

運動データベースのための力学モデルに基づく時空間データ解析技術 (132103012)

Data Analysis Technique based on Kinetic Model for Motion Database

研究代表者

辻 俊明 埼玉大学

Toshiaki Tsuji Saitama University

研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

概要

本研究課題では、インターネットに接続されたロボットや触覚インタフェースが自律的にデータを収集する運動データベースを想定し、その利活用のための情報処理とデータ解析技術の確立を目指した。運動ビッグデータを利活用したアプリケーションを複数構築し、実証評価を行った。片麻痺患者の訓練中に、力情報を可視化したものをディスプレイ表示し、その効果を検証した。

1. まえがき

医療福祉ロボットや触覚インタフェースの実用化に伴い、視覚聴覚に次ぐ第三のメディアとして触覚技術が注目を集めている。また、クラウド化の進行は触覚技術に基づき多くの人々の運動を記録・保存する運動データベースが現実味を帯びつつあることを示唆している。本研究課題ではインターネットに接続されたロボットや触覚インタフェースが自律的にデータを収集し運動データベースが構築されることを想定し、その利活用のための情報処理技術を開発した。以下にその成果の一端を紹介する。

2. 研究開発内容及び成果

人間支援ロボットから得られる位置と力の多次元情報を利活用すれば理学療法に資する新たな知見が得られる公算が高いが、そこでまず課題となるのは運動データを能率的に検索する技術がないことである。画像や音声のメディアと比較して情報圧縮の技術が遅れていることもその原因となっている。そこでまず平成 25 年度に運動データ管理技術の基盤として力学モデルに基づく情報圧縮技術を開発し、併せて運動データの検索技術を確認した。その成果は誌上発表リスト[1]の文献において発表を行ったので参照されたい。次に平成 26、27 年度にはその基盤に基づき運動データを利活用したアプリケーションの実証評価を行った。展示会および介護施設での試験により健康者、要介護者、片麻痺患者それぞれを対象としてデータを収集した。特に力の情報を可視化する技術を導入することによって介護施設における訓練の効果を向上できる、という仮説のもと検証を実施した。図 1、図 2 にその検証試験の様子を示す。図 1 の試験では片麻痺患者の訓練中に、力情報を可視化したものをディスプレイ表示し、その効果を検証した。図 2 の試験では要介護者の歩行機能維持のため、同様に前脛骨筋の筋力を可視化したものをディスプレイ表示し、力を可視化した訓練によって筋力トレーニングの効果が上がることを示した。本稿では特に図 2 で示したシステムの検証結果について詳述する。



図1 片麻痺患者の試験の様子

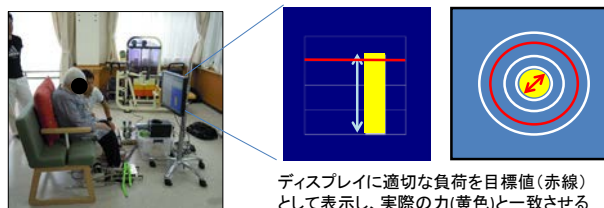


図2 要介護者の筋力トレーニングの様子

一般的に、徒手的なトレーニングの抵抗を一定に維持することは困難である。また、患者個々に合わせて抵抗力を調整するという点でもセラピストのさじ加減に依るところが大きく、再現性などの面で課題がある。こうした問題に対処するために、訓練者に対して力情報を視覚フィードバックとして与えることで適切な負荷・速度での訓練が可能となるようなシステムを構築した。訓練時には、背屈位（つま先を上げた状態）から底屈位（つま先を下げた状態）にかけて機器が動作するのに対し、対象者は抗うように背屈（つま先を上げる）方向に力を発揮させる。この際の力情報と、目標とする力の大きさを

同時に視覚的に提示し、その大きさを調節することで適切な負荷・速度での訓練が可能となる。目の前にディスプレイを設置し、被訓練者はデータベースに基づき設定された適切な負荷と実際の負荷を見比べながらトレーニングを実施する。背屈運動時には必要な負荷を低く表示し、底屈運動時には最大限の負荷を設定することにより底屈時のみ集中して負荷を与えるトレーニングが可能となる。様々な条件で本システムを使用し、負荷の大きさと効果の相関をデータベースに基づき導出することによって適切な負荷の大きさを調整可能である。また、底屈時に背屈負荷を与える訓練は「つま先を伸ばす運動をしている最中に運動と逆方向に負荷を出す」運動を誘発し、近年その効果が注目されている遠心性収縮トレーニング（負荷に耐えながらゆっくりと伸展するトレーニング）を実施しているのと同程度の効果が得られる。

遠心性収縮トレーニングは負荷の方向と運動の方向が逆であるため、適切な負荷を調整しながら訓練するにはある程度の技量が必要である。高齢者を対象とした遠心性収縮トレーニングのためには、技量がなくても適切に負荷を調整できるよう力を可視化する筋力トレーニング支援ロボットが必要となる。

