

人物シルエットへの時空間位置合わせによる衣服画像の合成

杉田 馨^{†a)} 関根 真弘[†] 西山 正志[†]

Clothing Image Composition using Spatio-temporal Tracking of Human Body Silhouette

Kaoru SUGITA^{†a)}, Masahiro SEKINE[†], and Masashi NISHIYAMA[†]

あらまし フィット感よく人物と衣服を重ね合わせるために人物シルエットに衣服画像の位置を合わせる仮想試着システムを提案する。従来のシステムでは、デプスセンサから得られる人物の骨格中の関節位置のみで位置合わせをする手法を用いていたため、人物と衣服の肩領域のシルエットが一致せず、試着をしている印象が損なわれるという問題があった。そこで、人物の動きを判定し、人物の静止時には人物と衣服の肩領域のシルエットからその人物に合った衣服のスケールと位置を算出する手法を開発した。さらに、人物の移動時には人物の関節位置の移動量に応じて合成画像の描画を追従させる手法を開発した。実験において、シルエットを用いたシステムが骨格位置を用いたシステムよりも教示データに対して人物画像に対する衣服画像の位置合わせ精度が向上していることを確認した。

キーワード 仮想試着, 画像合成, 拡張現実感

1. まえがき

近年、一般消費者向け小売業界では、新たなユーザ価値を創造することでショッピングスタイルの差異化を図る動きが活発になっている。差異化の要素として、拡張現実感 (AR: Augmented Reality) を活用したショッピングスタイルが求められており、中でも図 1 に示すような仮想試着システムが注目を集めている。このシステムは、図 2 のように、ユーザの購買行動において実際に衣服を試着する前に、数多くの衣服の中から自分に合うものを選ぶ行動を支援することを目的としている。このシステムにおいて重要な機能は、映し出された等身大のユーザ画像に対して実時間で衣服を合成した画像を描画すること、衣服を高い質感で描画できること、ユーザの動きに追従し描画できることである。既存システム [1], [2] ではユーザの動きに追従して 3 次元 CG の衣服を描画することが実現されている。一般的に、ユーザの動きに合わせて自由変形する



図 1 仮想試着システムの利用イメージ
Fig. 1 Usage of virtual fitting system.

衣服画像を高品位に実時間で描画することは難しいことが知られている。

そこで、本論文では、高い質感を実現できる実写画像を利用し、衣服の中でもブラウス、セーター、ジャケットなど種類が多い上半身用の衣服画像を人物画像に対して精度よく合成する仮想試着システムを開発したことについて述べる。

以下、2. では人物画像に対する衣服画像の合成における要素技術について述べる。次に、3. では提案シス

[†] 株式会社東芝 研究開発センター, 川崎市
Corporate Research & Development Center, Toshiba Corporation, 1, Komukai-Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki, 212-8582 Japan
a) E-mail: kaoru.sugita@toshiba.co.jp

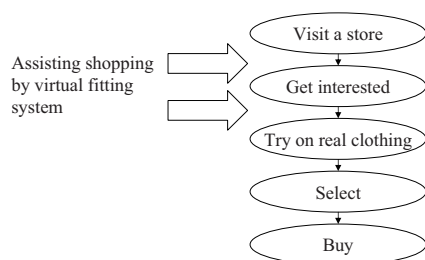


図2 仮想試着システムによる購買行動支援
Fig. 2 Virtual fitting system for assisting shopping.

テムで用いている衣服画像位置合わせ手法について述べ、4. で教示データを用いた位置合わせ精度の評価実験により提案システムの有効性を確認する。最後に、5. でまとめを行う。

2. 衣服画像合成のアプローチ

仮想試着システムにおける重要な要素技術は、人物位置のセンシング、その人物と仮想の衣服との位置合わせ、そして人物画像上への衣服画像の描画である。

2.1 人物位置のセンシング

人物位置を推定する手法として、輝度画像を用いる手法 [3] と、デプスセンサから得られるデプスマップを用いる手法 [4] を挙げることができる。映像表示装置は消費者が行き交う店頭や通路に設置されることが多く、背景差分法などを用いることが難しいため、人物位置の取得には一般的にデプスセンサが用いられている。

デプスセンサにはデプスマップにあわせて人物の骨格中の関節位置を実時間で取得できるものがあり、人物の骨格位置に合わせて衣服画像を合成することができる [5], [6]。しかし、人物の骨格だけでは肉付きなどシルエットまで表現することができず、ある人物に衣服が合うように調整しても、他のユーザに合わず、人物ごとに衣服画像の描画位置とスケールの調整が必要となるという問題がある。そこで、本論文で提案するシステムではデプスセンサから得られる人物のデプスマップのシルエットに対して衣服画像の位置合わせを行う手法を用いることで高精度に人物と衣服を合成することを狙う。

2.2 人物のショルダーラインに対する衣服の位置合わせ

衣服画像を描画する際に、人物シルエットのどの位置にどのスケールで合わせるかの基準が必要となる。

本論文では基準として人物の肩部分のシルエットを用いる。衣服の肩付近はショルダーラインと呼ばれ、衣服を着装する上で重要なポイントとなることが知られている [7]。そこで、衣服画像と、衣服を合成する対象の人物画像間のずれが試着している印象におよぼす影響を調査するために、主観評価実験を実施した。

