

四足歩行型バーチャルエージェントにおける 感情表現による説得効果の分析と標準化に向けた検討

Toward Standardizing Persuasive Behaviors in Quadruped Virtual Agents:

Effects of Emotional Expression and Motion Across Animal Species

大澤崇貴 角薫

OSAWA Souki, SUMI Kaoru

公立はこだて未来大学

Future University Hakodate

Abstract: This study investigates whether persuasive behaviors with emotional expressions in quadruped virtual agents are effective beyond dog-like agents and whether species-specific motions enhance persuasive effects. Grounded in Persuasive Technology, which posits that computers can function as social actors capable of influencing human attitudes and behaviors, this research examines whether persuasive effectiveness depends on animal species or on functional design cues such as nonverbal behaviors and emotional expressions. We conducted an experiment using dog, cat, and horse agents under three conditions: species-specific motions, common motions shared across species, and a bark-only condition for the dog. Persuasive effectiveness was evaluated using intention recognition, behavioral intention, actual behavior, psychological reactance, discomfort, familiarity, and agent acceptance. Results showed that the bark-only condition yielded significantly lower intention recognition and lower behavioral outcomes in some tasks, indicating that emotional expressions and attention-directing behaviors contribute to effective persuasion across species. In contrast, no consistent significant differences were found between species-specific and common motion conditions, suggesting that reproducing species-specific behaviors is not a decisive factor in persuasive effectiveness. Psychological reactance and discomfort remained low across conditions, indicating that quadruped agents can promote behavior change without eliciting strong negative emotions. Additionally, familiarity with the agent was positively associated with actual behavior in several conditions, suggesting that users' prior impressions and affinity toward an agent influence persuasive outcomes. These findings indicate that persuasive effectiveness in quadruped virtual agents relies more on functional cues, such as emotional expression and attention guidance, than on species-specific motion. The study provides design implications for species-independent persuasive behaviors and highlights the potential for standardizing persuasive actions in quadruped virtual agents, contributing to the broader understanding of behavior change mechanisms in human-agent interaction.

1. はじめに

近年、コンピュータを用いて人の態度や行動の変容を促す説得技術（Captology）に関する研究が進展している。説得技術は、情報提示やフィードバック、社会的手がかりなどを通じて、ユーザの意思決定や行動選択に影響を与えることを目的とした技術領域であり、健康行動の促進や環境配慮行動の支援など、幅広い応用が検討されている。

こうした説得技術の一形態として、エージェント

を介した行動変容支援が注目されている。特に、人や動物を模したエージェントは、親和性や共感を喚起しやすく、ユーザの心理的受容を高める可能性が指摘されている。実際に、人間と犬の交流が身体的・心理的・社会的な利益をもたらすことは多くの研究で報告されており、動物との相互作用が人間の行動や感情に与える影響の大きさが示されている。一方で、アレルギーや衛生面の問題、動物福祉への配慮などの制約により、実際の動物との接触が困難な状況も存在する。

このような背景のもと、ペット型ロボットやバーチャルペットは、動物との相互作用がもたらす心理的効果を代替的に提供する手段として研究が進められてきた。特に、ロボットペットは動物介在療法の代替として、孤立感の軽減や生活の質の向上に寄与する可能性が報告されている。さらに、拡張現実(AR)および仮想現実(VR)技術の発展により、仮想の動物型エージェントを現実空間や没入型環境に提示することが可能となり、物理的制約を受けない新たな行動変容支援手段として注目されている。

しかし、動物型エージェントによる説得行動の設計に関しては、どのような表現要素が説得効果に寄与するのか、またその効果が特定の動物種に依存するのかについては十分に明らかになっていない。特に、動物種固有の動作を忠実に再現することが説得効果を高めるのか、あるいは感情表現や視線誘導などの機能的要素が本質的な役割を果たすのかは、設計指針の観点から重要な検討課題である。

本研究では、四足歩行型バーチャルエージェントを対象とし、感情表現を伴う説得行動が犬以外の動物種においても有効に機能するか、さらに動物種固有の動作が説得効果を高めるかを実験的に検証する。犬・猫・馬を対象に、固有動作、共通動作、および吠えるのみの条件を比較し、意図伝達、行動意思、実際の行動、心理的負担、親しみ、受容性といった複数の指標を用いて説得効果を評価する。

本研究の目的は、動物種に依存しない説得行動の設計可能性を明らかにし、四足歩行型バーチャルエージェントにおける説得行動の標準化に向けた知見を提供することである。

2. 関連研究

説得技術におけるエージェントの役割に関する研究は、人間とエージェントとの相互作用が行動変容に及ぼす影響の解明を目的として、多様な観点から進められてきた。本章では、特に本研究と関連の深い(1)動物型エージェントによる説得・行動変容、(2)AR/VR環境におけるバーチャル動物の社会的影響、(3)非言語的手がかりと意図伝達、(4)エージェントに対する社会的認知と受容性、の観点から既存研究を整理する。説得技術(Persuasive Technology)は、情報技術を用いて人々の態度や行動を変容させることを目的とする技術領域であり、Foggによってその概念が体系化された[11]。Foggは、コンピュータが道具、メディア、社会的アクターとして機能することで説得効果を生み出すと指摘しており、特に社会的存在として振る舞うエージェントは、人間の社会的反応を引き出す点で重要な役割を担うとされ

ている[11]。本研究で扱うバーチャルエージェントは、Foggが指摘する「社会的アクターとしてのコンピュータ」に該当し、人間が無意識的に社会的反応を示す対象として機能する可能性がある。

2.1 動物型エージェントと説得・行動変容

動物型エージェントが人の行動に与える影響については、感情表現や行動表現の組み合わせが説得効果に関与することが報告されている。Haradaら(2024)は、四足歩行型人工物における感情表現と行動の組み合わせがユーザ行動に及ぼす影響を検証した。犬の顔、尻尾、声、動作速度を用いて6種類の感情を構成し、行動と組み合わせたアニメーションをHoloLens 2上で提示した結果、「悲しみ」や「混乱」といったネガティブな感情表現がゴミ捨て行動の促進に有効である一方、「喜び」や「怒り」は逆効果となる可能性が示唆された[3]。この結果は、感情表現の種類が説得効果に重要な影響を与えることを示している。

また、中島・新妻(2015)は、バーチャルペットとの身体的インタラクションが心理的・生理的效果に及ぼす影響を調査し、身体動作を伴うインタラクションが継続意欲を高めることを報告している[10]。この知見は、身体性を伴う相互作用がユーザの関与を高め、行動変容を支援する可能性を示唆している。

2.2 AR/VR 環境におけるバーチャル動物の

社会的影響

ARおよびVR環境におけるバーチャル動物は、ユーザの社会的行動や心理状態に影響を与える存在として注目されている。Norouzi(2021)は、バーチャル犬とのインタラクションに関する体系的レビューおよびユーザ実験を通じて、反応性や共感的行動が安心感や社会的つながりをもたらす、注意誘導や社会的プライミングに有効であることを示した[7]。さらに、視覚表現、身体性、近接行動などの要素がARエージェント設計の重要な軸であると提案している。

Norouziら(2019)は、AR空間におけるバーチャル犬の存在がユーザの移動行動や対人距離に与える影響を検証し、バーチャル犬が他者との距離の取り方や視線行動に影響を与えることを報告している[6]。この結果は、ARコンパニオンが社会的存在感を持ち、ユーザの行動様式を変化させ得ることを示している。

一方、バーチャル動物の視覚的表現に関して、

Schwind ら (2018) は猫を対象に不気味の谷現象を検証し、中途半端なリアリズムが否定的感情反応を引き起こす可能性を示した [8]. この研究は、バーチャル動物の外観設計において、様式化か完全なリアリズムのいずれかを選択すべきであるという指針を提示している.

2.3 非言語的の手がかりと意図伝達

エージェントの説得力や意図伝達には、視線や動作などの非言語的の手がかりが重要な役割を果たす.

Mutlu ら (2009) は、四足歩行型ロボットを用い、視線行動のみで対話参与役割を伝達できるかを検証した. その結果、視線行動に応じて被験者の発話量や注意行動が変化し、意図した役割が適切に伝達されることが示された [5].

