

最適車椅子設計支援のための、ステレオカメラを用いた、 座面簡易3次元計測システムの開発

半田隆志*¹ 本多春樹*²

Development of the Wheelchair Support Surface Measurement System for Suitable Wheelchair Designing by using the Stereo Camera

HANDA Takashi*¹, HONDA Haruki*²

抄録

国際規格「ISO16840-1」は、「車椅子座面」及び「車椅子使用者の身体」の「計測ルール」を規定している。距離センサ内蔵RGBカメラであるMicrosoft社製Kinectを用いて、この計測ルールに従って、臨床で安価かつ容易に車椅子座面を計測できるシステムを開発した。特に、画像処理機能の実装により、座面に貼付したマーカの3次元座標を追跡可能としたことで、リアルタイム計測が可能となった。本システムの、マーカ追跡機能の計測誤差は16mm以下であり、本用途において実用上許容範囲内の精度であった。

キーワード：最適車椅子，設計支援，座面計測，3次元，ステレオカメラ

1 はじめに

1日の大半を車椅子上で過ごす障害者や高齢者にとって、車椅子と身体の適合（車いすが、身体形状に合っているか否か等）に注意を払うことは重要である。なぜならば、これの不適合は、褥瘡、身体変形、上肢機能や内蔵機能および呼吸機能の低下、生活意欲の低下等¹⁾の、重篤な2次障害をもたらす可能性があるからである。また、2次障害発症による医療費の増大も問題となっている。そのため、「身体に適合した車いすを処方すること」が推奨されている。

これまで、車椅子と身体の適合の評価は、定性的なものが多かった²⁾。しかし、ISO（国際標準化機構）によって、「車椅子座面（もしくは座位保持装置の身体接触面）」及び「車椅子使用者の身体」の「計測ルール」が、ISO16840-1³⁾として

規格化されるなど、定量的な評価の必要性への認識が高まってきている。

当センターでは、これまでに、車椅子使用者の身体を、臨床で簡便に計測する機器を開発してきた^{4), 5)}。そして、これらを使用した、臨床や研究での身体計測例は増えてきている^{6), 7), 8)}。そこで、本研究では、車椅子座面を臨床で安価かつ容易に計測できるシステムを新規に開発することを目的とした。

2 開発方法及び実験方法

2.1 ISO16840-1 について

国際規格である ISO16840-1 では、「車椅子座面の計測ルール」について、主に以下のことが決められている。

- ・車椅子を、正面、横、上の、3つの2次元平面に投影して考えること
- ・車椅子を、座面やバックサポートなど、部分に分けて考えること

*¹ 技術支援室 戦略プロジェクト推進担当

*² 事業化支援室 製品開発支援担当

- ・車椅子各部分について、それぞれの寸法、相対的位置関係（距離）、傾斜角度を計測すること

本研究では、この ISO16840-1 に従って、車椅子各部分の寸法等を定量化できるシステムを開発することとした。

2.2 座面簡易3次元計測システムの開発

当センターでは、これまでに、2枚の静止画像を元に、DLT法⁹⁾によって対象物の3次元座標を算出するシステムを開発してきた¹⁰⁾。しかし、このシステムには、「2枚の画像に共通して写る、座標が既知の点（コントロールポイント）をユーザーが事前に指定する必要がある」、「動的に計測ができない」等の問題があった。一方、近年、上述の問題が無く、3次元計測が可能で、かつ安価な、距離センサ内蔵RGBカメラが市販されてきた。そこで、本研究では、このカメラのうちMicrosoft社製「Kinect」及びその後継機種である「Kinect v2」を用いることとした。そして、Visual C# .NET言語にて、Kinect for windows SDK（Microsoft社が公式に配布している Software Development Kit）を使用してアプリケーションソフトウェアを開発した。この概要（動作手順）を以下に示した。

1. KinectのRGBカメラを起動し、インタフェース画面上に、画像を表示させる
2. Kinectの距離センサを起動し、RGBカメラで得た情報に奥行き情報を追加する
3. RGBカメラ座標系と距離センサ座標系をプログラム上で重ね合わせる
4. ユーザーが、規定の順番で、インタフェース画面上の規定箇所を、マウスでポインティングする
5. ユーザーがポインティングした箇所の3次元座標値をプログラム内に保持し、それを元に、ISO16840-1に従った2次元平面上での寸法や傾斜角度を算出する

2.3 マーカ追跡機能の開発と実装

「2.2 座面簡易3次元計測システムの開発」で開発したシステムでは、ユーザーが、インタフェ

ース画面上の規定箇所を、マウスでポインティングする必要があった。そのため、リアルタイムでの計測は不可能であり、例えば本システムを用いて、車椅子バックサポート傾斜角度の微調整をする際などに、煩わしさがあった。そこで、画像処理により、指定した「マーカ」の中心座標をリアルタイムに追跡できる機能を開発した。これにより、マーカを車椅子の規定箇所に貼付することで、ISO16840-1の規定する計測を、リアルタイムに実施できるようになった。開発は、Open CV Sharp（コンピュータビジョン向けライブラリであるOpen CVを、NET Frameworkから利用するためのクロスプラットフォームで動作するラッパー）の画像処理機能を利用して、図1に示す手順で実施した（囲み枠内が、画像処理部分）。



図1 開発したマーカ追跡機能¹¹⁾

2.4 マーカ追跡機能の精度評価

「2.3 マーカ追跡機能の開発と実装」で開発した機能について、その計測精度を評価した。計測対象（ターゲット）は、150mm間隔で格子状にマーカを取り付けた平板とした。このターゲットを図2に示した。そして、ターゲットから1400mm、1550mm、1750mmの距離にKinect V2を設置し、ターゲット上の各マーカ中心の3次元座

標値を計測した。その計測結果を、市販の光学式モーションキャプチャシステムである Motion Analysis社製「MAC3D System」で計測した結果と比較した。

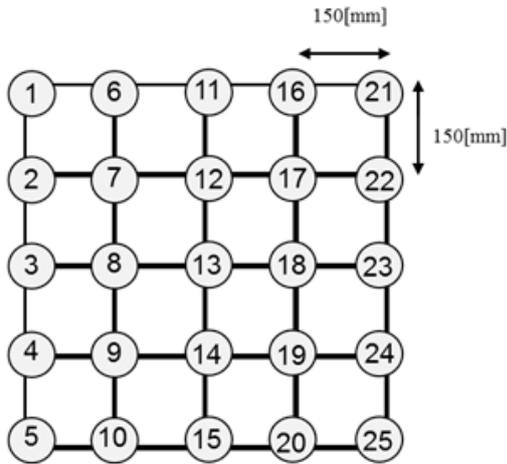


図2 精度評価の計測対象

3 結果及び考察

3.1 座面簡易3次元計測システムについて

開発した座面簡易3次元計測システムの全体像を図3に、開発したアプリケーションソフトウェアのインターフェース画面を図4に示した。

本システムでは、ユーザーが、規定の順番で、インターフェース画面上の規定箇所をマウスでポインティングすることで、車椅子座面の傾斜角度等が自動的に算出され、インターフェース画面上右側に一覧表示されるようになった。

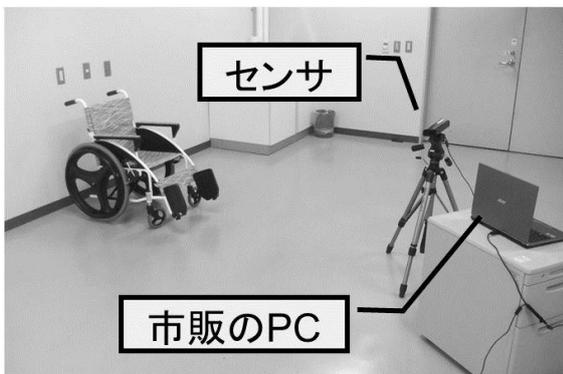


図3 開発したシステムの全体像



図4 開発したアプリケーションソフトウェアのインターフェース画面

3.2 マーカ追跡機能について

図1に示した手順により、計算機上にて、指定したHSV（色相、彩度および明度）の物体を動的に追跡し、その中心の3座標値をリアルタイムに算出する機能が開発できた。この機能により、ボールを追跡して3次元座標値を計測している様子を、図5に示した。

