

運動促進用超小型軽量 ハプティック式歩行補助シューズ

早稲田大学 理工学術院

大学院情報生産システム研究科

生産システム分野

教授 田中 英一郎

2023年7月25日

従来技術とその問題点

既に実用化されている補助ロボットには、モータ等のアクチュエータが使用されているが、

- 大きな補助力には大型モータだけでなく、瞬時に大電流を流すバッテリーが必要。
⇒装置の大型化, 重量化, 高価格化
- そもそも通常歩行可能な方には、“動力補助”ではなく“モチベーション補助”が重要.

当研究室開発の歩行補助機

関節のアシストトルク



① 腕+脚
30Nm^[1]



② 脚+リフター
[2]



③ 脚^[3]

④ 脚 (ステッピングモータ)

13Nm^[4]



⑥ 足首
(モータレス)
9Nm^[6]



⑤ 足首
(RE-Gait®)
7Nm^[5]



⑦ 足首
(小形モータ)
4Nm^[7]

今回の装置



⑧ ハプ
ティクス
0Nm^[8]

使用対象者

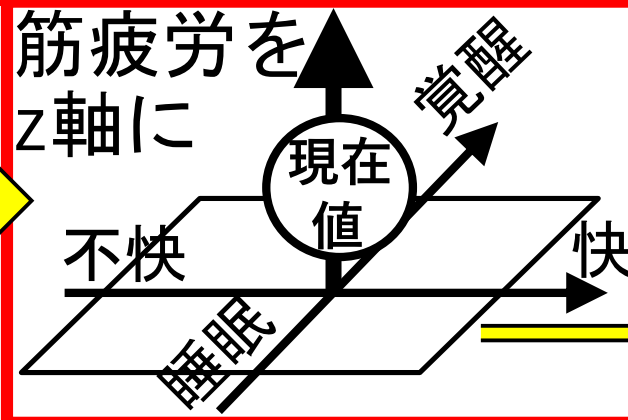
対麻痺患者 片麻痺患者 フレイル 高齢者 健常者

感情・疲労評価に応じた歩行補助^[9]

フィジカル+メンタル
アシストによる効果を狙う！

快適・気分高揚

感情・筋疲労状態マップ



脳波,
心拍,
NIRS

感情・筋疲労をリアルタイム
に評価, 結果に応じて
装置を制御

High

人に迷惑をかけ
ない, **自立生活**

Motivation

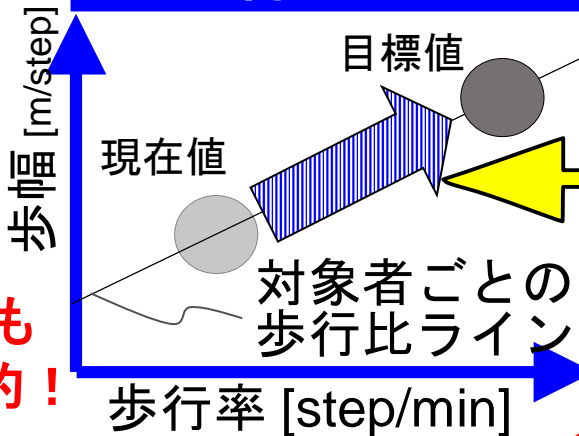
LOW

疲れた, 痛い,
飽きる. 続かない.

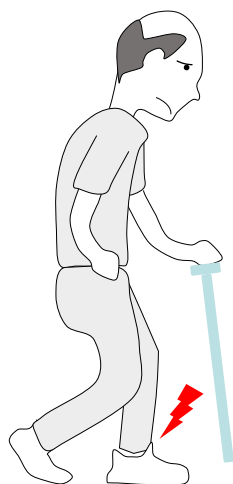
Maslow's hierarchy of
needs (Nursing)

