

コンテストを活用した連合型 Project Based Learning カリキュラム

久住 憲嗣^{1,a)} 細合 晋太郎¹ 渡辺 晴美² 元木 誠³ 小倉 信彦⁴ 三輪 昌史⁵ 孔 維強¹ 築添 明¹
鵜林 尚靖¹ 福田 晃¹

概要: 全国の 15 大学が連携して進める教育プログラム「分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク」において、九州大学では付加価値の高い Cyber Physical System を構築できる人材の育成を目的として、平成 25 年度より教育コースを開始した。本稿では、九州大学で開発を進めているコンテストチャレンジ型組込みシステム開発 PBL のカリキュラムを紹介する。さらに、平成 25 年度の実施状況について報告する。

A Distributed Project Based Learning Curriculum to Design Embedded Systems using Contest Challenge

KENJI HISAZUMI^{1,a)} SHINTARO HOSOAI¹ HARUMI WATANABE² MAKOTO MOTOKI³
NOBUHIKO OGURA⁴ MASAFUMI MIWA⁵ KONG WEIQIANG¹ AKIRA TSUKIZOE¹ NAOYASU UBAYASHI¹
AKIRA FUKUDA¹

Abstract: 15 Universities in Japan launched the Education Network for Practical Information Technologies, or enPiT at 2013. As a one of the network graduate school of information science and electrical engineering, Kyushu University started to an educational program for training students who can develop high value-added cyber physical systems. This paper proposes a project based learning curriculum to design embedded systems using contest challenge and reports the results of 2014 fiscal year.

1. はじめに

今日、我が国が抱える震災復興や少子高齢化など種々の社会的課題の解決や、社会の新たな価値や産業の創出などを、情報技術の活用を通じて行うことが重要な課題となっている。この情報技術を活用して社会の具体的な課題を解決できる人材を育成するために、文部科学省 情報技術人材

育成のための実践教育ネットワーク形成事業の支援のもとで、九州大学を含む全国の 15 大学（申請代表校：大阪大学）は、教育プログラム「分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク（Education Network for Practical Information Technologies, 略称 enPiT：エンピット）」[1]を平成 24 年に開始した。enPiT では、大学間／大学・企業間で緊密に連携をとりながら、クラウドコンピューティング、セキュリティ、組込みシステム、ビジネスアプリケーションの 4 つの分野を対象に、グループワークを用いた短期集中合宿や分散 PBL を実施し、日本の将来を担う世界に通用する真の実践力を備えた人材を全国規模で育成することを目指す。

九州大学は、名古屋大学と共に、組込みシステム分野において、大学、企業、団体等と密接に連携し、実践的な教育を実施・普及する。本稿では、組込みシステム分野の力

¹ 九州大学
Kyushu University

² 東海大学
Tokai University

³ 関東学院大学
Kanto Gakuin University

⁴ 東京都市大学
Tokyo City University

⁵ 徳島大学
The University of Tokushima

a) nel@slrc.kyushu-u.ac.jp

リキュラムを枠組みとして、九州大学と参加大学の教員で協働開発した「コンテストチャレンジ型組込みシステム開発 PBL」のカリキュラムについて延べる。

2. enPiT・組込みシステム分野のカリキュラム

組込みシステム分野 [2] では、「組込みシステム開発技術を活用して産業界の具体的な課題を解決し、付加価値の高いサイバーフィジカルシステム (CPS) の構築による効率のよい社会システムを実現し、エネルギーや環境問題など現在の日本が抱える重要課題に対応できる人材」を育成することを目標として、ディペンダビリティ技術、センサー・ネットワーク技術、モデルベース開発・検証技術、HW/SW 協調開発技術等の組込みシステム開発に関する発展的な内容を学習する。連携大学 (九州大学・名古屋大学) 内にとどまらず、広く全国から参加大学を募り、情報処理学会組込みシステム研究会の後援を受け、九州大学の連合型 PBL (Project Based Learning) と新しい産学連携教育手法である名古屋大学の OJL (On the Job Learning) の 2 タイプを実施する。両タイプとも問題発見能力を身につける「基本コース」(主に修士課程 1 年生を対象) と管理技術とその運用方法まで踏込んだ高度な問題解決能力を身につける「発展コース」(修士課程 1・2 年生を対象) を設ける。参加学生の指導教員は、学生に帯同して一緒に教育コースに参加し、分散 PBL の実施ノウハウを修得することとしている。補助期間終了後に各大学で教育コースを継続して実施できる体制にするためである。

