

テレプレゼンスロボットにおける同調動作の効果 The Effect of the Body Motion Synchrony on Telepresence Robot

米津 壮二^{*1}
Soji Yonezu

大澤 博隆^{*2}
Hirotaka Osawa

^{*1} 筑波大学大学院システム情報工学研究科知能機能システム専攻

Department of Intelligent Interaction Technologies, Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

^{*2} 筑波大学システム情報系知能機能工学域

Division of Intelligent Interaction Technologies, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

In this research, we investigated how body motion synchrony for client partner improves interaction of telepresence robot. We also examined how this system improves the quality of telepresence. We developed the telepresence robot that synchronizes facial expression, gaze, face orientation, neck inclination to client users. The telepresence robot presented body motion synchrony, so that the client user feels that he/she got consent from the opponent. Our evaluation supports the effect of the synchrony in telepresence robot with human-based experiment. We expect the body motion synchrony tends to relieve anxiety of the other party to the robot. However, we found that the sense of agreement declined markedly by the dialogue partner noticing the synchronization behavior.

1. はじめに

近年、遠隔コミュニケーションにおける日常会話の機会の増加に伴い、遠隔地にいるユーザの言語及び非言語的動作を代替するテレプレゼンスロボットの活躍の場が増えつつある。遠隔コミュニケーションとは、互いに干渉できない遠隔地にいる人同士が意思や感情を伝達し合うことである。

遠隔コミュニケーションをより充実させるための、テレプレゼンスロボットの研究が行われてきた。Adalgeirsson らはテレプレゼンスロボットによるノンバーバル情報の伝達が、ロボットが友好的であるという印象を生むことを明らかにした[Adalgeirsson 2010]。米澤らはテレプレゼンスロボットが遠隔地ユーザの感情やリアクションを表現することで、まるで遠隔地ユーザがその場にいるかのような臨場感を生むシステムを提案した[米澤 2013]。

しかし、テレプレゼンスロボットが対面したコミュニケーション相手への遠隔地ユーザの共感、同意感を損なって伝えてしまうといった問題がある。この問題は、遠隔であることによる遅延や、それに伴う遠隔地ユーザのリアクションの遅れが、ロボットのリアクションの悪さに直結してしまうことで引き起こされる。対面ユーザは、ロボットからの反応により、自分の意見が尊重されているのではないかといった不安、不快を感じてしまう。

そこで本研究ではテレプレゼンスロボットによる同調動作で、遠隔地ユーザが自分に共感していると対面ユーザに思わせ、対面ユーザが感じる不安、不快を解消できるか調査することを目的とする。同調動作とは、コミュニケーションにおいて、参加者相互の各種のやり取りの中で、身体動作やその発生タイミングに類似パターンが認められる動作のことである。同調動作の発生度合いは参加者同士の共感や親密さ、会話の内容等の種々の要因に応じて変化し、円滑なコミュニケーションの指標として重要視されてきた[大坊 1998]。Luo らは人間が自分の動作を真似る自律エージェントを好むこと、またその動きが真似だと認識した人も同じく自分の真似を好むことを明らかにした[Luo 2013]。しかし、Luo らは予め設定された動きのみ

行う自律エージェントを用いていたのに対し、本研究では遠隔地ユーザの不確定な動作をリアルタイムで代替するテレプレゼンスロボットを扱う。そのため、対面ユーザがロボットの動きは遠隔地ユーザのものではなく自分のものだと思ってしまうことは悪影響になると考えられる。そこで本研究では対面ユーザがロボットに対し自己認識のない状態で同調動作を用いる。

2. 同調動作を行うテレプレゼンスロボット

本研究では人間の頭部、頸部を模したプロジェクタ型ロボットを用いる。プロジェクタ型ロボットを Figure 1 に示す。頭部は球面ディスプレイとなっており、内部のプロジェクタから OpenGL で描画した表情を投影する。頸部は 2 軸のアクチュエータとなっており、前後左右自在に頭を傾けられる。



Figure 1. Projector type robot.

2.1 テレプレゼンスロボットの基本動作

テレプレゼンスロボットが遠隔地ユーザの動作を代替する際、遠隔地ユーザの頭部、頸部の情報をカメラにより取得する。カメラには OMRON 社の HVC-P2 を用いた。HVC-P2 により、遠隔

地ユーザの顔の向き、首の角度、まばたき、目線、表情を推定し、テレプレゼンスロボットで再現する。首の角度は頸部のアクチュエータにより、それ以外は OpenGL で描画する顔のパーツの形状、位置を変化させることにより、遠隔地ユーザの動作を代替する。

HVC-P2 はその人の表情から、無感情、幸福、驚き、怒り、悲しみの 5 つの感情それぞれの成分割合を推定できる。そこで、基本となる無感情、幸福、驚き、怒り、悲しみを表す表情をそれぞれ用意し、得られた成分割合でマージすることで表情を再現した。基本となる表情を Figure 2 に、表情成分割合に従ったマージの例を Figure 3 に示す。

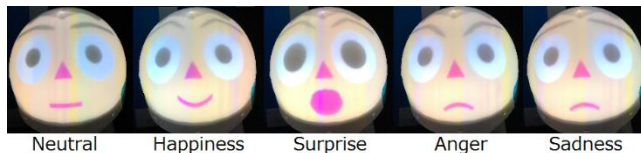


Figure 2. Basic expression.

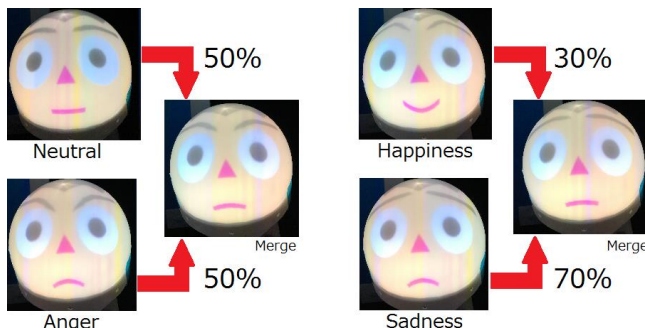


Figure 3. Example of merging expression.

2.2 同調動作の実装

ロボットが対面ユーザに対し同調動作を行うために、遠隔地ユーザ同様 HVC-P2 を用いて対面ユーザの頭部、頸部の情報を取得する。

同調動作を導入する上で重要となるのが、ロボットを対面ユーザにどの程度同調させるかである。顔の向き、首の角度、目線、は対面ユーザのものに完全に同調させることで、対面ユーザとロボットの視認方向を一致させ、同時にアイコンタクトを実現し易くできる。まばたきは人間の心理状態を表すとされる[田多 1991]ことから、相手が自分と同じ心理状態であると対面ユーザに思わせる狙いで、対面ユーザのものに完全に同調させる。表情に関しては、遠隔地ユーザの感情を伝えつつ、対面ユーザに近い感情を提示できるように、両ユーザの表情成分割合を半分ずつマージすることで同調とした。これにより、両ユーザが同じ感情の時はその感情の表情をそのまま、異なる感情の時は遠隔地ユーザの感情を提示しつつも対面ユーザに合わせて抑制した表情をそれぞれ提示でき、意見が食い違った時の対面ユーザの不安、不快を解消できる。

3. 評価実験

テレプレゼンスロボットによる同調動作の有用性を調査するために、同調動作を行わないテレプレゼンスロボットを用いる Async 条件(A 条件)、対面ユーザに対して同調動作を行うテレプレゼンスロボットを用いる Sync 条件(S 条件)の 2 条件の比較実験を行った。

3.1 仮説

対面ユーザは同調動作が含まれることにより、相手に同意してもらっているという感覚が得られると考えられる。それに伴い、発言しやすくなり、会話がより楽しいと感じると考えられる。また同調動作によって、ロボットは対面ユーザにより好印象を与えると考えられる。

しかし、Luoら[Luo 2013]の研究とは異なり、遠隔地ユーザの動作ではなく対面ユーザの模倣だと対面ユーザが認識すると不信感が生まれ、同意感が損なわれると考えられる。それにより、会話の印象自体が悪くなる可能性も考えられる。なので、被験者には同調動作のことは伝えず、また同調動作に気づいた被験者の評価は除外するものとする。

3.2 実験方法

被験者には実験タスクとしてコンセンサスゲームに各条件で挑んでもらう。このゲームは過酷な環境下でどう生き延びるかを議論し、与えられた道具に対し必要となる優先順位を答えるというゲームである。被験者は自由に議論し、互いの同意の上で答えを決定しなければならないため、同調動作の効果を検証するのに適している。尚、問題の道具は全 12 個から、条件ごとにランダムに 3 つ与えるものとする。

