

ロボットの視線回避が応答時間の知覚に与える影響

佐藤 巧馬^{1,a)} 高橋 治輝^{1,b)} 松村 耕平^{1,c)}

概要: 人どうしの対話において、視線は重要な非言語コミュニケーションとして用いられる。特に、視線を逸らす視線回避行動は発現が言い淀んだときや流暢でないときに頻繁に行われる。本研究では、人間とロボットのインタラクションにおいて、ロボットの視線回避行動がユーザの知覚にどのような影響を与えるかを調査した。予備実験では、より視線が逸らされていると感じる目の表現を探索するため、3種類の目の表現を用意し比較した。本実験で実際にユーザとロボットを対話させた結果、ロボットの瞳の動きによる視線回避の表現では不十分で、頭部を動かすことでロボットのシステム遅延時間を短く感じさせる可能性が示唆された。

1. はじめに

人材不足の解決のため、案内ロボットや介護ロボットなど、人間とインタラクションを行うロボットが活用されつつある。OpenAI 社が 2023 年に公開した GPT-4 をはじめとする大規模言語モデルの発展により、このようなソーシャルロボットはより広い場面で活用される可能性がある。また、人間とロボットがインタラクションを行うためには、より自然で人間らしく感じられるロボットのインタラクション手法を設計することが重要である。例えば、ソーシャルロボットの適切なジェスチャや視線行動、会話戦略などに関する研究が盛んに行われている [1-4]。

人間どうしの対話において、視線は重要な非言語コミュニケーションとして用いられる [5]。人間とロボットのインタラクションに関する分野においては、ロボットの視線行動はストーリーテリング [6]、会話ターンの管理 [7,8] などさまざまな場面で重要な役割を果たすことが知られている。

人間とロボット間のコミュニケーションの円滑さはロボットのシステム応答時間 (SRT: System response time) に大きく依存する [9,10] 人間とコンピュータの対話において、コンピュータは瞬間的な応答よりも動的な遅延を含めることで人間らしさや説得力が増し [11,12]、特にロボットとの対話では 1 秒間の遅延で最も良い印象を与え、2 秒以上の応答遅延はロボットの評価を下げる [13]。しかし、ロボットの応答遅延がユーザに与えるネガティブな印象を

緩和させることを目的とした研究は少なく、具体的にどのようなジェスチャや会話戦略が応答遅延に対して有効であるかは明確ではない。

本研究では、長い SRT によって生じたフラストレーションを緩和するための手法として、ロボットの視線行動に着目する。ソーシャルロボットの視線行動が、SRT によって生じたユーザのフラストレーションにどのような影響を与えるかを検証する。

本研究による貢献は、ロボットの沈黙時における視線回避がユーザに与える影響を明らかにすることで、ソーシャルロボットの設計に関して新たな知見を与えることである。

2. 関連研究

2.1 システムの応答遅延が発生している際に表出するロボットの行動が与える影響

ロボットの長いシステム応答時間によって生じたフラストレーションの緩和を目的とした研究は、ジェスチャや会話フィラーを用いたものがあげられる [14,15]。会話フィラーは、人間の会話においてメタ言語的な役割を果たす非語彙的な発話 (「えーっと」、「ああ」など) であり [16]、話し言葉でよく見られる。

Boukaram らの実験 [17] では、ディスプレイに表示された会話エージェントと人間の対話において、会話フィラーを利用することでシステムの応答遅延による影響を緩和させた。Ohshima ら [15] は、システムの遅延が発生した際に、ロボットのジェスチャと会話フィラーが、会話を再開させる協力的な態度を表現するために効果的であることを示した。また、Wigdor ら [14] は、人間の子供とロボットのインタラクションにおいて、会話フィラーがロボット

¹ 立命館大学 情報理工学部

^{a)} is0561iv@ed.ritsumei.ac.jp

^{b)} haruki@fc.ritsumei.ac.jp

^{c)} matsumur@fc.ritsumei.ac.jp

の沈黙に対するネガティブな印象を低減させることを示した。Kumらの研究 [18] では、ロボットのジェスチャが会話フィラーよりもシステムの遅延によるフラストレーションの軽減に効果的であることが報告された。

