

特集 「HAI: ヒューマンエージェントインタラクションの最先端」

# 人間とエージェントの相互適応と適応ギャップ

## Mutual Adaptation and Adaptation Gap between a Human and an Agent

山田 誠二  
Seiji Yamada

国立情報学研究所  
National Institute of Informatics.  
seiiji@nii.ac.jp, <http://ymd.ex.nii.ac.jp/lab/seiji/>

角所 考  
Koh Kakusho

京都大学学術情報メディアセンター  
Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University.  
kakusho@media.kyoto-u.ac.jp, <http://www.mm.media.kyoto-u.ac.jp/members/kakusho/>

小松 孝徳  
Takanori Komatsu

公立ほこだて未来大学システム情報科学部  
School of Systems Information Science, Future University-Hakodate.  
komatsu@fun.ac.jp, <http://www.fun.ac.jp/~komatsu/>

**keywords:** human-agent interaction, mutual adaptation, adaptation gap.

### 1. はじめに

HAIにおいて、適応は本質的要素の一つである。なぜなら、HAIの多くの部分は、互いに相手の行為に影響を受けつつ、それぞれの内部状態と行動が時間的に変化するプロセスであり、それは人間、エージェントの適応として捉えられるからである。よって、人間、エージェント間の適応を基準軸にして、HAIにおけるさまざまな現象を理解するアプローチは、広い適用範囲をもつ有効な方法と考えられる。このような背景のもとに、我々は、HAIにおけるインタラクション設計を適応の観点から議論してきた [岡 06, 山田 02, 山田 05a]。

HAIにおいて実際的な問題になるのが、人間の適応、エージェントの学習アルゴリズムの設計、そしてエージェントの外見の設計である。人間は、不可避的に対象に適応するので、学習するエージェントとインタラクションをもつ場合、人間はエージェントに適応し、逆にエージェントは人間に適応する相互適応 (mutual adaptation) が生じる。我々は、この人間とエージェントの相互適応に対し、これまでさまざまな視点から定義付け、構造の明確化、対処方法の提案を行ってきた [山田 02, 山田 05a]。本稿の前半では、その総括を行う。

さらに、エージェントの外見の設計については、明確で根拠のある設計指針がほとんど提案されていないこともあり、各エージェントやロボットの設計者がアドホックに、人間や動物などの現存する実エージェントに外見を近づける設計を行っているのが現状である。エージェントの外見をできるだけリアルに設計する方向性は、それなりに意味があると考えられるが、エージェントの機能を無視して、むやみにリアルに設計することには疑問がある。本稿の後半では、人間が構築するエージェント

の機能モデルと、エージェントの真の機能との差異である適応ギャップ (adaptation gap) を提案する。そして、この適応ギャップをもとに、エージェントの外見と機能の関係を議論し、エージェントの機能に依存した外見の設計指針を模索する。

### 2. 人間とエージェントの相互適応

#### 2.1 問題設定

HAIにおいて、人間もエージェントも基本的には、相手から得られる情報や自身の内部状態といった入力情報に基づいて、相手に対するレスポンスの内容や、自身の次の内部状態などの出力情報を決定する自律的な情報システムであると考えられる。このとき、どのような入力情報に基づいてどのような出力情報を生成できるのかが、人間やエージェントの機能に相当する。

一般に人間には、対象が何であれ適応する能力があるため、HAIでは当然エージェントに対する適応が生じる。このような適応は、人間がエージェントの機能モデルを獲得し、それに基づいて自身の機能を変化させることに相当する。しかし、適応の結果として得られた機能がその人間にとって不自然で、かつその機能によるインタラクションを長期間継続する必要がある場合、そのインタラクションは人間にとって負担となってしまふ。これを避けるには、人間の側だけでなく、エージェントの側も、人間に適応できる能力を有することが望まれる。すなわち、エージェントも人間の機能モデルを獲得し、それに基づいて自身の機能を変化させる必要がある。そのような場合のインタラクションでは、人間とエージェントがともに相手に適応しようとするようになる。

