

修士論文

SimulWall: 群衆への広告提示を阻害せずに個への案内を同時に提示するインタラクティブウォール

四方田 紗希

2012年2月2日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報処理学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
修士(工学) 授与の要件として提出した修士論文である。

四方田 紗希

審査委員：

加藤	博一	教授	(主指導教員)
萩田	紀博	教授	(副指導教員)
浦西	友樹	助教	(副指導教員)
山本	豪志朗	助教	(副指導教員)

SimulWall: 群衆への広告提示を阻害せずに個への案内を同時に提示するインタラクティブウォール*

四方田 紗希

内容梗概

本論文ではデジタルサイネージで広く用いられる大型ディスプレイにおいて、個に対する案内コンテンツと、群衆に対する広告コンテンツを同時に提示するアイデアを提案している。近年、デジタルサイネージが普及し始めており、このデジタルサイネージは群衆向けの広告コンテンツと、個に向けた案内コンテンツに分類できる。とくにタッチパネルなどの入力機能を有する大型ディスプレイでは、単に広告コンテンツを流すにとどまらず、インタラクティブなコンテンツを提供することが可能である。一般に、デジタルサイネージは公共の場において多く用いられ、不特定多数の対象、すなわち群衆にも個にも情報を提示することが求められている。しかしながら、現状のタッチパネル機能を有する大型ディスプレイにおいては、個に向けたコンテンツを提供している間、大型ディスプレイは群衆に対して機能しないというジレンマを有している。本研究では、画面の近くで案内コンテンツを求める個と、後方から広告コンテンツを見ている群衆にユーザを分類し、群衆のしている広告コンテンツの邪魔にならない領域に個に対する案内コンテンツを提示することで、それぞれに適したコンテンツを同時に提示するアイデアを提案した。このアイデアを実現するには、案内コンテンツを表示する最適な提示領域を求める必要がある。ユーザは個と群衆であるため、最適な提示領域は個側と群衆側の双方から考慮する必要がある。そこで本研究では、群衆からの視点を重視した提示手法を提案し、評価を行った。赤外線距離画像セ

* 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報処理学専攻 修士論文, NAIST-IS-MT1051128, 2012年2月2日.

ンサと可視光カメラを併用してシステムを試作し，実験を行った結果，提案手法により群衆からの広告コンテンツの見やすさが向上するという結果が得られた．

キーワード

コンテンツ同時提示, デジタルサイネージ, 大型ディスプレイ, 距離画像センサ

SimulWall: An Interactive Wall with Simultaneous Service of Public Advertisement and Personal Guidance*

Saki Yomota

Abstract

This paper proposes a system for displaying both a public advertisement and personal guidances simultaneously on a large-scale wall display. Large-scale wall displays are not only effective for an advertisement but also available as a provider of an interactive content. However, the public advertisement and the personal guidance have been exclusive in conventional display systems, because the interactive content occupies the display while it is used for serving the content. A method using an infrared range image sensor and a camera is proposed for estimating a position and a direction of the users who are in front of the display. The users are classified into three states according to his/her own position and direction: operator, viewer and passer. The personal interactive content is hidden by the body of the operator, and the viewers can watch the public advertisement without an obstruction by the personal interactive contents. Experimental results have been demonstrated that the proposed method can display the advertisement and the interactive content simultaneously.

Keywords:

simultaneous serving of contents, digital signage, large-scale wall display, range image sensor

* Master's Thesis, Department of Information Processing, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-MT1051128, February 2, 2012.

目 次

1. 序論	1
2. 関連研究	3
2.1 デジタルサイネージによる複数コンテンツの提示法	3
2.2 大画面ディスプレイを用いたデジタルサイネージ技術	5
2.3 複数人物への情報提示法	7
2.4 本研究の目的と位置づけ	9
3. 提案手法	11
3.1 コンテンツの分類	11
3.1.1 広告コンテンツ	11
3.1.2 案内コンテンツ	12
3.2 本研究のアイディア	12
3.3 本論文での目的	13
3.4 群衆の見え方を重視した手法	15
3.4.1 着眼点	15
3.4.2 対象領域内の人の状態	16
3.4.3 案内コンテンツ表示範囲の導出	17
4. 試作システム	18
4.1 対象者の決定	19
4.1.1 ユーザの検出	19
4.1.2 距離画像センサと可視光カメラのキャリブレーション	20
4.1.3 ユーザの状態推定	25
4.2 コンテンツ表示範囲の導出	25
4.2.1 Operator を考慮するコンテンツ表示範囲	25
4.2.2 Viewer により削られる範囲の導出	26
4.2.3 最終的な案内コンテンツの表示範囲	29

5. 評価実験	30
5.1 実験環境	30
5.2 評価実験 1	30
5.2.1 実験方法	30
5.2.2 実験結果	33
5.3 評価実験 2	34
5.3.1 実験方法	34
5.3.2 実験結果	35
5.4 評価実験 3	40
5.4.1 実験方法	40
5.4.2 実験結果	42
6. 考察と今後の課題	45
6.1 考察	45
6.1.1 評価実験 1	45
6.1.2 評価実験 2	45
6.1.3 評価実験 3	46
6.2 今後の課題	47
7. 結論	48
謝辞	50
参考文献	51

図 目 次

1	桜井市役所のデジタルサイネージ	4
2	マルチディスプレイシステム	4
3	次世代デジタルサイネージ	4
4	千葉市のデジタルサイネージ	5
5	上図:ChaosView , 下図:TowerView	6
6	情報表示エリア	7
7	Vogel らのシステム	8
8	距離と方向による対象の状態	8
9	新川らの想定システム	8
10	空間周波数成分を抽出した結果	9
11	重畳表示による選択的情報提示	9
12	電子案内板	13
13	広告コンテンツの例	13
14	アイディア	14
15	表示領域のトレードオフと利用性が保たれる範囲	14
16	画面の前に立体物があるとき	15
17	画面自体に表示されない範囲があるとき	16
18	対象領域内の人の状態	17
19	案内コンテンツ表示範囲の導出	18
20	システムの流れ	18
21	TOF センサ SR4000	20
22	距離画像	20
23	ユーザ領域抽出の流れ	20
24	各座標系の関係	21
25	キャリブレーションボックス	22
26	平面の塗りつぶし	22
27	抽出された平面	22
28	世界座標系の座標軸と原点	23

29	世界座標系とカメラ画像座標系の対応点	24
30	座標変換の結果	24
31	ラベルごとに色分けした距離画像	26
32	Operator 領域の最小, 最大	26
33	表示画面の大きさ	27
34	Operator だけを考慮した案内コンテンツ表示範囲	27
35	交差判定	28
36	Viewer から見えない範囲	29
37	案内コンテンツの表示範囲	29
38	実験環境	31
39	評価 1 における配置	32
40	アンケート項目 (評価実験 1)	32
41	動作 (A) の様子	33
42	動作 (B) の様子	33
43	評価実験 2 における被験者の立ち位置	35
44	アンケート項目 (評価実験 2)	36
45	Viewer を考慮しない場合の案内コンテンツ提示例 (その 1)	37
46	Viewer を考慮した場合の案内コンテンツ提示例 (その 1)	37
47	Viewer を考慮しない場合の案内コンテンツ提示例 (その 2)	38
48	Viewer を考慮した場合の案内コンテンツ提示例 (その 2)	38
49	評価実験 3 における各表示パターン	40
50	アンケート項目 (評価実験 3-1)	41
51	アンケート項目 (評価実験 3-2)	43

表 目 次

1	評価実験 1 のアンケート集計結果	34
2	評価実験 2 のアンケート集計結果 (1)	39
3	評価実験 2 のアンケート集計結果 (2)	39
4	評価実験 2 のアンケート集計結果 (3)	39
5	評価実験 3-1 のアンケート集計結果 (1)	42
6	評価実験 3-1 のアンケート集計結果 (2)	42
7	評価実験 3-1 のアンケート集計結果 (3)	44
8	評価実験 3-2 のアンケート集計結果	44

1. 序論

近年，公共の場で，ディスプレイなどの電子的な表示機器による情報提示が行われている．このような公共の場において情報を発信するシステムはデジタルサイネージと呼ばれ，列車の車両から駅・空港・ショッピングモールといった大型施設，街頭の大型ビジョンなどあらゆる場所で利用されている [1]．また，プロジェクタ，ディスプレイの開発技術の向上に伴い，大画面ディスプレイの大型化，低コスト化が進んでおり，デジタルサイネージ市場は今後も規模の増大が予想される．

デジタルサイネージは，通信ネットワークを用いて即時かつ一括して操作が可能であり，表示機器が設置されている場所があらかじめ分かっている．設置場所が特定されているため，情報発信を行う際に対象者の想定が容易であり，対象者層に合わせてより適切な情報を提示できることから，従来のポスターやロールスクリーン広告に代わる新たな広告メディアとして普及し始めており，広告メディアだけでなく，駅や空港での案内板や，病院での学校での情報共有を行うツールとしてなど，新しいメディアとしての多様な展開が行われている [2]．これらのデジタルサイネージには，表示できる情報量の多さから大画面ディスプレイが多く用いられる．

大画面ディスプレイを用いるデジタルサイネージには，ニュースや天気予報，運行情報や案内などの映像を一方的に流すものだけでなく，人の動きに合わせて画面や音が反応するものや人の顔を認識して表示画面に工夫を行うもの，タッチパネル式で自由に操作ができるものなど，インタラクションを行うシステムがある．これらのインタラクションは，不特定多数の興味をより惹きつけ，より細やかな情報を発信するために行われる．このように公衆環境下におけるデジタルサイネージには，新製品のコマーシャルビデオのような，広告として多人数の注目を目的とする情報提示と，観光地を紹介したり，目的地を選んでその目的地までの経路を確認できたりといった，案内などの個々へ向けた詳細な情報提示を目的とするものがある．不特定多数が対象者であるという観点からも多人数への情報提示と同時に個々への情報提示を行うことへの要求があるが，現在のデジタルサイネージではこうした異なる対象への情報提示は別々に行われることがほとんど

であり、どちらも対象者とした情報発信機器であっても同時刻に情報提示を行うことは困難である。

本研究では、ディスプレイ前に存在するより多くの不特定多数の人物に適した情報提示を目的として、画面の近くで詳細な情報を欲する個々の人物（以下、個とする）を対象とした案内画面（以下、案内コンテンツとする）と、その後ろに存在する多人数の集まり（以下、群衆とする）を対象とした広告画面（以下、広告コンテンツとする）を同時に同一画面上に実現するアイデアを提案する。群衆向けの広告コンテンツを表示画面全域に表示しておき、広告コンテンツに興味を持ち、画面に近づくことで個と見なされた人物の前にだけ案内コンテンツを表示する。しかしながら、案内コンテンツの表示領域が大きくなれば、表示される広告コンテンツの領域が狭くなり、広告コンテンツをより広い領域へ表示しようとするれば、案内コンテンツの表示領域が小さくなってしまう。そのため、案内コンテンツを表示する最適な提示領域を求める必要があり、この提示領域は、個と群衆の双方からの見易さを考慮する必要がある。そこで本研究では、案内コンテンツの表示ができるだけ広告コンテンツの邪魔にならないように、案内コンテンツ対象者の身体で目立たなくなる領域に案内コンテンツを表示する提示手法を提案する。本論文では、提案手法をもとにシステムを試作し、広告コンテンツの見易さを維持したまま案内コンテンツの提示ができているのか、群衆の視点からの評価を行い、提案手法の考察を行う。

本論文の構成を以下に述べる。第2章では関連研究を紹介し、本研究で取り組む課題について述べる。第3章では想定コンテンツと対象者を説明し、提案手法について述べ、第4章で試作システムについて説明する。第5章では評価実験の概要、結果について述べる。第6章では実験結果も踏まえてシステム全体の考察を行い、今後の展望について述べる。最後に、第7章で本研究の結論を述べる。

2. 関連研究

本章ではまず，デジタルサイネージを用いて複数のコンテンツを提示する例を紹介する．また，複数人物を対象とした情報提示を行う先行研究を紹介し，本研究で取り組む課題について述べる．

2.1 デジタルサイネージによる複数コンテンツの提示法

デジタルサイネージでは，場所や時間，対象者に応じて発信する情報を切り替えることが可能であり，広告，ニュース，地図，運行案内など複数のコンテンツを提示できる．本節では複数のコンテンツを提示するデジタルサイネージの事例を紹介する．

