

## 人工物の振舞いに対する目的帰属

寺田 和憲<sup>†</sup> 社本 高史<sup>††</sup> 伊藤 昭<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 岐阜大学工学部 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

<sup>††</sup> 岐阜大学大学院工学研究科 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

E-mail: †{terada,ai}@info.gifu-u.ac.jp, ††shamo@elf.info.gifu-u.ac.jp

**あらまし** 本研究では、環境それ自体と人工物の環境に対する注意が人工物の振舞いに対する特定の目的帰属に影響を与えるかどうかを心理実験を通じて調べた。被験者に対して、環境内を B スプライン曲線に沿って移動する椅子の動きを提示した。部屋に何も置かれていない条件、机が置かれている条件、机が置かれ、さらに机に対して椅子が注意を向ける条件の 3 つの条件を比較した。実験の結果、環境に机を置くことそれ自体は被験者が帰属する目的に影響を与えなかったが、机に注意を向けることで帰属する目的に影響を与えることが分かった。また、意図スタンスを採用するだけでなく、設計スタンスを採用することが意図理解に寄与する可能性があることが分かった。

**キーワード** 目的帰属, 意図スタンス, 設計スタンス

## Goal Attribution toward Behavior of Artifacts in Humans

Kazunori TERADA<sup>†</sup>, Takashi SHAMOTO<sup>††</sup>, and Akira ITO<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Engineering, Gifu University Yanagido 1-1, Gifu-shi, 501-1193 Japan

<sup>††</sup> Graduate School of Engineering, Gifu University Yanagido 1-1, Gifu-shi, 501-1193 Japan

E-mail: †{terada,ai}@info.gifu-u.ac.jp, ††shamo@elf.info.gifu-u.ac.jp

**Abstract** The paper investigates the effect of environmental context and attention on how humans attribute goals to the behavior of man-made objects. We presented participants with moving chair's motion along a B-spline trajectory. We manipulated the context by whether an table was placed in the environment or not. We also investigated the effect of chair's attention toward an object on goal attribution. The results indicates that existence of objects per se did not affect inferred goals. However, directing attention toward objects contributed to control the attributed goals which related to the object. These results also suggested that not only taking the intentional stance but also taking the design stance is effective to construe artifacts' intention.

**Key words** goal attribution, intentional stance, design stance

### 1. はじめに

石器時代の石のナイフから携帯電話まで、道具は我々の能力を外部に拡張するために作られてきた。我々はそれらの道具の振舞いをどのように理解してきたのだろうか。例えば、ハサミや自転車などはその物理的な原理が目に見えるために振舞いの原理を容易に理解し振舞いを予測できる。また、物理的な原理や動作原理がわからなくても、自動販売機やオーブントースターの振舞いは、飲料品を販売する、パンを焼くといった機能として理解することができる。しかし、ヒューマノイドロボットに代表されるような多数のセンサやアクチュエータを備えた機械の場合には、判断を下している部分は外部から見ると、ブラックボックスであり、その振舞いを理解することは困難になってくる。

最も高機能なブラックボックスを搭載し、入出力関係が最も

複雑なシステムの一つは人間である。しかし、我々は他人の振舞いを容易に理解できる。これは、意図スタンスを採用する、すなわち、振舞いに対して信念、願望、意図などの心的状態を帰属させることによって振舞いを説明づけているからである [2]。人間は機械に対しても意図スタンスを採用することができるのだろうか？もしそうであるなら、人間は機械のことを理解可能な存在として受け入れ、機械は人間のパートナーとして存在できるようになるだろう。

### 2. Dennett の 3 つのスタンス

哲学者 Dennett は人間が対象の振舞いを理解し、予測するために 3 つの戦略があると述べている [2] [10]。3 つの戦略とは、**意図 (intentional) スタンス**、**設計 (design) スタンス**、**物理 (physical) スタンス** の 3 つの心的姿勢である。ある時間になるとべ

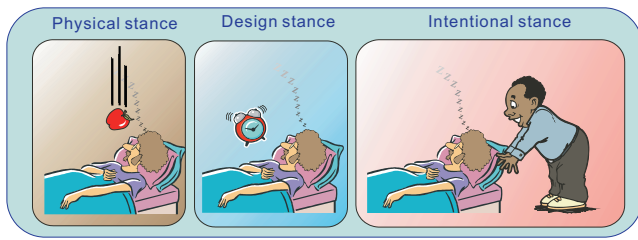


図1 Dennett の提案する 3つのスタンス  
Fig.1 Dennett's thres Stances.

