

# ロボットコンテストを利用した 組込みシステム教育フレームワークに関する考察

渡辺晴美<sup>†1</sup> 佐藤未来子<sup>†1</sup> 中村啓之<sup>†2</sup> 細合晋太郎<sup>†3</sup>  
三輪昌史<sup>†4</sup> 小倉信彦<sup>†5</sup> 久住憲嗣<sup>†6</sup>

**概要**：組込みシステム研究会では、ESS ロボットチャレンジ(ESS: Embedded System symposium)を実施している。本チャレンジは、大学・分野間を超えた組込みシステムの研究・教育の場の提供を目指している。効果的な教育を実施するために、我々は、教育フレームワークをもとにコンテストを構築している。本教育フレームワークは、スプリングスクール、サマースクール、コンパルソリー競技という特徴を持つ。本稿では、このフレームワークに習熟度を加えた学習ロードマップの構築、教育のパッケージ化を目指し、初期段階の教育フレームワークのアイデアについて考察する。

**キーワード**：組込みシステム、情報教育、ロボット開発

## 1. はじめに

IoT 時代を迎え、組込みシステムエンジニアの育成需要は高まっている。組込みシステムエンジニア教育の難しさは、組込みシステムが複合領域であるため、学問領域が広いことにある。従って、「何をどこまで学ぶのかの選択」、幅広い学問領域を学ぶための「モチベーションを高める教材」の選択は重要である。このような教材の候補としてロボット開発がある。ロボットは、様々な文献や映像に登場するように多くの人々を魅了する[7]。また、ロボット開発に関する教育効果の高さは様々な論文で述べられている[8][9]。

情報処理学会組込みシステム研究会も、14年間ESS(Embedded System Symposium)ロボットチャレンジ(2010年まではMDD(Model Driven Development ロボットチャレンジ, 2004-2005年はソフトウェア工学研究会主催)とよぶコンテストを開催してきた[1][2][3]。本チャレンジは単なるコンテストではなく、スプリングスクール、サマースクールと呼ぶ教育し、コンテストでは主要な競技に加え、基礎力を試すコンパルソリー競技を提供している。これらの教育や複数の競技は、ロボットチャレンジの主要な競技のためのロボット開発はこれまでの経験により、教育フレームワークが形成され、それに基づき上記の教育およびコンテストを実施している。またその教育は、文部科学省成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成(enPiT)組込みシステム分野の教育フレームワークに対応している。

これまで、「何をどこまで学ぶのかの選択」、「モチベーションを高める教材の選択」について貢献してきたと言える。一方、スプリングスクールやサマースクール、コンテストの複数の競技で具体的な教育を実施してきたが、習熟度や学習のロードマップについて明示的に言及していない。今後、我々は、習熟度や学習のロードマップについて整理し、

組込みシステムエンジニア教育に、さらに役立つESS ロボットチャレンジに発展することを考えている。

本稿では、2章でESS ロボットチャレンジについて紹介し、3章では、習熟度についての初期段階のアイデアについて述べる。

## 2. ESS ロボットチャレンジ

本節では、ESS(Embedded System Symposium)ロボットチャレンジの概要について述べる。我々は2004年よりESS ロボットチャレンジと呼ぶロボットコンテストを情報処理学会組込みシステム研究会(2004年と2005年のみソフトウェア工学研究会)主催のシンポジウムにおいて産官学連携で開催してきた。連携により、開発を実践的に進めていくための方法・教材をコンテストの事前教育・内容に取り入れてきた。本チャレンジは2013年度より文部科学省「分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク組込みシステム分野連合型 PBL(enPiT-Emb/PEARL)」と共催している[3][4][5]。さらに2017年度から、文部科学省「成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成(enPiT2)」と協力して実施し、学部生向け教育との連携を図っている[3][6]。本連携により、充実した教育環境の提供が可能となり、ロボットチャレンジの成果を研究と結びつけること、大学を超えた学生間の連携を深めることが容易になった。

### 2.1 教育と競技

ESS ロボットチャレンジは、前述したとおり、スプリングスクールおよびサマースクールからなる。キックオフにあたるスプリングスクールでは、ロボット開発に必要な技術の基礎についてPBL形式で学ぶ。具体的には、システム開発、制御工学、プロセスマネージメント等である。サマースクールでは、競技、学生発表、基調講演等を行う。

スプリングスクールでは、最初の2日間に、複数の大学の学生が九州大学または東海大学に集合し、学習する。そ

†1 東海大学 †2 九州大学 †3 チェンジビジョン †4 徳島大学  
†5 東京都市大学

の後、3日後に中間報告、1週間後に最終報告を行う。

サマースクールでは、スプリングスクール前後に、サマースクールの競技について公開され、スプリングスクールで学んだ内容をもとに、競技を実施する。学生は、スプリングスクールから学習を開始し、サマースクールまでチームで学習を進め、ロボットを開発する。

