

# 3D 着装シミュレーションにおける スポーツ衣料の質感の評価基準

信州大学 金 晃 屋  
(共同研究者) 信州大学大学院 石 田 英 衣  
信州大学 高 寺 政 行

## Evaluation Criteria for Texture of Sportswear in 3D Wearing Simulation

by

KyoungOk Kim, Masayuki Takatera  
*Institute for Fiber Engineering (IFES),  
Shinshu University*  
Hana Ishida  
*Graduate School of Science and Technology,  
Shinshu University*

### ABSTRACT

To investigate the evaluation criteria of the surface texture of sports clothing in 3D wearing simulation compared to actual clothing, a comparison was conducted on the similarity and difference between the simulated and the actual clothing images and those impression. We also tracked the eye movements of the evaluators during impression evaluation using a gaze-tracking device to investigate the parts of the garments they paid attention to. We prepared eight sportswear pieces with different materials and colors and created simulated and actual images worn on a mannequin. The evaluators were 20 university students in their twenties. As a result, the evaluators gazed at the garment's chest, hip, and leg curved parts in the simulated and actual image. There were less significant differences in the overall impression of a garment,

such as gaudiness and elegance, between the simulated and the actual images. However, the simulated images of bright-colored or glossy fabrics tended to be evaluated as thicker and heavier than actual ones. The impression of smoothness also tended to differ in both. For dark and mat fabrics, there was no significant difference between the simulated and actual images. When evaluating the texture of sportswear in 3D wearing simulation, the evaluation items that cause differences from the actual image are "thickness," "weight," "smoothness," and "glossiness." Those are considered as the evaluation points of the difference between the simulated and the actual clothing. In electronic commerce, simulation images can convey the overall impression of a garment. Simulation images can be used more effectively as product images considering the evaluation points of this research result.

キーワード

3D 着装シミュレーション, スポーツ衣料, 質感, 電子商取引

Keyword

3D Apparel Simulation, Sportswear, Texture, Electronic Commerce

## 要 旨

スポーツ衣料を対象に、3D着装シミュレーションの衣服表面質感の実物との比較時の評価基準を調べた。シミュレーション衣服画像と実物衣服画像の類似性と相違性、印象の比較実験を行った。また、視線追跡装置を用いて評価者の印象評価時の衣服の注視部位を計測した。スポーツ衣料8着（上衣下衣各4着）を用意し、ボディに着用させたシミュレーションと実物の画像を作成した。評価者は20代大学生20名である。実験の結果、評価者はシミュレーション画像と実物画像において、チェスト、ヒップ、レッグなど、衣服の曲面の部位を注視した。衣服の印象については「派手さ」「上品さ」「シンプルさ」「ゆったりさ」の項目でシミュレーション画像と実物画像の間に有意な差はなかった。しかし、明るい色の生地および光沢のある生地の衣服では、厚さ、重さ、なめらかさ及び光沢感の評価に、有意な差が見られ、色が暗く、マットな（光沢のない）生地の衣服では、

風合いやテクスチャの印象におけるシミュレーション画像と実物画像の間に有意な差は見られなかった。3D着装シミュレーションにおけるスポーツ衣料の質感を実物と比較する際、差が生じる質感の項目は「厚さ」「重さ」「なめらかさ」及び「光沢」であり、シミュレーション画像の評価ポイントになる。電子商取引において、シミュレーション画像は衣服の印象を伝えることができ、本研究結果の評価ポイントで評価基準を作成し、商品画像を用途に合わせて評価し用いることでより有効な活用が可能だと考えられる。

## 緒 言

近年のアパレル業界の課題の一つに衣服製品の余剰在庫や廃棄による環境負荷の削減が挙げられている。2020年における国内衣類新規供給量81.9万トンに対し、在庫量5.8万トン、事業者側での廃棄量0.2万トンと全体の7パーセント以上を占めたことが報告されている<sup>1)</sup>。また、販売前の製品設計時に製作される試作品も破棄されることが

多く、資源消費を抑制するための方策が求められている。このような背景から、3D着装シミュレーションシステムの活用が解決手段として期待されている。アパレル3D着装シミュレーションシステムは、衣服のパターン設計や縫製指示、着装シミュレーション、修正などの製品設計フェーズをデジタル上で操作できるため、試作品で発生していた資源の消費や廃棄の削減が可能となり、業務の効率化にも繋がる<sup>2)</sup>。一方、電子商取引においても商品画像としてシミュレーション画像を使用することが増えている。これまで撮影に必要なだった実物衣服とそのカラーバリエーションの製作資源とコストの削減および注文生産による在庫削減に活用されている。

