

機関番号：94305

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008 年度～2010 年度

課題番号：20500122

研究課題名(和文) 自他の区別なく動き回れる実写ベースの遠隔ビデオ協調作業支援の研究

研究課題名(英文) Research on supporting life-sized remote-video cooperative work where users can freely move around without distinguishing local from remote

研究代表者

平田 圭二 (HIRATA KEIJI)

日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所

メディア情報研究部 主幹研究員

研究者番号：30396121

研究成果の概要(和文)：

自他の区別なく動き回れる実写ベースの遠隔ビデオ協調作業環境において、ローカルと遠隔地の活動がお互い対等に参照できるという対称性の重要性を3つの実験を通して確認することができた。第1の実験ではローカル及び遠隔にいる被験者の座席を固定し物体共有のない会話コミュニケーションを主体とする課題を与えた。お互いにディスプレイに等身大の相手像が表示されることで、体躯や顔がその像の方を向き、相手と活発なインタラクションを行うことが観察された。第2の実験では、対面協調作業においてテーブルの周囲を自由に移動しながらテーブル面上の作業領域を共有するような実験を実施し、上半身映像の有無がテーブル上の作業にどのような影響を与えるかを実験により調べた。実験データを分析した結果、上半身映像を投影した場合、ユーザ相互間で上半身映像が次の動作や作業への予測や準備に寄与し、対称性が向上し、作業効率が有意に向上した。第3の実験では遠隔地のジェスチャの不可視性に関する問題を緩和するための手法として Remote Lag を提案し、Remote Lag の対称性に及ぼす効果を検証するために、Remote Lag を表示した条件と表示しない条件における遠隔作業指示を比較する実験を実施した。実験データを分析した結果、ユーザが Remote Lag を用いることによって不可視の状態から遅延なく復帰できる場面が多数発見された。また、Remote Lag を表示させた条件では作業による質問や指示者の指示発話が減少するなどの効果が認められた。

研究成果の概要(英文)：

In the environment for life-sized remote-video cooperative work without distinguishing local from remote, we have verified the importance of symmetry that local and remote users can refer to each other's activity by running three experiments. In the first experiment, we gave the conversation communication-centered task in which the seat positions of local and remote subjects are fixed and there are no physical objects to be shared. Since the images at life size are displayed on LCD panels, the bodies and faces of users are oriented to the LCD panels and we observed that users had active interaction. In the second experiment, We conducted an experiment in which distant users free move around a center table and share a work space on the center table. There, we examined whether showing the upper body of distant collaborators is valuable for group work that requires body movement during their work. A comparative study with and without upper body images indicated that group work were more efficient when upper body images were shown. We infer that upper body images helped them predict and brace for distant collaborator's subsequent movement due to improved similarity. In the third experiment, To alleviate the problem of invisibility that remote gestures often get occluded, transected, and slipped out of one's attention, we proposed a technique, "remote lag," that aims to mitigate the invisibility problems. The technique provides people with an instant playback of the remote gestures to recover from the invisible or missed context of coordination. To examine the effects of the proposed technique to the symmetry property, we studied four-person

groups engaging in two mentoring tasks using physical objects with and without remote lags. Our results show that remote lags are effective in alleviating the invisibility problems, resulting in fewer questions/confirmations and redundant instructions during collaboration. Although the technique seems to increase a helper's physical effort, it decreases the helper's overall effort in performing the tasks and alleviates both collaborators' temporal demands.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：グループウェア，CSCW，実対面作業環境，対称性

