

# 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

## 経路への復帰行動の解析と復帰行動を強化する教師データ収集法の検討

A proposal for an online imitation method of path-tracking behavior by end-to-end  
learning of vision and action

-Analysis of return-to-pathway behavior and a method of collecting training data to enhance  
return-to-pathway behavior-

学 今井悠月 (千葉工大)      学 清岡優祐 (千葉工大)  
正 上田隆一 (千葉工大)      正 林原靖男 (千葉工大)

Yuzuki IMAI, Chiba Institute of Technology, s20c1015as@s.chibakoudai.jp  
Yusuke KIYOOKA,  
Ryuichi UEDA and Yasuo HAYASHIBARA, Institute of Technology

We have proposed an online imitation method of path-following behavior based on end-to-end learning of vision and action. In recent years, many studies of autonomous movement using end-to-end learning have been reported, but these studies have also observed deviations from the target path. One of the possible reasons for this is the lack of training data for returning to the path. In this paper, we perform end-to-end learning to follow a route generated by a map-based navigation system. The dataset was collected in two ways, one is to learn only the area around the route and the other is to learn the state away from the route, and the generated route-following behaviors were analyzed. In addition, we proposed a new method of collecting teacher data to reinforce the behavior of returning to the path, and verified the effectiveness of the method by experiments using a simulator.

**Key Words:** autonomous movement, navigation, end-to-end learning, dataset

### 1 緒言

### 参考文献

我々は、入出力関係を直接学習する end-to-end 学習器により、人の操作ではなく、地図ベースのナビゲーションシステムを用いた経路追従行動を視覚に基づいてオンラインで模倣する手法を提案し、その有効性を実験により検証してきた [1][2].

地図ベースのナビゲーションとは、LiDAR や IMU、ホイールオドメトリなど複数のセンサから占有格子地図を作成し、その地図を用いて自己位置推定、経路計画、制御などの複数のタスクを達成することで目的となる場所へ自律的に移動する手法である [3].

近年、画像を入力とした end-to-end 学習による自律移動手法が注目されている。例えば、Muller らは、人が操作したコントローラ操作を教師データとして学習することで、オフロード環境で障害物を回避しながら走行できることを確認した [4]。また、Bojarski らは画像と人が操作した制御コマンドを end-to-end 学習することで、自動車を対象とした自律移動手法を提案した [5]。

しかし、それらの研究では必ずしも学習した経路を追従できるわけではなく、目標とする経路から外れていく様子が確認されている。その要因の一つとして、目標となる経路からズレが生じた際に訓練データにない状態に陥り、目標となる経路への復帰ができなくなったことが考えられる。すなわち経路へ復帰するための学習データが不足していることが考えられる。

そこで本稿では、カメラ画像を入力とした end-to-end 学習による自律移動手法において、図 1 に示すような常に経路周辺を学習する場合と、図 2 に示すような目標経路周辺だけでなく目標経路から離れた状態も学習する場合の二つの方法でデータセットを収集し、学習を行う。そして、その学習によって生成された経路追従行動を分析を行い、離れた状態からの復帰行動を学習することが、有効であることを明らかにする。それに加え、目標経路への復帰行動を強化する教師データ収集法を新たに提案し、有効性を検証する。

- [1] 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).
- [2] 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).
- [3] W. Schwarting, J. Alonso-Mora, and D. Rus. Planning and decision making for autonomous vehicles . Annu. Rev. Vol. 1, No. 1, pp. 187-210, May 2018.
- [4] U. Muller, J. Ben, E. Cosatto, B. Flepp, and Y. Cun. "Off-road obstacle avoidance through end-to-end learning". Advances in neural information processing systems, Vol. 18, , 2005.
- [5] Bojarski, Mariusz, and et al. "End to end learning for self-driving cars". arXiv:1604.07316, 2016.