

## 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, 白井 敦, 柴田 瑞穂, 友國 伸保, 田上 将治, 松谷 祐希

### 1. 令和2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 “オール近大”新型コロナウイルス感染症対策支援プロジェクト (黄・小谷内・樹野・白井・柴田・友國・田上・松谷)

令和2年度4月新型コロナウイルス感染症の急激な感染拡大により、医療現場でフェースシールドが入手困難になった。大阪大学中島 清一 特任教授らが提唱し公開したクリアファイル固定フレームの3Dデータに基づき、近畿大学工学部同窓会メンバーの設計改良を加えたデータを用いて、学内で100個のフレームを緊急製造し、クリアファイルとともに東広島記念病院に寄贈した。製造にかかったフィラメントおよびクリアファイルの費用は近畿大学工学部同窓会との共同事業として同窓会から支給された。

本事業は、「“オール近大”新型コロナウイルス感染症対策支援プロジェクト」として申請し、本部の認定を受けた。

#### ② 駆動型胸部支持パッドを有する歩行車の開発 (黄・小谷内)

駆動型胸部支持パッドを有する歩行車の開発を昨年度に引き続き行った。昨年度開発した、歩行車の胸パッドを駆動するモータのメーカー純正の駆動回路の動作電圧範囲がマイコンのDA回路の範囲と合わずモータのトルクが足りない問題があったが、新たに昇圧回路を付加する改良を行い、モータが胸を押すだけの十分なトルクを出せることを確認した。

駆動型胸部支持パッドを有する歩行車の胸パッドにかかる力を計測するロードセルを従来の左右2個から左右上下の4個に増やし、アクリル板に装着した。ロードセルの信号増幅と記録を行うロードセルメーカー純正コンパクトレコーダと、レコーダ専用ソフトを動かすスティックPC、それらの電源となるリチウム電池をすべて搭載し、これまでのように壁コンセントから電源線や卓上PCからのネットワークケーブルを引きずることなく完全自立型で歩行実験を行った。

駆動型胸部支持パッドを有する歩行車の胸パッドに対して、受動型胸パッドに交換するジグに装着する胸パッドとロードセルを新規導入して、駆動型と受動型の比較が簡単に行えることを確認した。

#### ③ 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。昨年度明らかになったように従来よく使われていた ODE がバージョンアップされておらず Windows10 対応ができなかったが、最近新たに提案された WEBOTS シミュレーションソフトを導入し、サンプルプログラムに含まれている Boston Dynamics 社の Spot のモデルを参考に考察を行った。

従来の脚車輪による静歩行だけでなく、4 脚動歩行のための股関節にモータを集中した 1 脚モデルの設計を行った。

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・情報化のために建設機械の小型モデルを 3D プリンタで構築する研究を行っている。昨年度改良したブルドーザの 1/20 模型において、クローラが路面の不安定さによって大きく滑る現象を検出できるかどうかを見るため新たに加速度・ジャイロ・磁気 9 軸センサを搭載して走行実験を行った。

建設機械の派生機械である農業用トラクタの無人自動運転機がすでに商業的に販売されている。しかし、まだまだ普及はしていない。すでに普及している搭乗型の農業用トラクタの転倒事故に着目し、小型モデルを製作した赤外線センサで路肩を検出しハンドル操作に介入し転倒を防ぐ研究の実験をした。

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、スケートボードの斜面对応や遠心力対応の解析を行った。

搭乗型・非搭乗型の移動ロボットや人の作業範囲内のロボットが人を感知するための焦電型赤外線センサの感度について実験を行った。

#### ④ 農作業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。

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 2 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。

また、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 脚式のロボットを開発している。令和 2 年度は、制御システムの構築や接地を判断する機構の開発に取り組んだ。

重量野菜の収穫などに圃場内での運搬作業には、高床・スキッドステアの車両が用いられることが多い。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。

広島県ではワケギ栽培が盛んであるが、球根の植え付け作業は中腰で行う負担の大きい作業のため、機械化が強く望まれている。そこで、ワケギ球根を植え付ける作業機の開発を行った。