手作業で衣服画像のスケールと位置を調整して人物画像上に衣服画像を重ね合わせた状態から、大きさの拡大・縮小や位置をずらした画像を合成し、F1 層 (20~34 歳の女性)20 人に対し試着していると感じられるかの 5 段階でのスコア付けのアンケートを行った。スケールずれや位置ずれ条件の提示順序は被験者ごとにランダムとし、条件ごとにスケールずれおよび位置ずれがない画像と、スケールずれまたは位置ずれのある画像を一对で提示した。スコアは、「まったく違和感がない」が 5 点、「あまり違和感がない」が 4 点、「やや違和感がある」が 3 点、「違和感がある」が 2 点、「かなり違和感がある」が 1 点である。

その結果、図 3 に示すように、衣服画像のスケールと位置の調整による重ね合わせのみでも、人物と衣服のショルダーラインのスケールと位置のずれが小さい場合には仮想試着において衣服を着たイメージの試着していると感じられるスコアが高く、ずれが大きくなるにしたがって低下することが判明した。

そこで、提案システムでは、人物の肩領域に着目して位置合わせを行うとともに、人物の動きを元に、シルエットを用いた人物と衣服の位置合わせを行うタイミングを判定することで追従性を保ちつつ位置ずれを低減する手法を用いる。

2.3 衣服画像の描画

人物と衣服を合成する際に、衣服画像をどのようなデータ形式で描画するかを考える必要がある。衣服画像の描画手法は、衣服画像の形式により、あらかじめ実際の衣服を撮影した 2 次元実写画像を描画する手法 [5], [8], [9], [12]、または、衣服の 3 次元 CG モデルを描画する手法 [10], [11] の 2 つのアプローチに大別することができる。

2 次元実写画像の衣服を描画する手法 [5], [8], [9], [12] では、1 枚あるいは複数の衣服画像を用いる。着衣状態の衣服を撮影し、衣服領域を抽出することで衣服画像データを生成する。試着時には、人物の位置や向きをセンシングし、衣服を選択してスケールと位置とを合わせて画像合成する。長所として、実際の衣服の写真を用いるため光沢やしわ等の質感の再現が容易とい

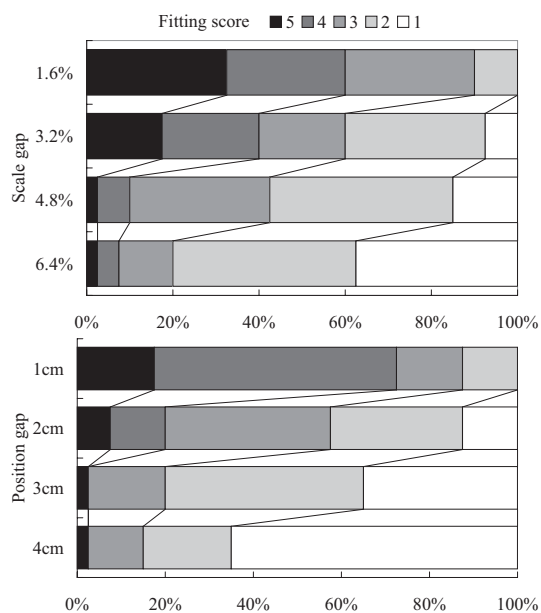


図 3 スケールずれと位置ずれに対する試着感のアンケート結果

Fig. 3 Fitting level evaluation about scale gap and position gap.

う点が挙げられる。短所としては、ユーザの姿勢や体格、細かい着こなし方に合わせた自然な変形が困難であるという点が挙げられる。

一方、衣服の 3 次元 CG モデルを描画する手法 [10], [11] では、事前に裁断した衣服や CAD データなどをもとに、ポリゴンモデルやテクスチャマップを作成して衣服を表現する。試着時には、人物の姿勢、体格、立ち位置をセンシングし、ポリゴンモデルを変形させる。長所として、ユーザの姿勢や体格、細かい着こなし方に合わせた自由な変形が可能であるという点、衣服の形状や柄の変更の自由度が高いという点が挙げられる。短所として、衣服ごとに性質の異なる伸びやしわ等の再現が実時間では難しいという点が挙げられる。

提案システムでは、計算コストが低く実際の衣服の見た目を容易に再現できる 2 次元実写画像の衣服を描画する手法を採用する。

3. 提案システムにおける衣服画像位置合わせ処理の流れ

提案システムにおける衣服画像位置合わせ処理フローを図 4 に示す。まず、カメラによる人物の撮影と

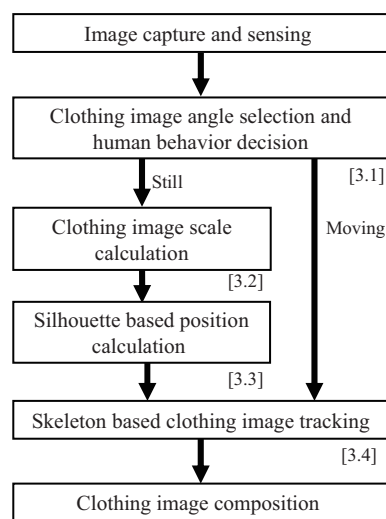


図 4 衣服画像位置合わせ処理フロー
Fig. 4 The clothing image fitting process flow.

