

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：34417

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21775

研究課題名（和文）介護保険診療における治療戦略AIの開発

研究課題名（英文）Development of an artificial intelligence system to identify treatment strategies in long-term care services

研究代表者

長谷 公隆（HASE, Kimitaka）

関西医科大学・医学部・教授

研究者番号：80198704

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：定量的動作分析で得られるベースライン変数の臨床的特徴量選択は、生体工学的・病態生理学的機序の理解および治療成果の予測という2つの側面を含んでいる。本研究では、60-83歳の高齢者105名の歩行、階段昇降、床からの物拾い、立ち座り動作のデータを含む3次元動作データベースを構築した。高齢者リハビリテーションの臨床診療を改善するような新たな知見が、この拡張された初期特徴量から導き出せる。例えば、降段3Dデータの階層クラスター解析は、バランス能力が低下している高齢者を、降段時において、膝屈曲によって大腿と体幹を後傾する伸展タイプと、上段にある下肢側への体幹回旋で特徴付けられる回旋タイプとして同定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

要介護・要支援者が抱える機能的問題を解明し、社会生活活動の拡大を図る介護保険診療において、本研究で構築した生活関連動作や併存疾患指標、認知機能スコアを含む歩行ならびに起居動作の3Dデータベースは、臨床的意思決定を助ける特徴量の重要度サンプリングを可能にする。転倒予防などの安全面と歩行耐久性といった活動再建の両面から網羅的にアプローチする治療アルゴリズムを形成することでリハビリテーション治療効果を最大化し、要介護・要支援者を支える家族を含めたQOL向上に寄与する。さらに、活動制限に影響している病態の理解を深め、その治療目標を可視化できるようになることで介護保険診療を担う療法士の教育に貢献する。

研究成果の概要（英文）：The clinical feature selection of baseline variables obtained from a quantitative motion analysis includes two aspects: understanding the biomechanical and pathophysiological mechanisms, and predicting the treatment outcome. In this study, a 3D motion database containing data on walking, stepping the stairs, picking things up from the floor, standing and sitting performance in 105 older adults aged 60 to 83 was created. A new insight to help improve clinical practice for geriatric rehabilitation can be derived from the expanded initial features. As an example, hierarchical cluster analysis of stair descent 3D data identified elderly participants with reduced balance ability as the extension type characterized by a backward tilt of the thighs and torso through the flexion of the knee joints as well as the rotation type characterized by a trunk rotation towards the trailing limb side during the controlled lowering phase.

研究分野：Rehabilitation Medicine

キーワード：高齢者 動作分析 人工知能 介護保険

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

定量的動作分析では、高い精度で得られる膨大なデータを、どのように解釈して臨床に適用するかが最も重要な課題である。リハビリテーション(以下、リハ)医療では、健常者の動作パターンとの違いを同定してその問題にアプローチすることが基本であること、動作における異常は単一の指標によってではなくパターンとして捉えられることから、健常動作パターンをデータベース化し、複数の特徴量の組み合わせをマハラノビス距離として尺度化することで、目的変数に相関するマハラノビス距離をサンプリングすれば、必要なパラメータを削除することなくデータ削減が実現できるという着想に至った。例えば片麻痺歩行に対する短下肢装具が臨床指標に及ぼす効果を目的変数として、目的変数に相関するマハラノビス距離を構成する歩行関連指標をマルコフ連鎖モンテカルロ(以下、MCMC)法によって抽出することで、適応となる装具選定が観察による裸足歩行の分析によって可能となる。このテクノロジーは、特に、リハ治療の専門家が少ない介護保険診療に大きく貢献できると確信し、本研究を計画した。

2. 研究の目的

介護保険でのリハ治療の効率化は超高齢・人口減少社会にある日本が解決すべき命題である。介護保険でのリハ治療は要介護・要支援からの脱却あるいはその軽減という意味で、非常に重要な役割を担っている。しかしながら介護保険診療の現場では、ケアプランの中でリハ治療が漫然と行われてしまう場合が少なくない。本研究の目的は、高齢成人等のパフォーマンスを評価し、その結果を自動解析することでバランス能力等の改善に有効な方略を提案する人工知能(AI)を介護保険診療場面へ提供する基盤を形成することである。

