

多義的な振舞の解釈における振舞抽象化戦略

Human Cognitive Strategies for Understanding Ambiguous Behavior

小野 康平^{1*} 寺田 和憲² 伊藤 昭²

Kouhei Ono¹ Kazunori Terada² Akira Ito²

¹ 岐阜大学大学院工学研究科

¹ Gifu Graduate School, Engineering Research Course

² 岐阜大学工学部

² Gifu University, Faculty of Engineering

Abstract: Dennett proposed human cognitive strategies (three stances) in which humans construe behavior of other animated objects, including other humans, artifacts, and physical phenomena: ‘intentional’, ‘design’ and ‘physical’ stances. Human select the best stance for describing behavior of entities. In the present study, we investigated what stance do human use for understanding ambiguous behavior. We conducted an experiment in which subjects were asked to select the most suitable animation for representing a behavior of an entity in 22 short movies. Each animation represent one of the Dennett’s three stances. The result indicated that there are several key features used for selecting stance.

1 はじめに

人間が対象の振舞をどのように解釈するかという問題は、エージェントやロボットなどの人工物を設計する上で解決すべき問題の一つである。特に、エージェントやロボットの自由度が増し、振舞が多義的になればなるほど、容易に解釈可能な振舞の設計が重要になる。

Dennett は人間が対象の振舞を理解する際に用いる3つの戦略として意図スタンス (*intentional stance*)、設計スタンス (*design stance*)、物理スタンス (*physical stance*) を提案した [1]。これらのスタンスは振舞の抽象化のレベルもしくは基準を表すと言ってよい。意図スタンスでは、意図という単一のシンボルに集約して一連の振舞を表現する。ここで意図 (*intention*) とは、他者の振舞を観察することだけからは直接知覚できず、観察者が他者の頭の中に帰属させることによって存在する他者の心的な目的 (*goal*) のことである。一方で振舞を観察することによって直接知覚可能な目的のことを目的 (*goal*) と言う。ここで重要なのは、意図はあくまでも観察者が観察対象に帰属するものであり、観測不可能なものだということである。そのため、心的状態を持つ対象の振舞は多様な解釈が可能であり、その解釈は観察者の主観やその振舞が発生している状況、得

られる情報の量や質に依存する。

設計スタンスでは、振舞によって実現される機能に注目する。機能はその振舞の目的と言えるが、意図スタンスと異なるのは、心的状態としての意図を仮定しないことである。また、設計とは振舞を事前に決定することであり、センサなどの入力を持つ対象の場合には、入力に対して出力が規定される。たとえ、複雑な分岐があったとしても、入出力の関係を規定するアルゴリズムによって動く対象は、意図によって駆動する主体と違って例外や突発的事象に対応できない。このような理由から、意図的な主体を特徴づける振舞を、異なる手段によって同じ結果を得ること (equifinality)、と考える研究者も多い [5][2]。他方、物理スタンスでは、対象の振舞をエネルギーや力学などの数量化可能なレベルで抽象化する。

それぞれのスタンスは対象の振舞を理解するための戦略であり、人間は最も説明づけが簡単(妥当)な戦略を選択していると考えられる。しかしこれは同時に、同一の振舞に対して、それぞれのスタンスに基づいて異なる解釈が可能だということも意味する。そこで、本研究では、どのような場合にどのスタンスを採用するのかを明らかにするために、複数のスタンスによって説明可能な多義的な振舞に対して、人間がどのようなスタンスを採用するかについて調べた。

*連絡先: 〒 501-1193 岐阜市柳戸 1-1
岐阜大学工学部応用情報学科
E-mail: ono@elf.info.gifu-u.ac.jp

2 実験

実験は、様々な主体について、二つのスタンスによって解釈可能な動画 22 個を用意し、各動画と 3 つのスタンスを表すアニメーションを比較してもらい、イメージの近いアニメーションを 3 肢択一で選んでもらうことによって行った。

