

Study on Development of Textile CAD System for Three-dimensional Designing

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/42274

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



3次元設計に対応したテキスタイル CAD システムの開発に関する研究
- Study on Development of Textile CAD System for Three-dimensional
Designing -

金沢大学大学院自然科学研究科
システム創成科学専攻

氏名：安藤 ゆか

Abstract

In this thesis, I have developed a computer aided design (CAD) system for three-dimensional textile design applicable to stretch fabrics such as knitted fabrics and traditional tie-dyeing craft fabrics called "Shibori".

Based on the structural analysis of sample knitted fabrics and the knit geometric theory, we built an algorithm that could make three-dimensional structure models for weft knitted fabrics such as welt stitches, tuck stitches, cross stitches, rib stitches and purl stitches.

In order to reduce computational cost, we have set the anchoring point on the diametral plane of yarn in the knitting chart. Drawing from the beginning knit point to the finished knit point, a smooth knit curve model can be obtained with the cardinal spline curve. Using this algorithm, we have developed the weft knit three-dimensional structure modeling software that can express the three-dimensional model of knitted fabrics including welt stitches; tuck stitches, cross stitches, rib stitches and purl stitches.

Traditional crafts named "Shibori" are tie-dye products for woven fabrics. These products of folk crafts are made with the manual labors and their processes are divided into a lot of practiced hand works. In addition their manufacturing processes are dispersed to different regions. So the practiced hand works of the "Drawing / Pattern carving Shibori" process decrease in number. If the "Drawing / Pattern carving Shibori" process is simplified by computerizing, these producers can record the Shibori technology and can also design Shibori products easily. I, therefore, developed a CAD / CAM system for "Drawing / Pattern carving Shibori" process in order to simplify its process and keep skilled hands of Shibori products.

It must be instructive for many textile designers to use CAD/CAM systems developed in this study.

1. 緒論

近年の計算科学の発展により，計算機支援設計（CAD）システムが多くの分野で導入されている．テキスタイルの分野においても織物の CAD システムは織物設計から織物の変形まで多く開発されている．また，ニットの CAD システムも国産で完成度の高い製品はあるが，用途が限定され，その内容が公開されていないため，衣料用以外の分野で使用することは困難である．一方，ニットや絞り染めした布帛は伸縮性に富み，3次元形状にフィットしやすい特性を持つテキスタイル素材である．そこで産業用資材，医療用製品，インテリア製品といったこれまで無かった製品形状に使用したいという要望は多い．しかし，ニット製品の生産者は3次元 CAD システムを導入しておらず，逆に産業用資材を扱う分野では3次元 CAD での設計が一般的であるが，型紙データの無いニット製品の設計は困難である．また，絞り染めの括り技術を利用することで，布帛を3次元的な凹凸形状に熱固定（セット）することができ、『インテリア製品』『ゆとりとデザイン性のある介護服』など新たな分野での製品展開が想定されるが，絞り染めは手作業による生産となっているため，衣料品以外の分野への展開が困難となっている．

本研究では，ニットおよび絞り染め製品を衣料品以外の分野向けの製品へ展開するための橋渡しとなるような，3次元のモデルを提案し，3次元形状に合わせた設計が可能な CAD システムを開発した．

ニット製品の主な3つの生産工程すなわち，丸編み生地を裁断・縫製するカット＆ソーの工程，パーツを縫製して生産する成型編み工程，無縫製横編機を用いた製品の生産工程のフローを図1に示す．

