3000ステップまで動作させた。縦軸はバッテリー残量を表しており、初期条件として、2台のAGVに残量の差を15与えている。AGVのバッテリー残量が定期的に200へと回復していることから、AGVは定期的に充電ステーションを訪問していることが読み取れる。

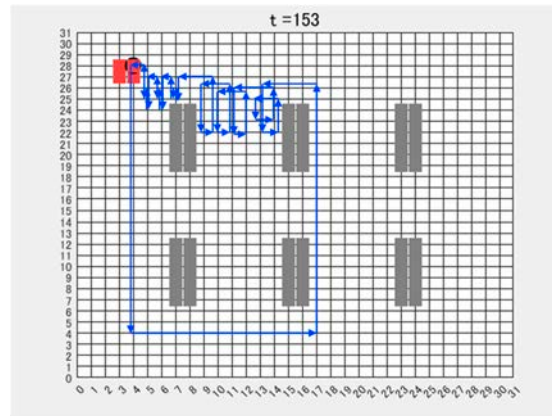
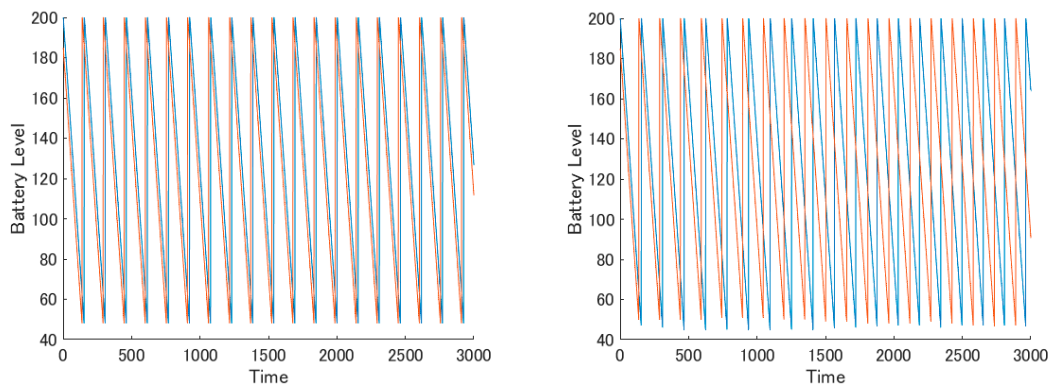


図3 得られた移動ルールに基づく動作

また、初期条件で与えた残量の差15を維持したまま動作しており、充電ステーションを訪れるタイミングに関して、同期現象は生じていない。次に、2台のAGVが通信によって互いのバッテリー残量の情報を交換できる場合を想定し、逆位相の同期現象を誘発するような制御を施した。この制御では図2のニューラルネットワークに入力される自身のバッテリー残量を、

$$\begin{aligned} & \text{(ニューラルネットワークに入力されるバッテリー残量)} \\ & = \frac{\text{(自身のバッテリー残量)}}{1 + k \sin \left[\frac{\text{(他AGVのバッテリー残量)} - \text{(自身のバッテリー残量)}}{\text{(制御を施さない場合にAGVが充電ステーションを訪問する周期)}} 2\pi \right]}, \end{aligned}$$

の形で補正して与えている。ここで k は制御の強さを調整する定数であり、0.05とした。制御を施した場合の結果を図4(b)に示す。この場合にも初期条件として、2台のAGVにバッテリー残量の差を15与えている。制御によって、2台のAGVは充電ステーションを訪れる（残量が200へと回復する）タイミングを僅かにずらしており、バッテリー残量の差を次第に広げていることが確認できる。最終的には、2台のAGVが充電ステーションを訪れるタイミングが等間隔に近づいており、逆位相の同期が生じていることが確認できた。



(a) 同期を誘発する制御なし

(b) 同期を誘発する制御あり

図4 2台のAGVのバッテリー残量の時系列

4. 結論と今後の展望

本研究では、ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズムを用いることで、AGV が定期的に充電ステーションを訪問する移動ルールが得られることを確認した。さらに、得られた移動ルールに逆位相の同期現象を誘発する制御を施すことで、2 台の AGV が充電ステーションを訪れるタイミングを等間隔に近づけることに成功した。同期現象を誘発する制御には他の AGV のバッテリー残量の情報のみを使用しており、他の AGV の位置情報は不要である。今後の展望としては、3 台以上の AGV に同期現象を誘発する制御を施した場合の動作を確認することや、倉庫における荷物の積み下ろしなどの動作を考慮することが挙げられる。