3. 研究の方法

(1) 高齢成人データベース(DB)構築: 介護保険診療では、歩行だけでなく階段昇降や立ち座り動作、床面にあるものを拾い上げる動作といった多様なパフォーマンスへの対応を要する。これらの動作を含めたマハラノビスの基本空間を構築するために、コロナ感染対策を考慮しながら、枚方市シルバー人材センターの協力を得て、健常高齢者の3次元動作分析を実施した。DBには被験者特性に加えて、Charlson Comorbidity Index、筋力測定器による下肢筋力、標準的なバランス機能評価である Timed Up and Go Test(以下、TUG)および Community Balance and Mobility Scale(以下、CBMS)、日本版 Montreal Cognitive Assessment、Frenchay Activities Index、Mni Nutritional Assessment を含めた。なお、計測は疲労を考慮して各被験者について2日間に分けて実施した。

(2) DBの臨床応用: 介護保険診療へ的高齢者DBの臨床応用について、DB内の特性および要支援・要介護者が地域で生活する上で求められるバランス能力に關与する特徴量抽出を試みる。

4. 研究成果

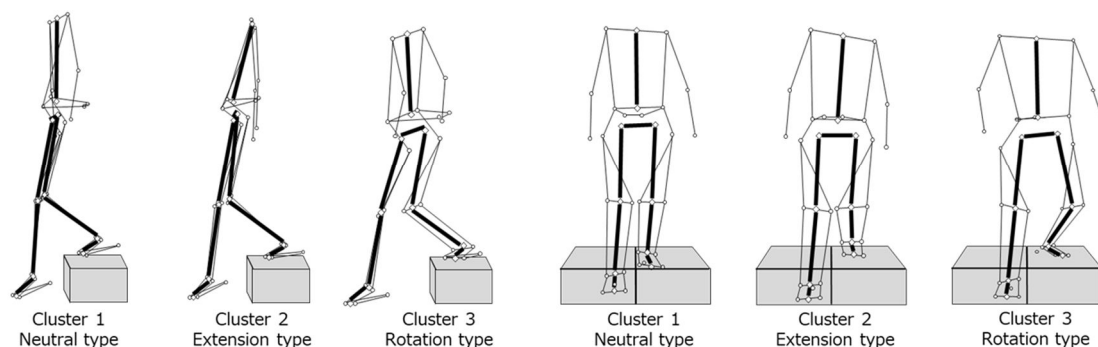
(1) 60-83歳の健常高齢成人105名(男性66名、女性40名:平均年齢68.7歳)のDBを構築した。TUGは最大歩行速度と弱い相関($r=0.351$)を認めたが、快適歩行速度とは相関しなかった。一方で、CBMS(0-96点)は快適歩行速度との相関($r=0.513$)を認めた。また、生活期片麻痺患者29名(男性16名、右片麻痺13名、平均年齢61.8歳)において、快適歩行速度とCBMSは高い相関($r=0.775$)を認めた。

(2) 高齢者では昇段動作よりも降段動作での転落リスクが3倍高いことから、82名の高齢者(72.1±4.8歳)について3次元データを用いた階層性クラスター解析を実施した。その結果、中立タイプ(24%)、体幹・股関節を伸展させ、膝関節屈曲によって大腿骨を後傾させ降段する伸展

タイプ(52%)、体幹回旋によって降段する回旋タイプ(23%)の3つの表現型に類別された。下肢筋力や歩行速度、TUGはタイプ間で有意差を認めなかったが、CBMSは伸展タイプ、回旋タイプで有意に低く($p < 0.05$)。サブ解析の結果、CBMSにおける筋力およびバランス要素が有意に低かった($p < 0.05$)。以上から降段動作のパターン分析は、加齢による機能低下を鋭敏に同定できる可能性を示唆した。3次元データに基づいた高齢者降段動作に関する類型化はこれまでに報告されておらず、研究成果を英文誌に投稿予定である。

A. Sagittal plane

B. Frontal plane



(3) 着座動作では、立位姿勢の支持規定面から若年者よりも離れた位置に新たな支持規定面を形成する高齢者で着座時の座面圧が高値を示し、脊柱負荷を考慮した指導を要する。床面にあるものの拾い上げ動作は難度が比較的低い動作であり、高齢成人において転倒リスクを伴うような異常パターンは見られなかったが、デイケア利用者との比較における基盤データとなる。

