

デジタルサイネージに向けた 情報を正対表示させ歩行者を引き付けるシステム

小玉駿^{†1} 須藤翔太^{†1} 渋沢進^{†2}

近年、ディスプレイを設置して情報を発信するデジタルサイネージが普及しつつある。さらに宣伝効果を高めるために、カメラ等を用いてデジタルサイネージ周辺の状況を取得し利用する研究が行われている。しかしその多くは、画面を注視している閲覧者に効率よく広告を行うことを重視しており、歩行者を注視させるかどうかについてはあまり考慮されていない。そこで本研究では、深度センサとして Kinect を用いて、歩行者の位置に応じて画像を正対表示することで、より閲覧者の注意を引き付ける手法を提案し、システムを構築した。このシステムを大学構内で稼働させた結果、正対表示を行わない場合と比較して、注視時間の増加や足を止める人が増加することを確認した。

A System for Digital Signage to Attract Walkers by Showing Perspective Views

SHUN KODAMA^{†1} SHOTA SUTOU^{†1} SUSUMU SHIBUSAWA^{†2}

In recent years, digital signage technology to show information by placing displays in public space comes into wide use. Many researches that use cameras to get information near the digital signage have been conducted. These researches aim the viewer who watches a screen closely and advertise efficiently, but do not consider about attracting viewers' attention. This paper presents the development of a system for digital signage that uses Kinect sensor and attracts walkers by showing a perspective view. We placed this system in the university campus and compared the actions between the walkers in perspective view mode and normal view mode. The result shows that average gaze time increases and the number of walkers to stop near the display increases compared to with normal view mode.

1. はじめに

近年、公共空間などにディスプレイやプロジェクタを設置することで情報を発信するデジタルサイネージが普及しつつある。デジタルサイネージには動画や音声などのマルチメディアを扱えるだけでなく、情報を動的に扱えるため、提示する情報の変更や更新が可能という利点がある。しかし、これまでのデジタルサイネージでは、情報の切り替えは単純な時間により変化するか、利用者の操作等に応じているものが多い。これは、デジタルサイネージが周囲の状況を取得していないためである。このような問題を改善するために、カメラなどを用いてデジタルサイネージ周辺の状況を取得し、利用する研究が行われている。

また、広告宣伝に対する消費者の心理プロセスを表した法則に AIDMA の法則[1]がある。これによれば、消費者が商品を購入するまでに 1.Attention (注意), 2.Interest (関心), 3.Desire (欲求), 4.Memory (記憶), 5.Action (行動) の 5 段階のプロセスがあると分析している。ここで『Attention』とは広告に気付き、宣伝内容を見る段階である。動画や音声を用いた身近な広告としてテレビ CM があるが、テレビ CM では閲覧者が画面を注視していることが多く、広告に気付きやすい。これに対し、デジタルサイネージでは、そ

の設置環境から閲覧者は歩行中であり、画面を注視していないことが多い。そのためデジタルサイネージではどのように閲覧者を引きつけ、注視時間を増加させるかが重要になると考えられる。しかし、これまでのデジタルサイネージに関する研究では、画面を注視している人に効率よく広告を提示することを目指しており、『Attention』について考慮されていなかった。

他方で、ディスプレイに表示される情報を利用者に正対させることで得られる効果について調査した研究[2],[3]では、被験者実験により正対表示が可視性・可読性を向上すると結論付けている。この正対表示を行う機能をデジタルサイネージに応用し、歩行者に対して情報の正対表示を行うことで、より歩行者を引きつけ、注視時間の増加に結び付くと考えられる。

そこで本研究では、周囲の歩行者を検出して対象となる歩行者を定め、その歩行者の位置に応じて情報の正対表示を行うことで、より歩行者を引きつけることができるデジタルサイネージ向けのシステムを構築する。本システムでは、デジタルサイネージの広告対象が不特定の歩行者であることを考慮し、非接触で動作するセンサとして Kinect を用いる。これを用いて周囲の人物を検出し、画像を変形することで歩行者に情報を正対表示する。

本システムを評価するため、本システムを大学構内で稼働させて、それぞれ歩行者の行動比較を行った。その結果、歩行者の平均注視時間は、正対表示を行わない場合が 2.5

^{†1} 茨城大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

^{†2} 茨城大学工学部
Faculty of Engineering, Ibaraki University

秒、正対表示を行う場合が 4.4 秒となり、正対表示を行うことで歩行者の平均注視時間が約 1.9 秒、即ち約 76%増加した。さらに、モニタを『振り返る』、『足を止める』、『動き回る』のような動作を行う歩行者も増加した。以上のことから、本システムには歩行者を引きつける効果があることを確認した。

