観測者の立脚点の違いに基づくインタラクション構造の形成

Various Style of Interaction Based on Observer's Situatedness

○ 中上 輝 (静岡大学) 竹内 勇剛 (静岡大学)

Hikaru NAKAGAMI, Shizuoka University
Yugo TAKEUCHI, Shizuoka University, takeuchi@inf.shizuoka.ac.jp

This paper investigates how people attribute the individuality of autonomy on a remote manipulated robot. In order to explore this issue, an experiment was conducted that the participants remotely manipulated the “keeper robot” by wireless controller to defend and keep its goal from the “kicker robot”. The participants were assigned two types of experimental conditions. The participants assigned to the first experimental condition looked through video capturing motion of the “kicker robot” from behind of the goal. The participants assigned the second experimental condition looked through video capturing motion of the “kicker robot” from position of the “keeper robot”. The result suggests that people do not concern in avatar's autonomy when they ground on the situation of the avatar.

Key Words: Embodiment, Situatedness, Autonomy, Interaction, Avatar

1. はじめに

ロボティクス技術は、人工知能研究を中心とした「知(intelligence)」や「振る舞い(behavior)」に関する関心を伴って新たな領域を開拓しつつある。その中でも特に近年強い関心が寄せられている分野が、ROBO-Cup の「選手」やレスキューロボットに例をとれるような自律行動型ロボットの開発と、人間とのインタラクションを通して人間の認知機能の解明あるいは人間との関係性を構築するための行動モデルを検討することを目的とするものであろう。特に後者は世界に先駆けて日本がその分野を牽引している分野でもあり、HAI(Human-Agent Interaction)研究として世界的にも注目されていると言っても過言ではない。

このように近年研究の対象となるロボットの大半は、上述したように自律的な振る舞いを実現する機能や人間との言語／非言語的な表現を通じたコミュニケーション機能が与えられている場合が多く、このようなロボットを純粋に機械工学的視点から議論されるロボットと区別して、エージェントと呼ばれるようになってきている。ただしこの場合、エージェントは必ずしもロボティクスに基づく機構を有している必要はなく、コンピュータプログラムや CG による仮想的な存在(embodied creature)なども含むことが一般的である。

エージェントの主要な概念(エージェント性)の 1 つにその自律的(autonomous)な振る舞いがあるが、この概念は人間の主観的な判断によって定義されるレベルの意味であり、エージェントにとって必須な機能として備わっていないものではない。そのため、WoZ(Wizard of Oz)法を通して背後から人間によってその振る舞いが遠隔操作されているロボットや CG による仮想的な存在(この場合「アバター」と呼ばれることが多い)に向かい合った人間は、それらが自律的な振る舞いをする存在であると感じることができる。このような場合においても、評価者である人間の主観性にに基づいてこれらのロボットやアバターは「エージェント」としてみなされる。したがって、「エージェント」のエージェント性の有無を問う際には、対象が設計仕様として構造的にもつ自律性の有無を問題とするのではなく、一般にはその「エージェント」の振る舞いに対して観察者としての人間がどのような主観的な判断を行なうかに依存していると言うことができる。

だがこのような「エージェント」に対するエージェント性の帰属の妥当性は、「エージェント」を直接のインタラクションの相手として相対した場合に限ると考えられる。なぜなら

ば、「エージェント」のエージェント性を判断する観察者自身が「エージェント」の振る舞いを背後から操作している場合では、観察者は自らの主観的な判断を行なう以前にすでに狭義のエージェント性が必ずしも「エージェント」に備わっていないことを知っているからである。

しかし、「エージェント」のエージェント性を判断する観察者自身が「エージェント」の振る舞いを背後から操作している場合には、単純に観察者の主観的な判断に対して観察者の事前の認識が影響してくる。特に「エージェント」の振る舞いが一部でも自律的に表出するような場合、観察者によるエージェント性(特に自律性に関する)の判断は極めて曖昧な基準のもとで行なわざるを得ない状況となる。換言すれば、「エージェント」が操作者(＝観察者)の操作意図に則して自律的に振る舞う状況では、操作者の認識がエージェント性の認知に影響を与える可能性が指摘されるのである。ところがこのような状況を想定した自律性の認知に関する研究はこれまで取り組まれてきていない。

