

テーブルトップインタフェースを用いた 発想支援システムの開発と適用

大橋 誠^{†1} 伊藤 淳子^{†2} 宗森 純^{†2}
松下 光範^{†3} 松田 昌史^{†3}

KJ 法は日本の代表的な発想法の 1 つであり、様々な場面で広く活用されている。KJ 法はもともと付箋紙を使って行われてきたが、計算機で支援する KJ 法（計算機型 KJ 法）もあり、それぞれ固有の問題が存在する。紙面上の KJ 法は、複数の作業員で行う場合、対面で付箋紙を使用するため、反対側で付箋紙の文字を読み取る作業が容易ではない。計算機型 KJ 法は複数台の PC を用いて行う場合、物理的に同一の画面を共有できないため、オブジェクトを指で指示することが不可能である。そこで本研究では、異なる方向を向いた作業員らが同一方向の画面を共有できる方向依存ディスプレイテーブル “Lumisight-Table” を用いて計算機型 KJ 法支援システムを構築することで問題点の解決を図った。提案手法を実装したシステムを用いて行った計算機型 KJ 法の結果と既存の計算機型 KJ 法による結果について、作業時間や発言回数の観点から比較、評価を行った。その結果、作業時間が既存の計算機型 KJ 法と比較して、30.8 分から 18.0 分に短縮され、有意差が見られた。また、発言回数の増加も見られた。

Development and Application of Idea Generation Support System Using Table-top Interface

MAKOTO OHASHI,^{†1} JUNKO ITOU,^{†2} JUN MUNEMORI,^{†2}
MITSUNORI MATSUSHITA^{†3} and MASAFUMI MATSUDA^{†3}

KJ method is one of the famous idea generation methods in Japan. Original KJ method is performed using paper tags (ex. Post It). KJ method is also implemented on computers. The system is called the computerized KJ method support system. In the original KJ method for several participants, it is hard to read the content from the other side. In the computerized KJ method for several participants with PCs, it is hard to point the content by a figure directly. We have developed a computerized KJ method support system, which used the direction dependent table-top interface named Lumisight-Table for solving the problem. We compared performance between the Lumisight-Table system and the conventional system. The results of the experiments indicated that working time reduced from 30.8 min. to 18.0 min. using the Lumisight-Table system and the significant difference was existed. The numbers of remarks increased by using the Lumisight-Table system.

1. はじめに

近年、発想法の重要性が再認識され、様々な場面で広く活用されている。決められた過程に沿って思考し、結果としてアイデアを創出する手法を発想法と呼び、個人、複数人にかかわらず、計画案を立てる場合や会

議支援などに使用される。1939 年に米国の広告代理店 BBDO 社のアレックス・オズボーン氏によってブレインストーミングが創案されて以降、分析した情報から発想する手法や、発想を転換する手法、アイデアを収束させて発想する手法など、様々な種類の発想法が生みだされた¹⁾。その中でも、アイデアを発散、収束させて発想する手法で著名な KJ 法^{*1}は²⁾、日本で広く使われている手法であり、付箋紙などを使用して多彩なデータをもとに仮説を立てる作業や、様々な側面を検討して全体像を組み立てる作業に有効とされて

^{†1} 和歌山大学大学院システム工学研究科
Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

^{†2} 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

^{†3} NTT コミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Laboratories

*1 「KJ 法」は株式会社川喜田研究所の登録商標である。

いる（複数人で行う KJ 法をグループ KJ 法という場合も多いが、本論文では KJ 法と記述する）。

一方で、情報処理技術の発達により、計算機ネットワークを応用した協調作業が容易に構築可能となった。本論文では、計算機上で作業を行う KJ 法を以下で計算機型 KJ 法と記述する。計算機型 KJ 法は基本的には付箋紙などを用いて紙面上で行われる KJ 法を計算機上に置き換えたものである。計算機型 KJ 法には、1 台で支援する方式と複数台で支援する方式とがある。複数台で支援する方式には、同室対面で支援する方式（同室対面型）と遠隔分散で支援する方式（遠隔分散型）がある。

現在、様々な計算機型 KJ 法支援システムが提案されている³⁾⁻⁶⁾。計算機型 KJ 法は、KJ 法を計算機上で行うことによって、個々の作業画面に作業者の正面に対応した文字を表示させることを可能とした。そのため、従来、紙面上では容易でなかった正面以外の方向から付箋紙の文字を読み取るという作業が容易に行えるようになった。さらに、紙面上で行う KJ 法と比較して、作業工程や作業の結果を保存することが容易であるという利点を持つ。しかし、複数の作業者が参加し、各々のディスプレイを持った複数の計算機で支援する場合、同室対面型でも複数のディスプレイがあるため、物理的に同一画面を共有することが不可能であり、KJ 法本来の、対象を指で指示し対面でコミュニケーションをとりながら作業するという利点を損なうという問題点があげられる。

そこで本研究では、複数の作業者が同一画面を共有できる方向依存ディスプレイテーブル“Lumisight-Table”⁷⁾⁻⁹⁾を用いてそれぞれの利点をあわせ持った計算機型 KJ 法支援システムを構築する。すなわち、計算機型 KJ 法における、作業者の正面に対応した文字を出力するという利点を保ちつつ、指で指示できる対面でのコミュニケーションを実現し、Lumisight-Table 上で計算機型 KJ 法を行うために最適なオブジェクトを表示する方法を提案する。

