

体型を考慮した衣服画像の変形による 画像ベース仮想試着システム

山田 裕貴^{1,a)} 金森 由博^{1,b)} 三谷 純^{1,c)} 福井 幸男^{1,d)}

概要：衣服のオンラインショッピングにおいて試着を再現するための画像ベース仮想試着システムを提案する。本システムの入力にはファッションモデルと試着を行う顧客の全身画像である。衣服画像はファッションモデルが着用した画像から衣服部分を切り抜いて作成する。単純に画像を重ねて合成すると、衣服の形状が顧客の体型に適合しないため、違和感のある試着結果となってしまう。そこで本研究では、人物の体型に基づいて衣服画像を変形する手法を提案する。試着する衣服を着用したモデルと仮想試着を行う顧客の体型を推定することで衣服画像を体型に合わせて変形させ、現実に近い試着結果を提示する。体型は人体の輪郭から自動的に推定され、必要に応じて簡単に修正することができる。さらに、既存手法による顔領域を参照した色補正と、試着した衣服画像の裏からはみ出した部分を修正する手法を組み合わせ、より実際の試着に近い仮想試着結果を提示する。

1. はじめに

衣服のオンラインショッピングの利用者は近年増加傾向にあり、自宅にいながら手軽に買い物を楽しむ手段として広く普及している。一方で、実際の店舗での買い物と違い、商品の実物を手に取ることができないため、試着ができないという問題がある。試着は衣服の購入に際して重要な判断基準となるため、オンラインショッピングの普及を妨げる理由の一つとされている。そこで、オンライン上で試着を仮想的に実現する、仮想試着システムが提案されている。例えば仮想試着のオンラインサービスである AWASEBA[1] は、登録した顧客の全身画像（以下、顧客画像）にカタログ中の衣服の画像（以下、衣服画像）を合成することで、実際に着用したかのような画像（以下、仮想試着画像）を提示する。このように、入力した顧客画像と衣服画像を合成することで仮想試着画像を生成するシステムを、本稿では画像ベース仮想試着システムと呼ぶ。

画像ベース仮想試着システムによる結果は、単純な合成では図1右のように不自然な結果になることが多い。不自然さの原因としては、合成する画像同士の明るさの違いなどがあげられる [2] が、特に衣服画像が顧客の体に合っ



図1 単純な重ねあわせによる仮想試着画像。左から、衣服画像、顧客画像、仮想試着結果。衣服画像を顧客画像に重ねただけでは身体に衣服が合わずに不自然な結果になる。

ていないということが、衣服画像の合成においては違和感の大きな原因のひとつとなる。図1右のように、腕や足の位置に衣服が合っていない場合や、胴体の太さに衣服が一致していないような場合、仮想試着画像は不自然なものになってしまう。そこで本研究では、画像ベース仮想試着における結果画像の不自然さを抑制するために、人物の体型に基づいて衣服画像を変形する手法を提案する。試着する衣服画像は、モデルとなる人物が着用した状態で撮影した画像から切り抜いて作成する。試着する衣服を着用したモデルと仮想試着を行う顧客の体型を推定することで衣服画像を体型に合わせて変形させ、現実に近い試着結果を提示する手法を提案する。体型は人体の輪郭から自動的に推定され、必要に応じて簡単に修正することができる。さらに、廣瀬らによる手法 [2] と組み合わせ、明るさの調整されない顧客画像を衣服画像に合うように自動で色補正を行うことで、仮想試着画像の違和感を低減させる。また、同じ

¹ 筑波大学
University of Tsukuba, Tennodai, Ibaraki, 1-1-1, Japan
a) yamada@npal.cs.tsukuba.ac.jp
b) kanamori@cs.tsukuba.ac.jp
c) mitani@cs.tsukuba.ac.jp
d) fukui@cs.tsukuba.ac.jp

研究による、合成した衣服画像の裏側からはみ出した部分を局所的に変形する手法を用いて、実際に着用した状態に近い自然な仮想試着画像を得ることができる。

2. 関連研究

仮想試着に関連する研究について述べる。既存手法は大きく分けると、3D 人体モデルを使い衣服の変形をシミュレーションする手法と、2次元画像を用いる画像ベースの手法の2つに分けられる。

2.1 3D 人体モデルベースの手法

3D 人体モデルを使う手法は、衣服の物理的な動きをシミュレーションすることで、衣服の複雑な変形やしわのでき方を表現することができるため、現実に近い仮想試着結果を得ることができる。

Wang らは、衣服を着用した 3D 人体モデルにおいて現実に近いしわのリアルタイムアニメーションを実現する手法を提案した [3]。複雑な衣服のしわをリアルタイムに計算するために、前計算で詳細なしわのでき方を計算し、その結果とリアルタイムで計算される大まかなしわのでき方を合成した。Guan らはさまざまな体型の 3D 人体モデルに対して、衣服を着用した人体モデルをシミュレーションにより生成し、そのデータベースを学習データとする機械学習によって、リアルな衣服の 3D アニメーションを生成した [4]。

