

天地問題を解消した対面協調作業支援システム

松下 光 範[†] 白 井 良 成[†] 大 黒 毅[†],
飯 田 誠^{††} 筧 康 明^{†††} 苗 村 健^{†††}

本研究の目的は、複数の専門家によって行われる対面協調作業を支援することである。このような協調作業を支援する技術の1つとして、テーブル型の協調作業支援システムが提案されている。しかし、参加者がこのようなテーブル型システムを囲む場合、そのテーブル上に提示された情報はテーブルを挟んで反対側にいる参加者には逆に見えるため、参加者の位置によっては文字や写真など天地のある情報の視認性が低下するという問題（天地問題）が生じてしまう。この問題を解決するため、我々は方向依存ディスプレイを用いた新しい協調作業支援システムを提案する。提案するシステムでは、地図情報のようにすべてのユーザが共有すべき情報と、文字やグラフのように各ユーザに対して個人化して見やすい位置・方向に提示すべき情報の切り分けを行い、それらを共有平面上に同時に提示することで、画面の共有と情報の個人化の両立を実現している。本稿ではその一例として風力発電機の導入に関する議論を支援するシステムを実装し、被験者実験を通じてその有効性を確認した。

A Face-to-face Collaboration Support System that Optimizes Direction of Projected Information to Each Stakeholder

MITSUNORI MATSUSHITA,[†] YOSHINARI SHIRAI,[†] TAKESHI OHGURO,[†]
MAKOTO IIDA,^{††} YASUAKI KAKEHI^{†††} and TAKESHI NAEMURA^{†††}

The goal of our research is to support a cooperative work performed by stakeholders sitting around a table. To support such cooperation, various table-based systems with a shared electronic display on the tabletop have been developed. These systems, however, suffer the common problem of not recognizing shared information such as texts and images; a stakeholder who sits on a certain side of a table-based system can easily read and recognize information displayed on the tabletop. Others sitting at different sides of the system, though, may find it difficult to read and recognize the information because the direction is not favorable to them. To solve the problem, we propose a novel table-based system for supporting face-to-face collaboration. It is capable of displaying personalized information to each required direction on one horizontal screen, and of capturing stakeholders' gestures to manipulate the information. The personalized information is organized by superposing relevant information (e.g., names of cities) rotated to a suitable position and direction onto information that should be shared (e.g., a map). This paper describes our research motivation and details of the system. We have also adopted a decision-making scenario, choosing an adequate place to build a new wind turbine, to demonstrate how our Lumisight Table system supports discussion. Our user study evaluates the efficacy of the system.

1. はじめに

環境問題や都市計画など、今日我々が取り組むべき課題はより複雑化し分野横断的になっているため、複数の専門家が協力してそれらの問題の解決や意思決定に取り組む必要がある¹⁾。議論の反応が即時的で、ジェスチャや表情といった非言語モダリティをも共有することができる対面協調作業は、このような場面での議論を円滑に進めるうえで有効なコミュニケーション手段である²⁾。

対面協調作業を行う際、必要な情報へのアクセスや

[†] 日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Laboratories, NTT Corporation

^{††} 東京大学大学院工学系研究科
School of Engineering, The University of Tokyo

^{†††} 東京大学大学院情報学環・学際情報学府
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo
現在, NTT コミュニケーションズ
Presently with NTT Communications

ある条件下でのシミュレーションのように計算機による支援が求められる場面も多い。このような要求に基づき、ホワイトボードや掲示板、机などに計算機の機能を融合した情報機器を用いて対面協調作業を支援する研究が CHI (Computer-Human Interaction) や CSCW (Computer Supported Cooperative Work) の分野で行われている²²⁾。

対面協調作業を支援する情報機器は、次の2つの特徴を満たすことが望まれる。

要件1: 非言語モダリティの共有

ジェスチャや視線、表情といった非言語モダリティは議論を円滑に進めるために重要な要素である²⁾。これらの共有を阻害しないためには、特殊な機器やデバイスを装着させることで参加者の動作や振舞いに制約を与えたり、コミュニケーションを遮断したりしないことが望ましい。

要件2: 情報アクセスの対称性の実現

対面協調作業では、参加者が情報を共有するだけでなく、共有する情報に対等にアクセスできることが重要である。システムは特定の参加者にとってのみ利用しやすいものであってはならない。

テーブル型の協調作業支援システムは、ホワイトボードのような垂直型のシステムに比べてより自然な形で非言語モダリティを共有できるので、要件1を満たす情報機器である。しかし、参加者がテーブルを囲む場合、そのテーブル上に提示された情報はテーブルを挟んで反対側にいる参加者には逆に見えるため、参加者の位置によっては文字や写真など天地のある情報の視認性が低下するという問題が生じてしまう¹⁵⁾。この問題は“天地問題 (orientation problem)”と呼ばれ、テーブル型の協調作業支援システムを設計する際に考慮すべきデザイン問題としてとらえられている⁹⁾。このような天地問題が生じるため、現存するテーブル型の協調作業支援システムは要件2を満たしているとはいえない。

この問題を解決するために、我々はテーブル型の方向依存ディスプレイ Lumisight Table⁵⁾を用いた協調作業支援システムを提案する。Lumisight Tableはテーブルを囲む参加者に対して各々異なった画面を提示できるディスプレイである。このディスプレイを利用し、提示する情報を各参加者に見やすいように配慮して情報を回転させることで、天地のある情報を参照する場合であっても、対等な視認性を保つことができるようになる。さらに、回転させた情報の位置の同一性を保つことにより、指差しなどの非言語モダリティの共時的諒解性をも保証する。これにより要件1およ

び要件2を同時に満たす、これまでにない対面協調作業支援環境が実現できる。

2. 関連研究

CSCWの分野では、対面での協調作業支援を目的として、作業員全員が閲覧可能な大型の垂直共有画面と、その共有画面を操作するための個人用画面で構成されたグループウェアシステムが研究されてきた^{10),18),19)}。これらの研究では、ネットワーク上の情報へのアクセス手段の提供や各種の議論支援ソフトウェアの導入によって協調作業支援を試みている。

しかし、これらのシステムでは対面協調作業を行ううえで重要な役割を果たす非言語モダリティによるコミュニケーションが阻害されてしまうという問題が生じる。たとえば、これらのシステムでは共有画面上の情報やオブジェクトの操作を個人用端末から行うため、それらを操作する際のジェスチャが他の参加者に共有されない。また、参加者の視線が垂直型共有画面の方向に集中するため、参加者間のアイコンタクトが減少してしまう。

このようなシステムの問題点を解消するため、非言語モダリティの共有が容易なテーブル型のグループウェアシステムが提案されている。たとえば InteracTable²⁰⁾ や不思議黒板¹²⁾ ではペンや指による入力可能なプラズマディスプレイをテーブル上に配置することでジェスチャの共有を図っている。同様に、PitABoard⁴⁾ や SenseTable¹³⁾、InfoTable¹⁴⁾ ではテーブル上に配置された複数のオブジェクトと水平ディスプレイ上の情報を協調させながら議論を行う方法を提案している。また、円形の水平ディスプレイを利用した MediaTable¹¹⁾ や PDH Table¹⁶⁾ なども提案されている。

これらのテーブル型の対面協調作業支援システムではジェスチャや視線などが共有されるため、非言語モダリティを利用した円滑な議論が期待できる。また、テーブル型システムは画面が水平型であるため、画面上に実オブジェクトを配置し、実オブジェクトと画面内の情報を連携させながら議論を進められるという利点がある。

しかし、これらのテーブル型協調作業支援システムではテーブルを挟んで相対する参加者同士で閲覧する情報の向きが逆になるため、文字や写真など天地のある情報を閲覧する際の視認性に不平等 (天地問題) が生じてしまい、情報アクセスの対称性が保たれなくなる。

