

図書館情報メディア研究科修士論文

認知負荷の軽減を考慮した親しみやすい対話型
擬人化エージェントのデザインの検討
—インタラクション開始時の印象を中心に—

2019年3月

201821616

三枝 陽介

認知負荷の軽減を考慮した親しみやすい対話型
擬人化エージェントのデザインの検討
—インタラクション開始時の印象を中心に—

筑波大学

図書館情報メディア研究科

2019年3月

三枝 陽介

目次

第1章 序章	1
1.1 背景	1
1.2 対話型擬人化エージェントにおける問題点	1
1.2.1 エージェントのパーツデザインの定見について	1
1.2.2 エージェントによる声掛けについて	2
1.3 研究目的	3
1.4 関連研究	3
1.4.1 対話型擬人化エージェントの外見印象に関する研究	3
1.4.1.1 エージェントの擬人化による親しみやすさ	4
1.4.1.2 擬人化エージェントの親しみやすさと不気味の谷	4
1.4.1.3 擬人化度合いの印象差の検証	5
1.4.1.4 視線コミュニケーションエージェントの外見印象に関わる諸研究	5
1.4.2 対話型擬人化エージェントの動作・インタラクションに関する研究	6
1.4.2.1 アイコンタクトによるインタラクションの開始	6
1.4.2.2 場を形成するロボットデザインの提言	6
1.4.2.3 ユーザーの認知負荷を軽減する情報提供タイミング	7
1.5 本論文の構成	7
第2章 目の形状と配置による親しみやすさの評価	8
2.1 本研究における外見的親しみやすさ	8
2.1.1 認知負荷によるユーザーインタラクションへの影響	8
2.1.2 ユーザーの会話欲求	8
2.2 検証項目	9
2.3 モデル制作	9
2.3.1 認知科学的見地からの外見要素の検討	9
2.3.2 先行事例に基づいた必要パーツの選定	10
2.3.3 各パーツの形状	10
2.3.3.1 頭部	10
2.3.3.2 胴体	12
2.3.3.3 眼球	13
2.3.4 3DCD を用いたモデルの制作	14

2.3.4.1 外形モデリング	14
2.3.4.2 動作機構	16
2.3.4.3 待機アニメーション	17
2.4 印象比較実験	17
2.4.1 実験目的	17
2.4.2 実験対象者	18
2.4.3 実験用アプリケーションの制作	18
2.4.4 実験手順	19
2.4.5 実験結果	20
2.4.5.1 目パーツの親しみやすさ評価	20
2.4.5.2 モデル全体の印象に関する自由記述	21
2.4.6 考察	22

第3章 エージェントからのアプローチによる集中阻害の検証 24

3.1 本研究における動きの親しみやすさ	24
3.1.1 想定される環境・シナリオ	24
3.1.2 エージェントからのアプローチ	24
3.1.3 エージェントによる集中阻害	24
3.1.4 視覚的または聴覚的な集中阻害	24
3.2 検証項目	25
3.3 比較実験	25
3.3.1 実験目的	25
3.3.2 実験対象者	26
3.3.3 実験用アプリケーションの制作	26
3.3.4 実験手順	27
3.3.5 実験結果	28
3.3.5.1 エージェントのアプローチによる集中阻害の有無	28
3.3.5.2 アプローチ方法の違いによる集中阻害度の差異	31
3.3.5.3 アプローチ方法の違いによる集中阻害の印象の差異	32
3.3.5.4 エージェントによる集中阻害に関する自由記述	35
3.3.6 考察	36

第4章 結論 38

4.1 インタラクション開始時における対話型擬人化エージェントの印象形成	38
4.2 将来の展望	38
謝辞	39
参考文献	40
付録	42

図表の目次

図 1：不気味の谷現象	4
図 2：実験用エージェントの頭部(正面)	11
図 3：実験用エージェントの頭部(斜)	11
図 4：実験用エージェントの胴体(斜)	12
図 5：実験用エージェントの胴体(横)	13
図 6：実験用エージェントの眼球	13
図 7：実験用エージェントの全身(斜)	15
図 8：実験用エージェントの全身(横)	15
図 9：実験用エージェントの目パーツの差分	16
図 10：実験用エージェントのボーン(正面)	16
図 11：実験用エージェントのボーン(横)	17
図 12：第二章実験用アプリケーションの画面	19
図 13：第三章実験用アプリケーションの画面	27
図 14：アプローチによる思考時間の差異_動作先	29
図 15：アプローチによる思考時間の差異_声掛け先	30
図 16：集中阻害度	31
図 17：アンケート結果①	32
図 18：アンケート結果②	33
図 19：アンケート結果③	34
図 20：アンケート結果④	35
表 1：サーストーン対比較法による目の順位付け	21
表 2：アプローチによる思考時間の差異_動作先	29
表 3：アプローチによる思考時間の差異_声掛け先	30
表 4：集中阻害度	31
表 5：アンケート結果①	32
表 6：アンケート結果②	33
表 7：アンケート結果③	34
表 8：アンケート結果④	35

第1章 序章

1.1 背景

近年、人間と会話によってコミュニケーションをとることができるシステムが様々な場面で活用されている。個人が所有するスマートデバイスやPCに搭載されているような多種多様な機能を持ったものは勿論、病院や商業施設などの受付や案内などを行うための限定的な用途で制作・実用されているものも数多く存在する。中でも特に人々の暮らしの中で活用される会話システムの外観は、人間を模してビジュアライズされていることが多い。

人間とシステムが効果的な対話を行うには、エージェントがユーザーに知性や人格を持った社会的な存在であると認識される必要がある[1]。その上でこうした擬人的なビジュアライズは、そのシステムに対して人格や知性を感じるための有効な手段であると考えられる。そうした会話システムのうち、物理的な機構を持って実装されたものが会話ロボットと呼ばれ、平面のディスプレイに投影もしくはヴァーチャル空間に描画表現するように制作されたモデルはバーチャルエージェントと呼ばれる。本研究ではこれらの実装方法の違いに関わらず、人間と言語によってコミュニケーションをとるために制作され、その一部もしくは全体に人を模した視覚表現がされたものを総称して対話型擬人化エージェント、もしくは単にエージェントと呼ぶことにする。

人間同士のコミュニケーションには言語コミュニケーションと非言語コミュニケーションがある。このうち非言語コミュニケーションは、時としてその発話の内容以上にその人の印象を決定づける。そのため、人間と会話でコミュニケーションを行う擬人化エージェントのふるまいにおいても非言語コミュニケーションを考慮することが重要であるのは周知の事実である。本研究では非言語コミュニケーションの中でも特に意思表示や示唆のために重要である視線コミュニケーションについて詳しく触れながら検証を進める。

1.2 対話型擬人化エージェントの問題点

1.2.1 エージェントのパーツデザインの定見について

現状、対話型擬人化エージェントの制作においてどの部分を擬人化し、どの程度デフォルメを行うかなど外見的要素の決定においては、それぞれのエージェントが備えている機能の実現を念頭に、担当するデザイナーの裁量に大きく委ねられている。例えば pepper[2]の

ように上半身の身振り手振りが可能なエージェントに関しては指先まで細かな擬人化がなされており、細かな表現の不要な下半身に関しては大きくデフォルメがされていて指はおろか両の足に分かれてすらいない。また、Jibo[3]のように滑らかな首振りや視線表現に注力したエージェントは全体が極端にデフォルメされており、頭部と首と胴体というそれぞれ非常にシンプルな形状の要素と、頭部前面に設置された小型ディスプレイによって構成されている。

しかしこうしたエージェントの全体的な外見要素に関しては未だ学術的な定見がなく、主に眼球や間接機構など細部にポイントを当て諸研究者が地道にその印象要素の解明を行っているのが現状である。

1.2.2 エージェントによる声掛けについて

既存のエージェントのインタラクションの中でも代表的なもののひとつとして、ユーザーからの声掛けによるコミュニケーションの開始がある。ユーザーは各端末に搭載されたマイクに向かってエージェントの名前など決められた内容の発話を行うことによってエージェントとの言語コミュニケーションを開始することができる。このコミュニケーションの開始方法は音声のみによるアクションのため、一見人間同士の会話コミュニケーションの開始に近いものであるように思えるが、必ずしもそうではない。実際人間同士の会話コミュニケーションでは一方に決まりきった発話が求められることはないし、一方からの発話が発端となることもあれば、どちらからともなくなんとなく始まる会話も多い。つまり現状、対話型擬人化エージェントと人間とのコミュニケーションの開始方法はその快適さや自然さという意味で発展途上であることがうかがえる。

昨今の対話型擬人化エージェントの快適なコミュニケーションのための取り組みのひとつとして、エージェントからの声掛けによるインタラクションの開始がある。イギリスの Emotech 社が開発するドーナツ型ロボット Olly[4]は、認識したユーザーのエージェントに関わる習慣やルーティンを学習する。そして、学習したユーザーごとの習慣に応じて適した時間にユーザーへアプローチを行うことができる。例えば、ユーザーが毎週同じ曜日の同じ時間にリラックスタイムを設けるようであればそれを予測して音楽を賭けることを提案したり、朝眠っているユーザーに声をかけ、起きなければさらに大きな声で呼びかけたりといった、それまでにないアプローチを行うことができる。また、ソニーによって提供される Xperia Hello![5]は、複数のユーザーの顔を認証し、認識したユーザーごとに適した声掛けをエージェントの方から行うことができる。

このようなエージェントからのアプローチによるインタラクションの開始は、既存のエージェントとの会話よりも自然なコミュニケーションの構築をするための一助となっている

る。しかし、エージェントからの声掛けは、一歩間違えばユーザーの認知負荷や集中の阻害を招くという危惧を孕んでいる。いかにコミュニケーションの最適化が進もうと、ユーザーが対話型擬人化エージェントを完全に人間と同等の存在として認識することはまだ未来の話であると言え、機械のほうからコミュニケーションのためのアプローチを仕掛けられることはまだ多くの人々にとって浸透していない文化経験のひとつである。すなわち、ユーザーの予想外の声掛けや積極的なアイコンタクトアプローチによってユーザーにとっての快適さから一歩遠ざかってしまう危険性が否めない。

1.3 研究目的

以上の背景を踏まえ本研究では、ユーザーと対話型擬人化エージェントのコミュニケーションの中でも特にインタラクション開始時の印象に焦点を当てる。将来的に多くの対話型擬人化エージェントは、自発的な声掛けや自然なアイコンタクトアプローチによって人間とのインタラクションを開始することができるようになると予想できるため、そうしたエージェントの第一印象について考える。

ユーザーにとってエージェントの第一印象を良好なものにするためには、エージェントの外見印象、動きの印象の両面から検討することが必要であると考えた。

本研究ではエージェントの第一印象の検証として、以下の2点に注目してそれぞれ実験と検証を行う。

- (1)外見印象(パーツ構成やそれぞれの配置・大きさなど動かない状態での外見印象)
- (2)動きの印象(身振りや発話のタイミングなど動く状態での印象)

外見・動きの両面から対話型擬人化エージェントの印象に関わる要素を分析・検証し、エージェントのデザイン制作に際して留意すべき事柄を提起することが、本研究の目的である。

1.4 関連研究

擬人化エージェントの印象に関する研究は、外形に関する研究と動作・インタラクションに関する研究に大きく分けられる。それらについてそれぞれ例を挙げながら述べる。

1.4.1 対話型擬人化エージェントの外見印象に関する研究

1.4.1.1 エージェントの擬人化による親しみやすさ

背景の項で論じたように、対話エージェントはその一部または全体が視覚的に擬人化されたデザイン設計がされているものが多い。これには人間の表情や腕や足といった構造を再現し身振り手振りや瞬きなどといった非言語コミュニケーションを搭載することでエージェントに表現の幅を増やすといった目的と同時に、単純に擬人化による親しみやすさの向上を目指すという狙いもある。

吉井ら[6]は、日常の身近な物体(論文内ではカップを例に挙げられている)を拡張現実によって擬人化し、エージェントとしてユーザーに意思表示をする Fairy Agent を提案した。

1.4.1.2 擬人化エージェントの親しみやすさと不気味の谷

擬人化エージェントの親しみやすさに関して非常に有名な節として、森による「不気味の谷」が挙げられる[7]。一般的に人工物から人が受ける印象は、人工物とその実物との類似度が深くかかわっていることが言われている。特にこと擬人化においては、実物つまり人間への類似度が高いほど親近感などの好印象を抱きやすいとされている。しかし、擬人化は実物の少し手前まで類似度が上がると、途端に親近感が嫌悪感に変わってしまう。ここからさらに類似度が上がり、実物と全く見分けがつかないほどになると、人はまたその人工物に好意的な印象を抱くようになる。この人工物の人間との類似度と感情反応を、それぞれを軸にグラフ化すると、類似度がある一点を超えたところを境に印象が谷のように落ちてしまう[図1]。このグラフの形から、この類似度によって親近感を損なう現象は「不気味の谷現象」と呼ばれている。