3D 人体モデルを使う手法は現実に近い結果を得ることができる反面、3D 人体モデルや 3D 衣服モデルを用意するのは手間がかかり、衣服の種類を増やすのが容易でない。

2.2 2次元画像ベースの手法

2次元画像を用いた仮想試着の関連研究について説明する。3D 人体モデルを使う手法に対して、2次元画像に基づく手法は、入力が画像であり、収集が比較的容易である。

Zhou らはデブスカメラで撮影された人物の骨格情報を利用して、ユーザのポーズに合わせた衣服を表示する仮想試着手法を提案した [5]。Zhou らの手法では、試着に使用する衣服を着用した人物がさまざまなポーズをとった動画を Kinect で事前撮影することによって、さまざまなポーズで着用した衣服画像の集合と、Kinect を用いて取得した骨格情報を対応づけたデータが得られる。試着の際は、対象となる人物の骨格に対応する衣服画像を重ね合わせて表示することで、仮想試着を実現する。Hilsmann らは着用した人物のポーズによって変わる衣服の形状やしわを、衣服を着用して様々なポーズで撮影したデータから補間して出力する手法を提案した [6]。この手法も、実際の衣服を着た状態でさまざまなポーズをとった画像を使用する。どちらの手法も衣服の変形をあらかじめ撮影したデータから生成するため、それらしく変形した衣服画像を得ることがで

きるが、実際に着用した状態で様々なポーズをとって撮影した衣服画像を何枚も用意する必要がある。これは、多数の衣服を扱うオンラインショップにおいては、衣服ごとに必要なデータを用意する時間がかかりすぎて実用的ではない。これに対して提案手法では、1着の衣服データを作成するために1枚の2次元画像のみを入力とすることで、事前準備の負担を少なくすることができる。

3. 提案システム

この節では提案システムについて述べる。まず、システム全体の流れについて説明した後、衣服画像の変形の仕方を決定するための体型輪郭モデルについて説明する。次に、体型輪郭モデルをもとに衣服画像を変形させる手法について説明した後、既存手法 [2] と組み合わせた結果を示す。

3.1 提案システムの流れ

図 2 に提案システムの流れを示す。提案システムの入力は、試着に使用する衣服を着用したファッションモデルの全身画像(以下、モデル画像)と顧客画像である。まず入力画像の人体の輪郭から、後述する方法で体型輪郭モデルを推定する。推定した体型輪郭モデルは必要に応じてユーザ入力を加えて修正する。次に、試着する衣服の体型輪郭モデルと、顧客側の体型輪郭モデルから衣服の変形の仕方を決定し、顧客の体型に合うように衣服画像を変形する。合成する衣服画像の位置を顧客が調整して、仮想試着画像が出力される。提案手法に加えて、既存手法 [2] を用いて顧客画像の明るさを補正する処理と、はみ出し修正処理を加えることで、より自然な仮想試着結果を得ることができる。

3.2 体型輪郭モデル

人物のポーズや形状を画像から推定する手法は多く存在する [7]。シンプルな2次元の体型を推定する手法 [8] では大まかな骨格形状を推定することができるが、身体の輪郭形状を表すものではないので本手法で必要とする体型を求めるには十分でない。人物の3次元形状を得る手法 [9]、[10] は詳細な形状を得ることができるが、パラメトリックな 3D 人体モデル [11] を用意する必要があるなど、複雑な計算を要する。Guan ら [12] や Freifeld ら [13] の推定手法は2次元画像中の人物の輪郭形状を推定することができる。この手法は、様々なポーズの人物に対応するためにパラメトリックな 2D 人体モデルを使用している。一方、提案システムにおいては入力画像の人物のポーズは、身体の輪郭線を重なりなく抽出するために手足を軽く開いた状態に限定する。そこで、本研究では提案システムに特化した2次元形状モデルである体型輪郭モデルを提案し、より少ない計算量で人物の体型を推定する。体型輪郭モデルは、図 3 に示すような体型特徴点と体型特徴エッジからなる2次元形状で、人体の大まかな輪郭を表す。この体型輪

