

ET ロボコン 2023 参加報告*

山口 広行†

Participation Report for Embedded Technology Software Design Robot Contest 2023

Hiroyuki YAMAGUCHI

ABSTRACT

We have participated in Embedded Technology Software Design Robot Contest (ET Robocon) from 2008. In this contest, the participants compete in the software development skills by using the same robot and the same course. In this report, an overview and our participation result of ET Robocon 2023 (Primary Class) are reported. Since we have developed the high-quality robot control software, we won the model (software design) category and the overall category in Tohoku Division. Furthermore, we won the second place in the competitive category of the Championship Competition. We also confirmed that our methods of the software development are 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）を利用することが一般的になり、その用途も拡大を続けている。それに伴い、組込みシステム上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。そこで本研究室では、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）¹⁾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 2023 の概要ならびに本研究室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

2.1 ET ロボコンの特徴

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

* 令和5年12月1日 受付

† 工学部工学科システム情報工学コース・准教授

を競うコンテストである。例年、参加チームの約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である。また 2019 年には社会の情報化促進への貢献が認められ、経済産業大臣賞を受賞している。

もう一つの大きな特徴は、全チームが同じロボット（走行体）を用いる点である。ET ロボコンの走行体はレゴ社の製品が用いられるが、組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にし、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。ET ロボコン 2023 で用いられた走行体を、図 1 に示す。走行体は HackEV（図 1 左）と HackSPi（図 1 右）の 2 種類あり、参加チームが選択できる。これは HackEV のベースとなるレゴ社マインドストーム EV3 の生産終了に伴う経過措置であり、2024 大会からは HackSPi のみとなる予定である。

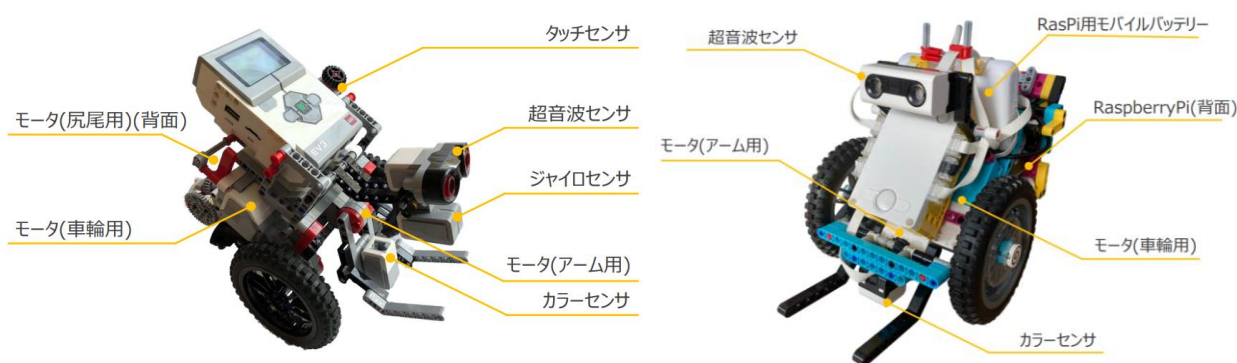


図 1 ET ロボコン 2023 の走行体（左：HackEV、右：HackSPi）

2.2 ET ロボコン 2023 の概要

2023 大会は昨年と同じ 3 クラス制で開催された。システム開発の体験を目的としたエントリークラス、モデリング（分析・設計）をシステム開発に適用することを目的としたプライマリークラス、モデリングを駆使したシステム開発で高度な課題を解決することを目的としたアドバンストクラスの 3 クラスである。2020, 2021 大会は、コロナ禍により全イベントがオンラインで開催され、大会用のコースを事前に利用できる試走会や、大会の競技会も、実行委員が開発したバーチャルコースを利用して実施された。また参加者には、走行体（実機）用に開発したプログラムをバーチャルコースでも利用できるシミュレータ環境が提供されるようになった。2022 大会からはエントリークラスのみオンラインで開催し、プライマリーとアドバンストの両クラスは、実際の走行体とコースを利用する形式で開催されている。

各クラスの成績は、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ポイント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を審査する点も、他のコンテストにはない特徴と言える。なお、競技部門は「競技規約」、モデル部門は「審査規約」として、それぞれ明確にルールが決められており、ホームページでも公開されている。

図2は、ETロボコン2023プライマリークラスのコースである。コースは約12畳分の大きさで、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、スタートからLAPゲート通過までの走行に要した時間（走行タイム）より算出した走行ポイントに、設定された課題をクリアすることで獲得できるボーナスポイントを足し合わせた結果（リザルトポイント）により決定される。クラスによって異なるのは、ボーナスポイントを獲得するための課題の難易度となる。

