

令和 6 年 9 月 6 日現在

機関番号：34309

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11510

研究課題名（和文）機械学習による画像認識技術を用いた新しい姿勢評価法の開発

研究課題名（英文）Development of a New Posture Evaluation Method Using Image Recognition Technology by Machine Learning

研究代表者

甲斐 義浩（Kai, Yoshihiro）

京都橘大学・健康科学部・准教授

研究者番号：90632852

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：加齢に伴う姿勢変化は、高齢者の健康状態を示す指標の1つである。本研究では、機械学習による画像認識技術を用いて、非医療従事者でも簡単に姿勢変化を検出できる評価システムの開発を進めてきた。対象は、地域在住高齢者とし、デジタルカメラを用いて、矢状面より静止立位姿勢を撮影した。また対象者は、理学療法士によって、いくつかの姿勢に分類された。撮影された姿勢画像より、グレイ画像とシルエット画像を生成し、それらの画像の識別精度を検討した。分析の結果、グレイ画像とシルエット画像によって、理学療法士が分類した姿勢と概ね同様の判定ができることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来より、運動器疾患を専門とする整形外科やリハビリテーション分野では、筋骨格の老化度の予測や関節に加わる機械的ストレスの推定、運動障害のメカニズムを予測する指標として、姿勢変化の評価が幅広く用いられてきた。しかしながら、姿勢の変化を客観的に捉えるためには、高価な測定装置や熟練の専門家による評価が必要であり、専門家以外が簡便にかつ客観的に姿勢を評価する術はなかった。専門家でなくとも、姿勢や動作の変化を簡便かつ客観的に評価でき、その結果を筋骨格の老化の指標として活用することができれば、一次予防の観点からも、運動習慣の定着やその行動変容につながる実効的な対処を先制して実施できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：Changes in posture due to aging are one of the indicators of the health status of elderly individuals. In this study, we have developed an evaluation system using image recognition technology based on machine learning, enabling non-medical personnel to easily detect posture changes. The subjects were community-dwelling elderly individuals, and their static standing postures were photographed from the sagittal plane using a digital camera. Additionally, the subjects' postures were classified into several categories by physical therapists. Gray-scale and silhouette images were generated from the photographed posture images, and the accuracy of identifying these images was examined. The analysis results showed that both the gray-scale and silhouette images could generally provide judgments similar to those made by the physical therapists.

研究分野：応用健康科学

キーワード：姿勢評価 画像認識 運動器疾患 身体機能 加齢変化

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

世界に先駆けて超長寿社会を迎えた我が国において、誰もが健康長寿を実現するためには、老化を背景とした老年症候群 (geriatric syndrome) の予防が必要不可欠である。なかでも、筋 (サルコペニア) や骨格 (骨粗鬆症) の老化が進行すると、健康を維持する上で必要とされる身体活動量が減少し、総死亡率の増加に繋がる。そのため、医療・福祉・健康科学などの領域では、二次予防の観点から、サルコペニアや骨粗鬆症に代表される筋骨格系の老化を早期に発見し、対処することの重要性が示されてきた。その一方で、サルコペニアや骨粗鬆症を早期に発見するためには、医療機関や住民健診等で、身体組成計測や画像診断などの専門性の高い検査を受けることが必要であった。

このような背景から、我々は筋骨格系の老化を簡便に早期発見できる Aging Biomarker として「姿勢変化」に注目している。ヒトの姿勢は、加齢に伴い、円背などの姿勢変化を生じる。この姿勢変化の背景には、筋肉量や骨量の減少、筋力や柔軟性の低下、関節軟骨や椎間板などの退行変性、変形性関節症などの運動器疾患の存在が密接に関係している。従来より、骨関節などの運動器疾患を専門とする整形外科やリハビリテーション分野では、筋・骨格の老化度の予測や関節に加わる機械的ストレスの推定、運動障害のメカニズムを予測する指標として、姿勢の評価が幅広く用いられてきた。しかしながら、姿勢の変化を客観的に捉えるためには、高価な測定装置や熟練の専門家 (整形外科医や理学療法士など) による評価が必要であり、専門家以外が簡便にかつ客観的に姿勢を評価する術はなかった。専門家でなくとも、姿勢や動作の変化を簡便かつ客観的に評価でき、その結果を筋骨格の老化の指標として活用することができれば、一次予防の観点からも、運動習慣の定着やその行動変容につながる実効的な対処を先制して実施できる可能性がある。

