

非同期的な共感表現を行うエージェントの 効果検証

令和6年度 卒業論文

日本大学 文理学部 情報科学科 宮田研究室

渡貫 健太

概要

共感は、他者の感情や精神状態を理解し、それに基づいた行動を促すことで、社会生活において重要な役割を果たす概念の1つである。しかし、現代社会では、いつでも話相手が近くにいるとは限らず、そもそも話し相手が存在しない人も少なくない。近年では、話の聞き手として対話型エージェントが注目されている。しかし、既存の対話型エージェントは、共感の前提となる感情推定の技術が不十分である問題や、不完全な感情推定に基づく共感表現の多くが明示的であるため、ユーザ自身が都合よく解釈することができず、反感を感じる問題がある。その問題を解決するために、見た目と表現方法の曖昧性が高い共感表現エージェントが提案された。さらに、1体のエージェントよりも2体のエージェントを用いる方がユーザに与える効果が高まるかどうかを明らかにするために、1体もしくは同期的に動く2体の共感表現エージェントによる検証を行った。検証により、エージェント2体が同期的に動作することで、ユーザはエージェントが感情表現していると感じやすいこと、ユーザが話したエピソードによってエージェントに共感されたと感じる度合いが異なることが示唆された。しかし、エージェントが異なるタイミングで同じ動きで共感表現を行った場合に、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような影響があるのか明らかにされていない。既存研究にて、人間とエージェントの相互行動のタイミングがユーザのエージェントに対する印象に影響があることが明らかになっている。本研究においても、2体のエージェントの動作するタイミングを変化させることで、共感されたと感じる度合いが高まる可能性があると考えられる。以上より、2体のエージェントが非同期的に共感表現を行うと、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような影響があるのか明らかにすることを研究課題とした。検証の結果、エージェントの動作するタイミングが共感されたと感じる度合いに影響を与えるが、同期的に動作した場合よりも非同期的に動作した場合の方が共感されたと感じる度合いが高くなるとは言えないということが明らかになった。本研究における貢献は、2体のエージェントが非同期的に共感表現を行うと、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような影響があるのか明らかにしたことである。

目 次

第1章 序論	1
1.1 研究の背景	2
1.2 研究の目的	2
1.3 本論文の構成	3
第2章 エージェントとユーザのコミュニケーションに関する研究事例	4
2.1 ユーザの感情推定に関する研究事例	5
2.2 共感表現を行うエージェントに関する研究事例	6
2.3 複数体のエージェントの使用に関する研究事例	7
2.4 エージェントの見た目・触り心地に関する研究事例	7
2.5 人間とエージェントの相互行動のタイミングに関する研究事例	8
第3章 研究課題	10
3.1 問題の定義	11
3.2 研究課題の設定	12
第4章 研究デザイン	13
4.1 アプローチ	14
4.2 見た目と表現方法の曖昧性が高い共感表現エージェントの動作を変化させる被験者間実験	14
第5章 見た目と表現方法の曖昧性の高い共感表現エージェントの実装	15
5.1 エージェントの見た目・触り心地	16
5.2 エージェントの表現方法	16
5.3 エージェントの実装	16
第6章 評価実験	19
6.1 実験の目的	20
6.2 実験の概要	20
6.3 実験の手順	20
6.4 実験の結果	22
6.5 考察	23
6.5.1 非同期的条件のみに着目した考察	24

6.5.2 同期的条件と非同期的条件の比較	24
第7章 結論	26
参考文献	28
付録	33
研究業績	35

図 目 次

4.1	共感表現エージェントの見た目	14
5.1	共感表現エージェントの内部構造	17
5.2	エージェントの動作するタイミング	18
6.1	ラッセルの円環モデル	21
6.2	Q1 の回答結果 (N = 20)	22
6.3	Q3.1 の回答結果 (N = 20)	24
A.1	Q1.1 の回答結果 (N = 20)	34
A.2	Q2.1 の回答結果 (N = 20)	34

表 目 次

5.1	エージェント作成のための材料	18
5.2	エージェントの動き一覧	18
6.1	エピソード	22
6.2	アンケート項目（同期的条件）	22
6.3	アンケート項目（非同期的条件）	23

第1章 序論

1.1 研究の背景

共感は、他者の感情や精神状態を理解し、それに基づいた行動を促すことで、社会生活において重要な役割を果たす概念の1つである[1]。他者から共感を得ることは、心の整理やストレスの軽減につながる。たとえば、仕事で大きなプロジェクトを担当してプレッシャーを感じているとき、友人が共感してくれると安心感が得られストレスが軽減され気持ちを整理できる。また、コミュニケーションにおいて共感することは、互いの信頼を生むことができる事柄として注目されている。共感とは、他者の経験に対するある個人の反応に関係する一連の構成要素[2]として定義される。構成要素には、他者との感情共有や他者への同情喚起のような感情的側面、他者の信念の推論のような認知的側面から構成されると考えられている[3][4]。さらに、共感は援助行動や寄付行動といった向社会的行動への動機づけに重要であると考えられている[5]。しかし、現代社会では、いつでも話相手が近くにいるとは限らず、そもそも話し相手が存在しない人も少なくない。近年では、話の聞き手として会話AIロボットRomi[6]や音声認識人形みーちゃん[7]のような対話型エージェントが注目されている。また、ユーザに対して共感表現を行うエージェントに関する研究も数多く行われている[8][9][10][11][12]。しかし、既存の対話型エージェントは、共感の前提となる感情推定の技術が不十分である問題や、不完全な感情推定に基づく共感表現の多くが明示的であるため、ユーザ自身が都合よく解釈することができず、反感を感じる問題がある。その問題を解決するために、見た目と表現方法の曖昧性が高い共感表現エージェントが提案された[13]。検証により、提案された共感表現エージェントは一部の動きに対して共感されることが分かっている。しかし、その共感される度合は十分ではないという問題がある。ユーザがエージェントから共感されたと感じられない場合、ユーザは不快感を持つてしまうことが予想される。ユーザの不快感を減少させるためには、ユーザが都合よく解釈することができ、エージェントから共感されたと感じる度合いを高める必要がある。既存研究[14][15]において、褒める際や謝罪の際に1体のエージェントよりも2体のエージェントを用いる方がその効果が高まることが明らかになっている。我々は、1体のエージェントよりも2体のエージェントを用いる方がユーザの共感されたと感じる度合いが高まるかどうか明らかにするために、自身の発言に対して2体のエージェントから動きで共感表現をされたとき、ユーザは共感されたと感じるか明らかにする検証を行った[16]。検証により、エージェントが動きで曖昧な共感表現を2体で行うことでユーザはエージェントが感情表現していると感じやすいこと、ユーザが話したエピソードによってエージェントに共感されたと感じる度合いが異なることが示唆された。しかし、エージェントが異なるタイミングで同じ動きで共感表現を行った場合に、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような影響があるのか明らかにされていないという問題がある。

1.2 研究の目的

本研究では、1.1で述べた問題の解決を目指す。そこで、本論文では、エージェントが異なるタイミングで同じ動きで共感表現を行った場合に、ユーザの共感されたと感じる度

合いにどのような影響があるのか明らかにされていないという問題の解決に取り組む。この問題を解決することにより、さらにユーザが共感しやすくなると考えられる。既存研究にて、人間とエージェントの相互行動のタイミングがユーザのエージェントに対する印象に影響があることが明らかになっている [17][18][19][20][21][22]。本研究においても、2体のエージェントの動作するタイミングを変化させることで、共感されたと感じる度合いが高まる可能性があると考えられる。以上より、2体のエージェントが非同期的に共感表現を行うと、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような影響があるのか明らかにすることを目的とする。

一般的に「非同期的」は下記のように定義されている。「非同期的」は二つ以上のオブジェクトやイベントが同時に存在したり発生したりしないことを指す [23][24][25]。よって、本稿における「非同期的」は2体のエージェントが同時にではなく、それぞれ独自のタイミングで動作を開始することと定義する。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである。

