

布のよれ付与のための格子の再分割による部分的な面積増加方法

史 発[†] 齋藤 豪[†][†] 東京工業大学 情報理工学院

1 はじめに

三次元コンピュータグラフィックスを用いた力学ベースの布のシミュレーションは、映像産業やファッション業界で多用されている。服や布のよれは、繊維の物質としての特徴を表す重要な現象であり、布のシミュレーションに現実感を与える。しかし服や布のよれは、力学的な釣り合いから生じる現象であり、その形状は素材や縫製、織り方などに影響されるため、意図的によれを作り出すのは難しい。そこで本研究では、シミュレーションで稼働している単純な形状の布や服に、直感的によれを付与するために、布の面積を部分的に増加させる方法を提案する。提案手法は、よれを発生させたい対象領域の格子を細分割し、それらの面積を増大させることで実現する。付与されるよれの最終的な形状はシミュレーションによって決定される。提案手法の実験を行い、本手法によって布の面積が部分的に増加し、よれが付与されたことを確認する。

2 提案手法

2.1 概要

本手法では、布を構成する格子を細分割し、分割された格子の面積を増加させることでシミュレーションによって稼働している布や服によれを付与する。

2.2 布を表す物理モデルと格子

布のシミュレーションは、布を構成する各質点の、時間刻みごとのそれらの速度と位置を計算することで実行される。本研究では、布を表現する物理モデルとして、バネ質点法 [1] を採用する。本研究の提案手法では布を構成する質点の数や、バネの接続関係が頻繁に変わるため、有限要素法などの行列を用いる手法では、物理シミュレーションの計算時間の他に、行列の再構成のための計算コストがかかってしまう。一方、バネ質点法を用いる場合は、布を構成する質点の数が増えても、シミュレーションの計算時間が線形に増えるだけであるため、提案手法では布を表す物理モデルとして、バネ質点法を用いるのが適している。

バネ質点法の中でも、リアルタイムなアプリケー

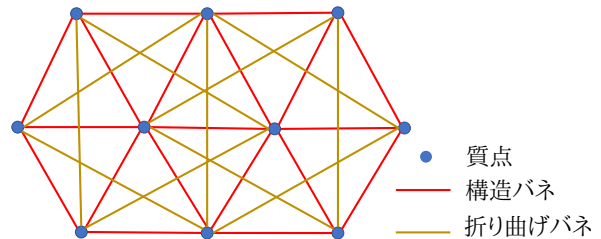
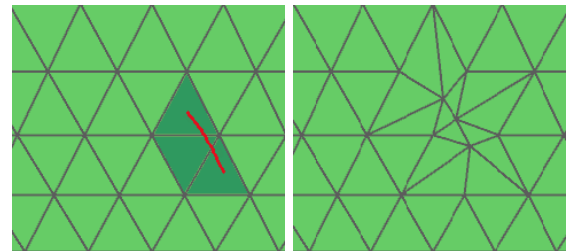


図 1: 三角形格子を基にした質点の接続関係



(a) ユーザの入力 (赤い線) (b) 分割後の格子の形状と選択された格子 (濃い緑)

図 2: 三角形格子の分割

ションで用いられることの多い Provot の方法 [2] を基にして質点とバネを接続する。ただし、本研究では格子を細分割することによって布によれを付与するため、分割に適した形状である三角形を基本格子としてバネを接続する。格子の接続関係は図 1 のようになる。赤色の線が布を構成する構造バネ、橙色の線が布の折り曲げに対し抵抗する力を模した折り曲げバネとなる。

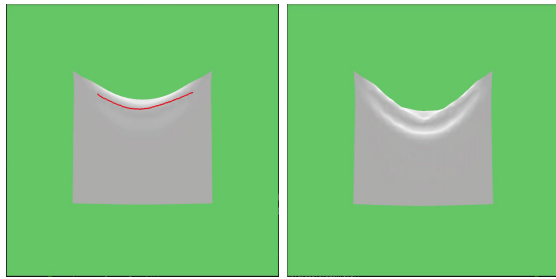
2.3 格子の細分割

本稿ではユーザが入力として、線を与えることを想定する。線が通過する場所を構成する格子に、質点を追加する。追加された質点の初期位置は、格子を含む平面上で、かつ線が通った場所となる。その質点と他の質点を、面積を増加させるために長い自然長のバネで接続する。この長いバネによって、追加された質点は格子を含む平面から移動し、面積を増加させる。また、長いバネを追加したことによって物体の表面が不均一になってしまうことがあるため、ラプラシアンスムージングを用いて、ユーザは表面がなめらかになるようにバネの自然長の調整を行うことができる。

