

2DLiDAR と物体検出技術を統合した自律走行ロボットの設計 Design of an Autonomous Mobile Robot Integrating 2D LiDAR and Object Detection Technologies

坂 隆希[†] 中西 知嘉子[‡]
Ryuki Saka Chikako Nakanishi

1. はじめに

近年、自動運転技術は急速に発展しており、レベル 2 やレベル 3 の技術が実用化されている。自動運転車には、LiDAR[1]やカメラ、レーダーなど複数のセンサが搭載されており、特に 3D LiDAR は三次元的な形状や位置の取得が可能であり、高度な自律走行を実現するうえで重要な役割を果たす。しかし、3D LiDAR は高価であり、コスト面が大きな課題となっている。

一方で、2D LiDAR は安価で軽量という利点を持つが、取得できる情報が二次元に限られ、物体の形状や高さといった三次元的な認識には不向きである。そのため、主に事前マッピングされた静的な環境での利用が一般的である。

本研究では、2D LiDAR の位置情報とカメラを用いた AI 物体検出モデルの「YOLOv8n[2]」による視覚情報を統合し、事前マッピングを必要としない動的な環境においても自律走行が可能なロボットシステムの設計と実装を行った。具体的には、即席のペットボトルで作成したコース上での走行実験を通じて、低コストかつ柔軟な環境認識手法の有効性を検証することを目的とする。

2. 使用機器・AI モデル

2.1 ROSMASTER X3

ロボットの駆動ベースには、ROS 2[3]に対応した小型プラットフォームである、Yahboom 社の ROSMASTER X3[4]を使用した。本プラットフォームは、ROS メッセージによる Twist コマンドを通じた車輪制御が可能で、ROS 2 環境下での自律走行実験に適している。各種センサはこのプラットフォーム上に搭載されている。

2.2 2D LiDAR

距離情報の取得には、Slamtec 社の RPLiDAR A1M8-R6[5]を使用した。本センサは 360 度全方位をスキャン可能で、最大半径 6m までの距離情報を取得できる。赤外線レーザーを用いた TOF (Time of Flight) 方式に基づく測距技術により、毎秒最大 8000 ポイントの距離データを取得可能である。

2.3 Jetson Orin Nano

AI 処理およびセンサ統合処理には、NVIDIA 社の Jetson Orin Nano[6]を使用した。本デバイスは高性能な GPU を備えつつも低消費電力で、エッジデバイス向けの AI 推論処理に適している。本研究では、OS として Ubuntu 20.04 を採用し、ROS 2 を動作させた。

2.4 カメラ

前方視認用カメラとして、Logicool 社の C920n HD PRO ウェブカメラ[7]を使用した。フル HD 1080p の高解像度映像とオートフォーカス機能を備えたウェブカメラで、78° の視野角を持つ。また USB 接続により追加のドライバインストールを必要とせずに使用可能である。

2.5 YOLOv8n

AI モデルには、Ultralytics 社が提供する物体検出モデルである YOLOv8n を使用した。YOLOv8n は、高速かつ高精度な物体検出が可能であり、エッジデバイスでもリアルタイム処理が可能な構成となっている。

3. システム構成と動作原理

3.1 システムの全体構成

本研究では、Jetson Orin Nano が ROS 2 ノードを実行する演算装置として機能し、各センサからの情報を受け取り、動作制御に必要な指令を生成する。

カメラは物体検出用に画像を取得し、2D LiDAR は水平方向の距離情報をリアルタイムに取得して物体の位置を認識する役割を担う。

3.2 システムのフローチャート

本システムのフローチャートを図 1 に示す。

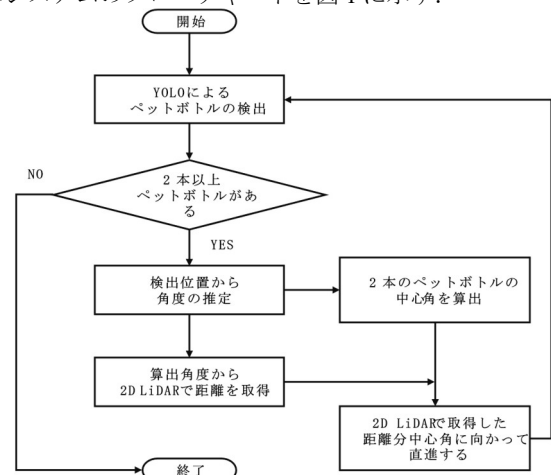


図 1 本システムのフローチャート

このフローを繰り返すことで、即席に配置されたボトルを順次認識し、ボトル間の中心を通過するようにロボットが自律走行を行う。

3.3 角度算出方法

YOLOv8n は、検出した物体のバウンディングボックス情報を出力する。本研究では、その情報から、物体の中心座標 (x 方向の画素位置) を求め、その x 座標をもとに、画像の中央からの差をカメラの水平方向画角 FOV と組み合わせ、物体の見かけ上の角度を算出する。変換式を式 (1) に示す。

$$\theta = \left(\frac{x_{object} - x_{center}}{x_{center}} \right) \cdot \left(\frac{FOV}{2} \right) \quad (1)$$

