

機関番号：12061

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20530658

研究課題名（和文） 不気味の谷の実験心理学的研究

研究課題名（英文） An experimental psychological study of the uncanny valley

研究代表者

瀬山 淳一郎 (SEYAMA JUNICHIRO)

東京大学・大学院人文社会系研究科・助教

研究者番号：90302653

研究成果の概要（和文）：人工物（画像）の写実性（本物らしさ）が人間の判断に影響を与えることはよく知られており、そのような影響に言及した仮説に「不気味の谷」がある。この仮説は、高い写実性を持つロボットや人形が、観察者に不快感を与えるであろうと主張している。本研究では不気味の谷の検討を出発点として、より広い意味での写実性判断に関わる心的プロセスの解明を目指した。心理実験の結果、写実性の判断のために視覚系が利用している情報は、「本物らしさ」よりもむしろ「作りものらしさ」であることを示すデータが得られた。

研究成果の概要（英文）：The degree of realism (photorealism) of artificial objects (or images) can have various influences on the human observers' judgments. The "uncanny valley" is a hypothesis related to such influences. This hypothesis states that human observers should have uncomfortable impressions of robots and dolls that are highly realistic. The present study began with an investigation of the uncanny valley, and aimed at understanding the judgment of (photo) realism in a broader sense. Our psychological experiments provided data suggesting that the (photo) realism judgment is based on the detection of artificialness rather than on the detection of naturalness.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：実験心理学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：情景判断、不気味の谷

1. 研究開始当初の背景

写実性（本物らしさ・リアルさ）は、映画やゲームなどの映像作品の制作や、人形・ロボットなどの工芸・工学デザインにおいて考慮すべき要因の一つとされてきた。人工物が持つ写実性は、観察者である人間の判断過程に様々な影響を与えようと考えられるが、写実性が持つそのような影響を論じた仮説の

一つに、森が提唱した「不気味の谷」がある。森はこの仮説の中で、ロボットの外観を極端に写実的にすると（人間に似せすぎると）、それらを観察した人間に対して強い嫌悪感を与えることになるであろうと主張している。この仮説は、1970年に提唱されて以来、ロボット等の人間類似の人工物をデザインする際のガイドラインの一つとして、国内外

で広く受け入れられている。しかしながら、写実性が人間の心的過程に対して、具体的にどのような影響を与えるのかを、実験心理学的な観点から検討した研究はほとんど行われていなかった。

私は既に、「不気味の谷」仮説の妥当性を検討するための実験心理学的研究に着手し、いくつかの成果を得ていた。とはいえ、いまだ十分な知見が得られたとは言えない状態であった。

2. 研究の目的

本研究は、写実性の判断に関する実験心理学的研究を、今後さらに展開・発展させていくために開始されたものである。研究は前半と後半の二つのパートから構成されていた。

前半部では、不気味の谷仮説についての、これまでの知見を発展させることを目的としていた。特に、生身の人間の顔（完全に写実的）と、仮面や人形の顔（非写実的）が、同一の心的メカニズムによって処理されているのかどうかを検討することとした。

不気味の谷仮説は、ロボットや人間などの、人間に類似した人工物を対象としており、問題となる写実性は、人工物の人間に対する類似性を意味している。しかし、このような定義での写実性は、特殊な、きわめて狭義のものである。

文脈に応じて、「写実性」という言葉は様々な意味で用いられている。例えば、写真と絵画の区別が可能なのは、「写実性の度合いについての判断が可能だからだ」、とすることができる。

本研究の後半部では、「写真と絵画の区別を可能とするもの」という意味での（より広義の）写実性を対象とした。広義の写実性研究の端緒として、そもそも写実性の判断は、「自然さ」（本物らしさ）に基づいて行われているのか、それとも「作りものらしさ」に基づいて行われているのか、という問いを立て、この問いに答えるべく心理実験を実施した。

3. 研究の方法

本研究では典型的な心理実験の手法を採用した。刺激画像をコンピュータ画面に表示し、それらの画像を観察した実験参加者の反応（ボタン押しや印象記述）を記録するという内容であった。主に実験はインターネット上で、不特定多数を対象にして行った。

