

# 人間中心視点からみた HAI 研究： 人間による自身の身体・ソーシャルアクタの身体・タスクの場の定位

HAI studies from a human-centered viewpoint:  
User's localization of body of her/himself and a social actor and field of a task

鈴木 聡\*<sup>1</sup>

Satoshi V. Suzuki

\*<sup>1</sup>青山学院大学 ヒューマンイノベーション研究センター

Human Innovation Research Center, Aoyama Gakuin University

HAI studies tend to be reviewed under a framework based on a designer's viewpoint. However, there often exists a gap between a user's viewpoint and the designer's viewpoint when the user interacts with a social actor (SA). In this paper, I attempt to review HAI studies based on the user's viewpoint. The user's viewpoint is based on her/his activities of localization of body of her/himself and a social actor and field of a task. Based on the viewpoint, I emphasize the importance of (1) thoroughness of the user's viewpoint from planning of HAI studies to implementation and evaluation, (2) development of novel types of the SA not typical in previous HAI studies, and (3) development of the SA *not* to be a substitute of human beings.

## 1. 人間中心視点による HAI 研究事例の概観

ソーシャルアクタ (social actor: SA)<sup>\*1</sup>を含めた人工物の設計において、人間中心の見方が重要であることは論を待たない [Norman 91]. ヒューマンエージェントインタラクション (HAI) の研究を概観する際、人間の認知やコミュニケーションの方法にもとづく説明がなされる場合 [岡田 05, 竹内 07] もあるが、ロボット・エージェントなどといった SA の実装方法や機能、動作原理といった機構にもとづく説明がなされる場合 [山田 07] もある。しかし、後者の方法では、ユーザと SA の設計者の齟齬の説明に疑問が残る。ユーザと人工物の設計者はともに人工物の操作の習熟にかかる時間を実際より短めに見積もる傾向がある [Hinds 99]. これはユーザは人工物の機構を熟知しておらず習熟の難易度が把握できないためであるのに対し、設計者はユーザにとっての人工物の機構の複雑さが把握できないためとしており [Hinds 99], HAI にも当てはまる問題といえる。さらに, [Sundar 00] の実験において, SA の機構として「プログラマがこのプログラムを作成した」と教示した群としなかった群では, 実験参加者は SA との相互作用後, 後者の群の方が前者より SA に対する印象を高く評価した。機構を意識しながらの SA の相互作用は, 人間にとって負荷がかかることを示唆し, 人間側の視点での HAI 研究の概観の有用性を示している\*<sup>2</sup>。また, HAI 研究を概観する際, HAI の各研究事例を位置づける場合にしても, 対象となる事例はごく少数に限られて

いる。以上を踏まえ, 本稿では人間による自身の身体・SA の身体・タスクの場の定位という認知の面から HAI を捉え, その枠組みにもとづく HAI の研究事例の位置づけを試みる。その中で,

- 構想段階から実装・評価にいたるまで人間中心の視点の必要性
- 典型的なエージェントやロボットといった分類から出発せず, 社会的・身体的要素の面から既存の枠組みを外れた SA の実装・評価の試みの必要性
- 人間の代替として実空間の SA として実装することを最終目標とするのではなく, 仮想空間との相互作用に注目を集めた研究の必要性

を主張しながら, 今後の研究の指針を示す。

## 2. HAI の場

本稿では典型的なエージェントやロボットといった設計者視点による研究の枠組みでの検討を避けるため, [鈴木 07] の議論を踏まえ, HAI の場を「人間の身体」「道具」「SA の身体」, およびそれらを取りまく「媒質」からなると考える。そして, ①人間自身の身体②人間・道具間の媒質③道具④道具・SA 間の媒質⑤SA の身体の 5 つの要素に注目し, 図 1 に示すように, このいずれかに実空間と仮想空間の境界が属すると人間は認識するものとする。①に属するのは, SA および人間の身体ないしその一部は仮想空間内に表現され, 人間の身体運動は仮想空間の身体と連動する場合 ([石引 05, 石井 02] など) である。②に属するのは, SA は仮想空間に表現されるが人間の身体は仮想空間内に表現されず, 一般的なビデオゲームにみられるように実空間内の身体動作と仮想空間内の道具の操作とが連動していない場合である。③に属するのは, 道具の握り部分が実空間, 道具の先端部と SA の身体が仮想空間に属する場合で, Wii [任天堂] のように実空間内の身体動作と仮想空間内の道具の操作が連動する場合である\*<sup>3</sup>。④に属するのは, ペン操作インタフェース

