

研究題目	後期高齢者に変わる極限環境下で働く遠隔操作ロボットの繰り返し 負荷耐久特性に関する基礎研究
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	機械システム工学科・准教授・石黒 農
分野	環境保全学、社会・安全システム科学、農業工学
キーワード	限界集落、消滅可能性都市、地域再生、地域創生

1. 研究の背景と目的

未来の出来事を予測して正確に言い当てることは不可能である。しかし、ある閉じられた系を想定した場合に限り、その考慮している系の物理現象を常微分方程式の連立方程式として取り扱い、その推移を予測として用いる科学的手法は、数学や工学の分野で古くから用いられていることが一般的に知られている。まだまだ盛んに研究が行われている分野であるが、微分方程式系またはシステムという学術用語が割り当てられ、その研究結果の派生として、システム制御、生産システム、社会システムなどが誕生したのは周知である【1-4】。また、システムに関する研究の成果として、オペレーション・リサーチ分野では、人口統計を用いた地域や国の趨勢を予測する試みは古くから行われており、持続可能な世界平和に関する大きな社会的貢献の成果を得ている。例えば、E. トッド【5】による「出生数=将来の死亡数」という状況の下で、乳児死亡率と各年代の変死数の統計解析から、考慮している社会システムが正常であるか、不全状態に陥っているかを推論・予期できたことは世界に衝撃を与えた。システムに関する研究に関して、現代では様々な領域・分野において膨大な量のストレステストの結果がWEB上で、無料で共有されている状況である。

その様な状況の中で2000年頃の日本国の様々な統計データを基にした将来計画が発表されている【6-12】。その将来予測のなかで、「2042年頃には人口減少が著しく進行した富山県内で消滅可能性都市・集落が発生するのではないか？」と、いう危惧が予測されていることが研究者以外の一般の市民にも広く知れ渡るようになってきた【13, 14】。申請者は、長く人口減少問題について研究を行っており、以前、人口減少問題に関する日本国を代表する研究者の大野【7】が1990年代に消滅予想した高知県の中山間部の町村役場に電話調査を行い、実際に大野の予想した都市および地域の消滅予想が当たっていたか追確認を実施している。幸運なことに大野の調査に参加した行政担当者から直接その後の話を聞くことができた。その結果、大野が示した予想より10年ほど早く町村は消滅していることがわかった。大野が定義した地域消滅の通り、物理的に町村が消滅するわけではなく、極度に行政サービスを維持することが困難になったことによる町村統廃合による町村名と行政サービス拠点の消滅が発生していた。行政担当者によれば、基本的な街道沿いのインフラは、極度に不便になるものの消えることは無く、極端な人口減少が発生し、それに付随して行政サービスの効率が極端に低下したものの、「住民はそれらを受け入れ、将来を特に心配することなく幸せに生活している。」という明るい話も聞くことができた。また、行政担当者からの聞き取り調査において、極度に地域の住民人口が減っていく状況で新た

に発生した地域課題について順を追って教えてもらった。地域の住民が高齢化し、人口も減少していく中で地域の色々な共助作業が次々と破綻した経緯を聞き取り、申請者が長く現地調査している、山形・新潟・富山県でも共通する課題があることを確認することができた。他の地域の人口減少や、高齢化問題に第三者が心配する権限や余地は無いものの、申請者は富山県に住む当事者として富山県のためになる研究課題は無いかと、2009年頃から富山県の地域課題に関する研究を進めてきた。

研究を進めるにあたり、日本国における消滅可能性都市問題の先端研究者である増田【9】、山下【10】、河合【12】ら複数の著名人が共通して提言しているように、「長期的に継続して地域を活性化させるためには、プロダクトアウトの考えではなく、マーケットイン、ユーザーインの考えで対応が必要である。」と、いう。また、「既に日本のような利用可能な資源を最大限に利用し、効率の悪い事柄を削ぎ落とし、最適化して磨きあげられたシステムにおいて、人口拡大期から縮小期の潮目が変わる時期において、目標を見誤った施策を立ち上げれば、大きく空振りした施策がシステム全体を再起不能になるまで破壊する可能性がある。」と、いう。そのため、申請者は「現在の富山県および周りの地域・国との間の利益相反勘定を元にした将来対策を考えるのではなく、将来起こるワーストケースから逆算した、現在から対応可能な対策の模索」を試みている。富山県の調査結果【15】から色々な新規地域課題が明らかになっているが、その中で申請者の研究室の規模で対応できる課題として、住宅前の道路の個人除雪作業の軽減に関する研究を実施しており、後期高齢者によって共助除雪作業を行う自動除雪機械の開発および実用化に関する研究を実施している【16】。その研究過程で、提案機械の動作原理に関する研究【16】、極寒腐食条件における疲労特性評価に関する研究【17】、遠隔操作に関する画像処理 AI の適応に関する研究【18】を行っている。

現在、模擬試験用の「小型自動除雪機械の製作」や、「ビニルハウス側面除雪用のハイブリッド型無人自動遠隔操作可能除雪機」の開発などの実施を図っている。想定している作業機械は、数年のあいだ極寒および灼熱の環境に曝されることを想定しており、そのような状況でも継続して利用可能なことが求められる。想定する産業機械の設計に関して研究室でそのような極端な環境における機械要素部品の耐久データを持っていなかったため、機械要素部品の耐久データを取得することを目的に、申請研究では、後期高齢者によって、極端極寒環境下で働く遠隔操作機械・ロボットの機械要素部品の繰り返し負荷耐久特性に関する基礎研究を実施した。

2. 加速度劣化試験方法

極端寒環境下で働く遠隔操作機械およびロボットの要素部品の繰り返し負荷耐久特性を調査するために、図1に示す-19℃恒温槽を用いた機械要素部品の加速度劣化疲労試験を実施した。この装置は恒温槽内の温度を調節することが可能であるが、恒温槽内の湿度の調整や湿度を表示する機能は無く、加速度劣化試験を実施したものの、加速度劣化試験条件としては、-19℃雰囲気下で繰り返し試験を実施した。と、いうことしか分かっていない。



図1 -19°C恒温槽

加速度劣化疲労試験では、図2のリレーモジュール、図3の押しボタン、図4の電動リニア・アクチュエータを疲労試験した。図2のリレーモジュールでは、負荷側の電圧を5V-DCおよび100V-ACとし、制御信号および動力電源のON/OFF利用を想定した繰り返し試験を実施した。図3の押しボタン試験では負荷側の電圧を100V-ACとし、駐車場などに設置されている消雪装置の動力電源のON/OFF利用を想定した。図4の電動リニア・アクチュエータは、定格24V-DCを与え、ロッドを最長まで伸ばしては、少し反転させ完全に除荷した後に、再度ロッドを最長まで伸ばすことで、繰り返し試験を行った。これによって、ロッドには除荷時0kgfと、負荷時150kgfの圧縮力を繰り返し負荷できる。往復動作に関する制御には汎用ワンボードマイコン Arduino UNO を用いた。

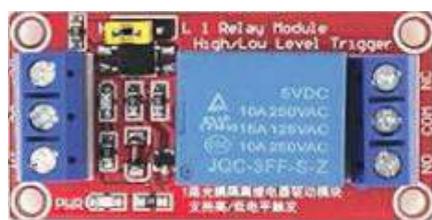


図2 リレーモジュール



図3 押しボタン



図4 電動リニア・アクチュエータ

図3の押しボタンの繰り返し試験は、図5に示すCNCスライダを用いた繰返し疲労試験機を製作し、物理的にOnとOffを繰り返す様にした。モータードライバーには、TB6600系のステッピングモータICを利用した。きめ細やかな制御を行うため、モータードライバーの上段に汎用ワンボードマイコンArduino UNOを用いた。移動上限と下限にマイクロ・リミットスイッチを設置し、上限と下限のスイッチのOn/Off状態をArduino UNOマイコンで常時監視し、それぞれのリミットスイッチの状態に合わせて、モーターが正転・反転する様にモータードライバーに制御信号を送信した。また、スイッチのOn/Off状態の判定には、マイコンのプルアップ抵抗に関する内部関数を用い、物理的なプルアップ回路を省略し、全体の電子制御回路を極力簡単にした。このような手法でフィードバック制御による繰返し疲労試験を実施した。スイッチ固定治具の製作では、ANYCUBIC社のKobra汎用3Dプリンターを利用した。3D図面作成にAutodesk社のFusionアカデミック版の3D-CADソフトウェアを用いた。3Dプリンター用のGコードデータ作成には、Ultimaker社のCura4.12.0スライサソフトウェアを使用した。

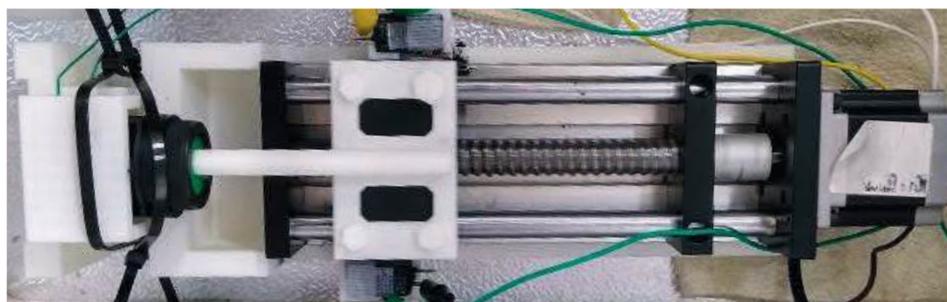


図5 押しボタン用の繰返し疲労試験機

加速度劣化疲労試験において、それぞれの疲労試験されている機械要素部品が正常に動作しているかの判定では、試験装置の負荷側に5Vまたは100Vで動作するLEDを取り付け、そのLEDの点灯と消灯で、スイッチのOn/Off状態の判定を行った。疲労試験は夜間問わず数カ月継続して連続実施されたため、汎用の防犯カメラを用いてLEDの点滅状況を撮影し、正常に試験が実施されているかの判定と繰り返し試験回数のカウントを行った。

3. 研究成果

3.1 機械要素部品の加速度劣化疲労試験の結果

加速度劣化疲労試験の結果、リレーモジュール、押しボタンは、繰り返し試験回数 $n = 10^7 = 1,000$ 万回以上正常に動作することが分かった。電動リニア・アクチュエータは、69万回繰り返し動作後に、装置の撮影のため停止させ、室温環境下で撮影後、24時間経過した後に再動作させようとしたら付属のモーターが動かなくなった。この試験に利用したモータードライバーは正常

動作していたため、モーターが何らかの理由で壊れたことが分かった。また、 $n=1,000$ 万回の押しボタンの疲労試験に使用した図5の試験機も、試験後に室温で数日放置した後に動作チェックを行ったところ、付属のモーターが動作しなくなった。この装置もモータードライバーは正常に動作しており、モーター単体が何らかの理由で壊れた。電動リニア・アクチュエータと CNC リニア・スライダに用いた製造会社および種類の異なるモーターは、どちらも -19°C 雰囲気で作させた後に室温に戻すと動作しなくなることが分かった。極寒から室温に戻る温度上昇によってモーターが壊れていることから、モーター配線材料、ブラシ部の材料、ハンダ、ケーシングの隙間埋め樹脂材料など、縦弾性係数や、線膨張係数の大きく異なる材料が、モーターが昇温される過程で、不均一に各所で膨張したことにより、熱ひずみが積算され、全体としてモーターの巻き線が断線したと考えられる。これは、憶測にすぎず今後原因究明と問題回避の検討が必要である。また、申請研究の結果、提案する加速度劣化疲労試験などを用いて機械要素部品の耐久性を事前にある程度明らかにしておく必要があることが分かった。

3.2 ビニルハウス屋根上積雪の自動除雪

続いて、図4に示したリニア・アクチュエータと同じ会社のストローク長の異なるリニア・アクチュエータを用いてビニルハウスの屋根上積雪の自動除雪について検討を行った。ビニルハウス屋根上の積雪と自動除雪後の風景が図6と図7に示されている。ビニルハウスを2023年11月1日から、2024年2月29日まで屋外に設置し、屋根上に積雪が発生した場合に、遠隔操作でビニルハウス内に設置したリニア・アクチュエータを動作させ屋根上積雪を除雪した。この期間中に富山市では、氷点下になる日が何度かあったが、電動アクチュエータは試験期間中に壊れずに動作可能であった。上述の加速度劣化試験の結果の様にモーターが壊れなかった理由として、試験期間中富山市では -5°C を下まわる日は無く、夜の冷却と昼の昇温によるモーターへの熱ひずみによるダメージが少なかったと考えられる。

ビニルハウスの屋根上積雪の自動除雪化では、積雪時にのみ QR コードが認識されるシートをビニ



図6 ビニルハウス屋根上積雪の風景



図7 ビニルハウス屋根上積雪の自動除雪後風景

ルハウスの天井に貼り付け、遠隔制御基地局に接続した 5000 万画素カメラで屋根上の積雪観察を行った。QR コードの認識は自動プログラムで行われ、積雪が発生したと判定した時に電動リニア・アクチュエータを制御し、ビニルハウス屋根上の雪を下から押し上げて、積雪をビニルハウスの天井に沿って滑落させ側面方向に除雪した。これらの一連の動作は自動プログラム化され、完全無人で自動除雪が可能であることが確認された。また、同時に作業者が手で遠隔装置を自由に動かして除雪できることも確認した。

3.3 遠隔装置の通信範囲の確認

続いて、遠隔制御装置の通信距離の確認を行った。シンガポールの提携校からの遠隔制御通信実験の風景を図 8 に示す。通信実験では、作成した自働プログラムを提携校先で動作してもらい、自動で日本国内の遠隔基地の装置にアクセスできるか確認を行った。計画通りにシンガポールから日本国のアクチュエータを遠隔操作できることを確認した。使用した通信網は、Japan SIM 社の Docomo MVNO 回線で、月額 500 円程度で利用可能なデータ SIM を用いた。この実験では、データ SIM であってもクラウドに繋ぐことができれば、5,000 km 離れた日本国外の遠隔地から、日本国内の遠隔制御が実施可能であることを確認した。

