

# 組込みソフトウェア技術者育成のための Project-Based Learning による基礎教育の実施報告

大江信宏<sup>†1</sup>, 佐藤未来子<sup>†1</sup>, 渡辺晴美<sup>†1</sup>, 久住憲嗣<sup>†2</sup>, 三輪昌史<sup>†3</sup>,  
松浦佐江子<sup>†4</sup>, 元木誠<sup>†5</sup>, 小倉信彦<sup>†6</sup>, 大川猛<sup>†1</sup>

**概要**：実践的情報教育協働ネットワーク enPiT の組込みシステム分野では、実践的な組込みシステムをプロジェクトで取り組み開発できる人材を育成することを目的に、Project-Based Learning 形式による、PBL 基礎、PBL 実践などの PBL 演習を実施している。毎年春に行う PBL 基礎では、講義と演習を実施後、課題を持ちかえり、グループワークで課題を実施し、各々の成果を発表する。本報告では、2019 年度に行った PBL 基礎教育について、その狙いと課題内容、PBL 演習授業の設計、成果等を報告する。

**キーワード**：組込みシステム、組込みソフトウェア、プログラミング教育、実践力、教材設計

## 1. はじめに

大学学部生向けの実践的情報教育協働ネットワーク enPiT2[1]の組込みシステム分野では、実践的な組込みシステムをプロジェクトで取り組み開発できる人材を育成することを目的としている。その教育フレームワークとして、組込みシステムの基礎教育から始まって、Project-Based Learning (以降 PBL と略す) 形式で行う PBL 基礎、PBL 実践、全体成果発表会というステップで教育を進めている。

筆者らは、このフレームワークにおいて、九州大学、徳島大学、芝浦工業大学、東海大学の 4 つの enPiT 連携校および参加校の合同で、春と夏にそれぞれ集合授業を開催している。春は PBL 基礎を学び、夏はより高度な PBL 実践を学ぶ。今年の春は、参加校 4 大学を含めた 8 大学 101 名の学生の参加で開催した。本活動はすでに 3 年目であり、今年度に行った PBL 基礎について、これまでとの違いも含め、その狙いと内容、成果を報告する。

## 2. 関連研究と PBL 基礎教育の狙い

PBL 基礎教育では、組込みシステムの課題を 4~5 人のグループワークで行い、プロジェクトとしてのマネジメントを行いつつ、課題を解決していく方法を取る。PBL に関する研究報告は、各種報告[2]されており、その効果を実証されている。一方、グループワークであり、前提知識が乏しいメンパにとっては、学習成果が得にくいとの指摘や、前提知識の教育などの授業設計が重要であるとの見解もある[3]。このため、組込みシステム分野のフレームワークでは、組込みシステムの基礎的な技術を学び一定のスキルを得た後に受講するようにしている。またこの PBL 基礎の最初にも、前提となる講義を行い、その理解のものに PBL 課題に取り組むような授業設計をしている。春のスクールは基礎的な課題に取組み、その課題解決とそれに至るプロ

ジェクトの成果を最終日に発表する。しかし、基礎的な課題であるため、これまでは結果のみを求め、計測や設計が不十分なままプログラミングをして、結果うまくいってしまうというケースがあった。この場合、グループのメンパは本質的な理解を得られないまま修了することになりかねない。そこで、本年の PBL 基礎では、調査・設計の過程をグループのメンパ全員が理解するために、課題解決のために必要な走行ロボットから得られるセンサ情報の計測調査や、設計過程の結果も発表に含めるよう指導し、結果のみを求めることがないようにした。そしてさらに、課題解決時に、課題には明記していないプラスアルファの機能を実装させるようにした。これらには次のような狙いがある。

- (1) 計測を十分に行いそれに基づく制御の重要性の認識
- (2) モジュール設計の重要性と設計法の理解
- (3) 組込みシステム特有の並行動作の理解と実装

3 章では、これらの狙いを実現するために、どのような講義と演習を行ったかを述べる。

## 3. PBL 基礎教育の設計

### 3.1 PBL 課題

課題は、組込みシステム開発の特徴を持ち、実際のハードウェア機器を扱う題材で、かつ楽しく学習できることを狙って、キャタピラ型ロボット“Zumo” [4]を使用し、それを制御するマイクロコンピュータ上のプログラムをパソコン上でクロス開発する。今回の課題は、この Zumo をスタート地点から走行させ、坂道を上り、黒ラインを検知後、崖寸前まで進んだのち、元の場所に正確に戻ってくるという走行課題である。その中で坂に差し掛かると LED ランプを点滅させ、登りきるとブザーを鳴らし、崖寸前の落下手前で停止させるといった動作をさせるなど、各グループごとに工夫することをオプション課題として設定した。図 1 に Zumo と走行コースの写真を示す。単純な走行の中にも、

