

## Tシャツのリアルタイム仮想試着システム

田口 哲典<sup>†</sup> 青木 輝勝<sup>†</sup> 安田 浩<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 東京大学先端科学技術センター  
〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1

E-mail: {taguchi, aoki, yasuda}@mpeg.rcast.u-tokyo.ac.jp

### あらまし

現在、服をはじめとするファッションに関する情報が発信されている場所は店頭だけではなく、雑誌やカタログなどのメディアを利用している場合もしばしば見かけられる。また、今後ネットワーク環境の更なる普及にともない、実際の商品を見ることなしに服を購入する機会や選択肢が増えると考えられる。そこで、このように多様なファッションを楽しむために、また服を購入する際に、試着という行為の負担の軽減と服の選択肢の拡大を可能にするために、実際に試着を行うことなく、あたかも試着をしているような様子を鏡のように映すシステムとして、“MIRACLE”システムを、筆者らは考案した。

本稿では、“MIRACLE”システムのTシャツへの応用を考え、リアルタイムで実現可能な仮想試着アルゴリズムについて提案する。

**キーワード** “MIRACLE”システム, 仮想試着, リアルタイム画像処理, Tシャツ

## The Real-time Virtual Trying On system of a T-shirt

Akinori TAGUCHI<sup>†</sup>, Terumasa AOKI<sup>†</sup>, and Hiroshi YASUDA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Research Center for Advanced Science and Technology, the University of Tokyo  
4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo, 153-8904 Japan

E-mail: {taguchi, aoki, yasuda}@mpeg.rcast.u-tokyo.ac.jp

### Abstract

Now, the place where the information about fashions including dress is sent is often seen, not only a shop front but when media, such as a magazine and a catalog, are used. Moreover, it is thought that the opportunity and choice which purchase dress increase, without seeing actual goods with the further spread of network environment from now on. Then, we proposed the "MIRACLE" system as a system which projects like a mirror signs that it is trying on, without actually trying on, in order to enable mitigation of the burden of the act of fitting, and expansion of the choice of dress, when purchasing dress in order to enjoy various fashions.

In this paper, we propose the application to the T-shirt of the "MIRACLE" system and virtual fitting algorithm realizable on real time without restricting a motion of a user.

**Key words** “MIRACLE” system, virtual clothing, real-time image processing, T-shirt

## 1. はじめに

現在、服についての情報が発信されている場所は店頭だけではなく、雑誌やカタログなどのメディアを利用しているパターンもしばしば見かけられる。さらに、今後ネットワーク環境の更なる普及にともない、実際の商品を見ることなしに服を購入する機会が増える可能性もある。また、情報のデジタル化などからファッションについても今まで以上に簡単に情報の発信や収集が可能となっている。そのため、より多くの選択肢の中から自分に似合う服を探すことが可能となってきた。

そこで、服を購入する際に手助けをするシステムが必要となる。そのシステムにはユーザが多くの服の中から、すばやく簡単に効率よく選ぶことが求められる。実際に既製品である服を購入する際には、ある程度選択肢を絞って、その後に試着することで購入することが考えられる。そのときの選択肢としている服を着ているイメージを自分自身で作り出すことで選択肢を減らすことが可能となる。それは、その服が目のあるためにある程度正確にそのイメージを作り出せるためであり、その場がない服を購入する際には難しい。

したがって、選択肢や情報源が幅広くになっていることから、その場が無い服がデジタル化されている際に有効な仮想的に試着を行えるシステムが必要となる。そこで、実際に試着を行うことなく、あたかも試着をしているような様子を鏡のように映し出すシステムとして、“MIRACLE”システムを、筆者らは考案した[1]。このシステムは、デジタル処理が可能な仮想鏡を実現した。

