

博物館・美術館におけるディスプレイ角度がユーザの認知・行動・感情に与える影響

市野 順子^{†a)} 磯田 和生^{††} 花井 綾子^{††} 上田 哲也^{††}

Effects of the Display Angle in Museums on User's Cognition, Behavior, and Emotions

Junko ICHINO^{†a)}, Kazuo ISODA^{††}, Ayako HANAI^{††}, and Tetsuya UEDA^{††}

あらまし 大型のディスプレイが設置された美術館・博物館において、目的とする来館者とのコミュニケーションを達成するためには、種々のディスプレイの要因が来館者にどう影響するかを理解する必要がある。本論文では、インタラクティブディスプレイの角度がシングルユーザに与える影響を、実地に近づけることを目指した実験室実験において、一つの展示室内に垂直・水平・斜めの3種類の平面ディスプレイを配置し、ユーザを認知・行動・感情の側面から包括的に検証した。認知の側面から見ると、年齢によって傾向が異なっており、若年齢層のユーザは垂直、中年層は斜め、高年齢層は水平のディスプレイ上に提示された情報の内容を最も理解・記憶した。感情の側面から見ると、年齢に関係なく、ユーザは、斜めのディスプレイが、最も目に止まりやすく、最もじっくり閲覧しやすく、最も内容を理解・記憶しやすく、最もインタラクションしやすく、最も好む、と評価した。また行動の側面に関しても、有意差は見られなかったものの感情的側面の結果とおおむね類似した結果が得られた。公共の空間におけるインタラクティブディスプレイの展示デザインを行う際の含意について議論する。

キーワード パブリックディスプレイ、インタラクティブディスプレイ、ディスプレイ角度、美術館・博物館、ユーザスタディ

1. ま え が き

博物館・美術館や公的機関など公共の空間に大型のインタラクティブディスプレイを設置することへの関心が増している。最近では、平面で四角いディスプレイを垂直に設置するスタイルに留まらず、円形のものや立体的なものなどさまざまなスタイルのディスプレイの開発が進んでいる。Kuikkaniemiらは、自己表現や他者との交流の場が都市空間からデジタル空間に移行しつつある現代において、ディスプレイ技術は、対話的・社会的な体験の場を都市空間に再び呼び戻す手段として有望であると述べている[16]。

しかしながら、ディスプレイの物理的なアフォーダンス（環境が動物に与える「意味」のこと。物体の属性が動物に対してその物体の取り扱い方についてメッセージを発しているとする考えに基づく。アメリカの知覚心理学者ジェームズ・J・ギブソンによる造語。）が人間の知覚や思考にどう影響するかを理解することに対して、あまり注意が払われていない。その結果、異なる認知的・社会的アフォーダンスを提供するさまざまなディスプレイデバイスに対して、デザイン原則が一律に適用されている。インタラクティブディスプレイのある空間が今後更に増加すると予想される中、そのような空間は人々にどのように見えるのか、そのような空間を人々はどのように利用するのかを定義する必要がある。

ディスプレイ利用に関連する要因としては、ディスプレイサイズ、ディスプレイ形状、ディスプレイ角度、ディスプレイ数、ユーザ数、ユーザ配置等があげられる。これら個々の要因について、その影響を解明することが重要となる。Inkpenらは、ディスプレイに関連

[†] 電気通信大学大学院情報システム学研究科，調布市
Graduate School of Information Systems, The University
of Electro-Communications, 1-5-1 Chofugaoka, Chofu-shi,
182-8585 Japan

^{††} 大日本印刷株式会社 C&I 事業部，東京都
Dai Nippon Printing Co., Ltd., 3-5-20 Nishigotanda,
Shinagawa-ku, Tokyo, 141-8001 Japan

a) E-mail: ichino@is.uec.ac.jp

する要因を体系的な変数として整理し、個々の要因について実験を行っており、「ディスプレイの角度はユーザのインタラクションに強い影響を与える」と述べている [13]。ディスプレイの角度は、垂直のものだけでなく水平や斜めのものも一般的になりつつある。少数の研究者（例えば [7], [13], [22]）が、垂直と水平のディスプレイを比較して、ディスプレイ角度がグループの協調作業に与える影響を調査しているが、シングルユーザに対する角度の影響を系統的に定量化することは行われていない。更に、斜めのディスプレイの効果に対する理解はほとんどなされていない。

著者らの一部は、パリ・ルーヴル美術館と DNP 大日本印刷による共同プロジェクト「ルーヴル - DNP ミュージアムラボ（以下、ミュージアムラボ）[30]」に携わっている。この取り組みは、新しい美術鑑賞のあり方を探ることを目的として 2006 年に活動を開始した。本研究は、ミュージアムラボにおけるこれまでの 8 回に及ぶ企画展での観察から生じた、ディスプレイの角度は来館者にどのような影響を与えているのだろうか、という疑問を出発点としている [12]。

本論文では、公共の展示・鑑賞空間の代表としての博物館・美術館というコンテキストにおいて、大型のインタラクティブディスプレイの角度—垂直・水平・斜め—が、シングルユーザの認知・行動・感情に与える影響を検証する。本論文においてインタラクティブディスプレイとは、ディスプレイパネルへの接触を介してユーザの入力を受信でき、それによりユーザがディスプレイに連結されたシステムと相互作用可能なディスプレイを指す。

2. 関連研究

ディスプレイ要因の効果を調査した研究では、ディスプレイサイズ、ディスプレイ形状、ディスプレイ角度、ディスプレイ観視角度（視野のサイズ）[17], [21], ディスプレイ数 [7], [13], ディスプレイ配置 [13], [26], [27], ユーザ数 [23], ユーザ配置 [10], [13] などの各要因に焦点を合わせ、これら要因がユーザの認知・行動・感情等に与える影響を検証している。本章では、これらディスプレイ要因のうち、ディスプレイを設置した場合にディスプレイ単体でもちうる基本的な要因である、サイズ、形状、角度の関連研究について述べる。

2.1 ディスプレイサイズ

ディスプレイの物理的なサイズの効果を検討した研究の多くは、個人に与える効果を検討している。Tan

ら [25] は、ディスプレイサイズが大きいと、写真や映像を使った空間定位タスクのパフォーマンスが上がることを示した。Shigemasu ら [24] は、ディスプレイが大きいと映像酔いの程度も大きくなることを示した。Bao ら [4] は、ビデオクリップを見て物語を作るタスクを行い、ディスプレイが大きいと、指示語のうち文脈指示（that, there など）よりも現場指示（this, here など）の表現を使用する割合が高いことを示した。これらの研究はディスプレイサイズが異なると映像メディアに対する認知も異なることを示している。一方、市野ら [1] は、テキストメディアに関しては、ディスプレイの物理サイズは個人の読解パフォーマンスに影響を与えないことを示した。

複数のユーザによる協調作業に焦点を合わせて比較を行っている研究も少数だが存在する。Ryall ら [23] は、テーブルトップディスプレイ上で協調して単語を組み合わせてボエムを作るタスクを行い、ディスプレイサイズはタスク完了時間に影響しないことを示した。Inkpen ら [13] は、地図を使ってルートを計画するタスクを行ったところ、ディスプレイサイズが大きい方が、活動量がユーザ間で均等になり、ポインティングジェスチャが増すことを示した。

2.2 ディスプレイ形状

ディスプレイの形状が与える影響を検証した研究はわずかだが存在する。それらは非平面状のディスプレイを取り上げ、平面のディスプレイと比較している。

Beyer ら [5] は、円筒型と平面型のディスプレイを用いてユーザの行動を比較したところ、円筒型の方が、ユーザはディスプレイに接近し、ディスプレイの前で頻繁に移動することが分かった。この結果から、円筒型ディスプレイは、動いている人を対象としたジェスチャによるインタラクションが適していると結論付けている。Bolton ら [6] は、ディスプレイの形状の違いが、ユーザ間の情報共有に与える影響を調査した。球面と平面を比較した結果、球面ディスプレイは自分自身の作業空間へのアフォーダンスを有しているのに対し、平面ディスプレイは他者の作業空間に対するアフォーダンスを有していることが示唆された。Koppel ら [15] は、40 型のディスプレイを複数組み合わせで構成した凹面型や六角形型のディスプレイを平面型のディスプレイと比較し、ハニーボット効果、社会的な学習効果、同時インタラクション等、複数ユーザに与える影響を検討している。

