

卒業論文

日米の視線行動をとる対話ロボットと仮想エージェントの印象比較

大阪工業大学 情報科学部 情報メディア学科

ヒューマンインタフェース研究室

C16-042 久保田 慎也

内容

1	はじめに.....	3
2	視線モデル.....	5
2.1	日本人の視線モデル.....	5
2.2	米国人の視線モデル.....	5
2.3	凝視モデル.....	6
3	使用するエージェント.....	7
3.1	仮想エージェント.....	7
3.2	ロボットエージェント.....	7
3.3	エージェントに実装した視線行動.....	8
4	実験.....	12
4.1	実験内容.....	12
4.2	実験環境.....	13
4.3	アンケートの内容.....	14
4.4	印象評価の方法.....	16
5	分析結果.....	17
5.1.	性格特性に関する評価.....	17
5.1.1	TIPI の外向性に関する評価.....	17
5.1.2	TIPI の協調性に関する評価.....	17
5.1.3	TIPI の勤勉性に関する評価.....	18
5.1.4	TIPI の開放性に関する評価.....	19
5.1.5	TIPI の神経症傾向に関する評価.....	19
5.2.	エージェントとのインタラクションに関する評価.....	20
5.2.1	エージェントは自信を持っていたかに関する評価.....	20
5.2.2	エージェントに対して感じた親近感に関する評価.....	22

5.2.3	エージェントから感じた親近感に関する評価	23
5.2.4	エージェントから感じた威圧感に関する評価	24
5.2.5	エージェントの動きは自然だったかに関する評価	24
5.2.6	エージェントが自分と似ているか	25
5.3.	エージェントとの会話の印象に関する評価	26
5.3.1	外向性尺度	26
5.3.2	エージェントと気軽に対話できたに関する評価	26
5.3.3	エージェントとの対話が楽しいに関する評価	29
5.3.4	エージェントとの対話の居心地・リラックスできたに関する評価	30
5.3.5	エージェントと話しやすいに関する評価	31
5.3.6	エージェントとの対話疲れ・気をつかった・ストレス・気まずさに関する評価	33
5.3.7	エージェントとの会話は退屈だったに関する評価	35
5.3.8	エージェントとの会話は不快だったに関する評価	36
5.3.9	結果 まとめ	38
6	考察	39
6.1.	実装したエージェントについての考察	39
6.2.	外向性高群について	39
6.3.	外向性低群について	39
6.4.	エージェントから表出される印象について	39
6.5.	ロボットについて	40
7	おわりに	40
	謝辞	41
	参考文献	42

1 はじめに

近年、ロボットやキャラクタと直接的なコミュニケーションをとる機会が増えている。人はロボットやゲームなどのキャラクタと自然な会話を行えないと相手に社会性や知性を感じられず、コミュニケーションへの期待を削がれてしまう[1]。そのため、自然な会話を行うためには視線やジェスチャーが必要である[2]。視線行動は人間同士のコミュニケーションにおいては会話開始の合図、発話権の委譲、感情表現などの重要な役割を担っている[3]。Cook らによれば、相手を見つめる時間の割合（凝視量）がその人物に対する好悪の印象に影響し、凝視量が中程度のときに最も相手から好まれるとして報告している[4]。擬人化エージェントに視線行動を実装した研究は、これまでも行われている。Lee らは、対面コミュニケーションにおける視線行動を分析・モデル化し、それをエージェントに実装することで親近感や生命感が向上することを示している[4]。また石井らは、対話者の音声情報や発話状態に応じた、3者間での擬人化エージェントの視線情報を制御するシステムを開発し、エージェントが視線交差や視線はずしをビデオ分析により得られた適度な割合で行うことにより、相互の発話が促されることを示している[5]。また Cassell らは、2者対話のビデオ分析を行い、米国人の視線パターンを分析しており、米国人は発話開始時と発話終了時に視線を動かす確率を示している[6]。

我々の先行研究では、石井らと Cassell らの研究で示された、米国人の視線パターンに基づいた視線モデルをエージェントに実装し[5,6]、日米の視線行動が対話に与える影響に注目した研究を行っている。この研究では、「他者と良好な関係を阻止する対人不安[7]」、「他者が存在することによって生じる不快感と抑制[8]」などと定義される個人特性である、「シャイネス」に注目し、シャイネス低群は、日本人や米国人の視線モデルなど、実際の人間の視線行動に基づいている視線行動がエージェントに実装されている場合、エージェントに対する印象が上昇した。それに対して、高群は見慣れないハイブリッドモデルが実装された場合、エージェントに対する印象が低下した[9]。次に、男女のエージェントに前述[9]と同様の視線行動を実装し、男女比を同じにした参加者による評価実験を行った。この実験でも、実際の人間の視線行動に基づいている視線行動がエージェントに実装されている場合、エージェントに対する印象が上昇した[10]。

仮想エージェントと同様に、ロボットに対しても、視線行動を実装することが重要と考えられ、研究が行われている。吉川らは、人間とロボットが対面で座り、人間から視線を向けられたら視線を返す条件（追従条件）、ランダムに視線を動かす条件（独立条件）、人間を見続ける条件（100%注視条件）、人間からの視線を避ける条件（逃避条件）で、被注視感に関する比較を行っている。その結果、相手の視線に応じて視線を変える、追従条件と逃避条件において、ロボットからの被注視感を強調できることを示している[11, 12]。Mutlu らは、物語を語るロボット（ホンダの ASIMO を使用）に、人間の視線パターンの分析に基づいた視線モデルを実装し、文法的に適切な場で聞き手に視線を向けるようにした。これ

により、人間の聞き手が話の内容をよく覚えることや、視線を向けられる好ましい頻度は男女によって違い、男性は少ない頻度を好み、女性は多い頻度を好むことが示された[13].

ここまで、仮想エージェントとロボットそれぞれの視線に関する研究について述べたが、エージェントは実体性によって様々な印象の差があることが示されている。Kidd らは、仮想エージェント、ロボットの目の部分のみを表示し、エージェントからの指示に応じて、参加者にブロックを操作するタスクを行わせている。その結果、仮想エージェントと比べて、ロボットとのタスクの方が楽しく、情報が信頼できると評価されたことを示している[14]. また Powers らは、エージェントが参加者の健康習慣について質問し、健康的な習慣について簡単なアドバイスを行うヘルスケアのタスクにおいて、ロボットおよびロボットと同じ外見を持つ仮想エージェントを用いて、実体性が対話相手としてのエージェントの印象に与える影響の検証を行っており、実体性の条件として、画面上の CG エージェント、スクリーンに投影された CG エージェント、スクリーンに投影されたロボット、ロボットエージェントを用いており、実体性が高いほど、エージェントが社会的で信頼でき、有能であると評価されることを示している[15].

我々の先行研究では、人間の視線行動の分析に基づく視線モデルを眼球の操作可能なロボット及び仮想エージェントに実装し、エージェントの実体性と凝視量の変化が、ユーザのエージェントに対する性格特性認知に与える影響を分析している。その結果、同じ視線行動でも凝視量を変化させることにより、エージェントの外向性や自信に関するパーソナリティを表出することが可能であることを示している。また、仮想エージェントは凝視量の増加に比例して外向性の評価が上昇するのに対し、ロボットは凝視量の増加に対して外向性の評価が対数的に上昇する傾向となることを示している[16].

シャイネスと似た人間の性格特性の一つに外向性がある。外向性の人は興味や関心が外界に向けられ刺激に敏感に反応し[17], アイ・コンタクトの量が増える[18]とされている。そのため、実験参加者の外向性によってエージェントの視線行動の違いによる印象の差が異なると考える。

現在日本ではフロントで多言語対応のロボットが受付の手続きをするホテル[19]や、東京オリンピックを控え、急激なグローバル化が進んでいる。しかしながら、これまで仮想エージェントに実装された文化適応した視線行動を、ロボットにも実装し比較した例は著者の知る限りまだない。そのため、前述[9,10]で仮想エージェントに使用した、文化適応した視線モデルを仮想エージェントだけでなく、ロボットにも実装し仮想エージェントとの印象比較をする必要があると考える。本研究では、「日本人の視線モデル」、「米国人の視線モデル」、「凝視モデル」を仮想エージェントとロボットに実装し、日本人から見た印象の差を比較する。我々の先行研究から、ロボットは少しでも視線行動があれば、その量に関わらず外向性や親近感などのポテンシーを表出できること[16]から、仮説として「仮想エージェントとロボットは同様に、外向性低群は米国人モデルに対しての印象が低くなり、外向性高群は日本人・米国人モデルに対しての印象が高くなる」を立てた。仮説検証のため、

視線行動を制御した仮想エージェントとロボットの開発を行い，人とエージェントの対話実験を行なった。

2 視線モデル

人とエージェントの対話実験を行う際，仮想エージェントとロボットに実装する視線モデルとして，「日本人の視線モデル」，「米国人の視線モデル」，「凝視モデル」を作成した。本章では，それぞれの視線モデルについて述べる。

2.1 日本人の視線モデル

石井らは，日本人の3者間対話においてビデオ分析を行い，そこで得た視線行動をモデル化し，エージェントに実装している[5]。本研究では，[9]の先行研究で同じ視線の状態遷移確率を使用して，2者間対話に適応させる形で日本人の視線モデルを構築した。日本人の視線モデルの状態遷移図を図1に示す。日本人の視線モデルでは，対話が始めると，凝視状態から始まり，1.1秒～3.1秒間相手を凝視した後，3.2秒～7.9秒間のあいまい注視を行う。あいまい注視終了後は，67%の確率で凝視状態に戻るか，33%の確率で2.0秒間視線そらしを行う。視線そらし終了後は67%の確率で凝視状態に遷移するか，33%の状態で見線そらしを継続する。日本人の視線モデルでは，発話時，傾聴時ともにこのモデルに従って，視線行動が行われる。「凝視」，「あいまい凝視」，「視線そらし」などの視線行動については，3章のエージェントに実装した視線行動で述べる。

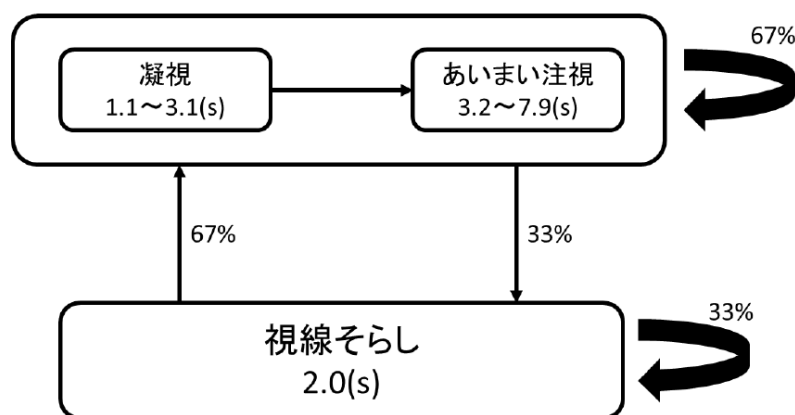


図1 日本人の視線モデルの状態遷移図

2.2 米国人の視線モデル

Cassellらは，2者間対話においてビデオ分析を行い，米国人が発話開始時と発話終了時に視線を動かす確率を示している[6]。本研究では，Cassellらの研究を基に，米国人モデルとして，発話開始時の視線，発話終了時の視線を実装した。米国人の発話開始時の状態遷移図

を図 2 に、発話終了時の状態遷移図を図 3 に示す。米国人の発話開始時の視線モデルでは、44%の確率で 0.5 秒間視線をはずし、凝視状態に遷移する。発話中は凝視状態を継続する。発話終了時は、84%の確率で 2 秒間視線をそらし、凝視状態に遷移する。「視線はずし」の視線行動については、3 章のエージェントに実装した視線行動で述べる。

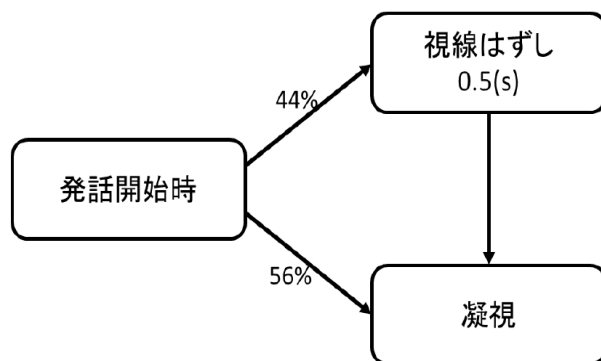


図 2 米国人の発話開始時の視線モデルの状態遷移図

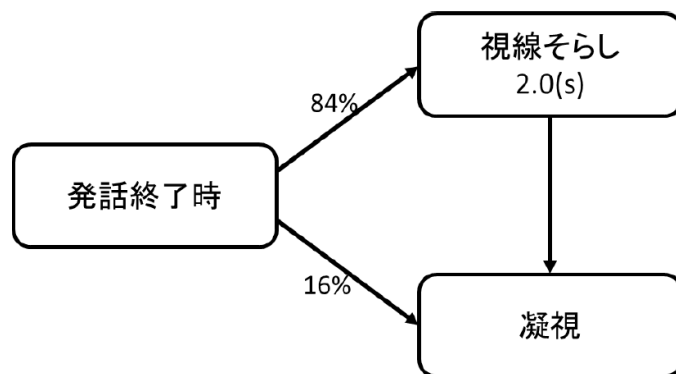


図 3 米国人の発話終了時の視線モデルの状態遷移図

2.3 凝視モデル

石井らのモデルから、あいまい注視と視線そらしを削除し、凝視のみを行うモデルを作成した。

3 使用するエージェント

本章では，実験に用いるエージェントのデザイン，エージェントが行う視線行動について述べる．

3.1 仮想エージェント

本研究では，実体性を持たないエージェントを「仮想エージェント」と定義し，仮想エージェントは，Unity 2019 で利用可能な Asset の Toon Teens[20]を用いた，それぞれの視線行動及び発話するアニメーションを作成した．開発言語は C#を用いて，視線行動を制御した．使用した仮想エージェントを図 4 に示す．



図 4 使用した仮想エージェント

3.2 ロボットエージェント

本研究では，実体性をもったエージェントを「ロボットエージェント(以下ロボットと呼称する)」と定義した．ロボットには，Vstone 社製の社会的対話ロボットの CommU を用い[21]，それぞれの視線行動及び発話する動きを実装した．開発言語は Java を用いて，視線行動を制御した．またロボットの外見を仮想エージェントに近づけるために，帽子を被せ，眉をつけ，目にハイライトを入れる装飾を行った．本研究で使用したロボットの装飾前と装飾後の外見を図 5 に示す．



図 5 使用したロボットエージェント (左：装飾前, 右：装飾後)

3.3 エージェントに実装した視線行動

「日本人の視線モデル」, 「米国人の視線モデル」, 「凝視モデル」の 3 つの視線モデルが行う視線行動は, 「凝視」, 「あいまい注視」, 「視線はずし」, 「視線そらし」の 4 種類である.

