

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K14937

研究課題名（和文）体内循環系により新陳代謝する適応型ヒューマノイド構成法に関する研究

研究課題名（英文）Research on constitution method of adaptive humanoid equipped with metabolism by internal circulatory system

研究代表者

浅野 悠紀（Asano, Yuki）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・特任講師

研究者番号：40783080

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、自身の運動や環境変化に応じて身体を適応させていく適応型ヒューマノイドの構成法について研究開発を実施した。体内循環機能を付与する拍動ポンプや、外力応答の適応性を付与するアクチュエータモジュールといったハードウェア要素技術開発を行った。また、外乱に対する転倒回避を脚運動と踏み出しによって行うバランス制御や、視覚・聴覚といった感覚情報を用いてヒューマノイドの体内内部モデルを更新するヒューマノイド運動制御システムを実装し有効性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、環境変化に適応可能な機械システムの実現に向け、生体に見られる循環や適応性などの優れた機能をロボティクスへ融合させロボットの機能や可能性を広げていくことでロボティクスと医学や生物学との連携が生み出される点に学術的・社会的意義があると考え、研究開発を実施した。本研究で得られた成果を基にした今後の応用として、義足や人工臓器のような我々の身体の代用として機能する生体機械融合の研究や、生体の機能理解や運動原理説明といったサイエンス応用に向けた研究開発を推進する。

研究成果の概要（英文）：In this study, research and development on constitution method of an adaptive humanoid that adapts its body according to environmental change or self-body movements have been conducted. As hardware component development, we developed a pulsatile pump that imparts internal circulatory function and an actuator module that imparts adaptability to external force response. We also implemented and verified a balance control that avoids falls due to disturbances by leg movements and steps, and a humanoid control system that updates the internal model of humanoids using sensory information such as vision and hearing.

研究分野：ロボティクス

キーワード：体内循環系 適応型ヒューマノイド 拍動型ポンプ 腱駆動アクチュエータ 自立維持制御 環境認識
モデル更新

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生体に見られる優れた機能をロボティクスへ融合させロボットの機能や可能性を広げていくことで、医学や生物学との連携が生み出される点に学術的価値が見いだされ、様々な研究が行われてきている。生体を生体たらしめ、既存のヒューマノイド及び機械製品との決定的な違いを生み出しているのは、新陳代謝や循環などによって生み出される適応性の有無である。生体は身体を構成する要素自体が日々生まれ変わっているのに対し、機械製品は一度組み込んだ部品はメンテナンスで入れ替わりはするものの本質的には同じ構成であり続ける。したがって、環境変化に応じて適応的に対応可能な機械システムの実現の学術的価値は高い。

2. 研究の目的

本研究では、自身の運動や環境変化に応じて身体を適応させていく適応型ヒューマノイドの実現に着目する。適応型ヒューマノイドの構成法や実現に必要な要素技術について研究開発を推進することで、環境変化に適応可能な画期的な機械システムへと発展・展開していく基礎技術を生み出すことを、本研究の目的とする。

3. 研究の方法

生体の適応性に深く影響する新陳代謝の源となっているのは、「循環」である。日々滞らずに変化し続ける「循環」の仕組みをヒューマノイドへ取り入れることが、画期的なヒューマノイド実現及び従来の学問体系へのブレイクスルーとなると考え、「循環」機能を備えたヒューマノイド実現に向けた研究開発を行う。また、ヒューマノイドに対する外乱やヒューマノイド周辺環境の変化といった環境変化に対して、適応的にふるまうことの出来るヒューマノイドの実現に向けた研究開発を行う。

4. 研究成果

(1) 腱駆動ヒューマノイドにおける外乱応答制御

人体におけるバランス維持戦略であるアンクルヒップストラテジーとステッピングストラテジーに基づいた制御ソフトウェアを実装し、腱駆動ヒューマノイド腱悟郎において自立姿勢維持を実現した(図 1)。腱駆動ヒューマノイドは、人体骨格のような複雑多自由度と筋による柔軟な身体構造を有しているため直立の自立維持制御が困難であったが、これによって自立状態の維持が可能となった他、外乱に応じて足を踏み出し転倒を回避する適応性を実現することができた。

