

「創造・発見 ものづくりと創作活動」における 電動カー駆動部の製作

Reconstruction of electric vehicle controller in the lecture “Exercises for creation and Invention”

恩田 一*
Hajime ONDA

Abstract: Reconstruction of electric vehicle (which is so called Senior Car, here) controller by students in the lecture “Exercises for creation and Invention” is described. Six students joined the theme and tried to fabricate an electronic control circuit to drive a D.C.motor of the senior car. Students hesitated to start working at first, gradually work well and completed to reconstruct the controller for the senior car. The processes, results and some problems of the lecture are documented.

Key word; reconstruction, senior car, “Exercises for creation and Invention”

1. はじめに

本学では「モノから入る教育」をスローガンとして、ものづくり教育を重要視した教育を心掛けているが、その一貫として選択科目に「創造・発見」がある。本報告は「創造・発見」における「ものづくりと創作活動」の中のテーマとして電動車（具体的にはシニアカー）の電気駆動部を学生が設計・製作した電子制御回路により構築し、実動させることを試みた結果報告である。

このテーマは2008年度に開始した。当初は、エンジン自動車の学生フォーミュラに電気自動車関連（当時はハイブリッドカー）が参加することを前提に、これに参加できる学生の育成を目的にしていた。そのため、テーマ内容も学部1、2年生の電気電子技術の初心者を対象に、パワーエレクトロニクス技術を応用して小型モータを動作させることにより、基礎的な知識・技術を身につけることを主眼とした。その後、学生フォーミュラへの参加はハイブリッドカーではなく「電気自動車（EV）」となった。

2009年度は、この科目への参加学生も増えたので、上記EVフォーミュラを担当できる学生の育成を視野に入れつつ、基礎的教育に重心をシフトした活動を目指した。

2. 教材を「シニアカー」にした理由

電気電子工学科では学科象徴物としてEVカー（愛称；お理工カー（Intelligent Car））を2台所有しており、その内1台を改造用と考えている。筆者は、その電気駆動部（モータとドラーパー）の改良を意図して種々検討したが、改造には非常に多くのマンパワーと、それ以上に専門の知識・技術が必要なことを痛感した。従って、学生が授業で取り組むには、もっとずっと構造が簡単で取り組みやすい

教材を対象とすべきと判断した。電動シニアカーは構造が簡単で、低速で走行するため、安全面での危険性もすくなく、本テーマの教材として適している。

3. シニアカーの構造と学生の取り組み範囲

3.1 シニアカーの解体と構造調査

本テーマへの参加学生は6名で、内訳は電気電子工学科2年生5名（内女性1名）と物質生命科学科1名（女性）である。2つのグループに分け、グループ単位で活動させた。この時、女性は同じグループを希望したので、グループ構成は2名グループと4名グループになった。

シニアカーの構造を理解させるべく、中古のシニアカー2台を購入して解体・調査させた（図1）。この時、構造のスケッチや確認用の写真撮影、主要部の電気配線図を描く等の作業により、理解を高めた。



図1 構造の調査風景

2010年3月5日受理

* 理工学部 電気電子工学科

3.2 シニアカーの構造と学生の担当部分

一般的なシニアカーを図2に示す。3輪または4輪の台車上に椅子とハンドルが設置されており、椅子の下のカバーされている部分にバッテリー、コントローラ、充電器が装備されている。



図2 シニアカーの全体写真

モータからの動力伝達部は、図3に示すように、モータからデファレンシャルギヤを介して直結されており、変速機等はないので取り扱いやすい。ただし、停止時にはモータがフリーランしないように常時オン（無電圧でロック）の電磁クラッチがあり、走行時には電磁クラッチに通電して、クラッチ解除する必要がある。ブレーキは手動のワイヤ（機械）式であり、コントローラとは独立である。

