

## 衣服形状の3次元デザインシステムに関する研究

薄井 優      吉田 典正†      北嶋 克寛†  
東京農工大学 大学院工学研究科  
†東京農工大学 工学部 コミュニケーション工学科  
〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16  
Email:{uma,norimasa,kitajima}@cc.tuat.ac.jp

直感的かつ対話的に衣服のデザインを行うことが可能な本来の意味でのアパレル CAD システムを目指したファッションデザイン支援システムを提案する。3次元 CG やモデリングといった知識を特に持たないデザイナーでも、衣服を3次元的にデザインすることのできるシステムが望まれる。本システムでは、基本となる衣服モデルに変形を加えることで衣服のデザインを進める。変形手法には、ガウス関数に基づく FFD (GFFD) を用い、各種変形操作についてその有効性を確認する。

## A Three Dimensional Fashion Design System

Masaru Usui, Norimasa Yoshida and Katsuhiro Kitajima  
Graduate School of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology  
† Department of Computer, Information and Communication Sciences,  
Tokyo University of Agriculture and Technokogy  
2-24-16 Naka-cho, Koganei-shi, Tokyo, 184-8588 Japan  
Email:{uma,norimasa,kitajima}@cc.tuat.ac.jp

Creating an interactive and intuitive fashion design system that arouses designer's creativity is a challenging problem. Ideally, computer-aided fashion design systems should be able to be used by designers, who do not have knowledge on computer graphics and 3-dimensional modeling. In our system, the design proceeds by deforming the fundamental models prepared beforehand. The deformations are based on Gaussian-Based Free Form Deformations. We confirmed that our system is effective in various kinds of deformations.

### 1 はじめに

現在、様々な分野において CAD (Computer Aided Design) 製品の開発が進められており、服飾の分野においてもアパレル CAD [1][2] と呼ばれるものが実用化されている。しかし、これらは、実際にはデザイン工程の支援を行うものではなく、製造に近い工程を支援するものがほとんどである。

本研究では、ファッションデザイナーが創造的なデザイン活動を行うプロセスを支援することを目的と

し、デザイナーが直接衣服を3次元的にデザインできるようなシステムの開発を行う。

### 2 本研究の基本的立場

#### 2.1 従来のアパレル CAD の問題点

衣服の製造工程は、(1) デザイン、(2) パターンメイキング、(3) グレーディング、(4) マーキング、(5) 裁断、(6) 縫製の6つの工程に分けることができるが、これらの工程のうち、従来の「アパレル

CAD」により支援されるのは、(2)の「パターンメイキング」から(5)の「裁断」までの工程である。これは、本来のデザイン工程である(1)の「デザイン」を支援するものではない。これが、上に述べた「製造支援に近い」ことの理由である。

それでは、デザイナーが行うべき(1)の「デザイン」の工程はどのように進められているかという点、ほとんど従来の方法と変わっていない。従来の方法とは、紙とペンを使ってデザイン画を描く方法のことである。もちろん最近では、紙とペンの代わりにタブレットやマウスを用いてデザイン画を作成するデザイナーもおり、そのためのCADも存在するが、基本的には2次元のデザイン画を描くという点では大きな差はない。

衣服は人間が着るものであるため、その形状は3次元的なものとなる。しかし、現在のデザイン画による方法では、2次元上にイメージを表現するだけであり、最終的に作成する形状を正確に表現することができない。これらのことから、現在のデザイン画によるデザイン法には、デザイナーとパターナーとの間にイメージのずれが生じたり、立体的な量感を正確に表現できないといった問題がある。

## 2.2 3次元的な衣服デザインの基本的な手法

これまでの布形状モデリングに関する研究は、幾何的手法と物理法則に基づく手法の2つに大別できる[3]。前者は、布の性質までは表現できないが、処理が高速であるという利点をもつ。それに対し、後者は、実際の布に近い表現が可能であるが、処理には非常に多くの時間を要する。