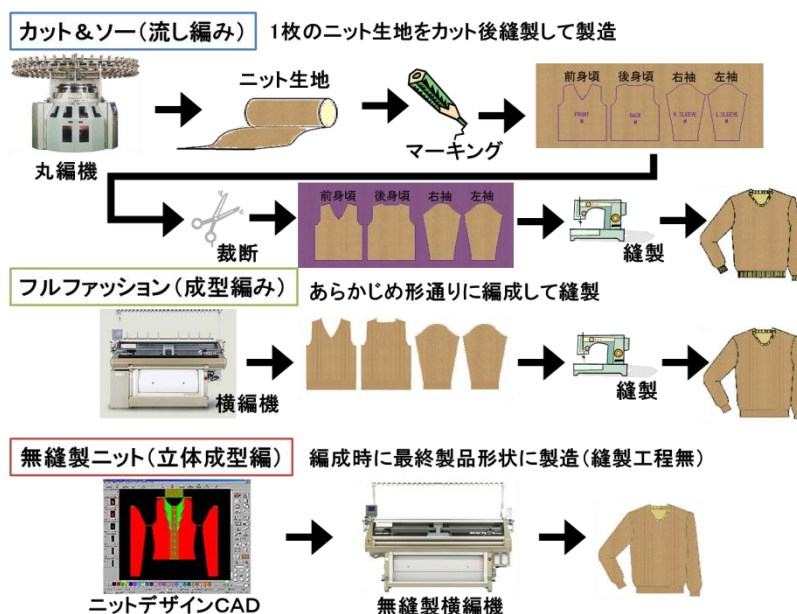


図1. ニット製品の生産工程のフロー図

図 2 に絞り製品の生産工程のフロー図を示す。

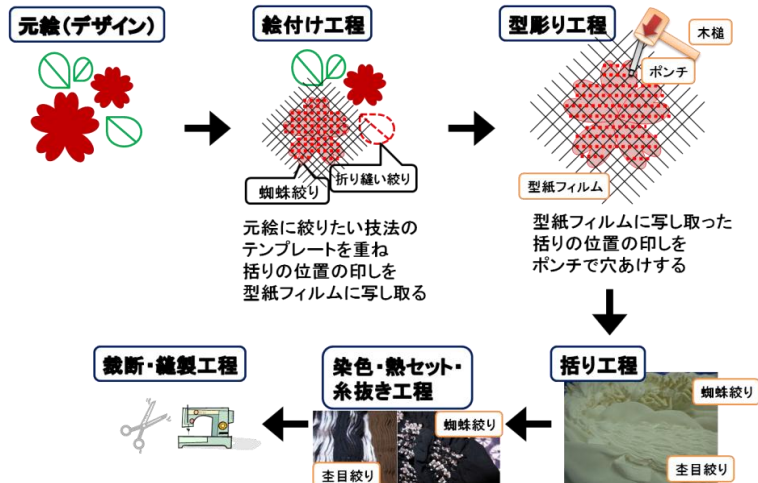


図 2. 絞り製品生産工程のフロー図

2. 編地のシミュレーションモデルを生成するソフトウェアの開発

よこ編組織のループ形状を 3 次元モデル化するアルゴリズムについて検討し、よこ編地のシミュレーションモデルを生成するソフトウェアの開発を行った。

平編（天竺）組織の一つのループを基本ループとすると、基本ループは古くから幾何学構造の解析と実際の編地の検証がなされており、Peirce[Text Res J, 17, 123(1947)], Leaf[J Text Inst, 46, T587(1955)]等の幾何学理論を用いれば、天竺組織の基本ループを 3 次元モデリングすることができる。しかし、タック、ウェルト組織等（変化組織）はループが交錯する構造が基本ループと異なるので、ループの形状を変形させる必要があり幾何学理論の数式そのままではモデリングすることができない。

基本ループの曲線をスムーズに表現するためには多量の頂点座標が必要になるが、基本ループ以外の組織を表現する時、その一つ一つの座標の移動を計算するには時間がかかる。そこで、各組織のループを描画する前に、基本ループの 1 つの編目で、上下 2 点の編目の位置を示す組織基準点と糸の中心通る 6 点の糸中心基準点を設定した。基準点を設定することで、速やかに変化組織を含む編組織のループ形状のモデル化を行うアルゴリズムについて検討した。図 3 に Peirce の簡略図と組織基準点と糸中心基準点の位置関係のイメージを示す。

サンプル編地の構造解析を行い、サンプル編地の実測値とニット幾何学の理論をもとに、基本ループの組織基準点の移動と糸中心基準点の数を変えることで、ゴム編組織、パール編組織、ウェルト組織、タック組織、移し目組織を含むループ形状をモデル化した。ループ形状を 3 次元形状でモデル化することで、編目構造の確認がしやすいソフトウェ

