

遠隔窓口システム：手書きの紙書類共有による ソーシャルテレプレゼンスの強化

田中 一晶¹ 大城 健太郎² 山下 直美³ 中西 英之^{2,a)}

受付日 2018年4月19日, 採録日 2018年11月7日

概要：遠隔コミュニケーションに関する研究において、対話相手との同室感の創出と遠隔協調作業の支援は別々に扱われる傾向にある。しかしながら、遠隔での窓口対応など、同じ空間にいる相手から対面でサービスを受けているという感覚が得られることが望ましい状況も日常生活には存在する。そこで本研究では、同室感を得つつ協調作業を行う手法として、書類への書き込みを紙媒体によって物理的に共有できる遠隔窓口システムを開発した。そして、通常のビデオ会議の同室感を強化するうえで望ましい遠隔窓口システムのデザイン指針を実験的に検討した。その結果、書類の受け渡しの際に書類の移動と身体動作との同期を提示すること、紙媒体の書類の受け渡しによって空間の連続性を提示することが有効であることが分かった。

キーワード：ビデオ会議, テレプレゼンス, 遠隔協調作業, テレロボティクス

Remote Window System: Sharing a Hand-written Paper Document Enhances Social Telepresence

KAZUAKI TANAKA¹ KENTARO OSHIRO² NAOMI YAMASHITA³ HIDEYUKI NAKANISHI^{2,a)}

Received: April 19, 2018, Accepted: November 7, 2018

Abstract: Previous remote communication researches have tended to deal with social telepresence and remote cooperative work support separately. However, there is also a situation in everyday life where it is desirable to obtain a sense that a service is received from a staff who is in the same space, such as corresponding to the window at a remote place. In this study, as the method of remote cooperative work while obtaining social telepresence, we developed the remote window system which enables to share a hand-written paper document. The experiments investigated the desirable design of the remote window system for enhancing social telepresence of ordinal video conferencing. As a result, it was found that it is effective to present the synchronization of the movement of the document and the body movement of remote partner at handing the document, and to present the continuity of the space by passing the paper document.

Keywords: videoconferencing, telepresence, remote cooperative work, telerobotics

1. はじめに

遠隔協調作業を支援する研究は古くから行われており、

¹ 京都工芸繊維大学情報工学・人間科学系
Information and Human Sciences, Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Kyoto 606-8585, Japan

² 大阪大学大学院工学研究科
Department of Adaptive Machine Systems, Osaka University, Suita, Osaka 565-0871, Japan

³ NTT コミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Laboratories, Souraku, Kyoto 619-0237, Japan

a) nakanishi@ams.eng.osaka-u.ac.jp

作業効率を向上させることが重要視されてきた [2], [4]。これらの研究によると、遠隔地の作業領域を表示することは有効であるが、対話相手の上半身映像は、作業内容と関わりがない限り、必要とされていない。一方で、テレプレゼンスの研究では、対話相手の上半身映像を表示する方法を工夫することによってソーシャルテレプレゼンス（相手と同じ部屋で対話している感覚。以下、同室感と呼ぶ）を向上させることに焦点が当てられている [10], [11], [12], [13]。これらの研究では、同室感を高めることが重要視され、協調作業を行うことは想定されていない。そのため、同室感

を向上させるシステムにおいて、作業領域や作業物を共有するものはほとんど存在しない。

このように、遠隔協調作業を支援する研究とテレプレゼンスに関する研究はほとんど交差することがなかった。しかし、実世界で需要のある遠隔コミュニケーションシステムの中には、対話相手との同室感を得つつ協調作業を行うことが望ましいものもある。たとえば、銀行や保険の遠隔窓口業務の場合、資料などを用いて窓口業務を遂行することも重要であるが、客が店員の存在を感じ、同じ空間にいる店員から対面でサービスを受けているという感覚を受けることも重要であろう。

以上をふまえ、我々の目標は、対話相手との同室感を得つつ、実物を用いた協調作業を行うことができるシステムの開発を研究目標に据える。本研究では、その第1歩として、紙媒体を用いた遠隔協調作業に焦点を当て、どのようにシステムをデザインすれば同室感や紙媒体を介して相手と意思疎通を行っている感覚を高めることができるかを調査する。具体的には、1) 資料の表現方法：ディスプレイ上に投影するか紙媒体として再現するか、2) 資料の受け渡し行為を再現する方法：相手の身体動作と資料の動きを連携するかしないか、3) 資料への書き込み内容を共有する方法：遠隔地間で書き込み内容を複製するかしないかに注目し、各項目のデザインが同室感に与える影響を検証する。

