

# 仮想試着実現のための 布シミュレーション演算軽量化に関する一検討

森 由有<sup>†</sup> 青木 輝勝<sup>†‡</sup> 沼澤 潤二<sup>†‡</sup>

東北大学 大学院情報科学研究科<sup>†</sup> 東北大学 電気通信研究所<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

仮想試着とは、人物の動画像に CG の服を合成してあたかも服を着ているように見せる技術である。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作成などにも応用が考えられる。仮想試着については様々な研究<sup>[1],[2],[3]</sup>がなされているものの、いまだ高品位でリアルタイムに描画可能な仮想試着システムは存在しない。その原因の 1 つとして布シミュレーションの演算量が膨大になることが挙げられる。

布シミュレーションも CG 表現上のみならず仮想試着をはじめその用途は極めて広く、その実現は急務となっているが、布のような非剛体モデルを正確にシミュレーションすることは一般に困難である。布シミュレーションのアルゴリズムとしてはこれまで多くの手法が提案されているが、その大部分はバネモデルを基本としたものである。しかしながら、バネモデル演算はいわゆる NP (Non-deterministic Polynomial) 完全問題のひとつであり、質点数の増加とともに演算量が著しく膨大になってしまう問題があり、シミュレーションの正確性とリアルタイム性がトレードオフの関係にある。

本稿では、既存の布シミュレータの性能を一般的なスペックのマシン上で定量的に評価した上で、この問題を解決する突破口となるべく、既存のバネモデルに捕われない布の表現法を検討する。

## 2. 布シミュレーションの現状

### 2.1. 仮想試着と布シミュレーション

実際の試着の完全な代替となりうる仮想試着を前提とすると、CG の服には着用時に人間の動きや体型に合わせて形を変化する本物同様のふるまいが求められる。具体例を挙げると、シワがよったり、素材の性質でボリュームがあるように見えたりする現象が CG の服にも求められる。布シミュレーションはこれを解決するのに仮想試着にとって不可欠な技術である。

“A study on calculation reduction of cloth-simulation for virtual fitting”

<sup>†</sup> Yuu MORI • GSIS, Tohoku Univ.

<sup>†‡</sup> Terumasa AOKI • GSIS and RIEC, Tohoku Univ.

<sup>††</sup> Junii NUMAZAWA • GSIS and RIEC, Tohoku Univ.

### 2.2. 布シミュレーションの概要

布シミュレーションは物理シミュレーションの 1 つとして、よく研究されてきた技術である。その多くが布を質点バネモデル (Mass-Spring Model) を用いて仮定されている。これは等間隔に配置された質量を持つ質点を、質量を持たないバネでつないだものである。図 1 に示すようにバネも種類があり<sup>[4]</sup>、布に与える影響が異なる。

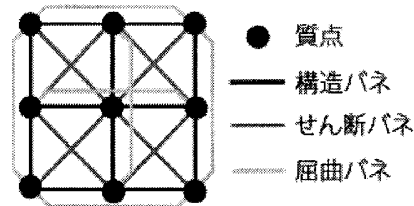


図 13 種のバネで構成されるバネモデル

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、布の動きを再現する。

### 2.3. 従来研究

布シミュレーションの従来研究には、大きく分けると次の二つの傾向が見受けられる。

- バネやバネモデル自体の改良
- 計算アルゴリズムの改良

前者としては、質点間のバネの繋ぎ方で全体の構造<sup>[5]</sup>を変更するだけでなく、高次のバネを低次に近似したり<sup>[6]</sup>、バネ定数を可変にしたりしている<sup>[7]</sup>。これらの改良は、演算量削減を目的とするものもあるが、主に現実の布同様の挙動を追求したものが多く、

後者はアルゴリズムを変更して、計算量を削減しようと試みている。例としては 2 階層の粗密メッシュを用いて計算を簡略化する手法<sup>[8]</sup>などがある。しかしながら、フレームレートや動画などでレンダリング状況を示している論文<sup>[7],[9]</sup>では、一般的スペックでも、GPU を搭載した高スペックなマシンでもそれぞれに仮想試着の際求められる質点数でのリアルタイム描画は達成されていない。