2018大会までは両コースのリザルトポイントの合計で競技順位を決定していたが、2019大会からはベストポイントで順位を決定する方法にルールが変更された。またベストポイント制の導入に伴い、図2のようにコースが左右対称で設計されるようになった。

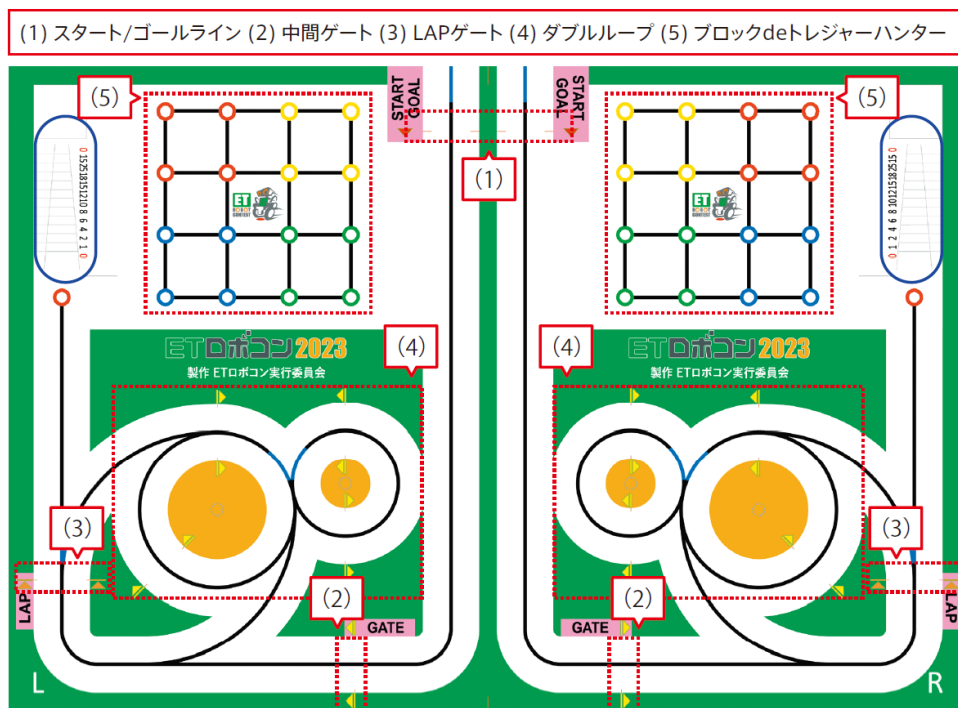


図2 ETロボコン2023のコース（プライマリークラス）

3. ソフトウェアの信頼性向上に向けた試み

本研究室では、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²⁻¹⁰⁾。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（実機）を用いた走行テストが欠かせないが、手動の走行テストでは大会までの限られた期間で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。そこで本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⁴⁻⁶⁾、その方針に従った開発を実施してきた。また方針の有効性も大会の競技結果として示してきた。

表1 本研究室で考案した開発方針

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)
誤差の解消	2016	5), 6)

3.1 シミュレータ環境を用いた開発効率と信頼性の向上

本研究室では学部4年生がコンテストに参加するため、就職活動等で頻繁に集合することが困難な時期がある。シミュレータは時間・場所・機材の制約を受けないため、シミュレータ環境で開発したソフトウェアを実機環境でもそのまま利用できれば、開発効率が向上し、成功率（信頼性）の向上にもつながることが期待される。そこで、同一プログラムをシミュレータと実機の両走行環境に適用する方法を検討した。

シミュレータ環境と実機環境では、走行特性に差があると言われているため、その検証を行った。検証方法を表2に、走行の開始位置（Lコースのダブルループ上）を図3にそれぞれ示す。

表2 走行特性の検証方法

	方法
走行方法	黒線の右側をライトレース（Lコースのダブルループを周回）
走行の終了判定	① 開始位置からの走行距離が270cmに達した場合 ② 開始位置からの進行方向が時計回りに360度変化した場合

