

ポリテックロボット競技会への取り組み

北海道ポリテクカレッジ 生産技術科 村田 光昭
(北海道職業能力開発大学校)

1. はじめに

ポリテックロボット競技会の競技内容が前回ポリテックビジョンより一新された。今回のポリテックビジョンは各ブロックごとの開催となった。東北・北海道ブロックでは前回と同様の競技内容でロボット競技会が開催された。生産技術科ではロボット競技会の競技内容が一新されたのを機に、総合制作実習で2年間にわたり、競技会用ロボットの製作を行ってきた。今回の競技会では、各校のロボットがレベルを上げてきたなか、なんとか優勝することができた。

本稿では2年間の総合制作実習でのロボット製作に関する取り組み、および1年目に製作したロボット、それを改良した2年目のロボットについて紹介をする。

2. ロボット製作への取り組み

総合制作実習は2年次の4月から始まる。1人の教官に数名の学生が配属される形式で、1年間をかけてより専門的な知識や技能の習得を目指している。

一昨年、私のところに配属になった学生のうちの2名が、ロボット競技会に非常に高い関心を示したため、競技会用ロボットの製作をテーマとして実習を行っていくこととなった。生産技術科では1年次の実習の大半は機械加工実習である。そのため2年次になった学生は、電子回路については全くといっ

ていほど知識がない状態であった。そこでまず、4月から2ヵ月ほどかけて、汎用ICを使用して60進カウンタの製作を行った。このカウンタの製作の過程でICの取り扱い、デジタル信号とは、測定器の使用法など基本的な部分を合わせて指導を行った。学生は1年次の授業でなんとなくしかわからなかったブール代数が、実際に回路を組むことで非常によく理解することができたようである。

次に6月から約2ヵ月、ロボットに使用するCPUのZ80のアセンブラプログラムについて指導を行った。アセンブラの習得には私が過去に製作したマイクロマウス（迷路を探索してゴールまで走行する自走式ロボット）のプログラミングを行うことにした。実際に走行するロボットのプログラミングを行ったおかげで、例えばプログラムではきちんと90度向きを変えるようにプログラミングをしても実際は慣性力などで90度以上回転してしまうなど、さまざまな物理的現象によってプログラムどおりにはなかなか動作してくれないということを理解してくれたようである。

実際のロボットの製作は9月から開始された。まずは、走行部分の製作から行った。走行部分はフィールドに配置されたマーカの位置をもとにしてセンサの配置箇所、モータの取り付け位置を検討しながら製作した。その後完成した走行部にあうように、アーム部の設計・製作にとりかかった。

電子回路をふくめて、ロボットのハードウェア全体が完成したのが1月下旬となった。そのため、プログラムに当てる時間が非常に短くなってしまった。

しかし、学生が最後のふんばりをしてくれたおかげで、なんとかきちんとビンゴを揃えられるところまで仕上げる事ができた。時間的制約のため、スピードを上げることができず、1つ目のビンゴを揃えるのに約38秒、2つ目のビンゴを揃えるのに約1分30秒と非常にゆっくりとした動作しかさせることができなかった。しかしながら、大会では予選、本選1回戦と勝ち進むことができた。

2年目は、昨年製作したロボットの軽量化、高速化、プログラムの改善を目標とした。総合制作実習でロボットの製作を担当する学生は1年ごとに新しい学生になってしまうため、基本的な知識や、ロボットに関するノウハウなどはまた最初から指導する必要があった。しかし、幸い1年目にロボットにかかわった学生が2名とも多忙ななか、手伝い、後輩の指導を行ってくれたおかげで、2年目に製作を担当した学生は比較的スムーズにロボットの全貌をつかんでくれ、その後の改良も特に大きな問題もなく目標を達成することができた。

3. 製作したロボット

3.1 1号機

図1に1号機の外観を示す。このロボットは図1のように3本のアームで円盤をつかむ構造となっている。ただし3本のアームの上下稼働は2つのモータで行っているため、右側の1本が独立稼働、真ん中と左側のアームは1つのモータで2本同時に動く

