

遠隔コラボレーションシステムにおける物体の共有

山下 直美*¹
Naomi Yamashita

平田 圭二*¹
Keiji Hirata

*¹ NTT コミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Laboratories

We present an experiment on the benefits of video-information symmetry for collaborative work and report the results of the experiment. Using a remote collaboration system, called t-Room, which preserves video-information symmetry, we designed an experiment in that a novice PC user repairs a broken PC with the advice of a remote instructor via t-Room. We compare the t-Room condition with a conventional TV conferencing system. Results show that all the dyads of a repairer and an instructor completed the task efficiently with t-Room, while the efficiency of completing the task with a conventional TV conferencing system that does not hold video-information symmetry varied greatly between individuals. The results demonstrate the advantage of video-information symmetry.

1. はじめに

現在、テレビ電話システムやテレビ会議システムが広く用いられており、これらシステムにおいて映像の協調作業に果たす効果について精力的に研究が続けられている。

Boyle (1994), Williams (1997)は、音声だけを用いて協調作業する場合と音声と映像を用いて協調作業する場合を比較し、これらの中で作業効率に殆ど差が生じないと報告している。映像情報を付加しても協調作業の効率が上がらない要因の一つとして、遠隔地間の映像情報の非対称性が考えられている [Heath 1991]。非対称性とは、テレビ会議の個々のユーザに与えられる映像情報が異なっているため、あるユーザには認識している情報が他のユーザには認識されていないような状況を指す。多くのテレビ会議システムではビデオカメラが限定された領域のみを撮影しその映像を表示するため、遠隔地のユーザが置かれている環境のすべてを認識することは難しく、また遠隔地のユーザが何を見ているかを判断することも難しい。Heath (1991)は、このような非対称性が遠隔地に居る共同作業者の発話意図やジェスチャーの理解を困難にすると指摘している。

そこで我々は、映像情報に関する対称性を保証する遠隔コラボレーションシステム t-Room を構築し、映像情報が協調作業の作業効率やそこでの対話に及ぼす影響を調べた。本稿では、t-Room システムを用いた遠隔地間パソコン修理指導の実験とその結果について述べる。

2. 遠隔コラボレーションシステム:t-Room

2.1 対称性と物体の共有

相互理解を目指す複数の人々が同じ場所にいると、その人々は互いにどこを見ているかを推定することができるし、相手の目線で物事を理解することができる。これは映像と音声の対称性が成立している状況であり、Physical co-presence が成立していると言う。Physical co-presence が成り立てば、複数の人々は同時に一つの物体を指差することができる(ここでは物体の共有と呼ぶ)。しかし上述したようなテレビ会議システムの状況では、映像情報に関して対称性が成立していない。例えば、あ

る物体 M が存在する側の人 A が M を指差しすると、M が存在しない側の人 B は画面に表示された A と M の映像を見て、A が M を指差していることを知る。しかし B が画面表示された M を指差しても A には B が M を指差している情報は伝わらない。

これまで、遠隔地間で physical co-presence を成立させることを目的としたシステムが開発されてきた。しかしその多くは、遠隔地間での共同描画を対象としており、物体の共有を目指したものは少なかった。そして物体の共有を目指したシステムの大半は、特殊な手袋を装着するなど、指差し用に特殊な機器を必要としている [Kuzuoka 1999, Fussell 2000]。HyperMirror [Morikawa 1998]は、特殊な機器を使わずに物体を共有することができるが、遠隔地の人には実際には何もないところを指差すなど、その協調作業のスタイルには実世界と異なる振る舞いをユーザに要請している。

