

1. 実践研究

AI 姿勢推定を活用した健常高齢者向け身体評価システムの有用性の検討

尾山裕介* 田宮公成** 小宮康宏** 川崎哲哉** 大嶋洋一***

抄録

【目的】地域在住高齢者の身体評価において、従来の目視評価による誤差や専門機器の設置・運用の難しさを解決するため、AI 姿勢推定を活用した身体評価システムの有用性を検討した。

【方法】課題 1 では、若年者 19 名と健常高齢者 31 名を対象に片脚立ち（バランス能力）と椅子立ち上がりテスト（下肢筋群の力発揮）を実施した。AI 姿勢推定による解析データと研究機器（重心動揺計およびフォースプレート）から得られた指標との相関分析を行った。課題 2 では、理学療法士および看護師を対象に課題 1 の取り組みに関する動画視聴とヒアリングを実施し、その活用方法や課題についてディスカッションした。

【結果】バランス能力では、AI 姿勢推定の足首の移動量と単位時間軌跡長（ $r=0.503$, $p=0.020$ ）、膝の移動量と単位時間軌跡長（ $r=0.692$, $p<0.001$ ）との間に有意な相関関係が認められた。また、下肢筋群の力発揮でも、AI 姿勢推定の肩の移動加速度と最大値体重比（ $r=0.723$, $p<0.001$ ）、肩の jerk（加速度の微分）と地面反力立ち上がり率（ $r=0.634$, $p<0.001$ ）の間で、それぞれ有意な相関関係が示された。ヒアリングでは、身体評価において「動作の質」を詳細に評価できる点、数値や視覚的情報の提示が指導者にも有益な情報となる点が評価された。

【結論】AI 姿勢推定を用いた身体評価は、研究機器と同程度の精度でバランス能力や下肢筋群の力発揮を評価できる可能性があり、運動指導現場での有用性が高い。今後は利便性や精度の向上、動画とデータを組み合わせた運動指導への活用が期待される。

キーワード：健常高齢者，身体評価，運動指導，下肢筋力，バランス能力

* 桐蔭横浜大学スポーツ科学部

** 株式会社 WisH Lab

*** One Smile a Day 合同会社

1. はじめに

現在、地域の医療機関や地域包括支援センター等では、地域在住高齢者を対象とした身体測定およびその結果に基づく健康講座が広く実施されている。これらは単発の講座に留まらず、評価（測定）→知識（講話）→実践（運動）のサイクルで、参加者の個々の身体状況に合わせた運動プログラムを提供する試みもなされている。

身体測定では、理学療法士などの専門職が関わる場合、リハビリテーションで用いる SPPB（Short Physical Performance Battery）¹⁾、TUG（Time Up and Go Test）²⁾ などが汎用され、より簡便な手法としてロコモ度テスト³⁾ が用いられることもある。しかしながら、これらの手法は検者が目視によって評価するため、測定誤差が生じやすい問題がある。また、算出されるスコアがリハビリテーションを受けているレベルを基準に数段階の順序尺度であるため、多くの方が高得点（現状は問題なし）となる天井効果が生じ、詳細に身体変化を評価することが難しい可能性がある。

一方で、信頼性や妥当性が担保されている研究機器は、設置場所の制約や運用のための専門知識が必要であるため、地域在住高齢者を対象にする身体測定に活用される事例は限定的である。さらに、近年、身体にマーカーを装着せずに解析を行う「マーカーレス動作分析」が注目されており、パーキンソン病の診断支援や歩行分析への応用が報告されている⁴⁾。しかし、高精度な専用センサーや特殊な撮影環境を必要とするか、スマート

フォンでできるものの精度が十分でないものが多く、運動指導者が現場で測定値を確認し、被験者の身体状況の気づきや日常生活の改善につながるような活用はできていない。

そこで、本研究では二つの課題を設定した。【課題 1】どこでも誰でも実施できる正確な評価を究極のゴールと見据えて、汎用のデジタルカメラで実現できる AI 姿勢推定が研究機器の代替手段になりうるのか、目視での評価、研究機器を使用した評価と比較する（図 1）。【課題 2】課題 1 の評価結果に基づく、新たな運動指導のポイントを明らかにする。

2. 方法

【課題 1】

2. 1. 測定会および実験参加者

本研究の測定会および実験参加者を表 1 に示した。広い年代のデータを取得して正確な測定・評価ができるか確認するために、測定会を全部で 6 回（若年者対象を 2 回、高齢者対象を 4 回）実施し、分析対象者は若年者 19 名（21.1±0.6 歳）と地域の健常高齢者 31 名（78.4±6.3 歳）とした。実験参加者には事前に口頭と文書にて研究の目的および測定に関する説明を十分に行い、書面による同意を得た。本研究は桐蔭横浜大学倫理委員会の承認（承認番号：I-94）を得て実施した。

高齢者を対象とした最初の測定会では、参加者を募集することが難しく、それ以降は包括支援センターと相談のうえ、脳トレと組み合わせたイベントとす

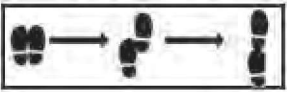

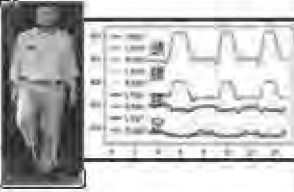


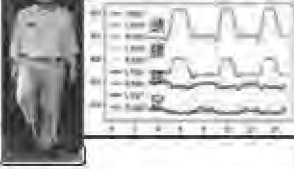
	目視での評価	研究機器を使用した評価	AI姿勢推定を用いた評価
バランス能力	SPPBのバランステスト (立位保持時間を評価) 	重心動揺計上で閉眼片脚立ち (重心動揺図の波形を評価) 	身体各部(頭、腰、膝、足)の前額面の動きを抽出 (片脚立ちや立ち上がり動作を画像と波形で評価) 
下肢筋群の力発揮	SPPBの立ち上がりテスト (立ち上がりの所要時間を評価) 	地面反力計上で立ち上がり動作 (地面反力の波形を評価) 	

図1 バランス能力や下肢筋群の力発揮の評価方法

表1 測定会の一覧と実験参加者数

実施日	実施場所	対象	参加者	備考
2025年9月25日	桐蔭横浜大学	大学生	10名	
2025年10月1日	桐蔭横浜大学	大学生	9名	
2025年11月12日	すすき野地域ケアプラザ	健常高齢者	10名	理学療法士参加
2025年12月4日	中川地域ケアプラザ	健常高齢者	21名	脳トレのイベント*と共同開催
2026年2月10日	都田地域ケアプラザ	健常高齢者	24名	脳トレのイベント*と共同開催 施設のボランティア2名が測定体験
2026年3月20日	すすき野地域ケアプラザ**	健常高齢者	19名	地域のコミュニティーグループからイベントへの参加依頼を受けて活動、理学療法士2名が測定を体験

* One Smile a Day 合同会社のLife Kinetikのトレーニング (1時間)

** 次の取り組みに向けたデータの取得などを実施

ることや健康イベントの一環で測定を実施することで多くの実験参加者を募集した。実験参加者は増加したが、測定時間が限られたため、項目は下肢筋群の力発揮に絞った。なお、高齢者を対象とした3回目および4回目の測定は年度末の実施であり、報告をまとめて課題を整理しながら、次の取り組みに向けた課題の対策を実施した。

2. 2. AI 姿勢推定

AI 姿勢推定は、コンピューターで画像を解析する一手段で、実験参加者が何も装着しない状態で全身の動きが解析可能であり、歩行/バランス/反応などを測定

した事例と、パーキンソン病などの診断に向けた検討が報告されている。本研究では撮影した動画ファイルを入力として、Windows PC 上のプログラム Media Pipe⁵⁾ (提供元 Google 社) で姿勢推定を行い、全身 33 ポイントの座標を算出できるようにした。

2. 3. 片脚立ち (バランス能力)

重心軌跡測定器 (SANKA 社製) を用いて、片脚立ちを実施した。サンプリング周波数は 100Hz とした。実験参加者は本測定器上で最大 30 秒間の片脚立ちを実施した。上肢でバランスを保持しないように両手は腰に置くように指示した。

本研究では1試行実施し、事前に実験参加者の理解を深めるために練習を1試行実施した。なお、若年者は閉眼条件、高齢者は開眼条件で実施した。評価変数は単位時間軌跡長とした。

