

2025-15

RoboCup Logistics League でのチャレンジ達成  
に向けた Kachaka の開発

アドバイザー教員: 石崎 俊雄  
(植村 渉)

メンバー: Y230323 竹内 颯太郎(代表者)  
Y230316 武村 琉希  
Y230319 杉本 悠介  
Y230337 植田 春来  
Y230372 松田 和輝  
Y230384 荒生 敏岳  
Y230390 南原 勇輝  
Y230407 西島 慧

# 報告書

## 目的

私たち、竹内颯太郎、杉本悠介、南原勇輝、植田春来、荒生敏岳、西島慧、武村琉希、松田和輝の8名は植村研究室に所属し、ロボット工学およびAI技術に関する研究に取り組んでいる。植村研究室では、研究活動の一環として毎年RoboCupに挑戦しており、本年度もロボット技術の理解を深めることを目的として参加することにする。

RoboCupにはRoboCup Logistics League (RCLL)という、将来の工場内の物流工程を想定したタスクを扱うリーグが存在する。RCLLは大きくMain TrackとChallenge Trackに分かれており、Main Trackでは複雑な生産工程をロボットが自律的に遂行する総合的な能力が問われる。一方Challenge Trackは、Main Trackで必要となる要素技術に焦点を当てその性能を個別に評価するためのタスクで構成される。その中でも今回は、Challenge Trackに含まれるNavigation Challengeに注目する。Navigation Challengeは、地図情報をもとにロボットが経路上の障害物を回避しながら指定されたゾーンへ到達するための経路を自律的に計画し実行できるかを評価するタスクである。レベルがEasyからHard、そしてHard+1へと上がるにつれて経路上の障害物の数や配置が複雑になり、最終のHard+1では障害物の配置に関する事前情報が与えられない環境で、その場で取得したセンサ情報のみを用いて経路計画が行えるかどうかの評価される。

これらの技術開発および検証はシミュレータ上で行い、7月にブラジル・サルヴァドールで開催されるRoboCup世界大会2025にて成果の発表を目指す。

## 計画

- 5月：RCLLのルールブックを確認し、競技の手順や採点方式について全員で理解を共有する。また、Kachakaのサブスクリプション設定・APIの動作確認を行い、ロボット制御の基盤を整える。
- 6月：Kachakaを用いてタスクプランニングおよび経路生成の実装に着手する。タスクプランニングでは競技で発生しうる作業を整理し、優先度や移動量を考慮したタスク割当モデルを構築した。
- 7月：7月17～20日にブラジル・サルヴァドールで開催される世界大会に向け最終的な調整を行い、本番に参加する。
- 8, 9月：研究成果をまとめるためのポスターを作成し、発表内容について議論する。
- 10月：龍谷祭のポスターセッションにて研究内容を発表し、一連の活動を総括する。
- 11月：活動時間表や報告書など、必要書類を整備し提出する。

## 調査方法

本プロジェクトでは、RCLL Navigation Challengeで求められる技術要素であるタスク

プランニング、経路計画、シミュレーション環境の構築などを体系的に学習し、チームで実装・評価することを調査方法として設定する。

Navigation Challenge では、家庭内移動ロボット Kachaka を使用する。Kachaka は LiDAR とカメラを搭載し、自己位置推定や経路計画、障害物回避を自律的に行うことができる。また、クラウド連携型の API が提供されており、外部プログラムから目的地指示や動作制御、センサ情報の取得が可能である。これにより、ルート追従タスクを柔軟に実装できる。

まず、競技仕様を正確に把握するためにルールブックを読み込み、ロボットに要求される精度、取り扱う地図データの形式、走行パターンなどを整理する。同時に、Kachaka に関する設定作業や API の動作確認を行い、センサ情報の取得や制御命令の送信など、実験に必要な基本操作を理解する。

基礎技術を身につけるため、ROS、経路探索アルゴリズム、自律移動ロボットの制御構造などについて書籍・Web 情報を用いて学習し、上級生からの助言も得ながら知識を深める。そのうえで、Kachaka を用いてタスクプランニングと経路決定処理の実装を進める。

タスクプランニングでは競技で想定される作業を洗い出し、各タスクの重要度や移動距離を踏まえた割当モデルを Python を用いて試作的な実装を行い、実ロボットが期待した動作を行うか逐次検証する。

