

## 研究論文

# 3次元モデリングと並列演算処理を用いた シームレス立体構造織物設計システムの開発

太田幸一\*<sup>1</sup>、中田絵梨子\*<sup>2</sup>

## Development of Seamless Fabric CAD System with 3D Modeling

Kouichi OHTA\*<sup>1</sup>, Eriko NAKADA\*<sup>2</sup>

Mikawa Textile Research Center \*<sup>1\*2</sup>

本研究ではつなぎ目のない立体構造織物を生産するための織物立体形状構成シミュレーションソフトを開発した。従来要素技術のアルゴリズムでの誤差を生じさせないように補正処理を施した新たな三次元モデリングアルゴリズムを構築し、ジャカード織物組織図に対応する三次元モデリングソフトウェアの開発を行った。さらに、開発ソフトウェアを用いてシームレス立体織物を設計し、ジャカード織機を用いて立体織物の試作を行った。

### 1. はじめに

今日、機械や電子機器などの様々な分野で、コンピュータを用いて、性能や立体形状等を予測し、迅速に製品の設計を行う技術が利用されている。しかし、織物についてのシミュレーション手法は、ほとんど開発されておらず、実際の織物製造現場では、試行錯誤的、人海戦術的な方法で製品が作られている。こうした業界の問題を解決するため、織物の三次元形状を予測するシミュレーション手法の開発を行った<sup>1)~7)</sup>。具体的には、織物の設計データを元に織物内部で糸がどのように織り込まれるかをコンピュータで予測し、内部構造を画面で瞬時に確認する手法を開発した。この手法は、織物組織図、織物密度、糸の太さなどの織物規格と、糸の圧縮特性などの糸の物理特性を入力値としてコンピュータに入力することにより織物の内部構造の三次元モデルを自動的に生成するものである。

この手法は、シームレス立体構造織物<sup>8)</sup>の設計に応用できる。シームレス立体構造織物はジャカード織機を使用してシームレス（縫い目のない）立体構造織物を生産するもので、衣料品・生活用品の他、繊維強化複合材料など産業資材の素材向けとしての応用が考えられている。シームレス立体構造織物を作製する場合、紋紙情報と呼ばれるジャカード織機を制御する情報を準備する必要があるが、紋紙情報の生成は経験と勘により試行錯誤で実施しなければならないのが現状である。

本要素技術では蜂巢織、二重織など立体構造となる織物組織に対して有効な手段であるが、そのアルゴリズムにより正しい立体構造が得られない場合が存在する。例

えば、**図1**の組織図で示される風通織組織については、裏表二重構造となり、本来裏側に位置している糸は表側からはほとんど見えない状態になっているが、本要素技術のアルゴリズムではモデル生成時に誤差が発生し、裏側の糸が表側に見えてしまうなどの問題が生じる。シームレス織物の設計においては風通織組織を多用する必要があり、本問題点の解決が重要となっている。

さらに、シームレス立体構造織物はジャカード織機を使用して製造するが、本要素技術ではドビー織物を対象にしており、比較的小さな柄の織物組織にしか対応していない。ジャカード織物に対応させるためには莫大なモデル計算を高速に実行させる必要があり、アルゴリズムの高速化についても課題となっている。

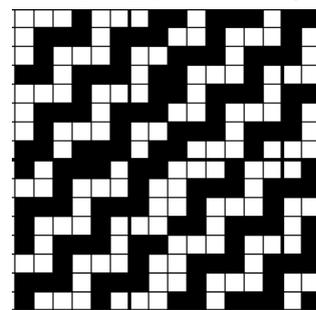


図1 風通織

こうした問題を解決するため、織物組織図、織物密度、糸の太さなどの織物規格と、糸の圧縮特性などの糸の物理特性を入力値として織物の内部構造の三次元モデルを自動的に生成する織物の三次元形状を予測するシミュレーション手法の開発を行ってきた。本研究では糸1本毎を個別要素とした三次元モデルに対してマルチスケール

\*<sup>1</sup> 三河繊維技術センター 製品開発室（現岐阜市立女子短期大学） \*<sup>2</sup> 三河繊維技術センター 製品開発室（現食品工業技術センター 分析加工技術室）

