

自律型ロボット競技ルールに則した教育用ライントレースロボットの Arduino を用いた開発

葉山 清輝^{1,*}

Development of educational autonomous line follower robot using Arduino conforming to the rules of robot contest

Kiyoteru Hayama^{1,*}

The autonomous robot using Arduino conforming to the rules of the robotracer contest are developed. The Arduino is famous prototyping tool that has developed in recent years, and using Arduino 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 robotracer developed in this study is available as a teaching material.

キーワード：Arduino, ロボットコンテスト, 自律型ロボット, ライントレースロボット, ロボトレーサ

Keywords : Arduino, robot contest, autonomous robot, line follower robot, robotracer

1. はじめに

電子制御技術の学習教材としてライントレースロボットを題材として設計・製作を行う例は多く、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 制御を行う比較的高度なものまでがある。対象者の技術レベルに合わせた課題設定ができるのは利点であり、学習の到達度を客観的に評価する指標のある教材を選定するのが望ましい。

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トレースロボットの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の開発を行った。ここで制御用のマイコンボードにはプロトタイピングツールとして知られ開発の容易な Arduino⁽²⁾を用いて制御ソフトウェア技術の習得が可能なものとした。

2. ロボトレース競技について

自立型ロボットが独力で迷路を探索し、通過に要する最短時間を競うマイクロマウス競技は、1979年に米国で始まり、日本でも公益財団法人ニューテクノロジー振興財団⁽³⁾によって1980年より毎年全日本大会が開催されて

いる草分け的なロボット競技会である。ロボトレース競技は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。図1にロボトレース競技のコース例を示す。ロボットはコース右側に設置された

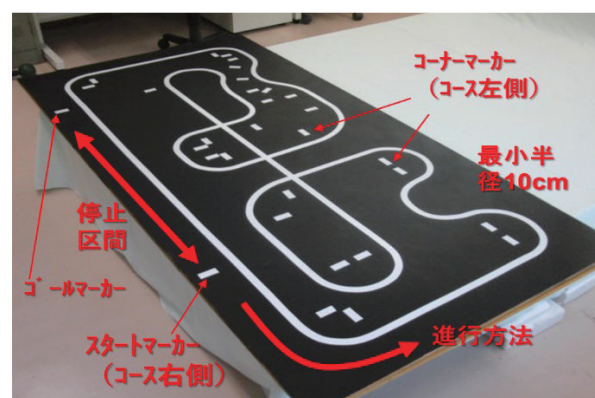


図1 ロボトレースのコース例

スタート及びゴールを示すマーカ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コーナマーカがあり、コース履歴の記録に利用できる。3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

¹ 拠点化プロジェクト系
〒861-1102 熊本県合志市須屋 2659-2
Faculty of Project Centers
2659-2 Suya, Koshi-shi, Kumamoto, Japan 861-1102

* Corresponding author:
E-mail address: hayama@kumamoto-nct.ac.jp (K. Hayama).

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。

3. Arduinoによるロボトレースの開発

3.1 Arduinoについて

Arduino とは、マイコンや入出力ポートを備えた基板、Arduino 言語や専用の統合開発環境によって構成されるシステムであり、動作に必要な開発システムを Web サイトからダウンロードできるオープンソースハードウェアである。2005年にイタリアでプロジェクトが発足し、現在は様々な種類のボードが開発され世界中で広く販売されている。すぐに電子工作を始められる手軽さから、世界中で人気を集めている。

図2はAVRマイコン(ATMega328)を搭載した代表的なArduino UNOである。14本のデジタルI/Oポートと6本のアナログ入力ポートを備え、シリアル、SPI、I²C通信が利用できる。ボードの回路構成は、電源回路、AVRマイコン、USB-シリアル変換回路からなる。

