

インタラクティブディスプレイの角度がソーシャルインタラクションに与える影響：ミュージアムにおけるフィールドスタディ

市野 順子^{1,a)} 磯田 和生² 上田 哲也² 佐藤 玲美²

受付日 2014年6月30日, 採録日 2014年9月12日

概要：本稿では、インタラクティブディスプレイの角度（0°・20°・45°・90°）が人々の社会的な行動に与える影響を探る。フィールドスタディでは、約4カ月間にわたり合計900人以上の来場者の量的および質的データを収集した。本研究から以下のことが明らかになった：(1) 知的好奇心の高い来場者の注意を誘うには水平に近いディスプレイが効果的である。しかしディスプレイ空間にすでに人がいる状況では垂直が効果的である。(2) タッチジェスチャータイプのインタラクティブ展示を、時間をかけて体験してもらいたい場合は水平あるいは垂直が効果的である。特にルーペ機能を含む場合は垂直が有効である。(3) 来場者は0°～45°のディスプレイ空間にいるとパーソナルスペースを意識しやすく、45°に近い方がそのサイズが大きい。コンテンツを介した人と人のコミュニケーションを促したい場合には、垂直のディスプレイが有効である。また、調査結果全体から、45°のディスプレイは、必ずしも0°と90°の中間的な性質を有した「無難」な角度ではないことが示唆された。これらの知見は、ミュージアムのインタラクティブ展示や、その他の公共の空間に設置するディスプレイを設計する際に有用である。

キーワード：パブリックディスプレイ、ディスプレイ角度、美術館・博物館、フィールドスタディ、ソーシャルインタラクション

Impact of the Interactive Display Angle on Human Social Interactions: A Field Study in a Museum

JUNKO ICHINO^{1,a)} KAZUO ISODA² TETSUYA UEDA² REIMI SATOH²

Received: June 30, 2014, Accepted: September 12, 2014

Abstract: We investigate how the interactive display angles of 0, 20, 45 and 90 degrees influence human social behaviors. We collected both quantitative and qualitative data from a total of more than 900 museum visitors. Our field study reveals: (1) The horizontal is effective in drawing the attention of intellectual-curious visitors. However, the vertical is effective when already occupied. (2) For an exhibit of the touch gesture type, the horizontal and vertical are effective in making visitors spend much time. The vertical is particularly effective for a magnifying glass function. (3) Visitors become more aware of their personal space in the 0° and 45° display spaces. In order to motivate people to communicate regarding the contents, the vertical is effective. Furthermore, it needs to be carefully considered when designing the 45° display space since 45° is not necessary safe with the intermediate characteristics of 0° and 90°. These findings are useful in designing interactive exhibits in a museum and displays to deploy in the public space.

Keywords: public display, display angle, museum, field study, social interaction

1. はじめに

ミュージアム、駅、空港、ショッピングモールなど公共の空間において、インタラクティブディスプレイは、その数が加速度的に増加しているだけでなく、スタイルの多様化も進んでいる（たとえば文献 [1], [2], [3]）。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（たとえば、Facebook や Twitter）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 [4]。インタラクティブディスプレイのある空間をデザインする際、私

たちは、ディスプレイの認知的および社会的アフォーダンス——人々はディスプレイに表示された内容をどう理解するのか、ディスプレイの前でどう振る舞うのか、周囲に人がいる場合その振舞いはどう変わるのか——を理解する必要がある。

この課題に対して、HCI 研究領域では近年活発に研究が進められている（たとえば文献 [3], [5], [6], [7], [8], [9]）。ディスプレイを利用する人に影響を及ぼしうる要因には、ディスプレイのサイズ・形状・角度・数、ディスプレイの並べ方、ユーザー数、ユーザーの並び方などがある。これらの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。これら要因のうち、本研究はディスプレイ角度に焦点を合わせる。近年は、垂直だけでなく水平や斜めのディスプレイも一般的になりつつある。いくつかの研究（たとえば文献 [10], [11], [12]）は水平と垂直2つのディスプレイを比較し、ディスプレイ角度がグループの協調作業に与

¹ 香川大学

Kagawa University, Takamatsu, Kagawa 761-0396, Japan

² 大日本印刷株式会社 C&I 事業部

Dai Nippon Printing Co., Ltd., Shinagawa, Tokyo 141-8001, Japan

a) ichino@eng.kagawa-u.ac.jp

える影響を調査した。Ichinoら [13], [14] は, $0^\circ \cdot 45^\circ \cdot 90^\circ$ の3つのディスプレイ角度を比較し, 角度はディスプレイに表示された内容に関するユーザーの記憶に影響を及ぼすことを明らかにした。しかし, 水平と垂直の2つだけではなく斜めも含め, ディスプレイの角度の要因が人々のソーシャルインタラクションに与える影響について, 詳細かつ系統的に比較する研究はなされていない。

本稿では, ミュージアムというコンテキストにおいて, インタラクティブディスプレイの角度—— $0^\circ \cdot 20^\circ \cdot 45^\circ \cdot 90^\circ$ ——が人々の社会的な行動に与える影響を検証する。4種類のディスプレイ角度を比較するために, 企画展に導入された標準的なインタラクティブ展示のディスプレイを利用し, 各角度それぞれ約数週間を使ってフィールドスタディを実施した。企画展に会場した10代から70代までの合計900人以上の一般の人の量的(インタラクションログ, 深度カメラ映像, 来場者アンケート)および質的(観察, 半構造化インタビュー)データを用いた分析に基づき, ディスプレイの4種類の角度が, attention, motivation, interaction in public に関してどのような特徴を持っていたかを明らかにする。

本稿で得られる知見は, ミュージアムにインタラクティブディスプレイを導入する学芸員, インタラクティブ展示のデザイナーや開発者, さらに一般的には, 駅, 空港, ショッピングモールといった公共の空間のデザイナーにとって, 有用なものとなりうる。

2. 背景および関連研究

2.1 ディスプレイ角度の効果

ディスプレイ角度の影響を調査した研究のほとんどは, 垂直と水平の2つの角度条件を扱っている。これらの多くは, ディスプレイが知人同士のグループの協調作業に与える影響を評価している [10], [11], [12], [15]。これらの研究では, グループに問題解決タスクや協調的デザインタスクなどを行ってもらい, 会話, ジェスチャー, 視線といった行動の頻度や継続時間, メンバー間でのそれら行動の均等性, 創出されたアイデアの数や内容などに関して, 2つの角度を比較している。たとえば, Rogersら [11] の研究からは, 垂直ディスプレイよりも水平ディスプレイの方が, 役割の交替を多く行い, 多数のアイデアを創出し, 相手が今何をしているかをより良く把握する, ことが示された。また Inkpenら [10] は, 垂直ディスプレイは短時間で集中して行うタスクに向いており, 水平ディスプレイ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。以上2つの調査結果からは, グループ内のコミュニケーションを促したい場合は垂直ディスプレイよりも水平ディスプレイの方が適していることが推測できる。しかし一方で, Potvinら [15] の研究からは, この結果とは必ずしも一致しない知見——水平ディスプレイよりも垂直ディスプレイの方が相手の顔を見る頻度が高い, 発話や記述による参加のパートナー間の均等性は水平と垂直で差はない

——も得られている。

Pedersenら [16] は, グループの協調作業ではなくシングルユーザーのディスプレイ操作のパフォーマンスに関して, 水平と垂直のマルチタッチディスプレイを比較している。その結果, タップの操作時間は垂直の方が短い, ドラッグの操作時間は水平の方が短い, 身体的に楽だという理由で水平の方が好まれる, ことが分かった。Ichinoら [13], [14] も, シングルユーザーを対象にユーザースタディを行い, 水平・垂直・斜め3つの角度がユーザーに与える影響を認知・行動・感情の側面から包括的に検証した。その結果, 角度は, ユーザーの認知(内容を記憶しやすい角度は年齢によって異なる)や感情(斜めが好まれる)に影響を与えることが分かった。

2.2 ミュージアムにおけるインタラクティブディスプレイ

近年, 世界中の博物館, 美術館, 科学館において, インタラクティブ展示やインタラクティブ・インスタレーションの導入が著しい。特に最近では, 来場者とコンピューターが1対1で対話するだけでなく, コンピューターを介して来場者同士が対話することを支援するものが増えている。ミュージアムにおけるインタラクティブディスプレイは, ただ楽しいだけでは「ゲーム」になってしまうため, 楽しさをきっかけにして作品に対する深い理解や洞察につなげることが重要であり [17], この点が駅やショッピングモールに設置されるディスプレイと異なる。

