

課題情報シート

テーマ名：	電動マウンテンボードの設計・製作		
担当指導員名：	図師 史貴	実施年度：	28 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：	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】

マイコン制御やモータ駆動のためのパワーエレクトロニクス回路など、電気回路の設計・製作や制御プログラムがメインテーマでした。また、これ以外にもタイヤや歯車などの回転など、機械部や構造などの設計・加工・組立などがあるため、「モノづくり」の面白さや発展性が理解できたとともに、スケジュール管理や安全対策等の重要性を認識できたことと考えられます。

【訓練（指導）のポイント】

総合制作実習を進めるに当たって必要な各要素はそれぞれの教科で学んでいるため、基本的にはテーマ選定から学生主導で行いました。また、設計・製作・調整などの各段階においてそれぞれに技術的な課題が発生したため、その都度学生と指導員でアイデアを出し合いながら進めました。特に、完成後の保守性なども考慮した機械部の設計や、パワーエレクトロニクス回路の熱設計などについては各科目で深く学んでいないため、指導や試行錯誤が多くなりました。

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。

電動マウンテンボードの設計・製作

川内職業能力開発短期大学校 電気エネルギー制御科

1. はじめに

マウンテンボードとは、スノーボードに大きめのタイヤを備え、ダートや芝生、陸上で滑走できる乗り物である。スケートボードと比べると長いデッキと足を引っ掛けるバインディングやストラップ、そして大きなゴムタイヤが備えられている。それなので、段差に強くなり、モータの回転数も高くする必要がなくなるという理由からマウンテンボードを使用することにした。

私たちは、平坦な道を体重 75kg の人が乗って、 18km/h の速度で走る。傾斜 5° の坂道でも減速せず登れる。安全に加速・減速をすることを目標に設計から製作まで取り組んだ。

2. 構成

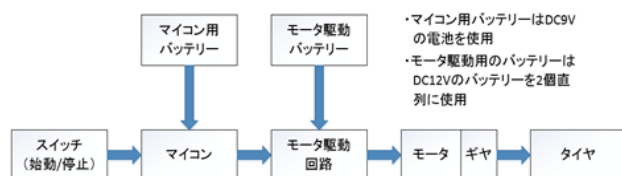


図1 システム構成図

図1はシステム構成図である。移動体であるため、電源は 24V バッテリー（ $12\text{V} \times 2$ 個直列）を使用する。また、モータは速度制御しやすいブラシ付き DC モータを使用した。

モータ駆動回路は IGBT 等で構成されている。また、それを駆動するための PWM 信号や運転信号（始動/停止、速度指令）は H 8 マイコン®を使用した。

3. 使用機器・材料等

以下の材料を選定した。

- ・マウンテンボード（ $L1094\text{mm} \times W390\text{mm}$ ）
- ・DC モータ（ 250W ）

- ・バッテリー（ $\text{DC}12\text{V} \times 2$ ）（ $\text{DC}9\text{V} \times 1$ ）
- ・ブラケット（モータ用、厚さ 10mm ）
- ・マイコン（H 8 マイコン®）
- ・シャフト（直径 20mm ）
- ・タイヤ（直径 200mm ）
- ・アルミ板（厚さ 5mm ） など

4. モータの出力・トルクの計算

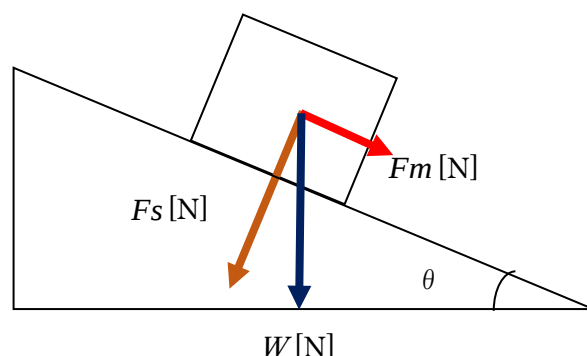
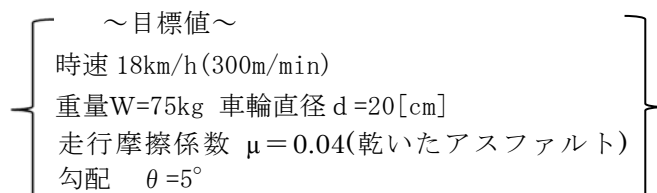


図2 車体に加わる関係図

◎出力の計算

走行動力

$$\begin{aligned} F_s &= W \times \cos \theta & F_m &= W \times \sin \theta \\ &= 75 \times 9.8 \times \cos 5^\circ & &= 75 \times 9.8 \times \sin 5^\circ \\ &= 732.2\text{N} & &= 64.06\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= F_m + \mu F_s \\ &= 64.06 + 0.04 \times 732.2 \\ &= 93.34\text{N} \end{aligned}$$