2.2 t-Room における対称性

ユーザが遠隔コラボレーションシステム t-Room 内(図 1)に入ると、遠隔地のユーザとあたかも同じ場所(部屋)に居るような感

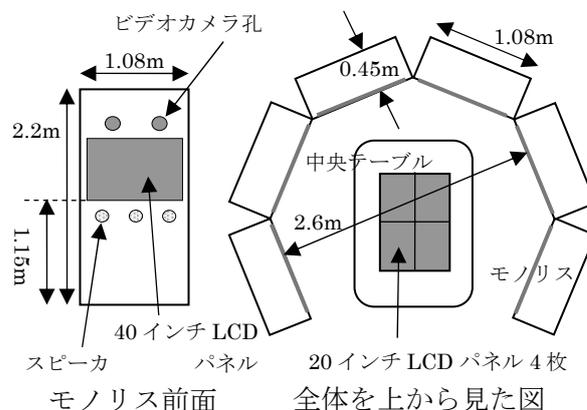


図 1: t-Room のハードウェア構成

覚(同室感)が得られる[原田 1998]。この時ユーザは特に何も身体に装着する必要はない。t-Room 内のユーザ間では

physical co-presence が成立し、遠隔地のユーザと同じ物体を共有することができる。

以下 t-Room が提供する対称性について簡単に説明する。

・ 環境の対称性

従来のテレビ会議システムでは、ユーザの居る部屋(環境)の一部しか映像として共有できない。t-Room では、遠隔地間に全く同じハードウェア構成の部屋を用意し、各ユーザから見える部屋全体の視界を一致させ、映像情報の共有を実現する。これより、各ユーザどうしは、t-Room 内に映像として表示された物体やユーザに対して、あたかも同じ部屋に居るように物理的な方向感覚や距離感が一致しているため、遠隔地に居るユーザが t-Room 内のどこを見ているか、何を見ているかを容易に認識することができる。

・ 人物の対称性

従来のテレビ会議システムでは、相手に自分がどのように見えているかがよく分からなかった。t-Room では、遠隔地の t-Room 内の映像だけではなく、自己像(ローカルな t-Room 内の映像)も表示し、遠隔地の相手に自分がどのように見えているかを確認することができる(図 2)。ユーザの背面に表示される自己像は、実世界における影のメタファと考えれば自然に理解することができる。



図 2: 自己像と影のメタファ

・ 物体の対称性

従来のテレビ会議システムでは、遠隔地にある物体を指差しすることができなかった(画面上の物体を指差ししても、遠隔地のユーザは認識できない)。t-Room では、t-Room 内にある物体のスナップショットを両 t-Room の任意の場所に表示することができる(図 3)。スナップショットは遠隔地にある物体を仮想化する機能と考えることができる。これより、画面上に表示された遠隔地の物体を指差しすると、それを相手も認識することができる。



図 3: スナップショット

音響に関しても、t-Room では双方向に自由に会話できる環境をユーザに提供し、対称性を確保している。ただし、現在の t-Room システムでは音源定位は行っていない。

3. 比較実験

知識量の異なる者同士が効率よく知識を伝達し合って協調作業を遂行するためには、知識量の多い者が少ない者の理解状況を常に監視し、状況に応じた発言をすることが重要であるといわれている[Grice]。環境、人物、物体の対称性は、そのような協調作業の遂行を促進することが期待される。そこで我々は、知識量の多い者が少ない者に知識を伝達する状況において、対称性が成立しない従来のテレビ会議システムを用いた場合と、対称性が成立する遠隔コラボレーションシステム t-Room を用いた場合を比較し、これらの違いを調べる。

3.1 仮説

以上の議論をもとに、我々は次の仮説を立てた。

1. 協調作業の効率性に関する仮説: t-Room を用いると、用いない場合と比較して、より効率的に協調作業を進めることができる。
2. 円滑な情報伝達に関する仮説: t-Room を用いると、用いない場合と比較して、より円滑に情報の授受を行うことができる。
3. 同室感に関する仮説: t-Room を用いると、用いない場合と比較して、「これ」や「こちら」といった同室感を表現する発言が多くなる。

3.2 実験参加者

実験に参加するパソコン修理者は 20 代から 30 代の男女 9 名であり、全員パソコン初心者である。パソコン経験としてはドキュメント作成、Web 閲覧程度であり、パソコンの修理経験は無い。パソコン修理指導者は全実験を通じて 1 名であり、2 年間のパソコンスクールでの講師経験を有する。

3.3 実験設定(C1, C2)

修理者と修理指導者はお互い自由に会話する。t-Room を用いて次の 2 つの実験を設定した。

C1 (従来テレビ会議): 修理者は対面する LCD パネル越しに修理指導者を見る。一方、修理指導者は修理者の手持ちウェブカム画像のみを見る(図 4)。映像の対称性は成立していない。修理者は手持ちウェブカムを自由に動かすことができる。時には修理指導者の指示である特定の部分の映像を撮影する。修理者と対面する LCD 画面の右上隅に手持ちウェブカムが撮影している画像が表示されているので、修理者は自分が今どんな映像を撮影しているかを常時確認できる。修理指導者はジェスチャを交えながら修理の指示を出す。修理者の顔などの様子



図 4: 実験設定 C1: 従来テレビ会議

を見ることはできない。

C2 (t-Room): 修理者と修理指導者は、同室感の得られる部屋の中で自己像とスナップショット機能を利用してパソコンの修理を行う。環境、人物、物体に関する映像の対称性が成立している。