「凝視」は実験参加者がエージェントと視線交差を行なっている状態とした. 「あいまい注視」は, 石井らの研究において実装されたものである. 石井らは長時間の視線交差の持続は威圧感を与えるため, 少し下を向くことで凝視による威圧感を軽減する視線行動である [5]. 本来, あいまい注視は日本人の視線行動に基づいたものではない. だが, 石井らの研究では, あいまい注視を行うエージェントの場合, あいまい注視を行わない場合と比べエージェントの挙動の自然さが高い傾向にあった [5] ため, 本研究でも使用した. 凝視を行うエージェント, あいまい注視を行うエージェントを図 6 に示す.



図 6 凝視を行うエージェント (左), あいまい注視を行うエージェント (右)

仮想エージェントの瞳の位置は Unity のアニメーションで設定した。仮想エージェントあいまい注視は凝視を基準に、瞳の縦軸を 13、首の縦軸を 10 に設定した。また、ロボットの瞳の位置は、Java で設定した。ロボットのあいまい注視は凝視を基準に、瞳の縦軸を-140、首の縦軸を 110 に設定した。凝視を行うロボット、あいまい注視を行うロボットを図 7 に示す。



図 7 凝視を行うロボット (左), あいまい注視を行うロボット (右)

「視線はずし」は、Cassel らの分析より、発話開始時に視線交差を短時間中断する視線行動とした[6]。本実験では、視線を外す時間は先行研究同様に 0.5 秒に設定した。Gambi らの研究において、Cassell らの視線モデルを実装されたエージェントは視線を外す際の視線方向は上向きで実装されていた[20]。また先行研究でも、エージェントが視線を外す方向は上方で実装されていた[7]ため、本研究でも、エージェントが発話を開始する視線行動として、視線を外す方向は上方で実装した。視線交差を短時間中断する視線行動の妥当性チェッ

クを日本人大学生の男性 5 人，女性 2 人に実施した結果，本実験では，仮想エージェントの瞳のオフセット値が縦軸は 27.2，横軸は 14.4，ロボットの縦軸は-40，横軸は左目が-140，右目が-80 に設定したものが自然であり，目を合わせていないと評価されたため，その値を視線はずし状態として選択した．「視線そらし」は実験参加者と視線交差をしない視線行動とし，本研究では石井らの研究[5]で使用した，2 秒間とした．Cassell らの分析において，米国人は発話終了時に長時間視線を逸らす[6]とされている．

本研究ではこちらを「視線そらし」として実装した．視線そらしは，相手から視線を避ける視線行動であり，相手を見ることを避ける視線行動としての妥当性チェックを日本人大学生の男性 5 人，女性 2 人に実施した結果，エージェントの瞳のオフセット値が仮想エージェントは縦軸は 10，横軸は 60，ロボットは目を左にそらす場合は，縦軸は-130，横軸は左目が-160，右目が-220，目を右にそらす場合は縦軸は-130，横軸は左目が 20，右目が 0 に設定したものが自然であり，目を合わせていないと評価されたため，その値を視線はずし状態として選択した．視線はずしを行うエージェントを図 8，ロボットを図 9，視線そらしを行うエージェントを図 10，ロボットを図 11 に示す．



図 8 視線はずしを行うエージェント



図 9 視線はずしを行うロボット



図 10 視線そらしを行うエージェント

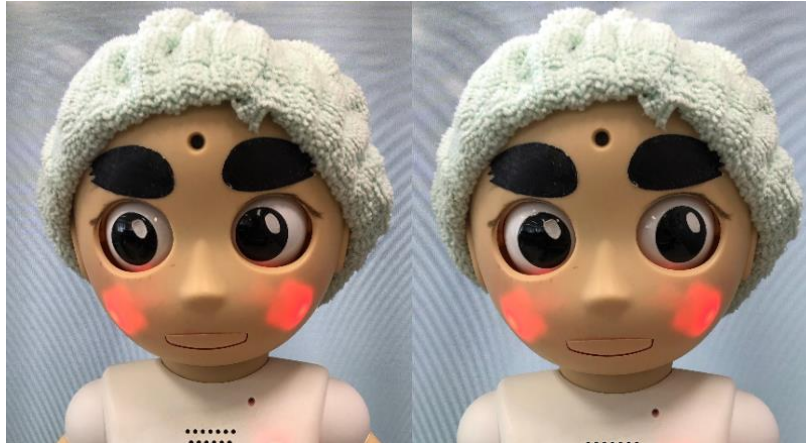


図 11 視線そらしを行うロボット

3.4 対話エージェントの対話方法

本研究では、エージェントとの対話実験に Wizard of Oz 法を用いた。Wizard of Oz 法とは、人間 (Wizard) が、システムのふりをし、シナリオに沿ってキーを押すことで、エージェントに発話をさせユーザと対話する手法である。まず、実験者がキーを押すことでエージェントに発話させ、その内容に対して、ユーザが返答する。ユーザの返答に対して、また実験者がキーを押してエージェントに発話をさせることを繰り返していき対話を進めることである。

この方法を用いたのは、エージェントが推論した返答が適切に行えない場合、応答のタイミングを統制することができるためである。シナリオは最近のニュースや流行など、時事問題を用いて作成した。テーマは、東京オリンピック、e-sports、5G、プラスチック問題、台風被害、高齢者免許返納率問題の 6 つである。

4 実験

本章では、実験内容及び、実験手順について述べる。我々の先行研究から、ロボットは少しでも視線行動があれば、その量に関わらず外向性や親近感などのポテンシーを表出できること[16]から、仮説として「仮想エージェントとロボットは同様に、外向性低群は米国人モデルに対しての印象が低くなり、外向性高群は日本人・米国人モデルに対しての印象が高くなる」を立てた。仮説を検証するため、以下の実験を行った。

4.1 実験内容

実験の条件は、視線条件 (日本人視線条件、米国人視線条件、凝視条件) の 3 水準と、実体性条件 (ロボットと仮想エージェント) の 2 水準である。また実験は実験参加者内計画として行った。実験参加者の実験手順は、以下のとおりである。

- ① 実験前に自分の性格とロボットに関するアンケートに回答
- ② ロボットまたは仮想エージェントと 2 分程度対話
- ③ 印象評価アンケートに回答
- ④ エージェント，対話内容及び視線条件を変更して②～③を繰り返す
- ⑤ 6 回のタスク終了後に実験後インタビュー

実験参加者は 19 歳から 23 歳の日本人大学生 32 名（男性 30 名，女性 2 名）である．実験参加者には音声対話ロボットと CG エージェントに対する性能の実体性比較のための実験であると教示し，視線の研究であるとは明示せずに行った．実験では，順序効果を考慮してエージェントの提示順，視線条件とエージェントの組み合わせ，発話内容はランダムとした．また対話中は，アイトラッカーで実験参加者の視線を計測した．対話方法は，応答タイミングの統制をするため，Wizard of Oz 法を用いた．また 6 回の対話終了後には「セリフ以外にエージェントの動きの違いに気づいたか」，「どのエージェントに一番親近感がわいたか」，「エージェントの動きは自然であったか」などを尋ねる，実験後インタビューを行った．

尚，実験の実施に関しては，大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会にて，ヒト対象研究計画承認済み（承認番号 2019-66）である．

4.2 実験環境

実験環境の構成を図 12 に，実際の実験風景を図 13 に示す．実験では，実験参加者がエージェントとの会話中に，視線を読み取ることができ，またアイトラッカーで視線を計測することが可能な距離を設定するべきだと考え，先行研究で用いた，相手の表情を読み取れる個体距離のうち，きわめて親しい間柄でなくても成立する遠方相にあたる 90cm[16]をエージェントとの距離とした．仮想エージェントの場合はモニターから，ロボットの場合は高さ調整用の台から 90cm とした．また，モニターの高さは実験参加者の目の高さが合うように調整し，同様にロボットと実験参加者の目の高さが合うように，高さ調節用の台の高さの上にロボットを配置した．また，エージェントの音声は統制し，スピーカーの位置を調整し，音声の聞こえる方向と，音量を統制した．

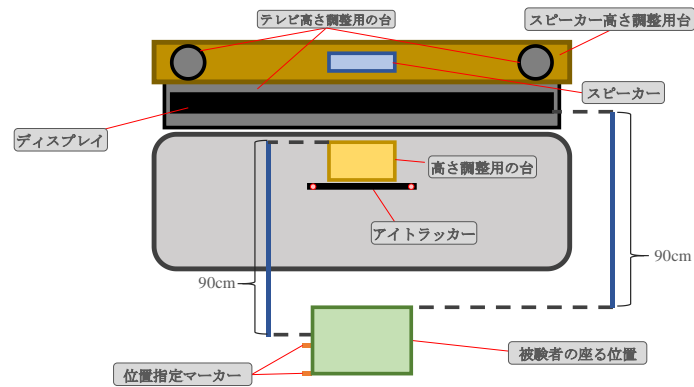


図 12 実験環境の構成図



図 13 実験風景

4.3 アンケートの内容

実験前アンケートでは、実験参加者の外向性によって、エージェントやロボットの目を見る時間が異なり、エージェントから受ける印象が異なると考え、実験参加者の性格特性を評価する日本語版 TIPI の 10 項目[22]と、ロボット不安尺度(6 件法)[23]を使用している。TIPI では「外向性 (Q1 と Q6 の合計)」「協調性 (Q2 と Q7 の合計)」「勤勉性 (Q3 と Q8 の合計)」「神経症傾向 (Q4 と Q9 の合計)」「開放性 (Q5 と Q10 の合計)」の 5 つそれぞれから構成されている[18]。ロボット不安尺度は 11 項目からなり、各項目における回答は 6 件法 (1: 全く不安に思わない, 2: ほとんど不安に思わない, 3: あまり不安に思わない, 4: 少し不安に思う, 5: かなり不安に思う, 6: 非常に不安に思う) である。また, S1: ロボ

ット会話能力不安（4項目）、S2：ロボット行動特性不安（4項目）、S3：ロボット対話不安（3項目）の3つの下尺度から構成されている[19]。表1に実験前アンケート、表2に質問の分類を示す。

表1 実験前アンケート

	項目
Q1	活発で、外向的だと思う
Q2	他人に不満を持ち、もめごとを起こしやすいと思う
Q3	しっかりしていて、自分に厳しいと思う
Q4	心配性で、うろたえやすいと思う
Q5	新しいことが好きで、変わった考えを持つと思う
Q6	ひかえめで、おとなしいと思う
Q7	人に気がつかう、やさしい人間だと思う
Q8	だらしなく、うっかりしていると思う
Q9	冷静で、気分が安定していると思う
Q10	発想力にかけた、平凡な人間だと思う
Q11	ロボットが会話中に的外れなことを話すのではないか
Q12	ロボットとの会話は融通がきかないのではないか
Q13	ロボットは難しい話が理解できないのではないか
Q14	ロボットがどのような動きをするのか
Q15	ロボットが何をしてくるのか
Q16	ロボットがどれくらいの力を持っているのか
Q17	ロボットがどのくらいの速さで動くのか
Q18	ロボットにどう話しかけたらいいのか
Q19	ロボットから話しかけられた時にどう答えたらいいのか
Q20	ロボットに自分のした話の内容が理解されているのか
Q21	ロボットから話しかけられた内容が自分には理解できないのではないか

表2 質問の分類

Q1,Q6	外向性
Q2,Q7	協調性
Q3,Q8	勤勉性
Q4,Q9	神経症傾向
Q5,Q10	開放性
Q11,Q12,Q13	ロボット会話能力不安
Q14,Q15,Q16,Q17	ロボット行動特性不安
Q18,Q19,Q20,Q21	ロボット対話不安

4.4 印象評価の方法

各対話後に行う印象評価アンケートでは、前述でも使用した「日本語版 TIPI[22] (10 項目)」、「実験参加者がエージェントから感じた親近感 (7 項目)」、「実験参加者がエージェントに対して感じた親近感 (3 項目)」、「エージェントと自分が似ているか (1 項目)」、「エージェントの動きは自然だったか (1 項目)」、「エージェントは自信を持っていると感じた」 (1 項目)」、「エージェントから威圧感を感じた」 (1 項目)、「エージェントとの会話の印象 (11 項目)」の計 35 項目を 7 段階の尺度 (7: 当てはまる - 1: 当てはまらない) で評価する。表 3 に印象評価アンケート、表 4 に質問の分類を示す。

表 3 印象評価アンケート

項目	
Q1	エージェントは活発的、外向的だと思う
Q2	エージェントは他人に不満を持ち、揉め事を起こしやすいと思う。
Q3	エージェントはしっかりしていて、自分に厳しいと思う
Q4	エージェントは心配性で、うろたえやすいと思う
Q5	エージェントは新しいことが好きで、変わった考えを持つと思う
Q6	エージェントは控えめで、おとなしいと思う
Q7	エージェントは人に気がつかない、やさしいと思う
Q8	エージェントはだらしなく、うっかりしていると思う
Q9	エージェントは冷静で、気分が安定していると思う
Q10	エージェントは発想力に欠け、平凡だと思う
Q11	エージェントとの対話を居心地がいいと感じた
Q12	エージェントが私に興味を持っていると感じた
Q13	エージェントとの会話が不快であった
Q14	エージェントが私の話を良く聞いてくれていると感じた
Q15	エージェントに対して話しやすいと感じた
Q16	エージェントとの対話中にリラックスできた
Q17	エージェントとの対話を退屈だと感じた
Q18	エージェントが私の心配をしてくれていると感じた
Q19	エージェントとの対話が楽しいと感じた
Q20	エージェントとの対話を続けたいと感じた
Q21	エージェントと気軽に対話することができた
Q22	エージェントからの思いやりを感じた
Q23	エージェントに対して気軽に心を開くことができた
Q24	エージェントは自分と話したくなさそうに感じた
Q25	エージェントと対話していて疲れた
Q26	エージェントが親しみやすいと感じた
Q27	エージェントに対して気をつかった
Q28	エージェントは自分に似ていると感じた
Q29	エージェントとの対話中にストレスを感じた
Q30	エージェントとの対話に気まずさを感じた
Q31	エージェントへ親近感を感じた
Q32	エージェントからの親近感を感じた
Q33	エージェントの動きは自然だったか
Q34	エージェントは自信を持っていると感じた
Q35	エージェントから威圧感を感じた