5. 参考文献

- [1] A. Jain, D. Ghose, “Trajectory-Constrained Collective Circular Motion with Different Phase Arrangements,” *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 65, pp. 2237–2244 (2020)
- [2] R. Sepulchre, D. A. Paley, N. E. Leonard, “Stabilization of Planar Collective Motion with Limited Communication,” *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 53, pp. 706–719 (2008)
- [3] T. Fujii, K. Konishi, N. Hara, “Experimental investigation on circular formation of two-wheeled mobile robots controlled by coupled oscillators with bias,” *Proc. of International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications*, pp. 195–198 (2020)

研究題目	富山県における観光まちづくり
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	国際ビジネス学科・准教授・宮崎衣澄
分野	観光学
キーワード	地域活性化、RPG ゲーム

1. 研究の背景と目的

地方がもつ唯一無二の観光資源を活用した観光客誘致は、近年、地方創生の要として多くの地方自治体が行っている。地方に観光客を誘致するためには、その地域にしかない観光資源を発掘し、その魅力を効果的にPRすることが重要である。近年はICTを活用した観光促進策が広がりを見せている。具体的には、VR/AR等を使った体験型の博物館や文化遺跡探訪、多言語対応AIチャットボットを使用した街や観光情報の提供、地域の歴史・文化・自然等を活かした独自の地方ゲーム制作等である。地方ゲームは地方創生ゲームと呼ばれ、有限会社井桁屋（さいたま市）が本業の傍らに制作した「さいたま市RPG ローカルディア・クロニクル」（2016）が端緒となっている。さいたま市に残る民話や伝説、偉人をストーリーに組み込んだゲームはSNSで話題になり、2015年さいたま市ニュービジネス大賞のビジネスプラン賞を受賞した。丸亀市観光協会では、新型コロナウイルス禍でイベントが中止されたことを逆手にとり、観光協会の職員が市販ソフト「RPG ツクールMV」を用いて丸亀市観光RPG『まるがめクエスト～囚われの12姫』（2021）を制作した。このほかにも岐阜県や群馬県、兵庫県等、多くの地域で独自のゲームが制作されている。地方創生ゲームは地域の新たな魅力を発見・発信し、観光客を誘致すると共に、地域住民の地元への愛着を高める有効な手段の一つとして注目されている。

本研究では富山県における観光まちづくりの方策として、地方創生ゲームに着目し、立山信仰をモチーフとしたRPGゲームを制作した。地域の伝統文化を題材にしたRPGゲームの制作によって、地域の観光促進に資するとともに、観光促進・郷土理解におけるRPGゲームの効果を検証し、さらにゲーム制作による郷土理解促進の教育的効果の分析を行った。

2. 研究方法

本研究では、はじめに地方創生ゲームに関する先行事例を分析し、その後、実際にゲームを制作した。ゲーム制作における活動スケジュールと活動内容は下記の通りである。

表1 活動スケジュールと活動内容

期間	活動内容
2022年5～8月	文献調査（立山信仰と立山観光の歴史と現状に関する資料分析）
2022年8月	現地調査（立山博物館・立山信仰の現状に関する聞き取り）

2022年8～9月	ゲーム制作①（シナリオ、キャラクターの検討）
2022年9月～2023年1月	ゲーム制作②（ゲーム制作ソフトを使用したゲーム制作）
2023年2～3月	ゲームに関するアンケート調査、意見聴取、課題の整理