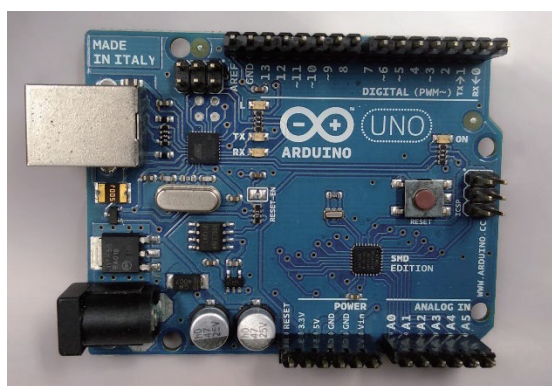


図2 Arduino UNO ボード

3.2 ロボトレースのハードウェア

開発したラインレースロボットの概観を図3に示す。今回製作したラインレースロボットは、Arduino開

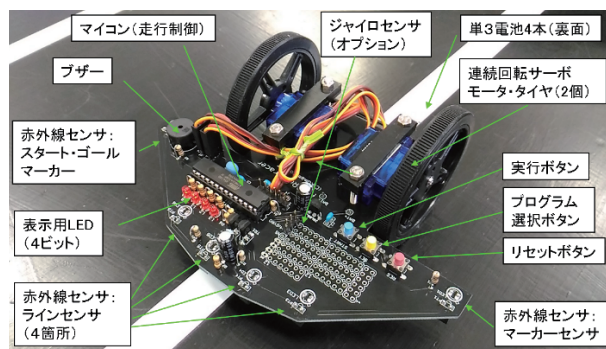


図3 教育用ラインレース

発環境を用いてソフトウェアの開発ができる専用の互換ボードとして設計・開発した。ロボットの基板にはArduino UNOと同じAVRマイコン(ATMega328)を搭載し、USB-シリアル変換回路は別の市販品を用いてソフトウェアの書き換え時に接続することでロボット本体の低コスト化をはかった。

単3電池4本で駆動し、Arduinoにより制御を行なう。ライン及びマーカは光学センサによって読み取る。4個のラインセンサと2個のマーカセンサ(スタート・ゴールマーカ、コーナーマーカ)を搭載している。そのほか、表示用LED、マーカ検出を知らせるための圧電ブザーや各種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個の連続回転サーボモータを車輪を使って走行する。

図4と図5に開発したラインレースの回路図と基板の設計をそれぞれ示す。汎用のアナログ入力为确保するため4個のラインセンサの内2個ずつ並列に接続し対応するLEDを交互にパルス点灯させてそれぞれ読み取りを行った。LEDの点灯時と平常時のフォトトランジスタの出力を比較することで外乱光の影響を取り除くことができる。

