

ネットショッピングにおける色再現性の向上

諏訪 芳彦^{†1} 宮田 一乗^{†1}

概要: 本研究は、スマートフォン経由のインターネットショッピングにおける色の見え方の差によるトラブルを解消することを目的とする。この目的に対し、商品画像と実物を確認したときの印象の差という視点で捉え、分光特性を基にした色再現技術に応用したシステムを開発した。スマートフォンのディスプレイ上で実物の忠実な色再現を行うには、動的な現実環境の変化に対して、コンピュータグラフィックスで描かれた仮想物体を適応的に合成して表示する必要がある、その実現には AR が適している。そこで、スマートフォン向けに実時間で動作する室内照明環境を推測により再現する WebAR アプリケーションを開発し、実物と仮想物体の色の見えを色彩輝度計で測定することで色の見えがどの程度向上するかを明らかにする。

1. はじめに

1.1 社会的背景

総務省によると新型コロナウイルスの影響により、巣ごもり消費ニーズが高まりネットショッピング利用世帯（2人以上の世帯が対象）の割合が、初めて5割を超えた[1]。また、インターネット利用時の端末は、スマートフォンが急激に拡大し、2017年は59.7%とパソコンを逆転した。それに伴い、スマートフォン経由の物販の市場規模は急成長しており、経済産業省によると「衣類・服飾雑貨等」は、スマートフォン比率が高くなっている[2]。

しかし、市場が拡大する一方で、国民生活センターによると、「新しい“消費”生活様式」の影響でインターネット通販のトラブルの割合は相談全体の30%と増加傾向にあり、「イメージ違い・注文品違い」の2020年6月の相談件数は899件と昨年同月から2.5倍に増加した[3]。また中京大学によると、消費者の全体の5割以上の人々が服のネットショッピングで失敗経験があると回答した[4]。

1.2 研究の目的

本研究は、スマートフォン経由のインターネットショッピングにおける色の見え方の差によるトラブル軽減を目的とする。この目的に対し、商品画像と実物を確認したときの印象の差という視点で捉え、室内照明環境を推測により再現するAR (Augmented Reality, 拡張現実) 技術をサービスに応用することを試みた。スマートフォンのディスプレイ上で実物の忠実な色再現を行うには、逐次変化する現実環境の変化に対して、コンピュータグラフィックス(CG)で描かれた仮想物体を適応的に合成して表示する必要がある、その実現にはARが適している。そこで、スマートフォン向けにWebブラウザ上で実時間動作する、推測による室内照明環境の再現ARアプリケーションを開発した。同アプリケーションを用いて、実物と仮想物体の色の見えを色彩

輝度計で測定することで色の見えが向上するかを明らかにする。

2. 既存研究

2.1 既存研究と課題

昨今、インターネットショッピングにARを応用するモバイルアプリケーションが公開されている。代表的な用途では、インテリアシミュレーションなどがある。スウェーデン発祥の世界最大の家具量販店のIKEA (イケア) では、カメラ画像に重畳してCGの家具を配置して確認することができるアプリ「IKEA Place」を提供している[a]。これまで、カタログやネット写真では質感やサイズ感などの把握が難しく、家具が部屋に収まらなかったり、思っていた質感と異なったりするなどの失敗をしないために、店舗で実際に確認する必要がある。AR技術を活用することで、自宅に居ながら部屋との調和やサイズ、質感など様々な要素を事前確認することを可能にしている。一般的に、設置する部屋の環境によって照明条件が変化するが、家具のCGは光源位置が事前に設定された条件に固定されているため、実際とは異なった質感の再現がされるという問題がある。

逐次変化する現実の照明環境を再現するには、周囲の景色を撮影した画像(環境マップ)を光源として活用するIBL (Image-Based Lighting) によりレンダリングを行うことで写実的なARを実現できる。写実的なARの既存研究として、鏡面球を組み合わせた立体マーカを用いて、光源環境を計測した研究[5]や、周囲の光源環境を直接カメラで撮影して照明環境を推定した研究[6]がある。しかし、これまでの研究は周囲の完全な照明環境の取得を目的としているため、鏡面球や光源環境を獲得するためのカメラが必要になるなど、機器構成が複雑になるという問題がある。

2.2 研究の意義

経済産業省は、先に述べた家計消費状況調査で、スマー

^{†1} 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科

a) IKEA アプリ (<https://www.ikea.com/jp/ja/customer-service/mobile-apps/>)

