

卒業論文要旨

Robocar を用いた横滑り時の旋回制御の実験的検討

Experimental examination of tracking control when Robo-car is skidding

システム工学群

機械・航空システム制御研究室

1200147 的場 理仁

1 緒言

日本では冬になると積雪や路面の凍結が起こる地域がある。このような冬期現象が事故の直接的または間接的な要因になったものを冬型事故と呼ぶ。平成 19 年度から 29 年度まで 10 年間で北海道の全事故件数は半以下に減っている。しかし、死亡事故件数に関しては、冬型交通死亡事故件数は増減を繰り返している状況である。また冬型交通事故の約 9 割はスリップによる事故で、死亡事故の原因に関してはほとんどスリップが原因である¹⁾。

現在では ABS や ESC が搭載されている自動車が増加しているが、ほとんどがブレーキ操作を用いた技術である。

本研究では、路面摩擦によらずスリップが起こった場合に操舵角や駆動速度などを用いてスピン(車が内側に巻き込む現象)を抑制し、横滑りを利用して旋回するシステムを検討する。

2 研究内容と実験装置

今回はカウンターステアの操作方法を用いてスピンを回避する制御システムについて検討する。カウンターステアとは、自動車がスピンしそうになった時に旋回方向とは逆の方向にハンドルを切るといった操作である。この操作を実車で行うのは危険であるため、本研究では実車の 1/10 スケールの Robocar を用いる。

表 1 に Robocar の仕様を示す。Linux アプリケーションを作成することで Robocar を操作することが可能である。本研究では舵角制御や速度制御を用いることで実験的に Robocar を制御する。

制御方法を検討する前に乾いた路面と濡れた路面での Robocar の走行状況を確認するためモータ回転数による車体速度が 1400[mm/s]、舵角が 30[°]の時の前後輪の速度と角速度を計測した。図 1 に乾いた路面、図 2 に濡れた路面の前後輪速度と角速度のグラフを示す。

結果から路面が濡れていると速度や角速度が激しく変化しておりスリップが起きていることがわかる。特にスピン時は角速度が急変し、この Robocar は後輪駆動のため前輪速度も小さくなっていることがわかる。

この結果をもとに、カウンターステアを用いてスピンを回避しながら旋回走行が可能な制御を目指す。

Table1 Robocar's specification

Item	Specification
Size	429×195×212[mm]
Weight	3 [kg]
Maximum speed	10[km/h]
Minimum turning radius	0.71[m]
Steering angle	-30~30 [°]
External sensor	Infrared sensor Stereo camera
Internal sensor	Gyro sensor(1 axis) Acceleration sensor(3 axis) Rotary encoder (Wheel×4, Drive motor×1)

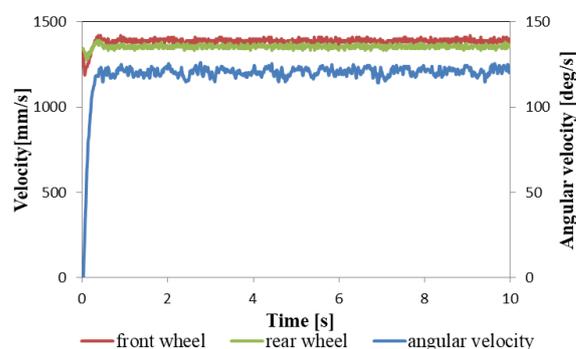


Fig.1 dry road

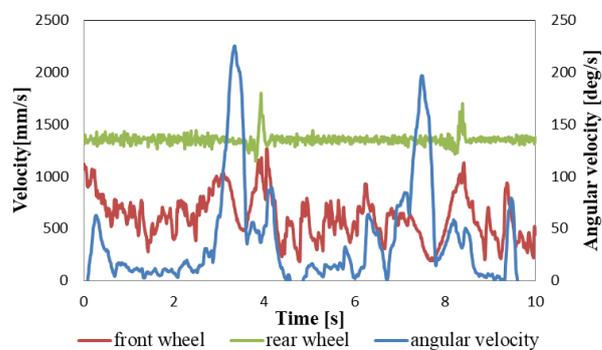


Fig.2 wet road

3. 舵角制御

まずはこの操作でスピンを回避することは可能かを調べるために速度と舵角を一定にした上で実験を行った。図2の実験から角速度の方が Robocar の走行状況の判別が容易だと考え、角速度を閾値として用いる。閾値の取り方は一つ前に取得した角速度の値とし、今回は図1から旋回時の角速度が約120[deg/s]、図2でスピンの瞬間がおおよそ200[deg/s]という結果から150[deg/s]以上とする。舵角制御を用いたプログラムについてのフローチャートを図3に示す。また図4にはモータ回転数による車体速度が1400[mm/s]、舵角30°(右回り)の時の結果を、図5にはその時の舵角の値も示す。このとき逆方向に切る角度を-30°(時間)を0.1[秒]とする。データ取得のサンプリングタイムは10[ms]である。

