

## 遠隔の共同作業における映像通信、共有電子黒板の効果

小 幡 明 彦†

近年、テレビ電話、共有電子黒板などの機能を備えたデスクトップ会議システムが多数開発されている。しかし、従来の電話と比べてのメリットが不明確であり、一般に普及していないのが現状である。このような新しいメディアを有効に利用していくためには、メディアによる共同作業への効果を評価し、それをもとに有効な利用方法や新しい設計原則を明確化していくことが重要である。本論文では、映像通信、および、共有電子黒板の共同問題解決作業への効果を、ユーザ実験により評価し、実験結果に基づき有効な利用方法を提案する。実験では、40組のペアの被験者を、1) 音声のみ、2) 音声と映像、3) 音声と共有電子黒板、4) 音声、映像と共有電子黒板の4つの通信環境にランダムに割り当て、制限時間内に共同してパズルの解答を2人のチームでまとめる作業を行った。各環境下での共同作業結果だけでなく、グループの結論に対する被験者間の自信の相関を評価することで、議論の徹底さの度合いを評価した。その結果、映像通信は、制限時間内にグループの結論を出す傾向や、被験者間のグループの解答に対する自信のずれが大きいことが確認された。一方、共有電子黒板は、互いが同じ程度の自信を有するまで徹底した議論を行い、回答時間が長引く傾向にあり、映像通信とは逆の効果があることが確認された。このことから、映像と共有電子黒板を同時に使うより、会議のフェーズに応じて使い分けることが有効であることが示唆できる。

### Video and Shared Whiteboard Effects on Remote Cooperative Work

AKIHIKO OBATA†

Many desktop conferencing systems that provide a videophone and shared whiteboards have been developed. Few systems, however, are commercially successful, since the benefit of using these systems aren't clear. For utilizing such new media, it is important to evaluate the media effects and clarify effective usage or new design guidelines. In this paper, we examined video and shared whiteboard effects on remote collaborative problem solving by conducting a user experiment, and then proposed effective usage based on the result. Forty pairs of subjects were assigned to the following conditions; 1) audio only, 2) audio and video, 3) audio and shared whiteboard, 4) audio, video and shared whiteboard. Subjects solved a set of puzzles with a partner to reach a group answer within a given time limit. We examined correlation coefficient between pairs' confidence against group answers to evaluate the completeness of discussion, as well as the task outcomes. The result showed that subjects in video conditions tended to trust their partner's opinion and get agreement within the given time limit. In contrast, shared whiteboards lead to longer discussion until both reach a similar level of confidence. The result suggested that video and shared whiteboard should be used in turns according to the phases of meetings rather than be used at the same time.

#### 1. はじめに

テレビ電話で通信相手の顔を見ながら、共有電子黒板上に文字や描画を相互に入力しながら会話が可能なデスクトップコンファレンスシステムが多数商品化されている。既存のアナログ回線でも十分な画質を得られる画像圧縮技術や、低価格なキャプチャ機能付きのビデオカメラも商用化され、コストも低く抑えら

れている。単身赴任の家族や、医療分野における在宅ケアなど、相手の顔を見る有用性が直感的に明らかな分野や、デザインの打ち合わせなど、3次元の物体のイメージを相手に見せながら共同作業する分野では、今後、デスクトップカンファレンスシステムが普及していく可能性が期待できる。しかしながら、一般のオフィスでは、テレビ電話によって相手の顔を見ながら会話するメリットは、直感的には理解しがたく、広く普及していないのが現状である<sup>1)</sup>。また、共有電子黒板については、一般の会議で黒板が利用される頻度<sup>2)</sup>や、インフォーマルなコミュニケーションでメモが用

† 株式会社富士通研究所  
Fujitsu Laboratories Ltd.

いられる頻度<sup>3)</sup>に比べると, ほとんど利用されていない<sup>4)</sup>。マウスや電子ペンなどで指示しなくても, Faxや, 電子メールであらかじめ文書を送信し, 同じ文書を見ながら, 口頭で説明するだけで十分であるとの意見も多い。このような新しいメディアを有効に利用するには, 共同作業に対するメディア効果の知見を深め, それをもとに有効な利用方法や設計原則を検討することが重要である。

顔の表情や視線, 身振りなどのビジュアルチャネルの役割については, 古くからさまざまな研究が活発に行われている。Kendon<sup>5)</sup>は, コミュニケーションにおける視線の役割について研究を進め, 発言の交代を制御する役割を果たしていることを示唆している。Ekman<sup>6)</sup>は, 顔の表情と感情表現の関係について, また, Argyleら<sup>7)</sup>は, アイコンタクトと親密度との関係について研究を進めた。しかし, 非言語情報が共同作業に与える効果についての研究については, 多くの知見が得られていないのが現状である。

Shortら<sup>8)</sup>, Williams<sup>9)</sup>は, 対面, テレビ電話, 音声通信の異なる環境での共同作業の質を比較した実験について過去の研究(1960~1970年代)の調査を報告している。調査結果では, 対立する利益を交渉により解決するタイプのタスクでは, 非言語情報を伝える効果が顕著に現れる<sup>10)~12)</sup>が, 問題解決やブレンストローミングなどの協調的なタスクでは, 作業の質に対して効果が確認されていない<sup>13), 14)</sup>。また, Kraussら<sup>15)</sup>, Gales<sup>16)</sup>らの最近の研究でも, 協調的な作業に対しては, テレビ電話の効果が確認されていないのが現状である。