## 活動経過

### ○チーム全体の活動記録

RCLL の競技ルールおよび市販ロボット Kachaka の API や仕様について確認と理解を行うことから始めた。特に、競技内の Navigation Challenge を目標に定め、必要なシステム構成の検討を行った。

その後、開発段階において、大会システムの RefBox から指示されるフィールド座標と Kachaka が持つ内部座標に相違があるという課題に直面したため、この解決に向けたプログラム開発を進めた。具体的には、同次変換行列を用いて座標系の回転と平行移動を行い、RefBox の指示を Kachaka が正しく解釈できるようにする独自の座標変換プログラムを実装した。

最終的に、実装したプログラムと Kachaka の移動 API を組み合わせ、未知の障害物が追加された Navigation Hard +1 に挑戦した。その結果、指示された 12 か所のゾーンすべてに到達することに成功して当初の課題を達成することができ、Best Performance in Challenge Track - First Place を受賞した。

### ○個人の活動記録

竹内 颯太郎(代表者):

大会に向けたシミュレーション環境構築を行い、実際に大会に参加し、大会会場における Kachaka と制御 PC のセットアップをおこなった。現地の Wi-Fi 環境下で RefBox と正しく通信できるようにネットワーク設定を行い、日本で行ったシミュレーション通りに実行できるか、本番直前まで接続テストと環境構築を行った。

荒生 敏岳(マップ担当):

マップ担当として、Navigation Challenge で使用されるフィールドマップの仕様に関する調査を行った。具体的には、RefBox が定義するグローバル座標系の原点および軸の向きを特定した。

南原 勇輝(マップ担当):

RCLL のルールブックをもとに、マップにおける座標系の定義、ゾーン配置について整理し、ロボットが参照可能な情報としてまとめた。

植田 春来(RefBox 担当):

大会システムである RefBox の仕様調査を主に行った。Navigation Challenge において RefBox から送信される指示内容を詳細に確認し、目標ゾーン情報やフィールド座標系の定義、各メッセージに含まれるパラメータの意味を整理した。

杉本 悠介(RefBox 担当):

大会システムである RefBox の動作確認を中心に行った。実際に RefBox を起動し、Navigation Challenge 用の設定を行った上で、ロボット側ソフトウェアとの通信が正しく行われるかを確認した。具体的には、目標ゾーン情報や競技進行に関するメッセージが想定通りに受信できているかをログで検証した。

松田 和輝(Kachaka 担当):

市販の自律移動ロボット Kachaka の仕様調査および提供されている API の動作確認を行った。自己位置推定機能や経路計画機能、移動命令の入力方法について理解を深め、目的地座標を指示した際のロボットの挙動を実機で検証した。

西島 慧(Kachaka 担当):

座標変換処理後に得られた目標位置を Kachaka の移動 API へ入力し、指定したゾーンへ正常に到達できるかを確認した。

武村 琉希(予算担当):

予算担当として、RCLL への参加に伴う費用や必要物品の整理を行った。具体的には、Kachaka のサブスクリプション費用、開発に必要な機材を把握し、活動計画に沿って予算を調節した。

## 成果

市販の自律移動ロボット Kachaka を RCLL 競技環境に適応させるため、フィールド座標系とロボット内部座標系の不一致を同次変換行列を用いた座標変換プログラムによって解決し、その結果、通常の Navigation Hard で用いられる機器配置に加えて経路上に未知の大型障害物を 1 個追加した Navigation Hard+1 の条件下で、RefBox から指定された全 12 ゾーンへの正確な移動・到達を達成した。

## まとめ

今回のプロジェクトは、市販ロボット Kachaka を RCLL 競技環境へ適応させ、Navigation Hard+1 において、全 12 ゾーンへの到達を達成した。これは、フィールド座標系とロボット内部座標系の不一致という技術的課題に対し、同次変換行列を用いた自作の座標変換プログラムを開発・実装することで解決した。

今回のプロジェクトでは、多くの技術的課題に直面したことで、市販ロボットの API を活用しつつ、複雑な競技要件を自作プログラムで解決するという実践的なシステム統合の手法を習得し、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。特に、座標変換やロボット制御に関する理論を実際の開発に適用するスキルは、今後の活動に大いに役立つと見込んでいる。