提案手法を実装したシステムを用いて Lumisight-Table 上で指を用いてオブジェクトを指示できる計算機型 KJ 法を行う。その実験結果と既存の計算機型 KJ 法支援システムおよび Lumisight-Table 上で実験を行うが指で指示できないように画面を表示したシステムを用いて行った実験結果について、作業時間や発言回数の観点から比較、評価を行い、本手法の有効性を示す。なお、本論文では計算機による支援の観点から本手法の有効性を検討するため、紙面上での KJ 法との比較や文字の正立/倒立の影響に関する検討は行わない。

本論文では、まず 2 章で紙面上で行う KJ 法とこれまでに提案された計算機型 KJ 法についての知見を述べる。続く 3 章で本システムの概要と機能について示す。4 章では、被験者の作業時間の変化や口頭での会話、チャットの回数の違いなどを調べるための、提案手法による KJ 法と既存の方式の KJ 法などとの比較実験を示す。5 章では、実験によって得られた結果を示す。6 章では、それぞれの結果から本手法の有効性を検証する。7 章は本論文のまとめである。

2. KJ 法とインタフェース

2.1 KJ 法

KJ 法とは、データをまとめる際に考案された発想法である²⁾。KJ 法は、日本でブレインストーミングと並んで広く活用されており、多くの断片的なデータを統合し、創造的なアイデアを生み出す場合や問題解決の糸口を探り出す場合に使用される、アイデア発散収束型の手法である。KJ 法は、主に「ラベル作成」「グループ編成（島作成）」「図解化」「文章化」の 4 ステップからなる。

(1) ラベル作成

参加者があるテーマに沿って、アイデアや元からあるデータを各々ラベルに記入する。この際に、複数人で作業する場合は、他人のアイデアや意見を批判してはならない。

(2) グループ編成（島作成）

参加者は作成したラベル群を吟味し直感的な類似性を基にグループ分けをし、それぞれのグループに、グループ内に存在する各ラベルの内容を要約した表題をつける。この表題を以下では“島名”、グループを“島”と記述する。

(3) 図解化

ラベル・グループ間の相互関係を考慮しながら空間的に配置を行う。それぞれの関係が理解できるよう、グループ間を線または輪でくくり、関連づけを行う。

(4) 文章化

図解化の結果をふまえ、抽出されたアイデアを収束して内容の文章化を行う。

以上が KJ 法の主な作業の流れである。文章化を行った後に発見された疑問、アイデアなどを抽出し、ラベルを作成して再度 KJ 法を行うこともある。KJ 法は、紙面上で行う KJ 法と計算機を使用して行う計算機型 KJ 法の 2 つに大別される。紙面上で行う KJ 法の特徴として、協調作業時の対面コミュニケーションが可能である、必要最低限のラベル用のカード（付箋紙な

ど)と紙を用意することでKJ法を行うことが可能である,という点があげられる。しかし,作業結果の保存が簡単でないことや,ラベルの正面以外の文字を読み取ることが容易でないという問題点がある。

2.2 計算機型 KJ 法

計算機型 KJ 法は KJ 法を計算機 1 台もしくは複数台使用して行う手法である。基本的には紙面上と同じ作業を計算機上で行う。各々固有のディスプレイを所有しているため,紙面上で行うものと違いラベルの文字の方向が統一されている,計算機上での作業のため保存が容易でログも簡単にとることが可能である,という利点がある。計算機型 KJ 法には同室対面型と遠隔分散型とがある。遠隔分散型では動画像や音声,チャット,共有カーソルを用いてコミュニケーションをとる。本論文で対象とするのは同室対面型である。

計算機型 KJ 法の既存のシステムとして KJ エディタ³⁾, D-ABDUCTOR⁴⁾, 郡元⁵⁾, GUNGEN DXII⁶⁾ があげられる。KJ エディタ³⁾ は発想法支援システムの黎明期から研究開発されている計算機型 KJ 法支援システムの 1 つである。このシステムはユニバーサル画面とローカル画面を持ち大量のアイデアが書かれたカードに対応している。画面をスクロールするパニングという機能を持つ。のちに複数の計算機で使用が可能となった。D-ABDUCTOR⁴⁾ は KJ 法の過程を図的思案展開過程としてとらえた対話型支援システムである。魚眼表示などの自動描画機能に特徴がある。郡元⁵⁾ は計算機型 KJ 法支援システムと,データベースとして用いる知的生産支援システムから構成されている。計算機型 KJ 法の実行時に行われた発言,雑談,ラベル・島の移動などのユーザの操作ログを保存することが可能である。GUNGEN DXII⁶⁾ は郡元をもとに改良された計算機型 KJ 法支援システムであり,テキストデータと PDA に入力された手書き文字データをラベルとして利用することができる。従来のシステムから作業領域の拡大を行うことで,数百枚のラベルを扱うことが可能である。共有ウィンドウには全体の一部が表示され,全体のシステム画面はスクロールウィンドウに縮小表示される。

これらのシステムは複数のディスプレイなどを使用して作業を行うため,同室対面でも物理的に指で画面のオブジェクトを指示することが不可能である。そのためチャットやカーソルなどを共有してラベル,島の移動や作成などの指示を行わなければならない,指示や操作に手間がかかるため,正確に伝達するのが困難であるという問題が生じる。

大型ディスプレイをホワイトボードのようにして意

思決定作業などに使う研究も以前からあり¹⁰⁾,発想法支援への応用が期待される。

2.3 Table Top Interface

従来の CRT や液晶パネルではなく,テーブル状の入出力インタフェースをテーブルトップインタフェースと呼ぶ¹¹⁾。代表的なものとして, DiamondTouch-Table¹²⁾, Lumisight-Table⁷⁾ などがあげられる。

