

1-3 先端ロボット工学研究センター活動報告

先端ロボット工学研究センター長 黄 健
所員 樹野 淳也, 白井 敦, 柴田 瑞穂, 友國 伸保
田上 将治, 松谷 祐希, 筑紫 彰太

1. 令和5年度活動報告

本年度は、安心・安全で快適な社会を構築するためのロボット技術の研究と開発の推進という目標を実現するため、以下の研究活動が行われた。

(1) 回転可能な胸部支持パッドを有する歩行支援機器の開発と効果検証（黄）

① 駆動型支持パッドの制御パラメータによる下肢部運動の影響の解明

これまでの研究では、胸部支持パッドを駆動するDCモータの回転周期と回転角度が経験で設定されたが、これらのパラメータは利用者下肢部の運動にどのような影響を与えるのかは不明である。そこでR5年度では、支持パッドの回転周期と回転角度のそれぞれを数パターンに設定し、歩行測定によって歩行者下肢部の運動への影響を考察した。

② 回転型支持パッドを有するトレッドミル歩行訓練機器での歩行測定

昨年までに回転型胸部支持パッドを有するトレッドミル型歩行訓練機的设计と試作を行った。一方、胸部支持パッドの背部にDCモータの取り付けの有無によってフリー型と駆動型の2種類の回転支持パッドが試作された。R5年度では、フリー回転型胸部支持パッドを有するトレッドミル歩行訓練機の歩行計測システムを構築し、歩行測定を行うことによって歩行速度を変化させたときの被験者下肢部運動への影響を考察した。

(2) 農作業の自動化に関する研究（樹野）

現在、スマート農業の導入が多く検討されているが、圃場の大規模集約化が前提となっており、大規模集約化が困難である中山間地域では、異なるスマート農業の形態が必要となってくる。そこで、狭小な圃場が点在する地理的制約を活かした少量多品種生産をめざし、作業者とロボットが協調する農業モデルを提案している。令和5年度は、圃場内での作業ロボット車両と自己位置認識方法の開発を行った。くわえて、ロボット向けの農業として開発された局所耕うん栽培を実践するロボットの移動機構として、脚式移動機構の適用可能性を見出したことから、5脚式のロボット開発を継続して行った。また、地域の主要な農産物であるワケギ栽培の省力化を目指し、ワケギ球根の自動植え付け作業機について検討した。

(3) 血液循環補助や幻肢痛治療に関する研究（白井）

拍動流を生成する体内植込み式補助人工心臓の開発をしている。現在臨床で用いられている補助人工心臓は、小型化の観点から定常流ポンプが主流であるが、定常流では血行障害や臓器不全等の危険性が指摘されている。そこで、振動型ポンプに着目した血液ポンプの開発を目指す。ここで、従来の振動型ポンプに用いられてきた逆止弁である Jelly-fish 弁は溶

血の危険性が示唆されることから、生物模倣の観点から大動脈弁を模擬した逆止弁を用いることを提案する。令和5年度は、高加振周波数領域におけるポンプ吐出流量減少の原因究明を行った。その結果、防振用ベローズの容積変化に起因する圧力変動がその一因であることが示唆された。

幻肢痛の低減に用いられているミラーボックスを安価で高機能化するシステムの開発をしている。幻肢痛の発生機序や治療法は確立されていないが、現在、鏡を用いて健側肢の鏡像を患側肢に重ねて提示することで、視覚的錯覚から症状を低減する鏡療法が広く用いられている。また、この鏡を用いた療法は、感覚・運動麻痺患者に対するリハビリテーションにも用いられている。そこで、WebカメラとPCを用いて安価にミラーボックスを機能化するシステムを提案する。令和5年度は、google社が開発した画像処理技術MediaPipeを用いて、健側肢と麻痺肢の一致度を定量化するための基本プログラムを構築した。撮影した手の写真を用いて手指の三次元座標を検出し、同一の写真であっても、画角内の画像位置によって計測結果に誤差が出ることが明らかになった。とくに、手首位置を原点とした場合、指先に行くにつれて誤差が蓄積することが示された。

