

対面コラボレーション支援環境における 電子的な共同スペースのメリットと望ましい操作 HI について

渡 辺 理† 松 倉 隆 一†
佐々木 和雄† 木 島 裕 二†

会議や打合せを電子的に支援する可能性を検討するためには、従来の会議をユーザに無理のない範囲で電子化し、ユーザに自発的に使ってもらうことが必要である。そこで、参加者用 PC から電子ホワイトボード上に資料ファイルを表示して、閲覧したり修正したりすることに機能を絞ったプロトタイプ Dynacs による試行を行った。試行会議は 268 回に達し、資料の説明をする会議や議論の要旨を文字で記録していく会議で多く使われていた。このような会議において、ユーザが電子ホワイトボードを活用するメリットは何であろうか？ また、ユーザにとって望ましい HI は、どうあるべきであろうか？ 簡単な比較実験とビデオ観察から、電子ホワイトボードは参加者の視線を引きつけ、キーワードではなく文で記述しながら会議を行うと、合意内容を正確に記憶することが分かった。また、試行期間の途中で操作 HI を数回改良したが、改良前後のユーザ行動の比較から、手元からスムーズに使える操作 HI は、電子ホワイトボードへの積極的なコミットを促すことが分かった。電子ホワイトボードには情報に集中させて正確な情報共有をする効果があり、手元からスムーズに使える HI はこれらの効果を引き出すという点で重要である。

The Merit of Electronic Public Work Space for Real-time Face-to-face Collaboration and Its Desirable Operation Human Interface

SATORU WATANABE,† RYUICHI MATSUKURA,† KAZUO SASAKI†
and YUJI KIJIMA†

We have been trying to propagate PC use at real-time face-to-face collaborations with viewing and editing general application files on a electronic white-board. With our prototype system "Dynacs", many users have displayed and edited their material files. Then we tried to measure the merits to share information on the electronic white-board, and the desirable operation human interface. Through a comparative experiment and some observations, it became clear that electronic white-board has the feature to catch participants' gazes and to realize correct information sharing between participants. On the other hand, the operation method, of which participants smoothly make use from participants' PCs, made users take more active commitments to electronic white-board. Such user interfaces, which is important especially for realtime collaboration environment, would cause to draw much more merits like eye gazes and correct information sharing from electronic white-board.

1. はじめに

オフィスワークの中で頻繁に行われている会議や打合せなどの対面コラボレーションは、デスクでの個人作業と比べると、電子化から取り残された感がある。デスクの場合、最初は紙に書いた文書を清書するために使われていた PC (パソコン) が、今では、情報を見たり作成したりする、効率的な知的生産に欠かせない

ツールになっている。それならば会議や打合せにおいても、参加者が一緒に PC を使うことでグループ作業が効率化するのではないかと考えることができる。しかし、実際には、対面コラボレーションにおける PC の活用は、プレゼンテーションや個人的なメモ作成などに限られている。

対面コラボレーションを支援する研究は、大きな表示画面を持つ電子ホワイトボードを基本構成要素とし、参加者が手元の参加者用 PC (以下、手元 PC と略す) から個別にアイデアを入力してまとめていく使い方を検討しているものが多い。アイデアの入力方法とし

† 株式会社富士通研究所 パーソナル&サービス研究所
Information & Service Laboratories, Fujitsu Laboratories Ltd.

て、参加者の同時並列入力¹⁾や、手書き描画²⁾、ジェスチャー、ハイパーリンク³⁾などの使用を中心に検討している。また、これらの手段を汎用ワープロと組み合わせさせて会議に適用する試みも検討されている^{4),5)}。

しかし、新しい手段を使った新しいスタイルの会議は、ユーザが使いこなすのには敷居が高く、ユーザに自発的に使ってもらうのが難しい。これでは電子的支援の効果を純粋に評価することはできない。したがって、会議の電子的支援の可能性を見極めるには、従来の会議をユーザに無理のない範囲で電子化して試していくというアプローチが必要であろう。

従来の会議でよく行われているのは、資料を説明する会議や、ホワイトボードで議論を整理する会議である。一方、資料を電子的に作成することは当たり前になってきているし、電子プレゼンテーションも普及している。したがって、資料の説明や議論の整理を電子ホワイトボード上で手軽に行える環境を提供すれば、パソコンに少し慣れた人であれば、スムーズに会議を進めることができると考えられる。

そこで、電子ホワイトボード上での汎用アプリケーションの操作に機能を絞ったプロトタイプ Dynacs を開発し、所内の通常の会議で自由に使ってもらった⁶⁾。1年2カ月の間に268回の会議に使われ、シンプルな機能を便利と感じて使ってくれるユーザがいることが分かった。

試行会議の多くは、電子ホワイトボードを説明や議論の確認の場として利用していた。このような使い方において、ユーザが電子ホワイトボードを活用するメリットは何であろうか？ また、ユーザにとって望ましいHIは、どうあるべきであろうか？