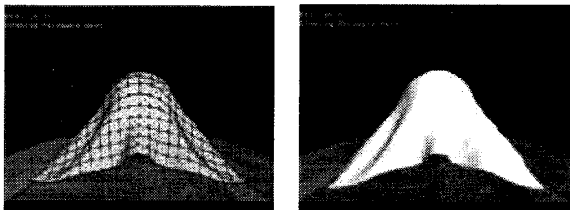
### 3. 既存シミュレータの評価

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を、一般的なスペックのマシンで評価した。

#### 3.1. 実験方法

シミュレータとして Paul's projects<sup>[9]</sup>で公開されている陽的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、2.2 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、固定を解除すると中空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。

描画は演算量の少ない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。

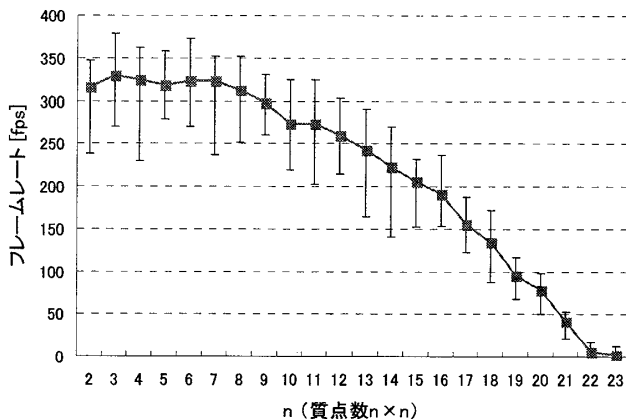


図 3 質点数に対するフレームレートの変化

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。

服に必要なポリゴン数はこの布よりは大きいことが予想され、さらにシワの表現にはより高密度なポリゴンが必要となるので、仮想試着にはこれよりもはるかに多い質点数のモデルをリアルタイムに処理しなければならない。店頭に置くような大規模で高スペックなものを仮定しても、必要な質点数は画面に比例して大きくなる。このようにバネモデルである限り、演算量は質点数に大きく依存し続けるため、演算量削減は今後も重要課題であり続けるといえる。

### 4. おわりに

本稿では仮想試着を実現するために、特に演算量が問題となっている布シミュレーションに注目し、その従来研究や既存シミュレータについて調査・評価を行った。しかしながら、いずれの手法も質点バネモデルベースにしており、質点数が少し増えてしまうと演算量が増大し、規模にかかわらず仮想試着を実現する性能に至っていないのが現状である。そこで、バネモデルの質点間を非バネモデルで軽量演算する手法などを検討する必要がある。この候補としては複雑系の概念を用いて補完する方法などが考えられる。

#### 文献

- [1] 星野准一, 斉藤啓史, “ビデオ映像と CG の合成によるヴァーチャルファッションの実現” 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 5, 2001 年
- [2] 尾下真樹, “実時間衣服シミュレーションライブラリの開発”, 平成 14 年度 未踏ソフトウェア創造事業 報告論文集, 2003 年
- [3] 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 年
- [4] 酒井幸市, 『OpenGL で作る力学アニメーション入門』 森北出版, 2005 年
- [5] Yang Liu, et al. “3D Virtual Garment Design System,” CSCWD, pp. 733-736, 2008
- [6] Herve Delingette, “Triangular Springs for Modeling Nonlinear Membranes,” Visualization and Computer Graphics, Vol. 14, Issue 2, pp. 329--341, 2008
- [7] Serkan Bayraktar, et al. “PRACTICAL AND REALISTIC ANIMATION OF CLOTH,” 3DTV Conference, pp. 1-4, 2007
- [8] 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
- [9] Takahiro Harada, et al. “Real-time Cloth Simulation Interacting with Deforming High-Resolution Models,” SIGGRAPH 2006, no. 129, 2006
- [10] Paul's Projects: <http://www.paulsprojects.net/opengl/cloth/cloth.html>