

3次元計測を用いた靴型の特徴量抽出法の提案

高橋瑛逸† 矢原弘樹‡ 三谷純† 福井幸男†
† 筑波大学大学院システム情報工学研究科
‡ 筑波大学教育開発国際協力研究センター
E-mail : yoitsu@npal.cs.tsukuba.ac.jp

概要

近年、3次元形状計測技術を利用した個人の身体形状に対応した製品の設計が注目されてきている。しかし、従来の生産手順そのままに3次元計測機とコンピュータを導入するだけでは、生産コストを実用レベルまで下げることは困難である。本稿では身体適合製品として靴を扱い、従来ある靴型を再利用した個人への適合性の高い靴の生産法を提案する。また、そのために用いる靴型の特徴量としてBスプライン曲線群を3次元形状データから抽出する手法と、足と靴型形状の適合性を比較する手法を提案する。

Proposal of the Method of Extracting the Character from a Shoe Last Using 3D Scan

Yoitsu TAKAHASHI † Hiroki YAHARA ‡ Jun MITANI † Yukio FUKUI †
† Graduate School of Systems and Information Engineering,
University of Tsukuba
‡ Center for Research on International Cooperation in Educational
Development, University of Tsukuba

Abstract

Recently, designing methods to make well-fit productions for human body by 3D shape scan technology have gotten a lot of attention. But using 3D scanners or computers without change traditional procedures does not lower the costs to practical level.

In this paper, we propose a new procedure to produce well-fit shoe by reusing stock lasts. To realize the procedure, we also propose methods of extracting B-spline curves as the feature of last shapes from their 3D scanned data and comparing fitness a foot shape with last shapes.

1.はじめに

現在、我々が身に着ける製品の生産方法は、大量生産によるものとオーダーメイドによるものに大別される。大量生産ではコストが低く製品の

入手までの時間が短いため多くの消費者に受け入れられているが、その設計は標準的な体形に合わせて行っているため、個々人の身体への適合性は低い。

一方、オーダーメイドにおいては身体への適合性が高いものが得られるものの、コストが高く製品の入手までの時間も長いため、広く受け入れられているとは言えない状況である。

こうした背景から、個々人の身体への適合性が高く、コストと時間を抑えた第3の生産法の開発が望まれている。そのための手段として3次元スキャナを用いた身体の計測とコンピュータを利用する方法が注目を浴びている。このような生産法では、単に消費者に製品を提供するだけでなく、その過程で得られた計測結果を蓄積しデータベース化することにより、これまでは被験者を募集して行ってきた人体寸法の統計調査を市場で行うことができるようになる。フィッティングが不可能であったインターネットなど電子商取引を通じた製品の購入が行いやすくなる、といった新たな活用も見込まれている。

ここで革製紳士淑女靴を製作する過程に注目すると、現在、オーダーメイドにより革靴をつくるためには、直接ないしは石膏型を取るなどして足の寸法を計測し、関節の位置を確認し、それらに合わせて靴型をつくり、靴型に革を張って靴を製作している。靴型を作る過程においては、その形状や滑らかな仕上げは経験や技能など、職人の勘に依存している面が大である[1]。また、これら靴型は作成後、メーカーに保管されているものの、再利用されることは少なくデッドストックとなっている。

2.用語説明

ここでは本稿で用いる語句の説明をしておく。

- ・形状点群(図1,図2)

3D スキャンにより得られる、物体の表面形状を表す3次元座標点群のデータ。図1は足を、図2は靴型をスキャンして得られた形状点群である。

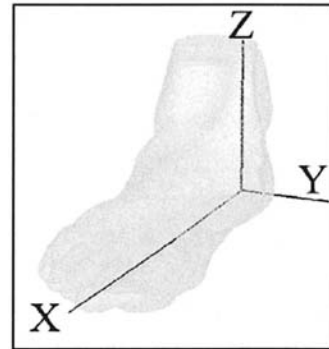


図1.足形状点群

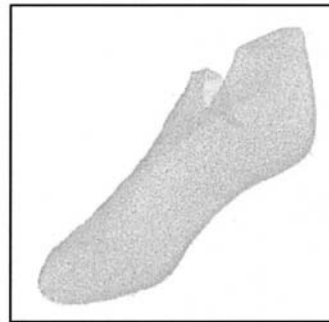


図2.靴型形状点群

- ・足部モデル(図3)

