

# 修士論文

## ロボットの眼が被観察者の公的自己意識に 与える影響の調査

北海道大学 大学院情報科学院  
情報科学専攻 情報理工学コース  
ヒューマンコンピュータインタラクション研究室

篠原 舞乃

2025年1月29日

### Master Thesis

**Investigating the Effects of Robotic Eye Features  
on Public Self-Awareness in Observed Individuals**

by

Maino Shinohara

Human-Computer Interaction Laboratory,  
Course of Computer Science and Information Technology,  
Division of Computer Science and Information Technology,  
Graduate School of Information Science and Technology,

Hokkaido University

29th January 2025

# 目次

<b>第1章</b>	<b>序論</b>	<b>1</b>
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の概要	2
1.3	本研究の構成	2
<b>第2章</b>	<b>関連研究</b>	<b>3</b>
2.1	社会的促進 (Social Facilitation)	3
2.2	監視眼効果 (Watching Eye Effects)	4
2.3	ロボットの眼の設計空間	5
<b>第3章</b>	<b>ロボットの外観特性に基づく社会的促進モデルの提案</b>	<b>7</b>
<b>第4章</b>	<b>実験1: 公的自己意識に影響を与えるロボット特性の探索的調査</b>	<b>9</b>
4.1	実験参加者	9
4.2	実験刺激	9
4.3	評価指標	10
4.4	実験手順	10
4.5	結果	13
4.5.1	測定モデルの評価	13
4.5.2	構造モデルの評価	13
4.5.3	実験結果のまとめ	14
4.6	実験1に関する議論	15
<b>第5章</b>	<b>実験2: ロボットと被観察者の特性が公的自己意識に及ぼす影響</b>	<b>17</b>
5.1	実験参加者	18
5.2	実験刺激	18
5.3	評価指標	18
5.4	実験手順	19
5.5	結果	20
5.5.1	人間の社会不安とロボットのエージェンシーが公的自己意識に与える影響	20
5.5.2	実験結果のまとめ	20
5.6	実験2に関する議論	22

<b>第 6 章 総合的な議論</b>	<b>23</b>
6.1 ロボットのエージェンシーと個人の評価懸念の相互的關係 . . . . .	23
6.2 評価懸念に配慮したインタラクション設計指針 . . . . .	23
6.3 制限 . . . . .	24
<b>第 7 章 結論</b>	<b>25</b>
<b>付録 A1 アンケート</b>	<b>35</b>
A1.1 実験 1 で用いたアンケート . . . . .	35
A1.2 実験 2 で用いたアンケート . . . . .	38

# 第1章 序論

## 1.1 本研究の背景

生活空間や公共空間におけるロボットの普及が急速に進んでいる。人間とコミュニケーションをとるロボットが普及するにつれ、擬人化されたロボットに対する知覚プロセスの理解が重要となる [1]。人間とロボットの共存が進展している中、人間との社会的相互作用を考慮したロボットの設計を検討することの重要性は大きくなっており、この分野を研究する学問領域が Human-Robot Interaction (HRI) である。HRIにおけるロボット設計戦略は、主に以下の2つのアプローチに分類される [2]: (1) 人間とロボットの二者間において豊富な情報を自然に伝達するための直接的な介入、(2) ロボットの存在が周囲の環境との相互作用を通じて人間に与える社会的効果。前者はロボットとのより円滑なコミュニケーションを目的としている。一方、後者は、本研究の焦点であり、ロボットと共存する状況下における全体的な体験の向上を目指している [3]。人間の安全かつ快適な生活というウェルビーイングの本質的な目的 [4] の達成に向けて、ロボットを社会環境の一部として自然に組み込むことが重要な研究課題となっている [5]。特に、ロボットの外観はその受容性 [6] や第一印象 [7] における重要な要因である。ゆえに、ロボットの外観設計が社会的相互作用に与える影響を考慮した上で、その設計指針を構築する必要がある。

近年、在宅勤務の普及に伴い、自宅における境界管理 [8] や自己統制 [9] の重要性が増し、私的空間における Social Facilitation (社会的促進) 戦略が検討され始めている [10]。社会的促進とは、他者の存在下における作業パフォーマンスは、単独での作業パフォーマンスとは異なる社会的効果を指す概念である。先行研究ではオンラインプラットフォーム上の他者 [11, 12, 13] やロボット [14] を作業時の自己管理のために導入することが提案されている。今後、社会的促進効果を自己管理戦略の一環として活用する可能性がますます拡大することが予想される。また、HRI分野においても、対話や身体的接触といった直接的な介入だけでなく、暗黙的な非言語的の手がかりを通じてユーザの作業を監視するコンパニオンロボットが提案されている [3, 15]。家庭用コンパニオンロボットがもたらす社会的促進効果を解明することは、このような役割を持つロボットの拡大に向けて重要な意義を持つと考えられる。先行研究では人間の代わりにロボットを監視者として用い社会的促進効果を再現することに成功している [16, 2, 17]。しかし、ロボットの存在が作業パフォーマンスに影響を与えないという事例 [18, 19, 20] も報告されており、その結果には一貫性がない。

## 1.2 本研究の概要

本研究では、ロボットにおける社会的促進効果を理論的に解釈するため、Watching Eye Effects（監視眼効果）という別の心理現象から得られた知見を統合する。監視眼効果とは、眼（人の直視や眼の形状をした物体）の存在が個人の自己意識を高め、好ましい行動を誘導したり反社会的行動の抑制したりする現象を指す [21]。一般的に、公共空間での自己意識（公的自己意識）を経験する人は、他者から評価されることへの不安や懸念を経験する [22]。社会的促進は、個人が自身の行動を評価されていると認識することで起こるため [23]、観察者の眼の外観が公的自己意識に与える影響を調査することは、社会的促進のメカニズムの解明に役立つと考えられる。

本研究の目的は、擬人化された顔特徴を持つロボットによる社会的促進メカニズムにおいて、眼が社会的促進効果を予測する手がかりになるかどうかを検討することである。具体的には、公的自己意識を高めるロボットの眼の設計要因を探索する。

## 1.3 本研究の構成

本論文は全7章で構成される。第2章では、本研究の理論的基盤となる社会的促進に関するこれまでの研究背景を概観する。また、眼が持つ社会的効果に関する先行研究および、今までロボットに対する知覚をもとに特徴づけられてきた眼の設計空間を述べる。第3章では、ロボットの眼の外観要因、エージェンシーの知覚、公的自己意識の因果関係を示すロボットの社会的促進モデルを提案する。第4章では、仮説を検証するため行われた実験について述べる、実験では、仮想ロボットの眼の視覚的要因（視覚的複雑性と大きさ）と行動的要因（視線キューと瞬き）を操作し、ロボットの存在下における個人の公的自己意識を評価した。構造方程式モデリングを用いて適合性を評価した結果、視覚的複雑性、視線キュー、瞬きがエージェンシーの知覚を介して公的自己意識を高めるという一連のメカニズムが示された。第5章では、人間の社会不安特性の観点を追加し、ロボットの存在がもたらす社会的促進効果について更なる検討を行う。実験の結果、個人の社会不安特性がロボットの監視下における公的自己意識に正の影響を与えることが示された。個人の社会不安特性とロボットのエージェンシーの交互作用は示されなかったものの、高い社会不安特性を持つ人はロボットのエージェンシーの違いによって公的自己意識が異なることが明らかとなった。第6章では、本論文で行ってきた研究に基づき、ロボットの設計上の示唆と制限について議論を行う。第7章では本論文のまとめを行う。

## 第2章 関連研究

本章では本論文で行う研究に関連して、これまで行われてきた既存の研究を概観し、本研究の位置づけを示す。さらに、3章で述べる仮説の基盤となる理論や知識についても本章に示す。

### 2.1 社会的促進 (Social Facilitation)

社会心理学の分野では、人々が暗黙的に影響を受けている社会的効果の例が数多く挙げられている。社会的促進は中でも最も古い理論のひとつであり、他者の存在が個人の行動や知覚に与える影響を説明する広い概念である。社会的促進に関する文献の多くは個人の作業パフォーマンスに焦点を当てている。その中心的な主張は、個人は他者が存在する状況において、単独で作業に取り組む場合と比較して、作業のパフォーマンスが異なるというものである。この現象を説明する主な理論として、Drive Theory (動因理論)、Evaluation Apprehension theory (評価懸念理論) の2つが挙げられる。動因理論では、個人が他者の存在下で作業を行う場合、覚醒が高まり、個人の優勢反応が促進されると説明されている [24]。すなわち、タスクが単純である、または習熟している場合は、そのタスクに対する優勢反応が正しい反応である可能性が高く、逆にタスクが複雑である、または未習熟である場合は、むしろ優勢反応がタスクの実行を妨げられることになる。一方で、Cottrell は、評価懸念理論を提唱し、他者の単なる存在のみでは、覚醒を高めるには不十分であると主張した [23]。Cottrell の行った実験では、観察者がいる条件ではパフォーマンスが低下したが、単独での作業時や観察者が目隠ししている時にはパフォーマンスに影響がなかった。ゆえに、評価懸念理論では、他者による社会的評価に対する個人の不安が、作業パフォーマンスに影響を与える要因として強調されている。本研究は評価懸念理論をもとに、観察者による評価への不安を高める要因の検討を行う。特に、統制可能な刺激であるロボットを用いることで、観察者要因を探索的に調査する。

個人での作業という文脈において、作業者はその環境にさまざまな要因に影響を受ける。Emmerich ら [25] は社会的促進の効果を説明する従来のモデル [26] を仮想エージェントに適用し、デジタルゲームにおける仮想エージェントの存在が作業パフォーマンスに与える影響を説明した。Emmerich らの提唱したモデルを図 2.1 に示す。本モデルによると、観察者のエージェンシーは社会的促進の Presence Factors (存在要因) に含まれ、社会的促進に関連する知覚に影響を与える。この関連する知覚とは、他者からの評価や自己意識といった社会的プロセスを含む。ゆえに、観察者としての仮想エージェントのエージェンシーは、被観察者の自己意識に影響を与えたと考えられる。

本研究は、Emmerich らのモデルが擬人化ロボットに適用可能かどうか検討を行う。Kim らは、起動状態のロボットの存在下における作業パフォーマンスは、停止状態のロボッ

トの存在下に比べて低いことを示している [16]. また, Luo らはキューブ型の群ロボット toio が置かれた机で作業をするとき, その数が多いほどパフォーマンスが下がることを示した [18]. さらに, 人間の頭部を模した物体が置かれた机で認知課題を行うとき, 課題の難易度にかかわらず, 無地の箱よりも不正解率が高い [17]. これらの知見から, Emmerich らのモデルと同様の関係性が人間とロボットの間にも部分的に存在するといえる. しかし, これを体系的に調査した研究はまだない. 本研究は, Emmerich らのモデルのうち存在要因と Individual Characteristics (個人の特徴) について検討を行う. 第 4 章では, ロボットの存在要因を体系的に調査するため, 相手の自己意識を高める重要な特徴である眼に焦点を当て, 観察するロボットの眼の特徴が被観察者の評価懸念に与える影響を調べる. 第 5 章では, これに人間の社会不安特性という観点を追加し, ロボットの存在要因と被観察者の特性の相互作用について調査を行う.