本論文では、会議の電子的支援の可能性を探るために、Dynacs 会議試行で定着した資料説明や議論の整理を行う会議における、電子ホワイトボードの効果を調べる。また、試行期間中に操作HIを改良したので、その改良前後におけるユーザ行動の比較を行う。まず、2章で Dynacs システムの基本機能と会議試行の結果について説明する。次に、3章で、電子ホワイトボードの効果を比較実験やビデオ観察から考察する。また、4章で、電子ホワイトボードの操作HIについて改良前と改良後の試行データの比較考察を行い、5章でまとめる。

2. Dynacs システムと会議試行

2.1 Dynacs システム

電子ホワイトボード1台と参加者用の手元PC数台～数十台で構成される。電子ホワイトボードは、専

電子ホワイトボード

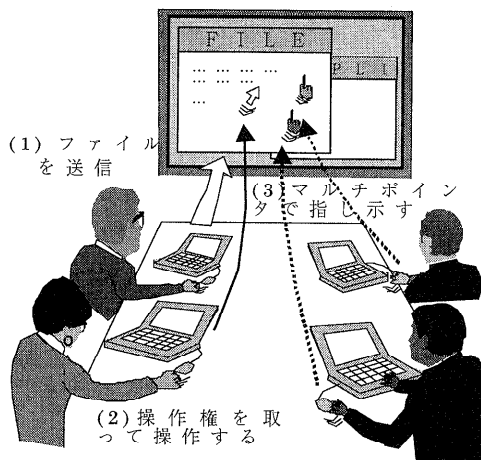


図1 Dynacs の主要サービス機能

Fig.1 Main services of Dynacs.

用のPCを用意し、画面をプロジェクタなどで大きく表示することで実現できる。タッチセンサーなどの特別なデバイスは必要ではない。すべてのPCのOSはMS-Windowsであり、デスクのPCでよく使われているワープロなどの汎用的なアプリケーションがインストールされている。

主要なサービス機能は、図1に示すように、電子ホワイトボードに、手元PCから資料ファイルを送信できること(1)と、手元PCのマウスやキーボードを使って電子ホワイトボードを操作すること(2)(3)、である。

電子ホワイトボードの操作手段は2種類用意した。1つは、手元PCのマウスとキーボードのすべてのイベントを電子ホワイトボードに反映する「操作権」(2)である。これは、イベントの交錯を避けるために同時に1人しか使えないようにした。もう1つは、手元PCのマウスの移動イベントに従って、電子ホワイトボードに表示するポインタカーソルが移動するだけの「マルチポインタ」(3)である。マルチポインタを使うユーザが手元のマウスをクリックしたりドラッグしたりしても電子ホワイトボードには反映されない。すなわち、マルチポインタによる操作は、操作権による操作を妨害することがない。あるユーザが操作権を取得して操作しているときに、別のユーザがマルチポインタを使って電子ホワイトボードを指し示すことができる。マルチポインタどうしも競合しないので、操作権と複数のマルチポインタを共存させることができる。

2.2 Dynacs 会議試行

Dynacs 会議試行は、主に、電子ホワイトボードと

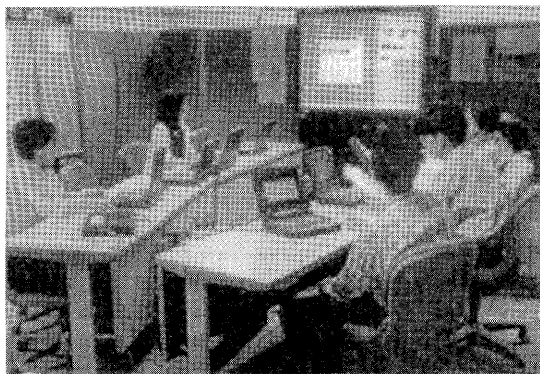


図2 Dynacs 電子化会議室
Fig. 2 Electronic meeting room.

して 58 インチプロジェクトを備え付けた電子化会議室で行った(図2)。所内の通常の会議に使用してもらい、14 カ月の間に 268 回使われた。参加者は平均 5.4 名で、会議時間は平均 2 時間 20 分である。全会議の操作ログを自動計測し、一部の会議はビデオに録画した。

最も多く使われた会議のタイプは、資料説明を中心にする報告型会議である。1 人ないし数人の参加者が資料を説明し、他の参加者が質問やコメントをする。説明者や他の参加者がキーボードを使って資料を修正することもあった。また、この使い方に慣れてくると、新規にファイルを開いて、一部の参加者がキーボードを使って議論の要旨を書き出し、確認しながらすすめていく意見収束型会議を行うグループも増えてきた。前半が報告型会議で後半が意見収束型会議になる場合も多かった。一方、複数の人が次々にアイデアを入力していく発散型の会議はほとんど見られなかった。

