

## 入り込み広告：閲覧者の顔を取り込む参加型広告システムの開発と評価

黒羽光生<sup>†</sup> 井上智雄<sup>†</sup>

本稿では、ディスプレイ型の広告システムにカメラを接続して閲覧者を取り込み、広告映像の登場人物の顔部分にリアルタイムであてはめる入り込み広告の提案を行なう。この広告システムは閲覧者の注目を集め、広告の内容に対してより興味を持ってもらうことを目的としている。評価実験においては、入り込み広告と映像のみの広告システムを比較し、入り込み広告の方がディスプレイを見る人の割合が高いという結果が得られた。

### Jump-in-Ad: Interactive Advertising System which Captures Viewer's Face

Mitsuo Kuroha<sup>†</sup> and Tomoo Inoue<sup>†</sup>

This paper presents an advertising system, "Jump-In-Ad" which captures a viewer's face and replaces it with a main character's face in advertising films at the same time. This advertising system is developed to attract people and aims to get their attention to the advertised contents. The paper continues with a user study and demonstrated that "Jump-In-Ad" had more attentions than the other advertising system which only shows advertising films without capturing viewers.

### 1. はじめに

近年、薄型ディスプレイの広告がポスターやビルボードに置き換わるように設置されている。このようなディスプレイ広告は、デジタル技術を用いた応用が期待できる。しかし、多くのディスプレイ広告は映像のみを繰り返し上映するため、見る人にとって関係性が薄いものが見られる。本研究では、そのような広告メディアがかかえる閲覧者との関係性の希薄さという課題に対して、閲覧者の顔動画を広告映像にリアルタイムで取り込むことでそれらの関係を深めるための試みである。広告映像を見ている人がその広告の登場人物となり、広告がその閲覧者独自のものになるため、広告に対する注目度も高まると考えられる。

### 2. 関連研究

これまでも広告システム、仮想現実化技術、薄型ディスプレイを用いた情報共有のためのインターフェイスに関して類似する研究がなされている。

まず、広告システムにおいて消費者や公共空間の通行者を参加させ、注目度を高める研究が行われている。みらいチューブ[1]は、複数のセンサでコンコースの通行者を検知し、それらの人の動きに応じた広告を提示するものである。この研究は通行者の動きに反応して広告を提示するという点では、人々の動きを広告表示する際のトリガーとして利用しているが、映像をリアルタイムで加工している本研究とは視点が異なる。瓶子らによる GAS (Group-Adaptive Advertising System) [2]では、複数人のグループに対する属性に応じた広告を提示する研究がなされた。それは薄型ディスプレイに近い距離にいるグループの対人距離を測ることで、人々の関係性を判別し、最適な広告を提示するものである。このシステムではステレオカメラを天井に設置して、リアルタイムで対人距離を測り、機械が自動的に広告を選択して表示するという特徴がある。GAS では人々の属性に対して提示する広告を変化させているが、入り込み広告では閲覧者を取り込んで広告映像を変化させている点が異なる。SIKUMI DESIGN[3]は閲覧者の顔位置にイラスト画像が追従する、インタラクティブシステムを開発した。これは閲覧者の動きに反応して静止画像が動いたり、広告映像にエフェクトを加えたりできるが、閲覧者のイメージを広告映像に合成させるものではない。

仮想現実化技術においてもユーザーを取り込んだ映像提示に関する研究がなされている。森島[4]は DIM (Dive Into the Movie) において、観客の顔を 3 次元データとして取り込み、用意しておいた 3 次元ムービーに当てはめることで、登場人物になれ

<sup>†</sup> 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科  
Graduate School of Library, Information and Media Studies, University of Tsukuba

るシステムを実現している。この研究では7台のUSBカメラが設置されている場所で顔をスキャンすることで、高精度な3次元顔データの取得に成功している。しかし、観客の顔をスキャンする特別な場所が必要なことや、ムービーに顔を埋め込んだ完成作品を鑑賞してもらうまでに時間がかかることから、本研究と趣向が異なる。ヴァーチャルファッション[5]では、実写の人物像を含む画像を入力にして、その上に3Dの衣服や髪形、メイクの画像を合成することを実現している。しかし、このヴァーチャルファッションではユーザーによる位置合わせが必要なため、利用にあたりユーザーにとっての負担が大きいと考えられる。

