

卒業論文要旨

スリップ時における自動車制御の実験的検討

機械・航空システム制御研究室 1170169 山野 大輝

1. 緒言

冬季には積雪や路面が凍結することがある。このような状況になったとき自動車はスリップしやすくなる。実際にスリップが起きた時、運転技術のある人ならばある程度の事故回避は行えるがほとんどの人が制御できず重大事故に繋がってしまう。そのためスリップを抑制する技術として ABS や ESC と呼ばれるブレーキ制御技術やスタッドレスタイヤなどがある。しかしながら、これらの技術にも限界はありスリップが起こる可能性は十分に考えられる。

そこで、路面摩擦によらず角速度や車輪回転速度に応じてタイヤ舵角や車速を制御することで任意の旋回半径で走行を行うシステムを提案する。今回は、提案したシステムを実車の 1/10 スケールのモデルカーを用いて実験走行を行い、そのシステムの有用性について検証する。

2. 制御理論と研究方法

今回の研究では実車を用いた実験は非常に危険であるため実車の 1/10 スケールのモデルカー（以下、Robocar）を用いて研究を行う。表 1 に Robocar の仕様を示す。Robocar の機能としては、各種センサ値の取得、駆動モータ、ステアリングの制御がある。これらのすべての機能は、CPU ボード上の Linux アプリケーションによってコントロールされ、このアプリケーションを作成することで Robocar を操作する。本研究では、舵角や速度に関して PID 制御を用いることによって Robocar を制御する。

図 1 に Robocar のタイヤ舵角を 15° に設定しモータの出力を $1400[\text{mm/s}]$ で走行した時の旋回半径とモータの出力を $2800[\text{mm/s}]$ で走行した時の旋回半径を示す。Robocar の速度が速くなれば同じ舵角であっても旋回半径が大きくなっていることが分かる。そこで、 $1400[\text{mm/s}]$ の旋回半径の平均値を目標旋回半径 ($R_0 = 1.58[\text{m}]$) とし舵角を制御することで Robocar が目標旋回半径で走行することを目指す。

3. 舵角制御

今回は舵角制御システムのための基礎実験として角速度追従制御を行った。目標の旋回半径を R_0 とすると目標となる角速度 ω_r は速度 v から

$$\omega_r = v/R_0$$

と表すことができる。そこで偏差を

$$e_\omega = \omega_r - \omega$$

として舵角制御を行った。偏差に旋回半径を直接用いない理由として $R = 0[\text{m}]$ 付近での変化が激しいという点が挙げられる。急激に偏差が大きくなってしまいこちらの意図しない制御量になってしまうと考えたため今回は角速度を用いることにした。

図 2 に $1400[\text{mm/s}]$ で走行した時の実験結果を、図 3 に $2800[\text{mm/s}]$ で走行させた時の実験結果を示す。図 2 より $1400[\text{mm/s}]$ での実験では目標の旋回半径で走行することができた。しかしながら $2800[\text{mm/s}]$ の走行では舵角を最大である 30° 近くまで舵角を操作しても目標旋回半径に届かなか

Table1 Robocar's specification

Item	Specification
Drive system	2WD(FR)
Size	$429 \times 195 \times 212[\text{mm}]$
Weight	3[kg]
Wheelbase	260[mm]
Tread	160[mm]
Maximum speed	10[km/h]
Minimum turning radius	0.71[m]
Steering angle	$-30 \sim 30[^\circ]$
External sensor	Infrared sensor
	Stereo camera
Internal sensor	Gyro sensor(1 axis)
	Acceleration sensor(3 axis)
	Rotary encoder (Wheel \times 4, Drive motor \times 1)

