

対面コミュニケーションにおける情報共有を支援する インタラクティブ大画面ディスプレイ

久木元伸如^{1,a)}

概要：本稿は同一空間の対面コミュニケーションにおいて、インタラクティブ大画面ディスプレイを用いた情報の共有を支援するシステムについて述べる。本システムは HTML レンダリングエンジンを用いて画像やテキスト、Web ページなどをコンテンツとして表示する。操作方法はタッチインタラクションとスマートフォンをコントローラとする2つの方法を実装している。ケーススタディを通じて大画面ディスプレイを用いたコミュニケーションでは話題から外れたコンテンツは片隅に移動させ、話題の中心となるコンテンツを中央にレイアウトすることで大画面の画角を有効に活用していたことが明らかになった。

1. はじめに

オフィスや研究室における情報共有は、ネットワーク上のファイルサーバに書類やデータを蓄積して検索や相互参照できるファイル共有に限らない。会議に限らず立ち話やブレインストーミング、突発的な少人数のディスカッションといった同一空間の対面コミュニケーションなどでも情報共有は行われる。このようなコミュニケーションでは会話の中で必要な図やテキストを互いに参照することは合意形成や相互理解の一助となる [1]。例えばスマートフォンやタブレットをお互いに見せ合いながら情報共有を行っている状況が見られる。

しかし、スマートフォンやタブレットを見せ合いながら情報共有を行っている状況ではお互いが密着し小さな画面を覗きこむか、口述によって自分が参照している情報を相手に伝達しながら会話を図らなければならない。お互いが参照できる大型のディスプレイを用いて写真やグラフ、図といった視覚情報を提示することはコミュニケーションにおいて的確にかつ迅速に情報を共有できるようになると考えられる [3]。

複数のユーザが様々な情報を提示するためには高精細大画面ディスプレイシステムの活用が考えられる [2], [4]。しかし、システムは大掛かりになり運用も容易ではなく、また煩雑な操作のため会話が中断される。マウスやキーボード、OS が提供する GUI は多くの人が慣れているユーザインタフェースだが個人で利用することを前提にデザインさ

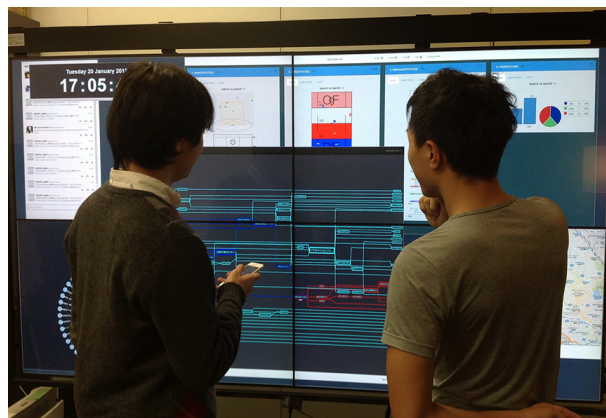


図 1 システム概観図

Fig. 1 System Overview.

れているので、複数人で利用する高精細大画面ディスプレイのインタフェースとしては適していない。

そこで、本稿では図 1 に示すような高精細大画面ディスプレイ（以下、大画面ディスプレイとする）を用いてコミュニケーションにおける情報共有を支援するシステムを提案する。本提案システムは画像、動画、テキスト、Web ページなど多様なフォーマットの情報の提示に対応するために HTML レンダリングエンジンを用いて描画をおこなう。また、複数ユーザが同時に情報の提示とレイアウト変更を行えるインタラクションを提供するためにユーザインタフェースとしてスマートフォンと大画面ディスプレイに取り付けたタッチデバイスを用いる。

本稿では本提案システムの構成について述べ、大画面ディスプレイでのタッチインタラクションによる操作時間について評価を行う。ユーザインタフェースはエラー回数

¹ 京都大学
Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan
^{a)} kukimoto.nobuyuki.6n@kyoto-u.ac.jp

など様々な評価が考えられるが、本稿では会話を中断させないために素早く操作することを勘案し操作時間に焦点を当てる。さらに、本提案システムを用いたディスカッションのケーススタディを通じて大画面ディスプレイの利用方法の分析を行い、本提案システムの有用性について検討する。

2. 関連研究

2.1 大画面ディスプレイを用いたコミュニケーションの支援

大画面ディスプレイを用いてコミュニケーションを支援する草分け的研究として Xerox の LiveBoard[5] が挙げられる。LiveBoard はグループミーティングやプレゼンテーションでの利用を想定し、ペン型インタフェースを実装している。コンシューマ向けの電子黒板としてはシャープ株式会社の BIGPAD が挙げられる (<http://www.sharp.co.jp/business/bigpad/>)。BIGPAD は高度な機能を有したホワイトボードの延長上に位置しており、議事録の作成などの支援機能を有している。大戸谷らは手書き可能な大型ディスプレイとタブレットを用いて、断続的に開催される会議の議事録提示し、継続的なミーティングを支援するシステムを提案している [6]。