Takayama ら (2011) は、ロボットの動作にアニメーション原則を取り入れることで意図の理解可能性が向上することを示した [9]. 行動前の予備動作や行動結果への反応が提示されることで、ユーザはロボットの意図や次の行動を予測しやすくなると評価された.

さらに、Chidambaram ら (2012) は、非言語的の手がかりがロボットの説得力に与える影響を検証し、身体的手がかりが音声的手法よりも高い説得効果を示すことを報告している [1]. この結果は、動作や身体表現が行動遵守において重要な役割を果たすことを示唆している.

2.4 エージェントに対する社会的認知と受容性

人が人工物に対して社会的存在として反応する現象は、エージェントの受容性を理解する上で重要である. Friedman ら (2003) は、ロボットペット AIBO のユーザフォーラム投稿を分析し、多くのユーザがロボットに生命らしさや心的状態を帰属させていることを示した[2]. 一方で、道徳的主体としての認識は限定的であり、人々はロボットを生物に近い存在として受け止めつつも、区別された存在として認識していることが示唆された.

また、Johnson (2006) は、メディア等式の観点から、人がコンピュータを社会的存在として扱う要因を検証し、マインドレスネスの状態において人間と同様の社会的反応が生じることを報告している[4]. この知見は、エージェントに対する社会的反応が自動的かつ無意識的に生起する可能性を示している

2.5 本研究の位置づけ

既存研究は、動物型エージェントの感情表現や非言語的の手がかりが、ユーザの行動や心理に影響を与えることを示している. しかし、これらの研究の多くは特定の動物種や特定の表現手法に焦点を当てており、説得効果が動物種そのものに依存するのか、あるいは動作や感情表現といった機能的要素に依存するのかについては十分に検討されていない.

また、Persuasive Technology の観点では、エージェントが社会的アクターとして機能することで行動変容を促すことが指摘されているが [11], 動物型エージェントにおいて、その説得効果が種特有の印象によるものなのか、あるいは非言語的行動の設計に起因するものなのかは明確ではない.

本研究は、犬・猫・馬という複数の動物種を対象とし、

- 動物種固有の動作を用いた条件
- 動物種に依存しない共通動作を用いた条件

を比較することで、説得効果における動物種依存性と行動設計要因の分離を試みる点に特徴がある.

さらに、本研究は単に説得効果の有無を検証するだけでなく、動物種に依存しない説得行動の設計可能性という観点から、四足歩行型バーチャルエージェントの説得行動の標準化に向けた知見を提供することを目的とする.

3. 実験システムおよび提示条件

本章では、本研究で用いた四足歩行型バーチャルエージェントの設計および提示条件について述べる.

本研究の目的は、感情表現および説得動作が説得効果に与える影響を、動物種の違いを含めて検証することである. そのため、本章ではまず、実験で使用したエージェントの外観および動作設計の方針を示し、次に説得行動および感情表現の構成要素について説明する. さらに、動物種固有の動作を用いた条件と、動物種に依存しない共通動作を用いた条件の設計意図を明確にする.

3.1 提示システムの構成

本研究では、四足歩行型バーチャルエージェントを用いた説得行動を MR (Mixed Reality) 環境下で提示するためのシステムを構築した. 本システムは、被験者が体験する MR アプリケーションと、実験者が操作を行う制御用アプリケーションから構成されている. 両者は UDP 通信を介して接続されており、実験者は図 1 に示される通り、遠隔から動物種や説得動作条件の切り替え、説得行動の開始および初期状態へのリセットを制御できる.

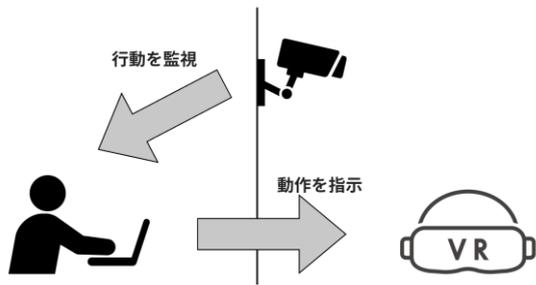


図1 実験環境の構成

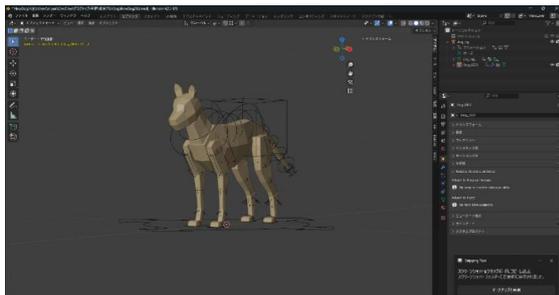


図2 犬型エージェントの3Dモデル



図3 猫型エージェントの3Dモデル

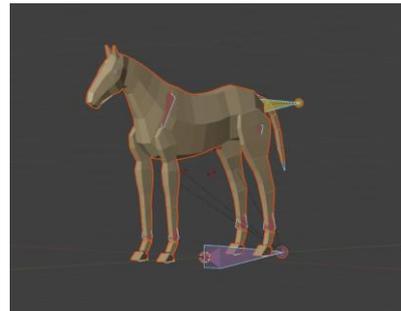


図4 馬型エージェントの3Dモデル

被験者が体験するMRアプリケーションは、Meta Quest 3上で動作するUnity製アプリケーションとして実装した。MR環境の構築にはMeta XR All-in-One SDKを使用し、パススルー機能を用いることで、現実空間と仮想エージェントを重畳表示した。これにより、被験者は現実の室内環境を視認しながら、床面上に表示されたバーチャルエージェントの説得行動を体験できる。

バーチャルエージェントは、犬、猫、馬の3種類の四足歩行動物とし、それぞれ感情表現を伴う説得行動を行う。エージェントのモデルおよびアニメーションはBlenderで作成し、FBX形式でUnityにインポートした。Unity上では、Animation Controllerを用いてアニメーションの状態遷移を管理し、アニメーションイベントを用いて音声再生などのタイミング制御を行っている。

実験者用の制御アプリケーションは、ノートパソコン上でUnityエディタを用いて動作させた。このアプリケーションからUDP通信により制御信号を送信することで、MRアプリケーション側の動物種、動作群、および説得行動を切り替える。この構成により、被験者に実験条件を明示することなく、実験者が実験進行を柔軟に制御できる設計とした。

3.2 エージェントモデルとアニメーション設計

本研究で用いる四足歩行型バーチャルエージェントの3Dモデルおよびアニメーションは、3DCG制作ソフトウェアであるBlenderを用いて作成した。対象とした動物種は、犬、猫、馬の3種類である。各動物について、図2~4に示すようにメッシュおよびリグを備えた3Dモデルを準備し、説得行動に必要なアニメーションを作成した。

モデルおよびリグの作成には、Blender用アドオンであるRigify Zooを使用した。Rigify Zooは動物種ごとに適したボーン構造を持つリグを提供しており、本研究ではこれを用いることで、四足歩行動物の動作を表現した。犬、猫、馬の各モデルについて対応するリグを適用し、メッシュとリグをペアレントした。

歩行動作についてはRigify Zooに付属する既存アニメーションを使用した。一方、説得行動に関連する動作についてはキーフレームを用いて、本研究の目的に応じて新たにアニメーションを作成した。これらのアニメーションは、感情表現や注意喚起を伴

う動作など、説得場面で必要となる動作カテゴリに基づいて設計した。作成したアニメーションは各モデルに適用した後、Unity で利用可能な形式である FBX 形式としてエクスポートした。エクスポート時には、メッシュ、リグ、およびアニメーション情報を含める設定とし、Unity 上で正しく再生可能な状態でインポートできるようにした。これにより、異なる動物種であっても、同一の実行環境下で一貫した説得行動を提示できるようにした。

3.3 MR アプリケーション実装

本研究では、バーチャルエージェントを MR 環境下で提示するため、ゲームエンジンである Unity を用いてアプリケーションを構築した。前節で作成した FBX 形式のモデルおよびアニメーションを Unity にインポートし、Meta Quest 3 上で動作する MR アプリケーションとして実装した。

