

筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類

卒業研究論文

仮想試着システムのための
合成画像品質の評価手法に関する研究

鈴木 優楓未

指導教員 三谷 純

2015年 1月

概要

本論文では、衣服画像を顧客画像に合成することで試着を模した結果を出力する画像ベース仮想試着システムから作成される合成画像の品質に影響を与えている要因を明らかにすることと目的とし、考えうる要因を含むサンプル画像を作成し画像品質のアンケート調査を行った。合成に使用する2つの入力画像の差が合成画像の品質に影響を与えていると仮説を立て、調査する要因は以下の5つとする。画質の違い、明度の違い、光源位置の違い、変形の不マッチ、ブレンドの甘さである。分析結果から、影響力の強さは変形の不マッチが最も大きく、ブレンドの不マッチ、画質の差、光源位置の差、明るさの差の順であると言えそうである。また、一部の画像では評価の個人差が非常に大きく見られた。主観が伴う複雑な問題であるため、一般に定義することは現段階では難しい。この結果が今後の仮想試着システムの発展に役立つことが期待される。

目次

| | | |
|-------|--------------------------|----|
| 第1章 | 序論 | 1 |
| 第2章 | 関連研究 | 4 |
| 2.1 | 仮想試着システムの手法に関する研究 | 4 |
| 2.2 | 当研究室で作成された仮想試着システム | 6 |
| 2.3 | 画像品質の評価に関する研究 | 7 |
| 第3章 | 合成画像の品質についてのアンケート調査 | 8 |
| 3.1 | 目的 | 8 |
| 3.2 | 仮説 | 8 |
| 3.3 | 調査方法 | 9 |
| 3.3.1 | サンプル画像 | 9 |
| 3.3.2 | アンケートの実地方法 | 13 |
| 第4章 | 結果 | 15 |
| 4.1 | 集計データ | 15 |
| 4.2 | 分析 | 17 |
| 4.2.1 | 重回帰分析 | 17 |
| 4.2.2 | 個人差による評価の分散 | 19 |
| 第5章 | 考察 | 24 |
| 第6章 | まとめ | 26 |
| 6.1 | 結論 | 26 |
| 6.2 | スマートフォンでの仮想試着アプリケーションの提案 | 26 |
| 6.3 | 今後の課題 | 27 |
| | 謝辞 | 28 |
| | 参考文献 | 29 |

目次

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Style Share 使用例. | 2 |
| 1.2 | ローズパティオに設置された仮想試着サービス.(図出展:文献 [3]) | 2 |
| 1.3 | BREEZE Collection 使用例. | 2 |
| 2.1 | Divivier らの手法による仮想試着結果. 画像の出展:文献 [7] | 5 |
| 2.2 | 姿勢からのノード付け. 画像の出展:文献 [8] | 5 |
| 2.3 | Anna らの手法による仮想試着結果. 左 4 枚の画像を入力とし, 右の画像を出力する. 画像の出展:文献 [8] | 6 |
| 2.4 | 当研究室の既存システムの流れ. 画像の出展:文献 [6] | 7 |
| 3.1 | 従来の仮想試着システムの 2 つの入力画像 | 8 |
| 3.2 | 最も上に着用しているトップスの領域とそれを含まない領域を領域 A, 領域 B とする. 領域 A,B に分割し, 異なる加工をすることにより一枚の写真で合成画像の再現する. | 10 |
| 3.3 | 画像作成手法: 領域間の画質の差. ガウスぼかしとデジタルカラーノイズを使用することで領域 A の画質を下げている. 元の画像サイズは 500*600pixel である. | 10 |
| 3.4 | 画像作成手法: 領域間の明るさの差. 従来の衣服画像の元となるモデル画像は強いフラッシュを受けて撮影されている. それを再現するためにまず領域 B の明るさを上げる. その上で領域 A の明るさをレベルごとに下げている. | 11 |
| 3.5 | 画像作成手法: 領域間の照明位置の差. 画像処理により 1 枚の画像から生み出すことが困難であるため, 異なる照明下で撮影した 2 枚の画像を合成して作成する. そのため, 変形の不マッチ及び明るさの差という他の要因と完全に切り離すことは不可能である. 異なる場所で撮影した画像を合成したものをレベル 2, ほぼ真逆の位置光源を設置して撮影した画像を合成したものをレベル 3 とする. | 11 |
| 3.6 | 画像作成手法: 変形の不マッチ. 着用する衣服のみが異なる, 同環境下で撮影した 2 枚の画像を用いて作成する. レベル 2 では衣服の拡大縮小によるサイズ合わせと衣服全体の回転による角度の調節のみを行う. レベル 1 ではレベル 2 に加え, 関節 (主に肩・肘) を回転させより身体に沿うように重ね合わせる. レベル 3 は意図的に肩の位置をずらす, 下の衣服を見せるなどといった変形を加える. | 12 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.7 | 画像作成基準：領域の境界のブレンディングの甘さ. 上記した他の4つの要素のどれかひとつでも持っている（完全な無加工ではない）ならばレベル2とする. レベル2とされた画像の領域Aと領域Bの境界をぼかすことにより馴染ませたものをレベル1, 境界を縁取りより強調したものをレベル3とする. この要素のレベル0は, 他の要素も含め完全な無加工の写真のみとする. | 13 |
| 3.8 | アンケートフォーム. | 14 |
| 4.1 | 性別 | 15 |
| 4.2 | 年齢 | 15 |
| 4.3 | 被験者のアクセス時の環境 | 15 |
| 4.4 | アクセス元の端末 | 15 |
| 4.5 | 設問1:オンラインショップで衣類を購入したことはあるか. | 16 |
| 4.6 | 設問2:オンラインショップで衣類を購入する前に, その服を試着した自分の姿（合成画像）を見ることができたら便利だと思うか | 16 |
| 4.7 | 設問3:過去に仮想試着システムを使用したことはあるか. | 16 |
| 4.8 | 点数分布. 全体の点数の分布に加え, 全く加工を行っていない画像と当研究室のシステムを用いて作成した画像の点数の分布をそれぞれの評価数を分母とした百分率で示した. | 17 |
| 4.9 | 分散値と評価平均点の散布図. | 17 |
| 4.10 | 評価にばらつきが少なく平均点が高い画像. [3]は画質の差1,[2]は明度の差2,[1]は画質の差1, 明度の差2である. ばらつきが少なく平均点が高い, 安定して品質が良いと判断された画像には, 画質の差, 明度の差がその他の要因と組み合わせさせていないものも多く見られた. また[4]は光源位置の差が3である. 衣類と人物には光がほぼ真逆から当たっているが, 平均点はおよそ4.7と高い評価を得ている. これは一部の無加工の画像のを上回る点数である. | 20 |
| 4.11 | 評価にばらつきが少なく平均点が低い画像.[1]~[4]は変形のミスマッチが2もしくは3である. 品質が悪いと判断されると言える画像は全て変形のミスマッチが要素として含まれていた. また,[3]と[4]は解像度の差と明るさの差のレベルが異なる. この二つの画像の平均点の差は0.005である. | 21 |
| 4.12 | 評価にばらつきが多い画像1.[1][2]の画質の差のレベルは2,もしくは3である. 画質の差のみのレベルが高い画像にはばらつきが多い傾向が見られた. | 22 |
| 4.13 | 評価にばらつきが多い画像2. この画像は無加工の画像であるが評価にばらつきが多く, この画像を評価した33人中4人が最も低い評価をつけている. 平均点も3.8と無加工の中では最も低い点数となった. このように無加工のものであっても違和感があると評価されるケースが存在する. | 23 |
| 6.1 | 提案するスマートフォンの仮想試着アプリケーションの使用例. | 27 |

