

個人情報と公共情報を共存表示できる Face-to-Face 型協調作業ディスプレイ SharedHole

A Display System for Face-to-Face Collaboration of Multiple Users to Collocate Personal and Public Information -- SharedHole

大澤 渉^{*1}

北村 喜文^{*2}

竹村 治雄^{*2*3}

岸野 文郎^{*2}

^{*1} 大阪大学大学院工学研究科

^{*2} 大阪大学大学院情報科学研究科

^{*3} 大阪大学サイバーメディアセンター

1. はじめに

携帯電話やPDAなどを用いたコミュニケーションやユビキタスコンピューティングの急速な普及にとともに、複数の人が協力して作業をするための環境作りに関する関心が高まっている [1]。そして、会議室などに集まった複数人によるグループの打ち合わせなどの協調作業を支援するためのシステムも多く提案されてきている [2-7]。

このようなシステムでは、参加者全員で共有すべき情報を提示するために大型のディスプレイを利用する例が多いが、複数人で打ち合わせをするような場合には、参加者全員で共有する公共情報だけではなく、他の参加者とは共有するべきではない個人的な情報も同時に扱えるような仕組みも求められる場合も多い。そのため、「個人情報」と「公共情報」の両方を同時に扱えるようなシステムもいくつか提案されてきた [8-11]。しかし、個人情報と公共情報の間の関連がわかりにくいなどの問題もあった。

本稿では、単一ディスプレイ上に複数の利用者の個人情報と公共情報をシームレスに共存させて表示できる新しい協調作業用ディスプレイを提案する。このシステムでは、利用者の動きに伴って動的に個人情報と公共情報の提示領域を変更することができる。そして、複数利用者の中の誰と、どの情報を、どのように共有するかなどをコントロールしながら協調作業を進めることができる。

2. 個人情報と公共情報

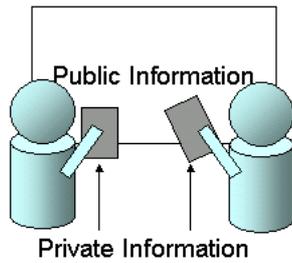
一般に、人は、情報を共有し合いながら他人と協調して作業をしたり交渉をしたりする際には、手持ちの情報のうちのどの範囲までを他人に見せるべきか、または逆に、どの情報は他人に見せるべきではないのかなどについて、常に注意を払っている。ここではこのような情報を大別して、共有すべきではない個人情報と共有可能な（または共有すべき）公共情報の2種類に分類して考えることにする。この分類は静的なものとは限らず、状況に応じて動的に変化する場合もあり得る。本章では、このような2種類の情報を扱うことが

できるディスプレイシステムについて述べる。

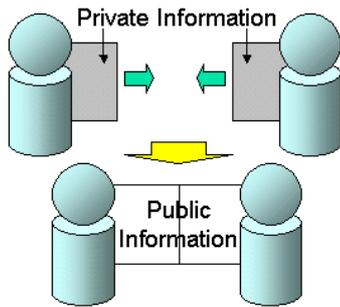
2.1. 従来手法

複数人が個人情報かまたは公共情報かに属する情報を扱っている典型的な状況について考える。このような環境を扱うシステムとして代表的なものに、図 1(a)のように複数のディスプレイを用いて、個人情報と公共情報を別々に表示させるシステムが考えられる。全利用者が皆で公共情報を共有するために大型のディスプレイ装置を眺め、一方で、各利用者がそれぞれの個人情報を見るために、PDA やノート PC などの小型のディスプレイを利用するものがそれに当たる [8,9]。この場合、ある情報を他人と共有しようとする、その情報の所有者は、それを他人から見えるディスプレイ面に置くという作業を行うことになる。しかし、この利用者が多くの情報（の塊）を持っている場合、それらの中から公共情報だけを選択して公共のディスプレイ面へ置くことは、面倒な作業であるばかりではなく、情報の管理や把握という点でも困難になる。個人用ディスプレイにある情報と公共情報用ディスプレイにある情報の繋がりがわかりにくいと、視線が複数のディスプレイ間を頻繁に行き来することになってしまう。そうでなくとも、利用者はしばしば自分の個人用ディスプレイのみに集中してしまいがちになってしまう。このような情報の表示場所の乖離をなくし、2種類の情報をシームレスに、わかりやすく操作できるようなシステムが必要であると考えられる。

個人情報用のディスプレイを共有したい相手に直接見せてしまう方法も考えられる。このような例として、図 1(b)に示すように、複数の個人情報提示用のディスプレイを必要に応じて互いに接続し、公共情報提示用ディスプレイとするものが提案されている [10]。自分が見ているディスプレイを直接相手に見せることは、他者と情報を共有する方法として最も簡単で直感的な方法である。しかし、自分のディスプレイ上に表示されている全ての情報を共有することになってしまう、ある特定の情報のみを共有するということができない。共有するべきでない情報のみを一時的に隠すということも考えられるが、スムーズな作業を行う



(a) Configuration with multiple displays.



