

課 題 情 報 シ ー ト

テ ー マ 名 :	倒立振子の製作		
担当指導員名 :	麻生 誠	実施年度 :	27 年度
施 設 名 :	沖縄職業能力開発大学校		
課 程 名 :	専門課程	訓練科名 :	電気エネルギー制御科
課題の区分 :	総合制作実習	学生数 :	2
		時間 :	16 単位 (288h)

課 題 制 作 ・ 開 発 の ポ イ ン ト

【開発（制作）のポイント】

過去のテーマとしてすでに取り組んでいる内容のため、過去作品を改良し、付加価値を持たせることにポイントを置きました。また、リモコンでの操作ができることを最終目標としました。過去作品では倒立時間が 10 分だったため、倒立時間を延長するために筐体の軽量化に取り組みました。厚さ 1mm のアルミ板に穴を無数に開け軽量化するとともに、基板をプリント基板化することでダウンサイジングが図れました。

最終的に 20 分以上の倒立状態を維持でき、リモコンによる遠隔操作も行うことができました。

【訓練（指導）のポイント】

学生 2 名による取り組みとなったため、意思疎通をしっかりと指示しました。基本的には学生の自主性にまかせて、現在の状況などを適度な間隔で確認し、進捗状況の把握ができました。

課 題 に 関 す る 問 い 合 わ せ 先

施 設 名 : 沖縄職業能力開発大学校
 住 所 : 〒904-2141 沖縄県沖縄市池原 2994-2
 電話番号 : 098-934-6282 (代表)
 施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/okinawa/college/>

課 題 制 作 ・ 開 発 の 「 予 稿 」 お よ び 「 テ ー マ 設 定 シ ー ト 」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

倒立振子の制作

沖縄職業能力開発大学校 電気エネルギー制御科

1. はじめに

倒立振子とは図 1 のように手のひらにほうきを乗せて倒さないようにバランスをとる動作と考え方は同じである、私達は今回、二輪のタイヤで車体のバランスをとる倒立振子を製作する。



図 1 倒立振子イメージ図

2. 動作説明

図 2 は、倒立振子の動作原理である。

車体が傾くとそのままだと転倒してしまうが、傾いた方向と同じ方向にモータを回転させると元の状態に戻ることができる。それを繰り返すことによって倒立の維持ができる。

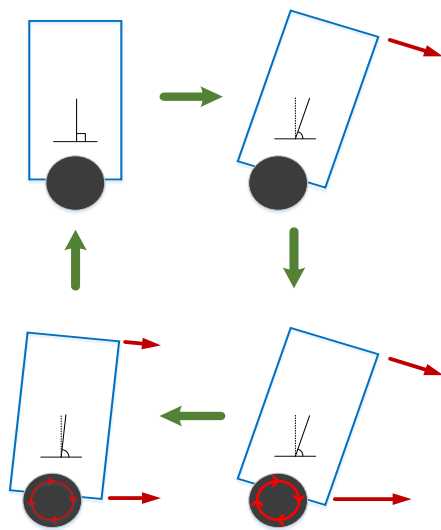


図 2 動作原理

3. 概要

(1) モータ選定

倒立振子の駆動部分は、速度と移動距離を知る必要があるため、ロータリエンコーダや電流検出回路などが必要になるが、ステッピングモータを使用すると入力したパルス回数に応じ計算を行い、距離・速度を求めることが出来る。

今回、回転速度と移動距離をマイコンから指示することが出来る。ステッピングモータを使うことにした。その規格を表 1 に示す。

表 1 ステッピングモータ規格表

定格電圧	DC15[V]
極数	10 極
励磁方式	2 相ユニポーラ
ギア比	1/36
基本ステップ角度	0.5°

(2) ステッピングモータの原理

ステッピングモータの動作原理を説明する。モータの中心部に永久磁石ロータ(回転子)、その外部にステータ(固定子)の突極にコイルが巻かれたものが存在する。このコイルに電流を流すことにより磁力が発生し、永久磁石ロータが引き付けられる。この動作を繰り返すことによって連続的に回転させることができる。図 3 に動作原理を示す。

