

自動走行車両の速度制御

—加速度センサとジャイロセンサによる定速走行の実現—

2014SC097 吉井健人

指導教員：大石泰章

1 はじめに

自動車の安全性を高めるために、制御技術が有用な局面は多い。その中の1つが坂道における速度制御である。上り坂で出した速度のまま下り坂に入り速度を出しすぎてしまうなど坂道における運転ミスは多く、その結果重大な事故を引き起こしてしまう可能性もある。しかし、速度制御により速度を一定にすることができれば、より安全な走行を可能にできると考えられる。

本研究では、自動走行車両を用いてその速度制御を行う。具体的には、マイコンボード Arduino を搭載した自動走行車両 Zumo の加速度を、Zumo に内蔵の 3 軸加速度センサ LSM303 を用いて取得し、そこから速度を求め速度制御を行うことを目的とする。しかし加速度センサのみでは坂道における速度を正しく測定することができないので、Zumo に内蔵の 3 軸ジャイロセンサ L3GD20H を併用して速度制御を行う。

2 使用する実験機



図1 Arduinoを搭載したZumo

図1に自動走行車両 Zumo の概観を示す。Zumo の大きさは、長さ 10cm、横幅 10cm、高さ 4cm ほどである。左右にモータを搭載しキャタピラを回転させることで走行でき、左右のモータを独立して動かすことで曲がることもできる。図1の Zumo にはマイコンボード Arduino が搭載されている。Arduino は、AVR マイコン、入出力ポートを備えた基板であり、C 言語風の Arduino 言語とその統合開発環境「Arduino IDE」が用意されている。

Zumo にはいくつかのセンサが搭載されているが、このうちの1つである 3 軸加速度センサ LSM303 を用いて Zumo の加速度を測定し、3 軸ジャイロセンサ L3GD20H を用いて坂道の傾斜角を求める。

3 速度の制御

3.1 加速度から速度への変換

加速度センサ LSM303 を用いることによって前後方向の加速度 $a(t)$ を求めることができる。ある時刻 t における前後方向の速度 $v(t)$ は初期速度を v_0 とすると、

$$v(t) = v_0 + \int_0^t a(\tau) d\tau \quad (1)$$

によって求めることができる。

3.2 速度制御

坂道の移動の際には重力という外乱が生じてしまう。その影響を取り除くため、P 制御に積分器を追加した PI 制御を用いて制御を行う。目標値 v_d と式 (1) の速度 $v(t)$ との偏差を

$$e(t) = v_d - v(t) \quad (2)$$

とするとき、操作量 $u(t)$ は比例ゲイン K_p 、積分ゲイン K_i を使って

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (3)$$

によって定める。

操作量 $u(t)$ は「Arduino IDE」において、Zumo の車輪に加える推力を表す。また、様々な $u(t)$ の値に対して対応する定常速度を計測すると、速度 0 に対応するのは $u(t) = 0$ ではない。そこで実際に操作量を加える時は、対応が適切になるように式 (3) を変換してから加える。

3.3 速度の計測と制御

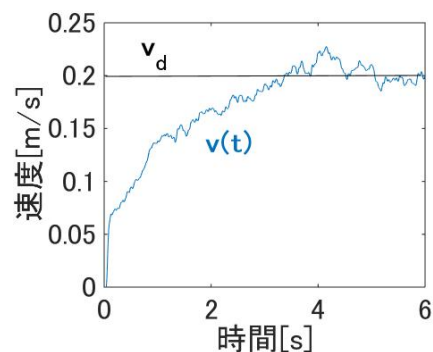


図2 平面上での速度制御の結果

図2は平面上で速度制御を行ったときの結果である。ただし、初期速度は $v_0 = 0$ (m/s)、目標値は $v_d = 0.2$ (m/s)、

比例ゲインは $K_p = 4$ 、積分ゲインは $K_i = 9.5$ とした。ノイズが多く含まれているが、ほぼ目標値に収束するように制御できている。

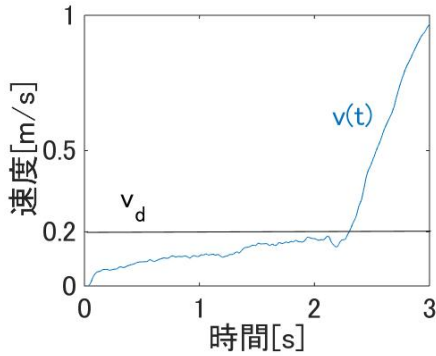


図3 坂道での速度制御の結果

図3は Zumo が初めは平面上を走り、途中から傾斜角およそ 10 度の坂道を上るときに、速度制御を行った結果である。グラフから速度の測定値は目標値に収束することなく発散していることが分かる。また実際の Zumo は坂道を上り始めると、減速したのち後退してしまい坂道を上ることができない。

