

# 自動駐車システムのための駐車位置検出方法と経路生成方法

Target Parking Position Detection Method and Parking Course Generation Method for Automatic Parking

神山博貴  
Hirotaka Kamiyama

超音波センサや車載カメラなどのセンサを使い、短時間で高精度に駐車できる自動駐車システムを開発した。本稿では、高精度に駐車するために目標駐車位置の検出精度を高める方法と、短時間に駐車するために繰り返し回数を低減した経路を生成する方法について解説する。

We have developed an automatic parking system which allows a vehicle to be quickly parked with high accuracy using sensing devices, such as an ultrasonic sensor and a camera.

This paper explains the highly accurate method used to detect the target space and the method of generating a parking course that reduces the number of cutback maneuvers in order to park quickly.

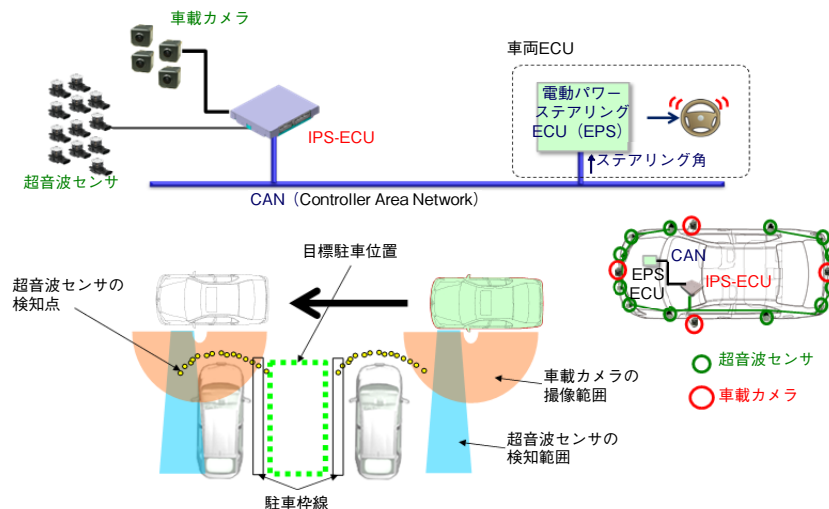
## 1. 自動駐車システムの概要

自動駐車システムは、超音波センサや車載カメラのセンサを用いて自動的に目標駐車位置を検出し、目標位置までの経路を生成してステアリングを制御することで並列駐車、縦列駐車を自動で行うシステムである(第1図)。

車両が目標駐車位置を通り過ぎる間に、その位置と角度を超音波センサや車載カメラなどのセンシングデバイスにより検出し、目標駐車位置へ向かう経路と経路に沿

ったステアリング角を自動駐車ECU (IPS-ECU: Intelligent Parking System Electronic Control Unit) にて生成し、ステアリングアクチュエータをEPS-ECU (Electronic Power Steering Electronic Control Unit) にて制御することで自動的に駐車する。

自動駐車に対するドライバーの要望は、短時間に高精度に駐車できることであり、これを実現する目標駐車位置検出方法と経路生成方法の開発を進めている。



第1図 自動駐車システムの構成

Fig. 1 Configuration of parking system

\* オートモーティブ&インダストリアルシステムズ社  
車載エレクトロニクス事業部  
Automotive Electronics Systems Business Div.,  
Automotive & Industrial systems Company

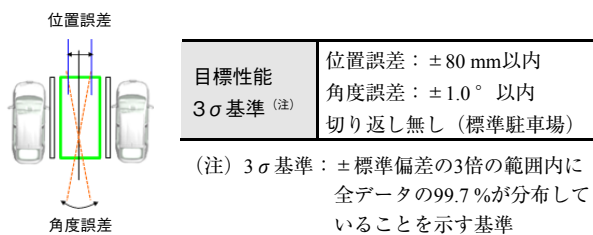
## 2. 当社の自動駐車システムの取り組み

### 2.1 目標性能

自動駐車システムの目標性能は、ドライバーによる駐車実験に基づいて設定した。車路幅6 mの標準駐車場に

おける一般ドライバー約110人による駐車実験の結果、駐車完了位置の誤差は、横方向の位置がおおむね±100 mm以内、角度がおおむね±1.5°以内であった。また、試行の約96%は、切り返し1回以内で駐車を完了しており、切り返し操作のほとんどは駐車完了位置の修正であった。