2.3 ディスプレイ角度

ディスプレイ角度の影響を調査した研究は、垂直と水平の二つの角度条件を取り上げ、ユーザに与える影響を検証している。

ディスプレイの角度に着目した研究は、当初は複数ユーザによる協調作業に焦点を合わせたものが多かった。Rogers ら [22] は、大型の垂直ディスプレイと水平ディスプレイを比較し、グループの協調作業に与える影響を調査した。その結果、垂直よりも水平の方が、役割の交替・アイデア創出・他者へのアウェアネスを促すことが分かった。Inkpen ら [13] は、中型サイズ (33 型) の垂直ディスプレイと水平ディスプレイを比較し、グループの協調作業に与える影響を調査した。観察や主観評価の結果から、垂直は短時間で集中して行うタスクに向いており、水平は多くの議論を要する長時間タスクに向いていると推察している。Potvin ら [20] は、電子ではないホワイトボードを二人一組が立って協調的なデザインタスクをするという状況において、垂直と水平のホワイトボードが、行動に与える影響を調べた。その結果、水平よりも垂直の方が相手の顔を見る頻度が高い一方、発話や描画行動の均等さは同じであることが分かった。Forlines ら [7] は、デスクトップ用の小型ディスプレイを用いて、ディスプレイの角度・ディスプレイの数・ユーザ数を変数として、画像の中から特定のオブジェクトを探す視覚探索タスクを行った。その結果、角度の違い (水平と垂直) はタスク完了時間やエラー率に影響を与えないことが分かった。

Pedersen ら [19] は、シングルユーザを対象とし、中型サイズ (36 型) の垂直と水平のマルチタッチディスプレイを用いて、タッチインタラクションのパフォーマンスを比較した。その結果、タップ操作の実行速度は水平より垂直が 5% 速く、ドラッグ操作は、垂直より水平が 5% 速くエラー率も低かった。

以上より、ディスプレイの角度の要因に着目した研究は存在する。これらはいずれも角度条件として垂直と水平の二つを扱ってはいるが、斜めの条件まで含めて検証した研究は見当たらない。

3. 展示映像と研究課題

ミュージアムラボの企画展では毎回、さまざまな角度で設置されたディスプレイを用いて展示を行ってきた。回が進むにつれ、ディスプレイの設置角度によって、人の接近の仕方、滞在時間、インタラクションす

る時間などに違いがあるのではないかと推察に至った。

博物館・美術館で展示される映像資料は、「記録映像」「保存映像」などの一次映像資料と、「解説映像」「ガイドダンス映像」などの二次映像資料に大別される [3]。現代美術に多く見られるが、映像資料が一次資料 (作品本体) である場合、資料に対する解釈や鑑賞行動は一つに限定できるものではないため、作品と鑑賞者の関係性を画一的な枠組みで検討することは適切でない。一方、二次映像資料は、展示メッセージを効果的に伝える目的で製作される資料である [3] ため、ある程度統一的に鑑賞のスタイルを検討することが可能である。本論文が対象とするのは二次映像資料である。

二次映像資料を企画する際は、映像資料の内容そのものについての検討だけでなく、展示における来館者とのコミュニケーションのあり方に留意し、映像資料の展示方法の視点からも検討する必要がある [3]。映像資料の展示方法を検討する際は、目まぐるしい映像技術の変化に惑わされることなく、来館者とのコミュニケーションの中で上げたい効果を設定することが重要である。通り過ぎる人を立ち止まらせたいのか、じっくり視聴してもらいたいのか、詳しく知りたい人にだけ見せたいのか。こうした映像資料と来館者とのコミュニケーションのあり方を検討することで、来館者導線、滞留時間、来館者視野角の占有率等の技術的要件を決定するための基準が明確になる [3]。

以上を踏まえ、本研究では、博物館・美術館において映像資料の展示を行う際の、インタラクティブディスプレイの角度の効果に関して、五つの研究課題を設定した。

- RQ1: どの角度のディスプレイが目にとまりやすいか?
- RQ2: どの角度のディスプレイがじっくり閲覧しやすいか?
- RQ3: どの角度のディスプレイが内容を理解・記憶しやすいか?
- RQ4: どの角度のディスプレイがインタラクションしやすいか?
- RQ5: 角度の異なるディスプレイをどのように体験するか?

友人や家族と一緒に博物館・美術館を訪れる来館者が多いが、個々人の鑑賞のペースや目的は異なるため、鑑賞中は自然に一人ずつばらばらになり作品と対峙す

ることが多い。よって、マルチユーザに関する調査を今後の課題として、本論文では、シングルユーザに対象を絞る。

4. 実験設計

本研究は、ユーザの行動データを統計的に処理することを前提としたため、実験室実験を採用した。実地で検証するフィールドスタディとは異なり、統制された条件下で検証する実験室実験は、ユーザが本来行うであろう自然な振る舞いを観察することが難しい。そのため、HCI 研究分野では近年、実験室実験とフィールドスタディの両方を実施する事例も見られるようになってきた（例えば [11]）が、負荷が高い。

そこで本研究では、来館者の鑑賞活動にできるだけ近い状況を設定し、参加者になるべく自然に振る舞ってもらうために、次の4点に配慮して実験設計を行った。(1) ディスプレイに展示するコンテンツは、実地（ミュージアムラボ）で使用されたものとはほぼ同じものを使用した。(2) 参加者の注意がディスプレイだけに集中することを避けるために、ディスプレイ展示以外に、ベンチや関連書籍も設置した。(3) 実験開始前に、参加者に次のことを教示した。「展示室では、普段あなたが美術館で鑑賞するときのように、好きなように過ごして下さい。」(4) 実験の最後に展示内容に関するテスト等を実施することを、参加者には直前まで知らせないようにした（テスト実施直前に告知した際、テスト遂行に同意できない場合は実験を中止してよいことを伝えた）。

これらの配慮のもと、前節の五つの研究課題を検証するために、インタラクティブな垂直、水平、斜めの3種類のディスプレイを使用して、ユーザの認知・行動・感情を比較する実験を実施した。

4.1 実験環境

部屋の中央に、角度条件が異なる3台のディスプレイを設置した（図1）。角度条件は、垂直・水平・斜めの3種類であった。3台のディスプレイは、全て同一のタッチパネル一体型の40型液晶ディスプレイ（SAMSUNG 400TS-3）を用いた。タッチパネルはシングルタッチ方式である。ディスプレイは、解像度1920×1080、60Hzのレートで、ディスプレイ間で輝度とコントラストが同一になるよう設定した。

ディスプレイの設置高さは、ミュージアムラボのディスプレイ展示の際に標準的に用いられている高さ（垂直：床からディスプレイ下部までの高さ1050mm、水

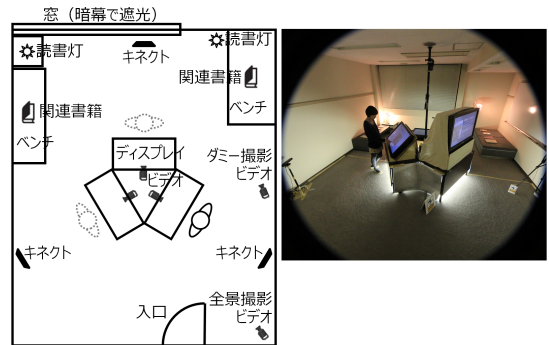


図1 実験環境

Fig.1 Experiment environment.

