

Table型とWall型タッチディスプレイがグループワークに与える影響に関する事前実験による実験手法の評価と本実験の設計

宓梅珽^{†1} 田野俊一^{†1} 橋山智訓^{†1} 市野順子^{†1} 岩田満^{†2} 三澤純子^{†1}
掛井祐伸^{†1} 羽木貴昭^{†1}, 望月宏史^{†1}, 米本京介^{†1}

大型インタラクティブディスプレイが普及しつつある。コラボレーションを促進することができると見られ、特に仕事場や公共空間においてWall型とTable型の大型ディスプレイが最も多く使われている。本論文では、情報の方向性を考慮したより一般的なタスクを設計し、今まで様々なタスクで結論付けたWall型とTable型ディスプレイの強みと弱みを検証し、新たな結論を導くことで、今後のWall型とTable型ディスプレイのインターフェースデザインに参考と助言を提供することを目的とした。2人から6人までのグループサイズで小規模な事前実験を行った。提案したユーザパフォーマンスの測定方法を評価し、事前実験の結果を分析した上で、今後の本実験の設計を提案した。

Evaluation of Experimental Methods and Future Design for the Study on the Effects of Horizontal and Vertical Touch Displays on Group Work

Meiting Mi^{†1} Shunichi Tano^{†1} Tomonori Hashiyama^{†1} Junko Ichino^{†1} Mitsuru Iwata^{†2}
Junko Misawa^{†1} Yushin Kakei^{†1} Takaaki Hagi^{†1} Hirofumi Mochizuki^{†1} Keisuke Yonemoto^{†1}

Large interactive displays are becoming more and more popular. In particular, Tabletops and wall displays are frequently used in public spaces and workplaces as they are considered to be able to facilitate collaboration. We designed a card classification task with a consideration of the directional properties of information and examined the experimental methods. By performing this experiment, we expect to verify the strength and weakness of tabletop and wall display, which have been concluded in a variety of particular tasks, and expect to lead to some new findings about the display impact on collaboration in order to provide advice or reference to future interface design of tabletop and wall display. In this paper, we evaluated the experimental methods and the results of the pre-experiment and proposed the design for the large-scale experiment.

1. はじめに

近年では、大型インタラクティブディスプレイが普及し、コラボレーションを促進することができると見られ、特に仕事場や公共空間において最も多く使われている。Mandryk[1]が定義した4つのディスプレイファクターの1つ、設置方向に注目すると、水平方向に設置されたTable型と垂直方向に設置されたWall型ディスプレイは今最も広く使われている実用性の高いディスプレイとも言える。従来のWall型とTable型のディスプレイに関する比較研究では、ディスプレイファクター、タスク、インタラクション方法という3つの変数を組み合わせ、被験者たちのパフォーマンスを比較することで、ディスプレイが協調作業にどのような影響を与えたかを分析し、研究を行っている[2][3][4][5][6][7]。しかし、これらの研究では、2つの主要な問題点がある。第一の問題点はディスプレイで提示した情報の方向性の影響を考えなかったことである。第二の問題点は同じサイズのタッチディスプレイに最適のグループサイズを比較する研究がないことである。

上記の問題点を解決するために、本研究では、情報の方向性を考慮し、より広い適用性を持つカード分類のタスクを設計し、グループメンバー間のアイコンタクト、個人の発話時間、ユーザの分布について、いくつかの測定方法も提案し、精度を検証した[8]。従来研究を参考にし、5つの仮説を立てた上に2人から6人までのグループサイズで1通りの事前実験を行った[9]。提案した測定方法を評価し、実験結果を分析し、今後の本実験の設計を提案した。

2. 従来研究とその分析

表1にまとめたように、Table型とWall型ディスプレイのディスプレイファクターのユーザへの影響をより良く理解するために、様々な比較研究が行われた。Table型が物理的参加と発話の参加の平等性を促進することができると見られる一方、Wall型が展示と情報の提示に有効であると見られている。しかし、2つの主要な問題点がある。

第一の問題点は、タスクで提示した情報の方向性を考慮し、ユーザのパフォーマンスに与える影響を比較する研究はないことである。世の中の情報は方向性のある情報と方向性のない情報がある。方向性のある情報は見る方向によって人の認知に支障が生じる情報である。鈴木[10]の研究では、見る角度の表情認知へ及ぼす影響を検討し、能面

^{†1} 電気通信大学 情報システム学研究所
University of Electro-Communications, The Graduate School of Information Systems

^{†2} 東京都立産業技術高等専門学校
Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

の顔を見る角度の違いによって受け取られる情動カテゴリーが異なるという結果を得ている。つまり、提示された情報の方向によって、人間の認知能力に大きな影響があり、タスク実行中のパフォーマンスにも影響がある。今までの研究ではタスクで扱う情報は方向性のある情報あるいは方向性のない情報のみで Table 型と Wall 型のディスプレイファクターの影響を比較した。情報の方向性とディスプレイ設置方向の交互作用を比較する研究がなかった。また、情報の方向性が結論にバイアスをかけたことへの配慮がなかった。Potvin et al.[3]の2人でソフトウェアシステムをデザインする実験では、Wall 型と Table 型でのアイコンタクトを比較する時に、ユーザアレンジメントの影響を回避するために、参加者たちが自由に動けるように立ち姿勢でタスクを実行したが、実際に UML クラス図の方向性がユーザアレンジメントにバイアスをかけて、結論に影響をおよぼした。

