

## バブルメッシュ法を用いた 3D スキャナデータの再メッシュ化

佐藤 和弥<sup>†</sup> 渡辺 大地<sup>††</sup>

<sup>†</sup>東京工科大学大学院バイオ情報メディア研究科 <sup>††</sup>東京工科大学メディア学部

### 1 はじめに

近年、3DCG コンテンツ制作における新しいモデリング手法として、3D スキャナで実物体を計測して3次元形状を生成する手法があり、短時間で高精度のデータを取得できる。3D スキャナで生成した形状は、メッシュが均一で稜線方向が規則的である。これを3DCG コンテンツで利用するためには、アニメーションを考慮したメッシュの細かさや稜線方向を持つメッシュへと修正する必要があり、従来は手作業で行っている。また、3D スキャナデータをメッシュの修正が容易になるように再構成する手法 [1][2] は数多くあるが、メッシュの細かさや稜線方向をユーザーが任意に制御することで修正が容易なメッシュを再構築する手法は提案されていない。

本研究では、3D スキャナデータからユーザーが任意に指定したメッシュの細かさや稜線方向を反映した修正が容易なメッシュの再構築手法を提案する。本研究で想定する入力形状は、3D スキャナなどで測定した顔のポリゴンモデルとする。メッシュの細かさや稜線方向をユーザーが任意に制御可能なメッシュ生成手法として伊藤ら [3] の平方充填バブルメッシュ法がある。平方充填バブルメッシュ法とは、分子間力を持つ球状物体を入力形状に配置し、球状物体を力学シミュレーションによって平方充填しその中心点を結合することで良質な4角形メッシュを生成する手法のことである。球状物体の大きさ(以下要素サイズ)と複数の単位ベクトルからなるベクトル場をユーザーが指定することでメッシュの細かさや稜線方向が制御可能となる。本手法では、形状の特徴を表すキャラクターラインを特徴稜線に近似して指定し、キャラクターラインを反映した平方充填バブルメッシュ法によって再メッシュ化を行った。その際に、ユーザーが要素サイズとベクトル場を任意に指定することで、ユーザーが求めるメッシュの細かさや稜線方向を反映した修正が容易なメッシュを再構築可能である。

### 2 修正が容易なメッシュ

3DCG コンテンツの3次元モデルと3D スキャナデータは異なるメッシュ構造を持つ。

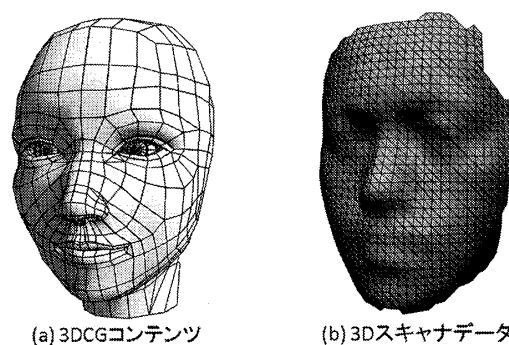


図 1: 3次元モデルの比較

図1(a)は3DCG コンテンツの3次元モデルである。このモデルの特徴として、頂点数が少なく、部位によってメッシュの細かさが異なり、筋肉や骨の流れに沿った稜線方向を持っている。これらはアニメーション設定の簡易化や動作時のメッシュの干渉回避など、アニメーションを考慮したメッシュ構造となっている。また、4角形メッシュで構成することで、3角形メッシュに比べメッシュの細かさや稜線方向が把握しやすく、形状編集が容易である。一方、図1(b)は3D スキャナデータを示す。このモデルのメッシュ構造は均一で稜線方向が規則的になっており、さらに3角形メッシュを膨大な頂点数で構成している。このメッシュ構造は3DCG コンテンツに向かないため、メッシュに対し修正を施す必要がある。現状のメッシュ修正はほぼ手作業で行っており、これには測定する頂点数が多いため膨大な時間がかかってしまう。

これらを踏まえ、本研究では修正が容易なメッシュを以下のように定義する。

- 少ない頂点数で形状の特徴を表現している
- 特徴的な部位はメッシュが細かくそれ以外の部位はメッシュが粗くなっている
- 筋肉や骨の流れに沿った稜線方向である
- 4角形メッシュで構成している

Re-meshing of 3D scanner data using the bubble mesh method

<sup>†</sup> Kazuya SATO

<sup>††</sup> Taichi WATANABE

Graduate School of Media Science, Tokyo University of Technology (†)

Faculty of Media Science, Tokyo University of Technology (††)