アを開発した。さらに、よこ編組織のモデル化のアルゴリズムを実装し、既述の編組織で構成される編地シミュレーションモデルを生成するためのソフトウェアを開発した。

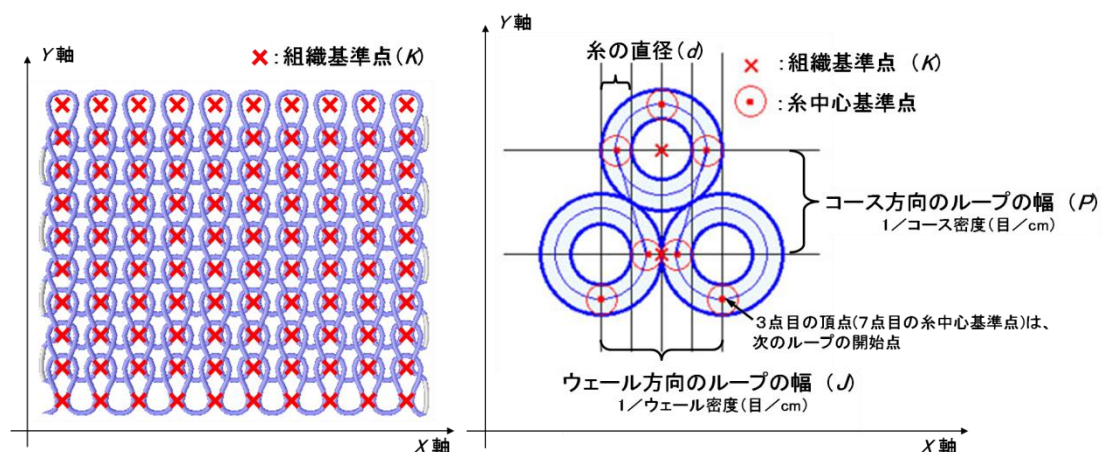


図3. Peirce の簡略図と X Y 平面から見た基準点

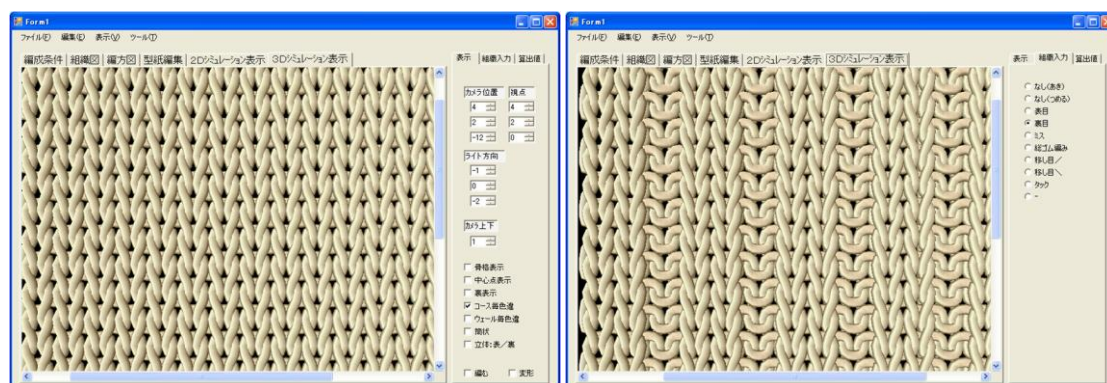


図4. 平編組織（左）とゴム編組織（右）の編地シミュレーションモデル

表1. サンプル編地およびシミュレーションモデルにおける編目寸法

	実測値					理論値・算出値		
	ウェール密度 目 / c m	コース密度 目 / c m	幅 mm	高さ mm	厚さ mm	幅 mm	高さ mm	厚さ mm
平編	2.0	2.3	5.00	4.35	2.30	5.00	4.33	2.25
1×1ゴム編	3.6	2.3	2.78	4.35	3.30	2.75	4.33	3.25
パール編	2.0	4.2	5.00	2.38	3.20	5.00	2.38	3.25
タック組織	—	—	—	—	3.00	—	—	3.05
タック・ミス組織の下 のループ	—	—	4.20	—	—	4.26	—	—

糸直径d 1.25mm

図4に平編組織とゴム編組織の編地のシミュレーションモデルを示す。また、表1にサンプル編地における編目寸法実測値と提案した平編の基本ループの理論値およびよこ編組織のモデルから算出した編目寸法を示す。

3. 立体成型編製品設計のためのCADシステムの開発と着圧の簡易CAE

第2章のよこ編組織のモデル化のアルゴリズムを用い、CADデータの形状に立体成型編を行うための編組織図の設計について検討した。立体成型編については、対象となるデータに着圧がかかる状態での設計についても検討した。

基本ループのモデル化のアルゴリズムを応用して、円筒状に基準点を配置することで、筒編シミュレーションモデル生成についても検討した。組織基準点を円筒状に定めることによって、ウェルト組織、タック組織、移し目組織を含む編地を筒編地シミュレーションモデルとして提示するソフトウェアを開発した。