表 4 質問の分類

Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10	パーソナリティ診断	
Q12, Q14, Q18, Q22, Q24, Q26, Q32	実験参加者がエージェントから感じた親近感	
Q20, Q23, Q31	実験参加者がエージェントに対して感じた親近感	
Q28	エージェントが自分と似ているか	
Q11, Q16	エージェントとの対話の居心地・リラックス	エージェントとの会話の印象
Q13	エージェントとの会話が不快であった	
Q15	エージェントに対して話しやすい	
Q17	エージェントとの対話は退屈だと感じた	
Q19	エージェントと気軽に対話することができた	
Q25, Q27, Q29, Q30	対話疲れ・気を使った・ストレス・気まずさ・	
Q33	エージェントの動きは自然だったか	
Q34	エージェントは自信を持っていると感じた	
Q35	エージェントから威圧感を感じた	

5 分析結果

5.1. 性格特性に関する評価

エージェントによって表出された性格特性に関する、TIPI 及び印象評価アンケートの結果に対し、視線行動要因（日本人、米国人、凝視）および実態性条件（仮想エージェント、ロボット）における対応「あり」×「あり」の2要因分散分析を行った結果を示す。

5.1.1 TIPI の外向性に関する評価

表3の印象評価アンケートにおける、エージェントは外向性に関する評価に対し、2要因分散分析を行った。その結果、主効果（視線行動要因： $F=2.120$, $p=0.124$, 実体性要因： $F=0.461$, $p=0.499$ ）及び交互作用（ $F=0.209$, $p=0.812$ ）に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図14に示す。

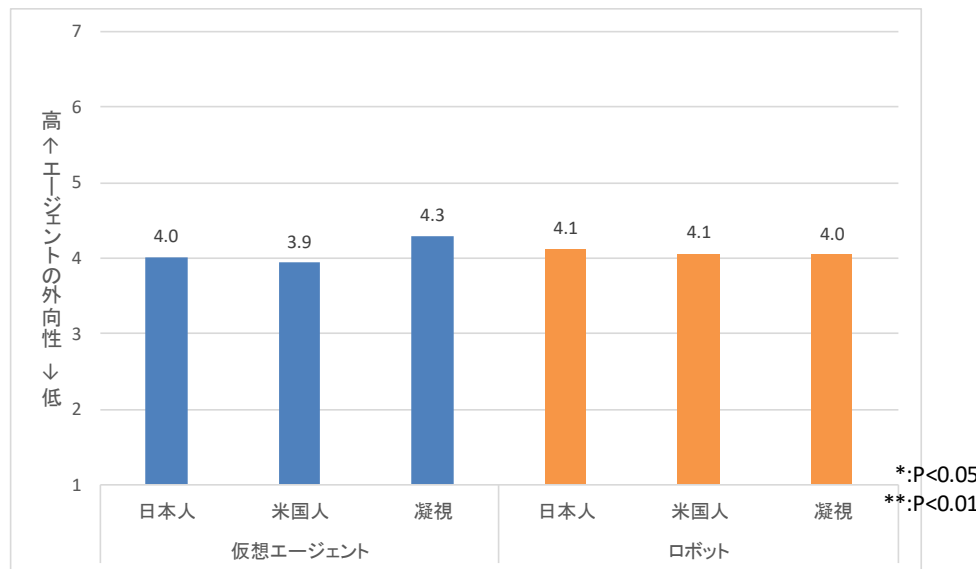


図 14 TIPI の外向性に関する評価

多重比較の結果においては、視線要因および実体性要因で有意差は見られなかった。エージェントの外向性は、視線条件に関わらず、仮想エージェントとロボットで同程度の評価であった。

5.1.2 TIPI の協調性に関する評価

表3の印象アンケートにおける、エージェントの協調性に関する評価に対し、2要因分散分析を行った。その結果、主効果（視線行動要因： $F=0.242$, $p=0.785$, 実体性要因： $F=1.155$, $p=0.287$ ）及び交互作用（ $F=0.123$, $p=0.884$ ）に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図15に示す。

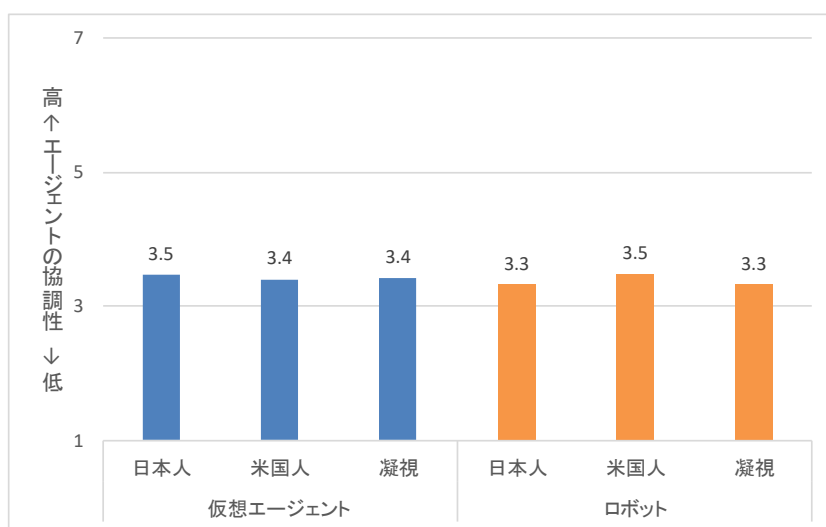


図 15 TIPI の協調性に関する評価

多重比較の結果においては、視線行動要因および実体性要因で有意差は見られなかった。エージェントの協調性は、視線条件に関わらず、仮想エージェントとロボットで同程度の評価であった。

5.1.3 TIPI の勤勉性に関する評価

表 3 の印象アンケートにおける、エージェントの勤勉性に関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。その結果、主効果（視線行動要因： $F=0.408$, $p=0.666$, 実体性要因： $F=0.485$, $p=0.493$ ）及び交互作用（ $F=1.248$, $p=0.291$ ）に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図 16 に示す。

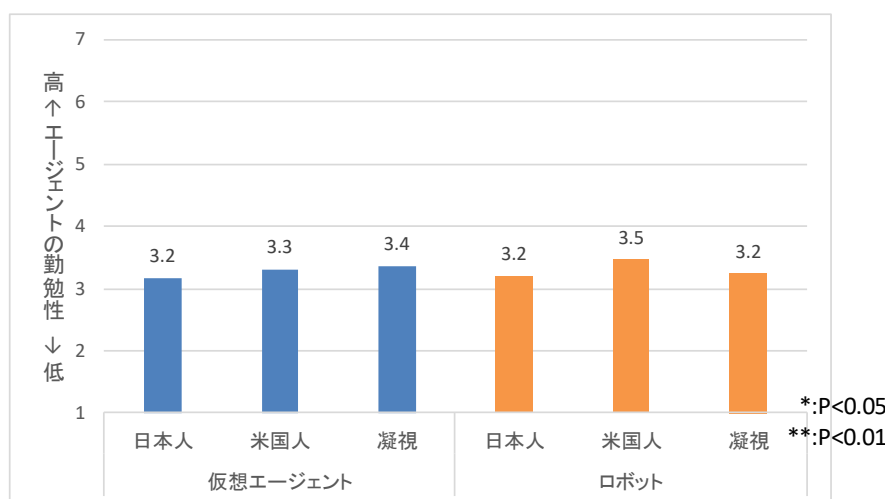


図 16 TIPI の勤勉性に関する評価

多重比較の結果においては、視線行動要因及び実体性要因で有意差は見られなかった。エージェントの勤勉性は、視線条件に関わらず、仮想エージェントとロボットで同程度の評価であった。

5.1.4 TIPIの開放性に関する評価

表3の印象アンケートにおける、エージェントの開放性に関する評価に対し、2要因分散分析を行った。その結果、主効果（視線行動要因： $F=0.492$, $p=0.613$, 実体性要因： $F=0.143$, $p=0.706$ ）及び交互作用（ $F=0.380$, $p=0.685$ ）に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図17に示す。

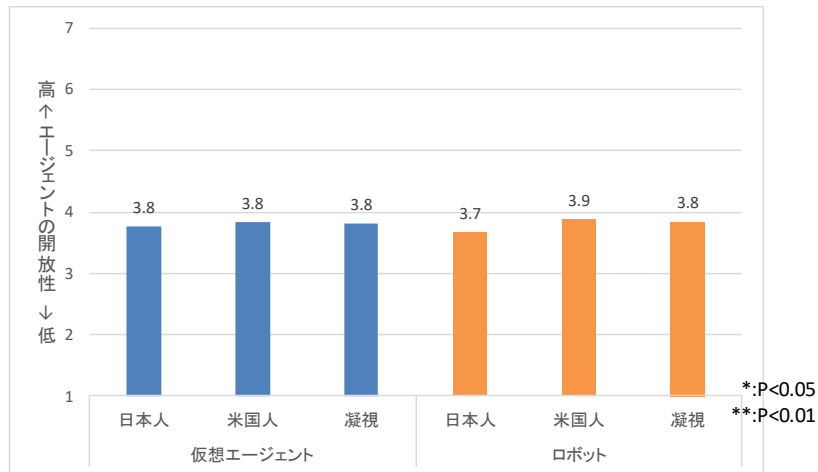


図 17 TIPIの開放性に関する評価

多重比較の結果においては、視線行動要因及び実体性要因で有意差は見られなかった。エージェントの開放性は、視線条件に関わらず、仮想エージェントとロボットで同程度の評価であった。

5.1.5 TIPIの神経症傾向に関する評価

表3の印象アンケートにおける、エージェントの神経症傾向に関する評価に対し、2要因分散分析を行った。その結果、主効果（視線行動要因： $F=2.392$, $p=0.096$, 実体性要因： $F=0.289$, $p=0.593$ ）及び交互作用（ $F=0.881$, $p=0.417$ ）に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図18に示す。

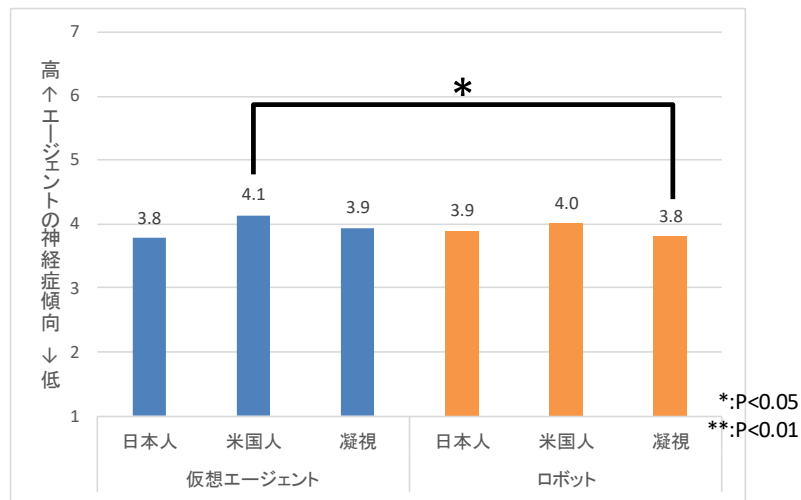


図 18 TIPI の神経症傾向に関する評価

多重比較の結果においては、視線行動要因間では有意差はみられず、実体性要因で仮想エージェントに米国人視線モデルを実装した場合、凝視モデルが実装されたロボットより有意に高くなった ($F=4.425$, $p<0.05$)。

5.2. エージェントとのインタラクションに関する評価

視線要因や実体性、それらの組み合わせが、対話相手としてエージェントの印象に及ぼす影響を分析するために、表 3 の印象評価アンケートにより測った。その結果を示す。

5.2.1 エージェントは自信を持っていたかに関する評価

表 3 の印象アンケートにおける、エージェントの自信を持っていたに関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。その結果、視線行動要因において主効果で有意差が見られた ($F=4.573$, $p<0.05$)、実体性要因で主効果は見られなかった。また、視線行動要因と実体性要因において交互作用は見られなかった。視線行動要因の主効果のグラフを図 19、多重比較の結果を図 20 に示す。