ディスプレイシステムにおける情報共有・提示技術に関して、ディスプレイからの距離を計測しその内容を制御する試みには、Interactive Public Ambient Display[6]や、顔の移動軌跡に基づくサービス制御[7]がある。Interactive Public Ambient Displayはディスプレイからの距離やタッチパネル操作により、ユーザーが必要とする情報を赤外線カメラとマーカによる空間位置検出やタッチパネルで座標検出により制御することができる。しかし、ユーザーは位置検出用のマーカを事前に身体に取り付ける必要があり、煩わしさがあると考えられる。顔の移動軌跡に基づくサービス制御機構は、ロケーションなウェアサービスとして2つのWebカメラを用いた顔位置検出を行ない、CDプレーヤーの制御を実現している。ここでは、広告アプリケーションとしてのCDプレーヤーを制御したに過ぎず、入り込み広告のように、広告映像に閲覧者の部分的な映像を合成しているわけではない。

### 3. 入り込み広告の提案

この章では、入り込み広告の概要について述べる。

#### 3.1 本研究の目的

この広告システムは、閲覧者が広告映像の主人公となるように顔動画を合成し、コンテンツに対して強い印象を持ってもらうことを目的とする。また、閲覧者は自己の顔画像が広告映像の登場人物の顔部分に埋め込まれた状態をリアルタイムで見ることができるため、広告映像のコンテンツによっては、登場人物の動きに合わせてその様子を仮想的に参加・体験することが可能になる。

#### 3.2 システム概要

本システムは薄型プラズマディスプレイとWebカメラとPCという構成で実現する。システムの概要を図1に示す。本システムでは、Webカメラをディスプレイの上にマ

ジックテープで固定する構成とした。このように比較的小規模なシステムでインタラクティブな広告システムを実装することができることは、実際の場所での設置という点でも適応範囲が広い。例えば、設置場所として、エレベータホールやショップウィンドウの中に展示や、駅の地下通路や図書館のエントランスなどの人通りが多い場所に設置することが考えられる。そのような待ち合わせ場所や移動途中の休憩場所で情報提供やちょっとした自由時間に遊ぶことができ、注目を引き付ける広告メディアとしての活用が期待できる。



図1 入り込み広告の外観

#### 3.3 基本動作

本広告システムの基本動作として、広告映像が数種類用意されていて、順番に繰り返し流れるようになっている。通常、その映像の中の登場人物は撮影時の状態で顔部にはなにも加工されていない。ディスプレイの前に閲覧者の顔が一つも認識されない場合、単純に広告映像が繰り返し流れることになる。

閲覧者が画面の前に立つと、ディスプレイの上部に設置されている Web カメラが閲覧者の顔を自動的に認識し、その人の顔部分の画像をリアルタイムでシステムに取り込む。閲覧者はカメラのほうを向いているか、また、カメラで顔を認識できる距離と範囲にいる場合、その人の顔動画が広告映像の登場人物の顔部分に埋め込まれる。もし閲覧者が、カメラから顔をそむけるか、カメラで顔を認識できる距離と範囲から外れると、元の広告映像の顔に戻る。そのため閲覧者は自らの顔を広告システムに登場させるかを経験的に選択でき、ディスプレイから顔をそむけるかディスプレイの前を離れれば閲覧者の顔は取り込まれなくなる。このような閲覧者の意思により参加できるインタラクティブな広告システムを実現するために、本システムは顔認識とその合成処理を行った、

### 3.4 顔部分の動画像を広告映像へ埋め込む

入り込み広告では、閲覧者の顔をリアルタイムで広告映像に埋め込むことを特徴としている。その理由として、以下のことがあげられる。一つ目は、閲覧者自身の顔が取り込まれている広告映像を見ることになり、その内容に応じて顔の表情が変えられることである。登場人物の身体の動きに合わせて、閲覧者の表情の変化を広告映像のストーリー中に表示することは従来の広告には見られないものである。二つ目は、複数人で広告映像を見ている場合、同じ場にいる一人の人があたかも広告映像に出演しているようなものを見ることになる。ほかの閲覧者たちが顔を取り込まれている人の動きや表情を見ることで、感情や状況を共有できることが期待される。これらのことは従来の広告には前例がなく、新しい広告メディアの提案である。

