

# ET ロボコン 2019 参加報告

山口 広行<sup>†</sup>

## Participation Report for Embedded Technology Software Design Robot Contest 2019

Hiroyuki YAMAGUCHI<sup>†</sup>

### ABSTRACT

We have participated in Embedded Technology Software Design Robot Contest (ET Robocon) from 2008. In ET Robocon 2019, the participants (259 teams) competed for the software by using same hardware and the same course. In this report, an overview and our participation result of ET Robocon 2019 are reported. Since we have developed the high-quality robot control software and image processing system, we achieved a goal of development in ET Robocon Tohoku Division. We also confirmed that our methods of the software development is effective.

**Key Words:** *embedded technology, software development, engineering education*

**キーワード:** 組込み技術, ソフトウェア開発, 工学教育

### 1. はじめに

IoT (Internet of Things) の進展もあり、自動車や家電製品等に、コンピュータシステム (組込みシステム) が利用されるのが一般的になり、その用途も拡大を続けている。それに伴い、組込みシステムで動作するソフトウェア (組込みソフトウェア) の品質向上と、技術者の育成が課題となっている。そこで当研究室では、組込みソフトウェア分野における技術教育をテーマにした、ETソフトウェアデザインロボットコンテスト (以下、ETロボコン) <sup>1)</sup>に着目し、2008年より卒業研究の一環として毎年参加している。

本報告では、ETロボコンの概要、昨年度までの取り組みと成果、そして今年度の取り組みと参加結果について紹介する。

### 2. ETロボコンの概要

ETロボコンは (一社) 組込みシステム技術協会 (JASA) が主催する、ソフトウェアの開発技術を競うコンテストである。2009年から2018年までは全国から300を超えるチームが毎年参加 (2019年は259チームが参加) しているが、その半数が企業チームと、産学の垣根を越えて開催される点がETロボコンの大きな特徴の一つとなっている。

もう一つの大きな特徴は、全チームが走行体と呼ばれる同じハードウェア (ロボット) を用いる点である。ETロボコンの走行体はレゴ社のマインドストームが用いられるが、組

---

令和1年12月6日受付

<sup>†</sup> 工学部システム情報工学科・准教授

み立て方法は全て指定されており、大会では走行体の検査（車検）も行われる。これによりハードウェアの条件を同一とし、走行体を制御するソフトウェアのみを競うというコンテストの趣旨を実現している。なお、ETロボコンではソフトウェアの開発技術を競う「デベロッパー部門」以外に、自ら価値を創造できるエンジニアの育成を目的とする「ガレッジニア部門」が設けられているが、本報告では当研究室が参加したデベロッパー部門アドバンストクラスのみを取り上げる（デベロッパー部門はアドバンストクラスの他に入門者向けのプライマリクラスがある）。図1は、2019年のアドバンストクラスで用いられた走行体である。

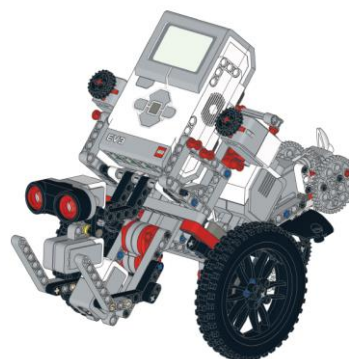


図1 ETロボコン2019（デベロッパー部門アドバンストクラス）の走行体

デベロッパー部門の成績は、ソフトウェアをどのように分析・設計したかを評価するモデル部門と、コース上を走行させてタイムを競う競技部門があり、両者を勘案して総合順位が決定される。モデルと競技の両部門を通して、ソフトウェア開発の全工程が審査される点も、他のコンテストにはない特徴となっている。

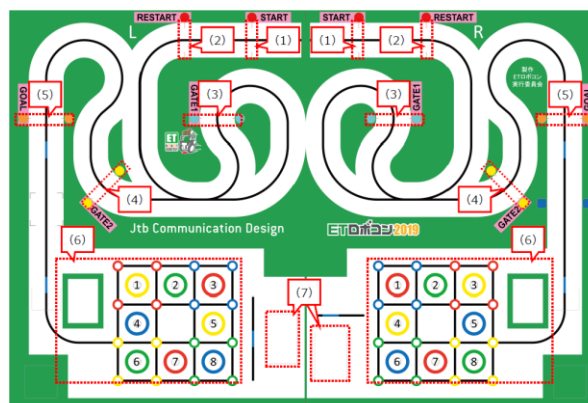


図2 ETロボコン2019（デベロッパー部門アドバンストクラス）のコース図（⑥がブロックビンゴ）

図2は、2019年のアドバンストクラスで用いられたコース図である。コースは約12畳の大きさで、その中に黒線で描かれた2種類のコース（RコースとLコース）が用意されている。競技結果は、スタート（図2の(1)）からゴール（図2の(5)）までの走行に要した時間（走行タイム）から、コース上の課題をクリアすることで獲得できるボーナスタイムを減算した結果（リザルトタイム）により決定される。2018年までは両コースのリザルトタイムの合計で競技順位を決定していたが、2019年はベストタイムで順位を決定するルールに変更された。また図2から分かる通り、コースが左右対称に近い形で設計された点も大きな変更であった。

