

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—

兎澤 良輔^{1,2)}，浅田 菜穂^{1,3)}，川口 沙織^{1,4)}，川崎 翼⁵⁾，中村 浩¹⁾，加藤 宗規¹⁾

了徳寺大学・健康科学部理学療法学科¹⁾

医療法人社団了徳寺会・葛西整形外科内科リハビリテーション科²⁾

医療法人社団了徳寺会・高洲整形外科リハビリテーション科³⁾

学校法人了徳寺大学附属・船堀整形外科リハビリテーション科⁴⁾

東京国際大学・人間社会学部スポーツ医科学機構⁵⁾

要旨

【目的】静止画から角度を計測できるスマートフォン（スマホ）アプリケーション（アプリ）を使用した際に，画面の大きさの違い（スマホとタブレット端末）による信頼性と妥当性の変化について測定対象物（固定物に反射マーカ4個を貼付したもの）を用いて検証した．【方法】測定にあたり測定対象物を10個用意した．測定者は理学療法士3名とした．測定対象物を三次元動作解析装置，スマホ，タブレット端末で各3回撮影し，各測定で角度を計測した．得られた結果から各測定の信頼性と三次元動作解析装置との関連性について検討した．【結果】各測定の検者内・検者間信頼性はすべてICCが0.999以上となった．三次元動作解析装置との関連も $r = 0.999$ 以上となり，誤差も 2° 程度であった．【考察】画面の大きさに関わらず，アプリを用いた角度計測は，スマホ，タブレット端末どちらにおいても信頼性，妥当性が高い評価方法であった．【結論】角度計測アプリを用いた測定はスマホ，タブレット端末どちらを用いても臨床に応用できる可能性のある評価方法である．

キーワード：アプリケーション，スマートフォン，タブレット端末，関節可動域測定，信頼性

Reliability and Validity of the Range of Motion Measurement Using a Mobile Phone Application

Ryosuke Tozawa^{1,2)} , Nao Asada^{1,3)} , Saori Kawaguchi^{1,4)} , Tsubasa Kawasaki⁵⁾ , Hiroshi Nakamura¹⁾ ,
Munenori Katoh¹⁾

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

Department of Physical Therapy, Kasai Clinic of Orthopedic and Internal Medicine²⁾

Department of Physical Therapy, Takasu Clinic of Orthopedic³⁾

Department of Physical Therapy, Funabori Clinic of Orthopedic⁴⁾

Institute of Sports Medicine and Science, Tokyo International University⁵⁾

Abstract

[Purpose] This study was to examine the reliability and validity of the goniometry using a mobile phone application. The study was specifically designed to determine whether or not the size of the screen made any differences in reliability and validity of the goniometric measurement.[Method] Totally 10 objects were used as the markers to create a three dimensional and movable figure on a board for the measurements performed by three physical therapists. The objects were taken pictures for three times with the mobile phone, tablet and three-dimensional motion analysis system. The three examiners measured the angles from the pictures using the application. The angles were analysed the reliability and validity using relative and absolute reliability (Bland-Altman analysis) . [Results] The values of the intra-reliability and inter-reliability measured for three times within a day were almost 1.0 (ICC (1, 1) = 0.999 or more) . Also, the relationship among the three-dimensional motion analysis system, mobile phone and tablet was close ($r = 0.999$) . The result of error (systematic and random) was two degrees. [Discussion] Despite of the size of the screen, there was little difference in the measurement reliability and validity. [Conclusion] The study would suggest that the utilization of the mobile phone and tablet application might become a part of clinical practise.

Keywords: application, mobile phone, tablet, range of motion testing, reliability

I. 背景

関節可動域 (Range of motion ; ROM) 測定は理学療法評価の中で最も使用されるものの一つであり、障害の程度や治療の効果を示す重要な評価である^{1, 2)}。ROM 測定は角度計³⁾ や傾斜計⁴⁾、目測を用いて測定されることが多く、これまでその信頼性について多くの研究がなされている³⁻⁶⁾。徒手で行う ROM 測定は測定項目や測定機器、測定の実験者により数値の信頼性が変化する可能性がある^{5, 7, 8)}とされている。

近年スマートフォンの普及に伴い、スマートフォンアプリケーション (以下、アプリ) による身体計測に関する研究が増えている⁹⁻¹²⁾。その中で ROM 測定についてもスマートフォン内の加速度センサー等を用いた角度計測アプリ¹⁰⁾ や、写真を撮影し、そこから角度を計測するアプリが使用されている¹¹⁾。アプリを用いた角度測定は測定の実験者により左右されにくいことが報告されており¹²⁾、簡便に測定できる方法である。しかし、スマートフォンは画面が小さく、画面全体に被写体が写るよう撮影しても不十分であり、角度を計測する際にランドマークを捉えきれない可能性がある。そのため、スマートフォンでの角度計測と画面の大きなタブレット端末での角度計測では、信頼性や妥当性に影響を及ぼす可能性がある¹³⁾と仮説を立てた。

そこで、本研究ではアプリによる ROM 測定の予備的研究として、測定対象物 (固定板に反射マーカを貼付したもの) を対象にスマートフォンおよびタブレット端末を用いて画面の大きさの違いがアプリによる角度計測の信頼性に及ぼす影響と、三次元動作解析装置との比較から妥当性に及ぼす影響について検討した。さらに、臨床でも使用される目測での角度計測との比較を行い、その有効性についても検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 測定対象物および測定者

測定対象物は固定板に反射マーカ4個を貼りつけて作成した。ROM 測定の参考可動域が 0° - 180° である

ことから、それに準じ、2点を結んだ線の交点の角度が 0° - 180° の間の角度になるようにマーカを貼りつけた。測定対象物は異なる任意の角度で10個作成した。測定者は理学療法士3名とした。

2. 方法

測定対象物に貼りつけた反射マーカを三次元動作解析装置 (UM-CAT2;ユニメック社製) およびスマートフォン (AQUOS CRYSTAL X ; SHARP 社製), タブレット端末 (Fire HD 10;Amazon 社製) で撮影した。スマートフォンの画面の大きさは5.5インチ, タブレット端末は10.1インチであった。撮影は三次元動作解析装置の中心と測定対象物中心の間に測定機器 (スマートフォンおよびタブレット端末) のカメラの部分が位置するよう三脚にて調整した (図1)。また, スマートフォンやタブレット端末の画面の中にすべての反射マーカが収まるよう撮影の距離を調整した。1個の測定対象物に対して, 三次元動作解析装置, 2種の測定機器 (スマートフォン, タブレット端末) の測定を各3回実施した。測定者はスマートフォン, タブレット端末を用いて角度の計測を実施した (図2)。撮影した写真画像からアプリ (グリッド線撮影アプリ Professional ; Naradewa 社製) を用いて角度を求めた (図3)。点 A, B を通る直線と点 C, D を通る直線のなす角 α を求める場合, 交点から遠位となる点 A, C を指でタッチすることにより選択すると点 A, C を結ぶ直線が表示される。次に直線 AC 中の任意の部分 (点 E) を指でタッチした状態で指を2本の直線の交点の方に移動すると指の位置を頂点とした折れ線になる。そして, 点 A からの一方の直線が点 B, 点 C からの他方の直線が点 D を通るように指を移動する。その状態で表示された数値が両直線のなす角度となる。60枚の画像 (測定対象物10個×3回撮影×測定機器2種) の角度測定を1名の測定者が実施し, さらに3日後に再度同一の60枚の角度測定を実施した。20枚の画像 (測定対象物10個×1回目の撮像×測定機器2種) について別の測定者において角度測定を実施した。さらに, 別の測定者においては10枚の画像 (測定対象物10個×1回目の撮像×タブレット端末) の反射マーカの角度を目測で計測した。