MR 環境の構築には、Meta XR All-in-One SDK を使用した。本アセットを利用することで、Meta Quest 3 のパススルー機能を用いた現実空間の映像取得および仮想オブジェクトの重畳表示を実現した。これにより、被験者は実際の室内環境を視認しながら、床面上に配置された四足歩行型バーチャルエージェントの行動を観察できる。

Unity 上では、エージェントのアニメーション制御に Animation Controller を用いた。Animation Controller 内では、待機状態、移動状態、および説得行動に対応する状態を定義し、スクリプトからの指示に応じてアニメーションが遷移する構成とした。

Animation Controller の Animator ウィンドウに各アニメーションを配置し、待機状態を初期状態として設定した。これにより、動物種や動作条件が異なる場合でも、同様の制御方式でアニメーションを再生できるようにした。

アニメーションの再生中に音声を提示するため、タイムライン上にイベントを設定した。各説得行動に対応するアニメーションの特定フレームにイベントを設定し、そのタイミングで音声データを再生することで、動作と音声が同期した説得行動を実現した。音声データはスクリプトを用いて再生を制御した。

これらの構成要素を、FBX 形式でインポートした各動物モデルに対してアタッチすることで、MR 環境下で一貫した挙動を示すバーチャルエージェントを構築した。最終的に、本アプリケーションを Meta Quest 3 向けにビルドし、実験環境で使用した。

3.4 条件切り替えと提示制御

本研究では、実験条件に応じた説得行動を提示するため、Unity 上で説得行動および条件切り替えを制御する仕組みを実装した。被験者に対して実験条件を明示することなく実験を進行するため、実験者が遠隔からバーチャルエージェントの挙動を制御できる構成とした。

動作条件は、動物種ごとに固有の説得動作を行う固有動作群、全動物で共通の説得動作を行う共通動作群、および犬のみを対象として吠えるアニメーションのみで説得を行う吠えるだけ群の 3 条件とした。これらの条件は、エージェントのアニメーション再生内容および遷移構成を切り替えることで実現している。エージェントのオブジェクトを Inspector に設定した。

条件切り替えおよび説得行動の開始は、UDP 通信を介して行った。実験者側の制御アプリケーションから文字列形式の信号を送信し、MR アプリケーション側でこれを受信することで、動物種の切り替え、動作群の切り替え、表現する感情の切り替え、説得行動の開始、およびエージェントの初期位置へのリセットを行う。画面の UI は図 5 に示されるように設定し、Inspector を設定した。

MR アプリケーション側では、受信した信号に応じて内部状態を更新し、対応する Animation Controller の状態を選択することで、適切な説得行動を再生する。また、説得行動の開始時には、エージェントが被験者の近くに配置されるよう初期位置を調整し、条件間で提示位置が大きく変化しないようにした。

3.5 実装環境と使用ソフトウェア

本研究で使用したソフトウェアおよび開発環境を以下に示す。本実験では、実験者側の制御アプリケーションと、被験者が体験する MR アプリケーションの双方を Unity 環境で構築した。

実験者側制御アプリケーション

- Unity Hub 3.2.0 (プロジェクト管理)
- Unity 2021.3.45f1 (開発環境)

MR アプリケーション (Meta Quest 3)

- Unity Hub 3.13.0 (プロジェクト管理)
- Unity 2022.3.62f1 (開発環境)
- Meta XR All-in-One SDK 78.0.0 (パススルー表示および MR 機能の実装)

3D モデルおよびアニメーション制作

- Blender 4.2.2 LTS (モデル・アニメーション制作)
- Rigify Zoo ver. 0.4.8 (リギングおよび一部アニメーション生成)

4. 実験方法

本章では、四足歩行型バーチャルエージェントの説得行動がユーザの認知および行動に与える影響を検証するために実施した実験方法について述べる。本研究では、複数の動物種および提示条件を比較する実験デザインを採用し、意図伝達、感情的反応、行動意思、実際の行動などの指標を用いて説得効果を評価した。以下では、参加者、実験環境、課題内容、評価指標、および分析方法について順に説明する。

4.1 目的と仮説

本実験の目的は、四足歩行型バーチャルエージェントを用いた習慣改善支援において、動物種および説得動作の違いが説得効果に与える影響を検証することである。特に、犬以外の動物種においても感情表現を伴う説得行動が有効であるか、および動物種に固有の動作を用いた説得が、動物種に依存しない共通動作による説得よりも高い効果を示すかに着目した。

本研究では、Meta Quest 3 を用いた MR 環境下で、被験者が四足歩行型バーチャルエージェントによる説得行動を体験する実験を実施した。バーチャルエージェントは犬、猫、馬の3種類とし、動作条件の違いによる説得効果を比較するため、被験者内デザインを採用した。

本実験で検証する仮説は、以下の2点である。

仮説 1：四足歩行型バーチャルエージェントにおいて、感情表現を伴う説得行動は、犬以外の動物種においても意図伝達および行動変容を促進する。

仮説 2：四足歩行型バーチャルエージェントにおいて、動物種固有の動作を用いた説得は、動物種に依存しない共通動作を用いた説得よりも高い説得効果を示す。

これらの仮説を検証するため、本研究では、動物種ごとに固有の説得動作を行う条件（固有動作群）、全動物で共通の説得動作を行う条件（共通動作群）、および犬のみを対象として吠えるアニメーションのみで説得を行う条件（吠えるだけ群）を設定した。吠えるだけ群は、複雑な動作や感情表現を最小限に抑えた統制条件として位置づけ、一連の説得行動と感情表現が説得効果に与える影響を明確にすることを目的としている。

4.2 実験デザイン

本実験では、被験者が複数の条件を体験する被験者内実験を採用した。すべての被験者が、異なる動作条件および動物種による説得行動を体験し、それらに対する評価を Google Form にてアンケートによ

り行った。

実験では、バーチャルエージェントの動作条件として、以下の3条件を設定した。

1 つ目は、動物種ごとに固有の説得動作を行う条件（固有動作群）である。

2 つ目は、動物種に関わらず共通の説得動作を行う条件（共通動作群）である。

3 つ目は、犬のみを対象とし、吠えるアニメーションのみで説得を行う条件（吠えるだけ群）である。吠えるだけ群は、その他の群で行われる説得動作や感情表現を含まない条件として設定した。

バーチャルエージェントの動物種は、犬、猫、馬の3種類とした。ただし、吠えるだけ群については犬のみを対象とした。各動作条件において、被験者は対応する動物による説得行動を体験した。

本実験の被験者は、大学に在籍する学部生および大学院生とし、合計 16 名が参加した。被験者には実験内容を事前に説明し、書面による同意を得た上で実験を実施した。被験者には参加者 ID (P01, P02, …) を割り当て、個人が特定されない形でデータを管理した。謝金は大学の規定に従って支払った。

説得行動の内容として、スマートフォンの使用防止、餌やり、ゴミ捨での3種類を設定した。スマートフォンの使用防止は、すべての条件において最初に提示した。残りの2つの説得行動については、提示順による影響を抑えるため順序を入れ替えた。

実験中の順序効果を考慮し、動作条件の提示順、動物の提示順、および説得行動の提示順についてカウンターバランスを行った。これらの割り当ては、事前に作成した割当表に基づき、順番に割り当てた被験者 ID ごとに決定した。

本実験により、動作条件および動物種の違いが、バーチャルエージェントによる説得効果にどのような影響を与えるかを比較可能な形で検証した。

4.3 刺激設計：説得行動の構成要素

本研究では、先行研究において提案された説得動作の設計手法を参考とし、行動を喚起するための説得行動を「呼びかけ」「誘導」「ポインティング」の3つの要素に分解して構成している。「呼びかけ」は、ユーザの注意をエージェントに向けさせることを目的とした動作である。「誘導」は、ユーザを特定の位置へと導くための動作である。「ポインティング」は、特定の対象物に注意に向けさせることを目的とした動作である。各課題において用いられた説得動作の構成を表 1~3 に示す。