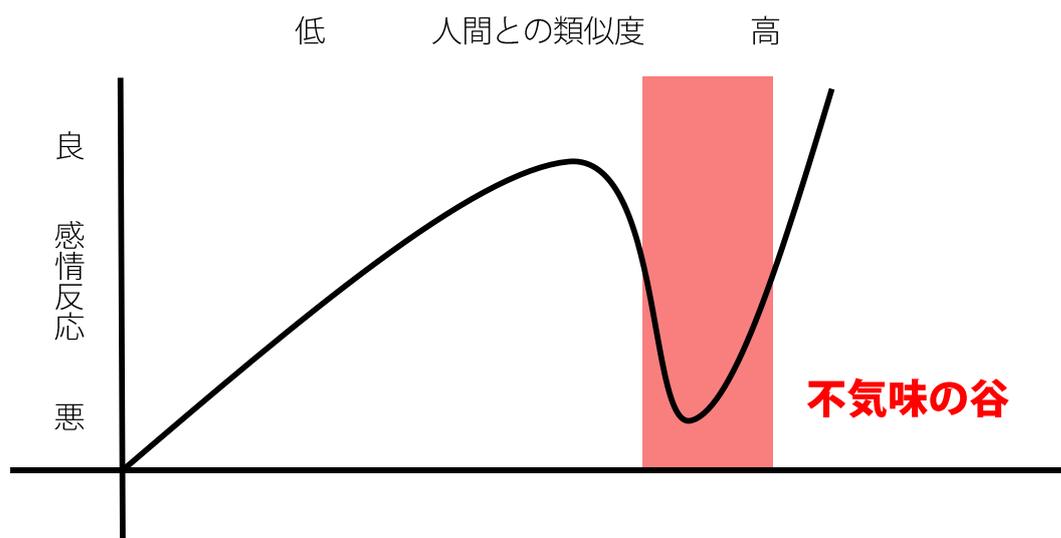


図1.不気味の谷現象

この不気味の谷現象は、これにおける谷の境となる類似度が明確に特定されているわけではなく、どの程度に類似度を保てば親近感を損ねないといった全体の指標は示されていない。擬人化されたモデル全体のみならず、擬人化のある特定のパーツの特定の要素によって微妙に親近感を損ねるといった例も少なくない。つまりは、多くの事例において確認はされているものの、研究者たちにとって一定の学術的な定見があるわけではなく、あくまでも擬人化を要する制作に際して留意すべき事項のひとつとして挙げられている。

本研究のモデルにおいても、この不気味の谷現象について十分に注意しながら制作を行っていく。

1.4.1.3 擬人化度合いの印象差の検証

擬人化の度合いによって印象の差異が出るのは、親近感や不気味さのみにとどまらない。

Goetz ら[8]は擬人化エージェントの外見の印象差異を調べた実験において、人らしさ(もしくは、機械らしさ)をひとつの変数として設定した。平面ディスプレイに表示された同じパーツを持つ擬人化エージェントについて、それぞれのパーツに丸みを帯びさせたものを人らしいモデル、角ばらせたものを機械らしいモデルとして3段階用意し、それぞれについて複数の印象項目をアンケートによって検証した。その結果、人らしいモデルは機械らしいモデルよりも会話コミュニケーションなど社会的または営業的なタスクにおいて好意的な印象が抱かれやすく、反対に機械らしいモデルは人らしいモデルよりも税関など調査的なタスクを任せる上で好意的な印象が抱かれやすいことを明らかにした。

1.4.1.4 パーツごとの外見印象に関わる諸研究

エージェントの擬人化に関してその外見印象に関する研究は数多く存在し、着目するスポットも多岐にわたる。もちろんそれらの多くは各エージェントの感情表現や動作再現のために実装・提案されたもので、これらの指標がいかなる対話エージェントにも利用すべきであるという提案ではない。よってここでは、第2章以降で使用するモデルの制作にあたり参考にした眼球パーツに関する論文の中から抜粋して挙げる。

小貫ら[9]は、非言語コミュニケーションの中でも視線コミュニケーションを特に重要なもののひとつとして取り上げ、人間にとって親しみやすい形状や動きに留意しつつ、視線の読み取りやすい頭部および眼球の形状を提案した。眼球の形状については、複数のモデルの比較検証の結果、目の縦横比や白目と黒目の面積比といった変数がエージェントの印象形成や視線の読み取りやすさに大きく関与していることがわかった。また頭部形状についても、平面や単純な球面といった形状より、人間の顔でいう鼻のような突起をもつ形状の方がエージェントの前面方向が分かりやすく、視線が読み取りやすいということを明らかにした。

また山崎ら[10]は、眼球ロボットの制作を通して眼球による心理表出と提示情報の信頼

性・重要性をわかりやすく提示するための試みを行なった。提案されたシステムは音声認識によってユーザーの発話を読み取り、対話者への即時的な好意や対話への積極性を表出することができる。

1.4.2 対話型擬人化エージェントの動作・インタラクションに関する研究

1.4.2.1 アイコンタクトによるインタラクションの開始

背景で述べたように、現在多くのユーザーに利用されている会話エージェントについて、もっともよくみられるインタラクションの開始の形は、ユーザーによる声掛けである。しかしこれは如何なるシチュエーションにおいても自然であるかと問われればそうではなく、時には声掛け以外のユーザーからの微小なアクションによって、もしくはエージェントの方から何かしらのアクションを行うことでコミュニケーションが始まるのが自然である。中でも自然なアクション実現のための取り組みとして、アイコンタクトを計ろうとする試みがある。

宮内ら[11]は、カメラによるユーザーの顔方向検出とバーチャルエージェントの表情表現の連動によって、ユーザーと擬人化エージェントとのアイコンタクトを図ることを試みた。ユーザーがエージェントの方を見続けた時間を計測し、設定された一定の時間を経過するとエージェントが微笑み返すシステムを制作し、ユーザーにエージェントの視線を感じさせることが可能であると明らかにした。

また Andrist ら[12]は、VR ヘッドセットから受け取った視線データや頭部姿勢の推定をもとに、VR 空間内の 3DCG で描画されたバーチャルエージェントとアイコンタクトを図ることができるシステムを開発・提案した。実験はサンドイッチ作りのタスクを行うユーザーにエージェントが指示をする形式で行われ、人間とバーチャルエージェントの双方向注視が効率的な非言語コミュニケーション足りうることを示した。

1.4.2.2 場を形成するロボットデザインの提言

いかに優れた人間らしいインタラクションを行うことができる擬人化エージェントであれ、ユーザーに対して刺激を与えるまでの初対面の場においては、ユーザーにはただの物体としてしか認識されない。コミュニケーションが開始されるには、相互作用の中でユーザーに刺激機能を認識させユーザーにとっての刺激物となる必要がある。

林[13]はさらに、その刺激とはユーザーの行動に対するレスポンスデント行動だけでなく、場に対してエージェントから自発的に働きかけることで、人同士で行うものと遜色ないインタラクションを行うことができると述べている。論文の中で林は、「人がロボットに対して”我々(we)”“という感覚を得る」現象を紹介している。We-mode と呼ばれるそれは、今後エージェントが社会に出る上で必要不可欠であり、相互作用を行うエージェントが同デ

ザインされるべきかの指標の一つとして、心理学や認知科学の視野を交えた見地から提案されている。

1.4.2.3 ユーザーの認知負荷を軽減する情報提供タイミング

対話型擬人化エージェントからのアプローチによるインタラクションの試みにおいても、留意しなければならない点はいくつかある。システムによってユーザーがエージェントを利用するシチュエーションは様々なものがあるが、例えば家の中で、日々の生活に寄り添ったシステムであればどうだろう。ユーザーは読書やインターネットブラウジングなど作業に集中しているかもしれないし、音楽を聴きながら目を閉じてリラックスしているか、あるいは思考のため天井を見つめているかもしれない。こうした状況で大きな音とともにユーザーを驚かせ強制的にエージェントの方へ注目させるのは好ましくないし、もちろん実際の人間同士のコミュニケーションでもそうした始まり方は遠慮すべきであろう。

Dasら[14]は、ユーザーの頭部姿勢や視線の検知によってタスクへの集中度を測定し、それが低下したタイミングでエージェントからのアプローチを行う方法を提案した。実験では、読書や計算タスクやインターネットブラウジングといった様々なタスクに向き合っているユーザーに対し上記の方法で最適なタイミングでエージェントからアプローチをし、アイコンタクトの成功率の測定やユーザーの満足度調査を行った。実験の結果提案したシステムを利用したエージェントによる声掛けは、ランダムなタイミングで話しかけたエージェントに比べ、アイコンタクトの成功率が上昇しユーザーの負担も小さく収めることに成功した。しかしここでは、このシステムの実現のため、タスク中に端末のカメラを起動させておく必要性が指摘されている。

1.5 本論文の構成

本論文の構成とそれぞれの概要について以下に述べる。

第2章では、対話型擬人化エージェントの外見的な印象評価要素の検証として、モデルの制作や比較実験を行った。実験の準備や過程に関してと、実験を行った結果と考察についてここで述べる。第3章では、対話型擬人化エージェントのアクションの印象評価要素の検証として、第2章で制作・検証したモデルを用いてユーザーに異なる方法でアプローチを行い、ストレスフリーなインタラクションの開始のための要素特定の実験を行った。実験の過程と結果や考察についてここで述べる。第4章では、第2章第3章で行った実験それぞれの結果考察を受けて、本研究の貢献である対話型擬人化エージェントのインタラクション開始時の印象を決定づける要素や変数についての結論と今後の展望を述べる。

第2章 目の形状と配置による親しみやすさの評価

2.1 本研究における外見的な親しみやすさ

この章では主に対話型擬人化エージェントの第一印象に関わる要素のうち見た目の印象要素、中でも視線コミュニケーションに必須である眼球パーツについて検討・実験を行う。外見的な印象とはすなわち動きを伴わない外装・外観を観察したときのユーザーの心の動きのことを指すが、ここでこの章で多用する「親しみやすさ」について定義をしておく。

2.1.1 認知負荷によるユーザーインタラクションへの影響

先行研究[7]によると、対話型擬人化エージェントの外見制作においては不気味の谷について十分留意しておく必要がある。またエージェントの外装全体がある程度のリアルさを有していなくとも、人間の細部を模倣することによる気味悪さが表出してしまう可能性がある。例えば非常に単純な球形の頭部をもったエージェントがいたとして、それに精巧な眼球と瞼を付ければたちまち違和感が生まれてしまうであろう。眼球に限らず、各パーツが詳細に描写されたゆえにその微妙な違和感から嫌悪感を抱いてしまう例を挙げればキリがない。また嫌悪感とまでいかずとも、詳細に描写された顔と対面して会話を行うことでユーザーの認知に負荷がかかり、快適なコミュニケーションを損ねてしまう可能性も否めない。

対して、擬人化がシンプル過ぎるゆえの嫌悪感の確認されていない。極端な例を挙げれば、人は点や線のようにもっとも単純なフォルムであっても、その動きから擬人的な要素を感じ取ることができる。

上記の理由から、本研究で制作するモデルは最小限の認知負荷を目指し可能な限りシンプルな形状および装飾で、かつ擬人化エージェントとして最低限の視線コミュニケーションを損なわないための構造を有するものであるとする。

2.1.2 ユーザーの会話欲求

上記の認知負荷の最小化に加え、対話型擬人化エージェントが備えておくべき印象として、ユーザーの会話欲求を彷彿させるもしくは、それを削がない外形であることが求められる。対話型擬人化エージェントはその特性上、ユーザーと長い時間向き合っ会話することが想定され、また視界の端にいるときにはユーザーに会話をしたいと思わせるような存在になり得ることが望ましい。

上記の理由から本研究で制作するモデルは、生活に寄り添うことを想定した場合に、より話しかけやすい(会話に抵抗がない)外形を目指すものとする。

2.2 検証項目

この章では会話エージェントの全身の外形を制作しつつも、部分的な印象要素について複数のモデルを比較することで検証を行う。本研究において想定される対話型擬人化エージェントは自然なアイコンタクトアプローチを要求されるため、特にその実現に必要な身体的部位について深く検討する。

視線コミュニケーションのための外見提案の先行研究[9]によると、親しみやすさを損なわない眼球の形状は、縦横比が人間の目以上の縦幅であり、眼球の白黒比は同じか黒目の方が大きいものであるという検証結果と提案がある。しかしここでは、頭部に対する眼球の大きさや配置までは検証項目に入っていない。そこで本研究の検証においては、以下の項目を比較の対象として置き、これらのどういった要素がエージェントの印象を左右し得る変数であるかを検証することにする。

