

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定量的実験の設計と評価結果

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}
高野健太郎^{†1} 掛井祐伸^{†1} 羽木貴昭^{†1} 望月宏史^{†1} 米本京介^{†1}

Wall 型ディスプレイと Table 型ディスプレイは実用性の高い共有ディスプレイとして職場や公共空間に最も多く使われている。共有ディスプレイがユーザにどのような影響を与えるかをより深く理解するため、本論文では、情報の方向性の影響と最適なグループサイズに焦点を当て、情報の方向性を考慮したカード分類のタスクを 3 人、4 人、6 人、8 人のグループサイズで実行した。Wall 型と Table 型でのユーザパフォーマンスを比較し、定量的に分析した。マルチタッチのインタラクション方式で、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いくつかの要因を示し、議論を行った。

Quantitative Experiment Design and Evaluation Result 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} KENTARO
TAKANO^{†1} YUSHIN KAKEI^{†1} TAKAAKI HAGI^{†1} HIROFUMI MOCHIZUKI^{†1}
KEISUKE YONEMOTO^{†1}

Tabletops and wall displays are frequently used in public spaces and workplaces as highly practical shared displays. In order to investigate the effects of the shared display on users, in this paper, we focused on the directional properties of information and the optimum group size, performed a card classification task with the consideration of the directional properties with groups of 3, 4, 6, 8 people. We compared the user performance and performed the quantitative analysis. We discussed the result and indicated some factors that affected the user performance around the tabletop and the wall display.

1. はじめに

Wall 型と Table 型ディスプレイが大型共有ディスプレイとして、現在最も多く使われている。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[1][2][3][4][5][6]。しかし、これらの研究には、3 つの主要な問題点がある。第一の問題点は情報の方向性を考慮し、方向性の影響を比較する研究がないことである。第二の問題点は同じサイズのタッチディスプレイでの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。第三の問題点は両者が共にタッチディスプレイの場合での協調作業の比較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、新たな測定方法も提案し、精度を検証した[7]。従来研究を参考にし、5 つの仮説を立て、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[8]。提案した測定方法を評価し、実験結果を分析し、今回報告する本実験を設計した[9]。本稿では、本実験で取れたデータを統計学的分析し、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いくつかの要因を示し、議論を行う。

2. 従来研究とその分析

ディスプレイファクターのユーザに与える影響をより深く理解し、ソフトウェアとハードウェアの開発の参考にするため、ディスプレイファクターに基づく比較研究も多数行われている。Wall 型と Table 型に関する比較研究では、ディスプレイファクター、インタラクション方式、タスクという 3 つの変数を組み合わせて、数種類の場面で Table 型と Wall 型のチームワークへの異なる影響を詳細に分析した。これらの研究を表 1 にまとめた。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、3 つの主要な問題点がある。

^{†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

表 1 Wall 型と Table 型の比較研究

| 著者 | タスク | 情報の方向性 | インタラクション方式 | グループサイズ | 姿勢 |
|-------------|------------|--------|-----------------------------|---------|------------------------------|
| Inkpen1) | 観光計画 | あり | 複数のペン | 2人 | Table-座 Wall-立 |
| Potvin2) | ソフトウェアデザイン | あり | 複数のペン | 2人 | 立 |
| Rogers3) | 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) |
| Forlines4) | 視覚探索 | あり | キーパッド | 1,2,4人 | 座 |
| Pantidi5) | 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 |
| Pavlovych6) | 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) |

第一の問題点は情報の方向性を考慮し、方向性の影響を比較する研究がないことである。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。

第二の問題点は同じサイズのタッチディスプレイでの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[4][6][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。

第三の問題点は、従来の研究では Table 型と Wall 型ディスプレイで、両者が共にタッチディスプレイである場合でのチームワークの協調性の比較研究がない。与えられたインタラクション方式によるユーザの行動パタンの変化で、導かれた結論も異なる可能性がある。特に従来の研究では、主にペン、マウスとキーパッドを通じて実験を行っているため、現在の直接に手で触るマルチタッチ方式と比べると、大きな違いがある。

3. 実験の設計

事前実験では、方向性のある絵は人の顔写真を使用し、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。その原因は、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が弱いことである。本実験では、よ

表 2 絵の方向性を検証する予備実験計画

| 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 | 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 | 1水準 (6人) | |

