

ライントレースロボットの教材開発

電子情報技術科 岸田 佳代子

The development of teaching materials that autonomous robot runs through the set course

Kayoko KISHIDA

概要 魅力アッププロジェクトの一環で競技会の出場をめざし取り組んでいる。取り組んだ技術から学んだことを活かし、コース制のロボットコースで扱われる教材の一部として、ライントレースロボットの教材開発した内容を記す。

1. はじめに

今年度から当校の魅力アッププロジェクトの一環として、競技会の出場をめざし、取り組んでいる。今回競技会として参加を試みたのは、「全日本マイクロマウス大会」である。この大会には2種目あり、「マイクロマウス競技」と「ロボットレース競技」がある。

「ロボットレース競技」とは黒い床に引かれた白いライン（一周 60 m以下）の周回コースをできるだけ早く走る（トレースする）ことを競う競技である。円弧の曲率半径は、10cm 以上であり、最初の走行でコースを記憶し、円弧やコースに合わせ、スピードを調整しメリハリのある走りを行うことにより、早く走ることができる。

今回出場を試みたのは「ロボットレース競技」であり、競技者はマイクロプロセッサ（以後マイコン）をロボットに搭載し、複数のセンサで正確にコースを読み取り、モータの速度調整が必要がある。これらの技術は電子情報技術科で学ぶ技術を総合したものであり、ロボット制御を学ぶのに適していると考ええる。

教材として扱うには、前提条件として、一連の電子部品についての知識、モータの種類や特長、制御の方法、マイコンの基本的な使い方を習得している必要がある。専門課程2年次の応用的課題として適しているものと考ええる。

そのほかに、ロボットを最速で走らせるためには、使用する部品の材料や重量についても考慮

する必要がある。どのような内容を中心に学習するのか検討し、学生が考え工夫する点も残しつつ、安定した動作をするロボットを製作するため、今年度実験、検証した事柄を報告する。

2. ハードウェアの設計について

マイコンとモータドライバは2年次の授業の中でも使用し、PWM 制御の機能を持っている物を使用する。これはモータの速度制御を可能にする。さらに動作確認やセンサの反応状態を確認するためにLED を取り付けた。センサは小型のものを使用し、前方コースを読み取る（以後、トレースセンサ）のに3つ、スタートゴールマーカを検出する（以後、スタートセンサ）ために右に1つ、コーナマーカを検出する（以後、コーナセンサ）ために左に1つ用意した。回路図を示す。（図1）

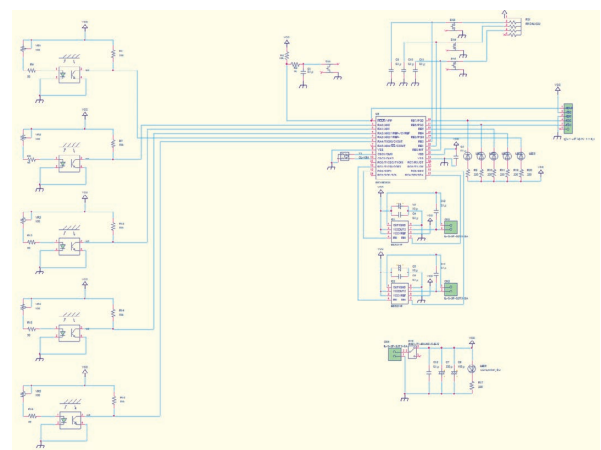


図1 回路図

最初に検証したロボットは、必要なものを最低限組み込んだシンプルな回路となった。

2.1 1号機ロボット

最初に作成したロボットサイズは185×120mm、前方にトレースセンサ、スタートセンサ、コーナセンサの5つを並べた。このロボットは、緩やかなカーブの多いコースでは走ることが出来るが、マイクロマウス大会の本戦で多用される半径100mmのコースを曲がりきることができなかった。

原因は全長の長さである。センサがカーブを読み取るとモータはそれに合わせ曲がり始める。センサとモータの間に距離があるので、モータがカーブに到達する前にコースアウトとなる。

プログラムでモータの連動に時間差を持たせることも出来るが、電池の消耗具合により、モータの速度に違いが生じるため、調整が複雑になることが分かった。

2.2 2号機ロボット

次に全長を抑えたロボットに変更し、スタートセンサ、コーナセンサをモータの近くに配置した。これらのセンサを移動させたのは、センサ読み取りとモータの駆動に時間差を持たせなくてもすむようにしたためである。しかし、ラインはなるべく早く読み取れるほうが良いと考え、前方に置くこととした。(写真1)

