

# ポリテックビジョン参戦記

ポリテックカレッジ福山 電子技術科 森本 洋  
(福山職業能力開発短期大学校)

## 1. はじめに

平成15年度から福山短大の電子技術科に配属されて計算機制御関連の実習を担当した。その過程において、学生達個々人の自己に対する信頼を醸成し、挑戦への意欲の発掘を試みたところ、純粋な情熱を持って応えた学生達があり、平成15年度の中国ブロックポリテックビジョンでも発表した。彼等のそのめざましい進歩の軌跡を報告する。

この卒業制作に携わったのは4名の男子学生であり当科のほぼベストメンバーであった。

## 2. 起点

この卒業制作を担当する少し前、彼らのやる気を喚起する手段として実用装置の設計・製作を試みたところ、数名の学生達が真剣に食らいついてきた。その課題とはデジタルIC(C-MOS)の個別部品を用いてジェット戦闘機の火器管制装置を設計・製作するというものであった。以下はその装置の要求仕様の概略である。

わが国にとってX国のTPDNミサイルは大きな脅威であり防衛庁は新型戦闘機を開発して対処することとなった。これはその火器管制装置である。

1) 開発試作名称 「FX-2000火器管制装置」

2) 搭載火器

機銃：操縦士が「引き金」を引いている期間中は約10Hzの信号を出力し、同時に緑色

LEDを同周波数で点滅させて表示すること。

ミサイル：操縦士が「引き金」を引く度にワンショットのHパルス信号(約0.7秒間)を出力し黄色LEDが点灯すること。

3) 使用火器の選択スイッチについて。

「機銃/ミサイル 選択スイッチ」を設置して使用火器を選択できること。「引き金」は機銃/ミサイルに共通であること。

4) 安全装置

「安全スイッチ」を設置し、不用意に「引き金」がONになっても火器は発射されないこと。火器使用可の時には赤色LEDが点灯すること。

5) 追加機能(時間的に余裕がある場合のみ増設すること)

- ・機銃発射中には「ピピピッ」、ミサイル発射時には「ピー」という音を発生させること。(小さいスピーカを鳴らせること。)
- ・機銃またはミサイルの残弾数表示機能。

以上。

もちろん、学生達はどこから手を付けてよいのか全くわからず立ちつくすだけであった。そこでデジタル回路を基礎からやり直し、正論理/負論理の違い、機能回路の構成方法とその動作原理などを理解させた上で一般的な機能回路を手始めとして、個別に自ら設計・製作して実験・検証をさせた。以下の機能回路はFX-2000に必要であり、彼らの「知りたい」という要求を満たすためのものであった。

- (1) スイッチ入力回路(正/負論理)
- (2) ゲート回路(通過/禁止処理法)
- (3) LED点灯駆動回路
- (4) リレー駆動回路
- (5) ワンショット回路

- (6) 発振回路 (無安定マルチ)
- (7) FF回路 (RSフリップフロップ)
- (8) カウンタ回路

次第に見えてくるデジタル回路の世界に「頭がパンクしそうだあ～……」と言いながら(三吉君), それでも数名の学生達は真剣に各実用回路例の理解と検証に挑んでいた。

彼らが真剣に取り組んだのは、「FX - 2000」を完成させたいという目的を持ち続けたことと, 困難な課題を1つずつ克服し, その結果が実験によって明白に自分にもわかることの経過は, 自己の進歩の確証であり, それは同時に心の底からの喜びであったからであろうと推察している。

### 3. ロボットへの取り組み

10月の初旬から卒業制作の時期になった。担当する学生を決定する時に「FX - 2000」に真剣に取り組んだ学生の中から4名を選択した。

しかし, 卒業制作の方針を説明する際に「まず準備として, ライントレースロボットを製作する。それでマイコン制御を理解できたら, 高度な制御技術を用いた温度制御装置の開発をする」と告げると即座に「俺達にはライントレースロボットなんて絶対にできない!」と真剣に白状する者がいて, また他のメンバー達もそれを否定しなかった。多難な出発となったが, 私には彼らなら十分にこなせることを予見していた。それは, 「FX - 2000」に真剣に取り組んでいた様子を知っていたからである。また, ライントレースロボットはハードもソフトも簡単で素人が感じるほどには難しくはないからである。以下その経過の詳細を学習過程の順番に従って紹介する。

