

ESS ロボットチャレンジ 2013

渡辺 晴美^{†1} 元木誠^{†2} 久住憲嗣^{†3} 三輪昌史^{†4} 小倉信彦^{†5} 久保秋真^{†6}
細合晋太郎^{†3} 福田浩章^{†7} 紫合治^{†8}

ESS ロボットチャレンジは本シンポジウムの特別企画であり、本年度より「分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク」との共催として行っている。本企画の目的は、自動掃除機ロボットの開発を通し、実践的な組込みシステムの研究・教育を行うことにある。これまでの8年間は屋内型小型飛行船の自動航行をテーマとしてきた。本チャレンジは2013年の4月のチュートリアルにはじまり、8月のコンパルソリ競技、スマートモバイルロボット競技、学生企画、ワークショップを開催してきた。その結果を踏まえ、本シンポジウムにおいてデモンストレーション、ポスター、ワークショップを行う。ワークショップでは、代表学生による発表、および、参加教員により実践的なシステム構築方法について議論を行う。本稿では本企画の背景とねらい、企画内容について述べる。

ESS Robot Challenge 2013

Harumi Watanabe^{†1}, Makoto Motoki^{†2}, Kenji Hisazumi^{†3}, Masahiro Miwa^{†4}, Nobuhiko Ogura^{†5},
Shin Kuboaki^{†6}, Shintaro Hosoai^{†3}, Hiroaki Fukuda^{†7}, Osamu Shigo^{†8}

ESS Robot Challenge is a contest for embedded system development with constructing automatic vacuum cleaner. The contest will give us research and practical education case studies. It has been held as MDD Robot Challenge, from 2004 to 2010. Model Driven Development (MDD) was the main theme of this challenge. By changing MDD into ESS Robot Challenge, the contest evolves to treat problems of various technical fields. Furthermore, we improve the flight contests of this challenge based on the experience for seven old years. The activity of ESS Robot Challenge consists of smart mobile robot contests, exhibition, poster presentation, and workshop. In the workshop, we will discuss practical system constructions based on the contest. The article introduces these activities.

1. はじめに

ESS ロボットチャレンジは、自動掃除機ロボットの開発を通し、分野を超えた研究成果を競い、実践的な組込みシステム教育を行うことを目的としている。

ESS ロボットチャレンジは、2004年から2010年までの7年間 MDD ロボットチャレンジ、2011年からは ESS ロボットチャレンジとして、屋内型小型飛行船の開発をテーマとし、のべ100以上の大学・企業のチームが参加し、ワークショップでは国内外で活躍する研究者・技術者が議論を重ねてきた。研究素材として、PBL(Project Base Learning)の課題として、企業、大学、専門学校に大いに貢献してきたといえる。さらに、小型飛行船は、年少者でも興味、好奇心をかき立てることから、中高校生向けの教育、大学紹介と様々な場面で利用され、組

込みシステムの紹介に多いに役立ってきた。MDDはモデル駆動開発(Model Driven Development)の略称であり、2000年頃より顕著となった組込みシステムの大規模・複雑化に応じた自動化技術に着目してきた。また組込みシステム技術者の養成が高まり、基礎的な教育や初等教育に重点を置いてきた。

2011年度より ESS ロボットチャレンジと名称を変更し、より広い分野の人々が、より実践的な研究・教育を行う場となるようにした。競技内容も一新し、これまでの蓄積をもとに競技項目を達成していくことで、自動航行する飛行船システムの開発技術が学習できるように配慮した。またポスターとデモンストレーションに注力し、研究的な視点を持って取り組めるようにした[1]。

本年度より、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、スプリングスクールおよびサマースクールを開催した[2]。PEARL の教育では、付加価値の高いサイバーフィジカルシステムを構

†1 東海大 †2 関東学院大 †3 九州大 †4 徳島大 †5 東京都大 †6 アフレル †7 芝浦工大 †8 東京電機大

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している。

以上、PEARLとの連携により様々なイベントを実施し、特に、学生企画は学生達の自発性および動機づけを高め、大学間連携に役立った。また、飛行船から掃除機システムに開発対象が変わったことで、学生達が苦手としている内容を従来よりも明確に理解することができた。本シンポジウムではサマースクールで実施した競技をもとにした学生達によるデモンストレーション、ポスター発表を実施する。さらに、ワークショップでは、競技会における学生の状況を踏まえ、実践的なシステム構築方法について議論を行う。