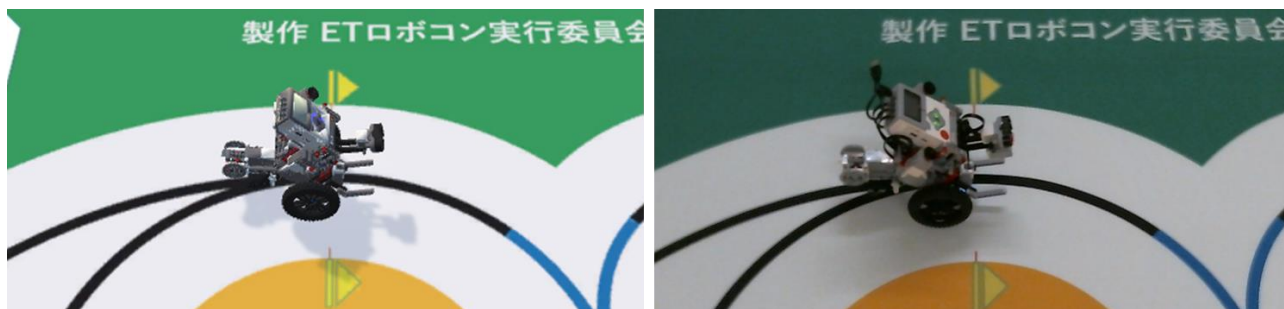


図3 走行特性の検証開始位置（左：シミュレータ環境、右：実機環境）

図4は、表2の終了判定①（走行距離270cm）の場合の実行結果である。この結果より終了判定が同じであっても、シミュレータ環境の方が手前で走行が終了することが分かる。これは、シミュレータ環境は「タイヤがスリップしやすい」ことが原因と考えられる。本研究室では、モータの内部エンコーダ（モータの回転角度）を用いて自己位置（走行距離や進行方向の変化）を推定するため、タイヤがスリップして空回りすると走行距離を正しく推定することができなくなる。それが、シミュレータ環境の方が手前で走行が終了する原因と考えられる。図5は、表2の終了判定②（進行方向が時計回りに360度変化）の場合の実行結果である。図4（走行距離）ほどではないものの、

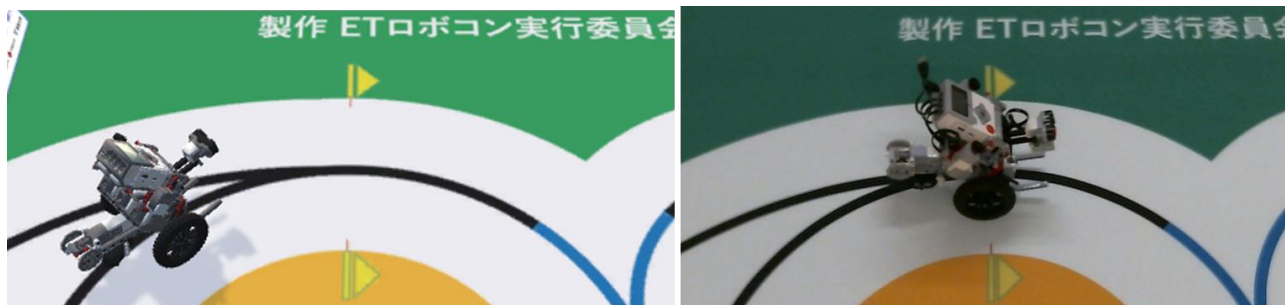


図4 終了判定①による走行特性の検証結果 (左：シミュレータ環境、右：実機環境)

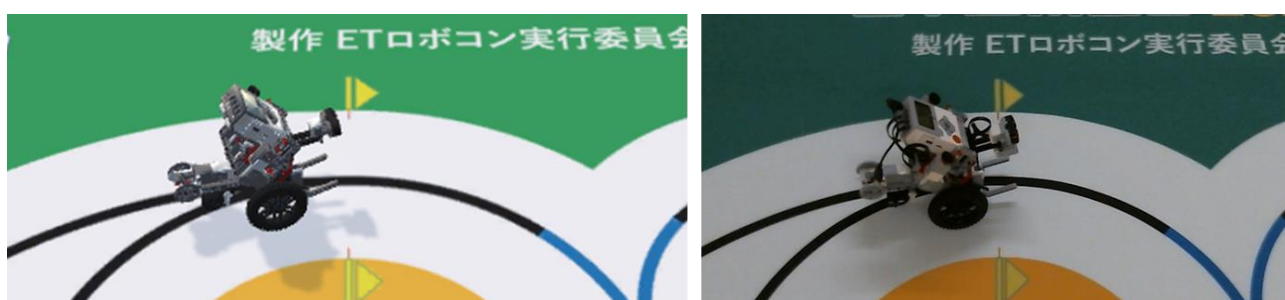


図5 終了判定②による走行特性の検証結果 (左：シミュレータ環境、右：実機環境)

シミュレータ環境の方が手前で走行が終了することが分かる。これも「タイヤのスリップ」が原因と考えられる。これらの結果より、モータの内部エンコーダを用いた自己位置推定は、走行環境(シミュレーションと実機)によって終了位置が異なるため、これだけでは同一プログラムを利用することが困難であることが分かった。