4. 研究成果

前半の不気味の谷の研究では、次に述べる新奇な順応現象の測定を行った。この実験の刺激画像として、目の大きさを拡大した顔画像（人間または人形の顔）を用意した。拡大率は 100%（元のサイズ）から 150%（元のサイズの 1.5 倍）の範囲で複数用意した。なお、

目の縮小は行わなかった。

実験参加者には、これらの顔画像（テスト刺激と呼ぶ）の目の大きさが、正常な目の大きさとして許容できる範囲か、それとも異常な大きさとなってしまっているかを判断してもらった。

また、このような判断に先立ち、実験参加者には、順応刺激と呼ぶ顔画像を数分間持続的に観察してもらった。順応刺激は目の拡大率が 2 種類あり、一つは 150%（元のサイズの 1.5 倍）、もう一つは 100%（元のサイズ）であった。図 1 は、Seyama & Nagayama (2009) の Figure 3 からの抜粋であり、目の大きさが 1.5 倍に拡大された順応刺激の例を示している。

一般に、視覚刺激の持続的観察は、様々な順応現象を引き起こし、視覚的感受性の低下と見なせる効果を生じさせることが知られている。この実験状況では、1.5 倍に拡大された目を持つ顔を持続的に観察した直後に、目の大きさに対する感受性を低下させるような順応現象が生じると予測された。



図 1 順応刺激の例

実験の結果、目を 1.5 倍に拡大した人間の顔写真（図 1 A）を観察した直後には、目の大きさに対する感受性が顕著に低下することが分かった。図 2 は、Seyama & Nagayama (2009) の Figure 3 からの抜粋である。図 2D は、拡大していない正常サイズの目を持つ顔を持続的に観察した直後に実験参加者が判断した、正常な目の限界サイズである。これ以上大きいと、異常に巨大な目とみなされることになる。

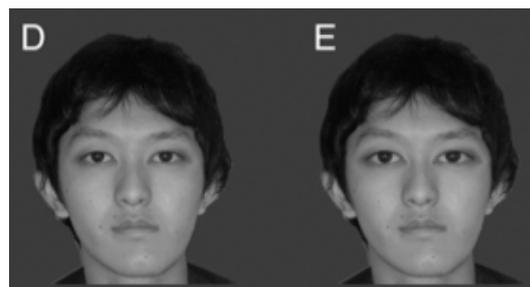


図 2 目の大きさの残効

正常サイズの目を持つ顔を観察しても、順応

現象は生じないと考えられるので、図 2D は、実験参加者の、通常状態での判断傾向を表していると言える。

一方、1.5 倍に拡大された目を持つ顔を順応刺激として観察した直後には、図 2E に示す目の大きさが、正常な目の限界サイズとして許容された。より大きなサイズの目が、正常な目として許容できるようになった訳であるから、これは目の大きさに対する感受性の低下が生じたと見なせる。

このような順応現象（残効）は、既に知られている顔の歪み残効の一種と見なせるが、目の大きさに特化した現象としての報告は本研究が初めてである。そこでこの現象を、「目の大きさの残効」と名付けた。

仮面や人形の顔などの作りものの顔の目を 1.5 倍に拡大した画像（図 1B）を順応刺激とした場合にも、同様の残効が得られたが、その程度は、人間の顔写真を順応刺激とした場合に比べて、極端に小さいものであった。また、人間の顔を順応刺激とした場合の効果は、作りものの顔をテスト刺激とした場合にも検出できたし、作りものの顔を順応刺激とした場合の効果も、人間の顔をテスト刺激とした場合に（弱いながら）検出できた。

これらの結果は、生身の人間の顔も、作りものの顔も、同一の知覚・認知メカニズムによって処理されていることを示している。ただし、そのメカニズムは、生身の人間の顔に対して最適化された物であり、作りものの顔に対しては、低い感受性を示し、非効率的な処理しか行えないと考えられる。人間の顔と作りものの顔の間に存在するこのような差異が不気味の谷仮説が主張する諸々の現象を引き起こしている可能性がある。

顔は、顔に特化した知覚・認知メカニズムによって処理されている可能性が指摘されている。本研究の結果は、そのようなメカニズムが、生身の人間の顔だけではなく、作りものの顔の処理をも担っていることを示唆している（ただし効率的に処理はできない）。だとすれば、不気味の谷に関連した顔の知覚・認知過程の研究は、従来の古典的な顔の知覚・認知研究のテーマの一つと見なしうると言えるであろう。このことは、作りものの顔の知覚・認知過程の多くが、既に得られている（人間の）顔の知覚・認知研究の知見に基づいて理解可能であるという希望的観測をもたらすものでもある。