補助機
制御

歩容マップ



ここだけでも
十分効果的！



新技術の特徴・従来技術との比較

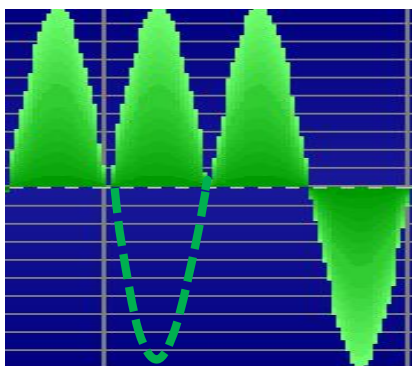
- 従来装置はモータ使用により1kg以上と**重く、大きく、高額**。
 - ⇒ 振動スピーカによる**ハプティック式歩行運動の誘導法**（動かす方向に押されている感覚を与える）を提案。
 - ⇒ **500g**の超小型軽量歩行補助を実現。
- 本技術の適用により、**数万円**のモータが**数千円**のスピーカで代用可能、製造コストは**1桁程度削減**が期待される。

振動スピーカによるハプティクス [10]

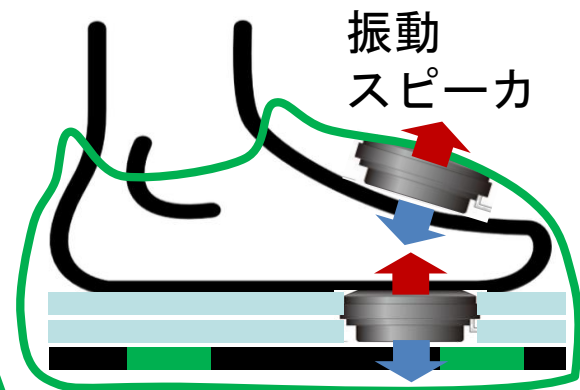
振動スピーカ：比較的周波数の低い非対称の信号を入力すると、一定の方向に移動するような感覚を与えられる。

ハプティクス：利用者に力、振動、動きなどを与えることで皮膚感覚フィードバックを得る技術。触覚技術。

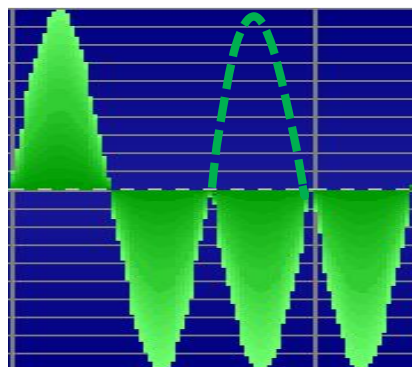
半波長を正に



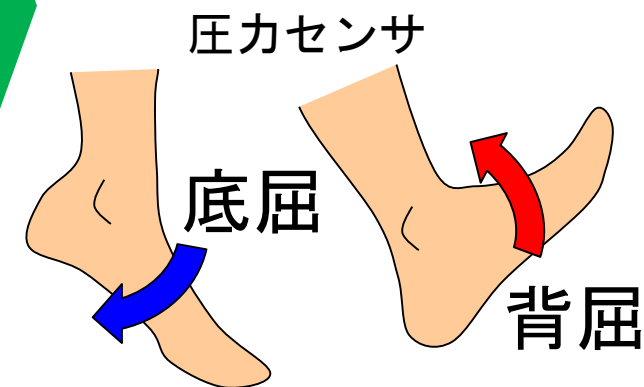
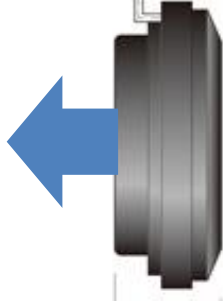
振動
スピーカ



