

# 2020 年度クリエイティブプロジェクト ミッション成果報告書集

## 目次

はじめに	協働教育センター代表 中島 敦司..... 1
2020 年度プロジェクト報告	西村 竜一 ..... 3
クリエイティブ制作プロジェクト	
クラウドサービスやサーバを用いた Web アプリケーション開発とその運用.. 7	
ことづくり室を拠点とした活動と作品公開のオンライン 対応..... 11	
和歌山大学ソーラーカープロジェクト	
電装ミッション..... 15	
カウルミッション ..... 19	
フレーム・足回りミッション ..... 23	
脳情報総合研究プロジェクト	
脳波を用いたマインドワンダリング発生の検知..... 27	
レスキューロボットプロジェクト	
レスキューロボットの製作..... 31	
複合センサを用いた自己位置推定 ..... 35	
Sound as a System	
直感的な GUI のクロスプラットフォーム立体音響演出システムの開発..... 39	
立体音響演出システムを用いたメディアアートの制作..... 43	
NC 機械製作プロジェクト	
GRBL を用いた Arduino による CNC フライスのためのモータ制御 ..... 47	



はじめに

和歌山大学協働教育センター「クリエ」は、自主的創造的科学研究の促進を目的として全国に先駆けて2001年に和歌山大学に設置され、継続して学生の主体的な学習を支援しています。それらの活動は「クリエプロジェクト」と「ミッション」に大別され、教員の指導を得ながら、令和2年度も多くの優れた成果をあげることができました。この報告書にそれらの一部をまとめています。学生たちが熱心に活動する様子がよく現れていますので、どうぞご覧下さい。

近年は、義務教育学校から大学に至る教育の中でPBL（アクティブ・ラーニングやプロジェクト・ベースド・ラーニング）学習の必要性が指摘されるようになってきましたが、クリエの取り組みは時代の流れを先取りしたものです。与えられた何かを上手にこなしていくだけではなく、学生同士で議論をしながら困難にぶつかりながらも学生たちが自ら学び成長するという、大学教育の本来の姿があります。

なによりも、学生にとって大学は、社会に出て自らの裁量で有形無形の成果を作り出すことができるようになるための最後の学習機会になります。2020年度は新型コロナ禍のため、学生の活動をかなり制限しました。にもかかわらず、学生たちは様々に工夫し、外部から表彰されるほどの活動を実施したプロジェクトが複数出るなど成果も上がりました。大学に登校できない1年生のプロジェクトも新規に発足することもありました。クリエはますます元気です。

ご寄付を下された皆様、アドバイザリーボードの皆様、クリエサポーターの皆様、ご支援下さった皆様には、日頃からクリエの企画・運営・また学生の指導等にお力添えをいただき、感謝申し上げます。今後とも引き続いてご支援、御協力を賜りますようお願い申し上げます。

和歌山大学協働教育センター代表 中島敦司



## 2020 年度クリエプロジェクト報告

和歌山大学協働教育センター（クリエ）  
担当教員 西村 竜一

和歌山大学協働教育センター（クリエ）の教育プログラム『クリエプロジェクト』にご理解とご協力を賜り誠にありがとうございます。

本年度は、新型コロナウイルス感染症の影響を受け、日本中、いや、世界中の大学は大きな影響を受けました。本学も通常の対面での授業はそのほとんどが中止となり、オンライン技術を活用した遠隔での教育活動に軸を移すことになりました。

私たち、協働教育センター（クリエ）では、日頃、人と人のつながり、他者との協働を大切にしています。対面で活動できないことで、クリエの学生プロジェクト活動は大きな影響を受けることになりました。思うように活動することができない学生から寄せられる相談の声に、私たち教職員も悩み、そして、悔しい日々を送りました。

最近になり、徐々に再開できることは増えてきましたが、学生には、まだ、多くのことで耐えてもらっています。困難な状況においても、オンライン技術も活用しながら、自ら工夫し、不断の努力によって創造的な取り組みを継続した学生たちによる活動の結果が、この報告書集には記されています。

「クリエプロジェクト」は、本学の学生と教員がチームを作り、互いを理解しながら、また、学内外の社会とも協働しながら、PBL（プロジェクト型・課題解決型学習）による主体的で深い学びを実践する教育プログラムです。学生の主体性を伸ばし、社会で活躍するために必要な能力を育む教育を心がけております。

プロジェクト活動を通じた学びをさらに深いものにするため、クリエでは、学生からの提案を審査し、個々の課題に資金を補助する『ミッション』の制度を実施しています。2020 年度は、活動に大きな制限があるにも関わらず、6 プロジェクト（学生団体）から提案があり、11 課題を採択することができました。活動に必要な資金には、大学の運営経費の他、皆さまからのご寄付（和歌山大学基金）を充てさせていただいております。皆さまからの多大なるご支援に、学生及び教職員一同、感謝を申し上げます。

また、2020 年度は、例年は開催している審査会及び成果発表会をやむを得ず中止といたしました。しかしながら、できる限り、学生の生の声を支援者皆さまにお届けしたいと考え、この報告書集の付録として「動画」をご用意いたしました。インターネットを通じてご視聴いただけます。報告書に加えて、この本文の末尾に掲載するアドレスから動画をぜひご覧ください。

今年度の「良かったこと」をいくつか報告させていただきます。まず、新しいプロジ

エクトが増えました。まだ産まれて間もない新参プロジェクトであり、この報告書集には登場しませんが、プロジェクト名のみをご紹介させていただくと、

- ワダイのひと！OBOG お仕事ファイル
- From Scratch
- Adds (アドズ)
- programming project dlopp
- 世界農業遺産交流プロジェクト「ひなたぽっと」
- Project New-type of SNS
- インクルーシブ・ミュージキング・プロジェクト (Inclusive Musicking Project)

になります。ますます多様な活動をする学生が加わり、これからが楽しみです。

受賞の報告もあります。Wakayama ASEAN Project (WAP) が、2021年2月に開催された西日本最大の国際協カイベントである「第28回ワン・ワールド・フェスティバル」の動画コンテストにおいて、「優秀賞」「スポンサー賞」をダブル受賞しています。また、クリエイティブプロジェクトの3年生チームが「米百俵デジタルコンテスト」で「持続可能性賞」を受賞しました。受賞ではありませんが、クリエゲーム制作プロジェクト(CGP)が製作・公開したオンラインゲームがネットで大変な好評になっています。

気が付いてみると、クリエプロジェクトでも、この時世だからこそできる取り組みで成果が上がり始めていました。やはり、本学の学生のパワーは「すごい」です。近い将来、そんな学生たちと直にご交流いただけるような場を必ず設定いたします。その際は、改めてご案内いたします。もうしばらくお待ちください。今後とも、ご指導・ご支援をよろしくお願い申し上げます。

<報告書動画のアドレス・二次元バーコード>

[https://www.wakayama-u.ac.jp/crea/crea-project/project/2020\\_mission.html](https://www.wakayama-u.ac.jp/crea/crea-project/project/2020_mission.html)



## ご支援のお願い

和歌山大学協働教育センター（クリエ）の教育研究活動に対し、日頃より格別のご支援を賜り心から御礼申し上げます。クリエでは、これまでも多くの企業、団体、個人の皆さまからのご寄付を頂戴し、「クリエプロジェクト」をはじめとする学生教育に活用させていただいております。私たちは、これまでの感謝の気持ちを忘れることなく、皆様の期待に応えられるよう、魅力的な人材の育成に全力で努めてまいります。一方で、国からの交付金に依存しない独自財源の確保は、教育研究活動の質を維持するためにも必要なものとなっております。今後とも、引き続きご支援をいただけますよう、よろしくお願ひ申し上げます。

なお、クリエには、ご寄付等以外にも、お持ちの技能や知識を活かして、ボランティアとして学生のご指導にご協力していただくクリエサポーター制度等がございます。クリエサポーターにご登録をいただけますと幸いです。お手数をおかけいたしますが、詳細は、下記までお問い合わせください。

<お問い合わせ先>

和歌山大学 協働教育センター（クリエ）

〒640-8510 和歌山市栄谷 930

TEL : 073-457-8504

FAX : 073-457-8502

e-mail : creainfo@ml.wakayama-u.ac.jp

<https://www.wakayama-u.ac.jp/crea/overview/donation.html>

## **「和歌山大学基金」のご案内**

「和歌山大学基金」を通じたご寄付の方法については、下記のホームページをご覧ください。クレジットカード・銀行口座のお振込みに対応しております。金額については、1口5千円を目安とさせていただきますが、それより少額でも結構です。

クリエの学生活動に対してご寄付をいただける場合、「**特定目的支援基金**」をご選択いただき、「**寄付用途**」等の欄に「**クリエ**」とご記入いただけますようお願い申し上げます。

<https://www.wakayama-u.ac.jp/fund/application/>



和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：クリエゲーム制作プロジェクト

ミッション名：クラウドサービスやサーバを用いた Web アプリケーション開発とその運用

ミッションメンバー：システム工学部 3 年山本創大，システム工学部 3 年松田和輝，システム工学部 3 年大森伊月，システム工学部 3 年黒木保，システム工学部 3 年北林悠河，システム工学部 2 年伊藤圭二郎

キーワード：クラウドサービス、Web、React、バリアフリー、語彙、情報伝達、オンライン会議、Django、Azure、読書、SNS、書評

## 1. 背景と目的

近年は、多様な表現を実現するためのフレームワークや対応言語が充実してきており、様々な端末環境でアプリケーションを動作させることができる Web アプリケーションの需要が増加している。したがって、このミッションの目的は「クラウドサービスやサーバを用いた Web アプリケーション開発とその運用」と定めた。具体的には、かねてより制作していた「リアルタイムに発言された言葉を字幕表示し、単語ごとの意味を確認することができる Web アプリケーション(以下、Live※Reference という)」と、「読書特化型 SNS+書評公開プラットフォーム (以下、Stanza という)」をさらに精度よく、大規模な運用ができるように改良・開発し、実際に運用可能な状態にすることが主目的である。

これら「Live※Reference」や「Stanza」のプロトタイプを、β版として継続開発し、広く社会にリリースし、ユーザの使用ができるように、多人数・長時間の接続に耐えるような運用をするためには、大規模なサーバとそれを用意する予算が不可欠である。したがって、本ミッションによってサーバ(クラウドサービス)を団体として利用可能な状態になるように環境整備を行い、開発を継続し、リリースをすることによってフィードバックを得、団体メンバー間で、さらにユーザ視点(UX)を意識したアプリケーション開発技術を向上させたい。

また、ゲームにおいても現代では人と繋がるためにデータを同期するサーバは必須となってきた。したがって、プロジェクト全体の開発に利用できるサーバ(クラウドサービス)の必要性を強く感じているのも本ミッションとして申請する大きな要因である。

## 2. 活動内容

本アプリケーション群のチーム開発には、基本的に、コードのバージョン管理システム、Git を用いたソフトウェア開発のプラットフォームである「Github」を用い、制作した Web アプリケーションの展開・運用には、マイクロソフトのクラウドサービスである「Azure」を採用した。

本ミッションで実現したアプリケーション開発・運用のプロセスは以下の通りである。

### 【実現した運用プロセス】

- ① チームで Web アプリケーションのフロントエンド，バックエンドの開発を行う。
- ② Github の main ブランチ(プロジェクト本体となるバージョン)にコードをマージ(統合)する。

- ③ 自動で開発内容や変更内容が Azure サービスにデプロイ、運用環境にアプリケーションが展開され、変更点が適用される。
- ④ 実際にターゲットユーザとなる人に試用してもらい、フィードバックを得る。
- ⑤ フィードバックをもとに、アプリケーションの改良を行う。(①へ戻る。)

以上の実現したプロセスは、実際の企業業務などでも使用されている手法であり、この開発環境を活かし、1で記述したWebアプリケーションの開発・運用を行った。

### 3. 活動の成果や学んだこと

活動の結果、団体全体で Azure などのクラウドコンピューティングサービスを用い、WebアプリケーションやWebを利用したゲームの開発・運用の基盤を整えることができた。1でも記述したように、インターネットが高度に浸透してきた現代において、様々な端末環境で気軽にアプリケーションを動作させることができるWebアプリケーションの需要は増加しているため、このような開発環境を整えられたことで、プロジェクトにおける今後の創作活動において、社会へのアプローチがより容易になり、様々な垣根を越えた取り組みが可能になると考えられる。また、企画・デザイン～開発・運用まで、全て学生たちで行っているため、社会に求められる高度IT人材がより育ちやすい環境として、広く長い目で社会に貢献することができる環境へと進化することができた。具体的な成果として継続開発・運用を行った2つのWebアプリケーションの詳細は以下である。

#### 3-1. Live※Reference

Live※Referenceでは、話のリアルタイム字幕表示によって講義や会議などのバリアフリー性を高めることに加え、字幕をタップすることによってシームレスに単語ごとの意味を任意で確認できるため、聴衆同士や聴衆・話者間で違う語彙や前提知識、言葉の用い方の違いなどによる情報伝達の齟齬をなくし、ストレス軽減や情報伝達の補助・効率化が可能である。会議ごとによってルームを作成することができ、その中では話者ごとに発言が同期されるので、オンライン会議の画面と併用し、副音声のように利用することも可能である。

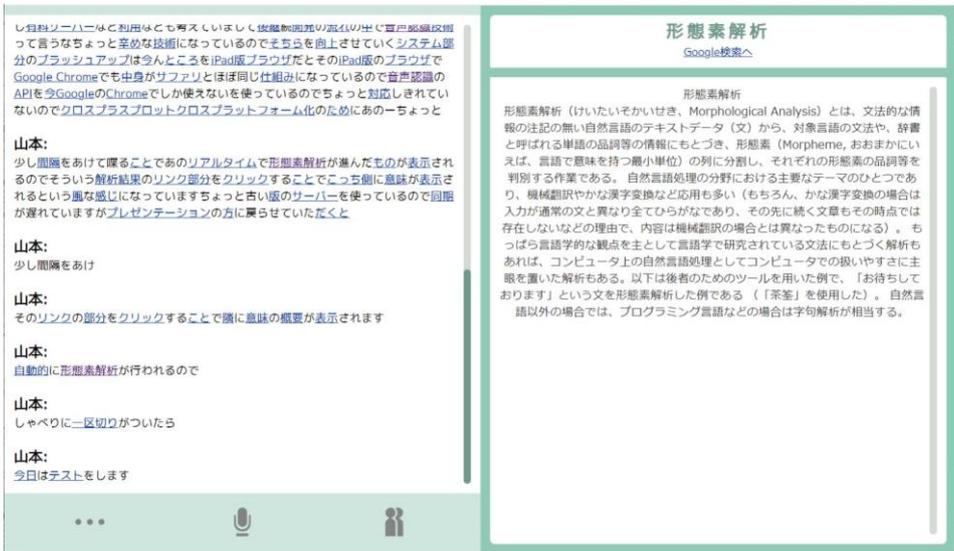


図1：Live※Reference 機能画面

本ミッションでは、サーバを管理することなくコンテナを実行することができる「Azure Container Instances」と、開発の更新によって自動的に Azure 側のサービスへデプロイすることができる「GitHub Actions」を用い、多人数・長時間の接続に耐えるような開発運用を実現した。この際、Azure で問題なく使用できるように、プログラムの調整などを行った。また、機能を実現するための API が使用不可になるトラブルに見舞われたが、Wikipedia の API を活用し、そちらに移行するなどの工夫をすることで、機能の動作が問題なく確認できた。

