

電動走行ロボットの制御に関する研究

	システム科学技術学部	知能メカトロニクス学科
		2年 鈴木 海都
		2年 柘植 健一
	システム科学技術学部	経営システム工学科
		2年 藤田 伊織
指導教員	システム科学技術学部	知能メカトロニクス学科
		助教 片岡 康浩

1. はじめに

Information and Communication Technology (ICT) 技術の進歩により社会は高度に発展し、日本では、第5期科学技術基本計画においてSociety5.0が目指すべき姿として提唱されている[1]。Society5.0は、サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)とが高度に融合されたシステムにより、経済発展と社会課題の解決を両立する、人間中心の社会(Society)である[2]。Society5.0で実現する社会ではInternet of Things(IoT)技術によりすべての人とモノがつながり、情報が共有され新たなモノやサービスを生み出し、課題の解決が可能である。本研究では、IoT技術、特にWi-Fi無線通信システムを活用して小型ロボットを遠隔操作する制御システムを学ぶことを目的とする。

これまでの学生自主研究の活動において、ステッピングモータの動く仕組みや駆動方法を学習し、これを用いて電動走行ロボットを製作した[3]。本報告書では、低コストWi-Fiマイクロコントローラ(ESP-WROOM-32D開発ボード, Espressif Systems社)とArduinoを組み合わせ、遠隔地にあるパソコンやスマートフォン端末からWi-Fi無線通信を利用して制御できる電動走行ロボットを製作する。人とロボットが繋がることによって、どこでも・誰でもロボットを操作できる。また、これまでの研究において製作したロボットの動作の問題点を分析し、スムーズな動作ができるように制御プログラムの改良も行う。

2. 電動走行ロボットの構成

図1に電動走行ロボットの構成を示す。電動走行ロボットは駆動輪、ステッピングモータ、モータ駆動用電力変換回路(トランジスタ使用)、モータ制御装置(Arduino Uno)、Wi-Fiマイクロコントローラ(ESP32)、車体フレーム、バッテリー(9V)より構成される。モータ制御装置(Arduino Uno)では、2台のステッピングモータを回転させるためのパルス信号を生成する。生成されたパルス信号はトランジスタが組み込まれたモータ駆動用電力変換回路を動作させ、その結果、ステッピングモータのコイルに電流が流れる。ステッピングモータでは、パルス数に比例してロータが回転する。2台のステッピング

