

目次

1.序論	1
2.模倣モデルの開発と単回評価	4
2.1.目的	4
2.2.エージェントに実装した視線モデル	4
2.3.開発モデル	6
2.4.実験概要	7
2.5.結果	7
2.5.1.実験参加者の分類と分析方法	7
2.5.2.エージェントとの対話時のストレスに関する結果	7
2.5.3.エージェントへの親近感に関する結果	8
2.6.考察	9
2.7.まとめ	9
3.研究の目的	11
4.模倣モデルと低凝視モデルの比較のための追加実験	12
4.1.目的	12
4.2.実験概要	12
4.3.結果	12
4.4.考察	13
4.5.まとめ	14
5.模倣モデルの修正	15
5.1.目的	15
5.2.修正内容	15
5.3 実験参加者とエージェントの全体の凝視割合の差	16
5.4.最大連続凝視時間と最大連続非凝視時間	17
5.5.まとめ	17
6.予備実験	18
6.1.目的	18
6.2.開発環境	18

6.3.実験概要	18
6.4.対話内容	19
6.5.実験手順	22
6.6.実験環境	23
6.7.分析方法	24
6.8.結果	25
6.8.1.実験参加者とエージェントの凝視割合	25
6.8.2.対話時のストレスに関する結果	26
6.8.3.エージェントとの相互の親近感に関する結果	27
6.9.考察	28
6.9.1.凝視割合に関する考察	28
6.9.2.アンケート結果に関する考察	28
6.10 まとめ	30
7.本実験	31
7.1.目的	31
7.2.凝視割合の段階的上昇と実験回数の追加	31
7.3.実験概要	31
7.4.実験手順	32
7.5.分析方法	34
8.結果	35
8.1.向上群に関する結果	35
8.2.化群に関する結果	36
8.3.その他群に関する結果	37
8.4.識群と非認識群に関する結果	39
8.5.ラポールに関する結果	41
9.考察	44
9.1.向上群に関する考察	44
9.2.変化群に関する考察	44
9.3.その他群に関する考察	45
9.4.認識群と非認識群に関する結果	46

9.5.ラポールに関する考察	46
9.5.今後の展望	47
10.結論	48
謝辞	50
参考文献	50

1.序論

近年、画面上の擬人化エージェントが飲食店やホテルの受付、駅の案内などで実用化されており[1,2]、それらとコミュニケーションをとる機会が増えている。しかし、ユーザに使用されること、協調作業をするということを十分に考慮し、エージェントの行動を設計しなければ、悪印象を持たれてしまう。これはエージェントを使用している店舗自体の低評価に繋がる可能性がある。エージェントの行動の設計の際に、考慮すべき点として、ノンバーバルコミュニケーションが挙げられる。エージェントと人間のコミュニケーションにおいても、人間同士と同様にジェスチャーや対人距離などの音声を伴わないノンバーバルコミュニケーションは重要な役割を果たしている[3]。ノンバーバルコミュニケーションの中でも特に視線は、対人コミュニケーションにおいて重要な役割を持っている。会話開始の合図や発話権の譲渡等、対話を円滑に進める役割を果たしており[4]、またこれ以外にも、Cookら[5]及び、Argyle[6]らは、対話相手への凝視の割合がその人物に対する力量(外向性、自信、有能さ等の印象)や好悪の印象に影響を及ぼすことを示している。凝視の割合が高くなるほど力量に関する印象も高くなり、凝視の割合が中程度のときに最も相手からの印象が良くなるとしており、視線は対話相手への印象や評価に影響を及ぼすことが分かっている。

擬人化エージェントに視線行動を実装した研究は過去にも行われており、石井らはエージェントが適度な割合で「凝視」「視線外し」「曖昧注視」を行うことで、発話が促進されることを示し[7]、Pelachaudらは、エージェントの視線行動により、発話交代を促すことを示している[8]。

また深山らはエージェントから実験参加者への注視量を変化させることで、社会的であるや思いやりのあるなどの実験参加者のエージェントの印象を意図したものに認識させることができると示し[9]、Leeらは対人コミュニケーション中の人間の視線行動を分析し、モデル化したものを対話エージェントに実装することでコミュニケーション相手からのエージェントへの親近感やエージェントの生命感などが向上することを示した[10]。

その他にも、竹内[11]はエージェントに実験参加者との相互注視(アイコンタクト)を避けるよう設計されたエージェントはそうでないエージェントに比べ、実験参加者のエージェントへの関心が高まり、またエージェントが自身に関心があると評価され、相互注視を避けることで人とエージェントの自然な関係形

成に繋がることを示した。また Sean らの講義を受ける場面において、学ぶ対象(実験では中国の地図)に対し、エージェントがより長く注視を行った場合、実験参加者の地図への集中が高まり、地図内の配置を効率よく学び、音声による講義内容と、地図上の配置の関連付けの構築に役立ち、講義内容をよりよく学べるとした研究[12]など、エージェントの視線を用いた研究は多岐にわたる。これらの関連研究より、エージェントの視線も人間同士の対話と同様に、ユーザに対し様々な影響を及ぼすことが分かっている。

また視線は人間の性格特性と密接に結びついており、例えば内向的な人や社会不安傾向の高い人は他人の視線に敏感で、相手からの凝視を嫌い、また相手の目を見ず、相手とのアイコンタクトを避ける傾向があるとされている[13, 14]. 筆者の先行研究[15]では外向性に相関があるとされる特性シャイネス尺度によって実験参加者を二分し、実験を行った。シャイネスとは「他者とうまく付き合うことを妨害する対人不安の源」とされおり、初対面の人との対話において相手からの凝視を嫌い、アイコンタクトを避ける傾向がある。シャイな人はエージェントの凝視割合の違う4つの視線モデルを実装したエージェントの印象評価実験を行い、その結果、シャイな人はシャイでない人よりも対話時のストレスが高くなり、エージェントへの親近感が低くなることが示された。

故に、筆者の卒業研究では、内向的な人にエージェントとの対話時のストレスを低く評されるエージェントの視線モデルの開発を目的とし、「模倣モデル」を作成した。模倣モデルは石井らの研究[7]で使用された日本人モデルを基に作成し、日本人モデルと同様の視線行動を行う。しかし、模倣モデルの視線行動の遷移確率と継続時間は一定ではなく、実験参加者のエージェントの目へ凝視割合を基にそれらを決定した。エージェントの実験参加者への凝視割合を実験参加者のエージェントの目へ凝視割合と同等にし、実験参加者にリアルタイムで適応する視線モデルである。模倣モデルと日本人モデル、凝視モデル(視線行動を行わず、常に実験参加者を凝視)の3種類の視線モデルを実装したエージェントと対話してもらい、それぞれに対し印象評価を行ってもらった。その結果模倣モデルは他の2モデルと比較すると、内向的な実験参加者に「対話時のストレス」を低く、「エージェントへの親近感」を高く評価された。

本研究では模倣モデルを使用し、擬人化エージェントとの2者対話を通して、内向的な人の相手への凝視割合の向上させる対話システムの開発と評価を目的とする。内向的な人の相手の目を見ず、アイコンタクトを避ける傾向は、面接

や対談の場等において、「自信がない」、「やる気が感じられない」と見られ、低評価に繋がってしまうため[16]、内向的な人の対話相手への凝視割合を向上させる対話システムの有用性は高いと考える。

人間には対話相手にノンバーバルコミュニケーションを同調させることで、コミュニケーションを円滑に進めようとする傾向がある[17]。卒業研究ではエージェントを人間に適応させたが、本研究では人間のエージェントへの同調傾向を利用し、内向的な人のエージェントへの凝視割合の向上を期待する。エージェントと継続的に対話実験を繰り返してもらい、初回は模倣モデルを使用し、回を重ねるごとに段階的にエージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させた。これにより、序盤は実験参加者のエージェントへの凝視割合よりも少しだけ高い凝視割合のエージェントと対話することになる。このエージェントとの少しの差を実験参加者が同調によって埋めようとし、エージェントへの凝視割合が向上し、これを繰り返すことで、内向的な人のエージェントへの凝視割合を向上させることが期待できる。

本研究の仮説は「回を重ねるごとにエージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させることで、実験参加者のエージェントへの凝視割合が向上する」とした。実験は5週間にかけて週2回、全10回行ってもらい、実験中の実験参加者のエージェントへの凝視割合を記録し、対話実験後に印象評価アンケートに回答してもらった。加えて口頭でのアンケートも行った。これらを分析することで仮説の検証を行った。

2. 模倣モデルの開発と単回評価

2.1. 目的

内向的な人は外向的な人に比べ、エージェントとの対話時にストレスを感じ、エージェントへの親近感が低下することが先行研究[15]より分かっている。そのため、エージェントと快適なインタラクションを行えない可能性がある。従って、内向的な人にもストレスを低く評価されるエージェントの視線モデル「模倣モデル」の開発を目的とした。なおこの研究は筆者の卒業研究である。

2.2. エージェントに実装した視線モデル

エージェントに実装した視線モデルは、石井らの研究[7]で使用された「日本人モデル」、視線行動を行わない「凝視モデル」、卒業研究にて開発した「模倣モデル」の3種類である。

日本人モデルの視線行動の遷移図を図1に示す。日本人モデルが行う視線行動は「凝視」、「曖昧注視」、「視線そらし」の3種類である。それぞれの視線行動を行っているエージェントを図2から図4に示す。凝視(図2)は、実験参加者の目を凝視する視線行動、あいまい注視(図3)は長時間の凝視による威圧感を軽減するために、目の少し下(頬)を見る視線行動、視線そらし(図4)は実験参加者から左右どちらかに視線を外す視線行動である。

日本人モデルは1.1から3.1秒間の凝視から始まり、次に3.2から7.9秒間のあいまい注視を行う。その後67%で凝視に戻り、33%で視線そらしに遷移、2秒間の視線そらしの後、33%で視線そらしを継続し、67%で凝視に戻る。実験中ではこのモデルに従い、視線行動を行う。日本人モデルの実験参加者への凝視割合は81から92%である。卒業研究では比較対象として使用した。

凝視モデルは視線行動を一切行わず、常に実験参加者の目を凝視している視線モデルである。凝視割合は100%である。本研究では統制条件として使用した。

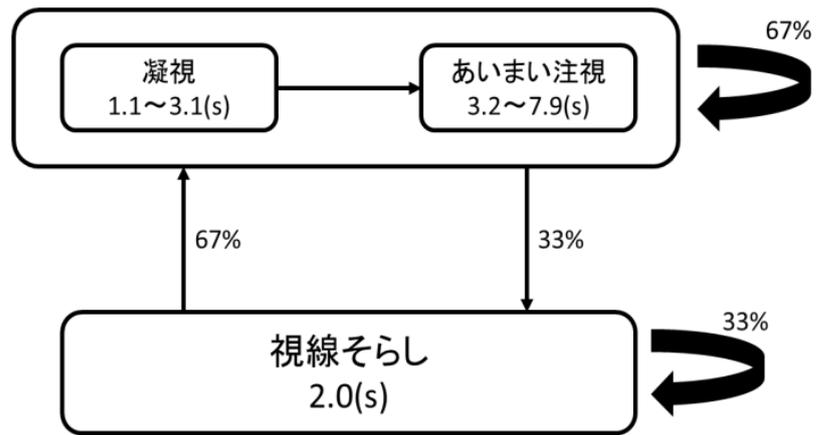


図1 日本人モデルの視線行動の遷移図



図2 凝視を行うエージェント



図3 あいまい注視を行うエージェント



図 4 視線そらしを行うエージェント

2.3.開発モデル

模倣モデルの視線行動の遷移図を図 5 に示す。模倣モデルの視線行動の継続時間、遷移確率は日本人モデルを基に作成した。行う視線行動は日本人モデルと同様である。

実験中、実験参加者がエージェントの目を見ているかをアイトラッカーで取得し、直近 15 秒(60fps)の実験参加者のエージェントの目への凝視割合を計算する。その凝視割合を基に各視線行動の継続時間と遷移確率を決定する。これにより、エージェントの凝視割合が実験参加者の凝視割合と同等となるように設定した。

エージェントと実験参加者の全体の凝視割合(実験中の凝視時間÷実験時間)の差の絶対値の平均は 5%(最大 8%)であった。

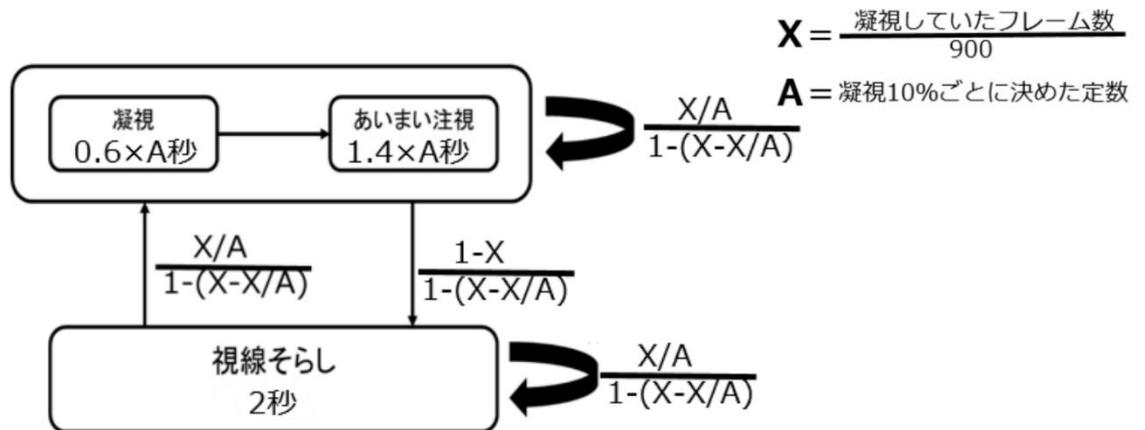


図 5 模倣モデルの視線行動の遷移図

2.4.実験概要

実験では、日本人モデル、凝視モデル、模倣モデルの3種類の視線モデルを実装したエージェントと3分程度の対話を行ってもらい、対話が終了するごとに印象評価アンケートに回答してもらった。実験中はTobbi社のアイトラッカー4Cで実験参加者の視線情報を取得した。実験参加者は18から24歳の日本人36名(男性23名、女性13名)であった。以下に実験手順を示す。

