

ロボットの製作とプログラミング言語による制御体験プロジェクト

情報電気電子工学科 久我守弘, 岩田一樹, 山口倫, 有次正義

1. はじめに

情報電気電子工学科に入学した1年次生に対し、入学時の早い段階から「ものづくり」を通じて、工学の楽しさを体験させるとともに学習に対する動機づけを行うことを狙い、「ものづくり入門実習」科目の教材開発を「早期体験型実験・演習科目開発プロジェクト」の一環として行った。学科の学習・教育目標である情報・電気・電子工学の知識や技術の修得、および基礎的なプログラミング手法の修得の足掛かりとなる実習を実施することで、学生の学習に対する意欲向上を図る。学科の学生実験検討委員会で検討を行った結果、LEGO マインドストーム NXT を用いたプログラム制御によるロボットの設計・製作を実習教材とし、来年度からの実施に向けて本年度後学期に行った試行実習を通して実習内容の詳細検討を行った。

2. LEGO マインドストーム NXT

実習として用いる LEGO マインドストーム NXT は LEGO 社が教育用として開発したプログラム制御によるロボット開発実習教材である[1]。LEGO マインドストーム NXT を利用した教材はこれまでに数多く作られており、初等中等教育向けのみならず高専・大学のカリキュラムにおいても利用されている[2]。また、国内外でロボットコンテスト[3][4]等も活発に開催されている。LEGO マインドストーム NXT を用いることで、限られた時間内でもブロックの組合せにより容易にロボットを作成することが可能である(図1)。また、GUI (Graphical User Interface) ベースのプログラミングによりソフトウェア開発を行うことから、C 言語などのプログラミング言語を知らない学生であっても容易にロボット制御のためのプログラムを開発することができる。このように、LEGO マインドストーム NXT を用いることにより、ロボット制御実習のカリキュラムを容易に設計することが可能である。

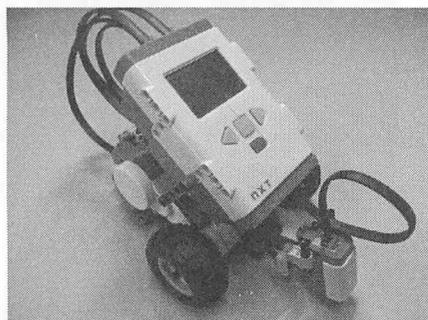


図1 : LEGO マインドストーム NXT

3. 試行実習の実施

3.1 概要

平成 24 年度の新入生より「ものづくり入門実習」を実施することを目指し、平成 23 年度後期に実施される「情報電気電子工学実験第二」の一選択テーマとして試行実習を行った。本実習には本学科3年生6名が取り組んだ。単に学生の立場で実習の試行を行うだけでなく、「ものづくり入門実習」で行う教材の設計および開発にも取り組んでもらい、2コマ15週の実習時間内でロボット開発実習を行うことが可能かについての確認を行った。開発する題材としてはロボットコンテストでも用いられているライントレースを行う自律走行マシンとした。なお、「ものづくり入門実習は」1年生約160名を80名ずつに分け、前学期と後学期に分けて実施する。また1班4名とすると20班同時に実施することになる。

3.2 スケジュール案

1回2コマ(180分)12回を想定した実習のスケジュール案を図2に示す。ガイダンスにおいて実習の目的について教授した後、2週目でロボットの開発および GUI プログラミングに慣れてもらうために雛形となるロボットを製作する。その後、走行会で用いる競技コースおよび競技ルールを提示し、コースを攻略するための要求定義・仕様設計を行う。自らが設計した仕様についてデザインレビューを行い、仕様上の問題点等について学生自らが相互にチェックを行う。そして、仕様に従ってマシンの開発・デバッグを行い、走行会に臨む。最後に報告会において、最終的に完成したマシンについてのプレゼンテーションを行う。

