

駐車時における車両の誘導を目的とした移動体に関する研究

橋本 尚久[†] 加藤 晋[†] 美濃部 直子[†] 津川 定之[‡]

[†]産業技術総合研究所 〒305-8564 つくば市並木 1-2-1

[‡]名城大学 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501

E-mail: [†] naohisa-hashimoto/ shin.kato/ n.minobe@aist.go.jp, [‡] tsugawa@ccmfs.meijo-u.ac.jp

あらまし 筆者らが提案している外部センシングと通信手段の利用により車両を誘導する移動体システムについて、システムのコンセプト、システム構成、及び提案するシステムの実験による評価について説明する。現在までに、筆者らは、車両の後方から移動体による駐車支援の検討を行いシミュレーション及び実車実験によってその有効性を確認している。本報告では、車両の前方からの駐車支援についての検討を行い、実車実験によって評価を行い、その有効性を確認したのでここに報告する。

キーワード 外部誘導、運転支援、自律移動体、自動運転、通信機能

Vehicle Guidance Mobile System for Parking Assist

Naohisa HASHIMOTO[†] Shin KATO[†] Naoko MINOBE[†] and Sadayuki TSUGAWA[‡]

[†] National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

1-2-1 Namiki, Tsukuba-Shi, Ibaraki-Ken, 305-8564 Japan

[‡] Meijo University / AIST, 1-501 Shiogamaguchi Tempaku-ku Nagoya-City Aichi-Ken, 468-8502 Japan

E-mail: [†] naohisa-hashimoto/ shin.kato/ n.minobe@aist.go.jp, [‡] tsugawa@ccmfs.meijo-u.ac.jp

Abstract This paper concerns with the mobile system for parking assist which is one of the many kinds of external guidance systems. This study describes the feasibility study of autonomous guidance mobile system for parking assist. The algorithm for guiding the vehicle and controlling the guidance mobile system is proposed and evaluated by field experiments.

Keyword Guidance system, Driver assistance, Mobile system, Automated driving, Communication System

1. はじめに

近年、自動車交通の諸問題の解決手段として、その知能化、情報化、ネットワーク化が期待され、ITS分野の様々な研究・開発が推進され、その技術として、自動運転システムや運転支援システムの研究が進められている(1-3)。これら移動の問題を抜本的に解決するには、完全自動化の導入が求められるが、法やインフラ等の整備の問題が依然存在し、近い将来の実現には困難が多い。現在、市販化されてきている運転支援システムに関しては、車載装置を利用し一台の車両で閉じたシステムがほとんどであり、装置の搭載や支援の程度には限界がある。そのため、センシングなどの機能が優れたものが、支援に必要な車両と一緒に移動し、移動を支援するための誘導を行うことが考えられる。

支援システムを全て車載せずに、車外のシステムを利用することの利点は、車載のコストや車両への装着の限界に対応するばかりでなく、車載センサの計測限界へも対応可能となる。反面、支援を受けられる場所が限られるといった問題も生じる。しかし、支援が必要な場面が、限定的で多くの利用が見込めるような応

用においては、車載のコストを考慮すれば、非現実的とはいえないと考えられる。

筆者らは、これまでに外部から安全で効率的に車両の移動を支援するための誘導システムとして、外部からの車両誘導システムを提案し、必要な技術及び基礎実験を行い、その実現可能性を示している(4,5)。その中で、駐車場に対してほぼ直角に後退させるという一般的な駐車方式において、ドライバーにとっての死角を考慮し、車両の後方から誘導する方式(図1参照)の検討を行い、シミュレーション及び自律移動体による位置計測と自律移動の実験による評価を行った。さらに、実車実験として、誘導システムが被誘導車両(誘導される車両)を外部から直接自動制御する場合と被誘導車両を運転するドライバーに運転指示等の情報を与える駐車運転支援の両場合において、外部からの駐車誘導移動体の有効性を確認している(6,7)。

しかし、誘導移動体の誘導位置は、車両後方からの誘導に固定しており、環境や場所によって後方からの支援が困難な場合や、支援システムとして捉えた場合に、支援されるドライバーの好み等を考慮した場合、様々な誘導する移動体は様々な位置から支援を可能とするこ

とが望まれる。そこで、提案したシステムのさらなる拡張性、実現可能性及び利便性を考慮して、被誘導車両の前方からの駐車誘導の検討と、誘導移動体による実車実験による評価を行った。