しかし同時に、不気味の谷に関わる問題として写実性判断の研究を進めることは、研究の範疇を、顔の知覚・認知研究の中の一つのテーマという狭い枠組みに押し込めてしまう可能性も示している。より本質的な意味で写実性の判断についての理解を試みようとするならば、不気味の谷の問題から一度離れて、より広義の写実性を対象とした研究を展

開する必要があると考えられる。

そこで本研究の後半部分では、顔という特定の対象に限定しない、任意の情景を表した画像を用いた写実性判断のメカニズムを検討することとした。ここでの写実性判断は、人工物がどれだけ人間に似ているかを意味するのではなく、現実の情景が持つ臨場感・雰囲気をもどれだけ迫真的に表現しているかを意味する。例えば、どのような情景を表した画像であれ、写真は高い写実性を持つ画像であると言える。絵画やスケッチは、写真に比べれば低い写実性を持つということになる。つまり、ここでいう写実性判断とは、「写真と絵画を区別すること」を意味する。

このような意味での写実性判断の背景にある心的メカニズムがどのようなものであるかを検討するために、本研究では次のような問いを立てた；そもそも写実性判断は、自然さに基づく判断なのか、それとも作りものらしさに基づく判断なのか？（注：発表論文においては、自然さは *naturalness*、作りものらしさは *artificialness* と表現している）。

上記の問いに対して具体的な答えを与えるには、写真と絵画に対する知覚情報処理の違いを浮き彫りにできるような実験手法を開発する必要があった。そこで、いくつかの手法を試行錯誤的に検討したが、最終的に、順応現象と変化の見落とし現象をツールとして用いることで明確なデータを得ることに成功した。

これらの実験では、モーフィングプログラムなどを利用して、写真が徐々に絵画へと変化していく（あるいは絵画が写真へと変化していく）画像系列を作成した。図 3 は、使用した刺激画像の例である（右端のものを除く）。「絵画」として用いた画像は、実際には、図 3 上段の写真を、画像処理ソフトウェアを用いて、スケッチや油絵風に変換したものであった。それぞれの画像系列において最も写実的な画像が図 3 の上段、最も非写実的な画像が下段であり、他に、これらの中間段階の写実性を持つ画像が複数存在した。実験では、これらの画像系列を実験刺激として使用した。



図 3 刺激画像の例

順応実験では、明らかに非写実的な絵画的画像を持続的に観察すると、その直後に観察

した画像が、順応前に比べてより写実的に感じられるという現象が生じることがわかった。この現象はこれまでに報告されたことのない新奇なものであり、写実性残効と名付けることとした。また、絵画的画像を観察した直後にはこの現象が生じたが、写真を観察した直後には、写実性の印象がほとんど変化しないこともわかった。順応現象については様々な解釈が可能であるが、一つの考え方は、持続的観察の間に検出されていた視覚情報に対する感受性が低下するというものである。絵画を観察した際には、写実性に関わる視覚情報が検出され、それらに対する感受性が低下したが、写真を観察した際には、そのような視覚情報が検出されず、感受性の低下が起きなかったという解釈がなりたつ。これは、写実性の判断が、絵画に豊富に含まれる情報、すなわち、「作りものらしさ」に基づいていることを示唆している。

また、変化の見落とし実験では、写真が絵画に徐々に変化する画像系列、絵画が徐々に写真に変化する画像系列を実験参加者に観察させた。それぞれの実験参加者には、画像が変化するということは伝えたが、どのような変化が生じるのかについては、一切の予備知識を与えなかった。また、それぞれの実験参加者は、いくつかの画像系列のうちの、一つだけを観察してもらった。観察中に気づいた変化を報告してもらい、それらの報告内容を分析することによって、写実性の変化に気づくことができたかどうかを知ることができた。

実験参加者の報告を分析した結果、写実性は、実験参加者の注意をさほど強く引きつけないものであったことがわかった。写実性の変化を明示的に報告できたのは、実験参加者全体の半数以下であった。図3から分かるように、画像系列の始点と終点の間の差異は明確であり、それにも関わらず写実性の変化に気づかない実験参加者が多数いたという事実自体が非常に興味深い知見といえる。しかし、この実験での主要な関心は、写実性の変化に気づいた実験参加者の数（割合）を、写真が絵画に変化した条件と、絵画が写真に変化した条件の間で比較することにあつた。