第1章 序論

衣服のオンラインショップは一般的になっており、インターネット上に多数の店舗が存在している。顧客側は時間、場所を問わず気軽に衣服を購入することができ、店舗側は管理費や人件費を削減することができるなど、店側顧客側双方にメリットの多い販売手法である。一方で、通信販売には未だ問題も多い。平成 23 年経済産業省の行ったアンケート [1] では、通信販売利用上の不安・不便は何かという質問に対し約 7 割の被験者が「購入前に実物の商品を確認できないこと」回答している。こういった通信販売特有の要素が最も高い不安要因となっている。特に衣類は試着が衣服の購入に際して重要な判断基準となるため、衣類のオンラインショッピングの発展を妨げる理由の一つとされている。この問題に対し、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。

スタイルシェア株式会社の Style Share というウェブサービス [2] では、オンラインショップの利用者（以下、顧客）が衣類カタログから任意の衣服を選択すると、選んだ衣服を着用したモデルの画像が出力される (1.1)。これにより顧客は購入前に衣服の自由な組み合わせを試すことができる。しかし顧客が得られる出力画像はモデルが着用した画像であるため、顧客自身が試着した結果を確かめることはできない。1.2 は名古屋タカシマヤにあるローズパティオの店頭に 2014 年 10 月 24 日から 30 日まで設置された仮想試着サービスである。これは AR (Augmented Reality 拡張現実) 技術とマイクロソフト社の技術「Kinect for windows センサー」を用いて、顧客の動きと連動した仮想試着結果をリアルタイムに顧客に提供する。これは顧客自身が実際に着用したかのような現実感ある映像を顧客に提供するが、Kinect やモニターといった機材が必要であるため、現状、顧客は店頭まで赴く必要がある。BREEZE 社の BREEZE Collection [4] では、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）を重ね合わせて出力することで、顧客が試着したかのような画像（以下、仮想試着画像）を提示する (1.3)。しかしこれは単純な画像の重ね合わせであるため、得られる合成画像は現実感に乏しい。

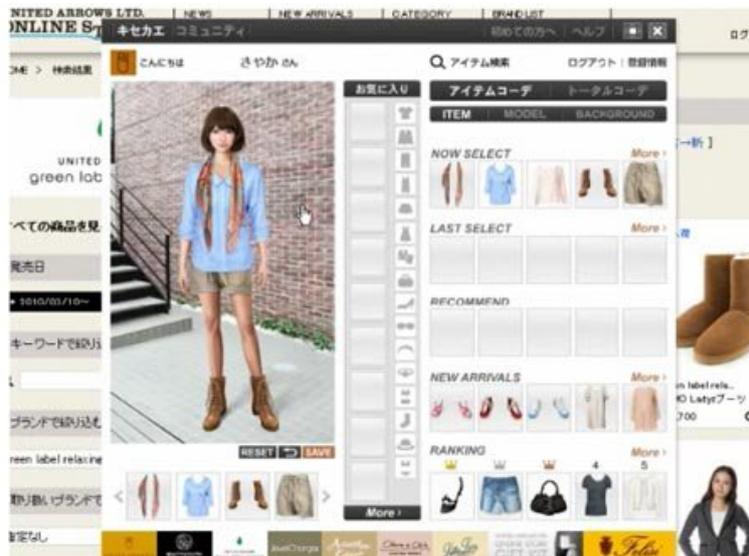


図 1.1: Style Share 使用例.



図 1.2: ローズパティオに設置された仮想試着サービス.(図出展:文献 [3])



図 1.3: BREEZE Collection 使用例.

仮想試着システムにおいて最も重要なのはいかに実際に着ているような画像を顧客に提供するかである。筆者が所属する筑波大学非数値処理アルゴリズム研究室（以降では当研究室と記す）では、顧客画像と衣服画像の2つの画像を用いて仮想試着画像を作成する画像ベースの手法を用いて、よりよい品質の仮想試着画像を提供する仮想試着システムの作成に取り組んできた ([5],[6])。さらなるシステムの発展のため、まず現在の仮想試着システムによって作られる仮想試着画像から発生する違和感は何によって引き起こされているのかを明らかにする必要が有ると考え、これを研究目的とする。

本論文では仮想試着画像から得る違和感の要因について研究を行う。本論文の構成は次のようになっている。第2章では本研究の関連研究について述べる。仮想試着に関して、3D人体モデルベースと呼ばれる三次元空間での仮想試着手法と2次元画像を変形して合成画像を作成する手法について述べる。また、現在普及している仮想試着アプリケーションの実例と、当研究室で作成された仮想試着システムについて記す。第3章では合成画像品質についてのアンケートについて説明する。まず、調査する要因を挙げ、それらを強調したサンプル画像の作成方法について記述する。その後、アンケートの実施方法について述べる。第4章ではアンケートから得たデータを集計し、分析を行う。第5章では、本研究の結果について考察し、第6章では結論と画像変形を用いた仮想試着アプリケーションの提案について述べ、最後に今後の展望について述べる。

第2章 関連研究

仮想試着システムに関連する研究について述べた後,画像品質の評価に関する研究について述べる.仮想試着システムの既存手法は大きく分けると3D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.当研究室で作成された仮想試着システムは主に顧客画像と衣服画像を重ね合わせて表示する画像ベースの手法を用いたものである.画像品質に関する研究は画質,色の観点から指標を提案したものについて述べる.

2.1 仮想試着システムの手法に関する研究

仮想試着とは,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顧客に提供することを目的とするシステムである.衣服をオンラインショップで購入する際や,着物やウェディングドレスなど試着が容易でないものを購入する際に有効な手段として考えられている.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.

3Dモデルを使う手法は,3D人体モデルと衣服モデルを入力とし,衣服の動きを物理的演算により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つき方を表現するものである.現実に近い仮想試着結果を得ることができるが,必要とされる入力データが莫大となり,計算に時間がかかるなどの欠点がある.Divivierらの研究[7]では衣服を構成する布データに,曲げ(耐屈曲性),せん断(標準90度の角度からの縦糸と横糸の変形),材料引張応力(ひずみ値)といったデータを加えることにより顧客アバターへの精密なドレスングを可能とした(2.1).前提となる顧客アバターの作成に,3Dレーザースキャナによる身体の表面の情報のスキャンが必要とされるため,現状一般的に使用可能なシステムとすることは難しい.



図 2.1: Divivier らの手法による仮想試着結果. 画像の出展:文献 [7]

2次元画像を用いる画像ベースの手法は実際の衣服の画像を用いるため、テクスチャの変形やシェーディング特性など全ての外見特徴を画像から入手できる。これにより3Dモデルを用いた手法の複雑な物理シミュレーションより計算量を少なくすることが可能である。また、必要とされる入力データが衣服の写真となるため、新たな衣服の登録に特別な技術が必要としない。Anna らの研究 [8] では同じ衣服を着たモデルをいくつかの姿勢で撮影した画像を入力とする。近しい姿勢をノード付けし、任意の姿勢の画像を作成したノードグラフを元に複数の画像を組み合わせて作成する (2.2)。衣服画像を身体の左右、胴体、肘、肩など分割することにより少ない入力画像から多様な姿勢の画像を出力することが可能である。(2.3)

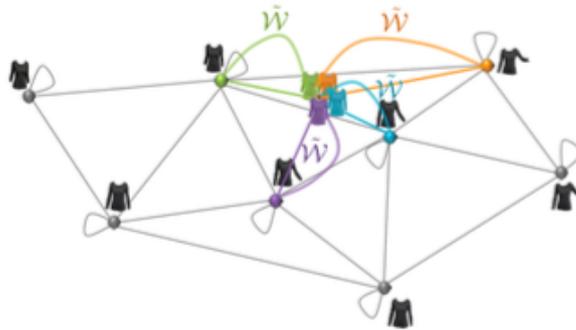


図 2.2: 姿勢からのノード付け. 画像の出展:文献 [8]



図 2.3: Anna らの手法による仮想試着結果. 左 4 枚の画像を入力とし, 右の画像を出力する. 画像の出展:文献 [8]

また,2次元画像を用いる画像ベースの手法と3Dモデルを組み合わせた手法も存在する.Hauswiesner らの研究 [9] では3Dモデルを使う手法の難点であった衣服データ作成の困難さを,多様な視点からサンプル画像を撮影し,それを元に3Dモデルを作成することで軽減することに成功した.

