

# ESS ロボットチャレンジ2017

久住 憲嗣<sup>1</sup> 佐藤 未来子<sup>3</sup> 中村 啓之<sup>1</sup> 渡辺 晴美<sup>3</sup> 三輪 昌史<sup>4</sup> 久保秋 真<sup>6</sup> 小倉 信彦<sup>5</sup>  
元木 誠<sup>2</sup> 菅谷 みどり<sup>7</sup>

**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、「成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成 enPiT2 組込みシステム分野」と共催している。本企画の目的は、スマートモバイルロボット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を実施し、チュートリアル、ローバー競技、マルチコプタ競技、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、ポスター発表を行う。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 2017

KENJI HISAZUMI<sup>1</sup> MIKIKO SATO<sup>3</sup> HIROYUKI NAKAMURA<sup>1</sup> HARUMI WATANABE<sup>3</sup> MASAFUMI MIWA<sup>4</sup>  
SHIN KUBOAKI<sup>6</sup> NOBUHIKO OGURA<sup>5</sup> MAKOTO MOTOKI<sup>2</sup> MIDORI SUGAYA<sup>7</sup>

**Abstract:** ESS Robot Challenge is a special event of ESS and held under the cosponsorship by enPiT2 Embedded system part. 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 smart mobile robot or autonomous multicopter system. On the spring school and the summer school, we carried out tutorials, a rober contest, a multi-copter context, and a workshops. In the symposium, the event gives a poster session. 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2017年度で14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]。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、学部生むけ教育との連携を図っている。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。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、学生間で集う場を

<sup>1</sup> 九州大学

<sup>2</sup> 関東学院大学

<sup>3</sup> 東海大学

<sup>4</sup> 徳島大学

<sup>5</sup> 東京都市大学

<sup>6</sup> チェンギビジョン

<sup>7</sup> 芝浦工業大学

提供することで、学生間の連携を深めている。

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 年度は飛行ドローンを対象としたマルチコプタ競技を加えた。2017 年からは掃除機ロボットを発展させたローバー競技を加えている。

以下、2 節ではスプリングスクール、サマースクールの概要、3 節では競技ルールについて紹介し、4 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として、enPiT-Emb と共同でスプリングスクールおよびサマースクール前半を実施している。本節ではこれらについて説明する。

### 2.1 スプリングスクール

スプリングスクールでは、実践的な組込みシステムを、プロジェクトで開発できる人材育成を目的とし、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。本年度のスプリングスクールの実施スケジュールを表 1 に示す。最初の 2 日間で講義と演習を実施する。講義 3 日後の 5 月 24 日に中間発表会、1 週間後の 5 月 27 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。

具体的には、ソフトウェアとハードウェアの設計をロボット制御システムの開発を通して学ぶ。また、プロジェクトマネジメントに関する基礎知識を講義と実践で学べるよう、一週間のミニ PBL 課題にグループごとに取り組む。本年度は、昨年度も使用した「iRobotCreate2」という Roomba のプログラマブル教育用ロボットの他に、「Zumo」というキャタピラ式ロボットを導入し、二種類のロボット実践コースを設けた。iRobotCreate2 を用いるスマートモバイルロボット競技のコースでは、主に大学院生を対象とし、ロボット制御の基礎演習だけではなく組込みシステム開発方法論に重点をおき課題を実践した。一方で、Zumo を用いるローバトライアル競技のコースでは、主に学部生を対象とし、ロボット開発環境、ロボットに搭載されているセンサーを利用した計測基礎など、組込みプログラミングが初めての学部生にも馴染みやすいように、実装中心の演習を行った。スプリングスクールの PBL 課題として、コースごとに以下の課題を与えた。

#### (1) スマートモバイルロボット競技コース

iRobot Create2 で以下の項目を満たすよう走行することを課題とした。評価では、走行タイムを記録し、ベスト記録で争う競技とし、課題を実施したことを示す動画を提出させて、動作内容を判定した。

