奈良教育大学学術リポジトリNEAR

赤外線通信を用いたリモコンカーの開発と製作実践

著者	薮 哲郎, 谷口 義昭
雑誌名	教育実践開発研究センター研究紀要
巻	21
ページ	125-129
発行年	2012-03-31
その他のタイトル	Development of remote control car using infrared ray communication and its implementation by extension course
URL	http://hdl.handle.net/10105/8434

赤外線通信を用いたリモコンカーの開発と製作実践

藪　哲郎
（奈良教育大学　技術教育講座）
谷口　義昭
（奈良教育大学　技術教育講座）

Development of remote control car using infrared ray communication and its implementation by extension course

奈良教育大学　教育実践開発研究センター研究紀要　第21号　抜刷

2012年 3 月

赤外線通信を用いたリモコンカーの開発と製作実践

藪　哲郎
（奈良教育大学　技術教育講座）
谷口　義昭
（奈良教育大学　技術教育講座）

Development of remote control car using infrared ray communication and its implementation by extension course

Tetsuro YABU
(Nara University of Education)
Yoshiaki TANIGUCHI
(Nara University of Education)

要旨：筆者らは電気工作の教材として赤外線通信を用いたリモコンカーを開発した。本教材は送信機、受信機などほぼ全てを一から手作りするというユニークな教材である。この教材の製作を、2010年度より中学生向け夏休みの公開講座として実施している。講座は3日間かけて行う。本教材のようにユニバーサル基板上に組む電気工作の場合、完成したものが即座に動くことは希で、トラブルシューティング作業が必要である。1人の指導者が担当できる人数には限界があるので、本公開講座は定員4名という少人数で行っている。本論文では教材の内容について説明し、公開講座として実施した結果、工夫した点、苦労した点などについて述べる。

キーワード：電気工作　Electrical Hobby　リモコンカー　Remote Control Car
公開講座　Extension Course

1．はじめに

電気工作は中学校技術・家庭（技術分野）における実習項目として木材加工と並んで定番的に取り上げられる実習項目である。

現在、市販されている中学生向け電気工作の教材は二つに分類できるように思われる。一つは「原理が理解できる非常に簡単なもの」である。例えばスイッチを入れると電球が光るスタンドなどがある。この種の教材は簡単すぎて電気の面白さを十分に伝えられないという短所があるように思われる。もう一つは「動作原理は理解困難だが、出来上がったものは面白い」という教材である。例えば手回し発電機と太陽電池で充電するラジオ付LED懐中電灯などがある。この種の教材は、ハンダ付けの練習をするだけになってしまい、電気回路の理解につながらないという短所があるように思われる。

筆者らは「単純な回路で動作原理が理解可能であり、かつ面白い教材を作る」というコンセプトに基づいて本教材を開発した。本教材は送信機・受信機ともに回路は非常に単純であり、中学生は理解可能であると思われる。ただし、送信機・受信機ともにキーパーツはマイコンであり、マイコン内蔵プログラムの動作概要は理解可能であるが、プログラムの詳細はブラックボックスであるという問題は残っている。

本教材は、リモコンカーの車体にはタミヤ製のキットを使用するが、それ以外の送信機・受信機などの電気回路については「全てを手作りする」という特徴を持っている。通常の電気工作の教材は印刷されたプリント基板上に部品を配置してハンダ付けするだけなのに対して、本教材は与えられた回路図に基づいてユニバーサル基板（穴だけが開いている基板）上に組む。回路図に基づいて、配線レイアウト図を作成し、部品の配置、錫メッキ線による配線など全ての作業を受講生が自力で行う。

本教材を製作する講座を、中学生向け夏休みの公開講座として2010年度から毎年実施している。配線レイアウト図を電気工作の初心者が自力で作成するのは困難なので、公開講座においては、模範となる配線レイアウト図をあらかじめ与えた。それでも製作の難易度

はかなり高く、時間も必要である。

本教材のようにユニバーサル基板上に製作する場合、完成直後に正常動作する事は希である。配線ミスやハンダ不良などが発生し、1箇所でも不良個所があると動作しない。オシロスコープとテスターを使って不良箇所を特定するトラブルシューティング作業はある程度のスキルが必要である。受講生が自力で行うのは無理なので、トラブルシューティングは指導者が行う。1人の指導者が処理できる量には限界があるので、本講座の定員は4名という少人数である。また、講座は送信機の製作に1日、受信機の製作に1日、受信機の最終調整に1日の計3日間かける。

