

卒業論文 2004年度(平成16年度)

**KEHARE：グループワーク支援のための
ウィンドウ表示システムの構築**

指導教員

慶應義塾大学環境情報学部

徳田 英幸

村井 純

楠本 博之

中村 修

南 政樹

慶應義塾大学 総合政策学部

田中一史

卒業論文要旨 2004 年度 (平成 16 年度)

KEHARE：グループワーク支援のためのウィンドウ表示 システムの構築

論文要旨

本研究では，グループワーク支援システム "KEHARE" を構築した．これまでの共有ディスプレイを用いた同期対面型グループワーク支援システムは，移動性，即興性，操作性，プライバシーの保護の面で問題があった．これらの問題を解決するため，KEHARE システムでは複数の個人端末を組み合わせることによって共有ディスプレイを構築し，個人端末上のウィンドウをプライベートレイヤとパブリックレイヤの 2 層に分けて，端末の状況に応じてそれらの表示モードを変化させる．

本システムの実装は，徳田研究室で開発中の u-Texture 上で行った．

キーワード：

1 グループワーク 2 共有ディスプレイ 3 u-Texture 4 プライバシ 5 ウィンドウの表示

慶應義塾大学 総合政策学部
田中一史

Abstract of Bachelor's Thesis

KEHARE: supporting small group work by new window display system

Academic Year 2004

Summary

In this research, we propose a new system called "KEHARE", which supports small group work using a public display. Much research in supporting system for face-to-face small group work using public display have some problems in terms of mobility, instantness, usability and privacy. KEHARE system solves those problems by constructing a public display by connecting personal display devices, and changing the window display mode on the devices according to the context. We implemented KEHARE system using u-Texture, a board shaped computer device which can connect and communicate each other. u-Texture has been developed on UbiLab project at Hide Tokuda laboratory.

Keywords:

1 group work 2 shared display 3 u-Texture 4 privacy 5 window display

**Keio University Faculty of Policy Management
Kazushi Tanaka**

目次

第1章 序論	1
1.1 本研究の背景	2
1.1.1 グループワーク支援システム	2
1.1.2 ユビキタスコンピューティング環境	4
1.1.3 ユビキタスコンピューティング環境におけるグループワーク支援システム	4
1.1.4 現状の問題点	4
1.2 本研究の目的	5
1.3 本論文の構成	5
第2章 グループワーク支援システムの考察	7
2.1 グループワークの定義	8
2.2 共有ディスプレイを用いたグループワーク支援システム	8
2.2.1 シングルディスプレイ環境	9
2.2.2 マルチディスプレイ環境	10
2.2.3 その他	10
2.3 既存のグループワーク支援システムにおける問題点	11
2.3.1 移動性	11
2.3.2 即興性	12
2.3.3 操作性	12
2.3.4 プライバシ	13
2.4 まとめ	13
第3章 KEHARE システムの概要	14
3.1 システムの要件	15
3.2 想定シナリオ	15
3.2.1 想定環境	16
3.2.2 シナリオ1：共有ディスプレイの構築	16
3.2.3 シナリオ2：プライベートな情報の表示	16
3.3 システムの概要	16
3.3.1 個人端末の接続による共有ディスプレイの構築	16

3.3.2 プライベートなウィンドウの表示切替	17
3.4 まとめ	17
第4章 設計	18
4.1 設計概要	19
4.1.1 動作概要	19
4.1.2 機能要件	20
4.2 ソフトウェア構成	21
4.2.1 端末の接続検出と形状認識機構	21
4.2.2 プライバシモード判定機構	21
4.2.3 ウィンドウ属性管理機構	23
4.2.4 Private Layer Management 機構	23
4.2.5 Public Layer Management 機構	23
4.2.6 通信機構	23
4.2.7 アプリケーション	23
4.3 まとめ	23
第5章 実装	24
5.1 実装環境	25
5.1.1 ハードウェア	25
5.1.2 ソフトウェア	26
5.2 モジュール構成	26
5.2.1 プライバシモード判定機構	26
5.2.2 ウィンドウレイヤ管理機構	26
5.3 まとめ	27
第6章 評価	29
6.1 関連研究	30
6.1.1 Connec Tables	30
6.1.2 Ken Hinckey 氏の研究	31
6.2 比較検討	32
6.3 基本性能評価	34
6.4 まとめ	34
第7章 結論	35
7.1 今後の課題	36
7.1.1 ウィンドウ表示の多層化	36
7.1.2 アプリケーションのアクセス制限	36
7.1.3 ウィンドウの操作	36
7.1.4 ウィンドウの移動	36
7.2 本研究のまとめ	37

目 次

1.1	グループワークの分類	3
2.1	Dynamo のディスプレイ	9
2.2	iRoom	10
2.3	Augmented Surface	11
4.1	動作概要 1 : ウィンドウイメージとイベントの送受信	19
4.2	動作概要 2 : プライバシモードによるウィンドウ表示切替	20
4.3	システム構成図	22
5.1	u-Texture のハードウェア構成	25
5.2	u-Texture での実装	27
5.3	モジュール構成	28
6.1	ConnecTables 間の Window の移動	30
6.2	共有ワークスペースの創出	31
6.3	個人領域の隠蔽と表示	32

表 目 次

5.1	u-Texture の仕様	25
6.1	本研究の要件と関連研究との対応表	33
6.2	基本性能評価	34

第 1 章

序論

本章では，はじめに本研究の背景を説明し，次に本研究の目的を述べる．そして最後に本論文の構成を紹介する．

1.1 本研究の背景

1.1.1 グループワーク支援システム

これまでコンピュータを用いたグループワーク支援システムについて、様々な研究がなされてきた。この分野の研究は Computer Supported Cooperative Work(以下 CSCW)と呼ばれ、コンピュータシステムに関する技術的研究に加えて、人間による共同作業そのものに関する研究もなされ、それには社会学や心理学、経営学など、様々な学問領域が含まれている。CSCW においてグループワークとは、複数の人間が協調して行う作業全般といった広い意味で使われるが [1], 本論文では CSCW の具体的システムであるグループウェアを研究対象としており、グループウェアにおいてグループとは、2人以上の比較的小規模で共通の目的やタスクを達成するためのグループを指す [2]。グループウェアは、時間的特性と、空間的特性により、図 1.1 のように分類できる。同期対面型のグループウェアには、電子会議システム、意思決定システム、共有ディスプレイを使ったシステム、同期分散型には、チャット、テレビ会議、共有ウィンドウシステム、グループエディタなど、そして非同期分散型にはメールやスケジューラ、Web 掲示板、協同文書作成などがある。

本研究では共有ディスプレイを用いた同期対面型グループワークの支援システムを研究する。まず共有作業空間という概念は、CSCW やグループウェアの研究において最も代表的でかつ重要なテーマである [3]。共有作業空間上で情報を表示、交換したり、文章や画像を協同で編集することによって、グループワーク参加者は、コミュニケーションやコラボレーションをより効率的に行うことができる。このグループワーク支援システムにおける共有作業空間の例として、共有ディスプレイや、共有ウィンドウなどが挙げられる。

またこれまで CSCW の多くの研究において、遠隔地にいる人間同士の共同作業を支援することに焦点がおかれてきた [4]。これは、離れた場所にいるグループワークの参加者全員をネットワークで接続し、ディスプレイにそれぞれの顔または体全体を映し出すことによって、仮想的な共同作業スペースをコンピュータ上で構築するものである。同じ場所に集まらなくてもよいことから、グループワーク参加者の移動にかかる時間や労力の負担を軽減し、それによって遠く離れた場所に住む人の参加も促すことができる。

しかしこのような様々な遠隔地からのグループワークのためのシステムが利用可能となった現在でも、同期対面型グループワークは特に重要である。なぜなら、現在ビジネスにおいて行われている大部分のミーティングは同期対面型であり [5], 同期対面型のグループワークは真剣な話し合いや、説得や交渉等、相手を何かを促ようなミーティングに特に有効であるからである [6]。連絡事項などの単純な情報交換や、軽い打ち合わせなどにはコンピュータを使った遠隔ミーティングでも十分であるが、重要な決定事項について話し合われる際や、プロジェクト案の作成など長時間にわたる協同作業を行う場合には、実際に同じ部屋に集まって会議が行われる場合が多い。これはお互いの情報や主張を直接交換し、できるだけ効率的、効果的にグループワークを進

めたいというニーズがあるからと言える。同じ時間に集まることによって、光、音、温度、雰囲気などの様々な要素を共有することに加え、相手の細かい動きや視線、ジェスチャなどを見ることができる。同期対面型のコミュニケーションの重要な要素として、互いの距離が挙げられる。それを変えることによって、自分の意思を相手に伝えたり、相手の意思を読み取ることができる。例えば、話したいという意思を近づくことによって伝えたり、離れることによって話す意思がないことを伝えられる。逆に2次元のディスプレイ上に表示された仮想空間上ではこのようなコミュニケーションは不可能である。これら様々な相違点が同期対面型のグループワークと、同期分散型のグループワークに存在し、テレビ会議と実際に集まって行われたグループワークの結果を比べたとき、実際に集まって行われたグループワークの方がよい結果がでたという実験結果もある [6]。

	対面型	分散型
同期型	共有ディスプレイシステム 電子会議室システム 意思決定支援システム (電子投票など)	共有ウィンドウシステム テレビ会議システム 文書同時編集アプリケーション チャット
非同期型		Web掲示板 メール プロジェクト管理システム 協同文書作成システム スケジューラ

