

介護における起立動作支援システムの制御

第4報：起立支援を受ける被介護者の状態解析

○松岡 洋樹^[1], 中後 大輔^[2], 淺間 一^[3], 三宅 徳久^[4], 三島 健稔^[1]
^[1]埼玉大学, ^[2]電気通信大学, ^[3]東京大学, ^[4]パラマウントベッド

Force Assistance System for Standing-Up Motion

4th Report : Analysis of a patient's status during standing-up motion with force assistance

○Hiroki MATSUOKA^[1], Daisuke CHUGO^[2], Hajime ASAMA^[3],
Norihisa MIYAKE^[4] and Taketoshi MISHIMA^[1]

^[1]Saitama Univ., ^[2]The Univ. of Electro-Communications, ^[3]The Univ. of Tokyo, ^[4]Paramount Bed Co.,Ltd

Abstract. In our current research, we are developing a power assistance system for standing-up motion. Our developing system realizes the standing-up motion using the support bar with two degrees of freedom and the bed system which can move up and down. In this report, we measure the relationship between the patient's state such as his posture and the load of each joint during standing-up motion using our force assistance system. Using these results, we discuss the appropriate fore and force applied time for our force assistance system.

Keywords: Standing-up motion, Power assistance system, Biomechanical analysis

1. 緒言

近年, わが国の全人口における高齢者の割合は 20%を超え, この割合は今後も増加すると予想される. 高齢社会化の大きな問題は, 加齢に伴う身体機能の低下により, 日常生活を自立して営むことが困難になる高齢者が増加することである. 特に下肢の衰えは, 起立機会の減少をもたらし, 高齢者の日常生活における自立を阻害する最大の要因となっている^[1]. 一般的に下肢が衰えた高齢者は, 起立機会の減少により, 座ったきり状態(車椅子の生活), 寝たきり状態に陥り, 座ったきり, 寝たきり状態に陥ることにより更なる下肢筋力の衰えを促進するという悪循環に陥ることが多い. そこで本研究は, 身体機能の低下を防ぐために, 不足する体力を補い, かつ被介護者の残存する身体機能をも積極的に発揮させる起立支援システムを開発することを目的とする.

本研究で開発中の起立動作支援システムを Fig.1 に示す. 提案システムは, 2 自由度の可動式バーと上下動可能なベッドシステムにより構成されており, 各自由度毎に力制御が可能な直動式アクチュエータが装備される^[2].



Fig.1 Force Assistance System

第1報から第3報において, 紙屋らが提唱する高齢者の体力を最大限に発揮させることに主眼を置いた起立支援方法^[3]の解析を行った. さらに, それらの結果を用いて起立条件の検討を行い, 紙屋らの起立支援方法を実現する制御則を, 開

発したシステムに実装した. しかし, 高齢者個人々の状況に応じた効果的な起立支援を実現するためには, さらに被介護者の姿勢を検出し, 制御に反映させる必要がある. そこで本稿は, 起立支援システムの支援を受けながら起立動作を行っている被介護者の姿勢変化を計測し, 各関節にかかる負荷を導出することで被介護者の状態検出手法について検討する.

2. 被介護者の状態検出手法の検討

第2報より, 起立動作は着座, 体幹を前方に傾ける, 腰を上げる, 膝を伸ばすの4つの段階に分けられ, 不足する筋力を補う必要があるのは第3段階の腰を上げる動作であることがわかった. そこで本稿は, 起立支援システムで行った実験データから第3段階を検出し, 制御を行うタイミングと力支援の大きさを決定する手法について検討する.

2.1 人体リンクモデル

本稿では人体を剛体5リンクモデルと仮定する^[5]. 被介護者の立ち上がり動作を2次元ユークリッド座標系における平面内運動とみなし, 起立支援システムによって起立支援を受けているときの被介護者の運動軌跡から各関節角を求める. その結果を Fig.2 に示す5リンクモデルを用いて解析することで各関節トルクを導出する^[6].

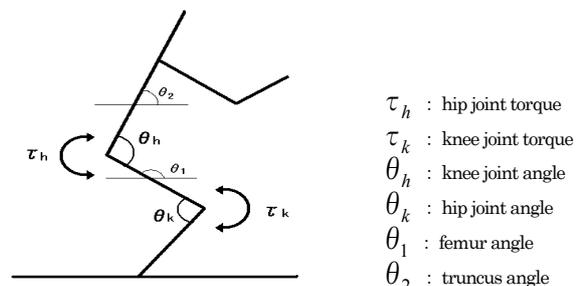


Fig.2 5-linkage model

2.2 測定結果

2.2.1 自立した起立と支援システムによる起立の比較

被介護者が自力で起立した場合と支援システムを用いて起立した場合の動作を基に、Fig.2 に示すモデルを用いて腰および膝の関節トルクを導出した。導出結果を Fig.3 に示す。