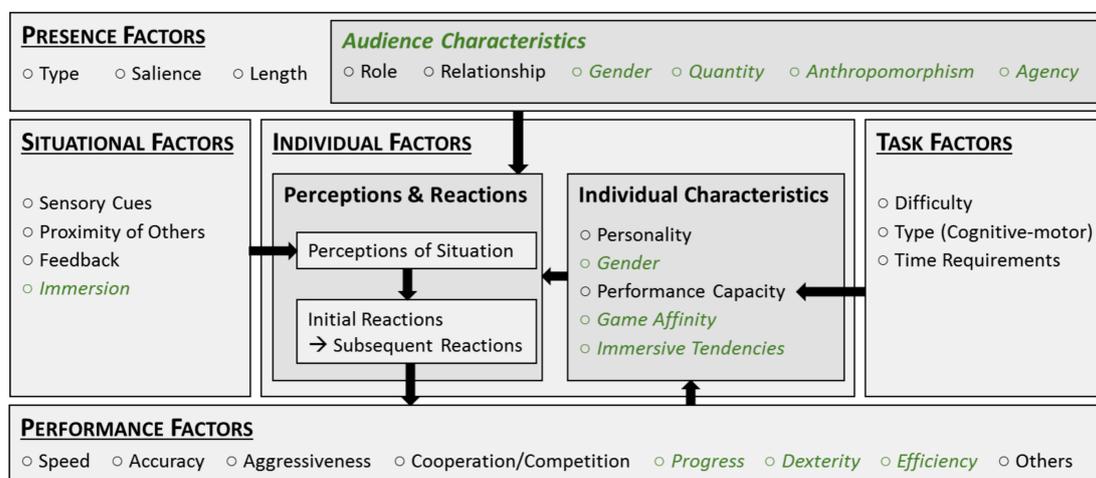


図 2.1: Emmerich らの提案した仮想エージェント適応版社会的促進統合モデル [25]. 斜体の緑色のフォントで書かれた箇所は, Aiello らによるオリジナルのモデル [26] に対する変更箇所である.

## 2.2 監視眼効果 (Watching Eye Effects)

眼の存在, 特に自身に向けられた直接視線は, 人の認知機能に影響を与える. 先行研究では, 自己意識の強化 [27], 向社会的行動の促進 [28], 反社会的行動の抑制 [29] といった影響が報告されている. 眼や眼の形状をした図形によるこれらの効果は Watching Eye Effects (監視眼効果) と呼ばれる. 監視眼効果は, 眼を認識することで生じる潜在的な評判管理の結果であると説明される [30]. Conty らは監視眼効果を説明する認知モデルを提案した [21]. 提案されたモデルを図 2.2 に示す. 本モデルでは監視眼効果を以下のように説明している: 「眼の存在によって対象者の注意が引きつけられ, 他者から見られているという信念を自動的に引き起こす. その結果, 眼は自己参照処理を活性化させる. それによる二次的な効果として, 自己意識の増加や向社会的行動の促進といった変化が生じる.」. 実際, 自身を直視している人物をオンラインで提示した場合, 視線を逸らしている人物に

比べて、公的自己意識が高いことが示されている [31]。公的自己意識の高い状態にある個人は、自身を他者からの評価の対象と捉え、一般的に評価に対する不快感や不安を経験する [22]。ゆえに、公的自己意識と評価懸念は非常に近い概念である。このように眼の性質が公的自己意識の高さに影響することから、監視眼効果に基づいてロボットの眼の設計空間を探索することは、ロボットによる社会的促進効果を理解する上で有益な知見となる可能性がある。

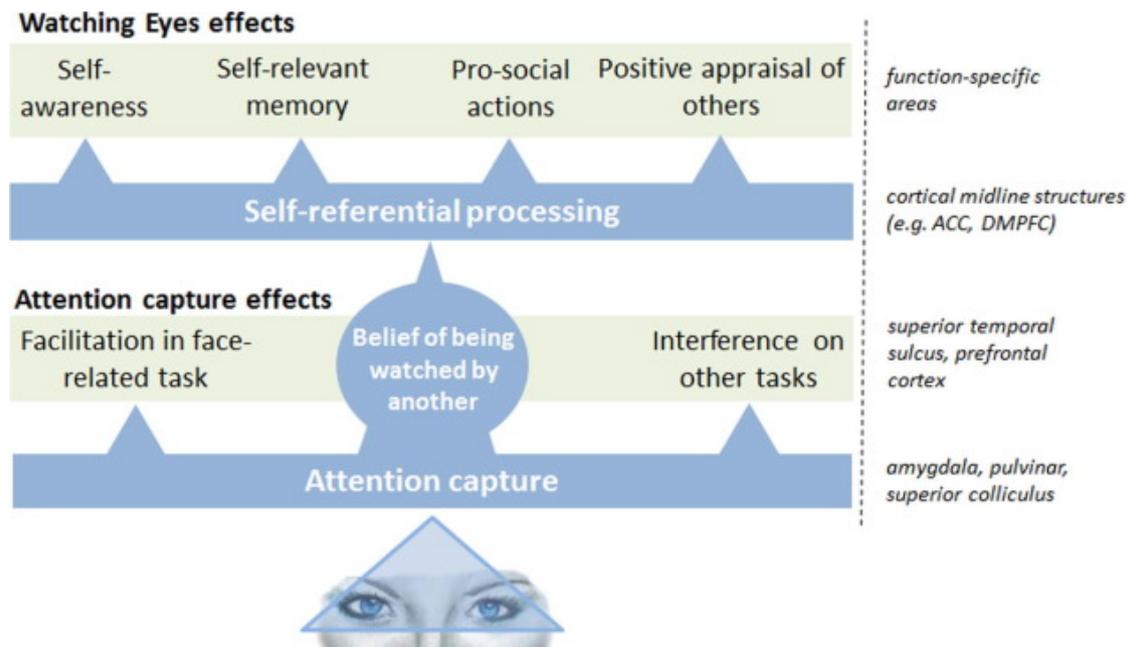


図 2.2: Conty らの提案した監視眼効果を説明する認知モデル [21]

## 2.3 ロボットの眼の設計空間

人間とロボットの相互作用において、眼の表情は、人間がロボットの意図を理解するのに役立つ [32]、ロボットの眼がより生物らしくあればあるほど人間的で感情的であると知覚される [33, 34]。監視眼効果は人間の眼だけでなく、眼を模した単純な図形でも生じることが分かっているが、ロボットの外観は印象形成において重要な役割を担う [7] ことを考慮すると、見られている感覚は眼の視覚的特徴および行動的特徴によって異なる可能性がある。ロボットの眼の視覚的要素としては、眼の大きさ、眼の形状、瞳孔の有無などが挙げられる。Kalegina らは、ロボットの眼が瞳孔を持たない場合、セキュリティ関連の仕事や監視に関する懸念を人々に想起させる傾向があると報告した [35]。また、丸みを帯びた輪郭や大きな虹彩は親しみやすい印象を与え [36]、大きな眼を持つロボットは威圧的で監視されているという感覚を与える [37]。

ロボットの眼の行動的要素には、視線動作（注視や回避視線）や瞬きが挙げられる。人間の視線動作を模倣する回転ジェスチャーを備えた非人型ロボット [38] や、人間の動きに合わせて視線を逸らす人型ロボット [2] は、見られている感覚を引き起こす。ロボットの

眼の視線行動や瞬きはロボットが持つエージェンシーや意図性の知覚に影響を与えることが知られている [39]. Mutlu らは、ロボットの視線行動が、それがたとえ人間の無意識的な行動を模倣したものであっても、意図的な行動として解釈されることを示した [40]. さらに、瞬きや微細な顔の動きといった生物的な振る舞いをする仮想人間の存在は個人の作業パフォーマンスに影響を与える [41]. また、ライトの点滅によってウインクや瞬きを表現するように設計された自律走行車は高い生命感やエージェンシーを知覚させる [42]. これらの知見は、人工物に眼または眼を模した物体を付与することで生物的な存在感や知覚を創出できる可能性を示唆している.

## 第3章 ロボットの外観特性に基づく社会的促進モデルの提案

社会的促進統合モデル [25] を基盤とし、監視眼効果とロボットの眼の設計空間の知見を組み合わせることにより、ロボットの監視下における評価懸念を説明する Integrative Model of Robotic Observer in Social Facilitation (IMROSF) を作成する。概念モデルを図 3.1 に示す。本モデルは、単独での作業という文脈において、ロボットの存在が評価懸念に関わる知覚に与える結果をロボットの外観要因から説明する。外観の特徴の中でも眼に焦点を当てており、眼の視覚的要因（大きさと視覚的複雑性）と行動的要因（視線キューと瞬き）が連携して作用する。眼の大きいロボットは見張られている、覗かれていると人々に感じさせ、移動警備としての用途を連想させることが報告されている [37]。ゆえに、従来の社会的促進統合モデル [25] における Saliency（顕著性）に相当すると考えた。また、高い視覚的複雑性、視線キュー、瞬きはいずれも生物に近い特徴であり、これらの要素を組み合わせることでエージェンシーの知覚が高まると考えられる。ゆえに、これらが従来の社会的促進統合モデル [25] における Agency の構成要素として作用すると考えた。

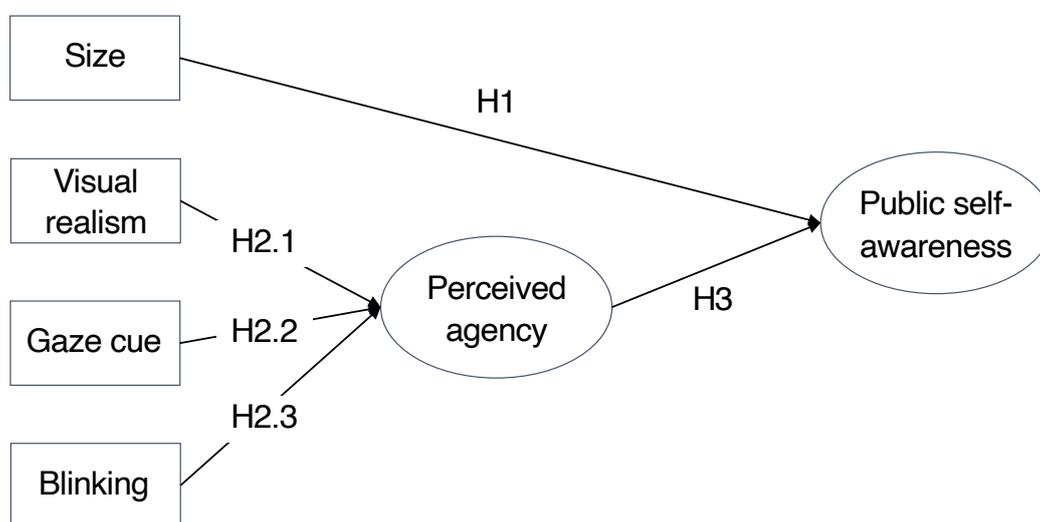


図 3.1: 仮説となる概念モデル (IMROSF)。矩形は操作変数、楕円は潜在変数を表す。

IMROSF の各パスで説明されている仮説は以下の通りである。

- H1: ロボットが持つ大きな眼は、被観察者の公的自己意識に正の影響を与える。

- **H2.1:** ロボットが持つ視覚的複雑性の高い眼は、ロボットが持つエージェンシーの知覚に正の影響を与える。
- **H2.2:** ロボットの視線キューは、ロボットが持つエージェンシーの知覚に正の影響を与える。
- **H2.3:** ロボットの瞬きは、ロボットが持つエージェンシーの知覚に正の影響を与える。
- **H3:** ロボットが持つエージェンシーの知覚は、被観察者の公的自己意識に正の影響を与える。

## 第4章 実験1: 公的自己意識に影響を与える ロボット特性の探索的調査

ロボットの存在下で個人作業をする文脈において、3章で述べた IMROSF が適用可能か検討することを目的として、クラウドソーシングによる24条件（眼の視覚的複雑性2条件、眼の大きさ3条件、視線キュー2条件、瞬き2条件）の参加者間オンライン実験を実施した。参加者は仮想ロボットの動画を視聴し、視聴後にアンケートに回答するよう指示された。

### 4.1 実験参加者

実験参加者を Yahoo!クラウドソーシング<sup>1</sup>を通して募集した。全実験参加者は日本語を母国語とする日本人であった。合計650名が実験に参加し、24条件のいずれかに無作為に割り当てられた。アンケートには3問のチェック設問が含まれ、1問以上不正解だった参加者は分析に含めなかった。分析に含められた有効回答者は615名（男性440名、女性169名、ノンバイナリー2名、性別を回答しなかった者5名）であった。

### 4.2 実験刺激

本実験では、研究者が設計・作成した仮想3Dロボットを実験刺激として使用した。このロボットは、Misty Robotics社のソーシャルロボット「Misty II」<sup>2</sup>に着想を得ており、アニメーションで表示される眼を持つ顔の特徴としたシンプルなデザインとした。エージェンシーの知覚の評価のため、このロボットが正面に映る15秒間の動画刺激が用いられた（図4.1a参照）。実験では動画に登場するロボットの眼の特徴である4つの説明変数を操作した：視覚的複雑性、大きさ、視線キュー、瞬き（図4.1c参照）。各変数について以下に述べる。

1. 視覚的複雑性. 高複雑性と低複雑性の2条件を設定した。高複雑性条件は強膜、虹彩、瞳孔、ハイライトを含み、低複雑性は強膜と瞳孔のみを含む。この条件設定は、ロボットの眼がユーザの知覚された信頼性に与える影響を調査したZhuらの実験をもとにしている [43].
2. 大きさ. 小, 中, 大の3条件を設定した。眼の直径は小条件を基準に中条件で1.5倍、大条件で2倍とした。顔の横幅を基準にした比率はそれぞれ約1/9, 約1/6, 約2/9

<sup>1</sup><https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/>

<sup>2</sup><https://www.mistyrobotics.com/>

である。

3. 視線キュー. 2つの条件を設定した。有条件では、ロボットが動画開始後2.5秒以内に左右に一度ずつ頭部を回転させ、視線キューを提示した。無条件では、視線キューを提示しなかった。
4. 瞬き. 2つの条件を設定した。有条件では、15秒間の動画内で4回の不規則な瞬きを行った。無条件では、瞬きを行わなかった。

さらに、目的変数である公的自己意識の評価のため、参加者に動画視聴後、ロボットが人物と向かい合っているイラスト（図 4.1b 参照）を提示した。さらに、参加者には、自宅の部屋で机に向かい、勉強や事務仕事などの作業に一人で取り組んでいることを説明するテキストベースのシナリオ（図 A1.2 参照）が提示された。このシナリオでは、ロボットが作業の補助や指示を一切行わないことが明記されていた。

### 4.3 評価指標

本実験では、ロボットのエージェンシーの知覚およびロボットの監視下における公的自己意識を評価するため、以下の指標を用いた：

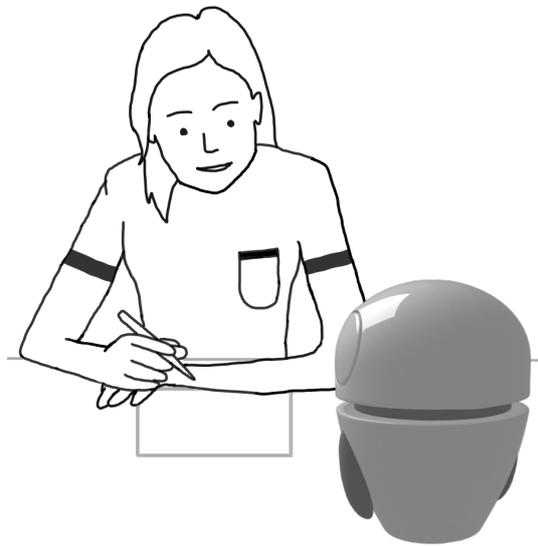
1. エージェンシーの知覚. Trafton ら [39] が開発した Perceived Agency Scale を独自に日本語訳して使用した。オリジナルの質問項目のうち、注意確認用の項目（“The <entity> has a face”）を除外した。また、特定のシナリオに基づく知覚を評価する2つの項目（例：“Imagine the robot/character/person was asked to be an actor in a local theater production. How well do you think they would do?”）は、本実験の目的とは異なるシナリオを想像することを要求するため、同様に除外対象とした。最終的に、11つの質問項目で構成されている尺度を使用した（例：「このロボットは目的を持って行動する」「このロボットは、他の人に対して感情を表すことができる」。すべての質問項目は表 A1.1 に掲載している。）。評価は5段階のリッカート尺度（1 = まったく同意しない、5 = 完全に同意する）を用いて実施した。
2. 公的自己意識. Govern ら [22] による Situational Self-Awareness Scale を独自に日本語訳して使用した。この尺度は、3つの質問項目で構成されている（例：「今、この瞬間、私は自分の見た目が気になっている」。すべての質問項目は表 A1.2 に掲載している。）。2.2 節で述べたように、公的自己意識の強い個人は一般的に高い評価懸念を感じていることから、本尺度はロボットからの評価に対する不安を評価する指標として用いた。評価は7段階のリッカート尺度（1 = 強く同意しない、7 = 強く同意する）を用いて実施した。

### 4.4 実験手順

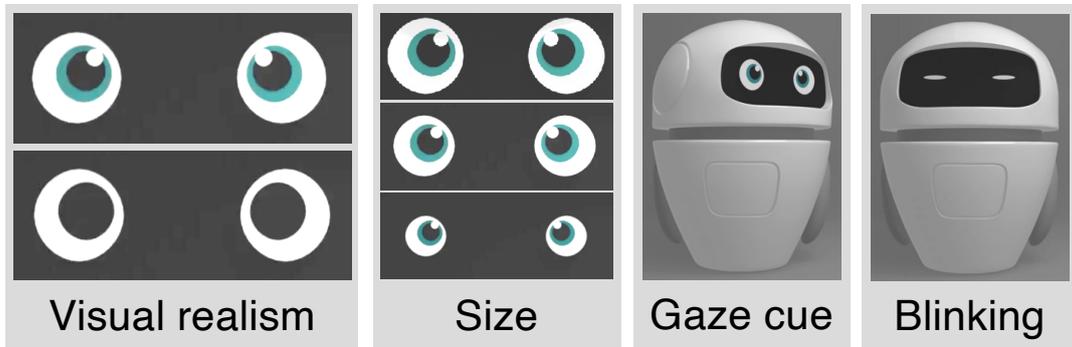
本実験はオンラインで実施され、実験参加者は自身のデバイスを使用して参加した。実験参加者はクラウドソーシングプラットフォーム上でタスクを発見し、タスクの概要、対



(a)



(b)



(c)

図 4.1: 実験に用いられた各刺激. (a) 動画刺激のスクリーンショット. ロボットのエージェンシーの知覚を評価するアンケートページの直前に提示された; (b) シナリオ説明のために用いられたイラスト. ロボットの監視下における公的自己意識を評価するアンケートページの直前に提示された; (c) 操作変数（視覚的リアリズム, 大きさ, 視線キュー, 瞬き）の視覚表現.

象者、報酬、遂行目安時間について記載されたページ（図 4.2）にアクセスした後、作業ページ（図 4.3, 4.4）に移動した。自由意志で参加を決定した者はランダムに 24 の条件のいずれかに割り当てられ、各条件に対応する Google フォーム上のアンケートに回答した。アンケートは以下の 5 つのセクションで構成されていた：(1) 人口統計学的情報を回答する事前アンケート、(2) ロボットの動画視聴、(3) ロボットの評価、(4) 参加者が自宅の部屋でロボットの存在下で作業するシナリオの提示、(5) 本シナリオにおける公的自己意識の評価。すべてのアンケートを完了した参加者には、実験報酬として 80 円相当の PayPay ポイントが付与された。動画視聴および回答の制限時間は 60 分以内であった。本研究は北海道大学情報科学院の倫理審査委員会の承認を受けて実施された（承認番号：R6-11）。

### ロボットの印象に関するアンケート調査

**このタスクって、どんな内容？**

**\*\*概要\*\***  
ロボットのアニメーションを視聴していただき、そのロボットについてアンケートにて回答していただくタスクです。タスクにかかる時間は5-10分程度です。なお、動画に音声は含まれません。

**\*\*対象\*\***  
日本語を母国語とする日本人の方に限ります。

**\*\*注意事項\*\***  
アンケートは外部サイト（Googleフォーム）で行います。  
リンク先のアンケートにアクセスする上で、**Googleアカウントでログインしていただく必要があります。**  
**ログイン後に表示されるフォームにご回答いただき、アンケート送信完了画面に表示される英数字を、Yahoo!クラウドソーシング上の回答欄に記入していただくことで完了となります。**

パスワードは一度しか表示されないため、コピー・メモのし忘れにご注意ください。

タスクをスマートフォンで実施する場合は、SafariやChromeなどの**ブラウザアプリ**から行ってください（Chromeを推奨します）。  
ブラウザアプリを使用せずタスクを実施した場合、最後にタブの切り替えができずキーワードが入力できません。

以下のような回答をされた場合は、今後のアンケートへの参加をお断りする場合があります。

- ・無作為に回答した場合
- ・動画を最後まで見ずに回答した場合

本調査では性別、年齢についてお聞きしますが、個人を特定可能な情報は収集致しません。  
収集データは統計的に分析し、学術研究に活用させていただきます。  
アンケート結果は本目的以外で使用されることはありません。  
アンケートへの回答をもって、趣旨にご同意いただいたものとさせていただきます。

図 4.2: タスク掲載ページ



図 4.3: 作業ページ 1



図 4.4: 作業ページ 2

## 4.5 結果

説明変数と目的変数の間の関係性を評価するために、構造方程式モデリング (SEM: Structural Equation Modeling) を使用した。Anderson ら [44] による SEM 解析の 2 段階アプローチに従い、まず測定モデルの信頼性と妥当性を評価するために確認的因子分析 (CFA: Confirmatory Factor Analysis) を実施した。

### 4.5.1 測定モデルの評価

CFA では、エージェンシーの知覚と公的自己意識の 2 つの潜在変数を含めた。CFA の結果に基づき、エージェンシーの知覚の評価項目から以下の項目を除外した: 「このロボットは目標を持っている」「このロボットは人々とコミュニケーションをとることができる」「このロボットは、他者に「心」があるかのように接する」「このロボットは、これらの行動を行いたいと思っている」「このロボットは、他の人に対して感情を表すことができる」。Trafton らの Perceived Agency Scale は、思考、感情、環境の 3 つの側面を網羅するように設計されている [39]。網羅性を維持するため、各側面の項目を 1 つ以上保持した。一方、公的自己意識に関する項目は、オリジナルの尺度から変更せず使用した。最終的な測定モデルは Cronbach's  $\alpha$  が 0.85, AVE が 0.5 を超え、十分な内部一貫性と収束的妥当性を示した。また、モデルの適合度に関しても良好であった ( $\chi^2(26) = 97.54, p < .001, CFI = .984, TLI = .978, RMSEA = .067, SRMR = .039$ )。

### 4.5.2 構造モデルの評価

次に、構造方程式モデリング (SEM) を用いて、IMROSF の適合性を検証した。モデル全体の適合度指標を表 4.1 に示す。CFI が当てはまりがよいとされる 0.95 を超えており、また、RMSEA が当てはまりがよいとされる 0.05 を下回っており、SRMR が当てはまりがよいとされる 0.08 を下回っていたことから、十分なデータとの適合度を有しているといえる [45]。

モデル内の各パスについても標準化係数  $\beta$  とその有意性が検討された。エージェンシーの知覚は、視覚的複雑性 ( $\beta = 0.124, p < 0.01$ )、瞬き ( $\beta = 0.100, p < 0.05$ ) によって有意に説明された。視線キューについては、エージェンシーの知覚を説明する有意傾向が

示された ( $\beta = 0.083, p = 0.051$ ). 公的自己意識は, エージェンシーの知覚 ( $\beta = 0.101, p < 0.05$ ) によって有意に説明されたが, 眼の大きさ ( $\beta = 0.038, p = 0.354$ ) は有意ではなかった. 統計的に有意でなかった眼の大きさから公的自己意識へのパスはモデルから削除された. 最終的に採用されたモデルを図 4.5, パス係数を表 4.2 に示す. 上記の適合度指標に基づき, 本モデルはデータに良好に適合していると判断した.

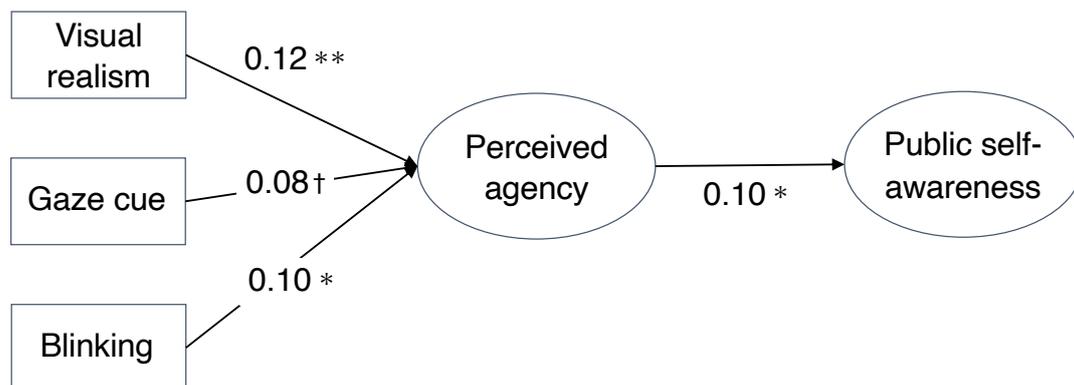


図 4.5: 眼の外観要因がロボットの存在下における公的自己意識に与える影響を示す構造方程式モデル (IMROSF). 本実験データ ( $N = 616$ ) への適合性が示された. 図中の数値は標準化係数を示している. 統計的に有意でないパスは削除されている ( $**p < .01$ ;  $*p < .05$ ;  $†p < .10$ ).

表 4.1: 構造方程式モデリング (SEM) の適合度指標

指標	値
$\chi^2$	98.75
自由度 df	58
$p$ 値	0.0006
CFI	0.986
TLI	0.983
RMSEA	0.034
	[0.023, 0.045]
SRMR	0.027

### 4.5.3 実験結果のまとめ

H1「ロボットが持つ大きな眼は, 被観察者の公的自己意識に正の影響を与える」という仮説は支持されなかった. 一方, H2.1「ロボットが持つ視覚的複雑性の高い眼は, ロボットが持つエージェンシーの知覚に正の影響を与える」と H2.3「ロボットの瞬きは, ロボットが持つエージェンシーの知覚に正の影響を与える」は統計的に支持された. H2.2「ロ

表 4.2: 構造方程式モデリングのパス係数

仮説	非標準化係数	標準化係数 ( $\beta$ )	$p$ 値
眼の大きさ $\rightarrow$ 公的自己意識	0.0870	0.0383	= .353
視覚的複雑性 $\rightarrow$ エージェンシー	0.1324	0.1241	< .01
視線キュー $\rightarrow$ エージェンシー	0.0891	0.0834	= .051
瞬き $\rightarrow$ エージェンシー	0.1070	0.1002	< .05
エージェンシー $\rightarrow$ 公的自己意識	0.1721	0.1013	< .05

ロボットの視線キューは、「ロボットが持つエージェンシーの知覚に正の影響を与える」に関しては、有意傾向にとどまっておらず、本仮説が支持される可能性を示唆している。H3「ロボットが持つエージェンシーの知覚は、被観察者の公的自己意識に正の影響を与える」は統計的に支持された。したがって、ロボットが持つ視覚的複雑性の高い眼、視線キュー、瞬きは、エージェンシーの知覚を介して被観察者の公的自己意識に間接的な正の影響を与えるといえる。

#### 4.6 実験1に関する議論

実験結果より、視覚的複雑性の高い眼や視線キュー、瞬きを持つロボットは、エージェンシーの知覚を介して、被観察者の公的自己意識を間接的に促進することが可能であることが示された。公的自己意識の高い状態にある個人は、自身を他者からの評価の対象と捉え、一般的に評価に対する不快感や不安を経験するとされている。また、公的自己意識は聴衆 [46] や全身鏡 [47]、ビデオカメラ [48] といった周囲の人間または自身の視点を意識する状況で高まることが知られている。本実験は、これがロボット相手に対しても起こる可能性があることを示した。先行研究では、仮想環境に存在するアバターの外見が人間に近い場合、目や口だけの単純な外見のアバターに比べて社会的存在感や共同存在感が高いことが示されている。視覚的複雑性の高い眼が被観察者の公的自己意識を間接的に促進することは、この先行研究の結果を支持するものである [49]。さらに、視線キューや瞬きがエージェンシーの知覚を介して、被観察者の公的自己意識を間接的に促進したことは、意図スタンスの観点から説明できる。意図スタンスとは、Dennett が提唱した概念で、ある主体の行動または振る舞いをその主体の意図に基づいて解釈する人間の性質を指す [50]。視線キューや瞬きのような眼の振る舞いは、ロボットが人間を評価しているという意図を知覚させ、公的自己意識を引き起こした可能性がある。本モデルにより、被観察者の公的自己意識に対するロボットの眼の要因の影響を定量化することができる。視覚的複雑性、視線キュー、瞬きの増加による公的自己意識への影響は、エージェンシーの知覚を媒介として正規化され、それぞれ  $0.12 \times 0.10 = 0.012$ ,  $0.08 \times 0.10 = 0.008$ ,  $0.10 \times 0.10 = 0.010$  と推定できる。これらの効果はかなり小さい。今後、エージェンシーの知覚を高める振る舞い（例えば、目的志向的行動 [51]、視線を用いた注意の提示 [52]）を採用することで、ロボットの眼の要因が公的自己意識に与える影響を強化するための設計要素をさらに検討できる。

また、先行研究では、社会的促進を引き起こす観察者の存在要因として挙げられている

Saliency (顕著性) [25] を根拠に、大きい眼を持つロボットは高い顕著性を持ち、公的自己意識を高めると仮説立てた。しかしながら、本結果はこの仮説を支持しなかった。顕著性は、音の大きさや色の鮮やかさなど、その特徴自体が持つ性質によって視覚的または聴覚的に目立ち、より注意を引きつけやすい特徴を指す [53]。本実験で設計した眼の直径は、顔の横幅を基準に小条件で約 1/9 倍、中条件で約 1/6 倍、大条件で約 2/9 倍である。本実験の結果から、これらの条件設定の範囲内において眼の大きさがロボットの特徴的な性質として参加者の注意を引きつけることはなかったと考えられる。先行研究では、一つ眼が特徴的なロボット Muu に対して、その大きな眼が見張られている、覗かれていると人々に感じさせ、移動警備ロボットを連想させることが報告されている [37]。本実験の結果がこの知見と一致しなかった理由として、Muu が大きな一つ眼というユニークな特徴を持つのに対し、本実験で用いられたロボットの眼は他の顔特徴から比較的目立たないため、異質性を人々に感じさせなかった可能性がある。

## 第5章 実験2: ロボットと被観察者の特性が 公的自己意識に及ぼす影響

第3章では、ロボットの存在下で個人作業を行う状況下における社会的促進メカニズムにおいて、ロボットの眼の外観要因によって公的自己意識への影響を説明するモデルを提案した。このモデルによって、眼の視覚的要因（視覚的複雑性）および行動的要因（視線キューと瞬き）がエージェンシーの知覚を介して公的自己意識を高めることが示された。ただし社会的促進に関する既存のモデル [25] でも説明されているように、他者の存在が個人の行動及び知覚に影響を与える要因はそれ以外にも存在する。特に、被観察者個人の特性は、ロボットの存在による社会的促進効果に大きな影響を与えることが予想される。これを支持する実証的な知見として、まず、社会的促進は監視者の意図をどのように解釈するかによってその効果が異なることが分かっている。Enzleらは他者の監視が個人の内発的動機付けに与える影響を調べる実験を行い、自身の課題遂行能力を評価すると伝えられた参加者は、そうでない参加者と比較して、課題遂行後の自由時間に他の課題に取り組む時間が短いことを示した [54]。したがって、社会的促進効果は、観察者の存在自体が影響を与えるだけでなく、観察者による評価の意図を意識する度合いによっても異なる可能性がある。さらに、ロボットへの社会的反応も同様に、個人の性格特性によって異なることが分かっている。二者間のパーソナルスペースに関する先行研究によると、ロボットの頭部が人の顔を向いている場合、女性にとっては快適な最低距離が増加する一方で、男性は減少し、また神経質な性格特性を持つ人は、そうでない人に比べてロボットとの快適な最低距離を増加させる [55]。他にも、鈴木らは対人不安傾向が高い人は、対人コミュニケーション場面において、人間よりもロボットを相手として選好することを示した [56]。本研究の目的である社会的促進メカニズムをロボットに適用できるかを検討するにあたり、ロボットに対する反応が個人によって異なることを考慮すると、個人特性とその効果の関連性を調べることは有益であるといえる。

本章では、個人の特徴のうち、社会不安特性に焦点を当てる。社会不安 (social anxiety) は、「現実の、あるいは想像上の対人場面において個人的に評価されたり、評価されることが予想されることから生じる不安」と定義される [57, 58]。社会不安傾向が特に強い人は、他者からの評価や監視を受ける可能性のある社会的状況やパフォーマンスの場面に対して著しく持続的な恐怖を抱き [59]、時に赤面、激しい震え、発汗などの身体的症状を伴うこともある [60]。ロボットは社会不安障害の治療 [59] やコーチング [61] の分野において、その非判断的な性質 [62] から、心理的安全性の高い介入を提供する手段として注目されている。しかし、社会的促進効果は直接的な介入を受けていない状態でも他者の存在が覚醒を引き起こすことを強調している。特に社会不安の高い個人にとっては、この知覚が否定的な結果につながる可能性がある。

本実験の目的は、ロボットの存在が評価懸念に与える社会的効果において、ロボットの

エージェンシーおよび個人の社会不安特性が影響を与えるかどうかを検討することである。実験1よりロボットのエージェンシーの知覚が公的自己意識に正の影響を与える効果（ロボットによる評価懸念メカニズム）が示されたが、実験2では、個人の社会不安特性がこの効果に与える影響を調査する。具体的には、以下の研究質問に答える。

- **RQ:** 個人の社会不安特性の違いは、ロボットによる評価懸念メカニズムに影響を与えるか。

## 5.1 実験参加者

実験1と同様、実験参加者をYahoo!クラウドソーシングを通して募集した。全実験参加者は日本語を母国語とする日本人であった。実験では実験参加者を二群に分け、それぞれ異なるビデオ映像を提示した。なお使用したプラットフォームの仕様上、実験参加者は先着順で高エージェンシー条件、低エージェンシー条件に振り分けられた。合計201名が実験に参加し、高エージェンシー条件に100名、低エージェンシー条件に101名割り当てられた。アンケートには2問のチェック設問が含まれ、1問以上不正解だった参加者は分析に含めなかった。分析に含められた有効回答者は195名（男性144名、女性48名、性別を回答しなかった者3名）であった。

## 5.2 実験刺激

実験1と同様の仮想ロボットの動画及びシナリオ図を実験刺激として使用した。ただし、仮想ロボットの動画については、高エージェンシー条件と低エージェンシー条件を正当に設定するため、実験1のデータを用いて実験的操作の妥当性を確認した。実験1で設定した条件のうち特定の2条件に対して、Levene検定および二標本t検定を行った。その結果、以下の条件間でエージェンシーの知覚の分散に有意差は確認されず、高条件 ( $M = 3.47, SD = 0.62$ ) と低条件 ( $M = 2.89, SD = 0.85$ ) 間で平均値に有意な差が認められた ( $p < .05$ )。そこで、それぞれを高エージェンシー条件、低エージェンシー条件として採用した。各条件におけるロボットの眼の特徴は以下の通りである（図5.1）。

- 高エージェンシー条件：視覚的複雑性高、大きさ中、視線キューあり、瞬きあり
- 低エージェンシー条件：視覚的複雑性低、大きさ中、視線キューなし、瞬きなし

## 5.3 評価指標

本実験では、個人の社会不安特性およびロボットの監視下における公的自己意識を評価するため、以下の指標を用いた。

1. **個人の社会不安特性.** 笹川ら [58] による日本語版 Fear of Negative Evaluation Scale (FNE) の短縮版を使用した。この尺度は、他者からの否定的な評価に対する恐れ（評価懸念）の強さを測定するために Watson らが作成した FNE [63] の日本語版 [64]

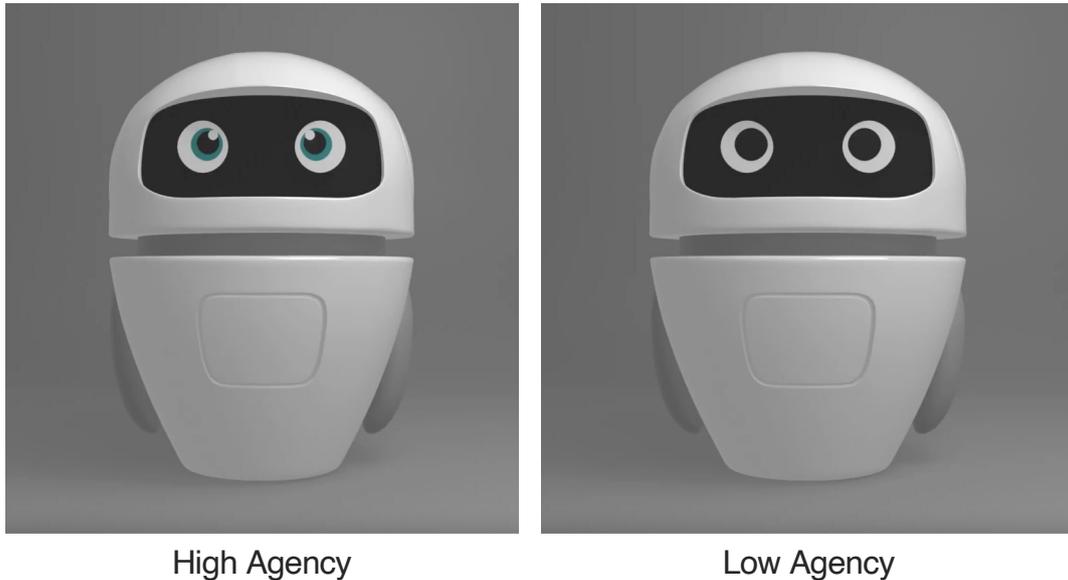


図 5.1: ロボットのエージェンシーが異なる各動画刺激のスクリーンショット。動画内で高エージェンシー条件は視線キューと瞬きを伴うが、低エージェンシー条件はいずれも伴わない。

を、項目数を減らして簡便化したものである [63]。本尺度は社会不安に関して広範囲の特性値を持つ個人に対して高い測定精度を持つことが示されている。参加者の負担を減らし、疲労や飽きによる実験データの質の低下のリスク [65] を回避するため、この短縮版を用いることとした。すべての質問項目は図 A1.3 に掲載している。

2. 公的自己意識。実験 1 と同様、Govern ら [22] による Situational Self-Awareness Scale を独自に日本語訳して使用した。

## 5.4 実験手順

本実験は実験 1 と同様、オンラインで実施され、実験参加者は自身のデバイスを使用して参加した。実験参加者はクラウドソーシングプラットフォーム上でタスクを発見し、タスクの概要、対象者、報酬、遂行目安時間について記載されたページ (図 4.2 参照) にアクセスした後、作業ページ (図 4.3, 4.4 参照) に移動した。自由意志で参加を決定した者は高エージェンシー条件もしくは低エージェンシー条件のいずれかに割り当てられ、各条件に対応する Google フォーム上のアンケートに回答した。アンケートは以下の 5 つのセクションで構成されていた: (1) 人口統計学的情報を回答する事前アンケート, (2) ロボットの動画視聴, (3) 参加者が自宅の部屋でロボットの存在下で作業するシナリオの提示, (4) 本シナリオにおける公的自己意識の評価, (5) 個人の社会不安特性の評価。なお、公的自己意識の評価時に社会不安に関する質問項目が影響を及ぼすバイアスを排除するため、社会不安特性の評価は公的自己意識の評価後に実施した。すべてのアンケートを完了した参

加者には、実験報酬として80円相当のPayPayポイントが付与された。動画視聴および回答の制限時間は60分以内であった。

## 5.5 結果

本節では、個人の社会不安およびロボットのエージェンシーが公的自己意識に与える影響について分析した結果を報告する。個人の社会不安については、参加者のFNE短縮版 [58] の平均スコアをもとに、中央値を閾値として二群（高社会不安群、低社会不安群）に分類した。Shapiro-Wilk 検定の結果、公的自己意識は、社会不安群およびロボットのエージェンシー群のいずれにおいても正規分布に従っていないことが確認された。したがって、公的自己意識に対してノンパラメトリックな分散分析手法である整列ランク変換 (ART) [66] を行った。事後検定には、Tukey 補正による多重比較検定を行った。

### 5.5.1 人間の社会不安とロボットのエージェンシーが公的自己意識に与える影響

ART を用いたノンパラメトリック二元配置分散分析の結果、公的自己意識には、ロボットのエージェンシーと個人の社会不安の間に統計的に有意な交互作用は見られなかった ( $F(1, 191) = 1.665, n.s.$ )。単純主効果の分析では、個人の社会不安が公的自己意識に統計的に有意な影響を与えることが示された ( $F(1, 191) = 4.335, p < .05$ )。一方、ロボットのエージェンシーの主効果は有意ではなかった ( $F(1, 191) = 0.645, n.s.$ )。事後検定の結果、高社会不安群が低社会不安群に比べて公的自己意識が高いことが示された。

次に、ロボットの存在下に対する個人の社会不安特性の影響を各エージェンシー条件内で検討するため、Mann-Whitney U 検定を行った (図 5.2 参照)。その結果、高エージェンシー条件下では、高社会不安群 ( $M = 3.36, SD = 1.38$ ) と低社会不安群 ( $M = 2.66, SD = 1.14$ ) の間で統計的に有意な差が示された ( $W = 1434.5, p < 0.05$ )。一方、低エージェンシー条件下では、高社会不安群 ( $M = 3.02, SD = 1.58$ ) と低社会不安群 ( $M = 2.79, SD = 1.38$ ) の間の差は有意ではなかった ( $W = 1366.5, p = 0.535$ )。

### 5.5.2 実験結果のまとめ

本実験では、個人の社会不安とロボットのエージェンシーが、ロボットの存在下における公的自己意識に与える影響を調査した。分析の結果、社会不安の違いが公的自己意識に統計的に有意な影響を与えることが示され、高い社会不安を持つ個人は低い社会不安を持つ個人に比べて高い公的自己意識を知覚することが確認された。一方、ロボットのエージェンシーの主効果およびエージェンシーと社会不安の交互作用については統計的に有意ではなかった。

さらに、ロボットの各エージェンシー条件内で個人の社会不安特性による影響を検討した結果、高エージェンシー条件下では、高社会不安群が低社会不安群よりも有意に高い公的自己意識を知覚することが確認された。一方で、低エージェンシー条件下では、社会不安群間の差は統計的に有意ではなかった。

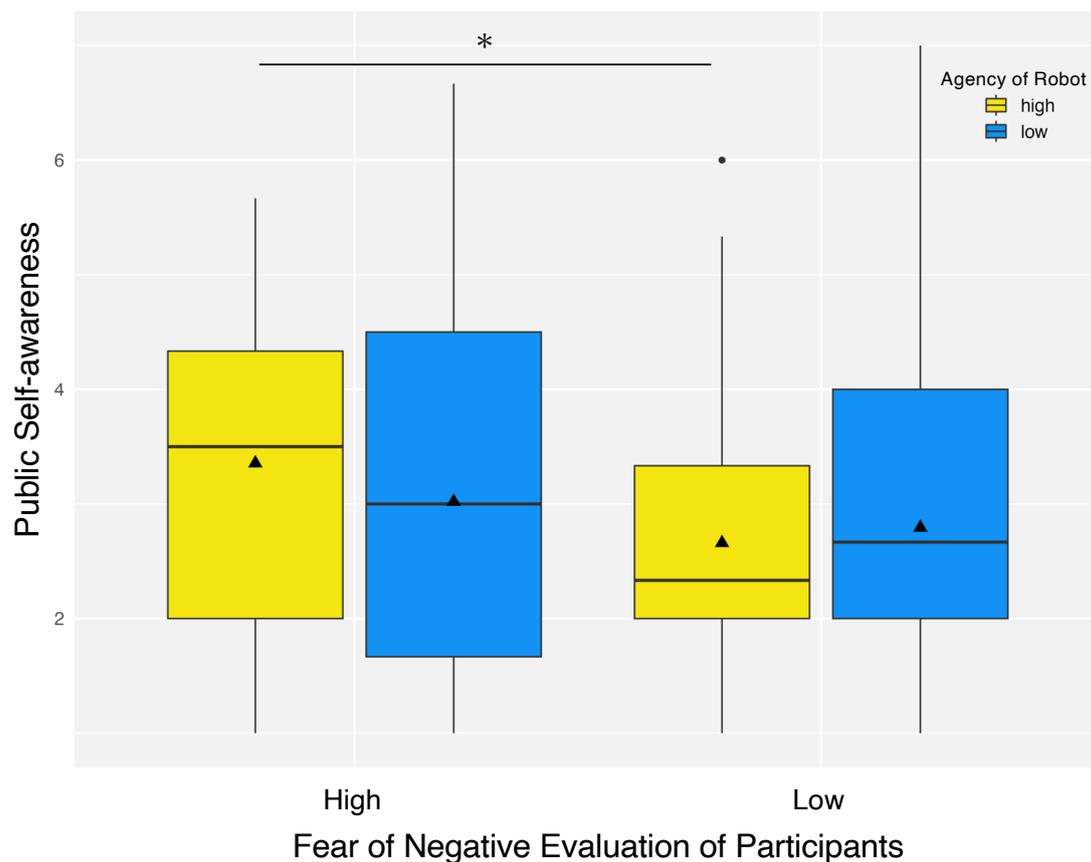


図 5.2: ロボットの存在下で個人作業を行う状況における公的自己意識を示す箱ひげ図. 箱の中の黒線は中央値, 黒い三角形は平均値を表している. 黄色の箱は高エージェンシー条件のロボットを, 青色の箱は低エージェンシー条件のロボットを観察者として提示された群を示す. 左側の2つの箱は高社会不安群, 右側の2つの箱は低社会不安群を示している. y軸は公的自己意識に関する参加者の評価を表しており, スコアが高いほど, 参加者がロボットの存在下でより高い公的自己意識を知覚したことを意味する. 有意差は  $*p < .05$ .

## 5.6 実験2に関する議論

本実験の RQ である「個人の社会不安特性の違いは、ロボットによる評価懸念メカニズムに影響を与えるか」について議論を行う。実験の結果、個人の社会不安とロボットのエージェンシーの間に交互作用が確認されなかった。これは、ロボットのエージェンシーの知覚と公的自己意識の関係に個人の社会不安特性が影響していない可能性を示唆している。また、ロボットのエージェンシーの主効果が確認されなかったことから、ロボットのエージェンシーの違いがロボットの存在下における公的自己意識に影響を与えないことを示唆している。これは実験1の「エージェンシーの知覚が公的自己意識に正の影響を与えることを示すパスが有意であった」という結果を支持するものではない。本実験でエージェンシーの主効果が確認されなかった理由として、社会不安特性が与える影響が大きく、ロボットのエージェンシーの知覚が与える影響が相対的に弱かった可能性がある。

さらに、個人の社会不安とロボットのエージェンシーの間の交互作用については確認されなかったものの、本実験結果は社会不安の違いによってロボットによる評価懸念メカニズムが異なる可能性を示唆している。高エージェンシー条件下において、高社会不安群が低社会不安群よりも有意に高い公的自己意識を知覚するという結果が得られたことから、ロボットのエージェンシーが強調される状況下では、社会不安特性が評価懸念メカニズムにおける重要な要因となる可能性が示された。一方で、低エージェンシー条件下では社会不安群間の差が有意ではなかったことから、ロボットのエージェンシーが低い場合には社会不安特性が評価懸念に及ぼす影響が弱まることを示唆している。本実験の結果は、ロボットのエージェンシーが高い場合においてのみ、社会不安特性が評価懸念の形成に影響を与えることを意味している可能性がある。本結果は、先行研究が示すように、エージェントによる社会的促進メカニズムにおいて、エージェント自体の要因だけでなく、個人特性が影響を与えることを支持するものである [25]。さらに、本研究は、エージェンシーの高いロボットの存在下における個人作業という文脈において、社会不安特性の高い個人が評価懸念を経験するという新たな知見を加えている。

## 第6章 総合的な議論

### 6.1 ロボットのエージェンシーと個人の評価懸念の相互的關係

本研究では、2つの実験を通して、ロボットのエージェンシーと個人の社会不安特性がロボットの存在下における評価懸念に与える影響を検討した。これらの結果を統合して得られる知見について述べる。実験1の結果では、ロボットのエージェンシーの知覚が公的自己意識に正の影響を与えることが示された。一方で、実験2では、個人の社会不安特性が主効果として公的自己意識に影響を与えたが、ロボットのエージェンシーの主効果は確認されなかった。これらの結果より、ロボットのエージェンシーは公的自己意識を高めるが、社会不安特性が与える影響が大きいため、全体的な効果としてはロボットのエージェンシーの知覚が与える影響が相対的に弱い可能性を示唆している。

これらの結果は、IMROSFモデルにおけるロボットのエージェンシーの効果が固定的ではなく、個人の特性との相互作用に依存する可能性を示唆している。特に、個人の社会不安特性が高い場合、ロボットのエージェンシーが評価懸念を増幅し、その結果として公的自己意識が高まるメカニズムが想定される。したがって、ロボットの存在による社会的効果を理解するためには、IMROSFモデルに個人特性、特に社会不安特性を組み込む形で拡張するアプローチを行うことが有望であるといえる。

### 6.2 評価懸念に配慮したインタラクション設計指針

実験1では、ロボットの眼の視覚的複雑性、瞬き、視線キューが、エージェンシーの知覚を媒介して被観察者の公的自己意識を高めることが示された。HRIの分野の先行研究では、参加者に向かって視線を送ったり、軽く頷いたりするロボット [2] や、人に反応する眼の動きや瞬きを行うロボット [67] が、「見られている感覚」を強化することが示唆されている。これにより、ロボットの眼の動きが内的な意図に基づいていると認識された場合に、ユーザは観察されていると感じる可能性が示唆される。内的な意図は、エージェンシーの知覚における重要な側面である [39] ことから、人に反応した眼動作やその他の動作を行うロボットは高いエージェンシーを持つと認識されると考えられる。実験1の結果は、視覚的複雑性、瞬き、視線キューに加え、エージェンシーの知覚を高める眼の特徴（ウインクのように点滅するライトなど [42]）が被観察者の公的自己意識を高める可能性を示唆している。

さらに、実験2の結果から、高い社会不安特性を持つ人はエージェンシーの高いロボットの存在下において高い公的自己意識を知覚することが示された。ゆえに、高い社会不安特性を持つ人が使用することを想定したロボットの外観設計において、評価懸念に伴う影響を考慮する必要がある。ロボットは、社会的評価の懸念を感じさせることなく対話でき

るという特性から、社会不安障害の治療 [59] やコーチング [61] への活用が期待されている。しかし、本実験結果はロボットが社会的評価の懸念を与える可能性を示唆している。ゆえに、これらの分野で用いられるロボットは、完全自動化にする [68] など、評価懸念による否定的な影響を回避する設計が好まれるかもしれない。

### 6.3 制限

本研究の実験はいずれも、仮想ロボットのアニメーションを用いたオンライン実験として実施されたが、これに伴ういくつかの制限が存在する。まず、実験1の結果から、視線キューがロボットのエージェンシーの知覚にわずかな正の影響を与えることが示された。しかし、本実験で使用した視線キューは、相互的あるいは反応的な視線行動ではなく、一方的な首の回転運動に限られていた。このため、ロボットの意図性や自律性を伝えるには不十分であった可能性がある。よって、視線行動が公的自己意識に与える影響を解明するには、人の行動に応じた反応的な視線行動を行うことのできるロボットを用いた対面実験が必要である。

また、公的自己意識の評価に際し、ロボットの存在下で人間が個人作業を行うシナリオを提示し、参加者にその状況を想像させた。しかし、参加者が実際にロボットと空間を共有していないため、提示されたシナリオが現実的な文脈として参加者に受け入れられたかどうかは断定できない。他にも、参加者のコンピュータおよびディスプレイ設定が調査結果に影響を与えた可能性がある。ゆえに実地調査などより生態学的妥当性の高い実験形態で行い、実際にロボットと空間を共有する状況で調査を行う必要がある。

最後に、本研究で提案されたIMROSFは、社会的促進の説明要因としてロボットの眼の特徴を採用している。しかし、従来の社会的促進統合モデル [25] で評価懸念の知覚に影響を与えると提案されているタスク要因、状況要因、パフォーマンス要因を含んでいないことを考慮する必要がある。社会的促進におけるタスクパフォーマンスへの影響については、本研究の範囲を超えていることに留意すべきである。

## 第7章 結論

本論文では擬人化された顔特徴を持つロボットが人間に与える社会的促進効果について検討し、ロボットの眼の設計要素が公的自己意識に与える影響と、その際の個人特性の役割について検討した。

3章では、ロボットの存在下における被観察者の公的自己意識を、ロボットの外観要因をもとに説明する社会的促進モデルを提案した。4章では本モデルを検証する実験を行い、ロボットの眼の設計要素である視覚的複雑性、視線キュー、瞬きが、エージェンシーの知覚を媒介して公的自己意識を高めるメカニズムが確認された。これにより、ロボットの外観がその社会的効果に直接的な影響を与えることが示された。エージェンシーの高いロボットが見られている感覚を想起させることで、公的自己意識を促進する可能性が示唆された。5章では、個人の社会不安がロボットの存在による評価懸念メカニズムに与える影響を調査し、高い社会不安特性を持つ個人は、エージェンシーの高いロボットの存在下でより強い公的自己意識を経験することが示された。

本研究の知見は、社会的促進のための暗黙的介入を提供するコンパニオンロボットにおける設計指針を提供している。視覚的複雑性や視線キューといった眼の設計要素を調整することで、ユーザに適したロボットの社会的促進効果を引き出すことが可能であることを示唆している。ただし、本研究では作業パフォーマンスの評価を行っていないため、社会的促進におけるユーザの個人特性とロボットの設計要素の相互作用については更なる検討が必要である。本研究の知見に基づき設計されたロボットを用いて、被観察下における個人の作業パフォーマンスを測定する対面実験を行うことで、眼を持つロボットによる社会的促進のメカニズムの解明に貢献すると考えられる。また、高い社会不安特性を持つ個人にとって評価懸念が負担となり得る場合には、ロボットのエージェンシーを低減させたり、評価の圧力を感じさせない設計が求められる。このような設計は、社会不安障害の治療やコーチングといった分野へのロボットの応用可能性を広げるであろう。

本研究は、ロボットの眼の設計が社会的促進効果に及ぼす影響を定量的に明らかにし、そのメカニズムを理論的に説明するモデルを構築した。ゆえに本論文はHRIおよびロボットのインタラクションデザインの研究領域に対して大きく貢献することのできる知見が含まれていると考えている。

## 謝辞

本研究に取り組むにあたり，研究の着想から論文の執筆まで終始丁寧なご指導をいただいた小野哲雄教授，坂本大介准教授に心より感謝申し上げます．また，研究室の皆様には実験計画へのご助言，本稿の添削，発表練習等，大変多くの場面でご協力をいただきました．心より感謝申し上げます．

## 参考文献

- [1] Anastasia Kuzminykh, Jenny Sun, Nivetha Govindaraju, Jeff Avery, and Edward Lank. Genie in the bottle: Anthropomorphized perceptions of conversational agents. In *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 1–13, 2020.
- [2] Nina Riether, Frank Hegel, Britta Wrede, and Gernot Horstmann. Social facilitation with social robots? In *2012 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 41–47, 2012.
- [3] Suhwoo Yoon, Soobin Kim, Gyeryeong Park, and Hajin Lim. Evaluating how desktop companion robot behaviors influence work experience and robot perception. In *Extended Abstracts of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '24, New York, NY, USA, 2024. Association for Computing Machinery.
- [4] Ed Diener. Subjective well-being. *Psychological bulletin*, Vol. 95, No. 3, p. 542, 1984.
- [5] Jonathan Mumm and Bilge Mutlu. Human-robot proxemics: Physical and psychological distancing in human-robot interaction. In *2011 6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 331–338, 2011.
- [6] Maartje M. A. de Graaf and Somaya Ben Allouch. The evaluation of different roles for domestic social robots. In *2015 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 676–681, 2015.
- [7] Byron Reeves, Jeff Hancock, et al. Social robots are like real people: First impressions, attributes, and stereotyping of social robots. 2020.
- [8] Michael Karlesky and Katherine Isbister. Understanding fidget widgets: Exploring the design space of embodied self-regulation. In *Proceedings of the 9th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 1–10, 2016.
- [9] Tammy D Allen, Kelsey Merlo, Roxanne C Lawrence, Jeremiah Slutsky, and Cheryl E Gray. Boundary management and work-nonwork balance while working from home. *Applied Psychology*, Vol. 70, No. 1, pp. 60–84, 2021.