AI 姿勢推定を実施するため、実験参加者から2~3m（距離は記録せず）離れた場所に汎用デジタルカメラ（Emeet社製、WebカメラC970L）を配置し、通常のフレームレート30fpsで前額面からの撮影を行った（図2）。測定会ごとに実験参加者との距離は異なるものの、スケールを使用して正規化した。片脚立ちの開始から終了するまでの軸足の足首および膝の水平方向の動きを追跡し、それぞれの移動量を評価した。



図2 バランス能力の評価の様子

2. 4. 椅子立ち上がりテスト（下肢筋群の力発揮）

立ち上がりパワー測定器（タニタ社製、運動分析動作装置 zaRitz BM-220）を用いて、椅子立ち上がりテストを実施した。本測定器は椅子立ち上がり動作から得られた地面反力によって下肢筋力やバランス能力の評価を行うことができることが確認されている^{6,7)}。サンプリング周波数は80Hzであった。実験参加者は40cmの高さの椅子に座り、本測定器上に両足を置くようにした。STS動作時に上肢の反動を使わないように胸の前で腕を組ませ、膝関節を100~110度屈曲（完全伸展位を0度）に保持した座位姿勢を開始肢位とし、検者の合図により立ち上がり、その後、着座動作を行った。本研究では2試行実施し、1試行目は素早く全力で、2試行目はゆっくり立ち上がるように指示した。事前に実験参加者の理解を深めるために素早く全力で立ち上がる練習を1試行実施した。評価変数は最大値体重比（Peak reaction force per

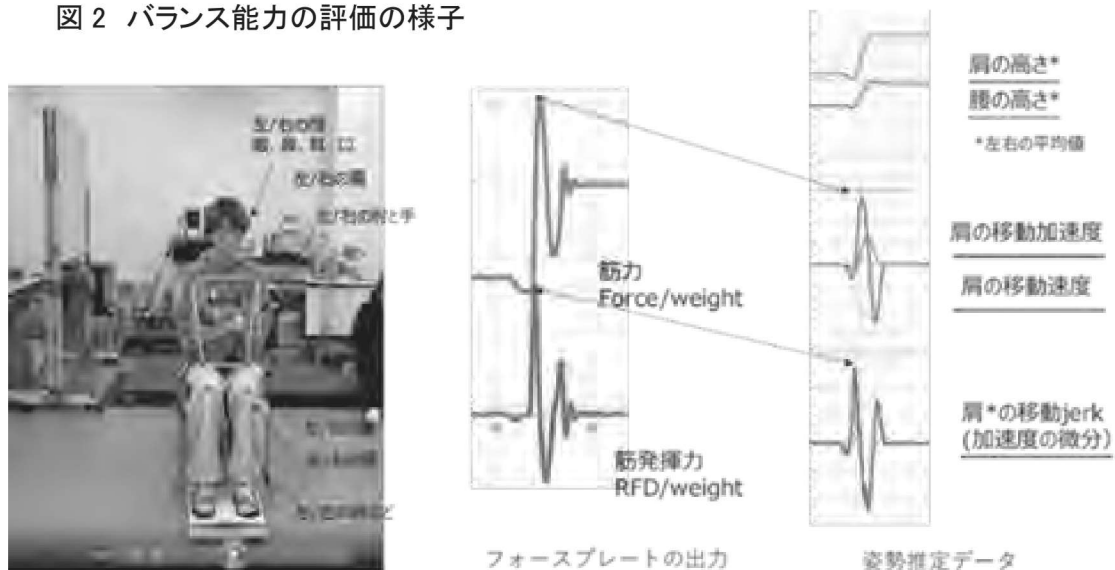


図3 下肢筋群の力発揮の評価の説明

body weight : F/w) および地面反力立ち上がり率の体重比 (Rate of force development per body weight : RFD/w) とした。

AI 姿勢推定を実施するため、実験参加者から 2.5m 離れた場所に汎用デジタルカメラ (OM デジタルソリューション社製, TG-7) を配置し、通常撮影の 8 倍速にあたる 240fps で前額面からの撮影を行った (図 3)。開始肢位から立ち上がるまでの左右の肩の中央位置の垂直方向の動きを追跡した。F/w に相当する指標を肩の移動加速度、RFD/w に相当する指標を肩の jerk (加速度の微分で算出) とした。

