

電気工学科「大実験1」のための実験教材について —鉄道模型のマイコン制御システム—

古川万寿夫*・柄澤孝一**・蔵之内真一**

(平成7年10月31日 受理)

The System of Railroad Model Controlled by Z80 Micro-computer for the Practical Exercise in the Department of Electrical Engineering

By Masuo Furukawa, Koichi Karasawa and Shin-ichi Kuranouchi

This paper reports on the teaching material which is called "the system of railroad model controlled by Z80 micro-computer", for practical exercise of 4th grade in the department of electrical engineering. The students assemble electrical circuits and program the software for control the railroad model system.

The students are able to learn independency, the sense of engineering and the ability for systematization by the practical exercise.

1. はじめに

電気工学科では、古いテーマの刷新および学生の実験に対する意欲や姿勢の向上をねらって、平成5年度に電気工学実験のカリキュラムの全面的な見直しをし、実験テーマや実験実施方法を改善した¹⁾。

その改善の骨子は次の通りである。まず1学年では講義と実験を交互に行い基礎力を高めるよう改善するとともに電気電子工学に興味を抱かせるよう電気電子工作を導入した。2学年および3学年では計測機器の取扱や実験手法を身に付けるようテーマを改善した。4学年及び5学年では、総合的実験研究能力を身に付けるよう改善した。特に4学年後期の実験を1週間単位のグループ実験から「大実験1」、「大実験2」と称するそれぞれ1テーマ約6週間にわたる個人実験を導入した。大実験1では鉄道模型のマイコン制御システムのハードとソフトの試作を個人ごとに行った。大実験2では研究的要素の強い実験テーマを与え全教官が指導にあたった。

本報告では4学年後期の大実験1の実験テーマである「鉄道模型のマイコン制御システムの試作」のために開発した教材について述べる。

* 電気工学科 講師

** 電気工学科 助手

2. 大実験1の概要

改善前の実験は、実験原理、方法、結果のまとめ方まで詳細に書かれたテキストに沿って実験を行ってきた。しかし、実験に対して学生は本来受動的であってはならないが、時間的なあるいは知識的な制約によってどうしても受動的にならざるをえない面がある。一方、5学年の卒業研究や就職後の実務ではは能動的な行動が必要となってくる。そこで、受動的な態度から能動的な態度、すなわち実験や研究は自らの頭で考え自らの手を動かして進めるものであるという意識改革が必要であるとも言える。その過程において自主性や物づくりのセンスを身に付けることも必要である。大実験は、この意識改革にも有効であると期待して導入をした。

このねらいのもと、大実験1ではマイクロコンピュータによる鉄道模型の制御システムのハードウェアとソフトウェアの試作をする。この実験は個人ごとに行なわれ、学生約8人に1人の教官が指導にあたる。実施期間は各年度の授業数によって多少異なるが6週ないし8週間である。この大実験1は内容的に次の3つに分けられる。

- 1)アセンブラ演習およびI/Oポートの入出力実験回路の製作と実験
- 2)鉄道模型の制御回路の製作
- 3)鉄道模型の制御ソフトウェアの試作

上記の1)において、学生はZ80アセンブラプログラミングの演習を行った後、入出力実験回路を各学生が1セットずつ製作し、この回路を使って入出力制御プログラミングの基礎演習をする。2)において、鉄道模型制御回路を半田付けで各学生が1セットずつ製作する。3)において、マイコンと鉄道模型制御回路と鉄道模型を接続し、模型電車の速度、位置およびポイント切替の制御を行うアセンブラプログラムを試作し、実際に鉄道模型の制御を試みる。同一基板上に学生が作った入出力実験回路および鉄道模型の制御回路を写真1に示す。

鉄道模型のマイコン制御系を教材として選んだ理由は、学生にとって興味がわく魅力あるテーマであること、興味がわかれば自主的に実験を行うと予想されること、作ることを考えることは一体であることを体得できること、マイコンのハードとソフトそして制御対象を組み合わせたシステムを構築することでシステムの発想が養えることなどである。

