

ESS ロボットチャレンジ 2018

久住 憲嗣¹ 佐藤 未来子² 大江 信宏² 中村 啓之¹ 渡辺 晴美² 三輪 昌史³
細合 晋太郎⁴ 久保秋 真⁴ 小倉 信彦⁵ 元木 誠⁶ 菅谷 みどり⁷

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。

ESS Robot Challenge 2018

Kenji Hisazumi¹ Mikiko Sato² Nobuhiro Ohe² Hiroyuki Nakamura¹ Harumi Watanabe² Masafumi Miwa³
Shintaro Hosoi⁴ Shin Kuboaki⁴ Nobuhiko Ogura⁵ Makoto Motoki⁶ Midori Sugaya⁷

ESS Robot Challenge is a special event of ESS and held under the sponsorship 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 multi-copter system. On the spring school and the summer school, we carried out tutorials, a robot 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.

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 回目である。

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[1]、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、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]。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[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。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

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

表 1 スプリングスクールカリキュラム

日時		enPiT1 カリキュラム	enPiT2 カリキュラム
4/21(土)	09:00-09:10	オープニング 渡辺晴美(東海大学)	
	09:15-10:30	開発プロセスとプロジェクトマネジメント 松浦佐江子(芝浦工業大学)	
	10:40-12:00	リアルタイムシステムの計測と観察 大江信宏, 佐藤未来子(東海大学)	
	12:00-13:00	お昼休み	
	13:00-15:30	モジュール設計応用1 久住憲嗣, 谷川郁太(九州大学)	組込みプログラミング 館 伸幸(名古屋大学)
	15:40-17:00	モジュール設計応用2 久住憲嗣, 谷川郁太(九州大学)	組込みプログラミング演習 館 伸幸(名古屋大学), 大川 猛(宇都宮大学)
	17:30-19:30	情報交換会	
4/22(日)	09:30-12:00	ロボット制御のための, 自動制御入門 三輪昌史(徳島大学)	
	12:00-13:00	お昼休み	
	13:00-15:30	IoT 通信基礎 田中正吾(ワンフットシーバス), 細合晋太郎((株)チェンジビジョン)	
	15:40-17:10	ロボット制御基礎 三輪昌史(徳島大学), 大川 猛(宇都宮大学)	
	17:10-17:30	キックオフ&ラップアップ 久住憲嗣(九州大学)	
4/23(月)~4/27(金)		【チームごとに計画に従い, ミニ分散 PBL を実施】	
4/25(水)	18:00-20:00	進捗報告【発表 5 分, 質疑 3 分】	
4/28(土)	10:00-12:00	成果発表会 1【発表 7 分, 質疑 3 分】	
	12:00-13:00	お昼休み	
	13:00-15:00	成果発表会 2【発表 7 分, 質疑 3 分】	
	15:00-17:00	学生企画の打ち合わせ	

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, 自動運転を目指したローバー競技を加えている。本年度はローバー競技のコンパルソリ課題を拡充し, 最終課題である自動運転課題に取り組むために必要なスキルを段階的に学ぶことができるように工夫した。段階はおおよそ4段階であり, 最初の段階では, 例えばセンサの使い方を理解する程度を初歩段階とし, 複数の技術を組み合わせる課題を難度の高い課題として設定した。これにより, 学生が苦手とする技術の組み合わせを段階的に学べるようにした。

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 節でまとめとする。

2. 事前教育

ESS ロボットチャレンジの事前教育として, enPiT-Emb と共同で事前教育として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 4 月 25 日に中間発表会, 1 週間後の 4 月 28 日に課題発表会を実施し, スプリングスクールで

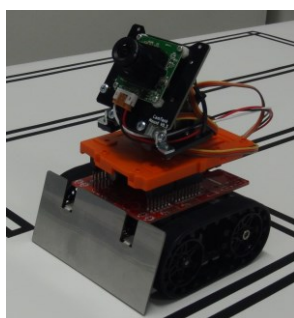


図 1 演習題材 Zumo

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。

講義と演習では、プロジェクトマネジメント、ロボットを制御する基礎であるリアルタイムシステムの計測と観察、ソフトウェア設計、自動制御技術、IoT 通信基礎をまなぶ。また、ソフトウェア設計は大学院向けと学部向けの平行セッションとして実施した。大学院向けでは、要求分析からリアルタイムシステム設計までの、比較的高度なソフトウェア設計知識を身につける。学部向けではリアルタイムシステムの基礎的な考え方とモデリングの方法を身につける。