(4) CBMSスコアは天井効果が小さく、高齢成人のバランス機能を反映する指標であることが本研究でも確認されたことから、生活期片麻痺患者29名のCBMSに寄与する歩行関連指標をマハラノビス基本空間とMCMC法を用いて同定した。3次元歩行分析及び床反力から得た歩行関連指標180項目について、片麻痺患者のCBMSと相関を示すマハラノビス距離(以下、MD)を構成する歩行関連指標を2-10の歩行関連指標の組み合わせで各500サンプル、合計4,500サンプル探索し、相関係数0.8以上のMDを構成する特徴量の出現率によって重要度サンプリングを実施した。その結果、62サンプルが抽出され、20%以上の出現率で選択された指標は、非麻痺肢・踵接地時の膝関節伸展角度の左右差(38.7%)、麻痺肢・股関節伸展角度(27.4%)、非麻痺肢・股関節屈曲角度(24.2%)、非麻痺肢・膝関節伸展角度(22.6%)および踵接地時の床反力左右成分の左右差(22.6%)の5項目であった。非麻痺肢・踵接地時の股関節・膝関節の屈曲・伸展角度に関する各指標は、立脚後期に麻痺肢で体重を支持して非麻痺肢へ荷重を移す時点でのバランス能力を反映する。一方、踵接地時の床反力左右成分の差は側方バランスを表し、例えば麻痺の程度を表す下肢Fugl-Meyerスコアが26点で杖歩行である患者よりも、Fugl-Meyerスコアが31点で独歩可能な片麻痺患者の方が、歩行速度が早くてもバランス機能は低く、転倒リスクが高いことが同定された。本研究成果の一部を日本リハビリテーション医療DX研究会第1回学術集会にて発表し、“The Rehabilitation Transformation Award”を受賞した。

(5) 生活期のリハビリ治療を担う介護保険診療場面では、定量的な機能評価や動作分析の実施が難しいことから、ビデオ動画等へのデジタルトランスフォーメーションによって転倒や機能低下のリスクを同定するAIシステム形成が望まれる。適切な生活指導や治療法を選定する教育指針策定においても、注目すべき特徴量を抽出するための基盤を構築した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 長谷公隆、鈴木良和、牛久保智宏	4. 巻 278
2. 論文標題 人工知能システムを用いた歩行分析によるリハビリテーション治療の展開	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Medical Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 28-35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 長谷公隆
2. 発表標題 リハビリテーション治療における歩行分析の役割
3. 学会等名 第5回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷公隆
2. 発表標題 定量的歩行分析に基づくリハビリテーション治療の展開
3. 学会等名 第26回日本基礎理学療法学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷公隆
2. 発表標題 臨床的意思決定に向けた定量的歩行分析
3. 学会等名 第35回日本整形外科学会基礎学術集会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷公隆
2. 発表標題 歩行分析から見えるリハビリテーション治療の効果
3. 学会等名 第59回日本リハビリテーション学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷公隆
2. 発表標題 課題特異的練習と機械学習を用いた特徴量抽出に基づくリハビリテーション治療
3. 学会等名 第59回日本リハビリテーション学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷公隆、間野直人、中條雄太、森公彦
2. 発表標題 歩行分析に基づいた片麻痺歩行の下肢装具療法
3. 学会等名 第59回日本リハビリテーション学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷公隆
2. 発表標題 リハビリテーションの現在地と未来
3. 学会等名 第34回大阪府理学療法学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷公隆
2. 発表標題 臨床神経生理学の進歩とリハビリテーション医療デジタルトランスフォーメーション 歩行分析データに基づくリハビリテーション治療
3. 学会等名 第52回日本臨床神経生理学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷公隆、森公彦、脇田正徳、牛久保智宏
2. 発表標題 片麻痺患者のバランス能力と歩行耐久性に關与する歩行關連指標の抽出
3. 学会等名 日本リハビリテーション医療DX研究会第1回学術集会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 情報処理装置、有用パラメータ選択方法及びプログラム	発明者 牛久保智宏、長谷公隆	権利者 アニマ株式会社、学校法人関西医科大学
産業財産権の種類、番号 特許、7174386	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	田口 周 (TAGUCHI Meguru) (40786191)	関西医科大学・医学部・助教 (34417)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------