

# 自動バレー駐車のための車両制御システム

Vehicle Control System for Automated Valet Parking

## 要旨

自動運転社会での駐車の実便性向上や駐車場内での事故低減を目的として、乗降場所から指定された駐車場所への入出庫を自動で行う自動バレー駐車(Automated Valet Parking: AVP)が注目されている。AVPを実現するためには、自動駐車車両(以下“車両”という)、駐車場インフラ、駐車場管制センタ(以下“管制センタ”という)の3者がバランス良く協調して適切に機能分担する必要がある。

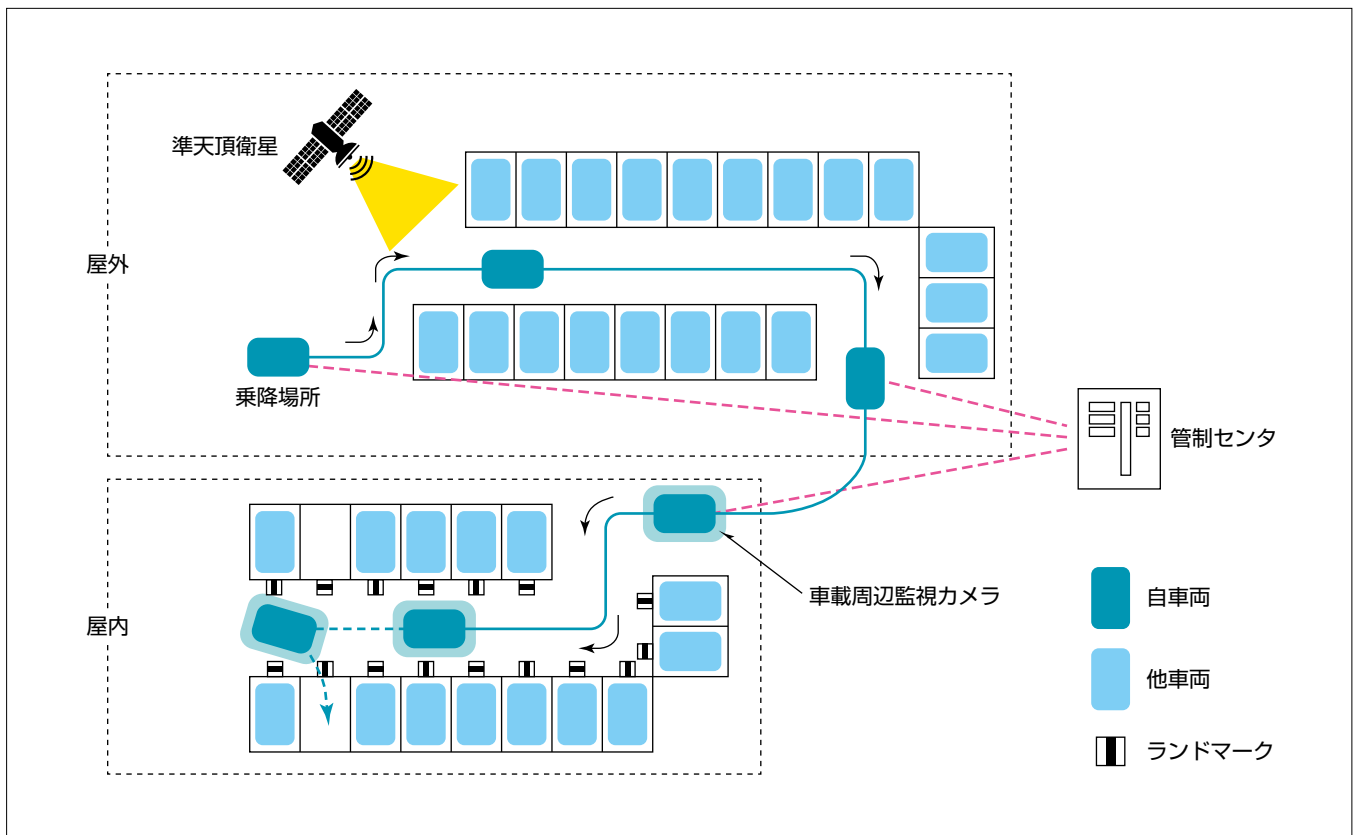
三菱電機では、既存の自動駐車機能を最大限に活用しつつ、駐車場インフラや管制センタへの投資を抑えることが可能な車両&インフラ協調型AVPのための車両制御システムを開発している。