第二の問題点は同じサイズのタッチディスプレイに最適なグループサイズを比較する研究がないことである。グループサイズに着目した研究では、より大きなグループがより短い時間でタスクを完了できるか、あるいはより良いパフォーマンスを出せるという結果になっている[5][7][11]。しかし、グループメンバーをもっと増やし、ある閾値を超えれば、完了時間がまた長くなり、パフォーマンスが落ちてしまう可能性もある。本研究では、グループメンバーを連続的に増やして、ディスプレイ周りの異なる行動パターンを分析し、同じサイズのディスプレイについて、最適なグループサイズを見つけ出すことを目指している。

3. 仮説

従来研究に基づき、次の5つの仮説を立てている。

- 1) 同じグループサイズでは、Table 型ディスプレイで方向性のないカードの分類完了時間が Wall 型より短い。Wall 型ディスプレイで方向性のあるカードの分類完了時間が Table 型より短い (同じインターフェイスで、Wall 型ではグループメンバーが同じ視点でタスク実行可能なので、方向性のある情報を扱うタスクの実行が速いと推測した)。
- 2) グループサイズが大きければ、完了時間が短くなる[5][7][11]が、ある適切人数を超過すれば、完了時間がまた長くなる。
- 3) Table 型でのアイコンタクトは Wall 型より多い[2]。
- 4) ディスプレイの設置方向は議論の平等性に影響がない[3][12]。
- 5) Wall 型では被験者の移動距離がより長い (Inkpen[2]の2人の観光計画タスクでは Wall 型で被験者の全身運動がより多く観測されたが、定量的に計測しなかった)。

表 1 Wall 型と Table 型の比較研究

著者	タスク	情報の方向性	インタラクティブ方式	グループサイズ	姿勢
Inkpen[2]	観光計画	あり	複数のペン	2人	Table-座 Wall-立
Potvin[3]	ソフトウェアデザイン	あり	複数のペン	2人	立
Rogers[4]	ルーチングプラン	あり	Mimio pen	3人	Table-座 Wall-座 (インタラクタを除く)
Forlines[5]	視覚探索	あり	キーボード	1,2,4人	座
Pantidi[6]	コンセプトマッピング	あり	Table 型: マルチタッチ Wall 型: ペン	9-10人	自由
Pavlovych[7]	目標捕捉	なし	レーザーペン 複数のマウス	1,2,3人	自由 (位置が固定)

4. 事前実験の設計

計3要因、10水準の事前実験を設計した。実験計画を表2にまとめる。

4.1 タスク

タスク内容の設計について、より広い適用性を持つ結論を得るために、特定のタスクに着目するのではなく、集団で何かをやる時の共通のタスクに着目することにした。KJ法[13]の基盤となる情報を分類することは人の認知、意思決定、創造活動などに幅広く役立つテクニックであると言われている[14][15]。また、マルチタッチディスプレイでのカード操作はよく使われているので、タスク設定はカード分類とした。幅広く使える分類タスクから導き出す結果のより広い適用性を期待している。タスク設計を表3にまとめる。

4.2 被験者

計20名の大学院生(男性18名、女性2名)が被験者として参加し、ランダムに2人組から6人組に分けられた。被験者達の身長は153cmから190cmまでで、平均170cmである。すべての被験者はタッチデバイスの使用経験がある。

4.3 設備

用意した設備と対応する測定項目を表4にまとめた。

図3のような実験環境を立ち上げた。天井に一つのKinectを設置した。Table型の時には周りに4つのKinectを設置し、Wall型の時には周りに3つのKinectを設置した。

同時に32点の検知ができるPQ labsの55インチのMulti-Touch G4Sタッチスクリーンを使用し、カード分類用のアプリケーションを作成した。図4が示すように、被験者が毎回出てきた60枚のカードを3組に分類して、3つの枠に入れる。カードを拡大、縮小、回転することができる。開始ボタンを押すと、カードの座標、回転角度を記録するログを自動的に生成する。完成のボタンを押すと、プログラムが自動的に正解を判断して、被験者にメッセージボックスでフィードバックを返す、不正解ならタスクは続く。図5では5人組がタスクを実行している様子を示している。

表 2 2×3×5 要因デザイン

要因	水準	被験者
ディスプレイ	2水準 (Table型/Wall型)	被験者内
タスク	3水準 (方向性のない絵/方向性のある絵/一文)	
グループサイズ	5水準 (2人から6人まで)	被験者間

表 3 タスク内容

タスク	内容	枚数
方向性のない情報	完全対称の絵	60
方向性のある情報	新聞のタイトル	60
	肖像	60

表 4 設備と測定項目表

設備	数	測定項目
タッチディスプレイ	1	完了時間、カードの位置座標、カード回転角度
Kinect	5	ディスプレイ周りの配置、被験者の位置座標、頭の向き
360度カメラ	1	表情、アイコンタクト
指向性マイク	6	発話の時間
咽喉マイク	6	
ICレコーダ	6	

