

長寿医療研究開発費 2019年度 総括研究報告

高齢者の多面的な運動機能計測システムの開発（19-26）

主任研究者 根本 哲也 国立長寿医療研究センター健康長寿支援ロボットセンター室長

研究要旨

病院での運動訓練やリハビリテーション、在宅での訓練における効果計測や研究でのスクリーニングに有効な無人化した自動計測システムの構築を行う。本システムは既存の運動評価機器との接続が可能なシステムとして構築するとともに、加速度計を用いた位置同定と導電繊維による関節角可動域計測や姿勢計測を同時に計測することにより、運動の多重化された情報から運動機能を計測評価するシステムの構築と臨床応用性についての検討を行う。得られたダイナミックデータ（ビックデータ）を、ニューラルネットワーク活用による運動分類を用いて自動解析する統合的なシステムを完成させる。本システムでは測定機器へのオペレータ配置を必要としない計測システムの構築が可能である。

主任研究者

根本 哲也 国立長寿医療研究センター健康長寿支援ロボットセンター室長

A. 研究目的

高齢者の運動機能は経時的な変化を呈しその変化にかかわる因子は多様であるが、その因子を明らかにするためには多角的に長期的な観察が必要である。しかし、結果提示には共時的通時的解析を経るため、即時的な評価を得ることができない。この時間的な問題は、被測定者への負担や測定スタッフのコストの増大化などにつながる可能性がある。本研究では、多角的な測定を一元的に管理することによる時間短縮と、データベースを基にした解析システムを構築することで、高齢者の運動機能向上に間接的につながる機能評価結果提示が可能になると考えられる。また、研究における多角的なスクリーニング計測においても有効性があると思われる。

そこで本研究では、高齢者の運動訓練やリハビリテーションの効果評価に用いる運動機能計測として、多角的な観察結果を即時的に解析評価提示するためのデータ取得から解析に至るまでを自動化したシステム構築を試み、その有効性を検討した。

B. 研究方法

本開発は以下の4つの開発項目と最終評価により研究を遂行する。

1. 共通プラットフォーム設計

既開発の基盤をベースに、組み込みプログラムの仕様設計を行う。組み込みプログラムにはゲートウェイサーバーのコントロールプログラムとの同期により測定データの取得と同時にIDを付与したのちにファイルサーバーへの移動とデータベースサーバーへの登録を行う。

2. 計測分析アルゴリズム構築

測定データは、ダイナミックデータとスタティックデータに分類される。ダイナミックデータは別紙に示したような波形のスムージングとクリティカルポイントの定義と設定を行い導出方法について検討する。波形特徴に合わせた相関性などの解析をニューラルネットワークにより分類を行う。また、その際に重みづけによる調整が可能な仕様とする。解析結果はデータベースに保存するほか、グラフの自動生成により、より簡便な結果提示を行うシステムとする。

3. 多変量ビックデータ解析プログラム開発

計測分析で得られた波形情報を基に、個々の疾患の特徴をディープラーニングにより解析するプログラムの開発。波形の特徴と疾患のライブラリを作成し、波形ごとに疾患のラベル化を行う。ラベル化された結果は再度分類化を行い、波形解析における特徴点抽出の妥当性の検証を行う。

4. 計測結果提示プログラム開発

計測分析アルゴリズムおよび多変量ビックデータ解析プログラムにおいて生成された関係図の表示やデータベースへのアクセスを行うユーザーインターフェースの開発を行う。HTML内でのPHPスクリプト実行による結果提示を行うとともに、ネットワーク環境に影響されないようなローカルへのストレージを積極的に行うプログラムとする。ユーザーは、患者、家族、医療スタッフ、医師と研究者毎の専用スキーンにより不必要な混乱を避けるようなデータ提示をしないものとする。

以上の4項目の開発と並行してユーザビリティ評価を実施する。エンドユーザ毎の確認項目を設けて取り扱いのしやすさや、被測定者が戸惑うことなく測定ができるかなどを検討する。

(倫理面への配慮)