2章では、エージェントとユーザのコミュニケーションに関する研究事例について述べる。

3章では、本論文における問題の定義と研究課題について述べる。

4章では、本論文における研究デザインを述べる。

5章では、見た目と表現方法の曖昧性の高い共感表現エージェントに関する実装について述べる。

6章では、見た目と表現方法の曖昧性の高い共感表現エージェントの動作するタイミングの比較に関する評価実験・考察について述べる。

最後に7章にて、本論文の結論を述べる。

第2章 エージェントとユーザのコミュニケーションに関する研究事例

本章では、エージェントとユーザのコミュニケーションに関する研究事例について述べる。2.1節では、ユーザの感情推定に関する研究事例について紹介する。2.2節では、共感表現を行うエージェントに関する研究事例について紹介する。2.3節では、複数体のエージェントを使用した研究事例について紹介する。2.4節では、エージェントの見た目・触り心地に関する研究事例について紹介する。2.5節では、人間とエージェントの相互行動のタイミングに関する研究事例について紹介する。

2.1 ユーザの感情推定に関する研究事例

ユーザの感情推定に関する研究事例として [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34]，が挙げられる。

[26], [27], [28] では、テキストデータを用いた感情推定について研究を行っている。Shuang ら [26] は、CNN は学習能力が強い一方で、テキストの特徴を抽出する際にどこが入力テキスト内の特徴的なのかを自動判別することが難しいことや、各出力層のベクトルの重要性を十分に理解できていないという問題があると指摘している。この問題を解決するために、CNN の異なる層にアテンション機構を組み合わせた 3 つのモデルを作成し、既存モデルとの比較を行った。その結果、提案したモデルはいずれも既存モデルより性能が高くなることを明らかにしている。Sekine ら [27] は、個人テキストと Twitter データを学習データとして組み合わせて Naive Bayes を用いて感情推定の精度向上を目指している。実験では、4 つの条件（個人テキストのみ、Twitter データのみ、個人テキストと Twitter データ、Twitter データと単語に重みづけを行った個人データ）で比較を行った。その結果、Twitter データと単語に重みづけを行った個人データを使用した場合の一一致率が最も高く、個人を考慮し単語に焦点を当てることでより正確な感情推定が達成できることを明らかにしている。Savitha ら [28] は、絵文字を含んだテキストの感情推定を提案している。既存のテキストのみを用いた感情推定は、各テキストにラベルを付与する必要があり、手間と時間がかかっていた。テキストだけでなく事前に感情ごとに分類された絵文字も感情推定の分析に含めることで、テキストにラベルを付与する必要を無くしている。分析に絵文字を含めることで分類の精度が向上することも明らかにしている。

[29], [30] では、音声を用いた感情推定について研究を行っている。Ying ら [29] は、音声データを分析してパラ言語によって引き起こされる人間の感情を予測するシステムである Voice Analyzer の開発を行っている。パラ言語は言語情報を補うことができるため、重要視されている。システムではユーザが魅力的と感じる度合を予測する検証が行われ、予測結果はユーザの 75% が同意したことが明らかになっている。Yamashita ら [30] は、音声の音響的な特徴と言語的な特徴の両方を考慮した感情推定システムである、PNViz (Positive-and-Negative Polarity Visualizer) を開発し実装している。PNViz は、Android 携帯電話で使用でき、録音した音声をサーバにて音響と言語の特徴をそれぞれ解析している。表情や生体データを使用する場合と比較して複雑なデバイスが必要ないことから、広範囲での活用が期待できるとされている。

[31], [32] では、表情を用いた感情推定について研究を行っている。Partala ら [31] は、個人に依存せずに顔の表情から感情を自動的に推定する方法を開発している。実験では、10人のユーザが感情を揺さぶられるような写真やビデオを視聴し、笑ったときに活性化される大頬骨筋と眉をひそめたときに活性化される皺眉筋という2つの顔の筋肉の筋電図活動が記録された。その結果、写真では約70%，ビデオでは80%以上の割合でポジティブな感情とネガティブな感情を区別することができるようになった。Thong ら [32] は、顔全体で感情推定をする顔モデルに目の動きの特徴を組み合わせてシステムの精度を向上させることを目的としている。検証実験では、精度が2.87%向上することが示された。また、目の動きだけでなく他の顔の構成要素にも拡張して組み会わせることでシステムの精度がより向上する可能性があるとしている。

[33], [34] では、生体データを用いた感情推定について研究を行っている。Song ら [33] は、離散的な脳波信号を複数チャネル使用して画像に変換することで豊富な空間情報を考慮した感情推定ができるようになると提案している。提案されたGECNN モデルは、ローカル CNN の特徴とグローバルな機能的特徴を組み合わせ、識別力のあるものとなっている。提案された GECNN モデルは既存の方法である SVM や GCNN 等と同時に4つの EEG ベースの感情認識データセット (SEED・SDEA・MPED・DREAMER) で検証され、提案モデルが最も優れた性能であることが明らかになっている。Lee ら [34] は、言語データと非言語データを組み合わせた総合的な感情認識システムを開発している。このシステムは、皮膚統合型フェイシャルインターフェイス (PSiFi) であり、リアルタイムに感情認識をすることが可能となっている。具体的には、摩擦帯電と振動センサを備えており、眉間、目、鼻、唇、頸、声帯から電気信号を検出して顔の皮膚の緊張度合と声帯の振動を取得している。さらに、VR 環境におけるデジタルコンシェルジュはユーザがシステムを利用することで感情を推定し、その感情に基づいてサービスを提供する検証も行っている。

2.2 共感表現を行うエージェントに関する研究事例

共感表現を行うエージェントに関する研究事例として [8], [9], [10], [11], [12] が挙げられる。Leite ら [8] は、共感能力を持つ自立型ロボットがチェスゲームする2人のプレイヤーのソーシャルコンパニオンとして機能することを調査している。その結果、ロボットが共感的な振舞いをしたユーザに対して、ロボットはより友好的な存在として認識された。共感は人間とロボットの相互作用において重要な役割を果たすことが明らかにされた。Leite ら [9] は、子どもとの長期的な交流を目的とした社会的ロボットのための共感モデルを提示した。提示された子ども達は、一般的な子供たちが感じているのと同じように、ロボットにサポートされていると感じていた。Alves ら [10] は、共感能力を備えた自立型ロボットは協調学習を促進できるのか、学生グループとの長期的な協同学習において肯定的な教育成果を維持することできるのか調査をしている。その結果、共感能力を備えたロボットは共同学習を促進した一方で長期的な利用では大きな学習効果は得られないことが分かった。Gonsior ら [11] は、ロボットの表情が共感や主観的なパフォーマンスに与える影響について検討している。インタラクション中のロボットの振る舞いが、共感度合

いに大きく影響するという仮説が指示された。Yokozuka ら [12] は、講義ベースの実験を行い内容が理解しやすく共感力が高い場合には、頭部の動きの同期性がより高いことが示された。

2.3 複数体のエージェントの使用に関する研究事例

複数体のエージェントの使用に関する研究事例として [14], [15], [35], [36], [37] が挙げられる。Shiomi ら [14] は、人間の運動能力向上を促進するために他者からの賞賛という社会的報酬をより多く与える方法について調査している。賞賛 3 因子（褒めないエージェント・褒めるエージェント 1 体・褒めるエージェント 2 体）と臨場感 2 因子（ディスプレイ上・実空間上）を掛け合わせた 6 条件を提案し、運動能力について評価実験を行っている。評価実験の結果、臨場感の影響は確認できず、賞賛に関しては褒めるエージェント 2 体の場合に最も運動能力が向上することが明らかになった。Okada ら [15] は、サービスロボットの受け入れられやすい謝罪行動設計を行っている。謝罪するロボット 1 台と 2 台を提案し、謝罪に対する印象の違いについて評価実験を行っている。評価実験の結果、謝罪するロボット 2 台の方が謝罪を受け入れられやすいことを明らかにしている。Fujii ら [35] は、近年のライフスタイルの変化により、孤食が増加していることを問題としてあげ、ロボットが良い食事のパートナーになりえると考えている。ロボットを食事のパートナーとして受け入れる人はどのような人かをロボット 1 体と 2 体の食事で比較を行っている。その結果、ロボットとの触れ合いの経験が豊富な人や 1 人で食事をする機会が少ない人はロボットと一緒に食事をする方が良いと感じているのに対し、1 人で食事をする機会が多い人は複数ロボットと一緒に食事を楽しんでいることが明らかになった。Ana ら [36] は、狭い専門分野に焦点を当てたチャットボットを組み合わせて複数のニーズを満たす单一のチャットボットの開発に向け、複数チャットボット（ユーザとチャットボットの関係性が 1 対多）と单一チャットボット（ユーザとチャットボットの関係性が 1 対 1）の比較を行っている。具体的には、複数チャットボットでは自然、文化、ショッピングの 3 体エージェントがそれぞれ登場してチャットを行い、单一チャットボットでは表面的には 1 体エージェントがチャットを行っているがバックグラウンドで自然、文化、ショッピングの 3 体のエージェントを管理していた。実験の結果、複数のチャットボットと单一チャットボットには有意な差は見られなかったが、複数のチャットボットのやり取りはユーザに混乱を生じさせる可能性を示唆している。松本ら [37] は、高齢者が 2 台のロボットとの対話よりも 1 台のロボットとの対話に高い評価を与えたことを明らかにした。人が対話相手のロボットを同時に見ることができる位置関係が、ユーザの対話負荷を減らすとされている。