WeSpace[7] は大型ディスプレイと天井から机上に投影される映像によって構成され、VNC[8] を用いてユーザのノート PC の画面を提示する。WeSpace はノート PC のデスクトップを投影するが、WinCuts[9] はユーザの選択したウィンドウのみを大画面ディスプレイに提示することが可能である。これらのシステムは情報を提示するソースとしてノート PC の画面を提示する。したがって複数のユーザが同時にノート PC の画面を提示するためには、より画素数が多い高精細大画面ディスプレイが必要となる。

高精細大画面ディスプレイを構築する方法として複数のディスプレイを格子状に配置することで高い解像度を得るタイルドディスプレイが挙げられる [2], [4]。タイルドディスプレイは高精細を活かし高解像度画像や複数のコンテンツを同時に提示することが可能となる。一般的にタイルドディスプレイは各ディスプレイに接続されたレンダリングノードとアプリケーションを実行するアプリケーションノード、それらを統括するマスターノードで構成される。しかし、タイルドディスプレイはアプリケーションノードからレンダリングノードに莫大なピクセルを転送するために広帯域のネットワークが必要となる。

これらの先行研究では、表示されるコンテンツは専用のアプリケーションの枠組みの上で表示される。例えばタイルドディスプレイにコンテンツを表示するためには専用のアプリケーションを実装、あるいは既存アプリケーションのソースコード改変が求められる。今日では多様な情報がインターネット上にある。会話の中で Web ページのコン

テンツについて言及する場面は少なくない。そこで、本提案システムではコンテンツとして既存の Web アプリケーションや Web ページを大画面ディスプレイに表示する。これによりユーザのコンテンツ開発にかかわる労力を低減でき、また多様なアプリケーションを本提案システムに組み込む事が可能になる。また、VNC クライアントを大画面ディスプレイに接続し、各ユーザの手元の Laptop で VNC サーバを稼働させ、各ユーザの Laptop の画面を大画面ディスプレイに表示する方法も考えられるが、手軽に情報共有を行えるとはいいがたい。さらに、本提案システムは大型ディスプレイはコンテンツを表示するだけに限らずタッチインタラクションを可能にすることでインタラクティブな Web コンテンツをアプリケーションとして利用することが可能になる。

2.2 大画面ディスプレイ向けユーザインタフェース

高精細大画面ディスプレイは提示できるピクセル数が多いので高解像度の画像を提示できる反面、キーボードやマウスなど一般的なユーザインタフェースを活用した場合にはユーザがカーソルの位置を見失うことが多くなることが指摘されている [10]。したがって、複数人が同時に利用する高精細大画面ディスプレイは従来のマウスやキーボードといった従来の入力デバイスとは異なるユーザインタフェースが必要となる [11]。

高精細大画面ディスプレイのインタフェースとして赤外線や深度センサを備えたカメラを用いるジェスチャー認識が提案されている [12], [13]。しかし、これらのインタフェースは特別なセットアップやデバイスが必要となる。また、同時に利用できる人数や用途も限られている。

そこで、スマートフォンを大画面ディスプレイのユーザインタフェースとして利用する方法が考えられる [14], [15]。スマートフォンをユーザインタフェースとして利用する有用性は、特定の目的のアプリケーションを組み込んで目的を達成するための機能を付与できることにある。

一方、タッチインタラクションについては提示情報を直接的に操作する Tabletop に関する研究が行われている [16], [17], [18]。Tabletop はタッチデバイスを実装したディスプレイを水平に設置、もしくは天井から机上に映像を投影し、従来、机上に広げていた書類を映像として投影する。北原らは Tabletop を初等教育の協調学習に活用した [19]。野外学習活動で集めた動植物の周りに関連情報を表示することで効率的な情報の授受がおこなわれた。Tabletop は四方からユーザが水平に設置されたディスプレイを覗きこむ形態で利用する。

しかし、本研究では立ち話や突発的な少人数のコミュニケーションにおける情報共有を想定している。したがって素早く提示されている情報を俯瞰するためにディスプレイを垂直に設置する。

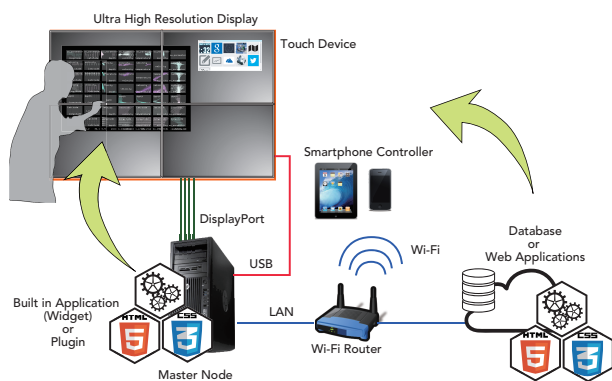


図 2 システム構成

Fig. 2 System Configuration.