以上の実験結果に加え、自動駐車システムでは一般ドライバー以上の駐車精度が求められるとの観点から、車路幅6 mの標準駐車場において、駐車精度は位置誤差±80 mm以内、角度誤差±1.0°以内、切り返し無しの駐車ができることを目標とする（第2図）。



第2図 目標駐車性能  
Fig. 2 Target parking performance

2.2 超音波センサ・車載カメラの検知性能

駐車完了時の精度は、センサによる目標駐車位置の検知誤差と、車両制御の誤差とに依存する。精度に大きく影響するのが目標駐車位置の検知誤差である。

超音波センサは、障害物の距離は測定できるが、どの方向から反射しているのかわからない。言い換えれば、距離分解能は高いが、角度分解能は低い。超音波センサからの距離情報を元に、時系列に検知点を並べて、検知点の空きから障害物の無い駐車空間を見つける。駐車空間の端位置は、駐車車両を考えるとおおむね放物線形状であると考えられるため、検知点を放物線近似することで端位置と角度を算出している。しかし、角度分解能が低いため、駐車空間の空きはわかるが、隣接車両の種別や物体の形状によっては検知精度が落ちるとい問題がある。

車載カメラは、上空からの視点で変換した画像を用いて、画像中の並行する2本の直線の端点を抽出することで目標駐車位置の位置と角度を算出している。しかしながら、画像中の反射光の影響を強く受け、路面での日光の反射や水たまりによる反射などにより、いわゆる白飛びや映り込みが発生すると、検知結果に大きな誤差が含まれる。

どちらのセンシングデバイスを用いた場合でも、単体での目標駐車位置の検知精度は、位置誤差が大きく目標性能を上回ることができない（第1表）。

第1表 センシングデバイス単体での目標駐車位置の検知精度  
Table 1 Result of accuracy evaluation for target parking position using sensing device

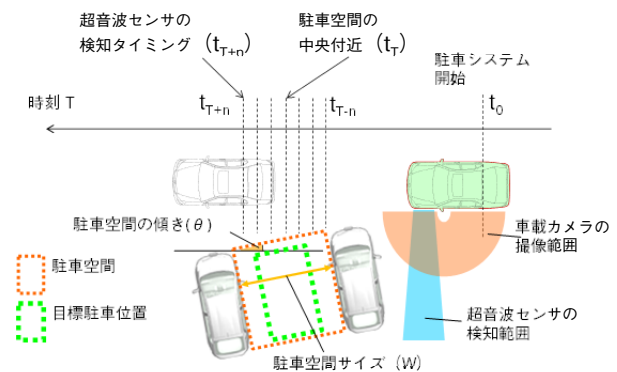
| 3σ基準      | 超音波センサ検知 | 車載カメラ検知 |
|-----------|----------|---------|
| 位置誤差 [mm] | ±143.0   | ±137.3  |
| 角度誤差 [°]  | ±2.5     | ±1.17   |

2.3 超音波センサと車載カメラによる高精度化

超音波センサと車載カメラを併用した駐車における位置精度について第3図を用いて説明する。

超音波センサによる検知では、目標駐車位置を通り過ぎる間に、約100 ms間隔で検知点を更新することで駐車空間を検知する ( $t_{T-n} \sim t_{T+n}$ : 目標駐車空間の中央付近を通過する時刻  $t_T$  を中心とした  $n$  回前の時刻 ( $t_{T-n}$ ) と  $n$  回後の時刻 ( $t_{T+n}$ ))。一方、車載カメラによる検知は、目標駐車空間付近を通り過ぎる間に複数回の撮像と検知が可能である。統計学的に、1σ誤差は試行回数  $N$  回の平方根に反比例するので、車載カメラの検知位置座標の最大値と最小値を取り除き、座標値の平均値  $\pm 1\sigma$  以内に入る複数回の検知結果を選択することで誤差を抑えることができ、 $N$  を3回以上とすれば目標値を達成できる。

