

2種類のスマートフォンアプリケーションを使用した 角度測定における信頼性の検討

石井 成美^{1,2)}, 兎澤 良輔^{1,3)}

了徳寺大学・健康科学部・理学療法学科¹⁾

了徳寺大学附属・新小岩整形外科²⁾

医療法人社団了徳寺会・葛西整形外科内科²⁾

要旨

【目的】異なる2種類のスマートフォンアプリケーション（以下、アプリ）を使用した角度測定における検者内信頼性の比較を行った。【方法】スマートフォンを用いて5種類の対象物（角度固定した東大式ゴニオメータ）を1m, 3m, 5mの距離から各条件で3回連続撮影した。撮像から1名の検者がアプリにて角度を計測した。アプリは角度測定の際にランドマーク周辺の拡大機能がついたアプリとその機能がないアプリの2種類を用いた。各アプリで得られた結果から級内相関係数（以下、ICC）を算出した。【結果】各アプリは撮影距離が離れると信頼性が低下したが、全条件でICCが0.9以上と高値を示した。また、拡大機能ありアプリの方がICCは高値を示した。【考察】撮影距離が離れると撮像上のランドマークが小さくなり信頼性が低下するが、拡大機能があるアプリにおいてはその欠点を補うことが可能となり拡大機能のないアプリよりも信頼性が高くなったと考えられる。どちらのアプリにおいても信頼性は高値を示したため、角度測定に有用であることが示唆された。

キーワード：スマートフォン、アプリケーション、信頼性

A study on the difference in reliability of two types of measurement apps in angle measurement using smartphone applications

Narumi Ishii^{1,2)}, Ryosuke Tozawa^{1,3)}

Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Ryotokuji University¹⁾

Shinkoiwa Clinic of Orthopedic²⁾

Kasai Clinic of Orthopedic and Internal Medicine³⁾

Abstract

[Purpose] We compared intra-examiner reliability in angle measurement using two different smartphone applications (hereinafter referred to as apps). [Methods] Five different objects (the University of Tokyo type goniometer with a fixed angle) were photographed using a smartphone, consecutively from distances of 1, 3, and 5 m under each condition. One examiner measured the angle from the images using an app. When measuring angles, two types of apps were used, one with an enlargement function around landmarks and another without an enlargement function. The intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated from the results obtained with each app. [Results] Although the reliability of each app decreased as the shooting distance increased, the ICC showed a high value of 0.9 or more under all conditions. Moreover, the ICC showed a higher value for the app with the enlargement function. [Discussion] As the shooting distance increased, the landmarks on the image became smaller and the reliability

decreased. However, it is possible to overcome the shortcomings in the app with the enlargement function, and the reliability is higher than that of the app without the enlargement function. Both apps showed high reliability, suggesting they are useful for angle measurement.

Keywords: smartphone, application, reliability

I. 背景

現在、臨床においてスマートフォン（以下、スマホ）を使用した理学療法評価の研究が多く報告されている^{1,2)}。これは、スマホが現代社会において普及率が高く、誰でも簡単に使用することが出来るツールである影響が大きい。そのため、臨床においてもスマホの活用率が高くなり、特にスマホの傾斜計やアプリケーション（以下、アプリ）を使用した関節可動域測定の研究は数多く報告されている^{3,4,5,6)}。

スマホのアプリを用いた関節可動域測定の中で対象者を撮影し、その撮像から角度を計測するアプリは三次元動作解析装置との比較から高い信頼性と妥当性が報告されている⁶⁾。しかし、先行研究では、撮像から角度測定を行うため、対象物の撮影距離と反比例して信頼性が低くなることが明らかとなっている⁷⁾。これは撮影距離が長くなるほど、撮像上の測定対象物は小さくなるため、それに伴いスマホのアプリ上で測定対象物のランドマークに測定点を合わせることが難しくなることが要因として考察されている⁷⁾。そのため、先行研究で使用されたアプリではなく、ランドマークを当てる際に、焦点を合わせた箇所を撮像上に拡大することが可能な別の測定アプリであれば、基本軸や移動軸を正確に捉えることが可能となり、信頼性が高値になるのではないかと仮説を立てた。

