様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　７ 年　 ９ 月 １９ 日現在

機関番号：５２６０１
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2021～2024
課題番号：２１Ｈ００９２８・２３Ｋ２０７５２

研究課題名（和文）スマート工場化の革新加速を担う高度ロボット統合化実装力を備えた総合的技術者養成法

研究課題名（英文）Method for training well-rounded engineers equipped with advanced capabilities for integrated robot implementation to accelerate innovation in smart factory transformation

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）　　12,400,000円

研究成果の概要（和文）：総合的な視野で多くの期待に応えられるロボット利活用技術者を育成するために独自のモビリティプラットフォームにロボットアームを搭載した“アーム＋モビリティ統合化教材”を開発し，これを活用しながら，ロボット利活用技術を身に付ける教育手法を提案し，教材開発および教育実践に取り組んだ．モバイルマニピュレーションを指向したロボットシステムの試作用に，複合・融合的な技術を積み重ねていく方向性において，適度な自由度を備えたモビリティプラットフォーム上に，1)産業用協働型双腕ロボットアームあるいは，2)汎用的低自由度ロボットアームを搭載して，「モバイルマニピュレーション」用ロボット教材を具現化した．

研究成果の学術的意義や社会的意義
モバイルマニピュレーション用のシステム二種を発展させた．比較的大規模な産業用協働型双腕ロボットおよびリフト機構を含む全方位移動ロボットを組み合わせたものについては，家庭内等で想定される作業をターゲットとし，一方，比較的小規模の低自由度ロボットアームおよび差動二輪型移動ロボットを組み合わせたものについては，屋外自律走行を含む作業をターゲットとした．全体を通じて，研究分担者らがこれまで築いてきた個々の教育研究フィールドを活かして取り組むことにより，総合的技術者養成パッケージの教材の実績を複数例積むことができた．

研究成果の概要（英文）：To cultivate robotics utilization engineers capable of meeting diverse expectations with a comprehensive perspective, we developed an "Arm and Mobility Integrated Educational Platform". Utilizing this system, we proposed an educational method to acquire practical robotics utilization skills, and engaged in both the development of the teaching material and its implementation in educational settings. Aiming toward mobile manipulation, we embodied robot educational platforms for prototyping such systems by incrementally integrating combined and interdisciplinary technologies. Specifically, we materialized mobile manipulation educational robots by equipping the mobility platform which offers a moderate degree of freedom with either (1) an industrial collaborative dual-arm robot or (2) a general-purpose, low-degree-of-freedom robot arm.

研究分野：ロボット工学

キーワード：ロボットSIer教育　モバイルマニピュレーション　協働型双腕ロボット

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１（共通）

１．研究開始当初の背景

経済産業省「ロボットによる社会変革推進会議」が令和元年 7 月の提言で様々な課題先進国である我が国においてロボットの社会実装の推進が最重要課題と指摘し，具体的施策の一つとして，産・学の連携によるロボット利活用に関する専門的人財(システムインテグレータ，SIer)の育成を提唱した．スマート工場化をはじめとするロボット利活用市場は，大きな可能性を秘めているものの産業形態としては途上段階であり，力強い産業として育成させていくために，ロボットの機能定義から研究開発・試作・統合・実装・利活用能力，さらに，生産エコシステム構築・標準化・法整備などの視点も備えた，まさに社会実装を担える総合力を備えたプロデューサー型人材が切望されるようになっている．しかしながら，少子高齢化が進む現状において，上述したロボット技術の社会実装を推進できる人材不足が深刻な懸念材料となっている．

これを解決すべく，本研究は，「スマート工場化の革新加速を担う高度ロボット統合化実装力を備えた総合的技術者養成法」という題目を掲げ同技術者養成パッケージの開発に注力した．

２．研究の目的

ロボット工学分野の社会実装テーマは本来，複合・融合的な技術を積み重ねていくプロセスが必要となるが，進めるに当たって障壁とも成り得るこの過程について，ロボット開発用のプラットフォームに相当する統合化教材を用意し，これによってロボットの利活用が柱となるプロジェクトを適切に推進できるよう工夫を試みる．具体的な題材として，今後の急速な普及が期待される移動ロボットによるマニピュレーションを対象とし，社会実装教育など PBL の枠組みの中で，これに関わる複数の高専チームによる開発に取り組む．教材およびこれを利活用して実践されたプロジェクトのパフォーマンス，そのプロセスなどを通じて本手法の有効性を検証する．

