

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

廣瀬真輝^{†1} 山田裕貴^{†1} 三谷純^{†1,†2} 金森由博^{†1} 福井幸男^{†1}

衣服のオンラインショッピングにおける「試着ができない」という欠点を補うために、仮想試着システムが提案されている。これは衣服の画像を顧客の全身写真に重ね合わせることで、試着したかのような画像を提示するシステムである。既存のシステムでは衣服画像を重ね合わせているだけであるため、結果画像の見た目に不自然さが生じる。提案システムでは、この不自然さを緩和するために、顧客の写真を変形させることによるはみ出しの軽減と、顔の色を参照した色の自動補正という二つの画像処理を適用して仮想試着画像を生成する。単純な重ね合わせによる合成結果との比較によって、提案システムの有効性を示す。

An Image-based Virtual Fitting System with Image Warping and Color Correction

MASAKI HIROSE^{†1} HIROKI YAMADA^{†1}
JUN MITANI^{†1,†2} YOSHIHIRO KANAMORI^{†1} YUKIO FUKUI^{†1}

Existing online clothing stores have a problem that they cannot provide trial fittings. To compensate this drawback, there have been proposed virtual fitting systems where customers' photographs are overlaid with clothes images they want. However, simply overlaying clothes images causes visual artifacts, which makes the outputs of existing systems look unnatural. In this work, we alleviate such artifacts by warping customers' photographs so that clothes images do not protrude from customers' photographs and by correcting colors of photographs with reference to face colors. We demonstrate the effectiveness of our system through comparisons with those of simple overlaying.

1. はじめに

衣服をインターネット上で購入する場合は、試着ができないために実際に着用した様子が分からないという問題が生じる。この問題を解決する手段として、「仮想試着システム」が提案されている。これは、WEB上で人物の全身写真に、カタログ中の衣服（以降では「カタログ衣服」と呼ぶ）の画像を重ね合わせることで、試着したかのような画像（以降では「仮想試着画像」と呼ぶ）を提示するシステムである。入力に用いる全身写真には、ファッションモデルの写真（以降では「モデル画像」と呼ぶ）や顧客の全身写真（以降では「顧客画像」と呼ぶ）が用いられる。

現在、複数の仮想試着システムが実用化されている（図1）が、それぞれに問題が存在する。入力にモデル画像を使うもの[1]は、顧客が着用した様子を再現するわけではないため、自分に似合うかどうかの判断が難しいと考えられる。また、入力に顧客画像を使うもの[2]では、カタログ衣服を単に重ねるだけであり、結果画像に不自然さが生じてしまう。不自然さの主な原因として2点挙げることができる。一つは顧客の腕や足、着用している衣服が、重ね合わせたカタログ衣服からはみ出すことによるもの（図2右）で、

もう一つは顧客側とモデル側との撮影環境の違いによる明るさの不一致によるもの（図2左）である。これらを解決することで、より実際の試着結果に近い仮想試着画像を生成することができると考えられる。

そこで本研究では、顧客画像を入力として、仮想試着システムにおける結果画像の不自然さを軽減させる、新しい仮想試着システムを提案する。結果画像の不自然さを軽減させるために、提案システムでは①はみ出し軽減のための画像局所変形と②顔を参照した色の自動補正という二つの画像処理を統合している。提案システムを用いて仮想試着画像を生成するまでの流れを図2に示す。提案システムを用いた対話的な処理によって、単純な重ね合わせによる合成結果よりも、違和感の少ない結果が得られる。

2. 提案システムによる仮想試着画像の生成

2.1 システムの概要

提案システムは①店舗（図3）、②顧客初期設定（図4）、③試着（図5）という3種類のユーザインタフェース（以降では「UI」と呼ぶ）から構成されている。店舗UIでは、カタログ衣服に対して仮想試着画像生成に必要な情報を付加する。次に、顧客初期設定UIでは入力された顧客画像から仮想試着画像生成に必要な顧客側の情報を作成する。最後に、試着UIでカタログ衣服画像を選択し、位置合わせを行った後に画像変形処理を自動で行い、仮想試着画像

^{†1} 筑波大学
University of Tsukuba
^{†2} JST/ERATO
JST/ERATO



出典:www.hm.com/jp/dressingroom/ 出典:www.dreamvs.jp/
図 1: 既存の仮想試着システムの例. モデル画像を用いたもの[1](左)と顧客画像を用いたもの[2](右).

を生成する. 以降では, 各 UI における操作の詳細について説明する.

2.2 店舗 UI による店舗側の素材作成

店舗 UI では, 仮想試着システムを提供する店舗がシステムで用いる画像素材を作成する. モデルがカタログ衣服を着用している画像と, 着用画像から衣服部分のみを切り抜いた画像の二つを入力とする. 衣服部分の切り抜きは, 画像処理ソフト Photoshop を用いて事前に行っておく. ユーザ操作は三つで, 一つ目は, 入力衣服画像の輪郭部への境界情報の付加である. 境界情報の詳細については 3.1.2 節で詳しく説明する. 二つ目は着用モデルの指定で, これによりカタログ衣服の着用者の体型情報(身長と体重)を記録する. 三つ目はカタログ衣服着用者の頭頂部と足先のクリックによる指定で, この情報は, モデル側と顧客側での解像度を合わせるために用いる. 以上のユーザ操作によって, ①衣服の境界情報, ②モデルの身長のパixel数, ③モデルの体型情報(身長, 体重)の三つを出力する. 衣服 1 着ごとに, 上記の操作を行う.