(4) 柔軟・軽量ロボットに関する研究（柴田）

現在、外殻を柔軟要素で構成する水中ロボットを試作している。令和5年度は、水中ロボット以外にも利用可能なロボットユニットの高度化を図った。サーボモータを2個搭載したシリアルリンク型の基本ユニットの運動特性、特に内包する絶縁流体の量と運動角度の関係を実験的に明らかにした。また、外殻を軽量素材で構成する多面体ロボットを製作している。この多面体ロボットは内部で偏心モータを回転させることにより、転がり運動を実現する。令和5年度はより大きなトルクを獲得するために、内部機構の設計を検討した。偏心モータに取り付けるおもりと回転中心との距離を大きくとれる設計を実現したことにより、大きなトルクが得られることを実験的に確認した。

(5) 膝関節リハビリ機器の多機能化に関する研究（田上）

本研究では、これまで、膝関節リハビリ機器であるCPMにコンプライアンス制御を組み合わせて、膝関節の可動域回復から筋力回復トレーニングまで1台で対応できる機器の研究開発を行ってきた。近年は、この成果を発展させ、歩行訓練機への拡張に向けた研究に取り組んでいる。本装置の利点は転倒の危険のない、仰向け姿勢で利用できることである。転倒の危険がない一方で、本来の姿勢と大きく異なるため歩行運動の負荷を適切に模擬するモデルが必要となる。特に着地時の大きな加速度変化を再現できることが重要である。そこで、ばね-質量-ダンパモデルを基に、シグモイド関数を活用して立脚期は柔らかいばねに、遊脚期は硬いばねに、ばね係数が大きく変化するモデルを準備した。このモデルに基づいたコンプライアンス制御により、足を上げる際にはその重さ分を持ち上げ、地面に着地した際には硬いばねにより強いブレーキがかかる。本年度は仮想的な力信号を制御装置に入力して制御実験を行い、制御パラメタの調整を実施した。

(6) バランス制御による移動体の高度化に関する研究（友國）

モーションコントロール技術を用い、バランス制御を行う移動体について研究している。

令和 5 年度は従来から研究を行っている車いす型の階段昇降ロボットについて引き続き研究を行っている。小型階段昇降ロボット向けに、複数の BLDC（ブラシレス DC モータ）を高速でリアルタイム制御可能なコマンド方式コントローラの試作機を開発した。同コントローラを小型階段昇降ロボットに組み込むために、小型化を進めている。また、同 BLDC コントローラを用いて横 2 輪と縦 2 輪を切り替えて走行できる慣性ロータ付き 2 輪可変型移動体の機体を開発し、基本的な動作を確認した。今後この 2 輪可変型移動体を用いて実験を行い、走行および横 2 輪と縦 2 輪間の変形制御について研究を行う。

(7) 筋骨格型ロボットに関する研究（松谷）

筋骨格型ロボットを対象とした筋内力フィードフォワード位置制御法において、任意ベクトルを用いた軌道整形法を提案した。シミュレーション結果よりその有効性を確認した。

(8) フィールドロボットに関する研究（筑紫）

フィールドロボットに適用可能なロボット技術の実現を目指して、移動ロボットでの球体搬送、複数台の建設ロボットでの協調作業、建設ロボットでの自動施工、ドローンでのため池点検などの研究に取り組んでいる。

令和 5 年度は、特に、建設ロボットでの自動施工に関する研究とドローンでのため池点検に関する研究に取り組んだ。建設ロボットでの自動施工に関する研究では、土砂の押し作業と積層による盛土の自動施工手法を提案した。直交座標型マニピュレータを用いて提案手法を検証し、土砂のフィードバック情報を用いることなく盛土の粗形状を施工可能なことを確認した。ドローンでのため池点検に関する研究では、空撮画像（入力画像）と復元画像（出力画像）を比較することでため池環境の異常を検出する手法を提案した。3 次元シミュレーションならびに実環境での検証を行い、異常箇所的位置、大きさを定量的に検出可能なことを確認し、提案手法の有効性を示した。

2. 共同研究（1 件）

- (1) 田上 将治，寄附研究 1 件

3. 主要な研究業績

(1) 論文（1 件）

- 1) Junya Tatsuno and Setsuo Maeda, “Effect of Whole-Body Vibration Exposure in Vehicles on Static Standing Balance after Riding,” *Vibration*, 6(2), (2023), pp.343-358,

