

課題研究費実績報告書

令和5年3月30日現在

研究課題名：自動運転レベル3車両における独立4輪操舵および双方向走行システムの付与

研究代表者：井組裕貴

小区分：機械力学およびメカトロニクス関連

1. 研究計画の概要

現在様々な研究機関で自動運転車両の開発が行われており、自動運転社会が実現すると交通事故の減少、渋滞の削減、ドライバーの疲労軽減など社会的影響が非常に大きく期待されている。しかしながら、自動運転レベル3とレベル4、5の境界は非常に大きく、特に前進時だけではなく、後進時の適切な制御が重要となる。また、一般的な自動車は前輪が操舵輪であるため、後進時はジオメトリ的に操舵輪が後輪となる後輪操舵になり、複雑な制御が必要である。そこで本研究では、自動運転レベル3車両のシャーシ開発及び前後輪に操舵機能を付与可能なダブルウィッシュボーン式サスペンションの開発、4輪操舵による双方向で走行可能な自動運転車両の検討、画像認識や

LiDARを用いた認識システムの構築を行い、障害物回避の前後輪での制動を組み合わせた双方向走行システムの構築を目指す。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

車両のサイズは1人乗り、4輪超小型モビリティの規格サイズとし、走行領域は本校校内で時速は30km/h以下とする。シャーシの基本構造はCFRPサンドウィッチハニカム構造とし、ハンドレイアップによって積層を行う。CFRPは3ply+アラミドハニカムorアルミハニカム+3plyの構成とした。サスペンションや足回りのアーム取付部などの強度が必要な個所に対してはフェノール樹脂材を挿入している。シャーシ下板は金属の平板を型として使用し、サイドのサスペンションパネルは金属板を曲げ加工して型材として使用した。

足回りは走行時における振動や荷重移動から発生する誤差を抑えるべく、ロール・ピッチの回転中心と重心を考慮した非平行ダブルウィッシュボーン式サスペンションを設計した。また、キャスター角を3[°]キングピンアングルを6[°]とした。サスペンションやブレーキキャリア及びブレー

キディスク、ホイールなどは市販バイク用を流用した。上下アームやアップライトはアルミ合金をNC加工機や旋盤で加工し作成した。

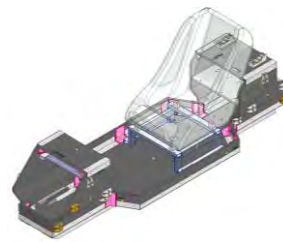


図1 設計シャーシ

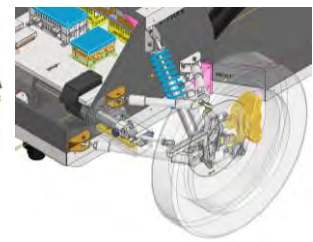


図2 設計足回り

操舵はアクチュエータを使用し、操舵角は最大25[°]となる。また、キャスター角が3[°]キングピンアングルを6[°]として設計を行った。左側のアクチュエータはアップライトの前側(図3)に配置し、右側のアクチュエータは車体後側(図4)に配置した。図5は開発車両の3Dデータとなる。

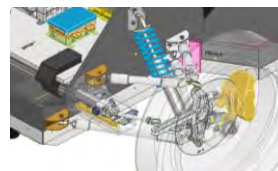


図3 左前操舵システム

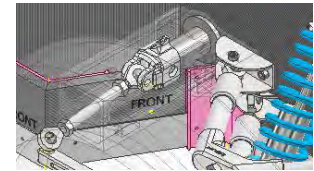


図4 右前操舵システム

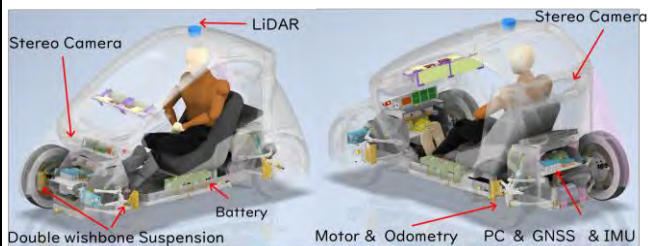


図5 開発車両3D

システム構成は図6となる。画像認識にステレオカメラを用い、YOLOやOpenposeのアルゴリズムをベースとして構築を行った(図7)。ステレオカメラは前後に取付、双方行走行時に前後の対象を認識できるように設計をしている。動作環境はDocker下でUbuntuやROSを用いたシステム環境の構築を行っている。自己位置推定や走行経

路作成は LiDAR を使用し， Autoware を介して
地図作成や値を取得する（図8）． 図9が開発した
車両となる．

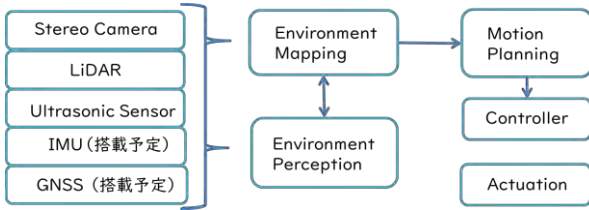


図6 システム構成

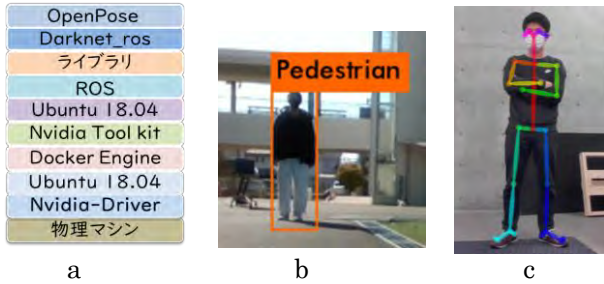


図7 画像認識システム

a:動作環境, b:YOLO, c:Openpose

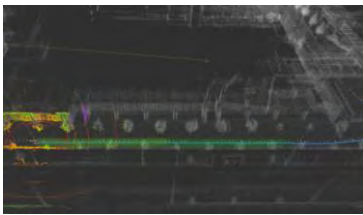


図8 経路作成



図9 開発車両

自動運転レベル3車両のシャーシ開発及び前後
輪に操舵機能を付与可能なダブルウィッシュボーン
式サスペンションの開発,4輪操舵による双方向
で走行可能な自動運転車両の検討, 認識システム
の構築を行い, 一定の成果が確認できた. 今後,
成果を集約し, 4輪独立操舵による双方向走行シ
ステムの構築を行う.

3. 代表的な研究成果

〔学会発表〕 (計1件)

- [1] 井組裕貴, 認識機能を備えた校内走行用 EV
の車両開発を通じたものづくり教育, 第 70
回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集,
17a-PA01-6, 査読無

課題研究費実績報告書

令和5年3月31日現在

研究課題名：戦後文学における〈麻薬〉の表象に関する研究

研究代表者：河田 綾

小区分：日本文学関連

1. 研究計画の概要

本研究は、医療行為を目的として開発されながら後に法規制の対象となった薬物のうち、中枢神経系に作用するものを〈麻薬〉と定義し、それが戦後日本文学の中でどのように表象されてきたかを分析するものである。

これまでの先行研究が明らかにしたように、〈麻薬〉の開発と規制は近代国家の形成と連動する形で人々の身体を規定してきた。このような研究の蓄積に対し、とりわけ文学分野においては、薬物使用によって引き起こされる身体感覚の拡張と深化、幻覚作用に伴う現実逃避、デカダンスがもたらす落伍者意識、中毒症状を通じた自己省察といった点が分析の対象となってきた。しかし、先行研究の多くは、個別の作家や作品に関する個別的な研究が中心となっていて、体系的な分析が行われてきたとは言い難い。

こうした研究状況から、本研究では日本近現代文学における〈麻薬〉の表象について通時的かつ体系的に明らかにしていく。具体的には、戦間期から軍内で使用され戦後に巷間に広まったヒロポン、高度経済成長期以降に若者を中心に広まっていったLSDやシンナー、1990年代以降の覚醒剤やMDMAや危険ドラッグなど、それぞれの時代に流通した〈麻薬〉の表象を分析の対象とする。これらの分析を通じて、戦後社会が人々の身体をいかに規定していったかを明らかにし、同時に〈麻薬〉の使用によっていかなる言語表現の可能性が拓かれたかを考察する。

以上を踏まえ、本研究が将来的に目指すところとしては、近代以降の日本の〈麻薬〉に関する言説の変遷とその過程を追いながら、様々な文学テクストの分析を行うことによって、それぞれの時代における〈麻薬〉の語られ方について考察することである。このような最終目標を見据えた上で、本年度においては、とりわけ戦後文学に焦点を当てて研究を行っていった。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

本年度は、戦後占領期におけるヒロポンの表象について研究する予備調査として、同時期の抑留体験について描かれた小説の調査及び分析をおこなった（この成果については、「3. 代表的な研究成果」の①を参照）。具体的な内容としては、ウランバトルの収容所での体験を小説として描いた清水正二郎（胡桃沢耕史）の作品分析を行い、「抑留体験を如何にして小説化するか」という問題に対する作家の一つの方法論を詳らかにした。そこで明らかになったのは、凄惨な体験を語るために敢えて「ウソ」や「誇張」を駆使することで、「真相」なるものに対峙しようとする小説家としての矜持である。むろん、そのような方法は現在の観点からすれば、プライバシーの侵害や報道被害の助長へとつながりかねないものであったが、そうであってなお、一個人としての抑留の記憶を集団の記憶へと差し替えさせない極めて峻厳な創作意識が、そこには内在している。これらを明らかにした点において、本論文は戦後の抑留体験に関する言説のあり方の一つを提示することができたと言える。

また、本年度は上記論文と関連して、同時期の雑誌メディアに関する資料収集及び調査、分析を行った（この成果については、「3. 代表的な研究成果」の②及び③を参照）。具体的な内容として、まず②では、戦後占領期における神奈川県での地方総合文芸雑誌に関する出版状況について解説をし、特徴的な雑誌について紹介する記事を作成した。また、③では、同時期における『週刊朝日』の総目次の作成及び1949年の記事に関する解説を行った。これらの調査・分析によって、戦後占領期の出版状況の一端を明らかにし、ヒロポンの流行が社会問題として取り沙汰され始めた1949年の文化状況について理解を深めることができた。

さらに、次年度刊行予定のものとして、高度経

済成長期の文学・文化に関する論文を2本、引揚体験を持つ作家に関する口頭発表を1本準備中であり、いずれも同年度中に論文として刊行、または投稿の予定である。

以上のことから、今年度における進捗状況及び達成度としては、及第点は与えられるものとする。今年度の反省としては、直接的にヒロポンに関する研究を具体的な成果として示すことができなかった点が挙げられる。要因としては、前年度以前から蓄積していた研究テーマを形にすることに時間と労力を割いてしまったため、当初の予定通りに研究を進めることができなかったためである。こうした点については、次年度以降の課題として、引き続き本研究を進めていく所存である。

3. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕（計1件）

- ① 河田綾，われ暁に祈るまじ——清水正二郎／胡桃沢耕史の諸作品をめぐって，立教大学日本学研究所年報，第21号，2022年8月，査読無，30-39

〔図書〕（計2件）

- ① 河田綾，神奈川県，占領期の地方総合文芸雑誌事典 上巻 東日本編 北海道～三重県，金沢文圃閣，2022年6月，131-140
- ② 河田綾，1949年解説，戦後占領期『週刊朝日』総目次，金沢文圃閣，2022年1月

課題研究費実績報告書

令和5年3月31日現在

研究課題名：生体情報計測および画像計測を用いた運転時理想姿勢の模索

研究代表者：吉田 慧一郎

小区分：スポーツ科学関連

1. 研究計画の概要

ここ近年、自動運転化や自転車を用いた環境負荷を抑えた移動手段が主流となりつつある。これらの状況変化に伴い、我々には安全に自動車の運転（自動運転）を行いつつ、安全な自転車の運転も必要となってくる。そこで本課題研究では、自動車や自転車などの「運転」姿勢に着目し、筋電位計測ならびに脈波計測による「生体情報計測」と画像計測による「運転時姿勢」を対応させることにより、生体情報計測から姿勢を推測し、理想的な姿勢をサポートするシステム構築を行った。また、「ドライビング」「サイクリング」ともに生体情報計測システムおよび画像計測を同一化することで、同じ計測システムを用いた比較検討の容易さ、「ドライビング」「サイクリング」以外の運転・運動への応用を目指したシステム構築を視野に入れて研究を遂行した。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

2. 1 ドライビングにおける研究進捗

本課題研究において構築した計測システムを Fig.1 に示す。画像計測ならびに脈波計測・筋電位計測を行い、ドライビング姿勢と生理学的パラメータの関係性からドライビングにおける活性状態を求めた。

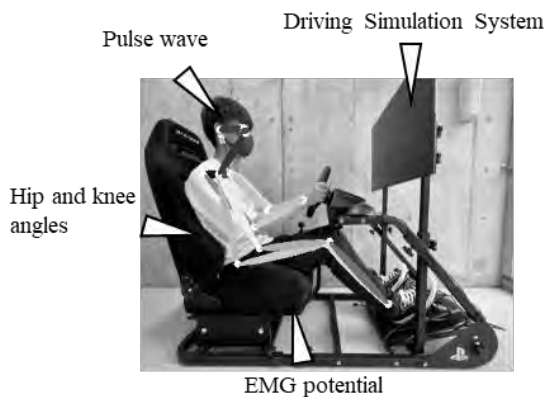


Fig.1 Measurement Systems.

実験では左太腿部に筋電位装置（東京デバイス製、IWS940-DEV）を装着し、筋肉を動かした際に生じる電位変化を取得した。これら各電極は右太腿の外側（外側広筋）、太腿の内側（内側広筋）および、太腿中央部（大腿直筋）に装着し、ドライビング時における太腿部での筋電位を計測した (Fig.2(a))。脈波計測では脈波センサ (BH1792GLC, ROHM社製) を耳たぶに装着し、運転中の脈波を測定した (Fig.2(b))。得られた脈波データより FFT 解析を行いストレス指標である LF/HF を算出して、運転時のストレス値変化を求めた。



(a) (b)

Fig.2 Experimental setup. (a)EMG electrode. (b)Pulse wave sensor.

画像計測では市販のスマートフォンのカメラ機能を用いて動画撮影を実施し、得られた結果から OpenPose を用いて腰ならびに膝の角度推定を実施した。画像結果の一例を Fig.3 に示す。腰部ならびに膝部において時間変化と共に角度の変化が確認された。角度変化は大きいものではないが、時間が経つにつれて腰部ならびに膝部の角度が増大する、いわゆる「だらけた姿勢」になっていくことがわかる。また、脈波から算出されたストレス値も「だらける姿勢」に対応し変化することが確認された。筋電位計測では、ストレス値に対応し変化が緩慢になる等の反応が確認され、生体情報計測から姿勢を推測し、理想的な姿勢をサポートするシステムの有用性が示された。

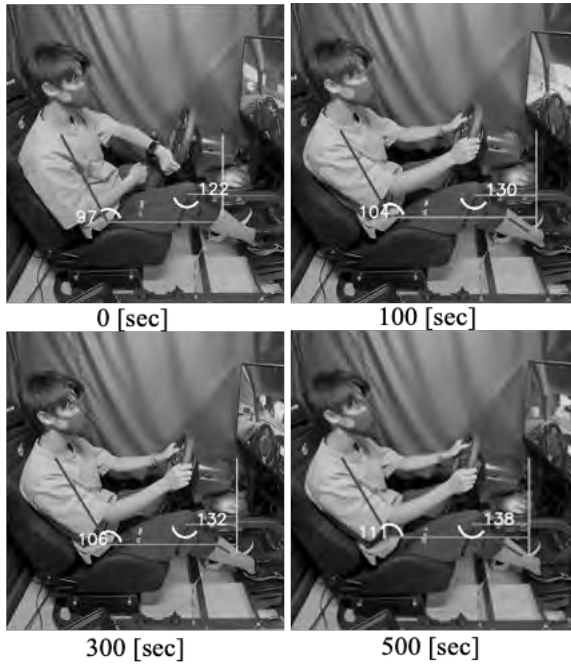


Fig.3 Typical result of image measurement by Open Pose. Time course by OpenPose analysis during driving.