Dynacs の使用頻度の目安として、電子ホワイトボードを手元 PC のマウスとキーボードを使って操作した時間の総和が会議全体の時間に占める比率を比較することが考えられる。この値は、議論がさかんになると、50~60%に達することもあったが、資料説明を中心にする会議で平均 15%、文字入力を中心にする会議では平均 32%であった。後者のほうが文字入力にかかわる操作の分だけ平均値が高い。

一方、操作手段の使われる度合いを比較すると、マルチポイントの使われる時間は、操作権の使われる時間の 5 分の 1 ほどであったが、操作権と比べると多くのユーザに使われていた(図3)。

観察してみると、マルチポイントの使われ方として、電子ホワイトボード上の情報を指し示して人に説明したり質問したりすることのほかに、明確な目的なしに電子ホワイトボード上を動かしている場合もあった。

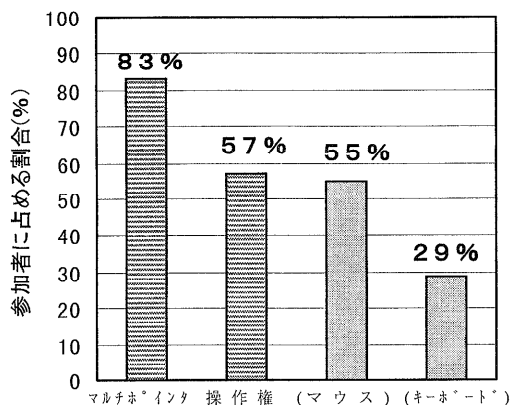


図3 操作手段を使うユーザの割合
Fig. 3 Ratio of operation methods usage.

また、文字入力を中心にする会議での文字入力数の平均は、日本語換算で約 650 文字であった。これは、1 ページのテキストファイル程度の文字数である。何ページにもなる文書の作成ではなく、議論の要旨をまとめる使い方が多かったことを裏付けている。

3. 電子ホワイトボードの効果

2 章で述べたように、Dynacs 会議試行では、電子ホワイトボードが報告型会議や意見収束型会議で情報を閲覧したり確認したりする場として利用されることが多かった。これらの会議では、参加者が電子ホワイトボード上で情報を共有することに何らかのメリットを感じて使っていると考えられる。ビデオ観察やユーザインタビューから、まず、電子ホワイトボードに視線が集まりやすい(1)との感触を得た。一方、文字で確認しながら会議を進めると、正確に議論ができて誤解が少ない(2)という感想もあった。これらは、会議の重要な目的である効率的な情報の共有に関するポイントであろう。そこで、この2つについて、簡単な比較実験やビデオ観察による、定量評価を試みた。

従来の研究では、電子ホワイトボードの効果は、個人の生産性という観点から定量評価することが多かった^{1),7)}が、この2つのポイントについて、定性的な言及はある。(1)について、EDS の Capture Lab⁸⁾は、書記が情報を入力し続けると、参加者は電子白板を見たままになることが多いという観察を報告している。また、GMD の DOLPHIN³⁾は、だれかが電子ホワイトボードに入力すると他の参加者はそれが終了するまで議論を止めて待っていると報告している。一方(2)について、Colab¹⁾は、ホワイトボードは人間の空間的な記憶能力を支援し、電子ホワイトボードはさらにそれを助長していると言っており、IBM の We-Met²⁾

は、ユーザの、「電子ホワイトボードに情報を作成すると会議後の思い違いが減る」という感想を紹介している。

3.1 比較実験

ホワイトボードと電子ホワイトボードで、同一内容の課題に取り組む比較実験を行った。それぞれの作業で、被験者が共同スペースをどれくらい見るか、また、その結果、合意した内容が参加者間でどの程度一致するのかを観察した。

被験者は4名を1チームとし、課題としてビジネス研修用の教材（ある事例を分析し、3つの問題点と対策案を抽出する）を使用した。まず、個人個人で課題に取り組み、それぞれの考えをまとめてもらう。続いて、全員でホワイトボード/電子ホワイトボードを使って会議を行い、意見をすりあわせて、統一見解をまとめてもらう。会議にかける時間はおよそ30分とする。最後に、被験者は別室に移動して、会議で合意した内容を、1人1人別々にワークシートに記入する。実験は、2つの異なるチームが1回ずつ行った。

3.2 視線を引きつける度合いの測定

いつ、共同スペース（ホワイトボード/電子ホワイトボード）を見ているのかについて録画ビデオを観察した。15秒ごとに各被験者が共同スペースを見ているかどうかを観察し、その結果を全体の観察点数（約480点）で正規化した。従来のホワイトボードでは注視率は平均36%であり、電子ホワイトボードでは平均56%であった。次に、会議のプロセスを細分化して、同じような作業をしている期間で比較してみた。

2つの会議を観察すると、どちらも最初に、(1)課題の問題点について各自の意見を説明して要旨を共同スペースに書き出し、次に、(2)書き出された問題点の中から、合意できるものを選択して絞り込んでいった。

