

創作デザインの三次元表現に関する研究

デザインCADによる被服形状の立体表現手法

森 彬子

1. 要 旨

アパレルデザインの色・柄を中心とした外観設計段階でより詳細な検討を行うため、3次元CADを用いて、被服形状を立体的に表現する研究を行った。研究の内容は、一般的なテイラードジャケットの基本形状について3次元数値を把握し、織柄を効率的にマッピングする3次元表現手法である。

被服形状をシミュレーションする手法として、計測した被服形状の3次元座標からワイヤーフレームを作成した。また、3次元の立体形状に2次元の柄をのせた場合に生じる不自然な柄の収束を除去するため、マッピングを正確かつ効率的に行うため、予め柄の各種形状情報を組み込んだ仮想面をワイヤーフレームの上に作成し、その仮想面に、織柄を自動的に連続して展開できるようにした。

これにより、被服形状を360°の視野から3次元シミュレーションすることができるので、色・柄のデザイン効果を多角的に設計検討できる。

2. はじめに

従来のアパレルデザインを創作する手順は、デザイナーがスタイル画を描き、そのイメージに合った型紙を作成する。それをトワールに切り抜いて裁断して、人台ダミーに仮縫いして型紙を修正し、見本を縫製する方法であ

る。

この方法の欠点は、生地の種類・柄が異なる場合は、その生地毎に縫製し見本を作成する手間がいることである。

この問題を解決するため、3次元CADシステムを応用して、被服形状をシミュレーションし、デザイン効果を立体的に検討する手法を研究した。

コンピュータ画面でのモデル作成は、昨年度研究した被服パーツ（袖及び衿）における立体形状の計測とワイヤーフレーム法を適用し、この研究では、これらを織柄マッピングの柄合わせに対応できるよう改善した。昨年の研究結果から織柄をワイヤーフレームにマッピングする場合には、次のような問題があることが明らかになった。

(1)柄をマッピングする作業は、3次元曲面に柄を配置する位置を決めるのに人手が介在する。配置する柄が1コないし1カ所の場合、人間が負担する労力はあまり問題とならないが、アパレルデザインのように、その作業を反復して何回か行わなければならない場合に、人間に大きな負担がかかり、かつ長時間となるため効率的でない。

(2)マッピングする柄の配置に、人手が介在することにより、その都度違う3次元座標を拾うため柄が微妙にズレる。そのため、3次元画像を、コンピュータ画面に表示した場合に

柄クズレと不自然な凹凸を生じ、柄物のアパレルデザインの正確な検討ができない。

これらの問題に対応するため、この研究では先染織物の柄を、柄クズレなく連続自動マッピングする方法について研究した。

3. 実験方法

3-1 使用機器

アパレルデザインを3次元表現するため、図1に示すCADシステム（DECステーション 3520 デザイン開発システム）を用いた。

装置の概要は次の通りである。

- ・CPU：32ビットグラフィックワークステーション
- ・グラフィック解像度：1280×1280ドット
- ・三次元測定機：XYZコイルセンサーを装備したスタイラスペンで測定物を接触しながらそのXYZ座標値を測定し、測定データを磁気変換する方式である。（測定範囲500×500×250mm）
- ・測色機（マンセル色彩値及びXYZの3刺激値）

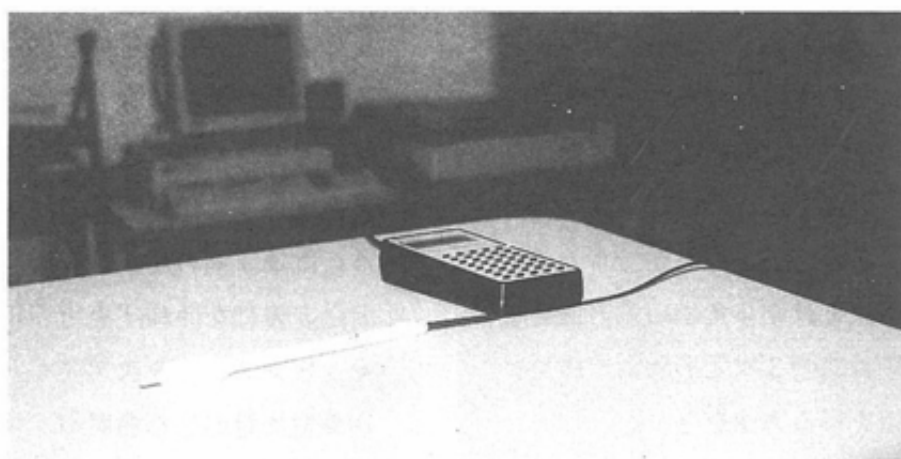
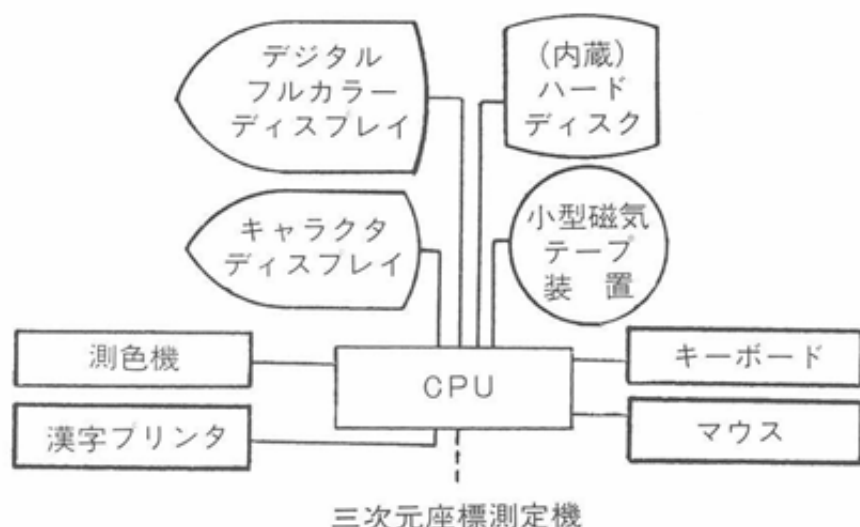