2.4 エージェントの見た目・触り心地に関する研究事例

エージェントの見た目・触り心地に関する研究事例として [38], [39], [40] が挙げられる。Heider ら [38] は、他者の行動の知覚に関して応答の刺激への依存性の調査している。実

験では、3つの幾何学的な図形（三角形、小さな三角形、円）が様々な方向や速度で動いて図形同士で戦ったり逃げ回る様子のビデオをユーザが視聴していた。その結果、ユーザは動く幾何学的な図形を人の行動として解釈することが分かり、行動の観点から特徴的な要素を単純な図形に変化させても同じ効果を持たらすことが明らかになった。Harlow[39]は、猿にワイヤで作成した猿型の人形と布で覆って作成された猿型の人形を近づけ、どのような反応を示すか調査している。その結果、布で覆われていた方が肌触りが良く、愛着が形成されることが明らかにしている。Takaseら[40]は、ユーザに触れたり抱きしめたりするように促すためにぬいぐるみや実際の動物をモデルにしたエンターテインメントロボットは、複雑な動きを実現するためにハードなメカニズムをしているが、外見と異なる触感からくる違和感をユーザに与えてしまう問題を指摘している。この問題を解決するために、ぬいぐるみのような柔らかさと触感を持つぬいぐるみロボットを提案している。ぬいぐるみロボットは様々な動きをすることが可能であり、ハードなメカニズムのロボットよりもユーザに好印象を与えることが明らかになっている。

2.5 人間とエージェントの相互行動のタイミングに関する研究事例

人間とエージェントの相互行動のタイミングに関する研究事例として[17], [18], [41], [42], [43], [19], [20]が挙げられる。Chaoら[17]は、ロボットが人間と協力して「ハノイの塔」問題を解決する際の相互行動のタイミングを評価した、その結果、行動の中斷がターンテイキングに与える影響を評価し、ユーザーのイニシアティブの増加、インタラクションのバランスの向上、流暢さの向上が確認された。Hoffmanら[18]は、ロボットが人間の行動や意図を予測し、それに基づいて自身の行動を適応させることの効果を評価した。その結果、予測的な行動選択メカニズムを持つロボットが、反応的なエージェントと比較してタスク効率と流暢さが向上し、チームの一体感と成功への貢献度が高まることが示された。Sacksら[41]は、会話のターンテイキングの構造を分析した。その結果、ターン構成単位（TCU）と移行関連場所（TRP）の概念を提唱し、会話のターンテイキングが局所的に管理され、参加者によって運営されることを示した。Duncanら[42]は、非言語的な手掛かりの役割を分析した。その結果、視線移動、身振り手振り、体の動き、副言語的手がかりが会話の単位を形成することを示した。Cassellら[43]は、仮想会話エージェントのアーキテクチャ要件を評価した。その結果、リアルタイムのマルチモーダルインターラクションをサポートするシステムの計算およびアーキテクチャ要件を提案し、エージェントが言語的および非言語的な入力に応答し、適切な出力を生成する能力を持つことが求められることを示した。水丸ら[19]は、複数ロボットの発話の重なりが人間の行動に与える影響を調査した。その結果、発話の重なりが会話の活発さの印象を向上させることが確認された。志和ら[20]は、ロボットの応答時間と間投詞の効果を評価した。その結果、応答時間が1秒以内であればユーザの印象は変わらず、2秒以内であれば許容範囲内であるが、間投詞を使用することで長い応答時間に対するユーザの印象悪化を抑制できるこ

とが示された。Millerら[21]は、人間とコンピュータの対話における応答時間の理想的な範囲を評価した。その結果、異なる人間の目的や行動に対して異なる応答時間が必要であることが示され、2秒の応答時間が普遍的な要件ではないことが強調された。

第3章 研究課題

本章では、本研究における問題の定義と研究課題について述べる。

3.1 問題の定義

日常生活において、他者に心の内を話し、共感してもらうことは、気持ちの整理やストレス解消につながる[1]。また、コミュニケーションにおいて共感することは、互いの信頼を生むことができる事柄として注目されている。さらに、共感は援助行動や寄付行動といった向社会的行動への動機づけに重要であると考えられている[5]。しかし、現代社会では、いつでも話相手が近くにいるとは限らず、そもそも話し相手が存在しない人も少なくない。厚労省の施設等機関である国立社会保障・人口問題研究所の生活と支え合いに関する調査[44]では会話頻度を調査している。調査では、毎日会話をする人の割合が60代未満はおおむね90%以上である一方で60代以上では年齢を重ねるほど割合が減り85歳以上では70%となっており、さらに会話頻度が低いと孤独感を感じやすくなることが明らかになっている。

近年では、話の聞き手として会話AIロボットRomi[6]や音声認識人形みーちゃん[7]のような対話型エージェントが注目されている。しかし、既存技術には大きく分けて2つの問題がある。1つ目の問題は、共感の前提となる感情推定の技術が不完全であることである。現在に至るまで発話におけるテキスト[26], [27], [28], 音声[29], [30], 表情[31], [32], 生体データ[33], [34]などを用いた感情推定に関する研究が行われているが、現時点では人間の感情推定が完璧であるとは言えない。2つ目の問題は、既存技術の感情表現の多くが明示的な表現であることである。明示的な表現とは、はっきりと分かりやすく言葉や行動によって直接的に示される表現のことを目指す。コミュニケーションにおいて、明示的な表現は正確な情報伝達に役立ち、誤解や混乱を減少させるのに効果的である。しかし、不完全な感情推定に基づく共感表現を既存技術の感情表現の多くを占める明示的な表現で行うことは、ユーザが意味を一意にとらえてしまうことでユーザとエージェントの間に感情の相違が生まれ、ユーザが自分の感情を理解していない、共感してくれていないと感じやすいと思われる。

1つ目の問題を解決する手段として、感情推定を高度化することが考えられる。しかし、人間の感情はその感情の起源の環境によって微妙な違いが生まれることや、副次的な感情を含む場合があること、感情推定の技術が現在もなお発展途上の技術であることから、近い将来において感情推定の技術が完全になることは想像しにくい。そこで、既存研究では、1つ目の問題の解決は対象外とし、2つ目の問題の解決に取り組み、見た目と表現方法の曖昧性が高い共感表現エージェントを提案している[13]。提案した共感表現エージェントは、感情表現を動きという暗示的なものすることで、明示的な表現を行った際にユーザが意味を一意にとらえてしまうという問題を解消し、ユーザの感じる感情のバリエーションを豊かにしてユーザ自身に都合の良いように解釈できるようになることで、感情推定の技術が不完全であってもユーザが反感を感じにくくするというものである。検証により、提案した共感表現エージェントは前後1往復・前後継続往復の動きではどの発言でも80%以上の人気が共感されたと感じ、左右継続往復の動きでは快適を表す感情の発言