4.4 実験手続き

実験は、大学内の防音室において実施した。実験

開始前に、被験者に対して実験の概要を説明し、インフォームドコンセントを取得した。その後、被験者に参加者 ID (P01, P02, …) を割り当て、個人が特定されない形で実験を進行した。

実験では、被験者に Meta Quest 3 を装着させ、MR 環境下でバーチャルエージェントによる説得行動を体験させた。被験者には、本実験が行動支援を目的とした説得エージェントの体験であることを説明した。また、バーチャルエージェントには名前が付けられており、犬は「タロウ」、猫は「タマ」、馬は「クッキー」として提示された。

各条件において、説得行動が開始されるまではその場に留まるよう教示した。説得行動終了後は、被験者が自由に行動できるものとし、室内の物品に触れることも許可した。

実験は、動作群および動物種の組み合わせごとに実施した。説得行動は、スマートフォンの使用防止、餌やり、ゴミ捨ての 3 種類とした。スマートフォンの使用防止は常に最初に提示し、残りの 2 種類については順序の影響を抑えるため、条件ごとに提示順を入れ替えた。

各動物による説得行動が終了した後、被験者是对応するアンケートに回答した。アンケートでは、現在体験した条件を U, C, B (固有動作群, 共通動作群, 吠えるだけ群) の記号で入力させたが、各記号の意味については被験者に明示しなかった。

すべての条件における体験およびアンケート回答が終了した時点で、実験を終了とした。実験全体の所要時間は、説明およびアンケート回答を含めて約 1 時間であった。

4.5 測定指標と質問紙

本実験では、バーチャルエージェントによる説得行動に対する被験者の評価を把握するため、アンケートを実施した。アンケートは Google Form を用いて作成し、各条件の体験後に被験者が回答した。アンケートの設問数は各組合せの条件ごとに 26 問であり、回答形式には 7 段階評価、Yes/No、選択式、および自由記述を含めた。評価指標ごとに分類した質問項目を表に示す。なお、各課題に関する質問は、ゴミ捨て、餌やり、スマートフォン使用停止の 3 つの課題それぞれについて同様に行われた。表 4 では犬についての質問を示しているが、他の動物においても同様の内容である。

表 1 ゴミ捨てを促す動作の構成

動作順	動作内容	動作の分類
1	ユーザのほうを見る	呼びかけ
2	鳴く	呼びかけ
3	ゴミがある地点に向う	誘導
4	ユーザのほうを振り返る	呼びかけ
5	ゴミがある地点に向う	誘導
6	ゴミを見る	ポインティング
7	ゴミ箱を見る	ポインティング
8	ゴミを見る	ポインティング
9	ユーザのほうを見る	呼びかけ
10	鳴く	呼びかけ

表 2 餌やりを促す動作の構成

動作順	動作内容	動作の分類
1	ユーザのほうを見る	呼びかけ
2	鳴く	呼びかけ
3	餌皿がある地点に向かう	誘導
4	ユーザのほうを振り返る	呼びかけ
5	餌皿がある地点に向かう	誘導
6	餌皿を見る	ポインティング
7	餌を見る	ポインティング
8	餌皿を見る	ポインティング
9	ユーザのほうを見る	呼びかけ
10	鳴く	呼びかけ

表 3 スマートフォン使用停止を促す動作の構成

動作順	動作内容	動作の分類
1	ユーザのほうを見る	呼びかけ
2	鳴く	呼びかけ

4.1 実験環境

実験は、大学内の防音室において実施した。実験は室内環境で行い、被験者が安全に MR 体験を行えるスペースを確保した。実験時の配置を図 6 に示す。なお、バーチャルエージェントの初期位置については VA と表記している。

被験者には、Meta Quest 3 を装着させ、Unity で開発した自作の MR アプリケーションを使用して実験を行った。動作条件および動物種の切り替え、説得行動の開始、ならびにエージェントの初期位置へのリセットは、防音室隣のメディアラボから実験者用のノートパソコンから遠隔操作した。この操作は UDP 通信を用いて行った。

表 4 評価指標ごとに分類した質問項目

評価指標	質問項目の内容 ([]内は各課題に対応)	回答形式
親しみ	あなたは普段、犬にどの程度親しみを感じますか？	7段階評価
意図伝達	実験中、犬はあなたに対して[ゴミ捨て/餌やり/スマホ停止]をしてほしそうにしましたか？	はい / いいえ
反発心	犬が[行動]を促すことに対して反発心をどの程度感じましたか？	7段階評価
不快感	犬が[行動]を促すことに対して不快感をどの程度感じましたか？	7段階評価
感情の推定	犬が[行動]を促すとき、犬はどのような感情でしたか？	選択式
行動意思	実験中、あなたは[行動]をしたと思いますか？	はい / いいえ
実際の行動	実験中、あなたは実際に[行動]をしましたか？	はい / いいえ
行動理由	(「はい」と回答した方のみ) あなたはなぜ、その行動をとりましたか？	自由記述
改善点	犬の動作や感情表現によって、[行動]をしやすくさせるためにはどのようにしたらよいと思いますか？	自由記述
一緒にいたい	どの程度犬と一緒にいたいと感じましたか？	7段階評価

被験者には、Meta Quest 3 を装着させ、Unity で開発した自作の MR アプリケーションを使用して実験を行った。動作条件および動物種の切り替え、説得行動の開始、ならびにエージェントの初期位置へのリセットは、防音室隣のメディアラボから実験者用のノートパソコンから遠隔操作した。この操作は UDP 通信を用いて行った。ゴミ、ゴミ箱、餌などの道具は、各条件が終わったのち、被験者がアンケートに答えている間に実験者が初期位置に戻した。同様に、Meta Quest 3 の被り直しによる初期位置のずれは、実験者がその都度修正した。

実験中の被験者の行動は、研究用途に限り記録する目的で、スマートフォンと三脚を用いて録画した。取得した映像およびデータは匿名化し、個人が特定されない形で管理した。

5. 結果

本章では、四足歩行型バーチャルエージェントの説得表現が、被験者の評価および行動に与える影響について分析した結果を示す。本研究では、親しみ、意図伝達、反発心、不快感、行動しようとした意思、実際の行動、一緒にいたいと感じた度合いの 7 指標を用いて検討を行った。

条件は、動物種 (犬, 猫, 馬) および説得動作の種類 (固有動作, 共通動作, 吠えるだけ) を組み合わせた 7 条件で構成されており、図表中では簡潔さのため、「犬・固有動作群」を「U-犬」, 「犬・共通動作群」を「C-犬」, 「犬・吠えるだけ群」を「B-犬」などというように表記する。また、表 5.1 に結果の総括を示す。以降では、各指標について詳細な分析結果を順に述べる。

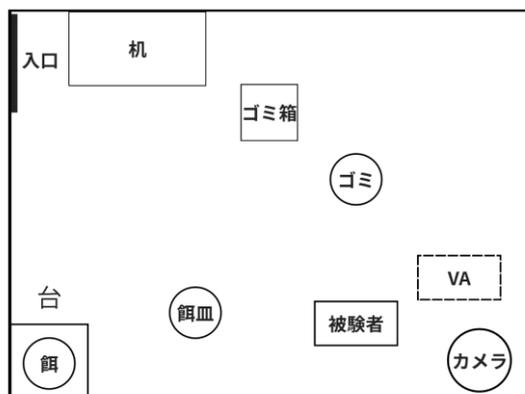


図 6 実験時の実験室における配置

5.1 吠えるのみ条件との比較による説得行動の有効性

動の有効性

本節では、感情表現および説得行動を伴う提示が、吠え声のみを提示する条件と比較して説得効果に影響を与えるかを検討する。この比較は、感情表現を伴う説得行動の有効性に関する仮説 1 の検証に関連する。

意図伝達

意図伝達の結果では、ゴミ捨ておよび餌やり課題において、条件間に有意差が認められ (いずれも $p < .001$)、多重比較の結果、吠えるのみ条件の意図伝達率は他のすべての条件と比較して有意に低かった (補正後 $p < .01$)。一方、スマートフォン使用停止

課題では条件間に有意差は認められなかった ($p = .239$).