一方、市販の服は莫大な種類（サイズやデザイン）があり、オーダーメイドまで考えると無限に近い。実際はそのすべてについてリアルタイムで試着可能なシステムは実現困難であり、服の種類の特徴によってそれぞれに個別の工夫が必要である。ここでは、そのデザイン柄が膨大な量であるTシャツに限定した仮想的な試着を行うシステムとして、“MIRACLE”システムを考える。

また、このシステムでは、試着室の鏡に変わるシステムであるため、着ていない服をあたかも着たような映像をリアルタイムで作成しなければならない。また、鏡と同様な効果を得るために、ユーザへの心理的や物理的な負担を、実際の鏡に近い程度でなければならない。そのため、ユーザの動き情報を特殊な機器を利用したモーションキャプチャから取得することや、ユーザの動作を制限することは望ましくない。

そこで本稿では、ユーザに負担をかけない仮想試着システムとしての“MIRACLE”システムの実現するための、Tシャツの柄を利用することで、Tシャツの形状変化を認識し、

仮想的な試着をリアルタイムで行うアルゴリズムについて提案する。

## 2. “MIRACLE”システムの仮想試着の特長

筆者らは、服を購入する際に、試着という行為の負担の軽減と着物柄の選択肢の拡大を可能にするために、実際に試着を行うことなく、あたかも試着をしているような様子を鏡のように映し出すシステムへの利用が可能なシステムとして、“MIRACLE”システムを、筆者らは考案した。

“MIRACLE”システムにおける仮想的な試着を実現するためには、リアルタイムな服のシミュレーションが行えなくてはならない。従来の研究では、人物の3次元計測を行って3次元人体モデルを作成し、服のシミュレーションを行い、そのあとで人物と服の衝突などを計算することなどを行ってきた([2]~[15])。

具体的には人物を関数や剛体などでモデル化したうえで、布をパネモデルなどでシミュレーションを行っていたが、“MIRACLE”システムでは、実際に着物を試着することで、着物のみをモデル化すればよい。また、従来の研究では3次元モデルであったが、実際に着物が動く様子が撮影可能であるため、カメラ1台で撮影された2次元のモデル化を行う。そのために、3次元モデルに比べて計算量を減らすことが可能であり、リアルタイム性を重視できる。

また、実際にユーザが仮想試着を行う服と同じ様な服を1着だけ試着するシステムにすることで、従来の研究の多くが目標としている正確な人体計測や布のシミュレーションが実際に画像のデータとして得ることができるため、その部分の計算が必要なくなる。

さらに、従来のように特殊な機器を利用するモーションキャプチャを行わないため、ユーザに対して負担を軽減することが可能である。

## 3. Tシャツの仮想試着

Tシャツの仮想試着をTシャツ中のある一部分をブロックとし、その領域の柄を変えることをTシャツの仮想試着とする。ユーザが実際にTシャツを試着し、その試着した実際の映像から仮想試着した映像を生成することとすることで、仮想的にTシャツの形状変化をシミュレーションする必要がなく、計算量を減らすことが可能となり、高速な処理が可能となる。

また、“MIRACLE”システムにおける仮想試着シミュレー

シヨンは、実際に着ているものと違うデザインの服を試着している様子をシミュレーションすることである。これにより、実際に既製品として存在する服のみではなく、まだ服として完成されていないものについても試着シミュレーションが可能である。そこで、その両方について対応するために、共通したアルゴリズムが必要となる。そこで、服を作成する際のもととなる生地を利用したアルゴリズムでなければならない。

ここでは、T シャツの仮想試着をリアルタイムで実現可能なアルゴリズムを述べる。

### 3.1 T シャツの仮想試着の流れ

T シャツの仮想試着をT シャツ中のある一部分をブロックとし、その領域の柄を変えることをT シャツの仮想試着とする。また、仮想的にはあるが試着を目的とすることから、試着を行うT シャツが画像全体に対してある程度の面積を占めるとし、その中の一部分の柄を変換するため、仮想的に柄を変換する領域が微小な領域ではないとする。

