

自律型ロボット競技ルールに則した教育用ロボットの mbed による開発

葉山 清輝*

Development of educational autonomous robot using mbed conforming to the rules of robot contest

Kiyoteru Hayama*

Abstract The autonomous robot using mbed conforming to the rules of the robotracer and micromouse contest are developed. The mbed is fast prototyping tool that has developed in recent years, and using mbed is easy to develop for the hardware and software of robots. The robotracer is a kind of line follower robot, which runs along the white line on the black surface with recognizing start/goal and corner marker. The micromouse is a maze solving robot. From the difficulty of both hardware and software, the micromouse using as a teaching material is very few case. The micromouse is used as a teaching tool from the difficulty of both hardware and software is very few case, but the micromouse developed in this study is available as a teaching material.

キーワード : mbed, ロボットコンテスト, 自律型ロボット, マイクロマウス, ロボトレース

Keywords : mbed, robot contest, autonomous robot, micromouse, robotrace

1. はじめに

電子制御技術の学習教材としてラインレースロボットを題材として設計・製作を行う例は多い。その理由としては光学センサを使って左右モータを ON-OFF 制御するような簡単なものから、ラインの位置をアナログ値で読み取りモータ出力の PID 制御を行うような比較的高度なものまで対象者の技術レベルに合わせた課題設定ができるためだと考えられる。しかしその自由度ゆえに学習成果の到達度を客観的に評価する指標を持たずに学習が行われる場合が多い。本研究では、達成度の評価指標として広く認知されているラインレースロボット競技の一つであるロボトレース競技⁽¹⁾のルールに即した教材開発を行った。ここで、制御用のマイコンボードには高速プロトタイピングツールとして知られ開発の容易な mbed^(2,3)を用いて高度な制御ソフトウェア技術の習得が可能なものとした。

一方、マイクロマウス大会⁽⁴⁾はその歴史も古く認知度は高い。マイクロマウスはある程度以上のレベルのソフトウェアとハードウェアの技術を兼ね備えなければ製作できず、技術的な難易度の高い競技であるため工学教育で題材とされた例は少ない。しかし、開発の容易な mbed を用いれば技術的な障壁が低くなると考えられる。本研究では mbed によるマイクロマウス教材の開発例もあわせて紹介する。

2. 各競技について

2.1 ロボトレース競技について⁽¹⁾

ロボトレース競技は公益財団法人ニューテクノロジー振興財団が主催するマイクロマウス大会における競技種目の一つで、黒地に白のライン（幅 19mm）をトレースする自律型ロボット競技である。ロボトレース競技に出場するロボットはロボトレーサと呼ばれている。ロボットはコース右側に設置されたスタート及びゴールを示すマーカーを検知し範囲内で自動停止しなければならない。コースの曲率が変化する部分の左側にマーカーがあり、コース履歴の記録に利用できる。5分の競技時間内に3回の走行が可能で最短の走行時間を競う。ソフトウェアの工夫によりショーカット（ライン上に機体があればよい）によるタイムの短縮が可能である。

2.2 マイクロマウス競技について⁽⁴⁾

マイクロマウス自身の力で迷路を探索し、ゴールへ走り抜ける自律型移動ロボットである。マイクロマウス競技は、1977年にIEEE（米国電気電子学会）が提唱したことに始まり、日本では、公益財団法人ニューテクノロジー振興財団が主催で1980年より地区大会および全国大会が行われている。迷路の大きさは、16×16区画（1区画の大きさは18cm×18cm）の通路から構成されており、形などは事前に知らされていない。四隅のいずれかの区間で設定された出発点に置かれたマウスが、自力で中央にあるゴールにたどり着くまでの時間を競う競技である。持ち時間は10分以内で決められ、走行回数は5回で、ゴール到達に要した最短

* 情報通信エレクトロニクス工学科
〒861-1102 熊本県合志市須屋 2659-2
Dept. of Information, Communication and Electronics Engineering,
2659-2 Suya, Koshi-shi, Kumamoto, Japan 861-1102

時間を競う。多くのマウスは、最初に比較的ゆっくりとした走行で迷路の探索走行を行い、2回目以降の走行でタイムトライアルを行う。

3. mbed について

mbed とは、ARM コアを搭載したワンボードマイコンおよびオンライン開発ツールであり 2005 年にプロジェクトがスタートした。図 1 に示すように、30 本のデジタル I/O ポートと共用の 6 本のアナログ入力ポート、シリアル、USB、CAN、Ethernet などの通信ポートが利用できる。ソフトウェアの開発環境は PC にインストールする必要がなく、インターネットに接続された PC から mbed の公式サイト⁽²⁾にアクセスすることによりブラウザ上で開発環境を利用できる。mbed のサイトでは公式のライブラリが公開されているほか、個人の作成したプログラムやライブラリの公開もできる仕組みが用意されている。

