

機能性スポーツ衣料設計における ファブリック CAD 技術の可能性

信州大学	森川英明
(共同研究者) 同	高寺政行
同	乾 滋
同	坂口明男
同	堀場洋輔

Possibility of Fabric CAD Technology for Designing Functional Sports Clothes

by

Hideaki Morikawa, Masayuki Takatera, Shigeru Inui
Akio Sakaguchi, Yosuke Horiba
*Faculty of Textile Science and Technology,
Shinshu University*

ABSTRACT

Sports clothes are required many kinds of functions like elasticity, breathability, water absorption, moisture absorption, heat retention, low surface resistance, etc. depend on the sporting events. In order to add these functions to the product, it needs various kinds of raw fibers, fabric structure constructed by complicated method and cutting and sawing into the last. In order to these functions, it is necessary to make choice of raw fibers and fabric construction optimally. In this procedure, fabric structure is one of the important design factors for the functionalization. On the other hand, the three-dimensional CAD system has been developed in various industrial fields. However in fabric design field, two-dimensional fabric CAD system is mainly used

in pattern, decoration and coloring now. The three-dimensional fabric CAD system doesn't work in the predictions of physical and functional properties yet. In this study, we investigated the current situation on the fabric CAD system in the world. And we developed a structural design of flat knitted fabric by using the three-dimensional fabric CAD system. Then we examined comparative evaluation between the real knitted fabrics and CAD-designed fabrics, and reviewed about predictability of ventilation performance.

要 旨

スポーツ衣料は種目に応じて、伸縮性や通気性、吸水性、吸湿性、保温性、低表面抵抗、防護性など数多くの機能が要求される。これらの機能を実現するために、製品には様々な原料糸が使われ、複雑な織物・編物組織によりファブリックの構造を構築し、裁断・縫製等を経て最終製品に加工される。このプロセスの中で、ファブリック構造は機能付与のための重要な設計因子になっている。一方、近年、様々な産業分野で3次元CADシステムの利用が進められているが、ファブリック設計においては主に意匠（デザイン）検討のための2次元CAD利用にとどまっており、物性や機能予測には至っていないのが現状である。本研究では、ファブリックCADシステムに関する国際情勢について現状調査を行った。さらに実際の3次元ファブリックCADシステムを用いて平編の構造設計を行い、試作編地との比較評価、および通気性能に関する予測可能性について検討を行った。

緒 言

衣料市場における消費者ニーズの変化に伴い、繊維製品の「機能性」に対する要望が強くなりつつある。機能性付与技術は大きく2つのアプローチに大別することができ、一つは発熱、吸水、速乾、抗菌機能などを有する新たな繊維材料開発や繊維加工を中心とした機能性付与技術、もう一つは矯

正下着やスポーツ・フィットネス衣料に見られるファブリック（織物、編物など）の構造設計による機能性付与技術と捉えることができる。一方、デジタル化技術の進展によって、自動車や家電製品などさまざまな製品がコンピュータを用いた設計手法（CAD）に移行し、関連する業務との連携機能も含めて高度化、効率化している。衣料品ではパターンメイキング、グレーディング等を行うためのアパレルCADシステムの利用が一般化している。生地設計を行うためのファブリックCADについては、主にファッションアパレル分野を中心に利用が始まっているが、既存のもの多くは2次元平面でのデザイン（意匠）設計にとどまっているのが現状である。しかし、ファブリック（織物、編物）は元来「厚み」を持った3次元構造体であり、スポーツ衣料のような機能性衣料を設計する際には、糸の物性や配置も含めた構造全体の精密な構成により、そこから発現する機能の設計・予測技術が今後重要になると考える。本研究では、まず現状のファブリックCAD技術に関する調査を行い、関連する技術の世界的な動向について分析を行った。さらに国産の3次元ファブリックモデルによる設計システムを取り上げ、基本的な平編ニット構造に関するモデルと実体の比較検討、および機能性予測に関する課題について初期的な検討を行い、ファブリックCAD技術による機能性衣料設計の可能性と課題について検討を行ったので報告する。

1. ファブリック設計システムの有効性と現状調査

1.1 繊維産業の特徴と課題

繊維産業はスポーツウェアだけでなく、ファッションアパレル、カーシート、インテリア、土木建築材料（コンクリート補強用ファブリック、河川法面保護・土砂流出防止用シート、緑化資材）、産業資材（フィルタなど）、農業・水産業関連資材（寒冷紗、漁網など）、高強度軽量材料（航空機、自動車、列車などのボディ・筐体など）、医療用材料（人工皮膚、人工血管、細胞増殖用基材）など、繊維材料を利用する広範な産業分野と連携している。繊維産業の規模は概ね50兆円であるが、繊維関連産業を含めると国内でも大きな産業規模を有している。これら繊維材料の有効性は、特性の異なる多種類の繊維素材（天然繊維、再生繊維、合成繊維）を1次元形態（糸）→2次元形態（布）→3次元形態（最終製品）へと順次、繊維集合体として階層化し、様々な形状・物性・機能を持った構造体に構成することができる設計柔軟性にある。しかし、このことは一方で、機能設計が複雑になることや、繊維原料から最終製品までの工程が長く、またそれぞれの技術要素が多様であるため、企画から設計・試作・製造・販売までのリードタイムが長く手間がかかり、この部分のコストが大きい負担となっている。日本の繊維産業は、川上に最先端の高性能繊維・高機能繊維製造技術を持つメーカーを複数有しており、国際的なプレゼンスも高い。また繊維を糸にし、布、最終製品にする川中・川下分野にも数多くの匠の技術を有しているが、比較的労働集約的な産業であるため中国・韓国・東南アジアなどの発展途上国・新興国に圧され利益を生み出す構造がとりきれていない。これら日本の繊維産業の状況を強化するためには、より高機能な製品を設計し、繊維原料から最終製品までの「設計から量産化への過程」(企画・