図 1.1: グループワークの分類

よって本研究では、共有ディスプレイを用いた同期対面型グループワークの支援システムを研究対象とする。同期対面型のグループワークにおいて、共有ディスプレイは共有作業空間を提供し、グループワークにおけるコミュニケーション、コラボレーションを支援する。共有ディスプレイとは、液晶ディスプレイやプラズマディスプレイ、プロジェクタ、電子ホワイトボードなどであり、コンピュータと接続することによって、情報の表示や同時編集などをするためのものである。例えば電子ホワイトボード上で文字を書いて議論のポイントを整理したり、液晶ディスプレイ上で様々な情報を表示させたりする研究が古くから行われてきた [7, 8]。現在は、プレゼンテーションソフトウェアを使った発表スタイルが特に普及しており、大学や企業において共有ディス

レイを使ったシステムを使っているグループワークの機会や場面は増加している。

1.1.2 ユビキタスコンピューティング環境

実世界のいたるところにコンピュータが存在し、それらがセンサから得られた様々な環境情報、人間の位置情報などをもとに自律的に連携し、人間の行動を支援する環境が、ユビキタスコンピューティング環境と呼ばれる [7]。インターネットや無線などの通信技術や、センサ技術の発達、コンピュータの小型化によってその可能性が現実化し、現在注目されている。

メインフレームの時代では複数の人間が一つのコンピュータを共有し、コンピュータと人間のインタフェースはコマンド入力によるもの (Character-based User Interface: CUI) が主であった。その後現在に至るまで、一人につき一台のパーソナルコンピュータ (PC) が、Graphical User Interface (GUI) の発明やインターネットの発達に伴って普及してきた。

この PC の次世代のコンピュータの枠組みとして注目されている、ユビキタスコンピューティングにおいては、コンピュータはインビジブルなものであり、その存在が人の意識から消えることが理想とされる。このため、センサ情報を利用したコンテキストウェアなインタフェースが求められている。

またユビキタスコンピューティングにおいて、プライバシーの保護が重要な課題である。人間の現在や過去の行動といった個人情報に基づいて、多様なサービスを実現することができる反面、自分が他人に知られたくない情報を見られたり、悪用される恐れがある。よってどのように個人情報を扱い、人間にとって望ましい環境を構築するかを考える必要がある。

1.1.3 ユビキタスコンピューティング環境におけるグループワーク支援システム

ユビキタスコンピューティング環境におけるグループワークシステムは、センサ情報をもとに自律的にグループワークの支援環境を構築し、グループワークを支援するコンテキストウェアなシステムであると考えられ、それによってグループワーク参加者はコンピュータの操作をする認知的負担が軽減される。さらにコンピュータ操作の意識が軽減されることから、お互いのコミュニケーションや共同作業に、より集中することができると思われる。

また他人に見られたくないプライベートな情報を、パブリックな空間では非表示にしたりアクセス権を限定することによって、プライバシー保護を考慮した、人間が安心してグループワークを行えるようなシステムが求められる。

1.1.4 現状の問題点

現状の共有ディスプレイを用いたグループワーク支援システムには、移動性や、即興性、操作性、プライバシーの保護の点で問題がある。これらのうち、移動性、即興性、

操作性の3つの問題は、液晶などにかかる既存の大型共有ディスプレイを使うことから起因している。グループワーク参加者は、グループワークを行うたびに所定の場所に集まらなければならない、その場所から移動することもできない。またグループワークの課程においてグループを分割、統合した場合、それに対応して動的、即興的にグループワーク支援環境を構築することができない。そして共有ディスプレイを用いる際に、ディスプレイと個人端末をケーブルでつないだり、共有ディスプレイのIPアドレスの指定などをする必要があり、共有ディスプレイへのアクセスが面倒である。

これらの問題に加えて、現状のグループワーク支援システムには、プライバシーの保護に問題がある。共有ディスプレイと個人端末を接続し、個人端末のディスプレイに映っている画面を共有ディスプレイ上に表示する際、個人端末のディスプレイ上に表示された情報のうち、他の人に見られたくないものも一緒に、すべて表示されてしまう。現状ではそれを防ぐために、共有ディスプレイと自分の端末をつなぐ前に、他の人に見られたくない情報を含むウィンドウ等をすべて削除する、もしくは個人端末上のウィンドウから共有ディスプレイにアクセスし、共有ディスプレイ上に表示したいウィンドウをドラッグアンドドロップするなどが考えられる。しかしこれらは利用者にとって負担であり、またそれをし忘れることも考えられ、安心できない。

1.2 本研究の目的

本研究では、上記に挙げた背景、問題点をもとに、ユビキタスコンピューティング環境におけるグループワーク支援システムを考察する。具体的には、共有ディスプレイを用いた同期対面型グループワークの支援システムを研究する。既存の共有ディスプレイを用いたグループワーク支援システムは、移動性や即興性、操作性、プライバシーの保護の点において問題があった。これらの問題を解決するために、新しい共有ディスプレイを用いた新しいグループワーク支援システム “KEHARE” を構築する。

このシステムによって、ミーティングルームといった特定の場所に人が移動するのではなく、人間がグループワークを行う場所を任意に選び、それに合わせて即興的にグループワーク支援システムを構築することができる。さらにグループワークの過程で、グループの分割、統合がおきたときにも、グループワーク支援システムがその変化に柔軟に対応し、共有ディスプレイへのアクセスもよりスムーズに行うことができる。そしてプライバシーを考慮した情報の表示を可能にする。

1.3 本論文の構成

本論文では、第2章で本論文の対象とするグループワークの定義と、共有ディスプレイを使ったグループワーク支援システムに関する既存の研究と、それらの問題点を述べる。第3章では本研究で考案した KEHARE システムの概要を述べる。第4章では、KEHARE システムの設計をおこない、第5章ではその実装の説明をする。第6章では関連研究との比較および基本性能評価を行う。最後に第7章で今後の課題と本研究の

まとめを述べる.

第 2 章

グループワーク支援システムの考察

本章では，本研究の対象とするグループワークの定義をした後，共有ディスプレイを使ったグループワーク支援システムを3種類に分類し，それぞれに対し具体例をあげて説明する．最後に既存の共有ディスプレイを用いたグループワーク支援システムの問題点を指摘する．

2.1 グループワークの定義

CSCW においてグループワークとは2人以上で協調して行われる人間の行動すべてといった広い意味で使われる。しかし CSCW の具体的なシステムであり本研究の対象とするグループウェアにおいてグループワークとは、一般に2人から10人程度の小規模なグループワークを指す [2]。よって本研究では、グループワークを「2人から10人程度からなる、共通の目的やタスクを達成するための共同作業」と定義する。

グループワークは、その性質から大きくコミュニケーションとコラボレーションの二つから構成される [2]。コミュニケーションとは、グループワーク参加者間において、データや情報の交換、共有を行うことを意味し、それによって意思決定をしたり相互理解を実現したりすることができ、グループワークにおける最も基礎的で重要な要素といえる [9]。このコミュニケーションを通じてグループワークで行われる重要な行為がコラボレーションであり、グループのメンバーが協力して同時に文章や絵を編集したり、プログラミングを行うなど、新しいものを協力して創造していくことができる。

2.2 共有ディスプレイを用いたグループワーク支援システム

グループワークにおけるコミュニケーション及びコラボレーションを支援するグループワーク支援システムは、時間的特性と場所的特性によって図 1.1 のように分類される。

グループワーク支援システムの中で、共有作業空間という概念は CSCW やグループウェアの研究において、最も代表的でかつ重要なテーマである [3]。共有作業空間を用いることによって、情報の表示や交換、また共同編集を行うことができ、グループワークにおけるコミュニケーションとコラボレーションの両方を効率的、効果的に行うことができる。同期対面型では共有ディスプレイを使ったシステム、同期分散型では共有ウィンドウシステムがその共同作業空間を提供し、グループワークを支援する。

またこれまで同期分散型のグループワーク支援システムが主に研究されてきたが、ビジネス等の場において実際に行われるグループワークの大部分は同期対面型であり、少しでも強く自分の意思を伝えたいとき、あるいは相手の意思を知りたいときなど、密度が濃いパースウェイシブなグループワークには同期対面型のグループワークが有効である [3]。

よって、同じ場所、同じ時間で行われる話し合い、ブレインストーミング、プレゼンテーション、協力しながらのリサーチ、交渉など、同期対面型のグループワークのための、共有ディスプレイを使った支援システムを、本研究の研究対象とする。共有ディスプレイとは、電子ホワイトボードや液晶ディスプレイ、プロジェクタなどを指す。この共有ディスプレイとコンピュータを接続し、共有ディスプレイ上でグループワーク参加者は情報の交換、表示、編集を行うことができる。以下では、それら共有ディスプレイを用いたグループワーク支援システムを、シングルディスプレイ環境、マルチディスプレイ環境、その他の3種類に分類し、具体例を挙げて説明する。

2.2.1 シングルディスプレイ環境

シングルディスプレイ環境とは、1つの共有ディスプレイ上で、情報の表示や交換、ペン入力等による同時編集ができる環境を指す。これには電子ホワイトボード [8] や、複数人が大型ディスプレイ上で同時にアプリケーションの操作を行えるものが開発されている [10, 11].

