

単一の計測ヘッドで足の全体形状計測を行う三次元足型自動計測機*

藤田日出人[†]・福本 晋平[†]・吉田 博明[†]・若杉 友美[†]・蚊野 浩[†]

A 3D Foot Scanning System with a Sensor Head Guided around the Foot*

Hideto FUJITA[†], Shinpei FUKUMOTO[†], Hiroaki YOSHIDA[†], Yumi WAKASUGI and Hiroshi KANO[†]

A 3D foot scanning system with a sensor head guided around the foot and a mirror settled below the bottom of foot has been developed. This system measures all of the foot parts below the ankle in 13 seconds. A 3-dimensional path for the sensor head is achieved by using a stereo camera above the sensor head in an off-line process. The shape of the foot obtained from the sensor head and the 3D path of the sensor head are merged, and the entire shape of the foot is re-constructed in an on-line process. These processes make it possible to freely design the path of the sensor head and the optimized path for the foot shape. The accuracy of the foot scanning system is ± 1.0 mm for the foot length and ± 1.5 mm for the foot perimeter.

1. はじめに

家庭用のゲーム機でも 3D 表示が当然となり, リアルな 3次元 CG 作成のために, 身体形状計測身体動作計測も当然のこととして行われている. また, 人にやさしい製品設計を目的とした人間工学分野での全身形状計測, 手足などの身体パーツ計測も行われている [1]. これらの用途では計測に対しコストをかけることが可能であり, ブルーバックなど特殊な環境を準備すること, 大型・高価な計測機を利用すること, 計測操作に熟練した担当者を配置することも可能である.

一方, メガネや靴, 服飾などの分野でも, パーソナルフィットへの要求から, 顧客ごとの身体形状計測のニーズが高まっている [2,3]. これらの用途では, 計測のコストが直接最終製品の価格に影響するため低コストでの計測が望まれる. また, 各店舗への設置が望まれるため, 小型・低価格で操作の容易な計測機が必要である.

筆者らは, 2段階の能動ステレオを用い, 計測ヘッドを手持ちで操作することで自由な位置から被計測物を観察するハンドヘルド型 3次元形状計測機の開発を行ってきた [4,5]. この計測機を用いれば, 1台の測定ヘッドにより, 計測物の全体形状を計測することが可能である.

* 原稿受付 2003年10月9日

[†] 三洋電機(株) Sanyo Electric Co.,Ltd.; 1-18-13 Hashiridani, Hirakata, Osaka 573-8534, JAPAN

Key Words: stereo vision, three dimensional measurement, laser scanner, foot.

この測定ヘッドを, 足の周りを囲むように配置した長円形のレール上で自走させる [6]. これに足底側に配置したミラーを組み合わせることで, 足裏を含む足首から下を約 13秒で計測する三次元足型自動計測機を開発した. Fig. 1に装置の全体写真を示す. 以下, 2章で従来技術

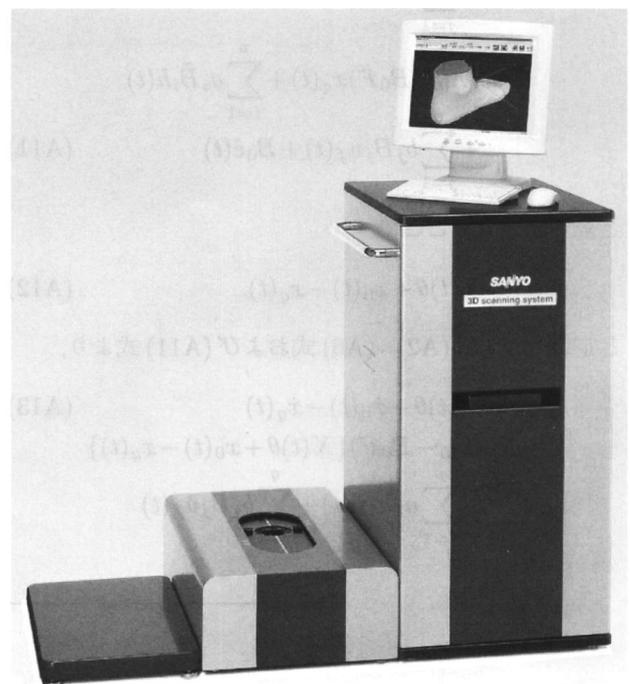


Fig. 1 External view of the foot scanning system

について述べ、3章で本装置の計測原理と鏡による足裏計測を説明する。4章で本装置による計測例と本装置の長所、計測精度に関する実験データを示し、5章でまとめを行う。

2. 従来技術

人間の全身や、顔・手・足などの身体パーツの形状を短時間に精度良く計測する手法として、特定の光パターンを照射し、被計測物上の光像を画像センサで観察する能動ステレオ法が一般的に用いられている。足形状計測においても、画像を用いた装置が開発されており、足全体の形状を計測するために複数のセンサを用いるものが一般的である。