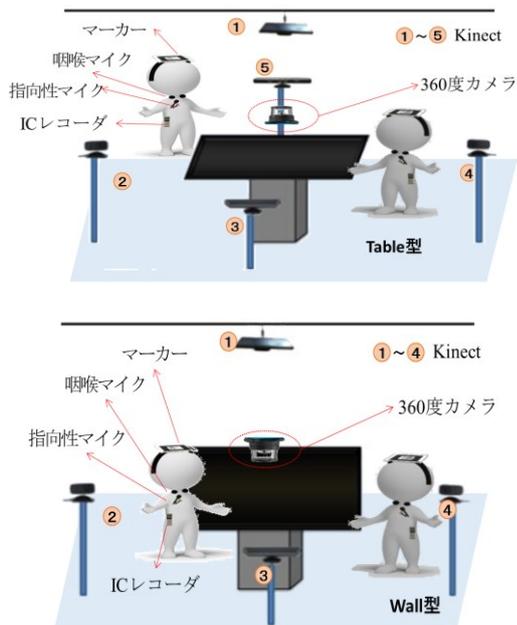


図 3 実験環境

ディスプレイは実験の必要によって Wall 型として垂直に設置される、あるいは Table 型として水平に設置された。

Wall 型と Table 型ディスプレイは受験者が立った姿勢で使用するように設置された。日本人の平均身長が 165 cm (男性 172 cm、女性 158 cm) [16]で、肘の高さは身長 0.616、目の高さは身長 0.925 の比例 [17]に基づき、タッチディスプレイのエルゴノミクス [18][19]に従い、最も合理的に設置された：

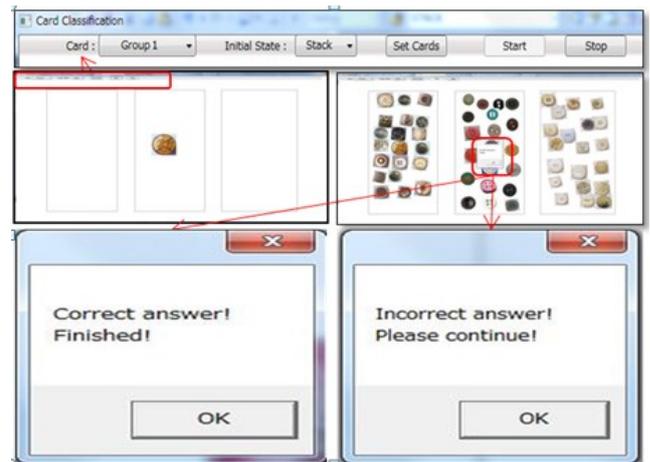


図 4 カード分類アプリケーション



図 5 5人組の実験 (左: Table型 右: Wall型)

- 1) Table 型ディスプレイの表面は地面から 106.6cm の高さに設置された。これは精密な作業のための理想的な高さとして、肘の高さより 5cm 高いところである。
- 2) Wall 型ディスプレイの底面は 101.6cm の高さに設置され (肘の高さ)、肘関節が 90 度の角度で、画面をタッチすることができる。

4.4 測定方法

被験者のパフォーマンスとアプリケーションログと言う 2 種類のデータを記録する。被験者のパフォーマンスを記録するいくつかの方法を提案した。

ARtoolkit で各被験者の頭の位置と回転角度を記録し、有効視野に基づいてアイコンタクトを判断する方法は、検証実験では Table 型での再現率 66.0%、適合率 82.5%、Wall 型での再現率 69.7%、適合率 82.1% という結果となった [8]。

発話時間に関して、咽喉マイクと指向性マイクを併用し、ステレオ ICレコーダの 2つのチャンネルに咽喉マイクと指向性マイクのデータを入れ、周波数領域の相関性に基づいて、各被験者の発話時間を計算した [8]。被験者ごとに、4つのパラメータが自動的にチューニングされ、最もバランスの良いパラメータセットを表 5 にまとめた。

ランダムに 2 人の被験者の 1 分間の発話を取り出して、対応するパラメータで発話の時間を計算してみた。検出された発話とグラウンドトゥースを図 6 で示した。

カード分類のアプリケーションは、タスクの完了時間、カードの位置座標、回転角度を記録した。

4.5 手順

実験前の説明会で、まず口頭によりタスクの内容を参加者に伝えて、タッチディスプレイでの操作方法を説明し、操作トレーニングしてから本番の実験を行う。三種類のカードに対して、被験者はまず Table 型ディスプレイで上記の3つの分類タスクを行う。1つのタスクでは60枚のカードを均等に3組に分ける。Table型ですべてのタスクが完成したら5分休み、Wall型で同じく3つのタスクを実行する。実験が終わった後、各被験者がアンケートに回答した。知的あるいは身体的な要求についての項目はNASA-TLXの項目を使用し、10段階のスケールを使用した。最後に、被験者達はタスクとディスプレイなどについての主観嗜好について回答した。

5. 結果

5.1 測定方法の評価

ARtoolkitによってアイコンタクトを測定する方法で、各被験者の頭の位置と回転角度を記録した。検出したアイコンタクトをビデオでチェックした結果、Table型での誤検出が検証実験の時より多かった。その原因は一部の被験者達の行動が予測できなかったことである。大規模な実験にこの方法を使用することはより多くの誤検出を招く可能性があると考え、今後の大規模実験では、より高い精度のデータを入手するため、リアルタイムでアイコンタクトをカウントすることにした。