衣服のデザイン段階においては、布の性質の正確な表現よりも高速性や直感的な操作性が求められることから、本研究では、幾何的手法を用いて衣服モデルを表現する。

幾何的手法による変形操作の主なものとして、(1)「自由曲面を用いる方法」、(2)「自由形状変形(FFD) [4]を用いる方法」の2つの変形手法が考えられる。

前者は、自由曲面を用いて衣服モデルを作成し、そのまま制御点を操作することで曲面を変形するものである。しかし、2つの曲面を接続する際の連続性を保つことが容易ではないこと、変形が最初に指定される制御点の数や間隔に依存するため作成できる形状が限定されるなど、変形の柔軟性においていくつかの問題が存在する。

後者は、FFDを用いて衣服モデルを変形するもので、形状モデルに独立な変形手法であるため、衣服モデルは自由曲面やポリゴンモデルなど任意のモデルを用いることが可能である。しかし、任意の制御格子を用いたFFD[5]や対象物体の直接操作による変形を可能にしたもの[6]など、様々なFFDの手法が提案されているが、いずれもFFDを拡張するためにニュートン法や疑似逆行列の利用などの特殊な処理を必要としている。本研究では、変形を操作する操作点を自由に配置することができ、また変形の局所性を制御可能なガウス関数に基づくFFDを利用する。

## 3 ガウス関数に基づくFFD (GFFD)

本研究室では、柔軟かつ直感的な操作が可能なガウス関数に基づくFree-Form Deformation (GFFD)を独自に開発しており[7]、本研究では、この手法を用いた変形操作により衣服のデザインを進める。

対象モデルの埋め込まれる空間の座標系を $u, v, w$ 座標系とした場合、 $n$ 個の制御点 $V_1, V_2, \dots, V_{n-1}, V_n$ で定義されるGFFDは次の式で表される[7]。

$$P(u, v, w) = \sum_{i=1}^n W_i g_i(u, v, w) \quad (1)$$

$g_i(u, v, w)$ は $i$ 番目の基底関数であり、次のように定義される。

$$g_i(u, v, w) = \frac{W_i G_i(u, v, w)}{\sum_{j=1}^n W_j G_j(u, v, w)} \quad (2)$$

このとき、 $W_i$ は $i$ 番目の制御点の重みを表す。 $G_i(u, v, w)$ は $(u, v, w)$ を中心とする高さ1のガウス関数であり、次のように定義される。

$$G_i(u, v, w) = \exp\left\{-\left(\frac{(u-u_i)^2}{2\sigma_{i,u}^2} + \frac{(v-v_i)^2}{2\sigma_{i,v}^2} + \frac{(w-w_i)^2}{2\sigma_{i,w}^2}\right)\right\} \quad (3)$$

ここで、 $\sigma_{i,u}$ 、 $\sigma_{i,v}$ 、 $\sigma_{i,w}$ は、各軸方向の $i$ 番目のガウス関数の標準偏差である。このように、各軸方向ごとに標準偏差を設けることにより、各制御点の影響範囲を軸方向ごとに変えることが可能である。

また、対象モデル上の指定した点からその点を通過するような制御点を逆変換によって求めることにより、モデル上の点の直接操作が可能である。ここで指定する点を操作点と呼び、これら操作点と制御点是一对一対応であるため、操作点の数は自由に増

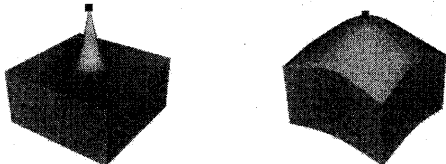
やすことが可能である。

次に本変形手法の特徴をまとめる。

- (1) 任意の位置に任意の数だけ操作点を配置できる。
- (2) 操作点の移動によって空間の変形が行われる。
- (3) 操作点は、与えられた移動量だけ移動するが、そのほかの点の移動量は、操作点の数に対応する数の連立方程式を解くことにより決められる。
- (4) ガウス関数の標準偏差の値を変えることにより変形の影響範囲を変えられる。

すなわち、任意の数の操作点を対象モデル上に配置し、それらを移動させることにより、それらに引っ張られるように形状全体を滑らかに変形させることが可能である。また、その際、各操作点に与える標準偏差や重みを変えることによって、形状の局所的な変形から大局的な変形までを使い分けることが可能である。