ここで、 x_{object} は物体の中心 x 座標、 x_{center} は画像の中心 x 座標、 FOV はカメラの水平視野角を表す。

この式により、画像の中央を基準 (0 度) としたときの物体の相対角度を得ることができる。

3.4 角度補正と距離計算

上記の式 (1) によって得られる角度はカメラ画像に基づく概算値であり、実際の物体の位置とはズレが生じる。そこで、本研究では、カメラで得られた角度と、2D LiDAR のスキャン角度との対応関係に基づく補正を行い、実環境に即した角度情報を得る手法[8]を導入している。補正に用いたカメラ角度と LiDAR 角度の対応関係を表 1 に示す。

表 1 算出した角度と補正值

算出した角度	補正值
$30^\circ < \theta$	-13
$20^\circ < \theta \leq 30^\circ$	-11
$10^\circ < \theta \leq 20^\circ$	-7
$0^\circ < \theta \leq 10^\circ$	-2
0°	0
$-10^\circ \leq \theta < 0^\circ$	+1
$-20^\circ \leq \theta < -10^\circ$	+3
$-30^\circ \leq \theta < -20^\circ$	+6
$\theta < -30^\circ$	+9

4. 検証方法

本システムの検証には、回転動作と直進動作を組み合わせたコースを用いた。コース上にはペットボトルを 2 本 1 組のペアとして複数個所配置し、ロボットが各ペアの中央を通過するように走行させた。初めのペアには直進のみで到達できるようにし、それ以降のペアについては進行方向を変えるための回転動作を挟むようにコースを構成した。これにより、回転処理と直進処理の連携が適切に行われているかを確認した。さらに、直進時と回転時それぞれのペットボトルの検出時間、中央位置の算出および動作決定までの処理時間を計測した。

5. 検証結果

検証を行った結果、ロボットはすべてのペットボトルペアの中央を安定して通過することができた。これにより、物体検出、角度算出、走行制御の各処理が連携して正しく機能していることが確認できた。走行の様子を図 2 に示す。

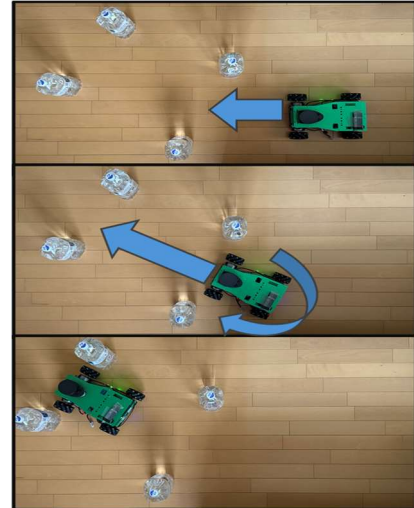


図 2 走行の様子

また、1 回目の動作(1)と 2 回目の動作(2)の処理時間の計測結果を表 2 に示す。

表 2 処理時間の計測結果

処理内容	処理時間 (ms)
ペットボトル検出(1)	2.93
中央位置算出及び動作決定(1)	5.51
ペットボトル検出(2)	2.36
中央位置算出及び動作決定(2)	5.49

6. 結論

本研究では、YOLOv8n による物体検出と 2D LiDAR による距離情報を統合した自律走行ロボットを構築し、即席に作成されたコースにおいて安定した走行を実現した。YOLOv8n による検出から動作決定までの処理時間は十分に短く、提案手法がスムーズな走行制御に適していることを確認できた。今後は、走行中でも連続的に検出と判断を行うノンストップ走行の実現を目指す。

参考文献

- [1] 産業技術総合研究所, LiDAR とは?, https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20220928.html(2022)
- [2] Ultralytics, YOLOv8 -Ultralytics YOLO ドキュメント, <https://docs.ultralytics.com/ja/models/yolov8/>(2025)
- [3] Open Robotics, ROS - Robot Operating System, <https://www.ros.org/>
- [4] Yahboom, Welcome to ROSMASTER X3 repository, [http://www.yahboom.net/study/ROSMAS-TER-X3\(2025\)](http://www.yahboom.net/study/ROSMAS-TER-X3(2025))
- [5] RPLIDAR-A1 360°Laser Range Scanner, slamtec, <https://www.slamtec.com/en/lidar/a1>(2022)
- [6] Jetson AGX Orin, NVIDIA, <https://www.nvidia.com/ja-jp/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-orin/>
- [7] C920n HD Pro ウェブカメラ, logicool, <https://www.logicool.co.jp/ja-jp/shop/p/hd-pro-webcam-c920n.960-001261>(2019)
- [8] 福岡侑起, “物体検出と 2DLiDAR を活用した自動運転ロボットシステムの設計”(2025)

† 大阪工業大学 情報科学研究科 情報科学専攻
Graduate School of Information Science and Technology Osaka Institute of Technology

‡ 大阪工業大学 情報科学部 情報知能学科
Department of Information and Computer Science Osaka Institute of Technology