写実性の変化を報告した参加者には、写真が絵画に変化する画像系列を観察した者、絵画が写真に変化する画像系列を観察した者が両方とも含まれていた。しかし、彼らの多くは、写真が絵画に変化する画像系列を観察した者であった。

この実験結果を解釈するための別の実験条件として、クリアな画像内に、ノイズが徐々に出現してくる画像系列と、初めからノイズを含む画像から、ノイズが徐々に消滅していく画像系列を観察するというものを設けた（図3右端）。これらの画像系列を観察

した実験参加者のうち、ノイズの変化を明示的に報告できた者の多くは、ノイズが徐々に出現してくる画像系列を観察した者であった。このことは、本実験の環境下では、何らかの視覚情報（この場合ノイズ）が徐々に出現するという事象は、視覚情報が徐々に消滅するという事象よりも、検出が容易であったことを示している。

このことに基づいて先の実験結果を解釈すると、写真が絵画に変化する画像系列では、写実性に関わる視覚情報が徐々に出現し、絵画が写真に変化する画像系列では、写実性に関わる視覚情報が徐々に消滅していたことを示唆している。

仮に、写実性の判断が、画像の自然さに基づいて行われているとする。写真が絵画に変化する場合、実験参加者は自然さの消滅を観察することになり、絵画が写真に変化する場合は、自然さの出現を観察することになる。ノイズを使った実験の結果は、視覚情報の消滅よりも、出現の方が検出しやすかった事を示しているので、次のような結果が予測できる；絵画が写真に変化していく場合は、徐々に豊富になっていく「自然さ」を容易に検出することができるので、より多くの実験参加者が、写実性の変化に気づくことができるはずである。しかし、このような予測は実際の実験結果と矛盾する。

逆に、写実性の判断が、作りものらしさに基づいて行われているとする。写真が絵画に変化する場合、実験参加者は、作りものらしさの出現を観察することになり、絵画が写真に変化する場合は、作りものらしさの消滅を観察することになる。視覚情報の出現が、消滅よりも検出しやすいという前提で考えると、写真が絵画に変化する場合は、徐々に豊富になっていく作りものらしさを容易に検出することができるので、より多くの実験参加者が、写実性の変化に気づくはずだと予測できる。そして、この予測は、実際の実験結果と矛盾しない。

順応パラダイムによる実験と、変化の見落としパラダイムによる実験は、いずれも、写実性の判断が、自然さよりも、作りものらしさに基づいて行われていることを示唆している。とすれば、最新のコンピュータグラフィックス技術で生成されたリアルな画像を見たときに我々が感じる「リアルだ」という感覚は、「写実的だ」、「写実性の度合いが高い」という意味ではなく、「非写実的ではない」、「作りものらしさが少ない」という意味の知覚印象であることになる。

写実的な画像を生成することは、コンピュータグラフィックス研究の分野での一つの大きなテーマである。古典的な方法論の枠組みにおいては、画像生成過程（光学的過程）を忠実に再現し、自然さを画像内に出現させ

るという努力が続けられている。しかし、本研究の結果は、画像から作りものらしさを除去する、というアプローチがありうることを示している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Seyama, J. & Nagayama, R. S., Photorealism aftereffect, *Psychological Research*, 査読有り, 75(3), 2011, 179-187
- ② Seyama, J. & Nagayama, R. S., Probing the uncanny valley with the eye-size aftereffect, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 査読有り, 18(5), 2009, 321-339

[学会発表] (計2件)

- ① 瀬山淳一郎, 写実性の変化検出における非対称性, 日本心理学会第74回大会, 2010年9月22日
- ② 瀬山淳一郎, 目の大きさの残効で不気味の谷を探る, 日本心理学会第72回大会, 2008年9月21日

[その他]

ホームページ等

<http://www.L.u-tokyo.ac.jp/~seyama>
(実験実施ウェブサイト。現在は閉鎖)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀬山 淳一郎 (SEYAMA JUNICHIRO)
東京大学・大学院人文社会系研究科・助教
研究者番号：90302653

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：