

LEGO Mindstorms マイコンの走行体を用いた制御系の Java プログラミング演習の応用課題のモデリング設計の分析

Modeling Design Analysis of Game Project for Control of LEGO Mindstorms in Java Programming Exercises

劉 世博^{*1}, 辻 健人^{*1}, 富永 浩之^{*1}
Shibo RYU^{*1}, Kento TSUJI^{*1}, Hiroyuki TOMINAGA^{*1}
^{*1}香川大学工学部
^{*1}Faculty of Engineering, Kagawa University
Email: s14g486@stmail.eng.kagawa-u.ac.jp

あらまし : LEGO Mindstorms のマイコンを搭載した走行体を用いた制御プログラミングの演習を, 大学情報系学科の授業で実践している. 実行環境を Linux ベースの leJOS とし, 開発環境をオブジェクト指向の Java 言語とする. プロジェクト単位のグループ学習として, 技術要素を含んだゲーム課題に取り組む. 本論では, 応用課題のモデリング設計として, 受講者のレポートに記載された UML 図に着目する. 各図に記述すべき事項と, 実際の解答例とを比較して論じる.

キーワード : 制御系プログラミング, Java 演習, モデリング設計, UML 図

1. はじめに

本学科では, 大学情報系の専門課程の必修科目「情報環境実験 2」において, 2010 年度から簡単なロボットとゲーム課題による制御プログラミングの演習を実施している. ハードウェアは, LEGO 社と MIT が共同開発した教育玩具 LEGO Mindstorms を用いている. 2015 年度からは, 新版の EV3 に移行し, Java 言語でのプログラミングに切り換えた. キットは, マイコンおよびモータ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, モータで動作する自律ロボットを制作する. 制御プログラムは PC で作成し, USB や Bluetooth でマイコンに転送する. 各種のプログラム言語の開発環境が提供されている.

本演習は, Java 言語の文法事項とオブジェクト指向プログラミングの入門, ソフトウェア工学の基礎である各種の開発手法, UML 記法の学習の後に位置付けられる. 教育項目は, 組込系の初歩としての制御プログラミング, オブジェクト指向に沿ったモデリング設計, 現実環境と物理制約を意識した試行テスト, グループでのプロジェクトである.

演習の実践結果としては, 応用課題に対する解答プログラムについて, コード指標による分析を試みた⁽¹⁾. 本論では, レポートに記載されたモデリング設計について, UML 図の分量や内容を分析する⁽²⁾.

2. 走行体と演習の進行

本演習では, ライントレースの走行体に適した規定ロボットを用意する(図 1). 1 グループ 4~5 人とし, 2 台の規定ロボットを与え, 2 ユニットとする. 与える課題は, 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, 攻略法的设计, 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. 規定ロボットは, 車輪機構, 接触センサと着脱式のバンパー, 床下検知の 2 つの色彩センサ, 前方と側方に付け替えられる反響センサから構成される.

本演習は, 大学情報系の 3 年次の必修科目の後半の内容である. 表 1 の 8 週間の日程と内容になる. 各プロジェクトでは, センサの利用法を示した例題プログラム, 個々の技術項目に対応した幾つかの基本課題, 実技認定を行う総合的な応用課題を用意する. 応用課題は, 専用のフィールド上でのゲーム課題である. 実技認定の得点ルールが提示され, 任務要素ごとの中間目標を設定している. 受講者は, 基本問題で制御を理解した後, 応用課題のルールを吟味し, 任務要素を取捨選択して, 攻略法を検討する.

3. 応用課題の内容と技術項目

主な応用課題の内容と技術項目を述べる(図 2).

第 2 課 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(a). 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実装, 効率的な実験計画によるパラメータ調整を学習する.

第 3 課 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(b). 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. 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(c).

第 4 課 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(d). 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. 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(e).

第5課 色彩センサによる階調認識

車庫入出では, 黒線コースから, 灰色4段階の階調シートに進入し, 所定の動作を行ってコースに復帰する(f). 色彩センサでRGB値を読み取り, 床面の状況を把握する. ノイズの影響や走行体の向きのずれは, 左右の輝度差で調整する.