図5に円筒状に配置した基準点の模式図と筒編地シミュレーションモデルを示す。

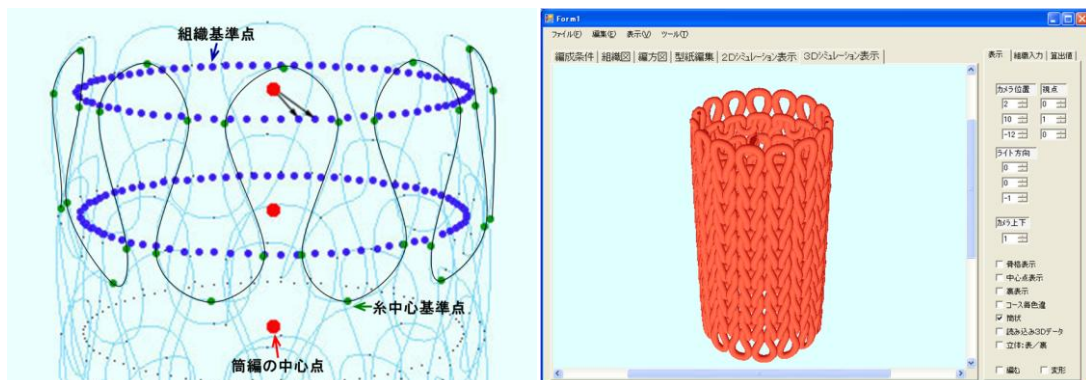


図5. 筒編と基準点の位置関係模式図と平編組織の筒編地シミュレーションモデル

無縫製で立体成型編を行うことができる完成度の高い編機が市販されているが、立体形状に合わせた編組織データを作成するためには、CADデータと編組織設計の両方の技術を理解する必要があり、さらにアパレル製品以外の編組織データは試行錯誤で作成されている。そこで、CADデータから編組織を設計するアルゴリズムについて検討した。

無縫製の立体成型編機では、筒形状を減らし目で変形させることが基本の編み方となっている。そこで、CADデータの形状に立体成型編する場合でも、同様にCADデータの断面に対して円筒状に基準点を配置することで、立体成型編製品のシミュレーションモデルを生成した。さらに立体成型編形状のシミュレーションモデルを算出する過程で、ウェール数、コース数、減らし目の数も算出されるため、それらのデータから編組織図の

設計を行うことを検討した。立体成型編の応用例として、炭素繊維強化熱可塑性樹脂（CFRTP）のニット基材を想定した半球形状、リンパ浮腫軽減のためのサポーター形状、心拡大リモデリングのための心臓サポートネットについてそれぞれ検討した。

半球形状の CAD データから、立体成型編シミュレーションモデルを生成するソフトウェアを開発した。図 6 に半球形状の立体成型編シミュレーションモデルと試作品の写真を示す。半球形状の CAD データから編組織図を作成できたが、無縫製編機で編成するためにはさらなるアルゴリズムの修正が必要であることがわかった。

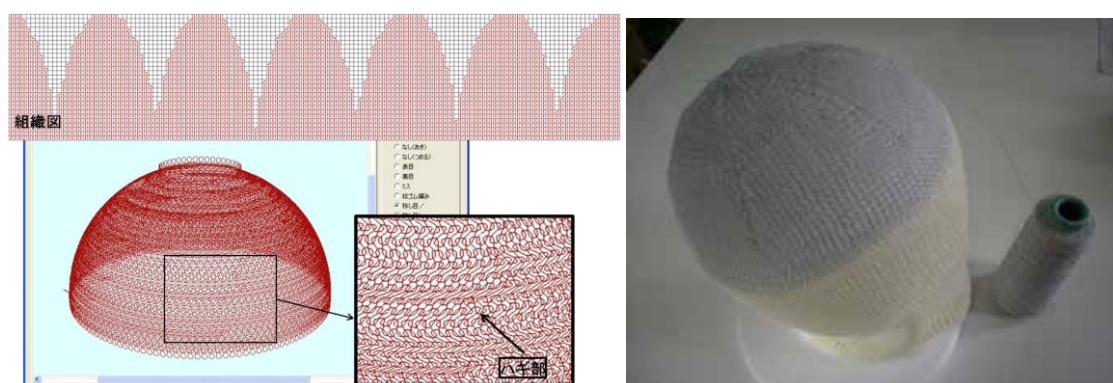


図 6. 半球形状の立体成型編シミュレーションモデルと試作品

サポーター形状については、編地シミュレーションモデルを生成するとき算出した数値を応用して、CAD データおよび計測した脚のサイズから、立体成型編するための編組織図の設計を行った。筒形状を基本とし、脚形状に適合するように、その円周の差から減らし目を算出し設計した。心臓サポートネットの形状に関しては、心臓の CAD データと型紙データから編み上がりのネットの形状、ループの形状について確認できる、心臓サポートネットの製品シミュレーションモデルを生成した。