2つの会議におけるこれらのプロセスは、議論の進め方やユーザ行動が類似していた。

その後は、(3)絞り込んだ問題点について、対策案を議論する、というプロセスが続くと予想された。しかし、実際には、電子ホワイトボード会議は、絞り込んだ問題点を一度別の場所へ書き直して議論を進めたのに対し、ホワイトボード会議は、書き直しをせずにそのまま議論を進めた。このため、対策案を考える議論の進め方は大きく異なった。そこで前半の2つのプロセスについてのみ注視率を比較することにした。プロセスごとに、それぞれの会議の平均注視率を示す（図4）。

「問題点を書き出す」プロセスでは、ホワイトボード16%に対して、電子ホワイトボードは、ざっと4倍

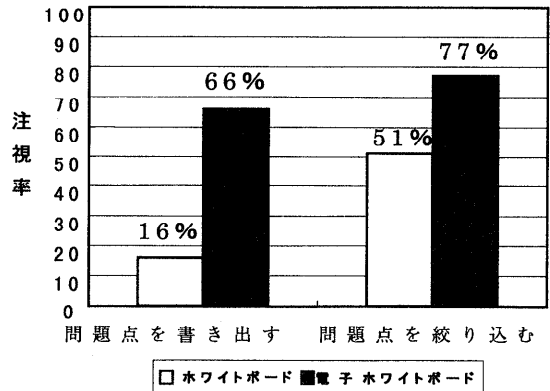


図4 同一プロセスの注視率の比較

Fig. 4 Comparisons of eye gaze ratio.

表1 あるシーンにおける注視率の変化

Table 1 A case of eye gaze ratio transition.

No	プロセス	注視率
1	操作なし	4%
2	伝えたいことを文字や図に記述する	68%
3	操作権（マウス）で説明	82%
4	マルチポインタを使った質問に、操作権（マウス）で返答	89%

近い差がついている。その後の「問題点を絞り込む」プロセスでは、ホワイトボードは、電子ホワイトボードよりは低いものの、注視率が上昇している。2つの環境で注視率が顕著に違うのは、「問題点を書く」プロセス、すなわち新しい情報を書き出すときである。

次に、実際の会議の中で、電子ホワイトボードの使い方によって注視率がどのくらい変わるのか、記録ビデオを観察して調べたところ、ユーザが電子ホワイトボードを頻繁に操作するほど注視率は増加していた。典型的な例として、ある会議の1シーンを表1に示す。

このシーンの最初では、電子ホワイトボードに資料ファイルが表示されていたものの、その資料の議論は終わっており、ほとんどだれも見えていなかった(1)。次に、参加者Aが伝えたいことをその場で文字や図にしようとしたので、電子ホワイトボードを見る人が増えた(2)。説明する文字や図が完成し、Aはマウスを使って説明を始めた(3)。しばらくして、参加者Bがマルチポインタを動かしながら質問し、Aはマウスを動かしながら返答した(4)。最後のプロセスでは、他の参加者は2人のポインタの動きに目を奪われ、電子ホワイトボードに釘付けになっていた。参加者が頻繁に操作したり、複数の参加者が同時に操作をするほど、視線が引きつけられている。

3.3 合意事項を正確に共有する度合いの測定

次に、共同スペースを使うことで、会議で合意した

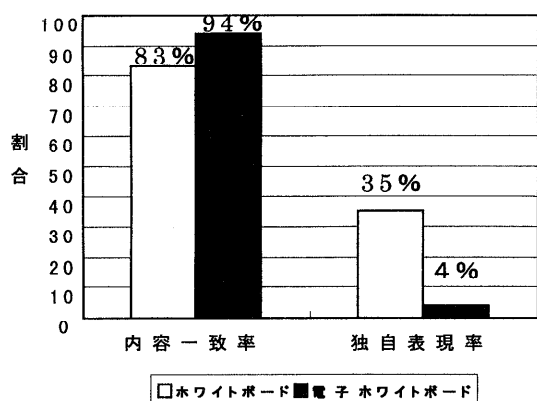


図5 合意事項の内容一致率と独自表現率
Fig.5 Semantic and external consistency.

ことが参加者の間でどの程度正確に共有されるかを比較した。評価尺度として、比較実験の会議のあとで、被験者1人1人の記述した合意内容が参加者の間でどのくらい一致しているか、また、その中にどのくらいオリジナルな表現が含まれているかを調べてみた。測定対象は、3.2節で述べたように、2つの実験会議で会議プロセスが等しいと見なせる、前半部分の、問題点を書き出して絞り込む部分に関する記述箇所に限った。なお、測定単位は、句や節を1単位とした。

内容の一致する率と独自表現の含まれる率の平均値を図5に示す。ホワイトボード会議も、電子ホワイトボード会議も、被験者は、同じような内容を記述しており、意味的に著しく異なる記述はなかった。しかし、表現レベルでは、ホワイトボードのほうが、ユーザが独自の表現で記述している個所の比率が35%と高かった。独自表現の発生理由を調べたところ、ホワイトボード会議では、被験者が会議中に発言したが、書記役がホワイトボードに書き留めなかった内容や表現を、その被験者が個人記述の中で言い回しに使用したり、補足事項として付加したりしていることが確認された。一方、電子ホワイトボード会議では、被験者はボード上に記載された文章と同様の表現で回答することが多く、被験者の独自の表現はほとんど確認されなかった。