共有電子黒板の研究についても, 評価実験によりその効果を評価した実験は少ない。Bly<sup>17)</sup>, Tangら<sup>18)</sup>は, デザインが共有電子黒板を用いて作業を進めていくようすを観察することで, 描画情報に加えて, 描画を書く手のジェスチャ情報を送る重要性を示唆し, 描画データと合わせて手のジェスチャ情報を共有するシステム VideoDraw<sup>19)</sup>が開発されている。しかし, ジェスチャ情報を加える効果については, 評価実験によって明らかにされていない。Ishiiらは, 共有電子黒板とビデオカメラで撮影した紙のドキュメントや, 立体的なオブジェクトとを重ねて表示するシステム Team WorkStation<sup>20)</sup>を開発し, 電子機器の操作を遠隔のユーザに教える実験<sup>21)</sup>では, 作業時間が短縮することを報告している。しかし, これらのシステムでは, 画面を共有することで明白なメリットのあるデザインなど特殊な業務を指向したシステムの研究で, 一般のオフィスにおける共有電子黒板の効果については議論

されていない。

Chapanisら<sup>13), 22)</sup>, Gales<sup>16)</sup>, Whittakerら<sup>23)</sup>は, 文字や描画情報を相互にリアルタイムに共有するシステムの評価研究を行った。Chapanisらは, 共有電子黒板のみの環境と音声のみの環境を比較し, Gales, Whittakerらは, 共有電子黒板のみの環境とそれに音声を加えた環境を比較した。いずれの研究も, 音声に共有電子黒板機能を追加したときの共同作業への効果を明らかにしていない。

本論文は, 協調的な作業において, 音声にテレビ電話機能を加えた効果, および, 共有電子黒板を加えた効果の知見を得ることを目的とする。2章では, 過去の研究に基づいて, 我々の新しい仮説を示す。3章, 4章では, 実験方法, 実験結果を示す。最後に5章にて, 実験結果をもとに, 映像通信, 共有電子黒板の有効な利用方法について提案する。

## 2. メディアの効果

### 2.1 ビデオ画像の効果

Shortら<sup>8)</sup>, Williams<sup>9)</sup>は, 過去の研究の文献調査により, 対立する利益を交渉により解決するタイプのタスクでは, メディアの効果が顕著に現れていることを報告している。たとえば, Morleyら<sup>10)</sup>の対面と音声のみの条件で労使間の賃金交渉を模擬した実験では, 対面の条件の方が, 音声のみに比べて, 交渉が決裂する傾向が低く, 強い立場の側が弱い立場の側に譲歩する傾向が報告されている。また, Wichman<sup>11)</sup>による囚人のジレンマゲームの実験では, 対面の方が高い協調性を示した。Short<sup>12)</sup>, Laplateの実験(Shortら<sup>8)</sup>, Williams<sup>9)</sup>に記述)では, 対面, 音声に加え, テレビ電話の条件を加えた実験を行っており, テレビ電話の条件は, 対面に近い結果となることを報告している。

これに対して, 問題解決やブレンストローミングなどの協調的なタスクでは, 作業の質に対してほとんど効果がないことが, Short, Williamsらの調査結果だけでなく, 最近の研究でも報告されている<sup>15), 16)</sup>。このようなタスクでテレビ電話の効果が期待できないのは, 非言語コミュニケーションによって伝えられる人間関係にかかわる情報が大きな意味を持たないためと考えられている<sup>8), 9)</sup>。特に, 問題解決として位置づけられる共同作業は, オフィスにおける最も典型的な業務であり<sup>8)</sup>, このような結論は, オフィスにおけるテレビ電話機能の意義を否定することにつながる。しかしながら, 過去の実験の設定を詳細に議論をせずにテレビ電話の共同作業への効果を否定するのは危険で

ある。

Chapanis<sup>13)</sup>, Weeks<sup>14)</sup>, Krauss<sup>15)</sup>による実験では、ペアとなった被験者に問題解決型のタスクを与え、課題遂行時間、正解率などを、テレビ電話、対面、音声通信での各条件を評価した。これらの実験の共通点は、一方が情報提供者となり、他方が探索者になっている。それぞれ被験者の役割があらかじめ決まっているため、仕事の分担を議論したり、自分自身のアイデアを相手に提案するなど意見を交換する必要はない。たとえば、Chapanisらの実験では、一方の被験者には、電話帳が与えられ、もう一方の被験者には地図が与えられる。電話帳を与えられた被験者は、通信相手に地図情報を問い合わせながら、自宅から最も近い外科医のオフィスを探す作業を行う。実際の知的な共同作業では、実験のように参加者の役割分担が明確に決まっていることはないと考えられる。一方、Gales<sup>16)</sup>による実験は、あらかじめ役割分担が決定しておらず、意見交換を必要とするタスクによる実験でテレビ電話の効果を評価した。被験者は、顧客に対するプレゼンテーションを作成するという想定で作業を行った。実験では、作業の完了時間、および、主観データとして、存在感 (Social Presence<sup>8)</sup>)、生産性、業務への集中度、美観、チームワークを評価したが、実験結果では、存在感を除いていずれも統計的な有意差は検出されなかった。この実験では、個人差が非常に大きい作業であるにもかかわらず、5回の試行しか行われておらず、また、直接の主観評価は、たとえ有意差が出たとしても、実験者の実験説明の影響を受けるため、信頼性は低いと考えられる。

一方、協調的なタスクにおいてもビデオ画像の効果を示唆する実験も報告されている。Smith<sup>24)</sup>の実験では、ビデオがある条件とない条件で、SharedARKというオブジェクト共有システムを用いて、問題解決型のタスクを実行する実験を行った。この実験では被験者が少ないため、統計的な裏付けがないものの、次のような示唆を与えている。被験者は、通常コンピュータスクリーンを見つめながら問題解決作業を行っているが、相手と仮説について議論するときや、問題解決の新しい戦略を提案するときに、ビデオモニタ上の相手の顔を見ることが観察されている。これは、自分の提案が相手に受け入れられたかどうかを確認するためであると考えられている。また、共同作業における役割分担の決める作業が、ビデオ画像の環境では、非明示的に行われることを報告している。明示的、非明示的の定義は厳密に報告されていないが、ビデオの環境では、50%が明示的に行われているのに対し、音声の