## 4. 実装

本章では入り込み広告のプログラム上の実装について述べる。

### 4.1 入り込み広告の詳細

本システムでは、カメラから取り込まれた画像から、画像処理プログラムにより閲覧者の顔部分の検出と広告映像への合成を行なっている。プログラムは C/C++ で作成し、画像処理ライブラリの OpenCV を用いた[10]。顔部分の検出には OpenCV に付属の学習済みファイルから、正面顔の検出を行うためのファイルを使用した。そしてカスケード構造の分類器で、弱い分類機から段階的に検出を行うことにより、迅速に比較的高い確率で目的とするパターンの検出が可能になる顔検出のアルゴリズムを利用した[8][9]。今回は前述の方法で検出された顔の数と顔座標の位置と顔部分のサイズ的数据を検出した。次にカメラからの映像と広告映像の両方で処理を行い、閲覧者の顔画像を広告映像へ埋め込むことを実現した。処理全体の概要を図 2 に示す。

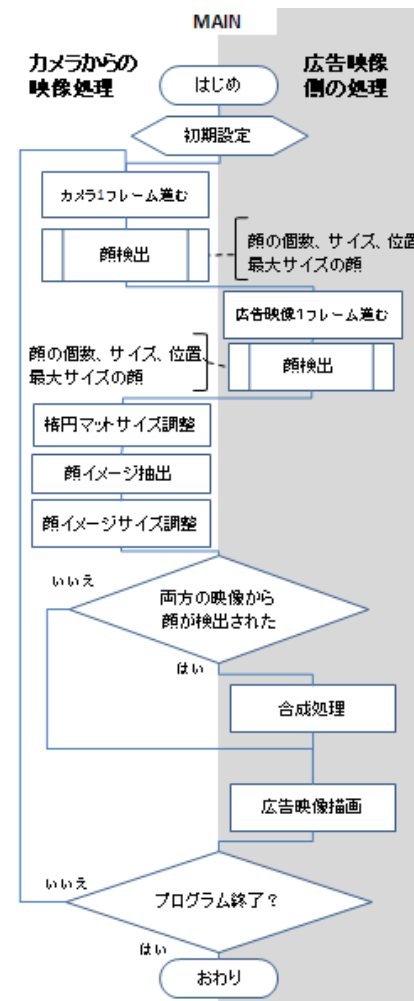


図 2 処理の概要

### 4.2 顔部分のデータ検出

カメラ側の映像と広告映像が 1 フレーム進むごとに、顔検出のアルゴリズムにそれぞれの画像データを送り処理を行っている。戻り値として、顔の個数、顔のサイズ(幅、

高さ),そして顔の位置座標(X,Y)がそれぞれ検出される。次にそれらを検出された個数分,用意してある変数の配列に格納する。その時,閲覧者の中でディスプレイを向いていて,画面に一番近い距離にいる人を顔のサイズから特定する。なぜなら,遠近法の特徴の一つとしてカメラを視点とした場合,同じサイズのものであれば視点から近くにあるもののサイズが大きくとらえられるからである。顔が2つ以上検出された場合,顔サイズの変数を格納する前に顔部分のサイズの比較を行う。そして,最大サイズの顔の時に,そのサイズと位置座標を変数に保存する。このようにして,ディスプレイを向いている人の中で,画面に一番近い距離にいる閲覧者を顔のサイズから特定し,顔の抽出と埋め込みのためのデータとして使用する。ディスプレイに近い距離にいる人を顔サイズから検出する模式図を図3に示す。

次に,検出された顔の個数と大きさ座標を元に,閲覧者の顔部分の画像を切り出す。前述のように,検出時に顔部分座標(X,Y)と大きさ(幅,高さ)のデータが変数に格納されているので,それを元に顔部分の切り出しを行う。これらの処理はフレームごとに行うため,閲覧者がシステムの前で前後左右に移動した場合でも,顔がカメラの方向を向いていれば認識され,顔部分をトラッキングし,画像の抽出が行われる。そして,フレームごとの表情の変化をとらえ,動画として更新するのである。