幸運なことに実習場には前年度の学生達が実習で製作したPICの入/出力実験基板があったので, それを用いてソフトウェアの実験をすることにした。使用言語はアセンブラを用いた。それは他の言語よりもハードウェアに最も密着しており, ソフトウェアの各行による指令がハードウェアの各部の動作にいかにか反映されているかを最も理解しやすいからである。また計算機制御の起源は実はこのようなレベ



写真1 デジタル回路に挑戦中の塩山君

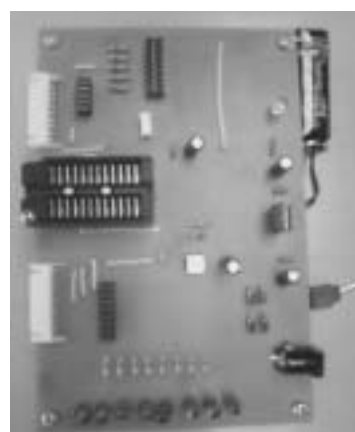


写真2 実験基板の例

ルであったし技術の発展の歴史をたどることの経験は技術者としての基礎を涵養するという観点からも必要だったからである。

以下の課題の主要部分は20～30行程度で実現できる規模のものである。

- (1) LEDの全点灯/全消灯
- (2) LEDの表示が二進数で増加。
- (3) LEDの表示が二進数で減少。
- (4) 自動車の右ウインカー
- (5) 自動車の左ウインカー

以上の課題は(1)がわかれば(2)が見通せ, (2)がわかれば(3)が容易に見通せるものであり, 以下(5)までは配布したテキストのサンプルプログラムを読めば容易に理解できるものばかりである。

- (6) スイッチのセンス方法

ここでは入力ポートを読み込んで各スイッチの状況に応じて処理ルーチンへ分岐する手法を練習した。具体的には, 上記で作成した各プログラムが, 対応

する処理サブルーチンになるというものである。

学生達は、少しずつコンピュータが思いどおりに動くことのおもしろさと、ライバル意識とが相まって真剣に熱心に取り組んだ。また、1つのソフトが完成するたびに歓声が上がリ、次第に自信を付けていっている様子を感じられた。

#### (7) ナイトライダー

「ナイトライダー」というTV映画に登場するコンピュータ制御のスーパーカーのボンネット前縁に設置されている電球は点灯位置が左右に移動する。この様子を実験基板のLEDを使ってまねてみることにし、この機能のことをわかりやすく「ナイトライダー」と呼ぶことにしたものである。古いTV映画であるが学生達は「見たことがある」という者もいて楽しくソフトウェアを作成した。

この課題はサンプルプログラムの例示はなく、全く独力で製作することが必要であり、ここに初めて自分でソフトウェアを製作することに直面し、テキストに記載されている上記(1)~(5)のサンプルプログラムを真剣に読み直してこの課題に挑戦していた。この課題への挑戦を最初から放棄しなかったのは、自分で打ち込んだソフトが実際に動作することの快感と、完成への道のりがそんなに遠くないことを認識できていたからであろうと推測する。

この課題も順次克服してゆき、だれかが成功するたびに実験室には和やかな談笑が増えてきて、彼らの進歩と満足とが伝わってきた。

ここまでのソフトウェアが自力でできるようになれば、ライトレースロボットのソフトウェアの構造や各部処理の詳細が自力で見渡せるはずであり、学生達は十分にその能力を涵養したので、私が実験的に試作したライトレースロボットとその回路図を渡してソフトウェアの製作を試みさせた。この時には全員が「やってみよう！」と意気込んだ。

学生達は図1の回路図に従って入力条件（正論理/負論理の違い）や出力条件を回路図から読みとりながら、ソフトウェアを製作した。おそらく技術者の卵として最初の実戦的な経験であったろうと思われるこの挑戦にも次々と成功していった。以下も引き続き、その挑戦の経過に従って紹介する。