2.2 当研究室で作成された仮想試着システム

当研究室の仮想試着システムは2次元画像を用いる画像ベースの手法に分類される.Anna らの研究と異なり,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を前提としている.これは多数の衣服を扱うオンラインショップにおいて,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,何枚も用意することは,必要なデータを用意する時間がかかりすぎるため実用的ではないと考えたためである.現在実用化されている仮想試着アプリケーションはこの手法となっている.しかし単純な重ね合わせによる仮想試着は,身体に衣服が合わず不自然な結果となる.そこで2012年,廣瀬らの研究 [5] では顔領域を参照した明るさ補正と顧客画像の衣類のはみ出し修正を行ったシステムを提案した(??).また,2013年,山田ら [6] が体型輪郭モデルを使い,体型輪郭モデルから着用している衣服画像を顧客の体型に合うように変形する手法を提案し,廣瀬らの手法と組み合わせて仮想試着システムを作成した.これを当研究室の既存仮想試着システムとし,これによって作成された合成画像が与える違和感が何に起因するかを本論文で取り扱う.

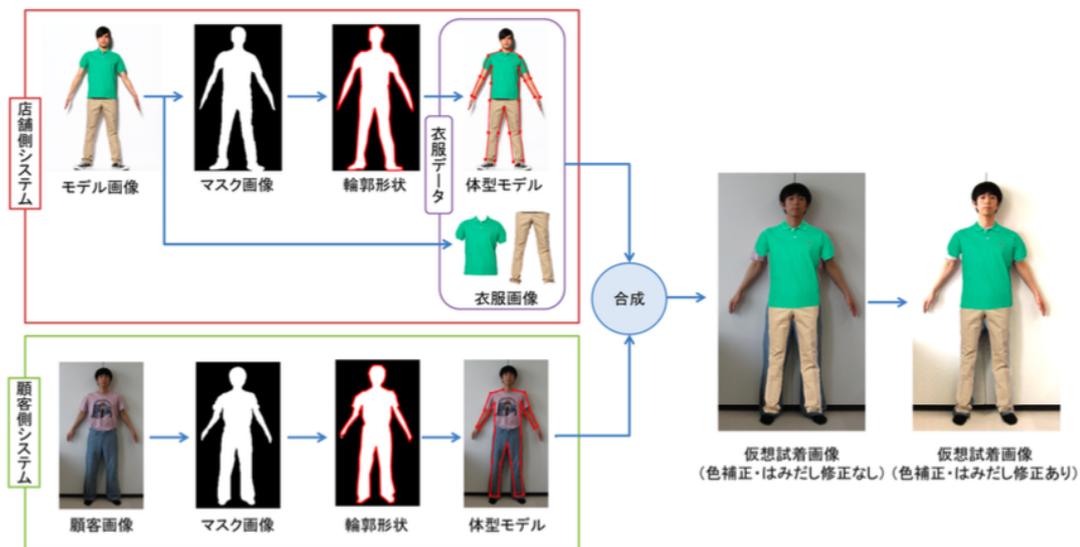


図 2.4: 当研究室の既存システムの流れ. 画像の出展:文献 [6]

2.3 画像品質の評価に関する研究

合成画像の評価指標に関し, 新井ら [10] は圧縮された画像と元画像を合成した際の境界面の色の变化から生成された合成画像の品質が得られる可能性を示唆している. 単体の画像品質に関しては MSE(Mean Square Error) や PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) が広く用いられている. これらの評価方法は信号レベルの劣化を機械的に計算しているに過ぎないため, その劣化が人の目に与える影響までは考慮されていない. 元画像と圧縮し劣化させた画像の輝度成分の差により評価する手法, VSNR(Visual Signal to Noise Ratio)[12] は MSE や PSNR に対し, 人の視覚的特性を踏まえた主観的評価に近い数値を算出することができる手法として注目されている. 河島ら [10] はこの手法に, 色の成分による影響を加え, カラー画像に関して VSNR より人の主観に近い数値を算出することに成功した. また, 村上ら [13] は合成画像の色温度特徴の差に着目し, 画像の背景を差し替えた際の違和感軽減手法を提示している.

このように各要素に着目して評価を行う, もしくは違和感軽減に取り組む研究は数多く行われている. しかしそれらのどの要因が最も影響を与えているのかは明らかになっていない.

第3章 合成画像の品質についてのアンケート調査

3.1 目的

これまでに当研究室では

- 顔領域を参照した明るさ補正
- ユーザー画像のはみ出し修正
- 体型輪郭モデルを元にした衣類画像の変形

について手法を考案し、画像ベースの仮想試着システムを構築してきた [5][6]. 今後仮想試着システムをさらに発展させるため、仮想試着システムによって作成された画像の合成感や違和感が何に起因するかを明らかにすることを目的とする.

3.2 仮説

仮想試着システムにおいてこれまで最も重要視されてきたのは体型に合わせた画像の変形である. 故に、画像の変形は顧客に受け入れられるレベル、実用化可能なレベルに既に達しているのではないかと考えた. 当実験では仮想試着システムにおいて使用する顧客画像と衣類画像2つの画像間の差が、画像の変形の不マッチと同じかもしくはそれ以上に合成画像の品質に対し大きな影響を与えていると仮定し、調査する.



図 3.1: 従来の仮想試着システムの2つの入力画像

3.3 調査方法

今回調査する要因は以下の5つである。

- 画質の差
- 明るさの差
- 照明位置の差
- 変形の不マッチ
- ブレンディングの甘さ

これらについてそれぞれを強調したサンプル画像を作成し、その品質についてアンケート調査を行う。結果を集計し、サンプル画像を構成する要因と点数を比較してどの要因が画像の品質に最も影響を与えているかを分析する。被験者を幅広い層から募るため、インターネット上にアンケートフォームを設置して実験を行う。

3.3.1 サンプル画像

実験に使用した画像の作成手法と作成基準について述べる。まず、今回調査する画質の差・明るさの差・照明位置の差・変形の不マッチ・ブレンディングの甘さという5つの要因を、3段階のレベルを基準に再現する。便宜上作成画像を合成画像と表記するが、特に画質の差、明るさの差、ブレンディングの甘さの3要素は1枚の写真を衣類とそれ以外の領域(図3.2)に分け、異なる加工を施すことで作成した。各レベルの指標は以下の通りである。

- レベル0：無加工
- レベル1：レベル2を基準とし、それを緩和した程度
- レベル2：当研究室の既存の仮想試着システムによって作成される合成画像程度
- レベル3：肉眼で要因を認識しやすい程度

作成方法は図3.3～図3.7に記す4つのレベルに分けられた要因をランダムに取り入れ、複数の要因を持った合成画像を作成する。今回の実験においては150枚の画像を使用した。一覧を巻末付録に記載する。



図 3.2: 最も上に着用しているトップスの領域とそれを含まない領域を領域 A, 領域 B とする. 領域 A,B に分割し, 異なる加工をすることにより一枚の写真で合成画像の再現する.



図 3.3: 画像作成手法: 領域間の画質の差. ガウスぼかしとデジタルカラーノイズを使用することで領域 A の画質を下げています. 元の画像サイズは 500*600pixel である.



図 3.4: 画像作成手法：領域間の明るさの差. 従来の衣服画像の元となるモデル画像は強いフラッシュを受けて撮影されている. それを再現するためにまず領域 B の明るさを上げる. その上で領域 A の明るさをレベルごとに下げている.



図 3.5: 画像作成手法：領域間の照明位置の差. 画像処理により 1 枚の画像から生み出すことが困難であるため, 異なる照明下で撮影した 2 枚の画像を合成して作成する. そのため, 変形のミスマッチ及び明るさの差という他の要因と完全に切り離すことは不可能である. 異なる場所で撮影した画像を合成したものをレベル 2, ほぼ真逆の位置光源を設置して撮影した画像を合成したものをレベル 3 とする.