カリキュラムは、(1) 基礎知識学習は、組込みシステム基礎、ソフトウェア工学、および各大学で必要とされる科目で構成する。(2) 短期集中合宿は、分散 PBL のキックオフ合宿という位置付けで、基本コースではサマースクール、発展コースではスプリングスクールとなる。(3) 分散 PBL は、九州大学の連合型 PBL と名古屋大学の OJL のいずれかを選択する (表 1)。

3. コンテストチャレンジ型組込みシステム開発 PBL

九州大学では付加価値の高い CPS を構築できる人材の育成を行うが、そのプロジェクトの愛称を PEARL (Practical information Education collaboration network Against Research fields and Localities) [3] とし、ESS ロボットチャレンジ実行委員会と密に連携し、コンテストチャレンジ型組込みシステム開発 PBL の教育を実施していく。PEARL で実施する連合型 PBL では、情報処理学会組込みシステムシンポジウム (ESS) のロボットチャレンジテーマを共通テーマとして実施する。このテーマでは、制御、機体、各種センサー、組込みソフトウェアを利活用することが求められる。また、画像認識を用いた位置の把握など参加学生が様々な工夫を行うことができる教材にもなっている。

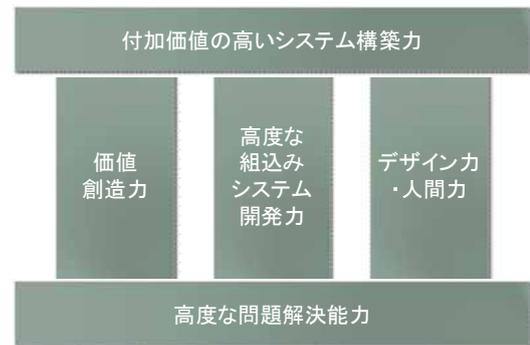


図 1 PEARL の教育目標

情報の利活用教育に適した教材と言える。PEARL の教育では、付加価値の高い CPS を構築できる人材の育成に向け、高度な問題解決能力、価値創造力、高度な組込みシステム開発力、デザイン力・人間力を重視した教育を行い、これらを統合した付加価値の高いシステム構築力を有した人材の育成を目的とする (図 1)。以下では、基本コースの連合型 PBL について述べる。

3.1 学習目標

以下に学習目標を挙げる。

- (1) 高度な問題解決力、価値創造力を身につける。具体的には、過去に体験したことがある問題に類似した問題であれば、次のことが実行できることを目標とする。
 - (a) 既存の研究、手法、システムなどについて調査、追試できる
 - (b) 解決すべき課題に対して、調査に基づいて問題を定義するところから、仮説を立てて検証するまでのプロセスを構築できる
 - (c) (a), (b) について、プロジェクトマネジメント手法を活用して実行できる
- (2) 組込みシステムの開発について高度な開発力を身につける。具体的には次のことが実行できることを目標とする。
 - (a) ソフトウェア工学に基づくシステム開発、とりわけモデルを中心に据えたシステム開発プロセスを構築し、これに基づいたシステムの開発が実践できる
 - (b) ソフトウェアとハードウェアの相互作用を伴うシステムについて、協調設計が必要となるような統合的システムを開発できる
 - (c) ハードウェアの制約を配慮した、あるいはハードウェアの性能を引き出すことができる