(2) 学会発表（29 件）

- 1) 大屋樹輝，菅井莉人，黄健，小谷内範穂，“回転型胸部支持パッドつきトレッドミル訓練機による歩行の測定と解析”，日本機械学会ロボットメカトロニクス部門講演会'23，講演論文集（2023-6），1A2-E03，
2) 蒋曉珂，多田尚生，宗紹喆，黄健，小谷内範穂，“歩行車の駆動型胸部支持パッドの回転制御による下肢部運動の影響解析”，日本機械学会ロボットメカトロニクス部門講演

- 会'23, 講演論文集 (2023-6), 1P1-E05.
- 3) 笠松諒, 白井敦, “大動脈弁を模擬した逆止弁を有する振動型血液ポンプの開発 (防振用ベローズがポンプ特性に与える影響)”, 日本機械学会第 34 回バイオフロンティア講演会, (2023-12-17), #2D04.
 - 4) Junya TATSUNO, Yushi Otsuka, Setsuo Maeda, “Detection of Unconscious Movements with RGBD Camera for Objective Ride Comfort Evaluation”, Proceedings of the AHFE 2023 International Conference on Human Factors in Transportation, San Francisco, USA, (2023), pp.12-19,
 - 5) 宮崎光介, 樹野淳也, “ビニールハウス内で農作業を行う小型農作業ロボットの開発”, 日本機械学会中国四国支部第62 期総会・講演会, (2024), 講演番号09b4
 - 6) 山城幸太, 樹野淳也, 稲垣克彦, 田島淳, “局所耕うん栽培を実践する脚式ロボットの開発-実スケールモデルの試作と歩行実験-”, 日本機械学会中国四国学生会第54 回学生員卒業研究発表講演会, (2024), 講演番号10b4
 - 7) 柴田諒也, 樹野淳也, 田島淳, “ワケギ球根の植え付け作業の自動化に関する研究-作業機の試作-”, 日本機械学会中国四国支部学生会第54 回学生員卒業研究発表講演会, (2024), 講演番号10c1
 - 8) 寛大輝, 榎原純生, 樹野淳也, 石松一真, 前田節雄, “完全自動運転車の車室内デザインがタスクパフォーマンスに及ぼす影響-マルチモーダルな振動条件と実行機能課題の関係-”, 2023 年度 (第54 回) 日本人間工学会中国・四国支部大会講演論文集, (2023), pp.44-45,
 - 9) 榎原純生, 寛大輝, 樹野淳也, 石松一真, 前田節雄, “完全自動運転車の車室内デザインがタスクパフォーマンスに及ぼす影響-マルチモーダルな振動条件と巧緻性課題の関係-”, 2023 年度 (第54 回) 日本人間工学会中国・四国支部大会講演論文集, (2023), pp.46-47
 - 10) 西田翔, 樹野淳也, “ハウス内の農業用ロボットを誘導するレーザ距離計を用いたナビゲーションシステムの評価”, 第32 回計測自動制御学会中国支部学術講演会講演論文集, (2023), 4C-5,
 - 11) 西山宙希, 柴田瑞穂, “薄型柔軟素材で被覆されたロボットユニットの開発”, ロボティクス・メカトロニクス講演会(2023).
 - 12) Tagami Masaharu, Tagawa Yasutaka, Shitaya Ryuhei, “Experimental evaluation of a stroke limitation-free active mass damper for super high-rise buildings”, International Congress on Sound and vibration 29 (ICSV29), (2023), Paper ID 242,.
 - 13) 田上将治, “Hexa 型パラレルリンク機構の試作と位置・姿勢制御実験”, 日本設計工学会関西支部 2023 年度研究発表講演会講演論文集, (2024), B1-3, .
 - 14) 室洋太郎, 田上将治, “操舵負荷試験装置のための評価用操舵機構による負荷特性評価”, 日本設計工学会関西支部 2023 年度研究発表講演会講演論文集, (2024), C3-3.
 - 15) 友國伸保, “移動形態可変型倒立二輪移動ロボット”, 日本機械学会ロボットメカトロニクス講演会'23 講演論文集, (2023/6), 1A2-I02.
 - 16) 友國伸保, “小型 Linux シングルボードコンピュータを用いたコントローラ”, 日本機械学会ロボットメカトロニクス講演会'23 講演論文集, (2023/6), 1P1-B27.