この問題に対して従来研究では (1) 情報の向きを 1

方向に限定し、ユーザが隣り合うかたちで座る（たとえば LiMe Café Table³⁾ など）(2) 必要に応じてユーザが自ら情報を回転させる（たとえば InteracTable²⁰⁾ や不思議黒板¹²⁾ など）(3) 最後にアクセスしたユーザに見やすくなるように自動的に情報を回転させる（たとえば InfoTable¹⁴⁾ や MediaTable¹¹⁾ など）(4) テーブルの位置によって情報を回転させる（たとえば PDH Table¹⁶⁾ など）、といった解決策が図られている。しかしながら(1)の方法ではテーブルの1面しか利用できず、その他の方法では情報を囲む複数のユーザの視認性に不平等が生じることに変わりはない。そのため、いずれの方法も本質的な解決方法とはいえない。Illusion Hole⁸⁾ は天地問題を解決したテーブル型のシステムであるが、原理上描画領域が小さくなってしまふ、参加者は位置センサや立体視用の眼鏡を着用する必要がある、といった問題がある。すなわち、要件1を満たしていない。

このように、従来のテーブル型システムでは非言語モダリティの共有と情報アクセスの対称性の実現を両立することが困難であった。これに対して、本稿で提案する協調作業支援システムは、テーブルを囲む参加者に対して各々異なった画面を提示することができるため、天地のある情報であっても各参加者に見やすいように配慮して情報を回転させて提示することができる。

3. 方向依存ディスプレイ Lumisight Table

本章では提案する協調作業支援システムのハードウェアである Lumisight Table について簡単に説明する。なお、Lumisight Table の視認性及び光学特性に関する詳細については文献 6) を参照されたい。

Lumisight Table のハードウェアの模式図を図 1 に示す。Lumisight Table では映像投影面に Lumisty フィルム⁷⁾ を貼付した透明アクリル板を用いている。Lumisty フィルムは図 2 のような特性を持ち、特定の角度範囲から入射した光だけを拡散させ、それ以外の角度に対しては高い透過性を有する素材であり、従来は主に建築用素材として利用されてきたものである。Lumisty フィルムは、光を拡散させる方向からプロジェクタで映像を投影することで、プロジェクタに正対する方向からのみ映像を見ることができるといった特性のスクリーンとして使用できる。Lumisight Table ではこの Lumisty フィルムを複数枚重ねて貼付することで、映像の多重化を実現している。これにより、偏光メガネなどの特殊な機器を装着させることなく、同一平面を共有しながら、見る方向によって異なる映

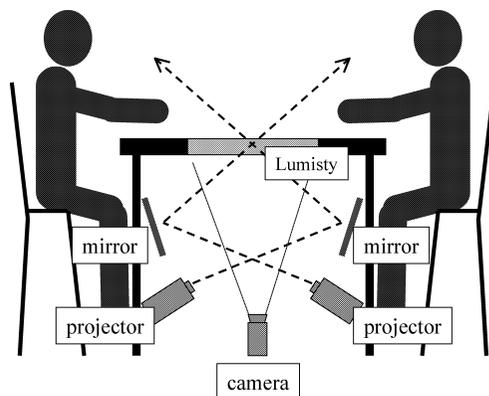


図 1 ハードウェアの模式図

Fig. 1 Overview of Lumisight Table.

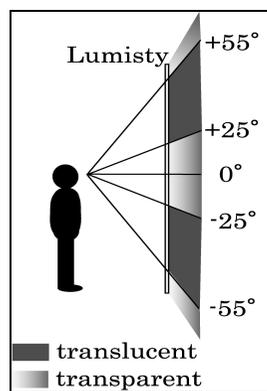


図 2 Lumisty フィルムの光学特性⁵⁾

Fig. 2 Optical characteristics of Lumisty film.



図 3 ハードウェアの外観

Fig. 3 Hardware appearance.

像を提示することができる。

試作したハードウェアの概観を図 3 に、テーブル下部の仕組みを図 4 に各々示す。今回はテーブルの周囲に 4 人のユーザが座るということを想定している。試作した筐体は床面からの高さが 85 cm で、テーブル面

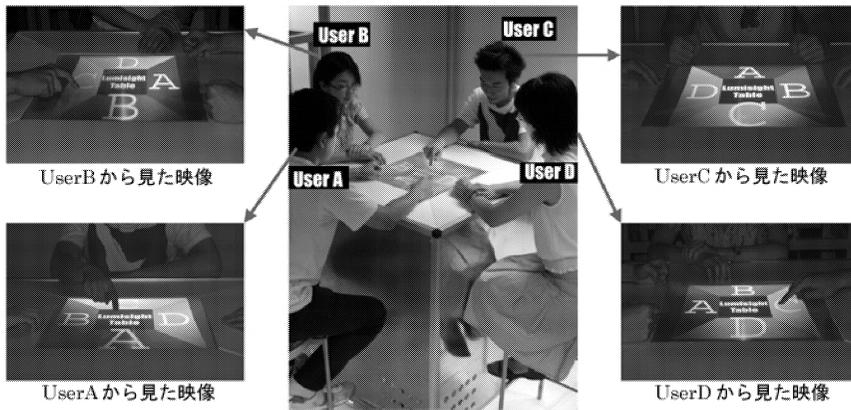


図 6 映像提示の様子と各ユーザからの映像の見え方⁶⁾
 Fig. 6 Each user's view. Different screen images are visualized.

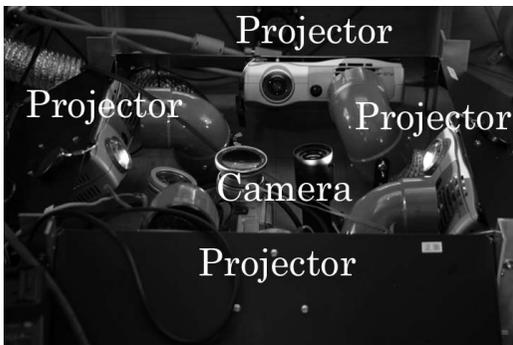


図 4 Lumisight Table 内部の構造
 Fig. 4 Internal structure of Lumisight Table. Four projectors and two cameras are installed.

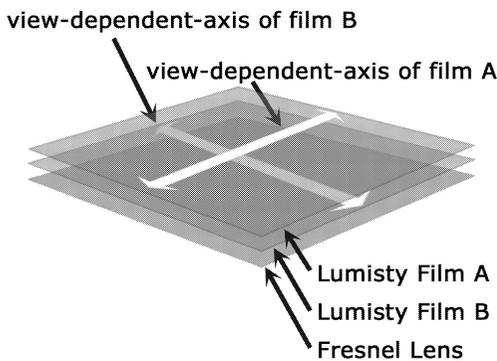


図 5 映像投影面の構成
 Fig. 5 A screen system of Lumisight Table.