ロボットに会話フィラーを実装する際、人間の会話フィラーの種類が豊富であることが問題としてあげられる。上田 [19] による調査では、日本人に見られる会話フィラーはおよそ 600 種類であり、状況や世代によって出現する会話フィラーは大きく異なる。先行研究 [14,15] では、会話フィラーの文化的背景や状況による使い分けは考慮されていない。大規模言語モデルは大量に学習されたテキストデータから次の単語やフレーズを次々と生成する処理を行うため、応答内容の予測が難しい。そのため、大規模言語モデルを搭載したロボットとの対話を想定した場合、状況に応じた適切な会話フィラーの選択が困難である。

2.2 ロボットの視線行動

Kendon [5] は、人間どうしの対話の様子を観察し、視線を合わせて会話をする時間は全体の半分ほどであり、視線をそらす視線回避行動が頻繁に行われることを明らかにした。また、Kendon は流暢に話しているときやフレーズの終わりには聴衆に視線を送るが、流暢でないときや言い淀むときには視線回避を行う傾向があると主張した。

Mutlu らによる実験 [8] では、ロボットの発言が終了した際に視線を送った相手が 97% の確率で次の発言者となることが示されている。Andrist ら [20] はロボットに視線回避行動を実装し、ロボットが視線回避行動を行うことで、ロボットが会話の主導権を握っていると人間が知覚する時間が長くなることを明らかにした。これらの結果は、ロボットが視線回避を行うことでロボットの発言が終了していないことを示し、視線注視行動をすることで発言が終了したことを示すことが可能であることを示唆している。

2.3 本研究の位置づけ

本研究は、ロボットの視線回避に着目し、ロボットの長い応答遅延が発生した際にユーザの知覚に対してどのような影響を与えるかを調査する。§2.1 で示したように、ロボットの SRT 中に表出するロボットの行動戦略として、ジェスチャや会話フィラーが検討されている。視線行動は言語によって違いが大きい会話フィラーに比べ、文化的背景を考慮する必要性が低く、腕や足などの複雑な部位を有しないロボットにも実装が可能である。

§2.2 で示したように、ロボットの視線は人間とのコミュニケーションにおいて様々な効果をもたらすが、SRT の際に表出する行動戦略として視線に着目した研究は少ない。人間同士のコミュニケーションでは、発言に言い淀んだ際に視線回避が頻繁に行われることから、ロボットの視線回避は SRT が発生した際の行動戦略として有効である

可能性がある。本研究では、ロボットに視線行動を実装した Andrist ら [20] を参考として、ロボットに視線回避を実装する。

3. 手法

本研究では、フラストレーションを緩和させるロボットの行動戦略として、Andrist ら [20] が実装したロボットの視線行動を基として以下の 2 つの行動を実装する。

視線回避 : 発言中に 2 秒に 1 度の頻度で視線を大きく逸らす

微小な呼吸動作 : ロボットの顔が完全に静止すること避けるため、ロボットの顔に微小な上下の動きを加える
2 つの視線行動のうち、視線回避は SRT 中のロボットの動作として実装する。視線回避は、人間どうしの対話においては、対話中の沈黙が発生したときや発言権の保持を示すために使用されることが多く [5]、ロボットが行う視線回避は発話の生成に時間を費やしていると認識される [20]。また、ロボットの発言が終了したときにユーザを注視すると、ロボットの発話が終了し、次の発言者がユーザであると認識される [8]。そこで、本研究では、ロボットの沈黙が発生した際に、ロボット側の発言が既に終了しているときには顔の注視を行い、ロボットの応答が生成されている SRT の際には 2 秒ごとに視線回避を行う。

4. システム

本研究で使用するロボットについて説明する。実験では robo8080 氏が開発した「AIStackChan2」 [21] を本研究のために改変したロボットを用いる。

本研究で使用したロボットは、M5Stack CoreS3 と 3D プリンターによって印刷された胴体、二つのサーボモータによって構成されている。胴体は Bamboo Lab X1-Carbon を用いて 3D プリントし、サーボモータには FS90MG を用いた。ロボットは、前方をまっすぐ見つめる状態と、視線回避のために 2 秒ごとに周囲に視線を逸らす状態を持つ。これを実験者のスマートフォンからリアルタイムで操作し、2 状態を変化させながらユーザと対話する。ロボットの下には、実験者のパーソナルコンピュータ (PC) と接続されたスピーカを設置し、ロボットの発話内容とタイミングは実験者の PC から制御する。