みの環境では、75%が明示的に行われていると報告している。

Issacs<sup>25)</sup>の観察実験では、ビデオがある条件では、相手の理解度がうなずきによって、ビジュアルに伝わるが、音声のみの環境では、明示的に相手の理解度を問いたす傾向があることを示唆している。また、相手が話しているときに、うなずきを突然やめることで、相手のコメントに対する不同意を非明示的に示すことがあることを報告している。

我々は、SmithやIssacsらが示唆したように、ビジュアルなフィードバックによる非明示的な意見交換が協調的な共同作業においても重要な役割を果たすと考えた。ビジュアルなフィードバックは、意見、提案を、文脈から消滅させたり、あるいは、文脈づけたりすることができる。自信のともなわない意見や提案は、独り言のように発言され、相手のフィードバックに応じて、意見、提案として文脈づけられたり、独り言として解釈される。一方、音声のみの環境では、相手のビジュアルなフィードバックを得ることができないため、意見・提案は明示的に発言する必要がある。意見は、意見として明示的に評価されるため、活発な議論を生じやすい。したがって、意見交換をしながら作業を進めるような問題解決型のタスクでは、ビデオがある環境では、非明示的な意見の交換により、細かな問題に対しての議論の発展性が弱く、グループの結論が容易に出せるのではないかと考えられる。一方、意見をまとめやすい反面、グループの結論に対する各参加者の信頼感の一致度が低く、作業結果の質は向上しないという仮説が立てられる。このようなビデオの効果に対して、共有電子黒板は逆の効果があるのではないかと考えた。次節では、共有電子黒板の効果についての我々の仮説を示す。

## 2.2 共有電子黒板の効果

音声に共有電子黒板機能を追加した効果を評価するのに、地図や図形を相手に説明するようなタスクを想定した場合、コミュニケーションの正確さ、効率性を向上させる効果を有するであろう。しかし、結果は明白であり、研究として重要な意味を持たない。また、図形情報の伝達は、共有電子黒板を用いなくても、すでに広く普及しているノンリアルタイム系のコミュニケーションメディアであるFax、電子メールにより容易に伝達できる。したがって、本研究では、既存のメディアでは達成できない共有電子黒板特有のインタラクティブ性による効果を明らかにすることを目的とする。

Gales<sup>16)</sup>, Whittaker<sup>23)</sup>の実験では、音声に共

有電子黒板を加えたことによる共同作業への効果は直接明らかにしていないが, 興味深いことを示唆している。Whittaker らは, ビデオ録画の詳細な観察により, 共有画面上の図表を中心に作業者の各活動がコーディネーションされ, 並行して入力が行われることを示した。また, Gales は, 共有電子黒板の利用のされ方を実験の被験者を対象にアンケート調査することにより, 主に議論におけるデータを相手に提示するために利用されるが, 相手とは独立に共有電子黒板に記入することも多かったと報告している。すなわち, 共有電子黒板の利用され方として, 図形情報をコミュニケーションの相手に説明するばかりでなく, 問題解決における思考の途中経過を, 図表で表現するために利用される。作業過程を相手に示すことの重要性については, Bly<sup>17)</sup> や Tang ら<sup>18)</sup> の研究でも示唆されている。図表の作成過程は, 口頭で明示的に説明するのが困難な概念が表現される場合もあり, 共同作業者が考えていることと, 自分が考えていることの違いを明確にしやすく, 新しい議論を生じやすくすると考えられる。すなわち, ビデオ画像の効果とは逆に, 共有電子黒板は, 被験者が詳細な議論を行うことを助長する。グループの結論に対する各参加者の信頼感の一致度が高く, 作業の質が向上する反面, 議論が長引き, 作業時間はむしろ長くなるという仮説が立てられる。

### 3. 実験の方法

#### 3.1 実験計画

前章で議論したこれらの仮説を検証するには, これまでの実験のように単純に作業時間や, 作業の質を単純な主観データで評価するだけでは不十分である。また, Gales の実験のように, 個人差が大きく出る作業は適切でない。そこで, 被験者に与える作業としてパズルを選択した。パズルを回答するには, 若干きびしい制限時間を設け, 時間内にグループの回答が得られるかどうかを評価した。また, 議論の徹底さを評価するため, 議論における発言交代数のほか, グループでまとめた結論に対する自信の主観値を7段階評価によって獲得し, 一連のパズルの回答に対する被験者間の自信の相関を評価する方法を考えた。作業の質, 作業の効率性は, パズルの正解率, 回答時間で評価できる。パズルを解くことは, 動機づけや, 客観的な解答が得られる点など, 実際のオフィスにおける問題解決とは異なる側面を持つが, 実験結果により, 実際の共同作業の一側面を評価できると考える。

図1に実験計画を示す。通信システムとして, ハンズフリーの音声通信を基本的な通信システムとし, そ

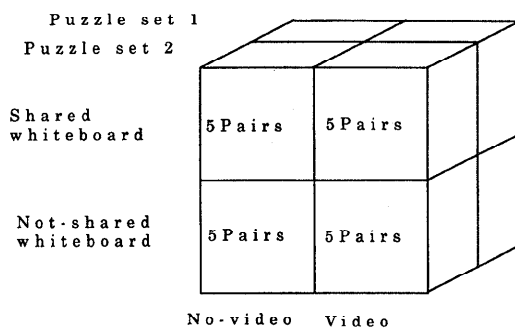


図1 実験計画

Fig. 1 The experimental design.

