

ESS ロボットチャレンジ2016

久住 憲嗣¹ 元木 誠² 細合 晋太郎¹ 渡辺 晴美³ 三輪 昌史⁴ 小倉 信彦⁵ 久保秋 真⁶
菅谷 みどり⁷

概要: 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、「分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク enPiT-EMB/PEARL」と共催している。本企画の目的は、自動掃除機ロボットのやマルチコプタ自動航行システムの開発を通し、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、スプリングスクール、サマースクールを実施し、チュートリアル、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た。本シンポジウムでは、これまでの結果を踏まえ、デモンストレーション、ポスター、ワークショップを行う。本稿では、本チャレンジの貢献、経緯、企画内容について紹介する。

キーワード: 教育、スマートモバイルロボット、マルチコプタ

ESS Robot Challenge 2016

KENJI HISAZUMI¹ MAKOTO MOTOKI² SHINTARO HOSOAI¹ HARUMI WATANABE³ MASAFUMI MIWA⁴
NOBUHIKO OGURA⁵ SHIN KUBOAKI⁶ MIDORI SUGAYA⁷

Abstract: ESS Robot Challenge is a special event of ESS and held under the cosponsorship by enPiT-Emb/PEARL. The aim of the event is to provide an open case study for practical research and education for embedded system based on the development contest of automatic vacuum cleaner or autonomous multicopter system. On the spring school and the summer school, we carried out tutorials, a smart mobile robot contest, a student session and workshops. In the symposium, the event gives a demonstration, a poster session, and a workshop. The article introduces the contribution, history and events abstract of ESS Robot Challenge.

Keywords: Education, Smart Mobile Robot, Multicopter

1. はじめに

ESS ロボットチャレンジは、組込みシステムシンポジウムの特別企画として開催するロボットコンテストである。シンポジウム名が組込みソフトウェアシンポジウムであった頃から継続して実施しており2016年度で13回目となる。

11回目の2014年度に過去10年(10回)を振り返るイベントを実施し[1]、前回の2015年度は未来を考えるために「スマートロボットの実現に向けて～ソフトウェア・ハードウェアの課題を探る～」と題したパネルディスカッションを実施し、学会で開催することの意義が、単なるものづ

くりには留まらず、若手の研究者および技術者の育成、さらに新しい技術へのチャレンジを目指すことを強調できることにあることを確認した[2]。また、文献[3]にもあるように、2016年度で13回目を迎える本チャレンジは、コンテスト型PBL(Project Based Learning)であり、(1)分野を超えた学びの場 (2)実践的開発経験 (3)コミュニティの形成、に貢献してきたといえる。

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[4][5]。本共催により、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。コンテストに先立ち実施するスプリングスクール、サマースクールでは、ロボット開発に必要な知識に加え、学生間で集い実施する学生企画により、学生間の連携を深め

¹ 九州大学
² 関東学院大学
³ 東海大学
⁴ 徳島大学
⁵ 東京都市大学
⁶ チェンジビジョン
⁷ 芝浦工業大学

ている。

また、本チャレンジは2011年度までは小型屋内用飛行船、2012年からは掃除機ロボットを対象としてきたが、2016年度は掃除機ロボットを対象としたスマートロボット競技に加え、飛行ドローンを対象としたマルチコプタ競技も実施する。

以下、2章ではスプリングスクール、サマースクールの概要、3章では学生企画とワークショップ、4章では競技ルールについて紹介し、5章でまとめとする。

2. スプリング・サマースクール

ESS ロボットチャレンジの事前教育を表1に示す。事前学習は共催のenPiT-Emb/PEARLのスプリングスクールおよびサマースクール前半を受講することで行っている。スプリングスクールでは、ロボット開発に必要な基礎知識について、演習・実習を交えて学ぶ。さらに、3日後の4月24日に中間発表会、一週間後の4月30日に課題発表会を実施し、スプリングスクールで学んだことを実践し、不明なことを明らかにし、理解を深める機会を設けている。

スプリングスクールは開発に必要な基礎知識を学ぶことを目的として実施している。具体的には、ソフトウェアとハードウェアの設計に加え、マネージメントに関する基礎知識について学ぶ。また、ロボットの開発環境、マネージメントや設計に必要なツールの使い方についても説明している。今年度はファシリテーションに関する講演も実施した。

サマースクールは、スプリングスクールの内容を引き継ぎ、各チームで実施してきた開発経験を振り返り、研究にどのように結びつけていくかということを目的にして実施している。下記に、サマースクールの講演について、その位置づけおよび内容について概説する。