3.4 考察

比較実験の結果、まず、電子ホワイトボードのほうが、ホワイトボードよりも視線を引きつけやすいことが分かった。新しい情報を提示して議論を行う場合に、この傾向は顕著だった。

ホワイトボード会議では、ある参加者がホワイトボードの前に立ち、参加者の意見をキーワードに短縮して書いていた。実験のビデオを見ると、他の参加者

は、書記役が書き終わるのを待たずに議論をする傾向にあった。書記役が書こうとしているキーワードは、最初だけ見ていれば予想がつくので、書き終わるのを待たずに、ホワイトボードを見るのをやめて、議論を始めてしまうのであろう。これにより注視率が低くなったと考えられる。

一方、電子ホワイトボード会議では、書記役は発言された内容をキーワードではなく文章に書き下して入力していた。このとき、他のユーザは文章ができあがるまでじっと電子ホワイトボードを見るが多かった。この理由として、書記役がどのような文章を作成するのか、最後まで見ないと分からず、また、書記役は手元PCから入力しているため文字が書かれるタイミングが分かりにくいことが考えられる。

次に、試行会議のビデオから、電子ホワイトボードでは、複数のユーザが手元から情報を指し示す際に、注視率が上がっていた。情報を指し示して話をするとき、他のユーザはそれを見ないと文脈が分からなくなるので思わず見てしまう。電子ホワイトボードは席を立たなくても手軽に指し示せるので、その結果参加者が電子ホワイトボードを見るが増えたと推測できる。

一方、合意内容の比較においては、ホワイトボードのほうが参加者が独自の表現をする比率が高かった。

この理由として、共同スペースに記録された合意内容の表現の違いが考えられる。ホワイトボードでは手書きの負担からか、細部を省略してキーワードを書くことが多かった。電子ホワイトボードの場合は、キーボード入力により容易に文を表示することができる。共同スペースに記録された合意内容のうち、「問題点」に関する部分は、ホワイトボードが7行で合計55文字に対し、電子ホワイトボードは8行で合計125文字であった。すなわち、1行あたりの文字数は、電子ホワイトボードがホワイトボードの約2倍になっていた。文で記録されている場合には、参加者はそれをそのまま合意事項として記憶すればよいが、キーワードで表示された合意事項は、文に比べて情報が落ち、キーワードとキーワードの間をつなぐ部分を自分で補完することが必要になる。したがって、会議終了後に合意事項を記述する際に、参加者の独自の表現が入りやすいのだろう。この度合いが高いと、時間が経つにつれ、その参加者が独自の考えを合意事項と錯覚しやすくなると考えられる。また、その参加者が議事録を作成して他の参加者に見せる場合、意味的には間違っていないとしても、その参加者の独自の表現に他の人が違和感を覚え、議論の蒸し返しが起きやすくなることも考えられる。

4. 電子ホワイトボードの操作 HI の改良

2章で述べたように、Dynacsの主要機能は手元PCから電子ホワイトボードへのファイル送信と操作手段である。ファイル送信は1回の会議でせいぜい数回使われるだけだが、一方、操作手段は頻繁に使われる。電子ホワイトボードが効果を発揮するためには、ユーザが電子ホワイトボードを活用しやすい操作HIが必要であろう。手元PCから遠くにある電子ホワイトボードを操作するので、手元PCと電子ホワイトボードをスムーズに連携させ、手元から手軽に操作できることがポイントとなる。

Dynacs 会議試行では、操作性を改善するために、試行期間の途中で HI を変更した。そこで、変更の前後におけるユーザ行動を比較し、操作 HI の改良の効果を考察する。

なお、いくつかの測度について、改良の前後で分散分析（一元配置）を試み、有意検定については参考データとして測定 F 値と P 値を示す。ただし、対象は統制実験下でない実際の会議である。

4.1 操作権取得方式の変更による操作権取得の変化

2章で述べたように、Dynacsでは電子ホワイトボードの操作手段として、操作権とマルチポイントを併用した。マルチポイントは、多くのユーザに使われており、ユーザは電子ホワイトボードを指し示したり、明確な目的なしに電子ホワイトボード上で動かしたりしていた。

マルチポイントでできる操作は、操作権でできる操作のサブセットである。マルチポイントを使うユーザが、情報を指し示しているうちに、マウスクリックやドラッグなど、マルチポイントでは反映されない操作をしたくなる場合が考えられる。実際そのような感想を言うユーザも何人かいた。

Dynacs の最初のバージョンでは、手元 PC 画面にマルチポイント取得ボタンと操作権取得ボタンを表示し、ユーザがそれぞれのボタンを押して使うようにした。したがって、マルチポイントを使って、電子ホワイトボードを見ながら何らかのアクションをしているユーザが、操作権を使いたいと思った場合、一度手元 PC 画面を見て、画面上の操作権ボタンの上にマウスを移動してクリックする必要があった。これは、ユーザの電子ホワイトボードへの意識の集中を止めることになる。そこで、マルチポイントを使っているユーザが握っているマウスのボタンを押下したら、ただちにマルチポイントから操作権に移行するように HI を変更した。

表 2 操作権利用のユーザの割合
Table 2 Floor getting users ratio.

