

# 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と検証)

19C1101 藤原 柊

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

Masaki FUJIWARA

An end-to-end learning approach leveraging camera images has been explored as a novel option for robotic navigation. To enable the robot to control the trajectory it takes at junction points, we introduce a path selection function. To this end, we propose a method to incorporate a target direction into the dataset of the preceding technique. The suggested procedure is subdivided into two stages: a learning stage and an evaluation stage. The efficacy of the proposed technique was validated in both a simulated and a real environment. Moreover, we addressed the issue of learning time.

**Key Words:** End-to-end learning, Navigation, Target direction

### 1. 緒 言

近年, 機械学習を用いた自律走行の研究が進められている. Bojarski<sup>(1)</sup> らは, 人間が操作するステアリングの角度とカメラ画像を用いて, end-to-end で模倣学習することで自律走行する手法を提案した. さらに, 岡田ら<sup>(2)</sup> は LiDAR, オドメトリを入力としたルールベース制御器による経路追従行動を, カメラ画像を用いて end-to-end で模倣学習を行った. その結果, カメラ画像に基づいてロボットが学習した経路を周回可能であることが確認されている. 本研究では, 岡田ら<sup>(2)</sup> の研究(以下, 「従来手法」と称する)を元に, 分岐路で「直進」「左折」などのコマンドによる制御で, 経路を選択可能にする機能の追加を提案する. また, シミュレータ上での実験を実環境に移す際に, 問題となった学習時間の長さについて, 2 つのアプローチにより解決を図る. さらに, 実環境での提案手法の有効性を検証することを目的とする.

### 2. 従来手法

岡田らの従来手法に関して紹介する. 図 1 に, 経路追従行動を視覚に基づいてオンラインで模倣するシ

ステムを示す. 手法は機械学習により, 学習器の訓練を行う「学習フェーズ」と訓練した結果を検証する「テストフェーズ」に分かれる.

**2・1 学習フェーズ** 学習フェーズは, 模倣学習によって学習器の訓練を行うフェーズである. LiDAR とオドメトリを入力とする地図を用いたルールベース制御器で自律走行する. この経路追従行動を, カメラ画像を用いた end-to-end で模倣学習する.

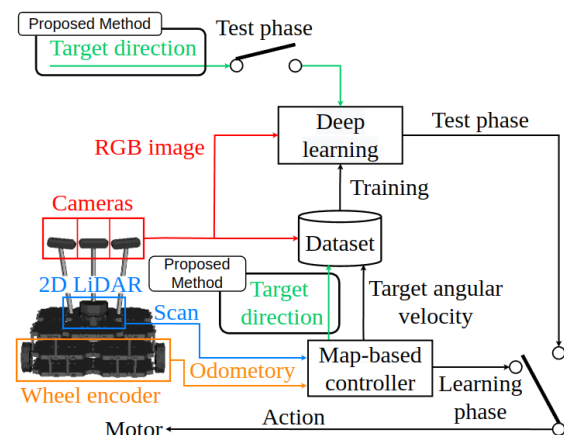


Fig. 1 Imitation learning system

**2・2 テストフェーズ** テストフェーズは, 訓練後の学習結果を評価するフェーズである. 学習器にカメラ画像を入力し, 出力されるヨー方向の角速度を用いて自律走行する. なお, 図 1 の提案手法と記載した部分は, 次章で述べるように, 本研究で追加した機能となる.

### 3. 提案手法

経路選択機能の追加を目的として, データセットと学習器の入力へ「直進」, 「左折」, 「右折」の目標方向を追加する. なお, 追加した要素以外は従来手法と同様である. 図 1 に, 提案手法のシステムを示す. 学習フェーズでは, 地図ベースで自律走行しながら, 角速度に加えて目標方向をデータセットに加える. テストフェーズでは, 学習器にカメラ画像に加えて目標方向を入力する.

### 4. 実験

提案手法の有効性を検証するため, 実環境での実験を行う.