- [10] Janghee Cho, Dasom Choi, Junnan Yu, and Stephen Voida. Reinforcing and reclaiming the home: Co-speculating future technologies to support remote and hybrid work. In *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–28, 2024.
- [11] Yoonjoo Lee, John Joon Young Chung, Jean Y Song, Minsuk Chang, and Juho Kim. Personalizing ambience and illusionary presence: How people use “study with me” videos to create effective studying environments. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–13, 2021.
- [12] Jeongmin Byun, Jungkook Park, and Alice Oh. Cocode: providing social presence with co-learner screen sharing in online programming classes. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, Vol. 5, No. CSCW2, pp. 1–28, 2021.
- [13] Soobin Cho, Joongseek Lee, and Bongwon Suh. ” i want to reveal, but i also want to hide” understanding the conflict of revealing and hiding needs in virtual study rooms. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, Vol. 7, No. CSCW2, pp. 1–27, 2023.
- [14] Simone Ooms, Jay Kolvenbag, and Charlotte Bording. Lighting up well-being with bulb. In *Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA ’23, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.
- [15] Guy Hoffman, Oren Zuckerman, Gilad Hirschberger, Michal Luria, and Tal Shani Sherman. Design and evaluation of a peripheral robotic conversation companion. In *Proceedings of the tenth annual ACM/IEEE international conference on human-robot interaction*, pp. 3–10, 2015.
- [16] Lawrence H Kim, Veronika Domova, Yuqi Yao, Chien-Ming Huang, Sean Follmer, and Pablo E Paredes. Robotic presence: the effects of anthropomorphism and robot state on task performance and emotion. *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol. 7, No. 3, pp. 7399–7406, 2022.
- [17] Ina Wechsung, Patrick Ehrenbrink, Robert Schleicher, and Sebastian Möller. Investigating the social facilitation effect in human–robot interaction. In *Natural interaction with robots, knowbots and smartphones: putting spoken dialog systems into practice*, pp. 167–177. Springer, 2014.
- [18] Jiadi Luo, Veronika Domova, and Lawrence H Kim. Impact of multi-robot presence and anthropomorphism on human cognition and emotion. In *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–15, 2024.
- [19] Bahar Irfan, James Kennedy, Séverin Lemaignan, Fotios Papadopoulos, Emmanuel Senft, and Tony Belpaeme. Social psychology and human-robot interaction: An

- uneasy marriage. In *Companion of the 2018 ACM/IEEE international conference on human-robot interaction*, pp. 13–20, 2018.
- [20] Paul Schermerhorn, Matthias Scheutz, and Charles R Crowell. Robot social presence and gender: Do females view robots differently than males? In *Proceedings of the 3rd ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*, pp. 263–270, 2008.
- [21] Laurence Conty, Nathalie George, and Jari Hietanen. Watching eyes effects: When others meet the self. *Consciousness and Cognition*, Vol. 45, pp. 184–197, 10 2016.
- [22] John M Govern and Lisa A Marsch. Development and validation of the situational self-awareness scale. *Consciousness and cognition*, Vol. 10, No. 3, pp. 366–378, 2001.
- [23] Nickolas B Cottrell, Dennis L Wack, Gary J Sekerak, and Robert H Rittle. Social facilitation of dominant responses by the presence of an audience and the mere presence of others. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 9, No. 3, p. 245, 1968.
- [24] Robert B. Zajonc. Social facilitation. *Science*, Vol. 149, No. Whole No. 3681, pp. 269–274, 1965. Place: US Publisher: American Assn for the Advancement of Science.
- [25] Katharina Emmerich and Maic Masuch. The influence of virtual agents on player experience and performance. In *Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, CHI PLAY '16*, p. 10–21, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [26] John R Aiello and Elizabeth A Douthitt. Social facilitation from triplatt to electronic performance monitoring. *Group Dynamics: Theory, Research, and Practice*, Vol. 5, No. 3, p. 163, 2001.
- [27] Laura M Pönkänen, Mikko J Peltola, and Jari K Hietanen. The observer observed: Frontal eeg asymmetry and autonomic responses differentiate between another person’s direct and averted gaze when the face is seen live. *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 82, No. 2, pp. 180–187, 2011.
- [28] Kate L Powell, Gilbert Roberts, and Daniel Nettle. Eye images increase charitable donations: Evidence from an opportunistic field experiment in a supermarket. *Ethology*, Vol. 118, No. 11, pp. 1096–1101, 2012.
- [29] Guy Hoffman, Jodi Forlizzi, Shahar Ayal, Aaron Steinfeld, John Antanitis, Guy Hochman, Eric Hochendoner, and Justin Finkenaur. Robot presence and human honesty: Experimental evidence. In *2015 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 181–188, 2015.

- [30] Keith Dear, Kevin Dutton, and Elaine Fox. Do ‘watching eyes’ influence antisocial behavior? a systematic review & meta-analysis. *Evolution and Human Behavior*, Vol. 40, No. 3, pp. 269–280, 2019.
- [31] Jari K Hietanen, Jukka M Leppänen, Mikko J Peltola, Kati Linna-Aho, and Heidi J Ruuhiala. Seeing direct and averted gaze activates the approach–avoidance motivational brain systems. *Neuropsychologia*, Vol. 46, No. 9, pp. 2423–2430, 2008.
- [32] Martin Westhoven, Tim van der Grinten, and Steffen Mueller. Perceptions of a help-requesting robot - effects of eye-expressions, colored lights and politeness of speech. In *Proceedings of Mensch Und Computer 2019*, MuC’19, p. 43–54, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [33] Michal Luria, Jodi Forlizzi, and Jessica Hodgins. The effects of eye design on the perception of social robots. In *2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, p. 1032–1037. IEEE Press, 2018.
- [34] Carl F. DiSalvo, Francine Gemperle, Jodi Forlizzi, and Sara Kiesler. All robots are not created equal: The design and perception of humanoid robot heads. In *Proceedings of the 4th Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques*, DIS ’02, p. 321–326, New York, NY, USA, 2002. Association for Computing Machinery.
- [35] Alisa Kalegina, Grace Schroeder, Aidan Allchin, Keara Berlin, and Maya Cakmak. Characterizing the design space of rendered robot faces. In *Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 96–104, 2018.
- [36] Tomomi Onuki, Takafumi Ishinoda, Yoshinori Kobayashi, and Yoshinori Kuno. Design of robot eyes suitable for gaze communication. In *Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 203–204, Tokyo, Japan, 03 2013. IEEE Press.
- [37] Hee Rin Lee, Selma Šabanović, and Erik Stolterman. How humanlike should a social robot be: a user-centered exploration. In *2016 AAAI Spring Symposium Series*, 2016.
- [38] Oren Zuckerman, Dina Walker, Andrey Grishko, Tal Moran, Chen Levy, Barak Lisak, Iddo Yehoshua Wald, and Hadas Erel. Companionship is not a function: the effect of a novel robotic object on healthy older adults’ feelings of” being-seen”. In *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 1–14, 2020.
- [39] J. Trafton, J. McCurry, Kevin Zish, and Chelsea Frazier. The perception of agency. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, Vol. 13, , 01 2024.

- [40] Bilge Mutlu, Fumitaka Yamaoka, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita. Nonverbal leakage in robots: communication of intentions through seemingly unintentional behavior. In *Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*, pp. 69–76, 2009.
- [41] Sung Park and Richard Catrambone. Social facilitation effects of virtual humans. *Human factors*, Vol. 49, pp. 1054–60, 01 2008.
- [42] Yiyuan Wang, Senuri Wijenayake, Marius Hoggenmüller, Luke Hespanhol, Stewart Worrall, and Martin Tomitsch. My eyes speak: Improving perceived sociability of autonomous vehicles in shared spaces through emotional robotic eyes. *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, Vol. 7, No. MHCI, September 2023.
- [43] Xinyu Zhu, Xingguo Zhang, Zinan Chen, Zhanxun Dong, Zhenyu Gu, and Danni Chang. The trusted listener: the influence of anthropomorphic eye design of social robots on user’s perception of trustworthiness. In *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–13, 2022.
- [44] James C Anderson and David W Gerbing. Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological bulletin*, Vol. 103, No. 3, p. 411, 1988.
- [45] 三保紀裕, 清水和秋, 紺田広明, 青木貴寛. Sem 適合度指標と適合度の報告 (2) —心理学研究と教育心理学研究を対象として—. 日本心理学会大会発表論文集, Vol. 78, pp. 2PM-2-005-2PM-2-005, 2014.
- [46] William J. Froming, G.Rex Walker, and Kevin J. Lopyan. Public and private self-awareness: When personal attitudes conflict with societal expectations. *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 18, No. 5, pp. 476–487, 1982.
- [47] William M Webb, Kerry L Marsh, William Schneiderman, and Bob Davis. Interaction between self-monitoring and manipulated states of self-awareness. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 56, No. 1, p. 70, 1989.
- [48] Lynn E Alden, Michael Teschuk, and Karen Tee. Public self-awareness and withdrawal from social interactions. *Cognitive Therapy and Research*, Vol. 16, No. 3, pp. 249–267, 1992.
- [49] K Nowak. The effect of the agency and anthropomorphism on users’ sense of telepresence, copresence, and social presence in virtual environments, 2003.
- [50] Daniel C Dennett. *The intentional stance*. MIT press, 1989.
- [51] Amanda L Woodward. Infants selectively encode the goal object of an actor’s reach. *Cognition*, Vol. 69, No. 1, pp. 1–34, 1998.

- [52] Daniel T. Levin, Julie A. Adams, Megan M. Saylor, and Gautam Biswas. A transition model for cognitions about agency. In *Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, HRI '13*, p. 373–380. IEEE Press, 2013.
- [53] Vincent Boswijk and Matt Coler. What is salience? *Open Linguistics*, Vol. 6, pp. 713–722, 12 2020.
- [54] Michael E Enzle and Sharon C Anderson. Surveillant intentions and intrinsic motivation. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 64, No. 2, p. 257, 1993.
- [55] Leila Takayama and Caroline Pantofaru. Influences on proxemic behaviors in human-robot interaction. In *2009 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems*, pp. 5495–5502. IEEE, 2009.
- [56] 鈴木公啓, 山田幸恵, 野村竜也, 神田崇行. コミュニケーション相手としてロボットは選好されるのか—ロボットの外見を考慮した対人不安傾向との関連による検討一. *知能と情報*, Vol. 31, No. 5, pp. 789–796, 2019.
- [57] Barry R Schlenker and Mark R Leary. Social anxiety and self-presentation: A conceptualization model. *Psychological bulletin*, Vol. 92, No. 3, p. 641, 1982.
- [58] 笹川智子, 金井嘉宏, 村中泰子, 鈴木伸一, 嶋田洋徳, 坂野雄二. 他者からの否定的評価に対する社会的不安測定尺度 (fne) 短縮版作成の試み: 項目反応理論による検討 (原著). *行動療法研究*, Vol. 30, No. 2, pp. 87–98, 2004.
- [59] Samira Rasouli, Garima Gupta, Moojan Ghafurian, and Kerstin Dautenhahn. Proposed applications of social robots in interventions for children and adolescents with social anxiety. In *Proceedings of the Sixteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, TEI '22*, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.
- [60] Idan M Aderka, Stefan G Hofmann, Angela Nickerson, Haggai Hermesh, Eva Gilboa-Schechtman, and Sofi Marom. Functional impairment in social anxiety disorder. *Journal of anxiety disorders*, Vol. 26, No. 3, pp. 393–400, 2012.
- [61] Samira Rasouli, Linda Johnston, Jennifer Yuen, Moojan Ghafurian, Leah Foster, and Kerstin Dautenhahn. Co-design of a robotic mental well-being coach to help university students manage public speaking anxiety. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Agent Interaction, HAI '23*, p. 200–208, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.
- [62] Joana Galvão Gomes da Silva, David J Kavanagh, Tony Belpaeme, Lloyd Taylor, Konna Beeson, and Jackie Andrade. Experiences of a motivational interview delivered by a robot: qualitative study. *Journal of medical Internet research*, Vol. 20, No. 5, p. e116, 2018.