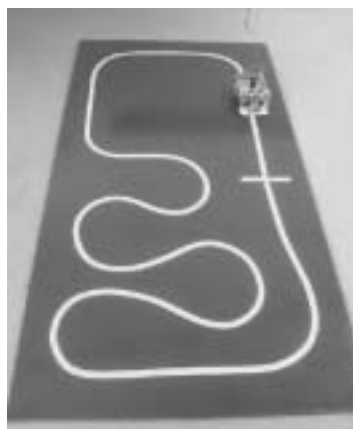


写真3 試作ロボットとそのコース外観

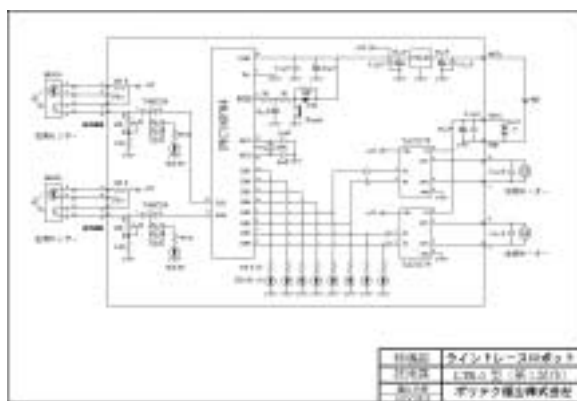


図1 試作ロボットの回路図

#### (8) ライトレース機能のソフト作成。

写真3（約0.9×1.8mの黒色ボード上の白線）のコースを一周する。急カーブの部分もあり下手な制御をするとコースからの逸脱が発生する。学生達はこの難関を突破する手段として、ソフトウェアを作成するという、つい先ほど培ったばかりの基本技術を武器にして、飽くなき挑戦を行った。そこには、困難を克服するための自分なりの創意工夫が要求されるものであり、その結果無事にコースを一周できた時の喜びはひとしおで、どの学生からも満面の笑みがこぼれるという状況であった。

「『絶対に俺たちにはできない!』と大声でいっていたのはだれだ!」などといって、困難を乗り越えたことの喜びを共有した。

#### (9) 試作1号機の設計と製作

ソフトウェアは自由自在にほぼ希望する機能を実現できる実力を獲得したので、「自分で設計・製作したハードを自分のソフトで動かしてみよう」というと学生達は自ら積極的に取り組んだ。

図1を参考にして自ら設計した図面に従って、ユニバーサル基盤を用いて試作1号機を完成させた。このハードウェアを製作するのにおよそ1ヵ月半を要した。彼ら自身も真剣に熱心に取り組み、全くの素人であるが故の失敗を何度も繰り返していたが、完成への意欲は強かった。

そして、ついにハードもソフトも自分で設計・製作して、それが初期の目的どおりに白線コースをたどって無事に一周して出発点に帰ってきた時の感動は、おそらく生涯にわたって忘れ得ないものとなったであろう。指導しているこちらにもその気持ちが伝わってくる瞬間であった。

#### (10) さらに一工夫(駅の設定)

もしもこのロボットが工場内の部品搬送ロボットであったなら、規定位置(以下、「駅」と称する。)に停止後に、来た道を自動的に帰っていく機能があればより好ましい。そこでコース上に駅であることの目印として、ラインに直角に白線を設置し、左右一対のライン検知センサが同時に白線を検知すればそれは駅であるという状況を設定した。

そして「駅に到着を検知したら少し後ずさりして、ユーターンさせよう。つでにピーという音も鳴ったほうがおもしろい」ということになった。正確にユーターンさせるには創意工夫が必要であるがその手段については詳しくは教えなかった。

こういう条件下で駅の検知を実現することはかなり高度なソフトウェア技術を必要とする。しかし学生たちは、そのアルゴリズムを考案し、実際にプログラミングして試作ロボットを動作させ、その動きを検証してさらに改良するという繰り返しのなかで次第に確実に動作する機能を独自に組み上げていった。そして方向転換のための回転を、既設のライン検知用フォトセンサでライン通過を確認するまで継続させるという最も高度な方法でこの難関を乗り越えた。それがまた彼等の自信の回復にも大きく寄与したようである。