トフォン経由の物販は、「衣類・服飾雑貨等」が高く、女性や若年層といったファッション・アパレルに高い関心を持つ消費者層によるスマートフォンを通じた BtoC-EC の利用が要因としている[1]。そこで本研究では、女性や若年層をユーザー層に想定し、スマートフォンのみで完結する手軽なシステムで、いかに色の見え方を向上するかということに主眼を置くことに学術的意義がある。また、モバイルアプリはインストールしてもらうまでのハードルが高く、スマートフォンのストレージ容量が不足すると、空き容量の確保の為にアプリはアンインストールされてしまいやすい。より広くリーチするには、Web アプリケーションに優位性がある。現実的な処理速度で動作する Web アプリケーションを開発し、より日常に即したシチュエーションで調査を行うことで、実サービスに貢献するものとして実務的意義のあるものでもある。

3. 提案

3.1 照明環境の想定

本研究では、スマートフォン経由のインターネットショッピングは自室で行われ、照明はシーリングライトであると想定する。日本の住宅事情を考慮すると欧米に比べて部屋は狭く、天井からつり下げる照明は向かないため、余計な装飾がなく空間を圧迫しないシーリングライトであることが多い。シーリングライトは、一般に天井の一番高い中央の位置にあり、乳白色のカバーがされている。そのため、光が拡散する照度分布となり、柔らかい光で狭い部屋全体を満遍なく照らして影ができない。

3.2 日本の住宅事情を考慮した照明環境の近似モデル

本アプリケーションは、スマートフォンを立てて持ち、CG による仮想物体を中空に表示することを想定する。室内の中央においては、方位に対しての輝度の大きな隔たりが少ない照明環境であると仮定する。この仮定により、カメラで室内を撮影した視線方向の半球状の環境と、その半球状の環境を鏡合わせに組み合わせることで全天周の環境画像の生成を行う。この手法が適用可能な状況は、十分なダイナミックレンジと 180° の画角を得られる理想的なカメラで撮影した場合に限られる。

スマートフォンでのカメラでは、画角が足りないため照明が映り込まないことが予測される。しかし、先述のシーリングライトの室内照明環境の想定より、上下に対しても輝度の大きな隔たりが少ない照明環境であると仮定する。撮影した画角の限られた低ダイナミックレンジ (Low Dynamic Range : LDR) の室内画像の上下端が、半球の上下端にマッピングされるように、半球に平行投影するスフィア環境マッピングを行う。それを左右反転した半球と組み合わせることで全天周環境マップを生成する。さらに露出

補正することで推測による室内照明環境の近似を行う。日本の住宅事情を考慮した自室での照明環境を推測により再現することで、スマートフォンのみで仮想物体の CG レンダリングを行う手法を提案する。図 1 に、日本の住宅事情を考慮した自室での照明環境の近似モデルのイメージを示す。

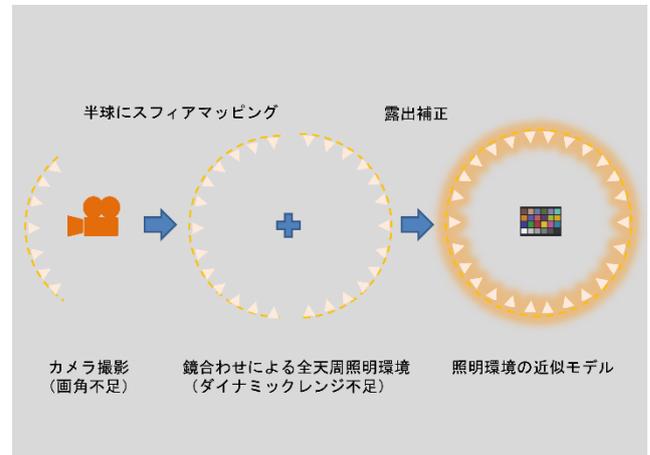


図 1 日本の住宅事情を考慮した照明環境の近似モデル

3.3 システム開発

スマートフォンの Web ブラウザで AR を実現する為に、WebAR のフレームワークとして、ARToolKit をベースにした AR.js[b]を採用した。AR マーカーを用いることで、スマートフォンのカメラ映像よりカメラ座標系における位置姿勢を算出することで現実空間と仮想物体の空間的な位置合わせを行った。また、写実的リアリズムを実現するためには、正確な光源の再現だけでなく、物体表面上での反射について、光の物理特性をシミュレートする必要がある。物体表面上での反射特性を表す関数は、いくつかのパラメータで近似したたくさんのモデルが提唱されているが本研究では、物体に光が入射したときの反射率を粗さの変数で表現する BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function, 双方向反射率分布関数)を用いて写実的リアリズムを実現する。このようなレンダリング手法は、PBR (Physically-based rendering, 物理ベースレンダリング) と呼ばれる。実物と CG との色の見えを比較するため、基準となる色見本として、マンセルカラーチェッカーターゲットを利用する。正確に PBR マテリアルスキャンされたマンセルカラーチェッカーターゲットの CG モデルを利用した。スマートフォンのカメラからの入力映像は、線形カラー空間に変換し、全ての入力を線形にレンダリングするプロセスであるリニアワークフローを導入した。ライティングの計算を正しく、かつ計算精度を保つために HDR の IBL として物理ベースレンダリングを行い、露出補正とトーンマッピング