は 1 辺が 100 cm の正方形である．テーブル面の中心には 55 cm 四方の透明な天板が映像投影面としてはめ込まれている．この透明な天板には図 2 の特性を持つ 2 枚の Lumisty フィルムが図 5 のように重ねて貼られている．テーブル内部には、図 4 のように 4 台のプロジェクタ (1100 ANSI ルーメン) が映像投影面に

対して 25 度～55 度の範囲で入射するように各々傾斜させて設置されている．なお、投影距離を確保するため、テーブル内部の側面にミラーが設置されている．Lumisty フィルムの拡散方向からプロジェクタの映像を入射することでスクリーン上に映像を写すことができるため、1 枚の Lumisty フィルムに対して 2 台のプロジェクタから映像を投影することで向かい合う 2 方向の映像投影ができる．試作したハードウェアは 4 方向への情報提示を想定しているので、2 枚の Lumisty フィルムを視界制御方向が直交するように重ね、4 台のプロジェクタで各方向から映像を投影することにより、4 方向への映像投影が可能になる．また、Fresnel Lens は画面の明度と均一性を向上させる効果を得るために用いている．

テーブルの周りに座る各ユーザに対して、対応するプロジェクタから異なる映像 (文字情報) を提示した様子と各ユーザからの映像の見え方を図 6 に示す．

また、ユーザからの自然な入力を実現するために、Lumisight Table ではテーブル内部からカメラを用いたセンシングを行っている．具体的には、テーブル下部中央にカメラを鉛直上向きに設置し、卓上の様子を撮影している．図 2 に示したように、Lumisty フィルムは“鉛直方向からの光は透過する”という性質を持つためこのようなセンシングが可能になる．これにより、天井にカメラやプロジェクタなどの装置を別途設置することなく、テーブル型のシステムだけで自然な情報提示とセンシングが同時に実現できる．カメラがテーブル内に設置されるため、ユーザは装置の存在を意識することなくインタラクションに参加できるものと期待される．

4. 協調作業支援システムソフトウェアの基本設計

4.1 情報の共有と天地問題の解消

3章で述べたように、Lumisight Table は各ユーザに対して異なる映像を同一画面上に提示することができる。これにより、ユーザが平面を共有しながら、同時に映像の天地問題を解消できると期待できる。

しかしながら、同一内容の画面を各ユーザに対して正対させるように各々回転させて表示するという方法では、本質的な問題の解決にはならない。すなわち、このようにすべての情報を個人化する方法では、ユーザの指差しや視線といった非言語モダリティが共有されず、1章で指摘した要件1を満たさない。またユーザが共有する実世界の物理的オブジェクトと電子情報との融合ができず、テーブル上でのインタラクションもできない。情報アクセスの対称性（要件2）の実現は満たされるものの、これは対面型コミュニケーションの場として効率的であるとはいえない。

この状況は、従来のテーブル型の対面協調作業支援システムでの、非言語モダリティは共有できるが（要件1を満たす）、情報アクセスの対称性がない（要件2の条件を満たさない）という状況の逆になっている。このことから、1章で指摘した2つの要件を同時に満たすためには、画面全体を同等に扱うのではなく、そのなかである情報については各ユーザが共有できるよう同一の画像を提示し、またある情報に関しては個人化して適切な方向で見せることが必要となる。

これらの要件を、テーブル上の画面におけるインタラクションという観点から考えると、“非言語モダリティの共有”とは、ユーザの指差しや視線の対象といったものがユーザに共通して理解されなければならないということの意味する。つまり、“同一の位置の保持”が必要となる。一方、“情報アクセスの対称性の実現”とは、文字や写真など天地のある情報を閲覧する場合の視認性が対称性を持たなければならないということの意味する。つまり、“個人にあわせた向き”が必要となる。

このことから、“共有されるべき”情報と“個人化すべき”情報の切り分けを行うときには、非言語モダリティの共有と情報アクセスの対称性のいずれがより重要であるかを、表示されるべき各々の情報について検討しなければならない。この2つの軸での分類・整理に基づき、画面上に提示される情報の“場所”（共有の必要性があるか否か）と“向き”（個人化されるべきか否か）とを、適切に制御すべきである。この整理・

制御が適切であってはじめて、1章で指摘した2つの要件を同時に満たす理想的な対面協調作業支援環境が実現できる。

ユーザに提示すべき情報を場所と向きの2つの観点で分類すると、(1) 場所と向きの両方を共有すべき情報、(2) 場所は共有するが向きは個人化すべき情報、(3) 向きは共有するが場所は個人化すべき情報、(4) 場所と向きの両方を個人化すべき情報、の4種類になる。ユーザに提示すべき情報がどのカテゴリに属するかについてはタスクの内容やインタラクション形態を考慮して決定するべきであるため一般化することは難しいが、おおむね以下のように整理できると考えている。

(1) は、対面協調作業に参加する参加者が指差しや視線といった非言語モダリティを共有するための土台として、各参加者に同一に見えるべき情報である。このカテゴリに属する情報は、たとえば回路設計タスクにおける結線図や都市計画タスクにおけるエリア地図のように、スクリーンの大部分を占める画像情報が該当する。また、これらの情報と整合性を保つべき情報（たとえばエリア地図上に描くパスのルートなど）もこのカテゴリに分類される情報である。

(2) は、(1) の情報と場所的な関連性を有するが向きは必ずしも同一である必要がなく、回転しても意味が損なわれず、回転することで各参加者の認識性が向上する情報である。たとえば、地図上の場所名（テキスト）やランドマークのアイコン（画像）、結線図上の素子名（テキスト）といった情報は、土台となる(1) の情報と場所的な関連性さえ保っていればよいので、このカテゴリに属する情報である。

(3) は、(1) の情報と方向的な関連性を有するが位置は必ずしも同一である必要がない情報であり、回転すると意味を損なう情報である。たとえば日照方向や方角記号といった情報がこのカテゴリに属する。また、スクリーン上に置いたオブジェクトと連動して表示されるサブウィンドウのうち、回転すると意味を損なうもの（たとえば(1) の情報の部分拡大図やオブジェクトの置かれた地点の風向など）もこのカテゴリに属する情報であり、オブジェクトによるオクルージョンを避けるために、向きを保ったまま各参加者から見てオブジェクトの手前に来るように配置することが望ましい。

(4) は、主に(1) の情報と直接には関係しない情報である。たとえばヘルプ情報やスクリーン上に置くオブジェクトの属性を表す情報などがこのカテゴリに属する情報である。

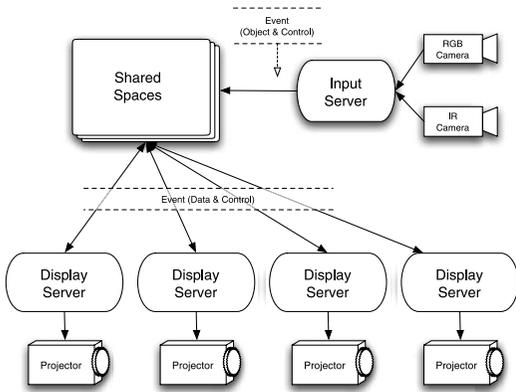


図 7 システムのソフトウェア構成
Fig. 7 Architecture of the proposed system.

4.2 システムアーキテクチャ

図 7 は提案するシステムのソフトウェアアーキテクチャである。本システムはインプットサーバ、共有空間、ディスプレイサーバという 3 つのコンポーネントから構成され、ネットワークで結合されている。これらの間のやりとりはアプリケーションモデルを介して行われる。このアプリケーションモデルとは、実装するアプリケーションに応じて“共有されるべき”情報と“個人化されるべき”情報を区別するために事前に定義して与えるものである。

アプリケーションモデルは複数の描画モデルから構成される。この描画モデルには、ベースモデルとコンポーネントモデルの 2 種類がある。各モデルは 4.1 節で述べた場所と向きに基づく情報の分類に従って用意された 4 層のレイヤのいずれかに位置付けられる。各描画モデルには方向や位置、イメージファイル名など、描画の際に利用される属性が付与されている。

ベースモデルは地図や背景など、土台となる情報を定義するためのもので、描画の際には基本的に最下位のレイヤに位置付けられる。また、コンポーネントモデルはベースモデル上に表示する情報を定義するためのもので、ベースモデルを基準とし方向と位置の属性に応じて各レイヤ上に位置付けられる。システムの実アプリケーションは描画モデルや属性を変更することで、描画内容（情報の可視/不可視、描画方向、描画位置など）を動的に変更できる。

基本となるアプリケーションモデルは共有空間上に保持される。各ディスプレイサーバやインプットサーバは起動時に共有空間からアプリケーションモデルを取得し、そのコピーを保持する。

例として、図 8 のような地図アプリケーションを考える。このアプリケーションは、地図上に六角柱の

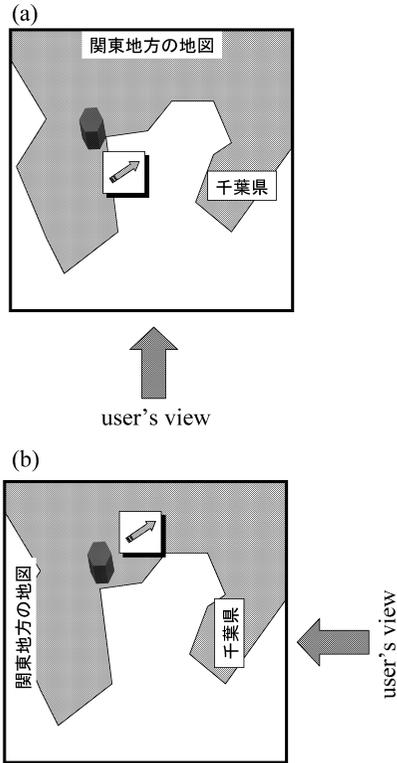


図 8 異なる方向に提示される映像
Fig. 8 Images provided to users sitting in different directions. A hexagon pole indicates a object placed on the map.

