筑波大学大学院博士課程

システム情報工学研究科修士論文

歩行者の顔向き情報と移動軌跡を用いたデジタルサイネージの効果測定と情報表示

南竹　俊介

(コンピュータサイエンス専攻)

指導教員　田中　二郎

2010年3月

要　旨

プラズマディスプレイやプロジェクタなどのを公共の場に設置し, それらを用いて広告情報を提示するデジタルサイネージが設置される機会が増加している. デジタルサイネージは看板とは異なり、表示する情報を変化させることができるため、歩行者に対しより強力な働きかけが可能な広告提示媒体であると期待されている。

しかし、多くのデジタルサイネージでは、表示される情報が時間や周囲の状況に応じて変化するため、表示する広告への評価を行うことが難しい点が問題となっている。また、情報を変化させる場合でも天候や場所により表示する情報を変化させる程度にとどまり、歩行者の情報を積極的に取得しそれに応じて情報を変化させるデジタルサイネージは少ない。

本研究では、歩行者の顔の向きと移動軌跡を複数のカメラ画像を解析し取得することによって、デジタルサイネージ上に表示される広告への効果測定や広告の表示の変更を行うことのできるツールの実装を行った。本ツールを用いることによりデジタルサイネージの設置者は、表示した広告の場面ごとの注目回時間、広告を見た歩行者がどこから来たか、どの場所から広告を見たか、などの情報の取得が可能となる。また、それらの情報を利用した広告とのインタラクションや表示の実装を行った。実装したシステムを用いて、移動軌跡の取得と注視情報の統合が正常に実行され、広告の評価を行うことができるか実験的に検討した。

目 次

第 1 章　序論 **1**
1.1　研究背景 1
1.1.1　デジタルサイネージへの注視情報の取得 2
1.2　本研究の目的と貢献 3
1.3　本論文の構成 3

第 2 章　関連研究 **4**
2.1　AIDMA モデル 4
2.1.1　既存の屋外広告評価指標 6
2.2　本研究での効果測定へのアプローチ 7
2.3　電子広告への評価を行う研究 7
2.4　デジタルサイネージ (公共大画面) とのインラクション、情報表示に関する研究 7
2.5　公共ディスプレイと歩行者の位置関係に着目した研究 8
2.6　画面との顔の距離や向きをを利用したインタラクション、表示に関する研究 . 9

第 3 章　移動軌跡取得システム「SignageTracker」の設計 **10**
3.1　設計方針 10
3.2　移動軌跡の測定装置 10
3.3　プライバシの保護 11
3.4　注視情報と移動軌跡の統合 13
3.5　移動方向の取得 13
3.5.1　測定ボックスの指定 14
3.5.2　カウントボックス 14
3.5.3　フローボックス 15

第 4 章　注目状況と移動軌跡を利用した広告表示 **17**
4.1　SignageTracker での広告表現 17
4.2　detail view 18
4.3　trace view 20
4.4　interactive view 22

第 5 章　SignageTracker の実装 **24**
5.1　システム構成 24

5.2 初期設定 25
5.3 人物の追跡 26
5.3.1 身体領域の抽出 26
5.3.2 Mean-shift トラッカによる人物追跡 26
5.3.3 複数人数の追跡 27
5.3.4 照明環境の急激な変化への対応 28
5.3.5 影の誤認識 29
5.4 測定ボックスへの進入判定 29
5.5 注視情報の反映と軌跡の描画 29
5.6 軌跡情報の出力 31
5.7 追跡画像の出力 31

第 6 章 実験 **33**
6.1 実験目的 33
6.2 実験環境 33
6.3 実験内容 35
6.4 実験結果 37
6.5 考察 39

第 7 章 議論 **41**
7.1 移動軌跡の表示方法 41
7.2 滞留時間の表示手法 41
7.3 複数名の追跡 42
7.4 測定ボックスについて 42
7.5 顔の識別 42
7.6 注視情報と移動軌跡を用いた広告表現 43

第 8 章 まとめと今後の展望 **44**

参考文献 **46**

図目次

1.1 SignageGazer 実行の様子 2

2.1 AIDMA モデル 5

3.1 毎フレーム毎に移動軌跡をプロットした場合 12
3.2 滞留状況を示す移動軌跡 12
3.3 注視情報と統合した移動軌跡 13
3.4 測定ボックス 14
3.5 滞留時間と注視時間の設定 15
3.6 フローボックスの応用例 16

4.1 露出の大きな広告と詳細な情報を表示した広告例 19
4.2 detailview による画面遷移 19
4.3 traceview による画像の移動 21
4.4 interactiveview による画面遷移 23

5.1 システム構成図 25
5.2 追跡領域の重み緩和イメージ 27
5.3 照明条件の急激な変化による背景差分失敗 28
5.4 影の誤認識 29
5.5 滞留時間の円形、数字表示 31

6.1 実験室鳥瞰図 34
6.2 カメラとディスプレイの位置関係 34
6.3 会計机とディスプレイの位置関係 35
6.4 実験で表示した広告画像 36
6.5 正常な軌跡が出力されなかった一例 38
6.6 ソファーの誤検出 39

第1章　序論

本章では屋外広告の一種であるデジタルサイネージとそれを取り巻く環境について述べる。

1.1　研究背景

近年、駅前やショッピングセンターなどの公共の場に大型ディスプレイや、プロジェクタなどを設置し、広告や株価などの情報を不特定多数に向けて発信を行うデジタル広告、デジタルサイネージ (DigitalSignage) が普及してきた。

デジタルサイネージは、既存の看板広告などとは異なり、広告情報などをデジタル情報で配信する。そのため、各地に分散して配置されたデジタルサイネージに表示された情報をネットワークを通じて一括して最新情報への差し替えを行うことや、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可能となる。このように、情報を容易に変化させることができるため、新しい広告提示媒体として注目を集めている。

デジタルサイネージは既存の看板や掲示板などの屋外広告と比較し、歩行者に対して強い働きかけが可能な媒体であると期待されているが、デジタルサイネージが実際にどの程度の効果をあげているのか測定するための手法が確立されていない点が問題とされている [20]。看板などの既存の屋外広告の場合、歩行者の数を測定することによって広告の効果を測定する基準 [21] が確立されているが、表示する情報が頻繁に変化するデジタルサイネージ向けの効果指標は確立されていない。また、提示する情報自体は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、最大の特徴である動的な情報の変更は、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。特に歩行者の動きなどを積極的に取得し、それを広告の表示や閲覧に利用するデジタルサイネージは少ない。

1.1.1　デジタルサイネージへの注視情報の取得

本研究では、デジタルサイネージへの効果測定を行うために、歩行者を観測するためのカメラを設置し、その画像を解析することにより、歩行者の大画面への注視情報を取得するアプリケーション、SignageGazer の実装を行ってきた [27] [26]。SignageGazer は大画面の前を通るユーザの顔の向きを解析することによって、大画面広告への注目状況を取得するアプリケーションである。歩行者のデジタルサイネージへの注目状況や、デジタルサイネージが壁サイズの大画面の場合大画面のどの場所を見ているのか、動画広告の場合どの場面がよく見られたのか、といった情報を取得することができる。図 1.1 は SignageGazer にて広告の効果測定を行っている様子である。壁サイズの大画面上に 3 つの広告を模した画像が表示され、それぞれの広告の上部に顔の向きを測定するためのカメラが設置されている。このカメラから取得した情報を解析することにより、SignageGazer はそれぞれの広告が歩行者に何秒見られたかの測定を行うことができる。

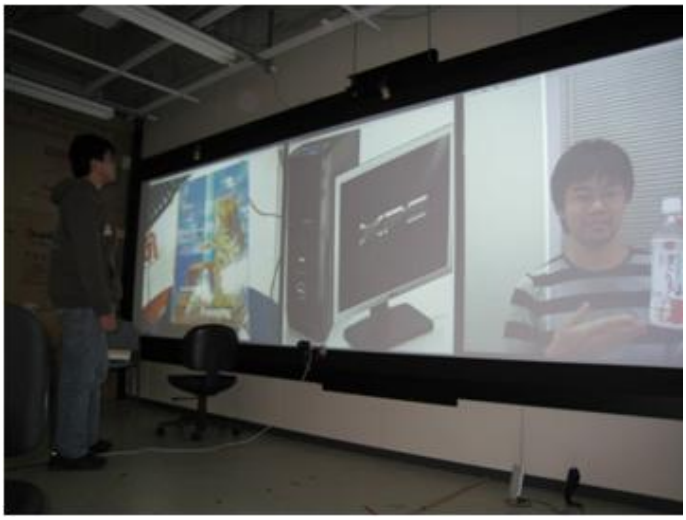

図 1.1: SignageGazer 実行の様子

しかし、SignageGazer でデジタルサイネージを見ていない歩行者の情報の取得はしておらず、広告を見ずに画面の前を通った人数の計測などはできなかった。また、歩行者がデジタルサイネージを見た後にどのように動いたかという情報や、デジタルサイネージを見なかった人物の動きなどを知るためには、動画や画像としてカメラから取得した画像を全て保存しておく必要があった。歩行者のプライバシなどに配慮した場合画像などを保存することは難しく、また、大量の画像データを直接見て解析を行う必要があったため、解析には時間がかかりすぎてしまうという問題がある。

1.2　本研究の目的と貢献

本研究では前節で述べた問題点を踏まえて、デジタルサイネージの前を通る歩行者の広告への注視情報と移動軌跡を組み合わせることによってデジタルサイネージ上に表示されている広告への効果測定を行うことを目的とする。デジタルサイネージへの注視情報のみではなく、歩行者の移動する様子、移動軌跡を取得しその情報を注視情報と組み合わせて表示することにより移動軌跡を見るだけで広告を見た歩行者が実際にどのように動いたか推定ができるシステムの実装を行った。また、移動軌跡や顔の向きの情報を利用した新しい広告の提示手法について実装を行った。実装したシステムについて、前述した目的が達成されているか確認するための実験を行い、実際に移動軌跡と注視情報の統合ができていることを確認した。

1.3　本論文の構成

本論文の構成は以下のとおりである。本章では研究の背景として、屋外広告デジタルサイネージの現状とそれを取り巻く問題点について述べた。第二章では本研究に関連のある研究について述べ、第三章では歩行者の移動軌跡の取得システム SignageTracker の設計について述べる。第四章では取得した移動軌跡と注視情報を利用した広告の表現について述べる。第五章では SignageTracker の実装について述べ、第六章では実装を行ったシステムについて実験を行った。第七章で実装を行った機能の考察と今後の課題について述べた後、結論で締める。

第2章　関連研究

本章では本研究と関連のある研究として、既存の屋外広告の測定基準について説明した後に、電子広告への評価を行う研究、公共の場に設置されたディスプレイからの情報表示とインタラクションに関する研究、公共ディスプレイと歩行者との立ち位置に着目した研究、画面と顔の距離または画面への顔の向きに着目した研究、について述べる。

2.1　AIDMA モデル

屋外広告を見た歩行者が購買まで至る経緯をモデル化したものとしてサミュエル・ローランド・ホールが提唱した AIDMA モデル（AIDMA の法則）が存在する [16]。AIDMA モデルは広告を見てから実際に購買にいたるまでに経る以下の心理プロセスの頭文字を取ったモデルである。

- Attention （気付き）
- Interest （関心）
- Desire （欲求）
- Memory （記憶）
- Action （行動)

図 2.1 は AIDMA の法則に沿って購買にいたるまでのプロセスを表した図である。

広告はまず歩行者に「気づいて」もらう必要がある。これを満たさないとそもそも広告を見てもらえないため、広告の評価ができない。広告を設置する場所がよくなかったりや広告の見た目が歩行者に気づかれづらいものである場合が Attention が満たされない例として挙げられる。

