

マントの風変形アニメーションの制作支援システム

西谷 真菜 藤代 一成
慶應義塾大学 理工学部情報工学科



図 1: 本システムでのアニメーション制作の例. (a) ユーザの操作画面. (b) 変形結果の表示画面. (c) 生成したアニメーションの例. 左から右に向かってアニメーションが進行する.

1 背景と目的

布の変形アニメーションは、ゲームや映画などのデジタルコンテンツの制作において高い需要が存在する。布のアニメーションを制作する際には、物理ベースシミュレーションを用いた手法がよく用いられ、力学的に妥当な変形が可能である。しかし、アーティストが望んだ形状変化をシミュレーションによって得る際には、布や環境を記述する様々なパラメタの値を適切に設定する必要がある。しかし、アニメーションにどのように影響するのかを直観的に理解することは容易ではない [1]。

風による衣服のなびきを表現する際には、三角関数を布表面に適用して波打たせる手法を用いることがあり、衣服の動きを印象的に見せる効果が期待できる。衣服のなかでも、マントは風による影響を強く受け、形状が大きく変化する特徴をもつ。そのためマントが風によって波打つシーンは、躍動感を演出する重要な要素となる。そこで本研究では風によるマントの変形に焦点を当て、マントの波打ちアニメーションの制作支援システムを提案する。図 1 に本システムのインターフェースと制作されたアニメーションの例を示す。

2 概要

本研究では、初期状態での布を表すメッシュ（以下、テンプレートメッシュとよぶ）に対し、フレームごとに各頂点を移動させることでアニメーションを得る。頂点の移動ベクトル（以下、オフセットとよぶ）は、その頂点の法線方向である。オフセットはテンプレートメッシュの表面に定義される物質座標系で計算する。物質座標系上に、形状

を制御するための制御点（以下、凸点とよぶ）を複数個配置し、凸点で法線方向への移動距離が極大になるようにメッシュを変形する。この変形処理を全てのフレームについて行うことでマントの変形アニメーションを得る。ユーザは、一連の凸点を生成するオブジェクトを操作する。このオブジェクトのパラメタ値を変更するだけで、マントの変形アニメーションを制御することができる。

3 手法

本手法におけるメッシュ変形の手順を以下に述べる。

3.1 凸点の生成

凸点は、ユーザが入力した物質座標系上のある位置で生成され、その後、波打ちの移動移動方向と移動距離のパラメタに従って、毎フレーム移動する。各凸点は固有の高さと重みのパラメタをもつ。これらの値のとりうる範囲 R_h と R_w は、どちらもユーザによって指定され、その範囲からランダムに値が選ばれる。本研究では一様乱数を使用した。凸点は、直前に生成された凸点との距離がある値 th より大きくなったときに新たに生成される。 th は、新たに生成される波の周期に対する振幅の値を十分小さくするような値とし、これにより布表面の曲がりやすさを直観的に調節することができる。

3.2 領域分割と凹点の決定

物質座標系における凸点の座標は、オフセットが法線方向で大きさが極大となる位置を表す。この凸点の分布とラゲールポロノイ分割 [2] を用いて、オフセットが法線と逆

方向で、大きさが極大となる点（以下、凹点とよぶ）の座標を求める。ラゲールポロノイ分割とは、平面の任意の点を、距離 d が最も小さくなる母点に分類することで領域を分割する手法である。本手法では、凸点をラゲールポロノイ分割における母点とし、任意の座標 p での距離 d を次式により定義する：

$$d = \|p - s\|^2 - w^2,$$

ここで、 s は母点の物質座標を、 w は対応する凸点のもつ重みを表す。ラゲールポロノイ境界と、それを構成する2つの凸点を通る直線が交わる位置に凹点を配置する。図2(a)に例を示す。この凹点は高さ h と重み w のパラメタをもち、その点を通るラゲールポロノイ境界をつくる2つの凸点のもつパラメタ値から決定される。高さの値はこの2つの凸点の高さを平均し符号を反転した値とし、重みの値は2つの凸点のもつ重みの平均値とする。

