

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 小谷内 範穂
所員 黄 健, 樹野 淳也, 柴田 瑞穂, 友國 伸保, 田上 将治

1. 平成 30 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 1 軸フリー回転機構つき胸部支持パッドを有する歩行車の歩行評価 (黄・小谷内)

1 軸フリー回転機構つき胸部支持パッドを有する歩行車の促進効果を定量的に評価することを目的としている。これまでの歩行計測ではモーションキャプチャーを用いたため、カメラ解像度の制限で歩行距離は短い上に、画像計測しやすいように整備された場所に歩行実験が限定されるなどの問題があった。さらに、従来のデータ収集システムとしてデスクトップ型パソコンを用いたため、装置の大きさやケーブル長さの制限でリハビリ施設や家庭などの現場計測に利用できない。本年度では、画像計測の代わりに歩行運動中の歩行者のひざ伸展角の測定にゴニオメータを用いた。また、支持パッドに取り付けられている圧力センサ、角度センサ、さらにゴニオメータなどのセンサ情報を収集するためにはマイコンボード Arduino DUE を用いることで、計測システムのコンパクト化を図った。その結果、電源供給ケーブル以外の歩行実験に利用するマルチセンサ計測システム全体が歩行車の本体に集約されることを実現した。

② フィールドロボティクスの研究 (小谷内)

フィールドロボティクスの研究開発のひとつとして 4 輪 4 脚形パーソナル・ロボットの研究を行っている。生活支援分野での歩行者追従型ロボットプラットフォームの構築を目指している。パーソナル・ロボットが階段・段差を含む 3 次元環境を移動する制御プログラムの開発にはさまざまな環境との細かい干渉や転倒防止に取り組む必要があり、実機実験だけでなく計算機シミュレーションが非常に重要になる。動的物理法則をシミュレートする物理エンジン ODE を用いた階段歩行シミュレーションを引き続き行った。

4 輪 4 脚パーソナル・ロボットの転倒時の機器破壊を最小にとどめるため、1/3 モデル剛性強化版を 3D プリンタで製作した。関節駆動は Dynamixel AX-12A を用い、車輪駆動に無限回転型の MX-12W を用いた。更に、搭載型制御システムとして Arduino マイコンシステムを搭載型電源として 12V リチウムバッテリーを体内に納められるように胴体を太くした。また、立位時の胴体の変形を抑えた胴体構造の再設計を行った。脚の折りたたみ時の機構干渉をなくした構造を再設計し膝関節の稼動域を広げた。前年の立ち上がり車輪走行に加えて、4 輪走行として前輪操舵・後輪操舵・縦旋回操舵を無線ジョイパッドで行うプログラムを開発した。無線ジョイパッドを有効にするため追加の USB 電力供給回路を付加し、従来の優先ジョイパッドと異なるプロトコルを解析し入力信号とした。

また、フィールドロボティクスの別の場面として、建設機械の無人化・情報化のためにバ

ックハウの 1/20 モデルを前年度試作したが、ブーム、アーム、バケットの剛性強化を行った部品を 3D プリンタで再製作した。4 輪 4 脚パーソナル・ロボットと同じく、アクチュエータに Dynamixel AX-12A を、搭載型制御装置に Arduino を用いていたがブーム軸でトルクが足らなかったため新型アクチュエータとして Dynamixel XM430-W350-T を採用した。XM430-W350-T は AX-12A の約 2.5 倍の最大トルクを有しておりブーム軸のトルクサチュレーションが無くなった。土木作業で汎用性が高いバックハウに加えてダム工事や道路工事で大規模に用いられるブルドーザの 1/20 模型の設計制作を 3D プリンタで行った。

都市内移動の新しい形として、電動スケートボードを持ち運び形搬送ロボットとして用いるため、スケートボードの操舵機構の解析をさらに進めた。

③ 車両の自動化に関する研究（樹野）

農作業の省力化を目指して、農業機械の自動化に関する研究を行っている。本年度は、圃場内での運搬作業を対象にし、スキッドステア車両の枕地旋回を容易にする機構の開発を行った。スキッドステア型車両は、その特性上、直進走行性能は高いが、特に不整地での旋回動作の際は、駆動輪荷重や路面状況によって、旋回半径および中心を一意に決めることができないことが知られていることから、実際的な観点から、支持脚による旋回を提案した。くわえて、重量野菜の収穫などに用いられている農用運搬車量の作業効率を向上させるために、操作回数を減らすだけでなく、移動距離の意思を伝達できるように、感圧センサを用いた操作システムを提案した。

④ 柔軟ロボットに関する研究（柴田）

現在、外殻を柔軟素材で構成する水中ロボットを試作している。この水中ロボットの製作には真空包装の技術を利用している。平成 30 年度は、鋳型を利用したシリコン外殻の製作法を検討した。本手法では、外殻の製作の一部に真空包装機を利用する。真空包装機に関しては、企業からの支援（機器貸与）を受けている。また、本体を柔軟構造（テンセグリティ構造）で構成する水中ロボットを試作している。平成 30 年度は、外殻の変形を計測するためのセンサユニットを製作し、その有効性を検討した。

