

# 自動駐車システムの開発と RoboCar による実験的検討

## Development of automatic parking system and experimental study by RoboCar

知能機械システム工学コース  
機械航空システム制御研究室 1215026 日野 卓磨

### 記号の説明

l	ホイールベース
$\theta_0$	スタート時の車の向き
$\theta_1$	点 O1 の車の方向角
$\theta_2$	点 O2 の車の方向角
$\theta_3$	点 O3 の車の方向角
$\theta_4$	点 O4 の車の方向角
$\theta$	舵角
$\theta_r$	後退時旋回舵角
$\theta_f$	前進時旋回舵角
$R_f$	前進時旋回半径
$R_r$	後退時旋回半径
$\Delta X$	O1 と O3 における X 座標の差
$\Delta Y$	O1 と O3 における Y 座標の差

### 1. 緒言

駐車動作をアシストする形でパーキングアシストシステムが開発され、年々進化を遂げている。今後、完全自動運転社会を実現するために様々な駐車場や環境等に対応できる自動駐車システムが必須になる。本研究では、自動駐車専用の駐車場を想定し、駐車に必要なとされる動作をすべて自動化し、天候や路面状況によらず正確に駐車を行うシステムを提案する。

### 2. 駐車システム

ここで開発するシステムは、駐車場の入り口にて、ドライバーなどの乗車していた人は降車し、その後自動で、駐車が行われるシステムを対象とする。

図 1 にシステムの流れを示す。システムが作動すると空いている駐車枠を認識し、目標の駐車枠を決定する。決定後、まず駐車経路を作成し、経路に沿って駐車を開始する。このとき、経路誤差を、駐車場に設置したカメラによる車両の位置情報から設計経路との誤差として検知する。経路誤差が発生した場合は、位置情報から経路を設計し直し、経路修正を行うことにより適宜補正しながら、駐車を完了させる。

### 3. 駐車経路の設計

#### 3.1 設計方法<sup>(1)</sup>

車を駐車させる際の動きは複数通りあるが、比較的駐車経路の修正が行いやすい方法で駐車を行う。経路は、車が真っすぐ進む直線経路と舵角を一定の角度に切ったときの円経路の 2 つを用いる。概略を図 2 に、設計の具体的な手順を図 3 に示す。なお、経路にお

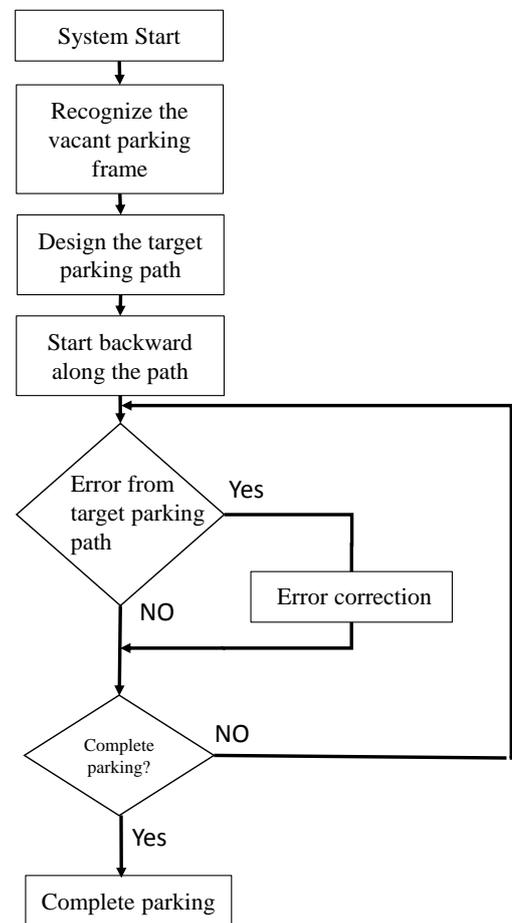


Fig1. Automatic parking system

各点は全て車両の後輪の中央の部分の点で考える. 図2における手順は, 以下の通りである.

- (1) 車両は左方向から進入し, 点 O1 まで直進する.
- (2) 点 O1 で一旦停止し, 舵角を切り, 定常円旋回 (舵角一定) で切返し点 O2 まで前進する.
- (3) 点 O2 での停止時に後退の舵角に切替え, 点 O3 まで定常円旋回 (舵角一定) で後退
- (4) 点 O3 で駐車枠と平行になったことを確認して, 舵角を零にして, 直進後退

この経路設計のための具体的な方法は, 以下の通りである. まず目標駐車枠に関連して点 O3 を決める. 点 O3 と点 O4 間は, 直線経路であるため,  $X_3 = X_4$  となるが,  $Y_3$  は, 枠と周囲の壁などを考慮し, スムーズに点 O2, そして点 O1 へと車を移動させることができるように定める. その後, 点 O2 の座標は,  $R_r$  と  $\theta_2$  から,

$$X_2 = X_3 + R_r(1 - \cos(90^\circ - \theta_2))$$

$$Y_2 = Y_3 - R_r \sin(90^\circ - \theta_2)$$

として算出できる.