2.3 顧客初期設定 UI による顧客側の素材作成

顧客初期設定 UI は, 顧客がシステムを使用する際の初期設定を行うための UI で, 顧客自身の全身写真と体型情報(身長, 体重)の二つを入力する. ユーザ操作は三つで, 一つ目は顧客の肌の色を「色黒」, 「普通」, 「色白」の 3 種類から選択する. 肌の色を選択すると, 入力された顧客画像と, あらかじめ用意されているモデル画像を用いて自動で色の補正が行われる. 色の補正については 3.2 節で詳細を論じる. 二つ目は顧客の身体部のマスク画像の作成である. 三つ目は両脇, 両手先の 4 点のクリックによる指定である. これらの情報は, 重ね合わせたカタログ衣服からはみ出しを軽減するために用いるが, 詳細についてはマスク画像の作成方法と共に 3.1.1 節で説明する. 店舗 UI と同様に, 顧客の頭頂部と足先の情報が必要になるので, 作成したマスク画像から取得する. 出力として, 色補正後の顧

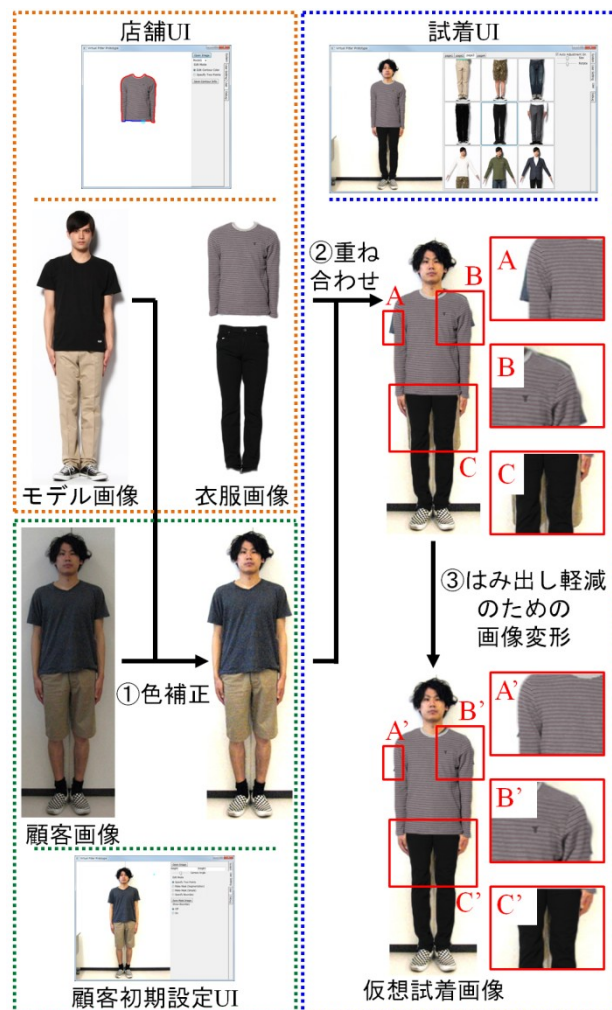


図 2: 提案システムで仮想試着画像を生成するまでの流れ. ①入力された顧客画像とモデル画像から, 顧客画像の色補正を行う. ②衣服画像と重ね合わせる. ③はみ出し軽減のための画像変形を行い, 仮想試着画像を得る.

客画像と, 両脇, 両手先の座標情報, マスク画像, 顧客の身長のパixel数の 4 つを得る. 顧客 1 人ごとに, 上記の操作を行う.

2.4 試着 UI による仮想試着画像の生成

試着 UI は, 顧客が実際にカタログ衣服を選択して仮想試着画像を生成するのに用いる. ユーザは, 着用してみたい衣服画像をカタログ衣服群から選択する. 選択された衣服ごとに, 解像度を合わせるための拡大縮小処理が自動で適用される. マウスドラッグにより衣服を適切な場所へ移動させて顧客の身体に重ね合わせると, 自動ではみ出し軽減のための画像の局所変形処理が適用され, 仮想試着画像が出力される.

3. 不自然さを軽減のための画像処理

顧客画像にカタログ衣服画像を単純に重ね合わせるだけでは, 不自然な仮想試着画像が生成されてしまう. この不自然さを軽減するために, 提案システムでは①はみ出し

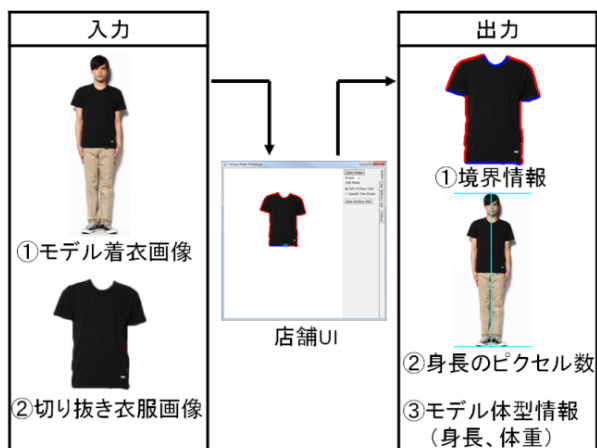


図 3: 店舗 UI の外観図と入出力.

