

特集 「人を動かす HAI」

# エージェントが解け込む社会に向けて

## Toward a Society Staying with Agent

今井 倫太  
Michita Imai

慶應義塾大学理工学部  
Faculty of Science and Technology, Keio University.  
michita@ics.keio.ac.jp, <http://www.ayu.ics.keio.ac.jp/>

**Keywords:** autonomous agents, robotic avatar, hybrid intelligence, wizard of Oz.

### 1. はじめに

人とインタラクションするロボットや自律エージェントの研究 (HAI 研究) は, 人工知能・認知科学・ロボット工学・社会学といった多数の研究分野にわたって行われている。HAI 研究が目指すものは, 人が行うインタラクションの基本要素を, 人と機械のインタラクションのデザインに取り込むことで, 適応的でより自然な機械の使用感や人へのサービス提示を実現することである。

人のインタラクションの要素の一部を機械のインタフェースとして還元することで HAI 研究の成果を応用することは可能である。しかしながら, 自律エージェントや知能ロボットといったキャラクターをもつエージェントを, 実際の応用場面で用いるのは, まだ多くの困難が存在する。センサ情報から状況を認識し, ふさわしい行動を生成することの難しさや, さまざまなタイプの人に適応してコミュニケーションすることの難しさなど, 究極の人工知能を実現することと同様の難しさがある。一方で, 現状の技術で実現可能な自律エージェントやロボットが行うことのできるサービスは, 携帯端末やウェアラブルコンピュータのほうが効率的に実現可能である場合が多く, 決定打とはなり得ないことが多い。

3～5年先といった短期的に実現可能なシステムやサービスにおいて HAI 研究の利点を生かすことは難しい。しかし, 10～20年といった長期的な観点でシステムやサービスの実現を鑑みると, 人と人のインタラクションに近い形で, 人と機械のインタラクションを実現することは理想型であり, 目先の評価にとらわれずに研究することも重要である。ただし, 10年, 20年といった長期的な目標の研究を行う場合であっても, どのようにエージェントが我々の社会の中に導入され得るのかを考え議論することは必須である。

本稿では, 現状のヒューマンロボットインタラクション研究 (HRI 研究) や HAI 研究を基盤として, エージェントが我々の社会に入り込む一つの可能性について述べる。エージェントが社会に解け込むことによって初めて, 我々の生活が変わり, 真の意味での人を動かす HAI

が起こる。本稿の考察が, エージェントの在り方に一つの示唆を与えられたらと考える。

### 2. HAI 研究の現状

#### 2.1 HAI の適用先

本稿では, エージェントを自然な形で社会に導入する方法を考察する。HAI 研究では, さまざまなアプローチでエージェントを扱っており, 議論に際して対象となるエージェントを明確にしておく必要がある。ただし, エージェントのデザインやインタラクションのデザインの各論を行うわけではない。ここでの分類は, HAI 研究が対象としているエージェントを明らかにする大雑把なものである。エージェントを大きく三つに分けると, 1. 自律エージェント, 2. アバタ, 3. 人らしさをもつ機械に分類することができる。

自律エージェントは, 文字どおり能動的に環境を知覚・判断 [Wooldrige 95] し, 自律的に行動を生成するロボットや CG キャラクタを指す (必ずしも人型である必要はない)。自ら判断し行動するために技術的な難易度も高く, 汎用的に使用可能なものをつくるためには, さらなる研究が必要である。

アバタは, ユーザが操作するタイプのエージェントであり, 人と知的なインタラクションを取ることにに関して操作者が行うので技術的な困難はないに等しい。

人らしさを機械のデザインや, 人と機械のインタラクションのデザインに用いることも HAI の重要なテーマである。自律エージェントやアバタも, 人らしさのデザインとは切り離すことのできないものであるが, この二つは, エージェント自体が強固なキャラクタを有しているので区別した。ここであげた人らしさのデザインとは, 擬人化を促進させる要素をもつ人らしさを感じさせるデザインや, インタラクションのリズム, 存在感の提示方法など, 機械にキャラクターを必ずしも与えなくても実現可能なものである。HAI 研究の概念をより一般化したものであるともいえる。