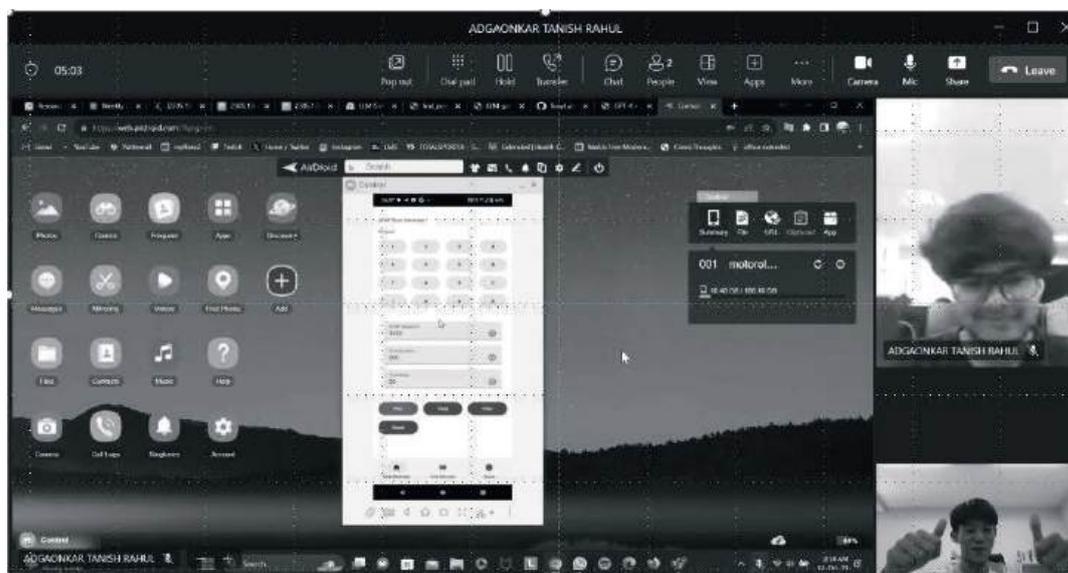


図 8 シンガポール提携校からの遠隔制御通信実験の風景

3.4 二種類のシリアル通信方法の確認

遠隔基地局から電動リニア・アクチュエータを制御する通信方法として、Bluetooth 接続による無線通信と、DTMF 技術を用いた有線通信の 2 つのシリアル通信方法を検討した。実験では、電動リニア・アクチュエータに接続されている制御用マイコンに無線および有線通信で基地局と相互通信させた。試験の結果、無線および有線通信のどちらの方法でも良好な相互通信が得られることが分かった。また、様々な DTMF 発音アプリが存在するが、使用する DTMF 通信アプリによって、使用するデコーダーが

反応しない場合が少数確認され、DTMF 発音アプリと DTMF 通信デコーダーの間に相性があることが分かった。遠隔地によっては、有線通信が有効であったり、無線通信が有効であったりするため、遠隔地の状況に対応した通信方法の選択肢が増えたことにより、より幅広い環境変化への対応が可能になった。

3.5 もちいる光源による画像 AI の認識率の変化

申請研究の応用として AI による夜間における道路除雪機、ビニルハウス除雪機、駐車場消雪機、流雪溝開閉器など様々な機械の自動化を想定している。AI に用いるカメラの周波数特性と光源の周波数特性の組み合わせによって画像 AI の認識率が変化することが容易に想像できた。そのため、カメラ測定部の光源の周波数特性を定量評価しはじめている。

遠隔基地局に搭載されたカメラで撮影された測位マーカを図 9 に示す。測位マーカはステンレス製の長尺にトナー印刷したマーカを貼り付け、その周りをポリエチレン製の防水フィルムで保護している。蛍光灯を用いるとフィルムの反射によってマーカが認識できない部分がある。一方、赤外線 LED を用いると人間の肉眼でもマーカを確り認識できている。想定通り「もちいるカメラと光源の組合せで画像 AI の認識率が変わってくる。」と、いう見通しができたので、続いてデジタル分光計を用いて画像測定部における光の周波数特性を評価した。

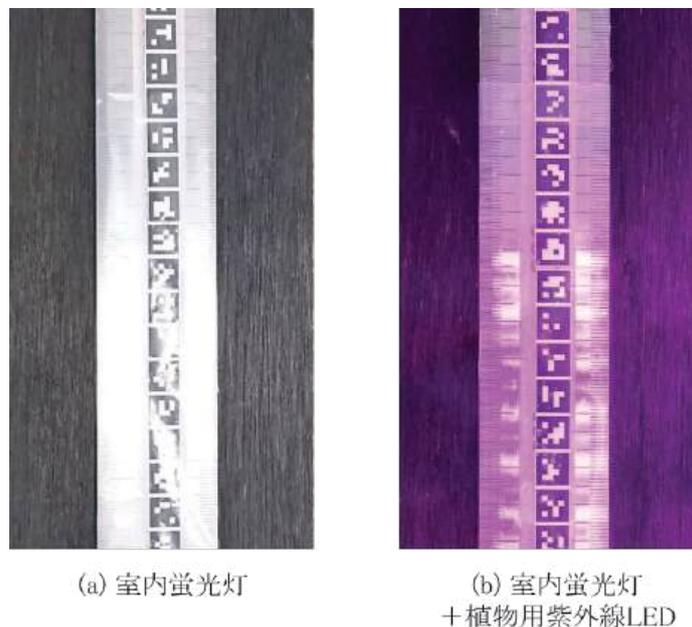


図 9 遠隔基地局に搭載されたカメラで撮影された測位マーカ

人間の目視感覚では光の照度は定量評価できないので、デジタル分光計を用いて画像測定部における光の周波数特性を評価した。画像測定部における光の周波数特性を図 10 に示す。実験に用いた植物用紫外線 LED の照度が他の光源より高いことが分かってきた。現時点で光源の周波数特性お

よび照度のどちらが画像 AI の認識率向上に寄与しているかは不明であるが、すくなくともデジタル分光計を用いることで、光の特性を定量的に議論できるようになってきた。

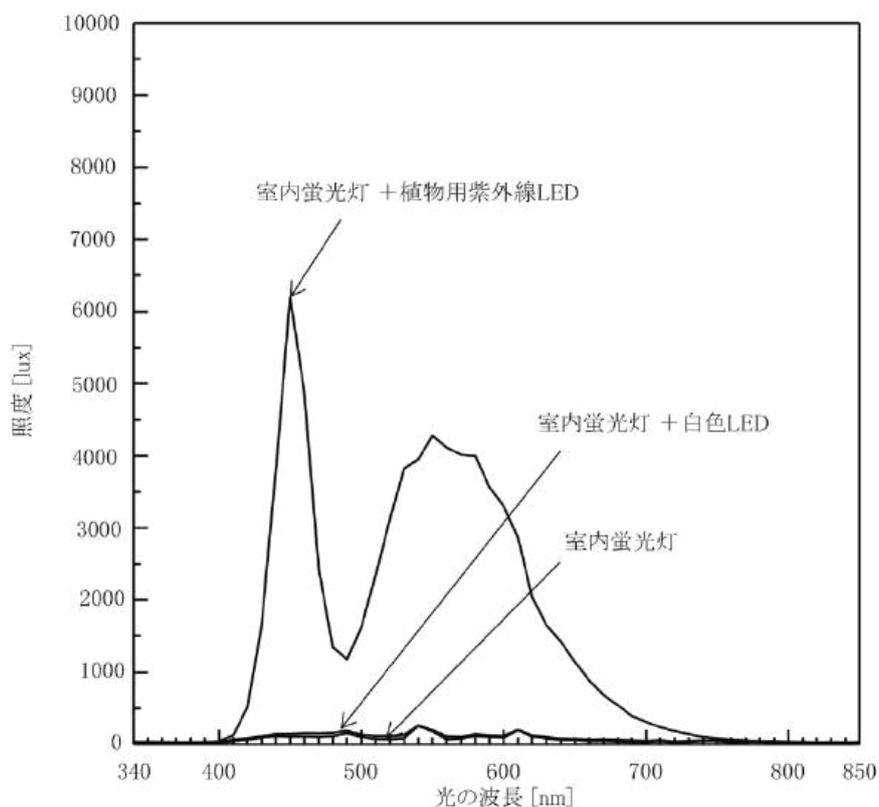


図 10 画像測定部における光の周波数特性

4. まとめ

冬季の寒冷地における極限環境下での機械要素部品の耐久特性が不明であったので -19°C の恒温槽を用いた機械要素部品の加速度劣化疲労試験を実施した。提案した方法で既存の制御部品がどの程度耐久性があるのか定量評価することができ、申請研究の成果から以下のことが分かった。

- (1) 冬の極環境を想定した加速度劣化疲労試験を提案し構築した試験装置を用いて機械要素部品の低温における疲労特性を評価できるようになった。
- (2) 市販されている汎用押しボタンスイッチは -19°C 雰囲気でも 1,000 万回の繰り返しの耐える。
- (3) 市販されている汎用の DC モーターは、 -19°C 雰囲気に保持されている状態では連続使用が可能であるが、一度室温に戻した後は熱ひずみによってモーターが破壊され使用できない。

- (4) 市販されている汎用の DC モーターは、 -5°C 雰囲気には保持され、その後室温に戻した後も使用可能であり、冷却時の到達温度の違いによって、モーターが使用できなくなる場合があることが分かってきた。
- (5) 提案する遠隔装置は自動プログラムで動作が可能であることが再確認され、5,000 km 程度の距離内であれば国外の遠隔地から日本国内に設置された提案機械の自動制御が可能であることが分かった。
- (6) 無線および有線のシリアル通信で容易に遠隔地の装置を操作可能であることが分かった。有線および無線通信の遠隔地の状況に対応した通信方法の選択肢が増えたことにより、より幅広い環境変化への対応が可能になった。
- (7) 画像処理 AI の測位マーカーの認識率に関する光源の周波数特性を定量評価できるようになった。

5. 今後の展望

申請研究の展望として、引き続き後期高齢者に変わるマーケットイン、ユーザーイン要望から基づくマイノリティ産業機械やロボットの開発・設計・実現について検討を行っていききたい。実施したいことは、駐車場の消雪設備の起動停止制御、流雪溝設備の開閉制御、ビニルハウス屋根上積雪の自動除雪など多くある。直近の研究課題としては、全国で年間 100 億円程度の損害が続いているビニルハウスの積雪倒壊の回避を目的に、ビニルハウスの完全無人自動除雪に関して検討を行っていききたい。また、夏場の地域課題として“無人自動遠隔操作可能”な「草刈り機」、「集塵機」が必要との要望が少数あるため、そのようなマイノリティ・メカの開発も同時並行で行っていききたい。創出しようとしている自働機械の適用では、 40°C を越える炎天下環境での機械要素部品の疲労特性が必要であり、炎天下での提案機械の各種機械要素部品の耐久特性を今後評価していききたい。

この研究は、申請者独自の統計分析および様々な研究者の統計分析結果を元に、著しい人口減少が発生することが危惧される地域の新規社会課題に関する研究を 2009 年頃から 30 年の長期計画で実施しています。申請者の予想が将来現実化するかは分からない様なかで研究助成をいただいたことに感謝します。「富山を良くしたい。」と、願う派閥を越えた多くの人達の多大な御支援を賜りありがとうございました。「富山を良くしたい。」と、願う気持ちがいつか富山の明るい将来につながる事【19, 20】。を願いながらこれからも富山県の生活が良くなる研究を続けていききたいと思います。

6. 参考文献

1. ドネラ H.メドウズ (著)“成長の限界: ロ-マ・クラブ「人類の危機」レポート”, ダイヤモンド社(1972).
2. エズラ F.ヴォーゲル (著), 広中和歌子 (翻訳), 木本彰子 (翻訳)“ジャパンアズナンバーワン: アメリカへの教訓”, 阪急コミュニケーションズ (1979).
3. 鈴木弘 (編集), “塑性加工(改訂版)”, 裳華房 (1980) .
4. ドネラ・H・メドウズ (著), 枝廣淳子 (翻訳)“世界はシステムで動く —— いま起きていることの本質をつかむ考え方”, 英治出版 (2015) .
5. エマニュエル・トッド (著), 石崎晴己 (翻訳), 中野茂 (翻訳)“最後の転落 [ソ連崩壊のシナリオ]”, 藤原書店 (2013) .
6. 松谷明彦 (著), 藤正巖 (著), “人口減少社会の設計: 幸福な未来への経済学”, 中央公論新社 (2002) .
7. 大野晃 (著)“山村環境社会学序説: 現代山村の限界集落化と流域共同管理”, 農山漁村文化協会 (2005) .
8. 鬼頭宏 (著)“2100年, 人口3分の1の日本”, KADOKAWA (2011) .
9. 増田寛也 (著)“地方消滅 - 東京一極集中が招く人口急減 ”, 中央公論新社 (2014) .
10. 山下祐介 (著)“地方消滅の罨: 「増田レポート」と人口減少社会の正体”, 筑摩書房 (2014) .
11. “別冊宝島 2299号 図解ひと目でわかる地方消滅”, 宝島社 (2015) .
12. 河合雅司 (著)“未来の地図帳 人口減少日本で各地に起きること”, 講談社 (2019) .
13. 北日本新聞, “2市3町「消滅可能性」”, p1, 2024年4月25日, 49338号.
14. 北日本新聞, “県人口100万人割れ”, p1, 2024年5月2日, 49345号.
15. 富山県の調査報告書: “富山県の中山間地域における集落の生活状況等に関する実態調査の結果概要”, 2021年2月24日, <https://www.pref.toyama.jp/> .
16. 石黒農, 高崎皓平, 中田優一, 毛利亮太, 和田亘, 高専教育 37号, pp225-228 (2014) .
17. 石黒農“限界集落排雪補助押し出し装置の創出に向けた押し出しダイス形状および圧縮高圧力容器の寒冷地疲労破壊条件の検討 ”, 公益財団法人 富山第一銀行奨学財団 (2017) .
18. An Easy Snowpack Depth Evaluation Using Smartphone, Bluetooth Device, and Augmented Reality Marker of Open Computer Vision Package. Minoru Ishiguro, Yotsumi Yoshii, Toshimasa Chaki, Keigo Kasaya, MDPI Sustainability, Vol. 15, Issue 11, 8887, pp.1-20 (2023).
19. マイケル E. ポーター (著), 竹内弘高 (翻訳), DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー編集部 (翻訳), “[新版]競争戦略論I”, ダイヤモンド社 (2018).
20. マイケル E. ポーター (著), 竹内弘高 (翻訳), DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー編集部 (翻訳), “[新版]競争戦略論II”, ダイヤモンド社 (2018).

