

## 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における個別課題と最終課題

### Game Projects and a Contest in an Applied Exercise for Problem Solving by Control Programming of a LEGO Robot

高橋 知希, 富永 浩之  
Tomoki TAKAHASHI, Hiroyuki TOMINAGA  
香川大学工学部  
Faculty of Engineering, Kagawa University  
Email: s12g469@stmail.eng.kagawa-u.ac.jp

あらまし：大学情報系の応用科目として、LEGO Mindstorms NXT を用い、ロボットの制御プログラミング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。教育目的は、各種のセンサによるイベント駆動、マルチタスクの管理など、組込系の基本制御の理解である。また、設計・実装・検証のソフトウェア開発の流れの体験である。オープンプロブレムによる問題解決型の演習として、学習項目に沿った個別課題を体系的に整備した。また、これらの技術要素を盛り込んだ最終課題を設け、競技大会を実施する。明確な目標設定を提示し、競争意欲を刺激して、教育効果を高める。

キーワード：問題解決型の応用プログラミング演習、LEGO Mindstorms、組込制御、ゲーム課題

#### 1. はじめに

Mindstorms は、LEGO 社と MIT が共同開発した教育玩具である。キットは、NXT マイコン、モーターや各種のセンサを含む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簡単に制作できる。制御プログラムは PC で作成し、USB ケーブルで NXT マイコンに転送する。本研究では、プログラミング演習の題材として着目している。情報系学科として、「ものづくり」としてのプログラミングを体感できるように、ゲーム感覚を取り入れた課題を採用している<sup>(1)</sup>。これまで、様々なオンライン教材を構築し、グループ演習を支援する LegoWiki を開設した。演習内容や実施形態を整理し、教育目的と対象者に応じた 4 段階のフレームワークを提案した(表 1)。

表 1 LEGO 演習の 4 段階のフレームワーク

1	プログラム体験	小中学生	例題修正 パラメタ調整
2	プログラミング導入 事前教育	高校生 大学 1 年	ビジュアル環境 基本制御、イベント駆動
<b>初中級プログラミング科目</b>			
3	問題解決学習 ソフトウェア開発	大学上級	C/C++/Java、組込制御 タスク管理、開発工程
4	プロジェクト管理 ソフトウェア開発	大学院生 社会人	Java で Eclipse 環境 オブジェクト指向

#### 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、第 3 段階に焦点を当てる<sup>(2)</sup>。文法事項やアルゴリズムなどの基本的な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。学習内容は、組込制御の基礎、モデリング設計、ソフトウェア開

発の工程手法などである。社会において情報技術者に求められる能力は、道具としてプログラミングを活用し、実際の問題を解決できることである。与えられた仕様と制約の中で、グループで協力し、試行錯誤しながらオープンエンドな問題に取り組む。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。

本演習は、1 グループ 4~6 人とし、各グループに 2 台の規定ロボット(図 1)を与え、幾つかの個別課題を提示する。プログラミング環境としては、ROBOTC を採用する。C 言語の拡張で、NXT のセンサに対応するライブラリ、疑似的なマルチタスク処理が追加されている。エディタやシミュレータなどのツールが統合されている。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。グループ内で分担協力して、攻略法の設計、プログラムの実装、動作の検証を行う。時間に関する走行点と、達成度に左右される任務点を合計して、実技認定の得点とする。

教育実践としては、2010 年度後期から、後半の四半期 8 週で実施している。受講者は、本学科情報コースの 3 年生で、50 名弱を 8~10 グループに分けている。6 つの個別課題の実技認定、最終課題による競技大会を実施し、中間と最終のレポートを課す。



図 1 規定ロボット

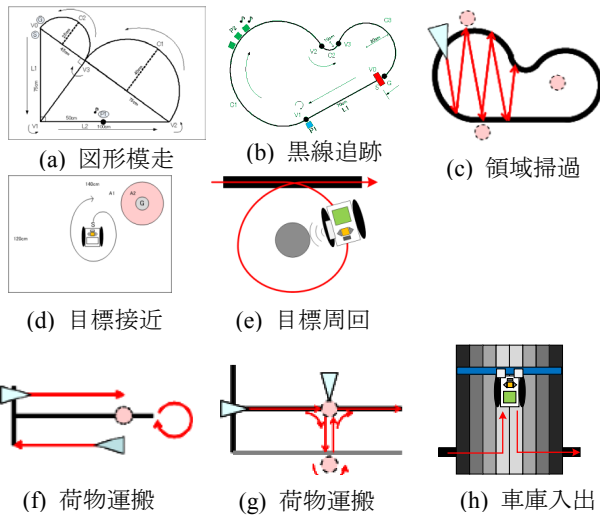


図2 個別課題

### 3. 個別課題と学習項目

個別課題は、以下の通りである(図2).