レベル0

元画像(加工なし)



レベル1

拡大縮小+関節の回転



レベル2

拡大縮小



レベル3

不自然な変形

図 3.6: 画像作成手法：変形の不マッチ. 着用する衣服のみが異なる, 同環境下で撮影した2枚の画像を用いて作成する. レベル2では衣服の拡大縮小によるサイズ合わせと衣服全体の回転による角度の調節のみを行う. レベル1ではレベル2に加え, 関節(主に肩・肘)を回転させより身体に沿うように重ね合わせる. レベル3は意図的に肩の位置をずらす, 下の衣服を見せるなどといった変形を加える.



図 3.7: 画像作成基準：領域の境界のブレンディングの甘さ. 上記した他の 4 つの要素のどれかひとつでも持っている（完全な無加工ではない）ならばレベル 2 とする. レベル 2 とされた画像の領域 A と領域 B の境界をぼかすことにより馴染ませたものをレベル 1, 境界を縁取りより強調したものをレベル 3 とする. この要素のレベル 0 は, 他の要素も含め完全な無加工の写真のみとする.

3.3.2 アンケートの実地方法

被験者は作成したサンプル画像全 150 枚からランダムに選出された画像を評価する. 評価は, 合成感（違和感）が「ない」「かすかにある」「ある」「明らかにある」「非常にある」の 5 段階評価とする. 制限時間は設けず, 最初の 20 枚以降は被験者の判断で評価を続けるか否かを決定することが可能である. 最大 100 枚まで評価可能とする. また, 本実験では各画像の評価点に加え被験者の属性情報と仮想試着システムについてのアンケートを同時に集計する. 要項は以下の通りである. また, アンケートを実地した際, 得られるデータを表??, 表??に記載した.

被験者の属性情報

性別

1:男 2:女

年齢

1:14 歳以下 2:15 ~ 19 歳 3:20 ~ 24 歳 4:25 ~ 29 歳 5:30 ~ 39 歳 6:40 歳以上

アクセス元の端末

1:パソコン・ノートパソコン 2:スマートフォン・携帯 3:その他

被験者のアクセス時の環境

1:屋内 2:屋外

仮想試着システムについてのアンケート

設問1) オンラインショップで衣類を購入したことはあるか。

1:ある 2:ない

設問2) オンラインショップで衣類を購入する前に、その服を試着した自分の姿(合成画像)を見ることができたら便利だと思うか。

1:思う 2:どちらかといえばそう思う 3:どちらかといえばそう思わない 4:思わない 5:わからない

設問3) 過去に仮想試着システムを使用したことはあるか。

1:ある 2:ない 3:わからない

当実験は画像を合成することにより発生する違和感が何に起因するかを調査することを目的としています。
また、当実験により得られた調査結果は卒業研究・卒業論文、及び今後の仮想試着システムに関する研究に用いられます。

皆様には表示される画像の品質を評価して頂きます。表示画像に合成感(違和感)が

ない かすかにある ある 明らかにある 非常にある

の五段階評価となります。

・サンプル画像(この場合、左が違和感が『ない』 右が違和感が『非常にある』となります。)



ご協力いただける場合は下の基礎情報を入力し、『送信』ボタンを押してください。
アンケートは3分程度で終了します。ブラウザバックはせず、全問に回答してください。

問題数 (1/20)

合成感(違和感)が

ない 微かにある ある 明らかにある 非常にある



図 3.8: アンケートフォーム.

第4章 結果

4.1 集計データ

調査は2014年12月7日から12月9日までの3日間で行った。参加者は163人、評価総数は5800であった。無加工の画像に対し最も低い評価をつけるなど明らかに不適切なデータを除いた、有効な参加者は159人、評価総数は5680である。当節に主なアンケート結果を掲載する。また、巻末付録に当アンケートの画像別平均点、離散値、各要因レベルと調査に使用したすべての画像を収録した。

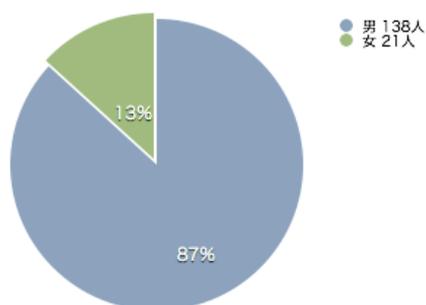


図 4.1: 性別

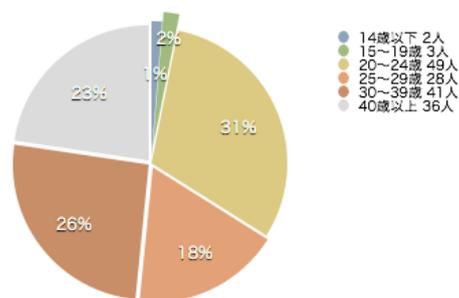


図 4.2: 年齢

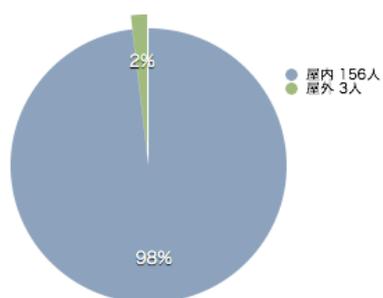


図 4.3: 被験者のアクセス時の環境

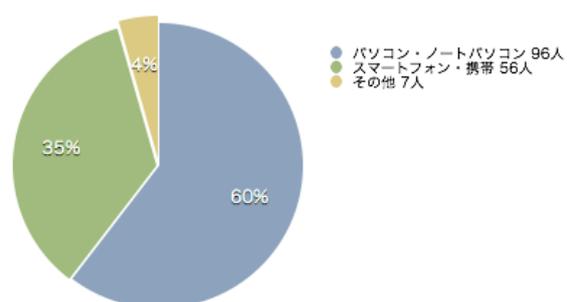


図 4.4: アクセス元の端末

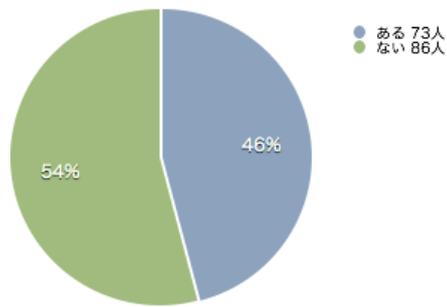


図 4.5: 設問 1:オンラインショップで衣類を購入したことはあるか.

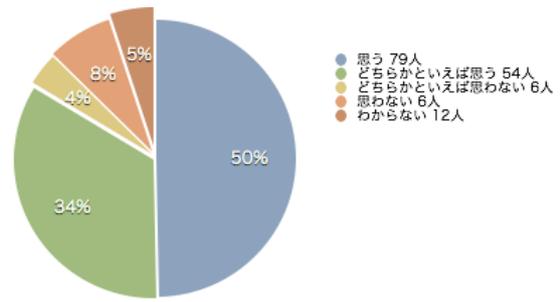


図 4.6: 設問 2:オンラインショップで衣類を購入する前に、その服を試着した自分の姿(合成画像)を見ることができたら便利だと思うか

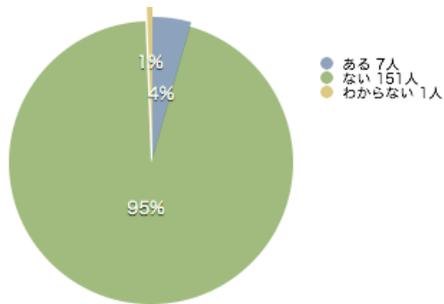


図 4.7: 設問 3:過去に仮想試着システムを使用したことはあるか.

