

ET ロボコン 2008 参加報告

山 口 広 行*

Participation Report for Embedded Technology Software Design Robot Contest 2008

Hiroyuki YAMAGUCHI*

Abstract

Embedded Technology Software Design Robot Contest 2008 (ET Robot Contest 2008) was held. The participants (291 teams) competed for the software by using the same hardware (autonomous vehicle) and the same course (5,460 mm×3,640 mm). In this report, an overview and our participation result of ET Robot Contest 2008 are reported. Through the participation of this contest, it is confirmed that the students challenged the software development actively.

Keywords: Embedded Technology, Software Development

1. はじめに

自動車, 携帯電話, 電化製品等, 近年の電子機器の大半は機器制御用にマイクロコンピュータ (以下, マイコン) と呼ばれるコンピュータを内蔵して (組み込んで) いる。マイコンを用いて機器を制御するためにはソフトウェアが必要であり, 組み込みソフトウェアと呼ばれている。通常のソフトウェアとの違いは, ハードウェア (CPU, メモリ等) の制約が大きいこと, 機器の制御が主な目的であるため制御等の知識が必要となることがあげられる。

経済産業省の 2008 年版組み込みソフトウェア産業実態調査¹⁾によると, 国内の組み込みソフトウェアの規模は前年比 7.5% 増の約 3 兆 5 千億円で, 分野も AV 機器や医療機器等あらゆる分野に広がっている。産業規模が拡大する一方で, ソフトウェアの質の高度化と技術者の育成が急務の課題となっている。そこで, 組み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²⁾ (以下, ET ロボコン) に着目した。なお ET は組み込み技術 (Embedded Technology) の略である。

本報告では, ET ロボコンの概要, 卒業研修の一環として初参加した ET ロボコンの結果, さらに次年度への課題等について紹介する。

2. ET ロボコンの概要

ET ロボコンは, (社) 組み込みシステム技術協会が主催する, ソフトウェアのコンテストである。参加チーム数は毎年増えており, 7 回目の開催となる今年度のコンテストには, 全国から 291 チームが参加した。参加の半数以上 (163 チーム) が企業チームであることが, このコンテストの特色であり, 技術者の育成が組み込みソフトウェア産業にとって急務の課題であることを裏付けている。

コンテストの題材は, 「同一のコース」を「同一のハードウェア (車体)」で自律走行させることである。自律走行のため走行開始後は人間が

平成 20 年 12 月 15 日受理

* システム情報工学科・准教授

車体を操作することが禁止されている。そこで車体に搭載されたマイコンに走行を制御するためのソフトウェアを組込むことが必要となる。その走行制御用のソフトウェアを競うのが、ETロボコンのコンテスト内容である。具体的には、① 走行制御を行うソフトウェアの分析・設計モデルの審査と、② 開発したソフトウェアによる走行競技（タイムレース）が行われる。

図1は、今年度のETロボコンで利用されたコース図である。コースは約12畳(5,460 mm×3,640 mm)の大きさで、その中に黒い線で1周約20 mのコースが2種類描かれている。走行競技では、この2種類のコース（インコース、アウトコース）を1回（2周）ずつ走行し、両者の合計タイムに「ボーナスタイム」を考慮して順位が決定される。ボーナスタイムとは、各コースに設置された難所等の規定された部分を走破

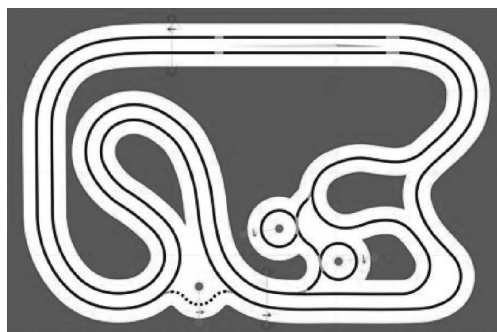


図1 ETロボコン2008の規定コース

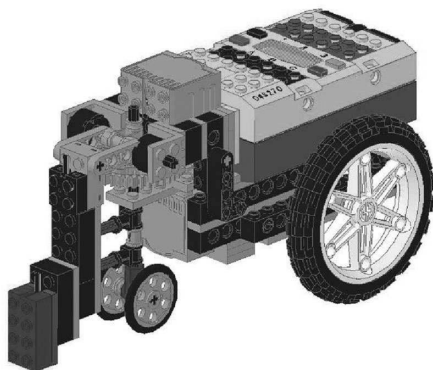


図2 ETロボコンの規定ハードウェア（車体）

することで付与されるタイムである。

ETロボコンで用いられる車体を、図2に示す。ソフトウェアのコンテストであることから、ハードウェアの条件は全チーム同一にする必要がある。そこで、ETロボコンではレゴ社のマインドストーム³⁾を用いて、各チームが図2で指定された車体を準備することとなっている。また走行競技の前には車体が規定通りであるかの検査（車検）が実施され、そこで競技用の電池も提供される。