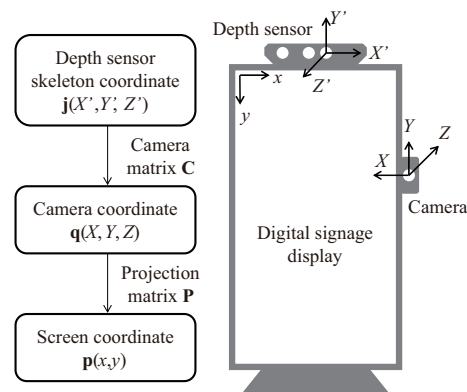


図 5 座標系間関係
Fig. 5 The relation of coordinates.

デプスセンサによるセンシングを行い、衣服画像の向きを選択する処理と、人物の移動量を元にした人物移動判定処理を行う。人物の肩領域に着目した衣服の位置合わせを行う場合に、人物の移動中はデプスマップのシルエットがぼやけるため、人物移動判定結果に応じて、静止時にはデプスマップのシルエットを用いた衣服画像のスケールおよび位置を算出する処理を行い、移動時には関節位置を用いた衣服画像の人物への追従処理を行う。最後に、人物画像上に衣服画像を描画する。

本処理において用いるデプスセンサ座標系、カメラ座標系、映像表示装置のスクリーン座標系間関係を図 5 に示す。

3.1 衣服画像の選択, 人物移動判定

衣服画像の選択処理では, デプスセンサから得られる人物のスケルトンデータ中の両肩の位置を用いて, 人物の向いている方向を求める. このためにまず両肩関節のカメラ座標系での位置 $\mathbf{q}_r = (X_r, Y_r, Z_r), \mathbf{q}_l = (X_l, Y_l, Z_l)$ を算出する.

$$\mathbf{q}_r = \mathbf{C}\mathbf{j}_r \quad (1)$$

$$\mathbf{q}_l = \mathbf{C}\mathbf{j}_l \quad (2)$$

ここで, $\mathbf{j}_r, \mathbf{j}_l$ は人物の両肩関節のデプスセンサ座標系での位置, \mathbf{C} は事前キャリブレーションで求めたデプスセンサ座標系からカメラ座標系への変換行列である. 次に, 人物の向いている方向 θ を決定する.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X_r - X_l}{Z_r - Z_l} \quad (3)$$

これは, 線分 $\mathbf{q}_r\mathbf{q}_l$ を XZ 平面に投影した線分と X 軸とのなす角である. 衣服画像は離散的な角度で撮影するため, 衣服画像ごとに対応する角度の範囲 $\theta_d (d = 0, 1, \dots)$ を定義しておき, 連続値である人物の向き θ に対応する向きの衣服画像を選択する.

$$\theta_d \leq \theta < \theta_{d+1} \quad (4)$$

続いて, 人物移動判定を行うために人物の両肩の中心位置 $\mathbf{p}_s = (x_s, y_s)$ を求める.

$$\mathbf{p}_s = \frac{\mathbf{P}(\mathbf{q}_r + \mathbf{q}_l)}{2} \quad (5)$$

ここで, \mathbf{P} は事前キャリブレーションで求めたカメラ座標系から表示装置のスクリーン座標系への変換行列である. \mathbf{p}_s のフレーム間の移動量を過去 f フレームについて積算し, 積算値 m がある閾値 m_{th} 以内であれば静止していると判定する.

$$m(t) = \sum_{i=0}^{f-1} |x_s(t-i) - x_s(t-i-1)| + |y_s(t-i) - y_s(t-i-1)| \quad (6)$$

以上の判定の結果, 人物が静止している場合には, 次の処理として衣服画像のスケール算出処理と, 位置合わせ処理を行う. 人物が静止していない場合には, 次の処理として衣服画像の人物への追従処理を行う.

3.2 シルエットに基づく衣服画像のスケール算出

衣服画像のスケール算出処理では, 図 6 に示すように人物画像, 衣服画像のシルエットを用いてそれぞれの肩幅を求める.

人物画像については, デプスセンサから得られるデプスマップをシルエットとして用いる. まず, デプスマップから背景領域を除外し人物領域のみのシルエットを抽出する. 抽出したシルエット内部の点について事前キャリブレーションで求めた変換行列 \mathbf{C} と \mathbf{P} を用いてデプスセンサ座標系からカメラ画像上に射影する [13] に述べられているようにデプスセンサから得られるデプスマップにはノイズが含まれるため, ノイズ除去処理を行う. まず, 人物領域の境界線を安定させるために, 過去の複数フレームのデプスマップについて上記の処理を行い重ね合わせる. 続いて, 射影結果のグレイスケール画像に対してガウシアンフィルタを適用した後に閾値処理を行い, モルフォロジーフィルタ [14] を適用する. ここで得られた画像 S_h について, 人物のスケルトンデータの両肩位置の中心点の Y 座標における水平方向のピクセル数 w_h を肩幅とする.

