

I-006

布シミュレーション演算量削減のための質点バネモデル補間法に関する一検討 A study on a new interpolation method of mass spring models for light-weight cloth simulation

森 由有[†] 青木 輝勝^{†*} 沼澤 潤二^{†*}
Yuu Mori Terumasa Aoki Junji Numazawa

1. はじめに

布シミュレーションはCGでリアルな服を表現するのに欠かせない技術であり、アニメーション・映像制作で用いられている。しかし、布のような非剛体モデルの質点バネモデルを用いた物理シミュレーションは、モデルの質点数の増加と共に演算量が膨大になってしまうため、布表現のリアリティとリアルタイム性がトレードオフの関係にある。これを解決するために様々なアルゴリズムが提案されているが、質点数を増やしてしまうと、どれもリアルタイム描画が困難となる。

本研究では仮想試着に特化した布シミュレーションについて考える。仮想試着とは実際に服を着ずとも試着状態を可視化する技術である。この技術は試着用だけでなく、高額な舞台衣装を用いる映像コンテンツ制作などにも応用が考えられる。仮想試着についても様々な研究がなされているが、こちらもリアリティとリアルタイム性がトレードオフの傾向にある。

本稿では、動的な仮想試着システムの実現を目標に、既存の布シミュレータの性能を定量的に評価した上で、仮想試着に特化したリアリティのある布表現のリアルタイム処理方法について検討する。

2. 布シミュレーション

2.1 布シミュレーションの概要

従来、布シミュレーションでは質点バネモデル (Mass-Spring Model) が用いられている。質点バネモデルとは図1に示すように質点を、質量を持たないバネでつないだものである。質点間をつなぐバネにも種類があり^[1]、布に与える影響が異なる。

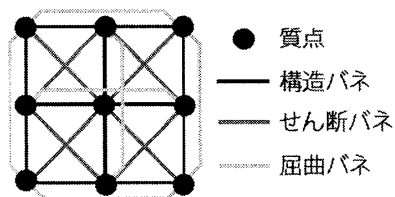


図1 3種のバネで構成される質点バネモデル

各質点について、重力や弾性力などの力を求め、それを基に質点の位置を更新していくことで、布の動きを再現している。

[†] 東北大学 大学院情報科学研究科 Graduate School of Information Sciences, Tohoku Univ.

[‡] 東北大学 電気通信研究所 Research Institute of Electrical Communication, Tohoku Univ.

2.2 従来研究

布シミュレーションの目標として多いのは、本物の布の再現性を保ちつつ、リアルタイム演算に耐えうる計算アルゴリズムを見つけ出すことである。しかし、質点バネモデルは、質点数と布の表現品質が比例関係かつ質点数と演算量も比例関係にあるが故に表現品質と演算量の関係はトレードオフになっている。それに対して従来研究ではバネ定数を可変にして再現性を保つ手法^[1]や、2階層の粗密メッシュを用いて計算を簡略化する手法^[2]、質点を粒子としてGPUで高速計算させる手法^[3]などがある。しかしながら、リアルタイム演算可能なものは高スペックのGPUを用いた手法^[3]のみであり、家庭用のマシンではリアルタイム演算が困難な状況である。

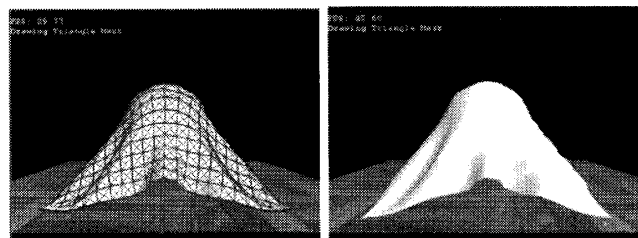
3. 既存シミュレータの評価

実際に既存の布シミュレータがどれほどの描画能力を持つのか、一般的なスペックのマシンで評価した。

3.1 評価方法

シミュレータとして Paul's projects^[4]で公開されている陽のオイラー法によるものを用いてリアルタイム描画を行った(図2)。布は質点バネモデルで近似されており、2.1で述べた3種のバネで構成されている。四隅を固定点としてぶら下がった布は、固定を解除すると空中に固定された球と床と衝突判定を行いながら落下する。質点数($n \times n$)は可変であり、今回は質点数の変化に対するリアルタイム描画の際のフレームレートの変化を測定し、性能評価を行う。

描画は三角形ポリゴンで行い、質点とバネは非表示にした。実験に使ったマシンのスペックは Windows XP SP3, Intel Core2Duo 2.66GHz, 2GB RAM である。フレームレートは布がぶら下がった状態で安定、四隅固定を解除して落下、床上で安定するサイクルを3回繰り返す中で測定した。また表示ウィンドウサイズは 640*480 (pixel) である。



(a) 質点・バネ表示あり (b) 質点・バネ表示なし

図2 布シミュレータの画面 ($n=21$)