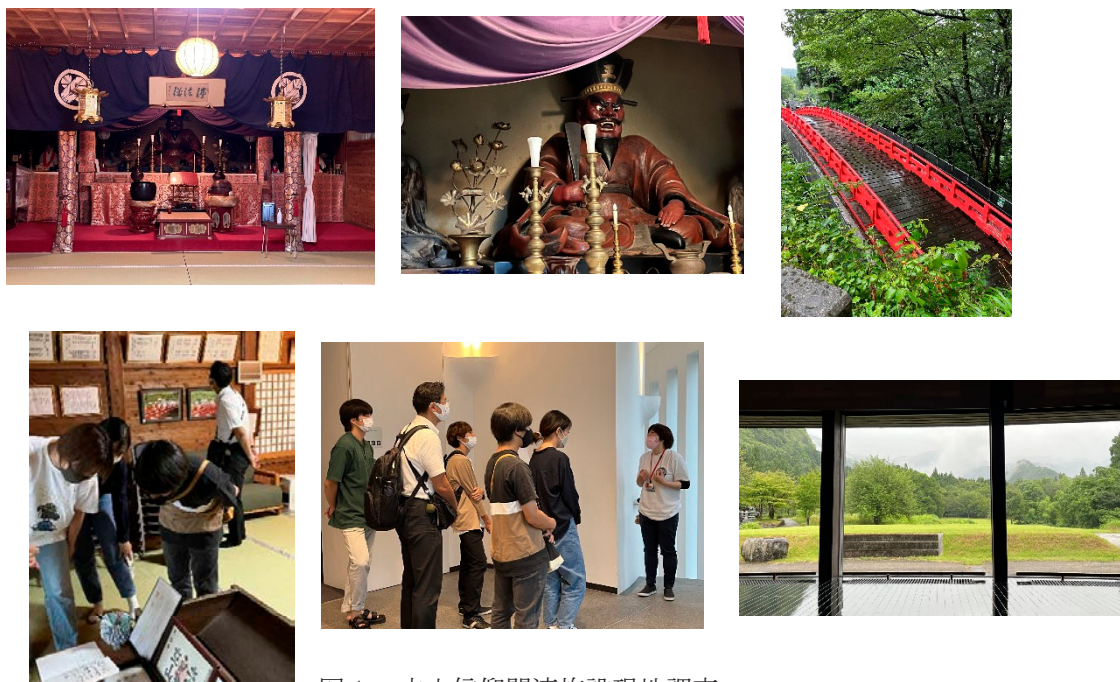


図1 立山信仰関連施設現地調査

3. 研究成果

1) 地方創生ゲーム

はじめに地方創生ゲームの現状について整理する。地方創生ゲームはコンテンツを利用した観光促進策である。「コンテンツの創造、保護及び活用の促進に関する法律」によると、コンテンツとは「映画、音楽、演劇、文芸、写真、漫画、アニメーション、コンピューターゲームなどの文字や図形、色彩、音声、動作若しくは映像若しくはこれらを組み合わせたもの又はこれらに係る情報を電子計算機を介して提供されるためのプログラム」を指す。国政レベルでも「知的財産戦略本部」の設置（2003年3月）、「コンテンツの創造、保護及び活用の促進に関する法律」の成立（2004年5月）により、コンテンツの振興を図っていく基本方針が示された。

多くの地域で観光資源として「コンテンツ」が着目されている背景として、「映像等コンテンツの制作・活用による地域振興のあり方に関する調査報告書」（国土交通省・経済産業省・文化庁、2005）は、①その活用を通じて地域の魅力を高めること、②集客力の向上や地域経済の振興に向けた効果に対する期待に加えて、③住民の愛着心の向上に資することも期待されている、としている。

コンテンツの活用事例として、映画やドラマ、アニメを活用した舞台探訪が知られているが、近年は地方自治体が主体となって制作する観光促進や地域振興を目的としたゲームやコンテン

