「コンピュータ利用」特集

繊維製品のCAD/CAM技術の現状と展望

太田健一・渋谷惇夫・今岡春樹・清水義雄

1. はじめに

バブル以降の景気低迷は予想以上に長引き、アパレル産業の不振も長期化している。多くの産業がこの不況を乗り切るために海外に生産拠点を移している。しかし、海外に生産がシフトすることによって我が国の経済は非常に脆弱なものとなりつつあり、早急に抜本的な対策をたてなければならない。どのような変革の流れがあり、どのように変わって行くことが必要かを定めることが必要である。

人々は、落ち着いて生活を楽しみ、精神的に豊かな暮らしをすることに重点を置きつつあり、ひところのように高価で、豪華なものを消費したいと言うような物質中心の欲求は少なくなっている。それに対応して、精神的に豊かな暮らしを実現するための様々な仕掛けが用意されつつある。例えば、人々を結び付けるネットワークシステムやマルチメディアの整備、生涯教育の場が幅広く拡充されつつある。

アパレル産業も含めて今後の産業の果たす役割は、単なる生活消費財の生産だけではなく、人々が各自の生活をどのように楽しむかを根本的に満たしてくれるものでなくてはならない。即ち、消費文明からの脱皮を計り、人々を生産の場に巻き込んで喜びを感じさせるような創造快感型の仕組が今後の産業には要求される。繊維製品の生産技術もそのような方向に向かって進んでいると考えられる。ここにテキスタイルとアパレル生産技術の一部を記載して技術の流れを汲んでいただけたら幸いです。

2. テキスタイルのCAD/CAM技術

工業製品のデザイナーは、自己の創造したデザインを体感出来る形式で表現し、自己確認や第3者に提案し、それらに対する選択もしくは理解を求めることが多い。その形式には、試作品、模型、スケッチ画などの簡易的な方法が用いられる。これらのほとんどは、まず、人間が視覚的に認識できることを目的としている。大きなものは縮小し、小さなものは拡大する。見えにくい部分は透視図を用い、部分的なもの場合は全体のなかでの整合性を示す。さらに、必要とあれば色彩のバリエーションを加える。このような表現は、それが目的とする創造物なのではなく、提案と選択を円滑にするための媒体物にすぎない。これらには、芸術性よりもデザイナーの意図を的確に表現する正確さが必要となる。さらに、その製作には、デザイナーの思考を中断させない迅速さ、および低コストが求められる。このような分野には、コンピュータによるシミュレーション技術を応用することができる。

デザイン活動をコンピュータによって支援するという意味でのCAD(Computer Aided Design)という言葉の歴史は浅いが、その内容は広くて深い。そこに要求される機能・性能はさらに深く、シミュレーション技術・色彩画像処理技術を駆使し最新機能を装備したCADでさえ、これは完成品なのではなく、現状では満足せざるを得ないという程度にすぎない。デザインの世界での意思の交流には、感性とか情緒といった概念化することのできないイメージが作用して、CADのようなデジタル化

Review for CAD/CAM Technology of Textile Products

著者紹介 KENICH OHTA^{*1}, ATSUO SHIBUYA^{*2}, HARUKI IMAOKA^{*3}, and YOSHIO SHIMIZU^{*4}

^{*1} Faculty of Information Engineering, Himeji Institute of Technology

姫路工業大学情報工学科 助教授, 工学博士

^{*2} National Institute of Material and Chemical Research

物質工学工業技術研究所 主席研究官, 医学博士

^{*3} Faculty of Living Environment, Nara Women's University

奈良女子大学生活環境学部 助教授, 工学博士

^{*4} Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University

信州大学繊維学部 助教授, 工学博士

著者らは、コンピュータを利用したテキスタイル・デザイン及びアパレル生産技術の分野で活躍しておられる。

本稿では、衣服設計・製造におけるCAD/CAMの利用について解説していただいた。

には、過去において少なからぬ戸惑いがみられたが、コンピュータ周辺機器の進化と色彩画像処理技術の発達が発達につれ、提案と選択をめぐるCADへの要求は益々膨張し、デザイナーをはじめ諸々の専門家たちの学問、芸術、技術といった境界を越えたデザインワークの場を求めているようである。

2.1 テキスタイル CAD の発展

テキスタイルCADに不可欠な要素としては、シミュレートした色彩画像をCRT (Cathode Ray Tube) (一般的にはテレビ画面)に表示するのみではなく、ペーパーデザイン画(紙面に描いた絵)として出力できることが求められている。こうすることによって、デザイナーは、時と場所を選ばずに提案と選択を行なうことが可能となる。これを実現に導いたのは、カラープリンタの出現であった。

このカラープリンタを応用して、初めてテキスタイルCADなるものを世に送り出したのが1983年である。国内では、はやくから自動車産業向けの織物開発に多数採用され、綿織物、毛織物産地などにも急速に普及した。先染織物デザインをシミュレートしプリントアウトした例を図1に示す。

現在では、国内・外ともに、多くのテキスタイルCADが作り出されて普及しており、デザイナーはCADを選べるというより、むしろ、その中から業務に適したCADを選ばなければならない状況にある。