研究題目	ナノ・マイクロ粒子分散液の配列凝固とその材料特性評価
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	商船学科・准教授・経田僚昭
分野	伝熱工学，材料工学，振動工学
キーワード	超音波，複合材料，マニピュレーション，周期配列

1. 研究の背景と目的

バルク形成後の材料性能は形成途中，すなわち融液凝固中の微視的な組織の時空間変化に由来する．本申請課題は超音波マニピュレーション技術を複合材料形成過程に適用することで母材組織と強化材の分散状態を同時に操作する複合材料の組織制御方法を提案することを目的とする．その取り組みの成果によってミクロな微細組織と強化材寸法に超音波を作用させて材料の構造に依存する特性を発現させる．さらに，その組織・構造制御の結果は材料特性の異方性を付与することができるため，効率的なエネルギー輸送に資する新技術の実現に貢献する．

超音波を材料製造過程に適用することで材料形成後の特性を改善する取り組みは金属材料に付与した音波の攪拌作用で核生成サイトを増加させて合金組織の微細化を図る報告がある [1]。また，本研究で提案するような複合材料を対象に，母材中に分散する強化材の配置を超音波によって制御できれば，母材の組織制御と混合される強化材の操作を両方同時に実現する手法になる．すなわち，他研究との差異は，複合材料に超音波を適用する本申請課題によって母材と強化材の両方を超音波で制御できることにある．本助成金にて超音波マニピュレーション技術を凝固場に適用する知見を得て，複合材料の特性を制御する所望の特性を得る方法を示した．

2. 研究方法

2-1 超音波マニピュレーションにおける力学場

ここで，複合材料中に作用させる超音波によって強化材配置を操作する力学場の詳細を記述する．液中に作用するマニピュレーションの駆動力は音響放射圧による力に基づく．放射圧による強化材に作用する力， F は

$$F = V[B + (1 - \gamma)]k \frac{A^2}{\rho_0 c_0^2} \sin 2kx, \quad (1)$$

となる [2]．式(1)は空間座標での変動を示しており，振動子の断面に対して垂直方向に音波が伝播し，その音波伝播方向を x 方向としている．ここで， V は強化材粒子の体積， B は母材，および強化材の密度 ρ_0, ρ より， $B = 3(\rho - \rho_0)/(2\rho + \rho_0)$ で得られる係数である． γ は母材，および強化材

の圧縮比の比 β_0, β より、 $\gamma = \beta/\beta_0$ である。 k は波数で波長の逆数を含む ($= 2\pi/\lambda$)。 式(1)より、音響放射圧による力は空間座標 x に対して周期的な変動を伴い、半波長 ($\lambda/2$) の間に3点の正負が逆転する“ゼロクロス”が現れる。 例えば、 F がプラスからマイナスに移行する点では粒子には正方向・負方向の対向する力が働くのでその合力は粒子を補足する力となる。 一方、マイナスからプラスに移行する力は粒子をその場所から移動させる強制力となる。 補足する力のはたらくきは粒子の停滞となるため、半波長の空間スケールの中に粒子濃度の偏りが生じる。 粒子濃度の偏りが周期的に現れることで母材中の強化材の配列構造に周期性が発現する。 以上が強化材分散の周期性に直結するメカニズムである。

申請者の取り組みの一つに金属合金の音速計測の報告がある [3]。 合金融液と合金固化後の音速の違いを利用して液相、固相ならびに固液共存状態の相変化過程に超音波を入力する。 試料内を通過した波形を受信して送受信の時間差によって内部の不可視な状況を音速情報で把握する取り組みである。 固液共存状態や完全固化後でも内部を伝播する音波から **Time of Flight** で音速を特定する本手法が確立できたことで試料内部にも超音波を伝播させることができること、その結果、定在波音場を試料の凝固進行途中に形成できることを実証したことが本申請課題の基盤技術となっている。

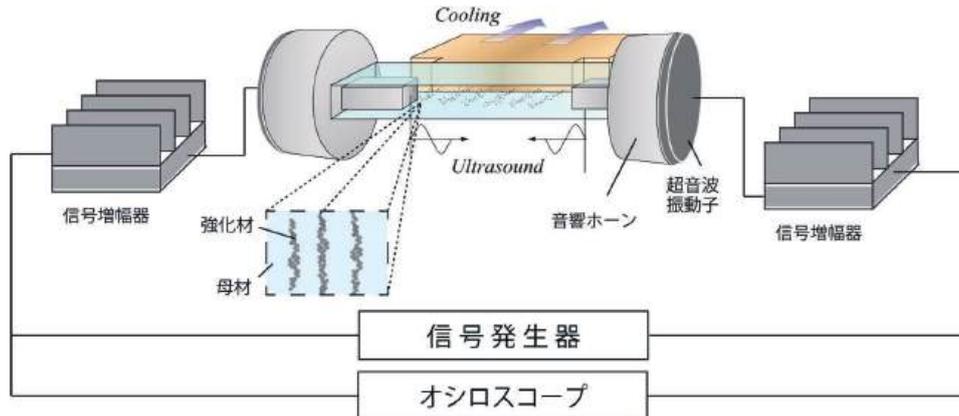
将来的には、金属材料を母材としながら金属からセラミクス、高分子材料（樹脂）までを網羅した相変化を伴う材料製造全般に応用できる手法の確立を目標とする。 超音波利用のメリットは融液（母材）と強化材（分散粒子）の組み合わせを幅広い種類とサイズで対応できることにある。 すなわち、材料の強度（伸びやすさや壊れやすさ）はもとより、熱の伝わり方・電気、光、音響の伝搬のしやすさへの異方性付与が超音波定在波で実現できる可能性を見出せることに本手法の将来性がある。 構造の制御はメタマテリアルの実現を期待させる。

以上、合金材料の形成における凝固過程シーケンス、すなわち液相・固液共存相・固相の逐次変化に着目し、このプロセスにおける組織形成が固化後の材料特性を決定づけ、その前提に基づく材料改質方法を提案する手法を示すことが本申請課題の目的である。 さらに、超音波で融液から固化に至る相変化プロセスに能動的な力学場を形成することで母材凝固組織の微細化を行いながら、母材とは別に異種材料、すなわち強化材を添加した複合材料の強化材の分散状態も同時にコントロールする微小操作も行う。 複合材料における強化材の分散状態は材料全体の特性、すなわち弾性、強度、熱伝導、電気伝導、透明材料であれば屈折率に影響する。 混合する強化材の性質とその配列に依存する。 そこで、超音波を複合材料の形成過程に照射することで母材の改質と強化材の分散状態の制御を同時に達成する手法を提案するものである。

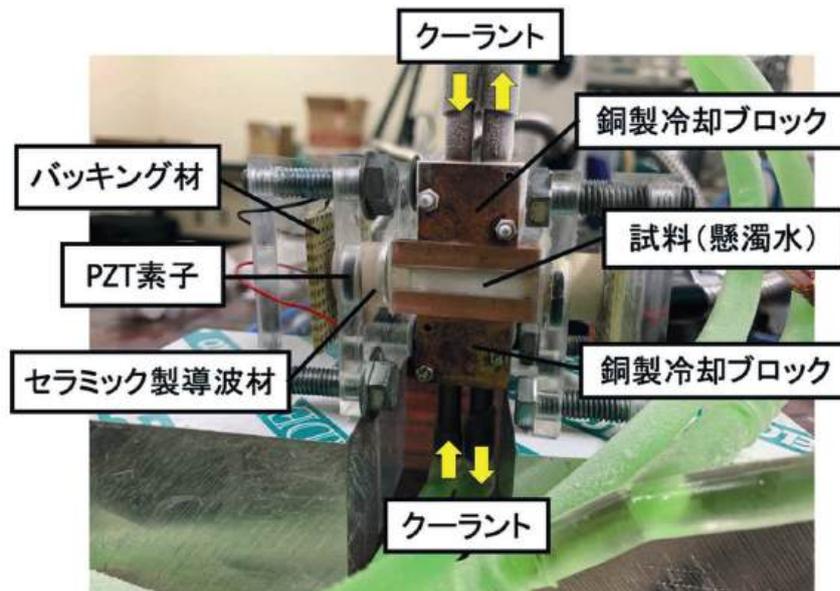
2-2 実験装置

材料融液を注入し、両端から超音波を印加する鋳型を設計、製作し、材料特性の評価を行った。 図1に装置の概要図(a)と写真(b)の両方を示す。 まず、母材を蒸留水、強化材をポリエチレン粒子として超音波を伝播させながら凝固進行を誘発させる装置を構築して添加した粒子を配列させながら母材凝固によって完全固化するまでの観察を行なった。 続いて、母材をパラフィン、強

化材を炭素粉末とすることで超音波による配列分散状態の試料作成を行う装置を設計・製作した。いずれも共振周波数 2.0 MHz の振動子を用意し、ファンクションジェネレータ、アンプからなる発振系統を確立した。試験部は透明アクリル製として超音波伝播に沿うように冷却面を設定した。冷却面を構成する銅板には -20°C の不凍液を循環させて試験部内部を氷点下以下まで冷却した。まずこの装置によって配列の確認と動的な凝固観察の両方を実施した。



(a) 超音波による配列観察装置の試験部と超音波発信系統



(b) 超音波による配列観察装置の試験部の写真

図1 超音波配列観察装置

3. 研究成果

3-1 パラフィン融液におけるカーボン粒子の周期性観察

続いて、試料生成装置を鋳型に見立てて、母材をパラフィン、強化材をカーボン粒子とする複合材料成型装置を設計・製作した。湯煎によってパラフィン融液を用意し、任意の量の炭素粉末を混合させた。融液は十分攪拌した後に予熱させた鋳型に投入した。このとき、パラフィンは融

点 58-60 度を使用し、鋳型予熱温度は 61 度とした。鋳型構造として上部開放型としており室温、大気圧での放熱によって融液温度が低下し、凝固点に達した段階で凝固が進行する。鋳型にパラフィンと炭素粉末の混合融液を投入直後に超音波を発振させて強化材粒子の周期配列を行う。粒子の補足とともに凝固が進行することで複合材料形成後にその内部では強化材が周期的に配列された構造を有する。本申請課題によってパラフィン内部での粒子配列が可能であることをまず観測によって確認することで室温下における材料評価ができる。本申請課題ではプローブを用いた通電実験を行うことで周期配列方向とその 90 度方向の通電特性評価を行うこととした。すなわち、 x 方向と平行な方向への通電と x 方向に対して垂直方向の通電特性の違いを実験によって確かめた。パラフィンは誘電体であり大きな抵抗値と誘電率を有する物質であるのに対して炭素はよく電気を通す物質であることの差が周期的構造の差で現れることを期待する実験とした。

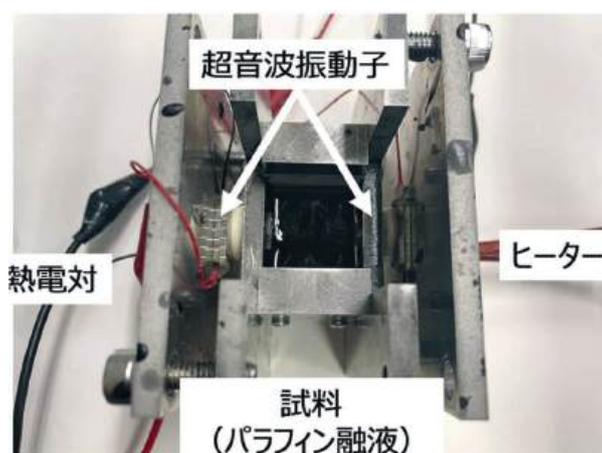


図 2 超音波配列試料作成装置

3-2 通電による導電性の評価

厚さ 0.5 mm の銅板を間隔 2.5 mm の間で高電圧 (1000 V) を印加した場合の電流の時間変化を把握する計測システムを確立した。電流計測用のプローブを図 3 に、得られた結果を考察するための等価回路モデルを図 4 に示す。適用させた絶縁抵抗 R_0 と直列に接続されたコンデンサ C_0 、そのコンデンサと並列に接続された抵抗 (漏れ電流の抵抗) からなる 3 要素の等価回路によって通電直後からのプローブ間電流を計測し、得られた結果から周期配列方向に対する通電電流の差異を示すに至った。具体的には x に対して垂直な方向は炭素粉末が集まった状態が通電経路となり超音波入力によって少ない炭素粉末で n (ナノ) A オーダーの電流値が確認された。同様の炭素粉末濃度では電流の確認ができず、配列によるより低濃度での通電が確認できた。構造に対して通電が容易い方向とそうでない方向ができるメリットは電力輸送の漏れを防ぐ構造となる期待ができる。具体的には輸送方向の抵抗値を小さく抑制し (超音波伝播方向と垂直方向、粒子高濃度領域を通電)、その周囲方向には高抵抗値となるような構造を実現できる。本研究課題は複合材料生成というよりもその生成方法に関する課題であることから通電実験だけでなく熱や