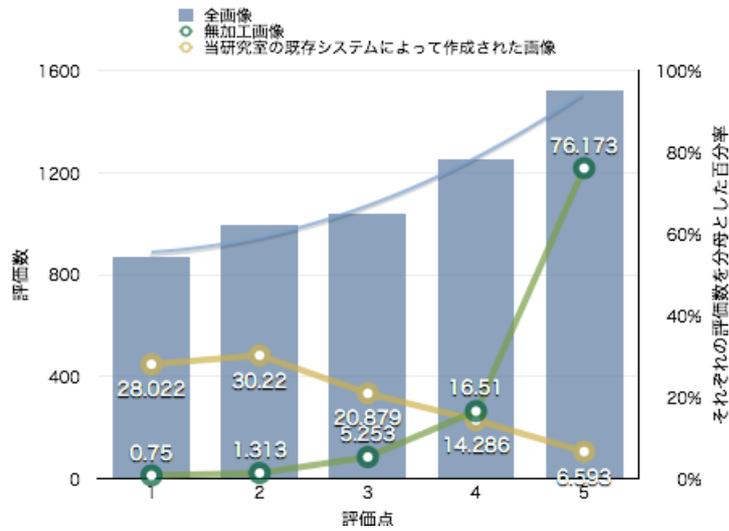


図 4.8: 点数分布. 全体の点数の分布に加え, 全く加工を行っていない画像と当研究室のシステムを用いて作成した画像の点数の分布をそれぞれの評価数を分母とした百分率で示した.

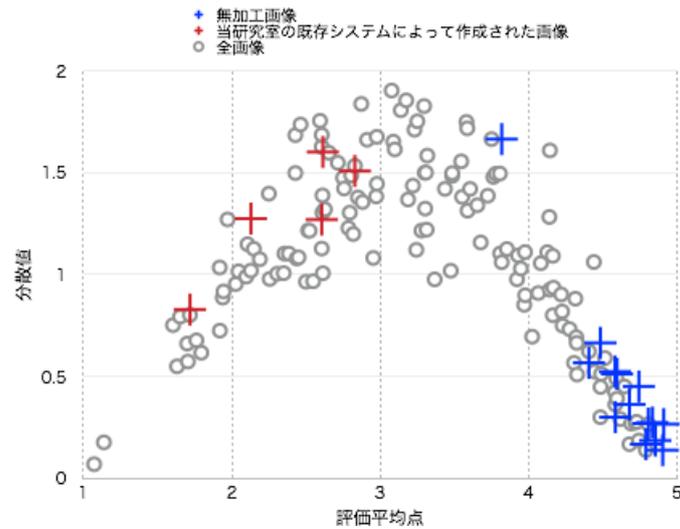


図 4.9: 分散値と評価平均点の散布図.

4.2 分析

4.2.1 重回帰分析

今回調査に使用した画像は複数の要素が絡み合っているため, 個別の要素の値とスコアの関係だけに着目して判断することは適切でない. そこで重回帰分析を用いて分析を行う. 画像の品

質評価点を目的変数, 画像を作成するにあたりレベルを設定した5つの要素を説明変数とする.

表 4.1: 重回帰分析-1 (P 値の有意水準 5% *, 1% **)

| | 係数 | 標準誤差 | T 値 | P 値 | 判定 |
|---------|----------|---------|----------|----------|----|
| 切片 | 3.305 | 0.01583 | 208.7704 | 0 | |
| 画質の違い | -0.2031 | 0.01624 | -12.5034 | 2.16E-35 | ** |
| 明度の違い | -0.0007 | 0.01639 | -0.04274 | 0.9659 | |
| 変形の不マッチ | -0.6142 | 0.01824 | -33.6721 | 3.9E-226 | ** |
| 光源位置の違い | -0.05325 | 0.01784 | -2.98406 | 0.00285 | ** |
| ブレンドの甘さ | -0.2821 | 0.01665 | -16.9398 | 8.79E-63 | ** |
| 決定係数 | 0.3104 | | | | |

重決定係数が 0.3104 となり, 当てはまりの悪い回帰式となった. しかし, P 値は全体的に非常に低く, 明度の違いを除き, 1% 有意で説得力のある変数だと言える. しかし「明度の違い」は有意であるとは言えない. 以上のことから当てはまりの悪い回帰式だが, 「画質の違い」, 「光源位置の違い」, 「変形の不マッチ」, 「ブレンドの甘さ」の項目に関してはある程度説明力のある変数であると言える.

次に増減法を用いて変数選択を行う. 説明変数は先に記した 5 要素に加え「画像表示サイズ (pixel)」「性別」「年齢」「端末」「環境」の 10 項目とする. 以上の項目は全て数値化し, 標準化を行ったものを使用した.

表 4.2: 重回帰分析-2

| | 係数 | 標準誤差 | T 値 | P 値 |
|---------|----------|---------|----------|----------|
| 切片 | 3.305 | 0.01559 | 202.0033 | 0 |
| 年齢 | -0.0827 | 0.01639 | 4.648671 | 2.67E-07 |
| 使用端末 | -0.1335 | 0.01824 | -6.48111 | 4.66E-17 |
| 画質の違い | -0.2013 | 0.01624 | -12.5049 | 3.22E-36 |
| 変形の不マッチ | -0.6152 | 0.01824 | -34.078 | 2.1E-235 |
| 光源位置の違い | -0.05146 | 0.01784 | -3.00317 | 0.003348 |
| ブレンドの甘さ | -0.2828 | 0.01665 | -17.1463 | 8.5E-66 |
| 修正済決定係数 | 0.3311 | | | |

表 1 と同じく決定係数は 0.3311 と当てはまりの悪い回帰式だが, P 値は全て有意水準 1% を下回っている. また標準誤差も十分に低い. 決定係数はおよそ 0.02 上昇した. 年代別平均点を表 4.3 に示す. サンプル数が十分でない 19 歳以下を除外すると, 年齢と評価平均点の間僅かな正の相関が見られる. 使用端末別評価平均値を表 4.4 に示す. 使用端末が「PC・ノート PC」と「スマートフォン・携帯」との間には 0.27 の評価平均点の差が存在する.

表 4.3: 年代別評価平均点

| 年齢 | 19 歳以下 | 20 ~ 24 歳 | 25 ~ 29 歳 | 30 ~ 39 歳 | 40 歳以上 | 全体 |
|-------|--------|-----------|-----------|-----------|--------|------|
| 回答人数 | 5 | 49 | 28 | 41 | 36 | 159 |
| 評価平均点 | 3.31 | 3.20 | 3.22 | 3.30 | 3.36 | 3.27 |

表 4.4: 使用端末別評価平均点

| 使用端末 | PC・ノート PC | スマートフォン・携帯 | その他 | 全体 |
|-------|-----------|------------|------|------|
| 回答人数 | 96 | 56 | 7 | 159 |
| 評価平均点 | 3.19 | 3.46 | 3.56 | 3.27 |

4.2.2 個人差による評価の分散

評価の分散値を計測し、全 150 枚の画像中ばらつきの少ない画像とばらつきの多い画像に注目する。これにより、誰が見ても品質が良いもしくは悪いとされる画像の特徴と、反対に良い悪いが個人によって大きく差がある画像の特徴について分析する。



[1]



[2]



[3]



[4]

図 4.10: 評価にばらつきが少なく平均点が高い画像. [3] は画質の差 1, [2] は明度の差 2, [1] は画質の差 1, 明度の差 2 である. ばらつきが少なく平均点が高い, 安定して品質が良いと判断された画像には, 画質の差, 明度の差がその他の要因と組み合わせさっていないものが多く見られた. また [4] は光源位置の差が 3 である. 衣類と人物には光がほぼ真逆から当たっているが, 平均点はおよそ 4.7 と高い評価を得ている. これは一部の無加工の画像のを上回る点数である.



[1]



[2]



[3]



[4]

図 4.11: 評価にばらつきが少なく平均点が低い画像.[1]~[4] は変形の不マッチが2もしくは3である. 品質が悪いと判断されると言える画像は全て変形の不マッチが要素として含まれていた. また,[3] と [4] は解像度の差と明るさの差のレベルが異なる. この二つの画像の平均点の差は 0.005 である.



