

公共大画面への注視情報取得システム

南竹 俊介^{†1}

高橋 伸^{†1}

田中 二郎^{†1}

プラズマディスプレイやプロジェクタなどの大画面を公共の場に設置し、それらを用いて情報を提示する機会が増加している。公共の場での大画面とのインタラクションを行う研究も盛んに行われており、今後もこのような大画面が設置され、利用される機会は増大していくと考えられる。しかし現在、公共の場でこれらの大画面を用いる場合、その大画面の前にいる人物の情報を取得していることは稀である。本研究では USB カメラを用いて大画面の前を通る歩行者を撮影することにより、歩行者の顔の向きを推定し、大画面への注目情報を情報提供者に伝える注視点推定システムを実装した。また、それを用いて屋外広告を評価し、その評価に基づき自動で広告を変更するアプリケーション、SinageGazer を実際に製作した。

A gaze information acquisition system to the public large screen

SHUNSUKE MINAMITAKE,^{†1} SHIN TAKAHASHI^{†1} and JIRO TANAKA^{†1}

Presenting information by utilizing large screens like plasma displays or projectors in the public domain is increasing. The study to perform an interaction with the large screen at the public domain has a lot of concerns from many researchers. We believe that there will exist a lot of opportunities to set or use such a large screen will increase more efficiently. One of the main problems while usage of public large screens is acquiring the information of the people passing in front. In this research, we recognize the face direction of the walker by photographing the walker using a USB camera. Then we implemented the point of gaze estimating system which display important information to the user with respect to his identification. In addition, we developed an outdoor advertisement evaluating application SinageGazer. This application changes an advertisement information automatically based on recognizing the users face.

1. はじめに

近年、公共の場にプラズマディスプレイやプロジェクタなどの大画面ディスプレイが設置される機会が増加してきた。それに伴い、大画面などのモニタから広告などの情報を提示する、デジタルサイネージの普及が進んでいる。¹⁾²⁾ デジタルサイネージはデジタル情報で情報を提示するため、特にそれらがネットワークに繋がっている場合、掲示板などによる情報発信とは異なり、一括して最新情報への差し替えを行うことなどが可能となる。また設置された場所ごとのターゲット層や地域性にあわせて、異なる情報を提示することができる点もデジタルサイネージの大きな利点として挙げられる。

しかしながら、現状のデジタルサイネージは、情報の提示方法こそ従来の掲示板や看板などと比較して、容易かつ多彩に行えるようになっているものの、実際に行われている情報の変更は時間によって異なる情報

を提示する程度に留まっていることが多い。これは現在のデジタルサイネージが、画面を見ているユーザのコンテキスト、特に歩行者が画面に対して注目しているかいないか？といった情報の取得を行っていないためであると我々は考えた。

1.1 歩行者のコンテキストの取得

公共の場に設置された大画面などに表示するコンテンツへと反映するため、歩行者のコンテキストの取得を試みる研究は数多く行われている。これらを取得するためのセンサーとしては、RFID³⁾⁴⁾ や人感センサ⁵⁾ などが用いられることが多い。しかし、これらのデバイスのみでは、歩行者が大画面の前にいるか、などといった位置情報を取得することはできるが、実際に歩行者がその情報に注目していたか、ということを知ることとはできない点で問題があると言える。

例として大画面上に表示した情報の効果測定を行う場合を考える。看板のように常に同じ情報を表示している屋外広告の効果測定を行う方法として Daily Effective Circulation(DEC)⁶⁾ などが存在する。しかし、これらの効果測定は何人の歩行者が看板の前を通った

^{†1} 筑波大学 システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻

か、という交通量のみを基準としている。そのため、頻繁に情報が切り替わるデジタルサイネージに適用する場合、どの情報がどの程度注目されているか、といった情報を取得できないため、デジタルサイネージに適用する場合は不適當であるといえる。

また、デジタルサイネージへの効果測定を考えた場合、実際に大画面に注目している人物とそうでない人物との情報を区分を行う必要があると考えた⁷⁾。図1は歩行者の数だけでは、正当な評価を行えないケースの一例である。手前の歩行者は大画面上の情報を見ているが、奥の急いでいる歩行者は時計を見ているため、大画面上の情報を一切視聴していない。大画面への注視情報を取得し、利用する研究として北島らの enhanced wall⁸⁾ が存在するが、顔の向きの推定のための特徴点抽出のためにユーザがカメラの前から動くことができないため、注視情報の取得対象を歩行者にすることは難しい。

