

# World in the Wall

## AR ポスターを擬似タッチパネル化する アイウェア型ウェアラブル端末向けインタラクション手法の提案

北島快<sup>†1</sup> 尼岡利崇<sup>†1</sup>

**概要:** 市販のアイウェア型端末ユーザー向けに体験型 AR 広告を提示する際、公共スペースでの提示が一般的であることから、多くのユーザーに体験してもらうためには、端末に標準で装備されている機能のみで動作するインタラクション技術が必要となる。本研究ではアイウェア型端末向けにポスター型 AR コンテンツを構築し、ユーザーのタッチ操作を画像処理によって検出する手法の提案、試作を行う。タッチの検出はアイウェア型端末に内蔵された単眼カメラ映像から、手の奥行き推定によって行う。また、紙面よりも奥側に AR コンテンツを配置することで、紙面をあたかもタッチパネルのように扱うことにより、直感的操作感を実現する。ユーザビリティテストによる検証を行ったところ、視覚表現は概ね高評価であったものの、個人差に起因する操作性の改善が課題となることがわかった。今後個人差を補うためのキャリブレーションを行うことで精度の向上が見込まれる。

## World in the Wall: A Technique of Touch Interaction on Augmented Reality Poster for Smart Glasses

KAI KITAJIMA<sup>†1</sup> TOSHITAKA AMAOKA<sup>†1</sup>

**Abstract:** In recent years, a smart glass attracts attention as a new mobile device. When a company shows poster-based augmented reality advertisement to the smart glass users, it is necessary to provide them without any special equipment or attachments for accessing easily to its contents. Therefore, it is desirable to offer a touch interaction to the smart glass user by only using the standard equipment of smart glasses. We propose the interaction technique that performs a touch operation to AR poster contents by using a build-in camera. A touch gesture is estimated by the distance from a camera to a hand by image-processing. In addition, we proposed a poster behaves like touch panel by placing AR contents in the inner part of the wall. After evaluation experiment, the result of sight expression was good, but the detection accuracy of touch interaction had to be increased. It is anticipated that precision will be improved if we include the calibration technique to our proposed technique for revising individual differences.

### 1. はじめに

近年、拡張現実感(Augmented Reality, 以下 AR)の研究が盛んになるとともに、モバイル端末の小型化、高精度化、幅広い普及によって徐々に一般へ AR 技術が認知され、企業活動においても広告宣伝を行うためのマーケティングツールとして活用され始めてきた。主に雑誌やポスターといった紙面広告にコンテンツの位置情報を取得するためのマーカーを記載し、モバイル端末へ認識させ 3D コンテンツなどを重畳表示させることで、視覚情報をより拡張し、商品の構造や機能について広告を見た者の理解を促すことを目的としている。

また、スマートフォンをはじめとするモバイル端末環境においては、現在 HMD (Head Mount Display) の情報視認性とモバイル端末の携帯性を併せ持った端末であるアイウェア型のウェアラブルデバイス (以後、アイウェア型端末とする) に注目が集まっている。これら端末はメガネのような形状をしており、情報を直接眼前に表示できることか

ら、従来のスマートフォンのように使用するたび端末を取り出して保持する必要がなく、ハンズフリーを活かした AR 技術の更なる活用が期待されている[1]。

しかし現在のアイウェア型端末環境においては、スマートフォンに広く見られるタッチパネルインターフェースなどとは異なり、操作性にそれぞれ差異がある。現状は、付属のタッチパッドを用いて操作するもの[2]、スマートフォンを接続して利用するもの[3]、音声認識で操作するもの[4]など、ユーザーインターフェースに統一性は殆どない。さらに上述のインターフェースでは、スマートフォンのタッチパネルにより実現されているようなコンテンツに触れて操作しているといった直感的な操作感は、視覚情報と操作が切り離されていることから損なわれていると考えられる。

こうした端末ごとの操作性の差異は、広く鑑賞されることを目的とした AR 広告において利用者のインタラクション体験に差が出来てしまい好ましくない。一貫した操作性を提供するためには、ハードに出来る限り依存しない操作性をアプリケーション側で実現する必要がある。

本研究では、アイウェア型端末の特徴である臨場感を損ねない事を重視しつつ、画像処理により紙面をタッチパネ

<sup>†1</sup> 明星大学  
Meisei University

ルのように擬似的に触れることで直感的に操作できる紙面  
広告向けインターフェースの構築を目指す。

本稿では、まず関連研究について述べ、研究の目的を提示し、実装するための環境について説明する。次に研究の新規性として提案手法の概要を示し、コンテンツの実装例を挙げた後、最後に提案手法の実験から得られた知見や考察、今後の発展性について論じる。

## 2. 関連研究・関連作品

本章では「AR とウェアラブル」、「インタラクティブ広告」の2項目に分け、本研究において重要な関連研究について述べる。また、本研究との差異、参考にした点も併せて述べる。