設計・試作・意志決定・生産・販売)をさらに高度化・合理化することが求められている。

一方、近年のコンピュータシミュレーション技術は、生物・化学・物理現象のセンシングや高度計測技術の発達、CPU処理能力の大幅向上、およびコンピュータグラフィックス技術の発達によって、実際の製造産業分野における設計支援技術として十分なポテンシャルを有するようになってきている。例えば、自動車の設計では、デジタル技術によってボディの形状・構造デザインだけでなく、静的・動的な強度特性、破壊特性、空気力学特性、熱伝導特性、対振動特性などを総合的にシミュレート（予測）し、より高機能な製品設計を行うと共に、設計から試作・意志決定に至るリードタイムを大幅に削減することで国際的な産業競争力を強化している。さらにこのシステムを核として、設計過程から製造過程へのデータ受け渡しを行い、生産管理、工程管理、品質管理、原価管理ともリンクする他、設計段階での試作・試行データをデータベース化して将来的な企画・設計に活用することにより、設計リードタイムの短縮を実現している。スポーツウェアの分野においても新しい技術シーズによる設計・試作プロセスを活用することにより、より高機能でかつリードタイムを短縮し、試作コストの低減、設計のフレキシビリティ確保が可能な設計過程を実現することが期待される。

1.2 コンピュータによるファブリック設計技術

ファブリック設計システム（以下、ファブリックCADと呼ぶ）に求められる技術は、まず多様な原料糸の情報を元にファブリック構造をバーチャルに設計し、質感も含めたリアリティのあるファブリックデザインをコンピュータ内で構成し提案する技術である。繊維および糸の力学物性・光学特性を精密に評価し、理論的にファブリック

(繊維集合体)の構造や表面状態, 光学特性等のシミュレーションを行うことにより, 織物・編物など多様なファブリックの実用レベルでの「バーチャルな試織・試編」が可能となる。現在, ファブリック CAD については世界的にいくつかの開発が進められているが, 現状では, ①糸の意匠的データをベースに, ②織物組織図や編物組織図を元に糸の配置を計算し, ③2次元的にファブリックのデザイン(意匠)を表現するレベルのものが多く, 3次元の織編構造を表示できるものも散見されるが, 構造をアプリオリに与えグラフィックス表現する形式に止まっているものが多い。スポーツウェアなど高機能なファブリック設計を進めるためには, 糸の物性データから3次元のファブリック構造自体をシミュレーションにより予測する技術が必要である。設計されたファブリック(構造体)は, 原料糸の強伸度, 曲げ剛性, およびそれらによる変形過程のデータをもとに論理計算を行うことにより, 微小変形・大変形などの静的・動的な力学特性の評価やシミュレーションができることが望まれる。このことによりはじめてファブリックを厚みも含めた3次元構造体として理論設計ができ, 内部の構造や表面形状を取り扱えることで, ファブリックの機能性の予測(力学物性, 通気性, 透湿性, 表面摩擦特性など)への援用可能性が生まれる。

ファブリック CAD は, ファブリックの用途, および利用される現場の差異によって, 必要とされる特性が微妙に異なっているが, ファブリック CAD に要求される機能としては原則的に以下のような項目が挙げられる。

- A. 外観 (色彩, 光沢, 構造, 形状, その他)
- B. 物性 (引張, 圧縮, 曲げ, 剪断, 摩擦, その他)
- C. 機能性 (通気性, 透湿性, 熱伝導, その他)
- D. 風合い (シャリ感, ヌメリ感, その他)

このうちファッションアパレルの分野やインテ

リアの分野では, 特に外観 (Appearance, Design) のリアリティが求められ, デザイナーが意志決定を行う際に必要とされるレベルの視覚的リアリティの確保が重要となっている。スポーツウェアの分野では物性や機能性の予測が特に重要な課題となる。

1.3 現在のファブリック CAD に関する調査結果

現在のファブリック設計は, 主にファッションアパレル分野で利用されることを想定し, 技術的にも2次元 CAD システムの利用が主流である。一方で, 3次元グラフィックス技術の進展に伴って, 学術分野ではファブリック構造の部分的なシミュレーションと3次元グラフィックスによる描画・表現が使われ始めている。例として繊維強化複合材料分野における WiseTex などが挙げられる。