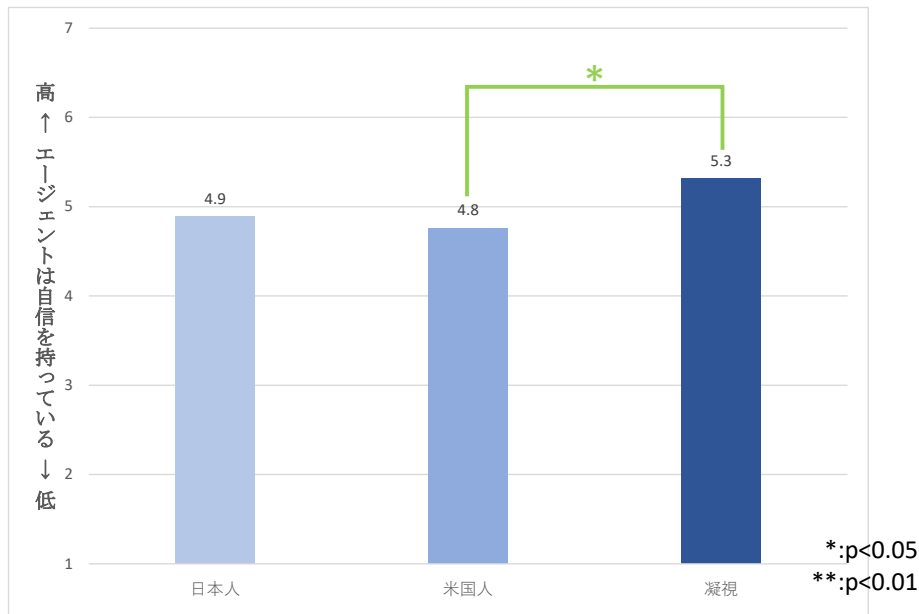


図 19 エージェントは自信を持っていたに関する視線行動要因の主効果の結果

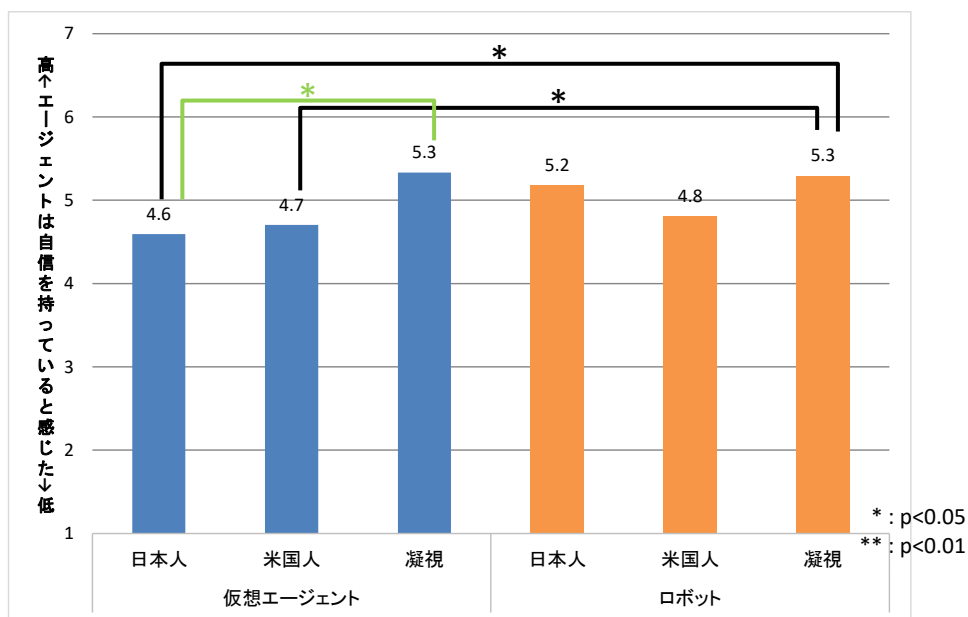


図 20 エージェントは自信を持っていると感じたに関する多重比較の結果

(黒：視線行動要因間での比較，緑：実体性要因間での比較)

視線行動要因における主効果の比較において、凝視条件は米国人視線条件より有意に高くなった ($F=4.469$, $p=0.014$)。実体性要因における主効果の比較においては有意差が見られなかった。

多重比較の結果、視線行動要因では仮想エージェントにおいて凝視モデルは日本人視線モデルより有意に高くなっていた ($F=3.950$, $p<0.05$)。また、実体性要因ではロボットに凝

視モデルを実装した場合，日本人視線モデルが実装された仮想エージェントより有意に高くなった ($F=5.297, p<0.05$)。また凝視モデルが実装されたロボットは米国人視線モデルが実装された仮想エージェントより有意に高くなった ($F=5.537, p<0.05$)。

5.2.2 エージェントに対して感じた親近感に関する評価

表3の印象アンケートにおける，エージェントから感じた親近感に関する評価に対し，2要因分散分析を行った。2要因分散分析を行った結果，視線行動要因において主効果($F=0.430, p=0.651$)で有意差は見られなかった。実体性要因において主効果 ($F=7.006, p<0.05$) で有意差が見られた。また，視線行動要因と実体性要因の交互作用 ($F=0.757, p=0.471$) で有意差は見られなかった。実体性要因の主効果に関する結果を図21に，多重比較の結果を図22に示す。

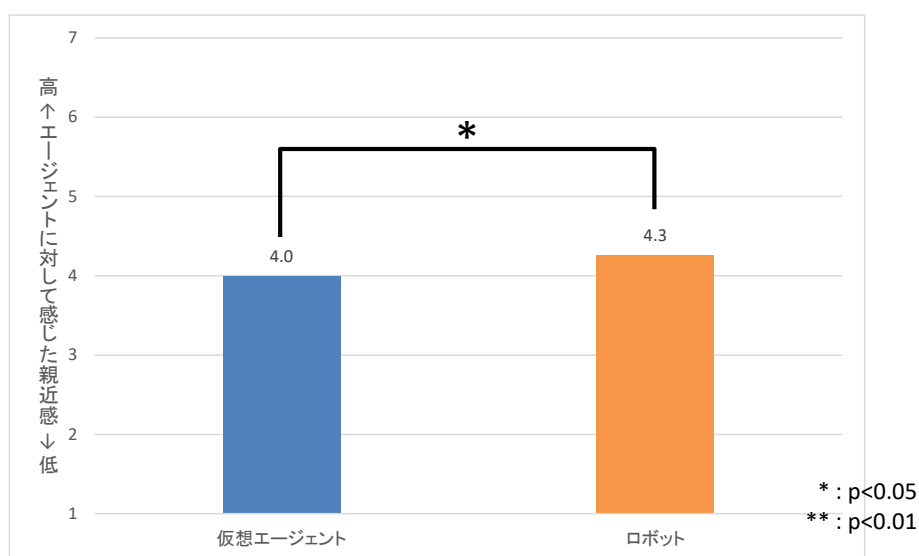


図 21 エージェントに対して感じた親近感の実体性要因の主効果に関する結果

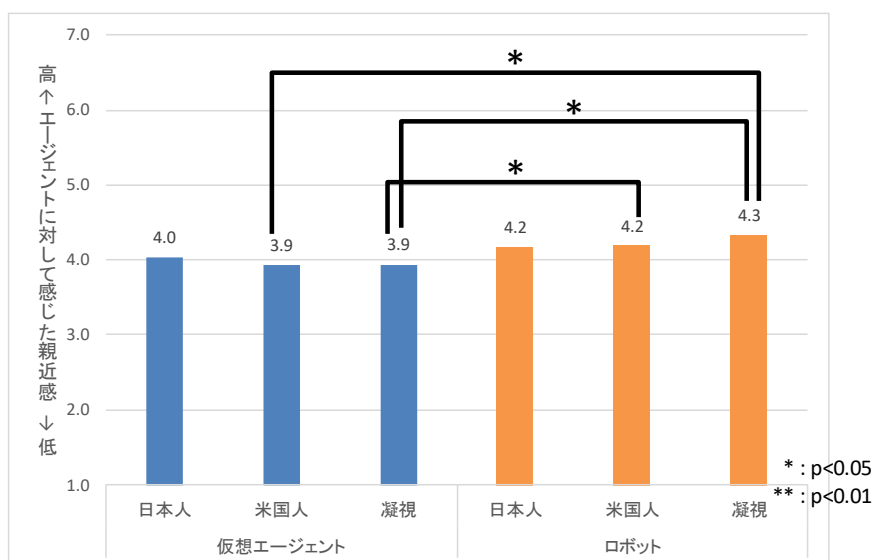


図 22 エージェントに対して感じた親近感に関する多重比較の結果

実体性要因における主効果の比較において、ロボットは仮想エージェントよりも有意に高くなった ($F=8.443$, $p<0.01$)。

多重比較の結果、実体性要因においてロボットに凝視モデルを実装した場合、米国人視線モデルが実装された仮想エージェントよりも有意に高くなった ($F=5.674$, $p<0.05$)。また、ロボットに米国人視線モデルを実装した場合、凝視モデルが実装された仮想エージェントよりも有意に高くなった ($F=4.436$, $p<0.05$)。仮想エージェントに凝視モデルを実装した場合、凝視モデルが実装されたロボットよりも有意に高くなった ($F=5.702$, $p<0.05$)。

5.2.3 エージェントから感じた親近感に関する評価

表 3 の印象アンケートにおける、エージェントから感じた親近感に関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。2 要因分散分析を行った結果、主効果（視線行動要因： $F=0.219$, $p=0.804$, 実体性要因： $F=0.011$, $p=0.915$) 及び交互作用 ($F=2.416$, $p=0.087$) で有意差は見られなかった。多重比較の結果を図 23 に示す。

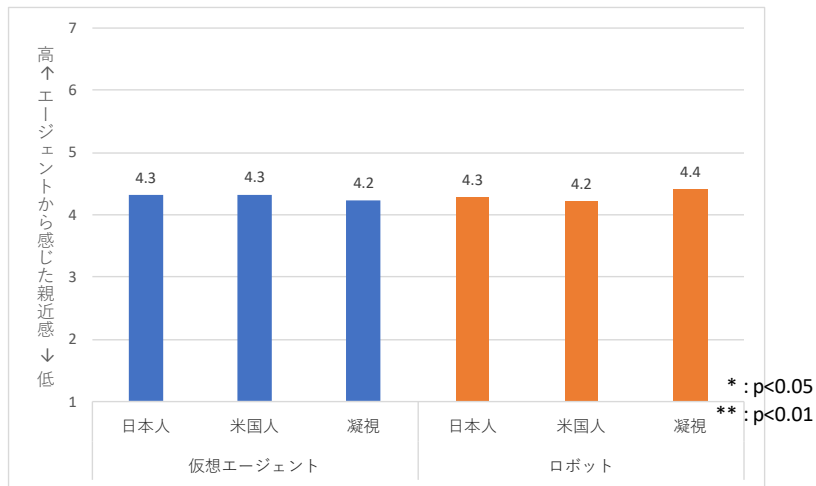


図 23 エージェントから感じた親近感に関する多重比較の結果

多重比較の結果においては、視線要因および実体性要因で有意差は見られなかった。

5.2.4 エージェントから感じた威圧感に関する評価

表 3 の印象アンケートにおける、エージェントから感じた威圧感に関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。2 要因分散分析を行った結果、主効果（視線行動要因：F=0.844，p=0.436，実体性要因：F=0.000，p=1.000）及び交互作用（F=0.708，0.497）に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図 24 に示す。

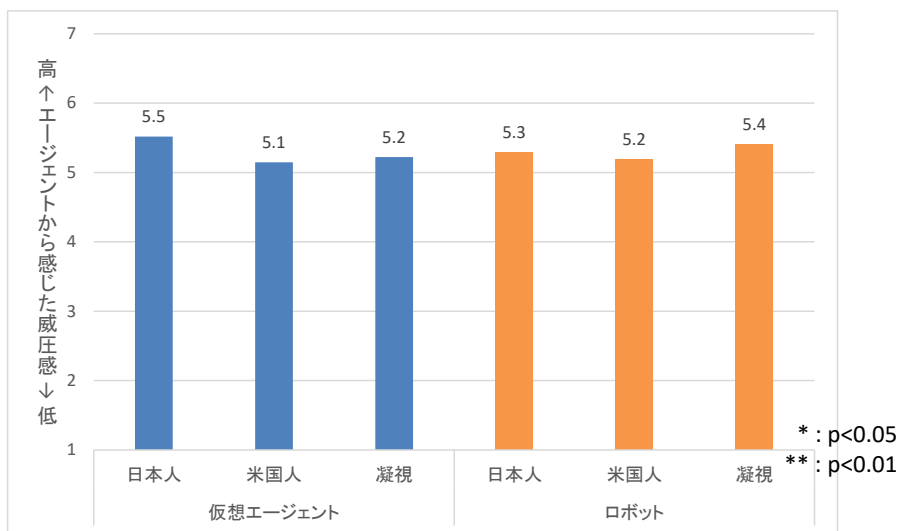


図 24 エージェントから感じた威圧感に関する結果

多重比較の結果においては、視線要因および実体性要因で有意差は見られなかった。

5.2.5 エージェントの動きは自然だったかに関する評価

表 3 の印象アンケートにおける、エージェントの動きは自然かに関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。2 要因分散分析を行った結果、主効果（視線行動要因：F=1.007，p=0.372，

実体性要因：F=0.037, p=0.849) 及び交互作用 (F=0.125, p=0.883) に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図 25 に示す。

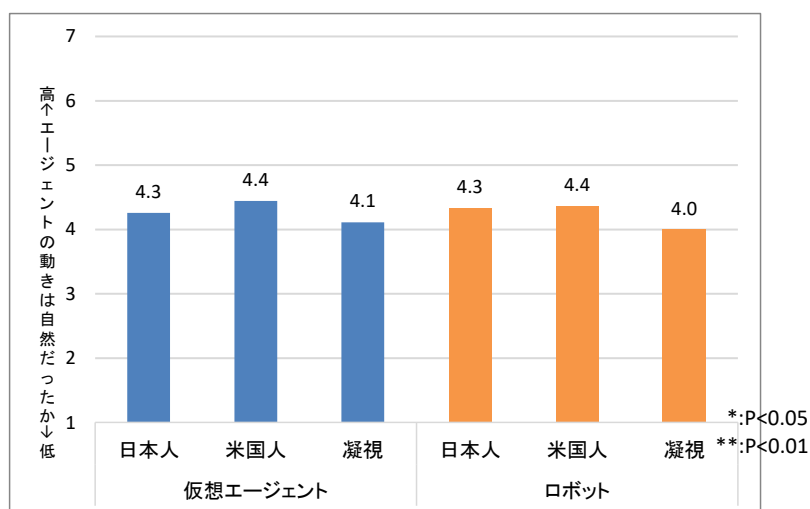


図 25 エージェントの動きは自然だったかに関する多重比較の結果

多重比較の結果においては、視線要因および実体性要因で有意差は見られず、突出して不自然なモデルはなかった。

5.2.6 エージェントが自分と似ているか

表 3 の印象評価アンケートにおける、エージェントが自分と似ているかに関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。2 要因分散分析を行った結果、主効果 (視線行動要因: F=0.491, p=0.615, 実体性要因: F=0.006, p=0.937) 及び交互作用 (F=0.873, p=0.424) に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図 26 に示す。

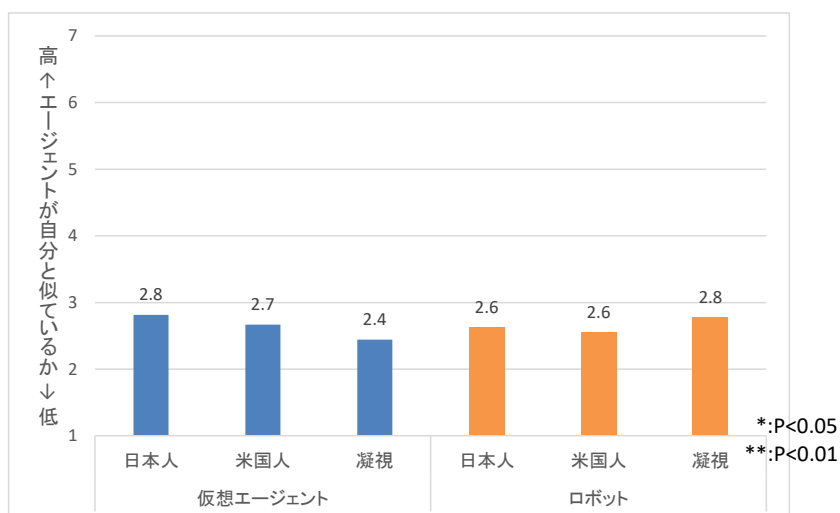


図 26 エージェントが自分と似ているかに関する多重比較の結果

多重比較の結果においては、視線要因および実体性要因で有意差は見られなかった。

5.3. エージェントとの会話の印象に関する評価

視線行動や実体性、それらの組み合わせが対話相手としてエージェントとの会話の印象を分析するために、表 3 の印象アンケートにより測った。また、2 要因分散分析を行った後、実験参加者を外向性高群低群に分け、3 要因分散分析を行った。その結果を以下に示す。