モータの回転数

$$\begin{aligned}\text{円周} &= \pi d \\ &= \pi \times 20 \times 10^{-2} \\ &= 0.628\text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{車輪の回転数} &= \text{分速} \div \text{円周} \\ &= 20000 / 60 \div 0.628 \\ &= 530.79 \text{min}^{-1}\end{aligned}$$

車輪に必要なトルク

$$\begin{aligned}T &= F \times r \\ &= 93.34 \times 10 \times 10^{-2} \\ &= 9.334\text{N} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

上記の計算をした結果、タイヤの回転数とモータの回転数が合うようにギヤ比 6:1 を選定し、その時のモータトルクが目標のトルクを満たしているか確認した。また、機械的損失なども考えた結果、今回使用する 250W のモータとなった。

◎ステアリング操作

ブッシュゴム (前輪)

左が進行方向



(a)



(b)

図3 前タイヤの構造

スケートボードやマウンテンボードの曲がる原理は、体重移動によってデッキを傾けるとトラックに付いているブッシュゴムの一部がつぶれ、タイヤが進行方向を向くことである。

図3(b)は写真左側が進行方向である。進行方向左側に体重をかけているので、タイヤが左方向を向いている。したがって、ボードが左右に傾いても、後輪の駆動用タイヤは常に地面に接触するような構造としている。具体的には、防振ゴムを利用して、車体が傾くようにしてある。

5. 駆動部の設計・製作

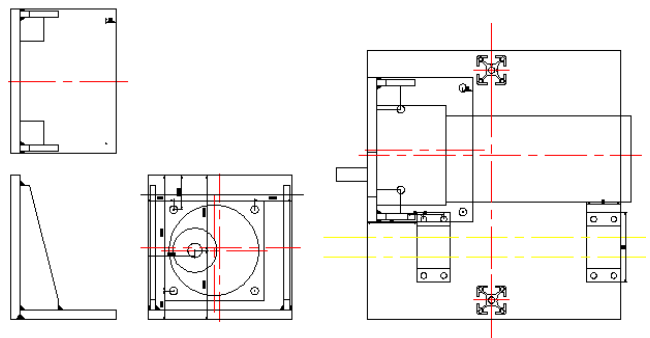


図4 駆動部の設計図

図4は、駆動部の設計図である。モータやベアリングホルダなどの寸法測定をした後に CAD で図面を描き、各部品の配置を決めた。モータとタイヤの駆動部は、アルミ板の切断などをし、穴あけ加工は歯車の微調整ができるようにそれぞれの穴径より 1 つ大きいサイズの穴をあけた。また、ブラケットにモータを通すために位置決めをし、穴をあけた。さらに、振動・落下対策のため、ワッシャーやスプリングワッシャーを各部に使用し、アルミ板は使用者の安全を考えて面取りをおこない角は保護材で周りを囲んだ。

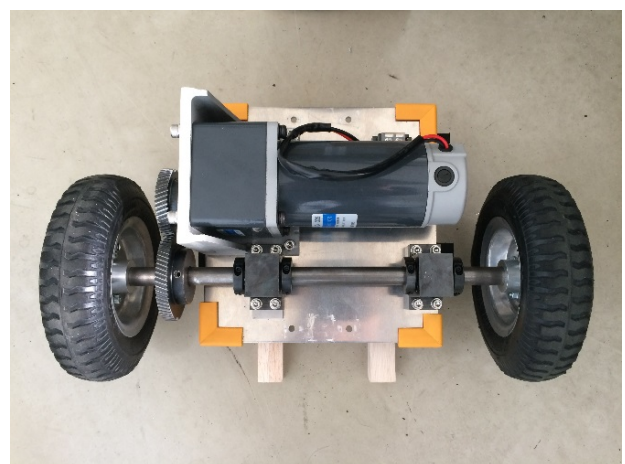


図5 駆動部の完成図

図5は、駆動部の完成図である。それぞれの各部品を固定しているアルミ板は、250Wモータのトルクや積載重量を考慮した結果、厚さ 5mm、縦 280mm×横 270mm の大きさを使用している。ア

ルミフレームはボードに固定するための防振ゴムと、M8 のねじで固定した。また、走行中にシャフトと歯車のかみ合わせがずれないようにベアリングホルダの両端にセットカラーを使用している。タイヤについては購入時にベアリングが付いていたため取り外し、そこへフランジ形シャフトホルダを取り付けたことにより動力を伝えている。