実験は遠隔コミュニケーションを想定して、相手の姿が直接見えないようにした環境で行う。遠隔地ユーザには相手を表示するディスプレイを、対面ユーザにはテレプレゼンスロボットを設置し、それぞれの前に問題となる 3 つの道具の写真を置く。またディスプレイの背後には HVC-P2 を、ロボットの背後にはディスプレイに映像を送るビデオカメラと HVC-P2 をそれぞれ設置した。ユーザ間はパーティションで遮る。実験環境を Figure 4 に示す。

対面ユーザとして、18 歳～25 歳の男性 18 人、女性 11 人の計 29 人の被験者を集めた。またそれぞれに対し、遠隔地ユーザとして同年代、同性の被験者を集めた。

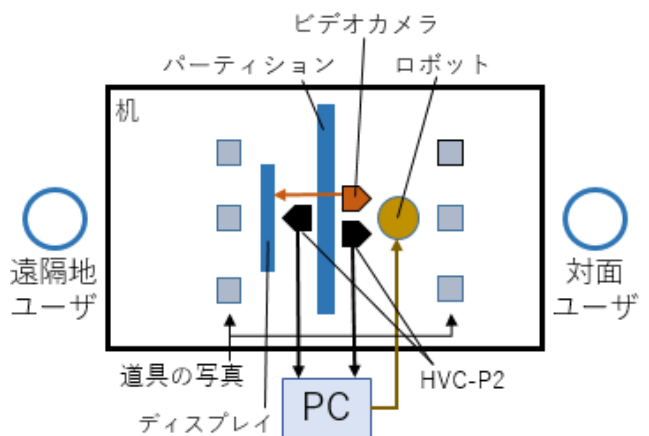


Figure 4. Experiment layout.

評価は各条件でのタスク終了後に対面ユーザにアンケートで行ってもらい。アンケートは形容詞対を用いた 7 段階で行い、項目は Bartneckら[Bartneck 2009]の The Godspeed Questionnaire Series(以下 GQS)を参考に、ロボットの擬人化、生命性、可愛さ、知性、安全性を測定するための項目をそれぞれ用意した。また、ロボットと対面しての会話の印象についての項目も用意した。各項目は以下の通りである。また全タスク終了後にインタビューで各条件でのロボットの違いに気づいたかを確認し、対面ユーザが同調動作を認識したかを確認する。

・ロボットの印象

擬人化

1. 機械的－人間的
2. 意識を持たない－意識を持っている

生命性

3. 活気のない－生き生きとした
4. 反応の悪い－反応の良い

可愛さ

5. 親しみにくい－親しみやすい

6. 不愉快な－愉快的な

知性

7. 知的でない－知的な

安全性

8. 不安にさせられる－落ち着ける
9. 動揺させられる－冷静でいられる

・ロボットと対面しての会話の印象

10. 楽しくない－楽しい

11. 発言をためらう－ためらわない

12. 相手の様子が浮かばない－浮かぶ

13. 内容が伝わらない－伝わる

14. 難しい－簡単

15. 相手が自分に同意していないように感じる－同意しているように感じる

16. 気分が悪い－気分が良い

17. 意見が評価されていないように感じる－意見が評価されたように感じる

4. 結果

被験者 29 人の内、男性 2 人が S 条件においてロボットが自分の同調動作を提示していると認識した。その 2 人を除く、被験者 27 人のアンケートの各項目についての回答の平均値を Figure 5 に示す。各項目において t 検定を行った結果、項目 15 「相手が自分に同意しているように感じる」において有意差 ($p < 0.05$) が認められた。また項目 8 「落ち着ける」において有意傾向 ($p < 0.1$) が認められた。

また動画分析で S 条件における対面ユーザの視点移動回数を計測し、アンケートで差の出た項目 15 のスコアとの相関を調べた。S 条件における同調動作を認識した 2 人を除く被験者の視点移動回数の差を、S 条件における項目 15 のスコアで分類した結果を Figure 6 に示す。S 条件における、対面ユーザの視点移動回数と項目 15 のスコアでの Spearman の順位相関係数は $r = 0.213$ だが、5%の有意水準に満たない ($p > 0.05$) ため、相関は確認できなかった。同調動作を認識した 2 人の視点移動回数はそれぞれ 0.43 回/s、0.30 回/s あった。