従来と同様に、ユーザが実際にT シャツを試着し、その試着した実際の映像から仮想試着した映像を生成することとするため、従来と同様の処理の流れになり、図 1 のようになる。

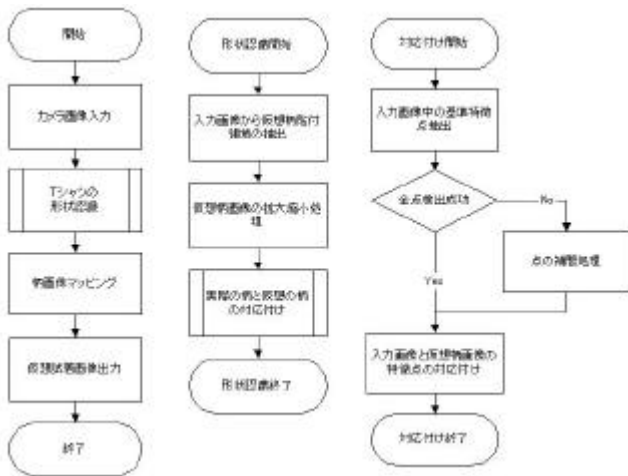


図 1 T シャツ仮想試着処理の流れ

以下では、その中でもリアルタイムで仮想試着を行うために重要な仮想柄の補正、形状変化認識、マッピング処理について具体的な処理を述べる。

### 3.2 仮想柄の大きさの補正

対応するパッチの大きさは、実際の入力画像中では撮影するカメラとユーザの距離によって大きさが変化してしまうため、仮想柄パッチの大きさを拡大縮小する必要がある。これまではパッチごとに大きさを判定し、拡大縮小を行っていた。しかし、パッチごとに大きさを変化させると、パッチの継ぎ目での連続性がなくなるため、柄を変える領域全体を一つとして仮想柄画像の大きさを変化させ、布の連続性を利用した

仮想試着が可能となる。

### 3.3 形状変化認識処理（その 1）

本来は、完成したT シャツとそのT シャツを作成する生地は、1対1で完全に対応するため、実際に試着するT シャツとその生地に対応点をわかりやすくするためには、試着するT シャツのすべての点またはパッチ領域が独立な色などの特性を持つことが望ましいが、実際にそのような色を用意することは難しい。そこで、T シャツの柄を利用することで、これに代わる対応関係を抽出し、その柄の対応関係からT シャツの形状変化を認識することとする。

ここでは、図 2 のようなすべて同色の点のみの柄とし、これらの点から形状認識を行う。

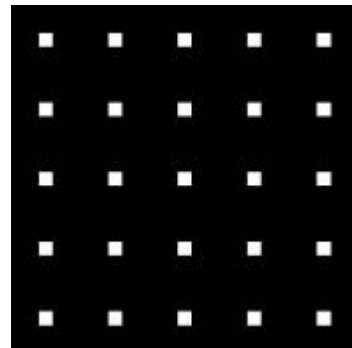


図 2 形状認識用 T シャツ柄

これは、特徴点となる点があまり動かないと仮定し、その仮定の上で、特徴点が画像中から抽出し検出した順番のどおりに割り当てていた。これは、ほとんど動きが無い場合は有効である。また、点の対応が間違えることもあるが、各点の相互の位置関係を利用しないため、高速で対応付けが可能であり、形状変化を認識することが可能である。

### 3.4 形状変化認識処理（その 2）

T シャツ自身の柄の形状変化を認識は、実際の柄と仮想試着を行う仮想の柄との対応関係がユーザの動きを制限せずに実現しなければならない。図 2 を利用した方式ではパッチの特徴点の対応について、それぞれの位置関係だけで推測していたため、動きを厳しく制限しなければ、しわや横を向いた際などに特徴点に対応させることができない。また、生地が重なった場合などにも対応できない。そこで、形状認識精度を高めつつ、ユーザの動きを制限しない方式が必要となる。ここでは、特徴点の位置関係の推測に色情報も利用することとする。これにより動きの制限を緩和することが可能となる。

