

遠隔買い物支援における複数視点と音声の位置

小松 由和^{1,a)} 山崎 晶子² 山崎 敬一¹ 池田 佳子³
歌田 夢香¹ 久野 義徳¹ 小林 貴訓¹ 福田 悠人¹

受付日 2018年2月20日, 採録日 2018年10月2日

概要: 遠隔作業支援システムにおいては周囲の人々の身体行為を把握することができる文脈提供視点の有効性が指摘されてきた。しかし、空間の移動をともなう遠隔作業支援においては、頻繁な身体や作業空間の移動がともなうこと、作業場面にいる人々やモノによる遮蔽があることによって、適切な文脈提供視点を自然に（作業者に余計な負担を与えずに）提供することは困難である。本論文では、大学にある購買部での実験により、全天球カメラとスマートフォンを用いて、どのようなシステムが、移動をともなう遠隔作業システムにおいて適切な文脈提供視点を自然に与えられるかをエスノメソドロジーの手法で検証した。検証の過程で、音声の位置が、人間の行動形成に大きく関わっていると考えられたので、その知見を取り入れた実験を行った。この結果から、移動をともなう遠隔作業支援においても、文脈提供視点を適切に与えることの有効性と、音声の位置が人間の行動形成に関わることが示された。

キーワード: 遠隔作業支援, エスノメソドロジー, 複数視点, 文脈提供視点, 音声チャンネル

Multiple Viewpoints and Sound Resources in Assisted Shopping under a Mobile Environment

YOSHIKAZU KOMATSU^{1,a)} AKIKO YAMAZAKI² KEIICHI YAMAZAKI¹ KEIKO IKEDA³
YUMEKA UTADA¹ YOSHINORI KUNO¹ YOSHINORI KOBAYASHI¹ HISATO FUKUDA¹

Received: February 20, 2018, Accepted: October 2, 2018

Abstract: It has been suggested in the previous studies that for activities supported by a mobile controlling system, the establishment of contextual viewpoints to project human participants' bodily behaviors in the present context is highly effective. However, when the mobile control involves spatial mobility in addition to simple assistance of the human participants, such an establishment of viewpoints become extremely complex and difficult due to high frequent changes of bodily movements and changes of spatial dynamics. This paper reports an experiment done at a co-op shop in a university, in which the subjects used an omni-directional camera and a mobile phone to remotely assist the shopping. We have investigated by applying ethnomethodological analysis what kind of system would provide a naturally emerging contextual viewpoints most suited for the activity. In the investigation process, we discovered that positioning of the sound sources seems to influence human participants' next actions. We then applied the findings into our experiment. We found out that establishment of contextual viewpoints plays a critical function in a highly mobile situation, and that the positioning of sound sources also determines next action.

Keywords: remote collaboration, ethnomethodology, multiple perspective, in context view, sound sources channel

¹ 埼玉大学
Saitama University, Saitama 338–8570, Japan

² 東京工科大学
Tokyo University of Technology, Hachioji, Tokyo 192–0982, Japan

³ 関西大学
Kansai University, Suita, Osaka 564–8680, Japan

a) yoshikazu.127.komatsu@gmail.com

1. はじめに

ロボットやコンピュータを用いた社会支援の取り組みや、支援を目的としたシステム開発の研究が行われている。その中に、CSCW (Computer supports cooperative work) という研究がある。CSCW は、コンピュータ支援による

人々の共同作業の社会学的研究や、人とコンピュータとのインタラクションの研究を行う領域となっており、グループにおける問題解決やコミュニケーションをコンピュータによって支援する。CSCWの研究領域において主眼となっているのは、コンピュータと通信技術を利用して協調的な作業をどのように支援できるかということや、人がコンピュータをどのように利用して目標とした作業を達成するかということである。そして、CSCWの研究の中に遠隔作業支援という分野がある。遠隔作業支援とは、作業を行っている現場と離れた場所にいる遠隔地を結んでコミュニケーションを行うものである。専門的な知識が必要な現場で遠隔地から専門家が指示を行い、その作業を支援するといった利用法や、身体的に移動が困難な人々と遠隔地にいる家族や縁のある場所をつないだ社会的支援を行うことも可能である。

本論文では、遠隔作業支援システムにおける視点について考察する。過去の室内空間などの固定された空間での遠隔作業支援システムの研究では、作業者の手を映す作業視点のほかに、室内全体の様子を映している文脈提供視点を利用することが遠隔で行う作業やコミュニケーションにとって有効な手段であることが明らかにされている。そこで本研究では、室内などの固定された空間ではなく、空間の移動をともなう購買場面に対する遠隔作業支援システムにおいてもどのような文脈提供視点を実装できるかをエスノメソドロジーを用いた作業者の行動から分析する。

本論文の2章では、エスノメソドロジーとその知見、作業視点および文脈提供視点を備えた既存の遠隔作業システムについて取り上げる。3章では、作業視点のみを用いた実験について触れる。4章では、作業視点に加えて全天球カメラを用いて文脈提供視点を実装したシステムを提案し、音声の位置を変更した2つの実験を分析する。5章では、論文の総括を行う。