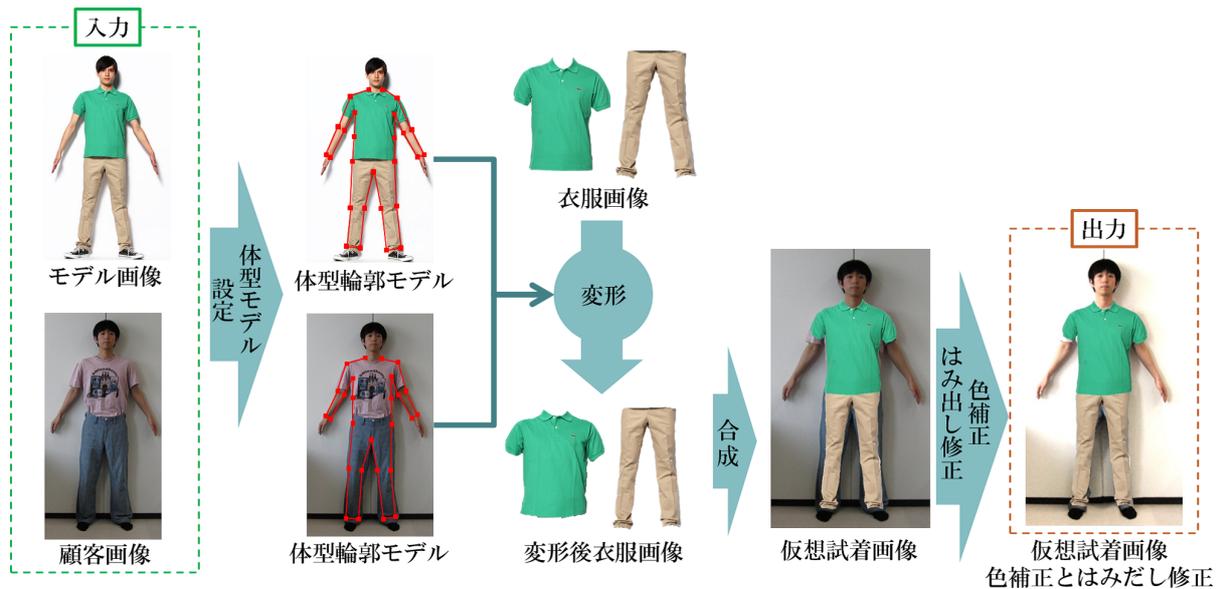


図2 提案システムの流れ。まず、モデルおよび顧客の体型輪郭モデルを推定する。モデル画像から切り出した衣服画像を、推定した体型輪郭モデルを元に顧客の体型に合うように変形し、顧客画像と合成することで仮想試着画像を出力する。仮想試着画像は既存手法の色補正とはみ出し修正によって、より自然な結果になる。

郭モデルを、モデル画像と顧客画像の両方で設定する。体型輪郭モデルを設定することで、モデル側から顧客側への体型の変化を計算でき、それを衣服画像変形に利用することで体型に合わせて衣服画像を変形できる。

体型特徴点の数を決めるにあたり、数が多いとより正確な衣服画像変形を行うことができるが、代わりに自動推定と修正作業が難しくなる。そこで、使用する点の数を変えて衣服画像の変形結果を確かめる実験を行った。この実験によって、一定数より点の数を増やしても、衣服画像変形の結果は見た目には違いの分かるほど変化しないことが分かった。また、一定数より点の数を減らすと、手足の開き方や関節の曲がり方によって衣服画像が変形後にうまく体型に合わない場合があることが分かった。実験の結果から、十分な衣服画像の変形が可能な最小限の点として、図3の p_0 p_{26} に示す、首、肩、腕、手首、脇、胴体、腰、脚、足首の左右と股の1点からなる27点を選択した。

3.2.1 ヒューリスティックな方法による体型推定

提案システムにおいて、画像中の人体のポーズは3.2節で述べたように両手両足を軽く開いて伸ばした状態であるものとする(図3)。人体の輪郭形状は個人差があるものの、おおむね似た形状になるので、体型輪郭モデルの27点の体型特徴点は人体のパーツの長さの割合からある程度求めることができると考えられる。例えば、腕の関節の位置は肩から手の先までの三分の一くらいの位置にあると予測できる。以下、体型輪郭モデルをヒューリスティックに推定する方法について説明する。

まず、人物の輪郭を M 点で等間隔にサンプリングする。

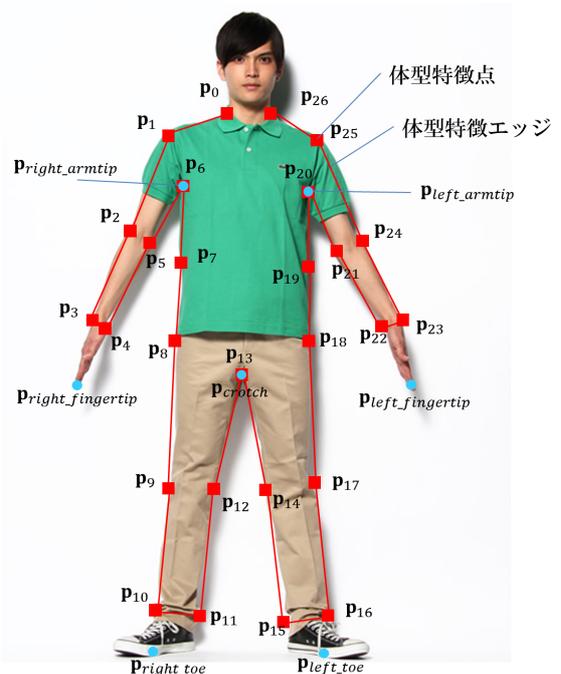


図3 体型輪郭モデル。体型輪郭モデルは p_0 p_{26} の27の体型特徴点(赤い四角)とそれらをつなぐ体型特徴エッジからなる2次元形状である。青色の丸は体型特徴点を決めるための基準点である。