図1 研究に用いた3次元CADシステムの概要

3-2 実験の手順

テイラードジャケットを3次元CADで立体的に表現するために、平滑化ワイヤーフレームを作成した。次に柄クズレのない連続自

動マッピングを行うため、ワイヤーフレームの上に柄変形情報を付与した仮想面を作成し、その仮想面の上に織柄をマッピングする。図2にその手順を示す。

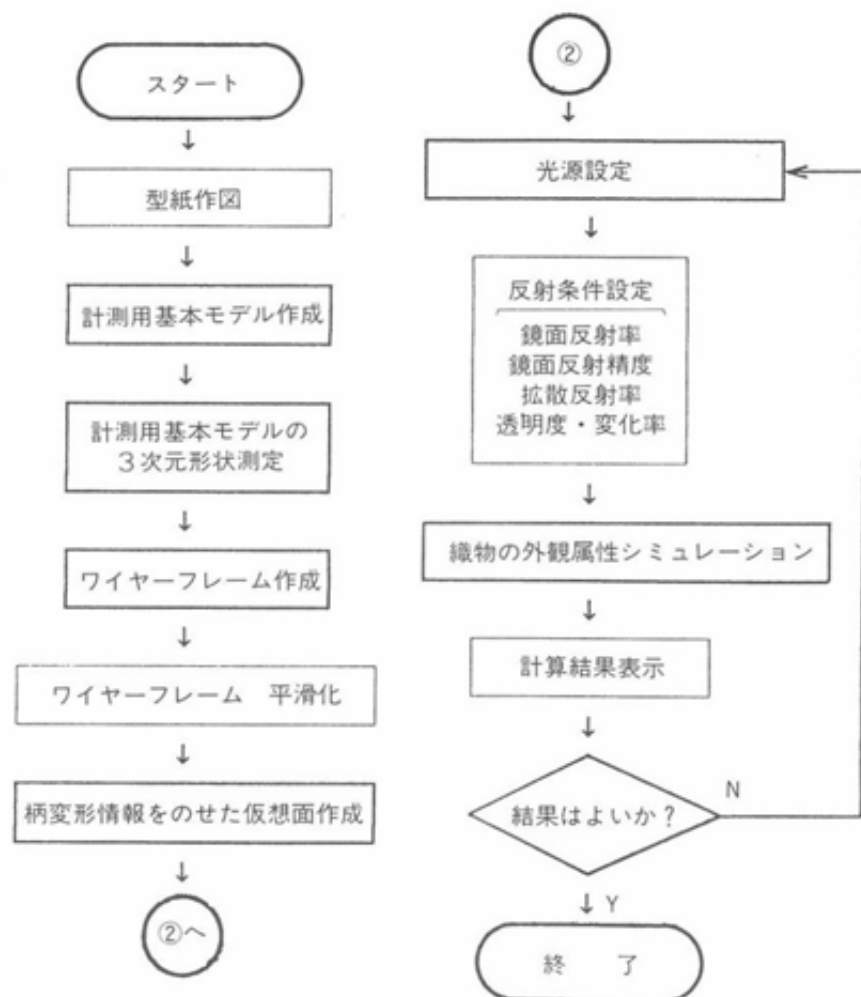


図2 3次元CADで立体的にテイラードジャケットを表現する手順

4. 実験内容及び結果

4-1 3次元座標値の計測法

先染織物の柄を3次元曲面に柄クズレなく連続自動マッピングするための基本的な考えは、次の通りである。

(1)XYZの座標値を計測して求める方法を検討した結果、接触式の3次元形状測定機で物体の絶対座標値を得る方法をとった。

その際に、後でワイヤーフレームの平滑化処理を行う場合に、大幅な変更をしなくてもすむようにした。

(2)そのため、テイラードジャケットの型紙に等面積となるメッシュを作図したものを立体化し、3次元座標測定機で座標値を測定した。

留意点を次に示す。

①2次元の先染織物の柄は、等面積で1柄単位を連続して構成している。

②先染織物の柄を立体的にリアルに表現するためには、柄の繋ぎ目を整合性よく立体の表面に表現しなければならない。したがって、マッピングする3次元曲面上にも先染織物の柄単位に対応した曲面パッチが連続して存在すれば、等面積の柄をマッピングしたときに柄の繋ぎ目の整合性が保たれる。その理由は3次元の曲面に柄をはりつけても2次元の柄の面積は変わらないためである。

③したがって、3次元曲面を構成するワイヤーフレームの座標値は、等面積の曲面パッチ

を滑らかに連続して作成できるように配置する必要がある。

4-2 テイラードジャケットの計測モデル

(1)柄物裁断及び柄物サンプル縫製時の柄合わせ基準を3次元シミュレーションに再現できるようにした。

これは縫製時の柄合わせ基準を、アパレルデザインに再現することによって、実物に近い3次元シミュレーションを行うようにする

ためである。その柄合わせ基準を表1に示す。

表1 参考としたテイラードジャケット縫製時の柄合わせ基準(文献4)より)

柄合わせ部位	ポイント箇所	柄合わせ基準
前 面	衿 先 ラベル 前中心	柄は左右対称 柄は左右対称 横段柄合わせ 柄は左右対称 横段柄合わせ
袖・脇	袖 脇	前肩と後身頃を横段柄合わせ 前身頃と後身頃を横段柄合わせ
背	衿中心 背中心	後身頃と衿の経方向の柄合わせ 左右対称に柄合わせ

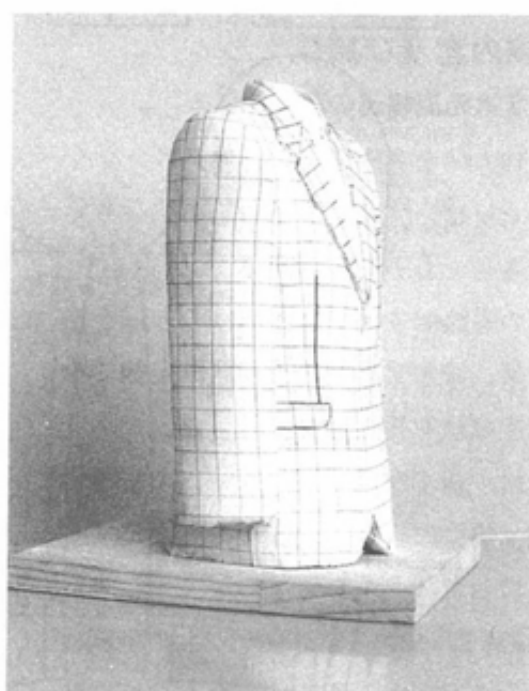
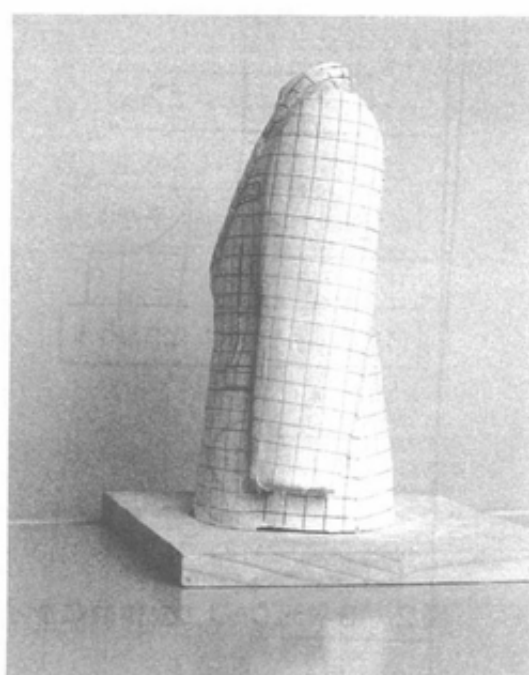


写真1 4方向から見たテイラードジャケットの計測モデル

(2)計測モデルに、テイラードジャケットを選んだ。デザインは、オーソドックスなデザインとした。すなわちシングル、2ツ釦とし、シルエットはショルダーをナチュラルライン、ウエストをソフトコンシャスとした。図3に、計測モデルを作成するために使用したテイラードジャケットの型紙を示す。

(3)テイラードジャケットの計測モデルは、縮

尺モデル作成法により作成し、等面積となる計測メッシュを25 mm×25 mmとした。その理由は、測定時間及び平滑化計算時間の短縮のためである。写真1に、テイラードジャケットの3次元形状を測定するため作成したメッシュ付き計測モデルを示す。

(計測モデルの寸法：W 135 × D 245 × H 245 mm)