れに共有電子黒板を加えた条件, ビデオ画像を加えた条件, 共有電子黒板とビデオ画像通信の双方を加えた4つの条件を設定した。共有電子黒板の操作性や, 書き心地, 入力の解像度など, 特定の性能を持つ共有電子黒板機能の評価になることをさけるため, 共有電子黒板を持たない条件の被験者には, 同一の機能を有する非共有の電子黒板を与えた。被験者には, パズルを解くときには, 必ず電子黒板を利用するように指示し, 紙と鉛筆は使わないという制限を与えた。

パズルは, 図形を用いるもの, 計算を要するもの, などなどさまざまなパズルを複数の市販のパズルブックから選択した(付録に概要を示す)。回答の評価のあいまいさをなくするため, 選択肢を用意し, スコアは, 1点(正解), 0点(誤答)のいずれかの評価が与えられるようにした。実験の一般性を高めるため, 16のパズルを, 同等の難しさ, バリエーションを持つ8つの2組に分け, それぞれの実験でランダムな順番に並べ変えた。

実験には, 80名の米国人の大学生が参加し, 4つの通信条件にそれぞれ10組のペアの被験者をランダムに割り当てた。10組のうち, それぞれ5組が異なるパズルの組を回答した。図1の1つのセルに, 5組の被験者が割り当てられている。被験者の属性として, 年齢, 性別, パズルに対する好き嫌い, パートナとの親密さ, SATスコア(共通テスト)の成績を問うアンケートの回答を得, それぞれのセルで, 被験者間の属性に大きな差はないことを確認した。

#### 3.2 実験環境

図2に実験環境を示す。共有電子黒板を表示する14インチのコンピュータディスプレイを被験者の正面に設置し, 通信相手の映像を表示する14インチのビデオモニタを右横に設置した。ビデオカメラは, ビデオモニタの上に設置し, 厳密なアイコンタクト機能は提供しない。共有電子黒板は, X-Windowのアプリ

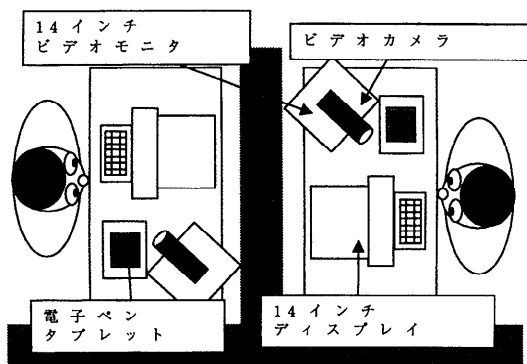


図 2 実験環境

Fig. 2 The experimental environment.

リケーションとして実現し、描画、けしごむ、画面クリア、文字入力、テレポインタの5つの機能のみを提供した。入力、操作権を獲得する必要はなく、通信相手と同時に入力できるようになっている。描画入力とコマンド入力は、タブレットと電子ペンを用いる。共有電子黒板を持たない条件の被験者には、テレポインタを除く同一の機能を有する非共有の電子黒板を与えた。

### 3.3 実験手順

ペアの被験者は、別々の部屋に導かれ、パズル、および、パズルについてのアンケートを1ページごとにとじたシートを渡される。被験者は、6分間以内でできるだけ正しい解答を得るように指示され、最高得点を得たグループには、各員にインセンティブとして賞金を与える旨が伝えられる。制限時間の1分前には、警告が通知される。作業完了時間を明確に測定するため、被験者のうち1人を、グループのスポークスマンとしてランダムに選択する。スポークスマンは、パートナーとの合意がとれた時点でベルをならし、実験者にグループの回答を通知することが求められる。実験者は、「スタート」を宣言したと同時にタイマ計測を開始し、被験者はページをめくって、パートナーとの議論を開始する。実験者は、ベルがならされたと同時に、タイマをストップし、タスク完了時間を記録する。被験者が、制限時間内に回答しない場合、実験者は議論をストップさせ、スポークスマンに当てずっぽうで回答を選択させる。1つのパズルを回答した後、各被験者は、個別に次ページのアンケートに回答する。アンケートにより、パズルの回答に対する自信、電子黒板の有用性、および、図形の操作を必要とする度合いを7段階評価で得る。

### 3.4 実験仮説

前記の実験条件で、以下のような仮説が立てられる。

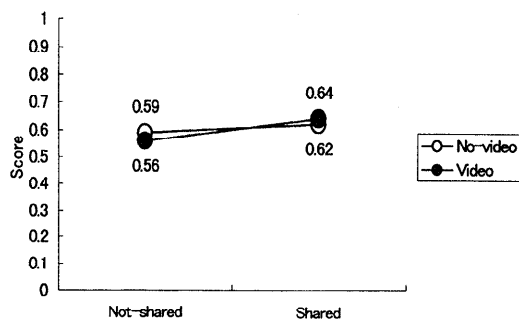


図 3 スコアの平均値

Fig. 3 Puzzle scores.

