

遠隔インタラクションにおける3D映像の効果について

馬田 一郎 鈴木 紀子 安藤 広志 井ノ上 直巳
NICT ユニバーサルメディア研究センター / ATR 認知情報科学研究所

Abstract

A preliminary study is done to examine if the 3D images of an interaction partner contribute to immersive interaction in remote communication. The results suggest that the existence of a partner's 3D images may serve to draw user's lively interaction with non-verbal behaviors and enhance the affective aspects of remote communication.

Keywords: Mediated communication; 3D images; invisible barrier; interactive behavior; affective contents

はじめに

遠隔コミュニケーションにおける緊密なインタラクションの実現を目的として、対話相手の3D映像を提示した場合の効果について、対話課題を分析し予備検討を行なう。

既に1970年代において、2Dビデオ映像を用いた遠隔インタラクションの研究が行なわれていた。一般に、音声のみの対話と相手の2D映像つき対話では、共同作業における課題達成については差が見られないものの(Williams, 1975), (Williams, 1977), 対立的要因を含む課題においては差がみられることが報告されてきた。

Wichmanは囚人のジレンマ状況で、コミュニケーションなし/音声のみ/2Dビデオのみ/音声と2Dビデオ、の各条件で協調的反応の発生率を比較した。その結果、音声と2Dビデオ条件においては他条件より有意に多い協調がみられたと報告している(Wichman, 1970)。Shortは交渉課題で分析を行ない、音声と2Dビデオ条件でのパフォーマンスは、音声のみ条件よりも直接対面対話条件に近いことを示している(Short, 1974)。これらの結果から、2Dビデオ情報は、メッセージの感情的内容を増幅することにより、社会的側面が重要となるインタラクションに影響をおよぼすことが示唆されている(Whittaker, 2002)。

しかしながら、2D映像付き遠隔コミュニケーションでは、直接対面の場合に比べてインタラクションが平坦になったり、あるいはグループのインタラクションが遠隔地間で分断されるといった現象も報告されている(Strickland, Guild, Barefoot, & Paterson, 1978), (Williams, 1975)。また、Heathらは、2Dビデオ映像つき遠隔対話では、視線やジェスチャーのもつ相互行為的な効力が失われ、コミュニケーション的な非対称性が生じると報告している(Heath & Luff, 1991), (Heath & Luff, 1992)¹。これらの結果から、2D映像の提示だけでは遠隔インタラクションにおける「見えない壁」とでも呼ぶべき障害が克服されていないことも示唆されている。

¹Heathらは、このようなコミュニケーションの非対称性が新しい形の社会的関係を生み出すのに貢献する可能性についても議論している。

一方で、近年では映像技術の発展と共に仮想世界の“presence”に関する研究が進んでいる。映像の品質やリフレッシュレートおよび画角により仮想世界への没入感が影響されることや(Barfield & Hendrix, 1995) (Duh, Lin, Kenyon, Parker, & Furness, 2002), 3D映像が仮想世界への没入感に貢献する可能性が示されている(Ijsselstein, Ridder, Freeman, Avons, & Bouwhuis, 2001)。

こうした背景に基づき、本研究では対話相手の3D映像の提示が遠隔インタラクションの「見えない壁」の軽減に有効であるかどうかを検証する。具体的には、a) 遠隔2D映像コミュニケーション; b) 遠隔3D映像コミュニケーション; c) 直接対面コミュニケーション、の3条件で家電製品の説明課題を行ない、インタラクション行動分析および印象評定の分析を行なう。

実験手法

課題デザイン: 家電製品説明課題

対面/遠隔2D映像コミュニケーション/遠隔3D映像コミュニケーションの3条件で家電製品の説明課題を行なってもらった。実験協力者であるプロの説明員が顧客役の参加者に対して説明を行ない、各説明セッションでは類似した機能と形状を持つ3種類のハンディマッサーのうちの1台が用いられた。提示される情報の均質性を保つため、各製品毎にスクリプトが用意された。



Figure 1: 実験に使用されたマッサー (CDRはサイズ参照用)

