

# 卒業論文

## 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)

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 and verification by target direction)

2022 年 12 月 6 日 提出

指導教員 林原 靖男 教授

千葉工業大学 先進工学部 未来ロボティクス学科

19C1101 藤原 柁



# 概要

## 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 )

近年、カメラ画像に基づいた自律走行の研究が行われている。本研究室でも、LiDAR を用いた自律移動システムの出力を教師信号として与えることでロボットの経路追従行動をオンラインで模倣する手法を提案されている。また、実験によりカメラ画像に基づいた自律走行で、一定の経路を周回することが可能であることが示されている。提案手法では、目標の進行方向をデータセットと学習器の入力に加えることで、「直進」や「左折」などの経路が選択できる分岐路において、任意の経路を選択可能にする機能の追加を提案する。提案手法では、LiDAR を用いた自律移動システムの出力をカメラ画像と目標方向を用いて模倣学習する。学習後、カメラ画像と目標方向に基づいて任意の経路を選択可能な自律走行を行う。また、シミュレータを用いた実験と実環境での実験により、提案手法の有効性を検証した。その結果、任意の経路を選択し、カメラ画像に基づく自律走行が行えることを確認した。

キーワード: end-to-end 学習, Navigation, 目標方向

# abstract

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 and verification by target direction)

In recent years, research on autonomous driving based on camera images has been conducted. In this research laboratory, a method of online imitation of robot path following behavior by giving the output of an autonomous moving system using LiDAR as a teacher signal has been proposed. Furthermore, experiments have shown that it is possible to circulate a certain route based on autonomous driving using camera images. In the proposed method, by adding the target progress direction to the input of the dataset and the learning machine, it is possible to add a function that enables the selection of arbitrary routes at branching roads where routes such as "straight ahead" and "turn left" can be selected. In the proposed method, we propose to learn the imitation of camera images and target direction using the output of the autonomous moving system using LiDAR. After learning, autonomous driving that can select arbitrary routes based on camera images and target direction is performed. In addition, the effectiveness of the proposed method was verified by experiments using a simulator and experiments in an actual environment. As a result, it was confirmed that arbitrary routes can be selected and autonomous driving based on camera images can be performed.

keywords: End-to-end learning, Navigation, Target direction

# 目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景 . . . . .	1
1.1.1	RoboCup . . . . .	1
第 2 章	要素技術	2
2.1	Deep learning . . . . .	2
2.2	end-to-end 学習 . . . . .	3
2.3	Convolution Neural Network . . . . .	4
2.4	地図を用いたルールベースの制御器 . . . . .	5
参考文献		6
付録		7
謝辞		8

# 目次

1.1	Example . . . . .	1
2.1	Neural network . . . . .	2
2.2	Structure of end-to-end learning . . . . .	3

# 表目次

# 第 1 章

## 序論

### 1.1 背景

#### 1.1.1 RoboCup



Fig. 1.1 Example

etc...



## 第 2 章

# 要素技術

本章では、本研究で用いた深層学習に関連した要素技術と、ベースとなる従来手法にていて述べる。

### 2.1 Deep learning

Deep learning は、画像や音声などのデータに特に適しており、近年では自然言語処理や医療画像解析などさまざまな分野で活用されている。人間の脳のような深い層の構造を持つ人工ニューラルネットワークに基づく機械学習手法である。人工ニューラルネットワークは、入力データから出力データを予測するために、多数のニューロンを用いて情報を処理する。この人工ニューラルネットワークを多層構造にすることで、より深い情報処理を行うことができる。これにより、高度な識別や分類タスクなどを行うことを可能にしている。一般的な構造を Fig. 2.1 に示す。

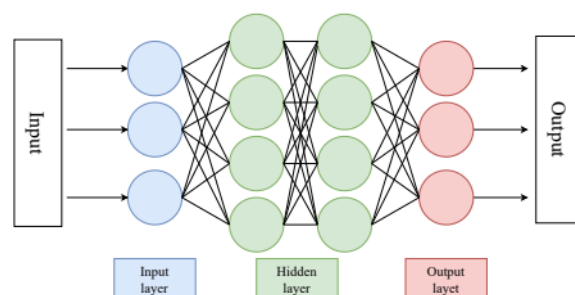


Fig. 2.1 Neural network

## 2.2 end-to-end 学習

end-to-end 学習とは, 人工ニューラルネットワークを使用して, 入力データから出力を直接生成する方法のことを指す.

実世界における自動運転を例に挙げる. end-to-end 学習を用いない場合, 人物や障害物などの物体認識, 車線の検出, 経路計画, ステアリングの制御など, 多くのタスクを解決する必要がある. しかし, end-to-end を用いることで, 先程のタスクを解決することなく, 車両が撮影したカメラ映像から直接, 運転操作を行うことができる.

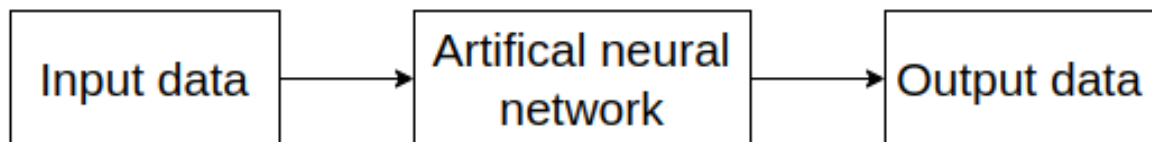


Fig. 2.2 Structure of end-to-end learning

## 2.3 Convolution Neural Network

畳み込みニューラルネットワーク (convolutional neural network:CNN) は人工ニューラルネットワークのモデルの一種である。このモデルは、画像や音声などの多次元の配列で表される複雑なデータを処理するために特別に設計されている。CNN は次のような特徴を持つ層で構成されている。

1. 畳み込み層

入力データをフィルタ（カーネル）を用いて特徴を抽出する。

2. プーリング層

特徴を残しつつ、畳み込み層の出力を圧縮する。これにより、画像であればピクセル数が減少し、計算量が大幅に減らすことができる。

3. 全結合層

畳み込み層とプーリング層の出力をまとめて処理する。

## 2.4 地図を用いたルールベースの制御器

従来手法と提案手法において、教師信号として用いる地図ベースの制御器について述べる。地図ベースの制御器は、ROS Navigation\_stack[1] へ移動目標の経由地点（waypoint）の指示を行う waypoint\_nav[2] を組み合わせたものである。ROS Navigation\_stack では以下のような処理が行われる。

- ロボットの現在位置を決定する
- 移動目標地点を決定する
- 移動目標地点までの経路を決定する
- 経路にしたがった行動をロボットに指示する

## 参考文献

- [1] ros-planning, navigation レポジトリ. <https://github.com/ros-planning/navigation>. (Accessed on 12/6/2022).
- [2] waypoint\_nav レポジトリ. [https://github.com/open-rdc/waypoint\\_nav.git](https://github.com/open-rdc/waypoint_nav.git). (Accessed on 12/6/2022).

## 付録

# 謝辞

本研究を進めるにあたり，1年に渡り，熱心にご指導を頂いた林原靖男教授に深く感謝いたします．