### 2.1 AR とウェアラブル

本研究は、現在一般での活用が期待されているアイウェア型端末を AR 広告の鑑賞へ応用するために、その一貫した操作方法を提案するものである。これまでに行われてきた研究にも HMD やアイウェア型端末上で AR によって提示された情報をハンドジェスチャで操作しようと試みる研究が多数存在する。その利用目的は様々だが、ここではそれら研究の中でも特に関連が強いものについて本研究との差異を述べる。

#### 2.1.1 指先と紙面をインターフェースとして利用した研究

株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモが CEATEC2013 にて出展したウェアラブル端末「インテリジェントグラス」[5]に搭載されている「なんでもインターフェース」は、アイウェア型端末に加え、加速度センサを搭載した指輪型ウェアラブル端末と、画像処理を組み合わせたインターフェースである。加速度センサにより指先に伝わる振動を検知することで擬似的なタッチ判定を実現しているが、指輪型端末「ユビボタン」が必須である。したがって公共スペースで多くのユーザーに幅広く鑑賞してもらうことが目的の広告を操作するインターフェースとしては、ハードへの依存があり、これを必ず身体に装着しなくてはならないという点で不向きである。本研究では、ハードへの依存度は最低限にし、可能な限り画像処理などといったアプリケーション側でユーザー操作の判定処理を行うことで端末による差が少ない操作感を提供する。

#### 2.1.2 ハンドジェスチャにて複雑な構造モデルの観察・分解を行う研究

大槻ら[6]の提案するインターフェースは、人体の骨格モデルや工業製品のモデルなど、多数のパーツからなる複雑なモデル構造の観察・分解を AR 上で行う研究として、右手で部品をつまみ、左手で部品をつなぐゴムのようなメタファを切断するというインターフェースを提案している。人体のモデルや工業製品モデルなど複雑な構造物をパーツの一つ一つの名称から形状まで確認でき、多数の操作を両手の動作でコントロールできるため、立体物の構造を把握

するシステムとして非常に優れている。しかし、IR カメラをユーザーの周囲に 8 つ配置し、かつ両手にマーカーを配置した手袋をはめる必要があることから、モバイル端末による公共スペースの広告コンテンツ操作へ転用することは難しい。

#### 2.1.3 不可視マーカーを用いた自己位置・姿勢推定

中里ら[7]の提案する AR とウェアラブル端末に関連する研究は、裸眼では目視できない複数の AR マーカーによって位置計測を自己位置推定に用い、情報の提示に活用している。マーカーは、赤外線カメラによってのみ認識することができるため、これを壁や天井に一定の間隔で設置することでユーザーにマーカーを悟られることなく正確な位置座標に AR 情報を表示させることが出来る。この手法の使用環境は、マーカーを事前に配置した屋内環境に限定されるため広告への活用には向かないが、ユーザーに AR マーカーの存在を悟られにくくするという手法は本研究においても非常に重要である。

## 2.2 インタラクティブ性のある広告

広告はいまや見せるだけのものにとどまらず、独自の体験やインタラクティブ性をもたせ、見た者の印象に残るコンテンツが求められている。本項では広告の中でもインタラクティブ動作に手の動作を利用したものを紹介する。

### 2.2.1 デジタルサイネージ

貧困や不正義と戦うヨーロッパの NGO 団体、Misereor が制作したデジタルサイネージ型ポスターに”Social Swipe”[8]というものがある。これは、ヨーロッパで行われている寄付の 40% がクレジットカードであることに着目し作られた広告である。クレジットカードを溝に通すという動作に、貧困を救うというメッセージ性をつなげた広告となっており、利用者の動作と広告の内容をリンクさせることが体験型広告において重要であり、効果的であることを示している。この広告で表示される映像は 2 次元的なものだが、これを多方向から鑑賞できる AR コンテンツとすることでより表現の幅が広がり、デジタルサイネージの設置費用も削減できるのではないかと考えられる。

### 2.2.2 モバイル端末

スマートフォンやタブレットをはじめとするモバイル端末は、1 章でも述べた通り携帯できるサイズでありながら直感的な操作感と多彩な機能を持っており、フィーチャーフォンに代わってここ数年で爆発的に普及した。その直感的操作感をメッセージと繋げた広告に、ブラジルの自動車保険会社”Bradesco Seguros Insurance”が iPad の電子版マガジンに掲載したものがあ[9]。電子版マガジンは指でスライドすることでページをめくることができるが、この自動車が左向きに表示される広告ページをスライドすると車が急に発進し、左側の壁にぶつかって故障した後、保険の加入を促す広告が出現するようになっている。タッチパネルによる操作感と人間の行動を活用した広告であり、メッセ