さらに、この Web アプリケーションを、実際にオンライン会議やイベントを頻繁に行っているターゲットユーザに試用してもらい、フィードバックを得たところ、社会情勢のトレンドを把握し、現在の課題に着目したプロダクトである点と、単語をクリックするだけで意味を表示することができるなどの、既存の Web アプリケーションと違う、ユニークな点が非常に評価された。

### 3-2. Stanza

Stanza は、読んでいる本の気に入った一節を投稿することができ、そこから、人と人がその本について語り合うことのできるスレッドスペースや、新たな魅力的な本に人が出会うことのできる場を提供する、新しい形の、本・語り合い特化型 SNS である。Twitter などではトレンドや会話の回転がはやく、人の感想がベースとなって、短い文章でコミュニケーションが取られているのに対し、Stanza では一つの本や文章から感じたことや、そこから発展する話題に関して深く語り合うことができる。本に対する人の評価（感想）ではなく、本に書かれている文章や内容（事実）に直接出会い、直感的に自分が魅力的に感じる文章や、本に出会うことができるのも Stanza の特徴である。また、自身の投稿によって読書管理をすることができ、読破した本については、note プラットフォームサービスのように、書評を配信することができる仕組みもある。

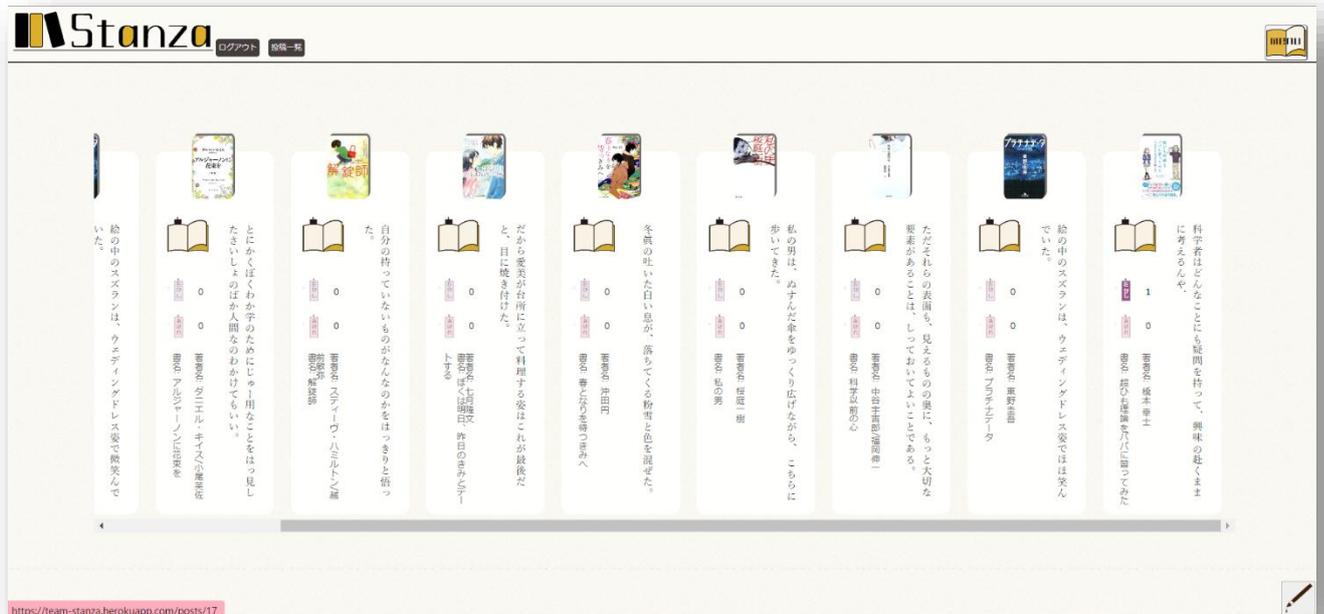


図 2 : Stanza メインタイムライン画面

このアプリケーションは、本ミッションリーダーである山本が外部のハッカソンで制作を開始したものであり、先方の許可を得て、CGP メンバーと継続開発したものである。本ミッションによって、Web アプリケーションを迅速に構築することができる「Azure App Service」と、開発の更新内容を自動的に Azure App Service へデプロイすることができる「GitHub Actions」を用い、開発運用を実現中である。この際、Azure への移行に伴い、Azure App Service とデータベースの連携が上手くいかず開発が難航し、現状データベースを用いずに動作させているので、今後の課題として、新しく Azure 用のデータベースを作成し、接続する必要がある。

また、ユーザインサイトを調べるために、実際にターゲットユーザに Stanza の説明を行い、簡単なアンケートに答えてもらう取り組みを行った。約 15 名に協力をいただいた結果、現状の SNS で本についての投稿をした場合は「いいね」以上の反応が得られず、話題やトレンドの回転がはやすぎて、すぐに会話が流れてしまうなどの不満点が明らかになった。それを踏まえ、Stanza では、一つの本や文章に対して面白さを深く共有し、語り合う場をつくることのできるため、約 93%の調査対象者が「使ってみたい」と回答した。さらに、任意のターゲットユーザには ZOOM でのヒアリングを行い、その結果から、読破した本に関する書評を配信する機能を追加する運びとなった。

このように、本ミッションでは、Web に関する開発・運用の環境を整えられただけではなく、実務に近い、基本的な事業開発プロセスをメンバー間で経験することができた。

#### 4. 今後の展開

今回のミッションでは、Web アプリケーションをユーザが継続的に使用可能な状態まで完成させるためには、相当の工数や検証が必要になることが明らかになった。したがって、さらにスムーズな開発・運用のためには、アプリケーションを設計する段階で、ソフトウェア工学に則って、機能やエラー回避の漏れがないように詳細に設計を行い、網羅的に動作を検証するチェックリストを利用するなどの工夫が必要である。また、特に「Stanza」では、運用環境を移行することの難しさが明らかになった。今後の安定稼働のためには、Azure 用に、ある程度の機能をもう一度作り直すなどの対応が必要であるという課題がある。

本ミッションではターゲットユーザに説明し、試用してもらい、フィードバックを得る部分まで実施した。したがって、今後の展開としてはフィードバックからさらなる改良を行い、デザインなども含め、挙動が崩れずに安定して動作することを検証し、SNS などで告知を行い、ユーザの獲得をしていきたいと考えている。また、今回得た知見をしっかりと整理し、団体内で共有することで、さらなる Web アプリケーションや Web で動作するゲームの開発につなげていきたい。

#### 5. まとめ

まとめとしては、本ミッションを通し、GGP 内に Web に関する開発・運用の環境を整えることができた。また、具体的な目的であげていたように、制作していた Web アプリケーションを、リリースすることを前提に継続開発し、Azure に展開することができた。さらに、それらをもとに、実際にターゲットユーザへ説明を行い、試用してもらうことで、フィードバックを得て、ユーザインサイトを調査することができたので、今後は広くユーザに使用されることを目標にし、さらなる開発を続けていきたい。

**和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞**

**プロジェクト名：**クリエゲーム制作プロジェクト

**ミッション名：**ことづくり室を拠点とした活動と作品公開のオンライン対応

**ミッションメンバー：**システム工学部 3 年北林悠河、システム工学部 3 年山本創大、システム工学部 3 年大森伊月、システム工学部 3 年高尾秀太、システム工学部 3 年高田真吾、システム工学部 3 年近澤幸郎、システム工学部 3 年津田哲志、システム工学部 3 年上野友裕、システム工学部 3 年中野裕介、システム工学部 3 年野戸彰大、システム工学部 3 年宮内悠渡、システム工学部 3 年八木祐樹、システム工学部 2 年伊藤圭二郎、システム工学部 2 年田中智達、システム工学部 2 年西岡宗紘、システム工学部 2 年藤居謙、経済学部 2 年畠中駿斗

## 1 背景と目的

このミッションを実行する背景に、昨今の新型コロナウイルスの世界的な感染拡大という社会情勢があり、クリエゲーム制作プロジェクトでは大人数で同じ場所に集まることは困難となり、少人数での活動、あるいはオンラインでの活動に限定する必要があるがあった。クリエが管理する機材を取り扱う場合、オフライン環境で作業する必要がある一方、PC 一台で済む場合には、オンラインのみでも作業が可能である。つまりオフラインとオンラインの双方を混合した環境が今後のクリエゲーム制作プロジェクトに求められる。

オンライン環境が求められるのはそのためだけではない。展示活動も行えないことから、本プロジェクトの活動を幅広い方々に知ってもらうには、オンラインを利用した作品公開、活動周知に尽力すべきなのである。

以上の観点からこの先も本プロジェクトを進めていくにはオンライン環境の整備が必要不可欠となり、これには大規模なサーバやクラウドサービスを利用して、オンラインリソースの拡充を推し進める必要がある。本ミッションの目的は、本プロジェクトのオンラインリソースを潤沢にし、活動拠点をオンラインベースにすることにある。

## 2 活動内容

本ミッションを実施していくにあたって、オンラインでできる活動を広げるべく Microsoft が提供するクラウドサービスである Microsoft Azure（以下 Azure）を利用することにした。Azure にメンバーを招待することで、複数人共用で開発を行うことができたので、それぞれのオンライン環境でのアプリケーション開発が可能となった。以下は本ミッションを通じてメンバーが作成しデプロイしたアプリケーション、または有用な Azure の機能を利用した現在開発中のアプリケーションについて述べる。

## 2.1 CGP-KnowledgeBase

CGP-KnowledgeBase はクリエゲーム制作プロジェクト（以下 CGP）に加盟している学生が CGP の活動を通じて得た知識・経験・技術などを共有して再利用できる形で蓄積することで、今後の CGP の活動に役立ててもらおう対内の目的と、Web サイトを誰もがみられるようにすることで、CGP の活動に興味を持っている人に対し活動内容をアピールするという対外の目的のもとで開設した。

この Web サイトは Azure に WordPress を使った記事投稿サイトを開設し、メンバーを編集者として招待し運営している。CGP のオウンドメディアであること明示するために Web サイトのアイコン・ヘッダ画像・ホームページなどのサイトレイアウトに CGP ロゴを使用するなどして CGP 仕様に変更し、部門別のカテゴリを用意することでそれぞれの部門毎の記事を検索しやすいように設定した。



ホームページ



記事例

サイトの運営メンバーがまだまだ少数であるため編集者を増やしていく必要があることと、現在のプランではストレージに上限があるため、画像等を多用する場合には Azure のプランを見直すか別のストレージサービスを利用する工夫が必要であることがこれから運営していくにあたっての課題である。

URL: <https://cgp-knowledgebase.azurewebsites.net/>

## 2.2 WordChain

WordChain は言葉から連想される 5 つの言葉を連鎖的に広げて、花のように広がった言葉を俯瞰して楽しむアプリケーションである。自動的な言葉の連想と偶然的な未知の言葉との出会いがあるという観点からプロジェクト内におけるプランニングの発想に活用されると期待できる。

本アプリケーションは言葉から連想される言葉を拾うという動作のために、2 つの API を利用している。まず WikipediaAPI を使って言葉からその言葉の説明文を取得する。次に goo キーワード抽出 API を使って説明文から特に関連の深い言葉を取得し 5 つ採択する。このように言葉から連想される 5 つの言葉につなげ、それらに放射状に配置し広がるような動きを付けることで、ビジュアル的にも楽しみのある連想アプリケーションを完成させた。



CGP ちゃんによる来客対応が可能となり、Web に公開してクリエゲーム制作プロジェクトの広告塔としての役割を果たすことが期待できる。

Azure Bot Service の音声チャンネルを Unity と接続し、Unity でユーザから聞き取った音声を Azure Bot Service に送ることで実現する。Azure Bot Service では、Direct Line Speech チャンネルで送られた音声への応答内容を音声で Unity に返すという動作をする。返された音声を Unity で流しながら、OVR Lip Sync を使って唇の動きを合わせるといった流れであったかも会話しているかのように見せる計画である。

### 3 活動の成果や学んだこと

以上のように、クラウドサービスである Microsoft Azure を導入し、それを使用するための環境や知見を整えることができた。そして Azure を用いて、2 で記述したような各部門の活動を支援するアプリケーションや、知識・活動共有サイトの制作、昨年度までのミッションを活用した企画など、CGP のオンライン活動をより豊かにしていくためのプロダクトを生むことができた。

クラウドサービスがあるうえでのアプリケーション制作に踏み出せたことが、本ミッションにおいて最も大きな成果である。さらには、本ミッションの活動を通して全てオンラインで遂行することができたので、この活動事例自体がオンライン活動化への第一歩となった。

### 4 今後の展開

今回は「Azure を導入し、Azure を使ってアプリケーションを作る」という方針で、試験的に Azure を使ってみたという側面が大きかったが、今後は Azure をクリエゲーム制作プロジェクトの活動資源の一部として捉え、「アプリケーションを作るために Azure を使う」という形で、制作活動の視野を広げられることが期待できる。実際に Azure は Web サーバとして使われているだけでなく、IoT や機械学習のサービスも充実しており、まだまだアプリ創作の余地は残されている。

また、クラウドサービスの選定段階で、Microsoft Azure の他にも Amazon Web Service や Google Cloud Service の検討もあった。今回は Azure で進めてきたが、その他のクラウドサービスの強みや特性を理解し、それらを活かしたアプリケーション開発にも着手していきたい。

さらに、Azure を利用してクリエゲーム制作プロジェクトの制作物を外部に公開するサイトも展開していきたいと考えている。すでに開設されている CGP 公式ホームページをリニューアルし、制作ゲームだけでなく、イメージ素材やサウンド素材を公開できるサイトに仕立てるつもりである。

### 5 まとめ

メンバーのほとんどが Azure を使うのが初めてであったにも関わらず、デプロイに漕ぎ着けたアプリケーションもあり、入門編は満足といったところである。また、ミッション開始当初は一旦 Web サーバとして活用できれば十分であると考えていたが、Azure が提供しているサービスは非常に幅広く、それらを活用していくような企画も生まれた。

