

カンコロジーロボットの製作と指導

大分県立工科短期大学校 野中 和弘

1. はじめに

大分県立工科短期大学校は平成10年に開校し3月に初めての卒業生を送り出した。そのためポリテックビジョン2000で行われたカンコロジーロボット競技会は初めての参加であり、卒業研究(製作)に取り組むのも初めてである。

カンコロジーロボット競技会があることは前々から聞いてはいたが、見学に行ったこともなく、このようなロボットを自分で製作した経験もない。完成させられるかどうか不安ではあったが、参加することに意義があると自分に言い聞かせ取り組むことにした。ここでは製作に対する指導方法と製作したロボットについて紹介する。

2. 卒業製作に取り組むまでの授業

制御技術科では1年次にZ80におけるハードウェアとアセンブリ言語の授業を行っており、この中でZ80の一通りの命令とCTCや8255などの入出力の方法について学んでいる。そして2年前期においてはマイクロマウスキット(Z80使用)を使ってトレースロボットの制御を行い、白線センサのボードを自作させている。トレースロボットの授業課題はニューテクノロジー振興財団マイクロマウス委員会で行われているロボットレース競技規定と同じである。学生1人に1台ずつキットを貸与し、白線センサ以外はハードウェアの変更をしないという条件で取り組

ませた。この実習はプレ卒研としての取り組みであり、課題と資料を与え、期限を決めた以外は質問がない限りは何も指示しないという方法で行った。この目的はスケジュールを自己管理できるか、自ら問題を発見し解決できるかの2点である。期限までに完成したのはほんの一部の学生だけであり、大多数は完成まで単位認定保留という結果に終わったが、学生にはよい経験になったと思う。

プログラミング言語としてはアセンブリ言語の他にC言語も行っており、2年前期までで基礎的な内容は終わるが、1つのプログラムの長さは数十行程度であり、大きなプログラムの作成はしていない。

3. 製作の取り組み

3.1 課題の提示

初めての参加であり、申込期限の12月末までに完成するはずもなく、棄権はしたくないことから制御技術科からは1台の参加ではあるが2チームを製作にあたらせることにした。

前年の競技会を見学にいかれた先生の話と写真を学生に示し、最初から設置されている11缶を自分のフィールドからなくすことを目標とした。学生の自由なアイデアを損ないたくはなかったが、期限内に完成させることが最重要であり、部品調達に時間がかかることから次のような制限を加えた。

(1) CPUボードの選定

V25CPUとUPPが搭載されたボードを使用すること。UPPとはUniversal Pulse Processorであり、プ

ログラムブルなパルス入出力モジュールである。このボードは高価ではあるが開発をC言語で行うことができ、MS-DOSの一部をエミュレートしたモニタROMを持っているためホストコンピュータ上でデバッグすることが容易であることと、EEPROMを搭載しているため面倒なEPROMの焼き込みが必要ないことが選定理由である。

(2) 相撲ロボットの利用

V25CPUを使った相撲ロボットがあるのでロボットの足回りとして利用すること。足回りをステッピングモータにするかDCモータにするか悩んだが、PWM制御の勉強も兼ねてDCモータにした。DCモータの調達には時間がかかることと、あるものは利用しようという考えからPWMボードとDCモータは相撲ロボットのものを利用することにした。

後での話ではあるが、相撲ロボットの4輪駆動では回転するのが困難であるということになり後輪駆動の2輪に変更した。また、当初のギヤ付きDCモータではスピードが速く、位置合わせが難しいことから回転数の低いものに変更した。

(3) エンコーダの使用

DCモータを使用したため、バッテリーの電圧低下に伴い回転数が変わり位置制御が難しくなることが予想されることと、先に述べたUPPの勉強になることからエンコーダを使用することにした。エンコーダにはOMS-100という超小型ロータリーエンコーダを用いた。このエンコーダからは、回転させることによりA相、B相の90°位相がずれた2つの正弦波形が出力される。これを矩形波に成形しUPPに投入する。UPPでは、この2つの波形からパルス数をカウントするファンクションプログラムと呼ばれる専用のプログラムを作成できるので、CPUの負担がない。

(4) 部品の提供

学生のアイデアに伴い必要な部品があれば調達するつもりではあったが、学生自身もどのような部品が世の中に出回っているかわからないと実現可能なアイデアがわからないだろうと思い、必要そうな部品をあらかじめ調達し発想の手助けとした。学生に示した主な部品は次のようなものである。