3. 実験教材の概要

3-1 教材の構成

実験教材のシステムブロックを図1に示す。また全教材を写真3(c)に示す。本実験で与える教材は、テキスト、Nゲージ鉄道模型電車、レールとポイントそして位置検出用のリードスイッチをつけた鉄道模型用線路、市販のZ80CPUワンボードマイコンである。また、各学生が製作する入出力実験回路および鉄道模型制御回路の電子部品は学生の費用負担で購入する。

3-2 マイコンの仕様

実験で用いるマイコンはZ80CPUを搭載した学習用ワンボードマイコンの(株)デンジニア製DENCOM80Z Mk2である。写真2に写真を、また、表1にこのワンボードマイコンの仕様を示す。このマイコンは機械語モニタプログラムROMを搭載していて、16進キーボードから機械語プログラムの入力および実行ができる。また、このマイコンにはPPI8255を使った8bitI/Oポートが3ポートあり、このI/Oポートに学生が製作する回路を接続する。

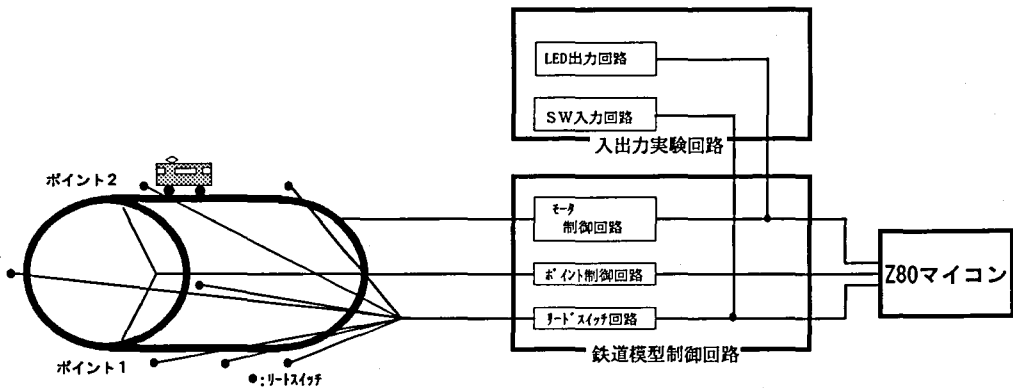


図1 実験教材のシステムブロック図

表1 マイコンの仕様

CPU	Z80 (相当品)
クロック	2.5MHz
ROM	8k バイト
RAM	2k バイト
I/O	8255 (I/O アドレス : PA=04H PB=05H PC=06H CWR=07H)
キーボード	データキー(0~F)16 キーコントロールキー8 キー
表示	7セグメントLED(アドレス部4桁 データ部2桁)

4. 実験内容と教材

本実験のために26ページにわたるテキストを作成した。内容によって次の3編にわけて発行している。

第1編：アセンブラ演習およびI/Oポートの入出力実験回路の製作と実験

第2編：鉄道模型の制御回路の製作

第3編：鉄道模型の制御ソフトウェアの試作

次の4-1~4-3に、テキストの編成に添って実験の内容および教材について説明する。

4-1 第1編：アセンブラ演習およびI/Oポートの入出力実験回路の製作と実験

4-1-1 実験内容

第1編は、本実験の基礎となるアセンブラの演習とI/Oポートの入出力に関する実験である。ロード、加減算、論理演算、ジャンプおよびサブルーチンコールを使ったアセンブラプログラムを作り、実際にマイコンで実行をし、基礎を習得する。そしてテキストに示されている回路図にしたがって、LED出力とスイッチ入力の実験を行える入出力実験回路の製作をしたあと、この回路を用いてI/O入出力命令のアセンブラプログラミングおよび実行を行い習得する。その次に発展的な演習としてスイッチから入力した値を、マイコンで処理してLEDに出力する各