1.2 本論文の構成

本論文では、公共大画面付近にカメラを設置し、その画像を解析することにより、歩行者の大画面への注目状況を取得するシステムの設計と実装について述べる。これによりユーザは公共大画面へのより正確な情報を取得することが可能になると考えられる。また、顔向き推定に関して、実際の公共の場での利用を想定した実験を行った。

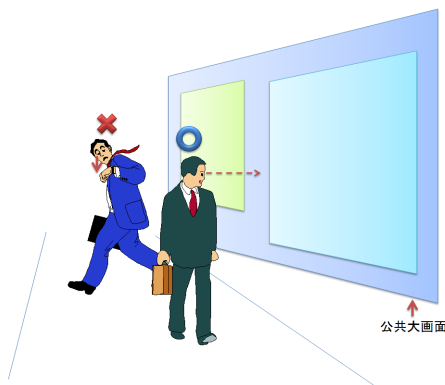


図1 通行量だけでは不十分な例

2. 大画面への注視点の取得システム

本研究で対象とする情報提示媒体は図2のような壁一面を覆うサイズの大画面である。これらの大画面からの情報の提示が、デスクトップPC用のモニタのような小画面からの情報提示と異なる点として、歩行者は眼球のみではなく、顔を大きく動かさないとその情

報全体を見渡すことが出来ない点が挙げられる。なぜなら大画面上に表示される情報は必然的に大きくなるため、眼球の動きのみで情報を追うことが少なくなるためである⁹⁾。そのため、我々は歩行者の大画面上への注視点は顔の向きの延長線上に存在するのではないかと考えた。

この章ではユーザの顔の向きを解析することによって、大画面上の情報へのユーザの顔の向きを取得するシステムの設計と実装に関して述べる。



図2 大画面の例

2.1 システムの設計

本研究で視線情報を取得する対象は公共の場で大画面の前を通る歩行者である。よって設計方針として以下のものを定めた。

- ユーザにアイカメラなどの装置を付けさせない。(非接触性を保つ)
- ユーザが画面の前から動くことができる。
- 複数名からの情報を取得できる。
- 大画面上のどの情報をみているのか知ることができる。

ユーザの視線を取得する方法として眼球を直接アイカメラで撮影を行う手法¹⁰⁾ などが存在するが、公共の場での利用を考えた場合、機材を歩行者に装着する必要がある点で不適切であるといえる。本研究では歩行者の注視点を取得する手法として、大画面の付近に画像解析用のUSBカメラを設置し、歩行者の顔の向きを解析することを選択した。(図3参照) この場合、眼球の動きを解析することが極めて困難になるため、



図 3 歩行者観測カメラの設置

度数単位での正確な注視情報を取得することはできなくなる。しかし、大画面に表示されている情報のうちどこを見ているのか推測する上でそこまで正確な情報は必要ではないと考えられる。なぜなら小画面に表示される情報とは異なり、大画面上に表示される情報は必然的に大きく表示されることが多くなるためそこまで詳細な視線情報は必要とされないためである。また、歩行者は、大画面からある程度距離を取らないと情報を閲覧できないため、おおよその顔の向きが取得できれば大画面への注目情報の取得は十分可能であると考えられる。

また、大画面上のどの情報を見ているか検知することも重要であると考えた。本研究で対象とする大画面は横幅が5メートルを超えるサイズの画面であるため、単一の情報を表示するのみではなく複数の情報を表示する機会も多々あると考えられる。また表示された情報のうちどの場所に注目されているか知りたいという欲求が生じることも考えられる。本研究では画像上に観測を行いたい領域を矩形領域で指定することでこの要求を満たすことが可能なよう設計を行った。

2.2 システム構成

本研究で作成したシステムの構成について説明する。図4はシステムの構成図である。本システムは、大画面付近に設置されたUSBカメラから画像を取得し、解析を行う画像解析部と画像解析部から送られた情報を基に情報を提示する、情報提示部から構成されている。情報提示部に関しては次章で説明を行う。

以下に大画面への注視情報取得システムの実装を示す。大まかなシステムの流れは以下になる。大画面付近に設置されたカメラは歩行者をキャプチャし、



図 4 システム構成図

そのキャプチャした画像を画像処理用コンピュータにて処理し、その処理結果を記録する。カメラからの画像取得部に関しては DirectShow、画像解析部に関しては OpenCV を用いて実装を行った。