さらに「エージェント」を操作者自身の第二の身体(→アバター)として環境に対して働きかけを行なわせる場合、操作者の立脚性(situatedness)に関する問題が自律性の認知と密接に関係してくることが予測される。なぜならば「エージェント」の自律的な振る舞いは、同時に操作者のアバターとしての身体の振る舞いとして環境に対する働きかけとなるからである。したがって、操作者の立脚性が「エージェント」の振る舞いに関して“どこ”に位置付けられるかという要因と、アバターとなる身体が自律的な振る舞いをする場合としない場合を想定した要因との相互作用が生じる可能性を念頭におく必要がある。

本研究では、アバターを介して環境に働きかける状況において、アバターが自律的な振る舞いをした際の主体性の帰属について実験を通して議論することを目的とし、現実世界におけるアバターと人間とのインタラクションに関する考察を行う。

2. 観測者の立脚点と遠隔操作されるロボット

2.1 アバターの身体性

アバター(avatar)とは HAI 研究の領域においては、人間の存在を含む自律性と身体を有したある行為主体が、他の身体を通してその周囲の環境に対して行為を媒介することができる

存在を意味する (図 1)。

Fig. 1 Avatar Communication in Virtual

近年はサイバーコミュニケーション技術の発達により、サ

Fig. 2 Metaverse in the Second Life

イパーワールド内に仮想的な街や社会を創造し、CGによる視覚的效果や音響的效果を通したあたかも現実の世界であるかのようなメタバース(metaverse)の構築が活発に行なわれてきている。Linden Lab社が運営するメタバース「Second Life」は世界的にも有名な仮想世界であり、一説には常時数万人規模のアバターを介したユーザがサイバーコミュニケーションを行なっていると言われている (図 2)。

ここでのアバターとは、あるユーザの存在をサイバーワールド内で象徴する記号的役割をもち、通常、ユーザは外観をカスタマイズさせてユーザの個性を反映させたり、表情やジェスチャーなどの非言語的な表現を行なったりするためのメディアとして利用されることが多い。それと同時にアバターは仮想的な身体(digital body)を視覚的に与えられているため、現実世界におけるユーザの社会性を反映した形での身体的な相互作用の存在も確認されている。

これらの先行研究の結果は、仮想世界におけるアバターに対して現実世界に存在するユーザはその身体性を帰属させている可能性を強く支持しているといえる。なぜならば、仮想世界内においてアバター間でパーソナルスペースが暗黙的に適用されたりアバター間の位置関係やアバターの姿勢によって対話の参与構造が規定されたりするということは、現実世界と同様にアバターの身体がその周囲の環境に対して働きかける能力を有している証左となっているからである。

2.2 現実世界におけるアバターによる行為と主体の帰属

仮想世界におけるアバターを利用したコミュニケーションの実現に対して現実世界におけるアバターの存在に対する身体性に関する議論は、HAI 研究の領域においてはこれまでほとんど行なわれていない。芸能などパフォーマンスとしての領域では、腹話術や人形遣いといった演者とパペットおよび観客との関係に関するテーマとして議論は行なわれているが、パペットの身体性の問題は取り扱われていない。その背景には、人間の認知特性と現実世界と仮想世界との間におけるアバターを利用したコミュニケーションの構造の違いが挙げられる。

前者については Nass らや竹内らによる Media Equation 問題がその論拠となる[1][2]。彼らによると、人間はコンピュータやテレビなどその背後に真のパフォーマー¹が存在している事実を理解していたとしても、それらを物理的に前にした人間は背後の存在に対してではなく直接関与できるコンピュータやテレビそのものとの関係性に基づいた対人的(社会的)な反応を示すこと確認されている。このように人間は直接関与できる対象に対して対人的な反応を示してしまうことから、背後に人間が存在しアバターを介してインタラクションする状況においても、アバターそのものを事実上のコミュニケーションの相手として見なししてしまう可能性が高いと予測される。そのため、現実世界では仮想世界のようなアバターを介したコミュニケーションは困難である可能性が高くなってしまいうであろう。

また、仮想世界でのアバターを介したコミュニケーション環境では、参与する人間がそれぞれ固有のアバターを通して他のアバターの背後に存在する人間とコミュニケーションするという構造が確立されている。そのため、コミュニケーションに参加するすべての者が同じコミュニケーション構造をもっていることが保証されている。ところが現実空間ではコミュニケーションに参加するすべての者が同じコミュニケーション構造を有しているとは限らない。すなわちある者がアバターを介して他者と関わるような構造をもっている一方で、アバターを介さずに直接他者と関わる者が現実空間では混在することができるのである。そのため、双方のコミュニケーション構造には相違が生じることがあり、一般的かつ最も自然なコミュニケーション構造である直接的な人間と人間とのコミュニケーションとは異なる認知が要求されることになる。このことは人間にとってコミュニケーション活動における認知的負荷の増大にも直結し、日常的な環境ではこのような非対称のコミュニケーション構造は敬遠されると共に、健全な社会的関係の構築にもしばしば障害となることが指摘される。