このような人間とエージェントの適応のモデルを図1に示す。この図では、 $i$  番目のインタラクションにおい

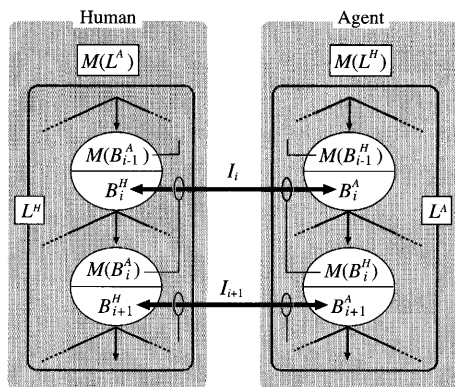


図1 相互適応

て人間とエージェント間でやり取りされる入出力情報を  $I_i$ 、そのときの人間、エージェントの機能をそれぞれ  $B_i^H$ 、 $B_i^A$  で表している。そして、 $i$  番目のインタラクションにおいて、人間、エージェントが獲得した相手のモデルをそれぞれ、 $M(B_i^A)$ 、 $M(B_i^H)$  で表しており、これが  $i+1$  のインタラクションにおいて、そのときの自身の機能  $B_{i+1}^H$ 、 $B_{i+1}^A$  を定める要因となっている。このモデルは、人間とエージェントの学習過程  $L^H$ 、 $L^A$  によって獲得される。

人間にせよエージェントにせよ、相手に適応するには、インタラクションの過程でやり取りされる入出力情報に基づいて、相手の正しい機能モデルをどのように獲得するかが問題となる。人間とエージェントでは、入出力情報のレベルや機能の複雑さが全く異なるため、相手の機能モデルを獲得する能力にも大きな差があり、人間の適応能力はエージェントのそれをはるかに凌駕する。したがって、人間とエージェントが相手への適応を同時に開始したとしても、この適応能力の差により、通常は、人間のほうがはるかに早くエージェントへの適応を完了することが多い [Yamada 04]。しかし、前述のように、人間からエージェントへの一方的な適応状況を長期間継続することは、人間にとって負担となる場合もあるため、人間のほうがいったんエージェントへの適応を完了した後であっても、なおエージェントが人間に適応すべき余地は残る。このような場合、適応に伴って変化する機能のレベルや、適応処理の進行する時間スケールは、人間とエージェントではかなり異なったものとなる。つまり、相手への適応を伴う HAI は、適応能力に極端な差が存在する非対称な過程となることが特徴である。

## 2.2 適 応 干 渉

2.1 節で述べたように、HAI における適応とは、相手の機能モデルを獲得し、それに基づいて自らの機能を変化させることである。したがって、それが人間とエージェント双方の側で生じる場合、モデルを獲得すべき相手の機能は時間的に不変ではなく、相手による自分への適応のために時間変化することになる。このような場合、 $i$  番目のインタラクションにおいて相手の機能の正しい

モデルを獲得し、それに基づいて  $i+1$  番目のインタラクションにおける自己の機能を変化させたとしても、そのときの相手の機能は  $i$  番目の時点から変化してしまっているため、それに対して自己の機能が適切なものとなっているとは限らない。

このように適応対象（相手の機能）自体が、相手の適応により操作される状態を適応干渉 (adaptation interference) と呼ぶ。図1においては、人間、エージェントの学習対象である  $B_i^A$ 、 $B_i^H$  が、自身の学習  $L^A$ 、 $L^H$  により操作され、時間的に変化する状況である。人間とエージェントのどちらか一方のみが相手に適応する場合にはこのような適応干渉の問題は起きないことから、この問題は双方が相手への適応を試みる場合に特有の問題である。逆に言えば、このような適応干渉の問題の存在により、HAI での適応において、双方が相手への適応を試みる場合をほかの場合とは別に議論する必要が生じるといえる。そこで、我々は HAI での適応において適応干渉が生じるような場合のみを相互適応と呼ぶ。