ミュージアムにおけるインタラクティブディスプレイの可能性を探求する研究は数多くある [18], [19], [20], [21], [22]。Kortbekら [18] は, 床面をインタラクティブなディスプレイとしたインスタレーションを開発し, 新しい技術が, 芸術作品を邪魔するのではなく, 来場者の全体論的かつ社会的な体験を支援する可能性を示した。Hornecker [19] は, マルチタッチテーブルを用いたインタラクティブ展示を博物館に設置してフィールドスタディを行った。その結果, 美しく一見使いやすく見えるマルチタッチテーブルは, 実際には, 来場者はインタフェースの操作方法を学ぶのに苦労する, 来場者の思考は操作中の短い待ち間によって展示内容から離れてしまう, といった影響を及ぼしていることが観察された。Horneckerら [20] は, タッチディスプレイを使ったインスタレーションを用いて, ラボでのユーザースタディとミュージアムでのフィールドスタディの両方を行い比較した。その結果, 多くのユーザビリティの問題は, 両スタディで観察されたが, 社会的な行動はフィールドスタディでしか観察されず, フィールドスタディの有用性が示された。

2.3 インタラクティブパブリックディスプレイ

ディスプレイが設置された公共の空間では, 人々の身体の空間的配置は流動的かつ予測不可能であり, そこにいる人はともに行動しているグループのメンバーに限らず不特定多数の人と交わる。同じグループの中でさえその配置は

流動的である。つまり、そこではインタラクションはデザイナー形式ではなくビュッフェ形式になる [23], [24]。したがって、パブリックディスプレイのある空間を設計・評価する際、HCIの他の多くの技術と同じように、単純に、有用性・ユーザビリティ・好ましさを考慮するだけでは不十分である。また、ラボ実験では、参加者は「良い参加者でなければならない」と感じる傾向にあり、研究者の期待に沿うように行動や回答を調整する [25] ため、ソーシャルダイナミクス、特に見知らぬ人がいるときの行動、の再現が困難であることも指摘されている [20]。このような問題意識のもと、公共の空間に導入された新しい技術が人々に与える影響を評価する場合、ラボではなく「現場 (*in the wild* [23])」、つまり長期間にわたる日常の利用の中で実施されることが増えてきた (たとえば文献 [24], [26], [27])。

Müller ら [28] は、多数の研究プロジェクトや芸術インスタレーションを分析し、パブリックディスプレイを設計・評価する際に考慮すべき次の3つの主要な視点を整理した：(1) attention, (2) motivation, (3) interaction in public. 以降では、本研究の分析の指針とするために、主にこの Müller の文献 [28] をベースとし、これら視点を扱った研究と、それらに関係する社会的効果をサーベイする。それに先立ち、次項以降で、これら (1)~(3) の視点から記述・分析する際に必要となるインタラクションフェーズの概念について紹介する。

2.3.1 インタラクションフェーズ

他の多くのコンピューター技術とは対照的に、人とパブリックディスプレイとのインタラクションはインタラクション自体から始まらない。人がパブリックディスプレイとインタラクションする種々のフェーズを説明するためのモデルがいくつか提案されている [29], [30], [31]。Audience funnel [31] はディスプレイ空間の外側から聴衆の行動を観察することに焦点を合わせたモデルであり [28]、後述する本調査環境に最も適合するため、本研究ではこのモデルを採用する。このモデルは6つのフェーズで構成されている。最初、通行人はまだパブリックディスプレイに気づいていない (*passing-by*)。その後、ディスプレイを見て反応を示した (*viewing and reacting*) 後、ユーザーは手を動かすなどわずかなインタラクション (*subtle interaction*) でもってそのディスプレイのインタラクティブ性を確かめる。そして、ディスプレイに近付きディスプレイと直接的にインタラクション (*direct interaction*) する。ディスプレイが複数ある場合は、別のディスプレイともインタラクションする (*multiple interaction*) こともある。最後に、彼らは写真を撮るなどのフォローアップ行動 (*follow-up actions*) を行う。

2.3.2 Attention : 注意を引く

人間とコンピューターのインタラクションの多くは、ユーザーが初めからコンピューターに気付いていることを前提にしている。公共の空間に設置されたディスプレイの場合、それを前提にはできない。ディスプレイが通行人の注意を

引き付けなければ、まったく使われない可能性もある。一般的に、人間の脳の情報処理能力は限られているため、脳はどこに視覚的注意を向けるかを定める。パブリックディスプレイは、外界のあらゆる刺激 (たとえば、標識や歩行者) と、通行人の注意を奪い合う状況に置かれている [28]。パブリックディスプレイに関しては、ハニーポット効果 (*honeypot effect*) [29]—すでにディスプレイの近くにいる人によって、新しく来た人がディスプレイに引き付けられる社会的効果—が注意を強く引くことが示されている。パブリックディスプレイに関するいくつかのフィールドスタディ [3], [5], [31] から、ハニーポット効果はユーザーを引き付けるうえで有効であることが明らかになっている。

2.3.3 Motivation : インタラクションする気を起こさせる

伝統的な紙ベースのパブリックディスプレイ (たとえば、ポスターや掲示板) は、読むだけのメディアであった。インタラクティブディスプレイの場合、ユーザーが、それを見る・読むだけでなく使うよう動機づけられる必要がある。インタラクティブディスプレイの使用を動機付ける要因には、インタラクションを習得・制御したい (*challenge and control*)、不明瞭・不完全・不確実なものを探索したい (*curiosity and exploration*)、実行可能なインタラクションに選択肢がある (*choice*)、仮想環境のため通常とは異なることができるような気がする (*fantasy and metaphor*)、他者のインタラクションに影響を及ぼすことができる (*collaboration*)、などがある [28]。Müller ら [5] は、ショーウィンドウを使ってフィールドスタディを行い通行人にインタラクションを動機づけるためにどのような視覚的フィードバックを提供すべきかを探索した。

2.3.4 Interaction in Public : 公衆の前でインタラクションする

パブリックディスプレイとのインタラクションが公衆の前で行われるということが、人に様々な影響を与える。人は、他者に対して何らかの印象を与えることを想定して振る舞ったり、ディスプレイや他者の存在を煩わしく感じてディスプレイを避けたりする [28]。パーソナルスペース [32]—他者の接近によって心理的緊張が生じるスペース—は、公衆の前での人の振舞いの変化に関係する。研究 [3], [24], [33] などはこの影響を観察した。道具的 F 陣形 (*instrumental F-formation*) [34]—対象物 (ディスプレイ) を介して複数の人間によって空間が維持される現象を説明する概念—も身体の空間配置行動という点でこの影響と関連する。典型的な F 陣形の配置は、向かい合った配置 (*vis-a-vis*)、L 字配置 (*L-shape*)、隣り合った配置 (*side-by-side*) である [35]。Marshall ら [36] や Koppel ら [3] は、F 陣形の概念を用いて、ディスプレイの前にいる人々の身体の空間配置を分析した。

以上 2.1~2.3 節から分かるように、水平と垂直だけでなく斜めも含めたインタラクティブディスプレイの角度が人に与える影響を扱った研究はわずかしかなく、また、

フィールドスタディにおける様々な角度の比較はまったく行われていない。インタラクティブパブリックディスプレイの角度の影響のいくつかはラボでのユーザースタディで観察されたが、様々な人が交わる公共の空間において角度の要因が人々にどう影響を与えるかは明らかになっていない。これらの理由から、本稿では角度の要因を調査するフィールドスタディを行い、上述した3つの視点 (attention, motivation, interaction in public) について報告する。

3. フィールドスタディ

本研究の目的は、(1) 自然な環境でミュージアムの来場者が、4種類のディスプレイ角度条件 ($0^\circ \cdot 20^\circ \cdot 45^\circ \cdot 90^\circ$) においてどう振る舞うかを定量的かつ定性的に比較する、(2) 特に本研究の主な分析の視点である、attention, motivation, interaction in public に関する影響を理解する、である。本研究は、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 [37]」の第10回展『古代ギリシアの名作をめぐって』[38]の協力を得て実施された。第10回展は2013年2月から8月まで約7カ月間にわたって開催された (会期中の開館時間は週末—金曜日の夕方以降, 土曜日, 日曜日—のみである)。本研究はこのうちの約4カ月間を使って実施された。

3.1 調査環境

本研究は、第10回展に導入されたインタラクティブ展示の1つを利用して行われた。第10回展は、オフィスビルのエントランスホールの一角で行われており、事前予約をすれば誰でも鑑賞できるため、多種多様な人が来場した。来場者の基本属性 (年代, 性別, 職業) は以下のとおりであった—年代: 10代 (14%), 20代 (19%), 30代 (14%), 40代 (22%), 50代 (12%), 60代 (12%), 70代以上 (7%), 性別: 男性 (41%), 女性 (59%), 職業: 美術系教員・学生 (30%), デザイン関係 (20%), 学芸員・美術館職員 (13%), その他美術関係 (11%), 会社員 (11%), 自営業 (7%), 公務員 (7%)。第10回展は3つの空間—展示室 (美術作品を鑑賞する空間), シアター (美術作品に関する映像を鑑賞する空間), 体験スペース (美術作品に関するインタラクションシステムを体験する空間)—で構成される。体験スペースは4つのインタラクティブ展示で構成される (図1)。来場者は、入口 (A) から入り、最初のインタラクティブ展示 (B) を通過した後、残り3つのインタラクティブ展示 (C, D, E) のあるスペースに移動し、出口 (F) から退出する。

本研究が扱う4種類の角度のディスプレイは、4つのインタラクティブ展示のうちの1つ『ギリシアの神々や英雄を見分ける (以下, Gods and Heroes)』 (図1, C) のディスプレイを利用した。各角度約数週間ずつ, 期間を変えて設置された。Gods and Heroesは, 近い将来ルーヴル美術館内のアルコブ (壁面の一部を後退させて作ったくぼみ

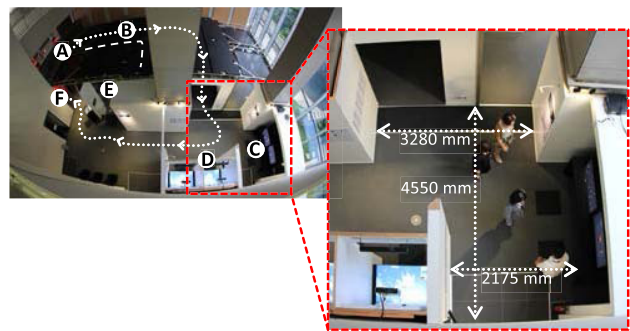


図1 体験スペースの概観

Fig. 1 Overview of participation space.

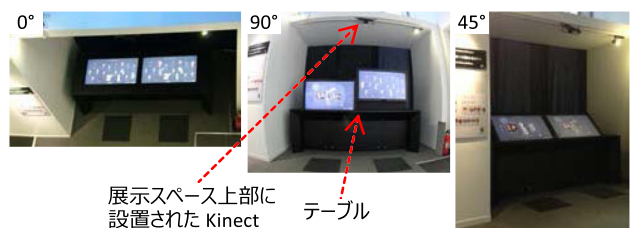


図2 $0^\circ \cdot 45^\circ \cdot 90^\circ$ の角度に設置されたディスプレイ

Fig. 2 Displays with $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ angles.

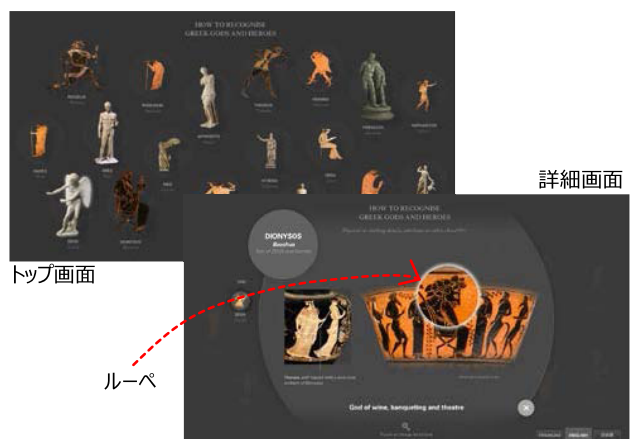


図3 使用されたコンテンツの画面例

Fig. 3 Examples of content screens used.

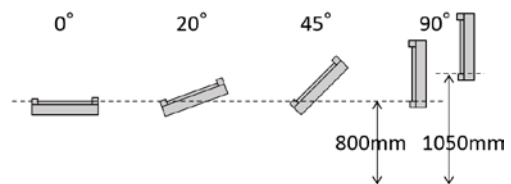


図4 ディスプレイの設置の高さ

Fig. 4 Heights of the displays.

状の空間) に設置される予定になっており, それにできるだけ近い環境としてこの空間が選ばれている。Gods and Heroesでは, 1台のテーブルの上に2台のディスプレイが隣り合わせに設置されている (図2)。テーブルの両横は壁で囲まれており人が通ることはできない。2台のディスプレイは, いずれもシングルタッチパネル一体型の40インチ液晶ディスプレイ (SAMSUNG 400TS-3)—Ichino

らのラボ実験 [13] で使用されたものと同一のもの——である。ディスプレイの解像度は $1,920 \times 1,080$ である。

来場者の行動を追跡するために、Gods and Heroes の周囲に、2 台のアクティブ RFID タグ (MATRIX POW-ERTAG [39]) のアンテナと 2 台のカメラ (Microsoft Kinect) を設置した。RFID タグアンテナは、2 台のディスプレイの各々の前に設置した。来場者は受付で RFID タグが貼り付けられたカードを受け取り、鑑賞中首から吊り下げる。2 台の Kinect のうち、1 台はディスプレイに対して接近・通過・退去する人の行動を追跡するためにディスプレイの上部に設置し (図 2, 図 6 上)、もう 1 台は、ディスプレイの前に立った人の行動を追跡するためにディスプレイの手前の壁際に設置した (図 6 下)。Kinect は、来場者の匿名性を保つために、実画像 (RGB 画像) は記録せず深度カメラ画像のみを記録した。

3.2 コンテンツ

本研究のコンテンツは、Gods and Heroes で提供されたコンテンツをそのまま利用した。このコンテンツは、古代ギリシアの主な神々や英雄たちの特徴と見分け方について解説している (図 3)。ユーザーに画面をタッチして情報を引き出してもらうタイプの、ミュージアムにおける標準的なインタラクティブ展示である。詳細画面では、ユーザーが作品画像に触れるとルーペが現れ、作品画像の細部を鑑賞できるようになっている。左右 2 つのディスプレイでは、完全に同一のコンテンツが提供される。

3.3 調査条件

本研究は 1 つの変数——ディスプレイ角度 (0 度 vs. 20 度 vs. 45 度 vs. 90 度)——のみを変化させた。ディスプレイに表示されるコンテンツはいずれの条件も同じであった。

Gods and Heroes のテーブル上の 2 台のディスプレイの設置位置は、テーブルの天板の手前側の端からディスプレイパネルの最も手前側の端までの距離が、4 つの条件間で同じになるようにした。2 台のディスプレイの設置高さ (床からディスプレイパネル下部までの高さ) は、0・20・45° は 2 台とも 800 mm、90° のみ 1 台は 800 mm でもう 1 台は 1050 mm とした (図 4)。これらの高さは、健常者と車椅子利用者の両方が操作できる高さとして、多くの日本のミュージアムやくろぐル—DNP ミュージアムラボ> で標準的に用いられている。本研究もこの標準的な指針に則り、90° 以外は 2 台とも 800 mm で 90° のときのみ 2 台のディスプレイの高さを変えて設置した。このことが来場者の行動に影響を与える可能性については、研究開始時に十分に検討した。その結果、次の 2 つの理由から本研究で 90° のときのみ 2 つの高さを変えることを選択した。1 つ目の理由は、ユーザーの利便性を無視して 2 つとも同じ高さにすることは本研究の目的ではなく、本研究が目指す「現場」の状況とはかけ離れてしまうためである。2 つ目は、2 つのディスプレイに表示されるコンテンツは完全に同一で

あるため来場者はどちらか 1 つにアクセスする可能性が高く、その意味では 90° もその他の角度も同じであるため、90° のときのみ 2 台のディスプレイの設置の高さが違っていることによる影響は小さいと予想されたためである。

3.4 データの収集および分析

前述した、パブリックディスプレイを分析する際の 3 つの視点に基づき、量的および質的データの両方を収集した。量的データについては、インタラクションログ (3.4.1 項)、深度カメラ映像 (3.4.2 項)、来場者アンケート (3.4.3 項) を収集した。質的データは、観察 (3.4.4 項)、会場係への半構造化インタビュー (3.4.5 項) から集めた。来場者数が曜日や時間帯によりばらつきがあったため、調査期間中に収集したデータのうち、4 つの角度条件間で曜日や時間の分布がおおむね同じになるように、解析対象とするデータを抽出した。最終的には、合計で、約 149 時間 938 人分のインタラクションログ、約 102 時間 714 人分の深度カメラ映像、472 人分の来場者アンケートを解析対象とした。ただし、20° の角度条件における深度カメラ映像とアンケートについては、以下に示す理由により収集されていない。調査開始当初は、0°・45°・90° の 3 条件を対象に調査を実施する予定でいた。しかし、この 3 条件での調査を開始する前に、第 10 回展では 20° での展示がすでに行われ、次項で述べるインタラクションログデータのみがすでに収集されていた。よって、研究の途中で計画をふくませ、20° の角度条件を分析に加えることにした。