ようになっている。これは3-6-9および1-4-7のビンゴを狙った際に真ん中と左側のアームは常に同時に下ろせばよいためである。

アームの回転はステッピングモータを使用しモータの回転軸に直接アームを取り付け動作させた。アーム回転用のステッピングモータドライバは東芝製ステッピングモータドライブIC TA8435Hを使用し、つかんだ円盤がモータの振動で落ちてしまわないように、マイクロステップ駆動とした。しかし、この方式では当初の予想に反し、円盤をつかんだ状態のアームを持ち上げるだけのトルクを出すことができなかった。そこで仕方なく、回転軸の反対側にバランスウエイトを取り付けることで対応したが、ロボット全体の重量増につながってしまった。

アームの位置決めは、アーム用モータの回転軸にスリットの開いた円盤を取り付け、その円盤を挟む

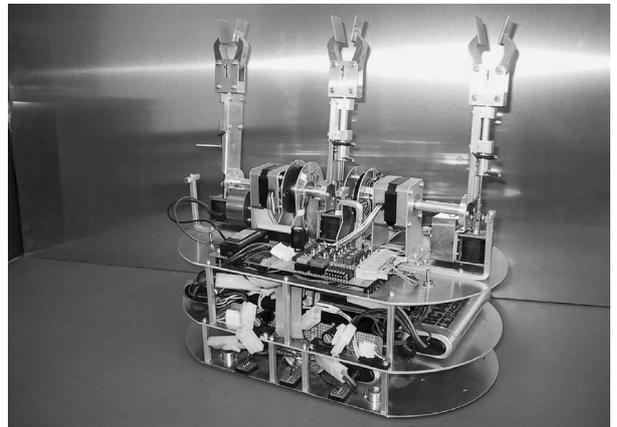


図1 1号機 (ロボット名: 続当り年)

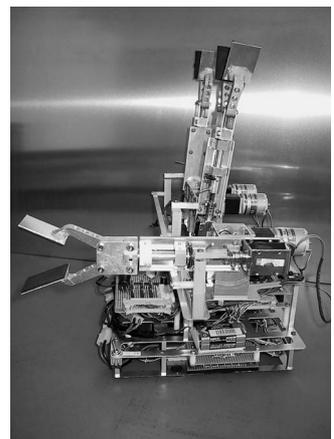
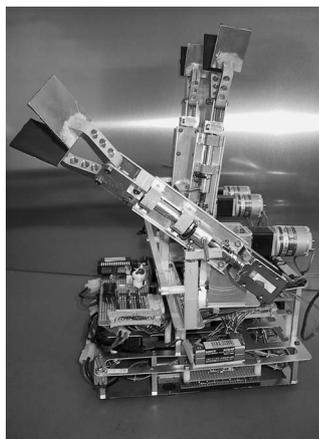
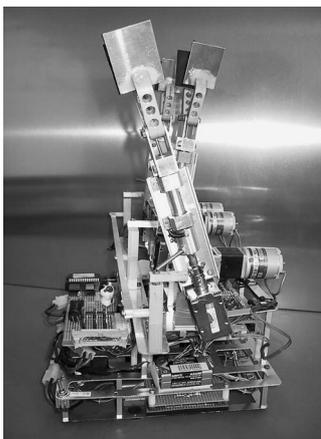


図2 ハンドの回転機構

ように、発光ダイオードとフォトトランジスタを配置し、スリットを通り抜けた発光ダイオードの光をフォトトランジスタで感知する方式を採用した。

本ロボットの1番の特徴はハンド部の回転機構である。この競技では水平に置いてある円盤を立てて格納しなければならないので、それに伴った機構が必要になってくる。本ロボットではハンドを90度回転させることにした。本ロボットでのハンドの回転機構はアーム全体の回転稼働と連動して行う機構を採用した。これにより、余分なモータや制御回路を使うことなく、シンプルではあるが確実なハンドの回転動作をするようにした。図2にハンドの回転機構を示す。図からハンドの回転がアームの回転と連動して行われていることがわかる。

