

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-

Yuuki TAKAHASHI, Chiba Institute of Technology, s19c1068aq@s.chibakoudai.jp
Kazuki SHIRASU, Masaki FUJIWARA,
Ryuichi UEDA and Yasuo HYASHIBARA, Chiba Institute of Technology

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

2 オンライン手法

本稿では、事前に収集した画像と行動を用いて、経路追従行動をオフラインで学習する手法（以後、オフライン手法と呼ぶ）に関して検討する。これにより、オンライン手法で問題となっていた学習時間の短縮を目指す。なお、オフラインで模倣学習することは、他の研究でも行われていることであるが、そのデータを自動で収集することに本手法の特徴がある。また、本稿では、実ロボットでのデータ収集を念頭において、どの程度の経路周辺の視覚情報が必要であるかを、シミュレータを用いた実験により明らかにすることも目的とする。これにより、実ロボットを用いた学習に要する時間を短縮することを意図している。

オンライン手法のネットワークの構造を図4に示す。入力層1, 畳み込み層3, 全結合層2, 出力層1の全7層から構成される。

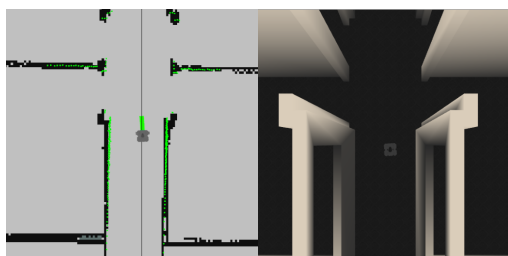


Fig.2: Learning phase

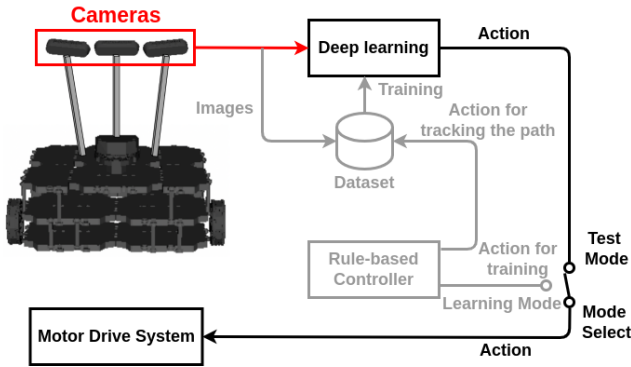


Fig.3: Test phase

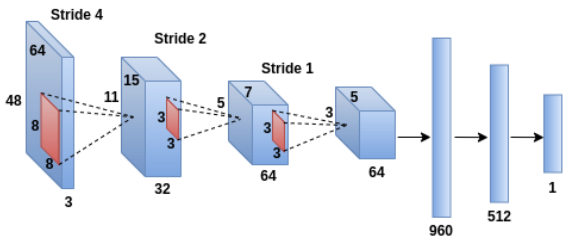


Fig.4: Structure of network

3 オフライン手法

本研究で検証するオフライン手法に関して述べる。オンライン手法と比べて、オフライン手法は画像と角速度のデータを事前に収集して、オフラインで学習するところが異なる。図5にシミュレータを用いたデータの収集方法を示す。目標経路(赤線)から一定距離の位置にロボットを配置して、さらに目標経路の方向を基準として、ヨー方向に一定量回転させる。その状態で中央のカメラの画像と、目標角速度を収集してデータセットに加える。本手法でデータを収集するためには、非常に多くのロボットの置き直しをしなければならないため、実ロボットにそのまま応用するのは難しい手法といえる。ただし、1台のロボットに複数のカメラを搭載して、複数の視点の画像を得ることで同様にデータを収集できるため、実ロボットへの応用は可能であると考えられる。このように収集したデータセットを用いてオフラインで学習を行う。