臨床研究は実施しない。研究結果の公表の際には、個人の特特定ができる情報は含まないように配慮し、個人情報の保護に努める。

C. 研究結果

1. 共通プラットフォームの開発

既開発の基盤をベースに、組み込みプログラムの仕様設計を行った。組み込みプログラムには **JavaScript** を用い、インターフェースには USB による有線接続のほか、**BLE** による無線接続ができるものとした。ユーザーインターフェースは無線接続したタブレットにより有効押下等の操作を行うものとした (Fig.1,2 参照)。

ゲートウェイサーバーは、共通プラットフォームのファームウェア (コントロールプログラム) と同期させ、**QR** コードによって被験者 **ID** を付与しファイルを生成させた。データプログラムと **ID** 管理プログラムは同一コンピューター上で動作させるが、それぞれを独立したプログラムとして通信させてデータの同期を行った。このことによりプログラムを選択的に組み合わせることで、それぞれの測定機器に合わせた機能を選択することができることがわかった。



Fig.1 QR カード (ID を付与)

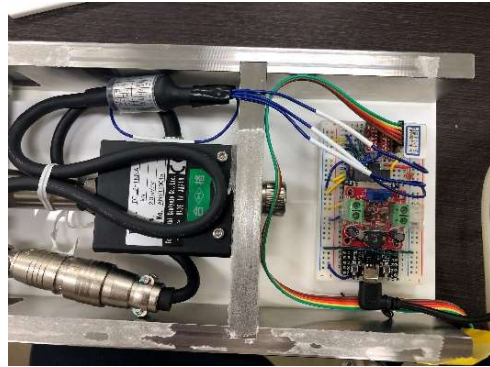


Fig.2 共通基盤と荷重計

2. 計測分析アルゴリズム構築

測定データはダイナミックデータとスタティックデータに分類されたものとして取り扱った。取得データに被験者 **ID** の付与と、測定時の情報を付与したデータを作成した。ダイナミックデータは波形のスージングにより特徴点の抽出の定義を行った。それぞれのデータを参照としたニューラルネットワークによる分類を行った。その結果、参照時間は **2.5s** 間隔での解析が最も認識率が高く、短時間になるに従い参照データの個別性が高くなり認識率の低下を招くことがわかった。本測定機器で得られたデータは重みづけによる調整が可能なものとし、スタティックデータ (解析結果) はデータベースに保存しグラフの自動生成などの視覚的に判断しやすい結果提示とした。なお計測分析で得られた波形情報を基に、個々の疾患の特徴をディープラーニングにより解析するプログラムの開発。波形の特徴と疾患のライブラリを作成し、波形ごとに疾患のラベル化を行うためのプログラムを作成した。計測分析アルゴリズムおよび

多変量ビックデータ解析プログラムにおいて生成された関係図の表示やデータベースへのアクセスを行うユーザーインターフェースは、インターネットのような HTML 内での PHP スクリプト実行による結果提示を行うとともに、ネットワーク環境に影響されないようなローカルへのストレージを積極的に行うプログラムとした。ユーザーは、患者、家族、医療スタッフ、医師と研究者毎の専用スキンにより不必要な混乱を避けるようなデータ提示をしないものとした。

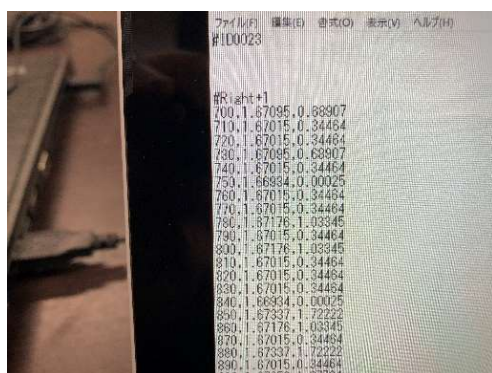


Fig.3 測定データ (CSV 出力)