足形状点群に、骨格や腱の走向に基づいて定義される解剖学的特徴点の情報を付加したデータ。

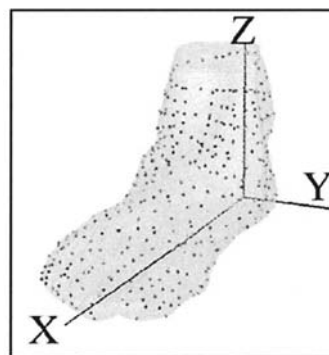


図3.足部モデル

- ・靴型特徴線群(図4)

靴型を作成する際に用いられる曲線群であり、靴型の表面形状を定義づける。各特徴線は、ある決まった手順で身体の特徴部の寸法に基づいて

決定される。本研究ではあるメーカーで採用されているものを用いる。これは側面部分 26 本、底面部分 16 本の計 42 本の B-spline 曲線からなる。

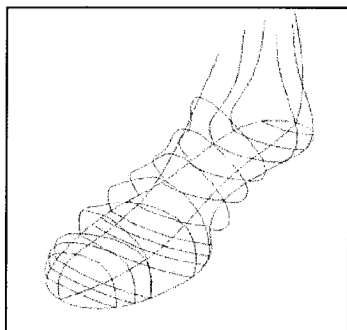


図 4. 靴型特徴線群

3. 目的

これまでの取り組みの中では、図 5 に示すように、従来の手作業による生産法をそのままに 3 次元スキャナとコンピュータを導入し自動化を進めることが想定されてきた[2,3,4].

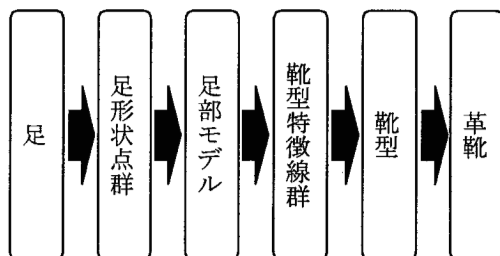


図 5. 従来生産法の自動化

このように、ある個人に対して最適な靴を作るために、計測により個人ごとに靴型を製作する方法が理想的ではあるが、革の張り合わせに用いる靴型を個別に製作すると、消費者が要求する水準にまでコストが抑えられないといわれている。

本研究は、これまでの取り組みに加えて、メーカーに保管されている靴型を再利用することにより、コストと製作期間をさらに抑制して、個別の足への適合性が高い革靴の製作を支援する生産法

の開発を目的とする。

また本稿では、その実現に不可欠な製品と身体の適合性を比較する手法を提案する。

4. 提案システム

これまで述べてきたようなことから図 6 のようなシステムを提案する。

図 6 左側のフローでは、前処理としてメーカーに保管されている大量の靴型を 3 次元スキャンし、その形状データから特徴線群を作成し、データベースとしておく。

一方、図 6 右側のフローではユーザの足を 3 次元スキャンし、表面形状のデータから、靴型特徴線群を得る。この足計測から得られた靴型特徴線群に適合度の高いものがあるか、左側のフローで作ったデータベースから内のものと比較し、適合性の高いなものがあれば当該靴型を再利用して革を張り合わせて製品化する。

もちろん全ての足について適合度の高い靴型が過去につくられていたわけではない。この場合は、足特徴線群から靴型曲面を生成し NC 加工等で新規に製作し、革の縫製を行うことになる。なお、製作後この靴型およびそのデータもデータベースに還流していくことになる。

5. 実現への課題

提案システムを実現するためには大きく 4 つの課題があり、

- a) 足形状点群からの足部モデルの自動生成法
- b) 足部モデルから靴型特徴線群の自動抽出法
- c) 靴型形状点群から靴型特徴線群の抽出法
- d) 足とそれに対応する靴型の適合度比較手法の開発が不可欠である。