図1は、標準偏差の違いによる操作点の影響範囲の違いを表している。



(a) 標準偏差 小 (b) 標準偏差 大  
図1: 標準偏差の違いによる変形の違い

#### 4. 基本衣服モデルと人台

基本衣服モデルは、身ごろ部分 (Bodice)、袖部分 (Sleeve)、襟部分 (Collar) の3つのパーツの組合せて表現することとし、各パーツは、三角形で構成されたポリゴンモデルで作られる (図2参照)。

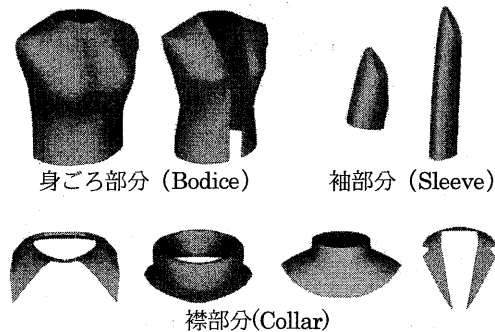


図2: 基本衣服モデル

また、人台に衣服モデルを着せることが可能であることから、人台にあった衣服のデザインが可能である (図3参照)。

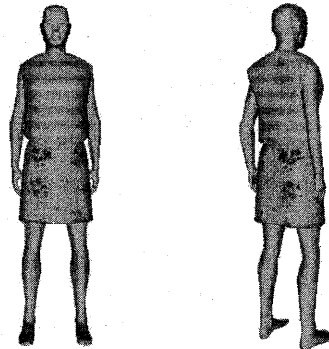


図3: 人台に着せた衣服モデル

#### 5 GFFDによる基本衣服モデルの変形操作

##### 5.1 操作点の基本操作による変形

操作点は、マウス (ペン) による簡単な操作で自由に配置、移動することができ、各軸方向ごとの標準偏差の設定も可能である。

図4に基本操作による衣服のデザイン例を示す。

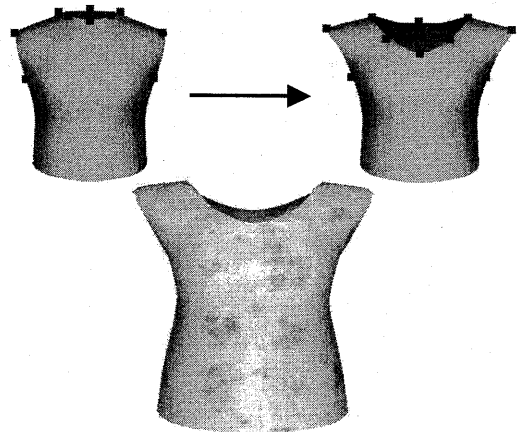


図4: 衣服のデザイン例

##### 5.2 操作点の自動配置による変形操作

GFFDは、基本的にモデル上の任意の頂点を一つ一つ選択して操作点を配置し、変形操作を行うものであるが、操作点の数が増加するにつれ、モデル上の頂点指定や標準偏差の設定などに多くの時間を費やすこととなる。そこで、操作点の自動配置を可能にした。また、自動配置された操作点群は、平面図上での操作が可能である。操作の概要を次に示す。

- (1) モデルの境界線上の頂点から境界線に沿って一定の間隔で操作点を配置する(図5の(a)参照)。
- (2) サブ・ウィンドウとして用意される平面図上に移動後の線を描きこむ(図5の(b)参照)。
- (3) 平面図上で描かれた線に沿って操作点群を移動する(図5の(c)参照)。
- (4) 各操作点の標準偏差を設定する。

これらは、サブ・ウィンドウ上での操作であることから、実際のモデルをメイン・ウィンドウで見ながらの操作が可能である。また、ここでは、各操作点のv軸方向(上下方向)の標準偏差を大きく設定することで、スカートのドレープ形状が作成される。

