

健康で自立的な生活を支援するための身体バランス測定・評価技術の研究 (152306002)

A study on body balance analysis technology for support healthy and autonomous life

研究代表者

曾賀野健一 岐阜県情報技術研究所

Kenichi Sogano Gifu Prefectural Research Institute of Information Technology

研究分担者

青木隆明^{††} 竹原正矩[†] 渡辺博己[†] 棚橋英樹[†]

Takaaki Aoki^{††} Masanori Takehara[†] Hiroki Watanabe[†] Hideki Tanahashi[†]

[†]岐阜県情報技術研究所 ^{††}国立大学法人岐阜大学医学部

[†]Gifu Prefectural Research Institute of Information Technology ^{††}Gifu University School of medicine

研究期間 平成 27 年度～平成 29 年度

概要

要介護・要支援に至る最大の原因である関節機能障害の発生にともない低下する身体のバランス機能を評価するために、床反力のセンシング・解析手法とデータベース構築・管理手法を組み合わせ、自分自身で計測・評価が可能な技術を開発した。さらに床反力情報取得実験を行い、取得したサンプルの分布傾向や特徴を統計的手法により分析し、股関節機能の衰弱が疑われる要因を説明可能な技術を確認した。

1. まえがき

加齢や生活習慣により、関節や筋肉等の運動器機能が衰弱すると、日常生活の様々な動作が制限され、躓く、転倒等の事故に至るリスクが高まる。運動器機能の衰弱はロコモティブシンドローム（以下、ロコモという）と呼ばれ、要介護の主たる原因となっている。我々は、ロコモの予防と生活習慣の改善を促進するため、立位姿勢の保持や移動動作を行った際にあらわれる身体の動揺に着目し、運動器機能の評価を行う技術を開発している。

運動器機能疾患の一例である股関節症片側罹患患者の特徴には、片脚立位時の動揺や移動動作時の床反力波形に二峰性の平坦化が観察されており、健常者においても、年齢に伴う二峰性のピーク値の低下が指摘されている。リハビリ現場では身体の動揺や足圧中心（Center of foot Pressure;以下 COP という）に着目するケースが多いが、その定量化には至っていない。

本研究開発では、立位姿勢と移動動作を評価するため、床反力波形にあらわれる動揺や二峰性に関する情報から特徴量を抽出し、股関節症例群と非症例群の分布傾向を分析、股関節機能の衰弱が疑われる要因に関して考察した。

2. 研究開発内容及び成果

股関節症例の臨床的所見では、動的な移動動作の一つである歩行動作において、二峰性の平坦化と動揺がみられる。二峰性は、足底の着床時期から離床時期までに生じる床反力の時間変化（床反力波形）を観察した場合に、足底の着床時期と離床時期のそれぞれの時期に床反力の峰（ピーク）を呈する様相を説明する際に用いられる。二峰性の平坦化や動揺がみられる場合には、転倒のリスクを高める要因として臨床的所見において重要視されるランドマークとなる。動的な移動動作である段昇降動作の臨床的所見では、昇段動作において足底の着床時期にあらわれる床反力の峰が平坦化し、動揺が大きくなるとみられており、歩行動作における所見に類似すると考えられている。静的な姿勢保持の臨床的所見では、例えば、片脚立位姿勢の保持を行う際に、墜落的な動揺が観察される。墜落的な動揺は、患側（股関節症例を有する側）の脚で全体重を支持することが困難である場合に、転倒を回避するために、床平面に

対して鉛直方向に荷重の変化が大きく現れる現象のことをいう。本研究開発では、股関節症例の特徴である移動動作時における床反力の峰の平坦化、動揺、静的姿勢時に生じる墜落的な動揺は、床反力の時間変化に作用すると考え、床反力情報を取得するための装置として Balance Wii Board（任天堂社製；以下 WB という）を用いた床反力情報取得・解析システムを試作した（図 1）。