2.3 顔向きの推定

人間の鼻は一般に、顔の中央、凸部の位置に存在していると言われている。本研究では顔の向きの推定にその特徴を利用する。おおよその鼻の位置と、肌色領域の重心の情報を基に大画面の前にいる人物の顔の向きを取得し、その人物が画面を注視している場所を判断する。鼻を中心に、顔を覆う程度の大きさの矩形領域に撮影画像を切り抜いた場合、カメラから見て正面を向いている顔画像の肌色領域の重心は、おおよそ矩形の中央に位置する。しかし、顔の向きが上下左右いずれかの方向に傾いた場合、顔の中心からみて肌色領域の重心は、顔を傾けた方向とは逆の方向に移動する。これは、顔を傾けると矩形領域内部に背景画像が多く含まれるようになるため起こる。これによって顔がどの方向を向いているか推測を行うことが可能となる。

本システムでは顔の中心位置の推定に OpenCV による顔認識ライブラリを利用している。これの特徴として、顔領域を指定する際に、おおよそ正面からみた顔の中心（鼻頭付近）を顔領域の候補として示す点があげられる。これは顔の角度が変化したときも同様であり、本システムではこの位置と肌色領域のずれを基に顔の角度を推定する。図5は顔向き推定の実行画面である。X 軸方向の顔角度、Y 軸方向の顔角度が数字として表示されている。

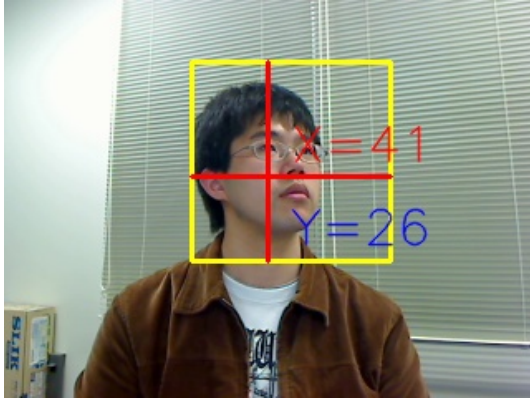


図 5 顔角度推定の実行画面

2.4 注視点の推定

顔の角度の推定が終了した後、システムはその人物の注視点の推定を開始する。注視点推定の際の座標系を図 6 に示す。注視点推定の際の座標系は、カメラ座標を原点とし、人物座標を $fi(X_i, Y_i, Z_i)$ 、注視を行っていると推測される地点の座標を $Wi(X'_i, Y'_i, Z'_i)$ とおく (カメラを大画面上部に設置した場合、 Z_i は 0 とする)。カメラと顔の中心の距離を R 、カメラの光軸を基準にしたカメラと顔の位置の角度を θ_α とし、カメラが観測した顔の角度 θ_β をとすると、注視点 W_i は

$$W_i = R \cos \theta_\alpha (\tan(\theta_\beta - \theta_\alpha))$$

より算出することができる。注視座標推定の際の座標系を図 6 に示す。ここで求めた注視点は、大画面上の座

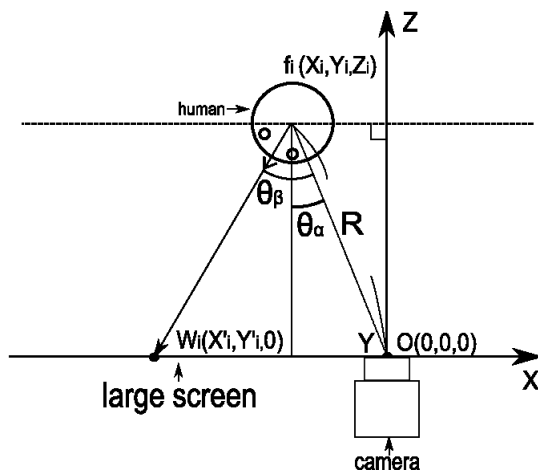


図 6 注視点推定の座標系

標系へと変換される。事前にユーザが設定した大画面中の、注目してほしい領域内部に注視点が一定フレーム数含まれた場合、システムは歩行者がその領域に注

目していると判断をする。

2.5 人物のトラッキング

カメラ画像から取得した人物の情報を以前のフレームと比較することによって人物のトラッキングを行う必要がある。人物のトラッキングには背景差分法を利用し、背景と歩行者を分離することによって実現している¹¹⁾。背景差分を行った二値化画像をラベリングし以下の条件に一致した場合、それを人間であると判断する。

