

平成22年5月21日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19300238

研究課題名（和文） 製品の身体適合性評価指標の開発

研究課題名（英文）

Evaluation method of fitness of Industrial Products with human body

研究代表者

福井 幸男（FUKUI YUKIO）

筑波大学・大学院システム情報工学研究科・教授

研究者番号：80311596

研究成果の概要（和文）：

身体装着製品の適合性を高める設計支援技術の開発を行った。身体装着製品の中でも体重を支える靴製品に着目し、足形状と靴形状と靴を製造する過程で使われる靴型との関係を先行研究で行い、本研究ではその継続として足形状に適合する靴型の設計支援技術と靴型の形状特徴量を抽出して適合性評価指標とする手法の開発を行った。

研究成果の概要（英文）：

A new computer-aided-design technology has been developed to improve the fitness of wearing goods for specific person. Among wearing goods we chose shoes and we investigated the relation between shapes of shoe and shoe last in the previous study. Then we developed the method of design system of shoe last and extraction of the form feature of the shoe last applicable to the index of fitness.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2009年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
年度			
総計	10,300,000	3,090,000	13,390,000

研究分野：生活科学

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：衣生活

## 1. 研究開始当初の背景

近年、生活の質が向上するにつれて、身体装着製品の高適合性への要望は、健康志向意識の高まりと共に強くなっている。特に全体重を支える靴に対する適合性は重要で、不適合な靴の長期にわたる使用は、外反母趾その他の病的な身体状態になりかねないなど、健康にも悪影響を及ぼすと言われている。しかし

ながら、標準寸法の足形状から大きく離れた足に適合する靴は、量産製品からの選択が困難な場合が多い。一方、近年の技術革新によって三次元スキャナ技術も高速化、高精度化、低価格化が進み、足形状を三次元計測する計測装置(3Dスキャナ)はデパート靴売り場など店頭で設置されるところも見られるようになってきている。これらの背景の下で、個

人の足形状を測定したデータに基づいて個人適合する靴製品を提供するためのシステム開発の必要性が高まってきた

## 2. 研究の目的

本研究では、靴型と足形状との適合性評価指標技術を開発し、店頭で測定された足形状データを入力し、予め登録済みの靴型データベースから適合性評価指標を用いて検索し、一定数値以上の適合性が得られた靴型を用いて個人対応の靴を製作する情報システム技術を開発することを目的とする。これにより、従来職人の勘に頼って作られた数多くの靴型が、一時的に使用されても、継続的に使用されず眠っている場合が多いがこれは資産の死蔵であり、有効活用する技術を開発することは、靴製造にかかわる中小企業の活性化にもつながるものと予想される。最近では、NIESなどの近隣諸国からの安価な人件費を利用した消耗材が大量に輸入され、国内中小企業の活動を圧迫している。さらに、大量に安価な製品が出回っても、標準から大きく外れた体型の人に適合する製品はまれにしか入手できない。国内の中小企業の国際競争力をつけるために、高付加価値をつけた製品を、必要な人に満足いく仕様で提供することが今後重要となると考えられる。この高付加価値をつける一つの方法が高適合性の個人対応製品である。

## 3. 研究の方法

- ・足形状の特徴量を高精度で自動抽出する手法の開発
- ・足形状とそれに適合する靴型形状との対応関係（メーカーによって異なるノウハウの塊）を、定式化させる。これにより、メーカーに依存したノウハウを組み込むことが可能となる。
- ・既にある靴型の形状特徴量を抽出し、定量的に表現する手法の開発
- ・靴型と足形状との適合性評価指標の開発

足形状の特徴量は、まず基本となる解剖学的特徴点を求め、それを基準点として形状特徴を表現するランドマークを抽出し、これを利用する。従って、解剖学的特徴点の抽出精度を高める。また、足形状と靴型との対応関係は、両方が存在する空間を相同変形させることで、対応関係を保ったまま、変形パラメータを用いて定式化させることで実現する。変形の基準となる点を高精度化する。さらに、靴型の点群データから、曲面化を行い、特徴断面を決定して靴型形状のパラメータ化を行う。そして、靴型のパラメータと足形状のランドマークからパラメータを抽出して、パラメータ空間内での距離情報を用いて指標化とする。

## 4. 研究成果

### (1) 処理の概要

提案手法の概要を図1に示す。3D デジタイザから得られる足部形状データを入力情報とする。

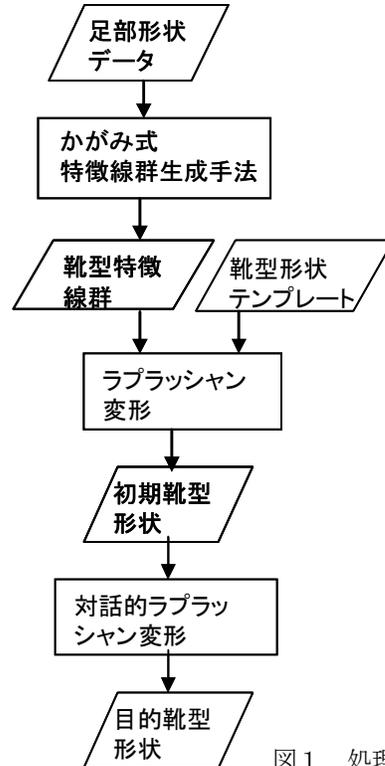


図1 処理概要

足部形状データは、形状表面の位置を示す点群とともに、内部の骨格構造に基づいて、製品設計上必要とされる骨格上の特定位置に対応する皮膚表面上の点、すなわち解剖学的特徴点の位置情報も含んでいるデータである（図2のなかの点群が数百点ある解剖学的特徴点を示す）。