2.2 CADのためのハードウェアについて

CADに必要なシステム構成は、数値演算部、記憶

部、色彩画像出力部であり、使用目的によっては色彩画像入力部も含まれる。

演算部および記憶部は、一般的な意味でのコンピュータと呼ばれる部分で、コンピュータ本体のほか、CRTのようなコンソール出力機器と、キーボード、マウス、タブレット、ノブボックスなどの情報入力機器をいくつか選択して付属させる。また、情報通信機能を付加する場合が多い。これは、ニューヨークと神戸、あるいは香港と大阪のような遠隔地間においても、電話回線などを利用した通信機能によって、デザイン開発を協同して行なうことや、デザイン情報のコミュニケーションを可能とするものである。記憶部としては、コンピュータ本体内のメモリー(記憶容量)のほかに、ハードディスク、さらに大容量の光ディスクなどを用いる。

色彩画像入力機器には、平面的な画像を入力するカラー・イメージ・スキャナ、ドラム・スキャナ、フライング・スポット・スキャナなどと、風景などの三次元シーンも入力できるカラー・テレビ・カメラがある。これらについては、取り扱う画像の大きさ、解像度、形態などによって選択する。

色彩画像出力機器には、カラーCRTのようにカラーテレビ画面に表示するものと、ハードコピーを得ることのできるカラープリンタなどがある。カラープリンタには、用いる色材、色表現方法、得られる画像の特性などにおいて、さまざまなタイプがある。たとえば、(1)溶融転写型、(2)インクジェット方式、(3)昇華型感熱転写型、(4)銀塩写真方式熱現像転写型、(5)静電転写方式などである。それぞれに、表面の光沢の程度、低明度で高彩度領域の色再現、色材の製造ロット間における品質管理、出力画像の変退色などの問題点について、使用目的を考慮した検討が必要である。

2.3 テキスタイル・デザインについて

テキスタイル・デザインには、大きく分けて、先染織物デザインと後染織物デザインとがある。先染織物は、糸の状態で染色した色糸を用いて製織し、その結果として織物表面に意匠を施すものである。また、後染織物には、製織した後、織物全体を同一色で染色(無地染め)するもの、もしくは、織物表面に絵画的な柄をプリント染色することによって意匠を施すものなどがある。

2.3.1 プリント柄織物デザインのシミュレーション

図2に、プリント柄織物デザインをシミュレートした例を示す。これらは、織物密度から1組織点に相当するピクセル(画素:画像を標準化するときの最小単位)数を求め、その組織点に与える画素毎に色彩とドット(点描画することのできる最小単位)の配列を決めることによ

図1 先染織物のシミュレーション画像例

図2 プリント柄織物のシミュレーション画像例

ってシミュレートしたものである。これは、デザインの原画像をその画像精度(画素単位)で扱うのではなく、織物組織点毎に画像をいくつかの画素で構成された画素面単位としてモザイク調に扱うことで、“織物らしさ”に近づける工夫を施している。

2.3.2 無地染めした織物のシミュレーション

プリント柄デザインのように、織物表面にさまざまな色彩が施されている場合は、それらの色彩をドットのレベルで“織物らしく”配置することが可能である。しかし、織物全体が同一色に染色されている無地染め織物の場合は、同様の方法では十分でない場合が多い。これは、全体が基本的に単色であることから表面にはデザイン・パターンが無く、見る人の興味は直接“織物らしさ”に向かううえに、上記の方法では小さな同じパターンが繰り返されているのみとなることからその画像はペーパーライクなもの(平坦な面で構成された画像)として捉えられる傾向が強いからである。

このような場合には、より詳しく織物表面を説明するための、より多くの織物表面に関する情報を必要とする。例えば、染色に用いる白生地織物の表面画像を画像入力機器によってあらかじめ入力しておく方法がある。色彩画像入力装置から得られた情報等は、色の加法混色における3原色であるRGB表色系を用いていることから、色の明度情報等を扱うためには色の3刺激値であるXYZ表色系および色度座標 x_y との混用が必要となる。そこで、用いる表面画像は、RGB表色系からXYZ表色系の明度情報Y値に変換する。さらに標準化するため、

Y_c : 表面画像のY値

Y_{cm} : 表面画像のY値の平均値

(i, j) : 画像中の画素座標

図3 無地染織物のシミュレーション画像例

Y_s : 表面画像の標準化Y値

F : 表現係数(視覚的な風合い表現に関する係数)を考へて、 Y_s を求める。

$$Y_s(i, j) = (Y_c(i, j) / Y_{cm} - 1) \times F$$

また、染色情報画像についてもRGB表色系からXYZ表色系に変換し、

Y_o : 染色画像のY値

x_o : 染色画像のx値

y_o : 染色画像のy値

X_m : シミュレーション画像のX値

Y_m : シミュレーション画像のY値

Z_m : シミュレーション画像のZ値

を考えると、

$$Y_m(i, j) = Y_o(i, j) + Y_s(i, j) \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$X_m(i, j) = x_o(i, j) \times Y_m(i, j) / y_o(i, j) \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$Z_m(i, j) = (1 - x_o(i, j) - y_o(i, j)) \times Y_m(i, j) / y_o(i, j) \quad \dots\dots\dots(6)$$

が求められ、さらに X_m 、 Y_m 、 Z_m のXYZ表色系をRGB表色系に戻すと、無地染め織物表面シミュレーション画像が得られる。結果を図3に示す。さらに、 F 値を変更することによって、この織物に対して視覚的な“シャリ感”に似せた表現を加えることも可能である。

2.3.3 ニットおよびカットパイル表面のシミュレーション

図4に、カット・パイル・カーペット表面の非常に単純化したシミュレーション画像例を示した。これは、糸断面の部分画像を糸の種類数に応じて用意し、基盤の目状のどの位置にどの糸断面を表示するかを決める。次に、各種類の糸がカットされたときに、その断面積がどの程度増加するかの割合を定めておいて、その割合に応じて隣り合った糸間に占める面積を求め、これを順次繰り返すことによって表面全体のシミュレーションを行なったものである。

