

LEGO ロボットの制御プログラミングとゲーム課題の 攻略を題材とする Java グループ演習の授業設計

中井智己[†] 辻健人[†] 富永浩之[†]
香川大学[†] 香川大学[†] 香川大学[†]

1. はじめに

LEGO Mindstorms は、LEGO 社と MIT が共同開発した教育玩具である[1]。キットは、マイコンおよびモーターや各種のセンサを含む LEGO ブロックで構成される。これらを組み合わせ、センサで外部環境を感知し、モーターで動作する自律ロボットが制作できる。制御プログラムは PC で作成し、USB ケーブルでマイコンに転送する。開発環境は、ビジュアルベースの簡易なものから、各種のプログラム言語まで提供されている。小中高から大学まで、幅広い教育現場で使われている。ロボコンも開催されている。

2.LEGO プログラミング演習

本論では、情報系学科の大学上級生を対象とした LEGO 演習に焦点を当てる[2]。初中級のプログラミング演習を終えた後、専門課程の実験科目への適用を図る。教育目的は、組込制御の基礎、ソフトウェア開発の工程手法などである。情報技術者に求められる能力は、道具としてのプログラミングを活用する問題解決能力である。これは、工学的なデザインプロセスを理解し、試行錯誤しながら、基本的な知識を現実的な問題に応用する能力である。

その際に、与えられた仕様と制約の中で、グループで協力しながらオープンエンドな問題の解決に取り組む。概念的な解法の提案だけでなく、具体的な処理手順を実行可能なプログラムとして提示することが重要である。また、段階的な設計と実装を繰り返して、反復的な開発プロセスを体感的に習得する。

本演習では、1 グループ 4~5 人とし、2 台の規定ロボットを与え、幾つかの実技課題を提示する(図 1)。各課題は、ゲームフィールド上のコースやエリアを走行し、ゲーム感覚の任務要素を実現する。メンバで分担して、攻略法の設計、プログラムの実装、動作の検証を行う。時間による走行点と、達成度による任務点を合計して、

実技認定の得点とする。

3. 演習内容と課題設定

四半期の演習として、表 1 のカリキュラムに沿って、8 週間程度で実施する。各週で、ほぼ 1 つのプロジェクトとし、実技認定を行うゲーム課題を含む。最終課題の競技大会には、3 週間程度で取り組む。活動を総括するレポートも課す。

(1) プロジェクト 1 基本制御

接触センサやボタンによるイベント駆動、マルチタスクによる並列処理、フラグやステータスの利用、イベントキューの実装、シーケンス図による設計を学習する。

(2) プロジェクト 2 車輪機構の走行制御

図形模走では、黒線コース上をシーケンス制御で確定走行する(図 2 左)。前半は直線 L 字、後半は半円 3 字の形状をしたコースである。ライブラリ関数、フェーズ分割による段階的な実装、効率的な実験計画によるパラメータ調整、ユースケース図による設計を学習する。

(3) プロジェクト 3 色彩センサによる近接検知

黒線追跡では、黒線コースをフィードバック制御で検知走行する(図 2 右)。左右 1 組の色彩センサで白黒を判別し、進路を修正する。演舞走行では、コース脇の色タイルを認識し、自転や発音の任務要素をこなす。接触センサにより、ゴールの障害物で停止する。外光の影響を受けるので、キャリブレーションが必要である。領域掃出では、黒線コースの領域内で、散らばった 10 個の小球を外に掃き出す。効果的な動きが求められる。

(4) プロジェクト 4 反響センサによる遠隔検知

目標接近では、障害物の方向と距離を定位し、接近して停止する。障害物の螺旋探索、発見後の首振接近、接近後の徐行など、走行モードを切り替える。ステートマシン図を利用する。目標周回では、黒線コースから障害物を周回してコースに復帰する。

(5) プロジェクト 5 手腕機構による任務遂行

規定ロボットの前方に、バンパの代わりに手腕機構を取り付け、荷物を運搬する。現在は、新版のロボットでは、未対応である。

(6) プロジェクト 6 色彩センサの階調認識

Instructional Design for Group Exercises of Java Programming with LEGO Robot Control and Game Problem Solving

[†]Tomoki NAKAI, Kagawa University

[†]Kento TSUJI, Kagawa University

[†]Hiroyuki TOMINAGA, Kagawa University

色彩センサで RGB 値を読み取り、床面の状況を把握する。黒線コースから、灰色 4 段階の階調シートに進出し、所定の動作を行って、コースに復帰する。ノイズの影響や機体の方向のずれは、左右の輝度差で調整する。