(b) Configuration with connectable displays.

図 1: 個人情報と公共情報を利用する典型的な例

ためには、情報の所有者にとっては、2種類の情報を同時に表示させることも求められる。共有すべきではない情報も、共有された情報と同時に、同等に扱えるようなシステムが必要であると考えられる。

また別の方法として、立体ディスプレイの原理を利用する方法も考えられる。通常は右目用と左目用とする立体視用の画像の組を、それぞれ異なった2人へ見せる画像として利用しようとするものである。たとえば、2人の利用者それぞれの個人へ提示する情報を時分割的に1つの画面に表示させ、それに同期させて交互に両眼が同時に開閉する2つのシャッター眼鏡を用いることにより、各利用者の個人情報を提示するシステムが提案されている[11]。このシステムでは、公共情報提示領域の上に個人情報を重畳することもできるため、協調作業の効率化に有益である。しかし、原理上フリッカが生じるなどの問題があるため、利用人数は2名までに限られる。また、眼鏡をはずせば他方の利用者に個人情報が見えてしまう、たまたまディスプレイの前を通りかかった眼鏡をかけていない第三者には全利用者の個人情報が丸見えになってしまうなどの問題がある。

他にも、複数のディスプレイを用いて、共有すべき情報だけを自動的に複製して公共ディスプレイへ表示するフィルタなどを利用することも考えられるが、この場合、同一の情報が個人情報用のディスプレイと公共情報用のディスプレイの双方に登場することになってしまい、利用者は、自分の個人用ディスプレイ上の情報が公共のディスプレイにも表示されている

のかなどについて、常に気を配らなくてはならなくなる。さらに、他の利用者が公共のディスプレイ上の情報をアクセスしたり変更したりしようとしているかなどについても常に気を付けなければいけなくなる。また、ある状況においては、利用者は、自分が公共情報として表示したものについても、その後の経過を注意深く観察したい場合がある。たとえば、その情報に興味を持つ人がいるのか、興味を持つのは誰なのか、どれほど強い興味なのか、といった点などである。このためには、単に個人の情報を複製して公共のディスプレイ面に置けばよいというわけではないと思われる。

2.2. 個人情報と公共情報の共存表示

前節での従来手法に対する考察を踏まえ、複数の利用者の個人情報と公共情報をシームレスに共存させて表示させる方法について考える。

ある利用者が所有する情報のうち、他人と共有する公共情報も自分の個人情報を提示するディスプレイ面の領域の近傍（または一部）に表示することができれば、あくまで、その情報を所有者自らの管理下に置くことができる。そして、この情報に興味を持った他の利用者が、この領域を覗き込むことによって公共情報を見ることができるようになれば、このような他の利用者の明示的な動きは、作業環境の中でのアウェアネス情報としても役に立つ。また、自分が公共情報として表示したものについて、その後の経過を知ることができる。そのため、通常は個人情報を提示しているディスプレイ面の一部を、協調作業の状況に応じて他の利用者からも見えるようにし、その場所に公共情報を提示する方法が考えられる。

このような構成において、もし、各利用者の個人情報のディスプレイがそれぞれ離れた場所があれば、利用者は、表示されている公共情報を探すために、他の人の個人情報ディスプレイを1つずつ順番に見て回る必要がある。しかし、大勢の人と協調して作業をしたり交渉をしたりする場合や、情報の共有性などが動的に変化する場合には、これは面倒な作業である。もし、複数の個人情報が同一のディスプレイ上に配置されれば、利用者は皆、このディスプレイに集中して作業を進めることができる。

単一のディスプレイを共有して利用し、そこに、各利用者の個人情報と複数人で共有すべき公共情報の両方を表示する方法は、数人程度がお互いの顔を見て話し合いながら協調して作業をしたり交渉をしたりする場合に有利である。特に、水平に置かれたテーブル状のディスプレイでは、書類・文房具や飲み物などを傍らに置きながらリラックスして作業ができるというメリットもある。次章以降では、この実現方法について述べる。

