

4H-7

指先端の解剖学的特徴点の位置推定

伊納 進平[†] 井芹 大智[‡] 矢原 弘樹[‡] 水野 一徳[‡] 西原 清一[‡] 福井 幸男[‡]
 筑波大学 情報学類[†] 筑波大学 システム情報工学研究科[‡]

1. はじめに

近年、個人の身体に適合した眼鏡や靴などを手軽に入手する方法として、個人の身体形状データから身体に適合した製品を個別に設計・製造するシステムへの関心が高まっている^[1]。

3次元スキャナなどで計測された身体形状データを用いた製品の設計では、解剖学的特徴点情報を持った3次元身体モデルが必要とされる。解剖学的特徴点は現状では専門家が手作業で位置を計測するため、非常に手間がかかる^[2]。

本稿では解剖学的特徴点の定義に基づき、身体の表面形状から直接解剖学的特徴点の位置推定を行う手法を提案する。3次元身体モデルとして足のモデルを扱い、中指、薬指、小指の指先端にある解剖学的特徴点を対象とする。

2. 基本事項

2.1. 3次元足モデル

3次元足モデルを図1に示す。図左が身体表面形状を現す形状点(数万点)である。図中央が製品とモデル間の対応付けに利用される解剖学的特徴点(372点)である。図右が足モデルの座標系を定義する基準点(踵点・MT・MFの3点)である。

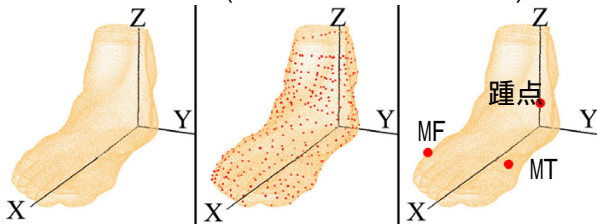


図1 3次元足モデルの定義

2.2. 指先端の解剖学的特徴点の定義

本稿で位置推定を行う指先端の解剖学的特徴点について説明する。指先端の位置の定義は各指の中心線上の最も突出した点である(図2)。本稿では、中指・薬指・小指の指先端の解剖学的

特徴点の位置推定を行う。

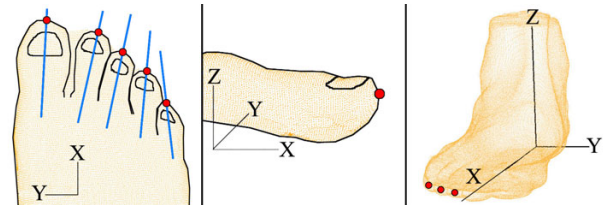


図2 指先端の解剖学的特徴点の定義

3. 処理の手順

3.1. 処理の方針

中指・薬指・小指の指先端には、指同士の間隙が曖昧・指先の形状の個人差や変化が大きい等の特徴があり、解剖学的特徴点の位置推定が困難である。そのため、まず指の鉛直断面から指の間にある溝の部分抽出し、指同士を分割する。その後、指先付近の形状を調べ、その特徴にあわせて指先端の探索を行う。

3.2. 処理の流れ

全体の処理の流れを図3に示す。

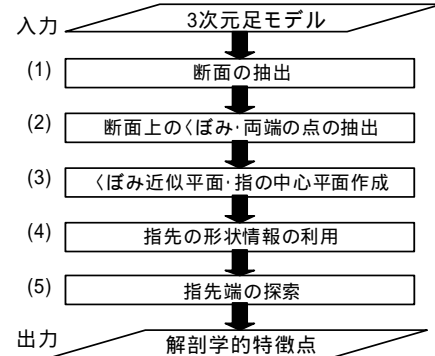


図3 処理の流れ

(1) 断面の抽出

MT・MFを通る鉛直な平面とつま先付近を通る鉛直平面を作り、その間にある平面によって形状点から断面を取り出していく(図4)。

(2) 断面上のくぼみ・両端の点の抽出

(1)で取り出した断面に対して微分を行い指間にある極小値(以下、くぼみ)を検出する。また、断面上の両端にある点を抽出する(図5)。

(3) くぼみ近似平面・指の中心平面の作成

(2)で抽出した、各指間毎のくぼみ・両端の点から近似平面を作成する。各指両側の近似平面

Automatic Detection of Anatomical Landmarks of Toes in 3D Foot Models

[†] Shimpei INO

College of Information Sciences University of Tsukuba

[‡]Daichi ISERI, Hiroki YAHARA, Kazunori MIZUNO,

Seiichi NISHIHARA, Yukio FUKUI

Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

の中間平面を計算し、指の中心平面とする(図 6)。

(4) 指先の形状情報の取得

指先の輪郭線を検出し、その輪郭線を微分し、指先の凹凸情報を調べる。それを基に指先同士の境界を検出し、また各指の指先形状の特徴に基づき、指先形状の分類を行う(図 7)。

(5) 指先端の探索

(4)で行った指先形状の分類を基に、(3)の指の中心平面を指先の中心線の位置に設定する。そして、点群から指先の中心線上の断面を取り出し、x 軸方向で最先端の点を検出する。その点から一定範囲の点の平均を取り、y 軸・z 軸方向の値を決定する(図 8,9)。

