

目的別テーマ：被服設計・シミュレーションに関する研究

17 年度研究テーマ

15-7-7：柔軟物シミュレーションの高度化に関する研究

## ABSTRACT

*The simulations for flexible material such as fabric have been developed mainly for the purpose of CG animations, and those are required to be processed quickly as long as they are plausible. In this study, the methods that simulate mechanical phenomena with high fidelity are pursued so that the simulation is utilized to predict real world. This fiscal year, the following topics were studied, 1) development of the simulation method based on the subordinate structure. 2) construction of the human body model for the simulation.*

*Last year, we proposed a new model for clothing simulation in which a fabric was modeled as a structure of threads. In the simulation, it is necessary to detect collisions between threads because the collisions occur during the mechanical calculation. The function to detect collisions was included in the simulation program. The amount of the calculation was greater than that based on conventional models, we tried to process with the method of parallel operations.*

*We investigated the structure and functions of backbone, and then developed a mechanical simulation program based on a very simple model of bacbone.*

## 研究目的

近年、布などの柔軟物から構成される衣服等を対象としたシミュレーションに関する研究が行われている。これらの多くは CG アニメーションなどを目的としているため、“それらしく見える”範囲で可能な限り高速に処理を行うことが求められる。そのため必ずしも現実の物体の物理的な振る舞いに忠実なモデルに基づいた手法を用いているとは限らない。これに対して本研究では、現実世界におけるシミュレーションの利用を目指し、現実をできるだけ忠実に再現するシミュレーション手法の追求を目的とする。

## 一年間の研究内容と成果

本年度は、1) 下位構造に基づく柔軟物シミュレーション手法の開発。2) シミュレーションに用いる人体モデルの構築、について研究を計画していた。このうち今年度は主に1) についての研究を実施した。

下位構造に基づく柔軟物のシミュレーション手法の開発については、以下の手順で研究を実施した。昨年度は、従来のシミュレーションとは異なり、布を糸から構成されているとして定式化した。次に、糸の形状を幾何学的に定義し、布の構造に応じて糸を配置するプログラムを作成し、さらに力学的な処理のために弾性力学に基づいた計算プログラムを開発した。

布を構成する糸の長さ、力学的な物性、構造などの情報を用いて布の構造を構成するプログラムによって近似的な布の構造が与えられると、それに基づいて力学的な計算処理を行うプログラムで最小のポテンシャルエネルギー状態を求めることによって布の形状が得られる。布の初期形状として糸同士が接触の無いような形状が与えられているとしても、力学計算によって最小のポテンシャルエネルギー状態を求める際に、糸同士が接近して最終的に接触が起こる。この際にプログラムに糸同士の接触を検出する機能がなければ、糸同士がすり抜けてしまうため、糸を基本構造とした布の形状、あるいは変形を求めるためのプログラムには糸同士の接触を検出する機能が必要不可欠となる。このため今年度は糸を基本構造とした布の形状、変形予測プログラムに、この糸同士の接触検出の機能を付加した。

具体的には、糸が多面体として表現されており、その表面は全て三角形要素から構成されている。このため、接触の検出には三角形要素の頂点と、他の三角形との接触、三角形要素の辺同士の接触等を幾何学的に検出する手法を用いている。また、一般的には三角形要素のある頂点は他のどの三角形

要素とも衝突の可能性があり、そのため膨大な計算時間が必要となる。ここでのシミュレーションでは、計算中に糸は布という構造の範囲内でのみ移動するため、三角形要素のある頂点が衝突する他の三角形要素は非常に限られた範囲内に限定される。この性質を利用し、衝突の検出を実行する範囲を非常に狭い範囲に限定することが可能で、そのために計算時間は一般の場合に比較すると非常に短時間となる。

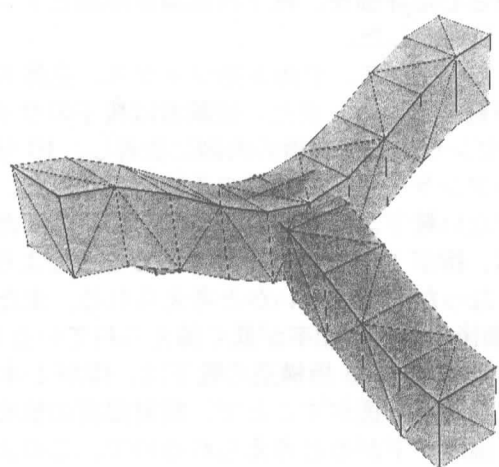
しかし、下位構造に基づいた布のシミュレーションは従来のモデルに基づいたものに比較すると計算負荷が大きい。そのため、昨年度より計算機を並列化して処理を高速化することを検討している。性能の同等な16台の計算機を用いて並列計算を試み、ベンチマークの結果では台数の増加にともない演算性能が向上していることが認められた。さらに、上記のシミュレーションプログラムのうち、糸同士の衝突検出の部分の並列化を行った。具体的にはMPIを用い、メッセージパッシングを行う事による並列化を行った。この際、布を構成する経糸を並列計算に用いる計算機の台数分に分割し、各計算機に分散して計算を行う方式としている。

シミュレーションに用いる人体モデルの構築に関しては、今年度は背骨を対象とした。背骨の構造、可動域についての検討を行い、各背骨を質点で近似するような非常に単純なモデルを構築し、それに基づいた力学シミュレーションプログラムを作成した。

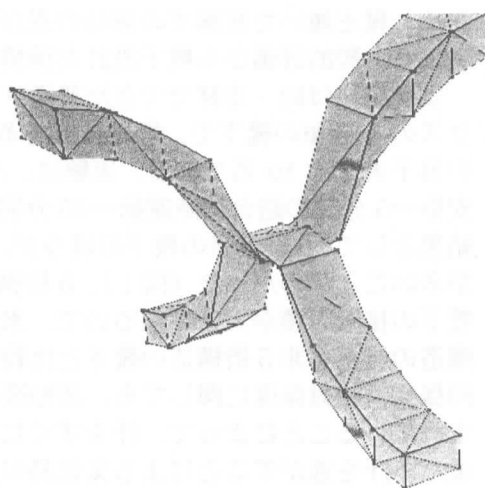
## 展望

下位構造に基づく柔軟物シミュレーション手法の開発については、衝突の検出機能をプログラムに組み込んだが、今後力学計算との連携を行ってゆく必要がある。今回組み込まれた衝突検出の機能は、衝突の発生を検出するものであるが、さらに衝突が発生した際に力学的にどのように処理するかという、衝突の反応を力学計算部分に組み込むことによって、幾何学的な衝突の検出と力学的な形状計算とを組み合わせることが必要となる。これを組み込む事によって一応布の形状を予測する事が出来る。実際の布では、それを構成する糸同士の摩擦が発生し、布の挙動もこれに大きく左右されると考えられる。摩擦については推定値を用いるか、実際の布の挙動を計測し、その結果から推定するような方法が考えられる。これについては今後さらに検討が必要となる。さらに、布の形状が得られた後は、布としての力学的特性を検証することが必要になる。そのためには力学的特性が既知な一様な糸状の物体を用いて布のような構造を構成し、これについて引張り、曲げなどの力学的特性を計測するとともに、これに相当するシミュレーションを行うことによって、この手法が布の力学的特性を精密に予測できることを検証することが必要である。

シミュレーションに用いる人体モデルの構築に関する研究については、人体の主要な構造について検討し簡単なモデルを用いて予備的な力学シミュレーションを行った。今後、このモデルを精密化して、シミュレーションを高度化してゆく必要がある。



点と面との衝突の検出



辺と辺との衝突の検出を加えた結果