難易度がかなり高く、時間も必要なため、実施前は中学生には無理かも知れないという危惧があったが、これまでに受講した4名（2010年度は2年生1名、2011年度は1年生2名と3年生1名の計3名）は全員がリモコンカーの製作に成功した。

本稿では教材の内容、公開講座としての実施した結果、指導上の工夫点や苦労した点などについて述べる[1)]。

中学校では平成24年度から新学習指導要領が全面実施される。中学校技術・家庭科（技術分野）において従来は選択扱いであった「プログラムによる計測・制御」が必修となった。これに伴い、教材メーカの各社から様々な教材が発売されている。これらの中で圧倒的にメジャーな教材がライントレーサである。パソコン上でプログラムを組み、そのプログラムをライントレーサ上に搭載されているマイコンにUSBケーブルなどで送り込む。すると、ライントレーサがプログラムに従って動作するというものである。

市販教材のライントレーサがセンサーからの入力信号によってモータを制御するのに対して、本教材は人間がリモコンで操縦することでモータを制御するという点が異なるが、移動体に搭載されたマイコンがキーパーツであるという点で、類似した回路構成になっている。従って、本教材による学習は、ライントレーサ教材の原理の理解にも役立つものである。

2．教材の内容

2．1．リモコンカーの概要

赤外線リモコンを図1、受信回路を搭載した車体を図2に示す。車体は2個のモータを搭載しており、それぞれ左右の車輪を駆動する。

まず、リモコン（送信回路）について説明する。図1の赤外線リモコンはユニバーサル基板に直接スイッチが取り付けてある。本来はケースの中に収めるべきであるが、ケースの加工の手間などを省くため、このような形態にしてある。リモコンには左右2つのスイッチがあり、それぞれ左右の車輪に対応する。スイッチは「上に倒す」「下に倒す」「中央の位置で静止」の３つの状態を持ち、手を離すとバネの力で中央の位置に戻る。上に倒すと前進、下に倒すと後退、手を離すと静止である。図１の上部に見える２個のLEDが赤外線LEDである。

図１　リモコン（送信回路の表面）

図２　受信回路を搭載した車体

赤外線信号のフォーマットはNECフォーマットを用いる[2)]。各モータは「前進」「停止」「後退」の3状態を持ち、３状態を表すのに2 bit必要である。モータが2個あるので、送信機は4 bitを送信する。

受信回路を搭載する車体は左右の車輪を別々のモータで駆動できる機構が必要である。そのような機構を持つ市販キットの中で、最も安価でかつ組立時間が短くて済むキットとして、2010年度の公開講座では株式会社タミヤの「壁づたいねずみ基本工作セット」を用いた。2011年度は同製品が廃番になったので、後継機種であるタミヤの「壁づたいメカ工作セット（ねずみ）」を利用した。「壁づたいねずみ基本工作セット」はモータの取り付けなどの組み立て作業が必要なのに

図３　送信回路

図４　送信回路のレイアウト図の例

図５　送信回路の裏面

対して、「壁づたいメカ工作セット（ねずみ）」は組み立て作業がほとんど不要なので、後者の方が1時間程度時間を節約できる。図2は「壁づたいメカ工作セット（ねずみ）」を利用した2011年度のものである。

２．２．送信回路

送信回路の回路図を図3に示す。電源として9Vの電池を用い、三端子レギュレータ7805を用いて5Vを得る。100μF のコンデンサは電源の安定化と発振防止のためにある。2つのスイッチの状態をPICマイコン16F819の1, 2, 17, 18番端子で検出し、その状態に応じた信号パターンを10番端子から出力する。トランジスタ2SC1815はスイッチとして用いる。PICマイコンの10番端子の出力でトランジスタをon/offし、赤外線LEDであるTLN115を駆動する。

PICマイコンの6 ～ 9番端子に680Ωの抵抗とLEDが接続されているが、これはスイッチの状態を確認するためにあり、省略可能である。

この回路をユニバーサル基板にレイアウトするときの模範例が図4である。図中の破線は基板裏側の配線、一点鎖線はビニール線による配線を表す。回路図とレイアウト図は、ほぼ同形であり、理解しやすいと思われる。このレイアウト図に従って作成したのが図1であり、その裏面を図５に示す。