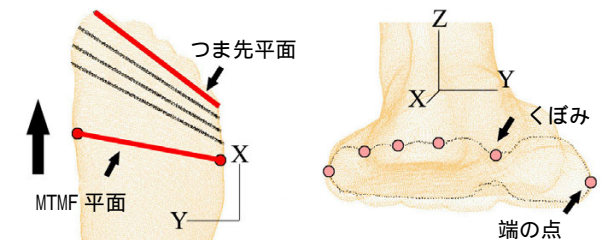


図 4 断面の抽出

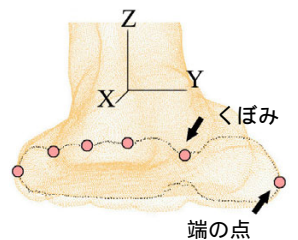


図 5 くぼみの抽出

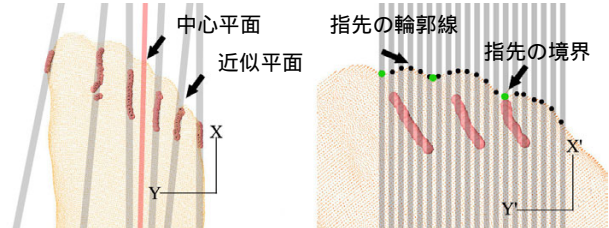


図 6 近似平面の作成

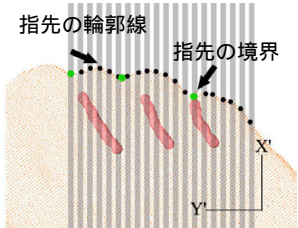


図 7 指先情報の取得

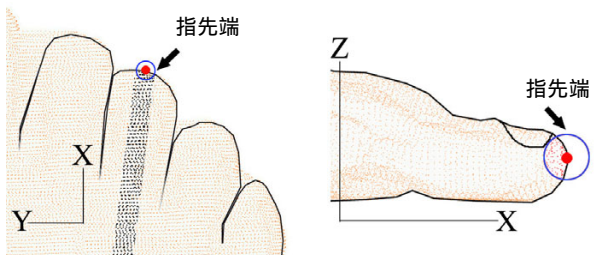


図 8 指先端の探索上面図

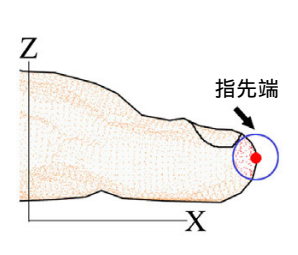


図 9 側面図

4 . 評価実験

4 . 1 . 実験方法

190 名分の 3 次元足モデルに対して提案手法を適用し、指先端の解剖学的特徴点の位置推定を行った。そして、位置推定結果を実際に計測された解剖学的特徴点の位置と比較し誤差を調べた。なお、計測された解剖学的特徴点には、手計測による誤差 1.0 mm と 3 次元スキャナの精度による誤差 1.0 mm が含まれている。

4 . 2 . 実験結果・考察

実験結果を図 9 に示す。図で平均値の上部にある線は標準偏差を示している。

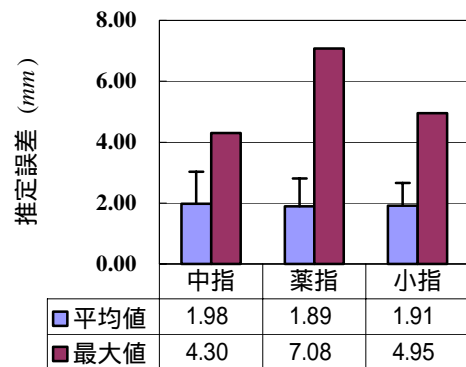


図 10 誤差のグラフ

平均誤差については、モデルに含まれる誤差を考慮すれば、2.0mm 以内の値は許容範囲内の誤差であると考えられる。最大誤差については中指・小指については 5.0 mm 以内の数値であったが、薬指については、特定のモデルの誤差が大きくなり最大誤差が大きくなってしまった。

また、誤差を大きくした要因として、

- ・指先の点の欠如・点の密度の不足
 - ・指先に存在する形状と関係のない点(ノイズ)
 - ・他のモデルと特徴の異なるモデル
- などがある。それに対する対策として以下のことが考えられる。
- ・形状点の補間
 - ・ノイズの除去
 - ・形状の統計を利用した例外的なモデルの検出

5 . おわりに

本稿では、3 次元足モデルにおける指先端の解剖学的特徴点を定義に基づき、形状から直接位置推定する手法を提案した。そして、平均誤差についてある程度良い位置推定結果を得ることができた。

しかし、誤差を大きくする要因が存在するため、今後それらに対応していき、より安定した位置推定を行えるよう改善していく必要がある。

(独)産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センターの持丸正明副センター長、(株)アイウェアラボラトリー木村幸三社長にデータを提供いただいた。感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 日本皮革産業連合会, イージーオーダーシステム研究報告書, 日本皮革産業連合会, 1989.
- [2] 矢原弘樹他, FFD を用いた 3 次元足モデルの解剖学的特徴点抽出, 信学論, vol. J87-D- , no.4, pp.967-977, 2004.