

継続的な関係を築くための親密化過程を用いたマルチデバイス化 対話システムの開発

Development of a multi-device dialogue system using an intimacy process to establish an ongoing relationship

鈴木 章弘^{1*} 宮本 友樹² 片上 大輔¹
Suzuki Akihiro¹ Miyamoto Tomoki² Katagami Daisuke¹

¹ 東京工芸大学大学院工学研究科

¹ Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University

² 電気通信大学大学院情報理工学研究科

² Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

Abstract: In this study, based on the intimacy process in social psychology, We propose a dialogue system that establishing a continuous intimate relationship with a user through the intimacy process, similar to the relationship between people. We will also investigate the possibility of establishing a continuous intimate between the dialog system and the user by making the dialog system multi-device and performing the role actions necessary to reproduce the intimacy process. In the experiment, we compared the proposed condition with the intimacy process and the control condition without the intimacy process. As a result, we found that the proposed condition was superior to the control conditions in establishing a continuous intimate relationship.

1 はじめに

近年、対話システムが普及してきている。世帯保有率が83.4%のスマートフォン [1] には Android に Google アシスタント, iOS に Siri が実装されているため、ほとんどのユーザは対話システムを使用することができる。対話システムに関連して、HAI (Human-Agent Interaction), HCI (Human-Computer Interaction) 等の関連分野では対話システムを含めたエージェントと人間が親密になるための研究がなされてきた。竹内ら [2] は親和動機を利用し、エージェントがユーザの意見に同意することでユーザが親和的な反応を示している。早瀬ら [3] は好意の返報性に着目し、笑顔など好意を感じさせる非言語行動を行うことでユーザの親密度を高められることを示唆している。角森ら [4] は雑談対話システムにおいてユーザ情報を記憶することで、日が経過するにつれてシステムへの親しみやすさが向上していくことを示している。Yi-Chieh Lee らは [5] 3週間にわたる長期的な会話の中で、エージェントからの自己開示を行うことで、エージェントに対してユーザが深い自己開示をするかを調査している。調

査の結果、エージェントの自己開示によってユーザの深い自己開示が行われ、ユーザの親密さや楽しさの認知を向上させた。しかし、これらの従来研究においては短期的な親密さや印象の良さについての研究は多くなされているが、継続的に親密な関係を築く研究については十分に議論がされているとはいえない。なお、本稿では短期的な親密さの向上についての研究を、1回の会話でどれだけ親密さを上げられるかを調査している短期的な印象の調査であり、複数回の会話や日をまたいで会話などは考慮されていないものと定義する。また、継続的親密さの向上についての研究を、1回の会話だけの調査ではなく、複数回の日をまたいだ会話による親密さの上昇をめざし、親密さの維持も考慮する必要がある研究と定義する。角森ら [4] の研究は継続的な親密さに着目しているが、会話はテキストチャットのみで行っており、人間同士のように複数のデバイスにまたがった会話は行われていない。また、人同士の会話における、自己開示のみにしか着目していない。Yi-Chieh Lee ら [5] の研究は自己開示により、ユーザの深い自己開示と親密さや楽しさの向上を示しているが、テキストチャットのみ会話であり、複数のデバイスにまたがった調査は行われていない。また、人同士の会話における、自己開示のみにしか着目していない。本稿では心理学における親密化過程を用いて、人同

*連絡先：東京工芸大学大学院
〒105-0123 神奈川県厚木市飯山南5丁目45-1
E-mail: m2165004@st.t-kougei.ac.jp

士の関係と同様に親密になる過程を経ることで、ユーザとエージェントが継続的に親密な関係を築くことを目指す。そのために、親密化過程の段階に応じたインタラクションを複数のデバイスで行うマルチデバイス化対話システムを提案する。

2 関連研究

2.1 親密化過程

2.1.1 親密化過程とは

社会心理学において、人と人が出会い互いに親密になっていく過程を、親密化過程と呼ぶ [6]。山中 [7] によると親密化過程は大別して二つの考え方が存在する。一つ目は対人関係の親密化過程を段階的なプロセスであるとし、相互作用や生起する心理的事象から幾つかの段階に分けて説明できるとするものである [8]。このような考え方は段階理論と呼ばれ、代表的なものとしては Altman&Taylor [9] の社会的浸透理論などが存在する。下斗米 [8] はこれらの段階理論を概観し、自己開示、類似・異質性認知、役割行動の3つの事象が共通的に重要視されていると示した。また、親密化過程は、どの段階においても三位相によって記述することができる」と述べ、親密化過程の三位相説を提唱している。

二つ目は、出会った初期の段階において、その後の関係が決定するという考えである。これを関係性の初期分化現象と呼ぶ。山中 [10] は、親密化の可能性は出会って2週間という短期間で検定され、それらは約2か月半維持されると示している。

2.1.2 親密化過程の三位相説とは

本稿では親密化過程の段階理論、その中でも下斗米 [8] が示した親密化過程の三位相説に着目した。親密化過程の三位相説は自己開示、類似・異質性認知、役割行動の三つの事象によって親密化過程を説明するものである。本節では理論を構成する三位相について説明する。

三位相の1つ目である自己開示とは、自分自身に関連する情報を特定の他者に伝達することである [11]。親密化過程の三位相説 [8] では相互作用によって自己開示が行われ、その自己・他者の情報によって類似・異質性が認知されると述べている。

類似・異質性認知は価値観や興味などの類似点、異質点の認知を行う。類似・異質性認知は対人関係において課題の解決の際の役割分担のために行われる [8]

役割行動とは対人関係において、しかるべき役割への期待及び、期待の遂行である。下斗米 [8] は役割行動期待尺度を作成し、役割行動期待は支援性、自律性、

表 1: 役割行動の種類

役割行動	説明	満足度への影響		
		顔見知り	友人	親友
支援性	物、心両面での支持や援助	低い	とても高い	低い
近接性	共行動を介して接触頻度を維持したり高めたりする行動	高い	とても高い	低い
自律性	決めごとやルールなどから逸脱しない	高い	とても高い	とても高い
娯楽性	相手との場の雰囲気や和らげ相互作用の促進を図りやすくさせる	高い	高い	低い
類似性	相互の類似点を査定、あるいはあらためて確認しようとする	高い	低い	低い
力動性	個人の課題や当該関係の問題に積極的に関わりこなししていく	低い	とても高い	とても高い

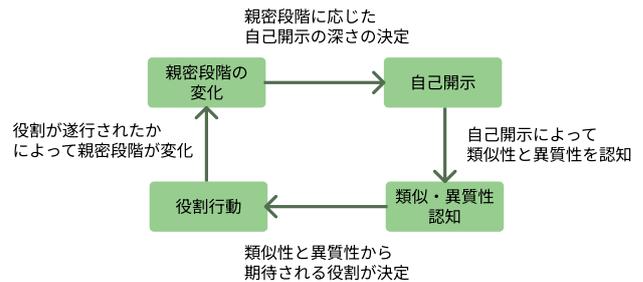


図 1: 親密化過程の流れ

類似性、娯楽性、近接性、力動性の6つからなることを報告している。役割行動期待の種類と説明、その遂行が満足度に対してどの程度影響があるかを表1に示す。これらの期待が遂行されることが関係の満足度に影響し、期待される役割行動は親密段階において変化することが示されている [8]。

2.1.3 親密化過程の三位相説の流れ

親密化過程の流れのイメージを図1に示す。下斗米 [8] は三位相による親密化の説明を、自己開示の交換を通して徐々に明らかにし合った両者の類似・異質点に基づいて、特定の役割行動を遂行するように期待し合い、当事者間の相互依存性レベルを高め影響力を増していく過程と述べている。また、これらの過程は親密化のいずれの段階、例えば顔見知りの段階でもその段階に応じた自己開示、類似・異質性認知、役割行動がなされるとしている。つまり、親密化過程の流れは現在の親密化段階に応じた自己開示がなされ、自己開示で得た情報から類似・異質点を認知し、類似・異質点から相手への役割行動の期待、遂行がなされるという流れである。この流れにおいて期待した役割行動が遂行されると満足度が増し、関係の継続につながる。しかし、十分な遂行がなされていないと不満感につながり、関係が崩壊する可能性もある。

2.2 マルチデバイス化

2.2.1 マルチデバイス化とは

複数のデバイスで1つのサービスを利用できるマルチデバイス化を行うシステムが近年存在する。webサービスなどではマルチデバイス化されることが当たり前になってきている。ECサイトであるAmazonではPC、スマートフォン、スマートスピーカーなどのデバイスで注文を行うことが可能であり、閲覧情報や注文情報が同期され、それぞれのデバイスで確認することができる。

デバイスに依存しないサービスの利用はコミュニケーションにおいても用いられている。日常的なコミュニケーションにおいても、テキストでのやり取りをSNS、電話での音声通話、最近ではオンライン会議サービスを利用したテレビ通話など複数のデバイスにまたがって行われている。SNSであるLINEではスマートフォン、PC、タブレットなどでテキストでのやり取り、音声、ビデオ通話が可能である。現在、直接会うことによるコミュニケーションに加えてこれらの複数のデバイスを使用したコミュニケーションが友人関係において必須となっている。