- ラベリングを行った領域が一定サイズ以上である
- ラベリングを行った領域の縦横の比率が 3:1 以上である。
- ラベリングを行った領域中に一定領域以上の肌色が含まれる

また、ラベリングされた領域の重心が前のフレームと比較して一定距離内にあった場合それらは同一人物であるとみなされる。この手法による問題点としてラベリングされた領域同士が重なってしまった場合、複数名存在するはずの人物が一人しかいないと見なされてしまう可能性が存在する点が挙げられる。

この問題は、ステレオカメラを設置することによって解決が可能である¹²⁾。ステレオカメラによる距離測定を行うことによって、前述したラベリングされた領域ごとの距離情報を取得することが可能になる。人がすれ違う場合、カメラから見た人物同士の奥行きは異なるため、領域間の距離が異なっている場合、それらは異なる人物であると認識することが可能になる。これによってカメラの手前にいる人物によって奥の人物が隠れてしまった場合でも、システムは継続してトラッキングを行うことができる。

2.6 複数のカメラの設置

壁一面を覆うサイズの大画面への注目情報を取得することを考えた場合、一つのカメラのみでは大画面に注目するであろう歩行者全体を撮影することは困難である。本システムでは歩行者を撮影するためのカメラを複数設置することも可能なよう実装を行った。複数のカメラを設置した場合、問題となるのは異なるカメラ間での人物のトラッキングである。また、撮影領域が重複しない場合、丁度撮影領域の間にいる人物の認識が困難になるという問題が存在する。

現状のシステムでは 4 台以上のカメラを接続して処理を行った場合、ハードウェア上の問題から、カメラより転送される情報に遅延が生じてしまうため、設置可能なカメラは 3 台まで、トラッキングを行う関係から

カメラは全て大画面と平行かつ撮影領域がある程度重複して設置されなければならないという条件を設定している。トラッキングを行っている人物が重複した領域に近づくと二つのカメラに同じ人物が撮影されることになるため、複数のカメラ間にまたがって人物が移動しても継続してトラッキングを行い続けることが可能となる。

3. SinageGazer の実装

先述したシステムから取得した大画面の前にいる人物の位置情報、視線情報などを元に、公共大画面上に広告を模した画像や動画を表示、評価するアプリケーション SinageGazer とその動作について説明を行う。実行画面を図 7 に示す。ユーザは初期設定として、大画面のサイズ、設置するカメラの位置と個数、ステレオカメラを用いる場合はカメラキャリブレーションの設定を行う必要がある。設定終了後、表示を行いたい画像、または動画を登録する。全ての設定が終了した後表示する画像、または動画を表示することによって開始ボタンをクリックした後、広告の表示と測定が開始される。



図 7 SinageGazer 実行画面

3.1 取得可能な情報

SinageGazer を用いることでユーザは提供した広告に関する様々なデータを取得することが可能になる。現時点での実装でユーザが取得可能な情報は

- それぞれの情報を見た人物の数
- それぞれの情報が見られた総時間
- トラッキングに成功した人物が注視した画面の位置
- トラッキングに成功した人物の情報を見た時間
- トラッキングに成功した人物の移動履歴

である。これらはシステム終了後、表示したい情報を指定することによって表、またはグラフとして図 8 のように出力することが可能である。



図 8 一定時間内の視聴者数の出力

3.2 提示情報の変更

ユーザは、画面を見た人物の数、画面が見られた時間、に対して閾値を設定することができる。閾値の設定された情報が閾値を満たした場合、表示する情報を自動的に変更することが可能である。現在、別の画像に切り替える、広告が歩行者を追跡する、広告を拡大することなどが可能である。これによって広告に注目している人物に対して、より積極的な働きかけを行うことができる。

3.3 利用例

利用例として、余り詳細な情報がないが人の目を引きやすい広告と、人目を引きにくいが詳細な情報が分かる広告の 2 パターンを事前に準備しておき、閾値として画面が見られた時間を設定することが考えられる。最初は前者を表示しておき、ある歩行者がそれに一定時間注目したら後者を表示するよう設定を行う。これによってより情報に対する興味を引きやすくなり、また、情報を注視したユーザに対してはより効果的な働きかけができるようになると考えられる。図 9 は図 7 の中央に表示されている画像を一定時間注視した場合の変更例である。変更前と比較して製品の画像自体は小さくなっているが、QR コードや詳細なスペック情報などの詳細な情報が表示されている。

