

卒業論文要旨

RoboCar を用いた自動後退駐車システム

Automatic parking system using RoboCar

機械・航空システム制御研究室 1170125 日野 卓磨

1. 緒言

自動車を運転する際、車を駐車するのが苦手とする人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、現行車に装備されているものも少なくない。しかし、システムはまだ黎明期であり、目標の駐車位置に誤差が生じる場合がある、速度調節ができない等課題もたくさんあることが現状である。

そこで本研究は、自動駐車システムを RoboCar において作成し、センサやカメラを用いて、より安全な自動駐車システムの構築を目指すものである。

2. 提案するシステムの概要

本研究では、駐車枠に正確かつ、安全に自動駐車を行うために、自動車が駐車する際に外側前輪が描く軌道をシミュレーションし、シミュレーション通りの軌道に沿った駐車を行うシステムの提案である。軌道をシミュレーションする際、自動車の道路設計やハンドルの角速度を一定で回した時の軌道としても用いられているクロソイド曲線を用いて行うが、クロソイド曲線のみを用いても、軌道のパターンに制限が生じることから、速度と舵角が一定の定常円旋回時の円の軌道も用いる。

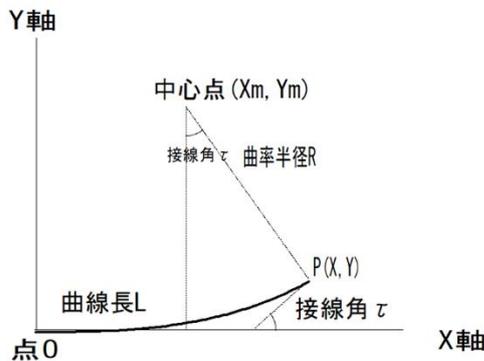


Fig.1 Clothoid curve

当初以下の式

$$X = \frac{A}{\sqrt{2}} \int_0^{\tau} \frac{\cos \tau}{\sqrt{\tau}} d\tau \quad (1)$$

$$Y = \frac{A}{\sqrt{2}} \int_0^{\tau} \frac{\sin \tau}{\sqrt{\tau}} d\tau \quad (2)$$

を用いて、軌道をシミュレーションしましたが、実際に動かした時の軌道と大きく異なったため、今回式の見直しを行った。車の移動量と速度の関係から以下の式を導き再度シミュレーションを行った。

$$X_1 = X_0 + ds \cos\left(\frac{1}{2} \alpha^2 s\right) \quad (3)$$

$$Y_1 = Y_0 + ds \sin\left(\frac{1}{2} \alpha^2 s\right) \quad (4)$$

定常円については、RoboCar で速度、舵角一定時の円旋回を

行った際に測定した最小円旋回半径を測定し、その値から円の軌道を描くものとする。また、クロソイド曲線と円の軌道を組み合わせるにあたり、クロソイドの中心点と円の中心点が等しくなるように合わせているので、クロソイドの終端座標を(a,b)、半径をRとおくと、

$$X_m = a - R \sin \tau \quad (7)$$

$$Y_m = b + R \cos \tau \quad (8)$$

と求めることができる。[1][2]

3. 実験装置

実験装置 RoboCar は、プログラミングによって動きを制御することができる。RoboCar の主な概要については、表1の通りである。[3]

4. 軌道シミュレーション

4.1 シミュレーション条件

今回、軌道を設計するにあたり、後退しはじめる位置を初期位置と置き、その時の駐車枠からの位置、舵角、さらに後退中の速度、ハンドル角を一定に変化させる角速度、そしてクロソイドパラメータを決め、それをもとにシミュレーションを行った。なお、軌道は外側前輪が走行中に描く軌道とする。条件をまとめたものを表2に示す。