本稿では $M = 200$ という値を用いた。この輪郭線上の点(以下、輪郭点)のうち、一番上にある点(y 座標最大の点)を頭頂部点 v_0 とし、左回りに $v_i = (x_i, y_i)$ ($i = 0, 1, \dots, M-1$) とする。さらに、輪郭点 v_i が隣接する頂点 v_{i-1} および v_{i+1} となす角を $\theta_i \in [0, 2\pi]$ (左回りを正) とする。求める体型特徴点を p_0, p_1, \dots, p_{26} とする。最終的に、図3のよ

右半身		P	A	B	PA : PB	
腕	p ₂	肩	p ₁	手の先	p _{right_fingertip}	1 : 2
手首	p ₃	腕	p ₂	手の先	p _{right_fingertip}	2 : 1
腰	p ₈	脇	p ₆	足の先	p _{right_toe}	1 : 2
胴体	p ₇	脇	p ₆	腰	p ₈	1 : 1
脚	p ₉	腰	p ₈	足の先	p _{right_toe}	2 : 1
足首	p ₁₀	脚	p ₉	足の先	p _{right_toe}	2 : 1

左半身		P	A	B	PA : PB	
腕	p ₂₄	肩	p ₂₅	手の先	p _{left_fingertip}	1 : 2
手首	p ₂₃	腕	p ₂₄	手の先	p _{left_fingertip}	2 : 1
腰	p ₁₈	脇	p ₂₀	足の先	p _{left_toe}	1 : 2
胴体	p ₁₉	脇	p ₂₀	腰	p ₁₈	1 : 1
脚	p ₁₇	腰	p ₁₈	足の先	p _{right_toe}	2 : 1
足首	p ₁₆	脚	p ₁₇	足の先	p _{right_toe}	2 : 1

図4 体型特徴点を求める割合。求める体型特徴点 P を、点 A までの輪郭上の距離 PA と点 B までの輪郭上の距離 PB の割合から求める。図左は右腕の体型特徴点 p_2 を求める例。肩の体型特徴点 p_1 を点 A とし、手の先の基準点 $p_{right_fingertip}$ を点 B としたとき、 $PA : PB = 1 : 2$ という割合で求まる。図左の四角い点は体型特徴点、丸い点は特徴点を表し、水色の線は輪郭線を表す。

うな体型特徴点を求めることが目的である。

首と肩の点の探索

首および肩の点は、頭頂部点 v_0 から輪郭点を一定数辿った際の、角度 θ_i の極大・極小値を与える点として抽出する。

左側の首の点 p_0 は、 v_0 から左回りに l 点辿った範囲で、角度 θ_i が極小になる点とする。実験では $l = 10$ とした。続いて左側の肩の点 p_1 は p_0 から左回りに m 点辿った範囲で角度 θ_i が極大となる点とする。実験では $m = 10$ とした。首および肩の右側の点 p_{26} および p_{25} については、 v_0 から右回りに、同様の探索を行う。

手の先や脇などの探索

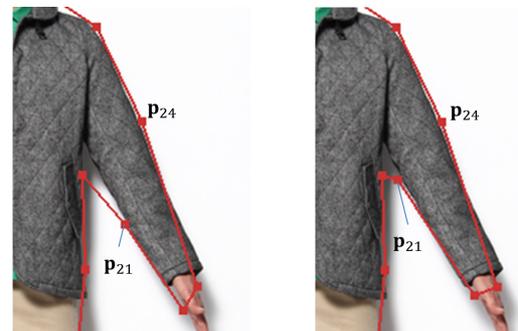
次に、輪郭点の中で手の先や脇などを、 y 成分の反転によって検出する。これらの点は、長さの割合で体型特徴点を求める際の基準とするために利用するので、以降この点を基準点と呼ぶ。ただし頭頂部の点は基準としては使用しないので除外する。基準点として図3のような、左右の手の先、脇、足の先と、股という7点を得ることができる。左右の手の先を $p_{left_fingertip}$, $p_{right_fingertip}$ 、左右の脇を p_{left_armpit} , p_{right_armpit} 、左右の足の先を p_{left_toe} , p_{right_toe} 、股を p_{crotch} とする。