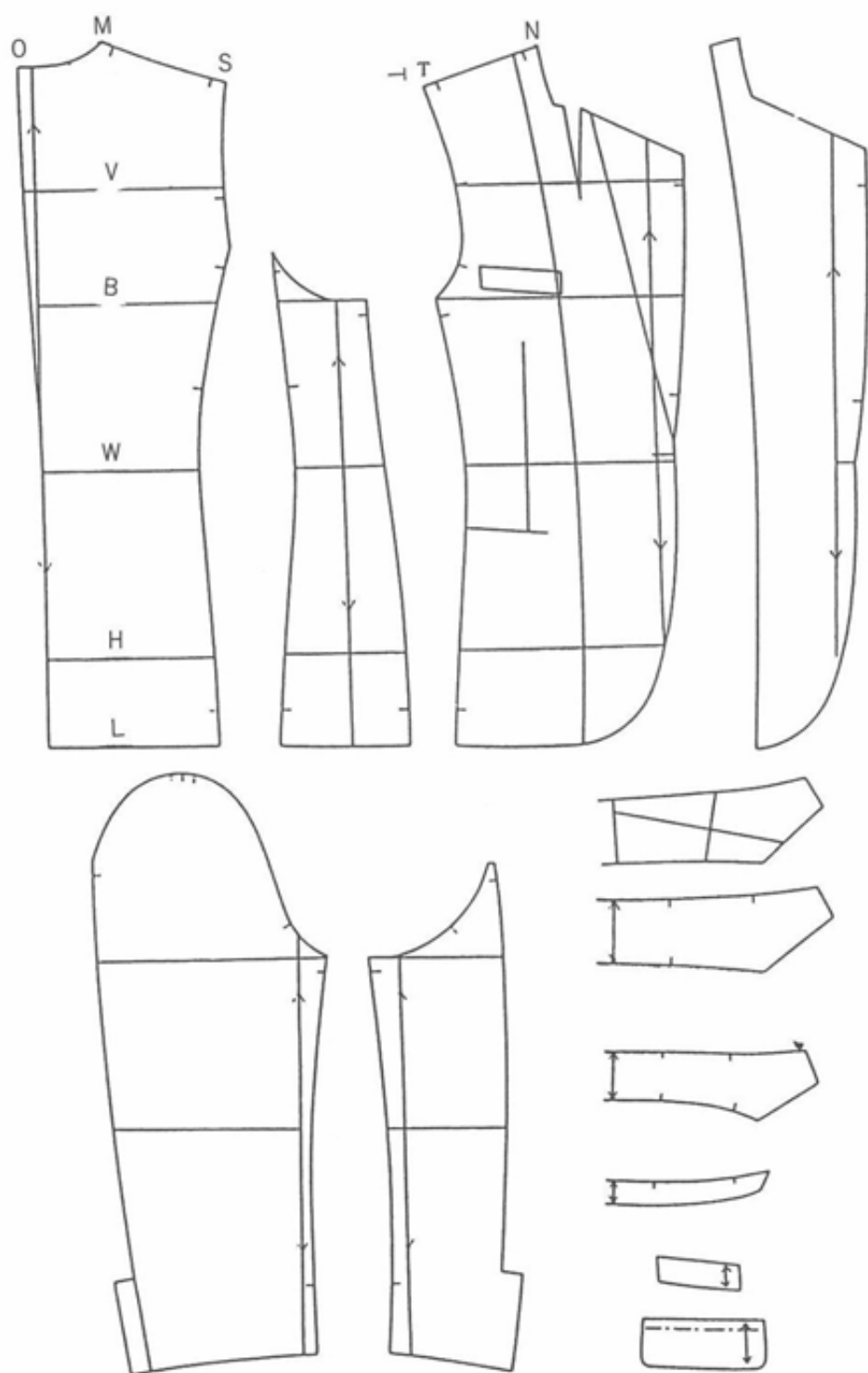


図3 ティラードジャケットの計測モデル用型紙

4-3 ワイヤフレームの平滑化処理

(1) ワイヤフレームの平滑化方法

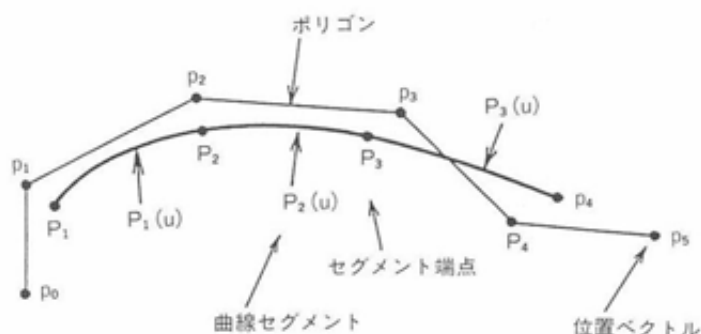
①計測座標値から得た基本ワイヤフレームをスプライン関数で変換し平滑化処理した。

この処理の目的は、ブレザーに織柄等をリアルにのせるため、滑らかに連続した3次元曲面を表現するため行う。

平滑化の方法は、図4に示すような3次元測定機で計測した被服形状の計測点を繋いだ多角形のポリゴンワイヤフレームを、曲線のスプライン曲面に変換する処理を行った。さらにスプライン曲線を凹凸がないように修正後、計測した頂点の2点間を2～3に細分

割した。図4に、多角形のポリゴンワイヤフレームとスプライン曲線の関係を示したが、ポリゴン形状がスプラインで平滑化された曲線形状になることがわかる。右に被服形状をスプライン曲線で、ワイヤフレームを表現する座標値の1部を示す。#は1つのスプライン曲線について開始と終止を表す。区間内の3次元座標値はスプライン曲線が通過する通過点であり、この値を変更することで曲線の形状を変えることができる。

②ワイヤフレームに、3次元スプライン曲線を用い、3次元曲面は4本のスプライン曲線を組み合わせて作成した。



4-a 計測座標値を結んだ多角形とスプライン曲線の関係

4-b テイラードジャケットの平滑化ワイヤフレームに用いたスプライン曲線における通過点のXYZ座標

#	(X)	(Y)	(Z)
131.000	-75.366	47.334	
135.400	-73.566	41.034	
141.800	-71.466	34.234	
148.800	-69.466	27.034	
155.200	-66.666	19.334	
161.500	-64.966	11.334	
167.500	-63.366	2.634	
173.800	-63.566	-6.066	
178.500	-63.366	-14.566	
182.700	-63.466	-23.666	
186.400	-63.066	-33.566	
188.300	-63.066	-43.966	
187.600	-63.666	-54.166	
184.000	-65.066	-62.966	
177.800	-65.066	-71.366	
170.000	-65.966	-76.966	
160.600	-65.466	-81.466	
150.900	-65.866	-84.966	
141.300	-66.066	-87.066	
130.900	-66.066	-87.066	
120.800	-65.866	-84.966	
110.500	-65.466	-81.466	
101.400	-65.966	-76.966	
92.600	-65.066	-71.366	
86.100	-65.066	-62.966	
82.300	-63.666	-54.166	
80.100	-63.066	-43.966	
80.400	-63.066	-33.566	
81.200	-63.466	-23.666	
83.200	-63.366	-14.566	
85.900	-63.566	-6.066	
88.500	-63.366	2.634	
91.500	-64.966	11.334	
93.900	-66.666	19.334	
97.200	-69.466	27.034	
101.300	-71.466	34.234	
103.100	-73.566	41.034	
112.600	-75.366	47.334	
#			