(1) 論文の常識・非常識: 岸知二 (早稲田大学)

本講演は、研究とは何かを学ぶ位置づけである。具体的には、論文とは何かについて、その種類や評価の方法等の基礎的な話題から、研究の心構えについてのご講演であった。研究活動において極めて本質的な内容であり、大変好評であったことから、一昨年度から継続してご講演をお願いした。本講演では論文とはなにかを丁寧に説明して下さるところから始まり、査読論文の評価方法、論文を書く上でのしてしまいがちな間違いなどについて解説していただいた。最後にとにかく論文としてまとめて投稿することの重要性についてお話いただき、査読結果が悪いと落ち込むが前向きに努力すると良いことがあると締めくくった。学生達は体系的に論文について学ぶことができ、満足したようであった。

(2) IoTに必要とされる技術の最新動向: 橋本司 (Sky-Disk)

本ロボットチャレンジでの開発を通して参加者は Inter-

表1 2016年度スプリング・サマースクール実施スケジュール

■2016 スプリングスクール		
4/23(土)		
09:00-09:30	オリエンテーション	久住憲嗣(九州大学)
09:30-10:40	実践力・研究力のためのPBLで養う問題発見・解決	元木 誠(関東学院大学)
10:50-12:00	ターゲット紹介	細合晋太郎(九州大学)
13:00-15:50	制御プログラム製作のための実験計画	三輪昌史(徳島大学)
16:00-17:00	組込みシステムの現状と開発技術の特性	久保秋真((株)チェンジビジョン)
4/24(土)		
09:00-12:00	システム開発方法論(1)	久住憲嗣(九州大学)
13:00-14:00	システム開発方法論(2)	久住憲嗣(九州大学)
14:00-15:00	要求記述と管理	二上貴夫((株)東洋テクニカ)
15:30-16:00	ファシリテーションスキル	毛利幸雄(九州大学)
16:10-17:00	Scrumによるプロジェクトマネジメント	細合晋太郎(九州大学)
4/27(水)	演習中間発表会	
4/30(土)	演習成果発表会	

■2016 サマースクール		
8/29(月)		
09:30-12:00	競技会準備	
13:00-15:30	スマートモバイルロボット競技 コンパルソリ課題	
16:00-17:00	マルチコプタ競技 位置計測課題、ホバリング課題	
8/30(火)		
13:00-14:00	講演1:「論文の常識・非常識」	岸知二(早稲田大学)
14:00-16:00	学生企画セッション	
16:00-17:00	ワークショップ1(半期活動振り返り)	
8/31(水)		
09:30-11:00	講演3:「IoTに必要とされる技術の最新動向」	橋本司(SkyDisk)
11:00-12:00	講演2:「モデリングと制御系の設計」	三輪昌史(徳島大学)
13:00-15:00	ワークショップ2(半期活動振り返り)	
15:00-17:00	成果報告会 (15分*8チーム)	

net of Things(IoT) 技術を活用して、自動掃除ロボットやマルチコプタ自動制御システムを開発している。本講演ではIoT技術の最新動向をご紹介いただいた。まず、IoT技術の現状の課題などについてご紹介いただき、IoT周辺の学ぶべき様々な技術についてご紹介いただいた。また、現在、IoTシステムのプロトタイプングツールとして普及しているオープンソースハードウェアとその功罪について、見落としがちなことについて解説していただいた。その後、実際に開発したIoT技術応用事例をいくつかご紹介いただいた。IoT技術を活用して開発している学生達も、その最新動向や応用に興味を持ったようである。

(3) モデリングと制御系の設計: 三輪昌史 (徳島大学)

ロボット開発には機械制御の知識が必要であるが、本チャレンジの参加者の多くは情報系であるため、機械制御の知識を有していない。スプリングスクールでの教育は初歩的な入門に留まっている。教材で利用するロボットは、単純な動作であれば、理論なしでも動作するため、短時間の実習では理論の重要性を理解することが難しい。学生達は、サマースクールまでに開発経験を重ね、その重要性を理解している。そこで、この時期に制御工学についての基礎に関する講演をお願いした。本講演は、バネなどの簡単な題材を用いて、制御理論におけるモデル化について解説していただいた。さらに、制御技術を用いた興味深い飛行体の制御方法について、応用事例を紹介していただいた。情報系の学生達にとっては少し難度が高い内容ではあったが、制御システムを開発する上で学ぶべき事柄について知ることができ、意義深かったようである。

3. 学生企画, ワークショップ 1,2

学生企画は、enPiT-Emb/PEARL と連携した2013年度

から実施している学生主催のワークショップである。年度ごとに各参加大学から学生企画を主催するリーダーを選出し、スプリングスクールからサマースクールまでの期間に、企画案から当日の運営までを実施する。