音波，光などのエネルギー伝播に対して方向性を付与する汎用性の高い方法を提案した位置付けとなる。



図3 通電実験用プローブ

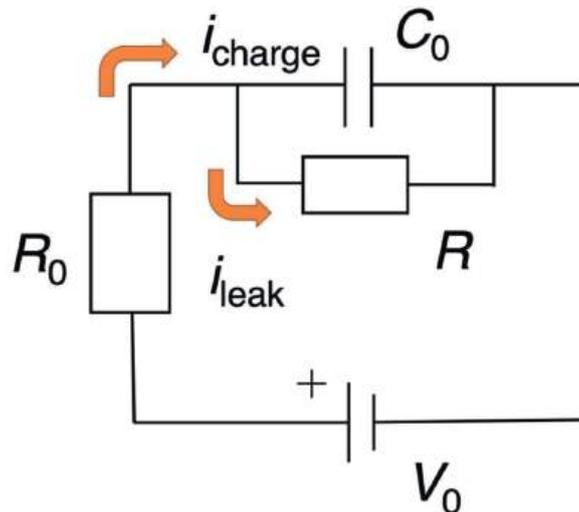


図4 等価回路図

4. 今後の展望

本申請課題の成果は，常温で固体を維持する材料にて融液からの凝固過程で超音波を連続入射し，強化材の配列を実現したこと，ならびに通電実験による材料評価を行えたことである．観察に基づく配列にとどまらず通電実験による電気的な評価は超音波マニピュレーション技術の効果を定量的視点で示す結果と言える．通電実験による評価は強化材配列の効果を示す一つの方法として採用しつつ，高電圧のかかる材料分野でも有益な組成を実現できたことも成果の一つである．近年，電気自動車分野などで高電圧に耐えることを前提とするキャパシタや抵抗などの素子の要望が後をたたないことや電気伝導の観点では違法性は通電方向から垂直方向へのエネルギーの漏れを抑制できる．電気に限らず熱や電磁波（光）においても輸送する方向とは異なる方向へのエネルギー損失は抑制できるのが異方性材料の長所である．

複合材料のメリットの一つには単組成材料ではあり得ない特性を異種材料の混合によって実現できることにある。本手法は混合のみならずその配列を調整パラメーターにできることにある。すなわち、混合量だけでなく配列間隔と配列の数を制御量にできる。式(1)で示すように超音波の波長の1/2の間隔でゼロクロスの領域を等間隔で交互に形成し、強化材の高濃度領域と低濃度領域を作り出せる手法である。同じ母材材料であっても超音波周波数を変更すれば高濃度領域の濃さと配列間隔が変わることになる。その場合に得られる特性も変わることが想像でき、取得したい特性を得られるような操作が可能になるものと期待している。また、超音波強度は強い力であれば高濃度領域と低濃度領域のコントラストの差が強く現れ、逆に弱い力であればコントラストが小さくなり超音波なしの分散状態と相違がなくなる。強化材の形状も粒子に留まらず繊維質であれば音響放射圧の力学場に置かれた作用する力が異なるものとなる。

以上、本結果で確立された超音波配列技術を複合材料に適用するアイデアは広く展開でき、母材と強化材の材質の変更、強化材の形状、超音波強度の変更、超音波の周波数の変更が所望する材料特性を得るための操作パラメーターとして期待できるものである。超音波は材料への浸透性が高く、不透明材料にも適用できるメリットがあることから適用できる材料の種類に制限がない。温度や圧力、寸法による制限は母材・強化材ではなく超音波源の振動子に求められ、その振動子の動作の条件が本手法の適用範囲を決定づける。

5. 参考文献

- [1] T. Yamamoto, S. V. Komarov, “Influence of ultrasound irradiation on transient solidification characteristics in DC casting process: Numerical simulation and experimental verification,” *J. Mat. Pro. Tech.*, **294**, 117116, (2021).
- [2] T. Kozuka, T. Tsuziuchi, H. Mitome, and T. Fukuda, “Noncontact Micro Manipulation Using an Ultrasonic Standing Wave Field in Water,” *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. C*, **63**(608), 1279, (1997).
- [3] T. Kyoden, H. Yoshioka, N. Momose, and T. Hachiga, Array formation by ultrasound standing waves with solidification of liquid-suspended micro-particles, *J. Appl. Phys.*, **130**, 195109 (2021).
- [4] H. Yoshioka, T. Kyoden, and T. Hachiga, “Sound velocity during solidification in binary eutectic systems,” *J. Appl. Phys.*, **122**, 225109, (2017).

研究題目	富山県発祥のスポーツ「ビーチボール」愛好者の特性からレクリエーションスポーツの普及発展の未来を探る
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	一般教養科 講師・中村 祐太郎
分野	スポーツ社会学
キーワード	スポーツ振興、地域活性化、大会運営

1. 研究の背景と目的

スポーツにはその種目が有する競技性を重視した競技スポーツだけでなく、子どもから高齢者まで幅広く親しむことのできる生涯スポーツが存在する。また、この生涯スポーツは「いつでも・どこでも・誰とでも」行うことのできるとされるレクリエーションスポーツが広く親しまれており、国民のスポーツ実施の受け皿としても効果的な役割を果たしている。レクリエーションスポーツの1つとして富山県朝日町で考案されたビーチボールというバレーボール型のスポーツがある。ビーチボールは昭和53年に誕生し（ビーチボール競技公式サイト, online）、現在では富山県内で親しまれているだけでなく、その裾野は全国に広がり、現在日本ビーチボール協会へ登録している都道府県が1都12県、日本ビーチボール協会には加盟していないが、活動チームの存在が確認されている都道府県が1道2府14県報告されている。特に発祥の地である富山県においては、学校の体育授業にも取り入れられているほか、様々な組合の相互交流の場としても活用されている。6人制バレーボールとの比較において、特に自己の体力や運動能力に自信のない者にとってはビーチボールの方が楽しい、各技術の難易度においてもビーチボールの方が易しいと感じられており、より幅広い層に親しむことのできるスポーツ種目として挙げられている（中村, 2021）。このようにビーチボールの誕生以降、かつてはマイナーであったビーチボールがここまで全国的に普及し、各地で取り組まれている現状は富山県の持つスポーツ資源として非常に興味深く、本種目を研究対象とすることで今後の富山県のスポーツ振興にとっても有益な知見をもたらすものと想像できる。

本研究では、2つの視点から調査研究を行う。1つはビーチボールがこれまで辿ってきた発展の経緯や普及の状況についてである。スポーツが社会化される過程には、個人的属性・重要な他者・社会化場面の3つの要素の存在が説かれている（Kenyon and McPherson, 1973）ことから、ビーチボールが誕生した際の実施対象、普及した人物、当時の状況について解明することで、ビーチボールがどのように社会に浸透し、種目としての市民権を得てきたのかを明らかにする。もう1つは、実際にビーチボール大会に出場しているプレイヤーへの大会サービスに焦点を当てて調査し、大会に参加しているビーチボールプレイヤーの属性とともに大会に対する満足度

ならびにより良い大会のマネジメント方策の検討を行う。大会に関する特定の満足度を高めることは、その大会への再参加動機につながり、開催地域への愛着も高めることが示唆されている（先森ほか，2014；井川ほか，2018；岡安・平野，2021）ことから、開催されたビーチボール大会において、そのサービスや運営状況等を実際に参加したプレーヤーへ調査を行うことで大会に関する満足度が如何なるものであったかを明らかにする。

以上のことより、本研究では富山県朝日町発祥のスポーツであるビーチボールの誕生の経緯や普及過程および大会へ参加しているビーチボールプレーヤーに関する属性、大会満足度を明らかにすることにより、今後ビーチボールがさらに発展していくための基礎資料を得ることを目的とする。本研究を通し、ビーチボールのみならず様々なレクリエーションスポーツの発展に寄与する研究となれば幸いである。

2. 研究方法

本研究の実施において2つの方法を用いて調査を進めた。1つは質的調査として日本ビーチボール協会会長を調査対象者とする半構造化インタビューを行った。調査対象者はビーチボールを誕生させた人物そのものであり、誕生から普及の歴史を最も把握している人物である。半構造化インタビューは標準化されたインタビューや質問票を用いた時よりも、比較的オープンに組み立てられた回答の自由度が高いインタビュー状況を作り出すとされていることから今回はこの方法を採用した。もう1つは第40回全国ビーチボール競技大会に参加した選手を対象とし、質問紙調査を実施した。調査の日程はいずれも大会会期中に行われ、インタビュー調査は2023年9月9日、質問紙調査は2023年9月9日および10日に行った。質問項目については、インタビュー調査では、①調査対象者の経歴、②ビーチボールの普及過程・状況について、③ビーチボールを取り組む対象について、④ビーチボールの今後の展望、発展性についてであった。質問紙調査では先行研究（棟田・松岡，2020）を参考に①基本属性、②ビーチボール大会に関する項目、③大会満足度に関する項目を設定し行った。質問紙調査については75件の有効回答が回収され、それらを分析で用いた。

分析方法は、インタビュー調査は得られたインタビューデータをもとに逐語録を作成し、実際に発話したデータと合わせ結果に記載した。質問紙調査では基本属性は単純集計を行い、図表にまとめた。大会に関する項目では、5段階リッカートタイプ尺度を用いて先行研究の要素との妥当性を検証するためクロンバックの α 係数を算出したのち、妥当性がみられたものについて要素ごとに平均値を算出した。大会満足度については要素内の平均値を総合的な満足度として算出したほか、総合的な満足度を従属変数、大会に関する項目を独立変数とした重回帰分析（ステップワイズ法）を実施し総合満足度を規定する要因を探った。なお、倫理的な配慮としてインタビュー調査および質問紙の冒頭に、回答者のプライバシー保護を適切に実施し、目的外使用は一切行わないことを明記し、同意が得られた者にのみ回答を依頼した。

3. 研究成果

1. 日本ビーチボール協会会長に対する半構造化インタビュー

研究の結果を表すにあたり、得られたデータのうち直接的に調査対象者が話した内容は斜体に、質問者である筆者が話す内容は太字にして示す。

(1)調査対象者の経歴について

会長のご経歴や、元々何をされていたかという部分をお聞かせください。

私は親父が戦争で亡くなって。だから生まれた時から田んぼの息子として育った。まあ家から出れなかったからね。その時に朝日町の住んでた地域の地区、そこが農村バレーの地区だった。これは農村やから腰曲がり。腰曲がりを起こすってやつ。そのために農村バレーをやる人が増えてきたの。それから朝日町は30年前かな。住んでた農村は14地区あるんだけどどこでも庭の広場でバレーをやっていた。

当時はバレーのルールとかそういうのあったのですか?ルールやどういうボールでとか。

いやいや。普通のバレーボール、9人制のバレーボール。

普通のバレーボールを長い間バレーの選手としてやっていた。私もその地区から出れない男やから。先輩にバレーをやれって言われて始めた。

調査対象者は県内農村地域で生まれ育ち、同地域で長くバレーボール活動を行っていた。当時の居住地域では農村地域ということもあり、腰曲がりが問題となっており、バレーボール競技を行うことでその問題を解消するべくバレーボール活動が盛んに行われていた。調査対象者はビーチボールの誕生時から関わっており、その後ビーチボール協会設立後、会長職として長く普及活動を行なっている。

(2)ビーチボールの普及過程・状況について

それからずっとバレーをやってきて、地域が農村じゃなくなっちゃったから、そのバレーも衰退していったわけだ。それから街へ行ってバレー農村の中高年齢層に適したものを作ろうということで私が提案をして、海岸で遊んでいるビーチボール、海のボール、あれを使ってバレーボールをやったのがスタートで、そのうち、(知っている)会社の社長にボールを考案してくれって言って、(知り合いの会社の)本社がそのボールを開拓したの。

それも色は緑を入れてくれと、緑をメインにしてボールを作ってくれと頼んで、ボールはバレーボールよりも大きくしてもらった。そうではなかったらスピードがあるとダメだよ。というわけで、今のボールを開発してスタートしたの私。これは朝日町で遊ぶものとしてやったの。

朝日町以外の県内とか県外ではまだ普及していなかった。そのときの体育指導員と富山県の婦人会がメインになって富山県の女子の大会を開いた。これがビーチボールのスタートですよ。その後富山県の大会がやったら、すぐ皆さんが喜んでやられて。そしたら俺がじゃあ、今度は男もやらないとあかんと言って。女性がやってから5、6年後かな。

婦人から始まったんですね。

そう。5、6年後に男も入れてやった。で、そのうちそうになったらじゃあ今度は全国へ(範囲を)伸ばしてみてもどうかということで、朝日町の行政がメインになって、各指導者にお金を出して全国へ普及に回ってもらった。北海道から九州全部。

その時から行政との絡みもあったということですね。

行政が何十年前に一千万円規模の予算をつけて、もう持ち上げてというか、それくらいの普及費かけてやったんで私も同じく北海道、九州に行って普及活動を行った。それでまあぼちぼちこうやって、今度はこのビーチボールを真似してやったのが北海道。北海道が真似して一緒にルールでやりだした。でもあれは北海道からあんまり伸びてないと思う。

今は岩手、東京、愛知がメインです。東京は一応、23区だいたい広まっていったんじゃないですか。東京はぼちぼちだったんだけど、完全に広まっていったよね。それに巻き込んで千葉県や埼玉県を巻き込んでやった。

～中略～

東海は愛知、関西は奈良や大阪が頑張っている。九州は福岡、あとは島根や広島でもやっている。

居住していた農村地域でのバレーボールが衰退後、調査対象者は別の農村地域で中高齢者に適したバレーボール型のスポーツを考案しようと思いつき、海岸でのレクリエーショナルなバレーボールに目をつけた。使用するボールも中高齢者に適するよう、質量が軽く、ボールの大きさも大きく作り、独自のボールを開発して普及を行っていた。

その後、発祥地域のみで取り組まれていたものが次第に県内外へ普及が広がっていった。普及の背景には当時の体育指導員(現スポーツ指導員)や県内の婦人会がメインとなり、女子を中心に広めていき、開催した第1回の大会ではとても好評なスポーツとなることができた。

続いて、女子で行われていたものを男子、さらには全国的に普及していくにあたり、発祥地域の行政を巻き込み、普及が行われた。その際には各普及指導者に行政からの予算が計上され、本格的な普及に行政が関わるようになっていった。そのおかげもあり、普及地域は全国各地に広が