対応点をわかりやすくするためには、このような 25 点では可能であるが、すべての点が独立な色特性を持つことが望ましいが、実際にそのような色を用意することは難しいため、ここでは、白以外の色を対角線上に配置した図 3 のような柄を利用する。

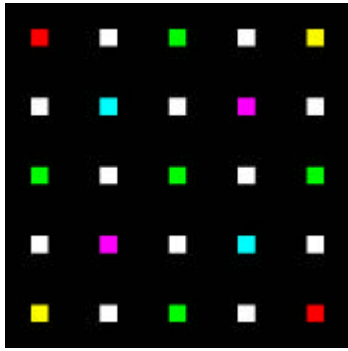


図 3 形状認識用 T シャツ柄

対角線的な配置は、例えば、左上の点と右下の点が変わることがないとの仮定やすべての点が独立な色特性を持つことが望ましいことから決定した。そのため、マッピングをする領域全体の重心を利用することで、同色の点について正確に認識を行うことが可能となる。

### 3.4.1 検出できない点の補間

マッピング領域の重心を利用することで柄の形状変化を認識することが可能となるが、さまざまな要因からすべての点を検出できないことが予想される。そこで、検出できなかった点について、補間を行う必要がある。

検出できなかった点を補間するために、検出した点を利用する。利用する検出した点の数が多ければ多いほど、検出できなかった点の位置の推測精度が向上するが、使用する情報が増えるため、リアルタイムで処理を行うことが難しくなってしまう。ここでは、検出できなかった点の上下左右の 4 点を利用し、その位置情報から位置の推測、補間を行う。

そこで、周囲の上下左右 4 点の検出状況から、

- (1) 4 点すべてが検出された場合
- (2) 3 点が検出された場合
- (3) 向かい合う 2 点（上下や左右）が検出された場合
- (4) 隣り合う 2 点（上と右など）が検出された場合
- (5) 1 点のみ検出された場合

と以上のように、補間方法を分類する。周囲の点も全く検出されていない点については、マッピング領域がカメラ入力画像中に収まっていない場合と同様と考え、補間を行わないこととする。また、端の点についてはもともと周囲の点が 4 点あるわけではないので、存在しない点については、その点を検出できなかったことと同様に処理を行う。

以下では、具体例を示しながらその補間処理について述べる。また、水平方向を x 軸、垂直方向を y 軸とする。

(1)では、図 4のように 4 点の重心を求め、その重心の座標を補間する点とする。

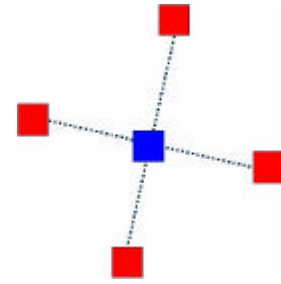


図 4 上下左右の 4 点での補間

(2)では、図 5のように左右の midpoint の x 軸座標と上の点の y 軸座標とする点を補間する点とする。また、他の 3 点の場合も同様の処理を行う。

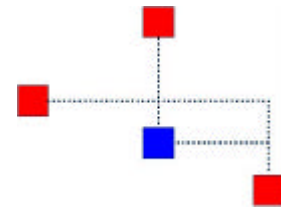


図 5 上左右の 3 点での補間

(3)では、図 6のように左右の点の midpoint を補間する点とする。上下では、上下の点の midpoint とする。

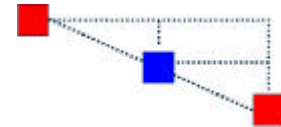


図 6 左右の 2 点での補間

(4)では、図 7のように右の点の x 軸座標と上の点の y 軸座標とする点を補間する点とする。また、他の 2 点の場合も同様の処理を行う。

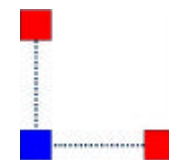


図 7 上右の 2 点での補間

(5)では、図 8のように、パッチの 1 辺の長さ分、垂直方向（下）に平行移動をした点を補間する点とする。また、他の場合も同様の処理を行う。



図 8 1 点での補間

### 3.4.2 補間の例外処理

補間をする際に、3.4.1で分類した補間処理では、補間が必要なすべての場合に対応できるわけでない。そこで、3.4.1で対応できない場合における補間処理が必要となる。

