

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 9 日現在

機関番号：12201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760199

研究課題名(和文) 自律移動ロボットで混雑した環境における効果的なロボット群移動を目指した渋滞学研究

研究課題名(英文) Jamology of multiple mobile robots

研究代表者

星野 智史 (Hoshino, Satoshi)

宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80431980

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、自律移動ロボットで混雑した環境における効果的なロボット群移動を目指した渋滞学研究に取り組んだ。その結果、混雑した環境でもロボット群が効果的に移動できることが可能となった。本研究成果を道路交通システムへ応用すれば、我々が渋滞に悩まされることは軽減される。ロボティクス研究による技術革新である。

研究成果の概要(英文)：This research work has tackled a so-called Jamology of multiple mobile robots. In congested systems, robots were enabled to move efficiently without forming jams. This is an innovation of robotics. By applying this technology to intelligent transportation systems, we can get free from a problem of the traffic jams.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学 知能機械・機械システム

キーワード：ロボティクス 渋滞学

1. 研究開始当初の背景

自らの行動意思決定を行える主体（人の運転する自動車や自律移動ロボット）が同一方向へ移動する場合、数が少ないうちはそれぞれ円滑で高速に移動できるが、数が増え混雑するにしたがって、移動体による渋滞が形成される。これは、各自が行動意思決定を行う限り避けることのできない現象であり、その結果、全体（群れ）としての移動効率も極端に悪化してしまう。

ロボティクスの分野では、近年、特に車輪型の自律移動ロボットが産業界を中心に、活躍の場を広げている。ただし、ここでも需要が高まるにつれ投入されるロボット台数は増加し、近い将来、ロボットシステムにおいても渋滞問題が深刻化することが予想される。しかるに、混雑した環境でもロボット群が効果的に移動することができれば、道路交通システムのように渋滞で悩まされることはない。これは、ロボティクス研究による大きな技術革新となる。

2. 研究の目的

本研究では、ボトルネックがあり自律移動ロボットで混雑した環境にて、渋滞を形成することなく効果的にロボット群を移動させることを目的とする。そのため、知的交通システム（ITS）研究で提案された自動車の最適走行制御手法を、ロボットへ実装する。さらに、以下の(I)~(III)を開発し、ロボットがこれらを図1が示すように、最適走行制御とハイブリッドに切替えられるよう内部モデルを構築する。

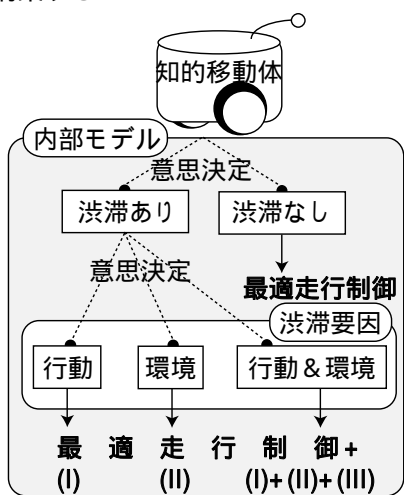


図1 ロボットの内部モデル

- (I) ロボット間相互作用外力による減速制御
- (II) ロボットの行動を規制するための環境ルール
- (III) ロボット群の自己組織化的クラスタリング

3. 研究の方法

(I)~(III)の有効性は、ソフトウェアとハードウェアの両面から評価される。そして、ロボットの速度制御、環境ルール、クラスタリングのうち、どれがあるいはどの組合せが最も渋滞およびロボット群の移動に効果的なのか明らかにする。そして、本研究を通じて、渋滞形成の根本原因についても解明する。

効果的に研究を進めるため、平成24年度では、「研究目的」で述べた(I)~(III)のアプローチについて、それぞれ順番に理論構築し、その都度ソフトウェア開発として、最適走行制御手法とともにシミュレータ上のロボットへ実装した。さらに、ロボットが状況に応じてこれらをハイブリッドに切替えられるよう、内部モデルも構築した。これらは平成25年度にかけても行われ、理論の構築から実装、その有効性の評価を繰返した。平成25年度からは、シミュレーションに加え小型自律移動ロボットを用いた実験も行い、実環境における渋滞およびロボット群移動への有効性を評価した。

4. 研究成果

本研究では、外力と環境ルールに基づき、ロボットが小さなクラスタを構成し（図2参照）、それを単位としたプラトーン走行を行うためのアルゴリズムを構築した。それにより、ロボット群は、時々刻々と変動する環境に対して、リアクティブにクラスタを構成し、高効率な移動に成功した。

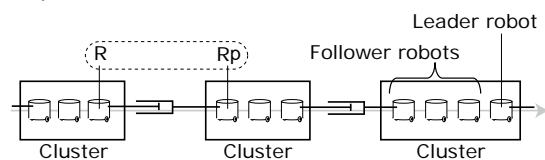


図2 前後の情報からリアクティブにプラトーンを構成するロボット群

その結果、交差・合流点での移動もスムーズになり、図3(a)では従来手法により渋滞が発生し速度分布が低下しているのに対し、図3(b)では、渋滞が解決される結果となった。そして、ロボットの効率的な移動が実現した。

