

交差点を含む8の字経路におけるニューラルネットワーク走行ロボットの対面自律走行

山形 周¹, 古澤 昂弥¹, 宮原 捷伍², 佐々木 良介², 世良田 竜平², 本田 泰³

¹ 室蘭工業大学大学院 工学研究科 情報電子工学系専攻

² 室蘭工業大学 理工学部 システム理化学科

³ 室蘭工業大学大学院 しくみ解明系領域

概要

本研究の目的はニューラルネットワークを用いた走行ロボットの自律走行による対面8の字自律走行を実現およびその観測を通じて行動のための知能の原理を探求することである。8の字コースの走行では、円形コースでは発生しないロボット同士の交差が観測できる。交差点においては、直線的な追い越しや行き違いとは異なる知的行動が要求される。対面8の字自律走行を行うために4つの走行方法を設定し、さらに片方が人間による操縦もう片方が自律走行の場合と両方自律走行の場合で走行実験を行った。その結果、片方が人間による操縦の場合では左に回避する走行方法、両方自律走行の場合では交差点で進行方向に回避する走行方法で最も平均離脱距離が長くなった。各走行方法の平均離脱距離と教師データの密度のグラフより、教師データ収集の走行方法は、左側を走行するなどといった走行する部分を制限せず、細かく回避方法を設定するなど複雑な条件を設定しないほうが良いと考えられる。

Autonomous two-way traffic in a figure-eight route with an intersection by neural-network running robots

Shu Yamagata¹, Takaya Furusawa¹, Shogo Miyahara², Ryosuke Sasaki²,
Ryuhei Serata², Yasushi Honda³

¹ Division of Information and Electronic Engineering, Graduate school of Engineering, Muroran Institute of Technology, Japan

² Department of Sciences and Informatics, Faculty of Science and Engineering, Muroran Institute of Technology, Japan

³ College of Information and System, Muroran Institute of Technology, Japan

Abstract

The purpose of this research is to realize face-to-face figure-of-eight self-driving robots using neural networks and explore the principles of intelligence for behavior through observation. When running on a figure-eight course, it is possible to observe robots crossing each other, which does not occur on a circular course. Intersections require intelligent behavior that is different from straight-line overtaking or passing each other. In order to perform face-to-face figure-of-eight autonomous driving, we set four driving methods, and one is operated by a human and the other is operated by a human. Driving experiments were conducted in the case of autonomous driving and in the case of both autonomous driving. As a result, the average breakaway distance was longest for the driving method in which one side was steered by a human, in which the vehicle evaded to the left, and in the case in which both vehicles were autonomous, the driving method in which the vehicle evaded in the direction of travel at an intersection was the longest. From the graph of the average separation distance for each driving method and the density of training data, It is considered that the driving method should not set complicated conditions, such as not restricting the part of the road to be driven, such as driving on the left side of the road, and setting detailed avoidance methods.

1 はじめに

交通流は我々が日常的に観測することができる現象である。対面歩行や交通渋滞といった集団行動は各個体の相互作用により組織的に形成される動きであるが、そのメカニズムは完全には解明されていない。我々は集団行動の一つである対面走行に注目した。

先行研究 [1] では楕円コースでの対面自律走行が可能であることが確認された。本研究ではカメラから得られた二次元画像データを入力としたニューラルネットワークを用いた自律走行により、8の字コースで自律走行による対面走行が可能か確かめることを目的とする。8の字にする理由は、楕円や円形コースでは観測できない90度の交差を観測できるためである。

2 ニューラルネットワーク

2.1 教師データの収集

本研究では走行ロボットに搭載されたカメラから得られる画像データとモータの出力を教師データとして使用する。画像データはそのまま利用せず、2つの処理を行う。

1つ目の処理は画像のトリミングである。本研究で使用するカメラの解像度は320(幅)×240(高さ)[px]であり、320×40[px]になるようにトリミングを行う。トリミングを行う理由は、壁の上は人間や実験場所が映り、自律走行に意図しない影響を与える可能性があるためである。図1はトリミング後のカメラからの画像である。2つ目の処理はトリミングした画像のRGBの値を縦方向に足し合わせ、一次元画像データに圧縮することである。320×40[px]にトリミングした画像のRGBのピクセル値を縦方向に足し合わせることで960×1のデータに変換する(図2)。この一次元画像データとその瞬間の走行ロボットのモータをペアで記録し教師データとして使用する。教師データの収集は走行ロボットを人間が遠隔で操縦し行う。



図1: トリミング後の画像データ

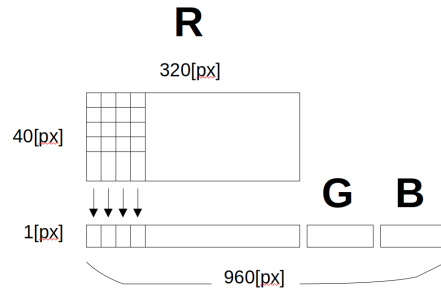


図2: 一次元画像データの作成

2.2 教師データの学習

教師データの学習にはニューラルネットワークを使用する。入力層のニューロン数は960、中間層は1層でニューロン数は1000、出力層のニューロン数は2とした。入力は一次元画像データ、出力は左右のモータの出力値である。活性化関数はReLU関数を使用し、最適化アルゴリズムをAdamとし、バッチ学習を行った。