された。

### 3. 2018年までの取り組みと成果

ETロボコン2019は全国から計259チームが参加し、9月に全国12ヶ所で地区大会が開催された。また各地区大会の上位チームによる全国大会（チャンピオンシップ大会）は11月に横浜で開催

当研究室では、学生の技術力と課題解決力の向上を目的に、卒業研究の一環として2008年よりETロボコンに参加している<sup>26)</sup>。ETロボコンの走行競技では各コースの走行は1回のみのため、上位を目指すには制御ソフトウェアの信頼性を高める必要がある。信頼性の向上には走行体を用いた実機テストが欠かせないが、手動の実機テストでは大会までの限られた期間に実施できるテスト回数に限界があるため、何らかの工夫が必要となる。そこで当研究室では、テストの効率化とソフトウェアの信頼性向上を目的に、表1の開発方針を考案し、それに従った開発を実施してきた。

2008年から2018年までの東北地区大会の結果を、表2に示す。2011年からは毎年入賞を果たしており、全国大会にも4回出場を果たしている。また、2014年より毎年公開されている全国ランキング<sup>7)</sup>でも、2015年は年間4位、2017年は年間1位、2018年は年間9位をそれぞれ獲得した。これらの成果は、参加した学生たちの努力によることはもちろん、表1の開発方針が有効であることを示していると考えられる。

#### 4. 2019年の取り組み

2019年は当研究室の4年生3名が、卒業研究の一環として ET ロボコンに参加した。卒業研究を開始した4月から9月21日に開催された東北地区大会まで、以下のようなスケジュールで準備を進めた。4～5月は学生が就職活動で多忙なため、開発環境の構築等の準備期間とした。なお5月には公開された競技ルール(競技規約)のレビューを行った上で、担当と開発目標を決定した。6月と7月は、決定した担当毎に技術調査とプロトタイプの開発を行った。8月は学生の夏季休業期間であるが、8月下旬からは地区大会に向けた本格的な準備を筆者も交えて連日行った。

以下では、今年のゲーム課題(ブロックビンゴ)とその攻略方針、新たに取り組んだ画像処理システムの開発、大会結果と今後の課題について紹介する。なお走行体の制御ソフトウェアは、表1の開発方針で開発を進めたため、その内容は本稿では省略する。表1に記載の参考文献を参照されたい。

##### 4.1 ゲーム課題(ブロックビンゴ)の攻略方針

ブロックビンゴは、図2の(6)および図3に示すブロックビンゴエリアに置かれたブロックを移動し、その結果によりボーナスタイムを獲得できる今年のゲーム課題である。5色(青、緑、黄、赤、黒)からなる計10個のブロックを、黒以外は同色のブロックサークルへ、黒は数字カードと同じ番号のブロックサークル(ボーナスサー

表1 これまでに考案した開発方針

開発方針	考案年度	参考文献
ソフトウェアの再利用	2010	4), 6)
アルゴリズムの共通化	2012	4), 6)
誤差のリセット	2016	5), 6)

表2 ETロボコン東北地区大会の参加結果(2008～2018)

開催年	大会結果	備考
2008	—	
2009	総合2,3位	
2010	—	
2011	総合6位	
2012	総合3位	全国大会出場
2013	[A] 総合優勝	全国大会出場
2014	[A] 総合準優勝	
2015	[DA] 総合優勝	全国大会出場
2016	[DA] 総合準優勝	
2017	[DA] 総合優勝	全国大会出場
2018	[DA] 総合3位	競技1位

[A]アーキテクト部門(現、ガレッジニア部門)

[DA]デベロッパー部門アドバンストクラス

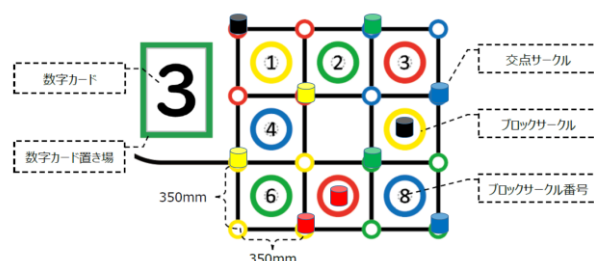


図3 ブロックビンゴエリア(Lコースの例)