b) AR.js (<https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/>)

で sRGB 変換を行ってからディスプレイに出力した。このシステムをスマートフォン向け WebAR アプリケーションとして WebGL で実装し、提案手法の全天周環境マップ生成には、GLSL で処理の高速化を図った。(図 2 参照)。同システムは、3 年前に発売された iPhone X において 11FPS と実時間で動作した。



図 2 スマートフォン向け WebAR アプリケーション

4. 評価実験

提案手法の有効性を示すために、開発したスマートフォン向け WebAR アプリケーションの評価を行う。実物と CG との色の見えを比較するため、基準となる色見本として、マンセルカラーチェッカーターゲットを使用する。実物とスマートフォンのディスプレイに表示された CG モデル上のカラーチェッカーターゲットの 24 個のカラーパッチを色彩輝度計で輝度と色度を計測し評価を行う(図 3 参照)。尚、測定データは信頼性を向上させるため、5 回計測を行い平均化する。測定は 2 度視野 XYZ 表色系で行う。しかし、XYZ 表色系での色差計算は、人間の視感評価とは一致しない。測定した三刺激値 XYZ を均等色空間に変換することにより、2 色の座標間の距離で知覚色差の大小で比較が定量的に行える。CIEDE2000 色差式での色差 ΔE_{00} は、人の目の色識別域の形状に近似している特徴があり、測定結果と視感評価との相違を補正した色差式である。その為、本研究では色差式に CIEDE2000 を用いて、色差 ΔE_{00} を算出する。



図 3 測色の様子

5. おわりに

本研究では、スマートフォンのみで、日本の住宅事情を考慮した自室での照明環境を推測により再現する手法を提案した。また、同手法を用いた光源環境の変化に対して、適応的に照明環境を再現し実時間で動作するスマートフォン向けの WebAR アプリケーションを開発した。AR によって幾何学的整合性、光学的整合性、時間的整合性を同時に満たした違和感の少ない日常的な現実感を表現できたことにより、色の見えの向上に効果があると考えられる。今後は、評価実験で本提案システムの有用性について検証を進め、実物と仮想物体との色差により、どの程度の JIS 規格の許容差に収まっているか明らかにする。また、照明環境の推測精度の改善により、さらなる写実性の改良を行う予定である。

参考文献

- [1] “家計消費状況調査 ネットショッピングの状況について(二人以上の世帯)–2020 年(令和 2 年)10 月分結果–”。
https://www.stat.go.jp/data/joukyou/pdf/n_joukyo.pdf, (参照 2020-12-18).
- [2] “平成 30 年度 我が国におけるデータ駆動型社会にかかわる基盤整備(電子商取引に関する市場調査)”。
<https://www.meti.go.jp/press/2019/05/20190516002/20190516002-1.pdf>, (参照 2020-12-18).
- [3] “「新しい「消費」生活様式」の影響で相談増加!?インターネット通販のトラブルにあらためて注意!”。
http://www.kokusen.go.jp/pdf/n-20200917_2.pdf, (参照 2020-12-18).
- [4] 中村雅章, 矢野健一郎. 消費者の個人属性が服のネットショッピングとリスク削減行動に及ぼす影響の考察. 中京ビジネスレビュー. 2014, vol. 10, p. 133-164.
- [5] 安室喜弘, 石川悠, 井村誠孝, 南広一, 眞鍋佳嗣, 千原國宏. 立体マーカを用いた実空間における仮想物体の調和的表現: インタラクティブ MR インテリアデザイン. 映像情報メディア. 2003, vol. 57, no. 10, p. 1307-1313.
- [6] 仁科勇作, 奥村文洋, 神原誠之, 横矢直和. ハイダイナミックレンジ動画からの光源推定によるビデオシースルー型拡張現実感. 日本バーチャルリアリティ学会第 12 回大会論文集. 2007, vol. 12, p. 3A1-3.