前述の通り、ETロボコンではソフトウェアの分析・設計モデルが審査される。また、分析・設計モデルのドキュメント化には、オブジェクト指向設計で用いられるUML (Unified Modeling Language) の利用が推奨されている。ソフトウェアは、C、C++、Java言語等、参加者全員が利用可能なプログラム言語で開発することとなっている。マインドストームの制御を一般的なプログラム言語で実現するために、brickOS⁴⁾ (C、C++に対応) や leJOS⁵⁾ (Javaに対応) などのフリーOSが公開されているが、それらはETロボコンの事務局側からも提供される。

参加チーム数が300に及ぶことから、今年度は全国5箇所で開催された後、選抜されたチームによって全国大会（チャンピオンシップ大会）が行われた。次節では、当研究室が参加した北海道・東北地区大会を例に、大会までの取組みや参加結果等について報告する。

3. ETロボコンへの取組みと参加結果

北海道・東北地区では、今年度、以下のイベントが実施された。

- ・実施説明会（2月29日）
- ・技術教育（5月17日、5月31日）
- ・試走会（7月13日、8月10日）
- ・地区大会（8月31日）

技術教育では、ETロボコン用の開発環境構築やUML表記法等の基礎的な内容から、分析・

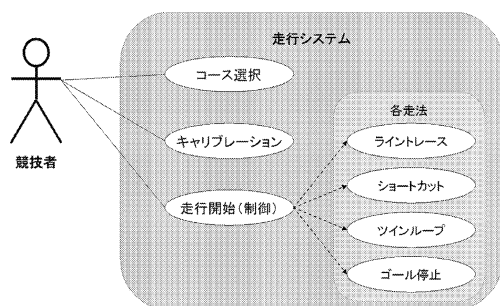


図3 ユースケース図

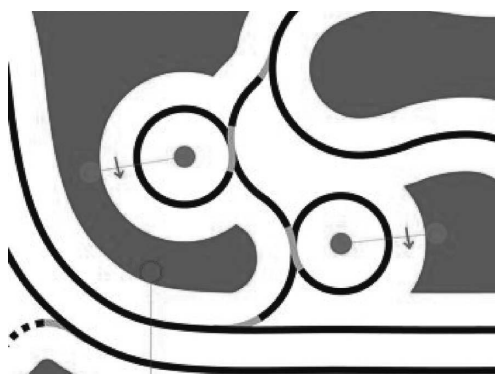


図4 ツインループ

設計等の実践的な内容までの講習が行われた。試走会では、地区大会と同じ会場・コースを利用して、各参加チームが走行テストを行った。当研究室は技術教育を除く全てのイベントに参加した。また、ET ロボコンのスポンサー企業が作成した、実物大のコース（以下、公開コース）を利用するために、試走会以外に4回程盛岡まで足を運び、走行テストを行った。

次に地区大会までの当研究室の取り組みを、ソフトウェアの開発工程に従って紹介する。

3.1 要求定義

ET ロボコンのソフトウェア開発は、システムの要求定義から始めた。UML では、システムに必要とされる機能をユーザの立場から分析し、その結果を図で表現するユースケース図を用いることが多い。当研究室においても、ユースケース図を用い、システムに必要な機能を図3のようにまとめた。

3.2 設計・実装・学内テスト

ユースケース図で必要な機能を明確にしたので、図3の楕円で表現した各機能を「クラス」と呼ばれるプログラム単位に分け、クラス毎にプログラムを試作した。このプロトタイプの開発には、Java 言語と Eclipse⁶⁾ という開発環境を利用した。

前期の卒業研修では、コース内で難所として設けられている、図4の「ツインループ」を題

材に、6名の学生がそれぞれプログラムを開発した。この開発には以前の報告⁷⁾でも紹介した、レゴ社のロボラボ³⁾と呼ばれるソフトウェア製品を用いた。ロボラボを用いた理由は、プログラム言語の知識がなくともマウス操作のみでアルゴリズム（プログラム）の作成が可能であることから、学生はアルゴリズムの考案のみに専念できるためである。その結果、各学生はオリジナリティ溢れるプログラムを開発した。この成果は、今年度の地区大会では利用できなかったもので、次年度以降の大会で活用したいと考えている。

プロトタイプとして開発したソフトウェアのテストは、自作した擬似コースで走行テストを繰り返すことで行った。走行テストは、初めに開発した各クラス（機能）のテスト（単体テスト）を行い、その後システム全体のテスト（総合テスト）を行うという手順で進めた。総合テストにより、開発したプロトタイプには保守性・拡張性に関する以下の問題があることが明らかになった。