奈良県桜井市役所に置かれているデジタルサイネージ（図1）[3]では，庁舎内案内システムと地元企業のコマーシャルの2つのコンテンツが配信されている．タッチパネル式であり，ユーザが操作すると官庁の案内を受けることができ，操作するユーザがいなければコマーシャルコンテンツが流れる．この桜井市役所のデジタルサイネージのように，コンテンツを切り替えて提示することで，案内板と広告媒体の機能を兼ね備えることができる．しかし，表示画面が大型化したときに，コンテンツを切り替えて提示する手法を用いると，案内コンテンツを操作するユーザが現れるたび，広告コンテンツが中断されてしまうため，他のユーザは案内コンテンツを利用できず，広告コンテンツも見ることができない．そのため，コンテンツを切り替えて提示する手法は，不特定多数の人物に同時に情報提示を行うには不適切である．

また，シャープシステムプロダクト株式会社によるマルチディスプレイシステム（図2）[4]や，株式会社ジェイアール西日本コミュニケーションズによるJR西日本茨木駅の次世代デジタルサイネージ（図3）[5]では，予め各コンテンツの表示位置を決めておき，広告コンテンツと案内コンテンツの提示を同時に行っている．この手法を用いると広告コンテンツを表示した状態で，ユーザが案内コンテンツを利用できる．しかし，各コンテンツの表示位置は固定されているため，案内コンテンツを操作したい人だけが多数いる，広告コンテンツを見たい人だけ



図 1 桜井市役所のデジタルサイネージ

が多数いる，といった場面では，必要とされているコンテンツを十分な範囲に表示できないのに，他方のコンテンツが不必要に提示されてしまうといったことが起こる．



図 2 マルチディスプレイシステム



図 3 次世代デジタルサイネージ

大日本印刷株式会社のアクティビジョン [6] は，設置されているタッチパネル式のディスプレイを操作することで，情報を検索，閲覧でき，リーダーライターに携帯端末をかざして必要な情報やクーポンなどを取得することができる．ピーディーシー株式会社による千葉市のデジタルサイネージ（図 4） [7] も，携帯電話から店舗の詳細情報が確認できるウェブページのアドレスを取得できる．情報を

携帯端末へ発信することで、ユーザの求める情報をより詳細に提示でき、かつ、駅のように人の動きが停滞すると不都合な場面で有用である。このように、ユーザの保有する携帯端末と連携し、設置した表示機器では広告コンテンツを提示し、案内コンテンツを携帯端末に提示することで、広告コンテンツと案内コンテンツを同時に提示できる。しかし、携帯端末を取り出したり、持ち歩いていないと案内コンテンツを利用できないため、情報を必要とするユーザを逃す恐れがある。



図 4 千葉市のデジタルサイネージ

2.2 大画面ディスプレイを用いたデジタルサイネージ技術

本節では、大型ディスプレイを用いた広告提示に関する研究について紹介する。デジタルサイネージにおいてディスプレイを有効に使うためには、ディスプレイの設置場所や、ユーザのプロフィールといったコンテキストに合わせた広告を示す必要がある。

Peltonen らは、ユーザのプロフィール取得に対してユーザがどのような意見を持つのか調査している [8]。広告がユーザの携帯端末上ではなく、大画面ディスプ

レイに表示され，画面の前の集団に合わせて表示画面が変化するシステムにおいて，ユーザのプロフィールを，暗黙的に取得する場合と明示的に取得する場合についてユーザの行動を考察している．

南竹らは，歩行者の画面への注目状況を取得するシステムを提案している [9]．歩行者が大画面ディスプレイで表示画面を見渡すには，眼球だけでなく顔を大きく動かさなくてはならない．このシステムでは，ユーザの顔の向きを解析して大画面上における注視点を取得している．

また，ユーザのコンテキストのひとつに “ユーザの広告への興味 ” が挙げられる．深澤らは，ジェスチャにより表示広告を操作し，ユーザの興味に応じて効果的に情報を提示するシステムを構築している [10]．このシステムでは，ディスプレイと人の距離に応じて，広告への興味の度合を判断しており，興味の度合いに合わせて，ChaosView と，TowerView の 2 つの提示法が可能である．2 つの提示法を図 5 に示す．ChaosView は，広告の全体的な情報を提示する．半透明の広告



図 5 上図:ChaosView，下図:TowerView

が画面内をランダムに動き回りユーザの目を惹き，ユーザがディスプレイの前を通り過ぎると半透明の広告が不透明になる．TowerView では，ChaosView により興味を惹かれたユーザに対して提示する．半透明の 2 つの六角柱の側面に広告が貼られている．ユーザはジェスチャを用いてこの柱を回転させたり，広告を取得することができる．また，両端の情報表示エリア (図 6) で広告の詳細情報を表示できる．



図 6 情報表示エリア

2.3 複数人物への情報提示法

大画面ディスプレイを用いたデジタルサイネージでは，複数人物への情報提示が不可欠となる．本節では，大型ディスプレイを用いて複数人物への情報提示を行う先行研究について紹介する．

Voel らは，”大画面ディスプレイの設置機会の増加は，多数への情報発信だけでなく，個々の具体的な情報をやり取りする機会を作る ”と述べ，複数対象への情報と個への情報をどちらも提示するシステムを提案している [11]．Vogel らにより提案されたシステムを図 7 に示す．Vogel らのシステムでは，対象の状態に

によって表示するコンテンツを変えており，表示されたコンテンツを，ジェスチャによって画面操作できる．対象の状態は，図 8 に示す通り，距離と方向によって決定される．

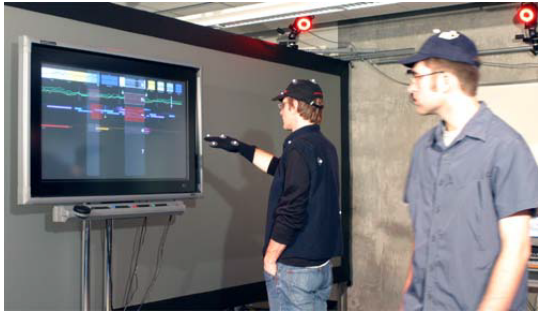


図 7 Vogel らのシステム

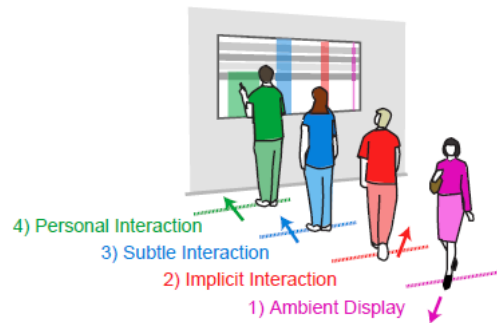


図 8 距離と方向による対象の状態

新川らは，不特定多数への情報提示と同時に，個々への情報提示も行うことを目的として，コントラスト感度関数（Contrast Sensitivity Function，以下 CSF とする）に基づいた情報提示法を提案している [12]．新川らの想定システムを図 9 に示す．CSF とは，空間周波数によって輝度の変化量が異なるという人間の視

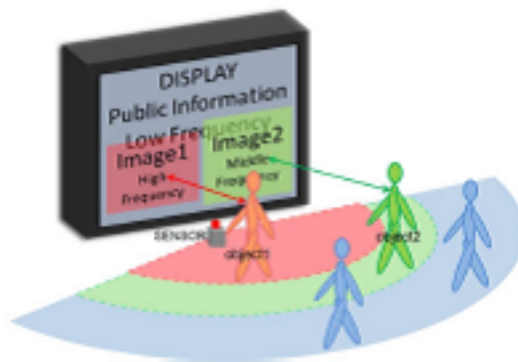


図 9 新川らの想定システム

覚特性である．画面前の対象の距離を測定し，対象の距離で知覚しやすく，その

他の対象からは知覚しにくい空間周波数成分を抽出する．それらの画像を重畳表示することで，複数人物に選択的に情報提示を行っている．空間周波数成分を抽出した画像を図 10 に，重畳表示された結果を図 11 に示す．

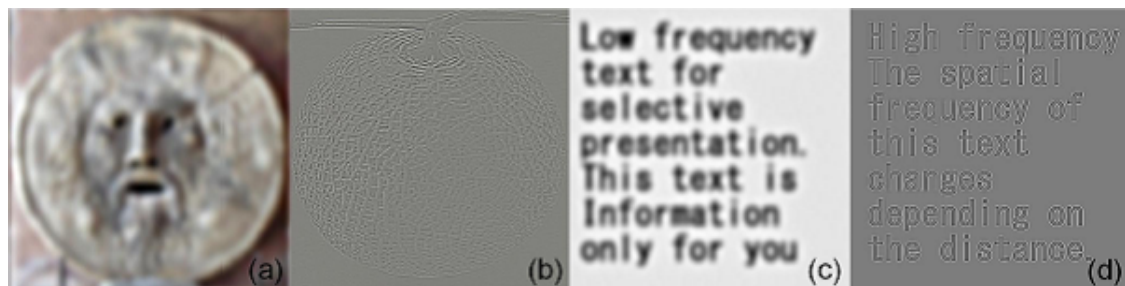


図 10 空間周波数成分を抽出した結果

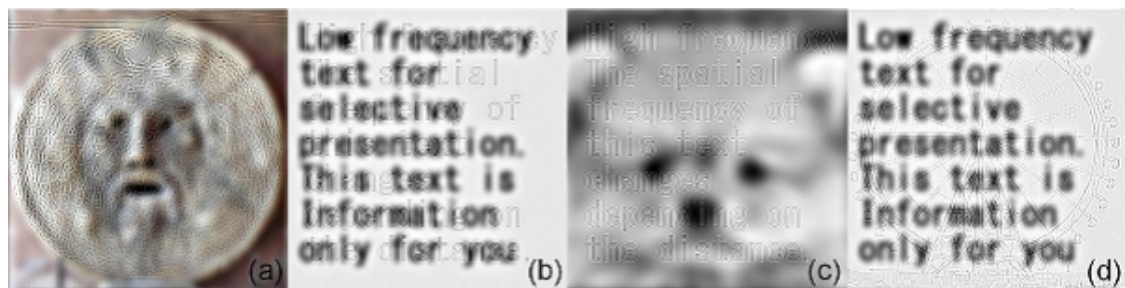


図 11 重畳表示による選択的情報提示

新川らの手法では，対象同士の距離が近い場合は CSF の特性に差がつかず，異なる情報を提示することができない．また，空間周波数成分を抽出する際に情報の欠落が起こる．

2.4 本研究の目的と位置づけ

2.1 節で説明した複数コンテンツの提示法や，2.2 節で挙げた研究では，コンテンツの見せ方や，表示するコンテンツの選び方に重点を置いており，複数の人物

への同時提示に関しては議論されていない。また、2.2 節で紹介した Vogel らのシステムでは、不特定多数への情報提示については考慮されていない。一方、新川らの手法では、情報の欠落が大きいものの、複数人物に同一画面上で選択的に情報提示する方法をモデル化している。

以上のことから、大型ディスプレイを用いたデジタルサイネージは、その場のコンテキストに合わせた情報提示が求められており、ユーザのコンテキストを取得する試みがなされている。また、公共の場に設置されることが多いため、不特定多数を対象にした情報提示が求められている。

本研究では、大画面ディスプレイの全面が効果的に利用することで、不特定多数を対象により適した情報の提示を目指す。

3. 提案手法

デジタルサイネージの利用者は、情報の提示側と情報の対象側に大きく分けられる。また、これまで述べたように、コンテンツの見せ方や、コンテンツの選び方によって、情報の対象側を分類することができる。本研究では、コンテンツを性質の異なる2つに分類し、各コンテンツの対象者に対して同時に提示することを目指す。

本章では、想定したコンテンツについて、3.1 節で説明する。本研究のアイデアを3.2 節で説明し、3.3 節でアイデアを実現するための課題と、本論文での目的を述べる。また、3.4 節で、目的にもとづいた手法を提案する。

3.1 コンテンツの分類

本研究では、デジタルサイネージで多く用いられるコンテンツを以下のように分類している。

3.1.1 広告コンテンツ

デジタルサイネージは、広告媒体としての役割がある。映像を一方的に流すものだけでなく、人の動きに合わせて画面や音が反応するもの、人の顔を認識して表示画面に変化があるものなど、インタラクションが行われている。このような広告は注目を得られやすい。本研究では、案内コンテンツがインタラクションを行うため、広告コンテンツは、コマーシャルビデオや、研究室の紹介ムービーのような映像情報とする。広告コンテンツの一例を、図 13 に示す。