2. 5. 統計処理

バランス能力では単位時間軌跡長と AI 姿勢推定の足首の移動量および膝の移動量の関連を検討するために相関分析を行った。なお、正規性が認められた場合は Pearson の相関係数、正規性が認められなかった場合は Spearman の順位相関係数を算出した。同様に下肢筋群の力発揮では F/w と肩の移動加速度、RFD/w と肩の jerk の関連を検討した。いずれの統計処理でも有意水準は 5%とした。

【課題 2】

2. 1. 実験参加者

地域在住高齢者を対象に運動支援に取り組んでいる理学療法士 2 名および看護師 1 名を対象にヒアリングを実施した (図 4)。

2. 2. 実施概要



図 4 ヒアリングの様子

課題 1 で取り組んできた内容や研究成果をまとめたビデオを作成し、地域在住高齢者を対象に運動支援に取り組んでいる対象者に説明会を実施した。加えて、研究成果を運動指導に活用する方法や課題についてディスカッションを実施した。

対象者には事前に以下の 3 項目についてヒアリングすることを伝え、当日、ディスカッションした。その後、フリーディスカッションを実施した。

- (1) 高齢者が椅子から立ち上がる時に観察するポイントはどこですか？
- (2) 高齢者が片脚立ちをする時に観察するポイントはどこですか？
- (3) もし、沢山の眼があったら、今観察しているポイント以外に、どこを見たいですか？

3. 結果

【課題 1】

3. 1 目視評価

初期の検討で、目視の評価の難しさとその測定誤差を確認し、他の二手法 (研究機器を使用した評価と AI 姿勢推定を用いた評価) のデータと比較する必要がないと判断した。具体的にはバランス能力では、感覚的な揺れの大小しか観察で

きない。また、下肢筋群の力発揮では、SPPBの立ち上がり評価の場合、筋力に比例しない時間（立っている時間/座る時間）が影響する可能性がある。そして、実験参加者が速く動こうとすると、臀部を椅子に付けずに動いてしまい、大きな誤差になる。

3. 2. 評価データの比較

3. 2. 1. バランス能力

20秒以上の片脚立ちができた若年者15名（男性11名、女性4名: 21.1±0.6歳）および高齢者6名（女性6名: 74.0±4.1歳）を分析対象とした。

単位時間軌跡長とAI姿勢推定の足首の移動量および膝の移動量の関連を図5に示した。単位時間軌跡長と足首の移動量 ($r=0.503, p=0.020$) および膝の移動量において有意な相関関係がみられた ($r=0.692, p<0.001$) (図5)。

本研究では、AI姿勢推定から得られる膝の移動量に特に着目することで、バランス能力を評価できる可能性が示唆された。一般的に、姿勢戦略には足関節戦略、股関節戦略、踏み出し戦略があり⁸⁾、小さな動揺に対しては足関節戦略で安定させることができるものの、揺れが大きくなることで股関節や膝関節を動員

する股関節戦略に移行する。本研究でも、膝の移動量が大きいほど、重心動揺も大きかったことから、足関節戦略だけでなく股関節戦略を用いて姿勢を制御していた可能性がある。また、足首の移動量は変動量が小さいことや挙上しているもう一方の脚に軸足が隠れてAI姿勢推定の精度が低下したことが、膝の移動量よりも関連が小さかった要因であると考えられる。このような課題はあるものの、AI姿勢推定を活用することで片脚立ちという静的な動作でも詳細に評価することができ、その有用性が確認された。

3. 2. 2. 下肢筋群の力発揮

若年者19名（男性13名、女性6名: 21.1±0.6歳）および高齢者31名（男性5名、女性26名: 78.4±6.3歳）を対象とし、撮影できなかった試行および誤認識したAI姿勢推定の異常試行を除いた全92試行（一人につき2試行（素早く全力/ゆっくり））を分析対象とした。

F/wと肩の移動加速度、RFD/wと肩のjerkの関連を図6に示した。F/wと肩の移動加速度 ($r=0.723, p<0.001$)、RFD/wと肩のjerk ($r=0.634, p<0.001$) で有意な相関関係がみられた (図6)。