2.1 刺激動画

実験に用いた動画を表 1 に示す。1 から 3 の動画はそれぞれのスタンスを表す典型的な動画であり、以降の多義的な振舞の動画と比較するために用いた。4 から 22 の 19 個の動画は、振舞の主体が明らかに特定でき、二つのスタンスによって解釈が可能な振舞が映った動画を用意した。スタンスの組み合わせは次の通りである。

- 4~9: 意図スタンス or 設計スタンス
- 10~16: 意図スタンス or 物理スタンス
- 17~22: 設計スタンス or 物理スタンス

なお、各動画の長さはいずれも 10 秒前後である。

2.2 スタンスの測定方法

本研究では、振舞が多義的に解釈可能な場合に、観測者がそれらのどの側面に着目し抽象化して捉えるかを調べる。そのために、我々は、被験者に動画とアニメーションとを比較してもらう方法を用いた。3 つのアニメーション中で、抽象的なオブジェクトがそれぞれのスタンスを表す典型的な振舞をする。

アニメーションを作成する際には次の点を考慮した。まず、外観による目的や機能の連想を避けるために、対象の形状を抽象的な形状である円にした。また各アニメーションにおいて同一のサイズの円になるようにし、注目すべき対象であることを示すために円のみを赤くした。さらに、視点を横からの視点、すなわち画面の上下が重力の方向になるように統一した。振舞に関しては、できるだけ具体性のない振舞でかつ各スタンスをうまく表現するような典型的なものになるようにした。

各スタンスを表現するアニメーションの詳細を以下に示す。

・意図スタンス

意図スタンスの採用に寄与する性質として、目的となる地点へ向かう目的志向性 [6]、外部からの力によらず動作を行う自己推進性 [7]、重力などの物理現象に逆らった動作を行うエネルギー法則違反 [8]、目的と状況

表 1: 実験に使用した動画

振舞の カテゴリ	振舞
Intentional Design	1. 男性が固く閉じた缶を開ける
	2. ロボットアームが溶接作業を行う
Physical	3. 火が紙を燃やして消える
Intentional or Design	4. 和菓子職人が 精密な動作で生地を伸ばす
	5. ダンサーがロボットダンスを行う
	6. 軍隊が行進する
	7. 人型ロボットが ルービックキューブを解く
	8. 歩行中の BigDog バランスを崩すも立て直す
	9. 6 足ロボットが ぬいぐるみを掴み体に載せる
Intentional or Physical	10. 少年が一回転しながら川に飛び込む
	11. スキーヤー斜面を滑り降りてくる
	12. 人が丘の上から滑って転がってゆく
	13. 自転車に乗った人が ジャンプに失敗し転倒する
	14. ラフティング中のボートが 転覆し流される
	15. 寝そべっていた猫が 台の上から落下する
	16. 犬が眠気に耐えきれず転倒する
17. ししおどしの筒が上下に動く	
Design or Physical	18. 水車が回転している
	19. 複数の鳥型のファイトが風で動く
	20. 人型やじるべえが左右に揺れる
	21. ASIMO が階段を登る途中で転倒する
	22. 進行中の自動車が溝に落下する

に応じて効率の良い動作を行う合理性 [2] などが挙げられている。Gergely ら [3] はそのような性質を満たすアニメーションを考え、乳児の心の理論の萌芽を調べるために用いた。我々の用いたアニメーションは Gergely らの用いたアニメーションとほとんど同じである。アニメーションは、円が長方形の物体を越える様子を表している (図 1 参照)。まず、円は長方形の物体の下側を通り抜けようとする。しかし円は、長方形の物体の下側の隙間が小さいため通り抜けることができず、最初の位置へ戻る。この動作を二度繰り返した後、円は長方形の物体の上側を飛び越える。2 回の失敗の後に飛び越えるという別の手段を選択したということで、反対側へ行きたいという「意図」を持っていることを表現している。