5. 予備実験

5.1 実験概要

予備実験では、使用するロボットの目の大きさの比率を決定するため、12 人の大学生、大学院生 (男性 10 名、女性 2 名、平均年齢 22.4 歳) に対し予備実験を行った。Onuki ら [22] は、親しみやすさと視線読み取り精度の 2 点において、丸い形状で大きい虹彩を持つ目が優れていることを示した。しかし、Onuki らの研究ではロボットの親しみやす

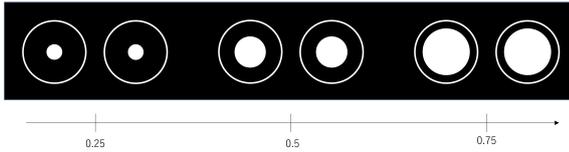


図 1 予備実験で使した目の表現
左から C1, C2, C3

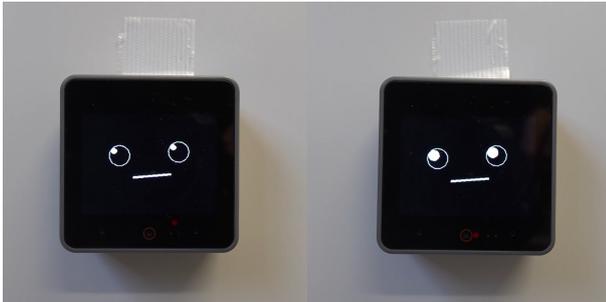


図 2 予備実験で提示した動画の様子
(左: C1, 右: C2)

さと視線の読み取り精度にのみ焦点が当てられており、どのような目の表現がより視線を外されていると感じられるかは定かではない。

そこで、より視線が外れていると感じる強膜と虹彩の比率を明らかにするため、3種類の虹彩の大きさを比較したアンケートを Google Form で実施した。比較した3種類の目を図 1 に示す。条件は以下の通りである。

C1 : 目と瞳の直径の比が 1:0.25

C2 : 目と瞳の直径の比が 1:0.5

C3 : 目と瞳の直径の比が 1:0.75

5.2 評価方法

実験の際、被験者に以下のような教示を与えた。

これから「ロボットがディスプレイで提示する視線回避に適した目の表現」に関する実験を行います。添付された動画に2種類の目の表現を提示します。あなたはどちらの表現が、より視線をそらされていると感じますか？左側のロボットを基準として、右側のロボットがどれだけ逸らされていると感じるか、または逸らされていないと感じるかを0を含む+2から-2までの整数で教えてください。

アンケートでは、3条件のうち2条件のロボットを動画で提示し、比較させた。質問はすべての条件のペアの3問で構成され、被験者間でバランスをとるように質問の順序を変更して表示した。実験で提示した動画の様子を図 2 に示す。得られた回答を Scheffe の一対比較法（中屋の変法）を利用して解析を行った。

表 1 分散分析の結果

要因	分散	自由度	不偏分散	F 値	p 値
刺激	45.7	2	22.9	31.9	<.001*
刺激×被験者	42.3	22	1.92	2.68	.047*
組み合わせ	0.111	1	0.111	0.15	.701
誤差	7.89	11	0.717		
全体	96	36			

*: $p < .05$

表 2 下位検定の結果

比較条件	平均嗜好度の差の絶対値
C1-C2	0.13
C1-C3	1.44*
C2-C3	1.30*

$Y(0.01) = 0.7263$

*: $p < .001$

5.3 結果

予備実験の参加者 12 名から 36 件の回答を得た。

得られた回答を条件ごとに平均値をとり、分散分析した結果を表 1 に示す。「刺激」、「刺激×被験者」では 5%の水準で有意差が認められた。そのため、ヤードスティック法による下位検定を行った。ヤードスティックを利用した下位検定の結果を表 2 に示す。条件間の平均嗜好度の差の絶対値がヤードスティック値 Y よりも大きいとき、有意差があることを意味する。

下位検定の結果、C1 と C3、C2 と C3 の間には 1%の水準で有意差があった。C1 と C2 の間には有意差が見られなかったが、平均嗜好度が最も高い C1 条件を本実験で使用する。

6. 本実験

6.1 実験概要

本実験では、ロボットがシステム遅延中に行う視線回避行動がユーザとのコミュニケーションにどのような印象を与えるかを調査する。

本研究では、ディスプレイに表示された瞳の動きによる視線提示が、頭部の動作による視線提示手法と比べてユーザからどのように認識されるかを明らかにするため、以下の3つの条件を用意した。