CGP として Azure を使えるようになったので、来期のミッションの継続も視野に入れつつ、もっと団体内に普及させて、幅広い Azure の機能をさらに活かしながら、多種多様なアプリケーションを制作し、作品公開、活動周知を推し進めていきたい。

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：和歌山大学ソーラーカープロジェクト

ミッション名：電装ミッション

ミッションメンバー：システム工学部2年吉田理子, システム工学部2年谷口知弥, システム工学部2年中内仁香

キーワード：BWSC、遮断回路、灯火類、テレメトリシステム、目標変更

## 1. 背景と目的

当プロジェクトは、オーストラリアで隔年開催されるソーラーカーレースの世界大会「Bridgestone World Solar Challenge(以下 BWSC)」の2021年度大会で優勝できるマシンを製作することを最終目標としていた。

BWSCは公道を走行するレースである為、一般車と同レベルの厳しい安全基準のレギュレーションを満たすマシンを製作し、車検を乗り越えることで出場資格を得る必要がある。更に、その車検を確実に乗り越えるためには、安全面に直結するために特にレギュレーションの基準が厳しい「遮断回路」、「灯火類」の製作が課題となってくる。これらは、もしも“ブレーキを踏んでも減速できない”などの緊急事態が起こった際に必ず作動しなければならないシステムや、公道を走る際に“最低限”必要なものである。車検を通過するという大会としての目的だけでなく、ドライバーを担当するメンバーの安全を保障する為にも、確実に高性能なものを製作することが必要不可欠である。

加えて、BWSCに出場する車体を製作するにあたり重要な点として、使える電力量が限られていることがあげられる。つまり、レースで結果をだすには一定量のエネルギーを効率よく消費しながら走行することも必要である。そのためには、レースまでに自分たちの車体の様々な状況でのエネルギー消費傾向を把握し、さらには開催地であるオーストラリアの条件での電力消費を計算・予測し、実際のレース走行中に得られる消費量の値とその予測との比較をおこなうことで、レース展開について細かな戦略をたてることが重要である。そこで、走行中に得られる様々なデータをリアルタイムに遠隔で確認するための「テレメトリシステム」を、オーストラリアでも使用可能な手段を用いて、現状使用している物よりもさらに細かなデータに対応したより高性能なものとして新たに製作する必要がある。

以上より、今年度は遮断回路と灯火類、テレメトリシステムの3点の製作を中心的に行うことを主な目的として活動することとした。

## 2. 活動内容

上記のような目的を持ち活動をスタートさせたが、コロナウイルスの影響による活動時間の短縮や人数制限など課外活動に様々な面で制限がかかり、さらには11月下旬より本格的に白浜空港での試走等の課外活動や学校での製作活動が一切できなくなってしまった為に、2021年に予定していたBWSCへの出場を2023年へ延期することとなった。また、2021年にはBWSCの代わりにソーラーカーレース鈴鹿2021へ、うめ☆号(2019年に同大会へ出場した際の車体)を流用し参加することに目標を変更した。これらの理由により、製作内容が変更され灯火類・バッテリー関連の設計に関する活動を中心に行った。

まず灯火類では、国際的な基準として知られている SAE や DOT、UNECE Regulations などの高いレベルでのレギュレーションを満たす照度で確実に指定された範囲を照らせるようにしなければならない。また、これらは適合マークまたは認証エンジニアにより適合を証明されている必要がある。

ソーラーカーに最低限装着するものとしては、

- ・リアストップランプ×2 (赤色)
- ・ハイマウントストップランプ
- ・前後左右・側方の方向指示灯 (オレンジ色)
- ・デイライト×2 (白色)

の4点がある。また、それぞれ装着位置が高さや間隔、角度などが細かく設定されており指定された範囲を照らさなければならない (表 1)。

**2.24.4** Solar cars must have the correct type of lamp in each position. Lamps must be mounted with the correct orientation so that the photometric requirements of UNECE Regulations 6, 7 and 87, or the SAE/DOT equivalents, are met.

<u>Lamp</u>	<u>UNECE category</u>	<u>SAE/DOT type</u>
Front indicators	1, 1a, 1b	I3, I4, I5
Rear indicators	2a, 2b	I6
Side indicators	5, 6	E2
Stop lamps	S1, S2	S
Central stop lamp	S3	U3
Daytime running lamp	RL	Y2

*Lamp position and visibility requirements are based on UNECE Regulation 48.*

表 1 2021 Bridgestone World Solar Challenge Regulations より引用

Direction indicator of category	Minimum luminous intensity in cd	Maximum luminous intensity in cd when used as	
		Single lamp	Lamp (single) marked "D" (see paragraph 4.2.2.3. above)
1	175	1000	500
1a	250	1200	600
1b	400	1200	600
2a (steady)	50	500	250
2b (variable)	50	1000	500
5	0.6	280	140
6	50	280	140

表 2 UNECE レギュレーションの方向指示器のカンデラ数指定表

BWSC のレギュレーションより前方方向指示器は 1,1a,1b を参照しなければならないことになっているが、これはヘッドライトとの距離に影響されるものである。ソーラーカーにはヘッドライトはないので、今回は表 2 の UNECE 基準より「1」を参照する。すなわち、約 400cd を満たせばレギュレーションを通過することができるかとみなす。よって、高出力の LED をはんだづけすることでモジュール化することで条件を満たすライトを作ることとした。

次にバッテリーに関しては、2019 年に出場した大会で使用したバッテリーが消耗しており、流用が不可能となってしまった為に新たに組みなおすこととなった。

バッテリーに関して車体搭載までに行わなければならない作業は大まかに以下の 3 点である。

- ① 直並列数を決定
- ② バッテリーボックスの設計・製作
- ③ スポット溶接（治具の設計・製作も含め）



画像 1 Sanyo 製「18650GA」

まず①に関して、我々のプロジェクトでは画像 1 のような Sanyo の 18650GA というバッテリーを使用している。これを最大 420 本（最大重量がレギュレーションによって定められている）以内で自由な直並列数を決定し、いくつかのバッテリーを並列に繋ぎセルを作成。このセルをいくつか直列に繋いでモジュールを作成することでソーラーカーを駆動、ソーラーパネルからの発電をためることができる。また、バッテリーの最大電圧＝最高速度となるなど、直並列の決定はレースに大きく関わる部分であるといえる。よって過去のレースデータや目標順位など様々な情報により慎重に設定しなければならない。その上で今回は、2023 年の BWSC でのサブバッテリーとしての流用を視野に入れている為、2019 年にソーラーカーレース鈴鹿に出場した際に設定した 20 並列 21 直列ではなく 2023 年の BWSC に適した 18 並列 23 直列に決定することとした。

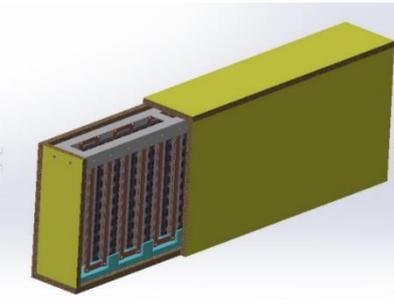
次に②のバッテリーボックスに関して 2019 年に製作した際の反省点である、

- ・バッテリーに負荷がかかっている
- ・バッテリーの出し入れが不自由である
- ・整備性の向上

などを考慮して新たに設計段階から作り変えることとした。



画像 2 2019 年製作のバッテリーボックス



画像 3 設計中のバッテリーボックスの 3DCAD 図面

なお、バッテリーに固定している銅板で本体を支えるため、ボックス内側（バッテリーのモジュールとボックス側面との間）に治具を製作した。また、開閉方法を 2019 年度の開閉部分を上面とすれば今回は側面に変更。

### 3. 活動の成果や学んだこと

バッテリーボックスを新たに作り変えたことで、内側に作成した治具に力が加わるため、バッテリー本体にかかる負荷を大幅に減少することができる。また、開閉方向を変えることで、取り出し口が大きくなり、バッテリーに対する配線の接続方向も変わるために、取り出しやすさや整備性など作業効率を大幅に UP させる設計となった。また、設計の過程で学んだこととして製作技術を向上し知識を増やすことにより設計の幅は大きく広がるため、今後の課題として強度を確保できる上に軽量で様々な形状を実現できる CFRP を用いた製作技術の向上が必要不可欠であると感じた。

### 4. 今後の展開

今回上げた灯火類に関して、取付け位置を車体モックアップを用いて照度範囲や光度を測定しながら検証を繰り返す。また、装着に関してソーラーカーは車体の空気抵抗の少しの差がエネルギー消費に影響を与えるため、車体表面にできるだけ段差を着けずに実装し確実な照度を実現する必要がある。さらには、バッテリーボックスの製作、バッテリーのスポット溶接、テレメトリシステムの開発、配線の基盤化など実際に行わなければならない作業はたくさんある。これらを完成することで 2021 年に開催される予定のソーラーカーレース鈴鹿に出場。その後、2024 年 BWSC 出場に向けてレギュレーションを通過し完走できるだけの車体をできるだけ早く作り上げる。

### 5. まとめ

今年に関してはコロナウイルスの関係で活動のほとんどが自粛となり、リモートで可能な限りでしか動けず、大会も中止となり思うように作業ができませんでした。来年度以降は学校での作業ができるようになると思うので、2021 年の鈴鹿・2023 年の BWSC に向けて灯火類・テレメトリ・バッテリーの扱いなどしっかりと学ぶ準備していきたい。

**和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞**

プロジェクト名：和歌山大学ソーラーカープロジェクト

ミッション名：カウルミッション

ミッションメンバー：システム工学部3年森島滉貴,システム工学部3年西野映見

キーワード：BWSC、流体解析、CFRP、空力、3000 km、ソーラーカーレース鈴鹿

## 1. 背景と目的

当プロジェクトは、2021年10月に開催される世界最高峰のソーラーカーレースであるBridgestone World Solar Challenge (以下BWSC)に出場し、優勝することを目標としている。BWSCはオーストラリアの公道約3000 kmを5日間で走りきる過酷なレースである。求められる技術力の高さ、国外大会への出場に伴う様々なハードル、開発からレース本番を含めた様々な場面でのチームマネジメントなど、出場チームには総合的な能力が非常に高い水準で求められる。しかし、だからこそ出場する価値のある大会であり、挑戦する意義のある大会であると言える。

さて、先にも述べたようにBWSCは約3000 kmを5日で走りきるレースである。このため、そのマシン製作において、走行抵抗を最小限に抑えた消費電力量の少ない車体を作ることが求められる。また、マシン走行時の空気抵抗値は以下の式で求められる。

$$F_D = \frac{1}{2} * C_d * \rho * A * V^2$$

空気抵抗[N] = 1/2 × 空気抵抗係数 × 空気密度[km/m<sup>3</sup>] × 前面投影面積 [m<sup>2</sup>] × (速度 [m/s])<sup>2</sup>

すなわち、速度が大きいほど、空気抵抗がその二乗に比例して大きくなり、空気抵抗の影響が無視できなくなってゆく。さらに、BWSC上位チームの平均巡行速度は90km/hを超えており、この速度域では走行抵抗の内の空気抵抗の占める割合が半分以上にもなる。そのため、大会上位入賞を果たすには空気抵抗をいかに小さくするかが重要になる。そこでこのミッションでは、空気抵抗を最大限にまで抑えたカウルの設計・製作を行うことを目的とした。設計を行うにあたり、カウルの3Dモデルを作成し、流体解析を行うことで空力性能の検討をする。さらにその解析の結果をもとに新たなモデルの作成、そのモデルを解析というサイクルを繰り返し行うことで空力性能の向上を図る。また、足回りにおいて、空気抵抗の大幅な削減を図るべく、フロント1輪による3輪の足回りを採用した。そのため、カウル形状においても、横風の影響を受けにくいマシンの流体設計が求められる。そこでこれらを実現することによって、安全かつ消費エネルギーの少ないマシンを製作することが出来るとともに、大会で大きな成果を残すことができるだろう。

## 2. 活動内容

このように、当プロジェクトはBWSC2021に出場するために準備を進めていた。しかし、新型コロナウイルスが流行し、大学での作業が困難になったことにより、予定通りの進行が困難になった。このことから、当プロジェクトはBWSC2021への出場を断念し、2年後に開催される次回のBWSC、

すなわち、Bridgestone World Solar Challenge 2023 に出場し、優勝することにプロジェクトの目標を転換した。これに伴い、今回のミッションにおいては 2021 年に開催されるソーラーカーレース鈴鹿(以下鈴鹿 2021)のオリンピッククラス、すなわち五時間耐久のレースに出場することを決定した。これにより、設計、製作、レース進行などにおいてメンバーの経験値を上げることを目指す。

#### 〈カウル設計〉

BWSC2021 への参加を断念し、うめ☆号 (2019 年にソーラーカーレース鈴鹿に出場した車体) を改修することで鈴鹿 2021 への出場を目指す。しかし、当プロジェクトの本来の目標は BWSC2023 に出場し、好成績を残すことである。したがって、鈴鹿 2021 に対しては、過度に多い予算を割くこと、すなわち、鈴鹿 2021 用の車体の改修において、高額な部品や外注が必要な高度な技術を多用することは本意ではない。したがって、カウルの再生策においても、その材料は安価なものとなり、形状は単純なものとなる。単純にレースに勝ちたいのであれば、カーボン繊維を用いて三次元平面を用いた空気抵抗を減少させることのできるカウルを製作すべきだ。しかし、カーボン繊維は高価で、しかも 3 次元平面を実現しようとするれば高額なカウルの型を外注する必要がある、本命でないレースのためにこれを使用する価値は低い。このため、カウル製作には比較的安価なスチレンボードを使用し、我々学生の技術だけでも製作できる二次元平面のカウルを製作する。また、学生の手のみを用いて製作することを前提とするため、寸法の誤差が大きくなることが予測される。さらに、時間の削減も加味しつつ、今回の設計における緻密な数値設定は控える方針を取る。

このカウルを製作するにあたり、プロジェクト内での議論をもとに、今回のカウル製作において必須となる条件を割り出した。次の 4 つである。①レギュレーションの限界までノーズを伸ばす。②ノーズ後部とカウル末端の高さを等しくする。③カウルの後端をすぼめない。④ノーズ先端位置やテール後端位置を低く設定する。これらについて以下で順に説明していく。

①ノーズの延長によって、図 1 の右側面図における横の長さである全長を限界まで伸ばす理由として、ソーラーカーの側面を流れる空気の流れをなだらかにするためである。車体長さが短いと、流れる空気の後方への変位に対して、横方向の変位が大きくなってしまふ。これによって余分な空気抵抗が生じてしまふ。