3D衣服シミュレーション技術の開発のために、多くの研究者らが研究を行っている<sup>3-6)</sup>。また、アパレル3D着装シミュレーションの有効性についても様々な研究が行われている。3D着装シミュレーションシステムを活用した電子商取引における消費行動に関する研究では、KimとLaBat<sup>7)</sup>が、3D着装シミュレーションシステムを用いた消費者のオンラインショッピング体験に関する調査を行い、消費者は、仮想モデルの再現性において不正確に感じる点はあるが、技術に対し好意的で、将来的に使用する可能性を示唆した。仮想モデルの不正確な再現性は試作でのデザイン採否の判断を誤る可能性がある。また、電子商取引においては、購入者の商品認知に齟齬が生じ、返品につながる可能性がある。Zulkifliら<sup>8)</sup>は、パンツの実物画像およびシミュレーション画像における幾何学的相違点の主観的評価基準について調べ、両者の裾幅における違いがパンツの評価に大きく影響することを明らかにした。石田ら<sup>9)</sup>は風合いやテクスチャなど生地質感における実物とシミュレーションの違いについて、ジャケットおよびスカートの実物画像およびシミュレーション画像を対象に、生地質感に対する印象と消費者の注視部

位について調べた。その結果、シミュレーションされた生地の軽薄さが衣服に安っぽい印象を与え、柄の大小や生地色の明暗が実物との類似度に影響を与えることが明らかになった。しかし、スポーツ衣料については調べられていない。スポーツ衣料は機能性が求められ、使用する生地や形状が日常衣料のジャケットとスカートとは異なり、3D着装シミュレーションにおけるスポーツ衣料の質感の評価基準も異なる可能性がある。

本研究では、スポーツ衣料を対象として、実物衣服に対するシミュレーション衣服の類似性と相違性、印象評価における消費者の評価基準を明らかにするため、実物画像とシミュレーション画像の生地質感の印象評価を行った。また、視線追跡装置を用いて、評価者の印象評価時の実物画像およびシミュレーション画像における衣服の注視部位を計測した。

## 1. 実験

### 1.1 試料スポーツ衣料と評価用画像の作成

シミュレーションした衣料と実物を比較するために、シミュレーションと実物の画像を作成した。市販のスポーツ衣料（上衣の半袖Tシャツ4種類及び下衣のロングパンツ4種類、男性用Mサイズ）を2着ずつ購入した。試料の素材・種類と色柄情報を表1に示す。シミュレーションに必要なパターンを得るために、1着の衣服を分解し、パターンを取得した。また、生地テクスチャデータを得るために、テクスチャデータ作成システムxTex（VIZOO、ドイツ）を用いて、衣服から取得した生地のテクスチャマップ（カラーマップ、ラフネスマップ、ノーマルマップ、アルファマップ、ディスプレイメントマップ、スペキュラーマップ）を取得した。取得は、スタイルム瀧定大阪株式会社に依頼した。それぞれの衣服のパターンとテクスチャデータを用いて、アパレル着装シミュレーションソフトCLO（Virtual Fashion LLC., 韓

国)で3D衣服モデルを製作し、正面、側面、背面、左右45度斜め方向を含む全6方向からの画像を取得し、実験での表示画像とした(図1)。3D衣服モデルの背景は実物画像の撮影に用いたものを撮影し、合成した。着用者モデルは、男性平均ダミー(MD-20A, 株式会社七彩, チェスト88cm, ウエスト80cm, ヒップ93cm)とした。シミュレーションでは同ダミーのスカンデータを用いた。実物画像は各スポーツ衣料を同ダミーに着用させ、グレーの背景紙を背景とし、デジタル一眼レフカメラ(D750, レンズAF-S NIKKOR 70-200mm f/2.8E FL ED VR, Nikon, 日本)を用い、5.5m離れた距離から焦点距離82mm, 絞りf8, シャッタースピード1/8秒, ISO感度400, 露

出補正-0.7で撮影した。写真撮影時の照明は、蛍光灯ライト(SYS-484-120U44ft4BANK基本セット(75W×4), KINOFLO, アメリカ)を2台使い、向かって右斜め前と左横上から照らした。シミュレーションでは写真撮影時と同様の方向で照明状態の似ている光源を選択し照らした。写真の色はカラーチャート(COLORCHECKER CLASSIC, Calibrite)を撮影した画像とOpenCV<sup>10)</sup>を用いて補正を行った。作成したシミュレーションと実物の画像を図2に示す。

1. 2 シミュレーションと実物画像の印象評価  
シミュレーションと実物画像, それぞれについて6方向の画像(図1)を1台のモニターに表示し,



図1 表示画像例(シミュレーション)

表1 試料の素材

衣服の種類	試料名	生地素材と種類	色・柄
上衣の半袖Tシャツ	TA	ポリエステル50% 複合繊維(ポリエステル)50%, 編物	青地のプリント柄
	TB	ポリエステル100%, 編物	白地のプリント柄
	TC	ポリエステル51% リサイクルポリエステル49%, 編物	黒
	TD	ポリエステル50% 複合繊維(ポリエステル)50%, 編物	青地のプリント柄
下衣のロングパンツ	BA	綿88% ポリエステル12%, 編物	白地のプリント柄
	BB	綿100%, 編物	黒
	BC	リサイクルポリエステル100%, 織物	黒地のプリント柄
	BD	リサイクルポリエステル100%, 編物	黒