エージェントを用いたインタフェースデザインの現状では, アバタに関してすでに商用のロボットが開発され

るなど [Anybots], 我々の社会に進出しつつあるといえる。また, 人らしさをもつ機械においても, インタフェースデザインの在り方の一つとして社会に受け入れられるものが発案される可能性は十分あり得る。一方, 自律エージェントの社会導入は, 克服すべき技術的な課題の多さを考えるとまだ先のことになりそうである。

本稿では, HAI の究極の形でもある自律エージェントに関して議論する。自律エージェント実現の難しさを鑑みると, 自律エージェントを社会に積極的導入する何らかの方法論が必要だと思われる。また, 自律エージェントと同様に, キャラクター性を有しながら人とコミュニケーションを行うアバタについても議論する。自律エージェントとアバタを対比させることで, エージェントを社会に導入する一つのモデルの提案を行う。

### 2.2 自律エージェントの研究

自律エージェントは, 人に命令されて動くだけでなく, 能動的に行動し, 我々の生活をサポートしてくれるロボットや CG キャラクターを指している。例えば, ショッピングモールで買い物を手伝ってくれるロボット [Satake 09] や, 教育を支援するロボット [Tanaka 12], 道案内してくれる CG キャラクター [Nakano 12] などをあげることができる。ここであげた自律エージェントは, 買い物や教育, 道案内といったある状況設定のもとでのインタラクションの研究を行っており, 汎用に用いることのできる究極の自律エージェントが提案されているわけではない。しかしながら, 個別の状況設定における研究を積み重ねることは, 将来誕生するであろう究極のエージェントを実現するうえでは必要不可欠である。

一方で, 買い物, 教育, 道案内といった例に限ることでも自律エージェントを構築可能にしたとしても, 同じタスクをエージェントなしで実現することも可能であり, 自律エージェントの採用には導入コスト的にも困難が生じる。人と同様にコミュニケーションできる究極の自律エージェントが実現可能であるならば, コンピュータや携帯端末によるサービス提供に勝ると思われるが, 現状の技術では実現不可能である。

### 2.3 ロボティックアバタの研究

アバタは, 仮想世界において CG で表現されるもの [Second Life, Sugawara 96] や, 実際のロボットを用いて実世界で使用されるもの (ロボティックアバタ) [Anybots, Kasiwabara 12] などがある。エージェントの社会導入を考えるうえでは, 実世界で活動できることが重要であるので, 以降ではロボティックアバタについて考察する。

アバタは, 人が操作するものであり, アバタの知能は, 操作者の知能である。アバタがもつ知能という表現に違和感を覚える方もいると思われる。しかしながら, アバタと対面しインタラクションしている相手から見た場

合, 目の前にいるのは本人ではなくアバタである。本稿では, アバタとインタラクションしている人の観点から議論をするために, インタラクション相手から見てアバタが知的であるかどうかを考える。

ロボティックアバタに話を限定すると, 公衆無線 LAN や, 屋外のインターネットサービス (4G LTE や WiMAX) の登場により, ロボティックアバタを実環境で動かすことのできる基盤が整ってきたといえる。技術的には, いつでも社会に導入可能な段階にあるといっても過言ではない。

また, 身体を用いた遠隔コミュニケーションは, Skype に代表される映像と音声によるコミュニケーションに比べ, 遠隔地での存在感があり, 会議への参加や, 遠隔からのオフィス視察の際により円滑なコミュニケーションが可能であると期待されている。

一方, ロボティックアバタは, テレコミュニケーションや存在感提示という観点から研究が行われているのに対して, 自律エージェントのように知能化という観点からはあまり研究されていない。

### 2.4 自律エージェントとアバタ

自律エージェントの社会導入にあたって, 自律エージェントとロボティックアバタの比較を行う。図 1 は, 横軸に自律エージェントとロボティックアバタを配置し, 縦軸にエージェントとしての知能 (インタラクション能力と考えてもらってもよい) を配置したものである。