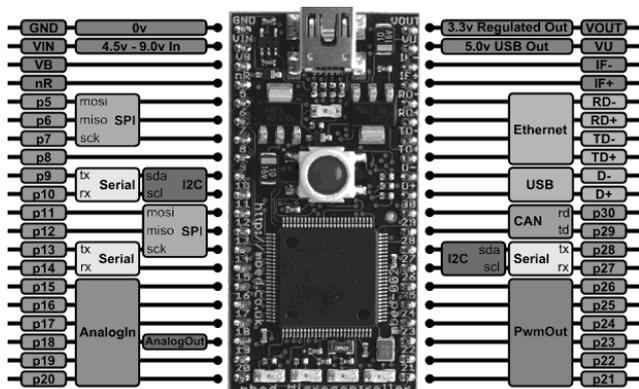


図 1 mbed 基板上的のピン割り当て

4. mbed によるロボットレーサの開発

4.1 ロボットレーサのハードウェア

開発したライントレースロボットを図 2 に示す。専用基板を設計して製作を容易にした。単 3 電池 6 本で駆動し、mbed により制御を行なう。6 個のラインセンサと 2 個のスタート・ゴールマーカー用に 2 個のセンサを搭載している。そのほか、マーカー検出を知らせるための圧電ブザーやスイッチも搭載している。基板上にユニバーサル領域を設けてジャイロセンサなど任意のセンサを追加可能にしている。左右 2 個のステッピングモータを使って走行する。図 2 は安価な部品構成によるものであるが、高出力のモータと小型軽量のバッテリーを利用すれば高速な走行も可能である。

図 3 と図 4 に開発したライントレースの回路図と基板の設計をそれぞれ示す。ライン及びマーカーセンサを mbed のアナログ入力ポートより読み取り、デジタル出力ポートに直結したパワー-MOSFET モジュールによりステッピングモータを駆動している。

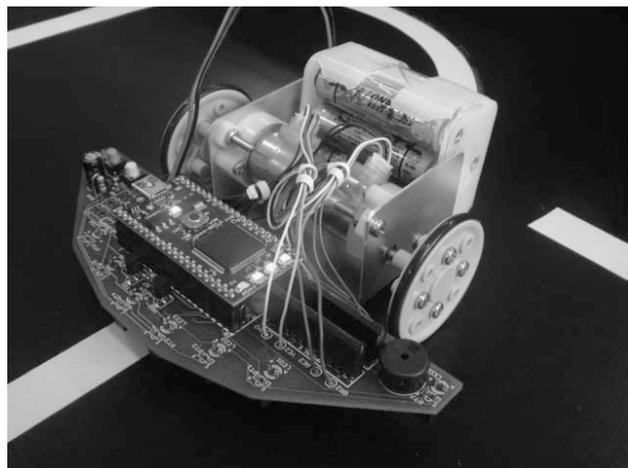


図 2 教育用ライントレーサ

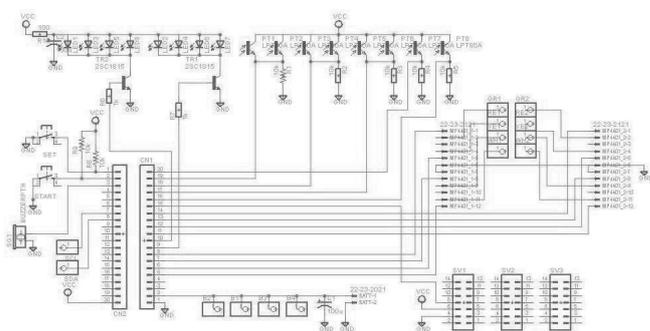


図 3 ロボットレーサの回路

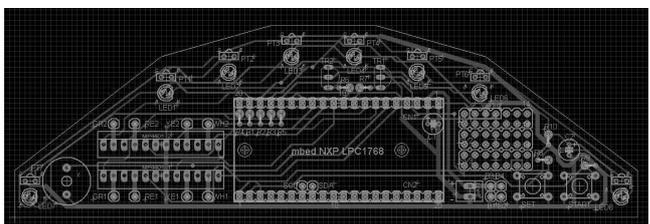


図 4 ロボットレーサの基板設計

4.2 ロボットレーサのソフトウェア

ロボットを動作させるためにサンプルプログラムを用意し、mbed の公式サイト内に公開している⁽⁵⁾。mbed の workspace にインポートし、コンパイルして mbed に書き込むことで利用できる。

