

テクノフロンティアセミナー (TEFS2012)

「リモコンカーを作る～メカトロニクスとプログラミング入門～」

の企画・立案と実践

澤木弘二

名古屋大学 全学技術センター 工学系技術支援室 装置開発技術系

1. はじめに

近年,若い人たちの理工系離れが指摘され,各所で理科に対する啓発活動が行なわれている。しかし,これらの多くは小中学生を対象としたもので,理科の楽しい実験や工作に重点が置かれている。一方,高校生を対象にした活動はあまり活発ではない。これは小学,中学,高校と進学するにつれ科学技術への興味が削がれているように見える。身の回りには携帯電話,パーソナルコンピュータ,テレビなど情報・家電機器があり生活するには切っても切り離せないものになっている。これら機器があまりにもブラックボックス化されて身近にありながら魅力を感じさせない分野になっていることが原因と考える。このことを踏まえた取り組みについて紹介する。

本年度7月27日,名古屋大学工学部,公益財団法人 KDDI 財団主催でテクノフロンティアセミナー (TEFS2012) が開催された。このセミナーは「一触れてみよう,電子と情報の最先端に」を掲げ,電気電子・情報分野に進む若者を一人でも多く育てようと平成7年より実施されている。対象者は高校生で,産業界と関わりが強いテーマを設定し,大学における研究の面白さを体験し,電気電子・情報分野に興味を持ってもらうことを目的としている。本年度は6テーマの実験があるうちの1テーマに「リモコンカーを作る～メカトロニクスとプログラミング入門～」(図1.)を企画・立案し実施まで行なった。この実験テーマで考えた幾つかの教育的要素を中心に企画・立案から検討課題までについての報告を行なう。

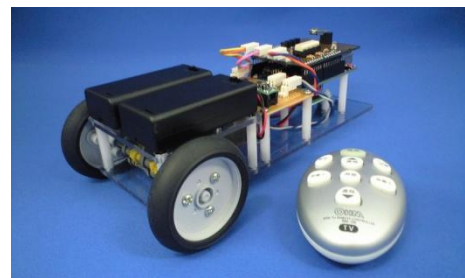


図1. リモコンカー

2. リモコンカーの企画・立案

今回の実験テーマを決まるにあたっては約10ヶ月前より企画・立案を始め,何よりも教育的要素を多分に含んで理解する面白さや完成したときの達成感が味わえるテーマにしたいと考えた。しかしながら,新規テーマの立ち上げ予算としては十分な費用がなく,数年前まで行っていたライントレーサからの資材等を活用し発展させた実験ができないかを考えることとなった。そこで,平成21年度機器・分析技術研究会実験・



図2. 試作リモコンカー

実習技術研究会 in 琉球で発表を行なった赤外線受信モジュールを使用し、受信信号を処理して車を動作させればライトレーサの資材も有効に利用できると考えた。また、平成 23 年 12 月 27 日 文部科学省指定コア SSH 事業「科学三昧 in あいち 2011」にて試作リモコンカー（図 2.）を紹介し、十数人の高校生に決められたコースをリモコン操作で一周してもらい、電子回路やプログラムの問題点の洗い出しも行なった。

3. 実験の概要

我々の身の回りでは自動車や航空機から洗濯機や扇風機に至るまでさまざまな「動く」機械が活躍している。これらの機械の多くはコンピュータやさまざまなセンサなどの電子回路によって制御されており、このような機械工学(Mechanics)と電子工学(Electronics)を組み合わせた技術は「メカトロニクス」(Mechatronics)と呼ばれる。ここで製作するリモコンカーはメカトロニクスの要素を含んでいると考える。

リモコンカーは玩具用のモータとギアボックス、タイヤ、小型のマイクロコンピュータ「Arduino」、赤外線受信モジュール、電池などからできており、制御は赤外線 TV リモコンから送られたデータ信号を赤外線受信モジュールが受け、その信号をマイクロコンピュータ内で読み取り、保存、処理し車体の進行方向を決める。

全く同じ性能の車両運転ではアクセルやハンドルさばきの上手下手があるが、リモコンカーは自分自身にあったチューニング（制御）を行うことで困難なコースでも速度を落とさず攻略することができる。プログラミングで調整を行なわせ、コース一周を何秒で走れるかを競わせることとした。

4. 実験の実施内容

実験の進め方としては下記の 4 つになり、それぞれについて説明を行なった。

(1) 赤外線 TV リモコンから送られてくるデータ信号の測定

赤外線 TV リモコンのデータフォーマット(信号の様式)は、コードと呼ばれる一連の符合になっており、その多くは制御される側の機器を区別するカスタムコードないしデバイスコード(固有の識別子)と、各々の動作を指定するためのデータコード(例えばテレビなら「電源を切り切りする」や「チャンネルを切り替える」など)の組み合わせか