連絡先: 鈴木 聡, 青山学院大学 ヒューマンイノベーション研究センター

150-8366 東京都渋谷区渋谷 4-4-25

ssv@hirc.aoyama.ac.jp

\*1 本稿ではその機構に関係なく, 人間が無自覚に社会性をもつ要素を身体や相互作用の中で見だし, 社会的・身体的に応答する人工物を [Reeves 96, Fogg 03] に倣いソーシャルアクタと呼び, 「エージェント」はその中でも仮想空間内に身体化された SA のみを指す。また, HAI は人間と SA の社会的・身体的相互作用の意味とする。

\*2 ただし, ITACO [小川 06] のようにエージェントが人工物に「乗り移る」と解釈できる機構の場合, エージェントがロボットに乗り移りエージェントの姿が人間側から見えない状況下でロボットが動作することにより, ロボットを「入れ子の SA」と人間が認識する場面が生じる。こうした状況下で [Sundar 00] と同様の問題が生じるかに関しても, 今後の検討課題のひとつである。

\*3 ②と③の違いであるが, [Gallagher 05] の語に従えば, ②も③も, 所有感覚 (sense of ownership), つまりもともとの自身の身体でない, 人間の身体および道具に対して身体の一部として感じられるものの, 主体感覚 (sense of agency), つまり道具が随意的に操作できて



図1 HAIの場の分類

のように SA の身体のみが仮想空間に表現され、人間が実空間の道具を介して SA と相互作用する場合である。⑤に属するのは、人間の身体・道具・SA の身体すべてが実空間に属する場合で、人間とロボットとの相互作用がこれに含まれる。

本稿ではこれらに関して、実空間と仮想空間の境界が⑤に近いほど直接操作性 [Shneiderman 04] が高い、または道具を介しての相互作用であれば道具が「透明である」[佐伯 88] と設計者は意図し、ユーザもそのように期待すると考える。ここで、特に実際の認識と設計者の意図が食い違う場合が問題となる。このことを念頭に入れ、人間の実空間・仮想空間の境界の認識、およびその境界にもとづく自身の身体・SA の身体・タスクの場の定位について HAI の研究事例をとりあげつつ検討する。

### 3. 身体と場の定位

#### 3.1 人間自身の身体の定位

HAI における人間自身の身体の定位は、主に 2 つの考え方が可能といえる。1 つは、①～③の間に実空間・仮想空間の境界がある場合における、仮想空間内の自身の身体および道具の表現に依存する問題と捉えるものである。もう 1 つは、人間が適切と判断する SA との身体配置を調整する問題として考えるものである。前者に関する議論の詳細は [鈴木 09] に譲るが、[鈴木 09] にて指摘した「自身のものと認められるが、随意的な動作が困難な身体」に対する働きかけはユーザに影響を与えるので、今後の研究課題のひとつである。

後者に関する研究について述べると、[Yamaoka 08] は、2 者対話における人間の身体配置に関する知見を踏まえ、情報提示ロボットの、人間への情報提供時の身体配置のモデルを提案している。だが、人間と SA の身体配置の問題は実空間に限られたものではない。[Lombard 95] は、テレビに映し出されたニュースキャスターとの快適な距離について、ディスプレイのサイズと視聴者のデフォルトの立ち位置を軸に実験により検討し、ディスプレイサイズが小さい方が、デフォルトの位置から後ずさりした距離が大きいことが示された。[鈴木 08] は、[Lombard 95] が検討したようなエージェントの見かけのサイズだけでなく、エージェントの相対的な登場位置や身体方向もユーザとの快適な距離のとり方に影響することを示した。このように、仮想空

間内の SA との相互作用においても、人間と SA の身体配置の問題は存在する。

#### 3.2 ソーシャルアクタの身体の定位

SA の身体の定位の問題として取り扱えるテーマは 2 つあると考えられる。第 1 に、人間がどのような人工物を SA とみなして社会的・身体的応答を行うかが挙げられる。第 2 に、SA の身体がどのような空間に属するかについても挙げられる。

前者は、たとえば普段は社会的・身体的相互作用を誘発しないと思われる人工物について、擬人化パーツを付与したり [大澤 08]、人間の働きかけに応じて動いたり [吉池 08] することによって、社会的・身体的相互作用を誘発する試みが挙げられる。また、SA の外観の写実性 [MacDorman 06] や有能さを期待させる外観 [小松 09] が人間に与える影響を検討した研究や、どのような SA の振る舞いが生物らしさの知覚を人間に誘発するかに関する研究 [寺田 07, Fukuda 08] がある。次に述べる問いについて考える上で、こうした知見も考慮した研究アプローチは重要である。