このように、ものづくりに必要な開発プロセスを一通り体験できるように考慮している。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ガイ ダ ン ス	ラ イ ン ト レ ー ス マ シ ン 試 作	要 求 定 義 ・ 仕 様 設 計		デ ザ イ ン レ ビ ュ ー			マ シ ン 開 発 ・ デ バ ッ グ			走 行 会	最 終 報 告 会

図2 : 実習スケジュール案

3.3 ライントレースマシン試作

2週目に行うラインレースマシン試作では、2コマの時間内に収まるか否かを確認する必要があった。試行を行ったところ、概ね1コマの時間でマシンを製作することができた。また、GUIプログラミングについてもラインレースをするための基本的なプログラミングについて1コマの時間で理解することができた。従って、2コマの時間でプログラミングを含むマシン試作は十分に可能であった。

3.4 競技コース設計・作成

走行会において使用する競技コースの作製は、試行学生自らが検討を行った。検討に際しては、実習に取り組む学生が競技コースを攻略するために様々な検討を行うことができるように、要求定義を行った。以下は、ある試行学生の要求定義例である。

- ロボットのサイズは 25cm (縦) × 25cm (横) 以内とし高さは無制限とする (競技ルールより)。
- 3.3節で試作したラインレースマシンを改良することなくしては完走できないコースとする。
- ラインがカーブしていても走行できる。
- 坂道を走行できる。
- 障害物を認識できる。
- 分岐していても正しくコースを走行できる。
- ラインが途切れていても走行できる。

これらの要求を満たすために、図3に示す競技コースにすることを最終的に決定した。競技場のサイズは合板として容易に購入することができる 180cm × 90cm とした。

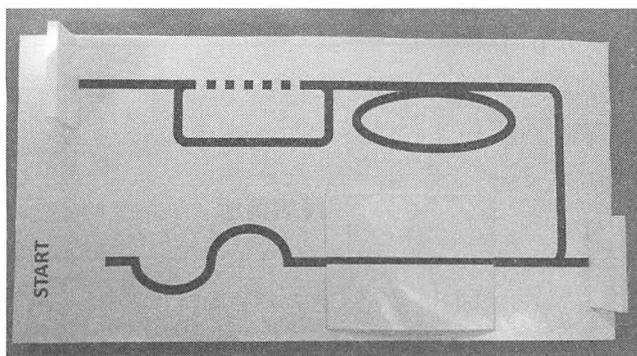


図3：競技コース案

3.5 マシン設計・開発・デバッグ

3.4節で決定した競技コースの攻略のために、どのようなラインレースマシンを開発すべきかについて、学生自らが要求定義および仕様検討を行った。

まず、要求定義としては以下のような検討を行っている。

- **坂に対する対処：**坂に引っかからないようにセンサの設置や車高を設定する。
- **ラインレースに対する対処：**安定したラインレー

スができるように2個の光センサでラインを挟むようにする。また、車体の動きに応じて適切な感覚となるように光センサを配置する。

壁に対する対処：超音波センサ・タッチセンサの高さを壁の高さより低くする。1つ目の壁はタッチセンサで、2つ目の壁は超音波センサで認識させる。

サークルおよびスクエアに対する対処：得点が減点となっても直進して通過することを選択する。

破線に対する対処：光センサ2個でラインを挟んで走行する場合、破線は問題なく通過できる。

以上のような要求事項を満足できるような仕様となるラインレースマシンを設計し開発するとともに、競技コースを攻略できるプログラムも併せて開発した。マシン設計・開発の状況を図4に、プログラム例を図5に示す。



図4：マシン設計・開発風景

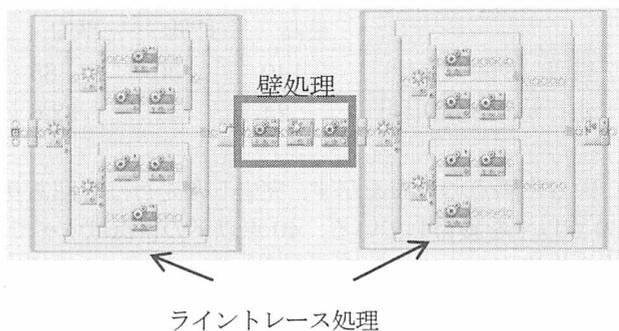


図5：GUIプログラム例

3.6 走行会

11週目に相当する時期に、開発したラインレースマシンを用いて走行会を実施した。

(1) 競技ルール

- **スタート：**スタート位置に置き、スタートの合図後プログラムをスタートさせる。
- **失格：**1分以上動けなくなったとき、すべてのタイヤがラインから外れたとき、および、スタート以降ロボットを触ったとき。