実用の編機に適用する場合、編地が左右対称になるよう編組織を設計する必要がある。この制約条件に適合するよう、編成時に表裏が同じになるよう編組織を 2 分割し、左右対称となるように減らし目の半分の配置し、無縫製編機で立体成型編を行うことができる組織図として作成した。

以上の内容で、立体成型編シミュレーションモデルを生成し立体成型編の編組織を設計するニット製品設計のための CAD システムを開発できた。

サポーターと心臓サポートネットは、どちらも着用時に一定の着圧がかかる状態となる必要がある。そこで、サポーターの編地、心臓サポートネットの編地についてそれぞれ引張特性を計測し、着装時にかかる着圧の予測を行った。サポーターに関しては

想定する着圧となるよう、脚のサイズから編組織図を設計することを検討した。サポーター形状については、曲率半径が変わると着圧予測値も変わるため、今後曲率半径を反映させたシステムに修正する必要がある。心臓サポートネットを装着した時の着圧分布を色の違いで示した製品シミュレーションモデルと心臓の拡張・収縮による変形に伴う着圧の変化を示した製品シミュレーションモデルを生成することができた。こちらも曲率半径の違いを反映したアルゴリズムとなるよう、システムの修正が必要である。

図7に着圧の予測値を色の違いで確認できる心臓サポートネットの製品シミュレーションモデルを示す。

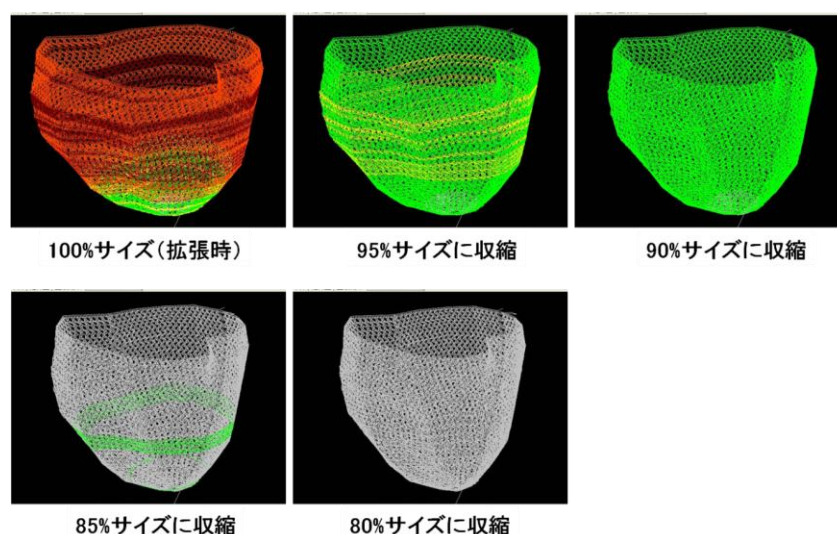


図7. 心臓サポートネットにかかる予測着圧分布

4. 絞りの型紙を設計・製作するCAD/CAM システムの開発

絞りの括りを行うためには、どこに括りを施すか布帛に印をつける必要がある。括りの位置の印は、括りの位置に穴を開けたフィルムの型紙を使って布帛に捺染する。その型紙作成の工程が【絵付け】【型彫り】工程である。各種絞りにはそれぞれテンプレートがあり、図2のように元絵と言われる図案に、使用したい括りのテンプレートと型紙のフィルムを重ね、括りの位置をフィルムに写し取る作業が【絵付け】工程である。型紙フィルムに写し取られた括りの位置を、ポンチを用いて一つ一つ穴を開けるのが【型彫り】工程である。【絵付け・型彫り】工程で作成した型紙を用いて括りの位置を印した布帛を、括り用の糸で縫った後糸を引き締める「縫い絞り」、括る位置の布帛をつまんで糸を巻く「巻き上げ絞り」等の作業が【括り】工程である。

【絵付け】工程をCADシステム化するためには、「手描きの元絵を電子化する」「描画ソフトで元絵を描く」等してPC上で処理できるよう電子化する必要がある。次に括りの位

置を手作業で写し取る代替りのシステムとして、電子化した元絵に自動で括りの位置を割り付けするソフトウェアを開発するために、各絞り技法のテンプレートに対応するアルゴリズムについて検討し、【絵付け】工程は、元絵の電子化・画像処理、空目絞り・蜘蛛絞り・折り縫い絞りの自動割り付けを行うソフトウェアを開発した。割り付けた括りの位置を印す「型紙」(PNG image)、元絵に対し括りの位置の割り付けを確認するための「割り付け画像」(Bitmap image)、絞り染めをした後の柄の「イメージ画像」(Bitmap image)としてそれぞれ保存することとした。

ポンチの代わりに、割り付けられた絞りの位置をカッティングマシンを用いてフィルムに穴を開けることで【型彫り】工程のシステムとなると考え、カッティングプロッタを用いて PET フィルムに括りの位置の穴を開け型紙を作成した。

開発した【絵付け・型彫り】工程の CAD/CAM システムを使用することで、元絵画像から自動で絞りの括りの位置を印す型紙を作成することができた。CAD/CAM システムで作成した型紙で試作品を作製し、シミュレーションイメージと試作品は類似しており、出来上がりのイメージを確認してから製品の作製ができることがわかった。

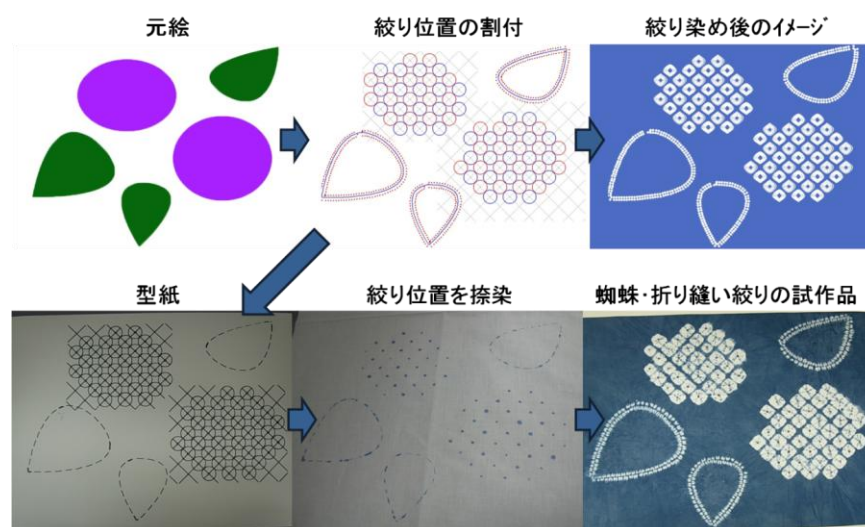


図 8. 蜘蛛絞り・折り縫い絞りの試作品

図 8 に開発した【絵付け・型彫り】工程の CAD/CAM システムで作成した型紙を使用した試作品を示す。開発した【絵付け・型彫り】工程の CAD/CAM システムで型紙を作成することによって、数日間かかっていた【絵付け・型彫り】工程が数時間に短縮できることを確認した。また【絵付け・型彫り】工程の代替となる CAD/CAM システムとすれば、工程の簡略化以外にも工程が各データとして保存可能となるため、【絵付け・型彫り】工

程の技術を持たない者でも絞り製品の企画設計が可能となる。絞り製品の企画設計が誰にでも行えるようになれば、これまで『絞り』に関連がなかった用途へ新製品の提案がしやすくなると考えられる。

5. 絞り技法を用いた布帛の3次元形状設計

布帛を3次元的な凹凸形状にセットすることができる『絞り加工』を利用して、用途に合わせた3次元的な凹凸感のある布帛を設計することについて検討する。また、杓目絞りの【括り】工程の代替となるシステムを開発した。『絞り加工』を利用して、CADデータに沿うような3次元形状の布帛を設計するために、まず杓目絞りと蜘蛛絞りの2種類の絞り加工を施す位置と量を設計するアルゴリズムの検討を行った。次にCAD図形に対して布帛を3次元の形状に沿うように括りの位置と量を設計するソフトウェア（杓目絞り、蜘蛛絞り）を開発した。

絞りの凹凸形状を利用した3次元形状に沿う布帛の設計システムでは、CADデータを元に、布帛を3次元形状に絞り加工する型紙を作成した。型紙を用いて括り工程を行った後、熱セットすることで凹凸形状をセットした試作品を作製した。試作品は算出したシミュレーション3Dモデルと類似した形状になることを確認し、CADの3次元形状に沿う布帛として加工できることがわかった。

杓目絞りの【括り】工程は、約10mm～20mm間隔の横縞となるよう並縫いした糸を絞る技法である。括りの糸を並縫いする代わりに、織物を織る段階で約10mm～20mmの間隔で緯糸として織り込むことができれば、並縫いの工程を機械化することができると考えた。括りの糸を織り込むためには、括りの糸を杓目絞りの型紙どおり並縫い状に織り込むための織組織図を設計する必要がある。【絵付け】工程のCADシステムで作成した型紙データを元に括りの糸が織り込まれるよう、織組織図を設計するソフトウェアを開発した。