3.2 カリキュラムおよび演習

3.2.1 カリキュラム

コンテストチャレンジ型の組込みシステム開発 PBL は、

表 1 組込みシステム分野のカリキュラム

	授業科目名	概要等
(1) 基礎知識学習	組込みシステム基礎	ディペンダビリティ技術, センサー・ネットワーク技術, モデルベース開発・検証技術, HW/SW 協調開発技術等の組込みシステム開発に関する基礎について学ぶ.
	ソフトウェア工学	分散PBLを実施する上で必要なソフトウェア開発技術やプロジェクトマネジメント手法について学ぶ. 開発支援ツールの利用やモデルベース開発の基礎についても学ぶ.
	その他	各大学で必要とされる科目
(2) 短期集中合宿	サマースクール	基本コースの分散PBL (組込みシステム開発総合演習) のキックオフ合宿として実施する. 基本コースの学生が組込みシステム開発と分散PBLの実施に必要なスキルを学ぶ. 1週間程度をめぐり, 自主的に学生に運営をやらせ, 学生がハードウェアからソフトウェアまでの幅広い一連の開発プロセスを実際に体験する機会にする.
	スプリングスクール	発展コースの分散PBL (組込みシステム開発総合演習) のキックオフ合宿として実施する. 参加大学の指導教員, PM, 発展コースの学生が参加し, 分散PBLの指導方法や進め方についてFDを行う.
(3) 分散PBL	組込みシステム開発総合演習 基本コース	基礎知識, 短期集中合宿で得た知識を基に, チームで組込みシステムを開発する.
	組込みシステム開発総合演習 発展コース	基本コース修了者が開発可能なレベルの組込みシステムを, 技術および実用の両面から, より実践的な組込みシステムへ発展させる開発方法について学ぶ.

【タスク】

- Kobukiにペットボトルを乗せ, 杭の外側を1周する.
- ペットボトル及び杭を倒さないこと.
- 他社(=他グループ)に負けないように, なるべく早くスタートエリアまで戻ること.

【評価】

- 3回走行タイムを記録し, ベスト記録で争う.

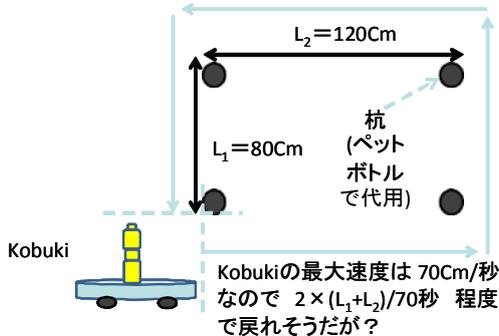


図 3 キックオフでの演習課題

表 2 に示すように, 基礎知識学習, 短期集中合宿, および分散PBL で構成し, 短期集中合宿はサマースクール (前半) とサマースクール (後半) で構成する.

3.2.2 演習の題材と課題

演習題材は「掃除ロボット風開発キット: Kobuki」(図 2) として, 制御, 機体, 各種センサー, 組込みソフトウェアを活用する演習を行う. 演習課題は, キックオフでは図 3 のような単純走行の所要時間の最短化とし, 分散PBL では難易度を上げ, 制限時間内での指定された位置静止や情報収集の高精度化を設定する.

3.3 受講条件・修了要件

参加大学の修士課程の学生を対象とする. さらに, 同等の学力, スキルを持つと判断できる学生も対象とする. 以下の要件を満たしたとき修了とし, PEARL 修了証を授与する. また, 修士以外の学生には PEARL ジュニア修了証を授与する.

- 短期集中合宿 修了
- 分散PBL 修了

4. 平成 25 年度の実施内容

本節では PEARL として初めての教育実施となる, 平成 25 年度での実施内容について述べる.

4.1 スプリングスクール

PEARL 発展コースは, 4月27日—28日のスプリングスクールでキックオフした. 九州大学に全ての参加大学が集結するのではなく, 九州大学伊都キャンパスと東海大学高輪キャンパスの2拠点で同時開催した. 九州大学の福岡会場では九州大学・徳島大学・和歌山大学の学生が受講し, 参加者数は学生7名, 教員8名の計15名であった. 東海大学の東京会場では東海大学・東京電機大学 (東京千住キャンパス・千葉ニュータウンキャンパス)・芝浦工業大学・東京都市大学・関東学院大学・群馬大学・横浜システム工学院専門学校の学生が受講した. 名古屋大学から基調講演の高田教授と2名の教員も参加し, 参加者数は学生63名, 教員11名, アドバイザ (外部参加者を含む) 14名の計88名であった. 2拠点合計で101名 (うち学生が70名) の参加者があった.