得点：マシンの走行に応じて得点を累計する。2回の走行を行い得点の合計によって順位付けを行う。得点は表1に示すように決定した。

表1：得点表

スラローム通過		10点
坂通過		10点
壁	バックせずに左折した場合	5点
	壁に接触してからバックした場合	10点
	超音波センサーで壁に接触せずバックした場合	20点
サークル	直進した場合	10点
	廻ることができた場合	20点
スクエア	直進した場合	0点
	廻ることができた場合	10点
ゴール	停止線を越えて止まる	10点
	動輪が停止線で止まる	20点
時間	1分以内	10点
		合計 100点

(2) 競技結果

走行時間に応じた得点も加算されるため、走行時間はストップウォッチで計測した。なお、1人当たり2回の走行を6人が行うため、合計12回の走行を行った結果である。

表2に得点および完走時の時間を示す。2回の合計得点で140点を獲得した者が優勝となった。また、走行時間はサークルやスクエアを回るマシンがなかったこともあり、1分以内で走行を完了している。

表2：競技結果（得点，完走時間）

	最高	最低	平均
得点（2回の合計）	140	30	85
走行時間(完走)[秒]	24	41	32.6

図6に得点の分布を示す。完走した走行は5回あり60点以上を獲得している。40点以下の得点はすべて途中失格のケースである。

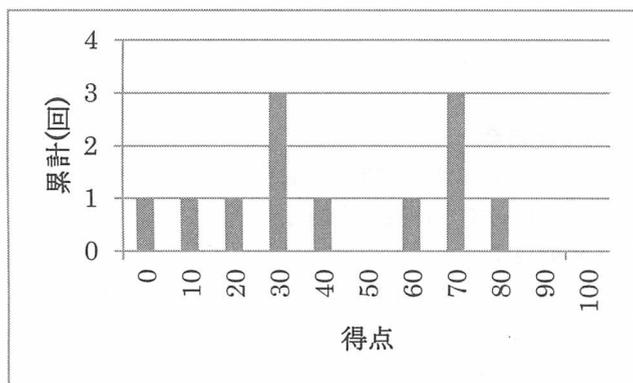


図6：得点の分布

図7に失格となったケースの障害箇所を示す。坂および壁が主な障害となったようである。

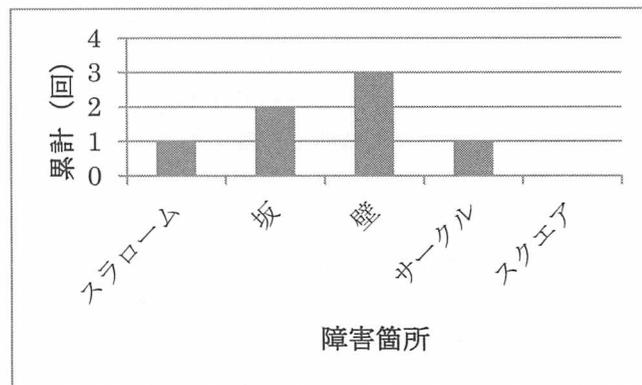


図7：失格となった障害箇所

最後に、各障害をどの程度攻略できたかについて図8に示す。全12回の走行において、スラローム、坂、壁は比較的容易に攻略できたようである。なお、サークルおよびスクエアは完走できた走行においても回ることなく直進しており、攻略できたケースは1度もなかった。