ージと操作を繋げた作品となっている。このようにタッチパネルからなる動作の数々は、広告の直感的体験を促す上で効果的なものであると考えられる。

### 3. 目的

本研究の目的は、コンテンツの直感的操作を実現するハンドジェスチャインターフェースを提案し、アイウェア型端末環境に向けた AR ポスターコンテンツを試作、実装することである。

本研究では主に以下のことを行う。

1. ユーザーインターフェースの提案と設計
2. プロトタイプシステムの構築
3. 提案システムの評価実験・考察

ハンドジェスチャインターフェースとして本研究では、現在モバイル端末の操作で最も利用されることが多いスマートフォンのインターフェースを参考に、タッチ動作を実装することとした。そして選出した操作を評価実験できるポスターコンテンツを考案し、環境の構築を行う。提案手法の評価実験として、AR 情報の操作を実現した後、そのユーザビリティ評価を行う。

### 4. 開発環境

#### 4.1 テスト端末

本研究は、アイウェア型端末の一般利用を想定した研究であるため、一般に市販されている端末を利用することが望ましい。そこで、2014年現在市販されているアイウェア型端末でカメラが内蔵されており、AndroidOSを搭載しているという点から、セイコーエプソン株式会社から販売されている「Moverio BT-200」を利用することとした。この端末には、タッチパッドや傾きを検知するセンサ、カメラが標準搭載されており、両眼立体視に対応している。また当端末は Android OS を搭載しているため、Android 環境向けにビルドしたアプリケーションならば動作させることが出来る。本研究では、開発したシステムを Android 向けにビルドし、当端末上で動作確認を行うこととした。

#### 4.2 AR コンテンツの構築

次に、AR を用いた広告を構築する環境の選定を行った。選定の条件は、コンテンツの構築に資源の再利用ができ、容易に構築できる環境とする。本研究では、幅広い端末向けにビルドでき、3D コンテンツの構築、配置を容易に行うことが出来る統合開発環境として、ユニティ・テクノロジーズ社が開発したゲームエンジン“Unity”を利用することとした。Unity は本来ゲームエンジンであるが、3D オブジェクトの配置、動作確認、設定管理が容易に出来、無数のコンテンツを利用できる Asset Store があることからコンテンツ制作向きの開発環境である。また AR コンテンツ構築においてマーカの認識と重畳表示を実装するため、AR 環境構築用のライブラリである Qualcomm 社の Vuforia を利

用することとした。当ライブラリは認識精度が高く、かつ画像の特徴点を求めることで任意の画像をマーカとして認識させることができるため、ポスター本来のデザイン性を損ねないマーカの設定が可能となる。

#### 4.3 インターフェースの構築

インターフェースの提案を行うため、スマートフォンの基礎的な操作方法を調査[10]したところ、項目の選択や決定などで最も利用されることの多い動作として、タップ操作を参考に制作することとした。これを本研究で提案する「重畳表示されたコンテンツに触れる」というジェスチャ動作に置き換える場合、ユーザーの手と AR コンテンツまでの距離を測定し照らし合わせることによって擬似的なタッチ判定を実装する必要がある。

本研究のように HMD やアイウェア型端末向けにハンドジェスチャインターフェースを実装する研究は既にいくつか存在しているが、アイウェア型端末に標準で搭載された機能のみで仮想物体へのタッチを実装している研究は見当たらない。

そこで本研究では、仮想物体ではなく画像マーカとなるポスターを、あたかもタッチパネルのように扱う手法を提案する。具体的には、ハンドジェスチャの認識を行うために、市販のアイウェア型端末の殆どに付属している単眼のカメラを用い、AR マーカの認識に加え画像処理を別途行う。これにより利用者の手からカメラまでの奥行きを推定し、一定の値より距離が離れた際に、ポスターとのタッチを擬似的に検出させることでコンテンツの操作を行う。

Unity 上での画像処理は Unity の Asset として提供されている“OpenCV for Unity”を利用することとした。これは画像処理ライブラリの中でも最も普及している OpenCV を Unity 上で扱えるようにした Asset で、iOS と Android の両プラットフォーム向けビルドに対応している。画像処理による手の検出プロセス、タッチの判定方法などといった具体的な手法については 5.3 で述べる。

#### 4.4 利用環境の構成

ユーザーのアイウェア型端末を利用した AR ポスター鑑賞を想定し、環境の構成を行った。図 1 でその設置方法を示す。

ユーザーがポスターに触れることが出来、かつ AR マーカの認識率が高くなる距離として、成人男性の平均上肢長値を参考[11]に、壁面から約 60cm の位置で直立することが最も適当な鑑賞条件とした。また、カメラのホワイトバランスを固定することで、後述する肌色領域検出の精度を向上させるため、光源は屋内の白色蛍光灯の下で行う。これ以降の調査および実験については上記の配置条件ならびに鑑賞位置で行うものとする。