2. 2 サイクリングにおける研究進捗

本課題研究では、「ドライビング」と「サイクリング」時の生体情報計測システムおよび画像システム計測を同一化することを目標としている。そのため、2.1 で用いた計測システムを使用し、サイクリング時における生体情報計測ならびに画像計測システムに適用した。サイクリングにおいてサイクリングポジションの計測のため3本ローラ(モッズローラー, MINOURA 製)を使用し、画像計測を行った。Fig.4に得られた結果の一例を

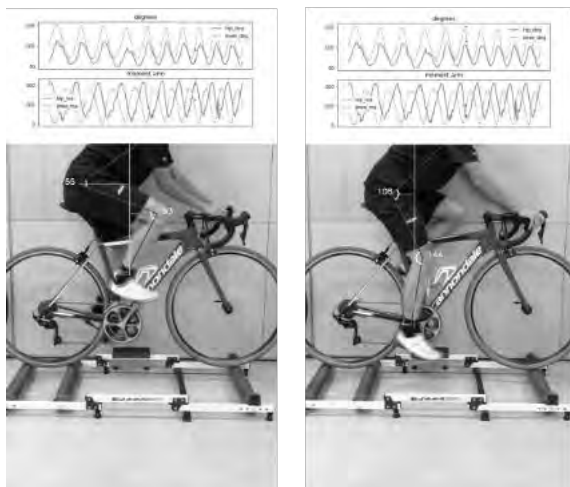


Fig.4 Typical result of image measurement by Open Pose. Time course by OpenPose analysis during cycling.

示す。ドライビング時と同様の膝・腰の角度が算出されていることがわかる。これらより、計測システムの共有化が可能であることが確認された。

2. 3 本計測システムの発展例

本課題研究では「ドライビング」「サイクリング」以外の運転・運動への応用を目指したシステム構築を視野に入れて研究を遂行した。その発展例として「ライディング」における計測結果を

Fig.5 に示す。このように、「ライディング」姿勢においても本システムを用いて角度推定が可能であることが確認できた。「ライディング」は姿勢の良し悪しが安全運転に直結するため、本提案手法を発展させることで、正しいライディング姿勢を学ぶツールとしての活用も可能であることが示唆された。



Fig.5 Applications of the proposed method by Open Pose during riding.

3. 代表的な研究成果

〔学会発表〕 (計 2 件)

- (1) 阪口大翔, 吉田慧一郎, 「画像計測ならびに生理学的パラメータを用いたドライビング姿勢による活性状態の定量評価方法の模索」, 第 23 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 講演論文集, 査読無, pp1880-1881.
- (2) 岡本優人, 吉田慧一郎, 「サッカーシュート時における画像解析ならびに筋電位計測を用いた理想フォームの模索」, 第 23 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 講演論文集, 査読無, pp1793-1794.

課題研究費実績報告書

令和5年 3月 31日現在

研究課題名：周防大島における海洋情報観測ネットワークシステムの構築

研究代表者：吉田 将司

小区分：船舶海洋工学関連

1. 研究計画の概要

周防大島に面する大島瀬戸や、この近隣の小松港海域付近での潮流は非常に予測が難しく、船舶の運航に影響を及ぼす場合がある。しかし山口県の海洋情報提供範囲からは外れており、周辺の海流や潮流の予測・解明は船舶の航行安全や地域漁業など、幅広い分野での貢献が期待されている。変動する海流や潮流をピンポイントに把握するためには、海上を多点・多層・実時間で観測する必要があるが、従来はすべてを満たすように観測されていなかった。そこで本研究は、再生可能エネルギーである太陽光発電を活用した観測ノードと基地局を、LPWAを利用して Web Server でデータを集約、遠隔監視可能な沿岸海洋情報センサネットワークを構築する。次に、この観測システムを周防大島の大島瀬戸周辺海域および伊保田港周辺海域に適用し、海水温及び塩濃度・海流の短期間及び長期間の変動特性を調査する。

本研究は1年間の研究期間でこの技術をさらに洗練・充実させつつ、以下の内容を実施する。

①複数の洋上ブイを用いた大島瀬戸周辺海域および伊保田港周辺海域の水温と塩濃度の実時間・長期観測

②インターネットを利用した遠隔監視および表示システムの構築とクラウド化

このうち①は、大島瀬戸及び伊保田港周辺海域の2か所以上の定点に、海洋環境観測ブイもしくは陸上に観測ノードを設置し、水温・塩濃度の鉛直分布の観測実験を継続する。もし代表者及び補助者が現地で実験不可能となった場合には、遠隔による会議および研究協力者により実験を代行し、データ解析を代表者らが実施する。

②は観測データを遠隔でモニタリングするために、LPWAを利用した遠隔監視システムを構築する。次にこれまで外部サーバを利用していたデータ収集部分を Google drive に移行し、スプレッドシート上に Google Earth をリンクさせたデータ可視化

システムを実装する。まずは新規設置となる伊保田港周辺海域の基地局に適用し、その運用実績により大島瀬戸周辺海域の基地局も交換することとする。運用結果が思わしくない場合は、従来の基地局システムを伊保田港周辺海域に増設する。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

①複数の洋上ブイを用いた大島瀬戸周辺海域および伊保田港周辺海域の水温と塩濃度の実時間・長期観測

まず大島瀬戸に面する大島商船高専の浮棧橋へ常設するための、新たな塩分濃度観測ノードと水温観測ノードを製作した。また水温観測ノードの内1基のプローブを5mから30mへ延長した。この水温観測ノードを伊保田港付近の沿岸へ、塩分濃度観測ノードを浮棧橋へ設置した。図1に設置した塩分濃度観測ノードを示す。また図2～図5はそれぞれ伊保田港付近および浮棧橋付近のシステム構成図およびノード設置状況を示す。設置後、浮棧橋に設置した水温観測ノードは電力低下や藻の付着による異常値を除いて安定して動作した。しかしプローブを延長した水温観測ノードは異常値を出力した。また塩分観測ノードは長期の送受エラーが発生した。そのため、塩分濃度観測ノードはアンテナ高を上げて再設置した後、浮棧橋へ設置した。現在浮棧橋にて海水温と塩分濃度の実時間・長期観測を継続中である。

次に観測結果として図6と図7は冬季における海水温と潮位及び気温の関係を示す。冬季の海水温は潮位による影響が強く、気温による影響は弱まっていると考察できる。また、冬季は水深が浅いほど海水温が低くなる傾向にあった。これは海水温が気温よりも高いためだと考察できる。また、塩分濃度観測ノードは、アンテナ高を高くすることで長期的に観測することができるようになった。11月末の塩分濃度は海面付近では激しく変化して、海中付近では安定していた。しかし

12月末の塩分濃度は、海面付近では安定しており、海中の塩分濃度が激しく変化していた。なぎさ水族館付近に設置した水温観測ノードは、設置後2週間程度は観測できていたが3週間目からは浸水が始まり、異常値を出力した。よって伊保田港周辺の長期観測は現在のところ通信状態の確認のみとなっている。



図1 製作した塩分濃度観測ノード

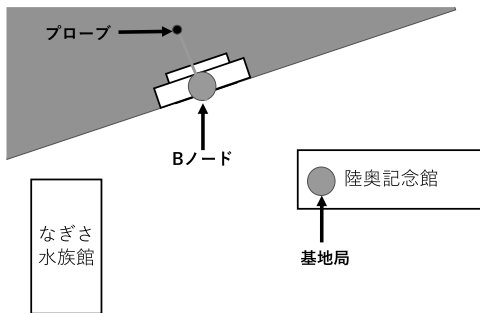


図2 伊保田港付近のシステム構成図

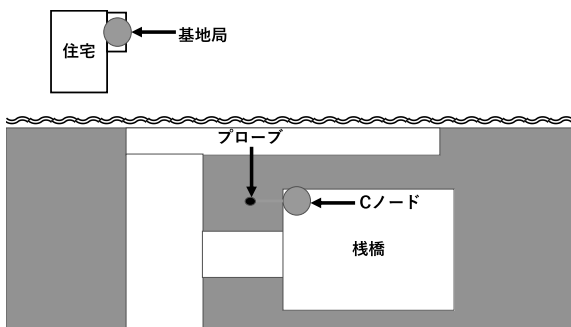


図3 浮棧橋付近のシステム構成図



図4 伊保田港付近のノード設置状況



図5 浮棧橋付近のノード設置状況

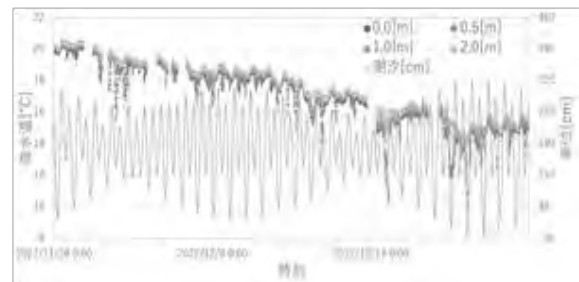


図6 冬季における海水温と潮位

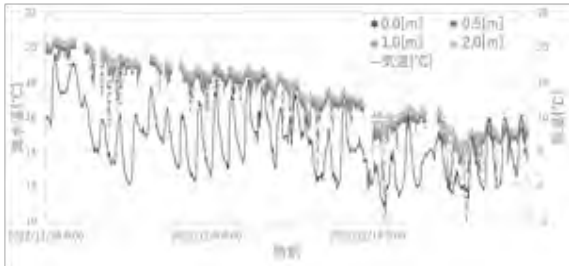


図7 冬季における海水温と気温

②インターネットを利用した遠隔監視および表示システムの構築とクラウド化

図8は昨年度構築した目的別観測システムのフローチャートを示す。ノードから送信されたデータを基地局で集約し、Google社が提供するGoogleドライブ内の指定したスプレッドシートへ書き込む。データの処理はWebアプリケーションにて行う。この図中の「長期観測システム」の基地局を本研究用に製作した。図9は製作した新しい基地局の概観を示す。新しい基地局の構成は、データ受信用のLoRaモジュールとデータ処理及びアップロード用のマイコンであるM5StickCのみで構成される。校内で試験した後に、伊保田港近辺の陸奥記念館にて実装し、実験した。しかし校内実験では現れなかった基地局側LoRaのデータ競合などによりほとんどデータ受信ができなかった。そのため、予定通り従来の基地局システムを陸奥記念館に設置した。図10は陸奥記念館における基地局の設置状況を示す。基地局の換装は今後の課題となった。

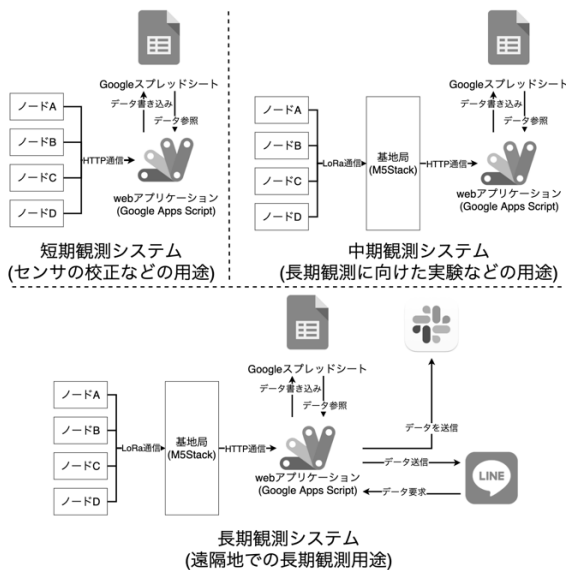


図8 観測システムの構成

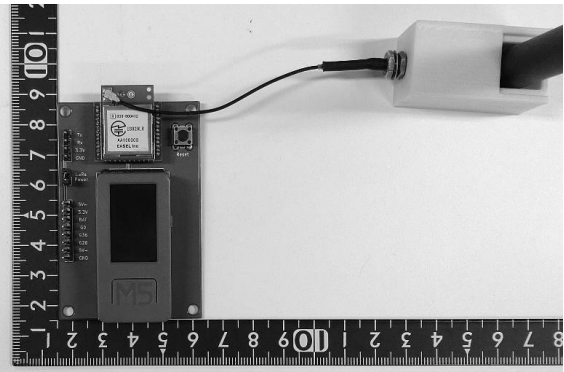


図9 新しい基地局の概観



図10 伊保田港付近（陸奥記念館）における基地局の設置状況

3. 代表的な研究成果

〔学会発表〕（計3件）

- [1] 塚本悟朗, 吉田将司, クラウドを用いたフィールドモニタリングシステムの開発と運用に向けた検討, 測位航法学会全国大会, No.9, 2022.
- [2] 中野裕紀, 吉田将司, センサネットワークを用いた周防大島の浅海域における海水温と塩分濃度の調査, 測位航法学会GPS/GNSSシンポジウム 2022, BS-10, p229, 2022.
- [3] 石川雄斗, 吉田将司, 千葉元, 沿岸センサネットワークを用いた秋季の水温特性の観測, 第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会, D115, 2022.

課題研究費実績報告書

令和5年3月29日現在

研究課題名：阻止域減衰量を指定可能かつ通過域に平坦特性を有する阻止域の複数要素が可変な FIR フィルタの設計法

研究代表者：宮田統馬

小区分：通信工学関連

1. 研究計画の概要

これまでに、申請者は高速高精度な計測を実現するために、阻止域の一部に高い減衰量を有しかつ、阻止域の特性が可変なデジタルフィルタの設計法を提案してきた。加えて近年、さらなる計測制度の向上を狙って通過域に平坦特性を有しかつ、高減衰量部分を直接指定可能な阻止域可変フィルタの設計法を提案した。しかしながら、得られるフィルタは高減衰量部分の位置のみが可変であり、ノイズの大きさなどが変化する場合には対応できないといった問題がある。本研究では、減衰量の値を直接的に指定可能かつ、阻止域の複数要素が可変な通過域に平坦特性を有する直線位相 FIR フィルタの設計法の開発を行うことを目的とする。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

本研究で扱うフィルタの所望特性は図1に示すように、阻止域を等リプル特性とし一部に高減衰量を持たせる。このような特性とすることで、阻止域全体を高減衰量としたフィルタよりもフィルタ次数が削減でき、フィルタリング時間を低減することが可能となる。さらに本研究で扱う可変フィルタは、高減衰量部分に存在する大きなノイズの位置や大きさの変化に対応するために、2つの可変パラメータ ϕ と γ により、高減衰量の位置と値をそれぞれ可変する。加えて、高減衰量の値に対応する可変パラメータ γ は dB で与える。

通過域平坦かつ阻止域等リプルの低域通過フィルタを実現する、タイプ I の直線位相可変 FIR フィルタの振幅特性 $H(\omega, \phi, \gamma)$ は、

$$H(\omega, \phi, \gamma) = 1 - (1 - H_0(\omega))H_1(\omega, \phi, \gamma) \quad (1)$$

$$H_0(\omega) = \left(1 + \sum_{m=1}^M \frac{1}{m!} x^m \prod_{p=1}^m (P + p - 1) \right) (1-x)^P \quad (2)$$

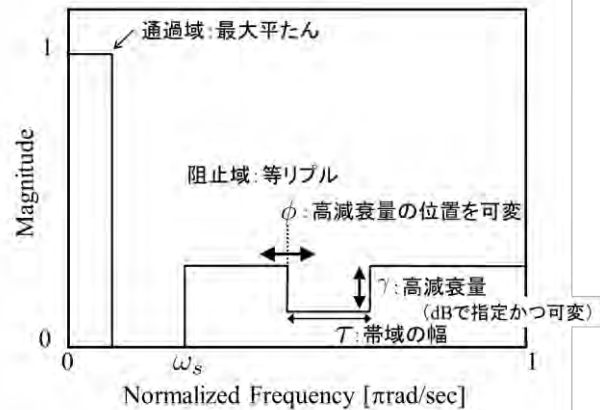


図1：所望特性

と表せる。ただし、式(1)の第2項は高域通過型の特性である。また、 $H_0(\omega)$ は低域通過平坦フィルタの振幅特性、 M と P はそれぞれ通過域と阻止域の平坦度であり、等リプル特性を得るために本研究では阻止域にも若干の平坦特性を与え、 x は、

$$x = \frac{1 - \cos \omega}{2} \quad (3)$$

である。加えて、式(1)の $H_1(\omega, \phi, \gamma)$ は阻止域において高減衰量の位置を変化させるために可変フィルタとし、可変パラメータを用いた多項式により、

$$H_1(\omega, \phi, \gamma) = 2 \sum_{n=0}^{N/2} \sum_{l_\phi=0}^{L_\phi} \sum_{l_\gamma=0}^{L_\gamma} g(n, l_\phi, l_\gamma) \tilde{\phi}^{l_\phi} \tilde{\gamma}^{l_\gamma} \cos(n\omega) \quad (4)$$

