

次世代ロボットフレームワーク ROS2 の活用による 高機能自律ロボット開発を通じた、 持続可能な社会の実現に資する人材の育成



実施担当者 愛知県立刈谷工科高等学校
教諭 加藤 寛康

1 はじめに

近年、先進国の多くが少子高齢化の進行による労働力の減少、交通事故の増加、さらには環境負荷に対する問題など、さまざまな社会課題に直面している。これらの課題の解決に向け、自動運転技術やロボットの自律制御技術の発展が期待されており、企業や大学においても関連する研究が積極的に進められている。

本取組では、次世代ロボットフレームワークである ROS2 を活用し、高機能な自律ロボットの開発を通じて、社会課題の解決に貢献できる人材の育成を目指す。本取組の特徴は、企業や大学と連携しながら、ロボット開発のプロセスを通じて、生徒の主体性や課題解決能力を育むことに加え、地域社会との連携を強化し、本取組の成果を広く発信する機会を提供する。特に、地方自治体のイベントなどでの発表を通じ、活動の意義を広く周知するとともに、次世代の技術者や研究者の育成につなげることを目的とする。

2 活動成果

2-1 ROS1 から ROS2 へ移行、自律走行ロボットの構成

自律走行ロボット (図.1) の制御パソコンの OS には「Ubuntu 22.04」を採用し、ロボットの制御には「ROS2」を使用している。さらに、ロボットの自己位置推定および自律走行制御には、株式会社ティアフォーが開発する自動運転ソフトウェア「Autoware.universe」を採用した。センサーには、自己位置推定のための 3D LiDAR (HESAI XT16) と、障害物検知のための 2D LiDAR (HOKUYO UST-30LX) を搭載している。駆動系には、ブラシレス DC モータを内蔵したハブモータを使用し、モータドライバには Odrive V3.6 を用いている。これを選定した理由は、Odrive に対応した制御パッケージやインタフェースの活用により、ROS2 環境からの制御系構築が可能であるためである。また、制御パソコンと Odrive との間には、制御パソコンと同様に Ubuntu 環境上で ROS2 を導入した Raspberry Pi 4 を用いている。これは、ROS2 のトピック



図.1 自律移動ロボット外観

ク通信を利用して駆動系を分散制御するとともに、非常停止スイッチなどの物理的接点による入力を扱うために、Raspberry Pi 4 の GPIO を活用する構成が合理的であると考えたためである。電源には、家庭用ポータブル電源と、電動自転車に使用されているリチウムイオン電池を流用した。

これらの OS やソフトウェアは、いずれもオープンソースであり、適切な環境を整えることで誰でも無償で利用できる。本取組では、ロボット開発環境を ROS1 から ROS2 へ移行することで、現在のロボット開発に即したソフトウェア基盤を構築した。ROS2 は、通信の信頼性、リアルタイム性、拡張性の面で従来の ROS より優れており、自律移動ロボットのように複数のセンサ・計算機・制御系を統合するシステムに適している。また、今後の継続的な発展や最新技術との接続を見据えても、ROS2 への移行は教育的・技術的に意義の大きいものである。

2-2 ベクターマップの製作

Autoware.universe を用いた自律走行システムの構築にあたっては、従来の ROS1 環境で使用していた点群地図 (PCD マップ) に加え、走行経路や車線情報、交差点形状、停止線等の道路構造を記述したベクターマップが必要となる。Autoware.universe では、自己位置推定や経路計画、走行制御などの各機能が地図情報を前提として構成されているため、点群地図のみでは十分ではなく、点群情報と意味情報を統合した地図基盤を整備する必要がある。

地図情報の作成には、2024 年に作成した PCD マップを基礎データとして活用し、これを ROS2 環境へ移行するための地図整備を行った。まず、既存の PCD マップに対して、点群処理ソフトウェアである CloudCompare を用い、地図品質の向上を目的としたノイズ除去を行った。

その後、ノイズ除去後の点群地図をもとに、株式会社ティアフォーが提供する Vector Map Builder を用いてベクターマップの作成を行った。Vector Map Builder では、点群地図を背景として参照しながら、走行に必要な道路構造情報を付与することができる。本取組では、実際の走行空間に対応するレーン形状、車両の通行経路、停止位置、分岐部などを点群地図上で確認しながら編集し、自律走行に必要な意味付けを行った。これにより、単なる三次元形状データである PCD マップに対して、走行判断に必要な道路ネットワーク情報を重ね合わせる事が可能となった。