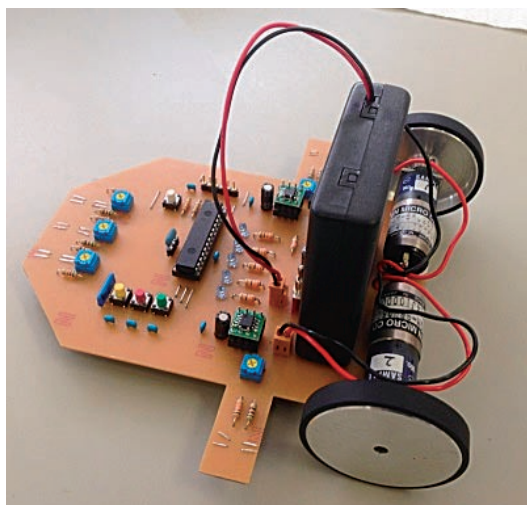


写真1 改良を加えたロボット

全長を抑えたため、半径100mmのカーブも曲

がる事ができるようになり、安定した走行をするようになった。

ロボットのさらに安定させた走行をめざするためタイヤの検討をした。当初モータの軸に合わせたホイールで、早く走行するために径の大きなものを取り付けていた。しかし、回転数の高いモータを選択したため、大きな径のタイヤを駆動するのにトルクが小さいことが分かった。それでホイールが軽く、グリップの良いタイヤを検討し調整を図った。

それでもコースにより速度が上がった状態では、急なカーブに差し掛かるとタイヤの滑りによりコースアウトしてしまうことがあった。ロボットの重量を小さく、重たい部品の位置の検討、グリップの良いタイヤの選定、トルクを大きくするためのギヤの挿入、径を半分ほどの小さなタイヤへの交換することとし、走行時にタイヤが滑らないよう調整するためにロボットの改良を試みることにした。写真2は左から初期のタイヤ。右はギヤを取り付けた状態である。

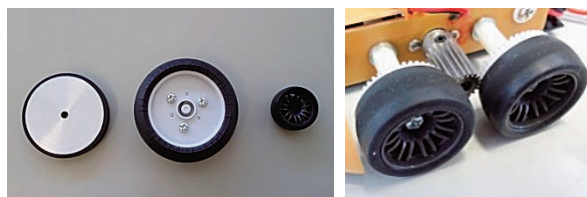


写真2 タイヤの検討

2.3 競技会後の改良ロボット

最終的に改良したロボットは190×163mmとなった。全長は伸びたが、センサとタイヤの距離は126mmから83mmと短くなっている。

さらにエンコーダ、ブザー、ギヤ、グリップの良いタイヤを加え、トレースセンサを8つに増やした。これにより正確にコースを読み取ることを目標とした。これら取り付け部品の増加に伴い、マイコンの変更をし、入出力ポートの多いものとした。(写真3)

グリップの良いタイヤを4つ取り付け、間にギヤを入れることで安定した走行が可能になった。さらにセンサを増やしたため、より正確にコースを読み取ることが可能になった。

今まではセンサの反応を LED の点滅で確認していたが、走行中の確認は難しいため、スタートゴールマーカやコーナマーカを読み取った場合、ブザー音で確認ができるように改善した。

エンコーダを入れたことで、距離の測定が可能になった。マーカの距離を測り、マーカ読み取り時のチャタリングを距離測定により防止できるようになっている。次のカーブまでの距離を計算することもできるため、速度を変えたメリハリのある走行が可能になると考える。

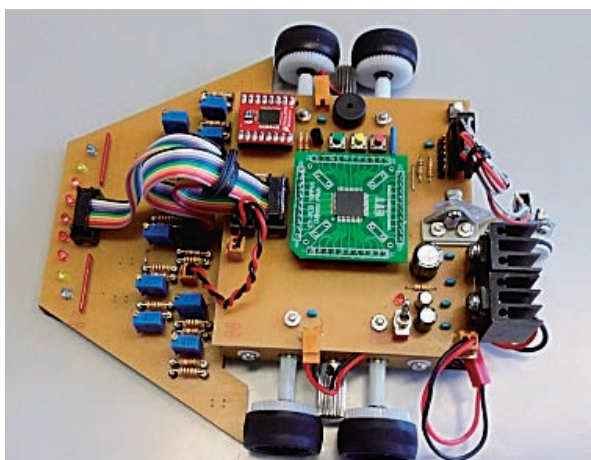


写真3 最終的に作成したロボット

3. 制御プログラムについて

3.1 速度制御

速度制御はマイコンの CCP モジュールの PWM 制御を用いている。PWM 制御とは **Pulse Width Modulation** (パルス幅変調) を用いた制御のことである。モータはブラシレス DC モータを使用している。DC モータは定格電圧を加えると最速で回転する。この直流電圧をパルス変調することで DC モータに流れる平均電流を変え、速度を変更することができる。

コースのトレースは右のモータと左のモータの回転速度を変えることによって行った。コースの形状を 5 つのパターンに分けた。直進、左カーブ、右カーブ、左急カーブ、右急カーブである。

カーブを普通のカーブと急カーブに分けたのは、急カーブを曲がる場合、機体が大きいため曲がりきれずコースアウトしてしまうのを避けるためである。

図2にカーブの違いによる動作について記す。

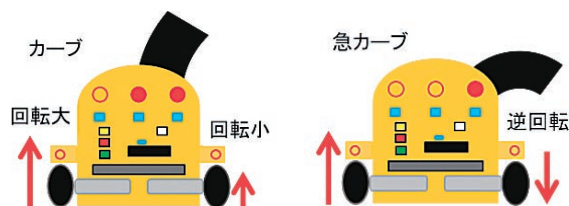


図2 トレースパターン

センサの反応の違いを利用し急カーブの場合は曲がりたい方のモータを逆回転させ、急なカーブもトレースすることが可能になった。

3.2 マーカの読み取り

マーカにはコーナマーカ、ゴールマーカ、スタートマーカがある。

マーカの読み取りにはチャタリング除去を考慮する必要がある。マイコンの処理速度が速いため、一つのマーカを検出するのに何度もセンサが反応しているように処理されてしまうためである。今回はタイマモジュールを使用し、最初のセンサの反応後、一定時間はセンサを検出しないようにプログラムした。