2.3 内部観測者の視点と自律性の認知

アバターはその振る舞いを管理する背後の人間(操作者)によって管理されている。一般には、操作者はアバターを介して環境に働きかける状況を外部観測者の視点を通して認識

¹ コンピュータの場合はプログラムあるいはプログラマー。テレビの場合はカメラの前の出来事や人物。

している．すなわち操作者は操作者自身によるアバターへの操作とそれによるアバターの振る舞いを客観的に観察している[3]．一方，アバターを利用せずに直接自分自身が環境に働きかける状況では，意識的に自分自身を客体化しない限りは自分の振る舞いを外部観測的に客観視することはない．

通常，我々の日常的な行動は自分自身の身体行為によって実行されており，その身体行為による環境へ働きかけと環境の変化に対する知覚は当事者の立場で行われている．そのため，自らの身体行為と環境の変化に対する知覚は基本的に一人称での活動であり，その活動に対する視座は内部観測者としての立場となる．しかし我々の身体行為は常に意識的に行われているわけではない．一例を挙げると，ヒューマンエラーの一種であるスリップ(slip)は，意思に反して意図していない行為が生じてしまう現象をいい，たとえ簡単な動作であっても自分の身体が思い通りに制御できない状態を生じる．このような状態は卑近な言葉で言えば，“自分の体の中に別の誰かがいる感覚”と表現される．

だが我々はたとえそのような自我と身体との同一性が不安定となるような場面であっても，通常は意図しない行為に対しても自分自身の行為としてそれらを一人称のもとで表現する．その背景には，我々が意識を通して参照・制御できる自らの身体行為は部分的であり，それ以外の領域で生じる身体行為も自我と身体が同一化しているとの信念のもとでは自分自身による行為であると認知していることが予想される．それゆえ人間社会では，たとえ過失による事故や犯罪であっても，加害者となった人物はその代償として賠償を請求されたり，刑罰を受けたりすることを認めている．

本節冒頭でも述べたように，アバターの操作者はアバターの身体的な行為を外部観測者の視点に基づいて操作することで実行している．アバターの振る舞いは操作者の操作に依存しており，基本的にアバターが自律的に振る舞う設計はなされていない．しかしもし仮にアバターが操作者の操作とは独立に自律的に振る舞うとしたならば，操作者はヒューマンエラーの1つであるスリップによる過失的なエラーに対する姿勢と同様に，アバターの振る舞いの主体性を自分自身に帰属させることがあるだろうか．

3. 実験

3.1 実験概要

アバターを介して環境への働きを行う際に，アバターの振る舞いの主体性がどこに帰属しているかを検証するために，ロボットを使用してサッカーのPKを模したゲームを行わせる．被験者は図3に示すようなキーパーロボットを操作し，ディスプレイに映される映像を見ながら，キッカーロボットが転がしてくるボールをゴールに入れないようにすることを課題とする．キーパーロボットは左右へしか移動できない．キッカーロボットは左右への移動と，ボールを任意のタイミングで正面に転がすことができる．後者の操作は被験者に見えない位置で実験者が行う．被験者が見るディスプレイの映像を映しているカメラの位置は3.3節で述べる実験条件によ

って異なる．なおキッカーロボットの移動量に対して被験者の操作時間が変化することを防ぐために，キッカーロボットの行動はプログラムによって常に制御し，同じ行動をとらせるように設定されている．

3.2 用いた機材と実験設定

図4および図5に示すようにキーパーロボットとキッカーロボットはそれぞれ無線によって遠隔操作される．特にキーパーロボットは異なる部屋でキーパーロボットもしくはゴール背後に設置されたビデオカメラからの映像によってキッカーロボットの動きを見る設定となっている(図6)．

なお，本実験ではキーパーロボットの操作者(被験者)による操作時間の長さを観察指標とする．

Fig. 3 Keeper robot (left) and kicker robot (right)

Fig. 4 Settings of the experiment (1)

Fig. 5 Settings of the experiment (2)

Fig. 6 Captured images

Camera on the keeper robot (left) and behind the goal (right)