ルが鳴るシステム，すなわち目覚し時計の振舞を解釈することを考えよう。物理スタンスでは，その時計が渦巻き状に巻かれたバネすなわちゼンマイを動力源にしているなら，巻かれたバネに蓄積されたエネルギーが徐々に開放され，それが歯車を幾つも経路することによって，長針と短針が駆動され，あるタイミングになったときに同様にバネに蓄積されたエネルギーがベルを鳴らす振動子に伝わり，ベルを打ち鳴らすことだと理解される。しかし，目覚し時計の鳴る時間を予測するのに，バネに蓄積されたエネルギーの伝達について考える人はそういないだろう。

物理的原理を持ち出さなくても，時刻を刻む，設定時間に鳴るといった機能を考えることで，時計の振舞は理解することができる。時計は時間を正確に刻むという機能を有し，少なくとも設定された時間までは動きつづけ，設定された時間に音によって時間を知らせるといった機能を実現するために設計された人工物である。このような設計原理を前提として振舞を理解し予測する姿勢を設計スタンスと言う。設計スタンスをとることの利点は，振舞を機能という観点から抽象化して捉えることで難解な物理原理を無視することができることである。

通常我々は，目覚し時計の振舞を設計スタンスによって解釈している。しかし，目的駅に近づいたときに揺り起こしてくれる友人のことを設計スタンス，まして物理スタンスによって解釈することはない。その人が起こそうという意図のもとに揺り動かしていると解釈するだろう。その人を動かしているエネルギー源や腕の機構や機能に注目することはない。この，他者の振舞に対して意図を帰属して理解し予測する心的姿勢を意図スタンスという。

我々は通常人間の振舞を理解し予測するために意図スタンスを用いる。なぜなら，人間のような複雑なシステムを理解するためのもっとも容易かつ有効な手段は，このシステムに心の状態を帰属させてしまうことだからだ。Baron-Cohen [9] はこの能力が進化的に獲得されたと言っている。他者の振舞を予測することは動物の歴史において大きな課題であった。捕食者は捕食対象の動きを予測し先手を打たなければならず，不幸にして捕食対象となった者もまた，捕食者から逃れるために相手の動きを予測しなければならない。進化システムは相手の予測能力を上回る個体を勝者として位置付け，予測能力の進化に貢献した。さらに，高等霊長類が複雑な社会的生活を営む中で他者の振舞を自動的かつ容易に解釈するために心を読む能力が獲得されたとしている。意図スタンスでは振舞を大胆に抽象化してし

まう。物事を抽象化して捉えることの利点は，細部にとらわれない大局的な理解と，細部を見ないですむために認知負荷を軽減し，素早い判断が可能になることにある。社会生活の中では，他者の行為を素早く意味づけたり予測することが生存にとって重要な価値を持っているのだ。また，Baron-Cohen は視線が他者の将来の振舞を予測するための重要な手がかりとなると言っている。

意図スタンスでは，振舞がいかにも実現されるかではなく，その振舞によって何が実現されるかに注目する。これは他者が目的指向的であると理解することとほとんど同じである。ほとんどというのは，植物や単細胞生物が目的指向的であっても意図的だと理解されないように，その目的指向的な振舞が心的状態に基づいているかどうかという違いがあるからである。

意図的であることと生物的であることは密接に関係している。実際に，多くの生物は意図的であり，生物的な振舞を意図的なものとして感じることは多い。また，発達心理学や認知科学の分野において，意図性の知覚と生物性の知覚は関連付けて論じられることが多い。人間がどのような振舞に対して意図性や生物性を知覚するかについては，非生物の振舞をディスプレイ上に提示することによって調べられてきた [5]。そのような研究を最初に行ったのは Heider らである。Heider らは大小の三角形と小さい円の運動の映像を被験者に見せる実験を行い，それらの運動がどのように解釈されるかを調べた。図形の運動は家に見立てられた扉を有する矩形の内外で行われ，運動は大きな三角形が小さな円を追い回す，小さな円を巡って大小の三角形が戦う，小さな三角形と小さな円が連れ立って逃げるといったものであった。単純な図形の単なる運動にもかかわらず，ほとんどの被験者がこれらの図形の運動を暴れ者や恥しがりと言った性格や怒りや苛立ちと言った感情，社会的因果関係を付与して解釈したことが分かった。