で75%以上の人人が共感されたと感じ、前停止の動きでは不快を表す発言で85%以上の人人が共感されたと感じていることが分かっている。しかし、最も共感されたと感じる動きでも15%の人は共感されたと感じていないことや、共感されたと感じられていない動きがあるなど、先行研究でのユーザが共感されたと感じる度合は十分ではないという問題があり、ユーザが不快感を持っててしまうことが予想される。ユーザの不快感を減少させるために、ユーザがエージェントの表現を都合よく解釈でき、エージェントから共感されたと感じる度合いを高める必要がある。ユーザはエージェントが活発な動きをしている際に共感されたと感じていることから、エージェントの動きがより活発になることでユーザが共感されたと感じる度合いに影響を与えられると考えた。そこで、我々は複数体のエージェントを動作させることによってユーザがエージェントの動きをより活発に感じられると考えた。また、褒める際や謝罪の際に1体のエージェントよりも2体のエージェントを用いる方がその効果が高まることが明らかになっている[15]。上記をふまえ、我々は自身の発言に対して2体のエージェントから動きで共感表現をされたとき、ユーザは共感されたと感じるか明らかにする検証を行った[16]。検証により、提案した手法では、エージェントが動きで曖昧な共感表現を2体で行うことでユーザはエージェントが感情表現していると感じやすいこと、ユーザが話したエピソードによってエージェントに共感されたと感じる度合いが異なることが示唆された。

これまでの先行研究では、エージェントが同期的に共感表現を行った場合の検証を行った。また、複数ロボットの発話の重なりが会話の活発さの印象を向上させることが明らかになっている[19]。そこで、我々は2体のエージェントを非同期的に動作させることによって、ユーザがより多くのエピソードにおいてエージェントに共感されたと感じる可能性があると考えた。上記をふまえ、本研究における問題は、2体のエージェントが非同期的に共感表現を行うと、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような影響があるのか明らかにされていないことであると定義できる。

3.2 研究課題の設定

3.1節で述べたように、2体のエージェントが非同期的に共感表現を行うと、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような影響があるのか明らかにされていないという問題がある。この問題を解決するために、本研究では、**2体のエージェントが非同期的に共感表現を行うと、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような影響があるのか明らかにする**を研究課題として設定する。具体的には、2体の見た目と表現方法の曖昧性が高い共感表現エージェントの動作を同期的と非同期的で変化させる被験者間実験を行う。

第4章 研究デザイン

本章では、研究課題で設定した問題を解決するための設計方針および採用した方法論について述べる。

4.1 アプローチ

3.2節で定義した研究課題を達成するために、本研究では2体の見た目と表現方法の曖昧性が高い共感表現エージェントが同期的に動作した場合よりも非同期的に動作した場合の方が共感されたと感じる度合いが高くなるという仮説を立てる。本研究に用いる見た目と表現方法の曖昧性の高い共感表現エージェント（図4.1）は、先行研究[13]と同様の布と綿で覆われた直方体をRaspberry Pi 3で制御したものである。この仮説を検証するために、エージェントを同期的・非同期的に動作させる実験を行い、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような違いがあるのかを調査する。



図4.1: 共感表現エージェントの見た目

4.2 見た目と表現方法の曖昧性が高い共感表現エージェントの動作を変化させる被験者間実験

4.1節で述べた仮説に基づき、見た目と表現方法の曖昧性が高い共感表現エージェントの動作を変化させる被験者間実験を行う。具体的には、ユーザがエピソードを話した後に共感表現を行うエージェントの動作を同期的と非同期的で変化させる。

第5章 見た目と表現方法の曖昧性の高い 共感表現エージェントの実装

本章では、見た目と表現方法の曖昧性が高い共感表現エージェントに関する実装について述べる。

5.1 エージェントの見た目・触り心地

エージェントの外観を図4.1に示す。エージェントの見た目を実世界の生物に似せる場合、機械的な動きを行うと無生物感を生み出してしまい、自然すぎる動きであると不快感を感じることが示唆されている[45]。そのため、エージェントの見た目は、曖昧性を高めるために、生物を連想させない抽象的な形状である直方体を組み合わせた形にした。エージェントの触り心地を良くすることは、ユーザがエージェントに対して愛着を感じ、親しみを感じやすくなると考えられる[39], [40]。そのため、エージェントの素材は、触り心地をよくするため、動きを妨げないために伸縮性のある布を用いた。布の色は、色が与える印象の影響を排除するために白色とした。

5.2 エージェントの表現方法

人間同士が対面でコミュニケーションを行う場合、メッセージの7%を言語情報で伝え合うことに対して、55%を表情やジェスチャといった視覚情報で伝え合うことが報告されている[46]。また、エージェントから静的な文字ではなく動きで反応を返されると、ユーザが話を聞いてもらえたと感じられることが報告されている[47]。これらをふまえ、言葉と比較して多義的な表現であり、エージェントの感情をユーザに想起させができる動きに着目をし、エージェント全体を動かすことで共感表現を行う。

5.3 エージェントの実装

5.1節、5.2節を踏まえ、見た目と表現方法の曖昧性の高い共感表現エージェントの実装方法について説明する。エージェントの内部構造を図5.1に、エージェントを作成する際の材料は表5.1に示す。エージェント上部には、糸4本をそれぞれ布の上部4辺に取り付ける。中部には、サーボモータを4つ取り付け、上部の4辺に取り付けた糸と結び付ける。下部には、マイクロコンピュータを取り付ける。マイクロコンピュータでサーボモータを制御し、糸を引っ張ることでエージェントを動かすことができる。例えば、前方の糸を引っ張ることで、エージェントの形状が前屈みになる。このように、糸を巻き取りエージェントの上部が傾くことで感情をユーザに想起させられる能够がある動きを表現する。本稿で用いるエージェントの動きを表5.2に示す。動きの方向は、図4.1の方向から見た面を正面とした場合の前後左右とした。表5.2の動きは、動きの方向を前後左右に限定した際の基本的な動きを列挙したものであり、事前検証[48], [49]より、ユーザがエージェントに感情表現されたと感じた動きである。

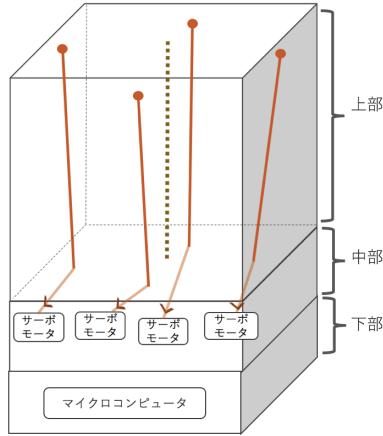


図 5.1: 共感表現エージェントの内部構造

2体のエージェントは全く同じ動きを同期的・非同期的に行うように実装した。同期的条件の場合、片方のエージェントでソケットを作成し、もう片方のエージェントから指定したIPアドレスとポートに接続する。エージェントは同期的に動作する。非同期的条件の場合、最初に動作するエージェントをエージェントA、後から動作するエージェントをエージェントBとする。エージェントAでソケットを作成し、エージェントBから指定したIPアドレスとポートに接続する。エージェントAのエージェントが動作した0.5秒後にエージェントBのエージェントが動作する。エージェントAのエージェントが動作した0.5秒後にエージェントBのエージェントが動作するように実装した理由は2つ挙げられる。1つ目は、コンピュータがユーザの入力に対する結果を示すまでの理想的な時間が2秒以内であるためである。Millerら[21]は、人間とコンピュータの対話における応答時間について詳しく説明しており、ユーザが特定のサービスのリクエストを入力し、システムがそのリクエストを処理し、結果をユーザに返すまでの時間を「応答時間」と定義した。そして、理想的な応答時間は2秒以内であると示した。2つ目は、エージェントの応答時間が1秒より遅いとエージェント（ロボット）への印象が下がるためである。志和ら[20]は、エージェント（ロボット）の応答時間が1秒より遅いと、エージェントへの印象が下がることを示している。実験の結果、実験参加者の反応時間1秒に対する印象が0秒に対する印象よりも高く、1秒より遅いと実験参加者の印象が単調減少した。エージェントの動作するタイミングを図5.2に示す。

表 5.1: エージェント作成のための材料

位置	機材	個数
上部	布	1
	糸	4 本
	割りばし	15cm × 1
	綿	適量
中部	箱	1
	サーボモータ	4
	割りばし	5cm × 4
	ストロー	5cm × 4
下部	箱	1
	布	1
	Raspberry Pi 3	1