これらの結果は、吠え声のみの提示では意図の伝達が困難であり、感情表現や誘導行動を伴う提示が意図理解を促進する可能性を示している。

行動意思

行動意思の割合を分析した結果、ゴミ捨て課題では、全体検定において条件間に有意差が認められたが ($p = .039$), 多重比較の結果、特定の条件間に有意差は確認されなかった。餌やり課題では条件間に有意差が認められ ($p < .01$), 吠えるのみ条件は犬の固有動作群および共通動作群と比較して行動意思が有意に低かった (補正後 $p < .05$)。スマートフォン使用停止課題では、条件間に有意差は認められなかった ($p = .456$)。

また、行動意思の全体的な傾向として、吠えるのみ条件では行動意思が概して低く、約 20–30%程度にとどまったのに対し、感情表現や説得動作を伴う条件では約 50–80%の範囲に分布していた。

実際の行動

実際の行動率を分析した結果、ゴミ捨て課題では、全体検定において条件間に有意差が認められたが ($p = .046$), 多重比較では特定の条件間に有意差は確認されなかった。

餌やり課題では条件間に有意差が認められ ($p < .01$), 吠えるのみ条件は他のすべての条件と比較して実際の行動率が有意に低かった (補正後 $p < .05$)。

スマートフォン使用停止課題では、条件間に有意差は認められなかった ($p = .466$)。

小括

以上の結果から、単なる音声的刺激のみでは十分な説得効果が得られず、感情表現や誘導行動を組み合わせた提示が、意図の伝達および行動変容の促進に寄与する可能性が示された。また、特に餌やり課題においてその効果が顕著であったことから、課題の性質によって説得効果に変化する可能性も示唆される。

5.2 動物種固有動作の影響

本節では、動物種固有の動作を用いた説得 (固有動作群) が、動物種に依存しない共通動作を用いた説得 (共通動作群) よりも高い説得効果を示すかを検討する。本比較は仮説 2 の検証に対応する。なお、本節では吠えるのみ条件を除き、固有動作群と共通動作群の差に焦点を当てる。

親しみ

反復測定一元配置分散分析の結果、条件間に有意

差が認められた ($F(6, 90) = 9.25, p < .001$)。

しかし、同一の動物種内における固有動作群と共通動作群の間には有意な差は認められなかった。

以上より、親しみの評価に関しては、動物種固有動作の導入による明確な向上は確認されなかった。

意図伝達

固有動作群と共通動作群を比較すると、ゴミ捨ておよび餌やり課題ではいずれの動物種においても高い意図伝達を示されており、固有動作群が一貫して上回る傾向は確認されなかった。スマートフォン使用停止課題では条件間に有意差が認められず ($p = .239$), 固有動作群と共通動作群の優位性を支持する結果は得られなかった。

反発心および不快感

反発心および不快感については、いずれの課題においても条件間に有意な差は認められなかった

(反発心: ゴミ捨て $p = .846$, 餌やり $p = .883$, スマートフォン使用停止 $p = .356$;

不快感: ゴミ捨て $p = .454$, 餌やり $p = .375$, スマートフォン使用停止 $p = .171$)。

したがって、動物種固有動作の導入が心理的負担を低減または増加させる影響は確認されなかった。

行動意思および実際の行動

行動意思および実際の行動について、固有動作群と共通動作群の比較では、固有動作群が一貫して高い説得効果を示す傾向は確認されなかった。

ゴミ捨ておよび餌やり課題では全体検定で有意差が認められた項目があったものの、多重比較において固有動作群と共通動作群の間に有意差が確認される場面は見られなかった。

また、スマートフォン使用停止課題では、行動意思 ($p = .456$) および実際の行動 ($p = .466$) とともに条件間差は認められなかった。

小括

以上より、本研究の範囲では、動物種固有動作を用いた説得が共通動作を用いた説得よりも高い説得効果を示すという仮説 2 を支持する結果は得られなかった。すなわち、説得効果の差は動物種固有性そのものよりも、説得意図が理解されるような行動構造や感情表現の提示の有無によって説明される可能性がある。

5.3 説得に伴う心理的負担の評価

本節では、バーチャルエージェントによる説得行動が被験者に心理的負担を与えるかを検討するため、反発心および不快感の評価結果を分析した。これらの指標は 7 段階評価の質問項目により測定し、「ゴミ

捨て」「餌やり」「スマートフォン使用停止」の各課題について、条件および動物種ごとに平均値および標準偏差を算出した。また、条件間の差を検討するため、反復測定一元配置分散分析を行った。

反発心

反発心については、いずれの課題においても条件間に有意な差は認められなかった（ゴミ捨て： $F(6, 90)=0.45$, $p=.846$ ；餌やり： $F(6, 90)=0.39$, $p=.883$ ；スマートフォン使用停止： $F(6, 90)=1.12$, $p=.356$ ）。平均値はいずれの条件においても概ね2点前半に収まっており、説得提示が強い反発を引き起こしていないことが示された。

不快感

不快感についても、同様に条件間に有意な差は認められなかった（ゴミ捨て： $F(6, 90)=0.96$, $p=.454$ ；餌やり： $F(6, 90)=1.09$, $p=.375$ ；スマートフォン使用停止： $F(6, 90)=1.55$, $p=.171$ ）。平均値は概ね2点前後であり、いずれの条件においても高い不快感は報告されなかった。

小括

以上の結果から、感情表現や誘導行動を伴う説得提示は、被験者に過度な反発心や不快感を与えるものではないことが示された。このことは、本研究で用いた説得表現が心理的負担を増加させることなく行動変容を促し得る可能性を示唆している。

5.4 親しみと行動の関連

本節では、動物種および条件ごとに、被験者が各動物に対して感じた親しみの度合いと、説得提示後に実際の行動を行ったかどうかの関連性について分析した結果を示す。本分析は仮説で想定していなかった要因として、説得効果の心理的基盤を探索的に検討することを目的とする。

実際の行動の有無（0：行動なし，1：行動あり）を従属変数、親しみ評価を独立変数としたロジスティック回帰分析を、各動物種・条件ごとに実施した。

分析の結果、犬（動作あり）条件では、親しみ評価は実際の行動の有無に対して有意な影響を示さなかった（ $OR=1.10$, $p=.482$ ）。

一方、猫（動作あり）条件では、親しみ評価は実際の行動の有無に対して有意な正の影響を示した（ $OR=1.66$, $p=.001$ ）。

同様に、馬（動作あり）条件においても、親しみ評価は実際の行動の有無に対して有意な正の影響を示した（ $OR=1.91$, $p<.001$ ）。

さらに、犬（吠えるのみ）条件においても、親しみ評価は実際の行動の有無に対して有意な正の影響

を示した（ $OR=1.64$, $p=.038$ ）。

これらの結果から、親しみ評価が高いほど行動が生起する確率が上昇する傾向が確認された。特に猫および馬の条件では、親しみが行動の重要な予測因子となる可能性が示された。

以上の結果は、説得効果が動物種固有の動作そのものよりも、被験者がエージェントに対して抱く親しみによって説明される可能性を示唆している。この知見は、四足歩行型バーチャルエージェントの説得行動の設計において、親しみを高める要素の重要性を示すものである。

5.5 補足的評価：エージェント受容性

本節では、提示されたバーチャルエージェントに対して、被験者がどの程度「一緒にいたい」と感じたかを、エージェント受容性の指標として分析した。本項目は7段階評価により測定し、条件および動物種ごとに平均値および標準偏差を算出した。また、条件間の差を検討するため、反復測定一元配置分散分析を行った。

分析の結果、条件間に有意な差は認められなかった（ $F(6, 90)=1.78$, $p=.112$ ）。平均値は概ね3.4~4.7の範囲に分布しており、いずれの条件においても極端に低い評価は見られなかった。

以上の結果から、説得表現の違いがエージェントの受容性に大きな影響を与えるとは言えないものの、本研究で用いた四足歩行型バーチャルエージェントは、全体として一定の受容性を有していたと考えられる。