#### ⑤ 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 2 年度は、大動脈弁を模擬した形状の弁を試作するとともに、試験用流体回路を構築した。そして、試作弁と Jelly-fish 弁を用いた送液効果を比較し、両弁とも同じメカニズムで送液を行うことを確認した。

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。しかし、本手法は、提示できる動作が単純である、欠損部位が大きくなると大きな鏡が必要になる等の問題がある。そこで、Web カメラと PC を用いて安価にこれらの問題を解決するシステムを提案する。令和 2 年度は、システム構築および基本プログラムの構築を行った。この中で、背景との差分画像から健側肢形状と運動を抽出し、その鏡像を健側肢と時間差を付けて患側肢に重ねて PC のモニタ上に提示することに成功した。

#### ⑥ 柔軟・軽量ロボットに関する研究（柴田）

現在、外殻を軽量素材で構成する多面体ロボットを試作している。この多面体ロボットの外殻には拡張二十・十二面体の構造を利用している。令和 2 年度は、内部機構に偏心モータを利用した試作機を用い、多面体型移動ロボットにて超信地旋回が可能であることを実験的に確認した。また、外殻を樹脂フィルムで構成する水中ロボットを試作している。令和 2 年度は、水中ロボット内に封入する絶縁流体の量と運動の関係を実験的に評価した。適切な液量を封入し、樹脂フィルムとロボットの構成要素との滑りを許すことで小型モータでも試作機が動作可能であることを明らかにした。

#### ⑦ 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、ばねあるいは摩擦を模擬する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。令和 2 年度は主に装置が与える負荷の種別や大きさの違いにより筋活動がどのように変化するかについて被験者実験を通じて調査した。また、本研究の成果を活用して歩行訓練機への拡張に向けた開発も進め、ハードウェアについては目処を付けることができた。

#### ⑧ 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 2 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、回転リンク内にスライダを内蔵する機構の機構モデルの試験装置を製作した。今後評価を実施する。本機構により従来方式よりも安全かつ滑らかに階段昇降可能になることが期待できる。

#### ⑨ 筋骨格型ロボットに関する研究（松谷）

筋骨格型アームを対象とした研究では、重力影響下で高精度な位置制御を実現可能な新しい制御手法を提案し、その有効性をシミュレーションと実験の結果より明らかにした。一方、筋骨格型受動歩行ロボットを対象とした研究では、膝ありの筋骨格型受動歩行ロボットをモデル化し、シミュレーションを構築した。筋のつり合い内力を利用する歩行生成法を提案し、つり合い内力によって生じる関節トルクを遊脚の蹴り出し力に利用することで、一般的なリンクモデルでは歩行が継続できない初期条件でも歩行を継続できることを示した。

### 2. 共同研究（3 件）

- (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：受託研究 1 件
- (3) 田上 将治：受託研究 1 件

### 3. 主要な研究業績

#### (1) 著書（0 件）

#### (2) 論文（4 件）

- 1) Mizuho Shibata, Kosei Demura, Shinichi Hirai, Akihiro Matsumoto, "Comparative Study of Robotics Curricula", IEEE Transactions on Education, pp. 1-9, 2020 (<https://doi.org/10.1109/TE.2020.3041667>).
- 2) 樹野 淳也, カテゴリー判断法による自動車シートの乗り心地評価, 車載テクノロジー, Vol.7, No.12, pp.12-16, (2020-9)
- 3) Yuya Onozuka, Nobuyasu Tomokuni, Genki Murata, Motoki Shino, Attitude control of an inverted-pendulum-type robotic wheelchair to climb stairs considering dynamic equilibrium, Robomech J 7, 23 (2020).(<https://doi.org/10.1186/s40648-020-00171-4>)
- 4) Hiroaki Ochi, Hitoshi Kino, Kenji Tahara, Yuki Matsutani, "Geometric conditions of a two-link-and-six muscle structure based on internal force stability", ROBOMECH Journal, Vol. 7, No. 17, 2020 (<https://doi.org/10.1186/s40648-020-00164-3>)