解析手法を導入した織物立体形状構成シミュレーションソフトを開発し、シームレス立体構造織物の設計をコンピュータ上で実施できるようにするものである。

## 2. シミュレーション手法

### 2.1 シームレス立体織物

シームレス立体織物は縫い目を極力減らした袋状立体織物で、風通織組織などの二重織組織を組み合わせることで作成が可能となる。本研究では図2に示すように、三次元モデリング手法を用いることで、設計における工程の簡略化を可能にした。

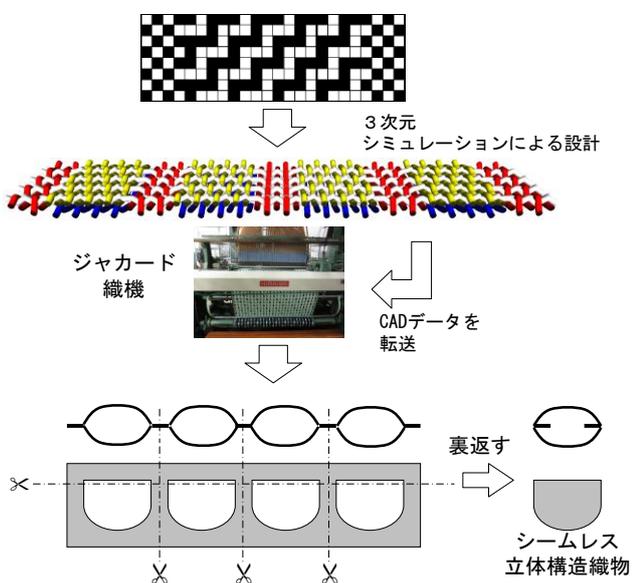
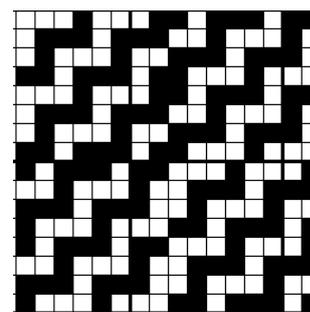


図2 シームレス立体織物の作成フロー

### 2.2 三次元モデリング補正アルゴリズムの構築

従来の三次元モデリングでは、織物組織図の各糸について、組織図内の浮き組織点数から糸の相対位置を算出する手法で織物中の糸の高さを求めることにより立体構造のモデル化を行っている。この手法は通常の多重織や蜂巢織などの立体構造を有する組織については有効であるが、風通織組織の場合、途中で糸の上下関係が入れ替わるため、浮き組織数はどの糸も同じ値となり、立体構造を正しくモデル化できない。そこで、新たに組織図から立体構造を導き出す手法について検討した。その結果、図3に示すように、各組織点において連続する浮き数を算出した値を補正係数とすることで糸の局所的な高さを求めることが可能あることがわかり、この手法より立体構造算出アルゴリズムを構築した。



(a) 風通織組織図

-3	-1	-2	2	-3	-2	-2	2	2	-2	3	2	2	-2	3	1
-3	3	1	2	-3	3	1	2	-1	-2	3	-3	-1	-2	3	-3
-3	3	-3	-1	-3	3	-3	-1	3	1	3	-3	3	1	3	-3
1	3	-3	3	1	3	-3	3	3	-3	-1	-3	3	-3	-1	-3
-3	-1	-3	3	-3	-1	-3	3	3	-3	3	1	3	-3	3	1
-3	3	1	3	-3	3	1	3	-1	-3	3	-3	-1	-3	3	-3
-3	3	-2	-1	-3	3	-2	-1	2	1	3	-3	2	1	3	-3
2	3	-2	2	2	3	-2	2	2	-2	-2	-3	2	-2	-2	-3
2	-2	3	2	2	-2	3	2	-3	-2	-2	2	-3	-2	-2	2
-1	-2	3	-3	-1	-2	3	-3	-3	3	1	2	-3	3	1	2
3	1	3	-3	3	1	3	-3	-3	3	-3	-1	-3	3	-3	-1
3	-3	3	-3	3	-3	-1	-3	1	3	-3	3	1	3	-3	3
3	-3	3	1	3	-3	3	1	-3	3	-3	3	-3	-1	-3	3
-1	-3	3	-3	-1	-3	3	-3	-3	3	1	3	-3	3	1	3
2	1	3	-3	2	1	3	-3	3	3	-2	-1	-3	3	-2	-1
2	-2	-2	-3	2	-2	-2	-3	2	3	-2	2	2	3	-2	1