図1 走行体

表1 演習の進行

週	プロジェクト	課題
1	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	21 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	色彩センサによる階調識別	51 車庫入出
6-8	総合課題の競技大会	内周と外周

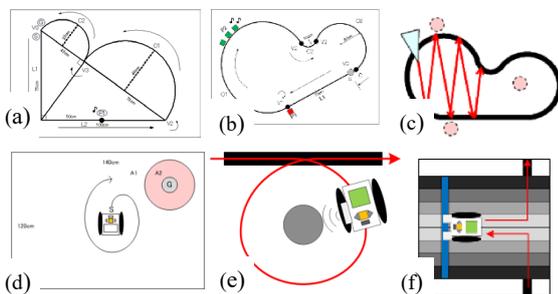


図2 応用課題の実技フィールド

4. クラス図とオブジェクト図の分析

2015年度のレポートでは, 図解を交えて概略設計を記述するように指示したが, ほとんどがフローチャートのみの記載であった. 2016年度のレポートでは, 6課題に対する10班の合計で, 45個のUML図が記載されていた. 内訳は, クラス図が7個, ステートマシン図が32個, アクティビティ図が2個, シーケンス図が4個であった.

構造図としてのクラス図は, システムを構成するクラスの種類とクラス間の関連を記述する. オブジェクト図は, クラスを実体化したオブジェクト同士の関係を記述する. 走行体を構造化し, 各種の機構とセンサをオブジェクトとして表現する. また, 実行ライブラリとして提供されるクラスも記述する.

演舞走行の課題に対しては, まず, 機構を制御する制御クラスを作る. さらに, 演舞走行の各任務を

攻略するためのクラスを作る. 各課題でクラス図を記載した班は少なかった. 図の分量は, どの班も適切で, それなりに詳細に記述できていた. オブジェクト図は, ステートマシン図で代用されられたのか, 記載がなかった.

5. アクティビティ図とシーケンス図の分析

アクティビティ図は, 処理の順序をフローチャートのように記述する. ただし, 同期バーを用いて並列処理も記述できる. 粒度に応じて入れ子にできる. 課題42「目標周回」でのみ, 記載している班があった. 図の分量は, 適切であった.

アクティビティ図を描くには, 振舞いを示す全体の流れが必要である. 「目標接近」では, 判断の条件が重要である. 反響センサや接触センサで目標を検知すれば停止の処理を行う. 目標を発見して接近する場合には, フォークノードとジョインノードを使って, 前進と距離の測定の並列処理を表現する.

相互作用図としてのシーケンス図は, オブジェクト間のメッセージの流れを時系列に沿って表現する. シーケンス図に記述すべき分量は多いが, 難易度がやや高く, 記載が少なかった. 記述ミスは, 文法の不十分な理解によるものである. 例えば, メッセージ名とライフライン名を混同し, 実行指定を書いていない, 同期と非同期の区別が不適切などである. 節の個数は適切であったが, メッセージの区別ができておらず, 必要な線が不足していた.

6. おわりに

LEGO Mindstormsのマイコンを搭載した走行体の制御プログラミング演習を提案している. 開発環境をオブジェクト指向のJava言語とする. プロジェクト単位のグループ学習として, 技術要素を含んだゲーム課題に取り組む. 組込制御の基礎, ソフトウェアの開発工程, UMLモデリング設計を内容とし, 問題解決の手段としてのプログラミングを習得する.

大学情報系の必修科目において, 四半期の演習として実施している. 本論では, レポートに記載されたUML図の分量や内容について分析した. 一般的に, フローチャートの影響が強く, オブジェクト指向のモデリング設計としては, 実践的理解が不十分であることが確認されてしまった. 今後は, 模範的なUML図の提示, チェックシートの作成, 評価基準の公開が必要である.

参考文献

- (1) 劉世博, 辻健人, 中井智己, 富永浩之, "LEGO Mindstorms マイコンの走行体を用いた制御系のJavaプログラミングのグループ演習における解答プログラムの分析", 情報処理学会 第79回全国大会, Vol.79, pp.651-652 (2017).
- (2) 劉世博, 富永浩之, "LEGO Mindstorms マイコンの走行体を用いた制御系のJavaプログラミングの演習支援 - 応用課題の解答コードとUMLモデリング設計の分析 -", 信学技報, Vol.117, (掲載予定) (2017).