オブジェクトを置くとその地点の風向を表示するものである。この場合の描画モデルは、関東の地図がベースモデルとして、タイトル（関東地方の地図）、地名（千葉県）、風向、の 3 つがコンポーネントモデルとして各々事前に定義されている。

ベースモデルは次のような属性で記述されている。

（ベースモデル 地図

- （ID: id01）
- （データ: map.xml）
- （基準座標: b0, b0, b512, b512）
- （ビューポート: b20, b30, b422, b432）
- （描画角度: 0 度）
- （位置タイプ: 共有）
- （方向タイプ: 共有）

ここで、基準座標とは、ベースモデル上に表示するコンポーネントモデルが参照するための座標であり、ビューポートは基準座標のうち、どの領域をディスプレイ上に表示するのかを表している。このビューポートを指定することで、描画領域の移動やズームイン、ズームアウトが可能になる。描画角度は、このベースモ

デルを表示する際の回転角度であり、すべてのユーザがそれを共有する場合には0度のみであるが、ユーザごとに回転させる場合には後述するディスプレイサーバが各々の受け持つ方向に応じてこの箇所を90度、180度、270度に各々書き換える。位置タイプと方向タイプは、その各々についてこの描画モデルを“共有”するのか“個人化”するのかを規定するものである。この例の場合は、図8のようにすべてのユーザが地図を共有するので、位置タイプ、方向タイプのいずれも“共有”となっている。したがって、各ディスプレイサーバにおけるベースモデルの描画角度はいずれも0度になる。

これに対して、3つのコンポーネントモデルは各々次のような属性で記述されている。

(コンポーネントモデル 地名)

(ID: id02)
 (データ: text{千葉県})
 (可視フラグ: true)
 (描画位置: b311, b231, b383, b273)
 (描画方向: 0度)
 (位置タイプ: 共有)
 (方向タイプ: 個人化)

(コンポーネントモデル タイトル)

(ID: id03)
 (データ: text{関東地方の地図})
 (可視フラグ: true)
 (描画位置: 128, 0, 256, 30)
 (描画方向: 0度)
 (位置タイプ: 個人化)
 (方向タイプ: 個人化)

(コンポーネントモデル 風向)

(ID: id04)
 (データ: 風向{object_x, object_y})
 (可視フラグ: false)
 (描画位置: オブジェクトの右下)
 (描画方向: 0度)
 (位置タイプ: 個人化)
 (方向タイプ: 共有)

地名はユーザ間で位置を共有するので、描画位置は地図の基準座標を参照して定義されているのに対して、タイトルは各ユーザに個人化するのでディスプレイの絶対座標で定義されている。また、風向はオブジェクトが置かれたときにオブジェクトの座標(object_x, object_y)に応じた風向を提示するので、可視化フラ

グの default 値が false になっている。

なお、実際のアプリケーションモデルの表現にはXMLを用いており、描画モデルや属性の追加・削除が容易にできるよう設計されている。

インプットサーバは、ユーザからの入力をアプリケーションに反映するためのコンポーネントである。本システムでは、ユーザからの入力として、ユーザによる手翳しやオブジェクトの配置などを想定している。現在の実装では、これらの認識手段として2種類のカメラ(可視光カメラ、赤外光カメラ)を用いている。インプットサーバは、認識されたユーザ入力を入力タイプ(手かざし、オブジェクト)や入力位置に分解し、保持しているアプリケーションモデルを変更すると同時に、その変更点をアプリケーションモデル変更イベントとして共有空間に送出する。

本システムは、このようにインプットサーバがユーザからの入力をすべて受け持つ構成になっているため、キーボードやマウス、タッチパネルといった他の入力方式の追加や拡張が比較的容易である。

共有空間は、分散ソフトウェア間で共有可能なネットワーク上のリポジトリ空間群であり、共有空間への書き込みや削除が行われた際にイベントをネットワーク上に発信する機能をあわせ持っている。本システムが提供する共有空間には、アプリケーション起動時に参照される初期アプリケーションモデルを保持する空間と、インプットサーバから送られるアプリケーションモデル変更イベントを保持する空間がある。なお、共有空間の実装はJavaSpaces²¹⁾とほぼ同様の方式である。

ディスプレイサーバは各プロジェクトに1つずつ割り当てられているコンポーネントであり、各レイヤに位置付けられた描画モデルを自らの担当する方向に応じて書き換える。各ディスプレイサーバは起動時に共有空間からコピーしたアプリケーションモデルのうち、方向に依存して回転させる描画モデルの描画方向や描画位置の属性を書き換えて自らの担当する方向に適した投影画像(ビュー)を生成する。また共有空間の更新を検出すると、保持しているアプリケーションモデルの該当する箇所を書き換え、投影画像に反映する。

上述の例で、図8の(b)のように地名を270度回転して表示するために、その方向を受け持つディスプレイサーバは以下のようにコンポーネントモデル“地名”の属性“描画方向”の値を270度書き換える。

(コンポーネントモデル 地名)

(描画方向: 270度)

同様に、オブジェクトが置かれたことによってその

地点の風向が表示される場合、以下のようにコンポーネントモデル“風向”の属性“可視フラグ”の値を true に書き換える。

```
(コンポーネントモデル 風向
(可視フラグ: true))
```

最終的に提示すべき画像は、方向や位置など、描画の際に手がかりとなる属性と台形補正を合成して作成され、投影される。

現在のプロトタイプシステムでは、インプットサーバは C++ と Java で実装されている。また、共有空間は Java のみで、ディスプレイサーバは Java と OpenGL で実装されている。

5. アプリケーション：風力発電機の導入支援システム

本稿では、対面協調作業の 1 つとして風力発電機の導入に関する議論の場面を取り上げ、4 章の枠組みを用いてこれを支援するシステムを実装した。

5.1 シナリオ：風力発電機の導入に関する議論

本節では、Lumisight Table を用いたユーザへの情報提示と、インタラクションの一例をシナリオを用いて説明する。本シナリオでは、複数人のユーザが、“新しい風力発電機の導入に際して状況分析を行い、どこにどのような風車を導入すべきか”という意思決定のために Lumisight Table を囲んで作業・議論を行うという場面を想定する。

通常、風力発電を導入する際には、図 9 に示すように地域ビジョンなどの導入意志に基づいて (1) 風車が設置可能な地点を検討して用地確保と風エネルギーの調査 (2) シミュレーションをともなう風況調査 (3) 各種法規制との関連の調査、そして (4) 実際に風力発電機を設置するためのシステム設計、という検討フェーズを繰り返し行って導入・運用に至る¹⁷⁾。図 9 には各フェーズで必要とされる情報も示している。このように、風力発電を導入する際には地図データに加え、風況 (風の強さ・向き)、法規制、および発電量や系統連携など多様な観点から調査・検討する必要があり、別々に繰り返し検討をするため、かなりの時間を必要とする。