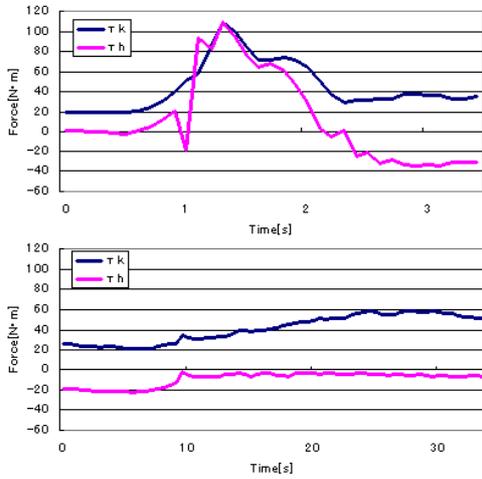


Fig.3 Traction output of each joint

これらの結果より、自立した起立動作に比べ、支援システムを用いて起立した場合、起立中の被介護者の各関節トルクが減少しており、膝や腰に対する負荷の軽減を確認した。

2.2.2 紙屋らの支援と支援システムによる起立の比較

紙屋らが提唱する起立支援動作^[3]と今回実験を行った起立支援システムによる支援動作との比較を行った。実験は、起立支援システムによって起立支援を受けた被介護者の状態を測定したものである。本稿は、個々人の身長等に関わらず、起立時の体の位置状態を評価するため、膝関節角、股関節角、大腿の角度そして体幹の角度を比較した。比較結果を Fig.4 に示す。

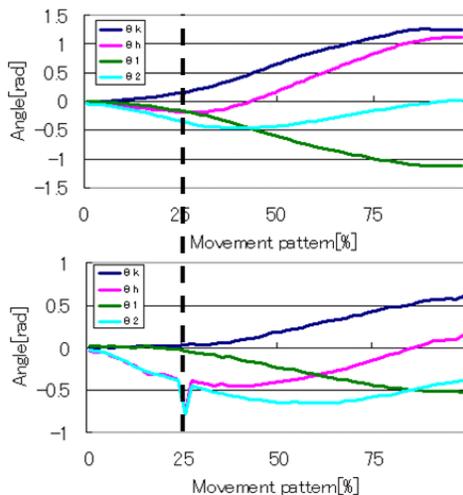


Fig.4 Angular values of each joint

Fig.4 より、両支援方法による立ち上がり動作中の各関節角度変化は同様の傾向を示しており、紙屋らの支援による被

介護者の軌道の再現性を確認できた。

2.3 被介護者の状態推定手法の検討

2.2 より、Fig.4 に示す起立割合^[7]が 25[%]以降(Fig.4 中の破線以降)は、起立時における被介護者の状態の推移に伴って各関節角の変化が大きくなる。特に腰を浮かせる動作である第3段階における関節角の変化は、他の起立段階における変化より大きい。よって、特に各関節角の角度変化が大きい部分を第3段階として検出する。大森ら^[8]によると膝伸筋の活動により膝関節回りに発生するトルクの値が 0.5~0.9[N·m/kg]の範囲の高齢者は立ち上がりに困難を要することから、この範囲以内に膝関節トルク抑えるように力制御を行うことで身体機能の限度を超えることなく、かつ被介護者の残存する力を用いて立ち上がりを支援することが可能であると考えられる。

3. 結言

本稿は、高齢者の身体機能を発揮させることでこれ以上の身体機能の低下を防ぎ、かつ不足する筋力分を補って高齢者を立ち上がらせる起立支援システムを開発することを目的とし、試作した起立支援システムによって被介護者の状態を測定することで力支援のタイミングと支援する力の大きさについて検討を行った。今回得られた実験の結果は、実験後にオフラインで解析したものである。今後は被介護者の状態量のリアルタイムでの計測・制御を行う予定である。

参考文献

- [1] M. A. Hughes and M. L. Schenkman, "Chair rise strategy in the functionally impaired elderly," *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Vol.33, No.4, pp.409-412, 1996.
- [2] 杉原智明, 川端邦明, 嘉悦早人, 浅間一, 小菅一弘, 三島健稔, "起立・着座動作支援のための簡易な力センサの開発," 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集, 1P1-H-11, 2004.
- [3] 紙屋克子, "介護の心そして技術," KTC 中央出版, pp.112-145, 2001.
- [4] M. Schekman. *et.al.*, "Whole-Body Movements During Rising to Standing from Sitting," *Physical Therapy*, Vol.70, No.10, pp.638-648, 1990.
- [5] 新小田幸一, 田中光晴, 池内秀隆, 加藤了三, 山下忠, "椅子からの立ち上がり動作の位相面解析," 日本機械学会論文集 C 編, 第 65 巻, 第 634 号, pp.2436-2437, 1999
- [6] 岡田恵都子, 中後大輔, 川端邦明, 浅間一, 初雁卓郎, 三宅徳久, 紙屋克子, 小菅一弘, "看護における立ち上がり支援動作の解析に基づく支援機器の研究", 第 6 回システムインテグレーション部門講演会論文集, pp.165-166, 計測自動制御学会, 2005.
- [7] S.Nuzik, R. Lamb, A. Vansant and S. Hirt, "Sit-to-Stand Movement Pattern, A kinematic Study," *Physical Therapy*, Vol.66, No.11, pp.1708-1713, 1986.
- [8] 大森圭貢, 山崎祐司, 横山仁志, 青木詩子, 笠原美千代, 平木孝治, "立ち上がりの可否と下肢筋力の関連-高齢入院患者にける検討-", 総合リハ, 第 30(2)巻, pp.167-171, 2002.