

No.21 プロジェクトリサーチ 活動報告書

RoboCup Logistics League に挑戦

アドバイザー教員： 植村 渉

メンバー : Y220375 西田 勇気(代表者)

Y220398 小森 柚佳

Y220305 篠原 佑汰

Y220359 山根 広嗣

# 報告書

## 目的

私たちメンバー4名（西田 勇気，小森 柚佳，篠原 佑汰，山根 広嗣）は植村研究室に所属しており，当研究室ではロボットやAIに関する研究を行っている．活動の一つとして毎年ロボカップに出場しており，私たちもロボットやAIに関する知識を深めるために出場することにした．

この大会の種目の一つとして RoboCup Logistics League Simulation Challenge というものがある．Logistics League とは，第四次産業革命を意識した工場を課題として取り扱っている．具体的には大量生産に適した固定ラインから，多品種少量生産に対応する柔軟なライン体制を重視する工場が増えたことに伴い，複数の素材を複数の加工機械に運ぶ必要がある環境に適用できるようなロボットの開発を目的としたリーグである．この競技では最大3台のロボットが加工機器の間を動き回り，協調して効率の良い生産のプランニングとスケジューリングを目指している．これらをシミュレータ上でを行い，7月のRoboCup世界大会2024で成果を発表することを目指す．

## 計画

- 5月：RoboCup Logistics League のルールブックを熟読し，競技の流れをメンバー全員が理解する．また，ロボットを動かすために必要となる ROS(Robot Operating System)の実装について勉強する．
- 6月：与えられたタスクに対して効率的に処理をする3台のロボットの協調とMPSへの最適な経路決定についての行動計画(プランニング)を行う．また，それらを実装するシミュレーション環境(Gazebo)の勉強と構築を行う．
- 7月：7月13日～25日にオランダ・アイントホーヘンで開催されるロボカップ世界大会2024へ向けて最終調整を行い，出場する．
- 9月：ポスターセッションに向けてポスターを作成し，発表内容の議論を行う．
- 10月：龍谷祭のポスターセッションで発表を行い，活動内容のまとめに入る．
- 11月：活動時間表，報告書などの必要書類の準備をし，提出する．

## 調査方法

ROS や Gazebo，経路探索などの基礎知識は，各自が書籍や関連する Web サイトを読むことによる勉強とアドバイザー教員からの指導及び上回生からのアドバイスを受けることによって身につける．基礎学習と並行して，世界大会に向けて活動する．活動は3パートによって構成され，各3台のロボットに処理するタスクを割り当てる「プランニング」，それぞれのロボットがMPSを効率的に巡回するための経路を決定する「経路探索」，及びそれらのシミュレーション環境を整える「環境構築」である．

まず，「プランニング」及び「最短経路」を Python プログラムで実装する．ここで，自律移動ロボットにはセンサーなどの情報処理・ロボットの駆動系の制御といった複数のプログラムが必要となるが，これらは既存のシステムに合わせて改良する．

その後，「環境構築」により実装した Gazebo 上でのシミュレーションを通じて，各ロボットがタスクを処理し，MPSを巡回する動作を視覚的に確認する．また，ロボット同士の協調動作や通信，センサーからのデータ取得・処理が適切に行われているかも確認する．

## 活動経過

### ○チーム全体の活動経過

まず、ROS や Gazebo、大会ルール、システムの確認および理解をチーム全体で行うことから始めた。その後、3台のロボットに対する「プランニング」と「経路探索」を担当するグループと、「環境構築」を担当するグループに分かれ、6月末まで作業を進めた。

しかしながら、各グループで作業が思うように進まず、7月のロボカップ世界大会で成果を発表することはできなかった。

成果の発表はできなかったが、RoboCup 世界大会においてシミュレーションに関する知識を得ることができ、その知見を基にプロジェクトの完成を目指した。

### ○個人の活動内容

(西田 勇氣)：

#### ・ RCLL のルールの理解 (5月-6月)

RCLL のルールの理解のために GitHub で公開されているルールブック<sup>[1]</sup>を読んだ。ルールブックは英語で書かれているため、まずは翻訳を行い大まかにルールの把握を行った。その後、自分たちのプロジェクトに特に関係のありそうな部分については上回生も交えて認識を合わせながらルールの理解を行った。

#### ・ アルゴリズムの考案 (6月-9月)

プランニングのプログラムを作成するにあたりどのようなアルゴリズムで場合分けするのが良いかを議論した。今回は簡単に実装するために order に関する4つのパラメータ (order の複雑度, MPS と対象ロボットとの距離, 製作の制限時間, 納品の制限時間) を設定して、それらから優先度を求める手法を考えた。

#### ・ 割り振りパターンの調査 (8月-10月)

アルゴリズムの作成と確認を行うために、order を自分たちで仮定してそれをどのように割り振り、プランニングするかを手動でシミュレートした。紙で仮想的なフィールドを用意してその上に MPS の模型やロボットの模型を配置して動かすことで、自分の手で直接、確認ができ、ルールの理解にも役立った。

