原著論文

Vol.9 No.1, 2007

# 積極性を引き出す対面型 Single Display Groupware

市野 順子[*1*2]　竹内 和広[*3]　井佐原 均[*2*4]

## Face-to-face Single Display Groupware for Positive Participation

Junko Ichino[*1*2], Kazuhiro Takeuchi[*3] and Hitoshi Isahara[*2*4]

**Abstract** - This paper describes an experimental prototype of a face-to-face, pen-based single display groupware that encourages positive and cooperative participation without blocking the stream of spontaneous activity in a meeting. We designed a novel circular frame in order that each participant might input positively and grasp the focus of an argument easily. We demonstrated the effectiveness of our proposed interface by comparing it with a general parallel input interface.

**Keywords**: face-to-face meeting support, positive participation, single display groupware (SDG), pen-based, awareness.

### 1. はじめに

ソフトウェア開発では，顧客のニーズを知ることが十分なソリューションを提供するために極めて重要である．特に開発工程の初期の段階での会議の重要性は高い．例えば開発の最初のプロセスである要求定義の代表的な作業形態は SE と顧客による会議であり，口頭による会話によって作業者間の情報交換を行うことが多い．それゆえ，要件記述は不完全であいまいになりやすく，特定の要件についてのさまざまな解釈を生み出し，ソフトウェア開発上の様々な誤りにつながる．特に要求定義の段階の誤りは，それを発見する工程が遅くなるほど，修復コストが大きくなることがわかっている[4]．このような背景があるにも関わらず，数多くの開発ツールやテストツールが市場に投入される中，開発に関連する個々の会議や議論の場の支援に関しては，Microsoft の Power Point を用いたプレゼンテーションが行われる程度で，その電子的支援は進んでいない．口頭での会話を前提とした会議から，あいまいさを軽減し有効な意思決定を導けるかどうかは，会議参加者一人ひとりの経験や資質に大きく依存しているのが現状である．

このように対面コミュニケーションに対する支援が軽視される傾向があるのは，顔を向き合わせた人間同士であれば，相手の発する言葉や表情，身振りを見聞きし，支援がなくても十分にコミュニケーションできると一般的には考えられるためである．しかし，対面コミュニケーションの場に新たなメディアを導入した場合，コミュニケーションの場には何らかの変化が起きることが多い．例えば，ノートパソコンの画面をスクリーンや壁に投影しパソコンに入力しながら会議をする場面で，壁は新たなメディアになる．このような新たなメディアの存在で，参加者同士が互いに向き合って話す密度が低下する場合がある．また，その操作が複雑であったりタイミングに違和感があったりすると，人は議論の内容に注意を向ける代わりに入力端末や表示画面の細かな動きに注意を向けてしまう．つまり，メディアの状態を変える場合，何を，いつ，どれだけ話す／書くかや，その結果生まれる相互の認識がどう変化するのかを慎重に観察する必要があり，この視点からの配慮が不十分なユーザインタフェースは，対面でのコミュニケーションに支障をきたす恐れがある．

新たなメディアが，人間のコミュニケーションにマイナスの影響をもたらす可能性があると同時に，メディアのあり方によっては今までにないプラスの効果ももたらしうる．我々は，この可能性に注目し，会議の自然な流れを阻害せずに積極的，協調的な参加を促す対面会議支援インタフェースの研究を進めてきた[1][2][3]．本稿では，現状の会議支援研究を考察し，その問題点を改善する対面型 Single Display Groupware を提案する．また，実装したプロトタイプシステムを用いて提案したインタフェースの有効性評価実験を行う．さらに，ソフトウェア開発における要求を抽出する会議を行い，実課題に適用する．本研究の考察から，対面した人間同士のコミュニケーションを支援するインタフェースについての知見が得られるものと期待する．

### 2. 関連研究の分析と本研究のアプローチ

#### 2.1 対象とするコミュニケーション活動

我々が目指すのは，メンバが協調的に参加し，多様な

*1: TIS 株式会社産業第 2 事業部
*2: 神戸大学大学院自然科学研究科
*3: 大阪電気通信大学情報通信工学部
*4: 独立行政法人情報通信研究機構
*1: Industrial Business Div.2, TIS Inc.
*2: Graduate School of Science and Technology, Kobe University
*3: Faculty of Information Science and Technology, Osaka Electro-Communication University
*4: National Institute of Information and Communications Technology

意見により議論の幅を広げ，グループの意思決定を行うタイプの会議の支援である．完全に平等な参加は，必ずしもすべての会議にとって理想ではない．しかし，協調的な意思決定を重視する会議の場合，特に，意思決定のために情報がメンバ間で交換されなくてはならない場合に，参加の極端な不均衡は，様々な意見や観点からの検討を欠いた意思決定であることにつながる．例えば冒頭で述べた要求定義プロセスにおいては，SE と顧客はもっている知識が異なるからこそ会議を行うのであり，双方が互いの情報を共有し，多様な観点から議論を重ねて初めて顧客のビジネス上の問題を解決するソフトウェアの開発につながる[5].

端末の小型化，ネットワーク化により，対面型会議に端末を持って参加することが日常化している．本研究では，その環境を活用することを想定し，参加者が Single Display の前に一箇所に集まって議論を行う対面同期型の会議を取り扱う．参加者全員が入力端末（タブレット）から 1 つの共用ディスプレイに対して手書き入力を行う．想定する会議の規模は，参加者 4～5 人程度の少人数会議である．

### 2.2　関連研究

本節では，グループウェアにおける情報入力や情報共有の観点から，関連研究を概観する．

#### 2.2.1　Single Display Groupware における情報入力

複数ユーザで一つのディスプレイを共用し協同編集を行う SDG (Single Display Groupware)に関する研究は主に，同時に複数ユーザが入力可能な並列入力型と，操作権を交替で取得しながら同時には一人だけが入力可能な直列入力型に分けられる．

Colab[6]は，並列入力の先駆的研究である．ユーザは入力に専念できるため多くの意見が提示されたが，同時に，他の人が何をしているかわからなくなり，共通の文脈が維持されにくいと報告している．一方 CaptureLab[7]は，直列入力による会議支援の研究であり，直列入力は参加者が書き出す内容の焦点を絞らせ，各入力の際に口頭の説明を挟む時間を与えると述べている．両方式の比較を行った研究[8][9][10]もある．Prante ら[9]は，直列入力は意見数が少ないだけでなく，書かれた意見の構造化が起こりにくいと指摘している．Roomware[10]は，参加者の視線に関して，並列入力方式では終始個人端末を注視していたが，直列入力方式では，個人端末でも確認できるにもかかわらずほとんど共用ディスプレイを注視していたと報告している．

郡元[11]は，フェイスマークを活用した直列入力によるグループウェアを実装し，使用されたフェイスマークの70%が操作権の譲渡又は奪取の際に利用されたと報告している．この研究は，ユーザの心理的な側面もコミュニケーションを構成する一要素であることを示している．

#### 2.2.2　グループウェアにおける情報共有

議論の発言・記述内容を構造化・可視化[12]したり，ソフトウェア設計開発における議論の設計意図や根拠情報を管理[13] したりすることで会議内容を共有･蓄積する研究が数多くなされている．リアルタイムに会話構造を分析することが技術的に困難なため，非同期型が多い．

分散環境で存在感，実在感，臨場感等のアウェアネスを補完する研究も盛んに行われている．Livenotes[14]は講義での利用を目的とした同期分散型グループウェアであり，各ユーザが現在書き込んでいるページをアイコン化して表示することで作業状況に対するアウェアネスを支援している．マルチプルポインタ／テレポインタは，複数人で画面の内容を参照しながらの対話を円滑に行うために必要なアウェアネスであり，ポインタの色や形状を変えたり，ポインタの横に名前や顔写真を添付したりすることで，メンバとポインタの関連付けを容易にする手法が提案されている[15]．Tang ら[16]は，分散環境にいる他者の存在感を高めるために，テレプルポインタの代わりに，メンバのポインタと座席位置に基づいた仮想的な腕の影絵をディスプレイに表示している．

その他に，情報提示によって対面環境での議論の活性化，合意形成，意思決定等を積極的に支援する研究もある．Dimmico ら[17]は，各参加者の発言量をリアルタイムにヒストグラムで表示することで，少数意見を含めたより多くの観点で議論が進められる方法を提案している．Iqbal ら[18]は，会議参加者の発話数や，他者の自分に対する注意の度合い，自分の他者に対する注意の度合いなどを視覚化しリアルタイムに表示している．

### 2.3　本研究のアプローチ

2.2 節で示したように，協調活動としての会議を支援する研究が多くなされているが，対面環境で共用ディスプレイを用いて会議を支援するシステムの実現においては，下記に述べる 2 点が主な研究課題となる．

(1) 対面型 SDG における入力方法の考察

2.2.2 節で述べた従来の SDG の並列入力方式，直列入力方式の特徴を比較した結果をまとめると次のことがわかった（表 1）．並列入力は複数ユーザの記述を促し，多様な意見が出やすいが，ユーザの注意の焦点が分散する傾向がある．直列入力は同時に一人しか記述できないため，意見の幅が広がりにくいものの，注意の焦点は集中する傾向がある．また，並列入力は同時に自由に書きこめるが故に書く位置や範囲に気を遣う，一方直列入力は操作権の授受に気を遣う，といった心理的負担が発生する傾向がある．

