

倒立振子ロボットの制御系の改良

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

1年 B23N003 朝倉 大地

1年 B23N007 阿部 拓斗

1年 B23N014 江田 陸

1年 B23N019 岡部 一輝

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

准教授 岡本 洋

学生スタッフ 4年 奥村 舜

4年 小嶋 誠哉

有志スタッフ 4年 佐藤 賢弥

1. 概要

知能メカトロニクス通論Ⅲで使用されている倒立振子ロボットを改良することが本研究の目的である。また、実際に作成する中で、倒立振子ロボットの仕組みを理解するとともに機械、電子回路、マイコン制御について学習することも目的である。現在、知能メカトロニクス通論Ⅲで使用されている倒立振子ロボットはマイコンの割り込み機能を使い、動作している。そのため、マイコンのプログラムが複雑化しており、柔軟な制御ができず、また将来、強化学習のようなより高度な制御を実装することも困難である。よって本研究では制御装置の一部をハードウェア化し、マイコンの負担を軽減することにアプローチした。研究時間が限られていたためにマイコンの負担軽減には至らなかったが、現在使用されている倒立振子ロボットと同型機を一から作成し動作させることに成功した。

2. 構成要素について

本研究で使った倒立振子ロボットは、左右に移動させるモーター駆動シリンダであるIAI社の「ロボシリンダ」、制御用PCなどから構成される。主要な機械部分を図1に示す。また、以下に使用機器のリストを示す。

[ソフトウェア] Arduino IDE

[ハードウェア] デスクトップPC, Arduino Uno, ロボシリンダ(RCP6-SA4C-WA-35P-16-400-P3-S), ロボシリンダ用電源(PS241), ロボシリンダ用コントローラ(PCON-CA), 角度センサ(JT22-120-500), 接続用フラットケーブル, 振子部品, アルミ部品, コンデンサや抵抗の電子素子や集積回路からなる自作回路

2.1 Arduino マイコンシステム

Arduino (アルディーノ) とは、マイコン本体が搭載されたハードのArduinoボード、および統合開発環境であるソフトのArduino IDEから構成された電子機器制御用システムである。Arduinoボードは、Atmel社製のAVRマイコン、デジタルおよびアナログの入出力ポートを備えた基板である。また、Arduino

IDE は C 言語に類似した独自のプログラミング言語によるプログラミングを補助し、作成したプログラムを Arduino ボードに転送できるソフトウェアである。Arduino にはいくつか種類があるが、今回は一番普及している Arduino Uno を使用する。

2.2 角度センサ

角度センサとは、機械や装置に取り付けて、軸やホイールの回転角度を検出する装置である。検出の方法は一般的に回転体が通過の際に磁界を切ることによるものと光を切ることによるものがある。今回使用したのは日本電産コパル製のもので、発光ダイオードからの光を回転板のスリットの通過時にフォトダイオードが受けてパルス変換するものである。

2.3 自作回路ユニット

ブレッドボード上に自作した回路を図 2 に示す。図 3 に示す回路図をもとにブレッドボードおよび Arduino の配線を行った。しかし、始めのうちはブレッドボードの構造を知らず、多くのジャンパー線を使い配線が入り乱れて、回路が複雑化していた。配線を単純化してからは配線同士の接触を防ぐことができた。さらに、ブレッドボードおよび Arduino の配線は正しいにもかかわらず倒立振子ロボットが起動せず、原因探求に約 2 ヶ月もの時間をかけてしまった。その結果、ブレッドボードからロボシリンダ用コントローラに接続するためのフラットケーブルの配線を誤っていたのが原因であることが判明した。具体的には、色分けされているフラットケーブルのうち、正しくないがビニール被覆の色だけは目的の導線と同じ導線を使い、誤った配線をしていた。問題が解決してからは倒立振子ロボットを動かすことができた。