以下、2章ではイベント概要とスケジュール、3章では、自動掃除機ロボットシステムの概要、4章に今年度の主要競技の概説、5章では競技会の様子と参加チームおよび運営組織について紹介する。

2. イベント概要とスケジュール

ESS ロボットチャレンジと関連したイベントは、図1に示すとおり、3つの日程で実施される。以下に各々のイベント概要について記す。

2.1. キックオフ/スプリングスクール

キックオフは、東海大学高輪キャンパスと九州大学伊都キャンパスの2拠点をRV会議で結んで実施した。ESS ロボットチャレンジおよび PEARL のプロジェクトを開始するにあたり、学習目標を明らかにし、PBLを遂行するのに必要となる基礎知識、スキルを身に付けることを目的としている。その内容は表1に示したとおり、基調講演、講演、PBLとして実施する開発実習からなる。

基調講演では、参加学生が単なる開発に留まらず、研究視点を持って取り組めるように、組込みシステム分野の最新技術や研究について総括があった。また、組込みシステムは幅広い分野に基づいていることから、幅広い視点を学生に持たせる内容であった。

PBLとして開発実習を行う題材は図2に示す「掃除ロボット風開発キット:Kobuki」である。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。



図1 スケジュール

表1 キックオフ/スプリングスクールプログラム

4月27日(土)	
◇基調講演	高度な組込みシステム開発技術概論：高田 広章 (名古屋大学)
◇講演	1. 実践的な組込みシステム開発：渡辺晴美 (東海大学) 2. 開発対象の技術ドメイン構造概説：久保秋真(株)アフレル 3. モデル駆動開発体験：久住憲嗣 (九州大学)
◇課題解説	1. 開発環境詳細説明：渡辺晴美・安倍昌輝・谷川郁太(東海大学) 2. システム演習：三輪昌史(徳島大学)
◇開発実習	
4月28日(日)	
◇講演	応用開発 元木誠 (関東学院大学)
◇開発実習	
◇走行会・発表会	

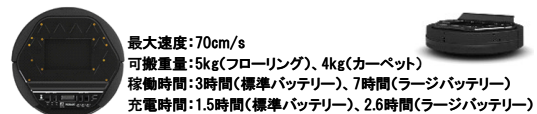


図2 掃除ロボット風開発キット:Kobuki

【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。

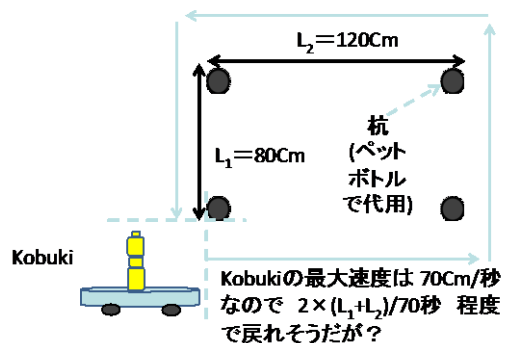


図3 キックオフでの演習課題

2.2. 競技会／サマースクール

本スクールは表 2 に示す通り、競技会、学生セッション、講演、グループ討論を行った。本スクールでは、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。今年度の特徴は主要競技が屋内型小型飛行船から自動掃除機ロボットに変わった点、および、学生企画が実施された点である。学生企画は、各大学の学生代表が TV 会議により連絡を取り合い企画から運営までを一貫して行った。教員 2 人が最初の一度のみ参加し、後は学生達のみで計画立案し実施した。内容は、競技上位者への発表、グループ討論である。グループ討論は、あらかじめ学生達でテーマを出しあい、学生が討論リーダーを務め、一つのグループに複数の大学出身者が入るようにした。本討論のテーマは事前に学生間で話し合っただけのテーマであることから、大いに学生間の交流ができ、盛況であった。