表 3 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) | 被験者間 |

り方向性の強い問題を設計し、まず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予備実験をする。その後、3人、4人、6人、8人のグループサイズで、方向性のない絵と文字列という2水準のタスクで本実験を行う。絵の方向性の検証実験と本実験の計画を表2と表3にまとめた。

3.1 仮説

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[9]を参考にし、本実験では次のような仮説を立てている。

[仮説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。

[仮説2] グループサイズが大きくなれば、完了時間が短くなる。しかし、ある適切な人数を超えれば、完了時間がまた長くなる。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。文字列の場合、Table型の曲線が Wall型より早く平坦になる。

[仮説3] Table型でのアイコンタクトが Wall型より多い。

[仮説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。

[仮説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。

3.2 タスク

タスク設定はカード分類とした。事前実験の結果を踏まえ、分類するカードの内容に下記のように改善した。

方向性のある絵に関して、予備実験では、サッチャー錯視[12]とムーニーフェース[13]を使う。分類の基準は顔の辨別の成功を前提に、男女、表情、向きなどの基準を使う。方向性のない絵に関して、事前実験では、分類基準によって、不対称の絵でも認識に支障がないことが分かったので、本実験では、日常生活に多く存在する不対称の絵(動物の写真、漫画キャラクター)を使う。文字列に関して、本実験では、事前実験と同じように新聞タイトルを使う。

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、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 | |

3.3 設備

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[9]、本実験では表 4 の設備を使用する。実験環境を図 1 に示す。ディスプレイは日本人の平均身長[14]と身体比例[15]によって、エルゴノミクス[16][17]に従い、設置された。

3.4 被験者

計 46 名の学生(学部から博士後期課程まで、男性 42 名、女性 4 名)が被験者として参加し、延べ人数は 168 人である。ランダムに 3、4、6、8 人のグループに分けられた。被験者達の身長は 153cm から 190cm までで、平均 171cm 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。

3.5 手順

実験前に、参加者に口頭によりタスクの内容を伝えて、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。被験者はまず Table 型/Wall 型ディスプレイで分類タスクを行う。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/Wall 型ですべてのタスクが完成したら 5 分休み、Wall 型/Table 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[18]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。

4. 実験の結果

今回のカード分類タスクには、情報のタイプの各水準に、8 問の問題があり、その問題の難易度から生まれる誤差を回避するために、測定値のうち、完了時間、頭の回転角度、カードの回転角度、発話の不平等指数、人の移動距離を問題ごとに Z スコアで標準化し、評価した。

4.1 予備実験の結果

6 人のグループサイズで、8 通りのデータを採集した。要因 1 は 3 水準のタスクで、要因 2 は 2 水準のディスプレイで、繰り返しのある二元配置分散分析を行った。ディスプレイの主効果 ($F(1,42)=9.27, P<0.001$) を見つけた。方向性のある絵の方向の性質を検証するために、タスクの 3 水準において、各水準で、Table 型と Wall 型のパフォーマンス