表 5.2: エージェントの動き一覧

動き	説明	方法
右停止	ユーザから見て右方に 25 度, 4 秒間傾く	物体の右に付けた糸をサーボモータで引っ張り停止させる
左停止	ユーザから見て左方に 25 度, 4 秒間傾く	物体の左に付けた糸をサーボモータで引っ張り停止させる
左右 1 往復	ユーザから見て左右に 25 度, 1 回ずつ傾く	物体の左右に付けた糸をサーボモータで交互に引っ張る
左右継続往復	ユーザから見て左右に 25 度, 4 回ずつ傾く	物体の左右に付けた糸をサーボモータで交互 4 回ずつ引っ張る
前停止	ユーザから見て前方に 25 度, 4 秒間傾く	物体の前に付けた糸をサーボモータで引っ張り停止させる
後停止	ユーザから見て後方に 25 度, 4 秒間傾く	物体の後方に付けた糸をサーボモータで引っ張り停止させる
前後 1 往復	ユーザから見て前後に 25 度, 1 回ずつ傾く	物体の前後に付けた糸をサーボモータで交互に引っ張る
前後継続往復	ユーザから見て前後に 25 度, 4 回ずつ傾く	物体の前後に付けた糸をサーボモータで交互に 4 回ずつ引っ張る

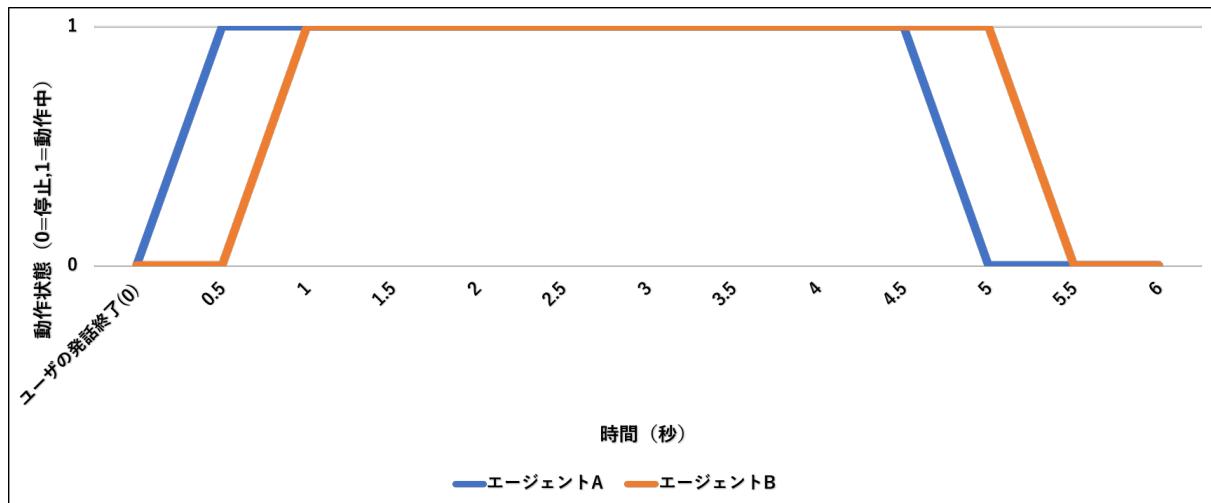


図 5.2: エージェントの動作するタイミング

第6章 評価実験

本章では、2体のエージェントが非同期的に共感表現を行った場合に、ユーザの共感されたと感じる度合にどのような影響を与えるかに関する評価実験・考察について述べる。

6.1 実験の目的

本実験の目的は、2体のエージェントが非同期的に共感表現を行うと、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような影響があるのか明らかにすることである。

6.2 実験の概要

本実験の参加者は10代の学生4名（男性2名、女性2名）と20代の学生36名（男性25名、女性11名）の計40名である。実験は大学構内の静かな部屋で行い、他者がその部屋に立ち入らないようにした。参加者はエージェントの動きを見てもらう際、正面から見ることを注意事項をして伝えた。実験で使用する2つの手法は次の通りである。

手法1 実験参加者がエピソードを話すと2体のエージェントが共感表現を行う。
この時、2体のエージェントは同じタイミングで同じ動きを行う。

手法2 実験参加者がエピソードを話すと2体のエージェントが共感表現を行う。
この時、2体のエージェントは異なるタイミングで同じ動きを行う。

本実験参加者の中から、10代の学生2名（男性1名、女性1名）と20代の学生18名（男性11名、女性7名）の計20名が手法1を行い、10代の学生2名（男性1名、女性1名）と20代の学生18名（男性14名、女性4名）の計20名が手法2を行った。
また、手法1を同期的条件、手法2を非同期的条件とする。

6.3 実験の手順

本実験は、エージェントにエピソードを話し、それに反応したエージェントの動きを見てアンケートに回答してもらうというものである。詳細な実験の手順を下記に記す。

Step 1 実験参加者に感情別のエピソードを考えてもらう。具体的には図6.1のPA, PD, UD, UAの4領域（以降「感情グループ」とする）それぞれに対して、実際に体験し感情グループ内の感情を感じた（または、感じる予定の）エピソードを1文ずつ用意してもらった。このとき、異なる感情グループで類似したエピソードを作成することを防ぐために、pleasant-unpleasant, activation-deactivationの2軸に最も近い2単語は選択しないように指示した。具体的には、PAはarousedとhappyを、UAはtenseとfrustratedを、UDはtiredとmiserableを、PDはsleepyとpleasedを選択させなかった。実験参加者に考えてもらったエピソードの一部を表6.1に示す。

Step 2 実験参加者にエージェントを触ってもらう。これは、実験参加者にエージェントの素材や柔らかさを知ってもらい、エージェントへの印象を統一するためである。

Step 3 実験参加者にエージェントの8種の動きを確認してもらう。表5.2の8種の動きに関する事前知識がない場合、実験参加者が各動きに対して平等な判断が行えないことが危惧されたためである。この影響を排除するために、実験参加者にエージェントの8種の動きを実際に見てもらう準備フェーズを設けた。

Step 4 実験参加者にStep 1で考えてもらったエピソードを話してもらい、それに対してエージェントがとった動きについてアンケート（同期的条件の場合は表6.2、非同期的条件の場合は表6.3）に回答してもらう。具体的には、実験参加者がエージェントに向かってエピソードをは1つ話した上でエージェントの動きを1つ見てもらい、アンケートに回答してもらう。これを全てのエピソード、全ての動きに対して繰り返し、合計32回の試行を行う。順序効果を相殺するために、実験参加者ごとに手法、エピソード、動きの順番をランダムに入れ替えた。本実験では、Wizard of Oz法[50]を採用し、参加者がエージェントへエピソードを話し終えるたびに、実験者が別室から遠隔でエージェントを操作した。