3. 個人情報と公共情報の共存表示

3.1. 基本原理

個人情報と公共情報を同一のディスプレイ上に共存表示させる方法について述べる。我々が提案するシステムでは、図 2(a)に示すように、一般のディスプレイ装置と、中央部のマスクホール以外はディスプレイを覆い隠すディスプレイマスクから構成される。ディスプレイマスクをディスプレイ面から適当な距離だけ離れた位置に設置し、利用者がマスクホールを通してディスプレイを利用することにより、各利用者の視点位置に応じて、それぞれが異なるディスプレイ上の領域を利用することが可能となる。この領域を各利用者の情報提示領域とする。3人の利用者が同時にこのディスプレイを利用した場合における、各利用者の情報提示領域の一例を図 2(b)に示す。この図における利用者 P の情報提示領域は、ディスプレイマスクに遮られるために、他の利用者 (Q と R) から見られない領域となっている。すなわち、この領域は利用者 P だけから見ることでできる個人情報提示領域となる。

一方、図2(b)の利用者Qと利用者Rのように、お互いの情報提示領域が重なっている場合、その重なっている領域は利用者Qと利用者Rの双方から見ることでできる領域となっている。すなわちこの領域は、利用者Qと利用者Rによって共有された公共情報提示領域となる。利用者QとRの情報提示領域のうち、重なった領域以外の部分は、それぞれの利用者のみが見ることができる個人情報提示領域となる。

利用者が頭を動かすなどして視点位置が変化した場合には、その変化に応じて情報提示領域を動的に生成する。これにより、利用者は他の利用者との位置関係を変化させることで、自分だけが見ることができる個人情報提示領域と、特定の利用者と共に利用できる公共情報提示領域を、動的に使い分けることができる。

3.2. 情報提示領域

情報提示領域の形状は、マスクホールの形状に依存する。マスクホールの形状はさまざまなものが考えられ、基本的にはアプリケーションに依存するものであるが、ディスプレイを水平に利用した協調作業システムにおいては、円形とすることで 360 度のどの方向から利用しても同じ形状が得られるという利点がある。矩形とすることも考えられるが、利用者が見る方向によってディスプレイ領域の形状が変化するため、一般的には、無用な混乱を引き起こす可能性がある。そこで本研究では、マスクホールの形状は円形であるとする。

情報提示領域の位置は、ディスプレイ面とマスク間の距離 D と、利用者の視点位置 $(x_{eye}, y_{eye}, z_{eye})$ によって決定される。図 3 に示すようにディスプレイ面の中

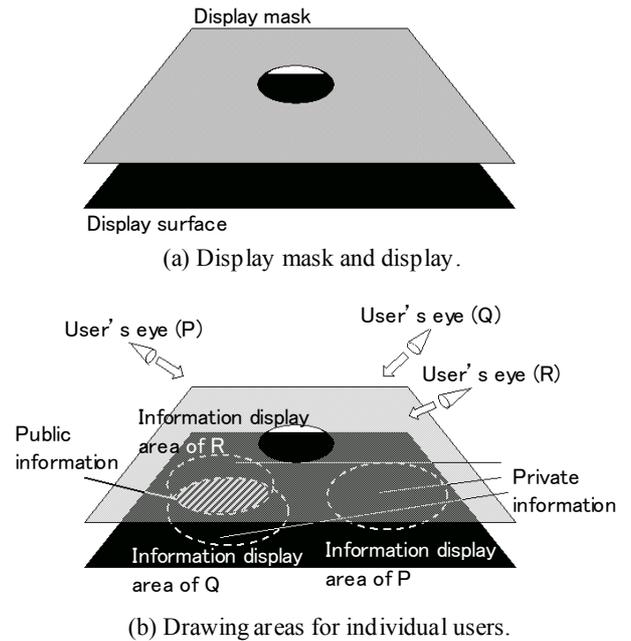


図 2: ディスプレイの原理

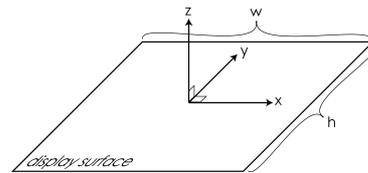


図 3: ディスプレイの座標系

心を原点とした座標系をとった場合、情報提示領域の中心位置は以下ようになる。

$$\left(-x_{eye} \cdot \frac{D}{z_{eye} - D}, -y_{eye} \cdot \frac{D}{z_{eye} - D}, 0 \right) \quad (1)$$