3. システム構成と運用

3.1 システムの概要

複数のディスプレイで構成されるタイルドディスプレイやバックプロジェクションタイプの大型提示装置を導入するためには広い壁面やバックヤードが必要となるので、日本の狭いオフィスや研究室への導入は困難である。実践的なディスプレイのサイズは幅が 2m から 3m が妥当と考えられる。また、タイルドディスプレイを駆動するための多数の PC は運用管理に多大な労力を要するので少ない台数の PC による運用が望ましい。これらの条件から本提案システムでは図 2 に示すように、複数の出力を有するグラフィックスボードを 1 台の PC に実装する簡潔なシステム構成とする。大画面ディスプレイに接続している PC を Master ノードと称する。この大画面ディスプレイにはタッチインタラクションのためのタッチデバイスが実装される。タッチインタラクションはコンテンツのレイアウト変更、あるいは提示されたコンテンツ上でのインタラクションに用いる。ユーザインタフェースとなるスマートフォンは Wi-Fi で Master ノードと接続される。Master ノードはネットワークに接続され、ネットワーク上のコンテンツの表示や Web を大画面ディスプレイに提示する。

3.2 ユーザインタフェース

本提案システムは大画面ディスプレイに取り付けたタッチデバイスと、ファイルダイアログやトラックパッドの代替となるスマートフォンを活用したコントローラの 2 つのユーザインタフェースを実装した。大画面ディスプレイは離れて全体を俯瞰する場合と近づいて詳細を見る 2 つの利用方法がある [2]。例えば提示されている全てのコンテンツを概観する場合は離れて俯瞰し、文章や地図の詳細を視る場合にはコンテンツを拡大するのではなく、ディスプレイへの接近が効率的である。本提案システムではユーザが利用状況に応じて操作方法を選択できるようにタッチインタラクションとスマートフォンを用いたインタラクションの

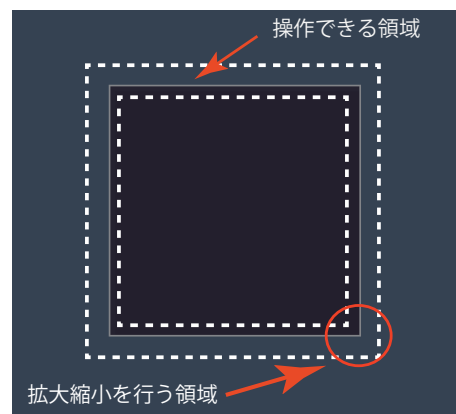


図 3 レイアウト変更を行うための操作領域

Fig. 3 Touch Control Area of Displayed Application.

2 つを実装した。

3.2.1 タッチインタラクション

本提案システムはタッチインタラクションを行うために大画面ディスプレイに赤外線方式のタッチデバイスを実装した。ユーザは図 3 に示す提示されているコンテンツの操作領域をドラッグして移動を行う。操作領域はコンテンツの内側に 2cm、外側に 4cm となるように設定した。操作領域幅を狭めるとユーザは指を正確に触れなければならない。よってユーザの大きなタッチ位置を許容するために幅のある操作領域を設定した。サイズを変更する際にはコンテンツの角の外側をドラッグしてサイズ変更を行う。提示したコンテンツを消去するときは、そのコンテンツの操作領域をダブルクリックする。

3.2.2 スマートフォンコントローラ

もう一つのユーザインタフェースとしてスマートフォンを用いてコンテンツの提示やレイアウトを変更するコントローラを本提案システムは実装している。Master ノードには論理的には 253 台のコントローラが Wi-Fi を介して接続できる。スマートフォンコントローラからは Web アプリケーションの起動やコントローラに内包されているブラウザを用いて表示した Web ページを大画面ディスプレイに転送する機能、大画面ディスプレイに表示されたコンテンツのレイアウト変更機能などがある。

3.3 ソフトウェア構成

本提案システムでは多種多様な情報を大画面ディスプレイに提示するために Web ブラウザで使われている HTML レンダリングエンジン GeckoFX を用いた。タイルドディスプレイにコンテンツを提示するためには専用のアプリケーションを構築する必要がある。しかし、本提案システムではコンテンツの描画に HTML レンダリングエンジンを利用しているので、本提案システムのアプリケーション開発者は JavaScript, HTML5, CSS などの Web 技術を用いて多様なアプリケーションを作成することが可能であ

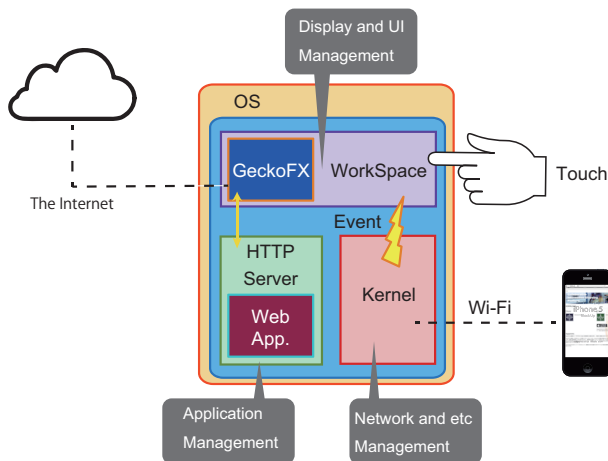


図 4 Master ノードのソフトウェア構成
Fig. 4 Software Architecture of Master Node.