と与える。ただし、 N はフィルタ次数、 L_ϕ と L_γ は多項式次数、 $g(n, l_\phi, l_\gamma)$ は多項式係数である。また、 ϕ と γ は可変パラメータ ϕ と γ を0から1の範囲で正規化したものである。これは、複数要素を可変させた際に、小さな可変パラメータの値が大きな可変パラメータの値に埋もれてしまい、反映されないことを防ぐためにこのように与える。次に誤差関数を、

$$E(\omega, \phi, \gamma) = D(\omega) - (1 - H_0(\omega))H_1(\omega, \phi, \gamma) \quad (5)$$

と定義する。ただし、 $D(\omega)$ は所望特性である。提案する可変フィルタの設計問題は、最大許容誤差 λ を用い線形計画法に帰着させると、

minimize λ

s.t. $-\lambda \leq E(\omega, \phi, \gamma) \leq \lambda \cdots$ otherwise

$$-10^{\gamma/20} W(\omega) \leq E(\omega, \phi, \gamma) W(\omega) \leq 10^{\gamma/20} W(\omega)$$

\cdots piecewise high attenuation

(6)

となる。式 (6) の 2 つ目の制約条件により指定の高減衰量を実現する。ただし、 $W(\omega)$ は高減衰量とした帯域の変化に対する制約条件の差を少なくするための重みである。また、式 (1) より通過域は予め平坦特性と決定しているため、阻止域のみの近似問題である。本設計法において、式 (1) の右辺の第 2 項はフィルタの全体の特性としては阻止域となるが、前述の通りこの項は高域通過フィルタの特性であるため、所望特性は $D(\omega)=1$ とする。

上記の手法を用いて実際に可変フィルタの設計を行う。ここでフィルタの仕様は、フィルタ次数 $N=18$ 、多項式次数 $L_\phi=L_\gamma=3$ 、平坦度 $M=6$ 、 $P=3$ 、阻止域端角周波数 0.4π とした。さらに、高減衰量部分について減衰量の範囲を $\gamma=-65 \sim -80$ dB、その幅を $\tau=0.15\pi$ 、移動範囲を $\phi=0.65\pi \sim 0.70\pi$ とし、制約条件中の重みを $W(\omega)=300$ と設定した。

図 2 と 3 に、提案法によって得られた可変フィルタの振幅特性と、その通過域を拡大したものを示す。これらの図より明らかなおり、可変パラメータの値を変化させることでその値に対応するように、高減衰量の値とその位置が変化することが確認できる。加えて、そのときの振幅特性は、通過域および阻止域がそれぞれ平坦特性と等リプル特性を有していることがわかる。したがって、本方法を用いることで、図 1 に示す可変フィルタの設計を行えるといえる。今後の課題として、重み $W(\omega)$ の効率的な決定法の確立があげられる。

3. 代表的な研究成果

[学会発表] (計 1 件)

- [1] 宮田統馬, 相川直幸, 指定減衰量と阻止帯域が可変な通過域平坦 FIR フィルタの設計, 電子情報通信学会総合大会, 査読無, A-8-16

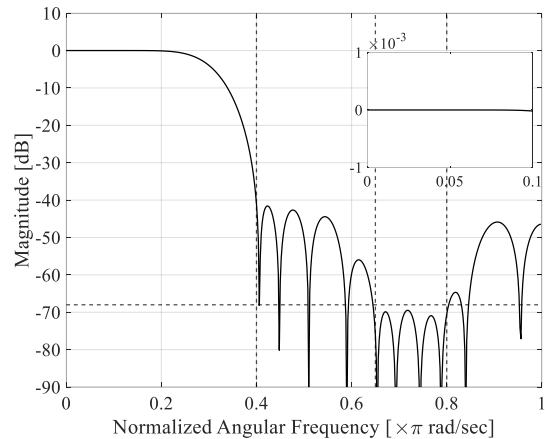


図 2 : 振幅特性 ($\phi=0.65\pi, \gamma=-68$)

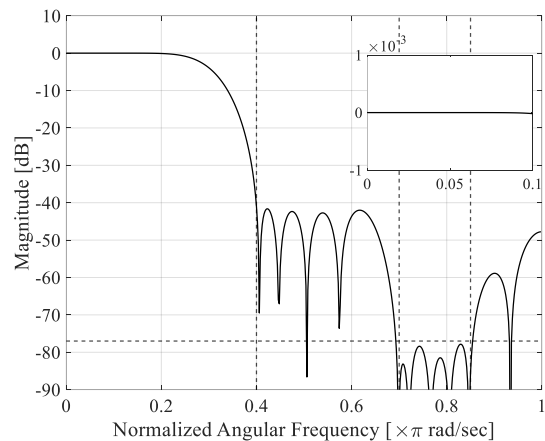


図 3 : 振幅特性 ($\phi=0.70\pi, \gamma=-77$)

課題研究費実績報告書

令和5年3月31日現在

研究課題名：チタン合金の熱酸化過程における欠陥構造の分析は光学測定により可能か？

研究代表者：黒木 雄一郎

小区分：無機材料および物性関連

1. 研究計画の概要

酸化チタン (TiO_2) は多様な用途に使われている代表的な機能性材料であり、顔料や光触媒の他にもクロム添加により赤外発光を示すことが報告されている。申請者は赤外発光を示す酸化チタンをセキュリティインクとして実用化するための過程で、この発光がクロム添加によるものではなく、ルチル型酸化チタンの真性欠陥に起因する可能性を見出した。一方で酸化チタンという良く知られた材料のバンド構造や真性欠陥と光触媒などの機能性の発現については現在も活発に議論されており、今後も系統的な学術的研究の推進が望まれている。本申請では、金属粉末を原料とする三次元造形で利用された後の余剰な粉末について、その熱履歴の分析技術として、各種光学測定技術の応用を検討する。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

【目的】

チタン合金 Ti-6Al-4V(以下 64 チタン) は軽量でありながら高い強度を持ち人体への悪影響が少ない合金である。これらの特性から同合金は医科歯科分野をはじめ、構造材など幅広い用途に用いられている。特に近年では 64 チタンを成型材とした 3D プリント技術が注目を集めている。パウダーベッド法による 64 チタンの成型は真空中もしくは Ar 雰囲気中で行われるが [1]、64 チタンの主金属である Ti は極めて活性が高い。したがって、チャンバー内のわずかな残留酸素でもレーザー照射箇所周辺において熱酸化が生じる可能性がある。成型により受ける 64 チタンの熱履歴は解明されておらず、成型の度に残留酸素の影響を受ける 64 チタン粉末材料を再利用できる回数はわかっていない。本研究では、64 チタン粉末を大気中で熱処理することで熱酸化を疑似的に再現し、光学特性の変化から酸化の定量的な評価方法を模索した。

【方法】

64 チタン粉末 (Carpenter Additive 社製) をアルミナボート上に 2.00g 秤量し、飛散防止のためにプロパノールを滴下し、乾燥させた。その後、電気炉により熱処理を行った。熱処理は大気中で昇温速度を $4\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ とし、目標温度に到達後 2 h 温度を維持しその後炉冷を行った。熱処理温度は $100\sim 600\text{ }^\circ\text{C}$ 間で $100\text{ }^\circ\text{C}$ ずつ変化させ、計 6 つの試料を作製した。作製した試料に対し X 線回折測定を行うことで物質の同定を行った。また、酸化の度合いとの相関が予想される光学測定を実施した。

【結果】

図 1 に作製した試料を示す。図 1 より、熱処理を行った 64 チタン粉末のうち $300\sim 500\text{ }^\circ\text{C}$ のものは未処理と比較して色調が連続的に赤褐色へと変化した。また、 $600\text{ }^\circ\text{C}$ で熱処理を行った試料は色彩が黒く変化した。アルミナボートの形状に焼結した。未処理および熱処理後の 64 チタン粉末における X 線回折プロファイルより、 $600\text{ }^\circ\text{C}$ で熱処理した試料からルチル型 TiO_2 のピークを確認した。したがって、熱処理によって 64 チタンの熱酸化を再現することができた。

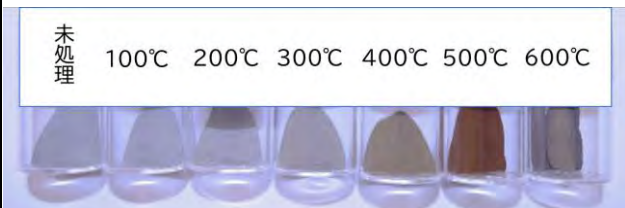


図 1 大気中で 2h 熱処理を施した Ti64 の外観

続いて光学測定と酸化の度合いとの相関について検証を行った。ルチル型 TiO_2 が酸素空孔と関係する赤外発光を示す [2] ことから、フォトルミネッセンスによる発光の観測によって試料に含まれる TiO_2 の検出が可能であると考た。しかし、その予想に反して TiO_2 を含む $600\text{ }^\circ\text{C}$ の試料は赤外発光を示さなかった。そこで、熱処理温度によって試

料の色調が変化したことから、小型分光反射率測定器による光反射率を測定した。図 2 に示す結果より、各試料の反射率は熱処理温度に従って低下した。700nm 以上の長波長側ではすべての試料について反射率が連続的に低下しており、64 チタンにおける酸化の度合いと反射率との相関が示唆された。

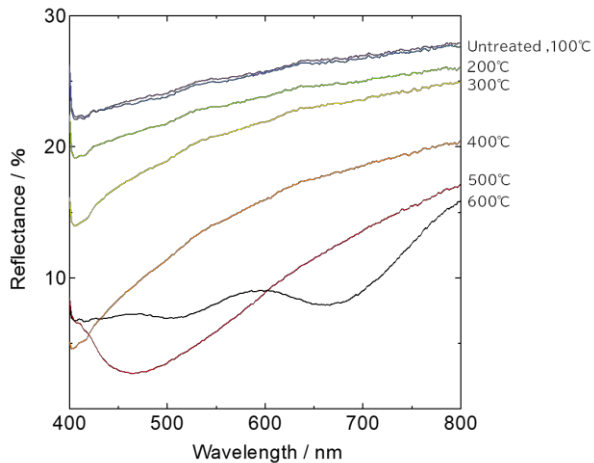


図 2 大気中で2h熱処理を施したTi64の光反射率

【結論】

チタン合金 Ti-6Al-4V の粉末を大気中で熱処理することでTiO₂を得ることができたことから、

Ti-6Al-4V の熱酸化を再現することができた。また、試料の熱酸化の度合いを光反射率によって系統的に評価する手法の提案に至った。欠陥準位の解析等、更なる検討を継続する必要がある、達成度としては 80 % と評価した。

【文献】

- [1] Bartłomiej Wysocki, Piotr Maj, Ryszard Sitek et al, "Laser and Electron Beam Additive Manufacturing Methods of Fabricating Titanium Bone Implants", Appl. Sci, 7(2017)657
- [2] Y. Kuroki and M. Sawa, PACRIM13 (2019) 28-P-S28-15

3. 代表的な研究成果

〔学会発表〕（計 1 件）

- (1) 中里 桂輔, 黒木雄一郎, チタン合金 Ti-6Al-4V の熱酸化挙動と光学特性の評価, 第 14 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, C113.

課題研究費実績報告書

令和5年3月17日現在

研究課題名：リン酸三カルシウム/ポリ乳酸複合材料の力学的特性に及ぼす延伸及び界面処理条件の影響

研究代表者：坂口 雅人

小区分：材料加工および組織制御関連

1. 研究計画の概要

ポリ乳酸 (PLA) とリン酸三カルシウム (TCP) の複合材料は生体吸収性、骨伝導性、X線透過性の点から骨固定デバイスの材料として注目されている。しかしながら、力学的特性が低いために適用部位が低負荷部位に限定されている。本研究ではTCP粒子に対する界面処理とPLAに対する延伸を組み合わせたハイブリット強化手法を提案した。そして、TCP/PLA複合材料のハイブリット強化手法における成形条件の相互作用を明らかにするために界面処理量及び延伸比を変化させて力学的特性を調査する。また、ハイブリット強化の短所として成形工程数の増加が挙げられる。そこで、実用化に向けて成形手法の簡略化及び押出型鍛造による成形工程数の削減を試みる。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

① ハイブリット強化したTCP/PLA複合材料の力学的特性に及ぼす界面処理条件及び延伸条件の影響を解明 (達成度：60%)

今年度はTCP/PLA複合材料の力学的特性に及ぼす界面処理量と延伸比の相互作用を明らかにするために、ステアリン酸の量を0 phc, 6 phc, 24 phcの3条件でTCP粒子表面の処理を行った。そして、界面処理したTCPからTCP/PLA複合材料を成形し、延伸比1.3と1.5で引張延伸した。なお、TCP含有率は30 mass%一定とし、ステアリン酸量 [phc] はTCP100 gあたりの質量として定義した。

界面処理及び延伸によりハイブリット強化したTCP/PLA複合材料の力学的特性を調査するために引張試験を行った。引張試験によって得られた応力-ひずみ線図を図1に示す。また、図1から得られた強度と弾性率を図2と3に示す。

未延伸の試験片と比較すると、界面処理によって引張強度が0 phcの18.6 MPaから6 phcの28.0 MPaと約1.5倍に向上することが示された。この時の試験片の破面を電子顕微鏡によって観察した

結果を図4～6に示す。これより、0 phcと24 phcではTCPとPLAの界面がはく離している様子が観察されたのに対して6 phcではTCPとPLAの間にフィブリル状の構造が見られた。さらにフーリエ変換赤外線分光法 (FTIR) により得られたIRスペクトルを図7に示す。これより、ステアリン酸 (Sa) における 2918cm^{-1} の CH_2 非対称伸縮振動ピークと 2848cm^{-1} の CH_2 対称伸縮振動ピークがステアリン酸量とともに増加することが示された。これらより、界面処理によってTCP表面にステアリン酸が付着していることを確認し、ステアリン酸を介してTCPとPLAが結合していることが示唆された。

次にステアリン酸量0 phcの試験片と比較すると図2より、延伸比とともに引張強度が増加し、延伸比1.5 (DR1.5) で29.7 MPaと約1.6倍に増加した。Leenslagらの調査において、PLA繊維を延伸比約10で延伸した結果、引張強度を最大で約21倍の約2.1 GPaまで向上したことが報告されている。これより、TCP/PLA複合材料のバルク体を低延伸比で延伸しても引張強度が向上できることが示された。

ステアリン酸量6 phcの試験片を引張延伸した結果、図2より延伸によって引張強度が増加し、延伸比1.3 (DR1.3) で約50.4 MPaと0 phcの未延伸試験片と比較して約2.7倍に増加した。これより、界面処理及び延伸によるハイブリット強化によって各手法単体よりも高い強度が得られることが示された。一方で、延伸比で比較するとDR1.5の引張強度はDR1.3よりもわずかに低い。これは延伸比の変化が小さいために試験片の個体差が原因と考えられる。そこで、今後はステアリン酸量及び延伸比をより大きく変化させて力学的特性の変化を調査する必要がある。