本研究結果より、対話相手との同室感を得ながら遠隔協調作業を行うことができるシステムを構築するためのデザイン指針が明らかになる。

2. 関連研究

2.1 メディアスペース

多くの研究で、遠隔会議において資料や書き込みなどを共有するシステムが提案されている [2], [5], [9], [17]. ClearBoard [6] ではガラスの板を挟んで対話する状況を設定し、そのガラス板を描画面とし、書き込みだけでなく視線や指示を遠隔地間で共有する方法が提案された。Agora [8] では遠隔地の対話相手の正面映像に加え、机上の共有領域を用いた資料やジェスチャの提示によって、身体動作と資料との結びつきを提示した。またデジタルペンを用いて遠隔地間で紙への書き込みを共有する対話システムなどが提案されている [18]. このように、様々なシステムが開発されているが、本研究のように紙の資料を受け渡すなど、物理的な資料共有を行っているものはない。

2.2 ソーシャルテレプレゼンス (同室感)

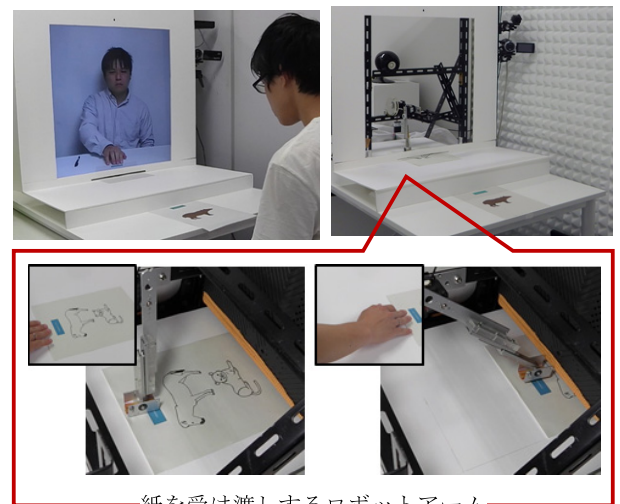
同室感の不足が、対面会議を遠隔会議で代替するうえでのボトルネックの1つであるため、それを強化する方法が数多く研究されている。音声だけでなくビデオ映像を用いる方法が一般的な手法で [3], アイコンタクトの成立、立体映像、等身大映像が同室感を強化することが知られてい

る [1], [7], [14].

遠隔地間で触覚を再現するデバイスが多く提案されており [10], [13], 遠隔触覚がビデオ会議を改善することが示されている [15]. 遠隔握手ロボットハンド [11] では、通常のビデオチャットに握手用ロボットハンドを実装し、擬似的に身体接触を付加した。この遠隔握手による身体接触の再現が同室感を強化することが報告されている。また、ディスプレイに両方の空間の映像を合成して表示し、鏡越しに対話する状況を再現する鏡型ビデオ会議においては、ものの受け渡しを再現する手法が提案されている [12]. 両方の空間に存在する回転テーブルを鏡映像上でつながって見えるように配置し、同じ物体を回転テーブル上の同じ位置に置くことで、回転テーブルを介して相手とその物体を受け渡すことができる。鏡型ビデオ会議においては、このような物体共有によって同室感が強化される効果が報告されているが、通常のビデオ会議において物体共有を再現する手法や、同室感への効果については報告されていない。次節では、通常のビデオ会議において書類の受け渡しを再現するシステムを提案する。

3. 遠隔窓口システムの開発

本研究で提案するシステムは、遠隔窓口における書類への書き込みや受け渡しを再現するものである。対話相手を提示するディスプレイと、書類の受け渡し行為を再現するロボットアームを組み合わせたものである。図1に示すように、ロボットアームは対話相手を表示するディスプレイ



紙を受け渡すロボットアーム



図1 遠隔窓口システム

Fig. 1 Remote window system.

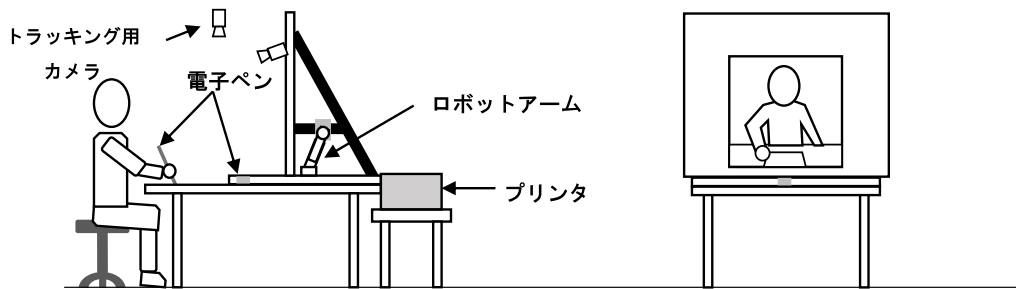


図 2 遠隔窓口システムの装置配置

Fig. 2 Disposing the devices in the remote window system.