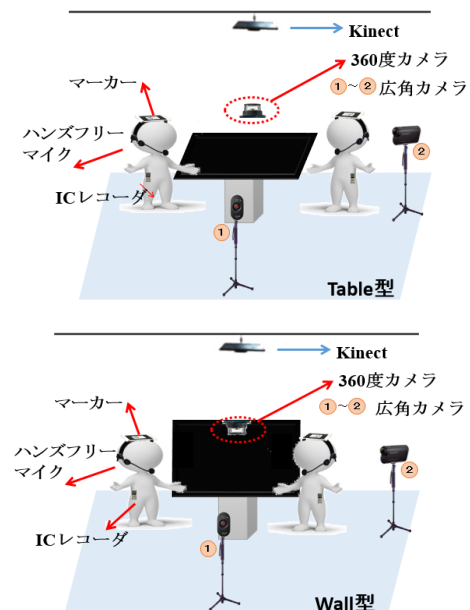


図 1 実験環境

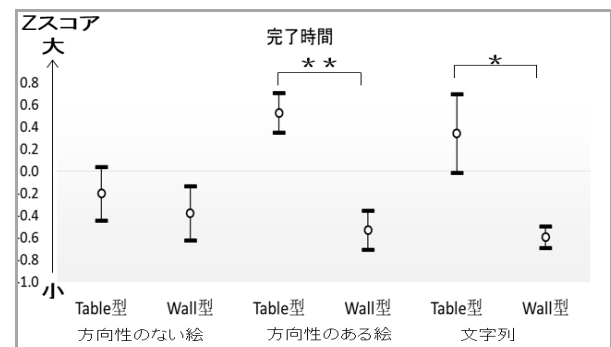


図 2 予備実験の完了時間

スを比較した。

図 2 が示すように、方向性のない絵の分類完了時間には Table 型と Wall 型の差がない。方向性のある絵の分類完了時間には Wall 型の方が速い(対応のある t 検定では、 $t(7)=4.58, P<0.01$)。文字の分類完了時間にもが Wall 型の方が速い(対応のある t 検定では、 $t(7)=2.97, P<0.05$)。したがって、方向性のある絵の完了時間の結果と文字の完了時間の結果が似ている。

図 3 が示すように、方向性のある絵と文字列の場合、Table 型での被験者の頭の回転角度は Wall 型より大きい(対応のある t 検定では、方向性のある絵: $t(7)=4.58, P<0.01$ 、文字列: $t(7)=4.30, P<0.01$)。カードの回転角度にも、方向性のある絵と文字列の場合、Table 型での値は Wall 型より大きい(対応のある t 検定では、方向性のある絵: $t(7)=3.97, P<0.01$ 、文字列: $t(7)=6.61, P<0.001$)。つまり、方向性のある絵は文字列と同じく、人の認識に支障が生じる方向性を持っていると判定できる。方向性のある情報に対して、被験者は頭の回転とカードの回転によって、方向性の影響を克服していると考えられる。

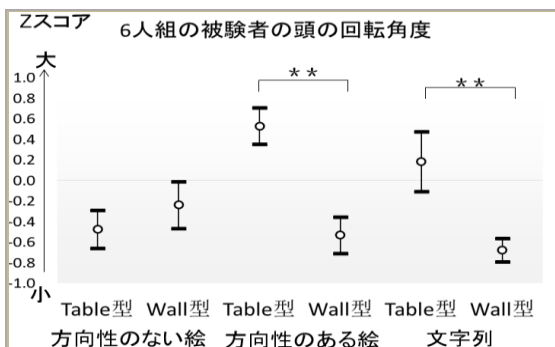


図3 パフォーマンスの比較

4.2 仮説の評価

3人、4人、6人、8人のグループサイズごとに、8通りのデータを採集した。繰り返しのある三元配置分散分析を行った。完了時間には、ディスプレイの主効果 ($F(1,112) = 9.73, P < 0.01$) とグループサイズの主効果 ($F(3,112) = 11.44, P < 0.001$) が認められた。情報のタイプとグループサイズの交互作用 ($F(3,112) = 3.45, P < 0.05$) とディスプレイ、情報のタイプとグループサイズの交互作用 ($F(3,112) = 3.53, P < 0.05$) も認められた。

【仮説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。

図4が示すように、全体的にWall型の方が速かった。方向性のない絵に関して、Table型とWall型での完了時間に差がない。文字列の完了時間を図5に示している。3人の時に、Table型とWall型の完了時間には、差がない。4人と6人の時に、Wall型での完了時間がより速い(対応のあるt検定では、4人： $t(7) = 0.01, P < 0.05$ ；6人： $t(7) = 0.01, P < 0.05$)。8人の時に、Table型での完了時間がより速い(対応のあるt検定では $t(7) = 0.02, P < 0.05$)。したがって、仮説1は成立しなかった。

方向性のある情報に対して、各グループサイズの違う結果の原因は情報の方向性に対する対応行動である。3人の時に、人数が少ないため、Table型で文字列の問題を解く時にも全員同じ側に立つことができ、Wall型の時でも全員操作することができるので、差がない。4人と6人の時だけ、Wall型の方が速いという結果になった原因は、彼らは