3.4 タスク:パソコンの修理

ローカルの t-Room にパソコン修理者がおり、リモートの t-Room に修理指導者の指示に従って、故障したパソコンの修理を行う。修理者 1 名と修理指導者 1 名が 1 組となり 3 つのタスクに取り組む; 3 つのタスクとは、電源ユニットの交換、ハードディスクドライブの交換、DVD ユニットの交換である。これらタスクはパソコン初心者にとって適度に困難で、特殊な工具等が不要なタスクである。タスクの実行順序は組ごとに異なっている。修理するパソコンには Dell 社 OptiPlex 170L を用いた。

3.5 実験手順

3 つのタスクを開始する前に、修理者と修理指導者が t-Room や同室感に慣れるために簡単な課題を与えた。その課題は 2 人の間で 1 枚の地図を共有し、ある地点からある地点までの道順を教えあうというものである。実験中の様子はすべてビデオ録画された。実験終了後、修理者と修理指導者にはあらかじめ用意したアンケートに記入してもらい、また口頭でのインタビューに答えてもらった。

4. 分析結果

4.1 協調作業の効率性

仮説1を検証するために、我々は修理者がパソコンの修理を終えるまでにかかった総発話数を数えた。パソコン修理にかかる総発話数が少ないほど効率的に協調作業を進められたと考える。図 5 は、手持ちウェブカムを使ってパソコン修理を行った場合(C1:映像の対称性が成立していない場合)と t-Room を使ってパソコン修理を行った場合(C2:映像の対称性が成立している場合)にかかった発話数を比較したものである。

図 5 より、C1 では作業を完了するのに平均 261 発話要しているのに対し、C2 では平均 198 発話と少なく済んでいる。また、C1 では作業にかかる発話数に大きな個人差が見られるのに対し(標準偏差:202)、C2 では個人差が少なく(標準偏差:62)作業を終了している。これらの分散値には有意な差が検出された($p<.01$)。

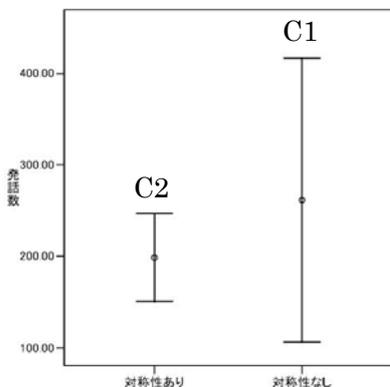


図 5: パソコン修理にかかった発話数の比較

4.2 円滑な情報伝達

仮説2を検証するため、我々は修理者がパソコンの修理中に修理指導者に質問や確認を行った発話数を数えた。初心者の質問が少ないほどインストラクタは効率的に知識を初心者に伝達できたと考える。図 6 は、手持ちウェブカムを使ってパソコン修理を行った場合 C1 と t-Room を使ってパソコン修理を行った場合 C2 において、修理者が発した疑問文の発話数を比較したものである。

図 6 より、C1 では修理社が作業中に発した疑問文発話数は平均 13 発話であるのに対し、C2 では平均 6 発話と半減している。また、C1 では疑問文の発話を多く要した人と少なく済んだ修理者がおりその数に大きな個人差がみられた(標準偏差:16)のに対し、C2 では疑問文の発話の回数に大きな個人差が見られなかった(標準偏差:5)。これらの分散値には有意な差が検出された($p<.05$)。

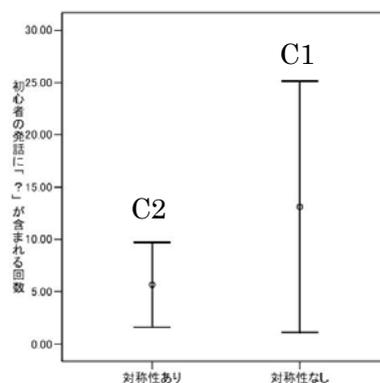


図 6: 初心者が発した疑問文の発話数

4.3 同室感

仮説3を検証するため、我々は修理指導者が発する指示語の回数を数えた。「これ」「ここ」「こちら」「こっち」などの指示語を「これ」系の指示語と呼び、「それ」「そこ」「そちら」「そっち」などの指示語を「それ」系の指示語と呼ぶ。故障したパソコンは修理者の手元にあり、修理指導者の手元には無いので、修理指導者が「これ」系の指示語を多く使うということは、遠隔地にある t-Room 内のユーザどうして同室感が得られていると考える。つまり、あたかも同じ部屋の中に居るような感覚で、協調しながらパソコン修理の作業を遂行しているということである。