クル)へそれぞれ移動することが求められる。

交点サークルに置かれる8個のブロックの初期位置は、図3のように予め決められているものの、色は走行を開始するまで分からない。その色を識別するには、走行体のカラーセンサーを用いる方法と昨年から導入されたカメラシステムを用いる方法がある。カメラシステムを用いる方法では、カメラシステムと走行体との通信で不具合が発生した場合にゲームが実施不能となるリスクが存在するため、当研究室では走行体を用いて交点サークルのブロック色を識別するこ

とした。

競技開始直前には、ブロックサークルに2つのブロックが、また1から8までのいずれかの数字カードが、それぞれランダムに決定・設置される。走行体で全てのブロックサークルを調べることや、数字カードの数字を読み取ることは技術的には可能であるが、2分間という競技の制限時間内で交点サークル上のブロック移動を含めて行うことは困難である。そこで、カラーブロックが置かれたブロックサークルの番号と、数字カードの数字を識別するために、カメラシステムを用いた画像処理システムを開発することとした。

#### 4.2 画像処理システムの開発

実行委員が提供するカメラシステムに PC を接続すると、図4のようなカメラ画像を取得できる。この画像を、画像処理ライブラリは `Opencv`<sup>8)</sup> を、プログラム言語は `python` をそれぞれ用いて画像処理システムを開発することとした。

図4のカメラ画像は、数字カードや全ての交点サークルが含まれるように設置されるが、その位置は保証されない。また L コースと R コースではカメラ画像も反転する。ブロックや数字カードを識別する処理の実装を容易にするためには、また両コースで同じソフトウェア（アルゴリズム）を適用するためにも、図4よりも図3のような画像を用いる方が望ましい。そこで、射影変換を用いてカメラ画像を変換することとした。射影変換を行うには4組の対応する点が必要となるため、4隅の交点サークルを走行開始前の調整時間に指定して射影変換することとした。ただし、ブロックや数字カードは調整終了後に実行委員により決定され、調整終了後は走行体の操作は可能だが PC の操作はできない。そこで、走行開始時に走行体からメッセージを送信し、PC 側ではそのメッセージを受信したタイミングで、カメラ画像の射影変換を行うこととした。図5は東北地区大会の L コースで実際に変換した画像（以下、変換画像）



図4 取得したカメラ画像の例



図5 変換画像（カメラ画像の射影変換）

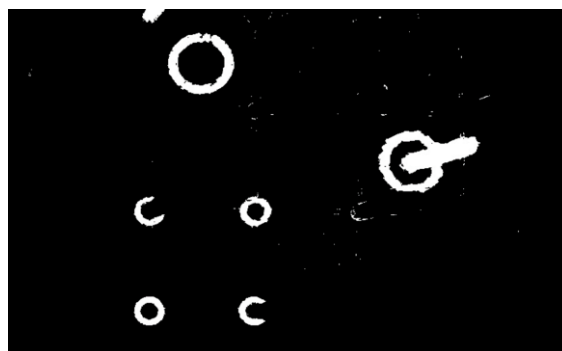


図6 マスク画像（図5で黄色を抽出した結果）

である。

数字カードの数字フォントは1種類である（曖昧さが無い）ため、数字の識別に AI 等の技術を用いる必要性はない。そこでテンプレートマッチングを用いて数字を識別することとした。当初は、図5の変換画像をそのまま用いてテンプレートマッチングを試みたが、例えば数字カードが1の場合に交点サークルを結ぶ黒線を数字と認識するなど、識別精度は低かった。試行錯誤の結果、変換画像から数字カードの部分のみを注目領域として抽出し、同じ大きさのテンプレ

ト画像とマッチングさせる方法を最終的に採用した。その結果、数字を完全に識別できるようになった。

カラーブロックが置かれたブロックサークルの識別は、以下の手順で行うこととした。

- ① 変換画像を BGR から HSV へ変換
- ② HSV 画像から各色に対応する領域をしきい値処理によって抽出 (マスク画像の作成)
- ③ 各色のマスク画像よりブロックサークルにカラーブロックが存在するかを判定

図 6 は、図 5 より黄色を抽出したマスク画像である。この図の白い部分が黄色として抽出した部分であるが、サークルやブロックの形は鮮明とはいえない。これはノイズの影響と考えられ、その影響により当初は識別に失敗することも多かった。そこで、ノイズを除去する膨張処理を取り入れた。またカラーブロックが置かれたブロックサークルは抽出した面積が最も大きくなるという性質も利用して、識別精度の向上を図った。

#### 4.3 東北地区大会の結果と今後の課題

ET ロボコン 2019 東北地区大会は、9月 21 日にいわて県民情報交流センター (アイーナ) にて開催された。当日は、デベロッパー部門のプライマリクラスに 19 チーム、アドバンストクラスに 6 チームが参加し、各チームの開発成果を披露する走行競技が行われた。また事前に提出した全チームのモデル図も会場内に掲示され、競技終了後にはモデルに関するワークショップも行われた。