そこで本研究では、撮像から角度測定する機能を有するスマホアプリの中でも、ランドマーク周囲を拡大する機能の備わったアプリとその機能がないアプリの2種類を用いて異なる撮影距離で角度測定を行った際の信頼性について比較検討した。

II. 対象と方法

1. 測定対象物および検者

測定対象物である角度計は東大式角度計を使用した。先行研究^{6,7)}と同様に、基本軸、移動軸に対して4つの反射マーカを両面テープで貼り付けた状態で箱に養生テープで固定し(図1)、測定距離にはメジャーを床に貼り付けて測定した(図2)。測定対象物の撮影、撮像は理学療法士1名で実施した。

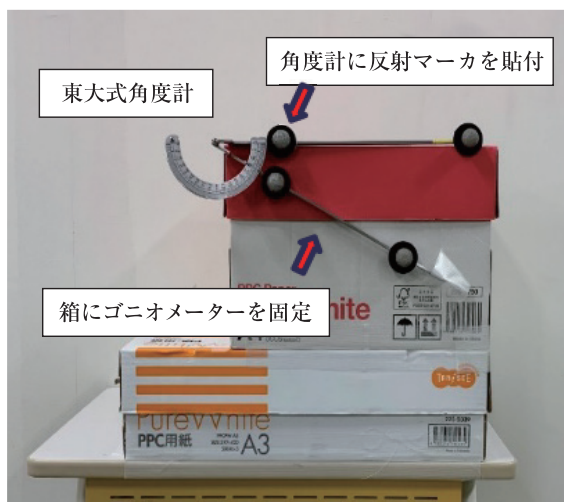


図1. 測定対象物



図2. 撮影条件

2. 方法

スマホはiphoneXS（Apple社製）を使用し、端末のカメラ機能を用いて撮影した。測定対象物は角度計を 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° の5種類とした。対象物と同じ高さとなるように三脚を用意し、撮影の際にはスマホを三脚の上に固定して行った(図2)。それぞれの角度を1m、3m、5mの距離から3回連続して撮影を行った。撮影した画像は、Naradewa社製の2種類のアプリを用いて1名の検者が角度測定した。アプリは撮影した画像に対して拡大機能を使用できないグリット線撮影アプリProfessional（以下、拡大機能なしアプリ）と、撮影した画像から拡大機能を用いて角度測定が可能なグリット線撮影アプリROM（以下、拡大機能ありアプリ）を用いた。拡大機能なしアプリによる角度測定は、撮像から、アプリの角度計機能を使用し、角度計の交点に合わせて屈折する1本の角度測定用の線を基本軸と移動軸となる反射マーカに照準を合わせ、算出された角度を結果とした（図3）。また、拡大機能ありアプリは、撮像から、アプリの角度測定機能を使用し、基本軸と移動軸にそれぞれ角度測定用の線を反射マーカに照準を当て、2本の線が交差した点から算出された角度を結果とした（図4）。どちらの角度測定もリアルタイムで角度が表示される。そのため、検者の測定に影響が生じないように表示される角度はマスキングして、検者が角度を見ながらマーカを合わせられないよう配慮した。

統計方法は、2種類のアプリの間の結果と各測定距離について2要因（[2種類のアプリ]×[3つの測定距離]）の分散分析を実施した。また、測定距離の変化および各アプリによる信頼性の検討として、3回連続撮影の結果から各条件における級内相関係数（intraclass correlation coefficients：以下、ICC）を算出した。また、測定誤差について検討するため、測定の標準誤差（standard error of measurement：以下、SEM）の算出も行った。統計処理はすべて改変RコマンダーR4.2.1⁸⁾を使用し、有意水準は5%とした。