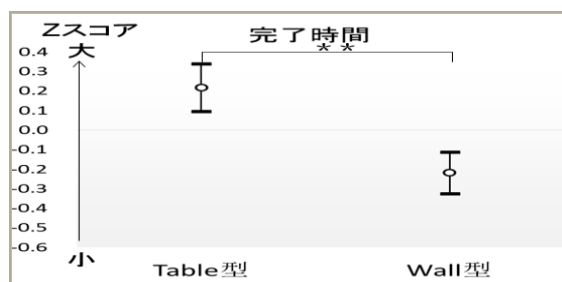


図4 ディスプレイの主効果

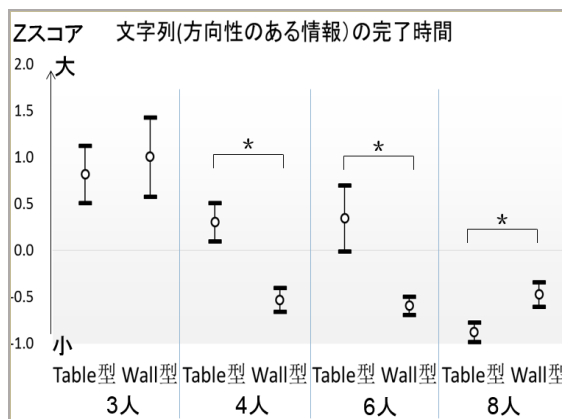


図5 グループごとの完了時間の比較—文字列

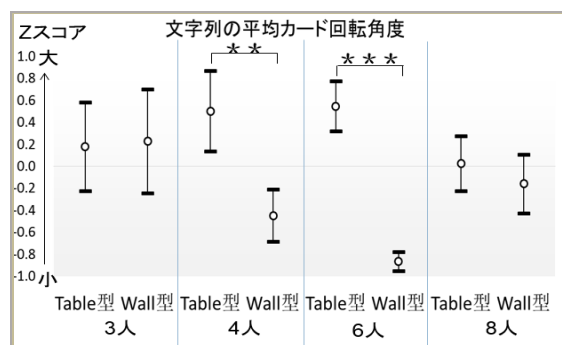


図6 文字列の平均カード回転角度

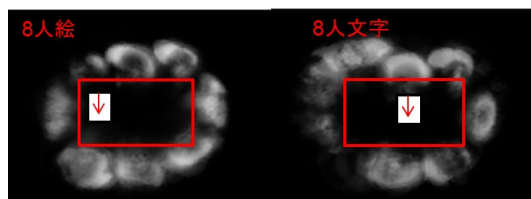


図7 8人の時の被験者配置の比較

カードを回して、方向性の影響を克服していたのである。図6は4人と6人の時の文字カードの回転角度の違いを示している(対応のあるt検定では、4人： $t(7) = 3.04, P < 0.01$ ；6人： $t(7) = 6.61, P < 0.001$)。8人の時に方向性のある文字列のタスクに対して、Table型での完了時間が一気に下がり、Wall型より速い理由は、主に3つが挙げられる。1つ目は、方向性を克服するために、8人が同じ側に偏る行動を取ったことである。2つ目は、同じ側に偏ってもWall型より多くの人が同時に操作できる。3つ目は、反対側に残った人が情報の方向性によって反応が遅くなり、操作する頻