Heider らのアニメーションでは複数の図形が複雑なインタラクションを行うものだったので運動のどの要素が生物性や意図性の知覚に寄与したのかが曖昧であった。そのため，後の研究ではより単純な動作を用いられた。Bassili [1] は白黒二つの円の運動を被験者に見せて時間的随伴性と空間的随伴性が図形の運動における社会的インタラクションの知覚に影響を与えるかどうかを調べた。二つの円の運動方向がランダムで，運動変化のタイミングだけが随伴的な場合には意図性の知覚を引き起こされなかった。しかし，時間的随伴性が，軌道が収束しながら他方を追いかけるという目的指向的な動きと組み合わせられると強い意図性の知覚を引き起こした。Dittrich ら [3] はディスプレイ上でランダムに動く複数のアルファベットの中に目的指向性を持ったターゲットを混ぜておき，目標に向かって最短経路とるかどうかが，速度，執拗性などをコントロールすることによって，ターゲットに対する意図性・生物性の知覚がどのように異なるかを調べた。ターゲットが目標に向かって直接的に動くほど，より意図的なものとして知覚されたことから，Dittrich らは目標に対する指向性が意図帰属に影響し，また，その知覚はターゲットがどのような軌跡をとるかに依存すると述べている。これらの研究結果は目的指向性が意図帰属の原因となること

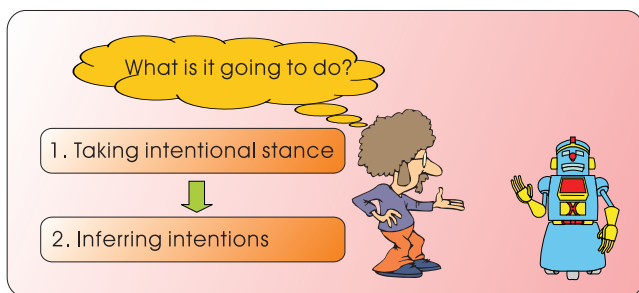


図 2 意図理解のための 2 つのステップ  
Fig. 2 Two steps for intention understanding.

を示しているが、目的を特定し帰属させるだけでは新たな状況における対象の未来の行動を予測することはできない。Dennett によると、新たな状況において対象がどのような振舞をするかの予測は、その対象を合理的な行為者として扱うことによって可能になる。合理的な行為とは、最短経路をとるなど与えられた制約を満たすために効率的な手法をとることである。この考え方に従って、Gergely ら [4] は 12ヶ月児を対象とした心理実験を行い、非合理的振舞をする図形を幼児が奇異に感じることから、振舞の合理性が意図帰属に寄与すると述べている。

### 3. いかにして正しく意図的を伝えるか

我々これまでに、「動く椅子」を用いて人間とのインタラクション実験を行い、対象の振舞理解におけるスタンスの重要性を指摘してきた [7] [12] [8] [11]。実験をする中で、人工物が人間に対して注意を向けること [7] [12]、人間の動作に対してリアクティブな動作を生成すること [8] が意図スタンス採用に寄与することが分かった。しかし、意図スタンスの採用と意図が正しく伝わるのが必ずしも一致しないことが明らかになった。椅子の動作によって被験者を特定の場所に着座させる実験では、意図スタンスを採用したのにもかかわらず、目的地点以外で着座した被験者がいた [7] [12]。また、被験者の動作に対してリアクティブであるがそれ自体で意味のない動作系列を提示する実験においては、特定の目的を表出していないにもかかわらず着座した被験者がいた [8]。さらにアンケートによって、これらの実験に参加した被験者が椅子の振舞いに対して恣意的な目的を帰属していたことが分かった。これらのことは、たとえ意図スタンスを採用させることができたとしても、意図を正しく伝達することの難しさを表している。すなわち、意図的だと感じることで意図が伝わることは別なのである。

Sperber ら [6] は、受け手に対してなんらかの情報を伝えようとする送り手の意図を「伝達意図」と呼び、伝えたい内容そのものを「情報意図」と呼んでこれら二つを区別した。そして、情報意図を伝えるために相互に「情報環境」を操作することによって、相手に正しく「情報意図」を推論させることがコミュニケーションの本質であると述べている。コミュニケーションを始めるためには、まず最初に伝達意図を伝えなければならない。その上で、情報環境を操作することによって、送り手側の正しい「情報意図」の推論を促すのである (図 2 参照)。

問題はコンテンツとしての情報意図をいかに伝えるかという



図 3 実験で使用した動く椅子  
Fig. 3 The chair used in our experiments.