- iRobot Create2 に半分水を入れた 500ml ペットボトルを乗せて、杭の外側を 1 周させる

- 500ml ペットボトル及び杭を倒さないこと
- 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

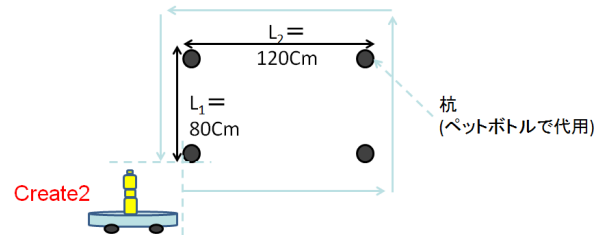


図 1 スマートモバイルロボット競技の課題

#### (2) ローバトライアル競技コース

Zumo の地磁気センサを使い、以下の項目で示すとおり Zumo が常に北を向くように制御することを課題とした。評価では、動作の安定性、角度誤差、データ出力の形式などに施した工夫点などで判定した。

- step1 ⇒ Zumo を板の上に載せる
- step2 ⇒ スイッチを入れると、Zumo が北を向く
- step3 ⇒ 板を回転させると、Zumo は板の回転に逆らって向きを維持する

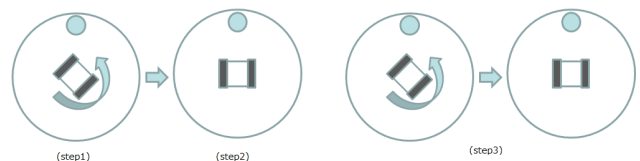


図 2 ローバトライアル競技の課題

参加学生数の都合により、同じ大学同士、あるいは、他大学との混成チームを編成したが、学生達は SNS 等でコミュニケーションをとりながらミニ分散 PBL を実施し、課題の成果をまとめることができた。全体の約半数の学生がスプリングスクールでの講義・演習内容に興味を持ち、より深く学びたいと感じており、ESS ロボットチャレンジにつながるプレセミナーとしての役割を果たす内容であったと考える。

### 2.2 サマースクール

本年度のサマースクールの実施スケジュールを表 2 に示す。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として実施している。本年度は 1 日目に競技会を実施し、2 日目に少し高度な講義と学生ディスカッションを行う。

講義では、関東学院大学元木先生により AI・機械学習によるシステム制御についての講義を実施する。さらに、産業界出身の東海大学今村先生によりインダストリアルビックデータやインダストリー 4.0 の関連話題として、機器・設

表 1 2017 年度スプリングスクール実施スケジュール

■2017スプリングスクール		
日時	スマートモバイルロボット競技	ローバトライアル競技
5/20(土)		
09:00-09:30	オリエンテーション 久住憲嗣(九州大学) 実践力・研究力のためのPBLで養う問題発見・解決力 渡辺晴美(東海大学)	
09:30-09:50	システム開発の一般論と組込みソフトウェア専門職の関係 二上貴夫(東陽テクニカ)	
09:50-10:35	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)	
10:45-12:00	制御理論入門 三輪昌史(徳島大学)	
13:00-16:30	iRobot Create2を使ったロボット制御演習 細合晋太郎((株)チェンジビジョン)	Zumoを使ったロボット制御演習 三輪昌史(徳島大学)
16:30-17:00	ショートプレゼンテーション(高輪キャンパス)	
5/21(日)		
09:00-12:00	システム開発方法論(1) 久住憲嗣, 谷川郁太 (九州大学)	計測基礎/組込みシステム実装(1) 三輪昌史
13:00-14:00	システム開発方法論(2)	計測基礎/組込みシステム実装(2) (徳島大学)
14:00-16:00	Scrumによるプロジェクトマネジメント 細合晋太郎((株)チェンジビジョン)	
16:00-17:00	キックオフ&ラップアップ	
5/22(月)~5/26(金)	ミニ分散PBLを実践しながら各チームで指定課題を実施	
5/24(水)	演習中間発表会	
5/27(土)	演習成果発表会	

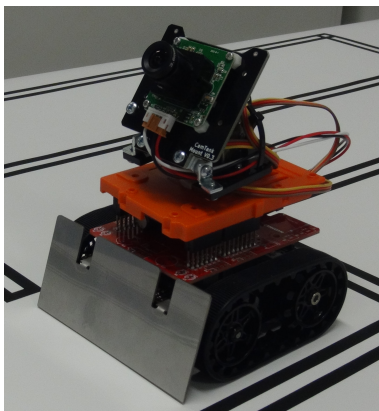


図 3 Zumo

備の予知保全のためのデータ分析についての講義を行う。

### 3. 競技ルール

ESS ロボットチャレンジ 2017 では、相撲型ロボットを用いたローバー競技、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。