### (1) 作業の質 (スコア)

ビデオ画像によるスコアの向上は期待できない。一方、画面共有は、詳細な議論を行うことを助長し、スコアの向上が期待できる。

### (2) 作業効率

ビデオがある環境では、非明示的な意見の交換により、時間内に結論を得ることが容易になる。一方、画面共有の環境では、詳細な議論を行うことで、作業時間が長くなる。

### (3) 議論の徹底さ

ビデオがある環境では、容易に結論が得られる反面、グループの結論に対する信頼感の一致度が低い。一方、画面共有は、詳細な議論を行うことで、発言交代数が多く、グループの結論に対する信頼感の一致度が高い。

## 4. 実験結果

### 4.1 作業の質

図3は、各通信条件における平均のスコアを示す。図を見ると、期待したように、ビデオの有無によるスコアへの影響はなく、共有条件の方が若干平均値が高くなっているように見える。分散分析の結果では、ビデオの効果 ( $F(1,32) = 0.52, p = 0.48$ )、共有の効果 ( $F(1,32) = 1.31, p = 0.26$ )、交互作用 ( $F(1,32) = 0.0, p = 0.95$ ) のいずれも有意差は確認されなかった。共有の効果については、さらに、パズル回答後のアンケートにより得たパズルの属性によって分析した。電子黒板の有用性が平均値より高いパズルは、計算を要するパズルや、単純な図形操作を必要とするパズルであった。図形操作の必要性の高いパズルは、単純な図形操作を必要とするパズルばかりでなく、電子黒板での記述が困難な複雑な図形を扱うパズルが含まれていた。しかし、いずれの属性パズルでも有意差を確認できなかった。共有電子黒板の効果とし

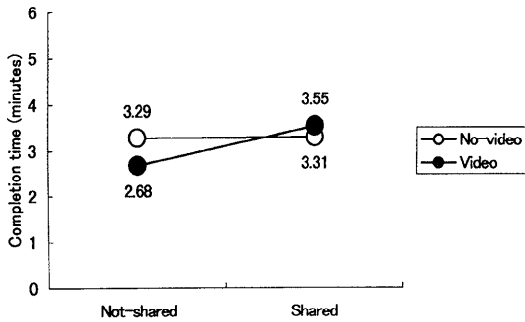


図 4 作業時間

Fig. 4 Completion time.

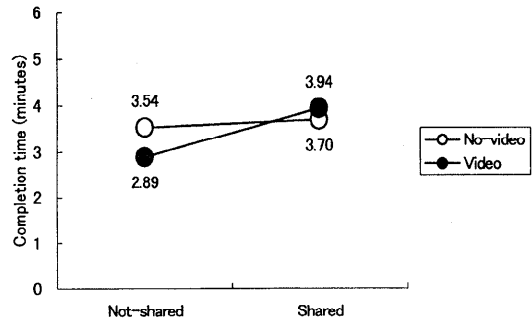


図 6 作業時間 (図形操作の必要性の高いパズル)

Fig. 6 Completion time (higher graphical puzzles).

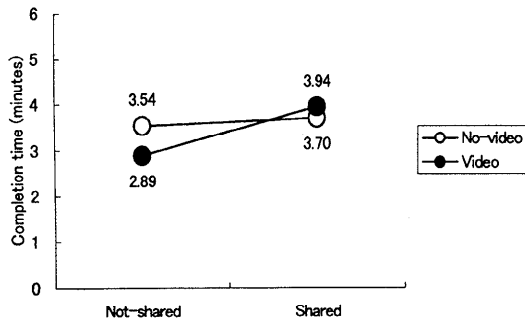


図 5 作業時間 (電子黒板の有用性の高いパズル)

Fig. 5 Completion time (whiteboard useful puzzles).

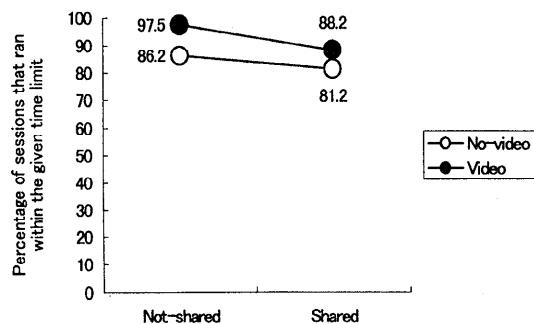


図 7 時間内に回答が得られた率

Fig. 7 Percentage of sessions that ran within the given time limit.

て、作業結果の質が向上することを期待したが、今回の実験では明らかにならなかった。

#### 4.2 作業効率

図 4 は、各通信条件における平均の作業完了時間を示す。時間内に回答が得られなかったときの作業完了時間は、6 分として計算した。図 4 を見ると、期待したように共有の条件の方が作業完了時間が長く、10%の危険率での有意差を確認した ( $F(1, 32) = 2.91$ ,  $p = 0.10$ )。ビデオの効果については、非共有の条件で作業時間が短縮しているように見えるが、ビデオの効果 ( $F(1, 32) = 0.76$ ,  $p = 0.39$ ) や、交互作用 ( $F(1, 32) = 2.16$ ,  $p = 0.15$ ) は確認できなかった。

図 5、図 6 は、電子黒板の有用性が平均値より高いパズル、および、図形の操作の必要性が平均値より高いパズルのときの各通信条件における平均の作業完了時間を示す。電子黒板の有用性が平均値より高いパズル ( $F(1, 32) = 4.61$ ,  $p < 0.05$ )、および、図形の操作の必要性が平均値より高いパズルでは ( $F(1, 32) = 4.92$ ,  $p < 0.05$ )、ともに 5%の危険率で共有の効果が確認できた。逆に、電子黒板の有用性が平均値より低いパズル ( $F(1, 32) = 0.65$ ,  $p = 0.43$ )、図形の操作の必要性が低いパズル ( $F(1, 32) = 0.32$ ,  $p = 0.57$ ) では、有

