

## ラインレースカーを利用した交通流シミュレーションに関する基礎研究

### Basic study on traffic flow simulation using line tracing cars

○真土風人<sup>1</sup>, 星野貴弘<sup>2</sup>

\*Naguto Shindo<sup>1</sup>, Takahiro Hoshino<sup>2</sup>

Abstract: There are two main approaches to traffic flow analysis. One method is to use computer simulation, and the other is to drive the vehicle on a test course. Each of these two methods has its advantages and disadvantages. ZMP sells RoboCar, which uses an RC car, and application software for system development as research and development tools to solve these issues. However, introducing RoboCar is costly, therefore we develop a low-cost microcomputer car that simulates the driving behavior of manual, ACC, and CACC cars in this research.

#### 1. はじめに

自動車専用道路における交通渋滞の改善策として Adaptive Cruise Control(ACC)の積極的利用が注目されている。近年では、ACCに加え車車間通信を導入することでACCよりもさらに短い車間距離を保ちながら安全な走行を実現するための研究開発も行われており、これらの機能は渋滞緩和や旅行時間の短縮に効果があることが判明している<sup>[1]</sup>。

交通流解析の研究のアプローチには、コンピュータシミュレーションを用いる方法と、実際の車両をテストコースなどで走行させた結果を用いて解析する方法の2つに大別される。しかし、前者はシミュレーション条件やパラメータによっては、実際の車両の性能から考えて実現不可能な急加速や急減速などの挙動が起こってしまうといった問題が挙げられる。一方で、後者は現実的な結果が得られるものの、非常に高いコストがかかってしまう他、事故などの安全性の問題がある。このような問題の解消のための研究開発ツールとして、実車の1/10スケールのRCカーを使用したRoboCarとシステム開発用のアプリケーションがZMP社で販売されている<sup>[2]</sup>。しかし、RoboCarは非常に高価であるため、本研究では低コストで手動操縦する車両、ACC車両、CACC車両の運転行動を模擬するマイコンカーを開発する。ラインレース機能を利用し、コース内で走行実験を行い、ACC、CACCが混在する車群を再現することで自動運転機能の技術的課題の発見や、実現の可能性について検証することを目的とする。

#### 2. マイコンカーの構成

##### <2.1> マイコンカーの概要

マイコンカーのシステムの概要をFig.1に示し、マイコンカーに搭載している部品の定格や主な仕様をTable 1に示す。マイコンカーは主に3つのシステムで構成されており、「計測」「通信」「動力」となっている。

Table 1. Microcomputer Car Specifications

| Parts name                         | Rating   |
|------------------------------------|--|
| Measuring Sensor (MTOF171000C0)    | IR Distance Sensor<br>Working Range : 20~1200mm  |
| Photo Reflector (AE-NJL5901AR-8ch) | Rated voltage : 5V<br>Current consumption : 200mA<br>Range of Detection : 1~5mm<br>LED : Infrared Emitting Diode<br>PD : Silicon Phototransistor |
| Motor Driver (Motor Shield Rev3)   | Operating Voltage : 5~12V<br>Max Current : 2.0A per channel or 4A max<br>Motor controller : L298P  |

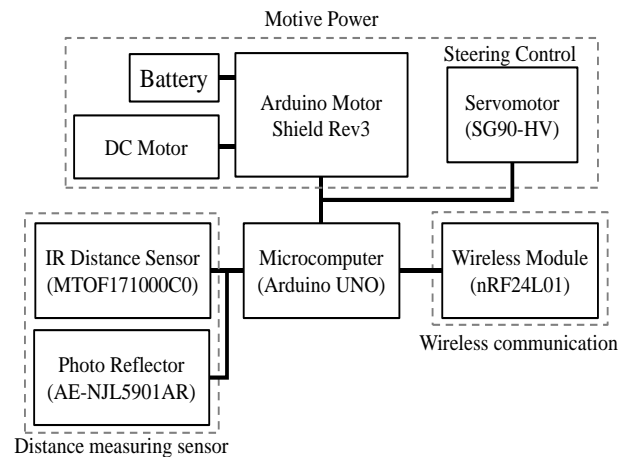


Fig.1 Microcomputer Car System Configuration

このマイコンカーは前方との距離を測定し、その距離に応じてマイコン(Arduino)で処理を行い、モーターシールドに内蔵されているモータードライバ経由でモーターの回転数を制御することで、適切な車間距離を維持しながら走行することを目的としている。また、ラインレースを行うことで、作成したコースを外れることなく走行が可能となっている。