表 2 競技会／サマースクールプログラム

■ 9月2日(月)	
◇リハーサル	
◇競技解説： 元木誠(関東学院大)	
■ 9月3日(火) スマートモバイルロボット競技&学生企画	
◇コンパルソリー競技	競技進行・審判:小倉信彦(東京都市大), 久保秋真(アフレル),久住憲嗣(九州大), 細合晋太郎(九州大学),三輪昌史(徳島大),
◇ベーシック競技	
◇アドバンス競技	
◇学生セッション1	
チェア：高橋修司(群馬大学)	
討論リーダー：	
◇学生セッション2	
チェア：高橋修司(群馬大学)	
討論リーダー：	
自己位置推定・探索アルゴリズム	：金銅啓介(東京電機大)
修論卒論研究と両立	：日下和也(九州大)
プログラミング言語関連	：谷川郁太(東海大)
開発スケジュールについて	：等々力拓也(東京都市大)
コンテスト以外の話題(講義, 研究室の日常, 飛行船の思い出)	：柴田拓明(東京電機大)
コンテスト内容・Kobukiの仕様について	：福山祐哉(東海大)
■ 9月4日(水)	
◇講演1	
「ソフトウェア工学の最新事例」 鶴林尚靖(九州大学)	
◇講演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(日本IBM)	
◇チームごとのグループ討論	
■ 9月5日(木)	
◇チームごとのグループ討論	
◇討論結果発表	

2.3. 組込みシステムシンポジウム 2013

本シンポジウムでは下記のイベントを実施する。

(1) デモンストレーション・ポスター：

事前に提出してある概要、16 日開催のデモンストレーション、および 17 日のポスターを以下の観点で総合的に評価する。

- 調査対象のスコープ決めの妥当性、そのスコープの網羅性
- 問題定義の妥当性、新規性
- 研究開発プロセス構築の妥当性、信頼性、新規性
- 評価方法の妥当性、信頼性
- 問題解決の達成度

(2) 分野・地域を超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 PBL 成果報告：

1 章で述べたとおり本年度より、ロボットチャレンジは組込みシステム研究会と EnPit-Emb PEARL と共催で行っている。本報告において、ESS ロボットチャレンジに関する共催の背景および役割について紹介する。さらに、ロボットチャレンジに参加した学生による成果報告を実施する。

(3) パネル「分野を超えたものづくり」

ロボットチャレンジ競技会実施後の学生の反省や感想は、開発プロセスの話題に集中するが、実装をはじめ、つくりあげるための基礎的な技術不足が散見された。

組込みシステムは複数の技術分野の融合によって開発され、所属分野により得意不得意があり、適切に基礎技術を網羅することは容易ではない。本パネルでは、システムを作り上げるために重要なことは何か、チャレンジャーを指導してきた教員が各々の分野から議論する。

3. スマートモバイルロボット競技

本節では、ESS ロボットチャレンジ 2013 の競技内容について述べる。

3.1. 競技の構成

ESS ロボットチャレンジ 2013 は、飛行船競技とスマートモバイルロボット競技を行なう。その概要は以下の通りである。

(1) 飛行船競技

2012 年までと同様の飛行船を用いた競技であり、2012 年までの障害物自動航行競技に準じる 1 部門が行なわれる。シンポジウム開催期間中に実施される。

(2) スマートモバイルロボット競技

掃除機ロボットを用いた新たな競技であり、「コン

パルソリ部門」,「ベーシック部門」,「アドバンス部門」の3部門が行なわれる。競技会とESSの企画で構成されており,東海大学高輪キャンパスにおいて2013年9月3日に競技会が実施された。また,シンポジウムにて,デモンストレーション,ポスター展示が実施される。

3.2. スマートモバイルロボット競技内容

ここでは,スマートモバイルロボット競技のルールや評価方法などについて説明する。

3.2.1. コンパルソリ部門

コンパルソリ部門は,ESSロボットチャレンジに参加する全チームが取り組む。掃除機ロボットを自律行動させるために必要な基礎技術を競う内容となっている。

競技ルールは,以下の通りである。

- 制限時間3分以内にスタート位置から直線距離で3[m]~5[m]の位置に設置されているドッキングステーション(以下,DS)に帰還する。
- スタートの合図からDSに帰還するまでの時間を計測する。
- DSへの到達は充電モードへ切り替わったことにより判定する。
- 制限時間内なら何回でも計測可能とする。

ここで,以下の制約条件を満たす必要がある。

- 使用するロボットは,Yujin Robot社Kobukiとする。
- 自律システムとする。
- デバイス(センサ,アクチュエータ)を追加してはいけない。ただし,ロボットと制御用PC間の通信を無線化するためのデバイスの追加はよいこととする。