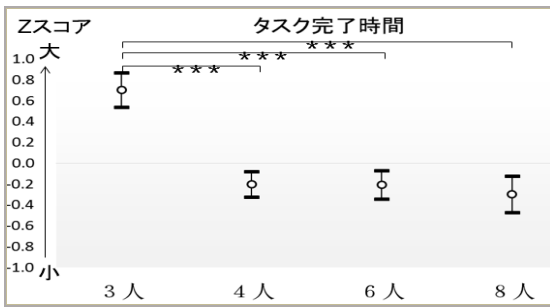


図8 各グループサイズのタスク完了時間

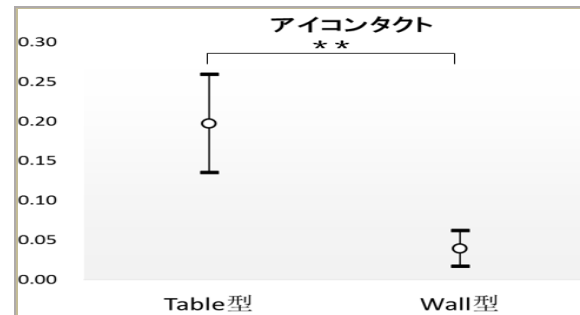


図10 Table型とWall型でのアイコンタクトの比較

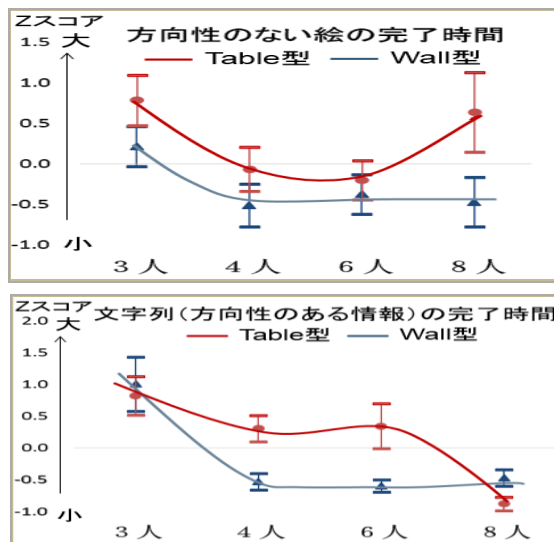


図9 グループごとの完了時間の比較

度が下がった。それによって、誤操作が少なくなった。図7は8人の被験者が方向性のある情報(文字列)と方向性のない情報(絵)のタスク実行中の配置を示すKinectの深度データの累積図である。

[仮説2] グループサイズが大きくなれば、完了時間が短くなる。しかし、ある適切な人数を超過すれば、完了時間がまた長くなる。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。文字列の場合、Table型の曲線がWall型より早く平坦になる。

図8はグループごとの完了時間を示している。多重検定(チューキーの方法)では、3人と4人、3人と6人、3人と8人の間に差がある($P < 0.001$)。グループサイズが大きくなれば、完了時間が短くなるが、また長くなる傾向が見えない。

より明確に分析するため、図9が示すように、グループサイズごとに、ディスプレイの要因と情報の方向性の要因を分離し、プロットした。Wall型では、方向性の有無に関係なく、4人以降の完了時間が平坦になった。Table型では、4人から6人まで一旦平坦になる傾向があったが、方向性のない情報の場合、8人の時に、完了時間がまた上がった。一方、方向性のある情報の場合、8人の時にはまた下がって、Wall型より短くなった。したがって、仮説2も成立しなかった。

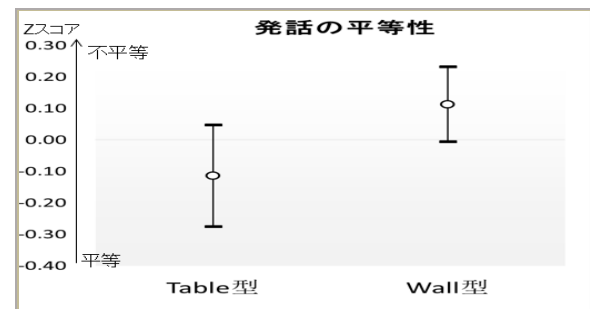


図11 Table型とWall型での発話の不平等指数の比較

今回の結果に至る原因を調べるために、実験中の録画と録音を分析した。Wall型は4人以降の完了時間が平坦になった理由はタッチできる人数が限られていることである。Kinectからのトップビューを再生すると、Wall型で同時に操作できる人数は5人が限界ということが分かった。4人以上になると、被験者の配置が2層になり、後ろの人が操作できなくなった。グループには操作する人と提案する人に分かれた。これも従来研究のWall型では役割分担が行われやすい[5]という結論と一致する。Table型では、8人の時、方向性のない情報の完了時間が6人より長くなった理由は、Table型では、すべてのユーザがTableを囲んで、広い範囲でタッチできるので、かなり平等に操作でき、無意識に同じカードに手を出したり、拡大してしまったり、様々な誤操作が現れた。また、役割分担が明確ではないため、正解まで時間がかかった。Wall型で文字列の完了時間がTable型により短くなった理由は仮説1で分析したように被験者が同じ側に立つ行動を取ることで、Wall型のような配置になり、役割分担ができ、かつもともと操作性が優れるので、完了時間が短くなった。

[仮説3] Table型でのアイコンタクトがWall型より多い。

今回観測したアイコンタクトは数少だが、図10が示すように、対応のあるt検定では、有意差が検出された($t(75) = 2.53, P < 0.01$)。したがって、仮説3が成立した。

[仮説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。

タスクごとに、各被験者の録音の中、音量レベル-20dB以下部分を削除し、発話時間を計算した。事前実験と同じように不平等指数 [19]を計算した。結果を図11に示している。有意差は出なかったため、仮説4は成立した。