本研究で提案する教育手法は，総合的な視野で多くの期待に応えられるロボット利活用技術者を育成するために独自のロボット(モビリティ)プラットフォームにロボットアームを搭載した“アーム＋モビリティ統合化教材”を開発し，これを活用しながら，ロボット利活用技術を身に付けるものである．ロボット工学を起点として，技術的ハードルの高い課題についても効果的な統合開発用プラットフォーム・ミドルウェアなどを駆使して，その障壁をスマートに乗り越えるべく，複数高専の連携の下，技術開発加速型の新たな社会実装ロボット教育の可能性を探る．

３．研究の方法

社会実装を指向したロボットに関わる教育研究において，これを推進していく鍵は，要所となる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，専門分野のディシプリンは維持しつつも，学生が実装すべき一連を考案，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考案や社会(現場) 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．本研究では先述した通り，独自のモビリティプラットフォームにロボットアームを搭載した“アーム＋モビリティ統合化試作用システム”を開発し，これを活用しながら，社会実装プロセスの段階を進めることによって，ロボット利活用技術を蓄積していくことを狙い，これを具現化していくことに取り組んだ．特にモビリティについては，社会実装の枠組みにおいて，複数の高専チームがそれぞれの課題を設定し，それらの課題解決に向けた開発にも展開した．

モバイルマニピュレーションを指向したロボットシステムの試作用に，複合・融合的な技術を積み重ねていく方向性において，適度な自由度を備えたモビリティプラットフォーム上に，1)産業用協働型双腕ロボットアームあるいは，2)汎用的低自由度ロボットアームを搭載して，「モバイルマニピュレーション」用ロボットを主に二種実装できるよう用意して（図１参照），社会(現場)実装課題に取り組んだ．この二種のロボットについて，一つには近年，各ロボットメーカーが開発に注力し始めている協働型の双腕ロボットを採用した．同ロボットは，比較的高価な設備となるが，安全柵を設けずに使用でき，設置の柔軟性が高いこと，多自由度を有してロボット工学に基づく多種技術の試行に適していること，対象となる作業が広範囲であることなどの利点がある．図１左側 は，二種のロボットの内，前者の構想段階に作成したものであり，協働型双腕ロボット・リフト機構・全方位移動機構からなるシステムである．ロボットに内蔵された各種

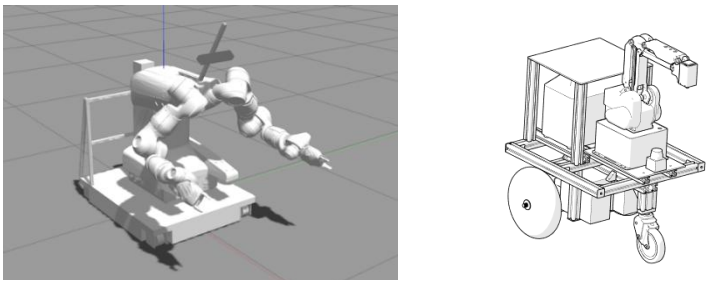

図 1　“アーム＋モビリティ統合化試作用システム”二種の当初コンセプト

図 2　産業用協働型双腕ロボット搭載のモバイルマニピュレータと双腕動作

内界センサに加え，外界センサとしてビジョンの使用を想定した．

一方もう一つのロボットとして，広く活用できるよう，比較的低価格な低自由度ロボットアームが採用されたシステム（図 1 右側）も用意した．これは，実現可能性も鑑み，敢えて「アームは低自由度のもの」に機能を絞り込んでいるが，それによって不足する自由度は，移動機構で補うといったスタンスで社会実装指向の開発に用いる．なるべく安価にするというメリットが生まれるが，安かろう悪かろうでなく，一定の品質が保証できるプロトタイピングを狙った．

取り扱うモバイルマニピュレーションに関わるソフトウェア開発は，確率ロボティクス・AI など駆使して構築する必要があり大規模なものとなるが，協力する各研究室の知見・ノウハウ・アイデアなどを結集していく方式で取り組むことに加え，オープンソースで公開されトレンドとなっているロボット開発用ミドルウェア ROS を効果的に利用して試作を効率良く進めた．