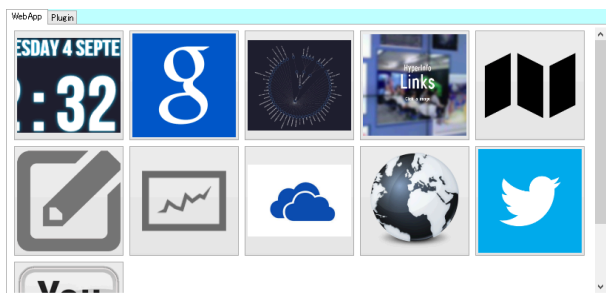


図 5 Widget アイコンが表示されているアプリケーションランチャ
Fig. 5 Application Launcher with Widget Icons.

る．今日ではメールやミニブログ，地図などインターネット上に様々な Web アプリケーションが充実している．これら Web アプリケーションをコンテンツとして活用することで，本提案システムの利用価値が高まると考えられる．

本提案システムで開発しているソフトウェアの構成を図 4 に示す．このソフトウェアは描画を担当する WorkSpace と通信や各種データを統括する Kernel，HTTP Server で構成されている．WorkSpace は GeckoFX を内包した描画コンポーネントが含まれ，画像や Web 技術を用いて作成したアプリケーション（以下 Widget とする）等の提示を行う．また，タッチイベントの取得とそれに対するデリゲートが実装されている．Kernel はコントローラとなるスマートフォンと Master ノード間で通信するための TCP 通信の機能が実装されている．HTTP Server は Widget やコンテンツを WorkSpace に提示するために用いられる．

3.4 ソフトウェアの挙動

Master ノードに格納された Widget は次のプロセスで提示される．まず，ユーザは大画面ディスプレイをダブルタップして図 5 に示す Application Launcher をディスプレイに提示する．ユーザは起動する Widget のアイコンをタップする．Application Launcher は Master ノードの HTTP Server にアクセスし Widget を提示する（図 4）．

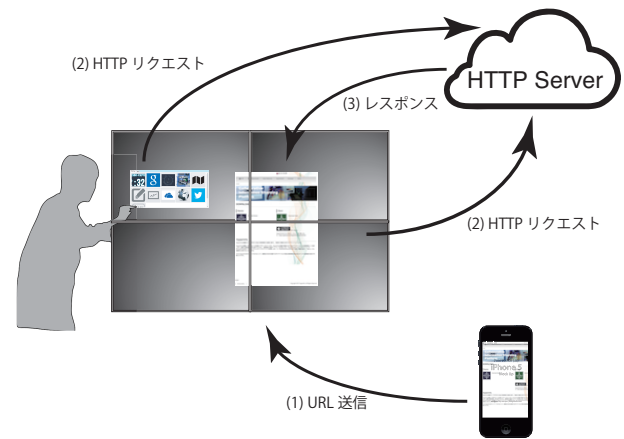


図 6 Web ページ提示のためのプロセス
Fig. 6 The Process of Showing a Web Page.

図 6 にネットワーク上の Web ページを提示する場合のプロセスを示す．スマートフォンコントローラからの操作で Web ページを提示する場合には，スマートフォンコントローラの Web ブラウザを用いて任意の Web ページをスマートフォンに表示する．ユーザは提示したい Web ページであることを確認し，スマートフォンから Master ノードに提示させる Web ページの URL が送られる（図 6（1））．Master ノードは受信した URL を用いて Web サーバにアクセスし（図 6（2）），Web ページを提示する（図 6（3））．大画面ディスプレイのタッチインタラクションによって Web ページを提示する場合には URL を入力する Widget を用いて URL を入力して Web サーバにアクセスし（図 6（2））任意の Web ページを提示する（図 6（3））．もしくは，リダイレクト先のみを記述した Widget を起動し，Web ページを提示する．

また，提示された Web ページといったコンテンツは大型ディスプレイ上の配置情報と共に URL が作業ファイルに名前を付けて保存される．作業の継続時に作業ファイルを読み込むことで大画面ディスプレイに表示されている内容を再現することが可能である．

4. タッチインタラクションの評価実験

4.1 実験方法

タッチインタラクションを頻繁に活用する利用状況の一つとして，提示されているコンテンツのレイアウト変更が挙げられる．しかし，煩雑な操作を必要とするレイアウト変更は会話が途切れてしまうので素早く操作できることが求められる．したがって，短時間でレイアウト変更を行えるか評価するために操作時間の計測を行った．被験者は 20 代の学生 4 名と 40 代の女性 1 名の計 5 名である．各被験者とも本提案システムのタッチインタラクションの操作方は初めてである．