[1]



[2]

図 4.12: 評価にはばつきが多い画像 1.[1][2] の画質の差のレベルは 2, もしくは 3 である. 画質の差のみのレベルが高い画像にはばつきが多い傾向が見られた.



図 4.13: 評価にばらつきが多い画像 2. この画像は無加工の画像であるが評価にばらつきが多く、この画像を評価した 33 人中 4 人が最も低い評価をつけている. 平均点も 3.8 と無加工の中では最も低い点数となった. このように無加工のものであっても違和感があると評価されるケースが存在する.

第5章 考察

画像を作成する際にレベルを設定した、画質の違い、明度の違い、光源位置の違い、変形のみスマッチ、ブレンディングの甘さという5つの要因について考察を行う。

画質の差

ばらつきが少なく平均点の高い画像に画質の差がレベル1もしくはレベル2のものが多く含まれていたことから、画質の差はある一定レベルまでは違和感を与えないといえる。しかし、評価にばらつきが多い画像に画質の差レベル2もしくはレベル3のものが多く含まれていたことから、ある一定レベルを超えると一部の顧客は違和感を覚えると考えられる。つまり画質の差は、与える違和感が個人により大きく変化する要因であると考えられる。

明るさの差

明るさの差のレベルのみが違う画像間の平均点の差が誤差の範囲であると言えるほど小さいこと、重回帰分析において5%水準で有意差があると言えないことから、明るさの差が合成画像の品質に与える影響は非常に少ないと考えられる。

光源位置の差

重回帰分析からは1%水準で有意差があると言える。しかしほぼ真逆の位置に光源のある画像が、ばらつきが少なく平均点が高い、安定して品質がよい画像と言えるため、今回の実験からは明確な判別は難しい。今回の実験で判別がつかない主な原因として考えられるのは、サンプル画像の作成方法と基準が特異だったことである。画質の違いや明度の違いと比べ、レベルを分ける明確な基準を設定することが困難だったこと、光源位置の違いを再現する際に2つの画像から作成する必要があったため要素が独立したサンプル画像が作成不可だったことなどが挙げられる。

変形のみスマッチ

重回帰分析によるT値が5つの要因中最も大きいことから、評価に対し非常に影響が大きいと考えられる。変形のレベルが高いものはばらつきが少なく平均点が低いことから、個人差による影響が少なく大多数に強い違和感を与えているといえる。

ブレンディングの甘さ

重回帰分析によるT値が変形のみスマッチに次いで大きく、評価に対してそれなりの影響力があると考えられる。

5つの要素を重回帰分析によるT値の大きい順に並べると、変形の不マッチ、ブレンディングの甘さ、画質の差、光源位置の差、明るさの差となる。以上のことから最も大きな影響を与えているのは変形の不マッチであるといえる。仮説「仮想試着システムにおいて使用する顧客画像と衣類画像2つの画像間の差が、画像の変形の不マッチと同じかもしくはそれ以上に合成画像の品質に対し大きな影響を与えている」を支持しない。また、重回帰分析において、5つの要因の他に被験者の年齢の差と使用端末の差が説明変数に採択された。年齢の差に関しては年代別平均点からも正の相関が伺える。使用端末別平均点からはパソコン・ノートパソコン、携帯・スマートフォンの中に差が見られた。画像表示サイズ(pixel)と評価点数の間に相関が見られなかったことから、画面の解像度ではなく液晶サイズが評価に影響を与えていると考えられる。

第6章 まとめ

6.1 結論

本論文では、衣服画像を顧客画像に合成することで試着を模した結果を出力する画像ベース仮想試着システムから作成される合成画像の品質に対する要因の影響力の高さを調査することを目的とし、画質の違い、明度の違い、光源位置の違い、変形の不マッチ、ブレンドの甘さという5つの要因を強調した画像を作成しアンケート調査を行った。仮説である「仮想試着システムにおいて使用する顧客画像と衣類画像2つの画像間の差が、画像の変形の不マッチと同じかもしくはそれ以上に合成画像の品質に対し大きな影響を与えている」を支持する結果ではなかったが、変形の不マッチ、ブレンドの不マッチ、画質の差、光源位置の差、明るさの差の順に影響力が強いという知見を得た。また、新たに、被験者の年齢と被験者の使用端末により顧客が受ける違和感の大きさが変化するという可能性を提示した。

6.2 スマートフォンでの仮想試着アプリケーションの提案

実験において、使用端末がパソコン・ノートパソコンである場合より携帯・スマートフォンである場合の方が平均点が高くなったことから、パソコン上で動作していた、当研究室で山田ら [6] が作成した仮想試着システムをスマートフォンに移植した仮想試着アプリケーションを提案する。提案するアプリケーションの流れは以下の通りである。顧客は顧客自身の全身画像を撮影しアプリケーションに登録する。アプリケーション内で半自動的に画像から顧客の体型モデルが作成される。顧客は体型モデルを、タップで基準点を動かすという単純な操作で修正することができる。これを顧客アバターとする。衣類一覧から自由に衣類をタップすると、画面に顧客アバターに顧客の体型に合わせて変形された衣類が合成された仮想試着画像が表示される。複数の衣類をタップすることにより重ね着を再現することも可能である。また同じ衣類をもう一度タップすることでその衣類を顧客アバターから外すことができる。現存するスマートフォンでの仮想試着アプリケーションは画像変形を用いないもの、もしくは顧客自身ではなく用意されたモデルを着せ替えるものの2種類である。更に前者の場合は顧客画像と衣服画像の重ね合わせの位置調節自体も顧客自身が行う必要がある。当研究室の仮想試着システムを用いることにより、顧客の負担を減少し、さらに体型に合わせて衣類が変化し、より品質の高い仮想試着画像を顧客に提供することが可能となる。

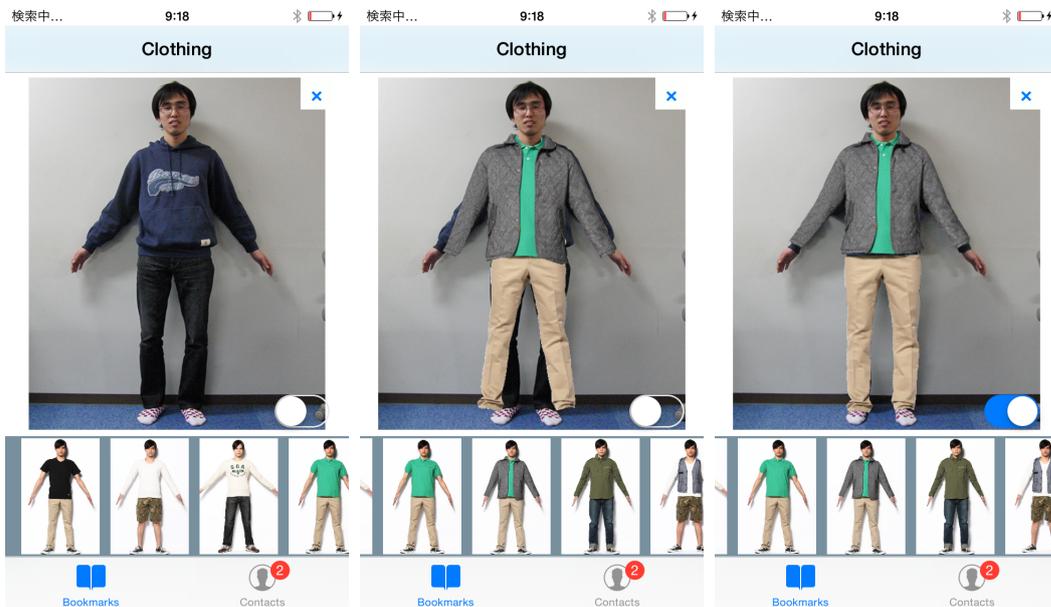


図 6.1: 提案するスマートフォンの仮想試着アプリケーションの使用例.