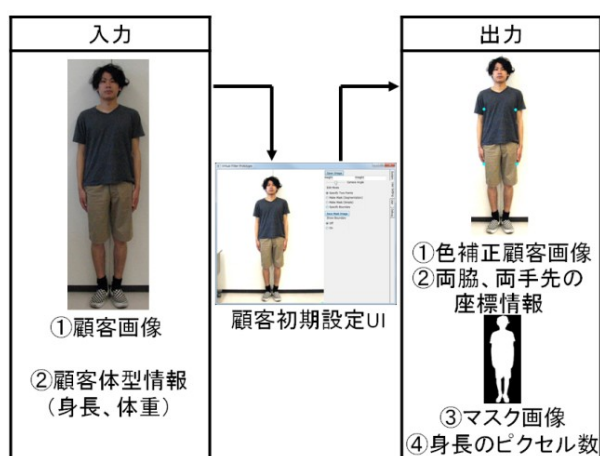


図 4: 顧客初期設定 UI の外観図と入出力.

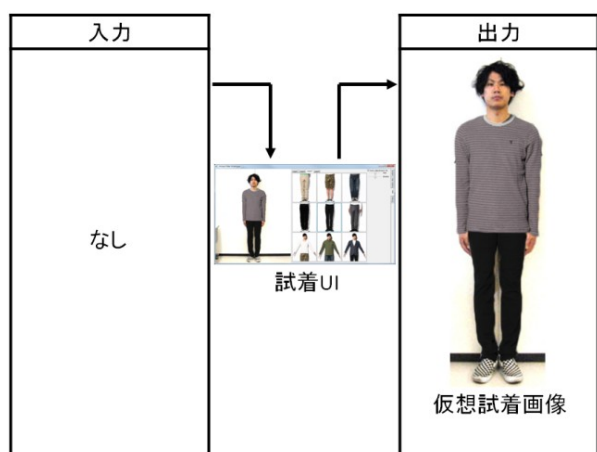


図 5: 試着 UI の外観図と入出力.

軽減のための画像の局所変形と②顔を参照した色の自動補正という二つの画像処理を適用して仮想試着画像を生成する。以降では各画像処理の詳細について述べる。

3.1 はみ出し軽減のための画像の局所変形

既存システムでは、カタログ衣服を単純に重ね合わせることで仮想試着画像を生成しているため、顧客の腕や足、

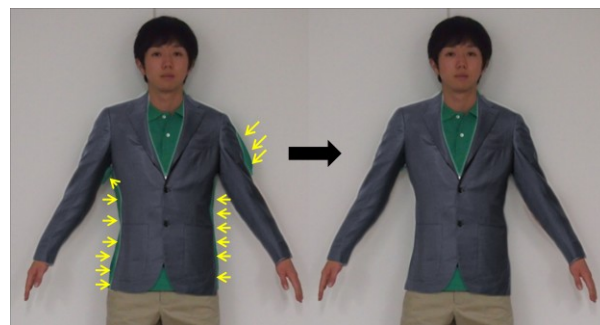


図 6: はみ出し軽減のための画像変形の概念図。はみ出した部分がカタログ衣服の中に収まるように画像の局所変形を行う。

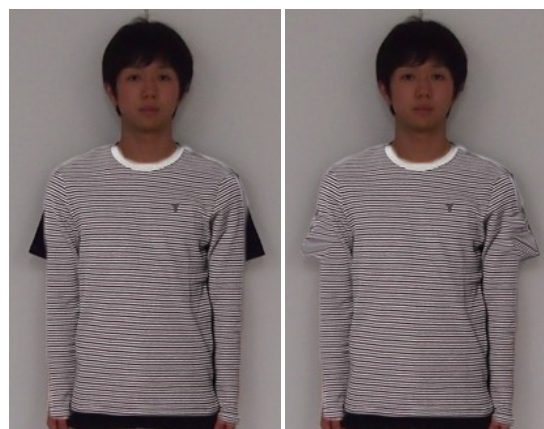


図 7: カタログ衣服(左)を変形させた場合に起こり得る、望ましくない画像処理結果の例(右).

顧客が着用している衣服が、カタログ衣服からはみ出してしまいう問題が生じる(図 2 右上の A, B, C). 本節では図 6 のように、はみ出した部分がカタログ衣服の中に収まるように画像の局所変形を行い、カタログ衣服からはみだしを軽減させる手法について述べる。顧客画像ではなく、カタログ衣服を局所変形させてはみ出しを軽減させる方法も考えられるが、これは図 7 に示すように、ユーザが着用している衣服の輪郭に沿って、カタログ衣服が望ましくない形状に変形してしまう可能性がある。したがって、本システムでは顧客画像を局所変形させている。

画像の局所変形には、Schaefer らの手法[3]を用いる。これは、ユーザが画像内の任意の場所に設定した制御点を移動させることで、画像を局所変形させるという手法である。制御点は複数個設定することができる。この手法を用いてカタログ衣服からはみ出しを軽減させるためには、①制御点の設定、②移動させる制御点の決定、③制御点の移動の三つの処理を適切に、かつ自動で行う必要がある。以下、順に説明する。

