

# 小型ロボット用電動モータ制御システムの製作

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

1年 鈴木 海都

1年 柘植 健一

指導教員 助教 片岡 康浩

准教授 高山 正和

## 1. はじめに

近年、電動アクチュエータを動力源としたメカトロニクス技術の進歩は著しく、特に回転形の小型モータは様々なロボットや産業機械において多く使われている。小型モータの特徴を理解してシステムを制御することはロボットを動かすために最も重要な技術の1つになっている。本研究では、小型モータの中で比較的簡単な駆動回路で動作するステッピングモータを選び、その動作原理と制御方法を研究する。そして、ステッピングモータを制御するために、マイコン(Arduino)とパワートランジスタを用いたモータ制御装置および制御プログラムを製作する。最後にステッピングモータを用いて電動走行ロボットを製作し、モータが組み込まれたシステムの制御について理解を深める。

## 2. ステッピングモータの動作

### 2.1 回転原理

ステッピングモータの分解写真を図1に示す。ステッピングモータは、コイルが巻かれたステータと永久磁石が組み込まれたロータ、ベアリング、フレームで構成される。動作原理を図2に示す。ステータの周りに4個の励磁コイルを有し、4つ電磁石に順にパルス電流を流すと、ロータ側の磁極が引き寄せられる。ロータ側の磁極とステータ側の磁極が正面を向き合うことで、停止状態となる(1)。次の電磁石に電流を流すと、ロータの磁極が引き寄せられて回転トルクが発生し、右に回転する(2)、(3)、(4)。また、各コイルの励磁を切り替える速さを変えることで、回転速度を変えることができる。

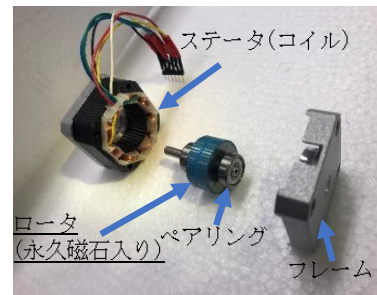


図1 分解写真

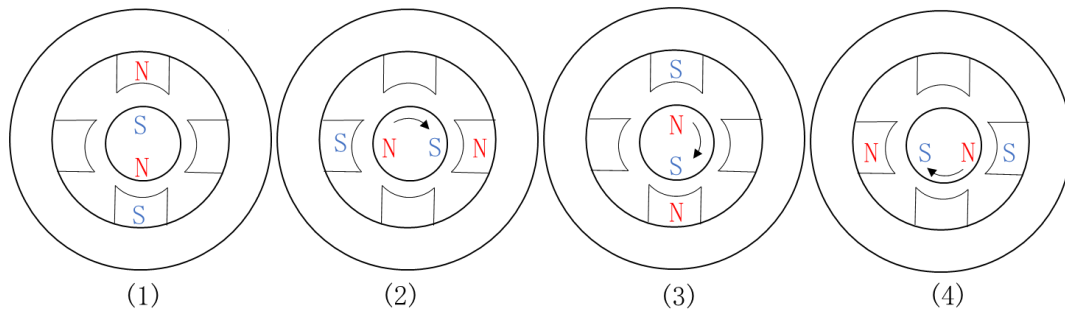


図2 動作原理

このため、ステッピングモータはデジタル的に制御ができるため、マイコンなどを用いて制御回路が簡易に実現できる。

## 2.2 制御装置

ステッピングモータの制御ブロック図を図3に示す。励磁信号発生部はマイコンにより構成され、パルス信号を出力してステッピングモータで励磁するコイルを制御する。駆動回路を図4に示す。電力変換回路は、各相のコイルに割り当てられた4個のトランジスタで構成されており、励磁信号発生部から入力されたパルス信号によってパワートランジスタをオンにして、各相のコイルに電流を流す。本研究では、励磁信号発生部にマイコン(Arduino)を使用し、電力変換回路にはパワートランジスタ(D1590)を使用する。