- ・アルミ板（板厚0.5mm，1mm，2mm，3mm，5mm）
- ・アクリル板（板厚 0.5mm，1mm）
- ・アルミアングル（数種類）
- ・白線センサ（反射型フォトセンサ）
- ・赤外線センサ
- ・超音波センサ
- ・エアーシリンダ
- ・ネジ型エアーシリンダ
- ・パラロッドシリンダ
- ・エアーカン
- ・真空ポンプ用モータ
- ・フォークリフト工作セット
- ・ブルドーザー工作セット
- ・ショベルドーザー工作セット
- ・各種ギヤボックス（プラモデル用）
- ・各種プーリー，ベルト
- ・各種ギヤ，ラック
- ・スライダ
- ・バッテリー

この他に制御に必要な電子部品も用意しておいたため学生はすでにあるものの中で発想し、調達のために製作が中断することはなかった。

3.2 製作の経過

10月から卒研に取り組んだが、最初の1ヵ月はV25CPUの勉強である。学生にマニュアルを渡すだけでは時間がかかることと、理解が深くないことが予想されたので、簡単で小さな課題をたくさん用意し知識を蓄積できるようにした。

11月、12月は相撲ロボットに白線センサをつけライントレースできるようにした。プログラムのほうもインターバルタイマや各種割り込みのプログラムが作成できるようになってきた。缶を取り除く機構のアイデアも膨らんできたようであり、ラフスケッチによる設計を行った。

1月はハードウェアの製作である。制御回路の作製や機構の設計・製作、簡単なプログラムを作ったのテストなどを繰り返した。この段階で作製した各機構を制御するプログラムは関数という形で蓄積さ

れていくため、後の全体を通したプログラムの作成は思ったより容易だった。

2月はソフトウェアの開発である。各種調整などに伴い、ハードウェアを作り直すなど試行錯誤を繰り返し、当初のスケジュールより2週間程度遅れたが、土日の休みもなく夜遅くまでがんばって期日に間に合わせる事ができた。

3.3 出場できなかったロボットの特徴

作製された2台のロボットを能開大に旅立つ前日に最終対戦させ出場ロボットを決定した。2台とも最初の目標をクリアする満足する出来であったが、相手に入れられた缶を処理するプログラムの違いから確実性のあるOIT1号(オイト1号)が5戦のうち3勝し出場することになった。

出場できなかったロボットは次のような特徴を持っている。外側の7缶は図1のように4缶ずつ処理する。このアーム部分はラック&ピニオン機構により缶位置まで飛び出し、パラロッドシリンダで上下する。缶をつかむのには2個のネジシリンダを用い、3枚の板のうち中央の板が可動する。フィールドの4缶と相手に投げ入れられた缶は図1の前方にあるショベルで処理する。ショベルの裏にはリミットスイッチが2個あり、壁にぶつくとショベルがパラロッドシリンダにより持ち上げられる。エア源としてプラモデル塗装用のエアーカンを使用している。このロボットの欠点は、白線センサは図1の上側、モータは下側(ショベル側)にあるため、ライト

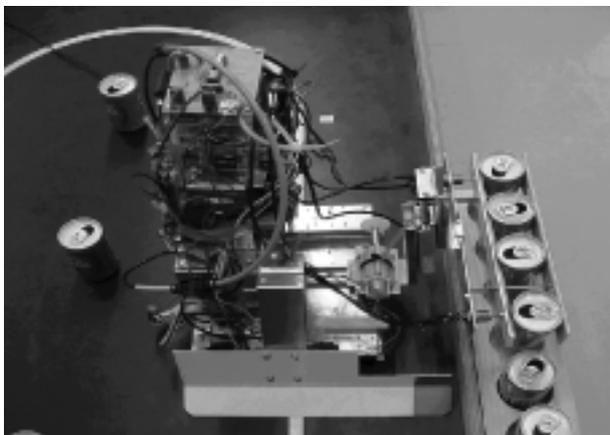


図1 出場できなかったロボット



図2 OIT1号

レースするときは上の方向に進み、ショベルを使うときは前後が逆になり下方方向に進むため、缶を押し出すときにはライトレースできないことにある。エンコーダを使用してはいるものの少しずつ位置が狂い能率の良い走査ができなかったのが敗因である。

3.4 OIT1号の特徴

OIT1号にはエアは使用していない。すべての可動部分はモータを使って行っている。7缶の処理には90°回転するアームを使っている(図3)。缶を挟むために釣り糸をモータで巻きあげ、離すにはモータを逆転し輪ゴムの力で戻る。戻りすぎないようにするため両端にリミットスイッチがついている。フィールド内の4缶と相手に入れられた缶はショベルで処理する(図4)。壁にぶつかったらリミットスイッチが入り、モータが糸を巻き取り上下する。