発話の測定について、30回の中、18回の各被験者の発話の成功に録音した。残りの12回では2人の被験者の咽喉マイクが途中で位置がずれたため、参加の平等性を計算できなかった。より安定した測定方法を考える必要がある。本実験では頭に固定できる指向性の優れたハンズフリーマイクを使用することにした。

表5 各被験者用のパラメータ

Participant	frame_length	step	extend_length	coef_threshold	TPR	FPR	ACC	PVV
2-1	3000	600	1000	0.6	92.50%	4.18%	94.31%	94.82%
2-2	2500	200	5000	0.9	90.93%	3.21%	94.17%	95.83%
3-1	1000	600	2000	0.8	90.26%	3.16%	94.70%	93.24%
3-2	2000	600	4000	0.8	91.52%	4.56%	94.32%	88.91%
3-3	3000	600	3000	0.7	90.72%	2.33%	96.15%	91.66%
4-1	2000	400	1000	0.7	91.71%	6.35%	93.21%	80.91%
4-2	2000	400	3000	0.8	90.16%	5.60%	93.49%	81.44%
4-3	2500	400	5000	0.7	91.23%	6.65%	92.82%	82.07%
4-4	3000	200	1000	0.7	91.66%	6.72%	92.85%	83.11%
5-1	1500	200	1000	0.7	92.28%	4.03%	94.62%	92.90%
5-2	2500	200	1000	0.7	91.12%	4.05%	94.14%	93.07%
5-3	2000	400	2000	0.8	90.18%	3.02%	94.64%	93.99%
5-4	2000	600	2000	0.8	90.46%	4.87%	93.38%	91.72%
5-5	3000	400	2000	0.6	90.98%	5.41%	93.40%	89.29%
6-1	1000	600	4000	0.7	93.81%	4.54%	94.83%	92.75%
6-2	2500	200	3000	0.7	94.96%	7.12%	93.92%	92.97%
6-3	3000	400	5000	0.7	90.44%	2.29%	95.36%	94.97%
6-4	3000	400	1000	0.6	93.41%	4.49%	94.81%	91.15%
6-5	1500	200	1000	0.6	92.06%	10.29%	91.08%	92.58%
6-6	1000	600	3000	0.9	93.42%	6.30%	93.56%	93.94%

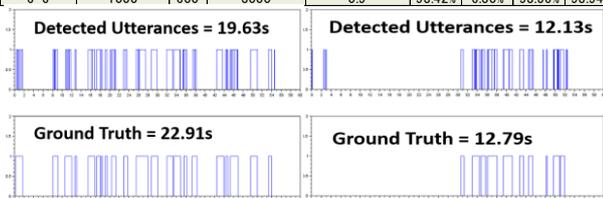


図6 発話のサンプル(左:被験者4-1;右:被験者3-1)

天井にあるKinectによって、距離データを記録した。撮った深度画像と同じサイズのゼロ行列を作成した。各フレームについて、あるピクセルの距離データが予め設定された範囲(約被験者の肩の上)にあった場合は、行列にある対応要素がプラス1になる。すべてのフレームが処理された後、この累積深度データを適切な方法で可視化することで、タスクごとに被験者の分布図の画像が得られた。周りのKinectはTable型ではスケルトン認識はできるが、Wall型では被験者間の距離が近いため、ほとんどスケルトンと重心を認識できなかった。したがって、周りのKinectによる完全な姿勢分析はできないので、本実験では使わない。

5.2 仮説の評価

仮説によって、結果を以下にまとめた。

仮説1と2は情報の方向性、完了時間とグループサイズに関する仮説である。今回は被験者が少ないため、統計分析ができなかった。完了時間を表6にまとめた。

(1) 同じグループサイズでは、Table型ディスプレイで方向性のないカードの分類完了時間がWall型より短い。Wall型ディスプレイで方向性のあるカードの分類完了時間がTable型より短い。

Wall型での方向性のある絵の分類の完了時間は、5回の中4回Table型より速く、方向性のない絵の完了時間は5回の中3回がより速かった。文字列について、Wall型でのタスクの難易度がTable型より遥かに難しいということがアンケートより分かったので、今回は両方の比較ができなかった。問題の難易度を調節し、再実験する必要がある。今回の実験結果では、仮説1の後半、Wall型ディスプレイで方向性のあるカードの分類完了時間がTable型より短いという部分が成立する可能性が示された。仮説1を検証するために大規模な実験を行う必要がある。

(2) グループサイズが大きければ、完了時間が短くなるが、ある適切人数を超過すれば、完了時間がまた長くなる。

図7が示すように、グループサイズの拡大によって完了時間が減りつつある可能性を示しているが、再び上昇する形跡が見えなかった。仮説2を検証するために7人以上のグループの実験が必要であると考えている。

表6 完了時間

情報の種類	ディスプレイ	2人組	3人組	4人組	5人組	6人組
方向性のある絵	Wall型	0:05:13	0:06:21	0:06:21	0:05:22	0:04:29
	Table型	0:22:26	0:07:49	0:06:24	0:02:18	0:06:07
方向性のない絵	速い	Wall型	Wall型	Wall型	Table型	Wall型
	Wall型	0:14:25	0:04:01	0:04:34	0:04:09	0:01:23
文字列	Table型	0:05:02	0:08:06	0:03:21	0:04:53	0:03:19
	速い	Table型	Wall型	Table型	Wall型	Wall型
文字列	Wall型	0:14:01	0:20:16	0:10:28	0:19:19	0:09:21
	Table型	0:17:29	0:17:50	0:03:31	0:07:39	0:03:36
	速い	Wall型	Wall型	Wall型	Table型	Wall型