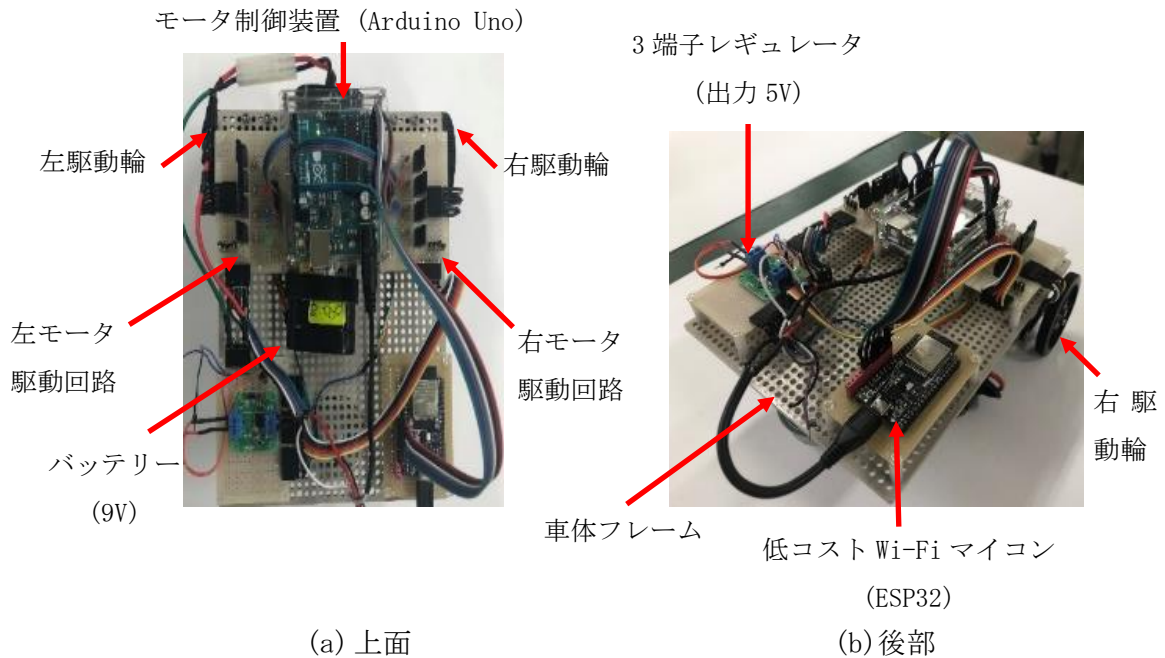


図 1 電動走行ロボットの構成

モータを駆動する場合は、両方のステッピングモータに対して同時にパルス信号を出力することにより、ロボットの前進・後退を行う。片方のステッピングモータのみに対してパルス信号を出力してロータを回転させる場合は、ロボットは旋回動作を行う。

モータ制御装置(Arduino Uno)に指令を出すのは Wi-Fi マイクロコントローラ (ESP-WROOM-32D)が担っている。PC 等の端末より発せられる前進・後退などの指令は、Wi-Fi マイクロコントローラ (ESP32)が受信し、モータ制御装置(Arduino Uno)に伝達する。ロボットのモータ制御装置(Arduino Uno)には、指令に応じたステッピングモータの駆動のプログラムがインストールされており、指定の入力ピンが ON の状態になるとロボットが前進・後退などの動作を行う。

3. ステッピングモータ駆動プログラムの改良

3-1. 駆動プログラムの問題点

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。動作原理としては、ステータの 4 つの励磁コイル(X 相, Y 相, \bar{X} 相, \bar{Y} 相)に順番にパルス電流を流すことによって、ステータコイルにロータ鉄心の歯が引き寄せられることによりトルクが発生し、ロータが回転する [5]。ステッピングモータの駆動プログラムの流れを図 2 に示す。これまでの研究で作成された駆動プログラム(図 2(a))では、Arduino Uno の PINNO. 4, 5, 6, 7 を用いてそれぞれ X 相, Y 相, \bar{X} 相, \bar{Y} 相のステータコイルを順番に励磁してロータを回転させる。モータ制御回路(Arduino)に動作指令が出されると、1 回につき合計で 4 つのパルスが発生させ、X 相から \bar{Y} 相までの励磁動作が実行される。逆方向回転動作も同様である。2 つのモータを駆動する場合は、同様のプログラムを直列に配置して交互に処理するようになっている。よって、ステッピングモータにおいて、X 相から \bar{Y} 相までの励磁動作が