対面型 SDG において積極的，協調的な参加を促すためには，これら両入力方式の利点を活かし欠点を補う入力方法を考察する必要がある．

表 1 従来の SDG 研究における入力方式の特徴

Table1 Feature of input system in SDG

| | 並列入力 | 直列入力 |
|---|---|---|
| 共用ディスプレイの状態 | 複数の人が自由に記述できるため，他人の記述内容を把握しにくく，情報が整理されにくい | 入力者が固定化されやすいため，記述内容の改変が起こりにくく，議事を記録するだけの場に陥りやすい |
| ユーザの視線の方向 | 個人の入力端末 | 共用ディスプレイ |
| 記述に伴う心理的負担 | 記述する位置や範囲に対する配慮 | 記述するタイミングに対する配慮 |

(2) 対面型 SDG で共有すべき情報の考察

本稿では，比較的粒度の細かいインタラクションを主眼において支援する．すなわち，専門的議論に関わる知識を蓄積し，関連情報を共有・提示するタイプの支援（例えば研究[12][13]）は本稿の対象ではない．

対面環境では当たり前の存在感，実在感，臨場感が分散環境のグループウェアでは欠落しているという認識に基づき，それらを補完する研究が盛んに行われてきた[14][15][16]．Dourish ら[19]はこれをアウェアネス――understanding of the activities of others, which provides a context for your own activity――という語を用いて定義した．

一方，対面環境においても，各自の入力装置の操作に熱中したり[20]，共用ディスプレイに表示される他人の入力プロセスや，協同作業空間上の操作権の譲渡や委譲のタイミングを見計らうために自他の操作を凝視したりする[10]など，参加者の視線が他の参加者ではなく入出力装置に向けられがちであることがわかっている．その結果，ユーザは SDG 利用時に心理的負担を感じている（表 1）．

これは，対面環境であっても，共用ディスプレイという新たなメディアの存在が，対面している人間の様子への気付きを低下させ，他者とのコミュニケーションの妨げになる可能性を示唆する．しかし，従来の対面環境を支援するグループウェアにおいては，このような考慮がなされた研究は少ない．研究[17][18]は，専用に設置したスクリーンに情報の提示を行って対面会議を支援しているが，議論の最中に提示された情報に対して特別に注意を払わなくてはならないため，ユーザへの負担が大きい．

本研究では，対面環境であってもグループウェアという新たなメディアの介入によって，積極的，協調的な参加を支援するためにグループで共有すべき情報を検討する必要があると考える．分散環境を想定したグループウェアは対面環境と比べて欠如しているアウェアネス情報を補完することを目的としていた．これに対して本研究は対面での支援を目的としているため，対面環境であってもグループウェアを利用しながら合意形成を行う上で共有すべき情報を考察し，それを本来のコミュニケーション活動を阻害しないかたちで実現する必要がある．

以上 2 点の研究課題について次章で詳述する．

## 3. 積極性を引き出す対面型 SDG の要件

### 3.1 自立的なインタラクションを促す入力方法

従来の入力方式の分析から得られた特徴を考慮しつつ，会議において SDG を利用しながら，積極的，協調的な参加を支援するために必要な要件を考察する．

協同記述を前提とした会議中のやりとりを協調的，積極的なものにするには，参加者は，議論している内容だけでなく，書き手としての自分の立場や位置を調整できる必要がある．例えば，いつ書き始めるか，どこに書くか，どれだけ書くか，いつ書き終えるか，といったことをユーザは決定しなければいけない．つまり，SDG における入力行為を支援する場合，会話における発言権の交替（turn-taking）と同様に，記述のやりとりにおける操作権の交替の調整が課題となる．実際に，2 章で述べた通り，従来の直列入力方式は，記述するユーザが交替するごとに交替のための操作が発生し，その結果記述者を固定化させ，共用ディスプレイを利用した議論の活性化が起こりにくい．

参加者間の相互理解に基づいた合意形成を行うためには，様々な観点から議論を進める必要がある．そのためには，様々な視点や立場から多様な意見が出され，それらが共用ディスプレイ上に記述される必要がある．ディスプレイに記入された他人の意見を見ることでさらに新たな意見が相乗的に生ずる．この観点から見ると，従来の並列入力方式は同時に複数のユーザが自由に記述できたため，多様な意見が生じやすい．

以上より，対面 SDG における入力方法の要件は，ユーザが記述の交替を容易にでき，自立的にインタラクションを行えることである．同時に，記述や記述の交替の際に，書き込む位置・範囲・タイミングに関して，できるだけ心理的負担（表 1）を感じずに行えることも重要である．

### 3.2 議論への集中を促す情報の共有

対面型 SDG において積極的，協調的な参加を支援するためにどのような情報を共有すべきかを考察する．

3.1 節で会議におけるやりとりを協調的，積極的にするには多様な意見が表出することが重要であると述べた．しかし，多様な意見が表出するだけで，参加者の注意がそれらに向けられないのであれば，会議支援としては意味がない．

合意形成につながる思考を重ねていくためには，まず，参加者は，ある時点で何が議論の焦点となっているか，すなわち参加者の共通の注意が何であるか把握できなければいけない．一般に，人は話し手，書き手の言葉をそれが表出する前から予想している．ただ表出した情報を受け取るのではなく，自分の予想と合っているか否かを比較している．予想通りのときは「そうそう」と確認する．予想外のときは，「あれあれ，違うのか」などと考え

始め質問したりポイントしたり書いたいりして書き手に確認する．このような思考の重なり合いの結果，参加者の間には合意が形成されていくため，その場その場で議論の対象となっていることに参加者の注意を集めておくことは重要な課題となる．Tse ら[21]は，協同作業空間にいる複数のユーザが同時に並列で描画するタスクを観察することによって，ユーザは自然に作業を空間的に分割し互いの衝突を避けるリスクの可能性を指摘している．この可能性を軽減する上でも，参加者の注意を分散させないようにする機能は必要である．

同時に，スムースに思考を重ねるためには，他者によって表出した情報をいち早く感知し，その情報の内容を確認し，相槌や問い返しができなければいけない．そのためには，他者のその時その時の行為の変化に気付くことをきっかけとして自発的な参加を促すような情報提示の工夫が必要である．Gutwin ら[22]は，特に協同作業空間におけるアウェアネスとして，ワークスペース・アウェアネス――the up-to-the moment understanding of another person's interaction with a shared workspace――が重要であると提唱している．

さらに，議論を活発にするには，ユーザが自他の行動を振り返ることも必要と考える．ユーザが消極的な参加者や極端に発言の多い参加者を意識できれば，消極的な参加者に対して発言や記述を促したり，発言の多い参加者が自発的に発言を控えたりすることが可能になる．これにより多様な視点・観点からの議論の展開が可能になると考える．

以上より，対面型 SDG において積極的，協調的な参加を支援するために共有すべき情報の要件は，ユーザが議論の焦点を把握しやすいこと，ユーザが他者の行動の変化に気付きやすいこと，ユーザが自他の参加状況を振り返りやすいこと，と整理できる．

### 3.3　要件のまとめ

以上 3.1 節，3.2 節より，積極性を引き出す対面型 SDG が満たすべき要件を表 2 にまとめる．

表 2 満たすべき要件

Table2 Requirements.

| | |
|---|---|
| 要件 1 | ユーザは自立的にインタラクションを行える |
| 要件 2 | ユーザは議論の焦点を容易に把握できる |
| 要件 3 | ユーザは他者の行動の変化に容易に気付く |
| 要件 4 | ユーザは自他の参加状況を容易に確認できる |

同時に，本来のコミュニケーション活動を阻害しないためには，対話や協同記述行為の自然な流れの中に無理なくはまり込み，ユーザが強制されずに無意識の行為の中で気付くことができるようにこれらの要件を満たすインタフェースを設計する必要がある．プロダクトデザイナーの深澤は，デザインの形や色の斬新さなどから人の意識へとアプローチするのではなく，物理的には存在しても意識に引っかからないようなインタフェースが，人の行為をスムースにし人の個性やモラルとは関係なく身体として環境と調和する[23]と主張している．

## 4.　ユーザインタフェースの設計

前章の分析をもとに，表 2 でまとめた 4 つの要件を満たす会議支援ツールのインタフェースの設計を行った．前節の最後で述べたように，インタフェースをユーザの無意識の行為の中に無理なくはめ込み，会議における対話の流れをできるだけ阻害しないことに留意し，円形フレームという新たなインタフェースとマルチプルポインタを応用したインタフェースを設計した．

後述する要件 3 および要件 4 に関わるインタフェースとして，本研究ではマルチプルポインタを拡張している．本研究では，メンバとポインタの関連付けを容易にすることを目的として既存のマルチプルポインタを改良するのではなく，ユーザに注視されやすい自他のマルチプルポインタが，ユーザが強制されず気付くことができる情報提示の手段として有効と考えられるため利用した．マルチプルポインタの既存研究に基づき（2.2.2 参照）、ユーザ毎に色とパターン（座席位置に対応した箇所の塗りつぶし）を変えた菱形の横にユーザ名を添付したものを、本稿においてベースとするマルチプルポインタのアイコン（図 1）とし，これを拡張した．

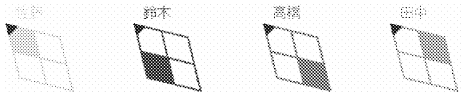



図 1　ベースとするマルチプルポインタのアイコン

Fig.1 Base of multiple pointer icons.

