

コミュニケーションロボットにおける文脈に依存した視線外し動作の検討

Contextual Dependent Gaze Aversion in a Communication Robot

川口 佑希子*¹ 田中 文英*²
Yukiko Kawaguchi Fumihide Tanaka

*¹筑波大学 理工学群 工学システム学類
College of Engineering Systems, School of Science and Engineering, University of Tsukuba

*²筑波大学 システム情報系 知能機能工学域
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

In this paper, we study contextual dependent gaze aversion in communication robot and discuss its influence on the impression of humans who interact with the robot. We conducted a human-human data collection, and then implemented a gaze aversion pattern based on the data. Three different robots were compared: a robot with a contextual gaze aversion (Robot(A)), a robot with a gaze aversion that was not contextual (Robot(B)), and a robot that could track human faces but with no gaze aversion (Robot(C)). Those three robots were evaluated in human participants experiments. The results show that Robot(A) gave better impression compared to Robot(C). Comments obtained from the participants indicated that their semantic interpretation of the robot's utterances depended on the contextual gaze aversion.

1. はじめに

会話により心身の健康や主観的幸福感に有用であり、他者とのコミュニケーションは重要視されているが、日常生活の中で十分な会話量を確保することは難しい。そこで、コミュニケーションロボットによる問題解決が期待されている。

ロボットが人の発話を引き出すためには、人間の信頼を勝ち取り、聞き上手・話し上手であることが必要である。これまでの研究では、ロボットに人間らしい動作を取り入れることが信頼獲得に有効だと示されており [帆足 97][神田 03]、この動作の1つに視線がある。Waxer は人間-人間の会話で視線が相手への印象形成の大きな要素となっていることを示した [Waxer 77]。神田らの研究では、アイコンタクトのようなロボットの協調的的身体行動が人間のロボットに対する評価を向上させることが分かっている [神田 03]。一方でロボットに顔を凝視されることに不気味さを感じるという報告 [三河 11] もあり、適切なタイミングで視線を外すことが必要である。人間-人間の会話中に見られる視線外しについて Glenberg らは、適度に難しい質問をされた時に視線を外す動作に着目し、視線外しは人間の認知処理効率を高めると示した [Glenberg 98]。人間-ロボットの会話における視線外しについて、Andrist らは Glenberg らの研究を踏まえ、人間はロボットの視線外しを何らかの意図的な動きであると認識し、そのロボットをより思慮深く創造的であると評価することを示した [Andrist 14]。

しかし、これらの先行研究では視線外しとそれが観測された時の文脈については研究されていない。そこで我々は文脈に依存したコミュニケーションロボットの視線外し手法の提案を目指し、ロボットの文脈と視線外しの組み合わせがロボットへの印象に与える影響を調査する。文脈の例として、与えられた質問の回答しやすさや会話の内容が挙げられるが、本研究では与えられた質問の回答しやすさに注目した。以後、質問の回答しやすさを回答難易度と呼ぶ。本研究では、人間-人間の対話における視線外しの分析のためデータ収集の予備実験を行い、提案する視線外しをロボットに実装し、人間-ロボットで会話

実験を行い、アンケート結果とビデオ等の分析から質問の回答難易度と視線外しの関係の考察と更なる要求仕様について議論する。

2. 予備実験

2.1 実験目的

人間-人間の会話において自然な視線外しパターンのデータ収集及びそれが表れる会話内容との関連性の調査を目的として、実験者との2者間会話実験を行った。

2.2 実験手順

本実験では、人間-人間の日常会話を想定し、実験者と対面で会話する配置とした。このとき実験者と実験参加者の距離は1.5mとし、両者の顔角度を Kinect センサ [Kinect] で取得した。また、データ分析の用途で会話の様子を録画した。

