

視覚と行動の End-to-End 学習により経路追従行動を  
オンラインで模倣する手法の提案  
(目標方向による経路選択機能の追加)

18C1096 春山健太

A proposal for an online imitation method of path-tracking  
behavior by end-to-end learning of vision and action  
(Addition of path selection function by target direction.)

Kenta HARUYMA

We proposed a method for acquiring autonomous driving by End-to-End learning using camera images and target directions, which can select a specific path depending on the target direction. The effectiveness of the proposed method was verified by experiments using a simulator.

**Key Words:** End-to-End Learning, Target Direction

1. 緒 言

近年, カメラ画像に基づいた自律移動の研究が行われている. Bojaski ら<sup>(1)</sup> は, 人間のハンドル操作によるステアリング角度の模倣学習を行い, 画像を用いて走行する手法を提案している. また岡田ら<sup>(2)</sup> は, LiDAR とオドメトリのデータを入力とするルールベースの制御器による経路追従行動を, カメラ画像による End-to-End 学習によって模倣する手法を提案している. 上記の研究により, カメラ画像を用いて, ロボットが一定の経路を周回することが可能であると示されている. 本研究では, 岡田らの研究をベースに, 図 1 のような分岐路において, 「直進」と「左折」などの経路選択する機能を追加することを検討する. カメラ画像のみでは, 「どちらへ進むか」のような経路選択に必要な情報が不足している可能性がある. 具体的には, データセットへ, 従来のカメラ画像以外に「直進」「左折」などの目標とする進行方向の情報(本研究では「目標方向」とする)を追加することで, 経路の選択が可能であると考えられる.

本研究では目標方向によって経路の選択が可能な, カメラ画像と目標方向を入力した End-to-End 学習による自律走行を, 獲得する手法を提案する. また提案手法に基づいて構築したシステムを用いた実験を行い, 提案手法の有効性を検証することを目的とする.

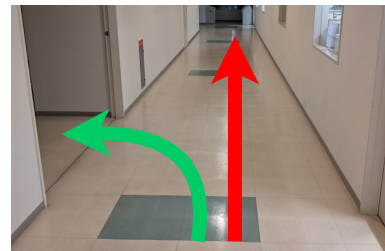


Fig. 1 Path selection

2. 提案手法

提案手法は学習器の訓練を行う「学習フェーズ」と訓練した学習器の出力を用いて走行する「テストフェーズ」の 2 つに分けられる.

学習フェーズで用いるシステムを図 2 に示す. LiDAR とオドメトリを入力とする地図ベースの制御器による経路追従行動を, カメラ画像と目標方向を End-to-End 学習によって模倣学習を行う. 学習フェーズでは 3 つのカメラから画像を取得する. 地図ベースの制御器は, ROS Navigation\_stack<sup>(3)</sup> へ目標方向の生成機能を追加した, LiDAR とオドメトリを入力とするルールベースの制御器である. 目標方向は分岐路以外での「道なり」を示す (continue), 分岐路を「直進 (go straight)」, 「左折 (turn left)」, 「右折 (turn right)」の 4 つとする. これら 4 つの目標方向は, 要素数 4 の One-hot ベクトルを用いて表現する. 学習器の訓練は, 次の流れを 1step として設定した step 数の学習を行う.

Target direction	Date
continue	[100, 0, 0, 0]
go straight	5/5
A - C (turn left)	4/5
A - D (turn right)	5/5

1. LiDAR とオドメトリから得たデータを入力とする地図ベースの制御器の出力を用いて自律走行する
2. 地図ベースの制御器の出力からヨー方向の角速度と目標方向、ロボットに取り付けた3つのカメラからRGB画像を取得し、訓練データへ加える。
3. 訓練データ (入力:カメラ画像, 目標方向 目標出力:角速度) を用いて End-to-End 学習を行い, 学習器の出力を記録

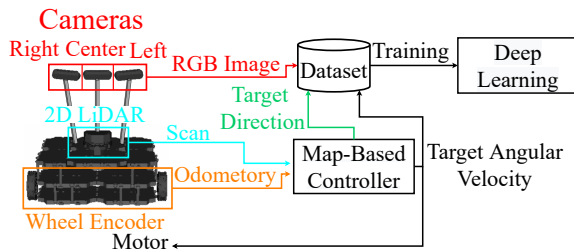


Fig. 2 Learning phase

設定した step 数に達した場合, 図3に示すテストフェーズへ移行する. テストフェーズでは, 目標方向とカメラ画像を学習器へ入力し, 学習器の出力 (角速度) を用いて走行する. またその際の並進速度は, 学習フェーズと同じ固定の値を用いる.