(a) 上衣のシミュレーション画像



(b) 上衣の実物画像



(c) 下衣のシミュレーション画像



(d) 下衣の実物画像

図2 シミュレーション画像と実物画像

生地の風合い、テクスチャ、衣服全体の印象及び類似度に関する評価を行った。評価項目を表2に示す。評価は、7段階セマンティック・ディファレンシャル法（以下SD法）により行った。なお、類似性の評価における、風合いとテクスチャの評

価の要素は表2の項目であることを評価前に評価者に説明した。シミュレーション画像を用いた電子商取引を想定し、最初にシミュレーション画像の評価を行い、その後、実物の写真画像の評価を行った。類似度に関する評価は各試料の両画像の

表2 評価に用いた形容詞対

項目	形容詞対	
風合い	かたい	- やわらかい
	ざらざら	- なめらか
	薄い	- 厚い
	軽い	- 重い
テクスチャ	暗い	- 明るい
	マットな(光沢のない)	- 光沢がある
衣服全体	地味	- 派手
	下品	- 上品
	複雑	- シンプル
	きつい	- ゆったり
	格好悪い	- 格好良い
	嫌い	- 好き
類似度	風合いが似ていない	- 似ている
	テクスチャが似ていない	- 似ている
	シルエットが似ていない	- 似ている
	総合が似ていない	- 似ている

評価終了後に行った。表示にはノートパソコン (HP OMEN by HP 17-cb0065T, 画面サイズ17.3型, 解像度フルHD1920×1080) を用いた。

評価実験には、日本人大学生および大学院生20名 (21～25歳, 男女各10名) がボランティアで参加した。実験にあたり、本研究の目的および実験手順について文章と口頭による十分な説明を行い、実験参加の同意を得た。実験は国立大学法人信州大学ヒトを対象とした研究に関する倫理委員会の許可 (許可番号第354号) を得て実施した。

各スポーツ衣料のシミュレーション画像と実物画像の印象評価結果を用い、両者の印象における相違を調べるため評価項目ごとにt検定を行った。また、類似度評価の結果について多重比較 (Tukey法) を用いて試料間の平均値の差を検定した。シルエットの幾何学的類似度を評価するために、作成した画像の衣服の輪郭を抽出し、評価結果との関係を考察した。

### 1. 3 画像評価時の視線追跡

衣服画像評価時に評価者が注視する部位を調べるために、評価実験時に視線追跡装置 (TobiiX2-30, Tobii Technology AB, Sweden) を用いた視線追跡を行った。視線追跡装置をモニター下部中央に取り付け、参加者からモニターま

での距離が64cmとなるように配置した。また、注視部位を分析するため、図3に示すように対象のスポーツ衣料に興味関心領域 (Area of interest, 以降AOI) を設定した。各方向の画像のAOIの滞留時間を合計し、平均値を求めた。

## 2. 結果および考察

### 2. 1 生地 の風合いとテクスチャの印象評価

上衣のシミュレーション画像および実物画像における生地 の風合いとテクスチャの印象評価結果を図4に示す。試料TAは、シミュレーション画像が実物画像に比べてなめらかで光沢があると評価された (有意水準5%)。試料TBは「明るい」と「光沢がある」以外のすべての項目でシミュレーション画像と実物画像に有意水準1%または5%で有意な差が見られ、シミュレーション画像が「やわらかく」、「なめらかで」、「厚く」、「重く」評価された。試料TCは上衣で唯一シミュレーション画像と実物画像の間に有意な差が見られなかった。試料TDは、生地 の風合い全項目と光沢感において有意な差が見られ、TBと同様にシミュレーション画像の方が重厚感のある印象と評価された。

下衣のシミュレーション画像および実物画像における生地 の風合いとテクスチャの印象評価結果を図5に示す。試料BAは、「なめらかさ」「厚さ」「明るさ」においてシミュレーション画像と実物画像の間に有意水準5%で有意な差が見られ、実物よりシミュレーションが「ざらざら」で、「厚く」「明るく」評価された。試料BBは生地 の風合い、テクスチャのいずれもシミュレーション画像と実物画像に有意な差は見られなかった。試料BCは、「厚さ」「重さ」「明るさ」「光沢感」において有意水準1%で有意な差が見られ、シミュレーション画像が「厚く」「重く」、「暗く」「マット」に評価された。実物画像の軽量感や光沢感がシミュレーション画像では表現できていなかったためだと考えられる。試料BDは、「重さ」のみ有意水準1%

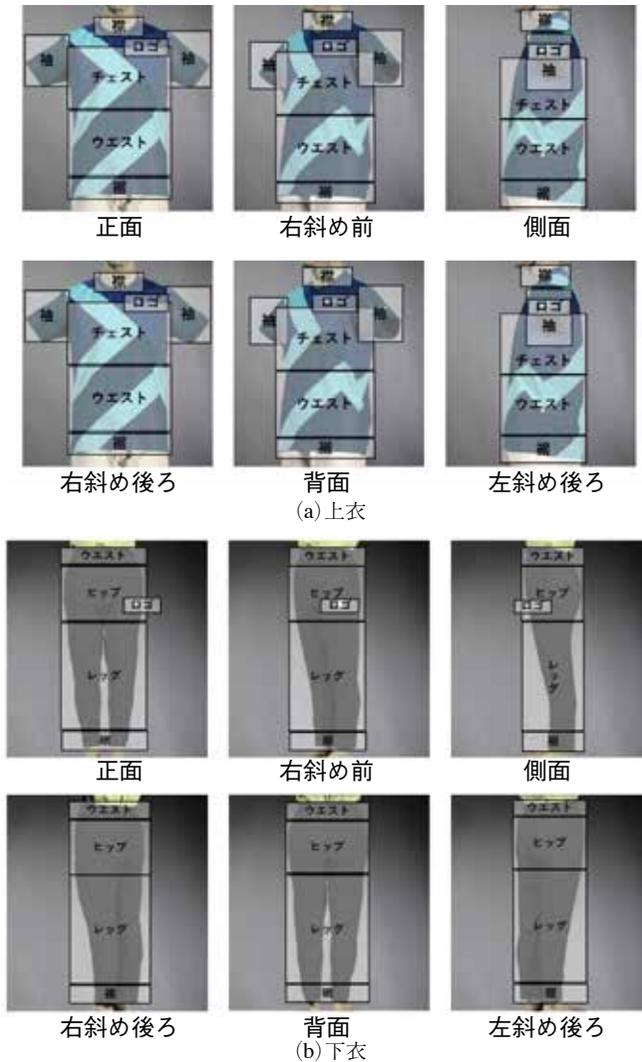


図3 AOIの設定

で有意な差が見られ、実物画像に比べシミュレーション画像が「軽く」評価された。

全体として、試料TBやTD, BA, BCのように明るい色の生地もしくは光沢のある生地の衣服は、シミュレーション画像の方が「厚く」「重く」感じやすく、なめらかさや光沢感の印象にも差が生じやすかった。一方で、試料TCやBB, BDのように色が暗くマットな生地の衣服は風合いやテクスチャの印象におけるシミュレーション画像と実物画像の間に有意な差は見られなかった。

## 2. 2 衣服全体の印象評価

上衣のシミュレーション画像および実物画像における衣服全体の印象評価結果を図6に示す。試料TA, TBではシミュレーション画像と実物画像における衣服全体の印象に有意な差は見られなかった。試料TCはシミュレーション画像の方が実物画像に比べて「きつい」と評価され(有意水準5%)、試料TDはシミュレーション画像の方が実物画像に比べて「地味」(有意水準5%)で「下品」(有意水準1%)と評価された。また、試料TDは実物画像の方がシミュレーション画像よりも「好

