

## 局所情報管理デバイスを用いた車両制御システム\*

## Control System of Outdoor Vehicle based on Local Information Management Device

川端 邦明\*<sup>1</sup>  
(Kuniaki KAWABATA)

土居 円\*<sup>2</sup>  
(Madoka DOI)

中後 大輔\*<sup>3</sup>  
(Daisuke CHUGO)

嘉悦 早人\*<sup>4</sup>  
(Hayato KAETSU)

浅間 一\*<sup>5</sup>  
(Hajime ASAMA)

## 1. はじめに

近年、工場や港湾コンテナヤード内等へ無人搬送車 (Automated Guided Vehicle, 以降AGV) を用いた搬送システムの導入が進められおり<sup>1)</sup>, 自動搬送技術として物流システム以外の分野へ応用されることが期待されている。通常, AGVの誘導は, 軌道 (誘導線) を路面に埋設し, 基準とすることで実現されている。複数台のAGVを用いた大規模搬送システム等の場合, 搬送待ちや空車の増加等による設備稼働率低下を抑えるために大域通信を利用した集中管理的なシステムにより, 各車両の位置や運行状態のモニタリングを行っている。

一方, 各車両の軌道上での車速制御や分岐方向の制御については, 前述した走行路面上の軌道および磁石等の定点を軌道わきに配置し (Fig. 1), 軌道上を走行する車両が定点装置から情報を読み込むことで局所的に調整するシステムが利用されている。ここで, 典型的な定点装置の一つとして, 永久磁石を用いたものがある。この場合, 磁石のN極・S極の配列パターンをIDとした制御指令として利用している。しかしながら, 一つの磁石は1bit (SまたはN極) の情報しか持つことができないことから, 情報量を増加する場合には, 磁石を埋設するために距離が必要になる。また, 走行しながらバーコード状に情報を読む必要があることから, 停止した状態で指令を得ることができない等の欠点がある。さらに, このような既存の誘導システムにおいて定点装置で管理されている情報は固定的であり, かつ定点装置そのものを路面へ埋設および配置変更するためには工事費等のコストが発生する。そのため, 走行コースレイアウトや制御コマンドの変更等に柔軟に対応することが困難となっている。



Fig.1 An Example of Conventional Guidance System

しかしながら, AGVによる自動搬送技術を他の搬送分野やアプリケーションに利用していくことを考えると, 車両走行路面上に比較的容易に配置が可能であり, 状況の変化や仕様の変更に対応可能な柔軟な車両制御システムを構成する必要がある。また, 多くの情報量を局所的な領域のみで管理する必要がある。

一方, 我々はこれまでに, 環境に配置した局所情報管理デバイスと移動ロボットとの情報交換に基づいた知能システム化技術について研究<sup>2)</sup>を行っている。また, 近年, 電子タグ等の技術を多様なアプリケーションへ応用することが期待されており, ユビキタス情報技術を新交通システム等に採り入れることが期待されている。

そこで本論文では, AGV等の搬送車両誘導のための定点装置として局所通信可能な情報管理デバイスを利用した, 車両誘導システムについて提案する。さらに, 開発したプロトタイプと車両を用いた走行実験結果について報告する。

## 2. 車両制御システム

本研究で開発を行った電子デバイスを用いた定点装置およびそれに基づいた車両制御システムについて述べる。

## 2.1 移動プラットフォーム

\* 原稿受付 2005年4月12日

\* 1 正会員, 理化学研究所 (〒351-0198 和光市広沢2-1)

\* 2 非会員, トヨタ自動車 (〒471-8572 豊田市トヨタ町1)

\* 3 非会員, 東京大学IML (〒113-8656 文京区弥生2-11-16)

\* 4 非会員, 理化学研究所 (〒351-0198 和光市広沢2-1)

\* 5 非会員, 東京大学人工物工学研究センター (〒277-8568 柏市柏の葉5-1-5)

Fig. 2は、本研究で用いる電動車両プラットフォームを示している。一般的なAGVでは、路面にテープや電線等の軌道を敷き、搭載された軌道検出用センサにより追従することで誘導を実現する。本プラットフォームでは、軌道として電氣的誘導線を磁気センサにより検出し追従させることで移動する形式のものを採用している。また、標準の定点装置として、永久磁石を用いており、車体下に装備した磁気センサにより、磁石のパターンを読み取ることで車速や分岐方向選択等の制御情報を局所的に入手可能となっている。しかしながら、前述のように埋設スペースや磁石間の磁気干渉等を考慮しなければならないため、管理情報パターンが制限される。さらに、走行中の読み込みを前提としている装置となっている。