- ① Big Five 尺度アンケート[18]に回答
 - ② エージェントと3分程度の対話を行う
 - ③ エージェントとの対話に関する印象評価アンケートに回答
- ②から③を話題と視線モデルを変更し、3回行う。

2.5.結果

2.5.1.実験参加者の分類と分析方法

Big Five 尺度アンケートの得点により実験参加者を外向性低群、中群、高群に分類した。中央値である46以下を低群(14名)、46点以上かつ平均点である50点以下を中群(4名)、50点以上を高群(18名)に分けた。

実験参加者の印象評価アンケートを視線モデルごとに3つに分け、3水準の視線要因とし、外向性高群と低群を2水準の外向性要因として、二要因分散分析とBonferroniの多重比較を行った。

2.5.2.エージェントとの対話時のストレスに関する結果

「エージェントとの対話時のストレス」のアンケート結果の平均を図6に示す。分析の結果、視線要因、外向性要因、交互作用に主効果が見られた。多重比較の結果、外向性低群に模倣モデルは凝視モデル、日本人モデルよりも有意に低く評価された($p<0.00$, $p<0.00$)、また凝視モデルと日本人モデルにおいて、外向性低群が高群よりも有意に高く評価した($p<0.00$, $p<0.00$)。模倣モデルにおいては外向性低群と高群に有意差は見られなかった。

これらの結果から、模倣モデルは、外向性低群に、凝視モデル、日本人モデルに比べ、対話時のストレスを有意に低く評価されたと言える。また模倣モデルにおいて、外向性低群と高群の間に有意差はなく、模倣モデルに対し、外向性低群と高群が感じたストレスは同程度であったと言える。

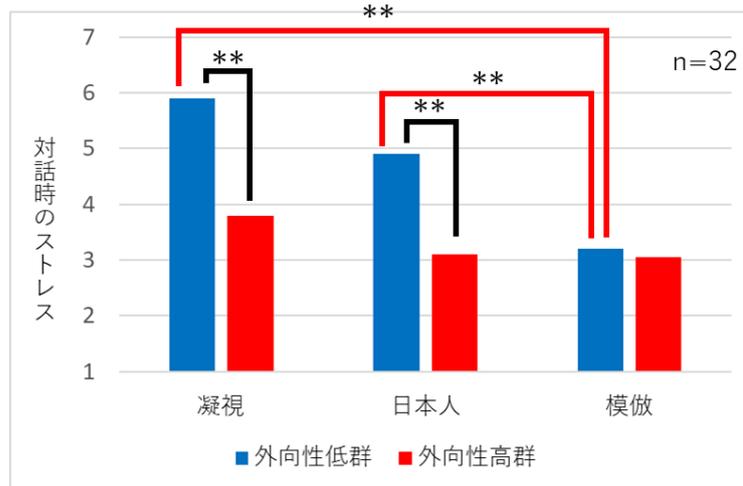


図6 エージェントとの対話時のストレス

2.5.3. エージェントへの親近感に関する結果

「エージェントへの親近感を感じた」のアンケート結果の平均を図7に示す。分析の結果、視線要因に主効果が見られた。多重比較の結果、外向性低群において、模倣モデルは凝視モデル、日本人モデルよりも有意に高く評価された ($p < 0.00$, $p < 0.00$)

これらの結果から、模倣モデルは、外向性低群に凝視モデル、日本人モデルに比べ、対話時のエージェントへの親近感を有意に高く評価されたと言える。

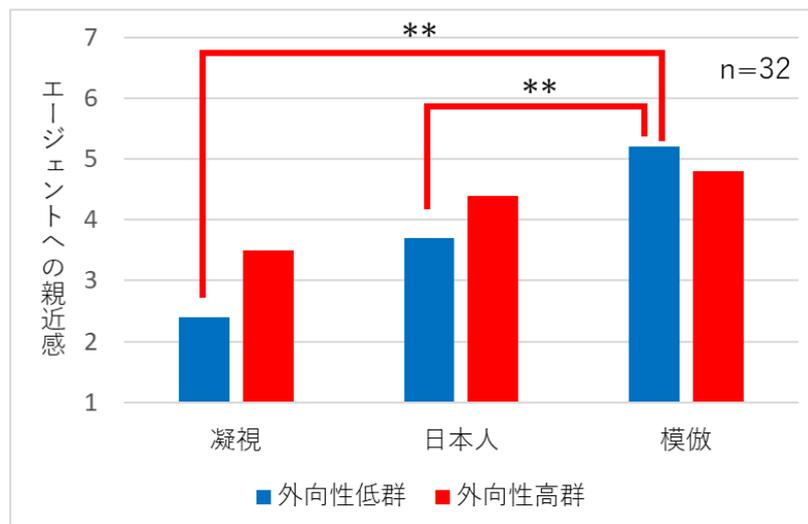


図7 エージェントへの親近感

2.6.考察

外向性低群は模倣モデルに対し、凝視モデル、日本人モデルに比べ、「エージェントとの対話時のストレス」を有意に低く評価し、「エージェントへの親近感」を高く評価した。卒業研究の実験での模倣モデルの実験参加者への凝視割合の平均は、外向性低群が40%、外向性高群は79%であった。外向性低群は対話相手からの凝視を嫌うため[13]、他のモデル(日本人モデルの凝視割合は81から92%、凝視モデルの凝視割合は100%)よりも凝視割合の低い模倣モデルをストレスが低いと評価したと考えられる。

またエージェントへの親近感と対話時のストレスに負の相関がみられた(相関係数-0.67)。このことから、エージェントへの親近感が高く評価された原因は、対話時のストレスの低下によるものであると考える。加えて、対話時のストレスの模倣モデルにおける外向性低群、低群の間に有意差は見られなかった。このことから模倣モデルは、外向性低群に対し、対話のストレスを外向性高群と同程度まで低下させ、またそれによりエージェントへの親近感を向上させる効果があると考えられる。

2.7.まとめ

卒業研究で開発した「模倣モデル」は内向的な人に対し、エージェントとの対話時のストレスを外向的な人が感じるストレスと同程度まで低く、エージェントへの親近感を外向的な人が感じるエージェントに対し親近感と同程度まで高く評価されることが分かった。

今後の展望として、卒業研究では模倣モデルを凝視割合の高い視線モデルとのみ比較したため、凝視割合の低いモデルと比較し、ストレスや親近感に有意差が見られるかの検証が必要である。

また、卒業研究では、各視線モデル毎に、1回ずつの実験しか行っていないため、継続的に繰り返し対話を行う、また期間中に段階的にエージェントの実験参加者への凝視割合を変化させる等を行い、印象評価や実験参加者のエージェントへの凝視割合に変化が現れるかの検証が必要である。

加えて、改善点として模倣モデルの視線行動の遷移は確率で行っているため、偏った遷移(凝視や視線そらしが長時間継続する等)が起こる可能性があることが挙げられる。偏った遷移が起こると、エージェントの実験参加者への凝視割合と実験参加者のエージェントへの凝視割合の差が大きくなってしまい、リア

ルタイムでの模倣が出来ないため、視線行動の遷移の設定に修正が必要である。

3.研究の目的

本研究では卒業研究の際に発覚した模倣モデルの改善点の修正，模倣モデルを実装したエージェントの継続的な対話実験による評価，加えて模倣モデルを用いた対話相手への凝視割合を向上させる対話システムの開発と評価を目的とする．

模倣モデルの改善点として，内向的な人の模倣モデルと低凝視モデルの印象評価の比較，視線行動の遷移を確率で行っていることによる遷移の極端な偏りの2点が挙げられる．卒業研究では模倣モデルは高凝視なモデルとのみ比較していた．そのため外向性低群の模倣モデルへの評価が単に自身への凝視割合が低かったことによるものか，リアルタイムの模倣によるものかが不明であったため，検証の必要がある，また遷移の極端な偏りが起こると模倣モデルと実験参加者の凝視割合の差が広がってしまう．それはリアルタイムでの模倣が出来ていないことを示しており，改善が必要である．

また，卒業研究での模倣モデルへの評価は1度きりの対話実験によるものであり，繰り返し対話を行った際の印象評価への影響は不明である．エージェントが実用化された場合，継続的に繰り返し対話を行う可能性がある．そのため，模倣モデルを実装したエージェントと継続的に対話実験を行い，模倣モデルの対話時のストレスの軽減，親近感を向上させる効果が持続するか検証を行った．

加えて内向的な人は，相手の目を見ず，相手とのアイコンタクトを避ける傾向があるとされており[13]，面接や対談の場等において，「自信がない」，「やる気が感じられない」と見られ，低評価に繋がってしまうため[16]，内向的な人の対話相手への凝視割合を向上させる必要であると考えられる．そこで模倣モデルを用い内向的な人の対話相手への凝視割合を向上させる対話システムの開発を行い，対話実験にて評価を行う．

4. 模倣モデルと低凝視モデルの比較のための追加実験

4.1. 目的

卒業研究では模倣モデルを凝視割合の高い視線モデルとのみ比較しており、内向的な人の模倣モデルと凝視割合の低い視線モデルへの印象評価の比較が必要である。比較実験を行うにあたり立てた仮説は「模倣モデルは低凝視モデルより、対話時のストレスを低く、親近感を高く評価される」である。仮説の検証のため以下の追加実験を行った。

4.2. 実験概要

実験のため、「低凝視モデル」を新たに作成した。低凝視モデルの実験参加者への凝視割合は、卒業研究の内向的な実験参加者の凝視割合の平均の 36%とした。

実験手順は視線モデルの数を 3 種類(日本人モデル, 凝視モデル, 模倣モデル)から 2 種類(低凝視モデル, 模倣モデル)に変更した点以外は卒業研究の際の実験と同様である。実験参加者は 18 から 24 歳の内向的な日本人 8 名(男性 7 名, 女性 1 名)であった。内向的な人の模倣モデルと低凝視モデルの評価の比較を行うため、事前に Big Five 尺度アンケートに回答してもらい、卒業研究と同様の基準で外向性低群に分類された人のみを実験参加者とした。対話実験中の実験参加者の視線をアイトラッカーで計測し、対話実験後に印象評価アンケートに回答してもらった。分析には一要因分散分析を用いた。

4.3. 結果

「エージェントとの対話時のストレス」「エージェントへの親近感を感じた」のアンケート結果に主効果が見られた。それぞれのアンケート結果の平均を図 8, 9 に示す。

「エージェントとの対話時のストレス」において模倣モデルが低凝視モデルより有意に低く評価され($p < 0.05$), 「エージェントへの親近感を感じた」において模倣モデルが低凝視モデルより有意に高く評価される ($p < 0.05$) という結果となった。

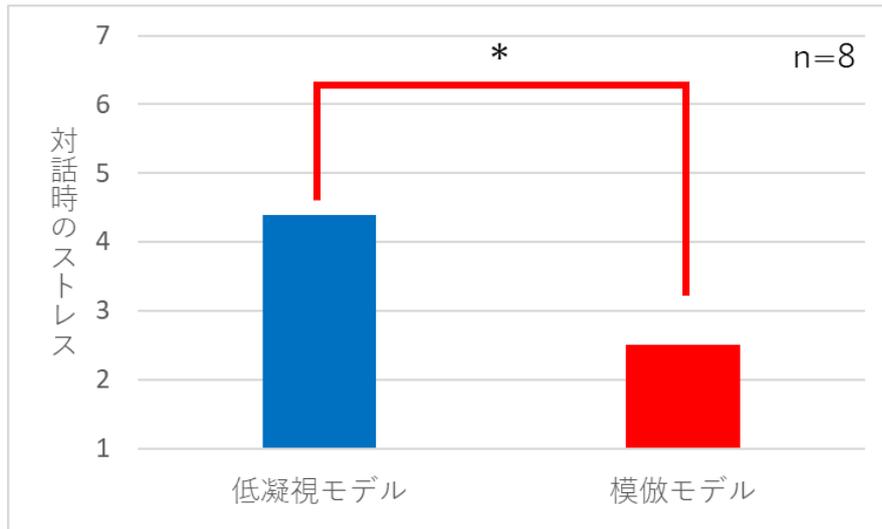


図 8 エージェントとの対話時のストレス

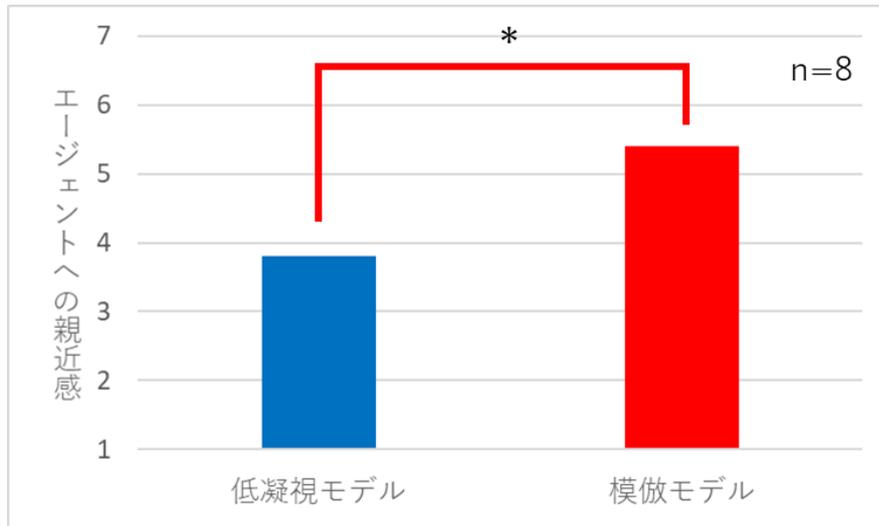


図 9 エージェントへの親近感

4.4.考察

以上の結果から模倣モデルは低凝視モデルよりも親近感を高く、ストレスを低く評価されることが示された。この結果から、内向的な人は模倣モデルを評価する際に自身への凝視割合が低いだけでなく、エージェントの実験参加者への凝視割合が自身のエージェントへの凝視割合に近い場合に、他のモデルより対話時のストレスを低く、エージェントへの親近感を高く評価している可能性があると考えられる。