2.2.2 マルチデバイス化を用いた研究

HAI分野において、マルチデバイス化と関連したシステムの研究がなされている。小川ら [12] [13] は複数のデバイスを対話システムが移動するITACO(integrated agents for communication) システムを提案している。研究結果として対話システムがデバイス間を移動しても対話システムと築いた親密な関係が持続されることが示されている。

及川ら [14] はLEHU-ITACOシステムを提案している。表出能力に非自然言語、理解能力には自然言語の理解能力を持った対話システムである、表出能力は低い(Low Expressive functionality) 理解能力は高い(High Understanding functionality) LEHU エージェントと複数のデバイスを乗り移るITACOシステムを組み合わせ、乗り移りを行うことで、意図伝達が容易になる可能性を示している。

3 親密化過程を用いるシステムの提案

社会心理学における親密化過程を応用し、人とエージェントが親密化過程の三位相を経ることで長期的に親密な関係を築くシステムを提案する。本研究では親密化過程の中でも初対面時の顔見知り段階からの関係を想定してシステムの提案を行う。

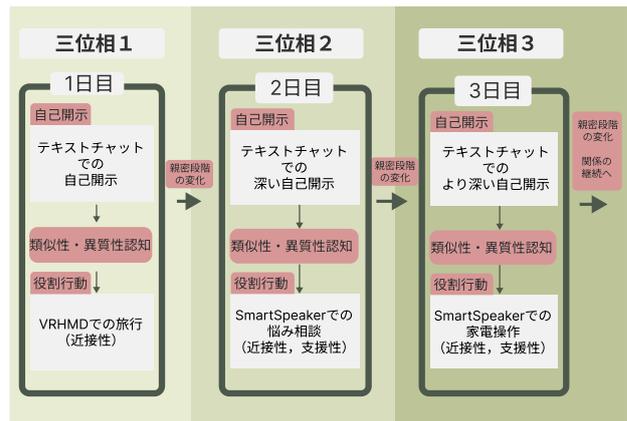


図 2: 提案システムの親密化過程を実現するインタラクションの流れ

表 2: 親密段階のインタラクションの対応

種別	顔見知り	友人	友人2
自己開示	浅い自己開示	深い自己開示	より深い自己開示
デバイス	テキストチャット	テキストチャット	テキストチャット
役割行動	旅行	悩み相談	家電操作
デバイス	VRHMD	SmartSpeaker	SmartSpeaker

3.1 親密化過程を用いたインタラクションの設計

本システムのインタラクションの流れを図2に示す。インタラクションは自己開示インタラクションと役割行動インタラクションで構成される。2種類のインタラクションを行うことで、遂行される類似性・異質性認知を踏まえ、人間と同じく親密化過程の三位相が行われる。これを複数回行うことでエージェントとユーザの継続的な関係構築を行う。各インタラクションは親密段階毎に決まったインタラクションを行う。親密段階とインタラクションの対応を表2に示す。

3.1.1 自己開示インタラクション

自己開示インタラクションはテキストチャットを用いてエージェントからユーザに対して自己開示を促す質問を行う。ユーザは質問に対して回答し、ユーザからエージェントに対する自己開示を行う。エージェントは回答に対して、同調する意見や別の意見の発話を行い、エージェントからユーザへの自己開示を返す。テキストチャットでの会話は、PCなどの場所などを選ばず会話が行いやすいデバイスで行う。自己開示は雑談のような、気軽な日常的に行われる会話の中で行われる。そのため、よりインタラクションのしやすいデバイスを用いることで、会話のハードルを下げ、インタラクションの回数を増やし、自己開示を促すことを目

的としている。自己開示インタラクションは親密段階において発話内容が変化し、より親密になるにつれてより深い自己開示を行う。深い自己開示とは当たり障りない内容ではなく、よりエージェントやユーザの個人的な情報に触れる内容を指す。各段階における自己開示を促すことで次の類似性・異質性認知につなげることが自己開示インタラクションの目的である。

3.1.2 役割行動インタラクション

テキストチャットでのインタラクション後に、現段階の親密状態に応じた役割行動を行う。親密状態とは顔見知り段階、友人段階、親友段階を指し、それぞれ優先される役割行動が異なる。親密状態と役割行動の対応を表1に示す。初対面時には、近接性や娯楽性、類似性などの自己開示が促進される役割行動が期待される。よって、近接性を満たすことが可能であるVR (Virtual Reality) 旅行インタラクションを行う。下斗米は近接性満たす行動の一つとして旅行を上げており [8]、旅行を行うことで、共通の話題や共行動を介し自己開示が促進される。エージェントと旅行を行うためにデバイスとしてVRHMD (Virtual Reality Head Mounted Display) を使用する。

VRHMDを使用する理由として、自己開示で使ったPCでのテキストチャットではユーザから遠隔で会話を行うように認知され、近接性を満たすことができないことが挙げられる。そこでVRHMDを利用することで仮想的に空間を共有し、ユーザが同じ空間でエージェントと話していると感じることで、近接性を満たすことができる。

初対面以降はSmartSpeakerを用いたインタラクションを行う。顔見知り段階を過ぎた友人段階では、近接性に加えて、支援性や力動性など相手の問題に関わり支持や援助をすることが求められる。SmartSpeakerは実空間に存在することにより、近接性を満たすことができること加えて、ユーザに対する支援を行うことができる。SmartSpeakerの例としてAmazon Alexaがある。Alexaはユーザと音声で会話し、ユーザの指示によって天気の情報や音楽の再生などを行い支援を行うことができる。AlexaなどのSmartSpeakerは近接性や支援性を満たすことができることから、友人段階でのインタラクションに向いていると考えられる。実際に行うインタラクションは悩み相談インタラクションとユーザからの指示による家電操作を行う。悩み相談インタラクションは近接性と支援性を満たす。エージェント側とユーザ側双方が悩み相談を行い、自己開示と双方向的な支援を促進することで、親密性の促進を目的とする。家電操作はSmartSpeakerに加え、赤外線による家電操作を行えるSwitchBotHubを組み合わせることで、ユーザの指示によってエージェントが

家電の操作を手伝うインタラクションを行うことができる。家電操作インタラクションは近接性と支援性を満たすことで友人段階における親密関係の維持、上昇を目的とする。

3.2 マルチデバイスへの対応

親密化過程における、役割行動の実装のために同じエージェントを複数のデバイスに対応させるマルチデバイス化を行う。複数のデバイスを用いることでそれぞれの親密段階にあったインタラクションをデバイスの特性を活かして行うことができる。提案システムでは用いるデバイスとして、PCでのテキストチャット、VRHMD, SmartSpeakerを用いる。各デバイスはサーバ上にある同じ対話システムとの会話を行うことができ、ユーザはどのデバイスでも同じエージェントを利用していることを、対話内容や見た目の情報から認知する。

4 親密化過程を用いるシステムの開発

4.1 システム概要

提案システムの全体システム概要図を図3に示す。システムはクライアントであるテキストチャット部、VR部、SmartSpeaker部とサーバである対話システムAPIで構成される。また、音声入力と音声合成のためにIBM WatsonのSTT (Speech to text) とTTS (Text to speech) を使用している。各クライアントはユーザとの対話を行え、ユーザの入力内容を対話システムAPIに送信することで、クライアントが異なっても同じ対話システムと対話を行うことができるようになっている。

4.2 テキストチャット部概要

テキストチャット部の利用画面を図4に示す。テキストチャット部の処理は、最初に、ユーザがWebブラウザ上のフォーム入力欄にユーザ名を入力し、ユニークなアカウントが生成される。アカウントはチャットルームが紐づけられており、チャットルーム内においてエージェントとの対話を行うことができる。対話は、対話入力用のText area内にユーザの発話を入力してもらい、送信ボタンを押すことで発話内容が対話システムAPIに送信される。対話システムAPIは対話の処理を行い、返答を返す。最後に、ユーザの発話入力と対話システムAPIの返答をWebブラウザ上に表示する。