表 2 コンテストチャレンジ型組込みシステム開発 PBL のカリキュラム

	基礎知識学習	短期集中合宿		分散 PBL
		サマースクール・前半	サマースクール・後半	
学習目標	PBL を実施するに当たり必要となる基礎的な知識、スキルを身につける。	分散 PBL を実施するうえで必要な知識とスキルを学ぶ。	プロジェクト管理面、システム開発面の両者の観点から、課題設定、今後の実施計画の妥当性の評価方法について学ぶ。	プロジェクトの遂行を通して、基本コースの学習目標に掲げた知識、スキルを身につける。
実施内容	基礎知識学習科目として開講される組込みシステム基礎、ソフトウェア工学、その他を受講する。	分散 PBL のキックオフ合宿として実施する。具体的には、既存研究、手法、システムなどの調査方法、問題を定義し、仮説を構築し、解決する手順について、事例を通して学ぶ。また、プロジェクトマネジメント手法について学ぶ。さらに、ソフトウェアとハードウェアとの相互作用を考慮した統合的システム設計手法について学習する。	講義とポスター・デモセッションを実施する。サマースクール・前半の講義、振り返りを踏まえた課題設定、今後の実施計画、進捗状況、準備状況についてポスター・デモセッションにて発表する。ポスター・デモセッションにおける受講生間、教員との間の議論により課題設定、今後の実施計画を改善する。	各校において分散してサマースクールで設定した PBL 課題を実施する。



最大速度: 70cm/s
可搬重量: 5kg(フローリング)、4kg(カーペット)
稼働時間: 3時間(標準バッテリー)、7時間(ラージバッテリー)
充電時間: 1.5時間(標準バッテリー)、2.6時間(ラージバッテリー)



図 2 掃除ロボット風開発キット: Kobuki



東京会場: 東海大学



福岡会場: 九州大学



基調講演: 名古屋大学高田教授



演習成果の走行会

図 4 PEARL スプリングスクールの模様

演習課題は、掃除機風ロボット Kobuki の制御ソフトウェアを開発し、120cm × 80cm の長方形の外周を、ロボットに載せたペットボトル及び長方形の角に置いた杭のペットボトルを倒さない様に一周し、走行タイムを競う。2日目の15時からの走行会・発表会(10分/チーム)・質疑では、2拠点間での議論も大いに盛り上がった(図4)。

4.2 分散 PBL

PEARL 発展コースの分散 PBL では、7月2日に中間発

表会を、九州大学・東海大学・徳島大学・東京電機大学(千住・千葉)の5拠点のテレビ会議で開催した。平日の18時半から2時間程度(実際は21時過ぎに終了)というスケジュールであったにも拘らず、10チーム中8チームが参加した。学生31名、教員・アドバイザー14名の参加があり、PBLの進捗レビューを行った。分散PBLの成果発表会は9月からのサマースクール(後述)で行ったが、その時の競技内容は7月下旬に公開、競技フィールドの大きさ・形状は競技会当日まで非公開、という状況で分散PBLを実施した。7月下旬に公開された分散PBLでの演習課題、すなわち競技種類は3つあった。

- コンパルソリ部門(必修): 3—5mの直線距離の走行時間を競う。
- ベーシック部門(必修): 当日に設置、公開された辺長4mの平行四辺形の競技フィールドにおいて、1台又は2台のロボットをフィールド内で走行させながら、障害物も含めた地図を作成・可視化し、途中で2個のドッキングステーション(充電器)を巡回した後、ロボットをドッキングさせて走行完了となる。時間制限は10分である。
- アドバンス部門(希望者のみ): ベーシック部門の制約条件を緩和し、ロボットは3台以上使ってもよく、デバイス(センサー、アクチュエータ)の

追加は任意、掃除機風ロボット Kobuki 以外の物体（例えば、飛行船ロボット）を追加してもよい。但し、ベーシック部門での結果より地図の完成度を上げねばならない。これらの競技ルールの詳細と採点基準は、ESS ロボットチャレンジ 2013 のホームページを参照されたい (<http://www.qito.kyushu-u.ac.jp/ess/2013/sub/rule.html>)。