本稿では、2 節で関連研究、3 節で提案システム、4 節でシステムの実装、5 節で正対表示による歩行者の動作比較実験、6 節でまとめについて述べる。

2. 関連研究

2.1 AIDMA の法則

広告宣伝に対する消費者の心理のプロセスを示した、AIDMA の法則[1]がある。これによれば、消費者が商品を購入するまでに 1.Attention(注意), 2.Interest(関心), 3.Desire(欲求), 4.Memory(記憶), 5.Action(行動)の 5 段階のプロセスがあると分析している。ここで『Attention』とは広告に気づいて見るという段階であり、『Interest』とは広告の内容を読み関心を持つ段階である。この AIDMA の法則によれば、まず『Attention』が満たされる必要がある。つまり、見た人の注意を引きつける必要がある。

デジタルサイネージと同じく動画や音声を用いる広告としてテレビ CM が挙げられるが、テレビ CM では対象者が画面を注視していることが多く、『Attention』は満たされやすい。これに対して、デジタルサイネージで広告を行う場合、対象者は歩行中であることが多く、画面を注視していないことが多い。つまり、デジタルサイネージにおいては、ふと広告を見た歩行者の注意をどのように引き付けて注視させるかが重要になると考えられる。

2.2 デジタルサイネージに関する研究

デジタルサイネージには、提示する情報を状況に応じて変化させることができる利点がある。しかし、現在のデジタルサイネージシステムでは、情報の切り替えは単純な時間による変化や、利用者の操作に応じているものが多い。これは、デジタルサイネージが周囲の状況を取得できていないためである。この問題を改善するために、カメラなどを用いてデジタルサイネージ周辺の状況を取得し、利用しようとする研究が行われている。

対人距離を用いて関心が高そうな広告を選択して表示する研究[4]では、人物の物理的な対人距離から人間関係を推測することで、広告を効果的に切り替えることを目指している。大型ディスプレイの前に立つ人物を頭上のステレオカメラで撮影し、得られたデータから「恋人・夫婦」「友人」「家族」「ビジネス」「個人」の 5 つのカテゴリに分類することで広告の選択を行っている。

閲覧者の顔を取り込むことで参加意識を高めようとする

研究[5]では、閲覧者の顔をカメラで取得し、それを広告映像の顔部分に埋め込むことで閲覧者に参加意識を持たせて広告への興味や関心を高めることを目的としている。閲覧者の位置を利用したものは、閲覧者の接近をセンサで取得し、接近した閲覧者がいた場合には情報を詳細表示に切り替える研究[6]がある。これは、閲覧者の立ち位置を利用して公共大画面に表示される情報の操作を可能にし、理解しやすいインタラクションを目指している。

さらに、閲覧者の視線方向を推定してデジタルサイネージに利用しようとする研究がある。視線方向を推定することで広告の切り替えに利用[7]するほか、視聴率や視聴状況を取得することで広告効果の測定に応用[8]している。また、カメラではなく超音波測距センサを用いて人の移動速度などからデジタルサイネージの注目度を推定する研究[9]も行われている。

教育に焦点を当てたものでは、廊下や休憩スペースに設置されたディスプレイを利用し、教材を配信する研究[10]がある。これは、RFID を利用して学生が教室を退出したかどうかを検出し、学生の移動経路と到達時刻を予測したうえで、それに基づき移動経路上のディスプレイの内容を変更することで有益な情報や教材を提示することを目指している。さらにこのシステムにカメラを搭載させた研究[11]では、閲覧者を画面内に登場させることで参加意識を持たせ、さらに立ち位置を利用してデジタルサイネージとのインタラクションを可能にした。

他にも、香りの持つ視線誘導などの効果について調査した研究[12],[13]では、実験により香りを付与することで、記憶に残りやすく注目を集めやすい情報提示が出来ることを確認し、デジタルサイネージへの応用の可能性を示している。

これらのデジタルサイネージに関する研究の多くは表示するコンテンツを変化させ、広告に対する関心を閲覧者に持たせることを重視している。一方で、広告の見やすさや気づきやすさに関してはあまり考慮されていない。つまり、AIDMA の法則における『Interest』に重点を置いており、『Attention』については考慮されていない。