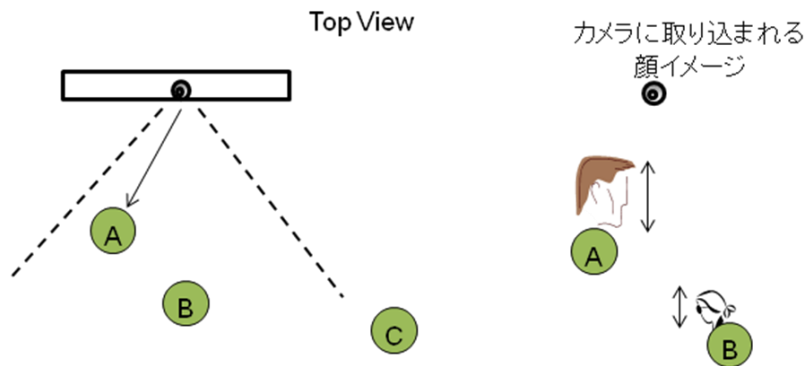


図3 最短距離検出

### 4.3 顔画像の埋め込み処理

顔検出の後に,画像の合成を実現するための処理を行う。まずは,カメラ画像から抽出した顔の目,鼻,口の部分が残るように楕円形に切り取る準備をする。初期設定で,黒の背景で白い楕円に塗りつぶしたマット用の画像ファイルを読み込んでおく。そのマット画像を,広告映像で検出された顔のサイズに合わせて調整する。

次に検出した閲覧者の顔画像を,広告映像の顔画像のサイズに合うように拡大または縮小する。埋め込まれた顔画像の大きさを調整し,広告映像の登場人物の顔のサイズに拡大または縮小させる。

そしてカメラからの顔映像と,広告映像の両方の顔画像が検出された場合のみ,顔



の合成を行う。合成時には,広告映像の顔サイズに調整した,マット画像とカメラからの顔画像を使用し,広告映像の顔位置に顔部分が埋め込まれるように合成する。ここで,マット画像が白の部分のみにカメラからの顔画像が合成される。よって,顔の眼,鼻,口を含む部分が広告映像に埋め込まれるように合成されるのである。以下の図4,5,6に広告映像とマット画像を用いた顔の部分合成,そして閲覧者の顔画像を入り込み後のサンプル画面を示す。

図4 元の映像

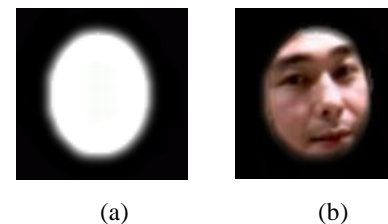


図5 マット画像と重ね合わせた顔イメージ,(a)背景削除用のマット画像  
(b)顔部分を抽出した画像



図 6 閲覧者入り込み広告

## 5. 評価実験

本広告システムを、注目度と滞在時間という点について計測し、その効果についての検証を行った。

### 5.1 評価実験の概要と目的

本評価実験は、入り込み広告システムの効果と有用性を人々の注目度や滞在時間から検証することが目的である。しかし、単純に開発した広告システムだけで実験するだけでは、比較対象がないため評価が困難である。そこで、本評価実験では広告映像のみを上映するシステムを用意し、広告システムにインタラクティブな仕組みがある場合と、それが無い場合の両方を交互に設置し、評価実験を行った。

入り込み広告のような特定場所でのみ設置される展示型広告では、テレビなどのマスメディアが用いている視聴率のような指標がないため、その効果の測定が現状では定まっていない。しかし、展示型広告の評価について、いくつかの研究[11][12]ではカメラからの映像を用いて画像分析し、広告の前にいる人の数や、顔認識による注視の有無を計測することで、その広告効果の測定や手法に妥当性があると述べられている。そこで、本評価実験においても、広告の前のあるエリアでの人数と、顔認識を用いた注視の有無をカウントし、評価の指標とする。また、もうひとつの指標として広告の前にいる閲覧者の滞在時間が考えられる。これは、一般的に広告に興味がある人はその場所に長い時間滞在するからである。そこで、閲覧者の人数、顔認識の有無、そして滞在時間という3つの観点から入り込み広告システムの効果を計測し、その有用性を確かめる。

### 5.2 実験方法

この評価実験では、入り込み広告と映像のみの広告を展示し、人々の行動をディスプレイの上部に設置したカメラにより PC に取り込み、顔検出をしている様子を別のカメラで録画した。そして、入り込み広告と広告映像のみ上映するシステムを順番に設置して、閲覧者の様子を録画したものから必要なデータを収集した。

実際には、入り込み広告システム用のカメラの他に、もう一台の評価用カメラをディスプレイの上に取り付け、実験中の映像を記録した。顔検出の有無には評価ツール[11]を用いて評価用のカメラからの映像を評価用のノート PC で処理し、そのスクリーンを別のカメラで録画した。そして顔認識の有無と、閲覧者の滞在時間のデータを抽出し、分類・分析を行った。