(7) プロジェクト 0 競技大会のための最終課題

大フィールドを用い、インとアウトの 2 コースで並走する。ただし、クランクや S 字など、コースが難しい。任務要素は、これまでの課題を盛り込む。ゴールに障害物を置いて、接触センサで停止する。タイルを任務要素の目印とするだけでなく、境目と走行モードの変更などの工夫が必要となる。

4. 新環境への移行と教育実践

2010～2014 年度は、旧版の NXT で実施していたが、2015 年度から新版の EV3 に移行した。これにより、マイコンとセンサの性能が向上した。新しい規定ロボットは、2 つの後輪が 1 つの自由球になった。構造上、手腕機構による任務遂行は割愛した。開発環境も ROBOTC から Java の leJOS に変更した。また、擬似的なマルチタスクからスレッドによる並列処理が可能となった。ただし、センサのデータ取得の方法が大きく変わったため、各センサ用のサブクラスを設け、色彩センサの 4 つのモード(外光輝度、反射輝度、色彩判別、色彩成分)にも対応した。角度、傾斜、磁気、温度などのセンサにも対応できる。

教育実践として、本学科情報コースの 3 年生 45 名(11 グループ)に対し、実験科目の演習の一部として実施した。演習支援ページとして、PukiWiki ベースから WordPress に移行した LegoWiki を用いる(図 3)。LegoWiki では、オンライン教材の提示、グループ作業の進捗管理、成果や素材のアップロード、アンケート集計などの機能を提供する[3]。WordPress のプラグインとして、マークダウン記述などの機能を追加した。

本論では、演習前半の中間レポートの段階までを述べる。演習では、最初の課題である基本制御で大きく時間を取られてしまった。Java 環境への移行に伴う処理の変更の説明が不十分であったことも要因である。黒線追跡などの個別課題の達成状況は、概ね良好で、実技認定も高得点であった。グループとしての取組み態度は非常に積極的であった。ただし、目標接近における状態設定やセッションごとの処理など、課題の分割と構造化に対する意識が薄かった。最終課題を含む後半では、UML によるモデリング設計を取り入れ、効果的な開発手法を認識させる。

5. おわりに

応用プログラミングとして、LEGO ロボットの

制御とゲーム課題を題材とするグループ演習を提案している。組込制御の基礎、ソフトウェアの開発工程を内容とし、問題解決の手段としてのプログラミングを習得する。

新版のキットに対応した規定ロボットを構築し、Java leJOS 環境に移行した。センサを扱う API を作成し、例題プログラムを提供した。教育実践として、大学情報系で四半期の演習を行った。今後は、技術解説のオンライン教材の構築や、進捗状況を管理する LegoWiki の拡張を行う。



図 1 規定ロボット

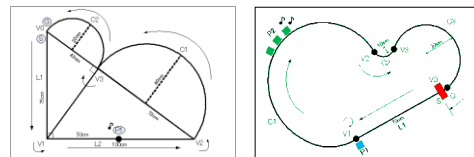


図 2 ゲームフィールド

表 1 授業のカリキュラム

週	授業内容	課題
1	開発環境の設定 イベント駆動とタスク管理	10 基本制御
2	車輪機構による走行制御	20 図形模走
3	光量センサによる近接検知	30 黒線追跡 31 演舞走行 32 領域掃出
4	反響センサによる遠隔検知	41 目標接近 42 目標周回
5	手腕機構による任務遂行 色彩センサによる階調識別	51 荷物運搬 61 車庫入出
6	最終課題の設計	01 内側走行 02 外側走行
7	最終課題の実装	
8	競技大会と総括	



図 3 演習支援ページ LegoWiki

参考文献

- 1) LEGO Company, LEGO.com Mindstorms Home, <http://mindstorms.lego.com/eng/default.asp/>.
- 2) 加藤聡, 富永浩之: LEGO ロボットの制御プログラミングを題材とした問題解決型の応用演習 - ROBOTC による基本制御の練習問題の教材検討と授業実践 -, 情処研報, Vol.2011-CE-108, No.3, pp.1-10 (2010).
- 3) 加藤聡, 富永浩之: LEGO ロボットとゲーム課題を題材とした問題解決型のプログラミング演習 - LegoWiki によるグループ作業管理と教育実践 -, 情処研報, Vol.2010-CE-103, No.11, pp.1-8 (2010).