## 3 回転動作の制御

### 3.1 励磁方式

図5に1相励磁方式のパルス指令を示す。本研究では、ステッピングモータに対して常に1相ずつ励磁する「1相励磁方式」を採用する。入力パルス信号1つに対してステッピングモータの小歯で1ステップずつ回転するため、ロータの総回転角は以下の式(1)で表せる。

$$\theta_s = \text{入力パルス数} \times \theta \quad (1)$$

ただし、 $\theta_s$ :総回転数(°)  $\theta$ :1ステップの回転角度(°)

本研究では、1パルス入力に対して、 $1.8^\circ$ 回転するステッピングモータ(ST-42BYG020, MERCURY MOTOR)を使用し、オープンループで制御する。1相励磁は最も基本的なステッピングモータの励磁方法である。パルス入力をより高速にすることで、ロータをより速く回すことができる。

### 3.2 マイコンを用いたパルス指令の生成

図6にArduinoの外観を用いた制御装置を、図7にパルス指令の生成のフローチャートを示す。最初にボタンスイッチの入力信号を検知して励磁するコイルを切り替えるた

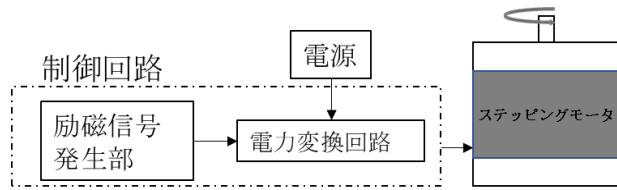


図3 制御ブロック図

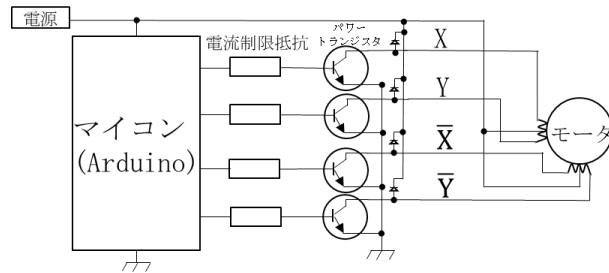


図4 駆動回路

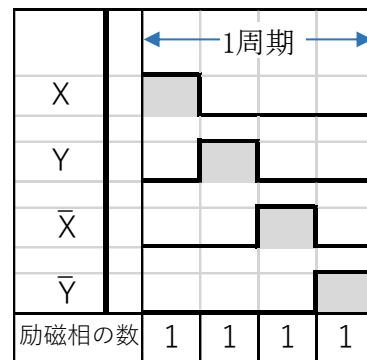


図5 1相励磁方式のパルス指令

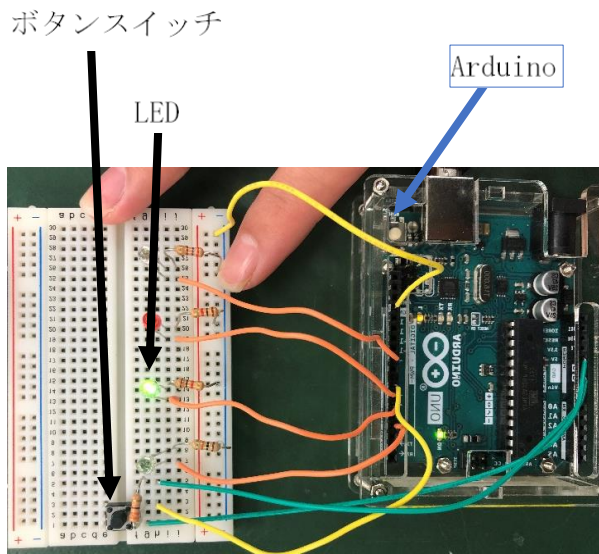


図 6 Arduino を用いた制御装置

めの制御プログラムを作成する. Arduino において, PIN2 を入力側と定めてボタンスイッチに接続する. PIN4, 5, 6, 7 を出力側と定めて, それぞれ X 相, Y 相,  $\bar{X}$  相,  $\bar{Y}$  相として各パワートランジスタに接続する. 図 6 では, パワートランジスタの代わりに LED を接続して, システムの動作確認を行っている. これによって, ボタンスイッチの入力トリガ信号に合わせて各相に対応した PIN 出力を順に切り替えるかえることができ, 結果, ステッピングモータにおいて励磁するコイルを切り替えてロータを 1 方向に回転させることができるようになる. プログラミングでは, switch case 文を使用し, 逆方向回転動作にも対応する. 2 つのモータを駆動する際は, 同様のプログラムを直列に配置して処理する.

#### 4 2 輪電動走行ロボットの製作

2 輪のロボットを上から見た外観(a)と底面から見た外観(b)を図 8 に, 図 9 に電動走行ロボットの構成を示す. 2 つのステッピングモータを組み合わせることで, 前進, 後進, 旋回動作が可能なロボットを製作できる. パーツ・モータは故障した際, 簡単に取り外しできるように工夫している. バッテリーは, 充電のたびに取り外せるように, マジックテープで固定した. さらに, ステッピングモータやマイコンはコネクタを介して電力変換部に接し, 故障の際は外すことができるようにする.