5.3.1 外向性尺度

表 1 の実験前アンケートの外向性に関する結果を図 27 に示す。実験参加者を日本人 20 代の平均点 7.62 に基づいて、9 以上の 15 名を外向性高群、8 の 7 名を外向性中群、7 以下の 10 名を外向性低群に分類した。今回は外向性の影響を明らかにするため、外向性中群 7 名は分析対象から外した。

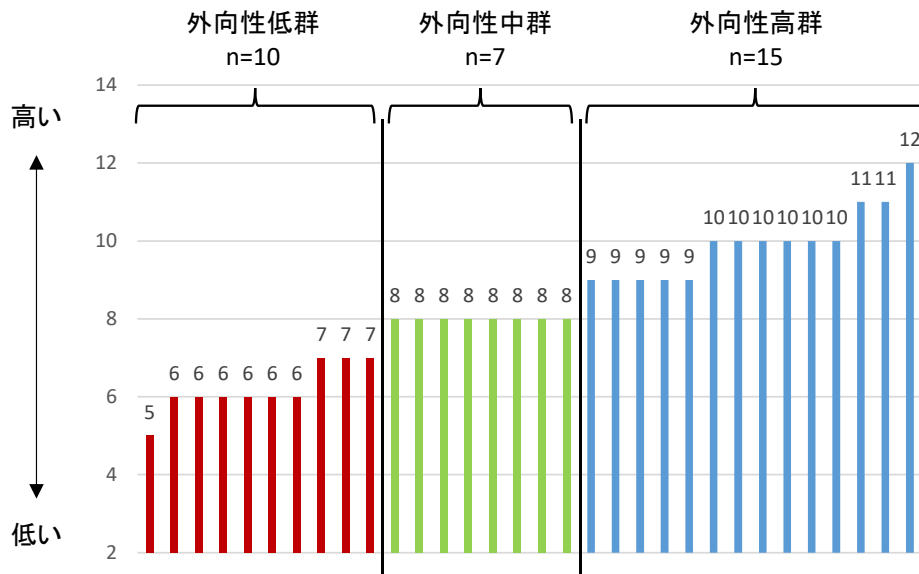


図 27 実験前アンケートにおける外向性の結果

5.3.2 エージェントと気軽に対話できたに関する評価

表 3 の印象評価アンケートにおける、エージェントと気軽に対話できたかに関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。2 要因分散分析を行った結果、主効果（視線行動要因： $F=0.582$, $p=0.562$, 実体性要因： $F=3.482$, $p=0.073$) に有意差は見られなかった。交互作用 ($F=4.374$, $p<0.05$) には有意差が見られた。多重比較の結果を図 28 に示す。

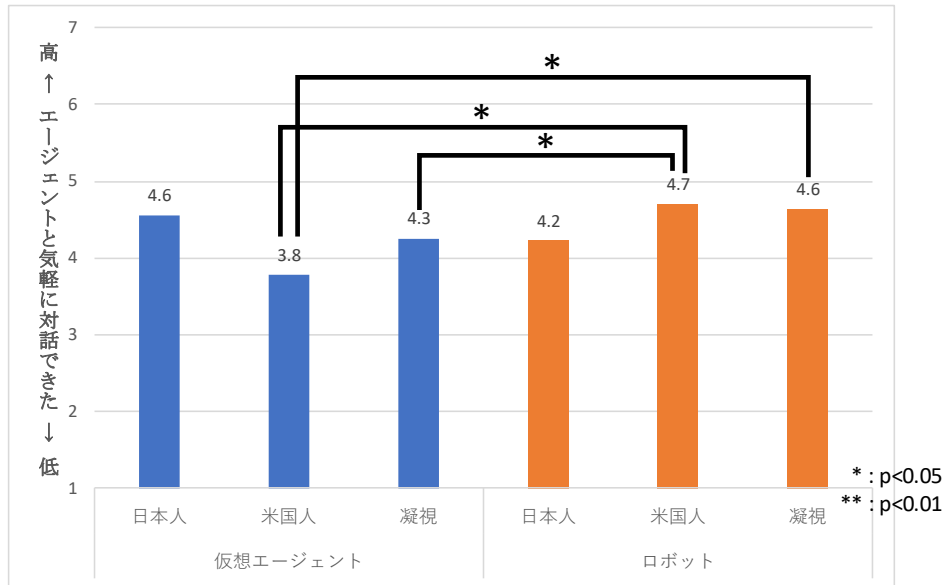


図 28 エージェントと気軽に対話できたに関する多重比較の結果

多重比較の結果においては、実体性要因において、ロボットに米国人視線モデルを実装した場合、米国人視線モデルが実装された仮想エージェントよりも有意に高くなった ($F=7.353$, $p<0.05$)。また、ロボットに凝視モデルを実装した場合、米国人エージェントよりも有意に高くなった ($F=4.833$, $p<0.05$)。またロボットに米国人視線モデルを実装した場合、凝視モデルが実装された仮想エージェントよりも有意に高くなった ($F=4.837$, $p<0.05$)。

エージェントと気軽に対話できたかに関する評価に対し、外向性要因 (高群, 低群), 視線行動要因 (日本人, 米国人, 凝視), 実体性要因 (仮想エージェント, ロボット) の対応「なし」「あり」「あり」の3要因分散分析を行った。3要因分散分析を行った結果, 主効果 (視線行動要因: $F=0.064$, $p=0.938$, 実体性要因: $F=1.661$, $p=0.204$) に有意差は見られなかった。また, 視線行動要因と実体性要因の交互作用 ($F=4.694$, $p<0.05$) には有意差が見られた。視線行動要因と外向性要因の交互作用 ($F=1.619$, $p=0.204$), 実体性要因と外向性要因の交互作用 ($F=1.661$, $p=0.204$), 視線行動要因と実体性要因と外向性要因の交互作用 ($F=0.729$, $p=0.485$) には有意差は見られなかった。視線行動要因と実体性要因の多重比較の結果を図 29 に示す。視線行動要因と実体性要因と外向性要因の多重比較の結果を図 30 に示す。

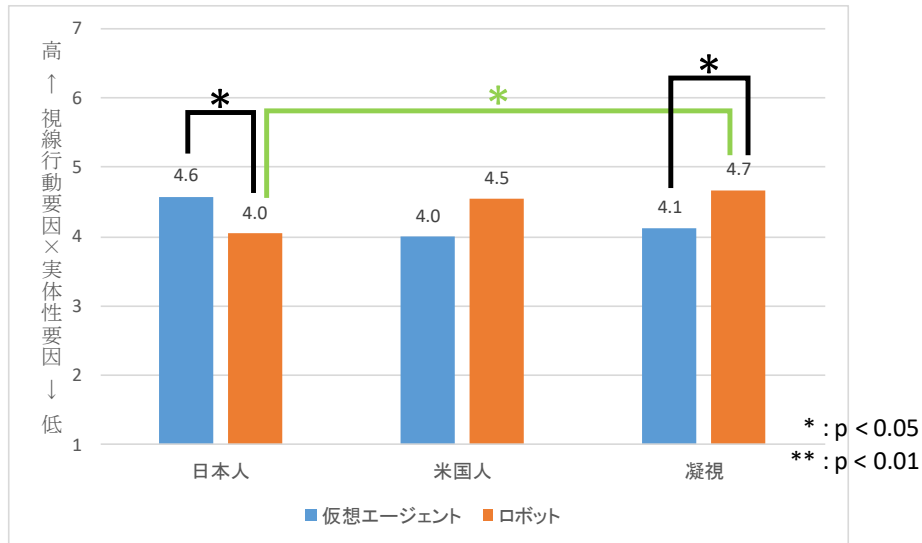


図 29 視線行動要因×実体性要因の多重比較の結果（エージェントと気軽に対話できた）

多重比較の結果において、実体性要因において、日本人視線モデルが実装された場合、ロボットは仮想エージェントよりも有意に高くなった ($F=4.475$, $p<0.05$)。また、凝視モデルが実装された場合、ロボットは仮想エージェントよりも有意に高くなった ($F=4.550$, $p<0.05$)。また視線行動要因において、ロボットに日本人視線モデルが実装された場合、凝視モデルを実装した場合よりも有意に高くなった ($F=3.507$, $p<0.05$)。

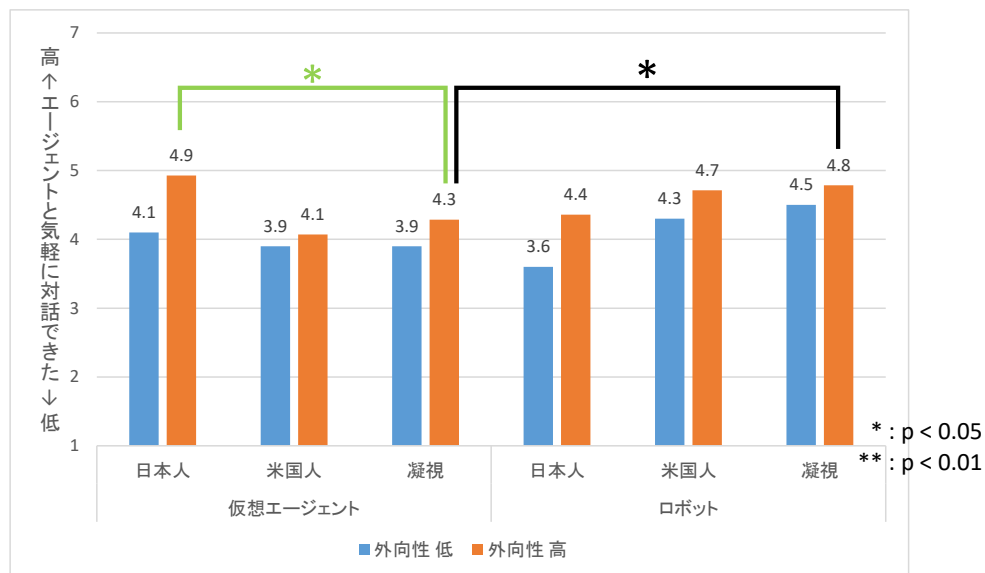


図 30 外向性要因×視線行動要因×実体性要因の多重比較の結果（エージェントと気軽に対話できた）

多重比較の結果においては、外向性高群において視線行動要因では、仮想エージェントに日本人視線モデルを実装した場合、凝視モデルを実装した場合よりも有意に高くなった ($F=2.650$, $p<0.05$)。また、実体性要因では、仮想エージェントに凝視モデルを実装した場

合、凝視モデルが実装されたロボットよりも有意に高くなった ($F=7.700$, $p<0.05$)。仮想エージェントとロボットともにすべての視線モデルにおいて、外向性高群は低群よりも平均点が高いことが示された。

5.3.3 エージェントとの対話が楽しいに関する評価

表 3 の印象評価アンケートにおける、エージェントとの対話が楽しいに関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。2 要因分散分析を行った結果、主効果 (視線行動要因: $F=1.604$, $p=0.211$, 実体性要因: $F=0.415$, $p=0.993$) 及び交互作用 ($F=0.007$, $p=0.993$) に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図 31 に示す。

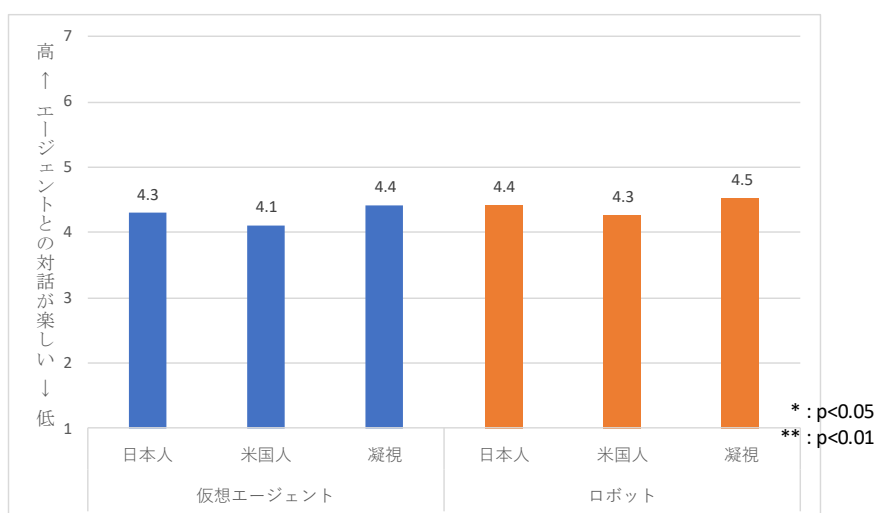


図 31 エージェントとの対話が楽しいに関する多重比較の結果

多重比較の結果においては、視線行動要因および実体性要因で有意差は見られなかった。エージェントとの対話が楽しいは、実体性による差はなく仮想エージェントもロボットも、米国人モデルが最も低下することが示された。

また、エージェントとの対話が楽しいに関する評価に対し、外向性要因 (高群, 低群), 視線行動要因 (日本人, 米国人, 凝視), 実体性要因 (仮想エージェント, ロボット) の対応「なし」「あり」「あり」の 3 要因分散分析を行った。3 要因分散分析を行った結果、主効果 (視線行動要因: $F=0.670$, $p=0.517$, 実体性要因: $F=0.671$, $p=0.421$) に有意差は見られなかった。また、視線行動要因と外向性要因 ($F=0.735$, $p=0.485$), 実体性要因と外向性要因 ($F=1.967$, $p=0.175$), 視線行動要因と実体性要因 ($F=0.011$, $p=0.990$), 視線行動要因と実体性要因と外向性要因 ($F=0.632$, $p=0.536$) には有意差は見られなかった。視線行動要因と実体性要因と外向性要因の多重比較の結果を図 32 に示す。