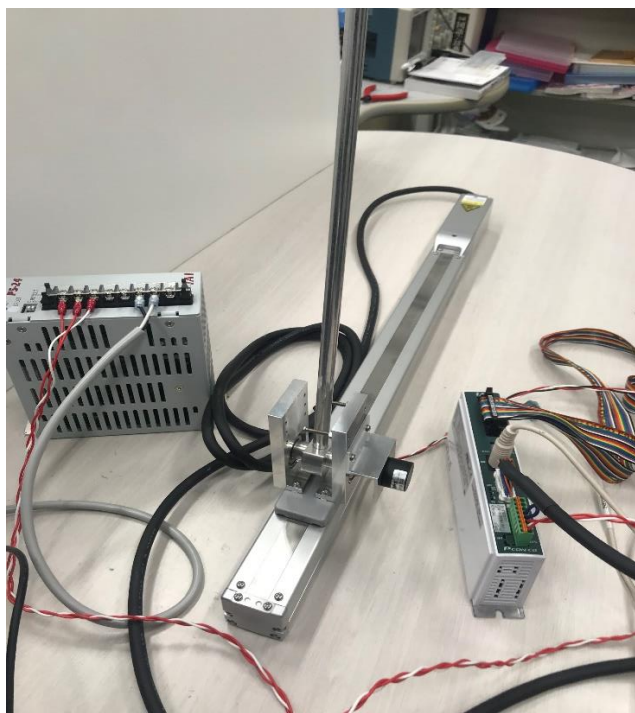


図 1 倒立振子ロボットの外観

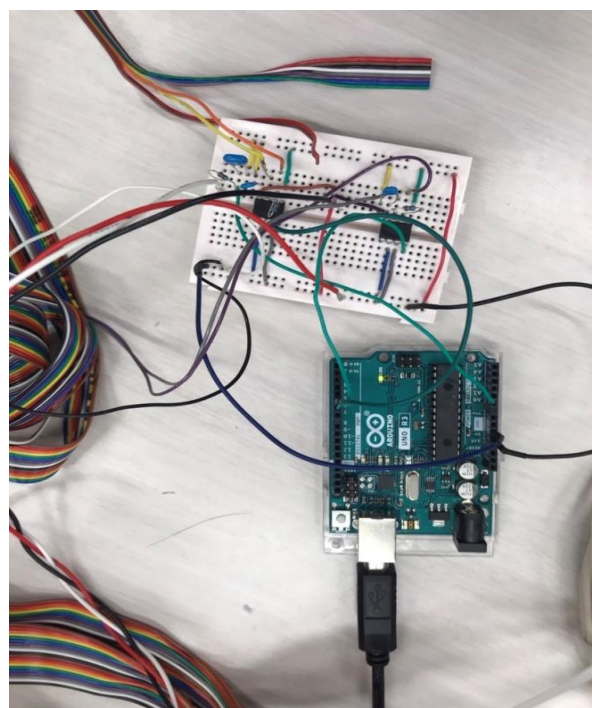


図 2 倒立振子ロボットの回路の外観

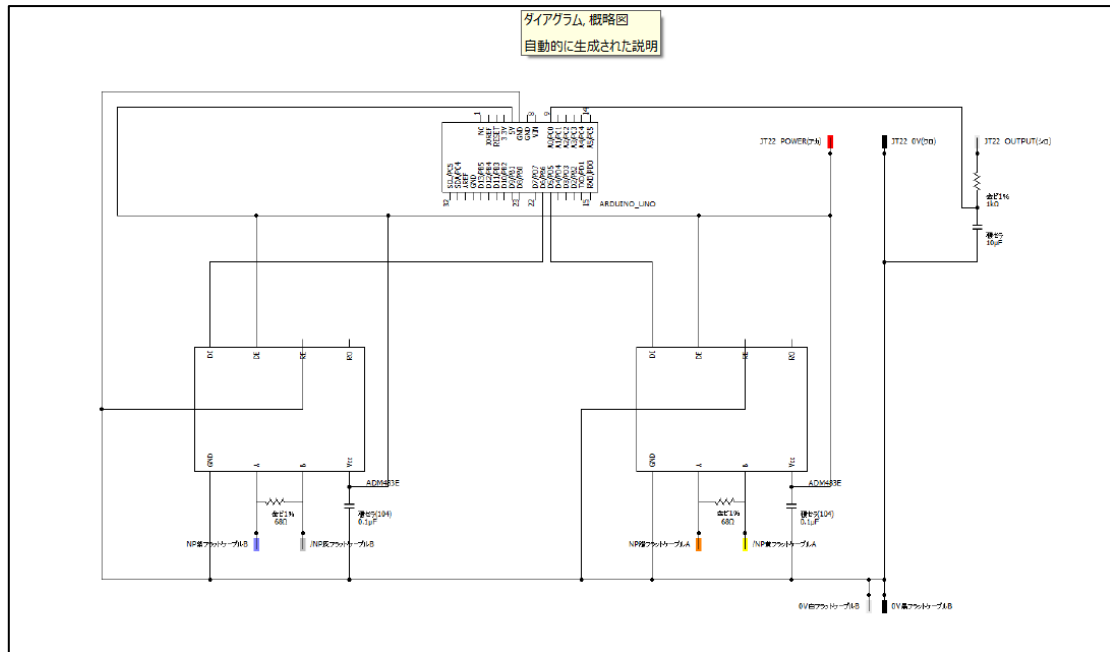


図3 倒立振り子制御回路

4. 実験結果

4. 1 角度センサの校正

最初にシリンダが立っているときの角度 θ_m (基準となる点) を専用プログラムを用いて測定しておく。

4. 2 プログラム

動作させたプログラムの動作の流れを以下に示す。

1. 角度センサから出力情報を読み込む
2. シリンダの傾き ϕ に変換する
3. 短い一定時間だけ過去の時点の角度との差を出す
4. 角速度を計算
5. 速度と加速度を決定
6. これらの情報から、フィードバック制御によりロボシリンダを適切に移動
7. 1~6 の過程を繰り返す