これらのうち a) については矢原ら[3]で取りまとめ、改善が検討されている。b) については別途検討するものとし、本稿では、これらの課題について検討する。

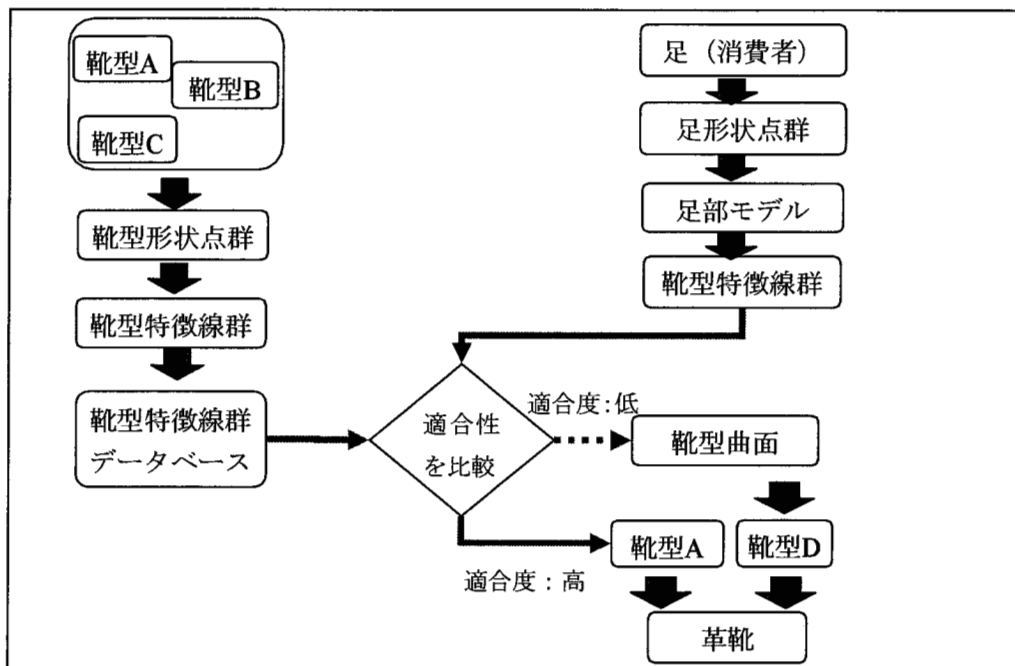


図 6.提案システム

c)について

本研究では、その後の処理で靴型特徴線群同士を比較することを考慮し、形状の異なる靴型でも特徴線数、配置、制御点数が対応する得るため、テンプレート化した靴型特徴線群の靴型形状点群へのあてはめによる変形を行うことで解決を試みる。

STEP1.靴型形状点群について主成分分析。

STEP2.XY 投影面について、第 1 主成分方向最小点を得る。

STEP3. XY 投影面について、STEP2 の最小点から最も遠い点結ぶ線分を得る。

STEP4. XY 投影面について、テンプレートの特徴線 L_{15} (図 7.参照)と STEP3 の線分を重ね合わせる。

STEP5.テンプレートのスケールを拡大縮小。

STEP6.テンプレートの制御点を移動。

STEP7.制御点移動後のテンプレートをこの靴型

の靴型特徴線群とする。

なお STEP6 における制御点の移動については WANG ら[6]の手法を適用する。

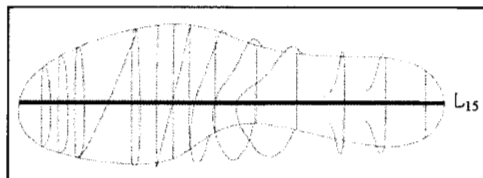


図 7. 特徴線 L_{15} (XY 平面投影図)

d)について

本稿では靴型を定義づける特徴線群を用いて適合度の比較法を提案する。

2 次元自由曲線の比較手法については、その制御多角形の比較により簡便に類似度を求める手法 [7]が研究されている。本研究では比較する靴型特徴線群同士が相同な(特徴線の数と配置、制御点数が対応する)ものであり、この制御点の対応が