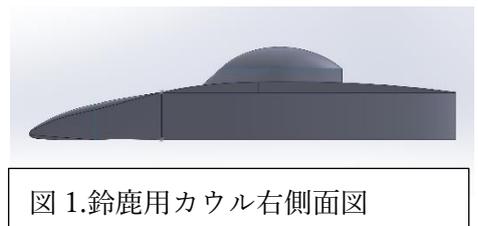


図 1.鈴鹿用カウル右側面図

このため、全長の増加によって空気の横方向の変位を抑制し、車体を流体力学的により空気抵抗の少ないものとするを画策する。なお、これによって型からノーズを取り出すための勾配が大きくなってしまい、ノーズ製作が難化してしまうことが予測される。このようなデメリットも存在するため、製作途中で設計を変更する可能性は残されている。

②カウル末端の高さがノーズ後部より低くなってしまうと、車体を前方から見た際に、その末端の裏側が露出してしまふ。すなわち、前方投影面積が大きくなってしまい、空気抵抗が増加してしまふ。このため、図 2 の赤色の横線が示すように、

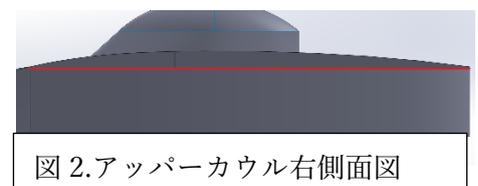


図 2.アッパーカウル右側面図

ノーズ後部とカウル末端の高さを等しくすることで、①と同様、空気抵抗の少ないカウルを設計することを考えた。

③図3のように、カウルの後端をすぼめずに側面を平行に伸ばす理由として、アッパーカウルのソーラーパネルの積載面積を大きくする狙いがある。この設計によって、パネル積載面の側面の空力性能の悪化が予測されるが、その影響はパネル面積の増加による周回可能数の増加よりも影響が小さい物であるとも推測できる。このため、なるべく多くのパネルを積載することのできるアッパーカウルの製作を目指す。

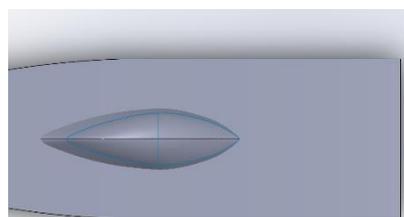


図3.アッパーカウル後端平面

④図4の右側面図のように、ノーズ先端位置やテール後端位置を低く設定することには、ダウンフォースを小さくする狙いがある。ソーラーカーにおいて、ダウンフォースの増加は転がり抵抗の増加を伴うため、可能な限り小さくする必要がある。このため、ノーズ先端位置やテール後端位置を低くすることでダウンフォースを小さくし、同時に空気の流れを緩やかにすることを画策する。

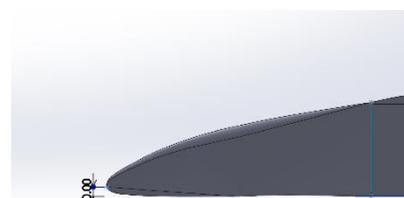


図4.ノーズ形状右側面図

### 3. 活動の成果や学んだこと

鈴鹿2021に出場するにあたり、幾度にわたる走行を経て破損、または劣化してしまったカウルを再製作するという方針のもと、うめ☆号の新作カウルの設計に取り組み始めた矢先に問題が発生した。カウルの設計をするにあたり、うめ☆号の内部の寸法や動作、例えばステアリングのためのホイールの切れ角を計測し、その機動範囲を確保しつつカウルの幅を検討する必要がある。しかし、新型コロナウイルス感染拡大に伴う課外活動制限により、概形だけの設計をこの期間に行わざるを得なかった。したがって、正確な値を用いての設計は現在も完成していない。また、設計者がカウル設計の未経験者であったがために、その概形も先に述べた特徴をそのまま表現できてはいない。さらには流体解析に関しても経験がないため、流体解析にも通常より長い時間を要することが推定される。これらを考慮すると、カウルの完全な改修は困難であることが結論付けられた。

また、一連の入構禁止のために、新入生にも取り組んでもらえる作業が例年より大幅に減少した。また、自分で行うべき作業があれども、リモートでの作業しか行うことができなくなったために、活動をしているという実感が希薄になってしまった。このように、当プロジェクト内でモチベーションの低下が問題となった。これはカウル製作にも大きく影響している。製作現場での現物をもつての説明や、各地での試走の機会が喪失してしまったために、教育の進展が大幅に遅延し、知識や技術の継承が難しくなっている。これを打開するために、オンラインによる勉強会をプロジェクト内で行うことで、新入生と上回生共々カウルやソーラーカーそのものに関する理解を深めてゆくことを企画している。

#### 4. 今後の展開

鈴鹿 2021 は今年の 8 月に開催される予定である。これに出場し、上位入賞を果たすためにうめ☆号の改修を行ってゆく。まず、製作ができるようになるまでに流体解析を繰り返し、設計の最適化を行う。そして、製作ができるようになり次第、新しいカウルの製作を開始し、空力性能の向上を図る。しかし、カウルは全て作るには時間が不足することが推定される。このため、カウル全体の製作を諦め、一部分に特化した製作を行う必要があると考えられる。

また、当プロジェクトの本命ともいえる BWSC2023 の車体のカウル製作に関しては、出場を断念した BWSC2021 の設計から継続することを予定している。しかし、鈴鹿 2021 への出場を決定してからは、その準備のために、BWSC2023 のカウル製作を設計段階で停止させている。現在は、学外の識者である藪下先生や荒賀教授（近大高専）に BWSC2023 のためのカウル形状について相談させていただいている段階だ。このため、停止している設計を再始動し、なるべく早急に先生方と協働姿勢を整える必要がある。

#### 5. まとめ

BWSC への出場を 2 年延期したことで、卒業や引退に伴うメンバーの入れ替えが発生することとなった。したがって、製作作業ももちろんのこと、プロジェクトの技術力の継承や出場へのモチベーションの維持といった点も、今後は非常に重要な課題となってくる。しかし、今年度はリモート活動への急激な対応などもあり、新入生への教育などは特に不十分になってしまった。残り 2 年で BWSC 出場を再実現するためにも、国内最大のソーラーカーレースである鈴鹿 2021 への出場を通して、メンバーの経験蓄積や技術力の向上を図ることが肝心になる。プロジェクト一丸となって、この高い壁を乗り越えていきたい。

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：和歌山大学ソーラーカープロジェクト

ミッション名：フレーム・足回りミッション

ミッションメンバー：システム工学部2年北拓朗, システム工学部3年坂本真悟, システム工学部3年萬谷響

キーワード：高耐久性、走行性能、目標変更、オンライン活動、チームマネジメント

## 1. 背景と目的

当プロジェクトは、2021年10月に開催される世界最高峰のソーラーカーレースであるBridgestone World Solar Challenge (以下BWSC)に出場し、優勝することを目標としている。BWSCはオーストラリアの公道約3000kmを5日間で走りきる過酷なレースである。求められる技術力の高さ、国外大会への出場に伴う様々なハードル、開発からレース本番を含めた様々な場面でのチームマネジメントなど、出場チームには総合的な能力が非常に高い水準で求められる。高い壁であるが、だからこそ出場する価値のある大会であり、挑戦する意義のある大会であると言える。

さて、BWSCのレース特性として、先にも述べたように3000kmを5日で走りきる過酷さがある。レース中は高温かつ強風が吹くなどの劣悪な環境での走行を強いられる。しかし、現在の最新車体「うめ☆号」ではこの環境に耐えられない。そのため、環境に耐えうる新たな車体の設計をする必要がある。このような背景から、本ミッションでは、高い走行性能を満たしつつ、信頼性と耐久性を持つソーラーカーの足回り及びフレームの設計・製作することを目的とする。

## 2. 活動内容

2021年大会に向けての新車体設計としてまずは、BWSC2019年大会の車体規則を参考に小型フレームの開発を目指した。フレームをより小型化することにより、車体全体の重量の削減、前方投影面積の減少による空気抵抗の削減が見込める(①式)。

$$F_D = \frac{1}{2} * C_d * \rho * A * V^2 \quad \dots \textcircled{1}$$

空気抵抗[N] = 1/2 × 空気抵抗係数 × 空気密度[km/m<sup>3</sup>] × 前面投影面積 [m<sup>2</sup>] × (速度 [m/s])<sup>2</sup>

2019大会の車体規則にぎりぎり即しながら、治具などの製作の都合などを加味、また、応力解析をかけつつ、強度の弱い箇所に関しては構造や厚みなどの変化で対応して設計を進めた。

その後、2020年6月5日に、目標とする2021年大会の車体規則が発表された。ここでは、2019年規則では認められていなかった「3輪ソーラーカー」の製作が認められていた。これを受けて、それまでの設計は白紙に戻し、3輪ソーラーカーの製作に挑戦することになる。これは他のチームと同じことをしては、レース経験で劣る私達が他チームより早くゴールすることなど到底できないと考えたためである。重量や空力性能、安定性などといった3輪車体と4輪車体の一長一短を吟味し合った上で、他チームも近年経験のない3輪に挑戦することとした。

当初の活動予定ではこのまま2021年大会に向けて活動を続けていく予定だった。しかし、新型コロナウイルスの影響により、クリエでの活動制限、材料調達への支障から、製作スケジュールに大きな遅れが発生し始めた。メンバーの時間的・体力的な負担の増加や学業への支障が懸念される事

態となり、また、オーストラリアへの渡航制限や大会運営による開催判断がない事から、先行きが不透明なため、製作費の使用に慎重な判断が求められる状況となった。

これらの状況を鑑み、メンバーで議論を重ねることにより、BWSC 出場目標を 2023 年大会に変更した。また、活動内容も予定と大幅に変更し、今年度はレースとしての経験を積む目的で 2021 年ソーラーカーレース鈴鹿に参加することとした。(なおソーラーカーレース鈴鹿は、2020 年大会は中止、更に 2021 年大会をもって、次年度以降の開催はされないとのアナウンスが大会公式より発表されている。)

これ以降は出場大会の変更に伴う活動内容の変更として、2019 年のソーラーカーレース鈴鹿後に発生した問題に関するうめ☆号の修理を複数箇所行った。主な修理内容の 1 つ目は、「ソーラーカーの全幅はトレッド幅の 2 倍以内でなければならない」というレース規則を、カウルの劣化変形により満たせなくなっている問題の解決である。つまり、トレッド幅の拡張もしくは全幅の縮小のどちらを実行するかを議論することとなった。以下にそれぞれの手法のメリット・デメリットを表にした。これについては現在もプロジェクト内でどちらを採用するか検討中である。

表 1 トレッド幅拡張と全幅縮小の比較

	トレッド幅の拡張	全幅の縮小
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車体の走行安定性が増す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車体の空力性能が上がる（前方投影面積が小さくなる）。</li> <li>・カウルの劣化による変形が修正される。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・足回りのパーツを再製作する必要があるためコストが高い。</li> <li>・フレームと足回りパーツの結合を一度外すことになるので、結合部分の強度低下が予想される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工数が多く、工期も長い。</li> <li>・パネルの搭載面積が減ることにより、レース中の総発電量が減る。</li> <li>・パネルの張り替え作業が発生するので、パネルの損傷リスクがある。</li> </ul>

更に、2019 年のソーラーカーレース鈴鹿後に発生した問題に関するマシン修理の 2 つ目として、ブレーキ故障の修復作業を行った。これはブレーキキャリパーのオイル排出チューブの連結部分にある O リングが擦れて劣化していたことにより、ブレーキホース内に空気が流入していたことが原因であった。該当の O リングの取り換えをしようとするするとブレーキキャリパーのオーバーホールが必要になるが、キャリパーのような精密部品は一度分解してしまうと、組み立てなおしても元の動作を再現することが非常に難しい。ドライバーの安全やブレーキ機構の信頼性を鑑みて、最終的にブレーキキャリパーそのものを取り換えて解決とした。

### 3. 活動の成果や学んだこと

学んだこととしてはコロナ禍におけるオンラインでできる事の追究がある。活動制限がかかってから会議や新歓活動、勉強会を始め、CAD、流体解析なども遠隔で行うようになった。現段階でもやれる事は多々あり、他にオンラインで代替できるものがないか日々探究している。更に、今まで

の解析作業は大まかな比較検討のみしか出来ていなかったが、3 輪検討などを通して解析手法を確立した為、流体解析や 3DCAD の活用により車体に関わる要素技術の獲得ができ、比較対象を定量的に扱うことができるようになった。

他に学んだこととして私たちの想像力の乏しさを痛感した。前節から分かる通り、BWSC に向けて作業をしている中、うめ☆号にはあまり手を加えてはいなかった。そのため、エア抜き作業をするまでブレーキの故障に気づくことが無かった。また、コロナウイルスによる入構禁止により、カウル製作に割くことのできる時間が短くなった。このため、カウル修正に割ける作業時間が少なくなってしまうが、これは当初から予想のできる問題であった。

#### 4. 今後の展開

今後の展開としては、メンバーの経験蓄積としてソーラーカーレース鈴鹿 2021 に出場する予定である。足回り・フレーム面での作業は、ブレーキ周りの修理や、後輪のトレッド幅の拡張実験、牽引フック機構の実装などを予定している。しかし、今回のように新型コロナウイルスによってそもそもソーラーカーレース鈴鹿 2021 が開催されない場合や、活動制限延長により車体整備が出来ない場合もあるため、今後の動向に気を配り、目標変更なども含めて柔軟に対応していく。

また BWSC2023 のために、中断している 3 輪検討や小型フレームの設計を、鈴鹿 2021 の準備と並行して進めていく。

#### 5. まとめ

BWSC への出場を 2 年延期したことで、卒業や引退に伴うメンバーの入れ替えが発生することとなった。したがって、製作作業ももちろんのこと、プロジェクトの技術力の継承や出場へのモチベーションの維持といった点も、今後は非常に重要な課題となってくる。しかし、今年度はリモート活動への急激な対応などもあり、新入生への教育などは特に不十分になってしまった。残り 2 年で BWSC 出場を再実現するためにも、国内最大のソーラーカーレースである鈴鹿 2021 への出場を通して、メンバーの経験蓄積や技術力の向上を図ることが肝心になる。プロジェクト一丸となって、この高い壁を乗り越えていきたい。



和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：脳情報総合研究プロジェクト

ミッション名：脳波を用いたマインドワンダリング発生の検知

ミッションメンバー：システム工学部2年中畔彪雅，3年北坂祥貴

キーワード：EEG マインドワンダリング 機械学習 MATLAB ニューラルネットワーク

## 1. 背景と目的

昨年度のミッション[1]で我々は近年、交通事故の件数が減少傾向にあるものの、未だに多いことに注目し、その数を減らすことを考えた。察庁交通局の調べでは平成30年度上半期における自動車・オートバイによる交通死亡事故の原因の第1位が漫然運転であった[2]。漫然運転とは、「集中力・注意力が低下した状態での運転」のことであり、「ぼんやりと運転する、他のことを考えながら運転する状態」のことを言う[3]。我々は漫然運転の状態の中でも特に「他のことを考えながら運転する状態」とマインドワンダリングと呼ばれる現象が関係していると考えた。マインドワンダリングとは、現在遂行している課題以外のことへ思考が逸れてしまう現象のことである[4]。我々は、このマインドワンダリングの抑制が漫然運転の防止に繋がると考え、マインドワンダリングの検知に関する研究を行った。