衣服画像では, マネキンに着せた衣服画像領域を事前に画像編集ソフトで抽出したシルエット S_c について, マネキンの両肩位置の中心点の Y 座標における水平方向のピクセル数 w_c を肩幅とする.

最後に, 人物画像と衣服画像の肩幅比 s を算出し, 衣服画像のスケールとする.

$$s = \frac{w_h}{w_c} \quad (7)$$

3.3 シルエットに基づく衣服画像の位置合わせ

衣服画像の位置算出では, 図 6 に示すように人物画像, 衣服画像に対してそれぞれ肩領域のシルエットの輪郭線を生成する.

人物画像については, 3.2 の処理で得られたシルエット S_h について, キャニーフィルタ [15] を適用した後モルフォロジーフィルタを適用して輪郭画像 E_h を生成する. その後, 人物のスケルトンデータを元に, 肩領域付近の輪郭のみを切り出してガウシアンフィルタを適用して T_h を得る.

衣服画像では, 衣服領域を示すシルエット S_c について 3.2 のスケール算出結果を用いて衣服画像のスケールリングした後, 人物画像と同様に輪郭画像 E_c を生成する. その後, 衣服画像に対応するマネキンのスケルトンデータ中の両肩位置を用いて, 肩領域付近の輪郭 T_c を切り出す.

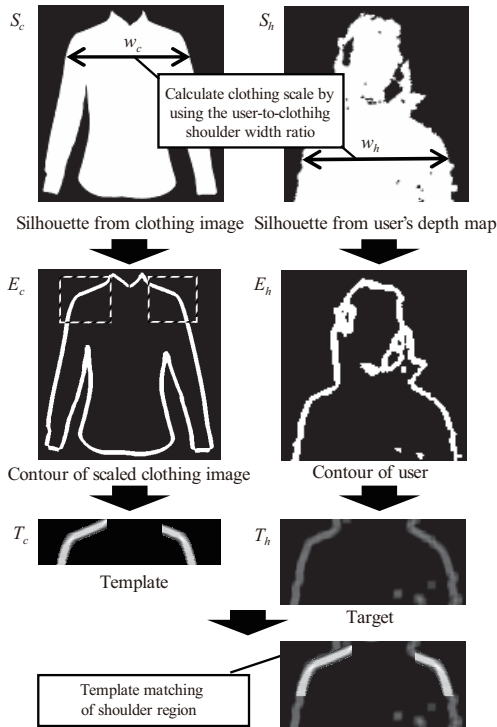


図 6 シルエットの安定化による衣服画像のスケールおよび位置の算出

Fig. 6 Calculation of clothing image scale and position based on stabilized silhouette.

最後に、人物輪郭の肩領域 T_h をターゲット、衣服輪郭の肩領域 T_c をテンプレートとしてテンプレートマッチングを行う。

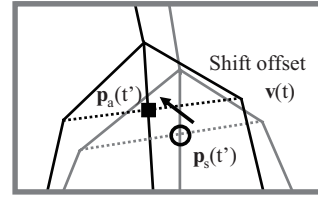
$$\mathbf{p}_a = \arg \min_{T_h} \sum_{T_c} |l_h - l_c|^2 \quad (8)$$

ここで、人物輪郭画像 T_h の画素の輝度値を l_h 、テンプレートである衣服輪郭画像 T_c の画素の輝度値を l_c 、テンプレート座標を \mathbf{p}_a とする。

3.4 衣服画像の人物への追従

人物移動時の衣服画像の追従処理を少ない計算量で行うために、人物が静止しているフレームであらかじめ算出したスケールと位置に、デプスセンサ装置から実時間で取得できるスケルトンデータの移動量を加算する処理を行う。

人物が静止していると判定されたフレームでは、3.3で述べた衣服画像の位置 $\mathbf{p}_a(t)$ の算出を行うと同時に、スケルトンデータを用いた衣服画像の位置 $\mathbf{p}_s(t)$ の算出を行う。 $\mathbf{p}_s(t)$ の算出は、人物画像の両肩位置の中



- Clothing image position $\mathbf{p}_a(t')$ calculated by skeleton data
- Clothing image position $\mathbf{p}_s(t')$ calculated by offset shift

図 7 衣服画像の相対位置による追従処理

Fig. 7 Clothing image tracking based on offset position.

心点と、スケーリング後の衣服画像に対応付けられたマネキンの両肩位置の中心点が一致するように求める。 $\mathbf{p}_a(t)$ と $\mathbf{p}_s(t)$ の差をオフセット $\mathbf{v}(t)$ として保持しておく。

$$\mathbf{v}(t) = \mathbf{p}_a(t) - \mathbf{p}_s(t) \quad (9)$$

次に、人物が移動していると判定されたフレーム t' では、3.3で述べた手法による衣服画像の位置算出は計算時間を要するため実行しない。衣服画像の位置 $\mathbf{p}_a(t')$ は、図7に示すように、現在のフレーム t' のスケルトンデータを用いて算出した衣服画像の位置 $\mathbf{p}_s(t')$ を、過去に算出したオフセット $\mathbf{v}(t)$ 分シフトして求める。

$$\mathbf{p}_a(t') = \mathbf{p}_s(t') + \mathbf{v}(t) \quad (10)$$

4. 実験

4.1 装置の構成

仮想試着装置の構成を図8に示す。表示装置として、縦長に設置した大型ディスプレイを用いる。被写体の撮影には、Webカメラを用い、人物を撮影するため撮影範囲が縦長になるようにしてディスプレイの右側に設置する。被写体のセンシングのために、ゲーム向けに利用されているデプスマップとスケルトンデータの両方が得られるデプスセンサ装置をディスプレイの上部に設置する。カメラ画像の解像度は 1080×1920 ピクセル、デプスセンサのデプスマップ解像度は 640×480 ピクセルに設定した。

