

臨床現場で使用できる姿勢計測器の開発

見木太郎* 廣瀬秀行**

The development of a practical posture measurement instrument

Taro KEMMOKU*, Hideyuki HIROSE**

Abstract

With conventional measuring devices, such as the digital video camera, we found some intrinsic problems in measuring the seated person as defined by the ISO16840 standard. For this reason, we began the development of a practical posture measurement instrument. In order to evaluate the effectiveness of our posture measurement instrument, we used both the "validity and repeatability test" and "reliability test" as a means of rigorous examination. We used metal models representing the human pelvis. Measurements were taken from the sagittal, frontal and horizontal positions by physical therapists and seating system engineer acting as examiners. In accordance with objective procedure, the angle of the metal model was adjusted, without the knowledge of the examiners. In this way, we could compare our initial reading with their reading and so evaluate the posture measurement instrument's effectiveness. For statistical processing, we used the multivariate analysis to mark the validity and repeatability and intra- and inter- rater reliability analysis to mark the reliability. Judging from the difference of the initial angle and the examiners' angle and the inter- rater reliability, we can clearly see that the posture measurement instrument is practical and suited for daily clinical use.

キーワード：シーティング、姿勢計測、計測器、ISO16840

2007年7月31日 受付

2008年2月26日 採択

1. はじめに

1989年、旧厚生省が「ゴールドプラン」を発表してから、ベッドで寝たきりを予防する目的で車いす座位が推奨された^[1]。座位姿勢をとることにより認知症の予防や内臓機能の向上などの効果が期待される一方で、移動を目的とした寸法適合性の低い車いすを使用することにより多くの問題が浮上した。寸法適合性の低い車いすは不良姿勢や臀部に褥瘡のリスクをもたらす、それらを予防するためにクッションをはじめとする姿勢保持の道具が医療やリハビリテーションや介護の現場で供給されている。しかし、それらのクッションや道具に効果があったのか、また不良姿勢が改善されているのかを見極めるのは経験や勘によるものがほ

とんどであった。

車いす座位の推奨により、体系的な座位姿勢評価の必要性が高まり、その流れは国際的なもので国際標準化機構(International Standardization Organization、以下ISOとする)において2000年からTC173(福祉用具)、SC1(車いす)、WG11(Wheelchair Seating)において規格化され、平成18年3月には車いす使用者の姿勢の表現方法や座位保持装置に関する表現手法がISO16840として正式に採択された^[2]。

ISOとして国際的な表現手法が定められたことにより、姿勢を定量的に評価することが可能になった。

国内でも第60回シーティングシステム研究会において国立身体障害者リハビリテーションセンターの廣瀬

* 有限会社 平賀義肢製作所

** 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所
福祉機器開発部

* Hiraga Orthopedics co., ltd

** Department of Assistive Technology, Research Institute,
National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities

がISO16840を紹介した^[3]。その後のセミナーにおいてISO16840によって定義された姿勢の計測方法について様々な角度から検討がかさねられてきた。姿勢の計測方法には、デジタイザーやデジタルカメラやゴニオメーターやレーザーなどが考えられていたが、その設備や機材などといった費用面や再現性などそれぞれの問題が明らかとなり、臨床の現場で計測をおこなうには適切ではなかった。そこで臨床の現場で比較的容易に計測でき、そして再現性のある実用的な姿勢計測器の開発をおこなってきたので報告する。

2. 方法

2. 1. 計測対象の定義

2. 1. 1. ISO16840による身体節線の定義

ISO16840では、姿勢を表現するために触診や計算によって求められた身体各部のランドマークを結んだ身体節線が重力線からどれだけ傾いているかということを表す絶対角度という手法が用いられる^[2]。前額面骨盤線（図1）は左右の上前腸骨棘（以下、ASISとする）、矢状面骨盤線（図2）はASISと上後腸骨棘（以下、PSISとする）、前額面胸骨線^[4]は上胸骨痕と下胸骨痕を結んだ線によって構成される。