4.5.まとめ

内向的な人の模倣モデルと低凝視モデルへの評価の比較を行うために、それら2種のモデルを用いた対話実験を行った。結果は対話時のストレスとエージェントへの凝視割合において主効果が見られ、対話時のストレスにおいて模倣モデルが低く、エージェントへの親近感においては模倣モデルが高く評価された。これらのことから、内向的な人は模倣モデルを評価する際にエージェントの実験参加者への凝視割合が自身のエージェントへの凝視割合に近い場合に、他のモデルより対話時のストレスを低く、エージェントへの親近感を高く評価している可能性がある。

これにより、模倣モデルは内向的な人に、高凝視、低凝視の両方の視線モデルよりも、ストレスを低く、エージェントへの親近感を高く評価されることが示された。

5. 模倣モデルの修正

5.1. 目的

エージェントの実験参加者への凝視割合が 100%、0% となり、その継続が数秒間起こることが判明した。これは 15 秒以上の凝視、非凝視の継続が起きていることを示している。そのため模倣モデルの視線行動の遷移の設定に修正が必要である。

原因としては模倣モデルは確率で視線行動の遷移を行っているため、極端に偏った遷移が起こった可能性が挙げられる。模倣モデルを実装したエージェントと対話実験を行った際の実験参加者への凝視割合をシミュレーションし、100 回分(10 名分×10 回)を記録した。シミュレーションには 4 章で述べた追加実験の際に実験参加者の凝視割合を 1 秒ごとに記録したものと、2 人の外向性高群の実験参加者に模倣モデルと対話してもらい、同様の記録を行い、それらの記録を使用した。それにより得られたシミュレーション時のエージェントの凝視割合の一部を図 10 に示す。また、図 10、の赤線で囲った箇所ではエージェントの凝視割合が実験参加者の凝視割合から大きく離れており、リアルタイムでの正確な模倣が出来ていない。これらの問題を解決するため、模倣モデルに以下の修正を加えた。

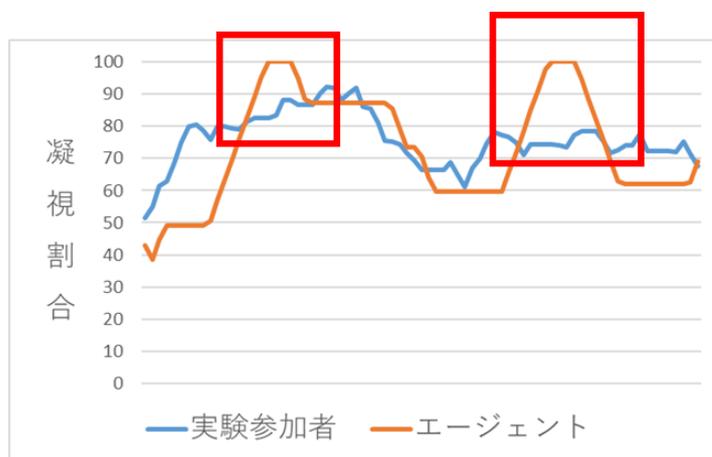


図 10 シミュレーション時のエージェントの凝視割合

5.2. 修正内容

凝視割合の極端な上昇、下降、またそれらの継続を防止するために、模倣モデルの実験参加者への凝視割合に上限と下限を設定した。模倣モデルの実験参

加者への凝視割合が上限を超えた場合、凝視割合を下降させるため、次の視線行動の遷移を「視線そらし」に変更する。逆に下限を下回った場合、次の視線行動の遷移を「凝視」に変更することで、凝視割合を上昇させた。

上限、下限の値は、直近 15 秒間の実験参加者のエージェントへの凝視割合の最大値、最小値を基に決定した。上限の値は「最大値+10」とし、下限の値は「最小値-10」とした。

上限と下限の値に直近 15 秒の実験参加者の凝視割合の最大値と最小値をそのまま使用した場合、上記の問題はほぼ解決されたが、実験参加者とエージェントの全体の凝視割合の差が修正前より大きくなってしまった。そこで、上限の値を増加、下限の値を減少させることで、制限を緩和した。当然緩和しすぎれば、問題が再発生する。そこで、上限下限の値に±する値を 5%刻みで 0 から 20%の 5 種類でシミュレーションを行った。その値を以下値 S とする。

この際に「実験参加者とエージェントの全体の凝視割合の差」と「最大連続凝視時間」、「最大連続非凝視時間」を数値的な基準に使用した。

5. 3 実験参加者とエージェントの全体の凝視割合の差

全体の凝視割合の差の平均を図 11 に示す。図 11 より、制限を強めれば強めるほど(値 S を低くするほど)全体の凝視割合の差が大きくなる事が分かる。また、修正前(0.035)から S=10(0.043)にかけては全体の凝視割合の差の上昇量は小さいが S=10 から S=0(0.075)にかけて上昇量が大きくなっていることが示された。

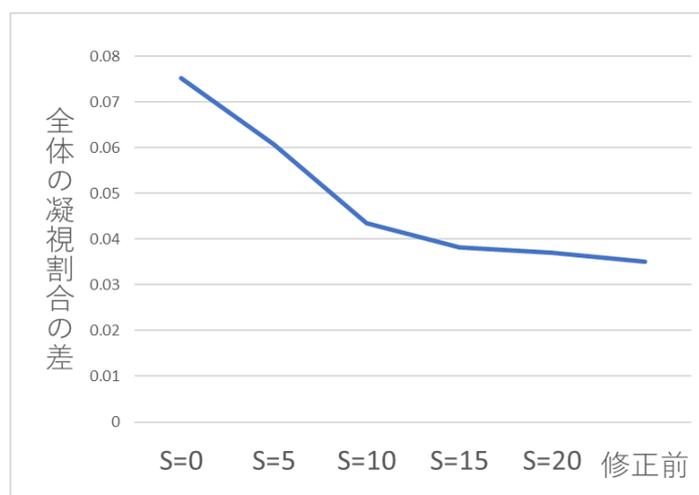


図 11 全体の凝視割合の差

5.4.最大連続凝視時間と最大連続非凝視時間

上記の問題はエージェントの一度の凝視，非凝視の継続時間が長すぎる事が原因であると考え，エージェントの最大連続凝視時間，最大連続非凝視時間を実験参加者の値に近づけることで解決できると推測される。

実験参加者とエージェントの最大連続凝視時間と最大連続非凝視時間の平均を図 12 に示す。図 12 より，実験参加者(凝視 10 秒，非凝視 11.6 秒)に最も近いのは凝視時間では $S = 10$ (14.1 秒)，次に $S = 5$ (16.0)であり，非凝視時間で最も実験参加者に近いのは $S = 5$ (16.7)で次に $S = 10$ (18.4)あることが分かる。

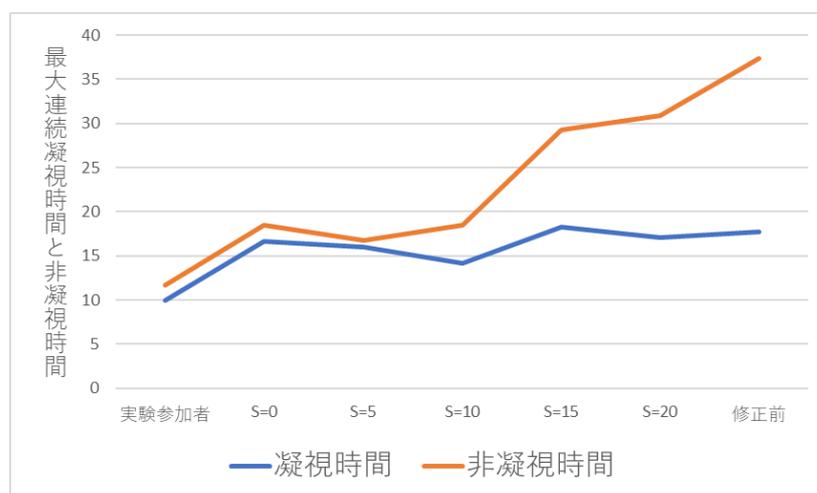


図 12 最大連続凝視時間と最大連続非凝視時間

5.5.まとめ

以上の結果より，「全体の凝視割合」を基に考えると，数値 S は 10 以上が望ましく，「最大連続凝視時間」と「最大非凝視時間」の平均を基に考えると数値 S は 5 または 10 が最適であると考えられる。

上限を，「直近 15 秒間の実験参加者のエージェントへの凝視割合の最大値 + 10」下限を，「直近 15 秒間の実験参加者のエージェントへの凝視割合の最低値 - 10」とし，修正後に同様のシミュレーションを行ったところ，100%，0%の継続時間は修正前の 28%に減少した。

6. 予備実験

6.1. 目的

模倣モデルは他の視線モデルに比べ、内向的な人に、対話時のストレスの低く、エージェントへの親近感を高く評価されることは示されたが、卒業研究では模倣モデルを実装したエージェントと1度の対話実験しか行っていない。実用化されたエージェントは繰り返し使用される可能性が考えられる。従って、模倣モデルを実装したエージェントと継続的に対話実験を繰り返した場合の印象評価への影響の検証が必要である。また本実験では回を重ねるごとにエージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させる。本実験において実験参加者のエージェントへの凝視割合や印象評価が回ごとに変化した場合や向上、低下の傾向が見られた場合、それらが回を重ねたことが原因ではないと示す必要がある。そのため、繰り返しの対話実験による実験参加者のエージェントへの凝視割合への影響の検証も必要である。

これらより、予備実験の仮説は「回を重ねても、エージェントとの対話時のストレスは向上せず、親近感は低下しない」、「実験参加者のエージェントへの凝視割合は回を重ねても変化しない」の2つとした。

6.2. 開発環境

Unity ver2019.2.0f1 を用いてエージェントの開発を行った。開発環境はC#である。エージェントの外見には卒業研究と同様JB3D社のアセットである「Toon teens」を使用した。発話音声は、株式会社エーアイの「AI Talk 声の職人©太一」を使用した。対話方法はWizard of Oz法を用いた。

エージェントに実装した視線モデルは5章で述べた修正を加えた模倣モデルである。以下に記す「模倣モデル」はすべて「修正後の模倣モデル」を指す。

6.3. 実験概要

実験参加者には「対話エージェントの性能評価実験」と教示し、全実験終了後に改めて正しい目的を説明した。対話実験中の実験参加者の線情報をアイトラッカーで取得しエージェントへの凝視割合を計測した。対話実験後にエージェントとの対話に関するアンケートに回答してもらい、その後に口頭でのアンケートを行った。実験参加者は21から22歳の日本人4名(男性2名、女性2名)で実験期間は2021年6月30日から9月10日までであった。取得し

分析に使用するデータは、対話実験中の実験参加者の施栓情報と各アンケートの結果である。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(2021-21)である。

6.4.対話内容

対話内容は初回のみエージェントに慣れもらうために自己紹介とどこに住んでいるか、登校の手段等の雑談とし、2回目以降はコンセンサスゲームとした。卒業研究の実験で使用した雑学に関する話題では、エージェントが一方向的に話す時間が長く、また雑学の内容によって実験参加者の興味関心の差が生じ、印象評価に影響を及ぼす可能性があった。コンセンサスゲームであれば、雑学に関する話題よりも、実験参加者に自身の考えを話させることで、エージェントが一方向的に話すことを防ぎ、また話題間の話しやすさ等の差を小さくし、印象評価への影響を少なくすることが可能である。コンセンサスゲームの内容を表1に示す。なおこれはテンプレートであり、ゲームの話題は砂漠での遭難や月面からの脱出等回毎に変更し、飽きを軽減するためにエージェントの返答の言い回し、またゲーム内容の一部を変更しバリエーションを持たせている。

またコンセンサスゲーム内に「選択肢からアイテムを選ぶ」場面があり、その際には選択肢画面下部に表示する(図13)。選択肢を表示した時点から、実験参加者がアイテムを決めるまでの期間は実験参加者がエージェントを見ていない可能性があるため、アイトラッカーによる視線の計測を中断し、その間の模倣モデルはアイテムを表示する直前の実験参加者のエージェントへの凝視割合を基に視線行動を決定した。実験参加者がアイテムを決定したことをエージェントに伝えた時点でアイテムの表示を消し、アイトラッカーによる視線の計測を再開した。



ビニールの雨具・手鏡・サバイバルナイフ
このあたりの地図・塩分補給用の飴

図 13 選択肢を表示中の実験画面

表 1 実験に使用したコンセンサスゲームのテンプレート

(A=エージェント, P=実験参加者)

(A) こんにちは。今日も来てくれてありがとう。

今日は僕と(ゲーム名)っていうゲームをしよう。

(ゲーム名)をやったことあるかな？

(P) Yes→(A1)

No→(A2)

(A1) なら話は早いね。今回はルールを少し変えてやってみよう。

(A2) じゃあ説明するね。今回は少しルールを変えているよ。

(A) (本来のゲームルールと実験用に簡略化したルールの説明)

じゃあ今からゲームを始めよう。まずは問題を聞いてね。

(問題と課題の説明, シチュエーション, アイテムの選択肢, 選択から3個を選ぶことを伝える)

何をするかは理解できたかな？

(P) Yes→A4

No→A3

(A3) (再度説明)

(A4) 次に、今回見つけたアイテムを言うよ

(画面下部にアイテム名を表示しながら読み上げる(図 13))

この中から 3 個選んで、優先度の順位も決めてね
決まったら教えてね

(P) 決まった

(A) じゃあ一番重要だと思ったものは何？

(Pa) (アイテム名 a)

A が(アイテム名 a)を選んでない→A5

A が(アイテム名 a)を選んでいる→A8

(A5) (アイテム名)か. 理由は何かな？

(P) (選んだ理由)

(A) なるほど. 僕は(アイテム名 b)を選んだよ

(アイテム名 b)は必要だと思う？

(P) 肯定→A6

否定→A7

(A6) だよね(選んだ理由)だもんね

(A7) そっかー(選んだ理由)だと思ったんだ.