以上より、界面処理及び延伸によるハイブリット強化によって力学的特性が向上することが示された。一方で、延伸比やステアリン酸量の試験点

数が少なく、相互作用についても十分に明らかとなっていない。このため、達成度を60%とした。

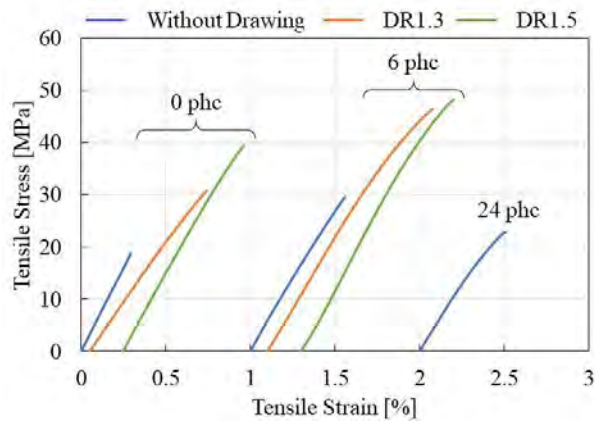


図1 界面処理及び延伸によりハイブリット強化された TCP/PLA 複合材料における応力ひずみ線図

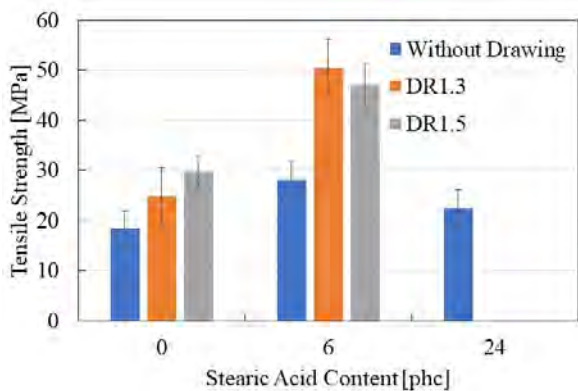


図2 ハイブリット強化された TCP/PLA 複合材料の強度における界面処理量と延伸比の影響

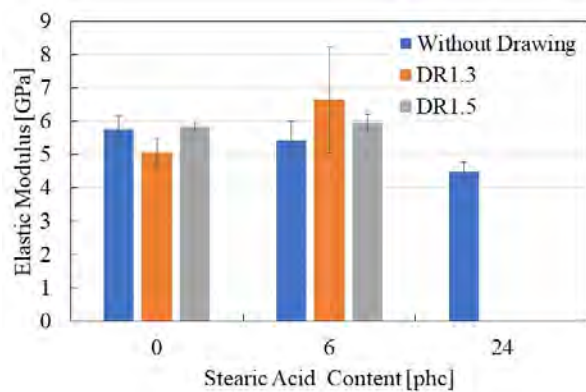


図3 ハイブリット強化された TCP/PLA 複合材料の弾性率における界面処理量と延伸比の影響

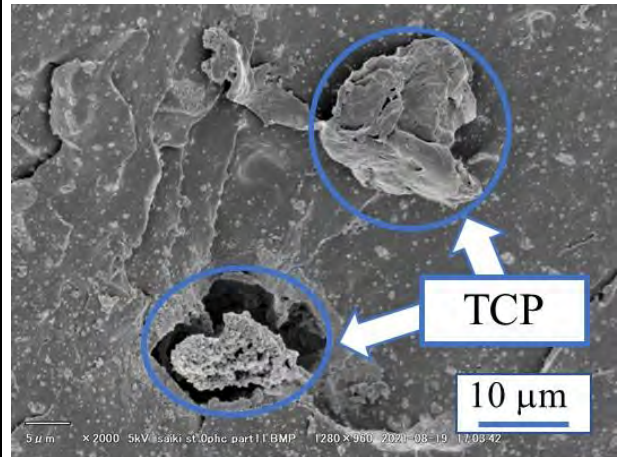


図4 ステアリン酸量 0 phc で界面処理された未延伸 TCP/PLA 試験片の引張試験後の破面

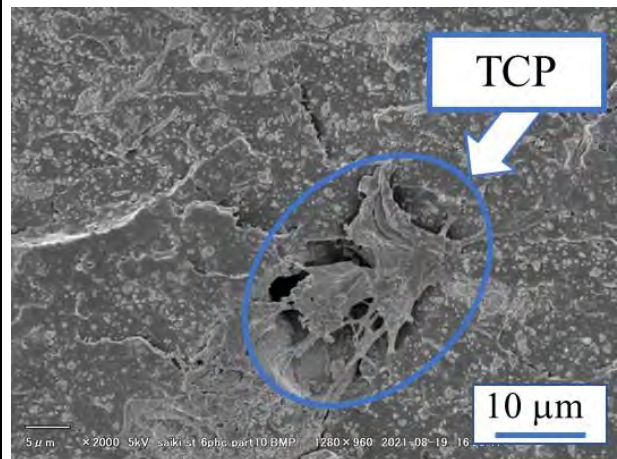


図5 ステアリン酸量 6 phc で界面処理された未延伸 TCP/PLA 試験片の引張試験後の破面

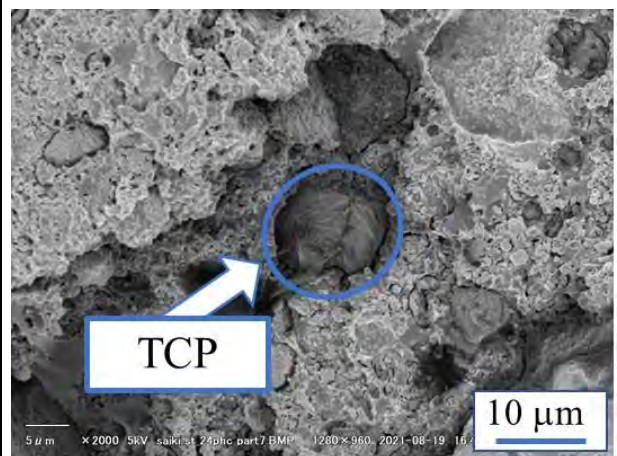


図6 ステアリン酸量 24 phc で界面処理された未延伸 TCP/PLA 試験片の引張試験後の破面

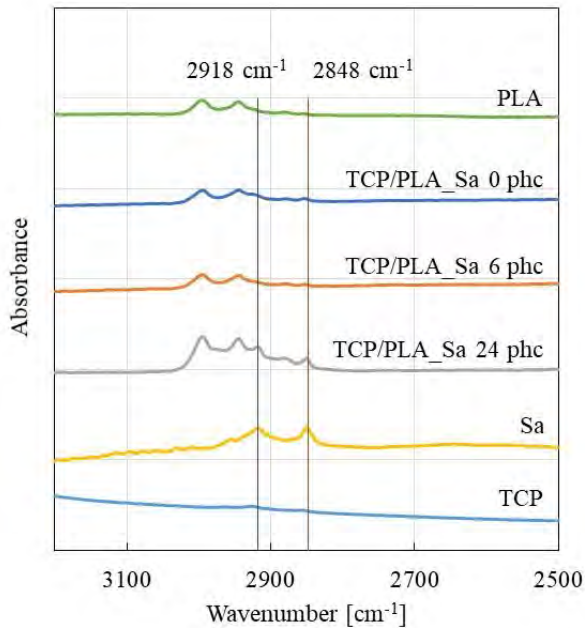


図7 ステアリン酸で界面処理された未延伸 TCP/PLA 試験片のIRスペクトル

② ハイブリット強化したTCP/PLA複合材料の成形コストの低減 (達成度: 80%)

ハイブリット強化したTCP/PLA複合材料の成形工程は界面処理, 混練, 圧縮成形及び延伸と成形工程が多い。そこで, 今年度は特に時間のかかる界面処理及び圧縮成形に着目し, 成形工程の見直しと簡略化を行った。

界面処理の手順は下記の3工程に分けられる。工程(1): ウォーターバスを用いて処理温度に加熱したエタノールにステアリン酸を溶解させ, TCP粒子を加えて攪拌する。工程(2): ロータリーエバポレーターを用いてエタノールを蒸発させる。工程(3): 界面処理されたTCPを絶乾して, エタノールを完全に揮発させる。これらの工程において本研究室では工程(2)を約3時間, 工程(3)を約2週間をかけて行っていた。

工程(2)の乾燥条件を検討した結果, 処理温度の影響が最も顕著に示された。そこで, 図8に処理温度によるエタノール質量の時間変化を示す。この結果, 処理温度を80℃では60分後もエタノールの質量変化はほとんど見られない一方で, 処理温度90℃では処理時間とともにエタノール質量が減少し, 75分で質量の変化が見られなくなった。これは処理温度をエタノールの沸点以上に変更したことにより, 蒸発が進んだためと考えられ

る。また, 工程(2)後の試験片の外観も80℃のゾル状態から粉状に変化した。

次に工程(3)において真空炉を使用して, 40℃, ゲージ圧-0.06MPaにて絶乾を行った。この際のTCPの質量変化を図9に示す。この結果, TCP質量は処理温度に関わらず, 時間とともに減少し, 処理温度80℃では約200時間, 処理温度90℃では約16時間で質量の変化が見られなくなった。これは工程(2)において残留したエタノールが揮発したためと考えられる。また, 処理温度では80℃ではTCP質量は約72.8%まで低下したが, 90℃では約83.3%となった。これは残留エタノール量の違いが原因と考えられ, 工程(2)後の試験片の外観観察結果とも対応する。以上より, 処理温度を80℃から90℃に変更することによって工程(2)と(3)の時間をそれぞれ75分と16時間に短縮することができることが示された。

次に圧縮成形について検討を行った。圧縮成形の手順は下記の4工程に分けられる。工程(1): 試験片を金型にセットする。工程(2): ホットプレスを用いて200℃の成形温度に加熱して融解させる。工程(3): 試験片を0.3MPaの成形圧力に加圧する。工程(4): 加圧したまま, 常温まで冷却する。また, 圧縮成形によって成形した板は試験片形状に加工する必要がある。これらの工程は試験片の板を成形するのに約6時間かかるものの, 一度に約10本の試験片が成形できた。従って, 試験片1本あたりの成形時間は約30分であった。しかしながら, プラスチック製品は一般的に射出成形によって30秒程度で一つの製品が成形される。そこで, 本研究においても手動射出成形機を導入して試験片の成形を行った。射出成形の手順は以下の3工程に分けられる。工程(1): 試験片を200℃の成形温度に加熱して融解させる。工程(2): 金型に試験片を射出する。工程(3): 常温まで冷却する。これらの工程は約1時間程度かかり, 一度に1本の試験片が成形できた。従って, 試験片1本あたりの成形時間を短くすることはできていない。これは試験片の加熱と冷却に時間がかかっており, それぞれ約30分程度が必要となっている。そこで, 今後は水冷装置を整備して冷却速度の向上を図るとともに加熱部位を小さくする改造を施すことにより, 成形速度の向上を図る。

また, 成形した試験片の力学的特性の比較を行った。ステアリン酸の量を0 phc, 6 phc, 24 phcの3

条件でTCP粒子表面の処理を行い、界面処理したTCPの含有率を30 mass%一定としてTCP/PLA複合材料を成形し、射出成形と圧縮成形によって試験片に成形した。そして、引張試験を行い、得られた引張強度と弾性率を図10と11で比較した。この結果、射出成形の試験片の強度が顕著に低い。これは射出成形機内部での不純物の混入が原因と考えられる。

以上より、界面処理及び圧縮成形に着目して、成形工程の見直しを行った。この結果、界面処理温度を90℃に上げることで、処理時間を約2週間から約2日に短縮することができた。一方で、圧縮成形と射出成形を比較した結果、試験片1本あたりの成形時間を軽減することができず、不純物の混入による強度の低下が見られた。これより、射出成形の優位性を確認することができなかつた。これらより、達成度を80%とした。

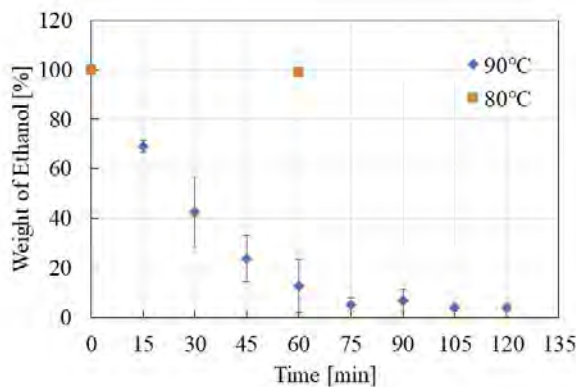


図8 界面処理温度によるエタノールの質量変化の比較

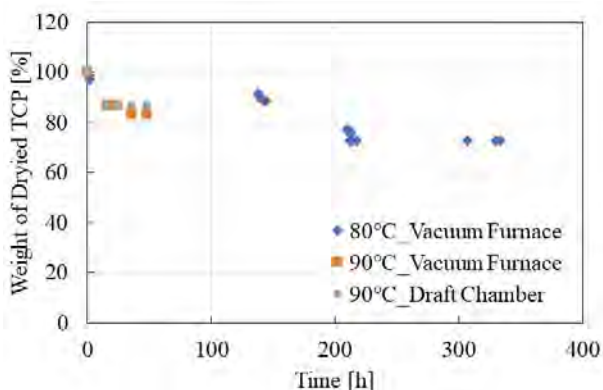


図9 界面処理条件及び絶乾方法によるTCP質量の時間変化の比較

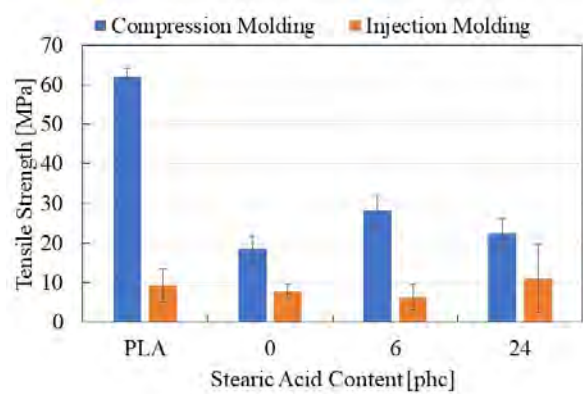


図10 圧縮成形及び射出成形した界面処理TCP/PLA複合材料における引張強度の比較

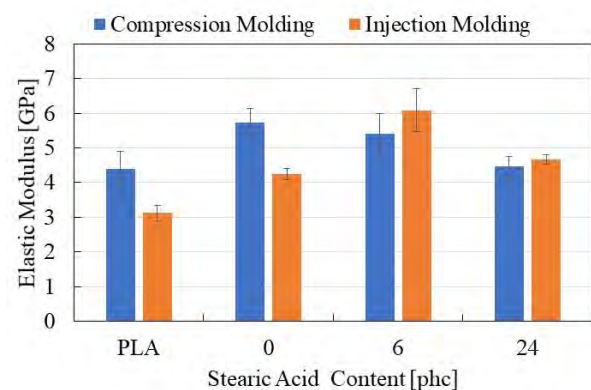


図11 圧縮成形及び射出成形した界面処理TCP/PLA複合材料における弾性率の比較

③ 押出型鍛造を用いたTCP/PLAスクリューの成形 (達成度: 60%)

ハイブリット強化を施したTCP/PLA複合材料の適用例として、骨固定スクリューが挙げられる。そこで、本年度では「押出型鍛造」により成形したTCP/PLAスクリューの力学的特性に及ぼす鍛造条件の影響を解明するためにTCP含有率(0 mass%, 15 mass%, 30 mass%)・変形形状(延伸比1.3, 4, 8)を変化させてスクリューを成形し、せん断試験を行った。スクリューの成形は工程(1): TCPとPLAを用いて混練, 工程(2): TCP/PLA複合材料を円筒形状にキャスト成形, 工程(3): 融点以下の加熱により軟化させて押出型鍛造, の3工程でスクリューに成形した。

押出型鍛造により成形したスクリューのせん断試験におけるせん断応力-試験時間線図を図12~14に示し、これらから得られたスクリューのせん断強度を図15に示す。なお、比較のために工程(2)にてスクリュー形状を成形した。この押出型

鍛造を施していない試験片を図12～14では

「without Forging」, 図15ではER1として表記した. この結果, 押出型鍛造を施すことによってTCP含有率に関わらず, せん断強度が向上した. せん断強度は延伸比とともに向上し, 延伸比4以上ではほぼ一定となった. これは延伸比の増加による大変形を加えることによって母材中の分子鎖が軸方向に配向したためと考えられる. そこで, 成形したスクリーアの軸方向断面に対して偏光ATR-FTIRを行い, 配向係数を調査した. この結果得られた配向係数を図16に示す. この結果, 配向係数はTCP含有率に関わらず, 押出型鍛造によって増加が見られた.

TCP含有率で比較すると, ER1の鍛造をしていない試験片ではTCP含有率とともにせん断強度が低下した. これは応力集中限であるTCP粒子が増加したことが原因と考えられる. 一方で, 未鍛造(ER1)と延伸比4(ER4)のせん断強度を比較すると0 mass%, 15 mass%, 30 mass%のスクリーアのせん断強度は延伸比4においてそれぞれ約2.0倍, 2.2倍, 2.8倍とTCP含有率とともにせん断強度の向上率が増加したことが示された. これはTCP粒子は押出型鍛造において変形しないことから, 相対的に母材の変形量が増加したことが原因と考えられる. 同様の傾向は本研究グループの引張延伸でも見られていることから, 延伸手法に関わらずTCP含有率の増加とともに強度の向上率が増加することが示された.