り、特に現在は岩手や東京、愛知がメイン地域として親しまれており、比較的盛んな地域から周辺地域を取り込み、競技が行われている状況にある。

(3) ビーチボールを取り組む対象について

ビーチボールはどういう人がやってるんですかね。実施している人はバレーボール上がりの人が多いのか、もしくは家族でやってるのかとか。

一番多いのは地域。もう一つは会社。地域が一番大きい。あと、バレーボールの経験者もだんだん(本来の)バレーっていうのはできていくようになるから。だから一時ママさんバレーがものすごい勢いあったけどね。今はちょっと落ちてきたけどね。

～中略～

地域のレクリエーション的にビーチっていうのが多いね。地域のレクリエーションレクリエーションって何するって言ったらじゃあビーチボールの大会しようよってなる。一番やりやすいついてやつ。簡単に誰でもできるんですよ。

～中略～

あと、ビーチっていうのはね。親と一緒にできるからね。親と子供と。だから今現在ね、小学生を中心にした、ジュニアのビーチが伸びてきてる。これはすごい。

そうなんですな。

これは東京もすごい伸びてる。富山と東京、愛知県が子供ビーチをやっている。だから今、ジュニアを巻き込んでいかなあかんってことで、日本協会としてもジュニアの方をちょっとずつやっついていかなあかんっていう。

なるほど。ビーチをやってどうなんですかね。

その後、例えばその子供たちが6人制のバレーボールをやることの方がいいのか、もしくはそういうのじゃなくて、普通にビーチをずっとやった方がいいのか。

いや、一番いいのは他のスポーツをやればいい。バレーボールじゃなくて、バスケットでもいろんなことをやればいいの。

またそれをやってた人が、現役が終わったらまたビーチをやってもらえればいい。スポーツをビーチだけで一生というのは、私はあまり好かない。

そういう運動っていうのにビーチから入っていつもらって、いろんなことに行ってもらって、それでもいいかなっていう。一番簡単な運動から入ってもらって。

なるほど。スポーツを行う入り口としてビーチを使ってもらって、で、各々の競技にバレーボー

ルだけじゃなくて、いろんなスポーツを取り組んでもらう流れですね。

要するに団体スポーツとか何かに役立てればいい。ビーチボールは個人プレーじゃないから。ビーチは体力を作るんじゃなくて交際関係。こういう友達を作ったりするのがメインやから。しかし競技スポーツは、体を使わないとあかんでしょ。ビーチはだから(スポーツの)入り口かな。ビーチ以外のスポーツに取り組んでもらって、またいつかはビーチボールに戻ってもらおう。

ビーチボールの取り組み状況としては地域のレクリエーションとして取り組まれることが多いとのことであった。それくらい、ビーチボールは取り組みやすく、中高齢者を対象として考案されたものの、子どもから高齢者までが取り組むことのできるスポーツであることが述べられていた。各地の大会でも「子どもビーチ」といわれる小学生を対象とするビーチボール大会を開催するなど、日本協会としてもジュニア世代を対象としたビーチボールの普及活動を行っていききたい意向が示されていた。

一方、前述のジュニアビーチを普及させた先には子どもたちがビーチボールだけにこだわらず、他の種目に移行し、運動の入り口として位置付けることが重要であるとのことであった。ビーチボールを行うことで体力を作るよりも交際関係の構築に重きがおかれていることから特に団体スポーツなどのチームスポーツに有効的に働けばいいとの考えを持っていた。その後、各々の競技スポーツから引退した後にもまたビーチボールを取り組んでもらいたい、このようなサイクルができることが理想であると述べられていた。

(4)ビーチボールの今後の展望、発展性について

(ビーチボールの) 課題、これからこうしていきたいことや、ビジョンみたいなのあるんですかね。発展性など。

いや、あんまり肩に力を入れないで、現状維持と隣の県をなんていうの、抱きこむっておかしいけど、普及させていくように皆さんに今言ってる。加盟団体にね。今ある加盟団体(都道府県)から隣の県をね、普及してくれるように頑張ってくれと。

あとは今年齢が上がってるから高齢者をどうやってね、存続させるか。これからも大会があるけど、ジュニアは大体、(大会を通して) こうやって育っていく。でもジュニアの方もさ、小学校はいいのだけど、中学、高校になったらそういう部活ってないからね。だからそこで一回、ビーチが離れる。離れるから、それをだから何かこれからどうにかできて(対策して) 続けていけたらっていう。

ビーチボールの発展性としては現状維持をベースに、盛んな地域がさらに周辺地域を巻き込みながらさらに普及していくことが求められていた。また、このことを日本協会から加盟してい

る各都道府県連盟へも協力を仰ぎながら進めていきたいとのことであった。また、前述の通り、現在はジュニア世代のビーチボール活動の普及も推進していることから一度取り組んだ子どもたちがその後、他種目に転向したのち、いかにしてビーチボール種目に戻ってきてもらうかの方策を考えていきたいとのことであった。

(5)インタビュー調査の総合的な考察について

調査対象者のインタビュー結果をもとに総合的な考察を行う。調査対象者である日本ビーチボール協会会長は農村地域で生まれ育ち、バレーボールを長年取り組んでいた。農村地域ならではの健康課題である腰曲がりの防止から、バレーボールさらにはビーチボール考案に至り、現在ではこれに競技性が加わり全国的な普及を遂げていることが示唆された。また、普及については体育指導員が主に普及に尽力し、行政の財政面のバックアップもあったことが誕生からの40年間で加速的に発展することができたと考えられる。さらには、誕生当時の対象であった中高齢者からより幅広い年代が取り組む状況にあり、地域や親子の交友の場としても機能していることからスポーツによる人間関係構築の役割も果たしていることが窺えた。今後は、盛んな地域が周辺地域や隣県を巻き込むことでより種目の発展性が期待でき、より多くのビーチボール人口増大につながることを期待できると示唆される。

2. 第40回全国ビーチボール競技大会参加者における愛好者・満足度調査

(1)大会参加者の属性について

大会参加者に対する質問紙調査において回答が得られた者の属性を表1に示す。今回の質問紙調査の回答者の半数以上(74.3%)は女性であった。今回の大会には男性の部はもちろん、女性の部も設けられている。また、調査回答者の半数以上(68.0%)において県外参加者の回答であった。全国規模の大会ともあって、県内参加者はもちろん県外の参加者が多く参加していた。それに加え、ビーチボール発祥の地であり大会開催地である朝日町への訪問経験においては84.7%と多くの者が訪問経験ありと回答しており、全国大会を町をあげて開催している同町には繰り返し参加している愛好者が多く存在していることが明らかとなった。特筆する事項におい

表1 回答者の属性

		n (%)
性別	男性	19 (25.7%)
	女性	55 (74.3%)
居住地	朝日町内	5(6.7%)
	富山県内(朝日町外)	19(25.3%)
	富山県外	51(68.0%)
朝日町(大会会場)への訪問経験	あり	61(84.7%)
	なし	11(15.3%)
学生時代の活動経験	バレーボール部所属	35(48.6%)
	バレーボール部以外の運動部	33(45.8%)
	運動部所属経験なし	4(5.6%)
回答者年齢(平均)		54.98±6.27

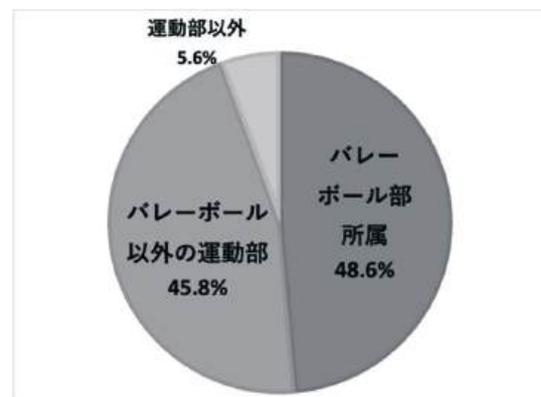


図1 回答者のバレーボール経験

ては属性調査の中の、学生時代におけるバレーボール経験（バレーボール部所属経験）である。バレーボール部以外の運動部ならびに運動部以外を合わせて 51.6%と半数以上の参加者が専門的なバレーボール経験を有していないことが明らかとなった（図 1）。ビーチボール誕生の際の対象と考えていた子どもから高齢者まで誰でも参加できることができるものと捉えられ、さらなる種目の発展性が望める結果となった。

(2)大会に関する項目および満足度を規定する要因について

まず初めに、先行研究をもとに調査を行なった項目の妥当性をクロンバックの α 係数を用いて検証を行った。通常、基準値となる $\alpha = 0.60$ を上回っていることが信頼性の条件とされているが (Nunnally, 1967), いずれの要因においてもその基準値を上回っていることが確認され、すべての項目に対する妥当性が確認された。次に各要素の平均を表した (表 2)。各要素の平均値を比較すると最も高い項目として会場の設備の整理、清潔さ、わかりやすさなどの「会場ファシリティ」であった (3.94)。反対に最も低い項目としては「達成感」であった。会場ファシリティにおいては開催地である朝日町において最も規模の大きい体育館を複数会場として大会が行われていた。さらに、本大会は行政と連携した大会運営がなされており、町職員が多数運営にあっていた。こうしたことが特に会場設備のわかりやすさにつながっており、会場ファシリティの項目を高めることに寄与したものと考えることができる。対して達成感については、大会である以上、勝敗がつき個人の尺度による差が大きいことが原因として考えられる。さらには全国大会での調査であったことから少なからず競技性を重視している参加者が多かったことが窺える。ビーチボールを行うことによる楽しさそのものや交友関係を重視するという捉え方が全国大会などのレベルの高い環境では希薄化していることが推察できる。

次に、大会に関する満足度の項目を「大会満足度」として総合的な尺度として設定した。すると大会満足度の平均は 3.79 と比較的高い数値を示していた。この大会満足度について規定する要因を探るために行なった重回帰分析の結果、「達成感」「交流」「オペレーション」の各要素が影響していることが明らかとなった。練習の成果を十分発揮できていたか、結果に対する納得度

表 2 大会に関する項目の平均値

項目	各項目の平均		各要素の平均	
	M	SD	M	SD
達成感 ($\alpha = 0.845$)				
今回の試合では練習の成果を発揮できた	3.01	1.12		
今回の試合では納得する結果を得ることができた	2.63	1.28	2.99	1.04
今回の試合では自分自身に挑戦することができた	3.33	1.16		
ストレス発散 ($\alpha = 0.840$)				
今回出場したことにより日々のストレスから解放された	3.28	1.17	3.34	1.09
今回出場したことにより気分的にリフレッシュすることができた	3.40	1.17		
交流 ($\alpha = 0.916$)				
今回の出場により多くの人と触れ合う機会が与えられた	3.91	1.03		
今回の大会の他の参加者との仲間意識を感じることができた	3.83	0.95	3.80	0.93
今回の参加により様々な人と交流を楽しむことができた	3.68	1.04		
大会サポート ($\alpha = 0.900$)				
試合会場における大会役員への対応は良かった	3.85	1.09	3.75	1.04
試合会場の大会役員は安全面に配慮されていた	3.65	1.10		
会場ファシリティ ($\alpha = 0.875$)				
会場の設備(受付・更衣室・トイレ・ロビー等)は整っていた	3.89	1.06		
会場の設備(更衣室・トイレ・ロビーなど)は清潔であった	4.01	0.97	3.94	0.92
会場の設備(受付・更衣室・トイレ等)はわかりやすい場所にあった	3.92	1.08		
オペレーション ($\alpha = 0.911$)				
開・閉会式は適切に運営されていた	3.81	0.97		
物販や出張イベント(層台など)は良かった	3.72	0.95	3.73	1.01
試合のタイムスケジュールは適切であった	3.60	1.04		
インフォメーション ($\alpha = 0.946$)				
大会のホームページはわかりやすかった	3.85	1.07		
大会の情報は取得しやすかった	3.70	1.09	3.73	1.01
自チームの結果情報は取得しやすかった	3.75	1.08		
大会会場周辺の看板・案内はわかりやすかった	3.80	1.10		
会場スタッフ ($\alpha = 0.922$)				
大会の競技に関する役員は懲罰できた	3.81	0.94		
大会の受付役員は手際が良かった	3.84	0.90	3.81	0.86
大会の役員はあなたのお断りを快く受け入れてくれた	3.79	0.93		
大会満足度 ($\alpha = 0.918$)				
今回の大会に満足している	3.67	1.10		
今回の大会は期待していたのと同じくらい良かった	3.72	1.06	3.79	0.94
今回の大会で得た経験は時間や予算価値があった	4.04	0.97		
今回の大会で得た経験は心地よかった	3.70	1.07		

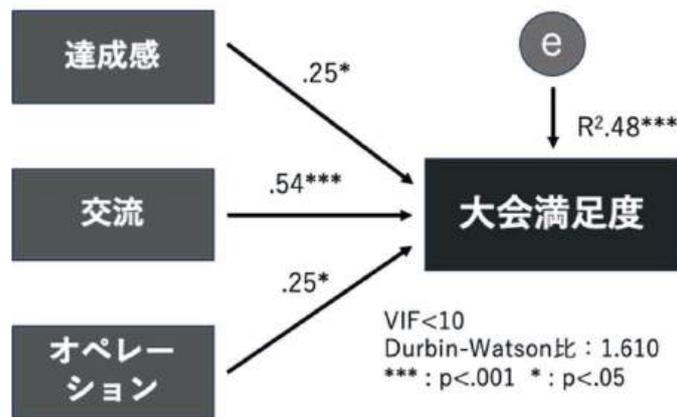


図2 大会満足度を規定する要因の重回帰分析

を構成する達成感の要素、他チームとの交流、仲間意識の高さを構成する交流の要素、物販や大会内でのイベント、式典関係を構成するオペレーションそれぞれを高めていくことがビーチボール大会の満足度を高めることにつながることを示唆された。