ツ事業が注目されている。具体的には、①VR/AR等を活用した文化資源の活用、②独自のRPGゲーム制作などである。

VR/ARの活用として、小野は「AR難波宮」(2012)や「よみがえる丸亀城」(2016)などを挙げている(小野2021)。「AR難波宮」は、公益財団法人大阪市博物館協会が「なにわ活性化プロジェクト委員会」(委員長・栄原永遠男 大阪市立大学名誉教授)の提言をもとに、文化庁の「文化遺産を活かした観光振興・地域活性化事業」(2011年度)の補助を受けて、上町台地の歴史遺産活用の一環として開発したものである。地方自治体の依頼によるゲーム制作が増加し、株式会社ジーンは2014年「AR長岡宮」、「歴なび多賀城」を制作している。「よみがえる丸亀城」(2016)は、2015年度の地域活性化交付金を活用し、丸亀市を中心とする中讃地域の観光活性化事業として、各地域の特色ある歴史や文化を題材として取り上げたアプリを共同で開発したものである(後藤2016)。CGで復元した江戸時代の丸亀城を体験できるほか、城内にあるクイズポイントに近づくと自動的に丸亀城に関するクイズが出題され、クイズを解きながら楽しく丸亀城の歴史について学ぶことができる。このように自治体がVR/ARを活用した地域振興に取り組む背景として、文化庁「文化財の観光活用に向けたVR等の制作運用ガイドライン」(2017)、首相官邸「観光資源の高度化に向けたVRの活用」(2018)、観光庁「最先端ICT VR/AR等を活用した観光コンテンツ活用に向けたナレッジ集」

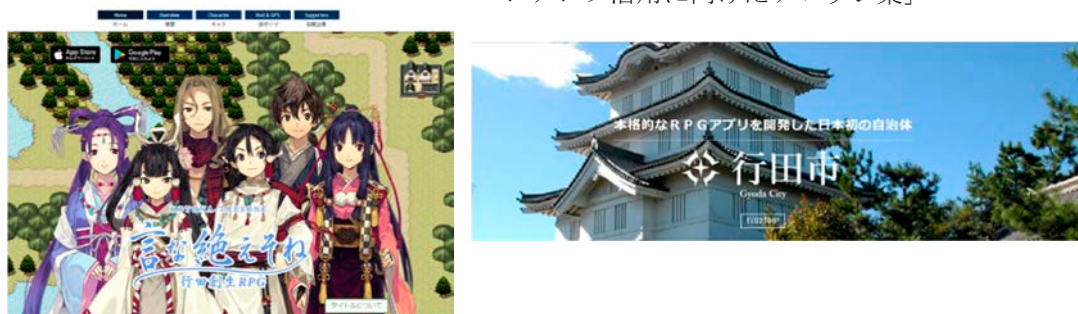


図2 言な絶えそね、行田市ホームページ

(<https://www.kotona-taesone.com/>)

(2019)においても、VRやARを活用した文化財の観光活用を後押ししている。多くの場合、地方自治体は文化庁や内閣府等の助成金に自治体の財源を加えて、制作費用を賄っている。

地方独自のRPGゲームについては、「さいたま市RPGローカルディア・クロニクル」(2016)が端緒となっている。開発を手掛けたのは有限会社井桁屋の社長高久田氏で、本業の傍らでRPG制作に取り組んできた。創業10周年を記念して「地元さいたま市の会社として市のためになるものを」との思いで企画したという(川口2021)。さいたま市に残る民話や伝説、偉人をストーリーに組み込んだゲームはSNSで話題になり、38万ダウンロードされ、2015年さいたま市ニュービジネス大賞のビジネスプラン賞を受賞した。「ローカルディア・クロニクル」の評判を得て、同じ埼玉県の行田市の依頼で開発された「言(こと)な絶(た)えそね行田創生RPG」は、自治体が制作した本格RPGとしては全国初の取り組みである。行田市は「埼玉県ふるさと創造資金」を活用し、井桁屋にRPGゲームの製作を依頼した。その後地方創生RPGゲームは地方自治体に広

がりを見せ、井桁屋は 2019 年「はじまりの島」(淡路島)、2021 年「キズナファンタジア」(石巻市)を制作している。表 2 は井桁屋が手掛けたゲームの開発の流れをまとめたものである。

表 2 井桁屋地方創生 RPG ゲーム制作の流れ (中村彰憲 (2021)、AERA, 2021 年 9 月 6 日号より作成)

ゲーム名 (自治体/制作年)	経緯	開発の要望	財源
言な絶えそね (行田市/2018)	行田市が井桁屋に委託	総合政策部企画政策課担当者が企業に要望を伝える	埼玉県ふるさと創造資金
はじまりの島 (淡路島/2019)	南淡路市長の主導で淡路島日本遺産委員会としてゲーム開発	①31 の文化財をストーリーに入れる ②キャラクターボイスに淡路島出身者の起用	兵庫県の淡路県民局、淡路市、洲本市、南あわじ市、淡路島くふうみ協会
キズナファンタジア (石巻市/2021)	市の政策コンテストで受賞した高校生チームの「アプリを活かした街づくり」の実現	①石巻市の特徴を活かす ②ボイスに地元チャリティーに活動した声優を起用 ③モンスターデザイン等の公募	石巻市

