

ものづくりの技能向上と教科指導を生かした研究

愛媛県立松山工業高等学校
教諭 山岸 貴弘

1 研究主題

- (1) 相撲ロボットのモータドライバの研究
- (2) 課題研究を通じてC言語を用いた電光掲示板の研究
- (3) 工業技術基礎・実習で活用する「二足歩行ロボット」の研究
- (4) 高校生ものづくりコンテスト電子回路組立部門の実践と研究

2 研究のねらい

工業教育の発展のため、教員が技術スキルの向上に努めなければ「本物」を教えることができないと感じていた。より高い技術習得を目標とし、それを生徒たちに還元することで、どれほどの影響を与えるのか。この一年間は徹底的に勉強して成果を出すべく研究した。

3 研究内容

- (1) 相撲ロボットのモータドライバの研究 (図1)

毎年四国大会から行われる相撲ロボット四国大会に出場するため、手作りの相撲ロボット(図6)を製作する。本校メカトロ部は毎年出場しているが、今までモータにかける電圧は定格電圧を保った動作範囲内で行っていた。相撲ロボット競技は、一瞬で勝負が決まる競技なので、その瞬間にモータのハイパフォーマンスが要求される。FETの原理を理解し、どの素子を組み合わせることで、安定したデジタル信号を送れるのか。最大電流に対する負担に素子が耐えられるのか。計算上や言葉ではいくらでも言えるが、実験を何度も繰り返さなければ、完成には至らない。また、予算が限られているのでその範囲内で作らなければならない。ものづくりの難しさを体験しながら、毎日悪戦苦闘しながら回路製作を行った。特に、Hブリッジによる実験では、モータやFETを何度か破壊してしまった。そのおかげで、どれくらいでどんなことをすれば壊れるのか体験できたことにより、多くのことを学べた。また、今年度行われた全日本ロボット相撲全国大会の高校の部自立型で優勝・全日本の部・高校の部ラジコン型で3位になった大分県立国東高等学校の先生に出会い、多くのアドバイスをいただいた。さらに、全国大会全日本の部自立型で3位となった福岡工業大学附属城東高等学校の先生との技術交換は、完成に至る最大のヒントとなった。

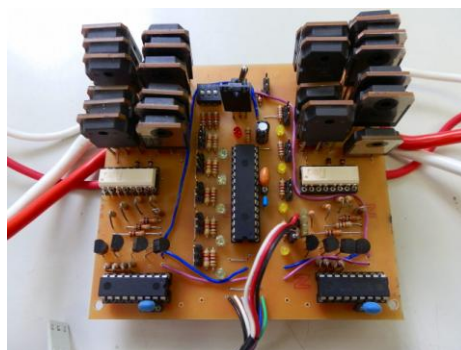


図1 相撲ロボットの基板

- (2) 課題研究を通じてC言語を用いた電光掲示板の研究 (図7)

まず、現在市販されている電光掲示板の調査をした。製作する16×64の電光掲示板とは違い、32×48の電光掲示板（1色タイプ橙）を見つけ、値段をみると17万円もする代物であった。

製作するにあたって最初に材料集めを行った。一番必要なLEDは、秋月電子通商で8×8のマトリクスLEDが一つ100円であった。

（現在廃盤）それを四つ組み合わせると1文字

（16×16）になる。それを16個購入して現在のサイズができた。基板はサンハヤト社のNZ-P15Kを使用した。150mm×200mmとほどよい大きさである。ただ、それでは横64個のLEDを点灯させるには足りないので、NZ-P15Kを2枚つなぎ合わせた。デコーダは74HC138を使用した。また、受け取る側はデコーダを使わず、マイコンで直接データを受け取る方法を選択した。