1. 研究開始当初の背景

一般に広く利用されているビデオ会議システムでは、ビデオカメラの視野の制限や2次元ディスプレイの制限により、一方の空間にいるユーザの状況が他方のユーザに正しく伝わらない現象が生じる。例えば、ローカルユーザに見えている物が遠隔ユーザには見えない、遠隔ユーザの視線や体の向きが正しく伝わらない、指差しやジェスチャが伝わらない、視線が一致しない等である。ローカルユーザと遠隔ユーザ間の対称的な関係は、実対面環境のように遠隔地のユーザがその周囲の情報を対等に共有するために最も重要な性質の1つであるが、一般に、全ての人や物に関して常にこの対称性を成り立たせるのは非常に難しい。これまで提案されてきた遠隔ビデオシステムの多くは、ユーザの位置を固定した状態で非対称性の問題を解消する方法を提案してきた。実際の遠隔協調作業ではユーザが動き回ることが多いにもかかわらず、そのような状況は殆ど想定されず、ユーザが自由に動き回る状況において常に対称性を保つようなシステムは未だ提案されていなかった。

2. 研究の目的

我々は遠隔ビデオコミュニケーションシステム t-Room を「遠隔地にいるユーザが部屋内を自由に動き回っても常に実対面環境と同様に他のユーザの言動に対して的確な推論ができること」という目標のもとで設計・試作してきた。この目標が達成できているか否かについて実際に t-Room システムを構築

し科学的な検証を行う必要がある。また、t-Room システムは複数地点に大型ディスプレイや複数のカメラなどの設置を要するが、遠隔医療や遠隔教育の現場においては空間的あるいは資源的な制限により、必ずしもこれらの設置が可能とは限らない。そこで、遠隔協調作業の状況を限定し（例えば遠隔医療に的を絞る）、限定された状況での遠隔協調作業を円滑に進める上で必要不可欠なシステム構成法（ディスプレイサイズやカメラの設置場所など）を求める必要がある。そこで我々は、t-Room を実験環境として用い、システム構成を体系的に変化させることによって対称性がどの程度の影響を受けるかを明らかにし、更にシステム構成の変化がもたらした対称性の欠如が遠隔ビデオコミュニケーションや協調作業に及ぼす影響を調べる。

3. 研究の方法

本研究計画では、3年間に3種類の実験を実施し、対称性が遠隔協調作業に及ぼす影響を多角的に調べる。実施場所はいずれも実験装置 t-Room が設置してある NTT コミュニケーション科学研究所（京阪奈および厚木）である。

研究体制は以下の通り：

研究代表者：平田圭二（NTT）… 統括，実験全体の計画・実施（厚木），調整

研究分担者：葛岡英明（筑波大）… 実験計画・結果分析・結果検討

山下直美（NTT）… 実験計画・

実施（京阪奈）・結果分析・結果検討

研究代表者平田は本提案の統括責任者として各研究者間の連携を深めるとともに、実験全体が円滑に実施できるよう実験全体の計画・実施・調整を行う。平田はこれまで山下とともに t-Room を実験環境として用いた協調作業に関する実験を実施し、部屋サイズの遠隔作業空間で実対面環境に近いジェスチャや存在感の伝達ができることを検証した。実験では NTT 厚木にて実験実施。

研究分担者葛岡は CSCW 研究の中でも特に実空間において physical object を用いる遠隔協調作業支援に関する業績を多数あげており、その取り組みは国内外で高く評価されている。特に本提案に関連の深い

communicative asymmetries に興味を持っており、本提案では、技術と理論における指導的な立場から実験立案、分析、検討に当たる。研究分担者山下はこれまで、異文化コラボレーションで思い違いが生じる仕組みを、入念な実験と緻密な観察・分析によって解明し、翻訳の対称性と一貫性の重要性を指摘した。本提案では、異文化コラボレーションで功を奏した手法を発展・応用し、葛岡とともに実験計画を立案、実施、分析、検討に当たる。実験では厚木にいる平田と連携しながら、NTT 京阪奈にて実験実施。

