

ロングでカールのかかった静的な髪のスミュレーション

鈴木 順也[†] 齋藤 郁夫[†]

[†]公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科

1. はじめに

髪型は人間らしさを表現する上で重要な要素の一つである。したがって、標準的な髪型はもちろんのこと最近流行しているロングでカールのかかった髪のスミュレーションを可能とすることは、映像技術や美容の分野において有用である。本研究の目標はそのようなロングでカールのかかった髪型のスミュレーションを行うことである。

2. 関連研究

髪を弾性体としてモデル化しその形状を求めている研究として、2006年の Bertails ら[1]の Super-Helix モデルがある。Bertails らは弾性棒のエネルギーの変分問題を数値的に解き髪毛の形状を計算している。3次元空間内の弾性曲線の解析解は Langer ら[2]や川久保[3]により、円柱座標を用いてヤコビの sn 関数を表すことができるという結果が得られており、本研究ではその解析解を用いて髪毛の形状を計算する。

増毛の手法としては、2005年に Choe ら[4]により一本の髪毛を中心とする円柱の内部に複数の髪毛を増毛する手法が提案されている。

また、髪毛を頭皮上に生やすための手法として、Kim ら[5]により、髪毛を (u, v) によりパラメータ表現されたパッチで表した頭皮上に髪毛を生やす手法がある。

3. シミュレータの概要

本節ではシミュレータの概要について述べる。髪毛は頭から生えるため、まず頭のモデルを作成する。さらに、頭のうち髪毛が生える部分を頭皮と呼び、Coons パッチで頭を覆うよう

にして頭皮メッシュを作成する。

人の髪はつむじの周辺ではつむじを中心として渦を巻くように生えている。そのため、つむじの位置と髪毛の生える位置との角度から髪毛の生える向きを決める。

髪型は代表的な髪毛の形状により定める。代表的な髪とは、弾性曲線の解析解を用いてその形状を計算する髪である。代表的な髪は頭皮を表現する各パッチの真ん中から生やす。この代表的な髪毛の形状は弾性曲線の解析解のパラメータを決定することにより定める。また、計算時間の短縮のため、代表的な髪毛は各パッチで中央に一本生やし、それを基にして増毛を行う。

髪毛はお互いに重なり合うため、カメラからの距離を考えその様子表現する処理を行う。また、光の反射の効果を考え、髪毛らしい材質感を表現も行う。

以下、頭皮メッシュの作成・代表的な髪・増毛の手法について紹介する。

4. シミュレーション手法

4.1. 頭皮メッシュの作成

頭皮メッシュは頭のモデルのうち髪毛が生える部分を覆うようにパラメトリックに表現されたパッチを生成することにより作成する。

パッチの生成は Koh ら[6]が用いている Coons パッチを用いる。Coons パッチは、4本のパラメトリック曲線を境界として、それらが閉じるように端点でつながったものにより定義される曲面である。境界となる曲線を $U_1(u)$, $U_2(u)$, $V_1(v)$, $V_2(v)$ としたとき、それらで定義されるパッチ上の点 $S(u, v)$ は以下の式で表される。

$$S(u, v) = (1 - v)U_1(u) + vU_2(u) + (1 - u)L(v) + uR(v) \quad (1)$$

ここで、 $L(v)$, $R(v)$ は以下である。

$$L(v) = V_1(v) - (1 - v)V_1(0) - vV_1(1) \quad (2)$$

Simulation of static long and curly hair
Junya Suzuki[†], Ikuo Saitoh[†]
[†]Future University Hakodate
041-8655, Hakodate, Japan

$$L(v) = V_2(v) - (1-v)V_2(0) - vV_2(1) \quad (3)$$

また、境界となるパラメトリック曲線の式は頭のモデルの頂点の座標から Catmull-Rom スプラインを用いて計算する。

4.2. 代表的な髪

髪の毛を 3 次元空間内の弾性曲線として考える。3 次元空間内の弾性曲線の解析解は川久保 [3]により、円柱座標(r, θ, z)を用いて、8 つの定数 $c_1 \sim c_8$ を用いて以下の式で表されるという結果が得られている。