#### (3) 学会発表（22 件）

- 1) 笠原 大暉, 小谷内 範穂, 友國 伸保, 小型 4 輪 4 脚ロボットの自立化と階段上り時の胴体姿勢制御, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会'20, 講演論文 DVD 2A1-N17, 2020/5.
- 2) 蘆田 宏明, 阿部 凌輔, 黄 健, 小谷内 範穂, 回転型支持パッドつき歩行車を用いた下

- 肢部負荷有無歩行の測定と解析, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会'20, 講演論文 DVD 2A2-E06, 2020/5.
- 3) 阿部 凌輔, 渡部 亮, 小谷内 範穂, 黄 健, 駆動型胸パッドを有する歩行車の開発 一胸パッドにかかる力計測一, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会'20, 講演論文 DVD 2A2-E11, 2020/5.
  - 4) 中尾 一翔, 小谷内 範穂, 友國 伸保, 電動スケートボードの運搬ロボット化, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会'20, 講演論文 DVD 2A2-M03, 2020/5.
  - 5) 大西 裕也, 小谷内 範穂, 動歩行小型 4 足歩行ロボットの設計, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会'20, 講演論文 DVD 2P1-J12, 2020/5.
  - 6) 阿部 凌輔, 小谷内 範穂, 黄 健, 向井 敬太, 宮本 空, 駆動型胸部支持パッドの力計測システムの開発, 第 21 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2020), 講演論文 DL 2C2-10, 2020/12.
  - 7) 向井 敬太, 前田 敦史, 阿部 凌輔, 宮本 空, 黄 健, 小谷内 範穂, 駆動型支持パッドを有する歩行車のモータ制御系の構築, 第 29 回計測自動制御学会中国支部学術講演会 DVD 1A-5, (2020-11)
  - 8) 白井 敦, “WEBカメラを用いた鏡療法システムの開発(健側肢画像の抽出方法の検討)”, 第29回計測自動制御学会中国支部学術講演会, pp. 87-88, 2020/11
  - 9) 三浦 紘, 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(逆止弁の試作および揚液効果の確認)”, 日本機械学会第31回バイオフロンティア講演会, #2C15, 2020/12
  - 10) 松澤 和輝, 樹野 淳也, 田島 淳, ワケギ栽培の省力化を目指した球根植え付け作業機の試作, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集 CD-ROM, 1P1-A08, (2020-05)
  - 11) Mizuho Shibata, Norimitsu Sakagami, "Development of Pressure Measurement Equipment Fabricated by Robot Packaging Method", Proc. of the 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2021), Iwaki, Japan, Jan.11-14, pp.263-269, 2021.
  - 12) Mizuho Shibata, Yushi Azuma, "Polyhedral rolling robot with expanded icosidodecahedron body", Robots in Human Life (CLAWAR2020), Moscow, Russia, Aug. 24-26, pp.185-192, 2020 (Best Technical Paper Award).
  - 13) 田中 耀太郎, 柴田 瑞穂, "柔軟薄型素材で被覆されたシリアルリンクにおける封入液量と回転角度の関係", 第29回計測自動制御学会中国支部学術講演会講演集, 2020.
  - 14) 柴田 瑞穂, 土橋 宏規, 植村 渉, 横小路 泰義, "ベルトドライブユニット組立のためのタスクボードの開発", 第64回システム制御情報学会研究発表講演会講演集, 2020.
  - 15) 横小路 泰義, 河井 良浩, 柴田 瑞穂, 相山 康道, 琴坂 信哉, 植村 渉, 野田 哲男, 土橋 宏規, 阪口 健, 前田 雄介, 横井 一仁, "World Robot Summit 2020 ものづくり カテゴリー競技「製品組立チャレンジ」の概要", 第64回システム制御情報学会研究発表講演会講演集, 2020.
  - 16) 東 佑親, 柴田 瑞穂, "拡張二十・十二面体型多面体ロボットの転がり運動の実現", ロボティクス・メカトロニクス講演会2020, 2020.