走行部は、2つのステッピングモータの回転軸それぞれに直接タイヤを取り付けた、左右2輪駆動方式を採用した。走行用のステッピングモータドライバは、サンケン製モータドライブIC SL7024Mを使用、タミヤ製7.2V1700mAhバッテリーパックを2本使用し14.4V-2Aの定電流チョップ駆動を行った。

フィールド上の白線および白マークを読み取るためのセンサは、LEDとフォトトランジスタを使用した反射型センサを自作した。LEDは赤色可視光高輝度タイプを使用し、1kHzで点滅をさせた。その信号をフォトトランジスタで受光、オペアンプで増幅後に、HPFを通すことで外乱との区別を行った。センサの配置は図3のように、前後移動時のライントレース用に各6個、フィールド上の白マーク検出用に

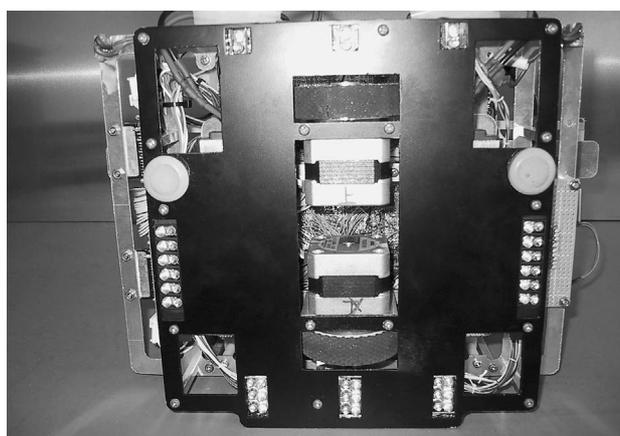


図3 反射型センサの配置

6個の計18個搭載した。

マイコンボードはプログラムの容易性とI/Oポートの数から秋月電子製のSuper AKI-80 (Z80互換)を使用した。ただし、このマイコンボードはノーマルで動作クロックが12MHzと非常に高速である。今回製作したロボットには12MHzは高速すぎたので、5MHzにクロックダウンをして使用した。

3.2 2号機

1号機の総重量が約5.5kgと非常に重くなってしまったため、2号機では徹底した軽量化を行った。図4に2号機の外観を示す。2号機の総重量は3kgで1号機に比べ2.5kgの軽量化を行うことができた。図1の1号機と比較していただければ、徹底的に肉抜きをしたことが見て取れる。また、バッテリーを東京マルイ製8.4V小型バッテリーパック2本に変更し、走行用モータに16.8V-2Aの定電流駆動を行った。以上の2点の改良で、1号機と全く同じ走行用のモータおよびモータドライバを用い、最大1m/secまで走行速度を上げることができた。

走行部の高速化にあわせて、アームの動作も高速化させることとした。アームの回転は1号機ではステッピングモータを使用していたが、2号機は図5に示すように、DCギヤードモータに変更した。小型のギヤードモータを選定したおかげで、3本のアームを1本ずつ独立稼働させるようにできた。そのおかげで、ほぼすべてのビンゴパターンに円盤を格納できる仕様となった。

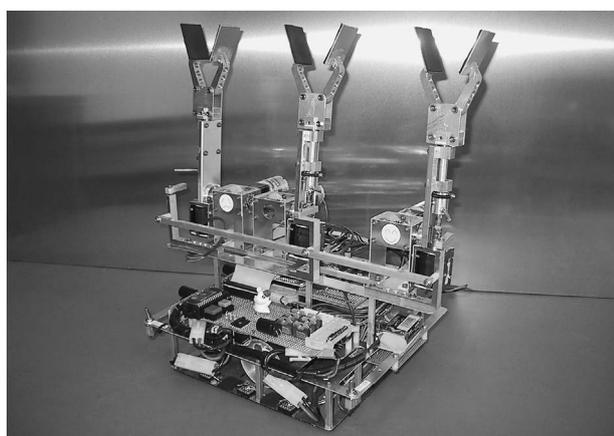


図4 2号機 (ロボット名:電池切れ改)