DiamondTouch-Table は,複数のユーザによる協調作業支援を行う卓上ディスプレイ付きマルチユーザタッチスクリーンシステムである。DiamondTouch-Table は,テーブルの画面上に複数の微小なアンテナが埋め込まれており,ユーザは,アンテナと専用の装置に同時に触れることでユーザの身体に微弱な電流が流れ,ユーザごとの接触情報を独立に検知することが可能となっている。そのため,専用のタッチペンなどを使用する必要がなく,タッチスクリーンに物体を置いても検知されることがない。また,グループ発想法支援システムにも用いられている¹³⁾。

これまでのテーブル型協調作業支援システムは,テーブルを挟んで対面する参加者同士では,文字や画像などの情報の向きが逆になるため,視認性が悪く,情報の対称性が保たれなくなるという問題点があった。そこで,これらの問題を解消するのが Lumisight-Table である。Lumisight-Table は同一画面を共有しながら,ユーザの見方方向によって異なる画像を提示することで視認の平等性の保持を可能にしている。

以上より,画面に指で指示することが可能であり,かつ計算機型の特徴である,文字がつねに自分の見えやすい方向にあるという利点を持たせるため,本研究では Lumisight-Table を用いてシステムを構築した。

3. SquareSystem

2.3 節で述べた Lumisight-Table (図 1) を用いて,計算機型 KJ 法を支援するシステムを構築する。正方形の画面および使用するラベルが正方形であることから,本システムを SquareSystem と名付ける。Lumisight-Table を用いることで,2.2 節で述べた計算機型 KJ 法では物理的に不可能であった指で対象を指し示すことによる対面コミュニケーションが可能となる。

3.1 設計方針

計算機型 KJ 法の特徴であるログや作業工程の保存が容易に行えるという利点を保ちつつ,紙面上で行う KJ 法に近い環境を実現する。そのため,文字を正立させ,すべての参加者が指で画面内の同一オブジェクトを指示できるよう,Lumisight-Table における表示ラベルの座標変換を行い,同座標に近い位置に表示す

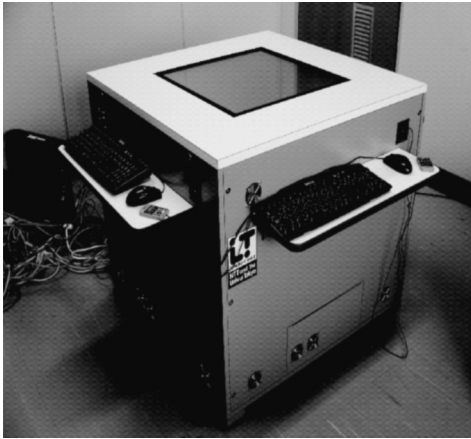


図 1 Lumisight-Table の外観
Fig. 1 Lumisight-Table system.

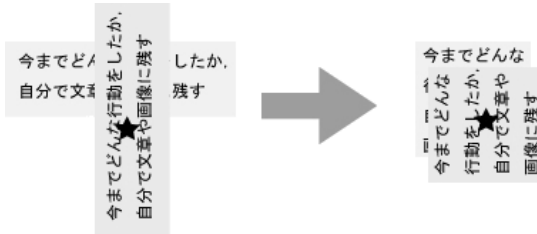


図 2 ラベルの表示方法
Fig. 2 Presentation method of idea labels.

る．これにより対面コミュニケーションを可能にし、紙面上で行う KJ 法に近い環境にすることを旨とする．

3.2 実装

本システムはサーバ、クライアントからなる．システムを起動して最初に、名前、議題名、サーバの IP アドレス、Lumisight-Table で使用する計算機の番号を設定する．計算機の番号には、Lumisight-Table に使用する計算機 4 台に時計回りに 1 から 4 の番号を割り当てる．クライアントで出力された情報をサーバに送信し、これに基づきサーバが各クライアントへ出力された情報を再送信する．各々のクライアントは送信された情報をもとに、自身の計算機の番号を参照しラベルの表示位置に関して 4 台とも同じ位置にくるように座標変換を行う．さらに、文字列を各クライアントの正面に正立で見えるように表示する．

従来の計算機型 KJ 法支援システムでは、アイデアを表示するラベルは長方形であった．本システムのように 4 方向から 1 つのラベルを指す場合、ある側からは縦に長い長方形であるが、他の方向からは横に長い長方形となるため図 2 の左側のように、ある人が指でラベルの星印 () の部分を指しても、他の人から見ると、対応するラベルから外れて見え、指示が曖昧

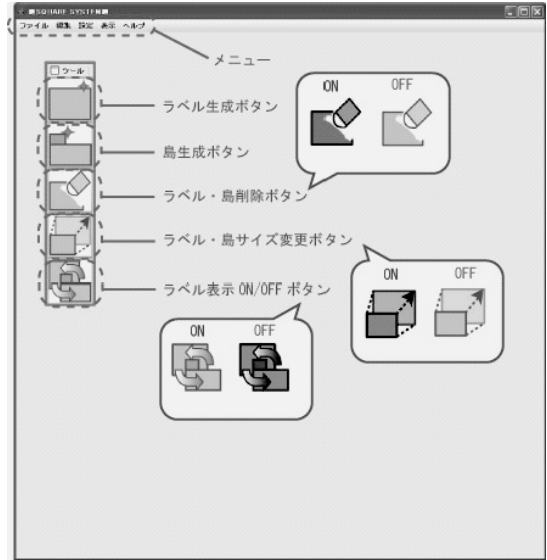


図 3 システム初期画面
Fig. 3 Initial screen.

