

# 視覚と行動の end-to-end 学習による経路追従行動の模倣 —オフラインでデータセットを収集して訓練する手法の検討—

A proposal for imitation method of path-tracking behavior by end-to-end  
learning of vision and action  
-Validation of a method to collect and train dataset offline-

○学 高橋祐樹 (千葉工大)      白須和暉 (千葉工大)      学 藤原 柁 (千葉工大)  
正 上田隆一 (千葉工大)      正 林原靖男 (千葉工大)

Yuuki TAKAHASHI, Chiba Institute of Technology, s19c1068aq@s.chibakoudai.jp

Kazuki SHIRASU, Masaki FUJIWARA,

Ryuichi UEDA and Yasuo HYASHIBARA, Chiba Institute of Technology

In this paper, we propose a method of training a robot by collecting data on and near a target path, based on a conventional method of imitation learning. In the proposed method, the robot is placed on and around the target path and data is collected. Then, the robot is trained off-line using the collected data. After learning, the robot runs according to the output of the trainer using camera images as input. This is performed on a simulator, and the effectiveness of the proposed method is verified through experiments. As a result, it is confirmed that the proposed method can run around the path.

**Key Words:** End-to-End Learning, Navigation, Offline

## 1 緒言

近年、自律移動ロボットの研究が盛んに行われており、その中で視覚を入力とした end-to-end 学習により自律走行を獲得した例もある。例えば、Bojarski ら [1] は人が操作するステアリングの角度を end-to-end 学習することで、自律走行する手法を提案した。岡田ら [2][3] は、図 1 のような測域センサやオドメトリなどを入力とする地図を用いたルールベース制御器の出力を模倣することで経路追従行動を獲得した。また、清岡ら [4] により、経路から離れた状態も訓練データに加えた方が、経路から離れても再び経路に戻る可能性が高いことが示されている。しかし、岡田らと清岡らの手法 (以下「従来手法」と称する) では、データ収集及び学習を行う際にロボットを走らせるため、時間が必要となる。そこで、本研究では従来手法を基にロボットを走らせることなく、目標経路上及びその周辺のデータを一度に収集してオフラインで訓練する手法を提案する。さらに訓練後に、カメラ画像を入力とした学習器の出力で自律走行させることで手法の有効性を検証することを目的とする。

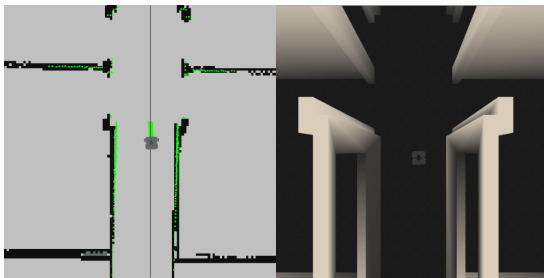


Fig.1: Moving with map-based navigation

## 2 従来手法

従来手法に関して述べる。従来手法では、地図を用いたルールベース制御器の出力を模倣し、経路追従行動を獲得する。図 2 に示すシステムでは、学習時に測域センサとオドメトリを入力とした navigation[5] の出力である角速度 (以下「目標角速度」と称する) を学習器とモータ駆動系に与える。学習器には、カメラ画像を  $64 \times 48$  にリサイズした 3 つのカメラ画像を入力し、目標角速度を出力して end-to-end 学習する。左右のカメラ画像に対する角

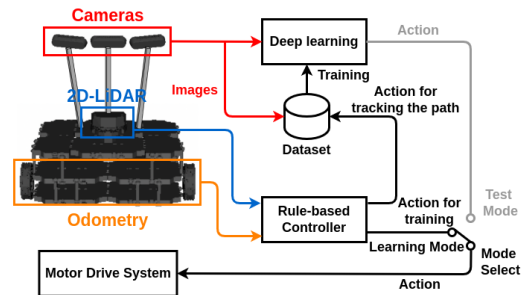


Fig.2: Learning phase

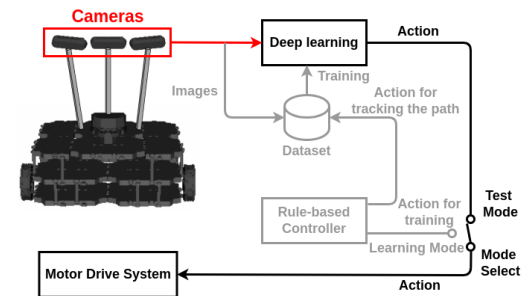
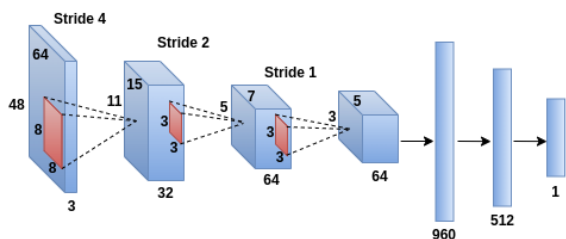


Fig.3: Test phase

速度には、それぞれ経路に戻るようなオフセットを加える。学習後は、図 3 のようにカメラ画像を入力とした学習器の出力により走行する。また、従来手法で用いたネットワークの構造を図 4 に示す。構造は入力層 1、畳み込み層 3、全結合層 2、出力層 1 の全 7 層から構成されている。また、オンラインで学習が行えるように、ネットワークは畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を元に行っている。



Loss

Step

Exp.1(4000step) Exp.2(4000step) Exp.3(2000step)

Step	Exp.1(4000step)	Exp.2(4000step)	Exp.3(2000step)
0	0.055	0.055	0.055
500	0.010	0.020	0.020
1000	0.005	0.015	0.015
1500	0.003	0.010	0.010
2000	0.002	0.008	0.008
2500	0.002	0.007	-
3000	0.002	0.006	-
3500	0.002	0.006	-
4000	0.002	0.006	-

## 5 結言

本稿では、従来手法を基にロボットを走行させることなく目標経路及びその周辺のデータを一度に収集して、オフラインで訓練する手法を提案した。実験では、経路から離れた状態も訓練データ加えることで成功回数が増えることを確認し、提案手法の有効性を示した。また、従来手法と比べて半分のステップ数でも成功回数が5/5であり、訓練時間を大幅に短縮できることを確認した。

## 参考文献

- [1] Bojarski, Mariusz, 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-SI2021* 予稿集, pp.1147-1152, 2020.
- [3] 岡田 真也, 清岡 優祐, 春山 健太, 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- “経路追従行動の修正のためにデータセットを動的に追加する手法の検討”, 計測自動制御学会 SI 部門講演会 *SICE-SI2021* 予稿集, pp.1066-1070, 2021.
- [4] 清岡 優祐, 岡田 真也, 岩井 一輝, 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”-データセットと生成された経路追従行動の解析”, 計測自動制御学会 SI 部門講演会 *SICE-SI2021* 予稿集, pp.1072-1075, 2021.
- [5] ros-planning, navigation リポジトリ  
<https://github.com/ros-planning/navigation>  
(最終閲覧日 2023 年 2 月 12 日)
- [6] gazebo リポジトリ  
<http://gazebo.org/>  
(最終閲覧日 2023 年 2 月 12 日)
- [7] Koenig, Nathan, and Andrew Howard. ” design and use paradigms for gazebo, an open-source multi-robot simulator.”. 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)(IEEE Cat. No. 04CH37566). Vol. 3. IEEE, pp.2149-2154(2004).  
(最終閲覧日 2023 年 2 月 12 日)
- [8] Turtlebot3-robotis emanual.robotis.  
<https://emanual.robotis.com/docs/>.  
(最終閲覧日 2023 年 2 月 12 日)