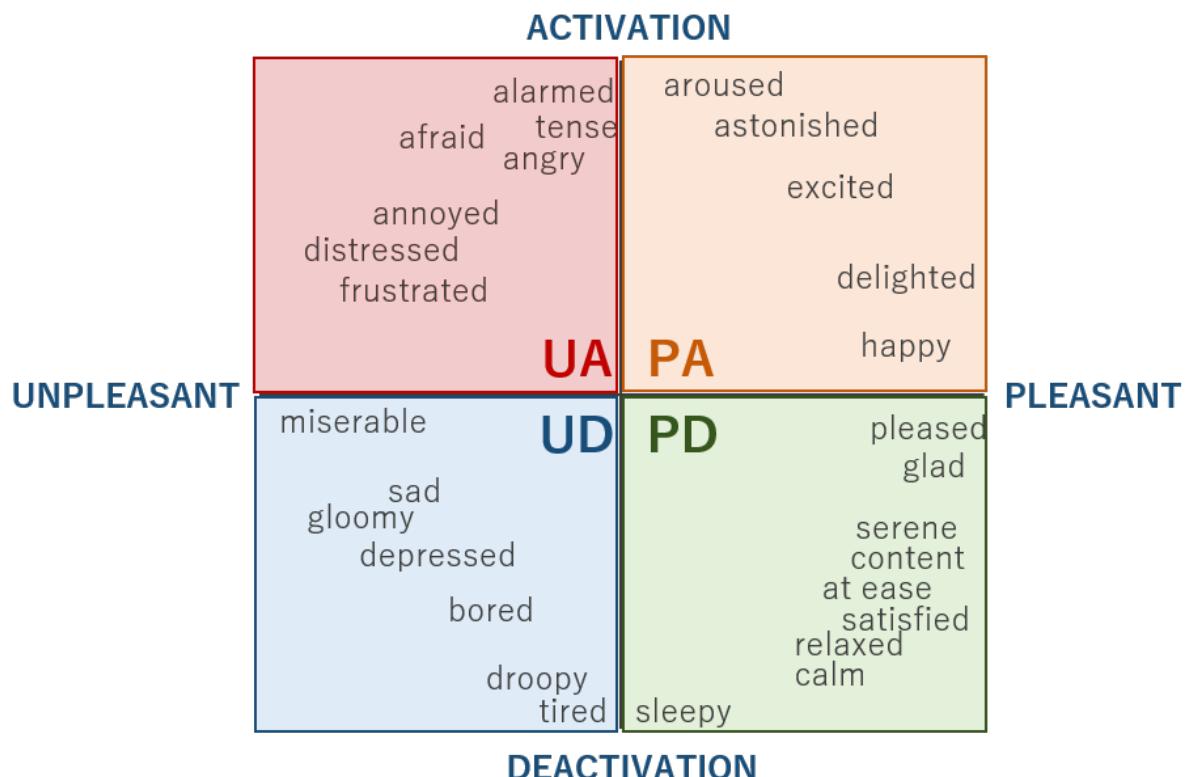


図 6.1: ラッセルの円環モデル

表 6.1: エピソード

感情グループ名	選択された感情	エピソード
PA	delighted	筋トレの効果が目に見えてきた
	astonished	ライブの座席が最前だった
PD	glad	推しと写真が撮れた
	satisfied	腕立てがスムーズになってきた
UA	angry	バイト先の後輩がバックれた
	afraid	すぐ近くで電車の人身事故が起きた
UD	sad	ガチャで欲しいキャラが出なかった
	droopy	最近睡眠時間が少ない

表 6.2: アンケート項目（同期的条件）

質問内容	回答方法
Q1 物体に共感されたと感じましたか	5 件法 (5: とても感じた～1: 全く感じなかった) 図 6.1 の 28 種の各感情について
Q2 物体がどの感情を表現していると感じたか	5 件法 (5: とても感じた～1: 全く感じなかった)
Q3 エージェントを見て何を連想したか	自由記述

6.4 実験の結果

アンケート項目（同期的条件）（表 6.2）の Q1 に対する結果を図 6.2 に示す。

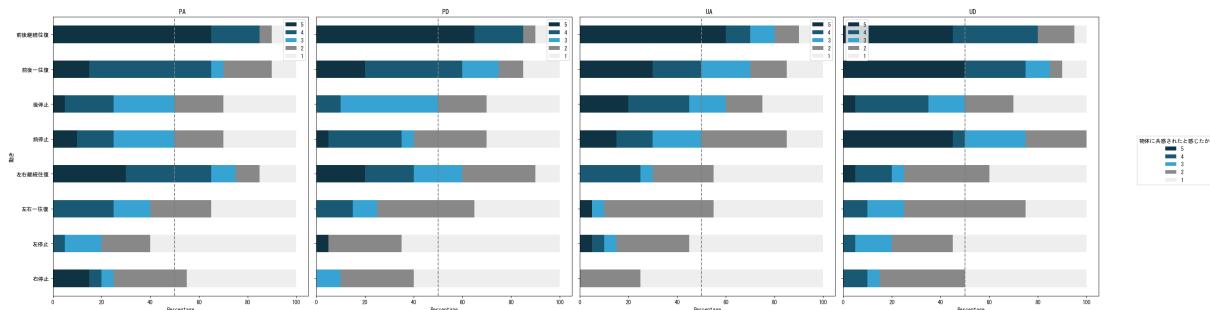


図 6.2: Q1 の回答結果 (N = 20)

アンケート項目（非同期的条件）（表 6.3）の Q3.1 に対する回答結果を図 6.3 に示す。

図 6.2, 6.3 の縦軸は動きラベル、横軸は各動きに対する参加者の回答の分布、PA, PD, UA, UD は実験参加者がエージェントに話したエピソードの感情を表している。

アンケートの Q1 (図 6.2) とアンケートの Q3.1 (図 6.3) の同じ感情グループかつ同じ動きにおける同期的条件と非同期的条件の間で Wilcoxon の順位検定を行った結果、ユーザが UA のエピソードを話しエージェントが右停止の動きをした際に有意傾向が確認され

表 6.3: アンケート項目（非同期的条件）

質問内容	回答方法
Q1.1 最初に動作したエージェントについて：物体に共感されたと感じましたか	5 件法 (5: とても感じた～1: 全く感じなかつた)
Q1.2 最初に動作したエージェントについて：物体がどの感情を表現していると感じたか	図 6.1 の 28 種の各感情について
Q2.1 後から動作したエージェントについて：物体に共感されたと感じましたか	5 件法 (5: とても感じた～1: 全く感じなかつた)
Q2.2 後から動作したエージェントについて：物体がどの感情を表現していると感じたか	図 6.1 の 28 種の各感情について
Q3.1 2 体のエージェントについて：物体に共感されたと感じましたか	5 件法 (5: とても感じた～1: 全く感じなかつた)
Q3.2 2 体のエージェントについて：物体がどの感情を表現していると感じたか	図 6.1 の 28 種の各感情について
Q4 エージェントを見て何を連想したか	自由記述

た。有意傾向が存在することから、手法間における共感されたと感じる度合いに統計的な差がないとは言えないことが明らかになった。

しかし、他の同じ感情グループかつ同じ動きにおける同期的条件と非同期的条件の間では有意傾向は確認できなかった。これにより、エージェントの動作するタイミングが共感されたと感じる度合いに影響を与えるが、同期的に動作した場合よりも非同期的に動作した場合の方が共感されたと感じる度合いが高くなるとは言えない。

6.5 考察

実験結果より、エージェントの動作するタイミングが共感されたと感じる度合いに影響を与えるが、同期的に動作した場合よりも非同期的に動作した場合の方が共感されたと感じる度合いが高くなるとは言えないということが明らかになった。仮説では同期的に動作した場合よりも非同期的に動作した場合の方が共感されたと感じる度合いが高くなると

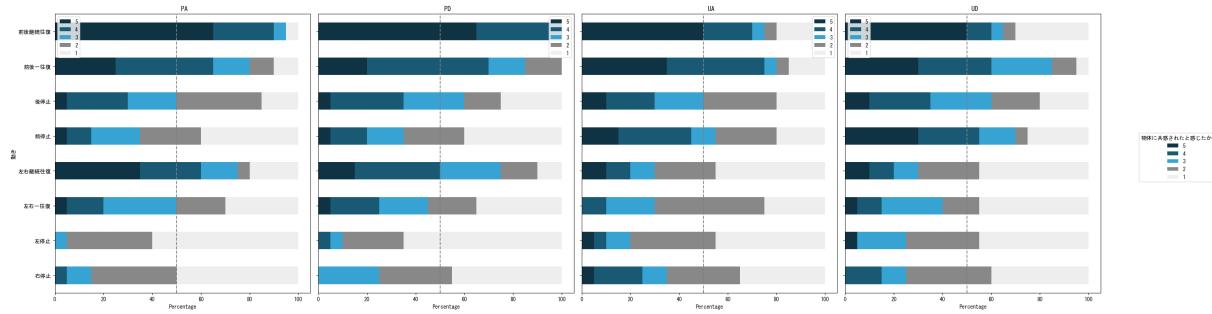


図 6.3: Q3.1 の回答結果 (N = 20)

思われたが、エージェントの動作するタイミングが共感されたと感じる度合いにどのような影響を与えたかを明らかにしていく。

6.5.1 非同期的条件のみに着目した考察

非同期的条件のみに着目した考察を行う。なお、アンケートのQ3.1への回答結果（図6.3）において物体に共感されたと感じたと回答した人（4：感じた～5：とても感じたを選択した人）の割合を基に考察を行う。Q3.1への回答結果（図6.3）を見ると、前後一往復、前後継続往復の動きは、実験参加者がどの感情のエピソードを話した場合も共感されたと感じると回答する人の割合が50%より多く、PAのエピソードを話した場合は左右継続往復の動き、UDのエピソードを話した場合は前停止の動きを見ると共感されたと感じると回答する人の割合が50%より多いことが分かる。前後一往復、前後継続往復の動きは、どのエピソードを話した場合も実験参加者がエージェントが頷いている姿を連想したことで共感されたと感じる度合いが高くなかったと考えられる。PAのエピソードを話した場合の左右継続往復の動きは、実験参加者がエージェントが楽しさや嬉しさを表現している姿を連想することで共感されたと感じる度合いが高くなかったと考えられる。UDのエピソードを話した場合の前停止の動きは、実験参加者がエージェントが同情や頷いている姿を連想することで共感されたと感じる度合いが高くなかったと考えられる。