図4 ワイヤフレームの平滑化法

スプライン関数を用いた理由は、スプライン曲面が、柔軟性の高い3次元形状モデルを生成できるためである。したがって、柔軟な形状を必要とするアパレルデザインの3次元

表現に適している。

(2) 平滑化ワイヤフレーム作成結果

・ワイヤフレームの平滑化処理に、スプライン曲面を数値で与え、変更することによ

って、テイラードジャケットのさまざまな曲面を柔軟に表現できるようになった。
 ・従来の3次元曲面生成方法に比較して、スプライン曲線の修正方法を取り入れたこと

により曲面生成の操作が簡単になった。

図5に平滑化処理を行ったワイヤーフレーム作成結果を示す。

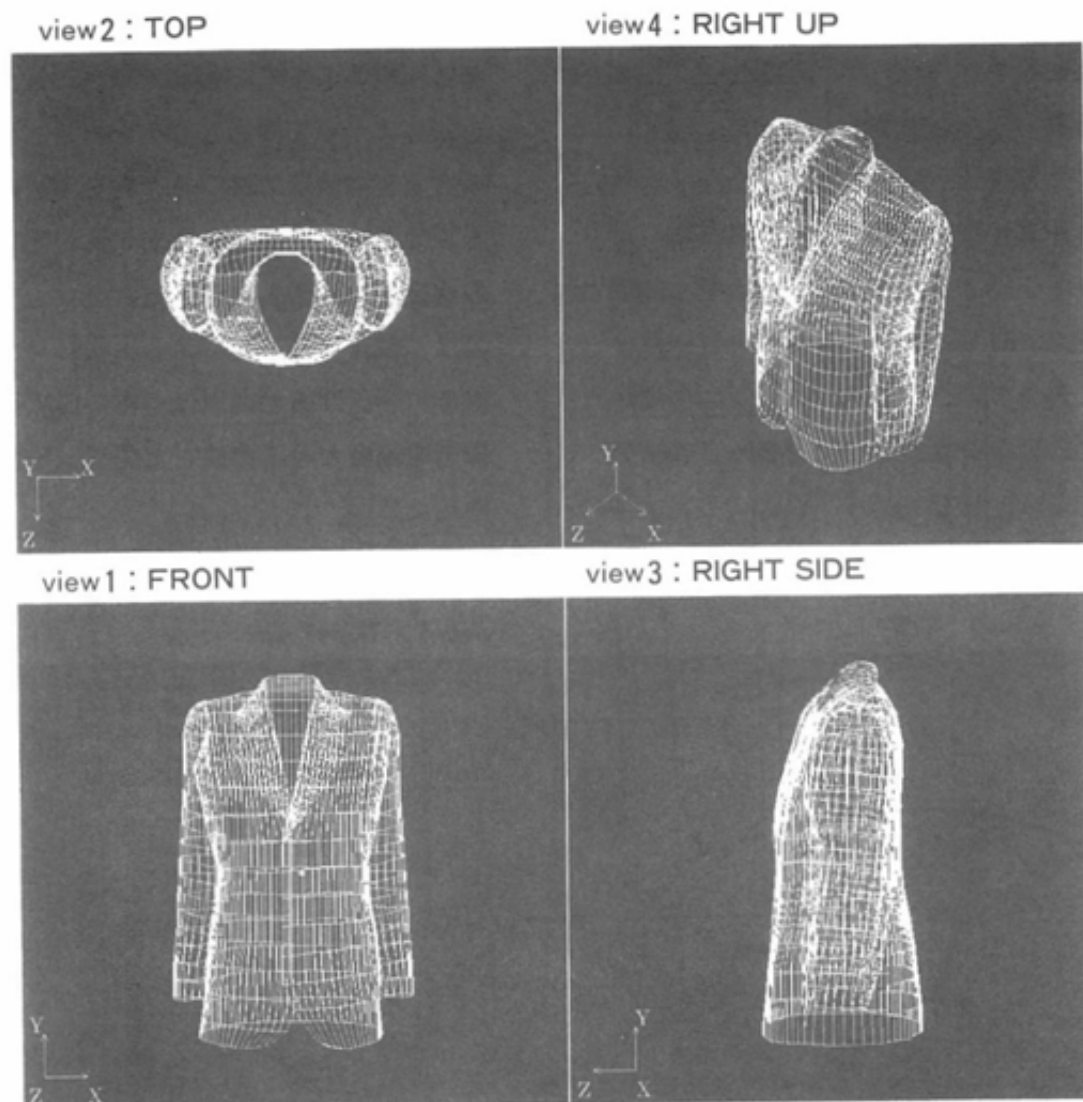


図5 平滑化処理を行ったテイラードジャケットワイヤーフレームモデル

4-4 仮想面の作成

(1) 仮想面を作成する意義

織柄を自動的にマッピングするため、予め柄変形情報を組み込んだ仮想の曲面を作成しておく。仮想面は、柄の遠近感を強調しないようにするため、ワイヤーフレームとの座標を共有しない別の曲面を作成する。

(2) 仮想面を使わない方法との比較

①仮想面を使わない方法：ワイヤーフレームに直接柄をマッピングする方法

この方法では、織柄1リピート毎に柄の位

置指定が必要である他、柄の接続がスムーズにいかない場合は、ワイヤーフレームの座標データを修正する必要がある、柄のマッピングに時間がかかる。

②仮想面を使う方法(研究の方法)：ワイヤーフレームに織柄データを迅速にマッピングできるようにするため、予め織柄データを3次元の曲面にのせる時に必要な条件(織柄の面積・形状・位置)を仮想面で指定し、1リピートの織柄を仮想面の曲面上に連続自動マッピングする。

これにより、マッピング作業時の人間にかかる負担が軽減される。また、コンピュータの処理上も、個々にデータを処理する方法から一括パッチ処理できることになり、処理時間が短縮される。

(3) 仮想面の作成方法

①平滑化処理を行ったワイヤフレーム上に、仮想面を作成した。仮想面で用いた等面積の基本メッシュの大きさは、最下端部を除いてテイラードジャケットの計測モデルに作図した等分割メッシュの測定点・4コマに対応するように作成する。

②仮想面には後で柄合わせに必要な、柄変形情報(角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 R 、 X, Y, Z の6軸 $\times 4$ 角の通過点、柄の縦横の変形方向；すなわち

3次元の視点で変化するパラメーター)を付け加える。このデータを各曲面パッチのデータテーブルに格納する。

③仮想面の作成に、平行投影法を用いた。その理由は、織柄を仮想面にマッピングしたときに遠近感を強調しないようにするためである。通常3次元CADで用いられる物体の表示方法は、遠近感を強調する透視投影法である。この方法で織柄を3次元表示する際には遠近感が強調されるため、曲率が大きい曲面では、柄が極端に変形する。