†1 東海大学  
†2 九州大学  
†3 徳島大学

†4 芝浦工業大学  
†5 関東学院大学  
†6 東京都市大学

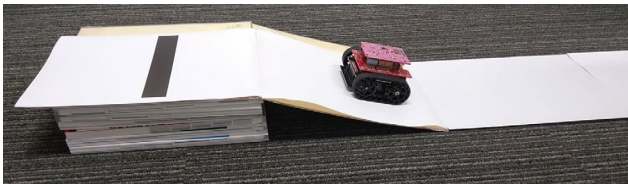


図1 Zumo ロボットと走行コース

直進性の保持, センサによる坂道の認識, 黒線の認識, 崖寸前の認識, などの技術課題があるとともに, オプション課題として設定する LED ランプ点灯やブザー鳴動動作を, モータ駆動による走行動作と並行して行う課題もある. 組込みシステム特有の難易度を設定している.

### 3.2 PBL 基礎教育の進め方

表1に具体的なPBL基礎教育のカリキュラムを示す.

表1 PBL 基礎教育カリキュラム

日	時間	カリキュラム
1日目	09:00-09:10	オープニング
	09:10-10:20	開発プロセスとプロジェクトマネジメント
	10:30-12:00	ロボットプログラミング入門
	13:00-15:30	モジュール基礎設計
	15:40-17:00	リアルタイムプログラミング
2日目	09:30-12:00	ロボット制御入門
	13:00-13:40	SCRUM 演習・PBLの進め方
	15:00-17:10	PBL ミニ演習
	17:10-17:30	キックオフ&ラップアップ
3日目~7日目		【各チームごとに計画に従い, ミニ分散PBLを実施】
5日目		進捗報告【発表5分, 質疑3分】
8日目		成果発表会【発表7分, 質疑3分】

表1に示す通り, 最初の2日間に前提知識となる講義とミニ演習を行う. その後に各大学に持ち帰って, 分散PBLを行う. 途中のフォローとして, 進捗報告会を行い, 最終日に成果報告会を行う. 初日の午前には, 開発を行う上でのプロセスとそのマネジメント, 具体的な課題を実施する準備を行う. 今回のPBL基礎では, 初日の午後と2日目の午前の講義が, 昨年度の内容から見直した点であり, モジュール設計やリアルタイムプログラミングを行う. ロボット制御の講義も, 具体的にPBL課題の対象であるZumoの挙動を計測する演習を講義の中を含めたことがポイントである. 図2に講義及びPBL演習時の風景を示す. 分散している受講者の便宜を考慮し, 講義は九州と東京の2拠点オンラインで接続して実施した.



図2 九州大学での  
講義および  
PBL 演習風景

## 4. PBL 基礎演習の評価と考察

PBL 基礎演習の評価材料として, 成果発表会の内容と, 受講生が振り返りシートに記述した, PBLを通して理解できたことと次に学びたいこと, をもとに評価した. 今回狙いとしていた, ①計測を十分にを行いそれに基づく制御の重要性の認識, ②モジュール設計の重要性と設計法の理解, ③組込みシステム特有の並行動作の理解と実装, について考察する.

①については, 特に坂道における加速度センサのデータを繰り返し計測した結果が各グループの成果として報告されており, 結果として, 平坦路の走行と坂の走行との状態遷移と制御がうまくできていたようだ. また IR センサによる黒線の検知もおおむねできていた. ②についてはいずれのグループも DFD を使ったモジュール設計を行っており, DFD を使ったメリットがグループ開発で発揮されたことが報告されていた. スタブ開発もグループ開発をしたからこそ, より必要性を感じたという感想もあった. ③については, 完全にリアルタイム設計やタスク分割の設計まではできなかったという結果が多かった. しかし, 今後学びたいことの目標として挙げている学生も多く, 次のPBL実践への期待と意欲が伺える.

## 5. おわりに

PBL 基礎演習の狙いと内容, 評価の概要について述べた. 受講者の振り返りからは, PBL 実践への期待や意欲も伺え, PBL 実践演習も含めた組込みシステム人材の教育法とその成果を別途報告したい.

## 参考文献

- [1] 成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成 組込みシステム技術分野, <http://emb.enpit.jp/enpit2/> (参照 2019-05-30)
- [2] 井上明, PBL 情報教育の学習効果の検証, 情報処理学会研究報告情報システムと社会環境, 2007(25(2007-IS-099)), p.123-130
- [3] 松浦佐江子, 実践的ソフトウェア開発実習によるソフトウェア工学教育, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, p.2578-2595 (2007)
- [4] Zumo ロボット, <https://www.pololu.com/category/129/zumo-robots-and-accessories>, (参照:2019-0-31)