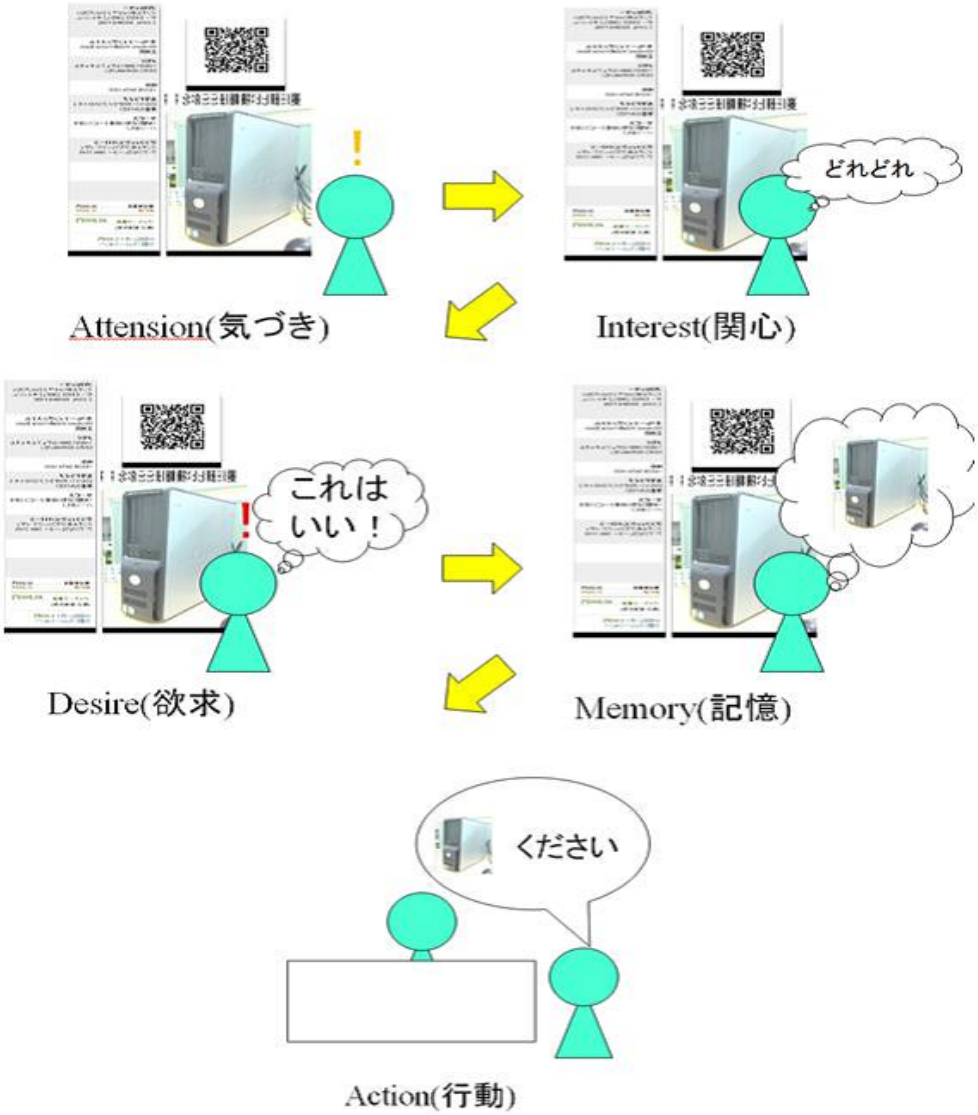

図 2.1: AIDMA モデル

次に歩行者に広告への「興味」を引かせることが重要となる。ただ広告を見てもらうだけではなく、広告に興味を持ってみてもらうことが広告を提示する上では重要である。広告の前を通る客層の年齢や性別がその広告にあっているかどうかという要素がこの項目を評価する上で用いることができる。広告を見た人物は広告に記載されている商品を欲しいと思う「欲求」をかきたてられ、広告もしくは商品を「記憶」し、店頭に向かうなどして購買活動を行う。　広告を評価する上でも AIDMA モデルは非常に重要なモデルであり、評価指標の作成を行う場合もこれらを考慮し評価を行う必要があると考え、システムの設計を行った。

2.1.1　既存の屋外広告評価指標

屋外広告への評価を行う指標の一つとして、日本では、Dailiy Effective Circulation(DEC)[21] が用いられることが多い。DEC は「当該屋外広告前の一日あたりの有効通行量」を測定するための指標である。DEC のフォーマットは国や調査団体によって多少異なるが、屋外広告調査フォーラム [21] のフォーマットでは以下のように測定を行い指標化を行う。

- 照明ある無しは考慮せず、一日 12 時間 (朝 7 時〜夕方 7 時) 測定の交通量を用いる。このとき用いるデータは国土交通省「交通コンセンサス」のデータもしくはハンドカウントで測定を行ったデータである必要がある。
- 歩行者、自転車、自動二輪車、自動車の数を平日 5 日分と休日の 2 日分計測する。
- 専用の記入フォーマットにそれらを書き込み計算を行う。

以上の手順で測定を行うことによって対象の屋外広告が注目される可能性を知ることができる。他にも居住者 1ヶ月あたりの広告への接触率をあらわすショーイングという効果測定指標が存在する [22]。これはネットワーク化されたポスターパネル上に広告を表示するときの効果指標で DEC を広告を提示する居住者の人口で割ることによって求める。しかし、DEC やショーイングではあくまで広告の前を歩いた人数しか指標に用いないため屋外広告が実際に見られた数を知ることはできない。そのため、DEC では広告の露出、すなわちその広告に歩行者が気付き（Attension）また、興味を持ったか（Interest）を測定する手法ではなく、そのような手法が現在存在しない点が問題となっている [22] 。

また、これらのデジタルサイネージに適用する場合新たな問題が出現する。デジタルサイネージ上に表示される情報としては複数の動画や静止画などがプレイリストなどに登録され表示されることが多い。そのため看板とは異なり、同じ情報をずっと表示していることが少ないため、表示された情報それぞれの評価を行いたい場合、通行量のみを評価指標として用いる DEC でそれぞれの広告に対する評価を行うことが難しい点が問題となっている。

これらの交通量の測定などはハンドカウントなどで行われていることが多い。デジタルサイネージ上に表示されている情報の測定を行う場合、人数を数えながら画面上に表示されている情報を確認する必要があるため、ハンドカウントでのこれらの広告への効果測定は非常に困難である。また、これらの効果測定指標は、広告を提示している場所がどれだけ歩行者に見られやすいかの測定を行っている。これらの指標は表示している広告に対してではなく、あくまで場所に対する評価を行うための指標なので、それぞれの広告がどの程度歩行者に対して働きかけているか測定を行うことはできない。

2.2 本研究での効果測定へのアプローチ

SignageGazer では AIDMA モデルにおける Attension と Interest をデジタルサイネージへの注目度を測ることによって測定を行ってきた。それぞれの広告が何秒見られたか測定を行うことによって、広告への評価を行うための指針として活用することができると考えられる。しかし、SignageGazer ではそれ以降の Desire や Memory、Action といった要素の測定は不可能であった。AIDMA モデルでは記憶や行動に至る広告ほど広告の効果が高いとされているため、これらの項目についても計測を行うことができれば、より具体的な広告の効果を知ることができると考えられる。

Desire や Memory については広告を見た本人の意思が絡むため、機械的に測定を行うことは非常に困難である。しかし、Action については広告を見た後の動きを測定することによって測定が可能になるのではないかと我々は考えた。

そこで、我々はデジタルサイネージの前を通過する歩行者の移動軌跡を取得しその情報を SignageGazer で取得した注視情報と組み合わせる手法を考案した。デジタルサイネージを見た後、歩行者がどのような移動するか測定することによって広告が歩行者に与えた影響を知ることができると考えられる

2.3 電子広告への評価を行う研究

中道ら [29] 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た。web 閲覧時の適切な広告の配置位置やユーザビリティに関する問題点を解析、収集した。測定対象がブラウザ上の web 広告である点とアイカメラを着用して計測を行う点で本研究とは異なる。岸田ら [25] は 50 70 インチ程度の画面サイズをもつディスプレイを、公衆ディスプレイとして広告などに用いる際に、静止画や動画などのメディアの形態の違いが購買行動に及ぼす影響について調査を行った。Kern ら [6] は、欧州諸国の人物を対象に個人情報（趣味嗜好などのプライバシ情報）を利用した情報提示を行うデジタルサイネージから受ける抵抗感をについて調査を行った。

Vitracom SiteView[23] はショッピングセンターなどにある商品や看板の前を通る歩行者の数や軌跡の計測を行った。顔の向きを専用のカメラで取得しておらず、また取得した情報を利用した広告表現などを行うことができない点で本研究とは異なる。

2.4 デジタルサイネージ (公共大画面) とのインラクション、情報表示に関する研究

大画面広告とのインタラクションを考慮した研究として、深澤らの研究 [3] が存在する。深澤らは、人物の体の位置やハンドジェスチャなどを用いて大画面広告とのインタラクションへの検討を行った。本研究とは大画面への注目状況を取得していない点と、移動の様子を広告の効果測定などに用いていない点などで、本研究とはスタンスが異なる。Karam らの BluScreen[5]

は歩行者の所持する bluetooth 端末から取得した情報を基に、デジタルサイネージへ表示する広告を変更するエージェントである。

デジタルサイネージが壁サイズの大画面であることを想定した研究として WonderWall[13] や EnhancedWall[8] が存在する。WonderWall は大画面の前に立つ人物の位置を画像解析によって取得し、ユーザの前にリング型 GUI を表示する。その GUI の前でユーザが左右に移動することによってユーザ自身がほしい情報を取得することができる PUSH 型広告の提示を提案している。EnhancedWall はステレオカメラでユーザの顔の向きを取得することによって大画面に注目するユーザの顔の向きを取得し、ユーザが注目している広告画像を知ることができる。特徴点抽出の関係上ステレオカメラの前から移動することができない点と移動軌跡の取得などを行っていない点が本研究とは異なる。Kento らの C-Blink[11] や Jin ら [1] 公共の場に設置された大画面の上の情報に対し、携帯電話や PDA などのデバイスを用いたインタラクションについて研究を行った。spotlight[7] は大画面上に表示されているカーソルなどの見失いやすい対象を、スポットライトのように照らすことでそれらを見失わないようにする研究である。Olwal らは天井付近に設置した霧に映像を投影する Fog ディスプレイとのインタラクションを考案した [14]。

児童向けの図書検索に特化したデジタルサイネージとして SearchWall[2] がある。直接文字をマウスやキーボードの打ち込みによって書籍を検索するのではなく、モニタ下部に設置されたダイヤルを操作することによって書籍を選択肢、キーワードキューブと呼ばれる小型の箱をデジタルサイネージに埋め込むことによって詳細な情報の取得を行う。

2.5 公共ディスプレイと歩行者の位置関係に着目した研究

歩行者の大画面との位置関係に着目した研究として、Vogel らの interactive ambient display[19] 佐藤らの [32] 立つだけインタラクションが挙げられる。interactive anbient display は大画面と歩行者の距離を 4 つに分類することによって、大画面上に表示する情報やインタラクションを行うことのできる情報のレベルを変化させる研究である。大画面の前にいる人物の情報を取得した情報提示手法いう点で本研究と関連がある。しかし、人物位置の特定のために歩行者が赤外線マーカを装着する必要がある点や、大画面を見るユーザの顔の向きの取得をしていない点が本研究とは異なる。立つだけインタラクションは測域センサで取得した画面との距離に応じてインタラクションを行う。

歩行者と大画面との位置関係のみではなく、歩行者同士の位置関係や趣味嗜好、身長などの情報から歩行者のグルーピングを行い、歩行者の関係性を調査する研究として井上らの GAS[30] と David らの ticket2talk[10] が挙げられる。GAS は天井付近に設置したステレオカメラからデジタルサイネージの前に立つ人物同士の距離関係や身長などといった情報の取得を行い、大画面の前に立つそれぞれの集団が家族や恋人であるかなどの関係性の推定を行い、それぞれの集団にふさわしい広告の提供を行うことを試みている。ticket2talk は、学会でのコーヒーブレイクのような見知らぬ人物と会話をする機会がある場面での共通の話題探しを支援する。趣味や研究分野などを登録した RFID を所持したユーザ同士が大画面の前に滞留すると、シス

テムが自動的にその人物たちに共通したキーワードや話題の提示を行う。

2.6 画面との顔の距離や向きをを利用したインタラクション、表示に関する研究

E-conic[12] は顔の向きに応じて複数画面に渡って操作中のウィンドウが移動するという研究である。顔の向きを情報表示に活用している点で本研究とは関連がある。Harrison らの Lean and Zoom[4] はモニタとラップトップ PC との顔の距離に応じて、画面の拡大縮小を行う。モニタとの距離の計測にはラップトップ PC のモニタ上部に設置されている単眼カメラを用いる。システム起動時に撮影した顔の画像を初期位置とし、顔にある二点間の距離（両目の距離）の増減でモニタとの距離を測定する。

第3章　移動軌跡取得システム「SignageTracker」の設計

本章では第二章で述べた既存の効果測定の問題点を考慮したシステム SignageTracker の設計について述べる。SignageTracker は歩行者の移動軌跡を取得し、SignageTracker で取得した注視情報と関連付けた軌跡情報を表示するシステムである。まず。歩行者の移動軌跡の測定デバイスや方法について述べた後に、設計したシステムについて述べる。

3.1　設計方針

本研究で移動軌跡を取得する対象は公共の場に設置されたデジタルサイネージの前を通る歩行者である。したがって設計方針を以下の通りに定めた。

- 歩行者に装置を持たせない（非接触性を保つ）
- 歩行者の映像を直接見なくてもどのような動きを歩行者がしたか知ることができる
- 歩行者の移動した方向を知ることができる
- SignageGazer から取得した視線情報と統合を行うことができる