本調査では, ファッションアパレルやスポーツウェア分野で利用可能な CAD システムを対象とした。調査は国際的な繊維機械展である ITMA2011 (Barcelona, Spain), 産業用繊維展である TechTextil2013 (Frankfurt, Germany), 欧州における繊維分野の国際会議の一つである Aachen-Dresden International Textile Conference2013 (Aachen, Germany) の情報を中心に調べ, 結果を整理した(表1)。

以下に, 各社 CAD システムの概要を記す。

a. NEDGRAPHICS: オランダの企業 NedSense 社の出資により設立された企業である。テキスタイル, ファブリック関連のソフトウェアだけでなく, 土木建築や関連する CAD システムについても技術開発し提供している。NEDGRAPHICS のテキスタイル, ファブリックソフトウェアは世界的シェアが高く, 特にタフト織物の設計, およびビジュアライゼーションを得意としている。CAD ビジネスが戦略的であり, デザインから生

表1 ファブリック CAD 技術に取り組む企業

	企 業 名	国 名	Web サイト	モデル
a	NEDGRAPHICS	Netherlands	http://www.nedgraphics.com/	2D・3D
b	EAT	Germany	http://www.designscopecompany.com/	2D・3D
c	POINTCARRE	France	http://www.pointcarre.com/	2D
d	Texion (Karl Mayer)	Germany	http://www.texion.eu/	3D
e	PENELOPE CAD SYSTEM	Spain	http://www.infotex.es/	2D
f	ARAHNE CAD/CAM	Slovenia	http://www.arahne.si/	2D
g	SHIMA SEIKI	Japan	http://www.shimaseiki.co.jp/	2D・3D
h	TORAY ACS	Japan	http://www.toray-acis.jp/	2D
i	TOYOSHIMA BUSINESS SYSTEM	Japan	http://www.toyoshimabs.co.jp/	2D
j	digital fashion	Japan	http://www.digitalfashion.jp/	3D

※順不同

産、営業までを統合させたマネジメントシステムに発展する方向性を有している。ジャガード織物やプリントも含めて、ファブリック設計のためのラインナップが充実している。Apple 社 iOS (iPad, iPhone 等) と連携したファブリックの外観提示機能、糸の色替え機能などにより B to C (Business to Consumer) の顧客と近いところでの利活用を想定している。組織の 3 次元表示は可能であるが、3 次元モデルによる物性シミュレーションや物性予測の機能までには至っていないと思われる。

b. EAT: ドイツの企業である。ファブリック CAD はドビー、ジャガード織物、ラッセル編組織の設計が可能である。3 次元での設計技術も有しているが、パーツとして構造を設計する機能にとどまっていると思われる。出力のリアリティをセールスポイントとしているようで、アパレル・インテリア製品のカタログやパンフレット作成時におけるファブリック外観のリアリティは高いと思われる。

c. POINTCARRE: フランスの企業である。CAD は織物、編物、プリント、ドビー、ジャガードなど、アパレルで使われるファブリック全般のデザイン・組織設計が可能である。ユーザーインターフェースが良く現場での扱いが比較的容易なこともあり、ファッションアパレルメーカーのいくつかが導入している。基本的には 2 次元でファブリックを扱っている。

d. TEXION: ドイツの企業である。Karl Mayer 社と連携して、主にタテ編用の設計システムを開発・販売している。3 次元による設計技術があり、スペーサーファブリックなどの機能性材料、テクニカルテキスタイルの設計も可能である。物性予測についても部分的に手がけており、編機から製品をリリースした際の張力緩和による寸法変化の予測機能を有している。

e. PENELOPE CAD SYSTEMS: スペインの企業である。ドビー、ジャガードを中心とした織物の設計が可能である。テリー織り (ループ地、タオル地) の設計も得意としている。シャツやソファなどのワイヤーフレームモデルに、設計したファブリックをテクスチャマッピングする機能も有している。

f. ARAHNE CAD/CAM: スロベニアの企業である。ドビーやジャガード織物中心の設計システムとなっている。コンピュータの OS に縛られない環境を提供することや、各種メーカーの織機にデータ連携できる特徴をセールスポイントとしている。

g. SHIMA SEIKI: 株式会社島精機製作所は編機メーカーであるが、従来から先進的なコンピュータグラフィック技術を有しており、これらを融合した形でファブリック CAD, アパレル CAD システムを展開している。自社編機との連動のための編地設計機能を主体としているが、一方でデザイナーのアイデアを具現化したり、高効