具体例として、Nottingham 大学、Sussex 大学の Dynamo[12] を紹介する。

Dynamo

一つの大型ディスプレイを部屋に設置し、そのディスプレイ上で複数人が同時にアプリケーションの操作、ファイルの編集等を行うことができる。またディスプレイ上の領域を指定することにより、その領域へのアクセスを制限することや、自分の持ってきた PC や USBdisk などのハードウェアデバイスをディスプレイと接続し、大型ディスプレイ上に表示されたグループワーク参加者それぞれのパレットと呼ばれるツール集を使うことによって、共有ディスプレイ上のファイルを自分の持ってきたハードウェアデバイスに保存したり、自分のハードウェアデバイスから共有ディスプレイ上にファイルをコピーすることができる。さらに、大型ディスプレイのデスクトップ画面を自分のラップトップのデスクトップ上にウィンドウで表示し、自分のラップトップのデスクトップ上のファイルをそのウィンドウにドラッグアンドドロップすることで、ファイルを共有ディスプレイ上に移動することができる。図 2.1 に Dynamo の使用例を示す。

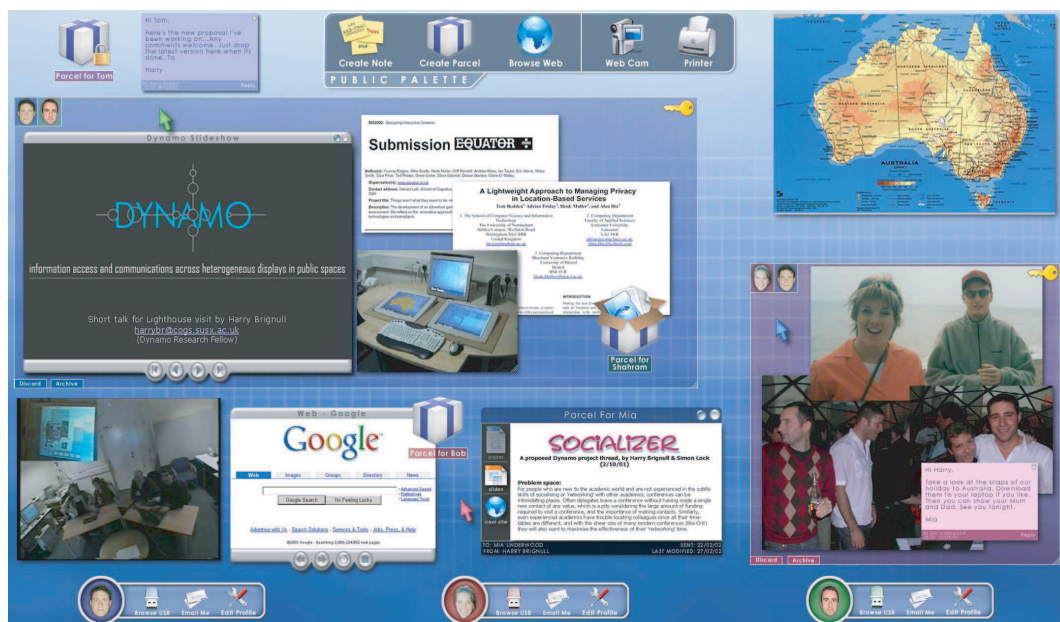


図 2.1: Dynamo のディスプレイ

2.2.2 マルチディスプレイ環境

マルチディスプレイ環境とは、複数のディスプレイを壁や机に設置した環境を指す。マルチディスプレイ間のデータやウィンドウをシームレスに移動する研究等が行われている。例として、Stanford 大学の iRoom[13, 14] を紹介する。

iRoom

ケーブルを接続することによって、自分のラップトップ PC のデスクトップ画面を、壁や机上に据え付けられた共有ディスプレイに表示することができる。そして自分のラップトップ PC や、机上の共有ディスプレイを操作することにより、それらのディスプレイの表示を自由にコントロールできる。またそれら複数のディスプレイを使うことによって、建築物の 3D のサンプル映像、2 次元の設計図など、1 つのものに対する情報を様々な視点から同時に表示することができる。さらにディスプレイ間のウィンドウやデータをシームレスに移動できる。またグループワークが終わった際に、そこで編集した情報を、自動的にバックアップを取ってくれる。図 2.2 に iRoom を使用している様子を示す。



図 2.2: iRoom

2.2.3 その他

その他の例として、ソニーコンピュータサイエンス研究所の Augmented Surface[15] を紹介する。

Augmented Surface

画像認識技術とプロジェクタを使って、大型ディスプレイとラップトップPCのディスプレイ上に加え、実際の机、壁の上で自由にウィンドウの移動、表示や、ファイルの移動、交換ができる。さらに机の上にある物体のイメージや情報を取得して自分のPCに保存したり、それらの物体に情報を付加することができる。このシステムでは2台のCCDカメラを設置して物体認識と動作検知を行い、2つのプロジェクタを用いて壁と机の上をディスプレイにして画面を表示する。図2.3にAugmented Surfaceを使用している様子を示す。



図 2.3: Augmented Surface

2.3 既存のグループワーク支援システムにおける問題点

これまで主な既存のグループワーク支援システムを共有ディスプレイの構成から3種類に分けて、紹介したが、以下でそれらのシステムにおける問題点を4つ述べる。

2.3.1 移動性

日常生活で、人間は移動を繰り返している。このためユビキタスコンピューティング環境において人間の行動を支援する際、人間の移動に柔軟に対応することが求められる。同様に、グループワークを支援するシステムにおいても、グループワークを行う場所を移動した際に、それに合わせてグループワークを支援するシステムも再構築、あるいは移動されることが求められる。しかし既存のグループワーク支援システムにおいて、このグループワークの場所の移動は支援されていない。なぜなら既存の共有

ディスプレイを用いたグループワーク支援システムの研究の多くが、部屋に据え付けられた大型ディスプレイを利用し、それらの大型ディスプレイは持ち運べないからである。よって利用者は常に同じ部屋でグループワークをする必要がある。

2.3.2 即興性

グループワークを行おうとしたとき、人間がグループワークを行う場所を恣意的に選択し、それにあわせて即興的にグループワーク支援システムがその場で構築されることが望ましい。なぜなら毎回グループワークのためにミーティングの部屋に行くのは面倒であり、非効率的である場合が考えられるからだ。しかしこれまでのシステムでは、グループワークの参加者が全員同じ部屋にいたとしても、備え付けの共有ディスプレイがなければ、他の固定されたミーティングルームに全員が移動しなければならない。

さらにグループワークには、フォーマルなものから、カジュアルなものまで様々な状況が考えられる。特にカジュアルなミーティングにおいて、グループをいくつかに分割したり、その後それらを統合したりすることが考えられる。例えば、ミーティングの途中に、参加メンバをいくつかのグループに分け、それぞれのグループで1つのテーマについて議論し、その後1つにまとまってそれぞれの代表者が発表するという場合である。このような状況で、大型ディスプレイを用いたシステムでは、即興的にそれぞれのグループに対して支援システムを構築して対応することができない。

2.3.3 操作性

既存の共有ディスプレイを用いた多くのシステムは、その支援対象であるグループワーク参加者に共有ディスプレイにアクセスする際に、コンピュータの操作を強いる。例えば、共有ディスプレイと接続するために、まず自分のラップトップと共有ディスプレイをケーブルで接続することや、IPアドレスを指定することが必要である。また共有ディスプレイを操作し、かつ自分のデスクトップを両方見たい場合は、新しいウィンドウを立ち上げて、そのウィンドウ上で共有ディスプレイを操作しなければならない場合も考えられる。

しかし、グループワークにおいて重要なのは人間とコンピュータのコミュニケーションではなく、人間と人間とのコミュニケーションなので、コンピュータの操作の負担はできるだけ少ないことが望ましい[9, 16]。さらにユビキタスコンピューティング環境では、コンピュータの存在が人間の意識から消えることが理想とされ、グループワーク支援システム構築もできるだけ自然に行われることが望ましい。よってセンサ情報を用いたコンテキストウェアなシステムによって、共有ディスプレイアクセスの際のコンピュータの操作の負担を軽減することが求められる。それによってグループワーク参加者は、互いのコミュニケーションやコラボレーションなどの創造活動により集中することができる。

2.3.4 プライバシ

ケーブルで共有ディスプレイと自分のPCをつないで、自分PCのデスクトップ画面を共有ディスプレイ上に表示する場合、自分のPC上に表示されていた自分のメールやスケジュールなど、他の人に見られたくないプライベートな情報もそのまま表示されてしまう。共有ディスプレイのデスクトップ画面を、自分のPC上の1つのウィンドウ内に表示して、ドラッグアンドドロップでウィンドウやファイルを共有ディスプレイ上に表示させることや、あらかじめ自分のプライベートな情報が表示されたウィンドウを閉じることも考えられるが、それらの方法は利用者にとって負担である。またそういった個人情報を不用意に共有ディスプレイ上で表示してしまうことも考えられ、利用者にとって安心できない。このような例として、自分のデスクトップ画面を共有ディスプレイに表示している最中に、インスタントメッセージで誰かが自分に話しかけてくるのが表示される場合や、重要な機密事項が書かれたファイルを共有ディスプレイ上に表示してしまうことなどが考えられる。