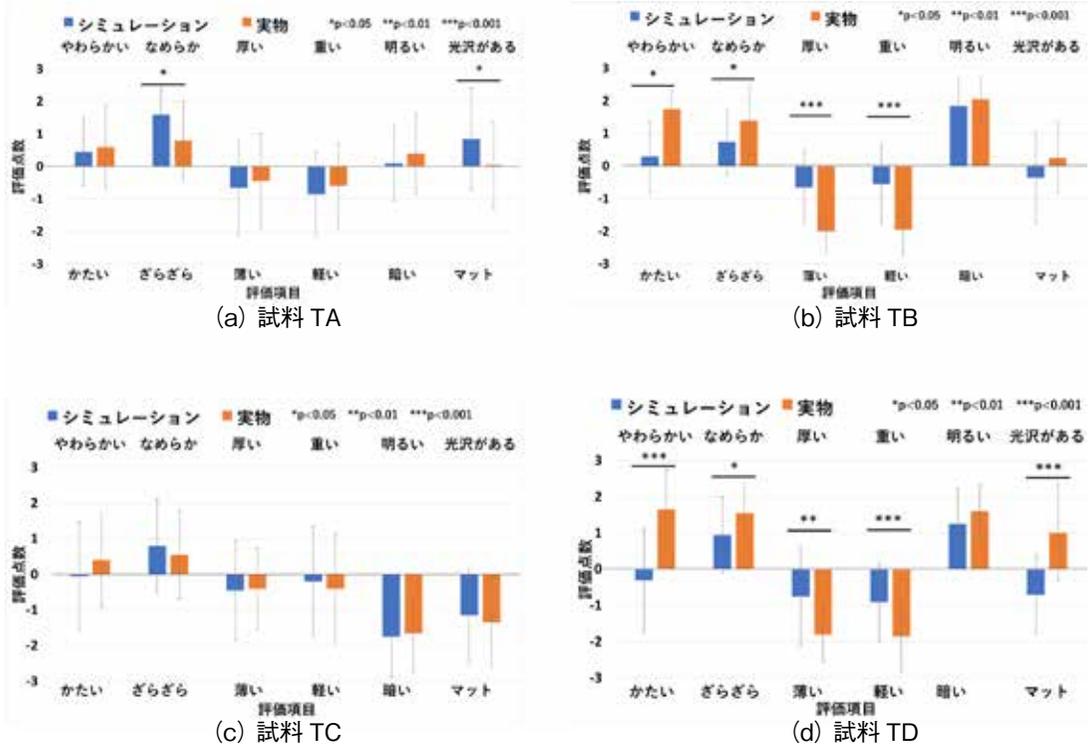


図4 シミュレーション画像および実物画像における生地 の風合いとテクスチャの印象評価結果 (上衣)

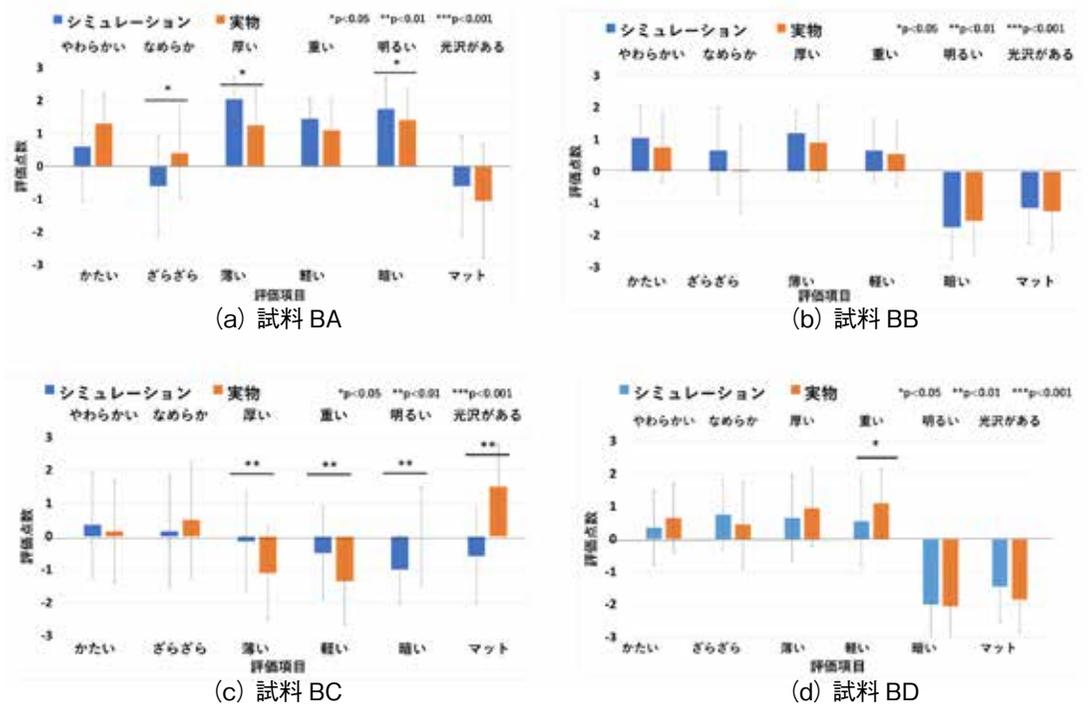


図5 シミュレーション画像および実物画像における生地 の風合いとテクスチャの印象評価結果 (下衣)

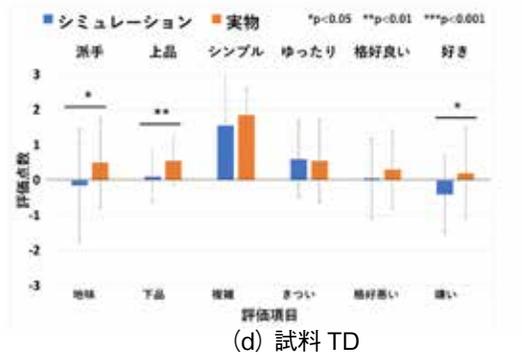
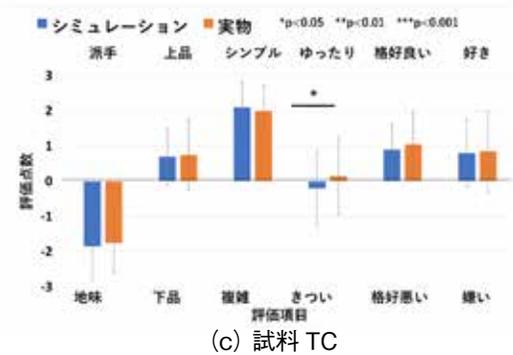
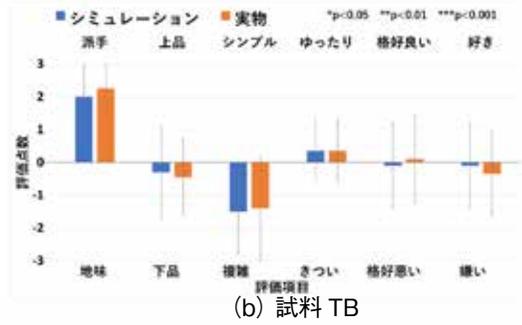
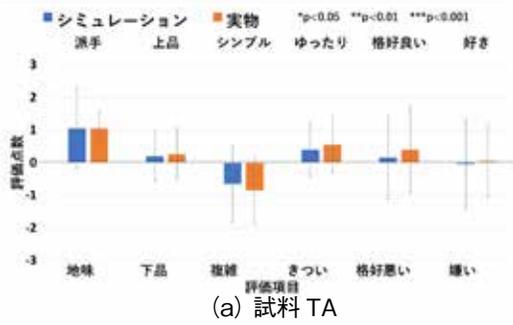