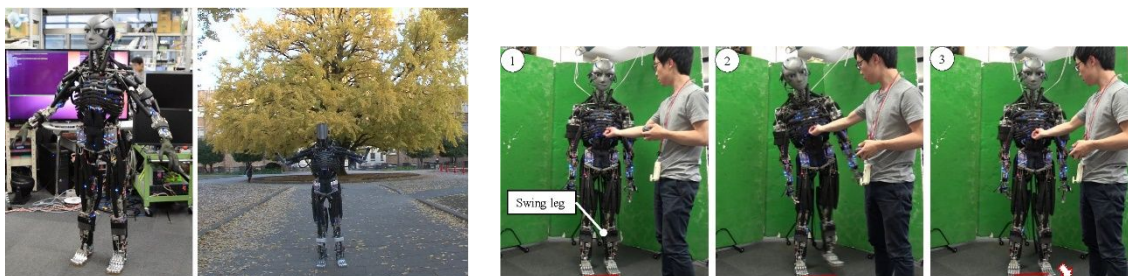


図 1 腱駆動ヒューマノイド腱悟郎における外乱応答制御[1]。(左)スタンドアローンでの自立状態維持。(右)踏み出しによる転倒回避

(2) センサによる環境認識に基づく適応型ヒューマノイド動作システム

視覚情報に基づく手先軌道の学習や、音声認識に基づく動作学習によるヒューマノイドシステムを構築した(図 2)。これは、センサ情報に基づいてヒューマノイド内部モデルを更新する適応的な制御ソフトウェアの枠組み構築に相当するもので、当初想定していなかった枠組みであるが、適応型ヒューマノイドの実現には、環境や外界情報に基づいて自身の行動を選択する知的ソフトウェアも必要であるため、重要な取り組みとなった。

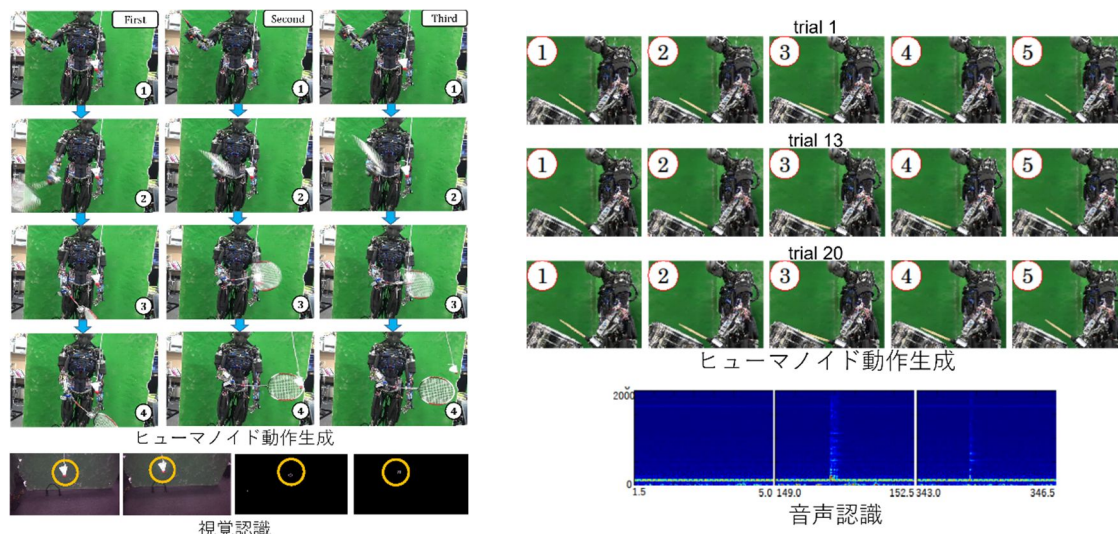


図 2 認識に基づく適応型ヒューマノイドシステム。(左)視覚情報に基づく手先軌道の学習[2]，(右)打音認識に基づく動作生成[3]

(3) 拍動型ポンプの試作開発

ヒューマノイドへの「循環」機能の付与に向け、筋アクチュエータとゴム状柔軟素材を用いた拍動型ポンプを開発した(図 3)。拍動型ポンプは流路の付いた中空球体として、内弁と一体的にモデリングし、筋アクチュエータによって駆動する構成とした。拍動型ポンプの駆動実験では、筋アクチュエータの駆動によってポンプが機能することと、内弁の機能を確認する基礎的な検討を実施した。