広告コンテンツの目的は、不特定多数の人物がいる環境で、できるだけ多くの人物を注目させることである。また、広告コンテンツの主題が、広告コンテンツの対象者に伝わらなくてはならない。例えば、C という商品のコマーシャルビデオを発信するとき、ユーザがC のコマーシャルビデオだと気づかなくてはならない。しかし、主題が伝わりさえすれば、広告コンテンツの目的は達されるといえる。広告コンテンツとしての映像情報は、見逃した部分や、画面が隠れる部分が

あっても、一定時間視聴することで内容を理解しやすい。そして、その場にいる全員がユーザとなりうるので、できるだけ大きな画面で、群衆に向けて提示されるべきである。

そこで、広告コンテンツは次のような特徴を持つものとする。

- ユーザは群衆である。
- できるだけ広範囲に提示されるべきである。
- 常に表示しておきたい。
- 主題が伝わればよい。

3.1.2 案内コンテンツ

デジタルサイネージは、案内板としても利用される。電子案内板の例を図 12 に示す。館内案内、店舗情報、地図、運行情報、観光案内などが、案内板で提示される情報の例である。本研究では、上記のような、案内板で提示される情報を案内コンテンツとする。

案内コンテンツの目的は、ユーザが求めるときに、ユーザが求める情報を、より詳細に発信することである。例えば、A に向かう人が A の情報を、B に向かう人が B の情報を得られるように、案内コンテンツは個々のユーザに向けて適切に提示されるべきである。また、ユーザ側が欲する情報を発信するため、情報の一部が欠けたり、情報を提示する前に案内が中断されてはならない。

そこで、案内コンテンツは次のような特徴を持つものとする。

- ユーザは個である。
- ユーザが見られる大きさを提示されればよい。
- 常に表示されている必要はない。
- 使用中は遮蔽されてはならない。

3.2 本研究のアイディア

個と群衆はどちらも情報の対象者であるため、個への情報提示と群衆への情報提示を同時に行うことは、大型ディスプレイの利用効率を高め、広告効果も向上

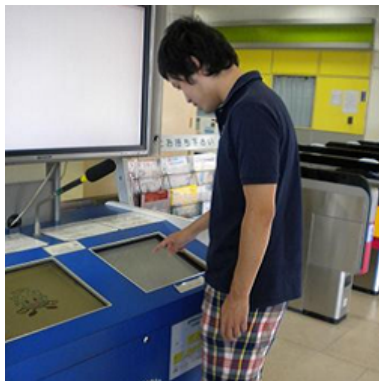


図 12 電子案内板



図 13 広告コンテンツの例

すると考えられ、これらの情報を同時に提示したいという要求がある。各ユーザに向けたコンテンツがどちらも表示され、かつ、各ユーザがそれぞれに向けられたコンテンツを利用できる状態であれば、最良となる表示であるといえる。

3.1 節の分類において、広告コンテンツは、一部が隠れていても主題を伝えることができるものである。一方、案内コンテンツは、より詳しい情報を与える必要があるため、ユーザによって操作できることが望まれる。タッチパネル式のデジタルサイネージは近年普及が進んでおり、今後も設置が増えると考えられる。案内コンテンツをタッチパネルで操作する場合、案内コンテンツ対象者は、画面に近づく必要があるため、画面には案内コンテンツ対象者によって遮蔽される領域ができる。

そこで、これらの情報を同時に提示するために、案内コンテンツを広告コンテンツの邪魔になりにくいところに表示する方法が考えられる。上記の場合、案内コンテンツ対象者の身体で目立たなくなる領域は、広告コンテンツの邪魔になりにくいと考えられる。この提示方法の想定図を図 14 に示す。

3.3 本論文での目的

広告コンテンツと案内コンテンツは、性質と対象者が異なるコンテンツであり、表示画面は有限であるため、この 2 つのコンテンツの表示範囲にはトレードオフ

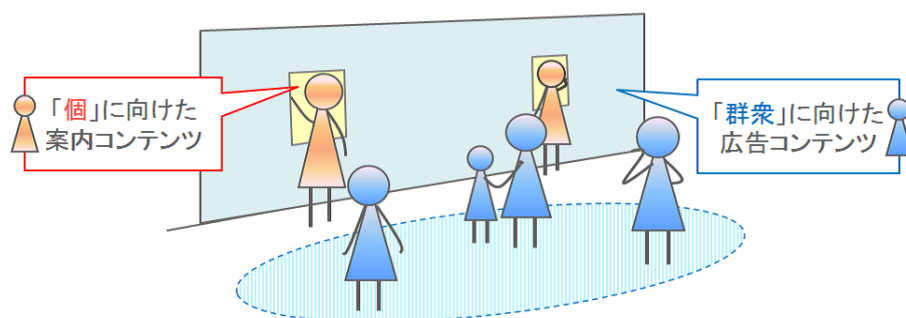


図 14 アイディア

が発生する．案内コンテンツが使いやすい大きさや表示位置を優先すると，広告コンテンツが見えにくくなる可能性があり，広告コンテンツの見易さを優先すると，案内コンテンツは使いにくい大きさや位置に表示される可能性がある．そのため，3.2 節で提案した提示方法は，個と群衆の双方からの利用性が保たれる範囲を求める必要がある（図 15）．

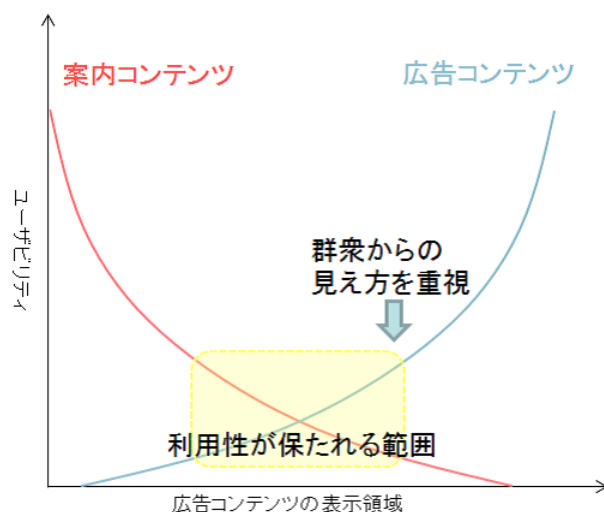


図 15 表示領域のトレードオフと利用性が保たれる範囲

そこでまず，本論文では，デジタルサイネージの利用環境下において，より多

くの人数を占めると考えられる群衆からの見え方を重視する．広告コンテンツの対象者である群衆の中から，広告コンテンツを見ているユーザを考慮し，案内コンテンツが存在する場合でも，広告コンテンツを適切に提示することを目的とした手法を提案する．提案手法に基づきシステムを試作し，広告コンテンツを見る立場からの評価を行う．また，アイデアが実現可能であることも確かめる．

3.4 群衆の見え方を重視した手法

3.4.1 着眼点

図 16 に示すように，画面の前に立体物があるときであっても，視点を変えることで，立体物で遮蔽されていた領域を見ることができる．画面の前の立体物が人であっても同様である．つまり，ディスプレイの前に人が立っていたとしても，ディスプレイ全体で表示されているコンテンツを，その後方のユーザは見る事ができる．



図 16 画面の前に立体物があるとき

したがって，案内コンテンツの表示領域は，案内コンテンツ対象者の正面に出すのではなく，広告コンテンツを見る立場から，案内コンテンツ対象者の身体で目立たなくなる位置に表示するべきである．

また，図 17 に示すように，画面自体に表示されない領域がある場合は，視点を変えてもその遮蔽されている部分の情報は欠落した状態のままである．

そのため，表示される案内コンテンツは，できる限り小さい領域に納めるべきである．



図 17 画面自体に表示されない範囲があるとき

3.4.2 対象領域内の人の状態

本研究では，図 18 が示すように，対象領域内の人物がとりうる状態を，3 つのユーザに分けて扱う．

- Operator

画面からの距離が閾値 D 未満のユーザを Operator とする．Operator は，案内コンテンツの対象者である．画面に接近して，案内コンテンツを操作するユーザであり，個に属する．

- Viewer

画面からの距離が閾値 D 以上であり，画面に顔を向けているユーザを Viewer とする．Viewer は広告コンテンツの対象者であり，Operator 向けの案内コンテンツの表示範囲を導出するパラメータとなる．画面全体を見渡せる位置で，立ち止まって広告コンテンツを見るユーザであり，群衆に属する．

- Passer

画面からの距離が閾値 D 以上であり，画面に顔を向けていないユーザを Passer とする．Passer は広告コンテンツの対象者である．画面の前の通行人であり，広告コンテンツに気づくユーザであり，群衆に属する．

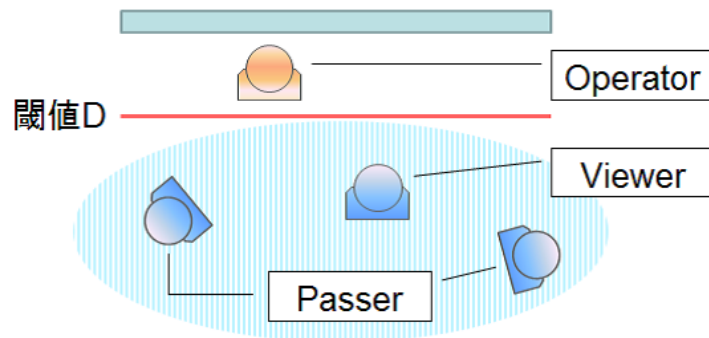


図 18 対象領域内の人の状態

3.4.3 案内コンテンツ表示範囲の導出

本手法では，広告コンテンツを画面全域に表示しておき，広告を見ている人である Viewer を考慮し，Viewer の見ている広告コンテンツの邪魔にならないように，Operator の身体で目立たなくなるように案内コンテンツの表示範囲を決定する．

図 19 に示すように，Viewer の重心と Operator の身体の左端，右端を通る 2 つの直線が画面と交差し，この 2 つの直線で囲まれた範囲を「Viewer から見えない範囲」として，案内コンテンツを表示する．具体的なアルゴリズムについては次章で説明する．

4. 試作システム

本章では，提案手法をもとに試作したシステムについて説明する．試作システムの流れを図 20 に示す．

提案手法では，Viewer の重心位置と Operator の身体の左端，右端の位置を用いて，Viewer の見ている広告コンテンツの邪魔にならないような，案内コンテ

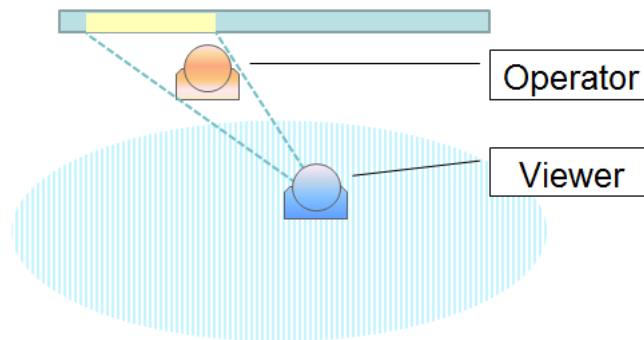


図 19 案内コンテンツ表示範囲の導出

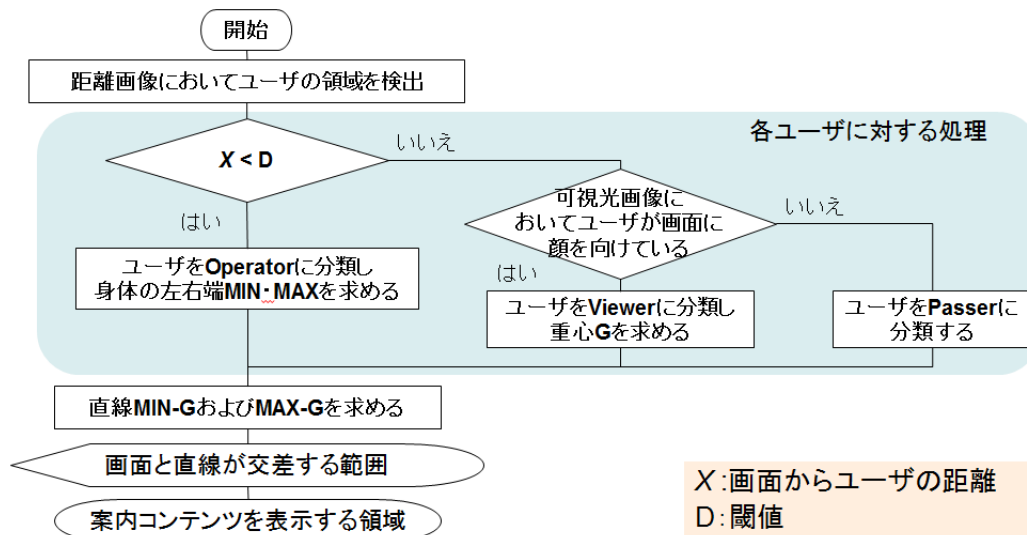


図 20 システムの流れ

ンツの表示範囲を導出する．そのため，対象領域内にユーザが存在するか，ユーザが存在するときには各ユーザの位置，Operator の身体の幅，Operator 以外のユーザが画面に顔を向けているか，という情報を取得する必要がある．