４．研究成果

実際に設計・製作されたロボットを図 2 に示す．当初，企業との共同研究において（そのニーズに応えるよう）構想され，工場内の多様な作業に柔軟に対応できることを目指したモバイルマニピュレーションの技術開発に向けたプロトタイピングの例である．人と同じ空間で作業することが前提であり，マニピュレータには ABB 社の協働型双腕ロボットで全 14 自由度を備えた YuMi を採用した．全方位移動機構として Vstone 社の G120 を採用し，独自に製作した昇降機構を最高位まで上昇させた際の最大リーチ高さは約 2.6m となっている．この開発には，双腕マニピュレータおよび全方位移動機構を統合し，周囲障害物や作業対象物を検出し，自己位置と照らし合わせてそれらの位置姿勢を把握する基本機能が実装された．本研究では，産業用双腕ロボットの動作計画，その検証および実験などを効率化するために，汎用性が高く習得が比較的容易とされ広く用いられる Python を基本として，複数のロボットへの動作指示ができるインタフェースを開発した．提案するシステムは，Python プログラムを通じてロボットの運動制御とデータ取得を行うための機能を備えている．搭載された協働型双腕ロボットを用いて試行した作業の例を図 2 右側 に示す．上側は，玩具の比較的大きなサイズのねじ・ナットを対象としてねじ回し作業を実現している．同下側は，双腕での長尺物の取り扱いに注目し，蛍光灯の交換作業の内，