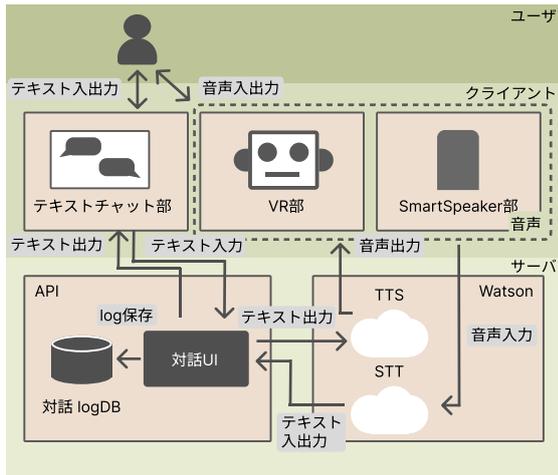


図 3: システム概要図

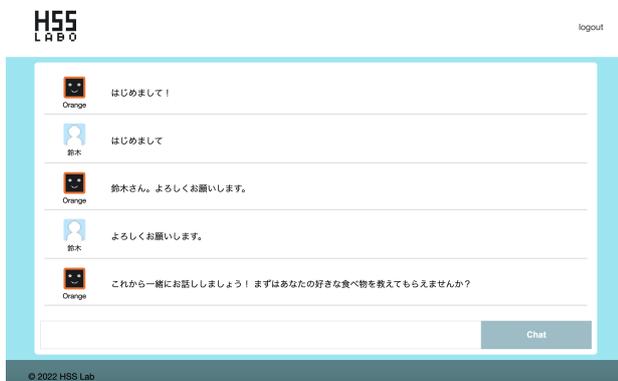


図 4: テキストチャットの画面

4.3 VR 部概要

VR 部は Meta Quest2 用のアプリケーションとして開発を行なった。使用した MetaQuest2 とユーザ視点の画面を図 5 に示す。開発には Unity を利用し、音声認識と音声合成を行うために、クラウドサービスである IBM Watson を利用した。エージェントの見た目は 3D モデルとしてロボットの見た目 [15] を採用した。これは、エージェントの性別や見た目がユーザ毎に影響しないようにするためである。旅行インタラクションを行うための空間は、Unity 内に 3DCG を用いて実装を行った。空間は 3DCG 作成ソフトで制作した 3D モデルなどを用いて Unity 上に作成した。エッフェル塔と木のモデルは配布されているものを使用し、その他は自作した。

4.3.1 SmartSpeaker 部概要

SmartSpeaker は Windows タブレット用のアプリケーションとして開発を行なった。使用した SmartSpeaker



図 5: MetaQuest2 とユーザ視点の画面



図 6: SmartSpeaker

を図 6 に示す。開発には Unity を利用し、VR 部と同じく、音声認識と音声合成を行うために、クラウドサービスである IBM Watson を利用した。また、家電操作を行うために SwitchBotHub と SwitchBotAPI を利用した。SmartSpeaker の見た目は、VR 部で利用した 3D モデルの見た目と近いものを制作し、実装した。

4.4 対話システム API 概要

対話システム API は、サーバにユーザの入力文を送信することで、対話システムの返答を返す API である。実装した対話システム API はサーバ上に存在する WebAPI であり、各クライアントが対話システムを使用するために用いる。対話システム API はテキストチャット部と同じサーバ上に構築され、サーバ上で処理を行う。対話システム API はサーバ上の特定のパスに POST 形式でアクセスが行われた時、入力された JSON 形式のデータのユーザ情報と発話情報を元に対話を生成し、入力データと同じく JSON 形式で結果を返す。

表 3: 実験条件の対応表

条件	1日目	2日目	3日目
条件1 1回目 デバイス	浅い自己開示 テキストチャット	深い自己開示 テキストチャット	より深い自己開示 テキストチャット
条件1 2回目 デバイス	旅行 VRHMD	悩み相談 SmartSpeaker	家電操作 SmartSpeaker
条件2 1回目 デバイス	浅い自己開示 テキストチャット	深い自己開示 テキストチャット	より深い自己開示 テキストチャット
条件2 2回目 デバイス	旅行 テキストチャット	悩み相談 テキストチャット	家電操作 テキストチャット
条件3 1回目 デバイス	浅い自己開示 テキストチャット	深い自己開示 テキストチャット	より深い自己開示 テキストチャット
条件3 2回目 デバイス	浅い自己開示 テキストチャット	深い自己開示 テキストチャット	より深い自己開示 テキストチャット

5 提案システムにおける継続的親密さについての実験

提案したインタラクションを実装したシステムが、実際にユーザに対して継続的な親密関係への影響があるか実験を行なった。

5.1 実験概要

本実験の目的は、親密化過程の三位相を用いたインタラクションが、エージェントに対する継続的な親密さに、どのような影響があるかを分析することである。また、役割行動を満たすためにマルチデバイス化を行い、役割行動におけるマルチデバイス化の必要性を調査する。実験では、提案システムにおける対話システムの代わりとして、Wizard of Oz法 [16]を用いた。Wizard of Oz法とは人間がシステムを操作し、擬似的にシステムを再現する方法である。本実験では、対話システムを使用することによる対話破綻が、実験参加者ごとに起こり、破綻が評価に影響することを避けるために採用した。対話内容は条件ごとにシナリオを制作し、実験参加者によって大きく対話内容が変わることがないように配慮した。

実験条件の対応表を表3に示す。実験条件は、提案システムにおける、親密化過程の三位相の有無とマルチデバイス化の有無における影響を比較するために、3条件を用意した。提案条件である条件1として、役割行動を実装するためにマルチデバイス化を用いた親密化過程有、マルチデバイス化有条件。1つ目の統制条件である条件2として、条件1と同様の対話を行うが、マルチデバイス化を行わない親密化過程有、マルチデバイス化無条件。2つ目の統制条件である条件2として、親密化過程を考慮せず自己開示のみを行い、マルチデバイス化も行わない親密化過程無、マルチデバイス化無条件である。

アンケートは、事前アンケートとして、野村ら [17] [18] が考案したロボット不安尺度 (Robot Anxiety Scale:

表 4: Robot Anxiety Scale

RAS (6件法)	
RAS-S1: ロボット会話能力不安	ロボットが会話中に的外れなことを話すのではないのか。 ロボットとの会話は融通がきかないのではないのか。 ロボットは難しい話が理解できないのではないのか。
RAS-S2: ロボット行動特性不安	ロボットがどのような動きをするのか。 ロボットが何をしてくれるのか。 ロボットがどれだけの力を持っているのか。 ロボットがどのくらいの速さで動くのか。
RAS-S3: ロボット対話不安	ロボットにどう話しかけたらいいのか。 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。 ロボットに自分のした話の内容が理解されているのか。 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のか。

表 5: 親密さ評価アンケート

質問	質問の目的
(前回と比べて) エージェントと親しくなった	親しくなったか
(前回と比べて) エージェントが魅力的に見えた	魅力
(前回と比べて) エージェントに興味を持った	関心

RAS) (6件法) と、インタラクション後のアンケートとして、前回のインタラクション終了時と比べた親密さを測る-3~+3の7段階のリッカード尺度、現在の印象を図る1~7の7段階のリッカード尺度を使用した。また、1日の最後には、インタラクションに対して感じたことを自由記述で回答してもらった。

事前アンケートのRASを表4に示す [17] [18]。RASは、実験参加者の元々持っていたロボットやエージェントに対する不安度を評価することで、不安感による継続的親密さに対する影響を調査するために用いた。

前回のインタラクション終了時と比べた親密さのアンケートを表5に、各段階ごとの印象を評価する印象評価アンケートを表6に示す。前回のインタラクション終了時と比べた親密さのアンケートは、インタラクションを経ることでどのように親密さが変化していくかを調査するために用いる。なお、天井効果に配慮するために、前回の親密さを0とした時に-3~+3の評価をつけるようにした。印象評価アンケートはアンケート前のインタラクションに対してどのような印象を抱いたかを調査するために用いる。

実験参加者は条件1, 2が3名、条件3が1名の計7名で、参加者は全員の大学生であった。なお、本実験は東京工芸大学研究倫理委員会の承認 (承認番号: 倫2022-07) を経て行った。

5.2 実験手順

実験の流れを図7に示す。実験は2日間にわたって行われる。まず、1日目は事前アンケートを行い、自己開示インタラクションを行う。インタラクション後に1回目の事後アンケートを行い、役割行動インタラクション (条件1, 2) もしくは自己開示インタラクション (条件2) を行う。この時条件1, 2では役割行動として旅行インタラクションを行い、条件1のみVRHMD

表 6: 印象評価アンケート

質問	質問の目的
エージェントとまた話してみたいと感じた	関係の持続性 満足度 心地よさ
エージェントとの会話に満足している	
エージェントといて心地よかった	

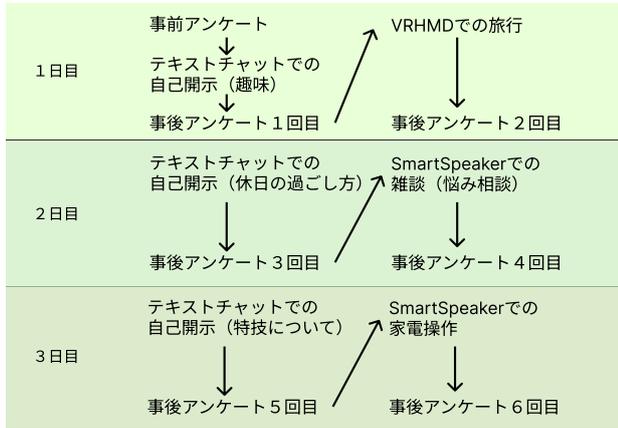


図 7: 実験の流れ

を用いる。2回目の事後アンケートを行い、1日目は終了である。2日目は1日目と同様に自己開示インタラククションを行う。この時、自己開示インタラククションは2日目より深い自己開示になるようにシナリオを制作している。その後、2回目の事後アンケートを行い、役割行動インタラククション（条件1, 2）もしくは自己開示インタラククション（条件2）を行う。この時、条件1, 2では役割行動として悩み相談インタラククションを行い、条件1のみ SmartSpeaker を用いる。4回目の事後アンケートを行い、2日目は終了である。最終日の2日目は1日目、2日目と同様に自己開示インタラククションを行い、5回目の事後アンケートを行う。最後のインタラククションとして、役割行動インタラククション（条件1, 2）もしくは自己開示インタラククション（条件2）を行う。この時条件1, 2では役割行動として家電操作インタラククションを行い、条件1のみ SmartSpeaker を用いる。