2. 関連研究

2.1 エスノメソドロジー

本研究では、エスノメソドロジーの方法を用いて分析した。Garfinkelは、人々(ethno)が相互行為を組織化する方法論(methodology)に着目し、人々はそれぞれの活動や知識、理解を提示しあうと述べた[1]。Goodwinは発話に加えてジェスチャなどの身体的行為や身体配置やモノや環境なども相互行為の資源となることを明らかにし、ジェスチャは「これ」などの言葉、参照するモノ、そしてそれが置かれた環境と結び付いて(environmentally coupled gesture)おり、それを他の参加者が「見て」さらに「理解」したときに相互行為において有効になると述べた[2]。Goodwinは、作業指示場面において指示対象に対して、参加者たちの身体が自然に適切な位置に配置されることを述べた[3]。また、Kendonは、共同作業においては個々の参加者がそ

れぞれの作業領域を重ね合わせる空間(O空間)が生じ、その空間を可能にする身体配置をF-フォーメーションと呼んだ[4]。

2.2 遠隔作業支援システムにおける作業視点と文脈提供視点

日常の対面的相互行為と同様に、Gaverらは遠隔作業支援システムにおいても、遠隔側は作業側がどのような作業をしているかをとらえる作業視点だけではなく作業環境をとらえる文脈提供視点が必要であることを複数のビデオカメラとディスプレイを用いたMTV(multiple target video)実験で指摘した[5]。Kuzuokaらは、作業側の環境と遠隔側の環境においてそれぞれ好まれる機能が異なることを二重の環境(Dual Ecologies)としてとらえた[6]。しかし、移動作業をともなう遠隔作業においては、作業側の人々やモノによって作業者や作業対象が遮蔽され、文脈提供視点を十分に利用できないという問題が生まれる。この問題を解決するためにKuzuokaらやYamazakiらは遠隔操作の移動ロボット(GestureMan)[7]や移動カメラ(GestureLaserCar)[8]を用いて指示を行うというシステムを提案した。しかし遠隔操作ロボットや移動カメラでは遠隔指示者がロボットや移動カメラを移動させて指示を行いながら遮蔽を避ける必要があるため、その操作のために遠隔指示者に負担をかけるという問題がある。またKashiwabaraらは作業者自身にウェアラブルロボットシステム(肩乗りロボットTEROOS)を装着することで、遠隔側に負担をかけることなく作業視点と文脈提供視点を提供するシステムを提案した[9],[10]。しかし、作業者の身体に装着するシステムでは、作業者に遠隔からの指示に従うために身体をひねるなどの身体的負担が生まれる。また、Kasaharaらは作業視点と文脈提供視点をスムーズに移行するJackInという3次元プロジェクション環境と3Dグラスなどを用いたシステムを開発した[11]。しかし、システムが大がかりであり店舗などの実環境に使うのは難しい。そこで、我々は、作業の文脈提供視点を適切に提供するだけでなく、移動しながら活動することが可能であり、遠隔側の指示者と作業者たちの双方に負担をかけない遠隔作業支援システムを目指した。

3. 作業視点のみを用いた予備実験

本実験の前に作業視点のみでの空間移動をする遠隔作業支援システムを用いて購買場面における予備実験を行った。予備実験は、2017年1月21日に、遠隔側は茅ヶ崎市の浜之郷自治会館に作業側は茅ヶ崎ショッピングセンターで買い物を行った。病気や高齢のため歩行が困難になった高齢者がなじみ深いショッピングセンターに家族に行ってもらい、一緒に買い物する実験を行った。作業側は家族に加えて作業視点カメラ(図3のスタビライザ付きスマート



図 2 システム利用時の現地側 (左) と遠隔側 (右)

Fig. 2 System overview.

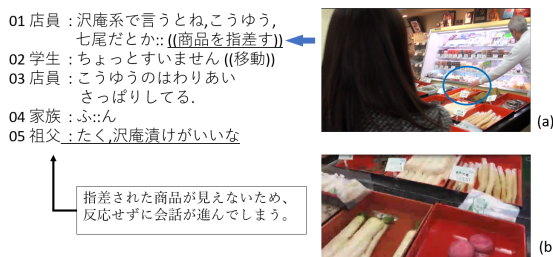


図 1 指差しによる指示が伝達されないケース

(左) その時点でのトランスクリプト、(a) 観察カメラの映像 (指差しにより商品を示す)、(b) 作業視点カメラの映像 (指差しが映らない)

Fig. 1 An example that the instructions by pointing are not transmitted.