#### (11) 「瓢箪から駒」の悪ふざけ

やっと動き出した三吉号ロボットを他の卒研チームが様子を見にやってきて、「お前らすごいなあ……」といった学生自治会長の関口君が突然に進路前



写真4 感動の瞬間 三吉君

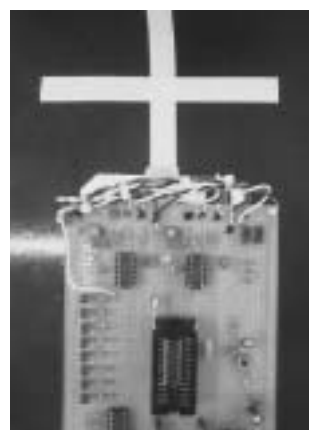


写真5 駅であることのマーカの様子

方に工具箱を置いて邪魔をした。もちろん悪ふざけであったがロボットはその障害物に衝突して車輪が空転するだけの状態になってしまった。

そこで、三吉君に「衝突しても回避できるロボットにしよう」と提案すると「よ～し、やろう!」ということになった。それは衝突検知のためのリミットスイッチをロボットの前縁に設置すれば、あとはソフトの追加だけで、駅到着時の処理ルーチンを起動させて停止・反転動作をさせれば、衝突事故に対して回避できることが理解できていたからである。

写真6は、ロボットをレーシングカーのような形状に仕上げた後に、衝突検知用のリミットスイッチを増設したのでこのような形状になった。感知レバーはその辺に転がっていたアルミ板の切れっ端であるが、それでも十分に機能を果たすところから、面白がってそのままにしておいたものである。

トップランナーでこのロボットを製作した三吉君に続いて、後発組の学生たちは最初からこの衝突検





写真6 衝突検知用センサ搭載例

知センサや「ピー音」を装備したものを設計・製作することになり学習範囲が広がった。しかしだれも「難しそうだから……」と後ずさりするものはいなかった。

それはライバルにできたものを自分も完成させたいという意欲が前面に出て、消極的な自己を凌駕したものであったろうと推測する。このようにして各学生達の試作1号機が完成した。写真7は左から、三吉号、塩山号、藤井号、坂田号である。

#### (12) 「瓢箪から駒」その2

三吉号の走行実験中のことであった。ラインを踏み外したロボットがコースの内側で暴走を始めたのであるが、光電センサが白線を検知する度にコースの内側へと進行方向を変えてコースの外側へ飛び出すことがなかった。これはおもしろい動作であり、このロボットはオモチャとして実用になる。

実は、それは白線検知時に従来とは逆な方向に舵をきるという単純なプログラムミスであったが、この動作モードを「オモチャモード」と呼ぶことにした。

この機能を実現する手段としては、入力空きポートにスイッチを接続するだけの追加で実現できることや、ソフトウェアの切り替えなどの具体的な処理については、すでに十分に理解しており、「モードスイッチを設けてソフトを切り替えよう」というだけで十分に話が通じた。すなわち彼等は十分に実戦に耐え得るレベルに成長していたのである。