図1 前額面骨盤線のランドマーク

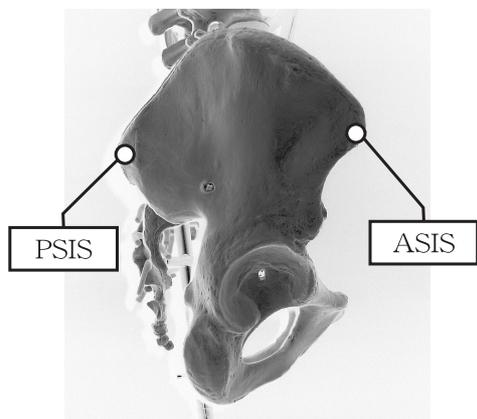


図2 矢状面骨盤線のランドマーク

2. 1. 2. ISO16840による身体節線の角度算出方法

前額面骨盤線は、左右のASISを結んだ線に垂直な線によって表される。例えば骨盤が右に5°傾いている場合には、重力線と骨盤線のなす角度が5°となるため、前額面骨盤角度は5°と表現される（図3）。角度は時計回りにプラスになり、マイナスはない。

矢状面での計測については、被験者の右側から計測するというようにISO16840で定められている。計測箇所は矢状面で11箇所、前額面で9箇所、水平面で7箇所の計27箇所である。本稿では臨床での必要性が高いと思われる骨盤角度について述べるものとする。

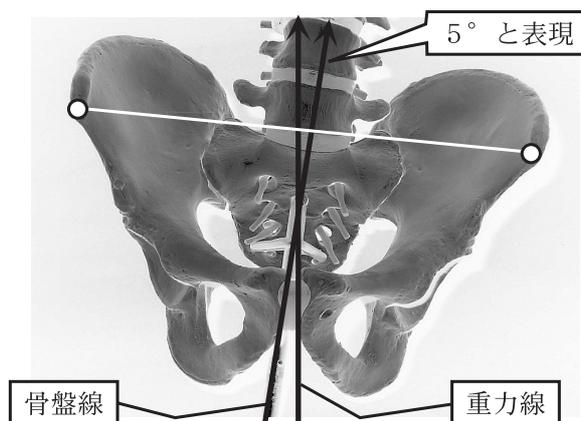


図3 右に5°傾いた骨盤の例

2. 2. 計測器の構造

2. 2. 1. 本体の構造

最新の計測器試作品Ver.08を図4に示す。各部の名称は以下の通りである。

- (1) 傾斜計本体
- (2) 角度指示矢印
- (3) 固定アーム
- (4) 回転スライドアーム
- (5) 支持棒

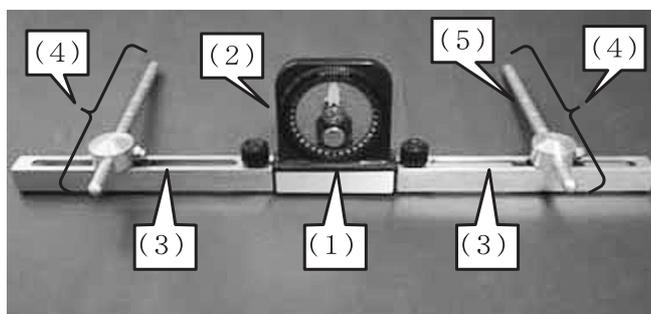


図4 試作品Ver.08

2. 2. 2. 固定アームと回転スライドアームの特徴 (図5)

- 1) スライダは固定アームの中をスライドして移動する。スライダの側面にはプラスチックボールとバネが内蔵され、常に固定アームの内側の壁に向かって押し付けている。そのため手をはなしてもスライダの位置がずれず、任意の位置で固定される。
- 2) 指示棒には等間隔に溝を設定しており、タワーの中心を貫通している。ボールプランジャーの先端がその溝にはまることにより任意の長さに調整・固定される。
- 3) タワーの下には回転固定溝を90度おきに計4か所を設定し、スライダと連結される。それにより回転スライドアームを固定アームに対して直角もしくは水平に保たれる。

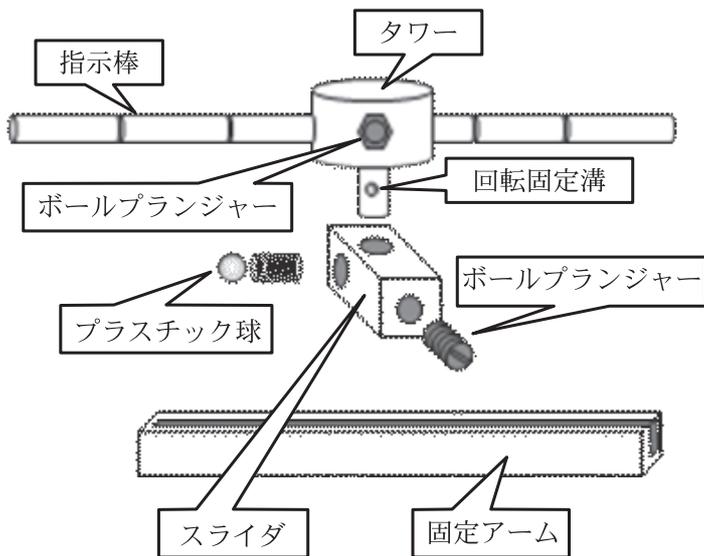


図5 各部の部品 (スライダを中心に)

2. 2. 3. 矢状面計測用連結キット

車いす上で骨盤の前後傾斜角度を計測する際に車いすのサイドサポートに角度計の文字盤がかくれて見えにくくなるのを防止するために矢状面計測用の連結キット (図6、図7) を作製した。

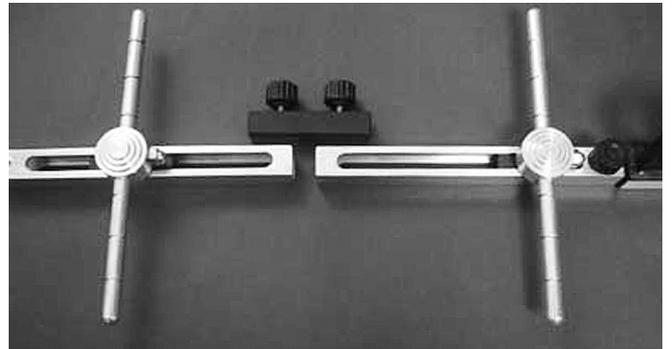


図6 連結キット

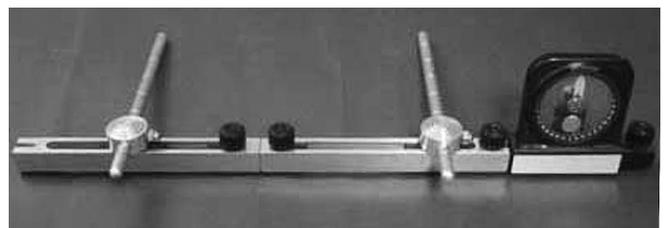


図7 連結キットによる組み換え

2. 3. 計測器の使用法

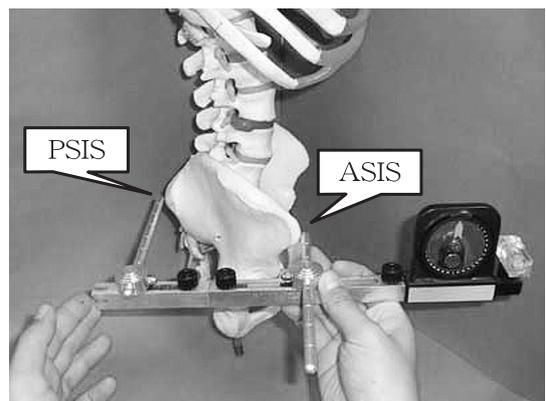


図8 計測器の使用例

例えば矢状面骨盤線の計測においては、左右2本の指示棒の先端をランドマークにあて、角度計本体の角度指示矢印が示す角度を読み取り、計測をおこなう (図8)。

2. 4. 計測の妥当性・再現性の検討

2. 4. 1. 検者

男性4名、女性1名（理学療法士4名・座位保持装置製作技術者1名）とした。平均年齢は 39.8 ± 5.0 歳、経験年数は 12.4 ± 6.23 年であった。

2. 4. 2. 計測対象

ASISやPSISといった骨突起部への指示棒のあて方など条件を統一するために、ASISとPSISを模した、金属モデル（図9）を製作し、前額面骨盤線と矢状面骨盤線の2箇所限定し計測した。矢状面計測では、ISOにもとづいて右側から矢状面骨盤線を計測した。

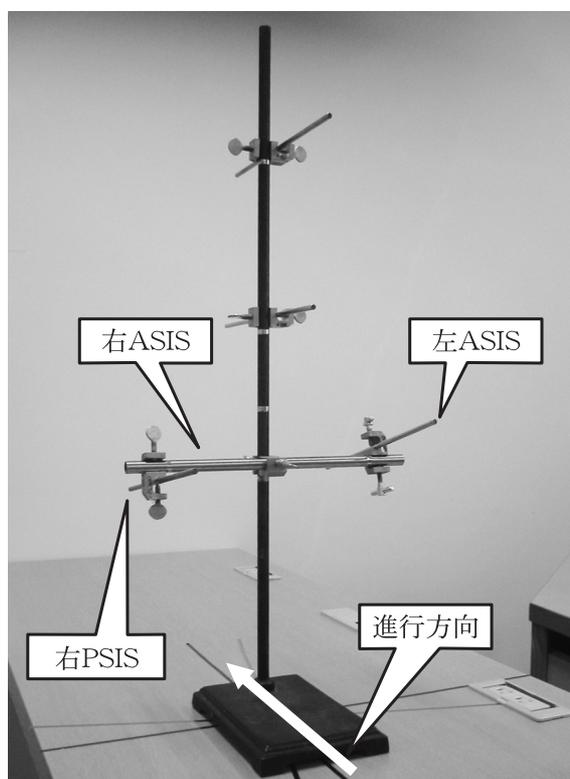


図9 金属モデル

2. 4. 3. 計測方法

前額面では左右の金属棒の先端をASISとし、矢状面ではバーの前方端をASIS、後方端をPSISとした。水平面において、進行方向から回旋させた状態（以下：回旋あり）と進行方向と同じ方向に向くようにバーを設定した状態（以下：回旋なし）という条件で金属モデルを設定した。

前額面と矢状面にて各検者がASIS間とASIS-PSIS間の傾きをそれぞれ5回計測した。計測実施は平成17年6月と7月に同様の方法でそれぞれ1回計測した。

2. 5. 計測器の信頼性の検討

2. 5. 1. 検者

理学療法士（男性1名、女性4名）5名とした。平均年齢は 31 ± 3.8 歳、経験年数は 5.8 ± 2.28 年であった。

2. 5. 2. 計測対象

骨突起部へのバーのあて方など条件を統一するために、金属モデルの前額面に限定し、計測した。金属モデルは上段、下段の2段構成とし、計10台作製した。金属モデルのアームの初期設定は、前額面においてそれぞれ 0° 、 2° 、 4° 、 6° 、 8° と傾斜角度をつけた（図10）。また、金属モデルのアーム部分は水平面において進行方向に対して、平行なものと時計回りに 15° 後方回旋をしているものを用意した（図11）。

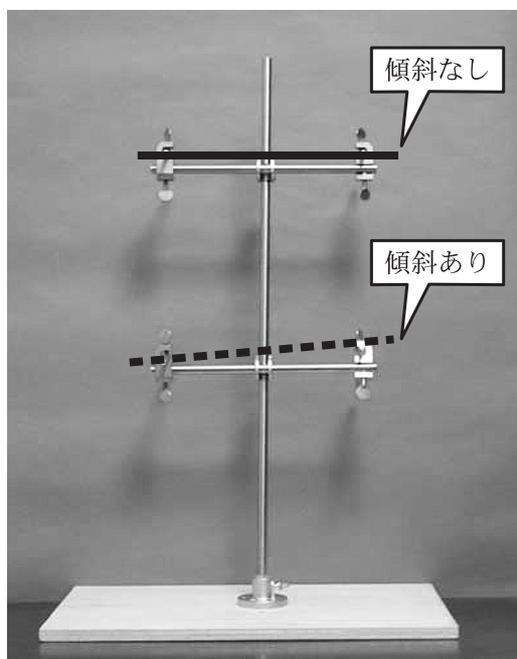


図10 金属モデル（前額面）

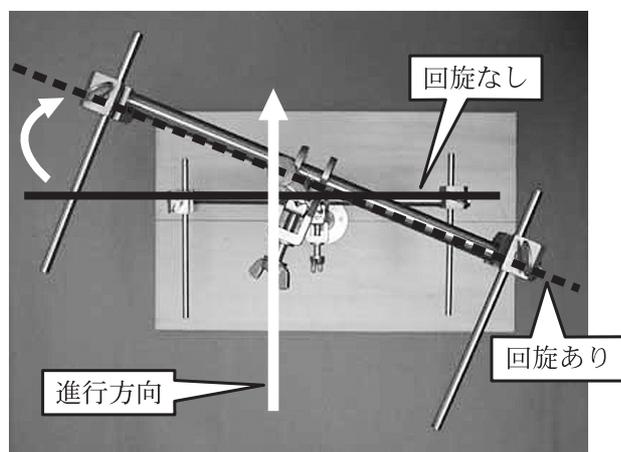


図11 金属モデル（水平面）

2. 5. 3. 計測方法

検者には、金属棒の傾斜角度や回旋の有無を伝えずに、前額面では左右のバーの先端に計測器の指示棒の先端をあて、中心部に表示された傾斜角度を読み取るという方法で計測をおこなった。また、検者がアームの傾斜や回旋状況を目視により確認できないよう、すべての金属モデルにはTシャツをかけ、金属モデルの設定状況がわからないように配慮した（図12）。さらに検者の記憶の影響を避けるために、計測順序を記録者が計測順序をランダムに指示した。計測時には、常に水平面上の進行方向に対して計測器が垂直となるように計測をするよう検者に指示をした。計測は同日に30分間隔で2回おこなった。



図12 Tシャツをかけた金属モデル

2. 6. 統計処理

統計処理をおこなうにあたって、数量化I類と級内相関係数（検者内信頼性・検者間信頼性）を用いた。前者はMicrosoft Excel2003を、後者はSPSS Ver13.0 Jを用いて統計処理をおこなった。

3. 結果

3. 1. 開発した計測器の特徴

今回開発した姿勢計測器は、次のような特徴を有する。

- (1) 人体にあてて使用するのに適切な形状を有している。（被計測者にとって安全で身体的・精神的な負担が少ない）
 - (2) 計測された数値に再現性がある。
 - (3) 比較的安価で手に入りやすい。
 - (4) 検者が扱いやすく操作が容易である。
- 計測の妥当性・再現性について、以下に示す。

3. 2. 計測の妥当性・再現性

骨盤線の計測結果を表1に示す。計測値のばらつきにどのような因子が影響を与えているのかを明らかにするために、ばらつきを目的変数、計測日や経験年数や計測箇所を説明変数とし、多変量解析の数量化I類をおこなった。統計処理によって得られた結果の精度

は、自由度修正済み重相関係数は0.70であった。カテゴリスコア（表2）は、目的変数に対する影響の大きさをあらわしており、ここでは左側の「-」にはばらつきを少なくする要因、右側の「+」にはばらつきを大きくする要因をあらわしている。棒の長さが長いほど影響が大きいということがいえる。偏相関の値（表3）は項目ごとにばらつきへの影響力の大きさを順位であらわした。検者の経験年数は表4の通りである（表4）。

表1 回旋あり/なしの各骨盤線の計測結果(単位:°)

計測箇所	第1回(6月)	第2回(7月)
前額面 (回旋なし)	9.9±0.41	9.32±0.25
前額面 (回旋あり)	9.54±0.43	9.02±0.35
矢状面 (回旋なし)	9.5±0.32	9.14±0.1
矢状面 (回旋あり)	9.52±0.42	8.9±0.24

表2 数量化I類 カテゴリスコアグラフ

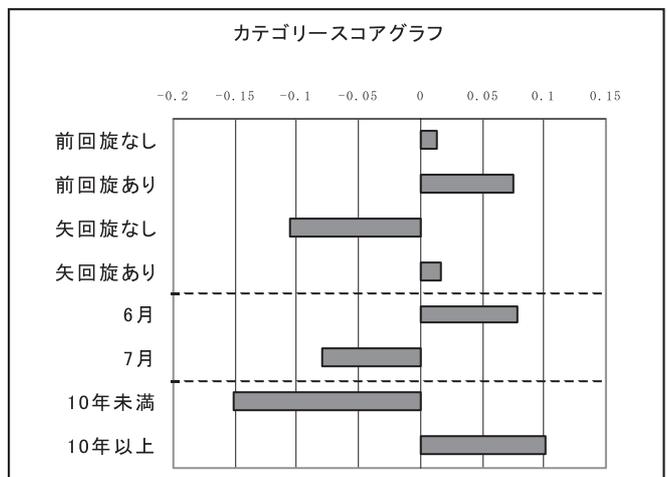


表3 偏相関係数

項目名	偏 相 関	
経験年数	0.6119	1位
計測日	0.4425	2位
計測箇所	0.3828	3位

表4 検者の経験年数(単位:年)

検者A	検者B	検者C	検者D	検者E
9	11	12	7	23

表5 各検者のばらつきの値の平均値(単位:°)

検者A	検者B	検者C	検者D	検者E
0.27	0.38	0.39	0.13	0.48

計測値のばらつきにもっとも影響を与える因子は「経験年数」であるという結果を得た（表2）。経験年数が多い検者ほど計測値のばらつきが大きいという結果となった。その直接的な原因は明らかにならなかったことから、カテゴリー分けが適切ではなく、カテゴリーの分け方に課題を残したといえることができる。

回旋の有無や計測の回数は実験の条件についてのカテゴリーだが、経験年数は「検者」についてのカテゴリーである。そこでばらつきについて個人のレベルで検討をおこなった。表5の結果から、検者Eのばらつきの平均値が他の検者の値に比べて大きいことがいえる。あるカテゴリーの中に突出した結果が含まれているとそのカテゴリーの影響力は高まる。検者Eが経験年数10年以上のカテゴリーに含まれていたため、カテゴリーが大きな影響を受けたということが考えられる。そういった「あまりうまく計測できない検者」が問題なく計測できるような工夫の必要性が感じられた。

計測日は第1回に計測をおこなった6月よりも、7月のばらつきが少なく、計測回数を重ねることでばらつきが減少できると考えられる。計測箇所は他の2つと比較して影響力は少ないが、「回旋なし」よりも「回旋あり」のほうが計測しづらく、したがって計測値にばらつきがある結果となった。

3. 3. 計測の信頼性

表6 検者内信頼性

	A	B	C	D	E
1回目	0.917	0.805	0.472	0.787	0.78
2回目	0.917	0.84	0.7	0.817	0.939
Total	0.967	0.905	0.645	0.939	0.946

表7 検者間信頼性

1回目	0.679
2回目	0.712
Total	0.69

表8 設定値からのずれ（単位：°）

	回旋あり	回旋なし
1回目	0.94±1.62	0.82±1.72
2回目	1.02±1.58	0.98±1.53
Total	0.98±1.6	0.9 ±0.63

3. 3. 1. 検者内信頼性（表6）

実験の結果から、5人中4人が検者内信頼性0.9以上という結果を得た。残りのひとりも1回目から2回目にかけて信頼性が向上していることから、今後計測を繰り返した場合、習熟によりさらに信頼性が向上すると考えられる。

3. 3. 2. 検者間信頼性（表7）

0.69という「ややよい」というレベルであるが1回目よりも2回目の信頼性が向上していることから検者内信頼性同様に今後計測を繰り返した場合、習熟によりさらに信頼性が向上すると考えられる。

3. 3. 3. 設定値からのずれ（表8）

「回旋あり」は「回旋なし」に比べてばらつきが大きくなる傾向があるが、設定された任意の角度からのずれは、平均は1°以内であるということがわかった。

4. 考察

4. 1. 従来法に比較して、改善された点

既存のデジタイザーやデジタルカメラといった画像計測やレーザーや建築用の傾斜角度計といった従来の計測方法には、①身体のランドマーク位置が衣服によって影響を受ける、②操作が複雑で人手が必要、③レーザーは目への悪影響が懸念される、④姿勢計測に適した形状をもっていない、などの問題点があった。

今回、開発をおこなった姿勢計測器では、①触診にてランドマークを特定するので、画像計測に比べ衣服の影響を受けにくい、②準備や操作が簡単である、③姿勢計測に適した形状をもっており、身体への負担が少ない、という点が従来法に比較して改善された。

4. 2. 残された問題点と今後の課題

(1) 目盛りについて

計測後に何人かの検者から「目盛りが細かく、読みにくい」という感想が寄せられた。しかし、目盛りが細かく、読みにくいという問題点を解決するために、中心部の目盛り盤を大きいものにかえると角度計自体が大きくなってしまい、臨床の現場においては現実的でない。また、目盛りの針が示した先が曖昧な角度に位置した場合にそれを読み取る検者の負担はさらに増える。そのため角度目盛りの代わりにデジタル表示に改良することで、角度計をコンパクトに保ちつつ数値を大きく表示することができる。また、表示された数値を読み取るだけでいいため、検者の負担も軽減されると思われる。

(2) 計測器に必要な再現性について

臨床の現場で、関節可動域の計測などに使用されているゴニオメーターの角度目盛りは5°刻み、もしくは2°刻みのものが多く見受けられる。そういった背景からリハビリテーションの領域で使用に耐えうるばらつきの範囲は2°～5°と考え

られる。本研究では、計測結果のばらつきがほぼ1°前後であったことから、ランドマークを触診する際の誤差や計測器のあて方による誤差などを考慮して、リハビリテーションの領域において要求される仕様を満たしていると考えられる。

(3) 金属モデルの設定とその再現性について

今回実験に用いた、金属モデルの角度設定には、アームのがたつきやあて方による影響を取り除くため、アームよりも安定性の高い金属製の直尺に傾斜計本体をのせて設定をおこなった。設定値からのずれを計測した表1と表8の実験1回目と2回目の計測平均値と設定値からのずれの平均値は1°未満であるが、それぞれ2回目の方が大きくなっていることから、金属モデル設定時の角度設定方法についての課題が残った。

(4) 計測値のばらつきの大きな検者について

計測の妥当性・再現性の検討の検者Eや計測器の信頼性の検討の検者Cは他の検者に比較してばらつきが大きい。

実験時の各検者の計測時間については計測をおこなわなかったが、検者Eや検者Cは計測にかなり時間がかかっていた印象がある。特に対象物への計測器のあて方について、何度も進行方向に垂直になるよう試行錯誤していた。角度計測は水平面上での「ねじれ」に影響を受けるという実験結果(表2)から、進行方向をうまくイメージできなかったのではないかと推測する。計測時には、角度だけでなく「方向」の一定性を確認するセンサーが計測の精度を上げるうえで必要であると考えている。

5. 結論

リハビリテーションの領域において、ISO16840にもとづいた座位姿勢の評価の必要性が高まってきており、臨床現場での実用化を目指した姿勢計測器の開発をおこなった。妥当性・再現性および信頼性の実験をおこない姿勢計測器をもちいた計測法の信頼性について検証をおこなった。実験結果では、それぞれの実験において計測結果のばらつきはほぼ1°前後であったことから、十分臨床の現場でも使用できるものであるという結果を得た。また、今後計測の精度を上げていくためにも、計測値の表示方法や他のセンサーなどの導入の必要性が示唆された。

参考文献

- 1) 村井淳志. 「京都老人のターミナルケア研究会」から, 亀山正邦(監): 高齢者の介護とターミナルケア, 別冊総合ケア. 医歯薬出版, 1997, p.76.
- 2) ISO/16840-1: FINAL DRAFT (最終国際規格原案), 2005.
- 3) 廣瀬秀行. ISOによる姿勢表現手法 ISO16840-1 姿勢と座位保持装置の表現より, シーティングコンサルタント協会資料. 2005, p.2-18.
- 4) Hirose H: Development of clinical methods for measuring geometric alignment of the thoracic and lumbar spines of wheelchair-seated persons, Journal of Rehabilitation Research & Development 2005. 42(4), 2005, p.437-446.