実験に用いたシステムの構成は次のとおりである．ディスプレイは 46 インチ狭額ディスプレイ 4 台を格子状に組

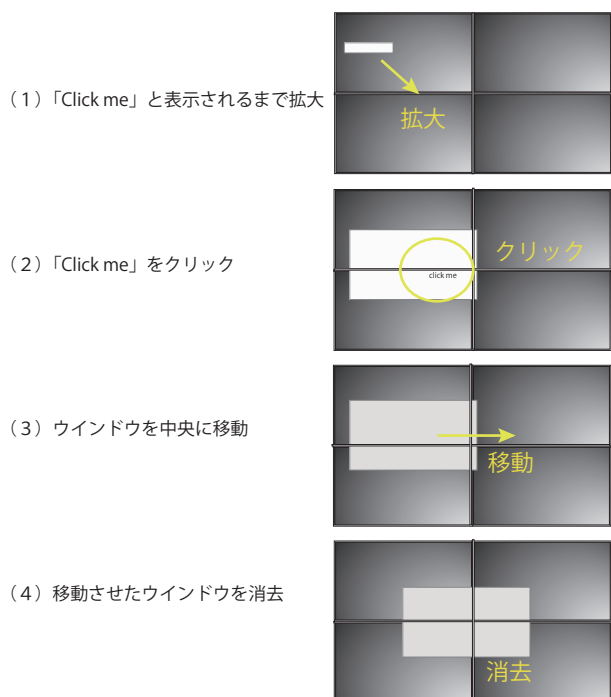


図 7 タッチインタラクションによるコンテンツの操作時間計測のためのタスク

Fig. 7 Task for Measurements of Layout Control Time by Touch Interaction.

み、解像度 3960×2176 pixel、画角 92 インチ相当のマルチディスプレイを構築した。グラフィックスボードは AMD FirePro W7000 を用いた。このグラフィックスボードは 4 つの出力端子を備えている。大画面ディスプレイにはタッチパネルを取り付けた。このデバイスは赤外線トランスミッタと赤外線 CMOS カメラで構成され、トランスミッタとカメラは大画面ディスプレイ上部の左右に取り付けられている。このタッチデバイスは同時に 2 点まで認識できる。

実験では図 7 に示す 4 つのタスクをおこなった。被験者は提示された幅 212mm 高さ 106mm のコンテンツの操作領域 (図 3) の角をドラッグしコンテンツを拡大する。拡大したコンテンツには「Click me」と書かれたリンクが提示されクリックする。クリック後、コンテンツの操作領域をドラッグさせ中央に移動し、操作領域をダブルクリックしコンテンツを消去する。被験者はこれらのタスクを連続して行う。被験者には書面で実験で行う上記の 4 つのタスクと操作方法を伝えた。試行回数による操作時間の変化を調べるために上記の一連のタスクを 1 日 1 回 4 日間すなわち計 4 回試行した。

被験者には操作開始時にこれから行う操作を発話してもらい、発話終了後に操作を行う。実験はビデオで撮影し、発話終了後の操作開始から操作終了までを各タスクに要する時間として計測した。計測した値は拡大に要する時間、クリックに要する時間、コンテンツの移動に要する時間、コンテンツの消去に要する時間である。

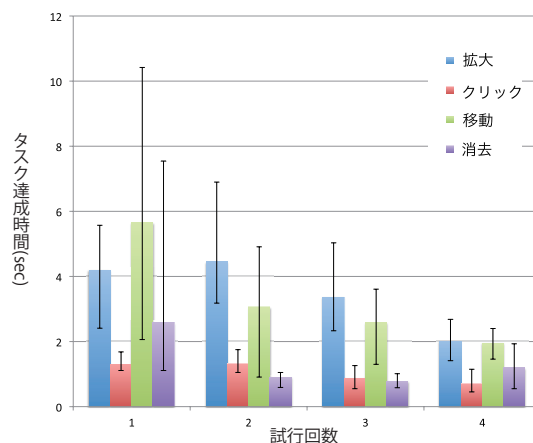


図 8 試行回数毎の各タスクの平均操作時間と最もタスクに要した時間と素早く操作した時間

Fig. 8 The Average Control Time of Number of Trials of Each Task, Most Quick Control Time and Slow Control Time.

表 1 1 回目の試行と 4 回目の試行における平均操作時間の有意差

Table 1 Significant differences of The Average Control Time.

拡大	クリック	移動	消去
0.011	0.016	0.028	0.130

4.2 結果と考察

試行回数毎の各タスクに要した操作時間の平均値を図 8 に示す。エラーバは全ての被験者の計測結果の中で、最もタスクに要した時間と素早く操作した時間を表す。初回は早く操作する被験者と遅く操作する操作時間に大きな差があったが、4 回目では差は小さくなっている。

拡大と移動の操作時間はクリックと消去の操作時間に比べて時間を要している。拡大と移動の操作は図 7 に示すタスクを達成するために腕を大きく動かさなければならない。よって拡大と移動の操作はクリックと消去の操作に比べて操作時間が長くなったと推測される。

表 1 に初回と 4 回目の試行の平均時間について片側 t 検定を行った結果を示す。表 1 から初回の試行と 4 回目の試行における拡大・クリック・移動の 3 つのタスクは有意水準 0.05 で有意差が認められた。

図 8 から拡大・クリック・移動の 3 つのタスクは数回の試行でタスク達成時間が短くなったといえる。すなわち被験者は本提案システムが実装しているタッチインタラクションに数回の試行で素早く操作を行えるようになったと推測される。しかし、消去のタスク達成時間は初回と 4 回目で有意差が見られなかった (表 1)。これはコンテンツの操作領域をドラッグさせて移動させた後、ドラッグさせていた操作領域の部分をダブルクリックすることで消去するため、操作していた領域から手を大きく移動させる必要が無い。よって初回から短い時間で消去操作を行えたと考えられる。しかし、4 回目の消去の操作時間は 2 回目、3 回目の試行に比べて操作時間の平均値が高くなっている。