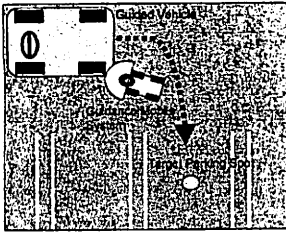


Fig.1 車両の誘導方法

2. 外部からの車両誘導システムのコンセプトと必要技術

2.1. 自律型移動体を用いた車両誘導システム

筆者らは、外部から車両を誘導支援するシステムとして、多様なアプリケーションを提案している(4-8)。本報告では、安全で効率的に外部から車両の移動を支援するための誘導システムとして、自律型の移動体を用いた駐車支援を行う車両誘導システムについて述べる。このような自律型の移動体を用いた車両誘導システムの構成の一例を図2に示す。自律型の移動体と支援を受ける車両には、何らかのコミュニケーションシステムが必要であるが、これは、必ずしも通信装置を指すものでなく、原始的ではあるが外部スピーカによる音での伝達も考えられる。このように、支援を受ける車両上の装置や機能によって、誘導方法はドライバーへの誘導支援を行うタイプや、図2で示すような支援を受ける車両の車載センサ情報なども利用して、アクチュエータを直接制御し自動的な誘導を行うタイプなども考えられる。

外部からの車両誘導を移動体で行うメリットは、固定した誘導システムに比べて、死角の積極的な解消を行えること、高いメンテナンス及び更新の容易性、使用する場所、環境や必要性に応じた台数の調整が可能になる。加えて駐車支援では、駐車動作の際の車両誘導だけでなく、スペース把握等の駐車場の管理、防犯のための監視、駐車場における車両及び人に対する案内、広告サービスなどの他の用途に利用することで、駐車場サービスの向上に寄与することも可能となる。

本報告では、これら二つのタイプの誘導システムを、特にドライバーの負担が大きい駐車に対して、実フィールドでの実車実験により検証し、評価を行っている。

2.2. 自律型移動体を用いた車両誘導システムの必要技術

提案する自律移動型の車両誘導システムの必要技

術について、以下に簡単に説明する。なお本報告では、相手を誘導する自律型移動体を誘導移動体、誘導される車両を被誘導車両と呼ぶことにする。

車両を誘導する際に、必要なセンシング対象とその技術は、大きくわけて以下のものがあげられる。

- 誘導移動体の自律移動のためのセンシング
- 被誘導車両の位置・状態センシング
- 被誘導車両の誘導移動のためのセンシング

また、センシングに加えて、誘導のために必要な技術として、以下のものがあげられる。

- 誘導のための誘導移動体の経路計画
- 誘導される被誘導車両の経路計画
- 誘導のための支援技術 (HMI, 制御)

提案するシステムでは、上述した技術の研究・開発が必要不可欠であり、本研究ではこれらのセンシングや経路計画などの技術を自律移動体の実装し、実フィールドでの実車実験での検証と評価を行うものとする。

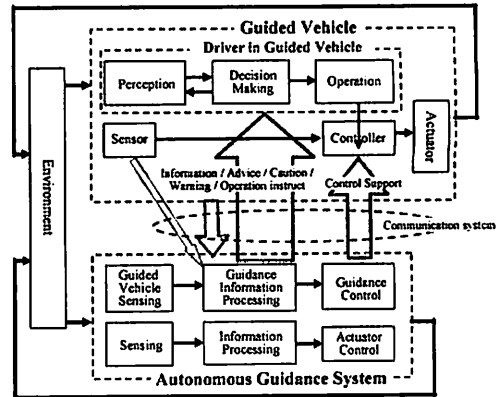


Fig.2 提案するシステムのコンセプト

3. 駐車支援システムの実車実験

これまでに筆者らは、自律型移動体を用いた車両誘導システムの応用として駐車支援システムを提案し、駐車支援を行う移動体の誘導制御機能のアルゴリズムや、誘導に必要な位置認識機能について検討し、被誘導車両の後方からの誘導においての実フィールド検証を終え、その有効性を確認している(6,7)。文献6,7において、後述する本報告と同じ実験機器を用いて、自律移動体が外部より被誘導車両の位置を推定し、目標の駐車場に対する最適な制御情報をドライバーに提示して、誘導することにより、被誘導車両の目標駐車場までの駐車を支援することが可能であった。加えて、被誘導車両を自律移動体が直接自動制御した場合においても、被誘導車両を目標の駐車場まで精度よく制御することが可能であった。この際、使用した被誘導車

両のための制御アルゴリズムによる自動制御または情報提示を利用することで外部からの駐車支援が可能となる。この制御アルゴリズムを利用するためには、被誘導車両を目標の正確な位置推定及び自律移動体の自律移動制御が必要となる。そこで、本報告では、前方からの車両誘導の実現可能性を示すため、自律移動体の自律制御及び被誘導車両の位置推定の検討を行う。これにより、自律移動体が自律移動し、かつ被誘導車両の正確な位置推定が可能となれば、文献6,7で使用した被誘導車両のための制御アルゴリズムを利用することで駐車支援が可能となる。

3.1. 想定する駐車支援の概要

自動車の駐車の方法は様々であるが、誘導車両の図3のように車両の後方で、かつ車両前方方向とほぼ垂直方向を向く駐車スペースに対して、後退ながら接近し、駐車スペース内に車両を停止させる一般的な場合を想定した。本論文では、図3のような車両前方から被誘導車両を押すような形の誘導方法の検討を行う。提案するシステムでは、誘導移動体の位置関係については、駐車スペースの周囲状況によって、誘導移動体が動けなくならないように、配置することが必要であり、被誘導車両に対して後方ばかりでなく、途中支援の途中での移動や、前方からの支援なども考えられるため、本研究では、前方からの支援の検討を行うこととした。本検討により、その有効性を示すことができれば、提案する移動体による支援システムの環境や状況などに対するロバスト性を向上させることが可能となる。なお、駐車誘導を行う際、誘導移動体は、あらかじめ被誘導車両に接近し、ナンバープレートやヘッドライト等を利用して被誘導車両の大まかな位置を認識し、前方の位置まで移動しているものとする。

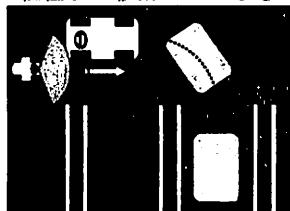


Fig.3 本報告における車両の誘導方法

3.2 車両状態の推定手法及び車両の制御方法

車両状態の推定手法は、これまで筆者らが検討してきた方法を利用する。レーザレンジファインダを利用して、外部から車両の状態を推定することにより、位置において約0.2[m]以下の誤差で推定することがわかっている。また、誘導する車両の位置が精度よく推定されれば、自動駐車制御アルゴリズムを利用するこ

とにより、車両を外部より直接制御し自動で駐車を行うことや、ドライバーに誘導情報を提示しての駐車支援を行うことが可能となることを確認している。

3.3 移動体の制御方法

本研究での誘導移動体の移動は、被誘導車両の位置・状態のセンシングの手法と、既知の駐車スペースに被誘導車両を誘導するための経路計画に制約を受ける。被誘導車両の駐車のための経路計画は、文献(9)を基本としており、駐車スペースに対して、走行位置に応じて移動目標位置及び角度を三段階に設定して誘導を行うものとしている。

また、被誘導車両の位置・状態のセンシングには、誘導移動体のレーザレンジファインダ(LRF)を用いて、側面と背面の二面をとらえることにより、高精度な状態推定を可能とする手法を用いる(4,5)。そのため、誘導移動体は、被誘導車両との相対位置を常に側面と前面の二面をとらえる位置に保持しつつ移動することが要求される。本研究では、被誘導車両の左前方の2[m]以内の位置関係を保つことで、高精度な状態推定を行うものとしている。そのため、誘導移動体の経路計画は、被誘導車両の位置と方向によって求められる目標経路とその経路を考慮し、三段階にわけることによって、被誘導車両との相対位置を左前方のほぼ一定の位置関係を保つようにしている。

誘導開始後、まず、精度を保つために旋回運動を少なくかつ、被誘導車両に対してセンサが2面を計測できるように制御を行う(図3(i)に示す移動)。次に、被誘導車両に対して旋回開始指示を出すと同時に(被誘導車両の旋回動作開始時)、目標地点(図4参照)を誘導車両前面よりも前方側を目指して、制御を行う(図4(ii)に示す移動)。最後に、車両斜め前方位置で45度の向きを最終目的地として、(図3(iv)に示す移動)、制御を行う。

これにより、被誘導車両の走行を邪魔することなく、かつ高精度な位置推定を行うことが可能となる。

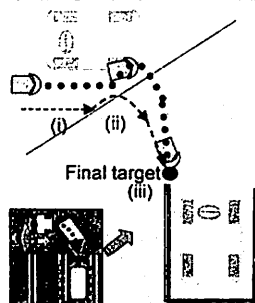


Fig.4 移動体の制御方法

3.4. 実験機器及び方法

実験における被誘導車両には、図4左に示す一般的な五人乗りのコンパクトカーを用いた。誘導移動体は、被誘導車両よりも小さく自由度の大きい、図4右に示す高齢者向け電動車両を改造した自律移動体を用いた。被誘導車両の位置、ヨー角、ヨーレート及び速度を検出するセンサとして、誘導移動体の前方に取り付けた Sick 社製の LRF を用いた。LRF は、180 度を 0.5 度間隔でそれぞれの距離を得るように設定し、誘導移動体の前方部に車両の向きと同じ向きに、地面からの高さ 0.41[m] に取り付けられた。実験車両はドライバが直接操作し、駐車場のスペースに収まるようにステアリング、ブレーキ及びスロットルの操作を行った。その際、車両の速度は、実際に駐車を行うような極低速でほぼ一定速とした。また、本実験では、縦と横がそれぞれ約 5.0 [m]、2.8[m] の駐車場を利用した。自律移動体は、被誘導車両を誘導しているものとして、自動で制御をさせるようにし、その際の被誘導車両の位置推定能力の評価を行った。



Fig.5 被誘導車両(左)及び自律誘導移動体(右)

3.5 実験結果

図6に実験結果を示す。図6は、車両の制御に利用するために推定した車両中心位置のプロットと比較対象としてもちいた高精度 GPS による位置推定プロットを示す。実験結果より、検出された車両のコーナーと向きを利用した中心位置の推定も、多少のばらつきはあるが、走行制御において十分利用可能な位置推定が行われていることがわかる。

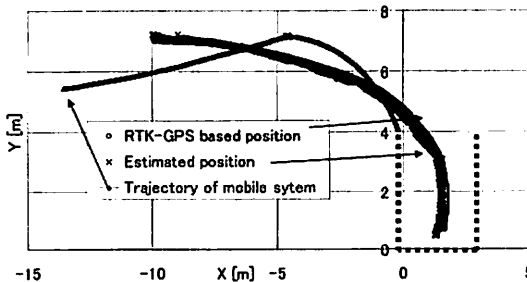


Fig.6 誘導移動体の軌跡と被誘導車両のGPSとシステムによる位置推定

また、図7は、高精度GPSと比較した誤差のグラフである。高精度GPSの値も真値とは言えないが、誤

差が0.4[m]以下に収まっており、駐車場の横方向であるX方向に限ってみると、0.1[m]以下に収まっており、駐車誘導に対して十分な精度であると言える。

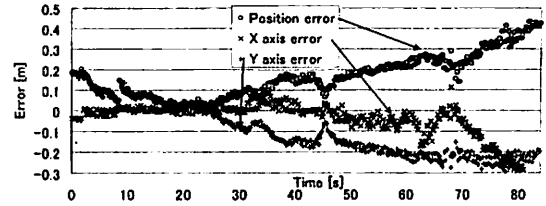


Fig.7 実験結果(誤差)

4. おわりに

本研究では、外部からのセンシングと通信を利用した車両誘導の運転支援システムについて、システムのコネプトについて説明した。さらに本研究では、想定されるアプリケーションの中から、駐車場における誘導支援システムを提案し、外部センサによる被誘導車両の位置推定手法を構築し、実車実験によって評価を行った。今後は、より様々な位置での誘導の検討を行い、車両の誘導における多様化を目指していきたい。

なお、本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の基盤技術研究促進事業である「高齢運転者に適応した高度運転支援システム技術開発」の一環として行ったものである。

文 献

- [1] 景山,佐々木,人間の操縦動作を模擬した自動操縦車両用制御アルゴリズム, 日本機械学会第6回交通・物流部門大会講演論文集, No.97-12,(1997), pp.115-118.
- [2] 永井,アクティブセイフティの展望,自動車技術,vol.57, No.12, (2003), pp.4-8.
- [3] 橋本,大前,清水,構内の物体位置情報とビジョン情報を利用した自動車の自動運転のための車位置推定の高信頼化に関する研究,自動車技術会論文集,vol.36, No.2, (2005), pp153-158.
- [4] 加藤,橋本,美濃部,津川,通信を利用した外部誘導システムの実フィールド検証,自動車技術会秋季大会講演前刷集, (2006)
- [5] 加藤,橋本,美濃部,津川,通信を利用した外部誘導システムの開発,自動車技術会春季大会講演前刷集, (2006)
- [6] 橋本,加藤,美濃部,津川,外部からの駐車支援を行うための移動体の実フィールドによる検証,自動車技術会秋季大会講演前刷集, (2006)
- [7] 橋本,加藤,小森谷,駐車場における駐車支援を行うためのロボット,ロボット学会学術講演会, (2006)
- [8] S. Kato, Y. Pan, S. Tsugawa: A New Concept of Driver Assistance with Cooperation between Two Vehicles, 11th World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM (2004)
- [9] 加藤,橋本,美濃部,川合,津川:車車間通信による協調型およびエスコート型運転支援システム,自動車技術会秋季大会, 20055759 (2005)
- [10] 大前,橋本,藤岡,清水,駐車場を有する構内における自動車の自動運転の運動制御に関する研究,自動車技術会論文集 Vol.35-3, (2004), pp.235-240