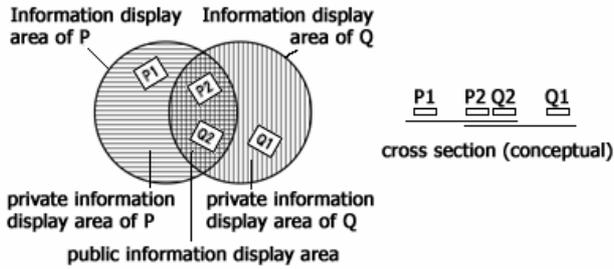
また、情報提示領域の半径 r は、利用者の視点位置 z_{eye} とディスプレイ面とマスク間の距離 D 、マスクホールの半径 R によって次のように与えられる。

$$r = R \cdot \frac{z_{eye}}{z_{eye} - D} \quad (2)$$

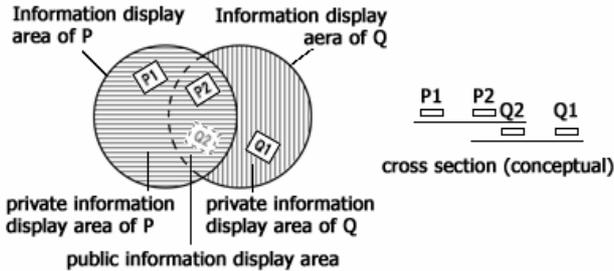
式(1)と(2)によって、それぞれの利用者に対する情報提示領域が動的に決定される。この式より、利用者がマスクに近づけば情報提示領域が拡大され、遠ざかれば情報提示領域が縮小されることがわかる。

また、利用者がディスプレイの回りを動いた場合、どの方向から利用しても常に情報提示領域が利用者の方向を向くように、領域全体を回転させる必要がある場合もある。情報提示領域の回転角 rot は、利用者の視点位置 x_{eye}, y_{eye} から次のように求めることができる。

$$rot = 90 + \tan^{-1}(y_{eye}/x_{eye}) \quad (3)$$



(a) Example of two users with same priority level.



(b) Example of two users with different priority levels. In this example, Q has a higher priority level than P.

図 4: 利用者の優先順位と情報提示領域

4. ディスプレイへの情報提示

本ディスプレイ装置に情報を提示する方法について述べる。ここでは、情報そのものを表すアイコンなどのオブジェクトを表示する場合を例として説明する。

4.1. 利用者の優先順位

本ディスプレイシステムでは利用者の優先順位に従って、情報提示領域の重なった部分に変化をもたらすことができる。優先順位の等しい2人の利用者が情報提示領域を重ねた場合、図 4(a)に示すように、それぞれの利用者が所有するオブジェクトは対等に表示される。この図の場合、利用者 P は公共情報提示領域内の利用者 Q の所有するオブジェクト Q2 を見ることができ、利用者 Q もまた公共情報提示領域内の利用者 P の所有するオブジェクト P2 を見ることができ

一方で、優先順位の異なる利用者が情報提示領域を重ねた場合、図 4(b)に示すように、特定のオブジェクトは公共情報提示領域に表示されない。この図では、利用者 Q が P よりも高い優先順位を持っている場合の例について示してある。利用者 Q は公共情報提示領域内の利用者 P の所有するオブジェクト P2 を見ることができ、利用者 P は利用者 Q が所有するオブジェクト Q2 を見ることができない。ここで、利用者間の優先順位は、あらかじめ決めておくことも、利用者の動きや状態によって動的に変化させることも

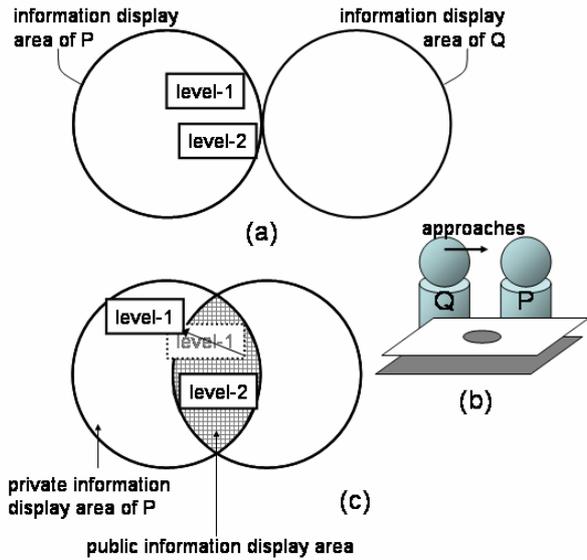


図 5: オブジェクトの位置自動変更

できる。

4.2. オブジェクトのパーミッション情報

利用者は自分の情報提示領域内にオブジェクトを所有・表示することができ、その領域内において自由に操作する権利を持つ。ここで操作とは、オブジェクトが示すファイルの内容を実行、削除、コピー、編集などを行うことである。

- Level-1: 所有者以外のどの利用者也オブジェクトを見ることも操作することもできない
- Level-2: 所有者以外の利用者は見ることができ、操作することはできない
- Level-3: 全ての利用者は見ることができ、操作することもできる

level-3 のオブジェクトは個人情報提示領域と公共情報提示領域のどちらにでも置くことができ、全ての利用者はこのオブジェクトを操作することができる。level-2 のオブジェクトも同様に個人情報提示領域と公共情報提示領域のどちらにでも置くことができるが、オブジェクトが公共情報提示領域に置かれている場合でも、所有者以外の利用者が操作することはできない。level-1 のオブジェクトは公共情報提示領域内にオブジェクトが置かれた場合にも、所有者以外の利用者からは見えないようになっている。