率なデザイン生産を目的としたシステムを構築している。編物だけでなく織物の設計も可能であり、また毛羽の多い糸や意匠糸のように変則的な形状を持つ原料糸も扱えるようになってきている。2次元での設計であるが、表示は部分的に影つけをした模擬的3次元表示を用いている。

h. TORAY ACS：東レ ACS 株式会社はパターンメイキング、グレーディング、マーキングなどのアパレル CAD 分野の技術を有しており、ユーザーも多い。ファブリックデザインについてはプリント柄などを型紙上に配置し、柄合わせ等で部分的に関連はしているが、ファブリック自体の設計機能はないと思われる。

i. TOYOSHIMA BUSINESS SYSTEM：株式会社トヨシマビジネスシステムは4Dboxというファブリック CAD を販売している。プリントや先染め織物、ニットなど、一般的なファブリック設計が可能である。トヨシマビジネスシステムは本システムとともに、織華という試作用小型レピア織機を開発・販売しており、4Dboxはこの織機へのデータ反映・連携が可能なシステムになっている。

j. digital fashion ltd.：デジタルファッション株式会社は Digital Fabric Simulator (DFS) というファブリック CAD を開発している。本システムは織物、編物、タフトなどの設計が可能である(図1)。原料糸のデータは太さなどの形態情報だけでなく、変形に対する基礎物性データも取り扱えるようになってきている。原料糸の光学的特性に関しても全角分光反射特性としてデータを取得・援用し、ファブリック設計も3次元モデルを採用していることから、リアリティの高い外観表現が可能になっている。特に自動車用シートへのデザインシミュレータとして高い機能を有している。

2 3次元編地モデルによる構造・機能性予測

2.1 スポーツ衣料に求められる機能

前節1では、産業用繊維も含めた繊維製品全般に関する要求性能やファブリック CAD に求められる設計技術について概観した。スポーツ衣料に求められる機能はスポーツの種目に応じて多様であるが、主要な機能として、運動時における身体の円滑な動作を妨げない伸縮性、陸上スポーツ等

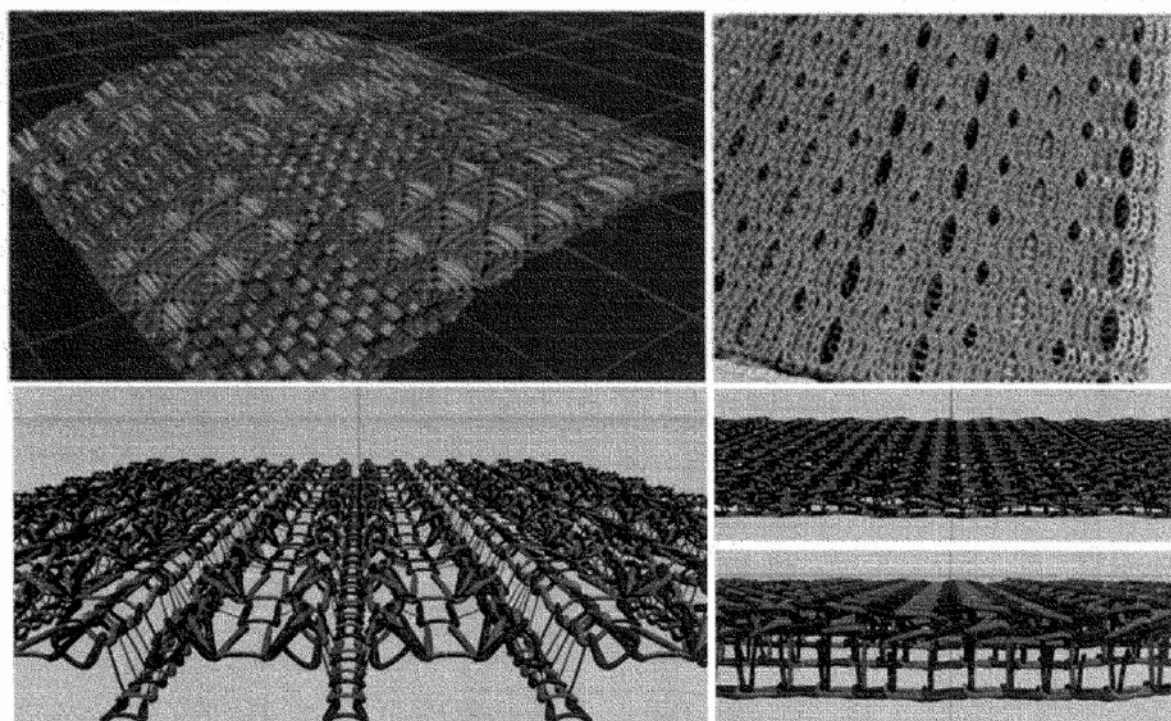


図1 3次元ファブリックCAD (digital fashion ltd.製, Digital Fabric Simulator) による設計例

表2 試作編地に供した原料糸

	a	b	c	d	e	f	g
素材	綿	ポリウレタン	ポリエステル	ポリエステル	ポリエステル	ポリエステル	ポリエステル
構成	スパン	モノフィラメント	インターレース 24本	スパン (スラブヤーン)	スパン (異型断面)	スパン (中空断面)	インターレース 72本
撚数 (t/m)	409	0	0	200	200	200	0
織度 (tex)	310	470	56	197	197	118	330