顧客役の参加者は、実験前に課題の説明を受けた。顧客は3条件すべてのセッションに参加し、各説明はおおよそ10分間おこなわれた。参加者は説明者に対して自由に質問してよいと教示された。各セッション後に顧客は質問紙に回答し、その後短い休憩をとった。実験条件および使用

製品の提示順序はランダムに配列され、使用製品には機能やサイズが似ているものが選定された。

Table 1: 実験スケジュール

課題説明	S(ession)	Q(uestionnaire)	S	Q	S	Q
	1	(および休憩) 1	2	2	3	3

実験状況

遠隔条件: 2D および 3D 条件 遠隔条件では参加者に対して 60 インチのスクリーンに 2 台のプロジェクタで説明者の上半身等身大 HD 映像が提示され、参加者は眼鏡型の偏光フィルタと位置検出用のマークがついた帽子を着用した。3D 条件では 2 台のプロジェクタからそれぞれ両眼にステレオカメラからの映像を投影し、2D 条件では 2 台のプロジェクタから両眼にステレオカメラの右側 1 台の映像を投影した。したがって、両条件の違いは、3D 条件では顧客に対して両眼像差情報が提示されるが 2D では提示されないという点のみであった。スクリーンまたは説明者との距離は、およそ 180cm であった。一方説明員には、50 インチのプラズマディスプレイに参加者の上半身 2D 映像が提示された。説明員は、顧客が 2D と 3D のどちらの条件に従事しているかは知らされずに説明を行った。

直接対面条件 顧客は説明員から同じ部屋で直接対面で製品説明を受けた。顧客は位置検出用マークつき帽子を着用したが、眼鏡型フィルタは着用しなかった。両者の距離はおよそ 180cm であった。

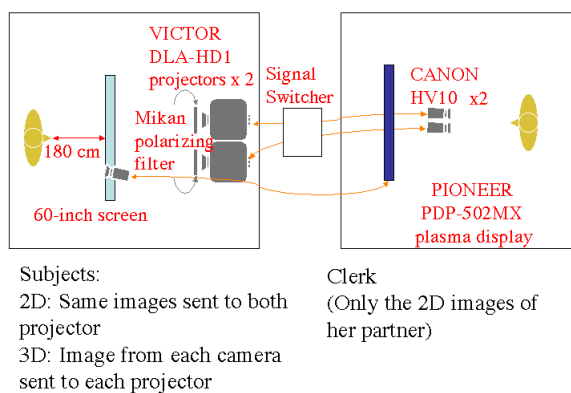


Figure 2: 2D および 3D 条件における機器設定

実験参加者

説明員 プロの説明員 (32 歳女性) が説明員役を担当した。説明セッションの内容を安定させるため、説明員は事前に



Figure 3: 2D および 3D 条件における実験状況: 顧客側



Figure 4: 2D および 3D 条件における実験状況: 説明員側

著者らと 1 日の訓練および練習セッションを行なった。

顧客 24 人の参加者 (男性 10 名, 女性 14 名, 21-35 歳) に、顧客となってもらった。本実験システム (両眼視差情報をもちいた 3D 映像提示方式) では提示映像を立体として知覚できなかった参加者 5 名 (男性 2 名, 女性 3 名) のデータについては、今回の分析では対象外とした。

分析 1: 身体動作の頻度比較

身体動作の判定

各セッションで、説明員は顧客に対して働きかける 2 種類のインタラクティブな動作を行なった。動作 (I) は説明員が顧客に対して身を乗り出すもので、動作 (II) は説明員が顧客に対して製品を近付けて提示するものであった。これら説明員の動作 2 種類について、それぞれ 2 箇所ずつの観測点を設け、顧客の身体的反応を観察した。これら観測点のタイミングは各セッション毎にスクリプトで指定されていた。