これを避けるため、遠近感がなく平面的に織柄を表現できる方法として平行投影法を適用した。

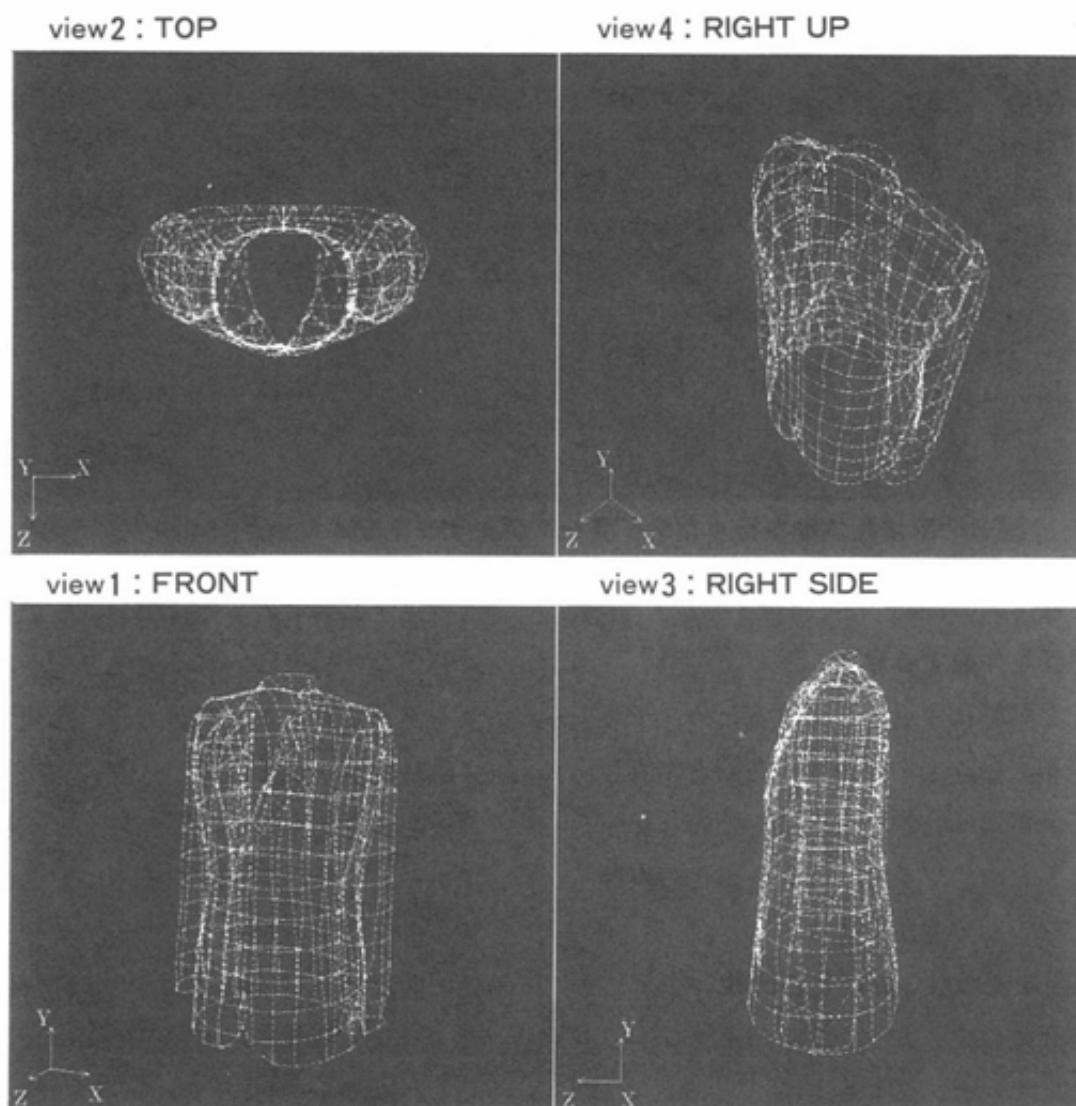


図6 テイラードジャケットの仮想図

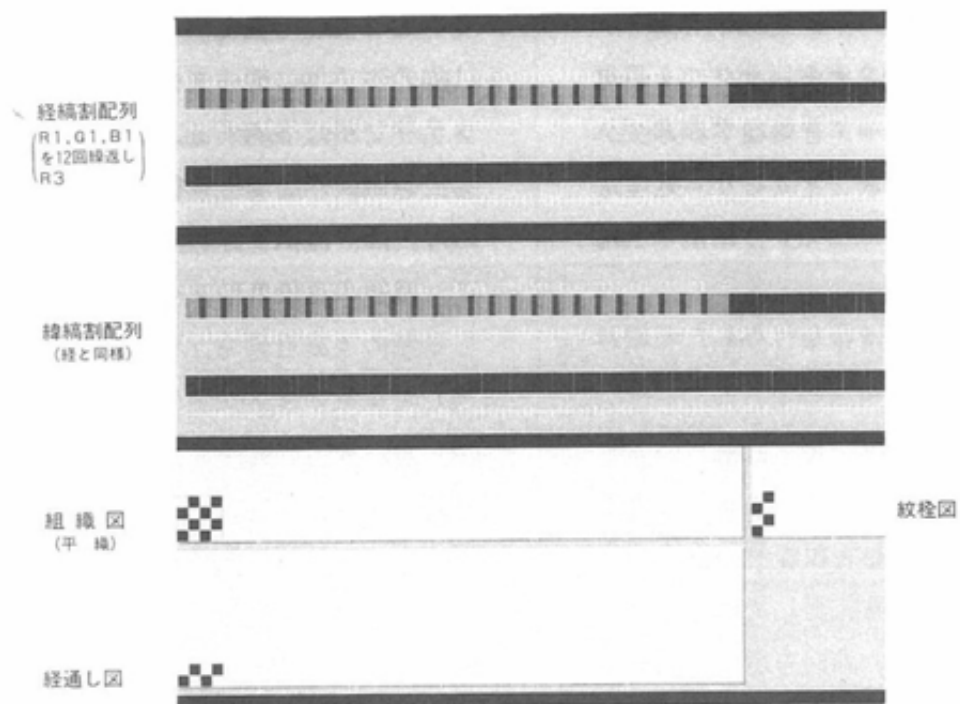


図7 先染め織物の織柄作成過程

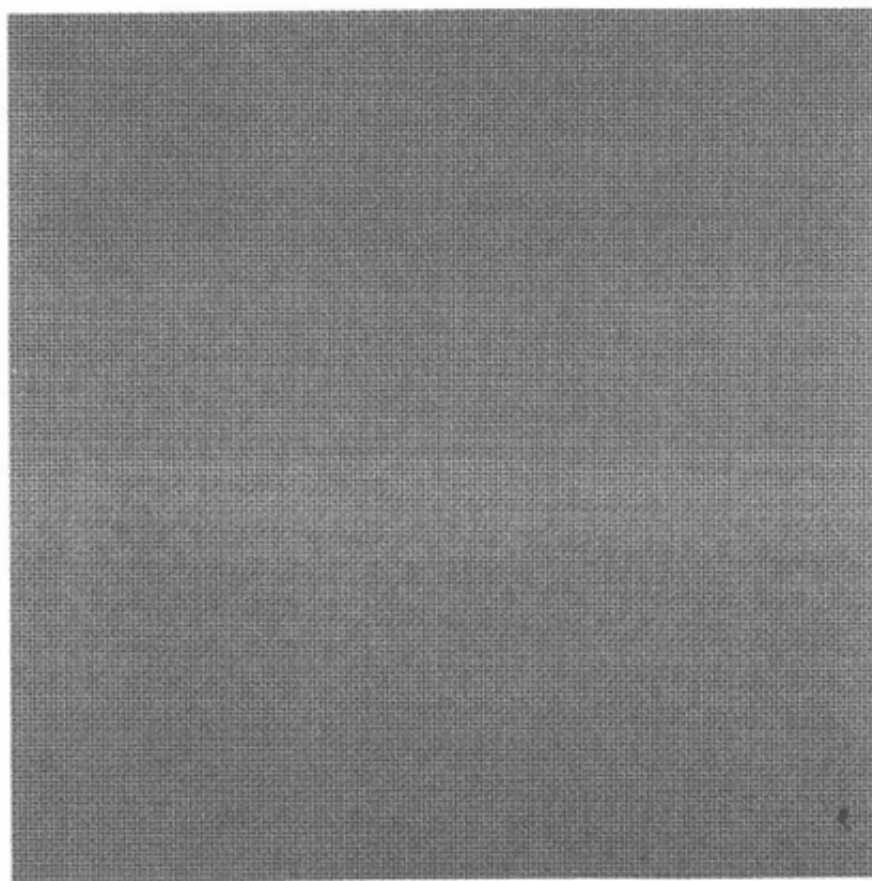


図8 CADで作成した先染め織物柄シミュレーション（平織、小柄）

仮想面上にマッピングした柄(小) 織CADで作成柄データ;
組織(平織) カラーパレット(RGB光3原色・2次元用)
緯割(R1, G1, B1を12回繰返し, R3を1回、経緯同柄)
1循環(経緯39×39本) 糸の太さ(1本に2ドットを割当)

(4) 作成結果

図6に作成したテイラードジャケットの仮想面を示す。この仮想面は連続した曲面パッチを表すもので、まだ柄、すなわちCRT上のRGB値に変換した織柄デザイン情報を付与していないものである。

4-5 織柄デザイン情報を付与した連続自動マッピング

(1) 織柄デザインと作成結果

- ①先染ドビー織物をマッピングすることを想定した。織柄は、経通し・紋柵・組織図を入力後、経緯の縞割配列を入力して作成した。
- ②図7に織柄作成過程の画面を示す。図7は、上部から経縞割、緯縞割とそれに対応する組