今年のコース(図2)は、黒線上に青線の部分が存在する。また「ブロック de トレジャーハンター」では格子状の黒線が交わる箇所に4色からなる「ブロックサークル」が存在する。そこで、これらの色を検出する(目印にする)ことで、内部エンコーダによる自己位置推定で発生した終了位置の差を解消することができるのではないかと考えた。そこで、図4の終了判定①(走行距離270cm)の後に「色(青)を検出するまで」ライントレースする動作を追加して検証を行った。その結果を、図6に示す。この結果より、終了判定が「色の検出」の場合は、どちらの走行環境でも終了位置が変わらないことが分かった。このことは、図4や図5のように内部エンコーダによる自己位置推定

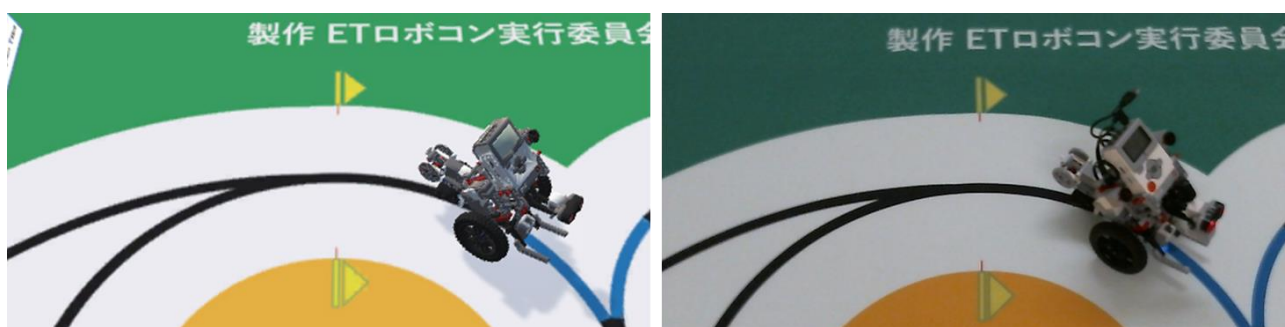


図6 終了判定①に「青線検出」を追加した場合の検証結果 (左：シミュレータ環境、右：実機環境)

で発生した終了位置の差を、「色の検出」により解消できることを示している。

今年、表 1 の方針に加えて、この「色の検出」も活用してプログラムを開発した。その結果、シミュレータ環境で開発したプログラムを、そのまま実機環境にも適用することに成功した。また、時間・場所・機材の制約を受けず、走行テストも容易なシミュレータ環境でプログラムを開発することにより、実機環境での走行テストの回数削減（テストの効率化）も実現することができた。

4. 2023 大会の参加結果

4.1 東北地区大会の参加結果

ET ロボコン 2023 東北地区大会は、10 月 8 日に盛岡市で開催された。当日はプライマリークラスに 18 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。また競技終了後には設計モデルに関するワークショップとモデル相談も行われた。

本研究室のチーム「ヒット＆ラン」の走行競技結果を、表 3 に示す。1 走目の L コースは、走行タイム 13.0 秒で完走し、ボーナスポイントの対象となるダブルループとブロック de トレジャーハンターも全て成功させたが、ゴール成立後に運搬したトレジャーブロックをコース外に落下させたため、ブロック移動が 2 個という判定となり、リザルトポイントは「46.0」となった。2 走目の R コースは、走行タイムを 11.9 秒に短縮しただけでなく、全ボーナスポイントの獲得にも成功した結果、リザルトポイント「48.1」で競技部門第 2 位の成績を収めることができた。また両コース共に高いポイントを獲得したことで、システムの信頼性の高さを評価する「IPA 賞」も受賞した。

表 3 東北地区大会の走行競技結果

コース	走行 タイム	走行 ポイント	ボーナスポイント対象				リザルト ポイント
			ゴール 成立	ダブル ループ	ブロック 移動	ブロック 運搬	
L	13.0 秒	17.0	○	4 本	2 個	○	46.0
R	11.9 秒	18.1	○	4 本	3 個	○	48.1

設計モデルは、第 1 位に該当する「ゴールドモデル」を 2 年連続で受賞した。そしてモデル部門と競技部門を合わせた総合成績では「総合優勝」という成績を収め、2 年連続 6 度目となる全国大会（チャンピオンシップ大会）へ出場することとなった。