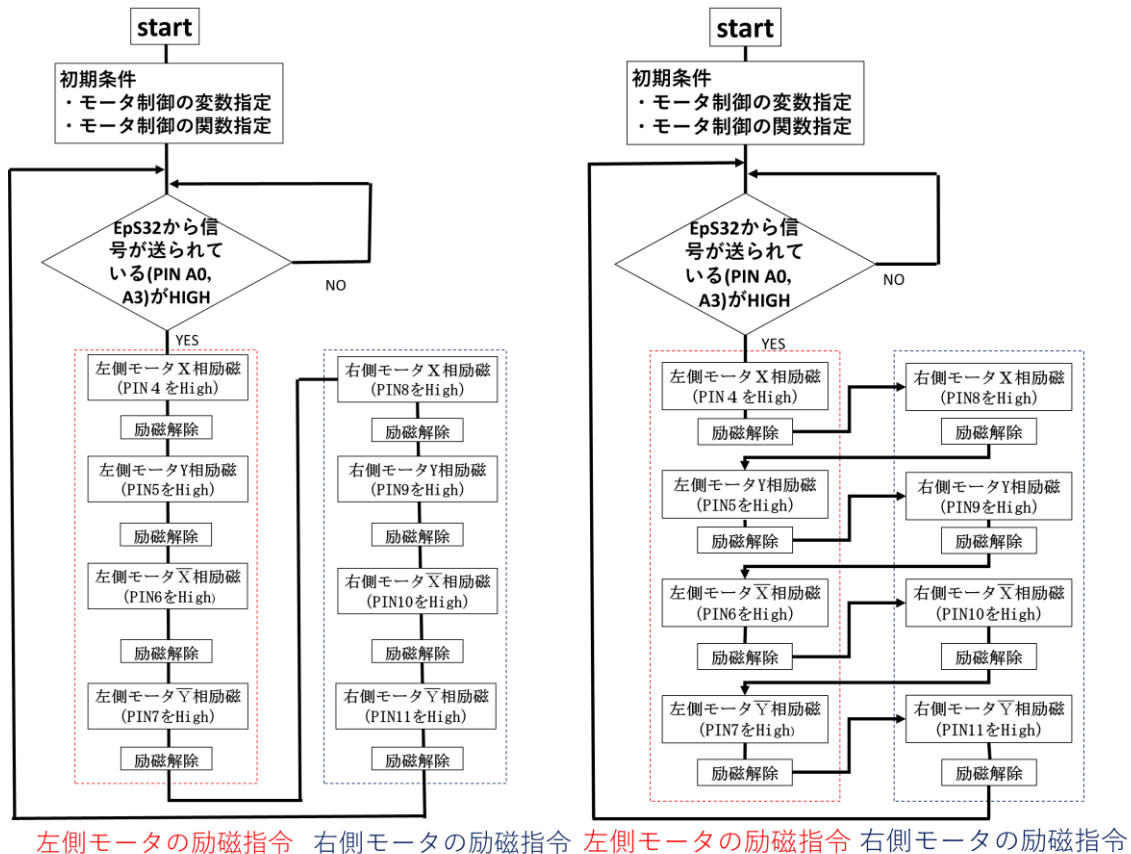


図 2(a) 改良前

図 2(b) 改良後

図 2 モータ駆動プログラム

終了するまで、他方のモータの励磁動作が停止するという問題点がある。このため、前進・後退する際に左右のモータが交互に動作を繰り返すときの時間差が大きくなり、ロボットがガタガタと左右に揺れるような不自然な動きをしてしまっていた。

3-2. 駆動プログラムの改良

図 2(b)に示す改良後のプログラムでは、ステッピングモータの励磁動作のタイミングを工夫し、左側のモータの X 相, Y 相, \bar{X} 相, \bar{Y} 相の励磁動作の間に、右側のモータの励磁動作を入れ込みロータを回転させる。そのことにより、これまでは左右のステッピングモータの回転動作のタイミングに 4 パルス分の回転のずれがあったが、改良後のプログラムでは 1 パルス分の回転のずれに軽減できた。その結果、ロボットの揺れが小さくなり、スムーズな動作を実現できた。

4. Wi-Fi マイクロコントローラを用いた遠隔操作システムの構築

図 3 にシステム構成を、図 4 にロボットの遠隔操作を示す。遠隔操作システムでは、指令端末 (PC やスマートフォン等) から Wi-Fi 無線通信によって Wi-Fi マイクロコントローラ (ESP32) に指令を送る。Wi-Fi マイクロコントローラ (ESP32) は受信した指令に応じてモータ制御装置 (Arduino Uno) の決められた PIN に信号を送る。モータ制御装置は信号を読み取り、HIGH になった PIN 番号に応じたステッピングモータの駆動プログラムを実行し、電力変換回路 (トランジスタ回路) を動作させてステッピングモータを回

