

増田 広司
MASUDA Hiroshi

水谷 麻美
MIZUTANI Mami

木村 正博
KIMURA Masahiro

ITS関係5省庁(建設省, 通商産業省, 運輸省, 郵政省, 警察庁)がまとめた“高度道路交通システム(ITS)に係わるシステムアーキテクチャ”(以下, “日本のITS”と略記)の中で, “7)自動運転”という利用者サービスが定義されている。この中でも, 特に, サブサービス“62. 駐車場の自動駐車”の実現に必要な技術を確認するために, “駐車支援システム”と“自動走行マイクロカー”を開発し, 実験した。

“駐車支援システム”では, 駐車スペースへの理想的な駐車経路の演算と進歩したヒューマンマシンインタフェース(HMI)で, 運転手に駐車手順を支援することを実現した。“自動走行マイクロカー”では, 駐車場内での自動運転を実現した。

“System Architecture for ITS in Japan” released by the five government bodies related to intelligent transport systems (ITS) defines user service 7), “Automated cruise.” In order to establish technologies that realize, in particular, sub-service 62, “Parking automatically in a parking lot,” we developed and conducted experiments on the Advanced Parking Assistance System and an automatically controlled micro car.

It was confirmed that the Advanced Parking Assistance System is able to support the driver in parking in a marked space by means of a path planning algorithm and advanced human-machine interface, and that the automatically controlled micro car can drive automatically in a designated area.

1 まえがき

わが国のITSに求められているサービスは, “日本のITS(Intelligent Transport Systems)”で定義されている。この中のサブサービス“62. 駐車場の自動駐車”を実現するための第一歩として, “駐車支援システム”と“自動走行マイクロカー”を開発した。

“駐車支援システム”では, 駐車場の中で車両を駐車スペースに経路誘導する技術を開発した⁽¹⁾。この技術は, 以下の要素技術から成っている。

- (1) 自車両の位置と姿勢を高精度に同定するためのセンサ融合
- (2) 目標の位置と姿勢に車両を誘導するための経路演算
- (3) これらの演算結果を運転者へ伝達する手法(HMI: Human Machine Interface)

ここでは, これらの要素技術について述べる。また, これらの技術を使って, 駐車場内での自動走行を実現した“自動走行マイクロカー”についても述べる。

2 駐車支援システム

駐車支援システムを使うと, 駐車場の入口で駐車スペースの位置が提示される。提示された駐車スペースの前まで車両を移動すると, 駐車スペースへ車両を入れる(以下, 入庫

と略記)ための運転操作が指示される。指示に従い運転操作をすると, 運転者が窓の外を見なくても, 正確に入庫することができる。以下に, このシステムの詳細を示す。

駐車支援システムの構成を図1に示す。このシステムは, 以下の三つの要素で構成されている。

- (1) 駐車場管理システム
- (2) 車両の位置, 姿勢, 速度などを同定するシステム(以

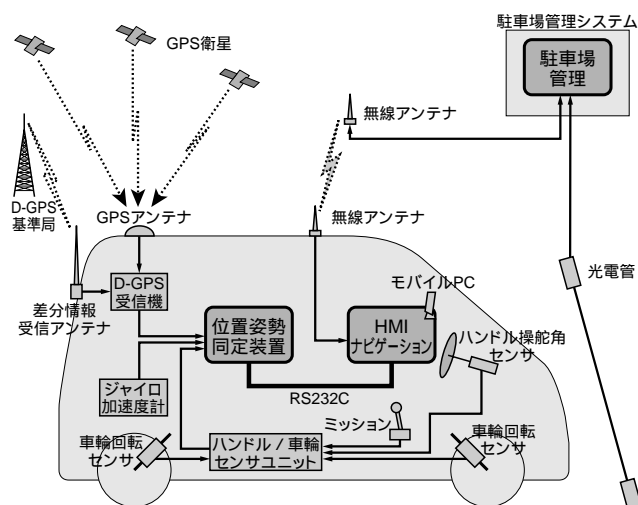


図1. 駐車支援システムの構成 駐車支援システムを構成する機能及び周辺機器を示す。

Configuration of intelligent car navigation system

下,位置姿勢同定装置と略記)

- (3) 車両の位置,姿勢や経路指示を運転者にわかりやすく表示するHMIを持ったナビゲーションシステム(以下,車載ナビゲーションシステムと略記)

車載ナビゲーションシステムは,ダッシュボードに置かれ,音声と画面表示で運転者へ指示をする。

駐車場の入口で,駐車場管理システムが車両の進入を認識すると,車載ナビゲーションシステムとの通信を始め,画面上に自車両の位置と駐車するスペース位置を示す(図2で白い太線で示されている)。