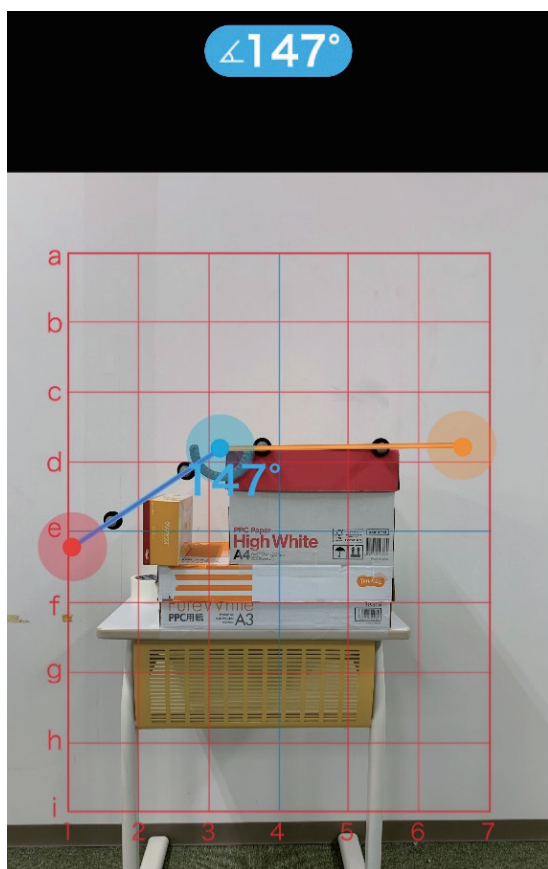


図3.グリット線撮影アプリ Professional
(拡大機能なし)

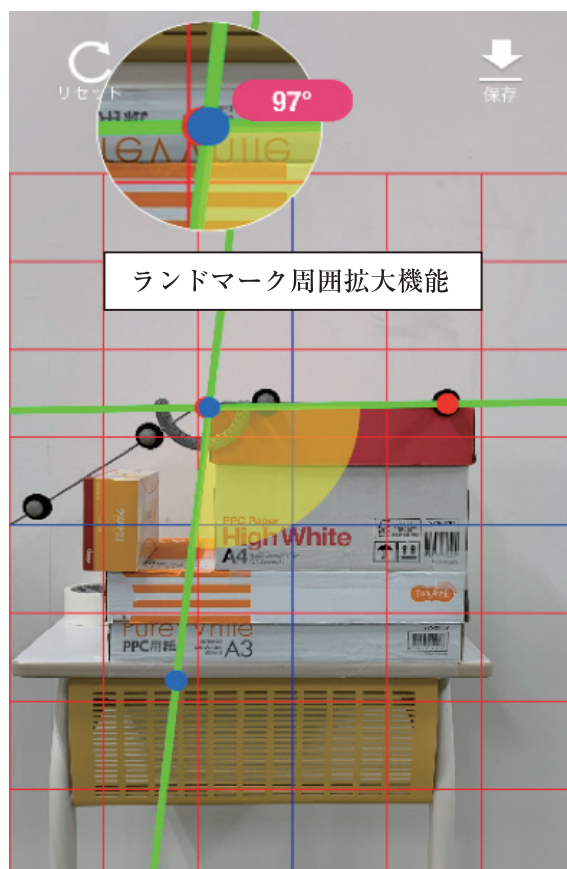


図4.グリット線撮影アプリROM
(拡大機能あり)

3. 倫理的配慮

本研究はヘルシンキ宣言に基づき実施され、また、本研究は本学の生命倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号3011）。

Ⅲ. 結果

2種類のアプリ間および測定距離の違いに主効果および交互作用は認められなかった（表1）。拡大機能なしアプリの角度測定の信頼性はICC（1， 1）とICC（1， 3）において0.924以上と高値を示した。またSEMによる測定誤差は測定距離1mで0.966°， 3mで1.438°， 5mで4.749° となった（表2）。拡大機能ありアプリにおいてもICC(1, 1), ICC(1, 3)で0.966以上と高い結果となった。測定誤差は，測定距離1mで0.837°， 3mで1.688°， 5mで3.204° となった（表3）。2種類のアプリの各撮影距離で高値を示したが，撮影距離に反比例してICCが低下する傾向が認められた（表2,3）。