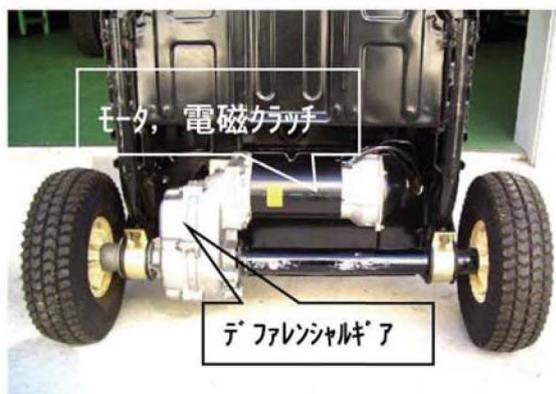


図3 動力伝達部

コントローラは図4に示す様にヒートシンクを兼ねたアルミダイキャストのケース内に密閉状態で収納されている。左端にあるパワートランジスタ（パワーMOSFET）の冷却タブ（ドレイン電極）はアルミ板に取り付けられて、さらにアルミケースに取り付けられ、冷却機能を持たせている。アルミケースは制御基盤を取り外した後も再利用が可能である。速度制御はパワートランジスタの通流率制御（通称PWM制御）による電圧制御である。前進と後退はパワートランジスタのHブリッジによる正負電圧制御である。



図4 製品コントローラ部

以上の調査結果から、本テーマでは下記のように取り組むことにした。

- ①モータ部分（車輪）を動作させることを主眼とする。
従って、充電器や方向指示器等の他の電装品は取り扱わない。
- ②上記①のためのコントローラ部分を独自に設計・製作して実動させる。ただし、簡単のために前進・後退の切り換えは無し（前進のみ）とする。
- ③コントローラのケースは取り付けのこともあって、現行製品のアルミケースを再利用する。速度調整器も現行製品のもの（ハンドル部に取り付けられた可変抵抗器）を利用する。

4. 設計と製作

4.1 コントローラ回路設計

学部生2年生4月時点で、この種の回路設計は不可能のため、設計図は担当教員が作った。余分な回路は極力減らして、必須部分のみを製作することにした。回路図を図5に示す。モータ駆動部（主回路）はパワーMOSFETを用いた通流率制御チョッパ回路で、パワーMOSFETの電流量の点から2素子を並列にして電流量を増やした。逆転（後退）の機能は有していない。通流率制御回路は、三角波と制御信号を比較して得る方法で、オペアンプを使って構成した。信号用電源を簡素化するためにオペアンプは単電源で使用できるMAX478とした。

オペアンプ等の信号源回路を動作させるために、バッテリー電圧を安定した信号源用電圧にするためにDC/DCコンバータを利用している。

電磁クラッチの制御はコントローラからはしないで、コントローラへの給電用ブレーカをオンすることで電磁クラッチが解除するようにした。交流と違って直流電流は遮断し難いので、このような直流回路に使用するブレーカは特殊な直流用ブレーカを使う必要がある。