観測点における顧客のインタラクティブな身体動作 (身

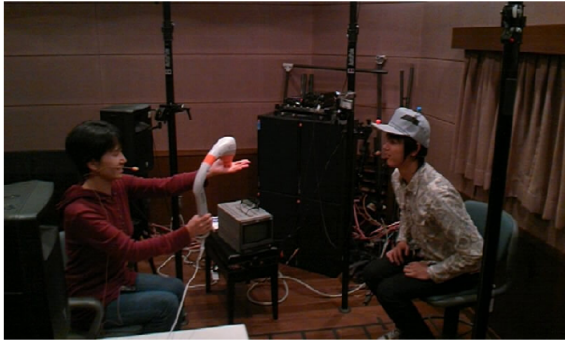


Figure 5: 直接対面条件における実験状況

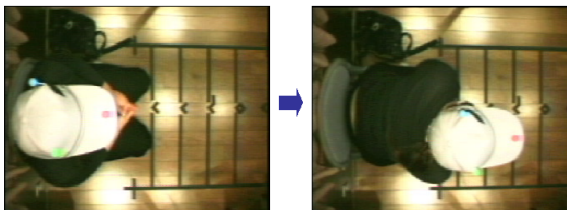


Interactive gestures were labeled from video record of the customers.

Figure 7: 顧客のインタラクティブな身体動作

の乗り出し、商品への指差しや手伸ばしなど)の頻度を3条件間で比較した。顧客の位置は天井カメラで記録されており、説明者に対する接近動作を「乗り出し」動作とし、評価者2人が判定した (Figure 6 参照)。製品に対する指差しや手伸ばしなどの動作についても、評価者が顧客のビデオ映像をもとにラベリングした (Figure 7 参照)。3Dと直接対面では、説明員の2種類の動作両方に対して2Dの場合より多くのインタラクティブな身体動作が観測される、との仮説のもとに実験を行なった。

かった。具体的には、製品提示動作に対して対面条件では顧客による9件の乗り出し動作が観察され、3D条件では乗り出し動作5件、製品を掴みにいく動作1件、身を乗り出しつつ製品を掴みにいく動作1件が観察された。一方、2D条件では目だった身体動作はみられなかった。1×3 ANOVAにより、顧客の身体動作頻度に関してインタラクション条件の主効果が示された ($F(1.535, 18) = 7.491$ (Greenhouse-Geisser))。Bonferroniの方法により、2Dと3D、および2Dと直接対面の間に有意差がみられたが、3Dと直接対面の間には有意差はみられなかった。



Customer positions were recorded with a ceiling camera, and movements longer than 15 cm were counted as “leaning-toward” actions.

Figure 6: 顧客の乗り出し動作

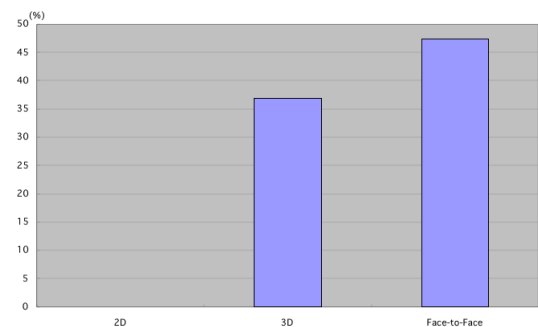


Figure 8: 製品への乗り出し動作頻度

結果

(I): 説明員の乗り出し動作 説明員の乗り出し動作に対する顧客の身体動作は、直接対面条件において1例観察されただけであった。

(II): 説明員の製品提示動作

説明員の製品提示動作に対する顧客の身体動作は、3Dおよび直接対面条件では観察されたが、2D条件では観察されな

分析1の考察

顧客のインタラクティブな身体動作に関して、(II) 説明員の製品提示動作では仮説が支持されたが、(I) 説明員の乗り出し動作では仮説は支持されず、顧客の身体動作は直接対面条件で1例観察されたのみであった。これは、顧客と説明員の距離が1.8mとやや遠過ぎたのが原因と考えられる。実際に顧客から、「説明者との距離がもっと近いと話



Figure 9: 3D 条件における顧客の乗り出し動作



Figure 10: 3D 条件における顧客の手伸ばし動作

しやすいのに」という意見もあった。実験システムの制約により、3D 条件時にスクリーンに常時これ以上接近すると参加者の視力に過度の負担をかけるおそれがあったため、初期距離 1.8m が限界であった。話者間の距離が遠過ぎたため、対話相手の姿勢変化に合わせた身体動作が期待できる直接対面条件ですら、1 例のみの身体動作が観察されるに留まったものと考えられる。