での空気抵抗や水泳時の水流抵抗を低減する表面特性、筋肉や身体を矯正や整体するための力学物性、運動時に身体から発生する熱や水分、水蒸気などをコントロールするための吸水性・吸湿性・通気性・保温断熱性、さらに接触や衝突などから身体を保護する防護衣服としての諸機能も求められる。

ファブリックを厚みも含めた3次元構造のままに設計できる技術は、与えた組織・構造からファブリックの物性や機能を予測することへの応用が期待される。この構造と物性・機能・風合いとの関係を捉えるため、ニット地の構造と通気性に着目し、実験による評価を行った。

スポーツウェアにおける通気性は、運動によって身体から発生する熱や水蒸気を効率的に外界へ排出・遷移させ、過度な体温上昇を防ぎ汗等による体表面の不快感を低減するために重要な機能である。スポーツウェアの通気性を決定する因子はいくつか考えられるが、布表面の空隙の大きさや面積比、布の厚みなどが挙げられる。本報告では、スポーツ衣料に多く使われるニット（編地）を対象として、ファブリックCADによる設計と実際に試編した編地との比較検討を行い、ファブリックCADの課題と可能性について検証を行った。

2.2 材料と方法

実験には表2に示すa～gまでの7種類の原料糸を使用した。素材は綿糸、ポリウレタン糸、ポリエステル糸の3種類を使用し、糸の構造や織度、撚数についてはスポーツウェア等に使用される様々な形態・構造の糸を想定して選択した。

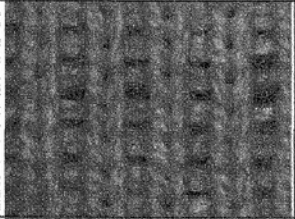
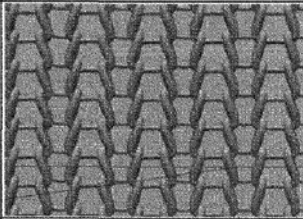
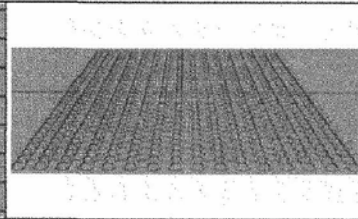
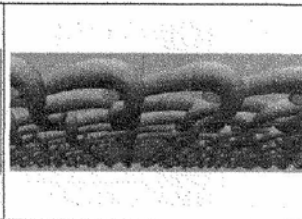
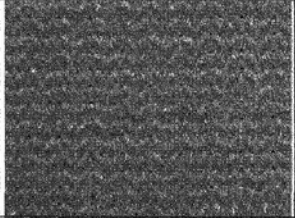
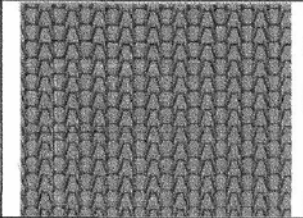
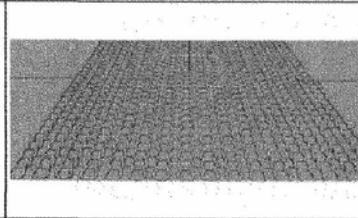
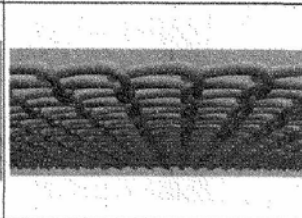
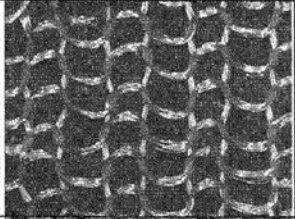
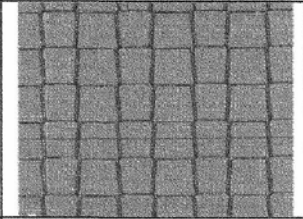
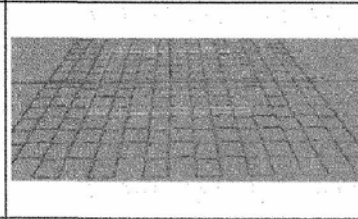
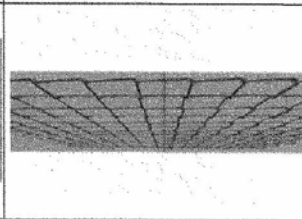
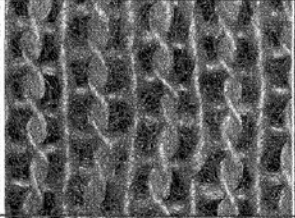
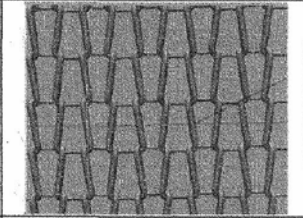
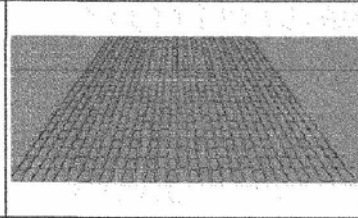
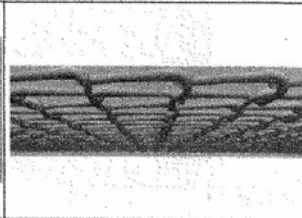
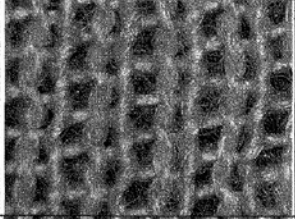
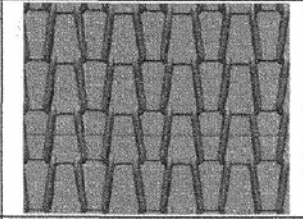
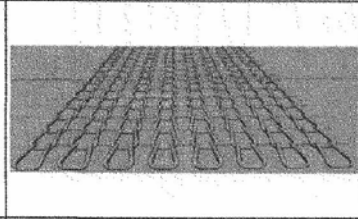
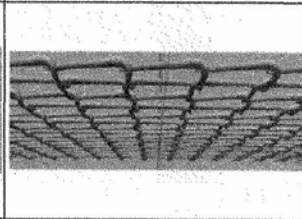
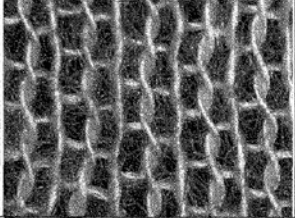
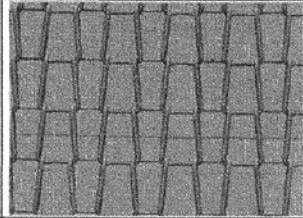
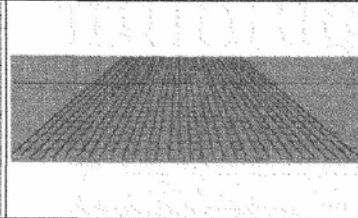
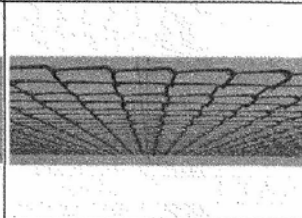
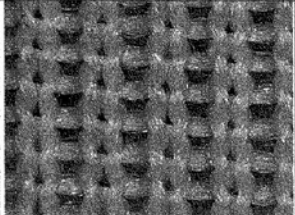
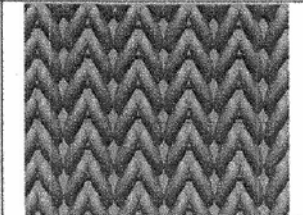
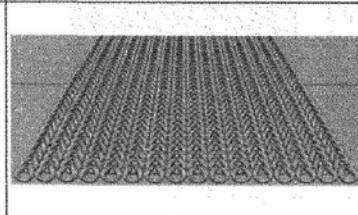
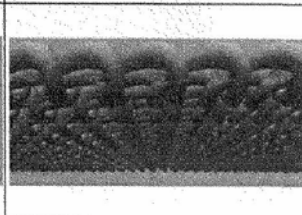
試編は、圓井繊維機械（株）製の丸編試験編機7-ST-1（3.5inch×180本針）を用い、平編組織（ゲージ16G）で行った。試編した円環状の編地は、2次元に展開するため端部を切断し、恒温恒湿室（20℃、65%RH）内のテーブル上で24時間フリーの状態にして応力の緩和を施した後、構造評価のための写真撮影、および通気性の試験に供した。その結果、編み上がりの度目は55.4～66.0個/inch²となった。以下、試編した編地のことを試作編地と表記する。