まず，対象領域内に存在するユーザを検出する．距離画像センサを用いることで，対象領域内におけるユーザの位置，およびユーザの身体の幅を計測する．ユーザが検出されたとき，ユーザの位置と画面からの距離を求め，閾値 D 未満のユーザを Operator とする．次に，画面から閾値 D 以上離れているユーザが，画面に顔を向けているか判定する．画面から対象領域に向けて可視光カメラを設置し，この可視光カメラ画像に正面顔が写っていれば，画面に顔を向けているものと判定する．閾値 D 以上であり，かつ画面に顔を向けているユーザを Viewer，閾値 D 以上であるが，画面に顔を向けていないユーザを Passer とする．そして，Viewer の重心と Operator の身体の左端，右端を通る 2 つの直線と，画面平面の交差判定を行い，画面上の 2 つの直線で囲まれた範囲を案内コンテンツを表示範囲とする．

また，これらの処理を実現するためには，距離画像に写ったユーザと，可視光カメラ画像に写ったユーザの対応関係を求める必要があるため，距離画像センサと可視光カメラのキャリブレーションを行う．

以後，各コンテンツの対象者を決定する手順の詳細を 4.1 節で，コンテンツ表示範囲の導出手順の詳細を 4.2 節で述べる．

4.1 対象者の決定

4.1.1 ユーザの検出

本システムでは，ユーザ位置の推定に，赤外線 Time Of Flight 方式 3 次元距離測定カメラ SR4000 (以下，TOF センサとする．図 21) [13] を用いる．TOF センサで取得した距離画像を図 22 に示す．距離画像の各画素は物体との距離を表し，図 22 の例においては物体と近いほど画像の輝度値が小さい．

まず，距離画像からユーザの領域を抽出する．入力画像と，誰もいないときに撮影した背景画像との差分を求め，差がある閾値 N 以上の領域を求める．次に，差分画像に二値化処理を行う．二値化処理後の画像にはまだ細かいノイズが残っ

ているため、メディアンフィルタによるノイズ除去を行う。そして、モルフォロジー演算の一種である膨張処理 [14] を行い、ユーザ領域を抽出する。これらの画像処理は、OpenCV を用いて実装した [15]。ユーザ領域抽出の流れを図 23 に示す。

ユーザ領域の抽出後、この画像に対してラベリング処理を行う。ラベリング処理を行うことで、各ユーザをラベルの番号で区別できる。ラベリングの実装には、井村によるラベリングクラス [16] を用いた。

4.1.2 距離画像センサと可視光カメラのキャリブレーション

4.1.1 節で説明した手法により、距離画像上で各ユーザを区別できる。この距離画像上で計測されたユーザと、可視光カメラ画像に写ったユーザの対応関係を求めるために、距離画像センサと可視光カメラのキャリブレーションを行い、距離画像座標系から可視光カメラ座標系へ変換する座標変換行列を導出する。また、



図 21 TOF センサ SR4000



図 22 距離画像



図 23 ユーザ領域抽出の流れ

キャリブレーションには立方体形状のキャリブレーションボックスを用いる．各座標系の関係を図 24 に示す．以降，各座標系間の変換手順を述べる．

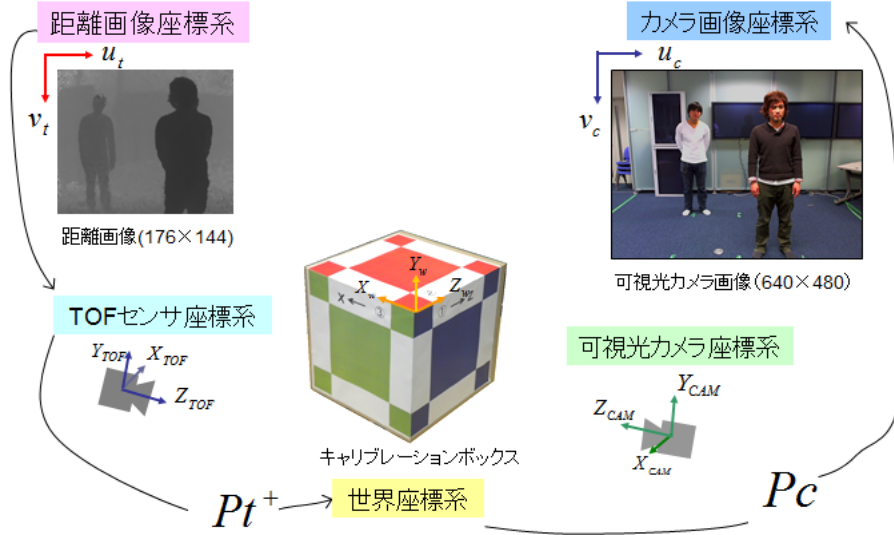


図 24 各座標系の関係

距離画像座標系の座標値は (u_t, v_t) で表される．距離画像座標系は，TOF センサの API を用いて，TOF センサ座標系での座標値 $(X_{TOF}, Y_{TOF}, Z_{TOF})$ へ座標変換される．

TOF センサ座標系から，世界座標系への変換行列 P_t の導出手順を説明する．変換行列は，回転行列 R と，平行移動行列 T で求められる．TOF センサからキャリブレーションボックスの 3 面が映るようにキャリブレーションボックスを設置する（図 25）．平面ごとにマウスのドラッグで塗りつぶし（図 26），同一平面に属する点群を手動で選択し，取得する．取得した点群から平面のパラメータを推定する．図 26 に示した点群から平面パラメータを推定した例を図 27 に示す．なお，本論文では平面の抽出は Point Cloud Library を用いて実装した [17]．

推定した平面パラメータから P_t を推定する手順を説明する．いま，3 つの平面にはそれぞれ対応する法線ベクトル e_1, e_2 および e_3 がそれぞれ存在している．このとき， e_1 は X-Y 平面， e_2 は X-Z 平面，および e_3 は Y-Z 平面の法線ベクトルで

ある．

これらの法線ベクトルを用いて，2 平面の交差する交線方向ベクトルを求める．
3 本方向ベクトルをそれぞれ

$$l_i = (l_{ix} l_{iy} l_{iz})^T \quad (1)$$

とする．ただし， $i = 1, 2, 3$ である．これらの方向ベクトルは，平面の法線ベクトルの外積を計算することで求められる．

$$l_1 = e_2 \times e_1 \quad (2)$$

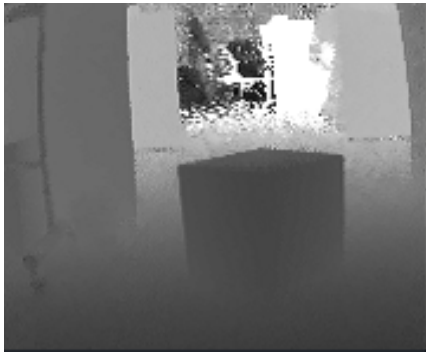


図 25 キャリブレーションボックス

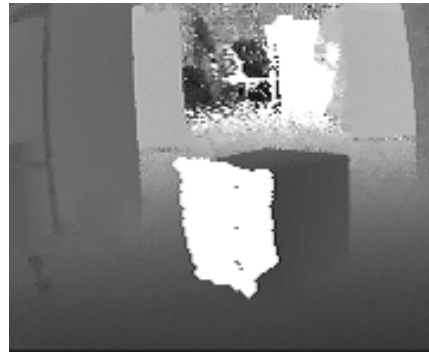


図 26 平面の塗りつぶし

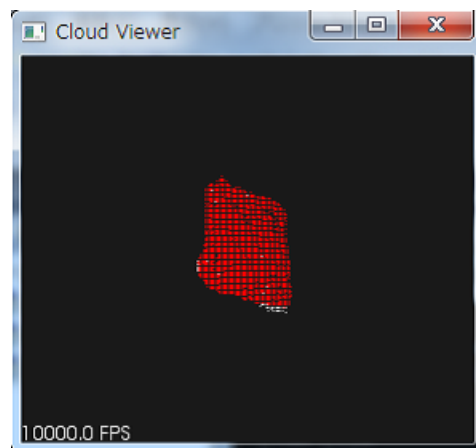


図 27 抽出された平面

$$l_2 = e_3 \times e_1 \quad (3)$$

$$l_3 = e_3 \times e_2 \quad (4)$$

これらの3本方向ベクトルは世界座標系の各軸に平行であるため，長さが1になるように正規化することで，回転行列 R の要素として用いることができる．また，距離画像より手動で選択された3平面の交点 (X_0, Y_0, Z_0) を世界座標系における原点であるとし，これを平行移動行列 T の要素とする（図 28）．

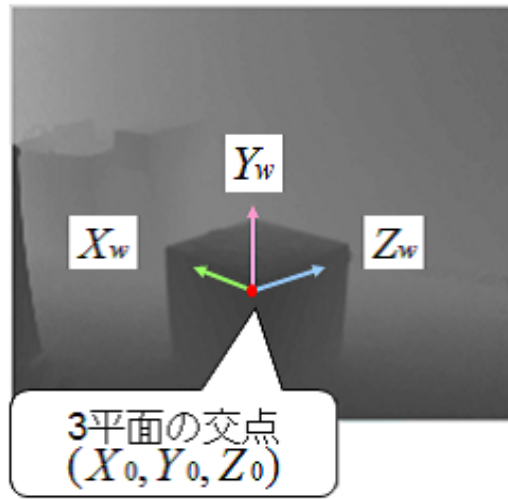


図 28 世界座標系の座標軸と原点

これらを用いることで，以下のような変換行列 P_t^+ が導出される．

$$P_t^+ = \begin{pmatrix} & & & X_0 \\ l_1 & l_2 & l_3 & Y_0 \\ & & & Z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}^+$$

次に，世界座標系からカメラ画像座標系への変換行列を導出する手順について述べる．このとき，カメラの内部パラメータおよび歪み係数は Zhang によるキャリブレーション手法 [18] を用いて推定する．図 29 に示すように，キャリブレーションボックス上にある世界座標が既知である点と，カメラ画像上で対応する点

の組を取得し，疑似逆行列を用いて変換行列 P_c を推定する．なお，本論文では取得する参照点は 13 点とした．

以上のように導出された P_t および P_c を用いて，距離画像座標系からカメラ座標系へ座標変換を行った例を図 30 に示す．この図は，距離画像において人物の右中指先の座標を変換行列で投影したものである．

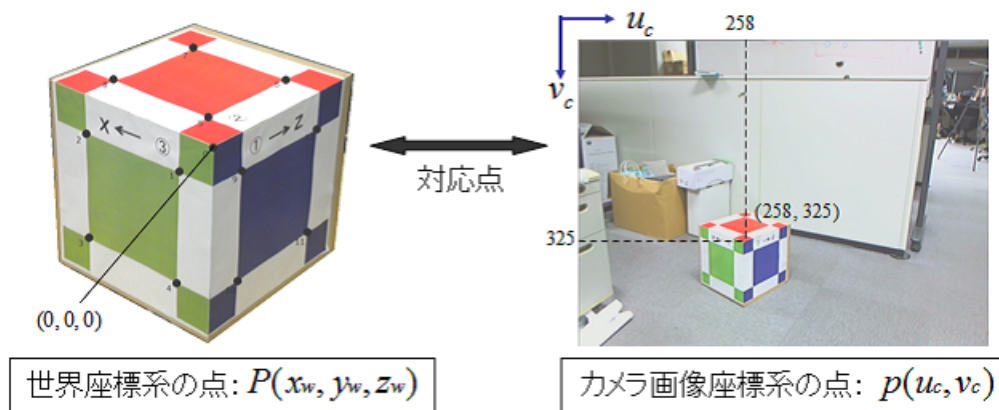


図 29 世界座標系とカメラ画像座標系の対応点

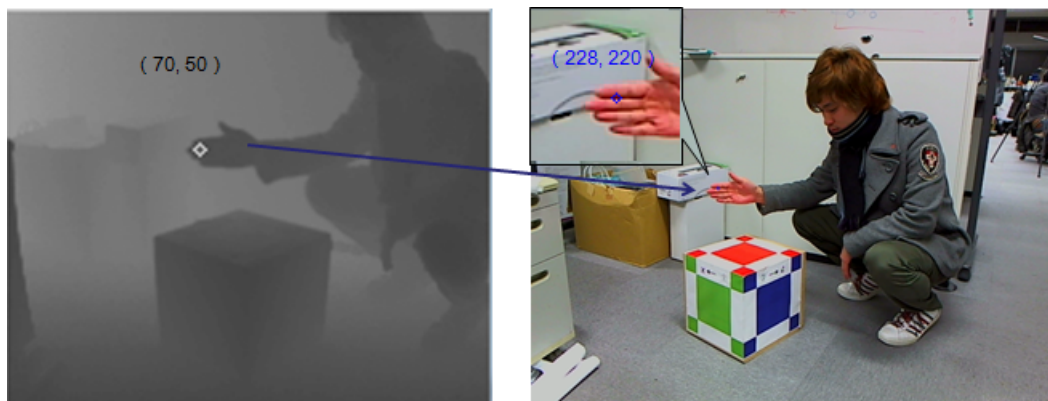


図 30 座標変換の結果

4.1.3 ユーザの状態推定

距離画像におけるそれぞれの閉領域の重心を求め、重心位置を領域を代表する座標とする。まず、画面平面と重心座標との距離をそれぞれ調べ、閾値 D 未満の距離に存在するユーザを Operator とする。

次に、画面から閾値 D 以上離れているユーザを、画面に顔を向けているか否かに基づき、Viewer と Passer に分類する。Operator と推定されたユーザ以外のユーザ領域の、距離画像において v_t が最小となる頂点座標をそれぞれ求め、TOF センサ座標系と可視光カメラ画像座標系の変換行列 $P_c P_t^{-1}$ を用いて、頂点の距離画像座標を可視光カメラ画像座標系に変換する。変換された座標から一定の大きさを有する顔検出範囲のマスクを作成する。

マスクをかけた可視光カメラ画像に対して正面顔検出を行い、検出されれば画面を見ていると判定し Viewer、該当する位置で顔検出されなければ画面を見ていると判定せず、判定されなかったユーザを Passer とする。

4.2 コンテンツ表示範囲の導出

4.2.1 Operator を考慮するコンテンツ表示範囲

画面前に存在するユーザが Operator のみの場合、案内コンテンツが表示される際に、Viewer からの広告コンテンツの見え方を考慮しなくてよい。しかし、画面全域に案内コンテンツを表示すると、その時点で広告コンテンツが表示されなくなる。今回の目的は群衆側を重視しており、Passer への情報提示が表示されなくなるのは望ましくない。そこでまず、Operator がおり、Viewer がいない場合での、案内コンテンツの表示範囲を導出する。

4.1.3 節で、ラベリングとユーザの状態推定を行っているため、距離画像上での Operator 領域が特定できている（図 31）。まず、図 32 に示すように、距離画像上での Operator 領域の最小座標値、最大座標値を求める。求めた座標値は、それぞれ TOF センサ座標系に変換する。

次に，TOF センサ座標系から表示画面座標系へ変換する．提案システムでは，TOF センサは表示画面の周辺に設置される．また，TOF センサとディスプレイとの位置関係は既知であり，変化しないものとする．本論文では，表示画面の中心に TOF センサを設置しており，地面と平行で， $Z_{TOF} = 0$ の位置に画面平面があるものとして説明する．表示画面の解像度は 2800×1050 であり，TOF センサと表示画面の位置関係は図 33 に示す通りである．このとき，画面平面は XY 平面に含まれることから，奥行き方向である Z_{TOF} は考慮しない．したがって，TOF センサ座標系の座標値 $(X_{TOF}, Y_{TOF}, Z_{TOF})$ は，以下の式 (5)，(6) によって，表示画面上の画素値 (x_D, y_D) へ変換される．

$$x_D = \frac{X_{TOF} + 2.1}{4.2} \times 2800 \quad (5)$$

$$y_D = \frac{(Y_{TOF} - 0.57) + 0.765}{1.53} \times 1050 \quad (6)$$

以上の手順で導出された，Operator だけを考慮した案内コンテンツ表示範囲の例を図 34 に示す．

4.2.2 Viewer により削られる範囲の導出

本節では，Operator 向けのコンテンツ表示範囲のうち，Viewer により削られる範囲を求める手順を説明する．図 35 に示すように，Viewer の重心と Operator の身体の左端，右端それぞれを通る 2 つの直線がそれぞれ画面平面と交差する



図 31 ラベルごとに色分けした距離画像

図 32 Operator 領域の最小，最大

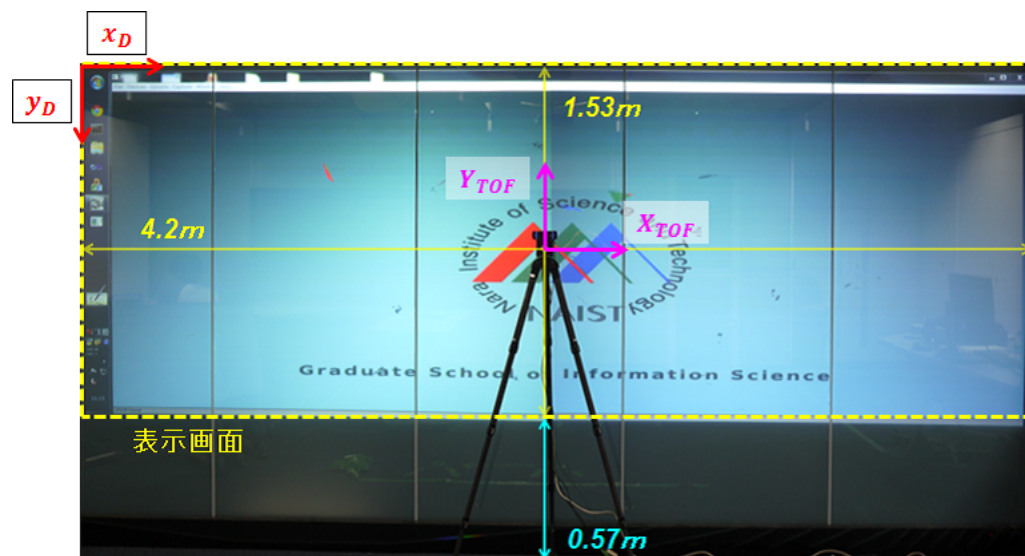


図 33 表示画面の大きさ

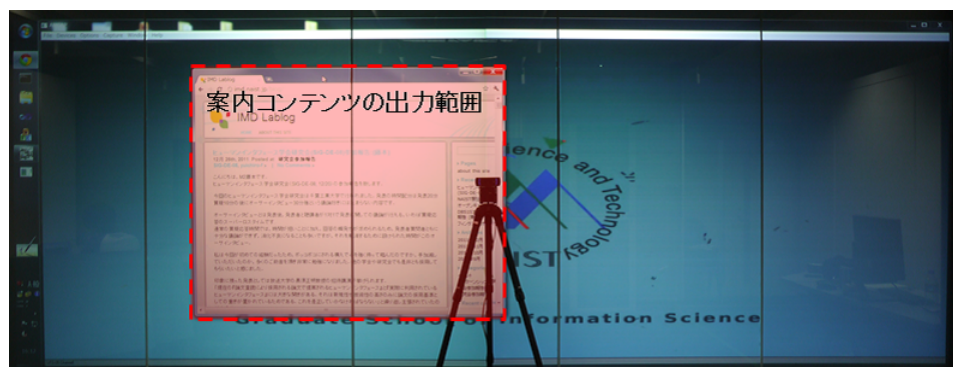


図 34 Operator だけを考慮した案内コンテンツ表示範囲

点 MIN, MAX を求め, $x = MIN, x = MAX$ の 2 つの直線で囲まれた範囲を「Viewer から見えない範囲」とする. 以下で, MIN を求める手順を説明する. まず,

Viewer の重心座標値 (X_g, Y_g, Z_g)

Operator の左端座標値 ($X_{min}, Y_{min}, Z_{min}$)

とする．いま，床面からの高さ（Y 軸方向）については無視すると，直線の式は以下のように表せる．

$$z = ax + b \quad (7)$$

Viewer の重心と Operator の左端を通る直線のパラメータ a, b は，連立方程式 (8) を解くことで求められる．

$$\begin{cases} Z_g = aX_g + b \\ Z_{min} = aX_{min} + b \end{cases} \quad (8)$$

したがって，直線の式に $z = 0$ を代入すれば TOF センサ座標系での画面と交差する X の値 X_{MIN} を求めることができる．この求めた値を，4.2.1 節で導出した式 (5)，(6) を用いて変換することで，画面上での交差する画素値を求めることができる． MAX に関しても同様に求められる．以上の手順で求めた「Viewer から

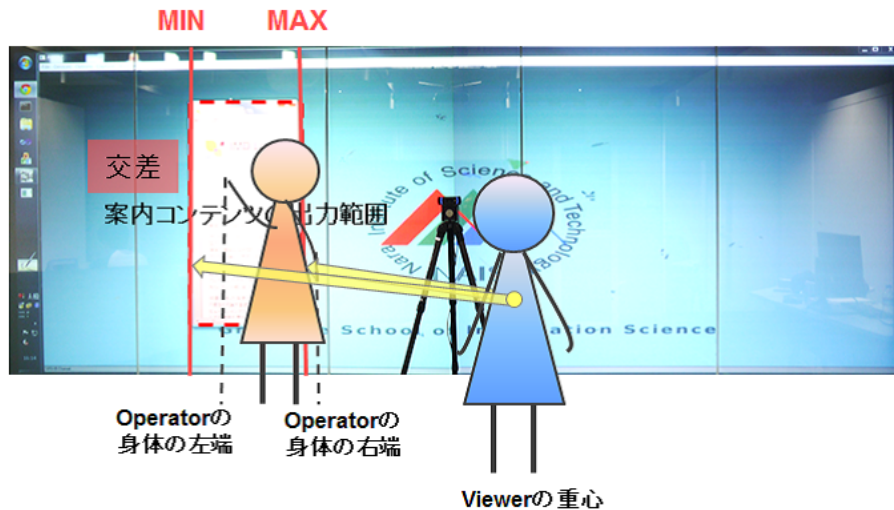


図 35 交差判定

見えない範囲」を図 36 に示す．



図 36 Viewer から見えない範囲

Operator だけを考慮した案内コンテンツの表示範囲，かつ，Viewer から見えない範囲が，最終的に案内コンテンツを表示する範囲となる．図 37 に，最終的な案内コンテンツの表示範囲

4.2.3 最終的な案内コンテンツの表示範囲

4.2.1 節，4.2.2 節で，Operator だけを考慮した案内コンテンツの表示範囲と，Viewer から見えない範囲を求めた．



図 37 案内コンテンツの表示範囲

5. 評価実験

本論文では，提案手法によって Viewer の視界を考慮しつつ Operator に案内コンテンツを表示することで，Viewer の視界を考慮せずに案内コンテンツを表示するよりも，広告コンテンツの見やすさを向上させ，正しく Operator および Viewer に情報が提示できているかを調べる．Viewer の視点からは，人間が画面の前に立っていても広告コンテンツが伝わるかどうか，広告コンテンツの見やすさが向上しているかどうかを確認する．また，提案手法を用いた際の Operator の視点における評価として，後ろに映像が流れることによる影響と，案内コンテンツの見やすさへの影響を調べる．

実験は Viewer の視点からの評価を行う評価実験 1 と評価実験 2，Operator の視点からの評価を行う評価実験 3 に分かれており，それぞれ被験者にアンケートを実施した．本章では，実験環境および実験結果を示す．

5.1 実験環境

本実験は，奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 A 棟 7 階の実験室で行った．本実験室は大型スクリーンおよびプロジェクタを有する．評価実験 2，3 2 では，画面中央には TOF センサと可視光カメラを設置した．

5.2 評価実験 1

5.2.1 実験方法

案内コンテンツ対象者が画面前に複数存在し，広告コンテンツの表示範囲が限られるときに，それらの対象者が広告コンテンツの情報伝達に及ぼす影響を調査する．評価実験 1 では，画面の前に人間がいても，広告コンテンツの狙いが伝わるかどうかを調べるために，以下の手順で実験を行う．

実験手順

- (1) 画面から閾値 D 未満の範囲に人が立つ．

- (2) 広告コンテンツの映像を表示する。
- (3) 映像の再生時間の半分まで、被験者は図 39 の斜線部で動作 (A) を行う。
- (4) 映像の再生時間の最後まで、被験者は図 39 の斜線部で動作 (B) を行う。
- (5) 被験者はアンケートを記入する。
- (6) アンケート項目 (図 40) の 4 番が「はい」であれば終了。
- (7) アンケート項目 (図 40) の 4 番が「いいえ」であれば、画面前の人数を 1 人減らし、(3) ~ (7) を繰り返す。

- 動作 (A) : 「自由に歩き回ってください」
- 動作 (B) : 「自分の見やすい位置で立ち止まって映像を見て下さい」

画面から閾値 D 未満の範囲に立つ人は、画面を隠す役割である。本実験では、無理なく立った状態で画面の前を隠せるとして、この人数を 6 人で開始した。また、動作 (A)、動作 (B) はそれぞれ Passer と Viewer の状態を模したものである。そのため、動作 (A) に関しては、「映像を観るように」という指示は与えない。なお、広告コンテンツには、被験者ごとに異なる 1 分から 1 分 30 秒程度の映像を用

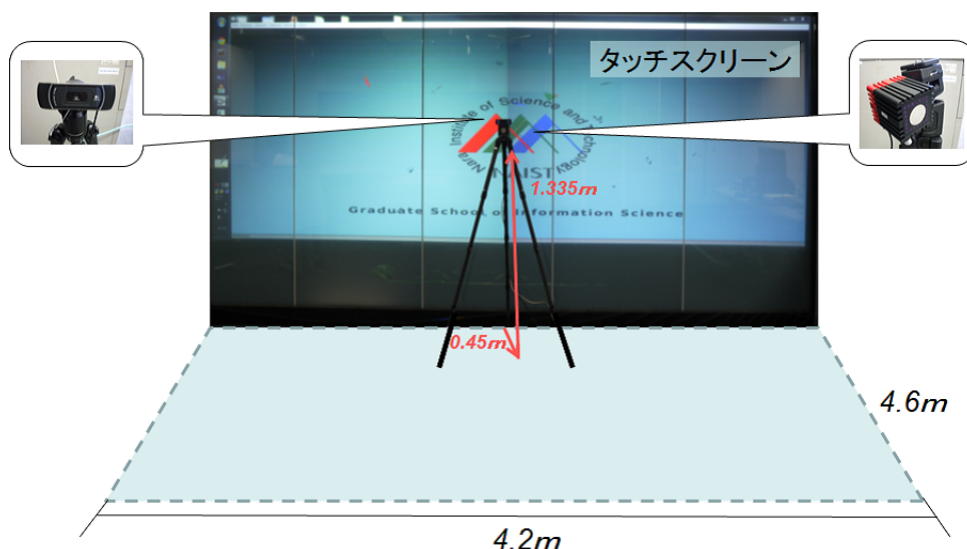


図 38 実験環境

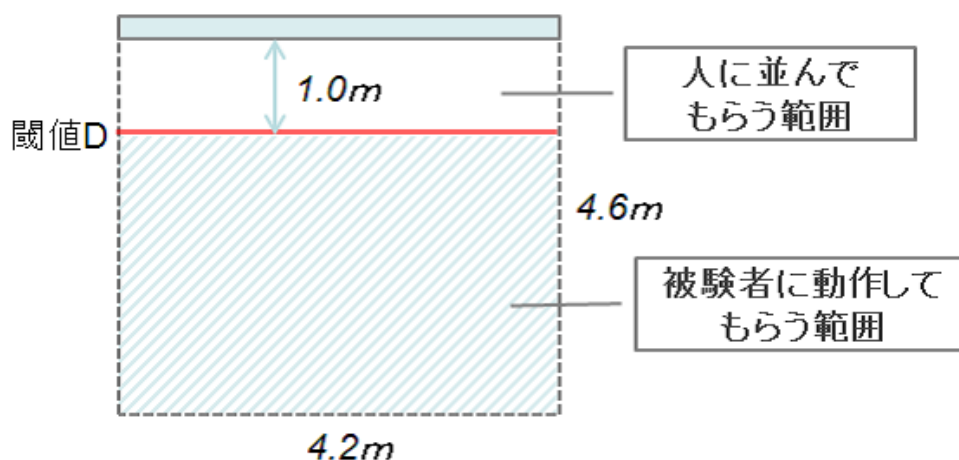


図 39 評価 1 における配置

いた．一般に広告コンテンツの狙いは「目を惹くこと」と「それが何の映像であるかを理解させる」ということである．「それが何の映像であるか」は、映像そのものの正誤ではなく、「ユーザ自身がその映像について、何らかの形で理解したかどうか」が重要であると考えた．したがって、被験者ごとにコンテンツが異なることによる問題はないと考える．

アンケート項目は図 40 のようにし、自由記述項目も設けた．

* 人			
a. 歩き回ったとき	1. 画面で表示されているコンテンツが目に入りましたか。	はい	いいえ
	2. 何の映像わかりましたか。	はい	いいえ
b. 立ち止まったとき	3. 画面で表示されているコンテンツが目に入りましたか。	はい	いいえ
	4. 何の映像わかりましたか。	はい	いいえ
5. 何の映像だったか、簡潔にお書きください。			

図 40 アンケート項目（評価実験 1）

5.2.2 実験結果

評価実験1は22歳から26歳の大学院生21名を対象とし、アンケートを実施した。実験の様子を図41および図42に示す。図41は動作(A)、図42は動作(B)の様子を示している。表1に、アンケート集計結果を示す。



図 41 動作 (A) の様子



図 42 動作 (B) の様子

画面前の人数が6人のとき、「立ち止まったとき」に何の映像が理解できなかった4名の被験者に対し、画面前の人数を5人に減らして実験を継続した。なお、画面前の人数が少なくとも5人の時点で、21人の被験者全員が広告コンテンツの

表 1 評価実験 1 のアンケート集計結果

画面前の 人数	被験者の状態	質問	回答	
			はい	いいえ
6人	a.歩き回ったとき	1. 画面で表示されているコンテンツが目に入りましたか.	13	8
		2. 何の映像かわかりましたか.	13	8
	b.立ち止まったとき	3. 画面で表示されているコンテンツが目に入りましたか.	21	0
		4. 何の映像かわかりましたか.	17	4
5人	a.歩き回ったとき	1. 画面で表示されているコンテンツが目に入りましたか.	3	1
		2. 何の映像かわかりましたか.	2	2
	b.立ち止まったとき	3. 画面で表示されているコンテンツが目に入りましたか.	4	0
		4. 何の映像かわかりましたか.	4	0

内容を理解したため、画面前の人数が 4 人以下の状態においては評価 1 は実施していない。

また、自由記述においては下記のような意見があった。

- 全体の内容を把握するには離れて見た方がいい
- 人の陰になって見えない部分は近づいた方が見やすい

5.3 評価実験 2

5.3.1 実験方法

評価実験 2 では、提案システムを用いることで、Operator に対する案内コンテンツが Viewer から見たときに目立たない領域に表示され、Viewer に対する広告コンテンツの見易さが向上しているかを確認する。

実験手順

- (1) 広告コンテンツの映像を表示する。
- (2) Operator が「0」に立つ。
- (3) 被験者は Viewer として「1」に立ち、映像を見る。
- (3) 案内コンテンツを表示パターン (A) で表示する。
- (4) 案内コンテンツを表示パターン (B) で表示する。

- (5) 被験者はアンケートを記入する．
- (6) Viewer の位置を「2」～「6」に変えながら，(4)～(6)を繰り返す．
- 表示パターン (A)：Operator のみを考慮した表示
 - 表示パターン (B)：Viewer も考慮した表示

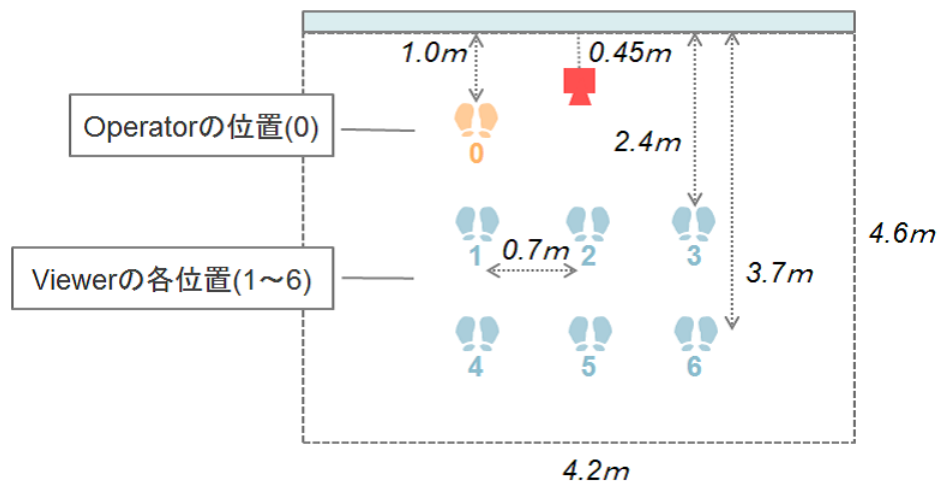


図 43 評価実験 2 における被験者の立ち位置

被験者の立ち位置を決定するため，被験者実験の対象とは別の大学院生 4 名による予備実験を行った．予備実験の結果から，見えの違いが明確な立ち位置として，図 43 において示す立ち位置を定めた．

評価実験 2 は，提案手法を用いることによる変化を調べることを目的としている．したがって，アンケート項目は図 44 のようにする．また，評価実験 1 と同様に自由記述欄も設けた．

5.3.2 実験結果

評価実験 2 は，予備実験とは別の 22 歳から 26 歳の大学院生延べ 10 名を対象とし，アンケートを実施した．図 45 および図 46 は，Operator および Viewer が存

立ち位置【*】

映像とは異なるウィンドウがあることがわかりましたか。

はい ・ いいえ

・・・『 はい を選択した人』

小さなウィンドウはどの程度気になりましたか。

【 とても気になる・やや気になる・どちらともいえない・
あまり気にならない・全く気にならない 】

- パターン(A)とパターン(B)とで小さなウィンドウの見え方に違いがありましたか。

はい ・ いいえ

・・・『 はい を選択した人』

【 (A)の方が見える・どちらかというと(A)の方が見える・あまり変わらない・
どちらかというと(B)の方が見える・(B)の方が見える 】

- パターン(A)とパターン(B)とで映像の見易さに違いがありましたか。

はい ・ いいえ

・・・『 はい を選択した人』

【 (A)の方が見易かった・(A)の方がやや見易かった・どちらもあまり変わらない・
(B)の方がやや見易かった・(B)の方が見易かった 】

図 44 アンケート項目（評価実験2）

在するとき、Viewer を考慮せず案内コンテンツを提示した場合と、Viewer を考慮して案内コンテンツを提示した場合の例を示している。

異なる位置関係において、Viewer を考慮しない場合の案内コンテンツ提示例を図 47、Viewer を考慮した場合の案内コンテンツ提示例を図 48 に示す。

表 2 は表示パターン (A) について設問したアンケート集計結果である。表 3、表 4 には、表示パターン (A) と表示パターン (B) を比較したアンケート集計結果を示す。

また、自由記述においては下記のような意見があった。

- 他人が見ている小さなウィンドウが気になって映像よりも興味がわいた
- 立ち位置 3、6 以外ではほとんどウィンドウの変化を感じない
- ウィンドウが極端に細長くなるのが気になった
- 前の人 (Operator) とウィンドウの位置がずれている