図6 シミュレーション画像および実物画像における衣服全体の印象評価結果 (上衣)

き」と評価された (有意水準5%)。

下衣のシミュレーション画像および実物画像における衣服全体の印象評価結果を図7に示す。試料BAはシミュレーション画像の方が実物画像より「格好良く」(有意水準5%)、試料BBはシミュレーション画像の方が実物画像より「好き」(有意水準5%)と評価されたが、他の評価項目では有意な差が見られなかった。

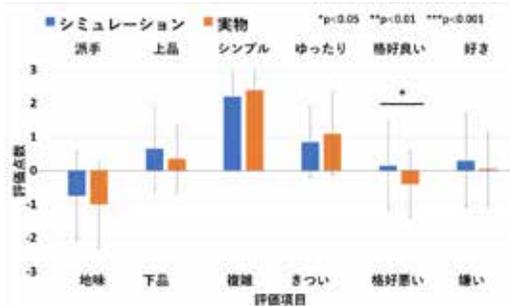
以上のことから、シミュレーション画像と実物画像において、評価者は生地風の合いやテクスチャの印象に差を感じる項目はあるが、衣服全体の印象は両者で大きな差は無かった。生地風の合いやテクスチャの印象の差は衣服全体の印象に影響しないものと考えられる。

### 2.3 類似度評価結果の比較

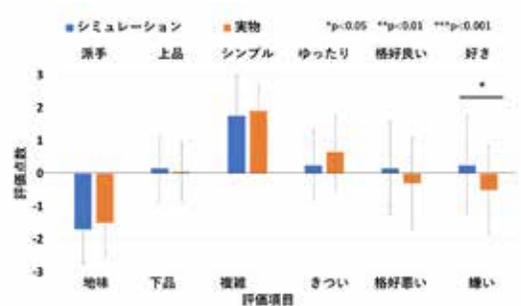
シミュレーション画像と実物画像の類似度評価結果を図8に示す。上衣では試料TDのテクスチャ

以外では平均値で「どちらともいえない」から「やや似ている」(0 ~ +1) と評価された。生地風のテクスチャでは試料TCとその他上衣の試料間で有意な差が見られた。下衣では、試料によって「やや似ていない」から「やや似ている」の範囲で評価され、特に生地風の合いでは、試料BBとBA、BC間で有意な差 (有意水準1%または5%) があり、BCとBDの間にも有意な差 (有意水準1%または5%) が見られた。テクスチャの項目では、試料BBとBCの間に有意な差 (有意水準5%) が見られた。総合ではBBとBA、BCの間に有意水準1%または5%で有意な差が見られた。

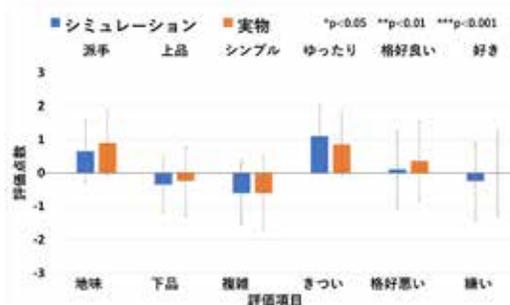
シルエットの類似度合いに試料間での有意な差は見られなく、「どちらともいえない」から「やや似ている」(0 ~ +1) と評価された。最も評価が高かった試料TAおよびBBと、最も評価が低かったTDおよびBAにおけるシミュレーション画像と実物画像のシルエット比較を図9と図10に示



