

小型車両における手押し駆動のアシスト

2020SC026 伊藤 凜太郎

指導教員:大石 泰章

1 はじめに

近年、電動アシスト機能を持つ自転車は広く普及している。また、電動アシスト機能を持つベビーカーや台車が販売されている。これらの製品において、アシストの駆動力をどのくらいにすべきかは使用者の安全上、最も注意すべき点である。単に使用者の力具合を見るだけではなく、車体の速度も見ることで、安全なアシストができると考える。先行研究では、PWM 制御を用いた電動台車の制御 [1] などが行われている。これらに対し、本研究はより簡易的なアルゴリズムでアシストを実現する。

本研究では、車体に加わる力と車体の速度にもとづいて、どのようにアシストの駆動力を定めるべきかを車両型ロボットを使って検討する。具体的には、マイクロコンピュータ Arduino を用いた車両型ロボットに、圧力センサと慣性センサを搭載し、車両型ロボットを押すときの力と速度を計測し、それらの情報からモータの出力を適切に決定し、ロボットを駆動することによってアシストを行う。

2 使用機器

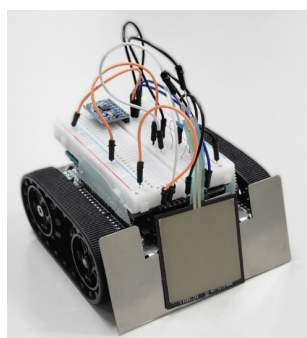


図 1 実験に使用した機器

本研究で使用した実験機を図 1 に示す。これは車両型ロボット Zumo である。Zumo は 2 つのモータを回転させ、走行することができる。これに圧力センサ SFE-SEN-09376 と慣性センサ MPU-6050、マイクロコンピュータ Arduino を搭載したものを使用する。

図 2 は本研究で使用した圧力センサである。このセンサの計測範囲は 1N から 10N である。このセンサは、Zumo 前方に取り付ける。

図 3 は本研究で使用した慣性センサである。このセンサは、3 軸方向の加速度と 3 軸の周りの角速度を計測でき、Zumo の上部に固定したブレッドボード上に取り付ける。Arduino はマイクロコンピュータであり、開発環境である Arduino IDE によりプログラムを書き込んで、Zumo のモータの制御やセンサによる測定が行える。

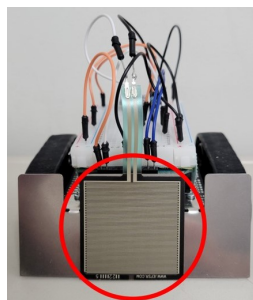


図 2 圧力センサ (赤丸内)

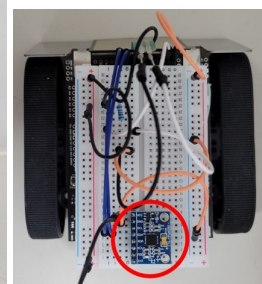


図 3 慣性センサ (赤丸内)

3 センサの使用方法

自転車の力の発生源はペダルを漕ぐための踏力にある。一方でベビーカーや台車では、ハンドルを押すことを動力とする。本研究では圧力センサで、Zumo を押す力を検出する。しかし、力だけにもとづいてアシストを行うと、車体の速度が大きいときも、アシストをしてしまい危険である。そこで、本研究では Zumo の速度と押す力の両方を用い駆動力の制御を行う。

本研究では、慣性センサを用いて、Zumo の速度を測定する。慣性センサで直接測定可能なのは加速度であり、これを積分することで速度を得られる。

しかし、慣性センサで正確に速度を求めることは困難であることがわかった。測定しても加速度にオフセットがあり、わずかでも正方向にずれていると、積分する際に常にこのオフセットが加算されていき、結果として速度が増加しつづけるからである。例えば、等速で動かしていても、得られる速度は増加してしまう。また、加速度のオフセットを、初期時刻に正確に調整することも難しい。そこで、本研究では、圧力センサに触れたときを初期時刻とし、その直後の速度を測定し、これが駆動力アシストを行っても安全な範囲にあるか確認するという形で速度を利用する。

4 駆動力アシストの手順

4.1 概要

本研究では図 2 の圧力センサの出力値を入力とし、それをもとに図 1 の Zumo のモータを動かすことにより、アシストを実現する。具体的には、アシストをしない状態で Zumo を押すのに必要とした出力値を測定する。その上でその値の 60%~75% の値で押せるように、Zumo のモータを動かしアシストする。また、図 3 の慣性センサから測定した速度は、Zumo がアシストしても安全な範囲にあるか判断するために用いる。