アームの回転速度はこの変更により1号機のアーム回転速度の約200倍に高速化された。

また、1号機ではステッピングモータのトルク不足を補うために取り付けいていたバランスウエイトがこの変更により必要がなくなった。おかげで相当な軽量化にもつながった。

アームの位置決めは、1号機のスリット方式から回転軸に取り付けたポテンショメータの電圧値を8bitのA/DコンバータでA/D変換して、マイコンに取り込む方式に変更した。

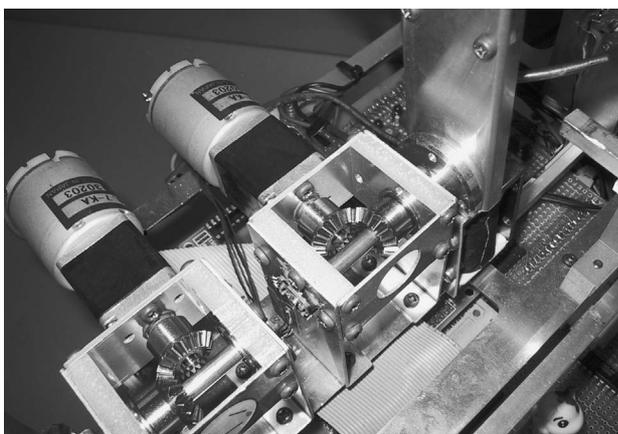


図5 アームの回転機構

なお、ハンドの回転機構は1号機と全く同様の機構を採用した。ハンドの開閉機構は、おもちゃのマジックハンドと全く同じ機構である。おもちゃのマジックハンドのハンドの開閉は、マジックハンドのトリガを人間が指で引くことで閉じ、離すとバネの力で開く仕組みとなっている。このロボットでは人間が行う動作のかわりに、ソレノイドとリターンスプリングを用いた。

以上、軽量化による走行の高速化とモータの変更によるアーム回転の高速化によって、非常に高速に動作するロボットとなった。ほぼ100%ビンゴを完成させることのできる安定動作の状態でも6秒前半で1つ目のビンゴ、約14秒で2列目のビンゴを完成できるようになった。ちなみにビンゴ完成確率は約50%に落ちてしまうが、調整中の最速ビンゴタイムは5秒台後半まで上げることができた。

このロボットに使用した主な購入部品は次のとおりである。

- ・マイコンボード：Super AKI-80（秋月電子）
- ・走行用モータ：PK243-01A（オリエンタルモータ）
- ・モータドライバ：SL7024M（サンケン）
- ・バッテリー：8.4V600mAh ハイパーコマンドミニバッテリー（東京マルイ）
- ・アーム用モータ：TG-47C-EU-88.7（ツカサ）
- ・ハンド用ソレノイド：SK1040A12AA（新電元）

4. 競技会におけるロボットの評価

2年目に改良を行ったロボットには、さまざまなパターンのビンゴをそろえるためのプログラムを入力してあり、それらをディップスイッチを使用して切り替えるようになっている。本来であれば、相手の入れた箇所をきちんとセンサで読み取ってそれに対応したプログラムを自動で選択するようになるべきであったが、時間とI/Oポート数の関係で相手の動作パターンに合わせて競技者のほうで切り替える方式となってしまった。

今大会では、ロボットの製作、調整に使用してきた自施設のフィールドと大会で使用されたフィールドでフィールド面の反射状態や摩擦係数に違いがあったようで、大会では若干ではあるがロボットの走行スピードを落とす必要があった。しかしながら、すべての試合でほぼ順調に動作し、相手にあわせていろいろなビンゴパターンを用いて勝利できたので、今回のロボットには非常によい評価をしている。

5. おわりに

大会でよい成績を残すのに2年間かかってしまった。ロボットの製作に関して全くノウハウのないところから、ブロック大会優勝という結果にもってつけたのもこの競技会用ロボットの製作にかかわった学生が非常に積極的にがんばってくれたおかげだと思っている。特に卒業して非常に多忙な生活を送っているにもかかわらず、さまざまな手伝いやアドバイスをしてくれた大高、花田の両卒業生には非常に感謝をしている。