4.2 全国大会（チャンピオンシップ大会）の参加結果

ET ロボコン 2023 チャンピオンシップ大会（以下、CS 大会）は、11 月 16 日と 17 日に横浜市で開催された。16 日は各地区より選出された 40 チーム（プライマリークラス 30 チーム、アドバンストクラス 10 チーム）による競技会が、17 日はワークショップがそれぞれ行われた。また 15 日にはテスト走行の機会も設けられた。

プライマリークラスの場合、全国大会では走行競技のみが実施される。今年、地区大会の時点でもプログラムの完成度が高かったが、CS 大会に向けて走行タイムの短縮を中心に改善に取り組んだ。これは、全地区大会終了時の全国ランキング¹¹⁾は 6 位であったが、上位チームとは走行タイム

の差（ランキング1位とは4秒近くの差）があったためである。地区大会ではライトレースのみを用いたが、走行タイムを短縮するためにそれ以外の走行方法を用いたプログラムもCS大会に向けて用意した。

参加学生は、15日のテスト走行から参加した。学内にテスト環境のあるLコースは、走行タイムを短縮するプログラムで予定通り走行することを確認した。一方Rコースは1時間という限られた時間での調整は困難と判断し、地区大会と同様にライトレースのみで走行するプログラムを利用することにした。またCS大会当日の試走時間は15分と短いため、前日のテスト走行で調整・確認したプログラムで各コースを一回ずつ試走させ、最終確認を行った。

CS大会での走行競技結果を、表4に示す。この表から分かる通り、両コース共に全ボーナスポイントの獲得に成功した。またLコースの走行タイムは7.9秒と、地区大会（表3）のベストタイム（11.9秒）よりも4秒短縮した。最終的に2走目（Lコース）の結果が全体で2位となりCS大会の競技部門で「準優勝」という成績を収めることができた。また両コース共に全ボーナスポイントの獲得に成功したことが評価され「情報処理学会若手奨励賞」も受賞した。

表4 全国大会（チャンピオンシップ大会）の走行競技結果

コース	走行 タイム	走行 ポイント	ボーナスポイント対象（※）				リザルト ポイント
			ゴール 成立	ダブル ループ	ブロック 移動	ブロック 運搬	
R	10.7 秒	19.3	○	4 本	3 個	○	54.3
L	7.9 秒	22.1	○	4 本	3 個	○	57.1

（※）CS大会ではブロック移動とブロック運搬のポイントが、地区大会より変更された。

今年の地区大会・CS大会を通して好成績を収めることができたことは、表1の開発方針および「色の検出」を活用（シミュレータ環境を活用）した同一プログラムの適用が、開発効率と信頼性の向上に有効であることを示したものと考える。来年は走行体の変更なども予定されているが、今年の開発で培った成果を活かしていきたいと考えている。

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ロボコンと、本研究室の取り組みを紹介した。これまでに培ったソフトウェアの開発方針に加え、新たに考案したシミュレータ環境の活用方法も用いて走行プログラムを開発した結果、東北地区大会では総合優勝、全国大会の走行競技では全ボーナスタイムも獲得して準優勝という成績を収めることができた。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

ETロボコンへの参加は、本学科・コース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、参加学生（岩淵昭人君、柴田遥成君）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/> <2023年11月30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) 山口広行：ET ロボコン 2019 参加報告，八戸工業大学紀要, Vol. 39, pp.170-175, 2020.
- 8) 山口広行：ET ロボコン 2020 参加報告，八戸工業大学紀要, Vol. 40, pp.207-212, 2021.
- 9) 山口広行：ET ロボコン 2021 参加報告，八戸工業大学紀要, Vol. 41, pp.120-124, 2022.
- 10) 山口広行：ET ロボコン 2022 参加報告，八戸工業大学紀要, Vol. 42, pp.169-177, 2023.
- 11) ET ロボコン全国ランキングホームページ：<https://ranking.etrobo.jp/> <2023年11月30日アクセス>.

要 旨

本研究室では、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。ET ロボコン 2023 東北地区大会のプライマリークラスにおいて、本研究室は、モデル部門 1 位のゴールドモデルと、総合優勝の成績を収め、2 年連続 6 度目となる全国大会（チャンピオンシップ大会）への出場を果たした。競技部門のみ開催される全国大会では、両コースともに全ボーナスタイムの獲得を達成し、走行タイムも地区大会より 4 秒短縮した結果、準優勝の成績に輝いた。大会に向けた努力を積み重ねる中で、学生のソフトウェア開発力と課題解決力の向上が図れたと考えている。また本研究室でこれまでに考案した走行プログラムの開発方針と、新たに考案したシミュレータ環境の活用方法の有効性も、示すことができた。

キーワード：組込み技術，ソフトウェア開発，工学教育