基板を直接ロボットの本体として用いることで、組み

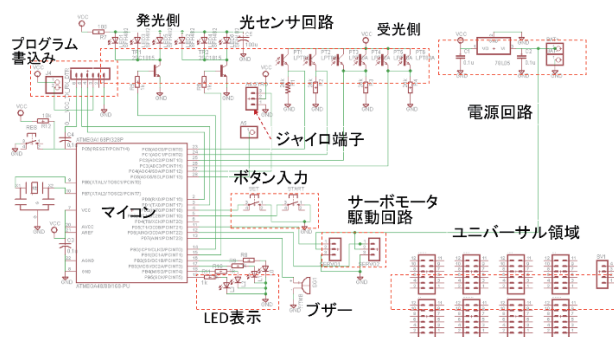


図4 ロボトレースの回路

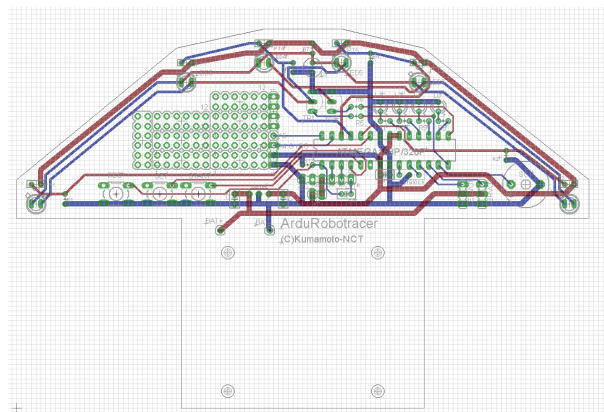


図5 ロボトレースの基板設計

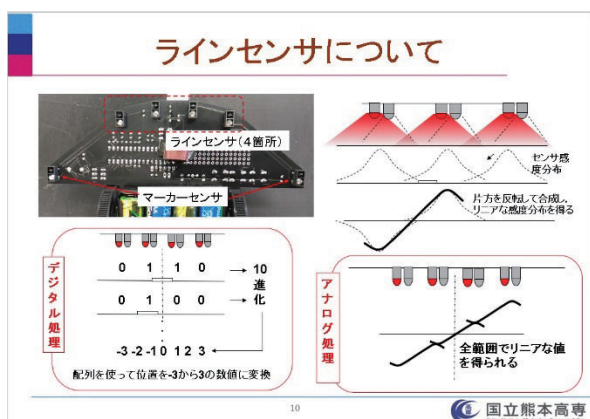
立ての簡素化をはかった。表面に連続回転サーボモータを取付けて駆動輪とし、裏面からピン接続の単3電池ボックスを半田付けして固定するようにしている。

3.3 ロボトレサのソフトウェア

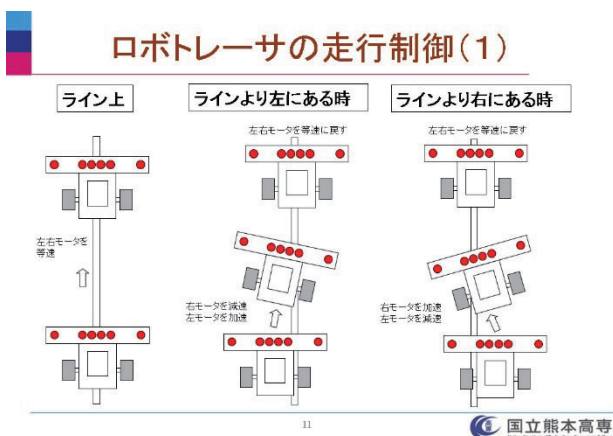
講義・演習用の資料⁽⁴⁾とロボットを動作させるためのサンプルプログラム⁽⁵⁾を用意し既に Web 上に公開している。資料は約 40 ページのスライドである。

図 6 に資料の例を示す。図 6(a)はラインセンサについて説明している資料で、ロボットの下面のセンサ配置とデジタル値によるラインの位置検出と、アナログセンサを使った詳細な位置検出について説明している。図 6(b)はラインレース走行の考え方についての説明であり。この後の資料で、比例、積分、微分制御について順に説明している。

サンプルプログラムについては、始めに 110 行程度の演習と定数の定義を行い、プログラム本体は約 320 行となった。プログラムの構成は以下の通りである。



(a)ラインセンサについて



(b)ロボトレサの走行制御

図 6 講義資料の例

- 1)演習 (演習 1~13)
- 2)定数定義
- 3)変数定義
- 4)各種関数
 - ・ LED 表示
 - ・ 光学センサ読み取り
- 5)テストプログラム
 - ・ センサ読み取り
 - ・ ラインの位置出力
 - ・ モーターテスト (前進、バック、右旋回、左旋回)
- 6)ラインレース走行(フリーラン)
- 7)競技走行 1 (コース履歴を記録)
- 8)競技走行 2 (コース履歴用いて最速走行)
- 9)setup()および loop()

図 7 に演習の資料の例を示す。演習はプログラム中にコメント行で記しており、#define 文で定義される定数を書き換えながらプログラムのコンパイル及びボードへの書き込みを行い動作確認するように構成している。