２．３．受信回路

回路図を図6に示す。電源として、マイコンや受光素子を駆動するための9V電池と、モータを駆動するための3V（1.5V電池を2個直列に接続）を用いる。9V電池で全てをまかなおうとすると、(1) モータのノイズが電源を介してマイコンを誤動作させる, (2) モータは電力を大量に消費するので9V電池が短時間で消耗する、という問題がある。

100μFのコンデンサは電源の安定化と発振防止用であり、0.1μFのコンデンサはノイズ防止用である。赤外線受光素子の出力をPICマイコンの18番端子で受け、モータドライブICであるTA7279Pを制御するための信号を10 ～ 13番端子から出力する。

TA7279Pは1個のICにモータ制御用回路（Hブリッジ回路）が2系統入っている便利なICである。モータを正転・逆転させるにはHブリッジ回路という構成が必要であり、自力で組むのは大変なので、ICを用いる。TA7279Pの14番端子にコントロール回路用の電圧を加え、5, 10番端子にモータ駆動用の電圧を加える。2, 3, 12, 13番端子に制御用の信号を加えると、モータ駆動用の端子である4, 6, 9, 11番端子からモータ駆動用の電圧が発生する。

TA7279Pは生産完了品であり、将来は入手不能になる。その場合は同等の機能を持つモータドライブICを使用する。そのようなICは多数あるが、例えばTA7291Pがある。

モータに接続されている0.01μFのコンデンサはモータのノイズを除去するためのものであり、これがないと、誤動作が多発する場合がある。

PICマイコンの6番端子に接続されている680Ωの抵

図６　受信回路

図７　受信回路のレイアウト図の例

図８　受信回路の表面

図９　受信回路の裏面

抗とLEDはPICの動作確認用である。

受信回路のレイアウト図の例を図7に示す。それに従って製作した基板の表面と裏面をそれぞれ図8と図9に示す。

３．公開講座の内容と実施結果

３．１．実施の方法

２章で説明した教材を中学生向け夏休みの公開講座として2010年度から実施している。３日間かけて製作する。

３．２．2010年度の実施結果

2010年度は募集案内をWebに掲載してから締切までの期間が3週間と短かった。受講料は保険料1000円、材料費1500円の計2500円に設定した。応募者は中学2年生1名のみであった。受講生が集まらなかったのは、告知期間の不足が要因だと思われる。

以下のような日程で実施した。

8/3（火）	10:00 ～ 12:00	回路の説明など
	13:00 ～ 17:00	送信回路の製作
8/6（金）	10:00 ～ 11:45	壁づたいねずみの製作
	12:45 ～ 17:00	受信回路の製作
8/9（月）	14:00 ～ 14:30	モータの配線と全体の調整

日程が連続していないのは、動作不良などのトラブルが講座時間内に解決できなかったとき、次に来学する日までに指導者が解決するためである。

送信回路の製作に４時間、受信回路の製作に約5時間（２日目４時間15分＋3日目30分）を要した。

送信回路は単純なので、トラブルシューティングは容易であった。一方、受信回路のトラブルシューティングは１時間程度要した。このトラブルシューティングは２日目と３日目の間に行った。トラブルの内容は、外見は問題ないように見えるが、内部で接触不良が発生していたハンダ不良が１箇所あったことであった。

受講者（１名）はハンダ付け未経験者であった。図９に示すように、受信回路の製作にはかなり細かい配線が要求されるが、問題はなかった。手先が器用な受講生であったと思われる。

３．３．2011年度の実施結果

2011年度は締切の約３ヶ月前からWebに募集案内を掲載し、費用は保険料約1000円のみとした。締切の１ヶ月前に定員４名が埋まったが、直前で１名のキャンセルがあり、３名で実施した。学年の内訳は、中学１年生が２名、中学３年生が１名である。

日程は以下の通りである。送信回路のトラブルシューティングは容易であることが1年目で判明した

ので、最初の2日は連続している。

8/1（月） 10:00 ～ 12:30 回路の説明など
13:00 ～ 16:00 送信回路の製作
8/2（火） 12:00 ～ 16:30 受信回路の製作
8/5（金） 10:00 ～ 12:00 モータの配線と全体の調整