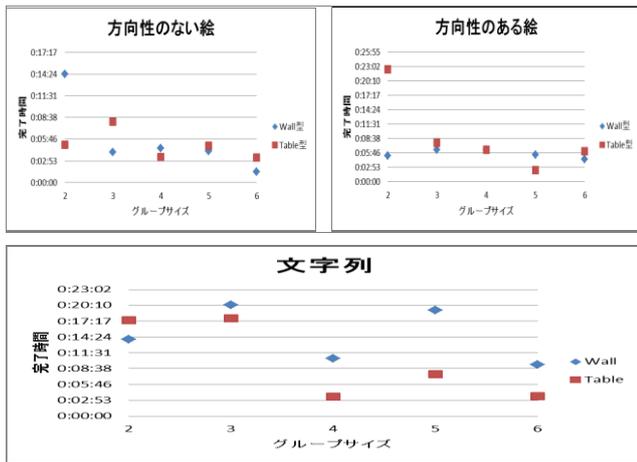


図7 完了時間

(3) Table型でのアイコンタクトがWall型より多い。

アイコンタクトの結果を表7にまとめた。この結果はARtoolkitに基づいて得られたもので、Table型の回数はビデオによって修正した数値である。一対の標本によるt検定では、Table型とWall型でのアイコンタクトの回数に有意差がある(p=.0001)という結果を得た。アイコンタクトを巡って、従来研究では、場面によってTable型で多いという結果[2]とWall型で多い[3]という2つの結論があったが、今回の結果は、Inkpen[3]の結果を再確認した。

(4) ディスプレイの設置方向は議論の平等性に影響がない

Marshall[20]が使った不平等指数Iを用いて、各被験者の発話の平等性を式(1)によって計算した。Nはグループサイズで、 E_i は各参加者が平等に参加した場合のイベントの予想累積確率で、 O_i は観測したイベントの累積確率で、一番貢献が少ない人から始まる。タスクごとに不平等指数を計算し、その結果を表8と図8にまとめた。7対のデータに有意差がなかった。

$$I = \frac{(1/N) \sum_{i=1}^N (E_i - O_i)}{(1/2)(1-1/N)} \quad (1)$$

(5) Wall型では被験者の移動距離がより長い。

図9が示すように、Table型では、3人以下のグループのメンバーの平均移動距離がより長い。Wall型では、4人以上のグループのメンバーの平均移動距離がより長い。事前実験では、各グループサイズの実験回数を増やし、統計学分析を行いたい。

5.3 主観の評価

アンケートの結果は表9にまとめた。身体的要求、作業成績、フラストレーションという3つの項目に有意差が出た。Wall型で全体的な負荷がより大きい結果となった。

嗜好について、方向性のない絵に対して、70%の被験者達はTable型を選んだ。文字列に対して、75%の被験者がWall型を選んだ。72%の被験者はTable型でアイコンタクトしやすいと述べた。85%の被験者は発話の平等性に差がないと述べた。75%の被験者はTable型でより移動しやす

いと述べた。

表7 アイコンタクト回数

グループサイズ	2			3			4			5			6		
Table型	0	0	0	2	3	0	2	1	2	3	2	2	2	1	2
Wall型	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表8 不平等指数

グループサイズ	Table型	Wall型
2	0.26	0.02
4	0.06	0.26
	0.15	0.22
	0.09	0.13
5	0.34	0.30
	0.42	0.17
	0.44	0.19
6	0.13	0.27

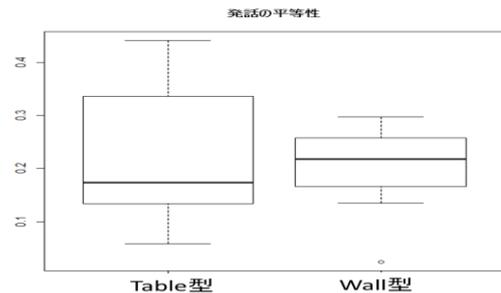


図8 不平等指数の分布

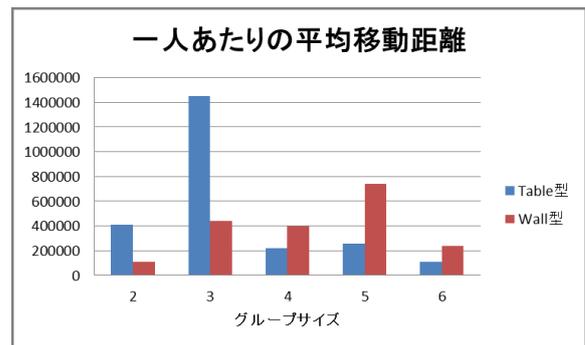


図9 一人あたりの平均移動距離

表9 アンケートの結果

項目	Table型	Wall型	有意差
知的要求	5.2	5.6	
身体的要求	4.2	6.1	あり
タイムプレッシャー	3.7	4.8	
作業成績	4.3	5.9	あり
努力	4.6	5.7	
フラストレーション	4.4	6.2	あり
全体的な負荷	4.3	6.1	あり