- ・各クラスで重複する箇所が多いこと
- ・走行制御用のパラメータが各クラスに存在するため調整作業が煩雑なこと

そこで、各クラスの共通部分を取り出し、インタフェースとして実装した。これはオブジェクト指向設計における「抽象化」に該当する。このように保守性・拡張性を考慮した上で、コン

テスト用のソフトウェアを完成させた。

3.3 公開・大会用コースでのテスト

【高速・安定走行の実現に向けて】

学内での走行テストを終えた後、6月27日に実物大の公開コースで走行テストを行った。このテストでは、学内での走行テストと同じ車体とソフトウェアを用いたにも関わらず、走行が不安定でコースアウトが頻繁に発生した。そこでコースアウトの原因を、① 車体の重心と、② 走行パラメータに絞り、学内での調整を経て7月3日に再度公開コースで走行テストを実施した。前回に比べるとコースアウトの発生回数は減少したものの、高速で安定した走行とは言い難い結果であった。

公開コースでの走行テスト結果を踏まえ、不安定な走行の原因を検討した結果、最終的にJava言語の利用に原因であると考えた。具体的には、① マイコンのCPUが8ビットであること、また ② Java言語ではJava仮想マシンを介すが、走行が不安定になる（処理速度が遅くなる）原因と考えた。そこで、Java言語で開発したソフトウェアをC言語へ移植することを試みた。C言語以外にオブジェクト指向言語であるC++も選択できたが、当学科ではC言語でプログラミング教育を行っていることから、C言語を利用することとした。C言語への移植が終了した後、学内での走行テストを実施した。その結果、C言語の方がJava言語よりも処理能力が高いことを確認した。また処理能力の高さに伴い、閾値などの走行パラメータの再調整を行った。C言語への移植と走行パラメータの調整を経て、高速・安定走行の検証を目的として、7月13日の第一回試走会に臨んだ。

試走会は、地区大会と同じ会場・コースを利用して行われた。走行テストの結果、目的としていた高速・安定走行の実現は確認できたが、新たに電池の電圧に関する課題が浮かび上がった。それまで利用していた充電式の乾電池を用

いた場合は充電直後で電圧が8.4V程度であるのに対し、試走会で支給されたアルカリ乾電池を用いた場合の電圧は9.4V程度と、1V程度の電圧差があった。この電圧差は、走行スピードを含め、走行性能に大きな影響を及ぼした。例えば、図4のように、コース内の難所や坂道の出入口等に設定されている灰色の箇所（以下、マーク）の検出でもその影響は大きかった。当研究室で開発したソフトウェアでは、灰色の連続検出回数が設定した閾値を上回った場合にマーク検出と判断していたため、走行性能（特にスピード）が変わると閾値も変更する必要があったためである。

【地区大会に向けた最終調整】

第一回の試走会で高速・安定走行の実現は確認できたので、課題を以下の2点に絞って、地区大会に向けた最終調整を行った。

- ・マーク検出とゴール後停止の実現
- ・ツインループ走破の実現

また時間の都合上から、もう一つの難所である「ショートカット」の走破はこの時点で断念することとした。

これらの課題を解決するため、学内と公開コースでの走行テストを実施した後、8月10日の第二回試走会に参加した。しかしながら、ここでゴール後停止に関する新たな課題が浮かび上がった。それは、坂道の出入口に段差が存在するという問題である。坂道の入口・出口には、15cm・10cmのマークがそれぞれ設定されている。また坂道はゴールの手前に設定されているため、ゴールで車体を停止させる（ボーナスタイムを獲得する）ためには、坂道のマークを正しく認識する必要がある。しかしながら、坂道の出入口に段差があると、段差によって車体が浮かびあがり、マークを正しく検出できないという現象が発生した。この問題は、ゴール停止用のソフトウェアの変更によって、対応することとした。その後、学内と公開コースで走行テストを実施したが、坂道の段差は地区大会用コース特有の問題であるため、最終的な調整は

地区大会当日に行うしかなかった。

ツインループの走破は、アルゴリズムやパラメータを何度も検討・変更しながら、大会直前まで調整を行った。但し、大会用コースでの調整は、こちらも地区大会当日に行うしかなかった。

3.4 地区大会の結果

ET ロボコン 2008 北海道・東北地区大会は、8 月 31 日に岩手県立大学にて開催された。出場者 124 名（26 チーム）、一般閲覧者 86 名、スタッフ 36 名の計 246 名参加のもと、盛況に開催された。また会場には、岩手県内を中心に新聞・テレビ局等の各種報道機関も取材に訪れていた。また、大会の様子は岩手県立大学によりインターネットでも中継された。個人的に特筆すべきことは、小・中学生の一般閲覧者を多数見かけたことである。若い参加者・閲覧者の中から日本（世界）の将来を担う技術者が誕生することを念願するばかりである。