このシステムの動作手順を表1に示す。

初めに、モータへの出力を表す変数 s の値を $s = 0$ とする。また、Zumo を押し始めるときの圧力センサの出力値 p_1 を測定する。

次に Zumo の速度 v [m/s] を測定し、Zumo のモータを動かしても安全である $0 \leq v \leq 0.1$ の範囲にあるかどうか確認する。確認できれば、現在の出力値 p_2 を計測しモータを動かす。ただし、モータは変数 s にもとづいて回転数を決定し動作させる。変数 s の値の定め方は以下の 4.2~4.3 節で述べる。そして、これらを繰り返す。

4.2 モータを加速する手順

Zumo のモータを加速させる必要があるのは、モータによる駆動力アシストが不十分なときである。つまり、Zumo を押す力(出力値) p_2 が目標範囲上限である p_1 の 75% を上回っていて、 $0.75p_1 \leq p_2$ のときである。この場合、出力変数 s を 1 ずつ増加させ、モータの回転数を上げるにより、出力値が目標範囲に到達するようにする。

4.3 モータを減速する手順

Zumo のモータを減速させる必要があるのは、モータによる駆動力アシストが過剰であるときである。つまり、Zumo を押す力(出力値) p_2 が目標範囲下限である p_1 の 60% を下回っていて、 $p_2 \leq 0.6p_1$ のときである。この場合、出力変数 s の値を減少させることで、モータの回転数を落とし、出力値を目標範囲までもどす。ただしこのとき、出力変数 s が負の値になると、Zumo のモータの回転が逆方向になり、進行方向の逆に動き出す。これを防ぐために、出力変数 s が 0 より大きいことを確認する。

表1 駆動アシストの手順

ステップ	手続き
1	$s = 0$ とし、 s をモータに入力する
2	圧力センサの出力値を測定し p_1 とする
3	速度を測定し v [m/s] とし、 $v < 0$ または $0.1 < v$ のとき、1 にもどる
4	圧力センサの出力値を測定し p_2 とする
5	$0.75p_1 \leq p_2$ ならば、 s を 1 増やす $p_2 \leq 0.6p_1$ ならば、 s を 1 減らす
6	$0 < s$ ならば、 s をモータに入力する
7	3 にもどる

5 実験

ここでは、実際に Zumo を押し、アシスト機能が正常に機能していることや、その効果を確認する。

5.1 実験方法

Zumo 前方に取り付けた圧力センサを指で押し、アシスト機能を動作させる場合とアシスト機能を動作させない場合の力の時間変化をそれぞれ測定し、比較する。

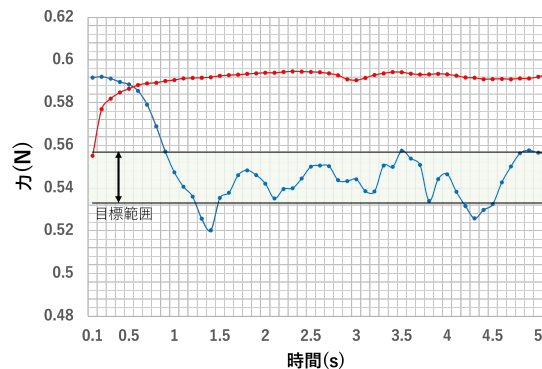


図4 アシスト機能を動作させる場合(青線)と動作させない場合(赤線)での力の変化

5.2 実験結果

図4は、縦軸を力(N)、横軸を時間(s)としてアシスト機能を動作させる場合(青線)と動作させない場合(赤線)で力の時間変化を比較したグラフである。縦軸の力の値は、実験より得た出力値と力の関係式を用いて、出力値を変換することによって得た。

両線を比較すると、アシスト機能を動作させる場合の方が Zumo を押す力が少なくなっており、機能に効果があることが分かる。

各線に注目する。アシスト機能を動作させない場合(赤線)の力は 0.58N~0.6N を推移する。一方、アシスト機能を動作させる場合(青線)は、変換式を用いると動作開始直後の出力値 p_1 を基準とし、その 60% から 75% の間で目標範囲が設定される。力に変換すると、目標範囲は 0.53N~0.65N である。グラフを見ると、実際に力がその範囲で動くように制御されているのが分かる。一方で、波形に振動がみられる。原因は、Zumo を押す力が一定でないことであると予想される。より安全に使用するために、フィードバック制御を用い、波形の振動をなくす必要がある。

6 おわりに

車両型ロボットに慣性センサと圧力センサを取り付け、押すことのアシストの研究を行った。今回は Zumo を押す力を決められた範囲に入るよう制御を行ったが、速度の情報と力の情報を組み合わせることで、Zumo の詳しい走行状況、例えば、坂を走行していることや、押し始めであることなどが分かると思われる。これにより、そのときの状況に合わせたアシストができるようになる。そのためには、今回用いた慣性センサではなくエンコーダを使うなどして、正確な速度測定が必要である。

参考文献

[1] 山口 勇, 山本克美, 重松宏志, 田原輝久, 清水秀紀, 星野美土里, 菅原廣彦, 簡易電動機制御による電動台車の開発, 東京都立産業技術研究所研究報告, 5号, 2002.