

氏 名	杉山 直磯
学位(専攻分野)	博 士 ( 学 術 )
学 位 記 番 号	博 1 1 9 5 号
学位授与の日付	令和 7 年 3 月 21 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	高齢者の静止立位写真に基づく姿勢識別モデルの検討
審 査 委 員	(主査)教授 来田 宣幸 教授 桑原 教彰 准教授 山下 直之

## 論文内容の要旨

日本では、現在、健康寿命の延伸が重要な課題とされ、この課題に対処するため、専門家による関与を最小限にしつつ健康状態の評価が手軽にできるスクリーニングツールの開発が求められている。本博士論文では、健康状態を評価するひとつの指標として姿勢に着目し、スクリーニング検査の自動化ツールの開発に貢献することを目的とした。具体的には、高齢者の全身写真を用いた姿勢の自動識別の実現に向けて、機械学習および深層学習による分類モデルの構築とその妥当性の検証が試みられた。

第 1 章では、日本における健康問題に関する現状が概説され、姿勢に関する評価方法がまとめられた。さらに、画像認識技術における機械学習及び深層学習について取り上げ、写真に基づき姿勢評価を行うための根拠と自動識別モデル構築における研究課題と目的が述べられた。

第 2 章では、識別モデルの構築にあたり必要となる教師データの入力画像と正解ラベルの検討を行った。入力画像としてシルエット画像が適当であると考えたため、モデル構築前にこのシルエット画像の有効性を検討した。また、姿勢の評価ラベルの検討として視診のみにおける識別の限界についても検討した。その結果、専門家は *Ideal* と *Non-Ideal* の 2 分類であれば、シルエット画像を用いて視診のみで評価可能であることが示された。

第 3 章では、写真の前処理としてシルエット画像の他に背景除去やエッジ抽出を行い、自動処理に適した前処理方法を検討した。評価は、機械学習のサポートベクトルマシンに基づき、その精度から確認された。特徴抽出は、スケール不変特徴変換 (SIFT) と高速化されたロバスト特徴 (SURF) がそれぞれ用いられた。その結果、SIFT はエッジ抽出の Prewitt、SURF はシルエットにて前処理の有効性が確認された。しかし、識別モデルの精度としては、正解率が 70%を上回らず実用化が困難であることが示された。

第 4 章では、側面(矢状面)から撮影した画像を対象に、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いて姿勢識別モデルを構築した。第 2 章の結果に基づき教師データは、シルエット画像による 2 分類 (*Ideal* と *Non-Ideal*) とし、これら画像をデータ拡張した上で、損失関数とオプティマイザーを変更して組み合わせた 4 つの CNN モデルを構築した。また、優れた学習精度を示したモデルはテストデータと照合することで、未知のデータに対する汎化性能を検証した。その結果、損失関数に二乗誤差、オプティマイザーに Adam を用いたモデルにて、人による視診のみの評価と

同程度のパフォーマンスを示した。

第5章では、本研究を総括し、総合考察を行うとともに、今後の展開と課題を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、高齢者の静止立位写真に基づく姿勢識別モデルの検討に関し、自動化ツールの開発に向けた基礎的知見を明らかにするものである。本論文では、教師データにおける入力画像と正解ラベルの検討から、機械学習や深層学習による識別モデルの構築および評価が行われ、認知科学・リハビリテーション科学的視点および情報処理技術的視点から科学的根拠に基づいて論じられていた。

研究の手法に関しては、先行研究や書籍に基づき、適切な研究課題が設定されていた。具体的には、教師データ構築における入力画像と正解ラベルの検討（第2章）、機械学習モデルに基づく適切な前処理の検討（第3章）の基礎的研究を行うことで、入力画像と正解ラベルの設計基準を明確化した。その後、畳み込みニューラルネットワークによる識別モデルの構築および評価（第4章）において、実践的研究が行われており、適切な科学的手法に基づき研究が遂行されたと評価できる。また、データ収集や分析および公表においてはOECDガイドラインやヘルシンキ宣言等に準拠されており、人権上の配慮についても適切であった。

研究の新規性に関しては、シルエット画像の有効性と視診のみによる評価の限界を示したことで、姿勢評価における教師データとして必要な前処理方法とラベル定義を示した点が学術的に貴重な成果といえる。さらに、安定した識別モデルの構築にあたり、その層構成やハイパーパラメータなどの構築条件を明確化したことは、今後のモデル改善に向けて指標となり得る点において、学術的に貴重な成果といえる。

研究の有用性に関しては、本モデルの入力データのもととなる写真撮影は、スマートフォンでも行えるため、ユーザーに対する負担が少なく、再撮影も容易であるという利点を有している。また、このモデルは、専門家である理学療法士の視診のみの評価と同等の結果を示し、自動評価として正確性や有効性を示している。したがって、これらの特性より本モデルは、時間や場所に依存せず、姿勢評価を通じて簡易的に健康状態を把握するツールとしての今後の研究展開が期待される。今後は、汎用性の高い識別モデルの構築に向けて、データ取得を継続的に行い、また、年齢や身長、体重といったデータベースを構築及び活用することで、マルチモーダルやラベルなどにつなげることが可能となり、より高精度かつ個別化された姿勢評価を実現することが期待される社会的意義の高い研究である。

なお、これら研究はいずれも申請者が筆頭著者である査読制度のある学術誌に既に掲載された以下の2報の論文で構成されている。また、本論文において二重投稿など研究者倫理に反する事象は認められなかった。

1. Naoki Sugiyama, Yoshihiro Kai, Hitoshi Koda, Toru Morihara, Noriyuki Kida. Agreement in the Postural Assessment of Older Adults by Physical Therapists Using Clinical and Imaging Methods. *Geriatrics*. 9 (2): 40. 2024.
2. Naoki Sugiyama, Yoshihiro Kai, Hitoshi Koda, Toru Morihara, Noriyuki Kida. Evaluation of

Convolutional Neural Network-Based Posture Identification Model of Older Adults: From Silhouette of Sagittal Photographs. *Geriatrics*. 10 (2): 49. 2025.