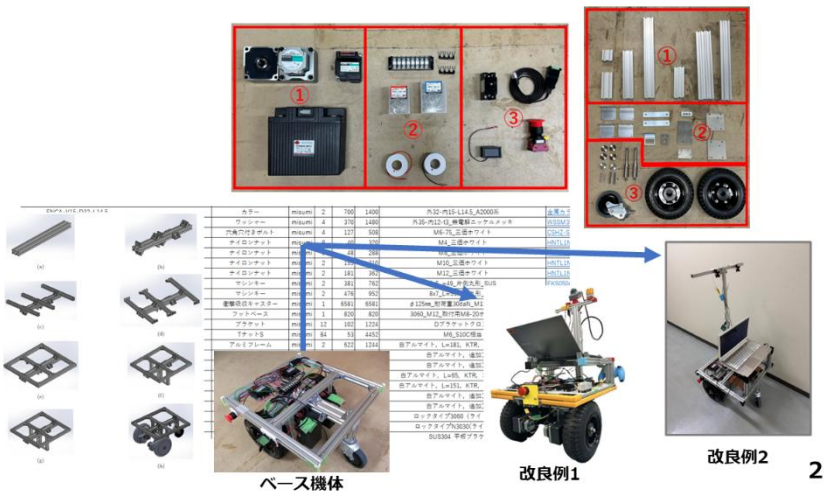

図 3　オープンデザイン方式（図面・部品リスト共有）のプラットフォーム整備

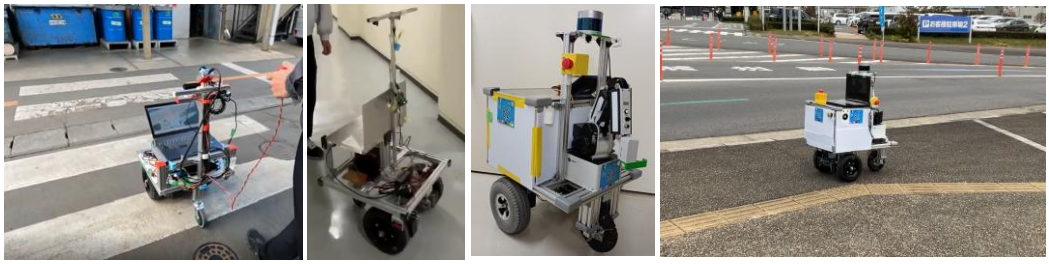

図 4　モビリティプラットフォームの展開例

蛍光灯取り外し作業を実現している．

図 3 は差動二輪型移動機構からなるモビリティのプラットフォームである．同モビリティプラットフォームは，公開された移動ロボット機体 i-Cart3 をベースにした差動二輪型の移動ロボットプラットフォームで，動輪をオリエンタルモータの BLV シリーズ R タイプブラシレスモータで駆動する基本構成となっている．機体全体のサイズは，W475×D1100×H1000mm で重量は 60kg となっている．ミドルサイズの機体ボリュームを備えた同モビリティプラットフォームについては,汎用性やカスタマイズ性など重視する中で,オープンデザイン方式での開発を指向し，図面，部品表など一式を関係高専と共有し，その中でモータ・車体フレームの基本セットは共通化する一方，他の部分は自由に設計・製作できるような教材を目指した．図 4 は，共通化されたモビリティの展開例である．同図左端は工場内における部品搬送自律移動ロボットを指向した試作例であり，同図その隣は人を追尾するシステムの試作例である．また，同図右の二つは，市販の 4 自由度小型ロボットアーム DOBOT MG400 を搭載することによってピックアンドプレースなど可能なマニピュレーション機能を付加した構成例である．先に述べた“アーム＋モビリティ統合化試作用システム”について，試作用教材という観点に立てば，高価な設備を展開するのは現実的でなく，比較的低価格な 4 自由度小型アームをやはり比較的低価格な差動二輪型モビリティプラットフォーム上に搭載した方式である．その作業対象として，つくばチャレンジ 2023-2024 の荷物移動タスクの実現に向け，車体前方に置かれた集荷ボックス上にランダムな向きに置かれた荷物を回収するタスクを試みた．また，つくばチャレンジ 2024 にて市街地走行での走行実験を繰り返し，本走行では，スタートから 705m 付近までの自律走行を達成した．他の展開例についても，いくつかのコンテストなどにおいて良好な成果が得られている．

ここまで述べてきた取り組みについて，三つの高専から 4 年間で延べ 30 名の学生が参加している．これらは（本科）卒業研究・（専攻科）特別研究あるいは PBL 教育の一環（社会実装プロジェクト）として取り組まれたものである．さらに裾野を広げていくため，東京高専の機械工学科 4 学年の実験テーマにおいて，ROS（Robot Operating System）による自律移動ロボットの SLAM 技術（移動ロボットの自己位置を推定しながら地図作成を同時に行う技術）に触れる内容を採り入れた．教育・研究・産業用途に広く浸透するようになってきたロボット開発用ミドルウェア ROS を積極的に用いる教材であり，これを用いた教育実践を重ねている．ロボットに関わる実践的な開発にも本実験の経験が役立つよう意識し，先述したミドルサイズプラットフォームと同様の方式となる差動二輪型のモビリティで構成されるデスクトップサイズのロボットを用意した．そのモビリティにはアールティ社の Raspberry Pi MouseV3 を採用し，これに 2 次元の測域センサ（LiDAR）として YDLiDAR X2 を後付けで搭載した（図 5 参照）．約 10 名からなるグループについて，3〜4 チームに分け，2〜3 名に実験装置一式が割り当てられるよう環境を整備した．同装置は，プログラム作成，ROS の実行・可視化・シミュレーションなどを行う外部 PC，および上述のロボット（シングルボードコンピュータ Raspberry Pi 4B が搭載されている），およびこれらをネットワーク接続するための実験用 LAN からなる．外部 PC およびシングルボードコンピュータの双方に OS として Ubuntu 20.04 がインストールされ，これに対応した ROS（Noetic Ninjemys）および必要となるパッケージもインストールされている．加えて，Raspberry Pi 4B には，モータ・LiDAR 用のデバイスドライバがインストールされている．本実験は，2 週にわたって 180 分／回の時間配分で実施された（2024 年度は延べ 34 名の学生を対象とした）．第一週は外部 PC にて，ロボットの操作に必要となる Ubuntu 上での ROS 実行手順を状態の可視化を含めてシミュレータを対象にして学び，計算機の中でリモート操作・SLAM・ナビゲーションを体験する．次いで，第二週は，LAN を介した（外部 PC あるいは Raspberry Pi 4B 上で実行される）ノード間の通信の要領を学んでから，実機を対象にして，リモート操作・SLAM を行う．ナビゲーション（図 5 の