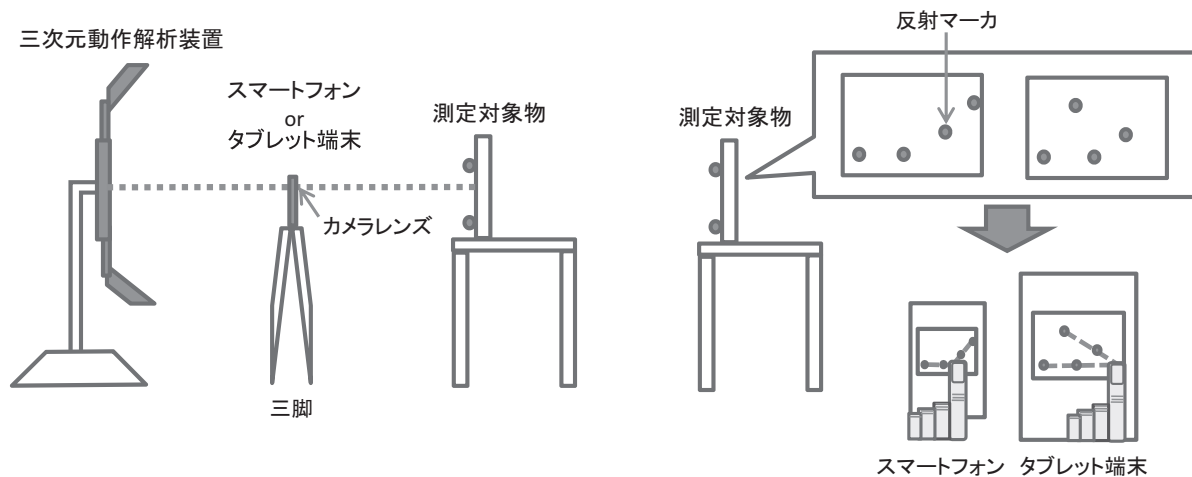


図1. 測定機器のセッティング方法

図2. 撮像からの計測

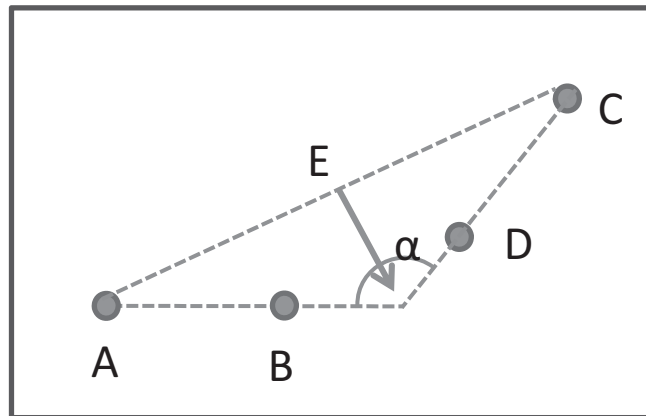


図3. アプリケーションでの角度計測方法

3. 統計学的処理

各測定信頼性を級内相関係数 (Intraclass correlation coefficients ; ICC) を用いて算出した。測定初日、測定3日後の3回測定結果から、各測定項目の同日内の検者内信頼性を ICC (1,1) にて算出した。さらに、初日と3日後に撮影した1回目の撮像の結果を用いて、初日-3日後の検者内信頼性を ICC (1,1) にて算出した。また、同様に1回目の撮像を用いて、2名の測定結果から検者間信頼性を ICC (2,1) にて算出した。さらに、スマートフォン、タブレット端末、目測の3つの測定結果と三次元動作解析装置との関連性と一致度について Pearson の積率相関係数および Bland-Altman 分析を用いて検討した。統計処理はすべて R2.8.1を使用し、有意水準は5%とした。

4. 倫理的配慮

本研究はヘルシンキ宣言に則り実施され、研究協力者には研究の目的や方法について十分に説明を行い、書面にて同意を得た。また、本研究は了徳寺大学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

三次元動作解析装置、スマートフォン、タブレット端末すべての測定結果において検者内信頼性は ICC (1, 1) が0.999以上となった。また、SEM は三次元動作解析装置が0.27°, スマートフォンが0.8°, タブレット端末が1.0°であった。3日後に測定した3回測定した結果も ICC (1,1) は0.999以上となり、初日-3日後の1回目の撮像を用いた再測定における検者内信頼性も ICC (1,1) は0.999以上となった。スマートフォン、タブレット端末の測定における検者間信頼性について ICC (2,1) は0.999以上となった。三次元動作解析装置とスマートフォン、タブレット端末の測定結果における相関係数は、どちらも $r = 0.999$ ($p < 0.001$) となった。Bland-Altman 分析の結果、三次元動作解析装置とスマートフォンの間には固定誤差が認められ、誤差の許容範囲 (limits of agreement ; LOA) は、上限が1.7°, 下限が0.3°であった。三次元動作解析装置とタブレット端末の間には系統誤差は認められず、最小可検変化量の95% 信頼区間 (95% confidence intervals of minimal detectable change ; MDC_{95}) は2.2°であった。目測では、三次元動作解析装置との相関係数は $r = 0.998$ ($p < 0.001$) となったが、Bland-Altman 分析の結果、比例誤差が認められ、LOA は上限が25.1°, 下限が0.0°であった。

表1. 三次元動作解析装置と各測定項目のPearsonの積率相関係数およびBland-Altman分析の結果

三次元動作解析装置vs	Pearsonの積率相関係数	Bland-Altman分析				LOA(°)	MDC ₉₅ (°)
		固定誤差		比例誤差			
		95%信頼区間	結果	無相関検定の ρ 値	結果		
スマートフォン	$r = 0.999$ ($p < 0.001$)	0.250 - 1.650	あり	$\rho = 0.933$	なし	0.3 - 1.7	-
タブレット端末	$r = 0.999$ ($p < 0.001$)	-1.069 - 0.569	なし	$\rho = 0.469$	なし	-	2.2
目測	$r = 0.998$ ($p < 0.001$)	-0.075 - 6.975	なし	$\rho < 0.001$	あり	0.0 - 25.1	-

LOA ; Limit of agreement, MDC₉₅ ; 95% confidence intervals of minimal detectable change

IV. 考察

本研究では、スマートフォンおよびタブレット端末を用いた関節角度測定についてその信頼性と妥当性について検討した。スマートフォン、タブレット端末、三次元動作解析装置すべての測定において、3回測定における検者内信頼性はICC (1,1) が0.999以上と高値を示した。ICC は0.81以上で“almost perfect”であるとされており¹³⁾、スマートフォンやタブレット端末で関節角度測定をする際に撮影は1回で十分であることを示している。また、初日の結果と3日後に再度同一の画像を測定した結果の検者内信頼性についてもICC (1,1) は0.999以上となった。この結果から、撮影した画像の角度測定も1回で信頼性の高い数値が得られることが明らかになった。また、検者間信頼性についても同様にICC (2, 1) は0.999以上の高値を示したため、スマートフォン、タブレット端末いずれの測定機器においても1回の撮影で1回の角度測定を行うことで、どの測定者においても信頼性の高い数値が得られることが明らかになった。

三次元動作解析装置との比較では、スマートフォン、タブレット端末は相関係数が $r = 0.999$ 以上となり、ほぼ完全な相対的な関連性を認めた。目測においても $r = 0.998$ となり、両者とも三次元動作解析装置を基準とした高い妥当性が示唆された。さらに、Bland-Altman 分析では、スマートフォン、タブレット端末はLOA およびMDC₉₅が2°程度となり、三次元動作解析装置との高い一致度が得られたが、目測においては、LOA の上限が25°と誤差が大きくなった。これは、比例誤差がみられており、角度の大きな部分（三次元動作解析装置で119°や135°、150°）に関しては三次元動作解析装置と目測で高い一致度を示したが、角度の小さな部分（三次元動作解析装置で14°や19°、29°）で誤差が大きくなった。目測では15°程度ばらつくことが先行研究から明らかになっており¹⁴⁾、接点の小さなわずかな変化な部分での誤差が大きくなったと考えられる。

