

## 3D キャラクターモデルの頭髪における骨格線の生成

渡辺 嘉政<sup>†</sup>白井 靖人<sup>‡</sup>静岡大学<sup>†</sup>静岡大学<sup>‡</sup>

### 1 はじめに

本論文は、3D キャラクターモデルの頭髪部分について、アニメーションのための骨格線を自動生成する方法を提案する。

現在の 3D キャラクターモデルのアニメーションには、骨格線を用いたものが主流である。骨格線の動きに合わせてモデル本体が動くようにすることで、モデル本体を直接変形させる手間を省くことができる。さらに、体全体の基本的な構造については、別のモデルに対して設定した骨格線の情報を再利用する方法（参考文献[1]など）が幾つか研究・実用化されている。

しかし、大本となる骨格線は現状基本的に手作業で定義しなければならないため、骨格線の生成を自動化できれば、アニメーション制作の効率向上に繋がる。また、頭髪部分は、キャラクターによって形状がかなり異なるため、骨格線の設定を再利用しにくい上、骨格線の設定には腕のように明確な関節を持つ部位と異なり、かなりの経験が必要であることから、頭髪に特化した方法を考えた。

### 2 骨格線

骨格線は関節の位置に頂点を持つ線分である。この頂点には親子関係が存在する。肘の位置が動けば、その先に繋がる手首の位置も動くように、親が動くと、子も影響を受けて動く。

頭髪の骨格線を設定する場合、頭髪には関節が存在しないため、擬似的に親子関係のある関節をいくつか用意する。キャラクターモデルの頭髪は、頭髪の一本ずつ作られているわけではなく、概形がポリゴンで簡単に作られているだけなので、まず頭髪モデルを吹き流しのように細く切り分けて、この切り分けられた部分毎に関節をいくつか用意し、折れ線状の骨格線を設定して動かす。なお、本論文では以降頭髪の骨格線について数える場合、この折れ線状に繋がったものを一本として数える。

### 3 研究内容

#### 3.1 先行研究

参考文献[2]で制約付き Delaunay 四面体分割を用いて、3D モデルに対して骨格線を設定する方法が示されている。しかし、この方法は閉じた立体でなければ適用できないため、見えにくい部分が省略され、閉じていないことが多い頭髪のモデルに対して直接適用するのは難しい。よって、この方法とは異なる分割方法を利用し、頭髪モデル全般に適用できる方法を考えた。

#### 3.2 研究の概要

与えられた頭髪モデルを、細長い形状に分割して、この形状毎に骨格線を設定する。この形状として、独自にベルトと柱を導入する。

図1（左）のように、モデルの頭髪が伸びる向きに面が帯状に連なった形状をベルトと呼ぶ。また、ベルト内の面同士が共有している辺を節辺と呼ぶ。

図1（右）のように、円柱状に並んだ幾つかのベルトをまとめてできる形状を柱と呼ぶ。また、各ベルトの節辺が繋がってできる図形を節面と呼ぶ。

まずモデル全体をベルトに分割し、まとめられるベルトは柱にまとめる。最終的に残ったベルトと、柱に対してそれぞれ一本の骨格線を与えることで、頭髪全体を制御する複数の骨格線を得る。

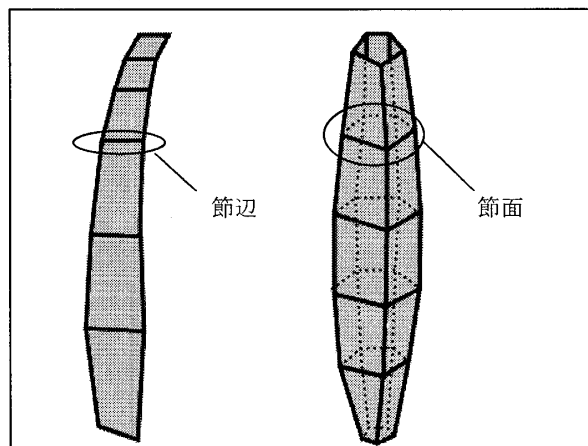


図1：ベルトの例（左）と柱の例（右）

Computation of Bones for Animating the Hair of a 3D Character Model.