2.3 情報の正対表示に関する研究

利用者とディスプレイの位置関係を考慮したパースペクティブ表示に関する研究[2],[3]では、ディスプレイに表示される情報を利用者に対して常に正対して表示することで得られる効果について調査している。5 種類のタスクを用いて被験者による実験を行い、情報を正対させる場合と正対させない場合に関して比較を行った。その結果、情報を正対させることで視認性・可視性が向上すると結論づけている。

しかし、この実験では、被験者は視点位置取得のための機器を装着して椅子から動かないものとし、さらに周囲の

物体からの影響を受けないよう暗室で行われた。そのため、このままデジタルサイネージシステムに応用することは難しい。

3. 提案システム

本研究では、歩行者の位置に応じて情報の正対表示を行うことで、より歩行者を引きつけることができるデジタルサイネージ向けのシステムの構築を目指す。システムの構成図を図 1 に示す。本システムでは、デジタルサイネージの広告対象者の多くが付近を通行する不特定多数の歩行者であり、センサ類を身体に取り付けることが不適切であることを考慮し、歩行者の検出には非接触で動作するセンサとして Microsoft 社の Kinect を用いる。この Kinect を用いてシステム周辺にいる歩行者を検出し、正対表示のために必要となる対象者の視点位置を三次元的に推定する。この推定した視点位置を用いて表示画像を変形することで、閲覧者に対して情報を正対表示する。

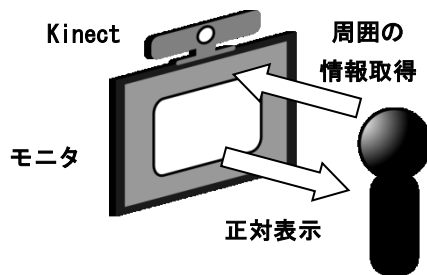


図 1 システム概要
 Figure 1 System construction.

3.1 透視投影変換

正対して見えるように透視投影変換を用いて画像を変形する。まず画像中から変換前の基準となる 4 点 $abcd$ を選び、その後、変換後となる 4 点 $efgh$ を指定する。これらを元に透視投影変換行列を求めることで、透視投影変換を行う。この様子を図 2 に示す。変換後となる 4 点を適切に定めることで正対して見えるように画像を変形する。

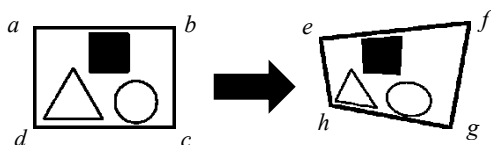


図 2 透視投影変換の様子
 Figure 2 Perspective projection transform.

3.2 モニタを用いて正対表示を表現する手法

三次元座標を元に計算を行い、透視投影変換の変換後となる 4 点の位置を定める。まず、人の視点 P を中心とした

座標系において見せかけのディスプレイとなる仮想モニタの位置は図 3 のようになる。このとき、仮想モニタの高さと幅、および仮想モニタまでの距離を定めれば、4 つの頂点 $VM_1 \sim VM_4$ の座標が決まる。

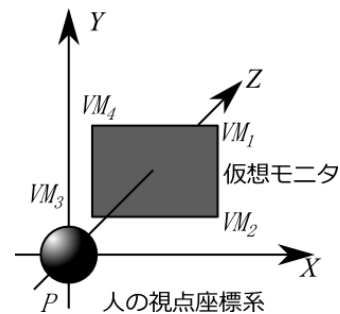


図 3 人の視点と仮想モニタの位置
 Figure 3 Human viewpoint and virtual monitor.

また、人がモニタを見ている状態において、人の視点座標系とモニタ座標系の関係は図 4 のようになる。ここでモニタ座標系から見た点 P と $VM_1 \sim VM_4$ を通る直線が、 xy 平面と交わるとききの x と y つまり $VM_1' \sim VM_4'$ を求める。これらを用いて透視投影変換することで、正対して見えるように画像を変形する。

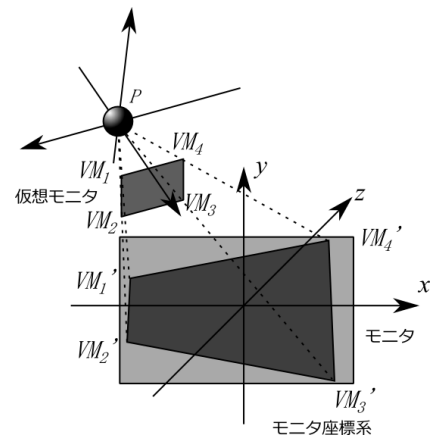


図 4 モニタ座標系と人の視点座標系の関係
 Figure 4 The relation between monitor coordinate and viewpoint coordinate systems.

3.3 人物領域を用いた視点位置の推定

Kinect のスケルトン検出は人物のトラッキング開始までに時間がかかる場合がある。そのため、歩行者が Kinect で撮影可能な範囲にいる間に検出できず、通り過ぎてしまう問題がある。これに対応するために Kinect から得られる人物領域を利用する。この人物領域は、人がいると考えられる領域を人物ごとに異なる ID でラベリングしたものである。さらに Kinect から得られる深度値を利用して Kinect に最も近い人物領域を抽出したうえで、ノイズを軽減するために膨張と収縮を行う。

この人物領域を用いて視点位置の推定を行う。この様子を図 5 に示す。まず一番高い点 H_t を求め、これが頭頂部であるとする。このとき、頭の頂部から一定の距離下がった高さに人の視点があると考えられる。本システムでは H_t から 10[cm] 下がった高さに視点があるとした。この高さの画素を走査し、その高さにおいて最も左側にある点 H_l と、最も右側にある点 H_r を求め、中点 H_c を求める。この中点 H_c を視点位置として三次元的位置を算出することで視点位置の推定を行う。

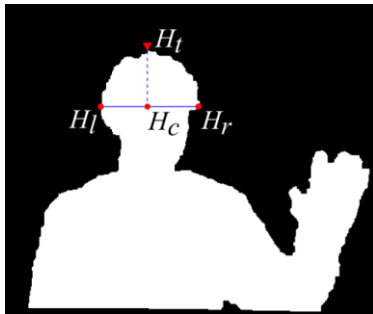


図 5 人物領域を用いた視点位置の推定
 Figure 5 Viewpoint estimation from human region.

4. システムの実装

本システムでは PC および、歩行者を検出するためのセンサとして Kinect を用いる。そして、提案した手法に基づいて Kinect で周囲の人を検出し正対表示を行う。システムの実装は VisualC++2008, OpenCV, OpenNI を用いて行った。実際にシステムが稼働している様子を図 6 に示す。図 6 では、左側の表示用モニター上部に設置された Kinect が周囲の人を検出し、表示用モニターの画像を変形して正対表示を行っている様子が確認できる。



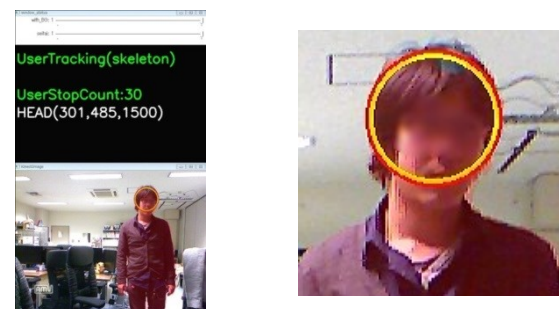
図 6 システムが動作している様子
 Figure 6 Worked system.

また、右側の確認用モニターの表示内容を図 7 と図 8 に示す。図 7 は人物領域を用いた手法により人の視点位置を取得している様子である。提案した手法に基づき、頭部周

辺に各点や線が描画されている。これに対して図 8 はスケルトンを用いて人の視点位置を取得している様子である。検出した人の頭部位置には円が表示されている。なお、本システムではスケルトン取得による視点位置の推定を優先的に行い、スケルトン取得が行えない場合に人物領域を用いて推定を行う。



(a) 人物領域による検出 (b) 拡大図
 図 7 人物領域による検出時の確認用モニタの内容
 Figure 7 Images of confirmation monitor by human region.
 (a) Image detected by human region. (b) Enlarged image.



(a) スケルトンによる検出 (b) 拡大図
 図 8 スケルトンによる検出時の確認用モニタの内容
 Figure 8 Images of confirmation monitor by skeleton method.
 (a) Image detected by skeleton method. (b) Enlarged image.

提案手法で正対表示が可能か検証するために予備実験を行った。視点位置をシステムに入力し、その後、入力した位置からデジタルカメラで画像を撮影した。実験結果を一部抜粋したものを図 9 に示す。図から正対表示が行えていることが確認できる。さらに表示画像の縦横比を調査し、縦横比の維持が可能であることも確認した。

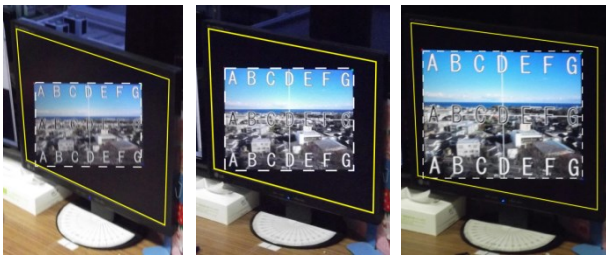


図 9 予備実験結果の一部抜粋
 Figure 9 Preliminary experimental results.

5. 正対表示による歩行者の動作比較実験

正対表示を行う場合と行わない場合についてシステムの検出状況と歩行者の行動分析を行った。本システムを茨城大学工学部 S1 棟 1 階ロビー付近に設置し、時間によって正対表示を行うか行わないかを切り替えて稼働した。その際の Kinect のカメラ画像とシステムの検出状況を動画として保存し、その後手作業による分析を行った。稼働させたシステムの外観を図 10 に、設置した場所を図 11 にそれぞれ示す。



図 10 システム外観
 Figure 10 System appearance.

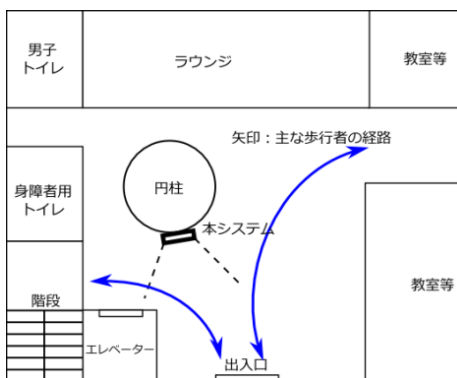


図 11 設置環境
 Figure 11 Located environment.

本実験は 2014 年 1 月 8 日と 14 日に行った。時刻による影響を考慮し表 1 のタイムスケジュールに従って設置を行った。ここで『正対』とは正対表示を行う場合であり、

提案手法に基づいて人物を検出して正対表示を行った。また『通常』とは正対表示を行わない場合であり、人物を検出するものの画像変形は行わないものとした。正対表示と通常表示を 2 時間ごとに切り替えて、各 6 時間ずつ、計 12 時間稼働を行った。

表 1 タイムスケジュール

Table 1 Experimental schedule.

	1月8日 (初日)	1月14日 (二日目)
9:30~11:30	正対 1 回目	通常 2 回目
11:30~11:40	切り替え作業	
11:40~13:40	通常 1 回目	正対 3 回目
13:40~13:50	切り替え作業	
13:50~15:50	正対 2 回目	通常 3 回目

5.1 結果と考察

5.1.1 システムの検出に関する結果と考察

実験の結果、歩行者は計 1153 人であった。歩行者とシステムによる検出結果をまとめたものを表 2 に示す。有効者数とは、歩行者のうちシステムから遠い人物を除外したものである。検出率とは、有効者数のうちシステムが検出した割合を表したものである。検出率を図で表したものを図 12 に示す。また、検出方法とは、システムが人物領域を用いた手法のみで人物を検出した『人物領域のみ』と、一度人物領域で検出したのちにスケルトンを検出した『人物領域のちスケルトン』のどちらによって人物を検出したか、もしくは『検出不可』であるかを表している。この検出手法の割合を図で表したものを図 13 に示す。

表 2 歩行者とシステムによる検出の関係

Table 2 Results on perspective view and normal view.

		歩行者数	有効者数	検出方法			検出率
				人物領域のみ	人物領域のちスケルトン	検出不可	
正対表示	1 回目	177	159	124	25	10	93.7%
	2 回目	181	161	120	18	23	85.7%
	3 回目	226	183	135	29	19	89.6%
通常表示	1 回目	263	222	103	97	22	90.1%
	2 回目	138	97	43	48	6	93.8%
	3 回目	168	135	49	75	11	91.9%

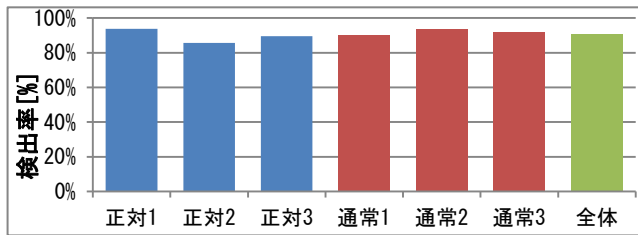


図 12 各回別の検出率
 Figure 12 Detection rate.

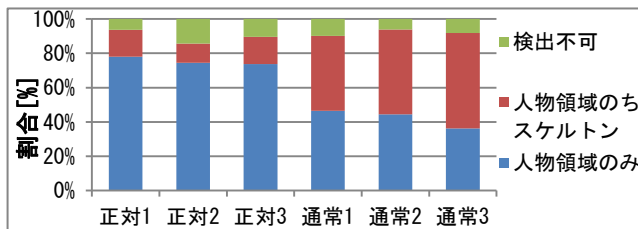


図 13 各回別の検出方法の割合
 Figure 13 Ratio of detection methods.

歩行者の検出に関して、Kinect から遠い人物を除外した有効者数に対する検出率は各回 9 割前後であり、その平均検出率は 90.8%であった。また、各回別の検出手法の割合を見ると、正対表示を行う場合では歩行者検出の 70%以上が『人物領域のみ』であるのに対して、通常表示では『人物領域のちスケルトン』による検出が大幅に増加していることが確認できる。これは、通常表示の場合、正対表示に関する画像変形処理を行っていないため、それだけ処理速度が向上したことが理由であると考えられる。画像変形処理を見直して高速化することにより、正対表示を行う場合でも『人物領域のちスケルトン』による検出率が増加すると予想される。

5.1.2 歩行者の分析に関する結果と考察

システムが検出に成功した人物を対象者と呼び、この対象者のモニタ注視率と平均注視時間をまとめたものを表 3 に示す。対象者のモニタ注視とは、対象者がモニタを見ていたかどうかを表しており、モニタを見ていたら Yes に、モニタを全く見ていなかったなら No に分類した。また、注視率とは対象者のうちモニタを注視していた人数の割合を表したものである。注視者平均注視 F とは、注視していた人がそれぞれ何フレーム間モニタを注視していたかを計測し、注視者数で割った注視フレームの平均である。なおキャプチャした動画は 30fps であった。

表 3 対象者のモニタ注視率と平均注視時間

Table 3 Gaze rate and average gaze time of targets.

		対象者数	対象者のモニタ注視		注視率	注視者平均注視 F
			Yes	No		
正対表示	1 回目	149	81	68	54.4%	134.3
	2 回目	138	70	67	50.7%	150.4
	3 回目	164	84	80	51.2%	115.5
	小計	451	235	215	52.1%	132.4
通常表示	1 回目	200	125	75	62.5%	79.0
	2 回目	91	51	40	56.0%	86.4
	3 回目	124	65	59	52.4%	59.5
	小計	415	241	174	58.1%	75.3
全体合計		866	476	389	55.0%	-

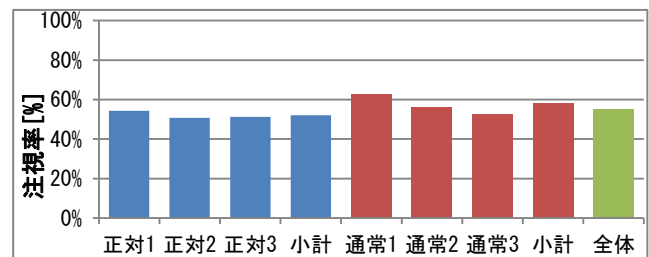


図 14 各回別の対象者によるモニタ注視率
 Figure 14 Monitor gaze rate of targets.

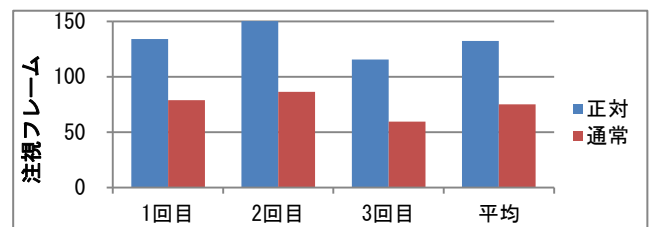


図 15 各回と表示法別の平均注視フレーム
 Figure 15 Average gaze frames.

さらに、各回において、対象者の中で、モニタを『振り返る』、『立ち止まる』、『動き回る』のような動作をしていた人数をまとめたものを表 4 と図 16 に示す。振り返るとは、歩行中に一度モニタから視線を外したものの再度モニタを見る動作を指す。立ち止まるとは、歩行を止めモニタを注視する動作を指す。また、動き回るとはモニタを注視したまま前後や左右に動く動作や、頭を大きく動かす動作を指す。

表 4 対象者のうち各動作のあった人数

Table 4 Number of targets taken some action.

		動作		
		振り返る	立ち止まる	動き回る
正対表示	1回目	2	4	3
	2回目	1	11	16
	3回目	1	12	8
	平均	1.3	9	9
通常表示	1回目	0	3	2
	2回目	0	3	1
	3回目	0	3	0
	平均	0	3	1

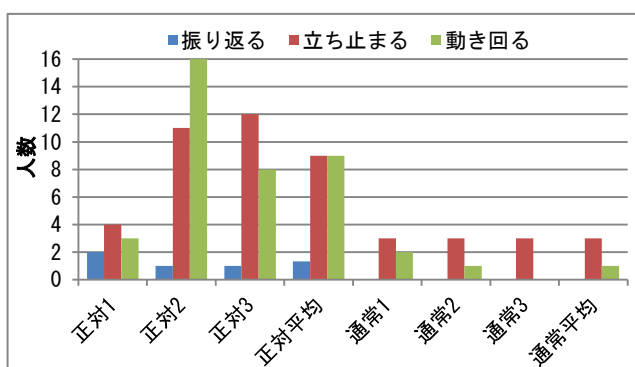


図 16 対象者のうち各動作のあった人数

Figure 16 Number of targets taken some action.

歩行者の分析について、システムが検出した歩行者を対象者として、モニタを注視していた人の割合を求めると、各回およそ 50~60%程度であった。ここで、注視率があまり高くない原因には設置場所が影響していると考えられる。今回の設置場所では、エレベータ・階段から自動ドアへ向かう歩行者の多くはシステムに背を向けており、本システムに気が付かない人が多かったと考えられる。これは設置場所を見直して検証する必要がある。

一方、モニタを注視していた対象者一人当たりの平均注視フレームは、正対表示を行わない通常表示の場合 75.3 フレーム (2.5 秒) であるのに対し、正対表示を行った場合 132.4 フレーム (4.4 秒) であった。つまり、正対表示を行ったほうが 57.1 フレーム (1.9 秒) 注視時間が長くなり、注視時間が 76%増加していることが確認できる。

さらに、対象者の中で『モニタを振り返る』、『立ち止まる』、『動き回る』などの行動を取った人数も、正対表示を行った方が多かった。以上のことから、閲覧者に情報を正対させて提示することで、閲覧者の注視時間を増加させることや、足を止める閲覧者を増加させることを確認した。

6. まとめ

歩行者の位置に応じて情報の正対表示を行うことで、より歩行者を引きつけることができるデジタルサイネージ向けのシステムを構築した。本システムでは、デジタルサイネージの広告対象者の多くが付近を通行する不特定多数の歩行者であり、センサ類を身体に取り付けることが不適切であることを考慮し、非接触で動作するセンサとして Microsoft 社の Kinect を用いて人物の検出を行った。Kinect から得られるデータを元に対象となる人物を定めて、対象者の視点位置を三次元的に推定した。視点位置の推定に関して、Kinect によって歩行者のスケルトンデータを取得できる場合は、スケルトンを用いて閲覧者の視点位置の推定を行い、スケルトンを取得できないときでも、人物領域を用いて閲覧者の視点位置を推定することで対応した。これらの手法により取得した視点位置の三次元的な位置情報を用いて、提案手法に基づき画像を変形することで、歩行者に対して画像の正対表示を行うシステムを構築した。

本システムを評価するために、実際に本システムを大学構内の公共空間で稼働させ、正対表示を行う場合と行わない場合それぞれについてシステムの動作と閲覧者の行動分析を行った。その結果、Kinect から遠い人を除外した有効者に対する本システムの歩行者検出率は平均 90%以上であった。また、人物領域を用いて歩行者を検出する手法を併用することで、スケルトン取得が行えない場合にも対応できることを確認した。

さらに閲覧者の行動分析では、正対表示を行うことで、正対表示を行わない場合と比べて注視時間が約 1.9 秒、即ち約 76%増加することを確認した。また『振り返る』、『立ち止まる』、『動き回る』などの動作を行う歩行者が増加することも確認した。これらのことから、歩行者の位置に応じて情報の正対表示を行うことで歩行者を引きつけられるようになったと考えられる。

今後の課題として、人物の検出を改善することが挙げられる。提案した人物領域を用いる手法は、人物と思われる領域を利用していたため、歩行者複数人が重なっている場合に一人として検出してしまうことや、荷物など人以外の物体も検出してしまうことがある。また、人物領域のうち最も高い点を頭頂部と仮定して視点位置を推定しているため、歩行者が手を上げるなどして頭頂部より高い領域が存在すると正しく視点位置を推定できない問題がある。より正確に人物を検出するためには、RGB 画像を用いて歩行者一人ずつ顔の位置を検出し、人物領域を正確に求めたうえで視点位置を推定するなどの対応が必要である。また、正対表示の持つ効果を明確にするために、さらに実験や検証を行う必要がある。そのためには、歩行者の位置を利用しているが正対表示とは異なる表現をするものや、歩行者の位置を利用せずに正対表示を行うものなどを用いて比較実

験を行い、歩行者の行動をより詳しく分析していくことが挙げられる。

謝辞 本研究を実施するにあたってご協力いただいた茨城大学工学部情報工学科に感謝いたします。

参考文献

- 1) S. R. Hall: Retail advertising and selling, McGraw-Hill Book Co., (1924).
- 2) 山口 徳郎, ミゲル ナセンタ, 櫻井 智史, 伊藤 雄一, 北村 喜文, スリラム サブラマニアン, カール グトウィン, 岸野 文郎: 利用者とディスプレイの位置関係を考慮したパースペクティブ表示, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J91-D, No.12, pp.2746-2754 (2008).
- 3) M. A. Nacenta, S. Sakurai, T. Yamaguchi, Y. Miki, Y. Itoh, Y. Kitamura, S. Subramanian, and C. Gutwin: E-conic: a perspective-aware interface for multi-display environments, Proc. UIST'07, pp.279-288 (2007).
- 4) 井上 智雄, 瓶子 和幸: グループに適応する公共空間向け広告システム GAS, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, pp.1962-1971, (2008).
- 5) 黒羽 光生, 井上 智雄: 入り込み広告: 閲覧者の顔を取り込む参加型広告システムの開発と評価, 情報処理学会研究報告, グループウェアとネットワークサービス, Vol.2010-GN-75, No.20, pp. 1-8 (2010).
- 6) 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”, WISS2008 (2008).
- 7) 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”, 情報処理学会シンポジウムシリーズ(CD-ROM) 1号, pp.222-229 (2008).
- 8) 南竹 俊介, 高橋 伸, 田中 二郎: 歩行者の注視情報と移動軌跡を利用したデジタル広告への視聴率測定, 第72回情報処理学会全国大会講演論文集, pp."3-323"- "3-324" (2010).
- 9) 味呑 翔平, 山本 寛, 中村 勝一, 山崎 克行: 超音波測距センサによるデジタルサイネージ注目度推定システムの検討, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J95-D, No.5, pp.1193-1195 (2012).
- 10) 光原 弘幸, 松本 純子, 久米 健司, 矢野 米雄: Context-Aware Niche-Learning システムの試作, 電子情報通信学会技術研究報告 ET, 教育工学 109(453), pp.95-100 (2010).
- 11) 石窪 秀隆, 光原 弘幸, 矢野 米雄: デジタル教材に視聴者が入り込む Interactive Niche-Learning システム, 電子情報通信学会技術研究報告 ET, 教育工学 110(453), pp.299-304 (2011).
- 12) 伴野 明, 神田 こより, 伴野 啓介: 香り提示による視線誘導効果と物体追跡効果の検討, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J94-D, No.5, pp.803-813 (2011).
- 13) 伴野 啓介, 若月 弘樹, 伴野 明: シミュレーションによる香り付き看板広告の有効性に関する検討, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J95-D, No.3, pp.539-548 (2012).