以上より, 押出型鍛造により成形したTCP/PLAスクリーアのせん断強度に及ぼすTCP含有率と延伸比の影響を調査した結果, 延伸比とともにせん断強度が向上し, TCP含有率とともに押出型鍛造によるせん断強度の向上率が大きくなることが示された. また, せん断強度と配向係数に一定の層間も見られた. 一方で, 配向係数の測定データが不足しており, 押出型鍛造による強度向上メカニズムを完全には説明できていない. このため, 達成度を60%とした.

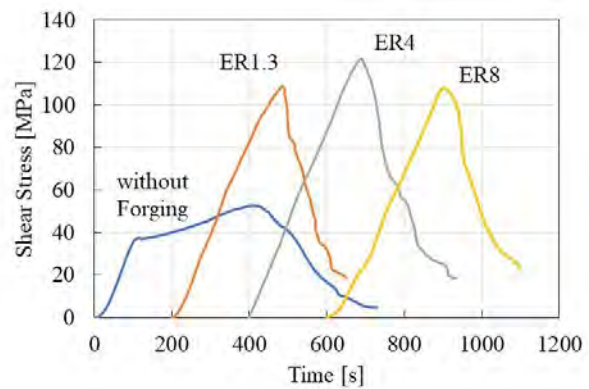


図12 TCP含有率 0 mass% の熱間鍛造 TCP/PLA スクリューのせん断応力 - 時間線図

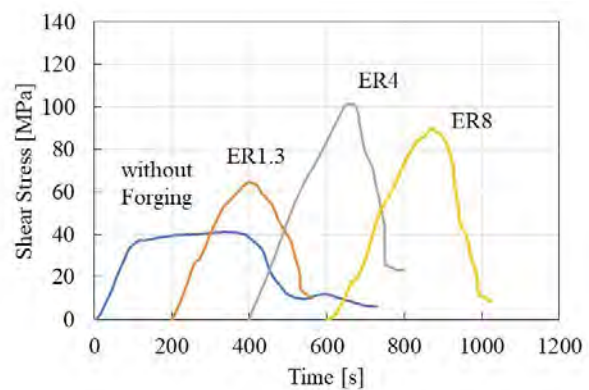


図13 TCP含有率 15 mass% の熱間鍛造 TCP/PLA スクリューのせん断応力 - 時間線図

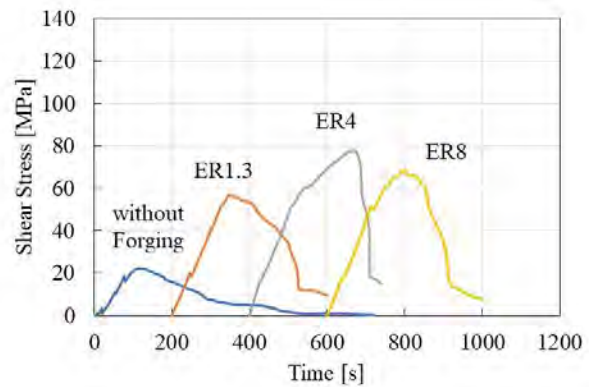


図14 TCP含有率 30 mass% の熱間鍛造 TCP/PLA スクリューのせん断応力 - 時間線図

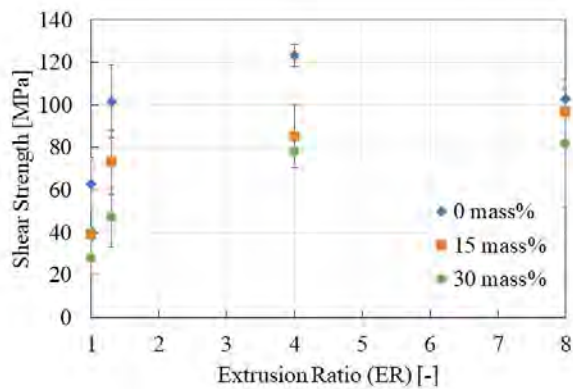


図 15 各 TCP 含有率と延伸比における熱間鍛造 TCP/PLA スクリューのせん断強度の比較

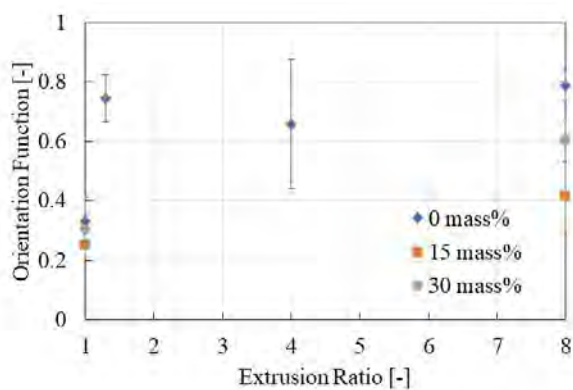


図 16 各 TCP 含有率と延伸比における熱間鍛造 TCP/PLA スクリューの配向係数の比較

3. 代表的な研究成果

〔学会発表〕（計 8 件）

- (1) Masato Sakaguchi and Satoshi Kobayashi, Deformation and molecular orientation analysis of tricalcium phosphate / poly(lactic acid) composite screws molded by extrusion die forging, 47nd International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC2023) Archive, 査読無, ICACC-P054-2023, Florida, USA, January, 2018.
- (2) 有松 宏之, 坂口 雅人, ステアリン酸によるリン酸三カルシウムの表面処理におけるエタノール蒸留条件の検討, 第15回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 講演番号 A123.
- (3) Masato Sakaguchi, Nobuo Kurosawa and Riku Arakawa, Effect of forging conditions on mechanical properties and molecular orientation of TCP/PLA screw, The Japan Society of Mechanical Engineers International Conference on Materials &

Processing 2022 (ICM&P 2022), Proceedings, P2-14.

- (4) Kazuma Saiki, Masato Sakaguchi, Effect of Addition Amount on Mechanical Properties of Drawn Composites Consisting of Surface Modified Tricalcium Phosphate and Poly(lactic acid), The Japan Society of Mechanical Engineers International Conference on Materials & Processing 2022 (ICM&P 2022), Proceedings, P2-06.
- (5) 才木 一眞, 坂口 雅人, リン酸三カルシウム / ポリ乳酸複合材料の力学的特性に及ぼす延伸における延伸比の影響, 日本機械学会 2022年度年次大会講演論文集, 講演番号 J131p-01.
- (6) 荒川 陸, 坂口 雅人, 押出型鍛造によって成形した TCP/PLA 骨固定スクリューの力学的特性に及ぼす延伸比の影響, 日本機械学会 2022年度年次大会講演論文集, 講演番号 J131p-03.
- (7) 才木 一眞, 坂口 雅人, リン酸三カルシウム / ポリ乳酸複合材料の力学的特性に及ぼすステアリン酸処理と引張延伸の影響, プラスチック成形加工学会第33回年次大会予稿集, 講演番号 A-202.
- (8) 荒川 陸, 坂口 雅人, 押出型鍛造によって成形した TCP/PLA 骨固定スクリューの分子配向に及ぼす成形条件の影響, プラスチック成形加工学会第33回年次大会予稿集, 講演番号 SP1-8.

※ ICACC 2023 に関しては要項集を発行していない。このため、著者名、発表タイトル、学会名、査読の有無、講演番号、講演場所、講演年月を記載

※日本機械学会及びプラスチック成形加工学会、大学コンソーシアムでは講演論文集を PDF 形式にて発行している。このため、巻やページがないことから、代わりに講演番号を記載した。

課題研究費実績報告書

令和5年3月17日現在

研究課題名：F0センサの実現に向けた基本周波数推定法の検討

研究代表者：三輪 賢一郎

小区分：知覚情報処理関連

1. 研究計画の概要

世界のIoTデバイス数が本年中にも300億個に到達すると予測されており、様々な産業分野においてIoT化が急激に進展することが見込まれる。そこで重要になってくるのはセンシング技術であり、現在までに様々な環境センサが開発され、実用化されてきた。しかしながら、音センサについては、その中身は基本的には音圧レベルを測定するだけのプリミティブなものにとどまっている。もし環境センサに基本周波数推定の機能を実装することができれば、遠隔地における音信号の分析が容易になり、遠隔地の野生動物の見守りや異音の把握など、様々な音情報の把握分析が効果的に行えるようになる。また、音声の生データを通信するのに比べ、基本周波数の数値データのみでの通信は無線帯域の効率的な利用に資するものであり、IoTの通信インフラとの親和性も高まる筈である。

基本周波数数（F0）推定の研究の歴史は半世紀に及び、その中で数多くの方法が提案されてきたが、雑音と残響の両方に対して総合的に対応できる手法は未だ確立されていないのが現状である。そこで筆者らは、振幅変調の復調技術を用いてヒトのピッチ知覚を模擬するという今までに無いやり方により、理想的な調波信号に限るという制約は存在するものの、実環境を考慮した手法を提案してきた[1]。しかしながらこの手法は、復調処理の検波方式として同期検波方式（ダイレクトコンバージョン方式）を利用しているため、位相同期処理が必須となることから、計算量の低減が難しいという根本的な課題を抱えており、計算リソースの乏しいセンサ機器に実装することは現実的ではない。

したがって本研究では、Raspberry PiないしはArduino程度の計算リソースでの信号処理を前提とした、雑音残響に頑健で、かつ計算コストにも優れたF0推定手法の基礎検討を実施することとする。実現技術としては、筆者らの手法を踏襲し

つつも、同手法の心臓部である復調処理機構に、計算コストの大きい同期検波方式に代えて、計算コストが小さい非同期検波方式を新たに採用することで、実環境中のセンサ機器に実装可能なF0推定手法の確立を目指す。

本研究の方法としては、まずは本手法の耐雑音性と耐残響性を、主としてシミュレーションにより検証する。具体的には、MATLAB上で本手法のアルゴリズムを実装した上で、白色雑音等を用いた人工的な雑音環境や、人工的に生成された室内インパルス等を用いた人工的な残響環境の下で、調波複合音等の人工音や楽器音に対する従来法と本手法とのF0推定精度をシミュレーションにより比較検討する。並行して、本手法と従来手法との計算時間の比較も実施する。これらの検証結果を評価することで、本手法がF0センサの要素技術として有効か否かを検討する。

<文献>

- [1] 三輪賢一郎, 鶴木祐史, "振幅変調音のピッチ知覚に基づいた調波複合音の基本周波数推定法," 電子情報通信学会論文誌A, Vol. J98-A, No.12, pp. 668-679, 2015年12月

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

本研究は、下記の項目ごとに実施した。

- (1) 耐雑音性の向上
- (2) 耐残響性の評価
- (3) 計算時間の評価
- (4) 楽器音での評価

以下、順にその結果と進捗を述べる。

(1) 耐雑音性の向上

提案法の耐雑音性を向上させるため、下記に示すプログラムの改造を実施した。

- ① 観測する調波の数を3組から8組に増加
- ② 雑音除去機構の付加

図1にそれらの結果を示す。ただし、対象信号は理想的な調波複合音である。

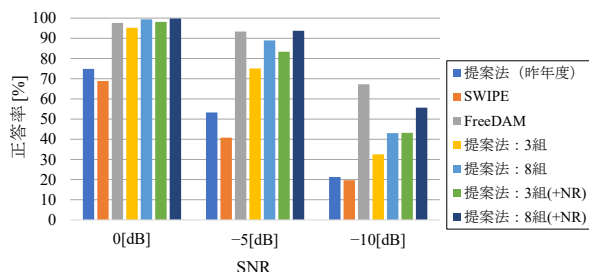


図1 雑音環境におけるF0推定結果

図2より、①の改良により正答率が最大で約14 [%] 向上した。また、②の改良により、正答率がさらに最大で約10 [%] 強の向上が確認できた。

(2) 耐残響性の評価

提案法の耐残響性について評価を実施するためのテストプログラムについて検討を行った。評価シミュレーションについては、次年度以降に持ち越すこととなった。

(3) 計算時間の評価

提案法の計算時間について、計測を実施した結果を表1に示す。

表1 計算時間の比較

手法	計算時間
SWIPE	31秒
FreeDAM	128,000 秒
提案法 (2021年度)	620 秒
提案法 (2022年度)	7,500 秒

今回、提案法は、耐雑音性を向上するために新たに機能を付加したため、計算時間は昨年度の結果よりも10倍ほど増大する結果となった。

(4) 楽器音での評価

提案法の楽器音に対する適性を検証した。対象とした楽器音は、アイオワ大学のWebサイトで公開されているピアノ (Piano)、オーボエ (Ob)、トランペット (Tp)、ファゴット (Fg)、チューバ (Tub)、コントラバス (Cb) の各音源を静音環境のまま用いた。その評価結果を図2に示す。

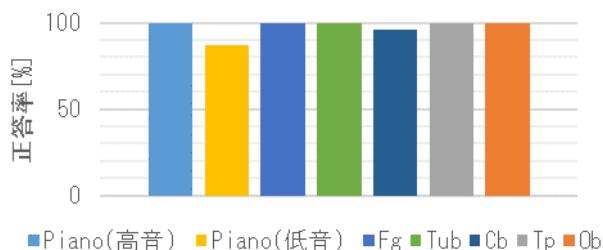


図2 各楽器音のF0推定結果

図2の結果から、一部の楽器音については正答率が100%に達しておらず、さらなる改良が必要であることが明らかとなった。

【結論】

本研究では、提案法の耐雑音性を大幅に向上させることに成功した。一方で、耐雑音に資する機構を付加したことにより、計算時間は10倍に増大した。また提案法は、楽器音のようなリアルな音信号に対しては、課題があることが確認できた。

なお、耐残響性の評価に関しては今年度は準備作業にとどまり、評価シミュレーションについては次年度以降に持ち越しとなった。

3. 代表的な研究成果

[学会発表] (計2件)

- [1] 山川拓真, 三輪賢一郎, “耐雑音性を備えた基本周波数推定法に関する研究,” 大学コンソーシアム八王子 第14回学生発表会, 査読無し, D122, 2022年
- [2] 金子昌平, 三輪賢一郎, “非同期検波方式による楽器音の基本周波数の推定に関する研究,” 大学コンソーシアム八王子 第14回学生発表会, 査読無し, PG4-12, 2022年

課題研究費実績報告書

令和5年3月30日現在

研究課題名：マグナス効果を用いたポイント・アブソーバ型波力発電装置

研究代表者：山下健一郎

小区分：電力工学関連

1. 研究計画の概要（以下10pt）。

本研究課題では、台風が多発する海域でも利用できる波力発電装置として「マグナス効果を用いたポイント・アブソーバ型波力発電装置」を提案し、同発電システムのシミュレーションモデルの構築並びに供試装置の開発を行い、これらを用いた理論的検討並びに実験的検討により、システムの諸特性を明らかにするとともに同発電装置の有用性を明らかにする（実現可能性研究）。同研究成果により、海洋再生可能エネルギー分野で遅れをとっている日本の研究開発を加速させることができると思う。

本研究の基本的手法は供試装置の開発、供試装置を用いた実験、シミュレーションモデルの開発及びこれを用いた理論的検討である。具体的な方法は以下の通りである。

① 「供試マグナス波力発電装置」（以下供試装置）と「計測システム」の開発：供試装置は学内に設置したプール（1.5m × 1.5m × 1.5m）で利用できるサイズとし、2台の水中発電機（500W × 2台）とマグナスタービン等で構成される。海洋での利用も考慮し、ベアリングなどの回転部については海洋汚染を防ぐため、潤滑油を必要としないセラミック製のものを使用する。また、マグナスブレードおよびタービンの制御に必要となる電力変換装置（2台の水中発電機にそれぞれ接続する）の開発も行う。「計測システム」は装置の上下速度、タービンやブレードの回転速度、発電機出力等を同時に計測できるもので、将来的にはフィールド実験にも使用する予定である。

② 供試装置を用いた実験的検討：製作した供試装置と計測システムの動作試験を上述した学内プールで実施する。得られた実験結果を基

に、タービンの出力特性を把握する。

③ シミュレーションモデルの構築：MATLAB / Simulink を用いたシミュレーションモデルを構築する。

④ 導出したシミュレーションモデルを用いた理論的検討：上記②の実験的検討と並行してシステムの動作特性等について理論的検討を行う。最終的には、得られたシミュレーションモデルを用いて実用規模のシステム（例えば0.1MW ※100台のウェーブファームを想定したシステム）を対象に理論解析を行う。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

