

時変安定形状を用いてクロス・シミュレーションに 演出機能を付加した 3DCG アニメーションシステムの開発

堂田卓宏 河辺郁 服部元史 高森年
神戸大学工学部情報知能工学科 高森・田所研究室

Development of 3DCG Animation System Based on Cloth Simulation which enables Intuitive Operation using Time-Variable Stable Forms

Takuhiro Dohta Iku Kawabe Motofumi Hattori Toshi Takamori
Takamori and Tadokoro Lab. Dept. of Computer and Systems engineering Fac. of Engineering Kobe univ.

1 はじめに

三次元コンピュータ・グラフィックス(3DCG)アニメーションにおける力学ベースのクロス・シミュレーション^{[1][2]}では、作成されるアニメーションのコントロールは、布の硬さや質量、重力加速度や摩擦係数といったパラメータの値の調整によって行われる。しかしアニメーション作成のためのシミュレーションにおいては、パラメータの値よりも生成された布の動きがどのようなものであるか、ということの方が重要な結果である。

本稿では、力学ベースのシミュレーションを用いて布のアニメーションを作成する際に、人間が意図したアニメーションを容易に作成するための手法を提案する。また、その手法を実装したシステムを用いて実際に作成したアニメーション例も紹介する。

2 演出の概念について

「力学シミュレーションの結果では A というアニメーションが作成されたが、本当は A' というアニメーションが欲しい。」

力学シミュレーションをアニメーション作成の手段として用いた場合、アニメーションを作成する者がこのように望むケースは珍しくない。通常の力学シミュレーションであればパラメータの値の調整がこの問題の解決方法となるが、アニメーション作成という観点からすれば、これは非常に間接的な調整作業であるため試行錯誤的になりやすい。

もしも直接的かつ直感的な操作で、最終的に欲しい絵を得られるような仕組みを力学シミュレーションに与えることができれば、アニメーションの表現の幅や作業効率の向上が望めるのではないか。「力学シミュレーションを、人間が分かりやすい操作で、望んだ結果に導いていく」ことを力学シミュレーションに対する「演出」という概念として我々は提案し、この演出を施すことのできるアニメーションシステムの開発を研究目的としている。

3 クロス・シミュレーションと時変安定形状

3.1 布の力学モデルとクロス・シミュレーションの概要

シミュレーションに用いる布の力学モデルは、一般的な「質点-バネモデル」である。(Fig.1(a))このモデルでは、布の最も安定する形状、安定形状を設定し、(Fig.1(b))現在の布の形状とその安定形状を比較することで、布内部に存在するエネルギーを計算、その内部エ

ネルギーを減らすような方向に布の内力を発生させる。布には重力や摩擦力など、外的要因から生じる外力も加えるので、この内力と外力の平衡点に向かって布は変形していくことになる。(Fig.2(a))

実際のシミュレーションでは、布の三次元モデルを三角ポリゴンに分割、各頂点を質点とし、各ポリゴンを安定形状と比較することで布の内部エネルギーを計算する。これに外的要因から布に加わる力、及び衝突の影響などの要素を加味し、微小時間ごとに各質点の運動方程式を構築、数値的にこれを解くことで布の各時刻における形状を求めていくことになる。

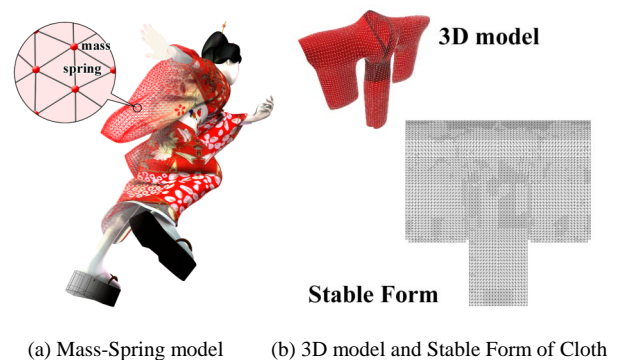


Fig. 1 Mass-Spring model and Stable Form

3.2 時変安定形状の導入によるシミュレーション操作

前述した通り、布の変形には様々な要素が絡んでいるが、布の安定形状もその変形を左右する要因となっている。布の硬さや減衰係数、重力加速度などのパラメータの値が同じでも、布の安定形状が変化すればシミュレーションの結果も変化する。

バネ-質点モデルを用いた通常のクロス・シミュレーションでは、この安定形状は一つのシミュレーションの間は一定の形状に定められている。これに対して我々は、時間的に変化する安定形状、「時変安定形状」を導入することで、本研究の目的である、力学シミュレーションに対する演出の実現を試みる。

布の内部エネルギーがゼロになる形状を時間的に変化させることで、布に対して任意の方向と大きさを持つ内力を与え、布の変形を誘導していく。言い換えると、布にかかる力の平衡点を時間的に変化させることで、布の変形を促す、これが時変安定形状の原理である。(Fig.2(b))この時変安定形状を演出に用いるメリットとしては主に次の二点が挙げられる。