サマースクールで実施される競技は、主要競技、コンパルソリー競技、発展競技からなる。図1に2017年度の主要競技の様子を記す。主要競技は、流行や学生の興味に応じた課題である。図1はローバ競技と呼ぶ2017年度の主要競技の様子である。2017年度は、enPiT2が開始され、2016年度の自動掃除機から図1に示すロボットへと変更した。テーマは自動運転である。

コンパルソリー競技は、主要競技を構成する技術について競う。図1の競技を構成する要素として、正確な回転、障害物の発見、ライントレース、ARマーカの検知に着目し、4つのコンパルソリー競技を実施した。初期のESSロボットチャレンジでは、コンパルソリー競技を実施せず、主要競技のみを実施していた。コンパルソリー競技を実施するようになった背景は、2つの問題点を解決することであった。1つ目は、主要競技のみでは、ロボットを、アルゴリズムを適切に使い動作させているのか、あるいは、偶然課題を達成したのかを判定するのが難しいという点である。2つ目は、ロボット開発は容易ではなく、初心者には、何から始めたら良いのかを理解するのも難しいという点である。

コンパルソリー競技では、図2に示すようなシンプルな動作を競う。図2の課題は以下の通りである。『フィールド上に示した20cm四方の範囲で、180度超信地旋回を反時計回り、時計回り、反時計回り、時計回り、反時計回りを行う。ただし、1回の180度旋回終了後に3秒以上停止する。』このようなシンプルな課題により、1番目の問題に対し、偶発的にできたのか、アルゴリズムを取り入れて作り込んだのかについて明確にすることができる。また、2番目の問題に対し、コンパルソリー競技では、ロボット開発で最初に取り組んで欲しい課題を設定し、開発のヒントとなるようにしている。



図1 ローバ競技（主要競技）

## 2.2 2018年度以降の取り組みに向けて

前節で述べた通り、これまで我々は、学生の習熟度を分析し、様々な工夫を行い、enPiTの教育フレームワークに

沿った教育を行ってきた。一方で、以上のような開発のヒントは、必ずしも明示的ではなく、学生が容易に理解できるロードマップではない。これまで、明確化してこなかった理由は、本コンテストが学会主催であること、enPiT第1期は、修士課程の学生を対象としていたことにある。従って、開発プロセスの提案等も学生教育の一つとして視野に入れていたこともあり、明示的には言及していなかった。

enPiT第2期は、学部学生を対象としていること、また、これまでの14年間に蓄積した経験をパッケージ化することは、有益であると考えられる。

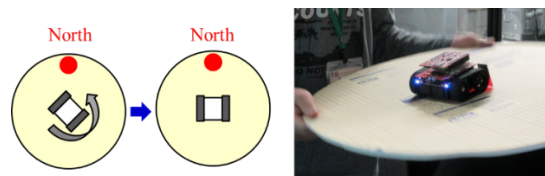


図2 コンパルソリー競技

## 3. RC教育フレームワーク

本節では、ESSロボットチャレンジで提供する教育について、学習ロードマップ・教育のパッケージ化を目指し、RC(ロボットチャレンジ)教育フレームワークについて議論する。以下は、初期段階のアイデアである。

### 3.1 習熟度

RC教育フレームワークでは、学習目標を3段階で考え、それに紐づいた形で、スプリングスクール、サマースクールの課題を定義する。学習目標の3段階は、初級、中級、上級であり、enPiT-embの教育フレームワークであるQuadProのQProJ, QProB, QProA[6]と関連する。本チャレンジでは3段階を以下のように考えている。

- (1) 入門: 用語の理解、平易な課題を解くことができる。スプリングスクールの2日間で行われる課題を想定している。
- (2) 基礎: アルゴリズムを理解し実現できる程度を想定している。コンパルソリー課題を想定している。
- (3) 応用: 最適化または複合課題を想定している。チャレンジの主要課題を想定している。

### 3.2 例1: プロセスマネジメント

スプリングスクールでは、プロジェクトマネジメントについて、Scrum[10][11]と呼ぶ開発フレームワークについて演習を行っている。本目標の一つとして「遂行スキル」を考える。

- 遂行スキルの定義: 学んだマネジメント知識に基づきシステム開発を実践できること。
- 入門ゴール: 基礎的なスケジュールマネジメントについて理解していること。