**要件 1・2 を満たすインタフェース**

ユーザが議論の焦点を把握しやすく（表 2 要件 2）するために，グループ全体の意向・興味の表明の集約として，全ユーザのペンポインタ位置の重心を中心とした円形のフレームを共用ディスプレイ上に表示するインタフェースを設計した（図 2）．ユーザの視覚的注意を喚起するために，フレームという視覚的なかたちで表出させた．参加者全員が，共用ディスプレイ上で議論されていることに対して共通の認識を常時維持できるために，フレームは各ユーザのポインタの動きに連動して移動するようにした．

同時に，ユーザが議論の焦点を把握しつつ，自立的に記述できる（表 2 要件 1）ようにするために，円形フレーム内に入力範囲を限定した並列入力というインタフェースを設計した．フレームは各ユーザのポインタの重心に位置するため，ユーザのポインタはフレームの外に位置している場合もある．ポインタがフレームの内側にあるユーザらは，同時に共用ディスプレイ上に記述できる．

部分的ではあるが同時入力を認めることで，記述を交替するための操作はなくなり，それに伴う心理的負担はなくなる．円形フレームの中でしか記述できないため，各ユーザのポインタは自然にフレームに近付くと考えられる．その結果，ユーザは自分以外のポインタの動きを知覚でき，書き込む位置や範囲に対する心理的負担を軽減できると考えた．

このように，近接した場所に記述行為を限定することで，3.2 節で述べたユーザが自然に空間を分割して作業を行う特性をカバーし，お互いが隣接した空間の中で記述のインタラクションが活発になることを期待する．

**要件 3 を満たすインタフェース**

SDG における他者の行動として，本研究は，記述行為と発話行為を扱う．その場合，行動の変化は，書き始め，書き終わり，話し始め，話し終わり，といったイベントになる．

ユーザが他者の記述行為の変化に容易に気付くことができる（表 2 要件 3）ようにするために，マルチプルポインタの透明度を利用してユーザの記述状態を表現した（図 3）．記述中のユーザのポインタは半透明で薄く表示（図 3 左）し，記述中でないユーザのポインタは不透明色で濃く表示（図 3 中央）した．記述中を半透明にしたのは，ユーザが書いているときに，既に書かれた内容がポインタの下に透けて見えるようにするためである．また，すぐには記述する意思がなくペンでポインティング操作を行っているユーザのポインタは，共用ディスプレイから離れて浮いている状態を表現するために，ポインタに影を付けて表示した（図 3 右）．

このように，意識的に情報の提示場所を探すことなく，ユーザが容易に他者の行動の変化に気付くことができるようにするために，ユーザの視線が向けられやすいペンポインタを利用して情報を提示した．

**要件 4 を満たすインタフェース**

ユーザが自他の記述における参加状況を容易に確認できる（表 2 要件 4）ようにするために，各ユーザの会議が始まってからその時点までの記述量の比率を，ポインタ上に視覚的に表示するインタフェースを設計した（図 4）．特定の場所にあえて意識を向けることなく知覚できるようにするためにポインタを利用し，ポインタの大きさで各ユーザの記述量比率を表現した．ユーザが，自分や他者がどれくらい意見を書いた／書いていないかを，会議の間じゅう確認できるようにするために，ポインタの大きさはリアルタイムに変化するようにした．

ユーザが自他の発話における参加状況を容易に確認できる（表 2 要件 4）ようにするために，各ユーザの会議が始まってからその時点までの発話量の比率を，円形フレーム上に視覚的に表示するインタフェースを設計した（図 5）．フレームをユーザ数と同数の異なる色の円弧で構成する．特定の場所にあえて意識を向けることなく知覚できるようにするために，円形フレームの枠線（円弧）を円グラフの提示として利用し，各ユーザの発話量比率を各ユーザの色に対応した円弧の角度で表現した．ユーザが，自分や他者がどれくらい意見を述べた／述べていないかを，会議の間じゅう確認できるようにするために，円弧の角度はリアルタイムに変化するようにした．

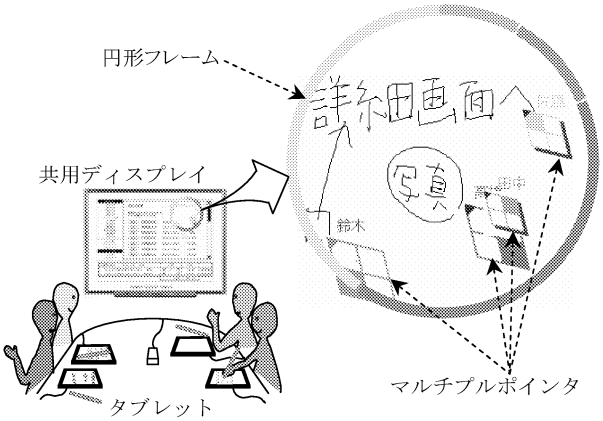



図 2　円形フレーム

Fig.2 Circular frame.

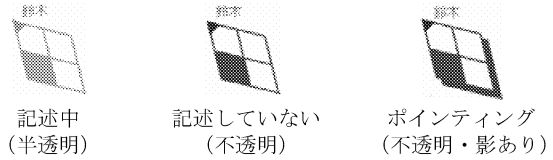



図 3 マルチプルポインタを利用した記述状態の提示

Fig.3 Representation of writing attitude using multiple pointer.

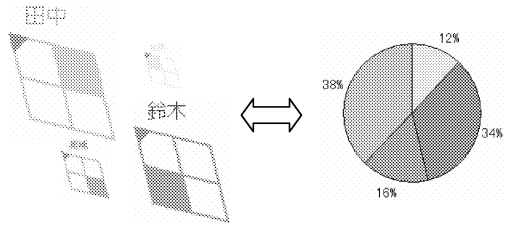



図 4 ポインタサイズを利用した記述量比率の提示

Fig.4 Representation of writing rates using pointer size.

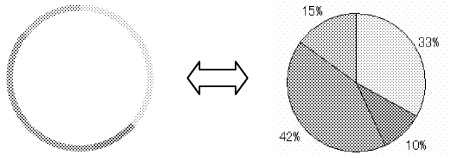



図 5 フレーム円弧を利用した発話量比率の提示

Fig.5 Representation of utterance rates using arcs.

## 5.　評価実験

前章で設計したインタフェースのプロトタイプシステムを実装し，課題の異なる 2 種類の評価実験 A，B を行った．

本実験の目的は，対面型の会議において，提案システムと従来の並列入力型インタフェースを比較し．提案手法の有効性を検証することである．3 章の考察より，本研究の目的から考えた場合，直列入力方式よりも並列入力方式の方が，同質性が高いと判断し，比較対象として従来の並列入力方式を選択した．表 2 でまとめた要件のうち，要件 1，2，3 に対応するインタフェースは，ユーザ同士のインタラクションの一つ一つに密接に関わる．一方，要件 4 はそれと比較して支援するインタラクションの粒度が大きく，機能的に一線を画す．そこで，要件 1，2，3 に基づき設計したインタフェースを基本機能とし，本実験では，これら基本機能の検証を行う．

### 5.1　評価の観点

要件 1，2，3 に基づき設計したインタフェース機能の要件に対する達成度を評価するために，評価の観点を考察する．

各要件に対する達成度を明確に評価するためには，要件ごとに個別に評価項目を設定することが望ましい．しかし，議論過程からユーザの自立性（要件 1），集中力（要件 2）や他者への気付き（要件 3）の程度を捉えることは，現在の技術では非常に難しい．

そこで，ユーザが協調性，集中力，他者に対する意識を高くもって議論に参加した場合に，グループの意思決定にどのような影響を与えるか，そのグループに属して議論を行った個人にどのような影響を与えるか，の 2 つの視点から評価を行う．

**グループの課題遂行の正確性**　1 点目の，集団の意思決定に与える影響を調べるために，グループで完成させた課題の正確性を測定した．これは，グループの各参加者が協調性や集中力を高くもって会議に参加し，記述や発言を行っていたならば，グループは課題をより正確に解決できるという仮定に基づく．

**個人の記憶の正確性**　2 点目，の個人に与える影響を調べるために，実験後一定時間を置いて，各被験者に対してグループの協同作業結果に関する記憶を問う課題を設定した．これは，グループの各参加者が協調性や集中力を高くもって会議に参加し，記述や発言を行っていたならば，各参加者は議論の結果をより正確に記憶しているという仮定に基づく．このような記憶問題は，理解に基づく作業の進度を定量評価するための心理実験として一般的に行われている（例えば研究[24]）．