現状でつくることのできる自律エージェントの知能は, ある場面に対処し動くことに限られたものであり, 知能のレベルは低いといわざるを得ない (左下の丸印)。現状の自律エージェントの研究者は, エージェントの知的能力をあげる方法を研究するべく, 左に示した上矢印の向きに研究しているともいえる。しかしながら, エージェントの能力を上げるためには, 革新的な技術提案が現れないと難しいのが現状である。また, 客観的な知能の定義の一つでもあるチューリングテストを通過するのも難しい。

一方のロボティックアバタは, 背後に操作者である人がいるために, 技術的な克服なしに高い知能をもったエージェントが実現できる (右上の丸印)。また, 人が操

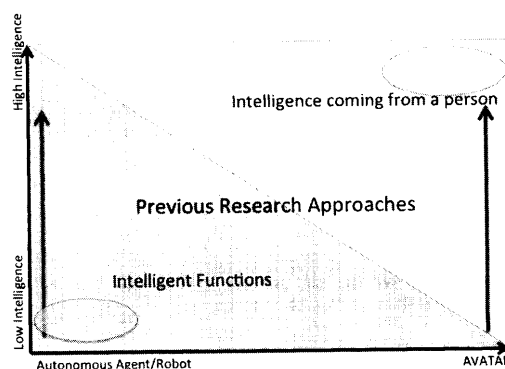


図 1 自律エージェントとロボティックアバタの知能の比較

作しているの、ロボティックアバタは、アバタの周辺にいる人とも容易に関係を築くことができ、社会導入も比較的容易である。また、背後に人がいるので、チューリングテストをもち出すまでもなく知的である。ただし、ロボティックアバタが社会に進出したとしても、真の意味での自律エージェントの社会導入ではない。

2.5 Wizard of Oz 法

自律エージェントや知能ロボットを研究するうえで頻繁に用いられる手法に Wizard of Oz 法というものがある。現在の技術では実現不可能な自律エージェントの振舞いを、人が陰で操作することで実現する方法である。プログラムに代わって人が操作することで、自律エージェントを知的に振る舞わせる。現状の技術では実現不可能なインタラクションを再現することができ、未来に登場するであろう自律エージェントの可能性を検証することが可能となる。

Wizard of Oz 法で行われる手法を、図1と同様にまとめると図2で表すことができる。Wizard of Oz 法では、左の破線矢印の先にあるような高い知能をもった自律エージェントをあたかも存在するかのように実験で扱うことができる(実在しない自律エージェントの知能という意味で矢印には破線を用いている)。

しかしながら、Wizard of Oz 法を実現する際に用いるシステムは、実際には、人間がエージェントを操作するシステムであり、Wizard of Oz 法は、見方を変えればロボティックアバタと同じシステムであることがわかる。つまり、Wizard of Oz 法における自律エージェントの知性は、ロボティックアバタで操作者がもっている知性そのものである(図2の左向き矢印)。

Wizard of Oz 法は、自律エージェントが現時点で実現できないものであっても、実現することができ、技術開発を先取りして自律エージェントのインタラクションの効果を見ることが出来る利点がある。もしくは、自律エージェントのプログラムを実装する手間をかけずに、どのようなプログラムをエージェントにもたせるのがよいのかを検討することも可能である。ただし、技術的に当面実現不可能なインタラクションを想定してしまうこと

もあり、現実的ではない研究を行ってしまう可能性もあるので注意が必要である。

Wizard of Oz 法において注目すべきことは、自律エージェントのインタラクション相手が自律エージェントの仕組み(操作されているのかプログラムなのか)を理解していない場合に、操作者の知能をエージェントの知能として捉えてしまうことがあるという点である。

3. 社会に解け込むエージェント

3.1 自律エージェント研究の新しい方向性

自律エージェントを社会に導入していく一つの鍵となるのは、ロボティックアバタの存在そのものである。ロボティックアバタが社会に受け入れられるためには、それなりのビジネス展開が必要である。しかしながら、純粋に技術的な側面から見た場合には、ロボティックアバタの社会導入に関する技術的な困難はほとんど存在しない。もし、社会的導入が成功した後にロボティックアバタの操作者の介在量を、知能プログラムを導入することで減らしたら何が起ころうか(図3の下側三角領域の増加)。知能プログラム導入の初期段階では、操作者の操作支援といったものと思われるが、ある程度成熟すると、人の代わりにロボティックアバタを操作するプログラムが登場すると思われる。その際に人は、操作者が操作しているロボティックアバタとプログラムが操作しているものを区別することができるであろうか?

Wizard of Oz 法の実験でも説明したとおり、人の操作とプログラムによる制御を区別するのが困難な状況をつくり出すのは比較的容易である。

本稿で提案する自律エージェントの社会への導入方法は、図3の左向き矢印の方向へ向かって、操作者に取って代わることのできるハイブリッドな知能プログラムを開発することである。その結果として、あるときは本人が操作するロボティックアバタ、あるときは本人の代理としてプログラムで動くアバタといった形のアバタ社会が形成される。矢印の向きに研究をし、社会にロボティックアバタを導入することで、人は気がつかないうちに自律エージェントからもサービスを受けている状況が生

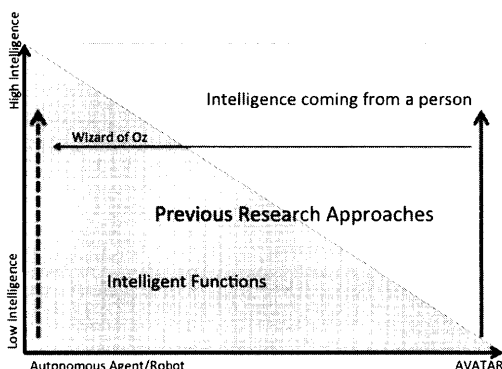


図2 Wizard of Oz 法によるエージェント研究

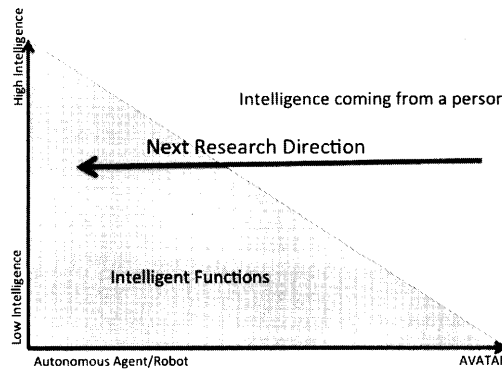


図3 アバタを知能化することによる自律エージェント研究

じる。気がつくとエージェントが解け込んだ社会が形成されている時代がやってくると思われる。

また、社会に導入され使用されているロボティックアバタの上で知能研究を行っていくこととなり、人工知能の研究過程で発生しやすいお節的なプログラムは淘汰されるという利点もあり得ると予想される。

### 3.2 人とプログラムの区別

アバタが人なのかプログラムなのか判断できない状況は、twitterの上ですでに発生している。twitterの上では、ボットと呼ばれる自動でつぶやきを投稿するプログラムが存在する。しかしながら、あるアカウントがボットかどうかを知らないユーザにとっては、人によるつぶやきとして捉えられる。ボットのつぶやきと人のつぶやきの例は、プログラムが生成したテキストであっても、受け手が人の知能を想定してインタラクションしてしまう可能性があることを示唆したものの一つである。本稿で取り上げたアバタの知能のハイブリッド化は、実世界でもtwitterのボットと同様の現象が起き得るという考えに根ざしている。

また、しりとりプログラムを用いた同様の実験が存在する[山本 94]。しりとりプログラムと人が対戦する際に、プログラムとわかっていて対戦するのと、遠隔の人間との対戦と思って対戦する場合とでは、同じプログラムとの対戦であったとしても、しりどりの対戦のおもしろさが増えるというものである。この結果は、アバタの操作が人によるものなのかプログラムによるものなのか判断がつかない状況において、知能プログラムがより良いインタラクションを人と行うことができることを示唆する。

しかしながら、人かどうか区別がつかないインタラクションを再現すること自体は、さらなる研究開発が必要かと思われる。すぐに実現可能な例をあげるとすると、例えば、人がオンラインでない場合には、人が事前に入力したつぶやきをロボティックアバタが再生することで、非同期的にコミュニケーションを取る方法をとることができる。一方で、人が操作していなくてもあたかも本人かのように振る舞える代理エージェントの実現は、自律エージェントの実現と同様にまだまだ研究が必要である。しかし、ハイブリッドな知能システムとして自律エージェントを開発する場合には、すでにロボティックアバタ自体が社会に受容されており、いきなり自律エージェントを社会に導入する場合に比べて容易であると想像できる。

## 4. ま と め

本稿では、エージェントが社会に解け込む一つの在り方として、ロボットアバタのハイブリッドな知能化によるアプローチを提案した。自律エージェントの知能プロ

グラムを改善していくのではなく、知能プログラムによるロボティックアバタの操作の自動化を行う。比較的容易に社会に導入可能なロボティックアバタを社会に導入しつつ、アバタそのものを知能化することで、自律エージェントを人の社会にそっと解け込ませることができる。

ハイブリッドな知能システムを研究開発する場合、完全な自律システムを実現しなくとも途中の段階で社会に受容される自律エージェントが実現される可能性もある(例えば、twitterのボットは文を投稿しているだけだが受容されている)。ハイブリッドな知能システムの研究が進む中で、最後までプログラムでは代替できないものがあるかもしれない。それは、人間の存在(ある個人の存在)そのものかもしれない。ハイブリッドな知能研究は、人間の本性に関しても明らかにしてくれる可能性がある。

## ◇ 参 考 文 献 ◇

- [Anybots] <http://www.anybots.com/>  
 [Kasiwabara 12] Kasiwabara, T., Osawa, H., Shinozawa, K. and Imai, M.: TEROOS: A wearable avatar to enhance, joint activities, *CHI'12*, pp. 2001-2004 (2012)  
 [Nakano 12] Nakano, Y. I., Reinstein, G., Stocky, T. and Cassell, J.: Towards a model of face-to-face grounding, *Proc. 41st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL 03)*, pp. 553-561 (July 8-10, 2003)  
 [Satake 09] Satake, S., Kanda, T., Glas, D. F., Imai, M., Ishiguro, H. and Hagita, N.: How to approach humans? -Strategies for social robots to initiate interaction, *Proc. 4th ACM/IEEE Int. Conf. on Human Robot Interaction (HRI 2009)*, pp. 109-116 (2009)  
 [Second Life] <http://secondlife.com/>  
 [Sugawara 96] Sugawara, S., Matsuura, N., Kato, Y., Sasaki, K., Imai, M., Yamana, T., Kiyosue, Y., Shimamura, K., Tanaka, T., Nishimura, T., Leick, C., Takenchi, T. and Suzuki, G.: InterSpace Project - CyberCampus Video Program, *CSCW96*, p. 7 (1996)  
 [Tanaka 12] Tanaka, F. and Matsuzoe, S.: Children, teach a care-receiving robot to promote their learning: Field experiments in a classroom for vocabulary learning, *J. Human-Robot Interaction*, Vol. 1, No. 1, pp. 78-95 (2012)  
 [Wooldridge 95] Wooldridge, M. and Jennings, N. R.: Intelligent agents: Theory and practice, *Knowledge Engineering Review*, Vol. 10, No. 2, pp. 115-152 (1995)  
 [山本 94] 山本吉伸, 松井孝雄, 開 一夫, 梅田 聡, 安西祐一郎: 計算システムとのインタラクション-楽しさを促進する要因に関する考察, *認知科学 (日本認知科学会論文誌)*, Vol. 1, No. 1, pp.107-120 (1994)

2013年1月10日 受理

## 著 者 紹 介



今井 倫太 (正会員)

1992年慶應義塾大学理工学部電機工学科卒業。1994年同大学院計算機科学専攻修士課程修了。同年、NTTヒューマンインタフェース研究所入社。1997年ATR知能映像通信研究所へ出向。2002年慶應義塾大学大学院開放環境科学専攻博士課程修了。現在、慶應義塾大学理工学部情報工学科准教授および、ATR知能ロボティクス研究所客員研究員。ロボットとの対話、センサを用いた状況知覚に興味をもつ。情報処理学会、電子情報通信学会、認知科学会、ヒューマンインタフェース学会、IEEE、ACMなど会員。博士(工学)。