演習題材としては、昨年度から採用しているZumoというキャタピラ式ロボットを引き続き使用している(図 1)。このロボットを使って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、演習中心の演習を行った。

1 週間のミニ PBL では、講義と演習で学んだ知識やスキルについて定着を図るべく、演習よりは少し大きめの課題を与えて小規模な PBL を実施する。PBL 課題を抜粋して図 2、図 3 に示す。課題は段階的に難しくし、さらにその過程で、講義で学んだことを使えるように設計している。

中間報告会、成果報告会では、講義と演習で学んだ内容がどの程度実際の課題で運用できているかを発表させるように設計した。具体的には、プロジェクトマネジメントができていないかを示すために、計画を表すプロダクトバックログと進捗を表すスプリントバックログを元に発表させた。また、実際に記述したモデルとソースコードに基づいて、設計や実装の善し悪しを議論できるようにした。さらに、ふりかえりを KPT の枠組みで発表させた。

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

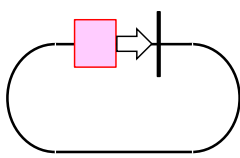
enpit Emb

【課題1】黒ライン上を前進、ゴールラインを検出してLED等で検出したことを示した上で、Zumoを止める。

学部1: ゴールラインを検出し、Zumoを停止することができる。

学部2: ライントレースとゴールライン検出をタスクに分けて処理をすることができる。

修士: モデルを記述し、実装できる。



ポイント!

- ・ライントレースセンサを複数個使うこと。
- ・複数の関数で検出動作を定義すること。
- (1)ライン検出(ライントレース)
- (2)ゴールライン検出

図 2 スプリングスクール課題 1

enpit Emb

【課題4】Zumoの地磁気センサを使い、Zumoが常に北を向くようにする。板を回転させても、Zumoは回転に逆らって向きを維持するように制御する。

学部・修士: 制御をマスターしたかを確認める。動作の安定性、角度誤差、データの視覚化(出力形式を工夫すること)を評価すること。

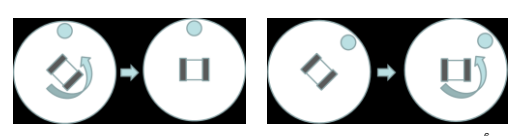


図 3 スプリングスクール課題 4

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 サマースクールカリキュラムに示す。

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、東京電機大学の汐月 哲夫先生、芝浦工業大学の菅谷みどり先生により、メカトロニクスやロボット応用について解説し、知見を深める。

これらの講義を踏まえて、現在までの PBL について参加学生に振り返りを行わせ、今後の活動の糧とする。また、学生企画を実施する。

3. 競技ルール

ESS ロボットチャレンジ 2018 では、相撲型ロボットを

表 2 サマースクールカリキュラム

日時		実施内
8/27(月)	09:00-12:00	競技準備 (各チーム練習調整, コース設置)
	12:20-12:30	オープニング
	12:30-15:00	ローバー競技 (コンパルソリ, 自動運転課題)
	15:30-16:00	マルチコプタ競技 (位置計測, ホバリング, 自動航行課題)
	16:15-17:00	パネルディスカッション
	17:30-19:00	ポスター発表, 懇親会
8/28(火)	09:30-10:40	基調講演 1
	10:50-12:00	基調講演 2
	13:00-15:00	成果報告会
	15:00-15:10	クロージング
	15:20-17:00	学生企画

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 を用いた競技である. 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

に取り組む必要がある.

3.1.1. コンパルソリ課題

概要: コンパルソリ課題では規定の時間内に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. 各コンパルソリ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実施することとする.

- 1) 審判員が競技スタートを宣言し, タイマーがスタートする.
- 2) 競技者はいずれかの課題 (例: B-1) を選択して準備を行い, 準備ができたところで準備完了を宣言する.
- 3) 審判員が必要に応じて指示を与え, 競技者はそれに従ってロボットの動きを開始し, 課題を遂行する.
- 4) ①競技者は課題終了時に審判に終了した旨宣言する. ②やり直しをする場合には, 手順 2 に戻る.