フォン) を操作する男子学生が買い物に同行した。1 組目は遠隔側は 80 歳代の母、作業側は 60 歳代の娘、2 組目は遠隔側は 80 歳代の祖父、作業側は 30 歳代の孫の妻が参加者であった。

この 2 組目の実験で図 1 で示すように作業側で指差しで指示された商品に対して、遠隔側は作業視点カメラでは映っていないので、有効な指示を与えられなかったというケースがあった。それによって明らかになったことは、空間を移動する遠隔作業支援システムにおいては作業視点のみでは、作業側の人が行う指差しを映し出すことが難しくなり、それによって遠隔側の指さされた商品の選択や、それに対する指示ができなくなる場合があることが分かった。反対に指差しが正しく作業視点カメラに映し出された場合には、遠隔側は指さされた対象に対して何らかの反応を返していた。このように遠隔作業指示においても、指差しが見えることと文脈提供視点の必要性を確認した。

4. 複数視点を用いた実験

予備実験を受けて、作業視点だけでなく全天球カメラを用いて文脈視点を提供するシステムを用いた実験を行った。この本実験では、大学生を被験者として大学の購買部

全天球カメラ (文脈提供視点カメラ)



図 3 作業側の映像配信装置

Fig. 3 System devices for remote communication in workplace.

で買い物を行ってもらう実験を音声の位置を変えて 2 種類行った。次の節では実験で用いたシステムについて説明する。本実験では音声の位置以外は同一のシステムを用いて行った。

4.1 実験に用いた遠隔通話システム

実験に用いた遠隔通話システムでは図 2 のように、作業側から遠隔側に対して作業視点と文脈提供視点の 2 種類の視点の映像を配信する。それぞれの視点の映像の撮影に用いた機材を図 3 に示す。

作業視点の映像はスマートフォンの背面カメラによって撮影され、Skype を介して送信される。本実験では iPhone を用いた。手振れや移動にともなう映像の揺れを防ぐため、スマートフォンはスタビライザ (DJI Osmo Mobile) に装着されている (図 3 左)。作業側の利用者はこのスマートフォンのカメラを通じて、自身の見ている方向や注目している対象を伝えることができる。また、文脈提供視点の映像は買い物カートの手すりから上部に延長した場所に取り付けられた全天球カメラ (RICOH Theta) によって撮影される。全天球カメラは買い物カートに収納された PC に

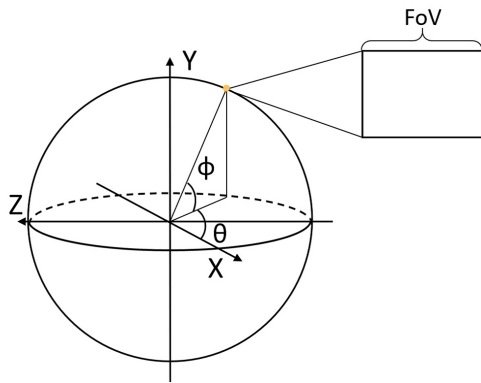


図 4 全天球映像の視点指定方法

Fig. 4 Viewpoint image selection from a spherical video.

接続され、WebRTC API を用いて文脈提供視点映像が遠隔側へ送信される。

遠隔側では、複数の視点の切替えによって作業の連続性が失われることを防ぐため、2 台のディスプレイで作業視点と文脈提供視点の映像を表示している (図 2 遠隔側)。文脈提供視点映像では、全天球カメラによって撮影される 360° 全方位の映像の一部を切り出したものが表示される。この映像の切り出す方向や画角は、手元にあるコントローラによって操作することができる。水平方向の画角は標準で 50° に設定してあり、30° から 120° の範囲で変更することが可能である。

作業側の全天球カメラによって撮影される映像は球体表面上にマッピングされる。その球体の中心に置かれた透視投影カメラによって切り出される映像 (図 4) が遠隔側の利用する文脈提供視点映像としてディスプレイに表示される。

なお、作業側と遠隔側の対話には Skype を通じた音声通話を利用する。遠隔側では 2 台のディスプレイの前に置かれたマイクスピーカを利用した。作業側では作業視点カメラとして用いるスマートフォンの音声入出力を行う構成と、文脈提供視点カメラとして用いる買い物カートに取り付けたマイクスピーカデバイス (YAMAHA YVC300) を音声入出力に用いる構成を設計した。

4.2 実験 1

4.2.1 実験概要

1 回目の実験は 2017 年 7 月 20 日に埼玉大学構内で行われた。購買を行う作業側は、埼玉大学生協書籍購買部を利用した。遠隔側は、同大学内の教室で行われた。実験参加者は、埼玉大学の学生の男性 12 人である。関連研究や予備実験から周囲の身体行為が遠隔側で確認できるような視点が有効なのではないかと考えられたため、4.1 節で述べたように全天球カメラである文脈提供視点カメラを取り付けた買い物カートを導入した実験を行った。実験は、作業側 2 人、遠隔側 2 人の 4 人 1 組で行い、計 3 組行った。実験環境は、作業側では、作業視点である作業視点カメラを