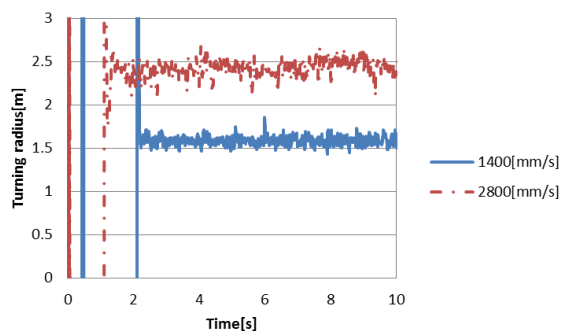


Fig.1 turning radius

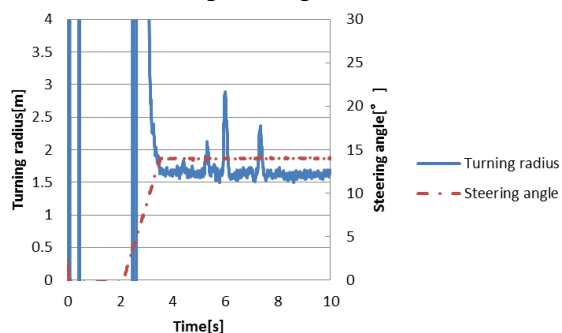


Fig.2 Experimental result of 1400 [mm/s]

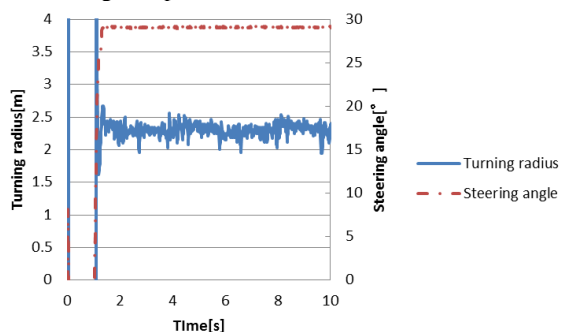


Fig.3 Experimental result of 2800 [mm/s]

った。このことから舵角だけでは現実不可能な旋回半径が存在するため任意の旋回半径で走行するためには速度制御も行わなければならないと考えられる。

4. PID 制御

第3章より任意の旋回半径で走行するには舵角制御だけではなく速度制御も行わなければならないと考えられた。図4に速度制御も含めた制御方法のフローチャートを示す。今回はその前段階として舵角操作の理想的な PID 制御を目指した。

PID 制御とはフィードバック制御の一つである。フィードバック制御とは出力を算出する時、目標値とセンサで読み取った実際の値を比較して、その誤差から出力を目標値に近づける制御方法であり、環境の変化に影響されにくいという特徴を持つ[1]。本研究においても路面摩擦による環境の影響が存在するため PID 制御は有用な制御の一つだと考えられる。また、PID 制御を用いることで定常偏差を少なくしたり即応性を高められたりすることができるのでより精度の高い制御を行えると考えられる。

今回は速度を 1400[mm/s]に設定した。また、目標を角速度 $\omega_r = 1[\text{rad/s}]$ とし K_p, K_D, K_I それぞれを変化させ実験を行った。図5~8に、 K_p を変化させた時の実験結果を示す。

図5~7を比較すると K_p を大きくしていくと即応性が上がり目標の角速度に早く収束することが分かる。しかし、図8のように大きくしすぎると発散を起し安定しなくなることが分かる。このことは K_I についても同じ現象が起きており、 K_I を大きくしすぎると不安定な制御となってしまう。また、 K_D を大きくすると目標の角速度にすばやく一致させることが確認できた。以上のことから、舵角制御に PID 制御を用いることによって理想的な制御を行えるのではないかと考えられる。

5. 結言

今回、舵角制御を行うことによって任意の旋回半径で走行する実験を行った。その際に舵角制御のみでは任意の旋回半径で走行できない場合があるため速度制御も行わなければならないことが分かった。しかし、舵角制御に関しては PID 制御を用いることが有用ではないかと考えられる。今後は、速度制御も行い舵角制御の PID ゲインを最適化することで高精度なシステムの設計を目指す。