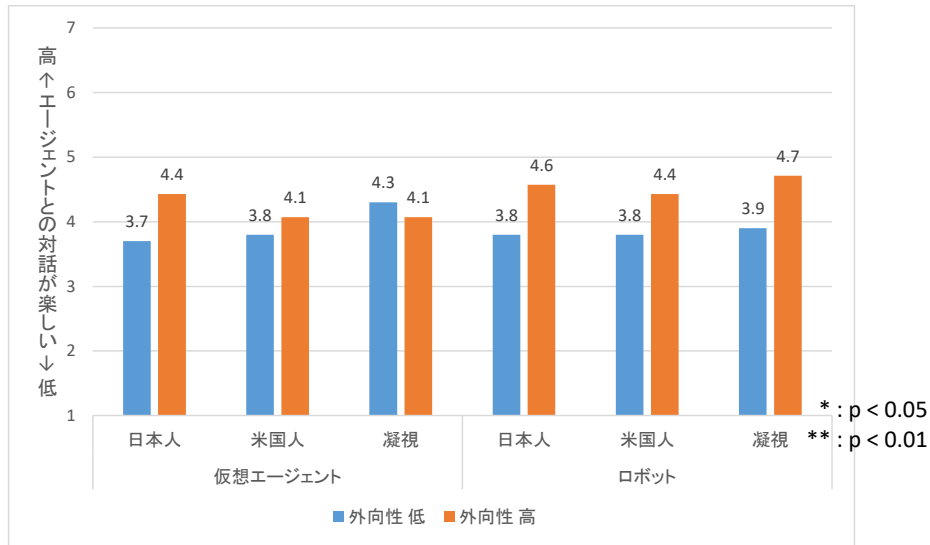


図 32 外向性要因×視線行動要因×実体性要因の多重比較の結果（エージェントとの対話
が楽しい）

多重比較の結果において、視線行動要因間で有意差は見られず、どの値も4~5程度であったため、どの実験条件においても差はなかった。

5.3.4 エージェントとの対話の居心地・リラックスできたに関する評価

表 3 の印象評価アンケートにおける、エージェントとの対話の居心地・リラックスに関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。2 要因分散分析を行った結果、主効果（視線行動要因： $F=0.637$, $p=0.531$ 、実体性要因： $F=1.341$, $p=0.252$ ）及び交互作用 ($F=3.012$, $p=0.053$) に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図 33 に示す。

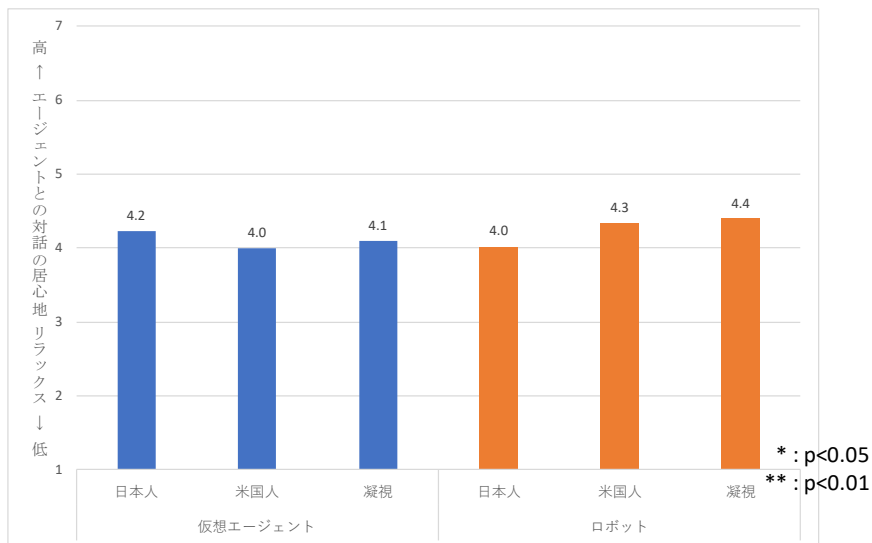


図 33 エージェントとの対話の居心地・リラックスに関する多重比較の結果

多重比較の結果においては、視線行動要因および実体性要因で有意差は見られなかった。

エージェントとの対話の居心地・リラックスの印象評価は、どの条件においても有意差はなかった。

また、エージェントとの対話の居心地・リラックスに関する評価に対し、外向性要因（高群，低群），視線行動要因（日本人，米国人，凝視），実体性要因（仮想エージェント，ロボット）の対応「なし」「あり」「あり」の3要因分散分析を行った。3要因分散分析を行った結果，主効果（視線行動要因： $F=0.064$ ， $p=0.938$ ，実体性要因： $F=1.661$ ， $p=0.204$ ）に有意差は見られなかった。視線行動要因と実体性要因の交互作用（ $F=4.694$ ， $p<0.05$ ）に有意差が見られた。また，視線行動要因と外向性要因の交互作用（ $F=1.619$ ， $p=0.204$ ），実体性要因と外向性要因の交互作用（ $F=1.661$ ， $p=0.204$ ），視線行動要因と実体性要因と外向性要因の交互作用（ $F=0.729$ ， $p=0.485$ ）に有意差は見られなかった。視線行動要因と実体性要因と外向性要因の多重比較の結果を図34に示す。

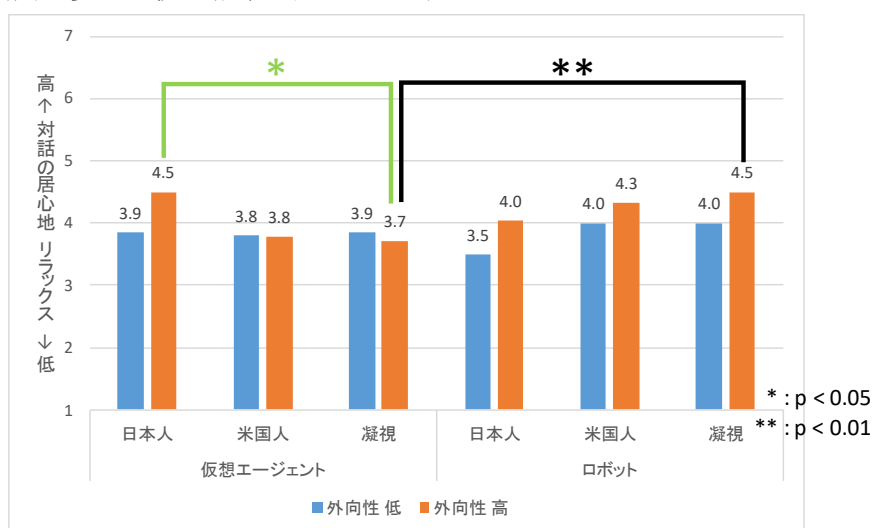


図 34 外向性要因×視線行動要因×実体性要因の多重比較の結果（エージェントとの対話の居心地・リラックス）

多重比較の結果において，外向性高群において視線行動要因では，仮想エージェントに日本人視線モデルを実装した場合，凝視モデルを実装した場合よりも有意に高くなった（ $F=1.872$ ， $p<0.05$ ）。また実体性要因では，仮想エージェントに凝視モデルを実装した場合，凝視モデルが実装されたロボットよりも有意に高くなった（ $F=7.700$ ， $p<0.01$ ）。また外向性低群はどの値も 3.5～4.0 程度であったため，どの実験条件においても差がなかった。

5.3.5 エージェントと話しやすいに関する評価

表3の印象評価アンケートにおける，エージェントと話しやすいに関する評価に対し，2要因分散分析を行った。2要因分散分析を行った結果，主効果（視線行動要因： $F=0.430$ ， $p=0.653$ ，実体性要因： $F=0.600$ ， $p=0.446$ ）及び交互作用（ $F=0.568$ ， $p=0.570$ ）に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図35に示す。

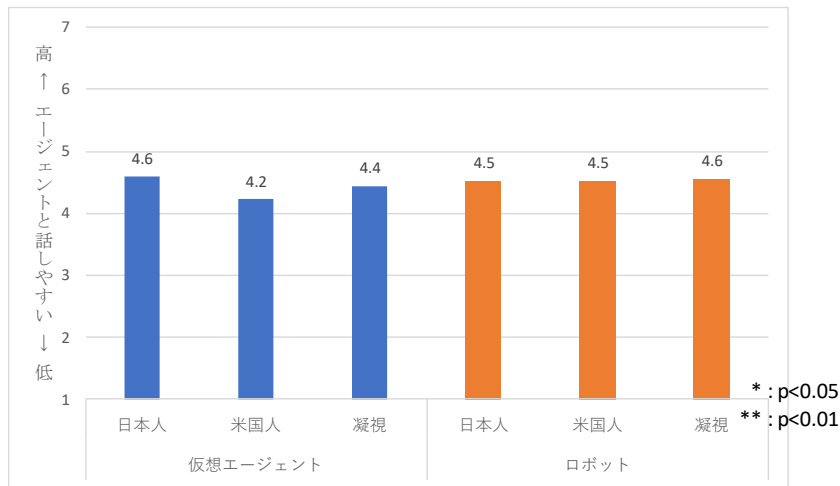


図 35 エージェントと話しやすに関する多重比較の結果

多重比較の結果においては、視線行動要因および実体性要因で有意差は見られなかった。エージェントと話しやすに関しては、どの条件においても差はなかった。

また、エージェントとの対話が楽しいに関する評価に対し、外向性要因（高群，低群），視線行動要因（日本人，米国人，凝視），実体性要因（仮想エージェント，ロボット）の対応「なし」「あり」「あり」の3要因分散分析を行った。3要因分散分析を行った結果，主効果（視線行動要因間： $F=0.558$ ， $p=0.576$ ，実体性要因： $F=3.070$ ， $p=0.094$ ）に有意差は見られなかった。また視線行動要因と外向性要因の交互作用（ $F=0.094$ ， $p=0.910$ ），実効性要因と外向性要因の交互作用（ $F=0.533$ ， $p=0.473$ ），視線行動要因と実体性要因の交互作用（ $F=0.658$ ， $p=0.523$ ），視線行動要因と実体性要因と外向性要因の交互作用（ $F=1.193$ ， $p=0.313$ ）に有意差は見られなかった。視線行動要因と実体性要因と外向性要因多重比較の結果を図36に示す。

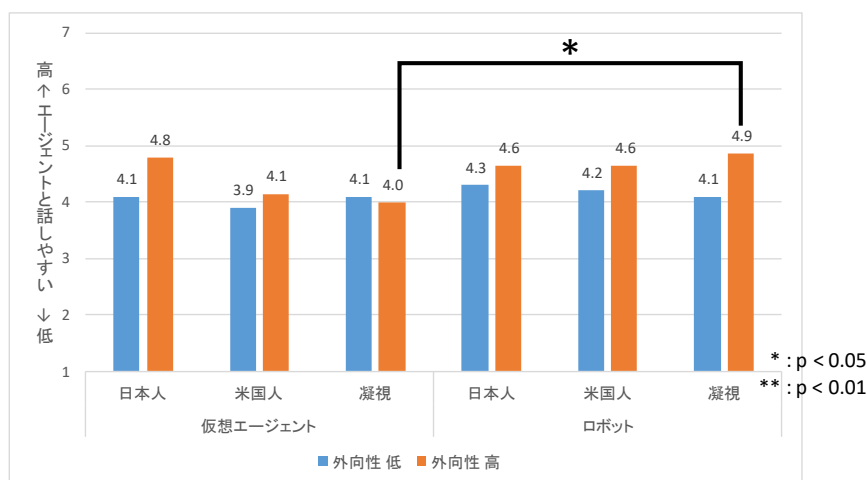


図 36 外向性要因×視線行動要因×実体性要因の多重比較の結果（エージェントと話しやす）

多重比較の結果において、外向性高群において、実体性要因では、仮想エージェントに凝視モデルを実装した場合、凝視モデルが実装されたロボットよりも有意に高くなった ($F=6.636, p<0.05$)。また外向性低群はどの値も 4 程度であったため、どの実験条件においても差がなかった。

5.3.6 エージェントとの対話疲れ・気をつかった・ストレス・気まずさに関する評価

表 3 の印象評価アンケートにおける、エージェントとの対話がつかれた、気を使った・ストレス・気まずさに関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。2 要因分散分析を行った結果、主効果（視線行動要因： $F=1.810, p=0.166$ 、実体性要因： $F=3.226, p=0.075$ ）に有意差は見られなかった。また、交互作用 ($F=3.659, p<0.05$) で有意差が見られた。多重比較の結果を図 37 に示す。

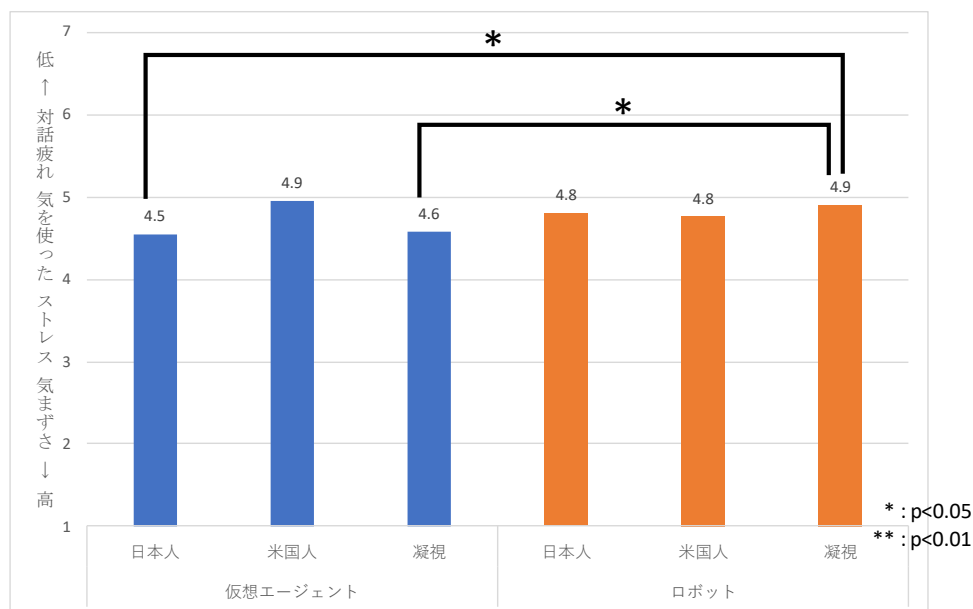


図 37 対話疲れ・気をつかった・ストレス・気まずさに関する多重比較の結果

多重比較の結果においては、実体性要因において、ロボットに凝視モデルを実装した場合、日本人視線モデルが実装された仮想エージェントよりも有意に低くなった ($F=6.369, p<0.05$)。また凝視モデルをロボットに実装した場合、同様の視線モデルを実装した仮想エージェントよりも有意に低くなった ($F=6.755, p<0.05$)。

また、エージェントとの対話が楽しいに関する評価に対し、外向性要因（高群，低群），視線行動要因（日本人，米国人，凝視），実体性要因（仮想エージェント，ロボット）の対応「なし」「あり」「あり」の 3 要因分散分析を行った。3 要因分散分析を行った結果、主効果（視線行動要因： $F=0.013, p=0.988$ 、実体性要因： $F=0.312, p=0.578$ ）に有意差は見られなかった。視線行動要因と実体性要因の交互作用 ($F=6.358, p<0.01$) で有意差が見られた。また視線行動要因と外向性要因の交互作用 ($F=0.195, p=0.823$)、実体性要因と外向性要因

の交互作用 ($F=0.246$, $p=0.621$), 視線行動要因と実体性要因と外向性要因の交互作用 ($F=2.497$, $p=0.085$) に有意差は見られなかった. 視線行動要因と実体性要因の多重比較の結果を図 38 に, 視線行動要因と実体性要因と外向性要因の多重比較の結果を図 39 に示す.