#### 課題1 スイッチとイベントキュー

制御の基本問題として、接触センサやボタンによるイベント駆動、トグルスイッチとキープスイッチの実現、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。

#### 課題2 走行制御による図形模走

左右独立方式の車輪機構で、黒線コース上を確定走行する(図2(a)). 左右の出力差と時間で、直線や曲線のコース形状に合わせた角進や曲進を実現する。プログラミング要素としては難しくないが、ROBOTCのライブラリ関数、フェーズ分割による段階的実装、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。

#### 課題3 色彩センサの近接検知による黒線追跡

フィードバック制御として、ゲームフィールドの黒線コースを検知走行する(図2(b)). 左右1組の色彩センサで白黒を判別し、進行方向を修正する。コース付近に置かれた色タイルを認識し、自転、発音、停止などの任務要素をこなす。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。

#### 課題4 光量センサの床面検知による領域掃過

黒線境界を外枠として、内部の白地領域のみを動き回り、60秒以内で、ランダムに置かれた10個の球状の障害物を領域外に掃き出す(図2(c)). 黒線を検知したとき、どのような後退走行を行えば、効率良く領域内を掃過できるかを考える必要がある。

#### 課題5 反響センサの遠隔検知による接近と周回

目標接近では、反響センサで、目標物の方向と距離を定位し、触れる直前まで接近する(図2(d)). 目標周回では、黒線追跡からコース脇の目標物を検知して、周回してコースに復帰する(図2(e)). 目標物を発見するまでの螺旋探索、発見後の首振接近、接近してからの徐行など、走行モードを切り替える必要がある。ここで、ステートマシン図を利用する。

### 課題6 手腕機構による任務遂行

車輪の走行と手腕の捕捉、異なるセンサの同時監視など、簡単なマルチタスク制御を扱う。荷物運搬では、直線コース上の荷物を接触センサで検知し、手腕機構で捕捉し、逆進して元の位置に戻る(図2(f)). 荷物排除では、同様に置かれた荷物を捕捉し、直線コースに平行して描かれた補助線の外へ排除してから、直線コースに復帰してゴールに向かう(図2(g)).

### 課題7 色彩センサの階調認識による車庫入出

色彩センサでRGB値を読み取り、色彩を識別して、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入し、中央で90度角進して青線の位置で一時停止する(図2(h)). そのまま後進して角進し、黒線コースに復帰する。ノイズの影響を避けるため、輝度の相対値も考慮する。シートとの機体の方向のずれは、左右の輝度差で確認する。

### 4. 最終課題と競技大会

演習の最後に実施する最終課題は、大きめのフィールドを用い、インとアウトの2コースで並走できるようにする(図3). 色彩センサによる検知走行は、課題3の黒線追跡と同様である。ただし、インコースはクランクやS字を含むなど、コースが難しくなっている。任務要素は、課題1~7のものを盛り込む。また、ゴールに障害物を置いて、接触センサの反応による停止を実現する。タイルを任務要素の目印とするだけでなく、直線や緩やかな曲線の部分と、角点や急な曲線の部分との境目として、走行モードを変更するなどの工夫が必要となる。

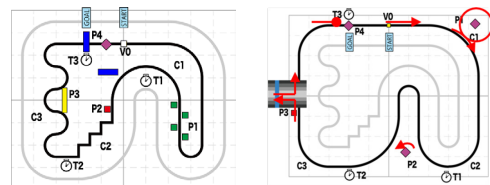


図3 最終課題のインコースとアウトコース

### 5. まとめ

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。個別課題と最終課題を構築した。学習内容は、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。教育目的は、問題解決の手段としてのプログラミング能力の向上である。これまでの教育実践を基に、2013年度への改善を図っている。

#### 参考文献

- (1) 富永浩之, 加藤聡: “LEGOロボットの制御をゲーム題材とするプログラミング演習のフレームワーク”, 信学技報, Vol.109, No.163, pp.31-38, (2009)
- (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)