図 5(a)に示すように、利用者 P の情報提示領域内に level-1 のオブジェクトと level-2 のオブジェクトが表示されているとする。今、図 5(b)に示すように利用者 Q が利用者 P の方へ接近したとすると、個人情報提示領域が縮小されるに伴い、公共情報提示領域が大き

くなる。この場合、level-2 のオブジェクトは元にあった位置から動くことはないが、level-1 のオブジェクトは他の利用者から見られないようにする必要がある。このための方法として、1つは図 4(b)に示すように利用者間の優先順位を利用する方法がある。その他の方法として、図 5(c)に示すように level-1 のオブジェクトは、公共情報提示領域外に表示位置を移動させる方法がある。利用者 Q が利用者 P から十分に離れば、オブジェクトは元にあったように表示される。

5. 試作システム

提案したディスプレイを用いて、画面上に表示されたオブジェクトを複数の利用者が協調的・戦略的に操作できるシステムを試作する。

5.1. ハードウェア構成

試作システムとして、ディスプレイ装置に 68inch の BARON(Barco 社製)を水平に用いて実装する。ディスプレイ面の大きさは、1,360mm×1,020mm である。ディスプレイマスクはディスプレイ面から 150mm 離れた位置に設置し、マスクホールの半径は 200mm である。このディスプレイ装置は、多人数共有型立体ディスプレイ [12] と同一のものを利用するが、立体視は用いない。利用者の視点位置検出として超音波式の 3 次元トラッカ (IS-600 Mark2 SoniDisc, Intersense 社製) を用いる。本システムの構成図を図 6 に示す。また、表示したオブジェクトを操作するための入力装置として、ゲームコントローラ (Dualshock2, SONY 社製) を使用する。

5.2. ユーザインタフェース

試作したシステムに実装しているユーザインタフェースの主な機能を紹介する。

オブジェクトの共有

利用者は自分が所有しているオブジェクトのパーミッション情報を自由に変えることができる。試作システムでは、コントローラを用いてポインタを動かし、オブジェクトをクリックすることにより、パーミッション情報を変えられる。また、利用者はオブジェクトを個人情報提示領域内と、公共情報提示領域内のどちらに置くかによって、他の利用者との情報

を共有するかをコントロールすることができる。例えば、ある個人情報提示領域内にある共有されていないオブジェクトを、公共情報提示領域内にドラッグ&ドロップすることによって、他の利用者との共有することも可能である。この場合、個人情報提示領域内にあったオブジェクトの持つパーミッション情報が level-1 であれば、移動後のパーミッション情報は level-2 へと変化する。

オブジェクトのコピー・移動

利用者はオブジェクトをドラッグすることにより、その表示位置を変更することが可能である。また、公共情報提示領域内に置かれている level-3 のオブジェクトを自分の個人情報提示領域内にまでドラッグすることで、所有権を自分に変更することができる。この機能を用いることにより、利用者は、個人情報提示領域内にあるオブジェクトを、公共情報提示領域を通して他の利用者へと受け渡すことが可能である。また、利用者はオブジェクトを公共情報提示領域までドラッグし、クリック操作することにより、相手へオブジェクトのコピーを渡すことができる。

6. 実験

試作したシステムを用いて、個人的な空間と共有された空間の両方が必要となるような、戦略的な協調作業を行い、個人情報提示領域と公共情報提示領域がどのような使われ方をしているのかを観察する。3 人の被験者を一組として実験を行う。1 枚の絵を 3×3 に分割したパズルを 3 種類用意し、合計 27 個のピースを 3 人の被験者に 9 枚ずつランダムに配る。被験者には、3 種類の絵柄のうちどれか 1 つを他の被験者よりもはやく完成させるタスクを与える。それぞれの被験者には、他の被験者と交渉し、ピースを交換しあいながら目的を達成させる。

実験中の被験者の行動と会話をビデオに撮影し、各被験者の視点位置も記録する。図 7 は、各被験者の視点位置の推移を、タスク時間 7 分 22 秒中の 4 分間について示したグラフである。グラフの横軸には、図 8 に示すようなディスプレイ面回りの方位角で表した視点位置をとり、縦軸には実験開始からの経過時間 (秒) をとっている。グラフ中には、ピースの交換が行われた時間・場所と対応する部分を、円で囲んでいる (exchange1~exchange3)。また、グラフ中の楔形の記号 a1~a10 は、被験者が他の被験者に向かって近づいた場面を示している。図 9 に実験中の一場面における様子を示す。ここで、図 9(a) は 3 人の被験者 (それぞれ R, G, B と名づける) によってディスプレイが共有されている様子を示し、図 9(b) はそれに対応したディスプレイ面を示したものである。