3.2 結果と考察

図3は質点数に対するフレームレートの平均値を結んだものである。誤差範囲は測定された最大・最小値を表す。

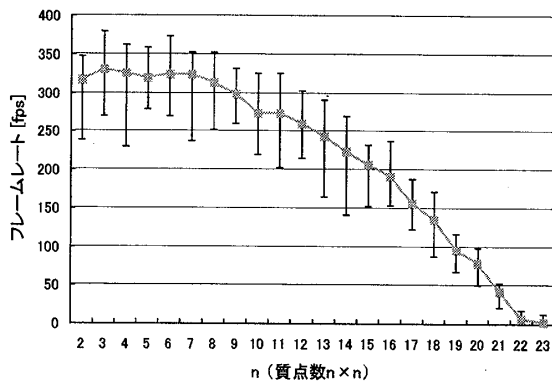


図3 質点数に対するフレームレートの変化

テレビなどで用いられている一般的フレームレートは30fpsであるが、 $n=21$ (質点数: 441 ポリゴン数: 800) までは滑らかに動き、 $n=22$ では平均 5.9fps となり、コマ送り状態になってしまった。

4. 質点バネモデルのテンプレート型補間法の提案

4.1 テンプレート型補間法の概要

3.で述べた通り、ばねモデルを用いる限り、正確性と高速性はともに質点数に依存してトレードオフであるため、これらを両立することは困難である。そこで、この問題を解決するための一方策として、本稿では高速性を優先して「疎なばねモデル」を形成し、そのばねの内部については、あらかじめ用意したテンプレートで補間する手法を提案する。

4.2 テンプレートの生成

疎なばねモデルにおいて、図4に示すように、

- 各質点の取りうる値は4箇所うちのいずれかである
- 4点が同一平面に存在する

の2つの仮定を置いた場合、図5に示す通り、テンプレートは全パターン合わせて、たかだか40通り用意すれば十分である。

上記2つの仮定は制約条件が厳しく非現実的ではあるが、これらの制約をシステム規模によってゆるやかにすることにより用意するテンプレート数を調節すれば、テンプレートの生成は比較的容易に行うことができる。

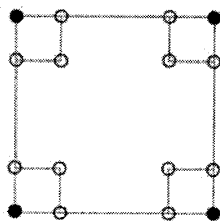


図4 各質点の取りうる値 (前提条件)

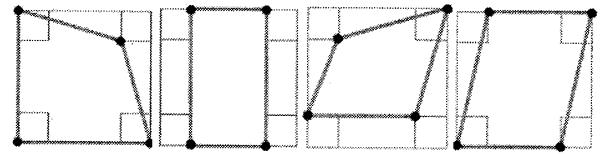


図5 テンプレートのパターン (一部)

4.3 テンプレート型補間の仮想試着への応用

仮想試着に特化したリアリティのある布表現のリアルタイム処理方法として、MIRACLE^[6]がある。この手法はTシャツ表面に複数のマーカをつけて、その位置を検出することで表面形状を予測している。この手法を用いることによって布シミュレーションにおける人体と布・布同士との衝突判定を考慮しなくて済むので、仮想試着システム全体で見たときに演算量の削減が期待できる。

しかしながら2次元上からのマーカ検出であり、奥行情報が失われているので、質点バネモデル上の1つのマスが歪んだときに、布が縮んだことが原因なのか、奥行に向かっていくことが原因なのか、それとも双方が原因なのかの判定が困難となっている。

そこで本研究では、この手法を基礎として、マーカ検出で得られた点をバネモデルの質点と考え、質点密度の疎なバネモデルに対してシワなどのテンプレート補間を行うことにした。検出されたマーカだけでなく、それをバネモデルと結びつけることによって奥行かシワかを判定することも容易になるからである。

5. おわりに

2次元同画像上のマーカ検出による仮想試着には、他にも腕などによるマーカの喪失や、向きの変化の追跡など課題も多い。しかし、質点数が多く衝突判定を考慮した布シミュレーションや人物・体型検出の演算量と比較して、リアルタイム処理の観点から現実的である。今後は、マーカ検出法の特徴を生かし、その弱点を補う手法を探索し、リアリティとリアルタイム性とを兼ね備えた仮想試着システムの実現を目指す。

参考文献

- [1]酒井幸市, 『OpenGLで作る力学アニメーション入門』 森北出版 (2005)
- [2]Serkan Bayraktar, et al. "PRACTICAL AND REALISTIC ANIMATION OF CLOTH," 3DTV Conference, pp. 1-4 (2007)
- [3]Young-Nub Kang and Hwan-Gue Cho, "Bilayered Approximate Integration for Rapid and Plausible Animation of Virtual Cloth with Realistic Wrinkles," Proceedings of the Computer Animation, 1087-4844/02 (2002)
- [4]Takahiro Harada, et al. "Real-time Cloth Simulation Interacting with Deforming High-Resolution Models," SIGGRAPH 2006, no. 129 (2006)
- [5]Paul's Projects: <http://www.paulsprojects.net/opengl/cloth/cloth.html>
- [6]田口 哲典, 青木 輝勝, 安田 浩, "Tシャツのリアルタイム仮想試着システム" 情報処理学会研究報告, Vol.2003, No.24, pp. 73-78 (2003)