

# 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

Previous research has shown that a robot can circumnavigate a certain path by end-to-end learning using camera images as input. We will Add the target direction to the dataset from the previous research and addition of path selection function for branching paths. We propose a method to acquire autonomous running by end-to-end learning with camera images and target direction as input, which can select a path according to the target direction. The proposed method was described in two phases: learning phase and testing phase. The effectiveness of the proposed method was verified by simulator experiments using a turtlebot3 waffle and crossroad environment.

**Key Words:** end-to-end Learning, Navigation, 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. また構築したシステムを用いた実験を行い, 機能の有効性を検証する.

### 2. 提案手法

はじめに, 経路選択をする機能「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)を追加する本研究で用いた目標方向とデータ形式を, 表 1 に示す. 分岐路以外での「道なり」を示す(continue) 分岐路を「直進(go straight)」

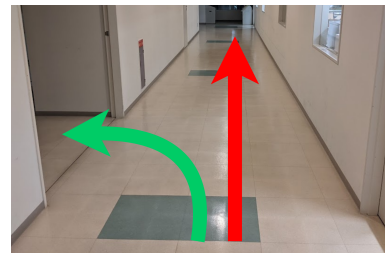


Fig. 1 Path selection

「左折(turn left)」「右折(turn right)」の 4 つとする. 次に本研究のベースとする岡田らの<sup>(2)</sup>と, 提案手法

Table 1 Target direction and data

Target direction	Data
continue	[100, 0, 0, 0]
go straight	[0, 100, 0, 0]
turn left	[0, 0, 100, 0]
turn right	[0, 0, 0, 100]

を併せて述べる.

まずはじめに, 学習器の訓練を行う「学習フェーズ」を述べる学習フェーズで用いるシステムを図 2 に示す. 岡田らの研究では, 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, カメラ画像を用いて end-to-end で模倣学習する. 提

案手法では、地図ベースの制御器へ目標方向の生成機能を加え、学習に用いるデータセットへ目標方向を追加する。学習器の訓練は、「訓練データ（カメラ画像、目標方向）」を学習器へ入力し、結果を出力（角速度）」を 1step として、設定した step 数行う。また走行に用いる並進速度は固定した値を用いる。

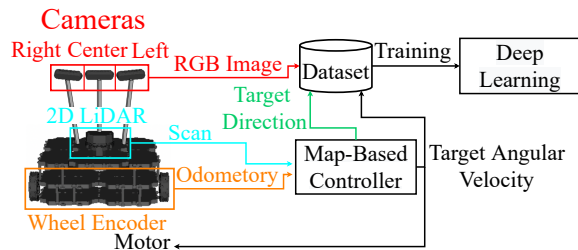


Fig. 2 Learning phase

設定した step 数に達した場合、図 3 で示す、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」へ移行する。岡田らの研究では、カメラ画像を学習器へ入力し、学習器の出力（角速度）を用いて自律走行する。提案手法では、入力へ目標方向を追加した学習器の出力を用いる。

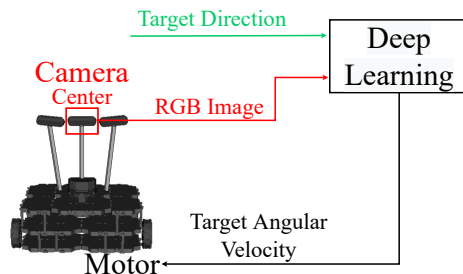


Fig. 3 Test phase

### 3. 実験

提案手法の有効性の検証のため、3D ロボットシミュレータ Gazebo 上で実験を行う。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。図 4 に用いた環境、経路と入力する目標方向を示す。環境は道幅が 2.5[m] の十字路を用いる。学習フェーズでは step 数を 6000[step]、訓練フェーズでは各経路を 10 回走行する。並進速度は 0.2[m/s] とした。

1. Start - A - Target point(B)
2. Start - A - Target point(C)
3. Start - A - Target point(D)

実験条件は、テストフェーズにおいて「壁に衝突せず、指定した目標地点へ到達」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。

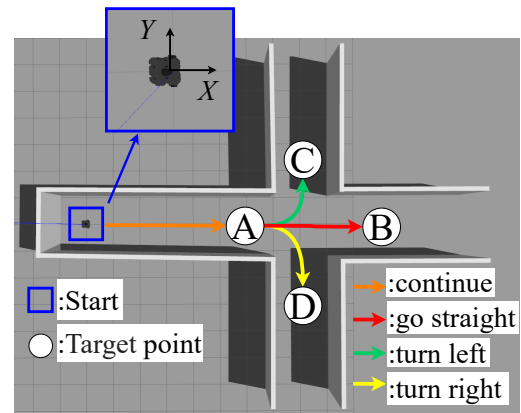


Fig. 4 Environment and route for experiment

### 4. 実験結果

実験結果を表 2 に示す。結果から、目標方向によって経路を選択する提案手法の有効性が確認できた。

Table 2 Number of successes experiment

Route and Target direction	Number of successes
Start - A - B (go straight)	10/10
Start - A - C (turn left)	10/10
Start - A - D (turn right)	10/10

### 5. 結 言

本稿では、目標方向によって経路を選択可能な、カメラ画像と目標方向を入力とする end-to-end 学習による自律走行を獲得する手法を提案した。ま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" 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)。