当該研究で実施した①供試装置等の開発、②供試装置を用いた実験的検討、③シミュレーションモデルの構築、④シミュレーションモデルを用いた理論的検討、それぞれについてその詳細を説明する。

①供試装置の開発 （達成度 60 %）

供試装置については試作機を完成させ、いくつかの動作実験を実施したが、始動することができなかったため、種々な改良を行った（各種ギヤ比の調整、ブレード径の変更等）。また、得られた結果を基に、新たな供試装置を設計した。計測システムについては、加速度センサを用いた波の計測装置の開発に着手したが完成には至らなかった。

②供試装置を用いた実験的検討 （達成度 50 %）

供試装置による実験的検討を複数回実施した。同実験的検討により、ブレードの回転に必要なエネルギーを確保するためにはギヤなどの機械損失を低減する必要があることが分かった。また、円

筒型ブレードの抗力が比較的大きいことが明らかとなった。

③シミュレーションモデルの構築
(達成度 100%)

MATLAB を用いたシミュレーションモデルを構築した。同モデルを用いて、システムの基本的な動作特性を把握すること可能となった。実験結果で明らかとなった抗力についてもその影響をシミュレーションモデルに反映した。

④シミュレーションモデルを用いた理論的検討
(達成度 70%)

構築したシミュレーションモデルを用いて基本的な動作特性や共振時の出力特性などを計算した。予定をしていたウェーブファームに関する計算は達成できなかった。

3. 代表的な研究成果

[学会発表] (計 2 件)

- [1] Ken-ichiro Yamashita, Taiki Tsuchikawa, Seina Takekoshi, Development of a Point Absorber Wave Energy Converter with Magnus Effect-Based Turbine Generator, 25th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS2022), 査読有, 2022 年 11 月
- [2] Taiki Tsuchikawa, and Ken-ichiro Yamashita, BASIC CONTROL OF A POINT ABSORBER WAVE ENERGY CONVERTER WITH MAGNUS EFFECT-BASED TURBINE GENERATOR, Grand Renewable Energy (GRE 2022), 査読無, 2022 年 12 月

課題研究費実績報告書

令和5年3月31日現在

研究課題名：日本語の推論能力と英語運用能力の相関関係調査及び現行英語プログラムの教育効果検討

研究代表者：真島顕子

小区分：外国語教育関連

1. 研究計画の概要

本研究は、学習者の母語である日本語による推論能力に着目し、英検IBAテスト（以下、IBA）とリーディングスキルテスト（以下、RST）の結果を比較することで日本語の読解力と英語運用能力の相関を確認することを目的とした。また、現在サレジオ工業高等専門学校（以下、本校）の英語授業内で行われている教育上の工夫が、認知的側面から有効であるかどうか検証することを計画した。

IBA結果は、テスト全体の相関を求めることに加えて、リーディング部門、リスニング部門など、部門ごとの相関も調査する。また、RSTは推論以外に、係り受け解析や照応解決、イメージ同定など、7項目の能力を測ることができるが、テスト項目ごとの相関結果も算出し、英語力との相関結果と比較する。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

RSTとIBAの結果を用いて相関関係を調査したところ（全体）、全ての項目において相関係数が0.08～0.41と、弱い正の相関を示した。P値が0.05を超えている現3年生のイメージ同定の結果を除外すると、相関係数の範囲は0.16～0.41となる。全体として弱い正の相関を示していることは興味深い。全体的に0.2以上の値を表しているものが多いが、現2年生の係り受け解析と照応解決の結果は0.35～0.41と、他の係数より少し高い値を表している。

係り受け解析と照応解決は、1年国語授業にて通年で取り組み、理解を深めるようトレーニングを重ねる項目である。RST実施時期が2年次春ということ考えると、1年次の国語授業における取り組みが、英語力にもプラスに影響している可能性を考えることができる。また、現3年生は

2020年度入学生であるため、前期をオンライン授業で過ごしたことが、現2年生の結果との差を

表している可能性もある。係り受けや照応のような抽象的な構造関係を学習者が理解し、知識を定着させることに、オンライン授業では難しさがあるということなのかもしれない。

RST偏差値とIBAスコアそれぞれの上位層及び下位層のみの結果の相関係数を調査したが、p値が高く、明白な相関を表す係数はどの層にも現れなかった。

推論能力に注目してみても、上述と同様に、全体としては弱い正の相関（ $r=0.18 \sim 0.27$, $p < 0.05$ ）を表し、各試験の学力層ごとの相関係数は、明白な相関を示すものではなかった。

上記の調査結果をまとめ、真島（2023）として論文発表した。しかし、RSTとIBA結果に全体で弱い相関があり、個別には相関を確認することができなかった具体的な要因を、相関係数を調査することだけでは結論付けることが困難であった。従って、本校の英語教育の有効性に関しては、有効性を評価する基準として結果をどのように活用することができるか、継続的に検討することが、今後の課題となった。

3. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕（計1件）

- [1] 真島顕子, 2023, リーディングスキルテストを用いた推論能力と英語力の相関調査, 全国高等専門学校英語教育学会研究論集, 査読有, 第42号, 31-39

〔学会発表〕（計1件）

- [1] 真島顕子, リーディングスキルテストを用いた推論能力と英語力の相関調査, 全国高等専門学校英語教育学会第45回研究大会要綱, 査読無, 34

課題研究費実績報告書

令和5年3月31日現在

研究課題名：非エルミート量子系のダイナミクスとエントロピー生成

研究代表者：真島 裕樹

小区分：数理物理および物性基礎論関係

1. 研究計画の概要

開放量子系やトポロジカル相、共鳴・散乱問題、不安定系等、ダイナミクスが非エルミート演算子で記述される非エルミート量子系が注目を集めている。このような系の時間発展は非エルミートなハミルトニアンで生成されるため、ユニタリー性が破れる。また非エルミート演算子は一般に複素固有値を持ち、また対角化が困難であることも多い。そのため、非エルミート量子系の時間発展の一般論、特のその熱力学的な性質については未解明な部分が多い。この問題に対しては、ミクロな熱力学第二法則の一つの表現と期待されている

「ゆらぎの定理」をはじめとする定性的な理解は一部で進んでいるが、肝心のダイナミクスとの直接的な関係は明らかではない。申請者らはこれまでの研究において、統計力学的状態の時間発展を記述する運動方程式とエントロピーの定義のみから、エントロピー変化に関して種々の恒等式が成立することが明らかにしてきた。本研究課題では、非エルミート量子系の運動方程式を導き、その運動方程式に対して上記恒等式を適用することで、非エルミート量子系でエントロピー変化が生ずる仕組みを解明する。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

広いクラスの非エルミート量子系において、密度行列の規格化定数（分配関数）を詳細に分析した結果、規格化定数に起因する項が運動方程式に加わる可能性があることがわかった。古典論において、相空間体積とエントロピー変化には密接な関係があることが知られている。量子系における分配関数は相空間体積に相当することから、この結果は非エルミート量子系におけるエントロピー変化のミクロな表現を与えたことになる。

また、系のエントロピー変化と、系のダイナミクスを記述するLiouville演算子との間に成立する一般的な関係式を非エルミート量子系の非平衡量

子ダイナミクスを記述する運動方程式に適用することにより、運動方程式の各項がエントロピー変化にどのような影響を与えるのかを明らかにした。

3. 代表的な研究成果

研究成果は査読付英文論文誌に投稿予定である。

研究課題名：双方向増幅器を用いたゲイン・スイッチの開発

研究代表者：水谷 浩

小区分：電子デバイスおよび電子機器関連

1. 研究計画の概要

IoT（Internet of Things）の時代では5G（第5世代）以降の高速移動体通信システムでは、ミリ波帯の利用が検討されている。想定されるTDD（時間分割複信）方式のRFフロントエンドには送受切替スイッチが用いられている。スイッチはミリ波帯では挿入損失が増大するため送信電力で損失を補う必要がある。また、送受信間分離が低下するため通信品質を劣化させる点が問題となる。スイッチがゲインを呈することで通信品質劣化の問題点は一気に解決する。従来の技術は、単純にスイッチの後に増幅器を付加したものであり、通信品質を本質的に改善するものではなかった。これに対し本研究では、双方向増幅器の増幅方向を切り替えることで、ゲインを有するスイッチとして機能させる点で、通信品質の低下要因を改善できる利点がある。本研究は、利得を供する新しいスイッチを提案し、その原理実証を行うことを目的とした。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

今年度の研究の進捗は以下の通りである。28GHz帯で動作する複数の双方向増幅回路を提案した。GaNの大信号デバイスモデルを用いた回路設計を行った結果、所望の動作を得ることができた。ICを試作してRF評価すると、設計通りの良好な結果が得られた。今後、結果をまとめて、特許出願、国際会議、雑誌論文等の必要な対外発表を行う予定である。

3. 代表的な研究成果

査読付き国際会議に研究成果を投稿する予定である。

研究課題名：低彩色背景下における色付き影の除去手法

研究代表者：川村春美

小区分：知覚情報処理関連

1. 研究計画の概要

影が光源と同じ方向にある物体（以下、遮蔽物体）の色味の影響を受けている場合の影除去手法を提案する。遮蔽物体の彩度が高い場合には、相互反射により影に色味が映り込むため、影になっていない領域（以下、日向領域）とは明るさの他に色味が異なるという特徴がある。そのため、既存の影除去手法[1]を適用すると、遮蔽物体の色味の影響を受けた影領域をうまく除去することができないという課題がある。

既存手法では、画像を類似の色領域に分割し、影領域に対応する日向領域のペアを見つけた上で、影領域の色を日向領域の色に合わせることで影を除去する。影領域と日向領域の画素値は

RGB空間では概ね1本の直線上にのるという特徴（図1）がある。これは、影領域と日向領域とは明るさは異なるがRGBの比率がほとんど変化しないことを意味する。この特徴を用いてRGB空間の色ベクトルが類似するものを日向と影のペアと判定する。影領域の色を日向領域に合わせるには、図1の陰領域のクラスタをRGB空間内の色ベクトルに沿ってシフト

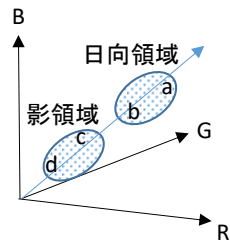


図1 RGB空間の日向・影領域

させる。

しかしながら、この手法には以下の課題がある。一つ目は、類似の色領域に分割すると、影の領域の一部が遮蔽物体と同じ領域になるという点である。二つ目は、影領域の色は遮蔽物体の色味の影響を受けているため、RGB空間で日向領域に近い色ベクトルにはならないため、影と日向のペアを正確に得られないという点である。三つ目は、影を除去した領域と元々の日向領域の間に擬似的なエッジが生じるという点である。この理由は、図1において影領域のcは画像上では日向領域の

bに近いが、影除去を行うとcの色はaに合わせる処理を行うからである。本研究は上記3点を解決することを目的とする。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

(1) 色領域の分割

影領域は遮蔽物体の色味の影響を受けているが、彩度は元々の日向領域に近いと考えられる。そこで、色の三属性の一つである彩度に注目する。色の三属性（色素H、彩度S、明度V）は式(1)に基づいて変換し、彩度と明度からなる2次元空間でk-meansによるクラスタリングを行う。

$$V = (V_{max} - V_{min})/2$$

$$V_{max} = \max\{R, G, B\}, V_{min} = \min\{R, G, B\}$$

$$S = \begin{cases} \frac{V_{max}-V_{min}}{V_{max}+V_{min}} & (V \leq 0.5 \text{ の時}) \\ \frac{V_{max}-V_{min}}{2-(V_{max}+V_{min})} & (V > 0.5 \text{ の時}) \end{cases} \dots\dots [1]$$

$$H = \begin{cases} \frac{G-B}{V_{max}-V_{min}} \cdot \frac{\pi}{3} & (V_{max} = R \text{ の時}) \\ \frac{B-R}{V_{max}-V_{min}} \cdot \frac{\pi}{3} + \frac{2\pi}{3} & (V_{max} = G \text{ の時}) \\ \frac{R-G}{V_{max}-V_{min}} \cdot \frac{\pi}{3} + \frac{4\pi}{3} & (V_{max} = B \text{ の時}) \end{cases}$$

日光下で撮影した赤い積み木の画像（図2）にクラスタ数を3としてクラスタリングを行うと影と遮蔽物体の領域を分離することができた（図3）。

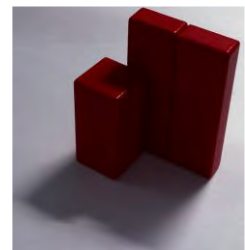
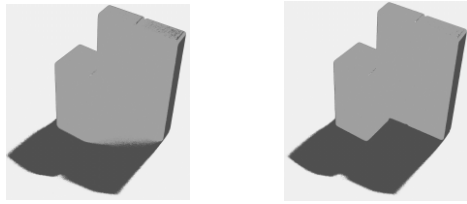


図2 実験画像

なお、図3ではRGB空間でのクラスタリングを行う既存手法の結果も、比較のため示す。既存手法（図3(a)）では、影領域の一部が遮蔽物体と同じ色領域に分割されている。



(a) 既存手法 (b) 提案手法
図3 クラスタリング結果

(2) 影と日向領域の対応付け

影と日向領域は、同一の物体領域であれば彩度が近いことから、(1)で得られた3つのクラスター(暗い領域、中程度の明るさの領域および明るい領域)においてすべての組み合わせの中から彩度の差が小さいクラスター同士を影領域と日向領域のペアと判定する。さらに、明度が高い方を日向領域、低い方を影領域のクラスターとする。図4に対応付け後の結果を示す。暗い領域を影領域、明るい領域を日向領域と判定された。

この対応関係に基づいて、影領域と判定されたクラスターの色を日向領域のクラスターの色に合わせた結果(影除去結果)を図5に示す。

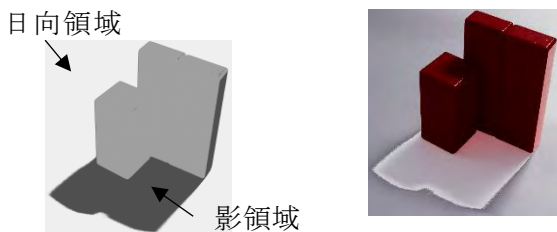


図4 影、日向の対応付け 図5 影除去結果

(3) 擬似輪郭の除去

図5の影除去結果における擬似輪郭は、日向の色に合わせた影領域が、元々の日向領域よりも明るくなったために生じたと考えられる。この擬似輪郭は主に明度方向の違いであることから、明度成分にメディアンフィルタを適用する。なお、既存手法では、RGBの個々の成分にメディアンフィルタを適用している。

メディアンフィルタ適用後の結果(図6)より、擬似輪郭の輪郭線が滑ら

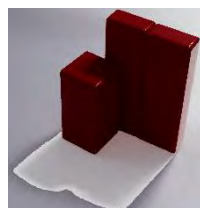


図6 メディアンフィルタ適用結果

かになったが、明度差は残ったままである。フィルタのサイズを複数段階に変化させたが結果は大差なかった。また、図5において、積み木で挟まれた影領域の一部にあった赤味が図6では目立たなくなっているという副次的な効果も見られた。

なお、上記(1)~(3)に関し、同一の被写体で光源の色を電球色に変えた画像においても同様の結果が得られた。

以上、影領域に遮蔽物体の色味が反映されている場合に、日向・影領域では彩度の変化が小さいという特性に着目し影領域を除去する手法を提案した。実画像に適用した結果、(1)影と遮蔽物体領域の分割、(2)影と日向領域の対応付けについては効果が見られたが、(3)影除去によって生じた擬似輪郭の除去に関しては目立った効果は得られなかった。その理由は、影領域の色を色空間内で色ベクトルに沿って日向領域の色に平行移動させることで影除去を行っているためである。メディアンフィルタは注目画素を周辺 $N \times N$ 画素の中央値に置き換える処理であり、画像内の孤立点等を除去する効果はあるが、図5の画像のように明度差のある領域が数画素に及ぶ幅をもっている

(面積が大きい)場合には効果が小さい。また、幅が狭かったとしても、輪郭が目立たなくなるだけであり、本質的に遮蔽物体がない場合の日向領域の色を再現していることにはならない。この(3)の課題については、画像空間上での隣接関係を考慮した手法の検討が必要である。