6. ディスカッション

6.1 情報の方向性の影響

今回の実験では、実験の回数が少ないため、情報の方向性の完了時間への影響が見られなかったが、情報の方向性のユーザパフォーマンスへの影響があった。表10はカードの平均回転角度を示している。被験者が文字のカードをめつたに回転しなかったことがわかったが、有意差はなかった。

表11は各被験者の頭の向きを示す角度の平均値をまと

めた。図 10 のように、天井にある Kinect のカメラ座標系で、頭の yaw 角度を記録し、その角度の絶対値の平均値を求めることで、頭の向きを判断した。グループメンバーの頭の向きがバラバラだった場合、絶対値の平均値が 90 度に近い。対応のある一元配置分散分析法では、Table 型での三種類のタスク実行中の頭の向きを示す角度に有意差が検出された($F(2,8)=13.07, p=0.003$)。ボンフェローニ補正後、絵のカードと文字列のカードの間の有意差が認められた($p<0.001$)。方向性のある絵と方向性のない絵に対して、有意差がなかったが、実験回数を増やし、慎重に再検定する必要があると考えている。

上記の結果から、被験者達は同じ視角を維持するため、カードを回転せず、頭の角度を変えて情報の方向性に適応する可能性があると考えている。

天井の Kinect が撮った距離画像から、Table 型では、被験者がディスプレイの同じ側に偏りやすく、情報の方向性の影響を補償する可能性がある。またユーザの位置が比較的固定である。3 人と 4 人による Table 型での分布図を図 11 で示している。一方、Wall 型では、4 人以上のグループの被験者達の配置は 2 層になることがわかった。彼らはディスプレイから少し離れてタスクの全貌を見る行動をしがちである。5 人と 6 人の Wall 型での分布図を図 12 で示している。

表 10 カードの平均回転角度

グループ サイズ	方向性のない絵		方向性のある絵		文字列	
	Table 型	Wall 型	Table 型	Wall 型	Table 型	Wall 型
2	0.57	49.13	80.26	2.55	9.31	3.55
3	28.96	12.98	19.79	10.60	14.43	14.69
4	13.73	15.52	15.14	14.63	1.94	0.02
5	28.69	14.60	20.12	13.89	7.32	11.06
6	18.09	16.92	9.68	12.49	2.66	3.51
平均	18.01	21.83	29.00	10.83	7.13	6.57

表 11 頭の向きを示す角度の平均値

グループ サイズ	方向性のない絵		方向性のある絵		文字列	
	Table 型	Wall 型	Table 型	Wall 型	Table 型	Wall 型
2	156.85	157.71	153.24	154.43	158.65	154.03
3	104.05	153.21	120.47	153.61	127.21	151.60
4	91.81	149.98	91.70	150.21	108.11	149.60
5	89.04	147.54	94.65	147.67	107.94	147.36
6	81.75	143.30	87.14	145.08	106.03	146.29
平均	96.72	148.51	109.32	149.09	122.35	148.93

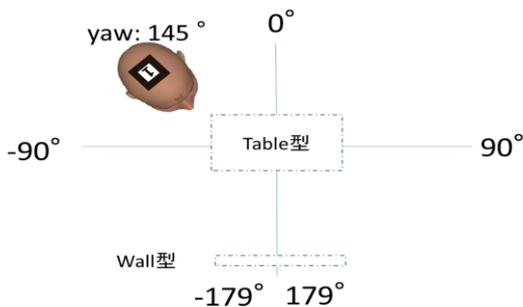


図 10 Kinect からのトップビュー

6.2 完了時間と情報の方向性とグループサイズの関係

今回のタスクの完了時間に強く影響する要素が 3 つあると考えられる。視認性、グループの発想力とディスプレイの操作性である。視認性というのは、知覚と情報の解釈のプロセスにおけるディスプレイの支援能力である。方向性のある情報の場合、Wall 型ディスプレイがグループメンバーに同じ視角を提供することができるので、視認性により優れている。グループの発想力には個人差があり、グループサイズの増加とともに上昇する。したがって、小さいグループの場合、発想力の影響がより大きい。逆に、大きいグループの場合、ディスプレイの操作性の影響がより大きい。Table 型ディスプレイでは同時にインタラクションする人数がより多いので、操作性により優れていると考えられる。

上記の 3 つの要素を総合的に考慮した結果、グループサイズが大きくなれば、方向性のない情報の完了時間が減る傾向にある。特に Wall 型の曲線が Table 型より早く平坦になる。方向性のある情報の場合、図 13 が示すように、2 つの曲線のスロープが視認性と操作性の共同影響によって決定される。事前実験の結果を参考にし、方向性のある絵の方向性の影響が強くないので、完了時間の操作性への影響がより大きいと推測し、Wall 型の曲線が Table 型より早く平坦になると考えている。文字列は方向性の影響が強いので、完了時間の視認性への影響が多いと推測し、Table 型の曲線が Wall 型より早く平坦になると考えている。今後の実験でこの仮説を検証することを期待する。