1 人に持ってもらい、文脈提供視点カメラを取り付けた買い物カートをもう 1 人に押ししてもらっていた。遠隔との通信は、作業視点カメラに取り付けられている iPhone から Skype を通して、遠隔側に設置してある PC をつないでいる。文脈提供視点カメラは、ブラウザを通して PC から確認できるようになっている。文脈提供視点カメラは 360° 全周囲を見ることが可能だが、実際に遠隔側に届けられる映像は 360° の一部を切り取ったものである (図 4)。実験設定として、500 円以内という金額制限を設けて文房具を自由に購入してもらった。そして、音声の出力位置を実験 1 では作業視点カメラとした。また、観察用のビデオカメラによって実験全体の様子を撮影した。

4.2.2 分析

撮影したビデオ映像に基づいて購買活動の分析を行った。今回の研究では作業側が購入する商品を決め、実際に買い物かごに入れるまでを 1 つの購買場面と考え、その場면을分析した。商品を決めないまま移動したり、商品の置いてある棚の位置を探したり、商品を決めるのに迷って最終的に買わなかったりした場面は、買い物カートや作業側が絶えず動き回っており、作業側同士の位置関係が固定されていなかったため除外した。実験 1 では 3 組実験を行った。実験を開始してからレジに行くまでの時間はそれぞれ、1 組目 210 秒、2 組目 352 秒、3 組目 626 秒であった。その平均時間は 396 秒であった。各組が購入する商品を決め、買い物かごに入れた回数はそれぞれ 3 回、1 回、5 回の合計 9 回であった。

ここで分析の対象にするのは、1 組目の作業側男性 2 人、遠隔側男性 2 人のケースである。作業側で買い物カートを押している男性を WM1、作業視点カメラを持っている男性を WM2 とし、遠隔側では、何も持っていない男性を RM1、文脈提供視点カメラのコントローラを持っている男性を RM2 としている。場面は、遠隔側の「赤ペンを欲しい」という発話を受けて、作業側が、ボールペン売り場へと身体を移動させている場面である (図 5)。

作業側では、作業視点カメラを操作している WM2 はトランスクリプト 1 の 01 行目において、「赤ペンを欲しい」という発話を受けてボールペン売場の方へ移動した。その際に文脈提供視点カメラの画面を遮るような位置に移動をしてしまう。さらに、カートを押していた WM1 も WM2 が移動した方へ移動をするが、そのときに買い物カートから手を離し、放置するような状態になっていることが分かる。遠隔側では、実験開始から RM2 はコントローラを操作し、文脈提供視点カメラの画面を見ていたが、02 行目の「どういう赤ペン」という発話とともに、RM2 が文脈提供視点カメラの画面を遮るような身体配置をしたため、文脈提供視点カメラの画面からは、何をしているのかがよく分からない状態になってしまった (図 6)。そのため、RM2 は 07 行目でコントローラから手を離し、作業視点カ

01 RM1 :赤ペンが欲しい	
02 WM2 :どういふ赤ペン いや ちょっとカメラの操作[が	
03 RM2 :	[500円以上の
04 RM1 :huh 500円以上 huh	
05 WM2 :こんなものがありますが::	
06 WM1 :細いやつがいい?	
07 RM2 :((コントローラから手を離す))	
08 WM2 :マッキーとかじゃなくて::ボールペン?	
09 RM1 :ボールペン	

発話は01から09の順番で生じている

トランスクリプトで使用する記号

. 下降調の音調

? 上昇調の音調

huh 笑いなど

[発話の重なりが始まる箇所

(()) 行動

:: 発話を伸ばしている部分

図 5 実験 1 でのトランスクリプト 1

Fig. 5 Transcript 1 in experiment 1.



図 6 トランスクリプト 1 の 02 での観察カメラから撮影した作業者の身体配置 (左図), 同じ時点での文脈提供視点映像 (右図).

Fig. 6 Participants' body arrangement in 02 of transcript 1 (left) and the image from context view camera (right).

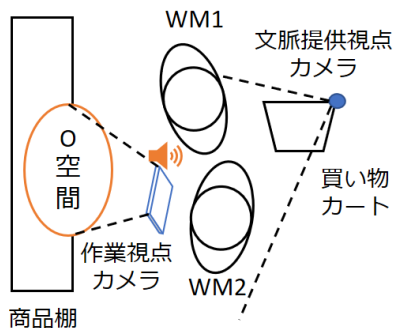


図 7 作業視点カメラ, 文脈提供視点カメラおよび作業者の身体配置の模式図 (実験 1)

Fig. 7 Figure of body arrangements in experiment 1.