- (1)頭部に対する眼球の大きさ
- (2)頭部に対する眼球の上下の配置
- (3)頭部に対する眼球の左右の間隔

2.3 モデル制作

2.3.1 認知科学的見地からの外見要素の検討

モデルを観察する上でシミュラクラ現象[15]に代表されるように、人間が他の物体を認識するとき最小限の点で構成されたものすら顔としてみえるという脳の働きがある。こと対話型擬人化エージェントの外形については、ある種これを利用しているとも思えるモデルも存在する。NEC プラットフォームズが提供するロボット型のユーザーインターフェースである PaPeRo i[16]の頭部と眼球は、どちらも非常に単純な球と円形のくぼみでできている。見方によってはただの球とくぼみに見えてしまう外形も、首振りのアクションや頬や胸を鮮やかに染める LED ライトによってコミュニケーション中のユーザーに自分が擬人化された個体であることを伝達している。

このように、一見不足ともとれる最小限の構成ですら、用途によっては十分な表情の表出が可能であるとも言える。

2.3.2 先行事例に基づいた必要パーツの選定

先に述べたように、認知負荷の軽減のため、あまりに多くの、もしくは詳細な身体部位の再現は好ましくない。今回は言語コミュニケーションの他にアイコンタクトアプローチを行うことができるエージェントについて考察するため、視線コミュニケーションを行うのに必要なパーツを絞り込んで実装する必要がある。

必要なパーツの選定に際して既存の視線コミュニケーションを行うロボットもしくはバーチャルエージェントの事例 100 種以上のモデルを調査した結果、そのすべてが頭部と目という 2 つのパーツを有することが分かった。3次元構造として実装されているものもあれば頭部に搭載されたディスプレイに目を表示する形で実装されているなど、表現方法に差はあれどいずれも目の動きと頭部の回転または移動によって視線コミュニケーションを実現しようと試みている。また、頭部の回転をより分かりやすくするために、首や胴体といったパーツを採用しているモデルも多い。逆にこうしたパーツがないと、エージェントが頭部前面に向けているのが頭部なのか全身なのかが分かりづらく、特に一時的な注意を向けていることを示すために不都合が出やすい。こうした事情を考慮して、本研究では頭部・胴体・眼球という 3 つのパーツを実装する。

2.3.3 各パーツの形状

ここからは頭部・胴体・眼球という 3 つのパーツそれぞれについて外形の設定を行う。今回は研究の目的として、物理ロボットにもバーチャルエージェントにも共通した外見の印象要素の特定を行うため、3DCG での実装を前提としている。なお会話コミュニケーションという社会的タスクに使用するエージェントに関する検討のため、擬人化程度の先行研究[8]に則り、全体としては丸みを帯びた、機械的でない曲線的なフォルムでの実装を目指した。

2.3.3.1 頭部

エージェントの中でもロボットの頭部に関して言えば、多くが当然のように球体を採用しているイメージがあるかもしれないが、時に個性を付与するために自由な装飾が施される部位でもある。それは髪や耳であることもあれば、大きなアクセサリを付ける場合もある。本研究はある意味で対話型擬人化エージェントの外形デザイン設計の基礎基本となれるような提案を目指すため、ここではあえて一切の装飾を用いない。

また、視線コミュニケーションエージェントにおける視線表現の研究[9]では、視線の読み取りやすい頭部デザインについても述べられている。この研究内の実験では、シンプルな球体の頭部に人間でいう鼻の位置に突起をつけることで、視線方向がより分かりやすくな

るとされている。これを受けて本研究では、実験に使う頭部モデルとして図のような形状を設定した。

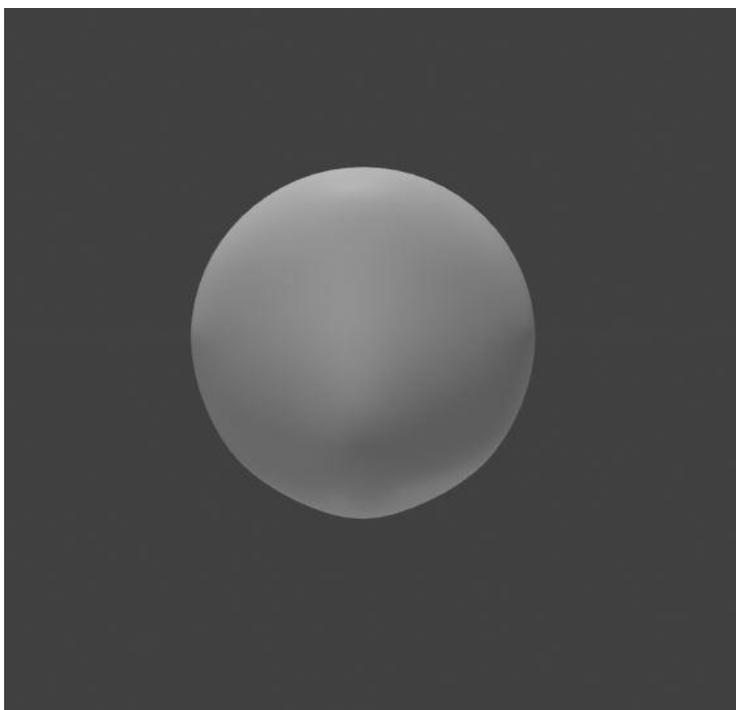


図 2.実験用エージェントの頭部(正面)

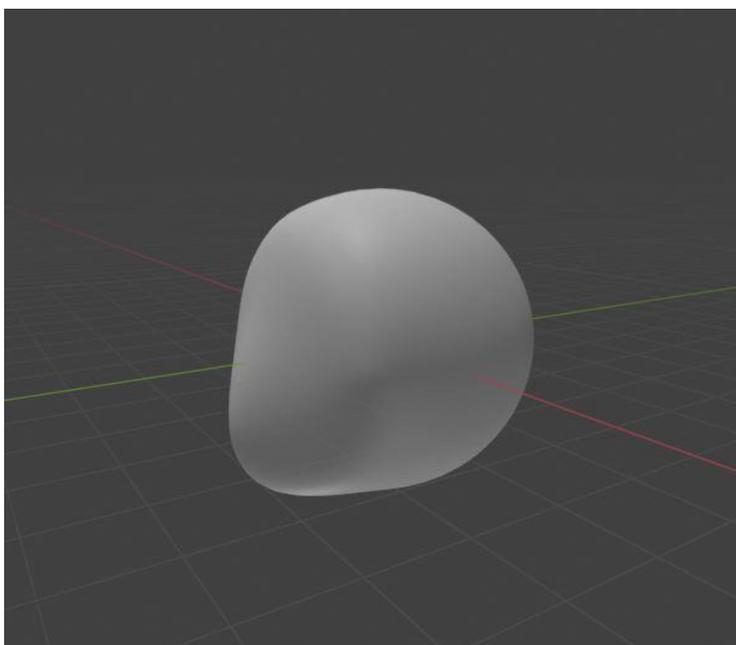


図 3.実験用エージェントの頭部(斜)

2.3.3.2 胴体

エージェントの胴体機構は、そのエージェントが実現する非言語コミュニケーション機能の豊富さに依存する。指先の細かな身振り手振りまで表現したい場合には手の先の先まで実装する必要があるだろうが、今回必要な胴体は頭部の動きを表現するための部位に過ぎないため、そうした細かな部位の実装は行わない。

また、胴体から頭部にかけての構造には様々な形態が考えられる(首関節の本数や可動域など)が、これによって余計な認知負荷や印象を与えないため、今回は頭部と胴体を切り離し浮遊させた状態で表現することにした。形状としては、図のようなものを設定した。

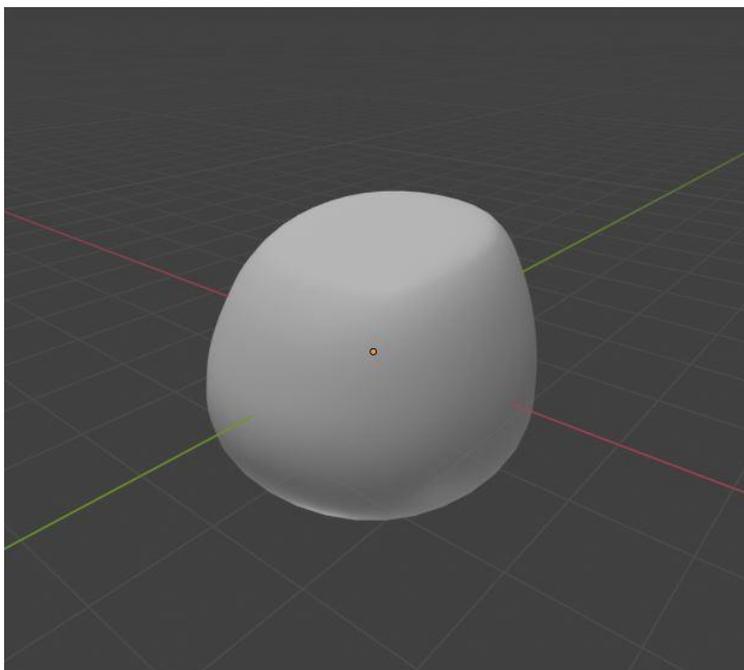


図 4.実験用エージェントの胴体(斜)

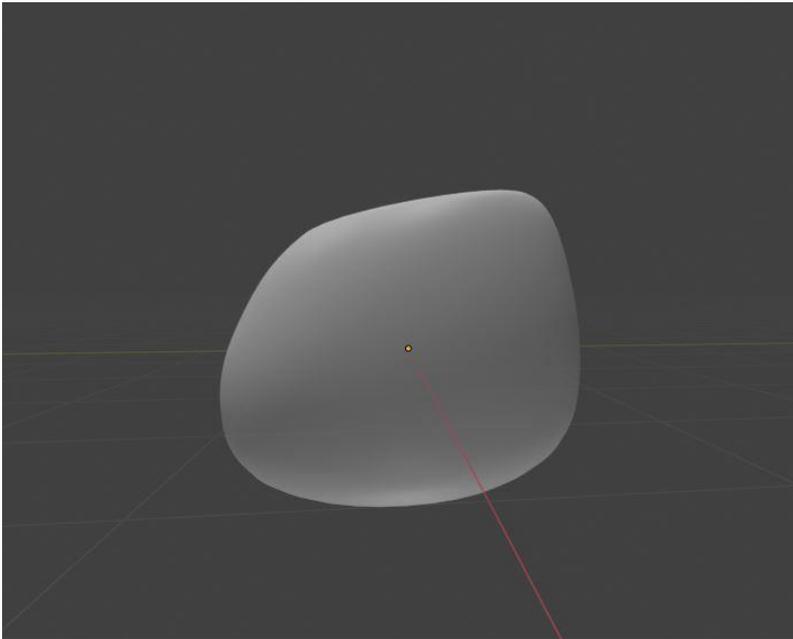


図 5.実験用エージェントの胴体(横)

2.3.3.3 眼球

今回比較する眼球の要素は、大きさと上下配置と左右間隔である。3次元モデルに付与する眼球の表現としては、立体表現と平面表現 2 通りの方法が考えられるが、今回は検証項目の数値の差異を明確にするため、平面的な目を 3次元モデルの上に投影する形で実装した。視線コミュニケーションのための視線表現の先行研究[9]に則り、縦横比は人間の目よりも大きな縦幅である円形を採用し、白目と黒目の比は実際の眼球よりも黒目の割合が多めになるよう描画した。形状としては、図のようなものを実装した。(紙面で形状が分かりやすいようベースを灰色で表現しているが、実際は白色になる部分である。)

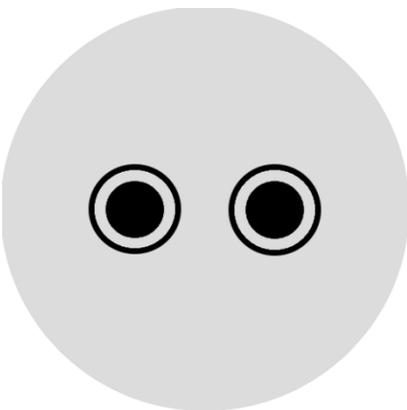


図 6.実験用エージェントの眼球

2.3.4 3DCG を用いたモデルの制作

印象比較実験に際して、比較対象のエージェントの外見制作のため、3DCG 総合環境ソフトウェア Blender2.79 を利用した。モデリングからボーンの配置、待機アニメーションまでをこのソフトウェアを用いて制作した。

2.3.4.1 外形モデリング

2.3.3 で考察した形状を元にモデリングを行った。制作したモデルの全体は図のようなものになった。また目パーツのモデルについては、2.2 検証項目にて提示した 3 つの変数をそれぞれ 3 段階用意した。

一つ目の検証項目である目の大きさについては、先行研究[9]よりスタンダードな大きさを「中」と設定したうえで、両の目の直径をそれぞれ 1.25 倍したものを「大」、0.75 倍したものを「小」と設定した。

二つ目の検証項目である目の上下配置については、中央に配置したものを「中」とした上で、そこから眼球半個分上側に配置したものを「上」、眼球半個分下側に配置したものを「下」とした。

三つ目の検証項目である目の左右間隔については、眼球 1.5 個分の間隔をあけたものを「中」とした上で、そこからさらに眼球半個分の間隔を広げたものを「広」、眼球半個分の間隔を縮めたものを「狭」とした。