当研究室からは、ET ロボコンを題材としたソフトウェア開発を卒業研修のテーマにしている学生 2 名とビデオ撮影の学生 1 名、そして筆者の計 4 名が地区大会に参加した（図 5）。開会式までの試走時間を利用して、最終的な走行テストを実施した。その結果、マーカー検出とゴール後停止に関する動作は確認できたが、ツインループは失敗する場合も見受けられた。当研究室は全国大会への出場を地区大会の目標としていたので、地区大会ではリスクの高い難所は走行せずに、確実に完走を目指すこととした。

走行競技は、インコースとアウトコースを 1 回ずつ走行し、両者の合計タイムにボーナスタイムを考慮して順位が決定される。1 回目（アウトコース）の走行では、当研究室がゴール後停止を成功させたこともあり、同時に走行した総合優勝のチームに 10 秒以上の大差をつけた。しかしながら 2 回目（インコース）の走行では、ゴール直前の坂道付近で車体が停止してしまい、リタイアという結果に終わってしまった。リ



図 5 地区大会に参加した学生

タイア時の走行タイムは、走行制限時間の 2 分に設定されるので、一気に順位が下がる。残り数 m のところで、目標としていた全国大会への出場を果たすことができなかった。しかしながら、1 回目の走行が終わった時点で岩手日報社から取材を受け、その内容が翌日の特集記事に掲載された。僅かではあるが、本学の広報にも役立ったと考えている。

3.5 次年度に向けて

今年度の結果を踏まえ、次年度に向けた検討課題を以下のように抽出した。

- ① 分析・設計モデルの見直し
- ② 定量的な走行性能の分析
- ③ 安定した難所走破の実現

全国大会へ出場するためには、走行競技だけでなく、①の分析・設計モデルでも上位に入る必要がある。今年度は初参加ということもあり、審査員側の意図を正確に把握していなかったが、全国大会でのモデリングワークショップに参加したことで、審査員側が分析・設計モデルに求めていること（意図）を理解することができた。この成果を活かし、次年度はモデル審査での上位入賞も目標にしたいと考えている。

今年度は、地区大会当日まで経験的にパラメータを決定していた。そのことが、リタイアの一因と考えられるため、②の定量的な走行性能の分析を実施する計画である。具体的には、電



図6 学科内に新設したテストコース

池の電圧と走行速度との関係性や、走行時の光センサ値の推移等、走行性能に関する基礎データを収集・分析することで、定量的にパラメータ決定する予定である。またシミュレータ等の導入も検討したいと考えている。

今年度の地区大会では、難所を走行しなかった。理由は、学内の擬似コースや公開コースでは、難所を走破する確率が高かったが、大会用コースではその確率が低かったためである。難所の走行は通常のラインレースに比べ、コース素材等コースコンディションの影響を受けやすいことが原因と考えている。そこで、大会用コースに近い素材でコースを作成することを検討した。ETロボコンでは、コースの製作会社を含め大会用コースの提供が禁止されているため、独自にコースを作成することを検討した。幸いにも、大会用コースと同等の布素材でコースを作成できる業者が見つかり、図6のテストコースを学科内に新設することができた。このテストコースで十分な検証を重ね、来年度は③の難所の走破も実現したいと考えている。

4. おわりに

組込みソフトウェア分野の技術教育をテーマ

にしたETロボコンの概要と当研究室の参加結果を、ソフトウェア開発の過程も含めながら紹介した。残念ながら今年度は全国大会に出場できなかったが、来年度は全国大会へ出場できるよう、準備を進める計画である。また、ETロボコンを通して、学生は熱心にソフトウェア開発に取り組むこと、さらにプログラミング等の技術力や論理的な思考能力を養えることも確認できた。そのため、今年度の卒業研修の成果も活用しながら、来年度は学生主体のチームでの出場も考えている。

ETロボコンへの取り組みは、今後も当学科のオフィシャルブログ⁸⁾等で、随時紹介する予定である。是非ともご覧いただきたい。

謝 辞

ETロボコンへの参加やテストコースの新設は、当学科の多大なる支援による。ロボット等の機材購入や出張旅費等は、本学特別研究助成(特定研究)の支援による。

参考文献

- 1) 2008年度版組込みソフトウェア産業実態調査(経済産業省 <http://www.meti.go.jp/>)
- 2) ETロボコン (<http://www.etrobo.jp/>)
- 3) レゴ社マインドストーム (<http://www.legoeducation.jp/mindstorms/>)
- 4) brickOS (<http://brickos.sourceforge.net/>)
- 5) leJOS (<http://lejos.sourceforge.net/>)
- 6) Eclipse (<http://www.eclipse.org/>)
- 7) 山口広行 “プログラミング能力養成に向けた新たな試み” 八戸工業大学紀要; 27: 183-187 (2008).
- 8) システム情報工学科オフィシャルブログ (<http://blog.info.hi-tech.ac.jp/>)