2.4 まとめ

以上、本章ではグループワークを2人から10人程度からなる、共通の目的やタスクを達成するための共同作業と定義し、グループワークにおいてはコミュニケーションとコラボレーションの2つの要素が重要であることを述べた。そして本研究の研究対象を、それら両方を効率化する共有ディスプレイを用いたグループワーク支援システムとした。

その後、共有ディスプレイを用いたグループワークシステムをシングルディスプレイ環境、マルチディスプレイ環境、その他の3つに分けて説明し、それぞれの具体例をあげた。最後に、それら既存の共有ディスプレイを用いたグループワーク支援システムには、移動性、即興性、操作性、プライバシーの、4つの要素において問題点があることを指摘し、それぞれについての説明を述べた。本研究ではこれらの要素（機能要件）を満たすグループワーク支援システムを構築する。

第 3 章

KEHARE システムの概要

本章では，第 2 章で指摘した既存のグループワーク支援システムの問題点を解決するため，KEHARE システムを提案する．まずシステムの要件を述べ，次に想定シナリオ，そして最後にシステムの概要を述べる．

3.1 システムの要件

以下、KEHARE システムの要件を 4 つ挙げ、それぞれの基準について説明する。

- **移動性**

人間が任意でグループワークを行う場所を変更し、それに対応して変更された場所でもグループワークを支援できることが必要である。その場所は屋内に限らず、屋外においても可能であることが望ましい。

- **即興性**

グループワークを行いたいと思った時に、特定のミーティングルームに行くのではなく、その場ですぐにグループワーク支援システムが構築される必要がある。さらに、グループワークの過程におけるグループの分割や統合に応じて、支援システムを再構築することによって、グループワークを柔軟に支援できることも必要である。

- **操作性**

共有ディスプレイを操作したいというグループワーク参加者の意思に応じて、自動的に共有ディスプレイに個人端末からアクセスできる必要がある。また共有ディスプレイと個人端末のディスプレイのデスクトップ操作の切り替えがスムーズにできることが必要である。

- **プライバシー保護**

共有ディスプレイに個人端末からアクセスし、自分のデスクトップ画面を表示する際、他人に見られたくない自分のプライベートな情報が、共有ディスプレイ上では自動的に非表示にされる必要がある。また共有ディスプレイから自分の個人端末を分離した際、個人情報などがまた自分の端末の画面上で表示されることが必要である。

3.2 想定シナリオ

KEHARE システムの想定環境を述べ、KEHARE システムを活用したシナリオを 2 つ挙げる。

3.2.1 想定環境

グループワーク参加者が、全員1つずつ個人端末を持っていると想定する。それらの個人端末の要件として、ボード型のディスプレイをもったコンピュータで、物理的に2つ以上で接続させると、お互いが接続したことで、その情報を元に接続した中で自分の位置を検知できる機能を有することが必要である。

3.2.2 シナリオ1：共有ディスプレイの構築

あるプロジェクトの数人のチームで、急遽ミーティングを行うことになった。グループメンバーは各自の個人端末を出して、それらを接続させた。するとこれまで個人スペースであったそれぞれの端末のディスプレイが、物理的に接続することによって、1つの大きな共有ディスプレイが構築され、そのディスプレイ上で自由にウィンドウを表示したり、移動したりできるようになった。ミーティングが進むにつれて、別のチームとの打ち合わせが必要になり、そのチームのメンバーを呼んだ。そのチームのメンバーも各自の個人端末を接続させ、さらに大きな共有ディスプレイが構築された。

3.2.3 シナリオ2：プライベートな情報の表示

あるグループメンバーの個人端末のディスプレイには、メールボックスやメッセージ、スケジュールなどが表示されていた。しかし全員の個人端末を接続して、共有ディスプレイを構築されたとき、それらのウィンドウが自動的に非表示になった。そして接続した後、共有ディスプレイから自分の個人端末を離すことによって、個人端末の画面に自動的に切り替わり、非表示になっていたウィンドウが、自分の端末上で再び表示された。

3.3 システムの概要

以下では KEHARE システムの2つの機能を説明し、概要を示す。

3.3.1 個人端末の接続による共有ディスプレイの構築

個人端末を接続することによって、共有ディスプレイを即興的に構築し、その上でウィンドウの移動や表示を行う。この方法を採用することによって、据付の大型ディスプレイを使用しなくてもよいことから、グループワーク支援システムは移動性、即興性の面で改善される。また、個人端末を物理的に接続するという単純な動作で、コンピュータがそのコンテキストを取得して共有ディスプレイを構築し、その個人端末を持つ人は自由に共有ディスプレイにアクセスできる。反対に個人端末を共有ディスプレイから離すことなどによって個人端末の表示に切り替わるようにする。これによって共有ディスプレイと個人端末のディスプレイの切り替えが簡単になり、操作性の面で改善される。

3.3.2 プライベートなウィンドウの表示切替

互いの個人端末を接続することによって、個人端末の画面を共有ディスプレイの画面に切り替える際、自分のデスクトップにあるプライベートな情報を含んだウィンドウを非表示にし、逆に共有ディスプレイから自分の個人端末の画面に切り替える際には、プライベートな情報を含むウィンドウを表示する。これによって、利用者のプライバシーが保護され、より安心して使いやすいグループワーク支援システムを構築することができる。

3.4 まとめ

本章では、第2章で指摘した既存の共有ディスプレイを用いたグループワーク支援システムの問題点を解決するために、KEHAREシステムを考案し、そのシステムの要件、シナリオを述べた。そして最後にKEHAREシステムの個人端末の接続による共有ディスプレイの構築とプライベートなウィンドウの表示切替の2つの機能を説明し、システムの概要を示した。

第 4 章

設計

本章では，第 3 章で説明した KEHARE システムの設計概要およびソフトウェア構成を述べる．

4.1 設計概要

本研究では、グループワーク支援システム **KEHARE** を構築する。KEHARE の名前の由来は、日本語の褻晴という言葉で、プライベートとパブリックの2つの状況を考慮したシステムという意味である。KEHARE は、個人端末同士を接続することによって共有ディスプレイを構築し、プライベートな情報を含むウィンドウの表示を切り替える。本節では KEHARE の動作概要を記述した後、KEHARE の構築に必要な機能、ハードウェア構成、ソフトウェア構成について述べる。

4.1.1 動作概要

図 4.1, 4.2 に、本研究で構築する KEHARE システムの動作概要を示す。図 4.2 において、赤色のウィンドウがプライベートウィンドウで、青色のウィンドウがパブリックウィンドウを表す。まず共有ディスプレイを構築するために、各個人端末を組み合わせる。その際、KEHARE システムにおいて各アプリケーションは、起動した個人端末上で動作し、アプリケーションのウィンドウイメージおよびウィンドウイベントのみをそれぞれの個人端末間で送受信する。また、共有ディスプレイを構築した際、個人のプライバシーを考慮したシステムにするため、個人端末同士が接続した状態をパブリックモード、離れた際をプライベートモードとし、パブリックモードとプライベートモードが切り替わったことを検知し、プライベートな情報を含むウィンドウの表示と非表示を切り替える。