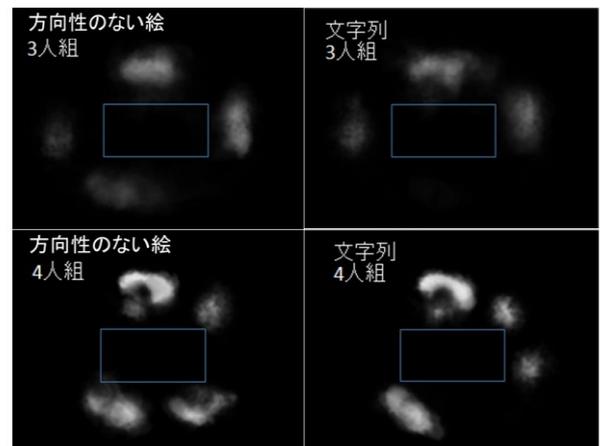


図 11 Table 型での分布図

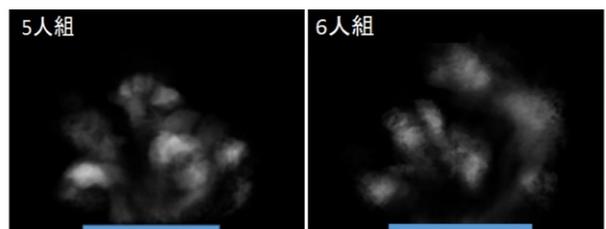


図 12 Wall 型での分布図

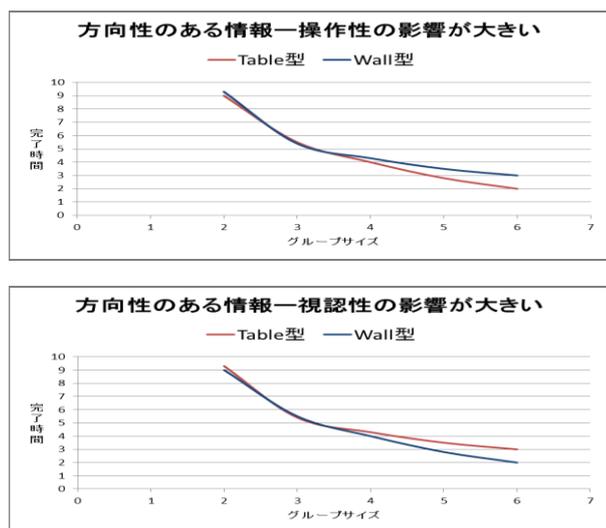


図 13 完了時間と3つの要因

7. 本実験の設計

本実験は引き続き情報の方向性とグループサイズに関する仮説を中心に検証し、また、アイコンタクトと発話の平等性など協調性に関する仮説も再び検証する。事前実験の結果に参考し、本実験では次のような仮説を立てている。

1. 同じグループサイズでは、Table型ディスプレイで方向性のないカードの分類完了時間がWall型より短い。
Wall型ディスプレイで方向性のあるカードの分類完了時間がTable型より短い。
2. グループサイズが大きくなれば、完了時間が短くなる。方向性のない絵の場合、Wall型の曲線がTable型より早く平坦になる。方向性のある絵の場合、Wall型の曲線がTable型より早く平坦になる。文字列の場合、Table型の曲線がWall型より早く平坦になる。しかし、ある適切人数を超過すれば、完了時間がまた長くなる。
3. Table型でのアイコンタクトがWall型より多い。
4. ディスプレイの設置方向は議論の平等性に影響がない。
5. 4人以上の場合、Wall型では被験者の移動距離がより長い。

本実験では計3要因、9水準の実験を設計した。タスクは事前実験と同じように、計60枚のカードを3組に分類する。

情報の方向性について、事前実験では、方向性のある絵は人の顔写真を使用した。その完了時間、カードの回転角度、頭の向きなどの指標の評価は方向性のない絵と似ている結果となった。原因として、2つの可能性があると考えている。絵の方向性の影響は文字列より強くないこと、あるいは使った写真の方向性は弱いことである。本実験では、ムーニーフェイス[21]やサッチャー錯視[22]などより方向性の強い問題を設計し、6人のグループサイズだけタスクを方向性のある絵、方向性のない絵と文字列という3水準で行い、絵の方向性の影響を検証する。他のグループサイ

ズでは方向性のない絵と文字列という2水準のタスクで実験する。

本実験の2つの段階計画を表12と表13にまとめた。

測定方法と設備について、事前実験の経験と教訓を生かし、本実験では表14の設備を使用する。実験環境は図14で示している。

表 12 本実験計画—方向性のある絵の検証

要因	水準	被験者
ディスプレイ	2水準 (Table型/Wall型)	被験者内
タスク	3水準 (方向性のある絵/方向性のない絵/一文)	
グループサイズ	1水準 (6)	

表 13 本実験計画

要因	水準	被験者
ディスプレイ	2水準 (Table型/Wall型)	被験者内
タスク	2水準 (絵/一文)	
グループサイズ	4水準 (3,4,6,8)	