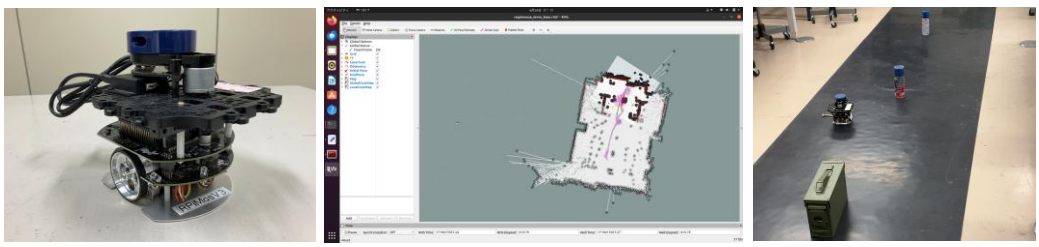

図 5　学生実験に取り入れられた移動ロボットの SLAM とナビゲーション実験

中央および右端参照）についてはオプション課題とし，チームによってはここまで至らないケースも見られた．

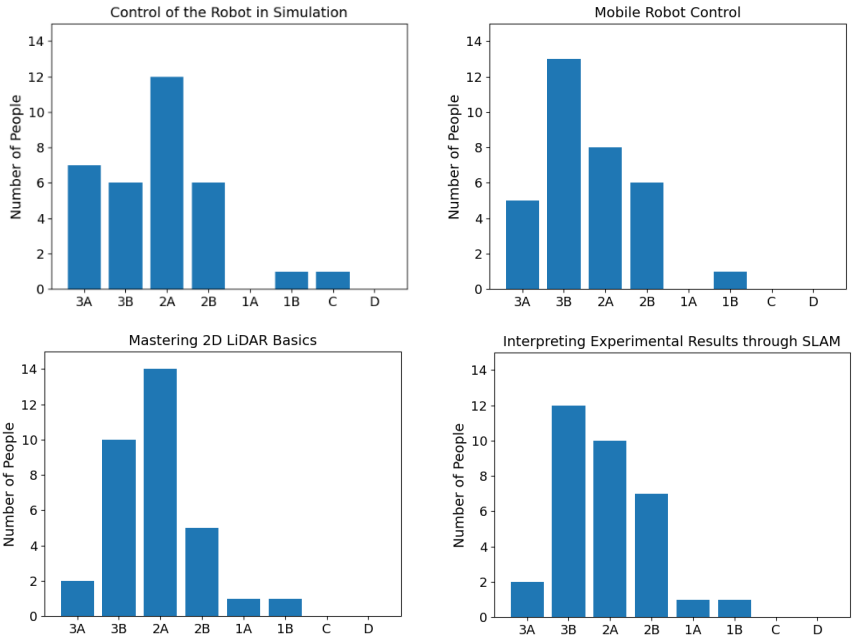

図 6　実験スキル評価

複数プロセス間の通信，センサ・アクチュエータを含めた統合化，全体の可視化，シミュレーション，ログ取得・モニタ・デバッグといった ROS の機能を活かしながらロボットを制御する経験は非常に有益と考える．本実験について，学生の自己評価に基づく実験スキル評価を行った．四つの設問に対する結果を図 6 示す．同図の上段左側は計算機上シミュレーションの操作，上段右側は実機の操作に関わる設問であり，加えて，同図の下段左側は(2D)LiDAR の取り扱い，下段右側は SLAM 実行の要領に関わる設問であり，それぞれについて，3A・3B は学生が主体的に実行できるレベル，2A・2B は手順書に沿って実行できるレベルである．プログラムの経験が浅い機械工学科の学生を対象にして実施した ROS・モビリティを用いた SLAM・ナビゲーション実験について，全体としては，おおよそ 3B～2A のレベルに至っていると捉えられる自己評価であり，実験を肯定的に取り組み，総合的にスキルが身につけられたと実感できていたことが示唆される．