4.3 サマースクール

サマースクールは、PEARL 基本コースのキックオフと PEARL 発展コースの成果発表会の両方を兼ね、前半と後半の 2 回に分けて行った。

サマースクール前半

前半は 9 月 2 日—5 日に東海大学で開催し、後半は 10 月 16 日—18 日の情報処理学会組込みシステム研究会が主催する組込みシステムシンポジウム 2013（以下、ESS2013 と略記）の中で開催した。九州大学、東海大学、東京電機大学（千住・千葉）、芝浦工業大学（豊洲・大宮）、東京都市大学、関東学院大学、群馬大学、南山大学、徳島大学、横浜システム工学院専門学校の学生が受講した。九州大学と PEARL 参加大学以外からの教員参加は、名古屋大学から 2 名、東京大学、静岡大学、滋賀大学、大阪大学から各 1 名あった。参加者数は学生 90 名、教員 33 名、アドバイザー（外部参加者を含む）11 名の計 134 名であった。

サマースクール前半の 9 月 2 日—5 日は、2 日—3 日は PEARL 発展コースの競技会、4 日—5 日は PEARL 基本コースのキックオフを実施した。9 月 2 日—3 日の競技会では、九州大学、東海大学、東京電機大学（千住・千葉）、芝浦工業大学（豊洲・大宮）、東京都市大学、関東学院大学、群馬大学、南山大学、徳島大学、横浜システム工学院専門学校の 12 キャンパスから 13 チームが出場し、PBL 成果を競い合った（図 5）。競技会終了後には、「学生企画パネル：PBL を通した工夫・苦労など経験を互いにぶつけ合う」を実施した。学生同士で意見交流を行い、レポートに纏めさせた。

9 月 4 日—5 日に開催した PEARL 基本コースのキックオフは、1) 講義 1：ソフトウェア工学の最新事例（鶴林尚靖教授（九州大学））、2) 講義 2：ソフトウェア開発現場から見たプロジェクトマネジメント事例（坂本佳史氏（日本 IBM））、3) 講義を踏まえたチーム内討議、4) チームごとの討議結果発表、というプログラムで実施した。基本コースキックオフの様子を図 6 に示す。

サマースクール後半

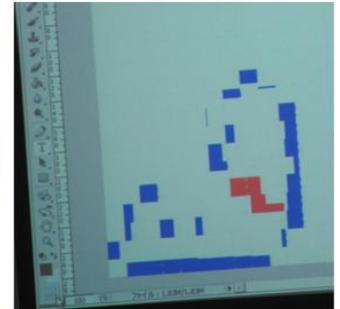
サマースクール後半の 10 月 16 日—18 日の ESS2013（主催：情報処理学会組込みシステム研究会）では、九州大学 PEARL、ESS ロボットチャレンジ 2013 実行委員会、および、名古屋大学 OJL とで共同企画した 3 つの enPiT-Emb セッションを実施した。



競技フィールド



走行中の地図作成



可視化した作成地図

図 5 PEARL サマースクールの競技会の模様



プロジェクトマネジメント講義



チーム内討議

図 6 PEARL 基本コースキックオフの模様

- ロボットチャレンジ：デモセッション・ポスター展示
サマースクール前半の競技会に出場した全チームに、ポスター概要、ポスター A4 版、レジメを事前提出させた。レジメは、チャレンジャー間の情報交換により全体のレベルを高めることを目的としたもので、記載内容は「システム構成概要、位置推定の方法に関する技術内容、分散 PBL 実施過程で工夫した点を複数個」とした。当日のセッションでは、各チームがデモ走行をしながらレジメ内容のプレゼンテーションを行った。昨年度までの課題であった飛行船競技デモや、クワッドロータ飛行デモによる新技術紹介も行われ、最後まで熱気あふれるセッションとなった。尚、前夜未明の首都圏への台風 26 号接近の余波で、開始時刻を 11 時から 13 時にシフトしたが、実際は 14 時近くを開始し、終了は 17 時予定が 19 時半になるというハプニングがあった。
- パネル：ESS ロボットチャレンジ 2013 分野を超えたものづくり教材ロボットが飛行船から地上走行ロボットに移行する最初の年となったが、PEARL 教材 WG メンバー 6 名（参加大学教員 5 名、アドバイザー 1 名）が、競技会の新ルール作りの方針、狙いなどの説明をベースに、チャレンジ学生にはここまでやらせたかつ