表1. 2種類のアプリの測定結果

測定距離	角度条件	アプリA		アプリB		p値
1m	30°	29.3	(0.5)	30.0	(0.0)	ns
	60°	59.7	(0.5)	60.0	(0.0)	ns
	90°	87.3	(1.9)	87.0	(0.0)	ns
	120°	117.0	(0.8)	117.0	(0.0)	ns
	150°	147.0	(0.8)	146.0	(0.8)	ns
3m	30°	30.7	(0.9)	30.7	(0.5)	ns
	60°	61.0	(2.8)	59.0	(0.8)	ns
	90°	87.3	(1.2)	87.0	(0.8)	ns
	120°	116.3	(0.5)	113.7	(1.2)	ns
	150°	147.3	(0.9)	146.7	(0.5)	ns
5m	30°	30.7	(2.9)	30.3	(1.7)	ns
	60°	58.3	(1.7)	60.3	(1.7)	ns
	90°	89.7	(0.5)	89.0	(0.8)	ns
	120°	113.7	(4.8)	115.0	(1.4)	ns
	150°	142.0	(1.4)	148.0	(4.3)	ns

平均（標準偏差）， ns: not significant

アプリA：グリット線撮影アプリ professional,

アプリB：グリット線撮影アプリ ROM

表2. 拡大機能なしアプリを用いた角度測定結果

撮影距離	1m	3m	5m
ICC (1,1)	0.998 (0.999-0.999)	0.995 (0.999-0.999)	0.927 (0.983-0.998)
ICC (1,3)	0.999 (0.999-0.999)	0.998 (0.999-0.999)	0.974 (0.994-0.999)
SEM (°)	0.966	1.438	4.749

ICC : intraclass correlation coefficients
SEM : standard error of measurement

表2. 拡大機能なしアプリを用いた角度測定結果

撮影距離	1m	3m	5m
ICC (1,1)	0.998 (0.999-0.999)	0.994 (0.998-0.999)	0.966 (0.992-0.999)
ICC (1,3)	0.999 (0.999-0.999)	0.998 (0.999-0.999)	0.998 (0.997-0.999)
SEM (°)	0.837	1.688	3.204

ICC : intraclass correlation coefficients
SEM : standard error of measurement

IV. 考察

本研究では、2種類のスマホアプリを用いた角度測定において、各アプリの機能の違いによって、角度測定の信頼性に変化が生じるか検討した。その結果、2種類のアプリの測定結果は各測定距離で主効果、交互作用は認められなかった。また、信頼性はどちらのアプリもICCは高値を示し、高い検者内信頼性が示された。その中でもランドマークの拡大機能のあるアプリの方がICCは高値となり、SEMによる測定誤差の範囲も小さかった。さらに、先行研究においては撮影距離が長くなると信頼性が中等度まで低下したが⁷⁾、本研究では高い信頼性を維持する結果となった。しかし、先行研究⁷⁾同様に、撮影距離と信頼性に反比例の関係が認められた。

級内相関係数は0.81以上が”almost perfect”，0.61から0.80の間は”substantial”，0.41～0.60の間は”moderate”とされている⁹⁾。本研究では、理学療法士1名による検者内信頼性の結果は2種類のスマホアプリにおいてそれぞれ0.9以上と高い信頼性を示した。兎澤ら⁷⁾の角度測定に拡大機能なしアプリを使用した先行研究では、撮影距離の延長と反比例して信頼性が低くなる傾向がみられた。本研究ではすべての測定距離で検者内信頼性が高い結果となったが、撮影距離が長くなるほど、撮影した撮像上の測定対象物は小さく映るため、スマホアプリ上で測定対象物の反射マークにランドマークを合わせる難易度が高くなった。SEMによる測定誤差の算出の結果からも、測定距離が延びるにつれて誤差の角度は大きくなる結果となった。林や村田ら^{10,11)}によれば、角度計を用いたROMの測定誤差の許容範囲を10°以内とすると報告されているため、測定誤差の範囲内ではあるが、撮影距離が長くなるほど、撮像上の測定難しくなることが分かった。