井桁屋は「地方創生 RPG」として 2019 年より地方創生エキスポに出展しており、同社が開発したゲームは、地方自治体からゲーム開発の依頼があったことがきっかけとなっている。しかし、地方創生ゲームの課題として、ゲーム開発はあくまで「手段」で地域活性化につなげることが重要であるが、効果測定の手段としてダウンロード数や位置情報システムの使用回数程度しか指標がなく、郷土理解や観光促進にどれだけ役立つかは見えにくい点が指摘されている。VR/AR 等を活用した文化資源の活用と異なり、地方自治体が税金を使ってゲームを制作することに対して慎重になる自治体も少なくない。

丸亀市観光協会でも、地方創生ゲームを作るというアイデアが協会内で提案されたものの、明確な費用対効果を提示することが出来ず、実現に至らなかった (中村 2021)。しかし新型コロナ禍でイベントが中止されたことを逆手にとって、観光協会の職員が市販ソフト『RPG ツクール MV』を用いて丸亀市観光 RPG『まるがめクエスト～囚われの 12 姫』(2021 年)を制作した。観光協会の職員 3 名が 2018 年から展開していたご当地キャラクターを使用し、11 カ月の歳月をかけて業務の合間に開発を行った。ゲームのリリース前日に、Twitter で告知しただけであったが、約 2 万の「いいね」を獲得し、配信を始めた 3 月 10 日は観光協会に 3 万のアクセスがあった。十分な財源が確保できなかったとしても、市販ソフトを使って簡単な RPG ゲームを制作することが

出来るのは、大きな魅力である。地方創生 RPG ゲームは、観光客増加や地域の新たな魅力を発見する有効な手段の一つと考えられる。

2) 立山信仰と観光

本研究では富山県の地方創生 RPG ゲームのテーマとして、「立山信仰」を選んだ。立山（雄山）は万葉集にも詠まれた日本三大霊山の一つで、江戸時代には加賀藩の保護を受け、「立山曼荼羅」を用いた「禅定」と呼ばれる布教活動により、立山登拝のために岩峯寺、芦峯寺の各宿坊には全国から多くの人々が集まった。しかし明治時代以降、廃仏毀釈によって立山信仰は廃れ、現在は立山信仰の伝承が危ぶまれている。唯一無二の文化遺産である立山信仰を後世に伝えるとともに、宗教ツーリズム、文化観光としての新たな魅力を発見することが出来るのではないかと考えた。

現在、立山は富山県を代表する観光地として知られている。新田知事は、立山黒部アルペンルート¹を県内観光のキラーコンテンツとして位置付けており、「第3次富山県観光振興戦略プラン」においても、「富山らしい魅力創出」において「立山黒部の高付加価値化と魅力の維持向上」が挙げられている。2023年の黒部ダム完成60周年、宇奈月温泉開湯100周年に加えて、2024年6月には黒部宇奈月キャニオンルート¹が一般開放される予定である。1971年の立山黒部アルペンルート全線開業以来、53年ぶりの「新観光ルート形成」として、県地方創生局観光振興室では、効果的なプロモーションの実施を計画している。立山黒部観光に、立山信仰の伝統を効果的に組み合わせることができれば、立山黒部の高付加価値化につながると考えた。

3) RPG ゲーム「立山物語」制作

代表的なゲーム制作ソフトの一つである「RPG ツクールMZ」（株式会社KOMODO社）を使用し、富山高等専門学校5年生（国際ビジネス学科、電子情報工学科）を中心に、共同研究者（株式会社テクノソリューション・坂口氏）からゲーム制作に関する助言と指導を受けて、30分程度のブラウザゲームを制作した。

事前調査で課題として挙げられた「若者層の立山登山・観光促進」及び「立山信仰の伝承」に着目し、20～30代の若者層をターゲットとした。ゲームを楽しみながら立山信仰に興味を持ってもらうことを重視し、オリジナルストーリーを考案した。立山信仰については、立山博物館や関連施設での現地調査のほか、芦峯寺ガイドの佐伯実氏より指導・助言を受けた。ゲームのシナリオやキャラクター設定時の課題として、歴史や伝統ある文化を取り扱う際のゲーム性と史実