2-3 自律走行ロボット チャレンジ会での評価

つくばチャレンジ及び中之島ロボットチャレンジとは、人々が行き交う実環境において、自律走行ロボットが安全かつ安定して行動できる技術の開発を目的とした公開実験の場である。大学や企業をはじめとする多様な研究開発機関が参加し、実証実験と技術交流を通してロボット技術の向上を図ることを目的としている。

2024 年は中之島ロボットチャレンジで 50m の自律走行を達成したが、植生の誤検知や段差通過時の揺れにより走行継続が困難 (図.2) となった。これを踏まえて機体改良を行ったものの、つくばチャレンジでは駆動系変更に伴う BLDC モータのトルク制御調整が間に合わず、走行開始に至らなかった。これらの結果から、実環境での安定した自律走行には、認識アルゴリズムと駆動系の双方を含むシステム全体の最適化が重要であることが明らかとなった。そこで 2025 年仕様では、2024 年大会で得られた知見をもとに、システム全体の抜本的な見直しを実施した。ソフトウェア面では、従来の ROS1 ベースの構成から ROS2 へ移行し、Autoware.universe を活用した最新の自律走行システムへ再構築を行った。これに伴い、自己位置推定、障害物検知、経路計画、走行制御の各ノード構成やパラメータを再調整し、実環境における安定した通信・制御を実現できるよう改良した。特に、2024 年に課題となった障害物検知アルゴリズムについては、歩道脇の植生や路肩付近の不要反応を低減するよう見直しを行い、不要な停止が発生しにくいシステムへ改善した。



図.2 植生を誤検知して停止中

また、ハードウェア面では、BLDC モータのトルク調整を中心に駆動系の整備を進めた。タイヤ径の変更後に生じていた駆動特性の変化を再評価し、発進時および段差通過時における適切なトルク制御が行えるよう、モータ制御パラメータや駆動系全体のセッティングを見直した。加えて、実走行を繰り返しながら機体挙動を確認し、振動や揺れが自己位置推定へ与える影響を低減するための調整を進めた。これにより、実環境においても安定して走行を継続できる機体へと完成度を高めた。

その結果、2025 年のチャレンジでは、自律走行ロボットによる 450m の自律走行に成功した。これは、2024 年に顕在化した認識・制御・駆動系の各課題に対して、生徒たちが継続的に改善を重ねた成果 (図.3) である。特に、アルゴリズムの見直し、BLDC モータのトルク調整を含むハードウェア整備、さらに ROS 2 への移行に伴うソフトウェア全体の最適化を総合的に進めたことが、長距離の安定走行実現につながった。この 450m という記録は、高校生が達成した自律走行記録として日本一の成果であり、本校の探究的なものづくり教育の到達点を示すものとなった。



図.3 ロボット調整作業中

2-4 農業支援のためのスマート農業ロボット製作

中之島ロボットチャレンジ及びつくばチャレンジに参加したロボットは、3D LiDAR を用いたレーザー計測結果を基に自己位置推定を行う方式を採用している。しかし、この方式には、建物などの「ランドマーク」となる目印が少ない環境では自己位置推定が困難になるという課題がある。特に、広大な農地のように周囲に特徴的な構造物が乏しい環境では、ロボットの位置を安定して正確に把握することが難しい。

本取組では、農業分野における労働力不足の解決も重要な課題である。そのため、3D LiDAR に依存しない自律走行ロボットの開発にも、生徒とともに継続的に取り組んでいる。ロボットの外観を図.4 に示す。



図.4 スマート農業ロボット外観

スマート農業ロボットの自己位置推定には、GNSS による位置座標を活用する方式を採用した。これにより、広大な農地においてもロボットの位置を把握できる可能性がある。一方で、一般的な GNSS 測位では数メートル程度の誤差が生じるため、そのままでは農地内を正確に走行する用途には十分ではない。そこで本ロボットでは、GNSS 測位に RTK (Real Time Kinematic) 技術を組み合わせることで、より高精度な位置情報を取得できるシステムの構築を進めた。

2025 年には、RTK を用いた高精度な位置情報の取得に成功し、農地のようなランドマークの乏しい環境においても、ロボットの位置を高精度に把握できる見通しを得た。これにより、3D LiDAR に依存しない新たな自己位置推定方式の有効性を確認することができた。また、機体の制御系の整備を進めた結果、ロボットのマニュアル操縦も可能となり、自律化へ向けた基礎段階として、機体の安全な操作性と基本動作の検証を行える状態にまで到達した。

