

足底装具の設計に向けた Web-based 3D-CAD に関する研究

明治大学工学部 機械情報工学科 ○吉原圭亮 明治大学工学部 機械情報工学科 ©館野寿丈

要旨

足底装具とは関節の固定や矯正などを行う足の裏に敷く道具である。一般的に個人の特徴に合わせて作られるが現存する 3D-CAD では操作が難しく、3D プリントを用いたマスカスタマイゼーションはあまり行われていない。本研究では、3次元モーフィングを用いて、いくつかの特徴的な足の形をデータとして組み込み、ブレンドしてモデリングすることにより、一般的な 3D-CAD の知識がない人でも簡単に操作出来るアプリケーションを実装し、検証する

1. 序論

近年、Additive Manufacturing(3D プリント)の普及により Mass Customization[1]の可能性が大きく広がってきた。その中の一つに足底装具が挙げられる。足底装具とは関節可動域の制限や固定、変形の防止や矯正などを行う足の裏に敷く道具である。人体に付けるものなので、一般的に個人の特徴に合わせて作られる。

この足底装具は義肢装具士という専門の資格を持つ職人によって作られる。個人の足型に合わせて足底装具を作るには単純に足型を 3D スキャンしたデータだけでは作れず、関節の可動域や重心などを考慮して義肢装具士が必要な修正を加えることによって完成する。

しかし義肢装具士が個人向けの足底装具を設計するために 3D-CAD を用いるには、現存する CAD では操作が難しく、専門的スキルが必要となるため、コストがかかり、Mass Customization はあまり行われていない。そこで本研究では、3D-CAD の知識がなくても直観的に、簡単に操作出来るアプリケーションを作ることで、低コストで足底装具の Mass Customization を可能にすることを目的とする。

2. 理論

3D-CAD でのモデリング方法としてモーフィング手法を用いる[2]。モーフィング[3]とは異なる 2つのモデルの中間のパラメータ補完を計算し、片方のモデルからもう片方のモデルへと自然に変化をさせる手法である。最も基本的な形状を Base model(Fig.1)とし、それ以外に特徴的な形状を持つ Target model(Fig.2)をいくつか用意する。これらのモデルをブレンドし、目的のモデルを生成する。

Base model の位置ベクトルの 1つを p 、Morph Target model の位置ベクトルの 1つを q とする。この 2点をブレンドし、新たに

出来る点を p' とする。ブレンドは式(1)をすべての位置ベクトルに行うことで算出される。

$$p' = p(1 - t) + qt \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (1)$$

(1)の t は Fig.1、Fig.2 のように画面上のバーを動かすことによって値を変えられるようにすることで、直観的な操作でのモデリングを可能にする。ただし、(1)式はモデルの全ての位置ベクトルを Base model と Target model の間で 1対1の関係で対応づけなければならない。これまでモーフィングに関する研究の多くはこの対応付けの手法について述べられてきた。今回はモデルが薄く、比較的似たような形状であることからモデルを一度平面に投影してから対応付ける手法を提案する。

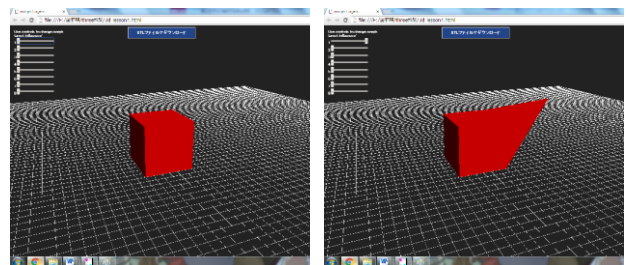


Fig.1 Base Model

Fig.2 Target Model (1)

一般的な 3D-CAD は汎用性が高く、様々なものがモデリング出来るが、今回提案する 3D-CAD はモーフィングによってモデリングを行うので、Target Model に組み込まれている 1つの種類のもの、ここでは足底装具しかモデリング出来ないような限定的なモデリングシステムになっている。また、1つの種類のものでも Target Model に組み込まれていないような変則的なモデルは作成できないという欠点がある。

3. 提案アルゴリズム

まずはモデルの全位置ベクトルデータを取得する。そしてそのデータの x, y 成分だけ抽出し平面に投影する。その後その平面モデルの中心から 1度ずつ 360度 に直線を引き、モデルの最も遠い