3.2　移動軌跡の測定装置

歩行者やロボットに RFID タグや読み取り機、携帯電話などの装置を持たせることによって対象の位置や移動軌跡を取得する研究は数多く行われている [17][31]。本研究で測定を行う対象は公共の場に設置されたデジタルサイネージの前を通る歩行者である。そのため、すべての歩行者に装置を持たせて測定を行うことは現実的に難しい。

他の計測デバイスとして、測域センサを用いる方法などが考えられる [9][24]。測域センサはレーザーの反射を利用して測定を行うため、ミリ単位での高精度な人物の追跡が可能になるという利点がある。しかし、オクルージョンの関係から複数の測域センサを設置する必要がある点と、今後普及する可能性は高いものの現状ではカメラの方が一般に普及している。公共の場での利用を想定するため、測域センサの前に鞄などの物を置かれてしまうと測定ができなくなってしまう点が問題である。デジタルサイネージとのインタラクションを行おうと

表 3.1: デバイスごとの利点

測定デバイス	RFID	測域センサ	天井カメラ
非接触性	×	◎	◎
オクルージョン	◎	△	◎
測定精度	○	◎	○

する場合、歩行者は荷物を床に置いて操作を行うことも多くなるためデジタルサイネージの前を通る歩行者の測定に測域センサの適用は今回は見送った。

カメラによる測定の場合、カメラを設置する場所によって追跡する方法が異なる。SignageGazer では歩行者の顔の情報を取得するためにデジタルサイネージの表示面に対して平行にカメラを設置した。歩行者の様子や顔の向きなどを取得できるが歩行者同士の重なり（オクルージョン）が発生した場合の対処が難しい。この問題に対処する研究も数多く行われているが、本研究では天井付近からデジタルサイネージの前を通る歩行者を撮影できる位置に新たにカメラを設置することによってこの問題の解決を図った。天井に設置したカメラから取得した画像を解析することによって歩行者の移動軌跡を取得することができる。天井に設置したカメラによる測定は測域センサほど正確な追跡はできないものの、オクルージョンが発生しづらい点と歩行者に装置を装着させたり意識をさせずにすむ点で優れているといえる。以下にそれぞれの測定デバイスの利点と欠点をまとめた表を表 3.1 に示す。

3.3 プライバシの保護

本研究で対象とするのは公共の場に設置されたデジタルサイネージである。そのため、歩行者を撮影した後のデータの取り扱いには慎重になる必要がある。また、大画面の前を通る歩行者の様子を画像や動画として保存するにしてもかなりの容量のファイルを保存せねばならず、大容量のストレージが安価になってきたとはいえ全てを保存することは難しく、ストレージにもかなりの負担がかかってしまう。

そこで本システムでは歩行者の画像を見なくても移動軌跡のみを見ることで、歩行者がどのように動いたか分かるように実装を行った。プライバシーに配慮した場合、軌跡以外を広告提示者が見ることができないことが望ましいため、軌跡を見るだけで具体的にどのような動きをしているのか分かるように軌跡を描画する必要がある。図 3.1 には軌跡をそのままプロットした画面を示す。軌跡を毎フレーム毎にプロットしているため軌跡がジグザグしており見づらく、また、実際はデジタルサイネージの前で 4 秒ほど歩行者が滞留しているのだが、あくまで直線しか情報がないため歩行者の動きが推測できない。このように、軌跡を単に描画するだけでは実際の歩行者の様子を知ることは難しいといえる。

その点を改良した描画方法が図 3.2 である。赤い線が人物の移動軌跡を示し、青い四角が滞留時間を表す。軌跡は歩行者が一定以上の距離を移動しない限り描画を行わないため、以前の図とは異なり移動軌跡が見やすくなっていることが分かる。

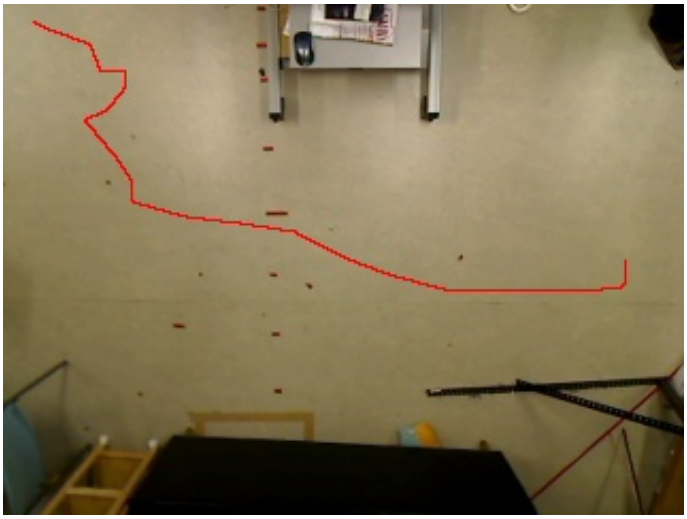

図 3.1: 毎フレーム毎に移動軌跡をプロットした場合

歩行者があまり移動しない状態（滞留状態）は一秒以上継続した場合、一回り大きな青い四角形が軌跡上に描画される。

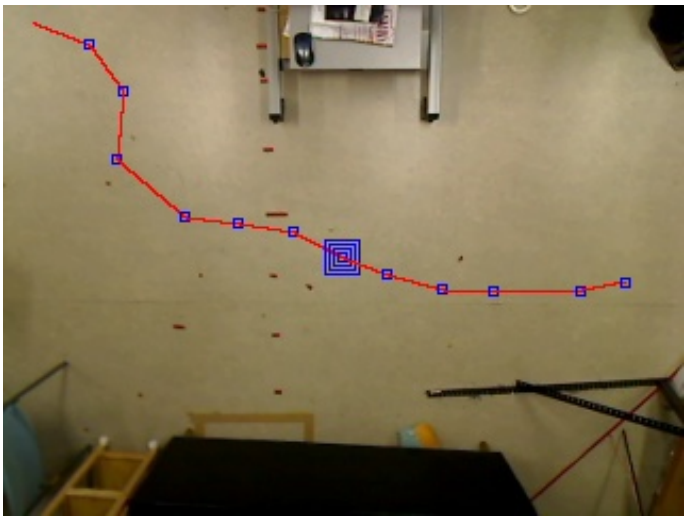

図 3.2: 滞留状況を示す移動軌跡

図 3.2 の軌跡を解析する。軌跡の始点は矩形が描画されないため画面左側から右側に向かって歩行者が移動を行っていることが分かる。最初、歩行者は画像下部に設置されているデジタルサイネージの左側から画面の前まで移動し、一定時間滞留した後に画像の右側の方向に立ち去って行ったことが分かる。このような表示を行うことで歩行者の滞留状況や動きが人物の画像や動画などをみることなく移動軌跡を見るだけで知ることができる。

3.4　注視情報と移動軌跡の統合

移動軌跡を取得することによって歩行者が大画面の前でどのように動くのか知ることができるようになった。本研究では移動軌跡の取得を行うのみではなく、その情報を今までの研究で行ってきた注視情報と融合させることによってより、歩行者の動きが分かりやすくなる軌跡の描画を行った。図 3.3 は注視情報と統合した人物軌跡の描画例である。図 3.2 とは異なり軌跡と滞留を表す矩形が緑色になっている。軌跡中の人物が大画面への注視を行っている場合、軌跡と矩形の両方が緑色に変化する。

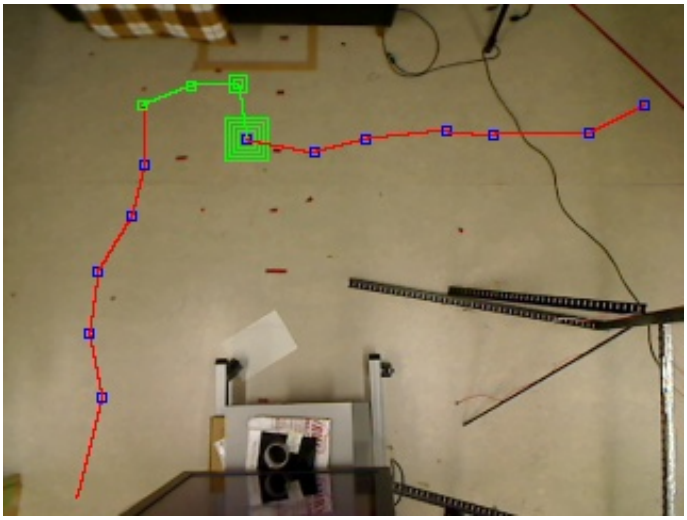

図 3.3: 注視情報と統合した移動軌跡

図 3.3 の軌跡を解析してみると、最初歩行者はデジタルサイネージの左下からデジタルサイネージの前に移動していることが分かる。その後、画像下部に設置されているデジタルサイネージに表示されている情報に気づき数秒注視した後、その情報に興味を持ったため、デジタルサイネージに近づきその情報をよく見ようと移動していることが推測される。その後その情報を十分見たため、デジタルサイネージ右側の方向に立ち去ったことが推測できる。以上のように、ただ軌跡を描画するだけでは推測することのできない情報も軌跡画像と注視情報を統合することによって知ることができる。

3.5　移動方向の取得

広告への効果測定を行う上で歩行者がどこから来て、その後どこに向かったかという情報の取得を行うことができれば広告への評価を行う上での助けになると考えられる。たとえば、駅前にデジタルサイネージを設置した場合を想定する。朝のラッシュアワーのときに上り方面の電車に搭乗する客層はおそらく男性でビジネスマンが多いと考えられるが、下り方面に乗る客層はビジネスマンの比率が少なく旅行客などが増加すると考えられる。どのような客

層から注目されているのか人の流れを計測することにより把握できるようになるため、より詳細な効果測定が可能になると考えられる。

先ほどの例で例えるとビジネスマン向けに広告を打ったのはよいが上り方面の電車に乗る人からは余り広告を見てもらえず、下り方面の客層によく広告が見られていた場合を考える。この場合広告を提示する場所を誤ったか、下り方面の客層に実は広告を行った商品に対する需要が実はあったことが想像される。これらの情報は注視情報を取得するだけでは知ることはできないため、有用な情報であるといえる。

3.5.1　測定ボックスの指定

SignageTracker ではデジタルサイネージ前を通過する歩行者の数や歩行者の流れを測定するために測定ボックスを指定することができる。図 3.4 は測定ボックスを設置した様子である。歩行者測定用のカメラから取得した画像に対しユーザが入力することによって矩形領域を指定し、指定された矩形の内部を通過した歩行者の数やボックス間の人の流れを測定することができる。ボックスにはボックスの内部を通過した人物をカウントするカウントボックスと、ボックス同士の間の人の流れを測定するフローボックスの二種類を実装した。

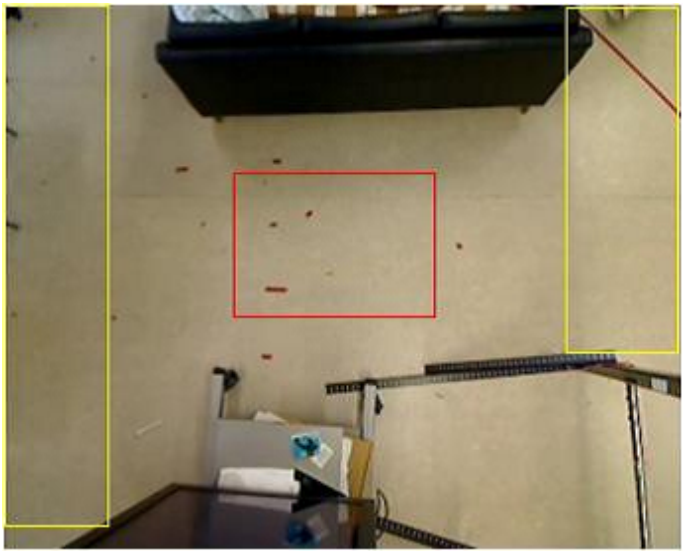

図 3.4: 測定ボックス

3.5.2　カウントボックス

カウントボックスは歩行者測定用のカメラ画像にカメラにボックス領域を指定することによって歩行者が何回その場を通過したか測定することが可能にする機能である。図 3.4 中の赤い矩形領域がカウントボックスである。

カウントを行う条件として一定の時間以上ボックス内で滞留していないとカウントを行わない最低滞留時間と、一定の時間以上大画面を注視していないとカウントを行わない最低注視時間の二つを設定することができる。これを設定したボックスの横には滞留時間の場合は、図 3.5 の左図のようにボックス右上に青い文字で数字が表示され、注視時間を指定した場合は、図 3.5 右図のように緑色の数字が表示される。