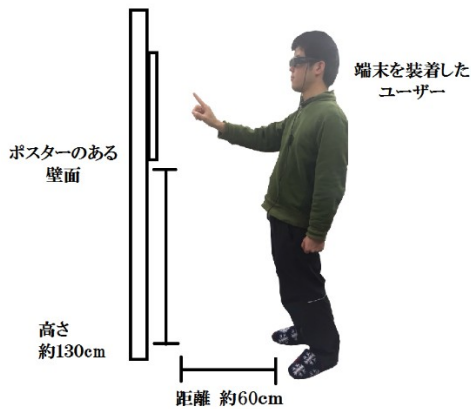


図1 鑑賞時の距離

Figure 1 Distance of the appreciation.



図2 Vuforiaでの特徴点検出

Figure 2 The detection of the characteristic point by Vuforia.

## 5. 提案手法

従来の単眼カメラによる画像処理を用いたハンドジェスチャ認識は、画像自体が2次元平面のデータであるため、手のx方向移動、y方向移動を用いた判別処理が広くなされてきた。しかし本研究では擬似タッチ判定を実装するためにユーザーの手の奥行き情報を画像から取得する必要がある。また4.3でも述べたとおり通常、仮想物体へのタッチ判定を実装することは、仮想物体の3次元座標決定精度、利用者の認識能力から非常に難しい。

そこで本研究では、AR広告とアイウェア型端末向け新規インターフェースとして、「ARポスターの擬似タッチパネル化」を提案する。

本提案手法は以下の3つの要素から構成される。

- 1). ポスター画像の画像マーカー化
- 2). マスクを利用したコンテンツのオクルージョン表現
- 3). 単眼カメラによる奥行き推定を利用したタッチ判定

### 5.1 ポスター画像の画像マーカー化

今回使用しているUnity向けAR環境構築用API, Vuforiaは画像から特徴点を抽出することで画像をARマーカーとして扱うことが出来る。これを利用することで広告用に用意された画像のデザイン性を損ねることなく情報を拡張することが可能になる。特徴点の検出例を図2に示す。

マーカー用画像の登録は、Vuforia公式サイトに設置されているTarget Managerから行うことが出来る。特徴点を検出しマーカーに利用する都合上、コントラストが一定、画像内の図形形状が単純な画像などはマーカーとして適さないことがある。そのためポスターを作成する際にはそのデザインに注意する必要がある。また、肌色を利用してユーザーの手を検出することから、デザインにはなるべく肌色の近似色を用いないことが望ましい。ここで述べた肌色の定義については5.3.1にて説明する。

### 5.2 マスクを利用したコンテンツのオクルージョン表現

紙面マーカーに付随されるARコンテンツは、紙面よりも手前に飛び出してくる表現をするものが一般的である。しかし手前に飛び出してくるコンテンツへタッチ操作を行おうとすると、先に述べたようなジェスチャ認識精度と人間の奥行き知覚の点で違和感が生じてしまう。そこで手前へ飛び出すのではなく、奥に引っ込むようなARコンテンツを実装することとした。これにより紙面をスクリーンのように扱うとともに、現実空間と仮想空間の境界とすることでタッチパネルのような操作感を実現することが可能となる。図3は実際にオクルージョン表現を実装した例である。



図3 オクルージョン表現を実装したコンテンツ

Figure 3 The AR contents that implemented occlusion expression.

Unity上でのオクルージョン表現については、透明化するシェーダーをマスク用のオブジェクトに適用後、描画の順番を変更することで実装する[12]。この方法によりマスクオブジェクトの内側のみを編集することで、多様なコンテンツに対応することが出来る。また、マスクの範囲は画

像のサイズと合わせることで画像全体に奥行きが追加されたような表現を実現した。

このオクルージョン表現により従来の飛び出すコンテンツに加え、主にショーケースや水槽などといった奥行きのある空間演出的効果も得られる。

### 5.3 単眼奥行き推定を利用したタッチ判定

従来のハンドジェスチャ認識に加え、本研究では単眼での奥行き推定を利用して AR ポスターへのタッチ判定を検出する。今回使用している“OpenCV for Unity”は“OpenCV for Java”を基に制作されているため、使用する関数は“OpenCV for Java”に順ずる。

タッチ判定は以下の手順で判別する。

- 1). 肌色領域の検出
- 2). 距離変換画像による最大領域(手)の検出
- 3). ノイズ除去, 認識用画像の作成
- 4). 単眼カメラによる奥行き推定を利用したタッチ判定

これら処理は毎フレーム実行され、奥行き推定によりタッチが判別されると、コンテンツへ操作に適したアクションが実行される仕組みになっている。検出、判別の方法については以下に詳細を述べる。