5.3 実験システム

実験システムは、提案システムにおける対話システムの代わりに、Wizard of Oz 法を用いたシステムである。実験システムでは Wizard of Oz 法のために、遠隔操作 GUI を実装し、インタラククションごとのシナリオを元に実験者がシステムの代わりに対話を行うことができるようにした。

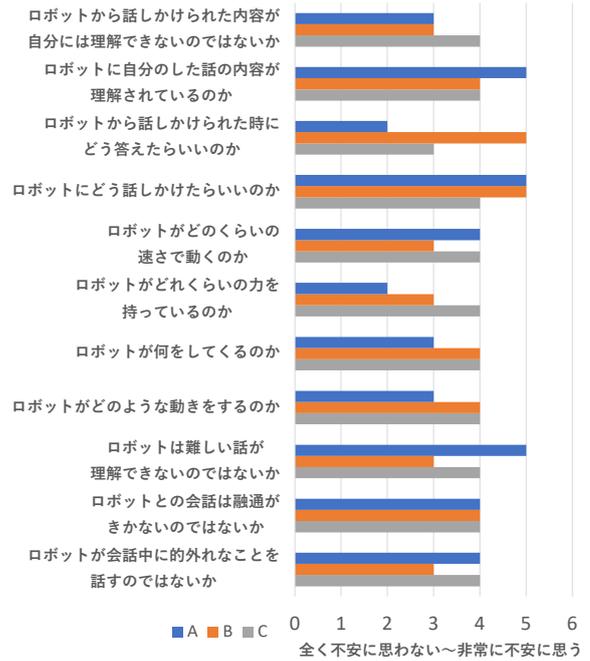


図 8: 条件1のRASの結果

5.4 実験結果

5.4.1 条件1の事前アンケートの結果

条件1の事前アンケートであるRASの結果を図8に示す。実験参加者Aはエージェントが会話を理解してくれるかに対してと、エージェントへの話しかけ方に対して不安感が強かった。実験参加者Bはエージェントへの話しかけ方に対して不安感が強かった。実験参加者Cは全体的にエージェントに対して小さい不安感を持っていた。

5.4.2 条件1の事後アンケートの結果

条件1の前のインタラククション終了時と比べた親密さのアンケートの結果を示す。図9に設問1（前回と比べてエージェントと親しくなった）の結果を、図10に設問2（前回と比べてエージェントが魅力的に見えた）の結果を、図11に、設問3（前回と比べてエージェントに興味を持った）の結果を示す。

条件1の各インタラククション毎の印象評価を設問1（エージェントとまた話してみたいと感じた）を図12に、設問2（エージェントとの会話に満足している）を図13に、設問3（エージェントといて心地よかった）を図14に示す。

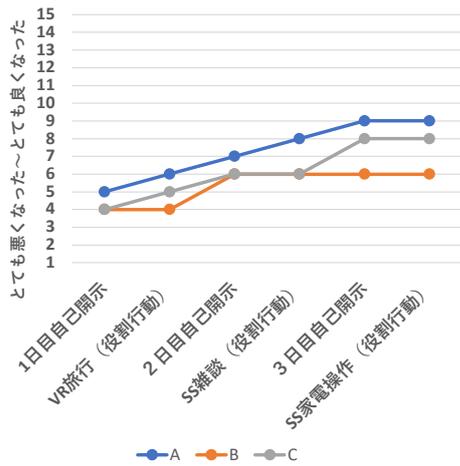


図 9: 条件 1 の設問 1 「前回と比べてエージェントと親しくなった」の結果

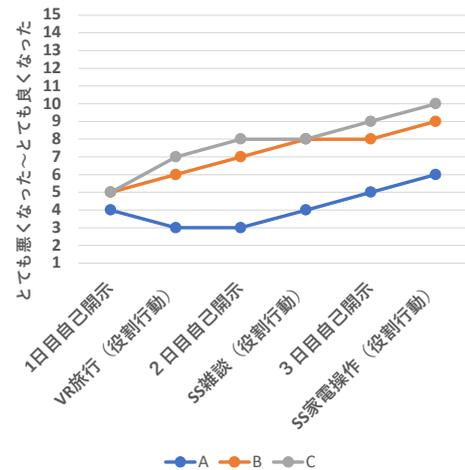


図 11: 条件 1 の設問 3 「前回と比べてエージェントに興味を持った」の結果

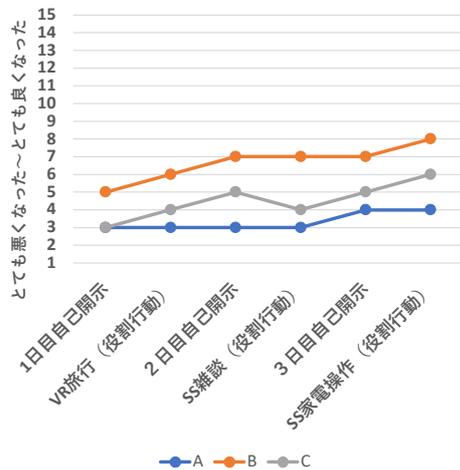


図 10: 条件 1 の設問 2 「前回と比べてエージェントが魅力的に見えた」の結果

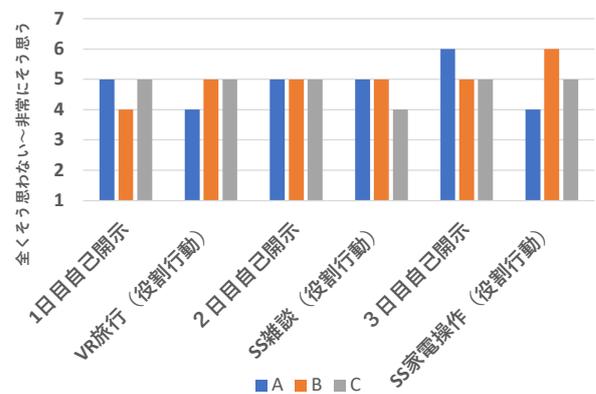


図 12: 条件 1 の設問 1 「エージェントとまた話してみたいと感じた」の結果

5.4.3 条件 2 の事前アンケートの結果

条件 2 の事前アンケートである RAS の結果を図 15 に示す。実験参加者 D は、エージェントの動きに対する不安感が低かったが、会話に対して全体的に不安感を持っていた。実験参加者 E は、全体的にエージェントに対しての不安感が少なかった。実験参加者 F は、会話に対して全体的に不安感を持っていた。

5.4.4 条件 2 の事後アンケートの結果

条件 2 の前回のインタラクション終了時と比べた親密さのアンケートの結果を示す。図 16 に設問 1 (前回と比べてエージェントと親しくなった) の結果を、図

17 に設問 2 (前回と比べてエージェントが魅力的に見えた) の結果を、図 18 に設問 3 (前回と比べてエージェントに興味を持った) の結果を示す。

条件 2 の各インタラクション毎の印象評価の結果を示す。設問 1 (エージェントとまた話してみたいと感じた) を図 19 に、設問 2 (エージェントとの会話に満足している) を図 20 に、設問 3 (エージェントについて心地よかった) を図 21 に示す。

5.4.5 条件 3 の事前アンケートの結果

条件 3 の事前アンケートである RAS の結果を図 22 に示す。実験参加者 G はエージェントがどのように行動するのか、エージェントの会話への理解力、エージェントへの話しかけ方に不安感を感じていた。