この議論のいずれの段階においても地理的情報の利用は不可欠であることから、地図を囲んでこれらの議論を進めていくという議論形態を想定する。この場合、上記の分析プロセスは、全体の地形や風況からおおよその候補地を選定する大局的分析フェーズと、ある程度候補地が絞り込まれた後にその場所にズームして行う局所的分析フェーズの 2 つのフェーズに区分できる。

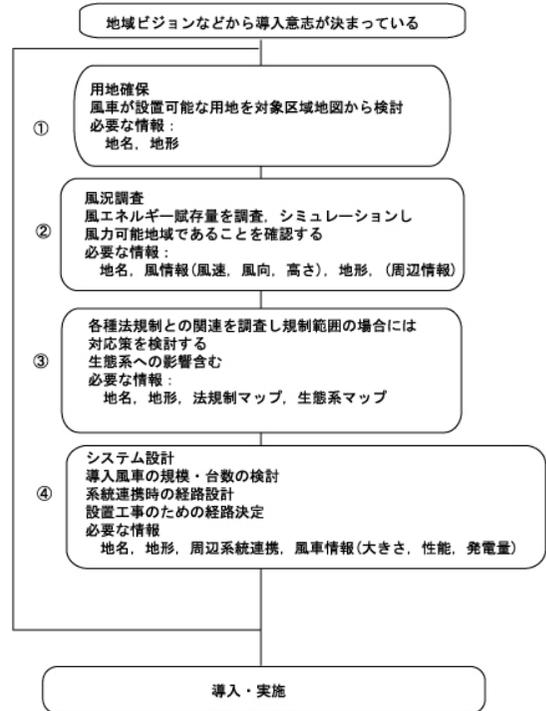


図 9 風力発電機導入の手順¹⁷⁾

Fig. 9 Procedure for constructing a new wind-power plant.

大局的分析は、広範囲を視野に入れながら、風車を設置するための候補地を絞り込むことを目的とする。大局的な分析を行う際に必要となる情報としては、地図データに加え、各地域の地名、風の強い場所、空港や自衛隊、自然公園など法規制の対象となるランドマークの場所、数種類の風車の性能があげられる。

局所的分析は、大局的分析で絞り込まれた候補地域内での風車の具体的な設置場所を決めるための調査が目的である。このフェーズでは、“ここにこのような性能の風車を設置すると、どれくらいの効率で、どれくらいの発電量が見込めるのか”という、より具体的な議論が展開される。局所的分析を行う際に必要となる情報としては、地域の地名、系統連携施設の場所、風力発電機を導入希望地点での風況、そして風車の性能と風況に応じた予想発電量などがあげられる。

大局的分析と局所的分析は単一方向で行われるプロセスではなく、局所的分析で最終決定にいたらずに、再び大局的な分析に戻ることもしばしば起こる。ユーザは対象とする場所の粒度・位置を任意に変更し、両フェーズを行き来しながら最終的な結論を導き出していく。

本シナリオで扱う情報を上記の 2 つのフェーズに分

表 1 本シナリオで扱う情報
Table 1 Information used in the wind-turbine application.

分析のフェーズ	分析者が必要とする情報
大局的分析	地図
	地名
	風の強さの分布
	法規制の対象となるランドマーク
局所的分析	風車の性能
	地図
	地名
	風況（風の強さ・向き）
	系統連携施設の場所
	予想発電量

けて表 1 にまとめる．実際の分析においては，ここにあげたもの以外にも検討すべき要素はあるが，本稿の実装では表 1 にあげた情報に単純化してタスクを遂行することとする．

表 1 であげた情報に関して，4.1 節で述べた“場所”と“向き”の 2 つの軸における分類を考える．まず，“場所”が重要なものとして，地図，風の強さ分布，ランドマークおよび系統関連施設の位置があげられる．これらは，指差しの対象として自然な情報であり，位置の同一性が必要である．また，“向き”が重要なものとして，地名・風車性能（表・グラフ），発電量（数値）および風況（風の強さ・向き）があげられる．これらのうち“風の向き”を除く情報は，各々上下の概念を持つ情報であり，個人にあわせた“読みやすい向き”への提示が必要となる．一方の“風の向き”は，逆に提示方向の同一性が重要となる情報である．

各々の情報において，“位置”と“向き”のいずれがプライオリティを持つべきかは上記のように定まる．次節では，実際に実装したアプリケーションの説明を通して，両軸を考慮に入れた分類を行う．

5.2 アプリケーションのデザイン

図 10 に示すように，Lumisight Table のスクリーン上に投影される基本画面は，地図と画面の四隅に表示されるメニューボタンからなる．メニューボタンは，ユーザがボタン上に手をかざすことで，画面上に各々対応する情報を表示するという機能を持つ．このとき，地図情報は各ユーザに対して向き，位置，地図の粒度，範囲を揃えて提示するのに対して，メニューボタンは提示位置は揃え，ボタン内に表示される文字や画像のみ各ユーザの読みやすい方向に回転して表示する．

本システムは図 11 のように，変換した基本画面の映像を各プロジェクタからスクリーン上に提示する．図 11 では，ディスプレイの上に 3 個の円柱状のオブジェクトを目印として配置している．この図から，ど



図 10 基本画面デザイン

Fig. 10 Basic view of the application. Buttons are located at the four corners of the screen.

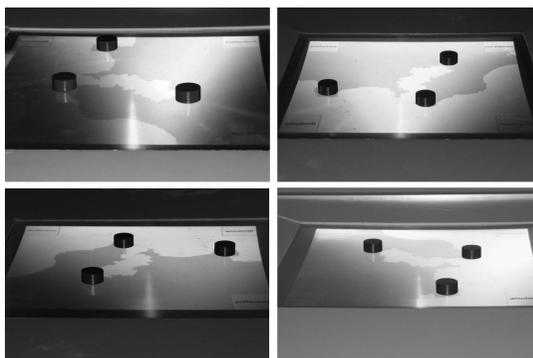


図 11 各位置からの基本画面の見え方

Fig. 11 Images observed from different directions. Locational coherency between the basis map and allocated objects is maintained in each image.

の方向から見ても，各オブジェクトが地図上の特定の地点に対応しており，視線方向によらず，表示されている画像とオブジェクトとの位置関係がつねに一定となっていることが分かる．

ユーザは実オブジェクトを共有して用いることができる．実オブジェクトの種類は，まず，各々異なる大きさ・性能の風車を表す“風車オブジェクト”がある．このオブジェクトは情報のポインタの役割を果たし，メニューボタンと連動して，置かれた位置における情報を提示する．また，議論の対象とする範囲を変更するオブジェクトとして“ズームオブジェクト”と“移動オブジェクト”がある．ズームオブジェクトは，置かれた位置を中心に地図の粒度を連続して変更でき，移動オブジェクトは，その置かれた向きに応じて対象範囲を連続的に移動できる．オブジェクトによる入力はすべてのユーザに対しての映像出力にリアルタイム

に反映され、各々が同期して動作する。

5.1 節で述べたように、ユーザが必要とする情報は、粒度によって異なる。そこで本アプリケーションでは、地図が荒い粒度で表示されているときに、大局的な分析を目的とした“マクロモード”と、ズームインして地図の粒度がある閾値より細くなった際に局所的な分析を行う“マイクロモード”が用意されている。マクロモード時には、画面の4つのメニューボタンは表1に従って、各々“地名”、“風況”、“ランドマーク”および“風車性能”の情報を提示するボタンとなる。

“地名”ボタンは、地図の粒度に応じて代表的な場所の地名を表示するためのボタンである。“風況”ボタンは、マクロモードでは地図上に風の強さの分布をオーバーラップさせて表示するためのボタンである。“ランドマーク”ボタンは、空港や自衛隊などを表すアイコンを表示するためのボタンである。“風車性能”ボタンは、風車オブジェクトをスクリーン上に置くと、そのオブジェクトの表す風車の性能をテキストとグラフで表示するボタンである。