実験参加者は実験者の質問に答え、その後同じ質問を聞き返すように指示され、これを10分間続けた。

2.3 実験参加者

実験参加者は20代の日本人男性2名であった。2名とも実験者とは日常的に会話をしており、初対面での緊張などによる影響は無視できると考えられる。

2.4 結果

会話中の様子の録画から、視線外しのパターンが得られた。質問内容を受け、考えている途中に視線外しが見られた。与えられた質問が同じテーマについてであれば、より過去の記憶であるほど回答までの時間と視線外しの時間の長さは長かった。

例) 実験参加者1において

“今朝は何を食べましたか?” : 2.5秒

“昨日の朝は何を食べましたか?” : 7.5秒

この結果から、ロボットに実装するパターンを抽出した。






| | 左上 | 上 | 右 | 下 | 右下 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 方向 |  |  |  |  |  |
| 動作時間 | 2.0[s] | 1.0[s] | 2.0[s] | 0.5[s] | 1.0[s] |

図 1: ロボットに実装した視線外しの方向

3. 実装

3.1 使用したロボット

本研究では、視線外しを実装するロボットとして Softbank Robotics 社のヒューマノイドロボット Pepper[Pep] を使用し、公式モジュールの Choregraphe を用いて制御を行った。

3.2 実装した機能

3.2.1 視線外し

ロボットには図 1 に示した 5 種類の視線外しのパターンと顔追跡の実装をした。

3.2.2 会話内容

会話内容として 10 個の質問とそれに対するロボットの回答を用意した。質問の回答難易度について、回答難易度が高いほど思い出したり考えたりする認知的処理が必要で、回答が始まるまでに時間のかかるものと定義した。10 個の質問のうち 5 個を認知的処理が比較的軽く即答可能な回答難易度の低い質問、残りの 5 個を回答難易度の高い質問とした。質問とそれに対するロボットの回答は実験者の操作によって発話されるよう実装を行った。

3.3 ロボット条件

のちに行う評価実験のため、3 つのロボット条件を設定した。

ロボット (A) 文脈依存あり:

回答難易度が高い質問に回答するとき視線外しを行う。

ロボット (B) 文脈依存なし:

回答難易度が低い質問に回答するとき視線外しを行う。

ロボット (C) 顔追跡:

実験参加者の顔を追跡し見つめ続ける。

これらのロボット条件での視線外しと顔追跡は首関節の動きのみで行い、いずれの条件でも他の関節は動かさず、発話内容やイントネーションも統一した。

4. 実験

3 章のロボットを使用し、評価実験を行った。

4.1 実験目的

以下に述べる 2 つの仮説の検証と更なる要求仕様の探索を目的に実験を行った。

(H1) ロボットが適切な文脈で視線外しを行うと、視線外しをしない場合と比較して印象が向上する。

(H2) ロボットが適切な文脈以外で視線外しを行うと、視線外しをしない場合と比較して印象が低下する。

4.2 実験手法

実験手法の詳細について以下に述べる。

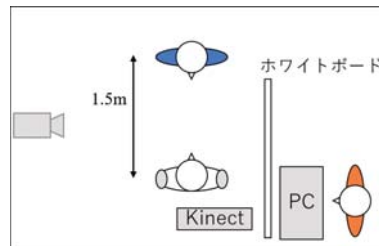


図 2: 実験室内の配置



図 3: 実験の様子

4.2.1 実験参加者

実験参加者は、日本人 20 代学生 7 名 (男性 6 名, 女性 1 名) であった。7 名とも今回使用したロボットを日常的に見ており、ロボットとの対面での緊張が実験結果へ影響することは無視できると考えられる。

4.2.2 アンケート

実験後の評価のため、アンケートと自由記述欄をまとめたアンケート用紙を作成した。アンケートではロボットの社会的属性評価として、Warmth, Competence, Discomfort という因子を持つ RoSAS[Carpinella 17] をもとにした。日本語でアンケートを取るため、野口ら [野口 18] が作成した和訳を用い、これらの項目について 6 段階の Likert-scale で評価してもらった。