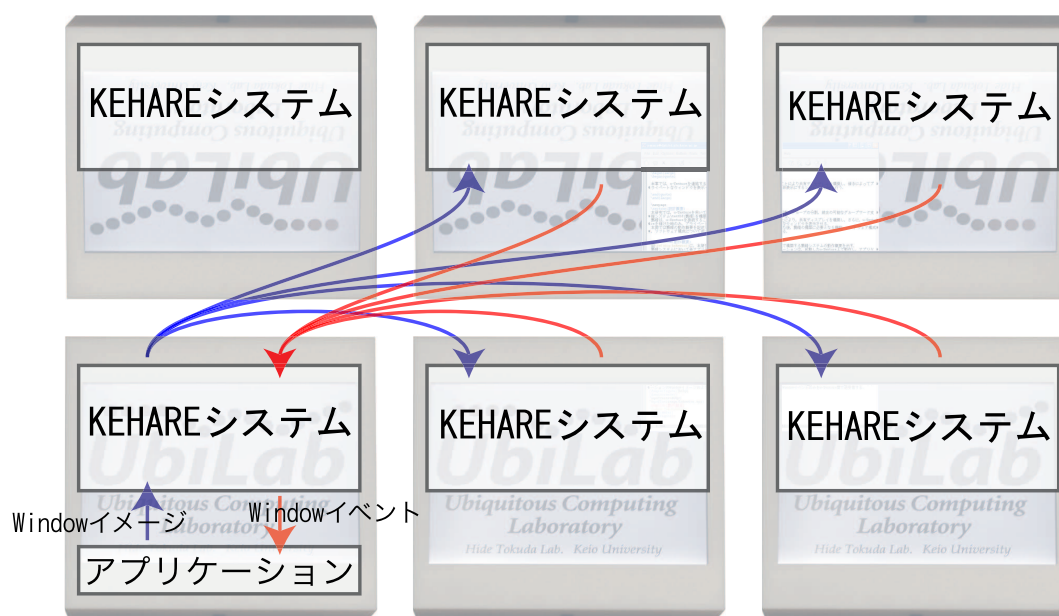


図 4.1: 動作概要 1 : ウィンドウイメージとイベントの送受信

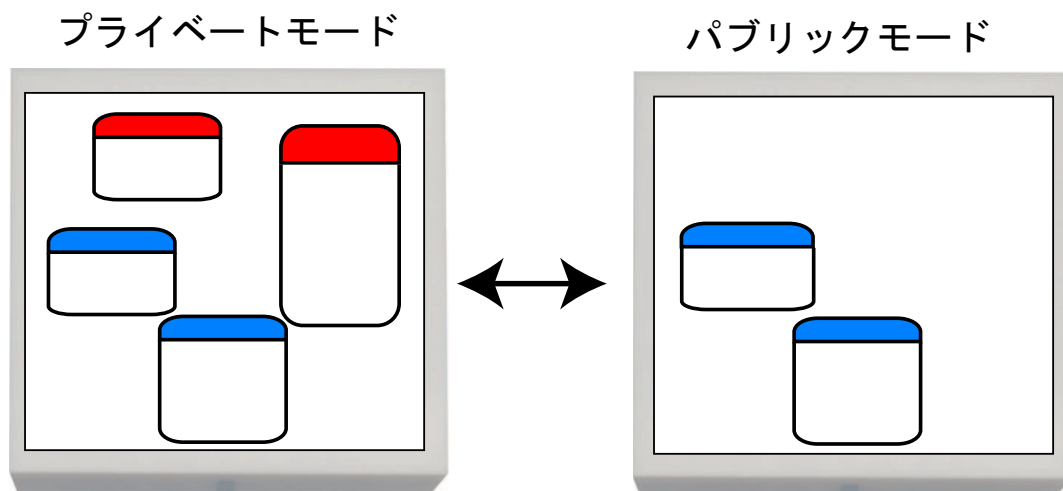


図 4.2: 動作概要 2：プライバシモードによるウィンドウ表示切替

4.1.2 機能要件

本システムに必要となる要件を挙げる。

- 端末の接続検出と形状認識

複数の個人端末を接続してウィンドウの移動を行うためには、まず個人端末同士の接続を検出できる必要がある。また、複数の個人端末間のディスプレイにまたがったイメージの表示を行うためには、それぞれ端末のどの方向が他の端末と接続しているか、全体の中での自分の位置を認識し、アプリケーションを起動している端末は、適切にそのウィンドウイメージを分割して各ディスプレイに送信し、各ディスプレイ上で表示する必要がある。

そのため、接続を検出すると共に、全体の形状を認識する必要がある。

- プライバシモードの切り替え

KEHARE システムはパブリックレイヤのみを表示するパブリックモードと、パブリックレイヤとプライベートレイヤを同時に表示するプライベートモードの 2 状態を持つ。

パブリックモードは他のグループワーク参加者からも自分の個人端末のディスプレイが見える状態を想定し、パブリックレイヤのウィンドウのみを表示する。

プライベートモードでは、ユーザ本人のみから自分のディスプレイが見える状態を想定し、パブリックレイヤのウィンドウに加えてプライベートレイヤのウィンドウも表示する。

コンテキスト情報をもとに、この二つの表示モードを切り替える機構が必要である。

- **ウィンドウの属性管理**

すべてのウィンドウについて、プライベートなウィンドウか、パブリックなウィンドウかを管理する必要がある。その属性によってそれぞれのウィンドウの表示の切り替えや、端末間の移動を行うかが決定される。

- **プライベートレイヤの管理**

個人端末のウィンドウ表示がプライベートモードからパブリックモードに遷移した際には、プライベートレイヤが表示されないようにし、パブリックモードからプライベートに遷移した際にはプライベートレイヤを表示するといった、モードの切り替わりに対応したプライベートレイヤの表示を管理する必要がある。

- **パブリックレイヤ管理**

グループワーク参加者同士で共有したいウィンドウを保持する、パブリックレイヤを常に表示し、さらに他の端末から送られてきたウィンドウのイメージやイベントを統合して表示したり、自分の端末上のウィンドウイメージやイベントを分配することが必要である。

- **ウィンドウイメージとユーザ操作の送受信**

個人端末間で分割されたウィンドウイメージとイベントを、送受信できる必要がある。

4.2 ソフトウェア構成

本システムは、端末の接続検出と形状認識機構、プライバシモード判定機構、Private Layer Management 機構、Public Layer Management 機構、通信機構、および、アプリケーションで構成される。本節では、図 4.3 に本システムのシステム構成図を示し、各部の説明を行う。

4.2.1 端末の接続検出と形状認識機構

個人端末同士が接続したというイベントの検出と、接続した複数の個人端末の全体の中での自分の位置情報を取得する。その情報を Public Layer Management 機構へ送る。

4.2.2 プライバシモード判定機構

自分のディスプレイをパブリックモードの状態にするのか、プライベートモードにするのか端末の接続検出と形状認識機構から送られてくるコンテキスト情報から判断する。そしてその情報を Private Layer Management 機構に送る。

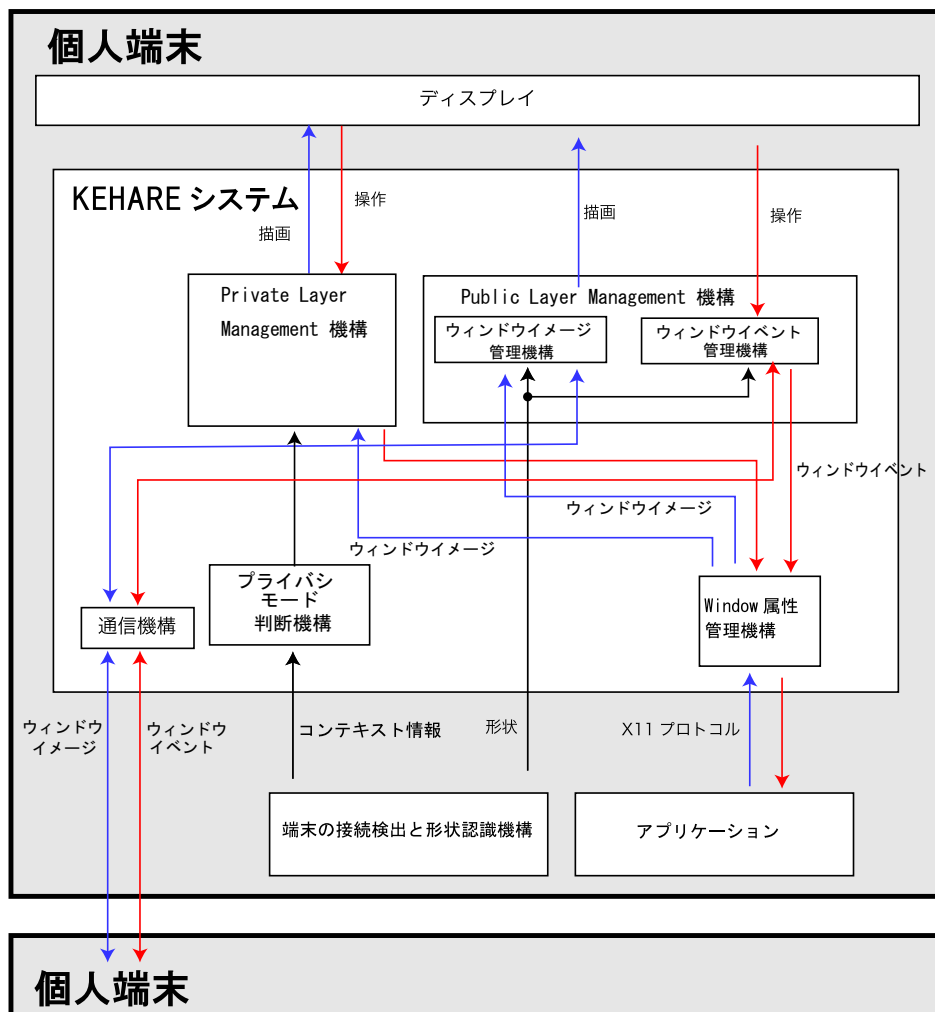


図 4.3: システム構成図

4.2.3 ウィンドウ属性管理機構

すべてのウィンドウのリストとそれらのウィンドウがプライベートなウィンドウか、パブリックなウィンドウであるかという属性を管理する。

4.2.4 Private Layer Management 機構

Private Layer Management 機構は、プライバシモード判定機構からの情報を元に、プライベートレイヤ上のウィンドウの、表示、非表示の制御を行う。

4.2.5 Public Layer Management 機構

Public Layer Management 機構は、ウィンドウイメージ管理機構及び、ウィンドウイベント管理機構で構成される。

ウィンドウイメージ管理機構は、共有ディスプレイ全体の構造を元に、ウィンドウイメージを分割し、通信機構を通して他の u-Texture に送信する。また、自身の分割したウィンドウイメージ及び他の個人端末から受信したイメージを統合し、ディスプレイに描画する。

ウィンドウイベント管理機構は自身の端末上のウィンドウ操作及び、接続している個人端末上に表示している自身のアプリケーションのウィンドウ操作を受け取り、ウィンドウイベントをアプリケーション毎に統合してアプリケーションに渡す。また、他の個人端末上で起動しているアプリケーションのウィンドウ操作を、通信機構を通して他の個人端末に送信する。

4.2.6 通信機構

通信機構では、共有ディスプレイを構成する他の個人端末との間でウィンドウイメージ及びウィンドウイベントの送受信を行う。

4.2.7 アプリケーション

アプリケーションは、X11 プロトコルを用いて Private Layer Management 機構、Public Layer Management 機構と通信する。