(II) 説明員の製品提示動作では、3D 条件では直接対面条件に近い頻度で身体動作が観察され、2D では観察されなかった。3D および直接対面条件では、顧客は 2D より有意に多くの身体的な反応を見せており、顧客がよりインタラクションに没入していたことが示唆された。

分析 2: 印象評定結果の比較

顧客は、以下の質問に対して 7 段階の評定を行なった。

- A 対話中に緊張しましたか。
- B 製品の機能はよく分かりましたか。
- C 説明者と自然に対話できましたか。
- D 製品に興味を感じましたか。

- E 説明者に親近感を感じましたか。
- F 説明者および商品との距離感がうまくつかめましたか。
- G 製品を実際に使ってみたいと思いましたか。
- H 説明者の話の意図が良く分かりましたか。
- I 説明者と同じ場を共有していると感じましたか。
- J 説明者に自分の気持ちが通じたと思いましたか。
- K 説明者の説明に説得力を感じましたか。

3D 条件での評定は 2D 条件と比べてより直接対面条件に近いという仮説のもとに分析を行なった。

項目毎の平均値の比較

各条件間で項目毎の平均値を比較したが、ほとんど有意差はみられなかった。1 × 3 ANOVA により、項目 I についてのみインタラクション条件の主効果がみられた ($F_{(2,18)} = 3.662, p < .05$) が、Bonferroni の方法で 3 条件間の有意差は確認できなかった。項目 I の各条件毎の平均値は以下の通りである。

2D: Mean: 4.42, SD: 1.68

3D: Mean: 4.84, SD: 1.119

直接対面: Mean: 5.42, SD: 1.539

各項目間の相関分析

各項目毎の平均値に関しては、3 条件間でほとんど有意差はみられなかったが、項目間の相関関係に関してはいくつか興味深い点がみられた。特に、感情的側面の関係する項目では、3D と直接対面条件の間に共通点が観察された。

- (1) 緊張感 ⇔ コミュニケーション管理:
 - 2D: 項目 (A) ↔ 項目 (C): 有意差なし
 - 3D: 項目 (A) ↔ 項目 (C): $-.630, p < .01$
 - 直接対面: 項目 (A) ↔ 項目 (C): $-.596, p < .01$
 - 項目 (A): 緊張感と項目 (C): コミュニケーション管理では、3D と直接対面で同様の有意相関が得られた。
- (2) 緊張感 ⇔ 感情伝達:
 - 2D: 項目 (A) ↔ 項目 (J): 有意差なし
 - 3D: 項目 (A) ↔ 項目 (J): $-.534, p < .05$
 - 直接対面: 項目 (A) ↔ 項目 (J): $-.529, p < .05$
 - 項目 (A): 緊張感と項目 (J): 感情伝達では、3D と直接対面で同様の有意相関が得られた。
- (3) 分かりやすさ ⇔ 親近感:
 - 2D: 項目 (B) ↔ 項目 (E): 有意差なし
 - 3D: 項目 (B) ↔ 項目 (E): $.479, p < .05$
 - 直接対面: 項目 (B) ↔ 項目 (E): $.573, p < .05$
 - 項目 (A): 分かりやすさと項目 (E): 親近感では、3D と直接対面で同様の有意相関が得られた。

また、説明の質と製品のアピールとの間にも、興味深い相関パターンが観察された。

(4) 分かりやすさ ⇔ 製品使用への欲求:

2D: 項目 (B) ↔ 項目 (G): 有意差なし

3D: 項目 (B) ↔ 項目 (G): .606, $p < .01$

直接対面: 項目 (B) ↔ 項目 (E): 有意差なし

項目 (B): 分かりやすさと項目 (G): 製品使用への欲求では、3D 条件でのみ有意相関が得られた。

分析 2 の考察

各項目毎の平均値に関しては、3 条件間でほとんど有意差はみられなかった。この結果のみでは一見仮説は支持されないように見えるが、より詳細な相関分析では感情的側面に関わる項目に関して、3D と直接対面条件で興味深い共通点がいくつか観察された。