6. 制御部の設計・製作

主な構成は、スイッチ、H8 マイコン[®]、モータ駆動回路、正逆転回路の4つである。

◎スイッチ

人が乗る物なので、安全性や操作性を考慮してグリップスイッチとモメンタリスイッチを搭載したスイッチを選定した。

グリップスイッチとモメンタリスイッチの接点がONのとき、40 s 後に最高速度まで加速し始める。また、グリップスイッチの接点がON、モメンタリスイッチの接点がOFFのとき、20 s 後に停止するように徐々に減速する。また、グリップスイッチの接点がOFF、モメンタリスイッチの接点がONのとき、4 s 後に停止するように急減速する。

出力はグリップスイッチのブレーキ、モメンタリスイッチのブレーキ、加速の順に優先するプログラムにしてある。また、ブレーキ中に加速信号を出すと再加速できる。図6にスイッチによる動作の関係を示す。

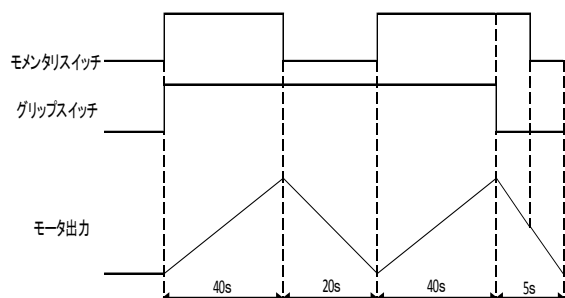


図6. 入力と出力の関係

◎H8 マイコン[®]

授業で取り扱っていたマイコンで、PWM信号など必要な機能を搭載し、取扱いが容易なH8 マイコンボードを選定した。

◎正逆転回路

図7に正逆転回路を示す。モータ駆動回路からモータに接続する箇所正逆転回路を組み込んだ。トグルスイッチと4極端子台を図7のように接続することによりモータを正逆転させることができる。

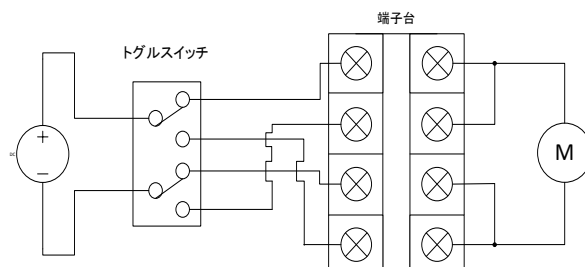


図7. 正逆転回路

◎モータ駆動回路

図8にモータ駆動回路を示す。マイコンからPWM信号を出力し、フォトカプラを通してモータを制御するようにしている。

マイコンとモータ駆動回路をフォトカプラで接続することにより互いの回路が絶縁されモータ駆動回路が破損してもマイコンに影響が出ないようにしている。

モータに並列接続されているダイオードは還流ダイオードで、ブラシ付きDCモータで発生する逆起電力による IGBT の破損を防止するために接続した。

トランジスタは電流駆動の素子であるため、PWM制御に不向きである。電圧駆動で、動作速度が速く、十分に必要な電流を流せ、かつ損失が小さい IGBT を選定した。

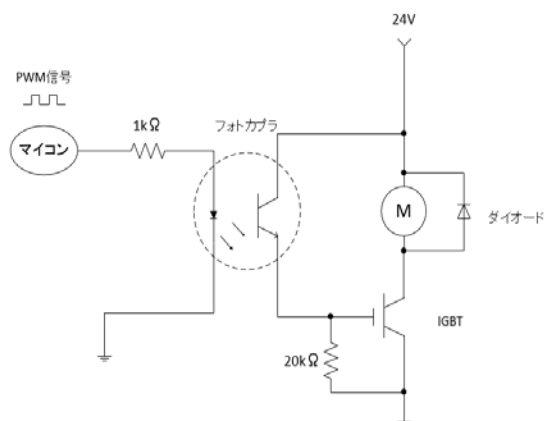
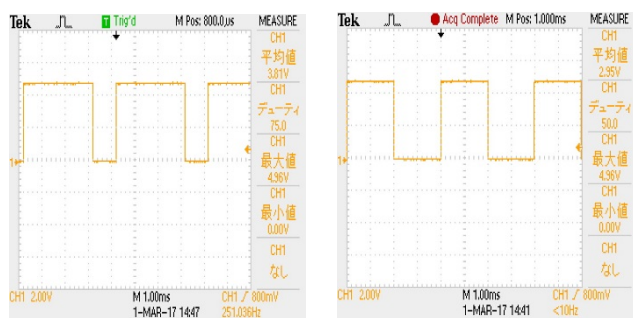