となる．そこで本システムではラベルを正方形とした (図 2 右)．これはどの方向からでも同じラベルを指しやすくするためである．このようにすれば、多少ハードウェア的な歪みで表示位置がずれても、同じラベルを指せる利点がある．

本システムは、以下のハードウェアおよびソフトウェアによって開発を行った．

- (1) ハードウェア
PC の CPU は Intel Pentium 4 (3.4 GHz) を使用している．
- (2) ソフトウェア
OS は Microsoft Windows XP Professional version 2002 を使用している．また、開発言語は Sun Microsystems 社の JDK1.5.0.06 を使用し、開発環境は Apache Software Foundation の Eclipse SDK version 3.1.1 である．プログラムの行数は約 2,000 行となっている．

3.3 システム機能

本システムの使用時の主な流れを記述する．

- (1) 初期画面
図 3 はシステムを実行すると最初に現れる画面である．この段階では、サーバには接続しておらず、他クライアントのラベルや島の情報を得ることはできない．画面左側には、ツールウィンドウの中に 5 種類のボタンが表示される．ラベル生成ボタン、島生成ボタンを押すとラベル、島が生成される．ラベル・島削除ボタン、ラベ

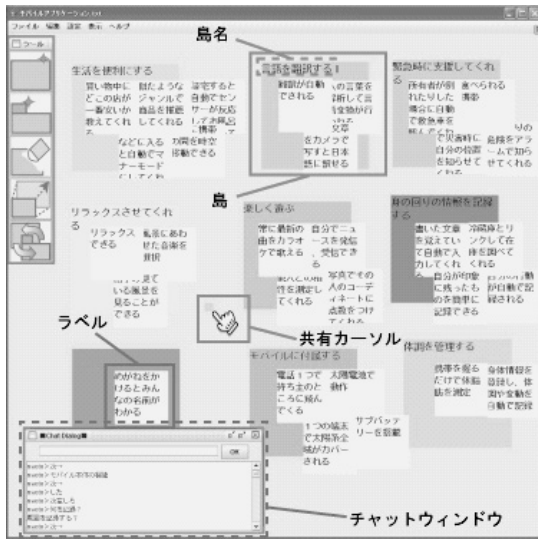


図 4 システム実行画面

Fig. 4 An example of screen.

ル・島サイズ変更ボタンは、ON の状態でラベルまたは島をクリックするとそれぞれの操作が実行される。ラベル表示 ON/OFF ボタンは、OFF 状態にするとラベルの表示が消え、島のみ表示となる。

(2) システム設定

メニューバーにある「設定」→「プロパティ」を選択し、名前、議題名、サーバの IP アドレス、各クライアントごとにマシン番号を設定する。この設定の下で、各クライアントとサーバ間でデータのやりとりを行う。

(3) 計算機型 KJ 法の開始

ラベル、島の生成を行い、各ユーザから出されたアイデアをオブジェクトに記入していく。生成されたオブジェクトをクリックすることで文字入力、色設定ができるようになっている。本システムでは操作権は設定しておらず、操作は原則的に 1 名が行う。また「表示」→「チャット」を選択することで、他のユーザともコミュニケーションが行えるようチャットウィンドウを表示させることが可能である。図 4 はシステムの実行画面である。共有カーソルを備えている。

4. 実験

実験は 3 章で提案した SquareSystem を使用して行った。被験者を 4 名 1 組のグループとして、Lumisight-Table を使用し、座標変換して同じ場所にラベルなどのオブジェクトを表示して、指さしを

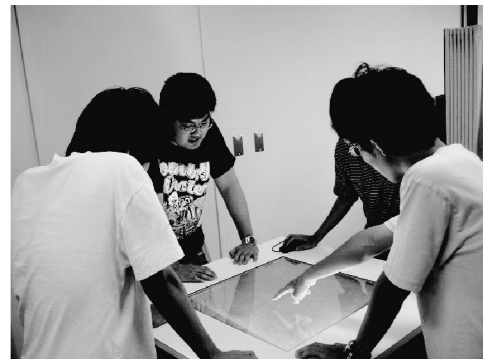


図 5 Lumisight KJ 法実験 (指さし) の様子

Fig. 5 Lumisight KJ method (point with a finger).

可能とし、文字を正立した計算機型 KJ 法 (以下、Lumisight KJ 法 (指さし) と記述する) と、比較のため、Lumisight-Table を使用するが座標変換を行わず共有画面がそのまま同じように表示されるため、文字は正立しているが指さしができない計算機型 KJ 法 (以下、Lumisight KJ 法 (座標変換なし) と記述する) および近接した場所に対面で設置した 4 台のディスプレイを使用した計算機型 KJ 法 (以下、計算機型 KJ 法と記述する) をそれぞれ 1 度ずつ行い、その結果を検証した。被験者 20 名を対象に 4 名 1 組で計 5 組のグループ A から E に分かれて作業してもらった。各グループが 3 種類の KJ 法を経験することによる効果を軽減させるため、順序はカウンターバランスをとった。被験者は和歌山大学システム工学部 17 名 (著者のうちの 1 名も含まれる)、教育学部 2 名、経済学部 1 名の学生である。いずれの被験者も KJ 法と Lumisight KJ 法を経験している。テーマは「究極のモバイルアプリケーション」「究極のネットワークゲーム」「究極の幼児用ソフト」の 3 種類を用意した。いずれも学生が興味を引くものとした。実験では特に時間制限を設けず、指で指示することの有効性を実証するため、あらかじめラベルを 30 個表示させた状態で、ラベルを集めて島を作成し、島名を付ける作業を完了するまで行ってもらった。操作は原則的に 1 名の被験者が行った。

4.1 Lumisight KJ 法実験 (指さし)

Lumisight KJ 法 (指さし) の実験は、Lumisight-Table 上で SquareSystem を用いて、ラベルなどのオブジェクトを 4 名とも同一の座標に配置し、テーブルトップディスプレイ上で位置を共有できる状態を作成して行った。図 5 のように被験者 4 名を Lumisight-Table を 4 方向から囲むように配置し作業を行った。作業中のコミュニケーションは口頭での会話、チャット、



図 6 計算機型 KJ 法実験の様子
Fig. 6 Computerized KJ method.

および共有カーソルも使用できるようにした。実験場所は和歌山大学システム工学部 A 棟 804 号室である。

4.2 Lumisight KJ 法実験（座標変換なし）

Lumisight KJ 法（座標変換なし）の実験は座標変換せず、共有するウィンドウをそのまま表示するために、ラベルなどのオブジェクトは、各被験者にとっては同じ位置にあるが、座標位置が異なるため指による指示はできない。それ以外は Lumisight KJ 法と同じである。すなわち、被験者 4 名を Lumisight-Table を 4 方向から囲むように配置し作業を行った。作業中のコミュニケーションは口頭での会話、チャット、および共有カーソルでとることができる。実験場所は和歌山大学システム工学部 A 棟 804 号室である。

4.3 計算機型 KJ 法実験

計算機型 KJ 法の実験では、被験者 4 名がそれぞれ 1 台ずつ液晶ディスプレイとパーソナルコンピュータ、マウス、キーボードからなるシステム上で、本 SquareSystem のソフトを用いて計算機型 KJ 法の作業を行った。同じ画面を共有する Lumisight KJ 法に近い環境にするため、図 6 のように 2 名ずつ向かい合って作業を行った。お互いに 2 メートル程度の位置にいる。作業中のコミュニケーションは口頭での会話、チャット、および共有カーソルでとることができる。実験場所は和歌山大学システム工学部 A 棟 803 号室である。

5. 実験結果

各グループの Lumisight KJ 法と計算機型 KJ 法の 3 通りの条件で実験を行った結果をまとめた。表 1 はそれぞれの実験の作業時間を表している。実験後、被験者にアンケート調査を実施した。アンケートは 5 段階評価および記述式の 2 通りの項目を設けた。表 2 は被験者 20 名の 5 段階評価の結果の平均をとったものである。5 段階評価に関しては、評価が 5 であれば

「強くそう思う」、1 であれば「まったくそう思わない」に相当する。

5.1 Lumisight KJ 法（指さし）の実験結果

各グループの作業時間の平均は 18.0 分であった。以下に記述式アンケートの結果を示す。

記述式アンケート結果

Q. Lumisight KJ 法の良い点、悪い点を記入してください。

良い点

- その場で指して言いやすい。
- コミュニケーションがとりやすく作業がスムーズだった。
- 指で示して直接相手に伝えられるので作業が行いやすい。
- 会話によるコミュニケーションがとれる。
- 文字サイズはちょうど良い。

悪い点

- プロジェクタの光がまぶしい。
- 画面の端が少々見えにくかった。

5.2 Lumisight KJ 法（座標変換なし）の実験結果

各グループの作業時間の平均は 19.4 分であった。以下に記述式アンケートの結果を示す。

記述式アンケート結果

Q. Lumisight KJ 法（座標変換なし）の良い点、悪い点を記入してください。

良い点

- 位置が同じだと指示しやすい。
- 相手が何を指しているのかが分かりやすい。
- 正確に位置を示せた。

悪い点

- 共有カーソルが面倒。
- 自分の指で直接指せないの少し面倒。
- 共有カーソルがあっても「画面の右」など、口頭で指示してしまうときがあり、共有カーソルを活用しきれなかったかもしれない。
- 共有カーソルの位置が急に変わり見つけにくい。

5.3 計算機型 KJ 法の実験結果

計算機型 KJ 法での、各グループの作業時間の平均は 30.8 分であった。以下に記述式アンケートの結果を示す。

記述式アンケート結果

Q. 計算機型 KJ 法の良い点、悪い点を記入してください。

表 1 各グループの作業時間
Table 1 Working time of each group.

作業時間	Lumisight KJ 法(指さし)	Lumisight KJ 法 (座標変換なし)	計算機型 KJ 法
グループA	18分	18分	42分
グループB	21分	20分	29分
グループC	17分	16分	22分
グループD	19分	20分	26分
グループE	15分	23分	35分
平均(標準偏差)	18.0 (2.2)	19.4 (2.6)	30.8 (7.9)

表 2 アンケートの結果
Table 2 Results of questionnaires.

	Lumisight KJ 法 (指さし)	Lumisight KJ 法 (座標変換なし)	計算機型 KJ 法
Q 1. システムの使いやすさ	3.8 (0.77)	3.4 (0.81)	3.4 (0.67)
Q 2. ラベルや島の位置を指で指したときの精度/共有カーソルの使用度	3.8 (0.89)	3.7 (0.81)	3.2 (1.09)
Q 3. 画面の見易さ	2.4 (0.82)	2.6 (1.00)	4.5 (0.69)
Q 4. チャット機能の活用度	1.4 (0.88)	1.5 (0.83)	4.2 (0.99)
Q 5. コミュニケーションの容易度	4.4 (0.82)	3.7 (1.14)	3.0 (0.76)
Q 6. 自分の意図した作業を相手に伝えられた	4.2 (0.75)	3.8 (1.07)	3.4 (0.81)

*()は標準偏差

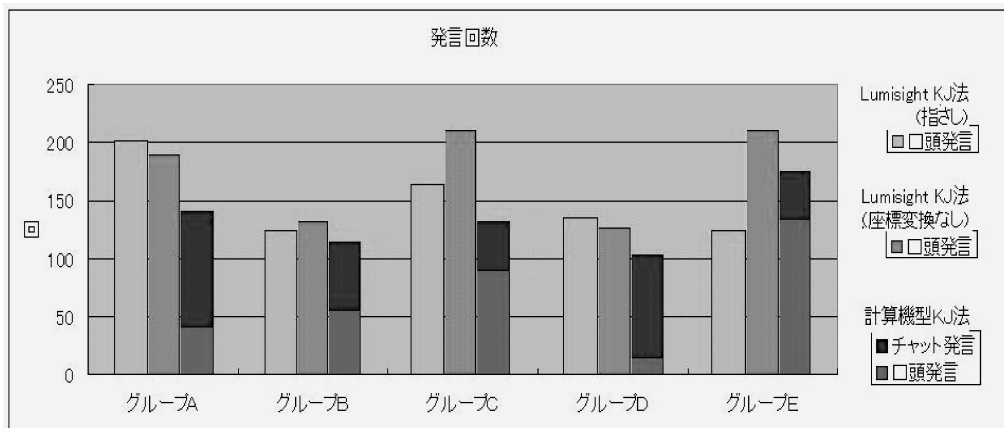


図 7 それぞれの実験の発言回数

Fig. 7 The remark number of times of each experiment.

良い点

- チャットログに何をしていたか残り、作業しやすかったのではないかと思います。
- ラベルは把握しやすかった。
- 眩しくなかったので見やすかった。
- あまり知らない人とチャットできるのでやりやすかった。

- チャットでラベル名を指示した。

悪い点

- チャットがコミュニケーションの中心だったが、人によって文字入力速度が異なるので思いどおりに意見を伝達するのが難しかったかもしれない。
- タイピングが苦手なので忙しい。

表 3 Lumisight KJ 法における指での画面指示回数
Table 3 Number of pointing by a finger in Lumisight-Table.

	指示回数
グループA	79回
グループB	46回
グループC	43回
グループD	36回
グループE	48回
平均(標準偏差)	50.4(16.6)回

- 操作権を持つ人に伝えられなかった作業も出てきた。
- コミュニケーションがとりにくい。

図 7 はそれぞれの実験のグループ A からグループ E までのチャット発言回数と口頭発言回数を示したものである。縦軸は発言の回数を示している。Lumisight KJ 法（指さし）の発言回数の合計平均が 150.0 回、Lumisight KJ 法（座標変換なし）の発言回数の合計平均が 174.2 回、計算機型 KJ 法の発言回数の合計平均が 133.4 回となった。口頭発言回数には、うなずきや相槌のような短い発言は含まれていない。また、表 3 は Lumisight KJ 法（指さし）でラベル、および島を指で指示した回数を示している。表 3 より、30 個のラベルを使用して島名を作成するのに Lumisight KJ 法（指さし）では平均 50.4 回、指示が行われている。

6. 考 察

6.1 考 察

作業時間の差について検討するため、表 1 より、それぞれの計算機型 KJ 法の作業時間に対して分散分析を行った。計算の結果、有意水準 1% で有意差があった (P-値 0.0027)。そこで、最小有意差法を用いて各々を比較したところ Lumisight KJ 法（指さし：18.0 分）と計算機型 KJ 法（30.8 分）の間には有意水準 1% で有意差があり (P-値 0.0015)、Lumisight KJ 法（座標変換なし：19.4 分）と計算機型 KJ 法の間にも有意水準 1% で有意差があることが分かった (P-値 0.0034)。しかし、Lumisight KJ 法（指さし）と Lumisight KJ 法（座標変換なし）の間には有意差はなかった (P-値 0.663)。すなわち、2 種類の Lumisight KJ 法はどちらも計算機型 KJ 法よりも作業時間が短いことは分かっ

た。また、2.2 節で述べた郡元を使用した実験結果でも、ラベル平均 36.4 枚で島作成に要した時間が 49.6 分となっており¹⁴⁾、本システムで行った計算機型 KJ 法と近い値を示している。したがって、Lumisight-Table を使用することによって、従来の計算機型 KJ 法と比較して作業時間の短縮が図れることが分かった。

表 1 と図 7 より 1 分間の平均発言回数を計算したところ、Lumisight KJ 法（指さし）が 8.3 回/1 分間で、7.2 秒に 1 回、Lumisight KJ 法（座標変換なし）が 9.0 回/1 分間で、6.7 秒に 1 回、計算機型 KJ 法が 4.3 回/1 分間で、13.9 秒に 1 回の割合で発言を行っていた。一方、計算機型 KJ 法支援システムではないが、参考として電子会議システムにおいて、離れた場所で画像、音声、チャットによって発言および発言に相当するデータのやりとりが行われた回数は約 5 秒に 1 回となっている¹⁵⁾。ただし、相槌などが多い。したがって、Lumisight-Table を使用することで対面としての特徴を活かし、結果として発言回数が増加し、コミュニケーションが活発になると考えられる。

また、Lumisight KJ 法の指での指示回数と発言回数とを比較すると、先述の Lumisight KJ 法（指さし）の指での平均指示回数が 50.4 回、平均発言回数が 150.0 回なので、3.0 回のうち 1 回は指で指示しながら発言を行っていることになる。これは発言における割合として高い数値を示しており、指での指示が頻繁に活用されていると考えられる。