意差はなかった。共有電子黒板の効果は、タスクの属性に依存し、電子黒板の利用が高い作業や、図形の操作の必要性が高い作業で、作業時間が長くなることが明らかになった。

図 7 は、時間内にグループの回答を得ることができた率を示す。図を見ると、仮説と整合し、ビデオがある条件の方が時間内に回答できる率が高く、共有の条件の方が低い。分散分析の結果では、ビデオの有無により 5%の危険率で有意差 ( $F(1, 32) = 4.43$ ,  $p < 0.05$ ) を確認することができた。共有の効果については、パズル属性にかかわらず、有意差は確認できなかった。

#### 4.3 議論の徹底さ

図 8 は、各通信条件における発言交代数の 1 セッションあたりの平均値、毎分の平均値を示す。発言交代数は、実験の録画テープをもとに測定した。すべてのセッションの発言交代数を計測するのは、膨大な工数がかかるため、最も図形の操作を必要とするパズル 2 つを選択して測定した。図を見ると、期待したように、ビデオがある条件の方が若干発言交代数が少なく、共有の条件の方が、発言交代数が多い。分散分析の結果では、セッションあたりの発言交代数で共有の

表 1 各評価項目に対するメディアの効果

Table 1 Media effects on each dependent variable.

|     | 作業の質 | 作業効率 |       | 議論の徹底さ |              |
|-----|------|------|-------|--------|--------------|
|     | スコア  | 作業時間 | 時間内回答 | 発言交代数  | 回答に対する自信の一致度 |
| ビデオ | なし   | なし   | (+)   | なし     | (-)          |
| 共有  | なし   | (-)  | なし    | (+)    | (+)          |

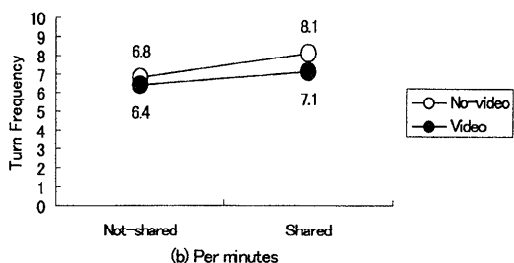
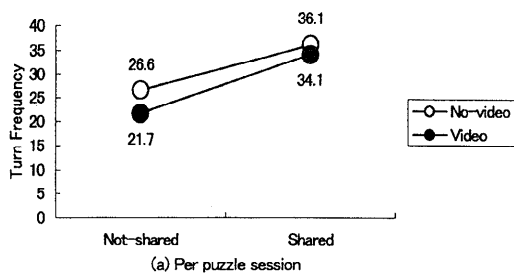


図 8 発言交代数

Fig. 8 Turn frequencies.

効果 ( $F(1,32) = 6.06, p < 0.05$ ) が確認できたが, 1 分あたりの発言交代数では有意差は確認できなかった ( $F(1,32) = 0.90, p = 0.35$ ). 図形の操作を要するタスクでは, 共有の効果により発言交代数は増加するが, 議論のスピードには変化はなく, 議論が長引いていると判断できる. また, 共有電子黒板により作業時間が長くなるのは, 議論が長引いているためであり, 電子黒板への入力に時間を費やしているためではないことが確認できた. 一方, ビデオの有無により, 発言交代数には有意な変化は確認できなかった.

図 9 は, グループの回答に対する被験者間の自信の主観値をもとに相関係数を算出し, 各通信条件の平均値を示したものである. 予想したように, 共有の条件の方が相関が高く, ビデオの条件の方が相関が低い. 相関値の有意差の検定では, 8 つのパズルにわたる被験者間の自信の相関係数を FisherZ 変換し, 分散分析で検定を行った. 分母が 0 になり相関値, FisherZ 値が算出できないものについては, ミッシング値として計算した. その結果, ビデオの有無により 5% の危険率で有意差 ( $F(1,32) = 4.66, p < 0.05$ )

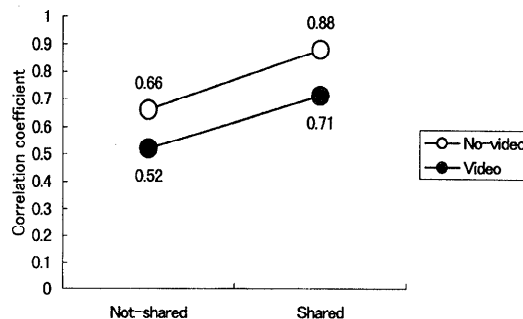


図 9 被験者間の自信の相関

Fig. 9 Correlation coefficient of confidence level between pairs of subjects.

を, 共有の効果については, 10% の危険率で有意差 ( $F(1,32) = 3.88, p = 0.06$ ) を確認した. 共有の効果について, パズルの属性で分析すると, 共有電子黒板の有用性が平均値より高いパズルについては 5% の危険率で ( $F(1,25) = 4.95, p < 0.05$ ), 図形操作の必要性が平均値より高いパズルについては, 10% の危険率で有意差 ( $F(1,29) = 2.98, p < 0.1$ ) を確認した. すなわち, ビデオの利用により, おおざっぱに議論が行われ, グループの結論に対する被験者間の信頼感のずれが大きくなり, 逆に, 共有電子黒板では密に議論が行われ, 同程度の信頼感が得られるといえる.

#### 4.4 実験結果まとめ

表 1 に, 実験結果をまとめたものを示す. ビデオ画像による効果は, 時間内にグループの結論を得やすくすること, また, グループの結論に対する自信が被験者間で一致しない傾向が確認できた. 一方, スコアや, 作業時間, 発言交代数に対する効果は, 確認されなかった. 共有電子黒板については, 議論が長引くことで作業時間が長くなり, グループの結論に対する自信が被験者間で一致する傾向が確認された. これらの傾向は, 電子黒板の有用性が高いタスクで顕著に現れる. しかし, 議論が活発になるものの, 作業の質への影響は確認できなかった.