・設計スタンス

設計スタンスを表現するアニメーションは、円が別の機能をもつ様子を表している。画面中央に配置された円に重なるようにして、四角形と三角形のいずれかが現れる。円は、現れた図形に応じて、それらを左右のくぼみへと押しつけてゆく。図形がくぼみの中へ落ちると、円は再度中央に戻り、以下同様のプロセスを繰

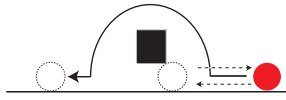


図 1: 意図スタンスを表すアニメーション

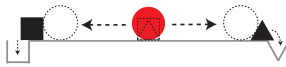


図 2: 設計スタンスを表すアニメーション

り返す (図 2 参照)。意図スタンスを示すアニメーションにおいては、円が試行錯誤を経て目的に到達する様子を表現することで被験者を円の内部状態 (意図) に注目させることを目標とした。一方、設計スタンスでは対象の振舞を設計者が規定した機能に基づいて解釈する [1][4] ため、このアニメーションでは対象そのものが意図を持つのではなく、特定の入力に対して特定の出力を行うという「設計原理」によって振舞が規定されていることを表している。

・物理スタンス

物理スタンスを表現するアニメーションは、円が坂を弾みながら落ちてくる様子を表している。このアニメーションでは、円が重力という「物理」法則に従っていることを表している (図 3 参照)。

2.3 実験手順と被験者

アンケートは html で作成され、実験は全て Web ブラウザ上で行った。被験者は 1 つずつ提示される動画を最後まで見た後、各動画につき 5 秒以内にいずれかのアニメーションを選択するように指示された。各被験者は 22 個の動画全てに回答を行った。提示される動画の順序は被験者ごとにランダムで決められた。被験者は 19 歳から 28 歳の男女計 32 名であった。いずれの被験者もスタンスに関する知識はなく、各アニメーションの製作意図も知らされなかった。

また、全ての動画に対する回答が終わった後、各アニメーションに対してどのようなイメージを持ったかを自由に記述してもらった。

3 実験結果

3.1 各アニメーションの妥当性

各動画の回答結果について述べる前に、本研究で用いたアニメーションの妥当性について述べる。

全ての動画に対する回答が終了した後の各アニメーションに対する記述から、被験者が各アニメーションに

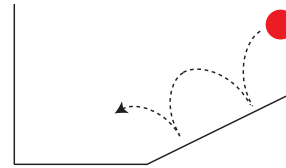


図 3: 物理スタンスを表すアニメーション

表 2: 各アニメーションに対する被験者の記述

アニメーション	記述	回答率
Intentional	判断, 学習, 試行錯誤, 問題解決	56.3%
	動作の変化, 複雑・不規則な動作	18.8%
	その他 (失敗, 可立ち etc.)	25.0%
Design	機械的, 規則正しい, 予め決められた動作	37.5%
	単純・単調, 一定の動作	21.9%
	思考が伴う動作, 頭腦的	9.4%
	その他 (選択, 仕事 etc.)	28.1%
Physical	重力, 落下, 自然の流れに身を任せる	65.6%
	勢い・エネルギーの減少	9.4%
	その他 (失敗, のんびり etc.)	25.0%

対して持った印象をまとめたものとその回答率を、表 2 に示す。

意図スタンスを表すアニメーションについては「判断, 学習, 試行錯誤」という印象に言及した記述が 50% を超えた。

設計スタンスを表すアニメーションについては「機械的, 規則正しい, 予め決められた動作」と「単純・単調, 一定の動作」という印象に言及した記述を合わせると 50% を超えた。