周囲の点も全く検出されていない点については、マッピン

グ領域がカメラ入力画像中に収まっていない場合と同様と考え、補間を行わないこととする。また、端の点についてはもともと周囲の点が4点あるわけではないので、存在しない点については、その点が検出できなかったことと同様に処理を行う。

ここでは、図9のようにパッチの1辺に相当する長さを平行移動し、マッピング領域の部分のみマッピングすることで、仮想的な補間を行う。

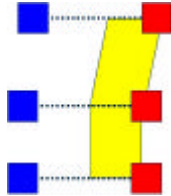


図9 補間の例外処理

### 3.5 仮想柄マッピング処理

3.2で仮想柄画像の大きさの補正処理を行った画像を3.4のようにして認識した形状変化に基づいて、Tシャツの仮想柄のマッピングを行う。

そこで、各パッチが柄の特徴点の4点を用いて、射影変換された面で定義される形状変化を起こしていると仮定した。アフィン変換であれば、各パッチのエッジが直線的になり、布という曲線的な変化を簡単に起こしてしまう特性についての表現として向いていないため、射影変換でパッチの形状変化の仮定を行った。

また、パッチを正方形の形状に固定し、射影変換の変換係数を求める際の計算を最小限に減らすことが可能となる。四角形 $ABCD$ が四角形 $A'B'C'D'$ に移る変換を考え、それぞれの変換の前後での座標の対応を以下のようにする。

$$\begin{aligned} A(0,0) &\mapsto A'(0,0) \\ B(1,0) &\mapsto B'(x_0, y_0) \\ C(1,1) &\mapsto C'(x_1, y_1) \\ D(0,1) &\mapsto D'(x_2, y_2) \end{aligned}$$

このとき、射影変換の式は

$$\begin{aligned} u &= \frac{(a+1)x_0x + (b+1)x_2y}{ax + by + 1} \\ v &= \frac{(a+1)y_0x + (b+1)y_2y}{ax + by + 1} \end{aligned}$$

ただし、

$$\begin{aligned} a &= \frac{(x_1 - x_0 - x_2)(y_2 - y_1) - (y_1 - y_0 - y_2)(x_2 - x_1)}{(x_0 - x_1)(y_2 - y_1) - (y_0 - y_1)(x_2 - x_1)} \\ b &= \frac{(x_1 - x_0 - x_2)(y_0 - y_1) - (y_1 - y_0 - y_2)(x_0 - x_1)}{(x_2 - x_1)(y_0 - y_1) - (y_2 - y_1)(x_0 - x_1)} \end{aligned}$$

と表すことができ、曲線的な変化を起こしているエッジについてマッピングが可能である(図10)。



図10 仮想柄射影変換

## 4. 評価実験

3章で提案したアルゴリズムは、Tシャツをリアルタイムで仮想試着可能とするアルゴリズムであった。そのため、実際にシステムを実装し、評価実験を行った。ユーザに対して動きを制限しないほうが望ましいため、実際に着るTシャツは、マッピング領域が黒の図3で示した柄のTシャツとして仮想試着を行った(図11)。

また、実際にシステムの評価を行うため、

- 黒領域中の色付けされた点を探索し、パッチ画像を貼り付けるモード
- Tシャツ黒領域中の色付けされた点を探索し、パッチ画像を貼り付けるモード
- Tシャツ黒領域の四隅を探索し、パッチ画像を貼り付けるモード