3.4.1 インタラクションログ

インタラクションログに含まれるデータは、日時、ユーザー ID、RFID タグイン、RFID タグアウト、コンテンツタッチ、コンテンツドラッグ である。インタラクションログは、以下に示す手順によって、RFID アクセスログとコンテンツアクセスログの 2 つを統合して生成する。

RFID アクセスログについては、以下のようにしてデータを収集した。ディスプレイ前面の床を中心とした半径約 750 mm の検知エリアに、来場者が首から下げたアクティブ RFID タグが進入/退出すると、タグは受信機に電波を送る。すると、受信機は、有線接続されたデータ蓄積用 PC にタグ情報をリアルタイムで送る。PC は、RFID タグイン/アウトのログを、ユーザー ID とあわせて記録する。

コンテンツアクセスログについては、コンテンツに埋め込まれたプログラムが、データ蓄積用 PC に、タッチおよびドラッグの操作のログをリアルタイムで送る。このログデータにユーザー ID は含まれていない。

データ蓄積用 PC は、リアルタイムに RFID アクセスログとコンテンツアクセスログの同期をとる。これにより、コンテンツアクセスログのユーザーの ID がほぼ——RFID タグインしているユーザーが 1 人の場合はその人に、同時に 2 人以上いる場合はそのメンバーまで——特定される。**同時ユーザー数**

本研究では、ディスプレイ空間にいる人の数が 1 人と 2

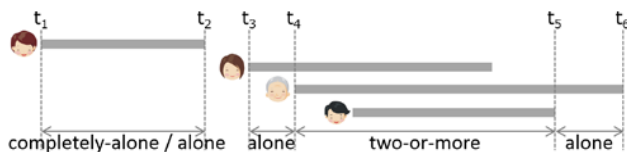


図 5 同時ユーザー数とブロック

Fig. 5 Number of concurrent users and blocks.

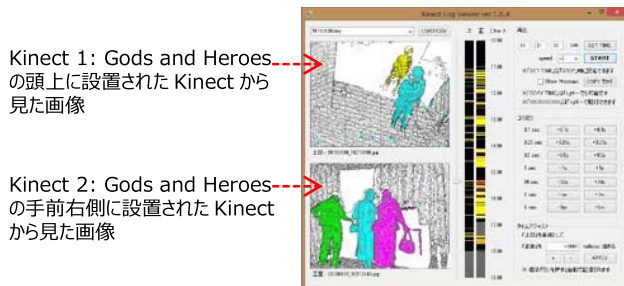


図 6 実装した Kinect 画像分析ソフトウェア

Fig. 6 Kinect video analysis software developed.

人以上の場合で人々の行動が異なるかを知りたかったため、ブロックという単位を導入した。ブロックとは、全ユーザーのインタラクションログを、同一時間軸上に並べて、1台のディスプレイの前に同時に滞在したユーザーの数（以下、同時ユーザー数）によって分割・再構成したものである。同時に滞在したかどうかは、各ユーザーのディスプレイ空間の滞在開始（RFID タグイン）および滞在終了（RFID タグアウト）の時刻に基づき判断される。同時ユーザー数が1人の場合の1ブロックに含まれるデータは、滞在開始から終了までの間に、1人のユーザーによって行われた全操作（タップ、ドラッグ）のログである。2人以上の場合の1セグメントに含まれるデータは、同時滞在開始から終了までの間に、複数のユーザーによって行われた全操作のログである。また、同時ユーザー数が1人の場合のブロックについては、ブロックの開始や終了が、本人によって決定される場合と、他者によって決定される場合の両方がある。データによっては、両者を区別して考える方が適切な場合もあると考えられたため、開始から終了まで完全に1人だった場合（completely-alone）を区別した（図5）。

3.4.2 深度カメラ映像

深度カメラ映像から収集されるデータは、日時、audience funnel モデルの各フェーズに対するフェーズインとフェーズアウトイベント、先人に対する後人の行動の種類（4.1節）、後人に対する先人の行動の種類（4.3節）、F陣形の3種類の配置（2.3.4項）に関する形成開始と形成終了イベントである。以下に示す手順によって収集した。

本研究では、深度カメラ映像の再生（再生時に、2台の Kinect で保存された深度画像の同期がとられ、連続画像が映像として再生される）や深度カメラがとらえたユーザー数の可視化などの機能を有する分析ソフトウェアを実装した（図6）。この分析ソフトを用い、2人の異なる評価者によって手動でコーディングが行われた。コーディング

作業では、最初に、各ユーザーに対して、各フェーズへのフェーズインとフェーズアウトのイベントに関するコードが付与された。コード化の際、評定者間のばらつきを小さくするために、できるだけ機械的にコードを付与できるように基準を設けた。たとえば、ユーザーが Kinect 1 の画面（図6, 上）に登場した時点 passing-by フェーズインとし、Kinect 2 の画面（図6, 下）に登場した時点 direct interaction フェーズインとした。各フェーズのインとアウトのコードが付与された後、それを基準にして、先人に対する後人の行動、後人に対する先人の行動、F陣形に関するコードが付与された。2人による評定者間信頼性はすべてのコードに対して計算された。それらのカッパ係数は0.72~0.93の範囲であり、十分な一致 [40] を得た。

3.4.3 来場者アンケート

来場者アンケートの質問は、Gods and Heroes での体験に関する項目で構成された。

3.4.4 観察

本研究では、2つの非参加観察法を用いて観察を行った。非参加観察法とは、被観察者に観察されていることを意識させないで、自然な行動を観察する方法である。本研究では、吹き抜けの上階から来場者の実際の行動を見る非参加直接観察と、前述の深度カメラ映像を後から見る非参加間接観察を行った。

3.4.5 会場係への半構造化インタビュー

5人の会場係に半構造化インタビューを行った。彼らは第10回展のために臨時に雇用されたため、本研究の目的は知らされていない。

上述した各量的データに対して統計的検定を行った。パラメトリックデータ（継続時間や操作量など）については分散分析を行い、主効果が有意であった場合は、下位検定として Tukey の多重比較検定を行った。カテゴリカルデータ（対象とした各カテゴリーの度数の割合）については χ^2 検定（ただし、度数が10未満のデータが含まれている場合は Fisher の正確性検定）を行った。有意差が認められた場合は、カテゴリー数が1つの場合は Ryan の多重比較法、2つ以上の場合は残差分析により検定を行った。

4. 結果および考察

4.1 Attention

Attention（どれだけ注意を引いたか）の評価尺度として、まず、全来場者のうち Gods and Heroes 空間に RFID タグインした割合を調べた。視覚的に注意を引いたかどうかだけを見るのであれば、passing-by から viewing & reacting のフェーズに進んだ割合を調べるのが適当と考えられる [28]。しかし、体験スペースの入口から入場した人はほぼ確実に Gods and Heroes を知覚でき、かつ、passing-by から direct interaction までの距離が非常に短かった（図1）ため、本研究では RFID タグインした割合を attention の指標として採用した。RFID タグインの割合は、0° (95.7%), 20° (91.8%), 45° (82.9%), 90° (86.3%) であっ

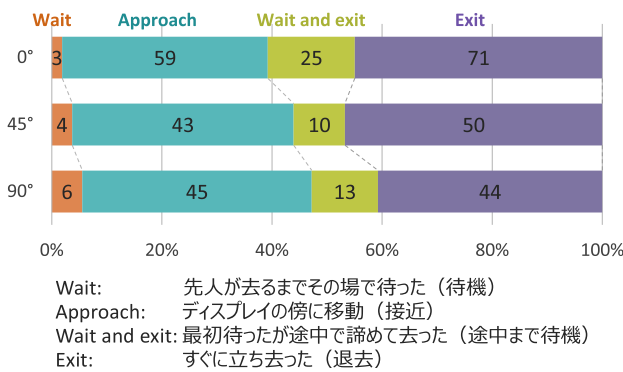


図 7 先人に対する後人の行動

Fig. 7 Successor's action in response to the predecessors.

た. χ^2 検定を行ったところ有意であった ($\chi^2(3) = 22.689$, $p = 0.000047$). Ryan の多重比較を行ったところ, 0° と 45° , 0° と 90° , 20° と 45° との間に有意差が見られた. すなわち, RFID タグインの割合は, $0^\circ \cdot 20^\circ$ の方が, $90^\circ \cdot 45^\circ$ より高いことが示された. 角度が大きい (垂直に近い) 場合, 多少離れたところからでもディスプレイのコンテンツを視認できるが, 角度が小さい (水平に近い) とディスプレイの側まで来ないとディスプレイ面を視認できない. また一般的に, ミュージアムの来場者は, 駅に設置されたディスプレイの横を通る人とは異なり, 鑑賞・体験という目的を持ってその空間に来ている. それゆえ, 水平のディスプレイは, ミュージアムに来て知的欲求が高まっている人々の注意を引いたのではないかと推察される. ミュージアムに来場した人の場合, コンテンツが見えないがゆえに見過ごしてしまうのではなく, 見えないからこそ引き込まれたと解釈できる.