織図、経通し、紋柵図を表示したものである。

この図では、縞割配列は経緯同柄で、R1, G1, B1を12回繰り返し、R3を1回とした。この縞割配列を基に作成した平織・先染織物柄を、図8に示す。

(2) 織柄の連続自動マッピング手法

織柄の連続自動マッピングを行うため、連続した複数のスプライン曲面による仮想面を用いた。連続自動マッピングは次の方法によって行った。

- ①柄がのる位置・面積・形状・柄の変形方向を、仮想面の各曲面パッチのデータテーブルから参照する。
- ②織柄データを①の各曲面パッチデータで修

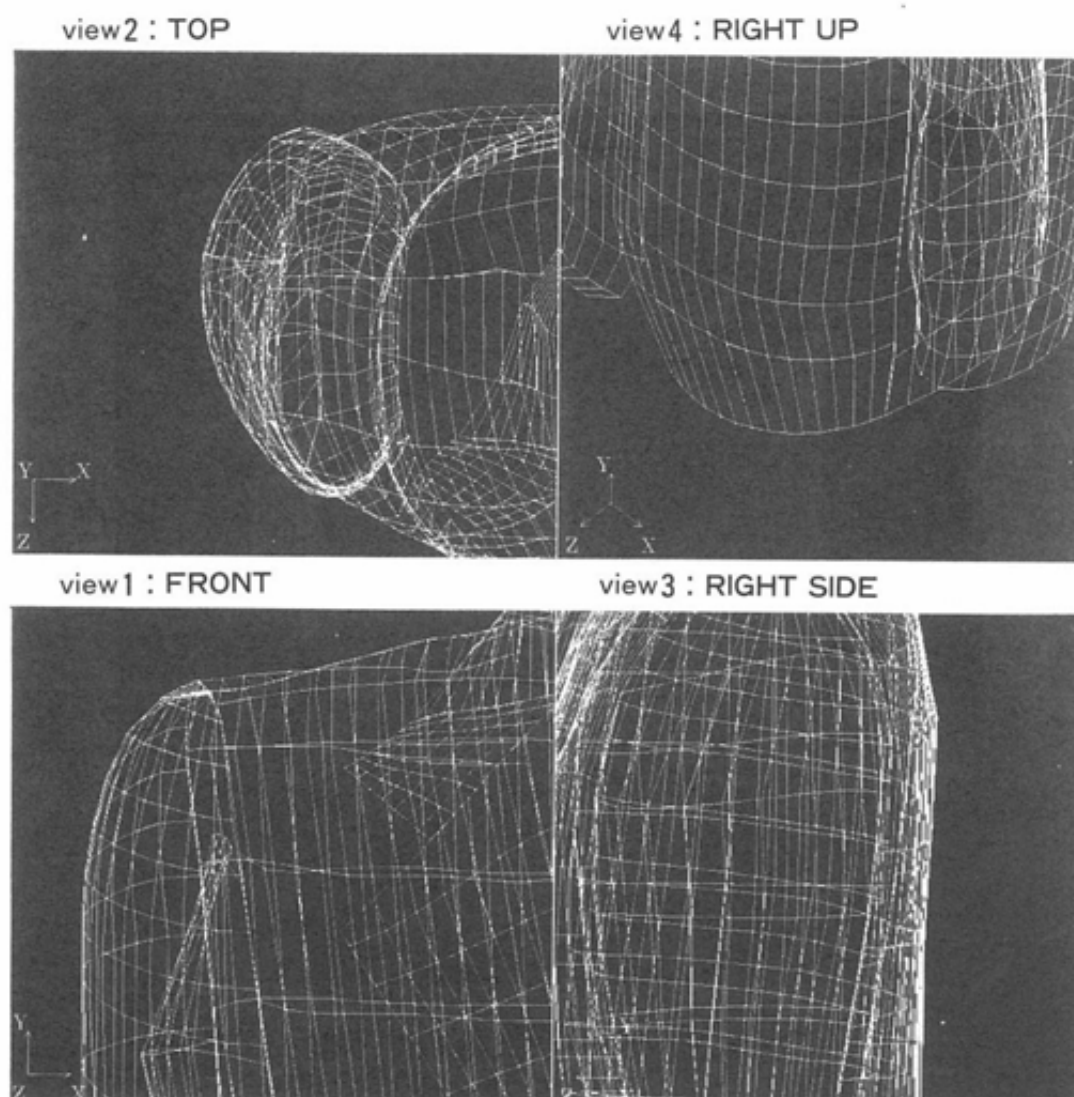


図9 部分的に分割数をかえた平滑化ワイヤーフレーム
袖上部及び衿先(細)・右肩前身頃(粗)・後身頃(中)に
平滑化の分割数をかえたワイヤーフレームを作成した結果

正する。

③各々の仮想面は、スプライン関数で滑らかに連続しているので、織柄を連続して自動的に3次元曲面にマッピングできる。

(3) 仮想面使用の有無により柄クズレ状態を比較した結果

なお、仮想面使用の有無による柄クズレ状態を比較した結果を次に示す。

①仮想面を使わない織柄マッピングの結果

- ・ワイヤーフレームの座標に直接柄をマッピングすると、曲面部分で柄が変形し、柄のつながり目が不連続となった。
- ・テイラードジャケットの平滑化ワイヤーフレームに直接織柄をマッピングした結果、

曲面の曲率と曲面の分割条件に比例してマッピングした織柄の形状が著しく変形した。すなわち、曲面が球に近い曲率である程、また、面の分割数が増えて曲面パッチの面積が小さくなるに従って、マッピングした柄の形状が著しく変化した。したがってこの方法では目的とする3次元シミュレーションは得られなかった。