#### ・ Python でプログラムの実装 (6月-10月)

今回のプロジェクトでは完全なプランニングプログラムの実装まではできなかったが優先度を求める部分や order を分割する部分など一部のシステムを作成することができた。

研究室のチームのメインプログラムに実装するにはプランニングのアルゴリズム以外にもプログラム間の通信やその他のプログラムとの連携も行わないといけないので今後の課題としたい。また、チームのプログラムに反映させるにあたり、RCLL で使われているロボット間通信のプロトコルや ROS, チームのプログラム<sup>[4]</sup>の勉強も行った。

#### ・ プログラム開発に必要な知識の習得 (6月)

今回のプロジェクトではチームでプログラムなどの開発を行うために必要なツールなどに

についても学習する機会を得られた。GitHub や Docker などを今まで使ったことがなかったため、開発に必要なツールの勉強を行った。

(小森 柚佳)：

- ・ルールブックの理解 (5月-6月)

英語で書かれた RoboCup のルールブックを日本語に翻訳し、ルールを理解する作業から始めた。過去の先輩の修士論文に詳細な RoboCup の背景説明が掲載されていたため、それを参照しつつ、ルールブックの内容を自分なりに整理し直した。また、具体的な計画立案に必要な情報 (MPS の稼働時間や停止時間など) が修論には含まれていなかったため、該当部分は独自に翻訳して情報を集めた。

- ・ROS の勉強 (5月)

ロボットを制御するために必須となる ROS について、基礎から学習を開始した。インターネットの情報だけでは足りない部分もあり、研究室にある書籍<sup>[8]</sup>や図書館の資料、さらに先輩に質問しながら理解を深めた。ROS の基礎知識を学んだことで、後述のロボット間通信にも活かされた。

- ・ロボット間通信 (6月)

Refbox や MPS, 各チームのロボット間の通信方式を学び、ロボットが位置情報やタスク進行状況を伝達する「AgentTask」を活用した。特に、この情報を活用することで、衝突回避やタスク割り振りなどに役立てることができると考えた。通信方法を設定して試行したが、エラーが発生し、完成には至らなかった。

- ・RoboCup 世界大会に参加 (7月)

2024 年 4 月に行われた JapanOpen ではメイントラックが実施されなかったため、世界大会に参加し、直接ゲームを観戦した。5 日間の大会で様々なチームと技術交換を行い、特にポスターセッションを通じてオーストリアやドイツのチームから多くの学びがあった。オーストリアチームが提案していたシミュレーション環境は自分たちのプロジェクトに関連性が高く、帰国後に試行した。

- ・環境構築 (8月)

Symposium で得た知見を基にシミュレーション環境の構築を試みた。Windows 上の WSL で Ubuntu を使用していたが、起動がうまくいかず、VMware を利用して仮想環境を作成した。

ゲームスタートと Refbox の操作が可能となったが、シミュレーションの連携にはいくつかプログラム修正が必要で、Refbox による MPS 配置がシミュレーション上に反映されない問題が残った。過去に公開されていたドイツチームのプログラムが見つければ、さらに動作確認ができると考えている。

(篠原 佑汰) :

- ・ルールブックの理解 (5月-6月)

RoboCup Logistics League のルールブックについて勉強を行った。要点の部分を和訳し、チームで内容を共有した。特定の条件下でしか起こらないルールやポイントのシステムなどがあり理解するのが難しいものも多くあった。

- ・ROS の勉強 (5月)

ロボット間の通信を行うために書籍<sup>[8]</sup>を用いて ROS を勉強した。この知識を習得することでロボット開発を円滑に行うことが出来るため ROS を使えるようにチームで勉強内容を共有した。

- ・環境構築 (6月)

Docker を用いてチームのプログラムを実行可能な仮想環境を構築した。この環境は、WSL 上にセットアップした Ubuntu で動作しており、Docker はその Ubuntu 内で動作している。これにより、必要なソフトウェアやライブラリを Docker コンテナ内で一元的に管理できるように試みた。

しかし、チームのプログラムである btr2024 を build するところからエラーが起き、実行できなかった。

- ・プランニング (7月)

主に一連の生産タスクをどのようにロボット間で分担し、それぞれが具体的にどの役割を担うべきかを議論した。ここでのタスクとは、生産プロセスを構成する個別の作業単位を指し、部品の輸送、組み立て、完成品の輸送である。一つの製品を完成させるには、これらのタスクを適切な順序で実行する必要がある、特にタスク間の依存関係や順序の整理が重要なポイントであった。

- ・経路計画 (7月-8月)