ユーザのエージェントの見方については、2体のエージェントが同時にではなく少しづれて動き始めることについて「あまり気にならなかった」「2体のエージェントに対して感じ方に違いはない」といった意見と、「エージェントの感情を想像しやすかった」「共感してくれている感を感じとりやすかった」といった意見があった。

6.5.2 同期的条件と非同期的条件の比較

同期的条件と非同期的条件の比較を行う。6.4節より、同期的条件と非同期的条件の間で有意傾向が確認されたのは、ユーザがUAのエピソードを話しエージェントが右停止の動きをした際のみであった。UAの右停止において、物体に共感されたと感じたと回答した人（4：感じた～5：とても感じたを選択した人）の割合は同期的条件が0%，非同期的条

件が25%であった。これは、他の感情グループと動きの組み合わせにおいて共感されたと感じると回答する人の割合が高かった項目と比べると、同期的条件、非同期的条件とともに低いことが分かる。そのため、同期的条件と非同期的条件で共感されたと感じる度合いに違いはあるが、非同期的に動作することで共感されたと感じる度合いを高める効果は低いと考えられる。

第7章 結論

本研究では、2体のエージェントが同期的・非同期的に共感表現を行うと、ユーザの共感されたと感じる度合いにどのような影響があるのか調査を行った。仮説では、2体の見た目と表現方法の曖昧性が高い共感表現エージェントが同期的に動作した場合よりも非同期的に動作した場合の方が共感されたと感じる度合いが高くなると考えていたが、実験結果より、エージェントの動作するタイミングが共感されたと感じる度合いに影響を与えるが、同期的に動作した場合よりも非同期的に動作した場合の方が共感されたと感じる度合いが高くなるとは言えないということが明らかになった。これは、有意傾向が確認できた感情グループと動きの組み合わせに対して共感されたと感じると回答した人の割合は、他の感情グループと動きの組み合わせと比べて低かったためだと考えられる。本研究の取り組みにより、既存の共感表現とは異なる新たな共感表現の方法が確立されることが期待される。本研究で明らかになった知見を既存のエージェントやロボットにも追加することで、ユーザの共感を感じる度合いが増加することが予想される。高齢化が進む現代において、話し相手を必要とする人々が増加する中、本知見を活用したエージェントを導入することで、孤独感の軽減に貢献していきたい。

参考文献

- [1] 日道俊之. 共感の多層的なメカニズムの検討. エモーション・スタディーズ, Vol. 2, No. 1, pp. 38–45, 2016.
- [2] Mark H Davis. A social psychological approach, 1996.
- [3] Jean Decety and Margarita Svetlova. Putting together phylogenetic and ontogenetic perspectives on empathy. *Developmental cognitive neuroscience*, Vol. 2, No. 1, pp. 1–24, 2012.
- [4] Jamil Zaki and Kevin N Ochsner. The neuroscience of empathy: progress, pitfalls and promise. *Nature neuroscience*, Vol. 15, No. 5, pp. 675–680, 2012.
- [5] Albert Mehrabian and Norman Epstein. A measure of emotional empathy. *Journal of personality*, Vol. 40, pp. 525–543, 1972.
- [6] 会話 ai ロボット romi (ロミィ) : <https://romi.ai/> (last visited on 2024/03/31).
- [7] 音声認識人形みーちゃん : https://www.partners-shop.com/view/page/michan_lp (last visited on 2024/03/31).
- [8] Iolanda Leite, André Pereira, Samuel Mascarenhas, Carlos Martinho, Rui Prada, and Ana Paiva. The influence of empathy in human–robot relations. *International journal of human-computer studies*, Vol. 71, No. 3, pp. 250–260, 2013.
- [9] Iolanda Leite, Ginevra Castellano, André Pereira, Carlos Martinho, and Ana Paiva. Empathic robots for long-term interaction: evaluating social presence, engagement and perceived support in children. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 6, pp. 329–341, 2014.
- [10] Patrícia Alves-Oliveira, Pedro Sequeira, Francisco S Melo, Ginevra Castellano, and Ana Paiva. Empathic robot for group learning: A field study. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction (THRI)*, Vol. 8, No. 1, pp. 1–34, 2019.
- [11] Barbara Gonsior, Stefan Sosnowski, Christoph Mayer, Jürgen Blume, Bernd Radig, Dirk Wollherr, and Kolja Kühnlenz. Improving aspects of empathy and subjective

- performance for hri through mirroring facial expressions. In *The 20th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 350–356. IEEE, 2011.
- [12] Takahiro Yokozuka, Eisuke Ono, Yuki Inoue, Ken-Ichi Ogawa, and Yoshihiro Miyake. The relationship between head motion synchronization and empathy in unidirectional face-to-face communication. *Frontiers in psychology*, Vol. 9, p. 1622, 2018.
- [13] 柴田万里那, 大西俊輝, 呉健朗, 宮田章裕. 柔らかい物体の動きによる共感表現方法の効果. 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 1, pp. 26–34, 2021.
- [14] Masahiro Shiomi, Soto Okumura, Mitsuhiro Kimoto, Takamasa Iio, and Katsunori Shimohara. Two is better than one: Social rewards from two agents enhance offline improvements in motor skills more than single agent. *PloS one*, Vol. 15, No. 11, p. e0240622, 2020.
- [15] Yuka Okada, Mitsuhiro Kimoto, Takamasa Iio, Katsunori Shimohara, and Masahiro Shiomi. Two is better than one: Apologies from two robots are preferred. *Plos one*, Vol. 18, No. 2, p. e0281604, 2023.
- [16] Haruna Niiyama, Toshiki Onishi, Kenro Go, Asahi Ogushi, and Akihiro Miyata. Does the number of agents performing vague motions affect empathy expression? In *Extended Abstracts of the 12th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos (ACIIW 2024)*, pp. 210–213, 2024.
- [17] Crystal Chao. Timing multimodal turn-taking for human-robot cooperation. In *Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction*, pp. 309–312, 2012.
- [18] Guy Hoffman and Cynthia Breazeal. Effects of anticipatory action on human-robot teamwork efficiency, fluency, and perception of team. In *Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, pp. 1–8, 2007.
- [19] 水丸和樹, 坂本大介, 小野哲雄ほか. 複数ロボットの発話の重なりによって創発する空間の知覚. 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 12, pp. 2279–2287, 2018.
- [20] 志和敏之, 神田崇行, 今井倫太, 石黒浩, 萩田紀博, 安西祐一郎. 対話ロボットの反応時間と反応遅延時における間投詞の効果. 日本ロボット学会誌, Vol. 27, No. 1, pp. 87–95, 2009.
- [21] Robert B Miller. Response time in man-computer conversational transactions. In *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*, pp. 267–277, 1968.

- [22] Thad Starner. The challenges of wearable computing: Part 1. *Ieee Micro*, Vol. 21, No. 4, pp. 44–52, 2001.
- [23] Cambridge University Press. asynchronous. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/asynchronous>. (last visited on 2024-10-18).
- [24] Oxford University Press. asynchronous. <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/asynchronous?q=asynchronous>. (last visited on 2024-10-18).
- [25] Merriam-Webster, Inc. asynchronous. <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/asynchronous>. (last visited on 2024-10-18).
- [26] Shuang Yang and Yan Tang. Text classification based on convolutional neural network and attention model. In *2020 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD)*, pp. 67–73, 2020.
- [27] Yusuke Sekine, Seiji Kasuya, and Kiichi Tago. Improving emotion classification by a combination of personal texts and social big data based on naive bayes. In *2022 12th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)*, pp. 370–374, 2022.
- [28] Savitha Hiremath, S H Manjula, and Venugopal K R. Unsupervised sentiment classification of twitter data using emoticons. In *2021 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)*, pp. 444–448, 2021.
- [29] Ying Li, Jose D. Contreras, and Luis J. Salazar. Predicting voice elicited emotions. In *Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, KDD ’15, p. 1969–1978, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.
- [30] Yui Yamashita, Masaru Onodera, Koichi Shimoda, and Yoshito Tobe. Visualizing health with emotion polarity history using voice. *UbiComp/ISWC ’19 Adjunct*, p. 1210–1213, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [31] Timo Partala, Veikko Surakka, and Toni Vanhala. Person-independent estimation of emotional experiences from facial expressions. In *Proceedings of the 10th International Conference on Intelligent User Interfaces*, IUI ’05, p. 246–248, New York, NY, USA, 2005. Association for Computing Machinery.
- [32] Thong Van Huynh, Hyung-Jeong Yang, Guee-Sang Lee, Soo-Hyung Kim, and In-Seop Na. Emotion recognition by integrating eye movement analysis and facial expression model. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Machine Learning and*