4.3 まとめ

本章では、各個人が持ち寄った個人端末を接続することにより共有ディスプレイを構築し、それらのデスクトップをパブリックレイヤとプライベートレイヤの2層に分割、ウィンドウの表示を切り替える、KEHARE システムの設計を行った。本章では、KEHARE システムの動作概要、機能要件を述べ、その後ソフトウェア構成とその各部の説明を行った。

第 5 章

実装

本章では，KEHARE システムの実装環境とモジュール構成について述べる．

5.1 実装環境

KEHARE システムにおけるハードウェアと、ソフトウェアの実装環境を述べる。

5.1.1 ハードウェア

本研究における実装では、グループワーク参加者それぞれが持つ個人端末として、u-Texture[17, 18] を用いる。u-Texture は、計算能力や通信機能を有するボード型のデバイスで、相互に接続可能である。u-Texture は、接続検知センサ、近接赤外センサにより接続、近接している u-Texture を検出することに加え、加速度センサにより傾きを認識し、接続された全体の構造を認識できる。

u-Texture は図 5.1 に示すような構成になっている。アーキテクチャは intel の Pentium M プラットフォームを採用しており、現在 OS には Windows XP が利用されている。

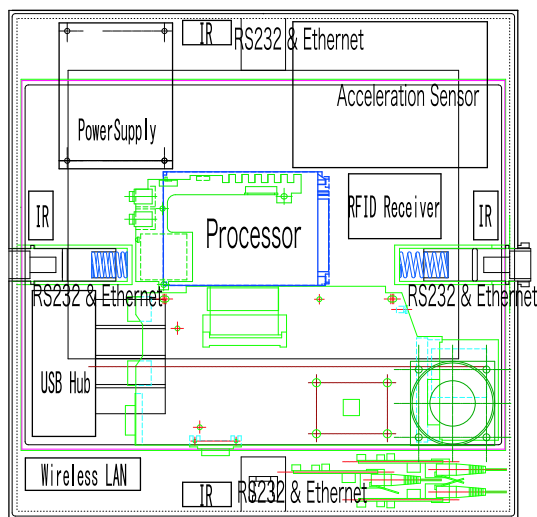


図 5.1: u-Texture のハードウェア構成

表 5.1: u-Texture の仕様

CPU	Pentium M 738
主記憶	256M byte
表示	14.1 inch SXGA+
OS	Windows XP
JavaVM	J2SE 1.5.0
GUI	X Window System

5.1.2 ソフトウェア

KEHARE のウィンドウシステムは X11 サーバとして実装し、その際 WeiredX というオープンソースの X サーバプログラムを利用した。WeiredX はすべて JAVA 言語で実装されている。アプリケーションとのインタフェースに X11 プロトコルを利用する事により、既存のアプリケーションに変更を加える事無く KEHARE システムを利用可能となる。X11 は既に多くのアプリケーションで利用されており、ネットワークを介してアプリケーションを実行するホストとウィンドウを表示するホストを分離できるようになっている。今回のように複数ホスト間でウィンドウイメージの送受信を行う際に適したプロトコルといえる。

5.2 モジュール構成

本論文では、第4章で設計したシステムのうち、各グループワーク参加者の個人端末上のウィンドウ表示を、プライベートレイヤとパブリックレイヤの二層にわけ、プライベートモードとパブリックモードの2種類の状況に応じてそれらの表示、非表示を切り替える部分を実装した。

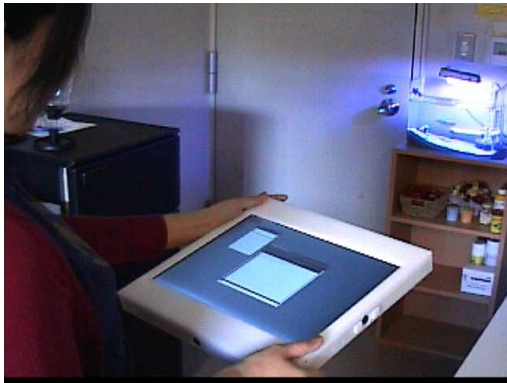
個人端末上のウィンドウ表示の切り替えは、u-Texture のディスプレイを地面と平行に傾けたときをパブリックモードにして、パブリックなウィンドウのみを表示する、反対に u-Texture を地面と垂直に傾けたときをプライベートモードにして、パブリックなウィンドウとプライベートなウィンドウの両方を表示する。u-Texture の傾きの情報は、内蔵された加速度センサから取得される。以下、本論文で実装したモジュール構成を述べ、図 5.3 にてそれを示す。また図 5.2 にて KEHARE システムを利用している様子を示す。

5.2.1 プライバシモード判定機構

加速度センサから u-Texture の傾きを取得し、そのコンテキスト情報を用いて、現在の u-Texture のプライバシモードがプライベートモードかパブリックモードであるかを判断する。プライバシモードが変更される際、ウィンドウ表示切替要求をウィンドウレイヤ管理機構に伝える。

5.2.2 ウィンドウレイヤ管理機構

ウィンドウレイヤはウィンドウごとにそれがパブリックなウィンドウなのか、プライベートなウィンドウなのかを登録し、レイヤ分けを行う。登録は、ウィンドウのメニューバーからパブリックかプライベートかを選択して行うことができる。そしてプライバシモード判定機構からの、ウィンドウ表示切替要求に応じて、表示モードの切り替えを行う。具体的にはパブリックモードの時には、パブリックレイヤのみを表示し、プライバシモードの時には、プライベートレイヤとパブリックレイヤを同時に表示する..



(a) 傾きによるプライベートなウィンドウの非表示



(b) 傾きによるプライベートなウィンドウの表示

図 5.2: u-Texture での実装

5.3 まとめ

本研究では、第3章で提案し、第4章で設計したKEHAREシステムのうち、個人端末上のウィンドウ表示をプライバシーモードとパブリックモードの2つに分ける部分を実装した。そしてグループワーク参加者それぞれの個人端末は、u-Textureという計算能力や通信機能を有するボード型のデバイスを用いた。プライバシーモードとパブリックモードの切り替えは、u-Textureの傾きを加速度センサで取得し、その情報をもとに行った。

本章ではハードウェア、ソフトウェアの実装環境を説明し、その後モジュール構成を述べた。

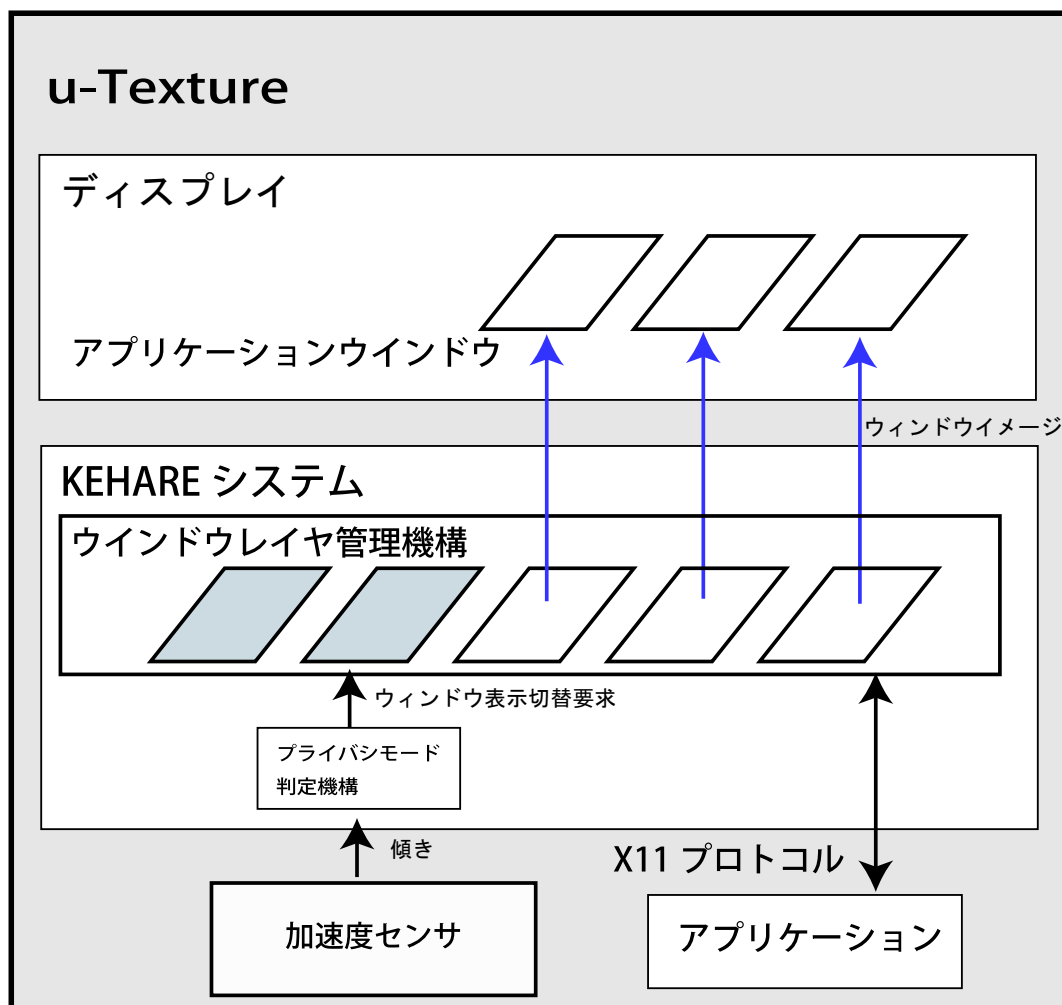


図 5.3: モジュール構成

第 6 章

評価

本章では、本研究のシステムと関連研究との比較し，評価を行う．

6.1 関連研究

第2章で挙げた以外の、関連研究として、Connec Tables[9] と Microsoft Reserch の Ken Hinckey 氏 [19, 20] の研究が挙げられる。これらの研究は、個人端末を接続することによって共有ディスプレイを構築する面で共通している。