3.1.1 制御点の設定

制御点は画像の外枠と、顧客の身体部の輪郭に沿って設定する(図 8). 画像の外枠については、画像の端から 5 ピク

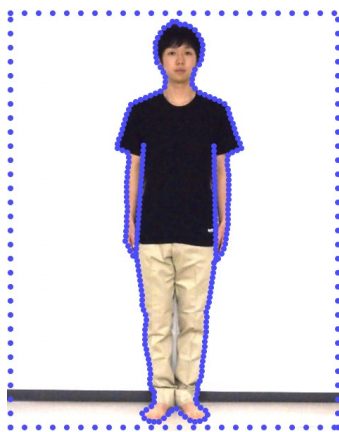


図 8: 青色で示される, 設定した制御点.

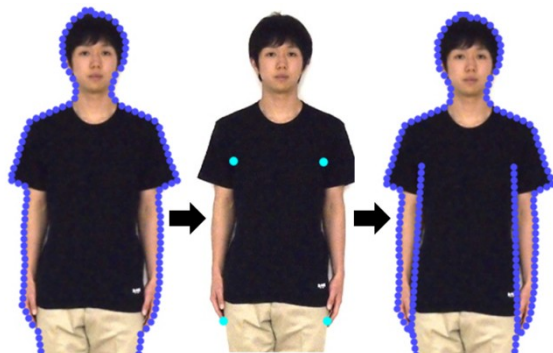


図 9: マスク画像から得た制御点(左)に, 両脇と両手先の 4 点(水色)を指定(中央)することで, 腕と胴体の境界にも制御点を設定する(右).

セルの座標に, 20 ピクセル間隔で設定する. また, 顧客の身体部の輪郭を取得するために, グラフカットを用いた前景分離手法[4]を用いてマスク画像を作成する. まず, 顧客は画像中央付近に位置しているという前提のもと, 画像の左右 30%の領域を背景として前景分離処理を自動で行う. 次に, 分離が上手く行えなかった領域をユーザがマウスストロークで修正し, 最終的なマスク画像を得る. マスク画像からの輪郭の取得には, OpenCV[5]の輪郭を抽出する関数を使用し, 取得した輪郭ピクセルのうち, 7 ピクセルごとに制御点を設定する. 作成したマスク画像からは顧客の腕と胴体の境界が分からないため, 両脇と両手先の 4 点をマウスクリックにより指定するユーザ入力により, 腕と胴体の境界を直線で近似する(図 9). 本節における処理及びユーザ操作は, 顧客初期設定 UI の中で行う.

3.1.2 カタログ衣服画像への境界情報の付加

設定した制御点のうち, どの制御点を移動させるかを決定するために, 店舗 UI を用いてカタログ衣服画像の輪郭線上に境界情報を付加する. カタログ衣服画像の輪郭線上には, 首元や袖といった, 顧客の身体のはみ出しが許される部位(以降では「開放端」と呼ぶ)と, 肩などのはみ出しが許されない部位(以降では「閉鎖端」と呼ぶ)が存在する. したがって, カタログ衣服の輪郭上の各ピクセルに



図 10: 自動で設定した閉鎖端ピクセル(左, 赤色)をユーザが編集(中央)し, 適切な境界情報を赤色または青色(開放端ピクセル)で各輪郭ピクセルへ設定する(右).

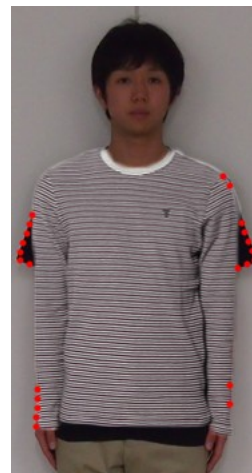


図 11: 重ね合わせたカタログ衣服画像からののはみ出しを軽減するために, 移動対象となった制御点(赤色).

対して, 開放端と閉鎖端のどちらに属するかを境界情報として付加する. 開放端に属するピクセル(以降, 開放端ピクセルと呼ぶ)は青色を, 閉鎖端に属するピクセル(以降, 閉鎖端ピクセルと呼ぶ)は赤色を割り当てる(図 10). すべての輪郭ピクセルにあらかじめ閉鎖端ピクセルを設定しておき, ユーザが開放端ピクセルを指定する.

3.1.3 移動させる制御点の決定

移動させる制御点の決定には, 3.1.1 節で設定した閉鎖端ピクセルを用いる. 各閉鎖端ピクセルにおいて, 最も距離が小さい制御点をそれぞれ求める. 求めた制御点がカタログ衣服の外部に存在すれば, 移動対象の制御点として登録する(図 11). 上記の処理は, 3.1.4 節で説明する制御点の移動処理と共に, 試着 UI の中で行う.

