

車いす座位時の脊椎形状表示に関する研究 ～脊椎モデル重ね合わせシステムの開発～

A Study on Spinal Shape Display in Seating Posture on a Wheelchair

～Development of the system superimposed spine model～

○ 黄木剛正, 花房昭彦 (芝浦工業大学),

池田知純 (職業能力開発総合大学 機械システム工学科),

鈴木直樹, 服部麻木 (東京慈恵会医科大学 高次元医用画像工学研究所)

Kousei Ouki, Akihiko HANAFUSA, Shibaura Institute of Technology,

Tomozumi Ikeda, Department of Mechanical System Engineering, Polytechnic University

Naoki SUZUKI, Asaki HATTORI, Institute for High Dimensional Medical Imaging Jikei University School of Medicine

Abstract: Seated posture on the wheelchair is important as it may affect motor performance and cause swallowing and respiratory problems and develop a pressure sore. One of evaluation indicators of posture is the shape of spinal curve. However, as it is impossible to measure the shape directly during the patients are seated, a system that can visualize the spinal shape of the subject without using an expensive device is under development. Co-ordinates of markers on calibration board are measured using stereo camera and MAC-3D motion analysis system and transformed to the same calibration board co-ordinates and transformation matrices to convert from MAC-3D system to camera co-ordinates were obtained. The standard deviations of error were 18, 17 and 13 [mm] in x , y and z direction. Finally, 14 markers were set on the subject and motion of forward and backward bending, left and right lateral bending and turning were measured by MAC-3D system. Three dimensional spinal shapes were generated by the system using the position of markers and by transforming the co-ordinate to the camera co-ordinate, the spine shapes were superimposed to the view of the camera.

Key Words: Wheelchair, Spinal shape, 3D motion analysis system

1. 序論

車いす上の座位姿勢に問題があると、車いすがこぎにくくなり、自発的な活動が抑制されるだけでなく、特に自力で姿勢を動かさない対象者では褥瘡の発生、嚥下や呼吸が行いにくくなるといった問題が生じる場合がある。このため、近年車いす上の対象者の座位姿勢がますます重要視されるようになってきており、アクティブ・バランス・シーティング⁽¹⁾、キャスパーアプローチ⁽²⁾など様々な考え方が提唱されるようになってきている。姿勢の良否は外観の観察、体の各部位の傾き計測(ISO16840)などによって行われてきた⁽³⁻⁵⁾。また、姿勢評価の指標の一つとして、対象者の脊椎形状が挙げられるが、車いす座位時の脊椎姿勢の直接的な計測、観察は困難である。

本研究では、大掛かりな装置を使わず、簡易に対象者の脊椎形状を可視化可能なシステムの開発を目的とする。本報告では、カメラ2台を用いた三次元座標計測と三次元動作解析装置を用いてデータの比較を行った結果、被験者に設置したマーカーの位置情報から脊椎の骨格モデルを重ね合わせた結果について述べる。

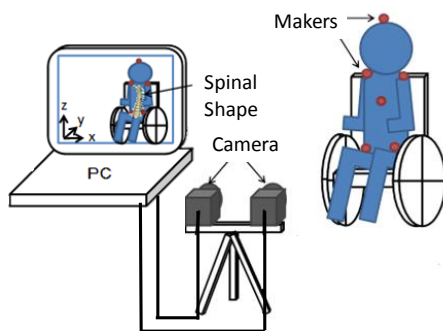


Fig.1 System configuration

2. システム構成

2台のカメラを用いて人体に貼ったマーカーの三次元座標を求め、脊椎位置形状と角度や向きの推定を行い、推定した脊椎形状をカメラの画像と重ね合わせ、座位保持装置を使用した時などの脊椎形状の向きや傾きの角度などを表示する(Fig.1).

3. 三次元座標計測システム

3.1 計測実験

計測には DFK 61BUC02(Imaging Source 社)のカメラと H6X8-1.0-II(Spacecom 社)のレンズを2台ずつ使用し、カメラ設定はフォーカス(2)・ズーム(8)・アイリス(4)と2台とも同じ値に設定した。

カメラから約2000[mm]の場所にキャリブレーションボード(以下ボード)を設置し、ボードの四隅にマーカー(半径10[mm])を設置(Fig.2)、元の設置場所から後方へ900[mm]まで100[mm]間隔で計測を行った。

また、被験者1名に頭頂、肩峰、剣状突起、肋骨下端、腸骨稜、胸椎と腰椎の棘突起(6個)の計18個のマーカー(半径10[mm])を各部位に設置し(Fig.3)、座位時の前屈、後屈、側屈、旋回を行った時の動作をカメラと三次元動作解析装置 MAC 3D System(Motion Analysis 社)を用いて計測した。被験者には文章によるインフォームドコンセントを得た。

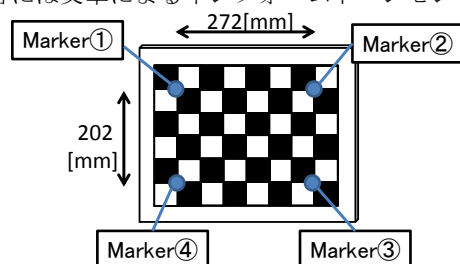


Fig.2 Position of markers set on calibration board

Table1 Error of distance between coordinates obtained by stereo method and MAC3D

	Marker Position	Stereo method			MAC 3D			Error		
		Xb'	Yb'	Zb'	Xb	Yb	Zb	Xd	Yd	Zd
Distance at 0[mm]	①	-25	-18	-3	0	0	0	25	18	3
	②	-52	-263	-1	0	-271	2	52	-8	2
	③	-22	-268	-189	1	-274	-202	-23	-6	-3
	④	-1	-20	-194	0	-1	-206	1	19	-8
Distances 0~900[mm]	Standard deviation							18	17	13

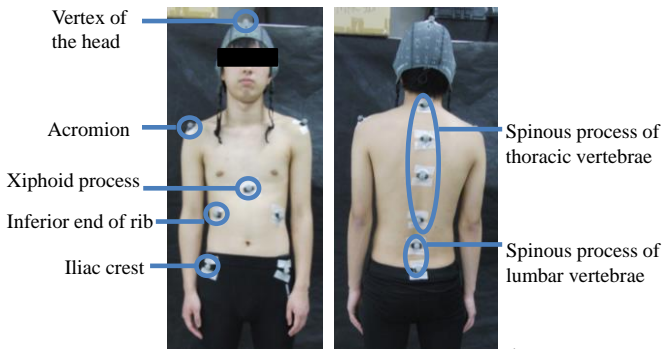


Fig.3 Markers set on the human body

3.2 座標変換

透視投影モデル(Fig.4)を用いてボードからカメラまでの座標変換を行う。まず Zc をステレオ法の距離計測の式から求める。

$$Zc = \frac{fL}{K} \times \frac{1}{d} - f \quad \dots(1)$$

式(1)のピクセル値変換定数 K と焦点距離 f は、計測した距離データ[mm]と左右カメラの視差[pixel]から算出を行う。距離データと視差の逆数を取ることで直線近似が可能になり、式(2)の関係が得られた。

$$Zc = 15.306 \times 10^5 \times \frac{1}{d} - 23.606 \times 10^2 \quad \dots(2)$$

式(2)と式(1)にカメラ間距離 L=400[mm]を代入することで、焦点距離 f と定数 K が算出できる。以上の関係式より Zc を求めた。

透視投影モデルから、画像座標(u,v)と焦点距離 f、距離 Zc を用いて正規化画像座標(xc,yc)を算出し、カメラ座標(Xc,Yc,Zc)と MAC3D 座標系によるワールド座標(Xw,Yw,Zw)のベクトルから回転行列 R と平行移動行列 T を算出する。最後にカメラ座標に回転行列と平行行列を用いてワールド座標を算出し比較する。

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix} = RT \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots(3)$$

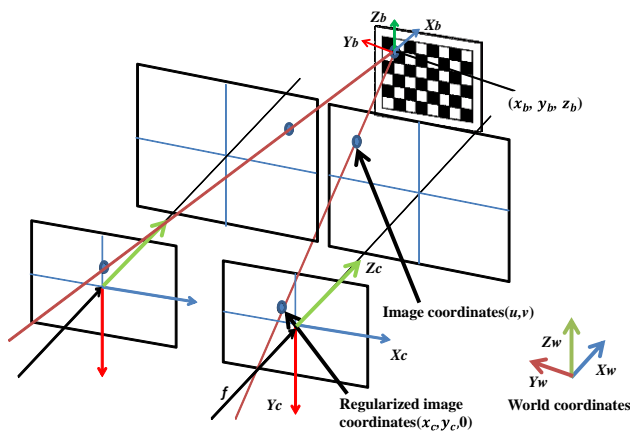


Fig.4 Coordinate system of stereo method

3.3 結果・考察

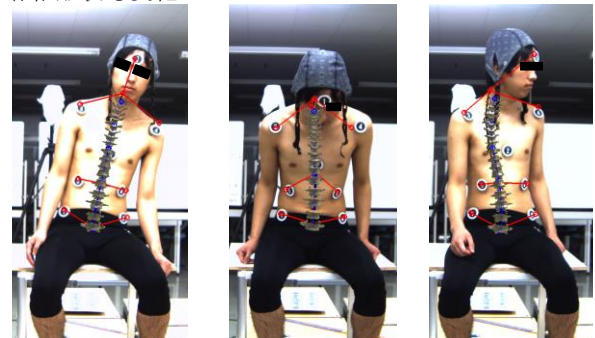
MAC 3D System の三次元座標に対して、ステレオ法にて算出したマーカーの三次元座標との差を Table1 に示す。

距離 0[mm]の時、ステレオ法による三次元座標と MAC3D の三次元座標の誤差は最大で X=52[mm], Y=19[mm], Z=-8[mm]となった。また、距離 0~900[mm]まで 100[mm]毎に移動したときの全体の誤差の標準偏差は X=18[mm], Y=17[mm], Z=13[mm]となった。

誤差が生じた原因のひとつとして、今回使用した画像はレンズの歪み補正を考慮していなかったことが考えられる。

4. 脊椎モデル重ね合わせ

座標変換より算出した座標で MAC3D の座標空間におけるカメラの位置を取得し、被験者の棘突起マーカー情報から三次元脊椎モデルを生成し、カメラ座標に変換して撮影した画像上に重ね合わせて表示が行えるようにした。側屈、旋回、前屈の例を Fig.5 に示す。体幹の動きに追従して脊椎形状も変化していた。



(1)Leftward bending (2) Forward bending (3)Leftward turn

Fig.5 Superimposed 3D spine model

5. まとめ

キャリブレーションボードを使ったステレオ法による座標変換を用いて三次元座標を算出し、MAC3D の三次元座標との誤差を求めた。また、座標変換の際に算出したカメラ座標と被験者のマーカー情報を用いて撮影した画像に脊椎モデルの重ね合わせを行えるシステムの開発を行った。今後の課題は、誤差を減らすことと、被験者を前方から撮影した際に取得できるマーカー情報だけで脊椎の位置を推定できる手法の検討を行う必要がある。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C)課題番号 22500515 の助成による。

参考文献

- 塚田敦史 他, "特集「アクティブ・バランス・シーティング」", リハビリテーションエンジニアリング, Vol.22, No.1, pp.1-51, 2007.
- 村上潤, "生活を豊かにするための姿づくり 障害の重い人々へのキャスパー・アプローチによる挑戦", ジアース教育新社, 2011.
- 半田隆志 他, "ISO16480-1 の胸部脊椎側彎計測への応用可能性", ライフサポート, Vol.23, No.1, pp.19-25, 2011.
- 岡和宏, "座面傾斜による人間の座姿勢の評価に関する研究", 三重大学, 2008
- 白田梨奈 他, "スパイナルマウスを用いた青年期の立位姿勢の評価" Yamanashi Nursing Journal Vol.5 No.2, 2007