

## 場を用いて擬似的に表現した風の力による 頭髪の運動アニメーション

### Hair Animation by the Wind Using Field

浅井 崇                      杉森 大輔                      杉崎 英嗣                      森島 繁生  
Takashi ASAI              Daisuke SUGIMORI          Eiji SUGISAKI              Shigeo MORISHIMA  
成蹊大学工学部電気電子工学科  
Faculty of Engineering, SEIKEI Univ.

#### 1 概要

CGアニメーションによる人物表現において頭髪は個性を表現する要因の1つとして重要な役割を果たす。頭髪を合成する試みはこれまでに多く行われているが、運動表現の点で優れた決定的な手法は存在しない。これは人の頭髪は数十万本あり、形状は細く糸状で変形しやすいためである。そこで本研究では、頭髪に作用する様々な力の定義が自然で印象的な運動の表現に重要な要素を成すという観点から、2つの新たな力を提案する。

一つは風の表現として吸い込みと湧き出しが作る場を擬似力として導入した。また、空気の粘性を付加することにより髪質の表現が自然となった。

もう一つは頭髪の運動表現として、頭髪同士に引力を作用させた点である。一本の頭髪を任意の制御点により制御し、各頭髪間の制御点同士に引力を持たせることで頭髪同士のまとまり感を表現した。

#### 2 頭髪のモデリング

本研究では3次B-spline曲線を用いて頭髪をモデリングした。B-spline曲線は4つの制御点と呼ばれる点によって定義される。これを用いて本研究では頭髪1本を7つの制御点で定義している。また頭髪は頭部モデルの任意の位置から生えていることが求められる。しかしこの曲線は生え際の制御点が頭部の任意の位置に固定されていても、曲線の始点は制御できない。そのため頭髪の生え際が定まらない。そこで始点と終点では制御点と曲線が一致するような適切な式を用いている。これにより直感的な頭髪の制御が可能となっている。

本研究では頭部モデルの頭皮たら数万本の頭髪を生成し、図1のような頭部モデル<sup>[2]</sup>を生成している。

#### 3 頭髪の運動表現

頭髪に作用する力が小さい場合、頭髪の伸縮はほとんどないものと考えられる。そこで図1に示すように空間中に配置された各形状制御点の間を直線の剛体棒(セグメント)で接続し、連鎖した剛体棒によって1本の頭髪を近似する<sup>[1]</sup>。これを剛体セグメントモデルと呼ぶ。

このセグメントには毛先ほど軽い質量を持たせて運動計算を行っている<sup>[3]</sup>。この状態で生え際から毛先のセグメントへと順に計算し、制御点位置を求める。図2のように、各々

の剛体棒はセグメント計算では生え際側の制御点を固定端とした極座標系で表されており、その運動セグメントの長さを一定としているため、 $(r, \theta)$ の2成分の回転運動 $(r, \theta)$ によって求めることができる。次にセグメント連鎖の始点となるノード $P_0$ を固定端、先端となるノード $P_n$ を自由端と考え、セグメントと隣接する固定端側のノード $P_0$ を中心に全方向に回転可能であるとする。このように仮定すると、全ての剛体の極座標値が定まれば、全てのノードすなわち形状制御点の位置ベクトルが定まり、空間曲線の形状が一意に決定する。従って1本の頭髪は始点となるノード $P_0$ の位置ベクトルと、 $n$ 本のセグメントの極座標値によって表現することができる。各セグメントは隣接する各剛体に働く外力は隣り合う剛体間に働く力などを考慮した運動方程式の数値解を求めることによりセグメントの運動をシミュレートしている。

#### 4 湧き出しと吸い込みによる風の力

頭髪の運動を表現するとき、作用する力は重要な要素の1つである。その中でも風に注目すると、障害物にぶつかると同時にその方向を変えて迂回しながら風下へ向かうという性質がある。また力を受けると頭髪は変形し、それ自体が風の流れを妨げる障害物となる。また既存の運動アニメーションでは大きさと向きが一様な風を与えていた。そこで、頭部を迂回する風について提案する。



図1 頭部モデル

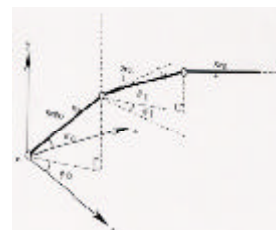


図2 剛体セグメントモデル

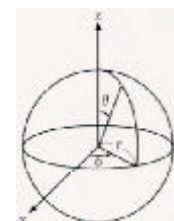


図3 極座標系モデル

これは頭部(障害物)を迂回するように風上に風の湧き出し点、風下に吸い込み点を配置する。すると任意の空間にかかる場の力と向きが求まる。各湧き出し点、吸い込み点の作る場の力を足し合わせることで、場を作る任意の位置に作用する回り込む風の力を定義した(図4)。