(b) 連続浮き数による経糸の高さ補正係数

図3 シームレス立体織物の作成フロー

## 3. ソフトウェアの開発と立体織物の試作

### 3.1 ソフトウェアの開発

上記補正アルゴリズムを利用し、2048×2048のサイズのジャカード織物組織図に三次元モデリングソフトウェアの開発を行った。ソフトウェアの開発にはMicrosoft社製 Visual Studio2010 Professional を使用した。また、開発ソフトウェアについては、逐次演算部に対してGPGPUを用いて並列処理化を行い、三次元モデリング処理の高速化を図った。並列演算処理ソフトウェアの作製に際してはNVIDIA製 CUDA Toolkit 5.0およびGPU Computing SDKを使用した。

### 3.2 シームレス織物の試作と評価

開発ソフトウェアを用いてシームレス立体織物を設計し、ジャカード織機を用いて立体織物の試作を行った。試作に際して事前に行った予備試験で、開発シミュレーションソフトからジャカード織機のコントローラーへ制御データを物理的に転送できない事が判明した。このため、ジャカード織機コントローラー(CSS(株)製ジャカード織機制御システム)を新規に導入し、織物の試作を行えるようにした。試作した織物を図4および図5に示す。



(a) 試作織物

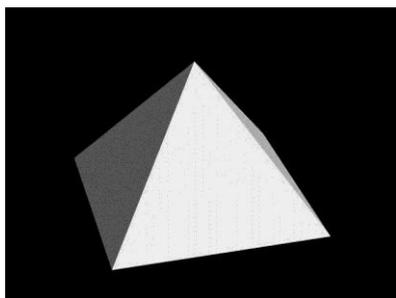


(b) 裁断後



(c) 反転後中綿封入

図4 試作立体織物（ミニクッション）



(a) CAD データ



(b) 試作織物



(c) 裁断後立体化

図5 試作立体織物（四角錐）

また、試作立体織物の縫い目相当部について、通常のミシンによる縫製（本縫いによる直線縫い）を行ったものとの強さとの比較を JIS L1093 の縫い目強さ試験により行った。試験試料を図6に示す。その結果、試作立体織物の縫い目相当部の縫い目強さは通常のミシンによる縫製品に比べ約3~5倍の強さを示していた。これにより、本開発手法による立体織物はミシンによる縫製と同等以上の強さがあり、実用上必要とされる強度性能を有することが確認できた。



図6 縫い目強さ試験用試料

(左：シームレス織物 右：本縫い)

### 3.3 高速化

作製した並列演算処理ソフトウェアについて、GPGPU 専用 GPU ボード（NVIDIA 製 Tesla C2070）を搭載した GPGPU サーバー（リアルコンピューティング（株）製 RC Calm III GPU WORKSTATION）上で動作速度の比較を行った。その結果、並列演算未使用時と比較して2.4倍の高速化となり、目標である10倍には達成することができなかった。これは、織物の三次元モデリングの場合、織物組織図の境界付近の処理が相互参照的な手続きとなるため、並列化率が低くなってしまうためと考えられる。

#### 4. 結び

本研究では糸 1 本毎を個別要素とした 3 次元モデルに対してマルチスケール解析手法を導入した織物立体形状構成シミュレーションソフトを開発した。これにより、新製品開発の際の試し織りの回数を削減できるため、開発にかかる時間とコストを低減することが可能となった。また、開発ソフトウェアを用いてシームレス立体織物を設計し、ジャカード織機を用いて立体織物を作成する手法への応用について検討した。これにより、縫製の手順を省略できるため、効率よく立体織物を作製することが可能となった。

#### 付記

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構平成 24 年度研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) フィージビリティスタディ【FS】ステージ探索タイプ「3次元モデリングと並列演算処理を用いた

シームレス立体構造織物設計システムの開発」として実施した。

#### 文献

- 1) 特許第 479394 号
- 2) 池口達治, 太田幸一: 愛知県産技研研究報告, **4**, 188(2005)
- 3) 太田幸一: 学位論文, 金沢大学, (2005)
- 4) 太田幸一, 池口達治: 愛知県産技研研究報告, **4**, 192(2005)
- 5) 太田幸一, 池口達治: 愛知県産技研研究報告, **5**, 178(2006)
- 6) 特開 2006-100230
- 7) 特開 2008-242516
- 8) 名所高一, 仮屋昭博, 本田元志, 末沢伸夫: 京都市産業技術研究所研究報告, **1**, 48(2011)