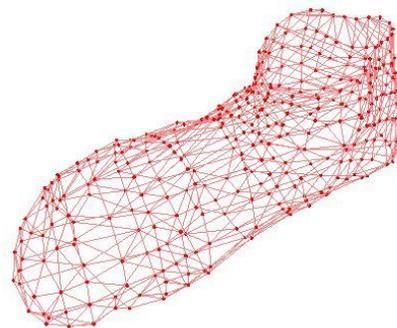


図2 解剖学的特徴点（網目上の点群）

まず足部形状データから、かがみ式靴型設計法と呼ばれる靴型形状の設計手順にしたがって、従来人手で行っていたおおまかな靴型

形状を表現する特徴線群の抽出を、コンピュータ上で算出した (図3)。



図3 算出された特徴線群 (一部)

次に求めた特徴線群に近づくように、甲部曲面のメッシュ (図4) をテンプレートとして、特徴線群上に沿うように自動的に変形させる。このメッシュを制御点群として生成した靴型曲面を図5に示す。

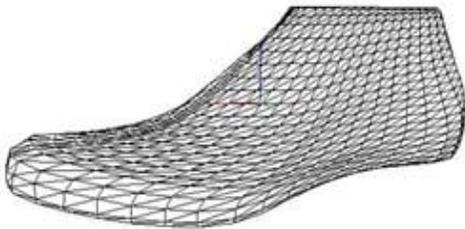


図4 テンプレート靴型メッシュ

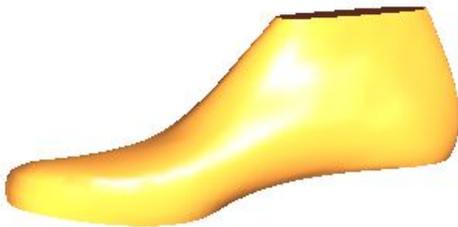


図5 テンプレート靴型曲面

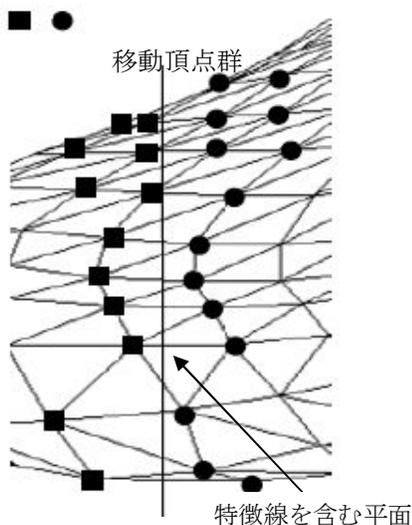


図6 特徴線を含む平面と隣接する頂点群

その後、つま先形状をデザイン上の観点から、対話的に変形操作することで目的とする靴型形状を生成する。これらの形状変形操作はいずれも Laplacian 変形法を用いて行う。特徴線を含む平面で靴型メッシュを切断したときの断面線が、設計に必要な要求条件を満たすように、メッシュの一部を移動させる。これに必要なとされる移動頂点の選択は、特徴線を含む平面に隣接した頂点群を抽出して自動変形させる。選択される頂点と特徴線を含む平面を、平面の法線方向と直交する方向から見た図を図6に示す。

## (2) 特徴線群の生成

一般的な紳士靴の作成を想定し、足部形状データから得られる計測値に対して特徴線群の算出を行った。石膏型を用いる元來のかがみ式計測手法に対して、光学式3Dデジタイザによる計測データからは取得困難な数値もあるため、本稿では下記のように対応した。第一に、足の中心線方向を定義する際に踵とともに基準となる前部基点(第2指付根部中央点)の位置については足部形状データから自動的に抽出するのが困難であるため、第2指先端の位置で代用する。第二に、足底の重心基点となる踵、第1および第5の中足骨位置の下部に突起物を置いて踏み、それらの位置を確認する工程を省略し、足形状計測時にマーキングして第1、第5の中足骨位置を抽出した。最後に、甲周りの周長は巻尺を用いて手作業で計測した値を用いる。これはかがみ式に準じれば、靴底様の起伏を再現した台上に乗せて巻尺で足の周長を計測することになっている部位だが、光学式の3Dデジタイザでは台によって遮られる足底部分のデータが取得できない。これを解決するために、台と足、台のみの計測結果から差分として足データを得る手法も試みたが、ノイズや隠れのため設計に使える精度のデータは得られなかったので手計測値を用いることにした。