また風の力は空気を媒体として伝えられる。そして頭髮はこの中で運動していることから、空気の性質が運動に作用しているひとつの要因であると考えられる。

例えば水中を進もうとすると物体は空気中と同じようなすばやい動きはできない。これは物体と水との間に摩擦が生じ抵抗力となるという水の性質であり、粘性と呼ばれているものである。これと同じように空気も同様の性質を持つ。また頭髮は軽く細長いので実際に空気の粘性による影響があると考えられる。また物体の速度が速いとき空気抵抗は普通の物体の場合速度の二乗に比例するのが一般的である(ニュートンの抵抗法則)。しかし抵抗力は速度が遅いと次式のように速度に比例する。本研究ではこの抵抗力を運動計算に加えた。

$$m\ddot{x} = F_w - D\dot{x} \quad (\text{式1})$$

$m$ : 頭髮の質量     $F_w$ : 風の力     $D$ : 粘性係数

### 5 頭髮同士の引力

頭髮に作用する力は風だけではない。静電気力や整髪料などによって頭髮同士に作用する力は髪型を決める一つの要因であると考えられる。そこで頭髮同士に作用する引力について提案する。

ある2つの糸状物体(頭髮)を仮定すると、ある程度距離が近いとき引力の影響が頭髮の形状に表れる。またこの引力は2つが平行に並んだ時その引力は最大であるが、2つの頭髮が垂直に位置するとき引力はとても小さいと考えられる。そこで頭髮の制御点間の距離  $r'$ 、また引力を計算する2つの制御点を自由端とするセグメントベクトル  $\vec{s}$ 、 $\vec{s}'$  の成す角  $f$  として、引力を関数  $F(r', \cos f)$  で定義した。また頭髮は運動により伸びたり縮んだりしないため、引力  $F$  (式3) が働く方向はセグメントに垂直な成分(式2)である(図5)。

$$\vec{r} = \vec{r}' + \frac{(-\vec{s} \cdot \vec{r}')}{|\vec{s}|^2} \vec{s} \quad (\text{式2})$$

$$\vec{F} = \frac{(\vec{F} \cdot \vec{r})}{|\vec{r}|^2} \vec{r} \quad (\text{式3})$$

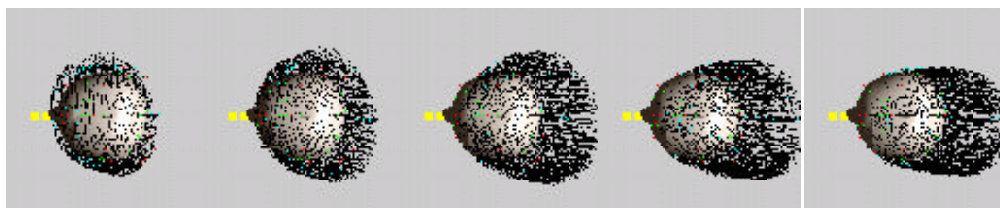
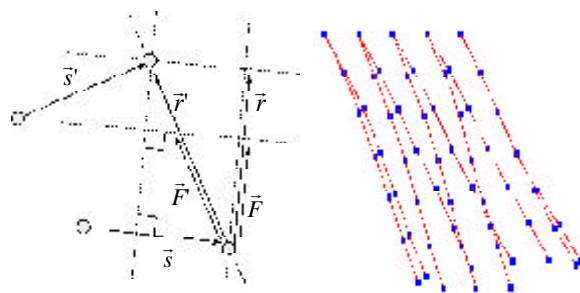


図4 湧き出し点と吸い込み点による回りこむ風の擬似力



(a)任意の制御点に作用する引力(b)運動シミュレーション

図5 任意の制御点に作用する頭髮同士の引力

- $\vec{s}'$  : 力を及ぼす制御点の位置ベクトル
- $\vec{s}$  : 力を受ける制御点の位置ベクトル
- $\vec{r}'$  : 制御点間の距離
- $\vec{r}$  : 作用する制御点から力を受ける剛体棒までの最小距離
- $\vec{F}'$  : 制御点に作用する引力
- $\vec{F}$  : 剛体棒に対する引力の垂直成分

### 6 まとめ

本研究ではまず、回り込む風の擬似力と頭髮同士の引力という2つの新しい力を導入した。これにより、頭髮のリアルな運動表現が可能となり、自然で印象的なアニメーションが実現可能となった。また風を湧き出し点、吸い込み点による迂回する風は点による制御のため簡単に向きを変えられることを可能とした。

今後の課題として回り込む風が頭髮をすり抜けてしまっている点を改善する必要がある。

### 7 参考文献

- [1] 三枝太、森島繁生「ダイナミクスモデルに基づく頭髮の運動表現」 情報処理学会「グラフィックスとCAD」シンポジウム, pp.25-30 Oct.1997
- [2] 佐野和成、森島繁生「人物アニメーションに同期した頭髮の運動表現」2002年電子情報通信学会総合大会論文集、
- [3] 杉森大輔、杉崎英嗣、佐野和成、森島繁生「自然な頭髮の運動と髪型を保存する復元力の表現」 2002年電子情報通信学会総合大会論文集、