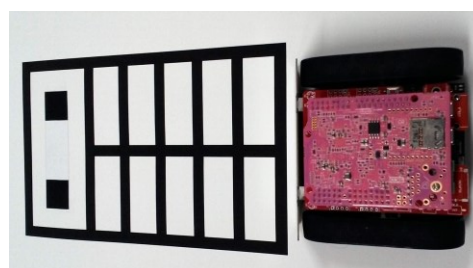


図 4 コンパルソリ課題の例

- 5) 審判による評価終了後, 他の課題を選択し, 手順 2 に戻る.

課題: (A) ~ (D) の大課題の中から各一問以上の小課題を選択し, 競技を実施する. 各課題は小課題の問題順に難易度が高いものとなっている. 難易度に応じて点数が異なるため, 10 分間の競技で高得点を得られるように選択すること. 課題(A)は制御課題, 課題(B)はラインセンサ応用課題, 課題(C)はカメラモジュール応用課題, 課題(D)は通信課題, となっており自動運転課題に取り組むために必要な要素技術を段階的に学ぶことができるように設計している.

図 4 にその例を示す. 図 4 はラインセンサの応用課題で, 4 段階の 3 番目に当たる. 自動走行では, ラインセンサによりセンサの本数を計測し, 位置を把握する. 所々にバーコードを模した道標に当たる標識を置く予定である. これらを複合した問題が図 4 になる.

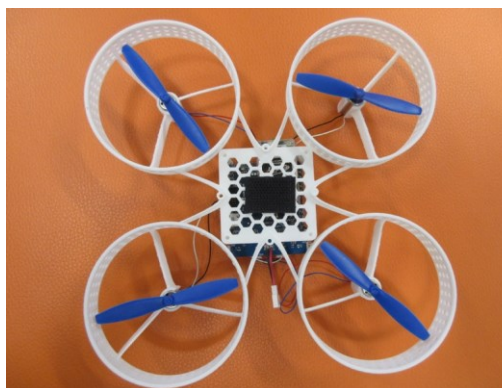


図 5 マルチコプタ競技用機材

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: 実施手順は以下の通りである。手順 2) ~4)を競技時間に含めることとする。

- 1) 競技者は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。

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 7 月中旬に公開され、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。

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を、競技時間を通じて表示すること。

表 3 マルチコプタ競技機材主要諸元

項目	仕様
プロペラ	65mm
モーター	8.5mm×20mm
バッテリー	3.7V/350mA
ローター間距離	140mm(対角 197mm)
バッテリー込み重量	65g 程度
ジャイロセンサ	LSM6DSL
地磁気センサ	LIS2MDL
気圧センサ	LPS22HD

例えば走行の軌跡現在位置動作状況などである。また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。さらに競技終了時にロボットが認識した走行の軌跡を画面に表示すること。

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 MQCXv3 用いる[7]。図 5 に MQCXv3 の外観を、表 3 に主要諸元を示す。

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の評価する。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。

- 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。
- 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。

- 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。
- 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。
- 90 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。
- 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

4. おわりに

本稿では、ESS ロボットチャレンジ 2018 について、事前教育のスプリングスクール、および、競技とそれを受けてのサマースク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その成果が発揮されることであろう。

15 年目を迎えて、さまざまな方面から ESS ロボットチャレンジでの一連の取り組みについて評価を受けている。例えば、[8]ではコンパルソリ課題についての取り組みについて発表し、Excellent Oral Presentation 賞を受賞した。

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, <http://www.qito.kyushu-u.ac.jp/project/pearl> (2018.7.27).
- [5] ESS ロボットチャレンジホームページ, <http://www.qito.kyushu-u.ac.jp/ess/> (2018.7.27).
- [6] enPiT2 ホームページ, <http://www.enpit.jp/> (2018.7.27).
- [7] 魔法の大鍋, MQCXv3 ホームページ, http://www.eldhrimnir.com/?page_id=125 (2018.7.27)
- [8] Harumi Watanabe, Mikiko Sato, Masafumi Miwa, Makoto Imamura, Shintaro Hosoi, Nobuhiko Ogura, Hiroyuki Nakamura, Kenji Hisazumi: Compulsory Game based Robot Contest for Embedded System Development Education, Proceedings of 7th International Conference on Software and Computer Applications (ICSCA 2018), 2018.