(1) 緊張感 ⇔ コミュニケーション管理、および

(2) 緊張感 ⇔ 感情伝達:

緊張感は、3D と直接対面条件において、コミュニケーション管理および感情伝達とやや強い相関を示したが、2D 条件ではこのような相関はみられなかった。これは、緊張間は 3D と対面条件ではコミュニケーション上の問題と関連していたが、2D 条件ではこうした関連がみられなかったことを示している。すなわち、対面および 3D 条件では、顧客は緊張していればいるほどうまくコミュニケーションできていないと感じているが、2D 条件では特にそのような相関はないことを示している。この結果から、顧客の感情状態は 2D 条件では「見えない壁」によっていわば守られていたが、3D および直接対面条件ではより直接的に説明者に晒されていたため、緊張を感じた場合はうまくコミュニケーションできなかったのではないかと考えられる。

(3) 分かりやすさ ⇔ 親近間:

分かりやすさと親近感は、3D 条件では中程度、直接対面では強い相関を示したが、2D 条件では相関はみられなかった。この結果から、コミュニケーションの内容と感情的な印象の相関は、2D 条件では 3D および直接対面条件よりも弱いことが示された。

また、説明内容と製品のアピールに関わる部分では、3D 条件に特有の興味深い相関がみられた。

(4) 分かりやすさ ⇔ 製品使用への欲求

ここでは、3D のみで相関がみられた。2D 条件では、製品の機能を理解してもそれを使いたいという欲求には結び付かなかった。また、直接対面条件でも相関はみられなかったが、これには 2D とは別の要因が絡んでいる可能性もある。すなわち、顧客は目の前で製品が動作している様子をじっくり見ることができると、製品の機能を理解してしまえば特に試してみたいとは思わなくなってしまったとも考えられる。3D 条件では、製品のリアリティはそれ

なりにあるが、しかし対面ほどに間近には感じられない、という中間的な状況であった可能性がある。これにより、機能を理解した場合には実際にそれを試してみたいという欲求が高まったとも考えられる。

全体の考察

本実験で用いた 3D システムは偏光フィルタを用いた二眼式であり、違う視点からみた場合でも同じ映像が提示されるのみであった。したがって、3D と 2D 条件の違いは、両眼像差情報の有無のみであったといえる。

実験結果により、両眼像差情報がある場合にはインタラクティブな身体動作が頻繁に誘発される身体的コミュニケーションが促進され、コミュニケーションの感情的側面も増幅される可能性が示された。

顧客のインタラクティブな身体動作の頻度には 3 条件間で有意差がみられたが、製品への興味や説明者への親近感の印象評定値に関しては有意差はみられなかった。顧客は、分析対象セッションの約半数 (57 セッション中 28) で評定項目以外のコメントを残しているが、そのほとんどは映像の見え方や説明内容の質に関するものであった。映像条件 (2D/3D) とインタラクションの質に関するコメントは 2 件だけみられたが、そのうち 1 つは「あまり飛び出す意味を感じられなかった」というものであった。ほとんどの顧客は 2D/3D 条件の差とインタラクションの質の関心に意識的な関心を見せていなかったが、インタラクティブな身体動作の頻度に関してはこの 2 条件の間に大きな差が観察された。

印象評定における各項目毎の平均値に関しては、3 条件間でほとんど有意差はみられなかったにもかかわらず、項目間の相関関係については 3D 条件と直接対面条件では興味深い共通点が観察された。一般に、感情的側面に関わる項目では 3D 条件と直接対面条件で類似したパターンが観察されたが、2D 条件ではそうしたパターンは観察されなかった。この結果から、感情伝達に関わる部分では 3D 遠隔対話は直接対面対話に近い特徴を備えていることが示され、遠隔対話における「見えない壁」の軽減に貢献する可能性が示唆された。