Partially Area Expansion by Mesh Subdivision to Make Wrinkled Cloth

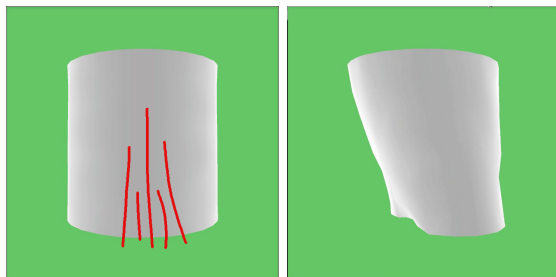
[†] Hatsu SHI[†] Suguru SAITO

School of Computing, Tokyo Institute of Technology (†)

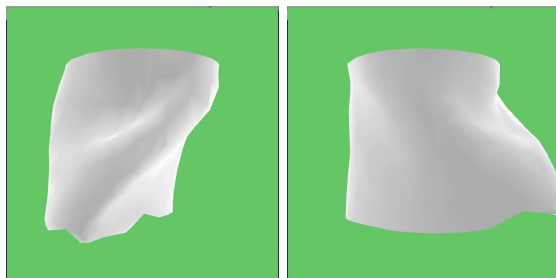


(a) 初期状態とユーザの入力 (b) 面積増加後の形状
力(赤の線)

図 3: 2 点で吊り下げられた布に対する実験



(a) 初期状態とユーザによる入力 (b) 面積が部分的に増加した円柱状の布が半時計回りに回転している状態



(c) (b) から少し反時計回りに回転した状態 (d) (c) から少し反時計回りに回転した状態

図 4: 回転する円柱状の布に対しての実験

3 実験結果

提案手法を実装し、単純な形状に対して実験を行った結果を示す。実験の対象として、2 点で吊り上げられている布と、円柱を考える。今回の実験では、細分割によって追加された質点の位置 p_{add} と、既存の質点の位置 p_i が与えられたとき、新たに追加されるバネの自然長 r を、

$$r = \text{dist}(p_{add}, p_i) \times 1.1 \quad (1)$$

とした。ただし、 $\text{dist}(\cdot, \cdot)$ は質点間のユークリッド距離である。また、今回の実験ではバネ定数は全て同じものとし、ユーザの入力によって追加される質点の重さは既存の質点より 5% 軽いものとした。

3.1 二点で吊り上げられている布

初期状態として、二点で吊り下げられている布を用意する。ユーザの入力は、図 3(a) の赤い線で示されるように、布の上部に元々あるよれに沿うような形で与える。赤い線が通過した場所の格子に質点が追加され、式 1 を満たすようにバネが追加されることで布の面積を部分的に増加させる。

その結果、図 3(b) に示されるように、その部分の面積が増加し、より複雑なよれを生じることが確認できた。

3.2 回転する円柱

回転する円柱に対し、同様の実験を行う。円柱は上端で固定され、中心軸を回転軸として回転する。

ユーザの入力は、図 4(a) に示されるように、円柱の下部の一部分の面積の増加を意図した線である。

結果、図 4(b)、(c)、(d) のように、入力によって円柱の面積が部分的に増加したため、回転によって生じた遠心力によって、元々の円柱を回転させることは得られない、スカートのような形状を生成することができた。

4 まとめと今後の課題

本稿では、バネ質点法で稼働している単純な形状の布や服に対して、よれを付与するために、それを構成する格子を再分割し、より長い自然長のバネで接続することで面積を増加させる方法を提案した。実験によって、本手法が、シミュレーションによって稼働している単純な形状のオブジェクトに対して、面積を増加させ、よれを付与することが可能であることを確認した。

本稿で提案した手法では、ユーザの入力によっては、一部滑らかでない形状が生成される。適切な滑らかさを保証する仕組みの導入は今後の課題である。また、部分的に面積を増加させて得るよれは、ユーザの意図したものになるとは限らない。意図したよれの形状を生成できるよう、新たなユーザの入力方法を導入することも今後の課題である。

参考文献

- [1] David R. Haumann and Richard E. Parent. The behavioral test-bed: Obtaining complex behavior from simple rules. *The Visual Computer*, 4(6):332–347, Nov 1988.
- [2] Xavier Provot. Deformation constraints in a mass-spring model to describe rigid cloth behaviour. In *Proceedings of Graphics Interface '95*, pages 147–154, 1995.