- 17) 石丸 諒,友國 伸保,小竹 元基,階段昇降ロボットのための回転リンク内スライダ機構の開発, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会'20,講演論文DVD,2A1-N04,2020/5.
- 18) 矢野 翔平,友國 伸保,斜面への遷移を考慮した小型二足歩行ロボットの歩容作成と姿勢制御,日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'20,講演論文DVD, 2A2-L01,2020/5.
- 19) 有光 悠真, 田上 将治, テンプレートマッチング法による変位と角度計測の実験的検討, 第29回計測自動制御学会中国支部学術講演会, 講演論文集 2A-5, 2020
- 20) 湯浅 健也, 田上 将治, 米原 牧子, 池庄司 敏孝, 竹下 孝樹, 青木 洋, 京極 秀樹, 金属積層造形におけるパウダーベッド表面性状の計測, 日本機械学会 2020 年度年次大会, 講演論文集
- 21) 松谷 祐希, 田原 健二, 木野 仁, "重力影響下における1リンク筋骨格システムのフィードフォワード制御", 第29回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集, 3A-5, 2020.
- 22) 松谷 祐希, 木野 仁, "膝ありの筋骨格型受動歩行ロボットのつり合い内力を利用した歩行生成", 第21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論文集, 1D3-03, 2020.

#### (4) 講演 (2 件)

- 1) 樹野 淳也, 広島県立広高等学校, 出張講義, 機械が自動で動くことの意味を考える, 2020.10.22
- 2) 田上 将治, Feedback Control 機械を自動で動かす仕組み, 国泰寺高校鯉城同窓会 2020.9.10

#### 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, 2019~2021年度
- (2) 柴田 瑞穂, 科研費 (基盤研究(C)), 日本学術振興会, 「薄型柔軟素材で被覆された多関節ロボットの力学特性の解明」, 代表, 2019~2021年度
- (3) 松谷 祐希, 科研費 (若手研究), 日本学術振興会, 「筋骨格構造の運動メカニズムに基づいた筋骨格型ロボットの開発」, 代表, 2019~2020 年度

#### 5. 特許登録 (2 件)

- (1) 黄 健, 今本 治彦, 大江 泰法, 特許第 6758644 号, 「切替式腹腔鏡手術用鉗子」, 2020.9.4
- (2) 黄 健, 小谷内 範穂, 宮野 直樹, 特許第 6846799 号, 「歩行車」, 2021.3.4

#### 6. 学外兼務業務

- (1) 黄 健
  - ・ The 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2020) Associate Editor

(2) 小谷内 範穂

- ・ つくばチャレンジ 2020 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
- ・ 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）
- ・ ロボティクス・メカトロニクス講演会 2020 実行委員会アドバイザーボード
- ・ ロボティクス・メカトロニクス講演会 2021 実行委員会アドバイザーボード

(3) 樹野 淳也

- ・ 日本人間工学会第 7 期代議員
- ・ 日本人間工学会第 7 期中国・四国支部代議員
- ・ 令和 2 年度計測自動制御学会中国支部庶務幹事

(4) 白井 敦

- ・ 日本機械学会 ROBOMECH2019 実行委員会 会場委員，出版委員
- ・ 日本機械学会バイオエンジニアリング部門 制御と情報－生体への応用－研究会（A-TS02-04）委員（2020/4～）
- ・ 第 29 回計測自動制御学会中国支部学術講演会実行委員会 会場担当

(5) 柴田 瑞穂

- ・ ロボット学会 2017 年度代議員（2017.3～2021.2）
- ・ World Robot Summit ものづくりカテゴリー 競技委員（2017.11～）
- ・ 計測自動制御学会代議員（2021.1～2023.1）

(6) 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（2017.7～2022.6）
- ・ 計測自動制御学会 第 29 回計測自動制御学会中国支部学術講演会実行委員（2020.5～2020.11）

(7) 松谷 祐希

- ・ 第 29 回計測自動制御学会中国支部 学術講演会 実行委員会 委員
- ・ 2020 年度 計測自動制御学会 中国支部 運営員
- ・ 第 21 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（SI2020）実行委員会 広報委員長
- ・ 第 97 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

7. その他

- 1) Mizuho Shibata, Best Technical Paper Award, The 23rd issue of the International Conference Series on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines (CLAWAR2020).