次世代のロボティクス教育：沼津高専のMIRSプログラム紹介 in TECH BEAT Shizuoka 2024

大沼巧，眞野翔，田中康太郎，遠藤泰介，香川真人
青木悠祐，小谷進，牛丸真司，鈴木静男

Next Generation Robotics Education: Introduction of MIRS Program at National Institute of Technology, Numazu College in TECH BEAT Shizuoka 2024

OHNUMA Takumi, MANO Sho, TANAKA Kotaro, ENDO Taisuke, KAGAWA Masato, AOKI Yusuke, KOTANI Susumu, USHIMARU Shinji, SUZUKI Shizuo

Abstract: This report presents the results of Project-Based Learning (PBL) in the Department of Electronic Control System Engineering and its social significance. Students will learn techniques to control robots and other machines using electronic circuits and programs. They will acquire skills in building electronic control systems through designing and building robots in teams. Student PBL results were presented in TECH BEAT Shizuoka 2024, established to promote innovation and regional development by Shizuoka Prefecture. An essential aspect of the exhibition is collaborating with industry and the next generation's interests. As part of the MIRS program, three robots and actual machines based on two themes of graduation research were exhibited, and the survey results confirmed the positive impact. The results showed that this contributed to collaboration with industry and arousing the interest of the next generation.

Key Words: Community issues, Project-based learning, Practical experience, Robotics

1. はじめに

電子制御工学科では、電子回路やプログラムを用いて機械（自動車やロボットなど）を制御する技術を学習する[1]。チームによるロボットの設計・製作を通じて、機械系、電気電子系、情報系の工学基礎を統合した電子制御システムの構築技術を習得することが目的である。本学科では、学生に高度な技術力と実践的な知識を提供することを目指し、特徴的なプログラムとしてMicro Intelligent Robot System（MIRS）教育を実施している[2][3]。このプログラムは1988年から継続され、現在では主に 4 年生の課題解決型学習（Project-Based Learning）として運営してきた。企業における製品開発プロセスを模擬することで、エンジニアとしてのモノづくりの礼儀作法を身につけるとともに、地域社会の課題解決を通じて学生の社会参画を促進する。学生が創意工夫によって製作したロボットを多くの人に実際に使用してもらいフィードバックを得ることで、モノづくりやサービスと人々がつながる新たな価値の創出源となることが期待される。

TECH BEAT Shizuokaは、静岡県のイノベーションと地域創生を目指して設立された[4]。静岡県は、歴史的に先端技術を取り入れて経済と文化を牽引してきた地域であり、多くの大企業の生産・研究拠点が集積する技術県である。TECH BEAT Shizuokaは、この背景を活かし、国内外のスタートアップと地元企業を結びつけることで、オープンイノベーションを推進し、革新技術と地域経済を結びつける架け橋となることを目的としている。加えて、地域創生を実現する思想を持ち、設立から6年目となる今年は、展示・商談会と並行して基調講演やトークイベントが3日間にわたり約30のプログラムとして実施され、日本を代表する経営者、産業界のスペシャリスト、学識経験者、ジャーナリストたちが静岡のビジネス界に向けたメッセージを発信した。

TECH BEAT Shizuoka 2024におけるプロジェクト展示は、学生が実施した課題解決型学習（Project-Based Learning; PBL）の成果であり、二つの重要な側面が期待される。一つは産業界との連携であり、もう一つは次世代の関心を引き出すことである。前者の側面について、TECH BEAT Shizuokaのネットワークを活用することにより、地

*1 電子制御工学科
Department of Electronic Control System Engineering

域の課題に関する情報交換が可能となる。展示会で MIRS プロジェクトを発表し、来場者や企業から直接フィードバックを受けることで、プロジェクトの改善のみならず、自らの成果を社会に発信する機会となる。また、多様なバックグラウンドを持つ産業界の専門家とのネットワークを構築することにより、異なる視点からのアイデアや知識を吸収し、連携の可能性を探ることができる。後者の側面については、電子制御工学科が提供する実践的な教育内容を中学生や保護者に理解してもらうことが期待される。中学生にとって、実際に動くロボットや完成度の高いプロジェクトを見ることは大きな刺激となり、将来の学びや進路選択に対するモチベーションを高める効果が期待される。