これは4回目の試行で消去の操作に失敗した被験者1名いた。この被験者は消去操作を行ったにもかかわらず、ダブルクリックのタイミングが早かったためシステムが認識できなかった。

回数を重ねるごとに最もタスク達成に要した時間と素早く操作した時間の差が大きく縮まったタスクはコンテンツの拡大と移動の操作である。初回から素早く操作を行った被験者もいたが、ほとんどの被験者は自らの操作に対する反応を確かめるために慎重に操作を行っていた。しかし、回数を重ねるごとに操作に対するコンテンツの反応がわかり、どのようにタッチパネルと指を接触させてコンテンツを移動させればタスクを達成できるか把握できたため素早い操作を行えたと考えられる。

クリックと消去の操作は他のタスクよりも比較的短い時間で操作を行っていた。クリック操作はコンテンツを拡大させた後、クリックすべきリンクが大きく表示されているため操作に戸惑うことなく指定の箇所に手を移動できたためと考えられる。クリックすべき点が小さく、不明瞭な場合は操作時間が遅くなると考えられる。また、初回の消去の操作はタスク達成に時間を要した被験者がいた。コンテンツの消去は操作領域をダブルクリックしなければならないが、ダブルクリックのタイミングをとれずに消去に時間を要した。しかし、その後の試行では操作方法を把握できたので短い時間でタスクを達成できたと推測される。

以上より本提案システムのタッチインタラクションは数回の試行によって操作方法が把握できると考えられる。また、素早くコンテンツの移動や拡大縮小操作、消去ができるので会話を中断せずにレイアウトを変更できると考えられる。

実験後に被験者へのインタビューを行った。被験者からの回答として「片手で操作できるのが良い」という意見が上がった。運用方法によっては片手に資料を持っている場合も想定される。したがって本提案システムの片手による操作にユーザは利便性を評価したと考えられる。

5. 大画面ディスプレイを用いたディスカッションのケーススタディ

5.1 ケーススタディ

ディスカッションが行われる場合に本提案システムの大画面ディスプレイが情報の共有においてどのように利用され、合意形成に資するか検証するため行動観察による分析をおこなった。本提案システムは画像やテキスト、Webアプリケーションの提示が可能だが、本実験ではWebページの提示による情報共有に焦点を当てた。

実験では「5万円の予算で研究室旅行を計画せよ」という課題を与えた。この課題を与えた理由は被験者の共通の話題と成りえ、特定の知識や経験を必要せずに対話を行えることと、地図や旅行情報サイトなど多様な情報を大画面ディスプレイに表示して旅行先を決定出来るためである。

実験は被験者2名を1組として2組に対して行った。被験者は全て20代の男性大学院生である。実験では前章と同じシステムを用いた。各被験者は本提案システムの基本的な操作方法是習得している。また、本提案システムの操作にはスマートフォンコントローラと大型ディスプレイのタッチインタラクションの両方を利用した。

5.2 ディスカッションの過程の遷移

図9に被験者の発話内容の分析によって得られた被験者の合意に至るまでの過程の遷移を示す。今回は2組のグループで実験を行ったが、2組とも同じような操作の過程を経た。

まず被験者らは作業の進め方について「対話」し、手元のスマートフォンコントローラでWebアイコンをタップしてWebブラウザを立ち上げた。Webブラウザで検索サイトを提示し、旅行サイトの「検索」を行った。相手に見せたいサイトを見つけるとスマートフォンコントローラから大画面ディスプレイにそのサイトを「提示」した。提示されたWebページは宿泊施設や価格が示されている旅行プラン一覧のページだった。被験者はスマートフォンコントローラを用いて提示されたWebページを拡大し中央に移動させる「操作」を行った。

その後、提示されているWebページの示されている内容について「対話」を行った。「対話」では指差し動作は指示語を用いてお互いの注目点を共有し対話を進めた。「対話」の中で他に情報が必要な場合は再度「検索」を行う。新たなWebページを提示する場合には既に提示されているWebページをディスプレイの片隅に移動させて中央に広い空間を作った。この行為を本稿では「保留」と称する。その空間に新たなWebページを提示し、そのWebページについて「対話」を行う。

「対話」がある程度進むと「比較」を行う。「比較」の際には「保留」していたWebページの「再提示」を行う。ここでの「再提示」とはディスプレイの片隅に寄せていたWebページの拡大にかぎらず、対話の中で再度話題に取り上げることとする。「再提示」されたWebページと現時点で提示されているWebページの「比較」を行い「合意」を行う。

5.3 考察

「対話」の中で被験者は一つのWebページについてのみ会話を行っていた。Webページは上下方向に大きく広げて被験者二人が指差し動作や指示語を用いて参照していた。Webページには多数の旅行プランが提示されているので、Webページの表示サイズを大きくすることで一度に見える情報の量を多くしていたと考えられる。対話の中では気なる旅行先を発話し、その旅行先について過去の経験や賛否に関する発話が行われていた。本システムでは大