メラの画面を注視するようになった。

このような問題が起きたのは、図 7 の模式図で示すように買い物カートが作業側の行動の枠組みから外れてしまったことが原因だと考えられる。話題の中心がボールペンになった際に、ボールペンが陳列されている商品棚と WM1 との間に作業領域 (O 空間) が形成された。作業領域とは、人が対象物を取り扱うための空間である。そして、複数の人間がともに活動をしようとするときには作業領域を重ね合わせる O 空間という共同作業空間を作り、そのための身体配置である F-Formation を形成する。この場面を見ると WM2 がボールペン売場へと移動した後、商品棚と WM2

の間に O 空間が形成されており、遠隔側の視点の 1 つである作業視点カメラも WM2 が手で持っているため、その空間に参加していることになる。WM2 は、02 行目の RM1 の「赤ペンが欲しい」という話題を受けて、ボールペンが陳列されている商品棚に意識を向け、そこで商品を選び始めた (05 行目)。そこで WM2 と遠隔側で O 空間が形成されると買い物カートを押していた WM1 も「その細いやつがいい」と言ってその会話に参加し、買い物カートから手を離しはじめ商品棚の方に身体を向けた (図 6 左)。WM1 の手が離れたことにより、買い物カートは行動の枠組みから外れてしまった。買い物カートが行動の枠組みから外れてしまうことによって、作業者は遠隔側が見ているにもかかわらず、その視点を妨げるような身体配置をしてしまったと考えられる (図 6 右)。この問題は、この購買ケースだけで見られた問題ではなく、他のケースでも観察された。

購買 9 回中 7 回は図 5 のケースと同様に作業者の身体的志向と商品が作業者の身体によって遮蔽されてしまった。また、その 7 回のうち 4 回は作業者が買い物カートから手を放し、文脈提供視点カメラが放置された状態になっていた。遠隔側では身体による遮蔽が起こった 7 回すべてで文脈提供視点映像の使用を放棄してしまい、作業視点映像のみを最終的に使用していた。また、その 7 回中 2 回は文脈提供視点映像を操作するコントローラから手を放してしまった。文脈提供視点カメラで商品と作業者の両方を見ることができる位置に置かれていたのは 9 回中 2 回であった。その場合では遠隔側が文脈提供視点映像をずっと利用していた。また、そのうち 1 回は作業者が行った商品に対する指差しを確認するのに利用した。具体的には、商品と人の間に置かれたのが 1 回で、もう 1 回では人と並列にカートが置かれていた。

4.3 実験 2

4.3.1 実験概要

2 回目の実験は 2017 年 12 月 14 日に行われた。4.2 節で

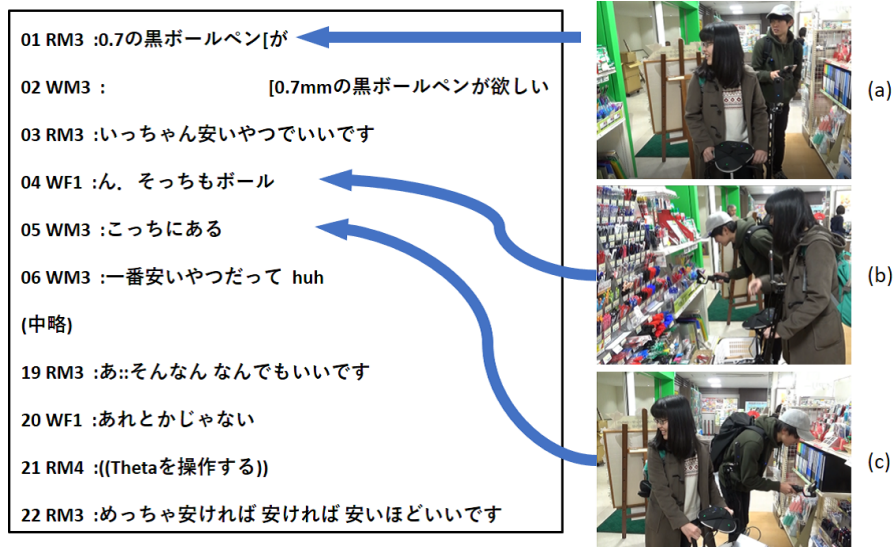


図 8 実験 2 でのトランスクリプト 2, 右図はそれぞれの行での作業者の様子

Fig. 8 Transcript 2 in experiment 2.

分析したように 9 回中 7 回買い物カートが共同作業空間に含められず、文脈提供視点カメラが作業者の身体によってさえぎられてしまうという問題が起こった。この問題に対して音声の出力位置を文脈提供視点カメラが取り付けられた買い物カートにするという設定に変え、本実験 2 を行った。この変更は、1 回目の実験では、作業視点カメラから音声を出力させたため、作業側では作業者 2 人ともが作業視点カメラに対して話しかけるような行動が見られたことから、音声の出力位置により、作業側の身体配置などが変わる可能性があるかと仮定したためである。そして、そのときに文脈提供視点カメラと作業者の身体および作業者の O 空間の配置がどのようになるかを分析した。実験 1 との比較をするため、音声の出力位置以外の変更は行っていない。音声の出力位置を変更するために買い物カートの把持部分にマイクスピーカを取り付けた (図 3 右)。音声は、iPhone とマイクスピーカを無線で接続させ、スピーカから出力した。実験は実験 1 と同様に作業側 2 人遠隔側 2 人の 4 人 1 組を計 4 組行った。参加者は、埼玉大学の学生の男性 8 人、女性 8 人である。実験 1 と同条件で、大学生協の書籍購買部に買い物に行くシナリオで、音声の出力位置を変えたシステムを用いて実験を行い、その様子を観察用のビデオカメラによって撮影した。