車両制御システムでは、準天頂衛星による測位と自律系センシング(車載周辺監視カメラ)による測位にそれぞれの

特性があることを考慮し、屋外と屋内に対してその特性を自車位置推定に利用することで、様々な状況に対応する自動走行/駐車を行うことが可能な自車位置推定技術を開発している。

自車位置推定技術は準天頂衛星の受信状況や路面上に設置したランドマークの検知状況から自車位置推定処理の切替えを行い、真値に近い自車位置を推定している。自車位置推定の切替え処理については、ソフトウェア実装及び実車試験を行い、各自車位置推定モードの切替え等、意図どおりに動作していることを確認した。

今後は実用化に向けて開発を進め、安全で快適な交通社会の実現に貢献していく。



## 屋内外の様々な状況に対応したAVP

屋外では準天頂衛星による高精度な測位情報(衛星航法)、屋内では車載周辺監視カメラによる路面上に設置したランドマークを検知する測位情報(地文航法)を組み合わせた自車位置推定技術によって、屋内外を問わず指定された位置へ正確に自動走行して駐車するAVPを実現可能である。

## 1. ま え が き

自動運転社会での駐車の実便性向上や駐車場内での事故低減(安全性向上)の観点から、乗降場所から指定された駐車場所への入出庫を自動で行うAVPが注目されている。特に、駐車場所から目的地入り口まで距離がある駐車場(郊外のショッピングセンターやテーマパーク等の平面式や立体駐車場)での活用が期待される。

当社では準天頂衛星による測位情報と自律系センシングによる測位情報とを組み合わせた自車位置推定技術によって、屋内外を問わず指定された位置へ自動走行して駐車するAVPのための車両制御システムを開発している。

本稿では、AVPと屋内外の様々な状況に対応したAVPのための車両制御システムについて述べる。

## 2. AVP

AVPとは、AVP対応駐車場へ行き、駐車場の中でも隣接施設等にアクセスが便利な位置で降車し、ユーザーがスマートフォンなどの端末を使って自動駐車のリクエストをすると、ドライバーが立ち会うことなく、無人で自動的に駐車してくれるサービスである。また逆に、出庫の際も同様にユーザーのリクエストによって、乗車場まで自動的に出庫してくれるサービスである。このAVPを実現するためには、車両だけによる安全確保は困難なため、図1に示すように“車両”“駐車場インフラ”“管制センタ”の3者が協調しあって、限定空間内でのSAE(Society of Automotive Engineers)の自動運転レベル4を実現する必要がある<sup>(1)</sup>。

3者の機能分担は、図1のように車両のセンシングで安全確認しながら自律走行して駐車する車両依存型、車両、駐車場インフラ、管制センタの3者がバランス良く協調して適切に機能分担する車両&インフラ協調型、自動駐車車両のセンシングに頼らず駐車場内監視カメラ等の駐車場インフラで自動駐車車両の位置と方位を常時測定し、車両は管制センタの指示で駐車するインフラ依存型が考えられる。

## 3. 車両&インフラ協調型AVPシステムの構成

管制センタはユーザー端末からの入出庫リクエストを受信し、地図情報を利用して車両の誘導経路を設定する。管制センタと車両は無線通信で接続され、管制センタから地図情報や誘導経路、ランドマーク情報等が車両に配信される。車両は管制センタから配信された情報を基に自車位置を補正しながら自動走行/駐車を行う(図2)。次章から車両&インフラ協調型AVPのための車両制御システムについて述べる。