6.3 今後の課題

調査の年齢層を広げ, 今回得た被験者の年齢により評価が変化するという可能性をより詳しく調査する必要がある. 今回に調査では検証できなかったが, 衣服の色による影響, 背景による影響も要因として考えられる. また, どの程度の合成画像の品質があれば顧客は満足するのかを検証することが今後の課題となる.

謝辞

本研究を進めるにあたり三谷純准教授から熱心なご指導,ご助言をいただき,金森由博助教授から一部の画像を提供いただきました.深く感謝いたします.当研究は廣瀬真輝氏,山田裕貴氏の研究に基づくものであり,その功績を讃えると共に深謝いたします.また,株式会社スタートユナイテッド社から実験用モデル写真の提供と衣類の提供,貴重なご意見を賜りました.ここに謹んで感謝の意を表します.そして実験のご協力とご指摘をくださいました非数値処理アルゴリズム研究室の皆様,評価実験で使用する画像の被写体としてご協力いただきました同学類の島佳吾君,貴重な時間を割いてアンケート調査に参加して下さった皆様,その他ご協力いただいた全ての方々へ心から感謝の気持ちと御礼を申し上げたく,謝辞にかえさせていただきます.

参考文献

- [1] 経済産業省, 平成 23 年度我が国情報経済社会における基盤整備 (電子商取引に関する市場調査) 報告書, 2012.
- [2] スタイルシェア株式会社, Style Share, <http://www.styleshare.asia/ua>, 2015 年 1 月
- [3] 名駅経済新聞, 名古屋タカシマヤで「バーチャル試着」-AR 技術で人の動きとも連動, 2012.10.25
- [4] digital fashion ltd., 子供服着せ替えアプリ「BREEZE Collection」2013 秋冬, iTunes Store, 2014 年 7 月
- [5] 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.
- [6] 山田裕貴. 三谷純. 金森由博. 福井幸男, 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, 情報処理学会研究報告, グラフィクスと CAD 研究会報告, Vol. 2014, No. 8, pp. 1-8, 2014
- [7] A. Divivier. R. Trieb. A. e. a. Ebert, Virtual Try-On :Topics in Realistic, Individualized Dressing in Virtual Reality, In Proc. of Virtual and Augmented Reality Status Conference, Leipzig, Germany, 2004.
- [8] Anna Hilsmann. Philipp Fechteler. Peter Eisert, Pose Space Image Based Rendering., Comput. Graph. Forum 32(2):265-274, 2013
- [9] Hauswiesner.S. Straka.M., Image-based clothes transfer, Mixed and Augmented Reality (IS-MAR), 2011 10th IEEE International Symposium, 26-29, 2011
- [10] 新井 健一 . 門間 義之 . 高橋 竜治 . 佐々木 淳, 合成画像評価方法の一提案, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 1998 年. 情報・システム, 123, 1998.09.07
- [11] 河嶋和美. 中矢知宏. 廣瀬哲也. 黒木修隆. 沼昌宏, カラー画像に対応した画像評価手法 VSNRc, カラー画像に関する画質評価手法, 神戸大学大学院工学研究科・システム情報学研究科紀要 第 3 号 32 39 頁 2011

- [12] Damon M. Chandler, Sheila S. Hemami, VSNR: A Wavelet-Based Visual Signal-to-Noise Ratio for Natural Images, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 16, no. 9, pp. 2284-2298, September. 2007.
- [13] 村上龍希. 景山陽一. 西田眞, 色温度特徴に着目した背景差し替えの違和感軽減, 日本知能情報フアジィ学会誌 知能と情報 Vol. 25, No. 4, p. 806-818, 2013

付録

評価実験に用いた画像別の平均点・分散値一覧と全画像 150 枚を掲載する. 要因の値は左から画質の違い, 明るさの違い, 変形の不マッチ, 光源位置の違い, プレンディングの甘さの順番に記す. 画像番号 115 ~ 145 は金森助教授に提供いただいた画像である. また, 画像番号 146 ~ 150 は当研究の既存システムを用いて作成した画像であるため, 要因のレベルは規定しない.