4.3.2 分析

撮影したビデオ映像に基づいて購買活動の分析を行った。2 回目の実験についても実験 1 と同様に、実際に買い物かごに入れるまでを 1 つの購買場面と考え、その場面を分析した。

実験 2 では 4 組実験を行った。実験を開始してからレジに行くまでの時間はそれぞれ、1 組目 398 秒、2 組目 370 秒、3 組目 423 秒、4 組目 318 秒であった。その平均時間は 377.25 秒であった。各組が購入する商品を決め、買い物

かごに入れた回数はそれぞれ 3 回、3 回、2 回、3 回の合計 11 回であった。

ここで詳細な分析の対象とするのは、4 組目の作業側男性 1 人、女性 1 人、遠隔側男性 2 人である。作業側で買い物カートを押している女性を WF1、作業視点カメラを持っている男性を WM3 とし、遠隔側では、何も持っていない男性を RM3、文脈提供視点カメラのコントローラを持っている男性を RM4 としている。場面は、遠隔側の「黒ボールペンが欲しい」という発話を受けて、作業側がボールペン売場へと身体を移動させている場面である (図 8)。

4.2.2 項での場面と同じように遠隔側のトランスクリプト 2 の 01 行目の「黒ボールペンが欲しい」という発話を受けて作業視点カメラを持っている WM3 はボールペンを探し始めた (図 8(a))。04 行目で買い物カートを押していた WF1 は、WM3 が見ていない方向にもボールペン売場があることを発見し、そのことを WM3 に伝える (図 8(b)) と WM3 は 05 行目で身体を WF1 と同じ方向に向けた (図 8(c))。WF1 は、通路に沿って買い物カートを押していたが、話題がボールペン売場へ変わった際に、買い物カートボールペン売場へと身体と一緒に向けている。遠隔側では、購買が始まった段階では、文脈提供視点カメラの画面は作業側の 2 人を映していた。文脈提供視点カメラのコントローラを操作していた RM4 は、文脈提供視点カメラ画面を操作してはがつねに作業側の 2 人の様子から大きく視点を変更することをしなかったが、20 行目で WF1 が「あれじゃない」という発話とともにボールペン売場の 1 か所を指さした際 (図 9 左図) に、RM4 は WF1 が指さしをしていた方向へと文脈提供視点カメラの画面を大きく移動させた (図 9 右図)。このときに同時に作業視点カメラも映っていたため、作業視点カメラが映していると思われる部分へとズームをしていた (図 9 右 (c))。



図 9 トランスクリプト 2 の 20 行目での観察カメラから撮影した作業者の身体配置 (左図), 同じ時点での文脈提供視点映像 (右図)
 Fig. 9 Participants' body arrangement in 20 of transcript 2 (left) and the image from context view camera (right).

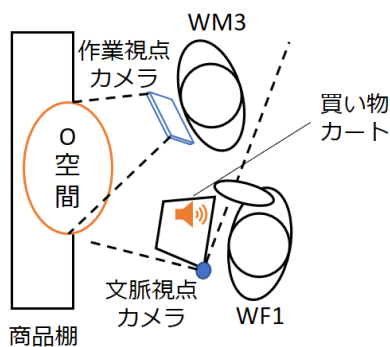


図 10 作業視点カメラ, 文脈提供視点カメラおよび作業者の身体配置の模式図 (実験 2)
 Fig. 10 Figure of body arrangements in experiment 2.

4.2.2 項の場合と比較すると, 作業者が買い物カートから手を離すことなく, 作業側において遠隔側との作業空間を共有するような O 空間が形成されていた (図 10). 買い物カートが WF1 の手から離されることがなかったため, 商品棚, WM3, WF1 との間に共同作業空間が形成された際にも行動の枠組みに含まれている. 文脈提供視点カメラの視界が確保されたことで, 遠隔側は, 共同作業空間が形成されても周囲の様子を詳細に把握することが可能になっている. WF1 が指さしを行ったときに, 作業視点映像にはその様子が映し出されていなかったが, 文脈提供視点映像では, その様子を映し出していたため, その行為に合わせ, RM4 は, 文脈提供視点カメラを操作した (図 9 (c)). 音声出力位置の変更によって, 作業側が遠隔側でも共同作業空間を観察できるような配置を自然に構成したといえる. 実際このような遠隔側で観察可能な仕方でも買い物カートから手を離すことなく文脈提供視点を行動の枠組みの中に入れ込むという場面は, 4 組のすべての買い物の場面で確認することができた. 全体的な分析では, 購買 11 回中 11 回すべてで買い物カートは文脈提供視点カメラで, 商品と作業側