⑤ 膝関節リハビリ機器の多機能化に関する研究（田上）

歩行をはじめ日常生活を送る上で重要な役割を担う膝は、加齢や怪我などによる疾患も少なくなく、様々な治療が行われる。治療過程のリハビリテーションでは、特に関節の固着や可動域回復のために患部の膝をモータによりゆっくりと曲げ伸ばしする他動訓練器と呼ばれる機器が多用されている。その有効性は広く知られている一方で、患者にとっては機械任せとなるため筋力の回復が遅れる。そこでコンプライアンス制御を応用してトレーニング負荷を発生させる仕組みを提案、他動訓練器に付加した。本年度は昨年度製作した試作器を改良し、4 名の被験者で評価実験を行った。実験では、通常他動運動器として利用した場合と、筋力トレーニングの機能を利用した場合において、どの程度筋肉の活性に違いあるのかを筋電位にて評価した。その結果、前者ではほとんど筋肉の活性が確認されなかった。一方で、後者では最大筋力の 30% 程度の活性が確認されその効果を確認することができた。

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。本年度は慣性ロータを用いて自立するバイク型の移動ロボットの制御方法を提案した。また、移動ロボットの移動状態の評価を行うための位置計測手法について提案を行った。

2. 共同研究

- (1) 小谷内 範穂：「フィールドロボティクスの研究」，（国研）産業技術総合研究所との共同研究
- (2) 柴田 瑞穂：研究支援「ロボットパッキング技術の開発」（株）古川製作所
- (3) 柴田 瑞穂：受託研究 2 件
- (4) 田上 将治：「歩行機能回復を目指す膝関節リハビリテーション機器の研究開発補助事業」公益財団法人 J K A：平成 30 年度 機械振興補助事業 研究補助 若手研究
- (5) 田上 将治：受託研究 2 件

3. 主要な研究業績

(1) 著書

なし

(2) 論文

なし

(3) 学会発表（13 件）

- 1) 黄健, 小谷内範穂, 回転機構付き胸部支持パッドを有する歩行車の歩行促進効果の評価, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会'18, 講演論文 DVD 2A1-E05, 2018/6
- 2) 笠原大暉, 小谷内範穂, 4 輪 4 脚ロボットの小型モデル設計と制御, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会'18, 講演論文 DVD 1P2-H05, 2018/6
- 3) 中尾一翔, 小谷内範穂, スケートボードの操舵機構の解析, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会'18, 講演論文 DVD 2A1-I01, 2018/6
- 4) 蘆田宏明, 黄健, 小谷内範穂, 原田孝, 回転型胸部支持パッドを有する歩行車を用いた歩行運動の解析, 日本ロボット学会学術講演会 2018, 講演論文 DVD 3A3-02, 2018/9
- 5) 石角浩丈, 黄健, “平面型柔軟ハンドの粘弾性モデルを用いた操り制御の解析”, 第 27 回計測自動制御学会中国支部学術講演会講演論文 DVD, 1B-5, 2018/12
- 6) Mizuho Shibata, Norimitsu Sakagami, "A transforming mechanism for an underwater robot with a deformable tensegrity structure", Proc. of the International symposium on Artificial Life and Robotics, Beppu, Japan, Jan. 23-25, pp.450-453, 2019.
- 7) 柴田瑞穂, 出村公成, 平井慎一, 松元明弘, "学科教育としてのロボティクス", 第36回日本ロボット学会講演集, 2018.
- 8) 坂上憲光, 柴田瑞穂, "ロボットパッキングを利用した関節型ロボットのモデリング", ロボティクス・メカトロニクス講演会2018, 2018
- 9) 柴田瑞穂, "近畿大学工学部ロボティクス学科の出口問題", 第36回日本ロボット学会講

演集, 2018.

- 10) 友國 伸保, ”慣性ロータと操舵を用いる小型自動 2 輪車型移動体の制御”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'18, 講演論文 DVD 1P2-H02, 2018/6
- 11) 友國 伸保, ”小型移動ロボット向け位置計測手法”, 第36回日本ロボット学会学術講演会, 1K2-06, 2018/9.
- 12) Masaharu TAGAMI, Atsushi SUDA, Kiyoshi IOI, Manabu KOSAKA, Active Vibration Control of a Cart Utilizing Center of Percussion, The 14th International Conference on Motion and Vibration (MoViC2018) Proceedings, Paper ID C-15, 2018
- 13) 田上 将治, 長谷川 正哉, 藤井 駿, 堀家 昇馬, 筋力トレーニング機能を有する膝関節用CPMの筋力活性度評価, 日本機械学会中国四国支部第57期総会・講演会論文集, 論文No. 1111, 2019