#### 5.3.1 肌色領域の検出

まず入力される画像から肌色の領域を検出する。色をベースに検出を行うため、先にカメラのホワイトバランスを固定しなければならない。ホワイトバランスの調整は Unity 上から出来ないため、Android SDK を利用し Java でカメラのパラメータを設定するプログラムを記述した後、jar 形式のネイティブプラグインを作成する。

今回の実験環境は白色蛍光灯下であるため、パラメータは `WHITE_BALANCE_FLUORESCENT` と設定する。これを Unity の Asset ファイル内に配置し、スクリプトから呼び出すことで動作させることが出来る。

その後 Vuforia が取得するカメラ映像を OpenCV for Unity へ受け渡す必要があるため、一度入力画像を OpenCV for Unity によって 2 次元配列 Mat へ格納する。これにより入力された画像に対し画像処理を行うことが出来るようになる。さらに OpenCV for Unity には通常の間数に加え Texture から Mat, Mat から Texture に変換する関数が用意されているため、これを使用することで実際に画像処理がどのように動作しているかを目視して確認することが出来る。

続いて入力画像の解像度を関数 `pyrDown` によって半分まで落とす。これは、解像度が高いほどピクセル数が増し、画像処理にかかる負荷が増大することから、この後に行う探索処理を高速化するためである。その後、解像度低減処理後の RGB 画像を関数 `cvtColor` によって HSV 画像に変換し、色相にあたる値(Hue)を用いて肌色に近い色を画像中から検出する。設定する閾値は光の強さや背景色によっても左右されるが、今回の環境では色相(H:Hue), 彩度(S:Saturation), 明度(V:Value)の最大値をそれぞれ 180, 255,

255 としたとき、式(1)の範囲を肌色として設定した。なお V の閾値は明度によらない検出を行うため、設定していない。

$$0 \leq H \leq 25 \ \&\& \ 155 \leq H \leq 180 \ \&\& \ S \geq 10 \quad (1)$$

探索は、OpenCV の関数 `get` と関数 `set` の処理が非常に遅いため、動作高速化としてピクセルデータを 3 ピクセルずつ飛ばして処理を行う。さらにそのままでは描画される領域がまばらになってしまうため、画像の膨張処理によって欠損部分の補間を行うこととした。最後にメジアンブラー処理によって画面全体をぼかし余分なノイズを省くことで、肌色領域の検出は完了となる。

#### 5.3.2 距離変換画像による最大領域(手)の検出

続いて手の検出を行う。ここでは検出した肌色領域の中から最も大きい領域をユーザーの手とみなし、領域の選別を行っている。まず検出した領域の 2 値化を行い、距離変換画像を作成する。検出した手を距離変換画像に変換した例を図 4 に示す。これは入力画像のうち肌色として検出されたピクセルから肌色ではないピクセルまでの距離を可視化するものであり、OpenCV の関数 `normalize` を用いて最大値を 255, 最小値を 0 に正規化を行うことで最も輪郭から遠いピクセルを検出することが出来る。このピクセルを含む領域を最も大きい領域とし、画像中から探索を行うことで手を識別する。

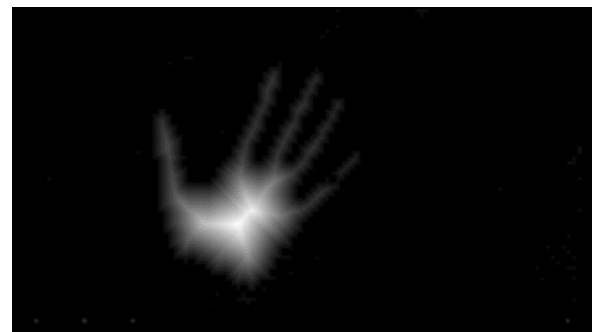


図 4 距離変換画像(手を写している状態)  
Figure 4 Distance conversion image.(Hand)

#### 5.3.3 ノイズ除去, 認識用画像の作成

色相による判別は、環境に左右されるものの、明度によらず検出を行うことが出来るという利点がある。しかし手が画面内に存在しない場合に肌色に近い色の物体が移りこむと、誤検出を起こしてしまうという問題点がある。これによる予期せぬ動作を防ぐため、検出した最大領域のピクセル数が一定の値より少ない場合は誤検出として認識対象から除外することとした。ピクセル数を P とした場合、式(2)の際には誤検出として扱う。なおこの基準値は、後述する奥行き推定の式と、タッチ判定として設定した閾値の上



限值から算出し、設定したものである。

$$P \leq 1500 \quad (2)$$

さらに毎フレーム検出を行うなか3回連続で上記の誤検出を行った場合、検出失敗として保存している検出領域を初期化する。この措置により誤検出は減少し、より正確に手を判別することができるようになった。