**4・1 実験装置** ロボットは, 図 2 に示すような 3 つのカメラを搭載したロボットを用いる. また, 実験は千葉工業大学津田沼キャンパス 2 号館 3 階で行った.

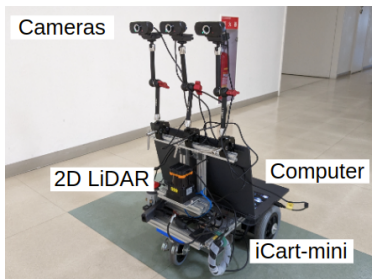


Fig. 2 Experimental setup

**4・2 実験方法** シミュレータ上で, まずは学習を 10000step 行い, その学習器を実環境でファインチューニングする. 学習フェーズでは, 図 3 に示すような A, B の三叉路を全ての侵入方向と抜け出す経路を含めるように, 予め決めた経路を繰り返し走行させる. 学習を 10000step 実行後, テストフェーズに移行する. テストフェーズでは, 学習フェーズと同様の経路を, 目標方向による制御によって, 正しく走行できるか評価する. この一連の流れを 10 回行う.

**4・3 実験結果** 実験結果を図 4 に示す. この図は, それぞれの侵入方向に対して正しい経路を選択し, 走行できた回数を表している. 合計すると, 目標方向に従って 78/120 回 (65%) 正しい経路を選択する様子が

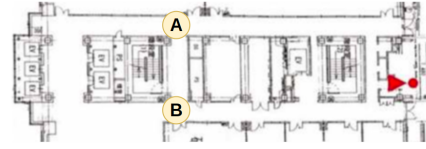


Fig. 3 Experimental environment

見られた. しかし, 成功率はシミュレータ上では 90% を超えていたことを考えると, 実環境は 65% と低かった. なお, 成功率が低い原因の解明には未だ至っていない. この問題の検討は, 今後の課題となっている.

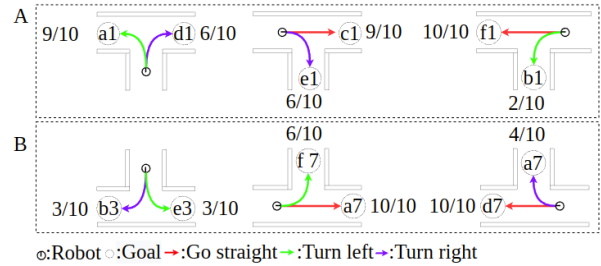


Fig. 4 Total result

図 5 は, 成功回数が最多のモデルによる実験結果である. この図の b3 と e3 に向かう三叉路では, 経路選択前は同じ場所を走行しているため, ほぼ同様の画像が入力されているが, 目標方向に従って正しい経路を選択できている. このことから, 実環境で提案手法により, 経路選択を行うことができていない可能性が高い.

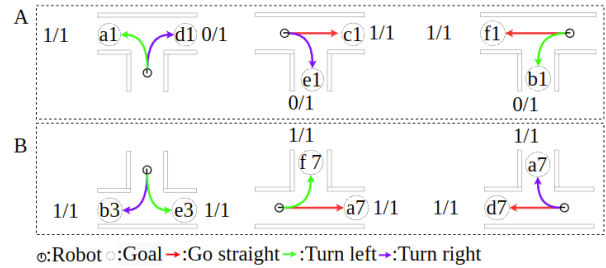


Fig. 5 Total result

## 5. 結 言

実環境での実験を行い, 有効性の検証を行った. 実験結果より, 学習器へ目標方向を与えることで, 指定した経路へ走行する挙動が確認できた.

## 文 献

- [1] Mariusz Bojarski et al: " End to End Learning for Self-Driving Cars ", arXiv: 1604.07316, (2016)
- [2] 岡田真也, 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 ", 計測自動制御学会 si 部門講演会 sice-si2020 予稿集, pp.1147-1152 (2020).