- [63] David Watson and Ronald Friend. Measurement of social-evaluative anxiety. *Journal of consulting and clinical psychology*, Vol. 33, pp. 448–57, 08 1969.
- [64] 石川利江, 佐々木和義, 福井至. 社会的不安尺度 *fine*・*sads* の日本版標準化の試み (原著). *行動療法研究*, Vol. 18, No. 1, pp. 10–17, 1992.
- [65] Jorge Ramírez, Marcos Baez, Fabio Casati, Luca Cernuzzi, and Boualem Benatalah. Challenges and strategies for running controlled crowdsourcing experiments. In *2020 XLVI Latin American Computing Conference (CLEI)*, pp. 252–261, 2020.
- [66] Jacob O. Wobbrock, Leah Findlater, Darren Gergle, and James J. Higgins. The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only anova procedures. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, p. 143–146, New York, NY, USA, 2011. Association for Computing Machinery.
- [67] Yuichiro Yoshikawa, Kazuhiko Shinozawa, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita, and Takanori Miyamoto. The effects of responsive eye movement and blinking behavior in a communication robot. In *2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 4564–4569. IEEE, 2006.
- [68] Gale M. Lucas, Jonathan Gratch, Aisha King, and Louis-Philippe Morency. It's only a computer: Virtual humans increase willingness to disclose. *Computers in Human Behavior*, Vol. 37, pp. 94–100, 2014.

## 発表論文

- [1] 篠原舞乃, 坂本大介, 小野哲雄. 2025. ソーシャルロボットにおけるプライバシーに配慮した目のデザインの探索的研究. *情報処理学会論文誌*, 情報処理学会, Vol. 66 (2). (採録決定: 2025年2月出版)
- [2] Maino Shinohara, Daisuke Sakamoto and Tetsuo Ono (2024). Exploring the Impact of Social Robot's Eyes on Privacy, The 9th International Conference Series on Robot Ethics and Standards (ICRES 2024), CLAWAR Association, UK, pp. 208-219, 2024.
- [3] Maino Shinohara, Daisuke Sakamoto, Tetsuo Ono, and James Everett Young. 2023. Understanding Privacy-friendly Design of Robot Eyes. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI '23)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 133–141. <https://doi.org/10.1145/3623809.3623829>
- [4] Maino Shinohara, Daisuke Sakamoto, and Tetsuo Ono. 2025. Robots as Ambient Observers: Investigating the Effects of Robotic Eye Features on Human Perception. In *Companion of the 2025 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*.

Interaction (HRI '25). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.  
(採録決定：2025年3月発表)

- [5] 篠原 舞乃, 坂本 大介, 小野 哲雄. プライバシーに配慮したロボットの眼の表現に関する調査. 信学技報, vol. 123, no. 154, CNR2023-2, pp. 7-12, 2023年8月.

## 受賞等

- [1] 2023年度優秀講演賞「プライバシーに配慮したロボットの眼の表現に関する調査」, 電子情報通信学会クラウドネットワークロボット (CNR) 研究会, 2024年8月1日.

## 付録 A1 アンケート

実験 1 および実験 2 で用いたアンケートを示す.

### A1.1 実験 1 で用いたアンケート

アンケートの構成は, 動画視聴前に行う事前アンケート (図 A1.1), 動画視聴後にロボットのエージェントの知覚の評価のために行うアンケート (表 A1.1), シナリオ (図 A1.2) 提示後に公的自己意識の評価のために行うアンケート (図 A1.2) である.

年齢 \*

回答を入力

性別 \*

選択

これまでにロボットに関する以下の経験があるかをお答えください。(該当する \*  
ものをすべて選択してください)

- ロボットと一緒に作業をしたことがある
- ロボットについて学んだことがある、または現在学んでいる
- ロボットを所有している
- ロボットと対面で会話したことがある
- ロボットを対面で見たことがある
- 上記のいずれにも該当しない

図 A1.1: 事前アンケート

このページでは、以下のような場面を想像して質問に回答してください。

あなたは自宅の部屋で机に向かい、作業（勉強や事務仕事など）をしています。部屋の中には、あなた以外の人はいません。  
机の上には、本番用動画（2つ目の動画）に登場したロボットが置かれています。ロボットはあなたの方向を向いていますが、あなたの作業を手伝ったり、指示してきたりすることはありません。

状況のイメージ



図 A1.2: 提示されたシナリオ. ロボットの存在下で個人作業を行う.

表 A1.1: エージェンシーの知覚の評価に用いた質問項目

---

---

いま視聴したロボットについてお聞きします。  
最もよく当てはまる番号を選択してください。  
(1 = まったく同意しない, 5 = 完全に同意する)

---

このロボットは目的を持って行動する  
このロボットは目標を持っている  
このロボットは新しい目標を作ることができる  
このロボットは人々とコミュニケーションをとることができる  
このロボットは、他者に「心」があるかのように接する  
このロボットは、これらの行動を行いたいと思っている  
このロボットは、他の人に対して感情を表すことができる  
このロボットは、人の接し方によって行動を変えることができる  
このロボットはさまざまな状況に適応できる  
このロボットは、他の状況でもうまくやっていけるだろう  
このロボットはさまざまな種類のタスクを実行できる

---

表 A1.2: 公的自己意識の評価に用いた質問項目

---

---

この瞬間にあなたがどう感じているか、最もよく当てはまる番号を選択してください  
(1 = 強く同意しない, 7 = 強く同意する)

---

今、この瞬間、私は自分の見せ方が気になっている  
今、この瞬間、私は自分の見た目が気になっている  
今、この瞬間、私は他人が自分をどう思うかを気にしている

---

## A1.2 実験2で用いたアンケート

アンケートの構成は、動画視聴前に行う事前アンケート (図 A1.1)、動画視聴およびシナリオ (図 A1.2) 提示後に公的自己意識の評価のために行うアンケート (表 A1.2)、個人の社会不安特性の評価のために行うアンケート (図 A1.3) である。

この質問紙には、あなたが普段の生活の中で、自分に対するまわりの人の評価をどのように受けとめているかに関する 12 個の文章がなっています。各文章の後に「1-全くあてはまらない」「2-ややあてはまらない」「3-どちらでもない」「4-ややあてはまる」「5-非常にあてはまる」の欄が設けてあります。それぞれの文章が自分の考えや行動にどの程度あてはまると思うかについて、最も近いと思うものの番号ひとつに○印をつけてください。

	全 く あ て は ま ら な い	や や あ て は ま ら な い	ど ち ら で も な い	や や あ て は ま る	非 常 に あ て は ま る
1. 人がなんと思おうと、どうということはないとわかっていても、 自分のことを人がどう思うか気になる ……………	1	2	3	4	5
2. 他の人が私の欠点に気づくのではないかとしばしば心配する ……………	1	2	3	4	5
*3. 他の人が自分のことを認めてくれなくても、あまり気にならない ……………	1	2	3	4	5
*4. どんな印象を人に与えているか、ほとんど気にしない ……………	1	2	3	4	5
5. 人に自分の欠点を、みつけられるのではないかと心配だ ……………	1	2	3	4	5
6. 誰かと話しているとき、その人が自分のことをどう思っているか心配だ ……………	1	2	3	4	5
7. 自分がどんな印象を与えているのかいつも気になる ……………	1	2	3	4	5
8. 他の人が私のことを価値がないと思うのではないかと心配だ ……………	1	2	3	4	5
*9. 他の人が私のことをどう思うかはほとんど気にならない ……………	1	2	3	4	5
10. 他の人が私のことをどう思っているか、気にしすぎると思うことが ときどきある ……………	1	2	3	4	5
*11. 他の人が私をどう思っているか気にかけないほうである ……………	1	2	3	4	5
12. 私の友達が自分をどう思っているかをあれこれ考えてしまう ……………	1	2	3	4	5

注：\*は逆転項目

図 A1.3: Fear of Negative Evaluation Scale 日本語版の短縮版 [58]. 本実験では、Google フォーム上で「このページの各質問には、あなたが普段の生活の中で、自分に対するまわりの人の評価をどのように受けとめているかに関する文章が並んでいます。それぞれの文章が自分の考えや行動にどの程度あてはまると思うかについて、最も近いと思う番号を選択してください」という指示を受けた後、各質問項目に回答した。

# 目次

2.1	Emmerich らの提案した仮想エージェント適応版社会的促進統合モデル [25]. 斜体の緑色のフォントで書かれた箇所は, Aiello らによるオリジナルのモデル [26] に対する変更箇所である. . . . .	4
2.2	Conty らの提案した監視眼効果を説明する認知モデル [21]. . . . .	5
3.1	仮説となる概念モデル (IMROSF). 矩形は操作変数, 楕円は潜在変数を表す. . . . .	7
4.1	実験に用いられた各刺激. (a) 動画刺激のスクリーンショット. ロボットのエージェントの知覚を評価するアンケートページの直前に提示された; (b) シナリオ説明のために用いられたイラスト. ロボットの監視下における公的自己意識を評価するアンケートページの直前に提示された; (c) 操作変数 (視覚的リアリズム, 大きさ, 視線キュー, 瞬き) の視覚表現. . . . .	11
4.2	タスク掲載ページ . . . . .	12
4.3	作業ページ 1 . . . . .	13
4.4	作業ページ 2 . . . . .	13
4.5	眼の外観要因がロボットの存在下における公的自己意識に与える影響を示す構造方程式モデル (IMROSF). 本実験データ ( $N = 616$ ) への適合性が示された. 図中の数値は標準化係数を示している. 統計的に有意でないパスは削除されている ( $**p < .01$ ; $*p < .05$ ; $†p < .10$ ). . . . .	14
5.1	ロボットのエージェントが異なる各動画刺激のスクリーンショット. 動画内で高エージェント条件は視線キューと瞬きを伴うが, 低エージェント条件はいずれも伴わない. . . . .	19
5.2	ロボットの存在下で個人作業を行う状況における公的自己意識を示す箱ひげ図. 箱の中の黒線は中央値, 黒い三角形は平均値を表している. 黄色の箱は高エージェント条件のロボットを, 青色の箱は低エージェント条件のロボットを観察者として提示された群を示す. 左側の 2 つの箱は高社会不安群, 右側の 2 つの箱は低社会不安群を示している. y 軸は公的自己意識に関する参加者の評価を表しており, スコアが高いほど, 参加者がロボットの存在下でより高い公的自己意識を知覚したことを意味する. 有意差は $*p < .05$ . . . . .	21
A1.1	事前アンケート . . . . .	36
A1.2	提示されたシナリオ. ロボットの存在下で個人作業を行う. . . . .	37

A1.3 Fear of Negative Evaluation Scale 日本語版の短縮版 [58]. 本実験では、Google フォーム上で「このページの各質問には、あなたが普段の生活の中で、自分に対するまわりの人の評価をどのように受けとめているかに関する文章が並んでいます。それぞれの文章が自分の考えや行動にどの程度あてはまると思うかについて、最も近いと思う番号を選択してください」という指示を受けた後、各質問項目に回答した. . . . . 39

# 表 目 次

4.1 構造方程式モデリング (SEM) の適合度指標 . . . . .	14
4.2 構造方程式モデリングのパス係数 . . . . .	15
A1.1 エージェンシーの知覚の評価に用いた質問項目 . . . . .	38
A1.2 公的自己意識の評価に用いた質問項目 . . . . .	38