次に表2に示すa～gまでの7種類の糸について、強伸度および伸張時の繊維径変化、圧縮特性等を計測し、デジタルファッション社製3次元ファブリックCAD（以下DFSと呼ぶ）に原料糸の基礎データとして入力した。これらの原料糸データを用い、試編した6種類の編地の度目条件にそってデジタル設計を行った。以下、DFSで設計した編地のことを3次元編地モデルと表記する。

構造の比較評価は、試編した編地の写真と3次元編地モデルの画像を比較すると共に、糸による被覆状態を評価するために画像解析により被覆率を分析した。具体的には、画像解析ソフトImageJ（National Institute of Health, USA）を使用し、撮影した編地画像を二値化して糸部分の面積比を算出した。3次元編地モデルについても同様の方法で行った。

通気抵抗試験は、カトーテック（株）製KES-F8-APIを使用し、試編した各編地から20cm四方の試料を5枚ずつ作製し測定に供した。

表3 試作編地（写真）と3次元編地モデル（設計画像）による外観比較

	試作編地	3次元編地モデル		
a				
b				
c				
d				
e				
f				
g				

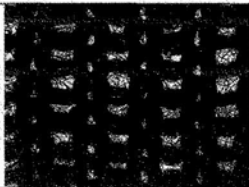
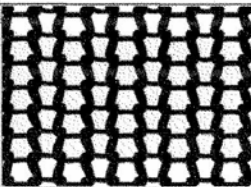