3.3 オフセットの計算

ある凸点と、その凸点に分類される領域のある境界がなす副領域 A に存在するメッシュ頂点には、 A を波うち形状にするための変位が与えられる。このメッシュ頂点の座標を p_v 、凸点の座標を p_t 、境界上の凹点の座標を p_b とすると、メッシュ頂点での変位 m_v は、次式で表せる：

$$m_v = \left(f \left(u_t - u_b, \|p_t - p_b\|, \sqrt{\|p_v - p_t\|^2 - l^2} \right) + u_t \right) n,$$

ただし、

$$f(a, b, c) = \frac{a}{2} \cos \frac{\min(b, c)}{b} \pi + \frac{a}{2},$$

$$u_t = f(h_t, w_t, l), \quad u_b = f(h_b, w_b, l), \quad l = |c \cdot (p_v - p_t)|.$$

ここで、 n は頂点の単位法線ベクトルを、 c は境界線に垂直な単位ベクトルを表す。また、 h_t と h_b はそれぞれ凸点と凹点の高さ、 w_t と w_b は重みのパラメタ値を表している。計算された変位 m_v の例を図2に示す。

また、本手法では、マントがもつ衣服としての特性を考慮し、アバタの肩付近にあるメッシュ頂点の座標は固定している。固定されている頂点に近いほど変形が抑制されると仮定し、メッシュ頂点での変形のしやすさを定める。

メッシュ頂点の変位に、この変形のしやすさの値を掛け合わせることで、この頂点でのオフセットとする。

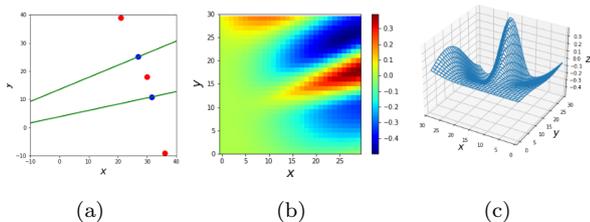


図2: 凸点、凹点と変位の関係。(a) 凸点（赤）の位置と、それにより分割された領域の境界線（緑）と凹点（青）の位置。(b) 変位の法線方向への距離。(c) 変位を適用したグラフ。3つの凸点は、上からそれぞれ高さを0.6、0.4、0.3とし、重みを1.0、0.9、1.1とした。

3.4 布の縁の処理

布が形状変化するとき、縁に近い部分では周りの布から受ける影響が小さくなり、大きな変形が起こりやすいという特徴がある。これを表現するために、凸点や凹点が布の縁の近くに存在するとき、それらの物質座標をマントの外側の方向へ移動させるという処理を実行する。また、このときこれらの凸点や凹点が影響を与えるメッシュ頂点のオフセットが小さくなることを防ぐため、凸点や凹点のもつ重みと高さのパラメタ値も変更する。

4 結果

本手法のインタフェースを図1(a)に示す。メッシュ（オレンジ）はマントの物質座標系での展開図を表す。また、円（青）の中心は凸点の位置、半径は重みの値を表しており、これら凸点もつパラメタ値から計算された変形後のメッシュは図1(b)に示される。ユーザが、凸点を生成する矢印アイコン（緑）のもつパラメタ値を操作することで、対話的に変形アニメーションを制御することができる。

このシステムを用いて制作されたアニメーションの結果を図1(c)に示す。マントの表面の凹凸形状が時間の経過に従って移動し、波打つような形状変化を表現できている。

5 結論と今後の課題

本稿ではテンプレートメッシュとユーザが指定したパラメタ値に基づいて、風によって波打つようなマントのアニメーション制作を支援するシステムを提案した。

今後は、母点の生成時に時間的に一貫性のある領域分割を保証する方法や、各凸点のもつパラメタ値をフレーム間で変化させることで、自然な変形を実現する方法について検討したい。またユーザがより直観的に操作できるように、指定するパラメタの設定やインタフェースの改良を目指したい。

謝辞

本研究の一部は、科研費挑戦的研究（萌芽）23K18468の支援により実施された。

参考文献

- [1] Leonid Sigal, Moshe Mahler, Spencer Diaz, Kyna McIntosh, Elizabeth Carter, Timothy Richards, and Jessica Hodgins: "A perceptual control space for garment simulation," *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 34, No. 4, pp. 1–10, August 2015.
- [2] Hiroshi Imai, Masao Iri, and Kazuo Murota: "Voronoi diagram in the Laguerre geometry and its applications," *SIAM Journal on Computing*, Vol. 14, No. 1, pp. 93–105, February 1985.