以上のように、筋骨格系における老化の早期発見と老年症候群の予防につながるためにも、高齢者の物理的・心理的ハードルを下げる「簡便かつ汎用性の高い評価方法の開発」は、健康科学分野全体に共通する重要な課題である。我々は、これらの課題を解決する手段として機械学習による画像認識技術に注目した。画像認識とは、パターン認識技術の一種であり、画像データからオブジェクトや対象物の特徴量を、ニューラルネットワークによって抽出・分析・識別して検出する技術である。近年では、OpenPose や TensorFlow など機械学習で画像を識別するオープンソフトウェアが開発され、画像情報から姿勢や動作の評価を自動化できる可能性が高まってきた。

2. 研究の目的

そこで本研究では、超スマート社会 (Society 5.0) における新しい健康支援システムの創出を最終目標に、機械学習による画像認識技術を用いて、個人の姿勢をその特徴量や身体情報からクラス分類できる新しい姿勢評価法を開発し、筋骨格系の老化を簡便に早期発見できる新しい Aging Biomarker として、開発された姿勢評価の信頼性と妥当性の検証を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

1) OpenCV と TensorFlow を用いた姿勢画像の識別精度

本研究では、機械学習による画像認識技術を用いて、個人の姿勢を特徴量からクラス分類できるアルゴリズムを考案することを目的とした。対象は、地域在住高齢者 183 名を対象とした。Kinect of windows v2 カメラを用いて、静止立位における全身の側面画像を取得した。撮影した側面姿勢画像から、RGB 画像および Depth (深度) データを取得した。なお、Depth データは、Kinect から投光した赤外線が反射して戻る時間 (Time of Flight : TOF) から算出した。次に、整形外科医と理学療法士によって、従来法の姿勢評価 (ケンダル分類) に基づき、対象者の姿勢を 4 つのカテゴリーに分類 (理想姿勢、後彎-前彎姿勢、平背姿勢、後彎-平坦姿勢) した。このリアルタイムに分類された姿勢ラベルを機械学習のための教師データとし、TensorFlow および OpenCV を用いて姿勢画像のパターン認識を行った。

2) 高齢者の姿勢評価に最適な入力画像の検討

本研究では、機械学習による姿勢画像の識別に最適な入力画像を検証するために、高齢者の姿勢画像に対して 3 種の画像処理を行い、視覚情報のみで得られる画像情報によって、理学療法士の臨床評価 (ケンダル分類) の判断に及ぼす影響を調査した。医療機関に勤務している理学療法士 28 名 (年齢 31.1 ± 8.0 , 経験年数 8.2 ± 6.8) に対して、矢状面から撮影された高齢者の姿勢画像 84 枚 (28 名 \times 2 パターン: グレイ画像およびシルエット画像) を提示し、Kendall 分類によって対象者の姿勢を 4 タイプ (理想姿勢、後彎-前彎姿勢、平背姿勢、後彎-平坦姿勢) に分類するよう求めた。分析には、臨床評価および画像評価を用いた評価のクロス-tab 行列を作成した。この表では、従来の 4 カテゴリーと理想および非理想

(後彎-前彎姿勢、平背姿勢、後彎-平坦姿勢)の2カテゴリーが作成された。一致度は、有病率調整バイアス補正カップ(PABAK)を用いて評価した。また、信頼性を確認するために、感度および特異度を算出した。