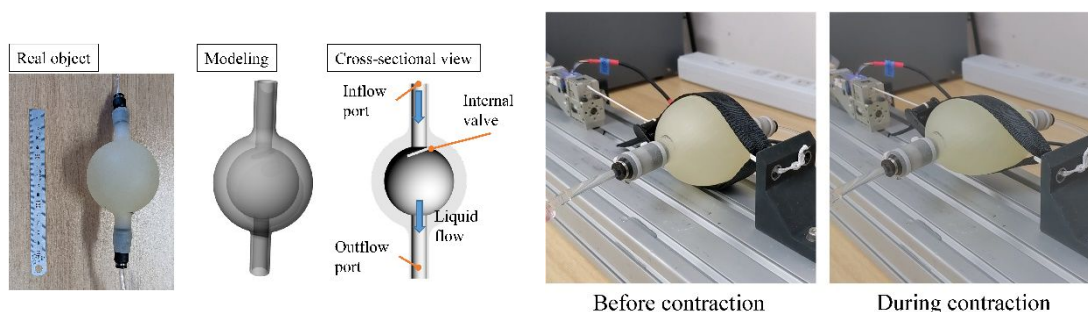


図 3 拍動型ポンプの構成と駆動実験[4]

< 引用文献 >

- [1] Yuki Asano, Shinsuke Nakashima, Iori Yanokura, Moritaka Onitsuka, Kento Kawaharazuka, Kei Tsuzuki, Yuya Koga, Yusuke Omura, Kei Okada and Masayuki Inaba: Ankle-hip-stepping stabilizer on tendon-driven humanoid Kengoro by integration of muscle-joint-work space controllers for knee-stretched humanoid balance, in Proceedings of the 2019 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids), pp.397-402, 2019.
- [2] Yuya Koga, Kento Kawaharazuka, Moritaka Onitsuka, Tasuku Makabe, Kei Tsuzuki, Yusuke Omura, Yuki Asano, Kei Okada, Masayuki Inaba: Modification of muscle antagonistic relations and hand trajectory on the dynamic motion of Musculoskeletal Humanoid, in Proceedings of the 2019 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids), pp.632-637, 2019.
- [3] 大村 柚介, 河原塚 健人, 牧野 将吾, 鬼塚 盛宇, 新城 光樹, 都築 敬, 古賀 悠矢, 浅野 悠紀, 岡田 慧, 稲葉 雅幸: 筋骨格ヒューマノイドにおける時系列聴覚情報を用いた打音認識に基づく動作獲得, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'19, pp.1A1-K03, 2019.
- [4] 浅野悠紀, 岡田慧, 稲葉雅幸: 筋アクチュエータとゴム状柔軟素材を用いた弁一体拍動型ポンプの試作, 第 22 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2021), pp.2785-2788, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Yuki Asano
2. 発表標題 Trials toward locomotion by human mimetic humanoid with anatomically similar musculoskeletal structure
3. 学会等名 Living Machines 2021 (Workshop Bio-inspired Locomotion) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅野悠紀, 岡田慧, 稲葉雅幸
2. 発表標題 筋アクチュエータとゴム状柔軟素材を用いた弁一体拍動型ポンプの試作
3. 学会等名 第22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
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大村 柚介, 河原塚 健人, 牧野 将吾, 鬼塚 盛宇, 新城 光樹, 都築 敬, 古賀 悠矢, 浅野 悠紀, 岡田 慧, 稲葉 雅幸
2. 発表標題 筋骨格ヒューマノイドにおける時系列聴覚情報を用いた打音認識に基づく動作獲得
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'19
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀 悠矢, 河原塚 健人, 牧野 将吾, 鬼塚 盛宇, 眞壁 佑, 都築 敬, 大村 柚介, 浅野 悠紀, 岡田 慧, 稲葉 雅幸
2. 発表標題 筋骨格ヒューマノイドのダイナミック動作における筋の拮抗関係と手先軌道の修正
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'19
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Asano, Shinsuke Nakashima, Iori Yanokura, Moritaka Onitsuka, Kento Kawaharazuka, Kei Tsuzuki, Yuya Koga, Yusuke Omura, Kei Okada, Masayuki Inaba
2. 発表標題 Ankle-hip-stepping stabilizer on tendon-driven humanoid Kengoro by integration of muscle-joint-work space controllers for knee-stretched humanoid balance
3. 学会等名 The 2019 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Koga, Kento Kawaharazuka, Moritaka Onitsuka, Tasuku Makabe, Kei Tsuzuki, Yusuke Omura, Yuki Asano, Kei Okada, Masayuki Inaba
2. 発表標題 Modification of muscle antagonistic relations and hand trajectory on the dynamic motion of Musculoskeletal Humanoid
3. 学会等名 The 2019 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019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

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