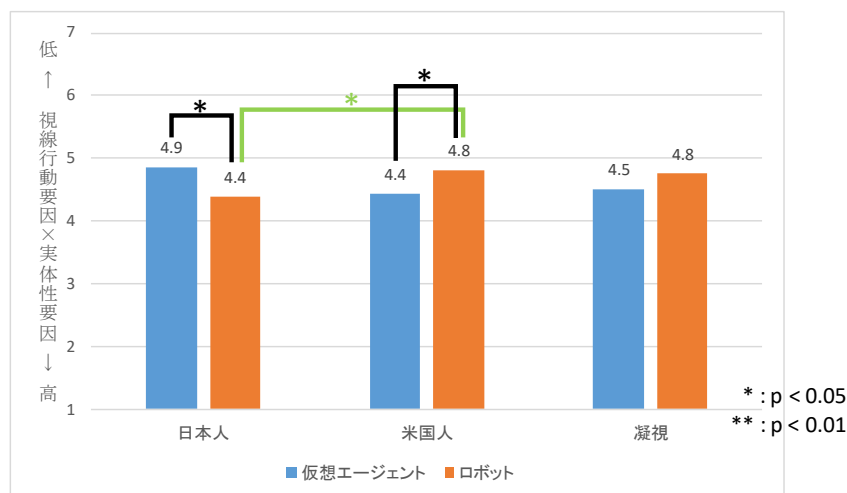


図 38 視線行動要因×実体性要因の多重比較の結果 (エージェントとの対話疲れ・気をつかった・ストレス・気まずさ)

多重比較の結果において, 実体性要因において, 日本人視線モデルが実装された場合, 仮想エージェントはロボットよりも有意に低くなった ($F=6.387$, $p<0.05$). また米国人視線モデルが実装された場合, ロボットは仮想エージェントよりも有意に低くなった ($F=6.115$, $p<0.05$). また視線行動要因において, ロボットに日本人視線モデルを実装した場合, 米国人視線モデルを実装した場合よりも有意に高くなった ($F=3.861$, $p<0.05$).

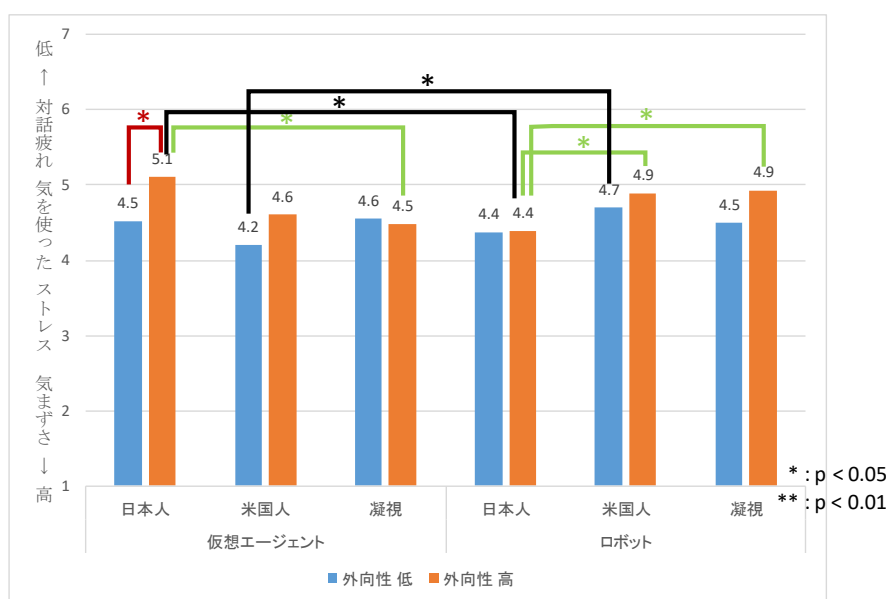


図 39 外向性要因×視線行動要因×実体性要因の多重比較の結果 (対話疲れ・気を使った・ストレス・気まずさ)

多重比較の結果において、仮想エージェントにおいて日本人視線モデルを実装した場合、外向性高群は低群よりも有意に低くなった ($F=4.099, p<0.05$)。また、外向性高群において視線行動要因では、仮想エージェントに日本人視線モデルを実装した場合、凝視モデルを実装した場合よりも有意に低くなった ($F=3.947, p<0.05$)。またロボットに日本人視線モデルを実装した場合、米国人視線モデルを実装した場合よりも有意に低くなった ($F=3.947, p<0.05$)。またロボットに凝視モデルを実装した場合、日本人視線モデルを実装した場合よりも有意に低くなった ($F=4.319, p<0.05$)。実体性要因では、仮想エージェントに日本人視線モデルを実装した場合、日本人視線モデルが実装されたロボットよりも有意に低くなった ($F=10.469, p<0.01$)。また外向性低群において、実体性要因ではロボットに米国人視線モデルが実装された場合、米国人視線モデルが実装された仮想エージェントよりも有意に低くなった ($F=4.245, p<0.05$)。

5.3.7 エージェントとの会話は退屈だったに関する評価

表 3 の印象評価アンケートにおける、エージェントとの会話は退屈であったに関する評価に対し、2 要因分散分析を行った。2 要因分散分析を行った結果、主効果（視線行動要因： $F=0.421, p=0.659$ 、実体性要因： $F=1.674, p=0.207$ ）及び交互作用 ($F=1.008, p=0.372$) に有意差は見られなかった。多重比較の結果を図 40 に示す。

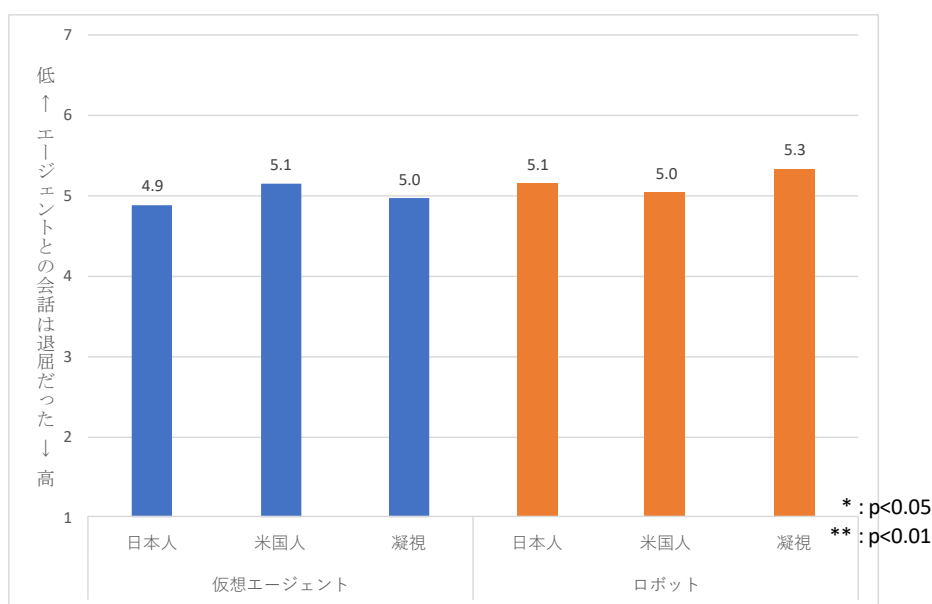


図 40 エージェントとの対話は退屈だったに関する多重比較の結果

多重比較の結果において、視線行動要因および実体性要因で有意差は見られなかった。エージェントとの対話は退屈だったに関する印象は、どの条件においても有意差はなかった。

また、エージェントとの対話が楽しいに関する評価に対し、外向性要因（高群，低群），

視線行動要因（日本人，米国人，凝視），実体性要因（仮想エージェント，ロボット）の対応「なし」「あり」「あり」の3要因分散分析を行った。3要因分散分析を行った結果，主効果（視線行動要因：F=0.266，p=0.767，実体性要因：F=0.279，p=0.603）に有意差は見られなかった。また視線行動要因と外向性要因の交互作用（F=2.616，p=0.084），実体性要因と外向性要因の交互作用（F=2.110，p=0.160），視線行動要因と実体性要因の交互作用（F=2.639，p=0.083），視線行動要因と実体性要因と外向性要因（F=0.479，p=0.629）に有意差は見られなかった。視線行動要因と実体性要因と外向性要因の多重比較の結果を図41に示す。

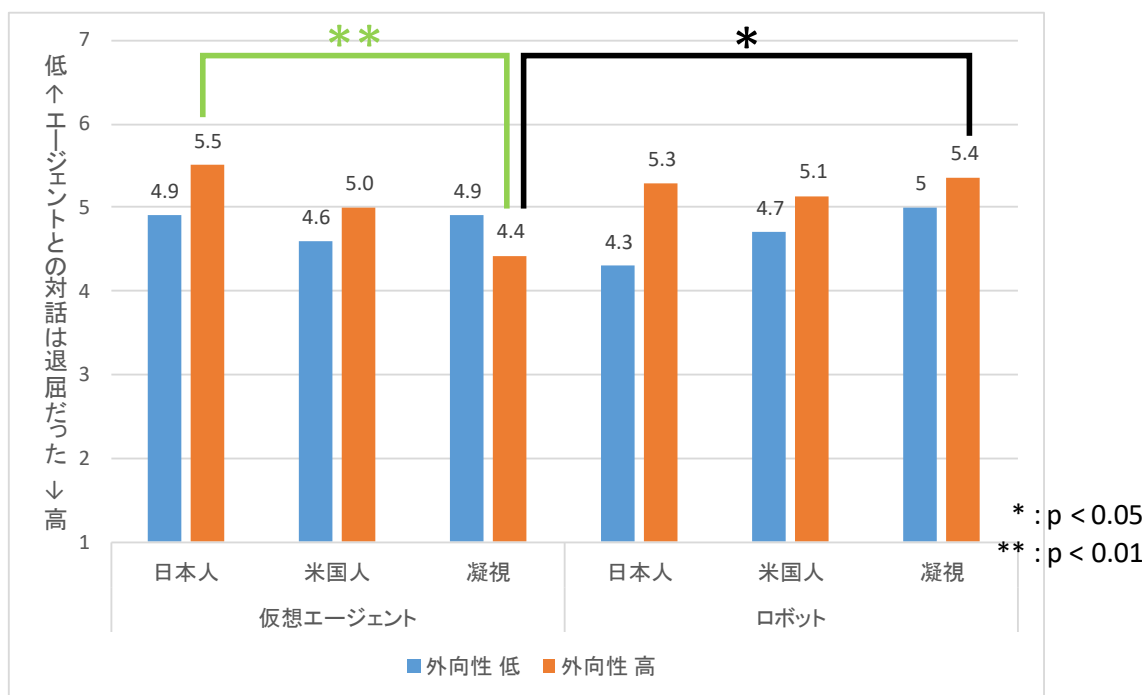


図 41 外向性要因×視線行動要因×実体性要因の多重比較の結果（エージェントとの対話は退屈だった）

多重比較の結果において，外向性高群において視線行動要因では，仮想エージェントに日本人視線モデルを実装した場合，凝視モデルが実装された場合よりも有意に低くなった（F=6.885，p<0.01）。また実体性要因では，凝視モデルを実装した場合，仮想エージェントはロボットよりも有意に低くなった（F=5.124，p<0.05）。また外向性低群はどの値も4～5程度であったため，どの実験条件においても差がなかった。

5.3.8 エージェントとの会話は不快だったに関する評価

表3の印象評価アンケートにおける，エージェントとの会話は不快であったに関する評価に対し，2要因分散分析を行った。2要因分散分析を行った結果，主効果（視線行動要因：F=0.400，p=0.672，実体性要因：F=0.052，p=0.821）に有意差は見られなかった。また交互作用（F=3.364，p<0.05）で有意差が見られた。多重比較の結果を図42に示す。

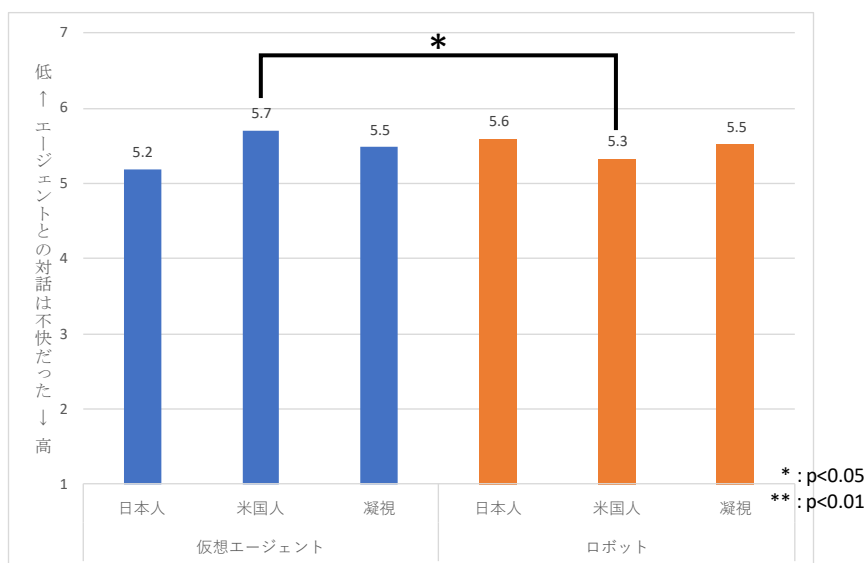


図 42 エージェントとの対話は不快だったに関する多重比較の結果

多重比較の結果において、視線行動要因に有意差は見られなかった。実体性要因では、米国人視線モデルが実装された場合、仮想エージェントはロボットよりも有意に低くなった ($F=4.319$, $p<0.05$)。