(3) 質問紙調査の総合的な考察について

今回の質問紙調査では、特にビーチボール愛好者のバレーボールの専門的な経験度、ビーチボール大会への参加を通して自身が実感した項目、および総合的な満足度とそれを規定する要因について明らかにすることができた。バレーボールの専門的な経験度については、出場選手の学生時代のバレーボール部所属経験を調査する項目を設定し、バレーボール部所属経験がない者が半数を超えていた。今回調査対象とした大会は各地域を勝ち上がったチームが出場する全国規模の大会でありながら学生時代にバレーボール部に所属していた選手の割合は所属していない選手の割合よりも少なかった。これはビーチボールという種目の特徴的な部分であることがいえる。中村(2021)はビーチボールと同じバレーボール型のレクリエーションスポーツであるソフトバレーボールの愛好者調査においては37.6%が専門的なバレーボール経験なしと回答している。このことはソフトバレーボールと比較してもバレーボール経験を有していない者の難易度による参入障壁が少ないことがいえ、より多くの人が取り組みやすい種目であることが窺える。また、大会参加者の総合的な満足度とそれを規定する要因を探ってみたところ、総合的な満足度は3.79と比較的高い結果を示していた。さらに満足度を規定する要因として達成感や交流、オペレーションが抽出された。今回の大会では行政との連携のもと物販や飲食スペース、地元団体による出店等が立ち並んでいる。このようなオペレーションの他にもレクリエーションなスポーツであるからこそその対戦相手をはじめとする様々な人との交流が多くみられたことが今回の満足度が高い要因であったことが推察される。今後も大会運営の際にはこのような取り組みを積極的に展開することで、再参加を促すことができると予測される。一方、達成感についてはビーチボール大会に関する質問項目の中でも最も低い数値をみせていた。大会カテゴリーの再検討や大会形式を再度一考することで達成感の高まりもみられ、それが総合的な満足度にもつながってくることが窺える。

4. 今後の展望

今回の研究を通して、バレーボール型のレクリエーションスポーツであるビーチボールの誕生、発展や普及の経緯、今後の発展性について明らかにできたほか、ビーチボール大会に参加した選手の大会満足度およびそれを規定する要因について明らかにすることができた。ビーチボールはいつでも・どこでも・誰とでも・いつまでも行うことのできるスポーツであることが再確認され、今後さらに普及していくことが予測できる。今後は、本研究を縦断的な研究として位置付け、一定期間経過後の状況についてさらに有意義な研究として深めていきたい。また、今回の質問紙調査の回答者は合計で75件と比較的少ない回答者からの分析となった。次回以降、同様な研究を行う際には研究デザインを再度熟考し、回答サンプル数、回収率の確保を行い、より信頼性のある研究として行っていきたい。いずれにしても本研究を通して、富山県の発祥スポーツであるビーチボールの発展性に関する重要な資料を得ることができた。今後ますます、ビーチボールの普及さらには富山県内におけるスポーツ振興について貢献できるよう力を尽くしていきたい。

5. 参考文献

1. ビーチボール競技公式サイト,
https://www.town.asahi.toyama.jp/section/buntai/beach/beach_ball.html, 参照日 R6.06.06.
2. 井川貴裕・岡崎祐介・福田一儀, 萩城下町マラソンの大会満足度および再参加意図とイベント満足度との関連性, 至誠館大学紀要, 5, 1-5, 2018.
3. Kenyon, G.S. and McPherson, B.D., Becoming involved in physical activity and sport: a process of socialization, 303-332, 1973.
4. 棟田雅也・松岡宏高, 参加型スポーツツーリズムにおけるサービスクオリティ尺度の開発: レースイベント参加者に焦点をあてて, スポーツマネジメント研究, 12(2), 33-53, 2020.
5. 中村祐太郎, ビーチボールバレーの発展に関する一考察:6人制バレーボールとの比較より, バレーボール研究, 23(1), 86, 2021.
6. 中村祐太郎, ソフトバレーボール愛好者の類型化とその特徴-目的志向に着目して-, バレーボール研究, 23(1), 1-10, 2021.
7. Nunnally, J. C., Psychometric theory (1sted), 1976.
8. 岡安功・平野貴也, サイクルスポーツイベント参加者の大会満足度と地域愛着: ツール・ド・おきなわに着目して, 生涯スポーツ学研究, 17(2), 41-62, 2020.
9. 先森仁・秋吉遼子・山口泰雄, 大会満足度と地域愛着が市民マラソンの再参加意図に与える影響に関する研究: 県内・県外参加者に着目して, 神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究紀要, 8(1), 107-113, 2014.

研究題目	1980年代を中心とした北陸における社会運動文化の形成と展開
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	一般教養科・助教・加島 正浩
分野	日本近現代文学
キーワード	岩倉政治、イタイタイ病、脱原発運動、同人誌、短歌

1. 研究の背景と目的

本研究は、1980年代を中心に北陸三県における社会運動の周縁でどのような文化が形成されていたのかを明らかにするものである。1980年代に環境汚染の観点から反原発運動が盛んとなり、『宝島』（宝島社）や『80年代』（野草社）などの雑誌に反原発関連の記事が多く掲載されたことは、絳秀美『反原発の思想史』⁽¹⁾が明らかにしている。しかし絳は、首都圏の反原発運動の展開を整理することに終始しており、地方で成立していた運動には手をつけていない。本研究は、1980年代に活発化した原子力発電所をはじめとする社会運動が、北陸地域においてどのような文化を形成していたのかを考察しようと試みた。その際に北陸地域の運動文化の特殊性を明確にするために、環境汚染の観点から1960年代から70年代初頭に活発化したイタイタイ病の社会運動が形成した文化も考慮に含めた。それにより80年代以降の社会運動文化との連続性の考察を可能にし、これまで個別に捉えられていた社会運動を地域の歴史に位置づけ、各々の地域が有する社会運動の特殊性を明確にすることを試みた。

2. 研究成果

2-1. 岩倉政治とイタイタイ病 —— 小説「尋問」を中心に

まず、北陸の文化風土を考察するために、イタイタイ病と患者救済運動からうまれた文化の関係に着眼した。その際に岩倉政治という文学者を分析の対象とした。岩倉は、富山県東礪波郡高瀬村に生まれ、東京で小説家として活動した後、戦後富山県に戻った岩倉政治という文学者であり、思想家であり、共産主義者である。これまで岩倉政治はプロレタリア文学の流れに位置づけられる文学者として、戦前の東京での活動に焦点化されるか⁽²⁾、岩倉の思想家としての側面に着眼される⁽³⁾のみであった。富山での文学者としての活動が注視されなかった理由のひとつは、富山に戻った際に、文芸評論家の亀井勝一郎に「今の内なら、君は十分また作家として食って行ける」と再度上京することをけしかけられた事実からもわかるように⁽⁴⁾あくまでも「文壇」は東京にあり、地方で書かれた小説を「文学」とみなす視座が長らく形成されなかったことにある。東京を中心とする文学観が、「文学者」岩倉政治という存在を、戦後から今日まで、長らく埋没させていたのである。

しかし岩倉自身は、富山に帰村した後も『民主文学』という日本民主主義文学同盟（日本共産党の文学者の職能団体）が東京で刊行する機関誌にも小説を掲載していた。本節で扱う「尋問」という岩倉がイタイタイ病について執筆した小説も『民主主義』に掲載されたも

のである⁽⁵⁾。イタイイタイ病を扱った「尋問」に言及した同時代の言説は、『民主主義』に掲載された短い書評一本のみであり⁽⁶⁾、岩倉同様「尋問」という小説も、発表時から無視されてきたと言ってよい。しかしそれは、70年代前半の東京において公害への関心が薄かったことを意味するわけではない。加えて『民主文学』においては、公害と表現の関係について特集が組まれてもいる⁽⁷⁾。ではなぜ、同時代の他雑誌のみならず、『民主主義』文学においても岩倉政治と「尋問」は無視されていたのであろうか。それは当時の『民主主義』の文化と運動の捉え方と、「尋問」に描かれたイタイイタイ病患者の姿との齟齬にある。

「尋問」という小説の梗概は以下の通りである。病院のベッドから裁判所に運ばれ、裁判の証人として富山県婦中町に住むイタイイタイ病患者の中井たかが、証言を行う。原告代理人の弁護士の質問からはじまり、家族構成や、姑や自分のイタイイタイ病の容体、神通川の様子、夫に「おまえみたいもン死んでしまえ」とどなられた話などを証言する。その後、三井側の反対尋問がはじまり、ラチもない質問ばかりと油断していたところ、発病後に嫁入先から実家に稲刈りの手伝いに行っていたことを指摘され、奇襲を受けたような気持ちになる。弁護士側の再尋問で救われたように思うも、三井側の奇襲を自分なりにやり返せなかったくやしさを抱いていると、裁判終了後にたかの友人である小川チヨがやってくる。小川はたかの証言を誉めたうえで、自身が次の裁判で証人に出てもらおうよう依頼され弱っていることを告げ、たかに証人を代理で断ってくれないかと依頼する。たかは、病気を理由に自殺しかけたチヨに証言をやめさせたくないと思うが、チヨも数日後に仲間のために証言を引き受ける。チヨの尋問を担当する弁護士と打ち合わせをしている際に、大便のことや自殺しようとした際のことを聞かれ、チヨは困惑し苦しみながらも弁護士に証言する。チヨは裁判の直前に証言がづらいとたかにこぼし、息子の与一にも三井の弁護士に「うそつけうそつけ」と罵倒される悪夢をみたと話す。その後明け方に与一が母親の部屋をみると、チヨの姿がないことに気がつき、ぞうりの跡が納屋の方に消えているのを見つけ、納屋を確認すると、チヨの遺体を発見する。以上が「尋問」の梗概である。

「尋問」は、中井たかが裁判の証人として証言を行う陰で、裁判での証言を依頼されながら証言する苦痛に耐えきれず自死してしまう小川チヨという人物の存在が特徴的であるが、この小川チヨという人物の存在が当時の共産党の運動のなかでは受け入れがたいものであったと考えられる。たとえば、『民主文学』に掲載された霜多正次「人間性の回復」⁽⁸⁾には以下のような記述がみられる。

独占資本の収奪によって、いっぼうでは人間性をすりへらされ、他方ではそれに苛立つ人びとの理性と想像力とが眠らされるように支配操作が行なわれ、民主主義の名によるファシズムが進行しているかにみえる現代の社会で、いまこそ文学は人間性—人間の理性と想像力との回復とのために奮起しなければならないときである。つまり人間がいかにか生きるべきかが、真剣に問われなければならないときである。(中略)ところで、わが民主主義文学同盟では、人間性の回復という現代文学の課題に、どうこたえて

いるだろうか。(中略) 人間性の回復というこんにちの切実な文学的課題からすれば、まだいろいろ問題があるように思う。[/] ここでは、主としてたたかひの状況や経過がえがかれる。敵の攻撃や妨害、それによる仲間たちの動揺や不統一、たたかわなくなった組合幹部のそこへの介入、等々のいりくんだ力関係のなかで、労働者の要求をいかにかちとっていくかというたたかひのきびしさがえがかれる。/しかしその場合、労働者がいかに生きるかという問題が追及されているとはいえない場合が多い。

また、同号において中里喜昭も「現代日本の典型」⁽⁹⁾ という表題で同様のことを以下のよう述べている。

ある地域の経営・農村のたたかひが描かれる場合、文学者として必要なのは、事実のファクスの複写ではない。ほんとうに必要なのは、それがもつ意味なのである。そのたたかひのもつ意味の全日本的な普遍性と、たたかひそのものの独立した経過による特殊性とが全一的に形象化されてはじめて、文学は現代の顔をもつ。(中略) 日本の現代文学は、いま、現実の変革へと流動する諸力とともに、その文学的契機をわしづかみにできる情勢をむかえているのだとおもわれる。

つまり「尋問」が掲載された時期の『民主文学』においては、労働者や民衆が自らの権利を獲得するために「たたかう」ことは前提とされているのである。そのうえで「いかに生きるか」、現代をどのように変革するかが問題とされているといえる。そして、そのような目的を達成するために行なわれる労働運動や政治運動と文学をどのように結びつけるかが文学上の問題とされていることが読み取れる。

このような立場からみれば、岩倉が「尋問」で描いた裁判という場で証言する苦痛に耐えかね自殺をした人物は、「たたかひ」を放棄した人物であるため、評価の対象とはならないと考えられるだろう。「尋問」には、中井たかが自死する前の小川チヨが、以下のようにこぼしていたことを思い出す場面がある。

——おらみたいなもん、死んで恨み晴らすほかないがじゃ。[/] たかは、チヨがさいごに言い残して行ったことばをすぐ思い出した。それはたかのなかでぐんぐんふくらんだ。⁽¹⁰⁾

「たたかう」ことを前提とする考えが支配的な同時代においては、「死んで恨み晴らすほかない」と語る女性の存在を理解することは難しかったといえるだろう。また公害の被害者を救済する「たたかひ」は、行政に裁判という制度を利用して責任を認めさせることにしか方法がなく⁽¹¹⁾、そこから逃避することは、そのまま「たたかひ」を放棄することに直結する事情もあった。「尋問」には以下のような記述がある。

——それで、あんたからおらの証人ことわってくだはれよ。おらの一生の頼みやちゃ。

[／] たかは、チヨの本気なのに坐りなおした。小川チヨの、ひどく律儀な性質を、たかはよく知っている。しかしこの友達の病歴と、自殺までしかけた苦労については、たか以上のものがあつた。そうであればこそ、原告側弁護団はチヨを選んだのにちがいない。たかは、それをやめさせたくないと思った。

小川チヨは、裁判所で証言するのがつらいほどの経験をしているからこそ、原告側からは加害企業に「勝つ」ために証言することを期待されていることがここからは読み取れる。イタイタイ病に関する書籍を多数刊行している向井嘉之によれば、実際に「尋問」が発表された時期は「被害地域では、勝訴への見通しが十分浸透していない時期であり、三井金属の切り崩しも予想されたことから、最後まで積極的に訴訟を貫き通せる姿勢を持っている人が」裁判での原告として選ばれていたようである⁽¹²⁾。また岩倉政治も以下のような記述を残している。