#### (13) 試作2号機の製作

ポリテックビジョンが近づいてきた。試作1号機は改良に次ぐ改良でジャングル配線になってしまい「展示用としてはカッコ悪いな」と思ったのか、最初

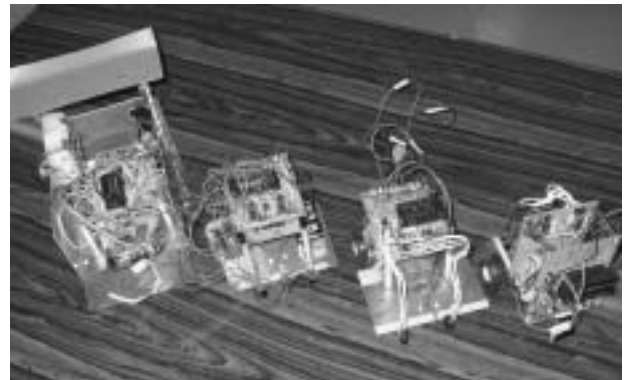


写真7 試作1号機ラインナップ



写真8 試作3号機 塩山号

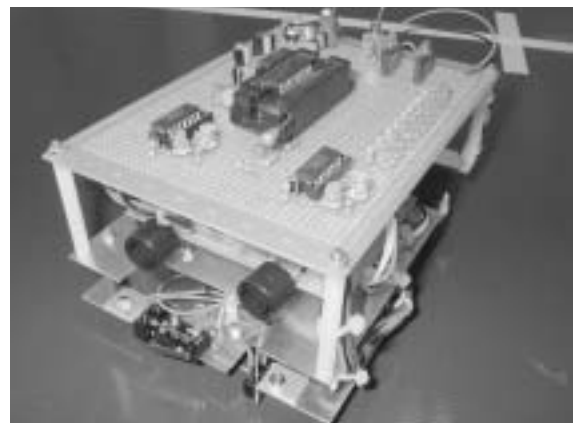


写真9 超音波レーダーを増設した三吉号2号機

から製作のし直しを始めた。試作1号機を組み上げるときにはおよそ2ヵ月を要したが、試作2号機は2週間足らずで完成させた。(写真8, 9) しかも堅牢性や安定性などの性能も格段に進歩したものであった。それは設計・製作・調整、ソフトウェアの技術のすべてをすでに自分のものとしていたからに他ならない。

特に原因不明の不調に見舞われた塩山号は、修理するよりも、もう1機製作したほうが早いと、瞬く間に3号機を製作してしまった。(その不調の原因は

後日判明した。)

#### (14) 超音波レーダー

試作2号機はあっという間に完成し、動作も確実に何ら問題はなかった。それでも、まだポリテックビジョンまでには十分な時間があったので、「超音波レーダーを搭載しよう」と提案するとまた「よし、やろう!」になった。それは、現用の衝突センサは単純なりミットスイッチであり物理的に衝突してしまわないと検知できないものであったからで、「実際に衝突する前に検知するようにしたらもっとカッコいい!」と学生達自身が思ったからである。

最新の乗用車などにも搭載されているこのレーダー装置を、自分の手で設計・製作できることへの挑戦にやりがいを見つけたのかもしれない。このレーダー装置に関しては全く何も教えないで「必要な資料は自分で収集して完成させるように」とだけ命じておいた。ところが学生たちはそれぞれにインターネットを検索したり、図書室の本の中から探し出してきて製作していた。もちろん、今回の目標はロボットの数十センチ前方の障害物を検知することであり、それらの参考文献等がそのまま利用できるものではなかった。

しかし彼らは当初は、連続波を用い検知距離は受信感度の調整によるものであったが、それでもなんとか衝突前に障害物を検知できるように構成した。具体的には、超音波センサの出力信号を、衝突検知用のリミットスイッチの出力とのOR動作で、ロボットの走行を停止・反転させるように構成したものであった。

さらに時間があれば、CPUを搭載しているので障害物までの正確な距離を算出して制御することも可能でありその挑戦の途中で、ついにポリテックビジョンの開催日になってしまった。

なお、学生達の作成したソフトウェアはモード切り換え機能や、衝突検知機能、超音波レーダー回路の制御などのすべて含んで約210行程度であった。

#### (15) 発表展示会

写真10は彼らのポリテックビジョンにおける発表の様子である。会場からは特に多くの質問が寄せられたが、しっかりと自分の言葉で応答していた。



写真10 質問へ応答中のスナップ 三吉君

それはこのロボットのすべての部分を全くのゼロから自分の力だけで作り上げた自信に裏打ちされたものであった。

#### (16) ドキュメントの整備

ポリテックビジョンが終わって卒業までのわずかな期間は、このロボットを商品としたときの技術者としての後始末に振り向けた。すなわち、製品に添付する書類の製作であり、設計仕様書、技術解説書、取り扱い説明書、試験成績書などの作成である。これらの作業も彼らには初めての経験であり戸惑いながらも製作にいそしんだ。以下の図2、図3はそのドキュメントからの抜粋である。FX-2000で培った基本技術が、入力回路、ピー音回路などにおいて生かされている。

また超音波センサとの接続についてはこの段階では未記入のままである。

## 4. 教育・訓練の手法に関する考察

当校に入校してくる学生は高校までの課程において、学校でのお勉強などにはあまり馴染まなかった者が多いようだ。さらに自分自身に対する信頼までもが、その間に損なわれているようにも思われる学生も混じっており、自発的・積極的な行動はあまり見られない。