3.3 実験条件

実験条件は2要因2水準による4条件のもとで行われた(表1)。自律性要因とは、キーパーロボットが操作者(被験者)の操作とは独立に自律的にゴールを守る動きをする機能の有無である。一方、立脚点要因とは、キーパーロボットの操作者(被験者)が見るビデオ映像を撮影するカメラの設置位置とキーパーロボットとの関係を意味している。

Table 1 Experimental conditions

実験条件		自律性	
		有り(A)	無し(C)
立脚点	同一(S)	S-A条件	S-C条件
	異なる(D)	D-A条件	D-C条件

3.4 手続き

- (1) キッカーロボットがボールを転がす様子とキーパーロボットがしばしば自律的に振る舞うことでゴールを守る動きをすることをデモンストレーションする。
- (2) キッカーロボットは横移動をある一定の時間行った後、ボールを前方に転がす。このとき被験者はディスプレイに表示された映像を見ながら、転がされるボールをゴールネット内に入れないようにキーパーロボットを横方向に移動させる操作をする。
- (3) (2)の手順を6回繰り返す。6回のうち3回は水準Aであり、残りの3回は条件Cである。被験者内要因の水準であるキーパーロボットの自律的な振る舞いの有無は、学習効果を相殺するために水準Aを前半3回に行う場合と後半3回に行う場合に分けて均等に実験を行う。

3.5 仮説と結果の予測

仮説：

立脚点の同異によって、アバターが自律的な振る舞いをした際の主体性の帰属に関する認知に違いが生じる。

予測：

仮説に基づき実験結果を予測する。環境に対して働きかけを行う身体と環境を知覚する身体の立脚点が同一である場合、アバターの自律性を認識しづらいため、水準Aにおいても水準Cと操作時間がほとんど変わらないと予測される。逆に水準Dではアバターの自律性を認知しやすく、水準Aでは水準Cに比べて操作時間が短くなると予測される。また水準Sでは自分で移動を行うという意識が強いいため、水準Dに比べて操作時間が長くなると予測される。

3.6 結果

自律性要因を被験者内要因とし、立脚点要因を被験者間要因として、16名による実験結果の1試行あたりの平均操作時間を図7に示す。水準Sでは、水準Dに比べて平均的に長い時間入力される傾向があった。また水準Aにおいて、水準Sは水準Cに比べて操作時間にあまり減少が見られなかった。水準Dでは、水準Aは水準Cよりも平均的な操作時間が増加した。

3.7 考察

水準Sでは、水準Dよりも平均的に長い時間の操作が行われている。これは3.5節で述べた仮説に基づく予測に合致した

Fig. 7 Result of the experiment

ものであった。

水準Dにおいては、水準Cに比べて水準Aの方において操作時間が増加しており、仮説に基づく予測と異なった結果となっている。この結果の理由として、キーパーロボットによる自律的な振る舞いの内容に問題があった可能性がある。具体的には、キッカーロボットが転がすまでに移動する距離が長いため、常にその正面に移動しようとする行為は、操作してからロボットが移動しだすまでの時間が長いため、効率が悪いと判断されたと考える。このことは事後調査票からもその問題を示唆する回答が得られている。

今回の実験では、キーパーロボットによる自律的な振る舞いの有無を操作者(被験者)に対して十分に知覚させるために必要な情報が不足していた可能性ある。そのため、自律性要因における2水準(A/C)間での提示された刺激の違いによる反応の差異がほとんど観察できなかった。もし仮にこの要因の効果が観察されたとすれば、3.5節で挙げた仮説についての真偽が実証されるはずである。

4. まとめ

現実世界におけるアバターの存在に対する身体性に関する議論は、その議論依然に背後にある人間の認知特性や現実世界と仮想世界との間におけるアバターを利用したコミュニケーションの構造の違いによって複雑な問題となることが本実験を通して示唆された。

今後、人間の外観を精巧に模写したロボットや、対話能力や自律的な内的状態の存在を感じさせるロボットのようなものが現実世界にも日常的な存在として普及してくるであろう。このような中で、現実世界におけるアバターと人間とのインタラクションに関して議論をさらに発展させていくことはHAI研究においても意義深いと考える。

文 献

- [1] Reeves, C. & Nass, C., "The Media Equation," Cambridge University Press, 1996.
- [2] 竹内勇剛, 片桐恭弘, 人-コンピュータ間の社会的インタラクションとその文化依存性~互惠性に基づく対人的反応~, 認知科学, Vol.5, No.1, pp.26-38, 1998.
- [3] 石井裕, 渡辺富夫, Virtual Actorを対面合成した身体的ビデオコミュニケーションシステム, ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol.5, No.2, pp.73-82, 2003.