¹ 黒部峡谷の樺平駅から黒部ダムまでの約18kmにわたる新ルート。黒部川第四発電所の建設などに伴い、日本電力(株)や関西電力(株)が工事用ルートとして整備したルート。2018年に関西電力(株)と富山県が締結した協定により、安全対策工事完了後、2024年度から一般開放される予定。(富山県地方創生局観光振興室「黒部宇奈月キャニオンルート始動」)(<https://unazuki-kurobedam-route.jp/about/>)

の兼ね合いの難しさがあつた。なお、本ゲーム内で使用した立山曼荼羅「大山坊 A 本」は、佐伯実氏を通して大山坊様から使用許諾をいただいた。



図3 ゲーム場面 (タイトル画面) (鬼との知恵比べ) (雄山登頂)

4) ゲーム体験アンケート

RPG ゲームの体験による観光促進と地域振興の効果を検証するため、ゲーム制作に関わっていない学生 22 名 (富山高専) を対象に、ゲーム体験後のアンケート調査を行った。図4～7はアンケート結果の一部である。

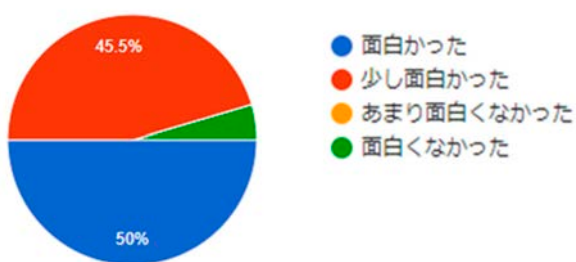


図4 (ゲームの内容について)

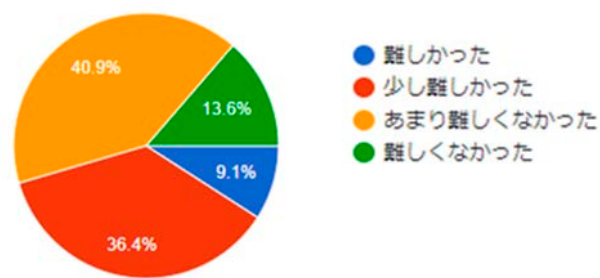


図5 (ゲームの難易度について)

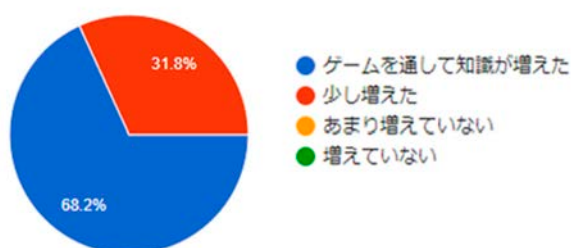


図6 (立山信仰に関する知識)

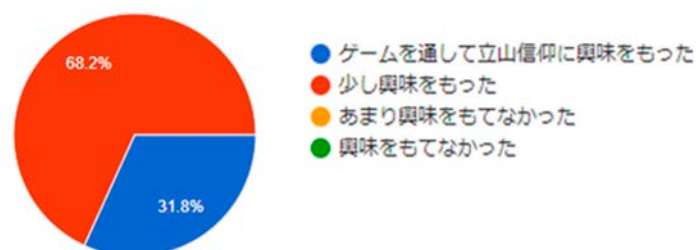


図7 (ゲームを通した立山信仰への興味)

ゲームの内容については、「面白かった」と「少し面白かった」を合わせると 95%の学生がゲームを楽しんだと考えられる。難易度については、45%の学生が「難しかった」、「少し難しかった」と回答した。RPG ゲームが立山信仰に関する知識や興味に与えた影響については、①立山信仰に関する知識、②立山信仰に関する興味、のいずれにおいても全員が増加したことが明らかになった。このことから、地域の伝統文化を題材にした RPG ゲーム体験が、観光促進や郷土理

解において有効であることが明らかになった。ゲームを制作した学生は、シナリオやゲーム制作において立山信仰の資料を調査・研究しており、ゲーム制作による郷土理解促進の教育的効果についても実証された。