本実験を通して、いくつかの特徴的な被験者の行動を観察することができた。ひとつは利用者が他の被験者との交渉や、ピースの交換を行う場合に、対象となる被験者に近づくことによって、共有された領域を広

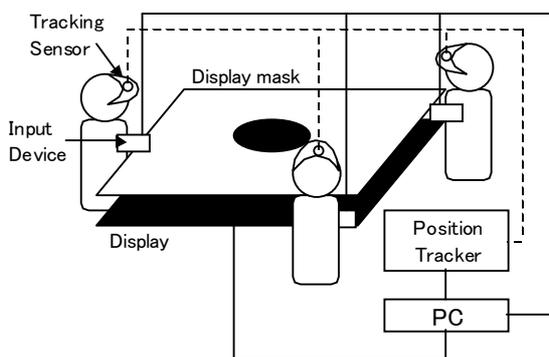


図 6: システムの概要

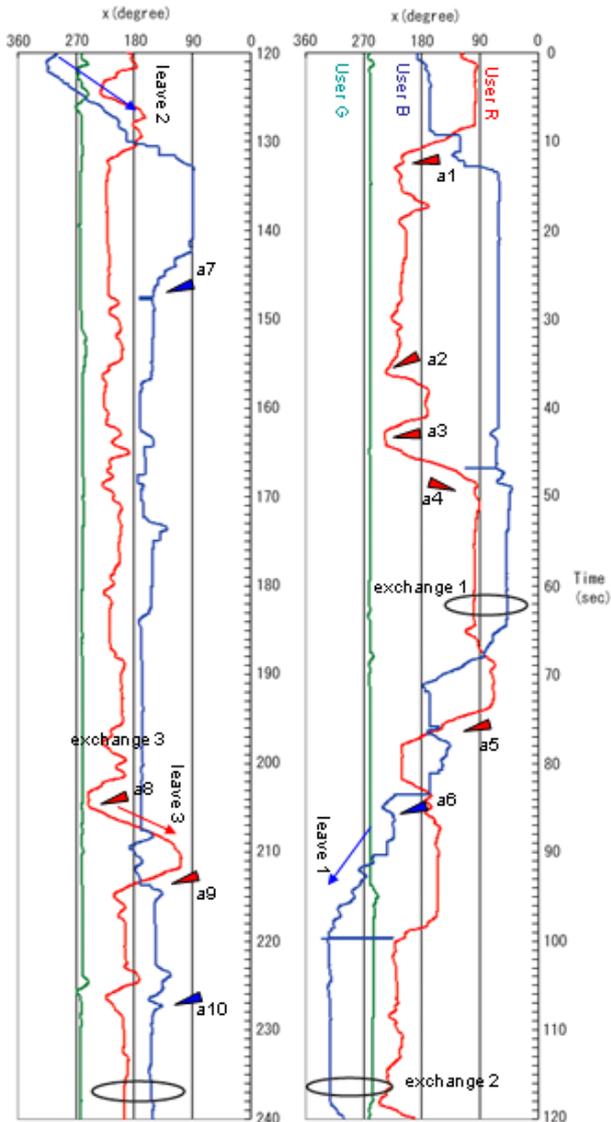


図 7: 時間に対する被験者の位置を表すグラフ

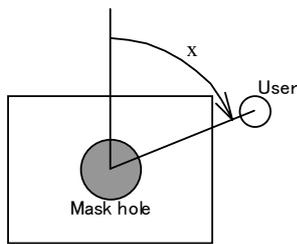


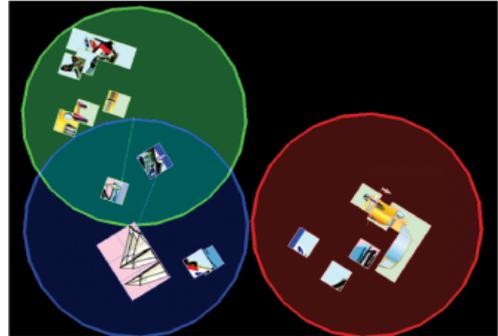
図 8: 被験者位置の定義

げるといことがある。グラフ中の楔形で示した a1～a10 は、この種の行動が行われたことを表している。

また、本実験では、被験者は各自の個人情報提示領域内においてパズルを組み立てていた。他の被験者があまりにも接近した場合に、自分の個人情報提示領域が縮小してしまうため、パズルを組み立てることが困難になってしまう状況も見られた。この時、被験者は他の被験者から離れたたり、位置を交代したりするなど、個人情報提示領域を拡大する行動をとっていた。図 7



(a) Display system shared by three users.



