

# 高大連携の LEGO プログラミング講座における ゲーム課題とシミュレーション教材

高橋知希<sup>†1</sup> 富永浩之<sup>†1</sup>

初級プログラミングへの導入として、LEGO ロボットの制御を題材とするグループ演習を提案している。高大連携の体験講座として実施し、意欲的な理系高校生に、情報工学への興味と関心を高めさせる。各種センサによるイベント駆動などの技術項目を盛り込んだゲーム課題を提示し、部分演習としての基本問題を幾つか用意する。実技認定や競技大会などの形態で、意欲を刺激する。遠隔での事前学習を促進するため、課題ごとに、パラメータ調整による仮想走行と、任務の取捨選択による予想得点を提示するシミュレーション教材を試作している。

## Game Projects and Simulation Materials of LEGO Robot Control in Introductory Programming Exercises for High School Students

TOMOKI TAKAHASHI<sup>†1</sup> HIROYUKI TOMINAGA<sup>†1</sup>

We have proposed a short course of group exercises for introductory programming of LEGO robot control. It is held as a collaboration seminar of a college and a high school. The educational purpose is to promote concern and interest for information engineering. We adapt several game projects with a race in a field or some missions. We prepare an applied exercise and some basic problems as partial practices for technical elements like event driven at each project. In order to promote pre-education before main exercises, we are developing simulation materials of each applied exercise. They execute virtual running with parameter adjustment and show expected points with choice of missions.

### 1. はじめに

近年、大学理工系学部において、高大連携の教育活動として、高校生への体験講座が盛んに行われている。このような取組みを支援するものとして、JST(科学技術振興機構)が募集する SPP(サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト)や SSH(スーパー・サイエンス・ハイスクール)が挙げられる。香川大学工学部においても、高松市内の高校を中心に、SPP や SSH への積極的な協力を行っている。

本研究室でも、高大連携の一環として、LEGO ロボットの制御プログラミングの体験講座を企画し、幾つかの高校に対して 2008 年度より継続して実施している。1 クラス分の高校生に対するグループ演習とし、1~3 日の短期イベントとして、基本練習からゲーム課題の競技大会や成果発表を含む形態で実施している[1][2][3]。

教材には、LEGO Mindstorms を用いる。NXT マイコンおよび各種のブロックを組み合わせ、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 上のソフトウェアで作成し、USB ケーブルで NXT マイコンに転送する。コンテストや体験講座など、様々な教育イベントが開催されている。機械系では、独自の工夫を凝らしたオリジナルなロボットの組立から始めるものが多い。本演習では、情報系学科として、ゲーム課題を攻略する制御プログラミングを中心とする。

### 2. LEGO プログラミング演習

#### 2.1 LEGO プログラミング演習の環境

本演習では、同一のハードウェアで、ソフトウェアの性能を競うため、予め作成した規定ロボットを用意する(図 1)。4~6 名で 1 グループとし、各グループに、規定ロボットと PC を 2 セットずつ提供する。規定ロボットは、2 個のモーターによる左右独立方式の車輪機構、前方の対象物を検知する接触センサ、床面の色彩や光量を検知する左右 1 組の色彩センサを備える。必要に応じて、対象物を捕捉する手腕機構や、遠隔の目標物を検知する反響センサなどもアタッチメントして取り付ける。

プログラミング環境としては、NXT キットに標準添付でグラフィックベースの NXT Software を採用する。モーターやセンサなどの制御部品を表すブロックを組み立て、フローチャートを描くように、簡単にプログラムが作成できる。演習中は、本研究室で構築した、PukiWiki ベースの支援ページ LegoWiki を用いる[4][5]。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、各種のアンケート集計などの機能を提供する。

演習の課題は、ゲーム的なものを提示する。150×120cm のゲームフィールド上で、コースに沿って走行したり、エリア内を移動する。「赤タイルの位置で自転」や「緑タイルを通過したら発音」など、幾つかの任務要素が与えられる。公表された得点ルールに基づき、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、課題の得点とする。