5.6 自由記述による行動要因の分析

本節では、自由記述回答を整理し、行動が生起した要因および改善点の傾向を分析する。自由記述は各課題に対する「行動をとった理由」と「行動を促すための改善点」に関する設問から構成され、表 5.2 および表 5.3 にカテゴリ別の集計結果を示す。

行動が生起した理由

自由記述の分析から、すべての課題に共通して、エージェントが示した感情表現が行動の主要な動機となっていたことが確認された。例えば、「悲しそうにしていたから」「嫌そうにしていたから」「おなかをすかせているように感じた」といった回答が多くみられ、被験者がエージェントの感情状態を推測し、それに応答する形で行動を選択していたことが示唆された。

また、「ゴミ箱とゴミを交互に見ていた」「エサ入れと餌を交互に見ていた」など、視線や動作による注意喚起に言及する回答も複数確認され、視線誘導

が行動の理解および実行を支援していた可能性が示された。

スマートフォン使用停止課題では、「かまってもらえなくて寂しそだった」といった社会的感情の推測に基づく回答や、「鳴き声が気になった」といった音声表現に関する言及もみられ、感情表現と音声刺激が行動変容に寄与していることが示唆された。

改善点に関する指摘

改善点としては、動物種に関する前提知識の不足や意図の理解の難しさに関する指摘がみられ、特に馬条件において「意図が読み取りにくい」とする意見が確認された。また、「行動後に反応があるとよい」「食べてくれる様子が分かるとよい」といった、行動に対するフィードバックの必要性を指摘する回答が多くみられた。

さらに、「画面の前に立つ」「より近距離でアプローチする」といった物理的・空間的介入を求める意見や、「別のタスクに注意を向けさせる」といった複合的な介入を提案する記述も確認され、説得行動の効果を高めるための設計要素が示唆された。

小括

これらの結果は、感情表現、視線誘導、および行動後のフィードバックが、バーチャルエージェントによる説得行動の理解と行動変容の促進において重要な役割を果たす可能性を示している。

5.7 本章のまとめ

本章では、四足歩行型バーチャルエージェントの説得表現が、被験者の意図理解、行動意思、実際の行動、および心理的評価に与える影響について分析した。

まず、吠え声のみを提示する条件は、他の条件と比較して意図伝達、行動意思、および実際の行動のいずれにおいても低い傾向を示し、一部の比較では有意差が確認された。この結果は、単なる音声的刺激のみでは十分な説得効果が得られず、感情表現や誘導行動を伴う提示が説得の成立に重要であることを示している。これにより、感情表現を伴う説得行動の有効性に関する仮説1は部分的に支持された。

次に、動物種固有動作と共通動作を比較した結果、親しみ、意図伝達、行動意思、実際の行動のいずれにおいても、固有動作が一貫して優位となる傾向は確認されなかった。このことから、動物種固有の動作が共通動作よりも高い説得効果を示すとする仮説2は支持されなかった。

また、反発心および不快感については、いずれの条件間においても有意な差は認められず、説得行動

の提示が心理的負担を増加させることは確認されなかった。この結果は、本手法が倫理的および実用的観点から受容可能である可能性を示している。

さらに、親しみと実際の行動との関連を分析した結果、猫および馬の条件、ならびに犬の吠えるのみ条件において、親しみ評価が高いほど行動が生起する確率が高まる傾向が確認された。この結果は、説得効果が動物種固有の動作そのものよりも、被験者がエージェントに対して抱く親しみによって説明される可能性を示唆している。

以上より、四足歩行型バーチャルエージェントによる説得においては、動物種固有性よりも、感情表現を伴う行動提示と、ユーザが感じる親しみが重要な要因である可能性が示された。本知見は、説得的エージェントの設計において、親しみを高める表現や行動の構成が重要であることを示すものである。

6. 考察

本章では、第5章で示した実験結果に基づき、四足歩行型バーチャルエージェントの説得行動に関する以下の2つの仮説について考察を行う。

仮説1：四足歩行型バーチャルエージェントにおいて、感情表現や説得動作の有無は、犬以外の動物種においても説得効果に影響を与える。

仮説2：四足歩行型バーチャルエージェントにおいて、動物種に固有の動作を用いた説得は、共通動作を用いた説得よりも高い説得効果を示す。

分析の結果、仮説1については、意図伝達の観点では強く支持された一方で、行動意思および実際の行動変容に関しては課題によって効果が異なり、部分的な支持にとどまった。一方、仮説2については、いずれの指標においても固有動作と共通動作の間に一貫した差は認められず、支持されなかった。また、反発心および不快感に関しては条件間差が認められず、全体として低い水準にとどまったことから、本研究で用いた説得表現は心理的負担を増加させない可能性が示唆された。さらに、親しみと実際の行動との関連分析から、動物種および条件によっては、親しみが行動を予測する要因となる可能性が示された。

以下では、これらの結果について、指標ごとの解釈を行い、自由記述の傾向も踏まえてその要因を考察する。加えて、本研究の目的の1つである、説得動作の標準化可能性についても検討する。本研究の結果は、Persuasive Technologyにおける「コンピュータの社会的アクターとしての役割」という理論的枠組み [11] を支持するものである。すなわち、被験者は四足歩行型バーチャルエージェントを単なる視覚

的刺激としてではなく、意図や感情を持つ存在として解釈し、その非言語的行動に基づいて行動を変容させた可能性が示唆される。

特に、本研究では動物種が異なる場合であっても、共通の非言語的行動や感情表現が説得効果を生じさせることが確認された。この結果は、説得効果の本質が動物種固有の印象ではなく、注意喚起、誘導、ポインティングといった行動設計要素にある可能性を示している。

6.1 意図伝達に関する考察

本節では、バーチャルエージェントの説得行動に対して、被験者がその意図を感じ取れたかどうかについて考察する。本研究では、「ゴミ捨て」「餌やり」「スマートフォン使用停止」の各課題における意図伝達率を分析した。

吠えるのみ条件との比較では明確な傾向がみられた。ゴミ捨ておよび餌やりにおいて、固有動作群および共通動作群はいずれも吠えるのみ条件と比較して有意に高い意図伝達率を示した。吠えるのみ条件は鳴き声のみで説得動作や感情表現を伴わない条件であることから、意図伝達には鳴き声単独ではなく、視線誘導や対象物付近での行動といった説得動作、および感情表現が重要な役割を果たしていると考えられる。自由記述においても、「対象物を交互に見ていた」「悲しそうにしていた」といった記述が多くみられ、これらの手がかりが意図理解を支えていた可能性が示唆される。

固有動作群と共通動作群の比較では、いずれの動物種および課題においても有意な差は認められなかった。この結果は、意図伝達という観点においては、動物種固有の動作を用いることが必ずしも理解の向上につながるわけではなく、ユーザが動作からどのような意図を読み取れるかがより重要であることを示唆している。

スマートフォン使用停止課題では、全体として意図伝達率が低く、条件間の有意差も認められなかった。この結果は、スマートフォン使用停止を促す行動の設計差が他の課題と比べて小さかったこと、あるいは被験者が期待するアプローチが異なっていたことが要因として考えられる。自由記述では、「遊んでほしいにする」など社会的関係性を想起させる表現が期待されており、課題の性質に応じた説得表現の調整の必要性が示唆される。

以上より、意図伝達の観点では、感情表現や説得動作を伴う提示が有効であり、仮説1は支持された。一方で、動作が動物種固有であるかどうかは決定的な要因とはならず、仮説2は支持されなかった。こ

のことは、説得効果が特定の動物種に固有の社会的意味に依存するのではなく、感情表現による共感喚起や注意誘導といった一般的な心理メカニズムに基づいて生起する可能性を示唆している。

6.2 行動意思と実際行動に関する考察

本節では、説得提示が被験者の行動意思および実際の行動に与えた影響について考察する。

行動意思および実際の行動のいずれにおいても、吠えるのみ条件は他の条件と比較して低い傾向が一貫してみられ、特に餌やり課題では有意差が確認された。この結果は、感情表現や説得動作を伴わない提示では、被験者の行動意思が十分に喚起されず、実際の行動へと結びつきにくい可能性を示している。自由記述においても、行動理由の多くが「悲しそうだった」「寂しそうだった」といった感情表現に基づいており、共感や配慮といった社会的感情が行動の動機となっていた可能性が示唆される。