ウェブサイト<sup>[6][7]</sup>を参考にして MPS 間の移動経路を A\*アルゴリズムで経路を作成した。RCLL の競技ではロボットと MPS の位置をグリッドマップで表現するため、グラフ探索アルゴリズムである A\*アルゴリズムと相性が良い。今回は大局的な経路計画のみを考えたが、今後は局所的な経路計画に他のアルゴリズムを組み合わせることでより効率的なロボットの経路を作ることが出来るだろうと考えている。

(山根 広嗣) :

- ・ルールブックの理解 (5月-6月)

RoboCup Logistics League のルールブックを読んだ。ルールブックの内容はすべて英語で書かれていたため、要点を和訳し、競技場の形式や競技進行、得点方法についてチームメンバーと議論を重ねることで内容を把握した。特に、競技の得点システムについて、単に製品を納品すればよいわけではなく、複数の要素（中間生産ステップと最終納品のポイント、競合オーダー、納品時間枠の制約）を考慮する必要があり理解に苦労した。

- ・ ROS の勉強 (6 月)

ロボット間の通信やデータ共有の基礎を書籍<sup>[8]</sup>から学んだ。主に、ROS の基本概念であるノードやトピックについて学び、ノード間でメッセージを送受信する仕組みを理解した。特に、トピックを利用したパブリッシャーとサブスクライバーの役割を勉強した。

- ・ 環境構築 (6 月-7 月)

Docker 上で Gazebo の環境構築を試みた。はじめに、上回生から示されたウェブサイト<sup>[3]</sup>を基に、Docker をインストールし、コンテナを立ち上げた。そして、リーグ用の Gazebo のデータが置いてあるウェブサイト<sup>[5]</sup>に沿って、Gazebo でロボットシミュレーションを実行できるよう、必要な設定ファイルをインストールした後、実行環境を整える作業を進めた。

一通りの設定が終わり、Gazebo を起動したが、シミュレーション上で競技場やロボットが表示されず、正しく動作させることができなかった。

## 成果

プランニングにおいて、ロボット間での効率的な通信を実現する方法や、タスクの分割および適切な割り振りに関する検討を行った。

競技において最短経路の選択が重要な要素となるため、経路探索には A\*アルゴリズムを採用した。このアルゴリズムは、スタートからゴールまでの総コストを効率的に計算するものであり、グリッドマップを用いた RCLL の競技特性に適している。A\*アルゴリズムを用いて、各地点間のコストを評価し、最適な経路を導き出す大局的な経路計画の実装手法を提案した。

## まとめ

今回のプロジェクトは、最終的に目標としていたプランニングプログラムの完成には至らなかったが、その過程で多くの成果と学びがあった。

まず、プランニングに関わる理論やアルゴリズムに対する理解を深めることができた点は、今後の研究活動に大いに役立つと考えている。特に、ロボットの協調動作や経路探索の最適化に関する知識は、今後さらに改良を重ねることで、より高度なシステムの開発につながると見込んでいる。

また、今回のプロジェクトでは、多くの技術的な課題に直面したことで、チーム一丸となって、実際の開発に必要なスキルや知識を習得し、技術的な視野を広げることができたのは大きな収穫であったと考えている。

まとめとして、今回の活動は目標達成には至らなかったものの、チームメンバーそれぞれが自らの技術的成長を感じ、次なるステップへとつながる多くの学びを得ることができたといえる。今回の経験を活かし、チームとして、また、個々のさらなる技術の向上に努めていきたい。

以上

## 参考文献

- [1] rulebook2024.pdf <https://github.com/robocup-logistics/rc11-rulebook/releases> 2024年5月閲覧
  
- [2] BTR2024の準備 <https://www.kdel.org/wp/?p=3484> 2024年5月閲覧
  
- [3] Windowsに Docker Desktop をインストール <https://docs.docker.jp/desktop/install/windows-install.html>  
2024年5月閲覧
  
- [4] BTRのプログラム [GitHub - BabyTigers-R/rc11: Program files for RoboCup - Logistics league](https://github.com/BabyTigers-R/rc11)  
<https://github.com/BabyTigers-R/rc11> 2024年6月閲覧
  
- [5] RoboCup-Logistics Gazebo Simulation <https://github.com/robocup-logistics/gazebo-rc11/blob/master/README.md>  
2024年7月閲覧
  
- [6] 簡単な A\* (A star) 経路探索アルゴリズム (Python コードつき) Wikipedia  
[https://ja.m.wikipedia.org/wiki/A\\*](https://ja.m.wikipedia.org/wiki/A%2A) 2024年8月閲覧
  
- [7] よくわかる A\*(A-star)アルゴリズム (Unity2D のサンプルコードつき)  
[https://qiita.com/2dgames\\_jp/items/f29e915357c1dec4b7#:~:text=A\\*](https://qiita.com/2dgames_jp/items/f29e915357c1dec4b7#:~:text=A%2A) 2024年9月閲覧
  
- [8] Morgan Quigley, Brian Gerkey, William D.Smart 著  
プログラミング ROS Python によるロボットアプリケーション開発 オライリージャパン  
2017年12月18日発行