2.3 走行方法

本研究では対面自律走行を行うために、教師データ収集の際の走行方法を4種類設定した。

1. 左側を走行する
2. 対面した際に左に回避する
3. 交差点以外では左に回避し、交差点では進行方向に回避する
4. 3の方法に加えて、対面した際に片方は停止しもう片方が回避する

停止している状態とは、走行ロボットのモータの出力値が0に近い状態のことである。進行方向に回避するとは、例えば図3の場合、左下の走行ロボットはピンクの内壁に進むために右に曲がる必要がある、右上の走行ロボットは緑の内壁に進むために右に曲がる必要がある。そのためこの場合は両方が右に回避する。場合によっては左に回避することもあるため、進行方向に回避する場合は左右に回避するパターンが存在する。4の走行方法について、停止するロボットと回避するロボットは事前に決定し、固定する。また、図4のように90度で対面した場合は先に交差点に進入した方が優先して通過する。

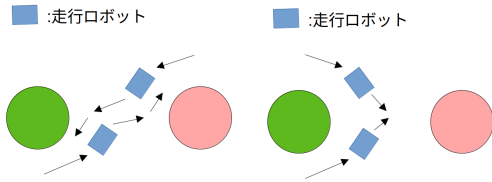


図 3: 進行方向に回避する例

図 4: 90度で対面した状況

3 走行実験

3.1 走行ロボットと走行コース

本研究では、図5のような8の字コースで走行実験を行う。内壁の直径は80[cm]、コースの幅は56[cm]である。外壁には青いテープ、内壁にはピンクと緑のテープを貼っている。これは教師データ収集と自律走行の際に外壁と内壁を認識しやすくするためである。また、走行実験で用いる走行ロボットは図6であり、カメラを1つ(図6の赤枠)、モータを2つ(図6の黄枠)搭載している。

走行実験では、2台の走行ロボットを用いて対面8の字自律走行を行う。自律走行に用いるアルゴリズムは、先行研究で開発された、カメラからの二次元画像データによるニューラルネットワークを用いた自律走行アルゴリズムである。

教師データ収集の際はマウスを用いて走行ロボットを操縦する。マウスを動かした瞬間の画像とモータの出力を記録し教師データとする。

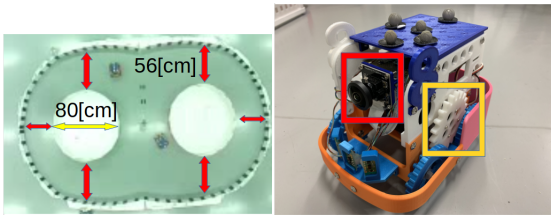


図 5: 使用する8の字コース

図 6: 使用する走行ロボット

4 実験結果

本研究では2台の走行ロボットを使用して対面走行を行った。対面自律走行は、片方は人間による操縦でもう片方は自律走行の場合、そして2台が自律走行の場合の2パターンで行った。片方が人間による操縦の場合では、人間が操縦する走行ロボットを robotA、

自律走行の走行ロボットを robotB と名付けた。4つの走行方法でそれぞれ5回対面自律走行を行った。

図7と図9は左に回避する走行方法(2の走行方法)で、片方は人間片方は自律走行の場合と両方自律走行の場合の対面走行の離脱距離¹、図8と図10は交差点で進行方向に回避する走行方法(3の走行方法)で、片方は人間片方は自律走行の場合と両方自律走行の場合の対面走行の離脱距離をまとめたグラフである。このように4つの走行方法の離脱距離をグラフにし平均離脱距離を算出した(表1と表2)。片方は停止しもう片方が回避する走行方法では、回避するロボットを robotA、停止するロボットを robotB とした。また、片方が人間の場合は robotB の平均離脱距離、両方自律走行の場合は2台の走行ロボットの平均離脱距離を本研究の実験結果とする。