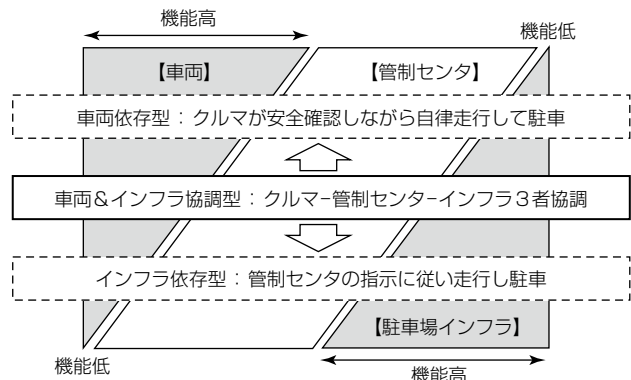


図1. AVP機能分担の概念図<sup>(1)</sup>

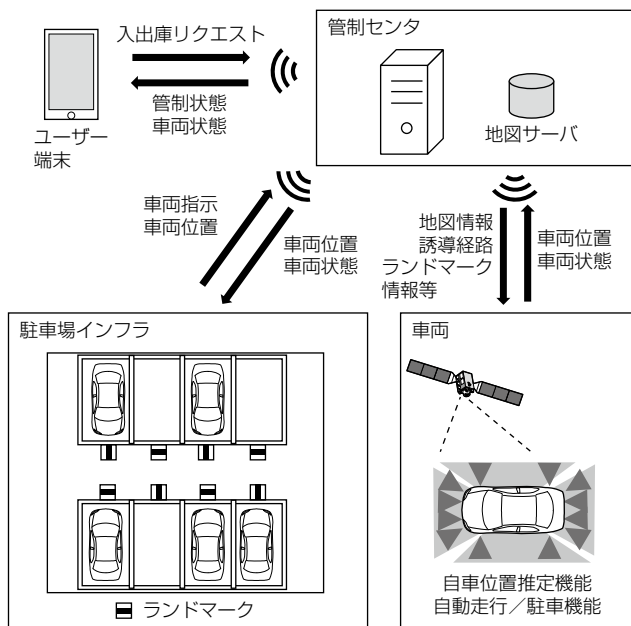


図2. 車両&インフラ協調型AVPシステム構成の一例

## 4. AVPのための車両制御システム

AVPのための車両制御システムは大きく分類すると、“センサ部”“自車位置推定部”“車両制御部”の三つに分かれる(図3)。“自車位置推定部”“車両制御部”に関してはADAS-ECU(Advanced Driver Assistance System-Electronic Control Unit)に実装を行っている。

センサ部は、準天頂衛星、GPS(Global Positioning System)等のGNSS(Global Navigation Satellite System: 全地球測位衛星システム)を利用して高精度測位(衛星航法)を実現する高精度ロケータや自律系センシングによる測位(周辺監視カメラによるランドマーク検知(地文航法))を実現する周辺監視カメラシステム、慣性センサ(車両状態量)、超音波センサ等の自律系デバイスを指す。

自車位置推定部は高精度ロケータと周辺監視カメラシス

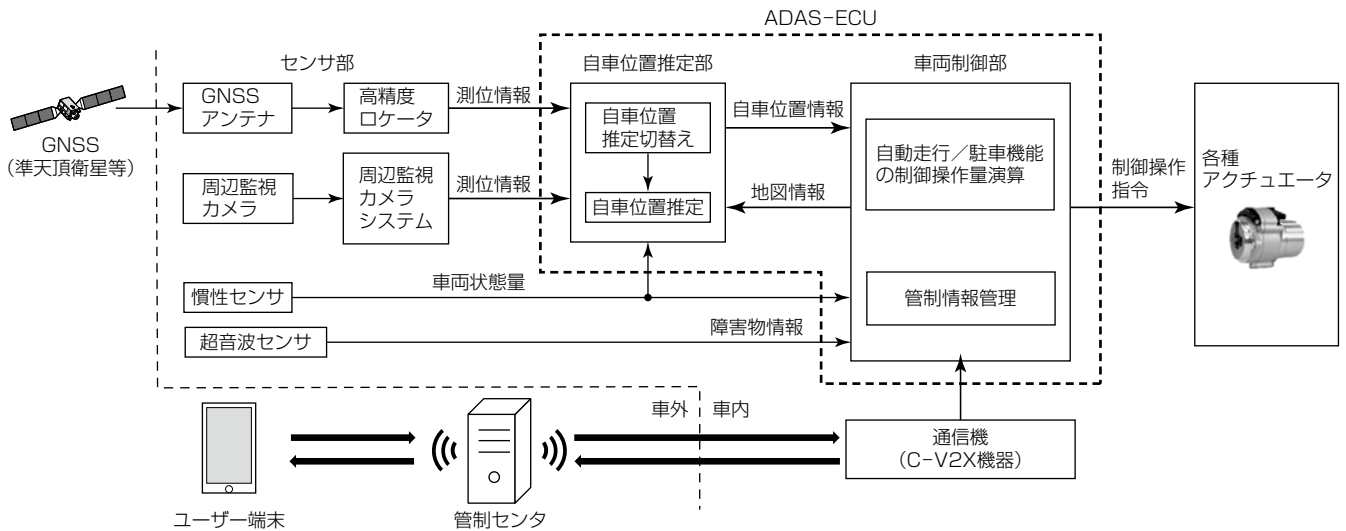


図3. AVPのための車両制御システム

テムによる測位情報と慣性センサによる車両状態量を組み合わせることで、配信地図上の自車位置を推定し、自車位置情報を出力する。

車両制御部は、自車位置推定部からの自車位置情報と慣性センサによる車両状態量、超音波センサによる障害物情報等から自動走行/駐車機能のための制御操作量(ステアリング制御量、車速制御量等)を演算し、車両の各種アクチュエータに制御操作指令を出す。また、通信機(C-V2X機器)を介して、管制センタから地図情報や車両指示状態(入出庫、停止指示等)を取得し、自車位置推定部に地図情報を出力する。