図 7, 8 は、C1 と C2 の場合で修理指導者が発した「これ」系の発話数と「それ」系の発話数を比較したものである。ただし、C1 と C2 では総発話数が異なるため、総発話数を用いて発話数を正規化してある。図 7, 8 より、修理指導者が発した「これ」系の発話数は C1 より C2 の方が多いことが分かる($p<.01$)。逆に、修理指導者が発した「それ」系の発話数は C2 より C1 の方が多かった($p<.05$)。

5. まとめ

本研究では、遠隔地間で映像と音声に関して対称性を成立させることのできる遠隔コラボレーションシステム t-Room を用いて、映像の対称性が協調作業に及ぼす影響を調べた。その結果、t-Room では少ない発話数でパソコンの修理を完了していることから、協調作業の効率が向上していることが検証された。また、知識量や理解度の異なる人々間の協調作業に関しても、t-Room を用いると疑問文の数が減少することから、情報の授受

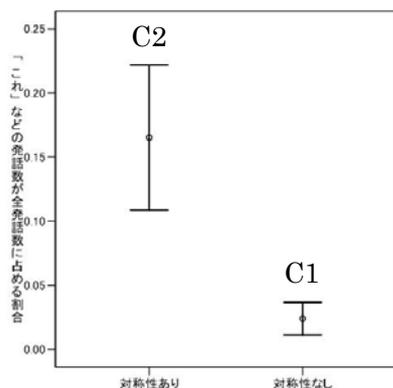


図 7: 修理指導者が発した「これ」系の発話数

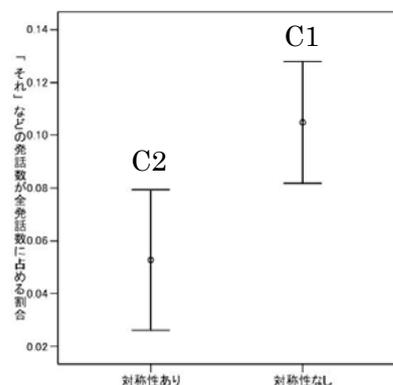


図 8: 修理指導者が発した「それ」系の発話数

が円滑に行われていることが検証された。そして、t-Room では「これ」系の発話が増え「それ」系の発話が減ることから同室感が得られていることが検証された。

今後、映像の対称性が発話内容に及ぼす影響をさらに詳しく分析する。また、t-Room を用いて協調作業を行う場合と face-to-face で協調作業を行う場合を比較する実験を行い、同室感についてより多面的に分析を加える予定である。

謝辞

常日頃より熱心に討論していただく NTT コミュニケーション科学基礎研究所 高田敏弘, 原田康徳, 青柳滋己, 白井良成の諸氏に感謝する。

参考文献

- [Boyle 1994] Boyle, E., Anderson, A and Newlands, A.: The effects of visibility on dialogue performance in a cooperative problem solving task, *Language and Speech*, 37, 1, 1994.
- [Fussell 2000] Fussell, S. R., Kraut, R. E. and Siegel, J.: Coordination of Communication: Effects of Shared Visual Context on Collaborative Work, *Proceedings of CSCW*, 2000.
- [Grice] Grice, H.: *Logic and conversation*, Syntax and Semantics, 3, Academic Press.
- [Heath 1991] Heath, C. and Luff, P.: Disembodied conduct: Communication through video in a multi-media office environment, *Proceedings of CHI*, 1991.

- [Kuzuoka 1999] Kuzuoka, H., Yamashita, J., Yamazaki, K., and Yamazaki, A.: Agora: A Remote Collaboration System that Enables Mutual Monitoring, *Proceedings of CHI*, 1999.
- [Morikawa 1998] Morikawa, O., and Maesako, T.: HyperMirror: Toward Pleasant-to-use Video Mediated Communication System, *Proceedings of CSCW*, 1998.
- [Williams 1997] Williams, E. : Experimental comparisons of face-to-face and mediated communication: A review , *Psychological Bulletin*, 84 , 1997.
- [原田 1998]原田康徳: 同室感通信, *インタラクティブシステムとソフトウェア VI ー日本ソフトウェア科学会 WISS '98ー* (安村通晃 編), *レクチャーノート/ソフトウェア学*, 21, 近代科学社, Dec. 1998.