

AR マーカを用いた経路選択を行うための自律走行制御の検討

和田 有紗[†] 佐藤 未来子[†] 大江 信宏[†]東海大学情報通信学部組込みソフトウェア工学科[†]

1 はじめに

近年、マイコンやセンサの製造技術の進歩に伴い、手ごろな価格で小型の移動ロボットが購入可能になっている。教育現場でもロボットが導入されており、筆者も enPiT[1]と呼ぶ文部科学省の実践教育カリキュラムにおいてロボット教材を用いた PBL 実践教育を受講した[2]。本講義では、Zumo と呼ぶ無限軌道（キャタピラ）式ロボットに、Arduino 互換のマイコンボードを搭載して、Zumo に搭載されている各種センサからの入力情報に基づいたロボットの自律走行制御に取り組んだ。

ロボット教材による自律走行課題を実践する場合、ロボットに搭載されているセンサやカメラを使い、様々な入力情報を組み合わせて、ロボットの自律走行を制御する。より正しく目的のコースを走行させるためには、どのセンサを使うかなどロボット制御に有効な方法を選択し、システム設計する必要がある。また、演習課題においては、与えられた期限までに課題を達成する必要がある。そのため、期限内に実現可能な方法や開発効率について検討し、予定の期間で課題を終えられるように計画する必要がある。しかし、計画どおりに実践することは想像以上に難しく、多くの実践経験が必要である。

本研究では、enPiT で受講した実践教育の経験を生かし、enPiT のロボット教材と類似するロボットを対象に、AR マーカ[3]を用いた経路選択を行うための自律走行制御に取り組んだ。ランドマークとなる AR マーカの情報をヒントにして、適切な経路を選択しながら自律走行させるのに必要なシステム構成を選定し、要求仕様に基づいてシステムを設計した。本稿では検討したシステムと、評価項目について述べる。

2 目標

2.1 課題コース

図 1 に本研究の課題として設定したコースを示す。本研究では、事前に地図情報を与えずに、

初見で「Start」から「Goal」までの指定の最短経路をロボットに自律走行させることを目指す。経路の途中には 3 種類の AR マーカ（右方向旋回、左方向旋回、停止の表示）をランドマークとして設置して、これらをヒントにしながら、赤の多重線で示す最短経路を走行することを目標とする。本コースには Y 字、T 字、十字など、単純なライトレース制御だけでは経路を走破しづらいコース仕様としている。

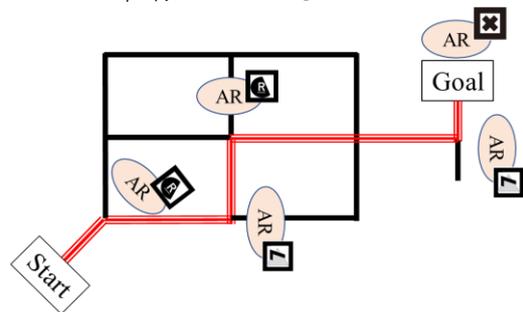


図 1 本研究で課題としたコースの概略図

2.2 要求仕様と設計方針

本課題に対する要求仕様を以下に示す。

(1) 初見の経路における自律走行

図 1 の地図情報を事前に与えずに、ランドマークとして設置されている AR マーカの情報と、黒線で描かれた経路に従って目的地まで走行できるようにする。

(2) AR マーカに対する衝突回避

コース上に設置された AR マーカに衝突せずに走行できるようにする。

(3) 時間制約

本課題の実施期間を 3 か月とし、実施期間内に実装可能なシステムとする。

3 システム構成

図 2 に本研究で用いたロボット構成図と、表 1 に本ロボットのシステム仕様を示す。キャタピラ型ロボット Zumo Robot for Arduino (v1.2, Popolu 社製) 上に、Arduino Leonardo と Raspberry Pi3 (Model B v1.2) を搭載するロボットを使用した[4]。本ロボットを用いた理由は、以下の通りである。

- インターネットで購入可能なモデルであり、ハードウェア実装の工数を最小限にとどめられる。

Control models for the autonomous mobile robot to select the routes using AR marker.

[†]Arisa Wada, Mikiko Sato, Nobuhiro Ohe, School of Information and Telecommunication Engineering, Tokai University.