さらにコースの中には十字路がある。機体が少しでも傾いていると誤動作してしまうことが分かった。原因は、当初コーナセンサとスタートセンサが同時に反応すると仮定してプログラムしていたが、機体が傾いていると、どちらかのセンサが早く反応してしまい、マーカとして認識していたことが原因であった。そこで、どちらかが先に反応すると、一定時間内にもう片方のセンサが反応するかどうか確認することで、十字路なのかマーカなのかを判断し、誤動作をなくすことができた。

ここまでのプログラムは2つ目に完成させたロボットで動作確認できた。しかし、電池の消耗によりモータの速度が減速していることが分かった。モータの移動距離を回転速度と時間により制御していたため、電池消耗による速度変化は細かな制御に対応できないことが課題となった。さらにタイヤの滑りによりモータ回転と比例した移動距離も見込めないことも課題であった。

これらの解決策はソフトウェアで行わず、ハー

ドウェアの改良という形で解決を図った。充電容量が大きく軽量なバッテリーへ変更すること、ロータリーエンコーダを取り付けて移動距離を正確に測定すること、グリップの良いタイヤの選定とギヤによるトルク調整を行うことで解決できると考えた。

3.3 距離の測定

最後に作成したロボットにはロータリーエンコーダが搭載されているため、正確な距離測定を目標にした。これまでは距離測定ができなかったため、マーカの幅やゴールマーカ検出後に停止するまでの距離を割出すのにモータの回転時間により制御していた。ロータリーエンコーダにより距離の測定が可能になったため、マーカのチャタリング防止プログラムはマーカの幅を考慮してプログラムし、ゴールマーカ検出後、機体全体がゴールマーカを通過できる距離をプログラムで計測し、停止できるようになった。

そのほかにもコーナマーカ検出後、次のマーカまでの距離を測定し、コースを記憶することも可能になると考える。

4. 教材として

今回の教材開発を2年次ロボットコースの「組み込みソフトウェア応用実習」へ応用することができる。この実習ではマイコンを用いてDCモータを速度制御し、光センサを用いてラインをトレースする課題を扱う。さらにロータリーエンコーダを用いて距離測定を行う方法や、センサ工学で学ぶジャイロセンサや加速度センサを用いて回転角度など求めることもできる。ジャイロセンサや加速度センサは角加速度や加速度をセンサ信号としてマイコンに取り込むことができるため、マイコンで計測した時間を演算することにより、回転角度や速度を算出することが可能である。

さらに教材として、安価な材料を用いることも求められる。今回ライントレーサで使用したモータは高価なものであったが、速度を抑えた安価な材料を使用し、ノイズを抑えるためにモータと電子回路の電源を別にするなど工夫するなら今回作成した回路をほとんど変更することなく教材にす

ることができる。PWM制御と機体の製作までで2単位とし、その後ロータリーエンコーダやジャイロセンサなど各種センサを制御した正確な走行をめざすことを目標とし、さらに2単位を用い実習することができる。

5. おわりに

今回の教材開発を通して、電子情報技術科で学ぶ様々な分野を合わせた総合的な学習としてラインレースロボットを製作できることが分かった。それぞれのロボットの抱える問題点を考察することによりハードで解決できる問題とソフトで解決できる問題を整理して必要な改善策を考察することで大変学びの多い開発内容となった。競技会へ出場し、多くのロボットを観察したことで様々なアイデアを吸収することもできた。

今回の教材開発では搭載することができなかったが、コースの径や方向を読み取るために加速度センサやジャイロセンサ、電子コンパスなどを組み込むことにより、より正確でメリハリのあるトレースが可能になると考える。今後センサの実習教材としても応用していきたい。

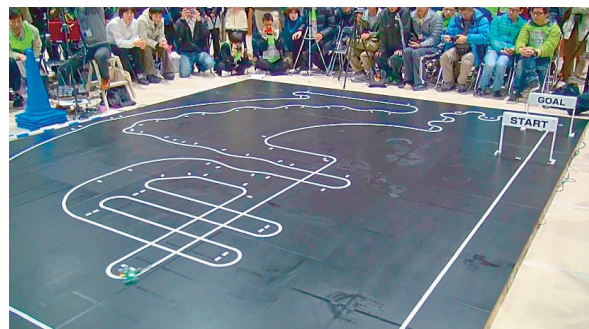


写真4 競技会の様子

文献

1) 後閑哲也, C言語によるプログラミング入門(改訂版), 技術評論社, 2012

著者 E-mail Kishida.Kayoko@jeed.or.jp