脇の体型特徴点 p_6 , p_{20} と股の体型特徴点 p_{13} は選択した基準点から、脇については $p_6 = p_{right_armpit}$ 、 $p_{20} = p_{left_armpit}$ として、股については $p_{13} = p_{crotch}$ として求める。腕や腹といった残りの体型特徴点は、選択した基準点と肩の点を使い、ある点からある点までのサンプリング数の割合から選択する。各体型特徴点を求める割合は図4のようになる。

腕や脚の部分における内側の点は、これまでに求められた外側の点からみて輪郭の反対側にあると考えられるので、図5のように割合ではなく外側の点の位置を元にして

表1 内側の体型輪郭点と外側の体型輪郭点の組み合わせ。

点の位置	右半身		左半身	
	内側の点	外側の点	内側の点	外側の点
腕	p ₅	p ₂	p ₂₁	p ₂₄
手首	p ₄	p ₃	p ₂₂	p ₂₃
脚	p ₁₂	p ₉	p ₁₄	p ₁₇
足首	p ₁₁	p ₁₀	p ₁₅	p ₁₆



(a) 体型特徴点 p_{21} を割合で推定 (b) 体型特徴点 p_{21} を外側の点 p_{24} から推定

図5 腕の体型特徴点 p_{21} を、(a) 長さの割合で求めた場合、(b) 外側の点 p_{24} から求めた場合。(b) のように外側の点から求めることでより正確に推定できる。(b) では手首の内側の点も外側の点から求めているが、より正確に推定できている。

求める方が、前後の点の推定結果の影響受けないため、より正確な位置が求まる。腕、手首、脚、足首の内側の点はそれぞれの外側の点に最も近く、法線が反対向きの点を内側の点として選択する。内側の点と外側の点の組み合わせは表1に示す。

ここまで述べた方法で体型輪郭モデルを推定した結果を図6に示す。輪郭の長さの割合は、個人による差やポーズの微妙な違いによって推定結果が正しくない場合が多い。図6(b)のように、足首の体型特徴点は、足の向きや方向によって輪郭の長さが大きく変化するため推定が難しい。図6(e)のように、スカートなど股の部分が輪郭に現れない服装をしている場合は股の体型特徴点が正しく推定できない。また、図6(d)のように髪型などでも輪郭の形は変わり、頭頂部点から首・肩の体型特徴点を求めるための探索範囲の中に正しい首と肩の点が存在せず、首・肩の体型特徴点の推定に失敗する場合がある。そこで、提案システムでは推定結果を初期値としてユーザが点を移動することで修正を加えることとした。ユーザ入力によって、推定で得られた体型輪郭モデルの体型特徴点をマウスドラッグで操作して、正しい位置に移動させることで最終的な体型輪郭モデルを生成する。この修正はおよそ1分程度の簡単なものである。

3.3 衣服画像変形

推定した体型輪郭モデルを用いて、衣服画像を顧客の体型に合うように変形させる。衣服画像の変形は Weng らの

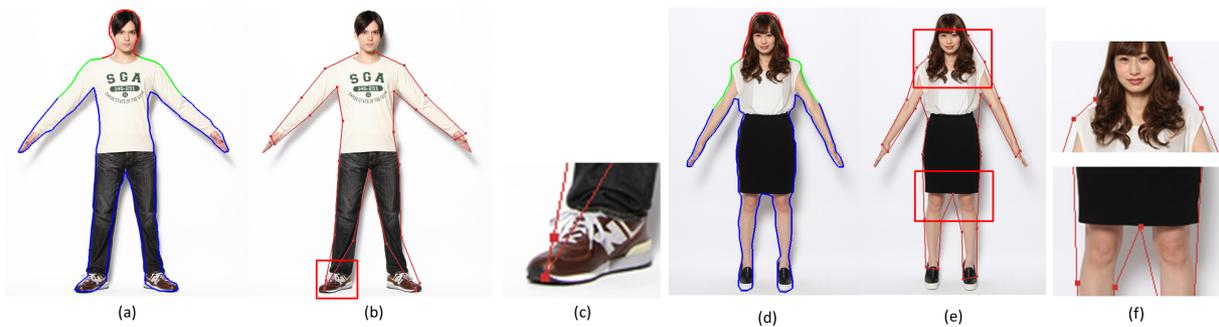


図6 体型輪郭モデルの推定結果．2種類の結果についてそれぞれ，(a)(d)抽出した輪郭線，(b)(e)推定した体型輪郭モデル，(c)(f)体型輪郭モデルの推定がうまくいかない部分．(a)(d)の赤い線は首の体型特徴点を求める探索範囲を，緑の線は肩の体型特徴点を求める探索範囲を示す．(c)(f)は(b)(e)で赤く囲んだ部分を拡大したものである．