本論文では、この定点装置に局所非接触通信可能な電子デバイス<sup>3)</sup>を導入することで、これらの問題を解決する。



Fig.2 Overview of the Electrical Vehicle

## 2.2 局所情報管理デバイス

提案するシステムは、環境に設置する無線通信可能なタグと移動体に搭載する通信用アンテナ付きリーダー/ライタから構成されるものである。ここで、開発したプロトタイプをFig. 3, Fig. 4およびFig. 5に示す。Fig. 3は、路上に配置される局所情報管理デバイス（以下、タグとする）であり、プロトタイプでは電磁誘導による起動可能で非接触無線通信可能なRFID(Radio Frequency Identification)タグを利用している。このタグを環境内のさまざまな場所に設置することで、タグを環境埋め込み型情報蓄積機構として用いることができる。また、通信用のコイルアンテナをタグに内蔵している。Fig. 4は、路上のタグとの情報読み込み・書き込みの通信制御を行うためのリーダー/ライタである。

ここで、タグのサイズは直径130mm×厚さ5mmであり、リーダー/ライタに接続される局所通信用アンテナのサイズは、600mm×450mm×50mmであり、Fig. 5

のように車両下面に取り付けられる。

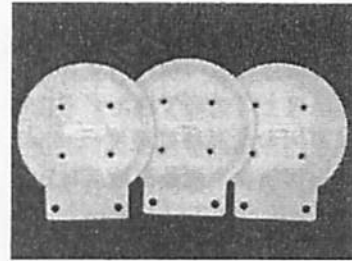


Fig.3 Local Information Management Tags

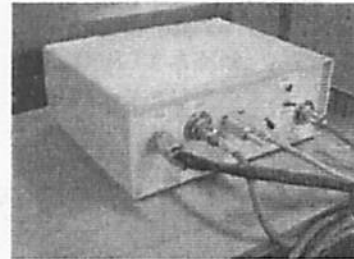


Fig.4 Reader/Writer



Fig.5 Communication Antenna

ここで開発したプロトタイプ・タグの通信性能は、送信が0.96kbps, 受信が4.8kbpsであり、通信距離は最大15cmである。タグ内で管理される情報は、IDが格納されている。各IDには制御情報が割り当てられており、これに基づいて車両を制御するものである。また、搭載メモリは110byteとなっている。

車両制御用コントローラ-通信用コントローラ間および通信用コントローラ-リーダー/ライタ間での通信はいずれもシリアル通信規格であるRS-232cに基づいて行っている（通信速度は、それぞれ9600bps, 19200bps）。Fig. 6のように、タグからの情報読み込み、タグへの情報書き込みについては局所通信用コントローラからの指令に基づいてリーダー/ライタを通じて行う。この際、アンテナを介したリーダー/ライタータグ間通信では、2/4(2 out of 4)による情報コーディングを用いている(Fig. 7)。これは、高速移動時においても情報読み込みを確実

に行うために、通常の2bit分を1bit情報として扱うことで、通信エラーを防止するものである。プロトタイプでは、6進数表現で6byteのIDが格納されている。

開発したプロトタイプでは、タグからの情報読み込み可能な車両の最高移動速度は18km/h程度、また、情報書き込み可能な車両最高速度は2km/h程度となっている。

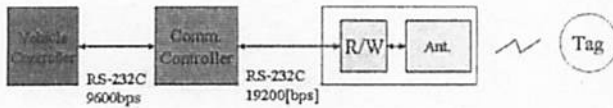


Fig.6 Communication Scheme

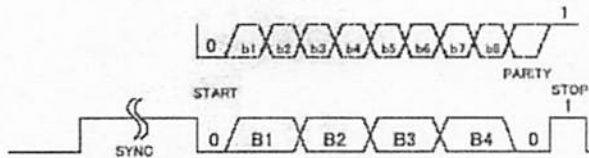


Fig.7 2 out of 4 coding

ここで、Fig.8は、路上の走行軌道脇に電子タグを設置した例を示している。基礎実験の結果、誘導線に通電した際に発生する磁気や路上に存在するマンホール等の金属が存在する場合においても通信性能は変化しないことを確認している。また、従来の磁気式定点装置に併設した場合でも、通信性能が変化しないことも確認されている。さらに、タグを水没させた状態での通信実験により通信性能が維持されることが確認されていることから、雨天時にも確実に動作する。