さらに、こうした開発成果を社会へ発信する取組として、農協主催の農業祭りに本ロボットを出展した (図.5)。実際の農業に関わる来場者に対して、開発中のスマート農業ロボットの構成や目的、RTK を活用した高精度測位の仕組みについて紹介することができた。このような発表の場を通して、農業分野におけるロボット技術活用の可能性を地域へ示すとともに、生徒にとっても自らの研究成果を社会へ伝える貴重な機会となった。



図.5 農業祭りに出展

2-5 画像解析 AI モデルの応用

助成金により購入した GPU を制御用パソコンに搭載し、画像解析 AI モデルの学習環境を高度化した。これにより、従来よりも大規模なデータを効率的に学習させることが可能となり、より高度な画像解析 AI モデルの開発に取り組むことができるようになった。

本取組では、2024 年に作成した画像解析 AI モデルの構築経験を活用し、その際に培ったデータ収集、アノテーション、学習、評価、改善といった一連のノウハウを応用することで、新たに人の骨格を検出し、手話の動作をテキスト化することを目指した画像解析 AI モデルの作成に挑戦した。

モデルの開発にあたっては、カメラ画像から人物の姿勢や手の動きを抽出し、それらの特徴をもとに手話動作を認識して文章へ変換することを目標とした。特に、手話は手指の形状だけでなく、腕の動きや身体全体の姿勢も重要な意味を持つため、人の骨格情報を高精度に捉えることが重要である。そのため、骨格検出を基盤とした画像解析手法を導入し、手話特有の動きをどのように特徴量として扱うかを検討しながらモデル開発を進めた。(図.6)

現在の段階では、認識できる手話表現や変換精度にはまだ限界があるものの、今後も継続的に学習データの充実やモデル構成の改善を進めることで、より高精度な手話のテキスト化を実現していく予定である。この取組は、画像解析 AI 技術の高度化を図るとともに、コミュニケーション支援への応用可能性を探る実践的な学習テーマとして位置付けられる。

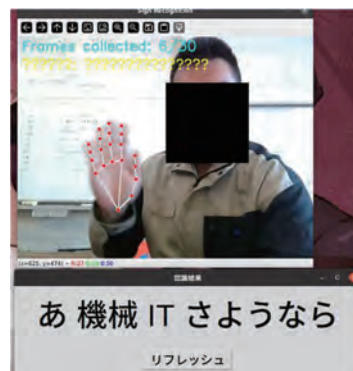


図.6 生徒が開発中
画像解析 AI モデル

3 まとめ

本取組では、ROS2 および Autoware.universe を活用した自律走行ロボットの開発を中心に、ベクターマップの整備、実環境での走行評価、スマート農業ロボットの開発、さらには画像解析 AI モデルの応用にまで取り組み、ロボット技術と AI 技術を横断した実践的な学習を推進した。特に、自律走行ロボットでは 2024 年の課題を踏まえた継続的な改善により、2025 年には 450m の自律走行を達成し、高校生として日本一の記録を打ち立てる成果を得た。また、RTK を活用したスマート農業ロボットの開発や、手話のテキスト化を目指す画像解析 AI モデルの作成を通して、地域社会や福祉分野への技術応用の可能性も示すことができた。これらの取組を通して、生徒たちは先端技術を単に学ぶだけでなく、実社会の課題解決に結び付けて探究する力を養うことができた。今後も、企業・大学・地域社会との連携を深めながら、持続可能な社会の実現に貢献できる次世代の技術者・研究者の育成を進めていきたい。

謝 辞

本取組は、公益財団法人中谷財団様のご支援により実施することができました。また、ロボット製作の技術支援をくださった名城大学・名古屋大学の皆様、そして地図情報作成においてご協力いただいた株式会社マップフォーの皆様に、心より感謝を申し上げます。皆様のご支援とご協力がなければ、この取り組みは実現できませんでした。改めて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 哲, 倉爪 亮, 鄭 黎蠅. ROS ロボットプログラミングバイブル. オーム社
- 2) 卓也, 福富 大輔, 徳永 翔太, 橘川 雄樹, 清谷 竣也. Autoware 自動運転ソフトウェア入門 . リックテレコム

以上