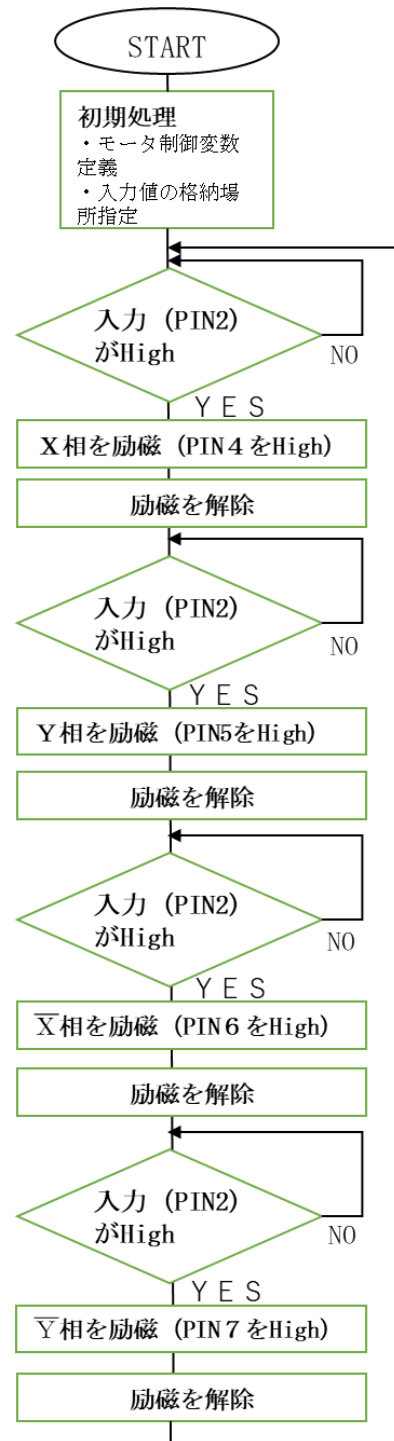


図 7 パルス指令生成プログラムのフローチャート

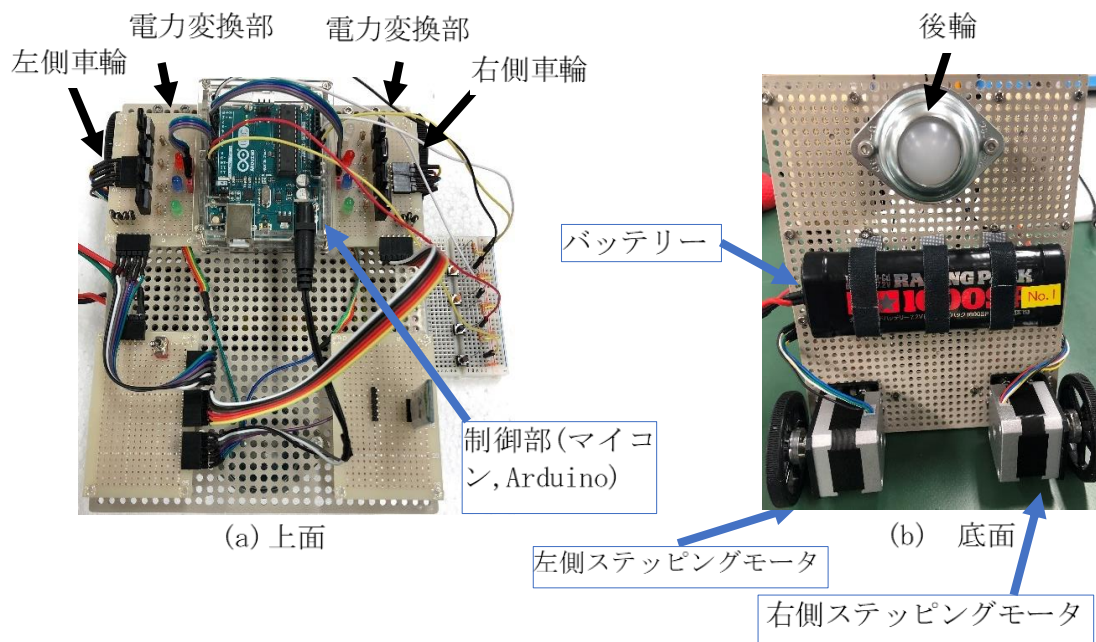


図8 電動走行ロボットの外観

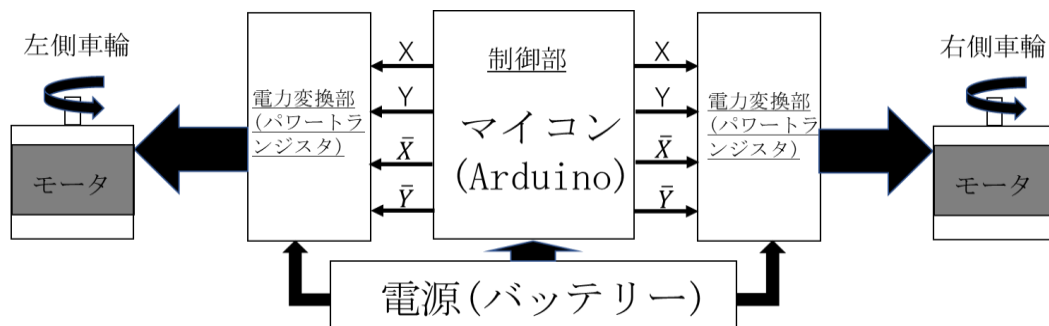


図8 電動走行ロボットの制御ブロック図

## 5 まとめ

本研究では、ステッピングモータの構造や動作原理、Arduinoのプログラムについて学んだ。パルス波形を生成するプログラムを用いて、1相励磁方式のステッピングモータを制御することができた。そして、2台のステッピングモータを使用して電動走行ロボットを製作し、前進、後進、旋回などの動作を制御することができた。しかし、制御するモータの数が増えると、作成したプログラムには改良が必要だということが分かった。左右のステッピングモータの動作を直列に処理するプログラムとしたため、片方のモータの動作が終わるまで他方の処理が停止し、その結果、走行時に振動が発生してしまった。今後は、この問題を解決できるように制御プログラムを改良する予定である。

## 参考文献

- 1) 高橋 久, モータ 基礎のきそ, 日刊工業新聞社, pp. 62-67, pp. 98-105 (2012)
- 2) Massimo Banzi, Arduinoをはじめよう, オライリージャパン(2015)