表 3 は、当研究室のチーム「ヒット&ラン」の走行競技結果である。ベストタイムとなった R コースでは、走行体によるブロック色の識別に 1 個失敗したため、ビンゴは 2 個となった。それでも交点サークルに置かれた 8 個のブロックの内 7 個を制限時間内に移動し、開発目標としていた 10 秒未満のリザルトタイムを見事に達成した。また、画像処理システムの出力結果より、数字カードとカラーブロックが置かれたブロックサークルの識別に、両コースとも成功したことも

表3 走行競技結果 (ETロボコン2019東北地区大会)

	タイム (秒)		
	走行	ボーナス	リザルト
Rコース	23.3	13.5(*1)	9.8
Lコース	18.6	5.5(*2)	13.1

獲得したボーナスタイムの内訳

(\*1) ブロック移動 6 個、ビンゴ 2 個、ボーナスサークル 1 個

(\*2) ブロック移動 4 個、ボーナスサークル 1 個

確認した。

東北地区大会の結果、競技部門では 3 位を獲得し、JASA 東北支部賞も受賞した。ただし東北地区の場合、アドバンストクラスは総合優勝のチームのみが全国大会に出場できるため、残念ながら全国大会の出場は逃した。しかしながら全地区大会終了時の全国ランキング<sup>7)</sup>は 11 位 (2018 年は 6 位) と、今年も学生たちの健闘が光った。

前述の通り、ET ロボコンはモデル部門と競技部門の両者を勘案して総合成績が決定される。昨年の報告<sup>9)</sup>でも述べたが、競技部門は全国レベルにあると考えているが、モデル部門のレベルは低いのが実情である。また東北地区のレベルがここ数年で全国大会レベルにまで向上している。今年は画像処理技術を新たに導入したが、今後も新しい技術の導入とモデルのレベルアップも図りながら、学生と共に全国大会出場を目指していきたい。

## 5. おわりに

組込みソフトウェア分野における技術教育をテーマとした ET ロボコンの概要と当研究室の取り組みを紹介した。これまでに培った組込みソフトウェアの開発方針に加え、今年は画像処理技術も利用して大会用のシステムを開発した。その結果、東北地区大会においても開発目標を達成し、競技部門 3 位と JASA 東北支部賞を獲得した。今後も学生の技術力と課題解決力の向上という目的を見失うことなく、ET ロボコンへの参加を続ける予定である。

## 謝 辞

レプリカコースの設置は、当学科の多大なる支援による。またETロボコンで得られた成果は学生の多大なる努力による。

## 参考文献

- 1) ETロボコン公式ホームページ：<https://www.etrobo.jp/>  
〈2019年12月1日アクセス〉
- 2) 山口広行：ETロボコン 2008 参加報告, 八戸工業大学紀要, Vol. 28, pp.263-268, 2009.
- 3) 山口広行：ETロボコン 2009 参加報告, 八戸工業大学紀要, Vol. 29, pp.207-212, 2010.
- 4) 山口広行, 菊池恭史, 工藤正躍, 中村歩夢：組込ソフトウェアの品質向上に向けた試み, 情報処理学会東北支部研究報告, Vol. 2012-2, No. 7, 2012.
- 5) 山口広行, 岩城匠真, 小田悠介, 木村洸太：組込システムのロバスト性向上の試み, 情報処理学会東北支部研究報告, Vol. 2016-2, No. 1-1, 2016.
- 6) 山口広行：ETロボコン 2018 参加報告, 八戸工業大学紀要, Vol. 38, pp.101-106, 2019.
- 7) ETロボコン全国ランキングホームページ：  
<https://ranking.etrobo.jp/> 〈2019年12月1日アクセス〉.
- 8) Opencv.jp ホームページ：<http://opencv.jp/>  
〈2019年12月1日アクセス〉.

## 要 旨

当研究室では組込みソフトウェア分野における技術教育をテーマとした ET ロボコンに、2008年より卒業研究の一環として参加している。これまでに考案した開発方針（ソフトウェアの再利用とアルゴリズムの共通化、誤差の解消）に従って開発した信頼性の高いロボット制御ソフトウェアと、研究室として新たに開発した画像処理システムにより、ET ロボコン 2019 東北地区大会では競技部門 3 位と JASA 東北支部賞を受賞した。全国大会への出場は逃したものの開発目標の達成に向けて努力を積み重ねる中で、学生の技術力と課題解決能力の向上が図れたと考えている。

**キーワード** :組込み技術, ソフトウェア開発, 工学教育