(A8) 僕も(アイテム名 a)を選んだよ(選んだ理由)だもんね.

(A) 次に選んだアイテムは何かな？→(Pa)

互いに 3 個のアイテムが出そろった→(A9)

(A9) アイテムが出そろったね. じゃあ今のを踏まえて, もう 1 度君の意見を聞きたいな.
変えてもいいし, そのままでもいいよ.

(A) (アイテム変更あり)→A10

(アイテム変更なし)→A11

(A10) やったね. 僕の意見を取り入れてくれたんだね

(A11) 次は僕の意見を取り入れてもらえるよう頑張るよ

(A) 今日も来てくれてありがとう. また来てね. さようなら.

6.5.実験手順

実験手順は以下の通りである。

- ①Big Five 尺度アンケートに回答
 - ②エージェントと 5 分程度の対話実験を行う
 - ③エージェントとの対話に関する印象評価アンケートに回答
 - ④口頭によるアンケートに回答
- ①から④を 4 週間にわたり週 2 回の計 8 回繰り返す

予備実験にて使用したアンケートを表 2 に示す。エージェントと対話実験後に 7 段階で回答してもらった。本研究で使用したアンケートは卒業研究と関連研究[20,21]で使用されたものから抜粋した。これらの研究はエージェントもしくは人間と対話実験を行い、対話相手、また対話そのものに関する話題評価を行った研究である。

また対話実験後に口頭でのアンケートを行った。「エージェントの対話内容、仕草に違和感はなかったか?」、「何か気づいたこと、気になった点などはなかったか?」、「思ったこと感じたこと意見などあれば教えてください」の 3 つの質問を行い、自由に口述してもらった。また返答によっては深堀を行うために適宜追加の質問を行った。

表 2 アンケート内容

対話を居心地が良いと感じた。	対話時のストレス
対話することに緊張した。	対話時のストレス
対話をするのは照れ臭いと感じた。	対話時のストレス
対話中にストレスを感じた。	対話時のストレス
エージェントに対して話しやすいと感じた。	対話時のストレス
対話を退屈だと感じた。	対話時のストレス
対話を楽しいと感じた。	対話時のストレス
対話に気まずさを感じた。	対話時のストレス
エージェントから親近感を感じた。	エージェントからの親近感
エージェントが私の話をよく聞いてくれていると感じた。	エージェントからの親近感
エージェントから思いやりを感じた。	エージェントからの親近感
エージェントは自分と話したくなさそうだと感じた。	エージェントからの親近感
エージェントに対し、親近感を感じた。	エージェントへの親近感
エージェントに対して気楽に心を開くことが出来た。	エージェントへの親近感
対話を続けたいと感じた。	エージェントへの親近感
エージェントを親しみやすいと感じた。	エージェントへの親近感

6.6. 実験環境

実験環境の構成を図 14 に、実験風景を図 15 に示す。実験参加者とエージェントの距離は、Hall が示した社会距離の近接相に分類される 120cm [19] とした。この距離は店員などが客と対話する距離とされている。実験参加者とモニタの距離は 80cm とし、エージェントのサイズを調整することで実験参加者がエージェントとの距離が 120cm 程度離れているように認識するように設定を行った。サイズの設定には 1 名の男子大学生に協力してもらい行った、実際にカメラから 120cm 離れた位置から協力者の写真を撮影し、その後カメラから 80cm 離れた位置にモニタを設置し撮影した。その 2 枚の画像を合成し (図 16)、エージェントの輪郭を画像内の人間の輪郭に近づけることで、120cm 離れているように認識できるサイズに調整した。また目の高さを地面から 120cm の位置にするとエージェントと目が合うように設定した。実験参加者の座高によっては、クッション等で調整を行ってもらった。

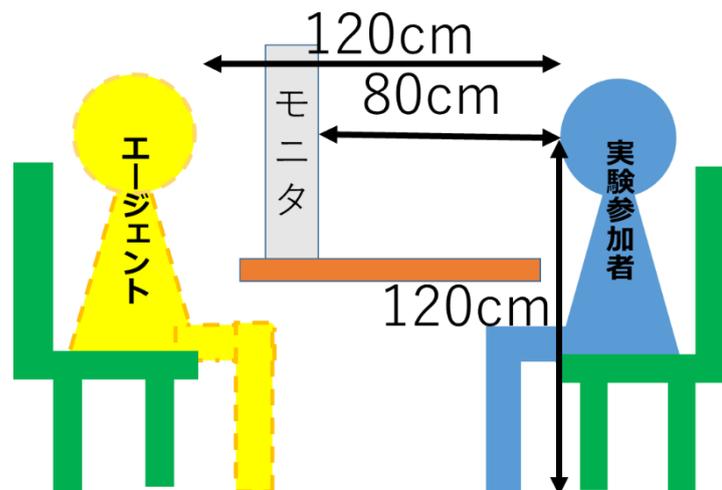


図 14 実験環境の構成



図 15 予備実験の実験風景



図 16 サイズの設定基準とした協力者とモニタの合成画像

6.7.分析方法

実験において取得するデータは、対話実験中の実験参加者のエージェントへの凝視割合、各アンケートの回答結果である。仮説の証明のため、実験参加者のエージェントへの凝視割合とアンケートの回答結果を回ごとに比較し向上、低下の傾向の有無を検証する。また Big Five 尺度アンケートの結果から、実験参加者 W, X は外向性低群、実験参加者 Y, Z は外向性高群に分類された。分類の基準は卒業研究と同様である。なお初回はエージェントに慣れもらうため

の回としているため、分析の対象外とした。

6.8.結果

6.8.1.実験参加者とエージェントの凝視割合

実験参加者とエージェントの第2回から第8回の凝視割合を図17から20に、それぞれの実験参加者のエージェントへの凝視割合の最高値と最低値、その差を表3に示す。これらから、回ごとの実験参加者のエージェントへの凝視割合に差は見られるが、回を重ねることによる向上傾向、下降傾向は見られなかった。また、全員が20%以上の変化はしておらず、範囲内での向上傾向、低下にとどまっており、実験参加者のエージェントへの凝視割合が大きく変化した実験参加者は見られなかった。

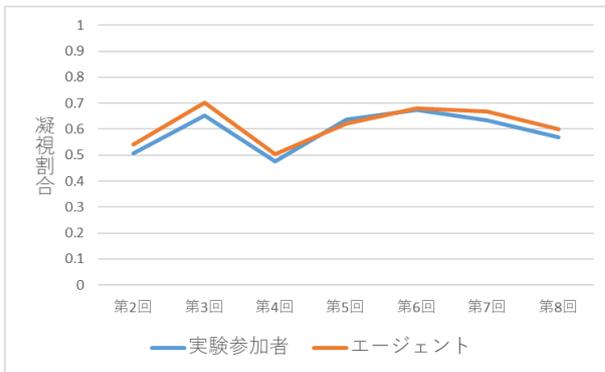


図17 実験参加者 W の凝視割合

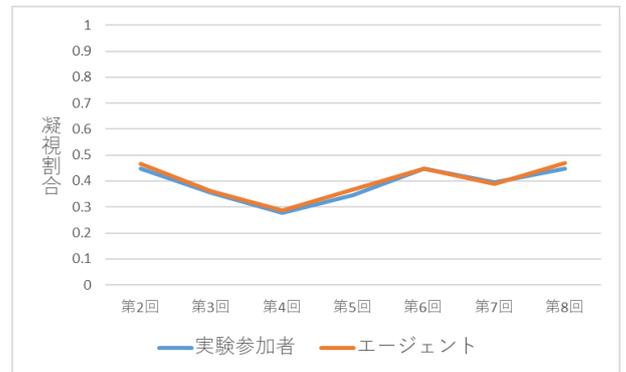


図18 実験参加者 X の凝視割合

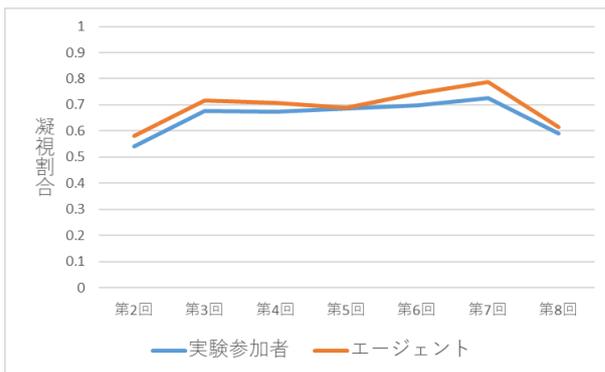


図19 実験参加者 Y の凝視割合

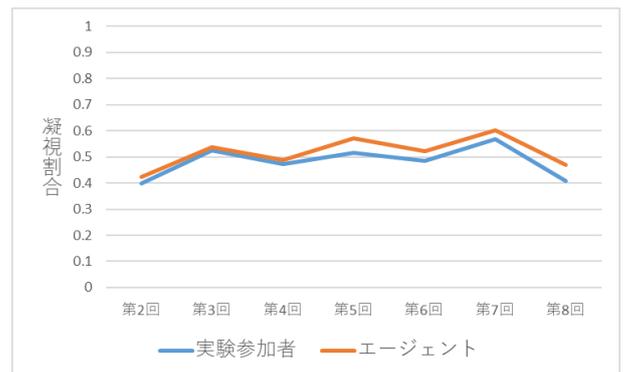


図20 実験参加者 Z の凝視割合

表 3 凝視割合の最高値と最低値とその差

	最高値	最低値	差
実験参加者W	67.3%	47.6%	19.7%
実験参加者X	44.8%	27.9%	16.9%
実験参加者Y	72.7%	53.9%	18.8%
実験参加者Z	56.8%	39.8%	17.0%

6.8.2.対話時のストレスに関する結果

実験参加者の第2回から第8回の対話時のストレスのアンケート結果を図21にそれぞれの実験参加者の第2回と第8回の対話時のストレスの得点とその差を表4に示す。4名全員に回を重ねるごとに減少傾向が見られ最低でも0.9点の低下が見られた。実験参加者Xは第4回に他の回よりも高くなってはいるが、特に下降傾向が強いという結果が見られた。

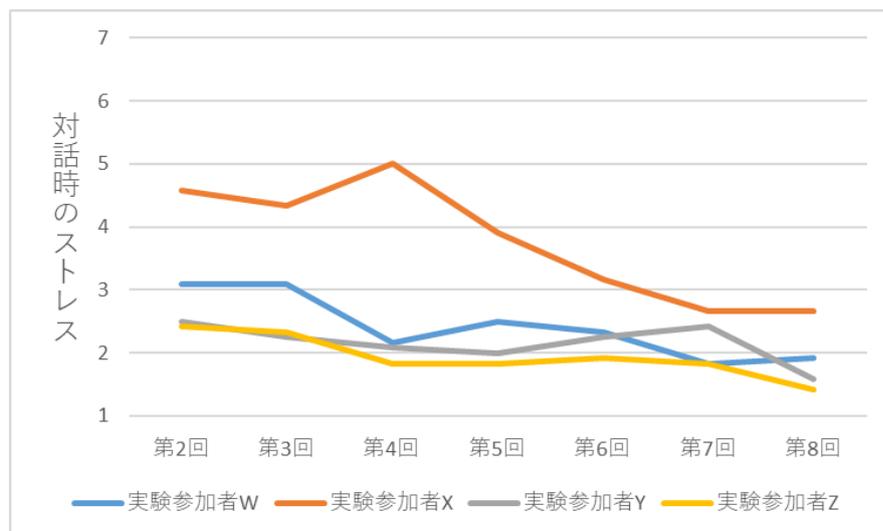


図 21 対話時のストレス

表 4 第2回・第8回の対話時のストレスの得点とその差

	第2回	第8回	差
実験参加者W	3.083333	1.916667	-1.16667
実験参加者X	4.583333	2.666667	-1.91667
実験参加者Y	2.5	1.583333	-0.91667
実験参加者Z	2.416667	1.416667	-1

6.8.3. エージェントとの相互の親近感に関する結果

実験参加者の第2回から第8回のエージェントからの親近感のアンケート結果を図22に、それぞれの実験参加者の第2回と第8回のエージェントからの親近感の得点とその差を表5に示す。エージェントからの親近感の実験参加者Y以外の3名に緩やかな上昇傾向が見られた。また実験参加者Yについても大きく低下するという事は見られず、一貫して5.5以上の高評価であった。

実験参加者の第2回から第8回のエージェントへの親近感のアンケート結果を図23に、それぞれの実験参加者の第2回と第8回のエージェントへの親近感の得点とその差を表6に示す。エージェントへの親近感の実験参加者Xのみ上昇傾向が見られた。また実験参加者Xの3名に関しても大きく低下するという事は見られず、3名とも、一貫して5点以上の高評価であった。