つまりモデルに応じて、「小上広」「中中狭」などの呼び名で特定することができる。主に結果や考察の節ではこの呼び名でモデルを特定する。こうして図のような 27 通りが完成した。

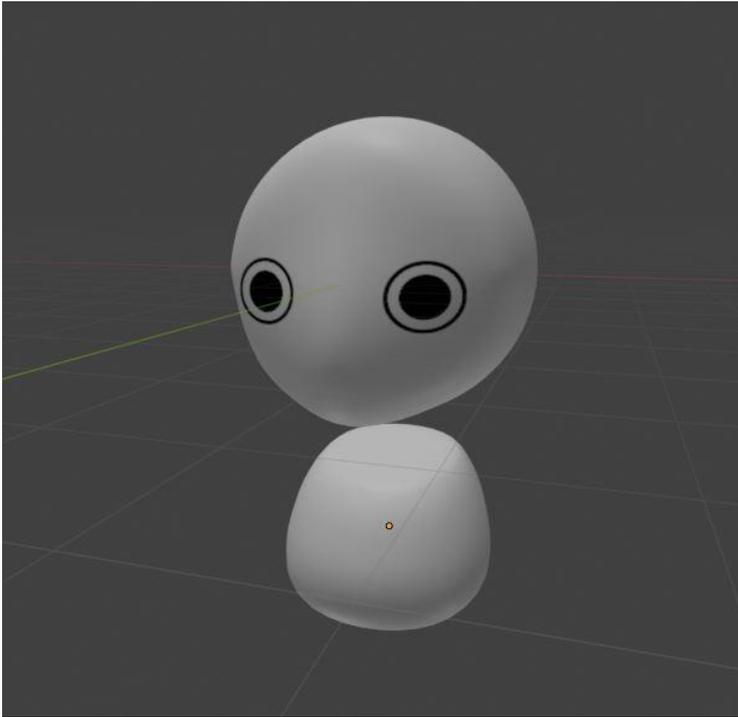


図 7.実験用エージェントの全身(斜)

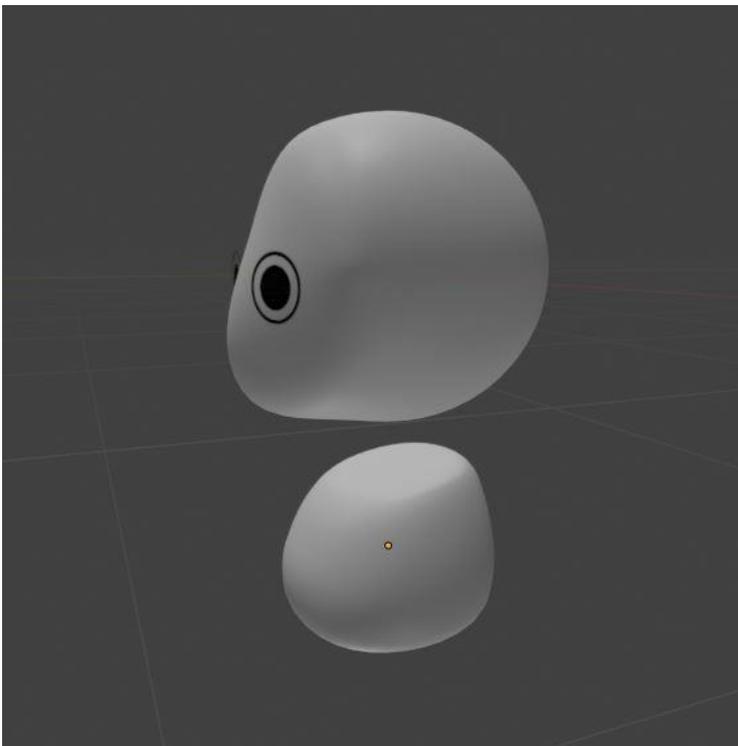


図 8.実験用エージェントの全身(横)

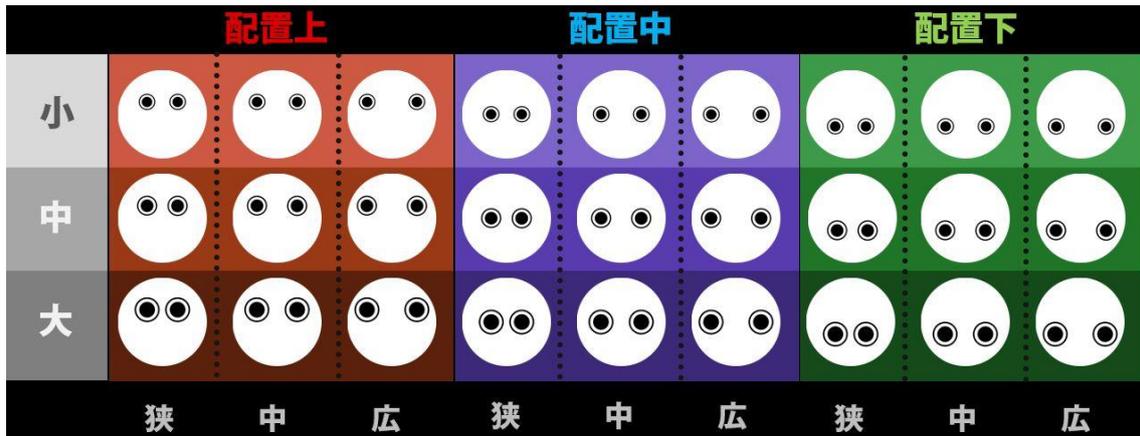


図 9.実験用エージェントの目パーツの差分

2.3.4.2 動作機構

制作したモデルにボーンを設定し簡単な動作が行えるようにした。3 章の実験にも備え、両の眼球にそれぞれと、頭と胴体に一本ずつボーンを割り振った。

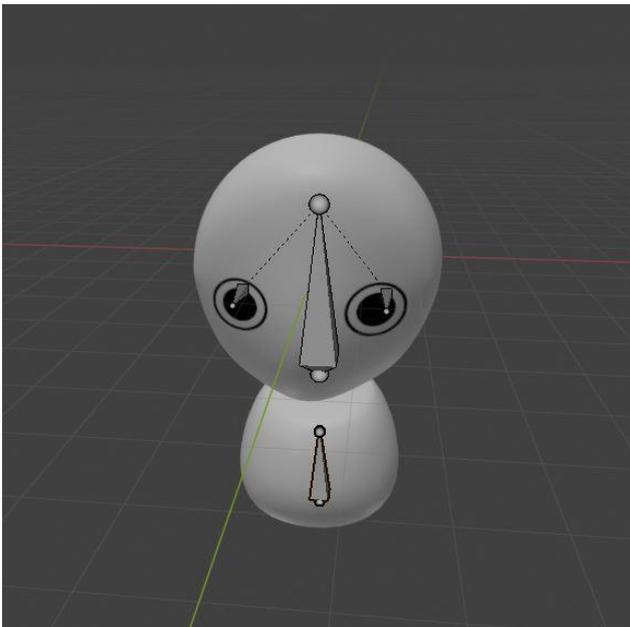


図 10.実験用エージェントのボーン(正面)

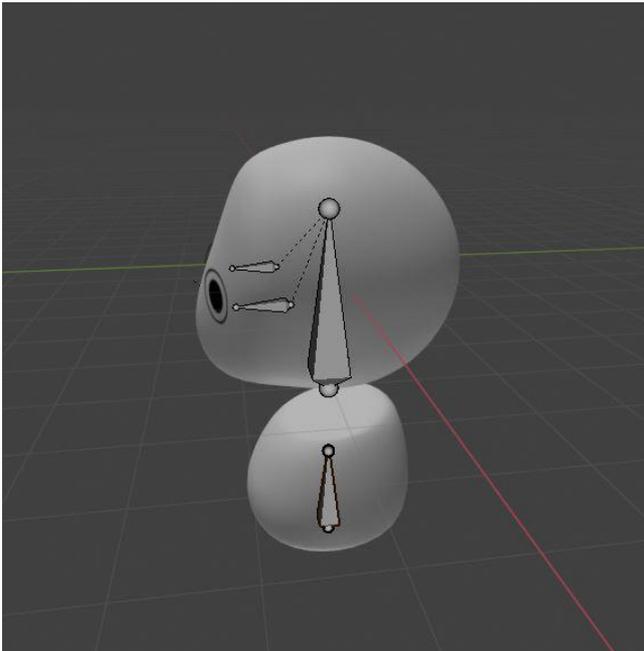


図 11.実験用エージェントのボーン(横)

2.3.4.3 待機アニメーション

完全に静止した状態では対話エージェントとして認識されない危惧があったため、今回のモデル比較の検証においても、印象を大きく変えない程度の微細な待機アニメーションを実装した。胴体はその場から動かさず、頭部パーツが浮遊しているように小さくゆっくりと上下に動く。比較のための観察の間、エージェントは常にこの待機モーションに従って繰り返し動く。

2.4 印象比較実験

2.4.1 実験目的

本実験の目的は、対話型擬人化エージェントの親しみやすさに関与する目の形状の要因を洗い出すことにある。今回親しみやすさに関与する要素になり得る候補としてとりあげたのは以下の3つである。

- (1)頭部に対する眼球の大きさ
- (2)頭部に対する眼球の上下の配置
- (3)頭部に対する眼球の左右の間隔

今回は上記 3 変数の異なるモデル 27 通りについて、複数の実験参加者に親しみやすさの比較してもらおう。比較に関しては、サーストンの一対比較法を用いて分析を行い、集計の結果に有意な差が表れるか否かを検証する。

2.4.2 実験対象者

実験の対象者は、電子デバイスを用いて擬人化エージェントと会話コミュニケーションを行うことに抵抗のない男女 20 名とした。実験参加者は、いずれも日本語を母語とする成人であった。

2.4.3 実験用アプリケーションの制作

実験対象者にスムーズに比較を行ってもらうため、タップ操作で簡単に多様な角度からの観察・選択ができるアプリケーションを制作した。アプリケーションの制作には、モデル作成以外の工程のすべてを Unity2018 を用いた。

アプリケーションを起動すると、図のようにランダムで決定された 2 つのモデルを比較する画面が表示される。

実験参加者は画面中央の黒い操作パネル上の白い三角形のいずれかをタップすることで、その方向にモデルを回転させることができ、モデルを様々な角度から観察することができる。モデルを初期の角度に直したい場合は、パネル中央の白い丸をタップすることで初期の角度に直すことができる。

親しみやすいモデルを決定して選択する際は、画面左右下の白枠に黒い丸が描かれたボタンをタップすることでそれぞれ選択ができ、左右のモデルは次の組み合わせに切り替わる。モデルは 351 組の全通りの比較が終了するまでランダムに切り替わり、実験参加者がどの組み合わせにおいていずれのモデルを選択したかは、別途 csv ファイルに保管される。

なお、モデルへの照明の当て方によって印象が大きく損なわれてしまうことも考えられるため、尾田[17]による照明方向による無表情顔の印象への影響を参考にしながら極力特定の感情表現にならないようライティングを設定した。

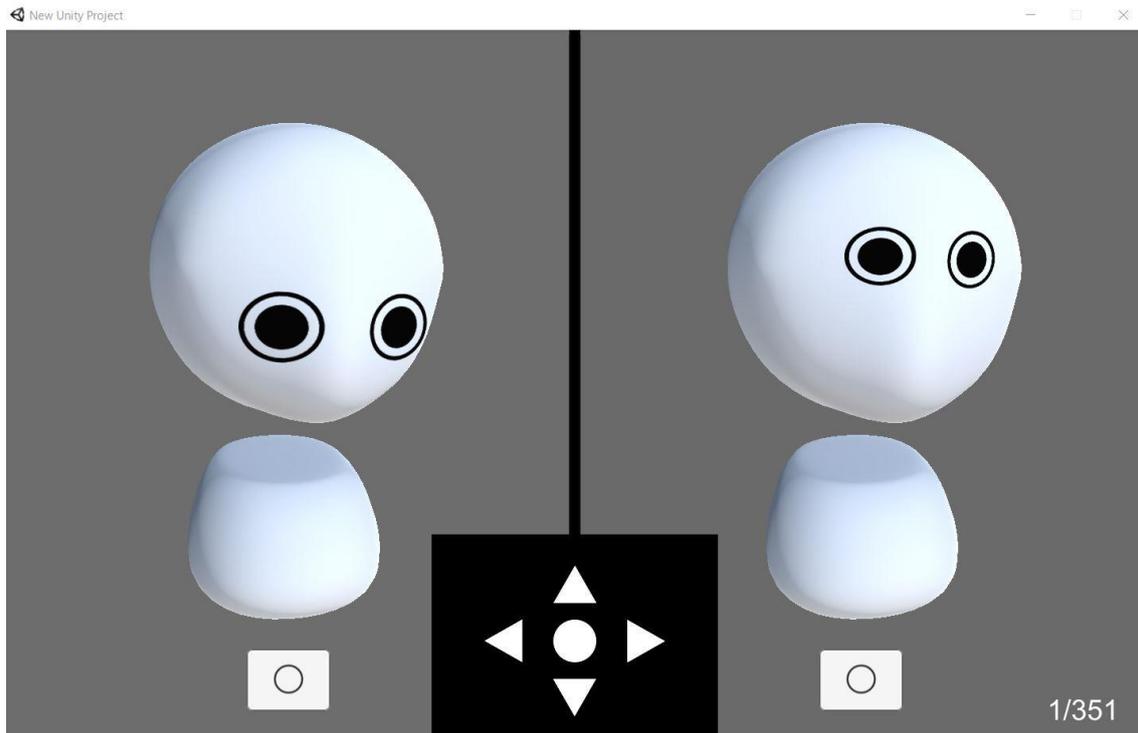


図 12.第 2 章実験用アプリケーションの画面

2.4.4 実験手順

本実験は以下の手順で行う。

- 1.実験主旨と想定されるシチュエーションの説明
- 2.実験の流れとソフトウェアの操作の説明
- 3.ソフトウェアを用いたモデルの比較
- 4.本実験に使用したモデルの全体や実験参加者ごとの選択傾向に関するアンケート