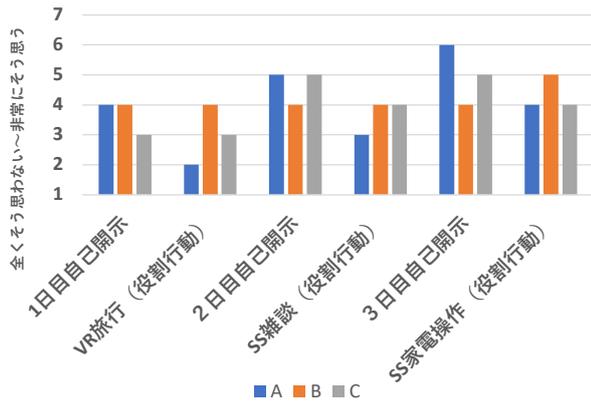


図 13: 条件 1 の設問 2 「エージェントとの会話に満足している」の結果

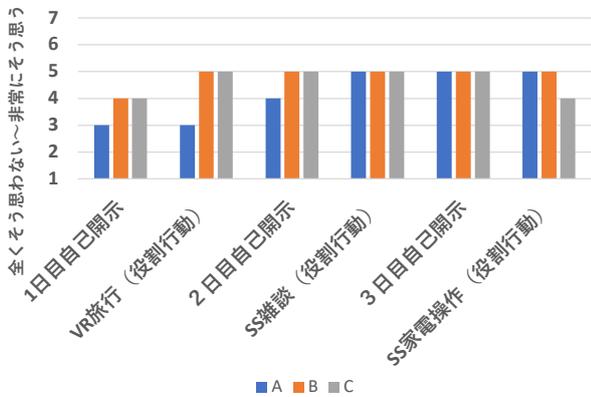


図 14: 条件 1 の設問 3 「エージェントといて心地よかった」の結果

5.4.6 条件 3 の事後アンケートの結果

条件 3 の前回のインタラクション終了時と比べて親密さのアンケート結果を示す。図 23 に設問 1 (前回と比べてエージェントと親しくなった) の結果を、図 24 に設問 2 (前回と比べてエージェントが魅力的に見えた) の結果を、図 25 に設問 3 (前回と比べてエージェントに興味を持った) の結果を示す。

条件 3 の各インタラクション毎の印象評価の結果を示す。設問 1 (エージェントとまた話してみたいと感じた) を図 26 に、設問 2 (エージェントとの会話に満足している) を図 27 に、設問 3 (エージェントといて心地よかった) を図 28 に示す。

5.5 考察

各実験参加者のアンケートに加えて、対話 log の分析を行った。

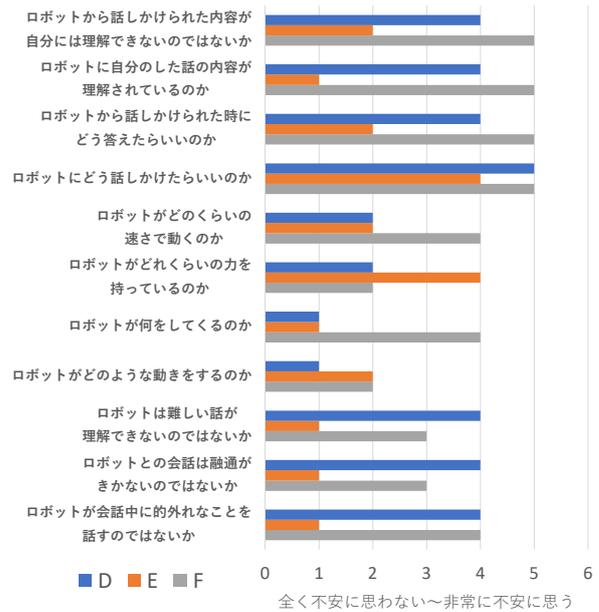


図 15: 条件 2 の RAS の結果

5.5.1 条件 1 の結果に対する考察

実験参加者 A は、前回のインタラクション終了時と比べて親密さのアンケートの設問 1 (前回と比べてエージェントと親しくなった) において、家電操作インタラクション以外のインタラクションで評価が+1 ずつ上昇した。また、印象評価アンケートでの設問 3 (エージェントといて心地よかった) においても回数を重ねるごとに評価が上昇している。実験参加者 A は複数回のインタラクションを経ることで、親しきや心地よさが増加していったことがわかる。前回のインタラクション終了時と比べて親密さのアンケートの設問 1 において、家電操作インタラクションで親しさが変化しなかった理由としては、家電操作が会話ではなく、操作を行うタスクのみであったため、親しさの変化に繋がらなかったと考えられる。インタラクション毎の評価を見ると、設問 3 (前回と比べてエージェントに興味を持った) の結果において、VR 旅行インタラクションで「前回より少し悪くなった」と回答し、興味の度合いが下がっている。また、印象評価アンケートでの設問 2 (エージェントとの会話に満足している) と設問 3 (エージェントといて心地よかった) では、VR 旅行インタラクションが他のインタラクションと比べて一番低い評価になっている。評価が下がった理由として、1 日目の自由記述で「自分が言ったことに対してそのまま同じ内容を返してきたことが数回あったので、あれ?と思うことがあった。」と回答しており、エージェントの知的さが影響したことが考えられる。他にも、音声を用いたインタラクションであった影響が考えられる。設問 2 にお

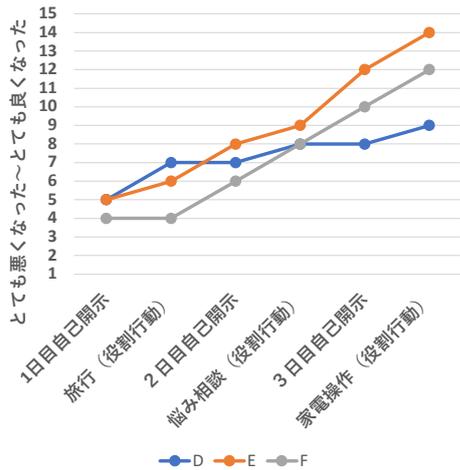


図 16: 条件 2 の設問 1 「前回と比べてエージェントと親しくなった」の結果

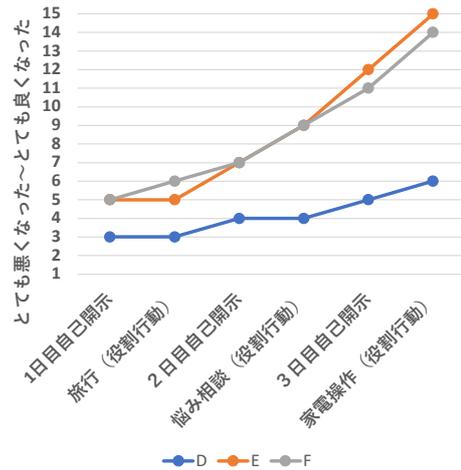


図 18: 条件 2 の設問 3 「前回と比べてエージェントに興味を持った」の結果

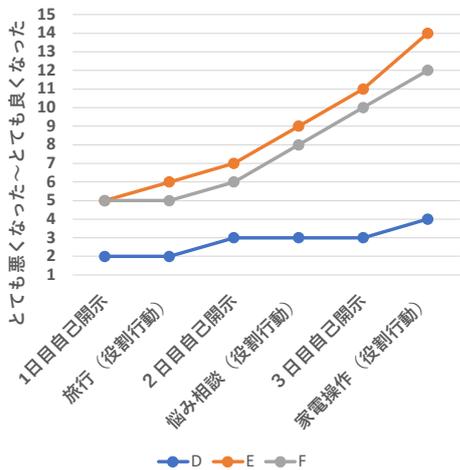


図 17: 条件 2 の設問 2 「前回と比べてエージェントが魅力的に見えた」の結果

いて、2日目の悩み相談インタラクションの評価が低く、音声を用いたインタラクションが両方も低評価であった。このことから、テキストチャットでのインタラクションに比べて、音声対話のインタラクションへの満足度は低く、低評価につながった可能性がある。

実験参加者 B は、前回のインタラクション終了時と比べた親密さのアンケートの設問 1 (前回と比べてエージェントと親しくなった) において、2日目の自己開示インタラクションのみ評価が+2 上昇し、それ以外のインタラクションでは変化がなかった。VR 旅行インタラクションを経ることで、2日目により深い自己開示がなされ、初対面時よりは親しさが上昇、維持されたと考えられる。また、設問 2 (前回と比べてエージェントが魅力的に見えた) と設問 3 (前回と比べてエージェントに

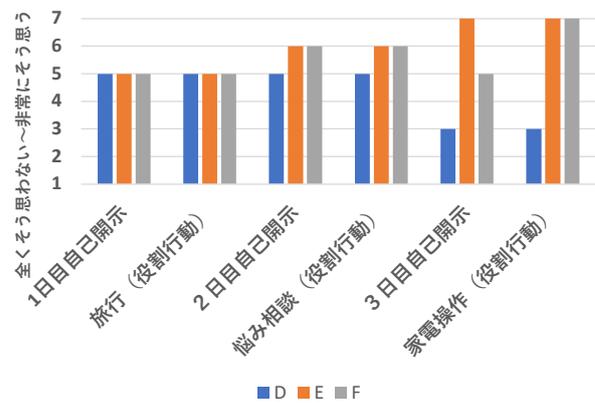


図 19: 条件 2 の設問 1 「エージェントとまた話してみたいと感じた」の結果

興味を持った) では、複数のインタラクションにおいて評価が上昇しているため、親しさの上昇までにはつながらなかったが、エージェントに対する興味や魅力は上昇していたと考えられる。インタラクション毎の評価を見ると、印象評価アンケート全てで、VR 旅行インタラクションで評価が上昇した。VR 旅行インタラクションが満足度が高かったことが、2日目の自己開示インタラクションにおいて親しさが上昇したことにつながった可能性がある。また、印象評価アンケート全てで、3日目の家電操作インタラクションが最も評価が高かった。3日目終了後の自由記述において、「家電を操作する等会話を通してそれ以外のことも今後沢山できるようになったらとても便利だと感じた。」と回答しており、エージェントのユーザ支援に魅力を感じたと考えられる。

