

# 服飾デザインシステムのための生地のカット・縫製シミュレーション

宮原克典<sup>1</sup>, 岡田義広<sup>2,3</sup>, 新島耕一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院システム情報科学府

<sup>2</sup>九州大学大学院システム情報科学研究院

<sup>3</sup>独立行政法人 科学技術振興機構 さきがけ研究「協調と制御」領域

## 1. はじめに

現在、3次元グラフィックやアニメーションを作成するためのソフトウェアが多数存在する。しかし、3次元グラフィックス表現された仮想空間内で3次元人体モデルに直接生地をあてながら、生地をカット・縫製や着色することにより服飾デザインを行うシステムは発表者の知る限り存在しない。本研究は、そのような直感的で使い易い服飾デザインシステムの開発を目指している。本稿では、直感的な操作が行える3次元入力デバイスを用いて、3次元仮想空間内で服飾デザインが行えるための生地のカット・縫製シミュレーションのモデリングと実装について述べる。

## 2. 3次元入力デバイス: Phantom

直感的な操作が行える3次元入力デバイスとして、SensAble社のPhantomを用いる。外見は小さなクレーン状のアームの先にペンが取り付けられた形をしている。ペンの握り部分にはボタンが2つ付いており、マウスの左右ボタンと同様の役割を果たす。PhantomはIEEE1394経由で計算機と接続され、このペン先の3次元位置情報を入力データとして計算機へ送る。このデータにより、3次元仮想空間内を自由に動くポインタが実現される。Phantomは3次元入力デバイスの1つであるが、3次元オブジェクトに対する触感をリアルタイムに再現するフォースフィードバック機能を備えているためHaptic(触感的)デバイスともよばれる。

## 3. 生地のモデリング

生地は、Phantomを用いた操作によって、実時間で形状変形が行われなければならない。形状変形する生地のモデルとして論文[1]を参考にした。この論文ではMass-Spring-Damperモデルによって眼の網膜をモデリングしている。このモデルは、図1に示すように、質量のある頂点が隣り合うすべての頂点とSpringとDamperによってつながっているモデルとして表現される。このとき頂点*i*にかかる動力学方程式は、

\*Cutting and Sewing Simulation for cloth Design Systems

Katsunori Miyahara<sup>1</sup>, Yoshihiro Okada<sup>1,2</sup>, Koichi Nijima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

<sup>2</sup>Intelligent Cooperation and Control, PRESTO, JST

$$m_i \ddot{x}_i = -\gamma_i \dot{x}_i + \sum_{j \in J} g_{ij} + f_i \quad (1)$$

である。ここで  $m_i$  は頂点  $i$  の質量、 $x_i$  は頂点  $i$  の位置の変位、 $-\gamma_i \dot{x}_i$  は damping force、 $\sum_{j \in J} g_{ij}$  は頂点  $i$  と隣接する頂点群  $J$  の Spring force の和、 $f_i$  は外力(重力、引く力、押す力など)である。

本研究における生地のモデリングでは、上記の式から Damping force を除いた Mass-Spring モデルを使用して単純化している。このモデルにおける頂点  $i$  にかかる動力学方程式は、

$$1 \times \ddot{x}_i = \sum_{j \in J} g_{ij} + f_{Phantom} \quad (2)$$

である。すべての頂点にかかる質量を一定の1にし、外力として Phantom を用いた生地の操作によって与えられる力のみを考える。 $\sum_{j \in J} g_{ij}$  は論文[1]と同様に、頂点  $i$  と隣接する頂点群  $J$  の Spring force の和である。ベクトル  $g_{ij}$  は、以下で計算する。

$$g_{ij} = k * (1 - l_{ij} / l'_{ij}) * d_{ij} \quad (3)$$

ここで  $k$  はばね係数、 $l_{ij}$  は頂点  $i$  と隣接する頂点  $j$  との稜線の長さ、 $l'_{ij}$  は頂点  $i$  と隣接する頂点  $j$  との変位後の稜線の長さ、 $d_{ij}$  は頂点  $i$  から隣接する頂点  $j$  へ向かう単位ベクトルである。(2)式を計算することにより頂点の位置情報を更新し、生地の形状変形を実現する。

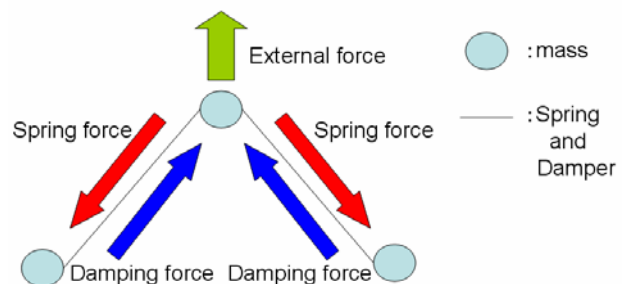


図1. Mass-Spring-Damper モデル

#### 4. Phantom を用いた生地 の操作

3 でモデリングされた生地に対し, Phantom を用いて「つまむ」, 「破く」, 「切る」, 「縫う」, 「描く」の五つの操作が可能である。それぞれの操作の実装方法は以下の通りである。