視線回避なし SRT 中にロボットが視線回避を行わない

瞳の動きによる視線回避 SRT 中にロボットが瞳を動かして視線回避を行う

頭部の動きによる視線回避 SRT 中にロボットは頭部を動かして視線回避を行う

視線回避なし条件においても顔を上下に微小に動かすことで、ユーザがロボットの動作状態を知覚できるようにする。瞳の動きによる視線回避条件では、予備実験で用意した瞳の動きによって視線回避を行い、ロボットの頭部は動かさない。頭部の動きによる視線回避条件では、ロボット

表 3 質問項目

質問番号	質問内容
Q1	提示した音の長さと比較して、ロボットの応答時間はどのように感じましたか？（短い-長い）
Q2	このロボットの応答時間はどのように感じましたか？（短い-長い）
Q3	このロボットの好感度が高いと感じた（あてはまらない-あてはまる）
Q4	このロボットと多くの時間を過ごしたいと思う（あてはまらない-あてはまる）
Q5	ロボットの応答時間を考慮して、将来このロボットを使いたいと思う（あてはまらない-あてはまる）

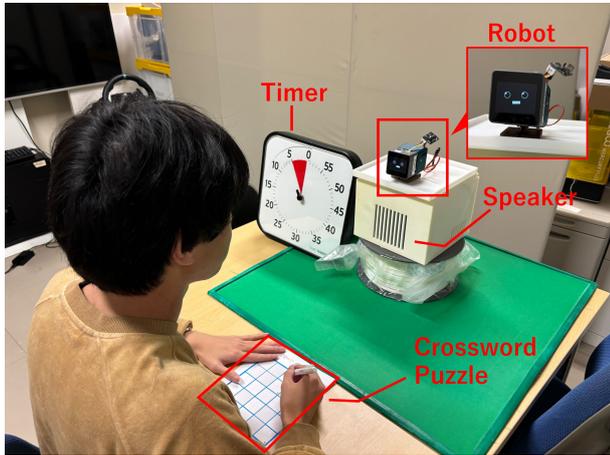


図 3 実験の様子

に搭載されたサーボモータによってロボットの頭部を動かして視線回避を行い、ディスプレイに表示される目は固定する。

実験では、被験者はロボット前面から 50 cm の位置に座り、ロボットと視線が合うように椅子の高さを調整する。次に、被験者は 5 分以内にロボットと会話しながらクロスワードパズルを解く。その際、被験者はロボットに対し、クロスワードを解くためのヒントを請う。被験者がロボットに対して質問したことを確認すると、実験者は速やかにロボットが発話するための音声ファイルを再生する。また、視線回避を行う条件では、このとき実験者のスマートフォンからロボットの視線回避を実行する。被験者が解く問題は、幼児・小学生向けの学習サイトであるぷりんときっず [23] で配布されているクロスワードパズルを使用した。

音声ファイルでは、はじめにロボットが被験者の声を認識したことを表す 0.5 秒のピープ音が再生される。ピープ音の再生が終了した 10 秒後に被験者の質問に対する答えの音声再生される。ロボットが発話する音声は、事前に音声合成ソフトウェアの VOICEVOX [24] を使用して作成した音声を使用する。実験の様子は図 3 のとおりである。

6.2 評価方法

12 名の被験者を対象に実験を行う。被験者がクロスワードパズルを解き終わったら、アンケートを実施する。Q1 では、被験者に標準刺激（10 秒間の 500 Hz の単音）を与えたあと、ロボットの遅延時間が標準刺激と比べてどのくらいの長さを感じたかを 7 段階（短い-長い）で回答しても

表 4 Kruskal-Wallis 検定の結果

質問番号	H 値	漸近有意確率 p
Q1	7.25	.027*
Q2	4.10	.128
Q3	0.34	.846
Q4	3.85	.146
Q5	6.83	.033*

*: $p < .05$

らう。Q2 から Q5 は、先行研究 [17] を参考として、ロボットの応答時間に関する印象を 5 段階のリッカート尺度で問う質問である。Q1-Q5 の質問項目は表 3 に示すとおりである。得られた回答に対し、Kruskal-Wallis 検定を行う。有意水準 5% で条件間に有意差が認められた場合、Bonferroni 法による多重比較を実施する。

