

目的別テーマ：被服設計・シミュレーションに関する研究

### 16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 of flexible matter 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.*

*We proposed a new model for clothing simulation in which a fabric was modeled as a structure of threads. An editor to define virtual threads and to weave them into a fabric was made. A program for the mechanical calculation was also made. The shape of a fabric was obtained as the minimum potential state. We compare the theoretical solution and the result of the simulation for verification of the validity of the program, and they agreed very well.*

*We developed a method to estimate inner structure of human body. A program to reconstruct a surface shape from the boundaries of many images of cross section was made, and a surface shape of human body was reconstructed with the program. It was adapted to another surface shape of human body which was measured with a 3-D shape measurement instrument. The inner part was deformed with the adaptation. The estimation was obtained as the deformation of the inner part. The inner structure of right arm was estimated and there was some error for the estimation.*

### 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。

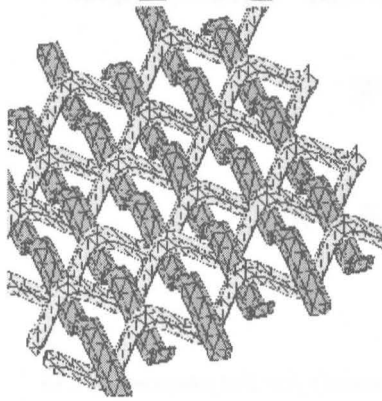
### 一年間の研究内容と成果

本年度は以下の内容について研究を行った。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。従来のシミュレーションでは布はパーティクルや連続体などとして定式化されており、その構造を十分に反映していたとは言い難い。ここでは布を糸から構成されているとして定式化した。すなわち従来、布として力学的に定式化されていたモデルを、糸の交絡した構造物としてモデル化した。

次に、このような構造物を構成するためのプログラムを作成した。これにより糸の形状を幾何学的に定義し、布の構造、例えば平織り、斜紋織りなどに応じて糸を配置する機能を有するものである。しかし、実際には布の構造は幾何学的に決定されるものではなく、糸の力学的な相互作用によってその形状が決定される。布としての形状を求めるためには、幾何学的に生成された形状に対して力学的な処理を施し形状を求める必要がある。そのためにこのプログラムでは糸を四面体の要素から構成されているとしている。

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。



糸で構成された布

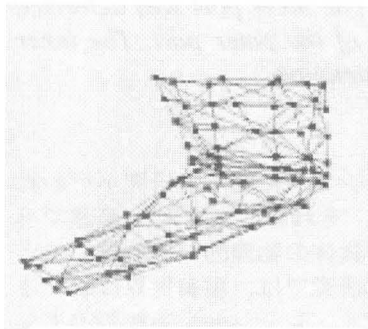
力学計算の妥当性を検証するため、片持ち梁についての解析解とシミュレーション結果との比較検討を行った。結果はほとんど一致しており、これを用いて今後の展開を図る予定である。

また、このような下位構造に基づくシミュレーションは従来のものと比較して計算負荷が大きいと考えられる。そのため、計算

機を並列化して処理を高速化することを検討した。性能の全く同等の計算機を16台用意し、並列計算の実行を試みた。これまでのところ4台までで実際に実行を行っているが、ベンチマークの結果では台数の増加にともない性能が向上していることが確認された。

以下では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述べる。シミュレーションのための人体モデルには内部構造が必要であるが、これは容易に計測することはできないので、何らかの推定手法を検討する必要があると考えられる。

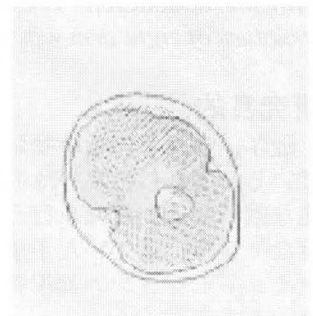
そのための最初の段階として、今年度は以下に述べるような研究を行った。既に計測された多数の断面画像で表現されている人体内部構造のデータが存在する。多数の画像の境界から境界面を抽出するアルゴリズムを用いてプログラムを作成した。このプログラムを前述の断面画像に適用することにより人体



人体表面形状の例

表面形状を再構成する。これを、3次元計測装置によって得られた個々の人体表面形状に対応させる。このとき、断面画像から得られた人体表面形状の内部を、表面形状の対応に応じて変形させる。元の、画像で表現されている人体内部構造を、これに応じて変形する。これを個々の人体の内部構造の推定値とする。

今回は右腕部を例として、実際にこの手法の適用を試みた。結果の検証のために、もう一つ別の内部構造が計測されて



内部構造比較例

いる人体について、この手法を用いて内部構造の推定値を求めた。この求められた内部構造の推定値と、あらかじめ得られている内部構造の比較を行った。結果として全体に渡って誤差が見られた。

## 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、手法の基本的な機能の検証を行った。今後さらに検証を進めてゆく必要がある。例えば、他の解析的な解が得られている問題についての検証を行うことが考えられる。また、布の形状を力学的な計算によって得るには衝突の検出が必要で、この機能をプログラムに組み込まなくてはならない。さらに、布の形状が得られた後には、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、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、手法の構築を行った。それによって得られる結果は今後検討が必要である。表面形状の対応付けに伴う内部の変形の精密化が必要であり、今後そのための手法の検討を行わなければならない。また、今回は腕部のみを対象としたが、今後他の部位にも拡張してゆく必要がある。

