

LEGO MINDSTORMS による球体型移動ロボットの開発と制御

2014SC019 位田章太

指導教員：中島明

1 はじめに

現在、災害時や路面状況など劣悪な環境での活動出来るロボットが求められている。そこで、球体型移動ロボットが注目されている。球体型移動ロボットの特性としては、周りの環境に依存しない、球体であるため全方向に対して移動する事が出来るなどがある。球体を駆動する方法として本研究では、内部に2輪車を採用する。メリットは、2輪車の運動制御の考え方が利用でき、直感的にわかりやすいものとなっている。一方デメリットは、内部2輪車の姿勢制御が必要となる事である。本研究では、LEGO MINDSTORMS を用いた球体型移動ロボットを開発し、姿勢と球体位置の同時制御を行った。開発環境は Matlab と simulink である [1][2]。

2 球体型移動ロボットの構造

外殻はアクリルドームを二つ組み合わせたものを使用する。アクリルドームのサイズは、直径 30cm、厚み 3mm となる。内部の構造としては、LEGO MINDSTORMS EV3 で製作した2輪車ロボットを使用する。また、姿勢を検出するために Raspberry Pi の拡張基板であるセンサハットをセンサとして使用する。製作した球体型移動ロボットを図1に示す。

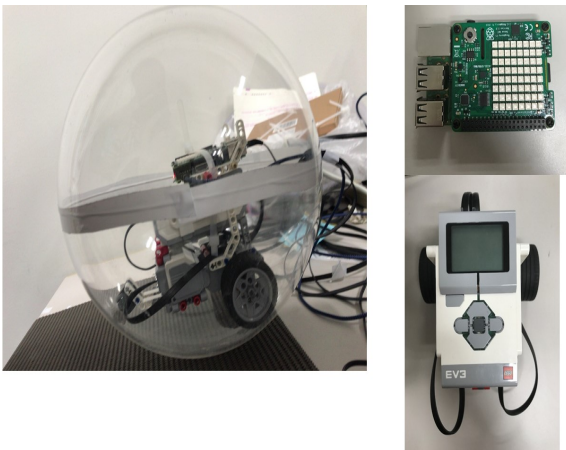


図1 球体型移動ロボット

3 内部2輪車の姿勢推定

姿勢推定を Raspberry Pi を用いて行う。図2に Raspberry Pi の座標系を示す。姿勢の推定を行うため加速度センサのみで姿勢を推定したが、ノイズが生じることがわかった。そこで、カルマンフィルタを実装し、加速度センサとジャイロセンサを用いて姿勢推定の精度を高めることを試みた。

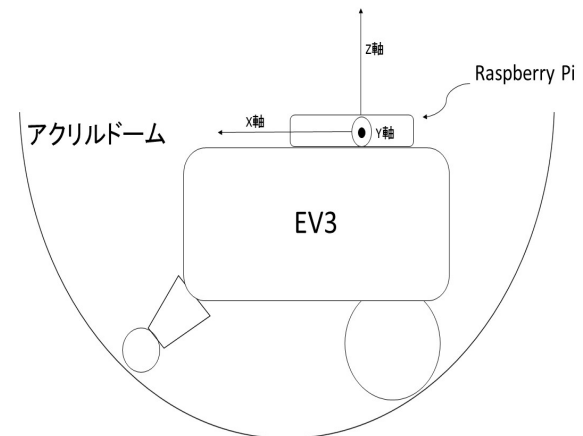


図2 Raspberry Pi の座標系

3.1 実装結果

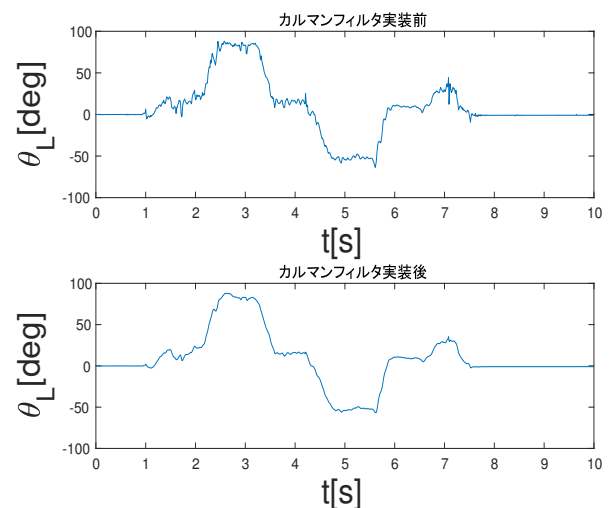


図3 カルマンフィルタの実装効果

図3は、カルマンフィルタで推定した角度と加速度センサで推定した Y 軸方向の角度である。実装前、実装後と比較するとノイズが減少していることがわかる。結果として、正確な姿勢推定が出来るようになった。

4 内部2輪車の姿勢制御

2輪車の姿勢制御を行う。実験は外殻半球で、評価基準を収束時間として、Y 軸方向の姿勢角の姿勢制御を行い、目標姿勢角は 20[deg] とする。実験では、PD 制御を用いる。

