

## 課題情報シート

テーマ名 :	電動三輪車の製作				
担当指導員名 :	松田 幸治	実施年度 :	25 年度		
施設名 :	九州職業能力開発大学校附属川内職業能力開発短期大学校				
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 :	3	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】

製作する三輪車は、立ち乗り搭乗部の体重移動を検出して曲がります。体重移動の検出には搭乗部に加わる応力をひずみゲージで検出します。このため安定したひずみの検出回路と搭乗部の機構部分を強固に製作できるかが重要です。

【学生数の内訳】 車体設計製作：全員 制御回路設計製作：2名 制御プログラム：1名

#### 【訓練（指導）のポイント】

ノウハウに乏しい車体設計製作に当たっては全員で行い、できるだけ学生のアイデアを取り入れて製作させました。

### 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 九州職業能力開発大学校 附属 川内職業能力開発短期大学校  
住所 : 〒895-0211 鹿児島県薩摩川内市高城町 2526  
電話番号 : 0996-22-2121 (代表)  
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/kagoshima/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。

# 電動三輪車の製作

電気エネルギー制御科

## 1 はじめに

昨今では、セグウェイと呼ばれる体重移動で走行する倒立平行二輪車が流行している。そこで私たちもこのようなユニークな乗り物を製作しようと考えたところ、ひずみゲージを使用した電動車を製作することを思いついた。

このテーマを通して、授業で学んだセンサ、モータ、そしてプログラミング技術を応用したより楽しい乗り物を製作することを目的とした。

## 2 概要

### 2-1 製作目標

電動で動く三輪車を製作する。ひずみゲージ式圧力センサを用いて体重移動だけで操作できるようにする。駆動部にはDCモータを用いて前後左右の移動及びPWMによる速度制御ができるようにする。

### 2-2 ひずみゲージの原理

ひずみゲージは圧力を検知するセンサで、薄膜に加わる圧力を膜の変形として検出するもので、図1の様に被測定物に接着剤などで貼り付けて使用する。被測定物が変形すると、ひずみゲージも同率で変形する。ひずみゲージの細い金属抵抗体は、伸びにより断面積が減るとともに長さが長くなり、その結果抵抗値が変化する。これを圧力変化として利用する。金属材料にひずみ加えられたときRであった抵抗値が $\Delta R$ だけ変化したとすれば次の関係が成り立つ。

$$\varepsilon = \frac{1}{K} \cdot \frac{\Delta R}{R}$$

R : 抵抗、L : 長さ、 $K_s$  : ゲージ率、 $\varepsilon$  : ひずみ

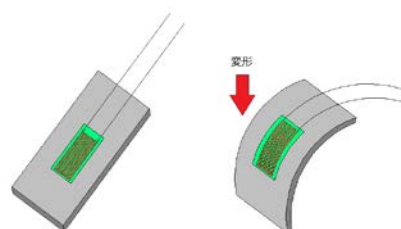


図1 ひずみゲージ

### 2-3 モータの原理

今回使用するモータはDCギアードモータで、DCモータにギアを組み込んでトルクを高めている。回転原理は以下の通りである。磁界中に方形コイルを置く。このコイルに電流を流すと、コイル辺にはフレミング左手の法則により定まる向きに力が生じ回転し、トルクを生じる。コイルが半回転すると、整流子とブラシの働きによって、同じ磁極にある導体には常に同じ向きの電流が流れるので、コイルは引き続いて同じ向きのトルクで回転する。

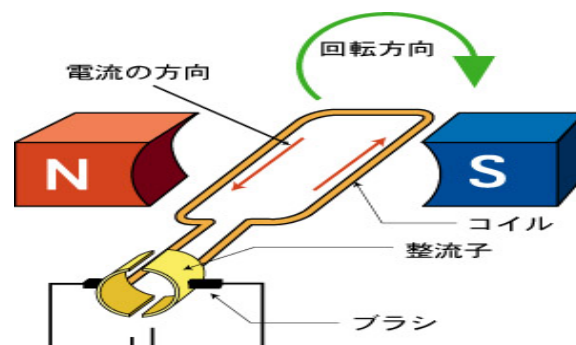


図2 DCモータの原理図

### 2-4 PWMの原理

モータの制御にはPWM（パルス幅変調）を用いた。PWMとはパルス幅を変調することによりモータの回転速度を制御する方法である。DCモータはモータに加える電圧の大きさに応じて回転速度が変わる。PWMは一定の周期で高速にHigh・Lowを繰り返した方形波