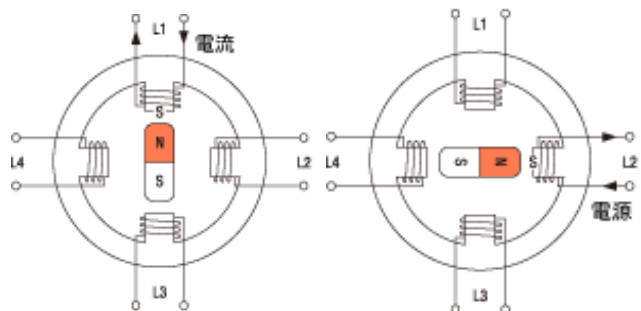


図 3 ステッピングモータの動作原理

(3) ジャイロセンサとは

ジャイロセンサとは、別名「角速度センサ」と呼ばれ、角速度を検出するためセンサである。

角速度とは単位時間当たりの回転角のことである。今回使用するジャイロセンサの規格を表 2 に示す。

表 2 ジャイロセンサ規格表

電源電圧	DC2.7~5.25V
検出範囲	±300deg/sec
感度	0.67mV/deg/sec
使用温度	-5°C~75°C
応答性	50Hz

(4) 全体回路・システム構成

図 4 は、全体回路図である。今回使うマイコンは PIC18F2550[®] であり、選定理由としては過去の製作物で使用されており、入力端子・出力端子が多い点にある。

図 5 は、システム構成である。PD 制御とは、P 制御（比例制御）と D 制御（微分制御）を足し合わせたものである。

P 制御とは、車体が傾いたときに倒立状態に戻すためモータを動かす制御のことである。

D 制御とは、車体が傾き P 制御を行う過程で倒立状態を通り過ぎ逆に傾くのを P 制御より早く感知し、モータを動かす制御のことである。

点線で囲んだ部分は、すべてプログラミングで行い、その他はセンサやモータである。ほとんどのシステムをプログラムで行っているが、これが可能な理由として、モータにステッピングモータを採用することにより、ロータリエンコーダや電流検出回路などの距離と速度の検出回路が省略できるからである。

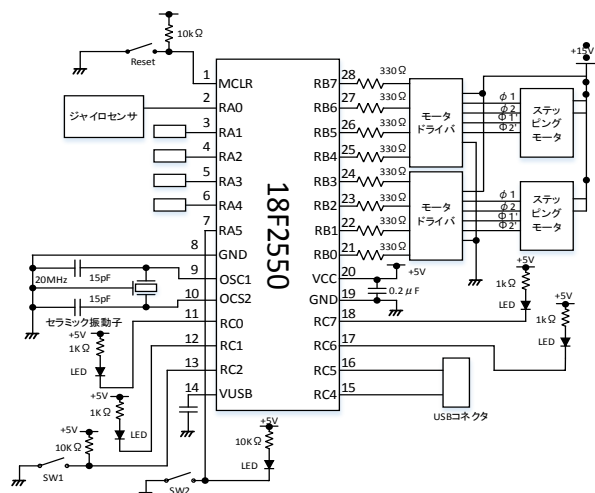


図 4 メイン回路

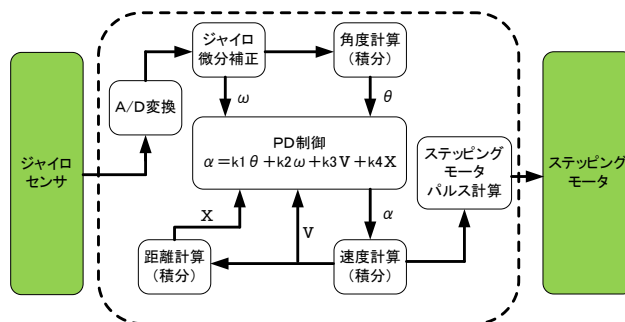


図 5 システム構成

(5) DC-DC コンバータ回路

今回の倒立振子の電源には 4.8[V]を使用するため、右モータ用(15[V])・左モータ用(15[V])・ロジック用(6[V])の電源回路として、DC-DC コンバータを 3 回路を製作し昇圧する。