の3つのモードで実験を行った。Tシャツ領域は、Tシャツの試着(柄を見ることが目的)のため、最も注目する領域と考え、黒領域の一番面積が大きい領域とした。

一つのパッチしか扱わない(c)では、遅延を全く感じないマッピングが実現した。また、(a)や(b)についてもほぼ遅延を感じないリアルタイムでのマッピングが実現した。また、カメラからの距離が近い場合や入力画像にマッピング領域が収まらない場合には、(c)ではマッピングの荒さが目立ち、カメラからの距離がある程度離れると各モードでのマッピング結果の違いがわからない程度であった。



図 11 T シャツ仮想試着結果

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、“MIRACLE”システム実現のための、ユーザの動きの制限を緩和した、T シャツの柄を利用したリアルタイムで実現可能な仮想試着アルゴリズムを提案し、実装を行った。

また今後は、使用する T シャツの柄やアルゴリズムについての現システムの詳しい評価実験をし、さらなる高速化や高精度化を行う予定である。

## 文 献

- [1] 田口,青木,安田,“MIRACLE : 仮想鏡システムと着物試着への応用”, 信学ソサイエティ大会, 2002.
- [2] H. Okabe, H. Imaoka, T. Tomiha and H.Niwaya, “Three Dimensional Apparel CAD System,” Computer Graphics, pp.105-110, 1992.
- [3] H. NIYAMA, “Evaluation Technology of Clothing Comfortable,” J. of NIMC vol.7 no.5 pp.269-282, 1999.
- [4] I.A. Kakadiaris and D. Metaxas, “Three-dimensional human model acquisition from multiple views,” International Journal of Computer Vision, vol.30, no3, pp.191-218, 1998.
- [5] D. Baraff and A. Witkin, “Large Steps in Cloth Simulation,” Computer Graphics, SIGGRAPH 95 Conf. Proc., pp.43-54, 1998.
- [6] X. Dai, T. Furukawa, M. Takatera and Y. Shimizu, “Dynamic dress modeling based on geometric constraints,” Proc. of International Conference on Virtual Systems and MultiMedia, pp.190-202, 1999.
- [7] K. Tagawa, T. Kakimi, T. Ojika and R. Kijima, “A Method for Dynamic Cloth Simulation and its Application in the Virtual Fashion system,” Proceeding of VSMM'98.
- [8] 堤江美子, “人体の 3 次元形状解析と被服設計,” 計測と制御, 第 36 巻, 第 2 号, pp.84-88, 1997.
- [9] 黒川隆夫, “人体形状の計測・記述とその応用,” 計測と制御, 第 36 巻, 第 2 号, pp.77-83, 1997.
- [10] 今尾公二, 亀田能成, 美濃導彦, 池田克夫, “シルエット画像に基づいて個人体形を反映する 3 次元形状モデルの変形法—仮想試着室の実現に向けて,” 信学論 (D- ),

volJ82-D- , no.10 pp.1684-1692, 1999.

- [11] 今岡春樹, “アパレルにおけるメタボール人体モデル,” 計測と制御, 第 36 巻, 第 2 号, pp.89-94, 1997.
- [12] 星野准一, 斉藤啓史, “ビデオ映像と CG の合成によるヴァーチャルファッションの実現,” 情処論, Vol.42, No.5, pp.1182-1193, 2001.
- [13] 花里高宏, 筒口拳, 古川貴雄, 曾根原登, 清水義雄, “双 3 次 Bezier パッチの適応的分割を用いた衣服形状生成,” グラフィックスと CAD, pp.61-66, 1997.
- [14] K.S. Park and N.S. Lee, “A Three-dimensional Fourier Descriptor for Human Body Representation/Reconstruction from Serial Cross Sections,” Comp. and Biomed. Res., 125-140, 1986
- [15] M. Meissner and B. Eberhardt, “The Art of knitted Fabrics, Realistic & Physically Based Modeling Of Knitted Patterns,” EUROGRAPHICS '98, Vol.17, No.3, 1998