以上で述べた相互適応は容易に生じる。例えば、適応インタフェースがうまく働かない例がある、ポップアップメニューの順序における適応を考えてみよう。エージェント（システム）側は、よく使うアイテムを次に選択されやすいようにメニュー中で上のほうに移動させる。しかし、ユーザ（人間）は、よく使うアイテムの位置を覚えて適応し、その位置までカーソルを移動させる。そして、そのときユーザの学習した位置には、すでに希望のアイテムはなくなっている。これが適応干渉を伴う相互適応の一例である。

このように、HAI において適応干渉を伴う相互適応は、ごく自然に起こる現象であり、そのような相互適応を促進するインタラクション設計を目指すことが HAI の重要課題である。

## 2.3 相互適応へのアプローチ

### §1 適応干渉の回避

従来の HAI において、エージェントから人間への適応を試みた研究は、適応干渉を避けるために、インタラクションにおける人間の機能は時間的に変化しないことを前提に、その機能に対してエージェントが一方的に適応するような処理を実現するというアプローチをとっているもの [角所 05] がほとんどである。このようなアプローチでは、当然、人間の行動が時間変化する場合を扱えず、相互適応には対応できない。

一方、人間の機能を固定とするのではなく、人間とエージェント相互が相手のモデルを獲得する状況であっても、自分の機能と相手の機能が相互に影響を及ぼさないようなインタラクションでは、たとえ両者がインタラクションを行っていたとしても、双方によるモデル獲得処理が独立・並行に実行されることになるため、適応干渉は生じない。例えば、山田らの研究 [山田 05b] では、

人間とエージェントがそれぞれ、相手のマインドを相手の表情から推定するというインタラクションにおいて、両者が相手の表情の表出の仕方を学習することによってマインド推定処理の性能を向上させていく処理が議論されている。しかし、このようなインタラクションでは、双方の表情表出の仕方は互いに影響を及ぼさない関係にあるため、適応干渉の問題は生じない。つまり、相互適応を扱っているとはいえない。

## §2 親和性の利用

相互適応を促進するには、人間もエージェントも、相手が自分への適応を目指してその機能を変化させてくることを予測しながら適応を行う必要がある。すなわち、相手の機能のモデルを獲得するに先立って、適応に伴う相手の機能の変化のモデルを獲得する必要がある。図 1 では、このうち人間が獲得したエージェントの機能変化のモデルを  $M(L^A)$ 、エージェントが獲得した人間の機能変化のモデルを  $M(L^H)$  で表している。

このモデルを獲得するための情報も、相手とのインタラクションを通じて獲得されることになるから、相互適応を促進するには、この情報がなるべく正確に伝わるようにすることが満たすべき条件の一つである。逆に、この情報が不正確である場合、両者は相手の適応能力を見誤ることになり、相互適応が妨げられる。

2.1 節で述べたように、HAI における人間とエージェントの入出力情報のレベルは大きく異なるが、人間が利用する入力情報の代表的なものとして、相手の外見があげられる。人間同士の対面コミュニケーションにおいて、相手の外見は、年齢や性別、服装の好み、社会的地位などを伝えるノンバーバルメディアとして機能しているが、HAI においてもエージェントの外見は人間にさまざまな情報を提供するため、人間がエージェントの機能変化の正しいモデルを獲得しやすいうように支援するには、エージェントの外見を適切に設計することが必要となる。この問題については、次章以降でより詳しく議論する。

## 3. 適応ギャップ

### 3.1 エージェントの外見

現在、人間とインタラクションをもつことを目的としたさまざまな擬人化エージェントやロボットなどのエージェントが開発されている。ロボット分野においては、人間と同じように二足で歩行し、握手ができるような腕をもつ ASIMO<sup>\*1</sup>、HRP-2 [Kaneko 04] などのヒューマノイドロボットが開発されてきた。またアニメトロニクス技術の発達により、アンドロイド Repliee Q2 [Ishiguro 06] などの精巧に人間の外見を模したロボット