## 5. 結 論

ビデオ画像による効果は, 対立型作業だけでなく,

意見交換を要する問題解決型の作業においても重要な効果があり, 時間内にグループの結論を得やすくすること, また, その結果として, グループの結論に対する自信が一致しない傾向が確認できた. 共有電子黒板については, グループの回答に対する自信が一致するまで, 議論が長引き, 作業時間が長くなることが確認できた. これらの傾向は, 電子黒板の有用性が高いタスクで顕著に現れる.

これらの実験結果から, ヒューマンインタフェースの設計や, 有効な利用方法について, 何が示唆できるであろうか. ビデオの効果は, 議論をまとめる方向に効果があり, 逆に, 共有電子黒板は議論を活性化する方向に働く. グループの回答に対する自信の一致度については, ビデオあり非共有の条件が最も低く, ビデオなし共有ありの条件が最も高い. すなわち, ビデオと共有電子黒板の双方を同時に利用するより, 会議のフェーズに応じて, 別々に利用する方が効果的であることが示唆できる. たとえば, 会議前半の発展フェーズでは, 共有電子黒板を用い, 会議後半の収束フェーズでは, 合意したいので, ビデオを中心に利用することが考えられる.

電子黒板の有用性が高いタスクや, 図形操作の必要性が高いタスクほど, 作業時間が長引く傾向にあることも, 興味深い事実である. 今回の実験では, 非共有の条件でも同じ電子黒板を利用しているため, 電子共有黒板のユーザインタフェースが紙と鉛筆のようにスムーズになった場合でもこの傾向は変わらないと考えられる. 共有電子黒板は, 直感的には, 遠隔の通信相手に対して複雑な図表を説明しやすくし, 作業時間を短縮するように思われる. Whittaker ら<sup>23)</sup>の共有電子黒板の実験では, 図表を多く利用した被験者ほど, 作業時間が短縮したと報告している. 我々の実験結果とは逆の結果が出たのは, Whittaker らの実験では, 意見交換の必要性の少ない単純な情報交換やブレンストーミングをタスクとして設定したことや, 音声通信がないことが関与していると考えられる. Ishii ら<sup>21)</sup>の実験では, 映像と電子黒板を重ね合わせることで, 作業時間が短縮することを報告している. 共同作業支援システムの設計目標としての作業時間の短縮は, 慎重に扱うべきである. 我々の実験では, 共有電子黒板を利用しなければ, 作業時間が短くなり, 作業の質も悪くならない. このような評価尺度のみでシステムを評価すると, 共有電子黒板は無用なものとして判定される. しかし, 作業結果の質に対する信頼感の一致度には明白な違いがある. 長期的な共同作業では, グループの結論に対する信頼感の一致が, 継続される共

同作業に対して重要な役割を果たす可能性が考えられる. すなわち, 本実験から得られる示唆として, 共同作業支援システムの設計では, 作業時間や, 作業の質のほか, 共同作業を行うグループ自身に与える効果を考慮することが重要であることがいえる. 今後は, 長期的なユーザ実験を行うことで, このような効果が, 共同作業のメンバや, 作業結果の質にどのような影響を与えていくかを評価していくことや, 意思決定型のタスクや, 実際のオフィスでのフィールドスタディなど, 他のタスク条件でのメディアの効果を評価し, 共同作業支援システムの設計原則についての知見を深めていくことが課題としてあげられる.

**謝辞** 本研究は, 筆者が Bellcore に滞在中に行った実験をもとにしている. 本研究に対して, ご助言をいただいた Robert Kraut 氏, Robert Fish 氏, ならびに, 本研究の機会を提供していただいた Steve Weinstein 氏, 森田修三氏に深謝する.

## 参 考 文 献

- 1) Egido, C.: Teleconferencing as a technology to support cooperative work: Its possibilities and limitations, *Intellectual Teamwork: Social and technological foundation of cooperative work*, Galegher, J. and Kraut, R. (Eds.), pp.351-371, LEA (1990).
- 2) Satzinger, J. and Olfman, L.: A research program to assess user perceptions of group work support, *Proc. ACM CHI'92*, pp.99-106 (1992).
- 3) Whittaker, S., Frohlich, D. and Daly-Jones, O.: Informal workplace communication: What is it like and how might we support it? *Proc. ACM CHI'94*, pp.131-137 (1994).
- 4) 小幡, 佐々木: 仮想近接感システム OfficeWalker の試行評価, 情報処理学会 DiCoMo ワークショップ, pp.461-466 (1997).
- 5) Kendon, A.: Some functions of gaze direction in social interaction, *Acta Psychologica*, 26, pp.1-47 (1967).
- 6) Ekman, P.: Communication through nonverbal behavior: A source of information about an interpersonal relationship, *Affect, cognition and personality*, Tomkins, S.S. and Izard, C.E. (Eds.), Tavistock (1965).
- 7) Argyle, M.: *Social Interaction*, Methuen (1969).
- 8) Short, J., Williams, E. and Christie, B.: *The social psychology of telecommunications*, Jhon Wiley & Sons (1976).
- 9) Williams, E.: Experimental comparison of face-to-face and mediated communication: A