実験参加者 C は、前回のインタラクション終了時と

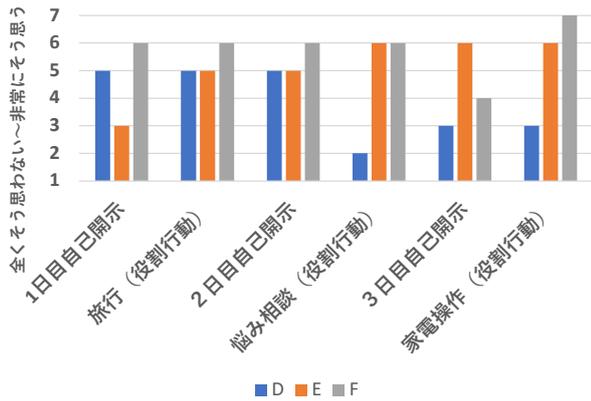


図 20: 条件 2 の設問 2 「エージェントとの会話に満足している」の結果

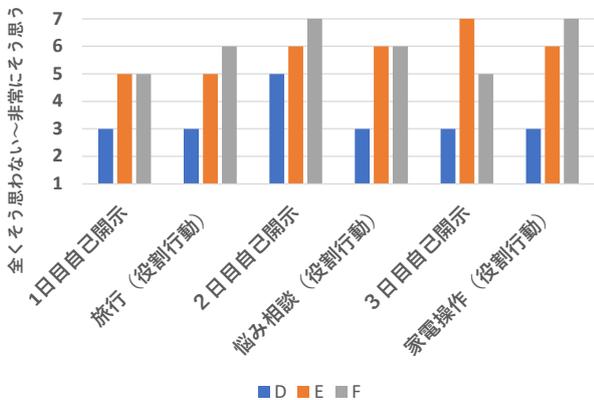


図 21: 条件 2 の設問 3 「エージェントといて心地よかった」の結果

比べた親密さのアンケートの設問 1 (前回と比べてエージェントと親しくなった) において、2 日目の悩み相談インタラクションと、3 日目の家電操作インタラクション以外のインタラクションで評価が上昇した。悩み相談インタラクションにおいては、設問 2 (前回と比べてエージェントが魅力的に見えた) において評価が下降している。魅力が下がり、親しさに変化が生じなかった理由として、2 日目終了時の自由記述で「会話している中で何度かあらかじめ用意された会話に無理やり誘導されているのではないかと感じる様な点があった」と回答していることから、予め決められたシナリオがあることでエージェントの知的さに疑問を覚えたことが影響していると考えられる。家電操作インタラクションは、設問 2 においては評価が上昇していることから、魅力は感じていたが、家電操作が操作を行うタスクのみであったため、親しさの変化に繋がらなかったと考えられる。

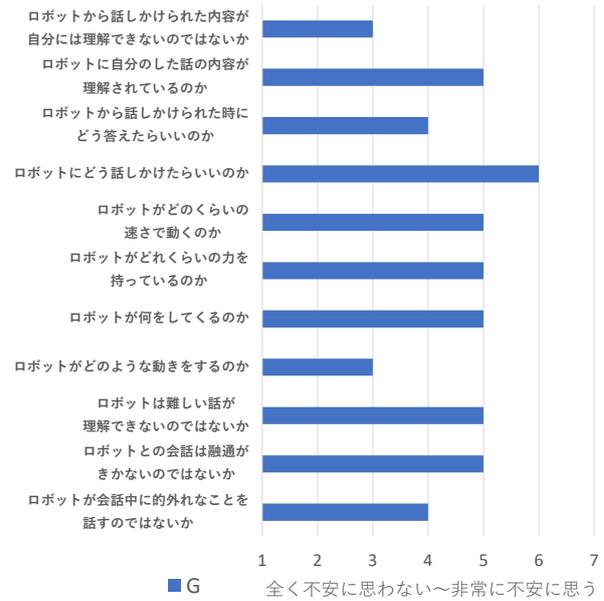


図 22: 条件の 3 の RAS の結果

5.5.2 条件 2 の結果に対する考察

実験参加者 D は、前回のインタラクション終了時と比べた親密さのアンケートの設問 1 (前回と比べてエージェントと親しくなった) において、1 日目の旅行インタラクション、2 日目の悩み相談インタラクション、3 日目の家電操作インタラクションで、評価が+1 上昇した。全て役割行動でのインタラクションにおいて親しさが増加しており、なんらかの役割を満たすためのインタラクションを行った時に、親しさが増加したと考えられる。印象評価アンケートでは、インタラクションを経るごとに全ての評価が下降した。3 日目の自由記述で「聞いてくる割にはそれについて深く追求してくる訳ではなかったので、所詮本題への踏み台にされた程度にしか感じなかった。」と回答しており、エージェントとの会話内容に不満感が存在した。自由記述と対話 log の分析から、ユーザの自己開示に対して、エージェントがより深掘りする必要性が示唆された。

実験参加者 E は、前回のインタラクション終了時と比べた親密さのアンケートの設問 1 (前回と比べてエージェントと親しくなった) において、全てのインタラクションで評価が上昇した。特に 2 日目の自己開示、3 日目の自己開示では評価が+2 上昇していた。印象評価アンケートでも、全ての設問において、インタラクションを経ることで、評価が上昇していた。3 日目の自由記述において、「とても楽しく会話をすることができた。日が経つにつれてより親しくなっていると感じた。」と記述しており、親密化過程の三位相を経ることで、実験参加者自身がエージェントと親しくなれたと認知する結果につながった。全てのインタラクションで親し

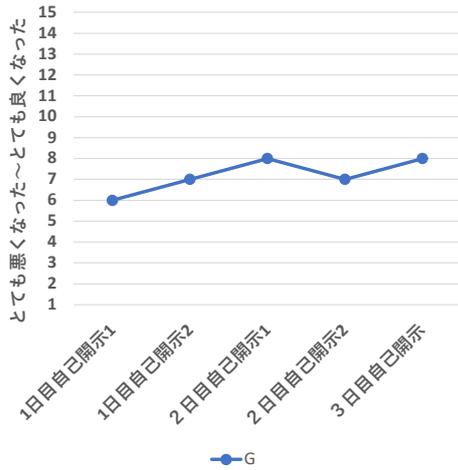


図 23: 条件 3 の設問 1 「前回と比べてエージェントと親しくなった」の結果

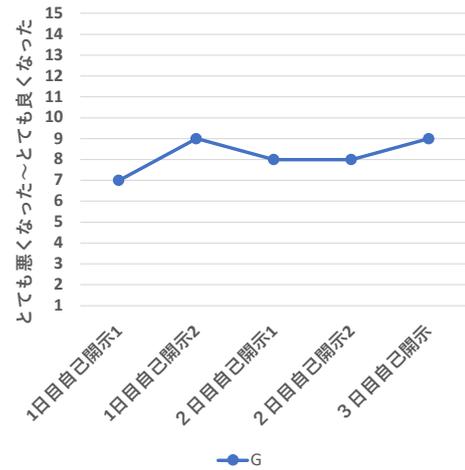


図 25: 条件 3 の設問 3 「前回と比べてエージェントに興味を持った」の結果

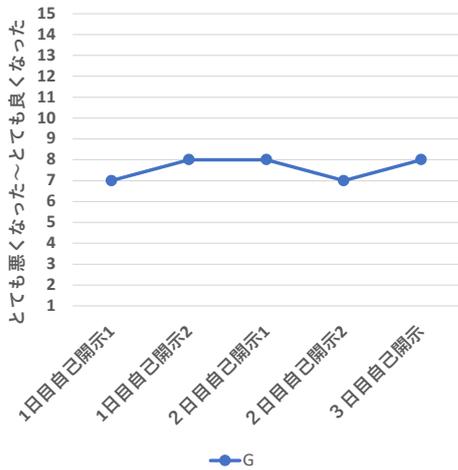


図 24: 条件 3 の設問 2 「前回と比べてエージェントが魅力的に見えた」の結果

さが増加した理由として、実験参加者の中で、RAS の結果が低く、エージェントへの不安感が低かったことが影響していると考えられる。また、対話 log を分析すると、エージェントが自己開示した内容に同意を示す発話が多く有ったことから、役割行動における類似性が十分に満たされたことが高い評価につながった可能性がある。