4. 3 実験データ

倒立振り子の実験を行い、下記のような結果を得た。横軸は時間軸であり、縦軸は赤い曲線については制御モーターに流れる電流であり、青い曲線はロボシリンダの速度を表す。

上述のプログラム中にある積分時間パラメータ”T”，比例制御パラメータ”prop”の値を様々に変化させて実験を行った。それによって、図4～6に T と prop パラメータを様々に変化させて得たデータを示す。

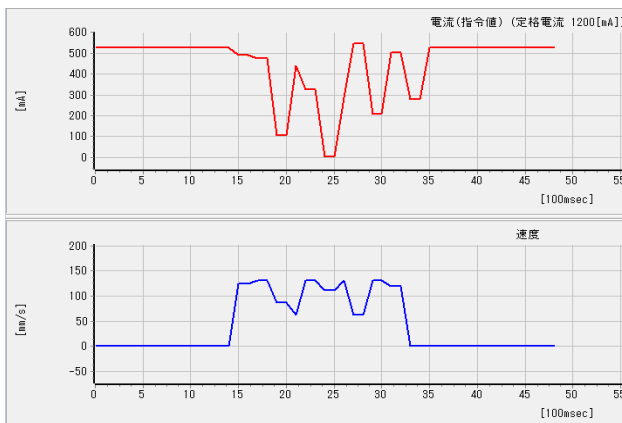


図4 $T=0.1$, $prop=20$

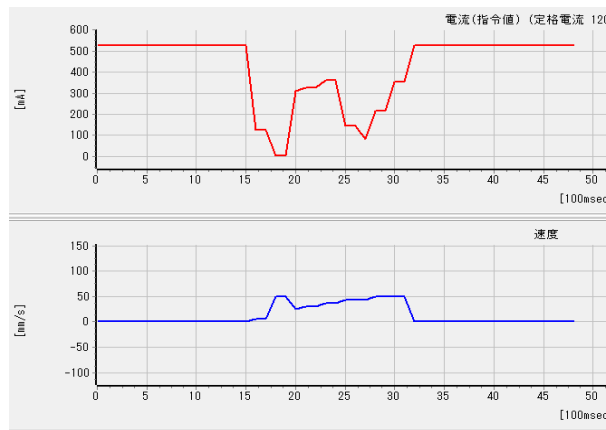


図5 $T=0.01$, $prop=20$

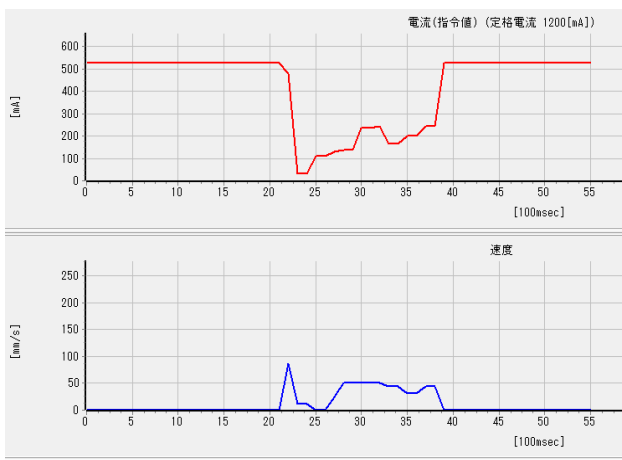


図6 $T=0.1$, $prop=10$

5. 考察

当初の研究では知能メカトロニクス通論Ⅲで使用している倒立振り子制御プログラムの改良を目標としていたが、結果的には改良までに至らなかった。原因としては、本文に記したようにブレッドボードの回路に接続するフラットケーブルの接続の誤りに気付くのに時間がかかったことが挙げられる。それにもかかわらず、倒立振り子ロボットを最初から製作し、動作させることに成功した。また、ロボット制作の過程でモノづくりにあたっては全てを正しくやらなければならないこと、また回路やプログラム作成の基礎を学んだ。

6. 参考文献

南祐樹「Pythonによる制御工学入門」, オーム社, 2019年5月25日初版発行