とれるという特殊性に着目し、この手法を拡張して各特徴線の制御多角形を用いることにより、簡便な計算で特徴線群の適合度の比較を試みる。

足の計測から得られる靴型特徴線群 F と靴型データベース中の靴型特徴線群 A を比較する場合、特徴線群の対応する i 番目の特徴線の j 番目の制御点をそれぞれ $P_{Fi,j}$ 、 $P_{Ai,j}$ とし、特徴線群の適合度誤差 E を、次のように定義する。

$$E(F, A) = \sum_{i=1}^{42} \frac{1}{n_i L_{F_i}} \sum_{j=1}^{n_i} w_{i,j} |P_{F_{i,j}} - P_{A_{i,j}}|$$

ここで式中の n_i は i 番目の特徴線の制御点数、 L_{F_i} は F の i 番目の特徴線 F_i の制御多角形の折れ線部分の長さ、 $w_{i,j}$ は制御点ごとの重みを示す。

比較する各靴型について、この E 値を算出することにより順位づけが可能になる。

なお $w_{i,j}$ については特徴線のどの箇所の適合度を重視するか(ボール断面、足長、踵付近 etc.)について、ユーザまたはメーカーで操作可能にする必要がある。

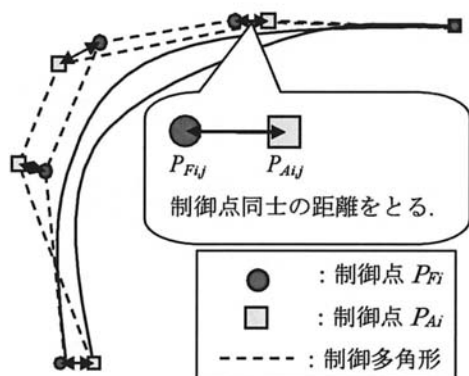


図 7. 制御多角形の比較

6. まとめ

本稿においては従来、手作業と職人に勤によってのみ製作されてきた靴の生産法について、コンピュータ利用により、コストと納期を抑えるシステムの提案を行い、その実現のために課題となる靴型形状点群から靴型特徴線群を抽出する方法と、靴型特徴線群の制御多角形を用いた足と靴型の適合性比較手法を提案した。今後、実装と実験を行い、実現を目指す予定である。

謝辞

本研究にあたり、データ提供と市場動向の観点からの多大なご助言を頂いた株式会社アイウェアラボラトリー木村幸三代表取締役役に深謝する。

参考文献

- [1]株式会社かがみ "平成 11 年度東京都皮革技術委託研究報告 足に合った履きやすい革靴の製作とその検証について" 東京都立皮革技術センター、かわとはきもの No.112, 2000 年
- [2] Yoitsu TAKAHASHI, Hiroki YAHARA, Yukio FUKUI and Seiichi NISHIHARA, Masaaki MOCHIMARU and Makiko KOUCHI, "Defining the Coordinate System of 3D Foot Model Using Regression Analysis," NICOGRAPH International 2006, p117-122(2006)
- [3] 矢原弘樹, 日隈直紀, 福井幸男, 西原清一, 持丸正明, 河内まき子, "FFD を用いた 3 次元足部モデルの解剖学的特徴点抽出" 電子情報通信学会論文誌 2004/4 Vol.J87-D-II No.4
- [4] 清水超也, "B-spline 曲面を用いた高品質な靴型モデル生成法" 筑波大学大学院理工学研究科

修士論文, 2004 年

[5] 古田泰大, 三谷純, 水野一徳, 福井幸男, 西原清一, ”身体に適合した靴の自動設計のための曲面生成手法” 情報処理学会 第 68 回全国大会講演論文集, 2006 年

[6] W.P.WANG, H.POTTMANN, Y.LIU,
”Fitting B-Spline Curves to Point Clouds by Curvature-Based Squared Distance Minimization”
ACM Transactions on Graphics, Vol.25, No2, 2006,
pp214-238.

[7] 齋藤篤史, 向井伸治, 古川進, 清水誠司, ”制御多角形を用いた自由曲線形状の類似度判定” 第 66 回全国大会講演論文集, 2004 年