図5には、ニット表面のシミュレーション画像例を示す。これは、基本とする編み目形態の部分画像をあらかじめ用意しておき、これに糸の色彩および背景色を割り

図4 カットパイルカーペットのシミュレーション画像例

図5 ニットのシミュレーション画像例

付け、上記と同様に基盤の目状に配列させることによってシミュレートしたものである。

これらは、カット・パイル製織情報およびニット編成情報に基づいて自動的にシミュレートするものであるが、たとえば、編み目形態に及ぼす糸の張力、糸の直径、糸の曲げ硬さなどさまざまな要因とその結果に関する詳細な検討をしたものではない。それには、これらの製造工程などの、製品表面を作り出しているメカニズムについてのシミュレート技法に関する詳しい研究を待たなければならない。

2,3,4 先染織物表面のシミュレーション

先染織物は、糸をさまざまな色に染色し、これをたて糸およびよこ糸として用いて製織されている。先染織物表面パターンのシミュレーションには2通りの考え方が

ある。その1つは、手書きのペーパーデザイン作成技法のように、はじめから織物表面パターンを想定し、そのパターンの領域毎に織物表面パターンに似せた絵を書き込む方法である。もう1つは、製織工程に類似して、はじめに糸の表面パターンを用意しておき、織物縞柄割付設計、織物組織設計などの織物企画設計に基づくたて糸およびよこ糸の位置関係を求め、織物表面に現れると予測される糸の表面パターンをモザイク的に配置することによって、その結果として織物表面パターンを構成して行くものである。ここでは、質感のある織物表面パターン色彩画像を作成することを目的として、これらを用途に合わせて組み合わせた方法について述べる。

① 縞柄配列と織物組織のシミュレーション

製織するためには、その製織するための情報となる織物設計つまり織物指図書が必要である。先染織物(糸染め織物)の場合には、織物縞割表がそれにあたり、変化組織情報も必要な場合には織物組織図、経通し図、紋枠図なども含まれる。

平織のような基本的な織物の場合は、たて糸およびよこ糸それぞれについての糸の種類、配色などの属性とともに、糸の並びの順序を説明している縞柄配列(織物縞割)、およびそれらの糸の並びの密度を説明している織物密度のシミュレーションを行うことで、織物表面パターンのシミュレーション画像を得ることができる。

複雑な織物組織構造としては、たて糸あるいはよこ糸を平面的な配列として扱うことのできない織物がある。これは、多重組織とか増し糸を用いた織物の場合であり、織物組織図としてはよこ糸の上に重なることによって織物表面に現れるはずのたて糸が、たて糸とたて糸もしくは複数のたて糸どうしが重なることによって、部分的に織物表面に現れることのできないような織物である。特に増し糸を用いる場合、基本的な織物密度に対して二倍、三倍といった高密度域を織物中の任意の部分に設定することから、単純なフィルタリング処理ではシミュレーションは不可能である。このような場合には、糸によって構成される織物の三次元構造を想定して、織物表面におけるXY平面の他に高密度域における各糸のZ軸配座を決定する。つぎに、その配座の中から一番織物表面に近い糸を、各組織点における織物表面を構成する糸としてシミュレーションに用いる。このような織物の処理結果例を図6に示す。

② 糸表面パターンのシミュレーション

織物は糸によって構成されており、糸はさらに繊維によって構成されている。また、複数の糸によって構成されている糸もあり、糸の表面形態は、用いる繊維の種類および製造方法等によって様々であって、それが糸の特

図6 増し糸ドビー柄織物のシミュレーション画像例

図7 糸表面デザインの作成画像

図8 糸表面デザインのデータベース例

徴として色々な用途または意匠に应用されている。糸表面パターンの作成例を、図7に示す。ここでは任意な太さで、任意な意匠の糸表面パターンを作成することがで

図9 織物しわ加工のシミュレーション画像例

き、特殊な意匠糸や毛羽立った糸の表現も可能である。このようにして作成した糸表面パターンのデータベース例の一部を図8に示す。

2.4 後加工の織物表面パターンシミュレーション

製織する過程における情報から織物表面パターンをシミュレートすることは、サッカー織物、パイル織物等の特殊な場合を除いて、ほとんど前記の方法を用いることにより可能である。しかし、織物の後加工に見られるような効果はこれらの情報に表わせない要素を多分に含んでいる。たとえばしわ加工を例にとると、加工後のしわ形状についての予測は困難である。

しわ形状は織物表面の三次元座標で表すことができるが、しわ形状からその三次元情報を簡単に得る手段に恵まれていない。そこで、あらかじめ画像入力機器によって得たしわ形状の二次元画像をしわ原画像として、その明度情報をもとに、二次元の織物表面パターン画像を処理する。これは、前述の無地染め織物のシミュレーション技法と同様である。ここではF値を、しわ加工の強さの程度をあらわす係数として扱う。これによって得た画像例を、図9に示す。

2.5 テキスタイルデザインの製品イメージ予測

テキスタイルデザインは、その目的および用途などを考慮して創作されるものであり、その製品イメージを仮想的に把握できることはデザイン開発の大きな支えとなる。このことから、テキスタイルCADの機能として製品イメージの予測が求められている。