<sup>†1</sup> 香川大学  
Kagawa University

## 2.2 演習のカリキュラム

標準的な演習は、1~2ヶ月の間に、3~4回程度の短期集中イベントとして開催する(表2)。1日目は、2時間程度の事前講義として、NXTキットと規定ロボット、NXT SoftwareとLegoWiki、演習内容の課題について、実演を交えて解説する。2日目は、全体演習として、午前および午後の5時間程度で、2~4個のプロジェクトに取り組ませる。

3日目は、事後総括として、口頭発表の資料を作成させる。作業過程を振り返り、実技認定と競技大会での成果を反省する。グループ単位で5分程度のプレゼンテーションを行わせ、質疑を行う。これらの活動記録や成果物を総合的に判断して、成績や順位を決め、表彰する。

1つのプロジェクトは、60~120分での実施を想定し、技術解説、基本問題、応用課題から構成される。まず、簡単に技術要素と学習項目を解説する。次に、応用課題の部分演習となる数問の基本問題に取り組む。基本問題は、中間目標として幾つかの設問に分かれる。グループ内で分担し、ロボットの振舞を理解し、ゲームの任務要素を攻略する。応用課題では、グループで協力して取り組み、実技認定を受けて合格となる。全体演習の最後に、最終課題としてチーム対抗の競技大会を開催する。

### 2.3 全体演習での教室配置と演習手順

全体演習での基本的な演習形態では、6~8のグループを想定する。演習中は、各グループを、さらに2~3名ずつ2つのユニットに分け、それぞれ機材を1セットずつ与える。まず、グループ全体で、幾つかの基本問題について、ユニットごとの分担を決める。演習中の作業には、机側と床側とがある。各メンバの教室配置は、図2のようになる。

机側では、パラメタ調整などを設計シートで検討し、PCで制御プログラミングを行う。補助者の指導係が操作の指導を行う。床側では、プログラムがダウンロードされた規定ロボットをフィールド上で動作させ、時間や距離の計測を行う。その結果を実験シートに記入し、デジカメなどで写真も撮影する。補助者の審判係が審判シートに記入し、課題の達成を認定する。

机側と床側の作業も、設問ごとに交代し、分担のバランスを保つ。各種シートへの記入は、LegoWiki上でも行える。最後に、各種のシート、写真、プログラムなどのコンテンツを整理し、要点や感想を書かせ、事後総括の参考にする。

### 2.4 高大連携の体験講座の実施状況

高大連携の体験講座の実施状況を述べる。2008年度は、1校のみ試行的な取組みであったが、2009年度から2校に増えた。SPPやSSHの一環として実施し、それぞれほぼ3回からなるイベントとして確立した。2011年度からは、3校となり、学内にLEGO演習を行える教室が確保され、ノートPCやデスクトップPC、NXTキットなどの機材も大幅に充実した。また、複数の高校の合同で、選抜チームによる競技大会を開催した。

一方、県外の高校にも実施するようになり、日程や費用の面での問題は残されている。飛び飛びの実施になることから、教育内容の継続性を持たせるため、時間や空間の制約に捉われない形態で、高校側との連携を強めなければならない。このような事情から、実施形態の改善を検討し、シミュレーション教材の導入を試みる。

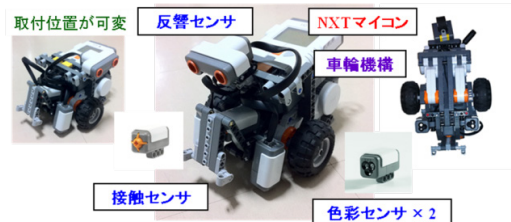


図1 LEGO演習の規定ロボット

表1 標準的な短期イベントのカリキュラム

1	事前講義	高校 2時間	ハードとソフトの説明 (30分) 課題の紹介と実演 (90分)
2	全体演習	大学 5時間	課題1 図形模走 (60分) 課題2 制御例題 (60分) 課題3 黒線追跡 (90分) 課題0 競技大会 (90分)
3	事後総括	大学 2時間	口頭発表 (各班 10分) アンケート回答