(4) 講演 (10 件)

- 1) 黄 健, 小谷内 範穂, “回転型胸部支持パッドを有する歩行車を用いた歩行計測と解析”, 近畿大学工学部研究公開フォーラム 2018, パネル展示, 2018.10.15
- 2) 黄健, 小谷内範穂, 原田孝, 1 軸回転式胸部支持パッドを有する歩行車を用いた歩行測定, 近畿大学認知症 Core 研究(DoIK)シンポジウム, 2019/3
- 3) 黄健, 小谷内範穂, 地域密着型未来社会を支える高度化ロボット技術の開発と推進, 第 1 回全学研究クラスター・コア シンポジウム, 2019/3
- 4) 黄健, 力感覚の提示に関わる技術の研究と開発, 近畿大学工学部公開講座, 2019/3
- 5) 小谷内 範穂, “建設機械情報化の研究およびパーソナル・ロボット、スケートボードロボットの研究”, 近畿大学工学部研究公開フォーラム 2018, パネル展示, 2018.10.15
- 6) 樹野 淳也, “乗り心地評価技術”, 近畿大学工学部研究公開フォーラム 2018, パネル展示, 2018.10.15
- 7) 友國 伸保, “移動ロボットのモーションコントロール, パソコン, マイコン, FPGA を組み合わせたメカトロニクス制御装置”, 近畿大学工学部研究公開フォーラム 2018, パネル展示, 2018.10.15
- 8) 田上 将治, “機械振動制御系におけるフィードバック制御器の設計と実装”, 日本技術士会機械部会 9 月講演会, 2018.9.14
- 9) 田上 将治, “膝関節用多機能リハビリ機器の開発”, 近畿大学工学部研究公開フォーラム 2018, パネル展示, 2018.10.15
- 10) 田上 将治, “運動機能の回復・改善を目指した神経筋トレーニング機器の開発”, 中国地域創造研究センタービジネスマッチング交流会, 2019.1.30

4. 外部資金獲得 (3 件)

- (1) 黄健, 科研費 (基盤研究(C)), 日本学術振興会, 「歩行意欲を促進できる駆動型胸部支持パッドを有する歩行車の開発と補助効果の評価」, 代表, 2018年度
- (2) 柴田 瑞穂, 公益財団法人高橋産業経済研究財団 研究助成, 「変形することで移動効率を高める水中ロボットの実現」, 代表, 2018年度
- (3) 田上 将治, 公益財団法人 J K A : 平成30年度 機械振興補助事業 研究補助 若手研

究, 「歩行機能回復を目指す膝関節リハビリテーション機器の研究開発補助事業」
(研究代表), 2018.4~2019.3

5. 学外兼務業務

(1) 黄 健

- ・ The 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2018) Associate Editor
- ・ The 2018 IEEE International Conference of Robotics and Biomimetics (ROBIO2018) PC 委員
- ・ ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 実行委員 (2017.8~)

(2) 小谷内 範穂

- ・ 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 実行委員長 (2017.8~)
- ・ つくばチャレンジ 2018 実行委員会委員
- ・ 広島県 AI・IoT ロボティクス活用研究会会長
- ・ ロボット活用型市場化適用技術開発プロジェクト 低コストなバラ積み自動車部品組付けシステム開発 継続事業体アドバイザー
- ・ NEDO 分野横断的公募事業に係る事前書面審査員 (ピアレビュー)

(3) 柴田 瑞穂

- ・ ロボット学会 2017 年度代議員 (2017.3~2021.2)
- ・ ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 実行委員 (2017.8~)
- ・ World Robot Summit ものづくりカテゴリー 競技委員 (2017.11~)
- ・ 平成 30 年度計測自動制御学会中国支部運営委員 (2018.1~)
- ・ Advanced Robotics Best Paper Award 選考小委員会委員 (2017 年度, 2018 年度)

(4) 樹野 淳也

- ・ 日本人間工学会第 6 期代議員
- ・ 平成 30 年度日本人間工学会中国・四国支部理事
- ・ 平成 31 年度計測自動制御学会中国支部会計幹事
- ・ ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 実行委員 (2017.8~)

(5) 田上 将治

- ・ 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 実行委員 (2017.8~2019.6)
- ・ 日本技術士会中国本部 機械/船舶・海洋/航空・宇宙部会 幹事 (2017.7~2019.6)

(6) 友國 伸保

- ・ 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 実行委員 (2017.8~2019.6)
- ・ 日本ロボット学会第 33,34 回研究奨励賞選考委員 (2017~2018)

6. その他

- (1) 樹野 淳也, 出張講義, 愛媛県立丹原高等学校, “機械が自動で動くことの意味を考える”, 2018.7.31
- (2) 柴田 瑞穂, 公開講座, “ロボティクス学科というもの”, 2018.5.19