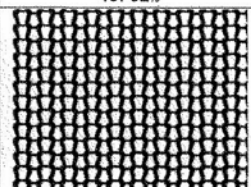
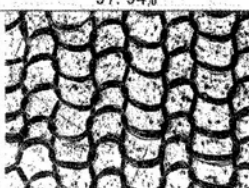
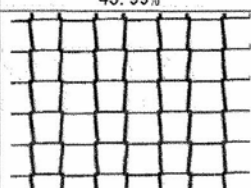
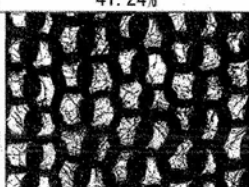
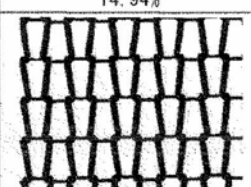

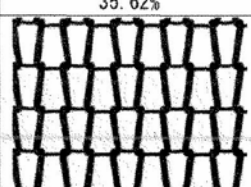
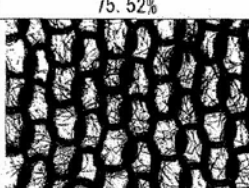
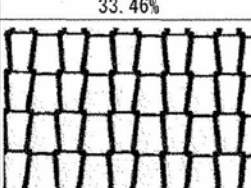
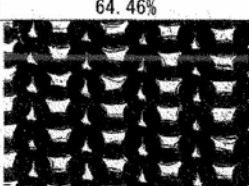
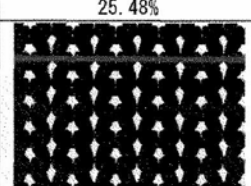
3. 結果と考察

3.1 編地構造の比較評価

編地構造比較のため試編した編地に対応する3次元編地モデルの状態を表3に示す。視覚によ

る定性的な評価になるが、組織（度目）については密なものと同様なもの大まかな違いは提示されていると考える。一方、試作編地の方は、編目が不均一でそろっていないものもあり、原料糸の特性に応じて編機の条件設定や調整を行う必要がある

表4 試作編地と3次元編地モデルの被覆状態比較
(二値画像)

	試作編地	3次元編地モデル
a		
被覆率	93.23%	49.62%
b		
被覆率	97.94%	45.99%
c		
被覆率	41.24%	14.94%
d		
被覆率	73.65%	35.62%
e		
被覆率	75.52%	33.46%
f		
被覆率	64.46%	25.48%
g		
被覆率	81.24%	82.90%

る。一方、糸の太さについては、試編したものに対してモデルの糸が総じて細くなる傾向がみられた。

次に、試作編地および3次元編地モデルの輪郭抽出画像と糸の被覆率(二値化画像の糸部分の面

積比)を表4に示す。結果は、上述の考察と同様、糸の太さの差が顕著である。このことから両者の被覆率に関する相関を求めた。図3の結果に示すように、試作編地と3次元編地モデルの被覆率は相関係数 $r = 0.637$ と緩やかな正の相関が確認できたが、実際の編地の被覆率に対してモデルの被覆率は約半分程度にとどまっており、十分な再現ができていない。

以上の結果から、実際に試編した編地とDFSで設計した3次元編地モデルでは、ループの形状や被覆率が異なっていることがわかった。DFSのモデルは、糸の伸張に伴う繊維径の減少を基礎データとして反映させている。このことは設計精度を高める上で重要であるが、現状では糸の屈曲や編地全体の張力値の設定によって繊維径の減少が実際より大きく反映され、そのことが繊維径の極端な減少に影響している可能性がある。個別に考察してみると、原料糸gのみが被覆率の当てはめが良いという結果が出ている。gはポリエステル糸330texと比較的太い糸であり、糸自体の伸びによる変形が比較的小さい。編地の目付も細織度のものに比べて緻密に安定しており、ほぼ実体(試作編地)に近いモデルが提示できていると思

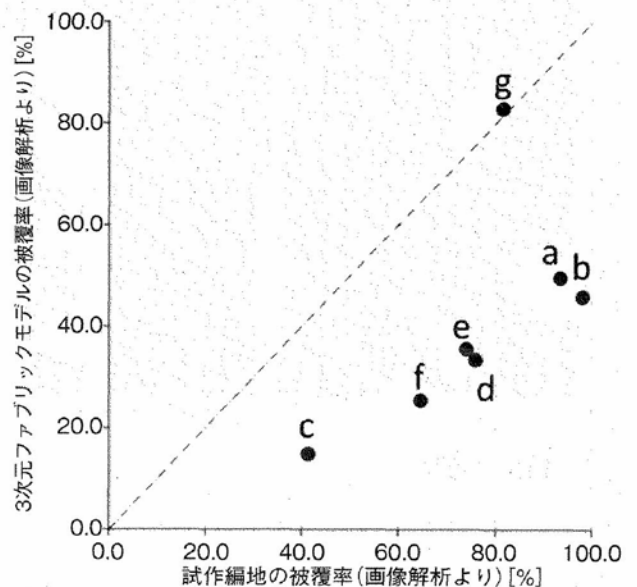


図2 試作編地と3次元編地モデルにおける被覆率の相関(相関係数 $r = 0.637$)