上記のスケジュールは標準的な時間である。受講生の進度や個人的都合に対応して、適宜時間をシフトさせたりして対応した。製作所要時間については概ね上記の時間内に収まった。

2011年度に用いた「壁づたいメカ工作セット（ねずみ）」は製作の手間がほとんどかからない（20 ～ 30分程度）ので、１日目と２日目の間に自宅で作ってもらうことにした。１日目の製作が早く終わった人は、公開講座を実施した実験室で作ってもらった。そのため、2011年度の２日目は午後のみの実施となった（2010年度は2日目の午前に壁づたいねずみを作っていた）。

送信回路のトラブルシューティングは３人とも短時間で終わり問題はなかった。

受信回路のトラブルについて、以下受講生をH, K, Iと呼んで説明する。Hのトラブルシューティングは短時間で終わった。Kのトラブルシューティングには1時間半を要し、２日目と３日目の間に行った。Iのトラブルシューティングは短時間で終わり、２日目は動いたが、３日目に動かなくなるという現象が発生した。３日目のトラブルシューティングに20 ～ 30分要した。

KとIのトラブルの原因は「錫メッキ線を使わずにハンダを盛り上げてランド間を接続した」ことにあった。そのような箇所の一部で接触不良が発生した。

トラブルはあったが、3人とも完成させることができた。ハンダ付け技量の未熟により、細かい配線が出来ないという問題は2011年度もなかった。

３．４．まとめと考察

受講者はハンダ付け未経験者もいたが、全員が図9のようなかなり細かい配線を問題なくこなした。

送信回路は単純なので、不良箇所を特定して修正するのに大きな問題はなかった。

一方、受信回路は解決するのに時間を要するトラブルが発生した。最悪のケースでは1時間半程度の時間を要した。長時間のトラブルシューティングは講座時間外に行うので、２日目と３日目は連続させず、トラブルシューティング用の日を挿入することが望ましい。

１人の指導者が担当できる人数は４～５名が限界であると思われる。

本公開講座の難易度はかなり高いと思われ、中学生（特に１年生）には困難であることが予想されたが、これまでに実施した４名の受講者は問題なくこなした。その理由は、ハンダ付け未経験者も含まれていたが、本講座に応募してくる中学生はある程度「工作が好き」などの適性を持った生徒（いわゆる器用な生徒）であったことが要因であると考えられる。一般の中学生を相手にこの課題を実施するのは難しいかもしれない。

本電子工作のキーパーツはマイコンである。マイコンに内蔵させるプログラムは主催者側が作成し、あらかじめマイコンに書き込んである。マイコンの動作概要は説明するが、プログラム（大部分はC言語、一部はアセンブラで書かれている）の詳細は説明しないので、受講生にとって、マイコンはブラックボックスである。

本講座の問題点としては、(1) キーパーツであるマイコンがブラックボックスである、(2) 少人数でしか実施できない、などが挙げられる。

(1) を解決するのは難しい。C言語とアセンブラで記述されたマイコンのプログラムを公開講座のわずかな時間で理解するのは不可能である。(2) も解決は難しい。本公開講座のボトルネックは指導者によるトラブルシューティングであり、時間が必要なので、大人数での実施は不可能である。そこで、少しでも多くの人がリモコンカーの製作を楽しめるように、本講座の内容は全てhttp://denki.nara-edu.ac.jp/~yabu/kousaku以下で公開している。このアドレスにアクセスすると、回路図、模範レイアウト図、マイコンのプログラムのソースファイルと実行型ファイルなど全ての情報が手に入る。興味がある人は資料をダウンロードして挑戦することが可能である。

４．おわりに

僅か２回、計４人ではあるが、これまでのところ本公開講座は問題なく実施できている。

本講座を指導するにはある程度の電気工作のスキルが必要であり、費用も労力も必要である。筆者らのマンパワーには限りがあるので、先述のように本教材は当大学内のWebサイトでその詳細を公開している。

今後もこの公開講座を継続し、電気工作の記事をWebサイトで発信していく予定である。

参考文献

１）薮哲郎ら, "赤外線通信を用いたリモコンカー教材の開発とその実践", 日本産業技術教育学会近畿支部 第27回研究発表会 講演論文集B-6, Nov. 2010.
２）http://www2.renesas.com/faq/ja/mi_com/f_com_remo.html