次に, ディスプレイ空間内にすでに他者がいる状況 (公共の空間ではしばしばこうなる) での通行人の注意の特性を調べるために, 先人に対する後人の行動を調べた. ディスプレイ空間に先に来て鑑賞していた人 (先人)——direct interaction または multiple interaction のフェーズにいる人——が存在するタイミングで, 後からやって来た人 (後人)——viewing & reacting または subtle interaction のフェーズにいる人——がとった行動を 4 種類に分類し, 各行動の度数の構成比を比較した (図 7). χ^2 検定を行ったところ有意ではなかった. 角度間に有意差はないものの, グラフから, 90° は 0° や 45° よりも, すぐに Gods and Heroes の空間に移動した (接近) 割合が高く, その場で順番待ちをした (待機) 割合が高く, すぐに立ち去った (退去) 割合が低い. 会場係へのインタビューから, 「 90° のディスプレイは, 少し離れたところからでもその内容を見ることができるため, 先人の背後に立ってディスプレイ面を一緒に見る人も頻繁に見た. 一方 0° の場合, ディスプレイの前に人が立っていると, 後人は画面の内容をほとんど見ることができないため素通りしていた」との報告があった. 一方, 接近ではなく待機の行動をとる人の場合, 90° だとコンテンツや先人の操作の様子をある程度知ることができる

ため, 寛容に待つようである. 一般的に, 人間は情報が不足すると不安を覚え, 情報が開示されると安心を得るが, そのような心理作用が働いたのではないかと考えられる. これらの結果から, 90° は, 空間に先人がいるときに後人の注意を引き留める効果 (ハニーポット効果) がある可能性が示唆された.

さらに, この 4 種類の後人の行動のうち, 待機または途中まで待機の行動を選択した人が, 何人の先人を待っていたかを調べた. 待機中の先人の平均人数は, 0° (1.6 人), 45° (1.6 人), 90° (2.2 人) であった. 1 要因分散分析を行ったところ角度の主効果が有意であった ($F(2,59) = 6.658$, $p < .01$). Tukey の多重比較を行ったところ, 90° と 0° , 90° と 45° との間に有意差が見られた. すなわち, 90° は, $0^\circ \cdot 45^\circ$ よりも, ディスプレイ空間が混雑している状況で, 人は退去せずに待機できることが示された.

デザインに向けた提言

ミュージアムなどそこでの体験を主目的として人が集まる公共の空間においては, 角度の小さいインタラクティブディスプレイは, 角度の大きいディスプレイよりも, 来場者の注意を引き, ディスプレイの近くまで人を誘導する効果が高い.

しかし, ディスプレイの周囲にすでに人がいる状況の場合, 角度の小さいディスプレイの注意を引く効果は弱まる. 反対に, 垂直のディスプレイの, 来場者の注意を維持——諦めずに順番待ちをする——する効果が高くなる. ただし, この知見は, あくまでもディスプレイの横や奥が壁で塞がれているという今回の設置条件 (図 2) 下での結果である. 角度の小さいディスプレイを導入する場合でも, ディスプレイの前だけでなく横や奥も人が通れるようにオープンな空間 (図 13) になるようにデザインすることで, 接近や待機の行動を選択する人が増え, 人々の注意はある程度維持されることが予想される.

4.2 Motivation

Motivation (どれだけインタラクティブする気にさせたか) の評価尺度として, 1 ブロック (図 5) の合計占有時間, 継続時間, タップ数, ドラッグ距離を調べた. いずれも, 1 台のディスプレイの前における同時ユーザー数が 1 人, 2 人以上, 全体, それぞれの場合の値を調べた.

図 8 に, 合計占有時間 (1 つのディスプレイの前に 1 人以上の人が RFID タグインしていた時間の合計) を示す. 4 (角度: $0 \cdot 20 \cdot 45 \cdot 90$) \times 2 (同時ユーザー数: alone \cdot two-or-more) の 2 要因分散分析を行ったところ, 角度の主効果は有意でなく, 同時ユーザー数 ($F(1,3) = 86.273$, $p < .01$) の主効果のみ有意であった. 角度間に有意差はないものの, グラフから, 全体的には, 角度が小さいほど占有時間が長いことが分かる.

図 9 に, 1 ブロックの平均継続時間を示す. 4 (角度) \times 2 (同時ユーザー数: completely-alone \cdot two-or-more) の 2 要因分散分析を行ったところ, 角度 ($F(3,2720) = 6.478$,

$p = 0.0002$), 同時ユーザー数 ($F(1,2720) = 30.408$, $p = 3.83E-08$), いずれの主効果も有意であった. 角度の条件間で Tukey の多重比較を行ったところ, 0° と 45° , 20° と 45° , 90° と 45° との間に有意差が見られた. すなわち, 45° は他の 3 つの角度よりも継続時間がきわめて短いことが示された.

図 10 に, 1 ブロックの平均タップ数を示す. 4 (角度) \times 2 (同時ユーザー数: alone · two-or-more) の 2 要因分散分析を行ったところ, 角度の主効果は有意でなく, 同時ユーザー数 ($F(1,3949) = 32.034$, $p = 1.62E-08$) の主効果のみ有意であった. 角度間に有意差はないものの, グラフから, 全体の傾向として, 角度が小さいほどタップ数が多いことが分かる.

図 11 に, 1 ブロックの平均ドラッグ距離を示す. Gods and Heroes のコンテンツでは, ドラッグ操作は, ルーベ機能を利用したときのみ発生する. つまり, ドラッグした距離から, ユーザーがどれだけルーベを動かしたかが分かる. 4 (角度) \times 2 (同時ユーザー数: alone · two-or-more) の 2 要因分散分析を行ったところ, 角度 ($F(3,3949) = 4.518$, $p < .01$), 同時ユーザー数 ($F(1,3949) = 26.058$, $p = 3.47E-07$), いずれの主効果も有意であった. 角度の条件間で Tukey の多重比較を行ったところ, 0° と 90° , 20° と 90° との間に有意差が見られた. すなわち, 90° は 0° と 20° よりもユーザーのルーベの利用を促すことが示された. グラフから, 角度が大きいほどルーベの利用量が増加する傾向が見られる.

このドラッグ距離の結果は我々の予想とは異なった. 人間工学的には, ディスプレイが垂直の場合, 腕の重みをディスプレイに預けられないため, 90° はドラッグ操作を促さないと予想していた. しかし結果は逆であった. 腕にかかる身体的負荷よりも, 目とディスプレイ面の距離が近いという魅力が上回り, ルーベを使ってコンテンツを詳細に見ることを動機付けたと考えられる. この仮説に基づけば, インタラクティブ展示がルーベ機能を有していない場合でも, 垂直のディスプレイを, ディスプレイ面と顔の距離が近くなるように設置すれば, 来場者がコンテンツのディテールをじっくり鑑賞することを促すことが予想される.

さらに興味深かったのは, 角度が大きいほどルーベの利用量が増加するという上述の傾向が, 同時ユーザー数が 2 人以上のときにより強く見られた点である. 直接観察からも, 90° のディスプレイの前に知人同士らしき 2~3 人が並んで立ち, ルーベを使いながら会話をする様子がしばしば確認された. これらの結果から, 90° のディスプレイ上で提供されるルーベ機能は, 他者とのコンテンツの共有や協調的な鑑賞を促すことが示唆される.

ここで, 図 8 から図 11 までの結果を総合的に考察する. 図 8, 図 9, 図 10 の結果から, 全般的に, 角度が小さいディスプレイほど motivation の効果が高いことが見てとれるものの, $0^\circ \cdot 20^\circ \cdot 45^\circ$ の 3 つの値から描かれる近似線を 90° まで延長した値よりも, 今回得られた 90° の値は大

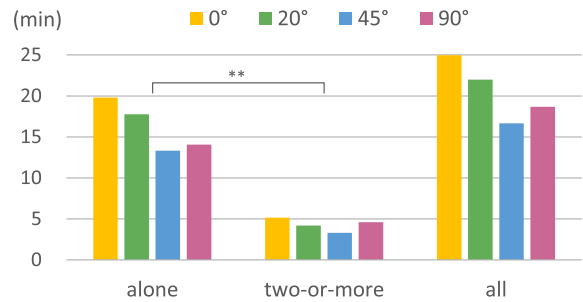


図 8 1 時間あたりの平均合計占有時間
Fig. 8 Average total busy time per hour.