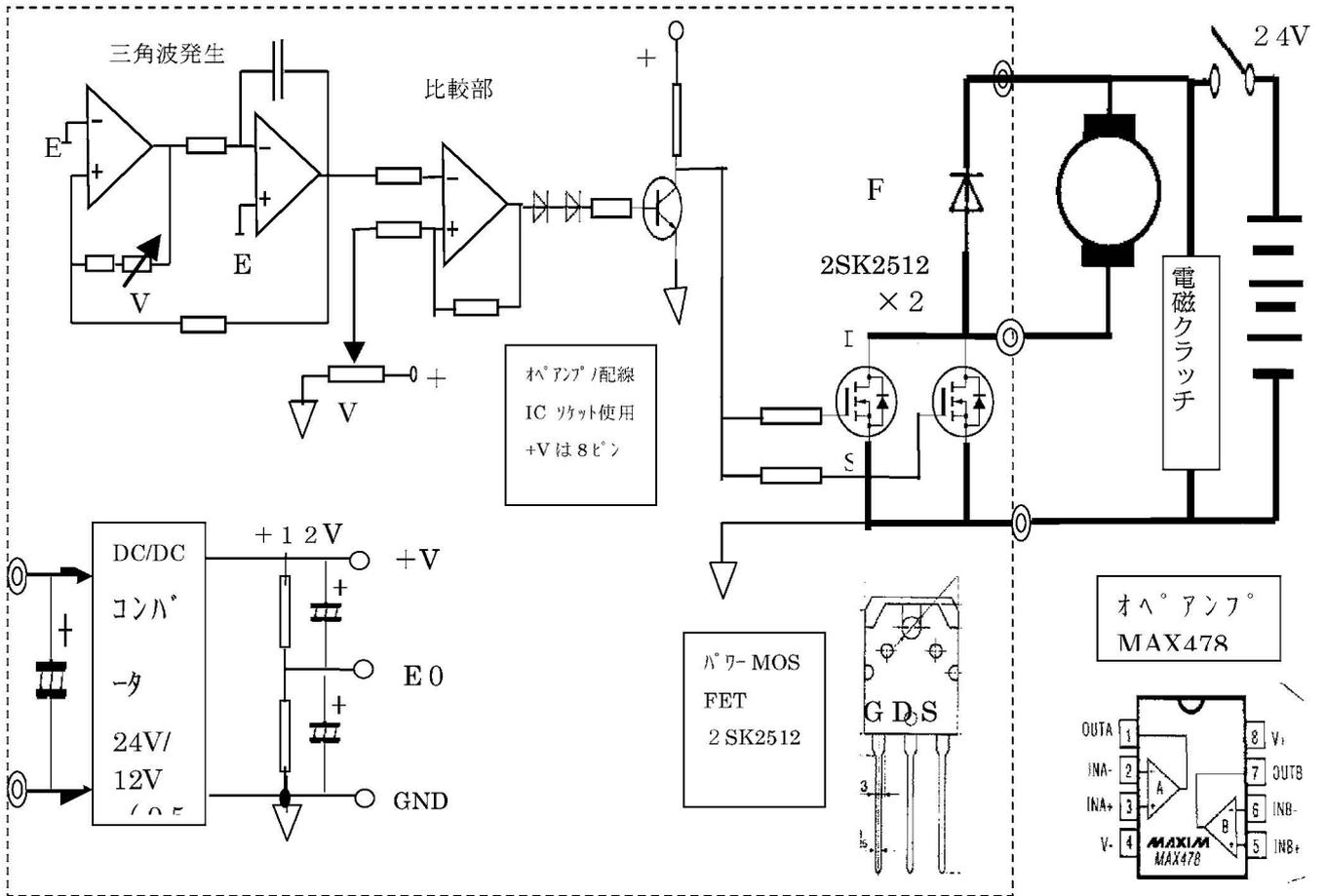


図5 コントローラ回路図

4.2 コントローラ回路製作

図5の回路図をもとに、学生に電子回路基板の製作をさせた。部品配置・回路組み立て・配線(半田付け)は夢創造ハウス2階で行った。電子回路部品の大半は夢創造ハウス2階の電子部品置き場にある物を自分で探して利用させた。2グループの内、2名のグループ員はいずれもこれまでに回路製作の経験があったため、着手も手早く、独自に回路製作を進めることができた。一方、4名のグループは全員電子回路製作未経験で、回路部品の配置さえも中々手をつけられず、スタートが随分遅れた。回路製作や半田付けは経験や技術が必要で、少しでも経験しておくことがよく解かった。1枚の基盤への半田付け作業は1人のみの作業になるため、他のグループ員の役割分担を明確にして、分業させることが必要である。リーダーを決めてその役割分担を任せましたが、1グループ4名は多すぎた。特に、女性の役割分担が少なく、無駄話に走ってしまうことが少なくなかった。

回路製作に対しては、事前にモータ制御の基礎知識等の説明(講義)はしたものの、自分で参考書を読んで勉強する等の姿勢は見られなかった。ものづくりをやらせるとものづくりのみになってしまい、途中で講義的なものを意識して組み込む必要がある。

理解度が進み、作業が進んでくると学生も積極的に行動するようになり、個人差はあるものの、所定の講義時間以外にも自主的に作業するようになった。所定のコマ数15コマに対して25コマ程度参加した学生も少なくない。大学祭での展示や報告会に向けて真剣に取り組む様子も見られた。