### 5.3.4 単眼カメラによる奥行き推定を利用したタッチ判定

単眼のカメラで奥行きを推定する場合、検出対象となるオブジェクトの面積と実距離が反比例の関係にあることを利用することが出来る[13]。実装方法としては基準距離を  $L_1$ 、測定したい物体までの奥行き距離を  $L_2$  とし、それぞれの距離に検出対象があるときの画像上の面積を  $S_1$ 、 $S_2$  とし、 $L_2$  に着目すると、以下の式が成り立つ。

$$L_2 = L_1 \frac{\sqrt{S_1}}{\sqrt{S_2}} \quad (3)$$

このとき事前に距離  $L_1$  のときの面積  $S_1$  を求めておくことで、 $S_2$  に応じた奥行き  $L_2$  を求めることが出来る。本研究では、これを利用してタッチの判定を行う。

ただし、画像上の手の面積が奥行き推定値に影響を与えてしまうため、手の形状が一定で、かつ上肢の中でも手に当たる部分のみが露出している事が望ましい。このことから7章で実施した評価実験の際は、被験者に長袖を着用してもらい、かつ人差し指のみを立てた状態で試験を行うこととした。

事前の計測によりカメラからポスターまでの距離を 60 とした時の手の面積(ピクセル量)を 3500 と定め、実験に利用することにした。タッチ判定は閾値に幅を持たせ、奥行き  $L_2$  が 70 以上 90 以下になった際にタッチしたものとする。

## 6. AR コンテンツの実装

コンテンツを付随させた AR ポスターと、それに関連するコンテンツを構築し、手によるタッチと、タッチに応じたアクションを実装することとした。以下に実装した例について、ポスターデザインを示した図5とともに詳細を説明する。

<AR コンテンツ>

自動車の宣伝広告(架空の企業の自動車)

<タッチに応じたアクション>

車が発進し、ポスターを飛び出した後に八の字を描いて戻ってくる



図5 実験に利用した架空製品の広告ポスター

Figure 5 Advertisement poster of the aerial product which used for an experiment.

ポスターは上半分に画像マーカ、下半分にキャッチコピーやタッチを促す文章を挿入するスペースを配置した。

コンテンツは Unity の Asset Store にて無料で提供されている素材を利用して構築した。コンテンツ制作は Unity の特長ともいえる操作感により簡便に行うことが出来るうえ、対応するファイル形式も豊富なため、素材さえ用意できれば多彩な広告に応用が利くと考えられる。

## 7. 評価実験

本研究で提案した操作手法の有用性を確認するため、定性的手法のひとつであるユーザビリティテスト[14]を用いて下記の調査を行う。

- Q1. 観察タスク：奥行き表現の違和感の確認
- Q2. 操作タスク：タッチ判定の正確さの確認
- Q3. 広告としての有用性の確認
- Q4. 広告のアイデアなど、自由記述

テストは被験者を一人ずつ、端末を装着した状態でポスターから約 60cm 離れた位置に直立させ、実験ごとに課すタスクを実行してもらい、その後アンケートにて試問を行うことで調査する。アンケートは Q1 と Q2 のみ 5 段階で、Q3 と Q4 は自由記述で回答してもらう。なおアイウェア型端末の特性上コンテンツを鑑賞することが出来るのは被験者のみになってしまうため、実験中確認のため端末映像は別途 PC からモニタリングを行う。

### 7.1 観察タスク：ユーザーから見た奥行き表現の違和感の確認

被験者にポスターを覗き込むように観察してもらい、AR ポスターコンテンツへ実装した奥行き表現について、違和

感がないかどうかを確認する。(1:違和感がある, 5:違和感はない)

## 7.2 操作タスク：提案手法によるタッチ判定の正確さの確認

被験者に、AR ポスターコンテンツに対して 3 回タッチ動作を行わせ、その後タッチ判定に対するアクションがユーザーにとって正確なタイミングで実行されていたかどうかを確認する。(1:正確ではない, 5:正確である)

## 7.3 広告としての有用性の確認

ポスター広告へタッチ動作を実装することが有用であると感じたかどうかを問う。また、広告として有用であると判断するのであれば、どのような広告に用いられるべきかを問う。(有用である・有用ではない, 二者択一形式, 有用であると回答した者のみ Q4 で別途自由記述)

## 7.4 実験結果

実験は、21~44 歳の範囲で教員、職員、学生合わせて 11 名に被験者としての協力を依頼した。男女の内訳は男性 8 名、女性 3 名である。Q1、Q2 で調査した 5 段階評価の実験結果を図 6 に示す。Q1 の「観察タスク」については概ね高い評価を受けたが、実験の際に度の入ったメガネを重ねて着用していた被験者からは、見づらい、像がぼやけるといった意見が寄せられた。また、Q2 の「操作タスク」については、評価は高かったものの、ポスターへ触れるより早くアニメーションが動作してしまうことがあり、タッチ判定用の閾値に個人差を考慮する必要があるという結果となった。Q3 については全員が AR 広告の操作として有用であると回答した。どのような広告に用いられるべきかという設問には、飛び出す、引っ込むといった表現を利用するインパクトのあるものが望ましいという意見が多く、スポーツや車などの動くコンテンツ、警告を促すために注目を集めるコンテンツが望ましいという回答であった。広告以外にも、カードゲームや音楽の再生に利用するという意見もあった。