- 17) 野村亮介, 友國伸保, “VR を用いた遠隔操作における利便性向上のための画像提示領域”, 日本機械学会ロボットメカトロニクス講演会'23 講演論文集, (2023/6), 1P1-E24
- 18) Shota Chikushi, Kenji Kimura, Jonghyun Ahn and Kazuo Ishii, "Development of a Sphere Motion Measurement System and Evaluation of the Roller Arrangement Requirement", Proceedings of the 2023 20th International Conference on Ubiquitous Robots (UR2023), (2023), pp. 250-254.
- 19) 筑紫彰太, 木村憲二, 安鍾賢, 石井和男, "ローラ・球体の運動学特性に基づいた球体搬送機構の設計", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'23 講演論文集 (ROBOMECH2023) , 1A1-H21, (2023), pp. 1-2.
- 20) 加藤佑基, 末岡裕一郎, 近藤翔太, 大須賀公一, 筑紫彰太, 谷島諒丞, 永谷圭司, 浅間一, "無限定環境下での土砂運搬に向けた単一チームにおける動的協働システムの設計", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'23 講演論文集 (ROBOMECH2023) , 1A2-G02, (2023), pp. 1-3.
- 21) 筑紫彰太, 木村憲二, 安鍾賢, 石井和男, "球体運動計測システムを用いた球体搬送制御のためのローラ・球体の順運動学の評価", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'23 講演論文集 (ROBOMECH2023) , 1A2-H21, (2023), pp. 1-2.
- 22) 山口勇希, 小松廉, 筑紫彰太, 王鈺晟, 永谷圭司, 千葉拓史, 茶山和博, 浅間一, 安琪, 山下淳, "地表面に対する光源とスペクトルカメラの位置関係を考慮したスペクトル画像によるコーン指数推定", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'23 講演論文集 (ROBOMECH2023) , 1P1-A23, (2023), pp. 1-4.
- 23) 筑紫彰太, 末岡裕一郎, 谷島諒丞, 小松廉, 池本有助, 永谷圭司, 山下淳, 浅間一, "土工環境における複数異種の建設ロボット運用のためのシステムアーキテクチャの提案", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'23 講演論文集 (ROBOMECH2023) , 1P1-B01, (2023), pp. 1-4.
- 24) 永谷圭司, 谷島諒丞, 浅間一, 末岡裕一郎, 筑紫彰太, 竹田年延, 稲川正浩, 川辺知人, "多様な環境に適応しインフラ構築を革新する協働 AI ロボット (協働作業を行う複数台建設ロボットシステム構築の紹介)", 第 5 回 i-Construction の推進に関するシンポジウム発表論文集, ⑦-3, (2023), pp. 109-112.
- 25) 末岡裕一郎, 吉田尚弘, 木村魁斗, 加藤佑基, 大須賀公一, 筑紫彰太, 谷島諒丞, 永谷圭司, 浅間一, "大規模語モデルに基づく建機群の機能表現・役割分担・協働作業の実現", 第 21 回建設ロボットシンポジウム論文集, O2-3, (2023/9), pp. 1-7.
- 26) 加藤佑基, 木村魁斗, 吉田尚弘, 末岡裕一郎, 大須賀公一, 筑紫彰太, 谷島諒丞, 永谷圭司, 浅間一, "月面における小型建機群の協働作業に向けたチームの自己組織化", 第 67 回宇宙科学技術連合講演会論文集, 3G12, (2023), pp. 1-5.
- 27) 加藤佑基, 吉田尚弘, 木村魁斗, 末岡裕一郎, 大須賀公一, 筑紫彰太, 谷島諒丞, 永谷圭司, 浅間一, "大規模言語モデルを用いた群システムにおける想定外対応の実機検証", 第 24 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集 (SI2023), 1F2-01, (2023), pp. 982-985, (SI2023 優秀講演賞受賞).
- 28) Shota Chikushi, "A Study of Current Consumption Estimation Method for Driving System of Skid-Steering Type Mobile Robot Considering Skidding", Proceedings of the 2024 IEEE/SICE

International Symposium on System Integration (SII2024), pp. 947-952.