「1.実験主旨と想定されるシチュエーションの説明」では、親しみやすいエージェントの外形を比較する目的を説明したが、今回の比較対象が目パーツであることやその細かい変数までは伝えず、自分の生活に寄り添う会話型エージェントとして好ましく、より話したいと思う方のモデルを直観で選んでもらうよう指示した。

「2.実験の流れとソフトウェアの説明」では、全 351 組の比較とアンケートを行うことの説明をしたのち、ソフトウェアの画面を実際に見ながら操作方法を口頭で説明した。

「3.ソフトウェアを用いたモデルの比較」に際しては、実験参加者によっては長く時間の

かかる作業であることが見込まれたため、自由なタイミングで目や手を休める時間を設けてよいことを指示した。

「4.本実験に使用したモデルの全体や実験参加者ごとの選択傾向に関するアンケート」では、自由記述形式にてモデルの外形全体に関する意見の収集や、目の大きさ・配置の差異について自身から見た主観的な選択傾向を記入してもらった。細かな質問項目は次項の実験結果にて示す。

2.4.5 実験結果

2.4.5.1 目パーツの親しみやすさ評価

27 種類目の大きさ・配置の比較について、サーストンの一対比較法を用いて分析を行った。今回はサーストンの一対比較法の中でも良く使われると Case V による分析を行った。結果の表を以下に示す。

表中では、目パーツのモデルの呼び名は 2.3.4.1 にて示した大小、上下配置、左右間隔を示す漢字三文字で表現されており、尺度値は最下位の「大上狭」のモデルを 0 として表示している。

なお、比較の組み合わせが全 351 組と膨大な量になったため、ここでは最終的な尺度値と順位のみを表示・参照することとし、具体的な結果の表のすべては付録として本論文の最後に添付することとする。

順位	大小	上下	間隔	尺度
1	中	中	中	1.228
2	大	中	中	1.069
3	大	上	中	0.992
4	大	中	広	0.892
5	小	中	中	0.853
6	中	下	中	0.847
7	中	上	中	0.842
8	小	中	狭	0.781
9	中	中	狭	0.718
10	小	上	中	0.712
11	大	下	中	0.662
12	小	下	中	0.637
13	大	上	広	0.628
14	中	中	広	0.622
15	小	上	狭	0.603
16	大	下	広	0.584
17	中	下	狭	0.459
18	中	上	狭	0.439
19	小	下	狭	0.427
20	大	中	狭	0.4
21	中	上	広	0.36
22	大	下	狭	0.347
23	小	上	広	0.333
24	小	下	広	0.255
25	小	中	広	0.125
26	中	下	広	0.046
27	大	上	狭	0

表 1. サーストン一対比較法による目の順位付け

2.4.5.2 モデル全体の印象に関する自由記述

比較実験後に行ったアンケートでは、3つの項目について自由記述欄を設けて実験参加者に任意で記入をお願いした。項目は以下の3つである。それぞれについて挙げられた意見をここに記す。なお、同様の内容とみなされる意見については複数寄せられたものもまとめ

である。

○モデルの全体的な印象について

- ・モデルがシンプルでかわいい。
- ・白くて丸いというロボットにありがちなデザインでありながら親しみがある。
- ・全体的に可愛さよりも強く賢さを感じた。
- ・提示されたモデルによって印象の良し悪しが大きく変わった。
- ・頭部の形状があまり好みでなかった。
- ・瞬きをしなかったので無機質な印象があった。

○自身の選択傾向について

【目の大きさ】

- ・目が大きいモデルの方が印象良く感じた。
- ・目のサイズは大きすぎず小さすぎずが良いように感じた。
- ・目が大きいと威圧感があるように感じた。

【上下配置】

- ・目は真ん中に配置されているものが最もバランスが取れているように感じた。
- ・真ん中よりも下に配置されているものを選びやすい傾向に感じた。

【左右間隔】

- ・目の間隔が離れすぎると親しみやすさを大きく損ねてしまうように感じた。

○その他自由な意見

- ・自身の選択傾向がはっきりとは定まらず、選択に困る場面がいくつもあった。
- ・キャラクターとみるか人間とみるかで印象が少し変わる。
- ・経過時間で善し悪しの印象が変わってしまうような気がした。
- ・実験時間が長く集中力が切れてしまった。

2.4.6 考察

○目の大きさについて

ユーザーから好意的な印象を得られた上位10のモデルや下位10のモデルを参照しても、目の大きさについては大中小様々なモデルが分散している。このことから、目の大きさのみによってエージェントの印象形成に大きく影響を与えることはないと考えられる。すなわ

ち、極端に大きな目や小さな目であっても、適切な左右間隔や上下配置を設定することによって親しみやすい顔面を形成することができる。

○目の上下配置について

ユーザーから好意的な印象を得られた上位 10 モデルを参照すると、6 つのモデルが中間に配置されたもので、他 4 つのモデルはそれぞれ上側配置が 2 つ、下側配置が 2 つである。また逆に下位 10 モデルを参照すると、中央配置のモデルは 2 つしか入っていない。他 8 つのモデルは、それぞれ上側配置が 4 つ、下側配置が 2 つである。以上のことから、目の配置が上側もしくは下側に寄りすぎていると、ユーザーからの印象を損ねやすくなってしまう可能性が示唆されている。

○目の左右間隔について

ユーザーから好意的な印象を得られた上位 10 モデルを参照すると、7 つのモデルが中間に配置されたもので、他 3 つのモデルはそれぞれ狭間隔配置が 2 つ、広間隔配置が 1 つである。また逆に下位 10 モデルを参照すると、中央配置のモデルはひとつも入っていない。それぞれ狭間隔配置が 5 つ、広間隔配置が 5 つである。以上のことから、目の配置が離れすぎているもしくは中央に寄りすぎていると、ユーザーからの印象を損ねやすくなってしまいう可能性が示唆されている。

○自由記述によって得られた意見について

全体の外見印象に関してはおおむね良好な意見を多数得ることができた。今回制作した眼球以外のパーツのデザインの正当性を示すには不足であるが、実験で得たかった眼球パーツの違いによる印象差異の検証を他のパーツの得意な印象によって阻害するようなことはなかったと言えるだろう。

今回の実験はサーストンの一対比較法を用いるには比較組数が 351 組と多く、実験参加者に大きな負担をかけてしまったことが伺える。実際の実験時間も、研究室の面々で行った予備実験よりもかなり時間がかかってしまい、ソフトウェアの慣れや個人の検証にかける時間の差異を考慮に入れられなかったことが反省として挙げられる。実験中はいつでも休憩をとれるよう指示していたが、長時間の画面の注視や選択のための観察は多少の休憩をとったところで改善されないと判断したのか、休憩をとらずに実験を終わらせた方がほとんどであった。

第3章 エージェントからのアプローチによる集中阻害の 検証

3.1 本研究における動きの親しみやすさ

この章では対話型擬人化エージェントの第一印象に関わる要素のうち動きの印象要素について、特にエージェントからコミュニケーションのためのアプローチを図る際のユーザーへの認知負荷及び集中阻害に焦点を当てる。動きの印象とはすなわち動きを伴うエージェントに接したときのユーザーの心の動きのことを指すが、ここで再び、この章で多用する「親しみやすさ」について定義をしておく。

3.1.1 想定される環境・シナリオ

人間が対話型擬人化エージェントとコミュニケーションをとるシーンは様々考えられるが、中でも将来的に設計されるであろう生活に寄り添うシステムとして、世話焼きエージェントのようなものを想定する。例えば現状スマートデバイスに搭載されている会話エージェントは音声で天気を問えば教えてくれるが、天気の急変などがある場合はエージェントが自発的に教えてくれるのが好ましい。もし急な雨を知らなくとも十分前に教えてくれればその時間で洗濯物を取り込むことができるし、30分前に教えてくれれば早めに買い物に出ることもできる。

3.1.2 エージェントからのアプローチ

エージェントからユーザーに上述のような助言を行う際には、もちろんエージェントがユーザーへ何かしらのアプローチを行う必要がある。現在提案されているアプローチの方法としては、身振り手振りによって視覚的に訴えかける方法か、音声による声掛けによって聴覚的に訴えかける方法が提案されている。(バイブレーションによって触覚的に訴えかける方法も実現されているが、それは常にポケットに入っているスマートフォンなどに端末が限定されるため、広く擬人化エージェントについて検討したい本研究ではそれについて議論しない。)

3.1.3 エージェントによる集中阻害

エージェントからユーザーへアプローチを行う際、ユーザーはそれまで行っていたタスクを中断しエージェントに注意を払う必要がある。もちろんユーザーはコミュニケーションを図ろうとするエージェントを無視することも可能だが、視界の端で動いたり声をかけてきたりするエージェントを全く意識しないことはほとんど不可能であり、そこには必ず集中阻害が発生すると考えられる。こうした集中阻害はユーザーにとってそのままエージェントへの苛立ちを生み、親しみやすさを損ねる結果になりかねない。そこでこの章では、アプローチの方法によってこの集中阻害を軽減し、ユーザーのインタラクションの快適化に貢献できるかについて焦点を当てて検討する。

3.2 検証項目

3.1.2 で述べた通り、現状対話型擬人化エージェントからユーザーへのコミュニケーションアプローチの形は、視覚的な刺激を第一にするもの(アクションによるアプローチ)と聴覚的な刺激を第一にするもの(音声によるアプローチ)とが挙げられる。これについて、いずれの方法がより集中阻害の程度が少ないかを検証する。

なお、2通りのアプローチをするエージェントの印象差異について可能な限り条件を揃えて検証するため、これらのパターンの差異をアプローチの順序を変えることで実現する。つまり視覚刺激を先に行うエージェントは「身体動作」→「声掛け」の順にユーザーへアプローチを行うもの(以下このパターンを「動作先」という)とし、聴覚刺激を先に行うエージェントは「声掛け」→「身体動作」の順にユーザーへアプローチを行うものとし(以下このパターンを「声掛け先」という)とする。

3.3 比較実験

3.3.1 実験目的

本実験の目的は、エージェントからユーザーへコミュニケーションの開始を図る際のアプローチについて、著者の考え通り集中が阻害されることがあるか、またそのアプローチの方法によってそれぞれユーザーの集中阻害の度合いやエージェントへの印象に違いは出るかを検証することにある。

比較する2通りのアプローチの方法は以下のとおりである。

- (1)動作先(エージェントの身体動作による視覚的なアプローチを第一に行う)
- (2)声掛け先(エージェントの音声による聴覚的なアプローチを第一に行う)

今回の実験では集中阻害の度合いを調べるため実験参加者に計算問題を解いてもらい、その間に上記 2 パターンのエージェントによるアプローチを体験してもらう。その際、計算効率がどの程度低下したかを数値として算出し、複数の実験参加者から得たデータをもとに t 検定を行い、有意差が発生するか否かを調べる。また、タスク直後にエージェントの印象に関する 5 段階評価のアンケートを行い、これも比較する。

3.3.2 実験対象者

実験の対象者は、電子デバイスを用いて擬人化エージェントと会話コミュニケーションを行うことに抵抗のない、視力聴力共に健康な男女 20 名とした。実験参加者は、いずれも日本語を母語とする成人であった。

3.3.3 実験用アプリケーションの制作

実験参加者にタスクとして集中してもらう計算問題の出題と入力された回答の正誤判定、正答時の秒数記録や、タスク開始からの経過時間とエージェントの動きの同期などを行うため、本実験用のアプリケーションを制作した。動作環境は iPad mini 4 であり、全ての操作をタッチパネルへのタップで行う。

アプリケーションの制作には第 2 章での実験と同様、Unity を用いた。また 3DCG モデルは、第 2 章での実験に使用した頭部・胴体のパーツに加えて、第 2 章の比較実験でもっとも印象の良かった「中中中」の目パーツを使用した。エージェントの発話のための音声については、株式会社 AI の提供する音声合成エンジン AI Talk[18]を使用した。