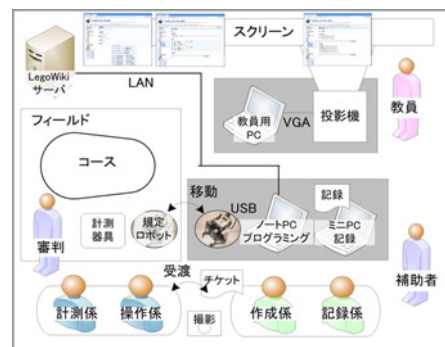


図2 教室配置

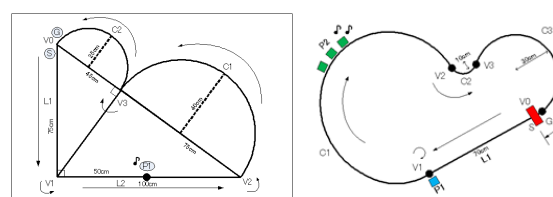


図3 図形模走と黒線追跡

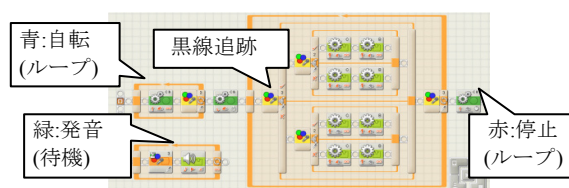


図4 黒線追跡のプログラム

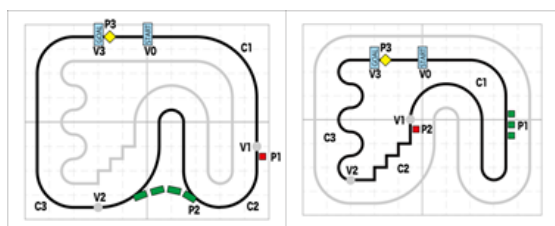


図5 最終課題のインとアウトのコース

### 3. プロジェクトの内容と課題

#### 3.1 プロジェクト1と制御例題

プロジェクト1は、制御構造に関する基本練習として、5題程度の設問を提示する。パラメタを調整しながら、動作を確認する。学習項目は、待機構文とイベント駆動、反復・選択構文の組合せ、マルチタスクによる並列動作である。個人単位の取組みになるので、グループの全員が交替しながら進める。他のメンバは、作業記録などの補助を務める。自習的な内容であり、応用課題はない。

#### 3.2 プロジェクト2と図形模走

プロジェクト2は、車輪機構の走行制御である。基本課題は、直線および曲線のコースからなる図形模走である(図3左)。コースを構成する図形要素を計測しておき、左右のモーターの出力と時間を調整して、コースに沿って進む。色彩センサを使わない確定走行である。基本練習では、部分走行の設問を与え、走行特性を理解させる。応用課題では、指定位置での発音と指定時間での停止という任務を加える。時間の代わりに、モーターの回転数を使ってもよい。

#### 3.3 プロジェクト3と黒線追跡

プロジェクト3は、色彩センサによる近接検知である。応用課題は、中央走行による黒線追跡である(図3右)。左右のセンサが黒線をまたぎ、両方が白を認識するとき直進する。左右どちらかが黒を認識すれば、コースからずれているので、元に戻るように曲進する。直進のスピードと、曲進の角度や時間の調整が難しい(図5)。また、コース脇の色標識を検知して、自転や発音などを行う。基本練習では、まず純粋な検知走行の高速化を図り、その後、各任務への挑戦とする。任務要素は、青タイルによる自転、緑タイルによる発音、赤タイルによる停止である。途中でコースアウトした場合は、走行開始までのタイムによって、部分点が与えられる。

#### 3.4 プロジェクト4と領域掃過

プロジェクト4は、領域掃過である。図3右の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。手腕機構も使って、払い出してもよい。本体の中心が境界線からはみ出たら失格とする。偶然要素があるので、3回の試行で1回成功したら合格である。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。領域は、やや歪んだ瓢箪状であり、小領域側に落ち込むと抜け出すのが難しい。