1 : 日大理工・院[前]・電気 2 : 日大理工・教員・電気

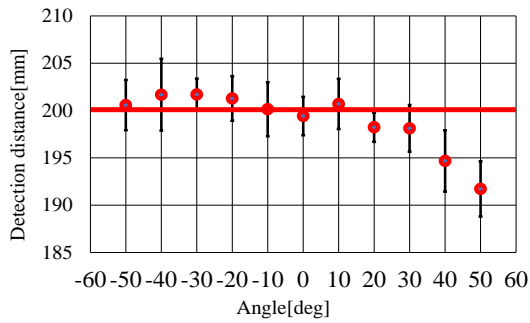


Fig.2 Effect of angle on distance measurement

### <2・2> 距離センサ

前方との距離を測定するためにToF方式のIR距離センサをマイコンカーに搭載した。ToF方式とはセンサーから光が照射され、障害物によって反射し戻ってくるまでの時間を測定しその時間から距離を算出する方式となっている。そのため、三角測量法に比べ反射時の角度の影響を受けにくいことや、赤外線を利用しているため、超音波距離センサに比べ走行する速度に影響がないことがメリットとして挙げられる。

Fig.2は距離測定における角度の影響を表したグラフである。赤点は測定値の平均を表し、黒線は測定値の範囲を示している。実験はセンサーから200mmの位置に物体を配置し、10°ずつ物体を傾けさせ計測を行った。このグラフから照射する障害物の角度によって測定値に多少の誤差が生じているが、走行時の車間距離制御に影響が少なく問題がないことがわかった。

### <2・3> 通信機材

走行時にマイコンカーの動作実験の測定値やプログラムの処理状況を確認するために、ArduinoとPCを接続していない状態でArduino間の無線通信を行える「nRF24L01」を導入した。これにより、マイコンカーのArduinoとPCに接続したArduino間で通信を行い、PC側のArduinoのシリアル通信によって情報を確認することができる。

### 3. 操舵制御

開発したマイコンカーに作成したコースで走行させるためにフォトリフレクタアレイ(AE-NJL5901AR)を搭載した。実験に用いるコースは白紙に黒線を敷くことで作成しており、フォトリフレクタは黒と白を判別することができるため、マイコンカーは黒線をなぞるように走行する。

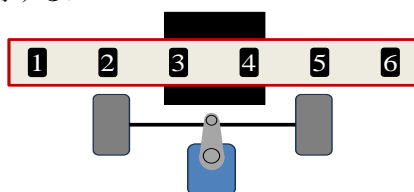


Fig.3 Steering control

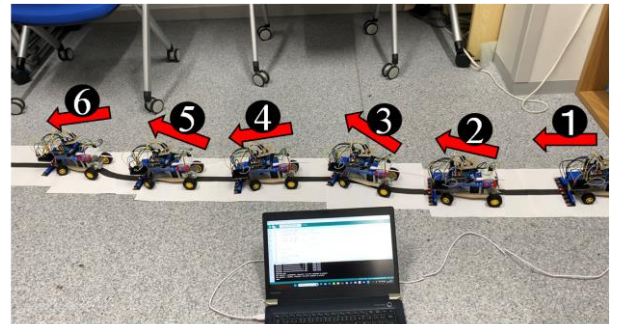


Fig.4 Vehicle trajectory in driving experiment

操舵制御の方法は黒線を感じたフォトリフレクタの位置からサーボモーターの出力を制御している。制御方法として、フォトリフレクタの左から何番目の位置に黒線があるかを検出し、1番目の上であれば[0]、1番目と2番目の上であれば[1000]というようにPosition値を与え、Fig.3に示すように黒線がフォトリフレクタの中心である3番目と4番目の位置にあるときPosition値[5000]を与え、サーボモーターによりタイヤの傾きを0°にする。Position値が[4000]、[6000]の場合にはPosition値を[5000]に戻すために少しタイヤに傾きを与え、[0]、[10000]の場合にはタイヤの傾きを最大とすることで目標値に戻すように制御する。このようにPosition値を用いてフィードバック制御による操舵制御を行っている。

### 4. 走行実験

作成したマイコンカーを用いて、前輪のステアリング制御によるライントレースが可能であるかを緩やかな曲線を取り入れて走行実験を行った。走行した軌跡と、車輪の向きを赤い矢印で示したものをFig.4に示す。この実験から、ライントレースは可能であることを確認した。

### 5. まとめと今後の課題

本研究では、マイコンを用いた低コストで作成可能な自動運転車両の開発を行った。フォトリフレクタアレイとサーボモーターを利用し、前輪でのステアリング制御によるライントレースが可能となった。また、障害物や前方車両の距離測定にはToF方式のセンサを使うことが適切であるとわかった。

今後は速度制御機能を搭載し、コース内での複数車両の追従走行実験を行う予定である。

### 参考文献

[1] 西成活裕：「よくわかる渋滞学」，ナツメ社(2009)  
 [2] ZMP：「自動運転/AI 技術開発用ロボットカー RoboCar 1/10 Pro」，ZMP inc(2023)  
<https://www.zmp.co.jp/products/robocar/robocar-110pro>  
 (2023. 9. 27 参照)