角速度が大きく変わっているところで、舵角も反対方向に切っていることが分かる。カウンターを当てた直後は前輪速度と後輪速度の差が小さくなっており、スピンを回避していることがわかる。ただ、8秒付近ではカウンターを当てても前輪速度が遅くなってスピンしてしまった。スピンを回避することも可能だが、この制御のみでは安定性に欠けるため、後輪の速度制御を追加して実験を行った。

速度制御は、4輪の速度の平均値を取り、舵角制御のプログラムにモータの速度制御を加えた制御をおこなう。図6に速度制御を用いたフローチャートを示す。閾値は先ほどと同様150[deg/s]である。

図7は前後輪速度と角速度の結果を示し、図8は舵角を示す。舵角制御の時と同様カウンターを当てた直後は前輪速度と後輪速度の差が小さいことが分かる。また、カウンターを当てなくても前輪速度が速くなっている時間があるため、前後輪の速度差などにも着目してスピンの回避方法を検討が必要だと思われる。

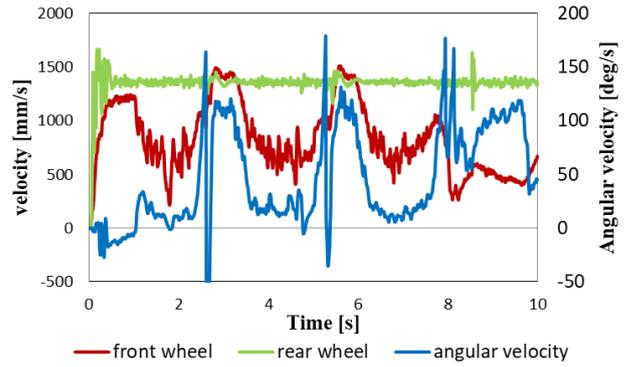


Fig.4 Result

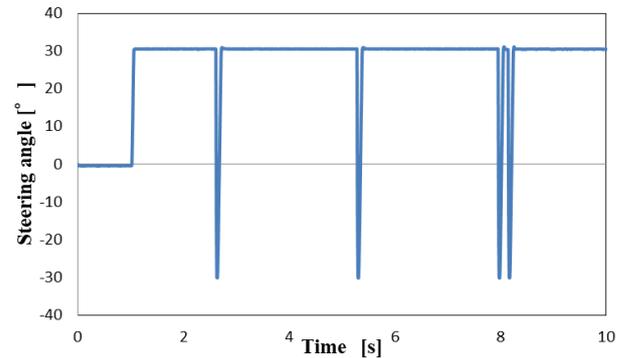


Fig.5 Steering angle

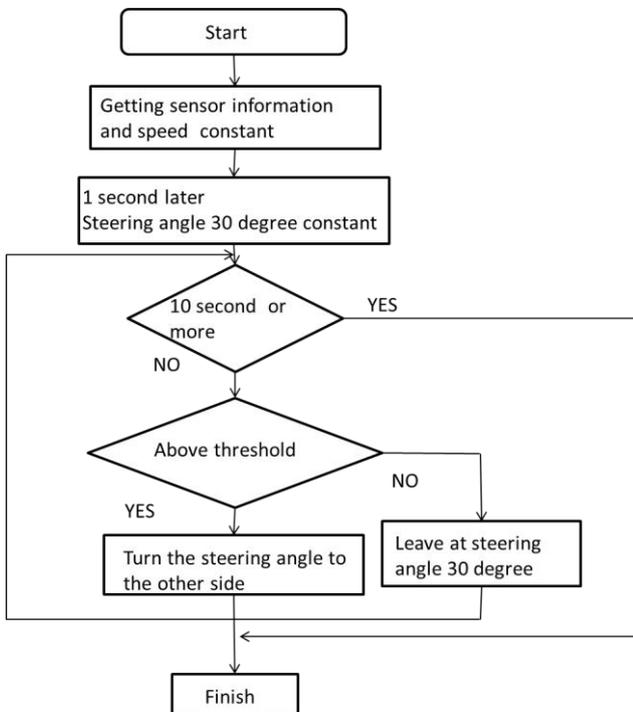