基板を焼いて素子をはめ込み、動作確認したが、LEDの光が暗かったため、ハードウェアの作り直しを行った。実験により、マトリクスLEDを16個直列にならべると、LEDにかかる電圧降下により5Vでは対応できなくなることが分かった。よってLEDにだけ別電源を設け、10Vまで電圧をあげることににより、LEDの光を明るく保つことができた。そのためにはスイッチングをトランジスタではなく、FETにする必要があった。また、FETに正確な電位差を保つため、ツェナーダイオード（5V）を使用した。まず、動作確認をするため、8×16の製図を描き、それをもとにハードウェアを製作した。マイコンは最初、PICの16シリーズを使用して製作をした。そこで、実際に動作することが確認できたので、本題の16×64の電光掲示板の製作に移った。そこではPIC18F4620を使用した。このマイコンは若年者ものづくりコンテスト電子機器組立部門で使用されるものである。18シリーズを使用する場合のコンパイラは、マイクロチップ社のC18というフリーソフトを使用した。

マイコンのアサインは、PIC18F4620はAポートが6ビット、B・C・Dポー



図2 8×8マトリクスLEDのピン配置

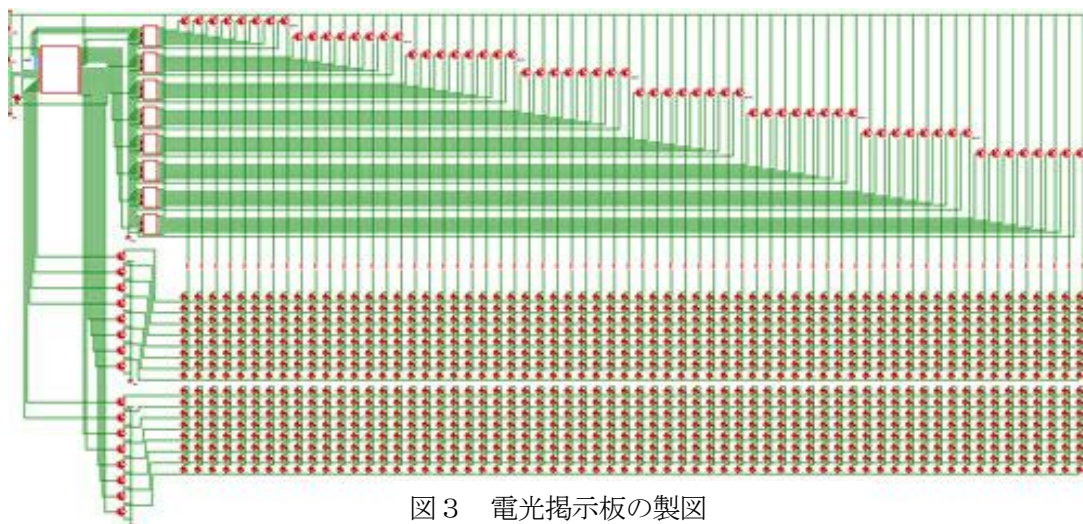


図3 電光掲示板の製図

トが8ビット、Eポートが3ビットの33ビットである。AポートのA0、A1、A2の3ビットをデコーダ8個へ連続出力する。デコーダの切り替えにはBポートを使用。電圧を増幅させるためにPチャンネルのFETを経由し、LEDのアノード側へ流れる。C・Dポートはスイッチング動作が必要となるため、NチャンネルのFETを経由し、直接カソード側へ接続する。よって、ダイナミック点灯が実現でき、点灯させることができる。残りのA3、A4、A5、E0、E1、E2のピンは入力スイッチとした。例えば、A3ピンのタクトスイッチを押すと「愛媛県立松山工業高等学校」が流れ、A4ピンのタクトスイッチを押すと「電子機械科 電光掲示板」が表示されるような仕組みである。また、E0のタクトスイッチを押すと早送り、E1のタクトスイッチを押すとストップ機能も設けた。制御基板製作で注意したところは、GNDに関してジャンパー線を使用しないような配

