

## 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 小谷内 範穂, 樹野 淳也, 柴田 瑞穂, 田上 将治

### 1. 平成 29 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)

高齢者の立ち上がりと歩行を支援するため、現在さまざまな免荷式リフトが開発され、商品化されている。これまでの研究では、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ため、複数のセンサを有する歩行車の設計と試作を行った。しかしながら、これまでの歩行計測に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く、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 フィールドロボットの開発 (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を取り込む必要があり、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。3 次元 CAD である SolidWorks を用いてより実機に近い 3 次元幾何モデルを製作し、動的物理法則をシミュレートする物理エンジンに取り込めないか検討を行った結果、ゲームエンジンである UNITY に取り込むのが最も可能性があるとの結論に達した。

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 モデルを前年度製作したが、剛性が弱く自重支持で変形したので、剛性強化のための再設計を行い、3D プリンタで製作し直した。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、Arduino マイコンシステムを搭載型制御システムとして採用し、立ち上がり車輪走行をする基本動作を確認した。

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

1/20 モデルの設計を行い、3D プリンタで製作した。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移動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行った。

フィールドロボティクスの一環でスポーツをしながら発電する機器を開発できないか防災用手回し発電機を用いた分析を行った。

### ③ 車両の自動化に関する研究（樹野）

農業機械と自動車を対象に、自動作業・自動走行に関して研究を行っている。農業機械については、脚型移動機構を持つ農作業ロボットの開発を進めており、今年度は脚駆動用サーボシステムの改良や、胴体の水平制御について取り組んだ。一方、自動走行車は、オートレーンチェンジのような知的機能を利用すると、乗車中の全身振動暴露が減少できると考えられ、ドライビング・シミュレータを用いて、その効果を実証する実験を行った。

### ④ 柔軟ロボットに関する研究（柴田）

現在、外殻を柔軟な樹脂フィルム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 29 年度は、ひれ運動と封入液量との関係を明らかにするために角度センサを内蔵した試作機を製作した。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 29 年度は、外殻を自律的に変形するための変形機構を製作し、その有効性を実証した。その結果、変形機構を取り付けた場合にも、本体の変形により水中での運動特性が可変になることを実験的に示した。

### 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。H30 年度は昨年度の実験で明らかになった試作器の問題点を改善し、試作機を改良した。また、新たな被験者実験の準備を整えた。

## 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 1 件

### 3. 主要な研究業績

#### (1) 著書 (2 件)

- 1) 黄 健, “力感覚の認知メカニズムの解明 (第 3 章 第 2 節)”, 力感覚の認知メカニズムとその解明 VR/AR 技術の開発動向と最新応用事例, 技術情報協会, pp86-96, 2018/1
- 2) N. Sakagami, M. Shibata, "Dynamic Modeling of a Serial Link Robot Laminated with Plastic Film (Chapter 4)", Lamination - Theory and Application, InTech, pp.73-88, 2018

#### (2) 論文 (3 件)

- 1) 小川 大夢, 黄 健, “携帯型 3 軸力覚提示装置の開発”, 近畿大学工学部研究報告, No.51, pp.53-56, 2017/12
- 2) Junya TATSUNO, Kiyoshi TAJIMA and Katsuhiko INAGAKI, “Two-dimensional Localization System of a Legged Robot for Shaft Tillage Cultivation”, Mechanical Engineering Journal, Vol.4, No.2, Paper Number 16-00472, 2017
- 3) 田上 将治, “膝関節リハビリ機器の制御系設計”, 近畿大学次世代基盤技術研究所報告, Vol. 8, pp.75-82, 2017

#### (3) 学会発表 (8 件)

- 1) Jian Huang, Noriho Koyachi, “Development of a New Rollator with a Free Rotating Chest Pad Integrated with Multiple Sensors and Investigation of its Effectiveness on Walk Assistance”, Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2017), pp.977-982, 2017/12
- 2) 黄 健, 小谷内 範穂, “センサを有する 1 軸フリー回転機構つき歩行車を用いた歩行計測”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2017講演論文集DVD, 2P1-P10, 2017/5
- 3) 小川 大夢, 黄 健, “ウェアラブル3 軸ハプティックデバイスの開発と制御”, 第35回日本ロボット学会学術講演会論文集DVD, 1J3-03, 2017/9
- 4) 石角 浩丈, 黄 健, “平面型柔軟 2 指ハンドの粘弾性力学解析”, 第 26 回計測自動制御学会中国支部学術講演会講演論文 DVD, 1C-3, 2017/11
- 5) 樹野 淳也, 稲垣 克彦, 田島 淳, “局所耕うん栽培を实践する脚式ロボットの開発 (実スケールモデルの試作)”, 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 DVD, 1A1-B06, 2017/5
- 6) 柴田 瑞穂, “近畿大学工学部ロボティクス学科の育成する学生像と実験・演習科目”, 第35回日本ロボット学会講演集, 2017
- 7) 田上 将治, 五百井 清, 須田 敦, “撃心を利用した衝撃低減に関する研究”, 日本機械学会Dynamics and Design Conference 2017講演論文集, 講演番号321, 2017
- 8) Masaharu Tagami, Yasutaka Tagawa, “Development of a Continuous Passive Motion Device with an Active Training Mode for Muscle Recovery”, ASCC2017, pp.2226-2231, 2017