事前処理として、デプスセンサから得られるデプスマップやスケルトンデータをカメラ撮影画像上に射影するためのキャリブレーションを行う。チェッカーボー

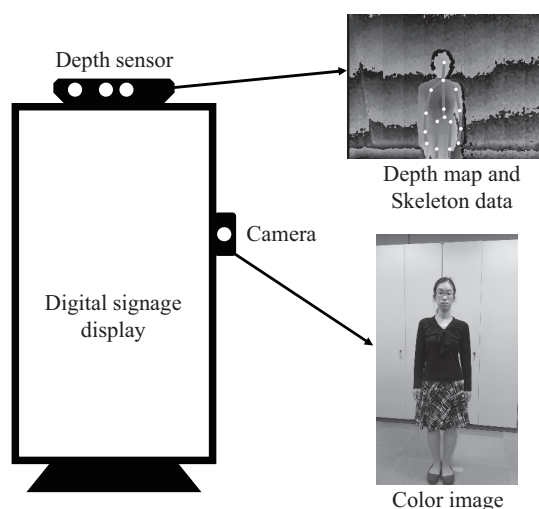


図 8 実験装置の構成
Fig. 8 The layout of the experiment devices.

ドの各格子点についてのデプスセンサ座標系における 3 次元座標とカメラ画像上での 2 次元座標から、デプスセンサ座標系上の座標をカメラ座標系へ変換する変換行列 C と、カメラ座標系からスクリーン座標系へ変換する変換行列 P をキャリブレーションにより求める。

4.2 合成用衣服画像の生成

衣服画像の生成方法を図 9 に示す。まず、マネキンに衣服を着せ、向きを変えながらカメラとデプスセンサで撮影を行う。カメラで撮影した画像に対しては、画像編集ツールにより背景およびマネキン部分を除去し、衣服領域を抽出する。デプスセンサで取得したスケルトンデータは、前述のキャリブレーション結果を用いてカメラ座標系に変換し、画像と関連付けて保存する。衣服画像は、女性用のブラウス、セーター、ジャケットの 3 着をそれぞれマネキンに着せ、カメラから 160cm の距離に配置し、カメラ方向を正面とし、左右 40° の範囲で 10° ごとに向きを変えて撮影した。

4.3 被写体の撮影

実験データの収集条件について述べる。被写体となる人物は F1 層の 16 名である。体型の分布を図 10 に示す。衣服を撮影した時と同じ姿勢のマネキンを衣服を着せた状態で近くに立たせ、同じ姿勢をとるように被写体に指示した。そして、被写体の立ち位置を 3 箇所（カメラから 180cm, 160cm, 140cm）変化させ、カメラ方向を正面とし、左右 40° の範囲で 10° ごと

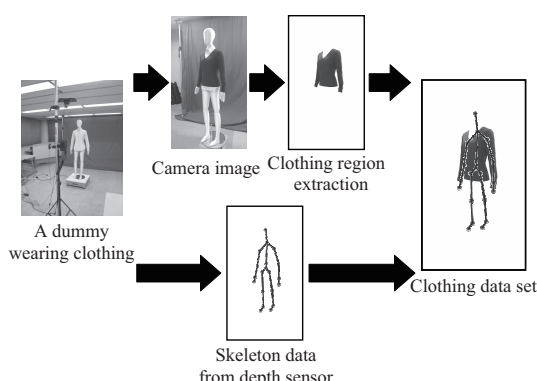


図 9 合成衣服画像の生成方法
Fig. 9 A flow of preparing clothing image sets.

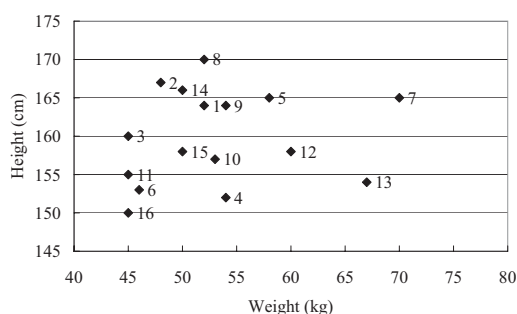


図 10 被写体の体型の分布
Fig. 10 Height and weight of subjects.