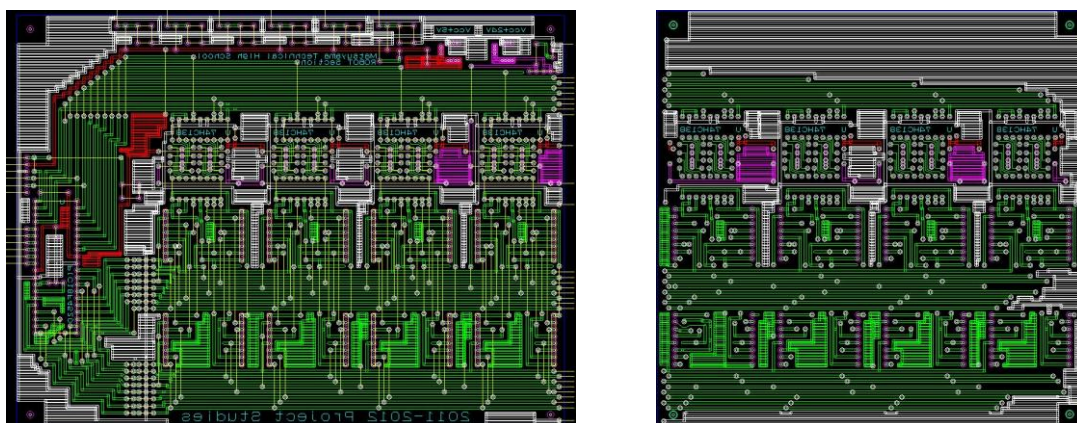


図4 電光掲示板のパターン図

線にしたことである。そのため、多くのジャンパー線を基板に取り付けた。パターン図(図4)の制作はPCBEというフリーソフトを使い、赤色がVcc、白色がGND、緑色がその他の線、青色が基板の線、黄色が足の線と入力回路への線、水色が文字、桃色が部品線と色分けしてわかりやすくした。それをOHPシートで印刷して、エッチングした。半田付けで工夫したことは、ジャンパー線の浮きがないようにすること、技能検定同様の半田の量に限定して、基板を手で触らないこと、半田不十分や熱不十分により不具合がおきないように気を付けた。

(3) 工業技術基礎・実習で活用する「二足歩行ロボット」の研究(図8)

二足歩行ロボットを製作するときに注意したところは、授業で扱えるものとするためできるだけ安価で、生徒が誰でも製作できるようなものを目指した。そのため使用するサーボモータの数を、人間と同じ関節のようにすると多くなるため厳選した。限られたモータの数でバランスよく歩くよう重心に配慮した。電子回路においては、ボディから大きくはみ出さないように、できるだけ小さ

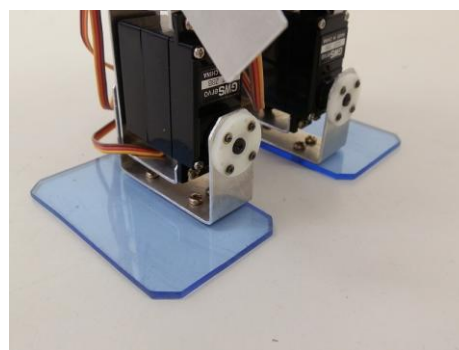


図5 二足歩行ロボットの足

く、素人でも半田付けが行いやすいように設計した（6.6mm×30mm）。よって、サンハヤト社のNZ-P15Kの感光基板1枚につき、15枚の制御対象回路ができる。また、アングルのピンヘッダにPICKIT3を差すと、簡単にプログラム変更できるよう設計した。電源については、バッテリーでもスイッチングACアダプタでも使用できるよう設計した。

まず、シャーシの組立において、工夫した所はバランスである。サーボモータが一つ46gで、それら7つとボディを支える胴体を考えた。基本的に下半身さえしっかりしていれば、ある程度の重さにも耐えることができると考えた。足の部分（図5）は広めのシャーシを取り付けることにより、片足立ちになっても安定することが可能となった。マイコンはPIC16F88を使用した。16シリーズの中でもハイクオリティな製品であるため、RAMの容量が大きい。改造したい生徒がいたときのため、3ビットほど空きピンが備わっており、センサなど入力素子を組み込むときに利用できる。サーボモータの動作についてはパルス変調が必要で、PWM制御により変調されたパルス幅によって、サーボモータの動く幅が決まる。