また実験参加者Xの第4回はエージェントからの親近感、エージェントへの親近感其他の回よりも低くなっていることが見られた。

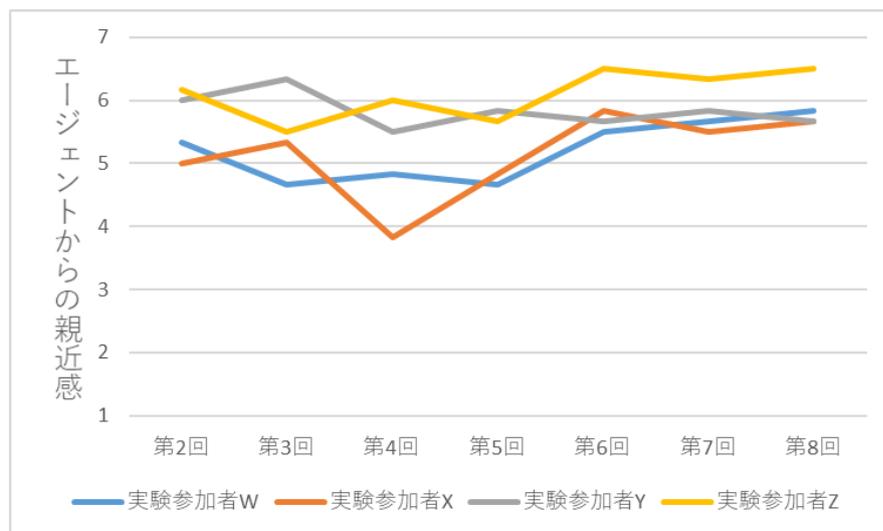


図 21 エージェントからの親近感

表 5 第2回、第8回のエージェントからの親近感の得点とその差

	第2回	第8回	差
実験参加者W	5.333333	5.833333	0.5
実験参加者X	5	5.666667	0.666667
実験参加者Y	6	5.666667	-0.333333
実験参加者Z	6.166667	6.5	0.333333

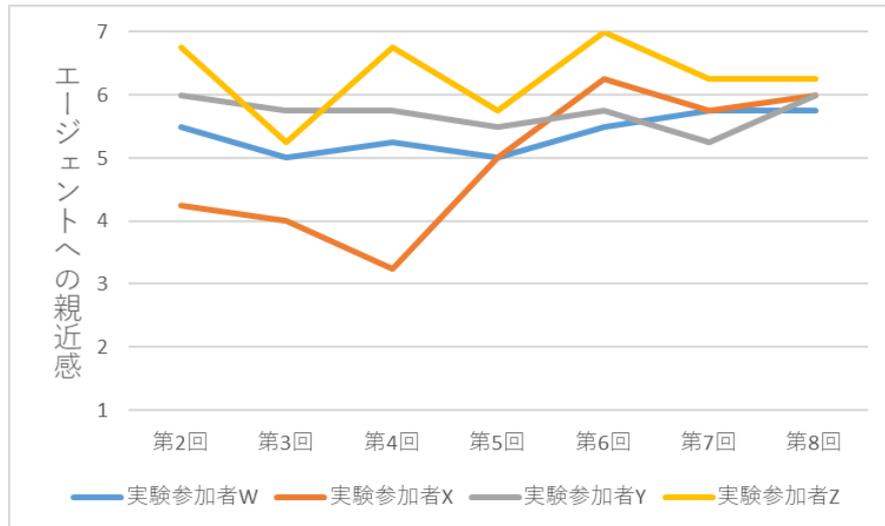


図 22 エージェントへの親近感

表 6 第 2 回，第 8 回のエージェントへの親近感の得点とその差

	第2回	第8回	差
実験参加者	5.5	5.75	0.25
実験参加者	4.25	6	1.75
実験参加者	6	6	0
実験参加者	6.75	6.25	-0.5

6.9.考察

6.9.1.凝視割合に関する考察

全 7 回の対話実験において，実験参加者 4 名にエージェントへの凝視割合に向上，低下の傾向は見られなかった．このことから模倣モデルを実装したエージェントと継続的に対話を繰り返しても，実験参加者の凝視割合への影響は少ないことが示された．これにより仮説「実験参加者のエージェントへの凝視割合は回を重ねても変化しない」は支持されたと考える．このことから本実験において実験参加者のエージェントへの凝視割合に回毎の変化が見られた場合や向上，低下傾向が見られた場合に，その原因は回を重ねたことによるものではないと示すこと可能であると考えられる．

6.9.2.アンケート結果に関する考察

まず対話のストレスについて考察する．対話時のストレスは実験参加者 4 名

中全員に減少傾向が見られた。これは回を重ねるごとにエージェントの対話やエージェントそのものへの慣れによるものであると推測される。また「エージェントが受け答え可能な範囲も最初より理解出来てきて、何をどこまで話せばいいかわかってきたから最初より話しやすい」とのコメントがあることから、後半になるにつれて対話がスムーズに進んだこともストレスの軽減の原因の1つだと考える。

次にエージェントとの相互の親近感において向上傾向の見られた実験参加者について考察する。エージェントとの相互の親近感と対話時のストレスには負の相関があることが卒業研究よりわかっている。対話時のストレスが低下するほど、実験参加者 W, X, Z の3名のエージェントからの親近感と実験参加者 W, X の2名のエージェントへの親近感に向上傾向が見られた。これは対話時のストレスの軽減、また対話時のストレス同様、エージェントへの慣れによってエージェントとの相互の親近感が向上したと考える。また実験参加者 W, X は外向性低群に分類されており、外向性低群は回を重ねるごとにより、エージェントとの相互の親近感が向上しやすい可能性が示された。

続いてエージェントとの相互の親近感において向上傾向の見られなかった実験参加者について考察する。実験参加者 Y のエージェントからの親近感に上昇傾向は見られず、実験回数との相関に負の相関が見られた。図 21 より実験参加者 Y は第3回を最も高く(6.33)評価しており、第4回を最も低く(5.5)評価している。実験参加者 Y は第4回に「実験が続くことを考えておらず、前回の評価を高くしすぎた」という旨のコメントを行っていた。このことから、第3回で高くしすぎた評価をいったん下げるために第4回のエージェントからの親近感を低く評価したと考えられる。その際の低下によって負の相関が見られたと推測される。またその後の評価は大きく下がることは無く、5.5を下回ることもないため、回を重ねるごとにエージェントからの親近感が低下したとは言えないと考える。実験参加者 Y, Z の2名のエージェントへの親近感に向上傾向は見られなかった。しかし低下傾向も見られず、負の相関も見られなかった。この2名は外向性高群に分類されており、2名の第2回から第8回の平均値は6、最低値5.5であった。この結果からこの外向性高群の2名はもともとエージェントへの親近感が高く、また回を重ねることの影響が少ない可能性が示唆された。これらの結果から、仮説「回を重ねても、エージェントとの対話時のストレスは向上せず、親近感は低下しない」は支持されたと考える。

また実験参加者 X の第 4 回の実験後に「とても寝不足である」という旨のコメントがあった。実験参加者 X の第 4 回の対話時のストレスが高く、相互の親近感が低く評価された原因は寝不足であると推測される。このことから、実験期間中に 1 回のみ対話時のストレスが向上し、エージェントとの相互の親近感が低下した場合、体調不良や精神状態が影響を及ぼしている可能性が示された。

6.10 まとめ

予備実験により、エージェントと継続的に対話実験を行っても、実験参加者のエージェントへの凝視割合へ影響は少なく、回を重ねるごとに向上または低下の傾向は見られないことが示された。本実験の際に実験参加者のエージェントへの凝視割合に向上、低下の傾向が見られた場合、その原因は回を重ねたことによるものではないと示すことが出来ると考える。

対話時のストレスに関して、実験参加者全員が回を重ねるごとに低下した。これはエージェントとの対話やエージェントそのものに慣れたことが原因だと考える。これにより、模倣モデルのストレスを低下させる効果は継続的な対話においても持続することが示唆された。またエージェントへの親近感において、3 名が、エージェントからの親近感に関しては外向性低群の 2 名に上昇傾向が見られた。またエージェントとの相互の親近感に上昇傾向が見られなかった実験参加者にも低下傾向が見られることはなかった。これらのことから本実験の際に対話時のストレスの向上、エージェントとの相互の親近感の低下が見られた場合、原因はエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇によるものであると示すことが出来ると考える。

7.本実験

7.1.目的

本研究の目的は、模倣モデルを使用し、擬人化エージェントとの2者対話を通して、内向的な人の相手への凝視割合の向上させる対話システムの開発と評価である。継続的なエージェントとの対話を行い、エージェントの実験参加者への凝視割合を段階的に上昇させることで、同調傾向によって実験参加者のエージェントへの凝視割合を向上させることが出来る可能性がある。

本実験の仮説は「回を重ねるごとにエージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させることで、実験参加者のエージェントへの凝視割合が向上する」とした。

7.2.凝視割合の段階的上昇と実験回数の追加

予備実験では、エージェントに実装された視線モデルは常に模倣モデルであった。本実験では、外向性低群のエージェントへの凝視割合を向上させるため、回を重ねるごとにエージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させた。第2回は模倣モデルを使用し、第3回から第8回にかけて6段階でエージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させた。上昇の度合いは第2回の実験参加者のエージェントへの全体の凝視割合を測定し、その値を卒業研究の外向性高群の実験参加者の凝視割合の平均である79%から引いた値を6で割った値とした。これにより6段階の上昇で、79%に到達するように設定した。

また回を重ねることによる慣れ等の影響で実験参加者のエージェントへの凝視割合に向上傾向、低下傾向が見られる可能性は予備実験にて否定されたが、予備実験の実験参加者は4人と少なく、可能性がないとは言い切れない。そのため第9、10回ではエージェントの実験参加者への凝視割合を下降させる。第9回は第7回と、第10回は第6回と同様の上昇値で実験を行った。これにより8回までに何らかの傾向が見られ、第9、10回にその傾向が見られなくなった場合、それは、回を重ねたことが原因ではなく、エージェントの実験参加者への凝視割合の上昇が原因である可能性を示すことが出来るため、実験回数を追加した。

7.3.実験概要

対話内容は予備実験に使用したコンセンサスゲームに話題を2種類追加した。

実験環境の構成, 実験環境は実験を行った部屋以外は予備実験と同様である. 本実験の実験風景を図 23 に示す.

実験参加者は 20 から 24 歳の内向的な日本人 8 名(男性 7 名, 女性 1 名)であった. 実験に参加可能であった人に事前に Big Five 尺度アンケートに回答してもらい, 卒業研究と同様の基準で外向性高群, 低群への分類と同様の基準で, 外向性低群に分類された人へのみを実験参加者とした. 実験期間は 2021 年 10 月 14 日から 12 月 1 日までであった. 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(2021-21)である.



図 23 本実験の実験風景

7.4. 実験手順

実験手順は以下の通りである.

- ① Big Five 尺度アンケートに回答
- ② エージェントと 5 分程度の対話実験を行う
- ③ エージェントとの対話に関する印象評価アンケートに回答
- ④ 口頭によるアンケートに回答
- ②か④を 5 週間におおたり週 2 回の計 10 回繰り返す

予備実験にて使用したアンケートにラポールのアンケート[22]と話題に関する

るアンケートを追加した。ラポールとは交流がスムーズに行われていく状態で、感情の分かち合いが出来、お互いの信頼が生じている関係とされている[23]。予備実験までの実験ではエージェントの評価を対話時のストレスと、相互の親近感でのみ行っていたが、繰り返しの対話によってラポールが形成される可能性がある。ラポールの形成はエージェントと人間のインタラクションにおいても重要視されている[24]ため、本実験のエージェントの評価項目に追加した。また話題に関するアンケートはコンセンサスゲームの内容によって話しやすさ等の差の有無を示すために追加した。口頭でのアンケートは予備実験と同様である。本実験で使用したアンケートを表7に示す。

表7 本実験で使用したアンケート

対話を居心地が良いと感じた。	対話時のストレス
対話することに緊張した。	対話時のストレス
対話をするのは照れ臭いと感じた。	対話時のストレス
対話中にストレスを感じた。	対話時のストレス
エージェントに対して話しやすいと感じた。	対話時のストレス
対話を退屈だと感じた。	対話時のストレス
対話を楽しいと感じた。	対話時のストレス
対話に気まずさを感じた。	対話時のストレス
エージェントから親近感を感じた。	エージェントからの親近感
エージェントが私の話をよく聞いてくれていると感じた。	エージェントからの親近感
エージェントから思いやりを感じた。	エージェントからの親近感
エージェントは自分と話したくなさそうだと感じた。	エージェントからの親近感
エージェントに対し、親近感を感じた。	エージェントへの親近感
エージェントに対して気楽に心を開くことが出来た。	エージェントへの親近感
対話を続けたいと感じた。	エージェントへの親近感
エージェントを親しみやすいと感じた。	エージェントへの親近感
対話にうんざりしていた。	ラポール
対話は協力的に進んだ。	ラポール
対話は冷たい感じがした。	ラポール
対話の内容がぼやけていた。	ラポール
対話に夢中になった。	ラポール
相互に興味をもって対話できた。	ラポール
好意的に対話できた。	ラポール
対話は互いに積極的に進んだ。	ラポール
互いに肯定的な態度で対話が進んだ。	ラポール
今回のテーマに関し、しっかりと自分の意見を主張できた。	話題に関して
今回のテーマに関し、エージェントの意見をしっかりと聞いた。	話題に関して
今回のテーマに関し、十分に議論できた。	話題に関して
今回のテーマに関し、よく集中して考えられた。	話題に関して
今回のテーマは話しやすかった。	話題に関して

7.5.分析方法

実験において取得するデータは予備実験と同様，対話実験中の実験参加者のエージェントへの凝視割合，アンケートの回答結果，口頭アンケートの結果である．本実験の実験参加者は8名と少ないため，統計分析は行わない．実験参加者のエージェントへの凝視割合の変化傾向によって「上昇群」，「変化群」，「その他群」に，またエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇を認識していたか否かで「認識群」と「非認識群」に分類した．これらの群ごとに実験回毎の実験参加者のエージェントへの凝視割合とアンケート結果の比較を行った．なお本実験でも初回はエージェントに慣れもらうための回としているため，分析の対象外とした．