このシステムを利用することで、車両は通信資源に負担をかけることなく、環境から情報を得たり、逆に書き残したりすることができる。特定の局所領域について、環境を介した情報伝達が可能となる

た・め、集中管理形態のように情報の内容と空間の位置との整合性を管理する必要がなく、情報管理の簡便化を図ることが可能となる。

本プロトタイプを前述の電動カートに実装した場合に、路面-車載アンテナ間の距離は10cmとなっている。このように、通信距離が制限されていることによって、通信範囲外の車両や他のタグに影響を与えずに局所的な情報管理が可能になる。

ここで、開発システムの基礎実験として、車両の走行速度に対する通信成功率について評価を行った。結果として、情報読み込みについては、2.4.6.8 km/hの走行においては、それぞれ試行10回中10回読み込み成功(100%)であった。一方、書き込みについて1km/hの走行時に試行40回中40回成功(100%)であり、2km/hの走行時では試行40回中3回成功(7.5%)であった。これにより車両の走行速度8km/h以下では確実に情報を読み込むことが可能であるとともに、情報書き込みには1km/h以下の速度で行うべきであることが分かった

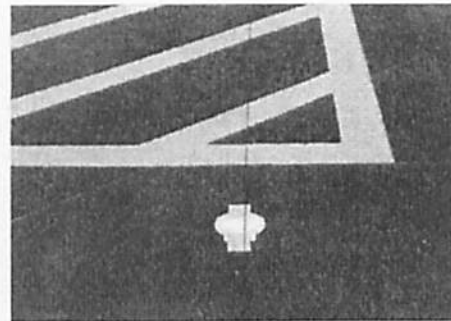


Fig.8 Outlook of Tag and Guidance Line on the Road

### 3. 走行制御実験

ここで、提案するシステムが機能することを検証するために、開発したプロトタイプと電気的誘導線を用いて車両の制御実験を行った。

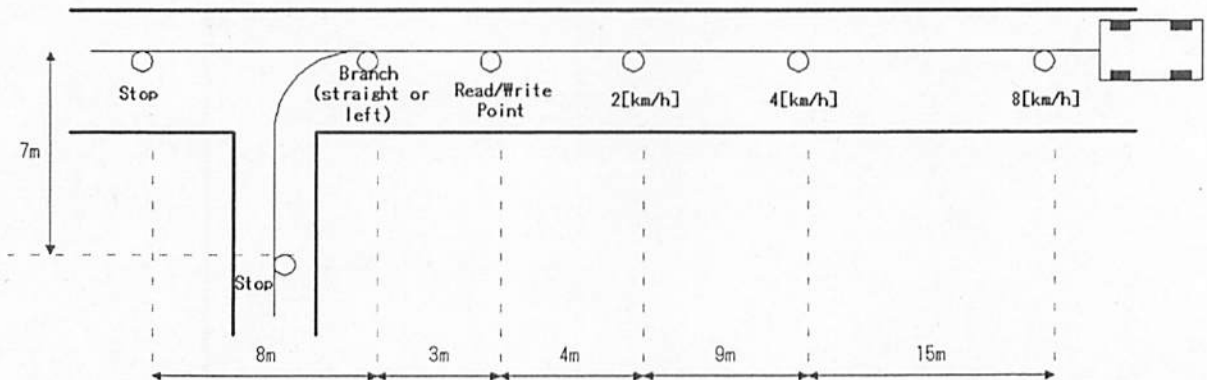


Fig.9 Overview of Running Experiment (Course Selection)

Fig. 9は実験を行ったコースレイアウトを示したものであり、図中の丸印がタグの設置箇所、細実線は誘導線を示している。この実験コースにおいて、タグ情報読み込みおよび書き込み機能を利用した車両の走行経路選択を行わせた。

車両のスタート位置は右端であり、基本的に車速制御コマンドはタグ内に事前に書き込み配置した。車両は、各タグの情報を読み込んで0.0km/h～8.0km/hの間で速度調整を行わせる。