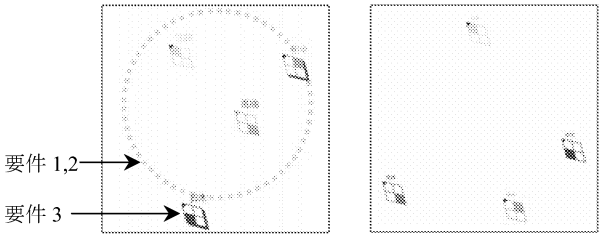
**主観評価**　さらに，実験後に各被験者に対して 5 段階の主観評価を求めた．表 3 は，提案したインタフェースの基本機能の，要件 1，2，3 に対する達成度を検証するために設定した質問である．機能面の効果だけでなく，ユーザに与える心理的影響も考慮した．質問 Q1-1 から Q1-5 は，要件 1 の，ユーザが自立的にインタラクションを行えたかを調べるために設定した．質問 Q2-1 から Q2-3 は，要件 2 のユーザの議論の焦点の把握に対する効果を調べるために設定した．質問 Q3-1 から Q3-6 は要件 3 の他者の行動の変化に対する気付きを調べた．

表 3 要件 1,2,3 に対する達成度を検証するための設問
Table3 Questionnaire for requirement 1, 2, and 3.

| | 評価項目 | 質問 |
|---|---|---|
| Q1-1 | 自立性（要件 1） | 自分が書く場所を他者が協力して用意してくれた |
| Q1-2 | | 自分が話す機会を他者が協力して作ってくれた |
| Q1-3 | | 積極的に記述できた |
| Q1-4 | | 他者の発言をよく聞いた上で発言できた |
| Q1-5 | | 他者の発言をよく聞いた上で記述できた |
| Q2-1 | 集中力（要件 2） | 議論の対象となっている場所を容易に把握できた |
| Q2-2 | | 何が話題の焦点となっているか常に把握できた |
| Q2-3 | | 集中力を強要される気がした |
| Q3-1 | 他者への気付き（要件 3） | 他の人が書いている位置を常に把握していた |
| Q3-2 | | 書き込みの際他人が何をしているかを意識した |
| Q3-3 | | ポインタの動きで誰がどこを指し示しているかわかった |
| Q3-4 | | ポインタの動きで誰が何を言いたいか(例「こっちを見て」，「ここに書いて」など）わかった |
| Q3-5 | | 黙って書き込みを始めた |
| Q3-6 | | 黙って書き込みをされると不快であった |

### 5.2　実験方法

**実験条件**　基本機能に限定した提案インタフェース[Frame]と，従来の並列入力型インタフェース[Parallel]を比較する．基本機能である要件 1，2，3 に基づくインタフェース機能の効果を測定することが目的であるため，[Frame]条件は，要件 4 に基づくインタフェース機能（図 4 及び図 5 の機能）を除いたシステムを用意した．フレームは，要件 4 のフレーム円弧を利用した発話量比率の提示機能（図 5）を含めないため，色みを持たせずに無彩色で表示した．つまり，フレームに関しては要件 1，2 の機能の効果そのものを評価できる．マルチプルポインタは，両条件とも図 1 で示したマルチプルポインタをベースとし，[Frame]条件はこれに要件 3 に基づくインタフェース機能を付加した．ペンの入力・編集機能に関しては，両条件で同一である．図 6 に 2 つの実験条件を示す．




Frame：提案手法（基本機能）　Parallel：並列入力

図 6 評価実験の実験条件
Fig.6 Experimental Condition in evaluation experiment.

**被験者**　実験 A は，一般から募集した 20～30 歳代の男女 24 名が参加した．4 人 1 組の被験者組を 6 組構成し，

3 組が[Frame]条件，残りの 3 組が[Parallel] 条件で課題に取り組んだ．実験 B は，20～30 歳代の男女 32 名が参加した, 4 人 1 組の被験者組を 8 組構成し, 4 組が[Frame] 条件，残りの 4 組が[Parallel] 条件で課題に取り組んだ．

**実験環境**　いずれの実験も 4 人 1 組となり協同で課題に取り組む．4 人は四角いテーブルに 2 人ずつ対面して座る．1 人 1 台ずつタブレットデバイス（WACOM FAVO CTE-640，読取可能範囲：208.8×150.8mm，表示機能なし）を持ち，　共用ディスプレイとして，4 人の入力内容をリアルタイムにテーブルの正面に置いたスクリーンに表示する．また全員が，ヘッドセットマイク（Logicool Internet Chat Headset A450）を装着する．図 7 に実験の様子を示す．

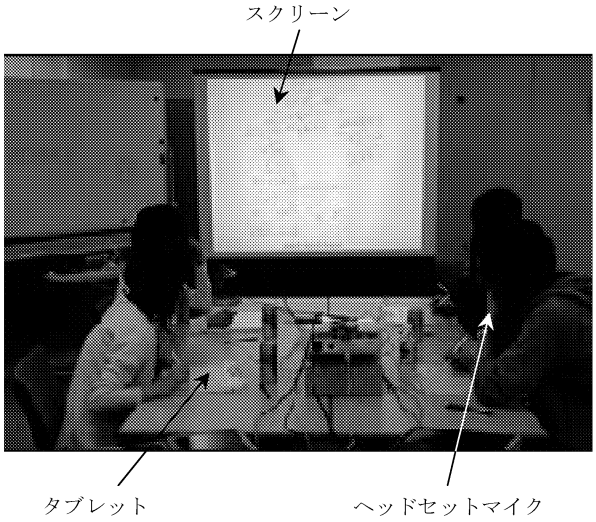



図 7 実験の様子
Fig.7 Experiment in action.

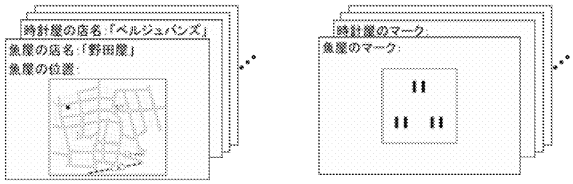
**実験手順**　いずれの実験も，実験に先立ち，各被験者組に操作方法及び課題に関して説明し，1 時間程度かけて練習課題を行いながら操作及び課題に慣れてもらった．トレーニング後，グループで課題に取り組んだ．その後一定時間をおいて，被験者はグループで取り組んだ課題の内容について解答するテストを行った．

### 5.3　実験 A の課題：人工的課題

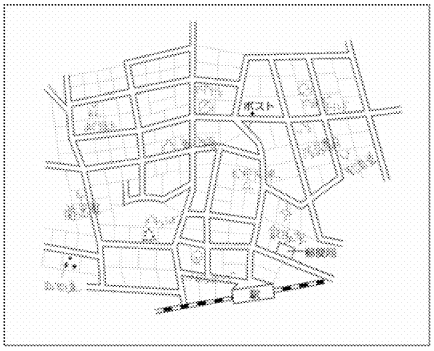
実験 A は，インタフェースの操作性を調べることに主眼をおき，できるだけ単純な人工的課題を作成した．

町の白地図に，12 種類の商店（魚屋，時計屋，本屋，…）が位置する場所に商店の店名とマークを書き込んで商店地図を完成させる課題を用意した．12 種類の商店の位置及び店名に関する情報が書かれたカード 12 枚，商店のマークに関するカード 12 枚の合計 24 枚の情報カードを，被験者数で等分した枚数を各被験者が持つ．すなわち，被験者 1 人が持つカードの枚数は，商店の位置と店名を記述したカード 3 枚，商店のマークを記述したカード 3 枚の合計 6 枚であり，1 人が持つカードの中で商店は重複しない．課題遂行中，被験者は情報カードを見ることができる. 図 8 に, 被験者に配布した情報カードと，被験者組が完成させた商店地図の一例を示す．また，被験者組にできるだけ速く解答することを求めた．

メンバそれぞれが量も質も同等の情報カードを見ながら課題を遂行するため，被験者間の知識及び記憶の違いは生じない．




商店の「位置」及び「店名」情報が記されたカード（12枚）　　商店の「マーク」情報が記されたカード（12枚）




被験者組が完成させた商店地図の例

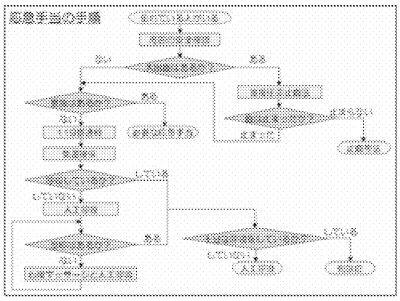
図 8 実験 A の課題
Fig.8 Task for experiment A.