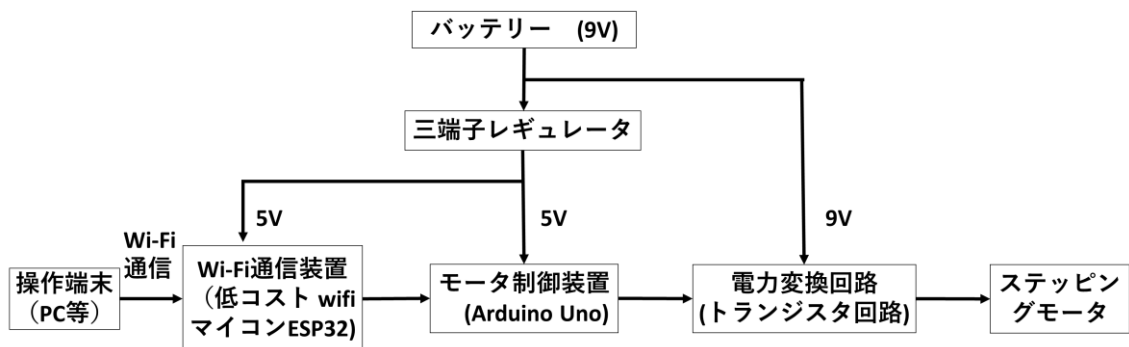


図3 システム構成

転させる。このとき、ESP32 と Arduino では“HIGH レベル”を表す電圧が異なる。ESP32 では 3.3V で HIGH レベルを表すのに対し、Arduino では 5V である。そこで、Arduino 側において信号が入力される PIN を、アナログ入力モードに設定して電圧しきい値を定めることにより、ESP32 より伝送されてくる“HIGH レベル” (3.3V) の信号を受信できるように工夫している。これらの検討の結果、製作された操作システムによってロボットの遠隔操作が可能になった。これにインターネット回線を組み合わせることにより、遠距離からのロボットの操作ができるようになる。

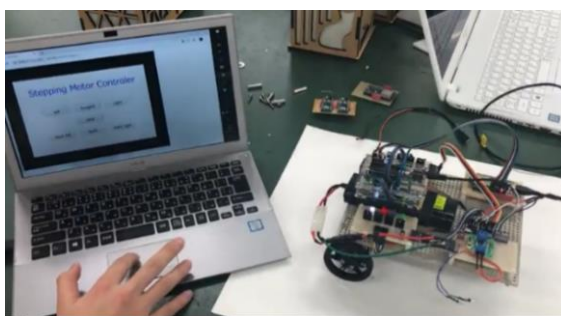


図4 ロボットの遠隔操作

5. まとめ

本研究では、これまでの研究で製作した電動走行ロボットにおいて、ステッピングモータの駆動プログラムについて分析して問題点を明らかにし、ロボットの動作を改善した。ステッピングモータの駆動プログラムを改良して、4パルス毎に左右のモータを切り替えて動かしているプログラムを1パルス毎に切り替えて駆動することにより、ロボットの動作をスムーズに改善することができた、さらに、低コスト Wi-Fi マイコンコントローラ (ESP32) を使用し、Wi-Fi 無線通信を使用してロボットを遠隔地より操作することができるようになった。本ロボットの制御システムでは1台の Arduino を用いて左右のステッピングモータに交互に指令を出して駆動している。今後は、Arduino を2つ使用して、それぞれのモータを独立して制御させるシステムを構築していきたい。

参考文献

- [1] 内閣府 Web サイト, <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>
- [2] 内閣府 Web サイト, https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html
- [3] 鈴木 海都, 柘植 健一, 片岡 康浩, 高山 正和 : 小型ロボット用電動モータ制御システムの製作, 秋田県立大学学生自主研究成果平成 30 年度 (2019-06)
- [4] Massimo Banzi, Arduino をはじめよう, オライリージャパン (2015)
- [5] 高橋 久:モータ 基礎のきそ, 日刊工業新聞社, pp. 62-116 (2012)