た、等の教育課題に言及した議論を行った。

九州大学基本コースキックオフ

PEARL 基本コースは、前述したようにサマースクールでキックオフした。九州大学の学生はインターンシップとの日程重複を回避するために8月1日—2日に九州大学伊都キャンパスで、参加大学の学生は9月4日—5日にサマースクールの中でキックオフを実施した。分散PBLでは、九州大学 PEARL 教員2名とクラウドコンピューティング分野・大阪大学の井垣宏特任准教授との協働で分野横断講義を実施した。九州大学修士課程1年3名を受講者として「Scrum フレームワーク」の講義・演習を実践した。10月、11月に実施済みであるが、今後は、今年度内に限らず来年度も継続していく計画である。

5. 今後の課題

平成25年度に初めて実施したことにより、いくつかの課題が見えてきた。

まず、月から翌年3月まで実施する PEARL 基本コースは、参加大学にとっては日程的に不都合が多いという課題が顕在化した。12月の分散PBLの中間発表会だけでなく、2月の成果発表会も日程調整が容易ではないことが分かった。平成26年2月22日開催予定の成果発表会では、修士論文・卒業論文や大学院入試の日程と競合、春休み中の短期留学・卒業旅行で学生が不在、などの理由で、学生および教員の不参加が多数出る見込みである。この状況を見越して、基本コースに応募しなかった参加大学もあった。一方、教員の負担は、発展コースから基本コースに間断なく続いていくため、1年間フルに負担がかかっている。以上のことから、来年度から PEARL 基本コースの実施時期を、発展コースと並行して、4月に開始し10月に終了する、但し成果発表は翌年3月までの研究会なども活用する、と改訂することにした。これにより、ESS ロボットチャレンジとの連携も維持でき、参加学生数の増加も期待できる。

さらに、実施面についての課題が見えてきた。九州大学において地域的に分散せずに PBL を実施していたときには、教員によるきめ細やかなフォローが可能であった。そのためおおむねプロジェクトを推進するために必要なスキルを教育することがあった。しかしながら、地域的に分散して PBL を実施したため、十分なフォローができず、キックオフで教育した知識のスキルの定着がうまくはかれなかった事例が見られた。そこで、来年度以降は実施形態を工夫することによりこの問題の解決をはかる。具体的には、キックオフ講義、miniPBL、成果発表会を1週間の間に実施する。キックオフ講義で PBL を遂行する上で必要な知識を講義し、miniPBL においてそれらのスキルの定着をはかるべく集中的にフォローアップする。成果発表会において知識、スキルが定着しているかをあらためて確認する。

6. おわりに

九州大学大学院システム情報科学府では、平成19年度に「社会情報システム工学コース (QITO)」[4]を設置し、情報技術人材育成事業を進めてきた。この QITO の PBL テーマの中からコンテストチャレンジ型テーマを取り出し、それを複数の大学が連合して実施する連合型 PBL とし、ネットワーク形成事業 PEARL をスタートさせた。今後は、平成25年度の実施結果を踏まえて、実施日程や実施方法を改定してカリキュラムを改良させる。さらに、「コンテストチャレンジ型 PBL」に加えて、名古屋大学で実施している OJL、すなわち産業界から求められる開発課題に取組む「システム開発型 PBL」、さらには、組込みシステム開発を伴う「事業企画型 PBL (アントレプレナーシップ)」なども視野に入れ、大学、企業、団体等との連携をさらに拡大していきたい。

謝辞 九州大学 PEARL プロジェクトは、「分野・地域を越えた実践の情報教育協働ネットワーク」の補助金により文部科学省 情報技術人材育成のための実践教育ネットワーク形成事業の一環として実施したものである。

参考文献

- [1] 分野・地域を越えた実践の情報教育協働ネットワーク：ホームページ，<http://www.enpit.jp/> (2013).
- [2] Emb 分野・地域を越えた実践の情報教育協働ネットワーク組込みシステム分野：ホームページ，<http://emb.enpit.jp/> (2013).
- [3] Emb 分野・地域を越えた実践の情報教育協働ネットワーク組込みシステム分野九州大学事業：ホームページ，<http://www.qito.kyushu-u.ac.jp/project/PEARL> (2013).
- [4] 九州大学大学院システム情報科学府情報知能工学専攻社会情報システム工学コース：ホームページ，<http://www.qito.kyushu-u.ac.jp/> (2013).