### 5.4　実験 B の課題：一般的課題

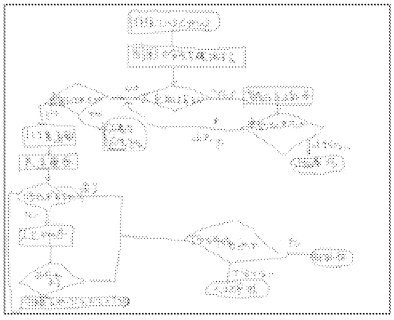
実験 B は，一般的には，会議参加者の知識や記憶には違いがあることを踏まえ，課題を設定した．

応急手当の手順を示したフローチャートを全員に 1 分間提示し，その後グループで相談しながら共用ディスプレイに提示したフローチャートを再現―フローチャートの外形的な模倣ではなくフローの手順を再現―させる課題を用意した．被験者には事前にフローチャートに関して説明し，具体例を教示した．グループでフローチャートを書く時間は，事前の予備実験から凡そ課題完了に必要な時間を割り出し，一定時間（20 分間）を与えた．図 9 に，最初に 1 分間提示したフローチャートと，被験者組が完成させたフローチャートの一例を示す．

1 分間でフローチャートを完全に記憶することは一般には不可能であることや，各被験者が記憶する質や量が完全には一致しないことを利用し，被験者間での知識の非対称性を作り出す．各被験者が曖昧で非対称な知識を出し合い協調的に問題を解決するという現実的な状況を想定した．



最初に提示したフローチャート



被験者組が完成させたフローチャートの例

図 9 実験 B の課題

Fig.9 Task for experiment B.

### 5.5 実験結果と考察

5.5.1 グループの課題遂行の正確性

実験 A は，グループで完成させた商店地図が，被験者に配布した 12 種類の商店の位置・店名・マークと一致しているかを調べた．実験 B は，グループで完成させたフローチャートが，最初に提示したフローチャートと一致しているかを調べた．表 4 に実験 A，B のグループの課題遂行の正確性を 100 点満点に換算した結果を示す.

実験 A は，どちらの条件群とも配布した情報カードの内容通りに間違いなく課題を遂行した．実験 A は，課題を単純にする代わりに被験者組にできるだけ速く遂行することを求めた. 表 5 に実験 A の課題の作業時間を示す. 実験 A の作業時間は[Parallel]条件の方が少ない傾向があるが有意差は見られなかった.

実験 B は, [Frame]群の方がグループで完成させたフローチャートの正確性が有意に高かった.

これらの結果より, [Frame]条件で会議を行ったグループの方が，[Parallel]条件で会議を行ったグループよりも，課題を正確に遂行できることを確認した.

表 4 実験 A，B のグループの課題遂行の正確性

Table4 Task accuracy in experiment A and B.

| | Frame | | Parallel | | t 検定(片側) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mean | Std | Mean | Std | | |
| 実験 A | 100.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | — | — |
| 実験 B | 93.33 | 8.16 | 78.00 | 17.89 | t=1.891 | **p<0.05** |

表 5 実験 A のグループの課題達成時間(分)

Table5 Time spent on task in experiment A and B.

| | Frame | | Parallel | | t 検定(片側) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mean | Std | Mean | Std | | |
| 実験 A | 7.75 | 1.56 | 6.29 | 0.78 | t=1.444 | p=0.111 |

5.5.2 個人の記憶の正確性

実験 A は，12 種類の商店（魚屋，時計屋，本屋，…）に対応する位置と店名とマークを選択肢から選ぶ記憶再認テストを行った．実験 B は，グループで完成させたフローチャートに関して，フローチャートの一部分をランダムに複数抜粋しその前や後に来る処理を答える記憶再生テストを行った．表 6 に実験 A，B のテスト結果を 100 点満点に換算した結果を示す.

実験 A，B とも，[Frame]群の方が，グループで完成させた内容に対する各被験者の記憶の正確性が有意に高かった．実験 A は，[Frame]群の方が，課題遂行時間が多少長かった（表 5）ことも一因と考えられるが，有意性が顕著に認められた.

これらの結果より, [Frame]条件で会議を行ったユーザの方が，[Parallel]条件で会議を行ったユーザよりも，会議中に議論した内容を正確に記憶していることを確認した.

表 6 実験 A，B の個人の記憶の正確性

Table6 Memory accuracy in experiment A and B.

| | Frame | | Parallel | | t 検定(片側) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mean | Std | Mean | Std | | |
| 実験 A | 26.62 | 17.98 | 12.04 | 7.97 | t=2.568 | **p<0.01** |
| 実験 B | 67.15 | 29.64 | 44.17 | 22.34 | t=2.246 | **p<0.05** |

5.5.3 主観評価

表 7 は両実験条件の被験者に質問した表 3 の各設問に対する回答であり，14 項目中 10 項目で[Frame]条件に優位な肯定的評価を得た.

要件 1 に対する達成度を検証するための設問について考察する．質問 Q1-1，Q1-2，Q1-3 に対する回答から，[Frame]条件で会議を行ったユーザは，ユーザ同士が協力して書いたり話したりできたと感じていることがわかる. また， Q1-4, Q1-5 の結果から, [Frame]条件のユーザは，他者の意見に耳を傾けた上で自立的に発言や記述を行えたと感じていることがわかる．自由記述アンケートでは「連帯感があった」,「自然に会話に入りやすいので参加者全員の意見を聞きたい会議などには役立つと思う」といった回答も得られた.

要件 2 に対する達成度を検証するための設問について考察する．質問 Q2-1，Q2-2 に対する回答から，[Frame]条件のユーザは，議論の対象となっている場所や話題の焦点を把握しやすいと感じていることがわかる. 一方で, Q2-3 の結果からシステムがユーザに与える影響について考察すると，有意差はないものの，[Frame]条件のユーザ

の方が圧迫感や義務感を感じていることがわかる．ユーザや利用形態に応じた提供方法を検討する必要がある．

要件 3 に対する達成度を検証するための設問について考察する．質問 Q3-1，Q3-2 に対する回答から，[Frame]条件のユーザは，他者の行動を把握しやすくなっていることがわかる．特に Q3-2 から，自分が入力操作に没頭するだけでなく，他者の行動にも意識を向けていたことがわかる．また，Q3-3，Q3-4 の結果から，ポインタによる記述状態や発話状態の提示に関しては，[Frame]条件，[Parallel]条件いずれも全く同じであったにも関わらず，円形フレームの存在によってより有効に機能していたことがわかる．一方，Q3-5，Q3-6 の結果から，[Frame]条件のユーザは[Parallel]条件のユーザと比べて，共用ディスプレイに対して黙って書き込みを始めることが多かったにも関わらず，そのことに対して不快感を覚えることは少なかったことがわかる．これは，提案インタフェースの方が，参加者間でお互いの行動に対する認識が容易で，その結果言葉を発することなく共用ディスプレイ上での操作を開始しても相手に不快感を与えなかったと考えられる．

その他，[Frame]条件のユーザから得られたコメント「以前海外ボランティアで絵のアイディアについての討論をするのに苦労したが，このツールがあれば意思を伝えやすい．言語の壁が少し薄くなる気がする．」からは，提案インタフェースが雰囲気や意図を伝達するのに何らかの効果がある可能性を示唆している．

表 7 設問 1-1 から 3-6 に対する回答

Table7 Results for question 1-1 to 3-6.

| | Frame | | Parallel | | t 検定(片側) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mean | Std | Mean | Std | | |
| Q1-1 | 3.42 | 1.25 | 2.83 | 1.05 | t=-1.752 | **p<0.05** |
| Q1-2 | 3.33 | 0.92 | 2.75 | 0.99 | t=-2.119 | **p<0.05** |
| Q1-3 | 3.67 | 1.07 | 3.41 | 1.30 | t=-0.511 | p=0.307 |
| Q1-4 | 3.67 | 0.65 | 2.92 | 1.00 | t=-2.183 | **p<0.05** |
| Q1-5 | 3.75 | 0.75 | 3.08 | 1.00 | t=-1.849 | **p<0.05** |
| Q2-1 | 4.00 | 0.95 | 2.50 | 1.09 | t=-3.593 | **p<0.01** |
| Q2-2 | 4.04 | 0.75 | 3.58 | 0.93 | t=1.880 | **p<0.05** |
| Q2-3 | 3.63 | 1.38 | 3.21 | 1.44 | t=1.023 | p=0.156 |
| Q3-1 | 4.00 | 0.95 | 1.83 | 0.94 | t=-5.613 | **p<0.01** |
| Q3-2 | 3.33 | 1.23 | 2.00 | 0.85 | t=-3.084 | **p<0.01** |
| Q3-3 | 3.92 | 0.51 | 2.75 | 0.97 | t=-3.694 | **p<0.01** |
| Q3-4 | 3.50 | 1.09 | 2.92 | 1.24 | t=-1.225 | p=0.117 |
| Q3-5 | 2.83 | 1.17 | 2.46 | 0.98 | t=1.207 | p=0.117 |
| Q3-6 | 1.54 | 0.78 | 2.04 | 1.23 | t-=1.680 | **p<0.05** |

### 5.6 評価実験のまとめ

実験 A，B とも，従来の並列入力型インタフェースよりも提案インタフェース（基本機能）の方が，グループの課題遂行の正確性，個人の記憶の正確性が高かった．また，ユーザによる主観評価においても，提案インタフェースの方が，表 2 で示した要件 1，2，3 に対する達成度が高かった．これらの結果より，4 章で設計したインタフェースの基本機能は，3 章で考察した要件 1，2，3 を概ね満足しているものと考えることができ，その有効性を確認できた．

