

画像解析ソフトImageJ 信頼性の検証

—立ち上がり動作を利用して—

Reliability of a Software ImageJ in Motion Measurement

Use of Sit-to-Stand Movements

前岡 浩¹⁾ 福本 貴彦¹⁾ 坂口 顕²⁾ 長谷川正哉³⁾
金井 秀作⁴⁾ 高取 克彦¹⁾ 冷水 誠¹⁾ 庄本 康治¹⁾

HIROSHI MAEOKA, RPT¹⁾, TAKAHIKO FUKUMOTO, RPT, MS¹⁾, AKIRA SAKAGUCHI, RPT, MS¹⁾,
MASAKI HASEGAWA, RPT, MS³⁾, SHUSAKU KANAI, RPT, PhD⁴⁾, KATSUHIKO TAKATORI, RPT, MS¹⁾,
MAKOTO HIYAMIZU, RPT, MS¹⁾, KOJI SHOMOTO, RPT, PhD¹⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Kio University: 4-2-2 Umaminaka, Koryo, Kita-Katsuragi-gun, Nara 635-0832, Japan. TEL +81 745-54-1601 FAX +81 745-54-1600 E-mail h.maeoka@kio.ac.jp

²⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation, Hyogo Medical University

³⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Medical and Healthy, Kinjo University

⁴⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health and Welfare, Hiroshima prefectural University

Rigakuryoho Kagaku 23(4): 529-533, 2008. Submitted Feb. 13, 2008. Accepted Apr. 2, 2008.

ABSTRACT: [Purpose] ImageJ is freeware for image processing, and can measure range of motion. In this study, we examined the reliability of trunk flexion angle evaluation during sit-to-stand movements using ImageJ. [Subjects] Participants were three examinees and ten examiners. [Methods] Markers were attached to the left side of the acromion, great trochanter, and the lateral gap of the knee joint. Sit-to-stand movements of the three examinees were recorded in the sagittal plane by a digital video camera. The trunk flexion angle was measured using ImageJ and three dimensional motion analysis was performed. [Results] Intra-rater and inter-rater reliability was analyzed using the intraclass correlation coefficient (ICC) with standard error of measurement (SEM). We confirmed high intra-rater and inter-rater reliability. [Conclusion] We consider that two-dimensional motion analysis using ImageJ is a useful tool for evaluation, study, and education in clinical settings of physical therapy.

Key words: motion analysis, ImageJ, reliability

要旨: [目的] フリーウェアであるImageJは顕微鏡画像の処理、解析に利用されているが、角度測定機能は理学療法分野でも活用可能と考えた。そこで、立ち上がり動作を利用し、ImageJによる体幹前傾角度測定の信頼性を検証した。[対象] 被験者は3名、ImageJを使用する検者を10名とした。[方法] 被験者に左側の肩峰、大転子、膝関節外側関節裂隙に反射マーカーを貼付し、立ち上がり動作を矢状面から1回撮影した。体幹前傾角度はImageJおよび三次元動作解析装置で測定した。[結果] 級内相関係数と標準誤差を用いて統計解析を行った結果、検者内・検者間信頼性を示すICCはともに高かった。[結語] ImageJを用いた二次元での動作分析は理学療法分野における評価や研究、教育に有益な手段である可能性が示唆された。

キーワード: 動作分析, ImageJ, 信頼性

¹⁾ 畿央大学 健康科学部理学療法学科: 奈良県北葛城郡広陵町馬見中4-2-2 (〒635-0832)
TEL 0745-54-1601 FAX 0745-54-1600

²⁾ 兵庫医療大学 リハビリテーション学部理学療法学科 ³⁾ 金城大学 医療健康学部理学療法学科

⁴⁾ 県立広島大学 保健福祉学部理学療法学科

受付日 2008年2月13日 受理日 2008年4月2日

I. 緒 言

基本的動作能力の改善を目的としている理学療法士にとって、動作観察・分析は日常の臨床において症例の評価あるいは治療の効果判定等の重要な手段となる。しかし臨床での理学療法士による動作観察・分析はその経験と能力に依存され、主観的内容にとどまってしまうなどの問題や限界が含まれる^{1,2)}。さらに、経験の少ない理学療法士や学生では、その結果の信頼性や再現性に大きな問題を含んでいて、問題点抽出の際に動作観察・分析が不十分であることで捉える現象が限られ、結果として偏った評価や間違った評価結果を引き出してしまう可能性が高いと考えられる。