以上の競技ルールに従い,最短の計測時間を競う。

3.2.2. ベーシック部門

ベーシック部門は,コンパルソリ部門と同様にESSロボットチャレンジに参加する全チームが取り組む。掃除機ロボットの重要な機能である環境地図の作成技術を競う内容となっている。

競技ルールは,以下の通りである。

- 規定時間10分以内に以下を行う。
 - (1) 環境の地図を作成するとともに,作成した地図を可視化する。
 - (2) 地図作成完了後,環境中の2個のDSを巡回し,2個目のDSで停止する。
- DSへの到達は充電モードへ切り替わったことにより判定する。
- 環境内にロボットを配置した状態からスタートの合図とともに時間計測を開始し,規定時間に達する,

もしくは2個目のDSで停止するまでの動作を評価する。

- ロボットを配置する位置は任意である。
ここで,以下の制約条件を満たす必要がある。
- 使用するロボットはYujin Robot社Kobukiとする。
- 自律システムとする。
- ロボットの使用台数は2台までとする。
- デバイス(センサ,アクチュエータ)を追加してはいけない。ただし,ロボットと制御用PC間の通信を無線化するためのデバイスの追加はよいとする。
- 環境内にロボット以外の物体を設置してはならない。

また,地図の作成対象である環境は,以下のような仕様である。9月3日に実施した競技会における環境例を表3に示す。

- 外枠には壁があり,壁に囲まれた内側を環境とする。なお,外枠および床の色は不定である。
- 環境の大きさは4[m] x 4[m] ± 0.70[m]である。
- 環境の形状は平行四辺形(頂点の角度は90[deg] ± 30[deg])である。
- 環境には2個のDSと複数の障害物がある。なお,障害物の大きさ,形状,色,個数は全て不定であり,DSは互いの信号が干渉しないように設置されている。
- 環境にはDSと障害物以外に,段差および起伏はない。
- 壁,DS,障害物は固定されている。ただし,ロボットが全速力でぶつかった場合など,ロボットおよび壁,DS,障害物の破損を防止するために,それらが破損しない程度の外力で移動するようにセッティングしている。

以上の競技ルールに従って環境内でロボットを行動させ,以下の評価値 V_b を競う。

$$V_b = \text{地図の完成度} \times \text{Sgn(ゴール可否)}$$

$$\text{Sgn(ゴール可否)} = \begin{cases} 0.5 & \text{for ゴールできなかった} \\ 1.0 & \text{for ゴールできた} \end{cases}$$

ここで,地図の完成度は以下の項目を定量的に評価する。それぞれの評価値を表3に示す。

- (1) 自由領域と障害物領域の区別
- (2) 環境全体のアスペクト比および縮尺ならびに縦壁と横壁の角度
- (3) 各障害物(DS含む)の大きさ(環境全体のアスペクト比に対する相対的な大きさ)
- (4) 各障害物(DS含む)の位置(環境全体のアスペクト比に対する相対的な重心位置)

3.3. アドバンス部門

アドバンス部門は、希望するチームのみが取り組む。ベーシック部門と同様に、環境地図の作成技術を競う内容となっているが、ベーシック部門ではお掃除ロボットに標準で搭載されているセンサ、アクチュエータ以外のデバイスを使用してはいけないルールとなっているのに対し、アドバンス部門はデバイスの追加が可能なルールとなっており、より高度な環境地図の作成技術を競う内容となっている。

競技ルールは、以下の通りである。なお、環境の様子はベーシック部門と等しい。

- 規定時間 10 分以内に以下を行う。
 - (1) 環境の地図を作成するとともに、作成した地図を可視化する。
 - (2) 地図作成完了後、環境中の 2 個の DS を巡回し、2 個目の DS で停止する。
- DS への到達は充電モードへ切り替わったことにより判定する。
- 環境内にロボットを配置した状態からスタートの合図とともに時間計測を開始し、規定時間に達する、もしくは 2 個目の DS で停止するまでの動作を評価する。
- ロボットを配置する位置は任意である。
- ロボットの使用台数は任意である。
- デバイス(センサ、アクチュエータ)の追加は任意である。
- 環境内へのロボット以外の物体の設置は任意である。