できるだけ単純になるように人工的課題を設定した実験 A により，インタフェースの操作性の観点からその有効性を確認できた．また，グループメンバが曖昧で非対称な知識を出し合う一般的課題を設定した実験 B により，現実的な状況における利用可能性の観点からも有効性を確認できた．

また，主観評価結果より，円形フレームはユーザに過度の心的負担を与える可能性が示唆された．そのため，ユーザや利用形態に応じた提供方法を検討する必要がある．

## 6. 適用実験

実課題への適用として，提案システムを利用して．新規のウェブサイト構築に必要な画面機能を議論し抽出するというタスクを与え会議を行った．また，本実験は議論する時間がある程度長いため，5 章の評価実験で基本機能から除外した要件 4 に対するインタフェース機能（記述量比率・発話量比率の提示機能）の効果の検証も行う．

### 6.1 評価の観点

**個人の記憶の正確性**　本実験は客観的に得点化しにくい課題であるため，評価実験で行ったグループの課題遂行の正確性は測定せず，各被験者にグループの共同作業結果に関する記憶を問う課題を課した．

**記述・発話のばらつき**　実験中の各被験者の描画量及び発話量を計測した．要件 4 を量的に検討する評価項目として，グループ参加者の記述や発話がどのようなバランスで行われているかを調べ，実験 A，B と比較した．グループ間で比較するために，発話量および記述量に対するグループ内での各被験者の貢献の比率を測定した．

**主観評価**　要件 4 に対する達成度を検証するための主観評価も行った．表 8 の質問 Q4-1 から Q4-4 は自他の発言状況に対する気付き，Q4-5 から Q4-8 は自他の記述状況に対する気付きを調査した．主観評価は[Frame]条件の被験者に対してのみ実施した．

表 8 要件 4 に対する達成度を検証するための設問

Table8 Questionnaire for requirement 4.

| | 評価項目 | 質問 |
|---|---|---|
| Q4-1 | 自他の発言状況に対する気付き | 他のメンバと比べて自分が話していない／話し過ぎていることに気付いた |
| Q4-2 | | 周りと比べて特定のメンバが話していない／話し過ぎていることに気付いた |
| Q4-3 | | 他のメンバの発言した量を意識しながら，自分の発言する量をコントロールした |
| Q4-4 | | 発言が少ないメンバに対して発言を求めた |
| Q4-5 | 自他の記述状況に対する気付き | 他のメンバと比べて自分が書いていない／書き込み過ぎていることに気付いた |
| Q4-6 | | 周りと比べて特定のメンバが書いていない／書き込みすぎていることに気付いた |
| Q4-7 | | 他のメンバの書き込んだ量を意識しながら，自分の書き込む量をコントロールした |
| Q4-8 | | 書き込みが少ないメンバに対して書き込みを求めた |

### 6.2　実験方法

**実験条件**　要件 1～4 を満たす提案インタフェース[Frame]と，従来の並列入力型インタフェース[Parallel]を比較する．[Frame]条件は，評価実験で用いたシステムに，要件 4 に基づくインタフェース機能（図 4 及び図 5 の機能）を追加した．[Parallel]条件は，評価実験と同一のシステムを用いた．図 10 に 2 つの実験条件を示す．

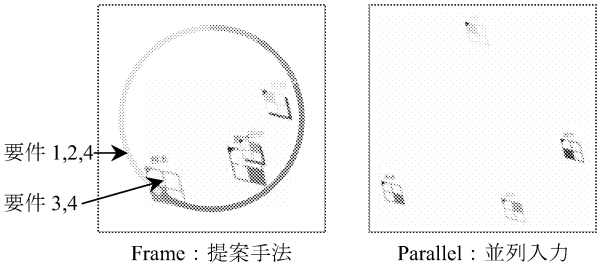



図 10 適用実験の実験条件

Fig.10 Experimental Condition in practical experiment.

**被験者**　一般から募集した 20～30 歳代の男女 16 名が実験に参加した．4 人 1 組の被験者組を 4 組構成し，2 組が[Frame]条件，残りの 2 組が[Parallel]条件で課題に取り組んだ．

**実験環境**　評価実験 A，B と同じ環境で行った．要件 4 に対するインタフェース機能である記述量比率の提示に関しては，ユーザによるペンの描画量を測定しこれを記述量とした．発話量比率の提示に関しては，ヘッドセットマイクから入力されたユーザの発話を音声認識エンジン（Microsoft Speech SDK5.1）を利用して認識し，認識される文字数を発話量とした．

**実験手順**　評価実験 A，B と同じ手順で行った．

### 6.3　実験 C の課題：実課題

実課題として，機械工具の専門商社が新たに開設するオンラインストアのウェブ画面の原案に対して「利用者が商品や数量を間違って注文することのない画面」になるようにグループで相談しながら改善する課題を用意した．最初に画面原案に関する説明を行った後，グループで相談する前に 5 分間与え，各自で改善案を 5 個以上カードに書いてもらった．改善項目数が 5 個に満たない被験者に対しては，不足数分の改善項目を書いたカードを配布し，全員が 5 個以上の改善案をもつよう補充した．グループでの議論を前半と後半に分け，前半 20 分ではメンバの改善案を出しあい，メンバから出たすべての改善案について共用ディスプレイに表示された原案に加筆・修正してもらった．このとき，加筆・修正した各改善案の通し番号を付けてもらった．後半 15 分では，前半で出された各改善案の中から，前述の「サイト利用者が商品や数量を間違って注文することのない画面」という目的を達成するのに最適な案を 3 つ選定するための議論を行ってもらった．このとき，前半に加筆・修正を行った画面原案への追記も自由に行ってもらった．図 11 に最初に提示したウェブ画面の原案，図 12 に実験中の両実験条件のスクリーンの様子を示す．

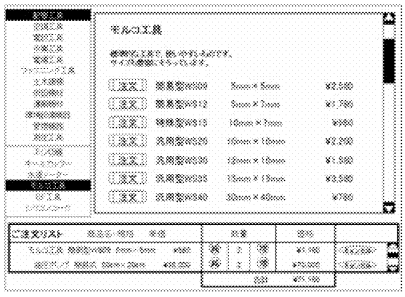


図 11 実験 C の課題

Fig.10 Task for experiment C.

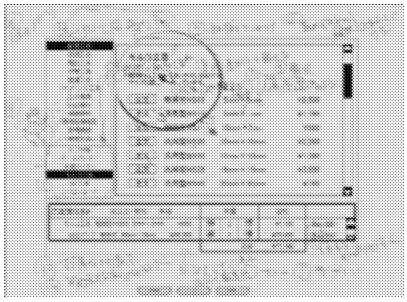
### 6.4　実験結果と考察

6.4.1　個人の記憶の正確性

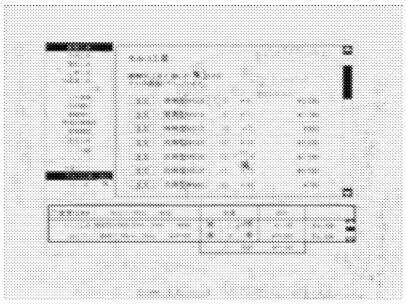
実験 C は，グループが最終的に選定した 3 つの改善案を選定した順番に挙げ，かつ，それぞれの改善案に対して改善内容，改善理由，選定理由を答える記憶再生テストを行った．表 9 に実験 C のテスト結果を 100 点満点に換算した結果を示す．

[Frame]群の方が，グループで完成させた内容に対する各被験者の記憶の正確性が有意に高かった．

この結果より，[Frame]条件で会議を行ったユーザの方が，[Parallel]条件で会議を行ったユーザよりも，会議中に議論した内容を正確に記憶していることを確認した．



[Frame]条件の被験者組の画面



[Parallel]条件の被験者組の画面

図 12 実験 C の両条件のスクリーンショット

Fig.12 Screenshots of shared display in experiment C.

表 9 実験 C の個人の記憶の正確性

Table9 Memory accuracy in experiment C.

| | Frame | | Parallel | | t 検定(片側) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mean | Std | Mean | Std | | |
| 実験 C | 100.00 | 0.00 | 62.50 | 45.21 | t=2.346 | **p<0.05** |

6.4.2　記述・発話のばらつき

要件 4 を満たすために設計した発話量比率・記述量比率の提示機能をもたない実験 A，B の結果と，これらの機能をもった実験 C の結果を比較する. 図 13 に各被験者のペンの描画距離の比率の散布図, 図 14 に各被験者の発話量の比率の散布図を示す.

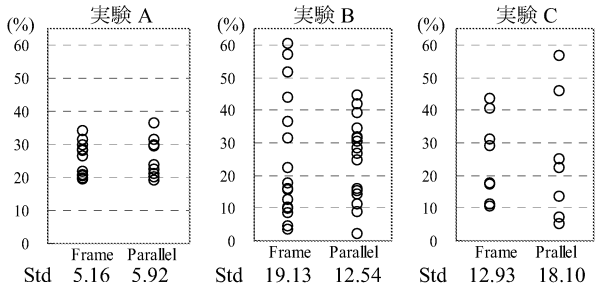



図 13 個人の記述比率の散布図

Fig.13 Plot of individual writing rates.