実験場所としてキャンパス内のエレベータ前と、キャンパス 1 階ロビーを選んだ。1 回の実験で 1 時間の記録をとる。設置場所は上記 2 カ所で行い、設置の順番は互い違いになるようにすることで、場所や時間における偏りを分散した。本実験では、1 つの場所でそれぞれの広告システムを 1 回ずつ設置し、2 カ所ですべて 4 回を 1 セットとしてデータを収集した。その評価実験をもう 1 セット行い、合計 8 回の結果を分析・比較することで、広告システムの評価実験とする。各実験では顔認識部分のシステム上の制約や実験環境の照明などの影響で、ディスプレイからの距離が約 2.5m 以内で広告を見ることが顔検出には必要である。実験の様子と評価時のシステム図を図 7、図 8 に示す。



図 7 実験の様子

カメラから顔認識を行なう評価ツールを通して、そのスクリーンを別のカメラでキャプチャすることで評価の記録を取った。このツールでは、顔個数を検知して注目度としてカウントする。顔認識の有無は評価用のディスプレイに表示されるので、その映像を後から見返して回数を計測した。本評価ではこのツールを広告システムとは別のノート PC で処理することで評価を行った。



本来ならば、ここからはこの評価ツールを用いて自動的に評価を行ないたいところだが、この評価ツールの顔認識システムでは誤認識が多かった。照明の明るさや、元となる学習済みファイルの特性によって認識率が異なるため、自動で検出を行ない一概に数値で表すということができなかった。そこで、評価実験時に評価ツールのスクリーン画面を録画し、後ほどその映像を見ながらデータの抽出と分類を行なうこととした。この評価ツールは顔認識の有無に用いたが、誤認識に対しては記録映像を見て仕分けをすることで確実に評価結果を抽出した。また、評価対象の閲覧者を、Lee[11]が述べている方法を参考に分類する。表 1 に閲覧者の分類を示す。

タイプ	観察される人の様子
A	ディスプレイの前を通り過ぎる、または遠くから眺める
B	ディスプレイ付近でディスプレイを見るが立ち止まらずに通る
C	ディスプレイに近づき、立ち止まって広告を見る

表 1 閲覧者の分類

表 1 の閲覧者の分類を元に、映像を見ながら閲覧者を A,B,C のそれぞれに分類していく。その過程として、実験時の録画映像を見ながら広告システム前で人がただ通り過ぎたら A を、歩きながらディスプレイを向いて顔が検出されたら B を、顔が検知されて立ち止れば C と分類し記録した。ここで B と C の場合のみその人の動きが録画映像内で見られた時点から、フレームの外に出ていなくなるまでの時間を計測した。

### 5.3 実験結果

以下に評価実験の結果を示す。まず、それぞれの場所での広告システムについて、表 1 の分類に基づいて閲覧者を分類した。実験結果から、帯グラフを作成すると、図 9 になる。グラフ上の数値が人数を表し、その横に割合が示してある。