費用については以下の表の通りである。（表1）

品名	型番	会社	価格(個数)	合計
アルミ板	1mm(300mm×300mm)	(株) 世良	¥525	¥525
ネジ	φ3mm(長さ5mm)	松山ネジ	¥1(×34)	¥34
ネジ	φ3mm(長さ10mm)	松山ネジ	¥1(×16)	¥16
ネジ	φ3mm(長さ15mm)	松山ネジ	¥2(×28)	¥56
ナット	φ3mm	松山ネジ	¥1(×36)	¥36
スペーサ4個入	φ3mm(長さ10mm)	(株) 秋月電子通商	¥50(×5)	¥250
平ワッシャ	φ3mm	松山ネジ	¥1(×28)	¥28
サーボモータ	GWS サーボ S03T	(株) 秋月電子通商	¥1,000(×7)	¥7,000
感光基板	NZ-P15K	マルツエレクト (株)	¥682/15枚	¥46
マイコン	PIC16F88	(株) 秋月電子通商	¥200	¥200
ICソケット	18pin	(株) 秋月電子通商	¥40	¥40
トグルスイッチ	3P 基板用(スリム形)	(株) 秋月電子通商	¥80	¥80
電解コンデンサ	100μF 25V	(株) 秋月電子通商	¥10	¥10
ピンヘッダ	1×40P	(株) 秋月電子通商	¥40	¥40
DCジャック	内径2.1mm 外形5.5mm	(株) 秋月電子通商	¥23	¥23
三端子レギュレータ	5V 1A	(株) 秋月電子通商	¥100	¥100
各種抵抗	1kΩ7本 10kΩ1本	(株) 秋月電子通商	¥16	¥16
セラミック発振子	20MHz	(株) 秋月電子通商	¥40	¥40
			合計	¥8,540

表1 二足歩行ロボットの製作費用

1年次で機械加工、2年次で電子回路とプログラム練習、3年次ではプログラム実践と微調整という流れで、3年間を通じて合計8,540円でロボットを製作する実習が可能となる。二足歩行ロボットに興味を示す中学生は多いので、志願者が増えることを期待する。

(4) 高校生ものづくりコンテスト電子回路組立部門の実践と研究

全国では第11回となる高校生ものづくりコンテストだが、四国大会の実績がまだ浅い。本年度を含め7回である。私は前任校から参加しており、全国大会を経験させていただいた。また、本校に赴任して1年目で四国大会まで参加させていただき、生徒にはいつも

恵まれている。練習時間は毎日午後7時頃まで、大会前は8時や9時になるときもある。土曜日は基本的に朝から晩まで、日曜日は午前中で終わることが多い。この練習時間にした理由は、全国優勝の経験が過去4度もある電子系の名門、長野県立松本工業高等学校を参考にした。しかし、同じ時間では勝てないことを気にして、少し練習時間は長い。

回路設計と回路組立はトータル40分以内で製作するよう練習させ、本番は諸作業なども含め45分以内を目標とした。その時間を身体に覚えさせることと、集中力をつけるため、夏休みや土日はジョギングをさせた。体力作りは企業でも必要不可欠で、技能五輪選手は必ず行っており、本番で目に見えない大切な役割を果たす。技術面ではランドへの半田盛りに関しては、均一な量とぬれ性を練習させた。次に錫メッキ線の片側半田では、半田線とコテのあて位置や時間、ニッパでの切断を練習した。パルス波状のメッキ線折り曲げや抵抗のリード曲げ（内側折）で、部品実装に近い要素を練習した。

制御プログラムの練習は、200問程度問題を用意しているのでそれをさせた。また、別解やプログラム短縮のアルゴリズムを考えさせる時間はたくさん与えた。7セグメントLEDのアニメーション表示、点滅表示、反対側読み表示、SWの長押し、モード変移などを盛り込みながら、最終的に何らかの作品になる課題である。基本は若年者ものづくりコンテストや技能五輪の配慮と同じである。