図8. モータ駆動回路

◎PWM制御の原理



(a) 75%

(b) 50%

図 9. PWM波形

ブラシ付きDCモータは、モータに印加する電圧により回転数が可変する。

ブラシ付きDCモータの代表的な可変速制御法にPWM制御が用いられている。

PWM制御とは、周期は一定で、パルス幅を可変させることで平均的な電圧を可変させる制御法である。

その他の利点として、回路の最大電圧と最小電圧をスイッチングすることで、IGBTでの損失を小さくしている。

図9はデューティ比が50%の時と75%の時のPWM波形である。

表1にデューティ比と回転数の関係を示す。

無負荷時のモータとタイヤの回転数をそれぞれ実測した値である。

表 1 デューティ比と回転数

デューティ比 [%]	モータの回転数 [min-1]	タイヤの回転数 [min-1]
0	0	0
25	509	373
50	585	430
75	610	448
100	624	458

◎プログラム

図10は、PWM信号生成の考え方を示した図である。以下に流れを示す。(GRAは0を出力するタイミング、GRBは1を出力するタイミングの設定値)

- ① タイマのカウントがスタートすると、カウントの数値とGRBを比較しながらカウントする。
- ② GRBのコンペアマッチが成立すると出力が1

になる。

- ③ カウンタの数値とGRAを比較しながらカウントする。
- ④ GRAのコンペアマッチが成立すると出力が0になる。またカウントの数値を0にリセットし、カウントを再開する。

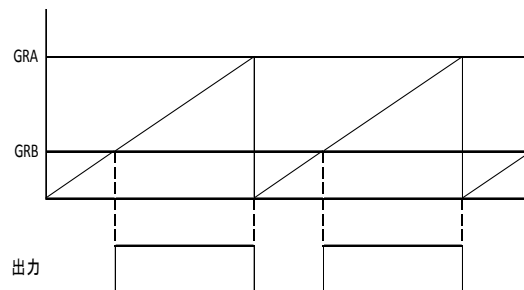


図 10. PWM信号発生

7. 評価

設計仕様である最高速度 18km/h に対して 12km/h は達成できた。さらに速度を上げるにはギヤ比の構成や回路素子の再選択が必要である。

また、傾斜が急な坂道や舗装されていない場所で走行するとモータの逆起電力により、還流ダイオードに定格を超える電流が流れ、IGBTと一緒に破損した。

改善策として、モータに流れる電流を検出する電流センサを設置し、大電流が流れた際にプログラムの割り込みでPWM信号を止めるようにする方法がある。また、スナバ回路を回路に組むことで逆起電力を打消し、回路の破損を防ぐ方法がある。

アクセルなどを使ってA/D変換で速度設定できるようにすれば、より滑らかに加減速が可能であると考えられる。図11は電動マウンテンボードの完成図を示している。



図 11. 完成図

車高・・・300mm	車幅・・・500mm
車長・・・930mm	重量・・・23.6kg

課題実習「テーマ設定シート」

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		電動マウンテンボードの設計・製作	
担当教員		担当学生	
○電気エネルギー制御科 図師 史貴			
課題実習の技能・技術習得目標			
電動マウンテンボードの製作を通して、設計、製作及び組立・調整等の総合的な実践力を身に付けるとともに、機構部の設計・製作及び電気回路部の設計・配線を通して、実践的なシステム設計技術、回路設計技術も身に付けます。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
センサやパワー回路などの電気回路を設計・製作するとともに機械的な可動部を持っているため、「モノづくり」の面白さや発展性を理解するとともに、スケジュール管理や安全対策等の重要性を認識します。			
実習テーマの特徴・概要			
モータやセンサの選定から、それらを駆動するための回路設計・機構設計・製作を行います。また、駆動部分の設計には学生のアイデアを採用し、駆動する機構を製作してもらいます。また、完成後は各種性能評価試験を行い、報告書を作成します。			
No	取組目標		
①	モータ駆動の目的・原理・特性・制御法を理解する。		
②	省エネや安全も意識した電気回路設計、制御回路設計を行う。		
③	駆動部の機械的設計、製作、組立てを行う。		
④	システムとしての安全面を検討し、必要に応じて安全部品の追加を行う。		
⑤	期間・工程の区切り毎に、進捗管理や各パートの調整（ハード面、時間など）を行う。		
⑥	5 S（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	取扱説明書及び報告書の作成を行う。また、発表会においては制限時間一杯に分かりやすい説明を行う。		
⑧	実習の進捗状況や発生した問題等については、逐次担当教員へ報告・連絡・相談する。		
⑨			
⑩			