

仮想空間上での足測定と靴試着システム

備前比呂^{†1} 吉田美乃里^{†1} 神部真音^{†1} 川合康央^{†1}

概要：本研究は、EC サイトなど実際に試着できない場で靴の購入をする際に、自分の足に適切な靴を選ぶことを可能なものとするため、拡張現実を用いて靴の試着状況を視覚的に判断できる仮想空間上での靴試着システムの開発を行ったものである。本システムでは、足と靴の3Dモデルを試着させ、圧迫箇所と緩い箇所を色で表現することで、視覚的に試着状況を判断可能なシステムとした。今後、足の測定精度をさらに向上させるため、改善を行っていくこととする。

1. はじめに

昨今、スマートフォンなどの情報端末と情報通信の普及と発展に伴い、EC サイトなどの電子商取引市場における売上げが上昇傾向にある。国内における BtoC-EC 市場は、2019 年に 19 兆 3609 億円もの市場規模を形成しているにも関わらず、未だ高い成長率を維持できている[1]。また、現在、コロナ禍という社会状況もあり、人々の移動に制限があるため、実店舗ではなくオンラインでの小売需要が急速に高まっていることも、要因の一つであると考えられる。一方で、インターネット通販に対して不満を感じているユーザも少なくない。特に、衣類通販サイトでは、試着して自分に合ったサイズかどうかを確かめること、商品を手で触って素材を確かめることなどができないため、実店舗とは異なり、EC サイトでは素材感や着心地感が伝わらないといった課題がある。衣類関係のインターネット通販に対する不満で最も多かった要素として、商品のイメージやサイズ、色が分かりにくいという点が挙げられている。また、衣料などの商品によっては、普段着用しているサイズと同じサイズ表記のものを買っても、実際には身体に合わないことがある。また、気軽にためしてみることができないという点も、課題として挙げられている[2]。

衣料だけでなく、インターネット通販による靴の販売においても、具体的な大きさや自分の足に対するフィット感は分かりづらいものとなっている。また同じサイズ表記であってもメーカーによって異なる、足長の表記はあるが足幅や足囲などの表記がないことなどから、実際に購入して履いてみると靴の大きさが合わず、足が圧迫されることが多くみられる。足の形に合わない靴を履き続けると、歩きづらく疲れるだけでなく、足の変形や怪我など、身体上のトラブルが生じることもある[3]。特に、日本人は、自分の足の形や歩き方に問題があるせいで足のトラブルが起きると考え、靴の誤った選び方や履き方に問題があると気付

かない傾向にある[4]。さらに、足長の適正サイズと自称サイズの一致度に関しては、日本人の成人男性で約 41%、成人女性で約 32%となっている[5]。このことから、自分の足に合っていない靴を履いている人が実際にはかなり多いことがわかる。

一方で、これらの課題に対応するため、様々な仮想試着システムの研究が行われている。仮想試着とは、実際に衣料品や靴などを身に付けることなく、疑似的に身体への試着ができるものである。関根ら[6]は、ユーザの全身画像に対して衣服画像を合成することによって、仮想的な試着体験を提供する仮想試着システムの開発を行った。これは、距離データに基づいてユーザの体系を自動測定し、体形の推定結果や肩の輪郭線に基づいて、衣服画像を合成することができる仮想試着システムである。寺島ら[7]は、ヘッドマウントディスプレイを用いた仮想環境における、一人称視点と三人称視点による試着システムを提案している。これは、ユーザの身長と股下に合わせた人体の三次元モデルを使用した試着システムであり、仮想的な試着の有効性が確認されている。奥山ら[8]は、円筒形バーコードを用いて、和服帯の AR 試着システムを作成した。これは、実際の和服を着用した上から円筒バーコードが構成されたベルトを着用し、コンピュータグラフィックスによる和服帯を表示するものである。小林ら[9]は、視力の弱いユーザが、眼鏡を着用したままの状態でも利用可能な、仮想眼鏡試着システムの提案を行っている。これは、カメラで撮影した顔画像上の実眼鏡領域を、ユーザの皮膚テクスチャで置き換え、光の屈折や反射を考慮した別の仮想眼鏡を重層した複合現実を生成するものである。

また、衣料品だけではなく、靴に関しても、企業などにおいて様々なシステムの開発研究が行われている。株式会社 ZOZO による ZOZOMAT [a]では、マーカが印刷されたマットの上に足を置き、専用のスマートフォンアプリで撮影することによって足のサイズを計測する。しかし、この