3.1.4 制御点の移動

移動対象となった各制御点において, 最も距離が小さい閉鎖端ピクセルをそれぞれ求める. 求めた座標に向けて各制御点を移動させ, 画像を局所的に変形させる(図 12). 移動前後の制御点の座標をそれぞれ $\mathbf{p}_{\text{before}}$, $\mathbf{p}_{\text{after}}$ とし, 最も距離が小さい閉鎖端ピクセルの座標を $\mathbf{p}_{\text{cc}}$ とすると, 移動後の制御点は

$$\mathbf{p}_{\text{after}} = \mathbf{p}_{\text{before}} + s(\mathbf{p}_{\text{cc}} - \mathbf{p}_{\text{before}})$$

となる. s はスケーリングに用いる定数で, $s=1.0$ とした

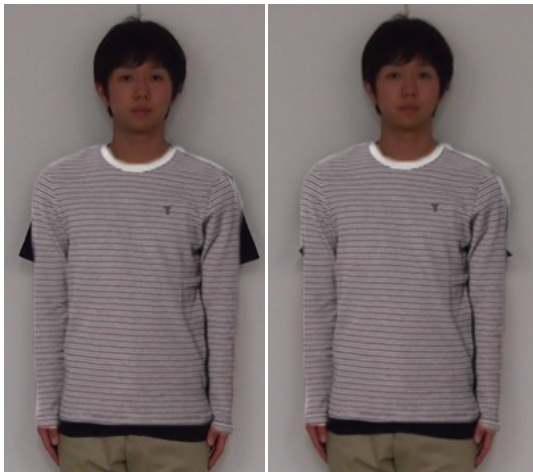


図 12: 画像変形前(左)と、画像変形後(右).

ときに, $\mathbf{p}_{\text{after}} = \mathbf{p}_{\text{cc}}$ となる. この場合だとわずかにみ出しが残ってしまうため, 提案システムでは $s = 1.5$ とした. したがって, $\mathbf{p}_{\text{after}}$ は $\mathbf{p}_{\text{cc}}$ を超えてより内側に移動することになる.

3.2 顔を参照した色の自動補正手法

顧客画像はカタログ衣服画像のように, スタジオの理想的な照明下で撮影されたものではない. そのため, 顧客画像とカタログ衣服画像を合成した際に明るさや色の違いが生じ, 不自然な結果になる. 一般的に, 衣服とそれ以外の色のバランスは衣服を選ぶ際の重要な要素となるため, 顧客画像と衣服画像の明るさと色を合わせることが重要になる.

ある画像が与えられた時に, 画像の照明を推定して理想的な照明下での色に補正することは色補正 (Color Correction) もしくは色恒常性問題 (Color Constancy Problem) と呼ばれ, 多くの既存研究が存在する. 既存手法の一つとして, 人間の視覚が持つ特性[6]をもとに照明を推定する手法[7][8]がある. これらは, 画像中に存在する色の平均は灰色であるという仮定に基づいた手法である. しかし, 人物画像においては服装によって色の偏りがあるため, この仮定は成立しない場合が多い. そういった色の偏りがある画像に対応する方法として, 画像中の意味的情報を利用した方法がある[9]. 意味的情報を利用するとは, 例えば森の画像ならば緑色に偏りがあり, 空の画像ならば青色に偏りがあるという情報を利用することである. 対象画像を人物画像に限定した手法では, 画像中の肌の色にはある程度傾向があるという観点から, 顔領域を抽出して照明を推定する方法がある[10]. 本手法では Bianco ら[10]の手法と同じように画像中の顔領域の色を使用する. 照明推定の計算は Bianco らの手法では学習用に複数の画像を使用する色相ベースの手法を用いているが, 本手法では 3.2.3 節で説明するように, 1 枚のモデル画像を参照画像として用いて計算する.

この節では以降, まず画像の色を表す反射モデルについ

て解説する. 次に, 求めた光源色を用いて, 入力画像の色を理想的な光源下での色に補正する計算について説明し, 最後に光源色を顔領域から求める方法を論じる.

3.2.1 反射モデル

画像中の物体の色 f_c ($c \in \{R, G, B\}$) は物体の反射を拡散反射と仮定すると次の式で表される.

$$f_c(\mathbf{x}) = m(\mathbf{x}) \int_{\omega} I(\lambda) \rho_c(\lambda) S(\mathbf{x}, \lambda) d\lambda$$

ここで, λ は光の波長を表し, $I(\lambda)$ は光源の色である. $S(\mathbf{x}, \lambda)$ は物体表面の反射率を表し, $\rho_c(\lambda)$ はカメラ感光関数を表す. ω と $\mathbf{x}$ はそれぞれ可視光スペクトルと空間座標を表す. $m(\mathbf{x})$ は拡散反射による陰影を表す. 観測される光源の色を $\mathbf{e}$ とすると, 光源色 $I(\lambda)$ とカメラ感光関数 $\rho_c(\lambda)$ を合わせて次の式で表される.

$$\mathbf{e} = \begin{pmatrix} e_R \\ e_G \\ e_B \end{pmatrix} = \int_{\omega} I(\lambda) \rho_c(\lambda) d\lambda$$

色補正は与えられた画像における光源色 $\mathbf{e}$ を求める問題になる. $I(\lambda)$ および $\rho_c(\lambda)$ は一般的に未知なので, 光源色 $\mathbf{e}$ の推定は制約不足な問題になる. $\mathbf{e}$ の推定のためにはさらに仮定を加える必要がある. 本手法では顧客とモデルの顔の色が同じであると仮定して, 画像中の顔領域の色から光源色を推定する.