4.2 軌道設計結果

まず、クロソイド曲線軌道のみ、円軌道のみ、クロソイド曲線と円軌道を組み合わせた軌道の比較を行った。軌道の結果を図2に示す。円軌道のみだけの軌道は軌道の長さが短くなっているものの軌道の傾きが大きくなっていることがわかり、ハンドル操作に負担がかかると考えられる。一方、クロソイド曲線のみ軌道では、軌道は滑らかであるが、接線角を45°まで回す必要があり、一般的な舵角範囲は0°～30°であるため、軌道通りに走行を行うのはほぼ不可能と考えられる。このことからクロソイド曲線と円軌道を組み合わせることで制限内の舵角で軌道を設計できる。

次に軌道が大きく変化しやすいとされるハンドルを回す角速度の違いで軌道を比較したため、条件4と5のシミュレーションを行う。パラメータAの値は、条件4,5で曲線長が一緒になるように車の速度と駐車時間を調整した。角速度の違いによる軌道の変化を図3のグラフに示す。

図3のグラフを見てみると角速度が早い0.01rad/sの時のほうが、曲線の傾きも急で軌道が短くなった。また、角速度0.001rad/sの時は、軌道は長くなり曲線の傾きは緩やかであった。角速度が遅ければ軌道は長くなり、駐車スペースを多く必要とすることから駐車状況に応じて角速度を決める必要がある。

最後に初期位置が違う場合の軌道シミュレーションを行う。目標の駐車枠からおよそ120°の位置に車の初期位置があるとする場合は大きく分けて二つ考えた。最大舵角は、30°とし、軌道は2次元CADを用いて描いた。駐車状況のイメージを図4に示す。図5に①の場合の、図6に②の場合の軌道設

計結果を示す①の軌道の場合、クロソイド曲線を多用することができ、非常に滑らかな曲線になるが、②の場合は、円軌道が多くなり、最大舵角 30° の状態で車の向きを変える時間が多くなるため、ハンドル操作に負担が大きくなる。現実的な対策として初期位置をずらすなどが考えられる。

5. 実験

表 2 の条件 1 において算出した初期位置から実際に自動駐車プログラムを作動させ、目標の駐車位置を原点とし、誤差を測った。まとめたものを表 4 に表す。

実測を行うと、すべての点において誤差は生じ、駐車位置が大きく違う場所になった。誤差が生じた原因は、車の運動性への外乱、理論で算出された駐車時間がずれているなどさまざまな原因が考えられた。自動駐車は、正確性を重視しないとイケないため、プログラムで生じる誤差は、今後軌道理論の精度の改善とセンサやカメラを用いて誤差を補正したいと考えている。

6. 結言

今回、クロソイド曲線と円の軌道の両方を用いることで、ハンドル操作に無理のない最適軌道を設計することができたが、実際に走らせると誤差が生じたりするなど課題も多く、今後、正確性だけでなく、カメラを用いた障害物回避やレーザーレンジファインダーによる駐車枠検出など、様々な状況に対応できるシステムの構築を今後作成したいと考えている。

Table1 Summary of RoboCar

size[mm]	429.0×195.0×212.2	steer angle [°]	-30~30	
weigh[kg]	3	stereo camera	VGA CCD 30fps (×2)	
internal sensor	gyro sensor 1, acceleration sensor 3, rotary encoder 5	Turning radius [m]	15°	1.37
			30°	0.68
external sensor	infrared sensor 8	speed [km/h]	-10~10	

Table 2 Outline of each simulation condition

	initial position	initial rudder angle [°]	steering wheel angle	angular velocity		initial position	initial rudder angle [°]	steering wheel angle	angular velocity
condition 1	From parking space about 90 degree on the left side	0	30°	0.01	condition 5	From parking space about 90 degree on the left side	0	15°	0.01
condition 2 (Only circle)	From parking space about 90 degree on the left side	0	30°	0.01	condition 6	From parking space about 120 degree on the left side	0	30°	0.01
condition 3 (only clothoid curve path)	From parking space about 90 degree on the left side	0	30°	0.01	condition 7 (cars on both side)	From parking space about 120 degree on the left side	0	30°	0.01
condition 4	From parking space about 90 degree on the left side	0	30°	0.001					