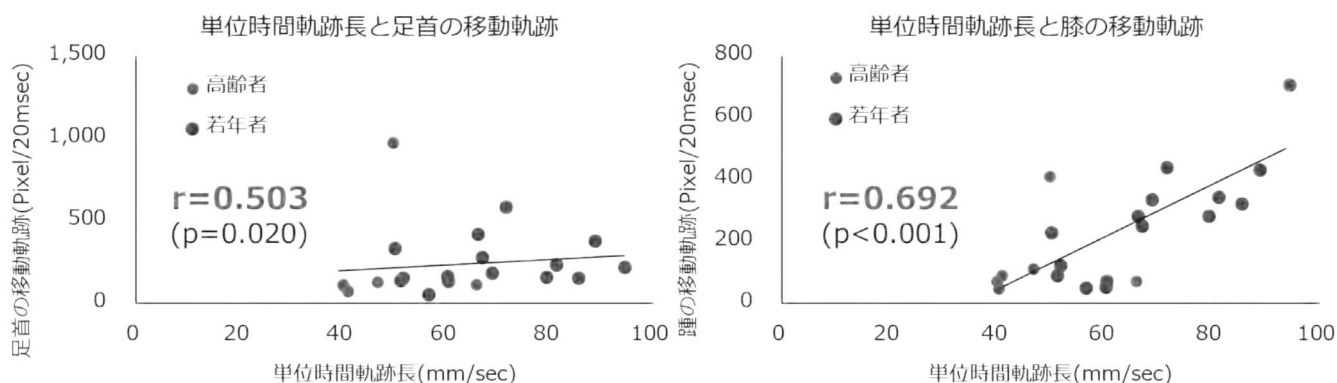


図5 重心動揺計とAI姿勢推定の評価データの相関関係

本研究では、AI 姿勢推定から得られる肩の移動加速度や加速度の微分で算出した肩の jerk を評価することで、地面反力から得られる下肢筋群の力発揮を評価できる可能性が示唆された。円滑な椅子立

ち上がり動作には身体重心の水平方向および垂直方向へのコントロールが不可欠となり、椅子立ち上がり動作戦略の一つである momentum transfer 戦略は股関節屈曲速度の上昇によって体幹の運動量を