$$r(s) = c_5 \operatorname{sn}^2(c_2 s, c_3) + c_6 \quad (4)$$

$$\theta(s) = \left(\frac{c_6}{c_2 c_4} - \frac{c_5}{c_1 c_2} \right) \Pi \left(c_3, -\frac{c_1}{c_4}, c_2 s \right) + \frac{c_5}{c_1} s + \theta(0) \quad (5)$$

$$z(s) = \left(\frac{c_7}{c_3^2} + c_8 \right) - \frac{c_7}{c_2 c_3^2} E(c_3, \varphi) + z(0) \quad (6)$$

$$\varphi = \sin^{-1}(\operatorname{sn}(c_2 s, c_3))$$

ここで s は弧長パラメータ、 sn はヤコビの楕円関数である。また、 $\Pi(k, n, \varphi)$ は第三種楕円積分、 $E(k, \varphi)$ は第二種楕円積分である。

代表的な髪の毛の形状は(4)(5)(6)式のパラメータ $c_1 \sim c_8$ を決定することにより決まる。この代表的な髪は 4.1 節で生成した各パッチの中央から生やす。

4.3. 増毛

増毛する髪は各パッチのパラメータとなる(u, v)平面に格子状に配置する。それら増毛により生やす髪の毛は 4.2 節で配置されたパッチの中央に配置した代表的な髪を基に Choe ら [4] の手法を用いて生成する。

5. シミュレーション結果

25 個のパッチで頭皮メッシュを生成し、シミュレーションを行った結果を図 1 に示す。代表的な髪のパラメータは頭頂、前髪、側面で表 1 のように与えた。

6. まとめ

ショートでストレートな髪の毛のシミュレーションを行うことができた。今後はロングで毛先に

カールのかかった髪の毛を表現するための代表的な髪のパラメータの作成、重なり処理、材質感を出すことが課題となる。

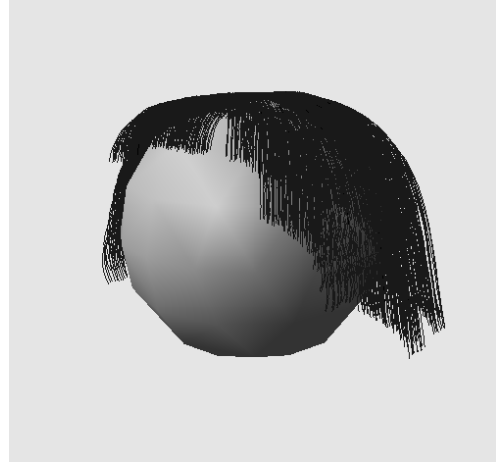


図 1: シミュレーション結果

表 1: 代表的な髪のパラメータ

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8
頭頂	20	1	0.7	1	6.5	-8	0.1	0.01
前髪	20	1	0.7	1	7.5	-15	0.1	0.01
側面	20	1	0.7	1	7.5	-9.5	0.1	0.01

参考文献

- [1] F. Bertails, B. Audoly, M.-P. Cani, Q. Bernard, L. Frederic, and L. Jean-Luc: “Super-Helices for Predicting the Dynamics of Natural Hair”, SIGGRAPH 06, (2006).
- [2] J. Langer and D. Singer: “LAGRANGIAN ASPECTS OF THE KIRCHHOFF ELASTIC ROD”, SIAM Rev. 38, pp.605-618, 1996.
- [3] 川久保 哲: “3 次元球面内の kirchhoff 弾性棒について(リーマン部分多様体の総合研究)”, 数理解析研究所講究録, Vol.1292, pp.136-145, 2002.
- [4] B. Choe, H. -S. Ko: “A statistical wisp model and pseudophysical approaches for interactive hairstyle generation”, IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics 11, 2005.
- [5] T.-Y. Kim and U. Neumann: “Interactive multi-resolution hair modeling and editing”, ACM Trans. on Graphics, Vol. 21, no. 3, pp. 620-629, 2002.
- [6] T.-Y. Kim and U. Neumann: “A thin shell volume for modeling human hair”, IEEE Computer Society, pp.121-128, 2000.