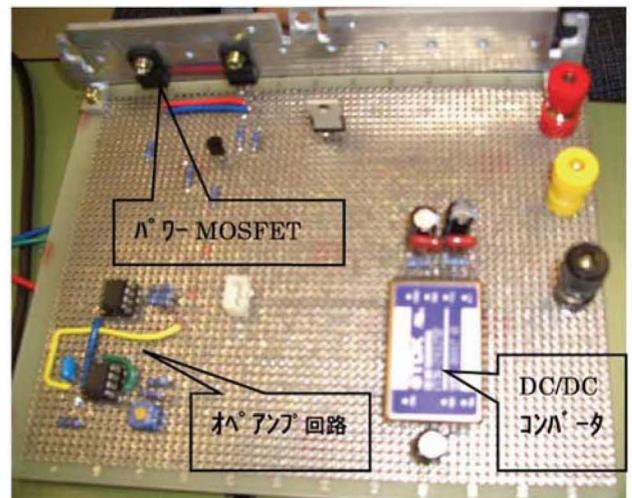


図6 学生が製作した回路基板

学生が製作したコントローラ基盤の一つを図6に示す。配線は裏面で行っているため、すっきりした基盤面になっている。上部にパワーMOSFETが基板上に半田付けされ、アルミ板放熱板が取り付けられている。主要部品はオペアンプとDC/DCコンバータで、プリント基板はかなり面積的余裕があり、半田付け作業はし易かったはずである。

基板を本体に取り付ける前に基板単体での動作試験を行った。まず、シニアカーのモータよりずっと小さい小型モータを準備し、これを回転制御させた。電子回路の動作信号波形をオシロスコープで監査し、各部の実際の動作を理解させた。このときに、何ら問題なく、うまく動作してしまうより、何らかの不具合により動作せず、その原因の追求と解決策を考えさせることが重要である。動作不良は絶好のチャンスであると認識すべきである。色々紆余曲折の上、机上での動作は終わった。この回路基板を図4のアルミケースに収納して、シニアカー本体に組み込んだ。



図7 車体に組み込んだコントローラ

学生が製作したコントローラを車体に組み込んだ様子を図7に示す。中央の白いアルミケースの中に電子回路基板が納められている。左端のつまみがついたBOXは速度調整器で、この中の可変抵抗でモータへの印加電圧を制御する信号電圧を調整するもので、もともとシニアカーに付いていたものを利用している。

次は実機での動作確認であるが、安全上からまず車体をリフトアップして、走行できない状態で動作させた。実機モータでの動作はモータの電流容量やインダクタンスの大きさが机上実験した小型モータとは比較できないほど大きいため、机上実験とは大違いであることを認識させる必要がある。机上でうまくいっても実機ではうまくいかないことが多々ある。今回もスイッチングによるスパイクサージ電圧でパワーMOSFETが壊れることがあったが、サージキラー回路を強化することにより解決した。リフトアップの空運転状態で正常な車輪の回転が確認できたら、補助具を使って車輪に少し負荷をかけ、モータ電流等を確認し

て負荷状態でも正常動作することを確認した。

組み込み、調整が完了したシニアカーを図8に示す。平地や教員駐車場西側の坂道を実際に乗車して運転しても異常なく走行できることを確認できた。報告会では乗車運転した時の動画を再生して実際の動作を披露した



図8 組み立てたシニアカー

5. まとめ

2年間担当した結果の第1印象は、“大変手がかかる”である。理由はまず、このような電子回路づくりのインフラ環境が不十分で、部品、工具、材料等をその都度準備（探し回る）する必要がある。ほとんどが、自分の研究室からの調達で済ませている。次に、学生が自主的に進められるようになるまで待つのに大変忍耐が要る。マニュアルを作ってそのとおり実施させたり、手取り足取りやる方がずっと楽である。少々アドバイスはするが、じっと我慢して待つのは大変な忍耐が必要である。

それでも今年はシニアカーを動かせるまでになり、次第に成果が目に見えてきたように思われる。動くもの、特に自分が乗って動作させ得るものは大変学生の興味を引くため、テーマとしては良いテーマである。このテーマを経験・完了した学生が次の年度のリーダーになって、もう少し上位レベルのテーマに繋げるような仕組みができると担当教員の負担も低減し得ると思われる。

参考文献

- 1) 恩田 一；“マイコンによる電気自動車用モータ駆動システム”，静岡理工科大学紀 Vol.16,P1-6(2008年)
- 2) スズキ；“シニアカー取り扱い説明書”