

Lego Mindstorms EV3 を用いた倒立二輪ロボットの制御

報告者 250113 菊地 大輔

250135 藤田 英駿

指導教員 木澤 悟

1.緒言

研究背景として近年、セグウェイ等に代表される倒立二輪ロボットの開発・研究が盛んに行われている。倒立二輪の制御は大変不安定なシステムで、本体の姿勢角や車輪の回転を制御しなければ困難である。本研究は倒立二輪ロボットを容易に組み立てることが可能な LEGO Mindstorms EV3 と、制御系設計ツールとして幅広く使われている MATLAB/Simulink を用いて昨年実現できなかったジャイロセンサのドリフト現象の解決と PID 制御による倒立の安定化制御の実現に向けた研究を行った。



図 1 倒立二輪ロボット

2.実験

始めに図 1 に製作した倒立二輪ロボットを示す。センサはジャイロセンサのみを使用する。実験装置の構成は、PC と Wi-Fi で通信できる倒立二輪ロボットに制御装置である EV3 に MATLAB/Simulink を用いて作成したプログラムを組み込んだものである。

プログラムには時間とともにセンサの値が上昇してしまうドリフト現象を解決するためにハイパスフィルタ(高周波成分を残すフィルタ)を組み込んだ。これにより角速度を積分して倒立角度を算出することにより、

角度の累積的な上昇は改善された。また、倒立 2 輪の安定化制御には、比例(Proportion)、積分(Integral)、微分(Differential)から構成される PID 制御を用いた。スタンダードな PID 制御(図 2)と、微分先行型 PI-D 制御(図 3)、比例微分先行型 I-PD 制御(図 4)があり、3 種類のコントローラを用いて比較実験を行った。

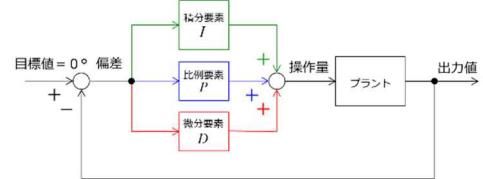


図 2 PID のブロック線図

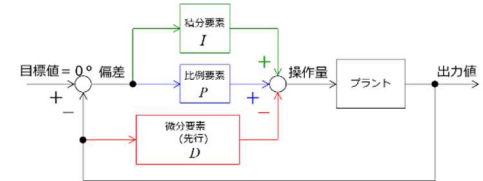


図 3 PI-D のブロック線図

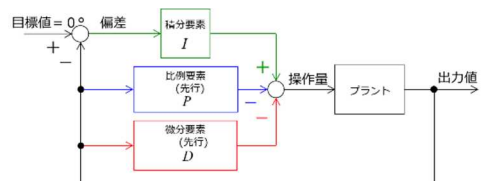


図 4 I-PD のブロック線図

3.実験結果

比較した姿勢角 θ の時間応答図についてスタンダードな PID の場合、比例微分先行型の場合、微分先行型の場合をそれぞれ図 5,図 6,図 7 に示す。図 5 より PID 制御は振れ幅が大きく大変不安定な倒立になっている。図 6 より比例微分先行型は 15 秒程度安定姿勢を保持しているが、その後転倒。図 7 より微分先行型は姿勢角度 θ が 0° 付近で姿勢を保持しており、微分先行型の PID コントローラが一番安定した結果となった。

4.結言

今回は、3 種類の PID コントローラを使って、倒立 2 輪ロボットの姿勢角の安定化制御を行った。実験の結果、微分先行型の PID コントローラを組み込んだ場合が姿勢角の安定化に最適であることが確認できた。また、ジャイロセンサの角速度に対してハイパスフィルタを設計して導入したことでドリフト現象が抑えられ、結果的にコントローラに悪影響を抑えることが可能となった。しかしながら、30 秒以上になると不安定になり転倒するので、今後はカルマンフィルタを導入してさらなる姿勢の安定化を検討したいと考えている。

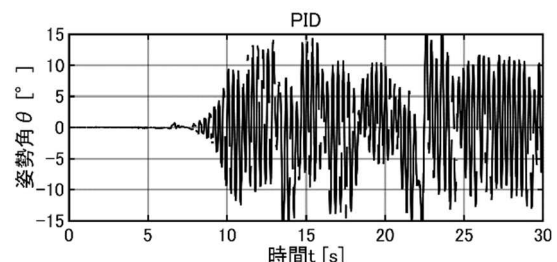


図 5 PID 制御の波形

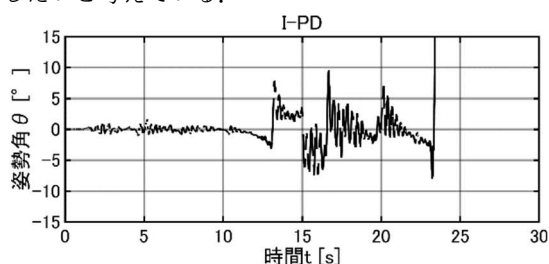


図 6 比例微分先行型の波形

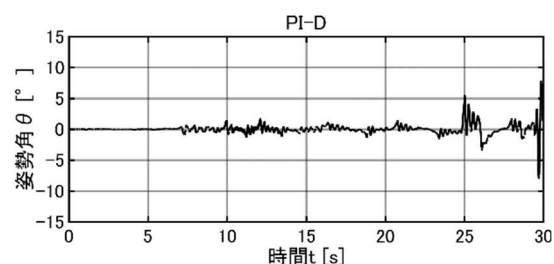


図 7 微分先行型の波形