種アセンブラプログラミング演習を行う。

テキストにおいてアセンブラの演習は、例題と演習を組み合わせた構成になっていて、例題を理解してから演習を各自でプログラミング、ハンドアSEMBル、実行をするスタイルになっている。このため、初心者でも抵抗なくアセンブラ演習をこなすことができる。

4-1-2 入出力実験回路

回路は図1の枠(A)の内部である。この回路をユニバーサル基板に半田付けで組み立てる。

出力実験用として8個のLEDをマイコンのAポートに接続する。LEDは、マイコンのAポートに「H」信号が出力されると点灯する。また、入力実験用として8個のスイッチをマイコンのCポートに接続する。各信号線が10kΩの抵抗で+5Vにプルアップしてあるので、SWがONで「L」信号、SWがOFFで「H」信号がポートに入力できる。

4-2 第2編：鉄道模型の制御回路の製作

4-2-1 実験内容

第2編は、鉄道模型の制御回路の製作に関する実験である。テキストに示された鉄道模型の制御回路を製作し、動作チェックをおこなう。動作チェックでは、まず配線ミスを目視検査でチェックし、ICを抜いた状態で回路の電源ラインのトラブルをテスターでチェックする。その後、回路にICを装着してマイコンに接続し、モーター制御回路の動作、ポイント制御回路の動作、位置検出回路の動作をテキストにあるヒントを参考にチェック用プログラムを作成および実行して調べる。もし、動作しない場合は、各自で原因を追求修正して完全に動作させる。テキストには制御回路の動作説明、回路図および動作チェックのヒントを与えている。

4-2-2 鉄道模型制御回路

回路は図2の枠(A)の外部である。この回路は、モーター制御回路、ポイント制御回路、位置検出回路から構成される。

マイコンのI/Oポートは本回路のコネクタCN2に接続される。鉄道模型には、本回路のコネクタCN3から電車のモーター供給電圧と2つのポイントの切替信号が出力される。また、鉄道模型のリードスイッチから本回路のコネクタCN4にそのON/OFF情報が入力される。

(1)モーター制御回路

本実験で用いる電車のモーターは、印可電圧範囲が+10~-10V、最大電流が500mAで使用できる。したがって、モーター制御回路は電圧を+10~-10Vの範囲で可変でき、かつ最大500mA程度の電流容量を持つことが必要となる。このモーター制御回路は、マイコンのI/OのポートAから出力される8bitデジタル値を+10V~-10Vのアナログ電圧に変換してレールに給電している。また電流は最大1A出力できる。モーター制御回路はD/A変換回路と電流増幅回路から構成される。回路図において、D/A変換回路はa-a'より左側、電流増幅回路は右側である。

D/A変換回路にはD/AコンバータICのMC1408とOP-AMPのLF356を用いている。MC1408はA1(MSB)~A8(LSB)端子のデジタル値をアナログ電流(2mA~-2mA)に変換しI_{OUT}端子から出力する電流出力型のD/A変換器である。そのため電流を電圧に変換する必要があり、次段のLF356で電流-電圧変換をしている。LF356の出力は、ポートAから出力されたデジタル値0~255に対して-5V~+5Vを出力する。LF356の出力端子から取り出せる電流は数10mAで、この電圧および電流では使用する電車を動かすことができない。そこで、次段の電流増幅回路が必要となる。

電流増幅回路はOP-AMPのTA75458とトランジスタ2SD880と2SB834で構成している。TA75458

は LF356 からの電圧を-2 倍し、かつモーター供給電圧が-2 倍の電圧に等しくなるように制御している。したがって、b 点の電圧は入力デジタル値 0~255 に対し+10V~-10V に変化する。b 点の電圧が正のときは 2SD880 が作動、2SB834 が OFF となりモーターへ正電圧を与え正転させる。一方、b 点の電圧が負のときは 2SD880 が OFF、2SB834 が作動しモーターへ負電圧を与え逆転させる。