今年度は7名のメンバーで学生企画を立案し、リーダーが持ち寄ったテーマでワールドカフェ形式のワークショップを実施した。ワールドカフェ形式では、1セッション目のディスカッションの内容が各テーブルに残るため、すでに出た意見を元にさらに深い討論が行えるようになる。またディスカッションの内容を纏める際にもディスカッションの記録を利用することができる。

学生企画の目的として、ディスカッションやファシリテーションの方法を学ぶ事を掲げており、出されたテーマは「東京オリンピックをよりよくするアイデア」や「歩きスマホの対策法」など議論が起りやすい7つのテーマが出された。学生企画のワークショップでは、78名を1チームとし、テーブルごとにテーマを割り振りディスカッションする。一度目のディスカッション終了後に、リーダーを残し他のメンバーは別のテーマに移動し、再度ディスカッションする。その後ディスカッションの内容をまとめ、成果発表を行う。

ディスカッションでは各リーダーが参加メンバーから意見を引出し積極的に参加するよう促していた。いずれのテーマにおいても、肯定的なアイデアや否定的なアイデアなど様々な意見があり活発に議論が行われていた。学生企画のワークショップを通じ、討論の難しさやディスカッションにより意見を纏める難しさを実感することができたという感想が多く出ていた。

ワークショップ1では、スプリングスクールからサマースクールまでの分散PBL活動について、YWT(Y やったこと, W わかったこと, T つぎにやること)形式で振り返りを行った。短時間で多くの振り返りを行うため各項目ごとに、個人で付箋に書き出すパートとチーム内で共有するパートを交互に繰り返した。YWTでは活動を通じて、自身が何を行えたのか、何を学べたのか、より向上するため次の行動は何かを振り返り共有することで、学びの改善を促すものである。

ワークショップ2では、サマースクールからESSロボットチャレンジまでの、戦略検討、目標設定、具体的なマイルストーンの設定とタスクの洗い出しを行った。

4. 競技ルール

ESSロボットチャレンジ2016では、掃除機型ロボットを用いたスマートモバイルロボット競技および、飛行ドローンを用いたマルチコプタ競技の2競技で構成される。参加者はいずれかの競技、または両方の競技を選択できる。

4.1 スマートモバイルロボット競技

スマートモバイルロボット競技では、サマースクールで実施する中間課題としてコンパルソリ課題、ESSロボットチャレンジ本選において自動掃除課題が課せられる。以下コンパルソリ課題、自動掃除課題について述べる。

4.1.1 コンパルソリ課題

概要

コンパルソリ課題では5分間であらかじめ与えられた課題を1台の同一のiRobot Create 2を使用してできる限り遂行する。各課題の評価の最高点の合計点をコンパルソリの評点とする。なお、課題ごとに独立したフィールドを設置することとする。

競技ハードウェア

iRobot Create2を使用し、制御用デバイスとしてPC、マイコン等を接続することができる。その他のハードウェアの追加は行わないものとする。

課題実施手順

課題は以下の手順を規定時間内に繰り返し実施することとする。

- (1) 課題を選択する。
- (2) 課題ごとのフィールドに移動する。
- (3) 課題実行を審判に宣言する。
- (4) ロボットを自律的に動作させ課題を遂行する。
- (5) 課題終了時に審判に宣言する。
- (6) 審判による評価を待つ。
- (7) 審判の評価終了宣言に従い次の課題にうつる。

上記(1)~(5)の実施時間を競技時間に含めるものとし、(5),(6)は競技時間に含めない。(3)を実施中に競技者都合の問題が発生した場合には、競技を放棄し、次の課題に移ることができる。なお、これらの時間は競技時間に含むものとする。また、課題ごとに作られたフィールド上には、測定のためのテープなどが貼られることがある。

課題

- (1) フィールド上に示した50cm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。
- (2) 1辺2メートルの四角形を描くように時計回りで2周し、走行の軌跡を表示する。ただし、走行軌跡はスタート時の時刻と座標 $(t_s, x_s, y_s) = (0, 0, 0)$ を基準とし、0.1秒ごとの時刻と座標を課題が終了するまで表示する。
- (3) 2m四方程度のフィールドを反時計回りに壁沿いを1周した後、ドッキングステーションに帰還する。ただし、壁沿いを1周するまでは、ロボットの一部でも壁から0.5m以上離れてはならない。
- (4) 2m四方程度のフィールドにまばらに数個程度まかれたゴミを回収する。ただし、ゴミの配置はランダムで