・平成 20 年度

[実験 1] まず単純構造の協調作業課題を与える。前述の周辺視の向上と自由な移動が可能という 2 つの利点に着目し、ローカル及び遠隔にいる被験者の座席を固定し物体共有のない会話コミュニケーションを主体とする課題を与える（例：砂漠生き残り問題）。

t-Room を介して 2 地点に 2 名ずつ置き 3 通りの座席配置をとらせる。周辺視、運動視差、視線一致の影響を受ける各被験者間での会話パターン、体躯の志向などの観察と、親密度、信頼度、一体感等のアンケート評価を通じて、実対面環境と比較して対称性のある遠隔協調作業空間が遠隔地にいるグループとの心理的な壁をどの程度緩和したかを調べる。

・平成 21 年度

[実験 2] 実験 1 と対照的に、ローカル及び遠隔にいる被験者が物体を共有し、動き回る必要があるような課題を与える。申請時点では遠隔医療を意識し、魚やカエルの解剖をして観察結果を 1 枚の紙にまとめるという課題を予定していた。これは、2 人の生徒を京阪奈に配置し、1 人は魚をもう 1 人はカエルを解剖し、1 人の先生を厚木に配置し解剖手順や方法を教示させる。課題後半で観察結果を 1 枚の紙にまとめるので、前半と異なる身体配置が自然に発生するものである。本実験では、

遠隔協調作業がさらに人や物の移動、運動視差、オクルージョンの影響を受ける。ローカルおよび遠隔にいる被験者が実対面環境と同様に適切な身体配置をとることができるかを調べ、また身体配置の意図をどの程度汲み取ることができるかを調べる。実際には、テーブルを用いた遠隔協調作業でよく題材として用いられる「実物を用いた遠隔作業指示 (mentoring collaborative physical task) を採用した。この課題は、専門家 (指示者) が遠隔地にいる初心者 (作業員) に指示を出すことによって目的を達成するというものである。本実験では、異なる専門知識を持つ 2 名の専門家が神奈川県、初心者 2 名が京都府にいる状況を想定し、合計 4 名で遠隔協調作業を実施するものとした。具体的な協調作業内容は「プラレールの組み立て」とした。実験では、指示者はプラレールの完成図を記憶し、記憶を頼りに作業員に指示を行うこととした。指示者と作業員 1 名ずつでペアを組み、ルール作成担当と情景部品配置担当に役割分担をした。プラレール部品は作業員のいる t-Room 内のテーブル上に過不足なく置いてあり、作業員だけが操作することができる。このように完成図の知識を持っている者と実物を操作する者とを分けることによって、遠隔地間で協力し合わなければ課題が遂行できない状況を作り出した

・平成 22 年度

[実験 3] 実験 1, 2 では、全面包囲型で対称性のある擬似 3 次元空間を用いて実験を実施するのに対し、実験 3 では人為的に対称性を拡張した作業空間をユーザに提供する。このとき、対称性を促進あるいは阻害する領域や作業空間と、遠隔協調作業に生じた支障との関係を調べる。課題は実験 2 と同じものを採用する。この協調作業を促進あるいは阻害する現象を利用して、映像を表示する各領域や一連の遠隔インタラクション過程における各部分活動やジェスチャ等の重要度を決定する。

4. 研究成果

平成 20 年度、t-Room では周辺視の向上と自由な移動が可能という 2 つの利点に着目し、ローカル及び遠隔にいる被験者の座席を固定し物体共有のない会話コミュニケーションを主体とする課題を与えた（砂漠生き残り問題）。t-Room を介して 2 地点に 2 名ずつ置き 2 通りの座席配置をとらせた（遠隔地の被験者が隣に座るパターンと、向かいに座るパターン）。周辺視、運動視差、視線一致の影響を受ける各被験者間での会話パターン、体躯の志向などの観察と、親密度、信頼度、一体感等のアンケート評価を通じて、実対面環境と比較して対称性のある遠隔協調作業空