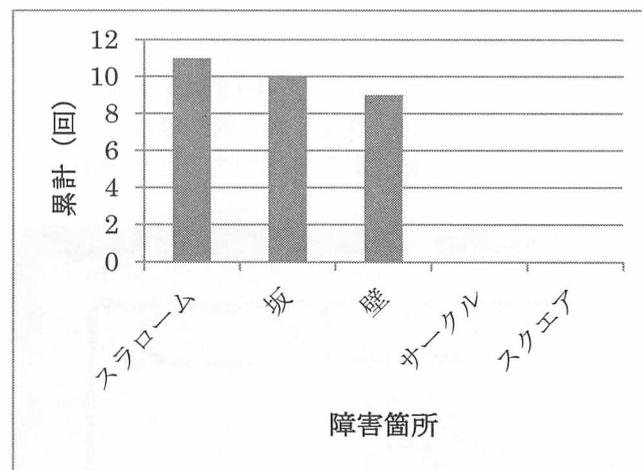


図8：攻略できた障害箇所

4. 考察

試行実習における各回での実施状況および走行会の結果を踏まえると、今後実習を行っていく上で対処すべき課題がある。

競技コースについての考察：

- 坂の勾配が緩やかすぎて障害として不十分であり、主にマシンの調整だけで容易に攻略ができた。坂の勾配は多少きつくてもよいであろう。
- サークルおよびスクエアを直進することはできても、誰一人として回ることはできなかった。

理由として分岐点の検出が容易でないこと、カーブが急すぎて回るのが困難であったことが挙げられる。

実習スケジュールについての考察：

- マシンおよび GUI プログラムはスケジュール案で十分に作成することができた。
- マシンおよびプログラム作成前に十分な仕様検討を行わず成り行き任せの開発を行ってしまった。
- ライントレースマシンを例題として開発プロセスを体験するという面からも、各週毎の作業日誌を作成させるのが良いであろう。

走行会に関する考察：

- 壁を検出するために用いるセンサはタッチセンサであっても超音波センサであっても、使用上の難易度は大差ない。
- サークルやスクエアのように回ることをせずに敢えて直進を選択すれば1分での完走は難しくない。従って、壁・サークル・スクエアの攻略方法に応じて、完走時間の基準を変える等、障害の攻略難易度に応じた採点基準を考えておく必要がある。

以上のように、今回の試行実習結果を踏まえて判明した課題についてはフィードバックさせることで改善することとした。

また、試行実習に参加した学生諸君からは、以下のような感想を得ている。

- 仕様検討を通してものづくりにおける設計や仕様、グループワークの大切さを学ぶことができるのではないかと。
- ライントレースマシンの作成を通して、ものづくりの楽しさを体験することができた。
- GUI を用いたプログラミングであるため、C言語修得前のプログラミング体験に適しているといえる。

今回の試行により、新年度からの「ものづくり入門実習」は十分に実施可能であると判断した。最後に試行実習のメとして、図9に各学生が作成したラインレースマシンおよび競技コースの写真を掲載する。



図9：記念写真

5. まとめ

以上、入学早々の1年生を対象とした「ものづくり入門実習」の立ち上げに向けた準備状況について報告した。平成24年度新入生より本実習を実施し、実習を行ったことによる効果について調査を行う予定である。

謝辞

実習の試行を行うに当たり、果敢に挑戦して下さった6名の本学科3年生、ならびに、実習の実施方法等について助言を頂いた、本学科学生実験検討委員の諸氏に感謝します。また、本実習を遂行する上で不可欠な教材であるLEGO マインドストームNXTの購入を補助していただいた、本学工学部付属革新ものづくり教育センターに感謝します。

参考文献

- [1] The LEGO Group, “レゴ マインドストーム公式サイト,” <http://www.legoeducation.jp/mindstorms/>.
- [2] 九州工業大学システム創成情報工学科, “物作りプロジェクト” シラバス, <http://www.iizuka.kyutech.ac.jp/syllabus/>.
- [3] NPO 法人 WRO Japan 事務局, “WRO2011 公式サイト,” <http://www.wroj.org/>.
- [4] ET ロボコン本部事務局, “ET ロボコン 2011 公式サイト,” <http://www.etrobo.jp/>.