今年度のミッションにおいても、我々はマインドワンダリングを抑制することを目標とし、調査を進めた。結果、脳波を用いてマインドワンダリングを検知した昨年度の研究[1]から脳波を用いてマインドワンダリングを抑制することができる考えた。そこで、今年度は検知のために機械学習を用い、脳波を用いたマインドワンダリングを抑制するシステムの構築を目的とした。また本ミッションでは任意の交通状況を用意できることや被験者（運転者）の安全面を考え、VR自動車シミュレータ中のマインドワンダリングを抑制することを目標とした。

## 2. 活動内容

### 2.1 実験手法

まず、マインドワンダリングの発生を検知するために、機械学習の中のニューラルネットワークを用いたシステムの作成を考えた。そのために、まず、昨年度の再現実験を基に、脳波データを集めた。ここで、昨年度の再現実験の手法について紹介する[1]。

まず、脳波計（図1）を装着した被験者に自身の呼吸の回数を1~10回まで数えるように指示した。次に、マインドワンダリングの発生に気づいたときに手元にあるボタンを押してもらった。ボタン押し後は数えていた呼吸の回数をリセットし、再度回数を数えてもらった。この流れを複数回繰り返した。

上記の実験を1名の被験者（20歳の健康な成人男性）に対して行った。使用した脳波計やマインド



図1 製作した簡易脳波計

ワンダリング発生を知らせる押しボタンスイッチは、昨年度の研究と同様に、OpenBCI Dry EEG Comb Electrodes と OpenBCI Cyton を用いて、国際 10-20 法における Cz の位置の脳波を計測するために製作したカチューシャ型の脳波計を使用した。また、マインドワンダリング発生を知らせるための押しボタンスイッチも昨年度のものを使用した。

## 2.2 本研究

本研究では、まず、2.1 に上述した方法によりマインドワンダリング発生時と平常時の脳波データを集めた。その集めた脳波データを使い、数値解析ソフトウェアの MATLAB を用いてニューラルネットワークを製作した。ニューラルネットワークの仕組みとしては、脳波データを 1 秒 (256 個のデータ) ごとにフーリエ変換を行い、ある 1 秒の間にボタンが押されていればマインドワンダリング発生と捉え、そのデータ群とそれ以外のマインドワンダリングが発生していない間のデータ群に分ける。今回、マインドワンダリングの発生を検知することが目的だが、全体のデータ数に比べるとマインドワンダリングの発生時の脳波データが非常に少なかった。そのため、マインドワンダリング発生時と通常時を比べると、発生時の脳波データを分類する精度が低くなった。この問題を解決するために、発生時のデータ数と通常時のデータ数を同じにすることで、発生時のデータも高い精度で分類できるようにした。その集めた脳波データの 70% をニューラルネットワークへの学習のためのデータとし、15% をテストのため、残り 15% を過適合による精度の悪化を防ぐためのデータとした。

ニューラルネットワークの構造は、入力をフーリエ変換した 256 個の要素で出来ている脳波データとし、出力は発生時か通常時かの 2 個の要素とした。そして、隠れ層にシグモイド伝達関数、出力層にソフトマックス伝達関数を使用し、隠れニューロンの数を 10 と設定した。

## 3. 活動の成果や学んだこと

### 3.1 活動の成果

2.2 で記述した方法で約 10 万個のデータが集まった。解析を行った結果は下図のようになった(図 2)。テストでは 84.1% の確率で発生時と通常時の脳波を分類することができた。そして、発生時のみでは 94.6% の確率でマインドワンダリングの発生を正しく検知していた。これを学習済み機械学習とし、データ数を減らしていない元のデータを解析した結果(図 3)、76.4% の確率で分類し、発生時には 94.6% の確率でマインドワンダリングの発生を正しく検知していた。全体での正答率は 76.4% となっているが、マインドワンダリングが発生しているにも関わらず、5.4% は検知できておらず、発生していない通常時でも 68.1% が誤って検知している。

**All Confusion Matrix**

	1	2		
Output Class	1	50491 47.3%	14057 13.2%	78.2% 21.8%
	2	2863 2.7%	39297 36.8%	93.2% 6.8%
		94.6% 5.4%	73.7% 26.3%	84.1% 15.9%
		1	2	
		Target Class		

図 2

結果より、全体の分類精度は誤っている部分が多く見られる。しかし、マインドワンダリング発生時の検知の精度は 94.6%であるため、マインドワンダリングの発生を検知し抑制するシステムへの使用は可能であると考えられる。

### 3.2 学んだこと

今年度の活動を通して、マインドワンダリングを検知するプログラムを作成するために必要なプログラミング能力が向上した。また、マインドワンダリングを検知する際に使用したニューラルネットワークに関する知識も習得できた。他にも、コロナウイルスの影響により環境の変化への対応を学んだ。今後は、様々な環境を考慮して対応できるように努力したい。

### 4. 今後の展開

今年度の活動では、脳波を用いてニューラルネットワークによるマインドワンダリングを検知するシステムを構築することができた。しかし、コロナウイルスの影響があり、一人の脳波データのみでニューラルネットワークを学習させることとなった。そのため、教師データとしては偏りがある不完全なものになったと考えられる。今後は、多くの人から脳波データを取ることで、汎用性の高いシステムの構築を目指し、発生時と通常時をより高い精度で分類できるようにしていきたい。具体的には昨年度の研究から目標としていた、VR 自動車運転シミュレータ中におけるマインドワンダリング発生を抑制するシステムの製作を目指す。

今年度及び昨年度の研究より、VR 自動車運転シミュレータ中や自身の呼吸の回数を数える実験でも、マインドワンダリングの発生を検知することができていた。このことから、今回製作したシステムは運転だけでなく、他の課題遂行時でも活用することできると思われる。どんな状況下でも使用できるように、機械全体の小型化を目指したい。

### 5. まとめ

今年度の活動で、機械学習の一つであるニューラルネットワークを用いて脳波データからマインドワンダリングを検知することができた。しかし、精度は低く、データに偏りがある。それに加え、リアルタイムでマインドワンダリングを抑制するシステムは構築できていないため、今後はそのシステムの構築に取り組む予定である。

#### 参考文献

- [1] “脳波用いたマインドワンダリング発生時の検知”，和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト，(2019)
- [2] 警察庁交通局，”平成 30 年上半期における交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況について”，(2018)



図 3

[3] チューリッヒ保険会社, ”漫然運転とは。前方不注意による事故の予防と対策”,  
<<https://www.zurich.co.jp/car/useful/guide/cc-careless-driving/>>, (参照 2020-03-23)

[4] 服部陽介, ”学業場面における自己制御を阻害する要因に関する検討”,京都学院大学総合研究所所報  
16,pp.28-33,(2015-03)

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：レスキューロボットプロジェクト

ミッション名：レスキューロボットの製作

ミッションメンバー：システム工学部2年高柳 克哉 システム工学部2年佐野 承士  
システム工学部2年佐野 巧実 システム工学部3年柴田 康平  
システム工学部2年田羅鋤 祐果 システム工学部2年仲 研太

キーワード：レスキューロボット 汎用アーム 長期使用 要救助者救助 逆運動学

## 1. 背景と目的

### 1.1 背景

レスキューロボットプロジェクトは、「レスキューロボットコンテスト（実際の災害現場を想定したフィールドからダミヤン（要救助者を模した人形）を救助する際の速さなどを競う競技、以下レスコン）で入賞すること、ロボットに関する必要な知識、技術を習得すること」を目標とし、救助ロボットを毎年新たに製作してきた。しかし、従来のこの方針では製作したロボットに課題点が見つかって改良が困難かつ、負担も大きかった。また、今年度は新型コロナウイルス感染症の影響で出場予定であったレスコンが中止となったため、来年度以降のロボット製作を見据えた準備・学習を行うことにした。

### 1.2 目的

昨年度、我々はスタートアップミッションでロボットの土台となる足回り部分を完成させており、そのロボットにレスコンのための機能を搭載する予定であった。そのため、昨年度製作したロボットの土台に搭載可能で、かつ来年度以降も長期使用できるよう汎用性を持たせたロボットアームの製作を行うことをこのミッションの目的とした。

## 2. 活動内容

### 2.1 汎用ロボットアームの製作案

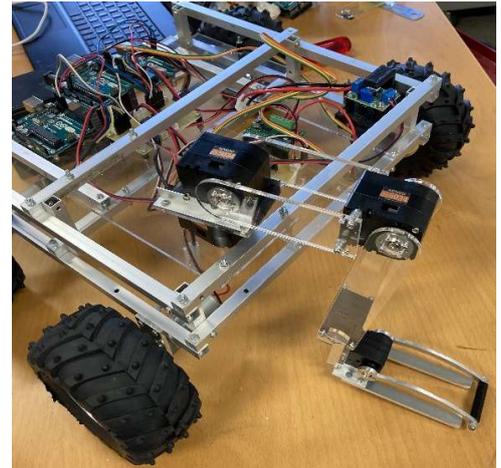
レスコンのフィールド上にはダミヤンのほかに、様々な形のがれきが設置されており、救助活動の妨げとなる。これらのことから、レスコンにおける汎用ロボットアームとは、ダミヤン救助とフィールド上のがれき撤去どちらも可能なものと考え、両方の機能を備えたアームの設計を目指した。

### 2.2 汎用ロボットアームの製作

アームの5つの関節部分は近藤科学のサーボモータ KRS シリーズを採用した。アーム全体を動かすため負荷の大きい根本部分の3つの関節は出力の大きい KRS-5034 を、それ以外の2つの関節は KRS-5034 よりも出力の小さい KRS-3304 を選んだ。フレームには、外部から対象の物体が見やすいように無色透明の厚さ 3mm のアクリル板を使用した。板材の加工には、CNC フライスとレーザーカッターを使用した。製作したロボットアームを図1に示す。



(a) 製作したロボットアーム



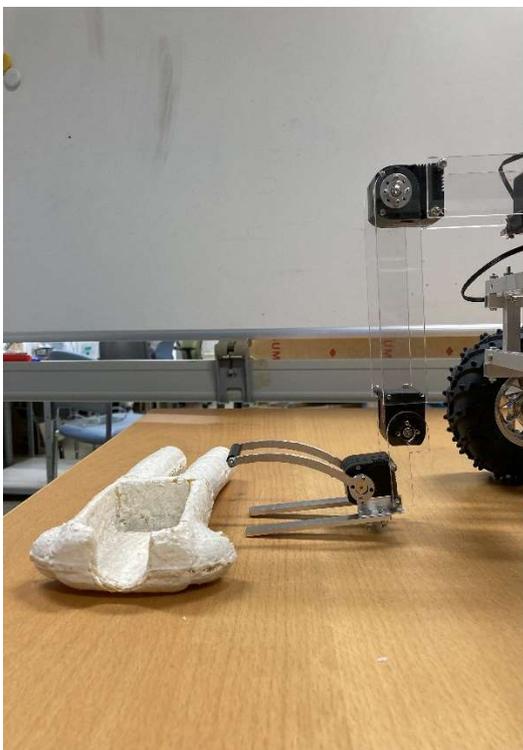
(b) 土台に乗せたアーム

図1 ロボットアーム

### 2.3 ダミヤン救助

要救助者を模したダミヤンに圧力や衝撃が加わるとレスコンにおいて減点される。そのため、レスコンにおけるアームの役割はがれき撤去がメインであった。アームでつかむという行為はダミヤンの負担が非常に大きいからである。

従来型のロボットアームにダミヤン救出という機能を持たせ、汎用性を高めるためにダミヤンの負担を減らす方法を考えた。図2に示すように、アームのハンド部分を地面と同じ高さになるように固定し、車体を前進させることによってダミヤンがハンド部分の2本の爪に乗り、つかむことなくダミヤンの負担を軽減しながら搬送することが可能である。



(a) 車体前進前



(b) 車体前進後

図2 車体移動でつかむ方法

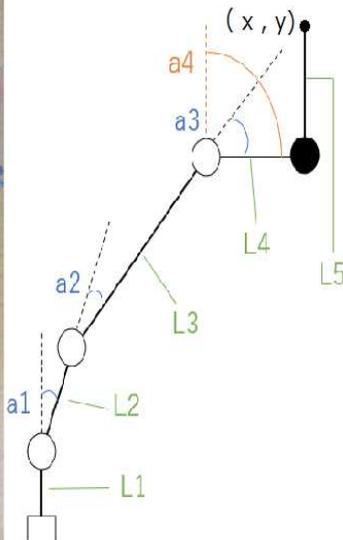
## 2.4 ロボットアームの制御

モータを制御するマイコンである Arduino とサーボモータ間の通信を行う ICS 変換基盤を使用することにより、近藤科学が配布しているライブラリなどが使用できるため、サーボモータを制御するプログラミングが容易になる。また、手先の位置から各関節の角度を求める逆運動学により、5つの関節を1つの座標入力で動かせるため簡単かつ素早くロボットアームを動かすことができる。また、単純に関節角度を送信しただけでは、指定の角度に最高速で動こうとしてしまうので、不安定な動作となる。そこで、モータの現在の角度を getPOS 関数で取得し、目標角度までの一次式の直線を細かく分割して、複数回に分けて角度を変換する直線補間を使い、滑らかな動作を可能とした。

## 3. 活動の成果や学んだこと

### 3.1 逆運動学

アームの制御方法を考える過程で、様々なロボットを動かすために広く利用されている逆運動学について学んだ。今回のアームでは、ハンドの開閉に使用する関節を除いた、アームの姿勢制御に関わる4つの関節の角度をアーム先端の座標と角度から、簡単な三角関数の計算で求めることができるため、制御が非常に楽になる。モデル化したアームと計算式を図3に示す。



$$a_4 = \frac{\pi}{2}: \text{入力変数}$$

$$(x_2, y_2) = (0, L1): \text{第2リンク座標}$$

$$(x_4, y_4) = (x - L_4, y - L_5): \text{第4リンク座標}$$

$$L_v = (x_4 - x_2)^2 + (y_4 - y_2)^2: \text{第2、第4リンク間距離}$$

$$a_1 = \arccos \frac{L_v + y_4^2 - x_4^2}{2L_v y_4} - \arccos \frac{L_2^2 + L_v - L_3^2}{2L_2 \sqrt{L_v}}$$

$$a_2 = \pi - \arccos \frac{L_2^2 + L_3^2 - L_v}{2L_2 L_3}$$

$$a_3 = a_4 - a_1 - a_2$$

### 3.2 機械加工

アームの制御に上記の逆運動学を使用するため、寸法の誤差が致命的なものとなる。なので、フレームやハンド部分などの素材を選定するとき、精度の低い手作業の加工しか行うことができないアルミ角パイプなどを避け、精度が高い機械加工を行うことができるジュラルミンやアクリルなどの板材を中心に購入し、それらの加工方法について学んだ。板材の加工は高精度かつ負担が少ないため、今後のロボットの様々なパーツに板材を活用していきたい。