物理スタンスを表すアニメーションについては「重力, 落下, 自然の流れに身を任せる」という印象に言及した記述が 60% を超えた。

また、各スタンスの典型として想定した 3 つの動画 1, 2, 3 に対して、1 では意図スタンス、2 では設計スタンスがそれぞれ 80% 以上、3 では物理スタンスが 70% 以上採用されている。また、缶を開ける動作 (1) やアームを動かして行う溶接作業 (2)、紙が燃える様子 (3) は、各アニメーションにおける円の振舞との見かけ上の類似性は低いと言え、被験者が各振舞の要因を抽象化して理解できていることが分かる。

以上のことから、いずれのアニメーションに対しても、被験者の半数以上が我々の想定と一致する印象を持ったと言える。よって、各アニメーションが各スタンスを表現していることについて、一定の妥当性が見込めると言える。

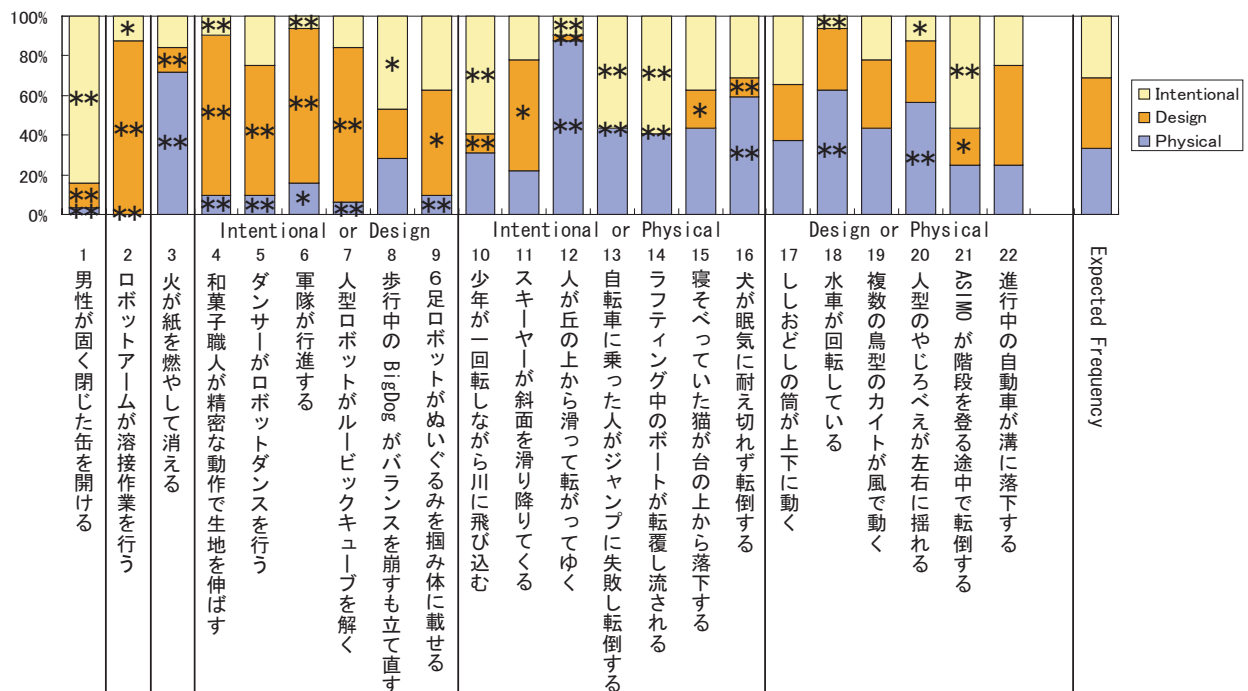


図 4: 各動画の回答結果

3.2 各動画に対する回答

各動画に対するスタンスの採用率を図 4 に示す。動画ごとのスタンスの採用率に差があるかどうかを確認するため、独立性 (χ^2) の検定を行った。その結果、動画ごとのスタンスの採用率に有意な差があることが確認された ($\chi^2=264.14, p<0.01$)。さらに、いずれの動画においてスタンスの採用率に有意な偏りがみられたのかを確認するために残差分析を行った。その結果、19 個の動画でスタンスの採用率に偏りが確認された。採用率が有意に高かったスタンス・有意に低かったスタンスについては図中に表記した (*: $p<0.05$, **: $p<0.01$)。