4. 予備実験

今回作成したプロトタイプシステムが実際の公共の場を想定した場合での利用に耐えうるのかを検証するために、予備的な実験を行った。被験者は CS に携わる 22 歳の男子学生 3 名である。いずれも身長は 170cm 程度で一人はメガネを着用していた。実験



図 9 注視情報による情報の変更

で利用した大画面の大きさは横幅 6 m, 高さ 1.5 m (図 2 参照) であり, プロジェクター 3 台を用いて画面の投影を行う。測定用のカメラには logicool 社^{*1}の q-cam pro9000 を利用し, 大画面の中央上部に設置した。

この大画面上に, 3 つの広告にみたてた画像を図 7 のように横並びに表示し (それぞれの大きさはおおよそ 2 × 1.5 メートル) これらの画像を, それぞれ異なる条件で被験者に注目するよう指示を行った。

4.1 条件 1

一つのカメラに複数名が同時に映ったとき, それぞれの人物の顔向きを認識を正確にできるか実験をおこなった。

被験者 3 人には大画面から 2m 離れた位置に立ってもらい, 大画面に対し平行かつ等間隔に (50 センチおきに) 並んでもらうよう指示を行った。(図 10 参照)。実験は以下のような手順で行った。

- (1) 被験者たちには指示があるまで大画面を注視しないよう指示を行う。
- (2) 被験者は監督者の合図の後, 左端に表示された画像への注視を開始する。
- (3) 被験者は指定された画像に対し 20 秒間注視を行う。
- (4) 注視が終了したら 10 秒間の休憩を挟む。
- (5) 休憩終了後, 同様の手順で正面の画像, 右端の画像への注視を行う。
- (6) これを 2 セット繰り返す

4.2 条件 2

歩行者は常に立ち止まって情報に注目するわけではない。そこで, 移動しながら情報に注視する人物に対して注視情報が取得できるか実験を行った。

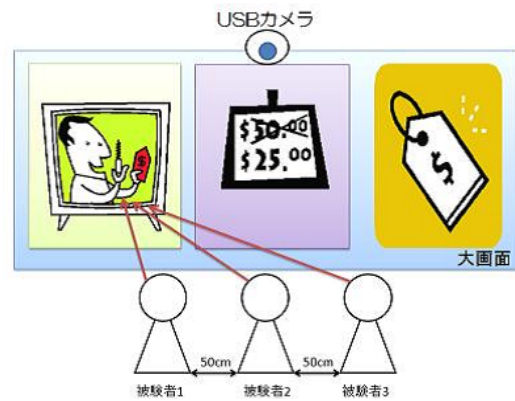


図 10 条件 1 での実験の様子

実験は以下のような手順で行った。被験者には大画面の前を異なる条件で 2 回, 右端から左端まで歩いてもらった。

- (1) 被験者は指示があるまで大画面の右端に待機する。
- (2) 監督者の指示の後, 被験者は大画面の前を右端から左端まで歩く。
- (3) 1 回目は被験者に画面の前で立ち止まることなく, 2 回目は中央の画像の前を通る時, 5 秒ほどの時間をかけてゆっくり歩きながら画像への注視を行う。
- (4) このとき, 被験者は大画面中央に表示されている画像へと注視を行う。
- (5) 被験者は左端まで到達した後, 30 秒間の休憩の間に右端まで戻る。
- (6) これを 2 セット繰り返す。

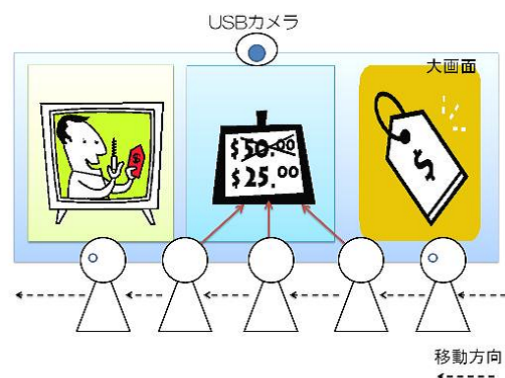


図 11 条件 2 での実験の様子

^{*1} 株式会社 Logicool <http://www.logicool.co.jp/>

4.3 実験結果

表 1 条件 1 の場合の注視点推測成功率

	画面左	画面中央	画面右	平均
被験者 1	94%	86%	82%	87%
被験者 2	87%	95%	91%	91%
被験者 3	52%	91%	81%	74%
平均	77%	90%	84%	84%