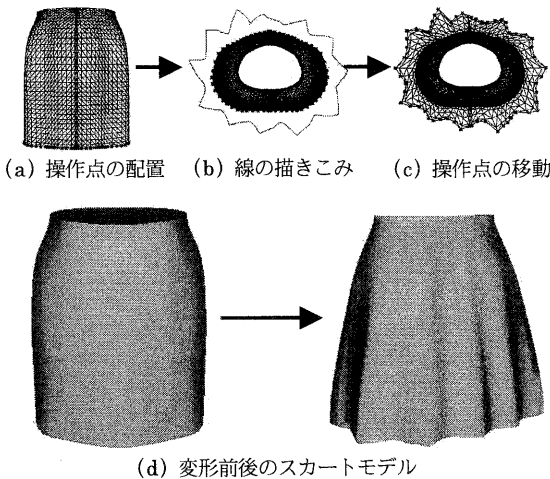


図5: スカートのドレープ形状の作成

### 5.3 操作点のグループ分けによる段階変形

GFFDによる変形操作では、基本的にモデル上に配置した全ての操作点が影響力をもつため、ある一つの操作点を操作して変形を行なう際に、他の操作点は全て不動点として影響を及ぼすことになる。しかし、変形させたくない部分には、このような特徴は有効であるが、ある段階では影響を及ぼさない操作点を用意することで、より直感的な変形が可能となる。そこで、各操作点ごとに、(ある変形の段階において)変形に用いる操作点(図6のグループA)と変形に用いない操作点(グループB)のどちらかを選択可能とした。変形に用いる操作点によってGFFDによる空間の変形が引き起こされモデルが変形される。変形に用いる操作点とは、移動する操作点及び不動操作点である。変形に用いられない操作

点は、変形に用いる操作点による空間の変形によって移動される点であり、これを追従する操作点と呼ぶ(図6参照)。

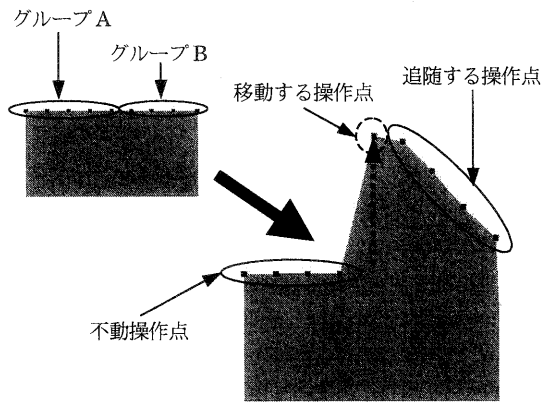


図6: 不動及び追従する操作点

この機能を利用した段階変形により、タートルネック形状を作成する。ここでは、操作グループを3つに分け、グループ番号ごとに操作点群を操作して変形を進める。操作の概要を次に示す。

- (1) 襟周り一周を1グループとして、操作点を3つのグループに分けて配置する(図7参照)。
- (2) グループ1の操作点群を上方向に移動して襟を持ち上げる(図8の(b)参照)。
- (3) グループ2の操作点群を外側方向に移動し、襟部分を広げる(図8の(c)参照)。
- (4) グループ3の操作点群を下方向に移動し、襟を折り返す(図8の(d)参照)。

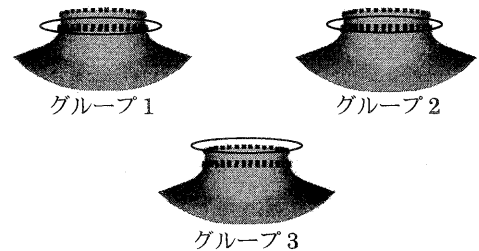


図7: グループ分けされた操作点群

本操作における各操作点グループは、操作前後でその性質が変わり、操作前は追従する操作点として、操作後は不動操作点として働く。これにより、形状の段階変形が可能となる。