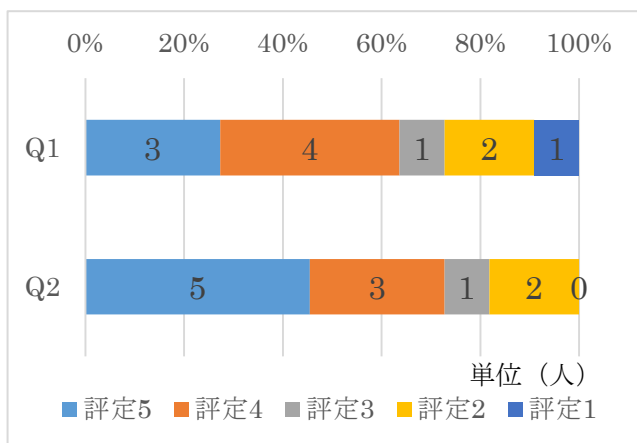


図 6 評価実験の結果(Q1, Q2)

Figure 6 As a result of evaluation experiment.(Q1,Q2)

タッチ判定に関して、腕の長さや手の大きさ、肌の色に個人差が強く影響してしまうため、ユーザー毎に正確なタッチ判定を認識させるには各ユーザーに閾値の設定を促すキャリブレーションシステムを追加する必要があることがわかった。このとき設定すべき閾値は「HSV 色空間上での肌色を示す閾値」、「ポスターにタッチした際のカメラからポスターまでの距離」、「ポスターにタッチしている状態での手の面積」の、3 点である。これらをユーザーに可能な限り手間のかからないように設定をさせるためのキャリブレーション方法については、この次の章にて考察する。

## 8. 考察

本章では実験結果から本研究で提案するインタラクティブ手法とその手法を用いたインタラクティブ AR ポスターについての考察を行う。

### 8.1 キャリブレーションシステムについての考察

本研究において画像から得た情報をタッチ判定に利用する上で、正確かつ快適な操作性を実現するためには個人差を考慮したキャリブレーションが欠かせない。キャリブレーションによって得るべき情報は下記の 3 点である。

- 1). HSV 色空間上での肌色を示す閾値
- 2). カメラからポスターまでの鑑賞距離
- 3). ポスターにタッチしている状態での手の面積

まず HSV 色空間上での肌色を示す閾値について、現状の手法では、肌色の定義は人の肌によって異なるため、閾値を個人に合わせる必要がある。さらに HSV 色空間による肌色判別は、閾値を固定してしまうと環境光や背景色によって検出できないこともあるため、ポスターを鑑賞するたびに場所にあわせた閾値を設定する必要があると考えられる。本稿では 5.3.1 の式(1)がこれに該当する。

次にユーザーの腕の長さ、あるいはポスターにタッチ操作する際の適切な距離についても個人差が考慮される。現時点では 5.3.4 の式(3)に示す数式の  $L_1$  がこれに当たり、個人差に対応するためにはユーザー毎の鑑賞に最適な距離をユーザー自身が決め、どの距離でポスターにタッチしたことにするかを設定する必要がある。

最後に、ユーザーの手の平の大きさも個人差を考慮する必要がある。特にタッチしたときの手の大きさはタッチ判定を行うために重要である。本稿では 5.3.4 の式(3)に示す  $S_1$  がこれに該当する。対応するためにはポスターにタッチした状態でユーザーの操作により手の面積を計測すればよい。

キャリブレーションは可能な限りユーザーに負担をかけず、複数の項目をまとめて設定できるものが好ましい。そこで前述した 3 点を一度にキャリブレーションするための手順を考察した。

まずポスターを鑑賞する前に、片腕のひじを伸ばした状

態でポスターに触れ、ユーザーの手を視界の中央に納めた状態で決定ボタンをタッチパッドから押しってもらう。ここでカメラ中央の色を HSV 色空間に変換後、色相値の平均をとり、肌色としての閾値を設定する。さらに肌色が検出できれば手の面積が算出できるため、ポスターにタッチした状態での距離を AR マーカー、面積を画像処理によって検出する。これにより  $L_1$  と  $S_1$  も算出することが出来ると考えられる。