にカメラおよびデプスセンサで撮影した。

4.4 教示データの生成と位置合わせ評価尺度の定義

位置合わせ精度の評価を行うために、手作業による教示データを作成し、衣服画像のスケール・位置合わせの正確さの尺度を定義した。

まず、衣服画像を合成する位置を教示する作業を 10 名で実施した。教示作業は、被写体の 3 箇所の立ち位置、正面向きと左右 20°, 左右 40° の向きの撮影画像に対し、それぞれ上述の 3 着の対応する向きの衣服画像を縦横比は固定したまま拡大縮小および移動させ、衣服を着用しているように重ね合わせるといものである。教示者 10 名の作業結果における衣服画像の外接矩形の 4 隅の点のそれぞれの平均位置を教示位置とした。この作業では、合成する衣服を人物が着ているように見えるように、人物の体の幅と丈を元に衣服画像のサイズを決定し、次いで位置合わせを行うよう教示者に指示した。様々な人物画像に対し、体型や姿勢が一致しないマネキンに着せて撮影した衣服

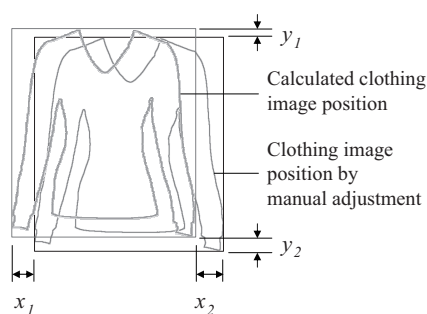


図 11 衣服画像位置合わせ精度の評価尺度

Fig. 11 Evaluation of calculated clothing image position.

画像を移動と拡大縮小のみで完全に重ねることは困難であるため、ここでは主観的に可能な限り合うように教示させた。

次に、衣服位置合わせの精度を評価するために、図 11 に示すようにカメラ画像上での教示データの衣服画像の外接矩形と、位置合わせアルゴリズムによって出力された衣服画像の外接矩形のずれを評価尺度 D (単位: ピクセル) として定義した。

$$D = x_1 + x_2 + y_1 + y_2 \quad (11)$$

この尺度は、教示された衣服位置に対し、アルゴリズムから出力された衣服のスケールが異なる場合と位置がずれている場合のいずれの場合でも増大する。

4.5 静止時の位置合わせ精度の評価

デプスセンサのスケルトン位置のみを用いる手法(以下、骨格ベースの手法と呼ぶ)と、3. で述べたシルエットを用いる手法(以下、シルエットベースの手法と呼ぶ)との位置合わせ精度の評価実験を行った。骨格ベースの手法において、衣服のスケール s' は、マネキンのスケルトンの両肩の関節位置 $\mathbf{c}_r = (x_{cr}, y_{cr})$, $\mathbf{c}_l = (x_{cl}, y_{cl})$ と、人物の関節位置 $\mathbf{p}_r = (x_r, y_r)$, $\mathbf{p}_l = (x_l, y_l)$ の水平方向距離の比から算出する。

$$s' = \frac{x_r - x_l}{x_{cr} - x_{cl}} \quad (12)$$

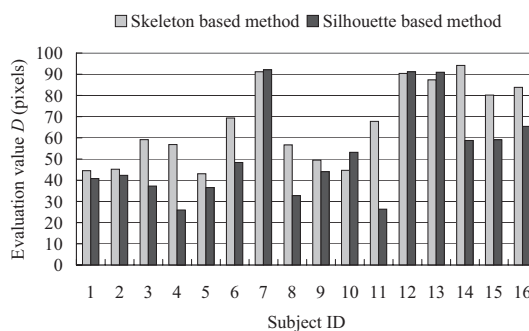
衣服の位置は、スケール後のマネキンと人物の双方のスケルトンの両肩の関節位置の中心位置 \mathbf{p}_s が一致するように算出する。

シルエットベースの手法では、正面向きの被写体に対しては 3.2 と 3.3 で述べたシルエットを用いた位置合わせ手法を用い、正面以外の向きでは正面で位置合わせを行った後 3.4 で述べた手法で追従処理を行う。

表 1 静止時の位置合わせ精度の比較

Table 1 Results of position evaluation for still image.

	Skeleton based method	Silhouette based method
Evaluation value D (pixels)	78.3	56.1

図 12 静止時の正面向きの被写体ごとの評価尺度 D の平均値Fig. 12 Average of evaluation value D for each subject for still front image.

被写体 16 名について、3 箇所の立ち位置、衣服 3 着、正面および左右 20°向き、左右 40°向きについての評価結果を表 1 に示す。位置合わせの評価尺度 D の平均値は、骨格ベースの手法が 78.3 であるのに対し、シルエットベースの手法は 56.1 となり精度の向上が確認できた。

次に、被写体の向き 20°ごとに位置合わせ精度を評価した結果を図 13 に示す。シルエットベースの手法では、正面からの回転角度が大きくなって位置ずれが骨格ベースの手法に比べて大きくなり、精度が悪化しないことが確認できた。

さらに、角度を細かくサンプリングした場合の評価を行った。ここでは、教示者 1 名に対して、カメラから 160cm の距離で 10°単位の向き撮影した被写体に、対応する向きの衣服画像 3 着の位置合わせ作業を行わせた。評価尺度 D の平均値は、骨格ベースの手法が 68.0 であるのに対しシルエットベースの手法は 52.4 となり、表 1 に示したように 20°単位で評価した場合と改善の傾向が変わらないことが確認できた。