参考文献

- [1] 杉江俊治, 藤田政之, “フィードバック制御入門”, コロナ社, pp. 146-153

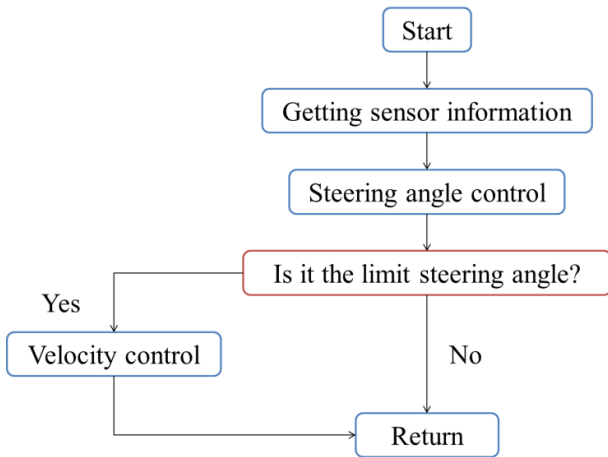


Fig.4 Flowchart

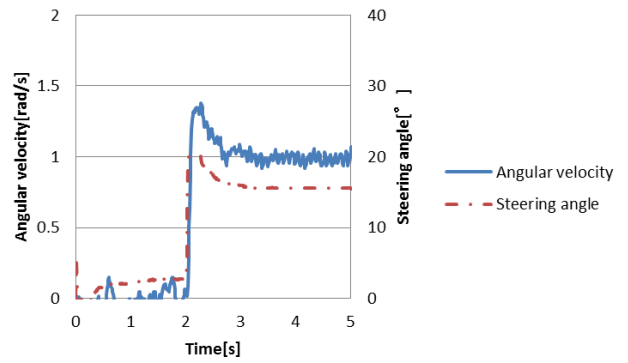


Fig.5 $K_p = 0.5 \quad K_D = 0 \quad K_I = 0$

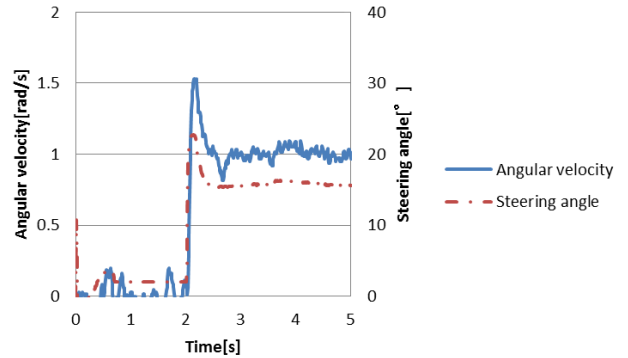


Fig.6 $K_p = 1 \quad K_D = 0 \quad K_I = 0$

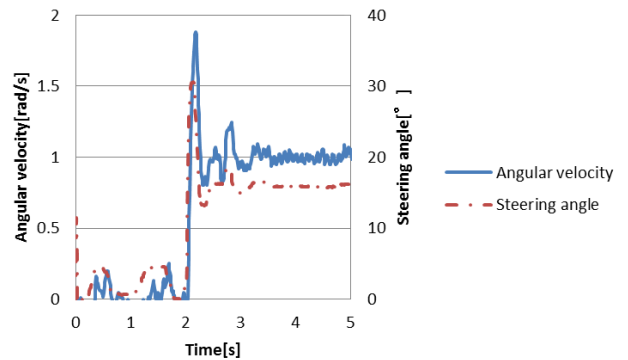


Fig.7 $K_p = 2 \quad K_D = 0 \quad K_I = 0$

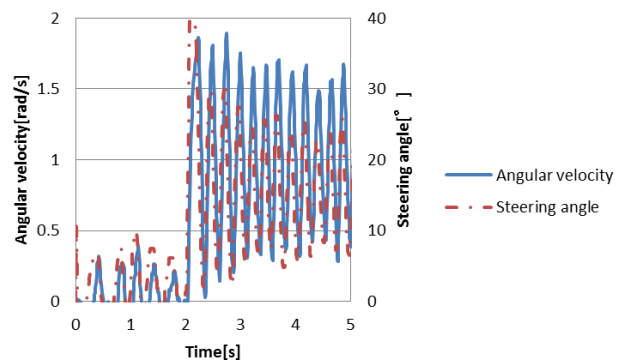


Fig.8 $K_p = 4 \quad K_D = 0 \quad K_I = 0$