図9に変形前と変形後の襟の形状を示す。

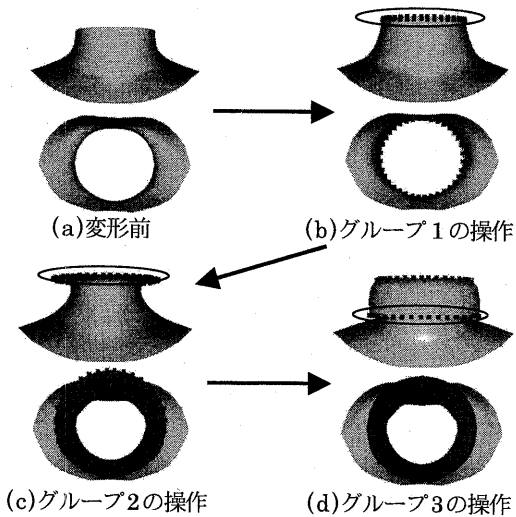


図 8：段階変形による操作の流れ

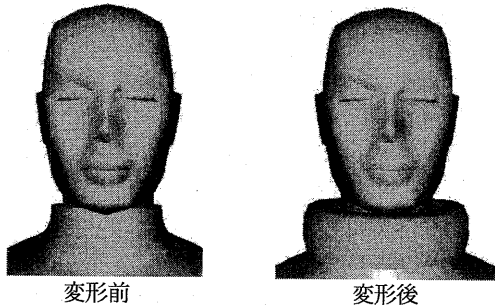


図 9：変形前後の襟の比較

#### 5.4 パーツ指定

GFFD では、各制御点の影響範囲を個々に設定可能なことから、ある程度は変形対象部分を指定することは可能である。しかし、影響範囲は、あくまでも操作点の位置で最大値をとるガウス関数に依存するため、袖を変形する際に身ごろ部分にまで影響が及ぶことがある。このような不具合を避けるために、変形対象を自由に選択可能とした。図 10 は、袖だけを変形対象とした場合の操作であり、袖の先端に存在する 1 つの操作点を用いて処理を行っている。

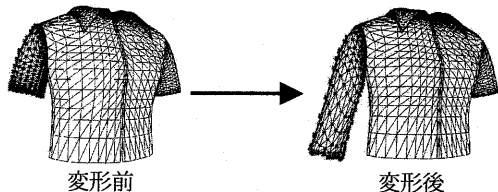


図 10：変形対象指定による変形操作

## 6 位相的な変形操作

衣服のデザインを進める上では、幾何的な変形操作に加え、位相的な変形操作も重要である[8]。基本衣服モデルに対する幾何的な変形操作だけでは、モデルの位相的な情報は変更されないため、衣服にスリットを入れたりモデルを部分的に削除するといった操作は行えない。そこで、そのような位相的な変形操作として、モデルを平面で分割し、その分割された部分のポリゴンを削除するようなツールを作成した。図 11 に部分的削除の例を示す。

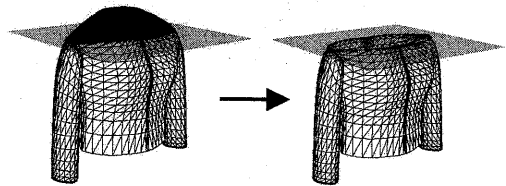


図 11：平面で分割された部分の削除

また、マウス（ペン）を用いてモデル上に切りだし線を描きこみ、指定された切りだし部をカットすることも可能とした。描きこまれた切りだし線が通過するポリゴンにおいては分割を行なうことでモデルを正確に二分する。切りだし部カットを衣服モデルに対して行なった例を図 12 に示す。これにより、GFFD による変形操作に加えて、より複雑な形状の表現が可能となる。

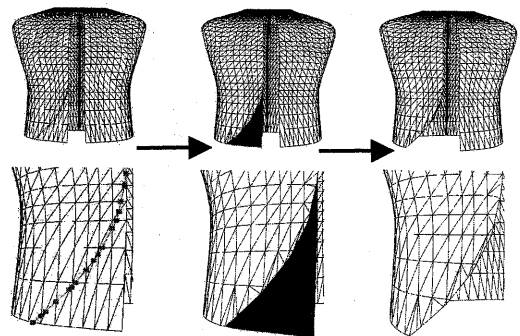


図 12：裾部分のカーブ表現

## 7 ポケット及びボタンの追加操作

衣服には、その用途やファッションイメージの違いから様々なデザインのものがあるが、そのような中にもポケットやボタンのついた衣服は多く存在す

る。本システムでは、衣服のデザインプロセスにおける一つの作業として、衣服モデルに対するポケット及びボタンの追加機能を提供する。

ポケットの追加操作では、前章で述べた切りだし操作により、サブ・ウィンドウ上でポケット形状を作成し、モデル上の追加場所を指定する。また、ボタンの追加操作も同様に、あらかじめ用意されたボタン形状の大きさ及び追加場所を指定する。図13はポケットの追加操作を、図14はボタンの追加操作をそれぞれ示している。