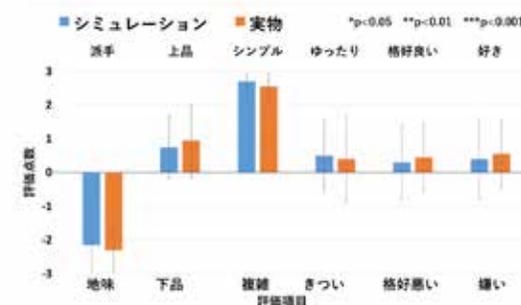
(a) 試料 BA



(b) 試料 BB

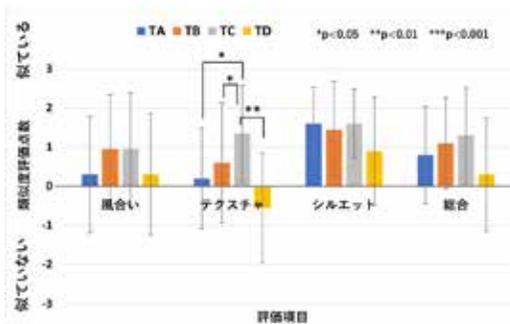


(c) 試料 BC

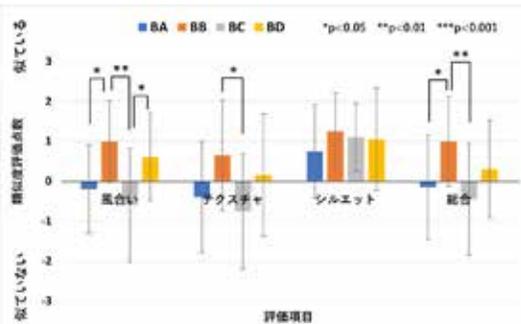


(d) 試料 BD

図7 シミュレーション画像および実物画像における衣服全体の印象評価結果 (下衣)



(a) 上衣



(b) 下衣

図8 各衣服のシミュレーション画像と実物画像の類似度評価結果



(a) TA (高評価)

(b) TD (低評価)

図9 シミュレーション画像と実物画像の輪郭比較 - 上衣

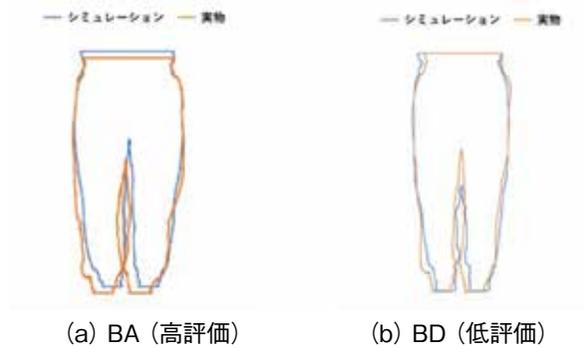


図10 シミュレーション画像と実物画像の輪郭比較-下衣

す。上衣試料TAは概ね輪郭が重なっているが、試料TDはシミュレーション画像の方が袖の広がりが大きく、ウエスト付近もややタイトになっている。評価者によってはこのようなシルエットの差を評価していたと考えられるが、平均的には似ていないとの評価にはならなかった。下衣試料BBは足の部分の膨らんだラインや裾の絞りが一致している一方、試料BAはシミュレーション画像における股下の隙間が狭く、実物画像に比べてふくらはぎから裾にかけての生地たるみが小さかった。しかし、この違いも平均的には似ていないとの評価にはならなかった。シルエットの類似度評価は、試料ごとに多少の差は見られたが、シミュレーションで衣服の印象には影響を与えないと考えられ、シミュレーションのシルエットの再現性には問題がないと考えられる。

総合評価を見ると、上衣はいずれも「どちらともいえない」から「やや似ている」と評価され、シミュレーション画像の活用が期待できる。また、下衣は試料BBの類似度が高く評価された一方で試料BAおよびBCは低い評価であった。試料BAとBCは風合いとテクスチャの類似度が低く、これらが総合類似度の評価に影響したと考えられる。印象評価の結果において、試料BAはシミュレーション画像が実物より「なめらか」「厚い」「明るい」と評価され、試料BCは「厚い」「重い」「明るい」「光沢がない」と評価された。このような差が類似

度の総合評価の差に影響したと考えられる。

## 2. 4 評価時の視線滞留時間の比較

画像評価時の各興味関心領域 (AOI) における評価者の視線滞留時間の平均値を図11に示す。上衣では Chest 周りの滞留時間が最も長く、次いで袖、ウエストが長かった。下衣ではレッグ、ヒップが他のAOIに比べて長かった。Chest やウエスト、ヒップは、曲面で、やわらかさなど風合いを判断しやすいことから、印象評価の基準部位として注視していると考えられる。また、下衣のレッグは他のAOIに比べて占める面積が大きいいため、相対的に滞留時間が長くなったと考えられる。

## 3. 結論

本研究では、スポーツ衣料のシミュレーション画像と実物画像の類似性と相違性および印象に関する比較実験を行った。また、評価時の注視部位も調べた。その結果、評価者はシミュレーション画像と実物画像において、Chest、ヒップ、レッグなど、衣服の曲面部位を注視した。衣服の印象については「派手さ」「上品さ」「シンプルさ」「ゆったりさ」の項目でシミュレーション画像と実物画像の間で有意な差がなかった。しかし、風合いとテクスチャに関しては生地の種類によって有意な差のある項目があった。実物画像で色が「暗い」