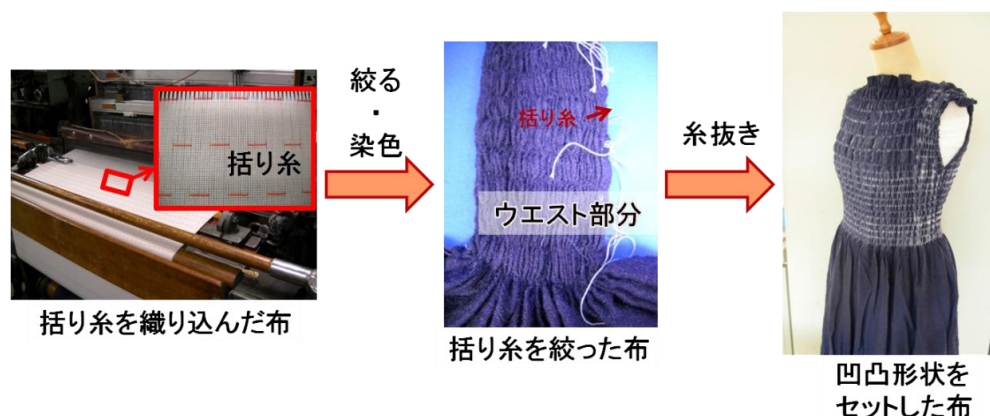


図9. 括り糸を織り込んだ織物試作品

開発したソフトウェアで設計した杁目絞りの括り糸を織り込む織組織図を用いて、括り糸を緯糸に織り込んだ織物を試作することができた。これにより杁目絞りの手縫いの工程を機械化することが可能であることがわかった。試作織物の絞りの形状は、並縫いのピッチがそろっているため、手縫いの杁目絞りとは異なるが、織り込むピッチと配列を変えることで杁目絞りの形状の幅が広がることが考えられる。

図9に開発したソフトウェアで設計した杁目絞りの括り糸を織り込む織組織図を用いて、括り糸を緯糸に織り込んだ織物の試作品を示す。

6. 結論

本研究では、ニットおよび絞り染め製品を衣料品以外の分野向けの製品へ展開するための橋渡しとなるような、3次元のモデルを提案し、3次元形状に合わせた設計が可能なテキスタイルCADシステムの開発を目的とした。

第2章では、編地の3次元形状シミュレーションモデルを生成するCADシステムを開発した。よこ編組織のループを3次元形状でモデル化するアルゴリズムに基づいて、編地シミュレーションモデルを生成するソフトウェアを開発することができた。

第3章では、立体成型編の編組織図を設計するためのアルゴリズムを検討し、編組織図の設計ができるニット製品のためのCADシステムを開発した。半球形状・浮腫防止サポーター形状・心臓サポートネット形状に対応したCADシステムを開発することができた。

さらにニット製品には効果的な着圧を必要とするものがある。ニット製品を装着したときの着圧の予測と、想定する着圧となるように立体成型編の編組織図を設計するCAEシステムを検討し開発した。この実用例として、サポーター形状について、着圧を考慮し、編組織図を設計するCAEシステムを開発することができた。また心臓サポートネットを装着した時の着圧分布を色別で表示した製品シミュレーションモデルを生成するCAEシステムを開発し、心臓の拡張・収縮による変形に伴う着圧の変化を確認できる製品シミュレーションモデルも生成することができた。

第4章では、絞り染めの【絵付け・型彫り】工程の代替となるCAD/CAMシステムの開発を行った。【絵付け】工程は、元絵の電子化・画像処理、杁目絞り・蜘蛛絞り・折り縫い絞りの自動割り付けを行うソフトウェアを開発した。割り付けた括りの位置を印す「型紙」(PNG image)、元絵に対し括りの位置の割り付けを確認するための「割り付け画像」(Bitmap image)、絞り染めをした後の柄の「イメージ画像」(Bitmap image)としてそれぞれ保存することとした。【型彫り】工程は、【絵付け】工程のソフトウェアで括りの位置を印した「型紙」(PNG image)データを元に、カッティングプロッタを用いてPET フィ

ルムに括りの位置の穴を開けて型紙を作成する CAM システムを構築した。開発した【絵付け・型彫り】工程の CAD/CAM システムを使用することで、元絵画像から自動で絞りの括りの位置を印す型紙を作成することができた。CAD/CAM システムで作成した型紙で試作品を作製し、シミュレーションイメージと試作品は類似しており、出来上がりのイメージを確認してから製品の作製ができることがわかった。