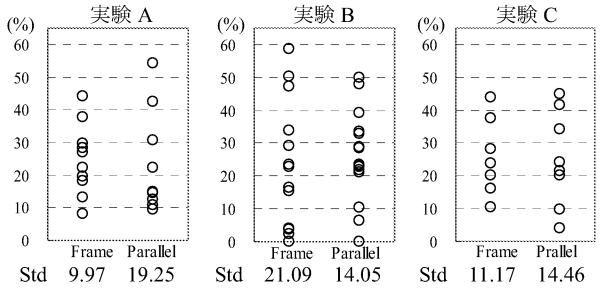



図 14 個人の発話比率の散布図

Fig.14 Plot of individual utterance rates.

実験 A は，前述の通り被験者間の知識及び記憶の差を人工的になくした課題である. つまり, 実験 A の結果が, [Frame]条件が参加比率の提示機能をもたない場合における[Parallel]条件との最も単純な比較結果と言える．記述比率に関しては両条件ともばらつきが小さかった．これは，実験 A は被験者にできるだけ速く解答することを求めたため，共用ディスプレイには，情報量を均等にして配布した商店の店名とマークの情報以外はほとんど記述されなかったためと考えられる. 発話比率に関しては, 両条件とも記述比率よりもばらつきが大きかった．これは，発話には，情報カードの内容だけでなく，課題の進行に関する内容も含まれるため，個人の性格や資質による差異が生じやすかったためと考えられる.

実験 B は，被験者間の知識及び記憶の差を前提とした現実的な課題である．記述，発話いずれに関しても[Frame]条件の方がばらつきが大きかった．また，全体的に実験 A と比較して実験 B のばらつきが大きかったのは, 知識や記憶の統制を行った実験 A と行わなかった実験 B の違いと考えられる.

記述量比率と発話量比率の提示機能をもたせた実験 C は，実験 B と同様に被験者間の知識及び記憶の差を前提とした現実的な課題である．記述，発話いずれにおいても, 実験 B は[Frame]条件の方がばらつきが大きかったが, 実験 C は[Frame]条件の方がばらつきが小さかった．この差から，記述量比率と発話量比率の提示機能が何らかの影響を及ぼした可能性も考えられるが，どのような記述内容や発話内容に関する比率が変化したのか，また記述内容や発話内容そのものに変化がなかったのか，といった質的な変化を分析することが重要であると考えられる. 特に，発話内容に関しては，実験を行う中で質的な変化の分析の可能性が示唆されたため, 今後の課題として 7.2 節で詳述する.

6.4.3　主観評価

図 15 は実験 C で[Frame]条件で課題に取り組んだ被験者に質問した各設問に対する回答であり，8 項目中 6 項目で平均以上の肯定的評価を得た.

図 15 の質問 4-1，4-2，4-5，4-6 に対する回答からは，会議中の自他の参加状況を確認しやすくなっていることがわかる．また，自由記述アンケートでは「自己の発言や書き込みの少なさを認識できるので，責任感が通常よりももてるように感じた」という肯定的意見と，「変化するグラフで話しにくい人は余計話しにくくなる可能性があると感じた」という否定的意見の両方が得られた.

質問 4-3，4-4，4-7，4-8 の結果から，ユーザは，認識した参加状況をその後の行動を決める際に利用する意識は高くないことがわかる．特に 4-4，4-8 の結果から，他者の行動をコントロールする発言を行うことへの抵抗感を感じていることがわかる．これは，今回の実験が知人ではない人同士で被験者組を構成したことが一因と考えられる．自由回答の「初対面や，慣れていない人同士での会議であまり発言していない人に対して発言を促すことはなかなか難しいが，よく見知った人同士の場合，意見交換等に役立つと思う」というコメントからも，知人同士や同僚同士で被験者組を構成し同様の実験を行った場合, 今回とは異なる結果が得られることが予想される.

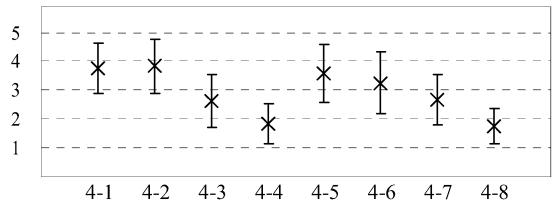



図 15 設問 4-1 から 4-8 に対する回答

Fig.15 Results for question 4-1 to 4-8.

### 6.5　適用実験のまとめ

従来の並列入力型インタフェースよりも提案したインタフェースの方が，個人の正確性が高かった．ウェブ画面案から改善事項を抽出するという課題で有効性を確認できたことから，ソフトウェア開発の要求定義等の，実際の会議の場における利用可能性を有することを確認した．

また，ユーザによる主観評価から，提案インタフェースにおける記述量比率・発話量比率の提示機能が，表 2 の要件 4 を凡そ満たしているものと考えることができる．一方，認識した参加状況に基づき他人の行動をコントロールすることに対しては抵抗感があることがわかった．そのため，今回提案したインタフェースに行動を促すための機能を付加することや，ユーザや利用形態に応じた提供方法を検討する必要がある．

## 7.　議論

### 7.1　今後の展望

#### 7.1.1　遠隔分散型会議への応用

本稿では, 対面会議の支援を目的とした SDG を提案した．

オフショア開発が盛んになり，ソフトウェア開発に対するグループウェア応用の効果が最も期待されるのは分散環境の場面である．分散環境下でしか発生しない現象は当然あるものの，SDG という新たなメディアの介入によって発生する問題は対面でも遠隔でも本質的には同じであり，対面環境下での支援により得た知見は，分散環境下においても活用できると考える．

対面した人間同士を支援し何らかの効果を得ることは, 離れた人間同士を支援するよりも困難と見ることもできるが，別の見方もできる．分散環境下では，ネットワークに関わる問題が必然的に伴うため，システムがもたらした現象とその原因となる要因の関係を明らかにすることが対面環境と比較して困難になる．その観点から見た場合, 対面環境を支援する研究の有用性は高いと考える．

#### 7.1.2　ファシリテーション支援への活用

6.4.2 節の考察で述べた通り，ユーザは自他の参加状況を確認できても，それに基づいて他人の行動をコントロールすることに対しては抵抗感があることがわかった．

今回の実験では，会議の進行役を明示的に設定せずに行ったが，上記の課題を解決する一つの方法として，本提案システムをファシリテーション支援に利用することが考えられる．ファシリテーションとは，中立的な立場で，プロジェクトの進捗会議や各種のレビュー会議のプロセスを円滑に進行させることを言う．近年ではこの役割を専門的に行う「ファシリテータ」という専門家の存在も注目され始めている．プロジェクトマネジャのもつべきスキルとファシリテータのスキルは，重なる部分が多く，専門的なファシリテータのもつファシリテーションスキルは，今後プロジェクトリーダやマネジャの必要スキルとしても認識されてくると考えられる．

その際に，本稿で提案したインタフェース機能は，ファシリテーションを行う人を支援する要素機能として活用できると考える．

### 7.2　会話内容の変化

SDG を使った会議におけるインタラクションを構成している要素は，参加者の意図，発話，記述，手振り動作，視線などがあり，インタラクションのより深い理解のためには，さまざまな観点からコミュニケーション行動を考察する必要がある．

前章で行った課題においては，会話内容の変化が見られた．本節では，我々が行った実験での知見を紹介しつつ， SDG を有益に評価するための言語分析の可能性について議論する．会話内容の変化を現状の技術で分析することは難しいが，将来的にコミュニケーションツールの評価手段として有益であると考えられる．

会議を知識の側面から支援することに主眼を置いた研究[12][25]では，会議における発話を，例えば質問，回答，説得，妥協，追認に分類し，説得又は妥協の割合が高ければ密度の濃い交渉が行われたと推定する，といった方法で会議の評価を行っている．

一方，会議をコミュニケーションの側面から支援する場合，会議における発話を知識として扱うだけでは見えてこない点がある．SDG を使った会議におけるインタラクションを構成する発話の機能には様々なものが考えられるが，特に以下の２つのタイプの機能をもつ発話を考えることが重要である．

(1) 行為を制御する発話

例えば「○○さん，ここの上に書き直してもらえませんか」,「私がその後書きます」「ちょっとその横を見て下さい」といった，共用ディスプレイへの記述や注意喚起を促す際に利用される発話を指す．

会議の場において，参加者がそのようなポインティングや発話を各々無秩序に行うことは少ない．参加者の間には無意識的に，それぞれが連続したインタラクションとなるよう会議を構造化する意識が生じる．人が対話の交替（turn-taking）を自然に行うのと同様に，協同作業空間における行為にはある程度秩序がある．その秩序を維持・構築するための発話が見られる．

(2) 共通理解（基盤化）を促す発話

例えば,「（ある場所をペンで指しながら）ここを直しますか？」,「いえ，そこじゃなくて.」といった，共用ディスプレイ上に記述された情報を参加者間で正確に共有, 確認するために利用される発話を指す．

