

靴型形状特徴量の抽出と類似度算出の研究

野澤和正[†] 福井幸男[‡] 三谷純[†] 金森由博[‡]

筑波大学情報学群情報メディア創成学類[†]

筑波大学大学院システム情報工学研究科[‡]

1. はじめに

人間の身体に適合する製品の製作には、その形状情報をデリケートに扱うことが要求される。靴もその1つであり、靴と足の形状が合わないと、日常的に使うために健康上重大な問題が生じる。長さや幅のみで分類されている市販の靴から、個人の足に適した物を得るのは非常に難しい。従って、靴のオーダーメイドには潜在的な需要が存在する。

しかし職人の手作業によるオーダーメイドでは、靴型の製作にコストも時間も大量に消費してしまう。そこで3Dスキャンの実用化に伴い、一連の製作過程をデジタル化するための研究が成されてきた。[1][2]などはスキャンで点群化した靴型モデルを自由に変形する手法を提案している。

本研究では、企業が在庫として抱える既存の靴型を有効利用し、その中から個人の足に最も適合するものを選択する手法を提案する。具体的には、靴型の設計情報である特徴量を各々から抽出し、足形状からモデリングした理想の靴型の特徴量と比較することで、その適合性を評価する。

2. 形状特徴量の抽出

特徴量とは既存の靴型製法を参考にした指標である。足から靴型を作るのに必要な設計情報であり、靴型上の特定位置の断面における曲線形状やその線長から構成される。ところが、出来上がった靴型からは断面の位置情報が失われているために、特徴量を容易に取り出すことが出来ない。ここでは、特徴量を復元し抽出する手法を提案する。

抽出すべき形状特徴量は、靴型の基準面と特徴断面の形状及びその長さである。基準面とは爪先から踵までを通る面で、これによる靴型点群の断面が、全ての特徴断面の位置を決定する

要素となる。

まず基準面を復元する。点群形状から基準面を求める手法を幾つか考慮し、実験用に基準面位置をマークしたままスキャンした靴型情報と照らし合わせて、本来の基準面と最も近い面が得られる手法がどれかを検証する。検証した手法は以下の3つである。

- 点群内で最も遠い2点を通る
- 主成分分析による固有ベクトルの長方向
- 足首部の断面上で最も遠い2点を通る

上に挙げた手法では2点しか指定していないが、その2点を結ぶ線を含み地面に垂直な面を基準面とする。実験の結果、Bの手法が実際の基準面との誤差が最も少ないので、これを採用した。

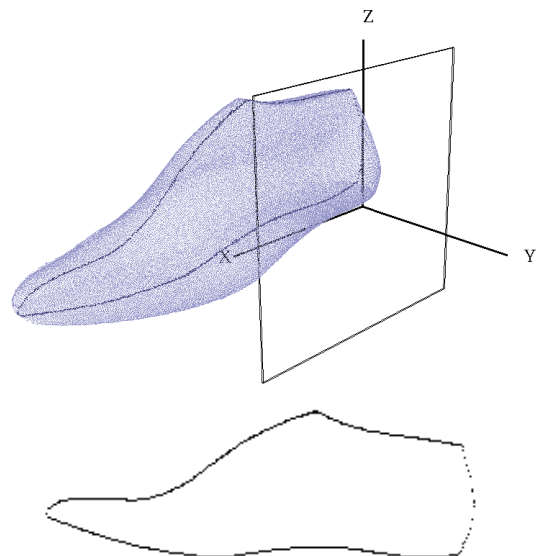


図1：靴型点群の概形と基準面(上)、
取り出した基準断面(下)

特徴断面の抽出は、基準面をベースに靴型を輪切りにする要領で数箇所取り出す。その位置を決定する要素は3つあり、底部基準断面における足の踏付け部中心からの距離・甲部基準断面における爪先からの距離・基準面とのなす角がこれに当たる。前2つは、靴型製法上定義式が存在し、足の長さ・曲線長・踏付けの重心位

Extraction of shoe last feature and its quantification.