### 3.5 最終課題の複合競技

最終課題は、2010年度から導入した。通常のフィールド4枚を貼り合わせ、インとアウトの2コースで並走できるようにする(図5)。色彩センサによる検知走行、および個々の任務要素は、プロジェクト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。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。特に、直線コースは、色彩センサを使わない確定走行で、高速化を図るという攻略法もある。競技大会では、異なるチームで並走するので、別のコースを侵害する走行は、打切りとなる。

## 4. 課題のシミュレーション教材

### 4.1 シミュレーション教材の概要

これまでの実施を踏まえ、LegoWikiのコンテンツの強化に取り組んでいる。各種資料をオンライン化し、アニメーションやマルチメディアも取り入れた教材として、LegoWikiから参照できるようにしている。さらに、対話的なコンテンツとして、応用課題のシミュレーション教材も構築中である[6][7]。シミュレーション教材は、主に事前講義から本番演習までの間に利用する。基本的な機能は、パラメタ調整による仮想走行を実施し、任務の取捨選択による予想得点を算出することである。これらの操作により、規定ロボットやフィールドが手元にない状態でも、受講者が遠隔地から自主学習を行える。また、全体演習でも、実機を使う前の設計時に利用し、作業計画を円滑に進められるよう支援する。将来的には、これまで記入が不十分であったオフラインの作業シートをオンライン化して取り込み、PCでの記録作業を一本化する。実技認定の審判シートも含め自動集計の機能を持たせ、統合的なシステムを目指す。

### 4.2 シミュレーション教材のGUI

シミュレーション教材は、マップ表示部、戦略設計部、操作部で構成される(図6)。マップ表示部では、シミュレーション結果の表示を行う。規定ロボットの模式図と、コースの全景を表示する。戦略設計部では、中間目標の選択と、得点の表示を行う。チェックボックスを選択することで、攻略対象とし、実装できた場合の得点に加算する。操作部では、各中間目標を走行するパラメタの調整を行う。画面左側にある、中間目標の番号をクリックすると、行がハイライトされ、選択状態となる。このときに、スライドバーをドラッグして、規定ロボットが中間目標をどのように走行するかを決定する。スライドバーは3種類あり、パワー、

ステアリング、走行時間を指定できる。パラメタを調整し終わったら、開始ボタンをクリックして、シミュレーションを開始する。実装には、JavaScript と jQuery を用いている。

#### 4.3 シミュレーション教材のモード構成と機能

以上の方針を踏まえ、最終形としてのシミュレーション教材の機能を、利用方法に応じた7つのモードに分けて整理する(図7)。現在、各モードにおける実装を進めている。

(1) 作成モードでは、教師による課題ごとの教材の構築を行う。コースの断片をタイルのように張り替え、柔軟にコースを作成する。コース上に任務要素を張り付け、達成度による配点を記述する。アニメーションやマルチメディアへのタグを埋め込む。

(2) 予習モードでは、事前講義から全体演習までの間、生徒が課題の目的や内容を自習する。ルールの詳細の図解を表示する。達成度による配点も明示する。走行と任務の様子を示すアニメーションやビデオを再生する。

(3) 計画モードでは、コースの画像に攻略法などのメモを記入する。作業の分担や計画も記入する。

(4) 試行モードでは、ゲーム課題の任務をルールに基づいてシミュレーションできるようにする。パラメタ調整による予測走行を行う。

(5) 演習モードでは、作業シートへの記入を行う。オンラインの設計シートを表示し、実際のパラメタを記録する。コースアウトや走行のずれなど、実験シートの内容は、コース上にタグを張り、ノートに記入する。写真や動画もアップロードできるようにする。

(6) 競技モードでは、教師側による審判シートへの記入をオンライン化する。ルールおよび達成度による配点から、得点を自動集計する。動画をアップロードし、任務の達成状況を後から確認できるようにする。

(7) 総括モードでは、口頭発表を支援する。発表資料のテンプレートを用意し、写真や動画などの口頭発表の素材を管理する。事後総括において、口頭発表の評価や講評も記録できるようにする。