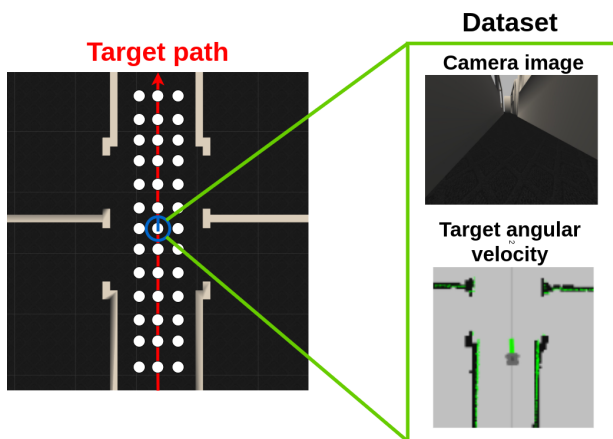


Fig.5: Method of collecting data around the target path

4 シミュレータを用いた実験

オフライン手法で経路追従できるかを実験により検証する。また、どの程度の画像情報と目標角速度のデータがあれば、経路追従できるかを明らかにする。

4.1 実験装置

シミュレータには Gazebo[6]、環境には Willow Garage[7] を用いて、図6に示す赤線を目標経路として実験を行う。また、ロボットモデルには Turtlebot3 Waffle Pi[8] にカメラを1つ搭載したモデルを用いた。これらを実験に用いたソフトウェアに関しては以下で公開している。

https://github.com/YuukiTakahashi4690/nav_cloning

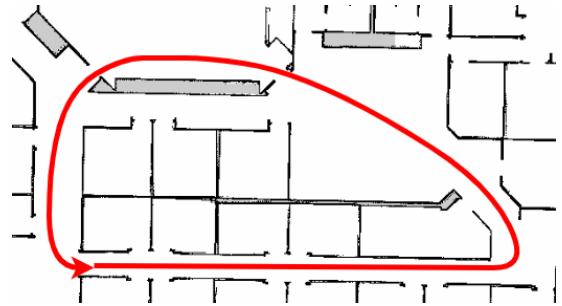


Fig.6: Course to collect data

4.2 実験方法

以下に実験方法を示す。

(1) データ収集フェーズ

図7にデータの収集方法を示す。実験1と実験2では、目標経路上のみにロボットを配置する。実験3では、目標経路上には配置せずに、経路から平行に $\pm 0.1[m]$ 離れた位置に配置する。実験4と実験5では、目標経路上と経路から平行に $\pm 0.1[m]$ 離れた位置にロボットを配置する。実験6と実験7では、目標経路上と経路から平行に $\pm 0.2[m]$ 離れた位置にロボットを配置する。実験8と実験9では、目標経路上と経路から平行に $\pm 0.3[m]$ 離れた位置にロボットを配置する。また、実験1から実験7のロボットの進行方向の配置間隔は $0.1[m]$ とする。そして、その位置ごとに目標経路の方向を基準として、ヨー方向に ± 5 度回転させて、カメラ画像と目標角速度を収集する。ただし、実験1、実験4、実験6、実験8のみヨー方向の回転を行わない。

(2) 学習フェーズ

オンライン手法では、オンラインで学習を行うため、ナビゲーションなどにもコンピュータのリソースが必要であるため、バッチ数8のミニバッチ学習を採用していた。しかし、本手法はオフラインで学習を行うため、バッチ学習を採用している。学習ステップ数に関しては、実験1~7は4000stepとした。なお、4000stepはオンライン手法において、シミュレータでの実験に用いてきたステップ数である。

(3) テストフェーズ

学習済みモデルを用いてロボットを走行させて図6に示した目標経路を追従できるかを検証する。経路を1周できた場合を成功とし、壁に衝突したり、目標経路から $10[m]$ 以上離れたりした場合を失敗とした。