一方、客観的動作分析を行う機器には三次元動作解析装置や電気角度計、加速度計などがあげられる。しかし、広い設置空間が必要、費用が高額、設定や測定に時間を要するなど一般の病院や老人施設の臨床現場に導入するには多くの問題が以前より指摘されてきた³⁾。

しかし今日、理学療法分野でも客観的データを求められる場合が多く、それは研究・教育機関だけでなく、臨床現場においても例外ではない。そこで費用対効果を考慮し、一般的に普及しているパーソナルコンピュータ（以下、PC）やデジタルビデオカメラ（以下、DV）、解析用ソフトウェアとしてフリーウェアであるImageJの使用を考えた。

以前より米国国立衛生研究所（以下、NIH）は画像処理、解析用のソフトウェア（以下、NIH Image）を開発、配布しており、そのNIH Imageの後継としてさらに様々なオペレーティングシステムで使用可能に改良されたものがImageJである。これらは本来、顕微鏡画像の処理、解析などを目的に組織学、生化学的研究用に開発された強力なソフトウェアであり、医学や生物学分野ではすでにこれらを用いた報告が認められる⁴⁻⁸⁾。そのImageJの機能の一つには角度測定機能があり、この機能が臨床で使用可能であれば動作観察・分析の際に有効であると考えた。

しかし、理学療法分野でのImageJによる報告^{9,10)}は散見される程度である。そこで本研究の目的は、立ち上がり動作での関節角度を評価し、三次元動作解析装置との比較を実施する事によって本ソフトの検者内信頼性および検者間信頼性を明らかにする事とした。

II. 対象と方法

1. 対象

被験者、検者ともに本学理学療法学科に在籍する学生であり、参加者全員には本研究の趣旨を説明し、同意を得た。

立ち上がり動作にてDV撮影を受ける被験者は男性3名、ImageJを使用する検者は男性4名、女性6名の計10名とし、全学生の平均年齢は 19.9 ± 0.9 歳であった。なお、検者には被験者を除く学生から選択し、全ての学生はImageJの存在を知らなかった。

2. 方法

被験者には左側の肩峰、大転子、膝関節外側関節裂隙に直径3 cmの反射マーカーを貼付した。そして、立ち上がり開始肢位は両上肢を体幹前面で組み、座面の高さは大腿部が床面と水平の位置とし、足部は足底が全面接地可能な範囲で手前に引くよう指示した。撮影は矢状面から1回実施し、立ち上がり方法は特に口頭指示を与えず任意とした。

撮影には市販のDV（SONY社製HDR-HC3）（総画素数約210万画素、動画時有効画素数約108万～143万画素）と三次元動作解析装置（ANIMA社製MA8000）をサンプリング周波数30 Hzで使用した。ともに同様のサンプリング周波数に設定した理由は、撮影画像は使用するDV自体の性能にも影響されると指摘されており¹¹⁾、今回はImageJの精度を検証するためDVと三次元動作解析装置を可能な限り同様の条件とした。被験者とDVとの距離はズーム機能を使用せずに被験者が立位時、画面上に納まる位置に設定しその距離は4 mであった（図1）。その後、撮影した動画はデジタルデータのままPC（compaq社製nx9040、解像度1024×768ピクセル）に取り込み、取り込んだ動画はVirtualDubというフリーウェアで立ち上がり開始から立位保持完了までを一連の動作として1秒間に30フレームの連続した静止画を作成した。そして、立ち上がり動作の全フレームに対しImageJを使用して股関節を軸とした体幹前傾角度の測定を行った。測定部位に体幹前傾角度を選択した理由は、測定ポイントの3点が移動することで測定時の難易度を上げるためである。つまり、立ち上がり動作では足部はほぼ固定されているため、膝関節角度では測定ポイントの大きな移動は大転子のみとなる。一方体幹前傾角度では肩峰、大転子、膝関節外側関節裂隙全てに対し検者の注意が必要である。

ImageJの具体的な測定方法であるが、PCにて作成さ

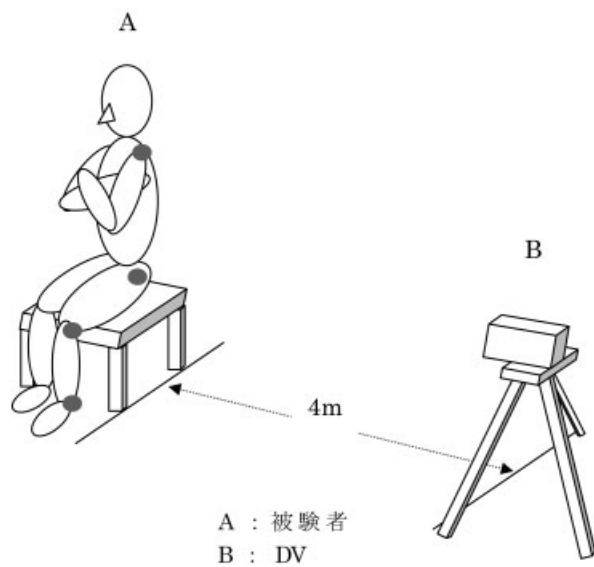


図1 DV撮影方法

れた静止画像から画面上で被験者に貼付した反射マーカーにカーソルを合わせ、順次反射マーカーを結んでいく。3点を結び終わった後、角度測定ツールを選択することで自動的に測定結果が画面上に表示される（図2）。実際のImageJの操作は、PC上で測定開始画面が表示された状態から実施した。各検者には使用前にImageJ

操作手順の説明書を渡し記憶するよう指示、加えて操作中には適宜、口頭説明を行った。

統計学的解析は、各検者が測定した被験者の体幹前傾角度から最大値と最小値を抽出し、そのデータより級内相関係数Intraclass correlation coefficient（以下、ICC）および標準誤差Standard error of measurement（以下、SEM）、95%信頼区間 confidence interval（以下、CI）を求め、検者内信頼性ICC（1，1）と検者間信頼性ICC（2，1）を検証した。検者内信頼性は、測定回数を被験者1名に対し3回実施し、検者間信頼性は、測定回数を被験者1名に対し1回とした。また経験の有無による影響を検証するため、Image J使用経験のある理学療法士1名が同様に測定し、検者10名のデータに対しICCとPearsonの相関係数を求めた。加えて、三次元動作解析装置により得られた各被験者の体幹前傾角度と検者10名から得られた体幹前傾角度の平均データとをPearsonの相関係数を用いて検証した。また各被験者の最大、最小体幹前傾角度から三次元動作解析装置と検者とのICCも検証した。本統計解析にはSPSS14.0Jを用い、有意水準5%とした。

III. 結 果

今回、ICC選択にはShroutらの分類¹²⁾を参考とした。結果から検者内信頼性のICCは最大体幹前傾角度で0.98、最小体幹前傾角度で0.97であり、SEM（°）は最大体幹



図2 ImageJによる角度測定

表1 検者1名の検者内信頼性

	ICC	95%信頼区間		SEM (°)		
		下限値	上限値	被験者 1	被験者 2	被験者 3
最大体幹前傾角度	0.98	0.88	1.00	0.26	0.29	0.10
最小体幹前傾角度	0.97	0.83	0.99	0.36	0.31	0.68

表2 検者10名の検者間信頼性

	ICC	95%信頼区間		SEM (°)		
		下限値	上限値	被験者 1	被験者 2	被験者 3
最大体幹前傾角度	0.97	0.90	0.99	0.18	0.16	0.14
最小体幹前傾角度	0.99	0.96	1.00	0.15	0.09	0.17

前傾角度で0.10～0.29, 最小体幹前傾角度では0.31～0.68となった(表1)。検者10名での検者間信頼性は最大体幹前傾角度で0.97, 最小体幹前傾角度で0.99であり, SEM(°)は最大体幹前傾角度で0.14～0.18, 最小体幹前傾角度は0.09～0.17であった(表2)。95%CIの下限値は検者内・検者間信頼性で0.83以上を示した。経験者と検者10名との検者間信頼性を示すICCは最大, 最小体幹前傾角度で0.99, Pearsonの相関係数は全て $r=0.99$ ($p<0.05$)となった。

三次元動作解析装置との比較について, 検者10名とのPearsonの相関係数では被験者ごとに $r=0.99$ ($p<0.05$)となった。また, 検者10名と三次元動作解析装置で得られたデータのICCは最大体幹前傾角度で0.40, 最小体幹前傾角度は0.99となった。

ImageJでの測定に要した時間は, 事前の説明書閲覧が約5分, 被験者3名の各々の全フレーム数は50～64枚となり被験者1名に対する測定時間は15分前後であった。口頭説明については測定開始時にのみ与え, その後は必要としなかった。

IV. 考 察

今回, ImageJの検者内・検者間信頼性を検証するためICCとSEM, 95%CIを算出した。その理由は, Rankinらは理学療法の分野においてもICCのみの記載だけでは測定間の不一致の大きさを表示できないため, SEMや一致限界の表示にて補足されるべきであると報告¹³⁾していること, またSratfordらはICCとSEMの両者は関連があるが, 測定の信頼性について異なる情報を示すものであると報告¹⁴⁾しているからである。今回の結果からImageJにおける検者内信頼性のICCは, Landisらの

分類¹⁵⁾で「almost perfect」を示し, それらのSEMとともに高い信頼性が得られた。また検者間信頼性も被験者3名に対し検者10名のICCは全て高い値が得られ, SEMも0.10°台とICCの結果を強めるものとなった。三次元動作解析装置との比較では, Pearsonの相関係数において経験者の有無にかかわらず検者との強い相関を示した。

しかし, 最大, 最小体幹前傾角度における検者10名と三次元動作解析装置から得られたデータとのICCでは, 最小体幹前傾角度は0.99と高い信頼性を示したのに対し, 最大体幹前傾角度は0.40と分類上では「fair」となった。この結果から, 最大体幹前傾角度にのみ他と比較して信頼性低下が認められた。この原因として, 立ち上がる瞬間に体幹もしくは下肢のわずかな回旋や内・外転運動が起こっていたことが考えられ, これは三次元動作の二次元における測定の課題の一つとして挙げられている。奥行き, つまり三次元的要素の影響が存在しても画面上の測定は二次元であり, そこに誤差が生じる。今回の結果もこの点についてさらに検討する必要がある。

また今回は, ImageJの操作性という部分にも着目した。検者はImageJの存在自体を知らない初心者であったが, 使用経験者と比較することで使用の際の熟練の必要性を検証した。結果ではICCは高値を示し, Pearsonの相関係数でも強い相関を示した。よって5分程度の事前の説明書閲覧と測定開始時の口頭説明のみで, その他のImageJに関する経験の有無や熟練度を考慮する必要性は低いといえる。

今回の結果を総合すると, ImageJはフリーウェアであり入手が容易, 使用が簡便, 機能に客観性があることに加え, 理学療法分野での使用でも熟練を要さない, 検者内・検者間信頼性を備えていることが確認された。現

在、市販の動作解析ソフトとDVを使用した動作分析方法の報告は散見される^{11,16)}が、今回の結果から市販の動作解析ソフトを使用した報告と比較してもImageJは有益なものであると判断できる。よって、場所を選ばず撮影可能でデータ収集に大きな労力を要しない点でDVは三次元動作解析装置などより優れており、ImageJと併用することで得られる利点は大きいと考える。それは臨床での理学療法評価や効果判定、グラフ化による視覚的な意識づけや動作指導に利用でき、さらには臨床研究でのデータの蓄積や動作分析に対して理学療法士および学生への卒業教育、臨床実習教育にも有益なものと考える。