半波長を負に

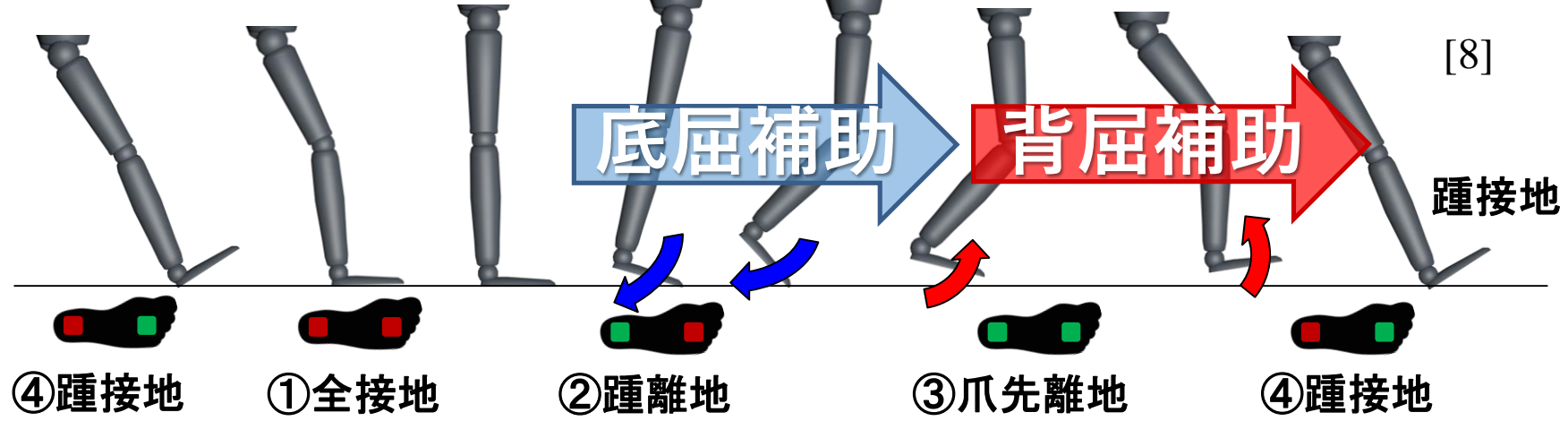


振動
スピーカ



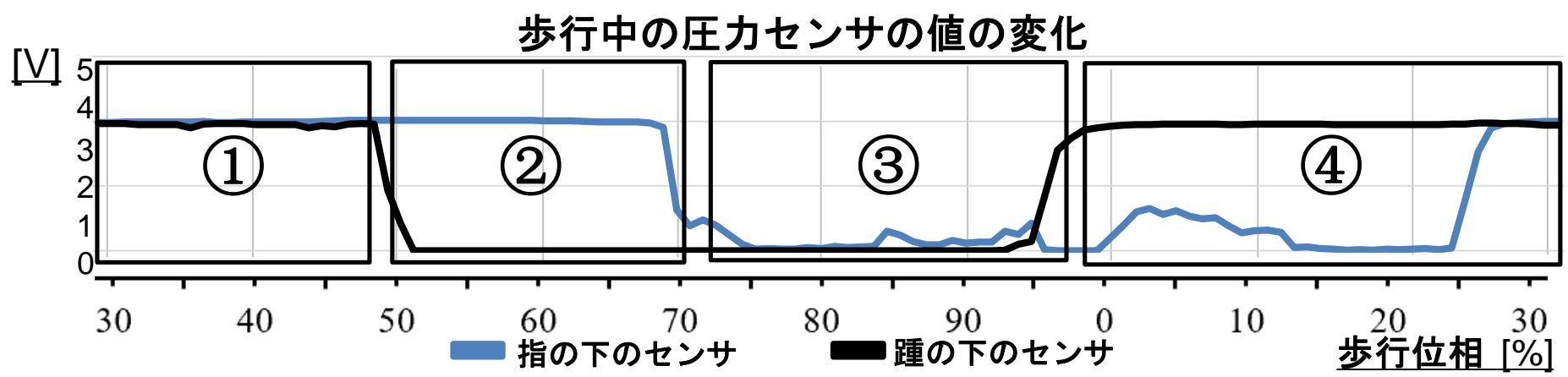
底背屈誘導に利用.

