

令和元年6月27日現在

機関番号：52601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00984

研究課題名(和文) 社会実装指向型ロボット教育手法の深化および機械工学分野における実践的高度化の試み

研究課題名(英文) Deepening of Social Implementation Approach Based on Robot Education and Advancing of Pragmatic Method in Mechanical Engineering Field

研究代表者

多羅尾 進 (TARAO, Susumu)

東京工業高等専門学校・機械工学科・教授

研究者番号：80300515

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：社会実装教育の中で、学生は実社会の問題に直接向き合い、他者との対話を通じて工学的な解決策を創出することに取り組む。これに沿ったロボット試作において、避けて通れない機械工学分野特有のハードルについて、そのブレイクスルーを図った。具体的には、自律走行ロボットを対象とし、社会実装を指向した枠組みの中で効果的に試作が進められるようプラットフォームを用意し、複数の高専チームによる開発に取り組んだ。加えて社会実装活動の客観的・主観的分析評価を行う手法を示し評価を行った。社会との協働の度合いは「アジャイル指数」を定義し、これと専門家・有識者による評価との関係性について分析し、その有効性について確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自律移動ロボット開発用教材には、インホイールモータを採用したことで、パワーを備えながら駆動ユニットを省スペース化でき、機体内部に開放されたスペースが生まれた本機体は、その活用の柔軟性を有したプラットフォームとなった。

社会実装活動を客観的に評価するため、学生と社会との協働・共創の度合いを表すアジャイル指数を定義し、これに照らして分析した。また、社会実装活動を主観的に評価するため、社会実装コンテスト受賞の有無を指標とした審査員評価値を定義し、これに照らして分析した。これら二者間には一定の関連性が見られ、アジャイル指数が社会実装教育における形成的評価として有効であることが確認された。

研究成果の概要(英文)：The social implementation education framework is intended to provide the participating students with opportunities of facing up to real social issues and creating value in cooperation with diverse users in society through dialogue and engineering solutions.

In this study, we introduce a mobile robot development whose platform is designed and prototyped through multi-laboratory collaboration in order to lower technical hurdles faced through robotics social implementation approach especially in mechanical engineering field. The realized robot platform consists of two low-end in-wheel motors for the sake of simplicity of the design and assembly of the drive unit.

In addition, in order to overview the process of social implementation, we defined an evaluation index "Agile Index" which indicates the degree of cooperation between a students and users. The relationship between expert evaluation and agile index score analysis confirmed that the applicability of the agile index is validated.

研究分野：ロボット工学

キーワード：社会実装教育 プロトタイピング 自律走行ロボット

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

産業構造の変化(キャッチアップからフロントランナーへ)に伴い、これまで成果を上げてきた高専教育にも変化が求められている。従来からの量産品やコンセプトの確立した商品の生産だけではなく、ユーザ・社会と連携して新たなサービスやソリューションを提供できる技術者の育成は急務である。これを踏まえ、東京工業高等専門学校(東京高専)を中心とした10高専が連携して、サービスロボットなど機器を介して社会のサービス向上に取り組む教育プログラムを提案し、この仕組みの構築を目指した「社会実装プロジェクト」を遂行しており、研究開始当初、文部科学省の平成24年度「大学間連携共同教育推進事業」のひとつに採択されたKOSEN発「イノベティブ・ジャパンプロジェクト」の一環として実施されていた。これに参加する工学系の学生には、サービスのニーズなど分析した上で何を創り出すべきか自ら考え、ハードウェア・ソフトウェアとこれを用いたサービスとを一体として考案した上で実際にその開発に取り組み、これを具現化していくことが求められる。加えて、一通り完成した段階でユーザに試用してもらい実証評価を行うこと、さらにこれと並行して、継続的な改善及びデータの蓄積と解析を行うことが期待される。参加学生による各取り組みは、最終的に、開発された機器のデモを含むプレゼンテーションを通じて、考案したサービスの内容や得られた成果を報告し、これに基づいて評価を受ける。以上のようなステップを経るものづくり経験教育(「社会実装教育」)を推進していく鍵は、各過程での効果的なフィードバックを受けたプロトタイピングが十分に行われることである。このプロトタイピングの過程においては、教育効果を維持しながら時間的・技術的制約を緩和する仕組みが必要となる。これにより、各専門分野のディシプリンは維持しつつも、学生がサービスを考案、提案する際のプロトタイプ製作に柔軟なモジュール的手法を導入し、より重要となるコンセプトの構築や社会からのフィードバックの獲得に時間をかけることが可能になると期待できる。ロボットのプロトタイピングの観点では、例えば、3Dプリンタ等による最新の造形技術を活かし、データベースからコンピュータ上での単純化されたモデリングを介してロボットの機体のモジュール化された部品を生成して効率的・容易に試作を実現する手法など注目できるが、機械工学の視点に立てば、比較的大きく頑丈な機体によって重量物を動かすことが要求される課題に直面することは多くあり、上記プロトタイピングとは異ったアプローチが必要となる。