間が遠隔地にいるグループとの心理的な壁をどの程度緩和したかを調べた。ディスプレイに等身大の相手像が表示されることで、体躯や顔がその像の方を向き、相手と活発なインタラクションを行うことが観察された。この現象は、インタラクションを行う相手とo-spaceが交差するようF-formationを構成することによると考えられる。

前年度の成果を受けて、対面協調作業においてテーブルの周囲を自由に移動しながらテーブル面上の作業領域を共有するような実験を実施した。t-Roomのような没入環境において、テーブル面に加えて遠隔ユーザの上半身映像も投影すべきか否かの明確な設計指針はほとんど見当たらない。従来研究の共通認識は、音声通信だけでも多種多様な情報伝達が可能であり、上半身映像は基本的にあまり付加価値を生んでいないというものであった。平成 21 年度は、テーブル面を共有して行う作業の利点である「多人数 (1 地点に複数ユーザが参加) による動きを伴う協調作業が可能」という点に注目し、上半身映像の有無がテーブル上の作業にどのような影響を与えるかを実験により調べた。実験データを分析した結果、上半身映像を投影した場合、ユーザ相互間で上半身映像が次の動作や作業への予測や準備に寄与し、作業効率が有意に向上した。

対面協調作業においてテーブルの周囲を自由に移動しながらテーブル面上の作業領域を共有することの有効性が示されたので、遠隔地間においても同様な環境を実現することが望まれる。しかし、遠隔ジェスチャは二次元映像として表示されるために見逃されやすい上、見えていたとしてもジェスチャ映像が実物や人の手などに隠れて見えなくなってしまう状況が頻発する。平成 22 年度では、このような不可視性に関する問題を緩和するための手法として、Remote Lag を提案した。Remote Lag とは、一瞬前の遠隔ジェスチャの映像を現在の映像に重ねて表示する手法を指す本研究では、Remote Lag の効果を検証するために、Remote Lag を表示した条件と表示しない条件における遠隔作業指示を比較する実験を実施した。実験データを分析した結果、ユーザが Remote Lag を用いることによって不可視の状態から遅延なく復帰できる場面が多数発見された。また、Remote Lag を表示させた条件では作業による質問や指示者の指示発話が減少するなどの効果が認められた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

①山下 直美, 梶 克彦, 葛岡 英明, 平田 圭二, 青柳 滋己, 遠隔ユーザのジェスチャの可視性を向上させる手法の提案と評価, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.52, No.1, pp.97-108 (2011).

②白井 良成, 青柳 滋己, 山下 直美, 平田 圭二, 円形テーブルを共有するテレビ会議システムの構築, 日本バーチャルリアリティ学会学会論文誌, 査読有, Vol.15, No.2, pp.135-138 (2010).

③山下 直美, 葛岡 英明, 平田 圭二, 青柳 滋己, 白井 良成, 梶 克彦, 原田 康徳, 身体の動きを伴う遠隔協調作業における上半身映像の効果, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.51, No.4, pp.1152-1162 (2010).

④山下 直美, 平田 圭二, 青柳 滋己, 葛岡 英明, 梶 克彦, 原田 康徳, 座席配置替えが遠隔ビデオコミュニケーションに及ぼす影響について, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.50, No.12, pp.3250-3260 (2009).

⑤Keiji Hirata, Yasunori Harada, Toshihiro Takada, Naomi Yamashita, Shigemi Aoyagi, Yoshinari Shirai, Katsuhiko Kaji, Junji Yamato, and Kenji Nakazawa, Basic Design of Video Communication System Enabling Users to Move Around in Shared Space, *IEICE Transactions*, 査読有, Vol.E92-C, No.11, 2009, pp.1387-1395.

[学会発表] (計 12 件)

①Paul Luff, Naomi Yamashita, Hideaki Kuzuoka, Christian Heath, Hands on Hitchcock: Embodied Reference to a Moving Scene, ACM Conference on Human-Computer Interaction (CHI'11), 2011/05 発表予定, Vancouver.