1 人の被験者につき 2 つの条件をバランスをとるように割り当て、各条件の実験は 1 日以上期間を開けて行う。

6.3 結果

12 名の大学生、大学院生（男性 8 名、女性 4 名、平均年齢 21.3 名）に対し実験を行い、60 件の回答が得られた。Kruskal-Wallis 検定の結果は表 4 のとおりである。Kruskal-Wallis 検定の結果、Q1 と Q5 において有意差が認められた。Q1-5 の印象評価で得られた回答の条件ごとの平均値と標準誤差を図 4 に示す。

Q1 では視線回避なし条件 ($m = 3.88$) と瞳の動きによる視線回避条件 ($m = 3.75$) に比べ、頭部による視線回避条件では標準刺激と比べてロボットの応答遅延が短い感じられた ($m = 2.13$)。Bonferroni 法による多重比較の結果、視線回避なし条件と頭部の動きによる視線回避条件の間に有意差が認められた ($p = .013$)。視線回避なし条件と瞳の動きによる視線回避条件 ($p = .031$)、および瞳の動きによる視線回避条件と頭部の動きによる視線回避条件 ($p = .757$) には有意差が認められなかった。

Q2 では視線回避なし条件 ($m = 3.83$)、瞳による視線回避条件 ($m = 3.75$)、頭部による視線回避条件 ($m = 3.13$) の順で応答時間が短いという評価が得られたが、有意差はなかった。

Q3 の結果より、視線なし条件の評価が最も低く、($m = 3.13$)、2 種類の視線回避あり条件が同じ評価の平均値 ($m = 3.38$) を得たが、条件間で大きな差はなかった。

Q4 では視線回避なし条件 ($m = 2.50$)、瞳による視線回

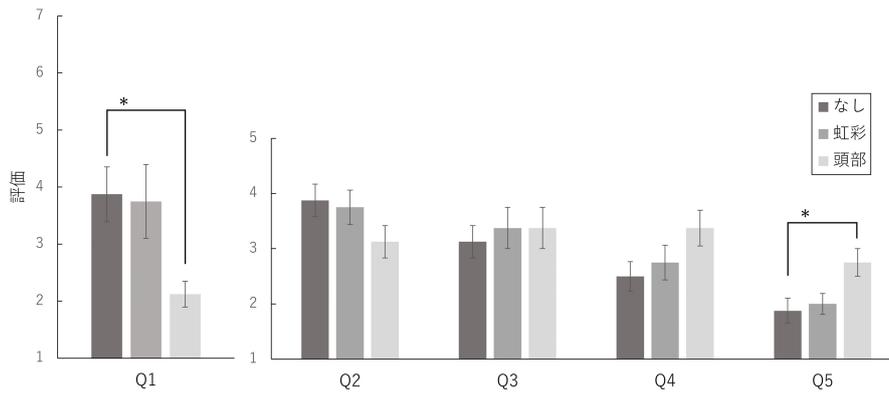


図 4 各質問で得られた回答の平均値と標準誤差
(*: $p < .05$)

避条件 ($m = 2.00$), 頭部による視線回避条件 ($m = 2.75$) の順で高い評価が得られたが, 有意差は認められなかった。

Q5では, 視線回避なし条件 ($m = 1.83$) と瞳の動きによる視線回避条件 ($m = 2$) に比べ, 頭部の動きによる視線回避条件では高い評価を得られた ($m = 2.75$). Bonferroni 法による多重比較の結果, 視線回避なし条件と瞳の動きによる視線回避条件の間に有意差が認められた ($p = .016$). 視線回避なし条件と瞳の動きによる視線回避条件 ($p = .735$), 瞳の動きによる視線回避条件と頭部の動きによる視線回避条件 ($p = .038$) では有意差は認められなかった。

また, 2 回の実験のうち, はじめに視線回避なし条件のロボットと対話した被験者は, 4 人のうち 3 人がロボットの SRT 中に何度も質問を投げかける様子が観察された。

7. 考察

7.1 瞳の動きによる視線回避

実験結果とインタビューの内容から瞳による視線回避の効果を考察する。アンケートの結果より, ロボットの SRT 中に瞳の動きによって視線回避を行ったとき, ロボットが視線回避をしない場合と比べて大きな差がないと推察される。したがって, ロボットの瞳の動きによる視線回避は, ユーザにロボットのシステム遅延時間が通常よりも短く感じさせる効果はないと考える。