2. 研究の目的

本研究では、社会実装を指向したロボット教育(社会実装指向型ロボット教育)の中で、避けて通れない上述した機械工学分野特有のプロトタイピングのハードルについて、そのブレイクスルーを図る。具体的には、その題材として、今後の急速な普及が期待されるEV自律走行ロボットを対象とし、社会実装教育の枠組みの中で、複数の高専チームによる開発に取り組む。併せて、プロトタイピングから社会実装教育一連のプロセス経験教育を通じた学生プロジェクトの在り方及びその進め方、この評価手法について分析・検証する。具体的には、以下内容の研究を実施する。

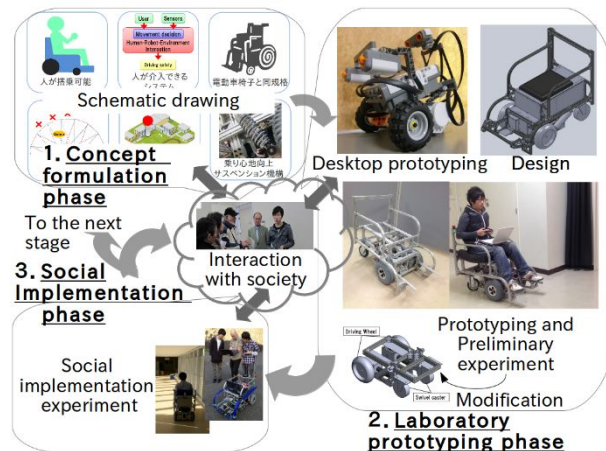


図1. 社会実装教育の主となる三つのフェーズ

(1) 社会実装指向型ロボット教育手法の研究とそれを定着させる教材の開発
効率良く短期間に各々のプロセスの目的に適ったプロトタイプが実現されることが望ましいが、先に述べたように、プロトタイピングの障壁を乗り越える工夫が必要となる。その教育手法を研究し、参加学生の取り組みを含めて検証を行うことに加え、教材を開発する。

(2) プロトタイピング協働ネットワークの構築と実践
プロトタイピングを容易にする協働ネットワークを構築し、それによる教育環境の整備を実現する。社会実装教育の鍵となる次の三つの段階(図1参照)において、これまでの社会実装教育で培ってきた複数高専によるプロジェクトをネットワークで結び、お互いにその得意とするプロトタイピング要素を提供し合うことで、密に協働できるよう、その仕掛け作りを行う。

(3) 社会実装指向型ロボット教育のプロトタイピング一般化
プロトタイピング用教育ツールと、協働ネットワークが整備され、プロトタイピング教育実績を積み広く活用できるよう一般化を行う。

3. 研究の方法

社会実装指向型ロボット教育において、重量物を取り扱う機械工学分野の障壁をブレイクスルーすることに挑戦し、同教育手法の試行とその教材としての定着を図る。これまでの手法を検証した上で、より効果を高めるコンセプトを策定・精緻化する。これを踏まえ、複数の教員・研究

室が、自らのディシプリンを活かしてプロトタイプ要素の製作を実施するネットワークを構築することで、プロトタイピング教育環境を整える。東京高専に加え、一関高専および和歌山高専の教員、およびネットワークに参加する学生を含めたコラボレーションにより推進する。

4. 研究成果

(1) 効果的にプロトタイピングするための仕組み

自律移動ロボットプラットフォーム自体の構築に加え、プロトタイピングの容易化を狙った協働ネットワークを構築し、それをういた教育環境の整備を実現した。社会実装教育の鍵となる三段階の概念形成段階・研究室試作段階・社会実装段階において、これまでの社会実装教育で培ってきた複数高専チームによるプロジェクトを協働ネットワークで接続した。各チームが、お互いに得意とするプロトタイピング要素技術を提供し合うことで、密に協働できるよう心掛けた。図2は、各高専で開発されてきた自律移動ロボットの一例である。この開発で蓄積されてきたハードウェア・ソフトウェアのノウハウを共有し、各高専の得意分野に持ち込んだ。協働ネットワークは、ソフトウェア開発分野等で広く使われるチャットツールを用いた。チャットツールを介した議論に加え、図面・動画等共有に役立っている。

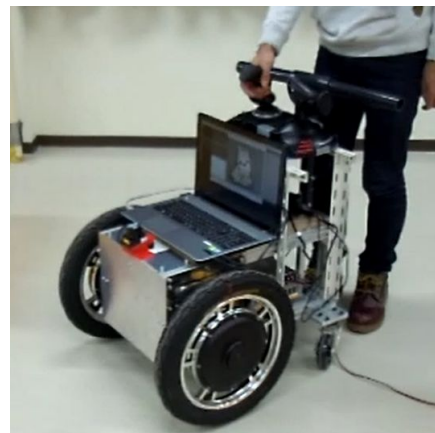


図2. 自律移動ロボットプラットフォーム
応用例

(2) 社会実装教育における客観的・主観的評価手法

チーム個々の社会実装活動の進捗を客観的かつ主観的に分析し、全体の活動状況を把握する試みについて述べる。

アジャイル指数による客観的評価

社会実装教育では、答えのはっきりしない多様な課題に対し、社会と協働して、その解決に取り組むことが指向される。その中で実施されるべき有効なプロトタイピングは、ソフトウェア開発分野で近年支持されているアジャイル開発の手法に通じるものがある。これを踏まえ、アジャイル開発に沿う度合いを表すアジャイル指数(Agile Index) を以下に示す通り定義し、年度毎の社会実装コンテスト予稿集を調査サンプルとして、各チームのアジャイル指数(以降AI値と標記)を求めた。

アジャイル指数の定義

- ・開発機をユーザに使用してもらい、評価を受け、これを反映した改良を行っている。3
- ・ユーザに使用してもらい、評価を受けている。フィードバックと改良には至っていない。2
- ・ユーザ、専門家等とコンタクトを取り、意見を聴取している。使用してもらっていない。1
- ・ユーザ・専門家等とコンタクトを取っていない。0

審査員(専門家・有識者)による主観的評価

社会実装コンテストでは、成果物であるモノやシステムの完成度の高さを単純に競うのではなく、学生自らが社会とどのように向き合い、どのような課題を発掘し、その解決にどのように効果的に取り組んだのか一連のプロセス全体が評価される。プロセス全体を鳥瞰し、活動全体からの発見体験や学ぶ姿勢を重視した教育的観点で評価が行われる。審査員による評価の観点は、発想力、専門能力、行動力、表現力となっている。いずれの項目も、社会実装活動全体を鳥瞰することで、学生の汎用能力の成長度合いに応じた評価が行われることになる。社会実装コンテストにおいて、優れたチームは表彰を受ける。各賞は、プロセス毎の優秀賞(構想賞、要素技術ハードウェア賞・要素技術ソフトウェア賞、社会実験賞等)と、総合的な最高位の優秀賞(社会実装大賞)に分類される。審査員による学生の汎用能力毎の主観的評価を5点満点で点数化することによって数値化し、これを総合して順位をつけ、受賞チームを選出している。汎用能力毎の評価基準は、ルーブリック評価指標に準じて定められており、審査員毎の評価のぶれが起きにくいように工夫している。また、審査員は、高専関係者だけではなく、企業の最前線で活躍する技術者や経営者、大学教員等の幅広い分野の専門家・有識者で構成されている。さらに同審査においては、複数の審査員の評価点を総合した評価が行われるため、そのスコアは一定の信頼性が担保されていると考えられる。前述の要領によって表彰されるチームは、審査員の総合的な評価点、すなわち専門家の視点から、学生の汎用能力を評価した総合点がハイスコアであったチームであり、受賞の有無が、社会実装活動を評価する一つの指標となる。分析を単純化するため、ここで審査員評価値:Pr値を定義する。これは、最も権威ある社会実装大賞およびコンテスト参加者の投票方式によって最も支持を受けたピアレビュー賞の受賞をいずれも“3点”、最終プレゼンに選抜された「社会実験大賞」受賞チーム以外に与えられる「各社会実装賞」、および企業・団体の審査員からの評価が高かったチームが選ばれる「企業賞」(他賞と重複受賞可)の受賞をいずれも“2点”、その他の受賞(他賞と重複受賞可)を“1点”とそれぞれ点数付けした。