の裏に設置されており、対話相手の書類を差し出す/受け取るという身体動作に同期して書類を動かす。このロボットアームを介して対話相手が書類を遠隔操作することで、ディスプレイの下から書類を出し入れする仕組みである。ディスプレイによる対話相手の身体動作の提示とその動作に同期した書類の動きにより、対話相手から書類差し出されたり受け取ったりする状況を再現する。

対話相手による書類への書き込み内容をユーザ側の空間にある書類に反映させるため、筆跡をリアルタイムで取得できるデジタルペンを用いて、一方のユーザが紙に書き込んだ内容を画像化して取得し、受け渡し行為の前にもう一方のユーザ側であらかじめ印刷しておく。このシステムは双方向での書類の受け渡しが行えるが、本研究では被験者実験において実験者との同室感を評価するため、実験者側を簡略化し片方向のシステムを構築した (図 2)。

4. 予備実験

ビデオ会議において書類の受け渡しを再現する有効性を調査するため予備実験を行った。予備実験では、開発したシステムを用いて、受け渡しの方向、書類への書き込みの有無による同室感への影響を調査した。

4.1 実験条件

図 3 に示す 3 条件を設定した。

ビデオ会議条件: あらかじめ被験者側の机に用意しておいた書類に被験者が書き込みを行い、受け渡し行為を行わない条件。

受け条件: 被験者が書き込みを行うための書類を実験者から受け取る条件。

送り条件: あらかじめ被験者側に用意しておいた書類に、被験者が書き込みを行い、その書類を実験者に送る条件。

4.2 被験者

被験者は本学の近くに住む学部生を対象にし、10 人 (女性 3, 男性 7) の被験者に参加してもらった。実験は被験者内計画で実施し、3 つの条件を体験する順番はカウンタバランスをとった。

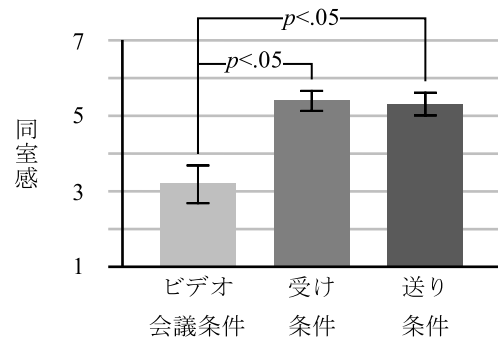


図 3 予備実験の条件と結果

Fig. 3 Conditions and results of the preliminary experiment.

4.3 タスク

まず被験者は、実験者の指示に基づいて同じ部屋に置かれた動物のぬいぐるみを参考に、その動物の絵を書類に描いた。その後、その動物について実験者から説明を受けた。

4.4 アンケート

実験後、被験者には 7 段階のリッカート尺度のアンケートに回答させた。全 7 段階を、1:まったくあてはまらない, 2:あてはまらない, 3:ややあてはまらない, 4:どちらともいえない, 5:ややあてはまる, 6:あてはまる, 7:非常によくあてはまる, に対応させた。予備実験のアンケートの項目は以下のとおりである。

- 同じ部屋の中で実際に会話しているように感じた。

4.5 実験結果

アンケートの結果を図 3 に示す。1 要因分散分析を行った結果、3 条件の差が有意であった ($F(2, 18) = 13.573$, $p < .01$)。ボンフェローニ補正法を用いて多重比較を行った結果、ビデオ会議条件と受け条件の間、ビデオ会議条件

と送り条件の間で有意差が見られた (ともに $p < .01$)。これは、開発したシステムを介して被験者が書き込んだ書類が相手に届くか否か、書類の受け渡し方向にかかわらず同室感が強化されることを示している。しかしながら、10人中7人の被験者が、実験者が実際にディスプレイの裏側にいたと思い込んでいたため、正しく遠隔会議のコンテキストで同室感を評価できていなかった可能性がある。

5. 仮説

予備実験では、遠隔窓口システムが同室感を強化することが示唆された。しかしながら、被験者が遠隔会議システムであると正しく認識せずに評価していた可能性があった。この結果をふまえて2つの実験を行い、同室感を強化する遠隔窓口システムの設計指針を明らかにする。検証する仮説は以下のとおりである。

遠隔地間で書類を共有するうえで、テーブルトップディスプレイ (以下 TTD) を用いて電子的に書類の受け渡しを再現する方法が考えられる。これに対し、物理的な紙で直接書類を手渡しすることは対面でなければ行われなため、電子的に書類を渡すよりも、対話相手と同じ空間に存在するように感じられると考えた。

仮説 1: 対話相手から書類を紙媒体で渡される方が電子媒体で渡されるよりも同室感が強化される。

また、書類が物理的か電子的かにかかわらず、相手が書類を差し出す身体動作と書類の動きとの同期を提示することによって確かに相手が差し出しているという感覚を生み、同室感が強化される可能性があると考えた。

仮説 2: 対話相手が書類を差し出す身体動作に同期して書類が移動する方が、身体動作と無関係に書類が移動するよりも同室感が強化される。

書き込み内容を共有する方法として、対話相手がタッチディスプレイに書き込み、それを複製してユーザに提示する方法が考えられる。この方法では、リアルタイムに対話相手の書き込みを見ることができるといった利点がある。これに対し、遠隔窓口システムにはこの利点はないが、ユーザがいる空間と、その対話相手がいる空間との境界面であるビデオ映像を越えて書類が移動することによって空間が連続している様子 (以下では、これを空間の連続性と呼ぶ) を提示できるという特徴がある。同室感の強化においては、リアルタイムな書き込み内容の共有よりも、空間の連続性の提示が有効に働く可能性があると考えた。