2. MIRSプログラムの内容

MIRS プログラムは 30 年以上の歴史を持ち、その進化の過程は次のように分類される[2]。第 1 世代（1988～1997）は対戦型競技で、参加ロボットがお互いの後尾にあるスイッチを相手より早く押すことを競った。第 2 世代（1998～2008）では、競技場内に配置された円筒形のスイッチを押し、その獲得数を競うオリエンテーリング競技が実施され、第 3 世代（2009～2016）では迷路脱出競技を導入した。第 4 世代（2017～2023）では競技的要素をなくし「ロボットが当たり前にいる生活が実現したらどんな未来が待っているのか」というテーマで実施した。各世代において標準機と称されるプラットフォームを刷新し、第 4 世代における標準機には、制御 CPU ボードとして Raspberry Pi 3 Model B およびマイコンボードとして Arduino UNO を採用した。このプラットフォームには、超音波センサ、タッチセンサ、web カメラなどの装置を搭載しており、2 輪独立駆動方式により移動を行うロボットとして構成した[2]。

MIRS プログラムの目的は、「企業におけるモノづくりの疑似体験」を提供することである[2]。開発チームは、プロジェクトマネージャー、チームリーダー、ドキュメントマネージャーが各 1 名、メカ・エレキ・ソフトの各分野の開発担当が 2～3 名ずつで構成されている[3]。前期（4～9 月）の授業では、標準機製作からシステム提案までのプロセスを学び、後期（10～2 月）の授業では、システム提案に基づいた要素開発、システム統合、統合テスト、および開発機器を用いた社会実装実験を行う。現在、授業に関与する教員は 6 名であり、各チームのレビュアーを担当し、主担当、メカニクス担当、エレクトロニクス担当、ソフトウェア担当、物品調達担当に分かれている。各工程に対応する設計ドキュメントを作成し、教員と学生で構成する「設計検討会」を実施することで、品質に対する意識を高めている。開発中に発生した不具合については「不具合報告書」を作成し、他のプロジェクトにも共有する[3]。すべての開発ドキュメントと授業資料は、「MIRS データベース」として Web で公開している[5]。

2024 年度より、MIRS 第 5 世代「ロボットとともに創る社会」を開始した[3]。MIRS 第 4 世代「ロボットのいる生活」を運用してきたことで幾つかの課題が明らかとなった。その一つに屋外走行問題がある。これまで採用されていた標準機はゴム製タイヤを備えた独立二輪駆動型であったが、屋外はもちろん、屋内の小さな段差ですら乗り越え不可能な場合が多々あり、学内移動や屋内走行をテーマとするチームの多くが足回りの改良を迫られた。そこで、実フィールドでの実証実験を促進することを目的に、新たな標準機を開発した[3]。これには、クローラユニットを採用しており、不整地での社会実装実験を可能とする予定である。今回の展示でも、会場参加者にリモコン操作を体験してもらうことで、MIRS プログラムの理解を深めることに努めた。

3. TECH BEAT Shizuoka 2024での展示

2024 年 7 月 25 日(木)～27 日(土)に静岡市にある静岡県コンベンションアーツセンター／グランシップで開催された。テクノロジーの先端を走る国内外スタートアップたちが一同に集結し、静岡の産業界に活性・革新を惹き起こす一大ビジネスマッチングイベントであり、出展企業は 120 社を超えた。会場では、ビジネスマッチング、基調講演＆トークセッション、子ども・学生向けイベントが開催された。今回、沼津高専電子制御工学科が参加したのは、子ども・学生向けイベントであった。次に、主な展示の内容を詳述する。



図 1　MIRS プログラムの展示ロボットとポスター

2023 年度の MIRS プログラムにおいては、3 つのロボットが展示された（図 1）。本プログラムでは、学生たちが社会的課題を認識し、それが学校という小さな社会においてどの

ような問題として顕在化するかを考察した上で、その解決策としてロボットを提案した。この一連の過程をポスターで説明するとともに、実機の展示を行った。1つ目のロボットは、「ROCASL」と名付けられた教室内の清掃を自動で行うロボットである。ROCASLは、親機と子機の2つのユニットで構成されており、親機はサイクロン機構を搭載し、空気清浄や時間設定、吸引機能を持つ。子機はLiDARによる自律走行と床清掃機能を備えている。このロボットは、LINEを通じて掃除時間を設定し、自動で掃除を開始することが可能であり、きれいな教室環境の維持に寄与する。2つ目のロボット「TENQ」は、学校内での配達ニーズに焦点を当てて開発された。TENQは、学生や教職員が教材や小物などを簡単に運べるよう設計されており、Webアプリを通じて操作が可能である。自動運用により、手配から配達までを一貫して行うことができる。さらに、モジュール化された収納部を持ち、様々なアイテムの運搬を行うことができる。3つ目のロボットは、「PETBOT」と名付けられたリサイクルを促進するロボットである。PETBOTは、ペットボトルの回収とリサイクルを目的としており、自動でペットボトルを収集し、適切に分別する機能を備えている。このロボットの導入により、リサイクル意識の向上と効率的な資源回収が期待される。これらのロボットは、学生たちの創造性と技術力を結集して開発されたものであり、学校内における具体的な問題解決の一助となることを目指したものである。