一方のマイクロモード時には、メニューの内容は“地名”、“風況”、“系統連携施設”および“シミュレーション”となる。

“地名”ボタンの機能はマクロモード時と同じだが、表示される地名の粒度がより詳細になっている。“風況”ボタンは、マイクロモードでは風車オブジェクトの置かれた場所の近傍にその場所における風向と風力を矢印と数値で表示する。この際、矢印は向きを共有する必要があり、数値は個人化した向きに回転させる必要がある。“系統連携施設”ボタンは、主な配電所・変電所の場所に個人化された向きで配置されたアイコンを表示するボタンである。“シミュレーション”ボタンは、風車オブジェクトの置かれた位置における風のデータとその風車性能から予想発電量や効率を表す設備利用率を計算し、風車の写真や性能とともに各ユーザにとって見やすい位置・方向で表示するボタンである。

ここまであげた本アプリケーションでユーザが扱う情報を、4.1 節で述べた“向き”と“位置”という2つの軸で分類・整理したものを表2に示す。

次節では、本アプリケーションのインタラクション方法に関して説明する。

5.3 インタラクション方法

本アプリケーションでは、画面四隅に配されるボタンにユーザが手を一定時間かざすと、そのボタンに対応するメニューを選択できる(図12)。この入力、テーブル内部の可視光カメラによって撮影された映像

表2 本アプリケーションで扱う情報の分類

Table 2 Classification of information used in the wind-turbine application.

	向きを共有すべき 情報	向きを個人化すべき 情報
位置を共有すべき 情報	地図情報	メニューボタン アイコン
位置を個人化すべき 情報	風の向き	地名 数値・グラフ・文章



図12 手がざしによるメニュー選択
Fig. 12 Interaction with palm shading.



図13 カメラからの取得画像(左)と背景差分画像(右)
Fig. 13 A captured image (left) and its digitized image (right).

から、各ボタンの位置に対応する画素の背景差分をとり、その差分領域の面積の変化を観測することで実現している。テーブル下部に設置した可視光カメラからテーブル上部の様子を撮影した画像と背景差分画像を図13に示す。

また、5.2 節で述べたように、本アプリケーションではユーザが共有する実オブジェクトをスクリーン上に置くことで、システムとインタラクションすることができる。オブジェクトの種類は、各々異なる性能の風車を表す風車オブジェクトが3個と、置かれた位置を中心に地図の粒度を変更するズームオブジェクト、そして地図の範囲を移動する移動オブジェクトである。ユーザはズームオブジェクトと移動オブジェクトを映像投影面の上に置くことで地図の粒度や範囲を変更できる。

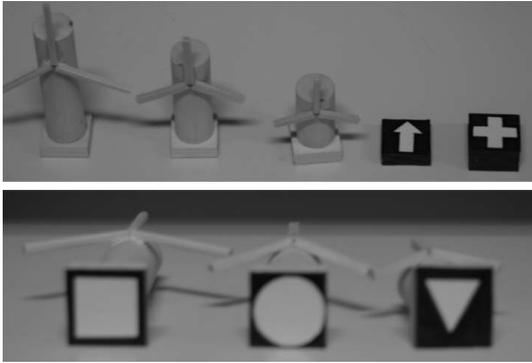


図 14 オブジェクトとその背面のマーカの例

Fig. 14 Real objects. An identifying marker is attached to the bottom of each object.

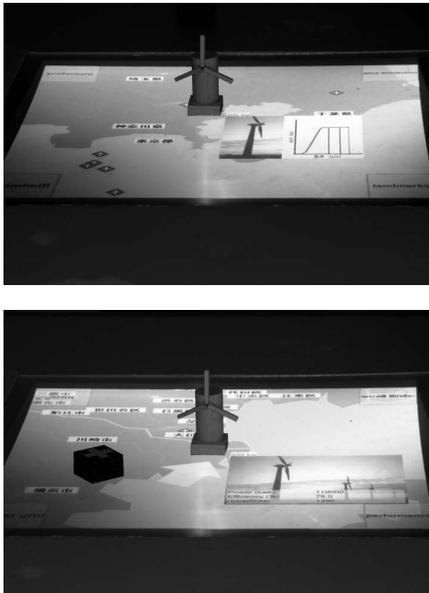


図 15 風車オブジェクトでその位置における情報を取得し、ズームオブジェクトや移動オブジェクトで対象となる範囲を操る(上: マクロモード時の動作例, 下: ミクロモード時の動作例)
Fig. 15 Results of interaction obtained by placing a real object in macro mode and micro mode (upper figure: macro mode, lower figure: micro mode).

各オブジェクトの裏には、図 14 のように再帰性反射材料で作られたマーカが貼られており、テーブル内部の赤外光カメラにより撮影された画像を処理してオブジェクトの識別と位置の検出を行っている。特に移動オブジェクトに対しては、置かれている角度も認識している。オブジェクトの識別のための特徴パラメータには、認識した連続領域の面積と円形度を用いている。

図 15 に、マクロモード時とミクロモード時にお

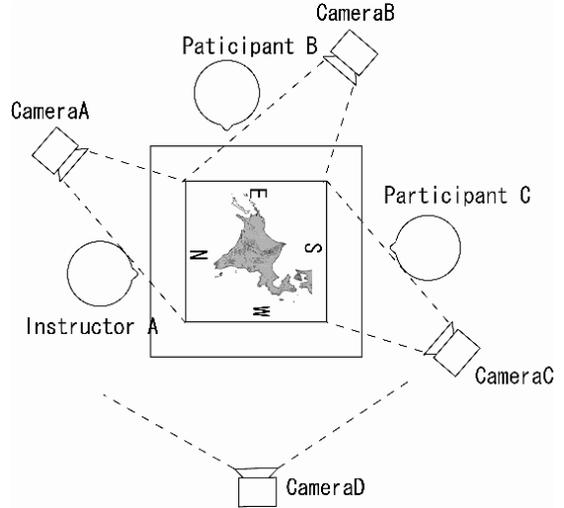


図 16 実験の配置図

Fig. 16 Arrangement for the user study.

る実オブジェクトを用いたインタラクションの様子を示す。図 15 の上の図では、地名とランドマークを表すアイコンが各々地図上に表示されている。また、風車オブジェクトを置いた位置の近傍にそのオブジェクトの特性情報が提示されている。また図 15 の下の図は、ズームオブジェクトで地図を拡大し、地名と風況、および風車オブジェクトの置かれた位置と性能から算出した予想発電量が表示されている。

6. 被験者実験

提案するシステムの有効性を検証するために、5 章で実装したシステムを用いて簡単な被験者実験を行った。

実験は、各試行ごとに 1 名の教示者と 2 名の被験者を図 16 のようにシステムを囲むように配置して行った。設定した課題は、被験者が協力して風力発電による発電量が最大となる場所を探すものである。

教示者は風力発電機の専門家で、課題の説明およびシステムの利用方法に関する教示を行う。また、課題遂行時に被験者からなされる質問に回答したり、コミュニケーションギャップが生じた際の解消を行ったりする。また、被験者は学部および大学院に所属する学生 8 名である。

実験の様子は、各方向からの映像を図 16 中のカメラ A, B, C で、全体の映像を図 16 中のカメラ D で撮影した。同時に、各人に装着したヘッドセットマイクにより音声を収録している。

実験では、教示者方向に正対する情報提示(天地問題未解消ケース)と、各人に正対するように各々回転させた情報提示(天地問題解消ケース)の 2 通りの提

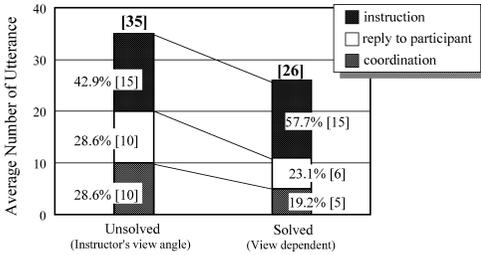


図 17 教示者の発話の詳細
Fig. 17 Result of instructor's utterances.