テキスタイルデザインについての製品イメージ的な取り組みとしては、織物を柔軟物体の変形として取り扱う方法、力学モデルを用いずにフラクタル技法を応用して、しわなどの三次元形状を表現する方法、織物を三角形要素で近似したときの各節点の座標値から差分エネルギー法により歪を求め、立体形状を予測する方法など(後述)がある。しかし、織物は糸の組織による構造物であり、さらに糸は繊維の集合体であることなどから、こ

図10 室内シーンの例

図11 室内シーンのベッドカバーに用いるテキスタイルデザイン例

図12 図10に示す室内シーンに図11に示すテキスタイルデザインを用いて予想した室内シーンのシミュレーション画像例

うした織物の変形予測については、解決しなければならない多くの問題点が残されている。これらの問題点を避けた簡易的な方法として、二次元画像情報の活用方法がある。

図10は、市販されている雑誌から得たカラーイメージ画像である。これを製品イメージの原画として用い、この右側のベッドに図11のテキスタイルデザイン画像を適用し、新しい製品イメージを作ったものが図12である。図12では、三次元物体の表面を覆う三次元形状らしさを簡易的に表現するために、テキスタイルデザイン画像の

図13 著者が描いたラフスケッチ例

図14 図13に示したラフスケッチ画像にテキスタイルデザインを用いて予想したラフスケッチのシミュレーション画像例

座標軸を任意に設定し、座標軸追尾型の画像再生を試みている。この方法では、三次元物体らしさに重点を置いていることから、三次元物体を記述する詳細な情報は必要としない。たとえば、図13に示すようなラフ・スケッチであっても、図14に示す画像を得ることができる。

2.6 テキスタイルデザインの視覚的な風合い表現

織物の風合いをその力学的な変形の様子で説明することを目的として、織物デザインの動的変形を予測し、視

図15 重力加速度を用いて変形を予測したテキスタイルデザイン画像例

図16 重力加速度と横風を用いて変形を予測したテキスタイルデザイン画像例

次元形状を演算する装置[16]を有している。平成5年6月から行われている人間生活工学研究センターの人間計測キャラバンに用いた装置もこの方式を利用したもので、種々の人体計測装置をバスに搭載し全国各地で計測を行っている。

3.2 自動縫製システムにおけるコンピュータ利用

繊維生産工程は川下に行くほど加工品の種類が増大し、単純手作業か熟練の要する作業の工程が多くなり機械化・自動化しにくい特徴を有している。特に川下の最終工程である縫製工程は扱う布は個体であるが柔らかく生地操作(ハンドリング)が難しく、操作・制御条件が布の物性に依存しているため機械化・自動化がしにくい。そのため、自動生産を可能とする自動縫製システムの研究開発が大型プロジェクトとして昭和57年度から平成2年度の9年間にわたって進められた。

このプロジェクトの前半の6年間は自動縫製システムを構成するのに必要な要素技術の開発、後半の3年間は要素技術を組み込んだシステムの研究開発が行われた。

要素技術の開発では、「縫製準備加工技術」、「縫製組立技術」、「生地ハンドリング技術」、「システム管理・制御技術」の四つの要素技術と、これらの技術を有機的に組合わせ総合的な生産システム技術を確立する「トータルシステム」の研究開発が行われた。

このプロジェクトの中の要素技術の開発では、CAD、CAM技術が随所に導入され、さらに生産管理や工程管理、検査故障診断を含むシステム総合管理技術を統合させたコンピュータ統合生産システム(CIM)を構築し、婦人服ブレザー用の実験プラントとして、「つくば研究支援センター」に実験プラントの組み込みのための機器を結集し評価運転が行われた。このプロジェクトの中で縫製準備加工技術を中心にコンピュータを利用したいくつかの技術を概説する。

1) 推定型情報検索制御システム

自動縫製システムでは縫製加工の自動化に際して多量少量生産の傾向への対応が求められている。一方、加工される生地は多種多様であり、加工に際してはそれぞれの生地に適した操作条件で行うことが必要である。従来の縫製工程では機器の操作はほとんど人間の経験的知見に頼っていた。この経験的知見は人間が生地から得る情報と出来映えを基準とした操作法に対する評価結果との関係から、帰納的に学習され蓄積された知識である。自動化に際しては、このような経験的知見に相当するものを何らかの形で機械の上で実現しなければならない。

推定型情報検索制御システムは、生地の各種物性値を一括して貯蔵し、蓄積された物性値のデータに基づいた統計的手法を用いて各工程で必要とする操作情報を提供

図18 推定型情報検索制御システム

するシステムである。このシステムは図18に示すように各種データを格納するデータベース部、生地特性の情報から各工程に操作情報を提供する推定部、判別関数によって制御推定用データを作成するパッケージ部から構成される。この方法は自動化機器だけに適用するものでなく、現行の縫製工程の操作条件の設定の手段としても十分使用できるものである。

2) 自動検反技術 [17]

検反の自動化を目的とした研究開発は過去いくつか試みられてきたが、検査部門における検反は生地の品質を評価・格付けすることを目的としているため、人間の高度な欠点検出能力、識別能力に匹敵し得る検出方法、識別方法がなく人間の能力に依存せざるを得ず実用化に至っていない。しかし、自動延反、自動裁断といった縫製工程の自動化が進むにつれて欠点箇所の情報を事前に把握し、この情報によって裁断時にきずの部分を回避させることが重要になってくる。

自動縫製システムで開発された自動検反システムは、布幅、布長、きず欠点、色差等を生地を走らせながら検査し、検査結果を自動的に集約しマーキング工程、裁断工程などの後工程できずを回避してマーキングができるようにその情報を伝達できる装置である。