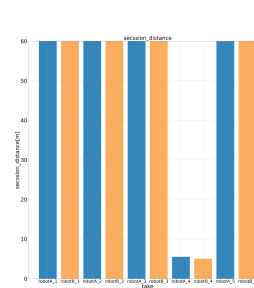


図 7: 片方は人間片方は自律走行で左側に回避する走行(2の走行方法)の離脱距離

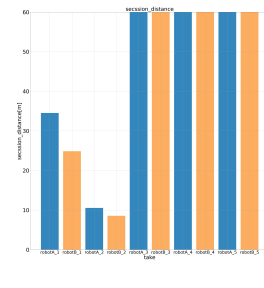


図 8: 片方は人間片方は自律走行で交差点で進行方向に回避する走行(3の走行方法)の離脱距離

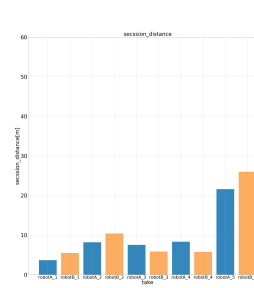


図 9: 両方自律走行で左側に回避する走行(2の走行方法)の離脱距離

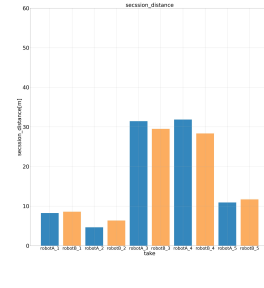


図 10: 両方自律走行で交差点で進行方向に回避する走行(3の走行方法)の離脱距離

¹本研究では8の字対面走行の際に壁に衝突して走行不能になった場合、または8の字の経路から外れた場合に走行を中断し、走行開始からそこまでの走行距離を離脱距離と呼ぶ

表 1: 片方は人間片方は自律走行の場合の平均離脱距離

走行方法	平均離脱距離 (m)
左側走行	5.57
左に回避	59.53
交差点で進行方向に回避	44.00
片方は停止もう片方は回避	10.03

表 2: 両方自律走行の場合の平均離脱距離

走行方法	平均離脱距離 (m)
左側走行	6.415
左に回避	10.267
交差点で進行方向に回避	17.134
片方は停止もう片方は回避	18.259

5 まとめ

本研究ではニューラルネットワーク走行ロボットを使用し、交差点を含む8の字経路における対面自律走行を、片方は人間片方は自律走行の場合と両方自律走行の場合で4種類の走行方法を設定して行った。

表 1 より、片方が人間片方が自律走行の場合では、左に回避する走行方法が 59.53[m] と平均離脱距離が最も長く、左側走行の場合が最も短く 5.57[m] となった。表 2 より、両方自律走行の場合では片方が停止する方法が 18.259[m] と最も長くなったが、停止する側停止せず後ろに下がる動きが発生したため離脱距離が長くなったと考えられる。そのため進行方向に回避する方法の 17.134[m] が最も長くなった結果として適切であると考えられる。よって本研究の結論として、片方が人間片方が自律走行の場合で8の字対面走行するには左に回避する走行方法(2の走行方法)が適しており、両方自律走行の場合で8の字対面走行するには進行方向に回避する走行方法(3の走行方法)が適しているといえる。

6 考察

左側走行(1の走行方法)は離脱距離が最も短くなった。これは走行する場所を制限した結果、教師データ収集の際に走行した部分から外れたときのデータが無い場合、左側走行でなくなった場合に対応できなかったためであると考えられる。片方が停止する走行方法(4の走行方法)の場合では停止せずに後ろに

動いたが、マウスを動かしたときに教師データが収集されるため停止した部分の教師データが無く、停止するために速度を落としたときの教師データが反映されたと考えられる。

図 11 は教師データ収集の際の走行時間と走行距離の密度を表したグラフである。横軸はデータ数を走行時間で割った値、縦軸はデータ数を走行距離で割った値である。平均離脱距離が最も長くなった左に回避する走行方法と進行方向に回避する走行方法は横軸が 4.0 から 4.7 の範囲、縦軸が 14 から 17 の範囲にあるため、対面自律走行を行う教師データはこの範囲内に収めることが適切であると考えられる。

今後の展望として行いたいことは、画像データの処理の方法を変更し情報量を増やすことである。本研究では教師データに一次元画像データを使用した。実験結果を見て、対面自律走行を行うには情報量が少ないのではないかと考えた。他の方法として挙げられる方法として、縦方向の圧縮に加えて横方向にも圧縮する、圧縮を行わず画像をそのまま使用する方法があるので、今後はそれらの方法を用いて実験を行いたい。

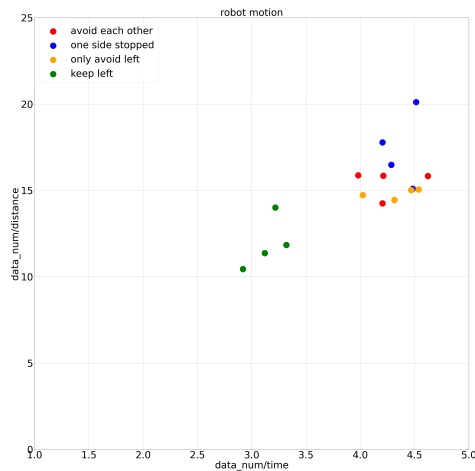


図 11: 教師データ収集の際の時間と走行距離の密度

参考文献

- [1] 李方正, 山田将司, 本田泰, 画像認識ニューラルネットワークによる複数ロボットの対面走行, 第34回自律分散システム・シンポジウム, (2021)