第一に、時変安定形状は幾何学的形状であるため、人間が見た目に判断しやすく、直感的に布の変形を予想す

ることができる。作成方法も、通常の 3DCG アニメーションで使われている手法を用いることが可能である。

第二に、時変安定形状は、演出を施したい布の部分にまんべんなくエネルギーを発生させることができるため、施された演出の見た目の自然さを保つことができる。

Fig.3 の上段が、布をひねるように設計した時変安定形状、下段が時変安定形状によって発生した、時刻 t_1 から t_3 における布の変形である。

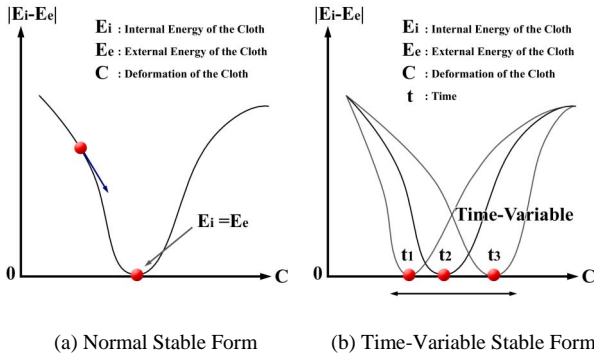


Fig.2 Energy and Deformation

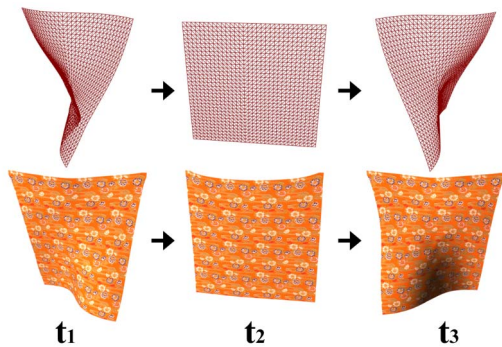


Fig.3 Time-Variable Stable Form (top) and calculated deformation of Cloth (bottom) at time t_1 - t_3

4 時変安定形状による演出

Fig.4 は、開発したシステムを用いて作成した、着物を着た女性がジャンプするアニメーションである。Fig.4 中の、左が通常、中央が演出を施したシミュレーション結果である。また、右が演出に用いた時変安定形状である。頂点/ポリゴン数は、着物で 6328/12384、女性で 4039/7912 のものを使用した。

「ジャンプする時刻 t_3 における着物の袖と裾を、より大きく広げる」という演出を施すために、「 t_1 から t_3 にかけて、着物を開いて袖を曲げる」という時変安定形状を設計し、シミュレーションに導入している。そのため、演出を施したシミュレーションの結果が、 t_2 、 t_3 と変化しているのが Fig.4 から見てとれる。

このように、時変安定形状を用いての演出では、欲しい結果を得るために必要な操作を、「広げる」ために「開く」といったように、直感的に判断できる。

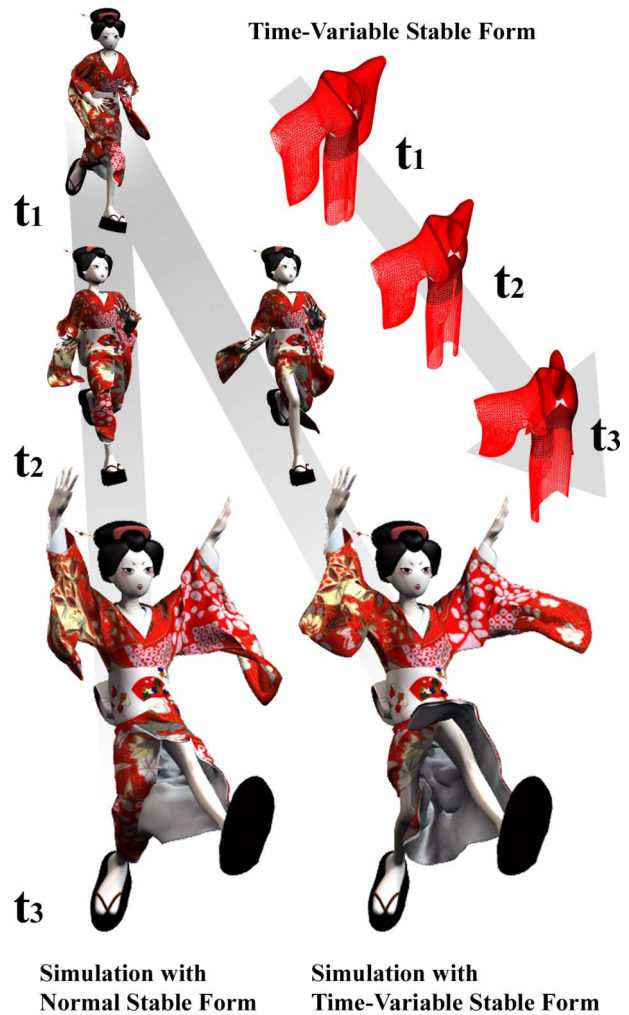


Fig.4 Animation of Kimono with Normal Stable Form and Time-Variable Stable Form

5 おわりに

本稿では力学シミュレーションに対する演出という概念を提案し、時変安定形状を用いてその演出を実現、それらを実装したシステムを用いて作成したアニメーションの紹介を行った。

時変安定形状による変形と各パラメータの値、そして布への外力は密接に関係しており、これらの影響を考慮した時変安定形状の設計方法を提示できれば、より効果的な演出が可能となる。これを今後の課題とする。

参考文献

- [1] David Baraff, Andrew Witkin, "Large Steps in Cloth Simulation", SIGGRAPH '98 Proceedings, ACM, Addison-Wesely, pp.43-54, 1998.
- [2] 坂口嘉之, 道彦美濃, 池田克夫, "仮想服飾環境 PARTY 動的変形可能な布のための数値計算法 -", 電気情報通信学会論文誌 D-II Vol.J77-D-II No.5 pp.912-921, 1994.