^{†1} 文教大学情報学部情報システム学科

<https://zozo.jp/zozomat/> (参照 2020/12/21)

システムでは専用の平面に印刷されたマットが必要であり、また自分自身でのスマートフォンによる撮影が困難なため、足のサイズを手軽にかつ正確に測定できないといった課題がある。また、Flicfit [b]は、ユーザの足を三次元スキャンし、このスキャンデータを用いて靴の仮想試着を行うシステムである。しかし、専用の機器を用いるため、実店舗での測定を想定したシステムとなっている。Wanna Kicks [c]は、拡張現実によって、スニーカーなどの靴を、自分の足に履いた様子を表示することができるスマートフォンアプリケーションである。様々なメーカーの靴が試着できるが、ファッションの組み合わせに特化したシステムであり、サイズや履き心地などについては考慮されていない。

そこで本研究では、通販で靴を購入する際の足のトラブルを防ぐため、拡張現実を用いた試着状況を視覚的に判断ができる仮想空間上での靴試着システムの開発を行ったものである。

2. システム開発

2.1 足の型の選択

足の型の種類には、エジプト型、スクウェア型、ギリシャ型など数種類の型が存在する(図1)。足の型によって、適切な靴の形は異なるものとなる。例えば、足指の長さがそろっていて平坦な形であるスクウェア型の場合、つま先がとがったポイントトゥやアーモンドトゥでは、指先が靴に納まりきらず、外反母趾などの変形などを引き起こすことにつながる。そのため、本システムでは、数種類存在する型のうち、特に日本人に多く見られる上記3つの足の型を用意し、ユーザが自分に合った足の型の3次元モデルを選択し、足長・足幅・かかと幅の3点の数値を投影することで、使用者の足の形を仮想空間上に表現することとした。



図1 システムで用意した足の型
(左からエジプト型・ギリシャ型・スクウェア型)

2.2 拡張現実による足部測定

Google が提供している Android 端末向けに拡張現実アプリケーションを開発できるソフトウェア開発キットとして、ARcore [d] がある。これは、赤外線奥行きセンサのような特殊なデバイスを必要とせず、スマートフォン内蔵のカメラやモーションセンサーだけで AR コンテンツを構築することが可能である。

ARcore では、カメラの映像と IMU センサを使用してスマートフォンの相対的な位置関係から水平面を検出し、自由にモノやキャラクターなどの配置を行うことができる。この機能を用いて、AR マーカーの2点間の距離を測定することによって、実空間上の足の長さを計測することができるシステムの構築を行った。また、足の計測時における AR マーカーの配置誤差を想定し、再計測が行えるようインタフェースの実装を行った(図2)。

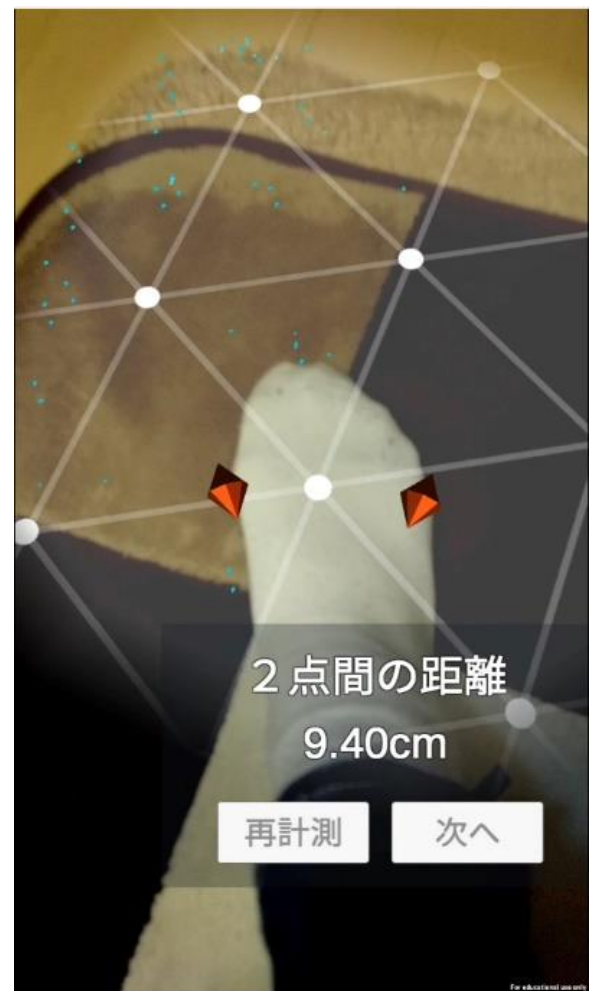


図2 拡張現実による足の測定画面

b) 靴売り場向け接客支援サービス | Flicfit(フリックフィット), <https://flicfit.com/> (参照 2020/12/21)
c) Wanna. <https://wanna.fashion/> (参照 2020/12/21)