2次元メッシュ変形手法 [14] を用いた．Weng らの手法では，三角形メッシュに分割した画像に制御点を設定し最適化計算により，歪みの少ない形状変形を行うことができる．本研究では，制御点をモデルと顧客の体型輪郭モデルから自動的に設定する方法を提案する．まず，変形する衣服画像を三角形メッシュに分割する．できるだけ均一なメッシュに分割することが望ましい [14] ので，メッシュ分割には制約付きドロネー三角形分割を用いた．衣服画像の輪郭を 100 点サンプリングし，これを制約として制約付きドロネー三角形分割を行うことによって，均等な三角形メッシュに分割することができる．

3.3.1 制御点の自動設定

Weng らの手法を適用するために，変形を定めるための入力として，メッシュ上の適切な点を制御点として移動先を指定する必要がある．本研究では，モデルと顧客の体型輪郭モデルから制御点を自動的に設定する方法を提案する．

制御点の設定方法の模式図を図 7 に示す．ここで，モデル側の体型輪郭モデルの体型特徴点を p_n^s ，顧客側の体型輪郭モデルの体型特徴点を p_n^t とする．制御点とするメッシュ頂点 m_j^s は，体型輪郭モデルの体型特徴エッジごとに計算され，体型特徴エッジから一定距離内にあるメッシュ頂点を制御点として設定する．

ここで，制御点 m_j^s の移動先を m_j^t とする． m_j^t はモデル側の体型特徴点から顧客側の体型特徴点に向かうベクトル $w_n = p_n^t - p_n^s$ と $w_{n+1} = p_{n+1}^t - p_{n+1}^s$ の線形和で計算され，次の式で表される．

$$m_j^t = m_j^s + (1 - \alpha)w_n + \alpha w_{n+1}$$

$$\alpha = \frac{(p_{n+1}^s - p_n^s) \cdot (m_j^s - p_n^s)}{|p_{n+1}^s - p_n^s|^2} \quad (1)$$

なお，同じメッシュ頂点が複数の体型特徴エッジによって制御点として選ばれる場合は，距離の近い体型特徴エッジのみで制御点の移動先を計算する．

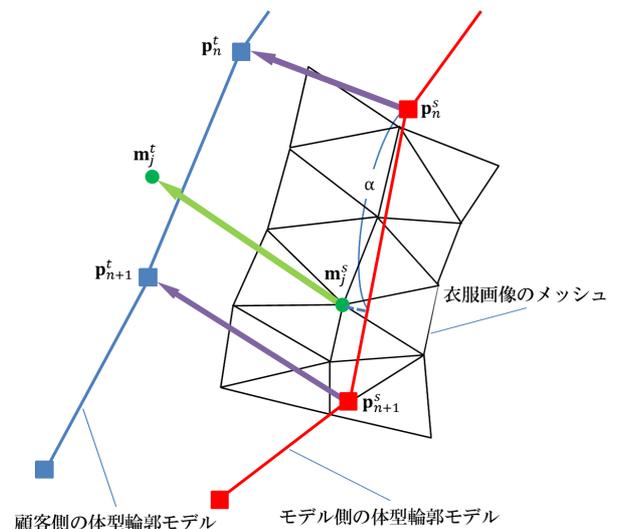


図7 体型輪郭モデルから制御点を求める方法．赤い線はモデル側の体型輪郭モデル．青い線は顧客側の体型輪郭モデルを表す．モデル側の体型輪郭モデルにおける体型特徴エッジ上のサンプリング点から最も近い体型特徴エッジ上の点を制御点 m_j^s として移動先を計算する．

3.4 既存手法との組み合わせ

衣服画像変形に加え，より自然な結果を得るために廣瀬らによる手法 [2] における合成画像の違和感を低減する手法を取り入れた．廣瀬らは合成画像の違和感を低減するために 2 つの手法を提案した．一つは，衣服画像と顧客画像の撮影環境の違いによる違和感に対して自動色補正を行うものである．これは，モデルと顧客の顔の色は同じであるという仮定に基づいて，抽出した顔領域を参照して色補正を行うことで合成画像の違和感を低減する．もう一つは，合成した衣服画像の後ろから，顧客が着用していた衣服画像がはみ出してしまう部分を修正する手法である．これは，はみ出した部分を衣服画像の後ろに隠れるように局所的に画像変形を行うことで実現される．

しかし，はみ出し修正は図 8(b) のような不自然な結果になる場合がある．これは，はみ出しとみなされた部分が顧客の人体であるか衣服であるかを判別していないことに起