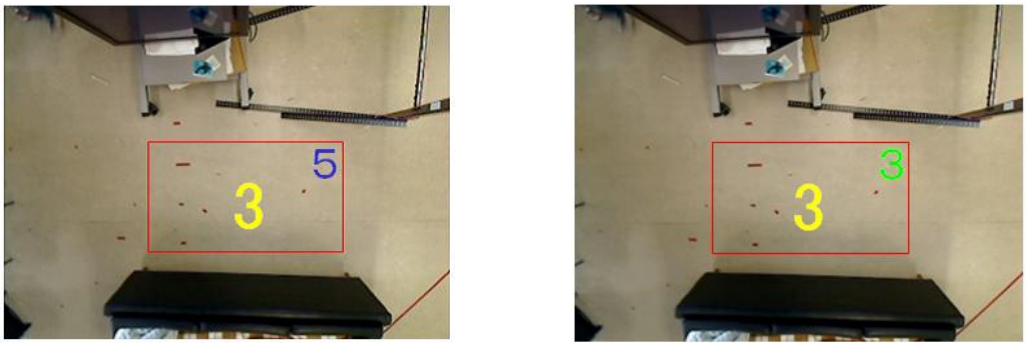

図 3.5: 滞留時間と注視時間の設定

図 3.5 中に赤く表示されているボックス内部を歩行者が通過または滞留を行うとその回数がカウントされる。ボックス内部に黄色く表示されている数字は通過された回数を表す。デジタルサイネージの前を何回人が通過したか数える際に有効なボックスである

3.5.3 フローボックス

フローボックスは人の流れを測定するために用いるボックスである。図 3.4 中に黄色く表示されているボックスがフローボックスである。フローボックスを利用する際には複数のボックスを指定する必要がある。

図 3.4 はフローボックスの利用例である。図 3.4 では画面左端と画面右端にボックス領域が指定されている。この場合、歩行者が

- 画面左端から入り画面右端に抜ける
- 画面左端から入り画面左端に抜ける
- 画面右端から入り画面左端に抜ける
- 画面右端から入り画面右端に抜ける

と移動した場合の数を測定する。ボックスの数を増やした場合も同様に測定を行う。それぞれの動きが計測された人数はログファイルとして出力される。

フローボックスはデジタルサイネージの前を横切る歩行者の流れを計測するだけでなく、広告を注視したあとの歩行者の流れを測定することにも利用することができる。利用例として、

フローボックスをデジタルサイネージの前に一つ配置し、もう一つのボックスをデジタルサイネージで表示している商品の売り場の前に設定することなどが考えられる。図 3.6 はその状況のイメージ図である。画面下部にはパソコンの広告を表示するデジタルサイネージが設置されており、画面右上にはその商品の売り場が存在する。歩行者が、広告を見た後に売り場で滞留をしているようであれば、歩行者が広告に興味を持つ、または購買に至るまで影響を与えたのであろうことが推測できる。逆に広告を見たのに商品売り場に滞留していないようなら広告が余り効果をあげていないのであろうことが推測でき、また、デジタルサイネージを見た歩行者が商品売り場をまったく通らないのであれば商品の置き場所が歩行者に気づかれづらい場所に配置されている可能性がある。

図 3.6: フローボックスの応用例

第4章　注目状況と移動軌跡を利用した広告表示

本章では SignageGazer と SignageTracker が取得した注目状況と移動軌跡を利用した広告表示について述べる。今回は 3 種類の広告表現の実装を行った。

4.1　SignageTracker での広告表現

デジタルサイネージは、看板とは異なり、デジタル情報であればどのような情報でも提示できる点が利点として挙げられいる。しかし、現状のデジタルサイネージの多くは動画や静止画をプレイリストから提示する程度にとどまっている。天気やその日の株価などによって表示する情報を変化させるデジタルサイネージも存在するが、歩行者の情報を積極的に取得し、歩行者の状況に応じて表示する情報を変更をするデジタルサイネージは余り存在しない。そのようなデジタルサイネージがあまり存在しない理由としてはコンテンツを用意する手間が挙げられる。取得した歩行者の情報を手軽に広告表示に利用できるツールが存在しないため歩行者の数や歩行者が画面の前にいるかなどの情報をセンサなどで取得しても、それを反映した広告を一から作成することは広告を提供する側としては大きな負担となる。

SignageTracker では取得した注視情報や移動軌跡に従い、表示する広告の内容を変更することが可能なツールとして実装がされている。ユーザは表示したい画像または動画を準備するだけで歩行者の情報を反映した広告をデジタルサイネージ上に表現することができる。

今回はツールの利用例として

- detail view
- trace view
- interactive view

の三種類の広告表現の実装を行った。

4.2 detail view

歩行者の興味を引きやすい広告は、必ずしも歩行者の取得したい情報が多く含まれているとは言い難い。図 4.1 の左に示した図のように露出を行いたい商品の画像が大きく表示されていれば人目は引きやすいであろうが、商品について詳しい情報を知りたい場合その歩行者は商品情報を検索するなどしなければならない。本当にその商品がほしい歩行者ならばそれでも問題がないかもしれないが、その商品に対して興味を抱いただけの段階の歩行者が商品情報を検索するとは限らないため、チャンスを喪失してしまう可能性がある。図 4.1 の右に示した図は左図と比較し、商品のスペックなどが詳しく記入されている。この図のように商品について詳細な情報が多く含まれている場合、商品に興味のある歩行者の場合は問題がないが、画面に占める情報量が増加してしまうため、歩行者の注目すべき点が分からなくなってしまう。結果歩行者に見てもらうことができない広告となってしまう恐れがあるため、情報量の多い広告の扱いには注意が必要である。

detailview は AIDMA モデルにおける Attension と Interest を同時に満たすことを想定して設計を行った。detail view はユーザの注目状況にあわせて表示する情報を変更することによってこれを解決する。detail view を利用するためには歩行者の顔向き観測用のカメラと設定した注視時間の閾値の数と同等の数の画像または動画が必要となる。歩行者が一定時間以上広告に注視したら、新たに別の情報を表示することができる。運用方法としては、余り詳細な情報がないが人の目を引きやすい広告を最初に表示しておき、歩行者が一定時間その広告に注目した後、人目を引きにくいが詳細な情報が分かる広告を表示することなどが考えられる。

図 4.2 は detailview の実行の様子を撮影した画像である。デジタルサイネージ上には最初、計算機の画像が広告の大半を占める広告が表示されている。その後歩行者が一定時間画像に注目したため、システムは歩行者が画像に興味を持ったと判定し、より詳細な情報を歩行者に提供する。具体的な処理の流れをアルゴリズム 1 に示す。

図 4.1: 露出の大きな広告と詳細な情報を表示した広告例

図 4.2: detailview による画面遷移

Algorithm 1 detail view アルゴリズム

```
if 大画面を見ている人物が存在 then
    注目している人物の位置を注視中人物リストに登録
    if リスト中の人物が閾値として設定した時間以上画面を見ている then
        登録された画像または動画を新たに表示する
    end if
    if リスト中の人物が大画面を閾値時間以上見なくなる then
        注視中人物リストから当該人物を除外
    end if
end if
```

4.3 trace view

広告はまず見てもらわなければ効果の発揮の仕様がない。そのため、広告制作者は歩行者へのアピールの高い広告の作成に苦心するが、いかに歩行者に気づかれやすいデザインの広告を行おうとその広告の前を通過するときに歩行者が広告の方向を向いていなければ決して見られることはない。また、本当は興味のある広告であっても広告の前を一瞬で通過してしまい、広告の内容に気づく前に立ち去ってしまうことなども考えられる。

trace view は上記のような Attention、または Interest を十分に引くことができなかった場合を想定し設計を行った。trace view は歩行者の移動に合わせて広告が移動する広告の表示手法である。初期状態では広告画像は一箇所に静止している。この広告に気づかなかった、または広告を注視した時間が一定時間以下であった人物の移動軌跡から移動先を予測し広告が移動する。広告の存在に気づかなかった、またはあまり興味をもたなかったユーザに対してもう一度働きかけを行うことを目的とした広告表示手法である。ユーザが移動する広告に気づく、または、この場合は広告への注視を行うか追跡範囲外に歩行者が移動した場合広告の移動は停止し元の位置に戻る。

図 4.3 は traceview 実行時の様子を撮影した画像である。歩行者が広告を余り注視していないため、歩行者を追跡するように広告画像が移動し、歩行者を追いかけている。その後歩行者が広告に気付いたため、画像は移動を停止し歩行者がカメラの撮影範囲から抜け出すまでその場で表示され続ける。具体的な処理の流れをアルゴリズム 3 に示す。

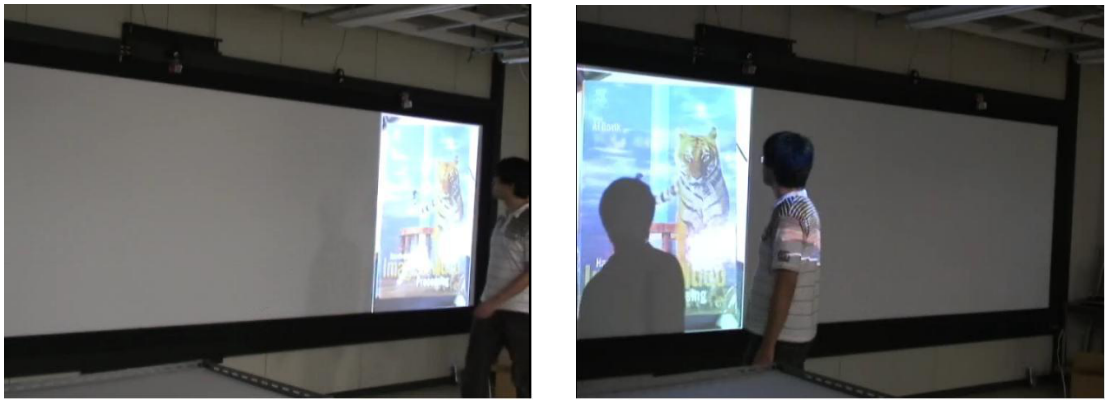

図 4.3: traceview による画像の移動

Algorithm 2 trace view アルゴリズム

```
if 大画面の前に歩行者が存在 then
    歩行者としてトラッキング開始
    if トラッキング中の人物が閾値時間以上画面を見ている then
        広告画像の移動を行わない
    end if
    if トラッキング中の人物が閾値時間以上画面を見ずに広告画像の前を通過 then
        ターゲットの今までの移動軌跡から今後移動すると思われる方向を推定する
        ターゲットが今後移動するであろう地点を推定し広告を移動する
        広告画像の位置座標を更新する
        if ターゲットが広告を見る then
            広告の移動を停止する
        end if
        if ターゲットがカメラの撮影範囲外に移動する then
            処理を中断し広告画像を初期位置に戻す
        end if
    end if
end if
```

4.4 interactive view

デジタルサイネージは表示する情報を動的に変更できるため、歩行者とデジタルサイネージとのインタラクションに関する研究も数多く行われてきた [19][32]。表示されている広告から歩行者が能動的に情報を引き出すことができるため、AIDMA モデルにおける Memory に大して強く働きかけることができる。デジタルサイネージや公共の場での共有ディスプレイとのインタラクションで用いられるデバイスとしてはタッチパネルが最も多く用いられている [18][15]。タッチパネルの利点として直感的な操作が可能である点と一定以下の大きさの画面の場合設置が容易な点が挙げられる。しかし、タッチパネルは、画面が歩行者が直接触ることのできない位置に設置された場合や、プロジェクタのようにタッチパネルの設置が困難な媒体から情報の提示を行う場合、壁サイズの大画面の場合のように物理的に設置自体が困難な場合には利用することが難しい。

本システムでは顔の向きが取得可能なため、これを用いてデジタルサイネージとのインタラクションを行う interactive view を実装した。顔の向きを利用するため、カメラの設置さえ可能であれば大画面とのインタラクションが可能になる。interactive view では、広告に注目しているユーザの顔の動きに応じて、大画面広告とインタラクションを行うことができる。入力可能な方向は上下左右の 4 方向である。現在の実装ではユーザがうなずく、または首を振ることによって Yes、No の入力や上下左右に設置された質問項目を注視することによって、簡単な質問に答えることが可能となっている。図 4.4 は interactive view の実行画面である。大画面上に表示されている広告を歩行者が一定時間注視したのち、画面が遷移し左右どちらかの広告を選択するよう指示する画像が表示される。歩行者は左の画像に対して興味を持ったため、左の画像を一定時間注視することによって左の画像を選択した。interactive view の処理の流れを以下に記す。

Algorithm 3 interactive view アルゴリズム

```
if 大画面の前に大画面を注視している歩行者が存在 then
    画面を注視している歩行者としてトラッキング開始
    if トラッキング中の人物が閾値時間以上画面を見ている then
        画面上に設定された質問項目を表示する
        if トラッキング中の人物が一定時間以上上下左右いずれかの方向を向く then
            向いている方向に応じて対応する画像または動画を表示する
        end if
        if トラッキング中の人物がカメラの撮影範囲外に移動する then
            最初に表示していた画像または動画を表示する
        end if
    end if
end if
```