本装置は、生地の検査有効幅として1000mmを基準とし、検査速度は1分間で20m以上である。検反システムに組み込まれる装置の構成を図19に示す。

これらの装置のうち布のきずの欠点を検出する装置は一次元視覚欠点検知装置および二次元視覚欠点検知装置である。

一次元視覚欠点検知装置は、生地上の欠点を一元のCCDカメラで検出するものである。2台のカメラで布幅の視野をカバーし、反射光検知により汚れとスラブ、透過検知光により穴きずの検出を行っている。得られた検出情報は画像処理ユニットでAD変換、スムージング、雑音除去、2値化、ブロック分け(CCDカメラの視野を16分割、長さ方向128走査毎に分割、約40mm□の大きさに分割してその場所の情報を代表させる方法)を

図19 自動検反システム構成図

図20 レーザ裁断システム

図21 高機能裁断パターン作成システム の概念図

行い、きずを検出している。

二次元視覚欠点検知装置は、複数台の二次元センサ（シャッタカメラ）を用いて一定視野を静止画像として取込み、画像処理装置で欠点を検知している。また、パルスエンコーダからの生地的位置情報から柄の欠点も検知

できる。

本検反システムは、従来の目視検査に比べ検査中に検反機を停止させることなく、検反情報が事前に把握ができ、後工程での欠点回避のマーキングが可能になり、生地の歩止りの向上、個人差による判定の差異がなく省力化、品質向上、生産性の向上等が期待できる。

3) レーザ裁断技術〔18〕

コンピュータ裁断の方法には、ナイフ方式、ウォータージェット方式、レーザ方式等が開発され装置化されている。これらの装置は裁断機構部をXY方向に移動させる方法であり裁断速度が大幅に制限される。自動縫製システムで開発された装置は高速裁断を行うために裁断部を固定しレーザビームをミラーの揺動によって走査させるミラー揺動式レーザ裁断機が開発された。この装置は図20[19]に示すように、原反の自動搬送、欠点回避または柄合わせ裁断、縫製加工情報付与、裁断片の自動取り出し等の一連の自動化ができる。

4) 高機能パターン作成技術 [20]

デザインイメージを損なわず縫製加工を容易にし、省力化可能なパターンを求める技術で、パーツ数、縫合長、易加工性等を考慮した自動縫製に適した加工し易い工業用パターンの作成および既存のパターンの易加工性パターンへの変換ソフト(図21)を開発した。

この成果を婦人ブラザーへ適用した結果、縫製加工時間は約15%短縮、パーツ数は4減少、工程数は5減少した。また、パターン形状変換のコンピュータ処理時間は6分35秒である。

5) システム管理・制御技術

自動縫製システム全体の効率的な運転を計画・管理するため、システムを構成する各自動機の協調運転、各自動機に必要な情報の管理等を行うシステムの管理・制御技術が開発された。また、工場の熟練した生産管理者が持っている工程設計の専門知識を知識データベースに格納し、このノウハウを利用して、デザイン、生地特性、製品グレード等から工程設計を支援する縫製工程エキスパートシステムが開発されている。

その他、縫製品の品質の自動検査技術及び各工程で使用される縫製機器、搬送機器の故障診断する検査・故障診断技術、縫製部品に対し工程に必要な情報付与を行い、縫製部品に付与された情報から自動縫製工程の機器類を制御する制御情報付与技術、生地、部品の形状、状態を認識する技術及び生地に付与された制御情報を読みとる情報認識技術等コンピュータを利用した技術が開発されている。

本プロジェクトは平成2年で終了した。しかし、このプロジェクトの研究成果はそのまま使用できるものでは

なく、アパレル産業の企業規模からいって、今後は先端技術の研究開発と並行して中小企業への早期普及への努力、即ち、機器の小型、低廉化が重要になってくる。

また、これらの技術は単に縫製加工にとどまることなく、繊維産業をはじめ柔軟材料を取扱う産業に広まることが期待される。

4. CG によるアパレル製品表現の現状と未来

4.1 衣服設計とコンピュータ

衣服の企画や設計において、コンピュータ利用は必要不可欠の技術となっている[21]。ここでは、コンピュータによる衣服の形状予測に焦点をあて、その現状と未来像を述べる。衣服の形状予測には疑似三次元と三次元があるが、本論では三次元の技術に限定して述べる。

三次元の衣服形状の予測技術は、現在のコンピュータ技術をもってしても達成困難な問題の一つである。衣服に特有の形状予測困難性の克服は、マルチメディアの技術革新と相俟って、商品の販売形態に大きな変革を引き起こし、車や住宅と同様に様々なアパレル商品がコンピュータネットワークを媒介として販売される時代の到来を招くだろう。

この様に、衣服形状の予測問題は重要であることは認識されているが、大学や企業の研究所での研究例は多くない。しかし、徐々に研究結果が発表され[22-25]、その問題点や解決法が明らかとなってきた。また、ソフトウェア商品として販売されたり[26, 27]、CAD システムに組み込まれたりするようになってきた[28]。これらの現状をふまえ、主に技術的な視点から、衣服形状予測問題を解説することにする。

4.2 5つのモデリング

衣服の形状予測として、静的な予測と動的な予測に分類できる。動的な予測は静的な予測の上位概念であり、物理的には慣性力と粘性力という加速度と速度に関連する力を考慮するかどうかの差であり、双方共に位置に関連する弾性力は考慮している。まず静的な問題において、何が本質かを考える。形状予測では形状を変化させる要因が本質的で、型紙、素材、人体、着付けの4大要因が考えられる。