上記の(2)学習フェーズと(3)テストフェーズを10回行い、経路追従の成功率を得る。

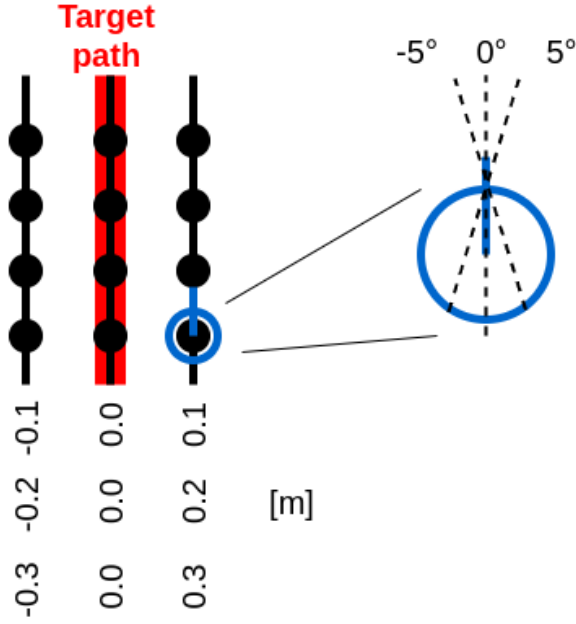


Fig.7: Method of collecting data around the target route

4.3 実験結果と考察

実験結果を表 1 に示す。オンライン手法が学習に 40 分程度必要であったのに対して、最も成功率が高い実験 7 の学習時間は 4 分程度であったため、大幅に学習時間を短縮できることを確認した。ここで、学習時の loss の一例を図 8 に示す。図から学習が収束している様子が見られる。

結果として目標経路から 0.2[m] 離れた位置周辺のデータを学習に用いることが、経路追従する上で有効であることがある程度確認できた。また、ヨー方向に一定量回転させる方が成功率が高いことも確認できた。

Table 1: Number of successes in the experiments

Experiments	Number of successes
Exp.1(0.0[m])	0/30
Exp.2(0.0[m])	0/10
Exp.3(0.1[m])	24/30
Exp.4(0.1[m])	14/30
Exp.5(0.1[m])	28/30
Exp.6(0.2[m])	23/30
Exp.7(0.2[m])	10/10
Exp.8(0.3[m])	20/30
Exp.9(0.3[m])	27/30

5 結言

本稿では、事前に収集した画像と行動を用いて、end-to-end 学習により経路追従行動をオフラインで模倣学習する手法に関して検討した。実験により、オンライン手法で問題となっていた学習時間を大幅に短縮できることを確認した。また、実ロボットでのデータ収集を念頭において、必要となる経路周辺の視覚情報と目標角速度の組み合わせも、ある程度明らかにした。

参考文献

- [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-SI2021 予稿集, pp.1147-1152, 2020.

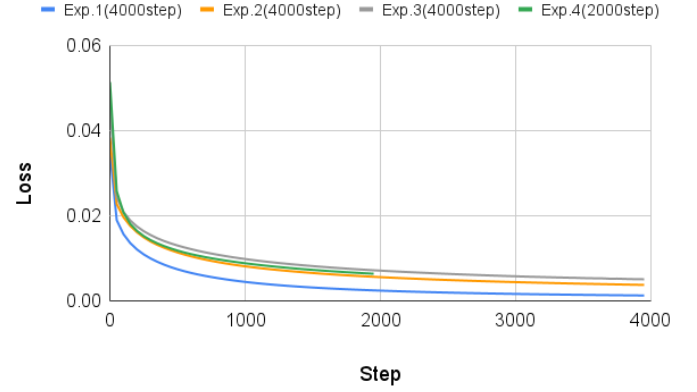


Fig.8: Loss value in the experiments

- [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] Bojarski, Mariusz, et al.: “End to End Learning for Self-Driving Cars.”, arXiv: 1604.07316, 2016
- [4] Jing Bi, Tianyou Xiao, Qiuyue Sun, Chenliang Xu. “Navigation by Imitation in a Pedestrian-Rich Environment”, arXiv:1811.00506, 2018
- [5] ros-planning, navigation リポジトリ
<https://github.com/ros-planning/navigation>
(最終閲覧日 2023 年 3 月 9 日)
- [6] gazebo リポジトリ
<http://gazebo.org/>
(最終閲覧日 2023 年 3 月 9 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 3 月 9 日)
- [8] Turtlebot3-robotis emmanual.robotis.
<https://emmanual.robotis.com/docs/>.
(最終閲覧日 2023 年 3 月 9 日)