の開発も注目されている。一方、ソニーの犬型ロボット AIBO<sup>\*2</sup> や癒しのアザラシ型ロボット PARO<sup>\*3</sup> など身近な動物をロボットとして実現する研究も数多く見られる。

また、擬人化エージェントや ECA (Embodied Conversational Agent) の分野でも、さまざまなエージェントが開発されてきた。VSA (Visual Software Agent) [Prendinger 04]、擬人化インタフェース [森島 03] などが、その代表例である。そして、それらのエージェントの多くは、コンピュータグラフィックスなどにより人間の外見を精緻に再現しようとしている。

興味深いことに、これまで人間とインタラクションをもつことを目的に研究開発されてきたこれらのエージェントのほとんどは、実世界において我々に親しみのある人間や動物などに類似した外見 (appearance) をもつように設計されており、そのような外見が人間のエージェントに対する擬人化を促進することで、人間とエージェントの円滑なインタラクションに適していると考えられている。そしてこの考え方は、研究者を始め、多くの人に無理なく受け入れられているようである。

しかし、本当に人間や動物に似た外見が、HAI の観点から見て適切な外見の設計指針といえるのだろうか。また、人間とエージェント間でやり取りされる情報とは独立に、エージェントの外見は決定されるべきなのだろうか。

実際のところ、エージェントの外見をどのように設計すればよいかについては、実証に基づく設計指針がこれまでほとんど示されていない [Matsumoto 05, Yamada 06]。換言すると、エージェントの外見と、エージェント設計のさまざまな要因との関連性を解明する研究がほとんどなく、その関係がわかっていないことを意味する。

このような背景から著者ら (山田, 小松) は、エージェントの外見の設計に関して、その外見と機能との関係に基づいてエージェントの外見を設計するアプローチを研究してきた。その結果、エージェントの機能によっては、必ずしも外見を人間や動物に近づける必要がない場合があることを示した [Yamada 06]。本稿では、さらにその考え方を進展させ、一般化した適応ギャップ (adaptation gap) という新しいコンセプトを提案し、エージェントの外見と機能の関係を表す HAI における新たな知見を示す。以降では、適応ギャップの定義、そこから導かれるエージェントの外見の設計指針、そして、従来研究との関連を示すことにより、その位置づけを行う。

### 3.2 人間からのエージェントへの適応

エージェントの外見を人間にとって身近な存在である人間や動物といったものにするというアプローチについて考察してみる。まず、人間同士のコミュニケーションの場合、人は他者に関した自分なりの認知に基づいて、

\*1 <http://www.honda.co.jp/ASIMO/>

\*2 <http://www.jp.aibo.com/>

\*3 <http://paro.jp/>

相手を理解したり将来の行動を予測して、その人物に対する接し方を学習していくと考えられる。このような現象は、人の内面的な特徴や心理過程を推論する働きを研究する、社会心理学分野における対人認知として多くの研究が行われてきた。そして、その対人認知を考えるうえで重要となる要素が、以下のようにまとめられている[中島 04]。

- 要因1 (相手に帰属する要因)：認知対象から直接与えられる刺激情報や、その対象が過去にとった行動や第三者から聞いた風評。
- 要因2 (自分に帰属する要因)：認知者の主体的要因。
- 要因3 (環境、状況に帰属する要因)：認知に影響を及ぼす状況による要因。

Media Equation[Reeves 98]が主張しているように、人間と人工物であるエージェントとの関係に、人間と人間との関係を説明する社会心理学の知見が応用できるとするならば、人間はそのエージェントに対しても、自分なりの認知に基づいてその人工物に対する接し方を決定していると考えられる。多くの場合、エージェントは、人間が擬人化しやすいように設計されているため、人間がエージェントを人間と同様に扱う傾向は一般の人工物よりもより強いであろう。