後者の問いに関して、まず SA の身体が実空間・仮想空間のいずれに属するのかという問題がある。たとえばプロジェクタで壁面に投影されたエージェント ([中原 04, 藤村 08] など) の場合、人間はエージェントの身体を実空間・仮想空間のどちら側に存在すると認識するかについては状況に依存すると考えられるが、これに関する検討がなされた研究が必要である。さらに、実空間・仮想空間の中にもそれぞれ人間は境界の存在を認識し、その境界の存在により人間と SA、そして SA 同士の社会的関係は無自覚に捉える。実空間の場合 [Katagiri 00]、仮想空間の場合 [Takeuchi 02, Takeuchi 03]、そして人間と SA の場合 [鈴木 08] がある。また、実空間の SA の身体は基本的に実機の位置であるという制約を受けるが、仮想空間における SA は人間の認知が追いつく限り自由に移動できる。たとえばディスプレイの外の物体にエージェントが乗り移るような動作をすることで、あたかもその物体にエージェントの身体が存在すると人間が解釈したり [小川 06]、実空間では単に物体がひとりだけで動いているだけにしか見えないが、その実空間の映像に小型ディスプレイ上でエージェントがその物体を動かしている映像を重ねることで、あたかも実空間にエージェントが存在するように認識されるようにする試み [青木 06] といった、仮想空間を生かした SA の身体の定位に関する研究に注目すべきである。

いる感覚が知覚できているのは③の場合のみと考える。

### 3.3 タスクの場の定位

人間や SA が関係するタスクの場が、実空間側か仮想空間側かにより望ましい SA の身体の位置を想定することができる。[Kidd 04] は、参加者が指示者（ロボット、エージェント、人間）の指示によりブロックを動かすタスクを行った後指示者の印象評定を行うと、ロボットの方がエージェントより有意に高く評定された。また、[Shinozawa 05] の実験では、外観を統一したロボットとエージェントによる仮想空間側のタスク・現実空間側のタスクについて参加者が比較したところ、仮想空間側のタスクについてはエージェントの方が、現実空間側のタスクについてはロボットの方が高く評価された。ここで注意したいのは、タスクの場が仮想空間側であると人間に認識されているならば、ロボットよりエージェントの方が好まれる可能性がある点である。[Kidd 04] が行ったタスクについても、実空間内のブロックを指示者の指示に従い動かすというものであったため、実空間側に身体化されている、ないしされていると認識されているロボットや人間に対する評価がエージェントより高くなり、それが目の前に実機がある状況でもディスプレイ越しの状況であってもその評価は変わらないという解釈も成り立つ。さらに、[Groom 07] は、人間とロボットの協調作業における人間のロボットに対する信頼に関して議論しており、人間とロボットの間で異なる他者の信頼のプロセスや身体の認識といった問題が、人間のロボットに対する信頼を妨げるとしている。その上で、ロボットのもつ制約や人間とロボットが置かれた環境を踏まえ、ロボットを単に人間の代替とみなさずに新たな役割分担の形式を模索すべきと主張している。2. 節にて、実空間と仮想空間の境界を考えた場合図 1 の 5 に近いほど人間と SA は直接的な相互作用が可能になると設計者は意図し、ユーザもそれを期待する可能性を指摘したが、[Groom 07] の主張から、単に人間の代替としてロボットを実装し人間と協調することを考えるのではなく、人間とロボットだからこそ可能な役割分担の形式を模索したり、また仮想空間で可能なことは仮想空間側に収まるように SA の身体やタスクの場を設計し、人間・SA 双方に行動の制約を加えたりすることが重要と考えられる。

また、仮想空間側の仕切りにより、エージェントのタスクの場が明確化されることも考えられる。[Nass 96] の実験では、「ニュース専門のテレビ」「バラエティ専門のテレビ」というラベルをテレビに付すことによって、テレビの専門性が高く評価されることを示した。また、[Takeuchi 02] の実験のように各 Web ページにそれぞれ「専門家」役のエージェントが登場することで、人間はエージェントの専門性を高く評価する可能性もある。また、仮想空間における奥行き方向の仕切りの存在は、ユーザによるエージェントとの距離の知覚に影響し、仕切りの手前側の空間にエージェントが現れると、ユーザはエージェントを自身に近い存在とみなす可能性もある [鈴木 08]。単に仮想空間に SA の身体とタスクの場を押し込めるのではなく、このような仮想空間側の設計も、人間と SA の相互作用の上で重要な役割を果たす。