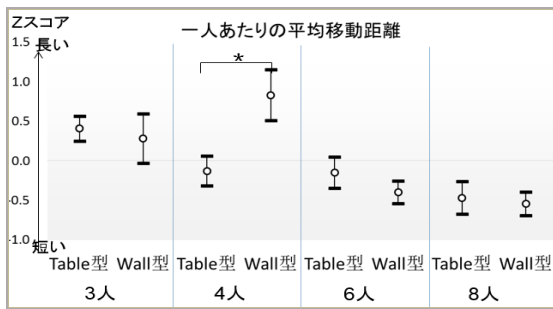


図 12 各グループサイズの平均移動距離

[仮説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。

図 12 が示すように 4 人の時、Wall 型での移動距離がより長い (対応のある t 検定では、 $t(7)=-2.44$ 、 $P<0.01$)、他のグループサイズでは、Table 型と Wall 型での移動距離に差がない。したがって、仮説 5 も成立しなかった。録画をチェックし、成立しなかった理由は 3 つ挙げられると考える。一つ目は人数が少ない時に、Wall 型では少しディスプレイから離れて全貌を見る行動がしやすいことが観測された。3 人の時、Table 型の周りに移動の空間が多いので、回って作業したいところに移動する傾向があったので、Wall 型との差がないという結果になった。しかし 6 人、8 人の時、被験者の配置が 2 層になると、動きにくかった。また、事前実験で観測した第二層から第一層に割り込むような行動は今回も少なかった。

5. 議論

全体的に Wall 型の完了時間がより速いことに対して、Wall 型では、同じ方向で情報を見ることができ、認識への負担が少ないことが要因であると考えられる。ユーザの立ち位置の前のディスプレイの一部スペースが個人領域になるので、お互いの干渉が少なく、役割分担もよりし易い。したがって、全体的に効率がよいという結果になった。

Table 型では、今回 2 種類の被験者配置が観測された。Table 型を囲む配置では、カードを回転することで、情報の方向性を克服することができるが、時間がかかった。また、どこに立っても手がとどく範囲は広いので、個人領域が重なり、役割分担が不明瞭で、混乱が生じやすいと考えられる。一方、同じ側に偏る配置は、情報を同じ視角で見ることができ、重なった操作スペースが少し減り、役割分担を明確にすることによって、視認性と操作性のバランスが取れた。

Wall 型では、タッチできる人数に限られているので、大人数の時に 2 層になりやすい。後ろの人が操作するために、前に立っている人と交代することを予想したが、実際に操作役の交代があまり起こらなかった。ユーザが必要以上の努力をしたくないを推測し、このような行動パターンをもっと深く考える必要があると考えられる。

6. まとめ

今回の実験では平均的に Wall 型が速いことが分かった。ユーザの想定外の行動パターンが現れたため、情報の方向性と最適なグループサイズの結論が得られなかった。ユーザの行動パターンをより深く分析するため、ディスプレイ周りのユーザの振る舞いをより詳細に記録できる実験環境が必要だと考えられる。マルチタッチの場合、Table 型で大人数の時に操作性のポテンシャルを発揮できるよう、重なりやすい作業スペース問題と視認性の問題を解決し、バランスを取ることが重要であることが得られた。

参考文献

- 1) 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).
- 2) Potvin, B. et al.: Comparing Horizontal and Vertical Surfaces for a Collaborative Design Task, Advances in Human-Computer Interaction, Vol.2012, Article 6, (2012).
- 3) 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).
- 4) 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).
- 5) Pantidi, N. et al.: Is the Writing on the Wall for Tabletops?, Human-Computer Interaction-INTERACT 2009, pp.125-137, (2009).
- 6) 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).
- 7) 宓梅珽, 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, ファジシステムシンポジウム講演論文集, pp. 601-606, (2013).
- 8) Mi, M. et al.: A Pre-experiment on Effects of Horizontal and Vertical Touch Displays on Group Work in Card Classification Tasks, The 4th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2013), pp. 173-178, (2013).
- 9) 宓梅珽, 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事前実験による実験手法の評価と本実験の設計, 第 155 回 HCI・第 40 回 UBI 合同研究発表会, Vol.2013-HCI-155, No.8, (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) Stuerzel, F. and Spillmann, L.: Thatcher illusion: dependence on angle of rotation. Perception, Vol.29(8), pp.937-942, (2000).
- 13) 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).
- 14) 文部科学省_体力・運動能力調査, 平成 13~23 年度.
- 15) 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).

16) Swann, M.: Ergonomics of touch screens. Technical report, Ergonomic Solutions International, (2006).

17) Canadian Centre for Occupational Health and Safety. www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/standing/standing_basic.html, checked 3rd January, (2013).

18) <http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/index.html>

19) 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).