型紙と縫製という操作を組み合わせると、①衣服形状の記述モデルが必要で、多角形モデル、スムーズな曲面モデルなどが用いられる。

素材特性は、伸張、せん断、曲げなどの力学的特性を先の衣服形状記述モデルにどのように組み込むかということになる。衣服を面の集まりとして考える方法と、点の集まりとして近似する方法がある。これらを②素材特性のモデルと呼ぶことにする。

人体は衣服の可動範囲を制限する物体と考えられ、静的と動的でそれぞれ衣服と人体との接触問題、衝突問題を取り扱うことが基本となる。すなわち、③人体の記述モデルは、衣服上の任意の点が、人体表面を通過しないように制御できるモデルとなる。多くの場合、衣服上に定義された有限個の点が人体の中に入らないことで近似している。さらに、人体モデルとしては、動作出来るモデルであればより高級である。

着付けとは、衣服の初期形状(力学計算に入る前の形状)をいかに人体の周辺に配置するかという問題となり、現在主に2つの手法がある。これは衣服形状記述モデルにおける「縫合」のモデルの差によるものである。縫合を2点や二つの線の幾何学的同一視と解釈するモデルでは、縫合後人体周辺のガイド面に張り付ける方法をとる。一方縫合を2点の力学的な引力と解釈するモデルでは、パーツを人体周辺に配置し、三次元上で縫合することになる。これらを④縫合と着付けモデルと呼ぶ。

次に、動的な変形について考える。大きくは風にたなびくなどの外的要因と人体の動きに追従するという内的要因に区別できる。すべて時間の要素が導入され、慣性力、粘性力、衝突力のモデルが必要である。これらを⑤動的モデルと呼ぶことにする。

このように、5つのモデリングが必要となり、着付けの例で示したように幾つかの解法が考えられる。なお、衣服と人体との接触問題、衝突問題と同様であるが、より困難な問題として衣服自身の同体接触問題、同体衝突問題があり、布が布をすり抜けけないことは、計算コストのかかる問題である。

4.3 リアリティとレンダリング

前節で物理を基礎としたモデリングを述べた。ここでは実際に見せる技術であるレンダリングについてふれておく。最近のCGではハードウェアレンダリング、特にハードウェアを用いたテクスチャマッピングができるようになった。プラットフォームとして多くのCGソフトに対応しているSGI製のコンピュータ、ソフトウェアはマルチプラットフォーム指向のTAVというのが代表的な構成法であろう。ただし、人体モデリングでメタボールを使いたいときは、衣服はポリゴン表現が多いので、メタボール人体をポリゴンに変換して統一的に扱うか、メタボール専用のレイトレーサーを所持しているソフトウェアを用いるか二つの方法がある。また、衣服の表現としては、テキスタイルデザインシステムとの連携が不可欠であろう。

4.4 現状の技術

ここで、参考文献に示した、代表的と思われるシステムの概略を説明する。2)のシステムは、衣服モデル、人

体モデル共にポリゴンで記述され、静的な形状予測を行う。素材特性モデルが面の取り扱いをしているところが特徴である。また、衣服圧の可視化の機能を有している。着付けは縫合後ガイド面に張り付ける方法を探っている。5)は人体を姿勢可変なメタボールに拡張したシステムである。3)は動的形状予測を行うシステムで、風や人体の動きに追従する動的モデルを所持している。衣服と人体はポリゴンで表現されている。素材特性モデルや動的モデルでは、実際の布の計測結果を用いたものではなく人為的に与えるものである。着付けモデルは空間上で縫合する方法を用いている。4)は素材特性モデルや力学計算に工夫がなされているが、ほぼ3)の改良版である。6)は汎用のパーティクルシステムで、パーティクル間に力学的関係を定義できるため、布の動的変形をシミュレートするシステムを構築できる。ただし、衣服をパーティクルの集合と力学関係に自動的に翻訳することは大変であり、また人体のように複雑な物体との衝突問題を記述することも困難である。比較的単純な布、例えば旗やテーブルクロスなどの動的変形を予測するには魅力的なシステムである。7)は静的な形状予測を行うシステムで、衣服は重要なアイテムとして考慮されている。衣服と人体モデルはNURBS曲面で統一しており、CADシステムと連携が容易である。8)は幾何学的なシステムで、服種に限定はあるが、静的形状予測システムである。力学計算を伴わないので、計算コストは低い。縫合と着付けモデルだけで完結しているので、精密な着付けシステムと言うことが出来る。

4.5 未来には

個人に対応した衣服の設計は、個人に差があることを基本としている。平均的体型とは、100人の衣服を作製すればこれだけの生地が必要であるということ以上の意味を持たない。体型に差がある以上に心理的な個人差はもっと大きいであろう。個人が経験により様々な学習を行うように、未来のシステムはあなたの秘書として学習する。あなたはお抱えのテーラーを持つことになるだろう。あなたのテーラーの知識を友達のテーラーに教えることも出来るだろう。そのような技術の開発こそが、生活の豊かさや喜びにつながると考えている。

5. 近未来アパレル産業技術

「現在の経済の低迷や不況は、近代科学技術が成し遂げてきた大量生産技術と多量消費経済に裏付けられた「消費快感社会」から、人々の精神的な満足を追及する「創造快感社会」への転換によって生じている」という仮定の下に本節では、議論を進める。消費快感とは、消費することに喜びを感じることであり、消費社会とは、