表5 試作編地の通気抵抗 [kPa・sec/m]

	平均値
a	0.078
b	0.668
c	0.001
d	0.009
e	0.011
f	0.005
g	0.009

われる(表3)。一方、同じポリエステル糸でも織度が小さいものは伸びによる繊維径減少の影響が大きく反映されているためか、シミュレーション時の糸が細り、結果的に組織や構造はあっているものの糸の細りにより被覆率の当てはめ精度が大きく低下している。特にbのポリウレタン糸は伸張率が高く、伸びによる糸の繊維径減少も大きくなるため当てはめが悪くなっていると考えられる。また原料糸c(織度56tex)は原料糸g(織度330tex)の1/6程度しかないため、張力による伸張の影響(計算上の影響)を過大に受ける形になっていると考えられる。しかし今後これらの点を詳細に解析し、適切なパラメータやシミュレーションモデルを与えることで3次元編地モデルの設計精度を高めることが可能と考える。

3.2 通気性試験

試編した編地の通気性試験の結果(平均値)を表5に示す。また試作編地の被覆率との相関を図3に示した。サンプル数が少なく評価した編地に使われている原料糸や編地構造もさまざまであるが、写真画像の画像解析結果から得た被覆率と通気抵抗の間には指数関数的傾向が見いだされた。前節での解析結果から、試作編地の被覆率は3次元編地モデルによる予測が期待できることから、今後のモデルやパラメータの改良・精度向上により、ファブリックCAD技術による通気性の機能予測に関する可能性を検証することができたと考える。

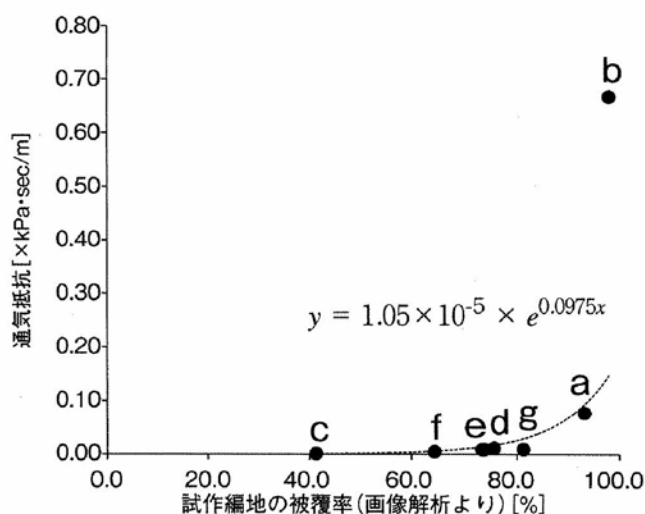


図3 試作編地の被覆率と通気抵抗の相関

4. まとめと今後の課題

3次元CADによるファブリック設計において構造や物性予測精度を上げるためには、必要とされる機能別に構造と評価結果との比較検討を繰り返し、モデルの正確さや予測に必要なパラメータの検討を不断に続ける必要がある。一方で、今回、構造の比較検証では、3次元ファブリックモデルと試作編地との比較を2次元画像解析(輪郭抽出)から算出した面積で行っているため、組織内の糸の配置状態等を勘案した流体力学的な解析など、3次元ファブリックCADの優位性を十分には検証できていない。ファブリックが厚みも含めた3次元構造物であることを生かし、材料力学や流体力学、熱力学などの数値計算・シミュレーション技術と融合することにより、より高精度な機能予測技術が今後望まれる。

謝辞

本研究を実施するにあたり、助成をいただきました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団の関係各位に深く感謝申し上げます。また本研究の遂行にあたり、ご協力を賜りましたデジタルファッション(株)の森田修史氏、今尾公二氏、鈴木秋徳氏、および信州大学繊維学部の土屋摂子氏、林光彦氏、小林史利氏、児山祥平氏、

岩木邦男氏, 矢鳥翔平氏, 中島大輔氏に感謝の意を表します.

文 献

- 1) Tae Jin Kang, Chang Hoon Kim, Automatic Recognition of Fabric Weave Patterns by Digital Image Analysis, *Textile Research Journal*, 69-2, 77/83, (1999)
- 2) D.J.SPENCER, KNITTING TECHNOLOGY, De Montfort University, UK
- 3) 鳥海浩一郎, 繊維集合体 構造と力学的性質, 繊維学会誌, 60, No.6, (2004)
- 4) 篠原寿広, 高山潤也, 大山真司, 小林彬, X線CT画像による 3次元ボクセルデータを利用した編物構造の分析, 計測自動制御学会論文集, 41, 11, pp879-885, (2005)
- 5) 福田ゆか, 太田幸一, 喜成年泰, よこ編基本組織の 3次元モデリング手法, *Journal of Textile Engineering*, 57, 2, pp37-44, (2011)
- 6) 大口正勝, 森川英明, 上條正義, 石丸園子, 河合貴美子, スポーツ衣料と繊維機能化との融合, デサントスポーツ科学, 33, pp10-22, (2012)