図 1 床反力情報取得・解析システム

計測対象とする姿勢・動作の種類及び WB を用いた計測方法を表 1 に、計測情報から抽出した特徴量と内容を表 2 に示す。

表 1 静的姿勢・移動動作と WB を用いた床反力情報取得方法

静的姿勢		床反力情報取得方法
移動動作		
静的姿勢	両脚立位	WBに両下肢を接し、眼の高さで10秒間静止姿勢を保持する。
	片脚立位	WBに片脚で立位し、眼の高さで10秒間静止姿勢を保持する。
移動動作	段昇降	WBに昇段し、WBから後方に降段する移動を行う。
	歩行	3歩程度歩いた後、WBに片脚でのり前方へ移動する。WBと段差のない歩行路を整備した。

表 2 主な特徴量と内容

特徴量	内容
TdX, TdY	COP総軌跡長（側方、前後方）
RX, RY	荷重割合（側方、前後方 各最大値）
RMS	Root Mean Square ; COP位置の二乗平均平方根
TdZ	床反力の総変化量（被験者の体重で標準化） （注）移動動作における床反力の総変化量は、床反力波形の峰と谷の位置に注目し、独自のアルゴリズムにより算出した。

また、股関節機能の評価に必要な情報を日々蓄積し、時間や場所を問わず自己の分析結果・履歴情報を参照することを目的として床反力解析情報のデータベース登録・管理機能を構築した。床反力情報取得・解析システムを用いて取得・解析した床反力解析情報を格納するデータベース構築として、RDBMS（Relational Database Management System；データベース管理システム）にはMySQLを用

いた。測定時に取得したアンケートの情報（運動習慣の有無・内容、日常生活の支障度に関する7項目のロコチェック、股関節疼痛等）を考慮し、データベースの構造を決定した。自宅や健康増進施設等に存在する床反力取得・解析システムを用いて取得した情報をネットワーク経由でデータベースに接続、情報を転送し、評価結果を計測した場所で確認することが可能である。

以上の構成で構築した床反力情報取得・解析システムを用いて、股関節症例群と非症例群の分布傾向を確認するため、実験を行った。股関節症例のサンプルは岐阜大学医学部附属病院に通院する患者であり、実験は岐阜大学大学院医学系研究科 医学研究等倫理審査委員会の承認を得て実施した。実験により収集したサンプル数は股関節症例 52 名、非症例 255 名の計 307 名である。

股関節症例の特徴を定量的に把握するため、症例群と非症例群（良群）を対象に因子分析を行った。良群は、実験時に採取したアンケートにおいて運動習慣を有し、ロコチェックや症状のないサンプル群である。因子の抽出方法は主因子法を用い、因子の累積寄与率が 60% 以上になるように因子の数を決定した。因子負荷は、因子軸のパリマックス回転を考慮し、各因子に対して因子負荷量の大きさが 0.6 以上になるものを採用した。分析の結果、各因子に対し影響度の大きい因子負荷を以下に示す。

TdX（両）、RX（両）、TdZ（片）、TdZ（段）、TdX（段）、TdZ（歩）、TdX（歩）
 （両：両脚立位、片：片脚立位、段：段昇降、歩：歩行）

因子分析の結果、影響度の大きい各因子負荷について、症例群、非症例群（良群、衰弱群）の分布傾向を確認した。衰弱群は、アンケートにおいて股関節疼痛との相関が 0.5 以上を示した項目「運動習慣がない」かつ「ロコチェック（片脚で靴下を履けない、階段を上するのに手すりが必要である）」に該当するサンプル群とした。症例群、良群、衰弱群の3群について、2群の組み合わせを対象とし、それぞれ母平均の差の検定を行った。検定の結果を図3に示す。