最後に成果を総括する．「スマート工場化の革新加速を担う高度ロボット統合化実装力を備えた総合的技術者養成法」という題目の下，“アーム＋モビリティ統合化試作用システム”について，1)昇降機能が付加された全方位移動機構上に協働型双腕ロボットを搭載し，上下方向を含む広範囲をカバーするモバイルマニピュレーションに係る作業をいくつか設定し，それらを期待通りに実現したことに加え,2)モビリティプラットフォーム・汎用的低自由度アームについては，周囲の幾何学的情報を計測するための比較的安価な LiDAR および深度カメラなどを実装し，モビリティ教材の機能強化を図った．これらを進める中で，1)協働型双腕ロボットについては，見通し良くプログラミングし易い Python 言語によって作成した動作用（外部汎用 PC とロボット専用コントローラを結ぶ）インタフェースを整備し，汎用 PC からロボットを制御する際の手順のハードルを下げる工夫を施した上で，難度の高いアーム機体の上下動作を伴うピックアンドプレース作業を行うモバイルマニピュレーションが実行できるレベルに至った．双腕ロボットの動作については，メーカーが公開している開発用アプリケーションを通じて，計算機上でのシミュレーションと連動させる機能も用意した．後者 2)については，荷物移動タスクの実現を目標として設定した上で，車体前方に置かれた集荷ボックス上にランダムな向きに置かれた荷物を回収するタスクを試行し，自律走行・物体認識・接近・物体把持を行う一連の作業を達成できるレベルに至った．さらに具体的な応用先を設定し，それらに対応するロボットシステムの実装に取り組んだ．すなわち，モバイルマニピュレーション用のシステム二種を発展させ，設定されたそれぞれの現実的な作業に対応したシステムの作り込みを行い，マニピュレータおよびモビリティ教材の機能強化を図った．比較的大規模の産業用協働型双腕ロボットおよびリフト機構を含む全方位移動ロボットを組み合わせたものについては，バックヤード等で想定される作業をターゲットとし，一方，比較的小規模の低自由度ロボットアームおよび差動二輪型移動ロボットを組み合わせたものについては屋外自律走行を含む作業をターゲットとした．それぞれについて，対応するシステムなどの試作を繰り返しながら解を見つけていく取り組みが複数実施された．さらに裾野を広げていくため，機械工学科の高学年の実験テーマとして，ROS による自律移動ロボットの SLAM・ナビゲーションに触れる内容を採り入れた．その ROS・モビリティを用いた SLAM・ナビゲーション実験について，受講学生の自己評価において全体の傾向として，実験を肯定的に取り組み，総合的にスキルが身につけられたと実感できていたことが示唆された．

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計2件（うち査読付論文　1件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　1件）

１．著者名 Sekine Rikuto、Tomizawa Tetsuo、Tarao Susumu	４．巻 35
２．論文標題 Trial of Utilization of an Environmental Map Generated by a High-Precision 3D Scanner for a Mobile Robot	５．発行年 2023年
３．雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	６．最初と最後の頁 1469～1479
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2023.p1469	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

１．著者名 Tarao Susumu、Tomizawa Tetsuo、Takata Soichiro、Haraguchi Daisuke、Ito Hiroshi、Machida Shigeru	４．巻 42
２．論文標題 COMPASS5.0ロボット分野におけるRX教育の開発に向けた取り組み	５．発行年 2024年
３．雑誌名 Journal of the Robotics Society of Japan	６．最初と最後の頁 197～200
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7210/jrsj.42.197	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

〔学会発表〕　計18件（うち招待講演　0件／うち国際学会　0件）

１．発表者名 多羅尾進，藤原康宣，津田尚明，冨沢哲雄，髙田宗一朗
２．発表標題 自律移動ロボットを題材とした実験環境の整備
３．学会等名 第73回年次大会・工学教育研究講演会
４．発表年 2025年

１．発表者名 小笠原蒼太，藤原康宣，猪野恭裕，渡邉健一
２．発表標題 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
３．学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2024
４．発表年 2024年