をモータに加えることで平均電圧を可変できる。パルス幅をパルス周期で割ったものをデューティ比といい、この値が小さいとき、モータは低速で回転し、逆にデューティ比が大きいときは、モータは高速で回転する。高速で ON・OFF するためにはトランジスタなどのスイッチング素子を用いられる。

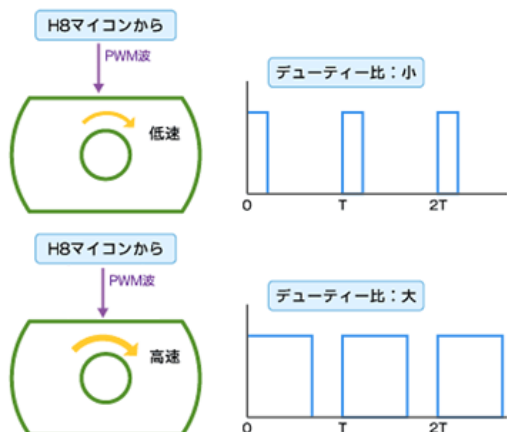


図 3 デューティ比と速度の関係

### 3 車体製作

切断加工した 20mm 角のアルミ角パイプをリベットで接合し、2mm 厚の上板、4mm 厚の底板をボルトで固定、車体を作製した。上板、底板、搭乗部天板は、レーザー加工機で切り出して、ハンドルは廃棄自転車から再利用した。



図 4 車体フレーム



図 5 ハンドル

最後に搭乗部天板、車輪を取り付け、内部に駆動モータ、モータドライバ、電源バッテリー、制御マイコン、ひずみ検出回路を搭載して三輪車の車体が完成した。



図 6 三輪車の外観

## 4 システム構成

以下に制御の流れを簡単に説明する。ひずみゲージの出力をひずみ増幅回路で増幅後、インターフェース回路を通し、A/D変換の処理で H8<sup>®</sup>マイコンに取り込む。ひずみ量に応じた P W M信号をモータドライバへ出力することでタイヤが回転する。

搭乗者が体重を前にかけると前進、左にかけると左折、右にかけると右折、後ろにかけると停止する。ひずみ量に応じて三段階の速度制御を持たせた。

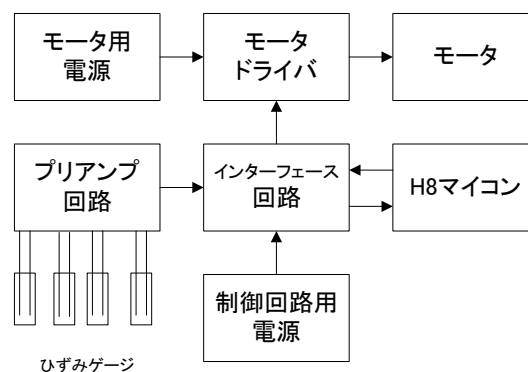


図 7 システム構成図

次に、システムの各部分について詳細に説明する。

- ひずみ増幅回路

ひずみゲージの抵抗変化は一般にホイートストンブリッジ回路で電圧信号に変換される。この電圧信号は非常に微弱な為、図8の増幅回路を用いて増幅した。

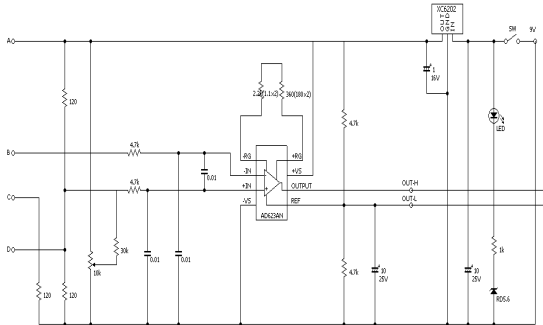


図8 ひずみ増幅回路

図8の回路をプリント基板CADを用いて基板化したものが図9である。基板化することで回路を小型化することができた。



図9 ひずみ増幅回路基板

- インターフェース回路

この回路はひずみ信号とモータドライバ信号、操作スイッチ信号をH8マイコンに接続するための回路である。回路にはA/D変換値が確認できるように10ビット分のLEDを取り付けた。図10はプリント基板化したインターフェース回路である。