この原因は、ワイヤーフレームを平滑化する際にスプライン変換した座標値が遠近感を強調する透視投影法で表現されるためである。

- ・ワイヤーフレームの頂点座標2点間の長さを等分割して平滑化する際に設定した分割

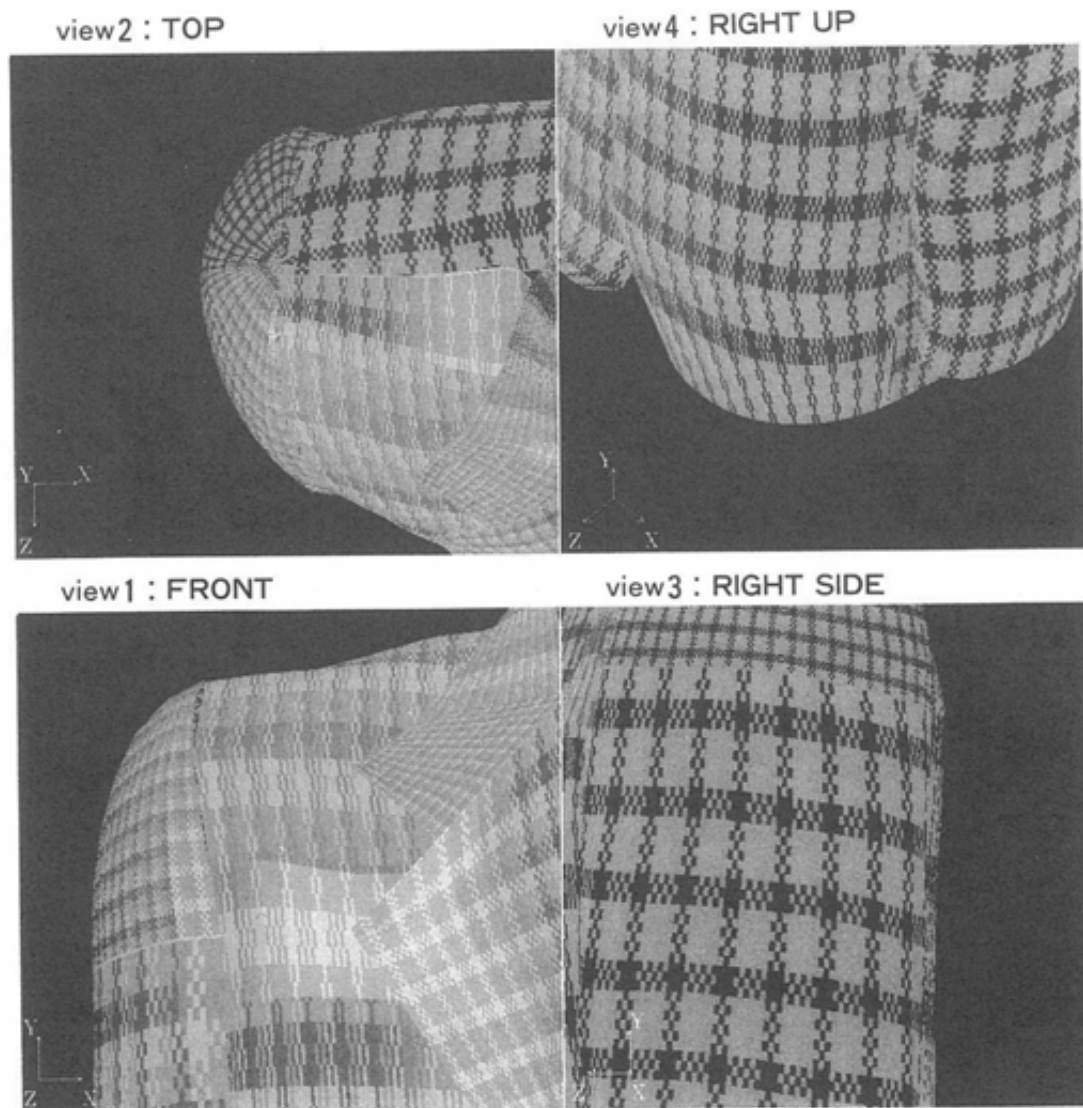


図10 部分的に分割数をかえた平滑化ワイヤーフレーム上に直接CADで作成した織柄をマッピングしたものを部分的に拡大した結果

数と、平滑化ワイヤーフレームに直接柄をマッピングした結果を図9及び図10と表2に示す。

表2 ワイヤーフレーム平滑化における分割数と織柄マッピング実行時間の比較

2点間の分割数	表現のリアリティ	実行時間(単位秒)
1	粗	497.2578 (1.0 倍)
2	普通	586.7642 (1.18倍)
4	精	735.9415 (1.48倍)

- ・この結果から分割数と織柄表現の精粗及び実行時間が比例することがわかった。これはワイヤーフレームの3次元座標と柄の2次元座標の対応を1:1としているためである。

②仮想面を使った織柄マッピングの結果

- ・テイラードジャケットの仮想面を336個作成し織柄をマッピングした。その結果、織柄を仮想面の曲面にマッピングしたときに柄クズレが生じなかった。この原因は、スプライン関数による曲面パッチの連続性が生かされているためである。また、マッピングを人手で行っていたため生ずる柄合わせの誤差がなくなった。
- ・仮想面を使って織柄をマッピングした結果、柄の大小による柄合わせへの影響はほとんどなかった。この原因は、仮想面の表示系に前述した平行投影法を用いているため、織柄の大小に関係なく柄の連続性が保たれ

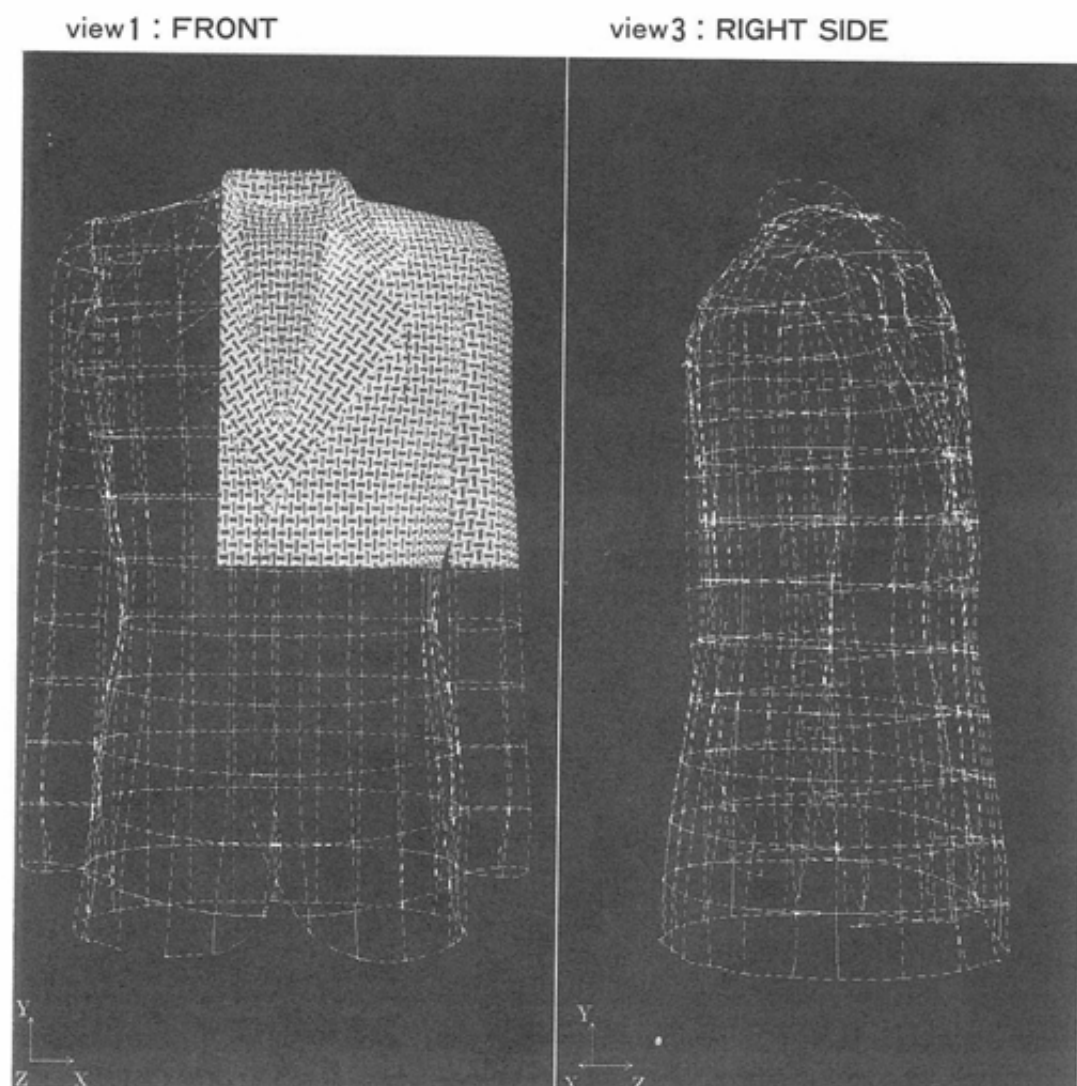


図11 仮想面の1部に織柄(大柄)をマッピングした結果

るためである。図 11 に仮想面の 1 部に大柄の織柄をマッピングしたものと、図 12 に図 8 の格子柄の織柄をマッピングした結果を示す。

③①と②を比較した結果

3 次元曲面に織柄をマッピングした外観効果を検討するため、仮想面を使わない方法と、仮想面を使用した方法を比較した。その結果、前者では曲面条件により柄の収束が生じたが、後者では織柄の柄クズレが生じなかった。この結果から、2 次元の織柄を柄クズレなくシミュレーションするには、平行投影法を用いた仮想面による方法が有効であることが明らかになった。

4-6 色彩等外観属性の設定

この研究では、シェーディング法と前述の柄マッピング法で織物の色彩と外観属性のシミュレーションを行った。3 次元モデルの織物表面の質感を表現するためにシェーディング手法を用い、織物柄の表現に柄マッピング手法を用いた。

(1) 色彩設定法

色彩の設定はカラーパレット法を用いた。カラーパレットの作成は、測色機で測定した見本色の XYZ 3 刺激値から CRT の RGB 値に変換した色彩値を色登録する方法で行った。