1 ~ 3 の動画については、3.1 節でも触れたように、それぞれ意図スタンス、設計スタンス、物理スタンスの採用率が高い。

4 ~ 6 の動画では、人間が規則的の振舞や予め決められた振舞を行っている。一方、7 ~ 9 の動画では、本来は意図をもたない人工物が、あたかもそれ自身が意図をもっているかのような振舞を行っている。それぞれの動画について述べると、和菓子職人 (4) の振舞は精密な動作の反復であり、ロボットダンス (5)、行進 (6) は予め決められた動作を正確に行っている。一方、人型ロボット (7)、BigDog (8)、6 足ロボット (9) は、ルービックキューブを解く、転倒を防ぐ、ぬいぐるみを抱んで体に載せるなど、主体自身の何らかの判定に基づいた振舞を行っている。しかしこれらの中で意図スタ

ンスの採用率が有意に高くなったのは BigDog (8) のみであり、その他の動画は全て設計スタンスの採用率が有意に高くなった。

10 ~ 12 の動画では、人間が重力を意図的に利用している。13, 14, 15, 16 の動画では、重力や水力などの物理的な力によって、転倒、転覆、落下など、主体の意図とは異なる結果がもたらされている。それぞれの動画について述べると、一回転しながら川に飛び込む少年 (10)、スキーヤー (11)、丘の上から滑って転がる男性 (12) の振舞は、いずれも重力を利用したものである。しかし、10 では意図スタンス、11 では設計スタンス、12 では物理スタンスがそれぞれ高くなり、各スタンスの採用率は大きく異なる。転倒する自転車 (13)、転覆するボート (14) については意図スタンスの採用率が高く、眠気のあまり転倒する犬 (16) については物理スタンスの採用率が高くなった。なお、台から落下する猫 (15) については意図スタンスと物理スタンスが主に採用されているが、どちらのスタンスの採用率も有意に高くはならなかった。

17 ~ 20 の動画には、落下する水や風などの物理的な力を利用して動く主体が映されている。21, 22 の動画では、人型ロボットの ASIMO や自動車が、転倒や落下という本来の設計者の意図とは異なる結果がもたらされている。それぞれの動画について述べると、ししおどし (17)、水車 (18)、鳥型カイト (19)、人型やじろべえ (20) の振舞は、いずれも落下する水や風、重力

などの物理現象による力を利用したものである。しかし、18と20の動画で物理スタンスの採用率が高くなった一方で、17、19の動画ではいずれのスタンスの採用率も高くならなかった。転倒するASIMO(21)の振舞については意図スタンスの採用率が高く、落下する自動車(22)の振舞については17、19の動画同様いずれのスタンスの採用率も高くならなかった。

4 考察

本実験で用いた22個の動画について図4より、各スタンスの採用率が有意に高くなったものを挙げる。

- ・意図スタンス：1, 8, 10, 13, 14, 22
- ・設計スタンス：2, 4, 5, 6, 7, 9, 11
- ・物理スタンス：3, 12, 16, 18, 20
- ・いずれともいえないもの：15, 17, 19, 22

以上の回答結果について、以下では振舞のカテゴリごとに考察する。

4.1 意図的振舞 or 設計的振舞

結果から、意図スタンス・設計スタンスによって振舞の解釈が可能な場合、振舞の最中における主体自身の振舞のフィードバックや問題解決に向けた姿勢の有無が、採用されるスタンスに影響を及ぼすと考えられる。4～6の動画における人の振舞は、いずれも規則的・予め決められた動作である。また、ロボットによるルービックキューブを解く振舞(7)やぬいぐるみを体に載せる振舞(9)については、それ自体がロボットが予めもっている機能的枠組であるといえる。よって被験者がこれらの振舞を解釈する際、振舞における主体自身の判断や学習といった印象は弱まり、振舞の規則性や決定性が注目されたと考えられる。一方、BigDogの振舞(8)は、バランスを崩し状態から転倒を防ぐためにとられた動作である。これは転倒という突発的事象にその場で対応した動作であると言え、7や9の振舞に見られる機能的枠組よりも高次の振舞であるといえる。こうした側面が注目された結果、BigDogの振舞では意図スタンスの採用率が高まったと考えられる。