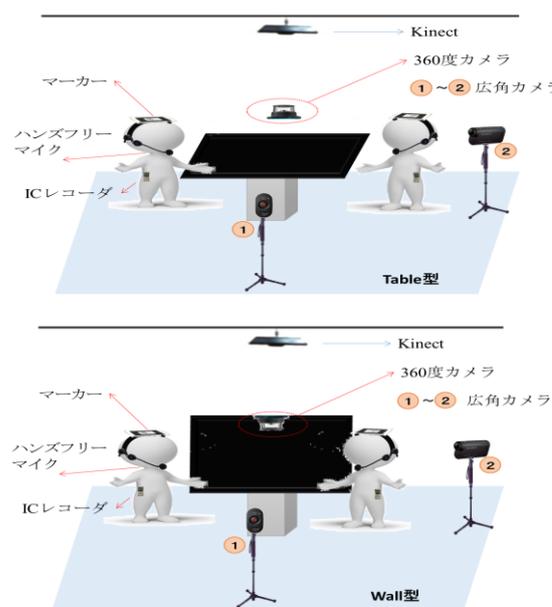


図 14 本実験の実験環境

表 14 設備と測定項目表

設備	数	測定項目
タッチディスプレイ	1	完了時間、カードの位置座標、回転角度
Kinect	1	ディスプレイ周りの配置、被験者の位置、頭の向き
広角カメラ	2	実験の様子
360度カメラ	1	表情、全景
ハンズフリーマイク	8	発話の時間
ICレコーダ	8	

8. 結論

今回の小規模な事前実験から、Table型ではアイコンタクトがより多いが、発話の平等性について差がない可能性が高いという結果が分かった。被験者の配置と移動距離について、Table型では、3人以下のグループのメンバーの平均移動距離がより長い。Wall型では、4人以上のグループのメンバーの平均移動距離がより長く、被験者達の配置は2層になることがわかった。特にディスプレイから少し離れてタスクの全貌を見る行動をしがちである。また、ユーザパフォーマンスに対する情報の方向性の影響があるかもしれないことがわかった。Table型での実験では、被験者達は同じ視角を維持するため、カードを回転せず、ディスプレイの同じ側に偏ったり、頭の角度を変えるなど行動で、情報の方向性に適応する可能性があると考えている。また被験者達の位置が比較的固定だった。

今後は修正した仮説をテストするためのより多くの証拠を収集し、大規模な実験を段階的に行う。

参考文献

- 1) Mandryk, R. L. et al.: Display factors influencing co-located collaboration, Conference Supplement to ACM CSCW, Vol.2, (2002).
- 2) Inkpen, K. et al.: Exploring display factors that influence co-located collaboration: angle, size, number, and user arrangement, Proceedings of HCI international, Vol.2005, (2005).
- 3) Potvin, B. et al.: Comparing Horizontal and Vertical Surfaces for a Collaborative Design Task, Advances in Human-Computer Interaction, Vol.2012, Article 6, (2012).
- 4) 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).
- 5) Forlines, C. et al.: Exploring the effects of group size and display configuration on visual search, Proceedings of the 2006 20th anniversary conference on Computer supported cooperative work, pp.11-20, (2006).
- 6) Pantidi, N. et al.: Is the Writing on the Wall for Tabletops?, Human-Computer Interaction-INTERACT 2009, pp.125-137, (2009).
- 7) Pavlovych, A. and Stuerzlinger, W.: Effect of screen configuration and interaction devices in shared display groupware, Proceedings of the 3rd ACM international workshop on Human-centered computing, pp.49-56, (2008).
- 8) 宓 梅斑, 田野 俊一, 橋山 智訓, 市野 順子, 岩田 満, 三澤 純子, 掛井 祐伸, 羽木 貴昭, 望月 宏史, 米本 京介: Wall型とTable型タッチディスプレイがグループワークに与える影響に関する仮説と実験設計, ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp. 601-606, (2013).
- 9) Mi, M. et al.: A Pre-experiment on Effects of Horizontal and Vertical Touch Displays on Group Work, 4th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, submitted, (2013).
- 10) Suzuki, M. and Konuki, S.: Impression Change in the Angle of View of "Noh" Mask on Facial Recognition, Waseda studies in human sciences, Vol.7, No.1, pp.23-32, (1994).
- 11) Ryall, K. et al.: Exploring the effects of group size and table size on interactions with tabletop shared-display groupware, Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work, pp.284-293, (2004).
- 12) Rogers, Y. et al.: Equal opportunities: do shareable interfaces promote more group participation than single user displays?

- Human-Computer Interaction, vol. 24, no. 1-2, pp. 79-116, 2009.
- 13) Kawakita, J.: Zoku Hassohou, Tokyo: Chukoshinsho, (1970).
- 14) Kelly, G.: The Psychology of Personal Constructs, Vol.2, Routledge, (2003).
- 15) Roy, B.: Méthodologie multicritère d'aide à la décision, Économica, (1985).
- 16) 文部科学省_体力・運動能力調査, 平成13~23年度.
- 17) Lin, Y. C. et al.: The comparisons of anthropometric characteristics among four peoples in East Asia, Applied Ergonomics, Vol.35, No.2, pp.173-178, (2004).
- 18) Swann, M.: Ergonomics of touch screens. Technical report, Ergonomic Solutions International, (2006).
- 19) Canadian Centre for Occupational Health and Safety. www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/standing/standing_basic.html, checked 3rd January, (2013).
- 20) Marshall, P. et al.: When the fingers do the talking: a study of group participation with varying constraints to a tabletop interface, in Proceedings of the IEEE Tabletops and Interactive Surfaces, pp. 37-44, (2008).
- 21) George, N. et al.: Electrophysiological correlates of facial decision: Insights from upright and upside-down Mooney-face perception, Cognitive Brain Research Vol. 24(3), pp. 663-673, (2005).
- 22) Stuerzel, F. and Spillmann, L.: Thatcher illusion: dependence on angle of rotation. Perception, Vol. 29(8), pp. 937-942, (2000).