また、右から四つめのタグにおいては情報読み込みおよび書き込みを行うために設置した。車両はこのタグを検出した時点で車両を一旦停止し、書き込まれている情報を読み込むことで、自身の行動を選択を行う。さらに車両は選択した行動を書き込み、その後、元の速度で走行を開始する。これにより、環境に埋め込まれた電子デバイスと双方向的に情報を授受することで柔軟な情報管理が実現されることを示す。

ここで具体的には、前車が進んだ方向とは異なる進行方向を選択して分岐点で選択方向へ移動する、といったアルゴリズムを車両に実装した。

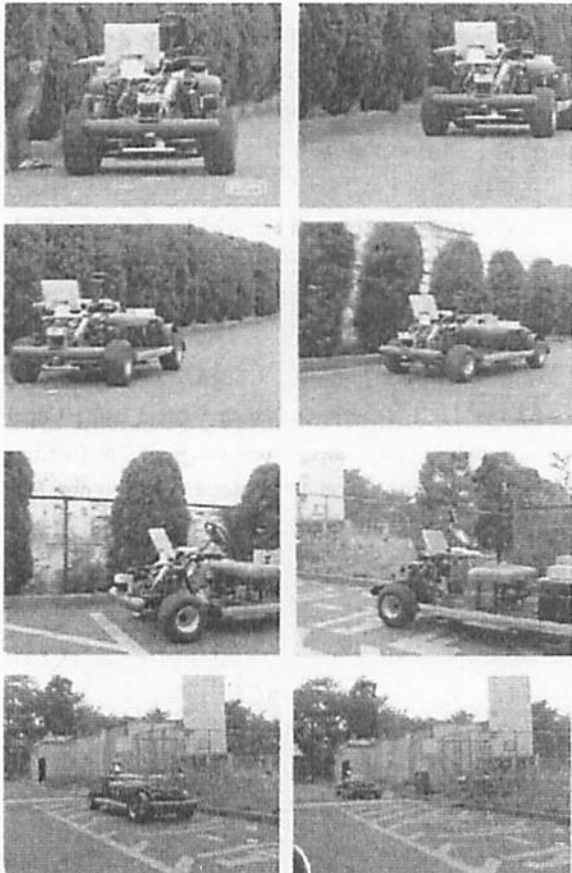


Fig.10 Snapshots of Experiment (1)

Fig. 10, 11は、開発したシステムを用いた走行制御実験の様子を示している。Fig. 10中の四段目左側において四つめのタグにおいて、前述の情報の読み込み書き込みを行っている。このタグには、事前に情報が書き込まれていないことから、ここでは分岐点で直進することを決定し、その情報を書き込んだ後に走行を再開し、分岐点において直進した (Fig. 10中四段目右)。

さらに、Fig. 10の走行の直後に、車両を再度右端から走行開始した様子をFig. 11に示す。Fig. 11中三段目左において情報を読み出し、前に通過した車両が直進した情報を得る。このため、前述のアルゴリズムに基づいて車両は、左折することを決定し、その情報をタグに書き込み、分岐点においても左折軌道を選択した (Fig. 11中四段目)。

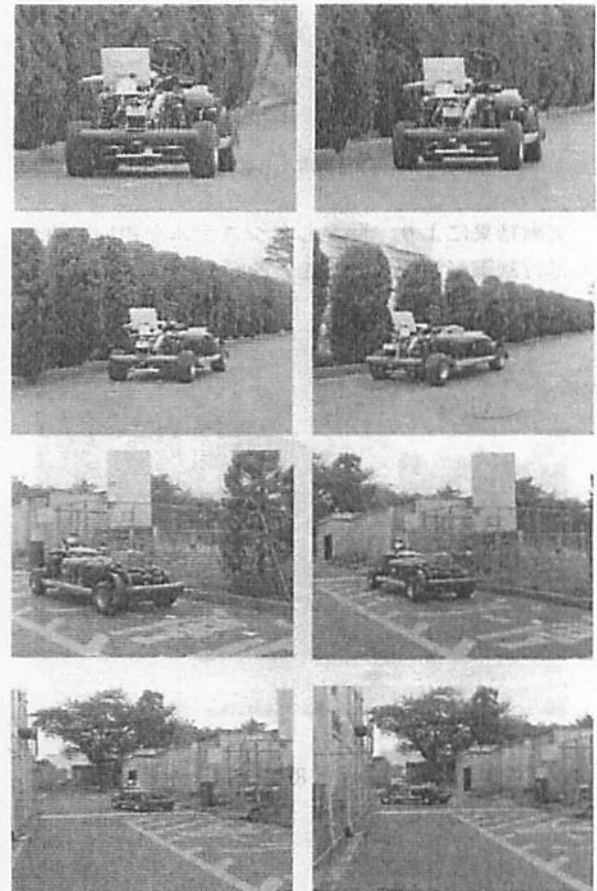


Fig.11 Snapshots of Experiment (2)