Fig.4 データ補正値の入力画面

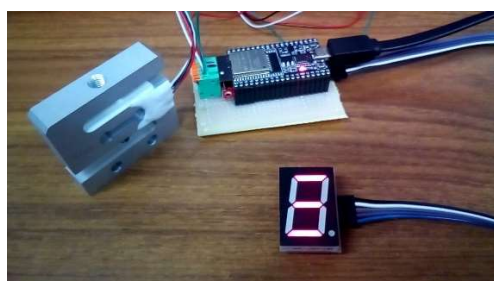


Fig.5 力変換機と信号出力装置



Fig.4 共通プラットフォーム

3. まとめ

本研究開発により作成した測定機器は、測定から結果提示までを無人化して行うことが可能な基本システムとしての検討を行ったものであり、本研究で試作した握力計や歩行解析装置はオペレーターがいない状態で稼働可能であり多種多様な測定装置を接続することにより多面的な評価システムとしての有効であると示唆される。

D. 考察と結論

本研究開発により作成した測定機器は、測定から結果提示までを無人化して行うことが可能な基本システムとしての検討を行ったものであり、本研究で試作した握力計や歩行解析装置はオペレータがいない状態で稼働可能であり多種多様な測定装置を接続することにより多面的な評価システムとしての有効であると示唆される。

本研究では、高齢者のリハビリテーションなどの運動訓練時の効果評価を行うための計測を自動化し、各測定器にはオペレータを配置せずに計測が可能となる。解析プロトコルは高齢者医療に携わる医療・研究者の評価手法を踏襲することが可能となるため、医学的見地に則した考察の補助データが生成され、医療現場に新しい評価資料を提供できると考えられる。

フレイルの評価においては体力測定に関係する測定機器は既存の機器が流用されることが多く、高齢者の運動評価としては複数の測定機器を用いて多角的に評価することから、本技術開発により測定項目などの変更を行うことなく測定可能となる。既開発の足首背屈角度計は機能拡張により歩行時の足関節の時間変化をとらえることが可能となっており、既存の機器で得られるデータとの相関についての評価も期待できることから、測定項目の新規導入や機器の置換が連続的に行うことが可能になると考えられる。

このように運動機能評価が科学的な根拠で示されることは高齢者の **Quality of Life(QOL)**に配慮した診療技術の構築に寄与することができると考えられ、長寿医療研究センターの中期計画に基づくものである。また、簡便な運動機能評価はフレイル予防の啓発になり要介護高齢者の減少につながることを期待できる。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Katsuya Suzuki, Yukio Oida, Tatsuya Fukuoka, Yasumi Ito and Tetsuya Nemoto: Mechanical Verification of Dynamic Musculoskeletal model with Muscle – Tendon Complex at Jumping Motion by Bond Graph, Proceedings of the 12th International Conference on Integrated Modeling and Analysis in Applied Control and Automation (IMAACA 2019), (2019), pp.17-23.
- 2) 伊藤安海, 近藤聡太, 三井広, 櫻本かおり, 金丸明美, 杉田俊江, 根本哲也: 脊椎後方手術中に顔部で発生する「ずれ力」の可視化～動的ずれ力に対する医療関連機器

圧迫創傷（MDRPU）予防対策の有効性の検証～，日本褥瘡学会誌，Vol.21，No.2，pp.118-127.

- 3) 根本哲也，原田敦，伊藤安海：メカニカルファインダーを用いた軟部組織モデルの外力伝搬シミュレーション，実験力学，Vol.19，No.2，(2019)，pp.53-56
- 4) 根本哲也，松井康素：フレイル測定技術 -握力測定結果とADL項目との関係-，実験力学，Vol.19，No.2，(2019)，p.64
- 5) 福岡達也，伊藤安海，新村魁斗，松原知貴，鍵山善之，山田隆一，根本哲也：動的外力による骨折を評価するための新たなダミー皮膚の提案，実験力学，Vol.19，No.3，(2019)，pp.221-226

2. 学会発表

- 1) 根本哲也，伊藤直樹，大沢愛子，伊藤安海：介護施設における介助作業に起因する人体損傷の評価，第10回MECHANICAL FINDER ユーザー研究会講演要旨集，東京(2019)
- 2) 伊藤安海，鍵山善之，根本哲也：工学鑑定における骨折荷重評価へのFEM利用の現状と課題，第10回MECHANICAL FINDER ユーザー研究会講演要旨集，東京(2019)

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし