

公共空間に展開される大型情報メディアの影響の包括的解明に向けたフィールドスタディ及びガイドラインの開発

代表研究者 市野 順子 香川大学 工学部 電子情報工学科 准教授

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、パブリックディスプレイは、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（例えば[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（例えば、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]。パブリックディスプレイをデザインする際、私達は、ディスプレイの認知の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る舞いはどう変わるのか——を理解する必要がある。

ディスプレイの認知のおよび社会的アフォーダンスに関する課題に対して、HCI 研究領域では近年活発に研究が進められている（例えば[3][5][6][7]）。ディスプレイを利用する人に影響を及ぼし得る要因には、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、ユーザーの並び方等がある。これら要因のうち、本研究はフラットでタッチタイプのディスプレイを取り上げ、その角度に焦点を合わせる。これは、様々なディスプレイが開発され徐々に我々の生活に浸透してきているが、公共空間では、フラットでタッチタイプのディスプレイが使用されるケースが圧倒的に多いからである。また、台座を調整するだけでディスプレイの角度は容易に変更可能なため、議論や基準もなくあるいは独自の基準によって、公共空間には種々の角度のフラットなディスプレイが設置されているのが現状であるからである。我々の現場[8]では、これまで、映り込み回避（天井の照明がディスプレイ面に映り込むため水平を回避、自分の顔がディスプレイ面に映り込むため垂直を回避）や、作品重視（大抵の場合絵画は垂直に展示されているため、それとの競合を回避）等の観点から、ディスプレイのある空間をデザインする際、斜めのディスプレイが選択される傾向があった。いくつかの研究（例えば [9][10][11]）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える影響を調査した。Ichino ら[12]は、 0° ・ 45° ・ 90° 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シングルユーザーの記憶や好み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複数ユーザーの社会的な行動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。

本研究では、ミュージアムというコンテキストにおいて、ディスプレイの角度——水平・斜め・垂直——が人々の社会的な行動に与える影響を検証する。3種類のディスプレイ角度を比較するために、ミュージアムで開催された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2~3週間を使ってフィールドスタディを実施した。企画展に来場した10代から70代までの合計700人以上の一般の人の量的（RFID アクセスログ、深度カメラ映像、来場者アンケート）および質的（観察）データを用いた解析に基づき、ディスプレイの3種類の角度が、attention, sharing of space, communication 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。

2 パブリックディスプレイを取り巻く人々の社会的行動

多くの場合他者との交わりを伴うパブリックディスプレイを設計・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。多数の先行研究を踏まえ、本研究では、考慮されるべきパブリックディスプレイを取り巻く人々の社会的行動として、attention, sharing of space, communication の3つの側面を取り上げる。

2-1 Attention: ハニーポット効果

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決めている。パブリックディスプレイは、外界のあらゆる刺激（例えば、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[13]。このとき、通行人の注意を引き付けるのに有効な刺激となるのが、先に来てディスプレイの周囲にいる人々であることが、いくつかの研究で示されている（[14][3][5]）。これをハニーポット効果（honeypot effect）[15]——既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——と言う。本研究でも、パブリックディスプレイの角度が人々の attention に与える影響を、ハニーポット効果の概念を用いて検証する。

2-2 Sharing of Space（空間共有）

一般的に、公共の場に置かれたディスプレイは、特定の人ではなく不特定多数の人によって共有されることが望ましい。しかし、人は、ディスプレイや他者の存在を煩わしく感じてそれらを避けることもある[13]。例えば研究[16][3]では、パーソナルスペース[17]——他者の接近によって心理的緊張が生じるスペース——の概念を用いて、パブリックディスプレイが sharing of space に与える影響を観察している。

2-3 Communication: F 陣形

コミュニケーションの場を作り上げている人工物は、それが電話やメモといった直接的なコミュニケーションのための人工物でなくても、コミュニケーションに大きな影響を与えることがわかっている[18]。例えば机の並べ方や通路の作り方によっても業務上の情報の流れが阻害される[18]。このような場——人工物を介した少人数（2～5人程度）のグループのコミュニケーション——を分析するための概念として道具的F陣形（instrumental F-formation）[19]がある。Marshallら[20]やKoppelら[3]も、F陣形の概念を用いて、パブリックディスプレイ（人工物）の前にいるユーザーの身体の間隔配置を分析している。F陣形の典型的な身体配置は、vis-a-vis（向かい合わせの配置）、L-shape（L字配置）、side-by-side（隣り合わせの配置）の3つである[21]。また、これらのパターンによって適するタスクが異なることもわかっている——vis-a-visはcompetitiveなタスク、L-shapedはcommunicativeなタスク、side-by-sideはcollaborativeなタスクを促す[17]。本研究でも、パブリックディスプレイの角度がユーザーのcommunicationに与える影響を、F陣形の概念を用いて検証する。

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ビジターが、3種類のディスプレイ角度条件（Horizontal・Tilted・Vertical）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, sharing of space, communication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「ルーヴルー-DNP ミュージアムラボ[8]」の第10回展『古代ギリシアの名作をめぐって』[22]の協力を得て実施された。第10回展は2013年に約7ヶ月間に渡って開催された（会期中の開館時間は週末のみである）。本研究はこのうちの約3ヶ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、オフィシャルのエントランスホールの一隅で行われており、3つの空間——展示室（ルーヴル美術館所蔵の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）。ビジターは、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。事前予約をすれば誰でも参加できるため、多種多様な人が来場した。730名のビジターの基本属性（年代、性別、職業）は表1の通りであった。これら属性は入口（A）でビジター自身にタッチパネルから入力してもらい、RFIDタグと紐付けられた。

本研究が扱う3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一つ『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2～3週間ずつ、期間を変えて設置された。Gods and Heroesは、ルーヴル美術館内のアルコーブ（壁面の一部を後退させて作ったくぼみ状の空間）に設置されている。それにできるだけ近い環境としてこの空間が選ばれた。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）。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）であ

る。ディスプレイの解像度は1920 × 1080である。

ビジター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 POWERTAG[23]) 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。ビジターは受付で RFID タグが貼り付けられたカードを受け取り、体験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・退去するビジターの行動を追跡するためにディスプレイの上部に設置し、もう1台は、ディスプレイの前に立ったビジター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 1, 図 2, 図 3)。Kinect は、ビジターのプライバシーを保護するために、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。同様の理由により、音声も記録しなかった。



図 1 体験スペースと Gods and Heroes の概観 (左)

図 2 水平・斜め・垂直に設置されたディスプレイ (中央)

表 1 ビジターの属性 (右)

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。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プが現れ、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 (Horizontal (0°) vs. Tilted (45°) vs. Vertical (90°))——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高さ (床からディスプレイパネル下部までの高さ) は、水平と斜め条件では2台とも800mm、垂直条件のときのみ1台は800mmでもう1台は1050mmとした (図 2)。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<ルーヴル-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、2台のディスプレイを設置した。

3-4 データの収集および解析

前述した、パブリックディスプレイを取り巻く人々の社会的行動に関する3つの側面から、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、RFID アクセスログ、深度カメラ映像、来場者アンケートを収集した。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、3つの角度条件間で人数・曜日・時間の分布が概ね同じになるように、解析対象とするデータを抽出した。まず、体験スペースに存在したビジター数（RFID ログから得られる正確な値）を30分単位で集計し、極端なケースを除外した。次に、残った中から条件間で曜日と時間帯（午前・午後・夕方）の数が同じになるように抽出した。最終的には、合計で、122時間730名分のRFID アクセスログ、102時間714名分の深度カメラ映像、472名分の来場者アンケートを解析対象とした。質的データは、約9時間分の直接観察によるフィールドノートと、約15時間分の間接観察による観察ノートをとった。

（1）RFID アクセスログ

RFID アクセスログに含まれるデータは、日時、ビジターID、RFID タグイン、RFID タグアウトである。ディスプレイ前面の床を中心とした半径約750mmの検知エリアに、ビジター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、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、ビジターIDと併せて記録する。

（2）深度カメラ映像

深度カメラ映像からは、各ビジターの3種類のactivity space[15]への入退（インおよびアウト）のイベントと、各2人組のコミュニケーション行動に関するデータを収集した。activity spaceとコミュニケーション行動について以降の2つの段落で説明する。

Brignullらによって定義されたactivity spaceとは、ディスプレイを取り巻く空間にいる人の活動を基準にして3つに分類された空間——peripheral awareness activities, focal awareness activities, direct interaction activity——を指す（図4）。本研究では、この3種類のactivity spaceに基づいて、Gods and Heroesを通過したビジターの状態を管理する。

次に、コミュニケーション行動とは、ディスプレイの正面に複数のユーザーがいる場合の、彼らのF陣形の身体配置カテゴリー、身体的接触の有無、視覚的接触（アイコンタクト）の有無を指す。本研究では、「direct interaction activity spaceに同時にいるユーザー数が2人」の場合のみを抽出し判定を行った。その理由は次の2点である。第一に、深度カメラ映像からコード化されたデータのうち、direct interaction activity spaceに同時に2人以上いるケースのうちの79%が2人であった。第二に、3人以上と比較して2人の場合は判定が容易で、評定者間でのばらつきが生じにくい。

以上のデータを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）機能を有する解析ソフトウェアを実装した（図3）。この解析ソフトを用い、2名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、各ビジターのactivity spaceへの入退のイベントに関するコードが付与された。コード化の基準は、Brignullらの定義に基づいて設定した（図4）。その後、そのイベントを基準にして、各2人組のコミュニケーション行動に関するコードが付与された。2名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0.73~0.93の範囲であり、十分な一致[24]を得た。

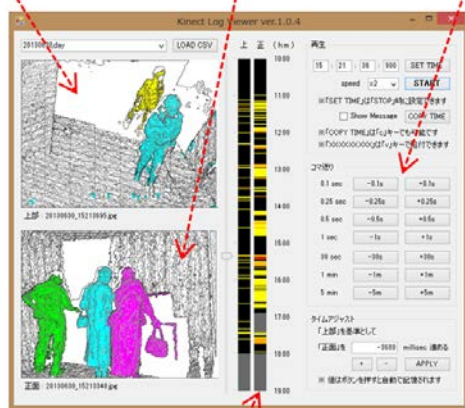
（3）来場者アンケート

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。

（4）観察ノート

本研究では、2つの非参加観察法——非参加直接観察と非参加間接観察——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。非参加直接観察では、2名の研究者が一緒に、吹き抜けの上階からビジターの実際の行動を見て、フィールド観察ノートをとった。非参加間接観察では、1名の研究者が、前述の深度カメラ映像（図3）を後から見て、ビデオ観察ノートをとった。

Kinect 1: Gods and Heroes の頭上に設置された Kinect から見た画像
 Kinect 2: Gods and Heroes の手前右側に設置された Kinect から見た画像
 7種類のコマ送り・コマ戻し



ある1日のビジター数のインジケター。黄→橙→赤の順に Kinect が認識した人数が多いことを示す。左のバーが Kinect1, 右が Kinect 2。スライダーバーで任意の時刻にジャンプできる。

図 3 実装した Kinect 画像解析ソフトウェア (左)

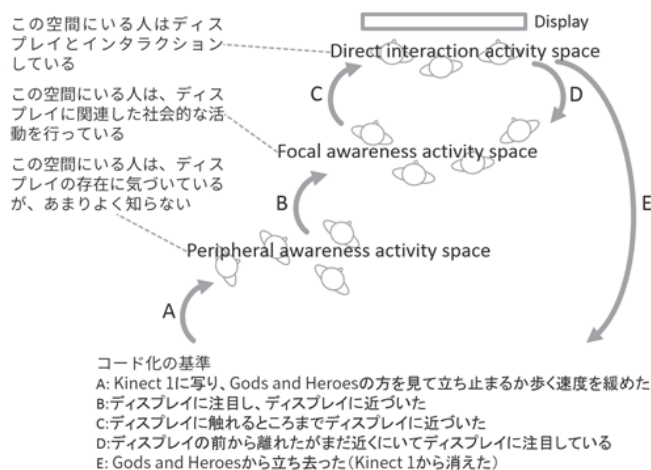


図 4 Brignullらのモデルの3種類の activity space[15]とビジターの各 space への遷移に関するコード化の基準 (右)