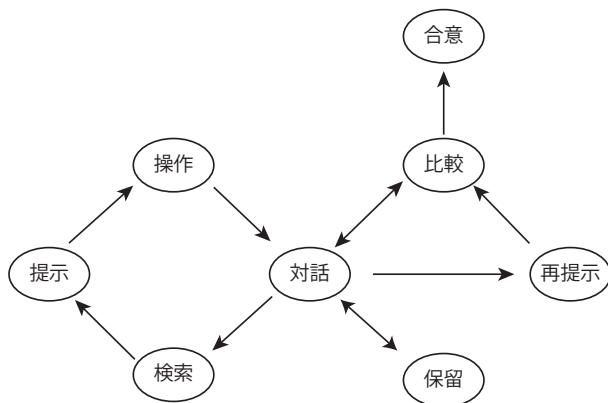


図 9 対話・操作の遷移

Fig. 9 Transition of Communication and Operation.

画面ディスプレイを用いているので多数の Web ページを開いて対話を行うと仮定していたが、話題の中心となる一つの Web ページしか提示しなかった。本実験で提示された旅行プランが掲載されている Web ページは元来 PC の画面を用いて個人で参照するようにデザインされているので一つのページに多くの情報が掲載されている。このような Web ページを複数人で共有する大画面ディスプレイに複数提示した場合、話題の中心となるコンテンツが散漫になるため、一つの Web ページについてのみ対話を行っていたと推測される。

本実験で注目すべき点は「保留」という行為が確認された点である。「対話」では一つの Web ページを中央に大きく提示して行われていた。相手が新たな Web ページを提示するとわかったとき、もしくは自らが新たな Web ページを提示するときに、中央に提示されている Web ページを片隅に移動する「保留」をおこなっていた。例えば手元のスマートフォンコントローラで Web 検索を行っている段階で指示語を用いてスマートフォンに提示されている Web ページについて発話が行われた際に、もう一人の被験者は新たな Web ページが提示される気付き、大画面ディスプレイに提示されている Web ページを「保留」し、相手が画面ディスプレイに Web ページを提示できるようにスペースの確保を行っていた。つまり、広いディスプレイ領域を有効に活用するために Web ページが重畳されて提示されない領域に中央に表示していた Web ページを大画面ディスプレイの片隅に移動させたと考えられる。Web ページを消去してしまえば再度検索からやり直して提示しなければならない。「保留」すれば中央に移動するだけで会話の中心となるコンテンツとして再提示出来る。

「比較」の際には「保留」していた Web ページに目を配る、もしくは拡大・移動させて同時に複数の Web ページの内容を参照しながら比較を行っていた。目を配る場合には上体を反らしたり一歩後ずさりして全体を俯瞰していた。「対話」では大画面ディスプレイに提示された一つの

Web ページを被験者二人で参照していたが、「比較」では Web ページは縦方向に大きく広げた Web ページを二つ以上提示することで多くの情報を提示していた。この事は画面領域を有効に活用し見やすくすることで合意のための「比較」に大画面を役立てていたと考えられる。

本提案システムについて事後にインタビューをした。回答として大画面なので複数のコンテンツを重ねずに提示できること、表示コンテンツを切り替えずに短い時間で比較できるとに対して有用性が挙げられた。このことから解像度の高い大画面ディスプレイは提示されたコンテンツを比較する作業に適していると考えられる。

また、予備実験として約 1 ヶ月後に二人の被験者にそれぞれスマートフォンを持たせて同様の課題を行った。二人の組は先の実験と異なる組み合わせとした。この実験では二人でスマートフォンを見せ合いながら意見を出し合うのではなく、一人の被験者が主に検索し、もう一人の被験者が提案された内容に対して同意、もしくは拒否する会話が多かった。合意までの時間は本提案システムを利用した場合より短かったが、意見の交換は本提案システムを用いた場合よりも少なかった。本提案システムを用いた場合はお互いに Web ページを見せ合うことで会話が弾んだのと推測される。つまり大画面ディスプレイ上で情報を共有する本提案システムはディスカッションの活性化に資すると考えられる。

6. まとめ

コミュニケーションを支援するために画像や Web ページを大画面ディスプレイに提示して情報を共有するシステムの開発を行った。多様なコンテンツを描画するために HTML レンダリングエンジンを利用した。本提案システムはユーザインタフェースとして大画面ディスプレイに取り付けたタッチパネルとスマートフォンを用いた。

本提案システムは高解像度の画面ディスプレイにユーザ自らが情報を提示し、お互いに参照可能にすることで情報の共有が行われる。ユーザは数回の試行によって操作方法を把握でき、素早く操作が行えることを示した。さらに、高解像度大画面ディスプレイの広い提示領域を活用して「保留」を行うことは対話を中断させず素早くコンテンツの切り替えや比較をおこなえた。

本提案システム向けの Web ページや Web アプリを設計する際にはボタンなどの操作子は指で操作できる適切な大きさにすることで使いやすいアプリケーションになると考えられる。本提案システムをディスカッションに活用するにはシステム側がコミュニケーションの文脈を理解し、提示するコンテンツを自動的にレイアウトする方法も大画面ディスプレイの有用性を高める方法の一つであると考えられる。