(b) Information display areas of three users.

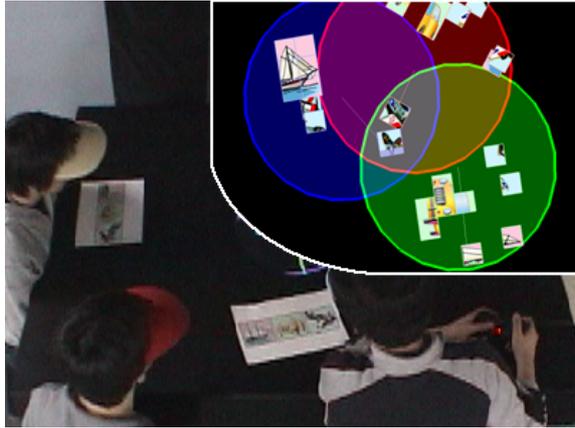
図 9: 実験の様子

中の leave1, leave2, leave3 で示された矢印はこの種の行動が見られた時点を表している。

他にも、被験者の計画的な行動として、他の被験者の個人情報提示領域を小さくさせることで、交渉や交換を妨害する行為なども見られた。例えば、グラフ中の 116 秒付近で行われた交換では G と B の 2 人の被験者が交換を行っているところに、第三の被験者 R が彼らに密着するように近づくことで、2 人で共有された空間を小さくしようとする行動が確認できる。今回の実験では特に移動を行わなければならないといった指示を与えていないにもかかわらず、このような場面を観察できたことから、被験者は移動によって戦略的に共有空間と個人的空間を作り出し、目的を達成しようとしていることが確認できた。

図 10 は、被験者が 3 人全員によって共有されている領域、2 人の被験者によって共有されている領域、個人的な領域といった 3 種類の情報提示領域を効果的に使い分けている例を示している。図 10(a)では、R と B はそれぞれ他の 2 人の被験者と同時に交渉を行うために、3 人の被験者によって共有された公共情報提示領域にパズルのピースを置いている。一方で、図 10(b)では、G は特定の被験者 (B) とのみ交渉を行うために、2 人の被験者でのみ共有された公共情報提示領域を使用していることがわかる。

実験後の被験者からは、戦略的に移動することができたという意見と共に、相手との駆け引きが強調され



(a) Objects in public information display area shared by three users.



(b) Objects in two public information display areas, each shared by two users.

図 10: 実験中の情報提示領域の様子

楽しかったという感想が得られた。一方で、ディスプレイ面が遠く、描画領域が小さいために、パズルの絵が判り難かったという意見もあった。

7. 検討

提案システムでは、同一ディスプレイ上の個人情報と隣接した部分に公共情報を提示することにより、特定の相手とスムーズに交渉できる。また、相手との距離を変えることによって共有する領域の大きさが変化し、これが戦略的な要素を高めている。この特徴は、複数のディスプレイを使用したようなシステムでは実現できないものである。また、個人情報と公共情報を同一のディスプレイ上に同時に表示できるので、それぞれの情報の関連性を確認しながら作業を進めることができる。各利用者は、他の被験者の顔を見ながら作業することができるので、アイコンタクトによってコミュニケーションのきっかけを作り、自然に、直感的に交渉を行うことができる。これは、共同作業において非常に有益なことであり、単一ディスプレイで実現していることの利点でもある。

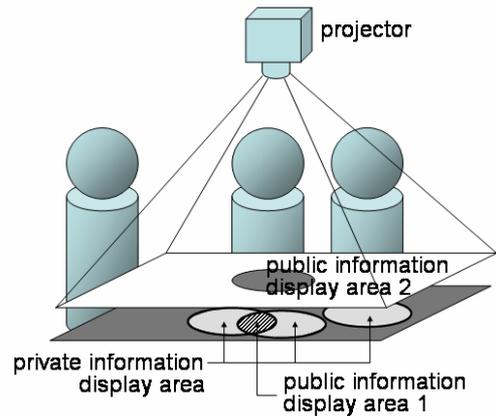


図 11: ディスプレイマスク上面を用いた多人数利用型個人情報・公共情報提示システム

このような特徴を活かして、戦略的要素を持ったさまざまな協調作業に、本ディスプレイを利用することが考えられる。たとえば、会社などの組織で人的リソースの再配置に関する会議などでの利用が考えられる。複数のセクションの部門長や人事担当者が集まる場で、共有すべき情報とは、異動対象者の職歴や経歴など、社内人事的に一般的な情報である。しかし、この異動対象者に関して、それ以外の裏情報なども考慮されることもあるであろう。このような情報は、特定の部門長などが持つ個人的な情報として、全員には公開する必要のない情報となる。提案システムでは、会議参加者は、異動対象者の公開・非公開情報を特定の会議参加者のみと交換・共有しあいながら、作業をすることができると考えられる。