d) Build new augmented reality experiences that seamlessly blend the digital and physical worlds, <https://developers.google.com/ar> (参照 2020/12/21)

2.3 足と靴の三次元モデル

本システムで使用する足の仮想モデルは、あらかじめ用意した足の三次元モデルに、ARcore で測定した足長・足幅・かかと幅の 3 つの数値を、blendshape を用いて反映させることによって、仮想空間上に表現するものとした。blendshape は、頂点数などの構造が同様に、形状が異なるモデルを複数用意し、それぞれの形を混ぜ合わせることによって新しい形を作り出す手法である。本来はアニメーションにおいて用いられる手法だが、本システムにおいて blendshape を用いることで、事前に用意する三次元モデルの数を増やさずに、使用者の足の大きさに合った三次元モデルを生成することが可能となった。

使用する靴の三次元モデルは、実際に市販されている靴を三次元スキャナによって取り込んで制作することとした。スキャンした靴のモデルは、スキャンデータのまま使用すると膨大なポリゴン数となり、システムの動作が重くなる。そこで Quad Remesher [e]を使用した (図 3)。これは、三次元モデルのポリゴン数を自動で調節することが出来るプラグインである。これを用いて、軽量かつ実物の形状に近い三次元モデルを制作した (図 4, 5)。

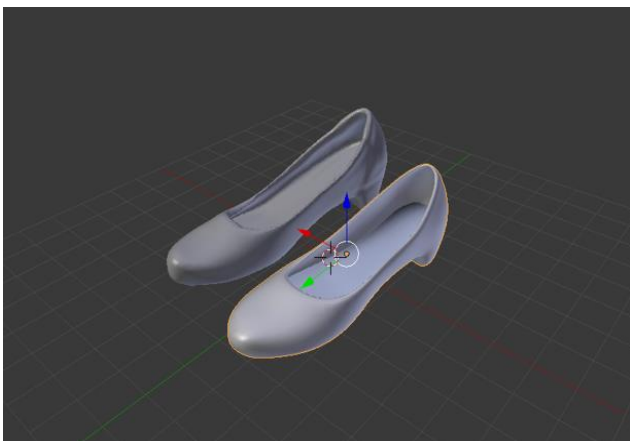


図 3 三次元スキャナで読み込まれた靴モデル



図 4 本システムで用意した三次元靴モデル (スニーカー)



図 5 本システムで用意した三次元靴モデル (パンプス)

2.4 試着の可視化

実際の店舗で、自分の足で実物の靴を試着したとき、圧迫している箇所や緩い箇所を、触覚による足の感覚から明確に判断することが可能である。しかし、インターネット通販での靴の購入では、足のフィット感の確認が難しい。すなわち、自分の足で実際に試着することができないため、足のどの部分を圧迫するのか、どの部分に隙間ができていて緩いのが把握できない。そこで、試着状況の判断を可能にするため、靴による足の圧迫箇所と緩い箇所を、色で可視化することによって、視覚的に履き心地の試着状況の判断ができるシステムを構築した。足と靴の三次元モデルが接している、または距離が近い箇所を、赤色で表示し、一方で、接していない箇所、距離が離れている箇所を、青色で表示することによって、視覚的に圧迫箇所、緩い箇所を判断することができる (図 6)。