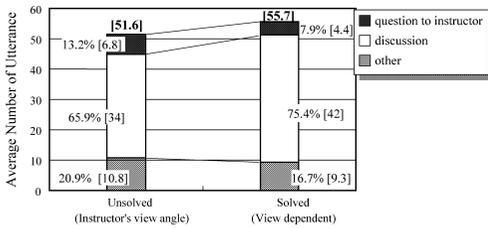


図 18 被験者の発話の詳細
Fig. 18 Result of participants' utterances.

示を行った。実験は、まず教示者がシステムと選定課題内容の説明を1分程度で行い、その後、被験者2名が5分間の風車選定課題に取り組む。各被験者は2つの課題を行うので、課題に対する慣れの要因を排除するために、4組の被験者集団のうち2組を天地問題未解決ケースから、他の2組を天地問題解決ケースから取り組むように各々指示した。

図 17 と図 18 に各々教示者（1名、計8回）および被験者（8名・各方向2回、のべ16回）の平均発話回数と発話内容の分類を示す。これらの図では、いずれも天地問題未解決ケースと天地問題解決ケースの2つを比較している。縦軸は平均発話回数であり、[]で囲った数字は発話回数、%はその割合を示している。

発話は句点もしくは話者交替が生じた箇所を区切りとして、同一人物の発話を1発話とした。なお、フィルターのみの発話は発話回数から除外している。

これら2つの図から、教示者の平均発話回数は天地問題未解決ケースのほうが天地問題解決ケースに比べて少なくなっているのに対して、被験者の平均発話回数は天地問題解決ケースのほうがやや多くなっていることが見て取れる。

教示者の発話は図 17 に示すように（1）課題の教示説明（2）被験者の質問に対する回答（3）被験者同士の認識のずれが生じた場合の仲介、の3つのカテゴリに分けることができる。

課題の教示説明はシステムの操作方法およびタスクの説明である。事前に用意したスクリプトを教示者が

読み上げているため、実験のどの回においても発話回数は一定である。

被験者の質問に対する回答は、後述する被験者の質問発話（たとえば「[ズームオブジェクトを画面に置きながら]これは、こう使うのですか?」や「最大発電量ですよ?」など）に対する教示者の応答（たとえば「はい」や「そうです」など）である。

被験者同士の認識のずれが生じた場合の仲介は、主としてオブジェクトによるオクルージョンが生じた場合や、被験者がオブジェクトをシステムの認識可能領域に置かなかったために発電量が表示されず、被験者間での問題解決ができなかった場合に教示者が与える助言（たとえば「オブジェクトを少し左に移動してあげてください」など）である。

図 17 から、教示説明に関する発話回数は情報提示条件によってほとんど変化しないにもかかわらず、その他の発話回数が減少していることが分かる。これは、天地問題解決ケースにおける教示内容およびシステムに関する被験者の質問や要求の回数が天地問題未解決ケースに比べて減少し、それともなって教示者の発話回数が減少しているためである。この結果は、教示内容の理解が天地問題解決ケースにおいて容易になったことを示唆している。

また、被験者の発話は図 18 に示すように（1）教示者への質問（2）課題を遂行するうえでの発話（3）その他、に分類される。

教示者への質問は、システムの使用に関する確認質問（たとえば「[ズームオブジェクトを画面に置きながら]これは、こう使うのですか?」など）やタスク内容に関する質問（たとえば「最大発電量ですよ?」など）で、他の被験者に対する質問発話が教示者への質問かとの区別は、発話した被験者の視線方向に基づき教示者が判断して回答したか否かによって行っている。

課題を遂行するうえでの発話は被験者が相手に対して問いかけたり意見を述べたりした発話で「[オブジェクトを動かしながら]こっち見てみようよ」や「[画面を指さしながら]これが最大じゃない?」など他の被験者を指向した発話およびそれらに対する相手の応答発話である。

その他に分類された発話は主にシステムが期待する動作をしなかったり他方の被験者との意思疎通に齟齬が生じたりした際に発する独り言で、たとえば「[システムの認識外の場所にオブジェクトを置いて]なんでだめなんだろう」などである。

図 18 から、天地問題解決ケースのほうが被験者の平均発話回数の総計が天地問題未解決ケースより増

加しているのは課題を遂行するうえでの発話が増加しているためであることが分かる。この結果は天地問題未解消ケースに比べ、選定問題をより協力して取り組んでいることを示唆している。なお、天地問題未解消ケースと天地問題解消ケースで発話に見られる特徴の違いとしては、後方で指示代名詞の使用がやや増加する傾向が見られたものの、内容的な差異はほぼ見られなかった。

ただし、天地問題解消ケースでのみ観察される発話として、提示されている情報の位置を確認する発話の一部見られた。これは、天地問題解消ケースでは異なる方向へ個別に情報提示が行われているために生じる位置のずれに起因する発話であり、本来の議論には関係しない発話である。これは天地問題の解消によって生じる新たな問題点であり、今後の検討を要するものと考えられる。また、本実験は風力発電機の適地選定問題に限定され、被験者の規模も小規模であることから、本実験の結果がただちにすべての対面協調作業に敷衍して解釈できるものではないと考えている。今後異なるアプリケーションやさらなる被験者実験を通じて検証していく。

7. おわりに

本稿では、従来のテーブル型協調作業支援システムで問題となっていた天地問題を解決するために、方向依存ディスプレイを用いた新しい協調作業支援システムを提案した。本システムでは、地図情報のようにすべてのユーザが共有すべき情報と、文字やグラフのように各ユーザに対して個人化して見やすい位置・方向に提示すべき情報の切り分けを行い、それらを共有平面上に同時に提示することで、画面の共有と情報の個人化の両立を実現している。またジェスチャや実オブジェクトの配置というユーザのより自然な入力による情報操作を行うこともできる。

また、協調作業支援の例として、複数の専門家が新しい風力発電機の導入に向けた議論をテーブルを囲んで行うというシナリオ設定の下でアプリケーションを提案・実装した。このアプリケーションを用いて被験者実験を行い、システムの有効性を実証した。

文献 9) で指摘されているように、テーブルを挟んだ対面でのコミュニケーションにおいて、ユーザは情報の向きによって共有空間と個人空間を峻別したり、情報の向きを変えることで個人空間から共有空間への情報の移行を示唆したりする。本稿で提案する方式は、すべての人にとって見やすいように情報を回転して提示するため、情報の向きが持つこのような役割は利用

できなくなる。本稿で提案する方式の下では、ユーザがどのように共有空間と個人空間を峻別するのか、もしくはそれらの峻別自体がなくなるように議論の形式が変化するのか、といった点について観察するとともに、本方式の下で共有空間と個人空間の重畳を可能にする新たな枠組みについて検討したい。

また、今回提案したアプリケーションでは、ビジョンベースの入力のみを用いたが、タッチパネルやマウス、キーボードなど多様なインタフェースを組み込むことも予定している。このようにインタフェースが多様化した場合の情報ハンドリングの整合性や文脈依存性についても検討をすすめていきたい。

謝辞 本システムの実装にご協力いただいたメディアックス株式会社の赤塚大典氏に感謝します。

参考文献

- 1) Arias, E., Eden, H., Fischer, G., Gorman, A. and Scharff, E.: Transcending the Individual Human Mind—Creating Shared Understanding through Collaborative Design, *ACM Trans. Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol.7, No.1, pp.84–113 (2000).
- 2) Bekker, M.M., Olson, J.S. and Olson, G.M.: Analysis of gestures in face-to-face design teams provides guidance for how to use groupware in design, *Proc. conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, & techniques*, pp.157–166 (1995).
- 3) de Bruijn, O. and Spence, R.: Serendipity within a ubiquitous computing environment: A case for opportunistic browsing, *Proc. 3rd international conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp '01)*, pp.362–370 (2001).
- 4) Eden, H.: Getting in on the (Inter) Action: Exploring Affordances for Collaborative Learning in a Context of Informed Participation, *Proc. Computer Supported Collaborative Learning (CSCL 2002)*, pp.399–409 (2002).
- 5) 寛 康明, 飯田 誠, 苗村 健: インタラクティブな多人数用方向依存ディスプレイ Lumisight Table の提案, 第 2 回情報科学技術フォーラム (FIT2003) 情報技術レターズ, pp.LK-012, 293–294 (2003).
- 6) Kakehi, Y., Iida, M., Naemura, T., Shirai, Y., Matsushita, M. and Ohguro, T.: Lumisight Table: Interactive View-Dependent Display-Table for Multiple Users, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.25, No.1, pp.48–53 (2005).
- 7) 川村和充: 製品紹介視界制御フィルム「ルミスティー」, 新素材, Vol.4, No.11, pp.71–75 (1993).

- 8) Kitamura, Y., Konishi, T., Yamamoto, S. and Kishino, F.: Interactive Stereoscopic Display for Three or More Users, *Proc. ACM Conference on Computer Graphics (SIGGRAPH2001)*, pp.231–239 (2001).
- 9) Kruger, R., Carpendale, S., Scott, S.D. and Greenberg, S.: How People Use Orientation on Tables: Comprehension, Coordination and Communication, *Proc. 2003 international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work (GROUP'03)*, pp.369–378 (2003).
- 10) 桑名英二, 坂本 啓, 中村雄三, 坂本泰久, 増尾剛, 築 英司, 北山哲也: 電子会議室環境のデザインモデルの開発, *情報処理学会論文誌*, Vol.36, No.6, pp.1282–1298 (1995).
- 11) 三澤純子, 土屋健一, 吉川健一: MediaTable: 方向性を持たない円形の情報システム, *インタラクティブシステムとソフトウェア IX*, pp.173–178, 近代科学社 (2001).
- 12) 大和田龍夫, 中村竜也, 亀井剛次, 桑原和宏, 須永剛司, 鶴巻文子, 徳村篤志: コラボレーションシステムデザインの評価—大型共有画面の方向性の影響, *日本デザイン学会第 48 回秋季発表大会*, pp.240–241 (2001).
- 13) Patten, J., Ishii, H., Hines, J. and Pangaro, G.: Sensetable: A Wireless Object Tracking Platform for Tangible User Interfaces, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'01)*, pp.253–260 (2001).
- 14) Rekimoto, J. and Saitoh, M.: Augmented Surfaces: A Spatially Continuous Workspace for Hybrid Computing Environments, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'99)*, pp.378–385 (1999).
- 15) Scott, S.D., Grant, K.D. and Mandryk, R.L.: System Guidelines for Co-located, Collaborative Work on a Tabletop Display, *Proc. European Conference on Computer-Supported Cooperative Work 2003 (ECSCW'03)*, pp.159–178 (2003).
- 16) Shen, C., Lesh, N.B., Vernier, F., Forlines, C. and Frost, J.: Sharing and Building Digital Group Histories, *Proc. Computer Supported Cooperative Work (CSCW2002)*, pp.324–333 (2002).
- 17) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO): 新エネルギーガイドブック <導入編> (2001).
- 18) Stefik, M., Foster, G., Bobrow, D.G., Kahn, K., Lanning, S. and Suchman, L.: Beyond the Chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings, *Comm. ACM*, Vol.30, No.1, pp.32–47 (1987).
- 19) Streitz, N.A., Geißler, J., Haake, J.M. and Hol, J.: DOLPHIN: Integrated Meeting Support across Local and Remote Desktop Environments and LiveBoards, *Proc. ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW'94)*, pp.345–358 (1994).
- 20) Streitz, N.A., Geißler, 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, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99)*, pp.120–127 (1999).
- 21) Sum Microsystems Inc.: JavaSpaces Service Specification (2000).
<http://www.sun.com/software/jini/specs/jini1.1.html/js-title.html>
- 22) 垂水浩幸: グループウェアとその応用, 共立出版 (2000).

(平成 16 年 10 月 18 日受付)

(平成 17 年 5 月 9 日採録)



松下 光範 (正会員)

1993 年大阪大学工学部精密工学科卒業。1995 年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻制御工学分野博士前期課程修了。同年 4 月日本電信電話株式会社入社, 現在に至る。

自然言語理解, 情報可視化, ヒューマンコンピュータインタラクションに関する研究に従事。博士 (工学)。1996 年度人工知能学会全国大会優秀論文賞, 2001 年度人工知能学会全国大会ベストプレゼンテーション賞, 平成 14 年度情報処理学会論文賞等, 各賞受賞。日本知能情報ファジィ学会, 人工知能学会, ACM 各会員。



白井 良成 (正会員)

1998 年慶應義塾大学環境情報学部卒業。2000 年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士課程修了。同年 4 月日本電信電話株式会社入社, 現在に至る。2004 年より東京

大学大学院工学系研究科博士課程在学中。ヒューマンコンピュータインタラクションに関する研究に従事。FIT2003 ヤングリサーチャー賞受賞。ヒューマンインタフェース学会会員。



大黒 毅 (正会員)

1990年東北大学工学部情報工学科卒業。同年日本電信電話株式会社入社。構造的計算量理論，ソーシャルウェア等の研究に従事。2001年第7回情報文化学会賞受賞。コミュニケーションメディア，computer-mediated communication and community，インタラクションデザイン等を研究分野とする。電子情報通信学会，日本デザイン学会各会員。



飯田 誠

2001年東京大学大学院工学系研究科機械情報工学専攻博士課程修了。同年(独)産業技術総合研究所第一種研究員，東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻助手を経て，2002年より同電子工学専攻助手(独)産業技術総合研究所併任研究員。博士(工学)。ヒューマンインタフェース，実世界指向情報環境，複合現実感，ヒューマンコミュニケーション，流体シミュレーション等の研究に従事。



筧 康明

2002年東京大学工学部電子情報工学科卒業。2004年東京大学大学院学際情報学府修士課程修了。現在，同博士課程在学中。日本学術振興会特別研究員。複合現実感，実世界指向情報環境，インタラクティブメディアに関する研究に従事。2004年NHK デジタルスタジアム年間最優秀作品賞，2004年芸術科学会論文賞，2004 ASIA DIGITAL ART AWARD 優秀賞，2004年DiVA 芸術科学会展大賞，第8回日本バーチャルリアリティ学会大会学術奨励賞，FIT2003 論文賞等，各賞受賞。日本バーチャルリアリティ学会，芸術科学会各会員。



苗村 健

1997年東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程修了。スタンフォード大学客員助教授(日本学術振興会海外特別研究員)を経て，2002年東京大学大学院情報学環助教授，現在に至る。実写に基づく画像合成，複合現実感，実世界指向情報環境等の研究に従事。博士(工学)。2004年NHK デジタルスタジアム年間最優秀作品賞，2004年SICE ベストセッション講演賞，Pacific Graphics 2004 Best Paper Award，2004年芸術科学会論文賞，2004年DiVA 芸術科学会展大賞，2004年GCAD 賞，FIT2003 論文賞，2003・1999・1996年3次元画像コンファレンス優秀論文賞，1997年映像情報メディア学会丹羽高柳賞論文賞等，各賞受賞。電子情報通信学会，映像情報メディア学会，日本バーチャルリアリティ学会，芸術科学会，ACM，IEEE，SPIE各会員。