

# 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.

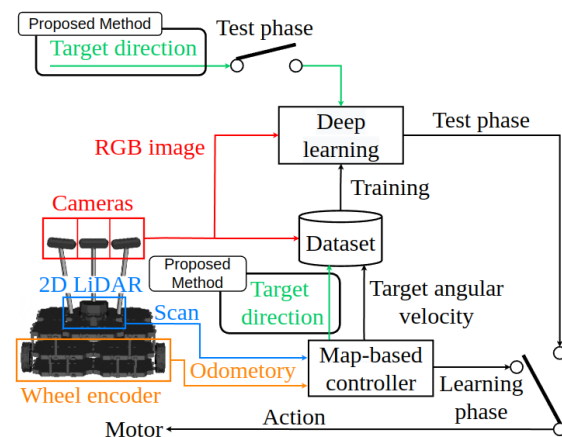


Fig. 1 Imitation learning system

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

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つのアプローチを行い、実験で有効性を確認する。また、実環境での実験により、提案手法の有効性を検証する。

#### 4・1 実験内容

##### 実験1：2つのアプローチを行った実験

実験1では、学習フェーズで予め決めた経路を繰り返し走行させる。その際に、コマンドのデータの偏りを減らすアプローチ1と、蛇行走行するように制御指令を意図的に大きくするアプローチ2を行う。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、走行できるか評価を10回行う。

##### 実験2：実環境での実験

実環境で実験1に倣って実験を行う。

#### 4・2 実験装置

##### 実験1（シミュレータ）

ロボットは、図1で示したような、Turtlebot3 waffle\_piへ3つのカメラを追加したモデルを用いる。また、シミュレータ上で千葉工業大学津田沼キャンパス2号館3階を模した環境を対象に実験を行う。

##### 実験2（実環境）

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。

4・3 実験結果 各実験において、テストフェーズで正しい経路を選択できた成功率を表1に示す。

実験1に関しては、両方とも10000stepでアプローチを行わない場合と比べると、成功率が向上している。また、60000stepと20000stepで比べると、成功率が悪化せずに学習step数を減らしている。

実験2に関しては、成功率は65%となり、シミュレータ上での実験結果より低くなった。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。しかし、経路選択前に同じ場所を走行し、ほぼ同様の画像が入力されている状態で、目標方向に従って正しい経路を選択している様子を確認することができた。

Table 1 Experimental results

Experiments	step	Success rate
1 without approach	60000	94.2%
1 without approach	10000	72.5%
1	10000	90.8%
1	20000	95%
2	20000	65%

### 5. 結 言

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つのアプローチを行うことで学習時間を大幅に削減した。加えて、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).