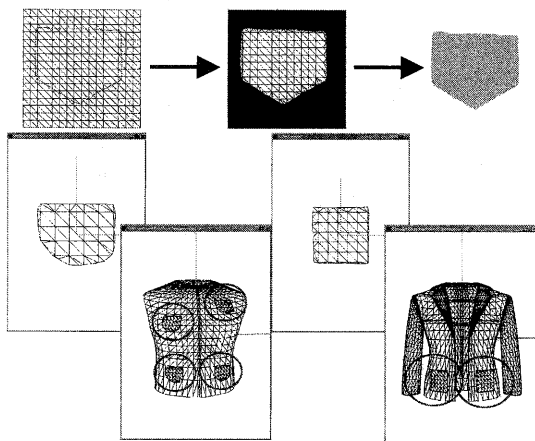


図13： ポケットの追加操作

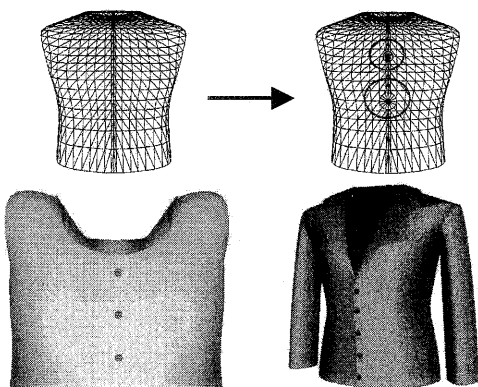


図14： ボタンの追加操作

## 8 おわりに

本研究では、衣服モデルに対するGFFDを用いた変形操作及び位相的な変形操作によるファッションデザイン支援システムを提案した。いくつかの変形操作を組み合わせることで、様々な衣服のデザインが可能となり、デザインのバリエーションを広げる

ことができた。

今後の課題として、デザイナーの要求にあったハイレベルなユーザインターフェースの実現が求められる。

## 謝 辞

本研究に関連し、貴重なご意見を頂いたデザイナーの近藤隆司氏に感謝の意を表する。

## 参考文献

- [1] H. Okabe, H. Imaoka, T. Tomiha, and H. Niwaya: "Three Dimensional Apparel CAD System", Computer Graphics, Vol.26, No.2, July 1992, pp.105-110.
- [2] T. Noma, K. Terai, and T. L. Kunii, "VIRGO A computer-aided apparel pattern-making system", Advanced Computer Graphics (Proceedings of Computer Graphics Tokyo'86), Springer-Verlag, 1986, pp.379-401.
- [3] Hing N. Ng and Richard L. Grimsdale: "Computer Graphics Techniques for Modeling Cloth", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.16, No.5, Sep. 1996, pp.28-41.
- [4] T. W. Sederberg and S. R. Parry: "Free-Form Deformation of Solid Geometric Models", Computer Graphics, Vol.20, No.4, Aug. 1986, pp.151-160.
- [5] S.Coquillart: "Extended Free-Form Deformation: A Sculpturing Tool for 3D Geometric Modeling", Computer Graphics, Vol.24, No.4, Aug. 1990, pp.187-193.
- [6] W. M. Hsu, J. F. Hughes, and H. Kaufman: "Direct Manipulation of Free-Form Deformations", Computer Graphics, Vol.26, No.2, July 1992, pp.177-184.
- [7] 吉田典正, 加納顕也, 北嶋克寛: ガウス関数に基づくFree-Form Deformation-対話的なモデル変形のための基礎理論-, 精密工学会誌, Vol. 65, No. 7, 1999, pp. 971-975.
- [8] 茂木重光, 劉挺, 森永久之, 北嶋克寛: ファッションデザイナー支援システムの開発, 1997年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.355-356.