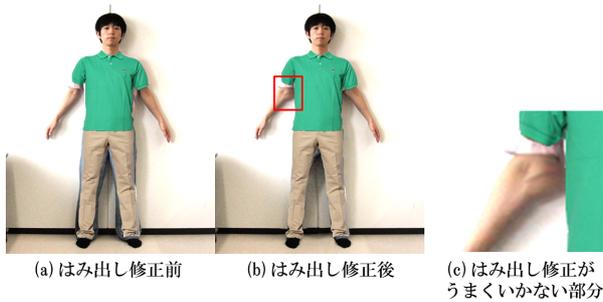


図8 はみ出し修正がうまくいかない例．左から，(a) 衣服画像変形と色補正を行った仮想試着結果，(b) はみ出し修正を加えた仮想試着結果，(c) はみ出し修正が失敗している部分を拡大した図．(c) のように，腕がはみ出した部分として衣服の裏側に隠れるように変形され，不自然な結果になっている．

因する．提案システムでは，はみ出し修正を行うかどうかは顧客が結果を見て選択することができる．

4. 結果

本システムは C++ 言語により実装した．描画の実装に OpenGL ライブラリを，インタフェースの実装に wxWidgets を使用した．メッシュ分割は幾何学計算ライブラリ CGAL[15] を使用し，行列計算の実装には Eigen ライブラリを使用した．実行環境は Microsoft Windows 7 Professional，Intel Core i7-2600 CPU(3.40Ghz)，メインメモリ 4.00GB，GPU に NVIDIA GeForce GTX 460 を搭載した PC である．

4.1 仮想試着結果

提案システムによって出力された仮想試着画像を図9に示す．衣服画像変形を行わない場合の仮想試着画像(図9(c))は，腕や脚の位置に衣服画像が合わないため，仮想試着としては不自然な結果になっている．衣服画像変形によって体型に合わせて衣服画像が変形され，図9(d)のように，より自然な合成結果が得られたことがわかる．

図9(e)は，既存研究によるはみ出し修正と色補正を加えた結果である．色補正を行わなかった場合は，衣服画像と比べて顧客画像が暗いため，仮想試着結果では衣服が浮いたように見えてしまう．これは，衣服画像が撮影された環境が，スタジオの調整された照明下であるのに対して，顧客画像は特別な調整をしていない室内で撮影したものであるからである．一般的に，仮想試着システムの利用者はこのような環境で撮影することが大半であると考えられるため，色補正は自然な仮想試着結果を得るために有用であると言える．はみ出し修正によって，より実際に着用した状態に近い結果を得ることができる．

4.2 ユーザテスト

提案手法の有効性を評価するために，本学の情報系の学生10名に対して被験者実験を行った．被験者の性別の内

「満足のいく結果が得られたか」への回答

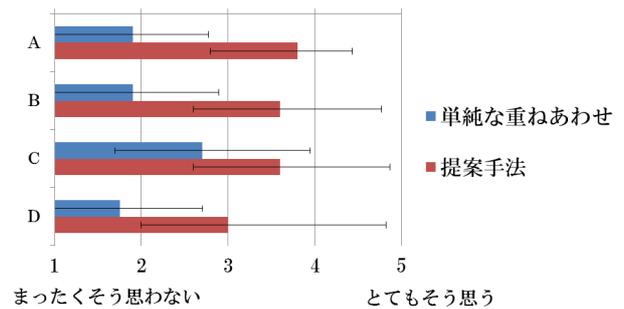


図10 被験者実験の結果．提案システムを用いて得られた仮想試着画像が，満足いくものであるかを5段階で評価してもらった．エラーバーは標準偏差を示す．

訳は，男性6名，女性4名となっている．被験者自身の画像を顧客画像とし，顧客側システムを使用して作成した仮想試着画像について，自然な合成画像かどうかを評価してもらった．評価には5段階のリッカート尺度を用いた．仮想試着用の衣服データとして，(A)コート，(B)Tシャツとジーンズ，(C)ジャケットとジーンズ，(D)ポンチョとスカートという4種類の衣服のセットを用意した．それぞれの衣服のセットに対して，単純な重ねあわせによる仮想試着画像と，提案手法による衣服変形とはみ出し修正を行った仮想試着画像の2種類を作成してもらった．男性の被験者には(A)，(B)，(C)の3種類の衣服セットについて，女性の被験者には(A)，(B)，(C)，(D)の4種類の衣服セットでユーザテストを行った．ユーザテストの結果を図10に示す．提案手法によって作成した仮想試着画像の方が，単純な重ねあわせによる仮想試着画像よりも評価が高く，提案手法によって自然な合成画像になったことが分かる．提案手法による結果の評価が5に達しなかった理由として，被験者からの「体型に合わせて服が細くなるのは不自然」，「身体と衣服画像の中心線がずれている」といったコメントがあった．

また，自動推定された体型輪郭モデルの修正には平均72秒かかった．この操作は，初期設定として顧客1人につき1度行えばよいため，十分短い時間で行うことができると言える．