次に、表 2 のアンケートの結果を考察する。Q1 の「システムの使いやすさ」の問いでは、それぞれの実験にほとんど差はなかった (Lumisight KJ 法（指さし）、Lumisight KJ 法（座標変換なし）、計算機型 KJ 法の順に 3.8, 3.4, 3.4, 以下同様)。Q2 の指示方法に関する問いのうち、Lumisight KJ 法（指さし）への問い「ラベルや島の位置を指で指したときの精度」は 3.8、Lumisight KJ 法（座標変換なし）と計算機型 KJ 法への問い「共有カーソルの使用度」はそれぞれ 3.7, 3.2 と、いずれも 3.0 以上の値であった。Q3 の「画面の見やすさ」の質問は、それぞれ 2.4, 2.6, 4.5 となっており、Lumisight KJ 法の評価数値が低い値となっている。実験で使用した Lumisight-Table は、プロジェクタの光が直接目に入り眩しいため、目の疲労から画面が見えにくくなっている。また、画面の端に隣のユーザの画像が映り込んでしまうことが原因と推察できる。Q4 の問い「チャット機能の活用度」にはそれぞれ 1.4, 1.5, 4.2 と顕著に差が現れている。計算機型 KJ 法の評価が高いのは、ラベルや島の位置をディスプレイ越しに説明する際に、口頭では

なくチャットで行われることが多いためであると考えられる。また、2種類のLumisight KJ法の数値が低い原因としては、Lumisight KJ法では、会話を口頭でのみ行うため、チャット機能そのものを使用しないことが原因と推察される。Q5の「コミュニケーションの容易度」の問いにはそれぞれ4.4, 3.7, 3.0と大きな差が現れている。これは口頭および指さしでコミュニケーションをとれる効果と考えられる。また、Q6の「自分の意図した作業を相手に伝えられた」についてはそれぞれ4.2, 3.8, 3.4と差があり、チャットを中心としてコミュニケーションを行うより対面の状態で直接言葉をやりとりする方がコミュニケーションを容易に行え、自身の意図した作業を素早く伝えることが可能であると考えられる。

Lumisight KJ法(指さし)とLumisight KJ法(座標変換なし)とを比較すると、Q5「コミュニケーションの容易度」でLumisight KJ法(指さし)の評価が高い(それぞれ4.4と3.7)。記述式アンケートにも、「その場で指していいやすい」や「指で示して直接相手に伝えられるので作業が行いやすい」などの記述がある。これに対して共有カーソルの使用は「共有カーソルが面倒」「自分の指で直接指せないで少し面倒」とあり、共有カーソルを使用するより指で指すことがコミュニケーションを良くしていることが分かる。

以上から、Lumisight KJ法(指さし)とLumisight KJ法(座標変換なし)との間には作業時間(18.0分と19.4分)に関しては有意差がなかったものの、文字が各々被験者から読める方向(正立)に表示され、共有画面を指で指示し、さらに対面でコミュニケーションをとるLumisight KJ法(指さし)の手法は、従来の既存のシステムと比較してコミュニケーションが活発となり、作業効率を上げることができるなどの点において有効であることを検証できたと考えられる。

6.2 関連研究

川島らのグループ¹³⁾はDiamondTouch-Tableをグループ発想支援に使用している。彼らは“Mandal-Art”¹⁶⁾と呼ばれる発想法を用いている。彼らの手法はアイデアの発散を図る個人フェーズと発想の収束を図るグループフェーズに分かれている。DiamondTouch-Tableはグループフェーズで使用される。15名で3名ずつ、5回の実験を行った。平均46個のアイデアが個人フェーズで生成された。グループ化フェーズでは被験者は個人フェーズで生成されたアイデアのうち10個を選び、まとめた。この作業には平均で52.4分かかっている。結論として、このシステムはアイデア生成に効率的であると述べている。ただし、従来のシステム

との比較はない。

重信らの研究⁶⁾は計算機型KJ法の島作成時間の短縮を目指している。個々人の計算機でアイデアのラベルがスクリーンの上部から落ちてきて、下まで落ちる間に被験者は適切な島に移動させる。被験者間の島の内容の調整は多数決で自動的に行う。最後に被験者全員で最終的な島を協調して作成する。この方式で島作成時間の短縮を可能とした。しかし、コミュニケーションの活性化についての報告はない。

Yoshinoら¹⁷⁾はLumisight-Tableを使い、そのうえで複数言語の発想支援のためのアイデアを扱う多言語間協調作業システムを開発した。レイヤを複数設け、元の言葉とそれを翻訳した言語をどのように表示するかに研究の重点がおかれている。従来のKJ法との作業時間の比較などはない。

7. おわりに

本研究では、紙面上で行うKJ法の利点と既存の計算機型KJ法の利点をあわせ持つシステムを構築するため、Lumisight-Tableを用いてシステムの開発を行った。そのうえで、Lumisight KJ法と計算機型KJ法を本システムを用いて比較実験し、評価を行った。

その結果、文字が正立し、対面でコミュニケーションが行える状況下で、共有画面を指で指示する提案手法(Lumisight KJ法(指さし))では、既存の計算機型KJ法と比較して、作業時間が30.8分から18.0分に短縮され、1%の有意水準で有意差が見られた。したがって、Lumisight-Tableを使用することで作業時間が短縮される可能性があることを立証した。ただし、Lumisight KJ法(指さし)とLumisight KJ法(座標変換なし)との間には作業時間(18.0分と19.4分)に関しては有意差がなかった。また、発言回数が13.9秒間に1回から7.2秒間に1回と大幅に増加したことから、本手法はコミュニケーションの活性化をもたらすことが分かった。

今後の課題として、紙面上でのKJ法(グループKJ法)との比較実験や計算機支援の利点の1つである文字の正立の効果をも倒立の場合と比較する実験を行う必要がある。また、Lumisight-Tableの眩しさの軽減、重くなって見える部分の解消、指で指示した部分のオブジェクトの完全な一致、タッチパネル化などがあげられる。