図22 消費快感社会から創造快感社会に

消費快感が動機となって進行していく社会のことである。創造快感は、自己表現・自己実現[29]の快感であり、有形な品物や無形な人間関係などの形を創造することによって得られる。従って、創造快感社会とは、創造快感が動機となって発展していく社会である。今後の技術や経済は、この創造快感を支援することによって発展すると考えられ、特にアパレル産業が現在の低迷を脱して発展して行くためには、創造快感技術は必須のプレイクスルーテクノロジーである(図22)。

5.1 創造快感技術の社会的必要性

現在のアパレル製品は、生産者、流通業者、販売者ならびに消費者の四者が直列につながった一方通行のシステムを流れていく。このようなシステムは、生産者と消費者の関連を希薄にし、消費する快感を我々に毎日与え、挙句の果て売れ残り製品のリスクを常に抱える。このようなシステムから人々が抜け出して生活文化を享受して豊かな人生を送れるようにするには、各人の使用する物の生産活動に積極的に参加でき、創造の快感が楽しめるような仕組みを作り出すことが必要である。アパレル製品は、日常の中でいつも気に止めて工夫をすることが出来る製品であり、創造快感を実感できる格好の製品である。

5.2 情報ハイウェイと創造快感支援技術

現在の不況を克服しようと生産拠点を労働力の安い海外に移動すればするほど、我々は、不況を克服することができず、悪循環に陥ることは明らかである。この悪循環を断ち切り、創造快感を生産活動の中に取り込むためには、情報ハイウェイなどの情報のインフラストラクチャの整備が重要である。情報ハイウェイの実体は、光ファイバーによる広帯域通信網(B-ISDN)である。これが実現されると今までとは桁違いな情報量が伝送でき、例えばテレビにより送られてくる視覚情報が現物を直接見るのと同様となり、現実感が従来のテレビとは比較にならないほど向上することが確かめられている。このように伝送情報量が飛躍的に増大することによって、いわゆるマルチメディアやバーチャルリアリティの革新技術の質が上昇し、ヒューマンインタフェースの格段の発展が期待され、システムの複雑化とは逆に、人にとってやさ

図23 仮想世界・現実世界とバーチャルリアリティ

しいシステムができて上がる。このような技術は、娯楽や商品の注文に変化をもたらすことは必至であり、例えば衣服の注文が在宅で出来たり、注文の際にユーザーが直接設計参加したりと、まさに創造快感型の技術ということになる。

我々は、マッチングされた感覚入力に対しては、それが現実の情報か非現実のものか区別がつかない錯覚に陥る。これを利用した技術としてバーチャルリアリティがあるが、この技術は、様々な仮想世界を創造したり、創造した仮想世界とのインタフェース(バーチャルインタフェース)として利用することができる。図23は、現実世界と仮想世界とをつなぐバーチャルインタフェースについて示したものである。このような五感覚に直接働きかけるインタフェースは、我々の知覚世界を限りなく広げ、豊かで、創造性あふれる知的世界を実現し、衣服などのデザインが素人のユーザーにも可能となる技術を提供する。

バーチャルインタフェースの衣服設計や製造と深く関わっている技術の例としては、次のようなものがある。

- ・衣服形状の生成・予測・評価[30](4節参照)
- ・人体の形状の予測や推定[31]
- ・言語による色彩の自動生成システム[32]
- ・言語によるテクスチャー生成[33]
- ・言語による風合生成
- ・機能や快適性の評価・表現方法
- ・異イメージ間の相互変換によるデザイン生成[34]
- ・三次元人体モデルによる自動縫製システム(3節参照)

このような技術は、今後益々の発展が期待されるが、コンピュータの並列処理技術と深く関係しており、アパレル関連の大学・研究所並びに企業において基礎研究・実用研究が活発になされることが必要である。

5.3 創造快感技術としての衣服科学

情報機器技術とは別の衣服科学技術として、衣服と人間との関係を扱った科学技術がある。着心地の良い衣服を設計しようとすれば、どのような素材をどのような形にしてどのように人体に着装するかが、明らかにされなければならない。これは、物に対する人の生理的な関係

の科学技術であり、また物に対する人の心理的な関係の科学技術である。例えば、下着や靴下やストッキングをどのように設計するかは、これらの物が人に与える温熱環境の影響の科学技術が発展しなければならないし、これらの物が人に与える精神的な意味を明らかにしなければならない。このような物と人との関係を明らかにする学問が必要であるにもかかわらず、いまだほとんど進んでいない状況にある。衣服に関係したバーチャルリアリティの実現には、このような人と物との関係の科学技術の確立が必須であり、この種の学問が早急に進展することが今後の創造快感技術の発展にも必要である。多くの費用と人材を、人と物との関係科学技術に早急につぎ込むことが必要である。

6. おわりに

4人の分担でこのレビューを書いた。2章は太田健一、3章は渋谷淳夫、4章は今岡春樹そして5章を清水義雄が分担した。

衣服の設計・製造の基本技術や実用技術が今後益々必要になってきているにもかかわらず、国立の研究機関も被服関係の大学でもこの分野に関する講座数の減少や予算の削減を強いられている。しかし、アメリカでは、繊維産業の復活のためにAMTEX計画が提案され膨大なお金がつぎ込まれようとしている。我が国でも、豊かで、落ち着いて、楽しい毎日を送れるように知恵を集めて何とかして衣服の創造快感技術を確立したいと思う。