の人の両方を見ることができている位置に置かれていた. ただし, 遠隔側では文脈提供視点映像をずっと使って買い物している回数は 11 回中 7 回であった. 残りの 4 回中 2 回は文脈提供視点カメラを利用しているが, 文脈提供視点カメラで対象と人を映さない時間と映せない時間があった. そのうちの 1 つは作業視点カメラを持っている人が映している対象と自分の間に文脈提供視点カメラが置かれるような配置をとったため, 文脈提供視点カメラから人と対象を同時に映せなくなり, 一時的に文脈提供視点としての機能を失った (1 組目 1 回目). もう 1 つは作業視点カメラを持っている人が急に文脈提供視点カメラの画角から移動し, 対象者の追跡が難しくなり, 文脈提供視点映像の操作をやめたためにその機能を失った場合である (2 組目の 1 回目). どちらも最終的には文脈提供視点映像で購買した商品を確認している. また, 文脈提供視点映像を利用せずに作業視点映像のみを利用していったケースも 2 回あった. このうち 1 ケースは文脈提供視点映像はズーム機能により, 商品のみを映しており, 文脈提供視点カメラとしては機能していなかった. 残りの 1 ケースは商品が商品棚の下部にあり, 初めの段階で文脈提供視点映像に商品が映っていなかった. どちらの場合でも買い物カート自体は文脈提供視点カメラとして機能する位置に置かれていた.

5. おわりに

実験 1, 実験 2 を通して, 購買場面のような空間を移動する遠隔作業支援システムにおいて, 周囲の様子を把握することができる文脈提供視点を適切に提供することが重要であると分かった. 実験 1 の事例から分かるように, 文脈提供視点カメラが存在していても, 作業者がその存在を意識していなければ文脈提供視点は適切に提供されない. 本研究では, 文脈提供視点を適切に提供するためには遠隔側の音声が出力される位置が重要な意味を持つことが分かった. 実験 2 の事例から分かるように, 音声を文脈提供視点カメラのある買い物カートから出力することによって作業者が自然に文脈提供視点カメラを作業領域の中に組み込み, 文脈提供視点を適切に提供することが可能になっている. また, 作業者が自然に (余計な作業負担を負わずに) 自らの身体や道具を配置し組織できるシステムの重要性も本研究から確認した.

ただし, 今回の研究には問題点もある. それは, 遠隔側がどの視点を見ているかを作業側が把握することができないという問題がある. 関連研究で取り上げた Gaver らの MTV システムでは, 複数視点を 1 つのモニターで切り替えられるようにした場合に, 切替え作業が原因で作業自体の連続性が失われるという問題があったため, 本研究では, 作業自体の連続性を失わせないために 2 つの視点に対して, 2 つのモニターを遠隔側に設置したが, そのことにより, 作業の連続性は失われなかったが, 作業側は, 遠隔側がどの

視点を見ているのかを把握することができないという問題が発生した。この問題により、作業側が見せたい対象を紹介した際に、遠隔側が見ていないということが起こった。さらに、文脈提供視点カメラの画面は360°自由に見渡すことができるので、作業側は、遠隔側が文脈提供視点カメラをどの方向に映しているのかを把握することもできなかった。本実験ではないが、別の文脈提供視点カメラを用いた購買実験の際に、作業側が文脈提供視点カメラに向けて商品を紹介するという場面があった。その際に、遠隔側の2人のうちの1人は、作業視点カメラ画面を注視していたため、話の内容を理解することができていなかった。このとき、遠隔側のもう1人は文脈提供視点カメラ画面でその場面を見ていたため、理解できていなかった人物に指摘することで、その話題について理解することができていた。この場面では、文脈提供視点カメラの画面が作業側の行動を映し出していたため、トラブルにはならなかったが、映し出されていなかった場合、遠隔側では、その行動について気づかない可能性がある。

実験でも見られたように音声の出力される位置が、人間の行動形成に大きく関わっている。また音声の出力位置によって作業側が自らの身体や道具を自然に配置していることが分かった。こうした作業側に余計な負担を与えずに自然に作業側自身が身体や道具を組織するシステムを考えることは、遠隔作業システムだけでなく他のテクノロジーを用いた人間支援のシステムを考えるときに重要であると思われる。本論文では買い物の場면을対象として実験・考察を行ったが、空間の移動をとまなう遠隔作業支援は、購買だけが対象ではなく、観光などの街歩き、美術館や博物館での鑑賞行為も空間の移動をとまなう遠隔作業支援といえる。そういった購買とは違うフィールドで行われている研究や、人と協調してタスクを達成するようなロボットやシステムの開発に、今回得られた知見は役立つと考える。

今後、作業視点カメラと買い物カートからの音声を遠隔側が注目している映像によって切り替えられるようなシステムを用いて実験を行い、作業側の身体配置にどのように作用するかを調査していきたいと考えている。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP26240038, 大川情報通信基金の助成を受けたものです。また、本研究に際しご協力いただいた富士ゼロックス服部宏行様、田丸恵理子先生、茅ヶ崎ショッピングセンター様、津田糸店様に謹んで感謝の意を表します。

参考文献

[1] Garfinkel, H.: *Studies in ethnomethodology*, Prentice Hall, NJ (1967).
 [2] Goodwin, C.: Environmentally coupled gestures, *Gesture and the Dynamic Dimension of Language*, Duncan, S.D. et al. (Eds.), John Benjamins, Amsterdam, pp.195–212 (2007).