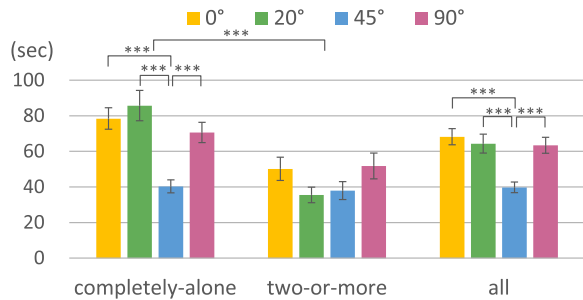


図 9 1 ブロックの平均継続時間
Fig. 9 Average duration of a block.

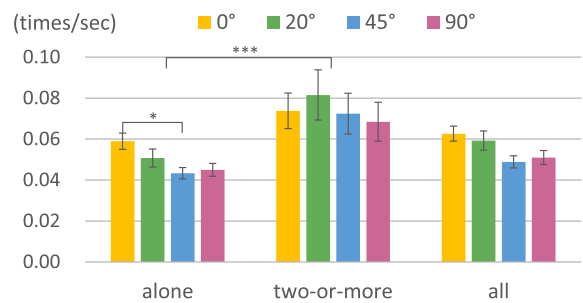


図 10 1 ブロックの平均タップ数
Fig. 10 Average number of a block.

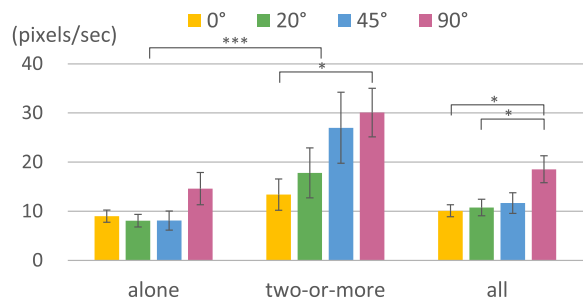


図 11 1 ブロックの平均ドラッグ (ルーベ) 距離
Fig. 11 Average drag distance (a magnifying glass) of a block.

きい. もし今回用いたインタラクティブ展示のコンテンツがルーベ機能 (図 11) を有していなければ, 図 8, 図 9, 図 10 の $0^\circ \cdot 20^\circ$ と 90° 間の差はより顕著になった可能性がある. その結果が, より一般的な motivation の効果を示す結果と考えられる. Ichino ら [13] が, 水平のディスプレイの, ユーザーに自己中心座標系の認知方略 [41] の選択を促す可能性を示唆しているが, 今回得られた, 角度が小さ

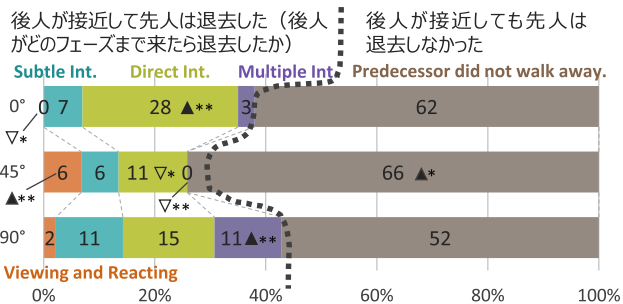


図 12 後人に対する先人の行動 (グラフ内の数字は人数を示す)
 Fig. 12 Predecessor's action in response to the successors.

いほど motivation の効果が高いという結果も、この可能性を裏付ける事例の 1 つとなりうる。

デザインに向けた提言

タッチジェスチャータイプのインタラクティブディスプレイにおいて、0°・20°・90° は 45° のディスプレイよりも、長時間の滞在を促す。よって、コンテンツを時間をかけて見てもらいたい場合などは、水平または垂直に近い角度でディスプレイを設置すべきである。逆に 1 回の滞在時間を短くして、来場者の回転率を高めたい展示の場合は、45° 付近の角度のディスプレイが有効である。

もし、インタラクティブ展示が、主にタップ操作で実現されている場合は、水平に近いほどインタラクティブ性を促す。主にルーペ機能——ミュージアムのインタラクティブディスプレイは、作品の写真を拡大して見るためこの機能を有していることが多い——で実現されている場合は、垂直に近いほどインタラクティブ性を促す。これは、複数のユーザーと一緒に鑑賞している場合に特に有効であり、来館者同士のコンテンツの共有や協調的な鑑賞を促す。

4.3 Interaction in Public

Interaction in Public (公衆の前でどのようにインタラクティブしたか) の評価尺度として、まず、パーソナルスペースに関連する影響を調べた。後からやって来た人 (後人) が、先にいた人 (先人)——direct interaction または multiple interaction のフェーズにいる人——に接近したときに先人がとった行動 5 種類に分類した。人がパーソナルスペースを侵害されたと感じたときにとる防衛行動の 1 つに、そこから立ち去るという行動がある [32]。これに基づき、退去の行動をとった先人の行動に着目し、その退去のタイミング (後人がどのフェーズに来たときに退去したか) を観察することで、先人の占有意識の有無やパーソナルスペースの大きさある程度把握できると考えた。

図 12 に、先人がとった 5 種類の行動の度数の構成比を示す。Fisher の正確性検定を行うと有意であった (p = 6.31E-05)。残差分析の結果を、図 12 のグラフ上に▲ (当該行動の比率が他の角度条件と比較して有意に高い) または▽ (有意に少ない) で示す。その横の**は 1%, *は 5%有意水準を表す。有意水準 1%での有意差が認められた結果に着目する。45° では、先人は、後人の気配を感じた段階 (viewing

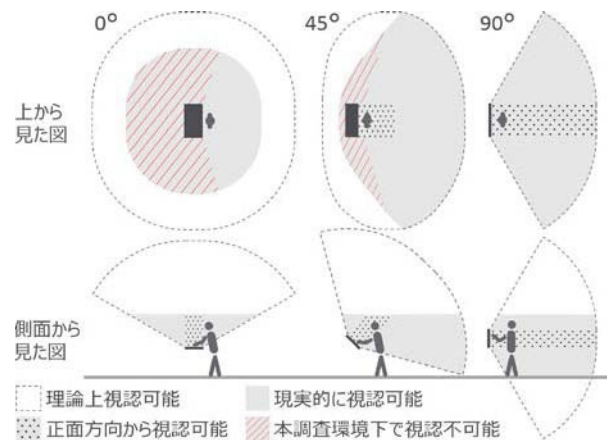


図 13 コンテンツを視認できる空間
 Fig. 13 Viewing areas for the contents.

and reacting) で退去する割合が有意に高かった。0° の場合、後人が来ても初めのうち (viewing & reacting, subtle interaction) は退去せず自分のすぐ傍 (direct interaction) まで来たら退去する割合が有意に高かった。90° の場合、先人は、後人が接近し始めてからかなりの時間が経過した後 (multiple interaction) に退去する割合が有意に高かった。これらの結果から、45° と 0° のディスプレイ空間にいた先人は、90° の場合よりも、後人の行動に敏感に反応した、すなわち占有意識の程度が高かった、と判断される。また、退去のタイミングが、0° よりも 45° の場合の方が早かったことから、パーソナルスペースのサイズは 45° のディスプレイ空間にいる人の方がより大きかったと判断される。この差異は、45° の場合、90° ほどではないもののやや離れたところからでもコンテンツを視認できるが、0° はディスプレイのかなり近くまで来ないと視認できないという両者の視認空間の違い (図 13) によるものと考えられる。

一方、90° は、コンテンツを正面から視認できる空間が大きい (図 13) ため、自分の操作内容がすぐ公衆の目にさらされており、占有意識が生じにくかったと判断される。また図 7 の結果——90° は、先人に対する後人の接近の割合が高く、退去の割合が低い——から、ディスプレイ空間の外側にいる人 (後人) もその空間を他者 (先人) のパーソナルな空間として認識していないことが分かる。

ここで、各角度のディスプレイ空間にいる人の心的状態について考察する。45° のディスプレイ空間にいる人は、そこをパーソナルスペースと感じつつ、一方でそのサイズが大きいため容易に他者に侵入されるかもしれないという不安感をいだいている。0° の場合、45° と同様に人はその空間をパーソナルなものと感じているが、そのサイズが小さいために侵入に対する不安感はその分希薄になる。90° の場合、そもそも人はその空間をパーソナルスペースだとは感じていないため、侵入されるという意識を持っていない。これらの意識の違いが、1 ブロックの平均継続時間に関して 45° がきわめて短い結果 (図 9) につながった

表 1 他者とのコミュニケーションの程度に関する質問における度数
Table 1 Questionnaire results regarding the degree of communication with others while at the Gods and Heroes exhibit.