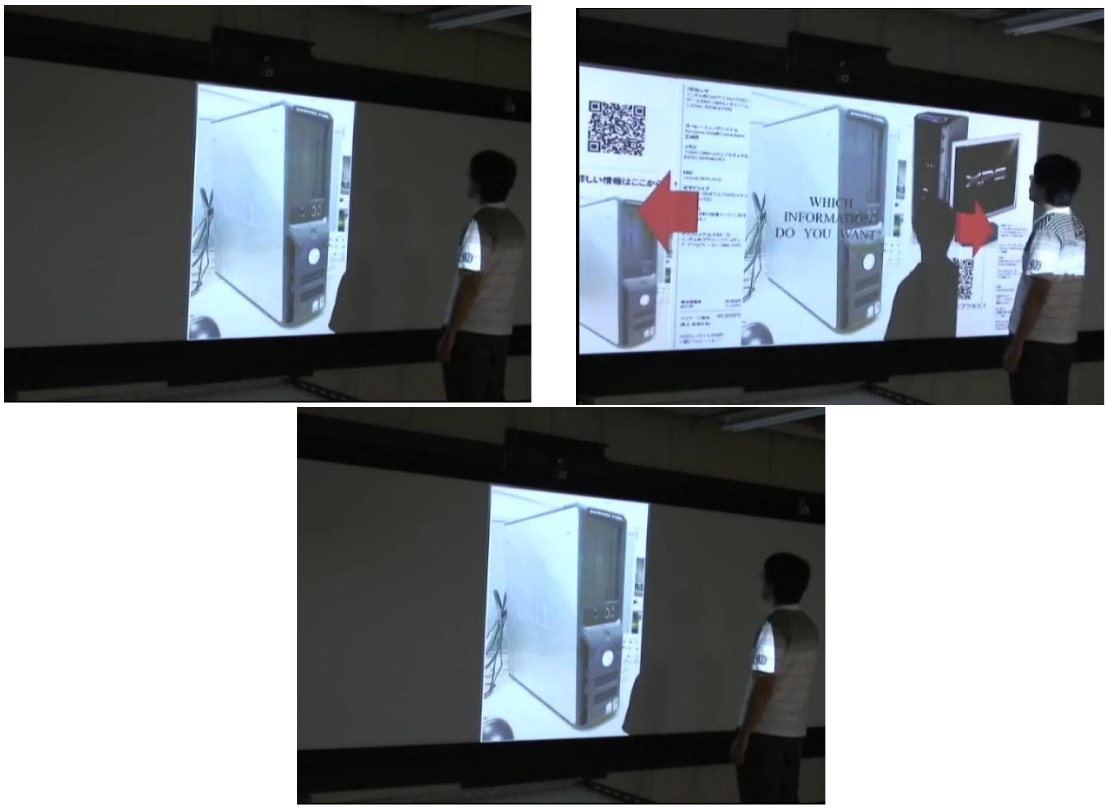

図 4.4: interactiveview による画面遷移

第5章　SignageTrackerの実装

本章では前章で提案した構想をもとに作成したシステムの実装について述べる。システムの実装環境は以下のとおりである。

- 言語　C++
- 開発環境 MicroSoft Visual C++
- 利用したライブラリ　OpenCV VideoInputLib DirectShow
- マシンスペック　CPU Intel Core 2 duo 2.14Ghz メモリ 2G Byte
- カメラ Logicool Q-cam pro 9000

5.1　システム構成

SinageTracker のシステム構成を図 5.1 に示す。SignageGazer[26] は大画面の前を通る歩行者の注視点を取得するプログラムである。歩行者の目の高さに合わせた位置（床からの高さが 1.5 2.5m の間）に歩行者の顔が映るように人物撮影用のカメラを設置する。カメラは計算機一台につき最低一台、処理時間の関係上最大で 3 台まで設置することができる。SignageGazer はカメラに写った画像を解析し人物の顔を認識、鼻頭にできる光のハイライトから鼻の位置を推定することによって顔の向きを推定する。この場合、ユーザは事前に大画面左下を原点としたときのカメラの座標と大画面の大きさを登録する必要がある。Signagegazer は以上の情報を基に画像を解析し、解析した情報を基に以下の情報を SignageTracker に受け渡す。

- 解析した歩行者の画面に対して水平方向の位置座標
- 当該座標の歩行者の画面への注視状況
- 歩行者の服の色彩情報

以前の SignageGazer では大画面を注視している歩行者以外の情報の取得を行っていなかったが、SignageTracker で取得した人物軌跡情報と注視情報との統合を行う関係上画面を見ていない人物に対しても上記の情報を取得する。歩行者の位置座標は背景差分を用いて抽出した人物領域の重心から算出を行う。その人物が大画面中の情報を見ていると SignageGazer が判断した場合、その座標の歩行者が注視を行っていると SignageTracker に伝達を行う。服の色

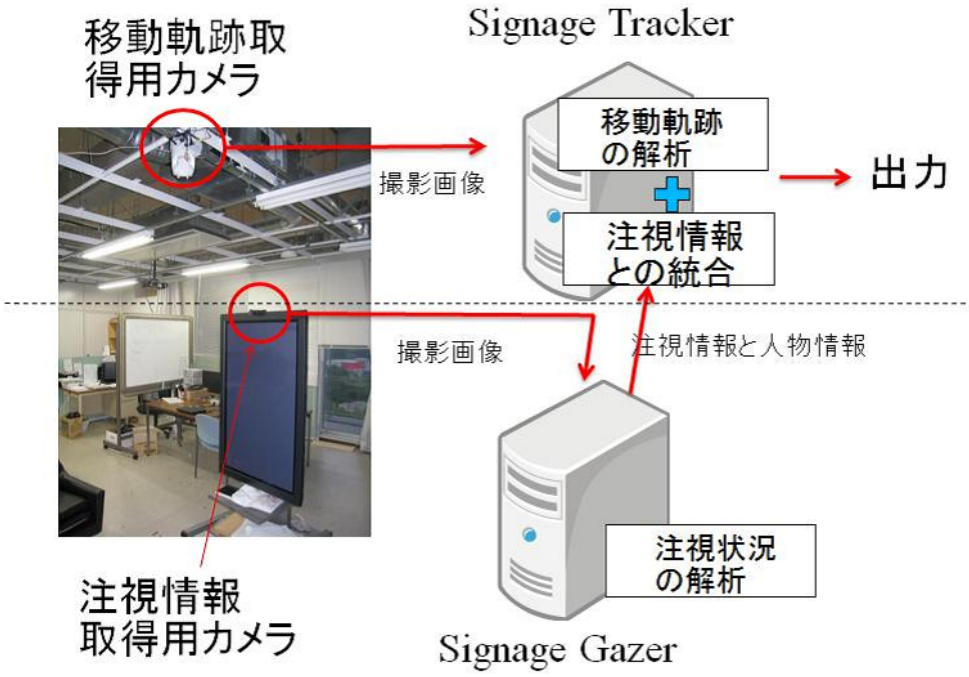

図 5.1: システム構成図

彩情報に関しては人物を見分けるために必要となる。顔の認識を行った後に、顔よりも低い位置にある身体領域の色彩情報を RGB で取得、その平均をその人物の服装の色彩情報とし、SignageTracker へと情報を送信する。

5.2 初期設定

SignageTracker を利用する前にユーザは以下の情報を事前に登録する必要がある。

- デジタルサイネージの大きさ
- カメラの設置場所
- 設置した USB カメラから取得する画像サイズ
- デジタルサイネージ上に表示する画像、または動画
- 表示する広告の表示方法

以上の情報を初期設定として設定ファイルに登録後、測定が開始される。

5.3 人物の追跡

SignageTracker では以下の流れで大画面の前を歩いている人物の追跡を行う。

1. 動的背景差分とラベリング処理を用いた身体領域の抽出
2. 抽出した身体領域が現在追跡を行っている領域でない場合、その領域の色相情報を初期条件として Mean-shift トラッカで追跡
3. SignageGazer の注視情報と顔の位置情報とを統合し、追跡を行っている人物が大画面広告を注視しているか判定し結果を出力する

5.3.1 身体領域の抽出

Mean-shift トラッカで人物を追跡するためにはまず初期条件として追跡対象の色情報を指定する必要がある。SiganageTracker では、まずカメラ画像に対し動的背景差分を行い背景と人物領域とを切り離す。動的背景差分は以下のアルゴリズムで実行される。まず、初期化用の背景画像として 10 フレーム分の背景画像をカメラから取得する。この作業を行う前にカメラのホワイトバランスの調整や、輝度の調整を行っておく。このときに歩行者がいると初期化処理に失敗してしまい、しばらくの間誰もいないはずの領域に人がいると誤認識されてしまうため注意をする必要がある。その後、輝度の平均と振幅を求める。

その後、歩行者がカメラの前を通ると先ほど算出した輝度と輝度振幅の範囲外であると認識されるため、背景部分と歩行者の領域を分離することができる。ただし、問題点として床の色と似た色彩の服を着ている人物については抽出が上手くいかないときがある。例えば床が真っ黒な地点で、黒い服と黒い髪をした人物が通過した場合などは抽出を行うことが困難になる。このような事態はそうそう起こりえないがこのような床の色が歩行者の領域の抽出を阻害するような環境で利用する場合は、ブルーシートのように背景差分による身体領域の抽出が容易な色彩のものを床に敷くなどの工夫が必要となる。

以上のような方法で抽出した差分画像に対しノイズの削除と身体領域の特定を兼ねたラベリング処理を施す。ラベリング後、一定以上の大きさの領域が存在した場合、その領域を人物領域候補とし、その領域の重心座標を保存する。条件に満たなかった領域は人物領域ではないと判断し差分画像から破棄を行う。その後、保存した重心付近に一定の大きさの領域が一定フレーム以上存在した場合、それを人物の領域であるとみなす。人物の領域であるとみなされた場合、その領域には 1 から順番に ID が振られる。

5.3.2 Mean-shift トラッカによる人物追跡

抽出した人物領域から色相情報の分布の取得を行った後に Mean-shift トラッカによる追跡を開始する。Mean-shift は比較的軽量ではあるが形状の変化やノイズに頑強な追跡が可能な追跡アルゴリズムである。Mean-shift トラッカは現在位置の周囲で色相分布の近似している

領域の探索を行い、類似した領域の重心位置まで現在位置を移動することを繰り返すことによって領域の追跡を行う。

領域内の色相分布の類似度評価には Bhattacharyya 係数を用いる。正規化された比較対象領域の色相分布 p,q に対して以下の通り定義される。ただし、u は色相の成分番号を表わし、m は色相分布の成分数を表す。

$$\rho(p,q) = \sum_{u=1}^{m} \sqrt{p_u q_u} \tag{5.1}$$

5.3.3 複数人数の追跡

Mean-Shift トラッカによる追跡は初期条件を誤らなければ、複数人数の追跡にも適用することができる。カメラの画角に依存するところが大きいが、カメラ全体を埋め尽くすほどの人がおらず初期条件の領域の指定に失敗しなければ追跡を行うことができる。

しかし、特に服の色が似た歩行者同士が近接した場合、トラッカが二人を別々に追跡せず二つのトラッカが一人を追跡し続ける自体が起きることがある。これは、Mean-Shift トラッカが競合してしまい、一人に収束してしまうためにおこる。

この問題への対処として、SignageTracker ではトラッカが複数ある場合、処理上先に処理を行った領域の重みを 0 として次の領域の追跡を行う。図 5.2 は重みを失くした際のイメージ図である。右図左下の白く塗りつぶされた領域が重みが 0 になった領域のイメージである。Mean-Shift トラッカは色相情報を基に追跡を行うため、左下の領域は追跡を行う対象からほぼ除外された状態で次の探索が開始される。そのため、複数人物の追跡の際にトラッカが競合してしまう可能性を減らすことができる。

図 5.2: 追跡領域の重み緩和イメージ

5.3.4　照明環境の急激な変化への対応

研究室内にて先ほど述べたシステムの運用を行い、移動軌跡と注視情報の取得を行ったところいくつかの問題が発見された。その問題の一つが照明条件の急激な変化による誤認識であった。研究室内から人がいなくなるとき、または誰も研究室内にいない状態で人が来たときに照明が消灯または点灯されるため、背景差分に失敗してしまい、画面全体を差分画像であると認識してしまった。図 5.3 は予備実験でこのエラーが起きた際の画像である。研究室内に学生がいなくなってしまったため、左側の電気がついている状態から右側の電気が消えた状態に変化してしまったため、背景差分に失敗し画面中央に誰もいないにも関わらず追跡を行ってしまっている。実験中に起きたエラーの 80% 程度がこの照明条件の変化によるものであった。