[3] Goodwin, C.: Professional Vision, *American Anthropologist*, Vol.96, pp.606–633 (1994).
 [4] Kendon, A.: Spatial organization in social encounters: The F-formation system, *Conducting Interaction: Patterns of Behavior in Focused Encounters*, Vol.17, No.3, pp.525–535 (1999).
 [5] Gaver, W.W., Sellen, A., Heath, C. and Luff, P.: One is not enough: Multiple views in a media space, *Proc. INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.335–341 (1993).
 [6] Kuzuoka, H., Yamazaki, K., Yamazaki, A., Kosaka, J.I., Suga, Y. and Heath, C.: Dual ecologies of robot as communication media: Thoughts on coordinating orientations and projectability, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.183–190 (2004).
 [7] Kuzuoka, H., Oyama, S., Yamazaki, K., Suzuki, K. and Mitsuishi, M.: GestureMan: A mobile robot that embodies a remote instructor's actions, *Proc. 2000 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp.155–162 (2000).
 [8] Yamazaki, K., Yamazaki, A., Kuzuoka, H., Oyama, S., Kato, H., Suzuki, H. and Miki, H.: Gesturelaser and gesturelaser car, *ECSCW '99*, Springer, Dordrecht, pp.239–258 (1999).
 [9] 柏原忠和, 大澤博隆, 篠沢一彦, 今井倫太: ウェアラブルアバター TEROOS を用いたフィールドテストとその分析, 情報処理学会 (2004).
 [10] Kashiwabara, T., Osawa, H., Shinozawa, K. and Imai, M.: TEROOS: A wearable avatar to enhance joint activities, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.2001–2004 (2012).
 [11] Kasahara, S. and Rekimoto, J.: JackIn: Integrating first-person view with out-of-body vision generation for human-human augmentation, *Proc. 5th Augmented Human International Conference*, Article 46 (2004).



小松 由和

2018 年埼玉大学大学院人文社会科学
 研究科博士前期課程修了。



山崎 晶子

東京都立大学大学院修士課程修了。
 2000 年より公立はこだて未来大学情報システム科学部講師, 2006 年助教授, 2007 年准教授, 2008 年 4 月より東京工科大学メディア学部准教授。専門は社会学, 相互行為分析, ヒューマン

インタラクション, ヒューマンコンピュータインタラクション。ACM 会員。



山崎 敬一

埼玉大学教養学部教授。専門は社会学，エスノメソドロジー，会話分析，CSCW，CHI，ロボット・ヒューマンインタラクション。主な著書として『モバイルコミュニケーション』（編著，大修館，2006年），『社会理論としてのエスノメソドロジー』（ハーベスト社，2004年）。博士（文学）。ACM 会員。



池田 佳子

関西大学国際部教授。グローバル教育イノベーション推進センター（Institute for Innovative Global Education）副機構長。ハワイ大学マノア校で Ph.D. (Linguistics)。専門は会話分析・コミュニケーション学・国際教育。



歌田 夢香

2018年埼玉大学工学部情報システム工学科卒業。現在，同大学大学院理工学研究科博士前期課程在学中。電子情報通信学会学生会員。



久野 義徳 （正会員）

1977年東京大学工学部電気工学科卒業。1982年同大学大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。同年（株）東芝入社。1987～1988年カーネギーメロン大学計算機科学科客員研究員。1993年大阪大学工学部電子制御機械工学科助教授。2000年より埼玉大学工学部情報システム工学科教授。現在，埼玉大学大学院理工学研究科教授。コンピュータビジョン，知能ロボット，ヒューマンインタフェースの研究に従事。電子情報通信学会，日本ロボット学会，計測自動制御学会，人工知能学会，電気学会，日本機械学会，画像電子学会，IEEE，ACM 各会員。本会シニア会員。



小林 貴訓 （正会員）

2000年電気通信大学大学院情報システム学研究科修士課程修了。2000～2004年三菱電機（株）設計システム技術センターで，ソフトウェア生産技術の開発に従事。2007年東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程修了。博士（情報理工学）。現在，埼玉大学大学院理工学研究科准教授。コンピュータビジョン，ヒューマン・コンピュータ・インタラクションに関する研究に従事。電子情報通信学会，日本ロボット学会，IEEE，ACM 各会員。



福田 悠人

2012年埼玉大学大学院理工学研究科博士前期課程修了。2015年同大学院同研究科博士後期課程修了。博士（工学）。2015年日本学術振興会特別研究員。2016年より埼玉大学大学院理工学研究科助教。コンピュータビジョン，ヒューマン・コンピュータ・インタラクションに関する研究に従事。映像情報メディア学会，ACM 各会員。