実験参加者 F は、前回のインタラクション終了時と比べた親密さのアンケートの設問 1 (前回と比べてエージェントと親しくなった) において、1日目の旅行インタラクション以外で評価が+1 ずつ上昇していた。設問 2 (前回と比べてエージェントが魅力的に見えた) と設問 3 (前回と比べてエージェントに興味を持った) においても 1日目の旅行インタラクション以外で評価が上

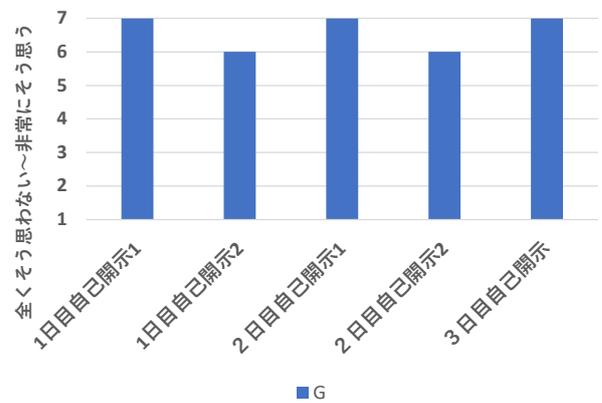


図 26: 条件 3 の設問 1 「エージェントとまた話してみたいと感じた」の結果

昇していた。印象評価アンケートを分析すると、設問 3 (エージェントといて心地よかった) において、2日目の自己開示での評価が「非常にそう思う」と最も高い評価であったことから、2日目の自己開示から、一気に評価が上昇して行ったと考えられる。対話 log 分析を行うと、2日目の自己開示では、エージェントの休みの過ごし方についての自己開示に同意を示す発話をおこなっていることから、役割行動における類似性が十分に満たされたことが影響している可能性がある。また、2日目の自由記述において、「エージェントにも悩みがあるんだなと思いました」と回答しており、エージェントの悩みという深い自己開示を行ったことが影響した可能性がある。実験参加者 F は悩み相談インタラクションにおいて、家族についての個人的な悩みを開示しており、深い自己開示を実験参加者からも行っている。これは 2日目の自己開示インタラクションでエー

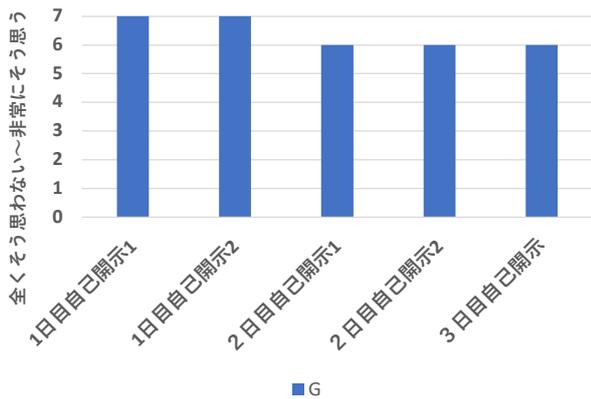


図 27: 条件 3 の設問 2 「エージェントとの会話に満足している」の結果

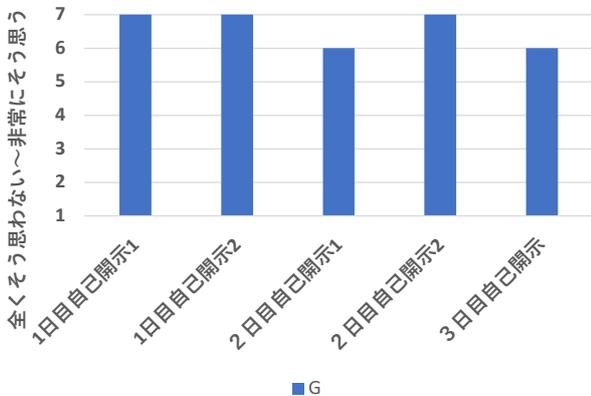


図 28: 条件 3 の設問 3 「エージェントといて心地よかった」の結果

エージェントが深い自己開示を行ったことが影響し、実験参加者からの深い自己開示が促進されたと考えられる。2日目に双方が深い自己開示を行えた理由として、1日目の旅行インタラクションにおいて近接性が満たされ、役割が遂行されたことで親密段階が変化したことが影響した可能性がある。実験参加者 F は、RAS の結果からエージェントへの不安感が強かったが、役割行動が満たされ、親密化過程の三位相説で示された流れを遂行することで、不安感を削減し、深い自己開示につながり、親密関係の構築につながった可能性がある。

5.5.3 条件 3 の結果に対する考察

実験参加者 G は、前回のインタラクション終了時と比べた親密さのアンケートの設問 1 (前回と比べてエージェントと親しくなった) において、2日目の2回目の自己開示で-1 と評価が下降し、それ以外のインタラクションでは評価が+1 と上昇した。設問 2 (前回と比べ

てエージェントが魅力的に見えた) においても、2日目の2回目の自己開示で-1 と評価が下降していた。また、設問 3 (前回と比べてエージェントに興味を持った) においては2日目の1回目の自己開示で評価が-1 と下降している。評価が下降した理由としては、2日目の自由記述において、「私が違うメッセージ書いても同じ話をされるのでは無いかと考えてしまい、少し魅力が下がった。」と回答しており、エージェントの知的さが影響していると考えられる。印象評価アンケートは全ての評価が「かなりそう思う」以上で高かったが、1日の中で2回目のインタラクションは1回目と比べて評価が下がっていた。同様のテキストチャットでの自己開示が続いたことから、エージェントへの評価が下がった可能性がある。

5.5.4 マルチデバイス化の有無による影響

条件 1 (マルチデバイス化有役割行動有条件) と条件 2 (マルチデバイス化無役割行動有条件) を比較すると、マルチデバイス化の影響は少ないと考えられる。条件 1 の親密さ評価アンケートと条件 2 の親密さ評価アンケートを比較すると、条件 2 の実験参加者 E, F は全てのインタラクションで評価が上昇しているが、条件 1 では上昇を続けている実験参加者はいなかった。設問 1 (前回と比べてエージェントと親しくなった) においては、条件 1 では3日目の最終的な結果が最も高い実験参加者で9、低い実験参加者で5であり、条件 2 の最も高い実験参加者が14、最も低い参加者が9と両方とも条件 1 が低かった。条件 1 で、マルチデバイス化を行った役割行動インタラクションの印象評価を比較すると、旅行インタラクションでは、設問 2 「エージェントとの会話に満足している」において、条件 1 の実験参加者 3 人共が「どちらともいえない」以下で評価が低かった。条件 2 では3人共が「少しそう思う」であり、評価に差がでた。悩み相談インタラクションにおいては、設問 2 (エージェントとの会話に満足している) において、条件 1 では3人共「どちらともいえない」であったが、条件 2 では「かなりそう思う」と2人の参加者が答えた。これらの結果から、役割行動を行うためにマルチデバイス化を行う必要性はなかったと言える。必要性がなかった原因として、マルチデバイス化を行わずとも、テキストチャット上で共行動を行うことで、マルチデバイス化の目的であった近接性を満たす目的が十分に遂行された可能性がある。近接性の目的は、接触頻度を高めることで自己開示を促すことであったが、テキストチャットを介した共行動においても、顔見知り段階においては十分に自己開示を促せたと考えられる。マルチデバイス化を行わない方が評価が上がった理由としては、音声対話の満足度が影響していると考えられる。マルチデバイス化での役割行動インタラクショ

ンでは、VRHMDとSmartSpeakerを用いて音声での対話をおこなっている。テキストチャットに比べると、発話文を考える時間が少ないことが影響している可能性がある。また、複数のデバイスを使い分けることでエージェントの同一性が低くなり、深い自己開示を行うことを妨げたことが考えられる。条件2では実験参加者Fにおいて、対話ログの分析から悩み相談インタラクションにおいて、家族への悩みなど個人的な悩みを開示しているが、条件1の対話ログ分析では、普遍的な悩みの開示のみであった。小川ら[12][13]の研究において、エージェントがデバイスを移動しても親密さが維持されることは示唆されているが、デバイスを移動した際の自己開示のしやすさについてはさらなる調査が必要である。また、実験では初対面からの3日間のみを対象としており、顔見知り段階のみを調査しているため、より進んだ親密段階でのインタラクションにおいては、マルチデバイス化の影響が存在する可能性がある。長期間のインタラクションが行える対話システムを用いた調査が必要であると考えられる。