CNCフライスは「エンドミルと呼ばれる回転する円形の刃を、Z軸を固定しながらXY方向に動かし板材を削る→Z軸を0.1mm下げる」これらを何度も繰り返すことで板材に切削加工を行う(3mmの板材ではこれを30回行う)。CNCフライスで直径2mmの穴あけ加工を行った際、機械が

エラーを起こした。これは、使用したエンドミルの直径が2mmと穴と同じ大きさだったので、XY方向に動く余裕がなく、十分に削ることができなかつたためである。工作機械の動きを理解することで、不可能な加工を知ることができた。

#### 4. 今後の展開

今年度の活動では、新型コロナウイルスの影響で活動できる時間が限られていたので無線通信でのロボットアームの操作まで到達することができなかつた。そのため、来年度ではまず通信関連のことについて学習し Raspberry Pi を用いた無線通信を実現させたい。また、機体の制御にはプログラムだけでは困難を極めるため、ロボット開発を支援するライブラリやパッケージといったものを提供する ROS というオープンソフトウェアの導入も同時に進めていきたい。

また、ミッションの進行途中でレスキューロボットコンテストの規定が大幅に変更され、このことにより今回のミッション以前に製作されたロボットの見直し・変更が必要となった。この作業には多くの時間や費用を使うことになる予想されるが、着実に進めていきたい。

#### 5. まとめ

本ミッションでは、レスキューロボットコンテストに出場させる機体に搭載する汎用ロボットアームを製作することを目標に活動してきた。新型コロナウイルスの影響により課外活動が禁止されている期間ができたために、今回のミッションで予定していた無線化に着手することはできなかつたが、ロボットアームの機体の製作を終えることができた。これからは、今回の予定で達成できなかつたことを重点的に活動していく。

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：レスキューロボットプロジェクト

ミッション名：複合センサを用いた自己位置推定

ミッションメンバー：システム工学部 2年小森日和 システム工学部 3年今中新平  
システム工学部 3年唐津祐輝 システム工学部 2年石橋東紗  
システム工学部 2年上岡留巳

キーワード：自己位置推定、ROS、ロータリーエンコーダ、オドメトリ、LiDAR

## 1. 背景と目的

レスキューロボットプロジェクトでは、「ロボットに関する技術を習得し、レスキューロボットコンテストで入賞すること」を最終目標としている。そのため例年はレスキューロボットコンテストに出場するための機体の製作などに取り組んできた。

しかし今年度は新型コロナウイルスの影響もあり、大学内での活動が著しく制限されることが予想されたため、直接レスキューロボットコンテストにはかかわらないかもしれないが、技術を習得するという点に立ち返って、学習を中心とした活動にすることとした。

そのためにこれからの技術として何が必要になるかを考えたときに私たちは、自律制御が必要であると考えた。人が操縦を行うことにより操縦者の技能や熟練度が機体の性能を左右することがあり、自律制御が実装できれば安定した動作を行うことが可能になる。

自律制御のために必要な技術は様々存在しており、ロボットが自分のいる位置を推定する自己位置推定や自分の周辺の地形などを認識する地図作成や移動ルートを作成する経路作成などが存在する。これらの技術は膨大であり、簡単に理解できるものではないため今年度は自己位置推定に関する学習を中心にしていくこととした。

また ROS (Robot Operating System) というオープンソースソフトウェアは、可視化ツールである RViz や動力学に基づいたシミュレーションが行える Gazebo など様々なパッケージが標準で利用することができ、自律制御に関係するライブラリなども多数公開されているためそれらが使用できるように ROS の導入も目指した。

そのためにこのミッションの目的としては、ROS や自己位置推定についての理解を中心に、事前知識の収集を行うこととシミュレータ上での自己位置推定の実装としました。

## 2. 活動内容

### 2.1 ROS

まず ROS のシステムや使い方から全員で学習を始めた。ROS を安定的に動作させるには Linux の Ubuntu をインストールした PC を用意する必要があったが、オンラインでの活動となり、Linux の PC を個人で用意することは難しかったため WSL という Windows の機能を使うことで仮想環境により Linux の環境を用意して活動を行った。

## 2.2 自己位置推定

研究事例などから現在の手法としてどういったものが存在するかを調べ、その原理などについて学習を進めて、特に amcl(Adaptive Monte Carlo Localization)というプログラムによる自己位置推定について学習した。

## 2.3 シミュレータによる自己位置推定の実装

gmapping というプログラムを用いて地図データを生成し、その地図データをもとに、amcl というプログラムを用いて、自己位置推定を行った。

図1のようなシミュレータを用意して、自己位置推定を実装した。

図2はシミュレータ上で地図データをもとに自己位置推定を行っているときの画面である。緑の点々が自己位置の候補である。



図1.実行中のシミュレータ画面 (GAZEBO)

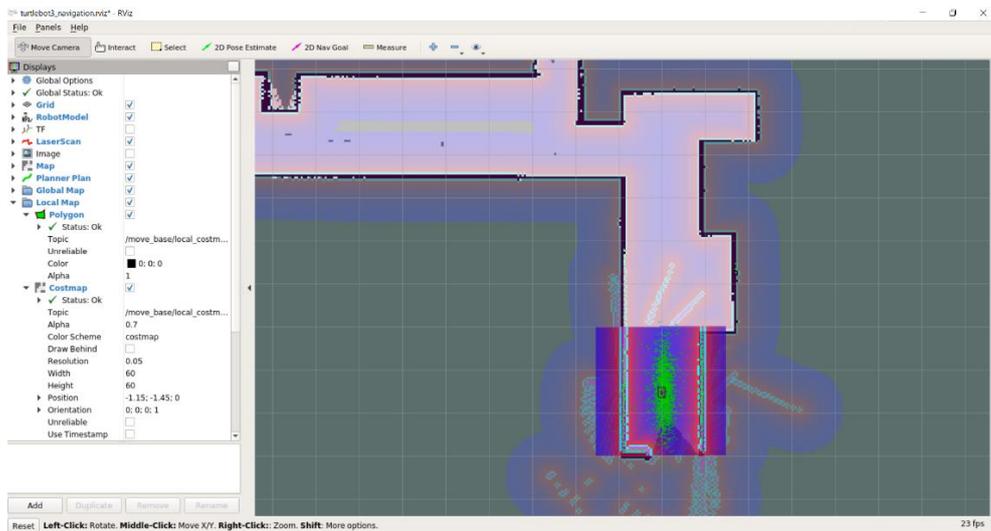


図2.自己位置推定実行中のシミュレータ画面 (Rviz)

## 3. 活動の成果や学んだこと

### 3.1 ROS

ROS では一つのプログラムの単位を Node (ノード) といい、そのノードごとにメッセージと

呼ばれる形で必要なデータの通信が行われる。そのためソフトウェアの再利用性という点で優れており、ハードを変更しても簡単に動かすことができるためライブラリなどの公開が盛んにおこなわれている。

またその複雑になりやすい Node を可視化し、管理してくれるパッケージも存在しているためプログラムの管理も行いやすい。

### 3.2 自己位置推定

自己位置を推定する方法としては内界センサや外界センサをつかったものが存在する。

内界センサを使った自己位置推定として最も有名であるのは、ロータリーエンコーダを使ってタイヤの回転角から移動距離を計算し、自己位置を推定するオドメトリであるが、タイヤの滑りなどから誤差が発生しやすい。ほかに IMU、ジャイロでタイヤの空転や滑りなど検知して補正をくわえる手法も存在する。

外界センサを使った自己位置推定としては Lidar などの光学センサを使って距離を測定して作成済みの地図データと照らし合わせることで位置を推定する手法が存在する。

ただどの手法も単一のセンサの場合は誤差を修正できないなど、問題点があった。

そこで複数のセンサ情報から推定位置を計算しなおすことでそのような問題を解決している。複数センサによる推定結果をスキャンマッチングやカルマンフィルタなどによって組み合わせることで複合センサによる自己位置推定は実装されている。

### 3.3 amcl(Adaptive Monte Carlo Localization)

amcl とは適応モンテカルロ位置推定を行うライブラリでオドメトリと Lidar から自己位置推定を行い、格子ベースを用いて、2つの情報を統合して計算し、推定を行う。

格子ベースとは、自己位置推定したい空間内で目印となるランドマークの情報があらかじめ得られなかった場合、有効な方法である。目印となるものは、ランドマークではなく任意の障害物とし、Lidar から得られた情報をもとに認識する。空間をある程度の大きさの格子状に分割して捉え、障害物があると判断した格子を塗りつぶし、障害物がない格子はオープンにしておく。

あらかじめランドマークがわかっている状態から自己位置推定を始める特徴ベースと比べると計算量は多くなるが、汎用性ははるかに高い方法になる。

センサの情報を統合する時はパーティクルフィルタを使って計算を行う。このフィルタの特徴は、計算量が多くなる代わりに外乱に強い点である。外乱とは、タイヤのスリップや障害物への、不意の衝突による弾み、光学センサの乱反射などのノイズのことをいい、パーティクルフィルタでは、これらの外乱がランダムな値をとることを前提にして計算することができる。つまり、より現実に即した推定を実現することができる。

そのため、推定値が、尤度の低い外れ値であっても捨てずに計算を行い、尤度が高い推定値はそのまま残して計算を行い、尤度が低いものは、リサンプリングにより調整する。

このように、オドメトリから得た情報に含まれるノイズの値が法則性を持たないことを、考慮した上で扱うことができるのがパーティクルフィルタの利点となっている。

#### 4. 今後の展開

今年度は新型コロナウイルスの感染拡大の影響で対面での活動ができなかったため、シミュレータ上での自己位置推定の実装は行えたが、実機を用いての実装が行えなかった。

そのため、今後の展開としては実機の製作、その実機を使用しての地図作成、自己位置推定の実装を進めていく。そしていずれ操作をせずとも自律制御によりロボットを動かせるようにしていきたいと考えている。

また、レスキューロボットコンテストの競技内容が多数変更された。そのため、コンテストでの実装に向けて競技内容に対応するための修正やそのためのアームの機構を搭載するなどのレスキューロボットコンテストに向けた活動もまた頑張っていきたい。

#### 5. まとめ

このミッションを通して、ROS についての理解が深まった。先述のとおり ROS はロボット開発に適した多くのライブラリパッケージが公開されており、提供されている技術は多岐に渡る。機能の拡張性も高いことから、ROS の理解を深めることは来年度以降の活動に対しても大きなメリットとなった。

自己位置推定については基本的な考え方やどんな手法が用いられているかなど全体としては表面的になってしまった点もあるが、網羅的に学習することができ、今回学んだことをこれからの活動に生かしていきたい。

シミュレータ上での自己位置推定の実装においては、今回はオンライン上での活動だったため人によって開発環境が大きく異なり、エラーなどで作業が思うように進まなかったが、なんとかシミュレータ上での実装は行うことができた。今後は、実機での実装を進めていきたい。

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：Sound as a System

ミッション名：直感的な GUI のクロスプラットフォーム立体音響演出システムの開発

ミッションメンバー：システム工学部 3 年中野裕介，システム工学研究科 1 年近藤伊佐直，システム工学部 3 年大森伊月，システム工学部 3 年北林悠河，システム工学部 3 年山本創大

キーワード：立体音響，クロスプラットフォーム，GUI，JUICE Framework，VST プラグイン

## 1 背景と目的

本ミッションは、専用の音源や高価な設備を必要としない立体音響演出を実現する目的で、昨年度のミッション「位相制御を用いた立体音響演出システムの開発」を発展させて遂行したミッションである。

昨今の映画やゲームといったデジタルコンテンツにおいて、立体音響演出は広く活用されている。これらの立体音響演出は、映画館等の施設に設置してある多数のスピーカーから、あらかじめ緻密に計算された音源を再生することで実現している。そのため、音源の制作から再生機器に至るまで大掛かりな設備や特殊な機材を必要とすることが多く、低コストでの実現が困難であった。

そこで昨年度、より多くの方に様々な場面で立体音響演出を楽しんでもらうため、低コストで体験できる立体音響演出システムを開発した。具体的には、位相制御技術を用いることで使用機器を必要最小限にし、かつ一般的な音源形式に対応させることでコストの削減に成功した。

一方で、課題点も新たに見つかった。それは、正位相・逆位相を制御するユーザインタフェース (GUI) にスライダーを採用しており、専門知識を持たないユーザにとって思い通りの演出を行うことが困難であった点である。

そこで本ミッションでは、様々な場面で運用できるシステムに改良することと、立体音響演出を思い通りに行えるようにすることの 2 つを目的に掲げた。具体的には、昨年度のシステムを基に、クロスプラットフォームアプリケーションとして、専門知識を必要としない直感的な GUI を持つシステムを完成させることを目標として設定した。

## 2 活動内容

本ミッションでは、GUI を刷新したクロスプラットフォームアプリケーションを開発するにあたり、専門知識を必要としない直感的な GUI の実現を最も優先すべきと考えたため、まず GUI のデザインを行ったのち、それに合わせて開発環境を選定し、その後に開発と評価を行った。以下では、これらについて詳細に述べる。

### 2.1 GUI のデザイン

昨年度開発したシステムの GUI を図 2 に、本ミッションで開発した GUI を図 1 に示した。

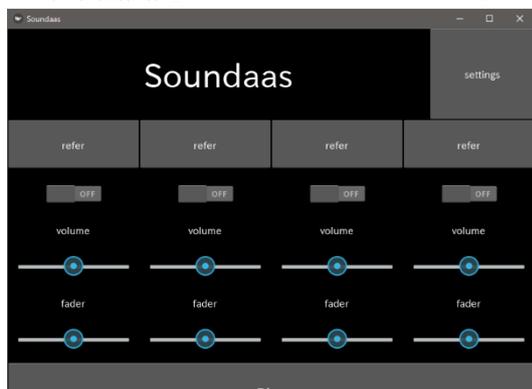


図 2：従来システムの GUI



図 1：本ミッションの GUI

昨年度開発したシステムのユーザインタフェースは、四隅に配置したスピーカーからなる正方形の各辺をスピーカー対として扱い、各スピーカー対に対して正位相・逆位相を制御するスライダーを対応させて操作する方式を採用していた。これでは実際の空間と操作画面の対応付けができず、実際にどのように空間に音を配置しているかがイメージしにくい。そこで、実際の空間を模した仮想的な空間「Sound Space」を画面上に表示し、その空間内に音源オブジェクトを配置するインタフェースとしてデザインした。