このアンケート用紙を用いて、実験参加者がロボットに抱いた印象を評価する。4.1 節で触れた (H1) について、ロボット (A) はロボット (C) に比べ Warmth と Competence の得点が高くなり、Discomfort の得点が低くなると想定した。また、(H2) については、ロボット (B) はロボット (C) に比べて Warmth と Competence の得点が低くなり、Discomfort の得点が高くなると想定した。

4.3 実験手順

実験環境を図 2 に、実際の実験の様子を図 3 に示す。このときロボットと実験参加者の距離は 1.5m であった。データ分析の用途で実験参加者の顔角度を Kinect で取得し、会話の様子を録画した。実験は、説明フェーズ、実験という流れで行った。

● 説明フェーズ

実験の説明では、実験参加者はロボットからの質問に答え、“君は?” 等の聞き返しを行うように指示された。10 個の質問が終わり次第、アンケートに回答するよう伝えられ、事前にロボットからの質問の内容は伝えられなかった。また、ロボットとの会話後、アンケートに答えるという流れを 3 回繰り返すことも伝えられた。

● 実験

実験参加者は3章で示した3条件のロボットにおいて参加者内配置実験を行った。

実験は Wizard of Oz (WOZ) 法を用い、操作は実験者がホワイトボードの裏で見えないように行った。実験参加者は各ロボットと対面し、ロボットからの質問に回答、ロボットに聞き返した。聞き返されたロボットは回答しながら条件に応じた視線行動を行い、実験参加者に次の質問を尋ねた。

5. 結果

5.1 回答難易度の妥当性

全実験参加者の初回実験時の質問に対する回答までにかかった時間について対応のあるt検定を行ったところ、質問難易度において有意差が認められた ($t(7) = 7.76, p < .05$)。

5.2 ロボットに対する社会的属性の評価

RoSASはロボットの社会的属性について3つの因子で構成される。社会的属性とロボット条件を参加者内因子とした 3×3 の反復測定分散分析を行った結果、社会的属性のみ有意差が認められ、ロボット条件と相互作用は確認されなかった (社会的属性: $F(2, 54) = 3.17, p < .05$, ロボット条件: $F(2, 54) = 3.17, p = .387$, 相互作用: $F(4, 54) = 2.54, p = .690$)。

また、各社会的属性の中で3つのロボット条件を比較するため分散分析を行った結果を図4に示す。Warmthについては有意差が認められた ($F(2, 12) = 3.89, p < .05$)³、Competence, Discomfort の中ではロボット条件間に有意差は出なかった (C: $F(2, 12) = 3.89, p = .800$, D: $F(2, 12) = 3.89, p = .951$)。続いて Warmth のうち、ロボット条件のどのペア間で有意差があるか明らかにするため、対応のあるt検定とボンフェローニ補正を行った結果、ロボット(A)-(C)間で有意差が見られた ($t(7) = 3.09, p < .017$)³、その他では認められなかった ((A)-(B): $t(7) = 2.09, p = .041$, (B)-(C): $t(7) = 1.82, p = .059$)。

5.3 自由記述

実験参加者からアンケート自由記述欄にて得られたコメントを列挙する。なお、参加者内配置実験を行ったため、コメントにはアンケート回答直前に会話したロボット条件と、その前に会話したロボット条件を比較したものが多かった。

● ロボット(A)について

- 動きがないよりは対話している感じがあった。

● ロボット(B)について

- 視線が外れた時は人間のような動きを感じたが、それ以外ではじっと見られている感じがして少し怖かった。
- 兄弟の話をした時によそ見をしたので、その話題について何かマズイ思い出でもあるのかと思った。
- Pepperがジョークを言うのが面白かった。ロボット(A),(C)ではジョークだと気づかなかったが、今回は顔を逸らして言ったのでジョークだと分かった。