Fig.3 Flowchart of steering control

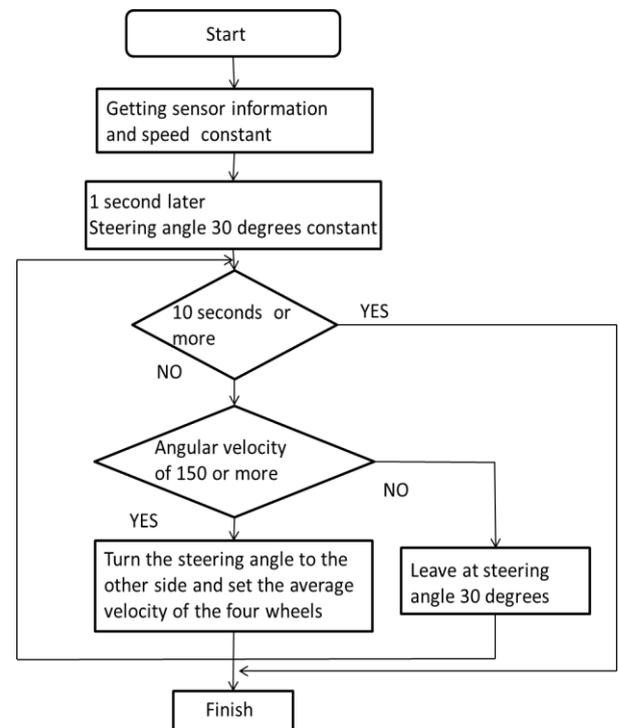


Fig.6 Flowchart of velocity control

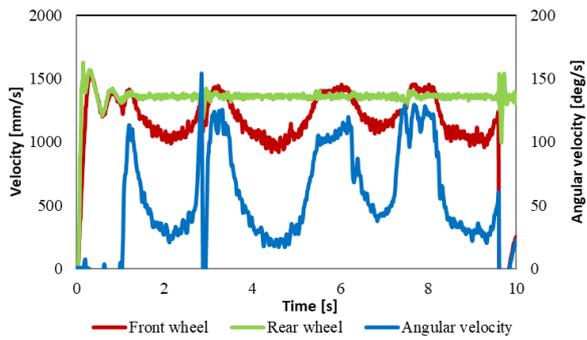


Fig.7 Result

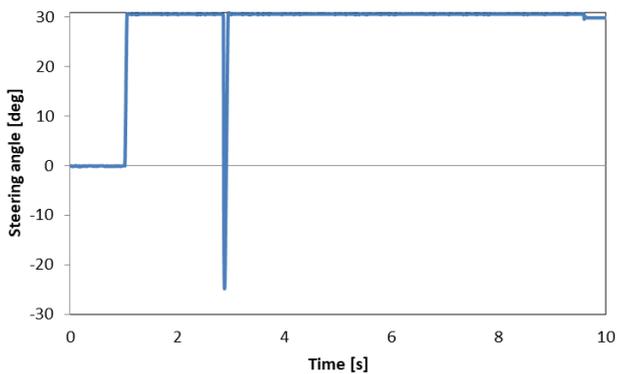


Fig.8 Steering angle

4. 結言

今回舵角制御を用いてスピンを回避する走行実験を行った。カウンターステアを用いた回避方法は実車でも使われる方法なので Robocar でも回避が可能なが分かった。今の閾値の取り方だとスピンしてしまうことや、予期しない走行をすることがあるためどのような路面状況でもスリップとスピンを検知する方法を提案する必要がある。今回は旋回半径を設定した上での制御を行わなかったが、今後は、旋回半径も設定しどの制御方法が良いか検討した上で高精度なシステムを目指す。

またカウンターを当てる角度や時間もその状況によって値を変えられるような制御を検討する。

参考文献

- (1) 冬型事故の実態(平成 30 年度) 北海道警察本部交通企画課