## 5. まとめ

高大連携の一環として、LEGO ロボット制御とゲーム課題を題材とするプログラミング導入の体験講座を提案している。事前講義、全体演習、事後総括を含んだ短期集中イベントとして実施する。技術要素と学習項目を整理し、基本問題から応用課題までを体系化する。グループ単位でプロジェクトに取り組み、チーム対抗の競技大会を開催する。

持続的な教育効果を高め、費用や労力の軽減を図るため、支援ページ LegoWiki 上のオンライン教材を充実させている。また、遠隔での自主学習を行えるシミュレーション教材を開発している。将来的には、PC での記録作業や審判業務を一本化した統合的なシステムを目指す。

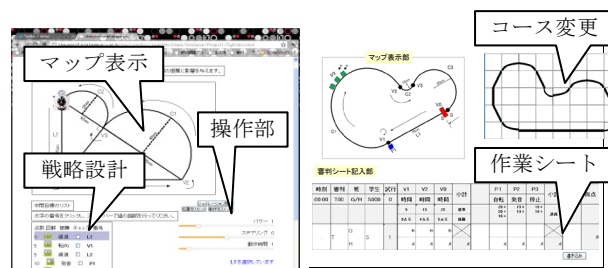


図6 シミュレーション教材の GUI

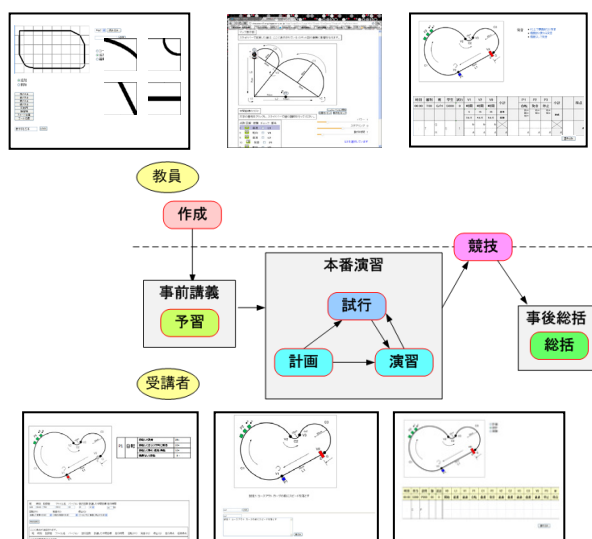


図7 シミュレーション教材のモード構成

## 参考文献

- 1) 加藤聡, 富永浩之: LEGO ロボットを題材とする導入体験としてのプログラミング演習の実践, 教育システム情報学会 研究報告, Vol.23, No.3, pp.23-28 (2008).
- 2) 加藤聡, 富永浩之: LEGO ロボットとゲーム課題を題材とする問題解決型のプログラミング演習 -プログラミング初心者への導入体験としての授業実践-, 教育システム情報学会 研究報告, Vol.23, No.6, pp.56-63 (2009).
- 3) 高橋知希, 富永浩之: 高校生への導入体験としての LEGO プログラミング演習の支援 -高大連携の LEGO 講座における教育実践-, 情処研報, Vol.2012-CE-118, No.18, pp.1-7 (2013).
- 4) 加藤聡, 富永浩之: LEGO ロボットとゲーム課題を題材とする問題解決型のプログラミング演習 -コミュニケーション支援システム LegoWiki の構築-, 信学技報, Vol.109, No.335, pp.205-210, (2009).
- 5) 加藤聡, 富永浩之: LEGO ロボットとゲーム課題を題材とする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).
- 6) 西上明普, 加藤聡, 富永浩之: LEGO ロボットとゲーム課題を題材とする導入体験としてのプログラミング演習 -対話的な事前学習のためのオンライン教材の作成-, 信学技報, Vol.110, No.453, pp.137-142 (2011).
- 7) 高橋知希, 富永浩之: 高校生への導入体験としての LEGO プログラミング演習の支援 -高大連携の LEGO 講座における遠隔学習の検討-, 教育システム情報学会 研究報告, Vol.28, No.2, pp.113-120 (2013).