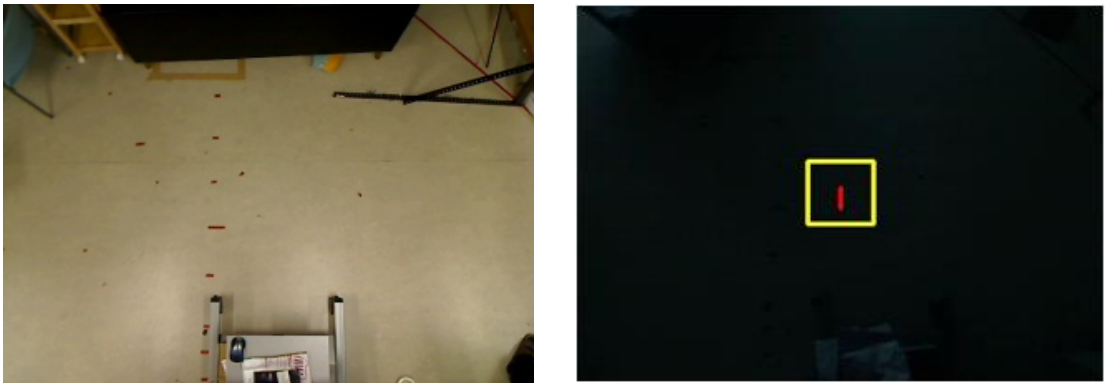

図 5.3: 照明条件の急激な変化による背景差分失敗

この問題に対処するために本システムでは画像処理を行う際に、画像全体の輝度の平均を過去 60 フレーム分保存しておく。このときの輝度情報は YCbCr 表色系の Y を用いる。YCbCr 表色系とは輝度信号 Y と、２つの色差信号 Cb と Cr を使って表現される色空間である。以下に RGB から YCbCr 表色系への変換方法を記述する。

$$Y = 0.257R + 0.504G + 0.098B + 16,$$
$$Cb = -0.148R - 0.291G + 0.439B + 128,$$
$$Cr = 0.439R - 0.368G - 0.071B + 128,$$

人物領域の抽出時に照明条件が急激に変化するなどして、画像の 3/4 以上が差分画像であると認識された場合、現在の画像の輝度平均と過去 10 フレーム分の輝度情報を比較する。Y の値が閾値以上に変動している場合、システムは照明条件が急激に変化したと判断し、追跡を一時的に中止する。その後、新たな背景を 10 フレーム分確保し、再び測定を開始する。

5.3.5　影の誤認識

予備実験中に起きたエラーとして次に多かったエラーとして、画面中に写りこんだ影を人物と誤認識するケースが挙げられる。図 5.4 は左側の画像は影が写りこんでいない場合、右側の画像は影が映りこんだため誤認識をしてしまった場合の様子を撮影した画像である。大画面の前に人はいないが影が天井の移動軌跡取得用カメラに影が写りこんでしまっているため人物と誤認識してしまっている。

このような影の誤認識による、誤った人物軌跡の取得を防止するために SignageTracker では人物の追跡が終了したにも関わらず、SignageGazer で利用している顔の向きを取得するためのカメラ画像中に、人物領域が一度も映り込んでいない場合 SignageTracker で取得した領域を影であると認識し、移動軌跡の描画を行わない。

図 5.4: 影の誤認識

5.4　測定ボックスへの進入判定

ボックスの中への人物の進入判定については以下のアルゴリズムで行う。

このアルゴリズムでは、進入してきた人物の ID と最後に進入してきた時間を保存している。これはボックスの境界付近で歩行者が動いた場合、何度も重複してボックスへの進入を行ったと判定されてしまうことを防ぐためにこのような仕様となっている。

5.5　注視情報の反映と軌跡の描画

最後に、これまで取得を行ってきた人物の移動軌跡と、SignageGazer で取得した注視情報とを組み合わせる。カメラ間の人物の対応に関しては双方のシステムがそれぞれ取得したカメラ座標を比較し判別を行う。これらが正常に対応付けられるように事前にカメラの位置を調整しておく必要がある。

Algorithm 4 ボックス進入判定 アルゴリズム

```
if ボックスとして指定された領域に人物領域が一定の面積以上進入する then
    進入してきた領域の ID を取得する
    if 進入してきた ID の人物がまだボックスに進入していない then
        人物領域がボックスに進入したと判定する
        進入してきた人物の ID と進入してきた時間を保存
    else if 進入してきた ID の人物がすでにボックスに進入している then
        その ID の人物が最後に進入してきた時間を調べる
        if しきい値として設定した時間に達する前に進入している then
            人物領域がボックスに進入したとは判定しない
            進入してきた人物の ID と進入してきた時間を保存
        else
            人物がボックスに進入したと判定する
            進入してきた人物の ID と進入してきた時間を保存
        end if
    end if
end if
```

滞留時間や軌跡を描画するために、SignageTracker は追跡を開始するときの人物領域の重心座標を保存する。その後のフレームで抽出した、人物領域の重心が一定の値以上移動した場合、保存された座標と現在の座標を結ぶ線を描画し、滞留を表す矩形を一つ描画する。一定時間以上大きな移動が観測されない場合（この値はユーザが決定できる。画像中の設定は一秒）、その場に滞留していると SinageTracker ははみなす。その場合、軌跡を描画しない代わりにその場に先ほど描画した矩形より一回り大きな矩形をその場に表示する。滞留時間が延びれば延びるほどより大きなサイズの矩形が描画される。

数秒の滞留であれば矩形を大きく描画したところで問題は発生しないが数十秒以上滞留状態にある場合、矩形が大きくなりすぎて画面を覆ってしまうことがあり得る。そのため、SignageTracker では、一定以上の大きさになった場合、色を若干変更した矩形を初期の大きさから再び描画を行う。この場合、途中の経過が新しくできた矩形によって見えなくなってしまうため、経過を確認したい場合は軌跡情報を 1 ステップずつ再生する必要がある。

滞留時間の表示方法に関して矩形以外にも、円形や数字による滞留時間の表示なども可能である。以下にそれらの設定を行った場合の画像を示す (図 5.5)。円形の場合は矩形と同様に少し大きい円形が重畳表示されることによって、滞留時間を知ることができる。数字の場合は滞留を行った時間を秒単位で画面上に出力する。滞留を行っていない場合は見やすさのため矩形を表示している。滞留中にデジタルサイネージを注目した場合、滞留時間とは別に緑色の数字で注視を行った時間が滞留時間の数字の下に表示される。

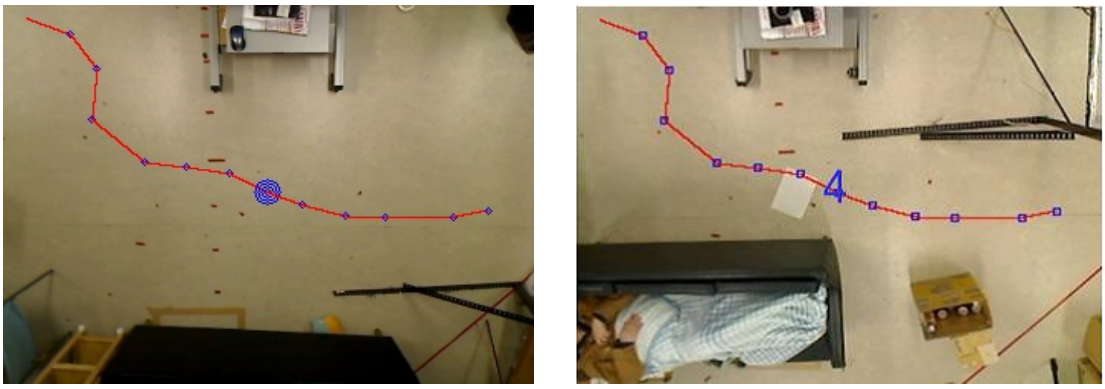

図 5.5: 滞留時間の円形、数字表示

5.6　軌跡情報の出力

人物が画面外に去り、追跡が終了した後、追跡結果として以下の情報がログファイルとして一人分ずつ、時間ごとにフォルダに分類され出力される。このとき保存される座標は天井に設置したカメラ画像の座標である。

- 追跡処理終了時の時間
- 歩行者が移動した座標
- その座標で歩行者がデジタルサイネージへの注視状況
- そのときデジタルサイネージ上に表示されていた画像、または動画のファイル名

測定ボックスを利用した場合は、カウンタボックスの場合は中を歩行者が通過した時間と数（条件を設定した場合は条件を満たした場合のみ）、フローボックスの場合は設置されたフローボックス間を移動した人数と通過した時間が別途記録される。一時間ごとに軌跡データを保存するためのディレクトリが作成され、「tracking[追跡を行った人物の ID].csv」というファイル名で作成されたディレクトリに保存を行う。このファイルを SignageTracker に読み込ませることにより、取得した移動軌跡を処理ごとにみることや、その日一日の歩行者の移動の様子などを見ることができる。

5.7　追跡画像の出力

デジタルサイネージをオフィスや研究室のようなプライバシへの配慮を余り行う必要のない場合歩行者の画像や動画を保存することができれば広告の効果を測定する上で有用である。SignageTracker では設定を行えば追跡処理を行っているときのカメラ画像や背景差分を行ったときの人物領域画像などを保存することができる。この場合も、整頓のために一時間ごとに

ディレクトリが作成されるが、画像の場合作成されるファイルの数が膨大になるため、画像を保存する場合はその中に追跡を行った歩行者の ID ごと更にもう一つのディレクトリが作成され、その中に追跡を行った人物の画像が保存される。

プライバシに配慮する場合、歩行者を撮影した画像はもとより処理中の画像なども一切計算機に保存されず、また利用者も閲覧することができないよう設定を行うことも可能であるため公共の場で利用する場合はこの設定を採用することが望ましい。

第6章　実験

この章では前章で実装した SignageTracker にて、移動軌跡と注視情報の統合と、広告の評価を行うことができているか評価実験を行った。

6.1　実験目的

本実験は、実装した SignageTracker での移動軌跡の取得精度、注視情報との統合精度を検証し、提案した移動軌跡と注視情報を統合した移動軌跡から歩行者がデジタルサイネージの前でどのように動いたか推測を行うことができるか評価を行うことを目的とする。

6.2　実験環境

実験環境は以下の通りである。

- 実験場所　総合 B 棟 1224 号室
- 人物追跡用計算機一台 (Signagetracker)　CPU Intel Core 2 duo 2.14Ghz メモリ 2G Byte
- 顔向き解析と広告表示用計算機一台 (SignageGazer)　CPU Intel Core 2 duo 2.14Ghz メモリ 2G Byte
- カメラ 2 台 Logicool Q-cam pro 9000
- 縦置き型プラズマディスプレイ SONY FWD-50PX3 一台

図 6.1 は総合 B 棟 1224 教室を上空から見た場合の図である。部屋の中央付近にはデジタルサイネージを模した縦置き型プラズマディスプレイを設置した。このプラズマディスプレイは広告表示用の計算機に接続されており、SignageGazer が稼動している。

プラズマディスプレイ付近には図 6.2 のように歩行者を観測するためのカメラが二台設置されている。カメラ A は歩行者の顔の向きを観測するためのカメラである。図 6.2 のようにプラズマディスプレイの表示面に対して撮影する面が平行になるよう設置した。

カメラ B は歩行者の移動軌跡を観測するために設置されたカメラである。図 6.2 からわかるように、カメラ B は天井付近に設置されており歩行者の移動軌跡が取得できるようにレンズが真下を向いている。このカメラで観測を行う領域は図 6.1 と同様になるように高さの調整を行った。