仮説 3: 書類の受け渡しにより空間の連続性を提示する方が書類への書き込みをリアルタイムに提示するよりも同室感が強化される。

最後に、システムを介して相手が書き込んだ書類を受け取ることで、同室感だけでなく、書き込んだ内容が伝わった感覚 (伝達感) が強化されると考えられる。

仮説 4: 対話相手が書き込んだ書類を受け取ることで、内

容が伝わった感覚が強化される。

以上の4つの仮説を検証するため2つの実験を行った。実験1では、仮説1, 2を検証するため、書類の受け渡しが紙媒体または電子媒体で行われるかというメディア要因と、書類の受け渡しに書類の移動と対話相手の身体動作との同期の提示がともなうかどうかの身体動作要因による同室感への効果を調査した。

仮説3は、書類を複製するか移動するかという書類の共有方法による同室感への影響を検証するものであり、空間の連続性を提示する遠隔窓口システムと、書き込みの複製がリアルタイムに提示されるシステムとを比較する必要がある。これを実験1と同時に行うと実験計画が複雑になるため、実験2で行った。さらに、実験1および2では、仮説4を検証するため、同室感だけでなく伝達感についても評価した。

6. 実験

6.1 タスク

受け渡し方向やユーザの書き込みの有無は、同室感に影響を与えないことが予備実験で示唆されたことから、実験1, 2では簡単のため、実験者が被験者に書類を差し出す方向とした。そこで、実験者から提示された動物のイラストについて説明を受けるタスクを設定した。実験の流れは次のとおりである。簡単な挨拶の後、実験者がイラストの動物の名称を知っているか模様のないイラストを見せながら被験者に質問した。その後、実験者が動物のイラストに模様を書き込み、それを各実験条件の方法で被験者に提示する。そして、その動物の模様についての説明を行った。

予備実験のように、ディスプレイの裏側に実験者が実際に存在するという誤解を被験者に与えないようにするため、実験の前にディスプレイの背面側を見せ、実験者が身を潜めるスペースがないことを確認させた。そしてインスタクションとして、対話相手 (実験者) が別の部屋にいることを伝えた。これらの操作により、遠隔会議システムでの対話であることを被験者に印象づけた。

6.2 アンケート

同室感、伝達感を評価するため、下記の項目を設定した。被験者には、予備実験と同様に、実験後に7段階リッカート尺度で回答させた。また、これらの項目の回答理由を自由記述欄に記述させた。