	Gods and Heroesの鑑賞中、周囲にいた人と会話したか？			Gods and Heroesの鑑賞中、周囲にいた人と顔を見合わせたか？		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°
頻繁にした	26(30)	13(27)	42(30)	17(19)	4(8)	18(13)
たまにした	20(23)	13(27)	32(23)	19(22)	16(33)	33(24)
あまりなかった	8(9)	10(20)	8(6)	22(25)	13(27)	47(34)
全くなかった	34(39)	13(27)	56(41)	29(33)	16(33)	42(30)
計	88(100)	49(100)	138(100)	87(100)	49(100)	140(100)

()内は%

表 2 グループダイナミクスに関する質問における度数

Table 2 Questionnaire results regarding the group dynamics while at the Gods and Heroes exhibit.

	Gods and Heroesの鑑賞中、誰が頻繁に発言したか？(会話の均等)			Gods and Heroesの鑑賞中、誰が頻繁に操作したか？(操作の均等)		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°
特定の人(自分)	9(18)	3(10)	10(13)	23(26)	18(40)	53(39)
特定の人(他人)	11(22)	4(13)	13(17)	12(14)	5(11)	28(21)
皆同じくらい	29(59)	23(77)	54(70)	52(60)	22(49)	54(40)
計	49(100)	30(100)	77(100)	87(100)	45(100)	135(100)

()内は%

と推察される。

次に、ディスプレイ空間内で他者という状況で、人々がどのような身体の空間配置行動をとるのかを見るために、3種類のF陣形の形成頻度と継続時間を調べた。0°・45°・90°いずれの角度でも、L-shapeとside-by-sideは観察されたが、vis-a-visは一度も観察されなかった。L-shapeとside-by-sideの形成頻度の構成比は、いずれの角度もほぼ同じであった(L-shapeは約30%、side-by-sideは約70%)。継続時間について3(角度:0・45・90)×2(F陣形:L-shape・side-by-side)の2要因分散分析を行ったところ、角度の主効果は有意でなく、F陣形の主効果のみ有意であった。角度間に有意差はないものの、角度が小さいほどside-by-sideの継続時間(秒)が長く(0° Mean = 128.44; 45° Mean = 118.00; 90° Mean = 115.40)、角度が大きいほどL-shapeの継続時間(秒)が長かった(0° Mean = 49.08; 45° Mean = 67.50; 90° Mean = 82.50)。観察からは、90°の場合、ディスプレイを指さすなどディスプレイを「仲間」に入れて会話する様子や、ディスプレイのすぐ傍だけでなくやや離れたところに立っている人も交えて会話する様子が見られた。これは他の角度ではあまり見られなかった。以上より、90°のディスプレイ空間では、ディスプレイという道具を介したF陣形(L-shape)が比較的多数の人によって形成されやすいことが分かる。

最後に、ディスプレイ空間に他者と一緒にいる状況における他者とのコミュニケーションのとり方について、来場者に尋ねた。他者と一緒にGods and Heroesを体験した来場者を対象に、4つの質問に対して、四者または三者択一で回答してもらった(表1, 表2)。各質問に対して、各回答の度数の構成比について χ^2 検定を行ったところ、操作の均等性(表2右)のみ有意であった($\chi^2(4) = 9.722$, $p < .05$)。「操作量は皆同じくらい」と回答した群の比率についてRyanの多重比較を行ったところ、角度が小さいほ

ど均等性が高く、0°と90°との間に有意差が見られた。0°の場合、ディスプレイの周囲に立った人からも他者の手の動きやディスプレイ面全体を見渡せるため、他者の行動に対するアウェアネスのレベルが高く、その結果相互に譲り合う状況が生じやすかったと推察される。会話(表1, 左)や顔(表1, 右)を見合わせる頻度や、会話の均等性(表2, 左)については、3つの角度間に違いは認められなかった。

デザインに向けた提言

来場者は、角度が小さい(0°・45°)ディスプレイ空間にいるとパーソナルスペースを意識しやすい。パーソナルスペースのサイズは、コンテンツを視認できる空間が大きい分0°よりも45°のディスプレイの方が大きくなる。パーソナルスペースが大きいということは、ディスプレイ空間にいる人によって支配される領域が大きいことを意味する。それにより想定している来場者の動線に影響を与える可能性もあるため留意が必要である。0°もパーソナルな空間になりやすいが、グループのメンバー同士の操作の平等性を高くする効果もあるため、家族や友人など親しいグループのコミュニケーションを支援する場合にも適する。

角度が小さいディスプレイ空間をパーソナルな空間にさせたくない場合は、通行人の視線の先にコンテンツの視認可能空間(図13)が位置するようにディスプレイを設置する——たとえば、建物内部の高低差を活用して、階段状通路を降りてきた場所に斜めのディスプレイを設置する、吹き抜け空間の上階から見下ろせる場所に水平のディスプレイを設置する、鏡を設置するといった——デザインも有効と考えられる。

一方垂直(90°)の場合、空間がパーソナルなものになりにくいだけでなく、ディスプレイ上のコンテンツを話題にしたコミュニケーションが発生しやすい。インタラクティブ展示を不特定多数の人に共有してもらいたい場合や、インタラクティブ展示のコンテンツを介した人と人のコミュニケーションを活性化したい場合は、垂直のディスプレイが有効である。

5. 議論および結論

本研究から以下の知見を得た:(1) 知的好奇心の高いミュージアム来場者の注意を誘うには水平に近いディスプレイを用いるのが効果的である。しかし、ディスプレイの周囲にすでに人がいる場合、立ち去らずにその場にいるには、垂直のディスプレイが効果的である。(2) タッチジェスチャータイプのインタラクティブ展示で、来場者に長時間インタラクティブしてもらいたい場合は、45°を避け、水平あるいは垂直に近いディスプレイを用いるのが効果的である。活発なタッチジェスチャーを促すには、ジェスチャーがタップ操作中心なら水平に近いディスプレイ、ドラッグ操作(ルーペ機能)中心なら垂直に近いディスプレイが有効である。(3) 来場者は0°~45°のディスプレイ空間にいるとパーソナルスペースを意識しやすく、45°に

近い方がそのスペースのサイズが大きい。一方、不特定多数の人々による、コンテンツを介したコミュニケーションを促したい場合には、垂直のディスプレイが有効である。

以上より、あらゆる目的に有効となる万能な角度は存在しないことが分かった。インタラクティブ展示の目的と、各角度の特性をふまえ、最適なインタラクティブディスプレイ空間がデザインされることを期待する。また、ディスプレイの設置角度だけでなく、建物の内部空間における設置場所によって、その効果は促進されたり抑制されたりすると考えられるため、空間全体を総合的にデザインすることが重要である。

さらに、45°のディスプレイは、必ずしも、0°と90°の中間的な性質を有した「無難」な角度ではないことが本研究から分かった。これまで、現場（ルーヴル—DNP ミュージアムラボ）では、映り込み（水平の場合天井の照明が映り込む、垂直の場合自分の顔が映り込む）を回避したい、作品の角度（通常、絵画は垂直に展示される）と競合する垂直は避けたい、斜めは操作時の身体的負荷が小さそう、といった理由から、斜めのディスプレイが比較的選択される傾向があった。また、種々の観点において、ユーザーは主観的には、0°・90°よりも45°のディスプレイをきわめて高い有意差でポジティブに評価したという知見も得られている [13]。これらの45°が有する多面的な性質をふまえると、45°のディスプレイ空間をデザインするには、十分な検討が必要といえる。

本稿で得られた知見が、ミュージアムのインタラクティブ展示だけでなく、公共の空間におけるインタラクティブディスプレイのデザインにも応用されることを期待する。

謝辞 本フィールドスタディは、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」の協力により実施された。本研究の一部は（公財）LIXIL 住生活財団「平成25年度研究助成」の助成により行われた。ここに謝意を表する。