今後は遠隔地間での利用について検討を進める。情報技

術の発達は分散オフィスや多様なワークスタイルを実現可能とした。しかし、一方でチームからの疎外感を感じたり、メールのみによる情報伝達では感情や真意が伝わらない問題が生じている。本提案システムはネットワーク化することで遠隔のユーザとコミュニケーションの支援にも応用できると考えている。遠隔のユーザと本提案システムを介して資料を参照し、対面コミュニケーションを超越できる超臨場感コミュニケーションへの応用について検討を進める。

謝辞

この研究の一部は、独立行政法人情報通信研究機構の高度通信・放送研究開発委託研究/革新的な三次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発の一環としてなされたものである。

参考文献

- [1] Fitzmaurice, G., Khan, A., Kurtenbach, G. and Binks, G.: Cinematic meeting facilities using large displays., *IEEE computer graphics and applications*, Vol. 25, No. 4, pp. 17–21 (2005).
- [2] Schmidt, G., Staadt, O., Livingston, M., Ball, R. and May, R.: A Survey of Large High-Resolution Display Technologies, Techniques, and Applications, *IEEE Virtual Reality Conference (VR 2006)*, pp. 223–236 (2006).
- [3] Isenberg, P. and Carpendale, S.: Interactive tree comparison for co-located collaborative information visualization., *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Vol. 13, No. 6, pp. 1232–9 (2007).
- [4] Chung, H., Andrews, C. and North, C.: A Survey of Software Frameworks for Cluster-Based Large High-Resolution Displays, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 20, No. 8, pp. 1158–1177 (2014).
- [5] Elrod, S., Bruce, R., Gold, R., Goldberg, D., Halasz, F., Janssen, W., Lee, D., McCall, K., Pedersen, E., Pier, K., Tang, J. and Welch, B.: Liveboard: A Large Interactive Display Supporting Group Meetings, Presentations, and Remote Collaboration, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '92, ACM, pp. 599–607 (1992).
- [6] 石戸谷顕太郎, 大平茂輝, 長尾確: 継続的ミーティング支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 8, pp. 2044–2048 (2012).
- [7] Wigdor, D., Jiang, H., Forlines, C., Borkin, M. and Shen, C.: WeSpace: The Design Development and Deployment of a Walk-up and Share Multi-surface Visual Collaboration System, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '09, ACM, pp. 1237–1246 (2009).
- [8] Richardson, T., Stafford-Fraser, Q., Wood, K. R. and Hopper, A.: Virtual network computing, *Internet Computing*, *IEEE*, Vol. 2, No. 1, pp. 33–38 (1998).
- [9] Tan, D. S., Meyers, B. and Czerwinski, M.: WinCuts: Manipulating Arbitrary Window Regions for More Effective Use of Screen Space, *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '04, ACM, pp. 1525–1528 (2004).
- [10] Robertson, G., Czerwinski, M., Baudisch, P., Meyers, B., Robbins, D., Smith, G. and Tan, D.: The large-display user experience, *Computer Graphics and Applications*, *IEEE*, Vol. 25, No. 4, pp. 44–51 (2005).
- [11] Lee, B., Isenberg, P., Riche, N. H. and Carpendale, S.: Beyond Mouse and Keyboard: Expanding Design Considerations for Information Visualization Interactions, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 18, No. 12, pp. 2689–2698 (2012).
- [12] Wilson, A. D. and Benko, H.: Combining multiple depth cameras and projectors for interactions on, above and between surfaces, *Proceedings of the 23rd annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST '10*, ACM Press, pp. 273–282 (2010).
- [13] Fikkert, W., Vet, P. V. D. and Nijholt, A.: User-Evaluated Gestures for Touchless Interactions from a Distance, *2010 IEEE International Symposium on Multimedia*, pp. 153–160 (2010).
- [14] Bauer, J., Thelen, S. and Ebert, A.: Using smart phones for large-display interaction, *2011 International Conference on User Science and Engineering (i-User)*, pp. 42–47 (2011).
- [15] Jeon, S., Hwang, A. J. and Kim, A. G. J.: Interaction with large ubiquitous displays using camera-equipped mobile phones, pp. 83–94 (2010).
- [16] Tobiasz, M.: Lark: Coordinating co-located collaboration with information visualization, *Visualization and Computer Graphics*, *IEEE Transactions*, Vol. 15, No. 6, pp. 1065–1072 (2009).
- [17] Isenberg, P., Fisher, D., Morris, M. R., Inkpen, K. and Czerwinski, M.: An exploratory study of co-located collaborative visual analytics around a tabletop display, *2010 IEEE Symposium on Visual Analytics Science and Technology*, pp. 179–186 (2010).
- [18] Yu, L., Svetachov, P., Isenberg, P., Everts, M. H. and Isenberg, T.: FI3D: direct-touch interaction for the exploration of 3D scientific visualization spaces., *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Vol. 16, No. 6, pp. 1613–22 (2010).
- [19] 北原圭吾, 井上智雄, 重野寛, 岡田謙一: 協調学習支援を目的としたテーブルトップインタフェース (学習支援), 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 11, pp. 3054–3062 (2006).