4.2 意図的振舞 or 物理的振舞

結果から、意図スタンス・物理スタンスによって振舞の解釈が可能な場合、振舞に介入する主体の意図の強さが、採用されるスタンスに影響を及ぼすと考えられる。川に飛び込む少年(10)と丘を滑って転がってゆく男性(12)の振舞は、いずれも重力を利用したものである。ただし12の動画の男性は丘の斜面を転がりなが

ら滑ってゆくだけなのに対し、10の動画の少年は、意図的に空中で一回転しながら川の中へ飛び込んでいる。この違いから、12の動画では振舞の物理的側面が注目されたのに対し、10の動画では、振舞の意図的側面が注目されたと考えられる。ジャンプに失敗し転倒する自転車(13)やラフティング中に転覆するボート(14)については、主体の本来の意図が物理的障害によって阻まれており、いわば物理的振舞を行わざるを得なかった動画である。しかし各振舞において、主体となる人物はいずれも、ジャンプする・川を下るという強い意図を持っている。その結果、自らが置かれた状況乗り越えようとする姿勢が注目され、物理スタンスよりも意図スタンスの採用率が高まったと考えられる。一方、16の動画については、犬が眠気という生理現象によって、起きていようとする意図を阻まれる動画である。これは、犬の意図があまり強く見られなかった結果、物理スタンスの採用率が高くなったと考えられるが、完全に眠気に身を任せているわけでもないため、重力に身を任せた振舞(12)に比べると意図スタンスの採用率が高い。

猫が台から落下する動画(15)については、意図スタンスと物理スタンスで評価が二分されている。この動画では、台の上に寝そべっていた猫が身を擦らせた拍子に落下する。ここでは身を擦るといふ振舞が引き金となり落下が起こっているため、身を擦るといふ振舞と落下という振舞のどちらに注目するかによって採用されるスタンスが分かれたと考えられる。

なお、スキューターの動画(11)では設計スタンスの採用率が高い。これは、左右に揺れながら滑り降りるといふ振舞が、重力に従った自然な動作でない一方で、振舞に働く主体自身の意図もそれほど大きくないと判断され、単調・規則的な設計的振舞として解釈されたと考えられる。

4.3 設計的振舞 or 物理的振舞

結果から、設計スタンス・物理スタンスによって振舞の解釈が可能な場合、物理現象が即動力として作用する単純な振舞に対しては物理スタンスが採用されやすいが、ある程度高度な設計原理や自由度をもつ振舞に対しては採用されるスタンスは定まらないと考えられる。水車(18)や人型やじろべえ(20)の振舞は、落下する水の力や、自身に働く重力の力に依存した動作であり、動作自体も極めて限られたものである。よって被験者はこれらの振舞を設計された動作として捉えるよりも、物理現象そのものの動作として捉える傾向にあると言える。一方で、ししおどし(17)は、筒の口まで水が溜まった時に筒が反転し、水を排出する。これは、物理的な力が即座に動力として作用する水車や

やじろべえよりも高度な設計原理であると言える。また、鳥型カイト (19) は風によって動いているが、その軌道は一意に定まらず、自由度の高い振舞を行っている。そのため、これらの振舞は何らかの状況に応じた動作とも、単調な規則的動作とも、物理現象による動作とも捉えることができ、よって採用されるスタンスが一意に定まらなると考えられる。