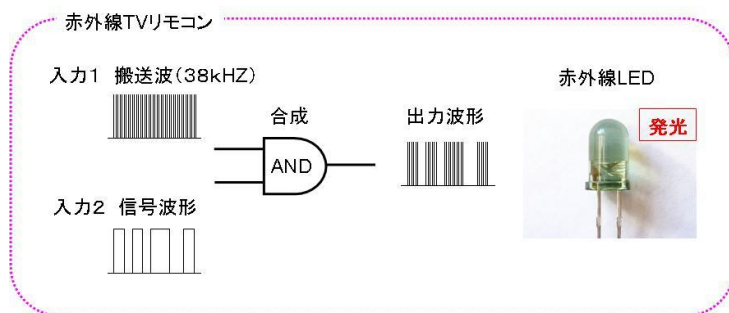


図 3. 赤外線 TV リモコンのイメージ

ら成っている。そしてリモコン側のボタンを操作すると、カスタムコードとデータコードが一連の信号となって発信されるよう設計されている。現在ではほぼ NEC フォーマット、家製協フォーマット、SONY フォーマットの 3 種類のフォーマットに集約されている。

今回、送信に使用する赤外線 TV リモコンは NEC フォーマットのものであり、リモコンカーに取り付ける赤外線受信モジュール(受信側)で 16 ビットのカスタムコードと 8 ビットのデー

タコードとその反転コード8ビットを組み合わせた16ビットの信号をオシロスコープで観測した。(図3.)

(2) リモコンカーの組み立て製作

図4は、リモコンカーの動作イメージを示す。リモコンカーを動作させるためには主に三つの部分から成り立っている。それらはリモコンカー本体の機械部、マイクロコンピュータが載る電子回路部、マイクロコンピュータのためのプログラムを開発するパーソナルコンピュータ(パソコン)である。パソコンでプログラムを開発し、そのプログラムをマイクロコンピュータに書き込みを行えば、リモコンカーはリモートコントロール動作が可能となる。

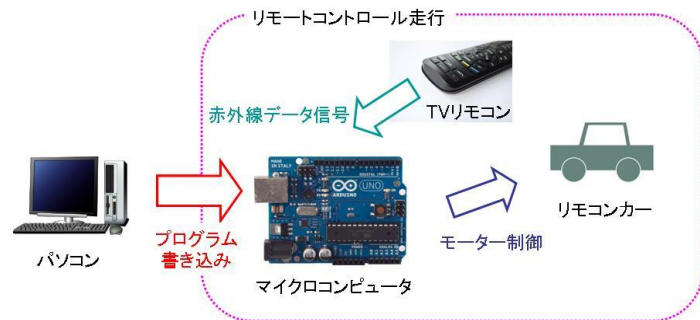


図4. リモコンカーの動作イメージ

リモコンカーは、次の部品を用いて機械部の組み立てを行なった。

①リモコンカー本体の機械部

リモコンカーは、次の部品を用いて機械部の組み立てを行なった。

- ・ダブルギアボックス(左右独立4速タイプ)、
- ・ナロータイヤセット(58mm径)、
- ・ボールキャスタ、
- ・塩ビ車体プレート、
- ・塩ビ電池プレート

②マイクロコンピュータが載る電子回路部の構成部品

a. 昇圧回路

今回は単三電池2本3V2セットで2つの昇圧回路を使用することとした。1つはマイクロコンピュータの起動電圧が最低6V以上必要であるために昇圧し、もう1つはモータ制御のためのモータドライバの電源用とした。昇圧回路はコイルに一度電流が流れると流し続けようとする性質を利用して高電圧を作り出していることをテスターで確認させた。

b. フォトカプラ

DCモータは回転子(電機子)と励磁コイルまたは永久磁石からできている。それはコイルの電磁石の特長をフルに使ったもので、モータを回した後、スイッチoffして止めると、止めた瞬間に高電圧を作り出し余計に流そうとする。また、構造上ブラシとコミュテータによる機械式接点があることで電氣的ノイズを生み出し、これらはマイクロコンピュータに悪影響を及ぼす。今回はマイクロコンピュータ側とモータドライバ側を分離するために発光ダイオード(LED)とフォトトランジスタから構成されているフォトカプラを使い電気信号のやり取りを行なわせ、マイクロコンピュータの信号がフォトカプラの出力側に出ているかをテスターで確認させた。