## 2.2 開発環境の選定

本ミッションのシステムは、JUICE を用いて C++ で開発することとした。JUICE は、ネイティブアプリケーションや VST プラグインのビルドが可能なクロスプラットフォームアプリケーション開発フレームワークであり、音声信号処理や GUI 開発が行いやすいという特徴を持つ。また、音楽制作ソフトウェア上で動作するプラグインを開発する標準的なフレームワークとしても知られている。

昨年度は、位相制御によって立体音響演出を行うことは一般的な手法ではなく、初の試みであったことを考慮し、企画から実装までの試行錯誤を行いやすいよう、軽量言語である Python を用いて開発を遂行した。これに対し、今年度は昨年度の開発実績があるため、開発コストよりも動作速度や安定性、対応しているプラットフォームを重視し、開発言語・フレームワークを選定した。

## 2.3 開発と評価

開発は、前節で選定した JUICE を用いて行った。チーム開発の形態も昨年度からさらに効率化を図った。具体的には、処理を行うクラスやメソッドの定義を明確にし、メソッドのシグネチャを事前に共有したうえで、GitHub を用いて各担当者が並行して開発を行った。また、デザイナーとエンジニアとのコミュニケーションを円滑に行うため、GUI の設計には Adobe Xd を使用した。これにより素材の受け渡しや配置についての共有を正確かつ迅速に行うことができた。

なお、開発したシステムの評価は、プロジェクトメンバー複数人で聴取によって行った。聴取は、スピーカー4基とオーディオインタフェースをコンピュータに接続して行うもので、昨年度と同様の設備で行うことができた。結果については、3.2 節で詳細に述べる。

# 3 活動の成果や学んだこと

## 3.1 開発システム

開発したソフトウェアは、主に GUI 部と内部処理部に大別される。

GUI 部では右側のボタンを通じて BGM の選択や環境音の動的な追加・削除、スライダーを使った基準音量の設定ができる。左側の GUI (Sound Space) では、ドラッグアンドドロップによって BGM や環境音を 2 次元的に空間に配置することができる。

内部処理部では、GUI の入力を受け取り、再生・停止・位相・音量・出力位置のそれぞれを制御している。処理において工夫した点として、GUI によって入力されたパラメータから各種制御を行うパラメータへの変換アルゴリズムが挙げられる。Sound Space 上にある音源オブジェクトの座標 (中心点からの距離と偏角) を算出したのち、偏角に対応する方向に再生位置を設定し、距離によって音量を変化させている。なお、距離が一定以上離れた場合 (GUI の外周部分にオブジェクトが配置された場合) には、位相を反転させることで音像をぼかし、周囲から音が聞こえるようにする効果を演出している。また、GUI の変更はすべてリアルタイムに処理され、出力に反映される。

さらに、スタンドアロンのアプリケーションとしてだけでなく、VST3 プラグインとしてもビルドし、VST ホストアプリケーション上で動作することを確認できた (図 3)。これによってホストアプリケーションやほかのプラグインと連携し、さらに自由度の高い音響演出を行うことが可能になった。

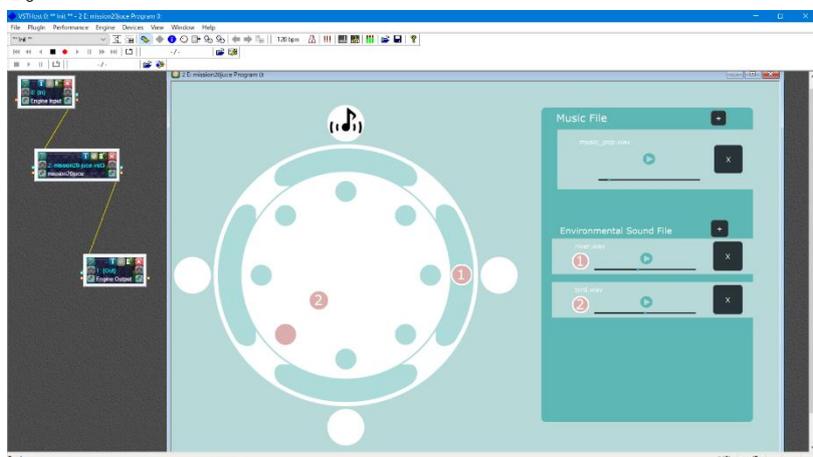


図 3：VST プラグインとしての動作

### 3.2 検証の結果と考察

本ソフトウェアを使用した立体音響演出の検証の様子を図 4 に示す。検証の結果、Sound Space の中心近くに配置した音源はより近くにあるように感じられ、中心から遠い位置に配置した音源はより遠くにあるように感じられた。いずれの場合も、音源のある方向を正確に感じ取ることができた。外周部分に配置した音源は、音の聞こえる方向がわずかにあいまいとなり、より”ユーザ周囲の環境音”としての特性を増したように感じられた。

環境音の再生中に Sound Space 上の音源オブジェクトを移動させることで、指定した方向に音源が実際に動いているように感じられた。画面上での操作と実際の空間での演出との連動が強化されたことによる GUI の直感性を確かめることができた。



図 4：立体音響演出システムの検証風景

### 3.3 学んだこと

開発したソフトウェアは、専門知識を必要とせずいかに直感的に操作できるかを追求して GUI のデザインを行った。エンジニアも含めたメンバー全員が GUI のデザインについて議論し、様々な視点からの意見を取り入れることで、ソフトウェアの設計思想を GUI に反映させることができた。これは、各々が考えるシステムのビジョンを言語化して共有することで、システムの要件定義・設計を行う経験だといえる。そのため、システム開発における上流工程に携わる

際に必要な知識や観点、取り組み方を身に着けることができたと考えられる。

昨年度の Python 開発とは異なり、JUICE を用いた開発では、フレームワークの提供しているテンプレートにならい、定義と実装を分けて行う開発を経験し、C++による効率的なチーム開発の方法を学ぶことができた。内部処理の実装では、オーディオデータの扱いや音声の入出力方式の違いを理解する必要があり、より一層サウンドプログラミングについての理解が深まった。また、JUICE コンポーネントを用いた GUI の実装では、オブジェクト指向に基づく GUI 開発の経験ができた。

## 4 今後の展開

本ミッションでは、目標に設定したシステムを完成させることができ、昨年度のシステム以上に演出が容易になっただけでなく、音声処理の安定性や遅延等の品質も格段に向上したため、ゲームやライブパフォーマンス等での実運用も行えるものであると考えられる。また、クロスプラットフォームアプリケーションとして開発したため、様々な環境でプラグインとして動作させることができ、昨年度のシステムと比較して活用の機会も格段に増加した。

そこで、Unity Native Audio Plugin としてビルドし、ゲームエンジンである Unity を用いたゲーム開発に組み込むことや、VST・AU・AAX プラグインとしてビルドし、作曲やライブパフォーマンスで広く活用されているデジタルオーディオワークステーション (DAW) 上で動作させることが今後の展開として考えられる。

Sound as a System プロジェクトで並行して遂行していたミッション「立体音響演出システムを用いたメディアアートの制作」では、立体音響演出を効果的に活用できるメディアアート作品について模索した。そこで探究した演出に、本ミッションで開発したシステムを効果的に応用することを、具体的な今後の展開として計画している。

## 5 まとめ

本ミッションでは、より多くの方に様々な場面で立体音響演出を楽しんでもらうことを目的に、昨年度開発した低コストで体験できる立体音響演出システムを改良した。昨年度開発したシステムでは、直感性を欠く GUI が採用されており、操作には一部専門知識が必要であった。また、Python アプリケーションとして動作していたため、プラットフォームの制限が大きかった。そこで、GUI の刷新とクロスプラットフォームアプリケーション化を目標に、C++を用いて開発を行った。

開発したシステムでは、専門知識を必要とせず直感的に操作できるよう GUI を刷新した。それに伴って、GUI で入力されたパラメータを用いて出力音声を制御できるよう、内部処理にも大幅な変更を加えた。その上で、クロスプラットフォームアプリケーションとしてビルドし、Windows ネイティブアプリケーションとして動作させるだけでなく、macOS 上での動作や VST プラグインとして作曲ソフト上での動作も行えるようにした。

これらの改良によって、システムを用いた演出はより直感的に行えるようになり、システムの活用機会も大幅に増加した。

本ミッションを通して、音声信号処理や GUI の実装についての理解が深まっただけでなく、オーディオプラグイン開発のデファクトスタンダードとなっているフレームワーク JUICE を用いた開発では、オーディオプラグイン開発の技術を体系的に習得できた。JUICE でのプラグイン開発の経験は、今後の応用の機会も多いと考えられる。

今後は、本ミッションで開発した立体音響演出システムと、Sound as a System プロジェクトで模索してきたメディアアートや空間演出手法とを融合させ、より多くの方に音による感動を提供していきたいと考えている。

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：Sound as a System

ミッション名：立体音響演出システムを用いたメディアアートの制作

ミッションメンバー：

システム工学部3年生 近澤幸郎  
システム工学部3年生 山本創大  
システム工学部3年生 北林悠河  
システム工学部3年生 大森 伊月  
システム工学部3年生 中野 裕介  
システム工学研究科1年生 近藤 伊佐直

キーワード：メディアアート、立体音響、ホログラム、プロジェクションマッピング、インタラクティブ、芸術

## 1. 背景と目的

今年度申請ミッションである「直観的な GUI のクロスプラットフォーム立体音響演出システムの開発」で制作するシステムを用い、音響を主軸にしたメディアアートを実現するための映像作品及び投影装置を制作する。霧スクリーンやホログラム演出装置と、クロスプラットフォームに対応したオリジナル立体音響システム、幻想的なグラフィックムービーをインタラクティブに組み合わせ、1つの空間演出作品として形にするのが最終目標である。本ミッションでは以下の2つを制作する。

### エポキシ樹脂を用いたホログラム映像表現

この制作物は本ミッションの目的である「映像による空間演出」に重きを置いた制作物であり、昨今注目が高まってきている 3DCG 技術と、高い透明度と扱いのしやすさを持つ「エポキシ樹脂」を用いた非常に鮮明なホログラムを用いることで、平面ではなく 3 次元的な立体の映像表現に挑戦する。また私たちの音響システムは立体的に音源を表現するものであるため、立体的な映像表現と組み合わせることで、音響に合わせたインタラクティブなメディアアートを作り出すことができると考える。

### 霧投影スクリーン(フォグスクリーン)による空間の雰囲気づくり

狭い空間(部屋)内に大きなスクリーンを設置すると、どうしても形式的なインターフェースを感じてしまい、映像や音源の魅力的な美しさを最大限発揮することが難しいと考えられる。そこで、スクリーンに霧を用いることにより、装置的な部分を隠し、“霧のゆれ”によって付加される幻想的な映像表現によって、私たちの音響システムが与える空間演出効果の向上が期待できる。

## 2. 活動内容

### エポキシ樹脂を用いたホログラム映像表現

音響に合わせたインタラクティブな映像作品の内容は、ホログラムで展示することを考慮し、様々

なモデルが音響に合わせ動的に変化することができるような映像とした。

まず、いくつかのモデルを作成し様々なマテリアルを適用、試作を繰り返すことで「エポキシ樹脂での投影に最も合うマテリアル」の開発を行った。試作を進める過程で写実的な表現よりも、幾何学的かつ近未来的な雰囲気のマテリアルが目指す作品の雰囲気に合っているということに気づき、「近未来的な雰囲気の演出」と「動的に変化させる」という二つの要素を別々の処理として以下のようにマテリアルに組み込んだ。

#### <近未来的な雰囲気の演出>

1. カラーランプによりレンガテクスチャの透過されていない部分の色を変更
2. 放射ノードにより描画されるテクスチャを描画モードに基づいてランバート発光させる
3. 透過 BSDF によりレンガテクスチャにジオメトリが存在しないかのような屈折のない透明性を追加する
4. シェーダーミックスノードにより上記二つのノードを混合

#### <動的に変化させる>

1. ジオメトリノードによりシェーディングポイントの位置情報をマッピングノードに入力として渡す
2. マッピングノードによりテクスチャの静的な入力を動的なものに変換する
3. ベクトルの分割方向を XYZ 分離ノードで指定
4. 動的に変化させるベクトルの情報をレンガテクスチャに渡す

このようにシェーダーノード（図 1）を組み合わせることにより、動的に変化する近未来的なマテリアルを作成し、動的に形状を変化させるモデルに適用することで投影用の映像を作成した。

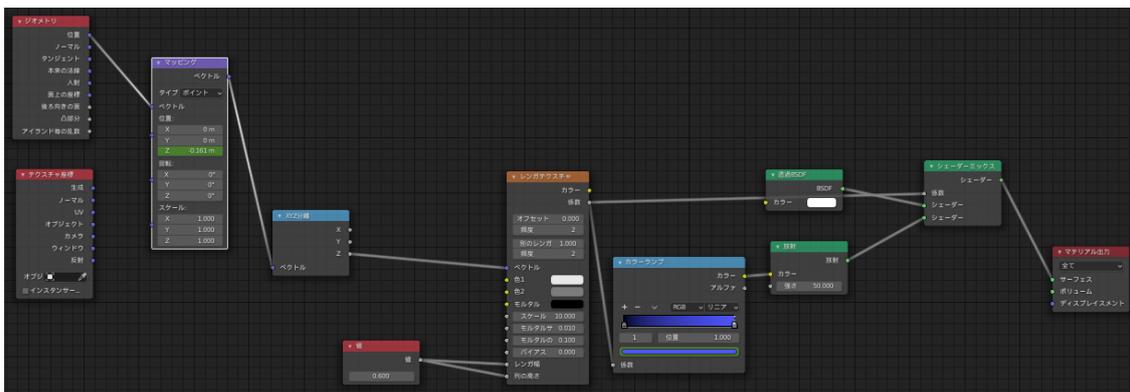


図 1

次に投影用のエポキシ樹脂を成型した。エポキシ樹脂は扱いが容易という特徴を持つが低温下での硬化が遅いこともあり樹脂の硬化に苦労した。樹脂の型には切断や組み立てが容易なプレキシガラス板を用いた。樹脂と硬化剤を 2:1 の割合で混合し約 24 時間常温でゆっくりと乾燥させた。冬場で部屋の室温が低く硬化が難しいため、室温を一定に保ちつつカバーを被せながら乾燥させることで、埃などの付着を防ぎ急激な硬化によるムラを発生させずに成型することができた。（図 2）