また, 点 O1 の座標は,  $R_f$  と  $\theta_2$  から

$$X_1 = X_2 - R_f \sin \theta_2$$

$$Y_1 = Y_2 + R_f(1 - \cos \theta_2)$$

として算出できる.

スタート位置は Y 軸上にあるものとして, 点 O1 まで直進することから  $X_0 = 0, Y_0 = Y_1$  となる. RoboCar の円旋回中の旋回半径の算出は, 実験的近似式から

$$R = 0.33\theta^{-0.84}$$

を用いて行う.

以上よりスタート位置から O4 までの座標を基に経路生成を行う.

### 3.2 RoboCar 実験のための経路生成

提案した駐車経路の設計を確認するために, RoboCar による自動駐車実験を行った. 実験を実施するための条件を以下に示す.

- 駐車場内には人や物など障害物はない.
- 旋回中の舵角は, 同じとし, 最大舵角は,  $30^\circ$  とする.
- 図3に示す x 軸, y 軸は壁があると考え衝突しないようにする. また, 駐車枠線は踏まない.
- RoboCar が実車の 1/10 スケールサイズのモデルであるため, 誤差の範囲内は, 0.1m 以内とする.

以上の条件の下, 実験のための経路設計を行った. 実験を行うための駐車場は, 図4に示す. 今回, 駐車開始点は, 図の左上から始めるとする. 目標の駐車枠は 1 とし, 座標で示すと (0.93, 1.4) となる. まず, 点 O3 の座標を (0.93, 1.0), 点 O2 における車の向きを  $45^\circ$  と設定する.

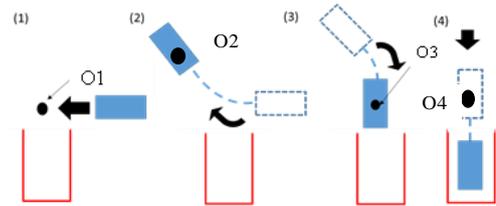


Fig2. Outline of parking procedure

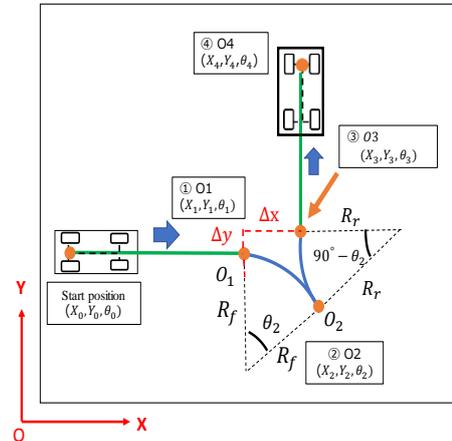


Fig3. Design example of parking path

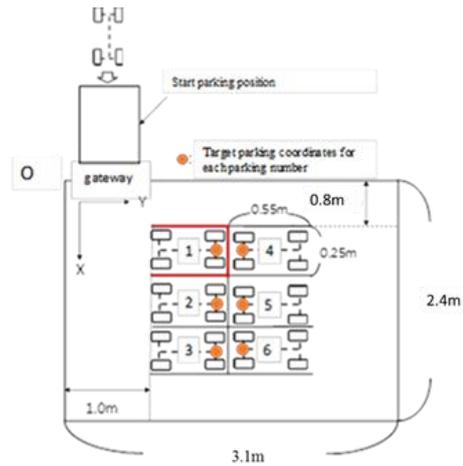


Fig4. Parking area map for experiment

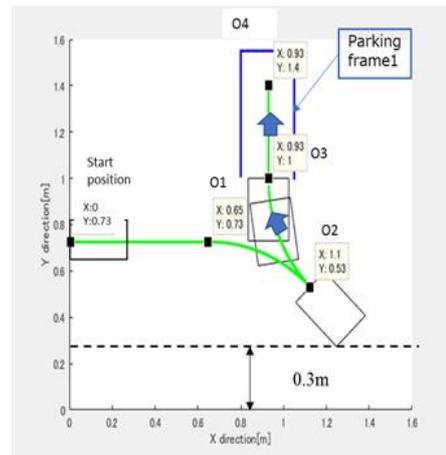


Fig5. Designed parking path result

図5を用いて駐車経路を設計した結果を以下に説明する。今回の駐車枠の場合、切り返し点のから前進操舵点までの y 方向の余裕と経路補正を行うことを考慮すると 45°で旋回させる方がよいと考えた。また、X 軸と Y 軸上に壁や柵などがあると考えると柵との距離が 0.3m であり、この経路に従って駐車をすると接触する可能性がないと考えられる。また、点 O3 の座標が(0.93,1.0)を示していることから、駐車枠線を踏まずに駐車を完了できると考えられる。よって、この経路に従って駐車を行えば、無理なく駐車を完了させることができ、最適なスタート位置は、(0,0.73)と判断した。