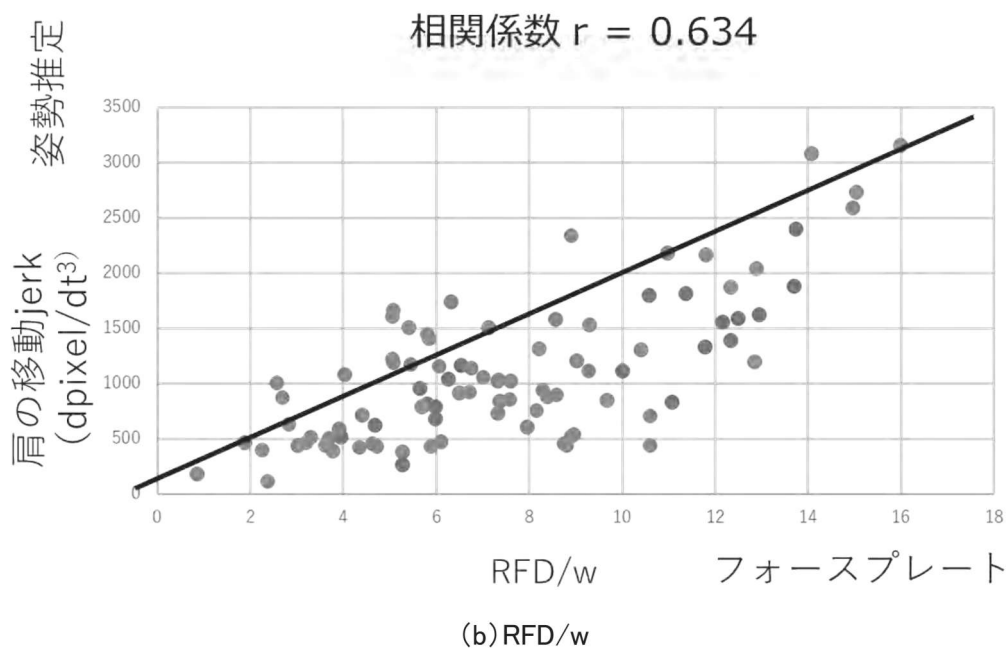
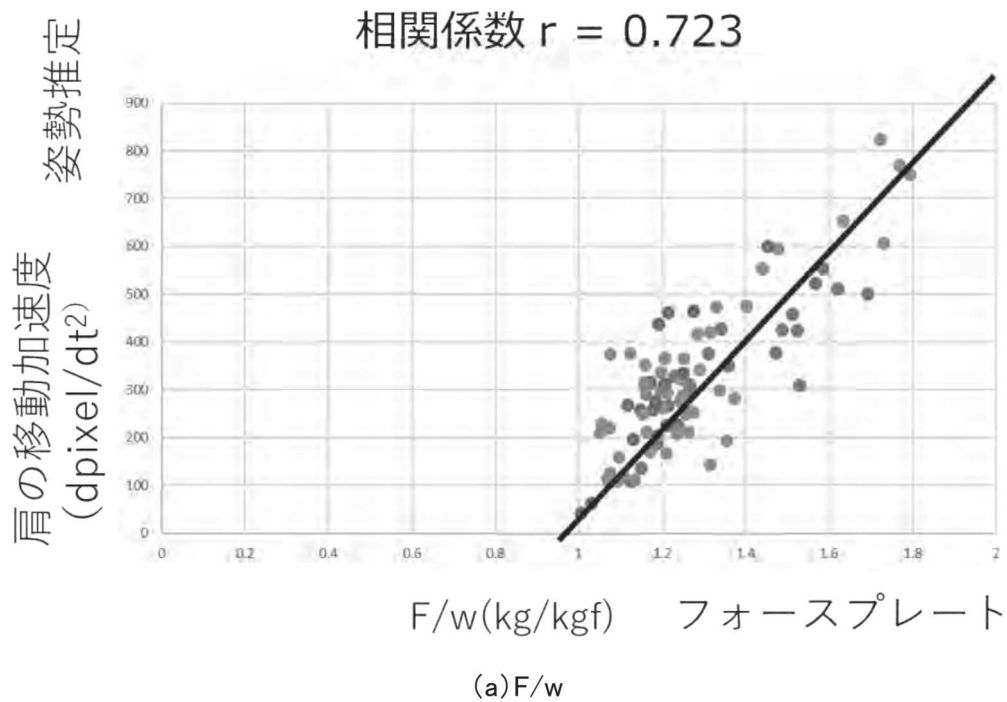


図 6 フォースプレートと AI 姿勢推定の評価データの相関関係
 ・赤色とオレンジ色のプロットが若年者、青色と緑色のプロットが高齢者を示す

発生させ、重心を上昇させている⁹⁾。そのため、体幹の前傾を素早く行うことで下肢にもエネルギーが伝わるようになり、素早く立ち上がることが可能となる。本研究でも肩の移動軌跡に着目することで、体幹の前傾動作の素早さを評価できた可能性がある。本研究では姿勢推定の精度を上げるために前額面からの撮影をしたものの、体幹の前傾の動作を確認するには矢状面からの撮影も有効であると考えられる。そこで、2方向（前方：OM デジタルソリューション社製 TG-7、側方：GoPro 社の Hero12、フレームレートはどちらも 240fps）から同時撮影した2つの動画を用いた AI 姿勢推定も実施し、どちらも問題なく AI 姿勢推定ができることを確認した（図7）。これらのことから、AI 姿勢推定を活用して下肢筋群の力発揮を評価でき、バランス能力の評価と同様、その有用性を確認することができた。



図7 前方/側方動画の AI 解析例

【課題2】

3. 3. 結果および考察

「(1) 高齢者が椅子から立ち上がる時に観察するポイントはどこですか？」という問いに対しては、足の位置や体幹の前傾角度、手の位置（手を大腿部や椅子

に置いていないか）、反動の有無について観察していると回答があった。

「(2) 高齢者が片脚立ちをする時に観察するポイントはどこですか？」という問いに対しては、遠目から全体像の観察や立ち直り反応の有無を見ているという回答が多かった。一方で、転倒リスクのある方には、立てているかどうかを観察するだけで精一杯で姿勢などを見る余裕がない、ストップウォッチで秒数を確認するだけで精一杯という回答もあった。

「(3) もし、沢山の眼があったら、今観察しているポイント以外に、どこを見たいですか？」という問いに対しては、後方や側方の他にも上方から見たいという回答があった。