この機能を、「2.2 座面簡易3次元計測システムの開発」で開発したアプリケーションソフトウェアに組み込むことで、「座面に貼付したマーカの3次元座標値を元に、ISO16840-1に従って車椅子各部の寸法や傾斜角度をリアルタイムに計測できるシステム」の概要が完成した。



図5 マーカ追跡機能の様子

3.3 マーカ追跡機能の精度評価の結果

本システムで計測した25個のマーカの3次元座標値を、光学式モーションキャプチャシステムで計測した3次元座標値と、それぞれ比較した。その差の最大値を、表1に示した。

表 1 計測の差の、最大値 (単位 : mm)

	X 座標	Y 座標	Z 座標
1400mm 地点	9	8	16
1550mm 地点	15	10	17
1750mm 地点	6	18	19

車椅子座面計測において要求される精度については、知る限り存在しない。専門家とのディスカッションから、「10mm以下もしくは20mm以下の誤差」が、望ましい精度の目安と考えられた。本システムでは、特に距離が1400mmにおける計測にて、X座標及びY座標について、「10mm以下の誤差」を達成した。しかし、Z方向（奥行き方向）には、相対的に大きな誤差が生じていた。この原因の1つは、Kinect v2の計測方式（Time Of Flight方式）に由来する可能性があり、その場合は、根本的な解決は困難であるが、計測方法の工夫（複数のKinectを用いた、複数方向からの計測等）により、解決できる可能性が考えられた。

4 まとめ

本研究では、市販の安価な距離センサ内蔵RGBカメラ「Kinect」及び「Kinect v2」を用いて、ISO16840-1に従って、車椅子座面の計測を可能にするシステムを開発した。本システムのマーカ追跡機能の精度評価を実施したところ、計測誤差は16mm以下であり、本用途において実用上許容範囲内の精度であった。本システムにより、臨床の現場では、車椅子座面と車椅子使用者の適合の定量的評価が、比較的簡便に実施できるようになると考えられた。また、車椅子製作の現場では、開発の効率化につながるものが想定された。ただし、特に奥行き方向に相対的に大きな誤差があり、これの低減が、今後の課題であった。

謝辞

本研究を進めるに当たり、貴重な御助言をいただきました芝浦工業大学米田隆志副学長に感謝致します。また、本システムの開発に多大な協力をいただきました、上記米田研究室の猪山花穂氏に深謝致します。

参考文献

- 1) Zacharkow D. : Wheelchair posture and pressure sores, C.C. Thomas Publisher, (1984) 14
- 2) 廣瀬秀行, 木之瀬隆 : 高齢者のシーティング, 三輪書店, (2006) 30
- 3) ISO: 16840-1: Vocabulary, reference axis convention and measures for body segments, posture and postural support surfaces, (2006)
- 4) 半田隆志, 廣瀬秀行 : ISO16840-1 の臨床応用を可能にする座位姿勢計測ソフトウェアの開発, 日本生活支援工学会, **10**, 2(2010) 27
- 5) 半田隆志, 見木太郎他 : デジタル式座位姿勢計測器の開発と評価, 日本生活支援工学会, **11**, 1(2011) 34
- 6) Waugh K. and Crane B.: Measuring Wheelchair Seated Posture and Seating Supports: A Practicum, 29th International Seating Symposium Pre-Conference, (2013)
- 7) Yokoyama E. Tsuji Y. et. Al.: Pelvic Inclination Angle and Autonomic Nervous Activity While Seated in a Wheelchair: Using the Seated Posture Measurement Method, International Nursing Research Congress (2014) 34
- 8) 植田拓也, 柴喜崇他 : 新しい脊柱後彎の定量的測定方法の提案 - 小型ジャイロセンサを用いた測定の再現性および妥当性の検討, 一理学療法学, **41**, 6(2014) 331
- 9) Abdel-Aziz Y I. and Karara H M. Al.: Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry, Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry (1971) 1
- 10) 半田隆志, 廣瀬秀行 : シーティング機器の開発 (2), 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **7**, (2009) 14
- 11) 猪山花穂 : 人工膝関節置換術用骨指標推計システムの開発, 芝浦工業大学卒業論文, (2014) 2