ことである。我々の実験が示すように、人間は、一旦意図スタンスを採用すると、半ば自動的に対象の目的を推論し始める。そう考えると、コミュニケーションはインタラクションを通じて帰属すべき意図を限定していくプロセスであると言える。人間同士のコミュニケーションでは、意図を同定していく過程で情報環境に変化を与えるものとして、ジェスチャーや発話 (音声) がある。その意味では、機械が音声合成装置を搭載したり、手や目などの擬人的なデバイスを備えるのも一つの方法である。

本研究では、環境それ自体と環境に対する注意が特定の情報意図の推論に影響を与えるかどうかを調べる。そのために、環境に何も置かれていない場合、環境に机が置かれている場合、そして、環境に机が置かれさらにその机に対して注意を向ける場合を比較する。

## 4. 実験

本実験では、環境によるコンテキストが意図性の知覚と目的帰属に影響を与えるかどうかを調べる。そのために、異なる構造の環境のもとで被験者に対して動く椅子の動作を提示する。

### 4.1 実験方法

#### 4.1.1 被験者

45人の大学生が実験に参加した。被験者の年齢は20歳から27歳であった。被験者のいずれも実験に使われたロボットに接した機会がなく、実験の内容について知識を持っていなかった。

#### 4.1.2 実験装置と刺激

実験に使用した動く椅子を図3に示す。この椅子はモータによって駆動する二つの車輪を有する。モータは座面の下に搭載されたコンピュータによって制御される。また、無線LANを搭載しているために、別室の実験者が動作の開始、停止の命令を送ることができる。

被験者に提示した刺激は、200cm × 200cm の範囲にランダムに配置された点を B スプライン曲線で補完した軌道に沿って動く椅子の動作である。

#### 4.1.3 実験条件

被験者はランダムに以下の3つの条件のいずれかに割り当てられた。

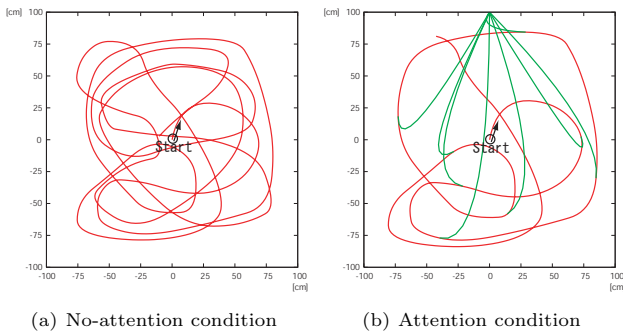


図 4 被験者に提示した椅子の軌道  
Fig. 4 Chair's trajectory.

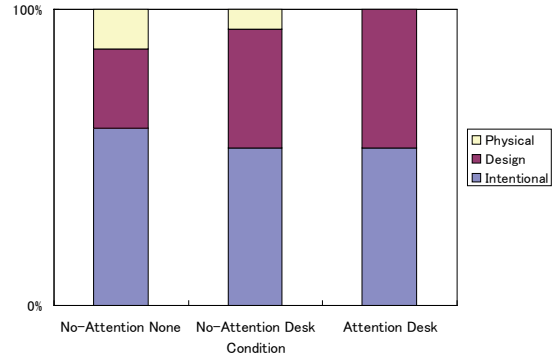


図 6 椅子に対して採用した被験者のスタンス  
Fig. 6 Subject's stance taken toward the chair.

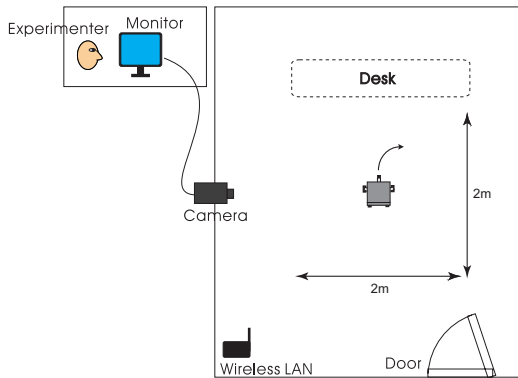


図 5 実験環境  
Fig. 5 Experimental environment.

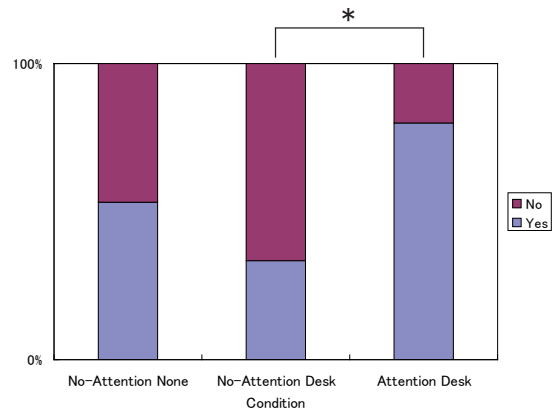


図 7 目的帰属をしたかどうかの結果  
Fig. 7 Subject's goal attribution.

**No-attention-non 条件** 椅子は B スプライン曲線に沿って移動する (図 4(a) 参照). 環境内には何も置かれていない.

**No-attention-desk 条件** 椅子は B スプライン曲線に沿って移動する (図 4(a) 参照). 環境内に机が置かれている (図 5 参照).

**Attention-desk 条件** 椅子は B スプライン曲線に沿って移動するが, 5 秒間隔で環境内に置かれた椅子に向かって移動する. 机に到達した後はそのまま同一軌道を後退し元の位置に戻り, 当初の軌道に沿って動く動作を継続する (図 4(b) 参照).

各条件において, 被験者に対して提示した動作系列は同じものであった. 全ての条件において, 椅子の移動速度は 30cm/sec であった.

#### 4.1.4 実験の手順

被験者は実験室に入って思った通りに行動するように指示した. ただし, 実験室内にあるものや装置を壊さないように注意を与えた. これらの指示は実験室に入る直前に与えられた. 被験者が実験室に入室した後に, 別室にいる実験者が椅子の動作を開始するコマンドを送り, 椅子は動作を開始した. 実験中, 被験者は実験室内で一人であり, その行動は天井に取り付けられたカメラによって別室の実験者によって観察された. 実験は椅子が動作を開始してから 1 分後に終了した.

実験終了後, 別室で被験者に対して質問紙による調査を行った. 調査項目は, (1)Dennett の提案する 3 つのスタンスのうちいずれを採用したか (三択一), (2) 椅子の振舞に対して目的

表 1 被験者が椅子の振舞に対して帰属した目的  
Table 1 Attributed goals toward chair's behavior.

No-attention-none condition
Do not want to be seated. Try to make a person sit on it. Look for something. Detect moving objects and move toward it.
No-attention-desk condition
Carry a person. Move and avoid people. Move around me. Afford a chair to people. Look for a goal and move to it.
Attention-desk condition
Lead people to be seated in front of the desk (× 4). Bring people to the desk (× 3). Go to the desk (times 2). Move and avoid people (× 2). Follow people.

を帰属したかどうか (yes/no), (3) 質問項目 (2) で「はい」を選択した人に対して, 具体的にどのような目的を帰属したか, であった. Dennett の 3 つのスタンスについては, 簡単な例を示して被験者がそれぞれのスタンスについて十分に理解できるように配慮した.

#### 4.2 実験結果

図 6 にそれぞれの条件において被験者が椅子の振舞に対して採用したスタンスを示す.  $\chi^2$  検定によって, 採用したスタンスの割合に条件間で統計的に有意な差は確認されなかった ( $\chi^2_{(4)} = 2.52, p = 0.574$ ).

図7にそれぞれの条件において被験者が椅子の振舞に対して目的を帰属したかどうかの結果を示す。 $\chi^2$ 検定によって、条件間で被験者の目的帰属性に統計的に有意な差が確認された( $\chi^2_{(2)} = 6.66, p = 0.036$ )。これによって、attention-desk条件において椅子の振舞に対して目的を帰属しやすかったと言える。

表4.2は椅子の振舞に対して目的帰属をしたと答えた被験者が具体的に記述した目的である。帰属された目的を見ると、no-attention-none条件とno-attention-desk条件においてはほとんど同じような目的を帰属していることが分かる。no-attention-desk条件においては一人も机に関連した目的を帰属していないのに対して、attention-desk条件においては3/4の被験者が机に関連した目的を帰属している。これらの結果から、机の存在それ自体は被験者が帰属する目的に影響を与えなかったが、椅子が注意を机に向けることによって机に関連した目的を帰属させることが可能であることがわかる。