平：同800mm、斜め：同800mm）を採用した。参加者の身長が結果に影響する可能性は考えられたため、ディスプレイの高さを参加者ごとに調整するかどうかについて事前に十分に検討した。実験に用いたディスプレイの重量が大きく（33.6kg）、参加者ごとに高さを調節する場合は、参加者の安全を考慮し、確実に安定した状態で設置する必要がある。この設置作業を実際に行ってみたところ、時間と労力を非常に要することが分かった。一方、本実験は実地に近い実験室実験を目指していたため、参加者数を増やすことで、参加者の年齢・職業の幅を広げることが本研究にとっては重要な事項となる。よって、参加者ごとに高さ調整することに要するコストを、参加者数の増強に要するコストに充てた。また、データの統計的解析を行う際、参加者の身長グループを要因として加えた分散分析も行ったが、身長の要因の主効果は有意でなかった。分散分析の要因数が多すぎることは一般的に好ましくないため、最終的な分析では、身長の要因を除外した。

斜め条件のディスプレイは、地面に対して45度の角度で設置した。複数の博物館及び美術館に足を運び斜めに設置されたディスプレイを確認したところ、その角度はさまざまであった。世界各国の博物館・美術館で最も多く採用されている角度を特定し、それを採用することも考えられたが、「斜め」のディスプレイを調査する最初の実験としては、中央値の45度を採用することが適当と判断した。

ユーザの行動を追跡するために、部屋には3台の距離画像センサ（Kinect）と、5台のビデオカメラを設置した。3台のKinectと3台のビデオカメラは、各ディスプレイ周辺のユーザの行動を追跡できる位置に設置した。残り2台のビデオカメラのうち1台は部屋

全体を撮影するためのものであり、もう 1 台はベンチ周辺のユーザの行動を撮影するためのものである。ベンチでの行動を撮影する目的は、ベンチでの休憩行為や書籍の閲覧行為も、ディスプレイの閲覧行為と等価であるようにユーザに見せかけるためである。

太陽光や室内光の反射や、ユーザ自身や背景のディスプレイへの映り込みによって、画面が見にくくなることを避けるために、窓には暗幕を張り、部屋の天井の照明は消した。この状態では暗すぎるため、間接照明として各ディスプレイ設置テーブルの下にチューブ型の蛍光灯を設置し、ベンチの横には書籍を閲覧するための読書灯を設置した。

4.2 参加者

博物館・美術館を訪れる人は年齢、性別、職業など様々だが、これにできるだけ近似させるために、本実験の参加者は一般から募集した。合計 42 名（男性 22 名、女性 20 名）が実験に参加した。参加条件は日本語を母国語とし、裸眼または矯正視力が 1.0 以上あることとした。平均年齢は 34.0 歳（最年少 18 歳、最年長 57 歳）であった。職業は、学生、事務系職員、技術系職員、デザイナー、音楽家、法律家、翻訳家、建築家など多種多様であった。参加者には報酬が支払われた。参加者は年齢によって三つのグループ（若年齢層 [Young]: 15～29 歳、中年年齢層 [Young middle age]: 30～44 歳、高年齢層 [Old middle age]: 45～59 歳）に分けられた。各グループの人数はそれぞれ、19, 12, 11 名であった。

4.3 実験材料

実験材料には、ミュージアムラボの第 8 回展『来世のための供物展 古代エジプト美術から読み解く永遠の生への思い』[31] で実際に展示された 2 種類のコンテンツを利用した。これらは現在、ルーヴル美術館古代エジプト美術の常設展示室に設置されている（図 2）。

一つ目のコンテンツ (Stele) は、エジプト王家の高官だったサケルティという人物のためのステラ（石碑）に描かれている内容を説明するためのコンテンツとして開発された（図 3 上）。二つ目 (Convention) は、エジプト美術の鑑賞の鍵を与える導入コンテンツとして開発された（図 3 下）。Convention は、エジプト美術が多視点描法、人体表現の比率、左右の対称性など、幾つかの規則に従って制作されていることを詳述している。

二つのコンテンツはいずれも、ユーザが画面を直接タッチすることで情報を引き出してもらうユーザ参加



© photo DNP

図 2 ルーヴル美術館の古代エジプト美術の常設展示室に展示されているコンテンツ

Fig. 2 Contents on regular exhibit of ancient Egyptian art at Musée du Louvre in Paris.



図 3 二つのセッションで使用されたコンテンツの画面例

Fig. 3 Examples of content screens used in the two sessions.

型のインタラクティブなコンテンツである。これらは、テキスト、画像、アニメーションを含んだマルチメディアコンテンツである。音声に関しては、ユーザがコンテンツにタッチした際に、ユーザにフィードバックを与えるための効果音が含まれている。メニュー方式は、Stele がシーケンシャルメニューであるのに対し、Convention は木構造メニューである。

本実験では、この二つのコンテンツに一部手を加えて使用した。各コンテンツは複数のメニューで構成されているが、これを量的に同等になるように三つのサブコンテンツに分割し、三つのディスプレイ角度条件に割り当てた。分割の際、各サブコンテンツに含まれる画面数、画像数、説明文の文字数、リンク数、アニ

メーション数がほぼ同一になるようにした。同一にならない場合はコンテンツから一部削除した。

4.4 実験手順

各参加者に、休憩を挟んで2回のセッションに参加してもらった。最初に、実験概要について説明した。参加者には、古代エジプト美術に関する各種資料を展示した展示室があることを伝えた。展示室内を歩いて、普段、博物館・美術館で観覧しているときと同様に、気軽に興味の向くまま自由に滞在してもらうよう依頼した。ディスプレイに展示されるコンテンツの具体的な内容やインタラクティブであること（タッチ可能であること）については参加者に伝えなかった。また、実験中は他人は展示室には入って来ないこと、疲れたら展示室内のベンチで自由に休んでよいことも伝えた。1回のセッションでの展示室での滞在時間は20分間とした。2回のセッションのコンテンツには、一方はStele、もう一方はConventionを使用した。2回のセッションを終えた後、主観評価アンケートを行い、最後にディスプレイに展示されたコンテンツの内容に関する再認テストを行った。実験の所要時間は全体で約90分であった。

実験は被験者内計画（全ての参加者は全ての角度条件のディスプレイを見た）で行ったため、展示室における各角度条件のディスプレイの設置位置（入口から入って右手、左手、奥）は被験者間でカウンターバランスをとった。コンテンツとセッションの組合せ、サブコンテンツとディスプレイ角度条件の組合せに関しても被験者間でカウンターバランスをとった。

5. データ収集

3.で提示した五つの研究課題に対し、認知・行動・感情の側面から包括的に検討するために、本実験では表1に示すデータを収集した。

5.1 再認成績

RQ3について、ユーザの認知的な側面から検証するために、ディスプレイに展示された内容を後からどの程度想起できるかをユーザに問う。ディスプレイに展示されたコンテンツの内容に関して正誤判断を問う再認課題を作成した。テストは、Steleに関する問題24問、Conventionに関する問題27問の合計51問で構成される。問題は、全ページから満遍なく出題した。今回用いたコンテンツはマルチメディアコンテンツであるため、2種類の問題—コンテンツの説明文を読んでもいれば解答できる設問（textual question）と、コン

表1 本実験で収集されたデータ
Table 1 Data collected for this experiment.

	認知	行動	感情
RQ1		入室直後の接近確率	主観評価値（一対比較法）
		滞在時間	主観評価値（一対比較法）
RQ2		歩行時間	
		ページ到達率	
RQ3	再認成績		主観評価値（一対比較法）
		タッチ頻度	主観評価値（一対比較法）
RQ4		ページ到達率	
		入室直後の接触確率	
RQ5			主観評価値（Sd法, AttrakDiff） 主観評価値（リッカート法, NASA-TLX）

テンツの画像を見ていれば解答できる設問（graphical question）—を用意した。Stele, Convention いずれも、それぞれの種類の問題がおおむね半分ずつ含まれるように構成した。事前に実験室内検証を行い、全体の正答率がおおむね60～70%になるようにした。

5.2 入室直後の接近確率及び接触確率

RQ1を、ユーザの行動の側面から検証するための指標の一つとして、展示室の入口に最も近いディスプレイ（図1左参照）にあるディスプレイに対するユーザの入室直後の接近行動を調べた。実験手順の節で述べたとおり、各角度条件のディスプレイの設置位置は被験者間でカウンターバランスをとったため、入口に最も近いディスプレイはユーザによって異なる（3台のディスプレイは、どの位置に設置されていても、入口の位置から3台とも見える）。ビデオ映像を確認し、ユーザが入室した直後に、最も近くにあるディスプレイに対して、ユーザが数秒でも立ち止まって見た、あるいは、長時間立ち止まって見た場合は1、ほとんど見ずに素どおりした場合は0と判定した。

RQ4を検証するために、展示室の入口に最も近いディスプレイに対するユーザの入室直後の接触行動を調べた。同様にビデオ映像を確認し、ユーザが入室した直後に、最も近くにあるディスプレイの前で立ち止まりかつタッチインタラクションを行った場合は1、それ以外の場合0と判定した。

5.3 滞在時間及び歩行時間

RQ2を、ユーザの行動の側面から検証するための指標の一つとして、ユーザがディスプレイの周囲で滞在（停止）した時間の合計、及び歩行した時間の合計を調べた。

ディスプレイから約2m離れた場所にKinectを設置し（図1）、Kinectから取得した3次元距離画像を用いて、ユーザの行動を背面から計測した。距離画像の解像度は320×240 pixel、フレームレートは10fps

とした。滞在と歩行の判別は以下に示す手順で行った。これらの画像処理には Open CV を用いた。

まず、Kinect から取得した各フレーム画像に対して、移動物体領域の検出を行った。移動物体領域の検出は、動画像計測における基本処理の一つであるが、本研究では、代表的な手法の一つであり普遍的に利用されている背景差分法 [2] を用いた。この手法は観測画像と背景画像を比較することで移動物体を検出する手法である。本実験中に移動する物体は被験者 1 人のみであり、窓は暗幕が張られているため、背景画像の作成は実験開始前に一度だけ行う。次に、差分処理によって得られた移動体領域のシルエット画像に対して、連結領域のラベリングを行った。連結領域ラベリングは画像処理の基本的な処理の一つであるが、本研究では、汎用的に用いられているラスタベース連結領域ラベリング手法 [28] を用いた。前述のとおり、移動する物体は被験者 1 人であるため、移動物体（人物）としてラベル付けされる領域は一つである。その後、人物として識別されたラベル領域における全画素の重心を求め、重心の画素に該当する 3 次元位置情報を取得し、これをユーザの重心位置座標とした。

各フレーム画像に対して 10 フレーム前と 10 フレーム後のユーザの重心位置座標を比較し、この差の絶対値を、そのフレームにおける人物の移動量とした。移動量が 200mm 以上だった場合を「歩行」、以下だった場合を「滞在（停止）」とみなした。この判別のしきい値は、複数のユーザのデータを用い、実際に動画像を確認しながら試行錯誤的に決定した。

5.4 タッチ頻度及びページ到達率

RQ4 を、ユーザの行動の側面から検証する別の指標として、コンテンツの操作量も用いた。タッチ頻度及びページ到達率は、各コンテンツに埋め込まれた操作ログ取得プログラムを用いて測定した。

5.5 主観評価値

RQ1～RQ5 に関して、ユーザの感情の側面から検証するために、3 種類の主観評価アンケート——対比較、AttrakDiff, NASA-TLX——を導入した。

RQ1～RQ4 に関しては、合計 22 個の設問（図 8 参照）を用意し、サーストンの一対比較法を用いて評価した。一対比較法は、多数の比較対象を一度に評価するのではなく、一対（二つずつ）を取り出し、その優劣・好悪・大小を判定する方法である。判断が単純なため、容易で再現性が高く、細かい差に対する識別力が高い点が長所である。Display Angle の 3 条件にお

ける一対比較の組合せは ${}_3C_2 = 3$ 通りである。参加者は、全ての設問に対して 3 通りの比較を行った。

RQ5 については、ユーザにとっての対象物の魅力と心的負荷の二つの観点から評価する。魅力に関する評価項目には AttrakDiff [9]、心的負荷に関する評価項目には NASA-Task Load Index を利用した。いずれも、Display Angle の 3 条件各々について参加者に評価を求めた。AttrakDiff の質問は、28 項目の形容詞対で構成される（7 段階評定尺度法）。AttrakDiff は、システムを評価する四つの尺度——Pragmatic Quality (PQ), Hedonic Quality - Identity (HQ-I), Hedonic Quality - Stimulation (HQ-S), Attractiveness (ATT)——をもっている。各尺度は 7 項目で構成される。AttrakDiff のサイト [29] 上で結果を入力すると、評価結果が自動で生成される。NASA-TLX の質問は、6 項目で構成される。評定は 10 段階のリッカート尺度を用いた。

6. 結 果

結果を分析する際、認知（6.1）及び行動（6.2～6.4）に関する結果は、年齢によって結果が異なる場合が多かったため年齢層を要因に加えて分析を行った。感情（6.5～6.7）に関する結果は、年齢層に関係なく一様の傾向が見られたため、最終的な分析では年齢層の要因を除外した。

6.1 再認成績

実験で使用した 2 種類のコンテンツ（Stele と Convention）をまたいで分析するために、51 問の正誤問題の素得点を標準得点（平均値が 0、標準偏差が 1. つまり、平均値よりも大きければ符号が正、小さければ負になる。）に変換した。条件ごとに、各設問の標準得点を合計して設問数で割った値を再認成績とした。再認成績を、 $3 \text{ (Display Angle: Vertical} \cdot \text{Horizontal} \cdot \text{Tilted)} \times 2 \text{ (Content: Stele} \cdot \text{Convention)} \times 2 \text{ (Question Type: Textual} \cdot \text{Graphical)} \times 3 \text{ (Age Group: Young} \cdot \text{Young-middle-age} \cdot \text{Old-middle-age)}$ の 4 要因分散分析を用いて分析した。Display Angle, Content, Question Type が被験者内要因、Age Group が被験者間要因である。

その結果、Display Angle の主効果は有意でなかった ($F(2,78)=0.048$, $p=.953$)。Age Group の主効果が有意であった ($F(2,39)=3.917$, $p=.028$)。Age Group $\times$ Display Angle の交互作用が有意であった ($F(4,78)=3.026$, $p=.023$) ため、Age Group 別

に, Display Angle の 3 条件間で Tukey (HSD) 法による多重比較検定を行った. その結果, Young においては, Vertical > Horizontal ($p=.002$), Vertical > Tilted ($p=.007$) について有意差が認められた. Young-middle-age においては, Tilted > Vertical ($p=.003$), Tilted > Horizontal ($p=.014$) について有意差が認められた. Old-middle-age においては, Horizontal > Tilted ($p=.016$) について有意差が認められた.

また, Display Angle $\times$ Question Type の交互作用についても認められなかった. すなわち, ディスプレイに提示されたコンテンツのメディアがテキストであっても画像であっても, 内容の想起に関しては, ディスプレイの角度は影響を与えないことを示唆する.

その他の主効果, 交互作用はいずれも有意でなかった. 図 4 に, 全ユーザの平均と Age Group 別の平均を示す.

Age Group 別に比較すると, Young-middle-age の Tilted 条件の結果を除けば, 全般的には, どの Display Angle 条件であっても, 年齢が低いほど記憶の再認成績が高くなっていることが分かる. 年齢が高くなるほど記憶力は低下すると一般的に認識されているが, これを踏襲した結果となった. また, Age Group ごとに傾向は異なっていた. Young は Vertical, Young-middle-age は Tilted, Old-middle-age は Horizontal の正確性がそれぞれ最も高いという, 三者三様の結果となった.

6.2 入室直後の接近確率と接触確率

再認成績結果の分析と同様, 実験で使った 2 種類のコンテンツをまたいで分析するために, コンテンツ

ごとに各ユーザの, 入口から最も近くにあった Display Angle 条件に対する素得点 (0 または 1) を標準得点に変換した. この標準得点を接近確率, 接触確率とし, 3 (Display Angle) $\times$ 2 (Content) $\times$ 3 (Age Group) の 3 要因分散分析を用いて分析した. その結果, 接近確率, 接触確率いずれにおいても, Display Angle, Content, Age Group の各主効果, 各交互作用も有意でなかった. 図 5 に, 全ユーザの平均と Age Group 別の平均を示す.

統計的有意差はなかったものの, 接近確率に関しては, 全ユーザの平均を見ると, Tilted 条件の接近確率が最も高く, Horizontal 条件が最も低い結果となった. 接触確率に関しては, どの Age Group のユーザも Tilted 条件の接触確率が最も高い結果となった.

6.3 滞在時間及び歩行時間

同様に, サブコンテンツごとに各ユーザの総滞在時間と総歩行時間の標準得点を求めた. これらの標準得点を, 3 (Display Angle) $\times$ 2 (Content) $\times$ 3 (Age Group) の 3 要因分散分析を用いて分析した. その結果, 滞在時間, 歩行時間いずれにおいても, Display Angle, Content, Age Group の各主効果, 各交互作用も有意でなかった. 図 6 に, 全ユーザの平均と Age Group 別の平均を示す.

統計的有意差はなかったものの, 滞在時間に関しては, 全ユーザの平均を見ると, Tilted 条件の滞在時間が最も長い結果となった. 歩行時間に関しては, どの Age Group のユーザも Horizontal 条件の歩行時間が最も長かった. これは, 水平の場合は, ディスプレイの横からでも画面を閲覧できることが要因と推測でき

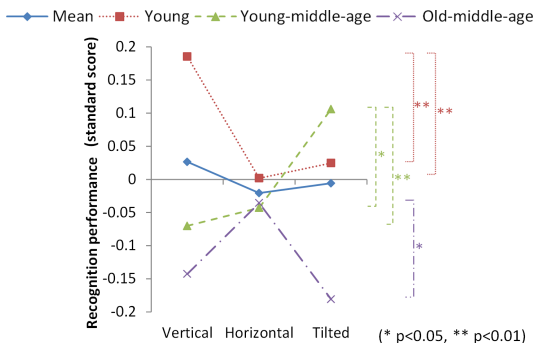


図 4 年齢層別に見たユーザの再認成績

Fig. 4 Recognition performance of recognition task per age group.

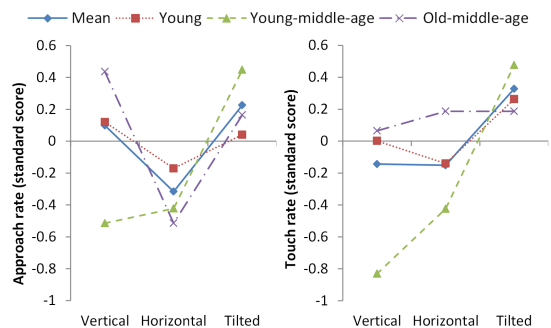


図 5 年齢層別に見たユーザの入室直後の接近確率 (左) と接触確率 (右)

Fig. 5 Approach rate (left) and touch rate (right) for participants immediately after entering the room, by age group.

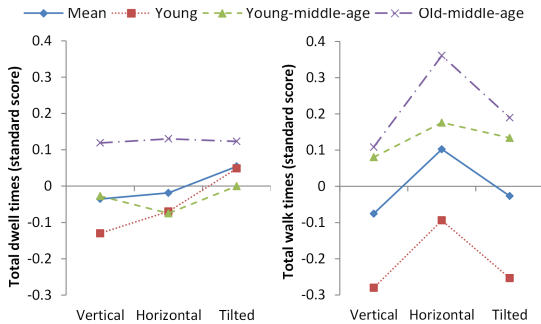


図 6 年齢層別に見たユーザの滞在時間 (左) と歩行時間 (右)

Fig. 6 Total dwell times (left) and total walk times (right) for participants by age group.

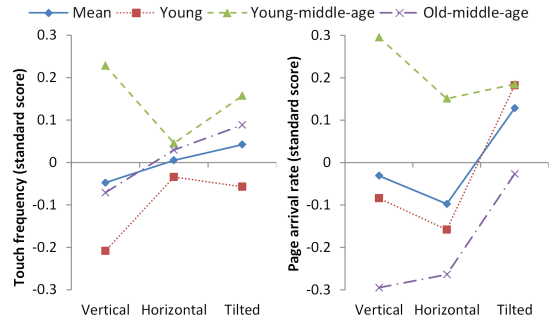


図 7 年齢層別に見たユーザのタッチ頻度 (左) とページ到達率 (右)

Fig. 7 Touch frequency (left) and page arrival rate (right) for participants by age group.

る。また、滞在時間、歩行時間いずれにおいても、年齢に比例して歩行時間が長くなっている様子が伺える。

6.4 タッチ頻度及びページ到達率

タッチ頻度、ページ到達率についても、サブコンテンツごとに各ユーザの素値の標準得点を求めて、3要因分散分析を行った。その結果、タッチ頻度、ページ到達率いずれも、Display Angle、Content、Age Groupの各主効果、各交互作用も有意でなかった。図7に、全ユーザの平均とAge Group別の平均を示す。

統計的有意差はなかったものの、タッチ頻度に関しては、全ユーザの平均を見ると、Tilted条件のタッチ頻度が最も高い結果となった。ページ到達率に関しても、全ユーザの平均を見ると、Tilted条件のページ到達率が最も高い結果となった。また、タッチ頻度、ページ到達率いずれにおいても、Young-middle-ageのユーザの値が他のAge Groupのユーザよりも高いことが分かる。このことから、Young-middle-ageはディスプレイに対するインタラクション活動に対して積極的である様子が伺える。

6.5 一対比較

前述のとおり、各参加者にRQ1～RQ4に関する各設問それぞれについて、3回の一対比較をしてもらった。サーストンの一対比較法では、得られた判定結果に対して、次の手順によって評価を行う：①Kendall [14]の一致性係数 u を求める。n人の判定が相互に完全に一致しているとき1、完全にバラバラのときはほぼ0となる。②①を用いて判定者相互間で判定に一致性があるかどうかを検定 (χ^2 検定) する。③②で一致が認められた場合、一対比較の比率を標準得点に変換し、尺度値を求める。④各条件の度数 (その条件を選択し

た判定者の数) が異なるかどうかを検定 (χ^2 検定) する。⑤④で度数が有意に異なると判断された場合、各条件間でライアン法による多重比較検定を行う。

この手順に従って分析した結果、22個全ての設問において、判定者間の一致が統計的に認められた (②)。そして、全設問において、Display Angleの各条件の度数が統計的に有意に異なると判断された (④) ため、多重比較を行った。図8に、Display Angleの各条件の尺度値 (③)、Kendallの一致性係数 u (①)、多重比較検定の結果 (⑤) を示す。

図8から明らかなように、大多数の項目において、Tilted > Horizontal, Tilted > Verticalについて有意差が認められた。R2とR3の質問項目に関しては、HorizontalとVerticalの値が近似していた。

6.6 AttrakDiff

図9に、AttrakDiffサイト上で自動生成された評価結果の一部を示す。このグラフは尺度PQと尺度HQの平均値及びその確信度を表している。グラフから、Vertical, Horizontal, Tilted いずれも “neutral” と評定されたものの、Tiltedは “desired” に近く、他2条件と比較して評価値が高いことが分かる。また、確信度に関しても他2条件よりも高いことが分かる。

更に、アンケートから得られた値を、Display Angleを要因とした1要因分散分析を用いて独自に分析した。その結果、AttrakDiffの四つの尺度のうちHQ-I, HQ-S, ATTの三つの尺度において、Display Angleの主効果があった (HQ-I: $F(2,82)=12.655$, $p=1.60E-05$; HQ-S: $F(2,82)=7.541$, $p=.001$; ATT: $F(2,82)=18.068$, $p=3.15E-07$)。主効果が有意であった三つの尺度に関して Tukey (HSD) 法による多重

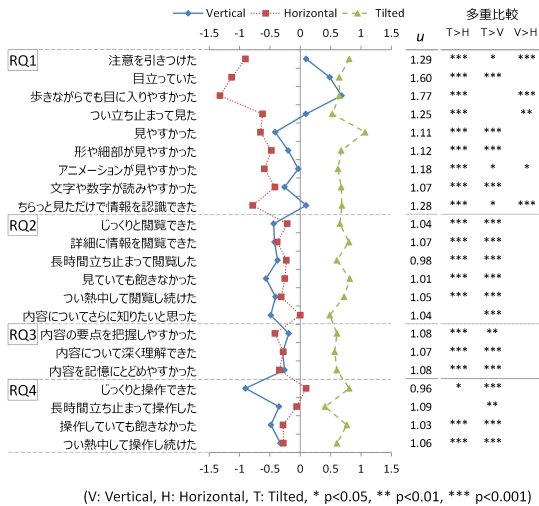


図 8 サーストン法による 22 個の設問の尺度値 (値が大きいほど評価が高い)

Fig. 8 Dimension values for the 22 questions used for Thurstone's method (the higher the value, the higher the rating).

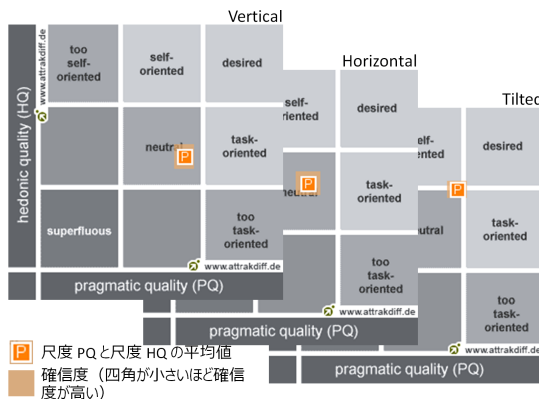


図 9 AttrakDiff サイト上で生成されたポートフォリオ
Fig. 9 Portfolio generated on the AttrakDiff website.

比較検定を行った。その結果、三つの尺度いずれにおいても、Tilted は Vertical よりもユーザの評価が有意に高く (HQ-I: $p=2.15E-05$; HQ-S: $p=.0004$; ATT: $p=3.11E-06$)、更に、HQ-I と ATT においては、Tilted は Horizontal よりもユーザの評価が有意に高かった (HQ-I: $p=.0001$; ATT: $p=1.30E-05$)。図 10 に AttrakDiff の四つの尺度別の平均を示す。

図 10 が示すように、Hedonic Quality (HQ-I, HQ-S) と Attractiveness の観点において、Tilted が有意に高い評価を得た。また全ての尺度に関して、Horizontal と Vertical の評価は近似していることが

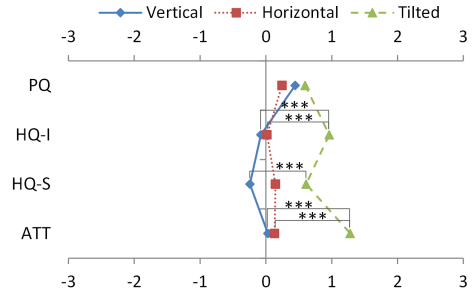


図 10 AttrakDiff アンケートから得られた四つの尺度の平均値 (値が大きいほど評価が高い)

Fig. 10 Average values for the four dimensions obtained from the AttrakDiff questionnaires (the higher the value, the higher the rating).

分かる。システムの単純さ、実用性、予測しやすさなどに関する尺度 PQ については、どの Display Angle 条件もほぼ同じ評価であり、システム快適さや魅力に関する尺度 HQ-I, HQ-S, ATT については Tilted が極めて高い評価を得た。

6.7 NASA-TLX

アンケートから得られた値を、Display Angle を要因とした 1 要因分散分析を用いて分析した。その結果、NASA-TLX の 6 項目のうち、effort を除く 5 項目において、Display Angle の主効果があった (mental demand: $F(2,82)=3.490$, $p=.035$; physical demand: $F(2,82)=14.860$, $p=3.1E-06$; temporal demand: $F(2,82)=9.229$, $p=.0002$; performance: $F(2,82)=6.110$, $p=.003$; frustration: $F(2,82)=14.087$, $p=5.5E-06$)。主効果が有意であった 5 項目に関して Tukey (HSD) 法による多重比較検定を行った結果、4 項目で、Vertical は Tilted よりもユーザの心的負荷が有意に高く (physical demand: $p=1.84E-06$; temporal demand: $p=.007$; performance: $p=.018$; frustration: $p=2.49E-05$)、2 項目で Horizontal は Tilted よりも心的負荷が有意に高く (physical demand: $p=.004$; frustration: $p=.027$)、1 項目で Vertical は Horizontal よりも心的負荷が有意に高かった (temporal demand: $p=.023$)。図 11 に各項目の評価値を示す。

図 11 から明らかのように、大半の項目において、Vertical が有意に心的負荷が高い結果となった。また、AttrakDiff アンケートでは Horizontal と Vertical の評価は近似していたが、NASA-TLX アンケートでは、Vertical は Horizontal よりも心的負荷が高いと評価

された。

7. 議 論

本実験から得られた、ディスプレイの角度がユーザの認知・行動・感情に与える影響を表 2 にまとめる。表中の不等式の順序は、図 4~7 の青色の実線で示されたグラフの全ユーザの平均値の結果、及び図 8~11 の結果に基づく。図 11 はネガティブなアンケートであるため、表中の不等式は図 11 における評価結果とは逆になる。下線の引かれた不等式は、多重比較検定において統計的有意差が認められたペアを含むものである。表 2 より本実験結果を総括すると、ディスプレイの角度は、ユーザの認知及び感情に影響を与えることが明らかとなった。ユーザの行動に関しては、有意差は認められなかったものの感情的側面の結果とおおむね類似した結果が見られた。

7.1 目に止まりやすい角度

RQ1 に関して、主観評価値の結果から、斜めのディ

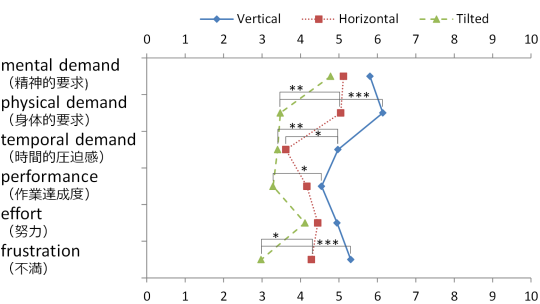


図 11 NASA-TLX アンケートから得られた六つの設問の平均値 (スコアが高くなるほど心的負荷が高い)

Fig. 11 Average values for the six questions obtained with the NASA-TLX questionnaire (the higher the score, the higher the mental workload).

表 2 実験結果のまとめ
Table 2 Summary of study results.

	認知	行動	感情
RQ1		接近確率 n.s. (T > V > H)	主観評価値 T > V > H
RQ2		滞在時間 n.s. (T > V > H) 歩行時間 n.s. (H > T > V) ページ到達率 n.s. (T > V > H)	主観評価値 T > H > V
再認成績 全体: RQ3 若年齢層: 中年年齢層: 高年齢層:	n.s. (V > T > H) V > T > H T > H > V H > V > T		主観評価値 T > V > H
RQ4		タッチ頻度 ページ到達率 接触確率 n.s. (T > H > V) n.s. (T > V > H) n.s. (T > V > H)	主観評価値 T > H > V
RQ5			魅力 心的負荷 T > H > V T > H > V

V: Vertical, H: Horizontal, T: Tilted
下線: 多重比較検定において統計的有意差が認められたペアを含むもの

スプレイが最もユーザの目に止まりやすく、水平のディスプレイが最も目に止まりにくいことが分かった。また、入室直後の接近確率においても、統計的有意差はないものの、同様の傾向が見られた。これらの結果から、例えば、展示ストーリー上の特定のエリア全体のコンセプトを提示する場合や展示施設全体のメッセージを伝えたい場合など、来館した多くの人に立ち止まって目を通してもらいたい情報を提示する場合は、ディスプレイを斜めに設置することが適切であることが示唆される。また、斜めのディスプレイを要所要所に配置することで、来館者の導線を意図的に設定することが容易になると考えられる。

また、斜めだけでなく、垂直ディスプレイも、目に止まりやすいディスプレイであることが伺えた。図 8 の上から三つ目の質問項目「歩きながらでも目に入りやすかった」においては、斜めよりも垂直のディスプレイの評価が高かった。また、若年齢層と高年齢層のユーザは、斜めよりも垂直の方がわずかではあるが入室直後の接近確率が高かった。前方方向に視線を向けて歩行している来館者が首を下に曲げなくても、ディスプレイの表示内容を視認できるため、来館者を長時間滞留させたくない空間では、垂直ディスプレイが有効と考えられる。

7.2 じっくり閲覧しやすい角度

RQ2 にして、主観評価値の結果から、斜めのディスプレイがユーザにとって最もじっくり閲覧しやすいことが分かった。水平と垂直のディスプレイの評価は大きく違わなかった。また、滞在時間、ページ到達率においても、統計的有意差はないものの、同様の傾向が見られた。これらの結果から、関心のある一部の人に時間をかけて閲覧してもらいたい情報を提示する場合は、ディスプレイを斜めに設置することが適切であることが示唆された。つまり、斜めのディスプレイを設置すると、来館者はそこに長時間滞留することが予想される。斜めのディスプレイは、多くの人の目に止まりやすく (RQ1)、かつ、人を長く留まらせる (RQ2) 効果があるため、来館者の導線をデザインする際には、十分な考慮が必要である。

また、統計的有意差は見られなかったものの、高年齢層は、全てのディスプレイ条件において、滞在時間が他の年齢層より長いのにに対し、ページ到達率は他の年齢層より低かった。これらの結果から、高年齢層ユーザは、一つの画面を時間をかけて閲覧する様子が伺える。

一方、実験後にインフォーマルに実施したインタビューから、RQ2に関連して、斜めとは別に水平のディスプレイがもつ特質を示唆する次のコメントも得られた：「斜めのディスプレイはゆっくりと見る事ができ、水平ディスプレイは内容に深く入り込む気がした。」、「斜めのディスプレイが一番見やすくつい足を運びたくなったが、見始めると集中できたのは水平のディスプレイだった。」、「水平ディスプレイは、画面を覗き込むことで、能動的に何かを調べている気分になり、じっくり見る事ができた。」。これらのコメントから、水平ディスプレイは、ユーザに自己中心座標系の認知方略[8]の選択を促す可能性が考えられる。これについては別途調査が必要である。

また、歩行時間の結果を見ると、上述の主観評価値、滞在時間、ページ到達率の結果とは異なっており、水平ディスプレイの周辺での歩行時間が最長であった。これは、水平ディスプレイの場合は、ディスプレイの横側からでも画面を見たり触れたりすることができることが要因と推測される。これを踏まえると、水平ディスプレイを設置する場合は周囲に十分な空間を確保しておくことが望ましい。

7.3 内容を理解・記憶しやすい角度

RQ3に関しては、ユーザの認知と感情の結果が一致しなかった。全ユーザの平均値で見ると、感情的側面の結果からは斜めのディスプレイが、認知的側面の結果からは垂直のディスプレイが、ユーザにとって最も内容を理解・記憶しやすいと判定された。認知的側面の結果を年齢層別で見ると、それぞれ結果が異なっていた——若年齢層は垂直、中年層は斜め、高年齢層は水平のときに、ディスプレイに提示された情報を最も理解・記憶した。企画している展示空間が対象としている年齢層をある程度限定できる場合は、これらの結果を参考にして、空間の設計を行うことができる。例えば、高校生を対象とした、教育を目的とした展示を企画する場合は、垂直のディスプレイの利用が有効となる。

また、コンテンツを構成しているテキストと画像というメディアの違いが、再認成績に影響を与えなかった。この結果から、ユーザの理解を目的としたコンテンツをデザインする際に、この両者を区別して検討する必要はないことが示唆される。

7.4 タッチインタラクションしやすい角度

RQ4については、主観評価値の結果から、斜めのディスプレイがユーザにとって最もインタラクション

しやすいことが分かった。また、統計的有意差はないものの、全ユーザの平均値を見ると、タッチ頻度、ページ到達率、入室直後の接触確率の結果からも同様の状況が伺えた。水平と垂直のディスプレイの評価は、評価データによって結果が異なっていた。これらの結果から、インタラクティブ性の高い映像資料を展示する場合は、ディスプレイを斜めに設置することが適切であることが示唆される。

また、インフォーマルなインタビューから得られた以下のコメントも、斜めのディスプレイの有効性を裏付けた：「垂直ディスプレイは操作するときにずっと腕をもち上げていなくてはいけなくて疲れた。」、「水平のディスプレイはかがみこまないと操作できないので、腰が痛くなった。」。垂直と水平のディスプレイは、それがタッチ可能である場合、人間工学的に最適ではないことが推察される。

7.5 好感もてる角度

RQ5に関して、2種類の主観評価値の結果から、ユーザは、斜め、水平、垂直の順で、好むことが分かった。これは、先行研究の結果[18]とも一致する。対象物の魅力の程度をたずねた評価項目の結果からは、斜めのディスプレイが、水平と垂直のディスプレイと比べて、ユーザにとっては極めて魅力的に映っており、水平と垂直のディスプレイは、おおむね同じ評価であった。対象物の心的負荷の程度をたずねた評価項目の結果からは、斜めのディスプレイがユーザに与える心的負荷が最も低く、垂直ディスプレイが最も高かった。これらの結果から、エンターテインメント性の高い体験を来館者に提供したい場合は、ディスプレイを斜めに設置することが適切と考えられる。

7.6 タッチインタラクションと学習効果の関係

ここで、再認成績と操作について考察する。若年齢層のタッチ頻度やページ到達率を見ると、垂直の条件時に値が低いにもかかわらず、再認成績は水平や斜めよりも有意に高かった。中年層の場合は、垂直の場合のタッチ頻度やページ到達率の値は最も高かったにもかかわらず、垂直の再認成績は有意に低かった。高年齢層は、斜めの場合に、タッチ頻度やページ到達率が最も高かったにもかかわらず、斜めの再認成績は最低だった。これらの結果から、インタラクションの量が多いと、再認成績、つまり学習効果が下がる可能性が示唆される。インタラクティブディスプレイの特性に関する重要な示唆と考えられるため、今後更なる調査が必要である。

8. む す び

大型のディスプレイが設置された空間において、目的とする来館者とのコミュニケーションを達成するためには、種々のディスプレイの要因が来館者にどう影響するかを理解する必要がある。そのような空間におけるユーザの認知・行動・感情を計測することは、展示空間のデザインのためのガイドライン開発に向けての重要な一歩となる。

本論文では、ディスプレイの諸要因のうち角度の要因に焦点を合わせた。実験室実験において、一つの展示室内に垂直・水平・斜めの3種類の平面ディスプレイを配置し、メニュー方式や内容の異なる2種類のコンテンツを用いて、ユーザを認知・行動・感情の側面から包括的に検証した。検証の結果、認知と感情の側面で統計的有意差が見られた。認知的側面から検証した結果、年齢によって傾向が異なっており、若年齢層のユーザは垂直、中年層は斜め、高年齢層は水平のディスプレイ上に提示された情報の内容を最も理解・記憶した。感情的側面から検証した結果、年齢に関係なく、ユーザは、斜めのディスプレイが、最も目に止まりやすく、最もじっくり閲覧しやすく、最も内容を理解・記憶しやすく、最もインタラクションしやすく、最も好む、と評価した。また、行動的側面に関しても、有意差は見られなかったものの感情的側面の結果とおおむね類似した結果が得られた。

以下に、本研究の今後の課題2点について述べる。

第一は、サンプルの量及び質の向上である。本実験では、年齢層により認知や行動が異なる結果となった項目が見られた。現実世界に対応可能な、より包括的なガイドラインを開発するためには、多数かつ多様なユーザを対象にした調査を行う必要がある。

第二は、マルチユーザを対象としたときの、ディスプレイ角度が認知・行動・感情に与える影響の調査である。公共の空間に設置されたディスプレイを、友人や家族と一緒に体験する状況は今後増えると予想される。幾つかの論文[13], [22]が、複数のユーザが協調してディスプレイを利用する状況では、垂直よりも水平のディスプレイの方が協調作業を促すことを示した。斜めのディスプレイ条件も含めた定量的な調査が必要となる。