図 45 Viewer を考慮しない場合の案内コンテンツ提示例（その 1）



図 46 Viewer を考慮した場合の案内コンテンツ提示例（その 1）

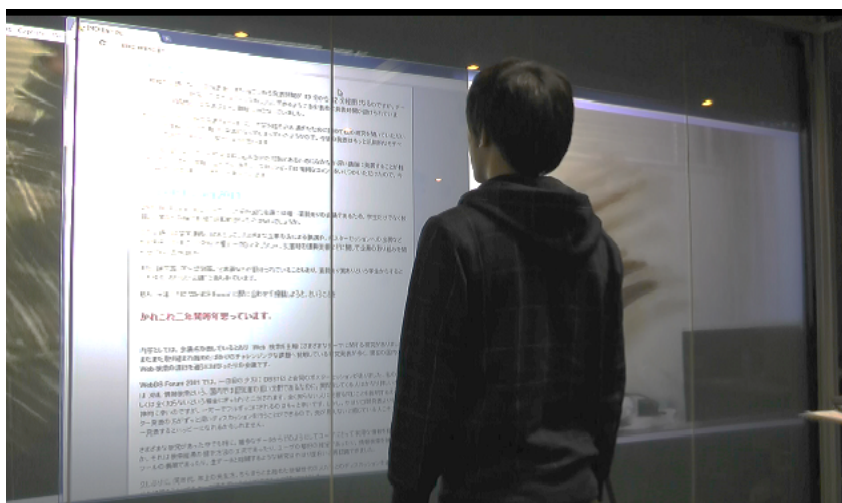


図 47 Viewer を考慮しない場合の案内コンテンツ提示例（その 2）

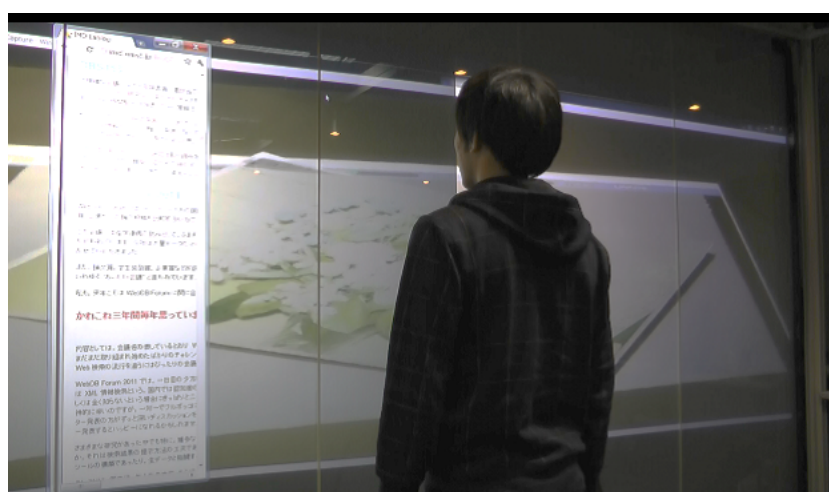


図 48 Viewer を考慮した場合の案内コンテンツ提示例（その 2）

表 2 評価実験 2 のアンケート集計結果 (1)

	無回答	映像とは異なるウィンドウがあることがわかりましたか。		→(「はい」のとき) 異なるウィンドウはどの程度気になりましたか。					
		はい	いいえ	とても気になる	やや気になる	どちらともいえない	あまり気にならない	全く気にならない	無回答
立ち位置1	4	6	0	5	0	0	1	0	
立ち位置2		10	0	2	4	0	2	1	1
立ち位置3		10	0	5	2	1	1	0	1
立ち位置4		10	0	2	4	0	3	0	2
立ち位置5		10	0	5	4	0	0	1	
立ち位置6		10	0	2	6	1	0	0	1

※立ち位置1のとき、無回答4名。このとき、パターン(B)ではウィンドウが表示されなかったため

※立ち位置2, 3, 5のとき枝間に無回答1名、立ち位置4のとき枝間に無回答2名

表 3 評価実験 2 のアンケート集計結果 (2)

	無回答	パターン(A)とパターン(B)とで異なるウィンドウの見え方に違いがありましたか。		→(「はい」のとき) どちらの方がよく見えましたか。					無回答
		はい	いいえ	(A)	どちらかという(A)	あまり変わらない	どちらかという(B)	(B)	
立ち位置1	5	5	0	5	0	0	0	0	
立ち位置2		9	1	5	2	0	0	1	1
立ち位置3		7	3	4	2	0	1	0	1
立ち位置4		10	0	7	0	1	1	0	1
立ち位置5		8	2	4	3	1	0	0	
立ち位置6		7	3	3	4	0	0	0	

※立ち位置1のとき、無回答5名。このとき、パターン(B)ではウィンドウが表示されなかったため。

※立ち位置2, 3, 4のとき枝間に無回答1名

表 4 評価実験 2 のアンケート集計結果 (3)

	無回答	(A)と(B)で映像の見やすさに違いがありましたか。		→(「はい」のとき)どちらの方が見やすかったですか。				
		はい	いいえ	(A)	どちらかという(A)	あまり変わらない	どちらかという(B)	(B)
立ち位置1	5	5	0	0	0	0	1	4
立ち位置2		9	1	1	0	0	1	7
立ち位置3		7	3	0	0	1	3	3
立ち位置4		10	0	0	0	0	1	9
立ち位置5		9	1	0	0	2	4	3
立ち位置6		7	3	0	0	1	4	2

※立ち位置1のとき、無回答5名。このとき、パターン(B)ではウィンドウが表示されなかったため。

5.4 評価実験3

5.4.1 実験方法

評価実験3では、提案手法を用い、Viewerからの見え方を考慮して作ったシステムが、Operator視点からの見易さにどんな影響を与えているか確認する。評価実験3-1では、案内コンテンツの背景として映像が流れることによる影響を調べる。評価実験3-2では、提案手法により、案内コンテンツの見やすさがどのくらい減少しているか確認する。

評価実験3-1

- (1) 被験者の前に案内コンテンツを表示パターン(A)で表示する。
- (2) 被験者の前に案内コンテンツを表示パターン(B)で表示する。
- (3) 被験者はアンケートを記入する。

- 表示パターン(A)：広告コンテンツ表示範囲を黒背景とする表示
- 表示パターン(B)：広告コンテンツ表示範囲に映像を流す表示

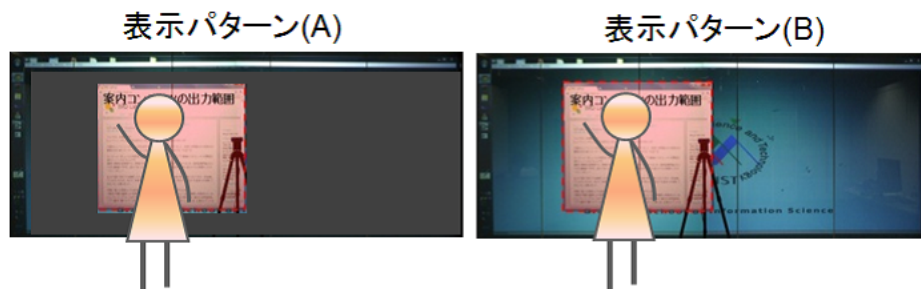


図 49 評価実験3における各表示パターン

評価実験3-1における各表示パターンを図49に示す。アンケート項目は図50のようにし、自由記述項目も設けた。

表 5 評価実験 3-1 のアンケート集計結果 (1)

	ウィンドウは見やすかったか				
	とても見やすい	やや見やすい	どちらともいえない	やや見えにくい	とても見えにくい
背景が黒いとき	3	8	1	0	0
背景が映像のとき	3	4	3	2	0

表 6 評価実験 3-1 のアンケート集計結果 (2)

	ウィンドウとは別の映像はどの程度気になったか				
	とても気になる	やや気になる	どちらともいえない	あまり気にならない	全く気にならない
背景が映像のとき	2	3	1	5	1

- (1) 被験者の前に案内コンテンツを表示パターン (A) で表示する。
- (2) 被験者の前に案内コンテンツを表示パターン (B) で表示する。
- (3) 被験者はアンケートを記入する。

- 表示パターン (A) : Operator のみを考慮した表示
- 表示パターン (B) : Viewer も考慮した表示

評価実験 3-2 において、被験者の立ち位置、表示パターン (B) で考慮される Viewer の立ち位置は、評価実験 2 で定めた立ち位置と同じである。アンケート項目は図 51 のようにし、自由記述項目も設けた。

5.4.2 実験結果

評価実験 3-1 22 歳から 26 歳の大学院生 12 名を対象とし、アンケートを実施した。表 5 から表 7 は評価実験 3-1 のアンケート集計結果である。また、自由記述においては下記のような意見があった。

- パターン (B) の方がウィンドウが小さく見える気がする
- あまり動かない、変化のない動画だとパターン (A) とパターン (B) で同じに感じるかもしれない
- パターン (B) は思った以上に動画に気を取られてしまう。見にくく感じる

- パターン(A)について、次の3問にお答えください。
 - ウィンドウは見やすかったですか。
 [とても見やすい・やや見やすい・どちらともいえない・やや見えにくい・とても見えにくい]
 - 理由にあてはまるものに○を付けてください（複数可）
 [ウィンドウが大きい・ウィンドウが小さい・文字が大きい・文字が小さい・
 画面との距離が近い・画面との距離が遠い・画面との距離がちょうどよい
 ウィンドウの位置が高い・ウィンドウの位置が低い・ウィンドウの高さがちょうどよい・
 ウィンドウの位置が左側に寄っている・ウィンドウの位置がちょうどよい
 その他（ ）]
 - ウィンドウとは別の映像はどの程度気になりましたか。
 [とても気になる・やや気になる・どちらともいえない・
 あまり気にならない・全く気にならない]

【*】

- パターン(B)について、次の3問にお答えください。
 - ウィンドウは見やすかったですか。
 [とても見やすい・見やすい・どちらともいえない・見えにくい・とても見えにくい]
 - 理由にあてはまるものに○を付けてください（複数可）
 [ウィンドウが大きい・ウィンドウが小さい・文字が大きい・文字が小さい・
 画面との距離が近い・画面との距離が遠い・画面との距離がちょうどよい
 ウィンドウの位置が高い・ウィンドウの位置が低い・ウィンドウの高さがちょうどよい・
 ウィンドウの位置が左側に寄っている・ウィンドウの位置がちょうどよい
 その他（ ）]
 - ウィンドウとは別の映像はどの程度気になりましたか。
 [とても気になる・やや気になる・どちらともいえない・
 あまり気にならない・全く気にならない]
- パターン(A)とパターン(B)を比較して、次の間にお答えください。
 - パターン(A)とパターン(B)でウィンドウの見やすさに違いがありましたか。
 はい ・ いいえ
 ・ ・ ・ 『 はい を選択した人 』
 [(A)の方が見やすい・どちらかという(A)の方が見やすい・あまり変わらない・
 どちらかという(B)の方が見やすい・(B)の方が見やすい]

図 51 アンケート項目（評価実験 3-2）

表 7 評価実験 3-1 のアンケート集計結果 (3)

(A)と(B)でウィンドウの見やすさに違いがありましたか。				
とても違う	やや違う	どちらともいえない	あまり変わらない	全く変わらない
2	2	0	5	3

表 8 評価実験 3-2 のアンケート集計結果

	無回答	(A)と(B)でウィンドウの見やすさに違い がありましたか。		→(「はい」のとき) どちらの方が見やすかったか。				
		(はい)	いいえ	(A)	どちらかとい うと(A)	あまり変わら ない	どちらかとい うと(B)	(B)
立ち位置1	8	2	0	2	0	0	0	0
立ち位置2	2	6	2	6	0	0	0	0
立ち位置3		2	8	1	0	0	1	0
立ち位置4	2	6	2	6	0	0	0	0
立ち位置5		3	7	1	1	0	1	0
立ち位置6		3	7	1	0	1	1	0

※立ち位置1のとき無回答8名、立ち位置2, 4のとき無回答2名。このとき、パターン(B)ではウィンドウが表示されなかったため。

評価実験 3-2 22 歳から 26 歳の大学院生 10 名を対象とし、アンケートを実施した。表 8 は評価実験 3-2 のアンケート集計結果である。また、表示パターン (A) と比較したとき、Viewer の立ち位置に応じて表示パターン (B) について次のような意見がみられた。