その案内に従って,駐車スペース近辺まで車両を移動させると,そこに駐車するための経路を指示する画面に切り替わる(図3)。この画面表示と音声指示に従うと入庫する

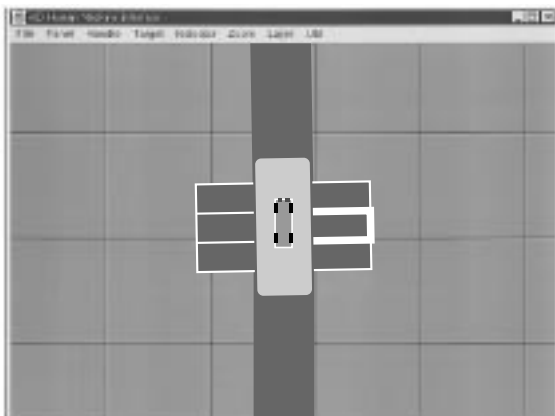


図2. 駐車スペースの案内 入庫するための駐車スペースが駐車場管理システムから提示される。
Parking lot information

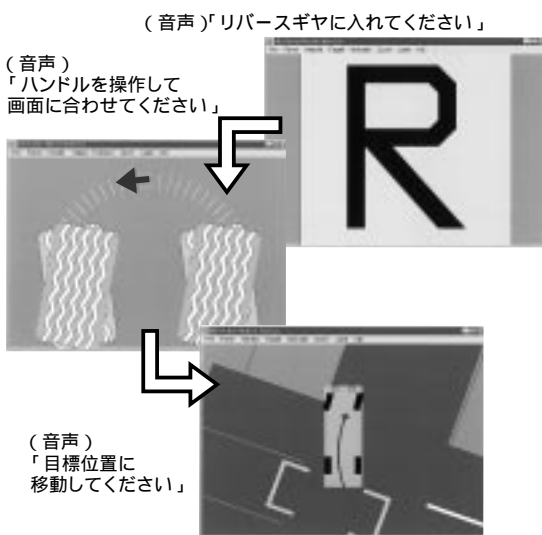


図3. 運転支援のための画面表示 ギヤ操作,ハンドル操作量を指示する。次に,ハンドルを固定して目標地点までの移動を指示する。
Human navigation for parking

ことができる。このシステムでは,運転者が車両を停止させたときに,ギヤの操作,ハンドル操舵(そうだ)量を指示する。その後,ハンドルを固定したまま目標地点まで車両を移動するように指示する。安全と手順遵守のため,画面に表示された動作が終了するまで次の画面には切り替わらない。

2.1 駐車場管理システム

図4は,駐車場管理システムが表示する画面の一例である。駐車場管理システムと車載ナビゲーションシステムは,無線LANを介してHORB^{(2)(3)(注1)}を使って通信する。駐車場管理システムは,車両が駐車場に進入したことを光電管などのセンサで検知すると,HORBサーバを起動し,車載ナビゲーションシステムからの接続を受け入れる。通信で駐車場の空きスペース情報などを車上側へ転送する。

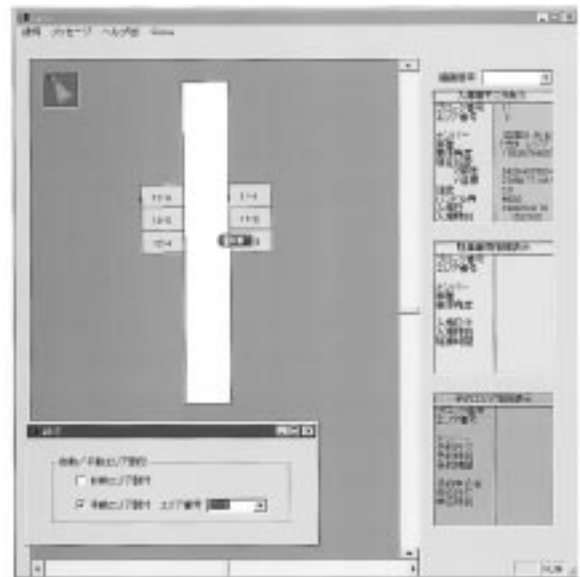


図4. 駐車場管理システムの画面表示 予約状況や入庫している車両データが表示される。
Display of parking management system

2.2 位置姿勢同定装置

駐車支援システムで重要なのは,車両の位置と姿勢をできるだけ精度よく同定することである。駐車場という限られたスペースに車両を入庫させるためには,位置で ± 20 cm,角度で $\pm 3^\circ$ 程度の同定誤差に収めなければ,隣に駐車している車両に接触してしまう可能性がある。