リレー RLY1 はマイコンが動作していない場合、電車モーターへ電圧が加わらないようにするものである。電車を制御するときには、PB7 を 1 として、このリレーを ON にして使う必要がある。

(2) ポイント制御回路

ポイントはパルス電流によって切替えの制御がされ、正または負の 1 個のパルスでポイントを左または右にそれぞれ動かすことができる。このポイント制御回路は正または負のパルスを発生し、制御するポイントを選択して信号を与えることができる。

RLY2、RLY3 および RLY4 の 3 個のリレーが、それぞれポート B の PB0、PB1 および PB2 に接続されていて、マイコンから「H」信号を PB0、PB1 および PB2 に出力すると RLY2、RLY3 および RLY4 リレーがそれぞれ ON になる。

RLY2 はパルスを発生する役割を持つ。RLY2 が OFF のときに容量 1000 μ F のコンデンサに充電された電荷が、このリレーを ON にした瞬間に放電されパルス電流を作り出す。RLY3 はポイントに与えるパルスの極性を決定し(すなわちポイント切替方向を決定する)、RLY3 が ON の場合は負パルスを、また OFF の場合は正パルスを出力できる。RLY4 では作動させるポイントの選択制御をする。RLY4 が OFF の場合はポイント 1 を、ON の場合はポイント 2 を選択できる。

ポイントを切替えるためのリレー操作手順をまとめると次の 1)~4) となる。

- 1) RLY4 で作動させるポイントを決める
- 2) RLY3 で切替方向を決める
- 3) RLY2 を ON にする
- 4) RLY2 を OFF にする

(3) 位置検出回路

電車がリードスイッチの横を通過すると、通過した瞬間にリードスイッチが ON になる。これによって、通過したリードスイッチの信号線は、電圧が一瞬「L」となる。マイコンはポート C の PC0~PC6 に接続された 7 本のリードスイッチ信号線を監視することで、電車が該当するリードスイッチを通過したことを知ることができる。

4-3 第3編：鉄道模型の制御ソフトウェアの試作

4-3-1 実験内容

第3編はマイコンと完成した制御回路および鉄道模型を接続して、鉄道模型を制御するアセンブラプログラムをつくる実験である。テキストは第1編と同様に例題と演習を組み合わせた構成になっていて、例題を理解してから演習を各自でプログラミング、ハンドアSEMBルおよび実行をするスタイルになっている。

4-3-2 鉄道模型

(1) 電車

電車は N ゲージ規格で、直流モーターで駆動されている。モーターへの給電は線路から左右の車輪を通じて受ける。このモーターの入力電圧範囲は-10V~+10V である。電車の速度は与

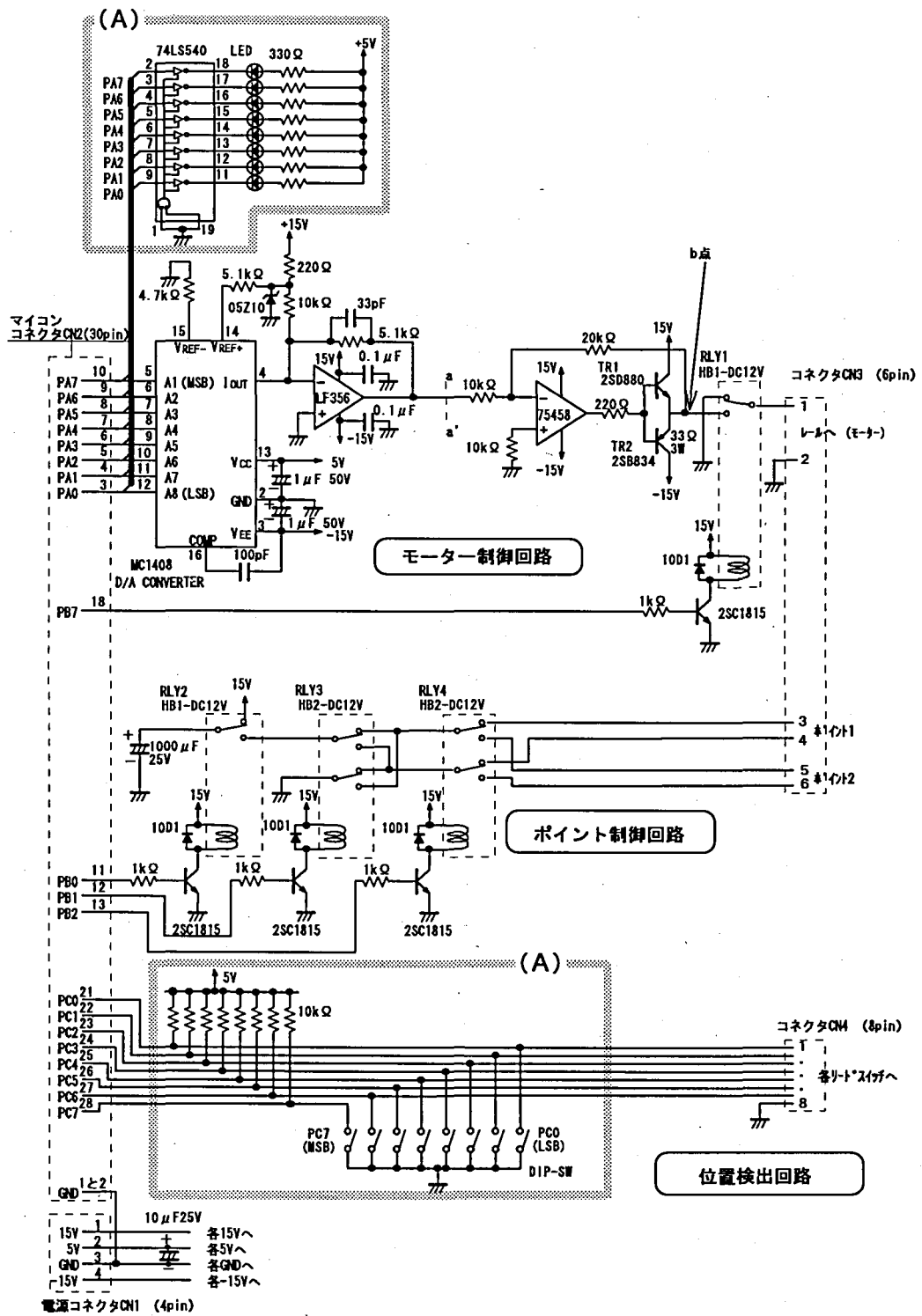


図2 入出力実験回路および鉄道模型制御回路

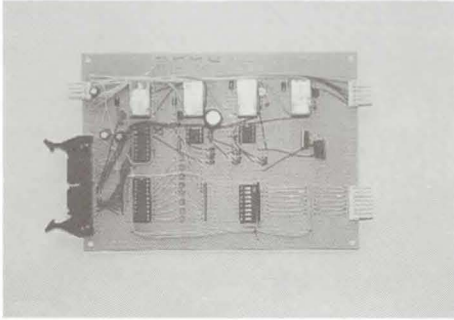


写真1 学生が製作した回路

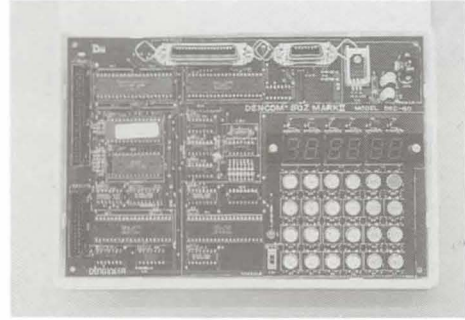
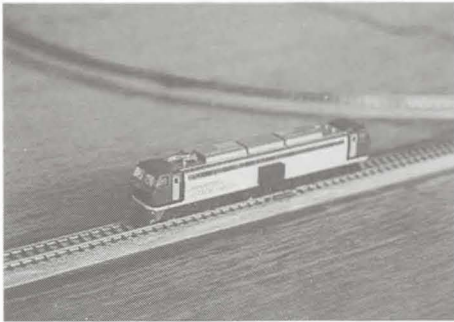
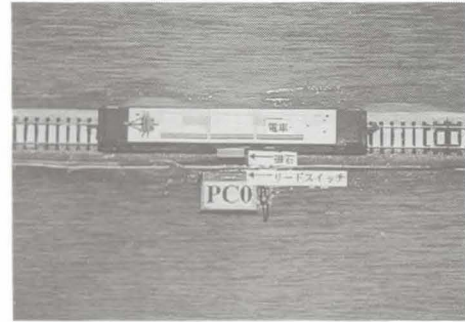


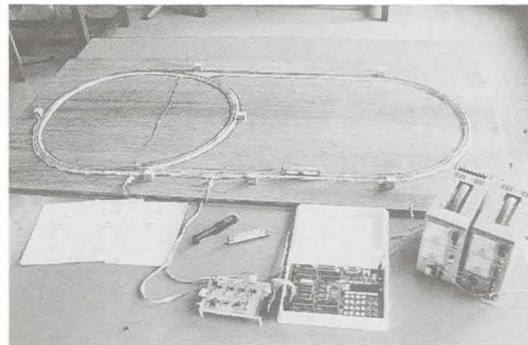
写真2 ワンボードマイコン



(a) 模型電車



(b) リードスイッチ



(c) 教材の全景

写真3 鉄道模型のセット

える電圧に比例する。また、進行方向は左側と右側の車輪に与える電圧の極性によって決定する。

電車の側面には小型の磁石を取り付けた。この磁石が、線路脇に設けたリードスイッチの横を通過するとリードスイッチがONになる。これにより、電車の位置をマイコンで検出することができる。写真3(a)に電車を示す。

(2)線路

写真3(c)に教材の全景からわかるように、線路は縦180cm横90cmのベニヤ板の上にNゲージ規格の線路を木工用ボンドで固定した。写真からわかるように、ポイントは2箇所にした。また、リードスイッチを線路脇に7箇所設けた。このリードスイッチは、磁石とリードスイッチの距離を約5mmに接近させないとONにならない。そのため、リードスイッチの横を電車が走っているところを真上からみた時に、電車の側面に取り付けた磁石の表面とこのリードスイッチとの間隔が5mmになるように、リードスイッチを取り付けてある。写真3(b)にリードスイッチを示す。

ポイントは、ソレノイドとその中にある永久磁石でできた可動コアにより切替えが行われる。このソレノイドにパルス電流を流すと、可動コアが動いてポイントが切り替わるしくみである。ポイントの切替え方向はパルス電流の極性によって決定する。

5. ま と め

本報告では電気工学科で平成5年度から導入した大実験1のテーマ「鉄道模型のマイコン制御システムの試作」の教材について述べた。

この実験に対する学生の様子は様々である。電子部品やマイコンを目の前にして戸惑う者、目を輝かせて作業を積極的に進める者、進んでいる学生の作業を手本にして作業を進める者、など様々な学生がいる。全体的に学生は、実験開始時、不安でいっぱいであるようだが、実験が進むにつれ興味がわき始め、徐々に熱中して行くようである。

大実験1のために開発した教材は、学生を受動的な態度から能動的な態度に移行させ、実験や研究は自らの頭で考え自らの手を動かして進めるものであるという意識を身に付けさせ、また、その過程において自主性や物づくりのセンスを学生に身に付けることが十分できると考える。

参 考 文 献

- 1) 古川万寿夫, 柄澤孝一, 蔵之内真一, 他: 長野高専電気工学科における工学実験実習の改善, 論文集「高専教育」第18号, 1995.3