

## 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 (2)

半田隆志\*<sup>1</sup> 本多春樹\*<sup>2</sup>

### Development of the Wheelchair Support Surface Measurement System for Suitable Wheelchair Designing by using the Stereo Camera (2nd report)

HANDA Takashi\*<sup>1</sup>, HONDA Haruki\*<sup>2</sup>

#### 抄録

使用者の身体に適した車椅子の設計を支援するため、車椅子座面を、国際規格「ISO16840-1」に従って、簡便に計測できるシステムを開発した。本システムは、距離センサ内蔵RGBカメラと、座面上に配置したマーカの3次元座標を追跡可能にした画像分析ソフトウェアから成る。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。試作の完成後は、県内外の企業や国内外の研究機関、大学、医療福祉施設等と、商品化に向けた検討や意見交換およびシステムの改良をおこなった。あわせて、本システムの市場性調査や広報にも注力した。

キーワード：最適車椅子，設計支援，座面計測，距離センサ内蔵RGBカメラ，画像分析

#### 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（車椅子が、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<sup>1)</sup>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、「身体に適合した車椅子を処方すること」が推奨されている。

これまで、車椅子と身体の適合性は、定性的に評価されることが多かった<sup>2)</sup>。しかし、ISO（国際標準化機構）によって、「車椅子使用者の身体」及び「車椅子座面（もしくは座位保持装置の

身体接触面）」の「計測ルール」が、ISO16840-1<sup>3)</sup>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、企業、研究機関、大学、医療福祉施設等と協力して、「車椅子使用者の身体」を簡便に計測できる機器を開発・実用化<sup>4), 5)</sup>してきた。その結果、臨床や研究における身体の計測例は増えてきた<sup>6)~8)</sup>。一方、「車椅子座面」については、これをISO16840-1に従って簡便に計測できる機器は、これまで、知る限り世界的に存在しなかった。そこで、当センターでは、2014年度から、車椅子座面をISO16840-1に従って簡便に計測できるシステムを開発してきた。基本的な機能は、2014年度中に完成したため、2015年度は、商品化のための連携体構築と、システムの改良に取り組んだ。あわせて、商品化を成功させるために、本システムの市場性調査や広報、さらなる改良にも注力した。

\*<sup>1</sup> 技術支援室 戦略プロジェクト推進担当

\*<sup>2</sup> 事業化支援室（現 技術支援室）

## 2 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、3 つの 2 次元平面（正面、横、上）に投影して考えること
- ・車椅子を、その座面やバックサポートなど、各部分に分けて、それぞれ検討すること
- ・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<sup>9)</sup>

当センターでは、これまでに、2枚の静止画像を元に、DLT法<sup>10)</sup>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<sup>11)</sup>。しかし、近年、安価かつ容易な3次元計測を可能にする距離センサ内蔵RGBカメラが市販されてきたことから、2014年度から、このカメラを応用したシステムを開発することとした。本システムにおいて、距離センサ内蔵RGBカメラは、Microsoft社製「Kinect v2」を用いることとし、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。

### 2.3 マーカ追跡機能の開発と精度評価<sup>9), 12)</sup>

「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が規定する計測を、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実施した。

マーカ追跡機能の開発と実装の後、こ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。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<sup>12)</sup>。

### 2.4 商品化に向けて

以上の基本的な機能は、2014 年度中に完成したため、2015 年度は、商品化のための連携構築と、システムの改良に取り組んだ。また、商品化を成功させるためには、事前の入念な市場性調査と、学会等を通じた広報および、それらで得た意見を基にしたシステムのさらなる改良も必要である。そこで、これらも積極的に実施した。

## 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<sup>9)</sup>

開発した座面簡易3次元計測システムの全体像を次頁図1に、開発したアプリケーションソフトウェアのインタフェース画面を次頁図2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、インタフェース画面上右側に一覧表示されるようになった。

### 3.2 マーカ追跡機能について<sup>12)</sup>

「2.3 マーカ追跡機能の開発と精度評価」に示した方法により、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、



図1 開発したシステムの全体像<sup>9)</sup>



図2 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<sup>9)</sup>



図3 マーカ追跡機能の様子<sup>9), 12)</sup>

その中心の3次元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3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

表1 計測の差の、最大値 (単位: mm)<sup>12)</sup>

	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

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。

本システムの、マーカ追跡機能の精度を評価するため、本システムで計測した25個のマーカの3次元座標値と、光学式モーションキャプチャシステムで計測した3次元座標値を、それぞれ比較し、その差の最大値を求めたところ、表1のとおりであった。車椅子座面計測においては、専門家とのディスカッションから、望ましい精度の目安は「10mm以下もしくは20mm以下の誤差」と考えられたが、表1のとおり、本システムでは、特に距離が1400mmにおける計測にて、X、Y、Zのいずれの座標方向においても、誤差は16mm以下であった。以上より、本システムは、本用途において、実用上許容範囲内の精度であることがわかった。

### 3.3 商品化に向けての活動

商品化のための連携体の構築を図ったところ、企業 A および研究機関 B が協力してくれることとなった。企業 A は、医療機器の販売実績もあり、本システムの商品化を達成する意思と能力を有している。また、研究機関 B は、主に、医療専門職としての立場からの製品評価を担当してくれることとなった。これら機関と協力し、システムの改良に取り組んだ。

また、商品化を成功させるため、事前の入念な市場性調査と、学会会議等を通じた広報も積極的に実施した。特に、著者は、ISO/TC173/SC1 のエキスパートおよび ISO/TC173 国内検討委員会（経済産業省委託事業）の委員を拝命していることから、5月（コペンハーゲン）、10月（所沢市）、2月（バンクーバ）の ISO 会議の場を活用して、国内外の専門家と、本システムのさらなる

改良のための意見交換と広報を実施した。同様に、著者が委員を拝命している、ロボット介護機器標準化委員会や JIS T 9203 改正に関する JIS 開発委員会等の委員である専門家、また本研究開発分野に関連する財団および韓国の研究機関とも意見交換をおこなった。その結果、本システムは有用であるとの感触を得るとともに、さらなる改良のための有益な意見も得られた。これら意見を基に、本システムのさらなる改良をおこなった。なお、ISO 委員でもある複数の米国大学教授らが、本システムに強い関心を示したことから、彼らも、アドバイザーとして、商品化に協力してくれることとなった。今後も、このような活動を積み重ねて、入念な市場性調査と、学術会議等を通じた広報を継続した上で、本システムをさらに改良し、2016 年度中には、商品化を達成したいと考えている。

なお、本システムは、車椅子座面の計測のみならず、様々な用途への応用が可能である。県内企業 C は、本システムの手術関連用途への応用に強い関心を持っていることから、この企業 C および前述の企業 A、さらには病院機構 D と協力して、医療用途への応用も検討した。これについても、早期の商品化を達成したいと考えている。

#### 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 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。試作の完成後は、県内外の企業や国内外の研究機関、大学、医療福祉施設等と、商品化に向けた検討や意見交換およびシステムの改良を進めた。あわせて、本システムの市場性調査や広報にも注力した。

#### 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, 29<sup>th</sup> 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) 半田隆志, 本多春樹: 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, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **13**, (2015)
- 10) 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
- 11) 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
- 12) 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