プログラムは以下の 4 つのモジュールからなる。

- (1) センサ読取りモジュール：6 個のラインセンサを読み取り個々のセンサの検出結果やラインの位置情報を提供する。また左右のスタート・ゴールマーカー、コーナーマーカーの読み取りとクロスラインの判別を行う。
- (2) モータ制御モジュール：プログラムの指示によりモータの正転・逆転および回転速度の制御を行う。
- (3) 走行モジュール：ラインセンサの情報を元にモータを制御しライントレース走行を行う。簡単な比例制御とスタート・ゴールマーカー検出による停止処理までを提供する。
- (4) メインモジュール：各種テストプログラムの選択と実行を行う。

ロボットレース競技では 3 回の走行が認められており、走行速度を上げるためには、なめらかな走行制御と曲率や距離などのコース履歴の記憶と履歴を元にした加減速走行が必要になってくる。これらの改良を行いやすいようにサンプルを構成した。

5. mbed によるマイクロマウスの開発

5.1 マイクロマウスのハードウェア

開発したマイクロマウス教材の製作例を図 5 に示す。専用のプリント基板を設計して回路製作を容易にし、選定した駆動部品に応じて機体の製作を行うことにした。4 個の赤外線 LED 及び赤外線フォトトランジスタを搭載し、赤外線線の反射強度を計測することにより壁の有無や距離情報を得ながら左右 2 個のステッピングモータを使って走行する。図 5 は安価な部品構成によるものであるが、高出力のモータと小型軽量なバッテリーを利用して高度な走行制御を行えば高速で区画を斜めに走行することも可能である。基板は斜め走行が可能な幅に収まっており、ジャイロセンサ用の端子も備えている。

図 6 と図 7 に開発したマイクロマウスの回路図と基板の設計をそれぞれ示す。

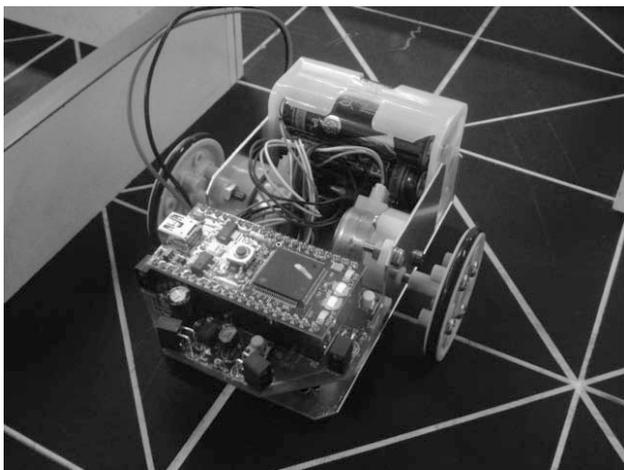


図 5 教育用マイクロマウス

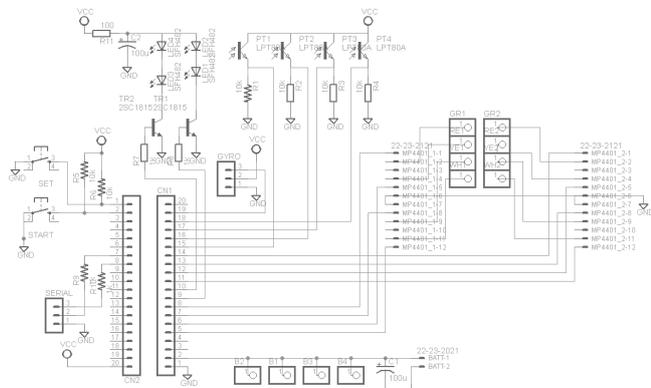


図 6 ロボトレサの回路

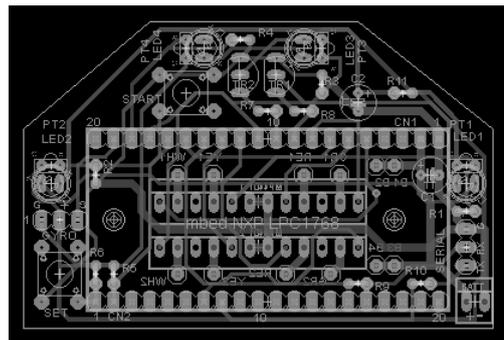


図 7 ロボトレサの基板設計

デジタル出力信号により赤外線 LED を発光し、それと同期した反射光強度を mbed のアナログ入力ポートより読み取り、左右各 4 本のデジタル出力ポートに直結したパワー MOSFET モジュールによりステッピングモータを駆動している。