5.5.5 役割行動の有無による影響

役割行動の有無による継続的な親密さへの影響は存在する可能性が示唆された。役割行動が継続的な親密さへの影響した例として、条件2における実験参加者Fの対話ログの分析が挙げられる。近接性を満たした旅行インタラクション後、翌日の悩み相談インタラクション内において、家族への悩みなど個人的な悩みを自己開示しており、親密段階が移行し、自己開示が深くなったことが確認できる。実験参加者Fを含む条件2（マルチデバイス化無役割行動有条件）と自己開示のみを行った条件3（マルチデバイス化無役割行動無条件）の親密さ評価アンケートの比較を行うと、全ての設問における最初の自己開示時の評価と最後の評価の差において、条件2では実験参加者E、Fは+7~+10と右肩上がりに上昇し、実験参加者Dは+2~+4と緩やかに上昇していたが、条件3の実験参加者Gは、+1~+2と条件2に比べて上がり幅が小さかった。親密さ評価アンケートの結果と対話ログ分析から、役割行動を踏まえたインタラクションを行った条件2が、自己開示のみのインタラクションに比べ、継続的な親密関係を構築できた可能性がある。しかし、条件3の参加者は1人のみであり、個人差の影響が否定できない。また、条件1は役割行動が存在するが、条件2より評価が低く、条件3と比較した場合、親密さ評価アンケートの結果の差が小さい。役割行動の有無による継続的な親密さへの影響を明確にするためには、条件2と条件3の実験参加者を多く集めた大規模実験が必要であると考えられる。

5.6 まとめ

本実験では以下の知見が得られた。

- エージェントがユーザの自己開示に対して深掘りする必要性
- 関係の初期において親密関係の形成に対するマルチデバイス化の影響は低い
- 親密関係形成に対する役割行動の有効性

1つ目の知見では、ユーザとエージェントが単純に自己開示を繰り返すのみではなく、ユーザの自己開示に対してエージェントがより深掘りし、ユーザの自己開示を促していく必要性が示された。本実験では、シナリオ上で1つの話題に対して、ユーザとエージェントがそれぞれ1回ずつお互いの自己開示を行った。しかし、実験参加者C、D、Fの結果から、ユーザの自己開示をエージェントが深掘りしないことで、評価が低くなるが見てとれた。特に実験参加者Cは、自由記述において強い不満感を示している。このことから、エージェントとユーザが自己開示を行う場合、エージェントは自身の自己開示の発話のみではなく、ユーザの自己開示を深掘りする発話を行うことで、対話の満足度の上昇や継続的な親密関係の形成に繋げることが可能だと考えられる。

2つ目の知見では、関係の初期において、親密関係の形成にマルチデバイス化の影響は低い可能性が示された。本研究ではマルチデバイス化を行うことで、行わない場合と比べ、役割行動が満たされ親密な関係を築けると考えた。しかし、実験においてマルチデバイス化の有無を比較した結果、影響は少なかった。これは、複数のデバイスでインタラクションを行うことにおける、親密関係形成のための好影響よりも、1つのデバイスでインタラクションを行うことでのエージェントの単一性や、テキストチャットの利便性が上回った可能性を示している。これまでの研究において、小川ら[12][13]の研究では、エージェントがデバイスを移動しても親密さが維持されることは示唆されているが、デバイスを移動した場合としない場合の親密関係形成への影響は示されていない。及川ら[14]のLEHU-ITACOシステムにおいても、LEHUエージェントにおいて意図伝達が容易になる可能性は示されているが、自然言語エージェントにおける親密関係形成への影響は示されていない。このことから、自然言語で対話を行うエージェントでは、関係の初期において、単一のデバイスでインタラクションを行うことが親密関係形成につながる事が考えられる。

3つ目の知見では、役割行動に沿ったインタラクションを行うことで、自己開示のみのインタラクションに比べて親密な関係を築くことができる可能性が示唆さ

れた。角森ら [4] の研究や Yi-Chieh Lee ら [5] の研究は自己開示を行い、親密関係の形成につながっているが、本研究の結果では、自己開示のみのインタラクションでは親密さや、興味の度合いに対する評価の上がり幅が低かった。自己開示を行うことで、エージェントへの親しみやすさなどの向上は本研究でも認められたが、自己開示のみでは対話への飽きが生じ、親しさや対話への欲求が維持されない可能性がある。役割行動に沿ったインタラクションを行うことで、ユーザの役割期待を満たすことができれば、より早期に親密段階を移行し、継続的な親密関係を築くことができる可能性がある。しかし、本研究では実験参加者の人数が足りていないことから、役割行動の有用性を明確にするためには、より大規模な実験が必要である。

6 おわりに

本研究では、社会心理学における親密化過程を用いて、人同士の関係と同様に親密になる過程を経ることで、ユーザとエージェントが継続的に親密な関係を築くことを目指した。そのために、親密化過程に応じたインタラクションを複数のデバイスで行うマルチデバイス化対話システムを提案し、テキストチャット部、VR部、SmartSpeaker部、対話システムAPIを実際に開発した。その後、親密化過程の三位相を用いたインタラクションが、エージェントに対する継続的な親密さによどのような効果があるかの分析と、役割行動を行うためのマルチデバイス化の必要性の調査のために、Woz法を用いたシステムでの実験を行った。結果として、初対面から顔見知り段階において、役割行動にマルチデバイス化が必要でない可能性が示唆された。また、親密化過程の三位相を用いたインタラクションを行った場合、役割行動に沿ったインタラクションを行うことで、自己開示のみのインタラクション時に比べて、親密な関係を築くことができる可能性が示唆された。

今後、親密化過程の三位相を用いたインタラクションが自己開示のみのインタラクションに比べて、継続的に親密な関係を築けることを正確に確認するために大規模実験が必要であると考えられる。本研究において、マルチデバイス化の影響が低いことが確認されたため、テキストチャットのみでの役割行動の有無における比較実験を行う必要がある。

謝辞

本研究は、東京工芸大学後援会研究奨励費の助成を受けました。記して感謝いたします。

参考文献

- [1] 総務省：令和2年情報通信白書, 2020.
- [2] 竹内勇剛, 片桐恭弘他：ユーザの社会性に基づくエージェントに対する同調反応の誘発, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 5, pp. 1257–1266, 2000.
- [3] 早瀬, 中村, 加納：好意の返報性を表出するエージェントがユーザの親密度に与える効果, 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2018, pp. 2K205–2K205, 2018.
- [4] 角森唯子, 東中竜一郎, 吉村健, 磯田佳徳：ユーザ情報を記憶する雑談対話システムの構築とその複数日にまたがる評価, 人工知能学会論文誌, Vol. 35, No. 1, pp. DSI–B.1, 2020.
- [5] Y.-C. Lee, N. Yamashita, Y. Huang and W. Fu: "i hear you, i feel you": encouraging deep self-disclosure through a chatbot, Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems, pp. 1–12, 2020.
- [6] 中島義明, 繁榎算男, 箱田裕司, 新・心理学の基礎知識, 有斐閣ブックス, 2005.
- [7] 山中一英：大学生の友人関係の親密化過程に関する事例分析的研究, 社会心理学研究, Vol. 13, No. 2, pp. 93–102, 1998.
- [8] 下斗米淳：友人関係の親密化過程における満足・不満足感及び葛藤の顕在化に関する研究 役割期待と遂行とのズレからの検討, 実験社会心理学研究, Vol. 40, No. 1, pp. 1–15, 2000.
- [9] I. Altman and D. A. Taylor, Social penetration: The development of interpersonal relationships., Holt, Rinehart & Winston 1973.
- [10] 山中一英：対人関係の親密化過程における関係性の初期分化現象に関する検討, 実験社会心理学研究, Vol. 34, No. 2, pp. 105–115, 1994.
- [11] 安藤清志：対人関係における自己開示の機能, 東京女子大学紀要論集, Vol. 36, No. 2, pp. 167–199, 1986.
- [12] 小川浩平, 小野哲雄：Itaco: メディア間を移動可能なエージェントによる遍在知の実現, 一般社団法人 人工知能学会, pp. 218–218, 2005.
- [13] 小川浩平, 小野哲雄: Itaco: メディア間を移動可能なエージェントによる遍在知の実現, ヒューマンインタフェース学会論文誌 = Human interface : the

transaction of Human Interface Society, Vol. 8, No. 3, pp. 373-380, 08 2006.

- [14] 及川颯斗, 内村方哉, 小川裕太, 菊池華世, 福嶋稜, 板谷琴音, 大澤正彦: Lehu-itaco: 非自然言語エージェントが乗り移ることで実現される意図伝達, HAI シンポジウム 2022, 2022.
- [15] TIMOTHEUS-25: Orange robot from love death and robots free 3d model2022. <https://www.cgtrader.com/free-3d-models/character/sci-fi-character/orange-robot-from-love-death-and-robots>.
- [16] N. M. Fraser and G. N. Gilbert: Simulating speech systems, Computer Speech & Language, Vol. 5, No. 1, pp. 81-99, 1991.
- [17] T. Nomura, T. Suzuki, T. Kanda and K. Kato: Measurement of anxiety toward robots, ROMAN 2006-The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive CommunicationIEEE, pp. 372-377, 2006.
- [18] 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, 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム 講演論文集 第 26 回 ファジィシステムシンポジウム日本知能情報ファジィ学会, pp. 128-128, 2010.