この場合、その認知プロセスに大きな影響を及ぼすものは、要因1の「エージェントがどのような形状や情報を出しているのか」、要因2についての「エージェントを主観的にどのように捉えているのか」、要素3の「どのような状況でそのエージェントと対峙しているのか」のように具体的に列挙できる。

人間があるエージェントを初めて見た場合(もしくは、エージェントが全くなじみのない外見をしていた場合)、上記の要因1, 2が希薄であるために、ユーザはそのエージェントとどのようにインタラクションをもてばよいかわからない。よって、人間にとって、親和性の高い外見をもつエージェントは、要因1, 2を強くするために重要な役割を果たしていると考えられる。このような考えから、人間はエージェントに対して、その外見からエージェントをモデル化し、そのモデルに基づいて、エージェントとのインタラクションを構成していくという考えが導かれる。この考え方は、適応ギャップを考えるうえでの基本的な前提である。

### 3.3 適応ギャップ

前節での考察により、人間とエージェント間のインタラクションを考えた場合、まず、人間はそのエージェントの挙動を推測するために、そのエージェントの外見をもとにエージェントのモデル化を行う。そして、そのモデルに基づいて自ら行動し、それにエージェントが反応するというようにインタラクションを構築していく。そして、インタラクションを継続していくことで、自らのもつエージェントのモデルを実際のエージェントの挙動

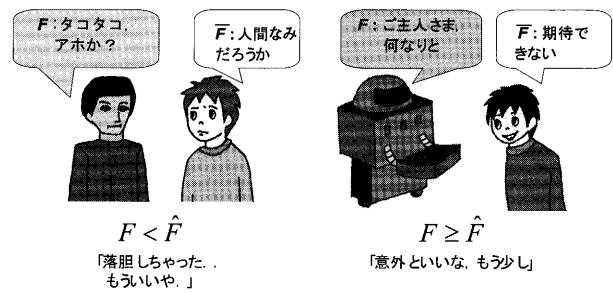


図2 適応ギャップ

をもとに修正していき、結果として円滑なインタラクションを構築するに至る。2章での議論のように、これらのプロセスは人間からエージェントへの適応である。

ただし、ユーザが獲得するエージェントのモデルによっては、このエージェントとインタラクションする価値はないと判断され、その結果、最初からインタラクションを開始しない場合、またはインタラクションを途中で打ち切る場合がある。我々は、後者の「インタラクションがユーザによって途中で打ち切られる場合」に注目する。なぜならこの現象は、すでに商品化されたペットロボットなどにおいて度々報告されており[芳賀 02]、この問題を改善しなければ、今後日常生活に浸透していくことが期待される多くのエージェントも同様の問題に直面する恐れがあるからである。

このように、人間がエージェントとのインタラクションを継続できない現象の原因として、我々が着目するのは、エージェントの外見と機能の関係である。前節の議論にあるように、人間からエージェントへの適応であるエージェントのモデル化は、インタラクションを開始する直前にそのエージェントの外見やステレオタイプ的な情報に基づいて構築されることが考えられる。そして、基本的にこのモデルとは、エージェントの機能のモデル  $F$  である(図2)。そして、実際にエージェントに実装されている機能を  $F$  とする。ここで、適応ギャップ  $AG$  とは、人間によるエージェントの(機能)モデルと実際のエージェントの機能との差異、つまり  $AG = F - \hat{F}$  と定義される(図2)。この適応ギャップを考えることにより、人間とエージェントの外見や機能との関係、エージェントの外見の設計論についての議論が展開できる。

適応ギャップの考えは、次のような素朴な観察に基づいている。例えば、人間と非常に類似した外見をもったヒューマノイドロボットとインタラクションをする場合を考えよう。この場合、ユーザはそのエージェントの外見から「人間なみのことができるかも知れない( $\hat{F}$  = 人間なみの機能)」と考える場合多いだろう。しかし、実際のヒューマノイドロボットとインタラクションを継続していくうちに、「なんだ、エンピツも握れないのか」、「僕の話の意味はわからないんだ」などと、そのロボットの真の機能  $F$  に気づいてしまうことで、ユーザがつくり上げられたモデルが崩壊し、結果としてインタラクション