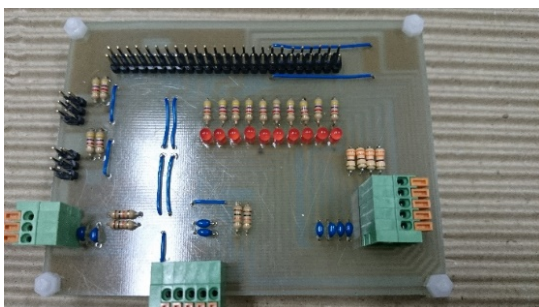


図10 インターフェース回路基板

- モータドライバ

モータドライバは市販のSabertooth 2X25 V2を使用した。このドライバはマイコン側からPWM信号を入力することで、モータの回転速度及び回転方向を制御することができる。PWM周期は10ms固定で、パルス幅1.5ms(停止)を中心に、1ms(最速)~1.5ms(停止)の範囲で逆転、1.5ms(停止)~2ms(最速)の範囲で正転する仕様となっている。表1にモータドライバの定格を示す。

表1 モータドライバの定格

入力電圧	6-30V (通常)、33.6V (最大)
出力電流	1モータあたり最大 25A 1モータあたり瞬時最大 50A まで

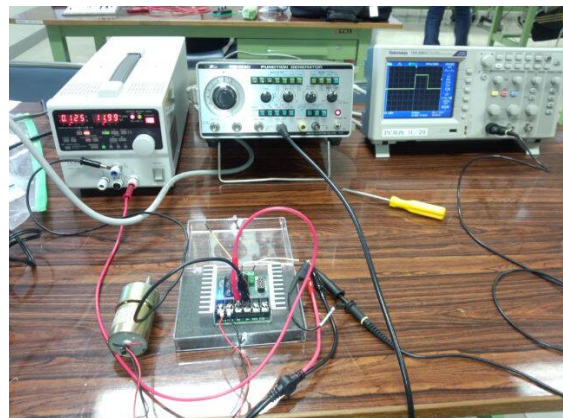


図11 ドライバ動作確認実験の様子

## 5 制御プログラム

プログラムはC言語を使用した。以下に処理の流れについて説明する。外部変数の定義後、メインプログラム部で入出力設定、A/D変換設定、タイマW(PWM)設定した後、無限ループ内でひずみの検出、パルス幅の決定を行っている。割り込み機能を二つ使用し、スイッチのON、OFFによる外部割り込み処理(IRQ)でモータの運転停止を行い、タイマW処理でパルス幅の更新を行っている。これによりPWM出力端子からPWMパルスがモータドライバへ出力されモータ速度が変化する。(図12参照)

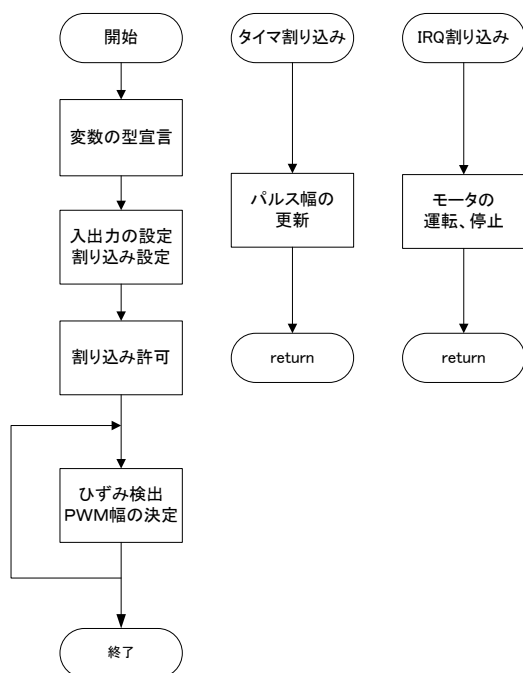


図 12 プログラムの制御フロー

## 6 まとめ

### ● 増幅回路の倍率

製作したひずみ増幅回路は信号を入力として使えるレベルまで増幅する目的で使用している。本製作ではこの信号をさらに2倍、5倍と増幅するための回路も作成した。増幅しての電圧の変化幅を広くすることでモータの変速を多段にできると考えたが、増幅回路だけでもある程度の変化幅が確保できることがわかったので今回は使用していない。