- review, *Psychological Bulletin*, 84, pp.936-976 (1977).
- 10) Morley, I.E. and Stephenson, G.M.: Interpersonal and interparty exchange: A laboratory simulation of an industrial negotiation at the plant level, *British Journal of Psychology*, 60, pp.543-545 (1969).
  - 11) Wichman, H.: Effects of isolation and communication on co-operation in a two-person game, *Journal of Personality and Social Psychology*, 16, pp.114-120 (1970).
  - 12) Short, J.A.: Effect of medium of communication on experimental negotiation, *Human Relations*, 27, pp.225-234 (1974).
  - 13) Chapanis, A., Ochsman, R.B., Parrish, R.N. and Weeks, G.D.: Studies in interactive communication, I: The effects of four communication modes on the behavior of teams during co-operative problem-solving, *Human Factors*, 14, pp.487-509 (1972).
  - 14) Weeks, G.D. and Chapanis, A.: Cooperative versus conflictive problem solving in three telecommunication modes, *Perceptual and Motor Skills*, 42, pp.487-917 (1976).
  - 15) Krauss, R.M. and Fussell, S.R.: Mutual knowledge and communication effectiveness, *Intellectual Teamwork: Social and technological foundation of cooperative work, 1990*, Galegher, J. and Kraut, R. (Eds.), pp.111-145, LEA (1990).
  - 16) Gales, S.: Human aspects of interactive multimedia communication, *Interacting with Computers*, Vol.2, No.2, pp.175-189 (1990).
  - 17) Bly, S.: A use of drawing surfaces in different collaborating settings, *Proc. ACM CSCW'88*, pp.250-256 (1988).
  - 18) Tang, J.C. and Leifer, L.J.: A framework for understanding the workspace activity of design team, *Proc. ACM CSCW'88*, pp.244-249 (1988).
  - 19) Tang, J.C. and Minneman, S.: Videodraw: A video interface for collaborative drawing, *ACM transactions on information systems*, Vol.9, No.2, pp.170-184 (1991).
  - 20) Ishii, H.: TeamWorkStation: Towards a seamless shared workplace, *Proc. ACM CSCW'90*, pp.13-26 (1990).
  - 21) Ishii, H. and Miyake, N.: Toward an open shared workspace: Computer and video fusion approach of teamworkstation, *Comm. ACM*, Vol.34, No.12, pp.37-50 (1991).
  - 22) Chapanis, A.: Interactive human communication, *Scientific American*, Vol.232, pp.34-42 (1975).
  - 23) Whittaker, S., Brennan, S. and Clark, H.: Coordinating activity: An analysis of interaction in computer-supported co-operative work, *Proc. ACM CHI'91*, pp.361-367 (1991).
  - 24) Smith, R.: Preliminary experiments with a distributed multi-media problem solving environment, *Proc. ECSCW'89*, pp.19-34 (1989).
  - 25) Issacs, E. and Tang, J.C.: What video can do and can't do for collaboration: a case study, *Proc. ACM Multimedia'93*, pp.199-206 (1993).

## 付 録

利用したパズルの概要を示す(図, 選択肢省略).

- (1) 2つの同一のネジが, 反対方向に相互に重なっている. 2つのネジの図に示す方向でまわすと, ネジはどちらに進むか.
- (2) 地球を1周する長さのロープがある. 1ヤード長くすると, 地球の表面からどれくらい離れるか.
- (3) 図のように4本のマッチで, カクテルグラスの形が構成されている. カクテルグラスの中にはチェリーがある. 何本のマッチを移動すれば, チェリーを外に出せるか.
- (4) 人, きつね, がちょう, とうもろこしを川向こうに運びたい. きつねとがちょう, がちょうととうもろこしだけを, 川岸にのこしてはいけない. 最低, 何回ボートを移動すればよいか.
- (5) バレーで有名なフランスの画家は選択肢のどれか.
- (6) 4人が四角いテーブルに座っている. アンはデニスの右の男性の前に, チャールスは, ボブの左の女性の前に, アンは, チャールスの前に座りたかった. デニスの前には誰が座っているか.
- (7) 私はcombを持っているが, 床屋ではない. 私は時間をつげるが, 時計ではない. 私には, つめがあるが乗ることができない. 私は, 誰でしょう.
- (8) すべての snurples は gloops である. いくつかの gloops は, wiffles である. いくつかの nerds は, purple である. いくつかの wiffles は, purple である. 選択肢の論述の中で正しいのはどれか.
- (9) 1つずつ文字が変化した単語が並ぶとする. GAME から BALL まで3回文字が変化する. 選択肢の単語の中で, 途中の単語になるのはどれか.
- (10) Retort が chemist だとしたら, ramekin は何か?

- (11) 面が青くぬられた3インチの直方体がある. これを1インチの直方体に切ったとき, 2面がぬられた直方体の数はいくつか.
- (12) 各面に模様のついた直方体を4つの角度から見た図がある. 4つ目の図で, 模様が書いていない面の模様は, 選択肢のどれか.
- (13)  $AA+BB=CAC$  のとき, 選択肢の式で正しいのはどれか.
- (14) 山頂まで一本道の山がある. 朝6時に出発して山頂までのぼり, 翌日, 同様に朝6時に出発して同じスピードでふもとに到着した. 昨日と今日で同じ地点にいた回数はどれか?
- (15) 売れないコートを30ドルから24ドルに値引きした. しかし, まだ売れないので24ドルを19ドル20セントにした. 売れないので, さらに値引きしたら, やっと売れた. いくらで売ったのか? 最後の値引き額とその他の値引き額は同じ方法で計算している.

- (16) 3巻の本が1巻から順に左から並んでいる. 虫が1巻の最初のページから, 3巻の最後のページまでを食べた. どのぐらい食べたか. 本の厚さは1インチで, カバーは4分の1インチである.

(平成10年2月12日受付)

(平成10年9月7日採録)



小幡 明彦 (正会員)

1962年生. 1984年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業. 同年(株)富士通研究所入社. 以来, ISDN通信端末の開発に従事. 1990~1991年, Bellcoreにて, BISDN通信端末の研究に従事. 現在, パーソナルシステム研究所勤務. 共同作業支援システム, ヒューマンインタフェースの研究に従事. ACM 会員.