4. 研究成果

1) OpenCV と TensorFlow を用いた姿勢画像の識別精度

TensorFlow による側面 RGB 画像では、学習用データの画像識別率は 96.7%、テスト用画像の分類精度は 70%、感度は 80%であった。TensorFlow による背面の深度データでは、学習用データの画像識別率は 98.2%、テスト用画像の分類精度は 60%、感度は 80%であった。次に、OpenCV による側面 RGB 画像について、Haar-like 特徴量を用いた分類器では、どのテスト画像の中にも検出が見られなかった。HOG (Histogram of Oriented Gradients) 特徴量および LBP (Local Binary Pattern) 特徴量を使用した分類器では、1つの画像の中に 2~5 個の誤検出が発生したものが複数存在した。OpenCV による背面の深度データでは、テスト用画像に対する LBP や HOG を使用した分類器は、精度が 50%に満たないものであったが、Haar-like +neg2 は分類精度 80%、感度 70%であった。これらの結果より、高齢者の姿勢不良を検出するために、最適なアルゴリズムは TensorFlow を用いた CNN が妥当であることが示された。ただし、TensorFlow を用いた分類精度は 60~70%にとどまっている。原因として、入力データとして用いた画像の質、つまり画像情報に含まれるノイズ(服装や髪型など)が影響している可能性も否定できない。識別精度を向上させるためには、機械学習による姿勢評価に最適な画像について、詳細な検討が必要であると考えられた。

2) 高齢者の姿勢評価に最適な入力画像の検討

4つの姿勢カテゴリーにおける臨床評価と画像評価の比較では、シルエット画像およびグレイ画像の PABAK 値はそれぞれ-0.14 および-0.29 であった。2つのカテゴリーの場合、PABAK 値はシルエット画像およびグレイ画像でそれぞれ 0.57 および 0.5 であった。感度および特異度は、シルエット画像でそれぞれ 86%および 57%、グレイ画像で 76%および 71%であった。これらの結果から、4カテゴリーでは画像処理に関わらず画像法での評価が困難であることが示唆された。しかし、2カテゴリーの場合、シルエットおよびグレイ画像の両方で臨床評価を画像評価に適用しても妥当な評価が可能であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Sugiyama Naoki, Kai Yoshihiro, Koda Hitoshi, Morihara Toru, Kida Noriyuki	4. 巻 9
2. 論文標題 Agreement in the Postural Assessment of Older Adults by Physical Therapists Using Clinical and Imaging Methods	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Geriatrics	6. 最初と最後の頁 40～40
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/geriatrics9020040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Koda Hitoshi, Kai Yoshihiro, Kida Noriyuki, Morihara Toru	4. 巻 18
2. 論文標題 Spinal alignment measurement with Kinect sensor is valid for thoracic kyphosis but not for lumbar lordosis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Orthopaedic Surgery and Research	6. 最初と最後の頁 1～5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s13018-023-03693-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 甲斐 義浩、来田 宣幸、幸田 仁志、松井 知之、三浦 雄一郎、福島 秀晃、近藤 寛美、竹島 稔、森原 徹	4. 巻 45
2. 論文標題 腱板断裂肩における肩甲骨の運動異常と姿勢不良との関係	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 肩関節	6. 最初と最後の頁 93～97
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11296/katakansetsu.45.93	査読の有無 有
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3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 杉山直磯，甲斐義浩，幸田仁志，森原徹，来田宣幸
2. 発表標題 視覚情報のみで判断される高齢者の姿勢評価に関する研究 -医療従事者によるケンダル分類を用いて-
3. 学会等名 日本人間工学会関西支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 幸田仁志, 甲斐義浩, 来田宣幸, 三浦 雄一郎, 福島秀晃, 近藤寛美, 竹島 稔, 森原 徹
2. 発表標題 高齢者の姿勢アライメントからみた腱板断裂と肩こりの関係
3. 学会等名 第48回日本肩関節学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 幸田仁志, 甲斐義浩, 村田 伸, 来田宣幸
2. 発表標題 筋力の非対称性が姿勢制御に及ぼす影響について
3. 学会等名 第48回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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	来田 宣幸 (Kida Noriyuki) (50452371)	京都工芸繊維大学・基盤科学系・教授 (14303)	
研究分担者	村田 伸 (Murata Shin) (00389503)	京都橘大学・健康科学部・教授 (34309)	

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
---------	---------