アジャイル指数および審査員評価点の組み合わせによる社会実装活動評価の妥当性に関する考察

ここまで述べてきたアジャイル指数 AI 値および審査員評価点を組み合わせることで社会実装活動の評価を行う客観的・主観的評価について、その妥当性を考察した。

Pr 値と AI 値の対応関係について、2012～2017（6 年間）年度分を図 3 に示した。若干のばらつきが認められるものの、AI 値が高いチームは、Pr 値も高くなる傾向が確認できる。なお、図 3 は、AI 値に対する Pr 値の平均の関係をプロットしたものである。以上を踏まえれば、客観的評価に対応した AI 値と主観的評価に対応した Pr 値によって、プロセス全体を見渡した社会実装活動の度合いを表す指標として、一定の信頼性が担保できると考えられる。これを踏まえれば、社会実装活動の形成的評価として、学生チームが自ら AI 値を活用することにより、社会実装の途中段階において、自らの社会実装活動を主体的に改善させ、結果としてより高い到達目標を達成することが可能になると期待できる。

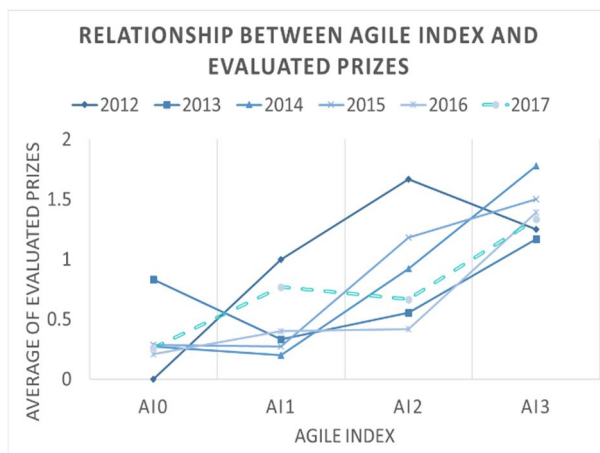


図 3. 審査員評価平均値とアジャイル指数との関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

S. Tarao, T. Ohtsuka, H. Tsutsumi, T. Ichinohe, Y. Fujiwara and N. Tsuda, DEVELOPMENT OF EFFECTIVE FRAMEWORK FOR SOCIAL IMPLEMENTATION PBL EDUCATION FOCUSING ON PRACTICAL AND AGILE PROTOTYPING PROCESS, Proc. 12th Int. Symp. on Advances in Technology Education (ISATE 2018), 査読有, 2018, Paper ID 231

多羅尾進, 林 丈晴, 大塚 友彦, 社会実装教育における枠組みの構築と実装活動の客観的・主観的評価手法の開発, 査読有, 65 巻, 2017, pp. 29-34, https://doi.org/10.4307/jsee.65.4_29

〔学会発表〕(計 5 件)

永廣拓也, Chin Wen Ching, 津田尚明, 多羅尾進, 藤原康宣, 歩行者誘導のための移動ロボットの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 (ROBOMECH2019), 2019, 2P2-C04

多羅尾進, 藤原康宣, 津田尚明, 複数研究室によるミドルサイズ自律移動ロボットプラットフォームの試作と走行実験, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 (ROBOMECH2019), 2019, 2P2-C02

藤原康宣, 佐藤克樹, 鈴木明宏, 津田尚明, 多羅尾進, 社会実装指向型研究のための移動ロボットプラットフォームの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 (ROBOMECH2019), 2019, 2P2-C01

多羅尾進, 柳沢拓哉, 上保拓也, 大井陸, 伊奈可南子, 上田玲奈, 大村秀, 竹本悠人, 小知井秀馬, 青木宏之, インホイールモータ駆動方式自律移動ロボット高尾 6 号の走行制御, 第 19 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2018), 2018, pp. 1245-1246

多羅尾進, 藤原康宣, 津田尚明, プロトタイプ協働ネットワークによるミドルサイズ自律移動ロボット教材の開発, 日本ロボット学会第 36 回学術講演会, 2018, 3H1-04

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：藤原 康宣

ローマ字氏名：FUJIWARA, Yasunori

所属研究機関名：一関工業高等専門学校

部局名：未来創造工学科

職名：准教授

研究者番号(8桁)：40290689

研究分担者氏名：津田 尚明

ローマ字氏名：TSUDA, Naoaki

所属研究機関名：和歌山工業高等専門学校

部局名：知能機械工学科

職名：准教授

研究者番号(8桁)：40409793

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。