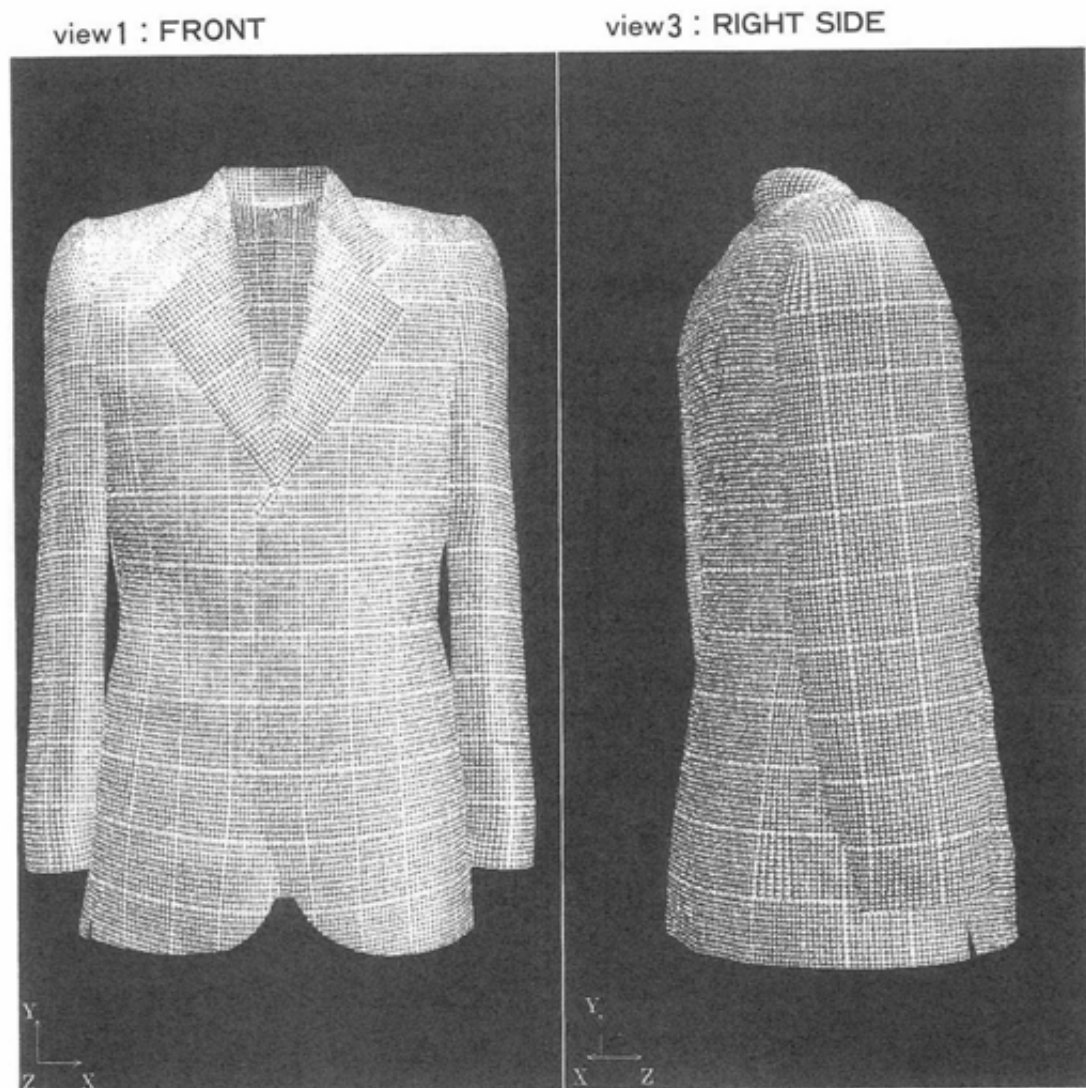


図12 仮想面への織柄連続自動マッピング実行結果 (小柄)

マッピング実行時間 (小柄)

view1: FRONT 4210.406250秒

view2: RIGHT SIDE 3747.062500秒

(2) シェーディング実行条件

①物体の表面の微妙な陰影や色の変化を表現するため、次の手順でシェーディングを行った。まず光源を選択し、光と物体の関係を各種反射条件で設定した。すなわち入射光に対して正反射方向に反射する光の割合を設定する鏡面反射率と、ハイライト効果を設定する鏡面反射精度の他、表面の明るさと色を設定する拡散反射率を決めた。反射条件等の設定値は参考文献1)に記した通りである。

②光源は、屋外自然光とし、物体の性質は不透明、描画方式はコンスタントシェーディング、標準表示精度として実行した。

4-7 シェーディング及び織柄マッピング 実行結果

(1) 実行時間

①図11及び図12に示す画像のシェーディング実行時間は表3の通りであった。

表3 柄の大きさを変えて織柄を連続自動マッピングした実行時間

柄の大きさ	VIEW番号	マッピング箇所	実行時間
大 柄	VIEW1	FRONT	9425.597656秒
	VIEW3	RIGHT SIDE	8106.406250秒
小 柄	VIEW1	FRONT	4210.406250秒
	VIEW3	RIGHT SIDE	3747.062500秒

②織柄マッピングはシェーディングよりも約2倍～3倍の実行時間がかかった。これは柄データの量が多いため、3次元画像に写像するデータの参照、演算に要する時間がシェーディングに比較してかかったためである。

・VIEWによる実行時間の比較では、VIEW1が、VIEW3に対して平均15%多く時間がかかった。柄の大小による実行時間の比較では、大柄が小柄よりも約2倍強の時間がかかった。表3の結果から、大柄

は小柄に対してVIEW1が2.23倍、同じくVIEW3で2.16倍の時間を要した。

これらの原因は、いずれも処理面積及び画面深度に比例して、計算が複雑になるためである。

6. ま と め

コンピュータグラフィックスを応用した三次元表現技術をアパレルデザインの外観シミュレーションに応用できるようにした。

この研究で以下のことが分かり、テイラードジャケットの3次元モデルにドビー織物を想定した織柄をマッピングして三次元デザインシミュレーションを行うことができた。

(1) 基本ワイヤーフレームの座標設定条件について

・先染め織物の柄を立体的に表現することについてワイヤーフレームを作成する前に基準とする座標値が等間隔であることが、マッピング結果の良否に大きく影響するため、計測モデルの正確な絶対座標値が必須条件であることが明らかになった。

(2) 仮想面の作成及び使用による効果について

①予め織柄マッピングに必要な柄変形データを付与した仮想面を用いることにより、柄を連続して自動的にマッピングすることができた。その結果、従来の人手による柄マッピングに比較して、画像作成に要する労力が軽減され、処理時間を大幅に短縮できた。

②仮想面を使用して、テイラードジャケットの3次元曲面で、織柄を柄の大きさに比例してシミュレーションすることができた。また、柄つなぎにおけるズレ及び柄の不自然な歪みを防止することができた。

(3) アパレルデザインの外観設計における3次元CADの適用効果について

この研究により、従来の二次元表現によるアパレルデザインの企画設計手法に比較して、3次元シミュレーションを被服デザインに応用することで、360°の視野から任意にシミュレーションすることができるようになった。

この研究から3次元CADを活用したアパレルデザイン企画設計の有用性が確認できた。

また、このような考え方が繊維工業で一般化すれば、短時間で質の高いアパレルデザインの創作を行うことができるようになると考えられる。

この研究に対して協力して戴いたシャープ株式会社に感謝します。

参考文献

1) 森：アパレルデザインにおけるパーツの三次元表現手法、テキスタイル&ファッション、VOL 9、NO 12、611-623(1993、3)

2) 森：コンピュータグラフィックスを応用した三次元アパレルデザインシミュレーション、テキスタイル&ファッション、VOL 9、NO 9、448-566(1992、12)

3) マクグネル・ダグラス社：三次元座標測定機3 DSPACE 取扱説明書

4) 東京婦人子供服工業組合：ジャケット縫製仕様(1990、11)

5) シャープ株式会社：3次元機械設計用CAD/CAMシステム・3Dインタラクティブモデラー取扱説明書

6) シャープ株式会社：3次元機械設計用CAD/CAMシステム・ドラフティングモジュール・ファンクションマニュアル

7) シャープ株式会社：デザインCAD/CAMシステム・3Dシミュレーション取扱説明書