<sup>†</sup> Yoshimasa Watanabe Shizuoka University

<sup>‡</sup> Yasuto Shirai Shizuoka University

頭髪のモデルから、最初にどれだけベルトと柱として表現しやすい中間モデルを作るかが重要となる。理想的なのは、矩形に近い面が隙間なく並んでおり、かつ頂点や面の数が必要最低限のモデルである。形状を損なわない範囲で理想に近づける前処理を行ってから、ベルトと柱に変換する。以下に各処理の大まかな手順を示す。

#### (1) 前処理

モデルから細かい凹凸部分の頂点や面を削ったり、極めて近い位置に存在する二頂点を一つにまとめたりして、モデルを可能な限り簡略化する。次に、幾つかの面を結合したり、頂点の位置を調整したりして、全体的に面の形状を矩形に近づける。また、残った三角形面は台形で近似するなどして、モデル中に含まれる面がすべて四角形面になるようにする。

#### (2) ベルト分割

頭髪の伸びている方向は、モデルの形状（あるいはテクスチャーなど）から考えるしかない。ここでは面芯（面の対辺の中心点同士を結んだ線分のうち長い方）の方向を頭髪の伸びる方向として考える。モデル中の面の中から、最も面芯の長さが大きい面を選び、面芯の両端にあたる辺を節辺とする。この面を基点として、節辺で滑らかに繋がっている面を順次切り出してベルトにまとめる。モデル中で残った面について同様の処理を行い、すべての面がいずれかのベルトの一部となるようにする。

また、この処理によって、あるベルト  $B_1$  の端に存在する節辺が、他のベルト  $B_2$  の節辺でない辺である場合、その辺を含む  $B_2$  の面を削除し、 $B_2$  を二つのベルトに分割する。

#### (3) 柱合成

それぞれのベルトの節辺が隣接するベルトの節辺と互いに繋がってできる閉じた図形に対して、制約付き Delaunay 三角形分割を行う（図2 右上）。生成された各三角形の領域について、領域が円により近い形になるように領域の結合を繰り返し、最終的にできあがった領域の境界を辺として追加する（図2 右下）。この新たに追加された辺と、節辺で囲まれた図形を節面として、各節辺が属するベルトをまとめて、一つの柱とする。また、この際に新たに辺が追加された部分や、ベルトに含まれる面の数が他のベルトより少ないなどで、柱として完全でない部分は、面を補間する。どの節辺についてもこの処理が行えないベルトは、柱にまとめられずそのまま残る。

#### (4) 骨格線設定

ベルトなら各節辺の中心を結んだ線を、柱なら各節面の中心を結んだ線を骨格線として扱う。

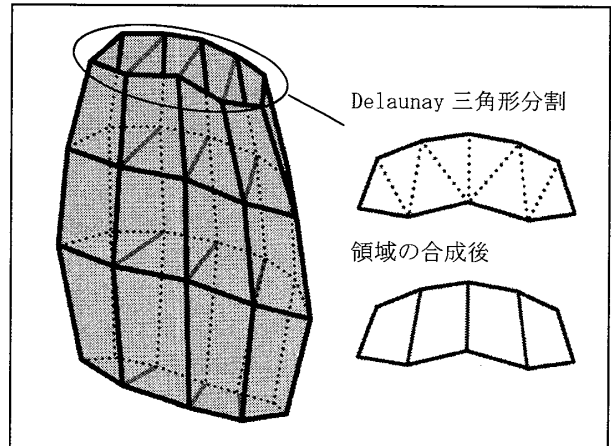


図2：柱合成の適用例

※左のモデルは柱合成の処理を適用して、十本のベルトから四本の柱ができた状態。灰色の線が追加された辺。

### 3.2 実装と検証

骨格線を生成する処理をモデリングソフトの Metasequoia のプラグインとして実装し、アニメーションソフトである Mikoto で骨格線を手動で動かして確認を行った。数種類の頭髪モデルについて本手法の実用性を検証した。

### 4 まとめ

本論文では、3D キャラクターモデルの頭髪部分について、アニメーションのための骨格線を生成する方法を提案した。

生成された骨格線を、キャラクターモデルの頭部など、他の部分のモデルの動きに合わせて動かし、頭髪のアニメーションを全自動化できるようにすることが今後の課題である。

また、見た目としてほとんど動かない部分に対して、細かく骨格線を設定するのは無駄が多いため、必要な精度に応じて骨格線の本数を調整できるようにすることも今後の課題である。

#### ・参考文献

- [1]Ilya Baran, Jovan Popović : Automatic Rigging and Animation of 3D Characters, ACM Transactions on Graphics, Vol.26, No.3, Article 72, July 2007
- [2]Jayachandra M Reddy, George M Turkiyyah : Computation of 3D Skeletons using a generalized Delaunay triangulation technique, Computer-Aided Design, Vol.27, No.9, pp.677-694, 1995