- あたかも同じ部屋の中で実際に相手と会話している感じがした。
- 描いた内容が伝わった感じがした。

6.3 実験1

6.3.1 実験条件

仮説1, 2の検証は、それぞれメディア要因 (紙媒体/電

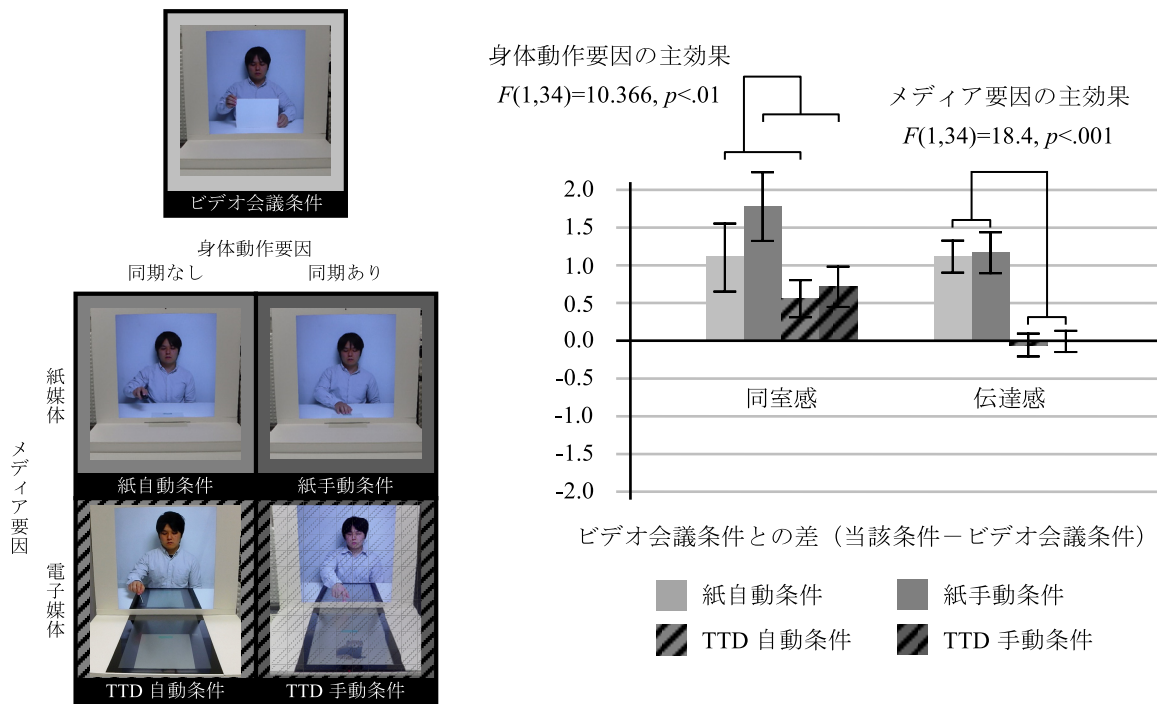


図 4 実験 1 の条件と結果
Fig. 4 Conditions and results of the experiment 1.

子媒体)と身体動作要因(書類の動きに同期した身体動作の提示の有無)による同室感への効果を調査することに相当する。そして、通常のビデオ会議における同室感や伝達感が書類の受け渡しによって強化されるかを確認するため、ビデオ会議条件を統制条件として追加し、この条件を基準として同室感や伝達感が強化(または弱化)された度合いを評価した。具体的には 6.3.3 項で詳しく述べるが、当該条件の評価値からビデオ会議条件の評価値を引いた値をメディア要因と身体動作要因に分けて比較した。しかしながら、下記の 5 つの実験条件をすべて被験者に体験させることは負担が大きいため、メディア要因は被験者間要因とした。つまり、実験 1-1 ではビデオ会議条件、TTD 自動条件、TTD 手動条件を比較し、電子媒体で書類を受け渡す効果を、実験 1-2 ではビデオ会議条件、紙自動条件、紙手動条件を比較し、紙媒体で書類を受け渡す効果をそれぞれ評価した。これらの実験には次節で述べるとおり異なる被験者のグループが参加するが、経験する実験条件以外は共通であり 6.1 節で述べたタスクを実施した。

ビデオ会議条件(統制条件): 実験者は上半身を表示する正面のディスプレイにおいて書類を手を持って書き込み内容を被験者に提示する。

紙手動条件(紙媒体, 同期の提示あり): 実験者は遠隔窓口システムによって紙媒体の書類を被験者に差し出す。そのため書類の動きと実験者の身体動作の同期が被験者に提示される。

紙自動条件(紙媒体, 同期の提示なし): 紙手動条件と同様に遠隔窓口システムを使用するが、実験者がリモコンの

ボタンを押すことで書類が動くため、その動きと実験者の身体動作との同期は提示されない。

TTD 手動条件(電子媒体, 同期の提示あり): 実験者は TTD を介して電子媒体の書類を被験者に差し出す。その際に TTD に触れて書類を差し出すため、書類の動きと実験者の身体動作の同期が被験者に提示される。

TTD 自動条件(電子媒体, 同期の提示なし): TTD 手動条件と同様に TTD を用いるが、書類の差し出しは紙自動条件と同様にボタン操作で行うため、その動きと実験者の身体動作との同期は提示されない。

6.3.2 被験者

被験者は大阪大学の近くに住む学部生 36 人であり、実験 1-1 に 18 人(女性 9, 男性 9)、実験 1-2 に 18 人(女性 8, 男性 10)をそれぞれ割り当てた。それぞれの実験で 3 つの条件を体験する順番はカウンタバランスをとった。

6.3.3 実験結果

この実験の目的は、書類の受け渡しによって通常のビデオ会議の同室感や伝達感を強化するうえで、メディア要因や身体動作要因の効果を検証することである。そのため、実験 1-1 および 1-2 では、統制条件であるビデオ会議条件を基準とし、身体動作との同期なし/ありの評価値からビデオ会議条件の評価値を引いた値(つまり通常のビデオ会議の同室感、伝達感を強化/弱化した度合い)を用いて混合計画 2 要因分散分析を実施した。その評価値の平均値および分散分析の結果を図 4 のグラフに示す。エラーバーは標準誤差を示している。

分散分析の結果、同室感の評価においては、身体動作要因

の主効果が有意であったが ($F(1, 34) = 10.366, p < .01$), メディア要因の主効果は有意ではなかった. また, 伝達感の評価においては, メディア要因の主効果が有意であったが ($F(1, 34) = 18.4, p < .001$), 身体動作要因の主効果は有意ではなかった. この結果から, 同室感の強化には書類の受け渡しは電子媒体であるか紙媒体であるかにかかわらず, 身体動作をともなっていることが有効であることが分かった. このことから, 仮説 2 は支持されたが, 仮説 1 は示されなかった.

伝達感の強化には, 書類の受け渡しに身体動作をとまうかどうかにかかわらず, 紙媒体で提示することが有効であることが分かった. 伝達感のグラフを見ても分かるように, ビデオ会議との差分は紙媒体の場合は正の値を示しているのに対し, TTD の場合はゼロに近い負である. つまり, 仮説 4 については紙媒体の場合には支持された.