5章では、屋内外を問わずAVPを実現するために重要である自車位置推定技術について述べる。

## 5. 車両制御システムの自車位置推定部

車両制御システムの自車位置推定部は、準天頂衛星と周辺監視カメラによる測位情報を組み合わせて自車位置推定を行っている。

### 5.1 準天頂衛星による測位技術

準天頂衛星による測位は準天頂衛星システムのセンチメートル級測位補強サービス(Centimeter Level Augmentation Service: CLAS)<sup>(2)</sup>を活用する。従来のGPS等のGNSS測位信号だけ(単独測位)の精度は数m程度である。しかしながらCLASは、国土地理院が設置している電子基準点網を活用して衛星が持つ誤差(衛星軌道・衛星クロック・衛星信号バイアス誤差)と測位する地域による誤差(電離層・対流圏遅延誤差)とを補正する測位補強信号を準天頂衛星経由で配信することでセンチメートル級の測位精度を提供する(図4)。

### 5.2 自律系センシングによる測位技術

自律系センシングによる測位は周辺監視カメラで路面上のランドマークとして設置された座標を特定(ランドマーク検知)し、管制センタから配信される地図情報とマッチングを行い、特定した座標を基に3点測位によって自車位置を推定する。本稿で述べるランドマークは図5に示す経済産業省事業成果報告書<sup>(1)</sup>で示された物理的仕様に基づいている。

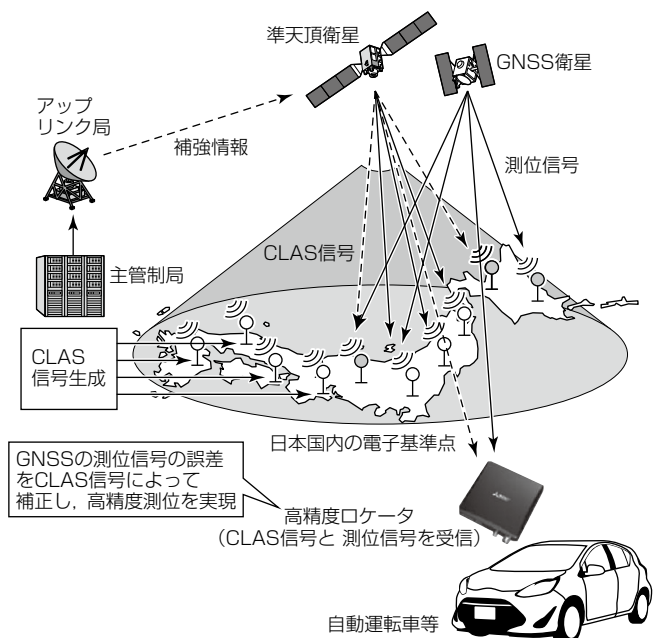


図4. センチメートル級測位補強サービス

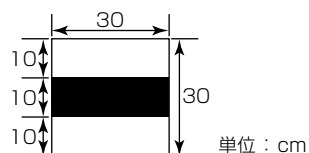


図5. ランドマークの物理的仕様<sup>(1)</sup>

### 5.3 適用可能な状況

高精度ロケータと周辺監視カメラ(ランドマーク検知)にはそれぞれの特徴があり、屋外と屋内に対してその特性を考慮して組み合わせることで、様々な状況に対応する自動走行/駐車を行うことが可能になる。表1に高精度ロケータ及び周辺監視カメラの特性(適用可能な状況)を示す。

### 5.4 自車位置推定切替え

自車位置推定切替えはGNSS受信状況やランドマーク検知状況から推定方法の切替えを行う処理である(図6)。推定方法の各モード(ロケータモード, カメラDR(Dead Reckoning)モード, 車載センサDRモード(車速, ヨーレート等))間の切替えはロケータ信頼度やカメラ信頼度を基に行う。ロケータ信頼度は、高精度ロケータから出力される測位状態, HDOP(Horizontal Dilution Of Precision: 水平精度低下率)値等から決定する。カメラ信頼度は、ランドマークの検知信頼度から決定する。切替え優先度は、①カメラDRモード, ②ロケータモード, ③車載センサDRモードの順になっている(図7)。カメラ信頼度が低く(精度が低く)なった場合はカメラ切替え区間にロケータ信頼度が高く(精度が高く)なっているとロケータモードに切り替わり、ロケータモード中にカメラ信頼度が高く(精度が更に高く)なるとカメラDRモードに切り替わることで自車位置推定は真値に近いモードを使用する。また、カメラ/ロケータ切替え区間が一定時間継続した場合は車載センサDRモードに切り替わる。