さらに、Fig. 12, 13 において、Fig. 11, 12 の実験時におけるそれぞれの車両制御の内部状態の遷移について示している。このように、タグ検出時に制御状態を切り替えていることがわかる。

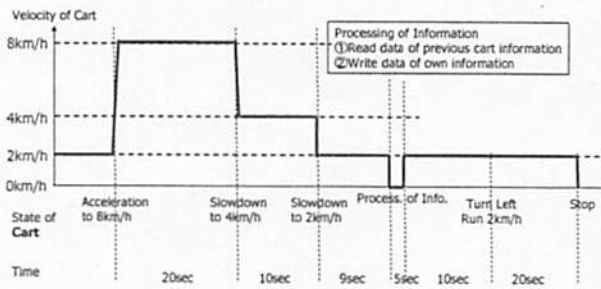


Fig.12 State Transition Chart (experiment 1)

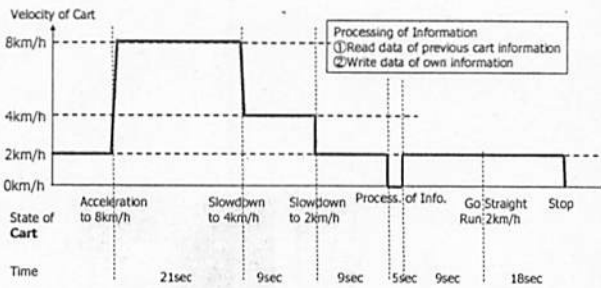


Fig.13 State Transition Chart (experiment 2)

実験結果により、開発したシステムを用いて車両の走行制御が実現されることを示した。

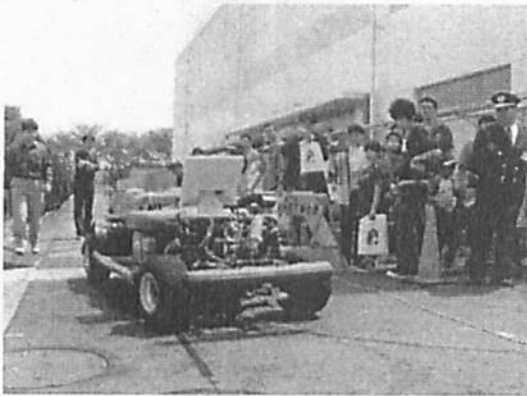


Fig.14 Experiment in RIKEN Open Campus

Fig.14には、開発したシステムを用いて、理化学研究所オープンキャンパス開催時に、同様のデモンストレーションを行った様子を示している。本公開実験においても、20 試行程度の実験を行ったが、全ての通信試行は成功した。このことから、システムが確実に動作すると評価できる。

#### 4. おわりに

本論文では、局所情報管理デバイスを用いた屋外車両の制御システムについて提案した。また、開発したプロトタイプおよび車両を用いて走行制御実験を行った結果について報告した。開発したシステムは、従来の磁石等の定点装置により局所制御情報を管理する場合に問題となっていた管理情報量および磁石埋設コスト等の問題を解決することが可能になった。

今後は開発したシステムを拡張利用することで、車両の無軌道誘導を実現していく。

#### 参考文献

- 1) <http://www.agvp.com/>
- 2) 倉林, 浅間: “知的データキャリアを用いた自律ロボット群と環境の情報交換”, 日本ロボット学会誌, 17, 5, (1999) 633.
- 3) 竹田: “データキャリア1”, 日本工業新聞社, (1991)
- 4) 土居, 川端, 中後, 嘉悦, 浅間, 稲垣: “局所管理デバイスを用いたカート誘導システム”, 第15回自律分散システム・シンポジウム予稿集, (2003), 19.
- 5) Kawabata, K., Doi, M., Chugo, D., Kaetsu, H., Asama, H.: Vehicle Guidance System using Local Information Assistants, Proceedings of 7th International Symposium on Distributed Autonomous Robotic Systems, (2004), 81.