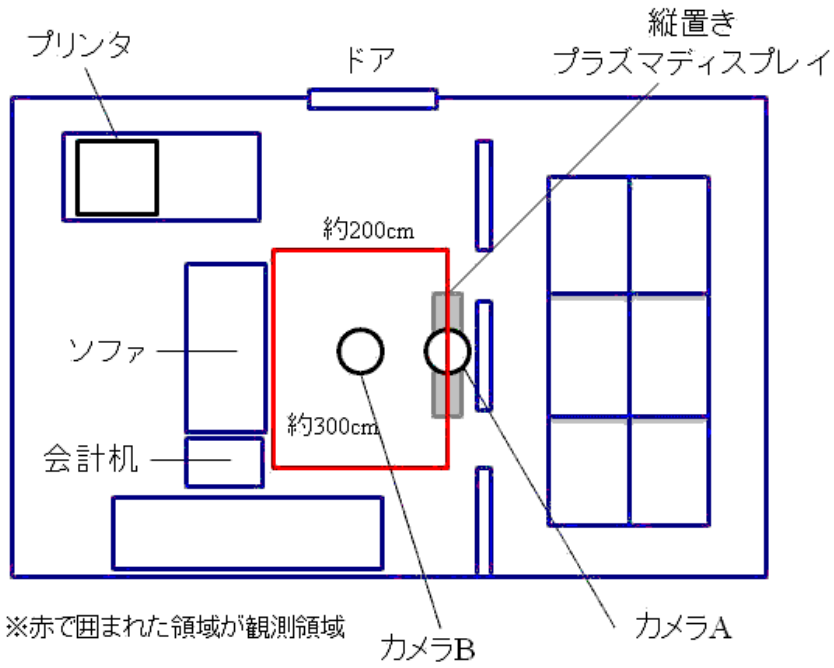

図 6.1: 実験室鳥瞰図

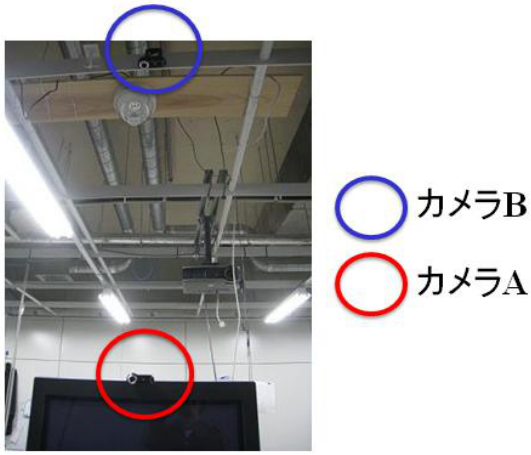

図 6.2: カメラとディスプレイの位置関係

6.3　実験内容

実装したシステムでプラズマディスプレイ上に表示した広告の評価を行うことができるか実験を行った。観測対象は総合 B 棟 1224 教室を居室としている当研究室の学生 6 名と総合 B 棟 1224 教室を訪れた学生である。なお、観測対象には著者も含まれている。

図 6.4 は表示を行う広告の画像である。左図は総合 B 棟 1224 教室にてジュースの販売を開始したことを告知する広告である。総合 B 棟 1224 教室にてジュースの販売が行われたことはなく、また、部屋の利用者にはプラズマディスプレイ上での広告の告知以外、ジュースの販売が開始されたことを告知していない。本実験では、SignageGazer に図 6.4 広告を模した四つの画像と実験中であることを告知する画像の 4 種類を 10 秒おきに 6 表示されている状態で測定を行った。また、観測を行う領域内に菓子類を購入するための机を設置した。これは、被験者がプラズマディスプレイ上に表示されている広告に気付いた後に、菓子類が販売されているデスクに移動するという流れが生じることを期待し設置を行った。図 6.3 は設置された机とプラズマディスプレイの位置関係をあらわす図である。机の上に置いてある紙に氏名と購入した物品の名称を記入後、商品を購入する流れとなっている。

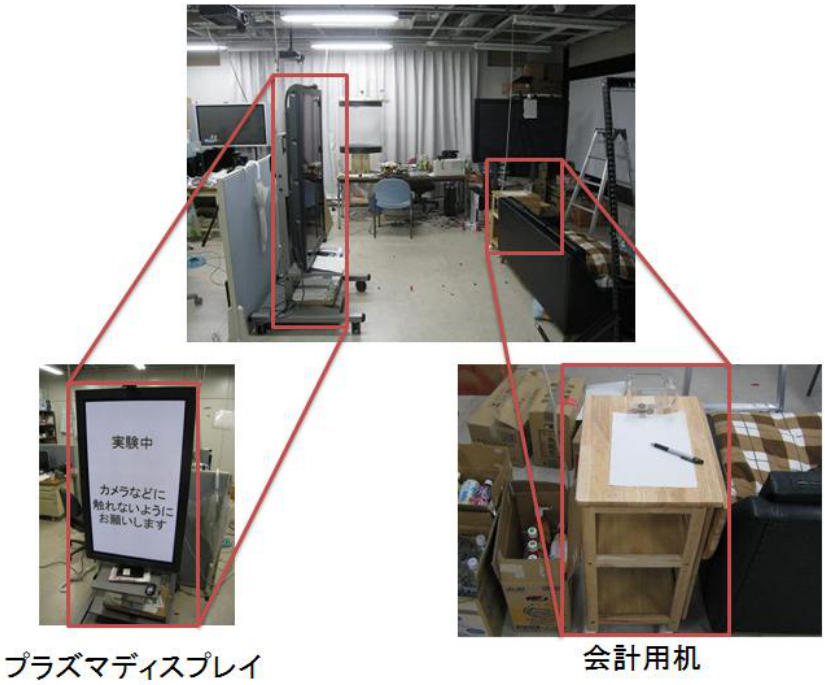

図 6.3: 会計机とディスプレイの位置関係

今回の実験ではこの流れを計測するために、プラズマディスプレイの前と机の前にフローボックスをそれぞれ設置した。図 6.4 の中央図は当研究室内で行われるゼミの時間の告知を、右図は論文の投稿締め切りの告知を行う広告である。また、カウントボックスをプラズマディスプレイの前の領域に設置し、プラズマディスプレイの前で 5 秒以上滞留を行った人物の数を計測した。

図 6.4: 実験で表示した広告画像

6.4　実験結果

実験を行った結果出力された移動軌跡の画像について、カメラ画像と比較を行い以下のような分類を行った。

表 6.1: 正しい推定ができている軌跡の件数／システムが推定した軌跡の件数

注視を行っていない人物の移動軌跡	33/39
注視を行った人物の移動軌跡	8/9

表 6.2: それぞれの広告画像が注視された時間

ジュースの販売告知画像	22 秒
ゼミの時間帯告知画像	26 秒
論文提出締め切りの告知画像	23 秒
実験中であることの告知画像	28 秒

実験の結果、デジタルサイネージへの注視を一切行っていないと判定された軌跡情報が誤検出を含めて 39 件、デジタルサイネージへの注視を行ったと判定された移動軌跡が 8 件、合計で 48 件の軌跡情報が取得された。正確な移動軌跡の取得ができているか否かの判別については手動で分類を行った。

そのうちの二本の移動軌跡から、2 名の被験者が大画面の前に 5 秒以上滞留したことがカウントボックスから観測された。両名の滞留時間は 44 秒, と 39 秒でありかなりの長時間滞留を行っていた。歩行者の画像を分析したところ、両名ともに広告として表示された画像が変化していることに気付き、全ての画像を見た後に移動したため、おおよそ 40 秒程度滞留していることがわかった。これ以外の歩行者は大画面の前で秒以上滞留をすることはなかった。

それぞれの画像の注目された時間は以下の通りであった。図 6.4 の左上の画像が 22 秒、右上が 26 秒、左下が 23 秒で右下の画像が 28 秒であった。各画像間で見られた回数は異なるものの、それぞれの画像の見られた時間に大きな時間差は観測されなかった。

また、設置されたフローボックスの通りに移動した人物は観測されなかった。広告画像自体は見られているものの、広告画像を見た直後にジュースの購入を行った人物はいなかった。

取得した移動軌跡の内、注視を行っていない移動軌跡からは 7 件、注視を行った人物の移動軌跡からは 2 件の誤検出が確認された。誤検出の内訳を表 6.3 に示す。

表 6.3: 誤検出の内訳

正常な軌跡が出力されていない	3
背景と認識されていた物が移動する	3
注視情報と画像とが対応していない	1

図 6.5 は正常な軌跡が出力されなかった一例である。服の色が背景のソファの色と同化してしまったため、トラッカの追跡が失敗していることが図からわかる。背景と認識されていた物が移動されるケースとして、実験中にプラズマディスプレイ正面にあるソファが移動されてしまった場合があった。図 6.6 はソファを動かされたときに表示された軌跡である。背景として除外されているはずの領域が移動してしまったため、背景が更新されるまで人物領域として認識されてしまったため、このようなエラーがおきた。注視情報と画像とが対応していない軌跡は大画面の前を通過するとき画面を見ながら移動を行っていることが画像からは観測されるが、歩行者の移動速度が早いため顔画像がうまく撮影できず顔認識に失敗していると推察される。

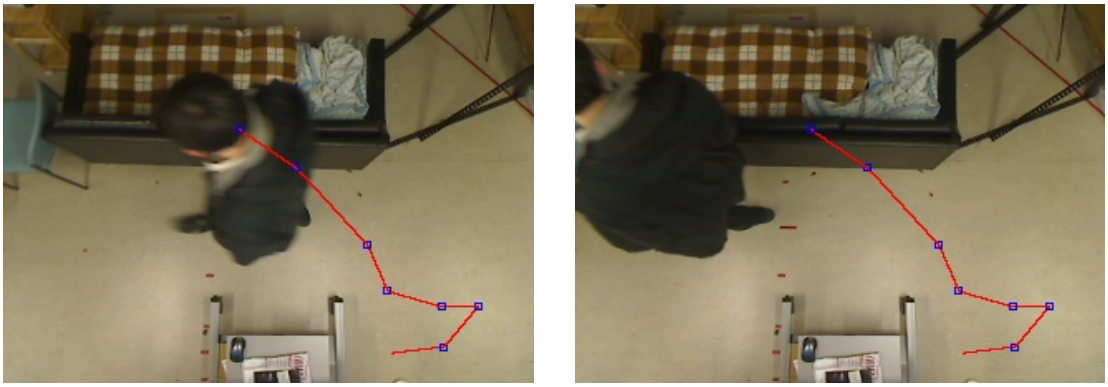

図 6.5: 正常な軌跡が出力されなかった一例

図 6.6: ソファーの誤検出

6.5　考察

表示した広告への評価

今回の実験ではプラズマディスプレイ上のジュースの販売を告知する広告を見た被験者が、広告を見た直後にジュースを購入しにいくことを期待し、ディスプレイの前とジュース売り場の机の前にフローボックスを設置したが、そのような被験者は観測されなかった。この情報から図 6.4 のジュースの販売告知を行う画像広告を見ただけでは歩行者の購買意欲を刺激することができなかったことが分析できる。ただし、広告を見た直後にジュースの購入を行わなかったが、実験後にジュース類の購入を行っている人物は存在したため、口頭で質問したところ、ジュースの広告自体は見たが、広告を見た直後にはのどが渇いておらずジュースを飲みたくなかったため、即座に購入をしなかったとの返答があった。よって、今回表示したジュースの広告は、広告を見た歩行者が即座に（行動）Action に移る広告ではないが、記憶 (mamory) として歩行者の頭に残る広告であったといえる。

歩行者の移動軌跡

実験で取得した被験者の移動軌跡を解析した結果、被験者の動きの流れとしてもっとも多かったものは学生の机からプリンタのある場所へと向かう軌跡であった。そのため、総合 B 棟 1224 教室にデジタルサイネージを設置する場合、座席とプリンタの間に設置すれば画面を見られる可能性が高まると考えられる。

しかし、通行量が多いだけでは実際に見られる回数が多いとは限らないため、実際にその場所に設置し、本当に見られやすいのか調査を行う必要がある。今回の場合は印刷物を取得するために歩行者の数が多かったが歩行者はプリンタから印刷物を取ったら印刷物を見ながら座席に戻ることが多いことも考えられる。そのため、歩行者の数が多いからといって歩行者に見られやすい場所であるとは限らないため、その場所にディスプレイを移動したら、も

う一度調査を行うことが望ましい。このような試行を何度か繰り返すことにより、「実際に」歩行者に見られやすい場所を探し出すことができる点が SignageTracker の大きな長所であると考えられる。

ソファの誤検出

実験では、実験中に被験者の一人がソファを移動することによって誤った移動軌跡の抽出が行われてしまった。歩行者の顔を撮影するためのカメラ中にソファが映り込んでいなければ、影の誤検出を防ぐ際のアルゴリズムで誤検出は除外できたと考えられるが、今回の場合はソファがカメラの画角に入ってしまっていたため、この手法を用いて誤検出を防ぐことはできなかった。考えられる誤検出への対策として、抽出した領域の形が歩行者らしいか解析を行うことが考えられる。領域の形から人物らしさを推定することによって明らかに人ではないと考えられる領域の除外を行うことができる。

第7章　議論

本章では効果測定ツールとしての SignageTracker の長所と短所について議論を行う。

7.1　移動軌跡の表示方法

今回の実装では注視を行っていない状態での移動軌跡は赤く、注視を行っている状態では軌跡を緑色に描画したが、複数の移動軌跡を大量に表示しようとすると軌跡が画面全体を覆ってしまい一つ一つの軌跡の閲覧が困難になってしまう。このような問題に対処するために SignageTracker では軌跡を表示する際に、表示する軌跡の数を一定の単位で区切ることができる。また、フローボックスを設置した場合は指定した歩行者の流れに合わせた軌跡のみを表示することなどができる。

しかし、これらの手法はあくまで表示する軌跡の数を制限することによって閲覧を容易にする手法である。軌跡の色を変更するなどして軌跡の数を制限せずに閲覧性を向上させるような軌跡の表示方法についても検討の余地がある。