表1. 適用可能な状況

	高精度ロケータ	周辺監視カメラ (ランドマーク検知)
屋外(オープンスカイ)	○	○
屋外(マルチパス)	△	○
屋外(荒天)	○	△/x
屋内	x	○

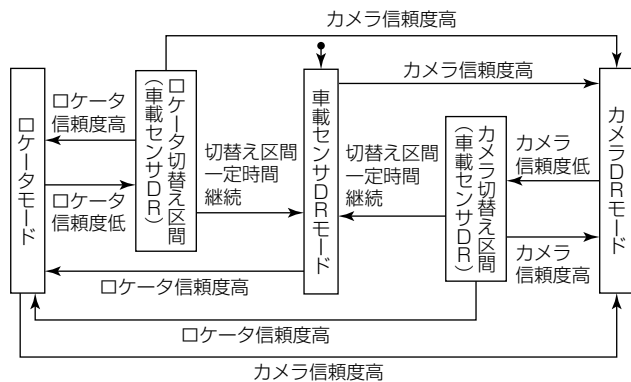


図6. 自車位置推定切替えの遷移図

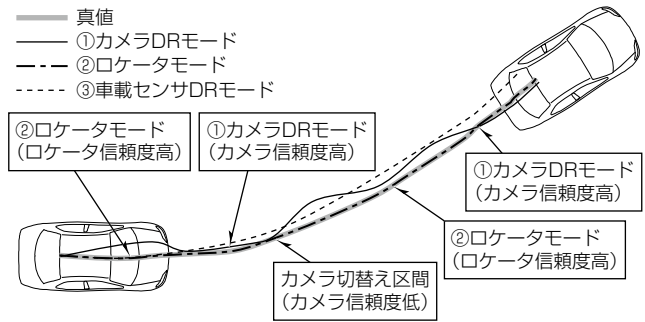


図7. 自車位置推定切替え

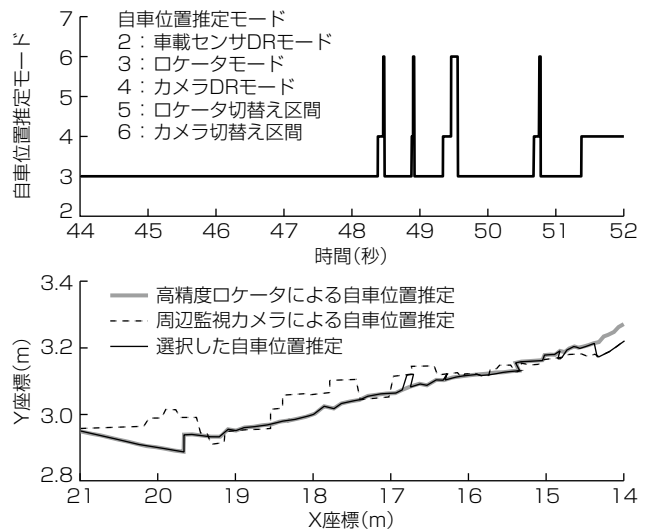


図8. 自車位置推定切替えの試験結果

自車位置推定切替えを実装して試験を行った結果を図8に示す。カメラDRモードからカメラ切替え区間, ロケータモードと切替え, ロケータモードからカメラDRモードの切替え等, 意図通りの動作を確認した。

## 6. むすび

自動バレー駐車のための車両制御システムの開発について述べた。準天頂衛星と周辺監視カメラによる測位情報を組み合わせて自車位置を推定することによって、屋内外問わず指定場所までの自動走行/駐車を行う自動バレー駐車を実現している。今後は実用化に向けて開発を進め、安全で快適な交通社会の実現に貢献していく。

### 参考文献

- 一般財団法人 日本自動車研究所: 平成30年度高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業: 自動バレーパーキングの実証及び高度な自動走行システムの実現に必要な研究開発, 経済産業省事業成果報告書 (2019) [https://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/H30FY/000350.pdf](https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000350.pdf)
- 廣川 類, ほか: 準天頂衛星システムセンチメートル級測位補強サービス, 三菱電機技報, 91, No.2, 101~104 (2017)