図2　クローラーのリモコン操作

クローラーロボット開発プラットフォームであるCuboRexのCuGoシリーズをリモコン操作した[6]（図2）。現在、MIRSプロジェクトでは、実フィールドでの実証実験を促進することを目的に、新たな標準機としてこのクローラロボット開発プラットフォームを採用している[3]。これにより、田畑や建築現場などの未整備な土地での作業が可能となると考えられる。今回は、不整地を進むことができることを体感してもらうため、自律走行ではなくラジコン操作とした。しかし、ラジコン操作から自律走行へのシームレスな移行が可能であり、Raspberry PiやArduinoを用いた柔軟なカスタマイズも可能で、制御ユニットを用いて自動化を実現できる。実用性と教育的効果を兼ね備えているためMIRSプロジェクトに採用された。

スポーツ施設向けメンテナンスロボット（クローラー走行とLiDARによるマップ作成）は、2019年度のMIRSからスピンオフしたプロジェクトで、スポーツ施設や体育館での清掃、管理をサポートするロボットである（図3）。このロボットは、電子制御工学科の卒業研究として進められ、Light Detection and Ranging（LiDAR）技術を用いた自律走行による清掃システムの開発を目的としている。画像認識技術を駆使して床面の状態を定量的に検知することで、正確に危険箇所を特定することを目指す。スポーツ施設などの広範囲の清掃業務は、人的負担が大きいため、ロボットによる代替が求められている。スポーツ施設の床面から剥離した床板による負傷事故は、国内でも報告されており、主にバレーボール競技中に滑った際に5cmから30cmの木片が刺さり負傷するケースが多く、海外では死亡事故に至る事例も確認されている。そのため、カメラ画像から床面の凹凸を検知し、ささくれとなる危険箇所を特定することで、管理者に警告を発し、事故を未然に防ぐことを目指している。



図3　スポーツ施設向けメンテナンスロボット

Vision & FooTwork（カラーLEDへの反応時間測定）は、別名VISIT TRAINERとも命名されていて、スポーツ選手のフットワークと周辺視野の強化を目的としたトレーニング機器の開発・実証に関する装置である（図4）。この装置は、電子制御工学科の卒業研究として進められており、フットワーク強化と同時に実戦を想定した周辺視野のトレーニングも可能とする。特徴は、指示を出すLEDサインを分離設置し、選手が動きながら常に相手の位置を把握することを促進し、

四方に設置されたスイッチからセンターへの戻り時間を計測し、重心のコントロール、足の運び、体幹の強化を目指すことである。さらに、総合評価点と詳細データを蓄積し、選手のコンディションの自己管理を支援することを目的としている。本装置は、学外のイベントや取り組みにおいて実証試験が行われており、データが蓄積されつつある。今回のイベントで会場に訪れた小学生連れの家族に大変な人気を博した。また、大人も単純な動きとゲーム性に魅了され夢中になった。



図 4　Vision & FooTwork

4. 参加者アンケート

MIRS プログラムに関する展示が来場者に与えた影響を評価するためのアンケートを実施した。アンケートは Microsoft Forms を用いてデジタル形式で作成され、参加者はスマートフォンを使用して回答した。展示物の理解度、教育プログラムの認識、企業との連携、地域社会への貢献など、複数の観点からの質問が設けられた。質問形式は主に 5 択形式とした。アンケートの配布は、QR コードを A4 紙に印刷し、展示者が来場者に対しアンケートへの回答を依頼した。アンケート開始時に来場者の属性情報として居住地と年齢層を尋ね、「小学生」と回答した参加者には、興味を持った展示物を選ぶ質問に分岐し、その後アンケートを終了するように設計した。小学生に達していないと思われる来場者にはアンケートが提示されなかった。

全回答者数は 23 名であった。居住地は、静岡県東部：6、静岡県中部：9、静岡県西部：5、静岡県外 3 であった。年齢層は、小学生：3、中学生：2、保護者 6、16 歳以上：12 であった。小学生については、居住地と「今回の展示で一番興味深かったのは何ですか。」の 2 つを質問した。それ以外の回答者については、表 1 の 1～5 の質問に回答してもらった。アンケート調査の結果を表 1 に示す。

表 1　展示に関するアンケートの質問項目と回答数（割合）

質問（回答数：20）	とても高まった	ある程度高まった	普通	あまり高まらなかった	全く高まらなかった
1. このロボット教育の展示があなたのロボット工学や電子制御に対する関心を高めましたか。	12 (60%)	7 (35%)	1 (5%)	0 (0%)	0 (0%)
質問（回答数：20）	とても理解できた	ある程度理解できた	普通	あまり理解できなかった	全く理解できなかった
2. このロボット教育が学生にエンジニアとしての実践的な経験を提供する方法を理解できましたか。	10 (50%)	10 (50%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
3. 地域社会の課題解決を目指すこのロボット教育が、学生の学びにどのように役立っているか理解できましたか。	16 (80%)	3 (15%)	1 (5%)	0 (0%)	0 (0%)
4. 企業の視点やニーズが、このロボット教育にどのように反映されているか理解できましたか。	13 (65%)	6 (30%)	1(5%)	0 (0%)	0 (0%)
質問（回答数：23）	ロボット展示	クローラーのリモコン操作	クローラー走行と LiDAR によるマップ作成	カラーLED への反応時間測定	その他
5. 今回の展示で一番興味深かったのは何ですか。	7 (30.4%)	2 (8.7%)	6 (26.1%)	6 (26.1%)	2 (8.7%)

表 1 のアンケート結果を要約する。まず、「このロボット教育の展示があなたのロボット工学や電子制御に対する関心を高めましたか。」という質問に対して、95%の参加者が「とても高まった」または「ある程度高まった」と回答していることから、この展示がロボット工学や電子制御に対する関心を大いに引き上げたことがわかる。この結果は、展示が魅力的であり、技術への興味を喚起する力を持っていることを示している。次に、「このロボット教育が学生にエンジニアとしての実践的な経験を提供する方法を理解できましたか。」という質問に対して、全ての参加者が「とても理解できた」または

「ある程度理解できた」と回答しており、この教育プログラムが実務に直結するスキルを提供していることが明らかとなった。また、「地域社会の課題解決を目指すこのロボット教育が、学生の学びにどのように役立っているか理解できましたか。」という質問では、95%の参加者が「とても理解できた」または「ある程度理解できた」と回答しており、この教育プログラムが地域社会における実際の課題に対する効果的な学びを提供していることが認識されている。「企業の視点やニーズが、このロボット教育にどのように反映されているか理解できましたか。」という質問では、95%の参加者が「とても理解できた」または「ある程度理解できた」と回答しており、企業の視点やニーズが教育に反映されていることを理解している。この結果は、企業連携の重要性とその実際の反映が高く評価されていることを示している。最後に、「今回の展示で一番興味深かったのは何ですか。」という質問では、「ロボット展示」が一番多かった。このことは、電子制御工学科の教育プログラムの関心の高さを示していると考えられる。以上のアンケート結果から、今回の展示が参加者に与えた影響と理解の深さが明確に示された。

5. 今後の展望

TECH BEAT Shizuoka 2024 における電子制御工学科のプロジェクト展示は、学生が実施した課題解決型学習（PBL）の成果であり、産業界との連携と次世代の関心を引き出すことに寄与したと考えられる。展示は二つの重要な側面を有していた。第一に、当初は想定していなかった分野の方々から提案を頂いたことである。スポーツでのトレーニングを想定していたVISIT TRAINERに関して、高齢者施設の関係者からは高齢者の運動に関する助言を、福祉施設の養護施設関係者からは福祉分野での応用についての意見をいただいた。このような他分野からのフィードバックは、新たな視点と意外な側面を私たちに気づかせるものであった。第二に、中学生にとって実際に動くロボットを見ることは、大きな刺激となり、将来の学びや進路選択に対するモチベーションを高める効果が期待される。今回の来場者は多くが小学生であったが、彼らが成長し、ロボット工学に興味を持つようになることを期待する。

6. 謝辞

本活動を進めるにあたり、静岡銀行地方創生部地方創生グループの八木大地氏には、TECH BEAT Shizuoka 2024での展示に際しての多大なご支援をいただきました。専攻科の渡邊敬矢氏、電子制御工学科の林煌之助氏には、準備を手伝っていただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

[1] 沼津工業高等専門学校：電子制御工学科，<https://www.numazu-ct.ac.jp/department/d/>，(アクセス日: 2024-07-21).

[2] 青木悠祐，大沼巧，小谷進，牛丸真司，香川真人：ロボットのいる生活をテーマとする社会実装ロボット教育の実践，日本ロボット学会誌, 39, (2021), 870-873.

[3] 青木悠祐：社会実装ロボット教育とシステム開発プロセス教育，日本ロボット学会誌, 42, (2024), 207-210.

[4] TECH BEAT Shizuoka：TECH BEAT Shizuoka，<https://techbeat.jp/>，(アクセス日: 2024-07-21).

[5] 沼津工業高等専門学校 電子制御工学科：MIRS データベース，<https://www2.denshi.numazu-ct.ac.jp/mirsdoc2/>，(アクセス日: 2024-07-21).

[6] CuboRex：製品・サービス，<https://cuborex.com/product/>，(アクセス日: 2024-07-21).