１．発表者名
齋藤慈旺，千葉春翔，イノストロサ・ジョルダン，小笠原蒼太，千葉匠，八戸俊貴，藤原康宣

２．発表標題
不整地移動に対応した廃炉作業移動ロボットの開発およびコンテストによる社会実装

３．学会等名
日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2024

４．発表年
2024年

１．発表者名
今泉天翔，渡邊智悠，冨沢哲雄，多羅尾進

２．発表標題
ユニット化された独立操舵・駆動機構で構成される全方位移動ロボットの車輪配置

３．学会等名
第42回日本ロボット学会学術講演会

４．発表年
2024年

１．発表者名
原悠真，内田実希，黒坂知世，當別當耀，岡田武尊，冨沢哲雄，多羅尾進

２．発表標題
ミドルサイズ差動二輪型モビリティプラットフォームおよび4自由度マニピュレータを統合した教育・試作用システムの開発

３．学会等名
第42回日本ロボット学会学術講演会

４．発表年
2024年

１．発表者名
博林紹，藤貫雄大，相川洋輝，今泉天翔，高橋優太，遠藤暉迪，多羅尾進，冨沢哲雄

２．発表標題
東京高専SRCつくばチャレンジ2024の取り組み

３．学会等名
つくばチャレンジ2024シンポジウム

４．発表年
2025年

１．発表者名
多羅尾進，藤原康宣，津田尚明，冨沢哲雄

２．発表標題
低自由度または冗長多自由度アームを移動ロボット上に搭載した試作用システムの展開

３．学会等名
日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2025

４．発表年
2025年

１．発表者名
今泉天翔，多羅尾進，冨沢哲雄

２．発表標題
インホイールモータを適用した独立操舵・駆動ユニットの試作と全方位移動機構の構成

３．学会等名
日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2025

４．発表年
2025年

１．発表者名
多羅尾進，冨沢哲雄，髙田宗一朗，原口大輔，伊藤浩，町田茂

２．発表標題
高度ロボット統合化実装力を備えた総合的技術者養成に向けた教育パッケージの全体構想（第三報）

３．学会等名
第71回年次大会・工学教育研究講演会

４．発表年
2023年

１．発表者名
乙幡陽太，大工裕真，冨沢哲雄，多羅尾進

２．発表標題
Pythonによる産業用双腕ロボットの動作実験用インタフェースの試作

３．学会等名
日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2024

４．発表年
2024年

１．発表者名
大工裕真，多羅尾進，冨沢哲雄，乙幡陽太

２．発表標題
昇降機能を備えた全方位移動機構と協働型双腕ロボットからなるモバイルマニピュレータの開発

３．学会等名
日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2024

４．発表年
2024年

１．発表者名
渡邊智悠，多羅尾進，冨沢哲雄

２．発表標題
ユニット化された独立操舵・駆動機構で構成される全方位移動ロボット

３．学会等名
第40回日本ロボット学会学術講演会

４．発表年
2022年

１．発表者名
多羅尾進，冨沢哲雄，髙田宗一朗，原口大輔，伊藤浩，鈴木雅人

２．発表標題
高度ロボット統合化実装力を備えた総合的技術者養成に向けた教育パッケージの全体構想（第二報）

３．学会等名
第70回年次大会・工学教育研究講演会

４．発表年
2022年

１．発表者名
藤原望，乙幡陽太，多羅尾進，冨沢哲雄

２．発表標題
協働型双腕ロボットを用いたペットボトル把持の試み

３．学会等名
日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2023

４．発表年
2023年

１．発表者名
多羅尾進，冨沢哲雄

２．発表標題
多輪操舵・駆動式全方位移動機構のアクチュエータ配置

３．学会等名
第39回日本ロボット学会学術講演会

４．発表年
2021年

１．発表者名
多羅尾進，冨沢哲雄，髙田宗一朗，原口大輔，永野健太，鈴木雅人

２．発表標題
高度ロボット統合化実装力を備えた総合的技術者養成に向けた教育パッケージの全体構想

３．学会等名
第69回年次大会・工学教育研究講演会

４．発表年
2021年

１．発表者名
渡邊智悠，刑部達矢，多羅尾進，冨沢哲雄，中島俊英

２．発表標題
複数の操舵・駆動輪を備えた全方位移動ロボットの機構と制御に関する研究

３．学会等名
日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2022

４．発表年
2022年

１．発表者名
刑部達矢，渡邊智悠，多羅尾進，冨沢哲雄

２．発表標題
協働型双腕ロボットの開発環境構築と双腕動作の実現

３．学会等名
日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2022

４．発表年
2022年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

―

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	藤原　康宣 (FUJIWARA Yasunori) (40290689)	一関工業高等専門学校・その他部局等・教授 (51201)	
研究分担者	津田　尚明 (TSUDA Naoaki) (40409793)	和歌山工業高等専門学校・知能機械工学科・教授 (54701)	
研究分担者	冨沢　哲雄 (TOMIZAWA Tetsuo) (60549707)	東京工業高等専門学校・機械工学科・教授 (52601)	

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関