

コロラド大学と当大学における 三次元動作解析装置精度の検討

小野 武也*・吉野 直美*・宮崎 純弥*・鈴木 克彦*
駒沢 治夫*・伊橋 光二*

Riegger-Krugh Cheryl**, Heriza Carolyn B**, Carollo James J***

The reliability of the three-dimensional motion analysis system in the University of Colorado Health Science Center, Rehabilitation Medicine, Physical Therapy Program and Yamagata Prefectural University of Health Science.

Takeya ONO, Naomi YOSHINO, Junya MIYAZAKI, katsuhiko SUZUKI,
Haruo KOMAZAWA, Kouji IHASHI,
Riegger-Krugh Cheryl, Heriza Carolyn B, Carollo James J,

Abstract : Yamagata Prefectural University of Health Science and University of Colorado Health Science Center, Rehabilitation Medicine, Physical Therapy Program have had almost similar system of three-dimensional motion analysis. The purpose of this study was to clarify whether there are interchangeability of data or not by three-dimensional motion analysis system between the two University. Reflective markers placed at the triangle frame on the turntable to make angle were measured under static and dynamic conditions by three-dimensional motion analysis system. Results indicated that two University's measures were reliable. Therefore, there were interchangeability of data by three-dimensional motion analysis system between the two University.

Key words : Three-dimensional motion analysis, reliability

はじめに

運動障害を治療対象とする理学療法にとって、動作を分析することは評価および治療効果判定に極めて重要である。一般的に臨床では、視覚的に動作を分析することが多い。一方、コンピュータテクノロジーの進歩により、動作分析は装置を用いて関節の角度変化や速度を三次元的に分析できるようになった。

本大学は運動障害を運動学的に分析するためにカメラ7台を有する三次元動作解析装置 Vicon370を導入している。一方、University of Colorado Health Science Center, Rehabilitation Medicine, Physical Therapy Program (以下、CU PT program と略す)においても同様にカメラ6台を有する三次元動作解析装置 Vicon512を導入している。三次元動作解析装置は、目的とする標点を2台以上のカメラで撮影し三角法により計算処理し、その動きを三次元的に記録する。この記録をコンピュータにより処理することにより関節角度などの変化としてとらえることができる。この時、撮影するカメラの台数は多いほど、より正確な値が得られると考えら

* 山形県立保健医療大学 理学療法学科
** University of Colorado Health Science Center, Rehabilitation Medicine, Physical Therapy Program
*** The Children's Hospital

れる。今回は両大学が保有する三次元動作解析装置で得られるデータの精度を検討する事を目的として、カメラ台数の違いによる測定値への影響および測定対象物が回転するスピードを変化させた場合に測定値に与える影響について検討した。

方 法

1. 使用機器

今回の測定に用いた機器は、山形県立保健医療大学所有のカメラ7台を有する Vicon370 (Oxford Metriccs 社製) である。CU PT program ではカメラ6台を有する Vicon512 (Oxford Metriccs 社製) を使用した。また、両大学とも使用したカメラのサンプリング周波数は 60Hz であった。

2. カメラの設置位置

両大学とも既に測定室の状況に合わせカメラは設置されている。そのためカメラの測定位置は両大学において既存のカメラ設置位置とした。Vicon370 / 512 ともに対象物に取り付けた直径 2.5cm の反射マーカ-の位置を計算によって求めるため、測定空間に基準となる測定の中心位置を設定する必要がある。測定に使用するカメラの位置を測定中心を基準として表記した (Table1)。

3. 測定対象物の作成

三次元動作解析装置が正確に角度測定をおこなっているのかどうかを調べるために、Fig に示すように三角形のアルミフレームの3カ所に反射マーカ-を徒手的に両面テープで固定した。本大学と CU PT program での測定において、アルミフレームは同様の物を用いたが、アルミフレームへ