5. まとめと今後の課題

衣服画像を人物の体型に合わせて変形させることで，自然な仮想試着結果を出力する画像ベース仮想試着システムを提案した．人物の体型を，2次元の輪郭形状である体型輪郭モデルで表現し，モデルおよび顧客の体型輪郭モデルを一致させるような変形関数を求め，それを衣服画像に適用することで，体型に合った衣服画像の変形を実現した．さらに既存手法である，顧客画像の明るさを衣服画像に合わせる色補正と，試着した衣服の裏からはみ出した部分を変形によって修正するはみ出し修正によって，より実際の



図9 提案手法による仮想試着結果。(a) モデル画像, (b) 顧客画像を入力とする。(c) 単純な重ね合わせによる結果。(d) 提案手法による衣服画像変形を行った結果。(e) はみ出し修正と色補正を行った結果。(c) の単純な重ね合わせでは、腕や脚の位置に衣服が合っていないが、提案手法によって (d) のように身体に合わせて衣服が変形し、はみ出し修正と色補正を加えることで、(e) のような自然な仮想試着結果が得られる。

試着に近い結果を得ることができることを示した。

今後の課題として、機械学習による体型輪郭モデルの高精度な推定や、衣服のしわなどの陰影の考慮による仮想試着結果の改善などが挙げられる。

謝辞 本研究を進めるにあたり、株式会社スタートトゥデイ社から実験用写真データの提供、および貴重なご助言をいただきました。ここに謹んで感謝の意を表します。

参考文献

[1] アヴィエラン株式会社: AWASEBA, www.awaseba.com/ (2014年1月現在)。
 [2] 廣瀬真輝, 山田裕貴, 三谷 純, 金森由博, 福井幸男: 画像の局所変形と色の補正処理を統合した画像ベース仮想試着システム, 情報処理学会研究報告. グラフィクスとCAD 研究会報告, Vol. 2012, No. 11, pp. 1-8 (2012).
 [3] Wang, H., Hecht, F., Ramamoorthi, R. and O'Brien, J.: Example-based Wrinkle Synthesis for Clothing Animation, *ACM SIGGRAPH 2010 Papers*, pp. 107:1-107:8 (2010).
 [4] Guan, P., Reiss, L., Hirshberg, D. A., Weiss, A. and Black, M. J.: DRAPE: DRessing Any PErson, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 31, No. 4, pp. 35:1-35:10 (2012).
 [5] Zhou, Z., Shu, B., Zhuo, S., Deng, X., Tan, P. and Lin,

S.: Image-based Clothes Animation for Virtual Fitting, *SIGGRAPH Asia 2012 Technical Briefs*, pp. 33:1-33:4 (2012).
 [6] Hilsmann, A., Fechteler, P. and Eisert, P.: Pose Space Image Based Rendering, *Comput. Graph. Forum (Proc. of Eurographics)*, Vol. 32, No. 2, pp. 265-274 (2013).
 [7] Moeslund, T. B., Hilton, A. and Krüger, V.: A Survey of Advances in Vision-based Human Motion Capture and Analysis, *Comput. Vis. Image Underst.*, Vol. 104, No. 2, pp. 90-126 (2006).
 [8] Andriluka, M., Roth, S. and Schiele, B.: Pictorial structures revisited: People detection and articulated pose estimation, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009.*, pp. 1014-1021 (2009).
 [9] Guan, P., Weiss, A., Bălan, A. O. and Black, M. J.: Estimating human shape and pose from a single image, *Int. Conf. on Computer Vision, ICCV*, pp. 1381-1388 (2009).
 [10] Hasler, N., Stoll, C., Rosenhahn, B., Thormählen, T. and Seidel, H.-P.: Estimating body shape of dressed humans, *Computers & Graphics (Proc. of IEEE International Conference on Shape Modelling and Applications 2009.)*, Vol. 33, No. 3, pp. 211 - 216 (2009).
 [11] Anguelov, D., Srinivasan, P., Koller, D., Thrun, S., Rodgers, J. and Davis, J.: SCAPE: Shape Completion and Animation of People, *ACM SIGGRAPH 2005 Papers*, pp. 408-416 (2005).

- [12] Guan, P., Freifeld, O. and Black, M. J.: A 2D Human Body Model Dressed in Eigen Clothing, *Proceedings of the 11th European Conference on Computer Vision: Part I*, pp. 285–298 (2010).
- [13] Freifeld, O., Weiss, A., Zuffi, S. and Black, M. J.: Contour people: A parameterized model of 2D articulated human shape, *IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, (CVPR)*, pp. 639–646 (2010).
- [14] Weng, Y., Xu, W., Wu, Y., Zhou, K. and Guo, B.: 2D Shape Deformation Using Nonlinear Least Squares Optimization, *Vis. Comput.*, Vol. 22, No. 9, pp. 653–660 (2006).
- [15] CGAL - Computational Geometry Algorithms Library, www.cgal.org/.