当然ながら、動作観察・分析には歩行など移動距離の大きなものや回旋運動を伴う動作も含まれるため矢状面、前額面、水平面からの評価が必要であると教えらる。それは、まず対象動作から二次元で動作を観察・分析し情報を集め、再度、三次元的に動作を構築する作業過程と理解できる。よって二次元に分解した動作からいかに客観的データを獲得するかが重要になる。本研究では、最大体幹前傾角度のICCにて信頼性はやや低下したことから、その原因と考えられた回旋動作等に対しての検討が必要であると考え。また対馬ら¹¹⁾はDVでの二次元測定の場合、画像に影響を与える要因としてDVの被験者からの距離や高さなどの設置位置やズームなどの基本設定、DVの機種、DV特有の画像特性などを挙げている。今回はImageJというソフトウェア自体の信頼性は確認され、動作分析として利用可能である。しかし今後の課題は、さまざまな撮影環境や動作での測定を実施し、単に測定の容易さを求めてDVやソフトウェアを使用するのではなく、適応や限界についてさらに検証することが、臨床では非常に重要であると考え。

引用文献

- 1) 木村貞治：理学療法における動作分析の現状と今後の課題．理学療法学，2006，**33**(7): 394-403.
- 2) 木村貞治：理学療法における動作分析の概要．理学療法，2002，**19**(8): 883-887.
- 3) 岸本秀雄：総合動作分析計（MA-6000）ーカメラ1台による三次元動作分析装置ー．理学療法学，1998，**25**(4): 253-254.
- 4) Sole A, Mas J, Esteve I: A new method based on image analysis for determining cyanobacterial biomass by CLSM in stratified benthic sediments. Ultramicroscopy, 2007, **107**(8): 669-673.
- 5) Kubo K, Yamamoto K, Watanabe A, et al.: Investigation of insulin / IGF-1 signals pathway in spinal ligament cell. J Tokyo Med Univ, 2006, **64**(4): 395-406.
- 6) Takeda T, Narita T, Ito H: Experimental Study on the Effect of Mechanical Stimulation on the Early Stage of Fracture Healing. J Nippon Med Sch, 2004, **71**(4): 252-262.
- 7) Kataoka Y, Bindokas VP, Duggan RC, et al.: Flow cytometric analysis of phosphorylated histone H2AX following exposure to ionizing radiation in human microvascular endothelial cells. J Radiat Res, 2006, **47**(3-4): 245-257.
- 8) Prodanov D, Nagelkerke N, Marani E: Spatial clustering analysis in neuroanatomy: Applications of different approaches to motor nerve fiber distribution. J Neurosci Methods, 2007, **160**: 93-108.
- 9) Ishii H: Development of Simple Motion Measurement and Analysis System. J Phys Ther Sci, 2006, **18**(1): 89-95, 2006.
- 10) Omkar SN, Manoj KM, Mudigere D: Postural assessment of arbitrarily taken portrait and profile photographs using ImageJ. Journal of Bodywork and Movement Therapies, 2007, **11**: 231-237.
- 11) 対馬栄輝，石田水里，Nenchev Dragomir N：デジタル画像上の角度測定における検者間・検者内信頼性．理学療法科学，2003，**18**(3): 167-171.
- 12) Shrout PE, Fleiss JL: Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. Psychol Bull, 1979, **86**(2): 420-428.
- 13) Rankin G, Stokes M: Reliability of assessment tools in rehabilitation an illustration of appropriate statistical analyses. Clin Rehabil, 1998, **12**: 187-199.
- 14) Stratford PW, Goldsmith CH: Use of the standard error as a reliability index of interest: an applied example using elbow flexor strength data. Phys Ther, 1997, **77**(7): 745-750.
- 15) Landis JR, Koch GG: The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, 1977, **33**: 159-174.
- 16) 芥川知彰，西上智彦，榎 勇人・他：2次元での簡易的な身体角度計測の信頼性．理学療法科学，2007，**22**(3): 369-372.