5. 考察

Figure 5 において、アンケート項目 15 「相手が自分に同意していないように感じる－同意しているように感じる」において有意差 ($p < 0.05$) が認められたため、A 条件よりも S 条件のロボットの方が、対面ユーザに同意しているという感覚を強く提示できることがわかった。これは S 条件において、対面ユーザとロボットの視認方向の一致やアイコンタクトにより、対面ユーザの話している対象をロボットが一緒になって見ているという感覚や、自分

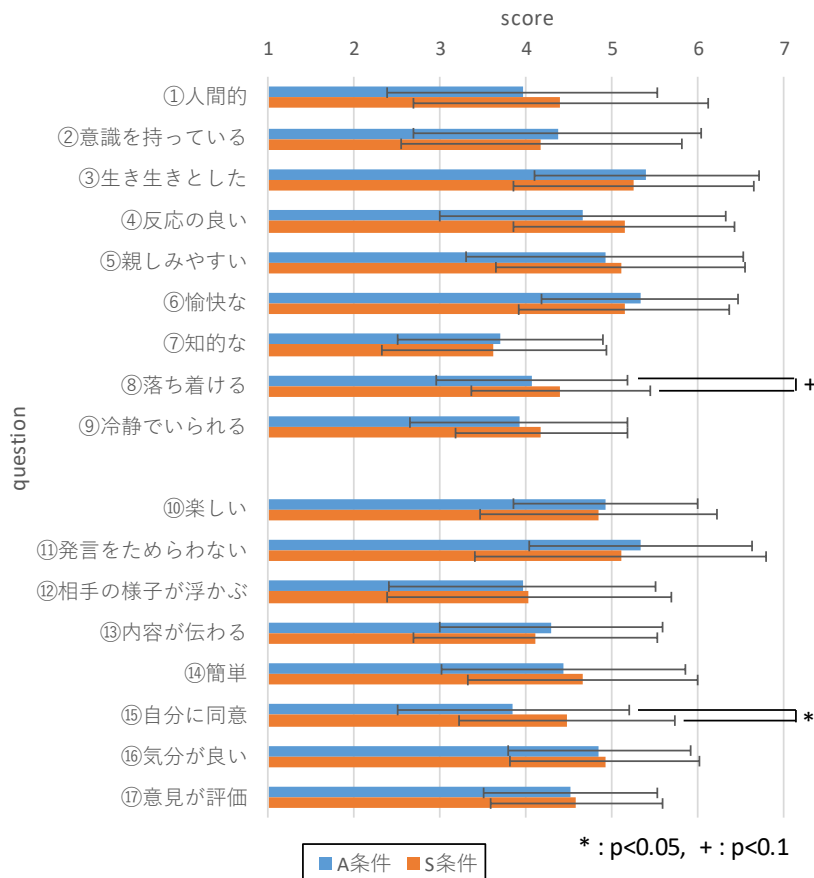


Figure 5. Questionnaire result (except subjects recognizing sync).

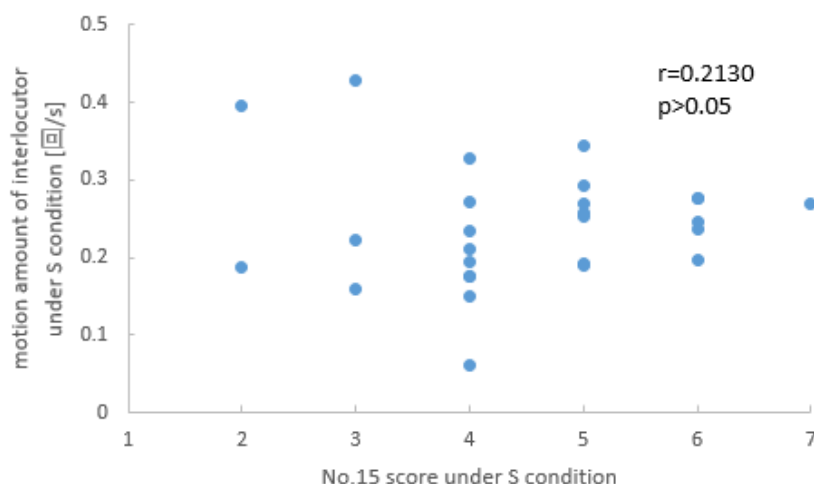


Figure 6. Video analysis result.