このように缶を処理する機構には複雑なものは使用していない。しかし、ショベルやアームの形状には何度も試行錯誤をして工夫したようである。

図5はロボットを裏側からみた写真である。前にも述べたように後輪2輪駆動で、前輪位置には家具を滑らすシールを貼っている。前方にはライトレース用に6個と少し離れた両側に2個白線センサがある。右側の車輪の上にある小さな車輪はエンコーダである。この小さな車輪が1回転すると100個のパルスが出るので、原理上は1mm以下の位置合わせが可能である。このエンコーダは3つの役目をしている。1番目は正確な90°ターンである。ライン

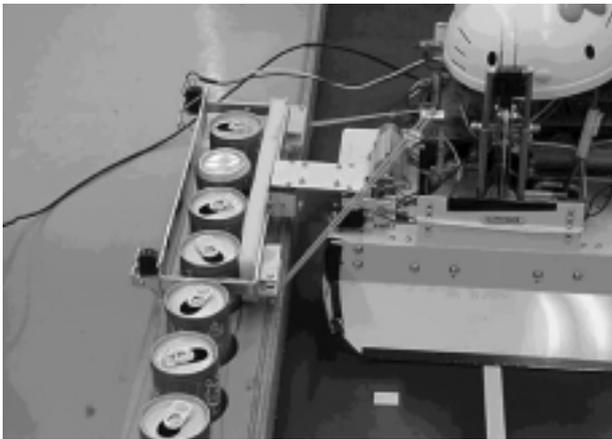


図3 アーム

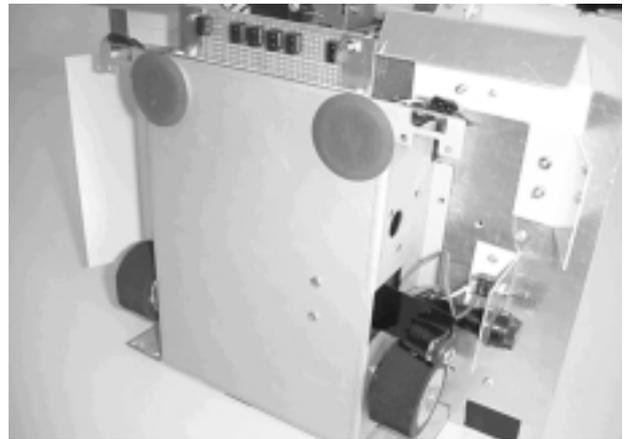


図5 ロボット裏側

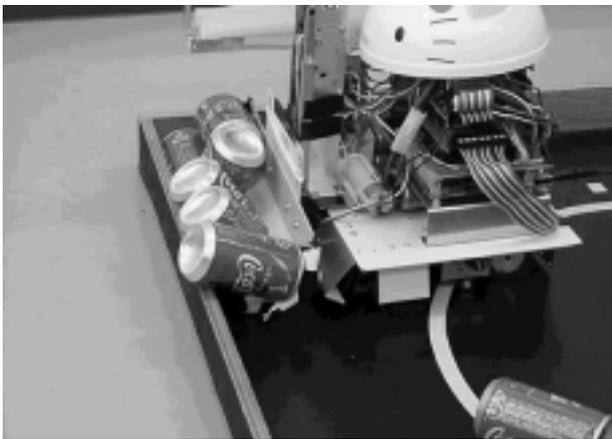


図4 ショベル

上であれば白線センサを使ってターンすることができるが、ラインがない場所においてモータに電気を流す時間でターンしようとする、バッテリーの電圧低下やタイヤの滑りで正確には行えない。2番目は缶を落したりターンする位置の検出である。コーナマーカからの移動距離を計数し、正確な位置を求めている。3番目は最初は考えていなかったことだが非常に役立つ役目である。このロボットは壁にぶつかったことをショベルの裏側両端にあるリミットスイッチにより検出している。ところが、缶の転がり方によっては壁との間に挟まって両方のリミットスイッチが入りきれないことがある。また、ライントレースで移動しているとき白線からはずれ壁にぶつかってしまうことも考えられる。このようなときモータは回転しているが前進できずに空転しエンコーダも回転しなくなるが、このような状態を検

出し回避行動がとれるようになったことである。

このように動かなくなることを予防する回避行動をとるためのプログラムは、いろんな場所で使用している。例えばアームを降ろすとき下部にリミットスイッチがあるが、何かにぶつかってアームが降りずリミットスイッチが入らないときはタイマ割り込みによっても回避可能としている。

このように正確に移動することはできるが相手に入れられた缶を見つける目となるものは持たないため、むだなく缶をフィールド外に出せるように動作をプログラムしている。プログラムは調整用のプログラムも含めて数パターン用意され、相手ロボットの構造をみて動きを予想しディップスイッチで切り替えるようにしている。ここでは、予選リーグで使用したプログラムの動作パターンについて説明する。