8.結果

8.1.向上群に関する結果

上昇群に分類されるのは、第2回から第8回に実験参加者のエージェントへの凝視割合に向上傾向のみが見られた実験参加者である。上昇群に分類された実験参加者1名(実験参加者D)の第2回から第10回のエージェントと実験参加者の凝視割合を図24に示す。第2回(40.1%)から第8回(53.1%)までにエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇に伴う向上傾向が見られ、実験参加者のエージェントへの凝視割合が13%向上した。また第8回から第10回(32.4%)には低下傾向が見られ実験参加者のエージェントへの凝視割合が20.7%低下した。これはエージェントの実験参加者への凝視割合が上昇している回では実験参加者のエージェントへの凝視割合が向上し、下降している回では低下していることを示している。

仮説「回を重ねるごとにエージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させることで、実験参加者のエージェントへの凝視割合が向上する」が支持される結果ではあるが、上昇群に分類された実験参加者は1名であることから、仮説が支持されたとは言い難い。

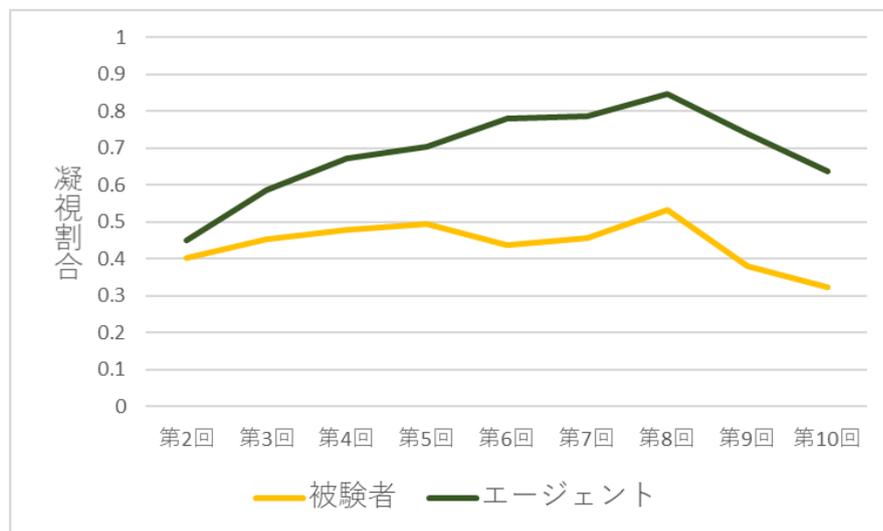


図24 実験参加者Dの凝視割合

8.2.化群に関する結果

変化群に分類されるのは第2回から第8回の実験参加者のエージェントへの凝視割合に向上傾向が見られた後に、低下傾向への変化が見られた実験参加者である。変化群に分類された実験参加者4名(実験参加者B, F, G, H)の第2回から第10回のエージェントへの凝視割合とエージェントの実験参加者への凝視割合を図25から28に示す。変化群のエージェントへの凝視割合が低下傾向に変化する回を以下「向上限界回」とする。実験参加者B, F, Hは第6回、実験参加者Gは第4回が向上限界回にあたる。向上限界回までは向上群と同様にエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇に伴い、エージェントへの凝視割合が向上している。しかし向上限界回以降は第8回まで逆に低下している。また第8回から第10回、エージェントの実験参加者への凝視割合を下降させた回において、再度向上傾向が見られた。各実験参加者の第2回から向上限界回までを第1向上期間、向上限界回から第8回までを低下期間、第8回から第10回までを第2向上期間とし、それぞれの実験参加者のエージェントへの凝視割合の変化量を表8に示す。

以上の結果より、変化群においては、エージェントの実験参加者への凝視割合の上昇により、実験参加者のエージェントへの凝視割合は向上するが、向上限界回におけるエージェントと実験参加者の凝視割合の差以上に差が拡大した場合、向上傾向は低下傾向に変化する可能性があることが示された。またエージェントと実験参加者の凝視割合の差の拡大によって低下した実験参加者のエージェントへの凝視割合は、差を縮小することにより再度向上する可能性がある。よって仮説「回を重ねるごとにエージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させることで、実験参加者のエージェントへの凝視割合が向上する」は一部支持された。

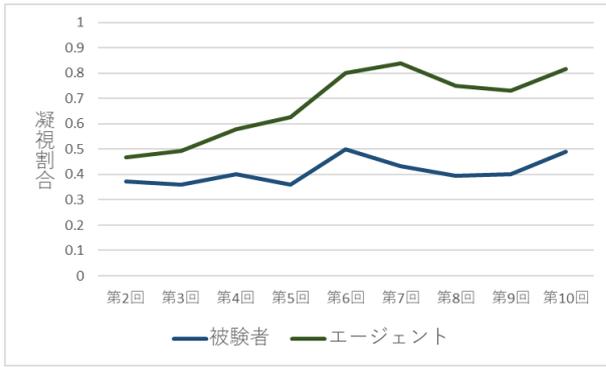


図 25 x 実験参加者 B の凝視割合

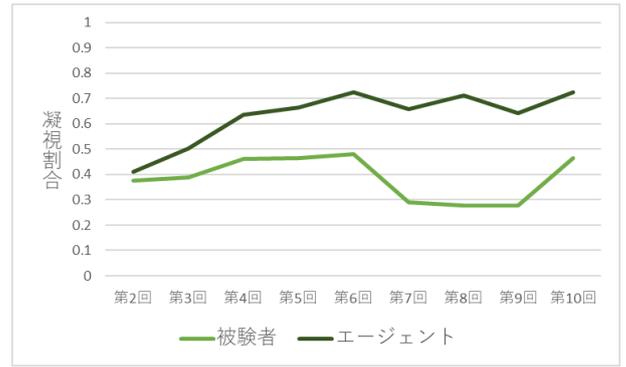


図 26 実験参加者 F の凝視割合

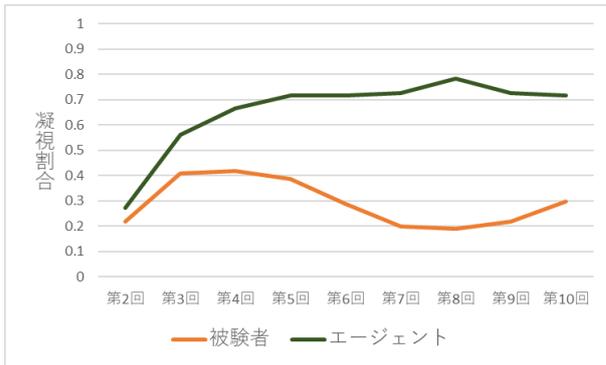


図 27 実験参加者 G の凝視割合

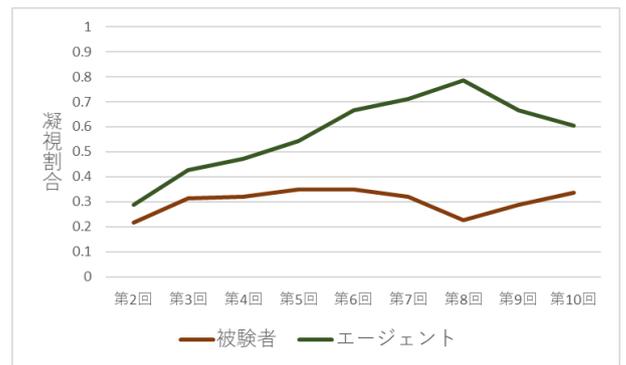


図 28 実験参加者 H の凝視割合

表 8 変化群の各期間の凝視割合の変化量

	第1向上期間	低下期間	第2向上期間
実験参加者B	12.7%	-10.6%	9.8%
実験参加者F	10.4%	-20.5%	19.0%
実験参加者G	20.0%	-22.7%	10.7%
実験参加者H	13.5%	-12.5%	11.2%

8.3.その他群に関する結果

その他群に分類されるのは向上群，変化群に分類されなかった実験参加者である。その他群に分類された実験参加者 3 名(実験参加者 A, C, E)の第 2 から第 10 回のエージェントと実験参加者の凝視割合を図 29 から 31 に示す。

実験参加者 A のエージェントへの凝視割合に向上傾向は一切見られず，第 6 回から第 7 回に低下が見られるのみという結果となった(最低値 7.7%，最高値 20.3%，第 6 回から第 7 回の変化量-9.1%)。

実験参加者 C, E のエージェントへの凝視割合は回毎の変化の値が大きく、またエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇、下降に伴った変化が見られないという結果となった。

以上よりその他群の3名の実験参加者のエージェントへの凝視割合はエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇、下降の影響を受けていない可能性がある。

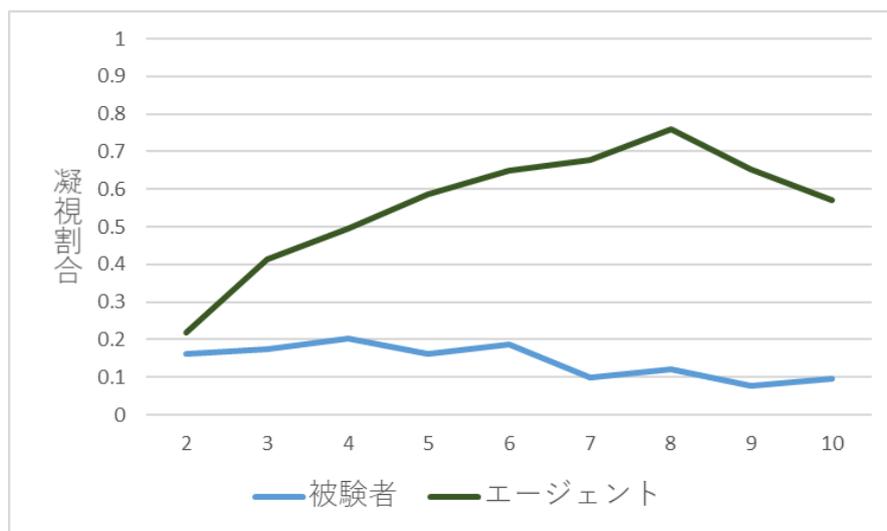


図 29 実験参加者 A の凝視割合

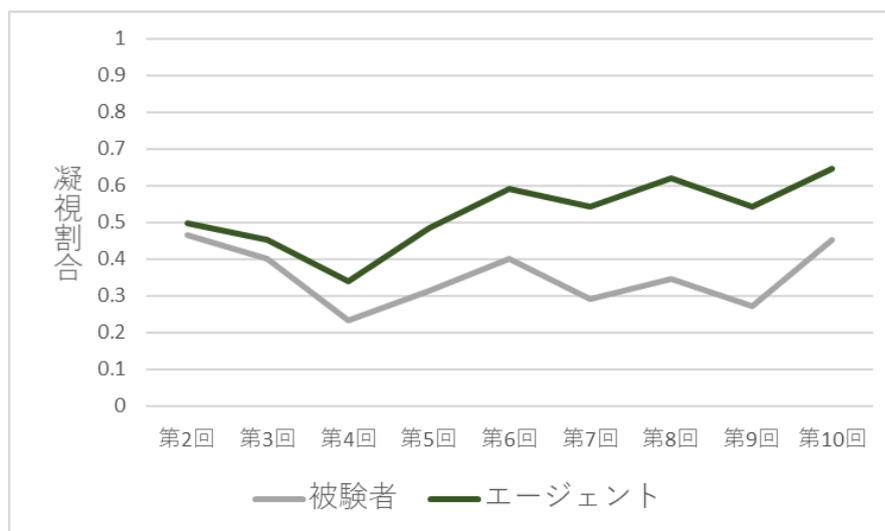


図 30 実験参加者 C の凝視割合

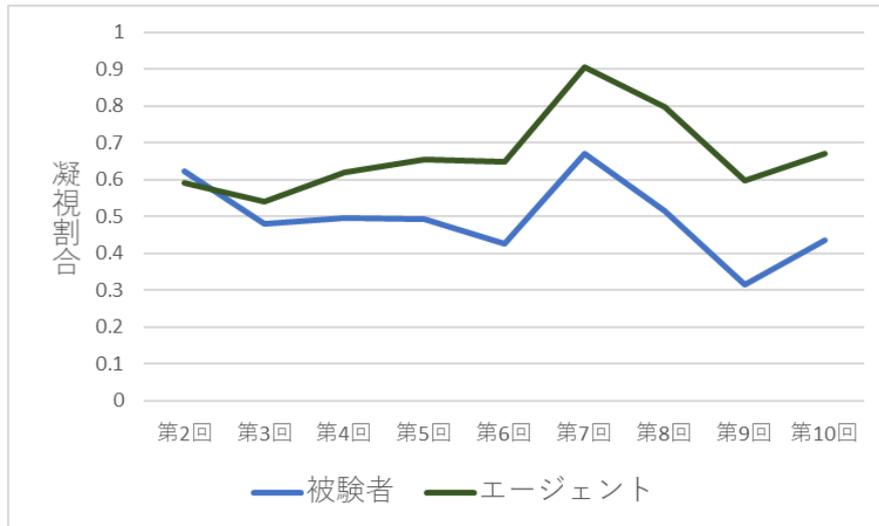


図 31 実験参加者 E の凝視割合

8.4. 識群と非認識群に関する結果

認識群に分類されるのは、実験中にエージェントの実験参加者への凝視割合が上昇していることを認識していた 3 名の実験参加者(実験参加者 B, C, H)である。残りの 5 名を非認識群に分類した。認識群と非認識群のアンケート結果の比較を行った。認識群の対話時のストレスの結果を図 32 に、非認識の対話時のストレスの結果を図 33 に示す。認識群の対話時のストレスにおいて、全体、もしくは後半に下降傾向が見られた(B 第 4 回から第 10 回にかけて -0.9, C 第 2 回から第 10 回にかけて -1.8, H 第 5 回から第 10 回にかけて -1.4)。対話時のストレスの低下傾向は非認識群では実験参加者 E にのみ見られた傾向で、それ以外の実験参加者はほとんど一定の数値であるか、回毎の差が大きく傾向が見られない。