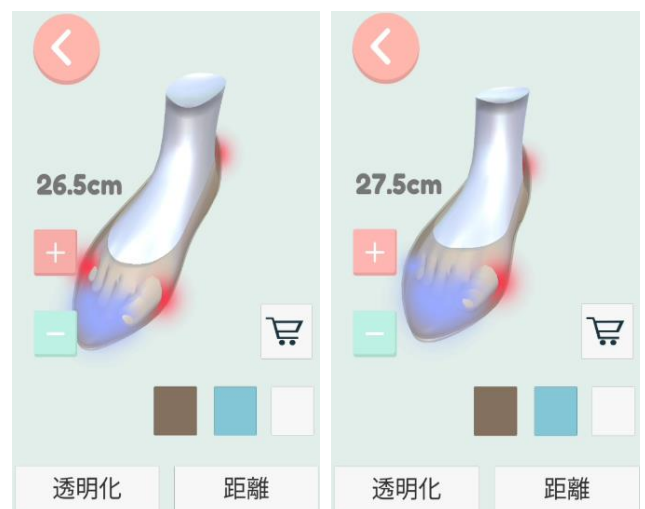


図 6 靴の試着の可視化

e) Quad Remesher - Auto Retopology - EXOSIDE ,
<https://exoside.com/quadremesher/> 参照 2020/12/21)

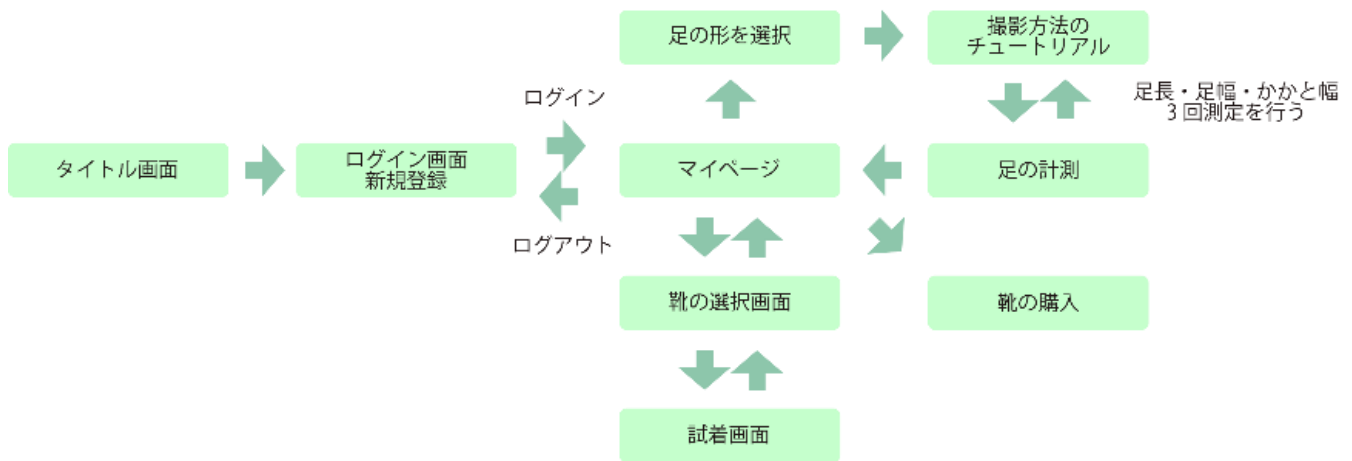


図7 システムの画面遷移図

3. 結果と考察

3.1 システムの使用手順

本システムの使用手順は、次の通りである（図7）。

- ① 使用者がエジプト型,スクウェア型,ギリシャ型の中から自身にあった足の型の選択を行う。
- ② 足長・足幅・かかと幅の順に ARcore を用いた測定を行う。
- ③ 仮想的なショッピングサイトで、販売している靴の中から試着を行いたい靴を選択する。
- ④ 靴と足の三次元モデルで試着状況を確認し、購入したい靴をカートに追加する。
- ⑤ カートに追加した靴を確認する。キャンセルも可能である。

3.2 靴サイズの調整

靴のサイズの調整は、実際の試着状況を再現するために、0.5センチメートルずつ靴のサイズを変更することが可能なものとした。靴のサイズ調整から、靴と足の距離が近く圧迫する箇所が赤く、距離があり緩い箇所が青く再表示される。また、試着状況を使用者が判断しやすいように、靴の三次元モデルは半透明で表示されるため、圧迫箇所と緩い箇所がわかりやすく確認することができるデザインとなっている。

3.3 ユーザ評価

開発したシステムは、デモンストレーションによる展示を行った。そこで、ユーザから得た評価とコメントを基に本システムの課題について考察する。

作成したシステムのインターフェースは、初めて使用する人でもわかりやすいものとするため、何を指しているのかわかりやすいアイコンを用いるなどした。そのため、実際の使用時においても、問題なく動作し、誤使用を防ぐことができた。一方で課題として、測定時の数値誤差が挙げられる。足の測定は、ARcoreにより床とカメラの水平面を検