- 29) Wakana Endo, Shota Chikushi, Yuichiro Sueoka, Yuki Kato, Kaito Kimura, Yusuke Ikemoto, Ren Komatsu, Keiji Nagatani, Atsushi Yamashita and Hajime Asama, "Performance-based Earthmoving Team Organization Algorithm Enabling Task Completion under Changing Conditions", Proceedings of the 2024 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2024), pp. 780-785.

4. 講演（1件）

- 1) 柴田瑞穂, "タスクボードによる組立ロボットシステムの評価技術 ～ World Robot Summit「製品組立チャレンジ」の結果を踏まえて～", SIER's Day in 岡山, 2023/11/10.

5. 外部資金獲得（7件）

- 1) 黄健, 科研費（基盤研究(C)）, 日本学術振興会, 「回転可能な胸部支持パッドを有するトレッドミル型歩行リハビリテーション機器の開発」, 代表, 2021～2023 年度
- 2) 樹野淳也, 科研費（基盤研究(C)）, 日本学術振興会, 「完全自動運転車における車室内デザインが移動の質に与える影響」, 代表, 2023～2025 年度
- 3) 柴田瑞穂, 科研費（基盤研究(C)）, 日本学術振興会, 「多面体転がり移動ロボットの力学特性の解明」, 代表, 2023～2025 年度
- 4) 田上将治, JKA 機械振興補助事業（研究補助）, 「多軸慣性力発生装置による振動制御システムの開発」, 代表, 2023 年度
- 5) 筑紫彰太, （公財）JKA, 2023 年度 機械振興補助事業研究補助若手研究, 「移動ロボットによる球体搬送のための制御理論・機構設計論の構築補助事業」, 代表, 2023 年度
- 6) 筑紫彰太, 東広島市, 令和 5 年度近畿大学 Town&Gown COMMON プロジェクト, 「ICT・RT の農林水産業への活用 -水利施設の点検・管理へのドローンの応用-」, 代表, 2023 年度
- 7) 筑紫彰太, （公財）電気通信普及財団, 海外渡航旅費援助, 代表, 2023 年度

6. 学外兼務業務

- 1) 黄健
- ・ 2023 年度日本機械学会中四国支部商議員
 - ・ 第 26 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2025)実行委員
- 2) 樹野淳也
- ・ 日本人間工学会第 8 期代議員
 - ・ 日本人間工学会中国・四国支部第 8 期理事
 - ・ 第 54 回日本人間工学会中国・四国支部大会実行委員
 - ・ 第 26 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2025)実行委員

- 3) 白井敦
- ・ 日本機械学会第 34 回バイオフィロントニア講演会 若手優秀講演表彰審査員
 - ・ 第 26 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2025)実行委員
- 4) 柴田瑞穂
- ・ 計測自動制御学会代議員(2021.1～2025.3)
 - ・ 第 29 回ロボティクスシンポジウム 実行委員 (2023.4～2024.3)
 - ・ 第 26 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2025)実行委員
- 5) 田上将治
- ・ 日本技術士会中国本部 機械/船舶・海洋/航空・宇宙部会 幹事(2017.7～)
 - ・ 日本技術士会中国本部倫理委員会 委員 (2023.7～)
 - ・ 2022 年度 計測自動制御学会 中国支部 運営員(2022.4～2024.3)
 - ・ 2022 年度日本機械学会機素潤滑設計部門機械設計技術企画委員会 委員(2022.4.1～)
 - ・ 第 26 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2025)実行委員
- 6) 友國伸保
- ・ 第 101 期 機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門 技術委員会 技術委員
 - ・ 第 26 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2025)実行委員
- 7) 松谷祐希
- ・ 第 26 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2025)実行委員
- 8) 筑紫彰太
- ・ 第 101 期 ロボティクス・メカトロニクス部門 技術委員会 技術委員
 - ・ 2024 IEEE/SICE International Symposium on System Integrations (SII 2024), Associate editor
 - ・ 2024 IEEE/SICE International Symposium on System Integrations (SII 2024), Special session organizer
 - ・ 東京大学大学院工学系研究科 客員研究員
 - ・ 第 26 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2025)実行委員