

シーティング機器の開発 (2)

半田隆志* 廣瀬秀行***

Development of Instruments for Seating(2)

HANDA Takashi*, HIROSE Hideyuki***

抄録

これまでに開発してきた座位姿勢計測専用の二次元画像解析ソフトウェアには、「計測結果の評価が不十分」および「三次元座標を得ることができない」という課題があった。そこで金属モデルで疑似被験者を作製し、開発したソフトウェアを用いた計測の再現性評価と妥当性評価を行った。その結果、開発したソフトウェアは座位姿勢計測の領域において要求される基準を満たしていることがわかった。また三次元計測機能を新たに付加した。これにより既存の三次元計測機では難しかった座位姿勢の三次元計測が可能になった。

キーワード：シーティング，座位姿勢計測，三次元計測

1 はじめに

「一日のほとんどを車いす上で過ごす」という方にとって、座位姿勢に注意を払うことは重要である。なぜなら、座位姿勢は、褥瘡の発生、快適性、生理機能、モビリティ、脊柱変形等に大きな影響を与える¹⁾⁴⁾要因の一つだからである。そのため、「安楽性」「機能性」「生理的」「移動能力」「実用性」「外観」「介護」を目的とする「シーティング」⁵⁾⁶⁾への関心が高まっており、福祉用具としてクッションや座位保持装置（以下「座位保持用具」とよぶ）が市販されている。座位姿勢については、その表現方法が国際規格「ISO16840-1」で規定されているので、これに従うことで「座位保持用具の姿勢改善効果についての定量的な評価」と、その結果としての「効率的な座位保持用具の開発」などが期待されている。しかし、現状ではISO16840-1は実用的なものではない。なぜなら、具体的な「計測方法」が確立していないからである。そのため、ISO16840-1の実

用を可能にする、座位姿勢の計測方法の確立が求められている。

ISO16840-1の発効以前からも、座位姿勢の「計測方法」に関する研究は行われてきた。例えばレントゲンを使用して脊柱側湾症の評価を行うCobb法は有名である。また脊髄損傷者の座位姿勢についてX線を用いて計測した研究⁷⁾、骨盤角度をCTスキャンで計測した研究⁸⁾、開発した専用の計測器による研究⁹⁾¹²⁾、モアレ法を応用して背面を計測した研究¹³⁾、車いすのキャンバスに穴をあけて脊椎の位置を求めた研究¹⁴⁾¹⁵⁾、計測用イスを開発した研究¹⁶⁾などがある。しかしこれらは、機材が高価であることや計測場所の制限があることなどから、「ISO16840-1の実用を可能にする座位姿勢の計測方法」ではない。

そこで我々はISO16840-1の実用を可能にする座位姿勢の計測方法を研究してきた。そして専用の二次元画像解析ソフトウェア（以下「本ソフトウェア」とよぶ）を開発した¹⁷⁾¹⁸⁾（図1）。これはインターフェース画面に表示されている被験者の身体上の特徴的な点（以下「ランドマーク」とよ

* 戦略プロジェクト推進担当

*** 国立障害者リハビリテーションセンター研究所

ぶ)をポインティングし(この計測方法を「ダイレクト測定」とよぶ)、「計算」ボタンを押すと、ISO16840-1に準拠した身体各部の傾斜角度が算出されるソフトウェアである。なお「指示棒」を使用することで、一般的な二次元画像解析では不可能な、隠れたランドマークの特定も可能である(この計測方法を「指示棒測定」とよぶ)。



図1 インターフェース画面

本ソフトウェアはISO16840-1の実用を可能にするものであるが、しかし以下の問題もあった。

- ・ 計測結果の再現性や妥当性の評価が不十分
- ・ 三次元座標が得られない

そこで本研究では、「本ソフトウェアの計測の再現性評価および妥当性評価」と「三次元計測機能の開発」を目的とした。

2 実験方法

2.1 計測条件の検証

カメラにより撮影された画像は、カメラレンズに由来する収差(ズレ)を含んでいる。この収差としてはザイデルの5収差¹⁹⁾が知られている。このうち歪曲収差は、画像の中心付近と周辺部での結像倍率が異なるために生じる幾何学的歪みであり、撮影された画像内の直線が曲線に、円形が歪んだ楕円となるような現象が発生する²⁰⁾ため、本ソフトウェアによる計測の際に誤差の原因となる。

歪曲収差はカメラのズームポジションと撮影距離に依存する^{20,21)}。そのため市販のデジタルカメラについて、「光学ズーム倍率と歪曲収差の関係」を求めた。実験は以下の手順で行った。平面である壁に20マス×20マスの方眼紙(1マス20mm)を貼り付け、その中心部とカメラレンズ

の中心が一致するように三脚を設置し、正面から、方眼紙がデジタルカメラの画面一杯の大きさになるように撮影距離を調整して撮影した。カメラの水平は、三脚の雲台に設置されている水準器にて確認した。実験は4種類のデジタルカメラで行った。次に撮影した画像を本ソフトウェアに取り込んで、方眼紙上の直線の歪曲収差を計測した。歪曲収差の程度は、方眼紙のうちもっとも外側にある左右1本ずつの直線について、その上下端及び中央の横座標(x座標)をpixel単位で読み取り、以下の式にて算出した。

$$\frac{1}{2} \left\{ \frac{(x_2 - x_1) + (x_2 - x_3)}{2} + \frac{(x_4 - x_5) + (x_6 - x_5)}{2} \right\}$$

ただしx1、x2、x3は左の直線の上端、中央、下端のx座標

x4、x5、x6は右の直線の上端、中央、下端のx座標

2.2 再現性評価

市販の鉄製アングルで「座位姿勢の人間」を模した金属モデルを作製し(図2)、これを疑似被験者として、前顔面の計測について再現性評価を行った。まず金属モデルの特徴的な14個の頂点を指定し、発生させた乱数(フリーの乱数発生用ソフトウェア「乱歩」による。)に従って対応する頂点をランドマークに見立てた。この手順を3回繰り返すことで計測対象疑似被験者を3パターン作り出し、これを疑似被験者A~Cとした。

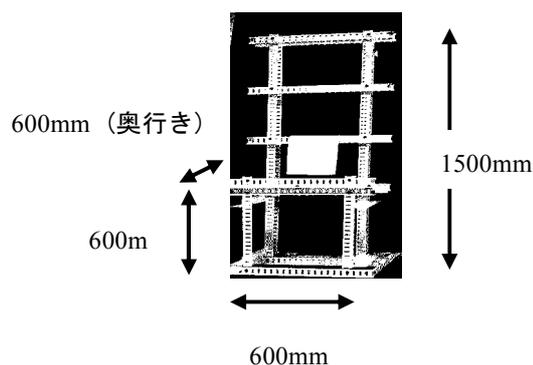


図2 作製した金属モデル

次に1人の検者(健常者男性、32歳)が、疑似被験者A~Cのそれぞれに対してダイレクト測定を3回ずつ行った。なおカメラはSONY社製「Cyber-shot DSC-W120」を使用し、ズーム倍率は2.8倍とした。また同様の実験を3人の検者(健

常者男性2名、女性1名。平均年齢34.0歳±1.7歳)が1回ずつ行った。続いて同様の手順で指示棒測定を行った。ただしカメラはPENTAX社製「Optio M50」を使用し、ズーム倍率は2.2倍とした。また検者間比較実験の検者は健常者男性3名(平均年齢35.6歳±4.0歳)とした。

2.3 妥当性評価

同様に1人の検者が、疑似被験者Aについて、接触型三次元計測機(ミットヨ社製「スピナーームSA2-40-30」)を使用して座位姿勢の計測を3回行った。手順は以下のとおりである。まず金属モデルの、向かって前方左端の頂点を原点として各ランドマークの座標値を計測した。次に得られた座標値から、Microsoft社製Excel 2002を用いて身体節線の傾斜角度を算出した。そして「ダイレクト測定の検者内再現性評価」の結果と比較し、妥当性評価とした。

2.4 三次元計測機能の開発

本ソフトウェアを利用して三次元座標を得ることは、現状のままでも理論的には可能である。対象を二方向から撮影し、さらに「カメラ定数」と呼ばれるカメラの設置条件を実測すればよい。しかし現実にはこれの実測は困難である。そこで「DLT法」では、コントロールポイント(CP)と呼ばれる既知の三次元座標を持つ点を対象物とともに撮影し、その映像からカメラ定数を算出する方法を取る。このDLT法を応用して三次元計測のための機能を開発することとした。そしてCPとして、車いす自体を利用することを新たに考え、「簡易車いすモデル作成システム」と名付けたシステムを開発することとした。そしてこれらを合わせて「三次元計測機能」とした。

この三次元計測機能について「2.3 妥当性評価」と同様に、疑似被験者Aを用いて妥当性評価を行った。ただし検者は「健常者男性。31歳。」とした。また金属モデルの構造上、「簡易車いすモデル作成システム」は使用しなかった。

3 結果および考察

「計測条件の検証」を行った結果(図3)、

「光学ズーム倍率2倍程度が比較的歪曲収差が小さい」ことがわかった。そのため、被計測者を撮影する際には、2倍程度の光学ズームを使用すべきことがわかった。

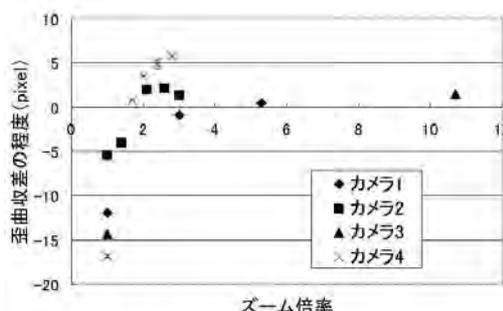


図3 光学ズーム倍率と歪曲収差の関係

「再現性評価」を行った結果を「平均±標準偏差」(単位:度)で表し、その標準偏差の最大値と平均値を抜き出した(表1)ところ、それぞれの測定方法において、ばらつき(標準偏差)は2.8°以下であることがわかった。

表1 各計測方法の再現性評価の結果の比較

	検者内		検者間	
	最大	平均	最大	平均
ダイレクト測定	1.1°	0.4°	2.8°	0.8°
指示棒測定	0.8°	0.4°	2.3°	0.7°

妥当性評価の結果、本ソフトウェアによる計測と接触型三次元計測機による計測との差は4.8°以下であることがわかった。

関節可動域の計測などに使用されているゴニオメータは5°刻み、もしくは2°刻みのものが多く見受けられる²²⁾。そのため座位姿勢計測の領域で使用に耐えうるばらつきの範囲は2°~5°と考えられるので、本ソフトウェアは、要求される基準を満たしていると結論付けられる。

三次元計測機能(図4)を開発したことにより、既存の三次元計測機では難しかった座位姿勢の三次元計測が可能になった。計測手順を以下に示す。

- (1)使用している車いすの寸法値を、カタログを参考に入力する
- (2)「車いすモデル作成」ボタンを押すと、ソフトウェアが車いす形状をモデル化する

- (3)被計測者をカメラで二方向から撮影する
- (4)車いすの特徴的な点をポインティングし、カメラ定数を算出する
- (5)求めたい点をポインティングして「三次元座標算出」ボタンを押すと計測終了



図4 三次元計測機能のインターフェース

三次元計測機能の妥当性評価を行った結果、接触型三次元計測器との差は5.4mm以下だった。なおこの差は、座位姿勢計測においては十分許容範囲であると考えられる。

4 まとめ

これまでに開発してきた座位姿勢計測専用の二次元画像解析ソフトウェアについて、再現性評価と妥当性評価を行った。また三次元計測機能を新たに付加し、同様に妥当性評価を行った。その結果、このソフトウェアは座位姿勢計測の領域において要求される基準を満たしていることがわかった。本ソフトウェアを使用し座位姿勢を定量的に評価することで、効率的な座位保持用具の開発が可能になると考える。

参考文献

- 1) D.Zacharkow : Wheelchair posture and pressure sores, C.C.Thomas Publisher,(1984)
- 2) J.K.Mayall et al: Positioning in a wheelchair, A guide for professional caregivers of the disabled adult second edition, Slack Incorporated, (1995)
- 3) Stewart C.P.: Physiological considerations in seating, Prosthetics and orthotics international, **15**, 3(1991)193
- 4) 日本リハビリテーション工学協会 SIG 姿勢保持編集:小児から高齢者までの姿勢保持, 医学書院, (2007)
- 5) Letts RM: General Principles of Seating, Principles of Seating the Disabled, CRC Press, (1991), 6
- 6) 廣瀬秀行:車いす上での姿勢計測に関する研究ー脊柱のアライメント推測・評価のための胸骨線

と 腹部線の提案ー, 芝浦工業大学博士学位論文, (2008)

- 7) D. Hobson et al: Seated lumbar/pelvic alignment, A comparison between spinal cord-injured and noninjured groups, Spine, **17**, 3(1992)293
- 8) 西原俊作他: 骨盤三次元 CT 構築画像を用いた骨盤傾斜角度の計測, Hip Joint, **26**(2000)541
- 9) Malagodi et al: Non-invasive monitoring of spine/pelvic alignment, Final Report 1993-1998, Rehabilitation Engineering Research Center on Wheelchair Mobility, University of Pittsburgh, (1998), 51
- 10) Sprigle S et al: Development of a noninvasive measure of pelvic and hip angle in seated posture, Arch Phys Med Rehabil, **83**(2002)1597
- 11) Sprigle S et al: Development and testing of a pelvic goniometer designed to measure pelvic tilt and hip flexion, Clinical Biomechanics, **18**(2003)462
- 12) Koo TKK et al: Posture effect on seating interface biomechanics Comparison between two seating cushion, Arch Phys Med Rehabil, **77**(1996)40
- 13) 山本博司、金田清志: 脊柱側彎症, 図説臨床整形外科講座ー第1巻, (株)メジカルビュー社, (1985), 168
- 14) Ferguson-Pell MW et al: Pressure sore prevention for the wheelchair-bound spinal injury patient, Paraplegia, **18**(1980)42
- 15) Frederic P et al: Evaluation of the new flexible contour backrest for wheelchair, J Rehabil Res Dev, **37**(2000)325
- 16) Reed MP et al: Methods for measuring and representing automobile occupant posture, SAE Technical Paper Series, Society of Automotive Engineering Inc.
- 17) 半田隆志、廣瀬秀行、鈴木聖貴: IS016840-1に準拠した座位姿勢計測ソフトウェアの開発と誤差評価, 第23回リハ工学カンファレンス講演論文集, (2008)151
- 18) 半田隆志、廣瀬秀行: 座位姿勢計測ソフトウェア rysis の計測の評価, 電子情報通信学会技術研究報告, **108**, 254(2008)7
- 19) 鈴木達朗: 応用光学, 朝倉書店, (1982), 29
- 20) 関海克他: デジタルカメラにおける画像補整技術, リコーテクニカルレポート, **31**(2005)103
- 21) 対馬栄輝他: デジタルビデオ画像の歪曲収差に対する被写体からの距離とズーム率の影響, 第21回東北理学療法士学会抄録集・プログラム集, (2003)46
- 22) 見木太郎, 廣瀬秀行: 臨床現場で使用できる姿勢計測器の開発, 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究紀要, **28**(2007)73