5.2 マイクロマウスのソフトウェア

マイクロマウスを動作させるために約 500 行のサンプルプログラムを用意し、mbed の公式サイト内に既に公開している⁽⁶⁾。プログラムは以下の 4 つのモジュールからなる。

- (1) センサ読み取り及びモータ回転モジュール: タイマー割込み呼び出され、4 個の光センサの読み取り結果を提供と、プログラムの指示によりモータの正転・逆転および回転速度の制御を行う。前進中は壁との距離を保つように左右の速度調整も行う。
- (2) 左手法による走行モジュール: 拡張左手法の迷路探索アルゴリズム (迷路の履歴を使った方法) を使って意思決定し、前進、左右回転、または U ターンを行う。走行時に得た壁情報と履歴を随時記録しながら走行する。
- (3) 最短走行モジュール: 蓄積された壁の有無の情報を元に最短経路を求めてスタートからゴールまで最短経路で走行を行う。
- (4) メインモジュール: 各種テストプログラムおよび走行プログラムの選択と実行を行う。

マイクロマウス競技では、最初はゴールに到達することさえ難しい。ゴールするためには、左右壁との距離を一定に保ち、壁の切れ目や区画の始まりで走行距離の誤差補正を組み込む必要がある。良いタイムを出すためには迷路探索アルゴリズムの改良や、なめらかな走行制御とコース履歴を元にした加減速走行で走行速度を上げることが必要になってくる。例えば上級者はスラローム走行や斜め走行を実装している。

6. 教育現場での活用

回路を簡略化して部品点数を減らし、製作も容易にして教材の価格を抑えた。mbed は約 6000 円と高価であるが、それ以外の部品はロボトレサ、マイクロマウスともに約 3000 円で入手可能であり、高専や大学での演習に利用可能

な金額におさまった。教育用ロボトレーサはすでに情報通信エレクトロニクス工学科4年次の工学実験で演習に組み込んだほか、開発ツールのインストールが不要で可搬性のある教材なので国際交流協定を結んでいる海外の大学との技術交流の課題として、平成25年度は本校及びシンガポールで本教材を利用して演習および競技会を行った実績がある。走行タイムは過去のロボレース競技の公表成績と比較・評価できることも利点である。

教育用マイクロマウスについて、過去に H8 マイコンや Arduino⁽⁷⁾を用いた設計した教材は既に本校の正規のカリキュラムでの利用や国際交流協定を結んでいる海外の大学との技術交流の課題としての利用例がある。mbed は H8 や Arduino より高性能であるため、高度な制御ソフトウェア技術の習得が可能になると考えられ、既に国際交流協定校での学習教材としての技術協力を進めている。

7. まとめ

自律ロボット競技として知られているロボレースとマイクロマウスを題材に、近年開発された高速プロトタイピングツールである mbed を使って教育用ロボットを開発した。開発したロボットの解説やサンプルは既にインターネット上に公開し、数量限定で専用基板の無料配布も行っている。学内での教材としての利用の他に、学外や海外でも利用され、いくつかレスポンスも受けている。本校発の教材としての評価を受けながら今後も改善していく。

また本校では、過去23回を数えるマイクロマウス九州支部大会が開催されてきた経緯があり、本年度も第24回の九州地区大会が開催予定である。競技ルールに則した教材を使って本校学生が演習を行うことは、競技参加を動機付けとした自発的な学習にもつながると期待している。

(平成26年9月25日受付)

(平成26年12月2日受理)

参考文献

- (1) (公財)ニューテクノロジー振興財団, ロボレース競技規定, http://www.ntf.or.jp/mouse/micromouse2014/kitei_trace_since2014.html
- (2) Rapid Prototyping for Microcontrollers, <http://mbed.org/>
- (3) 勝純一:「超お手軽マイコン m b e d 入門」(2011).
- (4) (公財)ニューテクノロジー振興財団, マイクロマウス競技規定, http://www.ntf.or.jp/mouse/micromouse2014/kitei_classic_since2014.html
- (5) mbedRobotracer_Edu - a mercurial repository | mbed, http://developer.mbed.org/users/hayama/code/mbedRobotracer_Edu/
- (6) mbedMicromouse - a mercurial repository | mbed, <http://developer.mbed.org/users/hayama/code/mbedMicromouse/>
- (7) Arduino-HomePage, <http://www.arduino.cc/>