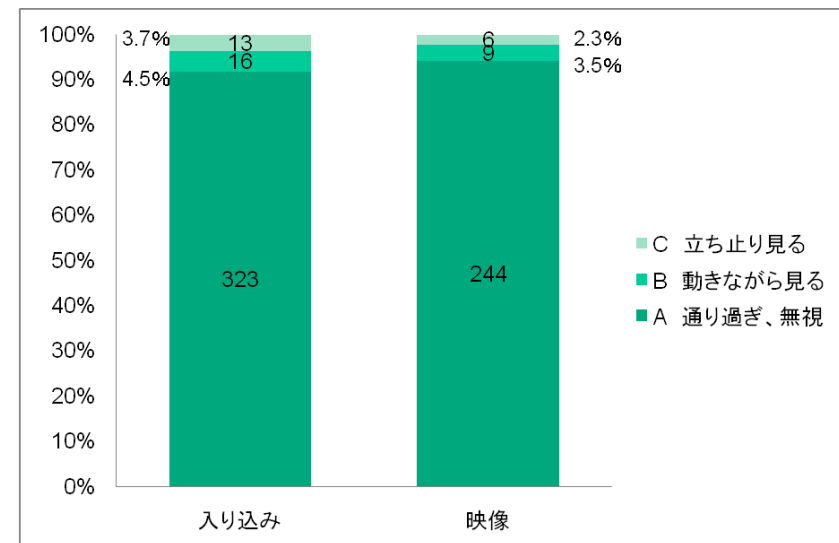


図 9 注目人数の割合

ここでは、入り込み広告と映像のみの広告の比較実験において全体人数の中で、タイプ C と B に分類した閲覧者の割合を比較する。入り込み広告の C の割合が 3.7% なのに対し、映像のみの C の割合は 2.3% であった。これにより入り込み広告の方が高い割合の人がディスプレイに注目し、立ち止ったということである。同様に B の割合を比較しても入り込み広告は 4.5% で映像のみは 3.5% となり、こちらも入り込み広告の方が高い割合が得られたことになる。よって、入り込み広告システムの方が閲覧者にとってより注目する割合が高いと見ることができる。

#### 5.4 滞在時間の分析

もうひとつの実験要素として、広告の前での人々の滞在時間を計測し、閲覧者の注目度を比較したが、入り込み広告が映像のみの広告より有用であるという結果は得られなかった。滞在時間の B と C における平均滞在時間を図 10 に示す。評価実験時に、閲覧者を録画した映像を元に、対象となる閲覧者が画面に現れてから、フレームから外れるまでの時間を計測し、集計した。タイプ B では入り込み広告の平均滞在時間が 5.62 秒で、映像のみの広告の平均滞在時間は 4.11 秒であった。タイプ C では、入り込み広告の平均滞在時間が 13.6 秒で、映像のみの広告の平均滞在時間は 13.8 秒であった。次に、これらの滞在時間の平均が比較可能かどうか検討するため、それぞれのタイプにおいて検定した。その結果のタイプ B、C の両方とも、それらの平均時間に有意な差は見られなかった。そのため、入り込み広告と映像のみの広告の平均滞在時間に差あるとは判断できなかった。

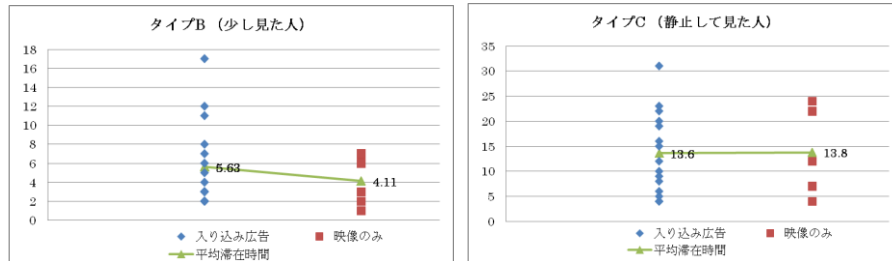


図 10 滞在時間の比較

#### 5.5 考察

実験前に入り込み広告の方が多くの人を立ち止らせると予想し、実際の評価結果でも、入り込み広告においてディスプレイの近くで広告を見た人の割合が多いという結果が得られた。タイプ B の少しだけ広告を見た人についても 2 つの広告システムを比べた結果、入り込み広告のほうが映像のみのものより 1% 高い割合がみられた。しかし、両方の広告システムにおいて B と C の全体に対する割合が約 10% 弱であり、このようなディスプレイ型の広告に近寄って見る人は予想していたよりも少ないことが分かった。また両方の広告システムにおいて B と C の割合を比較すると B のほうが C よりも約 1% 高い。これは、ある程度公共性のある空間では、ディスプレイ広告を立ち止って見る人が少ないと考えられるが、閲覧者が見たときにディスプレイに自分の顔が取り込まれるような変化が見られると注視する割合が高くなる結果が得られたため、本評価実験の目的を達成できたと考えている。これらを踏まえて、今回の広告システム比較実験では、映像のみの広告より入り込み広告の方が、注視度が高いと言える。したがって、閲覧者の顔が広告映像に取り込まれると、その人は興味を持って