次に、16 人の被写体ごとに正面向きでの評価尺度 D および位置合わせ画像の結果を調査した結果を図 12 に示す。番号 7,12,13 のように骨格ベースの手法とシルエットベースの手法でともに教示データとのずれが大きいケースでは、被写体の体型が衣服撮影を行った際のマネキンの体型と大きく異なる傾向が見られ

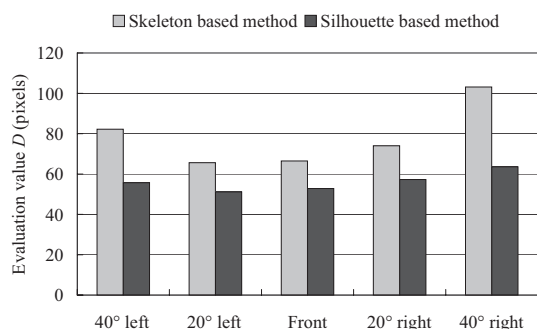


図 13 静止時の被写体の向きごとの評価尺度 D の平均値
Fig. 13 Average of evaluation value D for each rotation angle for still image.

た．本実験では衣服のデザインや柄の変形が生じないように，位置合わせ時に衣服画像の縦横比を変更していない．また，実物の衣服はマネキンに合わせて用意した単一サイズである．そのため，番号 7,12,13 の被写体において肩幅を元にスケールすると衣服の丈が長くなりすぎ，衣服を着ているように合成するタスクであった教示データとのずれが大きくなったと考えられる．

また，番号 10 の被写体は，骨格ベースの手法に比べシルエットベースの手法での精度が悪化しているが，これは肩部分が膨らんでいる半そで（パフ・スリーブ）を着ていたために肩幅が広く検出され衣服スケールが大きく合成されたことが原因と考えられる．

4.6 移動時の位置合わせ精度の評価

衣服画像の追従精度の評価結果について述べる．実験装置から 160cm の距離で女性 1 名が正面を向いた状態で 2 秒間横方向に移動する様子をカメラとデプスセンサで撮影した．取得したカラー画像の時系列データについて，女性用セーターの画像を静止時の実験と同様に作業員 1 名により教示した．また，取得したカラー画像とデプスセンサのデータを用いて，骨格ベースの手法と，シルエットベースの手法について教示データに対する位置合わせ精度を評価した．ここで 3.1 で述べた人物が静止していると判定するフレームは 1 フレーム目とした．

位置合わせ精度の評価尺度 D のフレームごとの結果を図 14 に示す．表 2 に，評価尺度 D の平均値を示す．骨格ベースの手法では評価尺度 D の平均値は 63.7 であったのに対し，シルエットベースの手法では評価尺度 D の平均値は 47.7 であり，シルエットベースの手法は骨格ベースの手法に対して位置合わせ精度が改善

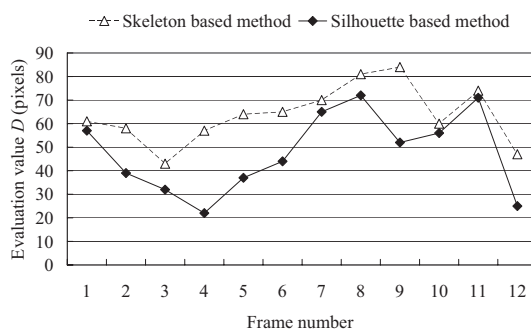


図 14 移動する被写体に対する評価尺度 D
Fig. 14 Evaluation value D for a moving subject.

表 2 移動する被写体に対する評価尺度 D の平均値
Table 2 Average of evaluation value D for a moving subject.

	Skeleton based method	Silhouette based method
Evaluation value D (pixels)	63.7	47.7

していることが確認できた．

4.7 シルエットベースの手法を用いた仮想試着システムの評価

シルエットベースの手法を用いて構築した仮想試着システムの利用シーンを図 15(a) に，合成結果の例を図 15(b)~(d) に示す．合成処理に利用した PC は，CPU は 4 コア 2.93 GHz，メインメモリは 12GB を搭載したものである．ユーザは図 15(a) に示すような青い服を着た女性であり，(b) では黒革ジャケットにスカートを組み合わせたコーディネート，(c) ではオレンジのブラウス，(d) では赤いセーターを試着している．ユーザの静止時に衣服の位置合わせが実行され，ユーザの移動や向きの変化に合わせて毎秒 30 フレームで衣服が追従する様子が観察された．また，実写の衣服画像を用いているため，各衣服で向きの変化に応じた光沢や陰影の変化が観察された．

5. む す び

本論文では，デプスセンサで得られる人物の肩領域のシルエットを利用する上半身用衣服画像位置合わせを用いた仮想試着システムについて述べた．手作業で人物画像上に衣服画像を合わせたデータを教示データとした場合に，シルエットベースの提案システムでは，骨格ベースの従来システムに比べて位置合わせ精度が向上したことを確認できた．人物ごとの位置合わせ精度に着目した場合，衣服撮影時のマネキンと人物の体