4 結果

4-1 観察ノート・来場者アンケート・RFID アクセスログから得られた全般的な知見

体験スペースに入場したビジターのほぼすべては、Gods and Heroes に注意を払い、体験したことが確認された。アンケートに回答したビジターのうち「Gods and Heroes を鑑賞した」と回答したビジターの割合は、Horizontal (100.0%), Tilted (93.1%), Vertical (97.7%) であった (Fisher's exact $p=0.0028$)。一人当たりの平均滞在時間は Horizontal (3.7 min.), Tilted (2.8 min.), Vertical (4.2 min.) であった (ANOVA: $F(2, 640)=2.342, p=0.097$)。そして Gods and Heroes を体験したビジターの大半が、コンテンツに引きこまれ熱心に鑑賞しているようであった。アンケートで「Gods and Heroes を鑑賞した」と回答したビジターのうち「内容に引き込まれ熱中して鑑賞した」と回答したビジターの割合は、Horizontal (92.9%), Tilted (92.6%), Vertical (85.9%) であった ($\chi^2(2)=5.661, p=0.06$)。

4-2 観察ノートから得られたハニーポット効果に関する知見

Horizontal 条件では、focal awareness または direct interaction activity space に先にいるビジター (以降、先客) の数が少ない場合、後から展示にやって来た通行人 (以降、後客) は、focal awareness や direct interaction activity space に移動したり、先客が操作しているディスプレイ面をのぞき込んだりする様子が観察された (図 5 左)。しかし、先客の数が多き場合は、後客はディスプレイや先客にほとんど注意を払わない場合も多かった。

Tilted 条件では、先客がいると、先客の人数の多少に関わらず、後客が focal awareness または direct interaction activity space に移動する様子はあまり観察されなかった。後客が、先客のいる focal awareness activity space に移動する場合も、先客の横や後ろには立たず、やや距離を取り、遠巻きに見ていた (図 5 中央)。

Vertical 条件では、先客がいると、後客は、peripheral awareness activity space に留まって先客の様子を覗うか、focal awareness activity space に移動する、のどちらかの行動をとることが多かった (図 5 右)。focal awareness activity space に移動する後客は、先客の横ではなく後ろに列を形成した。このとき、先客は相互に人間の1人分程度の幅を空けて立っており、後客は先客の身体の前ではなく少しずらした位置に立って後列を形成していた。

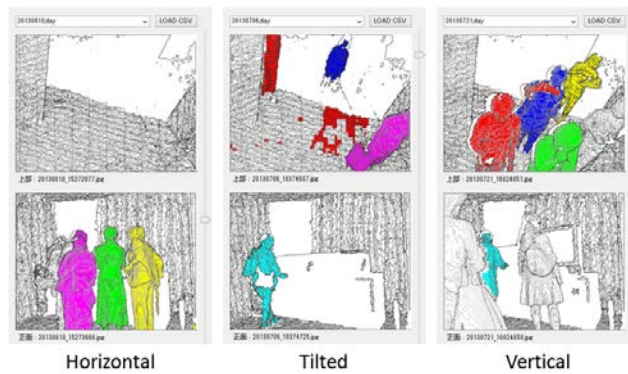


図 5 ハニーポット効果によってディスプレイに引き付けられた後客

4-3 深度カメラ映像の解析から得られたハニーポット効果に関する統計的結果

解析の結果、先客がいる状況で、全後客のうち focal awareness activity space まで移動した後客の割合は、Horizontal (46.5%), Tilted (37.1%), Vertical (54.1%) であった (図 6 中央). χ^2 検定を行ったところ有意であった ($\chi^2(2)=17.741, p=0.00014$). Ryan の多重比較を行ったところ、Vertical と Tilted, Horizontal と Tilted との間に有意差が見られ、Vertical・Horizontal の方が Tilted より割合が有意に高いことが示された。さらに、その前後の状況——前：先客がいる状況で、全後客のうち peripheral awareness activity space に移動した後客の割合 (図 6 左), 後：先客がいる状況で、全後客のうち direct interaction activity space まで移動した後客の割合 (図 6 右) ——についても、概ね同様の分布が見られた。

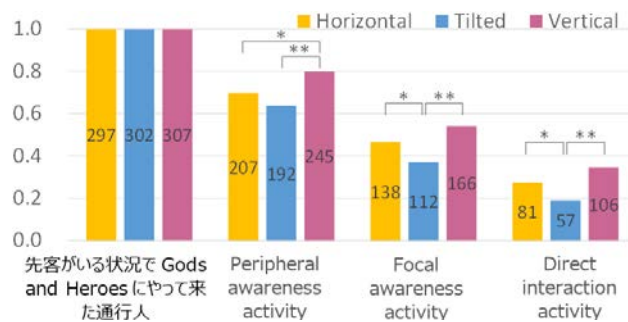


図 6 先客がいる状況における、後客の行動

4-4 観察ノートから得られた空間共有に関する知見

Horizontal 条件では、知人同士の少人数のグループと一緒に focal awareness または direct interaction activity space に入ると、最後まで一緒にそこに滞在する様子が観察された。しかし、先客がディスプレイの前でインタラクションしているときに、見知らぬ他人が focal awareness または direct interaction activity space に近づく気配を感じた場合、先客は、後客に譲るように Gods and Heroes から立ち去るケースも多かった。これらの様子から、全体的に、少人数の知人同士で構成されたプライベートな空間が形成されやすい印象を受けた。

Tilted 条件でも、Horizontal 条件と概ね類似した傾向が見られた。

Vertical 条件では、知人同士のグループと一緒に focal awareness または direct interaction activity space に入っても、そこを離れるタイミングは各人で異なるケースが見られた。また、先客は、後客が focal awareness または direct interaction activity space に近づく気配を感じたとき、後客に譲って立ち去ることもある一方で、立ち去らずにディスプレイとのインタラクションを続けたり、後客が見やすいように自分の立ち位置を調整したりすることもしばしばあった。これらの様子から、全体的に、知人か他人かに関わらず人々が入れ替わり立ち代わり出入りするパブリックな空間が形成されやすい印象を受けた。

4-5 RFID アクセスログの解析から得られた空間共有に関する統計的結果

解析の結果、各角度の調査期間中、1人以上のビジターが RFID タグインしていた全時間のうち、2人以上のビジターが同時に存在した時間(以降、空間共有時間)が占める割合は、Horizontal (19.5%), Tilted (19.8%), Vertical (23.7%) であった (図 7 左). χ^2 検定を行ったところ有意であった ($\chi^2(2)=320.041, p=2.2E-16$).

Ryan の多重比較を行ったところ、Vertical と Horizontal、Vertical と Tilted との間に有意差が見られ、Vertical の方が Horizontal・Tilted より 2 人以上のビジターの空間共有時間の割合が有意に高いことが示された。

次に、RFID タグイン空間に時間的に連続してやって来た 2 人のビジターが、そこを共有（同時に存在）した場合の平均空間共有時間を比較したところ、Horizontal (127 秒)、Tilted (103 秒)、Vertical (88 秒) であった (図 7 右)。1 要因分散分析を行ったところ、角度の主効果は有意でなかった ($F(3, 227)=0.819$, $p=0.484$)。有意差はないものの、1 つ前の段落の割合の結果とは逆に、水平、斜め、垂直の順に空間共有時間が長かった。