窓から送られたVサインに歓呼するおもてのどよめきが下から吹きあがってきた。勝利への重要な道標がついに打ち立てられたのだ。ああ、何よりもこのよろこび、無念のうちに落命していった数百の痛きたましいにとどけ。[／] この結審は、三年間の第一次訴訟のそれだけではない。数十年の長い年月を耐えてたたかかってきた屈辱と苦痛の歴史にたいする「結審」であり、迫害と孤独を生きた科学者と良心たちへの「結審」でもある。(中略) 団結と正義の力は、こうして日本最初の公害裁判モデルを作り出した。この意義の重大さははかりしれないが、それだけに被告側三井やそれにつながる支配勢力が、このまま旗を巻くとはとても考えられぬことである。結審の日の、被告弁護団にみられた意外なまでの冷静さが、逆にこのことを推測させる。[／] 「結審」をかちとった確信とさらに強固な団結の上に、私たちのたたかいはまた始まる。⁽¹³⁾

つまりイタイタイ病の被害訴訟の裁判は、イタイタイ病の被害の認定・救済のみならず、他の公害被害における裁判のモデルケースとなるべく「たたか」われていたことがわかる。被害者側の「たたかう」手段が裁判という制度を利用するほかになく、加害企業側との「たたかい」が最優先される状況においては、裁判で勝つことが何よりも重要なのであり、その制度によって傷つく患者の存在を顧みることは難しい。現に岩倉政治自身も裁判で「たたかう」ことの重要性は理解しており、「(前略) さあ [／] おまえと おまえが迎える 妻のため [／] おまえらの 子どものために [／] おやじの おれにつづけ [／] おれを 乗りこえろ [／] たたかいに組んだ 手をほどくな／怒りを もやせ [／] 三井が ひたいを地につけるまで [／] 神通の水 とりかえすまで」⁽¹⁴⁾ という「たたかい」を後押しするような詩も残している。

このような同時代の要請からみれば、「尋問」という小説が「たたかい」の勢いを削ぐものと捉えられ、看過されてしまうことにも理があつたとはいえよう。しかし今日、イタイタイ病を

振り返る際に、裁判という制度を利用するしか加害企業に被害を認定させるすべがなく、被害を述べることができず、その制度の前に倒れてしまった患者が存在すること、またそれを記した小説が存在することは再認識すべきであろう。「尋問」には、裁判所の様子が以下のように記されている。

法廷は恐ろしく天上の高い長方形の箱だ。「公正」をよそおうために造られた装置だから、人間を収容するに必要な机と椅子意外には一輪の花も置いていない。(15)

裁判所はあくまでも「公正」よそおった制度であることを岩倉は見抜いていたといえよう。そのような制度を通じてしか被害の認定がなされず、制度の前に「たたかえ」なかった「弱者」を岩倉は、裁判の重要性を理解しつつも、小説で描いていたといえよう。

2-2. 仏教（浄土真宗）と反原発運動——奥本守という反原発歌人の存在

前節では岩倉政治が、同時代の機運とは異なる「たたかう」ことのできない「弱者」を描く小説を描いていることを確認したが、なぜ岩倉が裁判の重要性を認識しながらも、そこで「たたかえ」ない「弱者」を描きえたのかは確認する必要があるだろう。岩倉はある講演にて以下のように述べている。

私は拷問に耐えぬいた少数の英雄たちを尊敬します。同時に拷問を手がけた権力とその手先どもを憎みます。しかし問題はそれに勝てなかった人間、弱い人間。いわば失敗した恥多き人間——そういう人を私は問題にした。実は人間は時に神の如く正しく英雄的に振る舞うが、時と条件によってどういう醜態をさらすか分からぬ。そういう弱さも持っている。私はそれを問題にする。いかなる強迫にも負けず苦痛にも耐えるつよい奴は助けは不要。強者は問題ではない。弱者こそ問題なのだ。無力無残の阿弥陀仏にすぎる外ない凡夫こそ。それを本気でみつめ、本気で考えるのが真の文学の重要な一つの仕事であり、真の政治の任務でもある。(16)

岩倉政治は、文学者でありながら共産主義者でもあり浄土真宗に傾倒した仏教者・思想家でもあり、多様な側面を持つ人物である。青年期には富山から大谷大学に進学し、マルクス主義者の井坂潤と仏教哲学者の鈴木大拙に師事している。そのような岩倉の仏教者としての側面が、「無力無残の阿弥陀仏にすぎる外ない凡夫」・「弱者」への着眼を促したといえよう。一般的に社会運動が権力者によって、生を蔑ろにされた「弱者」によって行われることを考えれば、北陸での社会運動ならびにそれによって生成された文化と、仏教の関連は考慮に入れる必要がある。

現に1988年12月1日に建設差し止めを求めて金沢地裁に提訴することからはじまった志賀原発建設反対運動に浄土真宗大谷派の僧侶たちが関わっていたことの指摘はすでにある(17)。北陸で起こった社会運動(文化)と仏教文化との関わりは今後子細に検証されなくてはならないが、

今回の研究調査では、敦賀、美浜、大飯、高浜原発建設工事に足かけ約 15 年間従事した福井県出身の奥本守（1931—?）という歌人を発見したことが、特記すべき重要な成果であった。

奥本が、『紫つゆくさ』、『泥身』、『若狭の海』（ながらみ書房、2001 年 3 月）という 3 つの歌集を自費で出版したことは確認できたが、福井県内の図書館にも国立国会図書館にも所蔵が確認できなかった。ただし『若狭の海』刊行時に複数の新聞が奥本に取材したとみられ、その記事を数件見つけることができた（「元建設作業員・奥本さん（上中） 原発の不安 歌に」『福井新聞』2001 年 4 月 5 日、「原発への思い歌に託し——上中町の奥本さん 歌集「若狭の海」自費出版」『毎日新聞』2001 年 4 月 7 日、「原発への不安 短歌に託す——建設作業従事の奥本さん 3 冊目の歌集出版」『朝日新聞』2001 年 5 月 6 日など）。また『福井新聞』には、4 月 5 日の記事を受け、当時 NHK エンタープライズ 21 BS 情報文化番組部長であった山登義明がコラムを執筆している（山登義明「新聞を読んで一短歌の力」『福井新聞』2001 年 4 月 30 日）。上述した新聞の記事によれば、奥本守は約 15 年間原発建設現場で働いていたが、そこで「手抜き工事」があったことなどを踏まえ、原発は今の日本には欠かせないが「事故が起こっては申し訳ない」という思いで（原発の設計や予算は完璧なれど 曾孫請けなれば四割工事）などの歌を含む第三歌集『若狭の海』を編んだという。全 462 首のうち、原発に関係する歌は 70 首を超え、福井での自身の経験だけでなく、茨城県東海村の JCO 臨海事故、プルサーマル計画に触れた〈若狭には人間がいる花も咲くプルサーマルの実態を言え〉などの歌が含まれているという。

また確認できた範囲では、〈親鸞さまのお骨の側に子の骨を納めんと渡すむなしわれの手〉、〈蠅見れば南無阿彌陀佛と手を合わす叩かんとして仏心起る〉という歌も詠んでいることがわかった。〈親鸞さま〉、〈仏心起る〉という表現からは、奥本も浄土真宗の思想の影響を少なからず受けていることが確認できる。仏教文化（浄土真宗）と北陸での社会運動（文化）がどのように関わり形成されていったかを考察するうえで、奥本守という歌人は、重要な存在であると考える。

加えてそのみならず、1968 年に日本原電敦賀原発 1 号機の建設現場で働いた当時は「原発が危険だとはみな思っておらず、農機具購入費の支払いのために、農業以外で働く必要があった」（上述記事『毎日新聞』）と述べながら、次第に原発の危険性に関われていく歌人の過程を踏まえ、現場の作業員が短歌を詠んだ意味を明らかにする必要性も高い。国内の図書館・文学館での所蔵が確認できないため、福井県を中心とした各地の古本屋での調査が必要となるが、引き続き調査を進めてまいりたい。

3. 今後の展望

今回の研究調査では、岩倉政治という小説家の重要性を明らかにすることと、奥本守という歌人の存在を発掘したことが主な成果であったが、1980 年代の社会運動の文化を踏み込んで検証するには至らなかった。しかし、80 年代に社会運動の文化が不在であったわけではなく、大きな存在として水野スウという人物がいる。水野スウは 1983 年 11 月から当時住んでいた金沢市の中心部のマンションを週に 1 回、子育て中の母親たちに開放する「紅茶の時間」というものを

行っていた⁽¹⁸⁾。やがてその場が1986年のチェルノブイリ（チェルノブイリ）原発事故を契機として、原発の問題を考えるようになる。そして1988年時から『いのちの未来に原発はいらない通信』（略称「いのみら」）が発刊されるようになり、水野スウはその取りまとめを行うようになっていく。このような動きは、東京を中心に起こった同時代のエコ・フェミニズムの運動と重なる部分がある。1987年には綿貫礼子編『廃炉に向けて——女性にとって原発とは何か』（新評論）が刊行されており、原発と女性（運動）という観点は今後研究される余地と必要性がある。北陸で水野スウが行っていた取り組みと東京との同時代性、また同地域で行なわれていた仏教者たちとの運動との連関など、多様な運動主体とエコロジーやフェミニズムの問題が当該分野には横たわっている。引き続き調査・研究をつづけてまいりたい。

4. 参考文献

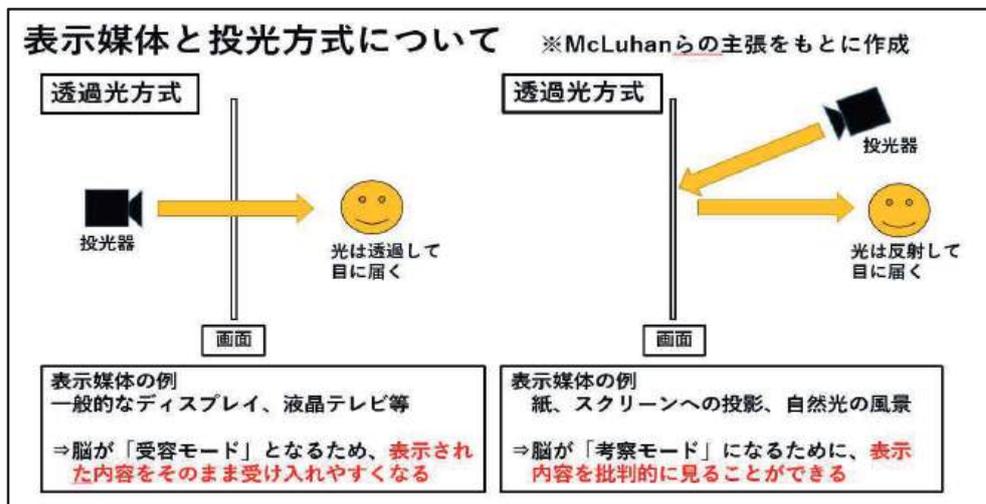
1. 桂秀美『反原発の思想史』筑摩書房、2012年2月
2. 秦重雄「岩倉政治——『稲熱病』に至る道」『社会文学』29号、2009年2月
3. 森葉月『宗教・反宗教・脱宗教——作家岩倉政治における思想の冒険』桂書房、2014年5月
4. 岩倉政治「百色百香＝蝕袖人別覚え（その二）」日本民主主義同盟富山支部『野の声』1975年10月
5. 岩倉政治「尋問」初出は『民主文学』1972年4月号。のちに岩倉政治『ニセアカシアの丘で』新日本出版社、1974年3月に収録。
6. 山崎寿美子書評 岩倉政治「ニセアカシアの丘で」『民主文学』1974年8月号。
7. たとえば、永井潔・神山恵三「自然・人間・芸術——公害問題と現代文化」『民主文学』1970年11月号など。
8. 霜多正次「人間性の回復」『民主文学』1971年5月号。
9. 中里喜昭「現代日本の典型」『民主文学』1971年5月号。
10. 岩倉政治「尋問」岩倉政治『ニセアカシアの丘で』新日本出版社、1974年3月、147頁。
11. 向井嘉之『原告 小松みよ』能登印刷出版部、二〇一八年一月などを参照。
12. 注11に同じ、129 - 130頁。
13. 岩倉政治「イタイイタイ病裁判といのち」『富山新聞』1971年3月。引用は、岩倉政治『どうもどうも——ジーパンをはいた90才』青磁社、1992年7月。
14. 岩倉政治「イタイイタイ病」『岩倉政治詩集』青磁社、1986年1月、83 - 84頁。
15. 注5に同じ、110頁。
16. 岩倉政治「あゆの風いたく吹くらし」岩倉政治文庫資料〈関連（一括）1831〉。講演は1988年8月27日、富山県新湊市で開催。
17. 高木恒一「反原発運動の多様な主体」『戦後日本住民運動資料集成7 志賀（能登）原発反対運動・差止訴訟資料 別冊 解題・資料』すいれん者、2012年3月。
18. 水野スウ『まわれ、かざぐるま——もう一杯の紅茶の時間』若草書房、1990年3月、50頁。

研究題目	表示機への投光方式による人の視覚認知能力の変化に関する検討
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	一般教養科・准教授・紙谷 智
分野	認知科学、視覚心理学、知覚心理学
キーワード	視覚認知、ディスプレイの視認性

1. 研究の背景と目的

今日、我々の日常においてLCD(液晶薄膜ディスプレイ)表示機は欠かせないものの一つと考えられる。画面への表示を可視化するために、LCD画面に光を当てる必要があるが、現在多くの表示機はLCDパネルの背面から光を透過させて可視化する透過光表示方式であり、映画などのスクリーンのようにLCDパネルの前面から光を当てて、表示を可視化する反射光表示方式のものは、一部の特別な表示機器を除いてほとんど普及していない。

米国の著名なメディア学者であったMcLuhanは“Laws of Media: the New Science”(1988)で、広告研究者であったKrugman(1971)の映画視聴者への映画内容の印象に関する調査を紹介し、映画を反射光で観た群と透過光で観た群には同じ映画の視聴であっても認識の違いがあり、これは反射光と透過光が人の脳の認識モードを変えてしまうためだと論じた。有馬(2007)はこれを受け、我々がPCで書類作成したとき、ディスプレイ上では気づかなかったミスに印刷後に気がつくことが多いのは人の脳が、①透過光ディスプレイを見ることで「受容・くつろぎモード」であった状態から、②紙(反射光)を見ることで「批判・考察モード」に切り替わることでミスに気付くと論じた。