しかしながら、両眼像差情報がどのようにして本研究で示された効果を引き起こすのかについては、いまだ明らかでない。視覚システムとコミュニケーション行動や感情面での効果との関係については、将来の研究課題である。また、うなずき、注視行動、発話のターンなどのインタラクション行動についても分析が必要であろう。

また、本研究で用いられた 3D 映像システムは、ほとんどの実験参加者にとって全く馴染みがないとはいえないまでも日常的に馴染んだシステムとはいえないものであった。現段階では、ここで観察された結果はシステムの新規性によって引き起こされているという可能性も否

定できない。これらの結果が、ユーザがシステムに十分馴染んでしまったあとでも持続的に観察されるのかどうかについても、今後の研究による確認が必要であろう。

まとめ

遠隔対話における対話相手の3D映像提示の効果を検証するため、a) 遠隔2D映像コミュニケーション; b) 遠隔3D映像コミュニケーション; c) 直接対面コミュニケーション、の3条件で比較実験を行なった。行動分析および印象評定分析により、以下の結果が示された。

- 両眼像差情報をもちいた3D条件では直接対面条件に近い頻度のインタラクティブな身体動作が観察されたが、2D条件では観察されなかった。
- 感情的な側面に関わる印象評定項目に関して、3D条件と直接対面条件では共通のパターンが観察されたが、2D条件ではそうしたパターンは観察されなかった。

これらの結果から、両眼像差情報がある場合にはインタラクティブな身体動作が頻りに誘発される身体的コミュニケーションが促進され、コミュニケーションの感情的側面も増幅される可能性が示された。

両眼像差情報がどのようにして本研究で示された効果を引き起こすのかについては、今後の詳細な研究が必要である。また、現時点ではここで観察された結果が単に新規性が引き起こす効果である可能性もあり、今後の継続的な研究による確認が必要であろう。

謝辞

本研究において建設的な意見および技術的な助言を頂いた岩澤昭一郎氏、矢野澄男氏、和田充史氏に心より感謝致します。

参考文献

- Barfield, W., & Hendrix, C. (1995). The effect of update rate on the sense of presence within virtual environments. *Virtual Reality: The Journal of the Virtual Reality Society*, 1, 3-16.
- Duh, H. B., Lin, J. J. W., Kenyon, R. V., Parker, D. E., & Furness, T. A. (2002). Effects of characteristics of image quality in an immersive environment. *Presence*, 11, 324-332.
- Heath, C., & Luff, P. (1991). Disembodied conduct: communication through video in a multi-media environment. In *Proceedings of chi91* (pp. 99-103). New York: ACM Press.
- Heath, C., & Luff, P. (1992). Media space and communicative asymmetries: preliminary observation of video-mediated interaction. *Human Computer Interaction*, 7, 315-346.
- Ijsselstein, W., Ridder, H. de, Freeman, J., Avons, S. E., & Bouwhuis, D. (2001). Effects of stereoscopic presentation, image motion, and screen size on subjective and objective

corroborative measures of presence. *Presence*, 10, 298-311.

- O'Conaill, B., Whittaker, S., & Wilbur, S. (1993). Conversations over video conferences: an evaluation of the spoken aspects of video-mediated communication. *Human Computer Interaction*, 8, 389-428.
- Short, J. A. (1974). Effects of medium of communication. *Human Relations*, 27, 225-234.
- Strickland, L. H., Guild, P. D., Barefoot, J., & Paterson, S. A. (1978). Teleconferencing and leadership emergence. *Human Relations*, 31, 583-596.
- Whittaker, S. (2002). Theories and methods in mediated communication. In A. Graesser, M. Gernsbacher, & S. Goldman (Eds.), *The handbook of discourse processes*. NJ: Erlbaum.
- Wichman, H. (1970). Effects of isolation and communication on cooperation in a two-person game. *Journal of Personality and Social Psychology*, 16, 114-120.
- Williams, E. (1975). Coalition formation over telecommunications media. *European Journal of Social Psychology*, 5, 503-507.
- Williams, E. (1977). Experimental comparisons of face-to-face and mediated communication: a review. *Psychological Bulletin*, 84, 963-976.