以上の 2 つの段落の解析結果を統合する。調査期間全体で見ると、Vertical 条件では 2 人以上のビジターが RFID タグイン空間を共有した時間の割合が有意に高いが、そのときの 2 人のビジター間の空間共有時間は Horizontal 条件や Tilted 条件と差がない（逆に、有意差はないが短い）。つまり、Vertical 条件は、より短い空間共有が頻繁に発生していると解釈される。

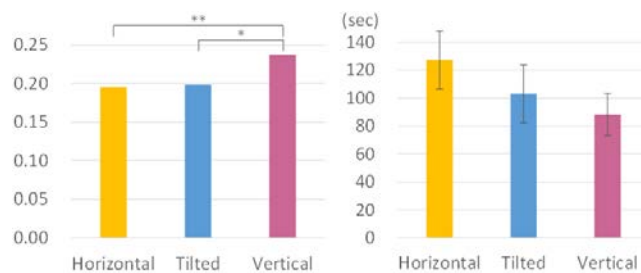


図 7 左：RFID タグイン空間に 1 人以上のビジターが存在した全時間のうち、2 人以上のビジターが存在した時間が占める割合、右：RFID タグイン空間に連続して入った 2 人のビジターの平均空間共有時間と標準誤差

4-6 観察ノートから得られた F 陣形に関する知見

Horizontal 条件では、各ユーザーはディスプレイに対して直交するように立ち、ユーザー同士は隣り合わせに並んで立った。このとき、各ユーザーとディスプレイの距離は非常に近く——多くのユーザーはディスプレイに身体を密着させディスプレイに身体を委ねるよう立った——、ユーザー同士の距離も近かった——肩が接触するほどの近距離—— (図 8 左)。彼らは、ディスプレイとのインタラクションを行いながら、一緒にコンテンツを探求しているように見受けられた。

Tilted 条件では、上述の Horizontal 条件の配置に近い配置で立つユーザー達もいれば、後述する Vertical 条件の配置に近い配置で立つユーザー達もいた。また両者の中間型も見られた (図 8 中央)。前者 (Horizontal に近い配置) の場合は、ユーザー同士の距離が比較的小さく、後者 (Vertical に近い配置) の場合は比較的大きかった。

Vertical 条件では、各ユーザーはディスプレイに対して斜めに立ち、ユーザー同士は相互に直交するように立った。このとき、各ユーザーとディスプレイの距離はやや離れており——手を伸ばすとちょうどディスプレイ面を触れるくらいの位置——、ユーザー同士の距離もやや離れていた——一人一人分程度の距離—— (図 8 右)。彼らは、時折隣人と顔を見合わせつつ、ディスプレイに提示されたコンテンツを話題として交流を図っているようであった。その様子は、あたかもディスプレイも会話に加わるグループの一員のようにであった。

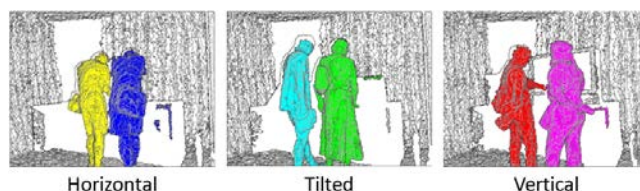


図 8 ディスプレイを介したユーザーのコミュニケーション

4-7 深度カメラ映像の解析から得られた F 陣形に関する統計的結果

2 人組のコミュニケーション行動を解析した結果、3 種類の身体配置に関して、いずれの角度においても、

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。全 2 人組のうち、L-shape と判定された 2 人組の割合は、Horizontal (14.3%), Tilted (55.3%), Vertical (82.3%) であった (図 9 左)。 χ^2 検定を行ったところ有意であった ($\chi^2(2)=54.809, p=1.254E-12$)。Ryan の多重比較を行ったところ、すべての組み合わせの間に有意差が見られ、Vertical, Tilted, Horizontal の順に L-shape の割合が有意に高い (換言すれば、Horizontal, Tilted, Vertical の順に side-by-side の割合が有意に高い) ことが示された。

さらに、彼らの身体的接触および視覚的接触の有無についても調べた。解析の結果、全 2 人組のうち、身体的接触が一度でもあったと判定された 2 人組の割合は、Horizontal (47.8%), Tilted (30.4%), Vertical (3.5%) であった (図 9 中央)。 χ^2 検定を行ったところ有意であった ($\chi^2(2)=41.125, p=1.175E-09$)。Ryan の多重比較を行ったところ、Horizontal と Vertical, Tilted と Vertical との間に有意差が見られ、角度が小さい (水平に近い) ほど身体的接触の割合が高いことが示された。視覚的接触については、順序が逆転し、Horizontal (1.4%), Tilted (5.4%), Vertical (18.6%) であった (図 9 右)。 χ^2 検定を行ったところ有意であった ($\chi^2(2)=14.641, p=0.0007$)。Ryan の多重比較を行ったところ、Horizontal と Vertical, Tilted と Vertical との間に有意差が見られ、角度が大きい (垂直に近い) ほど視覚的接触の割合が高いことが示された。

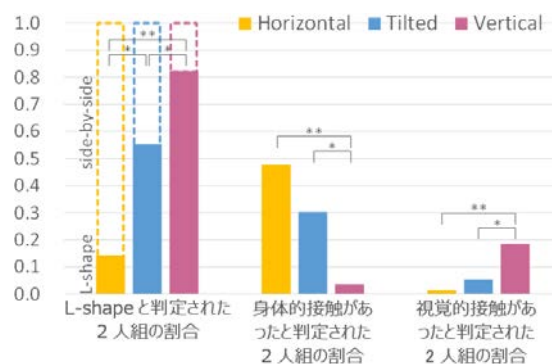


図 9 ディスプレイの前にいるユーザーの身体配置 (左), 身体的接触 (中央), 視覚的接触 (右)

5 結果のまとめ

本節では、種々の解析手法から得られた結果をまとめ、それらがどう関連するかについて述べる。

5-1 角度はハニーポット効果に影響を及ぼす

深度カメラ映像の解析から得られた統計的結果 (4.3 節) は、角度はハニーポット効果に影響を及ぼすという観察結果 (4.2 節) と一致した。Vertical・Horizontal 条件は Tilted 条件よりも、先客がいるとディスプレイは後客を引き寄せた——peripheral awareness, focal awareness, direct interaction activity space へと遷移した——した。ディスプレイが垂直の場合、コンテンツを正面方向から視認できる空間が大きいため、ハニーポット効果が高いことは予想されたが、水平の場合同様にその効果が高いことは予想外であった。水平の場合は、ディスプレイのすぐ傍まで近付かないとコンテンツが見えないため接近して確認したい、という後客の動機が、先客の存在によって強化されたと推定される。

5-2 角度は空間共有に影響を及ぼす

RFID アクセスログの解析から得られた統計的結果 (4.5 節) は、角度の違いによって空間共有の状況が異なるという観察結果 (4.4 節) を支持した。Vertical 条件は Horizontal・Tilted 条件よりも、連鎖的な空間共有——後客が先客と重なり暫く空間を共有した後、先客は退去する、その後さらに次の後客がやって来る、…という連鎖的状況——を促した。また空間を共有しているビジター同士の関係については、観察から、Horizontal・Tilted 条件の場合通常知人同士で、Vertical 条件の場合見知らぬ他人であることもしばしばあった。以上の知見から、Vertical 条件は、不特定多数の人が空間を共有するパブリック性の高い空間である一方、Horizontal・Tilted 条件は、親しい人同士が空間を共有するプライベート性の高い空間であると言える。

5-3 角度はF陣形に影響を及ぼす

深度カメラ映像の解析から得られた統計的結果(4.7節)は、角度が異なるとコミュニケーションをとる際の身体の空間配置のパターンが変化するという観察結果(4.6節)と一致した。Horizontal条件の場合、ユーザーはディスプレイの前で隣り合わせ(side-by-side)に立ち、相互の身体が接触する程近付いて体験した。Vertical条件の場合、ユーザーはディスプレイの前でL字(L-shaped)に立ち、相互に顔を見合わせながら体験した。また、Tilted条件の場合、side-by-sideとL-shapedがそれぞれ凡そ半数ずつを占めた。

6 結論

本研究では、水平、斜め、垂直に設置した3種類のタッチタイプのディスプレイを公共の場(ミュージアム)に配置し、人々の社会的行動を自然な環境で観察、分析した。フィールドスタディから、ディスプレイの角度が異なるだけで、ハニーポット効果、空間共有、F陣形に有意な差が生じることが確認された。また、先行研究のシングルユーザーを対象にしたラボ実験の結果との比較から、公共空間において他者と共存する場面では、斜めのディスプレイはユーザーの積極的な利用を促さないこともわかった。本研究で得られた知見は、コンサートホール、ショッピングモール、展示場、映画館、図書館、病院等のその他多くの公共の場におけるパブリックディスプレイのデザインに応用できると期待される。

一方で、本研究結果の応用には限界がある。まず、私達の知見は、駅や空港など、明確な目的に向かって急いで移動している人が大多数を占めるコンテキストには適用できないかもしれない。次に、本研究では、タッチインタラクションを行う空間におけるディスプレイ角度の影響に焦点を合わせた。本研究結果が、ジェスチャーによるインタラクションを行う空間で当てはまるとは、必ずしも言えない。今後の課題として、この先さらに増加するであろうジェスチャーによるインタラクションを行う空間におけるディスプレイ角度がユーザーの行動にどう影響するかを明らかにすることが挙げられる。

目的に応じたパブリックディスプレイをデザインするには、本研究で得られた知見を総合的に踏まえてデザインすることが重要となる。将来的には、ディスプレイの設置現場の時々刻々変化する状況や設置現場にその時点で存在するユーザーにとって最適な角度へ、ディスプレイの角度をリアルタイムに自動調整することも可能になるであろう。

【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, 44, 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. CHI2012, pp.297-306, ACM (2012).
- [6] Akpan, I., Marshall, P., Bird, J., Harrison, D. Exploring the Effects of Space and Place on Engagement with an Interactive Installation, Proc. CHI 2013, pp.2213-2222, ACM (2013).
- [7] 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).
- [8] <http://www.museumlab.eu/>
- [9] 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).

- [10] Rogers, Y. and Lindley, S. Collaborating around vertical and horizontal large interactive displays: which way is best?, *Interacting with Computers*, 16, 6, pp.1133–1152 (2004).
- [11] 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).
- [12] 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).
- [13] 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).
- [14] Michelis, D. and Müller, J. The audience funnel: Observations of gesture based interaction with multiple large displays in a city center. In *Intl Journal of Human-Computer Interaction*, 27(4-6), pp.562-579 (2011).
- [15] Brignull, H. and Rogers, Y. (2003). Enticing people to interact with large public displays in public spaces. *Proc. INTERACT 2003*, pp.17-24, IOS Press (2003).
- [16] 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).
- [17] Sommer, R. *Personal space*, Prentice-Hall (1969).
- [18] Suchman, L. *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication*, Cambridge University Press (1987).
- [19] McNeill, D. Gesture, gaze, and ground. *Proc. MLMI 2005*, LNCS 3869, pp.1–14 (2006).
- [20] 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).
- [21] Kendon, A. *Conducting Interactions: Patterns of behavior in focused encounters*, Cambridge University Press (1990).
- [22] <http://www.museumlab.eu/exhibition/10/>
- [23] <http://www.matrix-inc.co.jp/>
- [24] Landis, J. R. and Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33, 1, pp.159–174 (1977).

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
Can users read text on large displays?: Effects of Physical Display Size on Users' Reading Comprehension of Text	Proc. The 11th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter (CHIItaly 2015), 154-161	2015. 9
Effects of the Display Angle on Social Behaviors of the People around the Display: A Field Study at a Museum	Proc. The 19th ACM conference on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing (CSCW 2016), 26-37	2016. 3
年齢がパブリックディスプレイ利用に与える影響：ミュージアムにおけるフィールドスタディ	情報処理学会論文誌, 58(2), 615-627	2017. 2