[参考文献]

- [1] 馬場雅志, 椋木雅之, 浅田尚紀, ”色分布のクラスター解析による実写画像からの陰影除去”, 画像電子学会誌, vol.33, no.4-B, pp.531-538, 2004

3. 代表的な研究成果

[学会発表] (計1件)

- [1] 川村春美, 高彩度物体による色つき陰影の抽出と除去手法の検討, 第50回画像電子学会年次大会, 査読無, G6-1

課題研究費実績報告書

令和5年3月31日現在

研究課題名：臨機応変な交通政策を可能にする現況再現性の高い道路リンクの交通量を推定する方法

研究代表者：島川陽一

小区分：社会システム工学関連

1. 研究計画の概要

本研究では現在の状況に近い交通量（以下現況交通量）を推定する方法を開発する。公的な政府統計を用いる従来手法を基礎として、近年得られるようになった新しいデータを活用する。従来の交通量推定手法ではある時点の起終点交通量を経路別に道路リンクに配分することにより各リンクの交通量を推定している。推定リンク交通量は元になる起終点交通量を調査した時の交通量と考えてよい。申請者が行ってきた研究では実測リンク交通量を用いて現況再現性を向上させているが現況の再現とは言い難い。そこで本研究では衛星画像から得られるタイムラグの小さいデータで現況交通量を推定する。既存の方法では数か月から数年前の交通状況しか推定できないが、提案手法ではこのタイムラグは数時間となる。この研究によって交通事故・工事や交通規制による道路のサービスレベルの日常的变化や自動車に起因する大気汚染物質の排出量の日々の変化の把握だけでなく、臨機応変な交通安全政策の実施にも利用することが可能になる。

以上に示した研究の目的を達成するために本研究は2つのテーマと1つのサブテーマで構成した。テーマ①は従来手法を基礎に現況再現性を向上させる方法の検討と限界を明らかにすることを目的とする。テーマ②では衛星画像を用いて現況交通量を推定する方法の開発が目的である。サブテーマではIoT機器によるデータ取得の過程で発生する誤差の性質を明らかにする。PT調査の傾向誤差の性質を明らかにする実測調査も行う。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

前節で研究全体の概要及び研究の構成を示した。この計画は科研費をベースとした3年間の研究計画であったのですべては着手できなかった。実際に研究として進めたのはテーマ①とサブテーマである。（テーマ②については高解像度の衛星写真

データが必要であり、これは課題研究費では購入することができないため、実施をあきらめた。）

テーマ①で使用するPT調査データについては首都圏で調査が実施された平成17年と22年のデータを以前採択された科研費で入手済みである。申請者の以前の研究ではこのデータを用いて首都圏全ての道路ネットワークに配分してきた。この方法がそれほど精度よく推定できないことは申請書でも述べた通りである。本研究ではこれを市区町村単位の部分的な道路ネットワークに時間別に配分することとした。スケジューリングの考え方を応用して行う。本年度の研究では実際に時間帯別の配分まではできなかったが、代表的なスケジューリング手法であるMax-Plusを交通の問題に応用する予備的な検討は行った。〔雑誌論文〕で示した論文はこの成果である。

サブテーマについては専攻科2年生の反町拳志朗君を中心に進めた。携帯電話の位置と加速度情報から統計的な傾向と補正方法についての知見を得るのが目的である。位置情報についてはNTTよりかなり詳細なデータが販売されているが、これは高額のため利用できない。そこでSNNで流通しているテキストデータに含まれる統計的傾向と補正の方法について検討を行った。この方法だと予算があまりかからないためである。〔学会発表〕に示した発表論文はこの成果である。（発表内容は非常に好評で表彰された。また、フルペーパーで投稿をすすめられているが、まだ着手できていない。）

最後に配分された研究予算の使用状況を報告しておく。研究予算からは国際会議参加のための必要経費の一部を支出した。未使用に終わった約28万円は返納した。

3. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕（計1件）

[1] Kyohei Sagawa, Yoichi Shimakawa, Hiroyuki Goto,

Two-level priority scheduling framework in a max-plus linear representation, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, 査読有, 14/ 2, 97-103(DOI 10.1080/18824889.2021.1894886)

〔学会発表〕 (計 1 件)

- [1] Kenshiro Tammachi, Taiki Otsuka,Yoichi Shimakawa, Hiroyuki Goto, A Proposal for a Method to Evaluate the Impact of SNS on the Market, Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Manila, 査読有, ID.26Philippines, March 7-9, 2023

課題研究費実績報告書

令和5年3月31日現在

研究課題名：交流的に使用する電池とコッククロフト-ウォルトン回路による電源容量向上、および実証試験

研究代表者：米盛弘信

小区分：電力工学関連

1. 研究計画の概要

本研究は、世界初の独立型交流電池に接続する昇圧型整流回路（コッククロフト-ウォルトン回路や倍電圧整流回路）の性能向上、および提案する電源システム（交流電池+倍電圧整流回路）を小型モビリティ等へ実装した際における駆動時間の評価を目的とする。目的達成のために、交流電池部におけるスイッチング回路の最適化、および倍電圧整流回路の高性能化を図る。そして、従来の直流方式と比較して、電池に蓄電されたエネルギーを最大限使用できることを示す。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

研究成果の中から代表的な一例を示す。達成度としては、概ね順調であった。

▶ 小型移動体へ実装した際における評価

図1は、小型移動体（自作ロボット）へ搭載した電源回路である。実験に供した自作ロボットは、市販のロボット掃除機のように特定のエリア内を自動で走行し続ける小型移動体である。交流電池は、放電能力50Cの2セルLiPo電池（GTFOR製：定格電圧7.4V、充電上限電圧8.4V、5200mAh）を2直接続し、その中間電位をBiodeとして再現する。次に、電源の正電源側をハイサイドMOS-FET、負電源側をローサイドMOS-FETによりスイッチングする。スイッチング素子には、インフィニオン（BSC012n06NSATMA1）を使用した。ゲート制御は、ゲートドライブIC（IR2302）によりハイサイド、ローサイドのゲート制御を行う。また、デッドタイムはゲートドライブIC（IR2302）により約540nsecが設けられている。ゲートドライバに入力される信号は、マイコン（PIC16F1827）により生成された10kHzの矩形波信号を使用する。以上の回路で発生した矩形波交流は、EDLCを使用した倍電圧整流回路で昇圧・整流・平滑が行われた後、直流出力される。倍電圧整流回路の構成は、EDLC（APLITH

HYBRID 200F 3.8V）を2並6直接続して、従来の2倍の容量とした。

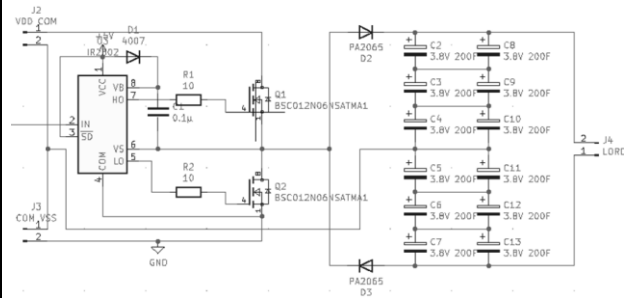
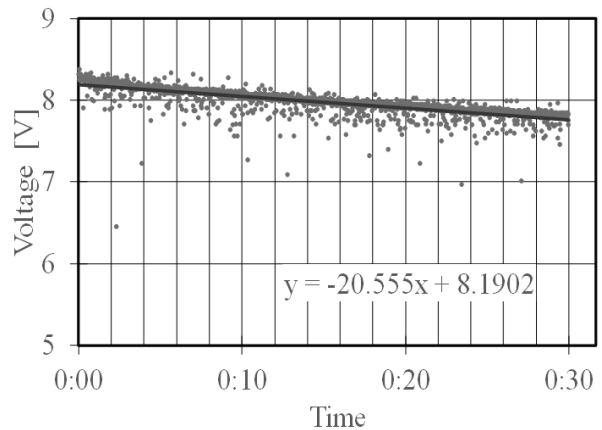
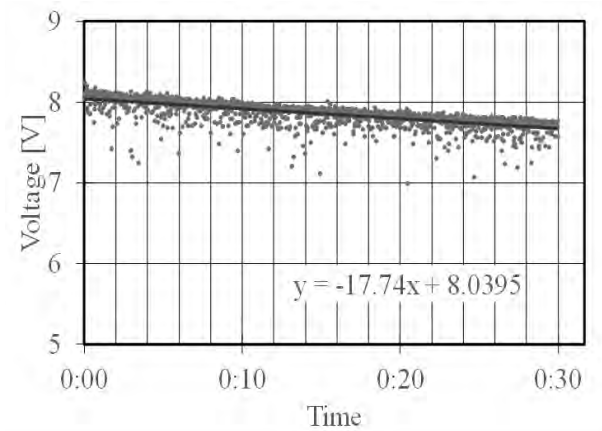


図1 小型ロボットへ搭載した電源回路



(a) 2個直列による電圧変動



(b) 交流電池を模擬した電源回路の電圧変動

図2 電圧変動試験による実験結果

図1の回路評価として、実験用のロボットを自作して動作実験を行う。電池は満充電されたリチウムイオン電池(4.2V)を使用する。2本直列の電池、2本並列の電池+電源回路、それぞれのロボットを30分間動作させて電圧の変動を記録する。記録には、自作したデータロガーを使用する。

図2は、ロボットを動作させている際のバッテリー電圧である。(a)は2本直列にした際のバッテリー電圧、(b)は2本並列+電源回路のバッテリー電圧である。(a)に比べ(b)では電圧の減少が緩やかであることがわかる。したがって、長時間駆動には(b)が適することが示唆される。

➤ 交流電池部におけるスイッチング回路の最適化

図3は、新たに考案した同期整流型の電源回路である。同回路は、従来の電源回路における倍電圧整流回路のダイオードをスイッチング素子に変え、ハーフブリッジインバータに同期して整流を行う回路である。回路の動作としては、インバータのハイサイド側(SW1)を導通させると同時に整流回路の上側のスイッチング素子(SW3)を導通させる。同様に、インバータのローサイド側

(SW2)を導通させると同時に整流回路の下側のスイッチング素子(SW4)を導通させる。この回路によりダイオードの順方向電圧による電圧降下を克服できると考えた。しかし、回路規模が大きくなるという問題や、スイッチング素子が増えることにより損失が大きくなる問題が想定される。そのため、回路の簡略化を行い、図4のような回路構成とした。回路の構成としては、上側のスイッチング素子(SW1)を導通させ上側のコンデンサを充電する。同様に、下側のスイッチング素子(SW2)を導通させ下側のコンデンサの充電を行う。上側、下側のスイッチング素子を交互に導通させることで、バッテリーの並列的な使用を実現する。

図4に示す簡略化した電源回路を実際に製作し、負荷試験を行う。スイッチング周波数は10kHzに設定し、duty比は50%とした。電源は直流安定化電源(TEXIO OW18-3AD)を使用した。直流安定化電源の設定は負電圧・正電圧ともにCV :

5V・3Aとした。電子負荷(GWINST-EK GPP-4323)を用いて0Aから1.5Aまで0.1Aずつ電流を上げていったときの電圧変動を記録する。図1の従来型電源回路でも同様に負荷試験を行い、

図4の改良した電源と比較実験を行う。

図5は、従来の電源回路と改良した電源回路にて負荷試験を行った結果である。改良した電源回路では、従来の電源回路と比べ0A時から1.5A時までどの電流値においても1.5V以上高くなっていることがわかる。したがって、ダイオードの順方向電圧による電圧降下を軽減することができた。また、従来の電源回路に比べ、より多くの電力を取り出すことができた。

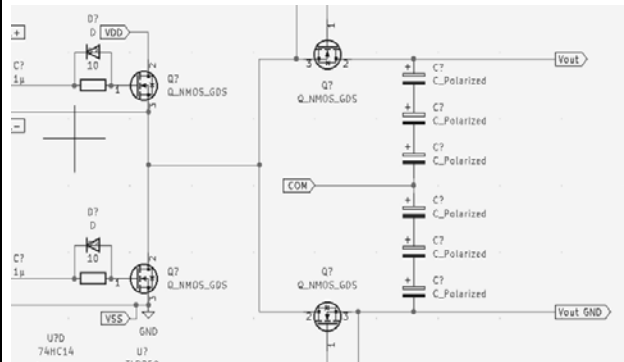


図3 考案した同期整流回路

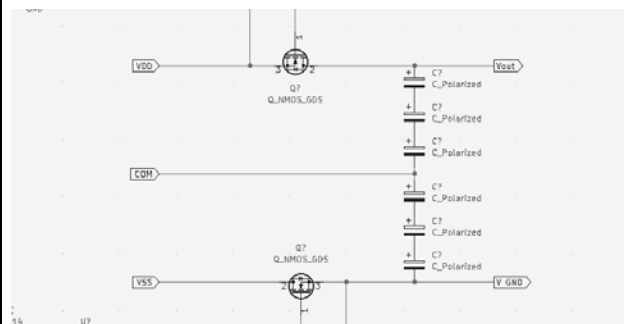


図4 簡略化した回路

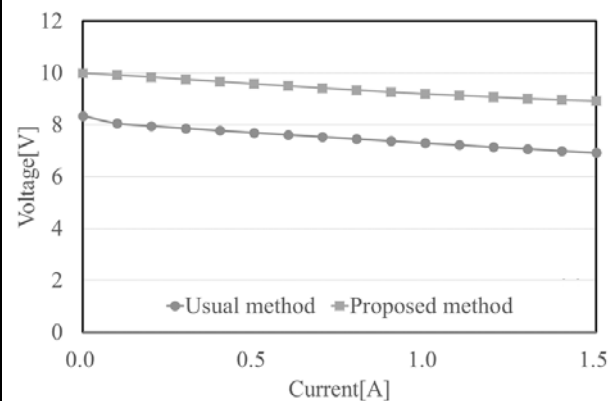


図5 比較実験の結果

➤ 従来の直流方式と比較

図4の交流電池を模擬した電源回路と自作のDC-DCコンバータ(変換効率:負荷電流0.5A時85%, 5A時73%)を用いて比較実験を行う。実験内容は、以下の(1)~(3)とし、電子負荷を用いた負荷変動試験を行う。そして、3つの方法で

取り出すことができた電力量 [Wh] を比較する。電子負荷の設定は負荷変動モード (0.5A・1s, 1.0A・1s, 1.5A・1s) に設定した。使用するバッテリーはリチウムイオンバッテリー (KEEPOWER 製) 定格 3.7V2000mAh とした。以下に詳細な実験条件を示す。

(1) 実験 1 (直列接続方式)

リチウムイオンバッテリーを 2 本直列接続して 7.4V・2000mAh とし、放電電力量を測定する。

(2) 実験 2 (DC-DCコンバータ方式)

リチウムイオンバッテリーを 2 本並列接続して 3.7V・4000mAh とし、DC-DCコンバータで 7.4V に昇圧した際の放電電力量を測定する。

(3) 実験 3 (交流電池を模擬した電源回路)

リチウムイオンバッテリーを 2 本直列接続し、中間電位を Biode とする。そして、交流電池を模擬した電源回路でバッテリーを等価的に並列使用した際の放電電力量を測定する。

図 6 は直列接続時の測定結果、図 7 は DC-DC コンバータを使用し昇圧した際の測定結果、図 8 は交流電池を模擬した電源回路を使用した際の測定結果である。以下の (1) ~ (3) に取り出すことのできた電力量を示す。

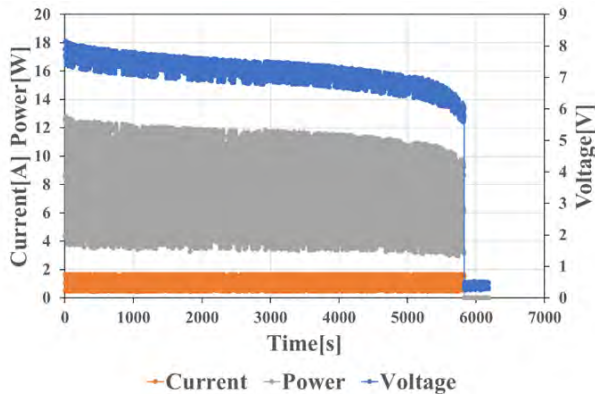


図 6 直列接続時の測定結果

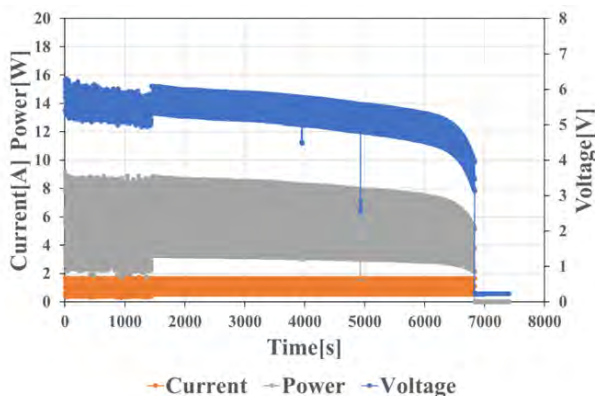


図 7 DC-DC コンバータの測定結果

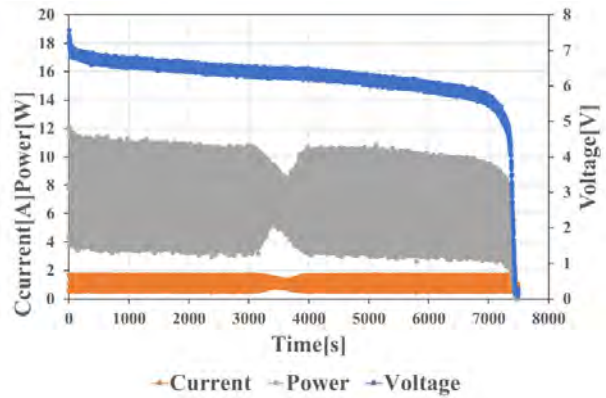


図 8 交流電池を模擬した電源回路の測定結果

(1) 直列接続方式 : 12.13Wh

(2) DC-DCコンバータ方式 : 10.62Wh

(3) 交流電池を模擬した電源回路 : 14.04Wh

すなわち、(3) の提案回路が最も多く電力を得ることができた。

▶ 倍電圧整流回路に使用する EDLC の選定

本実験では、高効率な電源システムを実現するために、倍電圧整流回路に使用する 1000F-10 直列の EDLC の特性を調査し、先行実験で調査した 400F-9 直列の EDLC の特性と比較することで、EDLC の選定方法を確立する。

図 9 に倍電圧整流回路の C が 1000F-10 直 EDLC 使用時の電力変換効率、図 10 に 400F-9 直 EDLC 使用時の電力変換効率を示す。図 9 を見ると、10kHz 時が最も高効率であり、他の周波数は全体的に効率が低いことがわかった。また、図 10 の 400F-9 直列の EDLC を使用したときと比べて変換効率の最高値が低いことがわかった。

異なる EDLC を使用した際に変換効率が変わる理由として、各 EDLC の ESR が関係していると思われる。そこで、NF 回路製 FRA で ESR を測定し、変換効率と ESR の関係を明らかにする。測定の結果、1000F10 直ユニットの場合、10kHz 付近の ESR が低くなっており、図 9 の最も電力変換効率が高い周波数と一致した。一方、400F9 直ユニットの場合は、高周波になるにつれて ESR が増加しており、図 10 の電力変換効率の高低順と一致していた。すなわち、提案回路で高効率化を実現するためには、ESR が低い EDLC を使う必要があるということがわかった。また、交流電池のスイッチング周波数は、倍電圧整流回路に使用する EDLC の ESR が低い周波数を選定すべきであることが明らかになった。

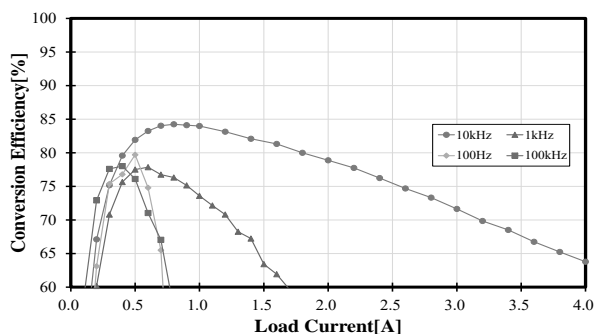


図9 1000F-10直EDLC使用時の電力変換効率

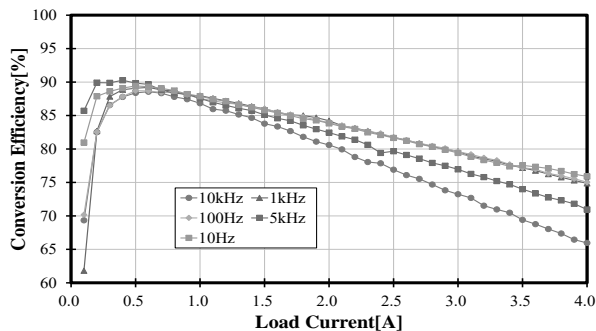


図10 400F-9直EDLC使用時の電力変換効率

3. 代表的な研究成果

[学会発表] (計13件)

- (1) 津田浩平, 米盛弘信: “交流電池に接続する倍電圧整流回路の改善案”, 2022年(第4回)電気設備学会学生研究発表会プログラム・予稿集, B-2, 査読無, pp.29-30, 八王子市学園都市センター (2022-12) 準優秀賞
- (2) 荒巻匡洋, 米盛弘信: “疑似的な交流電池に対して交流直接充電を行った際の充放電特性”, 2022年(第4回)電気設備学会学生研究発表会プログラム・予稿集, B-4, 査読無, pp.33-34, 八王子市学園都市センター (2022-12) 準優秀賞
- (3) 新倉 径, 米盛弘信: “倍電圧整流回路に使用する静電容量の異なるEDLCの比較”, 2022年(第4回)電気設備学会学生研究発表会プログラム・予稿集, B-3, 査読無, pp.31-32, 八王子市学園都市センター (2022-12)
- (4) 松崎恵太, 米盛弘信: “交流電池を模擬した電源回路の積算電力による比較”, 2022年(第4回)電気設備学会学生研究発表会プログラム・予稿集, A-6, 査読無, pp.11-12,
- (5) 津田浩平, 米盛弘信: “交流電池を用いた電源システムの動作特性”, 第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, PA7-19, 査読無 (2022-12) 優秀賞
- (6) 荒巻匡洋, 米盛弘信: “独立型交流電池における交流直接充電時の経時的な充電特性”, 第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, C128, 査読無 (2022-12)
- (7) 新倉 径, 米盛弘信: “倍電圧整流回路の入出力電力に及ぼすスイッチング周波数の影響”, 第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, D136, 査読無 (2022-12)
- (8) 松崎恵太, 米盛弘信: “交流電池を模擬した電源回路の改良”, 第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, C124, 査読無 (2022-12)
- (9) 津田浩平, 米盛弘信: “交流電池に接続する倍電圧整流回路の電力変換効率”, 2022年(第40回)電気設備学会全国大会講演論文集, 査読無, pp.226-227, 関西大学 (2022-09)
- (10) 荒巻匡洋, 米盛弘信: “独立型交流電池における交流直接充電時の充電波形”, 2022年(第40回)電気設備学会全国大会講演論文集, 査読無, p.410, 関西大学 (2022-09) 全国大会優秀発表賞
- (11) 新倉 径, 米盛弘信: “倍電圧整流回路に使用する電解コンデンサの選定”, 2022年(第40回)電気設備学会全国大会講演論文集, 査読無, p.411, 関西大学 (2022-09)
- (12) 松崎恵太, 米盛弘信: “交流電池を模擬した電源回路の設計”, 2022年(第40回)電気設備学会全国大会講演論文集, 査読無, p.414, 関西大学 (2022-09)
- (13) Kohei TSUDA, Hironobu YONEMORI: “A Proposal of Charge/Discharge Circuit for Stand-alone AC Battery and Charge/Discharge Characteristics”, International Power Electronics Conference 2022 (IPEC2022), ECCE ASIA, Student Poster Competition, 16-1P23, 査読無, Himeji, Japan (2022-05)

課題研究費実績報告書

令和5年3月31日現在

研究課題名：Background Oriented Schlieren 法の高感度かつ境界層を含む密度分布測定に向けた実験装置の構築と測定装置に関する検討

研究代表者：廣瀬裕介

小区分：流体工学関連

1. 研究計画の概要

本研究では、超音速流中にある円錐や球体といった超音速飛行が考えられる模型周りに発生する密度変化を境界層も含めた高感度定量計測することを実現する。そのため、Background Oriented Schlieren 法を改良した新たな計測法である

Double-Pass Background Oriented Schlieren 法を考案した。本研究では考案した新たな計測手法に関する実験を遂行するための装置の構築し、その性能試験を実施することを目的としている。

2. 課題研究の進捗状況及び達成度

上述した装置の具体案として、バリスティックレンジと衝撃風洞の2種類が挙げられる。各装置に関する進捗状況を以下に記す。

まず、バリスティックレンジについて説明する。これは電気エネルギーにより飛翔体を射出する装置のことを表しており、2020年度まではスイッチングのためにサイリスタを使用していたが、より高い電圧に耐えられる絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ（IGBT）を採用したところ、不具合が解消され、安定したスイッチングが可能となった。改良した回路を用いて飛翔体の射出実験も実施している。コンデンサの充電電圧を150V、飛翔体のサイズを5×5×5mmとした。加速用のレールはアルミニウム、飛翔体は銅を採用したことにより、昨年度発生した溶着による減速を可能な限り防いだことにより、射出に成功した。飛翔体の速度はハイスピードカメラで撮影したところ約35m/sであることがわかった。使用しているコンデンサは定格が400Vであるため、来年度は400Vでの充電と射出と実施する予定である。また、レール間距離が現状、操作者の「感覚」で調整する必要がある。この調整を電子的・機械的に制御し、同条件で実験できる環境づくりの構築も検討している。

次に、衝撃風洞に関して記述する。衝撃風洞とはタンクに貯蓄した高圧ガス（現在はコンプレッサにより圧縮した空気）を急激に放出することで超音速流や衝撃波を発生させる装置である。昨年度の実験により、本風洞の衝撃波マッハ数が1.4程度である実験結果が得られている。本年度はこのマッハ数を向上させるための先細末広ノズル（ラバルノズル）の設計と設置に力を入れた。また、今後、ノズル背後に設置する模型周りの衝撃波を可視化するためのシュリーレン法の構築にも挑戦した。

先細末広ノズル（ラバルノズル）の設計にはNASAのMOC Nozzle Simulator

（<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/mocnoza.html>）を使用した。このシミュレータはノズルの入口直径やマッハ数を入力することにより、理想的な加速長さを考慮したノズルをシミュレートすることが可能である。今年度は出口マッハ数を2.0として設計をした。この設計したノズルは3D CADであるAutodesk Inventorにより三次元データに変換し、3Dプリンタにより製作した。ノズル出口のマッハ数測定のために、レイリーのピトー公式を応用したところ、3.0前後のマッハ数が測定された。3.0というマッハ数が測定された原因として、ノズル入口に必要な貯気槽が形成されていないと考えた。これはノズル入口にラップフィルムを設置することにより解決可能なため、来年度はラップフィルムの設置を検討している。

シュリーレン法とは流体の可視化法の一つであり、流体の密度変化に伴う屈折率変化を取得する方法である。この手法は光源、凹面鏡、カメラなどによって光学系が構築され、凹面鏡の焦点距離により測定感度が、凹面鏡の直系により測定範囲を制御可能である。しかし、シュリーレン法は定性的な測定法であるため、具体的な密度変化・屈折率変化の数値は測定不可である。一方で、本手法は感度が高い測定法として知られている。今年

度は凹面鏡の焦点距離が 500 mm において測定可能な範囲を取得することを目的とした実験を実施した。測定対象はエアコンプレッサからの空気の流れ，ろうそくに加熱された空気の流れ，ジメチルエーテル（エアダスタ）の流れである。結果として，ろうそくに加熱された空気の流れ，ジメチルエーテルの流れは可視化可能であることが分かった。エアコンプレッサからの空気の流れは他の条件と比較して密度変化が小さいことが可視化不可の理由として考えられる。しかし，構築したシュリーレン光学系を衝撃風洞の出口に設置することを検討しているため，現在よりも測定感度を向上させる必要がある。感度向上のためには凹面鏡の焦点距離を伸ばす必要がある。また，衝撃風洞の高圧ガスの種類を空気からヘリウムなどの空気とは密度が異なる気体を採用する必要がある。来年度は改良したシュリーレン光学系をノズル出口に設置し，流れを可視化することを計画している。

3. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- [1] Y. Hirose, M. Yamagishi, S. Udagawa, T. Inage, Y. Tagawa and M. Ota, Double-Pass Imaging Background-Oriented Schlieren Technique for Focusing on Measurement Target, *Experiments in Fluids*(2023/3/10 提出, 査読有)。

〔学会発表〕（計 13 件）

- [1] Jinsuke Morita, Hironobu Yonemori and Yusuke Hirose, Development and Performance Test of Ballistic Range using Electromagnetic Acceleration, *IPEC2022*, 査読無, 16-1P13, Himeji, Japan (May 2022).
- [2] Masato Yamagishi, Yusuke Hirose, Shinsuke Udagawa, Tatsuro Inage and Masanori Ota “Three-Dimensional Density Measurement Using Simultaneous Multi-Angle BOS Measurement System in A Supersonic Wind Tunnel” *PSFVIP-13*.
- [3] Yutaro Katagiri, Nao Kosaka, Masato Yamagishi, Yusuke Hirose, Masanori Ota, Masayuki Nomura, Koji Fujita, Kiyonobu Kiyota and Hiroki Naga “High Accurate Density Measurement of Transonic Flow Field Around The Reentry Capsule Model” *PSFVIP-13*.

- [4] 森田迅亮, 米盛弘信, 廣瀬裕介, 電磁加速を用いた小型バリスティックレンジの開発及び性能試験, *第34回電磁力関連のダイナミクス*, 11C1-3, 発表日2022年5月11日。
- [5] 山岸雅人, 廣瀬裕介, 太田匡則, 広範囲密度場計測へ向けた 3D-BOS 法の基礎特性, *第54回流体力学講演会 / 第40回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム*, 1A10, 発表日2022年6月29日。
- [6] 杉田隼斗, 廣瀬裕介, 超音速飛翔体のための光センサによる速度計測装置開発, *第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会*, C131, 2022年12月3日。
- [7] 木村駿斗, 廣瀬裕介, 超音速流中にある円錐模型周りの温度分布シミュレーション, *第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会*, C133, 2022年12月3日。
- [8] 河地悠馬, 廣瀬裕介, 空き瓶パルスジェットエンジンの性能試験, *第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会*, C135, 2022年12月3日。
- [9] 山岸雅人, 廣瀬裕介, 太田匡則, 細野陽太, 大谷清伸, 永井大樹, 弾道飛行装置を用いた再突入カプセル模型周りの密度場計測, *2022年度衝撃波シンポジウム*, 2A1-1, 産業技術総合研究所, 2023年3月。
- [10] 森田迅亮, 廣瀬裕介, 電磁加速を用いた小型バリスティックレンジの性能試験, *第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会*, PA3-07, 2022年12月3日。
- [11] 渡辺堅信, 東條将也, 長谷川蒼, 石橋歩武, 山岸雅人, 廣瀬裕介, 稲毛達朗, 宇田川真介, 太田匡則, 水素 / 空気を燃料とした PDE の連続運転に向けた試行実験および光ファイバーによる火炎の検出, *2022年度衝撃波シンポジウム*, P-08, 産業技術総合研究所, 2023年3月。
- [12] 井上悠, 石橋歩武, 本多航樹, 山岸雅人, 廣瀬裕介, 太田匡則, 稲毛達郎, 宇田川真介, 光軸を傾けて設置したテレセントリック BOS 光学系による矩形断面衝撃波管内を伝播する非定常衝撃波の可視化計測の試み, *2022年度衝撃波シンポジウム*, P-11, 産業技術総合研究所, 2023年3月。
- [13] 石橋歩武, 井上悠, 本田航樹, 山岸雅人, 廣瀬裕介, 太田匡則, 稲毛達郎, 宇田川真介, Background Oriented Schlieren 法において観測対象のデフォーカスが密度場再構築に与える影響, *2022年度衝撃波シンポジウム*, P-12, 産業技術総合研究所, 2023年3月。

〔その他〕（計2件）

- [1] 第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会
座長・審査員
- [2] 2022年度衝撃波シンポジウム 座長