参考文献

- [1] Beyer, G., Alt, F., Müller, J., Schmidt, A., Isakovic, K., Klose, S., Schiewe, M. and Haulsen, I.: Audience Behavior around Large Interactive Cylindrical Screens, *Proc. CHI 2011*, pp.1021–1030, ACM (2011).
- [2] Bolton, J., Kim, K. and Vertegaal, R.: A comparison of competitive and cooperative task performance using spherical and flat displays, *Proc. CSCW 2012*, pp.529–538, ACM (2012).
- [3] Koppel, M.T., Bailly, G., Müller, J. and Walter, R.: Chained displays: configurations of public displays can be used to influence actor-, audience-, and passer-by behavior, *Proc. CHI 2012*, pp.317–326, ACM (2012).
- [4] Kuikkaniemi, K., Jacucci, G., Turpeinen, M., Hoggan, E.E. and Müller, J.: From Space to Stage: How Interactive Screens Will Change Urban Life, *IEEE Computer*, Vol.44, No.6, pp.40–47, IEEE (2011).
- [5] Müller, J., Walter, R., Bailly, G., Nischt, M. and Alt, F.: Looking Glass: A Field Study on Noticing Interactivity of a Shop Window, *Proc. CHI 2012*, pp.297–306, ACM (2012).
- [6] Akpan, I., Marshall, P., Bird, J. and Harrison, D.: Exploring the Effects of Space and Place on Engagement with an Interactive Installation, *Proc. CHI 2013*, pp.2213–2222, ACM (2013).
- [7] Fischer, P.T. and Hornecker, E.: Urban HCI: Spatial Aspects in the Design of Shared Encounters for Media Facades, *Proc. CHI 2012*, pp.307–316, ACM (2012).
- [8] Schmidt, C., Müller, J. and Bailly, G.: Screenfinity: Extending the Perception Area of Content on Very Large Public Displays, *Proc. CHI 2013*, pp.1719–1728, ACM (2013).
- [9] Kukka, H., Oja, H., Kostakos, V., Goncalves, J. and Ojala, T.: What Makes You Click: Exploring Visual Signals to Entice Interaction on Public Displays, *Proc. CHI 2013*, pp.1699–1708, ACM (2013).
- [10] Inkpen, K., Hawkey, K., Kellar, M., Mandryk, R., Parker, K., Reilly, D., Scott, S. and Whalen, T.: Exploring Display Factors that Influence Co-located Collaboration: Angle, Size, Number and User Arrangement, *Proc. HCI International 2005* (2005).
- [11] Rogers, Y. and Lindley, S.: Collaborating around vertical and horizontal large interactive displays: Which way is best?, *Interacting with Computers*, Vol.16, No.6, pp.1133–1152 (2004).
- [12] Forlines, C., Shen, C., Wigdor, D. and Balakrishnan, R.: Exploring the effects of group size and display configuration on visual search, *Proc. CSCW 2006*, pp.11–20, ACM (2006).
- [13] Ichino, J., Isoda, K., Hanai, A. and Ueda, T.: Effects of the Display Angle in Museums on User's Cognition, Behavior and Subjective Responses, *Proc. CHI 2013*, pp.2979–2988, ACM (2013).
- [14] 市野順子, 磯田和生, 花井綾子, 上田哲也: 博物館・美術館におけるディスプレイ角度がユーザーの認知・行動・感情に与える影響, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J96-D, No.11, pp.2846–2859 (2013).
- [15] Potvin, B., Swindells, C., Tory, M. and Storey, M.A.: Comparing horizontal and vertical surfaces for a collaborative design task, *Advances in Human-Computer Interaction*, p.10 (2012).
- [16] Pedersen, E.W. and Hornbæk, K.: An experimental comparison of touch interaction on vertical and horizontal surfaces, *Proc. NordiCHI 2012*, pp.370–379, ACM (2012).
- [17] 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).
- [18] Kortbek, K.J. and Grønbaek, K.: Interactive spatial multimedia for communication of art in the physical museum space, *Proc. MM 2008*, pp.609–618, ACM (2008).
- [19] Hornecker, E.: “I don't understand it either, but it is cool” Visitor Interactions with a Multi-Touch Table in a Museum, *Proc. IEEE Tabletop 2008*, pp.121–128, IEEE (2008).
- [20] Hornecker, E. and Nicol, E.: What Do Lab-based User Studies Tell Us About In-the-Wild Behavior? Insights from a Study of Museum Interactives, *Proc. DIS 2012*, pp.358–367, ACM (2012).
- [21] Damala, A., Cubaud, P., Bationo, A., Houlier, P. and Marchal, I.: Bridging the gap between the digital and the physical: Design and evaluation of a mobile augmented reality guide for the museum visit, *Proc. DIMEA 2008*, pp.120–127, ACM (2008).
- [22] Horn, M.S., Leong, Z.A., Block, F., Diamond, J., Evans, E.M., Phillips, B.C. and Shen, C.: Of BATs and APES:

- Designing an interactive tabletop game for natural history museums, *Proc. CHI 2012*, pp.2059-2068, ACM (2012).
- [23] Rogers, Y.: Interaction design gone wild: Striving for wild theory, *Interactions*, Vol.18, No.4, pp.58-62 (2011).
- [24] Marshall, P., Morris, R., Rogers, Y., Kreitmayer, S. and Davies, M.: Rethinking 'multi-user': An in-the-wild study of how groups approach a walk-up-and-use tabletop interface, *Proc. CHI 2011*, pp.3033-3042, ACM (2011).
- [25] Brown, B., Reeves, S. and Sherwood, S.: Into the wild: challenges and opportunities for field trial methods, *Proc. CHI 2011*, pp.1657-1666, ACM (2011).
- [26] Johnson, R., Rogers, Y., van der Linden, J. and Bianchi-Berthouze, N.: Being in the thick of in-the-wild studies: The challenges and insights of researcher participation, *Proc. CHI 2012*, pp.1125-1144, ACM (2012).
- [27] Beyer, G., Köttner, F., Schiewe, M., Haulsen, I. and Butz, A.: Squaring the Circle: How Framing Influences User Behavior around a Seamless Cylindrical Display, *Proc. CHI 2013*, pp.1729-1738, ACM (2013).
- [28] Müller, J., Alt, F., Michelis, D. and Schmidt, A.: Requirements and design space for interactive public displays, *Proc. MM 2010*, pp.1285-1294, ACM (2010).
- [29] Brignull, H. and Rogers, Y.: Enticing people to interact with large public displays in public spaces, *Proc. INTERACT 2003*, pp.17-24, IOS Press (2003).
- [30] Vogel, D. and Balakrishnan, R.: Interactive public ambient displays: Transitioning from implicit to explicit, public to personal, interaction with multiple users, *Proc. UIST 2004*, pp.137-146, ACM (2002).
- [31] Michelis, D. and Müller, J.: The audience funnel: Observations of gesture based interaction with multiple large displays in a city center, *Intl. Journal of Human-Computer Interaction*, Vol.27, No.4-6, pp.562-579 (2011).
- [32] Sommer, R.: *Personal space: the behavioral basis of design*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J (1969).
- [33] Peltonen, P., Kurvinen, E., Salovaara, A., Jacucci, G., Ilmonen, T., Evans, J., Oulasvirta, A. and Saarikko, P.: "It's mine, don't touch": Interactions at a large multi-touch display in a city Center, *Proc. CHI 2008*, pp.1285-1294, ACM (2008).
- [34] McNeill, D.: Gesture, gaze and ground, *Proc. MLMI 2005*, LNCS 3869, pp.1-14 (2006).
- [35] Kendon, A.: *Conducting Interactions: Patterns of behavior in focused encounters*, Cambridge University Press (1990).
- [36] Marshall, P., Rogers, Y. and Pantidi, N.: Using Fformations to analyse spatial patterns of interaction in physical environments, *Proc. CSCW 2011*, pp.445-454, ACM (2011).
- [37] available from <http://www.museumlab.eu/>.
- [38] available from <http://www.museumlab.eu/exhibition/10/>.
- [39] available from <http://www.matrix-inc.co.jp/>.
- [40] Landis, J.R. and Koch, G.G.: The measurement of observer agreement for categorical data, *Biometrics*, Vol.33, No.1, pp.159-174 (1977).
- [41] Hart, R.A. and Moore, G.T.: The development of spatial cognition: A Review, *Image and environment: Cognitive mapping and spatial behavior*, Downs, R.M. and Stea, D. (Eds.), pp.246-295, Aldine Publishing (1973).



市野 順子 (正会員)

1998年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年大日本印刷(株)。2001～2006年TIS(株)。2003～2006年(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年神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。2007～2014年電気通信大学大学院情報システム学研究科助教。2010～2011年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。2014年より香川大学工学部電子情報工学科准教授。協調活動・感性的活動の支援、ユーザーの認知・行動特性の理解に関する研究に従事。電子情報通信学会, ACM各会員。博士(工学)。



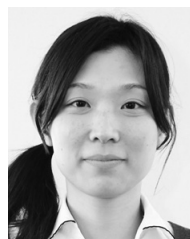
磯田 和生

1994年九州芸術工科大学工業設計学科卒業。1996年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および研究開発に従事。



上田 哲也

2002年新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程修了。現在、大日本印刷(株)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、インタラクティブシステムの研究開発に従事。書籍『次世代ヒューマンインターフェース開発最前線』に応用開発事例として「パンフレットを利用した情報案内システムの研究開発」を執筆。



佐藤 玲美

2009年東京電機大学大学院工学研究科修士課程修了。現在、大日本印刷(株)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モバイルアプリケーションの研究開発に従事。