

未来社会創造事業 探索加速型
「次世代情報社会の実現」領域
年次報告書(探索研究期間)

令和3年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：多田 充徳]

[国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人工知能研究センター・研究チーム長]

[研究開発課題名：ヒューマンデジタルツインを活用した
身体モビリティデザイン]

実施期間：令和4年4月1日～令和5年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「産総研」グループ（産業技術総合研究所）

- ① 研究開発代表者:多田 充徳
（国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人工知能研究センター、研究チーム長）
- ② 研究項目
・歩行計測・シミュレーション技術の開発

(2)「理科大」グループ（東京理科大学）

- ① 主たる共同研究者:保原 浩明（京理科大学 先進工学部、准教授）
- ② 研究項目
・歩行解析技術の開発

(3)「BionicM」グループ（BionicM）

- ① 主たる共同研究者:孫 小軍（BionicM 株式会社、代表取締役）
- ② 研究項目
・義足制御システムの開発

(4)「まちけん」グループ（福祉のまちづくり研究所）

- ① 主たる共同研究者:戸田 晴貴（兵庫県立福祉のまちづくり研究所、研究員）
- ② 研究項目
・義足を用いた歩行への介入効果の検証

§2. 研究開発成果の概要

本研究では、義足ユーザのようなモビリティ弱者を対象に、生活中的歩行や行動のデジタルツインを構築する。そして、生活インタフェース(義足特性や環境条件のようにモビリティに影響する要因の総称)の変化に起因する歩行や行動の変容の予測に基づき、身体能力に最適化された生活インタフェースによるモビリティの向上を実現する。今年度は以下の 4 項目について研究・開発を進めた。

第 1 に、義足に組み込まれた IMU と深層学習を併用したインプリシット計測技術に関する研究を進めた。2 層の LSTM から構成されるネットワークを用いて学習を行った後に、ファインチューニングを用いたネットワークの個別化を行うことで、切断者に対する全身の関節角度の推定誤差を 5 度以下に抑えることができた。

第 2 に、神経筋骨格モデルを用いた歩行シミュレーションに関する研究を進めた。神経筋骨格モデルと義足モデルを構築した上で、モーションキャプチャデータとの比較を行なったところ、関節角度変化の相関係数が下肢 3 関節のいずれも 0.7 以上となった。また、義足のデザインや制御方法の違いが代謝コストに与える影響の予測も実現した。

第 3 に、トレッドミルを用いて計測した健常者と切断者の歩行データに対する解析を行い、切断者の歩容が 3 パターンに分類できることを明らかにした。即ち、速度の向上に歩幅とケイデンスの双方が寄与する群(中間的な体格に多い)、ケイデンスが寄与する群(小柄な男性と女性に多い)、そして歩幅が寄与する群(大柄な男性に多い)である。

最後に、コンピュータ上で環境アクセシビリティ評価を行うための歩行シミュレータを、産総研が開発する身体解析ソフトウェア上に構築した。また、これを用いて最小つま先クリアランスに基づく歩行中の転倒リスクの評価を実現した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Y. Kumano, S. Kanoga, M. Yamamoto, H. Takemura, and M. Tada, “Estimating whole-body walking motion from inertial measurement units at wrist and heels using deep learning,” *International Journal of Automation Technology*, vol. 17, no. 3, pp. 217–225, May 2023, doi: <https://doi.org/10.20965/ijat.2023.p0217>.
- 2) D. Ichimura, H. Hobara, G. Hisano, T. Maruyama, and M. Tada, “Acquisition of bipedal locomotion in a neuromusculoskeletal model with unilateral transtibial amputation,” *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 11, p. 1130353, Mar. 2023, doi: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1130353>.
- 3) Y. Endo, T. Maruyama, and M. Tada, “DhaibaWorks: A software platform for human-centered cyber-physical systems,” *International Journal of Automation Technology*, vol. 17, no. 3, pp. 292–304, May 2023, doi: <https://doi.org/10.20965/ijat.2023.p0292>.