● ロボット(C)について

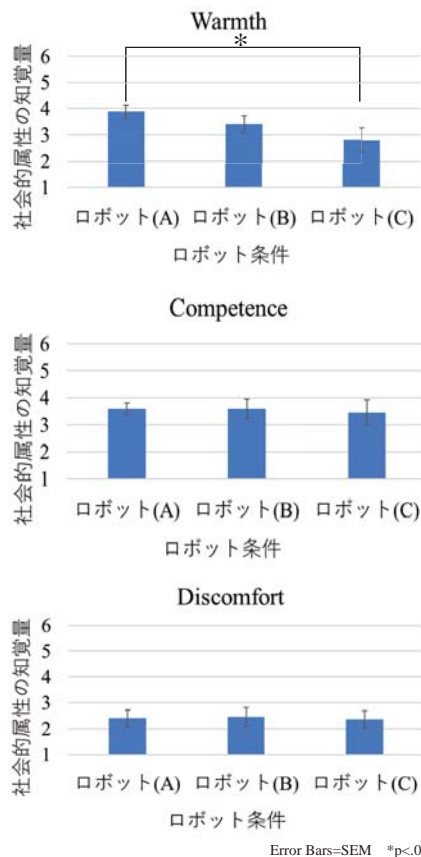


図4: RoSASの各社会的属性内での、各ロボット条件における社会的属性知覚量の比較結果

- ロボット(A),(B)と比べて淡々と話が進んでいった感じがして、あまり楽しい会話とは思えなかった。
- ロボットが動かないので、退屈に思った。
- ロボット(B)との違いがあまりよくわからなかった。

6. 考察

本章では、5章で得られたアンケート結果や自由記述欄のコメント、及び録画データによる考察を行う。

6.1 回答難易度の妥当性

5.1節で得られた結果から、我々が設定した質問の難易度分類は妥当であったと言える。

6.2 視線外しがロボットの印象に与える影響

また、5.2節の結果より、適切な文脈での視線外しはロボットの社会的属性 Warmth に対する知覚量を向上させるということが分かった。この Warmth には“幸せな”、“思いやりのある”、“情緒的な”などの要素が含まれており、ロボットが人間の信頼を獲得するための印象向上が見られたということが出来る。一方で Competence について、適切な文脈での視線外しでこの知覚量が向上すると想定していたが、すべてのロボット条件間で有意差が見られなかった。今回の文脈での視線外しのやり方では Competence には影響がなく、その知覚量は3条件間で共通の、ロボットの発話内容に依存していたといえる。また、Discomfortの知覚量もすべてのロボットで有意差が認められなかった。これは、3条件下で共通の発話内容

やイントネーション、体の動きに依存していたといえる。以上のことから、仮説 (H1) は部分的に支持されたと考えられる。

また、仮説 (H2) について、Competence と Discomfort はすべてのロボット条件間で有意差が見られなかった。また、有意差は出なかったものの、Warmth の結果で顔追跡のみを行ったロボット (C) よりも、文脈を考慮しない視線外しを行ったロボット (B) の得点がわずかに高い結果となった。これらのことから、文脈に合わない視線外しをするロボットは、全くしないロボットに比べて印象が低下するという仮説 (H2) は支持されなかったと考えられる。

一方で、5.3 節の自由記述欄の結果ではロボット (B) について、ロボットの視線外しにより“発話内容がジョークであると感じられた”、“ロボットにとって都合の悪いことを話しているように感じられた”という内容の意見が得られた。これらのコメントから、実験参加者はロボットの意図を感じ取ったと考えられる。このように文脈と視線外し、またそれらから受ける印象は関係性があり、ロボットの視線外しを調整することにより、同じ発話内容でも人間がロボットの意図を感じると示唆された。また、ロボット (C) について“淡々と話が進んでいった感じがして、あまり楽しい会話とは思えなかった”という意見が得られ、視線外しが会話を楽しいと感じさせる効果も確認された。

6.3 今後の課題

今回実施した実験では、第 1 にデータ収集実験、評価実験のサンプル数が小さいことが問題であった。これによりデータ収集で得られる視線外しとその時の文脈の種類も少なくなってしまう。この問題を解決するため、今後はデータ収集実験のサンプル数を大幅に増やし、文脈と視線外しのパターンを多く抽出し、ロボットに実装する。