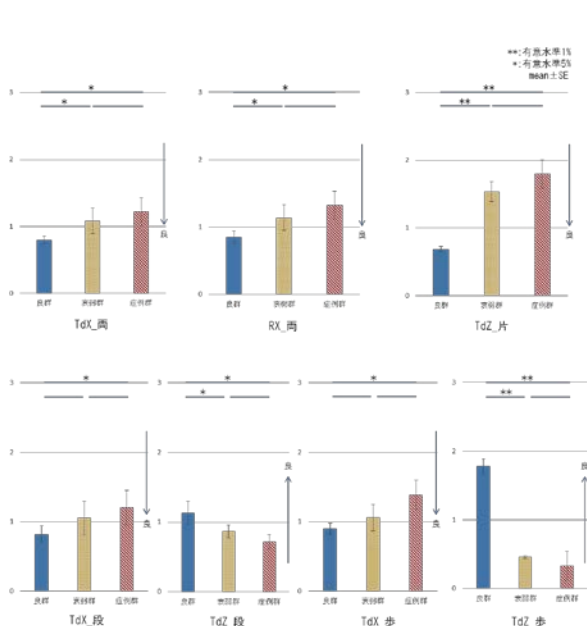


図3 群分布の傾向
 （縦軸：非症例群の平均値で正規化）

症例群と良群は、すべての因子負荷について、平均値の95%信頼区間において有意水準 1%または 5%で有意とい

う結果となった。症例群と衰弱群は、すべての因子負荷について、平均値の95%信頼区間において有意水準 5%で有意ではない結果となり、このことは、股関節症例群の分布と衰弱群の分布の同等性を示している。このような因子負荷に注目することにより、股関節機能の衰弱を説明できる可能性を有することを示している。

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

本研究開発の成果は、股関節機能の衰弱に気づきを与える情報を手軽に測定・評価するツールを提供することにより、地域の健康増進や要介護リスクの低減につながる自立支援の活動に貢献することと考えている。

平成 29 年度には、岐阜県内の医療機関が行っている運動器検診事業に本研究開発成果である身体動揺計測・解析技術が導入され、股関節機能の評価結果を基に、理学療法士が日常生活でできる運動指導を行うといった活動を現在運用中である。今後は、他の医療機関や健康増進施設等での活用等、更なる横展開を図っていく予定である。

4. むすび

股関節症例にみられる現象から股関節機能の安定性を定量的に説明することを目的として、床反力のセンシング・解析手法とデータベース構築・管理手法を組み合わせ、自分自身で計測・評価が可能な技術を開発した。

静的姿勢と動的動作を対象に抽出した諸種の特徴量に対して因子分析を行い、股関節症例群に影響を与えている因子を調査した結果、7種類の因子負荷が導かれた。各因子負荷について、実験で収集したサンプルを股関節症例群、非症例群（良群、衰弱群）に分類し、2群の組み合わせに対し母平均の差の検定を行った結果、股関節機能の衰弱が疑われるサンプル群の分布は、すべての因子負荷に関して股関節症例群の分布と同等性を示すことを確認した。このことは、特定の因子負荷に注目することにより、股関節機能の衰弱を説明できる可能性を示している。

【誌上発表リスト】

- [1] 曾賀野健一、“身体動揺解析技術を用いた股関節症の様相と運動効果の検証”、2018年電子情報通信学会総合大会講演論文集 pp69（平成30年3月20日）
- [2] 曾賀野健一、“身体動揺解析技術を用いた運動効果の検証”、計測自動制御学会ライフエンジニアリング部門シンポジウム2017論文集 pp34（平成29年9月5日）
- [3] 青木隆明、“バランス・歩容リハビリテーションシステムの開発”、MEDICAL REHABILITATION No. 205 pp53-57（平成29年1月15日）

【報道掲載リスト】

- [1] “体の揺れで転びやすさ算出”、日本経済新聞、平成29年12月29日
- [2] “バランス測り、転倒防ぐ”、日本経済産業新聞、平成30年2月15日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

- <http://www.imit.rd.pref.gifu.lg.jp/pdf/newsletter2016-03.pdf>
http://www.pref.gifu.lg.jp/event-calendar/c_23111/balance.html
<http://www.imit.rd.pref.gifu.lg.jp/pdf/newsletter2017-03.pdf>