#### 4. 走行実験結果と誤差補正

##### 4.1 誤差補正方法

実際、設計した経路に従って走行を行うが、天候等の状況で経路から外れ、目標の駐車枠に駐車できない可能性も考えられる。3.2で経路設計した結果と実際に RoboCar を走行させたときの点 O2 までの経路比較を図6に示す。後退を始める点 O2 の座標は、経路設計実験時は(1.1,0.52)であったが、走行実験時は、(1.3,0.55)となった。このような場合、点 O2 の座標を車の現在位置と置き換え、点 O4 までの経路の設計を再び行う。車の現在位置から点 O4 までの経路を設計する方法であるが車の現在位置情報 O'2 (X'2, Y'2, θ'22)と点 O4 の座標値から点 O3 を算出し、その経路における車の旋回舵角 θ'r を決める。点 O3 から点 O4 まで直進後退することを考え、算出式は、

$$\theta'_r = \tan^{-1} \frac{l(1 - \cos \theta'_{22})}{(X'_2 - X_4)}$$

と表すことができる。

##### 4.2 誤差補正を含んだ RoboCar の走行実験

図6の経路設計結果と RoboCar の走行経路の結果から再度、経路設計を行い、その結果を図7に示す。図5の最初に設計した駐車経路と比較すると点 O3 の位置が Y の + 方向に位置し、直進後退する距離が短くなった。この経路に沿って、後退を行って駐車を完了できることがわかり、旋回舵角は、θ'r = 19[°]、旋回半径は、0.81[m]となった。

図7で設計した経路に沿って RoboCar を走行させた経路との比較を図8に示す。点 O3 における X 座標の誤差は、0.2[m]であった。図8を見ると、ほぼ経路通りに走行できていることは確認できているが点 O3O4 間の直進後退部分が、駐車枠を超えてしまうため後退できず、それに加えて駐車動作中に駐車枠線を踏んでしまう結果となった。

#### 5. 結言

今回、舵角一定の円経路と舵角 0°時の直線経路を組み合わせ、車が駐車を行う経路の設計を行った。また、実際に RoboCar で走行実験も行い、誤差補正ありの時の経路比較も行った。誤差補正の改善策としては、誤差補正をかける前に補正できる可能な範囲に車を一旦移動させてから経路を再設計するなど様々な状況を考え、誤差補正の精度向上について再検討が必要と考えている。

#### 参考文献

- (1) 清水康夫著 (2016)「先端自動車工学」東京電機大学出版局

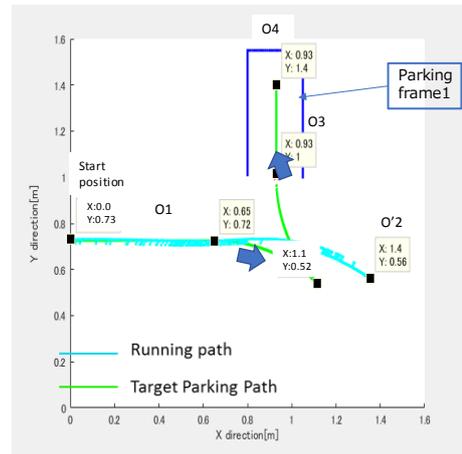


Fig6. Comparison of parking path up to point O2 and running path of RoboCar

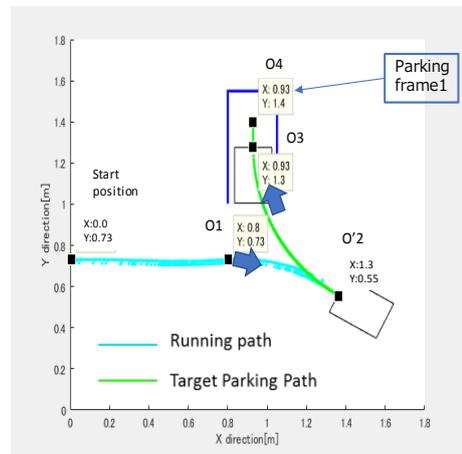


Fig7. Redesign parking path

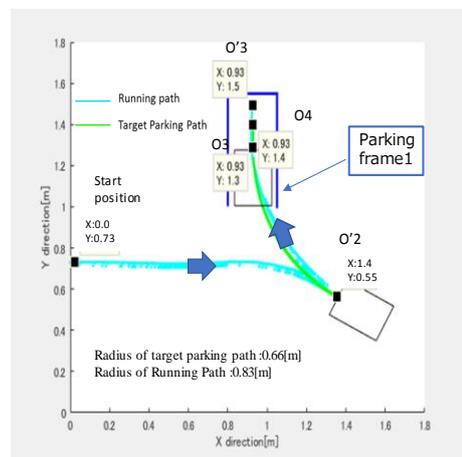


Fig8. Comparison of redesign path from point O2 and travel path of RoboCar