アプリケーションを起動すると、中央に灰色の四角いフィールドと、その中の上部に計算問題パネル、下部にテンキーのような配置の数字ボタン、clear ボタン、Enter ボタンがそれぞれ表示される。数秒待つと、画面左からエージェントがゆっくりと登場し、図のような配置につくとタスク開始の合図を発話し、画面から退場する。実験参加者はその後 2 分間、表示される 2 桁×1 桁の計算問題に向き合う。

各問題に制限時間はなく、実験参加者が Enter ボタンをタップするまで同じ問題の表示が続く。計算問題の難易度によって回答時間の大きなずれが出ないように、被乗数の 10 の位と 1 の位の数字はそれぞれ 2 以上、乗数は 3 以上の数字しか出現せず、かつ必ずくりあがりを含む掛け算になるようプログラムされている。

タスク終了 30 秒前になるとエージェントが画面左から顔を出し、その旨を伝えてくる。またタスク終了時にも画面右から顔を出し、タスクの終了とアンケートへの取り組みの指示を出す。このアプローチに関して、「動作先」と「声掛け先」の 2 パターンを用意した。

それぞれ顔を出し行動と発声が、0.5秒早く生じるよう設定されている。

実験参加者それぞれの Enter ボタンを押した時間、すなわち計算問題 1 問ごとの思考時間が記録され、端末内に保存される。分析ではこの思考時間の平均と、エージェント出現時の思考時間を比較することで集中阻害度合を計算する。

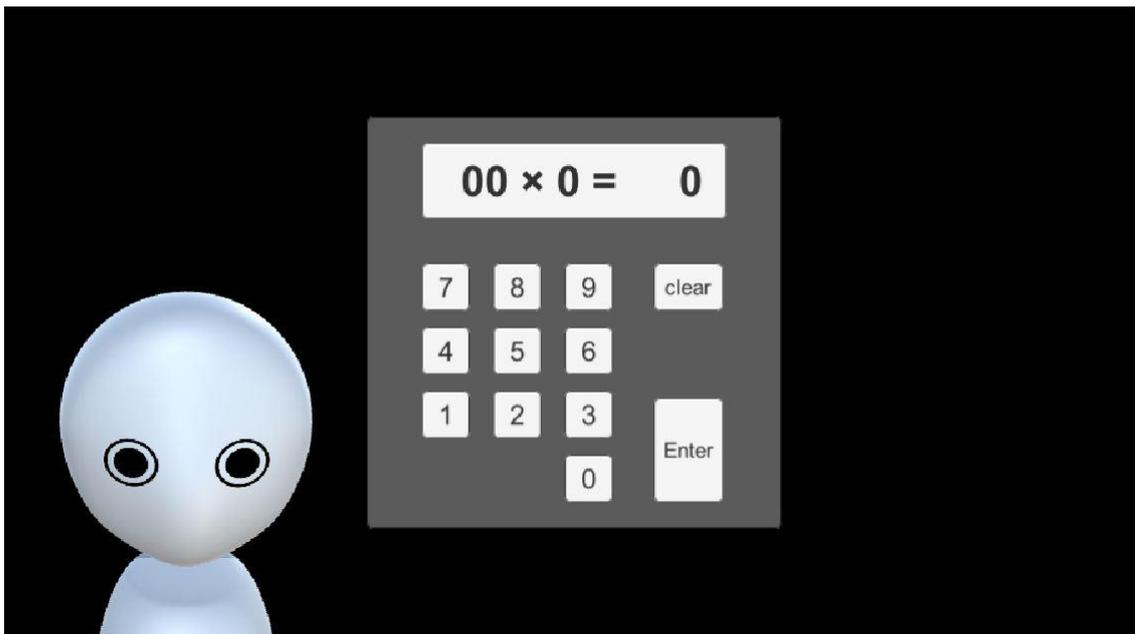


図 13.第 3 章実験用アプリケーションの画面

3.3.4 実験手順

本実験は以下の手順で行う。

- 1.実験主旨と想定されるシチュエーションの説明
- 2.実験の流れとソフトウェアの操作の説明
- 3A-1.ソフトウェアを用いた計算タスクおよび動作先のアプローチによる集中阻害検証
- 3A-2.動作先アプローチを行うエージェントへの印象に関するアンケート
- 3B-1.ソフトウェアを用いた計算タスクおよび声掛け先のアプローチによる集中阻害検証
- 3B-2.声掛け先アプローチを行うエージェントへの印象に関するアンケート
- 4.本実験で使用したエージェントの印象や実験全体に関するアンケート

「1.実験主旨と想定されるシチュエーションの説明」では、エージェントのアプローチ方法の違いによる集中阻害度合の差異を比較する目的を説明した。また、今回は同様のタスクを2度行い比較する検証であるため、極力実験参加者のそれぞれのタスクへの姿勢や注目箇所を揃えるため、エージェントの動きや展開をこの段階で細かく説明をした。

「2.実験の流れとソフトウェアの操作の説明」では、実験参加者に上記に示した1~4の手順を説明するとともに、タスクを行う上での諸注意を説明した。諸注意は、2分間のタスクで可能な限り正確に多くの問題に答えることや、タスク中は画面から目をそらさないこと、エージェントの開始と終了の指示に従うことなどを指示した。

3のAとBに関しては、実験の順序が実験結果に影響を及ぼしてしまうことを考え、実験参加者20人をA→Bの順に行うグループとB→Aの順に行うグループにそれぞれ10人ずつ分けた。それぞれのアンケートでは、実験参加者の主観的な集中阻害評価としてエージェントの印象に関する5段階評価の4つの質問に答えていただいた。細かな質問項目は次項の実験結果にて示す。

「4.本実験で使用したエージェントの印象や実験全体に関するアンケート」では、自由記述形式にてモデルのインタラクション全体に関する印象や、実験参加者が思う集中阻害要因について意見の収集を行った。細かな質問項目は次項の実験結果にて示す。

なお、今回の実験結果の比較検証ではいずれも母集団が正規分布に従うと仮定し、t検定のパラメトリック手法を利用する。

3.3.5 実験結果

3.3.5.1 エージェントのアプローチによる集中阻害の有無

アプリケーションに保存された実験参加者ごとの回答時間の差分を元に、その実験参加者が各問題に何秒間の思考時間を費やしたかが算出できる。それらを元に、各実験参加者の平均思考時間(Ave.t)とエージェントによるアプローチがあった瞬間に解いていた問題の思考時間(App.t)を取り出すことができる。

このAve.tとApp.tの有意差を検証することで、エージェントのアプローチに集中阻害が認められるか否かが明らかとなる。この結果を動作先、声掛け先それぞれについて以下に示す。

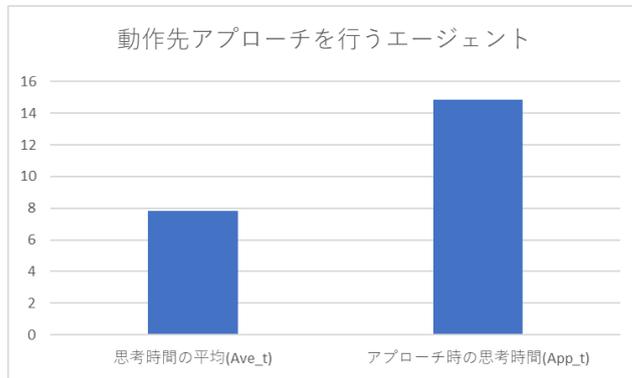


図 14.アプローチによる思考時間の差異_動作先

思考時間の差異_動作先	Ave.t	App.t
平均	7.830831435	14.843443
分散	5.831523202	70.97324417
観測数	20	20
ピアソン相関	0.673322491	
仮説平均との差異	0	
自由度	19	
t	-4.461634211	
P(T<=t) 片側	0.000133749	
t 境界値 片側	1.729132812	
P(T<=t) 両側	0.000267497	
t 境界値 両側	2.093024054	
t(19)=	4.461634211	
p=	0.000267497	
p<0.05より、帰無仮説を棄却		
またt境界値< t より、帰無仮説を棄却		
よって有意差あり		

表 2.アプローチによる思考時間の差異_動作先

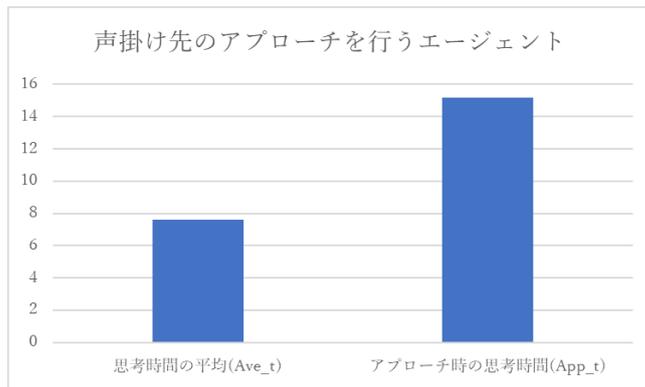


図 15.アプローチによる思考時間の差異_声掛け先

思考時間の差異 声掛け先	Ave.t	App.t
平均	7.616751515	15.17354395
分散	4.795883539	82.40966549
観測数	20	20
ピアソン相関	0.680147509	
仮説平均との差異	0	
自由度	19	
t	-4.357021902	
P(T<=t) 片側	0.000169664	
t 境界値 片側	1.729132812	
P(T<=t) 両側	0.000339328	
t 境界値 両側	2.093024054	
t(19)=	4.357021902	
p=	0.000339328	
p<0.05より、帰無仮説を棄却		
t境界値< t より、帰無仮説を棄却		
よって有意差あり		

表 3.アプローチによる思考時間の差異_声掛け先

3.3.5.2 アプローチ方法の違いによる集中阻害度の差異

アプローチのタイミングの思考時間を平均思考時間で割った値”App.t / Ave.t”が、本実験における集中阻害度の値となる。すなわち、この値が1より大きければ大きいほど、エージェントの集中阻害が顕著だったということになる。

動作先と声掛け先、それぞれの集中阻害度(App.t / Ave.t)の有意差を検証することで、エージェントのアプローチ方法によって集中阻害度合に差が生まれるかが明らかになる。この結果を以下に示す。

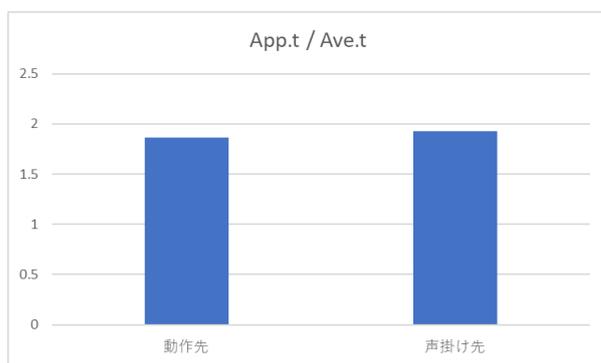


図 16.集中阻害度

	変数 1	変数 2
平均	1.866770057	1.924061515
分散	0.934799659	0.805870466
観測数	20	20
ピアソン相関	0.631267265	
仮説平均との差異	0	
自由度	19	
t	-0.319059753	
P(T<=t) 片側	0.376581165	
t 境界値 片側	1.729132812	
P(T<=t) 両側	0.753162331	
t 境界値 両側	2.093024054	
t(19)=	0.319059753	
p=	0.753162331	
p>0.05より、帰無仮説を棄却できない		
t境界値> t より、帰無仮説を棄却できない		
よって有意差なし		

表 4.集中阻害度

3.3.5.3 アプローチ方法の違いによる集中阻害の印象の差異

動作先と声掛け先それぞれのアプローチを行うエージェントの集中阻害度合について、それぞれのタスクが終わった直後に実験参加者に 5 段階評価のアンケートを行った。評価項目はそれぞれ以下のとおりである。

- (1) エージェントの発言内容は自然に頭に入ったか
- (2) エージェントによるアプローチの際、止まらずに計算を続けられたか
- (3) エージェントによるアプローチの際、計算パネルを注視し続けることができたか
- (4) エージェントによるアプローチは、計算タスクへの集中の妨げになったか

なお、いずれも数字の高い方が好印象であるとした。実験参加者全員分のこれらの回答の平均値と t 検定の結果を以下に示す。

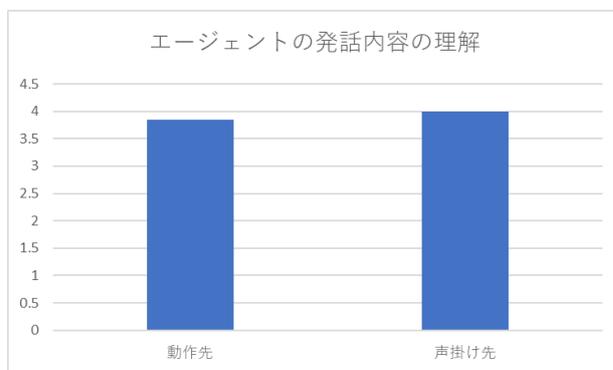


図 17. アンケート結果①

エージェントの発言内容の理解	変数 1	変数 2
平均	3.85	4
分散	1.292105263	1.368421053
観測数	20	20
ピアソン相関	0.316648595	
仮説平均との差異	0	
自由度	19	
t	-0.497460992	
P(T<=t) 片側	0.312286008	
t 境界値 片側	1.729132812	
P(T<=t) 両側	0.624572016	
t 境界値 両側	2.093024054	
t(19)=	0.497460992	
p=	0.624572016	
p>0.05より、帰無仮説を棄却できない		
t境界値> t より、帰無仮説を棄却できない		
よって有意差なし		