	ユーザ割合
改良前 (86 会議)	54.6 %
改良後 (117 会議)	53.5 %

表 3 グループごとの操作権利用ユーザの割合
Table 3 Floor getting users ratio by group.

	A	B	C
改良前	41.5 % (12 会議)	38.9 % (9 会議)	47.6 % (9 会議)
改良後	61.6 % (30 会議)	58.0 % (14 会議)	51.8 % (30 会議)

(A グループの改良前後は $[F(1,40) = 4.57, P < 0.05]$)

(B グループの改良前後は $[F(1,21) = 3.77, P < 0.10]$ と有意差に準ずる値を示していた。)

この HI によって操作権についてのユーザ行動がどう変わったかを調査した。表 2 に HI を変える前後の、操作権を使うユーザの割合の平均値を示す。この HI にしたからといって、著しい変化は見られなかった（有意差なし）。

この HI は電子ホワイトボードを積極的に操作しようとして初めて使い勝手が分かる、目に見えない HI であり、使いこんだユーザでなければ、従来の手元 PC 上の操作権ボタンのクリックを使いがちであるためと思われる。たとえば、改良の前後にそれぞれ 4 回だけ行われた、資料説明が中心の定例会議の場合、操作に不慣れなユーザが多く、ユーザは改良後ももっぱら操作権ボタンを押して、操作権を取得していた。

そこで、使い込んだユーザに限定して調べることにした。この HI の変更の前後に継続して何度も打合せに使ってくれた 3 組のリピータグループについて改良前と後を比較した。3つのグループは、電子ホワイトボードを議論の場として積極的に活用しており、特にグループ A は文字入力を中心にした会議を頻繁に行っていた。どのグループでも、操作権を使うユーザの割合が増えている（表 3）。電子ホワイトボードに意識を集中したまま、マルチポイントを使って操作権を取得したいユーザが多いのであろう。ビデオ観察でも、このような操作権取得シーンが確認された。

4.2 手元画面表示による文字入力の変化

手元のキーボードを使って、電子ホワイトボードのほうを見ながら、かつ、他の人に見られながら、文字を入力するのは、ユーザには違和感が大きい。また、ユーザがブラインドタッチをできない場合には、手元のキーボードと電子ホワイトボードを交互に見なければならないのが面倒である。

そこで、電子会議に慣れないユーザに使いやすく、

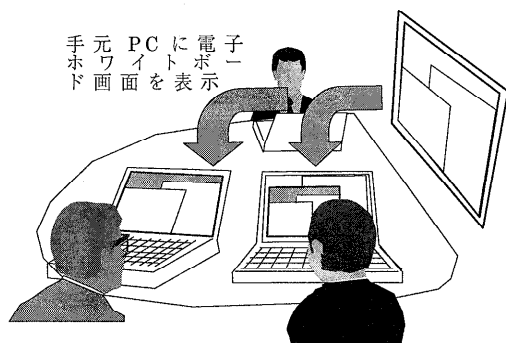


図6 画面共有方式

Fig. 6 Public space on local display.

表4 文字入力数の増加

Table 4 Increase of key inputs.

	打鍵数 / h	1 会議の 文字入力数
手元画面表示 前 (203 会議)	4 7 9 回	5 9 0 文字
手元画面表示 後 (65 会議)	6 8 2 回	8 2 0 文字

(打鍵数 / h は $[F(1,266) = 2.77, P < 0.10]$ と有意差に準ずる値を示していた。)

ブラインドタッチが苦手なユーザが文字を入力しやすい環境として、手元 PC の活用を検討した。参加者が手元 PC の画面を見て入力/編集できれば、いちいち電子ホワイトボードを見る必要はない。図 6 に示すように、電子ホワイトボードの画面を手元 PC に表示する方式を導入し、導入前と比較した。

この HI で行った 65 回の会議におけるキーボードでの 1 時間あたりの打鍵数を、それ以前の 203 回の会議と比較すると、平均 4 割ほど増加している (表 4)。また、1 回の会議における文字入力数 (日本語換算) も、これまた 4 割増加している。なお、1 会議あたりの参加者数と会議時間は HI の変更前後で特に変わっていなかった。

キーボードを使うユーザが参加者に占める割合はわずかに増えた程度であったが、操作ログと会議ビデオから、従来からキーボードを使ってきたユーザが、手元 PC の共有画面を見ながらたくさんの文字を入力しているのが確認された。また、変更前にはほとんどキーボードを使わなかったユーザが手元画面を見て文字入力をしている様子も散見された。

これらのことから、手元 PC への共有画面表示はキーボード操作者に文字入力をしやすい環境を提供し、それによって 1 回の会議で作成される情報の量を増やすと考えることができる。

表5 マルチポインタ使用の変化

Table 5 Usage of multi-pointer.