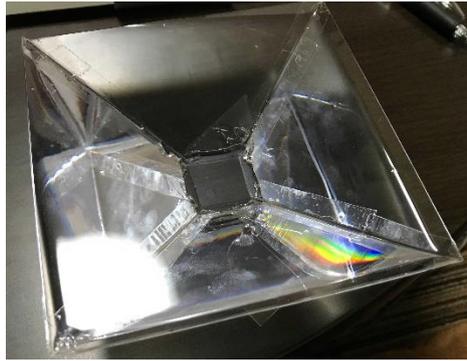
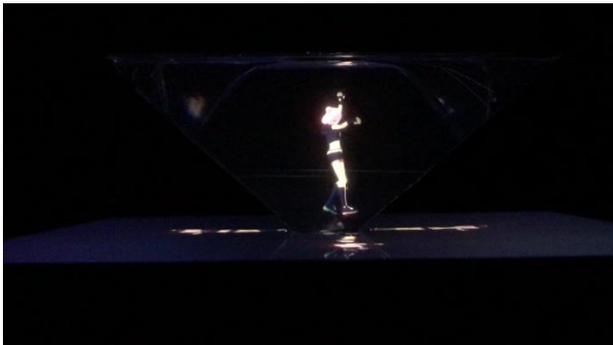


図 2

< 投影結果 >



霧投影スクリーン（フォグスクリーン）による空間の雰囲気づくり  
 コロナにより装置を組み立てるスペースが確保できなかったため、霧投影の雰囲気に合わせた写実的で美しい映像作品の制作を本ミッションでの目標とした。映像作品の内容は霧に投影することを考慮し、自然物をメインとする美しい風景とした。写実的な表現に強い Unreal Engine を制作ツールとして利用し制作を行った。(図 3)

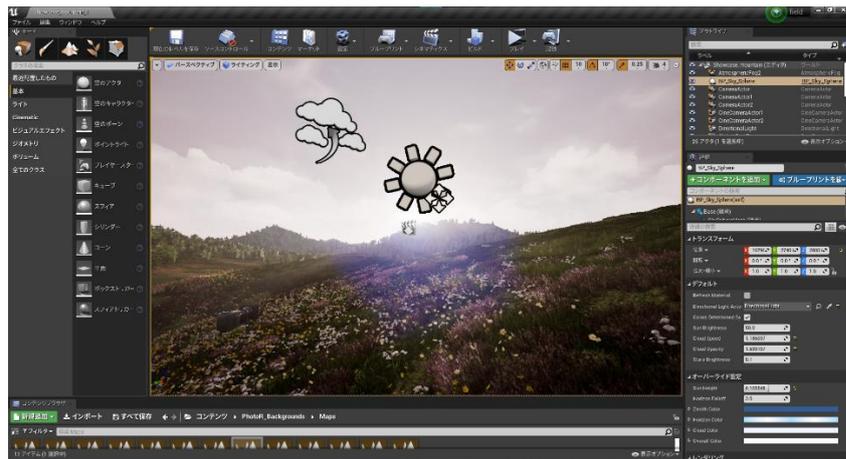


図 3

### 3. 活動の成果や学んだこと

今回の制作を経て本ミッションの目標である、「音響に合わせたインタラクティブな映像作品」(図 4) と「霧投影の雰囲気に合わせた写実的で美しい映像作品」(図 5) を作り、エポキシ樹脂へホログ

ラムのように投影することができた。この制作の過程で blender や Unreal Engine だけでなく Maya や Fusion 360 などの様々なツールに触れたことで、各ツールに対する理解度・表現技術を向上させることができた。また音響の雰囲気や世界観、投影を用いる実際の空間に合わせ表現方法を工夫することで様々な演出が可能になると考えられる。また、図2にあるように、昨年度のクリエイティブ制作プロジェクト（CGP）ミッションの成果物である「CGP ちゃん」の3Dモデルとモーションをホログラム投影するなど、CGPの活動とも連携できる装置・作品を作り出すことができ、今後、団体の垣根を超えた大きな発展が期待できる結果となった。

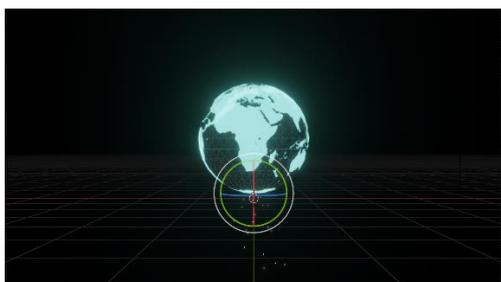


図4



図5

#### 4. 今後の展開

当初は音響システムを用いたメディアアート作品の予定であったが、コロナによる情勢と並列ミッションのスケジュール上、作品として音響システムと組み合わせることができなかつたため、今回の制作では演出用の機材の完備と映像作品の制作、そして映像制作のスキル向上に注力した。また、音響設備との連携を前提とした映像作品を完成させることができたが、音響システムとの連携は、現時点では事前に設計する必要があるため、今後の展開としてシステムとの連携をプログラムで制御、自動化し、その場でインタラクティブに変化する演出を可能にしたいと考えている。

さらに、現在CGPの活動で取り組んでいる、会話が可能な音声BOTシステムと組み合わせることによって、あたかもマスコットキャラクター「CGPちゃん」が現実世界に存在するような演出をするなど、よりCGPと連携した作品作りを行っていききたい。

特に、「音響」を主軸においてメディアアートを設計することで、従来のメディアアートと少し違った印象を持たせることができると考えており、本プロジェクト活動は、一般の方にも音響設計の重要性、音の魅力伝える大きな足掛かりになると考えられる。したがって、今回学んだことを活かし、今後は本ミッションの最終目標である映像と音が同時に変化し、観覧者と作品とが一体化したような展示作りに取り組んでいきたい。

#### 5. まとめ

本ミッションでは、同プロジェクトの音響システムを用い、その紹介や展示に用いることができるメディアアート作品のための映像作品や、装置の制作を行うことができた。また、日々進化を続けるメディアアートの分野に対する知見や映像スキルを、実際に先述してきたような作品を制作することを通して学ぶことができた。今後、本ミッションで制作した「音響」を主軸に設計したメディアアート作品を、一般の方々に広く展示し、音響設計の重要性、奥深さ、音の魅力伝える足掛かりとあってほしいと考えている。

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト  
＜2020年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：NC 機械製作プロジェクト

ミッション名：GRBL を用いた Arduino による CNC フライスのためのモータ制御

ミッションメンバー：システム工学研究科 1 年加藤颯，システム工学部 3 年唐津祐輝

キーワード：CNC，ステッピングモータ，モータドライバ，オープンソース，GRBL

## 1 背景と目的

本プロジェクトの目的は NC 工作機械の製作を行い「ものづくり」の基本要素の学習を行うことである。プロジェクトの目的を達成するために、ミッションで CNC フライスを運用するための準備としてモータの制御を行いたいと考えた。

そこで、CNC での軸の移動に使用するステッピングモータの制御を行うため、モータドライバ回路の製作と Arduino を用いるオープンソースの CNC 制御用ファームウェアである GRBL の実装とその利用を行おうと考えた。本活動を通して、ステッピングモータの性質や CNC フライスの 3 軸移動の方法について理解することを目標とした。

## 2 活動内容

### 2-1 モータドライバ回路の製作

ステッピングモータの回転を制御するために、モータドライバ回路の製作を行った。自作工房というサイトで公開されているステッピングモータドライバ回路の物品配置図（図 1）を参考に製作を行った。

より具体的には市販されている数万円の CNC 用のモータドライバ回路から必要な機能だけを取り出したものを製作した。まず使用されているステッピングモータ用の IC と同等のものを購入し、ステッピングモータとの接続用のコネクタや後述するカレントダウン機能を実装するための部品をとりつけることで回路全体として 2000 円程度で実装できるようにした。

ステッピングモータは、回転していないときも回転しているときと同等の電力を消費し、モータも発熱してしまい期待した運用ができない場合がある。回転が停止している状態は、そこまで大きなトルクが必要ないので、モータに流す電流を抑えることで無駄な電力の節約をすることができる。これをカレントダウンといい、モータの出力調整機能を利用して実現した。出力調整機能はドライバ IC の特定の端子に印加する電圧に応じて出力する電流値を変化させることができる機能だ。印加する電圧はトランジスタを利用したスイッチングによって接続している抵抗値を変化させることで比較的簡単に行うことができた。

これらの部品をはんだづけしモータドライバ回路の製作を行った(図 2)。

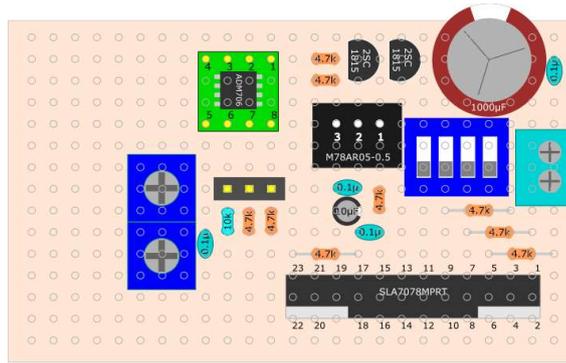


図1 モータドライバ回路物品配置図『自作工房』より引用

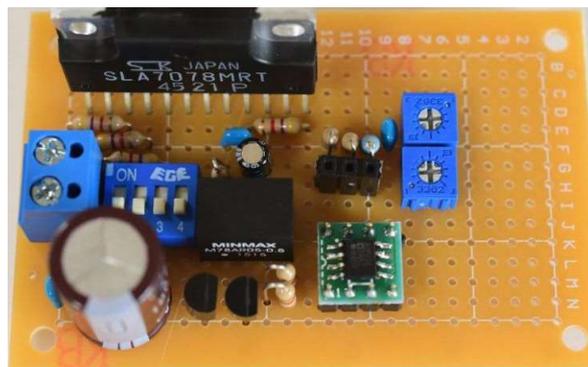


図2 製作した回路

## 2-2 CNC の制御

モータドライバ回路と GRBL を搭載した Arduino を利用し CNC の三軸移動を行った。

CNC の本体は、オープンソースハードウェアのコミュニティ内で提供されているフレーム組立キットを購入し、クリエより貸し出していただいたハンドトリマーを取り付けて用意した (図3)。ここにステッピングモータとドライバ、電源を接続して実際に駆動させた。

GRBL は Arduino を用いたオープンソースの CNC 制御用ファームウェアで、CAM で作成した G コード (NC 工作機械の位置規定や軸移動などの内部設定を規定するもの) を基に実際のモータの回転の指示を行う。今回は、GRBL Controller というソフトウェアを用いてパソコンから Arduino へ G コードを転送して利用した。

OpenSource Hardware 日本語コミュニティを参考に G コードを直接入力させての駆動と公開されているサンプルデータを読み込ませた場合の駆動 (図4) をそれぞれ行った。



図3 CNC 本体

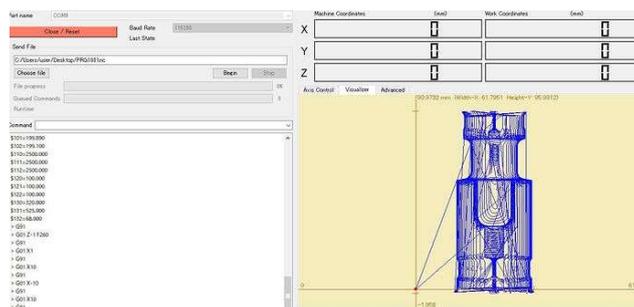


図4 GRBL Controller にデータを読み込ませた画面

### 3 活動の成果や学んだこと

ミッションメンバーは今までモータドライバ回路については DC モータ用のものしか触れてこなかったため、ステッピングモータ特有のカレントダウン機能というものを知り実装することができた。しかし、製作した回路の部品配置を参考にしたサイトと全く同じにしたため機能を拡張するためには新しく作り直す必要があり、これはせっかく製作費用を抑えたにも関わらず余計な費用がかかる可能性があるため懸念事項となってしまった。

CNC の制御ではステッピングモータを回転させ 3 軸の移動を実現することができた。しかし、当初スピンドルモータを取り付けて駆動させることを想定していた所により重いハンドトリマーを取り付けたことで、恐らくステッピングモータのトルクが足りなくなり脱調してしまった。特にハンドトリマーを引き上げる際に頻発した。今後、よりトルクのあるステッピングモータに交換する等の対策が必要である。

### 4 今後の展開

今回の活動を通じてステッピングモータを駆動させ、CNC の位置調整を行う方法を学習することはできた。しかし、予算の都合でスピンドルモータを購入できず代わりにハンドトリマーを取り付けて使用したため、スピンドルモータ制御を行うことができなかった。次年度以降は当初想定していた通りスピンドルモータを使用し安定な動作確認をした上で実際の加工を行い、加工時の様々なデータ（加工精度や、加工時間等）を収集しプロジェクトの目的達成のための活動を行っていきたいと考えている。

他にも、スピンドル以外のレーザ出力装置や 3D プリンタ用の射出口を取り付けてレーザーカッターや 3D プリンタとしての活用も行っていきたい。

## 5 まとめ

本プロジェクトは、「ものづくり」の基本要素の学習のためにコンピュータで制御を行うNC工作機械の製作、改良を目的に活動している。そこで本ミッションでは、スタートアップとして本格的な活動に必要なNC工作機械の本体となるフレームの組立や動作のためのステッピングモータの制御に関する活動を行った。

本来はCNCフライス本体（主にフレーム部分）の自作も行いたかったが、クリエでの工作機械の使用が制限されていたため断念し組立のキットを購入した。いつか挑戦してみたいと思う。

### 謝辞

本ミッションの活動に際して様々なサポートをしていただいた、指導教員の吉村博先生をはじめクリエスタッフの皆様方に心から感謝をお伝えしたいと思います。本当にありがとうございました。

### 購入物品

品名	数量	単価	金額	使用目的	
C-Beam 初期型（3軸CNC本体フレーム組立キット）	1	54888	54888	CNC本体	
直流電源24v350w	1	5100	5100	CNC本体	
工具固定座 65φ	1	4200	4200	CNC本体	
モータドライバSLA7078MPRT	1	540	540	モータドライバ	
半固定ボリューム（1KΩ）	2	50	100		
電解コンデンサー1000μF 50V	1	80	80		
電解コンデンサー10μF 50V	1	10	10		
セラミックコンデンサ0.1μF	10	15	150		
DIPスイッチ 4P	1	50	50		
監視回路 ADM13307-33ARZ	1	200	200		
DC-DCコンバータM78AR05-0.5	1	380	380		
SOP8 DIP変換基板	1	100	100		
NPNトランジスタ2SC1815	2	200	400		
ターミナルブロック 2ピン	1	20	20		
クリエポイント変換	1	3782	3782		加工用アクリル板購入費等
		合計	¥70,000		

### 参考

[1] 自作工房 <https://bbs.avalontech.jp/>

[2] OpenSource Hardware 日本語コミュニティ <https://bbs.avalontech.jp/>