愛媛県大会では新居浜工業高校電子機械科の生徒と大接戦の上、勝利することができた。本来の力が発揮できず、回路設計でも緊張して手が震え、大きなミスを犯すなど予想外の展開であった。その経験を生かし、四国大会では緊張することもなく2位と過去最高の得点差をつけて優勝できた。課題であるメンタル面を本番までにどのように鍛えるか、技術的な面だけでなく精神的な要素を鍛えない限り、勝利は見えない。全国大会本番までには、常に大会を意識させるような活動をした。大会1か月半前から選手とのコミュニケーションをこまめに取り、精神的・技術的なステータスを把握した上で、毎日の練習内容に変化を加えた活動を繰り返した。大会の情報も全てを伝え、大会独特の雰囲気には呑まれないよう写真やビデオを見せてイメージさせた。前日には、大会出場者の使用する工具やパソコン等のシステムをチェックさせた。そして、一連の作業やコンピュータの動作確認、また急きょ必要となった工具を購入するなど、万全の体制を整えた。選手の食事や体調管理にも気を配った。大会本番では生徒もあまり緊張せず、目標とする45分以内で設計・製作が終了し、プログラムも5分前にはすべてクリアした。プレ審査（プログラムチェック）では、全問正解者が、本校の選手しかいなかったため1位で通過した。総合的な順位でも設計・製作にミスが見られず、結果、四国地区初の優勝を飾ることができた。点数ではパーフェクトであったが、すべてが予定どおりだった訳ではない。プログラムで想定外の問題に捕まり、予定以上の時間を費やした。全国優勝するためには、思わぬ落とし穴やアクシデントなどたくさんあるが、それに対応できる精神的な練習や経験、そして余裕が必要だと感じた。

4 研究の成果

高校生ものづくりコンテスト電子回路組立部門

愛媛県大会優勝

四国大会優勝

全国大会 優勝 (図9)

平成23年度愛媛県高等学校工業科 生徒研究発表 機械・電子機械関係部会 優秀賞

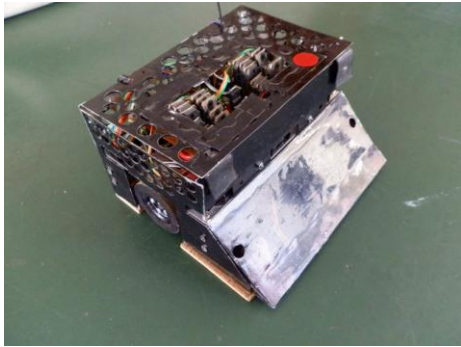


図6 相撲ロボット

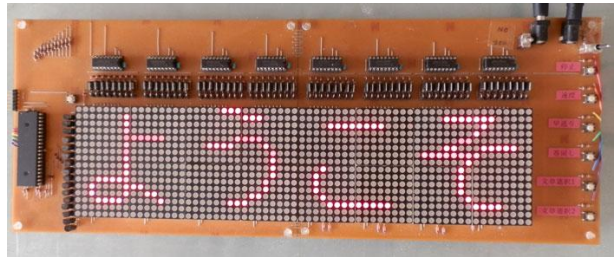


図7 電光掲示板

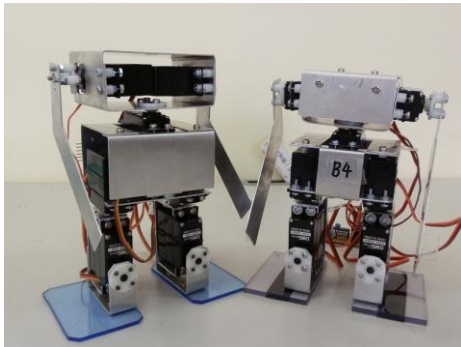


図8 二足歩行ロボット



図9 ものコン全国大会優勝の賞状



図10 高校生ものづくりコンテスト全国大会の様子



図11 BCN IT ジュニア賞 授賞式 (左・高橋理事長、右・奥田株式会社BCN 社長)