

令和 2 年 9 月 9 日現在

機関番号：82723

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K12518

研究課題名（和文）自己と外界との心理的境界が生み出す「不気味の谷」：計算論に基づく存在証明の試み

研究課題名（英文）The uncanny valley effect induced by a psychological boundary of environment and myself: A challenge of existence proof using a computational approach

研究代表者

植山 祐樹 (Ueyama, Yuki)

防衛大学校（総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群）・システム工学群・講師

研究者番号：30710800

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：ヒト型ロボットには親しみがわくが、人間に似すぎてしまうと印象は嫌悪感に変わる。このような感覚は「不気味の谷現象」と呼ばれており、デザインやアニメーションの製作においては重要な要素となっている。一方で、不気味の谷は体験する者の経験や慣れに大きく依存することから、擬似科学に過ぎないとの批判もある。本研究では「不気味の谷現象」の存在を明らかにすることを目的とし、それを検証するための実験装置を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「不気味の谷現象」は、一部の研究者からは擬似科学として批判されることもあり、確固たる現象としては認識されているとは言い難く、現在まで仮説の域を出ていない。本研究では、生理学的な指標を用いることで「不気味の谷現象」を捕捉することが可能な実験装置を開発し、今後、「不気味の谷現象」の証明および発生機序の解明に貢献できると考えている。さらに、それが実現された際には、「不気味の谷現象」を自己認知の問題とする新たな学術的な視点を提供することができる。

研究成果の概要（英文）：A lifelike humanoid robot or a realistic computer-generated face seems a bit off or unsettling. The phenomenon is called “The uncanny valley effect”, and is an important factor for graphic designers and animation creators. However, some researchers have criticized it as a fake science because the effect strongly depends on the experiences of persons. This study aims to reveal the existence of “the uncanny valley effect” and developed an experimental apparatus for it.

研究分野：計算論的神経科学

キーワード：不気味の谷 身体所有感 多感覚統合 ラバーハンド錯覚 ヘッドマウント・ディスプレイ 仮想現実感 カテゴリ知覚

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ロボットの姿を人間に近づけると与える印象は好意的になるが、ある時点で、突然、嫌悪感へと変化する(図 1A: 実線)。この時の嫌悪感への変化は「不気味の谷現象」と呼ばれており、ロボットに対する人間の感情的反応を示す有力な仮説として[1]、いくつかの実験によっても支持されている。また、近年では自己と外界との心理的な境界の対立によって不気味の谷を説明する計算モデルも提案されており(図 1A: 破線) 理論的な裏付けの糸口として期待されている[2]。さらに、同様のモデルを用いることで ASD 者の社会性の問題が自己認知のずれに起因する可能性があることが、本研究代表者によって指摘されている[3]。一方で、不気味の谷は被験者の経験や慣れに大きく依存することから、擬似科学に過ぎないとの批判もあり[4]、定量的な実験手法による証明が求められている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ロボット工学における概念的仮説である「不気味の谷現象」の存在を自己意識と環境との不和による心理学的効果が作用する生理学的事象として証明し、その発生機序の理論モデルを構築することである。不気味の谷は、ヒューマノイドロボットの開発およびコンピュータ・グラフィックス(CG)の制作における重要な指針の1つである。一方で、現状では確立された現象とは言い難く、仮説の域を出ていない。本研究では、「不気味の谷現象」を自己意識と外界との不和によって生じる心理学的作用と仮定することで、その存在を計算論および生理学的指標の両面から明らかにし、これまでの議論に終止符を打つことを目指す。

3. 研究の方法

(1) 検証内容

研究代表者が提案するモデルでは、「不気味の谷現象」を自己意識と外界との不和によって生じるものと捉えられ、そのモデルからは、不気味の谷は、対象の人間との類似度および知覚される情報の不確かさに応じて、効果の大きさが変化すると予測される(図 1B)。そこで、身体の自己意識の錯覚によって偽物の腕を自分の腕と認識してしまうラバーハンド錯覚(RHI)に着目する。RHIにおいても不気味の谷と同様の現象が発生することを示した上で、その際の心拍、および皮膚温等の生理学的反応を定量的な指標として利用することで、不気味の谷が発生するメカニズムを明らかにする。