DC-DC コンバータでは、入力電圧が多少変化しても出力電圧を一定に保つことができる。

図 6 にモータ用回路図を、図 7 にロジック用回路図を示す。

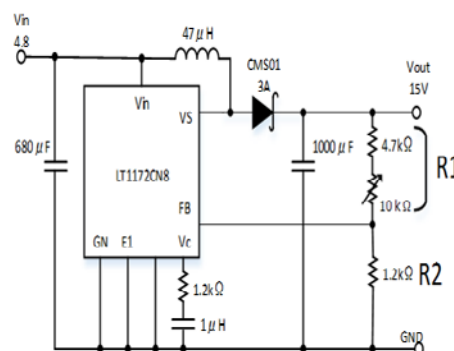


図 6 モータ用回路図

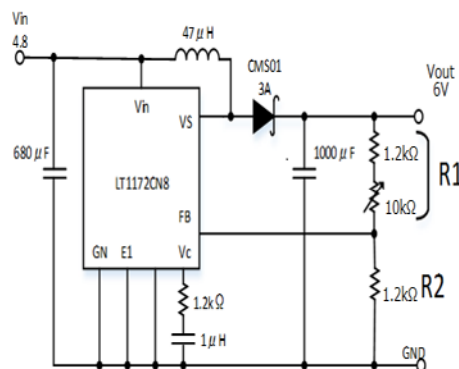


図 7 ロジック用回路図

4. 進捗状況

(1) 筐体製作

まず始めに試作機を製作することにした。CAD ソフトで筐体を設計し、すぐに筐体製作に取り掛かったが、実際に組み立ててみるとわずかな寸法の誤差や無駄なスペースができてしまい、イメージしていた筐体とは若干の誤差が生じた。

上記の試作機を使って倒立制御を試みたが、うまく倒立することができなかった。

筐体の重さに原因があるのではないかと考え、筐体に穴をあけ、アルミ板の厚みを変えるなどして軽量化を図ることにした。

前回とは違い CAD データを実寸大の紙で印刷し、模擬的に組立てることで、回路やモータ取り付け後をイメージしやすくなり、理想の筐体を製作することができ、うまく倒立することができた。