一方で、ゴミ捨て課題では同様の傾向がみられたものの、多重比較では有意差に至らなかった。この結果は、課題の性質や行動の容易さが影響した可能性がある。餌やりはエージェントの状態を理解したうえで行動を選択する必要があるのに対し、ゴミ捨ては環境整備という一般的行動であり、説得の影響が相対的に小さくなった可能性が考えられる。

スマートフォン使用停止課題では条件間差が小さく、行動意思および実際の行動において有意差は認められなかった。この結果は、エージェントがユーザに働きかけること自体が注意の再配分を促し、提示内容にかかわらず行動が生起した可能性を示唆している。

固有動作群と共通動作群の比較では、いずれの課題においても有意な差は認められなかった。この結果は、行動変容の観点においても、動物種固有の動作の再現そのものが説得効果を高める決定的要因ではなく、感情表現や態度といった社会的手がかりが重要であることを示唆している。

以上より、行動意思および実際の行動の観点では、仮説1は課題によって効果が異なるため部分的に支持された一方で、仮説2は支持されなかった。この結果は、説得効果が単純に動物種のリアリズムや適合性に依存するのではなく、行動の分かりやすさや意図伝達の明確性といった設計要因によって左右される可能性を示唆している。

6.3 心理的負担に関する考察

反発心および不快感に関しては、いずれの課題においても条件間に有意な差は認められず、平均値はい

ずれも低い水準にとどまった。この結果は、感情表現や説得動作の違いが、被験者の否定的感情を強める要因とはならなかったことを示している。

また、動物種固有の動作と共通動作の間にも差は認められず、動作の種特異性が心理的負担に影響するとは言えなかった。このことから、四足歩行型の動物エージェントという表現形態自体が、被験者に親和的な印象を与え、説得行動に対する反発や不快感を抑制した可能性が示唆される。

以上の結果は、四足歩行型バーチャルエージェントを用いた説得が、心理的負担を増加させることなく行動変容を促し得る可能性を示している。

6.4 親しみと行動の関連

親しみと実際の行動との関連分析の結果、猫および馬の動作あり条件、ならびに犬の吠えるのみ条件において、親しみが実際の行動に有意な正の影響を示した。この結果は、親しみが行動変容に与える影響が動物種や提示条件によって異なることを示している。

猫および馬の条件において親しみが有意に影響していたことから、これらの動物に対して高い親しみを抱く被験者ほど、説得提示後に実際の行動へと移行しやすかったと考えられる。犬と比較すると、猫や馬は日常的な接触機会や社会的共有経験が相対的に少ない可能性があり、そのため個人の事前の親和性が説得効果の発現に強く関与した可能性がある。

一方で、犬の動作あり条件では親しみの影響は有意ではなかった。これは、犬が一般に高い社会的親和性をもつ動物として認識されており、個人差にかかわらず説得動作そのものが行動を促進した可能性、あるいは天井効果が生じていた可能性が考えられる。

犬の吠えるのみ条件において親しみが有意に影響していたことは、説得手がかりが限定的な状況では、被験者がもともと抱いている好意的評価が行動の決定要因として相対的に大きく作用することを示唆している。

以上より、本研究においては、親しみは全体として行動変容に正の影響を与える傾向を示したものの、その影響の大きさは動物種および提示条件によって異なることが明らかとなった。この結果は、説得効果が提示された動作や感情表現のみならず、被験者が当該エージェントに対して事前に抱いている印象や親和性によっても媒介される可能性を示している。

6.5 自由記述が示す設計示唆

自由記述の分析から、行動が生起した主な理由とし

て、エージェントが示した感情表現が重要な役割を果たしていたことが確認された。「悲しそうにしていた」「寂しそうだった」「おなかをすかせているように感じた」といった記述は、被験者がエージェントの感情状態を推測し、それに応答する形で行動を選択していたことを示唆している。

また、「対象物とユーザを交互に見ていた」など、視線や動作による注意喚起に言及する記述も多く確認され、視線誘導が意図理解と行動の実行を支援していた可能性が示された。

改善点としては、行動後のフィードバックの必要性が多く指摘された。「食べてくれる様子が分かるとよい」「行動後に反応があるとよい」といった意見は、行動の意味づけと達成感の共有が、行動変容の持続性に寄与する可能性を示唆している。

さらに、馬条件における意図理解の難しさに関する指摘や、スマートフォン使用停止課題における社会的関係性を想起させるアプローチへの期待など、動物種の社会的イメージや課題の性質に応じた表現設計の重要性も示唆された。

これらの結果は、感情表現、視線誘導、行動後のフィードバックといった要素が、説得行動の理解および行動変容の促進において重要な設計要素となる可能性を示している。

6.6 標準化の可能性について

本研究の結果は、四足歩行型バーチャルエージェントにおける説得行動の標準化可能性を示唆している。固有動作群と共通動作群の間に一貫した差が認められなかったこと、ならびに吠えるのみ条件が少なくとも一部の課題において有意に低い説得効果を示したことから、説得効果は「その動物らしい動作」を忠実に再現することよりも、感情表現や視線誘導をはじめとする説得意図に直接関与する手がかりに依存している可能性が高い。

6.6.1 標準化を支持する根拠

本研究が示す標準化の単位は、動物種固有の運動様式そのものではなく、ユーザが意図や感情を読み取る際に参照する機能要素である。具体的には、悲しみや寂しさ、困りといった感情状態の表出、ユーザや対象物への注視、対象物とユーザの間で視線を往復させる注意喚起、および説得対象の近傍での誘導行動などが挙げられる。自由記述においても、「悲しそうにしていた」「寂しそうだった」といった感情表現への言及や、「対象物を交互に見ていた」といった視線誘導に基づく理解が多く確認されており、これ

らの機能要素が説得の理解と行動変容を支える主要因である可能性が示唆される。

6.6.2 標準化を支持する根拠

一方で、感情表現の解釈には、受け手の個人差や動物種に対する事前知識の違いが影響する可能性がある。例えば、犬の鳴き声や行動様式には比較的共有された理解が存在し、感情を伝達しやすいと考えられる一方で、馬のように「悲しみ」や「困り」を示す鳴き声や動作に関する社会的共有経験が乏しい動物種では、感情表現の解釈にばらつきが生じやすい。実際に自由記述では、特に馬条件において「前提知識がなく、意図が読み取りにくかった」とする意見が確認されている。

この課題に対しては、感情を直接的に示すアイコンや視覚的な補助表現、説得対象の強調表示などを併用し、多重の手がかりによって解釈のばらつきを抑制することが有効であると考えられる。すなわち、動物種に依存しない標準化を目指す際には、単一モダリティに依存せず、意図伝達に直結する要素を冗長化して提示する設計が重要となる。

6.6.3 標準化を支持する根拠

以上を踏まえると、説得行動の標準化は、手がかりの組み合わせを段階化することで整理できる。まず、鳴き声のみの提示は意図伝達や行動変容を十分に支えない可能性がある。次に、感情表現と視線誘導を組み合わせることで意図理解の基盤を形成し、さらに誘導動作や対象物近傍での行動を加えることで行動意思の喚起を支援できる可能性がある。加えて、自由記述で多く指摘されたように、行動後のフィードバックを設けることは、行動の意味づけと継続的な行動変容の促進に寄与すると考えられる。

このように、動物種固有の運動様式の再現に依存せずとも、意図伝達に直接関与する機能要素を設計単位として整理し、補助表現を併用しながら段階的に構成することで、動物種に依存しない説得行動の標準化が可能であると考えられる。

6.6.4 標準化を支持する根拠

本研究の結果は、四足歩行型バーチャルエージェントにおける説得行動の標準化可能性を支持する複数の根拠を示している。

第一に、固有動作群と共通動作群の間に一貫した有意差が認められなかった点が挙げられる。この結果は、説得効果が動物種固有の行動様式の再現ものに依存しているのではなく、ユーザが行動から読み取る感情や意図といった知覚の手がかりに依存