Sからスタートしたロボットはラインを反時計回りにトレースして走行し5, 6, 7の3缶を取り、A地点に落とす。A地点は自分のフィールド内のた

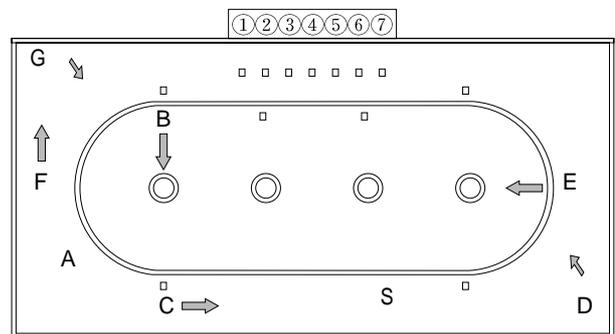


図6 動作パターン(前半)

め観客から笑いを取る。もちろん作戦である。このままライントレースを続け、2週目で1～4の4缶を取り、これはすぐには落とさず、保持したままにしておく。B地点のコーナーで90°回転しC地点で壁にぶつかり缶があれば外に出す。C地点付近に缶を入れられると想定しての行動である。D地点まで壁沿いを走りD地点で缶を出す。ここまでで約1分かかる。D地点からラインに復帰し、もう1周同様にBCDを行う。Dの後E地点で方向転換し、中央にある4缶をF地点に寄せる。ここでは缶を外に出さず、A方向に頭を少し振って缶をA地点に寄せた後、方向転換しG地点に向かう。G地点でコーナーにある缶を出した後、今度は逆回りでラインに復帰、H地点までライントレースし、I地点で缶を外に出す。I地点で180°ターンし再び反対回りにライントレースを行い、J地点からK地点にためておいた缶を相手フィールドに出す(図7)。

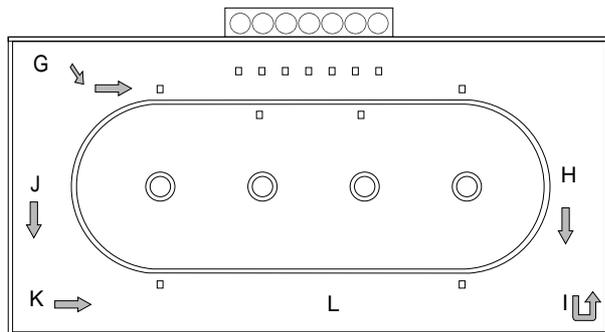


図7 動作パターン(後半)

ここには缶が多くあるのでバックし再度缶を出す。ここで2分20秒が経過する。この後、L地点まで行きつかんでいた4缶を相手フィールドに入れる。残りの時間はIK間を往復し缶を出す。

4. 競技会の結果

予選リーグの2戦においては、前述の動作パターンどおりにロボットが動き決勝トーナメントに進出することができた。決勝トーナメントの1回戦では長野のLauncher- と対戦したが、このロボットは2分を過ぎてから缶を相手コートに打ち出すタイプのため別の動作パターンのプログラムを使用した。

しかし、残念ながら途中で動かなくなってしまうというトラブルが起こり敗退してしまった。原因は電源ノイズによりCPUが暴走したためだと思われる。学校での練習においても何度かこのようなことが起きており、心配していたことが現実のものとなってしまった。CPU用の電源と、モータ用の電源を別バッテリーにすればおそらく解決するとは思っていたが、別電源に作り替える時間的余裕がなくノイズ吸収用のコンデンサを入れるだけで競技会に臨んでいた。学生の無念そうな顔を思い出すと、担当教官として適切なアドバイスができなかったことが大変悔やまれてならない。

5. おわりに

競技会にはさまざまな仕組みのロボットが出場しており見ているだけでも楽しかった。勝つことだけにはとらわれず、アイデアや「こだわり」を大事にしようとしているロボットが多かったことにも好感が持てる。残念なのは競技会では最初から動かなかったり途中で止まってしまうロボットが多かったことだ。恐らく自分の学校ではうまく動作していたロボットも多かったのだろう。学生たちは競技の3分間にすべてを集約しようとしている。たとえ不完全なロボットであったとしても学生の知恵と努力が詰まった作品であり、その工夫を拝見できなかったことは残念でならない。

さて、卒研として競技用ロボットの製作を行ったが、大变得るものの多い卒研であり、学生にとっても思い出だけでなく将来に役立つ経験をしたものと思う。例えばスタートの合図に震える手でスイッチを入れる瞬間は、努力したものだけが味わえる経験ではないだろうか。「ものづくり」を通して得られるものは今までに寄稿された諸先輩方が述べられているので割愛させていただくが、このような競技会を開催し参加させていただいた関係者各位にお礼を申し上げたい。次回もぜひ参加させていただき、他校の「こだわり」にまけない当校らしい「こだわり」を見つけ、競技に臨みたいと考えている。