「衣服設計と人体に係わる計測技術」特集

非接触式 3 次元高速人体全身計測装置

横 田 和 夫

1. 概説と作動原理

米国サイバーウェア研究所の非接触式高速 3 次元計測装置はいろいろな分野で目的に対応した三次元物体を計測し、カラー表示を含めた寸法化と色彩情報をリアルタイムで的確に演算します。カメラはカラー及びモノクロがあり精密計測用、大型計測用、人体計測用多種をそろえております。これらは顔面、鋳物、金属、合成樹脂、繊維などの表面形状測定に適し、得られた形状データの用途は工業デザイン、工業計測、CAD/CAM/CAE、形成外科、アートデザイン、肖像彫刻、アニメーション、義肢手足製作、人体動作研究など多岐にわたっております。3次元計測装置のスキャナーは、光源としては安全性低エネルギーヘリウムネオンレーザー、受光部としては CCD カメラを用いており、1983 年頃より米国サイバーウェア研究所により開発販売されてきました。これら一群の三次元計測装置は大まかにいって光学部および操作台（フラットホームまたはテーブル）から構成されており、もちろん、計測対象物の形状・大きさ・必要な解像度の相違により光学部と操作台の設計構造が種々に区分されております。

このような三次元計測装置の原理を簡単に述べますと、光学的三角測量法による光スポット（点）の移動変位位置を 3 次元座標値としてデータ化する、というものです。ただし、サイバーウェア研究所の方式は光源として周囲の光と区別できる平面状のレーザー光を用い、これを測定対象物を縦切りにする方向で照射します。対象物表面に照射された光が反射されるとき、これを照射光源から（角度ゼロ）見ると直線に見えますが、これとは異なる角度で

見ると表面の輪郭が判るわけです。これが本装置の計測原理です。さてその際、光源と観察点（受光部）の角度が大きい程、形が際だって見えますが、しかし、与えられた表面が陰になる危険もまた増大します。そこで本装置では、光源の両側に同じ角度で位置する 2 つの観察点を存在させています。そしておのおのの観察点で得られた 2 つの像をビームスプリッター（ワンウェイミラー）を用いて重ね合わせることで、仮に一方が陰になっても他方にデータが含まれていることになります。これに用いる光学システムを工夫することでスキャナーの小型化も実現しました。

本稿では同社の一連の 3 次元形状測定装置の内、人体全身形状計測装置 WB4 型についてその特長と応用範囲について解説いたします。この全身スキャンニング装置の計測範囲は高さ 200cm × 直径 150cm の円筒形状で、スキャンニングにより毎秒 60,000 ポイントの 3 次元計測値が得られます。この高速スキャンニングにより人体の完全な計測がわずか 12-17 秒で完了します（計測時間は後述する垂直的空間解像度を幾つに選択するかによります）。スキャンニング技法はサイバーウェア研究所の多数の 3 次元計測装置で実証済みの高品位技術に基づいて設計開発されたものです。例えば人体全身を合理的に短時間で計測するには複数の光学スキャンニング機器を使用する必要がありますが、WB4 型全身スキャナーは 4 台のカメラを装備しています。同社技術の特長は、円筒式シリンドリカル計測と直動式リニア計測の両駆動構造を連動させつつ両計測データを瞬間的に自動合成するソフトを完全実用化したところにあります。特に WB4 型は人体比較計測学 (anthropometry) を目的とした研究計測用に開発された

Whole Body 3D Digitizer (Scanner)

著者紹介 KAZUO YOKOTA

ジャパンテックサービス株式会社 代表取締役社長

著者は 3 次元コンピュータ・マルチメディアデバイスを専門としておられる。趣味は気功、瞑想、宇宙意識の研究とのこと。本稿では、医療・安全対策・ファッションなどの多彩な分野に利用可能な 3 次元全身計測装置をご紹介します。

図1 米国サイバーウェア社製全身スキャナーWB4型

もので、被測定者の動きによる誤差をなくすために上述のように17秒という短時間で全身一回撮りが可能となっています。この人体全身計測装置はアメリカ国防省の依頼も含めて開発が行われ1994年に完成したものです。

2. 装置形状説明

装置形状は添付写真を参照下さい。設置場所寸法は幅2,944mm×奥行2,323mm×高さ2,406mmとなっています。

3. 全身スキャナーWB4型に於ける解像度について

3次元レーザ計測(スキャンニング)においては空間解像度(Spatial Resolution)と形状解像度(Range Resolution)の値がそのハードウェア(機器)の精度を決定することになります。計測データをどの目的に用いるかによって必要とする精度が異なりますので、解像度の値がどの機器を選定するかの基準の一つとなります。

空間解像度には水平と垂直がありどちらも測定ポイント間の距離によって表示されます。水平的空間解像度は測定ポイント間水平距離5mm、垂直的空間解像度は測定ポイント間垂直距離2mmとなっています。これに対し、形状解像度は表面の凹凸を測定する際の刻みと考えていただくと良く、距離で0.5mmとなっています。

このような計測ポイントが水平方向に256列、垂直方向に1,000列存在し、スキャンヘッドが4個有りますのでシステム全体の有効ポイント数は $256 \times 1,000 \times 4 = 1,024,000$ ポイントとなります。なお人体全身計測に必要なポイン

図2 水平的空間解像度と垂直的空間解像度

ト数は約360,000ポイントです。計測されたスキャンデータを表示する際、本装置ソフトはポイントとしてのデータをワイヤフレーム状またはサーフェス状で表示します。ワイヤフレーム表示ではすべてのポイントを三角形のメッシュに連結形成し、サーフェス表示では3次元環境にある三角形をシェーディング(陰影化)します。

4. サイバーウェア研究所製全身スキャナーWB4型を用いた人体計測の実例

1994年に同社の全身スキャナーWB4型(Whole Body Scanner)第1号機が米ライトパターソン空軍基地に納入されました。これを用いて同所のコンピューター人体測定学研究グループ(CARD: Computerized Anthropometric Research and Design)が人体のオンラインデータベースを構築し、空軍パイロットのフライトスーツのフィットデザインにも利用しています。また、3次元人体データは医療分野にも用いられています。

人体全身スキャン12秒

図3 人体全身スキャン12秒

第2号機は米陸軍のナチック研究開発工学センター(NRDC)において制服や防護服用の人体データ作成に用いられています。また、それらのデータを一般市民へ公開し利用をはかることも実施されております。

第3号機は米国国立職業安全衛生協会(NIOSH)に納入され、建設従事者と農業従事者の5,000人を対象に人体3次元計測が実施されています。これらの計測データと、特定作業をした労働者の各種筋肉圧縮力変化の解析結果を用いて作業種類別の安全対策が作成されています。

第4号機は日本の岐阜大学バーチャルシステム・ラボラトリーに設置されて人体計測をはじめ運動解析や人体工学を用いた工業/医療製品設計等に役立っております。

5. コンピューター人体計測システムとファッション

ファッションに生きがいを感じている人でも時折フィッティングルームブルース(試着室嫌悪症)に悩むことがあります。それは着る衣服の組み合わせが沢山であったり、忙しい時や冬時期の重ね着の多いときなどに突然おこることが多いようです。もし、人々が衣服を一回脱いだだけで次に新しいものをいくつでも自由に試着できた

Whole Body Scanner, Wireframe Image

図4 全身スキャンのワイヤフレームイメージ

ら如何ですか。もうそのような技術がデビューしております。ご自分の家の快適なプライバシールームで水着から夜会服まで衣類なら何でも試着できるようになりました。この場合には顧客の全身を3次元計測し、データをご自分のカードに記録しておくことになります。これによりユーザーは注文服と同等の衣服を発注できるばかりでなく、業者にとっても在庫品を最小量に抑制できます。また、生産者と小売業者のリンクを密接にすれば利益をさらに増大させることに役立ちます。こうすれば、顧客がコンピューターターミナルに座っているだけでイメージが現れて、いろいろな生地・パターンの洋服を着用し、アクセサリーをつけて選定が完了します。次にコンピューターが顧客の体型データをカードから工場に発信し、そこで裁断・縫製仕上げを行った後、完成衣服が配達されます。将来は髪型パターンも加えて衣服との組み合わせをビデオモニター上で楽しむ“バーチャルフィッティング”(仮想試着)が出来ます。さらには1枚のカードで世界各国のファッションを試着し注文できるようになるでしょう。

現在WB4型を用いて、実際に米空軍のパイロットユニホームのコンピュータフィッティングを実施中です。

Seiten der Körper und in schwer zugänglichen Bereichen, wie etwa unter den Armen einer Person.

Wright-Patterson erster Anwender des Ganzkörperscanners

Die Anthropometriegruppe des Wright-Patterson Air Force Base wird der erste Anwender des Produktionsmodells des Ganzkörperscanners (des WB4) sein. Er wird eingesetzt werden, um bei der Erstellung einer online-Datenbank für menschliche Formen zu helfen. Diese 3D-Daten werden bei der Gestaltung und Auswertung von Umgebungen, wie Cockpits oder Besatzungsstationen, von weitreichender Bedeutung sein, sowie auch für kommerzielle und medizinische Anwendungen.

Scanauswertung in Spitzengeschwindigkeit

Mit der neuen ShapeAnalysis Software von Beecher Research können 3D-Designer und -Forscher, die Cyberware-Scanner einsetzen werden, langwierige Routinearbeit aus ihrem Leben verbannen können. ShapeAnalysis automatisiert zahlreiche 3D-Bearbeitungs- und Berechnungsaufgaben, die ansonsten viele Stunden manueller Arbeit in Anspruch nehmen würden. Die Software

bietet point-and-click Bearbeitungsmethoden, wie Umrißzeichnung, Raumberechnung, und rasches Bearbeiten von unregelmäßigen Oberflächen innerhalb großer Cyberware-Datenmengen. Beecher Research, aus Dayton, Ohio, bietet auch anwenderspezifische Software und Beratung an. Näheres erfahren Sie unter der US-Telefonnummer 513-298-5202, Fax 513-298-8648, oder per elektronischer Post unter rbeecher@dayton.fsp.com.

Now biomedical engineer Jennifer Whitestone reports that the group will use the first wholebody scanner to collect similar data on the entire human body. That data should prove useful in improving gear such as g-suits, she says, as well as designing and evaluating environments such as cockpits and crew stations.

Whitestone notes that the 3D body data will also have far-reaching benefits for commercial and medical applications. Most of the human body forms in use today consist of geometric shapes, because more accurate models have not been readily available.

By creating a database of body shapes in electronic form, the Wright-Patterson group will offer new insights about the human body to people who previously relied on tape measures as data-input devices. "We will be using the scanner to do a survey of people in all NATO countries," she says. "Much of the resulting database will be available on-line eventually, with an expert system to guide users." The database will also include demographic and other support data.

▲ Body builder Theo Wyndham posed for a 17-second scan from the new Cyberware WB4 scanner. This image was rendered from a triangle mesh model built from simultaneous front, back, left and right scans. Starting from the top, the scanners moved downward while scanning a cross-section of points and color, each 1.67mm. By scanning from four sides at the same time, the model's surface is well aligned and amazingly complete.

図5 WB4型を用いて17秒間のスキャニングで得られたボディービルダーのイメージ