の反射マーカ-の固定は、それぞれの大学で測定時に行った。そのため、両大学での反射マーカ-の取り付け位置には若干の違いを生じる。反射マーカ-固定後にアルミフレームを回転台に固定しアルミフレームに回転を加える事ができるようにした。

4. 測定手順

始めに、アルミフレームに取り付けた反射マーカ-により作られた角度 (Fig \angle (d) (e) (f)) を徒手的にゴニオメータを用いて測定し記録した。次に、対象物の回転速度が測定結果に与える影響をみるために、アルミフレームに回転を加えない場合、アルミフレームを 33 回転/分、45 回転/分で回転させた場合について反射マーカ-の成す角度 (Fig \angle (d) (e) (f)) を測定した。また、測定カメラ台数の違いによる測定値への影響をみるために 33 回転/分、45 回転/分で回転させた場合についてカメラを 6 台、4 台、3 台、2 台と減じて、それぞれ測定をおこなった。なお、参考データとして当大学においては 7 台のカメラでも同様の測定をおこなった。三次元動作解析装置による測定回数はすべて 2 回おこない、測定時間は 5 秒間とした。

5. データ処理

両大学で計測された反射マーカ-の角度 (Fig \angle (d) (e) (f)) の測定値に、回転速度およびカメラの台数の影響があるのかどうかを、独立変数を回転速度 (33 回転/分、45 回転/分) とカメラの台数 (6 台、4 台、3 台、2 台) とし従属変数を測定値 (角度) とした繰り返しのある二元配置分散分析を用い、危険率を 5% 未満として統計処理した。統

Table 1 測定中心および床からのカメラの位置

	山形県立保健医療大学		CU PT Program	
	測定中心からの距離	床からの距離	測定中心からの距離	床からの距離
No.1	430	255	459	193
No.2	540	240	243	100
No.3	540	240	267	96
No.4	530	240	423	111
No.5	300	140	397	96
No.6	440	240	436	96
No.7	460	240	-	-

単位 (cm)

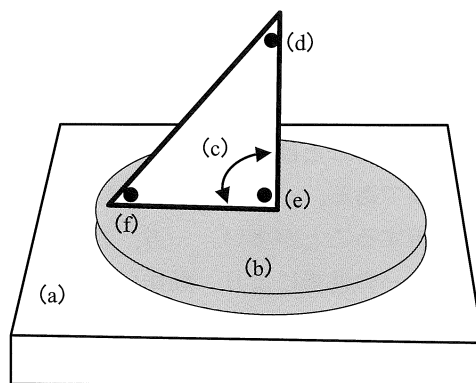


Fig プレーヤーによるアルミフレームの回転

(a) レコードプレーヤー (b) 回転台

(c) アルミフレーム (18×18×25.5cm)

(●d) (●e) (●f) 反射マーカ-

↔ 測定対象とした角度

計処理には SPSS 7.5J を用いた。なお, 当大学において 7 台のカメラにて測定したデータは参考データとし統計処理には加えなかった。

結 果

1. 徒手のゴニオメータによる角度測定結果

アルミフレームに貼り付けた反射マーカの成す角度 (Fig 4 (d) (e) (f)) を徒手にゴニオメータを用いて測定した結果, 本大学では 85 度, コロラドでは 91 度であった。

2. バイコンによる静止時測定結果

両大学とも 6 台のカメラを用いてアルミフレームに貼り付けた反射マーカの成す角度 (Fig 4 (d) (e) (f)) を, プレーヤー上にて静止状態で測定した結果, 本大学では 84.3 ± 0.6 度であり実測値と 0.7 度の差であった。また, コロラドでは 91.2 ± 0.2 度であり, 実測値と 0.2 度の差であった。本大学においてカメラ 7 台で測定した結果は 84.3 ± 0.6 度であり, 実測値と 0.7 度の差であった。

3. カメラ台数の影響

本大学においてカメラ 6 台で測定した値と徒手にゴニオメータで測定した値の差の絶対値は平均 0.7 ± 0.0 度, 4 台で 0.6 ± 0.2 度, 3 台で 1.1 ± 0.3 度, 2 台で 1.4 ± 0.2 度であった。同じく CU PT program ではカメラ 6 台で測定した値と徒手にゴニオメータで測定した値の差の絶対値は平均 0.7 ± 0.0 度, 4 台で 0.8 ± 0.0 度, 3 台で 0.7 ± 0.0 度, 2 台で 1.1 ± 0.2 度であった。本大学のカメラ 7 台で測定した値と徒手にゴニオメータで測定した値の差の絶対値は 0.7 ± 0.0 度であった。(Table2, Table3)

Table 2 カメラ台数と回転数の違いによる影響
(山形県立保健医療大学)

	33rpm		45rpm		Average
	first	second	first	second	
7cameras	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7 ± 0.0
6cameras	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7 ± 0.0
4cameras	0.7	0.7	0.7	0.4	0.6 ± 0.2
3cameras	1.0	1.5	0.7	1.1	1.1 ± 0.3
2cameras	1.6	1.5	1.4	1.1	1.4 ± 0.2
Average	1.0 ± 0.4		0.9 ± 0.3		

単位 (度)

ゴニオメータ測定値との差として示した

4. 回転数の影響

回転数の影響を見るために 33 回転/分で得た結果を平均すると本大学では 1.0 ± 0.4 度, 45 回転/分では 0.9 ± 0.3 度であった。同じく CU PT program において 33 回転/分では平均 0.8 ± 0.2 度, 45 回転では 0.8 ± 0.2 度であった。(Table2, Table3)

5. 統計処理結果

本大学の測定結果では, カメラ台数と回転数との間に交互作用はなかった ($p = 0.60$)。カメラ台数による主効果 ($p = 0.00$) は見られたが, 回転数の主効果 ($p = 0.07$) は見られなかった。CU PT program の測定結果では, カメラ台数と回転数との間に交互作用はなかった ($p = 0.55$)。カメラ台数による主効果 ($p = 0.96$), 回転数の主効果 ($p = 0.45$) は, それぞれ見られなかった。

考 察

三次元動作解析装置の測定精度は科学技術に依存しており各製造業者が提供しているが, その測定は理想的な環境でおこなわれており, 実際に行われている測定は理想的な環境でない場合が多く, 測定機器を設置した後に測定精度の検討をおこなうべきであると Haggard ら¹⁾は述べている。Scholz JP²⁾は, 動作解析結果には不適切な照明による測定誤差, 測定機器による反射マーカの認識誤差, レンズの歪みによる測定誤差などを含んでおり, このうちカメラのレンズによる歪みは, 科学技術の進歩によりほとんど問題は生じないと指摘している。本大学と CU PT program とともに部屋の外部からの光は遮断しているものの, 部屋内部に設置された照明の影響による測定誤差や測定機器によ

Table 3 カメラ台数と回転数の違いによる影響
(CU PT Program)

	33rpm		45rpm		Average
	first	second	first	second	
6cameras	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7 ± 0.0
4cameras	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8 ± 0.0
3cameras	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7 ± 0.0
2cameras	0.9	1.2	0.9	1.2	1.1 ± 0.2
Average	0.8 ± 0.2		0.8 ± 0.2		

単位 (度)

ゴニオメータ測定値との差として示した

る反射マーカの認識誤差などの検討は行われていない。

カメラ台数の違いが測定値に与える影響について、これまで三次元動作解析装置の精度の検討は、ほとんどが2台のカメラを使って行われている^{2, 3, 4, 5, 6, 7)}が、Everaert DGら⁸⁾は4台のカメラを用いて、測定精度の検討をおこなった結果、2台のカメラを用いた測定精度よりも良かったと述べている。我々の測定結果では、カメラの台数が減るにつれて測定誤差は大きくなる傾向を示したことは、先のEveraert DGら⁸⁾の結果を支持するものであろう。また、対象物の動くスピードの変化が測定値に与える影響についてWilson⁵⁾は、三次元動作解析装置を用いて、対象物の動くスピードを変化させ、測定値の精度を検討した結果、測定値への影響はなかったと報告している。我々の測定結果は先のWilson⁵⁾と同様に本大学とCU PT programともに回転数の影響は見られなかった。しかし、Vander DW³⁾らは、対象物の動くスピードが、測定値におよぼす影響を検討した結果、対象物が静止しているほうが動いている場合より正確であると述べており、我々の測定結果と異なる。この点については今後さらに検討する必要性が示唆された。

本大学とCU PT programともに通常の測定は、本大学が7台のカメラを、CU PT programが6台のカメラを使用して行っている。すべてのカメラを使用した場合の最大測定誤差は本大学とCU PT programともに0.7度であった。この値は、測定誤差を検討した結果1.4度であったとする諸家の報告^{2, 3, 4)}に比較して、本大学とCU PT programで得られた測定結果が非常に信頼性の高いことを示している。また、臨床的に関節角度を測定する際の誤差は一般的に5度以下であればよいといわれていることから、本大学とCU PT programにおける角度測定は十分に信頼性のあるものであった。これらのことから本大学とCU PT programにて測定したデータには互換性があると考えられる。今後、本大学とCU PT programが保有する三次元動作解析装置Viconを用いて動作障害に関する共同研究が期待できるものと思われる。

文 献

- 1) Haggard P. and Wing AM. : Assessing and reporting the accuracy of position measurements made with optical tracking systems. *Journal of Motor Behavior* 22(2), 315-321, 1990.
- 2) Scholz JP. : Reliability and validity of the WATSMART three-dimensional optoelectric motion analysis system. *Phys Ther* 69(8), 679-689, 1989.
- 3) Vander DW, Carlson SJ and Hubbard R. : Reproducibility and accuracy of angle measurements obtained under static conditions with the motion analysis video system. *Phys Ther* 72(4), 300-305, 1992.
- 4) Klein JP and Dehaven JJ. : Accuracy of three-dimensional linear and angular estimates obtained with the ariel performance analysis system. *Arch Phys Med Rehabil* 76, 183-189, 1995.
- 5) Wilson DJ, Smith BK, Gibson JK, Choe BK, Goba BC and Voelz JT. : Accuracy of digitization using automated and manual methods. *Phys Ther* 79(6), 558-566, 1999.
- 6) Thornton MJ, Morrissey MC and Coutts FJ. : Some effects of camera placement on the accuracy of the kinemetrix three-dimensional motion analysis system. *Clinical Biomechanics* 13, 452-454, 1998.
- 7) Scholz JP and Millford JP. : Accuracy and precision of the PEAK performance technologies motion measurement system. *Journal of Motor Behavior* 25(1), 2-7, 1993.
- 8) Everaert DG, Spaepen AJ, Wouters MJ, Stappaerts KH and Oostendorp RAB. : Measuring small linear displacements with a three-dimensional video motion analysis system. *Arch Phys Med Rehabil* 80, 1082-1089, 1999.

— 2001. 11. 19. 受稿, 2002. 1. 17. 受理 —

要 約

本研究の目的は山形県立保健医療大学および University of Colorado Health Science Center, Rehabilitation Medicine, Physical Therapy Program 所有の三次元動作解析装置によって得られるデータの精度を検討することであった。測定は両大学において正三角形のアルミフレームを回転台に固定し、静止時と回転時にアルミフレームの3カ所に貼り付けた反射マーカによって成す角度を計測することで行った。その結果、両大学とも十分に信頼性のある測定が可能であったことから、データに互換性があることが示された。今後、両大学における共同研究が期待できるものと思われた。

キーワード: 三次元動作解析装置, Vicon, 測定精度