半期 15 回の講義・演習で取り組めるように考慮して、演習は簡単なものから難易度の高いものまで以下の 13 通りを用意した。

演習内容

- 1) 連続回転サーボのオフセットを調整
- 2) モーターを回転(0:前進、1:バック、2:右回転、3:左回転)
- 3) モーターのスピードを変えてみる
- 4) 真っ直ぐ走らない時は、回転速度を補正
- 5) ラインセンサの確認 (白線の位置を LED 表示)
- 6) 個々の光センサを調整 (しきい値を調整)
- 7) 速度可変のラインレース走行(フリーラン)

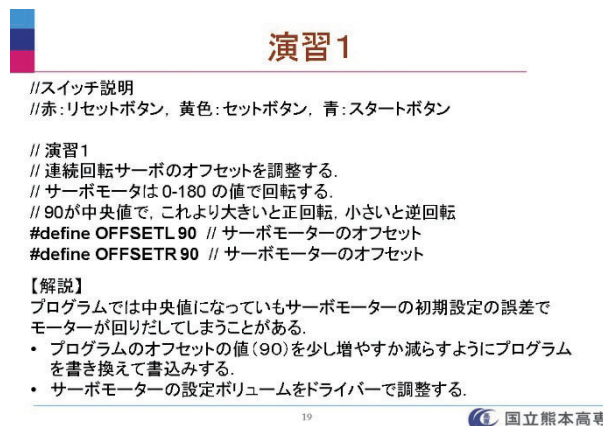


図 7 演習の資料の例

- 8) 比例係数可変のライトレース走行(フリーラン)
- 9) 微分係数可変のライトレース走行(フリーラン)
- 10) ライトレース競技走行、1回目
- 11) ライトレース競技走行、2回目
- 12) ライトレース競技走行、3回目
- 13) 高度な設定 (制御のインターバルを調整)

4. 教育現場での活用

ライトレースロボット1台分の部品代金は約3000円となり高専や大学等での演習に利用可能な金額におさまった。USB-シリアル変換ボードは約1500円だが授業等で使う場合は共用で利用して経費を節減できる。開発したライトレースロボットを25セット製作して、令和元年度より情報通信エレクトロニクス工学科3年の計算機工学の後期の講義・演習に取り入れている(図8)。最後に競技会を行い各自で工夫したプログラムでタイムを競った。

そのほか、本校も含めた3高専合同で開催している小中学生向けのJSTジュニアドクター育成塾「高専ハカセ塾」の令和元年度の教材としても取り入れた(図9)。成績上位者3名が熊本高専熊本キャンパスにて開催された第29回マイクロマウス九州地区大会に出場し、2名が完走を果たして特別賞が授与された。



図8 情報通信エレクトロニクス工学科3年の演習風景



図9 高専ハカセ塾の演習風景

5. まとめ

自律ロボット競技として知られているロボットレース競技を題材に、プロトタイピングツールであるArduinoを使って教育用ライトレースロボットを開発した。開発したロボットの講義・演習資料やサンプルプログラムは既にWeb上に公開している。授業教材としての利用のほか、地域貢献事業にも利用し、今後も公開講座等で利用し改善していく。

また熊本キャンパスでは、過去29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、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。

(令和3年10月11日受付)

(令和3年12月24日受理)

参考文献

- (1) (公財)ニューテクノロジー振興財団, ロボットレース競技規定, http://www.ntf.or.jp/mouse/micromouse2014/kitei_trace_since2014.html (2021.9.12閲覧)
- (2) Arduino-HomePage, <http://www.arduino.cc/> (2021.9.12閲覧)
- (3) (公財)ニューテクノロジー振興財団, <http://www.ntf.or.jp/> (2021.9.12閲覧)
- (4) <https://cpu4edu.net/download/TE3robotracer.pdf> (2021.9.12閲覧)
- (5) <https://cpu4edu.net/download/ArduRobotracer.zip> (2021.9.12閲覧)