歩き方

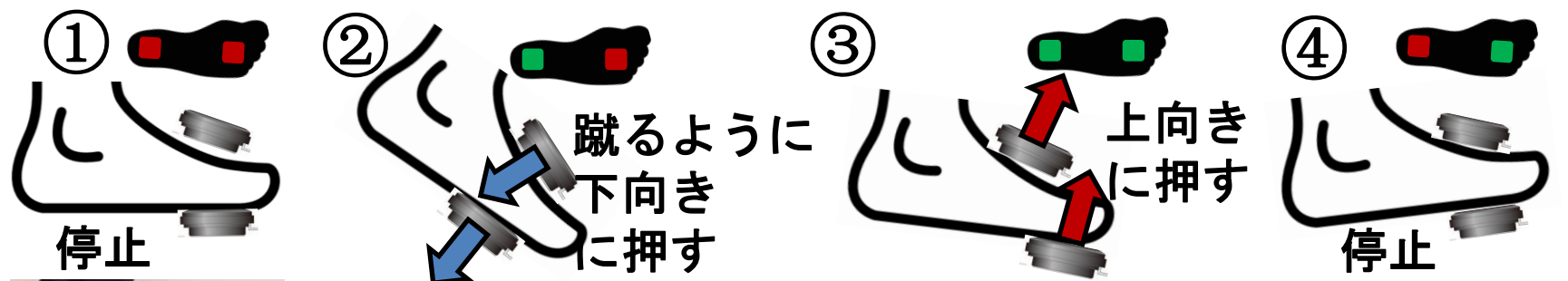


圧力センサ
■高 ■低

圧力
センサ



振動
スピーカ

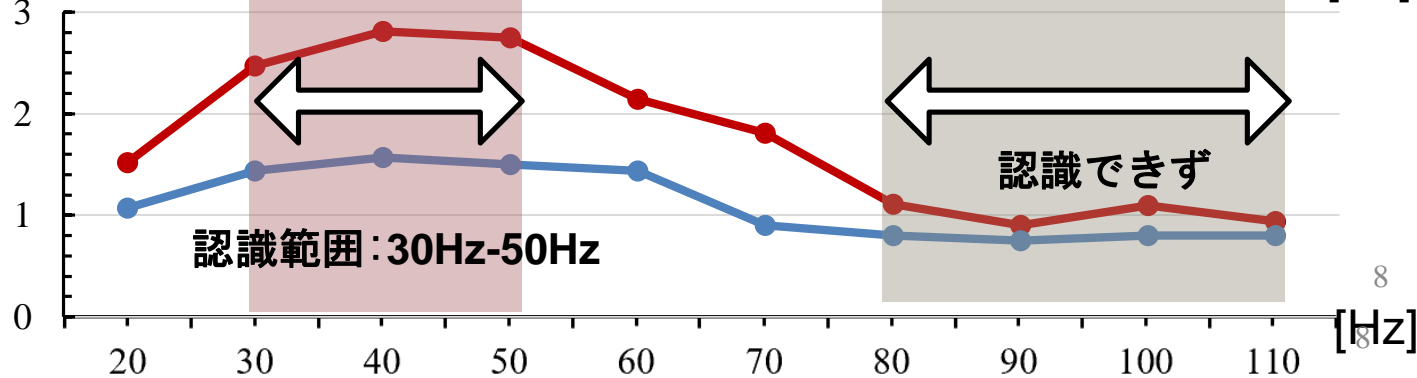
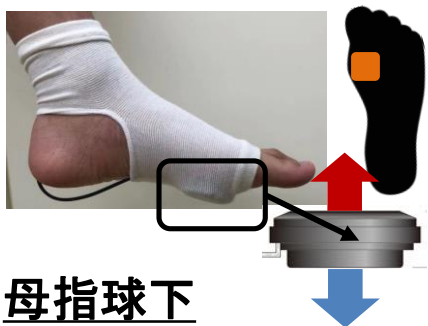
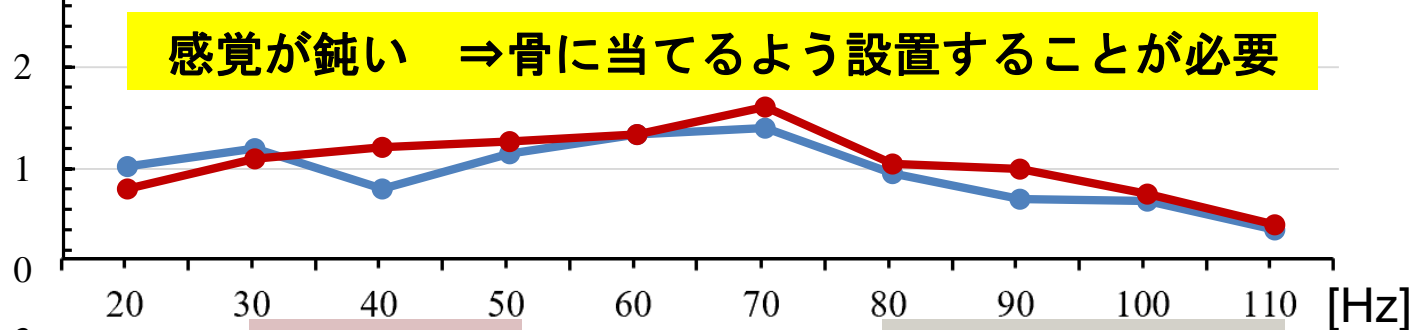
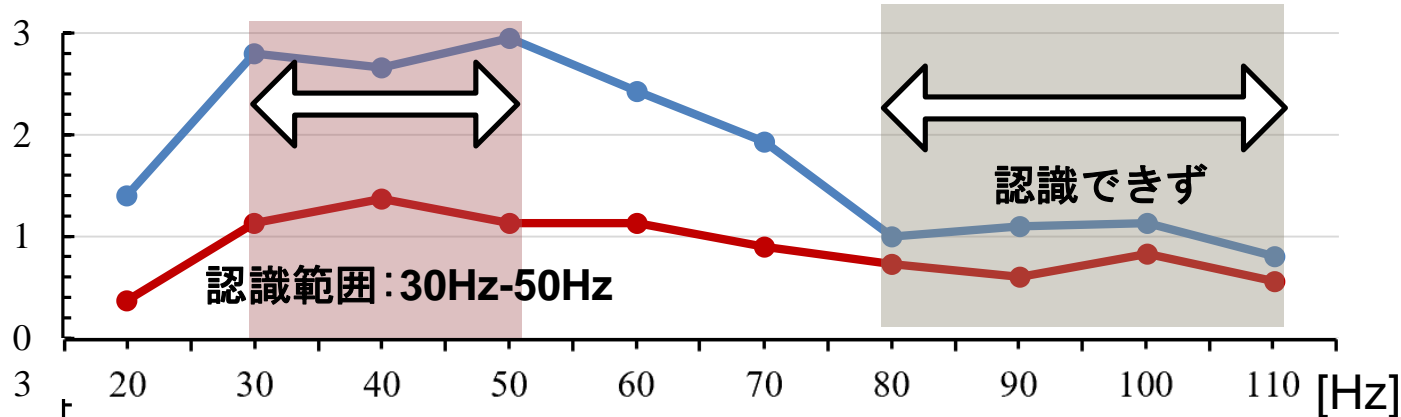
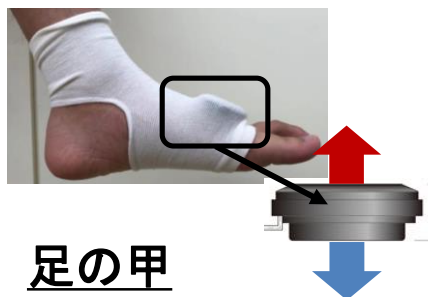


実際の
動作



足の各部位の高感度な周波数帯域 [8]

部位によって適した感度や周波数が異なるため、健常者3名にて確認した。



想定される用途

- 歩行を促すことが目的、誰でも有効。
- 本技術の特徴を生かすためには、シューズもしくはサンダルと一体化して製造することでのメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、感情・疲労評価システム、ウェアラブルモニタ、MRゴーグルと連動し、情報フィードバックによるゲーム的効果が得られることも期待される。

