

CFRP 複合材料弾性体を用いた筋力支援の提案: 立ち上がり動作の適応的支援機器開発のための個人の動作特性プロファイリング

Fundamental Profiling of Muscular Kinetics and Coordination of the Back, Thighs and Calves of the Human Body During Standing and Sitting Motions Toward a Framework for CFRP Based Power-Assist Mechanics

香月 佑也^{*1}
Yuya Katsuki

我妻 広明^{*1, *2}
Hiroaki Wagatsuma

^{*1}九州工業大学大学院生命体工学研究科
Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology

^{*2}理化学研究所脳科学総合研究センター
RIKEN BSI

In recent years, carbon-fiber-reinforced plastic (CFRP) is highlighted as a material of sporting equipments and tools. As artificial leg or prosthesis, the CFRP blade is used in adapted sports and helps for sharing joys and sorrows with normal and disable persons in the same game. In the present study, we explored a basement of personal profile for building of a framework for CFRP based power-assist mechanics. As a first step, bio-mechanics, force generation and muscular change observed in EMG (electromyograph) of the body were examined in tasks with standing and sitting motions. Our experimental results demonstrated that muscular kinetics and coordination of the back, thighs and calves differentiate depending on types of supports such as self-support by hand and an external fixed bar, which may offer a clue as to a framework for material-based power-assist mechanics.

1. はじめに

近年のロボット技術進歩を背景に、福祉機器の開発についても電動化が活発に進んでいる[木俣 2002]. しかし、電動化は便利さをもたらす一方で、高価格化や専門家によるメンテナンスの必要性、電源確保などの問題があり、電動化に限らず多様な支援技術発展が期待される. 一方で、競技用義足に使用される複合材・炭素繊維素材[川田 2008]は、素材の持つ特性と身体が本来有する力学特性を最大限に利用するという点から、リハビリテーション福祉機器開発への新たな方向の活用が期待されており、我々はその研究開発に取り組んできた[曾根 2011] [Sone 2012]. 身体を持つ自律性と素材の持つ特性を十分に利用し、立ち上がり補助具としての弾性体の応力発生を最適なタイミングで加える適応的支援機器を開発するには、対象となる立ち上がり動作解析が期待される[香月 2014]. 本報告では、個人の動作特性を身体動作中の動作変化・力発生・筋電変位の同時計測で明らかにする方法を模索し、その第一歩として立ち上がり時の筋電位の計測を行い、支援の方法や器具使用により異なる筋活動と時間的特性について解析した.

2. 方法

トイレ立ち上がり動作に注目し、筋電位計を用いた立ち上がり時の筋の活動状態の解析を行った. ここでは、特に動作タイミングと筋電計を用いた計測方法と結果について報告する.

2.1 トイレ立ち上がり動作

本実験では、簡易トイレ(幅 400mm×奥行き 540mm×高さ 400mm)を使用した. トイレ着座からの立ち上がり動作について、

連絡先: 香月佑也, 九州工業大学大学院生命体工学研究科(我妻 研), 〒808-0196 北九州市若松区ひびきの2-4, 093-695-6159, katsuki-yuya@edu.brain.kyutech.ac.jp

動作補助の形態が異なる3つの条件を対象とした(図1). 補助なしで自身の下半身の力のみ用いる場合を No-Assist(NA)(図1a), 手を膝において立ち上がる By-Hand (BA)(図1b), 前方手すりに手をかけて立つ Fixed-Bar (FB)(図1c)である.

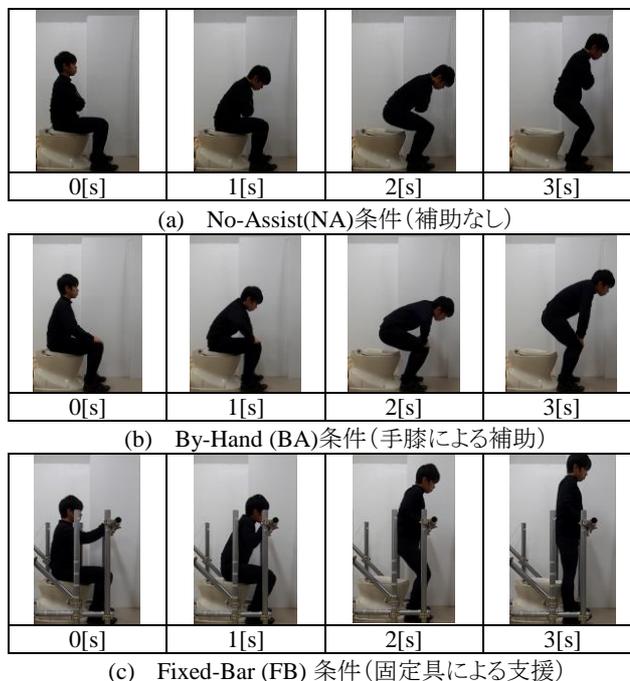


図1. トイレ立ち上がり動作

2.2 筋電計による筋電位計測

本研究では、筋の活動状態を計測するための筋電計は、株式会社メディカメント社製 EMG マスターFm-104 を使用した. 仕様を表1に示す. 筋電位の計測部位は、立ち上がり動作および

立位を維持するのに重要な役割を果たしていると考えられる大腿四頭筋(太腿の表), 大腿二頭筋(太腿の裏), 下腿三頭筋(脹ら脛)と, 脊柱起立筋(背中)に設定した.

表 1. 筋電計測機器仕様

受信機 / 送信機	Medi-104MT / Medi-Re
EMG モニタリングプログラム	Km-104
筋電図チャンネル数	4
感度	×1000(1mv) ×10000(100μv)
周波数特性	750Hz/1000Hz
時定数	0.015sec/0.03sec
出力電圧	筋電図チャンネル:±2.5V 圧電極チャンネル:0~+1.5V

3. 計測実験

トイレ立ち上がり動作中の身体各部の筋力について健常者を対象とする筋電位計測を行った. 実験協力者における課題は, 立位状態から着座状態を経て立位状態に移行する動作であり, 一名の被験者による計測を3条件につき各30回ずつ行った. 実験協力者への指示は, ゆっくりとした動作で遂行すること, 着座して3秒程度自分で数えてから立ち上がることであった. 実験においては, 疲労等による影響を避けるため各条件を5回試行毎に別の条件に切り替える手順とした. その結果, 概ね着座および立ち上がりの各動作は4~5秒程度と観測された.

計測された筋電位変化の例を図2に示す. 筋電位は正負方向へ変位するが, その絶対値を取り各条件30回分で平均した結果が図3である. 平滑化のために時間方向に移動平均(0.1秒幅)したものを赤線で示した.

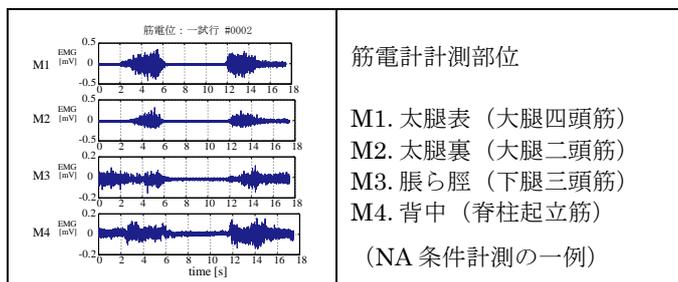


図 2. 動作中の下肢・背中の筋電変化の例

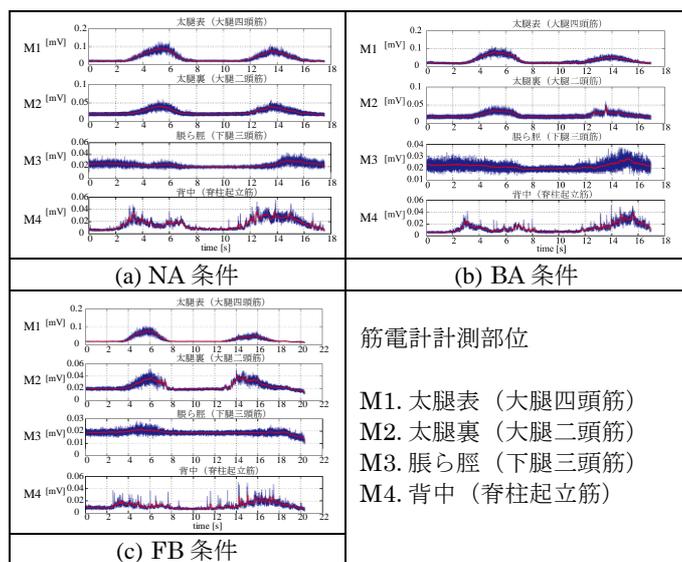


図 3. 各3条件における筋電位変化(平滑処理)

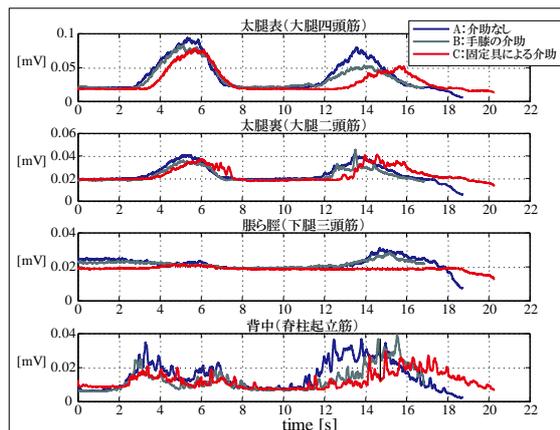


図 4. 平滑筋電位変化における3条件の比較

平滑筋電位変化における3条件の比較を図4に示した. その結果, 立ち上がり(12秒~17秒の間)において, 特に大腿四頭筋(太腿表)において初動2秒に顕著な違いが見られた. 補助なしのNA条件で筋電位のピークが見られるところから, 最も筋力負担の大きいタイミングと考えられる. 固定具による支援(FB)ではこの区間での筋力が低いことから, この立ち上がり初動の数秒のタイミングに合わせて(個人的差も含めて)力を補助できれば効果的な立ち上がり支援が得られると推定される.

4. 結論

本研究では, CFRP 複合材料等を用いた筋力支援に向けた立ち上がり動作の力発生筋力特性を解析した. バネやしなりといった素材特性で力の一時的蓄積と開放による力補助は, 適応的支援機器として展望があるが, 電動機器のように一定の力を安定的に供給することができないため, そのタイミング制御が不可欠の要件となる. 個人ならびに動作の種別によって時間特性を明らかにし, 開発・調整に応用できるようプロファイリングを進める必要がある.

謝辞

本研究成果は, JST-A-STEP (シーズ顕在化)「認知運動協調リハビリテーションからヒントを得た弾性体を用いたトイレ動作自立支援機器の開発」から支援を受けた.

参考文献

[木俣 2002] 木俣直得: 福祉用具産業の構造と特徴, 『日本福祉大学研究紀要-現代と文化』第107号, 日本福祉大学福祉社会開発研究所, 2002.

[川田 2008] 川田宏之: 複合材料研究の新展開, MATERIALS and PROCESSING No.36, 一般社団法人日本機械学会, 2008.

[曾根 2011] 曾根雅史, 我妻広明: ロボット用人工筋肉開発に向けた瞬発性を持つS字機構の検討, 電子情報通信学会技術研究報告 NC 研究会 111(241)NC2011-57, 電子情報通信学会, 2011.

[Sone 2012] M. Sone, H. Wagatsuma, K. Tachibana, K. Sakamoto: Robotic rehabilitation tool supporting up and down motions in the bathroom - analyses of the catapult-assisted taking-off mechanism, Proceedings of 9th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT, 2012.

[香月 2014] 香月佑也: 我妻広明: トイレ立ち上がりにおける筋力支援を目的とした弾性体のたわみと応力の計測, 電子情報通信学会技術研究報告 NC 研究会, 電子情報通信学会, 2014.