その後のフリーディスカッションでは、「8倍速の動画だと、普段、気にしないことが視覚的にわかりやすい（立ち上がりでは足のふらつきがあることや膝が内側に入ること（股関節内旋）など）、立ち上がった後の様子（ふらつき）も確認できるのがよい」や「同じ秒数や回数の人でも、動きの質が人によって異なるので、それら进行评估できるのは価値がある」といった意見があり、本研究で活用した AI 姿勢推定の価値が確認できた。また、「参加者（患者）は自分の姿や状態がわからないので、数値や視覚的情報で示せるのは指導者にとって説明や指導をしやすい」という意見もあり、データ等を活用することは参加者だけでなく指導者にとっても有益な情報となり得る。一方で「現場では機器の設置を簡単にできるようになると活用しやすい」や「動きとデータのグラフが同時に

見られるとわかりやすい」といった意見もあり、現場での利便性や測定結果のフィードバックについては今後の改善が必要である。

4. 結論

課題1ではバランス能力および下肢筋群の力発揮を対象に汎用デジタルカメラを用いるAI姿勢推定が研究機器の代替手段になりうるのか、目視での評価、研究機器を使用した評価と比較した。その結果、バランス能力では特に膝の移動量を、下肢筋群の力発揮では肩の移動加速度や肩のjerkを評価することで、研究機器と同程度の評価ができる可能性が示唆された。課題2では課題1の研究成果について、運動指導現場で勤務している医療関係者とディスカッションした。その結果、本研究で活用したAI姿勢推定は研究機器よりも簡易的な測定環境であることに加えて、動きの質を詳細に捉えられる点が評価された。また、数値や視覚的情報の提示によって、参加者だけでなく運動指導者にとっても有益なツールになることも評価された。以上のことから、本研究で実施したAI姿勢推定を活用した身体評価は、健常高齢者を対象とした場合においても有用性が高いと示された。汎用デジタルカメラを用いるAI姿勢推定を用いる評価と画像や動画の有効利用が運動指導の課題を解決する両輪であると認識したため、今後は継続して取り組みを続け、どこでも誰でも実施できる正確な評価に基づく運動指導を目指す。

引用文献

- 1) Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., Scherr, P. A., & Wallace, R. B. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of gerontology*, 49(2), M85–M94.
- 2) Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142–148.
- 3) 日本整形外科学会, 日本運動器科学会 (2021) ロコモティブシンドローム診療ガイド 2021. 南江堂.
- 4) Cao, W., Liu, J., & Liu, S. (2025). Recent Advances in AI for Parkinson's Disease Diagnosis: A Scoping Review. *Studies in health technology and informatics*, 329, 1956–1957.
- 5) Google 社 MediaPipe.
<https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/guide?hl=ja>
- 6) Abe, T., Tsuji, T., Soma, Y., Shen, S., & Okura, T. (2016). Composite variable of lower extremity muscle strength and balance ability for evaluating risks of mobility limitation and falls in community-dwelling older adults. *Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 5(3), 257-266.
- 7) 慎少帥, 藤井啓介, 馬靖宇, 阿部巧, 辻大士, 藤井悠也, 大藏倫博 (2017)

要支援・要介護高齢者を対象とした STS 時の床反力と下肢筋力, 日常生活動作能力 との関連性. 理学療法科学, 32 (6), 881-887.

- 8) Horak F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and ageing*, 35 Suppl 2, ii7-ii11.
- 9) Hughes, M. A., & Schenkman, M. L. (1996). Chair rise strategy in the functionally impaired elderly. *Journal of rehabilitation research and development*, 33(4), 409-412.

本研究は、令和 7 年度健康・体力づくり事業財団の助成金を受けて実施しました。

本研究の成果の一部は日本体育測定評価学会第 25 回大会 (2026 年 2 月 28 日) で発表しました。

「P-9 AI 姿勢推定による片脚立ち評価の検討—軸足の踵/膝/腰/肩の動きの分析—」(優秀発表を受賞)

「A-6 8 倍速撮影動画の AI 姿勢推定を用いた筋力 Force・筋発揮力 RFD の評価」

研究の実施にあたり、ご協力いただいたすべての皆さまに御礼申し上げます。