図 8 に模擬筐体製作の様子、図 9 に軽量化した様子を示す。

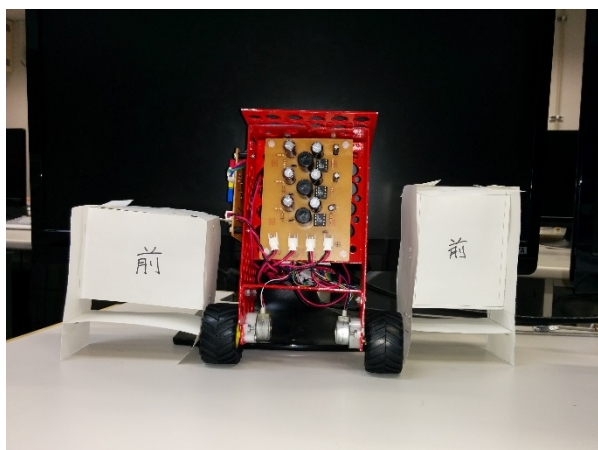


図 8 模擬筐体製作の様子



図 9 軽量化した様子

(2) DC-DC コンバータ回路

プリント基板で回路を製作し、配線を簡素化した。

見た目では前回と大きく変わった点はないが、接触不良などが大きく改善された。

また、メイン回路へ渡る配線を短くするためにソケットの取り付け位置を下側へ変更した。

図 10 に前回の回路を、図 11 に今回の回路を示す。

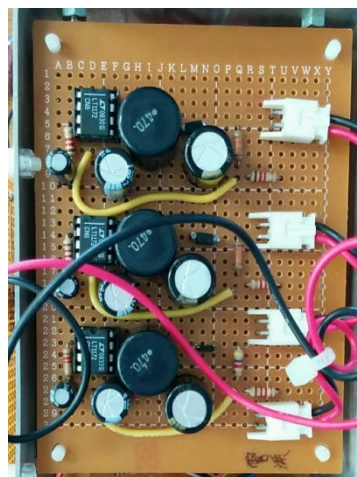


図 10 前回の DC-DC コンバータ回路



図 11 今回の DC-DC コンバータ回路

(3) メイン回路

プリント基板で回路を製作し、配線の簡素化や部品の取り付け位置の調整などを行った。

前回の基盤と比較するとかなりシンプルになり、マイコンの足が折れないように IC ソケットを取り付けた。

図 12 に前回のメイン回路を、図 13 に今回のメイン回路を示す。

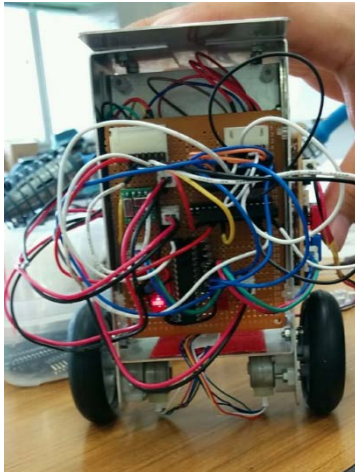


図 12 前回のメイン回路



図 13 今回のメイン回路

(4) 赤外線操作

赤外線リモコンで操作をするにあたって、モータへは既に倒立するのに必要な制御がされているので、この動きとは別の動きをさせるのは難しく思えるが、ステッピングモータを使用しているので、倒立制御からモータに指示されるスピード値に、ロボットを動かしたい方向のスピード値を足し、モータを動かすことで、赤外線リモコンでの操作ができる。

今回使用した赤外線リモコンは NEC フォーマットである。リモコンの各ボタンを押すと、それぞれに対応したデータコードが送信され、マイコンに取り付けてある受信機で受け取り、マイコンで読み込むことで、ボタン別に決めているスピード値が制御値に足されることで、赤外

線リモコンでの操作を可能にしている。

表 3 に赤外線リモコン、受信機の規格表を示す。

表 3 リモコン、受信機、規格表

	リモコン	受信機
定格電圧	3V	5V
キャリア周波数	38kHz	38kHz
波長	940nm	940nm

5. 過去卒研製作物との比較

過去製作物ではユニバーサル基板で回路を製作しており、配線が多い印象であった。

そこで今回は基板をプリント基板にし、なるべく配線を省略した。また、タイヤも変更し、地面との接地面積を大きくすることにより倒立状態の安定を図った。

過去製作物と比べると、機能面でも大きく変更されており、前回の倒立維持に加え、今回は赤外線リモコンでの操作を可能とし、電源搭載状態での倒立維持に成功している。更に、過去製作物は 5 分間の倒立維持に成功したが、今回は 20 分以上の倒立維持に成功している。

6. まとめ

軽量化やプログラム調整など、様々なトラブル原因を解決していくことで、過去の製作物を大きく上回る 20 分間の倒立維持を確認することができた。

また、赤外線リモコンでの操作を可能とし、電源搭載状態での倒立維持も確認できた。

機能面だけではなく、デザインや部品の配置など細かな所にも気を配り製作することを心がけた。

テーマ発表で掲げた目標はすべて達成することができたので、これからはさらに安定して倒立維持ができるようにしていきたい。

7. 参考文献

- (1) 書名：C 言語による PIC プログラミング入門
著者：後関哲也

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 平成27年 9月17日

科名：電気エネルギー制御科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		倒立振子の製作	
担当教員		担当学生	
○電気エネルギー制御科 麻生 誠		○○ ○○	○○ ○○
課題実習の技能・技術習得目標			
電子回路・制御工学・パワーエレクトロニクス工学・コンピュータ工学について復習・再習得し、自分の持てる技術を駆使して1つの成果物を作り上げる。担当学生が複数名いるので、各々のコミュニケーション能力を発揮し、共同作業についても習得する。			
実習テーマの設定背景			
倒立振子とは、棒や筐体といった不安定なものを安定して倒立させるもので、制御工学を理解するためによく用いられる教材である。これまでに学習してきた知識を活かす事ができ、さらにポリテクフェスタやポリテクビジョンの展示会場で、来客者が興味を引く事が出来る本テーマを選定し、安定した走行のできるものを製作目標とする。			
実習テーマの特徴・概要			
①本体の作成、②マイコン周辺回路の作成、③電源回路の作成、④モータドライバの作成、⑤制御工学を用いた理論の習得、⑥プログラミング、⑦調整・評価			
No	取組目標		
①	今回のテーマに関係のある過去の論文・成果物を見て習得する。		
②	回路の設計・製作の方法を習得する		
③	制御工学の理論を習得する		
④	プログラミング技法について習得する。		
⑤	成果物について、安定性能について確認する。		
⑥	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行う。		
⑦	プレゼンテーション資料を作成し、製作品の展示及び発表会を行う。		
⑧	発表予稿や、最終論文などの報告書の作成をする。		
⑨			
⑩			