ここで、以下の制約条件を満たす必要がある。

- 使用するロボットは、Yujin Robot 社 Kobuki とする。
- 自律システムとする。

以上の競技ルールに従ってロボットを行動させ、以下の評価値 V_a を競う。

$$V_a = \text{地図の完成度} \times \text{Sgn}(\text{ゴール可否}) + \text{ベーシック部門との結果比較}$$

ここで、地図の完成度とその評価値はベーシック部門と等しい。また、ベーシック部門との結果比較の評価値を表 4 に示す。

4. 競技の結果・参加チーム・運営組織

競技結果と参加チームを表 5 に記す。また、運営組織を表 6 に示す。

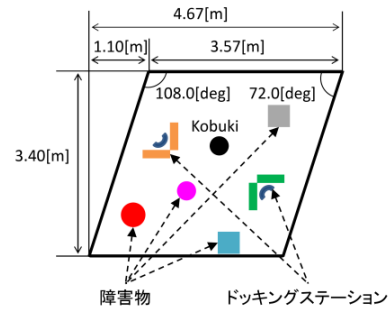


図 4 環境例

表 3 地図の完成度の評価値

(1) 自由領域と障害物領域の区別	(最大)	50
(a) 90%以上区別できている(外壁と全ての障害物(DS含む)がほぼ認識できる程度)。		50
(b) 75%以上区別できている(外壁はほぼ認識できるが、1、2個の障害物(DS含む)が認識できない程度)。		40
(c) 50%以上区別できている(外壁はほぼ認識できる、もしくは3個以上の障害物(DS含む)が認識できる程度)。		30
(d) 25%以上区別できている(外壁の半分は認識できる、もしくは1個以上の障害物(DS含む)が認識できる程度)。		20
(e) 25%未満だが区別できている。		10
(f) 区別できていない、もしくは評価できない。		0
(2) 環境全体のアスペクト比および縮尺ならびに縦壁と横壁の角度	(最大)	20
補足 i	アスペクト比は長辺を基準とする(1.00以下となる)。	
補足 ii	縮尺の単位は[m]とし、角度の単位は[°(deg)]とする。	
補足 iii	有効数字は3桁とする。	
(a)	アスペクト比・縮尺・角度の全ての誤差が10%未満である。	20
(b)	アスペクト比・縮尺・角度のどれかの誤差が10%未満である。	15
(c)	アスペクト比・縮尺・角度の全ての誤差が20%未満である。	10
(d)	アスペクト比・縮尺・角度のどれかの誤差が20%未満である。	5
(e)	アスペクト比・縮尺・角度の全ての誤差が20%以上である、もしくは評価できない。	0
(3) 各障害物(DS含む)の大きさ(環境全体のアスペクト比に対する相対的な大きさ)	(最大)	15
補足 i	円形障害物は直径、正方形障害物は縦横2辺の長さ、DSは2面の壁の長さを大きさとする。	
補足 ii	大きさの単位は[m]とする。また、相対的な大きさは作成した地図図における壁の長辺の長さを基準とする。	
補足 iii	有効数字は3桁とする。	
(a)	全ての大きさの誤差が20%未満もしくは相対的な誤差が10%未満である。	15
(b)	障害物どれか1つの大きさの誤差が20%未満もしくは相対的な誤差が10%未満である。	10
(c)	誤差は大きい(大きさの誤差が20%以上かつ相対的な誤差が10%以上)が、どれか1つの障害物について評価できる。	5
(d)	評価できない。	0
(4) 各障害物(DS含む)の位置(環境全体のアスペクト比に対する相対的な重心位置)	(最大)	15
補足 i	原点を任意の鋭角の頂点とし、原点と接する短辺と重なる直線をx軸とする。また、原点からx軸上の短辺へ向かう方向を正とする。	
補足 ii	位置はx座標とy座標で表す。	
補足 iii	円形障害物と正方形障害物は重心、DSはステーション本体の重心を位置とする。	
補足 iv	位置の単位は[m]とする。また、相対的な位置は作成した地図図の短辺の長さをx座標の基準、x軸と原点と接しない短辺	
補足 v	有効数字は3桁とする。	
(a)	全ての位置の誤差が20%未満もしくは相対的な誤差が10%未満である。	15
(b)	障害物どれか1つの位置の誤差が20%未満もしくは相対的な誤差が10%未満である。	10
(c)	誤差は大きい(位置の誤差が20%以上かつ相対的な誤差が10%以上)が、どれか1つの障害物について評価できる。	5
(d)	評価できない。	0