3.2.2 Diagonal モデル

色補正には既存手法でよく用いられる von Kries Model [11]を用いる.

$$\mathbf{f}_t(\mathbf{x}) = D_{u,t} \mathbf{f}_u(\mathbf{x})$$

ここで $\mathbf{f}_u$ は不明な照明下で撮影された画像で, $\mathbf{f}_t$ は理想的な光源下で撮影された同じ画像とし, $\mathbf{x}$ は画像のピクセル座標とする. $D_{u,t}$ は d_1, d_2, d_3 からなる対角行列で, 光源 u における色を理想的な光源 t での色に変換する行列である. ピクセル $\mathbf{f}_t(\mathbf{x})$ の各成分を R_t, G_t, B_t とし, $\mathbf{f}_u(\mathbf{x})$ の各成分を R_u, G_u, B_u とすると, 上の式は次のように表される.

$$\begin{pmatrix} R_t \\ G_t \\ B_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_1 & 0 & 0 \\ 0 & d_2 & 0 \\ 0 & 0 & d_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_u \\ G_u \\ B_u \end{pmatrix}$$

このシンプルなモデルはハイライトや相互反射のような効果を考慮していないので, 現実の光の変化を正確には表していない. しかし, 色補正の分野では広く使われていて十分な結果を得られており[12], 本研究でもこのモデルを使うこととする.

3.2.3 顔領域を利用した照明の推定

モデル画像と顧客画像には必ず顔領域が存在するので, 本システムでは照明推定の基準として顔領域を利用する. 顔領域の抽出には既存手法である Active Shape Model [13]を使用する. 照明の推定および色補正は RGB, YCbCr, Lab 色空間での処理結果を比較する実験によって, Lab 色空間で行うと比較的良好な結果が得られることがわかった. 照明

の色を $\mathbf{e} = (e_L, e_a, e_b)^T$ とする。モデル画像の顔領域の色を $\mathbf{F}_m$ とすると、顧客画像の顔領域の色 $\mathbf{F}_u$ は照明 $\mathbf{e}$ と次の式の関係にある。

$$\mathbf{F}_m = \text{diag}(\mathbf{e})\mathbf{F}_u$$

ここで関数 diag は $\mathbf{e}$ の 3 要素を対角成分とする対角行列を表す。この式から $\mathbf{e} = \text{diag}(\mathbf{F}_m)^{-1}\mathbf{F}_u$ という式で $\mathbf{e}$ を求めることができる。色の補正は次のように計算できる。

$$\begin{pmatrix} L_t \\ a_t \\ b_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/e_L & 0 & 0 \\ 0 & 1/e_a & 0 \\ 0 & 0 & 1/e_b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_u \\ a_u \\ b_u \end{pmatrix}$$

この行列による変換で画像全体に色の補正を行った結果を図 13 に示す。評価基準として、理想照明下で撮影されたモデル画像と同じ服を着て撮影した顧客画像を入力としている。つまり、服の色がモデル画像のものと近ければ近いほど良い結果が得られているということになる。入力画像の暗さが改善され、十分な結果が得られることが分かる。

この手法は、顧客とモデルの顔の色が同じであると仮定している。しかし、実際は顔の色には個性があり、化粧や日焼けによっても様々に変化する。図 14 のように顔の色がモデル画像と極端に違う場合は不適切な結果になってしまう場合がある。この問題に対処するために、ユーザは顧客初期設定 UI で自身の肌の色に近い色を 3 種類のプリセットから選択することができる。選択した色によって色補正に使用するモデル画像を変更することで、より正確な色補正を行う。

4. 実験結果

提案システムを C++言語と OpenGL, OpenCV, wxWidgets で実装し、プログラムを CPU Intel Core i7 2.80GHz, メモリ 4GB, GPU NVIDIA Quadro FX 580 を搭載した PC 上で実行した。入力画像は幅 476 ピクセル、高さ 600 ピクセルのものを使用した。提案システムを用いて生成した仮想試着画像と、カタログ衣服画像の単純な重ね合わせによる仮想試着画像の比較を図 15 に示す。図 15 より、カタログ衣服画像の単純な重ね合わせにより生じる、結果画像の不自然さを軽減できているといえる。

提案システムにおける主要な処理である二つの画像処理について、上記の画像サイズにおける計算時間をそれぞれ測定した。はみ出し軽減のための画像の局所変形については、顧客が実際に仮想試着画像を生成する、試着 UI における計算時間のみを計測した。その結果、1 枚の衣服画像において、移動させる制御点の決定と、制御点の移動による画像変形に約 0.57 秒かかった。これは対話的な処理に支障がない程度の計算速度であるといえる。また、顔を参照した色の自動補正には約 0.26 秒かかった。

同様に、それぞれの UI を用いた作業時間の測定も行った。作業内容は 2.2 節から 2.4 節で説明した操作と同様のものである。各 UI を著者が使用した結果、店舗 UI では、

衣服画像 1 枚ごとに約 30 秒、顧客初期設定 UI では、顧客画像 1 枚ごとに約 42 秒、試着 UI では衣服画像 1 枚ごとに約 6 秒かかった。店舗 UI では大量の衣服画像を処理することを想定しているため、衣服への境界情報付加の自動化などにより、作業時間を短縮させることが今後の課題である。一方で、顧客初期設定 UI は、顧客が 1 度だけ用いることを想定しているため、作業時間が多少長くても問題ないと考えられる。