あり、リトライする場合も再度ランダムに配置される。

4.1.2 自動掃除課題

概要

iRobot Create2により自律的に掃除を行い掃除の精度を競う競技である。自動掃除課題では規定の時間内(5分～10分)に環境内を自律的に動作し、フィールドにまかれたゴミを吸い込む。ロボットは最大2台使用することができる。いずれかのロボットが環境中に配置されているドッキングステーションで停止したことをもって、課題終了とする。なお、ドッキングステーション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。課題終了後に吸い込んだゴミの総量等を元に審判が採点する。

競技ハードウェア

コンパルソリ競技の構成に加え、iRobot Create 2にセンサなどの追加ハードウェアを追加することができる。ただし、iRobot Create 2の外周よりも10cm以上出てはならない。なお、コンパルソリ競技の構成のみで競技を遂行した場合には加点する。

実施手順

- (1) セッティングを開始し、機体を大会側が指定した場所(スタート場所)に配置する。
- (2) 課題実行を審判に宣言する。
- (3) ロボットが自律的に課題を遂行する。
- (4) 規定時間終了、もしくは、ドッキングステーションでの停止により課題終了とする。

競技者が中止を判断した場合には、審判に競技中止を宣言した上で、対処を行い、(1)から再開することができる。その際には、内部状態のリセットは行わなくても良いこととするが、必ずスタート場所から再開する必要がある。なお、この時間は競技時間に含むものとする。

フィールドの形状

外壁には壁があり、壁に囲まれた内側を環境とする。

- 環境の大きさは3[m] x 3[m] ± 0.70[m]である。
- 環境にはゴミがまかされている。
- フィールド中の特定の箇所に点数の高い加点ゴミがまかされている。

ゴミの仕様

床にはゴミとしてストロー(φ5mm × 20mm)がまんべんなくフィールド上に撒かれている。また、場所によってはビーズ(φ8mm プラスチック製)が撒かれている。後者のほうが得点が高い。

ゴミ排出器

また、フィールド内に1台のゴミ排出器が設置されている。ゴミ排出器はRaspberry Piで構成されており、WiFiで接続しMQTTを用いて通信する。ロボットがゴミ排出器に特定のメッセージを送信することで、ゴミが排出される。排出されたゴミをすべて吸い取れた場合にはボーナスポイントを付与する。

フィールド情報の利用

競技会時にフィールドを使用した試走ができる。ただし、競技会のフィールドの仕様は変更されうるものとする。また、フィールドの形状、ゴミ排出器の位置などの座標情報については、事前に公開した情報以外、自律走行プログラムに与えてはいけないこととする。例えば、試走時にフィールドの計測を行いプログラムに与えて利用するなどである。フィールドを構成する部材の計測についても同様である。なお、情報を利用したことが発覚した場合には0点と評価する。

競技中の画面表示

競技中には、ロボットの状態がわかるような画面表示をすること。画面表示には聴衆に見てほしいと思うような、参加者が工夫した点を含めて表示すること。また、大会側が準備した外部のプロジェクターに接続して表示すること。

評価

以下の項目から総合的に評価する。

- 回収したゴミの総量
- ゲート内ゴミ
- 追加ハードウェアの有無
- 画面表示内容のわかりやすさ

4.2 マルチコプタ競技

マルチコプタ競技では、サマースクールで実施する中間課題として位置計測課題及びホバリング課題、ESSロボットチャレンジ本選において自律航行課題が課せられる。マルチコプタ競技では、いずれの課題においても同様のハードウェアを用いるものとする。以下、マルチコプタ競技のハードウェア構成、位置計測課題、ホバリング課題、自律航行課題について述べる。

4.2.1 ハードウェア構成

飛行ドローンとして4枚のプロペラで飛行するクアッドコプターであるMQCX[6]を用いる。図1にMQCXの外観を、表2に主要諸元を示す。

表2 MQCX 主要諸元

PCB ベース最大幅	40mm
PCB アーム幅	4.5mm
PCB アーム長	105mm
モータースパン	65mm(左右)/92mm(対角)
最大幅	最小構成では60mm/85mm 120mm(ローター回転径含む)
ローター直径	55mm
最大合計推力	7680g
機体重量	約34.3g~(バッテリー含む)

※機体重量は基板厚/コネクタタイプ/バッテリー容量で変動

4.2.2 位置計測課題

マルチコプタを用いたプロジェクト型教育やコンテストの課題で用いるのに有効な位置計測方式の提案とそのデモ



図 1 MQCX 外観

ンストレーションを行う。位置計測方式とは、屋内用マルチコプタの自動航行に使用するための、マルチコプタ自体の位置を計測する方式のことである。位置計測チャレンジでは、その設置の容易さや調整の難易度、学習への寄与等も考慮し、評価を行う。