c. モータドライバ

マイクロコンピュータから出力される信号は非常に微弱で、LED程度なら点灯させることもできるが、モータなどはピク

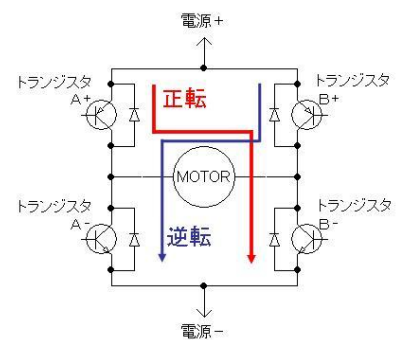


図5. Hブリッジ回路

りとも動作しない。そのため、コンピュータでモータを制御する場合には、アンプ（増幅器）などで電流を増幅することが必要となる。今回はモータドライバを使用して DC モータを回転させることとした。モータドライバはコンピュータなどから制御しやすいように、制御回路とアンプを内蔵している。モータドライバの出力段にはトランジスタを 4 つ 1 組で構成した「Hブリッジ回路」があり、この回路によりモータを正転・逆転することができるようになっている。

図 5 の Hブリッジ回路より、トランジスタ A+ とトランジスタ B- に制御信号が入力されると電源+から電源-に電流が流れ、これによりモータが回転する。この回転方向を正転とした場合、次にトランジスタ B+ とトランジスタ A- に制御信号を入力するとモータに流れる電流は正転とは逆向きからの電流が流れることになり、モータは逆回転で回ることの説明を行なった。

(3) リモートコントロールのためのマイクロコンピュータ用プログラムの設計

リモートコントロールのための車体の制御は、車体に搭載した赤外線受信モジュールからのデータ信号をマイクロコンピュータで読み込み、マイクロコンピュータはそのデータ信号からモータを制御する。モータを制御するにはマイクロコンピュータにその動作方法をプログラムという形で教える必要がある。

今回プログラムの開発には、「Arduino（アルドゥイーノ）」と呼ばれるコンピュータ・システムを用いた。Arduino はイタリアで発案・開発され、Atmel 社（米国）AVR ATmega 328P マイクロコンピュータを載せたボード（基板）とプログラム言語やプログラムを開発するソフトウェア（Arduino IDE）を含めたものの総称をいう。

リモートコントロールとは、「遠隔操作、遠隔制御」なので、車の舵取りをどのように行なわせるかが重要となる。今回の実験で製作するリモコンカーは車輪が 3 つあり、全方向に動作可能なボールキャスタと、左右それぞれ独立に駆動する 2 輪となっている。赤外線受信モジュールからのデータ信号で、後者の 2 輪のモータの回転を正転・逆転することで車体の進行方向を変えるとともに左右のモータの回転を変えている。

① Arduino IDE

今回のプログラム開発においては、実験に必要なプログラムのひな形を用意し、各自に合った遠隔操作がしやすい制御プログラムの完成を目指した。また、Arduino IDE についても説明を行なった。

Arduino IDE はプログラム開発のことをスケッチといい、スケッチはコメント部（/*から*/まで、//から改行コードまで）とそれ以外のスケッチ部から構成されている。コメント部（メモ等）以外のすべてのスケッチ部がプログラムを実行する部分となる。スケッチ部は「関数」でできて、関数の内容はカッコ{}で囲み、関数の内容に様々な処理を記述する。処理には値の代入、演算、条件分岐などがあり、関

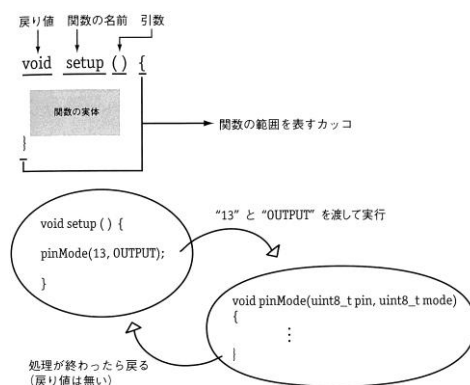


図 6. 関数のしくみ

数は他の関数から呼ばれることで実行され、呼ばれた関数は、すべての処理を実行すると元の関数に戻る。実行の際に、呼ぶ関数と、呼ばれる関数との間で、データの受け渡しをすることがあり、呼ぶ関数へ渡すデータを「引数」といい、呼んだ関数に渡すデータを「戻り値」という。引数や戻り値のない関数では「空」を意味する「void」を代わりに記述することとなる。(図 6.)