試作したシューズ

●装着時の様子



●使用時の様子



右足①全接地 ②踵離地 ③爪先離地 (遊脚期) ④踵接地 ①全接地

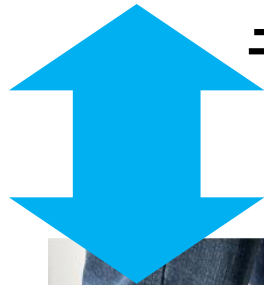
シューズの発展的使用



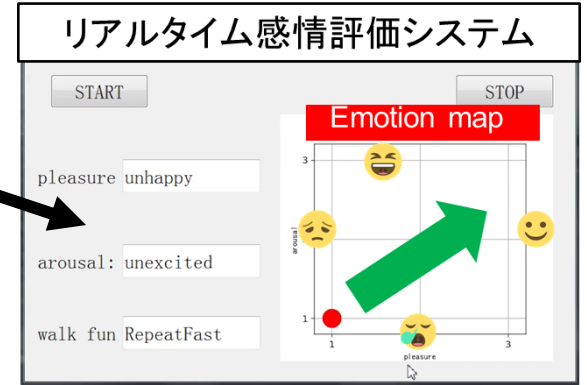
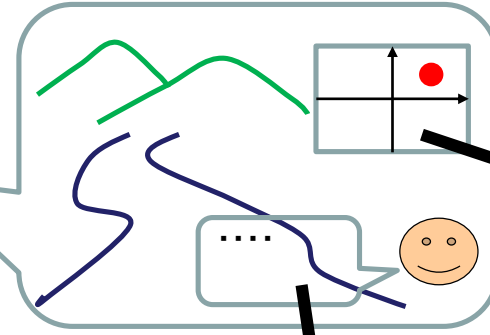
MRゴーグル



ウェアラブル
モニタ



Bluetoothで
接続,
各種センサより
歩行情報取得.



脳波, 心拍, NIRSより
リアルタイム感情・
疲労評価を表示
(完成済) [9].



ゲーム的要素を追加し,
モチベーション維持・向上

実用化に向けた課題

- 現在、シューズで原理確認が可能のところまで開発。15分歩行での補助効果をモータ式と比較して確認済み。しかし、バッテリーとコントローラ配置の点が未解決である。
- 今後、高齢者・フレイル・患者について実験データを取得し、トレーニングやリハビリに適用する場合の条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、普段のシューズと同様に装着使用できるよう技術を確立する必要あり。

モータ式との比較実験

20代健常男性3名が，時速1.8kmで

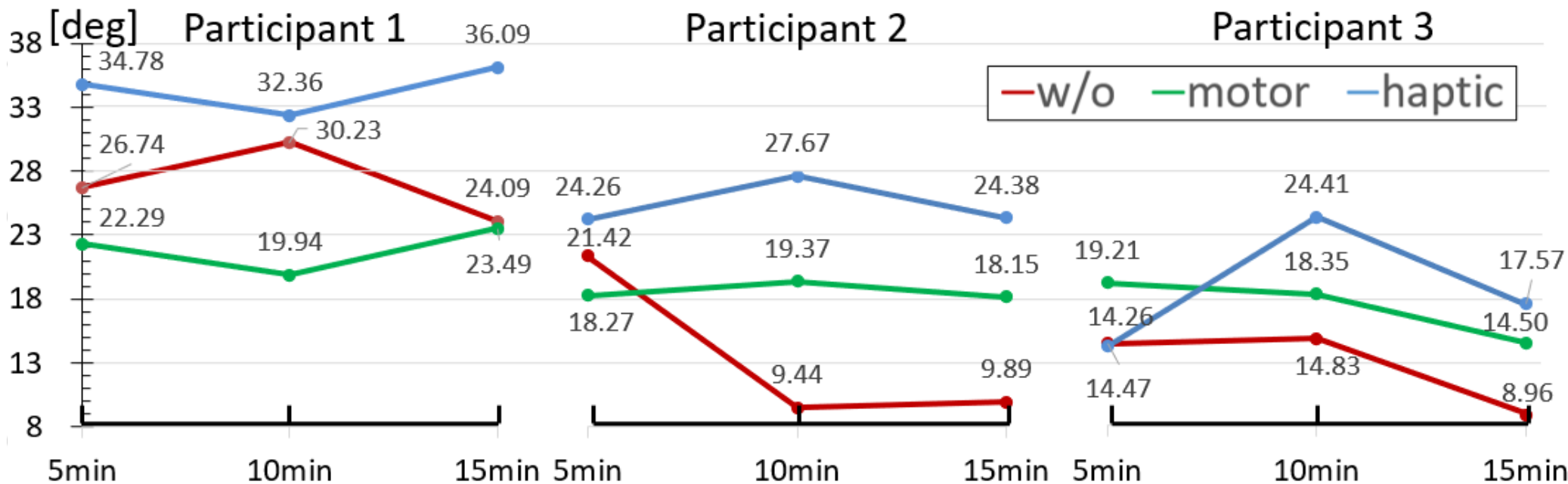
- ①非装着，
- ②モータ式装着，
- ③ハプティック式装着

にて15分歩行したときの底背屈角度の
総和（足関節角度変化の範囲）を計測。



モータ式 ハプティック式

足関節角度変化範囲



モータ式は19度前後を維持，ハプティック式は最も大きく動作。

企業への期待

- 未解決の配置問題については、一体化基板の作製，小形バッテリー選択により克服可能と考えている。
- 専用基板作製，小形電子機器開発，各種センサー・シユーズ開発の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、動作補助器具を開発中の企業、福祉・リハビリ分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 歩行補助機
- 出願番号 : 特願2021-190328
- 出願人 : 早稲田大学
- 発明者 : 田中英一郎・
ダン, ホイゲン

歩行補助に関する産学連携の経歴

- 2008年-2023年 広島大医 弓削類教授・中川慧助教,
(株)スペース・バイオ・
ラボラトリーズと共同研究実施
- 2015年 患者向け補助機RE-Gait®製品化
- 2019年-2022年 科研費基盤B(代表)に採択
- 2021年 JST研究成果展開事業 研究成果
最適展開支援プログラム(A-STEP)
トライアウトタイプ(代表)に採択
- 2022年-2025年 科研費基盤B(代表)に採択
- 2022年-2023年 FAIS研究開発プロジェクト支援事業
(シーズ創出・実用性検証事業補助金)
に採択

参考文献

- [1] E. Tanaka, et al., Development of a Whole Body Motion Support Type Mobile Suit and Evaluation of Cerebral Activity Corresponding to the Cortical Motor Areas, JAMDSM, Vol. 7, No. 1, (2013), pp. 82-94.
- [2] E. Tanaka, et al., Walking-Assistance Apparatus as a Next-Generation Vehicle and Movable Neuro-Rehabilitation Training Appliance, JRM, Vol.24 No.5, (2012), pp. 851-865.
- [3] B. Yang, et al., Automatic walking pattern transformation method of an assistive device during stair-ground transition, JAMDSM, Vol.15, No.1, (2021), pp.1-20.
- [4] Y. Fang, et al., A Stepper Motor Powered Lower Limb Exoskeleton with Multiply Assistance Functions for the Elderly Daily Use, JRM, Vol. 35, No. 3, (2023), pp. 601-611.
- [5] <https://re-gait-lp.com/> (2023年7月10日確認)
- [6] X. Wu, et al., Development of a comprehensive motorless walking assistance and evaluation of muscle activity, IDETC-CIE 2023, ASME, (2023).
- [7] M. Xu, et al., Development of an Ankle Assistive Robot with Instantly Gait-Adaptive Method, JRM, Vol. 35, No. 3, (2023), pp. 669-683.
- [8] 田中英一郎他, 振動スピーカを用いた歩行促進器の開発, LIFE2022, (2022).
- [9] Y. Li, et al., Development of automatic controlled walking assistant device based on fatigue and emotion detection, JRM, Vol. 34, No. 6, (2022), pp. 1383-1397.
- [10] T. Tanabe, et al., Properties of proprioceptive sensation with a vibration speaker-type non-grounded haptic interface, IEEE Haptics Symposium, (2016), pp. 21-26.

お問い合わせ先

早稲田大学

リサーチイノベーションセンター

知財・研究連携支援セクション（承認TLO）

T E L 03-5286 - 9867

e-mail contact-tlo@list.waseda.jp