たとえば、福岡[7]は、能動ステレオレーザ距離計を使用し、足の立体形状を約15秒で計測する装置を開発した。この装置では、足裏を含む足の全体形状を計測するために12個の3Dセンサを使用しており、装置が大型化している。山崎ら[8]は、赤外レーザ光の回折により多数のスポット光を物体表面に投光するファイバグレイティング形状センサを用いた足部形状計測装置を開発した。ファイバグレイティング形状センサにより、短焦点で広範囲の計測が可能になっているが、足全体の形状を得るために、3台の3Dセンサと、2方向からの足の輪郭線を得るための2台のCCDカメラを必要としている。持丸ら[9]は、8個のカメラと4個のレーザを足側面に沿って直線運動させる足形状計測装置を開発した。機構面の工夫により比較的コンパクトにまとまっているが、足側方からの計測となるため、つま先、踵部において計測密度が低下する問題がある。

3. 装置構成と計測原理

3.1 装置構成

本装置はFig. 2ならびにFig. 3に示すように、被計測物の周りを囲むように配置されたレールと計測ヘッドを有するスキャナ部、計測ヘッドの位置決めを行うステレオカメラ部、および演算処理部(PC)で構成される。

スキャナ部のレールは、足の形状に合わせ半径175mmの半円と直線を組み合わせた小判状になっている。計測ヘッドはステッピングモータによりレール上を自走する構造になっている。足裏部の形状を同時に計測するため、鏡を設置し、鏡の上34mmの位置に設置したガラスの上に足を置く構造になっている。ガラスの厚みは5mmである。

演算処理部は、イメージキャプチャボード(NTSC, 320×240pixels, 30frame/s)をアドオンしたパソコンであり、すべての処理はソフトウェアで実行される。

3.2 計測ヘッド

計測ヘッドは、Fig. 4に示すように、スリット光を照射するレーザ光源(波長635nm)とビデオカメラ(NTSC・白黒)を内蔵し、筐体上面に6個のLEDマーカを持

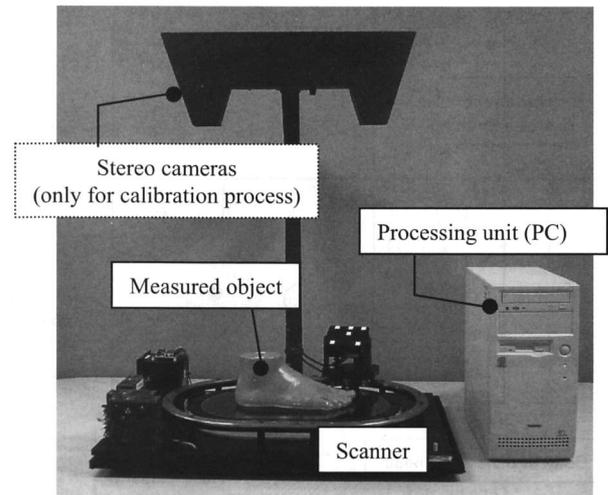


Fig. 2 System construction

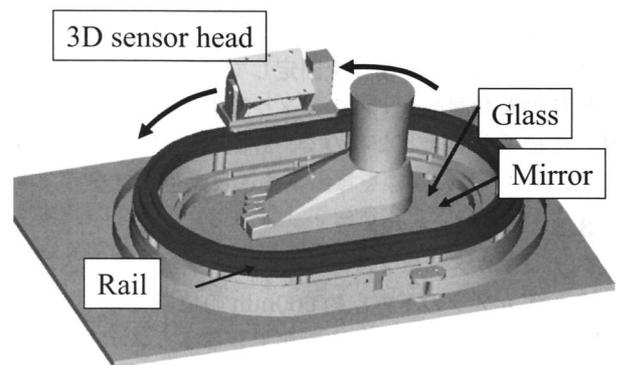


Fig. 3 Scanner mechanism

Table 1 Specification of PC

CPU	Celeron*633[MHz]
Main Memory	128MB
OS	Windows98SE, 2000**

*Celeron は、米国 Intel 社の登録商標

**Windows98SE, Windows2000 は、米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標

つ。計測ヘッドの位置・方向を決めるには3個のLEDマーカで十分であるが、計測精度を向上させるため6個のLEDを図のように配置した。カメラレンズ前面には、環境光の影響を小さくしスリット光の抽出を容易にするため、赤色透過フィルタを取り付けた。

計測ヘッド内のカメラはTsaiの方法で校正した[10]。校正パターンとして、9×9個の赤色LEDを8mm間隔の格子状に平面に配置したものをを用いた。Tsai校正により、カメラの内部パラメータと同時に、校正パターンと計測ヘッド内のカメラ座標系(計測ヘッド中心の座標系)の関係を外部パラメータ(基準となる座標系でのカメラの位置と姿勢)として得ることができる。

Tsai校正を行う際には、校正時の校正パターンと計測

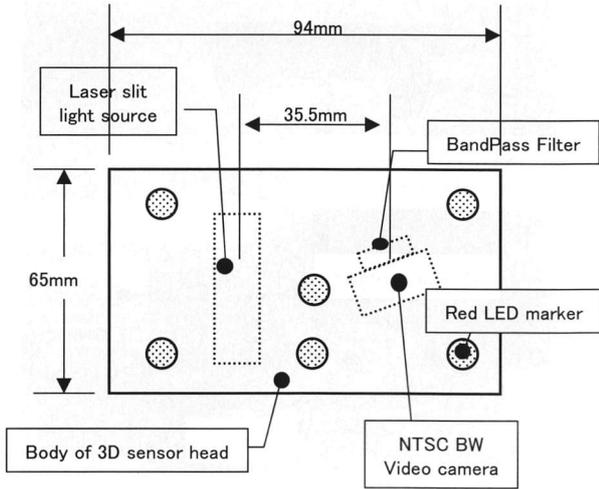


Fig. 4 Sensor head

ヘッド筐体の位置関係が一定・既知となるように、治具を用いて計測ヘッド筐体を固定している。校正パターンの座標系が計測ヘッド内のカメラ座標系と計測ヘッド筐体の座標系と共通となるので、計測ヘッド中心の座標系でLEDマーカの座標を算出することが可能となる。

3.3 ステレオカメラ

ステレオカメラは2台のビデオカメラから構成される。ステレオカメラの下方、約600mmの位置でレール上の計測ヘッドの位置・姿勢を計測できるようステレオカメラの基線長を364mmとし、両カメラの輻輳角を36度に設定した。カメラレンズ前面に、LEDマーカを安定に抽出するためのフィルタを取り付けた。ステレオカメラの校正は、Tsaiの方法で2台のカメラを同時に校正することで行う。このステレオカメラは装置の製作時のみ使用し、足の計測時には不要である。

3.4 計測原理

計測の原理は、筆者らが開発したハンドヘルド型3次元形状計測装置に準ずる [5]。三次元足型自動計測機のために改良した手順を中心に説明する。

計測ヘッド中心の3次元座標系で、Fig. 5のM点の座標が $M_c = [x_c, y_c, z_c]^T$ と計測されたとする ($[]^T$ は転置を表す)。ここで、計測ヘッド中心の座標系とは、計測ヘッドに内蔵されたカメラの光学中心を原点とし、その光軸方向をz軸、撮像素子の水平方向をx軸、垂直方向をy軸とする座標系である。一方、被計測物に固定されたワールド座標系として、ステレオカメラの片方のカメラを中心とする3次元座標系を採用する。

計測ヘッド中心の座標系とワールド座標系の位置関係が回転行列 R と並進ベクトル t であるとき、M点のワールド座標 $M_w = [x_w, y_w, z_w]^T$ は (1) 式によって記述することができる。

$$M_w = RM_c + t \tag{1}$$

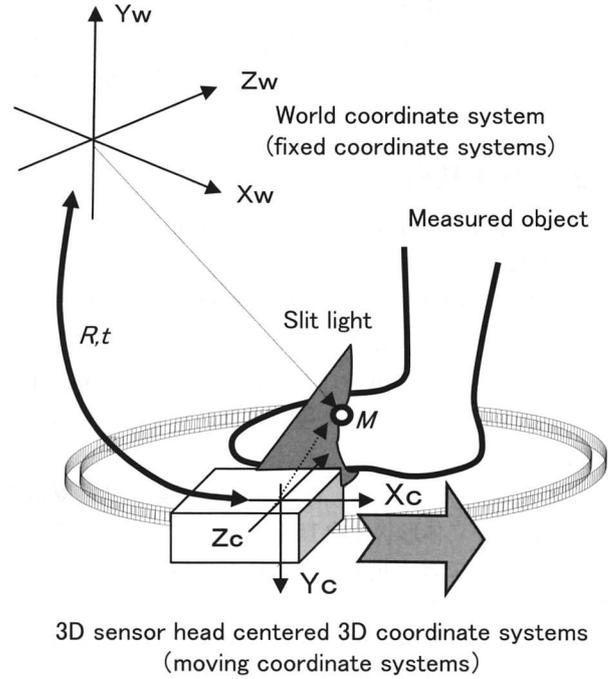


Fig. 5 Sensor head oriented coordination and world coordination

したがって、計測が行われるつど、(1) 式の回転行列 R と並進ベクトル t を求め、座標変換を行うことで被計測物の形状がワールド座標系で統合される。

(1) 式の回転行列 R 、並進行列 t を求めるため、計測ヘッド筐体上面に配置された6個のLEDをステレオカメラにより観察し、3次元的位置を計測する。しかし、この状態では足を計測する際には、被計測者の身体が影となって、計測ヘッドのLEDを観察することができない。そこで本装置では、前処理として、レール上の各ポジションにおける計測ヘッドの3次元位置情報をステレオカメラにより計測し、 R_n, t_n をテーブルデータとして格納する。レール上の移動はステップングモータを利用しており、 n はホームポジションからのステップ数を表す。

計測ヘッド部は、光切断法を用いて3次元計測を行う。計測ヘッド部のカメラの特性を 3×3 行列 A で表し、スリット光が表す平面を計測ヘッド中心の座標系で $ax + by + cz + d = 0$ とする。

被計測物に照射するスリット光をビデオカメラで撮影すると、画像上に明確な輝線が観察される。輝線上のある1点の画像座標を $\tilde{m} = [u, v, 1]^T$ と同次座標で表すと、これに対応する3次元座標 M_c は (2) 式から得ることができる。

$$\begin{aligned} s\tilde{m} &= AM_c \\ ax_c + by_c + cz_c + d &= 0 \end{aligned} \tag{2}$$

ここで s は任意の定数、 A は内部パラメータ行列とよばれ、(3) 式のように記述される。

$$A = \begin{bmatrix} \alpha & \gamma & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

(3) 式で α は画像座標の水平方向のスケール因子, β は垂直方向のスケール因子, γ は画像座標の2軸のなす角度に関係した因子, $[u_0, v_0]$ は画像中心である。

以上の手順をまとめると Fig. 6 のフローチャートになる。校正時には, ステレオカメラにより計測ヘッドの位置と姿勢を求めテーブルに格納する。以降, 被計測物を計測する際にはステレオカメラが不要となり, 以下の処理を, 計測ヘッドがレール上を一周する間, 繰り返し実行している。

- (1) 計測ヘッド部での光切断法(2)式による形状計測。
- (2) 計測ヘッド位置の読み出し (ステップ数 n)
- (3) テーブルより, 計測ヘッドの回転行列 R_n と並進ベクトル t_n を参照。
- (4) 計測ヘッド座標系からワールド座標系への座標変換。

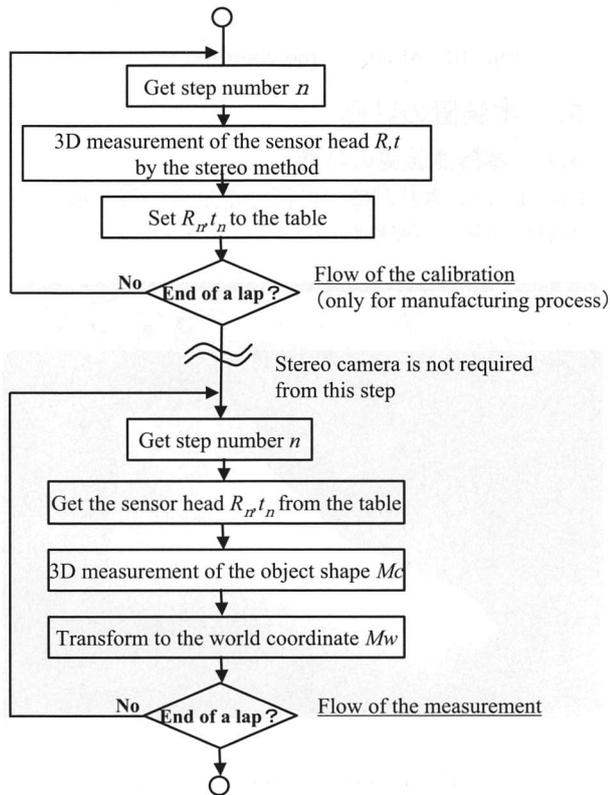


Fig. 6 Modeling flow chart

4. 鏡を用いた足裏計測

3.1 節で述べたように, ガラスと鏡を用いることにより, 1 台の計測ヘッドで被計測物の上面と底面を同時に観察する。Fig. 7 に示すように, ガラスと鏡を用いることにより, 1 台の計測ヘッドで被計測物の上面と底面を同時に観察する。ガラスによる屈折を補正し, 底面側の形状を鏡面に面対称に折り返すことで, 全体の形状が得

られる。したがって屈折補正と鏡面の位置を求めることが必要になる。

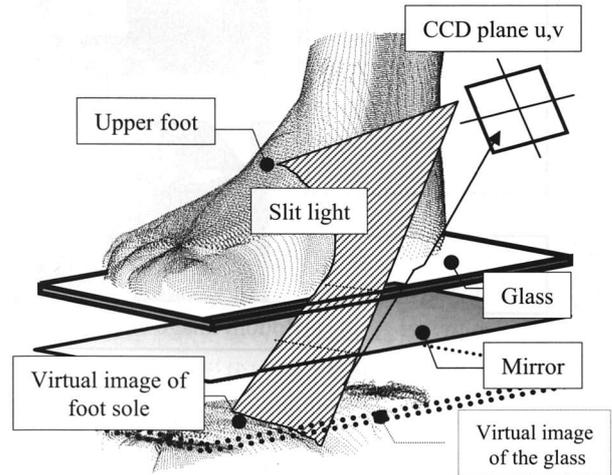


Fig. 7 Foot sole modeling using a mirror

本装置では計測ヘッドはガラス・鏡に対し常に一定の角度を保ちながらレール上を周回する構造としている。また, レーザのスリット光についてはガラス・鏡に対して垂直になるように調整している。このため, スリット光の平面は, ガラスの屈折の影響を受けないと考えられる。これにより, 屈折を考慮する必要があるのは, 計測対象に照射されたスリット光がカメラに戻る経路のみとなる。均一な厚みのガラスを用いているので屈折量は, スネルの法則より, カメラへ戻る光路とガラスとのなす角度により決まる。この角度は, 光像を観察する画像面の座標により決まるが, 計測ヘッドとガラスとの角度が常に一定であるので, レール上の位置にかかわらずに一定となる。

計測対象からカメラへ戻る光路の屈折量は, ガラスの屈折率がわかれば計算により求めることができる。しかし, 屈折率を含めた光学特性を保証した光学ガラスは一般に高価である。我々は, 比較的安価な強化ガラスを用いるため, 装置ごとに屈折量校正を行うこととした。

画像座標ごとの屈折を補正するために, Fig. 8(a) に示す補正治具を用意し, 計測ヘッドから補正治具裏面に反射するスリット光の輝線を観察した。補正治具を Fig. 8(b) のように鏡上の一定の位置に置き, Fig. 9 に示すように 2 次元 CCD 座標内での, ガラス有り無しの場合のスリット光の輝線を計測する。補正治具の位置を一定としているので, ガラス有りで観察される輝線とガラスなしで計測される輝線のズレがガラスによる屈折となる。Fig. 9 の輝線上で○で示される折れ点の対応から, ガラス有りの輝線をガラス無しの場合の輝線に変換するアフィン変換を求めるようにした。

求めたアフィン変換式を用いて, ガラス有りで観察される輝線を屈折補正したものが Fig. 9 の点線となる。このような補正を行うことで仮想的にガラスが無い状態と

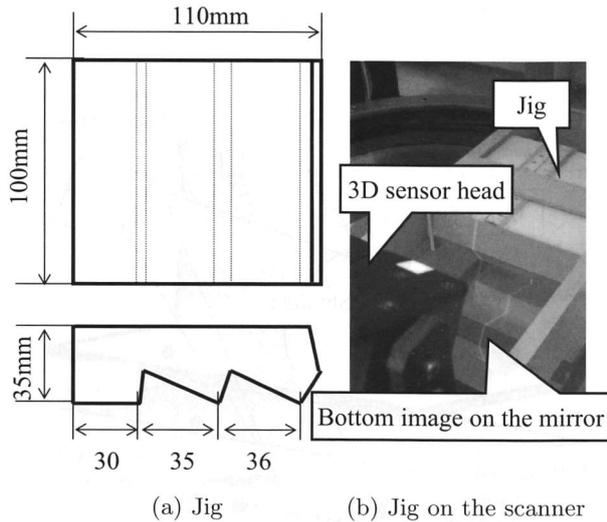


Fig. 8 Jig for glass refraction compensation

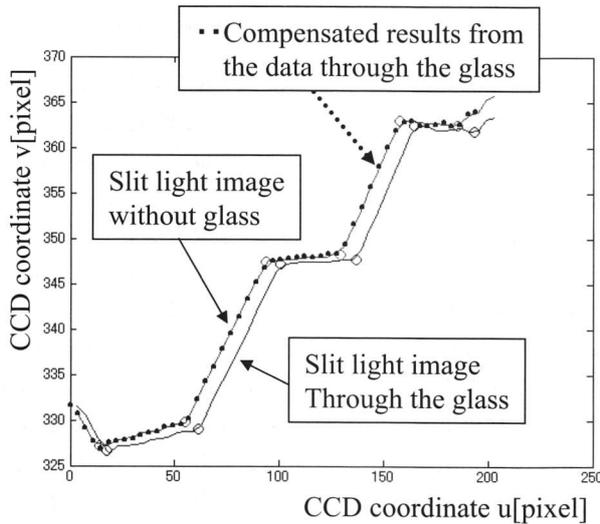


Fig. 9 Compensation of glass refraction

する。

Fig. 10 に示すように、鏡面のワールド座標系での位置を求めるため、鏡の位置に鏡と同じ厚みの白板を置き、本装置で計測することで鏡面の平面方程式をあらかじめ算出している。鏡面の平面方程式を $a_m x_w + b_m y_w + c_m z_w + d_m = 0$ とする。鏡面を XY 平面とし、ワールド座標系の Y 軸と鏡面との交点を原点とする鏡面座標系を考える時、ワールド座標系と鏡面座標系の変換式は (4) 式になる。

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_m & -a_m b_m & a_m \\ 0 & a_m^2 + c_m^2 & b_m \\ -a_m & -b_m c_m & c_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X'_w \\ Y'_w \\ Z'_w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -d_m/c_m \end{bmatrix} \quad (4)$$

(4) 式により、鏡に映った虚像の 3 次元計測結果について面対称に折り返し全体の形状を得る。

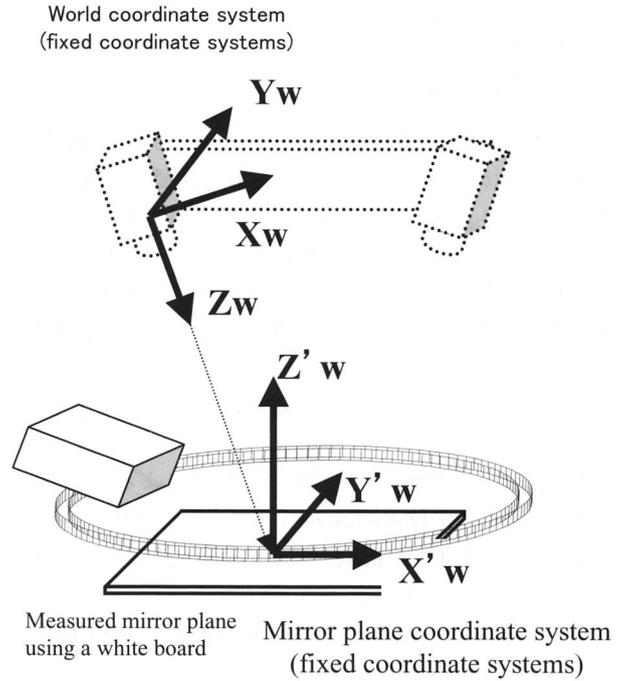


Fig. 10 Mirror plane coordinate system

5. 本装置の評価

5.1 本計測装置の特徴

Fig. 11 に、本計測機で計測した足の一例を示す。片足の形状計測に必要な時間は 13 秒である。

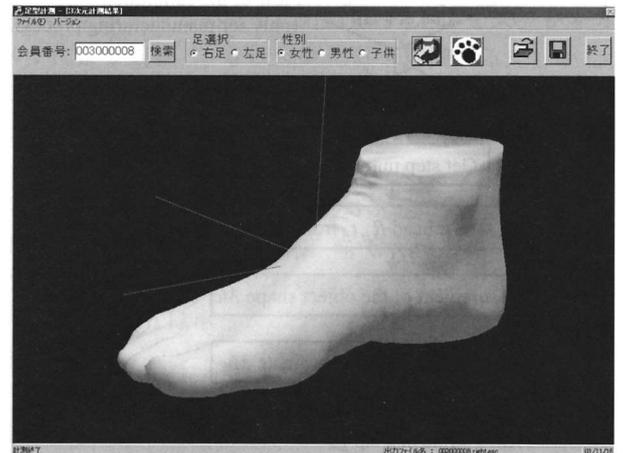


Fig. 11 Example of the measurement

通常、ステレオ画像計測では被計測物表面の法線とカメラ光軸の角度が直角に近づくとき、データの密度、精度ともに低下する。我々の装置では、Fig. 12 に示すように、計測ヘッドを小判状に動作させているため、被計測物の全周にわたってほぼ正面から計測可能であり、距離精度上有利である。また、計測ヘッドが円弧上を移動する際、レーザが回転中心に向かって集中するようにレーザ配置を決定しており、この部位の空間密度は自然に向上する。つま先とかかとの内側が回転中心となるように足位置を設計することによって、靴のフィッティングに

重要な、つま先形状とかかと形状を高精度、高空間分解能で計測できるようになっている。

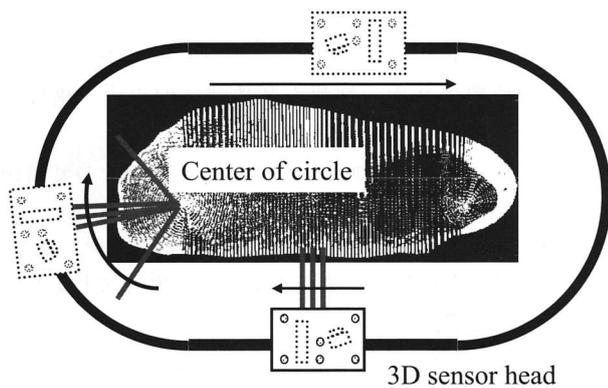


Fig. 12 Sensor head orbit and resulting data

Fig. 13 を使い、従来手法との空間分解能の違いを模式的に示す。半径 60mm の円筒をレール中心に合わせて計測するとし、計測ヘッドがレール上を移動しながら 2mm 間隔で計測するとする。

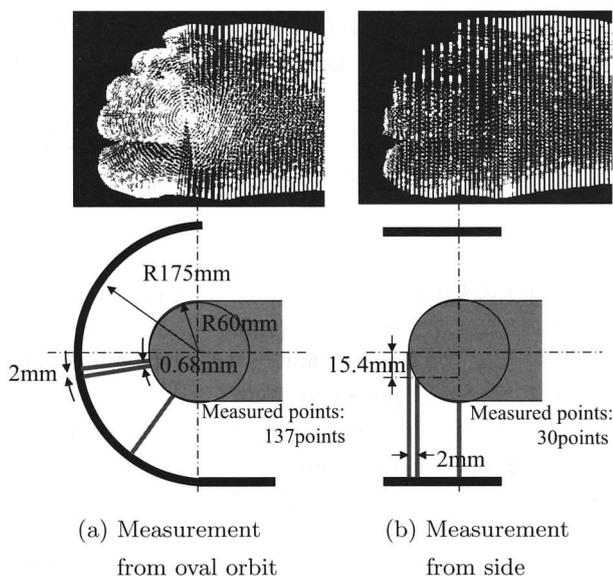


Fig. 13 Comparison with conventional method

側方からの計測では、円筒 1/4 に対し 30 点 (=60/2) を計測する。計測間隔は、横軸方向に 2mm 間隔、縦軸方向で最大 15.4mm の間隔となる。提案手法では、円筒 1/4 に対し、137 点の計測が可能であり、計測間隔は円周方向に 0.68mm と 4 倍以上の高空間分解能の計測ができる。また、図で横軸方向を足軸方向とすると、提案手法では、計測ヘッドからの画像計測精度が期待できるのに対し、従来手法では、計測間隔で足長精度が規制される。靴は通常足長 5mm 間隔でサイズバリエーションを構成するため、足型計測機の足長精度としては、少なくとも $\pm 2.5\text{mm}$ 以下の精度が求められる。従来手法では、足長精度を確保するため、つま先・かかと部で計測間隔を狭く制御する必要がある。この場合でも、計測物体表

面に対し、レーザ面がほぼ平行となるため精度上不利である。

Fig. 13 にはあわせて、提案手法と足側面の直線部からの計測データだけを利用して足つま先部分を計測したときの比較を示している。提案手法では指一本一本までの細かい形状を計測できていることがわかる。

我々の装置では、スキャナ部の機構を組立・動作確認後、ステレオカメラで計測ヘッドの移動パスを校正している。このため、機構製作時に設計値通りとするために高い工作精度を要求する必要が無く、コストの低減に有利である。また、計測ヘッドの移動軌跡は、直線や円といった単純な形状に限られることなく、計測対象の形状に合わせて自由な形状に設計でき、足以外への応用も容易である。

5.2 直方体計測精度

本装置による計測点群のばらつきを調べるために $L:230 \times W:120 \times H:50\text{mm}$ の白色直方体を計測した (Table 2)。六つの面について、計測点群に平面フィッティングを行い、平面と計測点群との距離を評価した。レールの直線部で計測した長側面の標準偏差が 0.174mm に対し、曲線部で計測される短側面の標準偏差は 0.410mm と大きくなっている。これは、曲線を走向する際の機構的要因による計測ヘッドのガタが一因と考えている。

計測ヘッドから直接計測される天面と、ガラスを介して計測される裏面とを比較すると裏面の標準偏差が大きくなっている。計測ヘッドが完全に同一平面を移動していると仮定して屈折補正を行っているのに対し機構的ガタのため、ガラス面とカメラ光軸のなす角度が影響を受けること、ガラスによるレーザ光の散乱・減衰によりレーザ抽出が影響を受けること、およびカメラからの距離が遠くなることによる距離分解能の低下などが要因として考えられる。

Table 2 Accuracy for plane

	Long Side	Short Side	Top	Bottom
Standard Deviation	0.174	0.410	0.392	0.444

つぎに本装置による計測対象の測長精度を確認するために、長さが既知の白色直方体を計測した (Table 3)。計測データに平面フィッティングを行い、平面間の距離と長辺の長さとを比較した。この結果、220mm~280mm の白色直方体に対し、 $-0.6 \sim +0.4\text{mm}$ の精度範囲で計測できていることが確認できた。また、前述の白色直方体 $230 \times 120 \times 50\text{mm}$ を計測した際の天面と裏面間の距離は 49.2mm であり、誤差は -0.8mm であった。

5.3 足計測精度

本装置により、足を計測した場合の計測精度を検証した (Table 4)。しかし、実際の足では、荷重状態の変化

Table 3 Accuracy for cubic object

	220mm Box	250mm Box	280mm Box
Measured Value[mm]	219.4	249.7	280.4
Error[mm]	-0.6	-0.3	0.4

などによる形状変化があり、繰り返し精度を検証することができない。そこで、型取りにより採取した石膏足を使って、計測精度の確認を行った。なお、石膏足表面は灰色靴下着用を想定し、つや消し灰色に塗装している。基準となる石膏足の足長と足囲は、手計測用の治具を使って計測した。

Table 4 Accuracy for foot

		Standard Value	Average Value	Standard Deviation	Error
Small	Foot Length	218.2mm	217.93	0.75	-0.27
	Foot Width	220.8mm	221.31	0.41	0.51
Mid	Foot Length	253.0mm	253.06	0.34	0.06
	Foot Width	247.2mm	247.76	0.54	0.56
Large	Foot Length	281.7mm	282.06	0.31	0.36
	Foot Width	272.5mm	273.72	0.36	1.22

大中小3種類の石膏足を用い、石膏足の置き位置を前後±10mm、左右±5mmの範囲内で毎回移動させながら10回の計測を行った。この結果、

- (1) 足長の誤差は-0.27~+0.36mm
- (2) 足長の標準偏差は0.31~0.75
- (3) 足囲の誤差は+0.51~+1.22mm
- (4) 足囲の標準偏差は0.36~0.54

我々は、当社指定の石膏足を標準として、足長±1.0mm、足囲±1.5mmを最低精度として保証している。8店舗において納入時に同様の検査を行ったが、足長の誤差平均は0.068mm、標準偏差0.37mm、足囲の誤差平均は0.44mm、標準偏差は0.63mmとなっている。

靴店店頭において、靴のフィッティングを目的に足を計測する場合は、靴下を着用して計測することが多い。店頭での運用では、灰色靴下着用を推奨している。しかし、実際には、裸足での計測を行うケース、様々な色・素材の靴下を着用しての計測が求められる。人体足での詳細な精度検証は、前述の理由により困難であり、その数値評価は手法も含めて今後の課題である。

6. おわりに

自走式計測ヘッド移動機構を持ち、2段階の能動ステレオ法を応用した新しい3次元形状計測装置を開発した。

計測ヘッド上方に設置したステレオカメラを用い、計測ヘッド位置の3次元情報を製造時に取得する構成により、

- (1) 計測ヘッドの移動軌跡を、計測対象に合わせ自由に設計できる
- (2) 移動機構の製造に高い精度を要求しないという特徴を実現した。また、足底面にガラスとミラーを設けることで、
- (3) 単一の計測ヘッドで、計測対象裏面の計測を行うことが出来る

また、足型計測機として、

- (1) つま先、かかと部が高空間分解能、高精度
- (2) くるぶしから下の足裏を含む足全体形状を13秒で高速計測
- (3) 小型・低価格

という特徴を持つ。

本装置は、全国の靴小売などで34台(2003年3月現在)が、稼働中であり、顧客の靴選び、足データの収集に役立っている。

今後は、足計測機としての機能向上を図るとともに、手、顔等のボディパーツへの応用開発を行いたい。

参考文献

- [1] 日本人の人体178箇所のサイズデータ1992~1994, (社)人間生活工学研究センター(1997)
- [2] 堤: 人体の3次元形状解析と被服設計; 計測と制御, Vol. 36, No. 2, pp. 84-88 (1997)
- [3] 河内, 持丸: 足型分析とその応用; 計測と制御, Vol. 36, No. 2, pp. 100-104 (1997)
- [4] 藤田, 蚊野, 吉田, 安田: 2段階の能動ステレオ画像計測法を用いたハンドヘルド型3次元形状計測システム; 第16回センシングフォーラム資料, pp. 51-55 (1999)
- [5] 藤田, 蚊野, 吉田, 安田: 2段階の能動ステレオ画像計測法を用いたハンドヘルド型3Dスキャナ; システム制御情報学会論文誌, Vol. 15, No. 4, pp. 213-219 (2002)
- [6] 藤田, 蚊野, 吉田, 福本, 楠見, 篠原: 足形状に最適な測定ヘッドの移動軌跡を実現した三次元足型自動計測機; 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究報告, No. 128, pp. 17-24 (2001)
- [7] 福岡: スポーツ用具開発における計測システム; 計測と制御, Vol.38, No. 4, pp. 285-288 (1999)
- [8] 山崎, 佐藤, 田中, 中澤, 持丸: ファイバーステリングを用いた三次元足部形状計測装置の開発; 計測自動制御学会論文集, Vol. 34, No. 2, pp. 65-71 (1998)
- [9] 持丸, 河内: 足部形状モデリング 計測・分析・応用; デジタルヒューマン基盤技術平成14年度成果報告書, pp. 39-46 (2003)
- [10] R. Y. Tsai: A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using

off-the-shelf TV camera and lenses; *IEEE Journal of Robotics and Automation*, RA-3, 4, pp. 323-344 (1987)

著者略歴

ふじ た ひ で と
藤田 日出人 (正会員)



1987年神戸大学大学院工学研究科修士課程修了。同年三洋電機(株)入社。現在、メカトロニクス技術開発センター課長。メカトロニクスシステムの技術企画に従事。2003年システム制御情報学会産業技術賞受賞。計測自動制御学会、映像情報メディア学会の会員。

ア学会の会員。

ふく もと しん べい
福本 晋平



1998年神戸大学大学院工学研究科修士課程修了。同年三洋電機(株)入社。現在、デジタルシステム技術開発センター主任研究員。コンピュータビジョンの研究開発に従事。2003年システム制御情報学会奨励賞受賞。

よし だ ひろ あき
吉田 博明 (正会員)



1991年立命館大学理工学部情報工学科卒業。同年三洋電機(株)入社。現在、デジタルシステム技術開発センター主任企画員。デジタル応用システムの技術企画に従事。2003年システム制御情報学会産業技術賞受賞。情報処理学会会員。

わか すぎ ゆ み
若杉 友美



2001年広島大学大学院工学研究科修士課程修了。同年三洋電機(株)入社。現在、デジタルシステム技術開発センター所属。デジタル制御の研究開発に従事。

か の ひろ し
蚊野 浩 (正会員)



1984年京都大学大学院工学研究科修士課程修了。同年三洋電機(株)入社。1993年～1995年米国CMU計算機科学科客員研究員。現在、デジタルシステム技術開発センター部長。1998年日本ロボット学会論文賞受賞。2003年システム制御情報学会産業技術賞受賞。京都大学博士(工学)。情報処理学会、日本ロボット学会、電子情報通信学会の会員。