6.1.1 Connec Tables

Connec Table は、German National Research Center for Information Technology(GMD) の研究で、ラップトップ PC のディスプレイの机の表面をコンピュータのディスプレイにし、その上部にセンサと ID タグを装備したものである。この Connec Table 2つを対面して接続すると、それらの Connec Table は互いに相手の ID をセンサによって取得し、サーバにその情報を送る。そしてサーバで二つの Connec Table の画面をつなげ、そしてその画像を分割してクライアントである Connec Table に送り、それぞれの部分を表示する。つまりユーザにとっては互いの Connec Table を上下で接続させることによって、共有ワークスペースができるのである。これによって2つの対面する Connec Table 同士で、接続した互いのディスプレイの上で自由にウィンドウを移動することができる。

この研究ではグループワークでの一番重要な目的を、人間同士のインタラクションとし、コンピュータと人間とのインタラクションは2次的なものとする。よって、できるだけコンピュータを操作していることを人間の意識から消して、人間同士が互いのコミュニケーションにより集中できるようにする必要があるとする。このためコンピュータのデスクトップを実際の机に表示し、ウィンドウの移動を2つの Connec Table 間で滑らかに行うことで、よりコンピュータを使っているという意識を減らすことができるとしている。また実際に机を接続することによって、相手の Connec Table の IP アドレスを入力する必要もなく、直感的に共有ディスプレイを構築できる。



図 6.1: ConnecTables 間の Window の移動

6.1.2 Ken Hinckley 氏の研究

Connec Table は対面する Connec Table1 台としか共有ワークスペースを作ることができないが，Ken Hinckley 氏の研究では，タブレット PC を上下左右のすべての方向から結合でき，つながったそれぞれのコンピュータは全体の中での自分の場所を認識し，それに応じて全体で 1 つの画像を表示できる．タブレット PC には加速度センサ，近接センサが内蔵されており，複数のタブレット PC を組み合わせて大きな共有ディスプレイをつくったり，動的にその共有ディスプレイを分割，統合することができる．

他の機能として，2 つのタブレット PC を接続させることによって，それぞれに同じウィンドウ画面が表示され，その共有ウィンドウの中で，文字や線を描いて 1 つの画面を同時編集できる．その画面にはプライベート領域が設けられ，相手から見える状態の時にはその領域を隠されている．具体的には図 6.3 の (a) のように共有ディスプレイの右側にトランプが 3 枚たてに並んでおり，このタブレット PC を地面と垂直に傾けると，付属された加速度センサーによってその傾きが取得され，図 6.3 の (b) のようにトランプで隠されていた領域が表示される．また少し離れたディスプレイ間に自分の手をかざすと，ウィンドウ内の領域が右に移り，プライベートな画面が表示される．

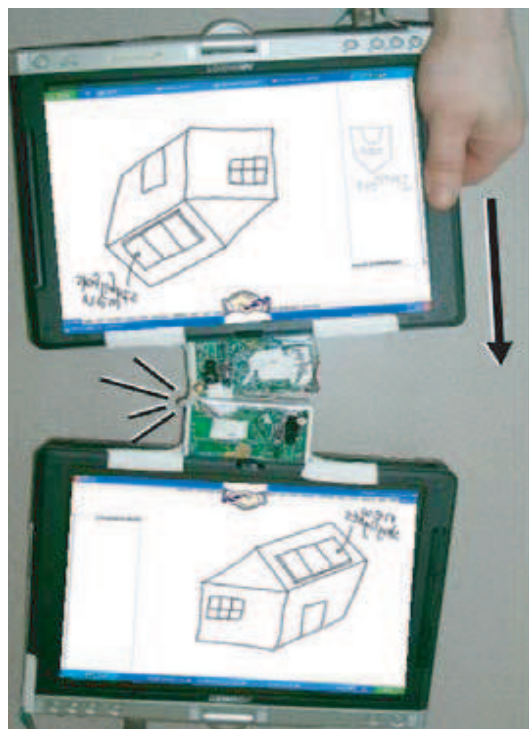
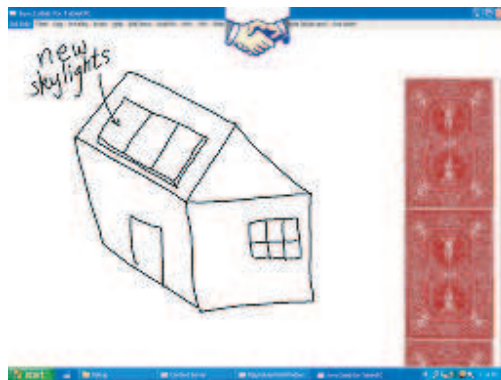
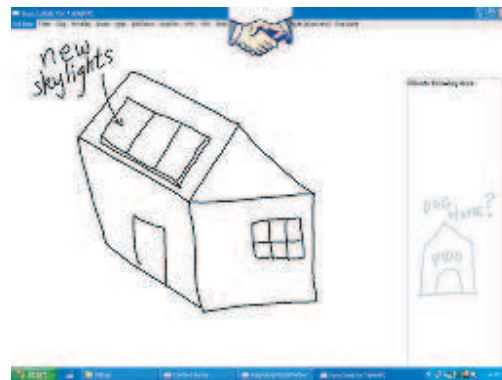


図 6.2: 共有ワークスペースの創出



(a) 個人領域の隠蔽



(b) 個人領域の表示

図 6.3: 個人領域の隠蔽と表示

6.2 比較検討

本研究における KEHARE システムと，上記および第 2 章で挙げた関連研究との比較を行う．また，本研究で設定したシステム要件の移動性，即興性，操作性，プライバシーと，プライバシー保護のためのウィンドウ単位での表示切替の 5 つの要素と，KEHARE システム及び関連研究との対応を図 6.2 に示す．

● Connec Tables

ConnecTable の場合にはセンサと ID タグが ConnecTable 上面の 1 箇所にしかついておらず，直面する ConnecTable とのみ共有スペースを構築することができる．それに対し，本システムでは上下左右の 4 方向のどちらからでも接続し，共有スペースを構築することができる．またプライベートな情報の表示に関しては考慮されておらず，本システムの方がよりユーザの嗜好や，コンテキストを考慮したシステムであると言える．

● Ken Hinckley 氏の研究

Hinckley 氏のシステムにおいては 4 方向のどちらからでも接続して，共有スペースを構築できる点では共通している．また Hinckley 氏の研究は，共有スペースにおけるプライベートな情報の表示に関しては，アプリケーションレベルで取り組んでいる．しかしそれは特定の 1 つのアプリケーションでしか対応できない．KEHARE システムで行ったようなウィンドウごとの表示，非表示の制御をすることはできない．

- **Dynamo**

本研究のシステム要件である移動性、即興性、操作性、プライバシーには対応していない。しかしグループワークを行う際に、身近に Dynamo システムの環境があり、個人端末を共有ディスプレイに接続せず、プライベートな情報をグループワーク参加者が取り扱わない場合は、本システムより操作性の面で優れている。

- **iRoom**

本研究のシステム要件である移動性、即興性、操作性、プライバシーには対応していない。しかし Dyanamo と同じく、システムが容易に利用可能であり、プライバシーを考慮しない場合には、本システムより複数の画面を使った表示等や操作性において優れている。またディスプレイが複数あることから、より多様な情報の表示を同時に行うことができる。

- **Augmented Surface**

Augmented Surface では CCD カメラやプロジェクタ、大型ディスプレイを用いることから、移動性、即興性に関しては対応していない。しかし、操作性に関しては、自分の端末のデスクトップ画面と、壁や机の共有ディスプレイ領域の間を、ウィンドウやファイルが自由に交換できることから、優れていると言える。またプライバシーに関しても個人端末の画面をプライベートな領域として確保できることから、対応していると言える。ただ、KEHARE システムにおける状況に応じたウィンドウ単位での表示、非表示という機能はない。

表 6.1: 本研究の要件と関連研究との対応表

	移動性	即興性	操作性	プライバシー	ウィンドウ
KEHARE	○	○	○	○	○
Hinckley 氏の研究	○	○	○	○	×
Connec Tables	○	○	○	×	×
Dynamo	×	×	×	×	×
iRoom	×	×	×	×	×
Augmented Surface	×	×	○	○	×

6.3 基本性能評価

本研究において実装した、傾きによるウィンドウ表示の切り替えの、基本性能評価を行う。測定は、プライベートなウィンドウ1つとパブリックなウィンドウ1つ、プライベートなウィンドウ1つとパブリックなウィンドウ3つ、プライベートなウィンドウ3つとパブリックなウィンドウ1つ、プライベートなウィンドウ3つとパブリックなウィンドウ3つの4パターンに分けて行った。測定方法は、u-Textureの加速度センサが傾きを検出してから、プライベートレイヤのウィンドウがすべて表示されるまでの時間をそれぞれ30回測定し、その平均を出した。以下の図にその結果を示す。