参考文献

- 1) 星野 匡：発想法入門，日経文庫(1997)。
- 2) 川喜田二郎：発想法，中公新書(1967)。
- 3) 小山雅庸，河合和久，大岩 元：カード操作ツ-

- ル KJ エディタの実現と評価, コンピュータソフトウェア, Vol.9, No.5, pp.38-53 (1992).
- 4) Misue, K., Nitta, K., Sugiyama, K. Koshiha, T. and Inder, R.: Enhancing D-ABDUCTOR towards a diagrammatic user interface platform, *Proc. 2nd International Conference on Knowledge-Based Intelligent Electronic Systems (KES1998)*, pp.359-368 (1998).
 - 5) 宗森 純, 五郎丸秀樹, 長澤庸二: 発想支援グループウェアの実施に及ぼす分散環境の影響, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.6, pp.1350-1358 (1995).
 - 6) 重信智宏, 吉野 孝, 宗森 純: GUNGEN DXII: 数百のラベルを対象としたグループ編成支援機能を持つ発想支援グループウェア, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.1, pp.2-14 (2005).
 - 7) 松下光範, 白井良成, 大黒 毅, 飯田 誠, 笈康明, 苗村 健: 天地問題を解消した対面協調作業支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.7, pp.1603-1617 (2005).
 - 8) Kakehi, Y., Iida, M., Naemura, T., Shirai, Y., Matsushita, M. and Ohguro, T.: Lumisight Table: An Interactive View-Dependent Display-Table for Multiple Users, *IEEE Computer Graphics & Applications*, Vol.25, No.1, pp.48-53 (2005).
 - 9) 大黒 毅, 松下光範, 白井良成, 笈 康明, 飯田 誠, 苗村 健: 情報提示方法および情報提示装置および情報提示プログラムならびにそのプログラムを記録した記録媒体, 特願 2003-402782.
 - 10) Moran, T.P., van Melle, W. and Patrick, C.: Tailorable Domain Objects as Meeting Tools for an Electronic Whiteboard, *CSCW98*, pp.295-304 (1998).
 - 11) 松下光範, 土方嘉徳, 杉原敏昭: テーブル型システムの現状, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.9, No.1, pp.35-59 (2007).
 - 12) Dietz, K. and Leigh, D.: DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology, *Proc. UIST2001*, pp.219-226 (2001).
 - 13) 川島弘毅, 杉山公造: マンダラ図形を用いたグループ発想支援システムの研究開発, *The 3rd Conference on the Support System for Knowledge Creation*, pp.1-8 (2006).
 - 14) 宗森 純, 堀切一郎, 長澤庸二: 発想支援システム郡元の分散協調型 KJ 法実験への適用と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.1, pp.143-153 (1994).
 - 15) 宗森 純, 吉田 壱, 由井園隆也, 首藤 勝: 遠隔ゼミナール支援システムのインターネットを介した適用と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.2, pp.447-457 (1998).
 - 16) Mandal-Art. <http://www.mandal-art.com/>
 - 17) Yoshino, T., Matsushita, M. and Munemori,

J.: Proposal of a Multi-layer Structure for Multilingual Display on a Lumisight Table, *1st IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems (TableTop 2006)*, pp.127-128 (2006).

(平成 19 年 4 月 13 日受付)

(平成 19 年 10 月 2 日採録)



大橋 誠

2007 年和歌山大学システム工学部デザイン情報学科卒業。同年同大学大学院システム工学研究科コミュニケーション科学クラスタ博士課程前期に進学。現在に至る。グループウェアに関する研究に従事。



伊藤 淳子 (正会員)

2001 年大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻博士前期課程修了。2005 年京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻博士課程単位取得退学。同年和歌山大学システム工学部助手。2007 年より同大学助教。工学修士。2006 年度本会第 63 回 GN 研究会優秀発表賞受賞。対人コミュニケーション, 対話における非言語情報とその表現, モバイルグループウェアに関する研究に従事。



宗森 純 (正会員)

1984 年東北大学大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士課程修了。工学博士。同年三菱電機(株)入社。鹿児島大学工学部助教授, 大阪大学基礎工学部助教授, 和歌山大学システム情報学センター教授を経て, 2002 年同大学システム工学部デザイン情報学科教授。2005 年システム情報学センター長(兼務)。1997 年度本会山下記念研究賞, 1998 年度本会論文賞, 2002 年 IEEE-CE Japan Chapter 若手論文賞, 2004 年度本会学会活動貢献賞, 2005 年, 2006 年 DICOMO 優秀論文賞, 2005 年 KES'05 Best Paper Award をそれぞれ受賞。本会論文誌編集委員会ネットワークグループ主査等を歴任。現在, グループウェアとネットワークサービス研究会主査。グループウェア, 形式的記述技法, 神経生理学等の研究に従事。IEEE, ACM, 電子情報通信学会, オフィスオートメーション学会各会員。



松下 光範（正会員）

1993年大阪大学工学部精密工学科卒業。1995年同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、2002年度情報処理学会論文賞、2007年度日本知能情報ファジィ学会論文賞、2007年度日本バーチャルリアリティ学会論文賞ほか各賞受賞。人工知能学会、日本知能情報ファジィ学会、日本バーチャルリアリティ学会、ACM各会員。



松田 昌史

2003年北海道大学大学院文学研究科人間システム科学専攻博士後期課程単位取得退学。同年日本電信電話（株）入社。現在、NTTコミュニケーション科学基礎研究所勤務。対人コミュニケーション、対人信頼関係の形成過程、行動科学、実験ゲーム研究等の研究に興味を持つ。博士（文学）。2002年日本心理学会優秀論文賞、2007年電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション賞各受賞。日本心理学会、日本社会心理学会、日本グループダイナミクス学会各会員。