表 5. アンケート結果①

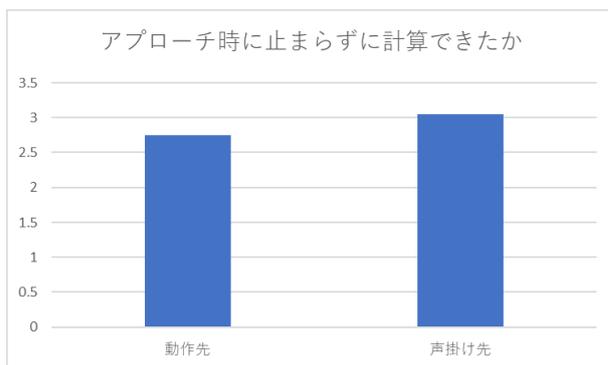


図 18.アンケート結果②

アプローチ時、止まらずに計算できたか	変数 1	変数 2
平均	2.75	3.05
分散	2.407894737	1.734210526
観測数	20	20
ピアソン相関	0.341265684	
仮説平均との差異	0	
自由度	19	
t	-0.809427213	
P(T<=t) 片側	0.214145148	
t 境界値 片側	1.729132812	
P(T<=t) 両側	0.428290296	
t 境界値 両側	2.093024054	
t(19)=	0.809427213	
p=	0.428290296	
p>0.05より、帰無仮説を棄却できない		
t境界値> t より、帰無仮説を棄却できない		
よって有意差なし		

表 6.アンケート結果②

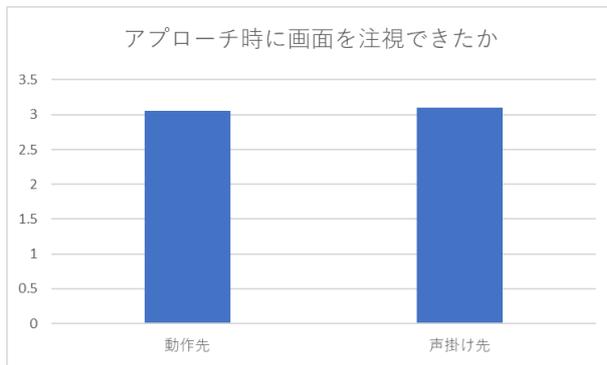


図 19.アンケート結果③

アプローチ時、計算パネルを注視できたか	変数 1	変数 2
平均	3.05	3.1
分散	2.892105263	2.305263158
観測数	20	20
ピアソン相関	0.03872868	
仮説平均との差異	0	
自由度	19	
t	-0.100026326	
P(T<=t) 片側	0.460685664	
t 境界値 片側	1.729132812	
P(T<=t) 両側	0.921371328	
t 境界値 両側	2.093024054	
t(19)=	0.100026326	
p=	0.921371328	
p>0.05より、帰無仮説を棄却できない		
t境界値> t より、帰無仮説を棄却できない		
よって有意差なし		

表 7.アンケート結果③

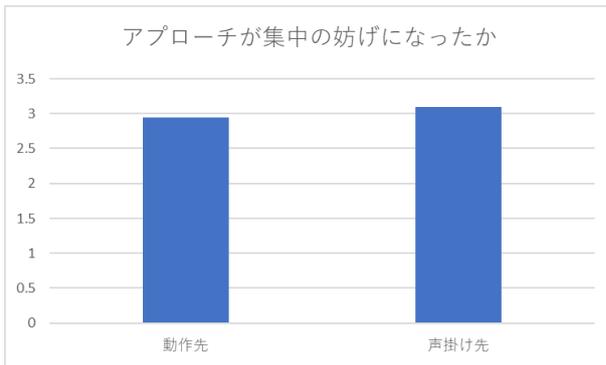


図 20.アンケート結果④

アプローチは、集中の妨げになったか	変数 1	変数 2
平均	2.95	3.1
分散	1.944736842	1.568421053
観測数	20	20
ピアソン相関	0.394780727	
仮説平均との差異	0	
自由度	19	
t	-0.459184932	
P(T<=t) 片側	0.325655687	
t 境界値 片側	1.729132812	
P(T<=t) 両側	0.651311373	
t 境界値 両側	2.093024054	
t(19)=	0.459184932	
p=	0.651311373	
p>0.05より、帰無仮説を棄却できない		
t境界値> t より、帰無仮説を棄却できない		
よって有意差なし		

表 8.アンケート結果④

3.3.5.3 エージェントによる集中阻害に関する自由記述

2つのタスク終了後に行ったアンケートでは、2つの項目について自由記述欄を設けて実験参加者に任意で記入をお願いした。項目は以下の通りである。それぞれについて挙げられた意見をここに記す。なお、同様の内容とみなされる意見については複数寄せられたものもまとめてある。

- エージェントのアクションについて

- ・動きがかわいい
- ・動きが面白い
- ・タスクに集中していたので、エージェントの外見などは気にならなかった

○エージェントによる集中阻害について

- ・エージェントの声質によって集中阻害度が変わることはないか
- ・急に視界に入ってくると気をとられる
- ・突然声をかけられると気をとられる
- ・なんとなく動作先の方が集中を阻害されたように感じる
- ・確信はないが、声掛け先の方が集中を阻害されたように感じる
- ・発話が終わったエージェントが少しの間その場に居座るのに苛立ちを感じた
- ・先に姿が現れると、驚きはしないが視線を移してしまう。反対に先に声をかけられると、驚きはするが視線を動かさなくて済む。

3.3.6 考察

○エージェントのアプローチによる集中阻害の有無について

動作先と声掛け先どちらのアプローチ方法においても、思考時間の差異が倍近くあり、t検定の結果有意差が認められた。したがって、計算問題といった集中が必要なタスクをこなしているユーザーに対してエージェントからコミュニケーションを開始する際は、何かしら集中阻害を緩和するための配慮が必要であるということが分かった。

○アプローチ方法の違いによる集中阻害度の差異について

今回の実験では、動作先と声掛け先というアプローチ方法の違いによる集中阻害度の差異に有意差は認められなかった。これによって、対話型擬人化エージェントによるコミュニケーション開始のためのアプローチは、音声刺激でも視覚刺激でも同程度集中が阻害されるということになる。また今回の実験は20人という規模の検証であり、実験参加者に未成年が含まれていなかったり、実験参加者の出身国が日本の方のみであったりと、幅広い層を対象にした追加検証の余地があるとも考えられる。

○アプローチ方法の違いによる集中阻害の印象の差異について

4項目5段階評価のアンケートの数値においても、動作先と声掛け先というアプローチの違いについて有意差は認められなかった。これは実験参加者たちによる主観的な評価においても、どちらのアプローチ方法も同程度集中が阻害された印象だったということになる。

追加検証の余地に関しては上述のとおりである。

○自由記述で得られた意見について

エージェントの声質に関する意見があったが、確かにこうした微妙な変数によって集中阻害度が変わるであろうことは想像できる。声質以外にも、エージェントの話す語数や速度、間や抑揚によってもユーザーへのストレスは変化すると思われる。今回はそうした変数を2つの実験でそろえるよう留意したが、今後追加検証を行うとしてもアプローチ方法以外の要素が著しくユーザーの集中阻害に関与することがないように気を付けるべきである。

また、アプローチ方法によって阻害された意識の部分が違うという意見には非常に納得させられた。同じ集中阻害でも、視覚的な阻害と聴覚的な阻害では乱される身体機能が異なることは十分に考えられる。そこに、エージェントからの会話アプローチによる集中阻害を最小化させるためのヒントが隠れているかもしれない。

第4章 結論

4.1 インタラクション開始時における対話型擬人化エージェントの印象形成

本研究では、ユーザーと対話型擬人化エージェントのコミュニケーションの中でも特にインタラクション開始時の印象に焦点を当て、エージェントを外見印象、動きの印象の両面から検討した。

外見印象の検証では、視線コミュニケーションエージェントのための目のパーツに関して、印象決定に関与する要素を特定した。検証用のモデルと比較用アプリケーションを制作し、サーストンの一対比較法を用いて27種類の異なる目パーツを持つモデルの比較実験を行なった。実験の結果、目パーツを決定する変数の中でも、頭部に対する上下の配置や、左右の目の間隔幅が印象決定に大きく関与することが明らかになった。

動きの印象の検証では、エージェント側からのインタラクションの開始を想定し、視覚刺激を用いたアプローチと聴覚刺激を用いたアプローチの両方について集中阻害の度合いを確かめた。2つのアプローチ方法の違いによる集中阻害度合に差異は現れなかったが、エージェントによるアプローチがユーザーのタスク集中を阻害してしまう危険性を示した。

4.2 将来の展望

本研究で取り扱った2つの実験のいずれでも、実験参加者層の充実化や、別分野の知見の必要性といった改善事項が見られた。これらの課題は、対話型擬人化エージェントとのより快適なコミュニケーションを考察する上で重要な伸び代だろうと考える。

昨今の会話エージェントの技術的な発達が目覚ましく、日を追うごとに新しい機能が追加されていると言っても過言ではない。しかし会話エージェントがユーザーと密に関わるシステムである以上、広い範囲のユーザー層への普及と浸透、また地道な検証を重ねない限り、真に最適な会話システムというものは生まれ得ない。

本研究で提起し貢献した問題は、対話型擬人化エージェントの印象決定に関わる一部分にすぎないが、今後また新たな視点から人間-エージェント間のコミュニケーションを改善しようとする試みのための、一助になることができると考えられる。

謝辞

本研究の制作および実験、修士論文の執筆にあたり多大なご指導を頂いた研究指導教員の金尚泰先生、副研究指導教員の三河正彦先生をはじめ、グラフィックデザイン研究室の皆さん、また実験に協力していただいた沢山の方々に、この場を借りて深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] André, E., Rist, T., Van Mulken, S., Klesen, M., & Baldes, S. (2000). The automated design of believable dialogues for animated presentation teams. *Embodied conversational agents*, 220-255.
- [2] Pepper, <https://www.softbank.jp/robot/pepper/> (2019.12.21 確認)
- [3] Meet Jibo, <https://www.jibo.com/> (2019.12.21 確認)
- [4] Olly the world's first robot with personality, <https://heyolly.com/> (2019.12.21 確認)
- [5] Xperia Hello!(G1209) , <https://www.sony.jp/xperia-smart-products/products/G1209/> (2019.12.21 確認)
- [6] 吉井 章人, 中島 達夫. (2014). エージェントにより擬人化された物体による説得の可能性に関する考察. HAI シンポジウム P-9
- [7] 森. (1970), “不気味の谷”, *Energy*, vol7, no4, pp33-35.
- [8] Goetz, J., Kiesler, S., & Powers, A. (2003). Matching robot appearance and behavior to tasks to improve humanrobot cooperation. In *The 12th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication, ROMAN 2003*, 55–60.
- [9] 小貫朋実 (2016), “視線コミュニケーションロボットのための視線表現 ”, 博士論文, 埼玉大学, 埼玉
- [10] 山崎洋一, 増田裕太, 上原由記子, 董芳艶, & 廣田薫. (2007). 眼球ロボットを用いた意図表出及びマスケットロボットシステムへの応用. In *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 23 回ファジィシステムシンポジウム* (pp. 387-387). 日本知能情報ファジィ学会.
- [11] 宮内大, 中村明生, & 久野義徳. (2003). 機械とのアイコンタクトシステム. *情報処理学会研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM)*, 2003(41 (2003-CVIM-138)), 121-128.
- [12] Andrist, S., Gleicher, M., & Mutlu, B. (2017, May). Looking coordinated: Bidirectional gaze mechanisms for collaborative interaction with virtual characters. In *Proceedings of the 2017 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 2571-2582). ACM.
- [13] 林宏太郎. (2016). We-mode が開く人と相互作用を行うロボット・デザインの扉. *心理学評論*, 59(3), 330-343.
- [14] D Das, MG Rashed, Y Kobayashi, Y Kuno. (2015) Supporting human–robot interaction based on the level of visual focus of attention, *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*
- [15] Simulacrum, <https://www.wikiwand.com/en/Simulacrum> (2019.12.21 確認)