次に、認識群のエージェントからの親近感の結果を図 34 に非認識群のエージェントからの親近感の結果を図 35 に示す。エージェントからの親近感において認識群のうち 2 名(実験参加者 C, H)の後半回に向上傾向が見られた(C 第 5 回から第 10 回にかけて +1.5, H 第 6 回から第 10 回にかけて +2)。また実験参加者 B に関しては向上傾向は見られなかったものの、第 2 回は 6.75, 第 3 回以降は常に 7 以上と高評価であった。エージェントからの親近感の向上傾向も対話時のストレス同様、非認識群はほとんど一定の数値であるか、回毎の差が大きく傾向が見られず、また実験参加者 B よりもエージェントからの親近感を高く評価している非認識群は存在しない。

これらのことからエージェントからの凝視割合の上昇を認識することはストレスの軽減，エージェントからの親近感の向上に繋がる可能性が示唆された。

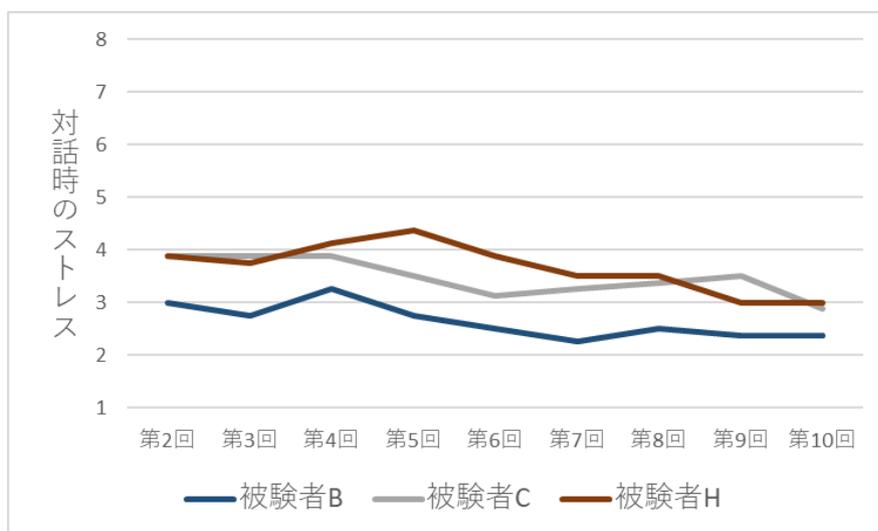


図 32 認識群の対話時のストレス

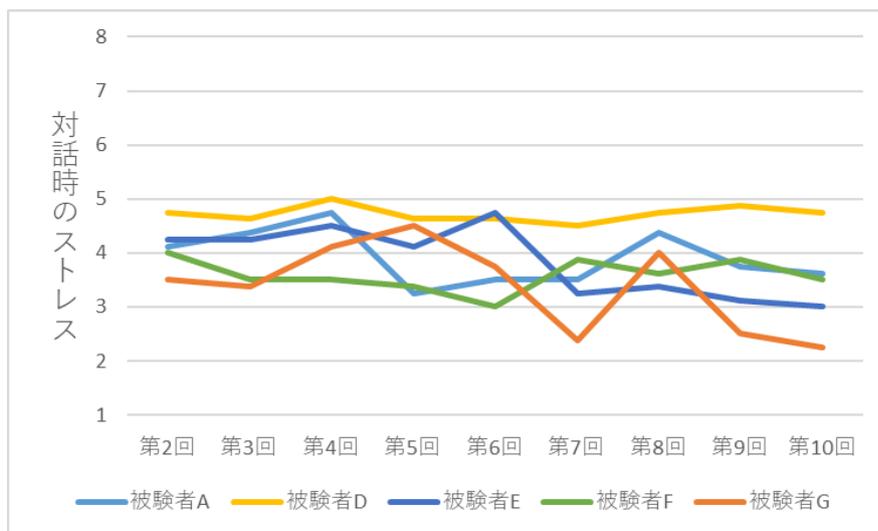


図 33 非認識群の対話時のストレス

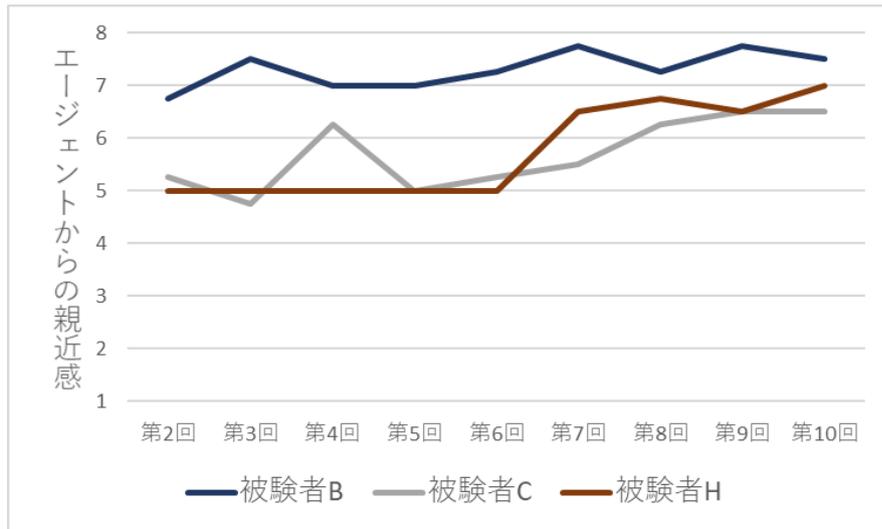


図 34 認識群のエージェントからの親近感

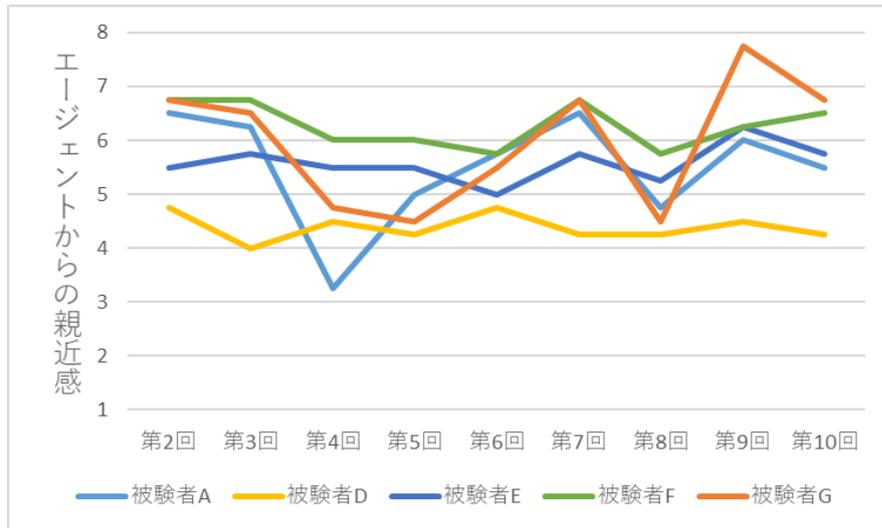


図 35 非認識のエージェントからの親近感

8.5. ラポールに関する結果

全実験参加者のうちラポールに向上が見られたのは実験参加者 H のみであった。また、実験参加者 A, G は回毎の差が大きく傾向が見られず、残り 5 名のラポールのアンケート結果はほとんど一定の数値であった。実験参加者 H のラポールの結果を図 36 に、実験参加者 A, G の結果を図 37 に、残りの実験参加者の結果を図 38 に示す。

実験参加者 H には第 6 回から第 7 回にかけて 1.6 点の向上が見られそれ以降に低下は見られない。これは、第 7 回に実験参加者 H とエージェントの間にラ

ポールが形成され、実験終了までラポールが崩壊しなかったことを示している。

実験参加者 A, G に関しては、ラポールの結果が他の回より高くなっている回とコンセンサスゲームの結果、自身の選択したアイテムを変更した回が一致している。本実験のコンセンサスゲームの結果は「実験参加者がエージェントとの対話後に選んだアイテムを変更する」、「実験参加者がエージェントとの対話後に選んだアイテムを変更しない」「エージェントと実験参加者の選んだアイテムがもともと同じである」の3種類に分けられる。実験参加者 A, G はゲーム中にエージェントの意見を取り入れた回にラポールを高く評価している、もしくはそれ以外の回を低く評価している可能性がある。また、仮にコンセンサスゲームの結果によってラポールを高く評価していた場合でも、それは一過性の結果であり、継続的していないことから、ラポールが形成されたとは言えない。

残りの5名に関しては、最高値と最低値の差が最も大きい実験参加者でもその差は1.4点であり、回に毎に大きな差は見られない。これらの実験参加者とエージェントの間には、対話実験において、ラポールが形成されることは無かったことを示している。

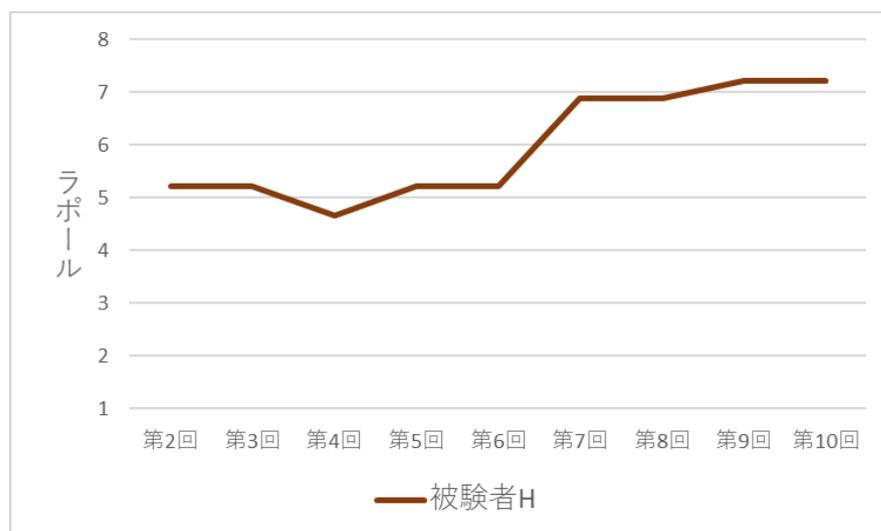


図 36 向上の見られたラポール

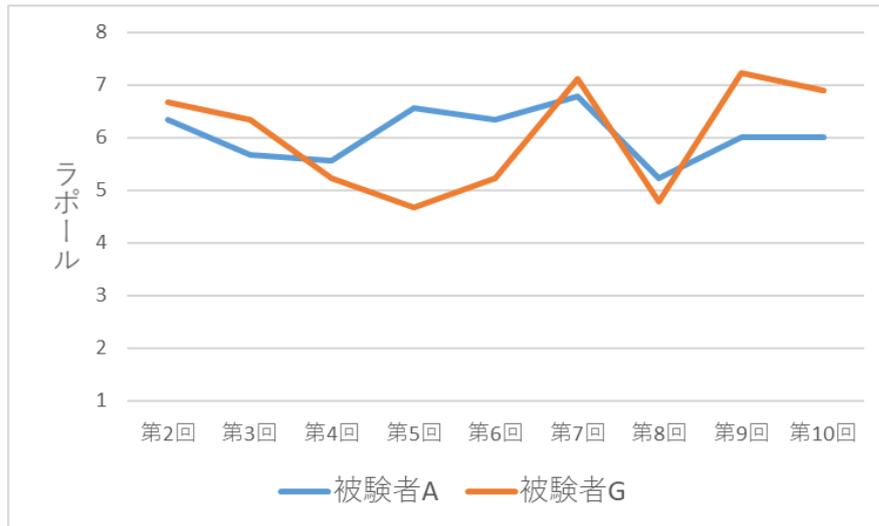


図 37 コンセンサスゲームの結果に左右されるラポール

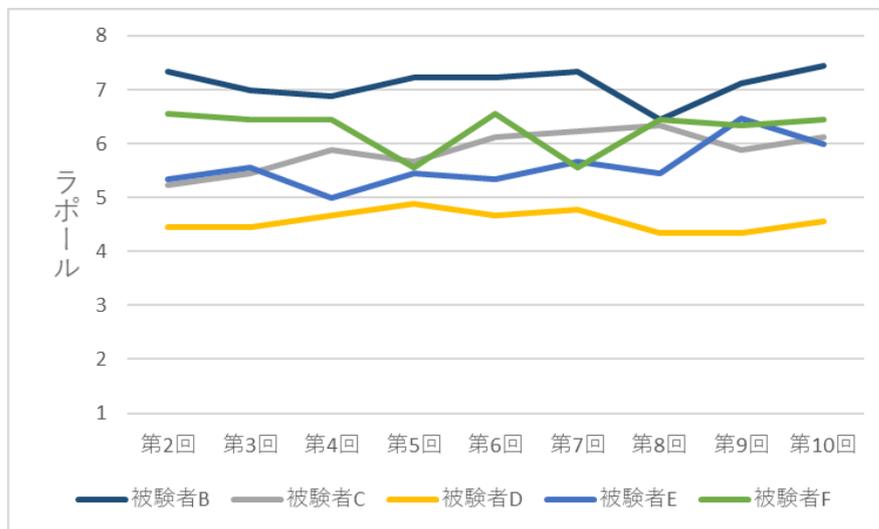


図 38 変化の少なかったラポール

9.考察

9.1.向上群に関する考察

向上群に分類された実験参加者は1名であったことから、結果の信憑性は低い。しかし、変化群においても実験参加者のエージェントへの凝視割合の向上が見られていることから、一概に外れ値とは言えないと考え、考察を行った。