平面との交点を求める。次にその交点と中心とをつなぐ線を 100 分割した点にそれぞれ最も近いモデル上の点データを取得する (Fig.3)。こうして得た 360×100 点のデータを順番に 1 つの配列に格納する。この整理された配列データを Base Model (Fig.3) と Target Model (Fig.4) の両方のモデルで得た配列の位置ベクトルデータを順番に 1 対 1 で対応付けすることでモーフィングが可能になる。

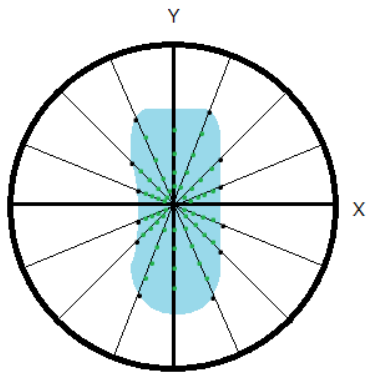


Fig.3 Base Model の求めた端点と中心との線を分割する過程

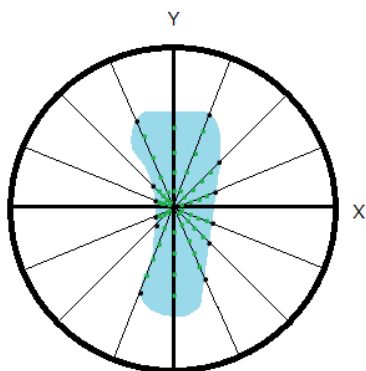


Fig.4 Target Model の求めた端点と中心との線を分割する過程

4. 実装と実験結果

本研究での開発環境は Table1 に示した。

Table1 開発環境

OS	windows7 professional
CPU	Intel CORE i3
メモリ	2GB
Web ブラウザ	Chrome
使用言語	JavaScript
使用ライブラリ	THREE.JS

現段階では提案したアルゴリズムの対応付けに必要な位置ベクトルをモデルデータから取得するプログラムを実装することにより 2 つの課題が見つかった。

1 つ目は、今回の研究では 360×100 点のデータを取得するはずだったが、扱えるデータ容量の制限があり、 12×10 点のデータしか表示出来ずに、Fig.5 の実際の人間の足型に対して、Fig.6 のように粗いメッシュの Base Model になった。理由としては、今回モデルの表示に THREE.JS ライブラリ内の汎用メソッドを用いたため、そのメソッドに入れることが出来る頂点の数が 12×10 点程度だったと考えられる。したがって、今後は少ない点数でも特徴点をうまく抽出して、目的のモデルを表示できるようにアルゴリズムを再検討するか、汎用メソッドを使わず、三角メッシュをすべて自分で定義して、表示するなどしていく必要がある。

2 つ目は今回モデルの STL データを読み込むにもライブラリのメソッドを用いたがデータ量に制限があり、30MB だった元のデータを 1MB まで減らすことで点データを取得できた。今後より精度を高めていくとしたら、1 つの配列に入れるデータ量を減らして読み込みを行うなどする必要があることが分かった。

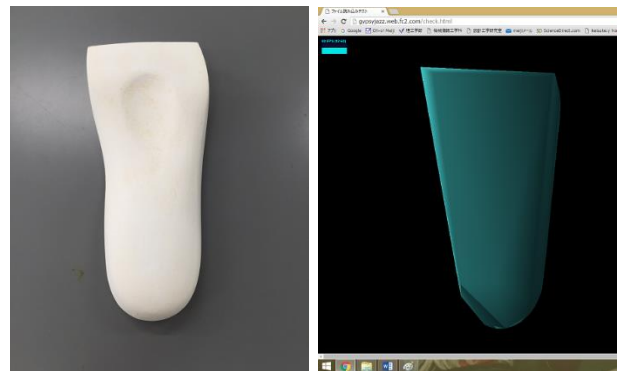


Fig.5 実際の足型

Fig.6 Base Model

5. 結論

目的を達成するために足底装具のための 3D-CAD を実装することにより実際上の問題点を 2 つ明らかにした。

また、今回はシンプルな手法での対応付けをしたが、他にも対応付けする手法は多数存在するため、よりインソールの CAD に適したものを探していくことが望まれる。

6. 参考文献

- [1] Tseng,M.M、Design for Mass Customization、CIRP Annals - Manufacturing Technology 153-156(1996)
- [2] Toshitake TATENO、Template-based Modeling Scheme for Web-based CAD -Shape Design by using Morphing Technology、CAx Technologies, Vol.1, pp.5-10 (2013)
- [3] Kent.J.R、Shape Transformation For Polyhedral Objects、Computer Graphics 26 (2) 47-54(1992)