また、エージェントとの対話は不快だったに関する評価に対し、外向性要因（高群，低群），視線行動要因（日本人，米国人，凝視），実体性要因（仮想エージェント，ロボット）の対応「なし」「あり」「あり」の3要因分散分析を行った。3要因分散分析を行った結果，主効果（視線行動要因： $F=0.130$, $p=0.878$ ，実体性要因： $F=0.055$, $p=0.816$ ）に有意差は見られなかった。また視線行動要因と外向性要因の交互作用 ($F=0.491$, $p=0.615$)，実体性要因と外向性要因の交互作用 ($F=0.002$, $p=0.967$)，視線行動要因と実体性要因の交互作用 ($F=2.568$, $p=0.088$)，視線行動要因と実体性要因と外向性要因 ($F=1.610$, $p=0.211$) に有意差は見られなかった。視線行動要因と実体性要因と外向性要因の多重比較の結果を図 43 に示す。

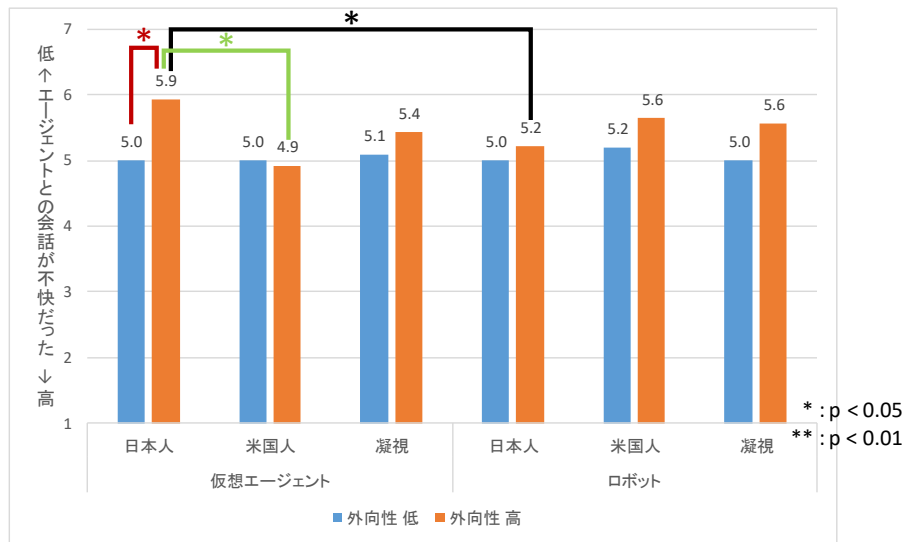


図 43 外向性要因×視線行動要因×実体性要因の多重比較の結果（エージェントとの対話は不快だった）

多重比較の結果において、仮想エージェントにおいて日本人視線モデルを実装した場合、外向性高群は低群よりも有意に低くなった ($F=4.439$, $p<0.05$)。また、外向性高群において視線行動要因では、仮想エージェントに日本人視線モデルを実装した場合、米国人視線モデルよりも有意に低くなった ($F=4.567$, $p<0.05$)。また、実体性要因では日本人視線モデルを実装した場合、仮想エージェントはロボットよりも有意に低くなった ($F=5.851$, $p<0.05$)。

5.3.9 結果 まとめ

エージェントから表出される性格特性に関して、「外向性」、「協調性」、「開放性」、「勤勉性」で有意差は見られなかった。このことから本実験で行った対話ではエージェントの性格特性を表出することはできなかった可能性があると考えられる。

外向性高群に関して、「対話疲れ・気を使った・ストレス・気まずさ」では、仮想エージェントに日本人モデルを実装した場合、低群よりも有意に低くなり、また同じ外向性高群の凝視モデルを実装した仮想エージェントよりも有意に高くなっていた。同じ傾向は「エージェントとの対話は不快だった」でも表れている。また「エージェントと気軽に対話できた」、「エージェントとの対話の居心地」においても外向性高群は仮想エージェントに日本人視線モデルが実装された場合、凝視モデルが実装された仮想エージェントよりも有意に高くなっていることから、外向性高群は、仮想エージェントに日本人モデルが実装された場合、印象が向上する可能性があることが示唆された。

外向性低群に関して、「エージェントと気軽に対話できた」、「エージェントとの対話を楽しめる」、「エージェントとの対話の居心地・リラックス」、「エージェントとの対話は退屈だった」、「エージェントとの会話は不快だった」に関して視線行動要因・実体性要因及び交互作用で有意差は見られず、また多重比較においても有意差は見られなかった。このこと

から外向性低群は視線条件や実体性条件が変化しても、エージェントとの対話の印象に関する評価は変化しない可能性があることが示唆された。

6 考察

6.1. 実装したエージェントについての考察

本研究では、視線行動から受ける印象を仮想エージェントとロボットで統制し、人間の視線行動の分析に基づく視線状態遷移モデルを実装した。表2に示したTIPIの各項目において、視線行動要因、実体性要因ともに、どの条件においても同程度の評価を得ていた。また「エージェントの動きは自然だった」、「エージェントから感じた威圧感」についても、視線行動要因・実体性要因ともに、どの条件においても同程度の評価を得ていた。これは視線行動と会話内容によって、エージェントから表出される性格が同程度であったと考え、実験設定は妥当性であったと考える。

6.2. 外向性高群について

外向性高群は、仮想エージェントに日本人モデルを実装した際、エージェントとの対話の印象が向上した。これに関して、実験終了後に外向性高群に行ったインタビューでは、外向性高群15名の内、6名がエージェントの視線の違いに気づいたとコメントし、またそのうち4名は、日本人モデルを実装した仮想エージェントに対して、「自分と視線が似ている」とコメントしていた。このことから外向性高群は、エージェントの視線行動の違いに気づいただけではなく、視線行動の類似性まで感じていた可能性がある。外向的な人は外界からの刺激に敏感[25]であることから、仮想エージェントに日本人モデルを実装した場合に対話の印象が向上した可能性があると考えられる。

6.3. 外向性低群について

外向性低群は、視線行動要因や実体性要因に関わらず、エージェントとの対話に関する印象で有意差は出なかった。実験終了後に外向性低群10名に行ったインタビューでは、「エージェントの視線の違いに気づいたか」という質問に対して、気づいた人(5名)、気が付かなかった人(5名)は同人数であった。このことから外向性低群は、エージェントの視線行動や実体性が変化し、それに気づいていた場合でも、気づいていない場合でも、エージェントとの対話の印象に関する評価は影響を受けない可能性があると考えられる。

6.4. エージェントから表出される印象について

エージェントから表出される性格特性では「外向性」、「協調性」、「勤勉性」「開放性」に関して、視線行動要因・実体性要因ともに有意差は出なかった。また「エージェントから感じた親近感」に関して、視線行動要因・実体性要因ともに有意差は出なかった。これは本実験では、実験参加者とエージェントとの対話時間が2分程度と短いものであり、ま

た対話内容が時事問題と個人的な内容ではなく、浅い会話内容であったため、エージェントから性格を感じとれるほどの深いインタラクションではなかった可能性があると考える。日常生活に仮想エージェントやロボットが入り込んでいることを考えると、対話内容を時事問題以外の個人的なものに変更し、同じように視線によるエージェントに対しての印象を評価する必要があると考える。

6.5. ロボットについて

ロボットとの対話の印象について、視線行動要因や実体性要因、また外向性によって有意差は出なかった。これは首を動かすことで見ている場所を示す Pepper[24]とは異なり、本実験で使用した目玉自体を動かすロボットを実験参加者が見慣れていない可能性があると考える。実験終了後に、実験参加者 32 名に行ったインタビューでも、4 名が「ロボットが目を動かすことは見慣れない」とコメントしていた。このことから実験参加者はロボットの視線行動に注意を払わなかったために、ロボットとの対話の印象に有意差が生じなかった可能性があると考える。

7 おわりに

本研究では、エージェントの日米の視線行動をとる仮想エージェントとロボットが視線行動と実体性による印象の差を明らかにするため、「仮想エージェントとロボットは同様に、外向性低群は米国人モデルに対しての印象が低くなり、外向性高群は日本人・米国人モデルに対しての印象が高くなる」と仮説を立て、対話実験を行った。

印象評価の結果から、外向性高群は、仮想エージェントに日本人視線モデルが実装された場合、対話の印象が向上する可能性が示唆された。また外向性低群は、エージェントとの対話に関する印象は視線条件に左右されず、一定して低く、日本人モデルに対して好印象にはならなかった。またロボットは人間と同じ視線行動を実装しても好印象にはならなかった。そのため仮説は支持されなかった。しかしながら、実験参加者の性格特性によってエージェントや対話に対しての印象評価が二分化する点は、平野らの先行研究[9]と同様であった。

今後の展望としては、本実験での視線行動条件による印象の差が、視線条件の文化差によるものか、凝視量の差によるものか判断することができないため、欧米など異なる文化圏から実験参加者を集める必要があると考えられる。また、本実験で使用した対話内容は、時事問題と浅い内容であったため、エージェントの深いインタラクションを行うことができなかった可能性があると考えられる。そのため、実験参加者の個人的な会話など、深いインタラクションを行い、視線行動の違いによる印象評価を行う必要があると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたって、お忙しい中多大なるご指導、ご支援を頂きました、大阪工業大学情報科学部情報メディア学科、神田智子教授に深く感謝申し上げます。ならびにヒューマンインタフェース研究室の皆様、実験にご協力いただきました皆様にも心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 葛島 健人, 三武 裕玄, 長谷川 昌一, 会話時の自然な視線インタラクションを再現する会話エージェント. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2016)
- [2] 葛島 健人, 三岳 裕玄, 長谷川 昌一. “多人数会話での自然な視線・動作を実会話事例の学習により実現するエージェント.”情報処理学会研究報
- [3] 黒川隆夫: ノンバーバルインタフェース. オーム社(1994). Vol.2017-EC-43 No.10
- [4] Lee, J., Marsella, S., Traum, D., Gratch, J., and Lance, B. "The rickel gaze model: A window on the mind of a virtual human". In IVA2007, Springer, pp. 296-303, (2007)
- [5] 石井亮, 宮島俊光, 藤田欣也. "アバタ音声チャットシステムにおける会話促進のための注視制御." ヒューマンインタフェース学会論文誌 10(1), pp.87-94, (2008).
- [6] Cassell, Justine, Cassell E. Torres, and Scott Prevost. "Turn taking versus discourse structure." Machine conversations. Springer US, pp.143-153(1999)
- [7] Jone, W.H., & Russell, D. 1982 The social reticence scale : An objective instrument to measure shyness Journal of Personality Assessment, 46, 629-631
- [8] Cheek, H.M., & Buss, A.H. 1981 Shyness and sociability. Journal of Personality and Social Psychology, 41, 330-339
- [9] 平野拓, 石王拓斗, 神田智子. 視線行動の文化差の対話エージェントへの実装と印象評価. 人工知能学会全国大会 2017 (2017).
- [10] 竹田有輝, 神田智子. エージェントの性差と視線行動の文化差が対話相手に与える影響分析 (2018)
- [11] Yoshikawa, Y., Shinozawa, K., Ishiguro, H., Hagita, N., & Miyamoto, Y. "Responsive Robot Gaze to Interaction Partner." In Robotics: Science and systems, (2006).
- [12] 吉川雄一郎, 篠沢一彦, 石黒浩, 萩田紀博, & 宮本孝典. “応答的注視ロボットによる被注視感の呈示. ”, 情報処理学会論文誌, 48(3), 1284-1293, (2007).
- [13] Mutlu, B., Hodgins, J.K. and Forlizzi, J. “A storytelling robot: modeling and evaluation of human-like gaze behavior.” In Proc. HUMANOIDS 2006, 518*523, (2006)
- [14] Kidd, C. D., & Breazeal, C. Effect of a robot on user perceptions. In Intelligent Robots and Systems, 2004. (IROS 2004), Proceedings. 2004 IEEE/RSJ International Conference on , Vol. 4, pp. 3559-3564, IEEE. (2004).
- [15] Powers, A., Kiesler, S., Fussell, S., & Torrey, C. Comparing a computer agent with a humanoid robot. In Human-Robot Interaction (HRI), 2007 2nd ACM/IEEE International Conference on pp. 145-152, IEEE. (2007).
- [16] 石王拓斗, 神田智子. エージェントの実体性と凝視量が性格特性認知に与える影響分析. 人工知能学会全国大会 2018, 2018/06/07

- [17] コトバンク, 外向性, 最終閲覧日:2020年2月4日,
<https://kotobank.jp/word/%E5%A4%96%E5%90%91%E6%80%A7-457232>
- [18] 視線と表情を見れば、部下の性格が分かる, 最終閲覧日:2020年2月4日,
<https://www.bizclip.jp/articles/bcl00144-008.html>
- [19] 変なホテルハウステンボス公式サイト, 2020年, 最終閲覧日:2020年1月7日,
<https://www.h-n-h.jp/>
- [20] Toon Teens, 最終閲覧日:2020年2月4日,
<https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/humanoids/toon-teens-135404>
- [21] 社会的対話ロボット「CommU」:
<https://www.vstone.co.jp/products/commu/index.html>
- [22] 小塩真司, 阿部晋吾, カトローニピノ:日本語版 Ten Item Personality Inventory(TIPI-J)作成の試み, パーソナリティ研究, 21, pp.40-52(2012)
- [23] 野村竜也, 神田崇行, 鈴木公啓, 山田幸恵, 加藤謙介. Human-Robot Interaction (HRI)における人の態度・不安・行動, 第26回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.554-559, 2010.
- [24] Pepper (ペッパー) | ロボット | ソフトバンク, 最終閲覧日:2020年1月31日,
<https://www.softbank.jp/robot/pepper/>
- [25] 斎藤勇, 見た目で見える外見心理学, (2008)