提案システムにおける問題点の一つとして、情報提示領域の解像度の問題が挙げられる。使用するディスプレイの解像度をより高いものにしたとしても、それぞれの利用者が見る領域はディスプレイ面の一部にすぎない。実際には、本システムでそれぞれの利用者が使用している領域の大きさは、ディスプレイ全体の1/4から1/5程度といったところである。これはアプリケーションによっては制約となってしまうかもしれないが、このディスプレイ装置の単一ディスプレイ上で個人情報と公共情報をシームレスに扱えるという利点が、解像度が限られるという制約に勝る場合も多くあると考えられる。また、超高解像度のディスプレイを利用し、解像度の制約を緩和することも可能であると考えられる。

本論文で述べたシステムを拡張することによって、さらに新しい協調作業空間を作り出すこともできる。例えば、図 11 に示すように、ディスプレイマスクの上面を補助的な公共情報提示領域として利用することが考えられる。この例では、公共情報提示領域 2 は視点位置や動きに関わらず、全ての利用者によって共有される領域となる。この領域と、本論文で提案された個人情報提示領域及び公共情報提示領域 1 を組み合わせることによって、直接的には協調作業には参

加していない周囲の人々とも空間を共有するといった、新しい協調作業支援システムを提案できると考えられる。

8. まとめ

簡単な構成で、単一ディスプレイ上に複数の利用者の個人情報と公共情報を共存させて表示できる協調作業用ディスプレイを提案した。実験により、提案システムを用いて個人情報と公共情報をシームレスに扱え、動きによって個人情報提示領域と公共情報提示領域を動的に生成できることが確認できた。利用者はそれによって、誰と協調作業・交渉を行うかを選びながら情報をコントロール可能である。

提案システムでは、それぞれの利用者は互いの顔を見ながら作業をすることができ、アイコンタクトによって他者とのコミュニケーションのきっかけを作ることができる。作業を行う場所を変更した場合においても、単一ディスプレイであることにより、個人の作業空間と同様に共有された空間を利用できることが確認できた。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(B2)(2)13480104 および財団法人セコム科学技術振興財団研究補助金による。

参考文献

1. Shneiderman, B. *Designing the user interface - strategies for effective human-computer interaction -*, third edition. Addison-Wesley, 1998.
2. Pederson, E. R., McCall, K., Moran, T. P., and Halas, F. G., Tivoli: an electronic whiteboard for informal workgroup meetings. In *Proceedings of INTERCHI '93*, pp.391-398, 1993.
3. Dietz, P. and Leigh, D., DiamondTouch: a multi-user touch technology, In *Proceedings of Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '01)*, pp.219-226, ACM, 2001.
4. Rekimoto, J. Pick and drop: a direct manipulation technique for multiple computer environments. In *Proceedings of Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '97)*, pp. 31-39, ACM, 1997.
5. Streitz, N. A., Geisler, J., Holmer, T., Konomi, S., Muller-Tomfelde, C., Reischl, W., Rexroth, P., Seitz, P., and Steinmetz, R., i-LAND: an interactive landscape for creativity and innovation, In *Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99)*, pp. 120-127, ACM, 1999.
6. Greenberg, S. and Rounding, M., The notification collage: posting information to public and personal displays, In *Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '01)*, pp. 515-521, ACM, 2001.
7. Shen, C., Lesh, N.B., Vernier, F., Forlines, C., Frost, J., Sharing and building digital group histories, In *Proceedings of Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '02)*, ACM, pp. 324-333, November 2002.
8. Rekimoto, J. A multiple device approach for supporting whiteboard-based interactions, In *Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '98)*, pp. 18-23, ACM, 1998.
9. Brad A. Myers, Herb Stiel, Robert Gargiulo, Collaboration using multiple PDAs connected to a PC. In *Proceedings of CSCW '98*, ACM Press, pp.285-294, 1997.
10. Tandler, P., Prante, T., Muller-Tomfelde, C., Streitz, N., and Steinmetz, R. ConnecTables: dynamic coupling of displays for the flexible creation of shared workspaces, In *Proceedings of Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '01)*, pp.11-20, ACM, 2001.
11. Garth, B., Shoemaker, D., and Inkpen, K., Single display privacyware: augmenting public displays with private information, In *Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '01)*, pp.522-529, 2001.
12. Kitamura, Y., Konishi, T., Yamamoto, S., Kishino, F., Interactive stereoscopic display for three or more users, *Computer Graphics, SIGGRAPH 2001 Annual Conference Series*, pp.231-239, ACM, 2001.