(2) 実験装置

(1)を検証するために、通常の RHI 実験のようにゴム製の腕を使用するのではなく、ヘッド・マウント・ディスプレイ(HMD)を使用した仮想環境での CG を使用する。仮想環境下での RHI 実験によって、触覚刺激に対応した視覚刺激を確率的に変化するものにするすることで、知覚の不確かさを任意に制御することが可能となる。その際の視覚刺激としては、腕に与える触覚刺激の位置をガウス分布に従ってランダムに変化する複数のドットで表示し、その際のばらつき大きさであるガウス分布の標準偏差を不確かさとして定義する。また、RHI では、触覚と視覚刺激との同期遅延によって、身体所有感の強さが変化することが知られているため[5]、それを「不気味の谷現象」における人間との類似度と捉え、刺激の同期遅延によって操作する。

上記の実験システムに加え、RHI の強さを検証するために、心拍および皮膚温等の生理学的データを測定するための計測システムが必要となる。

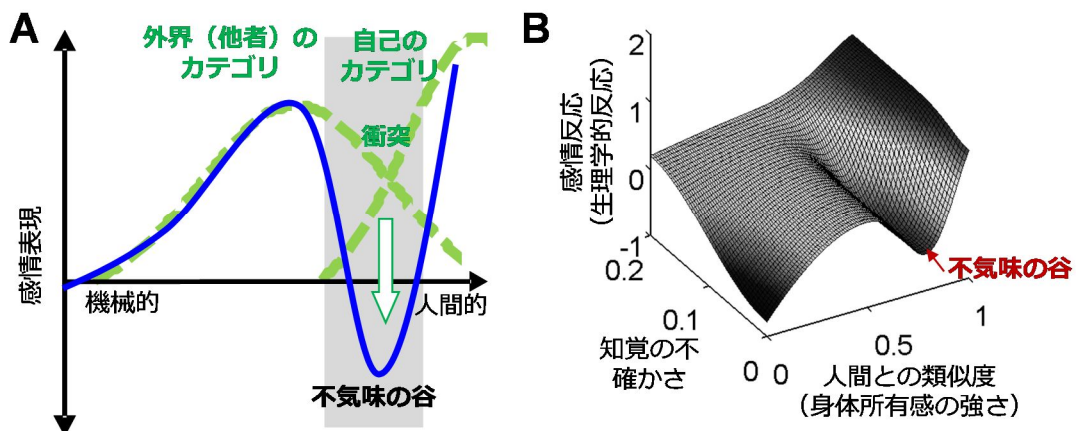


図 1 不気味の谷現象。(A)自己と外界を認識するカテゴリの衝突によって嫌悪感が発生すると考えられる。(B)提案する仮説から予測される不気味の谷と知覚の不確かさとの関係。

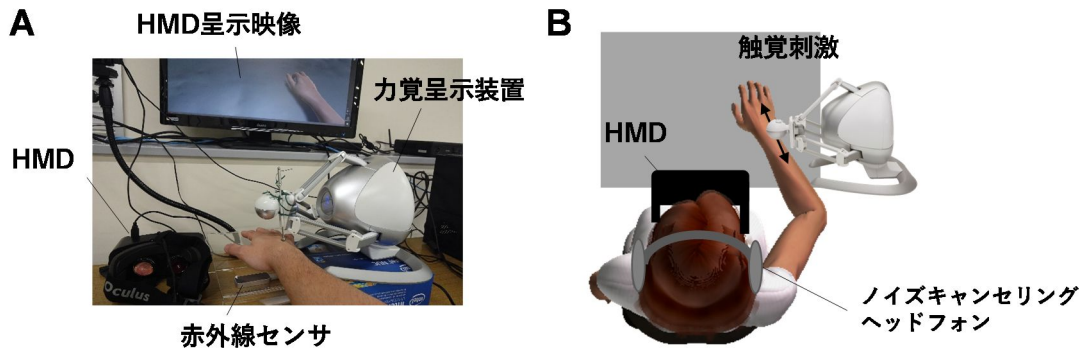


図 2 「不気味の谷現象」を検証するための実験装置。(A)実際に開発した実験装置。(B)実験時の様子。

4. 研究成果

(1) 実験装置の開発

HMD および力覚提示装置を使用することで、RHI における視覚刺激と触覚刺激との間での同期を任意に制御可能な実験装置を構築した(図 2A)。構築した実験装置では、赤外線センサにより、手指の形状および位置を補足し、それを HMD への提示映像に反映させることで、実際の手指の微妙な動作と CG の腕の動作を同期させ、より強い身体所有感を発生させることが可能である。また、力覚提示装置と実際の皮膚との接触位置は、CG の腕の表面にポインタで表示されている。