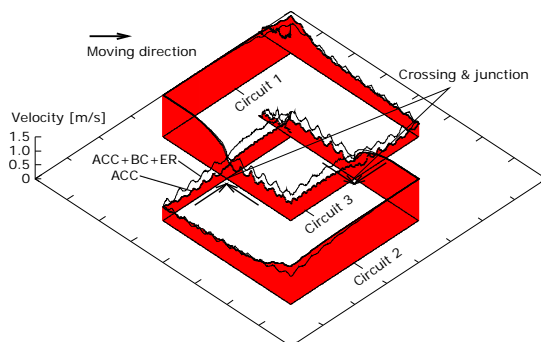


図3(a) 渋滞による速度分布の低下

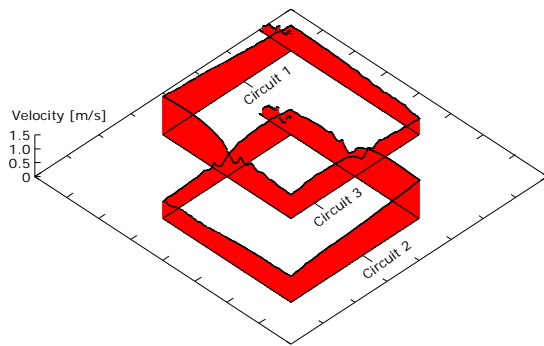


図 3(b) 渋滞解決による速度の高速化

さらに、異なる制御に基づいたロボット群のプラトーン走行を行うため、前後のロボットの情報に加え、レーンにおける図3のような走行速度分布に着目した。これにより、図4に示すようにして、分布の低いレーンは混雑レーン、高いレーンは高速レーンとロボットは判別し、自らの速度を決定することが可能となった。

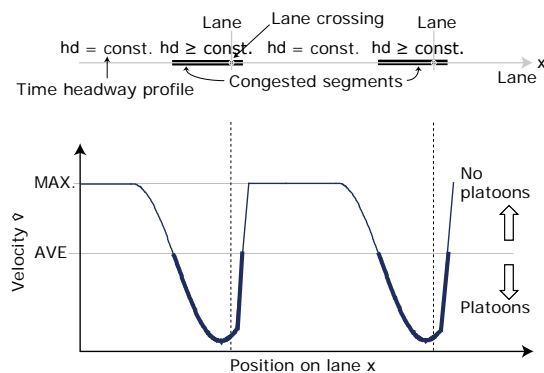


図 4 レーン上の速度分布と速度決定

図4の手法をロボットへ適用しなかった・した結果を図5に示す。0の結果とは、異なる制御の搭載されたロボットが0台、4, 6, 8, 10は、それぞれ4, 6, 8, 10台ずつ存在しており、合計でロボットは30台投入された。

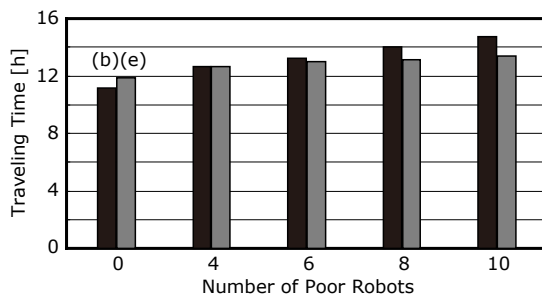


図 5 異なる制御のロボット群に対する有効性の検証

この結果より、全て同一の制御に基づいたロボットのみの場合、図4の手法は必要ない

が、異なる制御に基づいて移動するロボットの投入台数が増えるにつれ、その有効性が示される結果となった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

1. 星野智史: 異なる制御の移動ロボット群を考慮した小プラトーン走行, 日本ロボット学会誌, Vol. 31, No. 7, pp. 689-696, 2013.
2. S. Hoshino and Hiroya Seki: Multi-robot coordination for jams in congested systems, Robotics and Autonomous Systems, Vol. 61, No. 8, pp.808-820, 2013.
3. 星野智史, 関宏也, 太田順: 適応的走行制御に基づいたロボット群の効果的な移動の実現 - ロボットで混雑しボトルネックの存在する環境を想定して -, 日本ロボット学会誌, Vol. 30, No. 8, pp. 788-796, 2012.
4. S. Hoshino, Hiroya Seki, and Jun Ota: Experimental Analysis of Cooperative Behavior of Autonomous Mobile Robots against Congestion, Journal of Mechanical Systems for Transportation and Logistics, Vol. 5, No. 1, pp.58-70, 2012.

[学会発表](計3件)

査読有り国際会議論文

1. Satoshi Hoshino: Reactive Clustering Method for Platooning Autonomous Mobile Robots, 8th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, pp. 152-157, 2013.

査読なし国内学会口頭発表

2. 星野智史: 非均質な制御に基づいた移動ロボット群の小プラトーン走行, 第31回日本ロボット学会学術講演会, 首都大学東京, RSJ2013AC3H2-07, 2013.
3. 星野智史: ロボット群がプラトーン走行するためのクラスタ構成法, 第30回日本ロボット学会学術講演会, 札幌コンベンションセンター, RSJ2012AC1D2-5, 2012.

[図書](計0件)

[産業財産権]
出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホ - ム ペ - ジ :
<http://www.mech.utsunomiya-u.ac.jp/~hoshino/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

星野 智史 (HOSHINO Satoshi)
宇都宮大学大学院工学研究科機械知能工学
専攻
研究者番号：80431980

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし