

## 3次元人体形状スキャナーの開発\*

長谷川 辰雄\*\* , 中村 吉信\*\*\* , 上野 育子\*\*\*

山火 英子\*\*\*

(株)でんは靴製造業へ事業展開を計画していることから、様々な観点で靴業界の現状を調査した。市販されている靴は大量生産により低価格で供給されている。しかし、足に合わない理由で返品や多量在庫などの課題を抱えている。これを解決するためには、オーダーメイド靴を低価格・短納期で可能とする必要がある。従来のオーダーメイド靴は、足サイズの測定から木型の作成、デザインまでを職人が手作りで行っているためにコストや制作時間を要している。本研究では、手作業で行われていた足サイズの計測を自動化し、計測データを3次元CADへ自動転送することで制作時間の短縮を目指した。足サイズの計測は、従来の3次元形状の測定方法とは異なる独自の3次元形状測定機として開発した。

キーワード：人体形状、スキャナー、オーダーメイド

## Development of 3D Scanner for Measurement of Human Body

HASEGAWA Tatsuo, NAKAMURA Yoshinobu, UWANO Ikuko  
and YAMABI Eiko

The DEN Co. has planned the shoes business development to the manufacturing industry. We investigated present state of the shoes industry from various viewpoints. As the result of these investigations, there are problems of high return rate and large stock because of not being suitable for individual foot. As a method for solving this problem, we proposed the system which automated the measurement which the craftsman does in the manual operation. It is important to measure the shape of the foot in order to make the suitable individual shoes. In this reports, we described the development of the original three-dimensional shape measurement machine for the foot.

key words: human body, scanner, housemaid

### 1 緒 言

現在、人体の3次元計測、非接触法が多く用いられており、その中でもレーザー光による光切断法が一般的である。人体計測で問題となるのが計測時間であり、10秒という短時間でも人間が静止し続けることは困難であり、静止物体に比べて測定結果の誤差が大きくなる傾向がある。また、市販されている3次元計測器は非常に高価であり、維持費も高額である。そこで、従来よりも手軽で低価格の3次元計測器の開発を行った。メッシュ状の靴下を市販の低価格デジタルカメラで撮影し、得られた画像を解析するためのソフトウェアを開発した。メッシュを採用した理由は3次元計測する場合の指標点とすることにより、ソフトウェア開発が容易になるためである。足の3次元計測データはネットワークによって自動的にデータベースへ保管され、CADによってその場で木型のデザインをすることが可能となる。現在、職人が手作業で行っている各工程に対して、本システムは効率よく時間短縮を実現できる。

本研究では、短時間に計測可能な測定機の開発と、3次元幾何形状を自動生成するプログラムの開発を行った。

### 2 開発方法

#### 2-1 靴や足に関するデータ収集

履き心地のよい靴や、疲れにくい靴を作るために靴の形や材料が人体に与える影響などを調査した。この調査にはインターネットを活用し、足の病気や形状、靴に関する情報を収集した。また、実際に靴作りの現場視察や靴業界の抱える問題などを調査した。図1は、靴工場革を固

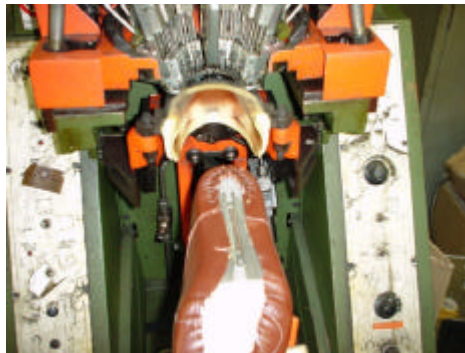


図1 革の固定

\* 技術パイオニア養成事業

\*\* 電子機械部

\*\*\* (株)でん

定している様子である。革靴制作の工程は、木型の作成から革の切断、靴底固定、靴の裁縫など多数の工程を経る。その各工程には機械が使われているが、職人の技術で機械を使いこなしており自動化は行われていない。その理由は、各工程の作業が複雑であるからである。図2は、靴底の固定を示し、図3は革の裁縫を示す。どちらも非常



図2 靴底の固定



図3 革の裁縫

に複雑な工程となっている。

### 2 - 2 3次元形状測定機の開発

3次元形状測定器の開発では、測定方法の検討を行い、低コストで瞬時に測定できるカメラを利用した測定機の開発を進めることにした。3次元座標を得るために、複数画像から三角測量の原理で計算する手法を採用した。この理由は、最もシンプルに3次元座標を求めることができるからである。開発当初、複数画像を求めるために、カメラ台自体を回転する方法で設計をしたが、一般消費者向けデジタルカメラの低価格さと、画素数が多い点に着目して、4台のカメラを固定して画像を撮影する設計とした。

4台のカメラからの画像をパソコンへ取り込むために、最大6画像取り込み可能なビデオキャプチャボード(フォトロン社製)を利用した。図4に4台のデジタルカメラによる3次元形状測定器のイメージ図を示す。

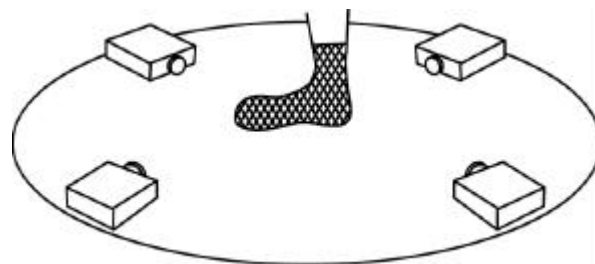


図4 3次元形状測定器イメージ図

### 2 - 3 3次元形状解析プログラム開発

3次元形状測定器で測定したデータを解析し、3次元データとして出力できるプログラムの開発を行った。解析方法は、メッシュ状の靴下を履き、3次元形状測定器で撮影し、その画像データをプログラムにより解析した。また、計測のポイントとなる部分には、予めマーカ(シール)を付けた。解析方法は、三角測量で算出する方式を取り入れ、3次元データとしては、DXF形式で出力できるように機能設計を行った。このシステムは、市販のデジタルカメラを用意し、撮影したデータをパソコンに取りこんで画像処理計算を行うシステムとした。また、プログラムは、Visual Basic 6.0およびVisual C++<sup>(1)(2)(3)(4)(5)</sup>で作成した。図5に計算アルゴリズムを示す

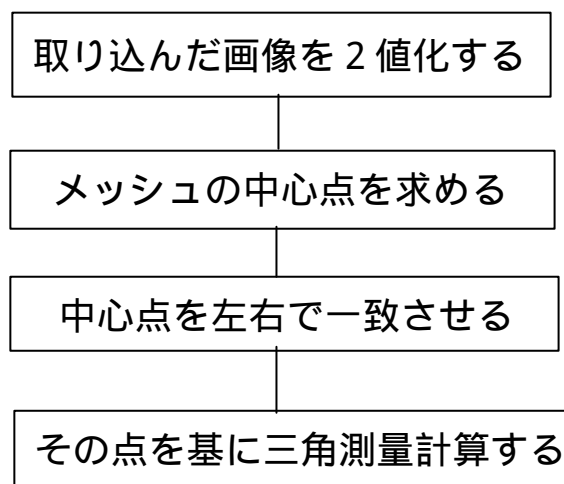


図5 計算アルゴリズム

## 3 開発結果

### 3 - 1 靴や足に関するデータ収集

自分の足に合わない靴を履き続けることで、足の病气や冷え性・腰痛・偏頭痛に影響を及ぼしていることがわかった。このことから、個人の足にフィットするオーダーメイドの靴製造が必要であり、安価で製造スピードの速いシステム化が重要であると確信した。靴や足に関するデータを収集し、オーダーメイドの様々な技術を身につけるために、革の切断や、裁縫を行った。図6はカッ

タープロッターを使った革の切断を示し、図7は切断した革靴のパーツを示している。図8は革靴のパーツを裁縫している様子である。

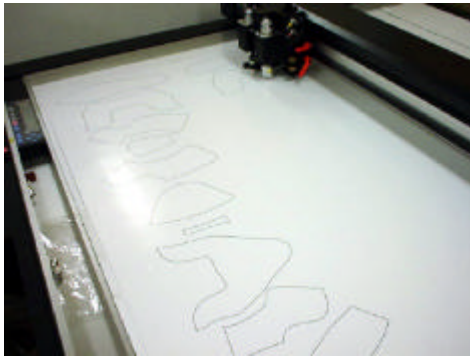


図6 カッタープロッタによる切断



図7 革靴のパーツ



図8 靴の裁縫

### 3 - 2 3次元形状測定器

図9に開発した3次元形状測定器を示す。円形の中心に足を置くように設計し、デジタルスチルカメラ4台を90度間隔に設定した。デジタルスチルカメラの画像はビデオキャプチャカードでパソコンへ取り込む。採用したデジタルスチルカメラは、ビデオ画像を出力することができるため、これをキャプチャカードへの入力とした。撮影はデジタルスチルカメラのシャッターではなく、キャプチャカードの撮影機能を使うことで、カメラ4台の連続撮影を可能とした。採用したキャプチャカードはビデオ信号(チャンネル)の切り替えやシャッター、ビットマップ画像での保存がプログラムで実行で

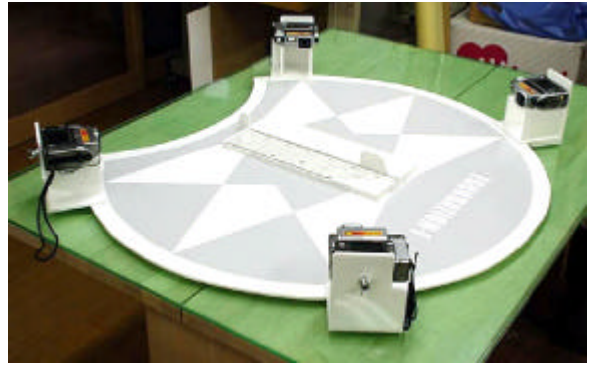


図9 3次元形状測定器

きる。撮影に関するプログラム開発をVisual C++とVisual basicで行った。キャプチャーカードで準備されているプログラム機能は、Visual C++とVisual Basicで多少異なっており、実行速度もVisual C++の方が高速であったため、時間を要するビデオ信号の切り替え、シャッター、画像保存の機能をVisual C++で開発し、ユーザーインターフェイス(GUI)をVisual Basicで行った。しかし、Visual C++を使っても1画像の保存に5秒ほど要するため、全体で20秒の画像取り込み時間となり、今後高速化を検討しなければならない。

### 3 - 3 3次元形状解析プログラム開発

図10にカメラで取り込んだ画像を示す。メッシュの靴下と計算の基準となるマーカーを貼っている。現段階の3次元形状解析プログラムは、開発途中であるが、試験的に撮影しプログラムで解析した結果、実寸値(被写体のx、y、z)とほぼ同じ値を示した。しかし、これは、得られた画像データの一部の解析結果であり、3次元データ(DXF)への変換は、まだプログラム中である。また、カメラの解像度により、解析結果に多少の誤差が見られた。

## 4 考 察

測定機の実用化に向けては、カメラの同時制御や、撮影した画像データの自動転送化など、まだ多くの課題が残されている。また、カメラの解像度により結果に差が生じ

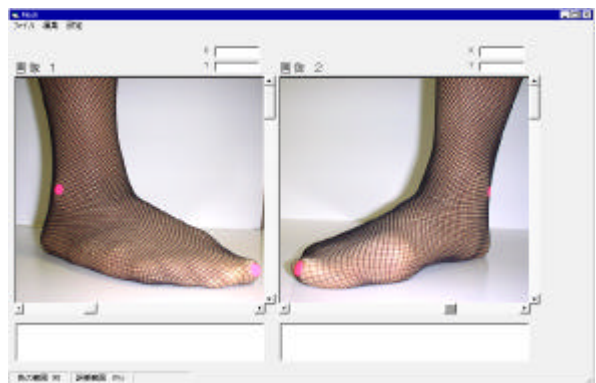


図10 カメラの取り込み画像(実行結果)

ることから、安価にするためにも低解像度で品質が一定のデータが常に得られる必要もある。3次元形状計測器の試作を行ったが、これを製品化した場合のイメージデザインを行った。座って足の計測ができるように工夫されている。これを図11に示す。3次元形状計測器は自動計測を目的として試作したが、スケラによる手作業の計測を簡単に行える装置を試作した。これによって、実測値を測ることができる。図12は足の長さをワンタッチで計測できるスケラ、図13はハイヒールに対応してかかとの高さがある場合の計測器である。図14は、足



図11 製品のイメージ図

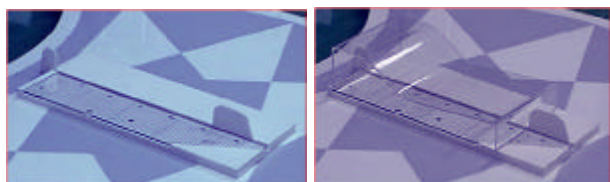


図12 スケラによる計測器

図13 ハイヒール用計測器



図14 足底の計測器

裏を撮影するための計測器である。鏡を45度の角度で設置することで、カメラを水平方向に設定し、足底の画像データを取得することができる。足底を計測することは、心地よい靴・疲れにくい靴を作成するためには重要なデータと考える。足計測に関して、側面計測はデザインを行うために必要であり、足底計測は足に及ぼす影響を考

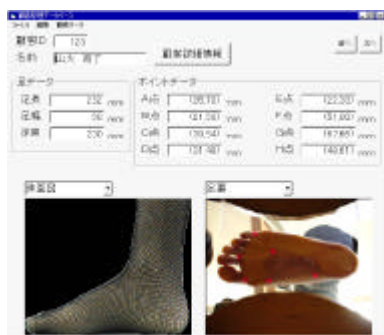


図15 足底の計測

慮するために必要である。デザインと機能性の両方を満たす設計は非常に重要なことである。図15は、足底の計測器からの計測データを取り込んで3次元形状解析を行っている画像であり、図16は側面の3次元データ元に木型のデザインを行っている画面である。

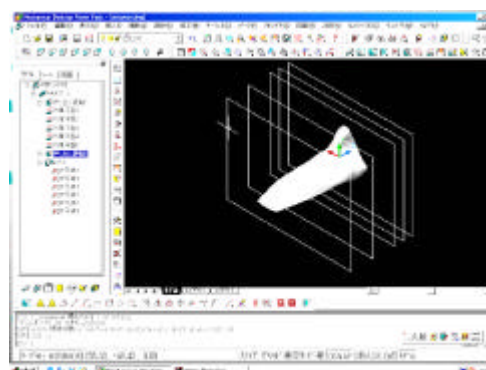


図16 木型の設計

## 5 結論

今後の展開としては、靴業界でこのような測定機が利用される場合に、計測データのデータベース化(顧客情報の管理データベースなど)を進める必要がある。特に今後は電子商取引による販売流通形態が進展すると予想され、インターネットによる販売システムは、データベース連携が作業効率を左右する。図17はデータベース連携システムの検討図である。また、医療の現場での利用の場合、測定機の持ち運びが便利のように小型化することや、各業界や機関との連携を図っていく必要がある。



図17 データベース連携システム

## 文 献

- 1) 桜田幸嗣, 田口景介: Visual C++5.0 プログラミング入門, アスキー, 1998
- 2) 横井与次郎: Visual C++5.0 パワープログラミング, ソフトバンク, 1996
- 3) David J. Kruglinski: Inside Visual C++ Version 5, アスキー, 1998
- 4) 林晴比古: 新 Visual C++ 5.0 入門, ソフトバンク, 1998
- 5) 石塚圭樹, 横手靖彦: オブジェクト指向プログラミング, アスキー, 1993