の話をよく聞いてくれているという感覚をより強く提示できるためであると考えられる。

アンケート項目 8 「不安にさせられる一落ち着ける」において有意傾向($p < 0.1$)が認められた。項目 8 は GQS におけるロボットの安全性に関するアンケート項目であり、この項目において有意傾向が確認できたことから、テレプレゼンスロボットの同調動作は対面ユーザに安心感を与える傾向があることが判明した。

同調動作を認識した二人の被験者のアンケート結果において、項目 15 で S 条件のスコアから A 条件のスコアを引いた差が他の被験者と比べて著しく低いことが確認された。この 2 人の被験者からは、「相手が本当にこの動きをしているのか疑念をもった」というような意見が得られた。一方、項目 8 では、他の被験者との大きな違いは確認できなかったため、同調動作の認識はロボットの安全性についての印象には影響しないと考えられる。Luo ら[Luo 2013]の研究におけるエージェントの模倣を認識することは評価に影響しないという結果は、その背後に遠隔地ユーザという人間が存在するテレプレゼンスロボットにおいてはその通りとはならないことが判明した。

また同調動作を認識された原因を考察すると、同調動作を認識した 2 人の被験者の内 1 人は視点移動回数が 0.43 回/s と Figure 6 に示した他の被験者の中でもかなり高い数値であった。S 条件におけるロボットの視認動作は対面ユーザと同期していることによりロボットが動作を提示しすぎてしまったため、同調動作を認識されたと考えられる。またもう 1 人の被験者は視点移動回数が 0.30 回/s と、Figure 6 に示した他の被験者と大差ない値であった。他の被験者が話題の対象や遠隔地ユーザを代替するとして提示されたロボットを見る回数が多かったのに対し、この被験者は遠隔地ユーザの発言中に、話題と関係のない対象を見ることが多かった。これによりロボットが話題と関係のないものを見ながら発言するという違和感が生まれてしまい、同調動作が認識されてしまった。

6. おわりに

本研究では、テレプレゼンスロボットによる同調動作で、遠隔地ユーザが自分に共感していると対面ユーザに思わせ、対面ユーザが感じる不安、不快を解消できるか調査することを目的とした。調査の結果、テレプレゼンスロボットが同調動作を行うことで、自分が同意してもらえているという感覚を対

面ユーザに提示できることを示した。加えて、ロボットの印象がより安心感を与えるものになる傾向があることも示した。しかし、テレプレゼンスロボットの同調動作が対話相手に認識されると、同意感が著しく低下するという結果も得た。

以上よりテレプレゼンスロボットに同調動作を導入する際、対面ユーザにそのことを認識されない形で活用できれば、遠隔コミュニケーションの質を向上できると考えられる。本研究のシステムで同調動作を認識されるきっかけとなった、過度の同調、ロボットの発言中の不自然さを解消する方策として、対面ユーザの発言中にのみ同調動作を提示するというものが挙げられる。これにより同調動作の提示量は必然的に減少するため、過度の提示を抑制でき、ロボットが話題と関係ない方向を見ながら発言するといった不自然さも無くせる。以上の改善を加えた新しいシステムは人間の知能に効果的に作用し、遠隔コミュニケーションの質がより高められると考えられる。このシステムを評価することで、ロボットとのコミュニケーションに対する人間の知能の働きを解明できると期待される。

参考文献

- [Adalgeirsson 2010] S. O. Adalgeirsson, and C. Breazeal : MeBot: a robotic platform for socially embodied presence, *HRI'10 Proceedings of the 5th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, pp.15-22 (2010).
- [米澤 2013] 米澤謙, 上田博唯: 遠隔地の複数鑑賞者の存在感を表現するテレプレゼンスロボット, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2013 論文集, pp.278-282 (2013).
- [大坊 1998] 大坊郁夫: しぐさのコミュニケーション—人は親しみをどう伝えあうか, サイエンス社 (1998).
- [Luo 2013] P. Luo, V. Ng-Thow-Hing and M. Neff : An examination of whether people prefer agents whose gestures mimic their own, *Intelligent Virtual Agents 2013*, pp.229-238 (2013).
- [田多 1991] 田多英興, 福田恭介, 山田富美雄: まばたきの心理学—瞬目行動の研究を総括する, 北大路書房 (1991).
- [Bartneck 2009] C. Bartneck, E. Croft, D. Kulic, S. Zoghbi : Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots, *International journal of social robotics 1(1)*, pp.71-81 (2009).