次に力を可視化した遠心性収縮トレーニングによってどの程度効果が上がるかを調べるため臨床試験を実施した。デイサービス施設へ通っている歩行可能な高齢者を被験者とし、提案した機器及び訓練システムを用いて訓練を実施した。被験者は、通所型介護施設へ通っている歩行可能な高齢者男女 8 名とした。また、下肢の疼痛を有する者、過去に重篤な既往歴のある者は除外した。本実験の実施期間に、訓練の拒否を訴えた 2 名の被験者は除外し、最終的には 6 名が実験に参加した。また、施設形態の特性上、被験者ごとに実験に参加できない日程も存在した。週 2 回の訓練を 4 週間、計 8 回実施し、実験奇数回目と訓練最終日の 3 日後に各運動機能の測定を行った。訓練期間の前後及び期間中における経時的な運動機能の評価を行い、訓練効果を検証した。訓練は 8 回を 1 セットとし、各足につき 2 セットの計 4 セット実施した。目標とする力は予備実験と理学療法士の助言をもとに、40 N とした。

評価指標には、Timed Up and Go テスト(以下 TUG)を用いた。このテストは、椅子から立ち上がって歩き、3 m 先のコーンをターンして再び椅子に座るまでの時間を計測するものである。運動器不安定症の指標としての信頼性が高く、下肢筋力、バランス、歩行能力、易転倒性等の日常生活機能との関連性が高いことが示されており、高齢者の運動機能評価に広く用いられている。測定前に一度練習を行い、その後 2 回の測定を実施してタイムの良い方を結果として採用した。

TUG スコアの経時変化を図 3 に示す。この結果から、初回と最終回のタイムを比較すると 5 名の被験者でタイムが短縮していることが分かる。高齢者における転倒リスクが非常に高くなる時間として 13.5 秒が基準とされている。訓練前のデータでは、5 名がそのタイムを上回っていたが訓練後のデータでは、5 名がそのタイムを下回る結果となった。この結果から、歩行能力について全体的に改善が認められ、その有効性が確認されたといえる。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

人間支援ロボットから得られる位置と力の情報を活用することによって従来にない人間支援機器のサービスを創出できることを確認した。今後臨床試験を重ねることで様々な項目についてその効果を実証する。併せて様々な条件でのデータを収集し、そのデータベースに本研究課題で開発された運動解析技術を実装することで更なるサービスの創出を目指す。従来の機器では実現不可能なサービスを複数実装することによって人間支援機器の付加価値を高め、広く普及しうる人間支援技術の基礎を構築する予定である。

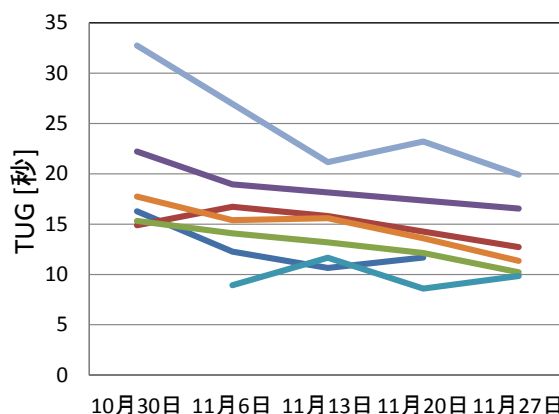


図3 TUGの結果

【誌上发表リスト】

- [1] T. Tsuji, T. Kaneko, S. Sakaino, "Motion Matching in Rehabilitation Databases with Force and Position Information", *IEEE Trans. on Industrial Electron.* Vol. 63 No.3 pp1935-1942 (2016年3月)
- [2] S. Itoh, M. Sekiya, K. Ogata, T. Tsuji, "Ankle Training Robot Force Visualization for Eccentric Contraction Training", in *Proc. The 2015 IEEE Int. Conf. on Rehabilitation Robotics* (2015年8月)
- [3] T. Kaneko, S. Ito, S. Sakaino, T. Tsuji, "Haptic Data Compression for Rehabilitation Databases", in *Proc. IEEE Workshop on Advanced Motion Control* (2014年3月)

【申請特許リスト】

- [1] 辻俊明、栗田直幸、岩田修平、関樹、力覚検知システム、日本、2014年3月5日

【受賞リスト】

- [1] 辻俊明、日本機械学会奨励賞(研究)、日本機械学会、2014年4月18日
- [2] 辻俊明、Best Presentation Recognition、IEEE IECON2014、2014年10月29日

【報道掲載リスト】

- [1] "リハビリ歩行解析装置、力覚センサー使用"、日刊工業新聞、2016年3月29日
- [2] "リハビリ用の歩行分析装置 簡易型、導入費1/10"、日本経済新聞、2015年10月22日
- [3] 未来の起源、TBS、2015年1月11日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://robotics.ees.saitama-u.ac.jp/projects.html>