提案システムの有効性を評価するために、本学の学生 10 名に対して被験者実験を行った。入力に用いる顧客画像が被験者自身である場合とそうでない場合とで、結果が異なる可能性がある。したがって、顧客画像には被験者自身の画像と、被験者とは異なる人物の画像の 2 種類を使用した。仮想試着画像の生成手法は、提案システムを用いるものと、カタログ衣服画像を単純に重ね合わせるものの 2 種類で、生成した仮想試着画像を見てもらい、自然な合成画像かどうかをそれぞれ評価してもらった。評価尺度には 5 段階のリッカート尺度を用いた。実験に用いる仮想試着画像は、3 組のカタログ衣服画像を用いて合計 12 枚用意した(図 15)。被験者実験の結果を図 16 に示す。図 16 より、提案システムで生成した仮想試着画像の方が、より自然な合成結果であるといえる。提案システムで仮想試着画像を生成する場合は、被験者自身の画像を入力として用いた場合の方が、被験者以外の人物の画像を用いた場合よりも、わずかに評価が低かった。これは、体型を理解している被験者自身の方が、評価が厳しくなるためであると考えられる。一方で、カタログ衣服の単純な重ね合わせによる場合では、被験者画像を用いた場合の方が高い数値となったが、これは被験者以外の人物の画像の方が撮影時の照明環境が暗いためであると考えられる。また、図 15 の中央の列から、半袖のカタログ衣服画像を使用した場合の方が、長袖を使用した場合よりも不自然であると感じる傾向があることが分かった。

5. まとめ

本稿では、顧客画像を入力として、画像合成時の不自然さを軽減させる、新しい仮想試着システムを提案した。結果画像の不自然さを軽減させるために、提案システムでは①はみ出し軽減のための画像局所変形と②顔を参照した色の自動補正という二つの画像処理を統合した。カタログ衣服画像の単純な重ね合わせによる合成結果との比較により、提案システムにより仮想試着画像の不自然さが軽減されることを示した。

今後の課題として、はみ出しを軽減する際の精度の向上と、重ね着をした結果も計算できるようにすることが挙げられる。また、顧客の体型を考慮し、適切に衣服画像を変形させることで、より現実での試着結果に近い仮想試着画像を生成できると考えられる。そのアルゴリズムを考案するために調査を行っていきたい。

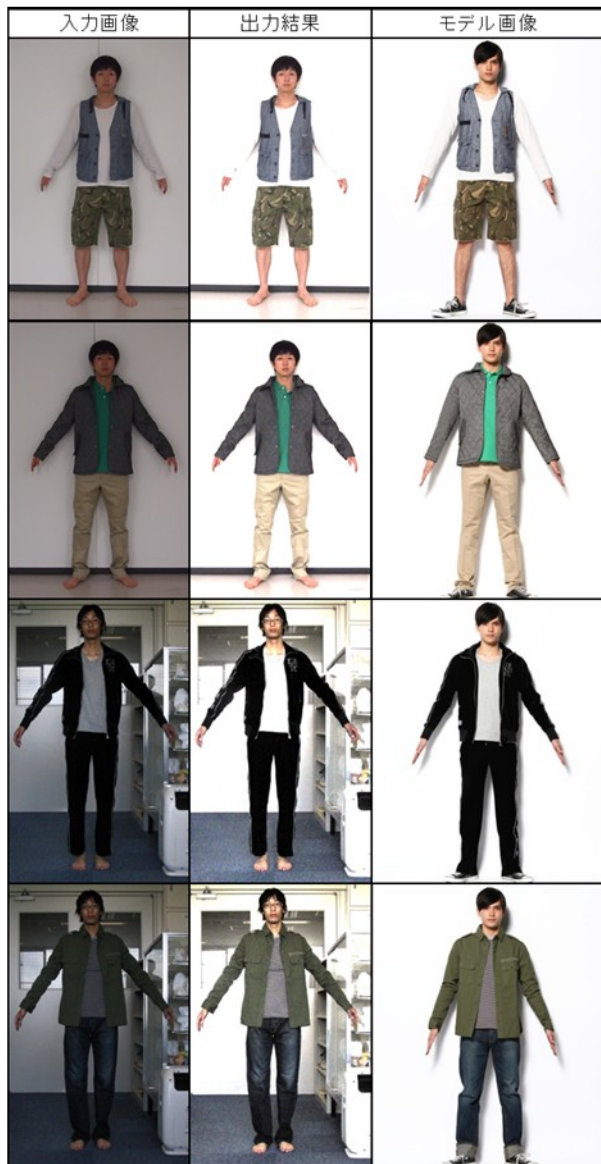


図 13: 4 種類の出力結果. それぞれ左から入力画像, 出力結果, モデル画像.



図 14: 色補正がうまくいかない例. 左から入力画像, 出力結果, 正解画像. モデルの肌色に合わせているため, 顧客画像の人物の肌が黒い場合, 色補正の結果が明るくなりすぎる.