進行中に溝に落下する自動車 (22) についても、比較的設計スタンスの採用率が高いものの、いずれのスタンスの採用率も有意に高くはならなかった。この振舞は、運転手による操作ミスに起因する自動車の物理的動作であるということが出来る。この時、運転手の意図、進行する自動車、落下という3つの点に注目することが可能であることから、採用されるスタンスが定まらなかったと考えられる。

階段を登る途中で転倒する ASIMO(21) については、意図スタンスの採用率が有意に高くなった。また、ここでは設計スタンスの採用率は有意に低い。これは、BigDog(8) や自転車で転倒する人 (13)、転覆するポート (14) に近い回答結果である。よって、ASIMO が階段を登ってゆく様子が、自らが置かれた状況を判断して行動する様子や、あるいは高所を目指そうとする意図など、意図的振舞の印象をもたらしたと考えられる。

自動車 (21) や ASIMO(22) の振舞について、本実験では設計スタンス or 物理スタンスというカテゴリに分類したが、この分類は不適切であった可能性が高い。

5 まとめ

本研究では、様々な主体による多義的な振舞が提示された場合の観測者の振舞抽象化戦略を、アニメーションを用いることで明らかにすることを試みた。

各アニメーションに対する自由記述の結果と、各スタンスが典型的に採用されると考えられる3つの動画の評価結果から、アニメーションによるスタンスの測定には一定の妥当性を見込めることが分かった。

また、本実験の結果から明らかになった、多義的な振舞の解釈における観測者の振舞抽象化戦略を以下に述べる。

意図スタンス・設計スタンスによって解釈可能な振舞については、その振舞の最中において、主体が自身の動作のフィードバックや試行錯誤による問題解決を行うような場合に意図スタンスが採用される。一方、振舞自体が予め決められた規則的なものである場合や、直面した問題自体が既に機能的枠組に含まれる場合には設計スタンスが採用される。

意図スタンス・物理スタンスによって解釈可能な振舞については、その振舞に主体の意図が何らかの形で介在する場合に意図スタンスが採用される。一方、主

体の意図が振舞に及ぼす影響が小さく、単に物理法則に従うような場合には物理スタンスが採用される。

設計スタンス・物理スタンスによって解釈可能な振舞については、物理現象がそのまま動力として作用するような場合に物理スタンスが採用される。一方、比較的高度な設計原理や自由度の高い動作を行う振舞に対しては、採用されるスタンスは観測者によってばらつきがあり、定まらない。

参考文献

- [1] Daniel C. Dennett. *The Intentional Stance*. Cambridge, Mass, Bradford Books/MIT Press, 1987.
- [2] György Gergely and Gergely Csibra. Teleological reasoning in infancy: the naïve theory of rational action. *Trends in Cognitive Science*, Vol. 7, No. 7, pp. 287–292, Jul 2003.
- [3] György Gergely, Zoltán Nádasy, Gergely Csibra, and Szilvia Bíró. Taking the intentional stance at 12 months of age. *Cognition*, Vol. 56, No. 2, pp. 165–193, Aug 1995.
- [4] Adele Matan and Susan Carey. Developmental changes within the core of artifact concepts. *Cognition*, Vol. 78, pp. 1–26, 2001.
- [5] Andrew N. Meltzoff. Understanding the intentions of others: Re-enactment of intended acts by 18-month-old children. *Developmental Psychology*, Vol. 31, No. 5, pp. 838–50, Sep 1995.
- [6] D. Premack and A. J. Premack. Motor competence as integral to attribution of goal. *Cognition*, Vol. 63, No. 2, pp. 235–242, May 1997.
- [7] David Premack. The infant's theory of self-propelled objects. *Cognition*, Vol. 36, No. 1, pp. 1–16, Jul 1990.
- [8] Brian J. Scholl and Patrice D. Tremoulet. Perceptual causality and animacy. *Trends in Cognitive Science*, Vol. 4, No. 8, pp. 299–309, Aug 2000.