表 2 条件 2 の場合の注視点推測成功率

	立ち止まらない場合	立ち止まった場合
被験者 1	74%	81%
被験者 2	42%	78%
被験者 3	61%	82%
平均	59%	81%

表 1 は条件 1 での実験結果である。被験者には実験の際の立ち位置を基に番号を付けた。一番左端にいる被験者が 1 で右端にいる被験者が 3 とした。(図 10 参照)

被験者から見て正面と右の画像を注視した場合、顔角度の推定は 90% ほどの成功率で途切れることなく可能であったが、被験者から見て左側に配置された画像を注視した場合、一番右端にいた被験者 (被験者 3) への顔認識の失敗が原因でトラッキングに失敗したため、注視点の推定率が 74% であった。

表 2 は条件 2 での実験結果である。被験者が立ち止まらず大画面上の広告を見た場合、注視点推測の成功率は被験者間でばらつきがあり、成功率の一番低い被験者への注視点推定精度はおおよそ 40% 程度であった。エラーの原因のほとんどは最初は注視点の推定に成功するが、被験者が移動するにつれ注視点も被験者の移動方向に移動してしまうというものであった。そのため、注視を行っていない進行方向への画像を注視しているとシステムが誤って認識を行っていた。二回目の条件での実験の場合、画像付近で停止をするという条件が付加されたため、歩行速度が多少落ち、注視点の推定に関しては全ての被験者において 80% 程度の成功率であった。

5. 考 察

条件 1 では、被験者から見て左側に配置された画像を注視した場合、一番右端にいた被験者のトラックがしばしば外れてしまった。実験終了後、中央にいた被験者に右端の位置に立ってもらい実験を行ったところ、切れ目なく推定が可能であったため恐らく照明条件と顔の形状が顔向きの推定に影響を与えたと考えられる。

条件 2 では、現在の実装では歩行者が移動している状態で広告を見た場合、正確な注視情報の取得ができない場合があることがわかった。このときの被験者を観察したところ、歩行速度が速かったため、画像への注視を開始した後、首の角度を固定しながら目の動きのみで画像を追っていたことがわかった。この場合、歩行者は顔の角度を画面に向けた状態で顔の角度をほぼ固定しながら移動するため、今後はこのようなケースを含めた注視条件の導入を検討していく必要があると考えられる。

6. 関連研究

ユーザの視線を取得して、操作インタフェースなどに利用しようという試みは数多く行われている。ユーザの視線を検出する方法の一つとしてよく用いられるのが、アイカメラなどの装置を装着し直接眼球を撮影することによって、視線を測定するという方法がある。中道ら¹³⁾はアイカメラを装着した人物が web 閲覧時にどのような順序で web ページを閲覧するかを調査し、web 閲覧時のユーザビリティに関する問題点を解析、収集した。

また、神代ら¹⁴⁾は視線とマウスの併用したドラッグ & ドロップ方式の実験的評価を行った。ユーザは、選択対象であるアイコン付近を見ることによって、マウスカーソルを大まかに移動することができ、その後マウスを動かし Semiauto 方式によって微調整を行った後に、アイコンの選択操作を確定することができる。

これらの研究のような特殊なハードウェアを用いて視線計測を行うことの利点は、詳細かつ正確な視線情報の取得が期待できる点にある。そのため、インタフェースなどの応用には有用であると考えられるが、装置の設置や着用に対するハードルが高いため、屋外などの公共の場での利用、または日常でのインタラクションに気軽に用いることは難しい。また、人の眼球の形状には個人差があるため、数分間のキャリブレーションが事前に必要である点も問題であるといえる。本研究において用いる計測装置は、近年一般に普及してきた USB カメラと計測用の PC のみである。そのためユーザの大画面への注視情報の取得を行う上での敷居は比較的低いものであると考えられる。