- [16] PaPeRo i, https://www.necplatforms.co.jp/solution/papero_i/index.html (2019.12.21 確認)
- [17] 尾田政臣. (2007). カメラと照明の方向が無表情顔の印象に及ぼす影響. 立命館人間科学研究, 14, 53-61.
- [18] AITalk とは?. <https://www.ai-j.jp/about/> (2019/12/22 確認)

付録

第 2 章にて行った実験の実験結果の表全文およびアンケート、また第 3 章にて行った実験で利用した実験手順の説明に関する書類とアンケートを付録として添付する。

添付1. 第2章で行った実験の結果詳細①(選択の集計結果と合計)

	小上狭	小上中	小上広	小中狭	小中中	小中広	小下狭	小下中	小下広	中上狭	中上中	中上広	中中狭	中中中	中中広	中下狭	中下中	中下広	大上狭	大上中	大上広	大中狭	大中中	大中広	大下狭	大下中	大下広	合計
小上狭	0	5	7	6	2	7	5	6	7	3	2	7	3	3	7	3	6	5	6	3	3	3	6	3	8	3	7	132
小上中	5	0	8	8	3	8	7	2	6	7	7	7	5	2	6	3	2	7	5	1	7	8	6	5	7	7	3	143
小上広	3	2	0	3	2	1	6	5	5	3	1	2	3	1	3	3	3	2	3	2	2	5	2	2	7	7	6	81
小中狭	4	2	7	0	4	8	7	7	7	7	3	7	7	2	7	8	6	7	7	5	4	7	6	3	8	5	4	149
小中中	8	7	8	6	0	7	9	6	7	5	4	7	3	3	3	7	8	7	6	5	4	8	2	6	9	5	4	154
小中広	3	2	9	2	3	0	6	2	5	3	3	3	3	2	3	5	2	4	6	5	5	3	1	1	7	7	4	99
小下狭	5	3	4	3	1	4	0	2	7	6	3	7	5	2	3	7	2	7	7	2	4	7	2	3	7	6	7	116
小下中	4	4	8	3	4	8	8	0	8	5	6	4	7	3	7	5	2	2	3	4	4	8	6	3	8	5	5	134
小下広	3	3	5	3	3	5	3	2	0	3	3	4	3	2	5	3	2	2	3	3	3	3	2	3	8	3	3	85
中上狭	7	3	7	3	5	7	4	5	7	0	2	7	3	6	7	5	7	7	5	2	2	7	8	3	3	3	4	117
中上中	8	7	9	7	6	7	7	4	7	8	0	7	3	2	7	3	5	7	4	2	7	8	3	6	8	5	7	154
中上広	3	3	8	3	3	7	3	6	6	3	3	0	6	5	2	3	2	7	7	2	4	3	3	3	3	3	7	108
中中狭	7	5	7	8	7	7	5	3	7	7	4	7	4	0	3	7	4	7	6	3	3	7	3	3	7	7	7	143
中中中	7	8	9	8	7	8	8	7	8	4	8	5	7	0	7	9	8	7	6	7	7	8	5	7	9	7	8	189
中中広	3	4	7	3	7	7	7	3	5	3	3	8	3	3	0	7	5	3	8	6	7	7	3	3	7	4	7	133
中下狭	7	8	7	2	3	5	3	5	7	5	7	7	3	1	3	0	2	7	7	2	7	4	4	8	3	2	6	119
中下中	4	7	7	4	2	8	8	8	8	3	5	8	6	2	5	8	0	2	7	7	2	7	4	8	6	3	4	119
中下広	5	3	3	3	3	6	3	8	8	3	3	3	3	3	7	3	0	3	3	7	5	4	2	3	2	2	2	105
大上狭	4	5	7	3	4	4	3	7	7	5	6	3	4	4	2	3	5	7	0	1	3	1	1	2	3	8	4	108
大上中	7	9	8	5	5	5	8	6	7	8	8	8	7	3	4	8	3	3	9	0	7	7	5	8	9	5	4	166
大上広	5	3	8	6	6	5	6	6	7	8	3	6	7	3	3	6	5	7	7	3	0	7	2	3	7	5	4	134
大中狭	3	2	5	3	2	7	3	2	4	8	2	7	3	2	3	6	2	6	9	3	3	0	2	6	5	3	5	110
大中中	4	4	8	4	8	9	8	4	8	8	7	7	5	5	7	7	6	8	8	5	8	0	3	9	7	7	7	174
大中広	7	5	8	7	4	9	7	7	7	7	8	7	7	3	7	6	2	7	7	2	7	4	7	4	7	7	4	159
大下狭	2	3	3	2	1	3	3	2	2	7	2	7	1	3	3	4	2	8	2	1	3	5	1	2	0	2	3	77
大下中	7	3	4	5	5	3	4	5	7	7	5	7	3	3	6	7	4	8	6	5	7	3	3	7	8	0	4	137
大下広	3	7	3	6	6	6	3	5	7	6	3	3	3	2	3	7	8	7	7	6	6	5	3	7	6	0	4	130

添付 2. 第 2 章で行った実験の結果詳細②(①の結果から算出した尺度値)

	小上狭	小上中	小上広	小中狭	小中中	小中広	小下狭	小下中	小下広	中上狭	中上中	中上広	中中狭	中中中	中中広	中下狭	中下中	中下広	大上狭	大上中	大上広	大中狭	大中中	大中広	大下狭	大下中	大下広	尺度値
小上狭	0.000	0.842	0.524	0.253	-0.842	0.524	0.000	0.253	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.253	-0.524	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.253	0.524	0.016
小上中	0.842	0.842	0.842	0.842	-0.524	0.842	0.524	0.253	0.842	-0.842	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.842	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.253	0.524	0.125
小上広	-0.524	-0.842	0.524	-0.524	-0.842	-1.282	0.253	-0.842	0.000	-0.524	-0.524	-1.282	-0.842	-0.524	-0.524	0.000	0.253	-0.842	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	0.524	0.253	0.524	-0.541
小中狭	-0.253	-0.842	0.524	0.253	-0.253	0.524	0.253	0.524	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.194
小中中	0.842	0.524	0.842	0.253	0.524	1.282	0.253	0.253	1.282	-0.253	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.266
小中広	-0.524	-0.842	1.282	-0.842	-0.524	-0.253	0.253	-0.842	0.000	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	-0.332
小下狭	0.000	-0.524	-0.253	-0.524	-1.282	0.842	0.842	0.842	0.842	0.524	0.253	0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	-0.842	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	0.524	0.253	0.524	-0.160
小下中	-0.253	-0.253	-0.253	-0.253	-0.253	0.842	0.842	0.842	0.842	0.000	0.253	0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	0.524	0.253	0.524	0.050
小下広	-0.524	-0.524	0.000	-0.524	-0.524	0.000	-0.524	-0.842	-0.842	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	0.524	0.253	0.524	-0.462
中上狭	0.524	-0.524	0.524	0.524	0.000	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	-0.148
中上中	0.842	0.524	1.282	0.524	0.253	0.524	0.524	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.255
中上広	-0.524	-0.524	0.842	-0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.253	0.524	-0.524	-0.524	-0.524	0.253	0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.641
中中狭	0.524	0.000	0.524	0.524	0.524	0.524	0.000	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.131
中中中	0.524	0.842	1.282	0.842	0.524	0.842	0.842	0.524	0.842	0.524	0.842	0.842	0.524	0.842	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.641
中中広	-0.524	-0.253	0.524	-0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	-0.524	-0.524	-0.524	0.524	0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.035
中下狭	0.524	0.524	0.524	-0.842	-0.524	0.000	-0.524	0.842	0.842	0.524	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	-0.128
中下中	-0.253	0.842	0.524	-0.253	-0.842	0.000	0.842	0.842	0.842	0.524	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.260
中下広	0.000	-0.524	0.842	-0.524	-0.524	0.253	-0.524	0.842	0.842	-0.524	-0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	-0.254
大上狭	-0.253	0.000	0.524	-0.524	-0.253	0.000	0.842	0.842	0.842	0.524	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.405
大上中	0.524	0.000	0.524	0.524	-0.253	0.000	0.842	0.842	0.842	0.524	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.405
大上広	0.000	-0.524	0.842	0.253	0.253	0.000	0.253	0.253	0.253	0.524	0.842	-0.842	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.041
大中狭	-0.524	-0.842	0.000	-0.524	-0.842	0.000	-0.842	-0.842	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	-0.200
大中中	-0.253	0.842	1.282	0.842	0.842	0.842	0.842	0.842	0.842	0.524	0.524	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.482
大中広	0.524	0.000	0.842	0.253	0.253	0.000	0.253	0.253	0.253	0.524	0.842	-0.842	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.305
大下狭	-0.842	-0.524	-0.524	-1.282	-0.842	-0.842	-0.842	-0.842	-0.842	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	-0.587
大下中	0.524	-0.524	-0.253	0.000	0.000	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	-0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	0.075
大下広	-0.524	0.524	-0.524	0.253	0.253	0.253	-0.524	0.000	0.524	0.253	0.253	-0.524	0.524	-0.524	0.524	0.000	0.253	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.253	0.524	-0.003

添付3. 第2章で行った実験のアンケート用紙

No. _____

●アンケート

四角い枠の中に自由に感想をお書きください(空欄でも構いません)。

○会話コミュニケーションを行うエージェントについてお聞きします

1, 提示された9種類のエージェント群の総合的な印象はいかがでしたか？

2, 実験を行う中で、エージェントの眼球配置に関する自分の好みについて、気づきがありましたか？(目の大きさは大きい方が好み等)

3, ソフトウェアの操作や仕様についてご意見があればお願いします

4, その他ご意見やご感想がありましたらご自由にお書きください

添付4 第3章にて行った実験の手順や諸注意説明のための資料

●実験の流れ

実験説明



計算タスク(1回目)



エージェントに関するアンケート



休憩(5分程度)



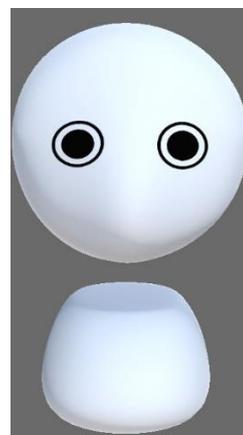
計算タスク(2回目)



エージェントに関するアンケート



実験全体に関するアンケート



実験に利用するエージェント(全身)

●諸注意

- ・計算タスクはそれぞれ2分程度です。可能な限り多くの問題を正確に答えるようにしてください。
- ・エージェントの「スタート」の合図でタスクを始め、「そこまで」の合図でタスクを終了してください。
- ・途中、エージェントが時間の経過を伝えてきますが、「そこまで」の合図があるまではタスクを継続してください。
- ・計算タスク中は原則、画面内を見るようにしてください。手元で筆算など行うことはできません。

No. _____

○アンケート A

計算の途中、エージェントが時間経過やタスクの終了を伝えました。
これについてお聞きします。5段階の数字のいずれかに丸を付けてお答えください。

- ・エージェントの発言内容は自然に頭に入りましたか？

理解に時間がかかった← **→自然に理解できた**
1 - 2 - 3 - 4 - 5

- ・エージェントに声をかけられた際、止まらずに計算を進めることができましたか？

計算が止まってしまった← **→計算を止めずに進められた**
1 - 2 - 3 - 4 - 5

- ・エージェントに声をかけられた際、計算パネルを注視することができましたか？

エージェントへ視線を送った← **→計算パネルを注視した**
1 - 2 - 3 - 4 - 5

- ・エージェントによる声掛けは、計算タスクへの集中の妨げになりましたか？

集中を大きく妨げられた← **→集中の妨げにはならなかった**
1 - 2 - 3 - 4 - 5

No. _____

○アンケート B

計算の途中、エージェントが時間経過やタスクの終了を伝えました。
これについてお聞きします。5段階の数字のいずれかに丸を付けてお答えください。

- ・エージェントの発言内容は自然に頭に入りましたか？

理解に時間がかかった← **→自然に理解できた**
1 - 2 - 3 - 4 - 5

- ・エージェントに声をかけられた際、止まらずに計算を進めることができましたか？

計算が止まってしまった← **→計算を止めずに進められた**
1 - 2 - 3 - 4 - 5

- ・エージェントに声をかけられた際、計算パネルを注視することができましたか？

エージェントへ視線を送った← **→計算パネルを注視した**
1 - 2 - 3 - 4 - 5

- ・エージェントによる声掛けは、計算タスクへの集中の妨げになりましたか？

集中を大きく妨げられた← **→集中の妨げにはならなかった**
1 - 2 - 3 - 4 - 5

添付6 第3章にて行った実験のアンケート用紙③

No. _____

○全体アンケート

1.日頃利用している AI エージェント(Siri Alexa など)がありましたらお書きください。

エージェント名： 用途や利用頻度：

2.エージェントの動きなどについて、気づいたことやご意見があれば自由にお書きください。(空欄でも構いません)

--

3.エージェントによる作業中の集中阻害について、気づいたことやご意見があれば自由にお書きください。(空欄でも構いません)

--

アンケートは以上で終了です。ご協力ありがとうございました。