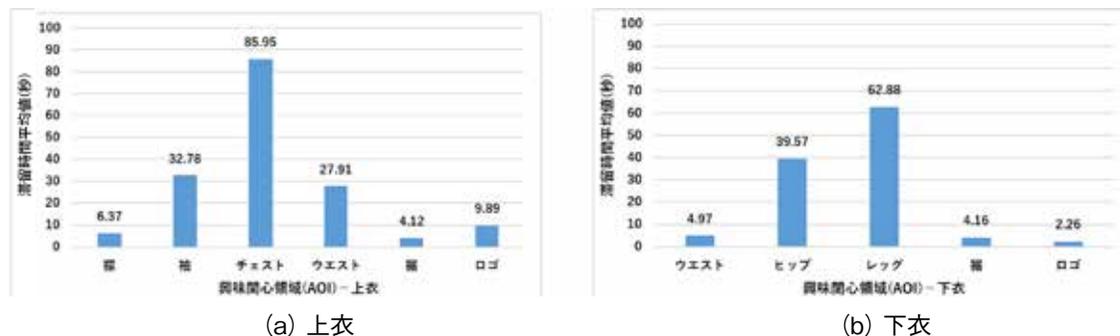


図11 画像評価時の各興味関心領域 (AOI) における評価者の滞留時間平均値

「マット」と評価された生地 of 衣服では、風合いやテクスチャの印象におけるシミュレーション画像と実物画像の間に差は見られなかった。一方で、実物画像で明るい色または光沢があると評価された生地 of 衣服では、実物と比べてシミュレーション画像の方が「厚い」「重い」「なめらか」及び「マット」と評価された。

以上の結果から、3D 着装シミュレーションにおけるスポーツ衣料の質感を実物と比較する際、差が生じる質感の項目は「厚さ」「重さ」「なめらかさ」及び「光沢」であり、シミュレーション画像の評価ポイントになる。電子商取引において、シミュレーション画像は衣服の印象を伝えることができ、本研究で得られた評価ポイントを考慮した評価基準をもとに商品画像を用いることでより有効なシミュレーション画像の活用が可能である。

本研究で光沢が重要な評価ポイントであることが明らかになったが、シミュレーションの光沢表現と実物の布の光沢の定量評価ができておらず、今後の検討課題である。また、色や素材の系統的な調査も行っていないため、今後検討する必要がある。さらに、本研究は条件を統一するために写真との比較を行ったが、実物と光源の影響も調査する必要がある。

## 謝 辞

本研究の遂行に際し、研究助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団、また実験に参加いただいた評価者の皆様に厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 環境省 令和2年度 ファッションと環境に関する調査業務『ファッションと環境』調査結果, 日本総研, 03, p3, [https://www.env.go.jp/policy/sustainable\\_fashion/goodpractice/case25.pdf](https://www.env.go.jp/policy/sustainable_fashion/goodpractice/case25.pdf) (2023/06/20閲覧) (2021)
- 2) ファッション業界の DX をけん引する三菱商事ファッション, アパレル CG のメリットやその制作フローの概要とは?, CGWORLD.JP, 09/20, <https://cgworld.jp/special-feature/mousecomputer-202209-mcf.html>, (2023/05/05閲覧) (2022)
- 3) Okabe H., Imaoka H., Tomiha T., Niwaya H., "Three dimensional apparel CAD system", SIGGRAPH 92 Proceedings of 19th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, pp. 105-10(1992)
- 4) Choi K.J., Ko H.S., "Research problems in clothing simulation", *Computer-Aided Design*, 37 No. 6, pp. 585-92.(2005)
- 5) Gong D.X., Hinds B.K., McCartney J., "Progress towards effective garment CAD", *International Journal of Clothing Science and Technology*, 13 No. 1, pp. 12-23(2001)
- 6) Magnenat-Thalmann N. (Ed.), *Modeling and*

- Simulating Bodies and Garments, *Springer Science & Business Media*, London (2010)
- 7) Kim D. E., & LaBat K., Consumer experience in using 3D virtual garment simulation technology. *Journal of the Textile Institute*, **104** (8), 819-829 (2013)
  - 8) Zulkifli S.Z.B., Kim K., Takatera, M., "Similarities and differences between virtual and actual pants", *International Journal of Clothing Science and Technology*, **33** (2021)
  - 9) 石田 英衣, 金 晃屋, 高寺 政行, 3D着装シミュレーション画像評価における生地質感の影響, 2C-1-06, 第24回日本感性工学会大会, 09/01 (2022)
  - 10) Open CV Color Correction Model, [https://docs.opencv.org/4.7.0/d1/dc1/tutorial\\_ccm\\_color\\_correction\\_model.html](https://docs.opencv.org/4.7.0/d1/dc1/tutorial_ccm_color_correction_model.html) (2023/05/05閲覧)