#### (4) 講演 (8 件)

- 1) 黄 健, 小谷内 範穂, “マルチセンサ情報を用いた 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促進効果の評価”, 近畿大学工学部研究公開フォーラム 2017, パネル展示, 2017.10.30
- 2) 黄 健, “歩行アシスト効果を図る歩行車の開発”, 中国地域さんさんコンソ 介護工学新技術説明会, 2017.11.2
- 3) 黄 健, “歩行アシスト効果を図る歩行車の開発”, 第 3 回認知症 Core 研究 (DoIK) シンポジウム, 2018.3.10
- 4) 小谷内 範穂, “フィールドロボティクス研究室”, 近畿大学工学部研究公開フォーラム 2017, パネル展示, 2017.10.30
- 5) 樹野 淳也, “中山間地域の活性化を目指したロボット農業の提案”, 近畿大学工学部研究公開フォーラム 2017, パネル展示, 2017.10.30
- 6) 柴田 瑞穂, “柔軟物の特性を利用したロボットシステムの実現”, ひろしま産業振興機構「ニーズ・シーズのマッチングフォーラム」, 2017.8.24
- 7) 田上 将治, “力制御技術を利用したリハビリ機器・負荷試験装置の開発”, ひろしま産業振興機構「ニーズ・シーズのマッチングフォーラム」, 2017.8.24
- 8) 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 2017, パネル展示, 2017.10.30

#### 4. 外部資金獲得 (5 件)

- (1) 柴田 瑞穂, 独立行政法人日本学術振興会, 「ひらめき☆ときめきサイエンス, 真空包装機で作る?水中ロボットを泳がせてみよう」, 代表, 2017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, 2017年度
- (3) 田上 将治, 公益財団法人サタケ技術振興財団 平成29年度大学研究助成, 「制御による任意粘弾性・摩擦負荷の実現と膝関節リハビリ機器への応用」(研究代表), 2017.4~2018.3
- (4) 田上 将治, 中国ビー・エフ(株), 寄附研究, 「健康機器の制御に関する研究」(研究代表), 2017.11~2018.3
- (5) 田上 将治, 公益財団法人マツダ財団, 事業助成, 「体験, 制御工学!~自動運転車を作ってみよう~」, 2017.6~2018.5

#### 5. 学外兼務業務

- (1) 黄 健
  - ・ The 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2017) Associate Editor
  - ・ The 2017 IEEE International Conference of Robotics and Biomimetics (ROBIO2017) 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

- ・つくばチャレンジ 2017 実行委員会委員
- ・広島県産業用ロボット活用高度化研究会会長
- ・NEDO 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の開発」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～)

(4) 樹野 淳也

- ・平成 29 年度計測自動制御学会中国支部運営委員
- ・平成 29 年度日本人間工学会中国・四国支部理事

(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)
- ・The International Congress of Sound and Vibration (ICSV25)実行委員(2017.4～2018.7)
- ・技術研究組合次世代 3D 積層造形技術総合開発機構登録研究員(2017.4～)
- ・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. その他

- (1) 黄 健, 「月刊大学 6 月号」ロボット研究未来デザイン, 読売新聞 2017.6.25
- (2) 柴田 瑞穂, 研究紹介およびひらめき☆ときめきサイエンスに関する記事, 中国新聞, 2017.6.25
- (3) 柴田 瑞穂, 公開講座 (中学生向け), ひらめき☆ときめきサイエンス, 真空包装機で作る? 水中ロボットを泳がせてみよう 2017.8.4
- (4) 田上 将治, 公開講座, “体験, 制御工学! ～自動運転車を作ってみよう～”, 2018.3.10
- (5) 田上 将治, 技術士 (機械部門/機械力学・制御) 取得, 2018.3.9