- Soft Computing*, ICMLSC '19, p. 166–169, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [33] Tengfei Song, Wenming Zheng, Suyuan Liu, Yuan Zong, Zhen Cui, and Yang Li. Graph-embedded convolutional neural network for image-based eeg emotion recognition. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, Vol. 10, No. 3, pp. 1399–1413, 2022.
- [34] Jin Pyo Lee, Hanhyeok Jang, Yeonwoo Jang, Hyeonseo Song, Suwoo Lee, Pooi See Lee, and Jiyun Kim. Encoding of multi-modal emotional information via personalized skin-integrated wireless facial interface. *Nature Communications*, Vol. 15, No. 1, p. 530, 2024.
- [35] Ayaka Fujii, Kei Okada, and Masayuki Inaba. A basic study for acceptance of robots as meal partners: Number of robots during mealtime, frequency of solitary eating, and past experience with robots. In *2021 30th IEEE International Conference on Robot Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 73–80, 2021.
- [36] Ana Paula Chaves and Marco Aurelio Gerosa. Single or multiple conversational agents? an interactional coherence comparison. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '18, p. 1–13, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [37] 松元崇裕, 後藤充裕, 石井亮, 渡部智樹, 山田智広, 今井倫太ほか. 複数ロボットとの位置関係がユーザの対話負荷に与える影響. 情報処理学会論文誌, Vol. 60, No. 2, pp. 340–353, 2019.
- [38] Fritz Heider and Marianne L. Simmel. An experimental study of apparent behavior. *American Journal of Psychology*, Vol. 57, pp. 243–259, 1944.
- [39] Harry Frederick Harlow. The nature of love. *American Psychologist*, Vol. 13, pp. 673–685, 1958.
- [40] Yutaka Takase, Hironori Mitake, Yohei Yamashita, and Shoichi Hasegawa. Motion generation for the stuffed-toy robot. In *The SICE Annual Conference 2013*, pp. 213–217, 2013.
- [41] H Sacks. A simplest systematics for the organization of turn taking for conversation, 1978.
- [42] Starkey Duncan. On the structure of speaker–auditor interaction during speaking turns1. *Language in society*, Vol. 3, No. 2, pp. 161–180, 1974.

- [43] Justine Cassell, Tim Bickmore, Lee Campbell, K Chang, H Vilhjálmsdóttir, and Hao Yan. Requirements for an architecture for embodied conversational characters. *Computer Animation and Simulation '99: Proceedings of the Eurographics Workshop in Milano, Italy, September 7–8, 1999*, pp. 109–120. Springer, 1999.
- [44] 2022 年社会保障・人口問題基本調査 生活と支え合いに関する調査 報告書：https://www.ipss.go.jp/ss-seikatsu/j/2022/SSPL2022_houkokusho/SSPL2022_houkokusho.pdf(last visited on 2024/3/31).
- [45] Álvaro Castro-González, Henny Admoni, and Brian Scassellati. Effects of form and motion on judgments of social robots animacy, likability, trustworthiness and unpleasantness. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 90, pp. 27–38, 2016.
- [46] Albert Mehrabian. Communication without words. 1968.
- [47] R. M. Maatman, Jonathan Gratch, and Stacy Marsella. Natural behavior of a listening agent. In Themis Panayiotopoulos, Jonathan Gratch, Ruth Aylett, Daniel Ballin, Patrick Olivier, and Thomas Rist, editors, *Intelligent Virtual Agents*, pp. 25–36, Berlin, Heidelberg, 2005. Springer Berlin Heidelberg.
- [48] 柴田万里那, 大西俊輝, 吳健朗, 長岡大二, 中原涼太, 宮田章裕. 柔らかい物体の動きによる共感表現方法の基礎検討. 情報処理学会インタラクション 2019 論文集, pp. 572–575, 2019.
- [49] 柴田万里那, 大西俊輝, 吳健朗, 宮田章裕. 柔らかい物体の動きによる共感表現方法の基礎検証. 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol. 2019, No. 11, pp. 1–6, 2019.
- [50] Norman M. Fraser and G. Nigel Gilbert. Simulating speech systems. *Computer Speech Language*, Vol. 5, No. 1, pp. 81–99, 1991.

付録

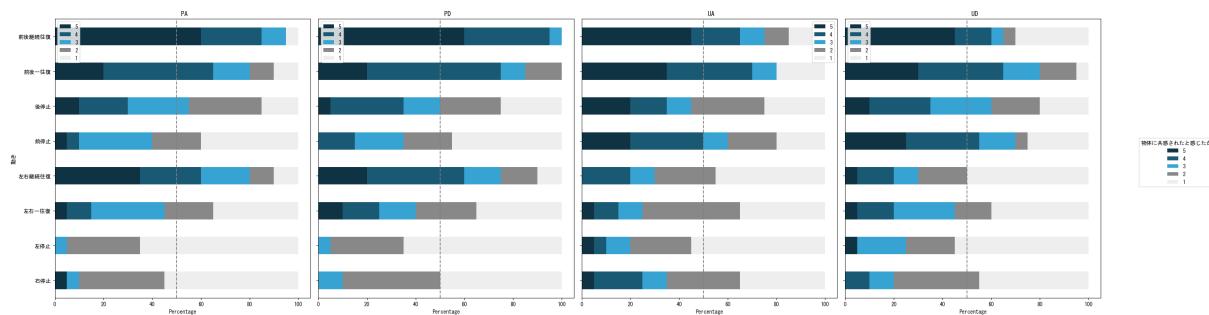


図 A.1: Q1.1 の回答結果 (N = 20)

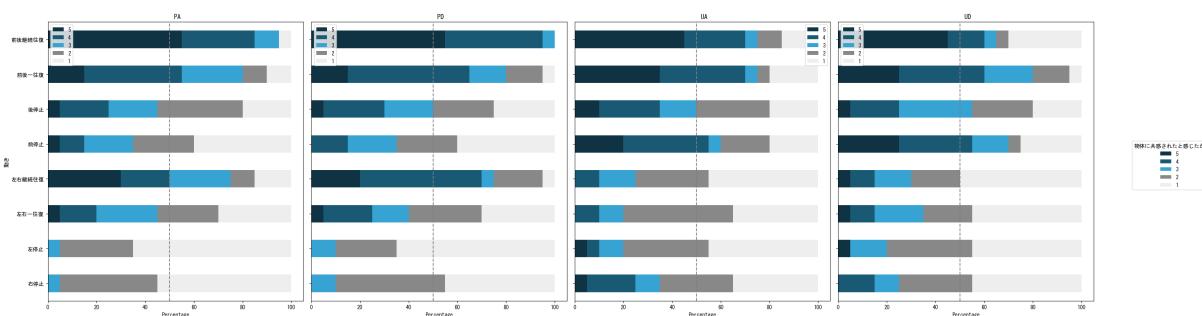


図 A.2: Q2.1 の回答結果 (N = 20)

研究業績

研究会・シンポジウム

- (1) 渡貫健太, 新山はるな, 呉健朗, 大西俊輝, 大串旭, 宮田章裕: 非同期的な共感表現を行うエージェントの効果測定, 情報処理学会コラボレーションとネットワークサービスワークショップ 2024 論文集, Vol.2024, pp.63–70 (2024 年 11 月).
- (2) 渡貫健太, 呉健朗, 新山はるな, 大西俊輝, 大串旭, 宮田章裕: 語尾でボケて返す対話型エージェントの実装, 情報処理学会インタラクション 2024 論文集, pp.855–858(2024 年 3 月).
- (3) 呉健朗, 渡貫健太, 新山はるな, 大西俊輝, 大串旭, 宮田章裕: 語尾でボケて返す対話型エージェントの基礎検討, 情報処理学会コラボレーションとネットワークサービスワークショップ 2023 論文集, Vol.2023, pp.152–153 (2023 年 11 月).