このシステムでは,自車両の位置を正確に把握できるD-GPS(Differential Global Positioning System)システム^(注2),車両の姿勢を同定するためのジャイロ(角速度センサ),加速度計,位置の補完及び速度の検出をする車輪エンコーダ

(注1) Hirano Object Request Brokerの略。Java用分散オブジェクト。

(注2) 衛星からの信号を位置の差分情報で補正したGPSシステム。

を使っている。これらのセンサの検出値をカルマンフィルタ^(注3)で融合し、車両の位置姿勢を出力する。高精度のD-GPSシステムとジャイロを使って実車試験をし、位置で±10cm、角度で±2°の精度を得ている。

位置姿勢同定システムで演算した車両の位置、姿勢角、速度データを車載ナビゲーションシステムへ送信し、駐車スペースへの誘導経路を演算する。

2.3 誘導経路演算

このシステムでは、停止した場所から最小限の切返して駐車スペースに入庫できるように、ギヤの操作、ハンドルの操舵量、移動距離を算出する。前述のとおり、停止時にハンドルを操舵し、走行中はハンドルを固定するように指示を出す。ハンドルを固定して走行することで、誘導経路を直線と円弧の2種類に限定することができるので、経路演算の簡略化と指示経路への正確な追従ができる。

図5に示した誘導経路例では、前進直進 前進円弧 後退円弧 後退直進の4ステップで入庫できることを示している。

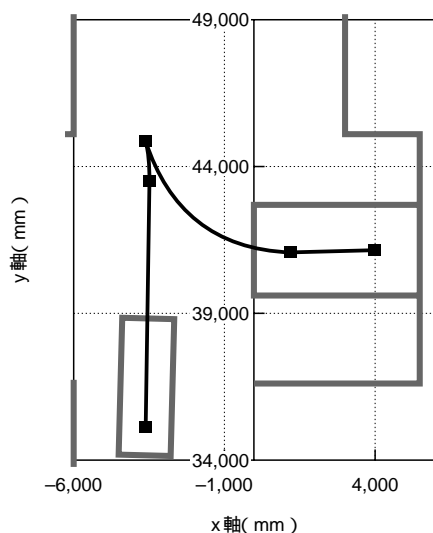


図5. 誘導経路の例 最短4ステップの切返し経路を算出している。
Example of guidance route

駐車場における運転支援システムについて、実車両に搭載しその成果を検証した。高精度な位置姿勢同定装置と操作手順の遵守を重視した指示系を持つことで、人間による操作誤差を含んでも、目標駐車地点に対し、左右前後位置誤差±15cm、姿勢角誤差±2°の高精度な駐車支援システムを構築できることを確認した。

実用化に向けた基本技術については確立できたと言えるが、周囲の障害物検出技術などと組み合わせ、より安全なシステムを作る必要がある。

(注3) ノイズ除去における線形フィルタの一手法。

駐車場管理システム、位置姿勢同定装置、経路演算の三つの技術と自動走行技術を組み合わせると、車両を自動で駐車させることもできるようになる。次章に、電気自動車の自動走行について述べる。

3 自動走行マイクロカー

自動走行マイクロカーでは、駐車支援システムの指示を受けて運転者が運転操作する部分までを自動化した。自動で入庫されるので、運転者は駐車場の入口まで運転すればよく、駐車の手間から解放される。出庫時も駐車場出口で呼び出すだけで済む。

以下、自動走行マイクロカーについて述べる。

駐車場などの限定された走行区域を考えた場合、転回の容易さや低速走行だけであることから小型車両が望ましい。今回、自動走行車両のモデルとして(株)光岡自動車のマイクロカー(電動機駆動)を選び、改造し、その動作を確認した(図6)。



図6. 自動走行モデル車両 自動走行用に改造した車両を示す。
Vehicle with automatic speed and direction control

3.1 自動走行へのアプローチ

(株)光岡自動車のマイクロカーは、駆動用に直流電動機を搭載している。各車輪に、エンコーダを取り付け、速度信号を取得できるようにした。速度指令とエンコーダから得られる速度信号を使って速度制御をし、駆動電動機を制御す