[1] (0,0,0,0,0)
平均点:4.806
分散値:0.2677



[2] (0,0,0,0,3)
平均点:3.485
分散値:1.219



[3] (0,0,3,0,2)
平均点:1.652
分散値:0.7921



[4] (0,2,0,0,2)
平均点:4.167
分散値:1.282



[5] (0,2,1,2,1)
平均点:2.611
分散値:1.127



[6] (0,2,1,2,2)
平均点:2.429
分散値:1.102



[7] (0,2,3,1,2)
平均点:1.605
分散値:0.7507



[8] (0,3,0,0,1)
平均点:4.314
分散値:0.9012



[9] (0,3,0,0,2)
平均点:3.970
分散値:1.060



[10] (1,0,0,0,2)
平均点:4.139
分散値:0.8974



[11] (1,2,0,0,2)
平均点:3.976
分散値:0.9756



[12] (1,2,1,2,1)
平均点:2.750
分散値:1.006



[13] (1,2,1,2,2)
平均点:2.350
分散値:0.9775



[14] (1,3,1,2,2)
平均点:1.972
分散値:0.9159



[15] (2,0,0,0,2)
平均点:3.947
分散値:1.102



[16] (2,2,0,0,2)
平均点:3.778
分散値:1.340



[17] (2,3,0,0,1)
平均点:3.762
分散値:1.420



[18] (2,3,0,0,2)
平均点:3.175
分散値:1.444



[19] (3,0,0,0,2)
平均点:3.436
分散値:1.323



[20] (3,2,0,0,2)
平均点:3.250
分散値:1.854



[21] (0,0,0,0,0)
 平均点:4.581
 分散値:0.5224



[22] (0,0,0,0,3)
 平均点:2.714
 分散値:1.388



[23] (0,1,2,1,1)
 平均点:2.256
 分散値:1.074



[24] (0,1,2,1,3)
 平均点:2.045
 分散値:0.9525



[25] (0,1,3,1,3)
 平均点:1.700
 分散値:0.6600



[26] (0,2,0,0,2)
 平均点:4.225
 分散値:0.9244



[27] (0,2,2,1,3)
 平均点:2.098
 分散値:1.015



[28] (0,3,0,0,2)
 平均点:4.275
 分散値:0.7994



[29] (1,1,2,1,3)
 平均点:1.939
 分散値:0.7236



[30] (2,0,0,0,2)
 平均点:3.750
 分散値:1.312



[31] (2,0,0,0,3)
 平均点:2.149
 分散値:1.148



[32] (2,1,0,0,2)
 平均点:3.588
 分散値:1.497



[33] (2,1,2,1,3)
平均点:1.920
分散値:1.034



[34] (2,2,2,1,3)
平均点:1.705
分散値:0.5718



[35] (2,3,2,1,3)
平均点:2.953
分散値:1.533



[36] (3,1,2,1,3)
平均点:1.762
分散値:0.8005



[37] (3,2,0,0,2)
平均点:2.977
分散値:1.837



[38] (3,2,0,0,3)
平均点:2.595
分散値:1.214



[39] (3,2,2,1,1)
平均点:1.919
分散値:0.6150



[40] (0,0,0,0,0)
平均点:4.789
分散値:0.1662



[41] (0,0,0,0,3)
平均点:3.545
分散値:0.9752



[42] (0,0,1,0,2)
平均点:4.082
分散値:0.8505



[43] (0,0,2,0,3)
平均点:3.220
分散値:1.652



[44] (0,1,0,0,2)
平均点:4.439
分散値:0.8804



[45] (0,1,0,0,3)
平均点:2.606
分散値:0.9660



[46] (0,3,0,0,2)
平均点:4.326
分散値:0.7312



[47] (0,3,0,0,3)
平均点:2.850
分散値:1.227



[48] (1,0,0,0,2)
平均点:3.921
分散値:1.494



[49] (1,0,0,0,3)
平均点:2.106
分散値:0.9887



[50] (1,1,0,0,2)
平均点:4.125
分散値:1.109



[51] (1,1,2,1,1)
平均点:2.872
分散値:1.303



[52] (1,1,2,1,2)
平均点:2.786
分散値:1.597



[53] (2,0,0,0,3)
平均点:2.306
分散値:1.396



[54] (2,3,2,1,1)
平均点:3.243
分散値:1.806



[55] (2,3,2,1,3)
平均点:2.818
分散値:1.421



[56] (2,3,3,1,3)
平均点:2.027
分散値:1.270



[57] (3,0,0,0,1)
 平均点:3.929
 分散値:1.495



[58] (3,0,0,0,2)
 平均点:3.605
 分散値:1.555



[59] (0,0,0,0,0)
 平均点:4.583
 分散値:0.2986



[60] (0,0,1,0,2)
 平均点:3.317
 分散値:1.826



[61] (0,0,2,0,2)
 平均点:2.881
 分散値:1.486



[62] (0,1,1,0,2)
 平均点:2.627
 分散値:1.685



[63] (0,1,1,0,3)
 平均点:2.429
 分散値:1.102



[64] (1,0,1,0,1)
 平均点:3.098
 分散値:1.383



[65] (1,0,1,0,2)
 平均点:2.524
 分散値:0.9637



[66] (1,0,1,0,3)
 平均点:2.385
 分散値:1.006



[67] (1,1,2,0,2)
 平均点:2.438
 分散値:1.684



[68] (1,1,2,1,1)
 平均点:2.463
 分散値:1.078



[69] (1,1,2,1,2)
平均点:2.355
分散値:1.003



[70] (1,1,3,1,2)
平均点:1.073
分散値:0.0678



[71] (1,3,1,0,2)
平均点:2.611
分散値:1.627



[72] (2,0,0,0,2)
平均点:3.475
分散値:1.499



[73] (2,1,0,0,2)
平均点:3.295
分散値:1.435



[74] (2,2,1,0,2)
平均点:2.978
分散値:1.355



[75] (3,1,1,0,1)
平均点:2.757
分散値:1.319



[76] (3,1,1,0,2)
平均点:2.912
分散値:1.198



[77] (3,3,1,0,2)
平均点:2.500
分散値:1.083



[78] (0,0,0,0,0)
平均点:4.837
分散値:0.2758



[79] (0,0,0,0,3)
平均点:3.975
分散値:1.124



[80] (0,0,1,0,1)
平均点:2.548
分散値:1.215



[81] (0,0,1,0,2)
平均点:2.189
分散値:1.018



[82] (0,1,0,0,2)
平均点:4.229
分散値:1.091



[83] (0,1,0,0,3)
平均点:4.320
分散値:0.8176



[84] (0,1,2,1,2)
平均点:1.944
分散値:0.8858



[85] (0,1,2,1,3)
平均点:1.795
分散値:0.6759



[86] (0,2,0,0,1)
平均点:4.488
分散値:0.6220



[87] (0,2,0,0,2)
平均点:4.023
分散値:1.092



[88] (0,3,0,0,2)
平均点:3.654
分散値:1.380



[89] (1,1,0,0,3)
平均点:2.973
分散値:1.378



[90] (1,2,0,0,2)
平均点:4.618
分散値:0.5891



[91] (1,2,1,0,3)
平均点:3.300
分散値:1.710



[92] (1,3,0,0,1)
平均点:3.724
分散値:1.717



[93] (2,0,0,0,2)
平均点:4.162
分散値:1.055



[94] (2,0,0,0,3)
平均点:3.278
分散値:1.367



[95] (2,3,2,1,3)
平均点:1.632
分散値:0.5485



[96] (2,3,3,1,3)
平均点:1.139
分散値:0.1752



[97] (0,0,0,0,0)
平均点:4.405
分散値:0.5654



[98] (0,0,0,0,3)
平均点:4.162
分散値:1.109



[99] (0,0,2,2,3)
平均点:2.795
分散値:1.548



[100] (0,1,0,0,2)
平均点:4.645
分散値:0.4225



[101] (0,1,0,0,3)
平均点:4.306
分散値:0.9344



[102] (0,1,2,2,1)
平均点:2.805
分散値:1.474



[103] (0,1,2,2,3)
平均点:2.450
分散値:1.497



[104] (0,2,0,0,2)
平均点:4.690
分散値:0.4899



[105] (0,2,0,0,3)
平均点:3.853
分散値:1.478



[106] (0,3,0,0,2)
平均点:4.719
分散値:0.3896



[107] (0,3,1,0,1)
平均点:4.324
分散値:0.7483



[108] (0,3,1,0,3)
平均点:3.676
分散値:1.748



[109] (1,1,0,0,3)
平均点:3.139
分散値:1.675



[110] (1,1,2,0,1)
平均点:2.606
分散値:1.754



[111] (1,1,2,2,3)
平均点:2.250
分散値:1.125



[112] (1,2,1,0,2)
平均点:3.586
分散値:1.484



[113] (2,1,0,0,2)
平均点:3.367
分散値:1.499



[114] (2,1,0,0,3)
平均点:3.188
分散値:1.902



[115] (2,3,0,0,2)
平均点:3.077
分散値:1.661



[116] (1,0,0,0,2)
平均点:4.590
分散値:0.4471



[117] (2,0,0,0,2)
平均点:4.143
分散値:0.9082



[118] (3,0,0,0,2)
平均点:3.808
分散値:1.386



[119] (0,0,0,0,0)
平均点:4.833
分散値:0.2722



[120] (0,0,0,0,0)
平均点:4.909
分散値:0.2645



[121] (0,0,2,0,2)
平均点:4.143
分散値:0.6939



[122] (0,1,0,2,2)
平均点:3.581
分散値:1.018



[123] (2,1,0,0,2)
平均点:3.303
分散値:1.120



[124] (2,1,0,2,2)
平均点:4.065
分散値:1.028



[125] (2,1,0,2,2)
平均点:3.231
分散値:1.613



[126] (0,0,0,0,0)
平均点:4.742
分散値:0.4495



[127] (0,0,0,3,2)
平均点:4.484
分散値:0.5078



[128] (0,0,0,0,0)
平均点:4.679
分散値:0.3610



[129] (2,0,0,3,2)
 平均点:3.485
 分散値:1.583



[130] (0,1,1,1,2)
 平均点:2.514
 分散値:1.736



[131] (0,1,1,2,2)
 平均点:3.806
 分散値:1.157



[132] (0,0,0,0,0)
 平均点:4.483
 分散値:0.6635



[133] (0,1,1,1,2)
 平均点:2.654
 分散値:1.303



[134] (0,1,1,2,2)
 平均点:3.308
 分散値:1.751



[135] (0,0,0,0,0)
 平均点:3.818
 分散値:1.664



[136] (0,1,1,1,2)
 平均点:3.312
 分散値:1.215



[137] (0,1,1,2,2)
 平均点:3.552
 分散値:1.420



[138] (0,0,0,0,0)
 平均点:4.595
 分散値:0.5113



[139] (0,1,1,1,2)
 平均点:3.088
 分散値:1.080



[140] (0,1,1,2,2)
 平均点:4.444
 分散値:0.6914



[141] (0,0,0,0,0)
平均点:4.853
分散値:0.1843



[142] (1,0,0,0,2)
平均点:4.727
分散値:0.2893



[143] (2,0,0,0,2)
平均点:4.219
分散値:1.608



[144] (3,0,0,0,2)
平均点:4.514
分散値:1.061



[145] (0,0,0,0,0)
平均点:4.902
分散値:0.1368



[146] (,,,))
平均点:2.129
分散値:1.274



[147] (,,,))
平均点:2.614
分散値:1.601



[148] (,,,))
平均点:2.829
分散値:1.507



[149] (,,,))
平均点:1.719
分散値:0.8271



[150] (,,,))
平均点:2.606
分散値:1.269