本研究ではスマートフォンやタブレット端末の画面の大きさの違いによって信頼性や妥当性に変化が生じる可能性について検討したが、双方ともに信頼性は高値を示し、さらに、三次元動作解析装置との誤差も2°程度と高い一致度を示した。これは静止画から角度を計測する段階において、小さい画面においても時間をかけて正確にランドマークに基準点を置くことができたためと考えられる。本研究の限界として、測定時間を計測していなかったため、スマートフォンとタブレット端末では静止画から角度を計測する時間に差が生じている可能性があるが、本研究では計測に要する時間の違いについては明らかにできなかった。測定時間は臨床において簡便に測定するためにも重要な要素であると考えられるため、今後は測定時間についての検討の必要性がある。また、本研究は固定物と三脚を使用した測定であったため、臨床を模したフリーハンドでの測定や生体でのROM測定で検討する必要性がある。また、ROM測定で使用されている角度計を用いた方法との比較やマーカを使用しないで実際の生体の指標点から計測可能であるのか検討する必要があると考えられる。

V. 結論

静止画から関節角度を計測するアプリを用いた ROM 測定は画面の大きさの違いによる影響はなく、スマートフォン、タブレット端末どちらにおいても高い信頼性、妥当性を有し、実用可能な評価方法であることが明らかになった。

VI. 謝辞

本研究に協力していただきました皆様に心から謝辞を申し上げます。また、数々のご指導、ご協力をいただきました了徳寺大学理学療法学科教員の皆様に謝辞申し上げます。

文献

- 1) Rodríguez-Grande EI, Osma-Rueda JL, Serrano-Villar Y et al (2017) Effects of pulsed therapeutic ultrasound on the treatment of people with knee osteoarthritis. *J Phys Ther Sci.* 29 (9), 1637-1643.
- 2) Lee JH, Kim TH (2017) The treatment effect of hamstring stretching and nerve mobilization for patients with radicular lower back pain. *J Phys Ther Sci.* 29 (9), 1578-1582.
- 3) Nussbaumer S, Leunig M, Glatthorn JF et al (2010) Validity and test-retest reliability of manual goniometers for measuring passive hip range of motion in femoroacetabular impingement patients. *BMC Musculoskelet Disord.* 11, 194.
- 4) Williams R, Binkley J, Bloch R et al (1993) Reliability of the modified-modified Schöber and double inclinometer methods for measuring lumbar flexion and extension. *Phys Ther.* 73 (1), 33-44.
- 5) Kim SG, Kim EK (2016) Test-retest reliability of an active range of motion test for the shoulder and hip joints by unskilled examiners using a manual goniometer. *J Phys Ther Sci.* 28 (3), 722-724.
- 6) Bierma-Zeinstra SM, Bohnen AM, Ramlal R et al (1998) Comparison between two devices for measuring hip joint motions. *Clin Rehabil.* 12 (6), 497-505.
- 7) 八並光信, 橋立博幸, 門馬博 他 (2016) 新たに開発した電子角度計の信頼性と操作性に関する検討. *臨床理学療法研究.* 33, 1-5.
- 8) 兎澤良輔, 平野正広, 荒巻英文 他 (2014) 学生による腰部可動性評価における信頼性の検討—関節可動域検査, 指床間距離, Modified Schober Test を用いて—. *了徳寺大学研究紀要.* 8, 89-94.
- 9) An B, Woo Y (2017) Center of mass with the use of smartphone during walking in healthy individuals. *J Phys Ther Sci.* 29 (8), 1426-1428.
- 10) 小野田公, 霍明 (2016) モバイル端末での位置覚測定アプリケーションの信頼性と妥当性. *理学療法科学.* 31 (5), 701-704.
- 11) Cuesta-Vargas AI, Roldán-Jiménez C (2016) Validity and reliability of arm abduction angle measured on smartphone: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord.* 17, 93.
- 12) Pereira LC, Rwakabayiza S, Lécurveux E et al (2017) Reliability of the Knee Smartphone-Application Goniometer in the Acute Orthopedic Setting. *J Knee Surg.* 30 (3), 223-230.
- 13) Landis JR, Koch GG (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 33 (1), 159-74.
- 14) 加藤宗規 (1998) 学生が行う関節可動域測定における実測と目測の比較. *東京保健科学学会誌.* 1 (1), 71-73.