出し、AR マーカをユーザの手で入力することによって、足長・足幅・かかと幅の値を取得している。計測時に、ユーザ自身で AR マーカを入力するため、操作に慣れないユーザでは、数値に誤差が出てしまうことが見られた。特に初めて拡張現実で操作するユーザは、カメラ画像と実際の位置の感覚に慣れていないため、正しい位置ではなく、ずれた位置にマーカを入力していたことが確認された。この課題に対応するため、今後、画像認識を用いることで、ユーザの手入力による測定ではなく、自動的に数値を取得することが可能ではないかと考えられる。

また、ユーザからは、圧迫箇所や緩い箇所等が視覚的に判断できるため、試着した状況がわかりやすいという評価を得た。本システムで使用した足の三次元モデルは、足長・足幅・かかと幅のみを反映させたものであるため、靴のサイズが適切であるかどうかを、一定程度の予測をすることが可能である。さらに、指の長さや甲の高さなど、詳細な足のサイズを三次元モデルに反映することが出来れば、より精巧な試着が行えると考えられる。ただし、測定箇所が増えた場合、足と靴の三次元モデルを試着させるまでの操作に時間がかかるため、測定操作時の時間短縮も課題である。

同様に靴の三次元モデルについても、靴内部の厚みや構造などを、より高精度な三次元計測機などで計測することが出来れば、さらに実情に即した試着が行えるものと考えられる。また、革や布、合成繊維など、靴の素材によっても履き心地が変わるため、素材の伸縮についても考慮したシステムについて検討することも課題である。また、軽量化をはかったが、スマートフォン上で三次元モデルを配置してリアルタイムで表示しているため、アプリケーション動作時にやや処理が重くなり、靴の試着の際に不具合が生じてしまうこともあった。

4. まとめ

本研究では、インターネット通販など、実際に試着できない場面での靴の購入をする際に、自分の足に合った適切な靴を選ぶことを目的として、拡張現実を用いた靴の試着状況を視覚的に判断できる仮想空間上での靴試着システムの開発を行ったものである。本システムでは、足と靴の三次元モデルを作成し、拡張現実によって足の計測を行い、三次元スキャンによって作成した靴モデルと重ね合わせることによって、靴の圧迫箇所と緩い箇所を色可視化するものである。今後、拡張現実による足の測定精度を、自動計測で測定箇所を増やすなどして、精度の向上をはかっていくとともに、靴モデルについても、内部構造や素材を反映させたものが使用できるよう、改善を行っていくこととする。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP19K12665 及び科学技術融合振興財団調査研究助成の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] 経済産業省商務情報政策局情報経済課. 令和元年度内外一体の経済成長戦略構築にかかる国際経済調査事業（電子商取引に関する市場調査）報告書, 2020.
- [2] 白井花奈, 佐藤弘喜. インターネット通販サイトのイメージに関する研究. 日本デザイン学会研究発表大会概要集日本デザイン学会第 64 回春季研究発表大会, 2017, p.78-79.
- [3] 塩之谷香, 片瀬真由美, 宮崎康介, 栗林薫, 田中伸幸, 松本芳樹. 不適切な靴が原因と考えられる成長期の下肢障害. 靴の医学, 2008, vol.22, no.2, p.83-88
- [4] 吉村真由美. 子どものための靴教育・シューエデュケーション®. 人間生活工学, vol.14, no.2, 2013, p.19-24.
- [5] 大塚斌, 菊田文夫, 近藤四郎, 高橋周一. 日本人成人の足の計測値からみた革靴の適正サイズと自称サイズ的一致度. 日本家政学会誌, vol.43, no.4, 1992, p.311-318.
- [6] 関根真弘. 仮想試着システムにおける体型推定を用いた衣服画像合成技術. 東芝レビュー, vol.70, no.5, 2015.
- [7] 寺島里美, 小池崇文. 丈を考慮した VR 試着システム. 第 82 回全国大会講演論文集, 2020, no.1, p.587-588.
- [8] 奥山瑞希, 的場やすし, 椎尾一郎. M 系列に基づく円筒バーコードを用いた AR 和服帯試着システム. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2017, no.1, p.1-8.
- [9] 小林巧, 杉浦裕太, 斎藤英雄, 上間裕二. 3D 仮想眼鏡試着のためのリアルタイム眼鏡取替映像生成法. 一般社団法人, 2020 49(2), 119.