一方, 視線回避なし条件ではロボットに何度も質問を問いかける被験者がいたのに対して, 瞳による視線回避条件ではそのような被験者は観察されなかった。これは, ロボットが瞳を動かすことによってユーザに対し, ロボットが発言を生成している最中であることを示すことを示唆している。この結果は, ロボットの頭部の動きによって視線回避を実装した Andrist ら [20] の結果とも一致する。

7.2 頭部の動きによる視線回避

Q1 の結果から, 頭部の動きによる視線回避を行うことで, ユーザはシステムの遅延時間を短いと感じさせること

が可能であると考えられる。この結果は, システム遅延時間によって生じるユーザのフラストレーションをジェスチャを用いて緩和させた先行研究 [15, 18] の結果と一致する。瞳の動きによる視線回避と違った結果が得られた理由として, ロボットの視線回避というよりも, ロボットのサーボモータを動かすことが SRT 中に行うロボットの戦略として有効であることが考えられる。

8. おわりに

本研究では, ロボットのシステム遅延時間によってユーザが感じるネガティブな印象を視線回避によって低減させるシステムを提案・実装した。

予備実験では, 本実験で用いるロボットの目の表現を決定するため, より視線が逸らされていると感じるロボットの目の強膜と虹彩の比率を調査した。Scheffe の一対比較 (中屋の変法) の結果, 小さい虹彩の目がより視線が逸らされていると感じられるという結果を得た。

本実験では, 予備実験で決定した目の表現をロボットに実装し, ユーザと対話させることで提案ロボットを評価した。ロボットがユーザの問いかけに対し応答するのに長い時間を要した場合, ロボットの視線回避が長い応答時間を許容させるのに有効かを検証した。ロボットの視線は, 瞳を動かさずに頭部の動きによって視線を表現するものが多く見受けられたため, 瞳の動きによる視線提示と頭部の動きによる視線提示を比較した。その結果, 瞳の動きによる視線提示はシステム遅延時間によるネガティブな印象を緩和させる効果はなく, 頭部の動きによる視線の提示が必要であった。しかし, 好感度という観点においては 2 種類の視線提示方法に差はなかった。

また, 視線回避なし条件では被験者がロボットに対し何度も問いかける場面が何度も観察された。2 種類の視線回避あり条件ではそのような場面は観察されなかったことから, ロボットの視線回避行動はユーザの問いかけに対し, 応答を生成していることを示す可能性があり, 新たな調査