第 2 に、アンケートの取り方や使用したアンケートにも問題があったと考えられる。今回の実験結果でも、自由記述欄のコメントからは印象が改善していることが示されているが、アンケート結果では明確な結果は出ていないため、今回の実験の評価尺度としては適切ではなかったと考えられる。この問題点を踏まえ、今後はより細かい印象まで評価できる実験設定にすることが必要である。さらに、ひとつひとつの視線外しについてより細かく評価するため、実験参加者にロボットとひととおり会話してもらった後、その会話のビデオを見返してもらい、各視線外しについて評価してもらおう実験が適していると考えられる。このとき自由記述だけではなく、違和感を持った度合い、信頼できるかの度合いを 6 段階の Likert-scale で回答してもらおうことを検討している。また、ロボットの視線外しが発言のニュアンスに与える影響の調査のため、ロボットの意図を感じたか、感じた場合はどのような意図を感じたかを調査するアンケートを検討している。

また、今回は注目しなかった文脈の他の要素についても調査が必要である。

7. おわりに

本稿では、視線外しの文脈依存性がコミュニケーションロボットの印象に影響を与えると仮定し、人間-人間のデータ収集実験を行い、そこから得られた視線外しのパターンをロボットに実装し、評価実験を行った。結果、質問の回答難易度に適した視線外しを行うロボットは視線外しを全く行わないロボットと比較して一部の印象が向上した。また、自由記述欄のコメントから、視線外しの回答難易度との対応により、同じ発話内容でも受ける印象や意味の解釈が異なることが示唆された。

今後の課題として、より多くの視線外しデータを収集し、実験目的に適した個別具体的なアンケートを使用して実験を行うことで、更なる視線外しによる印象改善、視線外しによる発話内容のニュアンス変化、そして文脈の他の要素と視線外しの関係についても調査をする必要がある。

謝辞

本研究は、科研費・基盤研究 (A) コミュニケーションを支援するロボットインタフェース (課題番号 15H01708) の支援を受けて行われた。

参考文献

- [Andrist 14] Andrist, S., Tan, X. Z., Gleicher, M., and Mutlu, B.: Conversational gaze aversion for humanlike robots, in *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 25–32ACM (2014)
- [Carpinella 17] Carpinella, C. M., Wyman, A. B., Perez, M. A., and Stroessner, S. J.: The robotic social attributes scale (RoSAS): development and validation, in *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 254–262ACM (2017)
- [Glenberg 98] Glenberg, A. M., Schroeder, J. L., and Robertson, D. A.: Averting the gaze disengages the environment and facilitates remembering, *Memory & Cognition*, Vol. 26, No. 4, pp. 651–658 (1998)
- [Kinect] Kinect, : <https://www.xbox.com/ja-JP/xbox-one/accessories/kinect>
- [Pep] SoftBank Robotics Corp. <http://www.softbank.jp/en/robot/>
- [Waxer 77] Waxer, P. H.: Nonverbal cues for anxiety: An examination of emotional leakage., *Journal of Abnormal Psychology*, Vol. 86, No. 3, p. 306 (1977)
- [三河 11] 三河正彦, 田中和世: 実環境を利用した図書館司書ロボットの研究開発, 情報処理学会インタラクシオン, Vol. 2011, pp. 319–322 (2011)
- [神田 03] 神田崇行, 今井倫太, 小野哲雄, 石黒浩: 人-ロボット相互作用における身体動作の数値解析, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, pp. 2699–2709 (2003)
- [帆足 97] 帆足啓一郎, 横山真男, 荒井大輔, 安藤義範, 白井克彦: 人間型対話ロボットにおける非言語情報の役割, 情報処理学会研究報告音声言語情報処理 (SLP), Vol. 1997, No. 16 (1996-SLP-015), pp. 67–73 (1997)
- [野口 18] 野口洋平, 上出寛子, 田中文英: 遠隔コミュニケーションを仲介するロボットが高齢話者の自己開示に与える影響, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 20, No. 1 (採録決定, 2018)