Kazumasa NOZAWA[†], Yukio HUKUI[‡], Jun MITANI[‡],
Yoshihiro KANAMORI[‡]

[†]College of Information Sciences, University of Tsukuba

[‡]Department of Computer Science, University of Tsukuba

置など幾つかの測量値を代入することで、底部なら踏付け中心から、曲線長でどれくらいの比率・距離にあるかが求まる。定義式に必要な測量値は、靴型の形状から直接求めるか、もしくは求めたい値を含む他の定義式を複数連立させて、その方程式を解いて求めるという様に別途作業が必要になる。

特徴断面の一例としてJ面を挙げる。底部の基準断面上においてまずJ0点を決定し、同様に甲部でもJB点を決定する。基準面とJ面のなす角が一定であることから、これらの点を含み条件を満たすような面の方程式を求めるのである。

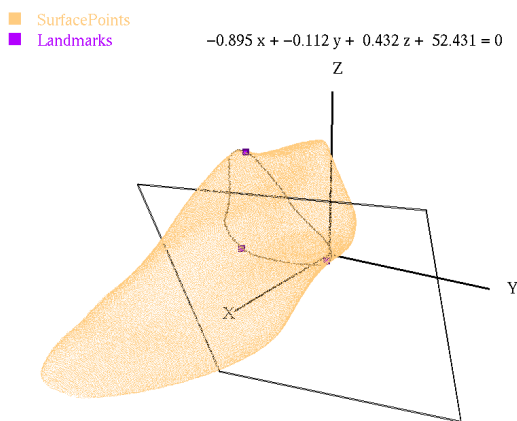


図2：靴型点群のJ面による断面図

特徴断面は底部で7つ、底部と甲部を横断する面を8つ定義する。手順としては、靴型点群の基準断面を、底部と甲部に分割し、それぞれ点群に近似する曲線を作り、長さを計測する。上述のように、底部・甲部で断面に含まれるべき点の座標をそれぞれ求め、断面位置を決定する。靴型をその断面で割って得た特徴断面点群は輪のような形状をしているので、これを更に底部・甲部で分割し、その曲線長を全て求めて記録する。



図3：J面による断面及び分割した底・甲部(上)と、M面による断面及び分割した底・甲部(下)

3. 類似度を用いた評価法

特徴断面での曲線長の差の総和を2つの靴型の類似度とすることも出来るが、曲線長が等しくても形状が大きく異なるケースが存在した場合、これを類似性が高いと判定すると履き心地に影響が出てしまう可能性がある。よって、曲線(点群)の形状自体も比較する。

特徴断面を抽出する前の段階で、基準面がxz平面と一致するよう座標変換の処理を行っているので、2つの靴型から取り出した同じ特徴断面(J面、M面など)はそのままの座標で3次元の形状比較が可能である。2つの曲線を重ねて、そのずれた部分の曲線で囲まれた面の面積を求め、全特徴断面におけるずれ面積の総和を、形状から判断した類似度の指標とする。各曲線はパラメータ $t(x, y, z)$ を動かすことで描かれるので、一定のパラメータ間隔で曲線上に区切り点を設け、2つの曲線間で区切り点を結ぶ三角形を生成し、その総和で近似的に誤差面積を算出する。各三角形の面積 S は、三角形の2辺をベクトルとみなし、それらの外積 (= 平行四辺形の面積) の絶対値の半分として求められる。

$$\vec{v} = \begin{vmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \\ \vec{e}_1 & \vec{e}_2 & \vec{e}_3 \end{vmatrix} \quad S = \frac{1}{2} \cdot |\vec{v}|$$

4. おわりに

本研究では、実際の靴型の製法に準じた形状特徴のみを抽出し比較することで、靴を始めとする身体適合製品において大事な人間の感触、靴でいえば履き心地をより重視し、かつ効率的に適合性を評価するシステムを作成した。しかし、実際にこのシステムを元に靴を製作して検証するまでには至っていないので、具体的なシステムの検証が今後の課題である。また類似度の評価方法も再検討する。

参考文献

- [1]J.Leng, R.Du, "A CAD Approach for designing Customized Shoe Last", Computer-Aided Design & Applications, Vol.3, Nos.1-4, 2006, pp377-384.
- [2]M.Mochimaru, M.Kouchi, M.Dohi, "Analysis of 3D Human Foot Forms Using the Free Form Deformation Method and Its Application in Grading Shoe Lasts", Ergonomics, Vol.43, No.9, 2000, pp1301-1313.