	ユーザ割合	最も使う ユーザの 占有率
手元画面表示 前 (203 会議)	82.3%	55.0%
手元画面表示 後 (65 会議)	85.3%	45.6%

(最も使うユーザの占有率は $[F(1,251) = 10.12, P < 0.01]$)

表6 操作権利用ユーザの割合

Table 6 Floor getting users ratio.

	ユーザ割合
手元画面表示後 (65 会議)	68.1%

(使用者割合 (手元画面表示前と後) は $[F(1,266) = 12.20, P < 0.01]$)

4.3 手元画面表示によるマルチポインタと操作権使用の変化

手元 PC に電子ホワイトボード画面を表示すると、ユーザは、手元表示画面にマウスを移動させるだけで、マルチポインタを使って情報を指し示すことができる。また、手元 PC の表示画面上でマルチポインタを動かしているときに、マウスボタンを押下すれば操作権が取得できるので操作権ボタンを意識する必要がなくなる。手元 PC への共有画面表示は、文字入力をしやすくするだけでなく、マルチポインタや操作権も使いやすくしているのではないかと考え、この点を調査した。

まず、マルチポインタを使うユーザの割合は改良前から全体の 8 割を超えており、改良前後で大きな変化はなかった (表 5)。しかし、マルチポインタを最も使うユーザがどのくらい使っているのかを調べてみると、改良前は全体の使用時間の 55% を占めていたのが、手元 PC への画面表示の後には、10% 近くも減少していた (表 5)。

次に、操作権を使うユーザの割合を調べたところ、表 2 と比べて著しく増加していた (表 6)。なお、A, B, C グループの会議の平均もそれぞれ 78%, 76%, 57% と増加傾向を示していた。

これらのことから、手元 PC への共有画面表示には、マルチポインタをよく使うユーザを増やしたり、マルチポインタから操作権に移行するユーザを増やす効果もあると考えることができる。

4.4 考察

電子ホワイトボードを指し示すだけの手段を用意して、それを使っているときにスムーズに操作権が取得できるようにすると、電子会議に慣れたグループでは、より多くのユーザが操作権を利用するようになること

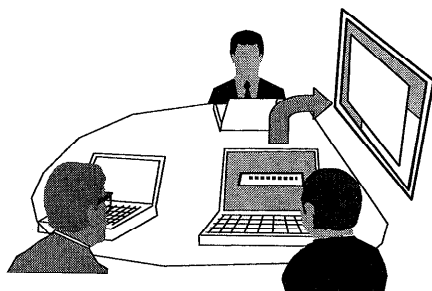


図7 専用エディタ方式
Fig.7 Editor for public input.



図8 手元画面送信方式
Fig.8 Local space on public display.

が分かった。また、手元 PC への電子ホワイトボード画面の表示は、文字入力をしやすい環境を提供し、会議で作られる情報の量を増やすことに効果があることが分かった。手元画面表示には、さらに、マルチポインタをよく使うユーザを増やし、操作権利用ユーザを増やす効果も確認された。

マルチポインタにしても、手元画面表示にしても、手元から手軽に使える HI という考え方は同じである。リアルタイムコラボレーションでは、このような HI がユーザの積極的なコミットを促すと考えられる。

また、電子ホワイトボード上の情報を指し示したり、操作したり、より多くの文字を入力したりするようになれば、3 章で定量評価した、視線を集めやすい効果や、正確に情報を共有しやすい効果が発揮されることが考えられる。このような点からも、リアルタイムコラボレーションでは、手元から手軽に使える操作 HI が重要であるといえよう。

なお、試行で試した共有方式 (図 6) は、ネットワーク負荷が高く、大規模会議では使えないため、実装レベルでは、他の選択肢もある。たとえば、図 7 のように手元 PC には文字入力専用のエディタを設け、入力後の編集作業は電子ホワイトボードで行う方式や、図 8 のように、手元 PC の画面を電子ホワイトボードに表示する方式である。

専用エディタ方式 (図 7) は、手元 PC では文字入力作業しかできないが、ネットワーク負荷は低い。また、手元画面送信方式 (図 8) は、電子ホワイトボードが共同スペースというよりも個人スペースのように見えるが、大規模会議でも使用できる。状況によっては、こういった方式が適する場合もあるだろう。