7.2　滞留時間の表示手法

本研究では移動軌跡を見るだけで歩行者がどのような動きをしたか知ることができるように、軌跡上に滞留時間を示す図形を表示することで歩行者の動きを推定することを支援している。このとき表示する図形は今回の実装では、四角形、円、数字の三種類であるが、より歩行者の状況を解析しやすい図形がないか一考の余地がある。例として、SignageGazer で取得した顔の向きを矢印として軌跡に重畳表示することが考えられる。SignageGazer では一つのカメラにおおよそ 120 度程度までの顔の角度を取得できるため、デジタルサイネージを囲うように 3 つほどカメラを設置すれば、歩行者が歩いているときの顔の角度を常に取得することができる。そのようにした顔の角度を軌跡に重畳表示すればデジタルサイネージへの注目状況や、歩行者が歩いているときにどこをよく見ているのか軌跡を見るだけで知ることができると考えられる。この手法は一度実際に実装を行い重畳表示をしたが、歩行者がデジタルサイネージの前で前後に動くなどした場合、矢印が軌跡と重複し軌跡がほとんど見えなくなってしまうという問題点があった。また、同じ場所に滞留して左右を見渡すなどした場合、一点に矢印が大量に表示されてしまい逆にどこを見ているのか分からなくなってしまったため、今回のシステムには組み込まれなかった。この二点が解消されるような矢印の表示方法については検討の余地があると言える。

7.3　複数名の追跡

本研究での人物追跡は複数名であっても利用が可能である。しかし、初期領域の指定に失敗した場合複数名の人物追跡が行えない場合がある。典型的な初期条件指定の失敗例としては隣接した二名以上の人物が同時に歩行者追跡用カメラの撮影領域に進入した場合が挙げられる。この場合領域の抽出の際にシステムが二人の人物領域を一つの塊として抽出してしまい、二人が撮影領域に侵入したのではなく一人が進入したと認識してしまう。

このようなエラーへの対処方法として天井に設置したカメラから画像を解析し歩行者の頭部を抽出することが考えられる。追跡する対象を歩行者の全体像ではなく、頭部の領域のみに限定すれば先述したようなエラーは回避できると思われる。この場合、問題点として人によって髪型や頭部の形状が異なるため、これらにロバストな設計を行わなければならない点と、服と髪の色が類似していた場合、頭部の抽出が困難になるであろう点が挙げられる。特に、日本人の髪の色は黒が多いため、スーツのように黒い服を着た歩行者の頭部検出は極めて困難になると考えられる。

7.4　測定ボックスについて

本研究では歩行者の流れや数を計測するために測定ボックスを設置することができる。この測定ボックスについて改良の余地がないか考察を行う。

今回の実装でははは歩行者がボックス内部に進入した場合計測を行っていたが、その条件を変更すると有益な情報が取得できるかも知れない。今回の実験では天井に設置したカメラは一つしかなかったが、SignageTracker ではステレオカメラを設置し、歩行者の身長を取得することができる。これを利用し、井上らは [30] のように子供と思われる身長の人物を推定し、子供が進入した場合のみ数を計測するカウントボックスなどが考えられる。

また、実際に利用して問題となった点として、測定したい領域が四角形では指定しづらい場合にボックスの設置が難しい点が挙げられる。これを解決する方法としてはマウスで測定したい領域を直接囲うことで領域の指定を行うことなどが考えられる。

7.5　顔の識別

SignageGazer では顔の向きを取得してきたが、顔の識別を行うことができればより効果的な測定を行うことができると考えられる。利用方法として、デジタルサイネージを見た歩行者の顔を記憶しておき、その人物が売り場で宣伝を行った商品を見たか認識することができればより詳しい広告の影響を知ることができると考えられる。また、男女の識別や年代の推定が顔画像から可能であれば、男性に好まれる広告や、年代別の広告の見られやすさなどを推定することも考えられる。

顔の識別には [28] などの研究が存在し、実用化されているため、そのようなシステムと本研究を組み合わせて運用することで、より効果的な測定が可能になると考えられる。

7.6　注視情報と移動軌跡を用いた広告表現

SignageTracker で実装を行った 3 つの広告表現を研究室内の学生 1 名と外部の学生 3 名に試用してもらい利用した感想を聞いた。

detailview に関しては注目状況によって表示される画像を変更できるので、試用した際のように 2 種類だけでなく、注視状況によってより多くのパターンの画像に変更できるように実装を行うといいとの意見があった。現在の実装では、歩行者の動き、注視を行っている人数などの条件を適用した表示が可能であると考えられる。

traceview は歩行者の移動方向を推測して、歩行者の進行方向上移動するため移動しない広告よりは気づきやすいとの感想を頂いた。しかし、traceview では、興味のない広告の場合でも歩行者を追跡してしまうため、人によっては不快に感じる場合があるかもしれないとの意見もあった。

intaractive view に関してはタッチパネルや携帯デバイスなどを使用せずに直感的な入力が可能な点が一定の評価を得た。ただし、文字入力や多数の選択肢を選択するような複雑な入力に関しては顔を動かす回数などが増加してしまうので、あまり向いていないであろうとの指摘があった。本システムで想定しているのは公共大画面での利用のため、複雑な入力を要求されることは少ないと考えられるが、複雑な入力などに対応できる入力方法を検討する必要がある。また、顔をどの程度動かせばシステムが認識するのかわからないとの意見があったため、顔の動きに合わせたフィードバックが必要になるとの意見も頂いた。

第8章　まとめと今後の展望

公共の場に設置されたデジタル広告、デジタルサイネージを視聴する人物の移動軌跡と注視情報を測定し、統合する広告効果測定システム SignageTracker の実装を行った。SignageTracker は背景差分と mean-shift トラッカを利用して人物追跡を行い人物の移動軌跡の取得を行った。公共の場での利用が前提となるためプライバシーに配慮した移動軌跡の表示方法として、滞留時間を矩形として移動軌跡に重畳表示する手法を実装した。利用者は歩行者の様子を撮影した動画や画像を見ることなく、移動軌跡を見るだけで歩行者がどのように移動したかといった情報や歩行者がどのように画面を注視したかという情報を推測することができる。

実験の結果、背景画像が急激に変化するなどの問題がなければ 9 割近い精度で移動軌跡の取得が可能であることが分かった。また、広告を見た後の歩行者の動きや、見られた時間からデジタルサイネージに表示する広告そのものへの評価を行うことができた。

また、デジタルサイネージの前を通る歩行者の状態に応じた広告として、今回は注視時間に応じてより詳細な情報を提示する detail view、歩行者を追跡する trace view、歩行者の顔向きに応じて広告が変化する interactive view の 3 つの手法の実装を行い、予備的な実験を行った結果一定の評価を得ることができた。

今後の課題として、より照明条件などに頑強な追跡システムの実装を行うことが挙げられる。また、現在の注視情報による情報の変更は大画面の前にいる人物が一名であるときのみを想定して実装を行っているため、今後は複数名に対応した表示手法の検討を行っていくことなどが挙げられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教員である田中二郎教授には、3 年間に渡り終始懇切なご指導とご助言を頂きました。また、三末和男准教授、志築文太郎講師には、幾度となく丁寧なご指導と適切な助言を頂きました。高橋伸講師には日ごろの進捗のみならず、研究の内容から、論文の執筆に至るまで懇切丁寧に御指導を頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

また、インタラクティブプログラミング研究室の皆様、特にユビキタスチームの皆様には、日頃から多くのご意見やご指摘を頂きました。心より感謝致します。最後に私が挫けそうなときに私を支えてくれた両親や、すべての友人に深く御礼申し上げます。本当にありがとうございました。

参考文献

[1] C.Jin, S.Takahashi, and J.Tanaka. Interaction between small size device and large screen in public space, proceedings of the 10th international conference on knowledge-based and intelligent information and engineering systems. *KES2006*, pp. 197–204, 2006.

[2] Karen Detken, Carlos Martinez, and Andreas Schrader. The search wall: tangible information searching for children in public libraries. In *TEI '09: Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, pp. 289–296, 2009.

[3] Tetsuo Fukasawa, Kentaro Fukuchi, and Hideki Koike. A vision-based non-contact interactive advertisement with a display wall. In *Conf. on Entertainment Computing (ICEC 2006)*, pp. 394–397, 2006.

[4] Chris Harrison and Anind K. Lean and zoom: Proximity-aware user interface and content magnification. In *CHI 2008*, pp. 791–798, 2008.

[5] Maria Karam, Terry R. Payne, and Esther David. Evaluating bluscreen: Usability for intelligent pervasive displays. In *The Second IEEE International Conference on Pervasive Computing and Applications (ICPCA '07)*, pp. 18–23, 2007.

[6] 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.

[7] Azam Khan, Justin Matejka, George Fitzmaurice, and Gordon Kurtenbach. Spotlight: directing users' attention on large displays. In *CHI '05: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 791–798, New York, NY, USA, 2005. ACM.

[8] Kotaro Kitajima, Yoichi Sato, and Hideki Koike. Enhanceddesk and enhancedwall: Augmented desk and wall interfaces with real-time tracking of user's motion. *Ubicomp2002*, pp. 27–30, 2002.

[9] Mehrez Kristou, Akihisa Ohya, and Shinichi Yuta. Panoramic vision and lrf sensor fusion based human identification and tracking for autonomous luggage cart. In *18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 711–716, 2009.

[10] 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.

[11] Kento Miyaoku, Suguru Higashino, and Yoshinobu Tonomura. C-blink: A hue-difference-based light signal marker for large screen interaction via any mobile terminal. *Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 147–156, 2004.

[12] Miguel A Nacenta, Satoshi Sakurai, and Carl Gutwin Tokuo Yamaguchi. E-conic: a perspective-aware interface for multi-display environments. In *UIST 2007*, pp. 279–288, 2007.

[13] Nobuhiko Nishio, Koji Shuto, Kiyoto Tani, Takamichi Ishihara, and Tomonori Morikawa. Wonderwall:realization of interactive wall in the movie minority report. In *UBIcomp2006*, pp. 270–276, 2006.

[14] Alex Olwal, Stephen DiVerdi, Ismo Rakkolainen, and Tobias Höllerer. Consigalo: multi-user face-to-face interaction on immaterial displays. In *INTETAIN '08: Proceedings of the 2nd international conference on INtelligent TEchnologies for interactive enterTAINment*, pp. 1–9, ICST, Brussels, Belgium, Belgium, 2007. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering).

[15] 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.

[16] Hall. Samuel Roland. *Retail advertising and selling*. McGraw-Hill, 1924.

[17] Masahiro Shiomi, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita. Interactivehumanoid robots for a science museum. *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 22, pp. 25–32, Mar/Apr 2007.

[18] Yamada Toshiya, Shingu Jun, Churchill Elizabeth, Nelson Les, Helfman Jonathan, and Murphy Paul. Who cares?: reflecting who is reading what on distributed community bulletin boards. In *UIST '04: Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 109–118, 2004.

[19] Daniel Vogel, Ravin Balakrishnan. Interactive public ambient displays: Transitioning from implicit to explicit, public to personal, interaction with multiple users. *UIST2004*, pp. 137–146, 2004.

[20] デジタルサイネージコンソーシアム. http://www.digital-signage.jp/.

[21] 屋外広告調査フォーラム. http://www.okugai-forum.jp/.

[22] 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.

[23] 構造計画研究所. Vitracom siteview http://www4.kke.co.jp/vt/index.html.

[24] 中村克行, 趙卉菁, 柴崎亮介, 坂本圭司, 大鋸朋生, 鈴川尚毅. マルチレーザスキャナを用いた歩行者の抽出. 第 10 回画像センシングシンポジウム, pp. 409–414, 2004.

[25] 岸田樹, 杉田敏昭, 平野靖, 間瀬健二. インタラクティブな広告のための提示方法の一検討. ヒューマンインタフェース研究学会研究報告集 vol5, pp. 1–6, 2003.

[26] 南竹俊介, 高橋伸, 田中二郎. 公共大画面への注視情報取得システム. DICOMO 2008 DVD 収録, July 2008.

[27] 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.

[28] 小坂谷達夫, 山口修, 福井和弘. 制約相互部分空間法を用いた顔認識システムの開発と評価 (画像情報). 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 3, pp. 951–959, 20040315.

[29] 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.

[30] 井上智雄, 瓶子和幸. グループに適応する公共空間向け公告システム gas. 情報処理学会論文誌 vol 50, pp. 1234–1241, 2009.

[31] 根本博明, 山下邦弘, 西本一志. 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・アウェアネス). 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.

[32] 佐藤竜也, 村田雄一, 志築文太郎, 田中二郎. 立つだけインタラクション- 自然に使い方がわかる公共大画面向けインタラクション. In *WISS2008*, 2008.