加速度センサが測定する前後方向の加速度 $a(t)$ は、坂道においては重力加速度の成分を含む。これをそのまま積分して速度としてしまったために、上記の現象が起きたと考えられる。次章ではジャイロセンサを使って坂道の傾斜角を測り、加速度の測定値に含まれる重力加速度の成分を求めてこれを差し引くことで、適切な制御を試みる。

4 ジャイロセンサを使用した速度制御

4.1 傾斜角の測定

Zumo に内蔵の 3 軸ジャイロセンサ L3GD20H を用いて、ある時刻 t におけるピッチ角速度 $q(t)$ を求めることができる。初期時刻における傾斜角を θ_0 とするとき、ある時刻 t における傾斜角 $\theta(t)$ はピッチ角速度 $q(t)$ を積分して

$$\theta(t) = \theta_0 + \int_0^t q(\tau) d\tau \quad (4)$$

で求められる。

しかし、このようにジャイロセンサで求めた角度にはドリフトが発生し、時間がたつにつれ値がずれていく。そこで参考文献 [2] を参考にして、ドリフトの補正を行う。

傾斜角が $\theta(t)$ のとき、加速度センサの測定値 $a(t)$ が含む重力加速度の成分は $g \sin \theta(t)$ である。これを $a(t)$ から差し引いた後に積分して速度を求めれば、適切な制御ができると期待できる。

4.2 ジャイロセンサを併用した場合の坂道における速度の制御

図4は Zumo が初めは平面上を、途中から傾斜角およそ 10 度の坂道を上るときに、ジャイロセンサを使用

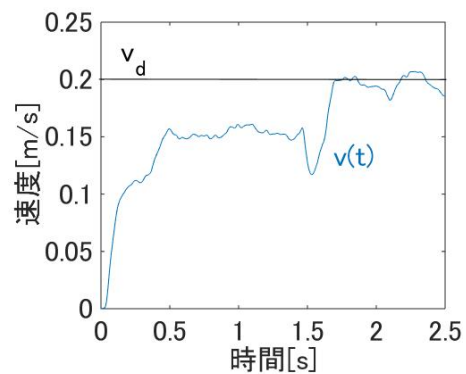


図4 ジャイロセンサを用いた坂道での速度制御の結果

して速度制御を行った結果である。ただし、初期速度は $v_0 = 0$ (m/s)、目標値は $v_d = 0.2$ (m/s)、比例ゲインは $K_p = 4$ 、積分ゲインは $K_i = 25$ 、初期傾斜角は $\theta_0 = 0$ (deg) とした。その結果、ほぼ目標値に収束するように制御できている。

図5は図4のときの坂道の傾斜角 $\theta(t)$ の測定値である。誤差が生じてしまっているが、ある程度実際の角度に近い値が計測できている。また、角度の計測には加速度センサも使用しているので加速時にはその影響を受けてしまう。そこで、加速を行う最初の 0.5 秒ほどの間はジャイロセンサを使用せず、加速度測定値の修正を行わずに制御している。

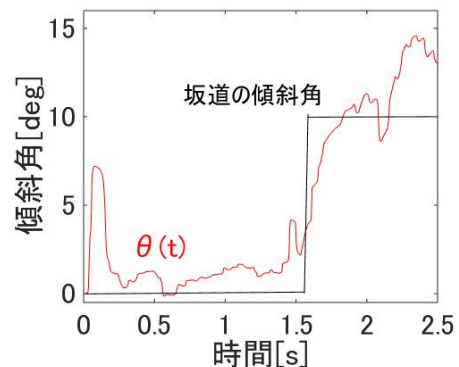


図5 ジャイロセンサを用いた坂道での傾斜角の測定

5 おわりに

本実験においては加速度センサおよびジャイロセンサを用いることで、平面上や坂道における速度制御を行った。

今後の課題として制御の精度を上げることや、下り坂や違う角度での速度制御を行うことが挙げられる。

参考文献

- [1] 山田啓人:「赤外線測距センサを用いた車両ロボットの自動走行制御」。南山大学情報理工学部卒業論文, 2017.
- [2] ジャイロのドリフト補正を改良 自作のいろいろ <https://garchiving.com/gyro-drift-part2/>