立ち位置 1:「ウィンドウが小さい」、「ウィンドウの位置が左右に寄っている」、
「ウィンドウの幅が小さい」

立ち位置 3:「ウィンドウが小さい」、「ウィンドウの位置が左右に寄っている (2 名)」

立ち位置 5:「ウィンドウが小さい」、「ウィンドウの位置が左右に寄っている (2 名)」

立ち位置 6:「ウィンドウが小さい」、「ウィンドウの位置が左右に寄っている (2 名)」

自由記述においては下記のような意見があった。

- 自分の正面からウィンドウがずれると見にくい
- ウィンドウサイズの変化が極端
- ウィンドウサイズが支配的。縮小して情報提示した方がよい

6. 考察と今後の課題

本章では，実験結果に関する考察，および本研究の今後の展望について述べる．

6.1 考察

6.1.1 評価実験 1

21 名を対象としたアンケートの結果，広告コンテンツを理解するために最適な位置をユーザ自身が見つめることができれば，少なくとも 5 人が画面前に立っていたとしても，広告コンテンツの内容を理解することが可能であることが示された．大画面ディスプレイ前とユーザの間に別のユーザが存在し，スクリーンの見えを妨げるという事は，特に街頭に設置された大型ディスプレイなどの場合には顕著にみられる事例であるが，そのような状況においても広告コンテンツの提示は有効性を失わないことが本実験により裏付けられたといえる．また，タッチパネル機能を有する大型ディスプレイにおいて案内コンテンツを提供する場合，案内コンテンツの提供を受けるユーザは画面のすぐ前に立つと考えられるが，そのような場合においても，案内コンテンツの提供領域外で広告コンテンツを提示することは，一定の広告効果を得られるものと期待される．

6.1.2 評価実験 2

本実験においては，画面前に立っている Operator が広告コンテンツの一部を妨げる形で案内コンテンツ提供を受けているとき，後方で広告コンテンツを見ている Viewer が感じる印象を被験者実験により調べた．4 名を対象とした予備実験により得られた特徴的な立ち位置に基づき，別の 10 名を対象として実験を行い，アンケートを実施した．

まず，Viewer を考慮せずに，Operator の身体のみを基準として案内コンテンツを提供した場合，すべての立ち位置において，Viewer が案内コンテンツウインドウの存在を認識し，かつ半数以上が「とても気になる」あるいは「やや気にな

る」と回答した。これは、案内コンテンツを Operator に提供する場合において、Viewer 向けの広告コンテンツの効果が減少する可能性を示唆している。

そこで本研究において提案している、Viewer を考慮して Operator へ提供する案内コンテンツウインドウのサイズを制限する手法を導入した場合、半数以上が手法が導入された「表示パターン (B) の方が見やすい」と回答した。この結果より、Viewer を考慮しつつ Operator へ案内コンテンツを提供することは、Viewer に対する広告コンテンツの効果の減少を抑制することが期待される。

6.1.3 評価実験 3

評価実験 3-1 の結果より、案内コンテンツを提示する背景が黒色から映像へ変わると、ウインドウのサイズに変化がなくても、見えにくくなると回答する人が増える。また、広告コンテンツの表示範囲に映像が流れるとき、映像が気になる人と気にならない人がほぼ半数である。「気になる」と回答した人の意見として、「動画に気にとられる」という意見が挙げられる。

評価実験 3-2 の結果より、半数以上が「表示パターン (A) の方が見やすい」と回答しており、表示パターン (A) と表示パターン (B) を比較するとき、「ウインドウの位置が左右に寄っている」、「ウインドウが小さい」という意見がみられた。以上の結果より、Viewer からの見え方を考慮する提案手法は、Operator からの見易さに影響があることを示唆している。その要因の一つとして、ウインドウのサイズが最適化されていないという問題が挙げられる。特に、ウインドウの位置が左右にずれてしまうこと、サイズが小さくなりすぎることが問題となる。

しかしながら、本実験で想定したよりも、実際の Operator の立ち位置は画面に近くなるため、表示画面の左右へのずれは小さくなると考えられる。また、本論文で提案した手法では、Viewer の視野は 180 度あるものとして考えている。実際の人の視覚特性は、視点を動かすことなく認識できる有効視野が左右約 15 度、視点を動かすことで認識できる範囲も含めた中止安定視野が左右 30 ~ 45 度である。したがって、Viewer の視野の範囲を考慮することで、Operator 向けの案内コンテンツを表示できる範囲を広げることができるため、より Operator に適した位置での案内コンテンツの提示は可能であるといえる。

6.2 今後の課題

最後に、今後の検討事項について述べる．本実験ではユーザは静止した状態で検証を行ったが、Viewer が動き回ったり、また Passer が画面を注視することにより Viewer に変化するなど、時間的な変化も激しいと考えられる．そこで今後は、これらの時間的な変化に対する提案システムの有効性についても検討する必要があると考えられる．また、本論文においては、提案手法によって Operator が受ける影響については調査しているが、Operator からの操作性は考慮していない．そのため、Operator にも適した手法の検討が挙げられる．

7. 結論

本研究では、大画面ディスプレイを用いて不特定多数の人物により適した情報提示を行うことを目的とした。提示する情報の違いから、ユーザを「個」と「群衆」に分類し、個に対する案内コンテンツと、群衆に対する広告コンテンツを、同画面上に表示する手法を提案した。ある程度画面が遮蔽されても、広告コンテンツの主題はユーザに伝わるであろうという仮定のもと、対象の位置に合わせて案内コンテンツの表示範囲を決めることで、各コンテンツを同時に提示するアイデアを述べた。また、このアイデアを実現には、個と群衆の双方からの利用性が保たれる範囲を求める必要があるため、本論文では、デジタルサイネージの利用環境下において、より多くの人数を占めると考えられる群衆からの見え方を重視し、案内コンテンツが存在する場合でも、広告コンテンツを適切に提示することを目的とした手法を提案し、提案手法に基づきシステムを試作し、広告コンテンツを見る立場からの評価を行った。

??章で述べたように、評価実験1では、画面がある程度遮蔽されても、広告コンテンツの主題がユーザに伝わるかどうか評価を行い、ユーザが画面の前に立っていても、広告コンテンツの情報が妨げられないことを確認した。また、評価実験2では、実際に作製したシステムを用いて、Operatorの身体が遮蔽する範囲に案内コンテンツを提示し、Viewerに広告コンテンツを提示できるか評価した。実験の結果、提案手法を用いることで広告コンテンツの見易さを保ったまま、案内コンテンツを提示できる表示範囲を求めることができた。さらに、提案手法は群衆からの視点を重視したものであるが、その際の個への影響を調べるため、評価実験3を行った。本論文では、案内コンテンツのユーザ側からの設計を行っていないが、評価実験3の結果をもとに、Viewerの視野を考慮するという方針が考えられる。

しかしながら、本論文では実験で初めに提示した案内コンテンツの表示範囲が適切であったか、提案手法を用いた案内コンテンツの表示範囲が案内コンテンツとして適切であったか等を実験で評価していない。そのため、案内コンテンツ側からの評価や、それに合わせた設計も、今後の課題として挙げられる。また、ユーザインタフェースとしての「動き」がユーザビリティにもたらす影響についても考慮

する必要がある．

今後の展望としては，広告コンテンツの内容をより詳細に伝えることのできる案内コンテンツと組み合わせや，映像だけでなく案内コンテンツと広告コンテンツで別々の音声を提示を行うこと，携帯端末と連携して群衆がより興味を持ちそうな広告コンテンツを選択して提示することなどが考えられる．案内コンテンツによりユーザを惹きつけることで，広告コンテンツの視聴率を向上させることが期待される．また，本論文では，案内コンテンツは「案内コンテンツ操作者の身体で目立たない位置」に表示すべきと考えたが，完全に操作者の身体に隠してしまうより，操作者の身体から見える部分もあった方が，群衆を惹きつける可能性もある．このように，案内コンテンツを操作している「人」も含めて，Passer を Viewer にするためのコンテンツの選択や，Viewer を Operator にするための工夫を行うことで広告コンテンツの効果を向上させることが期待できる．

謝辞

謝辞本研究を行うにあたり，主指導教官として，研究の方針をはじめ数多くの的確なご助言とご指導を賜りました加藤博一教授に心より御礼申し上げます．副指導教官である萩田紀博教授には学内での研究発表会を通して貴重なご助言，ご指導を頂いたことを心より御礼申し上げます．研究室内での研究発表会を通して様々なご助言を頂いた宮崎純准教授，山本豪志朗助教，武富貴史助教，前研究室時代から多くのご助言，ご指導を頂いた池田聖助教に心より御礼申し上げます．現在まで面倒を見ていただき，熱心なご指導をいただいた浦西友樹助教に心より御礼申し上げます．また，入学してから1年間の研究生生活を送らせていただき，様々なご指導，ご助言いただいた像情報処理学講座の千原國宏教授（大阪電気通信大学），眞鍋佳嗣教授（千葉大大学院）に心より御礼申し上げます．そして，研究生生活を送る上での様々なサポートを頂きました像情報処理学講座の山田真絵秘書，インタラクティブメディア設計学講座の上野真紀子秘書に心より御礼申し上げます．研究室の同回生の皆様，先輩，後輩方，特に，インタラクティブメディア設計学講座の久保和樹君には，実験を行うにあたり協力していただきました．心より御礼申し上げます最後に，このような機会を与えて下さったすべての皆様に，深く感謝致します．

参考文献

- [1] Yasuji Eguchi. “The Old and New Visual Media ”Digital Signage””. *The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers*, Vol. 62, No. 11, pp. 1730–1733, 2008.
- [2] “デジタルサイネージコンソーシアム — Digital Signage Consortium”. <http://www.digital-signage.jp/about/>.
- [3] 株式会社タツミ. “導入事例”. <http://www.tatsumi-ds.jp/casestudies/>.
- [4] シャープシステムプロダクト株式会社. “総合病院国保旭中央病院様 | 医療・福祉 | 導入事例紹介 | ビジュアルソリューション: シャープシステムプロダクト株式会社”. http://www.sharp-ssp.co.jp/visual/cases/case_094.html.
- [5] 株式会社ジェイアール西日本コミュニケーションズ. “JR 茨木駅で次世代デジタルサイネージの実証実験を実施します”. <http://www.jcomm.co.jp/news/jr/>.
- [6] 大日本印刷株式会社. “DNP 大日本印刷デジタルサイネージソリューション: 機器一覧: アクティビジョン”. <http://www.dnp-signage.jp/product/index2.html>.
- [7] ピーディーシー株式会社. “千葉市様 | 導入事例 | ピーディーシー株式会社 (PanasonicDigitalCommunications)”. http://www.sharp-ssp.co.jp/visual/cases/case_094.html.
- [8] 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 *Proceedings of the 6th international conference on Mobile and ubiquitous multimedia*.
- [9] 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”. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2008) シンポジウム.

- [10] 深澤哲生, 福地健太郎, 小池英樹. “壁型ディスプレイを用いた非接触対話型電子広告システム”. 第14回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2006) 予稿集.
- [11] Daniel Vogel and Ravin Balakrishnan. “Interactive public ambient displays: transitioning from implicit to explicit, public to personal, interaction with multiple users”. *Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 137–146, 2004.
- [12] 新川祥史, 杉村大輔, 佐藤洋一, 小池英樹. “人の視覚特性に基づく大型ディスプレイによる複数人物への選択的情報提示”. 情報処理学会シンポジウム論文集, Vol. 2010, No. 4, pp. 29–32, 2010.
- [13] Mesa Imaging AG. “Mesa Imaging AG - SwissRanger SR4000-miniature 3D time-of-flight range camera. 3D Camera”. <http://www.mesa-imaging.ch/>.
- [14] 田村秀行. コンピュータ画像処理. オーム社, 12 2002.
- [15] “OpenCV Wiki”. <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>.
- [16] “ラベリングクラス”. <http://oshiro.bpe.es.osaka-u.ac.jp/people/staff/imura/products/labeling>.
- [17] “Point Cloud Library”. <http://pointclouds.org/>.
- [18] Zhengyou Zhang. “A flexible new technique for camera calibration”. *IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, No. 11, pp. 1330–1334, 2000.