大画面の前にいる人物のコンテキスト情報を取得する研究に McCarthy らの³⁾ Ticket2Talk が存在する。Ticket2Talk では学会でのポスターセッションなどの際、参加者の情報が登録されている RFID タグを読み取り、大画面ディスプレイの前に集まった人物に関心のありそうな情報を提示することによって、コミュニ

ケーションのきっかけを作ることを目的としている。大画面の前にいる人物の状態に合わせて提示する情報を変更する点が共通しているが、その人物が大画面上の情報に注目しているか知ることができない点で本研究とは異なる。

7. まとめと今後の課題

本論分では公共の場に設置された大画面上の情報への注目情報を取得するための手法として、大画面付近にカメラを設置し、大画面の前にいる人物の顔の向きの情報を取得する手法を提案した。また、大画面の前を通る人物の追跡を行うことによって、大画面に注目していない人物の情報も取得可能になり、より有益な情報の取得を可能にした。

今後の課題として、より正確な歩行者の追跡、マルチカメラからの情報の統合を目指し研究と実験を行うことを考えている。また、公共の場での利用により適応したシステムの実装を行っていく方針である。

参 考 文 献

- 1) Dagmar Kern, Michael Harding, Oliver Storz, Nigel Davis, and Albrecht Schmidt. Shaping how advertisers see me: user views on implicit and explicit profile capture. In *CHI '08: CHI '08 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 3363–3368, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- 2) Peter Peltonen, Antti Salovaara, Giulio Jacucci, Tommi Ilmonen, Carmelo Ardito, Petri Saarikko, and Vikram Batra. Extending large-scale event participation with user-created mobile media on a public display. In *MUM '07: Proceedings of the 6th international conference on Mobile and ubiquitous multimedia*, pp. 131–138, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- 3) David W. McDonald, Joseph F. McCarthy, Suzanne Soroczak, David H. Nguyen, and Al M. Rashid. Proactive displays: Supporting awareness in fluid social environments. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, Vol.14, No.4, pp. 1–31, 2008.
- 4) Masahiro Shiomi, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita. Interactive humanoid robots for a science museum. *IEEE Intelligent Systems*, Vol.22, pp. 25–32, Mar/Apr 2007.
- 5) 博明根本, 邦弘山下, 一志西本. Interactivefliers: 読み手とのリアルタイムでの交渉を可能にする電子広告システム (情報共有・ウェアネス). 情

- 報処理学会研究報告. GN, [グループウェアとネットワークサービス], Vol. 2004, No.31, pp. 49–54, March 2004.
- 6) 清水公一. アメリカの屋外広告事業と日本の効果測定指標. 国際文化研究所紀要 第8号, pp. 53–72, 2002.
 - 7) 南竹俊介, 高橋伸, 田中二郎. 大画面への注目情報の取得と利用. 第70回情報処理学会全国大会, March 2008.
 - 8) Hideki Koike Kotaro Kitajima, Yoichi Sato. Enhanceddesk and enhancedwall: Augmented desk and wall interfaces with real-time tracking of user's motion. *Ubicomp2002*, pp. 27–30, 2002.
 - 9) 山田光穂, 福田忠彦. 大画面ディスプレイから受ける心理効果の客観的評価に関する基礎検討 - 頭と目の動きの相互関係について-. テレビジョン学会誌, pp. 714–722, 1989.
 - 10) Jason S. Babcock and Jeff B. Pelz. Building a lightweight eyetracking headgear. In *ETRA '04: Proceedings of the 2004 symposium on Eye tracking research & applications*, pp. 109–114, New York, NY, USA, 2004. ACM.
 - 11) Alper Yilmaz, Omar Javed, and Mubarak Shah. Object tracking: A survey. *ACM Comput. Surv.*, Vol.38, No.4, p.13, 2006.
 - 12) D. Beymer and K. Konolige. Real-time tracking of multiple people using continuous detection, 1999.
 - 13) 中道上, 阪井誠, 島和之, 松本健一. 視線情報を用いた web ユーザビリティ評価の実験的検討. 情報処理学会研究報告, ソフトウェア工学, 第143巻, pp. 1–8, July 2003.
 - 14) 神代和範, 大和正武, 門田暁人, 松本健一, 井上克郎. 視線とマウスの併用によるドラッグ&ドロップ方式の実験的評価. 電子情報通信学会技術研究報告 HIP99-81, 第99巻, pp. 37–44, March 2000. 東京.