## 4. 今後の展望

本稿では、研究の構想段階から実装・評価にいたるまで人間中心の視点で HAI の研究を進めるための方法について、人間と SA の身体的・社会的相互作用に注目した一連の研究を振り返りながら提案した。また、設計者視点でロボットやエージェントといった機構による SA の分類により論じることを避け、典型的な SA の分類に当てはまらない研究を人間中心の視点で捉え直すことを試みた。そして、SA を人間の代替として位置づけるのではなく、人間と SA だから可能な関係の構築を、仮

想空間との相互作用を含めて検討すべきであることもこれまでの議論を踏まえて主張した。

なお、本稿では研究者の視点から HAI 研究のこれからの方向について論じてきたが、もともとの応用分野に応じて研究の方略を組み立てる方法もありうる。しかし、応用分野に対する過学習をしてしまい新たな知見の誘発につながらない場合もある。そのため、現実問題から一步引いた視点で、今回の議論にみられる定位の問題と考え、人間が人工物を SA とみなす最小の条件、SA との相互作用が成り立つ最小の条件を見いだしたり、現実空間と仮想空間の境界に対する新たな解釈を誘発する環境を設計したりする方略により、HAI の新たな可能性を生み出すことが可能と考えられる。

## 参考文献

- [青木 06] 青木 孝文, 三武 裕玄, 浅野 一行, 栗山 貴嗣, 遠山 喬, 長谷川 晶一, 佐藤 誠: 実世界で存在感を持つバーチャルクリチャーの実現 Kobito —Virtual Brownies—, 日本バーチャリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 2, pp. 313–322 (2006)
- [Fogg 03] Fogg, B. J.: *Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, USA (2003)
- [藤村 08] 藤村 亮太, 郭 斌, 大村 廉, 今井 倫太, 中臺 一博: 実空間共有型遠隔コミュニケーションシステム Remy の提案, HAI シンポジウム 2008 論文集 (2008)
- [Fukuda 08] Fukuda, H. and Ueda, K.: The difference in the manner of interacting with a moving robot influences animacy perception, in *Proceedings of the 30th Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci2008)*, pp. 2480–2484, Washington, D.C., USA (2008)
- [Gallagher 05] Gallagher, S.: *How The Body Shapes The Mind*, Clarendon Press, Oxford, UK (2005)
- [Groom 07] Groom, V. and Nass, C.: Can robots be teammates?: Benchmarks in human-robot teams, *Interaction Studies*, Vol. 8, No. 3, pp. 483–500 (2007)
- [Hinds 99] Hinds, P. J.: The curse of expertise: The effects of expertise and debiasing methods on predictions of novice performance, *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 5, No. 2, pp. 205–221 (1999)
- [石引 05] 石引 力, 三輪 敬之: 身体の影を活用した集団の共存コミュニケーション, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 4, pp. 497–505 (2005)
- [石井 02] 石井 裕, 渡辺 富夫: 身体的バーチャルコミュニケーションシステムを用いた VirtualActor の対話配置の評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 4, No. 2, pp. 43–50 (2002)
- [Katagiri 00] Katagiri, Y., Takeuchi, Y., Nass, C., and Fogg, B. J.: Reciprocity and its Cultural Dependency in Human-Computer Interaction, in Hatano, G., Okada, N., and Tanabe, H. eds., *Affective Minds: Proceedings of the 13th Toyota Conference*, Elsevier Science, Shizuoka, Japan (2000)
- [Kidd 04] Kidd, C. D. and Breazeal, C.: Effect of a Robot on User Perceptions, in *Proceedings of the 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2004 (IROS 2004)*, Vol. 4, pp. 3559–