##### A) 「つまむ」

Phantom のポインタに一番近い頂点とポインタとを Spring で連結したとして, ポインタを移動させて生ずる Spring force によって生地をつまんで動かす操作を実現した。

##### B) 「破く」

稜線の長さに閾値を設け, つまむ操作で稜線が伸びて閾値以上になると, その稜線と隣接する2つのポリゴンを削除することにより生地を破く操作を実現した。

##### C) 「切る」と「縫う」

頂点を Phantom のポインタで指定し, その指定された頂点を2個に分離分割することにより生地の切る操作を実現している。また, 離れた2つの頂点を結合して1個にまとめることにより生地の縫う操作を実現している。

##### D) 「描く」

生地にテクスチャマッピングし, Phantom ポインタの生地上の位置と対応する位置のテクスチャ画素の色を変更することにより, 自由に生地の表面に文字や絵を描くことが出来る。

3次元人体モデルに生地をあてて, 裁断や裁縫により服飾デザインするための準備段階として, 3次元オブジェクトに生地をかぶせ, その後「切る」や「縫う」操作が行えるための機能について検討したので以下で説明する。

#### 5. 衝突検出

生地を3次元オブジェクトにかぶせるためには, 生地とオブジェクト間の衝突検出を行う必要がある。高速に衝突検出を行うために OBB (Oriented Bounding Box) Tree[2] 表現による方法を用いる。OBB とは, 3次元オブジェクトを構成するポリゴン群を内包する最小の直方体である。この直方体を決定するための直交する3つの軸とそれらの大きさ(すなわち, 3つの主軸)は, ポリゴン群の X, Y, Z 軸方向の分布から得られる共分散行列の固有ベクトルとして求められる。この OBB の第一主軸に沿ってポリゴン群を2分割し, さらに分割されたそれぞれのポリゴン群を内包する OBB をつくる。これを再帰的に繰り返すことにより OBB-Tree が構築される。OBB-Tree は二分木であるので, OBB-Tree 表現されるオブジェクトのポリゴン数を  $n$  とすると, 衝突検出を行う対象のオブジェクトのポリゴン数が  $m$  のとき, 衝突検出のための計算量は  $O(m \log n)$  となる。

#### 6. 実験

OBB-Tree 表現に基づく衝突検出を行い, 生地を

3次元オブジェクトにかぶせ, その後「切る」や「縫う」などの操作を行い, オブジェクトの形に合わせて生地を整えていく実験を行う。今回は, 包まれる3次元オブジェクトとして立方体を用いた。以下の図2は, シミュレーション中の画面イメージである。

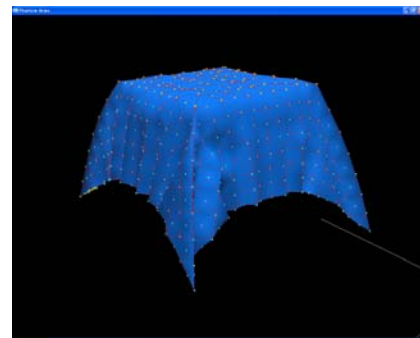
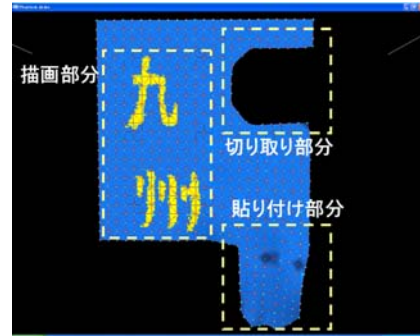


図2. シミュレーション画面

#### 7. まとめと今後の課題

本稿では, Mass-Spring モデルにより生地の形状変形をモデリングした点, Phantom を用いた生地の操作として, 「つまむ」「破く」「切る」「縫う」「画く」を実装した点, 生地で3次元オブジェクトを包み, Phantom を用いた「切る」や「縫う」操作によって, 包まれるオブジェクトの形状に合うように生地を整える実験を行った点を説明した。これらの操作はすべて実時間で行わなければならない, しかも計算量が大いいため生地のポリゴン数を増やすことが難しい。

今後の課題として, 計算量削減のための工夫やモデルの単純化などを検討する。これにより, 多数のポリゴン数からなる詳細な生地の表現を可能とし, 実用的な服飾デザインシステムの開発を目指す。

#### 参考文献

- [1] Roger Wbster, et al, "SIMULATING THE CONTINUOUS CURVILINEAR CAPSULORHEXIS PROCEDURE DURING CATARACT SURGERY", Proc. of the 15<sup>th</sup> IASTED Int. Conf. on Modeling and Simulation, pp. 262-265, 2004.
- [2] S. Gottschalk, et al., "OBBTree: A Hierarchical Structure for Rapid Interference Detection", Proc. of ACM Siggraph'96, pp. 171-180, 1997.