表 6.2: 基本性能評価

	所要時間平均 (ミリ秒)
Private Window 1 Public Window 1	10
Private Window 1 Public Window 3	13
Private Window 3 Public Window 1	32
Private Window 3 Public Window 3	30

この表より、プライベートレイヤのウィンドウを増やすほど、すべてのプライベートウィンドウを表示するまでに時間がかかり、逆にパブリックウィンドウが増えても、プライベートウィンドウの表示にはあまり影響がないことがわかる。

6.4 まとめ

本章では、第2章で述べた関連研究のほかに、Connec Table と Ken Hinckley 氏の研究を紹介し、KEHARE システムとの比較を行った。その結果、他の研究に比べて、KEHARE システムはウィンドウ単位での、プライバシーモードに対応した表示切替ができる点で優れているといえる。

その後基本性能評価を、4パターンに分けて行った。基本性能評価により、プライベートウィンドウが増えるほど、システムが傾きを検知してからすべてのプライベートウィンドウを表示するまで時間がかかり、逆にパブリックウィンドウの数はあまり影響しないことがわかった。

第 7 章

結論

本章では、今後の課題を示し，本研究のまとめを行う．

7.1 今後の課題

本研究における KEHARE システムの、今後の課題について述べる。

7.1.1 ウィンドウ表示の多層化

本研究の実装では、ウィンドウ表示モードが u-Texture を傾けるか、傾けないかの 2 つしかなかったが、今後の課題として傾きのレベル、例えば 30 度ごとに、プライベートな情報が少ないウィンドウから出てくるようにすれば、さらにユーザにとって好ましいプライバシーを考慮したウィンドウ表示が可能になるのではないだろうか。また共有ディスプレイを構築する際、構築する人によって表示されるプライバシーのウィンドウが変わるなど、様々な状況に対応できるプライバシーを考慮したウィンドウ表示が望まれる。

7.1.2 アプリケーションのアクセス制限

本研究では共有ディスプレイ構築後のプライバシーの問題を取り扱ったが、そのほかに共有ディスプレイで使用可能なアプリケーションのアクセス権限のコントロールや、ウィンドウだけではなく、アイコンなどの表示、非表示をコンテキストに基づいて切り替えることも必要だと考える。

7.1.3 ウィンドウの操作

タッチパネルで 2 つのウィンドウを同時に動かしたり、ウィンドウを 2 本の指で回転するなど、自由にウィンドウを個人端末間で動かすことができれば、よりユーザにとってコンピュータを操作しているという意識が軽減され、ユーザはグループワークにより意識を集中することができ、効率的、効果的にコミュニケーションやコラボレーションを行うことができる。ウィンドウの操作をいかに実世界の紙と同じような感覚で操作できるようにするかが、課題である。

7.1.4 ウィンドウの移動

本研究では、u-Texture を接続したときの、ウィンドウの共有や、プライベートな情報の表示システム等を考察した。しかしただ自分のウィンドウを他の人に見せたり、ウィンドウのイメージを他の人に渡したりしたいときは、毎回共有空間を構築するのではなく、直感的に人間の物理的なアクションを使って移動できる方がよい。例えば、自分の u-Texture を下に傾けると、その下にある u-Texture にウィンドウをすべり落ちるようにすることができると、お互いにとって直感的にウィンドウをやり取りでき、さらにプライベートな領域も確保できる。よって、u-Texture 間の直感的な操作によるウィンドウ移動ができれば、より利用者の状況に対応したグループワーク支援を行うことができる。

7.2 本研究のまとめ

本研究では，共有ディスプレイを用いたグループワーク支援システムを考察し，現状の問題点として移動性，即興性，操作性，プライバシーの4つを挙げた．これらを解決するために，KEHAREシステムを考案し，設計を行った．KEHAREシステムではグループメンバがそれぞれ持つ個人端末を接続することによって共有ディスプレイを構築し，さらにユーザの状況に応じて，個人端末のデスクトップ画面上のウィンドウをプライベートレイヤとパブリックレイヤの2層に分けて表示する．実装ではu-Textureというボード型の計算能力や通信機能を有するボード型のデバイスを個人端末として用い，第4章で設計したKEHAREシステムのうち，各個人端末のウィンドウ表示をパブリックレイヤとプライベートレイヤの2層に分ける部分を実装した．そしてKEHAREシステムの関連研究との比較，基本性能測定を行い，本システムの評価を行った．最後に今後の課題として，ウィンドウ表示の多層化，共有ディスプレイ構築後のアプリケーションのアクセス制限，ウィンドウの操作，ウィンドウの移動の4つを挙げた．

謝辞

本研究を進めるにあたって，ご指導を頂きました慶應義塾大学環境情報学部教授徳田英幸博士に深く感謝致します．慶應義塾大学徳田・村井・楠本・中村・南研究室の先輩方には，励ましの言葉や，貴重な助言を頂きました．特に高汐一紀先生をはじめ，HORN 研究グループの神武直彦氏，岩本健嗣氏，鈴木源太氏，青木俊氏，幸田拓耶氏，丸山大佑氏には常に暖かい叱咤激励とご指導，ご協力をいただきました．ここに深い敬意と，感謝の念を表します．有難うございました．

平成17年 1月 31日
田中一史

参考文献

- [1] Bannon, L. J. and Schmidt, K.: CSCW:Four Characters in Search of a Context.
- [2] 石井裕: CSCW とグループウェア協創メディアとしてのコンピュータ, オーム社 (1994).
- [3] Winnett, M., Malyan, R. and Barnwell, P.: ShareLib: A Toolkit for CSCW Applications Programming Using X Windows, *CSCW* (1994).
- [4] Stewart, J., Bederson, B. B. and Druin, A.: Single Display Groupware:A Model for Co-present Collaboration, *CHI99* (1999).
- [5] Tse, E., Histon, J., Scott, S. and Greenberg, S.: Avoiding Interference: How People Use Spatial Separation and Partitioning in SDG Workspaces, *ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW)*, pp. 252–261.
- [6] Olson, G. M. and Olson, J. S.: Distance Matters, *Human Computer Interaction Journal*.15(2&3), pp. 139,178 (2000).
- [7] Weiser, M.: The Computer for the 21st Century.
- [8] Pedersen, E. R., McCall, K., Moran, T. P. and Halasz, F. G.: Tivoli:An Electronic Whiteboard for Informal Workgroup Meetings.
- [9] Tandler, P., Prante, T., Muller-Tomfelde, C., Streitz, N. and Steinmetz, R.: ConnecTables:Dynamic Coupling of Displays for the Flexible Creation of Shared Workspaces, *UIST* (2001).
- [10] G, F. and M, S.: Cognoter, Theory and practice of a Colab-orative tool, *the Conference on Computer-Suportded Cooperative Work(CSCW'86)*, ACM Press (1986).
- [11] Benford, S., Bederson, B. B., Akesson, K.-P., Bayon, V., Druin, A., Hansson, P., Hourcade, J. P., Ingram, R., Neale, H., O'Malley, C., Simsarian, K. T., Stanton, D. and et al.: Designing Storytelling Technologies to Encourage Collaboration Betweek Young Children, *Human Factors in Computing Systems (CHI 2000)*, ACM Press., pp. 556–564. (2000).

- [12] Izadi, S., Brignull, H., Rodden, T., Rogers, Y. and Underwood, M.: Dynamo:A public interactive surface supporting the cooperation sharing and exchange of media, *UIST 2003*, pp. 159–168.
- [13] Johanson, B., Fox, A. and Winograd, T.: The Interactive Workspaces Project:Experiences with Ubiquitous Computing Rooms, *IEEE Pervasive Computing*, 1(2), pp. 67–74.
- [14] Johanson, B., Hutchins, G., Winograd, T. and Stone, M.: PointRight:Experience with Flexible Input Redirection in Interactive Workspaces, *User Interface Software and Technology(UIST02)*, ACM Press.
- [15] Rekimoto, J. and Saitoh, M.: Augmentes Surfaces:A Spatially Continuous Work Space for Hybrid Computing Environments, *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI'99)*, p. 378 385.
- [16] Bench-Capon, T. and A.M.McEnery: People interact through computers not with them.
- [17] Kohtake, N., Yanagihara, T., Murakami, T., Ideuchi, M., Maruyama, D., Oh-sawa, R., Koizumi, K., Yonezawa, T., Sakakibara, H., Matsukura, Y., Nakazawa, J., Takashio, K. and Tokuda, H.: u-Texture: A Board-shaped Smart Material that Provides Ubiquitous Services, *2nd International Symposium on Ubiquitous Computing Systems(UCS 2004) Demo Session* (2004).
- [18] Ideuchi, M., Maruyama, D., Murakami, T., Kohtake, N., Nakazawa, J., Takashio, K. and Tokuda, H.: u-Texture: A Self-Organizable Material for Building Smart Furniture (2004).
- [19] Hinckley, K.: Bumping Objects Together as a Semantically Rich Way of Forming Connections between Ubiquitous Devices, *The 4th International Conference on Ubiquitous Computing 2003 (UbiComp2003)* (2003).
- [20] Hinckley, K., Ramos, G., Guimbretiere, F., Baudisch, P. and Smith, M.: Stitching: Connecting Wireless Mobile Devices with Pen Gestures, *ACM Advanced Visual Interfaces (AVI 2004)* (2004).