正確な運用には実装と実験を行う必要があるため、今後の発展性として検討を行っていく。

## 8.2 情報のシースルー表示についての考察

アイウェア型端末には映像を眼前に表示するうえで映像の出力箇所を半透明にしたシースルーディスプレイ型の端末が多い。この利点を活かして、表示される AR 情報もシースルーを通してマーカ存在する実座標に重畳して表示されることが望ましい。しかし現段階ではカメラから入力された映像をそのまま眼前に表示し、画像情報中で位置あわせを行っているため、シースルーの特徴が活かされているとは言いがたい。カメラが右目ディスプレイのさらに右についていることから、コンテンツを認識箇所からずらし、両眼視差を考慮した左右別々の映像を表示させることで、より現実空間に即した情報提示が実現できるものと考えられる。

## 8.3 提案手法を用いた広告のアイデアについての考察

本稿の提案手法により、紙面広告をあたかもショーケースや水槽のように扱う表現が可能となった。こうした奥行きのある空間演出表現は従来の飛び出す AR に比べてさらに発展させた運用が可能になると考えられる。本研究の AR コンテンツはあくまで実装実験のためのコンテンツであり、今後は、動物園の檻や水族館の水槽、絵本の世界観など、広がりをもった表現は様々な広告、エンタテインメントに発展させたいと考えている。

## 9. 結論

本研究では、アイウェア型端末の特徴である臨場感を損ねない事を重視し、視界にある AR 情報を奥行きのあるコンテンツとして構成することで、画像処理により紙面をタッチパネルのように擬似的に触れて直感的に操作できる紙面広告向けインターフェースの提案を行った。評価実験より、提案したタッチ判定は、単体で動作させたところ概ねタッチを判定することができていることがわかった。しかしタッチの仕方、腕の長さ、手の大きさなどといった個人差の問題が残るため、キャリブレーションを取り入れる必要がある。

## 10. おわりに

今回提案した技術により、アイウェア型端末での AR 広告へのインタラクションがより直感的なものになると考え

られる。また、本研究は個人差により操作感に差異が生じてしまう点、ユーザーの手がコンテンツによって隠れてしまう点など改善すべき点がある。しかしながら、個人差を補正するためのキャリブレーション手法を提案し、実装することで AR ポスターのインタラクション手法だけでなく、より汎用的なインタラクション技術へ発展可能であると考えている。

さらに、提案手法により今後は紙面ポスターの仮想デジタルサイネージ化や、仮想ボタンのような AR コンテンツを利用した新規システムの考案や紙面にアクチュエーターを設置するなど加工を施すことで触覚に訴える広告へ発展させられると考えられる。

## 参考文献

- 1) 京都総合経済研究所：“デジタル情報を現実重ねる”新たな広告手法“AR”とは、Financial forum, Vol.98, pp.20-22(2012)
- 2) Epson : Moverio Bt-200  
<http://www.epson.jp/products/moverio/> (参照 2015-01-13)
- 3) Sony : SmartEyeglass  
<http://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/201409/14-090/> (参照 2015-01-13)
- 4) Google : Google Glass  
<https://www.google.com/glass/start/> (参照 2015-01-13)
- 5) NTTDocomo : インテリジェントグラス  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2013/09/17\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2013/09/17_00.html) (参照 2014-11-25)
- 6) 大槻麻衣, 大下勉, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行 : 3D 空間における複雑な仮想物体の観察・分解手法に関する研究, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.4, pp.1365-1377(2014).
- 7) 中里祐介 : ウェアラブル拡張現実感のための不可視マーカと赤外線カメラを用いた位置・姿勢推定システム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.3, pp.295-304(2005)
- 8) Misereor : Social Swipe  
[http://www.kolle-rebbe.de/en/news\\_en/the-social-swipe-by-misereor-makes-giving-easier-than-ever-before/](http://www.kolle-rebbe.de/en/news_en/the-social-swipe-by-misereor-makes-giving-easier-than-ever-before/)
- 9) Bradesco Seguros Insurance : Fake Ad  
<http://www.adeevee.com/2012/01/bradesco-seguros-insurance-fake-ad-online/>
- 10) Scott Rogers, 塩川洋介(監訳) : タッチパネルのゲームデザイン-アプリやゲームをおもしろくするテクニック-, オライリージャパン(2013)
- 11) 産業技術総合研究所 : AIST/HQL 人体寸法・形状データベース 2003, 産業技術総合研究所 (オンライン)  
<https://www.dh.aist.go.jp/database/fbodyDB/> (参照 2015-02-03)
- 12) Unity Community : DepthMask  
<http://wiki.unity3d.com/index.php?title=DepthMask> (参照 2014-10-03)
- 13) 五十部宏幸, 中村靖 : 単眼車載カメラ画像を利用した自動車運転支援, 広島工業大学紀要研究編, Vol.43, pp.317-322(2009)
- 14) U-Site 編集部 : ユーザビリティの評価手法, U-Site (オンライン)  
<http://www.usability.gr.jp/whatis/methods/> (参照 2014-11-29)