### ● 板の曲がり具合

今回の研究では、三種類の板を使いそれぞれの板の曲がりやすさ・永久ひずみの有無を比べた。

表 2 板の比較

板の種類	曲がりやすさ	永久ひずみ
アルミ (3mm)	やや曲がる	残りにくい
アルミ (4mm)	曲がらない	残らない
鉄 (2mm)	曲がりやすい	残る

表より、アルミ (3mm) を使うのが適当と判断した。

### ● モータドライバの損傷

走行調整中にモータドライバが損傷した。運転開始直後に右モータが異常な動作を始め、ドライバのコンデンサが焼損した。原因として断定はできないが、過電流によりスイッチング素子が損傷したと考えられる。ちなみに、このドライバには過電流検出機能によって、ショートや過負荷によるモータの保護を行う機能が備わっていた。

### ● 今後の課題

マイコンが停止時にモータに電源が供給されていると勝手にモータが回転してしまう。理由としては、マイコンが停止している時は制御信号が送られず、モータを制御することができないからである。対策として、バッテリーとモータの間にリレーを入れて、マイコン起動時にモータに電源が供給されるように改善する。

新しいモータドライバを入手次第、再度調整をして動くようにしたい。

## 7 おわりに

1年間卒業制作の中で卒研をする中で、今まで授業で習ってきた技術を上手く応用できたと思う。

総合制作を通して授業で学んだことを活かし、そこから発展して学ぶことも出来た。

車体の作成から取り組んだが技術、知識が足りなかったため苦勞した。応用課程でも開発課題実習があるので今回学んだことを活かそうと思う。

最後に、タイヤハブを製作してくださった生産技術科の西氏に感謝を申し上げます。

## 8 参考文献

- (1) 株式会社坂本製作所 HP
- (2) H8®で学ぶマイコン開発入門
- (3) H8®/Tiny マイコン完璧マニュアル

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 7月 4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		電動三輪車の製作	
担当教員		担当学生	
電気エネルギー制御科 松田 幸治			
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>電動三輪車の製作を通して、設計、製作及び組立・調整技術等の総合的な実践力を身に付けるとともに、グループ作業におけるスケジュール管理や協調性、コミュニケーション能力を養います。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>電気エネルギー制御科では種々のモータの原理や特性、駆動法について学んでいます。実際に人間が搭乗出来るモータを動力源とした乗り物の製作を通して、ものづくりの楽しさ難しさを体感するとともに、最適なモータの選定や効率的な駆動法を習得します。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>製作する電動車は、立ち乗り搭乗部の体重移動を検出して曲がります。体重移動の検出には搭乗部に加わる応力をひずみゲージで検出します。このため正確なひずみの検出回路と搭乗部の機構部分をしっかりと製作できるかが重要です。車体部、制御回路部、コントローラ部の3つに分担し、スケジュール管理を行いながら製作を行います。完成後は動作性能評価を行い、報告書を作成します。</p>			
No	取組目標		
①	安全性を考慮した機構および制御回路、プログラムを製作します。		
②	体重移動を検出し、左右に旋回走行を行います。		
③	互いに進捗状況を確認しながら、スケジュール管理を行います。		
④	想定した動作が行われなかった場合には、問題を分析し、その問題の解決に取り組みます。		
⑤	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		
⑥	材料、工具、機器及び部品等については、チェックリストを用いて厳密に管理します。		
⑦	報告書の作成、製作品の展示及び発表会を行います。		
⑧	実習の進捗状況や、発生した問題等については、単独、グループの場合にかかわらず、担当教員へ報告します。		
⑨			
⑩			