ディスプレイに関連した要因は本研究が扱った角度に留まらずいくつもあり、これらの各要因が、ユーザの認知・行動・感情の特性にどう影響を与えるかを考

慮し、総合的にディスプレイシステムをデザインする必要がある。そのためには、より多くの実証的研究が必要である。

謝辞 本実験は、ルーヴル美術館と大日本印刷株式会社との共同プロジェクト「ルーヴル - DNP ミュージアムラボ」の協力により実施したものである。ここに謝意を表する。

文 献

- [1] 市野順子, 金山尚史, 田野俊一, 橋山智訓, “ディスプレイの物理的な大きさがテキスト読解に与える影響,” 情処学論, vol.53, no.5, pp.1570-1580, 2012.
- [2] 奈良先端科学技術大学院大学 OpenCV プログラミングブック製作チーム, OpenCV プログラミングブック 第2版, 毎日コミュニケーションズ, 2007.
- [3] 日本展示学会 (企画・編), 展示論—博物館の展示をつくる, 雄山閣, 2010.
- [4] P. Bao and D. Gergle, “What’s “this” you say? the use of local references on distant displays,” Proc. CHI 2009, pp.1029-1032, 2009.
- [5] G. Beyer, F. Alt, J. Müller, A. Schmidt, K. Isakovic, S. Klose, M. Schiewe, and I. Haulsen, “Audience behavior around large interactive cylindrical screens,” Proc. CHI 2011, pp.1021-1030, 2011.
- [6] J. Bolton, K. Kim, and R. Vertegaal, “A comparison of competitive and cooperative task performance using spherical and flat displays,” Proc. CSCW 2012, pp.529-538, 2012.
- [7] C. Forlines, C. Shen, D. Wigdor, and R. Balakrishnan, “Exploring the effects of group size and display configuration on visual search,” Proc. CSCW 2006, pp.11-20, 2006.
- [8] R.A. Hart and G.T. Moore, The development of spatial cognition: A Review. Image and environment: Cognitive mapping and spatial behavior, Ed. R.M. Downs and D. Stea, pp.246-295, Aldine Publishing, 1973.
- [9] M. Hassenzahl, M. Burmester, and F. Koller, AttrakDiff: Ein fragebogen zur messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer qualität, Mensch & Computer 2003, Interaktion in Bewegung, B.G. Teubner, pp.187-196, 2003.
- [10] K. Hawkey, M. Kellar, D. Reilly, T. Whalen, and K.M. Inkpen, “The proximity factor: Impact of distance on co-located collaboration,” Proc. GROUP 2005, pp.31-40, 2005.
- [11] E. Hornecker, and E. Nicol, “What do lab-based user studies tell us about in-the-wild behavior? Insights from a study of museum interactives,” Proc. Designing Interactive Systems (DIS2012), pp.358-367, 2012.
- [12] J. Ichino, K. Isoda, A. Hanai, and T. Ueda, “Effects of the display angle in museums on user’s cognition, behavior, and subjective responses,” Proc. CHI 2013, pp.2979-2988, 2013.

- [13] K.M. Inkpen, K. Hawkey, M. Kellar, R. Mandryk, K. Parker, D. Reilly, S. Scott, and T. Whalen, "Exploring display factors that influence co-located collaboration: Angle, size, number, and user arrangement," Proc. HCI International 2005, 2005.
- [14] M.G. Kendall, Rank correlation method, 4th ed., Charles Griffin, Londres, 1975.
- [15] M.T. Koppel, G. Bailly, J. Müller, and R. Walter, "Chained displays: configurations of public displays can be used to influence actor-, audience-, and passerby behavior," Proc. CHI 2012, pp.317-326, 2012.
- [16] K. Kuikkaniemi, G. Jacucci, M. Turpeinen, E.E. Hoggan, and J. Müller, "From space to stage: How interactive screens will change urban life," Computer, vol.44, no.6, pp.40-47, 2011.
- [17] J.W. Lin, B.L. Duh, H. Abi-Rached, D.E. Parker, and T.A. Furness III, "Effects of field of view on presence, enjoyment, memory and simulator sickness in a virtual environment," IEEE Proc. Virtual Reality 2002, pp.164-171, 2002.
- [18] C. Müller-Tomfelde, A. Wessels, and C. Schremmer, "Tilted tabletops: In between horizontal and vertical workspaces," Proc. Tabletop 2008, pp.49-56, 2008.
- [19] E.W. Pedersen and K. Hornbæk, "An experimental comparison of touch interaction on vertical and horizontal surfaces," Proc. Nordic Conference on Human-Computer Interaction (NordiCHI 2012), pp.370-379, ACM, 2012.
- [20] B. Potvin, C. Swindells, M. Tory, and M.A. Storey, "Comparing horizontal and vertical surfaces for a collaborative design task," Advances in Human-Computer Interaction, vol.2012, 2012.
- [21] B. Reeves and C. Nass, The media equation: how people treat computers, television, and new media like real people and places, Cambridge University Press, 1996.
- [22] Y. Rogers and S. Lindley, "Collaborating around vertical and horizontal large interactive displays: which way is best?," Interacting with Computers, vol.16, no.6, pp.1133-1152, 2004.
- [23] K. Ryall, C. Forlines, C. Shen, and M.R. Morris, "Exploring the effects of group size and table size on interactions with tabletop shared-display groupware," Proc. CSCW 2004, pp.284-293, 2004.
- [24] H. Shigemasa, T. Morita, N. Matsuzaki, T. Sato, M. Harasawa, and K. Aizawa, "Effects of physical display size and amplitude of oscillation on visually induced motion sickness," Proc. VRST 2006, pp.372-375, 2006.
- [25] D.S. Tan, D. Gergle, P. Scupelli, and R. Pausch, "Physically large displays improve performance on spatial tasks," ACM Trans. Computer-Human Interaction, vol.13, no.1, pp.71-99, 2006.
- [26] J. Wallace, R. Mandryk, and K.M. Inkpen, "Comparing content and input redirection in MDEs," Proc. CSCW 2008, pp.157-166, 2008.
- [27] D. Wigdor, C. Shen, C. Forlines, and R. Balakrishnan, "Effects of display position and control space orientation on user preference and performance," Proc. CHI 2006, pp.309-318, 2006.
- [28] <http://oshiro.bpe.es.osaka-u.ac.jp/people/staff/imura/products/labeling/labeling.pdf>
- [29] <http://www.attrakdiff.de/>
- [30] <http://www.museumlab.eu/>
- [31] <http://www.museumlab.eu/exhibition/08/>
(平成 25 年 2 月 15 日受付, 5 月 13 日再受付)



市野 順子 (正員)

1998 電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了。1998～2001 大日本印刷 (株)。2001～2006 TIS (株)。2003～2006 (独) 情報通信研究機構けいはんな情報通信融合研究センター自然言語グループ特別研究員。2007 神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。2007 より電気通信大学大学院情報システム学研究科助教。2010～2011 カルガリー大学コンピュータサイエンス学部客員研究員。協調活動・感性的活動の支援, ユーザの認知・行動特性の理解に関する研究に従事。情報処理学会, ACM 各会員。博士 (工学)。



磯田 和生

1994 九州芸工大 工業設計卒。1996 同大学院 博士前期課程修了。現在, 大日本印刷 (株) C & I 事業部所属。ルーヴル美術館との共同プロジェクトにて, ヒューマンコンピュータインタラクションを応用した, 空間メディアの企画及び研究開発に従事。



花井 綾子

2005 九州芸術工科大学 芸術工学部 芸術情報設計学科卒。2007 九州大学大学院芸術工学府修士課程了。現在, 大日本印刷株式会社にて, ヒューマンコンピュータインタラクションを応用した, 空間メディアの研究開発に従事。



上田 哲也

2002 新潟大学大学院 自然科学研究科卒。現在, 大日本印刷株式会社にて, ヒューマンコンピュータインタラクションを応用した, 空間メディアの研究開発に従事。