開発した【絵付け・型彫り】工程の CAD/CAM システムで型紙を作成することによって、数日間かかっていた【絵付け・型彫り】工程が数時間に短縮できることを確認した。また工程の簡略化以外にも、【絵付け・型彫り】工程の CAD/CAM システムができたことにより、各工程における作業結果がデータとして保存可能となるため、【絵付け・型彫り】工程の技術を持たない者でも絞り製品の企画設計が可能となる。絞り製品の企画設計が誰にでも行えるようになれば、これまで『絞り』とは直接関連のなかった用途へ新製品の提案がしやすくなると考えられる。

第5章では、絞り染めについて、絞りの凹凸形状を利用した3次元形状に沿う布帛の設計システムの開発と杓目絞りの括り糸を織り込むための織組織図設計ソフトウェアの開発を行った。絞りの凹凸形状を利用した3次元形状に沿う布帛の設計試作システムでは、CAD データを元に、布帛を3次元形状に絞り加工する型紙を作成した。型紙を用いて括り工程を行った後、熱セットすることで凹凸形状をセットした試作品を作製した。試作品は算出したシミュレーション3Dモデルと類似した形状になることを確認し、CADの3次元形状に沿う布帛として加工できることがわかった。

開発したソフトウェアで設計した杓目絞りの括り糸を織り込む織組織図を用いて、括り糸を緯糸に織り込んだ織物を試作することができた。これにより杓目絞りの手縫いの工程を機械化することが可能であることがわかった。試作織物の絞りの形状は、並縫いのピッチがそろっているため、手縫いの杓目絞りとは異なるが、織り込むピッチと配列を変えることで杓目絞りの形状の応用範囲が広がることが考えられる。

以上のとおり、ニット製品や絞り製品といった伸縮性に富むテキスタイル製品について3次元形状のモデル化を行い、製品の出来上がりイメージの確認と設計を行うことができる CAD システムを開発した。開発した CAD システムを実用化することにより、試作作業に要する工程数を低減できると考えられる。今後テキスタイル製品の製造現場に普及させていくステップにおいて、操作性の向上、ニットにおいてはより複雑な形状の CAD データへの対応、絞り製品については括りの位置の微調整などの課題が解決されていけば、本システムの応用範囲が広がり、さらなる発展が期待できる。

平成 27 年 1 月 30 日

学位論文審査報告書（甲）

1. 学位論文題目（外国語の場合は和訳を付けること。）

3次元設計に対応したテキスタイルCADシステムの開発に関する研究

2. 論文提出者 (1) 所 属 システム創成科学 専攻

(2) 氏 名 ^{ふり} ^{がな} 安藤 ゆか

3. 審査結果の要旨（600～650 字）

当該学位論文に関し平成 27 年 1 月 28 日第 1 回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文及び関連資料について検討した。平成 27 年 1 月 28 日の口頭発表後、第 2 回学位論文審査委員会を開催し、慎重に協議の結果、以下の通り判定した。

ニットや絞り染めした布帛は伸縮性に富み、3次元形状にフィットしやすい特性のテキスタイル素材であり、産業用資材、医療用製品、インテリア製品等新規分野への展開要望は多い。

本研究ではニットおよび絞り染め製品をこれら衣料品以外の分野向けの製品へ展開するため、3次元形状に合わせた設計が可能な CAD システムを開発した。まず基本的なよこ編組織についての幾何学的構造解析から、ループを 3次元形状としてモデル化するアルゴリズムを考案し、編地のシミュレーションモデルを生成するソフトウェアを開発した。その応用として炭素繊維強化熱可塑性樹脂（CFRTP）のニット基材、リンパ浮腫軽減のためのサポーター形状、心拡大リモデリングのための心臓サポートネット等の試作品を作製し、生成したモデルとほぼ同一の編構造が得られることを確認した。また絞り技法において元絵を電子化し、括りの位置を割り付け、フィルム上の適切な位置に穴を開ける、絵付け・型彫り工程の CAD/CAM を開発し、凹凸感のある布帛を設計・製作するシステムを開発した。

以上のように本論文は独創性に富み、成果はテキスタイル製品の設計分野への貢献が期待され、その学術的価値および実用的価値は高いと評価でき、博士（工学）論文に値すると判定する。

4. 審査結果 (1) 判 定（いずれかに○印） 合 格 ・ 不合格

(2) 授与学位 博 士（ 工 学 ）