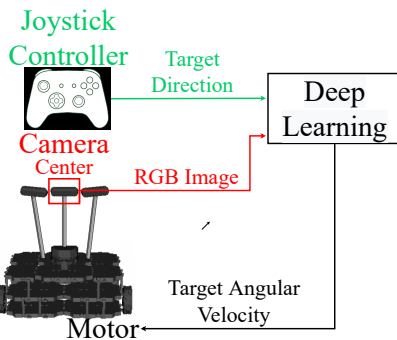


Fig. 3 Test phase

### 3. 実験

提案手法の有効性の検証を検証するために, 3D ロボットシミュレータ Gazebo 上で実験を行う. 環境は

図4に示す道幅が2.5[m]の十字路を用いる. また, 実験装置として図2, 図3で示した Turtlebot3 waffle ヘカメラを3つ追加したモデルを用いる. 実験は下記の手順で  $n$  を 1,2,3 と順に変更しながら, 学習フェーズでは step 数を 4000[step], 訓練フェーズでは並進速度は 0.2[m/s] として各経路を5回繰り返し行う.

1. 初期位置 (緑) ヘロボットを設置.
2. Start - A - (B,C,D) .

実験条件はテストフェーズにおいて「壁に衝突せず, 指定したゴールへ到達」を成功, 「目標方向とは異なった経路を選択, または壁に衝突」を失敗とする.

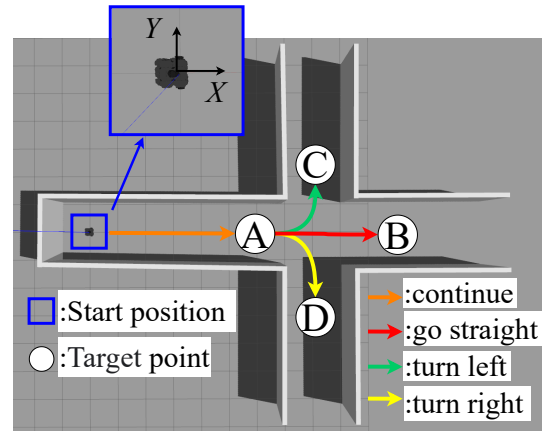


Fig. 4 Environment for experiment

### 4. 実験結果

実験結果を表2に示す. A-C(turn left) 以外の各経路では全ての回数で特定の経路の選択に成功し, 目標方向に対応した特定の経路を選択する行動が見られた.

Table 2 Number of successes experiment point

Route and Target direction	Number of successes
Start - A (continue)	5/5
A - B (go straight)	5/5
A - C (turn left)	4/5
A - D (turn right)	5/5

### 5. 結 言

本稿では, 目標方向によって特定の経路を選択可能な, カメラ画像と目標方向を入力した End-to-End 学習による自律走行を, 獲得する手法を提案した. シミュレータを用いた実験により, 提案手法の有効性を検証した.

## 文 献

- [1] Mariusz Bojarski et al:“End to End Learning for Self-Driving Cars”, arXiv: 1604.07316,(2016)
- [2] 岡田眞也, 清岡優祐, 上田隆一, 林原靖男:“視覚と行動の end-to-end 学習により経路追従行動をオンラインで模倣する手法の提案” SICE-SI2020 予稿集,1147–1152, 制御学会 SI 部門講演会 (2020)
- [3] ros-planning,navigation: <https://github.com/ros-planning/navigation> , ( 参照日 2020 年 12 月 30 日 ) .