さらに、皮膚温および心拍を計測するために、熱電対を利用した温度センサ、および心拍センサを統合した計測システムも構築した。

(2) RHI 評価のための質問項目

本実験装置を使用し、VR 環境下での RHI の発生の有無を評価するため、一般的な RHI の研究で使用される質問項目を参考に、本研究で使用する質問項目を整理した(表 1)。その際、まったく感じなかった場合を-2、強く感じた場合を+2、そしてどちらとも言えない場合を 0 とし、5 段階で評価を行う。

(3) 検証実験

12 名の被験者を対象に、力覚提示装置による 1 Hz の周期的な刺激を手の甲の表面に 3 分間加え、RHI 発生の有無を検証する実験を行った(図 2B)。その際、実験中は力覚提示装置の周期的な動作音から刺激のタイミングが予測できてしまうことから、それを取り除くため、被験者にはノイズキャンセリングヘッドフォンを装着してもらった。実験の結果、刺激を加えることで、質問項目の点数が刺激提示前と比較して有意に高くなった。このことから、開発した実験装置によって、RHI を発生可能であることが明らかとなった。

(4) 今後の展望

検証実験の結果から、開発した実験装置による RHI の発生については検証できたものの、本来の目的であった刺激の変化を生じさせたときの錯覚の強さの変化については十分な検証を行っていない。また、生理学的なデータに関しても、詳細な解析に至っていない。その原因として、研究代表者の異動により、研究環境が大きく変化したことが挙げられる。

表 1 RHI の強度を評価するための質問項目

1	CG の手の上をドットが移動しているのを見ていると、自分の手の上を移動しているように感じた。
2	CG の手の上を移動しているドットの位置で、自分の手が触られているように感じた。
3	手の上の感覚が、CG の手の上を移動するドットによって引き起こされているように感じた。
4	CG の手があたかも自分の手のように感じた。
5	自分の手が画面内にあるように感じた。
6	右手がもう 1 本存在しているかのように感じた。
7	自分の手がゴムのようなものでできているように感じた。
8	CG の手の形や色などの特徴が自分の手に似ているように感じた。

所属する防衛大学の科研費に対する理解が十分とは言い難く、事務的および会計上の手続きに大きく時間を取られてしまったことに加え、これまでに所属してきた研究機関では考えられないような不備が発生する等の問題があった。一般の大学および研究機関では、科研費に対して独自に設定していたローカルルールを排除し、使用ルールを統一化することで、効率的な研究活動を促進する取り組みが進められているが、防衛大学校においても同様の取り組みを一刻も早く実施することを期待する。

今後は、開発した実験装置を使用することで本来の研究目的を達成し、その成果を論文として出版することを目指す。

<引用文献>

- [1] 森政弘 (1970). “不気味の谷”. *Energy*, 7(4): 33–35, エッソスタンダード石油株式会社.
- [2] Moore RK (2012). “A Bayesian explanation of the ‘Uncanny Valley’ effect and related psychological phenomena”. *Sci Rep*, 2:864.
- [3] Ueyama Y (2015). “A Bayesian Model of the Uncanny Valley Effects for Explaining the Effects of Therapeutic Robots in Autism Spectrum Disorder”. *PLoS ONE*, 10(9):e0138642.
- [4] Hanson D et al. (2005). “Upending the Uncanny Valley”, *Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence*, 20:1728–1729.
- [5] Haans A et al. (2008). “The effect of similarities in skin texture and hand shape on perceived ownership of a fake limb”. *Body Image*, 5:384-394.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

取材協力：毎日新聞第51792号（2020年1月14日発行）

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----