さらに、車載カメラは、光軸中心付近のレンズ歪（ひずみ）が少なく検知精度が高い。これを活用するために、超音波センサ検知情報と自車両の動き情報を使い、車載カメラが駐車空間の中央付近にある場合 ( $t_T$ : 目標とする駐車空間の中央付近を通り過ぎる時刻) の検知結果を使うことで駐車空間の検知精度を高めている。目標駐車空間の中央時刻 ( $t_T$ ) は超音波センサにより検知した目標駐車空間サイズ ( $W$ )、駐車空間と自車両間の相対傾き ( $\theta$ )、および駐車空間検知時の平均車速 ( $V$ ) とから式 (1) のように  $t_T$  を算出する。同様に  $t_{T-n}$  は式 (2) の



第3図 超音波センサと車載カメラ検知による精度向上  
Fig. 3 Improvement in accuracy of the ultrasonic sensor and camera detection

ように算出できる.

$$t_T = t_{T+n} - \frac{(w/2)\cos\theta}{V} \dots\dots\dots (1)$$

$$t_{T-n} = t_{T+n} - 2\frac{(w/2)\cos\theta}{V} \dots\dots\dots (2)$$

以上のように、超音波センサにより検知した目標駐車位置を用い、車載カメラの検知結果を誤差が大きい検知結果を除去する統計処理を行い誤差を低減させることで、従来よりも検知精度を高め、目標性能を達成している(第2表)。

第2表 目標駐車位置の検知精度(超音波センサ+車載カメラ)

Table 2 Result of accuracy evaluation for target parking position

| 3σ基準      | 目標性能  | 超音波センサ<br>+カメラ検知 |
|-----------|-------|------------------|
| 位置誤差 [mm] | ±80.0 | ±79.3            |
| 角度誤差 [°]  | ±1.0  | ±0.7             |

2.4 切り返し無しの駐車を實現する経路生成

有限の車路幅の中で切り返し無しで駐車させるために、できるだけ大きい操舵(そうだ)による経路をできるだけ長く用いる経路生成方法を用いた。駐車経路は、"直線"、"緩和曲線"、"円旋回"から構成される。緩和曲線[1]は、徐々に操舵しながら旋回することで、滑らかに円旋回経路と直線をつなぐ経路である。従来は、後退開始位置において直線の経路から始めていたために、その後最大操舵で円旋回しても切り返し無しでは駐車できない場合があった(第4図(a))。そこで、後退開始位置において円旋回から始め、緩和曲線を経由し、可能な限り最大操舵に近い円旋回をさせたいうで、再び緩和曲線を経由して、最後に直線動作させる『二段旋回経路』を用いた(第4図(b))。

ここで、緩和曲線における操舵変化量が大きいほどドライバーは不快に感じるため、1回目緩和曲線の操舵量と2回目緩和曲線の操舵量を最適調整することで、滑らかに駐車経路を接続した。

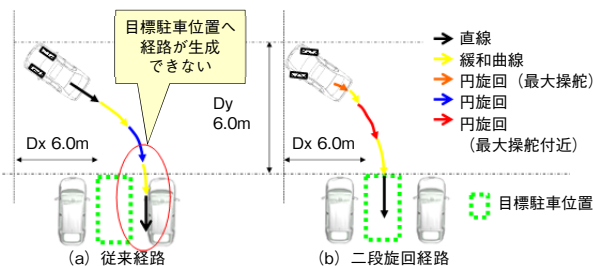
二段旋回経路を用いることで、車路幅6.0mの標準駐車場において、従来は切り返し無しで駐車できなかった場合でも、切り返し無しでの駐車を実現した。

3. 今後の展望

超音波センサと車載カメラの検知を組み合わせ、駐車経路を改良することで、切り返し無しの高精度駐車を実現した。今後は、さまざまな駐車環境でのロバスト性を高めていき、自動駐車システムが使えるシーンを増やしていく。

参考文献

[1] 森満雄, 新版 道路工学, 理工図書, 東京, 1994, pp. 91-93.



第4図 二段旋回経路を使った切り返し無しの駐車を實現する経路生成

Fig. 4 Generation of one-time parking route using two-step circles route