向上群の1名の実験参加者において、第2回から第8回のエージェントの実験参加者への凝視割合を上昇により、実験参加者のエージェントへの凝視割合の13%の向上という結果となり、本実験の仮説を支持する唯一の結果となった。このような結果となった理由としては、同調傾向によるものだと考える。エージェントの実験参加者への凝視割合の上昇に伴い、実験参加者のエージェントへの凝視割合が向上していることから、実験参加者がエージェントに同調した可能性があると考え。加えて第9、10回のエージェントの実験参加者への凝視割合を低下させた回では、エージェントへの凝視割合が低下していることから、対話実験の繰り返しによる影響はなかったと考える。

また実験参加者Dのアンケート結果のほとんど(第9回のエージェントへの親近感の3.75点以外)が4から5点の間となっていた。このことから実験参加者Dのエージェントへの凝視割合の向上はエージェントへの印象評価や話題の影響を受けず、エージェントの実験参加者への凝視割合の上昇のみの影響で、凝視割合を変化させた可能性がある。これらの結果からエージェントの視線行動の変化のみでユーザの視線に影響を与えることが可能であると考えられる。

9.2.変化群に関する考察

変化群の4名の実験参加者において、エージェントの実験参加者への凝視割合を上昇に伴い、実験参加者のエージェントへの凝視割合が最低で10.4%、最高で20.0%向上するという結果となった。しかし向上限界回以降に最高で22.7%の低下が見られた。これらの結果に関する考察を述べる。

まず、向上限界回までの実験参加者のエージェントへの凝視割合の向上に関しては向上群と同様に同調傾向が原因であると考え。実験参加者のエージェントへの凝視割合の向上が、エージェントの実験参加者への凝視割合の上昇に伴っているためである。

次に、実験参加者のエージェントへの凝視割合の低下は、エージェントの実験参加者への凝視割合の過度な上昇によるものであると考える。変化群の向上限

界回のエージェントと実験参加者の凝視割合の差は最低値が 24.3%，最高値が 31.6%であった。内向的な人はアイコンタクトを避ける傾向があることから、向上限界回のエージェントと実験参加者の凝視割合の差以上に差が拡大した、つまりエージェントの実験参加者への凝視割合が過度に上昇した結果、アイコンタクトを避けるため、自身のエージェントへの凝視割合を低下させたと考える。

また第 9, 10 回目のエージェントの実験参加者への凝視割合を下降させた回では、実験参加者のエージェントへの凝視割合に最低 9.8%，最大 19.0%の向上が見られた。これはエージェントの実験参加者への凝視割合の下降により、アイコンタクトの発生確率が低下したためだと考える。

これらのことより、本研究の対話システムではエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇により、内向的な人のエージェントへの凝視割合の向上を期待できる可能性が示唆されたが、持続的な効果は見られず、エージェントの実験参加者への凝視割合の過度な上昇は、逆に実験参加者のエージェントへの凝視割合を低下させる可能性も示唆された。

9.3.その他群に関する考察

その他群においては、エージェントの実験参加者への凝視割合の上昇に伴った。実験参加者のエージェントへの凝視割合の向上傾向。低下傾向は見られないという結果となった。この結果に関しての考察を述べる。その他群がこのような結果となった理由として、実験参加者のエージェントへの凝視割合が、エージェントの実験参加者への凝視割合の変化の影響を受けていない、または影響が少ないこと、もしくは他の要因による影響を受けていることが考えられる。

実験参加者 A に関しては、エージェントへの凝視割合の最低値が 7.7%，最高値が 20.3%と常に低い値であり、また口頭アンケートにおいて「目をほとんど合わせれてないし、顔すらあんまり見れてない」とコメントしている。これらのことよりエージェントの目どころか、エージェント自体を見ていないため、エージェントの実験参加者への凝視割合の変化の影響が少なかったと考える。

実験参加者 C, E に関しては、口頭アンケートにおいて「話す時は目を見るように意識している」という旨のコメントをしており、この意識的な視線のコントロールが、実験参加者のエージェントへの凝視割合に影響をあたえたと考えられる。

これらのことより，エージェントへの凝視割合が低く，エージェントそのものを見れない人や，対話時の視線を意図的にコントロールしている人に対しては，9.2 で示唆された本研究の対話システムの効果は期待できない可能性があると考えられる。

9.4. 認識群と非認識群に関する結果

エージェントの実験参加者への凝視割合の上昇を認識していた3名の認識群と，認識していなかった非認識群に関する考察を述べる。

認識群には対話時のストレスには低下傾向が見られ，エージェントからの親近感には向上傾向が見られた。しかし，非認識群5名のうち1名を除き，ストレスの低下傾向は見られなかった。対話時のストレスに関しては予備実験より，対話実験を繰り返すことで，エージェントとの対話やエージェントそのものに慣れることで低下する可能性が示されている。また卒業研究より，外向性低群はエージェントからの凝視割合が高いほどストレスが高くなる傾向があることが示されている。このことから低下傾向が見られなかった原因として，エージェントの実験参加者への凝視割合の上昇に伴うストレスの向上と，対話実験の繰り返しによるストレスの低下が相殺された可能性があると考えられる。加えて，認識群にストレスに低下傾向が見られた原因は，エージェントの実験参加者への凝視割合の上昇を認識していたことにあると考えられる。認識群の実験参加者Bが「こっちを見てくれている方が喋っている感が強い」，実験参加者Hは「以前よりこちらを見ており，話を聞いてくれている感が増した」，「前回よりこちらを見ていて，フレンドリーに感じた」と実験後の口頭アンケートでコメントしている。そのため，エージェントの実験参加者への凝視割合の上昇を認識することで傾聴感を高く感じ，エージェントからの親近感が向上し対話時のストレスが低下したと考えられる。

以上のことから外向性低群は対話相手の自身への凝視割合が上昇した場合，それを認識するか否かで，対話時のストレス，エージェントからの親近感に影響があることが示唆された。

9.5. ラポールに関する考察

本実験においてエージェントと実験参加者の間にラポールが形成されたと考えられる実験参加者は1名のみであった。このような結果となった原因の1つ

は対話実験の時間の短さにあると考える，ラポールとは「感情の分かち合いが出来，お互いに信頼が生じている関係」としており，5分程度のコンセンサスゲームで形成されるようなものではなかったと考える．また実験参加者 A, G の結果より，コンセンサスゲームの結果によってもラポールの結果が左右される可能性があると考ええる．

これらのことより，コンセンサスゲームにおいて，ラポールの形成を計る場合，対話時間の延長，また結果の統一が必要であると考ええる．

9.5.今後の展望

本研究の対話システムの改善点として，実験参加者のエージェントへの凝視割合が低下した場合の対応が必要である，実験参加者のエージェントへの凝視割合が低下した場合，次回のエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇を停止，もしくは下降に変更することで，実験参加者のエージェントへの凝視割合の低下を防止できると考える．またその時点での凝視割合に実験参加者が慣れるまで対話実験を行ってもらい，実験参加者のエージェントへの凝視割合が向上した時点で，再度エージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させることで，本研究の結果以上に内向的な人のエージェントへの凝視割合を向上させることが出来るのではないかと考える．

また，本研究では凝視割合のみを考慮しており，アイコンタクトや実験参加者とエージェントどちらが発話しているかに関しては一切考慮していなかった．凝視割合は対話相手の目をどれだけ凝視していたか，アイコンタクトは互いに相手の目を凝視している状態を指す．アイコンタクトの回数や継続時間は，アイコンタクトを嫌う内向的な人のエージェントへの印象評価に影響を及ぼすと考えられる．また人間は傾聴時と発話時では傾聴時のほうが対話相手への凝視割合が高いとされている．これらのことより，アイコンタクトの回数や継続時間とエージェントへの印象評価の関係の検証，実験参加者の発話時と傾聴時の視線行動の違いの考慮したエージェントの視線モデルの設計が必要であると考ええる．

10. 結論

内向的な人の対話相手の目を見ず、アイコンタクトを避けるという傾向は面接などの場で「やる気が感じられない」などの低評価に繋がる可能性がある。本研究では継続的なエージェントとの対話によって、内向的な人のエージェントへの凝視割合を向上させる対話システムの開発と検証を行った。同調傾向により「回を重ねるごとにエージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させることで、実験参加者のエージェントへの凝視割合が向上する」と仮説を立て、内向的な人 8 名を対象とし、5 週間にわたり、週 2 回の計 10 回の対話実験を行った。取得するデータは実験中の実験参加者のエージェントへの凝視割合、対話実験後の印象評価アンケート、口頭アンケートであった。

実験の結果、実験参加者 5 名にエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇に伴った、実験参加者のエージェントへの凝視割合の向上が見られた。しかし、実験参加者 5 名のうち 4 名のエージェントへの凝視割合に低下傾向が見られた。これはエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇が続き、エージェントと実験参加者の凝視割合の差が拡大した結果、内向的な実験参加者がアイコンタクトを避けるため、自身の凝視割合を低下させたためだと考えられる。内向的な人のエージェントへの凝視割合の向上は一時的に見られたことから、仮説は一部支持されたと考える。

また実験参加者がエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇を認識していたか否かによって、エージェントへの印象評価に影響があることが示された。認識していた実験参加者は回を重ねるごとに対話時のストレスが低下し、エージェントからの親近感が向上した。これはエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇を認識することで、傾聴感が増した結果であると考えられる。

加えて、本実験においてエージェントと実験参加者の間にラポールが形成されたと考えられる実験参加者は 1 名のみであった。対話時間が 5 分程度と短かったため、エージェントと実験参加者 7 名の間にラポールが形成されなかったと考える。

今後の展望として、実験参加者のエージェントへの凝視割合が低下した場合、次回のエージェントの実験参加者への凝視割合の上昇を停止、もしくは下降に変更するという改善点が挙げられる。上昇の停止、または下降させたエージェントの実験参加者への凝視割合で対話実験を続け、実験参加者のエージェ

ントへの凝視割合に向上が見られた時点で再度エージェントの実験参加者への凝視割合を上昇させることで、本実験の結果以上に内向的な実験参加者のエージェントへの凝視割合が向上すると考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり，お忙しい中多大なるご指導，ご支援をいただきました，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] AI さくらさん，導入実績:<https://tifana.ai/works/>，2020/1/13
- [2] 対話型キャラクターエージェント「CHELULU」，株式会社レスターエレクトロニクス，無人対話システム：
<https://www.restar-ele.com/business/solution/reception.html>
．2020/1/31
- [3] 山田誠二:人とロボットの〈間〉をデザインする，東京電機大学出版局，(2007)
- [4] 黒川隆夫:ノンバーバルインターフェース，オーム社，(1994)
- [5] Cook, M. and Smith, M. C. :The Role of Gaze in Impression Formation, Br. J. Clin. Psych., Vol. 14, pp. 19-25, (1975)
- [6] Argyr, M., Lefebvre, L. and Cook, M. :The Meaning of Five Patterns of Gaze, Eur. J. Soc. Psych., Vol. 4, No. 2, pp. 125-136, (1974)
- [7] 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，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol. No. 10, No. 101, p. 87-94, (2008)
- [8] Catherine Pelachaud and Massimo Bilvi, Modelling Gaze Behavior for Conversational Agents, In IVA2003, Springer, pp. 93-100, (2003)
- [9] 深山篤，大野健彦，武川直樹，澤木美奈子，萩田紀博:擬人化エージェントの印象操作のための視線制御方法，一般社団法人情報処理学会情報処理学会論文誌，Vol, 43, No. 12, pp. 3596-3606, (2002)
- [10] 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)

- [11] 竹内勇剛, 鈴木まなみ:人とエージェントとの自然な関係形成のための視線操作, The 25th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, (2011)
- [12] Sean Andrisc, Tomislav Pejisa, Bilge Mutlu, Michael Gleicher: Designing Effective Gaze Mechanisms for Virtual Agents, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp 705-714, (2012)
- [13] 渋谷昌三:なぜ, この人に部下は従うのか, 東洋経済新報社, (1999)
- [14] 石川健太, 岡村陽子, 大久保街亜:社会不安傾向者の視線方向判断, 心理学研究, 第 83 卷, 第 3 号, pp. 225, (2012)
- [15] 小倉雅貴, 松井優, 神田智子:エージェントの視線配分が対話に与える影響の性格特性格別分析, 信学技報, Vol. 116, No. 524, pp. 89-94, (2017)
- [16] 和田実, 若林満:言語的行動と非言語的行動が採用面接に及ぼす影響についての実験的研究, 経営行動科学, 第 6 卷, 第 2 号, p. 71-80, (1991)
- [17] 長岡千賀:対人コミュニケーションにおける非言語行動の 2 者相互影響に関する研究, 対人社会心理学研究, Vol6, pp101-112, (2006)
- [18] 和田さゆり:性格特性用語を用いた Big Five 尺度の作成, The Japanese Journal of Psychology, Vol. 67, No. 1, pp61-67, (1996)
- [19] Edward T. Hall 著 日高敏隆 佐藤信行 訳:かくれた次元, みすず書房, (1970)
- [20] 植村紗瑛, 神田智子:アバターを使用した Web 会議におけるプロテウス効果の継続的検証, 信学技報, vol. 121, No. 143, HCS2021-17, pp. 1-6, (2021)
- [21] 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, 2017 年度人工知能学会全国大会(第 31 回), (2017)
- [22] 木村昌紀, 余語真, 夫大坊郁夫:感情エピソードの会話場面における表出性ハロー効果の検討:感情心理学研究, 第 12 卷, 第 1 号, pp12-23, (2005)
- [23] 赤田太郎:遊戯療法におけるラポールの構成因子の分析—ラポール測定尺度による治療者のラポール認知と心理臨床に基づくラポールの定義, 龍谷大学教育学会紀要, 5, pp49-71, (2006)

- [24] Gratch, J., Okhmatovskaia, A., Lamothe, F., Marsella, S., Morales, M., van der Werf, R. J., et al.: *Virtual Rapport*. 6th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Marina del Rey, CA: Springer. (2006)