## (3) テンプレートからの変形

甲部の変形の制御のためには、特徴線を含む各断面において、足底部との接続部となる両端点とそして甲部中心線上の点の3点を通るように変形させる必要がある。この断面形状の曲線での制約は3点のほかには曲線長があるので、断面テンプレートとして靴型形状のメッシュデータから断面形状を抽出したものをを用いた。甲部の変形は2段階に分かれており、最初は甲部の各特徴線群のもつ制約条件を満たすように変形させる。これはテンプレート断面の曲線形状を設計で得られた特徴線群に近づくように、繰り返し演算によって甲部曲面の制御点群を Laplacian 変形によって自動変形させる。設計の自由度が残されて

いるつま先形状に関しては対話的に変形させるインタフェースを開発して対応した。その画面を図7に示す。

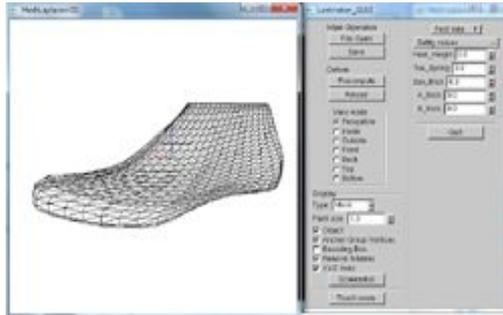


図7 変形操作インタフェース (つま先部)

#### (4) 靴型形状の適合性評価

靴型形状と足の適合性を求めて個別設計を行う手法がかがみ式設計法であり、従来石膏や手計測で各種寸法を求めて制作された靴型を基に靴が製作される。したがって、ここではかがみ式設計法で得られた靴型が特定の個人に最も適合性の高い靴型になっているという前提にたつて、靴型の形状比較手法を求めた。靴型形状の対応する特徴線群同士の類似度の総和で適合性評価指標とする。これにより、見た目には差異が認められないような靴型形状同士でも定量的な形状比較が可能となり、足形点群に適合する靴型の評価が可能となった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Zhenbao Liu, Jun Mitani, Yukio Fukui and Seiichi Nishihara: A New 3D Shape Retrieval Method Using Spherical Healpix, *Journal of Information Processing*, Vol. 16, pp.190-200, 2008 (査読有)
- ② 矢原弘樹、高橋瑛逸、福井幸男、西原清二、持丸正明、河内まき子:製品設計に用いる3次元足部モデルの座標系の設定と精度の改善法の提案、*芸術科学会論文誌*, Vol.6 No.2 pp.44-52, 2007 (査読有)

[学会発表] (計5件)

- ① Yoitsu Takahashi, Yoshihiro Kanamori, Jun Mitani, Yukio Fukui, Seiichi Nishihara : Generating a shoe last shape using Laplacian deformation, *The 8th International Conference on Virtual Reality Continuum and its*

*Applications in Industry*, pp.273-274, Dec.14, 2009, Yokohama

- ② 高橋瑛逸、福井幸男、三谷純、各務剛司、"姿勢保持器具を用いた足部形状計測手法、"2009年度春季大会学術講演論文集、*日本図学会*、pp127-130, 2009.5.9 (筑波技術大学)
- ③ Zhenbao Liu, Jun Mitani, Yukio Fukui and Seiichi Nishihara: Multiresolution Wavelet Analysis of Shape Orientation for 3D Shape Retrieval, *ACM International Conference on Multimedia Information Retrieval*, Oct.30-31, 2008, Vancouver
- ④ Yukio Fukui, Hiroki Yahara, Jun Mitani, Seiichi Nishihara: Automatic Detection of Anatomical Landmarks from Scanned Human Shape Data, *Proceedings of the 8th Edition Tunisia-Japan Symposium on Society, Sciences and Technology2007*, pp.1-3, Sousse, Tunisia Oct. 29-30, 2007
- ⑤ Zhenbao Liu, Jun Mitani, Yukio Fukui, and Seiichi Nishihara: A 3D Shape Retrieval Method based on Continuous Spherical Wavelet Transform, *Proc. IASTED Int'l Conf. on Computer Graphics and Imaging 2007*, 6pages, Feb. 13-15, 2007, Innsbruck

[その他]

(ホームページ等)

<http://www.npal.cs.tsukuba.ac.jp/>

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

福井 幸男 ( FUKUI YUKIO )

筑波大学・大学院システム情報工学研究科・教授

研究者番号 : 80311596

##### (2)研究分担者

西原 清一 ( NISHIHARA SEIICHI )

筑波大学・名誉教授

研究者番号 : 50026168

三谷 純 ( MITANI JUN )

筑波大学・大学院システム情報工学研究科・准教授

研究者番号 : 40392138

##### (3)連携研究者

なし