るアンプにトルク信号を入力する。また、新たにハンドル軸にサーボモータとハンドル角検出器を取り付け、ハンドル操舵角制御を行う。

3.2 自動駐車

自動走行のための経路指令として、駐車支援システムと同様に、円弧と直線で構成される経路を使う。駐車支援システムでは、運転者の操作誤差を防ぐため、停止時にハンドル

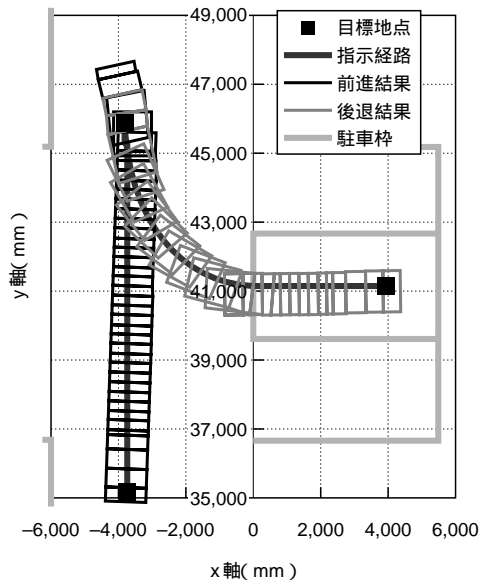


図7. 自動駐車の実例 自動走行用の経路に追従して入庫する。
Example of automatic parking

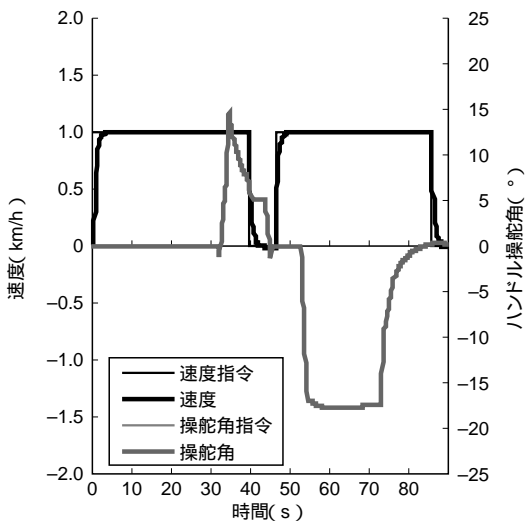


図8. 速度指令、ハンドル角指令 走行中にハンドルを操舵する。
Example of reference to speed and steering-wheel angle

(注4) 走行支援道路システム(Advanced cruise-assist Highway System)の操作(control)支援。

(注5) 走行支援道路システム(Advanced cruise-assist Highway System)の自動(automation)運転。

を操舵する“据切り”方式を採用した。自動走行の場合は、手動操作による誤差を考えなくてよいため、走行中のハンドル操舵を許す操舵角制御を考案した⁽⁴⁾。

この操舵角制御における操舵角指令は、経路における車両の進行方向の姿勢角誤差と経路に対する位置誤差から演算する。この方式での自動駐車の実例を図7に示す。この例と同じ誘導経路でのハンドル操舵角と速度の結果は、図8に示すように前進及び後退時の走行中にハンドルが操舵されていることがわかる。

4 あとがき

駐車場内での自動走行は、道路での自動走行と違って、低速、後進、駐車などの走行が要求されるが、“駐車支援システム”と“自動走行マイクロカー”の技術を組み合わせることで実現できる見通しが得られた。

今回は、限られたエリアとして駐車場を選んだが、一般車両を進入させないコミュニティエリア(駅前の商業エリアなど)を設定し、その中での自動走行や自動駐車の実現も可能となる。これは、マイクロカーや小型車、電気自動車の共同利用との組み合わせで、住みやすい街づくりにも貢献できることを示している。

また、“駐車支援システム”は“日本のITS”の開発分野“ナビゲーションシステムの高度化”のコンテンツにもなりうる。

更に、車両自身を高度化することにより、インフラに依存したITSの発展から脱却し、AHS-c^(注4)からAHS-a^(注5)へスムーズに移行する助けとなる。

文献

- (1) WADA, M., et al. "Development of Advanced Parking Assistance System". ITSC '99, 1999.
- (2) 安 芳次. Javaと分散オブジェクトによるデータ収集システム構築の基礎と応用. Interface. 10, 1998, p.56 - 78.
- (3) HORB: <http://www.horb.org/>
- (4) MIZUTANI, M., et al. "A Consideration on Speed and Direction Control of Electric Vehicle for Community Car". IPEC 2000, 2000.



増田 広司 MASUDA Hiroshi

情報・社会システム社 ITS・自動車事業統括部 ITS応用システム事業推進担当グループ長。ITS応用システム事業の企画・推進に従事。

ITS & Automotive Business Planning Div.



水谷 麻美 MIZUTANI Mami

電力システム社 電力・産業システム技術開発センター 産業システム・パワー開発部。ITSにおける運転支援システムや、車両の自動走行などの開発に従事。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



木村 正博 KIMURA Masahiro

情報・社会システム社 ITS・自動車事業統括部 ITS応用システム事業推進担当。物流事業向けITS応用システム事業の企画・推進に従事。

ITS & Automotive Business Planning Div.