が必要である。

参考文献

- [1] Beck, A., Stevens, B., Bard, K. A. and Cañamero, L.: Emotional Body Language Displayed by Artificial Agents, *ACM Trans. Interact. Intell. Syst.*, Vol. 2, No. 1 (online), DOI: 10.1145/2133366.2133368 (2012).
- [2] Tatariyan, K., Stower, R., Rudaz, D., Chamoux, M., Kappas, A. and Chetouani, M.: How does Modality Matter? Investigating the Synthesis and Effects of Multi-modal Robot Behavior on Social Intelligence, *International Journal of Social Robotics*, Vol. 14, No. 4, pp. 893–911 (online), DOI: 10.1007/s12369-021-00839-w (2022).
- [3] Sun, M., Zhao, Z. and Ma, X.: Sensing and Handling Engagement Dynamics in Human-Robot Interaction Involving Peripheral Computing Devices, *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '17, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 556–567 (online), DOI: 10.1145/3025453.3025469 (2017).
- [4] Salem, M., Kopp, S., Wachsmuth, I., Rohlfing, K. and Joublin, F.: Generation and Evaluation of Communicative Robot Gesture, *International Journal of Social Robotics*, Vol. 4, No. 2, pp. 201–217 (online), DOI: 10.1007/s12369-011-0124-9 (2012).
- [5] Kendon, A.: Some functions of gaze-direction in social interaction, *Acta Psychologica*, Vol. 26, pp. 22–63 (online), DOI: [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(67\)90005-4](https://doi.org/10.1016/0001-6918(67)90005-4) (1967).
- [6] Ham, J., Bokhorst, R., Cuijpers, R., van der Pol, D. and Cabibihan, J.-J.: Making Robots Persuasive: The Influence of Combining Persuasive Strategies (Gazing and Gestures) by a Storytelling Robot on Its Persuasive Power, *Social Robotics* (Mutlu, B., Bartneck, C., Ham, J., Evers, V. and Kanda, T., eds.), Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, pp. 71–83 (2011).
- [7] Parreira, M. T., Gillet, S., Vázquez, M. and Leite, I.: Design Implications for Effective Robot Gaze Behaviors in Multiparty Interactions, *Proceedings of the 2022 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, HRI '22, IEEE Press, p. 976–980 (2022).
- [8] Mutlu, B., Shiwa, T., Kanda, T., Ishiguro, H. and Hagita, N.: Footing in Human-Robot Conversations: How Robots Might Shape Participant Roles Using Gaze Cues, *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction*, HRI '09, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 61–68 (online), DOI: 10.1145/1514095.1514109 (2009).
- [9] Niculescu, A., van Dijk, B., Nijholt, A., Limbu, D. K., See, S. L. and Wong, A. H. Y.: Socializing with Olivia, the Youngest Robot Receptionist Outside the Lab, *Social Robotics* (Ge, S. S., Li, H., Cabibihan, J.-J. and Tan, Y. K., eds.), Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, pp. 50–62 (2010).
- [10] Yang, E. and Dorneich, M.: The Effect of Time Delay on Emotion, Arousal, and Satisfaction in Human-Robot Interaction, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, Vol. 59, pp. 443–447 (online), DOI: 10.1177/1541931215591094 (2015).
- [11] Gnewuch, U., Morana, S., Adam, M. and Maedche, A.: Faster Is Not Always Better: Understanding the Effect of Dynamic Response Delays in Human-Chatbot Interaction (2018).
- [12] Moon, Y.: The Effects of Physical Distance and Response Latency on Persuasion in Computer-Mediated Communication and Human-Computer Interaction, *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 5, pp. 379–392 (online), DOI: 10.1037//1076-898X.5.4.379 (2003).
- [13] Shiwa, T., Kanda, T., Imai, M., Ishiguro, H. and Hagita, N.: How Quickly Should Communication Robots Respond?, *Proceedings of the 3rd ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction*, HRI '08, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 153–160 (online), DOI: 10.1145/1349822.1349843 (2008).
- [14] Wigdor, N., de Greeff, J., Looije, R. and Neerincx, M. A.: How to improve human-robot interaction with Conversational Fillers, *2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 219–224 (online), DOI: 10.1109/RO-MAN.2016.7745134 (2016).
- [15] Ohshima, N., Kimijima, K., Yamato, J. and Mukawa, N.: A conversational robot with vocal and bodily fillers for recovering from awkward silence at turn-takings, *2015 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 325–330 (online), DOI: 10.1109/RO-MAN.2015.7333677 (2015).
- [16] Bortfeld, H., Leon, S., Bloom, J., Schober, M. and Brennan, S.: Disfluency Rates in Conversation: Effects of Age, Relationship, Topic, Role, and Gender, *Language and speech*, Vol. 44, pp. 123–47 (online), DOI: 10.1177/00238309010440020101 (2001).
- [17] Boukaram, H.-A., Ziadee, M. and Sakr, M. F.: Mitigating the Effects of Delayed Virtual Agent Response Time Using Conversational Fillers, *Proceedings of the 9th International Conference on Human-Agent Interaction*, HAI '21, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 130–138 (online), DOI: 10.1145/3472307.3484181 (2021).
- [18] Kum, J. and Lee, M.: Can Gestural Filler Reduce User-Perceived Latency in Conversation with Digital Humans?, *Applied Sciences*, Vol. 12, No. 21 (online), DOI: 10.3390/app122110972 (2022).
- [19] 上田有希子: 話しことばの位相: 会話におけるフィラーの研究, *日本文学*, Vol. 101, pp. 163–183 (2005).
- [20] Andrist, S., Tan, X. Z., Gleicher, M. and Mutlu, B.: Conversational Gaze Aversion for Humanlike Robots, *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, HRI '14, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 25–32 (online), DOI: 10.1145/2559636.2559666 (2014).
- [21] robo8080: AI.StackChan2, https://github.com/robo8080/AI_StackChan2.git.
- [22] Onuki, T., Ishinoda, T., Tsuburaya, E., Miyata, Y., Kobayashi, Y. and Kuno, Y.: Designing robot eyes for communicating gaze, *Interaction Studies. Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, Vol. 14, pp. 451–479 (online), DOI: 10.1075/is.14.3.07onu (2013).
- [23] ぶりんときっず: 幼児・小学生の無料プリント | ぶりんときっず, <https://print-kids.net/>.
- [24] Kazuyuki, H.: VOICEVOX | 無料のテキスト読み上げソフトウェア, <https://voicevox.hiroshima.jp/>.