6.4 実験 2

6.4.1 実験条件

仮説 3 を検証するために下記の 3 つの条件を設定した. 実験 1 では, 同室感と伝達感をともに強化する手法として紙手動条件が最も有効であった. この結果から, 空間の連続性を表現する手法として紙手動条件を採用し, 統制条件であるビデオ会議条件および書き込みの複製がリアルタイムに提示されるデュアルディスプレイ条件 (以下, DD 条件) と比較することとした.

ビデオ会議条件 (統制条件): 実験 1 と同様である.

紙手動条件 (空間の連続性の提示): 実験 1 と同様である. 書類が実験者側の空間から被験者側の空間へと移動するという空間の連続性が提示される.

DD 条件 (書き込みの複製のリアルタイムな提示): 多くの遠隔会議システムで見られる資料提示方法のように対話相手の映像とは別の表示領域で書類を提示する条件. 映像を複製して表示するタッチディスプレイを実験者側と被験者側にそれぞれ追加して書類を提示した. 実験者がこのディスプレイ上で書き込みを行うと, それがリアルタイムに被験者側のディスプレイに表示される. 実験者が描いた内容をリアルタイムに確認できるという利点があるが, 書類は別々のディスプレイに表示されるため, 空間の連続性は提示されない.

6.4.2 被験者

被験者は本学の近くに住む学部生 18 人 (女性 9, 男性 9) である. 実験は被験者内計画で実施し, 3 つの条件を体験する順番はカウンタバランスをとった.

6.4.3 実験結果

同室感と伝達感の評価において, 被験者内計画 1 要因分散分析およびボンフェローニ補正法による多重比較を実施した. アンケート評価のおよび多重比較の結果を図 5 のグラフに示す. エラーバーは標準誤差を示している.

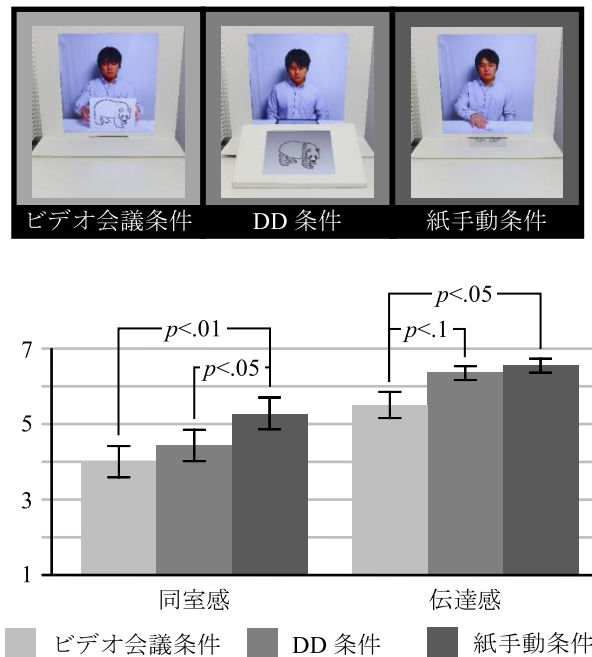


図 5 実験 2 の条件と結果

Fig. 5 Conditions and results of the experiment 2.

同室感の評価について分散分析を行ったところ主効果が有意であった ($F(2, 34) = 8.926, p < .01$). 多重比較の結果, 紙手動条件の方がビデオ会議条件および DD 条件よりも高いことが示された (それぞれ $p < .01, p < .05$). この結果は, 空間の連続性を提示することは, リアルタイムに相手の書き込みを提示するよりも効果的であることを示唆しており, 仮説 3 を支持しているといえる.

伝達感の評価について分散分析を行ったところ主効果が有意であった ($F(2, 34) = 6.081, p < .01$). 多重比較の結果, 紙資料条件はビデオ会議条件よりも高いことが示された ($p < .05$). また, DD 条件はビデオ会議条件よりも高い傾向が見られた ($p = .093$).

7. 考察

7.1 同室感

ビデオ会議において, 一般的に電子媒体よりも紙媒体を受け渡しする方が困難であることから, 資料の表現方法に関しては, 紙媒体を用いることが同室感を強化するうえで有効であると予想した (仮説 1). 実験 1 の結果である図 4 を見ると紙条件は TTD 条件よりも平均値が高いように見えるが, 統計的には電子媒体であるか紙媒体であるかというメディア要因の主効果は有意ではなかった (6.3.3 項). 自由記述や被験者へのインタビューによると, 紙条件では紙を送り出す際のサーボモータの動作音に気付くとそれを理由に同室感を下げる傾向があることが分かった. そして, その傾向が顕著であったのが紙自動条件であり, 自動条件より手動条件に高い点数をつけた 18 人中 7 人の被験者は, 自動条件は FAX のような機械的な印象を持ったこ