一方、RPG ゲームを「観光客の増加」に繋げるためには、まずゲーム体験者を増やすこと、そしてゲーム体験者が観光地に足を運びたいとなるような仕掛けが必要である。ゲーム体験者の増加については、自治体や観光協会と連携した SNS 等による積極的な PR が重要であり、実際に足を運んでもらうためには、「映える」写真を増やして、観光地の魅力を視覚的に伝えることや無料クーポンの配布などが有効と考える。さらに、ターゲット層に合わせたゲームシナリオやキャラクターの登場、SNS やメディア（冊子等の紙媒体含む）等との連携も必要となろう。今回制作したゲームの対象者は 20～30 代の若者層であるが、小さな子供がいる家族世代や 40～60 代の現役世代、70 代以降のシニア世代等のニーズに合わせたゲーム展開や地元事業者（飲食店、宿泊施設等）との連携も考えられる。

5) 行政ヒアリング

今回制作したゲームを自治体や観光協会と連携して紹介するために必要なことを明らかにするため、富山県庁観光推進室と文化振興課担当職員にヒアリング調査を行った。県庁の担当課では制作した RPG ゲームに好意的な評価をいただき、RPG ゲームを観光促進に繋げるためにはゲームを体験してもらった仕掛けが重要であること等が話し合われた。

4. 今後の展望

今回制作したゲーム「立山物語」を観光促進策として使用するためには、主に次の二点の課題がある。一点目は、ゲームの質の向上である。現段階ではゲーム要素が少ない場面（奈良時代等）があり、ゲームの仕掛けを増やすことが必要である。また先行事例である「異な絶えそね」、「きずなファンタジア」のようにオリジナルキャラクターの制作や、キャラクターボイスに声優を起用することが出来れば、ゲームの質やオリジナリティが向上する。

二点目は現在の立山との関連性の強化である。ゲームで登場する場面を、現在の立山とリンクさせることで、訪れてみたいと思わせる仕掛けを作ることが出来る。また体験アンケートで回答が多かった、立山の観光地や飲食店で使用できるクーポン等を付与することも有効である。

今回は限られた時間と人員で制作したゲームであるが、これを改良し、地方自治体や観光協会と連携することで、観光促進策として使用できる可能性を示すことが出来た。

5. 参考文献

- 1) 小野憲史「地方創生ゲームの現状と展望」日本デジタルゲーム学会第 11 回年次大会報告要旨、2021
- 2) 後藤幸功「VR/AR 技術を活かした丸亀城体験アプリ作成とその活用— 観光的活用と教育的活用 —」、平成 27 年度遺跡整備・活用研究集会『デジタルコンテンツを用いた遺跡活用』報告

書、奈良文化財研究所、2016

3) 川口穰「冒険しながら地方創生偉人や伝説をちりばめた“ご当地 RPG”の意外な実力」、AERA dot. 2021年9月6日号(<https://dot.asahi.com/aera/photoarticle/20290300113.html?page=2>)

4) 中村彰憲「ゲームを活用した地域活性化を整理する(その1)」,ファミ通.com. 2021年(https://www.famitsu.com/serial/nakamura_game_industry/202104/12217575.html)

5) 和田基宏「ドラクエ感いっぱい 観光 RPG の熱度」、産経新聞 2021年5月20日付(<https://www.sankei.com/article/20210520-HNOAEP465ZJWBAB4LKN74UKHSY/?108385>)

6) 平成16年法律第81号「コンテンツの創造、保護及び活用の促進に関する法律」e-gov(https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=416AC1000000081_20210901_503AC0000000036)

7) 国土交通省・経済産業省・文化庁「映像等コンテンツの制作・活用による地域振興のあり方に関する調査報告書」2005年

(<https://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/souhatu/h16seika/12eizou/12eizou.htm>)

8) 富山県地方創生局観光振興室「黒部宇奈月キャニオンルート始動」(<https://unazuki-kurobedam-route.jp/about/>)

9) 大阪市歴史博物館

(<http://www.mus-his.city.osaka.jp/news/zyousetu/arnaniwanomiya.html>)

10) 丸亀城 HP「丸亀歴史体感アプリ「よみがえる丸亀城」のご紹介について」

(<https://www.city.marugame.lg.jp/site/castle/2881.html>)