を中断してしまうと考えられる。このことは、エージェントの外見からモデル化された機能と、そのエージェントのもつ実際の機能との間にギャップが存在することを意味し、我々はそれを適応ギャップと定義した。この例からもわかるように、人間とエージェントのインタラクションの継続には、適応ギャップという軸で考えると得られる知見が多い。

さらに、適応ギャップを元に、エージェントの外見と機能、人間の適応とインタラクションの継続性の関係について、以下の適応ギャップ仮説(図2)を考える。

#### 適応ギャップ仮説

(1)  $AG=0$  ( $F=\hat{F}$  : エージェントの外見からモデル化される機能  $\hat{F}$  と、実際のエージェントの機能  $F$  が等しい場合であり、このとき適応ギャップは起こらない。人間は、最初からエージェントと的確にインタラクションを構築できる。

人間にとっては、エージェントが道具として認識されている状態ともいえる。ただし、インタラクションの継続を通じた人間の適応(エージェントのモデルの学習による修正)による、人間の楽しみはない。

(2)  $AG<0$  ( $F<\hat{F}$  : エージェントの外見からモデル化される機能  $\hat{F}$  が、実際の機能  $F$  よりも高い場合で、負の適応ギャップが生じる。この場合は、人間が  $F$  を知って落胆し、それ以降のインタラクションを継続しなくなる可能性が高い。

(3)  $AG>0$  ( $F>\hat{F}$  : エージェントの外見からモデル化される機能  $\hat{F}$  が、実際の機能  $F$  よりも低い場合で、正の適応ギャップが生じる。この場合、人間が継続的にエージェントとインタラクションをもち、時間をかけて適応していく。

もちろん、この適応ギャップ仮説は、実験的に検証される必要がある。しかしながら、もしこの仮説が正しいとすると、我々の考えるエージェントの外見の設計指針は、次のようになる。

人間とエージェントの継続的インタラクションのためには、 $AG>0$  ( $F>\hat{F}$ ) を満たすように、つまり、エージェントの外見から人間によりモデル化される機能が実際の機能よりも低くなるように、エージェントの外見を設計すべきである。このことは、機能的に不十分な現在のエージェントに対して、人間や動物なみの機能を想起させるようなリアルな外見は好ましくないことを意味する。

以上は、人間からエージェントへの適応のための外見の設計に関する議論であるが、同様の議論は、2・3節に述べた相互適応のために相手の機能変化のモデルを獲得する目的にも拡張できる。例えば、ある種の動物では、人間からの報酬により直前の行動を活性化する機能変化のモデルを利用した調教が可能である。その調教の可否や報酬の与え方が動物の種類によって異なることを考えれば、機能変化モデルの情報源として外見を利用可能であることが示唆される。

### 3・4 先行概念との関連

#### §1 獲得=損失効果

エージェントの機能と外見の関係として  $AG>0$  が望ましいという主張に対して、我々がその根拠の一つとしているのが、社会心理学において Aronson らが提唱した「獲得=損失効果 (Gain=Loss Effect)」[Aronson 65]である。具体的には「人が他者からほめられたりけなされたりという対人的評価を受けた場合、最初から最後まで正の評価をした人よりも、負から徐々に正へと変化した人のほうが好まれる(獲得効果)。また、最初から負の評価をした人よりも、正から負へと変化した人のほうが嫌われる(損失効果)」ということを説明する概念である。

この概念を、適応ギャップに当てはめてみる。例えば、エージェントとのインタラクションを継続して、モデル化した機能のほうが実際のエージェントの機能よりも高いことにユーザが気づいてしまうと ( $F<\hat{F}$  の場合)、エージェントの評価が正から負へ変化するため、損失効果をユーザに与えて、エージェントがユーザに嫌われてしまう。一方、 $F>\hat{F}$  の場合は、エージェントの評価を負から正に変化させる余地があるために、ユーザは逆に「獲得効果」を得やすい環境にいるといえよう。