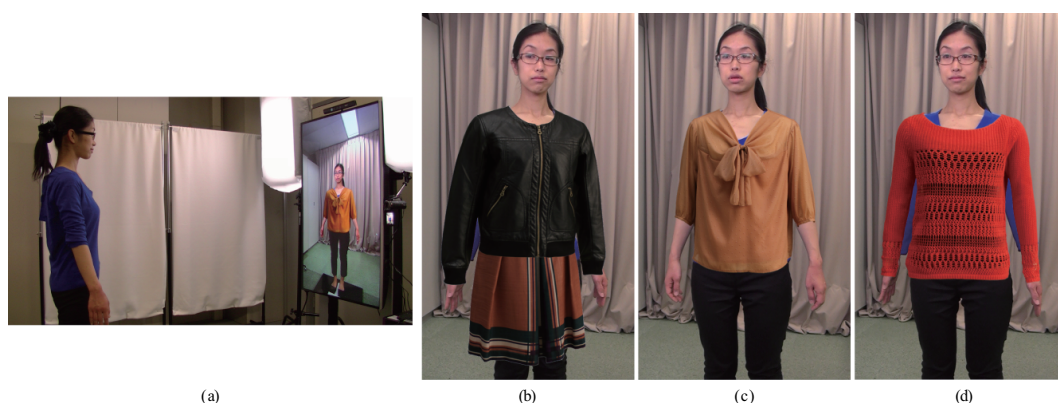


図 15 提案する仮想試着システムの動作例
Fig. 15 Display examples of the proposed virtual fitting system.

型が異なる場合や、人物が着ている服の肩領域の形状により人物のシルエットとマネキンのシルエットが異なる場合に教示データからのずれが大きくなる傾向が観測された。本システムでは、ユーザが鏡の前に立って衣服あわせをする際の挙動のうち、ユーザの立ち位置と向きに対する衣服画像の追従を実現したが、今後は、文献 [5], [8], [12] で実現されているような自由度の高い姿勢や多様な体型に対し精度よく衣服のフィッティングを実現するシステムの開発に取り組む。

文 献

- [1] 株式会社ネクストシステム, Virtual Fasion 3D, <http://www.next-system.com/virtualfashion.html>.
- [2] Vismile Inc., "3D virtual fitting room," http://www.vismile.com.tw/en/solutions_3d_dressing_room.html.
- [3] R. Okada and B. Stenger., "A Single Camera Motion Capture System for Human-Computer Interaction," IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol.E91-D, No.7, pp.1855-1862, 2008.
- [4] J. Shotton et al., "Real-time human pose recognition in parts from single depth images," Proceedings of the 2011 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2011.
- [5] Z. Zhou et al., "Image-based Clothes Animation for Virtual Fitting," Proceedings of SIGGRAPH ASIA 2012, 2012.
- [6] 中村 薫, 齋藤 俊太, 宮城 英人, KINECT for Windows SDK プログラミング C++編, 秀和システム, 2012.
- [7] 深井 晃子, ファッション辞典, 文化出版局, 1999.
- [8] 廣瀬 真輝 他, "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 Vol.2012-CG-149 No.11, 2012.
- [9] J.C. Yoon, I.K. Lee and H. Kang, "Image-based Dress-up System," Proceedings of ACM ICUIMC 2011, 2011.
- [10] P. Guan et al., "DRAPE: DRessing Any PERSON," Proceedings of ACM SIGGRAPH 2012, 2012.
- [11] J. Li et al., "Fitting 3D garment models onto individual human models," Computer & Graphics 34, pp. 742-755, 2010.
- [12] A. Hilsmann, P. Fechteler and P. Eisert, "Pose Space Image Based Rendering," Computer Graphics Forum, Volume 32, Issue 2pt3, pp. 265-274, 2013.
- [13] S. Matyunin et al., "Temporal filtering for depth maps generated by Kinect depth camera," Proceeding of 3DTV-CON, pp. 1-4, 2011.
- [14] 浅野 晃, 延原 肇, マセマティカルモルフォロジーの基礎と新展開, 電子情報通信学会誌 92(10), pp.876-880, 2009.
- [15] J. Canny, "A Computational Approach To Edge Detection," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8:679-714, 1986.

(平成 xx 年 xx 月 xx 日受付)

杉田 馨

2004 東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程単位取得退学。同年 (株) 東芝入社。現在同社研究開発センターインタラクティブメディアラボラトリー勤務。研究主務。博士 (情報理工学)。拡張現実感, コンピュータグラフィックスの研究に従事。

関根 真弘

2002 東北大学大学院博士前期課程了。同年 (株) 東芝入社。現在同社研究開発センターインタラクティブメディアラボラトリー勤務。研究主務。拡張現実感, コンピュータグラフィックスの研究に従事。映

像情報メディア学会会員 .



西山 正志 (正員)

2002 岡山大学大学院博士前期課程了 .
同年 (株) 東芝入社 . 現在同社研究開発セ
ンターインタラクティブメディアラボラト
リー勤務 . 研究主務 . 学際情報学博士 (東
京大学) . 拡張現実感 , パターン認識の研
究に従事 . 2006 本会パターン認識・メディ
ア理解研究会研究奨励賞 , 2007 画像センシングシンポジウム優
秀論文賞 2009 山下記念研究賞などを受賞 . 情報処理学会会員