5. ま と め

会議や打合せのパソコンによる支援の可能性を見極めるために、電子ホワイトボード上での汎用アプリケーションを使った資料ファイルの操作に機能を絞つ

たプロトタイプ Dynacs を開発して会議試行を行った。Dynacs がよく使われた、資料を提示して説明する会議や、議論の要旨を文字入力して確認する会議では、電子ホワイトボード上で情報を共有することにメリットがあると考えられ、簡単な比較実験とビデオ観察から、電子ホワイトボードが参加者の視線を集めやすく、また、文で確認しながら会議をすることで、正確な情報の共有をしやすいことを明らかにした。一方、他者を気にせず、かつ、手元から手軽に使える操作手段や文字入力方式を試してみたところ、電子ホワイトボードへの積極的なコミットが増えることが分かった。このことは、単に電子ホワイトボードを使いやすくなっただけではなく、電子ホワイトボードの効果を発揮しやすくすることにも影響すると思われる。

リアルタイムコラボレーションにおける電子ホワイトボードの活用は、デバイスの進歩や、インターネットを使った情報共有の進展の流れをうけ、今後も様々な場面でのニーズが増えていくと考えられる。

今回、電子ホワイトボードの効果の確認は比較的组织しやすいものに限ったが、今後は、より精密な評価や、多面的な評価を試みる必要がある。たとえば、電子ホワイトボードの共有効果について、抽象レベルの高い情報の共有で比較したり、情報の作成プロセスを見せる場合と見せない場合で比較したりしてみることが考えられる。また、電子会議を様々な形態の会議に適用することを考えると、電子ホワイトボードのサイズ、位置による特徴や、手元画面との役割分担の度合いなども調べる必要がある。

操作 HI については、いろいろな使用シーンで、電子ホワイトボードの効果を発揮しやすいものを検討する必要がある。その際、改良によるユーザ行動の変化を細かく調査することで、操作 HI にユーザが潜在的に要求していることが明らかになる可能性もある。HI 改善とユーザ行動調査の繰返しによって、会議で本当

に使いやすい操作 HI の実現を目指していく。

謝辞 日頃より貴重な意見をいただく(株)富士通研究所パーソナル&サービス研究所の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Stefik, M., Foster, G., Bobrow, D., 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 (1988).
- 2) Wolf, C.G. and Rhyne, J.R.: Communication and Information Retrieval with a Pen-based Meeting Support Tool, *CSCW'92*, pp.322-329 (1992).
- 3) Streitz, N.A., Geissler, J., Haake, J.M. and Hol, J.: DOLPHIN: Integrated Meeting Support across Local and Remote Desktop Environments and LiveBoards, *CSCW'94*, pp.345-358 (1994).
- 4) 渡辺 理, 浅見俊宏, 岡田壮一, 角田 潤, 勝山恒男, 安達基光: 電子化会議室ルームウェアにおけるユーザインタフェース, 人工知能学会ヒューマンインタフェースデザイン研究会, 9602-03, pp.13-18 (1996).
- 5) Watanabe, S. and Obata, A.: Hybrid Floor Control Method in Computer Support Meeting System, *ECSCW'97 Conference Supplement*, pp.41-42 (1997).
- 6) 松倉隆一, 渡辺 理, 佐々木和雄, 岡原 徹: オフィスでの移動を考慮した対面コラボレーション環境の検討, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.7, pp.3075-3084 (1999).
- 7) Streitz, N.A., Rexroth, P. and Holmer, T.: Does "roomware" matter?, *ECSCW'97*, pp.297-312 (1997).
- 8) Mantei, M.: Capturing the Capture Lab Concepts: A Case Study in the Design of Computer Supported Meeting Environments, *CSCW'88*, pp.257-270 (1988).

(平成 11 年 4 月 7 日受付)

(平成 11 年 10 月 7 日採録)



渡辺 理 (正会員)

1964 年生。1988 年東京工業大学機械物理工学科卒業。1990 年同大学院工学研究科社会工学専攻修士課程修了。同年(株)富士通研究所に入社。以来、グループウェアの評価・研究に従事。人間の情報行動の実証分析に興味を持つ。情報通信学会会員。



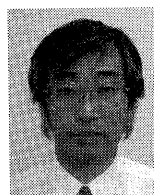
松倉 隆一 (正会員)

1962 年生。1986 年東北大学工学部通信工学科卒業。1988 年同大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了。同年(株)富士通研究所に入社。以来、ISDN 端末、マルチメディア携帯端末、会議支援システムの研究に従事。モバイルコンピューティング、グループウェアに興味を持つ。人工知能学会会員。



佐々木和雄 (正会員)

1969 年生。1992 年神戸大学システム工学科卒業。1994 年同大学院工学研究家システム工学専攻修士課程修了。同年(株)富士通研究所入社。現在に至る。主にグループウェアの研究に携わる。



木島 裕二 (正会員)

1953 年生。1976 年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業。1978 年同大学院基礎工学研究科物理系専攻修士課程修了。同年(株)富士通研究所入社。以来、音声認識、学習支援、ISDN 端末、会議支援、超流通等の研究に従事。ヒューマンインタフェースに興味を持つ。ACM 会員。