4.1 PD 制御

比例ゲイン値を 3 で固定し、微分ゲイン値を 0.1, 0.3, 0.5 として実験を行った。また、D 制御の部分は Raspberry Pi センサハットのジャイロセンサにローパスフィルタでフィルタリングした値を用いている。ローパスフィルタの式は、以下のように設定している。

$$\frac{6\pi}{s + 6\pi}$$

内部 2 輪車の Y 軸の姿勢角を図 4 に示す。今回の実験で

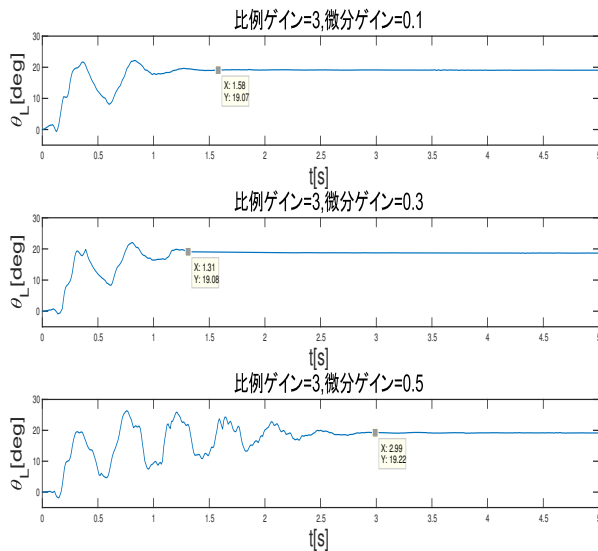


図 4 PD 制御の実験結果

は、比例ゲイン値を 3、微分ゲイン値を 0.3 とした場合の方が、3 種類のゲイン値の中で一番収束時間が早い事がわかった。

5 内部 2 輪車の姿勢制御と外部球体の位置制御

本節では、姿勢制御をした球体型移動ロボットと姿勢制御をしていない球体型移動ロボットの前進の比較実験をする。

5.1 比較実験の結果

2 輪車の重心が球体の真下にないため、重心が真下にくる位置を計測した結果 Y 軸まわりに 7[deg] 傾いた時に来ることがわかった。実験は Y 軸まわりの姿勢制御とし、比例ゲイン値を 3、微分ゲイン値を 0.3 を使い、Y 軸の初期姿勢角 7[deg] を目標姿勢角とする。球体位置の制御については目標位置 20[cm]、到達時間 5[s] とし、モーターの PID 制御を行い、比例ゲイン値を 1、微分ゲイン値を 0.01、積分ゲイン値を 0.03 とする。実験結果として、図 5 に Y 軸の姿勢角を示す。図 5 では、姿勢制御がない場合は姿勢制御がある場合と比べて振動的である事がわかる。また、図 6 にモーターに付属するエンコーダから読み取った回転角

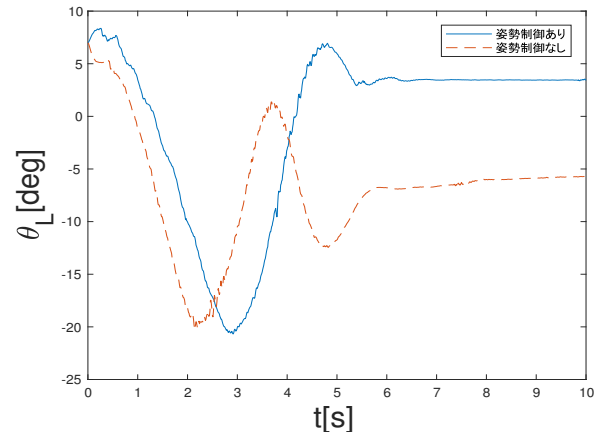


図 5 Y 軸方向の姿勢角

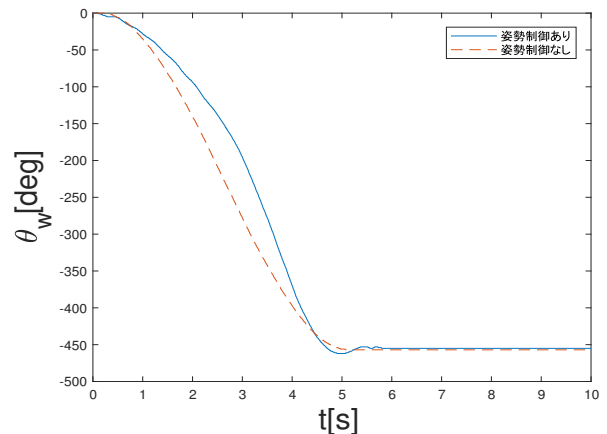


図 6 モーターの回転角度

度を示す。姿勢制御がない場合と姿勢制御がある場合の回転角度は、5[s] での値がほぼ一緒であることがわかる。

6 おわりに

今後の課題としては、球体型移動ロボット内部 2 輪車の X 軸まわりの姿勢制御を行い、より姿勢を安定化させる。外殻の姿勢を推定し、球体型移動ロボットの位置を推定するためのオブザーバの導入や球体型移動ロボットの旋回の制御などが挙げられる。

参考文献

- [1] Math Works 社『Simulink Support Package for LEGO MINDSTORMS EV3 Hardware』
<https://jp.mathworks.com/help/supportpkg/legomindstormsev3/>
- [2] Math Works 社『Simulink Support Package for Raspberry Pi Hardware』
<https://jp.mathworks.com/help/supportpkg/raspberrypi/>