している可能性を示している。したがって、動物種ごとに異なる動作を忠実に再現する必要は必ずしもなく、共通の設計原則に基づく動作設計が可能であると考えられる。

第二に、吠えるのみ条件が意図伝達、行動意思、および実際の行動において低い傾向を示したことから、説得効果の発現には鳴き声単独では不十分であり、感情表現、視線誘導、対象物への注意喚起といった複数の説得手がかりが重要であることが示唆された。これらの手がかりは動物種に依存しない機能的要素として整理可能であり、標準化された設計要素として定義できる可能性がある。

第三に、反発心および不快感はいずれの条件においても低い水準にとどまり、条件間で有意差が認められなかった。この結果は、四足歩行型動物エージェントという表現形態自体が否定的感情を喚起しにくい特性を持つ可能性を示しており、標準化された説得行動を適用した場合でも、ユーザ体験を損なうリスクが低いことを示唆している。

第四に、親しみが実際の行動に正の影響を与える傾向が確認された。この結果は、説得効果がエージェントの動作のみならず、ユーザが抱く印象や関係性にも依存することを示している。しかし、感情表現の補助的な視覚表現やフィードバック設計を通じて親しみを形成・強化することは設計的に可能であり、標準化の障壁とはならないと考えられる。

以上の結果を総合すると、説得効果を支える主要因は動物種固有の動作ではなく、感情表現や注意誘導といった機能的要素であることが示唆される。このことは、四足歩行型バーチャルエージェントにおける説得行動を、動物種に依存しない設計原則に基づいて標準化できる可能性を支持するものである。本研究の知見は、四足歩行型バーチャルエージェントにおける説得行動が、動物種固有の表現に依存せずとも一定の効果を発揮し得ることを示しており、説得行動の設計原則を抽象化・標準化できる可能性を示唆する。これは、**Persuasive Technology** における再利用可能な行動設計パターンの構築という観点からも重要な示唆である。

6.7 限界と今後の課題

本研究にはいくつかの限界が存在する。第一に、参加者数が限られており、統計的検出力に制約があった可能性がある。特に、行動意思や実際の行動において有意差が限定的であった点は、サンプルサイズの影響を受けている可能性が考えられる。今後は参加者数を増やし、効果の再現性および一般化可能性を検証する必要がある。

第二に、本研究では対象とする動物種を犬、猫、馬の3種に限定した。これらは身体構造や社会的イメージが異なる代表的な四足歩行動物であるが、鳥類や抽象的キャラクター、人型以外のロボットなど、身体構造や知覚的特徴が大きく異なるエージェントにおいても同様の傾向がみられるかは明らかではない。今後は多様な形態のエージェントを対象とし、説得表現の一般性および標準化可能性をより広く検証する必要がある。

第三に、課題の性質が説得効果に影響を与えた可能性がある。スマートフォン使用停止課題では条件間差が小さく、エージェントの働きかけ自体が行動を促進した可能性が示唆された。今後は、行動のコストや社会的意味づけが異なる多様な課題を設定し、課題特性と説得効果の関係を体系的に検討することが求められる。

第四に、被験者の動物に対する事前知識や経験、文化的背景といった個人差が、感情表現の解釈や親しみの形成に影響を与えた可能性がある。特に馬条件において意図理解の難しさが指摘されたことから、動物種に関する社会的共有知識の有無が説得効果に関与する可能性が示唆される。今後は、参加者の経験や文化的背景を考慮した分析を行い、説得表現の受容に関わる個人差要因を明らかにする必要がある。

最後に、本研究は短期的な行動変容を対象としており、長期的な行動の維持や習慣化への影響は検証していない。説得エージェントの実用化に向けては、継続的な利用における効果や、ユーザとの関係性の変化を長期的に追跡する研究が必要である。

7. まとめ

本研究では、四足歩行型バーチャルエージェントによる説得行動において、感情表現を伴う提示が犬以外の動物種においても有効に機能するか、また動物種固有の動作が説得効果を高めるかを検討した。犬・猫・馬を対象に、固有動作群、共通動作群、および犬の吠えるのみ条件を比較し、意図伝達、行動意思、実際の行動、反発心、不快感、親しみ、受容性の指標を用いて評価を行った。

その結果、意図伝達および一部の行動指標において、吠えるのみ条件は他条件よりも低い値を示し、感情表現や視線誘導を伴う説得行動が説得意図の理解および行動変容に寄与することが示された。一方で、固有動作群と共通動作群の間には一貫した有意差は認められず、動物種固有の動作の再現が説得効果の決定要因ではない可能性が示唆された。また、反発心および不快感はいずれの条件でも低水準にとどまり、四足歩行型エージェントによる説得行動が

否定的感情を強く喚起しないことが確認された。

さらに、親しみが実際の行動に正の影響を与える条件が確認され、説得効果は提示された動作や感情表現のみならず、ユーザがエージェントに対して抱く印象や親和性にも依存する可能性が示された。

以上の結果から、四足歩行型バーチャルエージェントにおける説得効果は、動物種固有の動作よりも、感情表現や注意誘導といった機能的要素に基づいて成立する可能性が高いことが明らかとなった。本研究は、動物種に依存しない説得行動の設計指針および標準化の可能性を示す知見を提供するものである。

謝辞

本研究の遂行にあたり、実験にご協力いただいた参加者の皆さまに、心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Chidambaram, V., Bhiang, Y.-H., & Mutlu, B. (2012). Designing persuasive robots: How robots might persuade people using vocal and nonverbal cues. *Proceedings of the seventh annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 293–300. <https://doi.org/10.1145/2157689.2157798>
- [2] Friedman, B., Kahn, P. H., Jr., & Hagman, J. (2003). Hardware companions?: What online AIBO discussion forums reveal about the human-robotic relationship. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 273–280. <https://doi.org/10.1145/642611.642660>
- [3] Harada, R., & Sumi, K. (2024). Persuasive Technology Through Behavior and Emotion with Pet-Type Artifacts. In Baghaei, N., Ali, R., Win, K., & Oyibo, K. (Eds.), *Persuasive Technology. PERSUASIVE 2024. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 14636. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-58226-4_12
- [4] Johnson, Daniel (2006). Exploring mindlessness as an explanation for the media equation : why and when people will treat computers as social actors. PhD Thesis, School of Information Technology and Electrical Engineering, University of Queensland. <https://doi.org/10.14264/uql.2017.397>
- [5] Mutlu, B., Shiwa, T., Kanda, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. (2009). Footing in human-robot conversations: How robots might shape participant roles using gaze cues. *Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 61–68. <https://doi.org/10.1145/1514095.1514109>
- [6] Norouzi, N., Kim, K., Lee, M., Schubert, R., Erickson,

- A., Bailenson, J., Bruder, G., & Welch, G. (2019). Walking Your Virtual Dog: Analysis of Awareness and Proxemics with Simulated Support Animals in Augmented Reality. 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), pp. 1554–7868.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:204922001>
- [7] Norouzi, N. (2021). The Social and Behavioral Influences of Interactions with Virtual Dogs as Embodied Agents in Augmented and Virtual Reality. University of Central Florida STARS Electronic Theses and Dissertations.
<https://purl.library.ucf.edu/go/DP0026158>
- [8] Schwind, V., Leicht, K., Jäger, S., Wolf, K., & Henze, N. (2018). Is there an uncanny valley of virtual animals? A quantitative and qualitative investigation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 111, 49–61.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2017.11.003>.
- [9] Takayama, L., Dooley, D., & Ju, W. (2011). Expressing thought: Improving robot readability with animation principles. *Proceedings of the 6th International Conference on Human-Robot Interaction*, 69–76.
<https://doi.org/10.1145/1957656.1957674>
- [1 0] 中島 健太・新妻 実保子(2015)「Virtual-pet Assisted Activity におけるバーチャルペットと身体動作が心理的及び生理的効果に与える影響」『知能と情報(日本知能情報フエジィ学会誌)』 33(3), 678-685. https://doi.org/10.3156/jsoft.33.3_678
- [1 1] Fogg, B. J. (2003). *Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do*. Morgan Kaufmann.