しかし、このポリテックビジョンへの挑戦の過程において彼らが示した反応は予想を覆すに足るものであった。それは以下の点である。

- 1) それぞれの課題に対して積極的に挑戦していた。
- 2) どの課題にもすべて自分自身が満足できるとこ

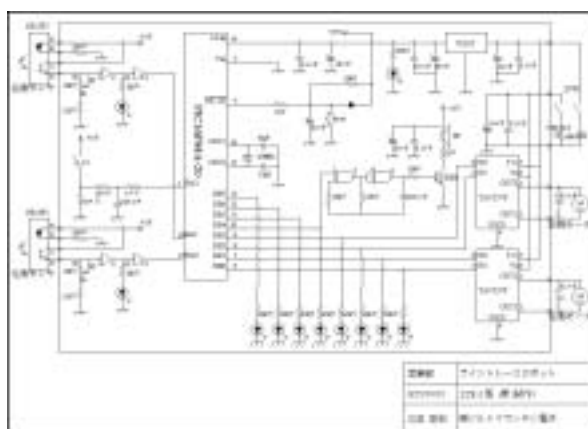


図2 学生の設計・製作したロボットの全回路図

るまで追求していた。

3) 負けん気と協調性とに富んでいた。

彼らがそのような横顔を見せたのは以下の点に根ざすものと考えている。

- 1) 1つずつ確実に課題を克服して、次第に自己に対する信頼を醸成できたこと。
- 2) 次に直面する課題の克服手段がすでに視野の中に存在していたこと。
- 3) 目標を達成することの快感を持続できたこと。

教育・訓練とは何であろうか？

彼らが見せた情熱とその成長のめざましいことこの背景には、その人間が今日までに培ってきた性格が大きく反映している。すなわち、よりよい性格の上のみ、よりよい成長があり、よりよい人生の到達点があるということではあるまいか。さらにその性格の背景にあるものは家庭という幼少年期を育んだ母体であり、それは両親の影響するところはなはだ大なのであろう。

学校という場所は、その人生の土台となるよりよい性格を育むことが主たる任務の1つであって欲しいと考える。真の知識・技能はその上のみよりよく花を咲かせ実を結ぶものであろうからである。

社会に有用な人材を育成することの十分条件は実にこの点に存在しており、学校という場所で与えられる課題に対して最終的に十分な知識・技能の獲得に成功しなくとも、社会に配置されたそれぞれの場所でそれぞれの任務の何であるのかを正確に見きわめて、それを遂行する意志を有する者こそが真の人材であるといえるのではなからうか。もちろん、教

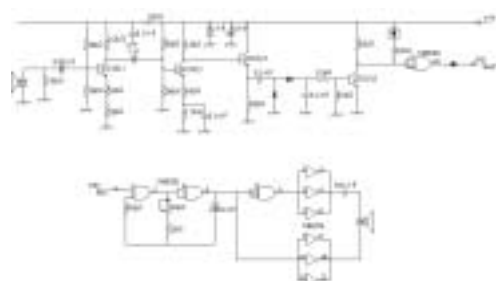


図3 超音波レーダー回路

科目を巧みに理解する能力は人材としての必要条件であり判別的手段として用いることを否定しているものではない。しかし、人材であることの十分条件を満たしてさえいれば、たとえ高度な数学が理解できなくとも社会の各部分において必要欠くべからざる存在となり得ることは、今回の彼らの純粋な情熱が証明している。

青年達は本能的に成長を求めておりその機会を待ち続けていることに気づかされた。そしてそのめざましい成長は、実に彼ら自身の内部からの大きなエネルギーによっており、彼ら自身はそのエネルギーの源の何であるかは全く認識していない。あらゆる困難に喜んで挑戦し、その結果として少しずつでも成長している自己を見つめて心底からの喜びにひたっている。さらにその困難な過程を全く苦痛に感じてはいない。おそらくそれは、人間がこの世界で生きてゆくために天が与えたもうた恵みなのであろう。

翻って、以上のことは、学校という場所における学習教科目の指導について、それを理解させることが最終的な目的ではなく、成長過程における本能の要求を満たすための一手段として用いることの妥当性と有効性を示唆している。今後におけるその真摯な検討を待ちたい。

私は彼らに出会えたことを感謝している。彼らのこれからの人生が有意義な幸せに満ちたものになって欲しいと心から願っている。

<参考文献>

「教育訓練の手法に関する考察」福山職業能力開発短期大学校紀要 2003年9号