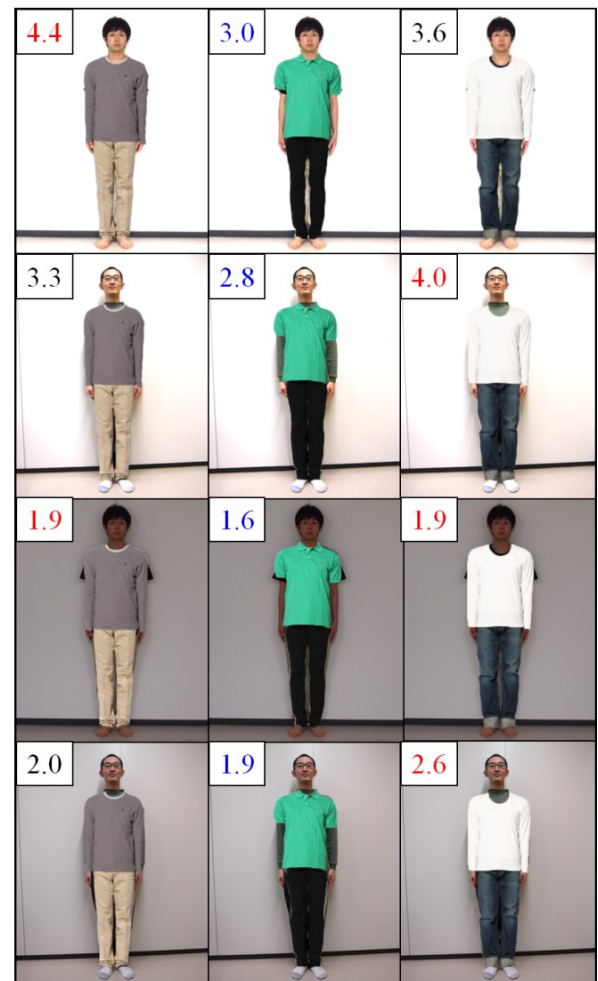


図 15: 被験者実験に用いた仮想試着画像の一例. 上段からそれぞれ, 被験者でない人物画像に提案システムを適用, 被験者画像に提案システムを適用, 被験者でない人物画像への単純な重ね合わせ, 被験者画像への単純な重ね合わせ. 各数値は, 「自然な合成画像であるか」という問いへの各被験者の回答の平均値. 赤色と青色は, それぞれ各段における最大値と最小値を示す.

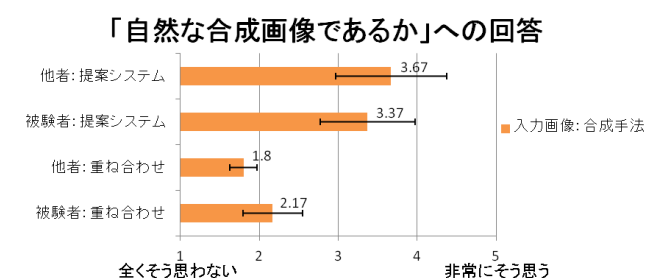


図 16: 被験者実験の結果. 図 15 の各画像における, 被験者からの回答の平均値を求め, 各段でその平均をとったグラフ. それぞれのエラーバーは標準偏差を示している.

謝辞 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いた. ここに謹んで感謝の意を表する.

参考文献

- 1) H&M, <http://www.hm.com/jp/dressingroom/>
- 2) 夢展望, <http://www.dreamvs.jp/>
- 3) Schaefer, S, McPhail, T and Warren, J, "Image deformation using moving least squares," ACM Trans. Graph., Vol. 25, No. 3, pp. 533-540, 2006.
- 4) Rother, C, Kolmogorov, V and Blake, A, "'GrabCut': interactive foreground extraction using iterated graph cuts," ACM Trans. Graph., Vol. 24, No.3, pp. 309-314, 2004.
- 5) OpenCV, <http://opencv.jp/>
- 6) Edwin H.L., "The Retinex Theory of Color Vision," Scientific Am., vol. 237, no. 6, pp. 108-128, 1977.
- 7) Buchsbaum, G, "A Spatial Processor Model for Object Colour Perception," J. Franklin Inst., vol. 310, no. 1, pp. 1-25, 1980.
- 8) Graham, D.F. and Elisabetta, T, "Shades of gray and colour constancy," The Twelfth Color Imaging Conference: Color Science and Engineer, pp. 37-41, 2004.
- 9) Joost van de W, Cordelia, S and Jakob, V, "Using High-Level Visual Information for Color Constancy," International Conference on Computer Vision, pp. 1-8, 2007
- 10) Bianco, S and Schettini, R, "Color Constancy Using Faces," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), pp. 65-72, 2012.
- 11) Kries, J.V. , "Chromatic adaptation," Festschrift der Albrecht-Ludwigs-Universitat, 1902 [Translation: MacAdam, D.L., Colorimetry-Fundamentals, SPIE Milestone Series, vol. MS77, 1993].
- 12) Forsyth, D. A., "A Novel Algorithm For Color Constancy," Int. J. Comput. Vision, Vol. 5, No. 1, pp. 5-36, 1990.
- 13) Edwards, G. J., Taylor, C. J. and Cootes, T. F., "Interpreting Face Images Using Active Appearance Models," Proceedings of the 3rd. International Conference on Face & Gesture Recognition, pp. 300, 1998.