表 4 アドバンス部門におけるベーシック部門
との結果比較の評価値

(1) 自由領域と障害物領域の区別	(最大) 10
(a) 改善した	10
(b) 変わらない	0
(c) 悪化した	-10
(2) 環境全体のアスペクト比および縮尺ならびに縦壁と横壁の角I(最大)	10
(a) 改善した	10
(b) 変わらない	0
(c) 悪化した	-10
(3) 各障害物(ドッキングステーション含む)の大きさ	(最大) 10
(a) 改善した	10
(b) 変わらない	0
(c) 悪化した	-10
(4) 各障害物(ドッキングステーション含む)の位置	(最大) 10
(a) 改善した	10
(b) 変わらない	0
(c) 悪化した	-10
(5) 上記の評価基準にはない比較事項(参加者からの申請)	(最大) 10
(a) 改善した	10
(b) 変わらない	0

表 5 競技結果・参加大学

■コンパルソリ部門
1. YSE_Kobuki13: 横浜システム工学院専門学校
2. でんち: 東京電機大学
3. 芝浦Navi: 芝浦工業大学
■ベーシック部門
1. ASMD: 九州大学
2. こぶ☆たん: 東海大学
3. SETObuki: 南山大学
■アドバンス部門
1. Miw-B1: 徳島大学
■参加大学
関東学院大学,九州大学,群馬大学,芝浦工業大学 東海大学,東京電機大学,東京都市大学,徳島大学 南山大学,横浜システム工学院専門学校

表 6 運営組織

実行委員長	紫合 治(東京電機大)
運営委員長	渡辺 晴美(東海大)
技術委員長	三輪 昌史(徳島大)
運営委員	小倉信彦(東京都市大), 久保秋真(アフレル), 久住 憲嗣(九大), 細合 晋太郎(九大), 満田 成紀(和歌山大), 元木 誠(関東学院大)
顧問	二上 貴夫(東陽テクニカ)

5. おわりに

本稿では, ESS ロボットチャレンジ 2013 の活動について紹介した. 本チャレンジは従来のキックオフにあたる 4 月開催のスプリングスクール, 競技会にあたる 9 月開催のサマースクール, 10 月開催のシンポジウム特別企画の 3 つからなる. チャレンジャーはスプリングスクールで基礎的な内容を学び, サマースクールにおいて競い, その結果について今後の研究開発につながるようチームを超えた議論を展開し, 本シンポジウムでのデモンストレーション・ポスター発表に臨む.

今年度の特徴は主要競技が屋内型小型飛行船から自動掃除機ロボットに変わった点, および, EnPit-EMB PEARL と連携した点である. この変化に伴い, 筆者らは時代に適し次世代の発展が期待できる教育目標および題材の選択に注力してきた.

題材が生活に身近なものとしたことから, 以前よりも幅広い学生に興味を持たせることが可能となった. 飛行船と比べると電気電子やマイコンの知識が軽減された分, ソフトウェアの開発力, ロボットらしい知能や制御に関するアルゴリズムに注力できるようになった. EnPit-EMB PEARL と連携することで, 充実した教育を実施することができた. さらに学生達の自発性を高めるために学生企画を実施したことで, 大学間を超えた交流が盛んになった. 一方で題材が刷新されたことから, チャレンジャーにとっては先輩から受け継がれてきた資産が使用できないこともあり, 学生達が不得意な部分も露呈した.

以上を踏まえ, 本シンポジウムパネル「分野を超えたものづくり」では, システムを作り上げるために重要なことは何か, チャレンジャーを指導してきた教員が各々の分野から議論する. 今後は, 新しい題材を共通テーマとし, 研究の発展, より充実した教育の実施につながるよう取り組んでいきたい.

参考文献

- [1] 渡辺 晴美, 三輪 昌史, 久住 憲嗣, 小倉 信彦, 紫合 治: ESS ロボットチャレンジ 2012, 組込みシステムシンポジウム 2012 論文集, 情報処理学会, pp. 205-208, 2012.
- [2] 久住 憲嗣, 細合 晋太郎, 渡辺 晴美, 元木 誠, 小倉 信彦, 三輪 昌史, 孔 維強, 築添 明, 鶴林 尚靖, 福田 晃: コンテストチャレンジ型組込みシステム開発 PBL カリキュラムの開発, 日本ソフトウェア科学会創設 30 周年記念大会予稿集, 2013.