この投光方式の違いが生み出すといわれる脳の認知の違いに関しては、これまで心理学や認知学分野でいくつかの研究がなされてきたが、結果としてこの説を支持する、もしくは一部の関連を示唆する研究(トッパン・フォームズ2013、松山・池内2015 他)と、関連性を否定する研究(中津ら2022 他)とに分かれており、現在に至っても明確に心理、認知的機序について明らかにできる段階に至っていない。

しかしながら、McLuhan らの主張のように、仮に透過光に人の認知機能を抑制したり、低減させたりする作用があるとすれば、特に医療をはじめとする直接人命に関わる分野での使用や、生産現場での使用、さらに教育現場での使用において、このことがミスの発生を誘発し大きな損失を生み出している可能性があるといえる。

本研究は、人を対象とした心理実験を行い、上述の McLuhan らの説のように LCD 表示機における反射光と透過光の 2 つの投光方式が、人の認知機能に違いをもたらすことを裏付ける証左が得られるかを確認しようと試みたものである。

2. 研究方法

心理実験用ソフトウェアから生成される視覚刺激を用いて行い、被験者は表示機に表示された視覚刺激に関する課題に手元の反応機で押釦することで回答、または課題により口頭で回答するようデザインした。

この実験では、①被験者の反応時間、②課題に対する正答率と無答率、③視覚刺激の再現度を評価するために、ソフトウェアの内部記録機能(データロガー)によって各時間と反応信号を記録し、同じ視覚刺激を透過光表示したときと、反射光表示したときとの差異について検討できるようデザインした。

しかし、このようなソフトウェアを使用した先行研究において、内部記録に不安定さが見られるという指摘が複数あったため、測定の精度を評価するために外部のデータロガーによる記録を並行して行い、2 系統のデータを回収できるよう実験環境を構築した。

また、実験前後の被験者の心理変化を把握する目的で、主観評価項目を設定した質問紙調査を試験終了後に行い、被験者の主観が与える影響についても評価が可能なようにした。

反射光型と透過光型のディスプレイの視認性に関する先行研究では、投光方式の異なる液晶タブレットを用いた例(松山・池内 2015)や、TV などの液晶表示機とプロジェクターからスクリーンへの投光表示との比較をした例(中津ら 2022)のように、提示刺激を提示する表示媒体に輝度、コントラスト、および解像度において大きな違いがあるため、必ずしも反射光と透過光の純粋な比較であるといえない部分がある。

実験で提示する 2 つの投光方式による表示が可能な限り均一になるよう、本研究では液晶表示機の視認性の評価項目として多く用いられる、輝度、コントラスト、解像度の 3 点に関して条件を整えるよう注意を払った。

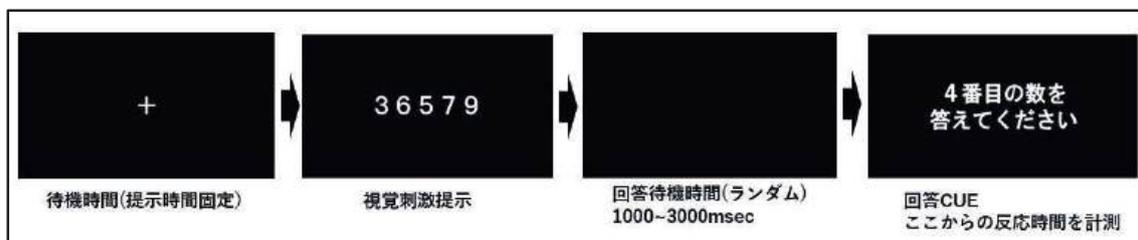
また、視覚は表示機の表面素材や、表示機周辺からの輻射光にも大きく影響されることが知られている。そのため実験に用いる表示機の LCD や画面表層のシートは同一のものとすること、輻射光対策として実験ブース内部を全て低反射加工された暗幕で覆うことなど、視覚刺激以外の影響の除去に細心の注意を払った。

被験者に提示する視覚刺激は、①方向を示すことができる図形(図形自体に意味が存在しないもの)、②数字や文字(意味をもつもの)の 2 種類を用意し、①については図形の方向を回答させる強制選択試験、②については提示した数字、文字や、その正誤について口頭で答えさせる試験

を行い、被験者の反応の変化を検討できるようデザインした。

特に①においては図形の提示時間を 50～1500sec の範囲で多段階に設定し、被験者の注意力の変化を評価できるようにした。

【視覚刺激の提示例】



3. 研究成果

現段階でデータ回収のための環境や機器更新など、実験プロトコルの度重なる変更を余儀なくされたため、準備段階で多くの時間を要し、解析に必要なデータ数が得られておらず、検討の成果として十分なものを示すことができる段階に至っていない。

そのため、ここでは現段階までに多くの時間を要した経緯、要因とその解決策、また実験機器と環境の構築において、同様の実験をする際に留意すべき内容についてまとめておきたい。

(1) 実験機器、環境に起因する遅延について

視覚刺激に伴う反応時間の評価を正しく行うためには、ミリセカンド単位での計測が必須となる。しかしながら、心理学実験などで多く用いられている、PC とソフトウェアを利用した視覚刺激提示や被験者反応の記録において、機器や実験環境に起因する遅延を少なくし、ミリセカンド単位のデータ記録を安定したものにするためには、現状かなり多くの課題が存在する。

PC を使用する実験では、OS やソフトウェア動作に要する遅延のほかに、USB 接続する反応機からの信号処理による遅延（接続機器と処理によって異なる）、接続機器との通信ポーリングレートによる遅延（5～24msec）、ディスプレイに信号が受信されてから提示が表示完了するまでのLCDのリフレッシュレートによる遅延（一般的に17～20msec）などを可能な限り小さく、また正確な評価に用いることができるよう一定のものに制御する必要がある。

また、当初はソフトウェアのデータロガー機能の利用を予定していたが、この機能についてはミリセカンド単位では安定した記録が行われていないという複数の指摘があるほか、上述した機器間通信に由来する遅延によって、評価に適したデータの回収が難しいことが分かった。

(2) 反応器、センサーによる遅延への対応の試行

当初はPCからの視覚刺激を出力し、PCのキーボードでの入力を記録するというシンプルな構成を予定していたが、上述したミリセカンド単位での遅延の問題への対応のため、被験者の反応を捉える反応機や、ディスプレイへの表示を光学的に捉える光センサーなどからの外部入力信号処理で遅延の発生しにくいマイクロコンピュータを利用した入力系システムへの変更を開始

した。

Bluetooth通信が可能なEspressif Systems製のESP32を搭載したM5stackに自作の光センサーユニットを接続して画面表示を捉え、Bluetooth通信でゲーム패드からの被験者反応を捉えられるように設定し、M5stackをデータロガーとして利用するシステムを構成した。

このシステムで試行した結果、新たに2点の問題が発生した。

1点目は、視覚刺激表示時の光を感光する光センサーの感度調整が非常に困難であるという問題であった。本実験では、反射光と透過光という2つの投光方式によって視覚刺激を表示するが、光センサーに対して直接投光する形になる透過光表示と、ディスプレイ表面からの光を捉える反射光表示では、センサーの受光部が捉える光の照度が大きく異なる。このことは先述したように2つの投光方式による表示を比較できる条件を整えるうえでも大きな課題の一つである。

表示機の調整は、輝度計による計測をしながら透過光表示時には白表示部分の白度の調整やバックライトの光量を減光する等の対応を行い、反射光表示と同等の輝度、コントラストに制御することができた。しかし、特に反射光受光時のセンサーからの信号が不安定になりがちであり、この解決のためにM5stackの光センサーユニット利用に変更したり、受光部に集光するための装置を設置したりするなどの工夫を行った。

2点目は、被験者反応を捉えるためのゲーム패드からの通信によって発生する遅延の問題であった。表示機から目を離すことなく、反応がしやすいうえ、配線処理の心配がないよう、Bluetooth通信のできるゲーム패드を採用していたが、Bluetooth通信による遅延が110～220msecという大きなものであり、さらに遅延時間が不安定であることから、このシステムの採用を断念した。

(3) より高精度な記録が可能なソフトウェアへの更新について

被験者の反応時間をミリセカンド単位で可能な限り遅延なく正確に捉えられるよう、国内外のソフトウェア、反応機などの情報を再度収集した。その結果、心理実験用ソフトウェアとしてよく用いられるもののうち、Cedrus社のSuperlab6と同社の提供するレスポンス패드Riponda、外部機器とのインターフェースであるM-podを使用することで、機器間の通信遅延を5msecに抑えることができることが分かった。またPsychology Software Tools社のE-Prime3と同社の提供する応答・刺激デバイスChronosの使用によって、機器間の通信遅延は1msecまで抑えることができることが分かった。

そのためSuperlab6を使用した視覚刺激の提示からの一連の実験を準備してきたが、ソフトウェアをE-Prime3に変更し、より高精度なデータ取得が可能になるようにすることができた。

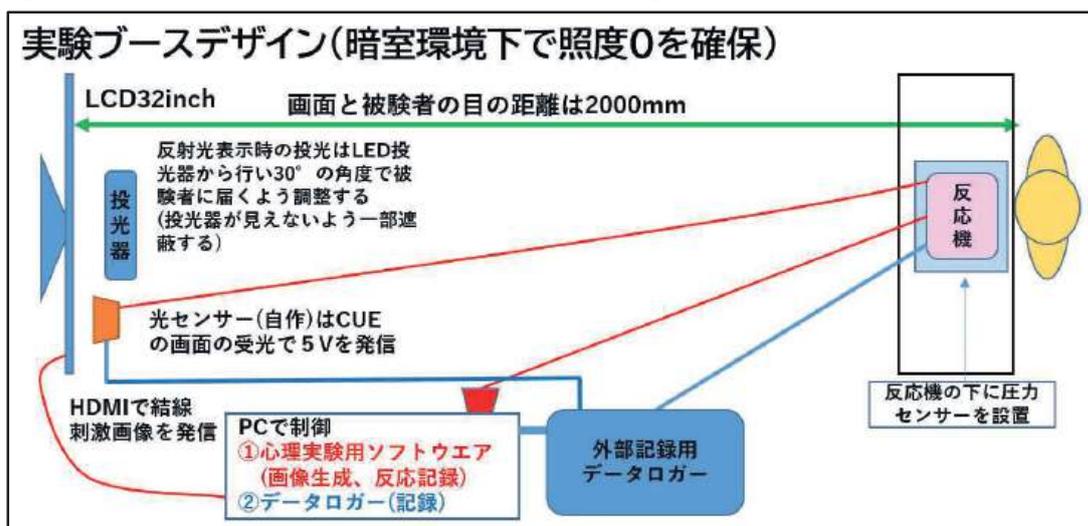
(4) 外部記録の方法について

上述したように、実験の運用にPCをはじめとした電子機器を使用することによる遅延に対する対策が、この実験において評価、検討に大きく影響すると考えられる。

そのため、ソフトウェアによる実験運営を、USBやBluetoothなどの遅延の大きな接続方式を

避け、反応時間に関してより正確な測定をするため、①光センサーによる画面表示時間の記録、②圧力センサーによる被験者反応（押釦）時間の記録、の2つをマイクロ秒単位で記録できるデータロガーを用いて外部で記録し、ソフトウェア内部の記録との差がないかを検討できるようにした。

【被験者反応データ取得のための機器接続レイアウト】



4. 今後の展望

現段階で解析、評価に必要な数のデータが揃っていない状況であることから、当面はさらなる被験者を募ってデータの回収を進めていきたい。また、表示時間の絞り込み、表示内容の適正について、関連の先行研究を実施した研究者と連携、協議を進めてきており、実験を進めつつ、これらの点について改善を図っていきたい。

また上述した遅延要因のほかにも、表示の滲みという液晶ディスプレイ特有の問題や、瞬きやマイクロサックード（固視中の眼球の高速の跳躍的運動）などの視覚や神経活動に関する問題など、ミリ秒単位での記録の評価を適正なものにするために配慮すべき多くの課題が存在する。実験を進めながらこれらの問題に対する対応も検討していきたい。

今後は本研究の問いである2つの投光方式による人の視覚認知に対する変化を評価できる十分なデータ数が揃った時点で、解析結果などを添えて所属学会等で報告したいと考えている。

5. 参考文献

- ・有馬哲夫(2007)『世界のしくみが見える「メディア論」有馬哲夫教授の早大講義録』宝島社新書
- ・H.M. McLuhan(1988): "Laws of Media: the New Science" 「メディアの法則」NTT出版(2002).
- ・Anne Mangen, Bente R. Walgermo, Kolbjørn Brønnick (2013).
Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension.
International Journal of Educational Research 58, 61-68.

- ・ Erik Wästlund, Henrik Reinikka, Torsten Norlander, Trevor Archer(2005).
Effects of VDT and paper presentation on consumption and production of information: Psychological and physiological factors. *Computers in Human Behavior* 21(2), 377-394.
- ・ 松山麻珠、池内淳(2015)「表示媒体の違いが誤りを探す読みに与える影響」
情報処理学会研究報告、Vol.2015-ICH-162, No.2.
- ・ 中津良平、土佐尚子、高田浩之、楠見孝(2022)
「情報表示における反射光と透過光の違いが心理に与える影響の評価」
情報科学技術フォーラム講演論文集 21 第3分冊 319-323
- ・ 大澤真幸(2005)『メディアの再身体化と公的な知の不在』学芸総合誌・季刊 環 20 藤原書店
- ・ 「透過光と反射光で人間の認知モードが違うというのは本当か?」
https://blogs.itmedia.co.jp/docconsul/2019/05/post_107.html
- ・ 「回転窓:反射光と投射光の違い」日刊建設工業新聞、論説・コラム (2015).
<https://www.decn.co.jp/?p=26493>
- ・ 「紙に印刷すると間違いに気づく理由」リコー経済社会研究所 (2020).
https://blogs.ricoh.co.jp/RISB/new_virus/post_604.html
- ・ 「紙媒体の方がディスプレイより理解できる」ダイレクトメールに関する脳科学実験で確認
<https://www.edge.toppan.com/news/2013/0723.html>