### 4.3 考察

意図帰属性に関してはno-attention-desk条件とattention-desk条件において差がなかった。しかし、目的帰属性に関してはこれらの二つの条件間で差が見られた。このことは、no-attention-desk条件において、意図を帰属したとしても、目的は帰属しなかった被験者がいたことを意味する。また、attention-desk条件において、意図を帰属しなかったとしても、目的は帰属した被験者がいたことを意味する。

no-attention-desk条件において、意図を帰属したが目的を帰属しなかった被験者は、意図スタンスをとりながらも目的を帰属することができなかった。これは、意図スタンスの採用はしたものの、椅子の動作が単純な連続動作であったために目的を見出せなかったかたものと考えられる。実験環境に置かれた机は、椅子の注意がそれに向けられることがなかったため単なる環境の一部として無視され、帰属する目的に影響を与えなかったものと考えられる。

一方で、attention-desk条件において、意図を帰属しなかったが目的を帰属した被験者は設計スタンスをとりながらも目的を帰属したものと考えられる。これは、机の回りをBスプライン曲線に従って動くという単純な連続的な動作が意図的でなく設計された動作に見えたが、設計スタンスを採用したためになんらかの目的を帰属したものと考えられる。すなわち、この被験者が帰属した目的は設計スタンス的な目的と考えられる。

以上のことをまとめると、環境内に机があってもなくても意図帰属するかどうかに影響しなかった。しかし、目的帰属性に関しては、環境内に机がありさらにそれに対して注意を向けているということが目的帰属それ自体と帰属された目的に影響を与えた。

## 5. まとめ

本研究では、人間が人工物の生成する動作に対して帰属する目的に環境が影響を与えるかどうか、また環境に対して注意を向けることが影響を与えるかについてについて調べた。部屋に何も置かれていない条件、机が置かれている条件、机が置かれ、さらに机に対して椅子が注意を向ける条件の3つの条件を比較

した。実験の結果、環境に机を置くことそれ自体は被験者が帰属する目的に影響を与えなかったが、机に注意を向けることで帰属する目的に影響を与えることが分かった。また、意図スタンスを採用するだけでなく、設計スタンスを採用することが意図理解に寄与する可能性があることが分かった。

## 文献

- [1] John N. Bassili. Temporal and spatial contingencies in the perception of social events. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 33, No. 6, pp. 680–685, 1976.
- [2] Daniel C. Dennett. *The Intentional Stance*. Cambridge, Mass, Bradford Books/MIT Press, 1987.
- [3] Winand H Ditttrich and Stephen E G Lea. Visual perception of intentional motion. *Perception*, Vol. 23, No. 3, pp. 253–268, 1994.
- [4] György Gergely, Zoltán Nádasdy, Gergely Csibra, and Szilvia Bíró. Taking the intentional stance at 12 months of age. *Cognition*, Vol. 56, No. 2, pp. 165–193, Aug 1995.
- [5] Brian J. Scholl and Patrice D. Tremoulet. Perceptual causality and animacy. *Trends in Cognitive Science*, Vol. 4, No. 8, pp. 299–309, Aug 2000.
- [6] Dan Sperber and Deirdre Wilson. *Relevance: Communication and Cognition*. Oxford: Blackwell, 1986.
- [7] Kazunori Terada, Takashi Shamoto, and Akira Ito. Utilizing theory of mind on human agent interaction. In *The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2006)*, 2006.
- [8] Kazunori Terada, Takashi Shamoto, Haiying Mei, and Akira Ito. Reactive movements of non-humanoid robots cause intention attribution in humans. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems 2007 (IROS 2007)*, 2007.
- [9] サイモン・バロン＝コーエン. 自閉症とマインド・ブラインドネス. 青土社, 1997.
- [10] ダニエル C. デネット. 「志向姿勢」の哲学 -人は人の行動を読めるのか-. 白揚社, 1996.
- [11] 寺田和憲. 意図的な機械. 山田誠二(編), 人とロボットの<間>をデザインする, 第8章. 東京電機大学出版局, 2007.
- [12] 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. 23–22, 2007.