②Paul Luff, Marina Jirotko, Naomi Yamashita, Hideaki Kuzuoka, Grace de la Flor, Christian Heath, The quasi-naturalistic experiment: Assessing technologies to support embodied activities, Workshop on Embodied Interaction at CHI'11, 2011/05 発表予定, Vancouver.

③Naomi Yamashita, Katsuhiko Kaji, Hideaki Kuzuoka and Keiji Hirata, Improving Visibility of Remote Gestures in Distributed Tabletop Collaboration, ACM Conference on CSCW 2011, 2011/03, 杭州

④Katsuhiko Kaji, Naomi Yamashita and Keiji Hirata, A Method for Supporting Recognition of Remote Bodily Gestures, Video accepted in CSCW 2010, 2010/02, Savannah.

⑤Katsuhiko Kaji, Naomi Yamashita and Keiji Hirata, A Method for Supporting Recognition of Remote Gestures in a Video Communication System, In Proc. of ASIAGRAPH 2009, 2009/10, 東京.

⑥梶克彦, 平田圭二, 原田康徳, 白井良成, 大型ビデオコミュニケーションシステムとモバイル端末の接続手法, グループウェアとネットワークサービスワークショップ (GNWS 2009), 情報処理学会, pp.7-12, 2009/09, 軽井沢

⑦梶克彦, 山下直美, 平田圭二, ビデオコミュニケーションシステムにおいてジェスチャ認識を支援する映像効果の実装, 8th Forum on Information Technology (FIT2009), RM-011, IPSJ/IEICE-ISS, 2009/09, 東北工大

⑧Keiji Hirata, Yasunori Harada, Toshihiro Takada, Shigemi Aoyagi, Yoshinari Shirai, Naomi Yamashita, Katsuhiko Kaji, Junji Yamato, and Kenji Nakazawa, t-Room: Next Generation Video Communication System, In Proc. of World Telecommunications Congress 2008 (with IEEE Globecom 2008), 2008/12, New Orleans.

⑨Naomi Yamashita, Keiji Hirata, Shigemi Aoyagi, Hideaki Kuzuoka, and Yasunori Harada, Impact of Seating Positions on Group Video Communication, In Proc. of CSCW 2008, pp.177-186, 2008/11, San Diego.

⑩Keiji Hirata, Katsuhiko Kaji, Yasunori Harada, Naomi Yamashita, and Shigemi Aoyagi, t-Room: Remote Collaboration Apparatus Enhancing Spatio-Temporal Experiences, In Adjunct Electronic Proc. of CSCW 2008 Interactive Poster, 2008/11, San Diego.

⑪Katsuhiko Kaji and Keiji Hirata, Asynchronous Music Production in Life-sized Video Communication System t-Room, ISMIR 2008 Late-breaking session, 2008/09, Philadelphia.

⑫Keiji Hirata, Yasunori Harada, Toshihiro Takada, Naomi Yamashita, Shigemi Aoyagi, Yoshinari Shirai, Katsuhiko Kaji, Junji Yamato, and Kenji Nakazawa, Video Communication System Supporting Spatial Cues of Mobile Users, In Proc. of CollabTech 2008, IPSJ, pp.122-127, 2008/08, 和歌山.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

[その他]

①ホームページ, 未来の電話 t-Room, <http://www.mirainodenwa.com>

②平田 圭二, 高田 敏弘, 超臨場感を達成するための同室感というアプローチ, 電子情報通信学会誌, Vol.93, No.5, pp.410-414 (2010).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平田 圭二 (HIRATA KEIJI)

日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所 メディア情報研究部 主幹研究員

研究者番号 : 30396121

(2) 研究分担者

葛岡 英明 (KUZUOKA HIDEAKI)

筑波大学システム情報工学研究科

研究者番号 : 10241796

山下 直美 (Yamashita Naomi)

日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所 メディア情報研究部 研究員

研究者番号 : 70396141

以上