- 3564, Sendai, Japan (2004)
- [小松 09] 小松 孝徳, 山田 誠二: 適応ギャップがユーザのエージェントに対する印象変化に与える影響, 人工知能学会論文誌, Vol. 24, No. 2, pp. 232-240 (2009)
- [Lombard 95] Lombard, M.: Direct Responses to People on the Screen: Television and Personal Space, *Communication Research*, Vol. 22, No. 3, pp. 288-324 (1995)
- [MacDorman 06] MacDorman, K. F. and Ishiguro, H.: The uncanny advantage of using androids in social and cognitive science research, *Interaction Studies*, Vol. 7, No. 3, pp. 297-337 (2006)
- [中原 04] 中原 淳, 齊田 一樹: Image Based Robot: 等身大人物動画を再生するインタラクティブシステム, 第12回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2004) 論文集, pp. 145-146 (2004)
- [Nass 96] Nass, C., Reeves, B., and Leshner, G.: Technology and Roles: A Tale of Two TVs, *Journal of Communication*, Vol. 46, No. 2 (1996)
- [任天堂] 任天堂: Wii: <http://www.nintendo.co.jp/wii/>
- [Norman 91] Norman, D. A.: Cognitive artifacts, in Carroll, J. M. ed., *Designing interaction: Psychology at the human-computer interface*, pp. 17-38, Cambridge University Press, Cambridge, UK (1991)
- [小川 06] 小川 浩平, 小野 哲雄: ITACO: メディア間を移動可能なエージェントによる遍在知の実現, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 373-380 (2006)
- [岡田 05] 岡田 美智男, 松本 信義, 塩瀬 隆之, 藤井 洋之, 李 銘義, 三嶋洋之: ロボットとのコミュニケーションにおけるミニマルデザイン, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 2, pp. 11-19 (2005)
- [大澤 08] 大澤 博隆, 大村 廉, 今井 倫太: 直接擬人化手法を用いた機器からの情報提示の評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 10, No. 3, pp. 11-20 (2008)
- [Reeves 96] Reeves, B. and Nass, C.: *The Media Equation: How people treat computers, television, and new media like real people and places*, Cambridge University Press, New York, NY, USA (1996)
- [佐伯 88] 佐伯 胖: 機械と人間の情報処理: 認知工学序説, 竹内 啓 (編), 意味と情報, シリーズ人間と文化 2, pp. 21-54, 東京大学出版会, 東京 (1988)
- [Shinozawa 05] Shinozawa, K., Naya, F., Yamato, J., and Kogure, K.: Differences in effect of robot and screen agent recommendations on human decision-making, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 62, No. 2, pp. 267-279 (2005)
- [Shneiderman 04] Shneiderman, B. and Plaisant, C.: *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, Addison Wesley, Upper Saddle River, NJ, USA, 4th edition (2004)
- [Sundar 00] Sundar, S. S. and Nass, C.: Source orientation in human-computer interaction, *Communication Research*, Vol. 27, No. 6, pp. 683-703 (2000)
- [鈴木 07] 鈴木 聡: ユーザによる身体化エージェント視点の自発的取得の促進方略, 博士論文, 東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻 (2007)
- [鈴木 08] 鈴木 聡, 森島 泰則, 中村 美代子, 槻館 尚武, 武田 英明: 身体化エージェントの身体方向・登場位置がユーザに与える影響, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), Vol. 20, No. 4, pp. 513-525 (2008)
- [鈴木 09] 鈴木 聡: 実空間と仮想空間をつなぐ人間の身体定位, 電子情報通信学会ヴァーバル・ノンヴァーバル・コミュニケーション研究会第3回年次大会 Proceedings, pp. 11-16 (2009)
- [Takeuchi 02] Takeuchi, Y. and Katagiri, Y.: Social Dynamics in Web Page through Inter-Agent Interaction, *Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, Vol. 17, No. 4, pp. 439-448 (2002)
- [Takeuchi 03] Takeuchi, Y., Watanabe, K., and Katagiri, Y.: Social Influence of Agent's Presence in Desktop Interaction, in *Proceedings of the 10th Human-Computer Interaction International 2003*, Vol. 2, pp. 328-332 (2003)
- [竹内 07] 竹内 勇剛: エージェントメディアエイテッドインタラクション, 山田 誠二 (編), 人とロボットの〈間〉をデザインする, pp. 259-288, 東京電機大学出版局, 東京 (2007)
- [寺田 07] 寺田 和憲, 社本 高史, 伊藤 昭: 心の理論の枠組を利用した人工物から人間への意図伝達, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 9, No. 1, pp. 23-33 (2007)
- [山田 07] 山田 誠二: HAI とは何か, 山田 誠二 (編), 人とロボットの〈間〉をデザインする, pp. 3-22, 東京電機大学出版局, 東京 (2007)
- [Yamaoka 08] Yamaoka, F., Kanda, T., Ishiguro, H., and Hagita, N.: How close?: Model of proximity control for information-presenting robots, in *Proceedings of the 3rd ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction (HRI '08)*, pp. 137-144, Amsterdam, The Netherlands (2008)
- [吉池 08] 吉池 佑太, 吉田 善紀, 岡澤 航平, 岡田 美智男: コミュニケーションの「場」に対する構成的アプローチ, 電子情報通信学会技術報告 (ヒューマンコミュニケーション基礎) HCS2008-56, pp. 35-40 (2008)