参考文献

- 1) 奥水大和: "簡易な画像処理システムの開発とその産業応用", コンピュータビジョン, **30**, 4, pp. 1-8 (1984)
- 2) Y. Shimizu, T. Ishikawa, T. Furukawa, N. Kayama, E. Toba, and A. Konda: "Expert, System, to, Inspect, Fabric, Defects, by, Pattern, Recognition", 織学誌, **46**, 10, pp. 461-469 (1990)
- 3) 太田健一, 小紫和彦, 清水義雄, 近田淳雄, 高岡昭: "糸表面データベースを用いた織物表面パターンシミュレーション", 織機誌, **43**, 12, pp. 111-119 (1990)
- 4) 赤見仁: "繊維産業における画像処理 織物の柄(模様)を中心にして", テレビジョン学会誌, **35**, 11, pp. 947-953 (1981)
- 5) 太田健一, 坂上勝彦, 小迫秀夫: "視認性に基づく先染織物デザインの視覚的特徴", 電子情報通信学会論文誌D-(監), **J74-D-(監)**, 11, (1991)
- 6) 加藤陽一, 岩崎謙次, 近藤邦雄: "アパレル産業と

- コンピュータグラフィックス”, 織学誌, **46**, 3, pp. 84-91 (1990)
- 7) M. J. Denton and A. K. Seth: “Computer Simulation of the Appearance of Fabric Woven from Blend-fibre Yarns”, *Journal of Textile Institute*, **80**, 3, pp. 415-440 (1989)
- 8) B. Pourdeyhimi: “Programming Techniques in Computer-aided Design of Woven Fabrics”, *Journal of Textile Institute*, **80**, 3, pp. 391-401 (1989)
- 9) 木元宏次, 大野義夫: “テクスチャ・マッピングによる布の材質感表示”, 情報処理学会講演論文集, 37th, 3, pp. 1685-1686 (1988)
- 10) D. Terzopoulos: “Elastically Deformable Models”, *Computer Graphics*, **21**, 4, pp. 205-214 (1987)
- 11) 宇田紀之, 鶴岡信治, 木村文隆, 三宅康二: “垂下した布地物体の形状表現”, 情報処理学会研究報告, **88**, 55, p. 33 (1988)
- 12) K. Ohta, K. Sakaue, and H. Tamura: “Pattern Recognition of Fabric Surface”, *Journal of The Textile Machinery Society of Japan*, **32**, 1, pp. 7-10 (1986)
- 13) 太田健一: “色彩画像処理とテキスタイルデザイン”, 繊維学会第22回, 夏季セミナーテキスト, pp. 132-139 (1990)
- 14) 太田健一, 高岡 昭: “テキスタイルデザインと色彩画像処理技術”, 衣生活研究, **18**, 1, pp. 18-25 (1991)
- 15) K. Ohta, K. Sakaue, H. Kosako, and A. Takaoka: “Use of Fourier Transform and Color Image Processing to Extract Design Elements of Yarn-Dyed Fabric” *Systems and Computers in Japan*, **24**, 1, pp. 47-56, (1993)
- 16) 三次元曲面形状計測装置 VOXELAN のカタログ
- 17) 自動縫製加工準備システムの技術開発公開普及説明会 [資料・各論] 自動検反技術、中小企業事業団、昭和62年度
- 18) 自動縫製加工準備システムの技術開発公開普及説明会 [資料・各論] レーザ、裁断技術、中小企業事業団、昭和62年度
- 19) 自動縫製システム研究開発の現状(資料)、WFF89 協賛セミナー、自動縫製システム技術 研究組合、平成元年11月
- 20) 自動縫製加工準備システムの技術開発公開普及説明会 [資料・総論]、中小企業事業団、昭和62年度
- 21) 繊維学会編, 「第2版繊維便覧」 アパレルシステム, 丸善(1994)
- 22) H. Okabe, H. Imaoka, T. Tomiha, and H. Niwaya: *Proc. SIGGRAPH'92 Computer Graphics*, **26**, 105 (1992)
- 23) M. Carignan, Y. Yang, N. M. Thalmann, and D. Thalmann: *Proc. SIGGRAPH'92 Computer Graphics*, **26**, 99 (1992)
- 24) 坂口嘉之, 美濃導彦, 池田克夫: 電子情報通信学会論文誌, J77-D-2, 5, pp. 912 (1994)
- 25) 松田亮治, 今岡春樹: 織学誌, **50**, 6, 221 (1994)
- 26) DYNAMATION is a trademark of Wavefront Technologies, Inc.
- 27) DESIGN CONCEPT 3D is a trademark of Computer Design, Inc.
- 28) 特開平 5-266149: 型紙の組立形状視覚化方法及び装置
- 29) Maslow, A. HP: *J. of Psychol.*, **25**, 433-436 (1948)
- 30) Y. Shimizu, T. Furukawa, S. Maeda, A. Konda, K. Daiyasu, and H. Shimizu: *Forma*, **6**, 147-169 (1991)
- 31) 清水義雄: 織学誌, **48**, P349-354 (1992)
- 32) Y. Shimizu, A. Fujiwara, T. Furukawa, K. Sasaki, and A. Konda: 織学誌, **48**, 240-24 (1992)
- 33) 手島邦臣, 唐沢朋久, 清水義雄, 近田淳雄: SEN-I GAKKAI, PREPRINTS, F-88, 1991
- 34) 手島邦臣, 清水義雄, 近田淳雄: SEN-I GAKKAI PREPRINTS, S-27, 1993
-