ランドマーク周囲を拡大して測定することが出来る拡大機能ありアプリでは、1m, 3m, 5mの各撮影距離でICC (1, 1) とICC(1, 3)においても0.97以上の数値と拡大機能なしアプリよりも高い検者内信頼性がみられ、測定誤差の角度も小さかった。これらの結果から、スマホアプリを用いた角度測定における測定角度に影響する因子として、検者の撮像した測定対象物に対する基本軸や移動軸などのランドマークの当て方が大きく影響することが明らかとなった。その影響を最小限に抑えるためには、ランドマークなど検者がタップした部分を拡大することができる機能が備わっているアプリを選択的に使用することが有用である可能性が示唆された。

本研究の限界として、理学療法士1名で測定行ったため、複数名で角度測定した際の信頼性についても検討する必要がある。また検者側の年代など様々な条件で測定を行うことが必要であると考えた。

V. 結論

アプリを使用した角度測定は検者内信頼性が高く、測定誤差も小さい結果となり、臨床におけるアプリを使用した角度測定が有用であることが示唆された。特に、撮像より角度を算出する際には、ランドマーク周囲を拡大する機能が付いているアプリの方が基本軸と移動軸の設定が簡便で正確性も高い結果となったため、拡大機能の備わったアプリを使用することで、より正確な角度が算出されることが明らかとなった。

文献

- 1) M.Ge, J.chen, et al. (2020) Wrist ROM measurements using smartphone photography: Reliability and validity Mesure des mobilités du poignet par l' appareil photo d' un smartphone: fiabilité et validité. Hand Surgery and Rehabilitation. 39(4), 261-264.
- 2) Hiroki Shimizu , Takanobu Saito , et al. (2022) Validity and reliability of a smartphone application for self-measurement of active shoulder range of motion in a standing position among healthy adults. JSES International. 6(4), 655-659.
- 3) 武田裕吾, 武田はるか, 渡邊なつき, 他 (2020) 関節可動域測定におけるスマートフォンアプリケーションの使用感信頼性—東大式角度計との比較—. 日本感性工学会論文誌. 19(4),369-377.
- 4) 白井孝尚, 井尻朋人, 鈴木俊明 (2020) スマートフォンのアプリケーションを用いた肩甲骨アライメントの測定方法—. 理学療法科学. 35(3),361-364.
- 5) 小野田公, 雀明 (2016) スマートフォンアプリケーションの傾斜角度計による関節位置覚検査の検討—. 理学療法科学. 31(4),501-504.
- 6) 兎澤良輔, 浅田菜穂, 川口沙織, ほか (2019) スマートフォンアプリケーションを使用した関節可動域測定の予備的研究—固定物を用いた画面の大きさ (スマートフォン, タブレット端末) の違いによる信頼性と妥当性の検討—. 了徳寺大学研究紀要. 13, 209-214.
- 7) 兎澤良輔, 川崎翼 (2021) スマートフォンアプリケーションを用いた角度計測において撮影距離と撮影角度が信頼性および測定値に与える影響. 了徳寺大学研究紀要. 16, 199-204.
- 8) 対馬栄輝研究室：改変Rコマンダー, <https://personal.hs.hirosaki-u.ac.jp/pteiki/research/stat/R/> (2022.10.31 11:00アクセス)
- 9) Landis JR, Koch GG (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 33, 159-174.

- 10) 林真範, 本郷雄太:image-Jの関節角度測定値の信頼性検討—回旋を伴う場合の誤算について—, 理学療法科学. 2010;25(4):529-532
- 11) 村田伸, 宮副孝茂:傾斜角度計による関節可動域測定. 理学療法科学. 2003;18(3):153-157

2022年12月19日 受理
了徳寺大学研究紀要第17号