#### §2 不気味の谷

ロボットの外見と機能の関係についての先駆的な概念に、森の提唱した「不気味の谷」[森 70]がある。これは、ロボットの外見が中途半端に人間に近づくほど、人間とのわずかな差異がより強調され、逆にユーザに違和感や不快感を与えてしまうという仮説である。森は、ロボットの外見の人間に対する類似度と親和感の関係を定性的なグラフ(図3)で表現している[森 70]。ここでは、この「不気味の谷」仮説と適応ギャップとの関係を議論する。

「不気味の谷」仮説のグラフ(図3)の横軸は、人間との類似度 = (エージェントの外見) - (人間の外見)  $\propto \hat{F} - F_h$  (人間の機能をモデルとした適用ギャップ) に対応づけられ、縦軸である親和感は、インタラクションの継続性に対応づけることができる。しかし、このままでは、常に  $AG_h < 0$  であり、継続的なインタラクションが実現できる条件  $AG_h > 0$  ( $F_h > \hat{F}$ ) を満たさない。

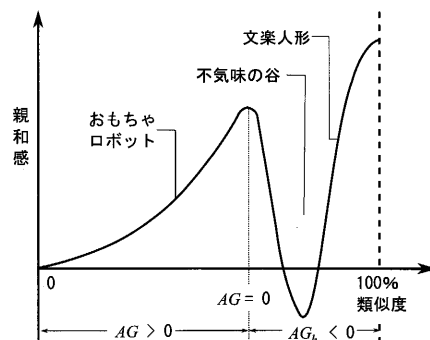


図3 「不気味の谷」仮説 [森 70]

ここで、我々は、 $AG=0$  が不気味の谷の左のピークに位置すると考える。つまり、不気味の谷の左側では、人間との類似度が低いため、 $-AG=\hat{F}-F$  となり、 $AG>0$  を満たすようにエージェントの外見を設計すれば、親和感は向上する。しかし、谷の右側では人間との類似度が高いため、人間なみの機能をモデルするため、 $\hat{F}=F_h$ 、つまり  $-AG_h=F_h-F$  となり、人間以上の機能を実現したエージェントでないかぎり親和感は下降する（図3の横軸の下。この部分は著者らが加筆）。この考え方により、適応ギャップによる不気味の谷の説明が可能となる。ただし、不気味の谷の右側、つまり人間の外見に十分に近づけると親和感も高くなることは、適応ギャップでは説明できない。この不気味の谷の右側の領域については、議論を要すると考えられる。

なお、文献[森 70]では、不気味の谷の右側に位置するエージェントの例として文楽人形があがっている。しかし、文楽人形と人間は外見の類似性が十分には高くないので、人間が文楽人形を見て人間なみの機能モデルをもつ場合は少ない ( $\hat{F} \neq F_h$ )。よって、文楽人形は、谷の左の頂上近くに位置すべきであろう。

森は、不気味の谷を越えて完璧な類似度をもつ外見を設計するよりも、谷の左にある山を目指すべきと主張している[森 70]。3.3節における我々の主張も、 $AG>0$  を満たす外見を設計すべきというものであり、エージェントの外見の設計論として、両者は一致した主張となっている。換言すると、不気味の谷は越えるものではなく、その直前で踏みとどまるものであり、適応ギャップは、不気味の谷を越えようとする研究、つまりできるだけ人間に外見を近づけようとするエージェント研究に一石を投じるものである。

#### 4. ま と め

本稿では、適応を軸にして HAI における人間とエージェントの適応、エージェントの外見の設計について議論した。そこでのキーコンセプトは、相互適応、適応ギャップである。相互適応については、人間とエージェントの互いの適応対象が同一である適応干渉により、その定義を行った。後半では、人間のつくるエージェントのモデルと実際のエージェントの機能との差異である適応ギャップを提案した。適応ギャップの三つの場合について、人間とエージェントのインタラクションの継続性を議論した。

#### ◇ 参 考 文 献 ◇

- [Aronson 65] Aronson, E. and Linder, D. E.: Gain and loss of esteem as determinants of interpersonal attractiveness, *J. Experimental Social Psychology*, Vol. 1, pp. 156-171 (1965)
- [芳賀 02] 芳賀義典: 玩具ビジネスの特徴とロボット玩具の方向性, 日本ロボット学会誌, Vol. 20, No. 7, pp. 683-686 (2002)
- [Ishiguro 06] Ishiguro, H.: Android science, *Scientific American*, pp. 23-24 (May 2006)
- [角所 05] 角所 考, 李 立群, 伊藤淳子, 美濃導彦: エージェント媒介型表情コミュニケーションにおける利用者の主観に基づく表情マッピングの獲得, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 17, No. 3, pp. 325-338 (2005)
- [Kaneko 04] Kaneko, K., et al.: Humanoid robot HRP-2, *Proc. 2004 IEEE Int. Conf. Robotics & Automation*, pp. 1083-1090 (2004)
- [Matsumoto 05] Matsumoto, N., Fujii, H., Goan, M. and Okada, M.: Minimal design strategy for embodied communication agents, *14th IEEE Int. Workshop Robot-Human Interaction*, pp. 335-340 (2005)
- [森 70] 森 政弘: 不気味の谷, *Energy*, Vol. 7, No. 4, pp. 33-35 (1970)
- [森島 03] 森島繁生: 擬人化インタフェース, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 5, No. 2, pp. 65-68 (2003)
- [中島 04] 中島義明, 安藤清志, 子安増生, 坂野雄二, 繁辨算男, 立花政夫, 箱田裕司 編: 心理学辞典, 有斐閣 (2004)
- [岡 06] 岡 夏樹, 山田誠二: 適応のためのインタラクション設計, 人工知能学会誌, Vol. 21, No. 6, pp. 642-647 (2006)
- [Prendinger 04] Prendinger, H. and Ishizuka, M., eds.: *Life-like Characters-Tools, Affective Functions, and Applications*, Springer-Verlag (2004)
- [Reeves 98] Reeves, B. and Nass, C.: *The Media Equation*, CSLI Publications (1998)
- [山田 02] 山田誠二, 角所 考: 適応としての HAI, 人工知能学会誌, Vol. 17, No.6, pp. 658-664 (2002)
- [Yamada 04] Yamada, S. and Yamaguchi, T.: Training AIBO like a dog, in *The 13th IEEE International Workshop on Robot-Human Interaction*, pp. 431-436 (2004)
- [山田 05a] 山田誠二, 角所 考: IDEA: 適応のためのインタラクション設計, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 17, No. 3, pp. 279-288 (2005)
- [山田 05b] 山田誠二, 山口智浩: 人間と擬人化エージェントによるマインドマッピングの相互適応, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 17, No. 3, pp. 289-297 (2005)
- [Yamada 06] Yamada, S. and Komatsu, T.: Designing simple and effective expression of robot's primitive minds to a human, *Proc. 2006 IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems* (2006), to appear

2006年9月4日受理

#### 著 者 紹 介

山田 誠二 (正会員) は, 前掲 (Vol. 21, No. 6, p.647) 参照.

角所 考 (正会員) は, 前掲 (Vol. 21, No. 2, p. 161) 参照.



小松 孝徳 (正会員)

2003年東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了。博士(学術)。同年、公立はこだて未来大学システム情報科学部助手、現在に至る。人間の適応を誘発することで、人間=人工物間に自然なコミュニケーションを構築することを目指している。ヒューマンインタフェース学会、情報処理学会、日本認知科学会、IEEEなどの各会員。