デモストレーションでは、提案された位置計測方式を用いたマルチコプタの実際の飛行、もしくは、飛行体を参加者が動かすことにより行う。それと同時に、位置推定の状況・状態を表示するモニタリングソフトを運用すること。デモストレーションの例としては、例えばあらかじめ設定したコースに対して位置推定ができていることを画面上で示し、さらに可能であれば自律航行を行うことが望ましい。

4.2.3 ホバリング課題

自律航行によりホバリングを行い、動作の正確性を競う競技である。この自動航行競技により、高度制御などの飛行技術を評価する。本航行競技では、マルチコプタは以下の競技項目を順次実行していく。

- (1) 自動離陸および空中静止（高度制御の確認） 離着陸エリア (1m × 1m) から離陸し、高度 1.5m まで上昇し、空中静止を 10 秒行う。
- (2) 離着陸エリア中に着陸する。

4.2.4 自律航行課題

自律航行により規定動作を行い、動作の正確性を競う競技である。この自動航行競技により、高度制御・方向制御・直進性能などの飛行技術を確認する。本航行競技では、マルチコプタは以下の競技項目を順次実行していく。

- (1) 自動離陸および空中静止（高度制御の確認） 離着陸エリアから離陸し、所定の高度まで上昇、空中静止を 10 秒行う。
- (2) 直進飛行（直進性能の確認） 空中静止時と同じ高度を維持しつつ、幅 3m の飛行エリアを直進する。折り返しエリア到着後に空中静止する。
- (3) 90 度旋回（方位制御の確認） 折り返しエリアで 90 度回頭後（± 15 度程度を維持）、空中静止を 10 秒行う。
- (4) 自動帰還（システムとしての完成度の確認） 離着陸エリアに戻り、着陸する

フィールド仕様

5m × 5m × 4m(天井まで 6m85cm) 程度の領域を使用することができる。

5. おわりに

本稿では、ESS ロボットチャレンジ 2016 について、事前教育の春期スクール、サマースクール、学生企画、競技ルールについて紹介した。春期スクールでは、ロボット開発に必要な最低限な知識を教育し、サマースクールでは、開発をどのように研究につなげるかということテーマを実施するとともに、本ロボットチャレンジのコンパルソリ課題を実施した。特に、2016 年度から新たに実施しているマルチコプタ競技は、飛行ドローンを対象にしているが故、社会的にも注目度が高い。

また、春期スクールとサマースクールを通し、分野・領域が異なる様々な大学・分野の学生達に、共通の知識および問題意識を持たせることができた。特に、サマースクールでは、その共通意識を備えつつ、国内の代表的な研究者研究の講演を通し、研究へ取り組む姿勢が感じられるようなカリキュラムとした。その成果は、サマースクールの学生企画の内容、学生の反応から伺うことができ、学生達にとって研究に取り組む姿勢に対して刺激になったと感じている。本シンポジウムのポスターセッション等でその成果が発揮されることであろう。

13 年目を迎えたロボットチャレンジを通して、所属機関を越えた教員間、学生間、あるいは学生と教員間の交流が活性化することを期待する。

今後は、高等教育機関に対する PBL 教材や教員の育成プログラムの提供など、国内学会として役割を担っていくとともに、本チャレンジから学会開催に相応しい新しい技術が創出されることを期待したい。

参考文献

- [1] 渡辺晴美, 久住憲嗣, 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, 紫合 治: ESS ロボットチャレンジ 2014, 組込みシステムシンポジウム 2014, 組込みシステムシンポジウム 2014 論文集, pp.134-139, 2014.
- [2] 渡辺晴美, 久住憲嗣, 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, 紫合 治: ESS ロボットチャレンジ 2015, 組込みシステムシンポジウム 2015, 組込みシステムシンポジウム 2015 論文集, pp.112-116, 2015.
- [3] 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.
- [4] enPiT-Emb/PEARL ホーム ページ, 入手先 <<http://www.qito.kyushu-u.ac.jp/project/pearl>> (2016.9.15).
- [5] ESS ロボットチャレンジホームページ, 入手先 <<http://www.qito.kyushu-u.ac.jp/ess/>> (2016.9.15).
- [6] 魔法の大鍋: マルチコプタ (online), 入手先 <http://blog.eldhrimnir.com/wordpress/?page_id=3749> (2016.9.15).