②モータ制御

モータ制御については、赤外線 TV リモコンから送られてきたデータ信号 32 ビットの中の反転コード 8 ビットを「code」という変数に値として記憶させ、赤外線 TV リモコンからデータ信号が送られてくるたびに code へ上書きされて code の値は変わることとなる。モータを動作させるには、code の値がモータを動作させたい値と同じものが入力されたのか判断し、同じであればモータを動作させ、違っていれば次のプログラムへ進ませる。ひな形の左旋回を例にとると、プログラム中の左旋回の登録値と code の値が一致した場合、モータドライバの出力 (CW,CCW) を「HIGH」か「LOW」にし、左右それぞれのモータの回転方向を決めて、次にモータへの出力電圧を調整する。ここでは左右のモータへ 0V から 3V までを 255 分割して 2 ミリ秒ごとに電圧を上下させていくことができるようにした。

```

sketch_dec13b
/* 左旋回の実行 */
if (code == 001100111){
  digitalWrite(CW1, LOW); // sets the CW1 off
  digitalWrite(CCW1, HIGH); // sets the CCW1 on
  digitalWrite(CCW2, HIGH); // sets the CW2 on
  digitalWrite(CCW2, LOW); // sets the CW2 off

  /* PWMのカウントアップとダウン */
  for (j = 100; j > 80; j--){ // PWMのカウントダウン 100から80までループ//
    analogWrite(PWM1, j); // sets the PWM1 pin8 up
    delay(2); // 2ミリ秒停止
  }
  for (k = 100; k < 255; k++){ // PWMのカウントアップ 100から254までループ//
    analogWrite(PWM2, k); // sets the PWM2 pin10 up
    delay(2); // 2ミリ秒停止
  }
}

```

図 7. モータ動作のプログラムの一例

(4) リモコンカーのタイムトライアル

リモコンカーをコース上で走らせて、コース一周を何秒で回れるか計測を行なった。使用した計測器 (ストップウォッチ) は、赤外線 LED, 赤外線受信モジュールを使ったマイクロコンピュータによるもので、ゴールでリモコンカーが赤外線を遮断すると走行した時間が分かるようにした。

表 1. タイムトライアル結果

高校名	1 回目 (秒)	2 回目 (秒)
A	4:46:58	2:30:30
B	1:06:01	1:11:23
C	1:09:34	0:45:32
D	0:53:31	0:49:22

5. 教育的要素

教育的要素は、「目標」、「学習」、「研究」の 3 つであると考え、この実験テーマの企画・立案を行なった。この実験の目標は、当然ながらリモコンカーを自在にコントロールして走行させることが目標となる。学習は、実験内容で述べた下記の 4 つの項目を理解することである。

- (1) 赤外線 TV リモコンのデータフォーマット (信号の様式)
- (2) モータからの動力を伝える仕組みとギアの組み合わせでのトルクの違い
- (3) 電子回路の理解 (昇圧回路, フォトカップラ, モータドライバ)
- (4) プログラム開発

研究は、学習で行なったプログラム開発のプログラムの完成であり、自在に走行するリモコンカーにするにはハードウェアとソフトウェアのすり合わせで、より良いものを作り上げるには実践躬行しかないことを理解してもらうことが、教育的要素の中で一番重要と考える。

6. 実験の成果

アンケート結果より、実験について満足できたかの回答には大変満足、満足に全ての人が答えており、その理由は、「マイコンによる操作は初めてで面白かった」、「みんなで楽しみながら、かつ、わかりやすい実験ができたから」、「内容は面白かったけど実施時間が短かった」、「多くの機材を使ってわかりやすく行なってくれた」とあり、最も強く印象に残ったことは何かには、「赤外線の利用方法」、「プログラミングで思い通りに車を動かさせたこと」、「レースで良い結果を出したこととマイコンのプログラミングの仕方」



図 8. 実験風景

「先生たちと気軽に笑いあうことができ、面白い実験内容によって他校の方々とも親しくなれたことです。名古屋大学ではこれだけ気分がいい状態の講義が受けられるなら、厳しいことがあっても学力を上げて目指したいと思いました。」等の回答で十分な教育的成果が得られたと考える。(図 8.)

7. まとめと今後の検討課題

アンケート結果より、十分な教育的成果は得られたと考えるが、今回は同じ高校で二人ないし三人でグループになってもらっている。これはリモコンカー1台に対して受講者一人が製作しているのではないので、厳密に言えば実験の教育的要素を一人ひとりが十分に理解しているかは疑問である。また、この実験テーマへの希望者が多かったため、一高校から一人での申込者に対しては他の実験テーマに回ってもらっており、今後は、備品機材、購入資材の関係もあるが、実験過程をすべて一人でできるように製作台数を確保することが課題と考える。

8. 参考文献等

- (1) 河連庸子・山崎文徳・神原 健 著：
Arduino スーパーナビゲーション, リックテレコム
- (2) Arduino をはじめよう Massimo Banzi 著 船田 巧 訳, O'REILLY
- (3) arduino.cc arduino IDE の配布やコミュニティのトップページ <http://arduino.cc/>
- (4) 武蔵野電波 <http://www.musashinodenpa.com/>