対話における相槌，言い直し，問い返しは，対話参加者が協同して情報の正確な共有を実現しようとする基盤化の過程で発生する[26]．SDG を使って会議を行う場にお

いては，ディスプレイに書く位置や書かれた内容について相互の理解を確認する発話が見られる．

以上(1), (2)のような言語表現の量や質の変化を観察できれば，SDG のインタフェースを評価する手段として有益と考えられる. 例えば, 我々の行った実験においては, (1)の発話の一つである「この部分を見て下さい」といった参加者の見る行為（視線）を制御する発話や，(2)の発話の一つである「ここに書けばいいですか？」といった書く位置に関する確認を行う発話が見られた．他にも，議論に関心を払わずに円形フレームに追従できていない他者に対して注意を促すような「A さん，こっちこっち」といった発話も見られた．これらの発話に関して，従来の並列入力型インタフェースを利用した場合と比較して，その変化を定量的に観察できれば，円形フレームの参加者の注意喚起を促すことへの効果を評価する手段になり得る．

さらに，評価手段に留まらず，共用ディスプレイ上の記述行為やポインティング行為に新たな可能性を生み出すことを期待できる．例えば，通常のホワイトボードでは，書いた文字列を指で示し「ここの点なのですが」と言語表現によって表す対象を，議論内容の履歴として適切に視覚化できれば，発話行為と指示行為が相互に補完し合いながら，より効率的に議論を進めることができると考える．

## 8. まとめ

本稿では，会議の自然な流れを阻害せずに積極的，協調的な参加を促すことを目的として，円形フレームという新たなインタフェースとマルチプルポインタを拡張したインタフェースを有する対面型 SDG を提案した．まず，現状の会議支援研究を考察し，対面型 SDG における入力方法，対面型 SDG で共有すべき情報についての分析を行った．その分析をもとに，対面型 SDG インタフェースの設計を行った．

2 種類の評価実験と適用実験を行い，提案インタフェースと従来の並列入力型インタフェースとを比較した．提案インタフェースは，従来の並列入力型インタフェースよりもグループの課題遂行の正確性，個人の記憶の正確性，主観評価点が高いことを確認し，提案インタフェースの基本的な有効性を実証した．できるだけ単純な課題を設定した評価実験 A により，インタフェースの操作性の観点からその有効性を確認できた．グループメンバが曖昧で非対称な知識を出し合う一般的課題を設定した評価実験 B により，現実的な状況における利用可能性の観点からも有効性を確認できた．さらに実課題への適用実験により，ソフトウェア開発における要求定義といった実際の会議の場における利用可能性を有することを確認した．

## 謝辞

本研究成果は，情報通信研究機構が主催する産学官連携による IT 研究開発推進事業「けいはんな情報通信オープンラボ」における研究プロジェクトとして実施されたものである．ここに記して感謝する．

## 参考文献

[1] 市野順子, 竹内和広, 井佐原均: 場の雰囲気を感じさせるホワイトボード会議支援環境の提案; 情処研報, Vol.2005, No.95, pp.45-51 (2005).

[2] 市野順子, 竹内和広, 井佐原均: 軽快なインタラクションを誘発するマルチユーザペンポインタ; インタラクション 2006 (2006).

[3] Ichino, J., Takeuchi, K and Isahara, H.: Face-to-face Single Display Groupware Encouraging Positive Participation, UIST2006 (2006).

[4] Boehm, B. W., Software Engineering Economics, Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall (1981).

[5] Gause, D. C., Weinberg, G. M.(黒田純一郎監訳): 要求仕様の探検学—設計に先立つ品質の作り込み; 共立出版 (1993).

[6] Stefik, M., Foster, G., Bobrow, D. G., Kahn, K., Lanning, S., Suchman, L.: Beyond the chalkboard, Computer support for collaboration and problem solving in meetings; Comm. of the ACM, Vol.30, No.1, pp.32-47 (1987).

[7] Mantei, M., Capturing the Capture Lab Concepts: A Case Study in the Design of Computer Supported Meeting Environments; CSCW'88, pp.257-270 (1988).

[8] Hymes, C. M., Olson, G. M.: Unblocking Brainstorming Through the Use of a Simple Group Editor; CSCW'92, pp.99-106 (1992).

[9] Prante, T., Magerkurth, C., Streitz, N.: Developing CSCW tools for idea finding - empirical results and implications for design; CSCW'02, pp.106-115 (2002).

[10] 渡辺理, 小幡明彦, 松倉隆一, 佐々木和雄: 情報入力モデルに基づく電子白板への意見提示方法の比較考察; 情処研報, Vol.97 No.046, pp.31-36 (1997).

[11] 宗森純, 古川研吾, 由井薗隆也, 吉野孝, 長澤庸二: 発想支援グループウェアにおけるフェイスマークと操作権との関連; 情処研報, Vol.99, No.69, pp.43-48 (1999).

[12] 網谷重紀, 堀浩一: 知識創造過程を支援するための方法とシステムの研究; 情処学論, Vol.46, No.1, pp.89-102 (2005).

[13] Conklin, J., Begeman, M. L.: gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion; Proc. of CSCW'88, pp.140-152 (1988).

[14] Kam, M., Wang, J., Iles, A., Tse, E., Chiu, J., Glaser, D., Tarshish, O., Canny, J., Livenotes: a system for cooperative and augmented note-taking in lectures; CHI2005, pp.531-540 (2005).

[15] Greenberg, S. Gutwin, C. and Roseman, M.: Semantic telepointers for groupware, OZCHI'96, pp.24–27, 1996.

[16] Tang, A., Boyle, M., Greenberg, S.: Display and presence disparity in Mixed Presence Groupware, AUIC2004, pp.73-82 (2004).

[17] DiMicco, J. M., Pandolfo, A., Bender, W.: Influencing group participation with a shared display; CSCW2004, pp.614-623 (2004).

[18] Iqbal, R., Sturm J., Kulyk, O., Wang, J., Terken J.: User-centred design and evaluation of ubiquitous services; SIGDOC'05, pp.138-145 (2005).

[19] Dourish, P., Bellotti, V.: Awareness and coordination in shared workspaces; CSCW'92, pp.107-114 (1992).

[20] 石井裕: リアルタイムグループウェアのデザイン; 情報処理, Vol.34 No.8, pp.1017-1027 (1993).

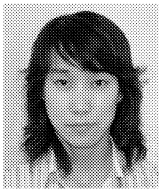
[21] Tse, E., Histon, J., Scott, S. D., Greenberg, S.: Avoiding interference: how people use spatial separation and partitioning in SDG workspaces; CSCW2004, pp.252-261 (2004).

[22] Gutwin, C., Greenberg, S.: Workspace awareness for groupware; CHI96, pp.208-209 (1996).
[23] 深澤直人: デザインが結ぶ環境と行為; デザインの生態学, 東京書籍 (2004).
[24] 川崎惠里子: 知識の構造と文章理解; 風間書房 (2000).
[25] 加藤直孝, 國藤進: 異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成支援法の提案と実装; 情処学論, Vol.39, No.10, pp.2927-2936 (1998).
[26] Traum, D.R.: A Computational Theory of Grounding in Natural Language Conversation; Ph D Thesis, Univ. of Rochester (1994).

（2006 年 4 月 21 日受付，8 月 18 日再受付）

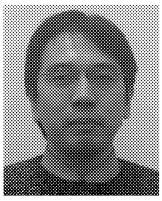
## 著者紹介

**市野順子　（学生会員）**



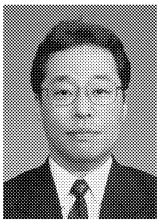
1994 年 南山大学経営学部情報管理学科卒．1994～1996 年（株）インテック．1998 年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了．1998～2001 年大日本印刷（株）. 2001 年～TIS（株）. 2003～2006 年（独）情報通信研究機構けいはんな情報通信融合研究センター自然言語グループ特別研究員．神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程在学中．ヒューマンインタフェース技術と自然言語処理技術の融合する分野，感性情報処理に関する研究に従事．情報処理学会，ヒューマンインタフェース学会，各会員．

**竹内和広　（正会員）**



高校卒業後，中小 SI にて情報システム設計・開発・運用業務に従事．10 年以上の業務経験を持つ．在職中に愛知県立大学外国語学部第二部英米学科に入学. 1997 年同学を社会人学生として卒業．その後，奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に入学．自然言語処理の研究を行う. 1999 年同大学院博士前期課程修了. 2002 年同博士後期課程修了. 博士(工学). 2002～2006 年（独）情報通信研究機構．2006 年～大阪電気通信大学工学研究科／情報通信工学部講師．言語コミュニケーションの研究に従事．言語コミュニケーション及び言語に関わるオフィス活動支援システムの研究に興味がある．情報処理学会，電子情報通信学会，各会員

**井佐原均**



1980 年京都大学大学院修士課程修了．博士（工学）．同年，通商産業省電子技術総合研究所入所．1995 年郵政省通信総合研究所．現在，独立行政法人情報通信研究機構けいはんな情報通信融合研究センター自然言語グループリーダー及びタイ自然言語ラボラトリー長．自然言語処理，語彙意味論の研究に従事．情報処理学会，言語処理学会，人工知能学会，日本認知科学会，ACL，各会員．