Fig.1 Path in conditions 1,2,3

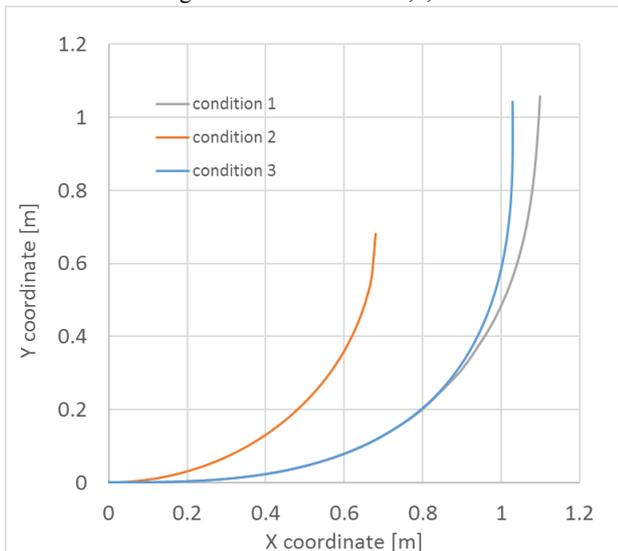


Fig.2 Path in conditions 1,4

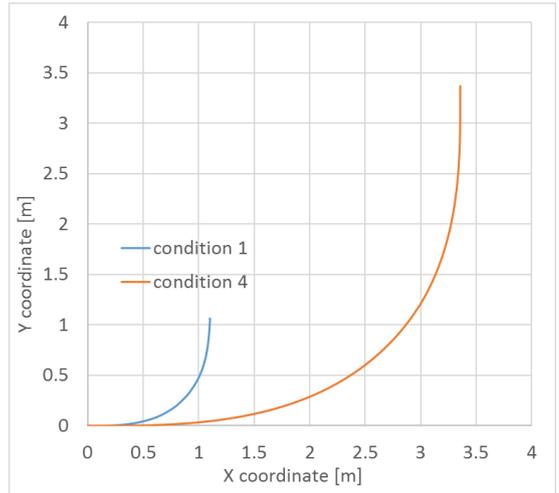


Fig.3 Image of parking situation in condition 6

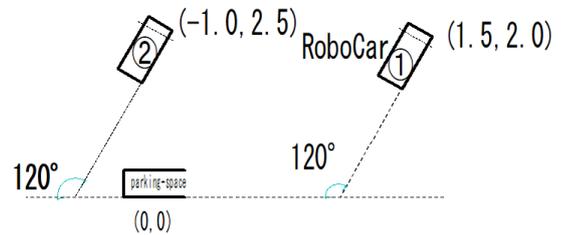
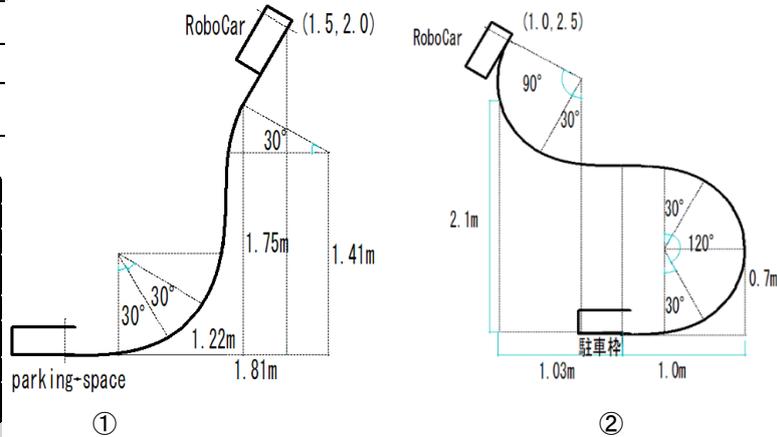


Fig.4 Path in condition 6



7. 文献

- [1] クロソイドの公式の詳しい証明 H.28 2/10 <http://www.geocities.jp/me109e4jp/kuroXYkousiki.htm>
- [2] 開発コラム クロソイドの設計と作図 H.28 2/10 <http://www.kozo.co.jp/dracad/member/doc.php?p2=83>
- [3] 株式会社 ZMP RoboCar Manual 2010