とを理由として述べていた。つまり、紙条件で感じられる機械感がTTD条件に対する優位性を打ち消したと考えられる。したがって、サーボモータの音がユーザに聞こえないように十分に防音するなど、機械感を低減する工夫を行うことで紙媒体による資料の表現が同室感を強化するかもしれない。また、紙条件の実験を行った実験1-2において、6.1節で述べたとおり、被験者には実験者は別の部屋にいることを印象付けたが、ディスプレイの裏側に実験者がいるかのように想像した被験者がいた。このことから、紙媒体は電子媒体よりも対話相手との同室感を強く感じさせる効果があると思われる。

資料の受け渡し行為については、実験1の結果、身体動作要因の主効果が有意であり(6.3.3項)、予想どおり、書類の動きと書類を差し出す身体動作の同期を提示する方がボタン操作による書類の送り出しよりも同室感を強化するうえで有効であることが分かった(仮説2)。これは前述のとおり、自動条件における書類の送り出しはFAXのような機械的な印象を与え、同室感を低下させたためであると考えられる。また、実験2のインタビューにおいても仮説2を支持する意見が得られており、紙手動条件にビデオ会議条件やDD条件よりも高い点数をつけた被験者は、実験者から紙を渡されたことに言及し、書類の動きと実験者の手の動きとの同期をその理由として述べていた。

書き込みの共有方法については、実験2の結果(6.4.3項)から、予想どおり、書き込み内容の複製をリアルタイムに提示するDD条件よりも空間の連続性を提示する紙手動条件の方が同室感を強化するうえで有効であった(仮説3)。デュアルディスプレイによってリアルタイムに書き込みを共有することは効率的であると考えられるが、同室感の強化においては、書類を差し出す行為と紙媒体の書類の物理的な動きとの同期によって空間の連続性を提示することが有効であるといえる。

7.2 伝達感

実験1の結果(6.3.3項)から、同室感とは異なり、伝達感の強化においては資料の表現方法として電子媒体よりも紙媒体が有効であった。また、資料の受け渡し行為に関して、書類の移動と書類を差し出す身体動作との同期を提示する必要はなく、ボタンによる書類の送り出しも有効であった。このことから、どのように書類が差し出されるかという過程は伝達感に影響せず、電子媒体ではなく紙媒体の書類に相手を書き込み、それを受け取ることで、確かに相手の書き込みであると感じられることが考えられる。

また、実験2の結果、書き込みの共有方法の違いによる影響も伝達感と同室感と異なる傾向を示していた。DD条件に対する紙手動条件の優位性はなく(6.4.3項)、空間の連続性の提示は効果的であるとはいえない。また、ビデオ会議条件に対しDD条件は伝達感を強化する傾向が見られ

た。ほとんどの被験者が、イラストを手元で確認できたことを理由にDD条件と紙手動条件にビデオ会議条件よりも高い点数をつけており、また、ビデオ会議条件よりもDD条件に高い点数をつけた被験者は、相手の書き込みをリアルタイムに確認できたため内容が伝わってきたように感じたという理由をあげていた。このことから、伝達感の強化においては、相手による書き込みが手元で確認できるとともに、リアルタイムに書き込みを共有することにより、確かに相手が書類に書き込んでいるという感覚を与えることも有効であると思われる。

8. まとめ

本研究では、遠隔での窓口対応のように対話相手との同室感を得つつ協調作業を行うことが望ましい状況において有効な遠隔窓口システムのデザインを、1)資料の表現方法、2)資料の受け渡し行為、3)書き込みの共有方法の3つの側面から実験的に検討した。その結果、同室感の強化には2と3の側面が影響しており、2)紙媒体または電子媒体の資料の移動と対話相手の身体動作とが同期していること、および、3)遠隔地間での書類受け渡しにより空間の連続性を提示することが有効であることが分かった。また、1の側面においても、紙媒体を用いて物理的に書類を扱う際の機械音を低減させることができれば、紙媒体は電子媒体での書類の提示よりも有効である可能性が示唆された。

また協調作業という観点から、相手による書き込み内容が伝わった感覚である伝達感についても評価を行った。その結果、伝達感の強化には1と3の側面が影響しており、紙媒体での資料において相手の書き込み内容を手元で確認できることが有効であることが分かった。以上の実験結果から、紙媒体の書類の受け渡しが、対話相手の身体動作と同期して行われる様子を提示できるデザインが同室感と伝達感がともに強化するうえで効果的であると結論付けられる。

これまで遠隔地間での資料共有は、主に協調作業を支援する技術として研究されてきた。本研究では、同室感を強化するという資料共有技術の新たな可能性を示すことができた。同室感を強化することにより対面での協調作業に近づき、作業効率が向上するなどの相乗効果を期待している。この仮説を検証することが今後の課題である。

謝辞 JSPS 科研費 JP26280076, JP15K12081, JP16K16140, 科学技術融合振興財団, 電気通信普及財団からの支援を受けた。

参考文献

- [1] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D.: Determinants of Social Presence in Videoconferencing, *Proc. AVI 2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access*, pp.1-9 (2004).
- [2] Gaver, W.W., Sellen, A., Heath, C. and Luff, P.: One is