入門課題: Scrumにより、授業内で、シンプルな開発のロールプレイングを行う。

- 基礎ゴール: 小さな開発プロジェクトを遂行できるこ

と。

**基礎課題**：小さな PBL で基礎的なスケジューリングマネジメントを実施する。

- **応用ゴール**：プロジェクトを振り返り、次のプロジェクトの計画を作れること。

**応用課題**：Keep, Problem, Try を用いて振り返り、次の計画をそれに基づき作成する。

以上を、ロボットチャレンジに適用すると、入門課題はスプリングスクールの1コマ内の授業と対応し、基礎課題は、スプリングスクールの1週間のトレーニングと一致する。そして、応用課題は、サマースクールに向けて各チームの実践と対応付く。図3は、スプリングスクールとサマースクールの間ぐらいに撮影した写真である。スプリングスクール時は、適切にチケットを作成することはできないが、何度か、振り返りを続けるにつれ、学生たちは適切にチケットを作成できるようになる。

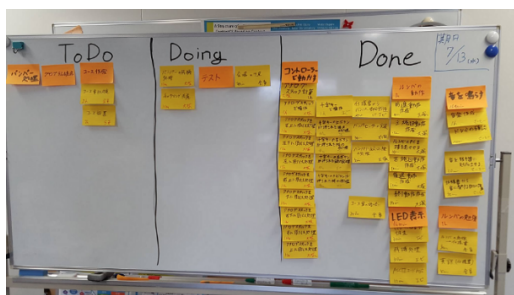


図3 チケット管理

### 3.3 例2：制御工学

以下に制御工学の3段階について述べる。教育対象の学生の多くは、情報系であることから、ロボットを動作させるための制御工学の基礎的な内容を3段階に分割している。

- **入門ゴール**：「計測」し、ロボットの振る舞いを理解する。動作の入門である「回す」、「止める」を理解する。
- **基礎ゴール**：「PWM」等の基本的なアルゴリズムを扱うことができる。動作の基礎である「任意速度」「直線速度制御」を実現できる。
- **応用ゴール**：モデルベース開発が可能である。「回転数制御」、「曲線制御」が実現できる。

図2で示したコンパルソリー競技は、上記、基礎ゴールの課題となる。

## 4. おわりに

本稿では、RC教育フレームワークについて述べた。組込みシステム研究会では、ESSロボットチャレンジを実施し、大学・分野間を超えた組込みシステムの研究・教育の場の提供を目指してきた。効果的な教育を実施するために、我々は、教育フレームワークをもとにコンテストを構築している。本教育フレームワークは、スプリングスクール、サマースクール、コンパルソリー競技という特徴を持つ。本稿では、このフレームワークに習熟度を加えた学習ロードマ

ップの構築、教育のパッケージ化を目指し、初期段階のアイデアであるRC教育フレームワークについて紹介した。

今後、本アイデアを叩き台に、教育効果が高く、学生にとって理解しやすい教育フレームワークを目指したい。また、今回は2種類のスキルと技術の紹介に留まったが、ロボット開発に必要な技術について順次定義していきたい。

## 参考文献

- [1] 久住憲嗣, 渡辺晴美 編: 特集「分野を超えたものづくりと教育—組込みシステム開発教育のためのロボットチャレンジ—」, 情報処理, Vol.56, No. 1, 2015.
- [2] 渡辺晴美, 三輪昌史, 元木 誠, 小倉信彦, 久保秋 真, 細合 晋太郎, 菅谷みどり, 久住憲嗣: 学会実施のコンテスト型PBLによる組込みシステム教育, 日本工学教育協会工 学教育, Vol.64, No.3, pp.41–46, 2016.
- [3] 久住憲嗣, 佐藤未来子, 中村啓之, 渡辺晴美, 三輪昌史, 細合 晋太郎, 久保秋真, 小倉信彦, 元木誠, 菅谷みどり: 組込みシステムシンポジウム 2017, 組込み システムシンポジウム 2017 論文集, pp.112–116, 2017.
- [4] enPiT-Emb/PEARL ホームページ, <http://www.qito.kyushu-u.ac.jp/project/pearl> (2018.2.3).
- [5] ESS ロボットチャレンジホームページ, <http://www.sigemb.jp/ESS/2017/> (2018.2.3).
- [6] enPiT-Emb ホームページ, <http://emb.enpit.jp/enpit2/> (2018.2.3).
- [7] G. Dudek and M. Jenkin. 2010. *Computational Principles of Mobile Robotics*. Cambridge University.
- [8] O. O. Ortiz, J. A. Pastor Franco, P. M. Alcover Garau, and R. Herrero Martin. 2017. Innovative Mobile Robot Method: Improving the Learning of Programming Languages in Engineering Degrees. *IEEE Transactions on Education* 60, 2 (May 2017), 143–148.
- [9] J. Shin, A. Rusakov, and B. Meyer. 2015. Concurrent Software Engineering and Robotics Education. In 2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering, Vol. 2. 370–379.
- [10] K. Schwaber. 1995. Scrum Development Process. In *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ACM Conference on Object Oriented Programming Systems, Languages, and Applications (OOPSLA)*. 117–134.
- [11] ScrumGuides.org. 2016. Scrum Guides. (2016). Retrieved August 1, 2017 from <http://www.scrumguides.org/>