ディスプレイの前で立ち止まるということが実験から確認された。

続いて、滞在時間の比較に関して、実験前は映像のみの広告より、入り込み広告のほうが長い時間システムの前にいることが予想された。タイプ B の立ち止まらず広告を見る人の時間では、入り込み広告の方が多くの場合長い時間注目していたことが録画映像の観察で見られた。しかし、タイプ C の立ち止り広告を見る人に関して、平均時間では映像のみの広告が入り込み広告よりわずかに長い時間になっており、人によって滞在時間にばらつきが見られた。このような平均時間を比較することに意味があるかを統計的に確認するために検定を行った結果、その平均の値を比べることが有意でないという結果になった。しかたして、映像のみの場合と比べて入り込み広告が特に長い時間滞在するようなことは認められなかった。これは、顔認識の比率がまだ高くなっていないこともあることから、インタラクティブな広告で長い時間滞在しなかったと考えられる。また、滞在時間の計測において、サンプルの数が少ないため、平均時間を比較しても全体で入り込み広告が有用ということができなかった。

以上のことから、映像のみのディスプレイ広告よりも、閲覧者の顔画像を取り込む入り込みシステムが有効である傾向が一部で見られた。しかし、データ量の不足から検定することが難しい状況であることも否めない。今後はさらに、評価実験を行い、検定に十分なデータを集める予定である。

#### 6. おわりに

閲覧者の顔部分の動画像がリアルタイムで広告映像の登場人物の顔に埋め込まれる広告システムを提案し、その実装をした。システムの実装では、閲覧者の顔の大きさを判断して、常にディスプレイに一番近い人の顔動画が表示されるようにした。また、それらをリアルタイムでサイズ調整などの画像処理を行い、広告映像に埋め込むことで広告映像の内容に応じた閲覧者の表情が反映されるシステムができた。従来のメディアにはない、閲覧者の顔が主人公の顔となるような広告システムを実現した。

そして、広告システムの閲覧者の注視度を評価する実験を行った。この評価実験では、入り込み広告と映像広告のみのシステムを順番に展示し、通行者のディスプレイに対する注目の有無を録画映像と顔認識機能をもった評価ツールを用いて分析した。その結果、入り込み広告の方が映像のみの広告よりも多い人の割合で、ディスプレイに注目していることが認められた。このように、入り込み広告システムにおいて、その開発と評価を行ない、新しいディスプレイ広告メディアとしての有用性を確認した。今後は、広告映像のコンテンツを充実することや、複数人の顔動画を同時に処理するシステムを実装する予定である。

**謝辞** 本研究の一部は、平成 21 年度筑波大学大学院図書館情報メディア研究科萌芽的プロジェクト研究費によるものである。

## 参考文献

- [1] 篠原章夫, 富田準二, 木原民雄: 公共の場でのインタラクティブメディア実証実験「みらいチューブ」実験報告, 情報処理学会研究報告, Vol.2006, No.14, pp.163-168 (2006)
- [2] 瓶子和幸, 井上智雄: グループに適応する公共空間向け広告システム GAS, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, pp.1962-1971 (2008).
- [3] SIKUMI DESIGN(<http://www.shikumi.co.jp>) Last access Jan. 30, 2010
- [4] Shigeo Morishima: "Dive into the Movie" Audience-Driven Immersive Experience in the Story. IEICE Transactions 91-D (6): 1594-1603 (2008).
- [5] 星野 准一, 斉藤 啓史: ビデオ映像と CG の合成によるヴァーチャルファッションの実現, 情報処理学会論文誌 42(5), pp.1182-1193(2001).
- [6] Vogel, D. and Balakrishnan, R.: Interactive public ambient displays: transitioning from implicit to explicit, public to personal, interaction with multiple users, *Proc. UIST 2004*, pp.137-146 (2004).
- [7] 駒木亮伯, 岩井将行, 神武直彦, 高汐一樹, 徳田英幸: 顔の移動軌跡に基づくサービス制御機構, 情報処理学会, 情報処理学会ユビキタスコンピューティング研究会 (UBI) (2006).
- [8] Paul Viola and Michael J. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features", IEEE, (2001).
- [9] Rainer Lienhart and Jochen Maydt, "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection", IEEE ICIP 2002, Vol. 1, pp. 900-903, (2002).
- [10] OpenCV- Intel Open Computer Vision Library, <http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/>
- [11] Lee, C.H., Wetzell, J., Jang, C.Y., Shen, Y.T., Chen, T.H., Selker, T. Attention Meter: A Vision-based Input Toolkit for Interaction Designers. Work-in-progress in CHI 2006. pp.1007 – 1012 (2006).
- [12] 新井啓之, 宮川勲, 小池秀樹, 長谷川美紀: 幾何モデルに基づく映像からの人数推定, 映像メディア学会, 映像情報メディア学会技術報告, (2008).