#### 3.1 ローバー競技

ローバー競技は Zumo をを用いた競技である。競技ハードウェアは大会側から指定された Zumo 及び CamTank を使用する(図 3)。ローバー競技に参加するすべてのチームは

- コンパルソリ課題
- 自動運転課題
- ポスター発表

に取り組む。

##### 3.1.1 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 台の同一の走行体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。

###### 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) 競技者はいずれかの課題フィールドを選択してロボットを設置する。
- (2) 競技者は課題実行開始を審判に宣言する。
- (3) ロボットは自律的に課題を遂行する。
- (4) 競技者は課題終了時に審判に終了した旨宣言する。
- (5) 審判は評価する。
- (6) 審判による評価終了後、他の未終了の課題を選択してロボットを設置する。

(2)~(4), (6) の実施時間を競技時間に含めるものとし、(5) 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。

###### 課題

- (1) 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。
- (2) 総延長 2m のコースを IR センサを用いてラインレース走行する。なお、ラインは幅 1cm 程度であり、10cm 程度の間隔で 2 本コースに描かれているものとする。ラインの途中に切れ目はない。ラインは直線とは限らない。
- (3) 1 辺 1m 程度のフィールド上に 3 個設置した AR マーカを移動しながら読み取り、位置と AR マーカの種別を画面上に表示する。AR マーカは地面に対して垂直

表 2 2017 年度サマースクール実施スケジュール

■2017サマースクール	
8/11(金)	
09:30-12:20	競技準備(各チーム練習調整・コース設置)
13:20-13:30	オープニング
13:30-14:30	ローパー競技 コンパルソリ課題
15:00-16:00	マルチコプタ競技 位置計測課題, ホバリング課題
17:00-17:30	ショートトーク
17:30-19:30	ポスター発表・懇親会
8/12(土)	
09:30-11:00	基調講演1 今村 誠(東海大学)
11:10-12:40	基調講演2 元木 誠(関東学院大学)
13:40-16:00	学生ディスカッション
16:10-17:00	成果報告会(10分×5チーム)

に設置されている。

#### 評価

上記の課題について以下の基準で評価し、その総合点で順位を決定する。

- (1) 課題に要した時間（リトライを含む）、課題終了時の目標角度(180度)との誤差
- (2) 課題に要した時間（リトライを含む）、ライントレースの精度
- (3) 課題に要した時間（リトライを含む）、マーカの種類の位置誤差

#### 3.1.2 自動運転課題

##### 概要

Zumo により街や郊外を模したフィールド内を自動運転で網羅的に走行し、網羅率と速さを競う競技である。自動運転課題では規定のスタート地点から走行を開始し、5分以内にフィールドを自動走行し、目的地(ゴール)まで移動する。目的地に到着して停止したことをもって、課題終了とする。

##### 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) 競技者は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、目的地での停止により課題終了とする。

2)～4)を競技時間に含めることとする。

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

B0 程度のサイズのコースを走行する。コースの概念図は6月末に公開され、詳細なフィールド地図は競技会の1週間前に大会側から競技者に通知する。この地図情報を用いて自動走行して良い。

##### フィールド内の設置物

コースは IR センサによるライントレースで走行可能である。フィールド内には現在位置の特定のための AR マーカがいくつか設置されている。当日、フィールド内に障害物を複数種、ランダムに設置する。自動運転の際にはそれを回避しなければならない。障害物に衝突した場合には減点となる。

##### 評価

以下の項目から総合的に評価する。

- 走行時間
- 地図の網羅率
- 障害物との衝突
- 画面表示内容のわかりやすさ

#### 3.2 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。

##### 3.2.1 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4に MQCX の外観を、表3に主要諸元を示す。

表 3 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) 最小構成では 60mm/85mm
最大幅	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



図 4 MQCX 外観

### 3.2.2 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。

デモン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。デモン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。

### 3.2.3 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。

### 3.2.4 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。

## 4. おわりに

本稿では、ESS ロボットチャレンジ 2017 について、事前教育のスプリングスクール、サマースクール、競技ルールについて紹介した。スプリングスクールでは、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、本ロボットチャレンジの競技会を実施するとともに、発展的な技術を学ぶ機会を提供した。

また、スプリング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取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](http://blog.eldhrimnir.com/wordpress/?page_id=3749)> (2016.9.15).