表1 Zumo Robot のシステム仕様

制御ボード	Arduino Leonardo	Raspberry Pi 3 Model B (v1.2)
開発環境	Arduino IDE (v1.8.7)	Raspbian Jessie with PIXEL(version 9.6), Processing (v3.4)
IRセンサ	Zumo Reflectance Sensor Array QTR-IRC (Popolu社製)	—
カメラ	—	HD Webcam C270 (Logicool社製)
超音波センサ	—	超音波距離センサー HC-SR04 (ELEGOO社製)

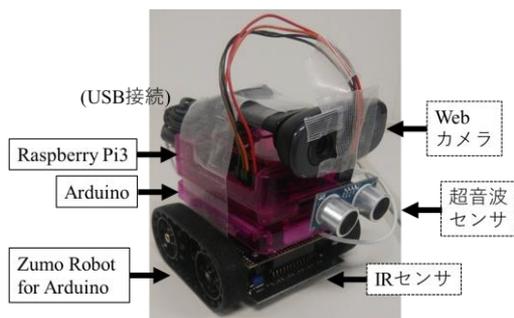


図2 本研究で用いた Zumo ロボット

- Raspberry Pi3 は小さくて Zumo 上にスタック可能な上、PC 上で動作するサンプルプログラムを参考にして Raspberry Pi3 向けのプログラムを開発できるため、既存の処理を流用できるという利点がある。
- Raspberry Pi3 には豊富な入出力インタフェースがあり、カメラやセンサを接続しやすい。Arduino とも USB で接続可能である。また、Wifi も搭載されており、ケーブルレスで PC 上モニタリングが可能なので、開発もしやすい。

4 設計

本ロボットにおいて AR マーカを用いた経路選択による自律走行を行うシステムを設計した。

4.1 AR マーカの認識処理

Raspberry Pi3 上では Linux が稼働している。そのため、enPiT の講義で演習した Processing で行う AR マーカの認識処理のプログラムを流用する方針とした。Raspberry Pi3 には USB で Web カメラを接続して画像を取得し、その画像から ARToolkit[3]を利用して AR マーカを解析する。AR マーカは「L」「R」「×」の3種類とし、L は「左へ旋回」、R は「右へ旋回」、×は「停止」という動作を定めた。

4.2 AR マーカに対する衝突回避処理

Raspberry Pi3 に超音波センサを接続し、前方の障害物までの距離を計測し、15cm 以内に障害物がある場合は Zumo のモータを停止する方針と

表2 評価項目

	入力情報			説明
	IR センサ	AR解析	超音波センサ	
(1)	○	×	×	ライントレースのみで自律走行する方式
(2)	○	○	×	ライントレースとARマーカ解析による自律走行を行うが、超音波センサによる距離計測を行わない方式
(3)	○	○	○	本稿で提案している方式

した。AR マーカ前で適切に停止させられる設計にしたので、AR マーカの目の前に Zumo が到達したタイミングで認識処理を行うことにした。

4.3 自律走行制御

Zumo へ搭載した Arduino に IR センサ(Infrared Sensor) を接続し、4.1 節で述べた AR マーカの結果と IR センサの値に基づいて Zumo のモータ値を制御する方針とした。走行中は常に IR センサにより黒ラインを判別する「ライントレース制御」により自律走行し、シリアル接続した Raspberry Pi3 から AR マーカ情報が送られてきた場合には、それを優先的に3つの動作(左旋回、右旋回、停止)で扱う設計とした。この方法で、初見の経路上をランドマークに従って走行できるようにした。なお、Arduino におけるライントレース制御には、Popolu 社が提供している「LineFollower」[5]のアルゴリズムを用いることで、設計工数の削減を図った。

5 評価項目

表2に本ロボットで評価する項目を示す。評価では、センサが不足する場合(表2の(1)と(2))と本提案方式(表2の(3))とで、課題コースにおける自律走行の目標達成度を比較し、本ロボット設計の有効性を考察する。

6 まとめ

本稿では、AR マーカを用いた経路選択を行うための自律走行制御について、検討したシステムの設計と評価項目について述べた。今後評価を行い、評価結果と考察を発表する予定である。

参考文献

[1] enPiT, <http://www.enpit.jp> (Jan. 6. 2019 閲覧)
 [2] ESS ロボットチャレンジ 2018, <http://www.roboemb.jp/document/essrc2018/> (Jan. 6. 2019 閲覧)
 [3] 橋本直著, “AR プログラミング: Processing でつくる拡張現実感のレシピ”, オーム社 (2012)
 [4] Zumo Robot for Arduino, <https://www.pololu.com/category/169/zumo-robot-for-arduino> (Jan. 6, 2019 閲覧)
 [5] LineFollower (Popolu 社), <https://www.pololu.com/catalog/product/2506> (Jan. 6. 2019 閲覧)