上記定義の修正が容易なメッシュを3D スキャナデータから再構築することで、修正しやすい3次元モデルを生成しメッシュ修正時間の短縮を施す。

### 3 提案手法

#### 3.1 手法の流れ

平方充填バブルメッシュ法を用いた3D スキャナデータの再メッシュ化は以下の手順で行う。

1. 入力形状から特徴稜線と特徴稜線上の頂点への要素サイズを指定しバブルを配置する
2. 要素サイズ補間形状を生成し、要素サイズを指定していない全ての頂点に対し補間形状から要素サイズを求めバブルを配置する
3. ベクトル場を指定し、力学シミュレーションと過密状態のバブルの消去から適当な個数で平方充填したバブルを求める
4. バブルの中心点を結んで4角形メッシュを生成する

#### 3.2 特徴稜線と要素サイズの指定

入力形状から特徴稜線を指定する。特徴稜線を形成する2つの頂点を指定し、それらの頂点から稜線を生成し、これを特徴稜線とする。次に、特徴稜線上の頂点に要素サイズを指定する。この指定方法は、ユーザーが直接指定する方法と、近似ガウス曲率から自動的に要素サイズを指定する方法の2つに分けた。近似ガウス曲率とは、曲面を近似した多面体の頂点におけるガウス曲率の近似値である。近似ガウス曲率を用いると形状の特徴の判別が可能であるため、形状の特徴に応じた要素サイズを自動で指定できる。

#### 3.3 要素サイズ補間形状の生成

本手法では、要素サイズで指定する点を滑らかに補間する形状を生成することで、要素サイズの分布を行う。この補間形状は、指定した要素サイズとDelauny3角形分割を用いて生成する。要素サイズを指定した頂点に対し、法線方向へ長さが要素サイズである線分を引き頂点を置く。そして、求めた頂点群をDelauny3角形分割によってメッシュ化することで補間形状を生成する。最後に、要素サイズを指定していない頂点に対し、法線方向へ直線を引き直線と補間形状との最短交点を求める。この頂点と最短交点の距離を、その頂点の要素サイズとする。全ての頂点の要素サイズを指定したら、要素サイズを基に全ての頂点上にバブルを配置する。

#### 3.4 バブルの平方充填

入力形状に対し、稜線方向を制御するベクトル場を指定する。本研究では対象とするモデルを顔としているため、顔の筋肉や骨の流れに沿ったベクトル場を指定する。次に、設定したベクトル場からバブルの隣接点とバブル間力を求める。そして、求めたバブル間力を用いて力学シミュレーションを行い、バブルを平方充填する。このバブルの平方充填は伊藤らの手法と同様に行う。また、バブルの移動過程においてバブルの密度が極度に高い場合、バブルを消滅する。本手法では、消滅条件を任意のバブル  $A$  (半径  $r_A$ ) に対して、バブル  $A$  から  $B$  の距離  $d_{AB}$  が  $d_{AB} < r_A$  を満たすときとする。

#### 3.5 バブルからの4角形メッシュ生成

バブルの中心点から3角形メッシュを生成し、特徴稜線を除く稜線を順次参照する。稜線を挟んだ2つの3角形面が構成する4角形面が長方形に近い場合、稜線を削除し、4角形化を行うことで良質な4角形メッシュを生成する。

### 4 まとめ

本研究では、平方充填バブルメッシュ法を用いた3D スキャナデータの再メッシュ化手法を提案した。その結果、ユーザーが求めるメッシュの細かさや稜線方向を反映したメッシュを再構築することができ、メッシュの修正時間を大幅に短縮することが可能となった。本手法において、特徴稜線と要素サイズ、ベクトル場はユーザーが直接指定している。これには、ユーザーのモデリングに関する知識や経験が問われてしまい、適切な特徴稜線などを指定できない恐れがある。また、3D スキャナデータは頂点数が膨大なため、特徴稜線などを指定する時間が大幅にかかってしまう。

よって今後の課題として、特徴稜線や要素サイズ、ベクトル場のより良い指定方法が挙げられる。

#### 参考文献

- [1] V.Surazhsky: "Explicit Surface Remeshing", Eurographics Symposium, 2003.
- [2] 金子 崇: "対話的メッシュなメッシュの均一再メッシュ化手法", 情報処理学会 Visual Computing/グラフィクスとCAD 合同シンポジウム 2001, 2001.
- [3] 伊藤 貴之: "平方充填バブルメッシュ法による自動四角メッシュ生成", 情報処理学会グラフィクスとCAD 研究会 Vol.97No98, 1997.