- not enough: Multiple views in a media space, *Proc. CHI 1993*, pp.335-341 (1993).
- [3] de Greef, P. and Ijsselstein, W.: Social Presence in a Home Tele-Application, *CyberPsychology and Behavior*, Vol.4, No.2, pp.307-315 (2001).
- [4] Heath, C. and Luff, P.: Disembodied Conduct: Communication Through Video in a Multi-media Office Environment, *Proc. CHI '91*, pp.99-103 (1991).
- [5] Higuchi, K., Chen, Y., Chou, P.A., Zhang, Z. and Liu, Z.: Immerseboard: Immersive telepresence experience using a digital whiteboard, *Proc. CHI 2015*, pp.2383-2392 (2015).
- [6] Ishii, H. and Kobayashi, M.: ClearBoard: A seamless medium for shared drawing and conversation with eye contact, *Proc. CHI 1992*, pp.525-532 (1992).
- [7] Isaacs, E.A. and Tang, J.C.: What Video Can and Can't Do for Collaboration: A Case Study, *Multimedia Systems*, Vol.2, No.2, pp.63-73 (1994).
- [8] Luff, P., Heath, C., Kuzuoka, H., Yamazaki, K. and Yamashita, J.: Handling documents and discriminating objects in hybrid spaces, *Proc. CHI 2006*, pp.561-570 (2006).
- [9] Luff, P.K., Yamashita, N., Kuzuoka, H. and Heath, C.: Flexible Ecologies And Incongruent Locations, *Proc. CHI 2015*, pp.877-886 (2015).
- [10] Nakanishi, H., Murakami, Y. and Kato, K.: Movable Cameras Enhance Social Telepresence in Media Spaces, *Proc. CHI 2009*, pp.433-442 (2009).
- [11] Nakanishi, H., Tanaka, K. and Wada, Y.: Remote handshaking: Touch enhances video-mediated social telepresence, *Proc. CHI 2014*, pp.2143-2152 (2014).
- [12] Nakanishi, H., Tanaka, K., Kato, R., Geng, X. and Yamashita, N.: Robotic Table and Bench Enhance Mirror Type Social Telepresence, *Proc. DIS2017*, pp.779-790 (2017).
- [13] Onishi, Y., Tanaka, K. and Nakanishi, H.: PopArm: Embodiment of Video-mediated Communication Enhances Social Telepresence, *Proc. HAI2016*, pp.171-178 (2016).
- [14] Prussog, A., Muhlbach, L. and Bocker, M.: Telepresence in Videocommunications, *Proc. Annual Meeting of Human Factors and Ergonomics Society*, pp.25-38 (1994).
- [15] Samani, H.A., Parsani, R., Rodriguez, L.T., Saadatian, E., Dissanayake, K.H. and Cheok, A.D.: Kissenger: Design of a Kiss Transmission Device, *Proc. DIS 2012*, pp.48-57 (2012).
- [16] Tang, A., Pahud, M., Inkpen, K., Benko, H., Tang, J.C. and Buxton, B.: Three's company: Understanding communication channels in three-way distributed collaboration, *Proc. CSCW 2010*, pp.271-280 (2010).
- [17] Tang, J.C. and Minneman, S.L.: VideoDraw: A video interface for collaborative drawing, *ACM Trans. Information Systems (TOIS)*, Vol.9, No.2, pp.170-184 (1991).
- [18] Weibel, N., Signer, B., Norrie, M.C., Hofstetter, H., Jetter, H.C. and Reiterer, H.: PaperSketch: A paper-digital collaborative remote sketching tool, *Proc. IUI 2011*, pp.155-164 (2011).



田中 一晶 (正会員)

2006年京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科卒業。2008年同大学大学院工芸科学研究科情報工学専攻博士前期課程修了。2010年大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻特任研究員。2011年京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科情報工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻特任助教等を経て、2017年より京都工芸繊維大学情報工学・人間科学系助教。人とインタラクションを行うエージェントやロボットの設計に興味を持つ。



大城 健太郎

2015年大阪大学工学部応用理工学科卒業。2017年同大学大学院工学研究科知能・機能創成工専攻博士前期課程修了。現在、富士ゼロックス株式会社所属。



山下 直美 (正会員)

1999年京都大学工学部情報工学科卒業。2001年京都大学大学院情報学研究科数理工学専攻修士課程修了。同年日本電信電話(株)コミュニケーション科学基礎研究所入所。博士(情報学)。CSCW, HCIの研究に従事。



中西 英之 (正会員)

1996年京都大学工学部情報工学科卒業。1998年同大学大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了。同年日本学術振興会特別研究員。2001年京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻博士課程修了。博士(情報学)。同年同専攻助手。2006年より大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻准教授。空間共有や存在感伝達のためのアバタやロボットに興味を持つ。2002年度情報処理学会坂井記念特別賞。2004年度テレコムシステム技術賞。2006年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞。