

「プロジェクションサイエンス」の視点からの 認知的メカニズムのモデル論的理解 Model-Theoretic Understanding of Cognitive Mechanism from a Viewpoint of “Projection Science”

小野 哲雄[†]
Tetsuo Ono

[†]北海道大学 大学院情報科学研究科
Hokkaido University
tono@ist.hokudai.ac.jp

Abstract

“Projection Science” is entirely a new methodology to investigate a cognitive mechanism. Basically, in the “Projection Science”, we believe that human recognition is realized by projecting the “representation” in the human brain to the environment. Moreover, This ambitious framework aims to cover the field of technological applications through constructing “model-theoretic understanding” of the cognitive mechanism from a viewpoint of the “Projection Science”. In this paper we would like to explore the possibilities of this framework through the discussion based on our previous research, ITACO system.

Keywords — **Projection Science, Representation, Model-Theoretic Understanding, ITACO system**

1. はじめに

「プロジェクションサイエンス」とは、人間の認知機構を解明するためのまったく新しい方法論であるとともに、そのモデル論的理解をとおして工学的応用までも射程に収めている野心的な構想である。

鈴木[1]が述べているように、認知科学におけるこれまでの研究は、刺激の受容とその利用過程に注目し、知覚、記憶、思考などのさまざまな認知現象について、精度の高いモデルを作り上げてきた。しかし一方で、内部に構成された表象が世界のどこかに投射（もしくは定位）されていると考えなければ理解できない現象も多数存在する。鈴木が挙げている事例として、視覚・聴覚における（直接的な神経回路が存在しない）遠感覚における投射、ラバーハンドイリュージョン(rubber hand illusion)、子どもの活動における投射(imaginary companion)、異常状態における幻覚(third man 現象や薬物使用時)、さらにはフェティシズム、偶像崇拜、宗教や信仰までも「プロジェクション」により説明できる可能性を示している。

しかし、言うまでもなく「プロジェクションサイエンス」は方法論上の問題を抱えている。つまり、従来の実験室実験では計測不可能と思われる事象や、「意識」との関係など最新の脳科学の手法を用いても解明に時間がかかりそうな事象が研究の対象となっている。

これらの困難と思われる問題に対して、私たちが取りうる方法論は、「科学」としての「プロジェクション」の原理の解明と、そのモデル論的理解をとおしての「工学」的応用である考える。つまり、脳活動の計測や心理学実験をとおして「プロジェクション」の本質的な原理の探求は当然進めるが、同時に「リバースエンジニアリング」として、この研究対象の特徴的な現象を観察・解析することにより、重要とみられる要因を取り出し、それを工学的に実現・検証することをとおして、徐々にその本質的な構造や動作原理を明らかにすることを目指す。言い古された言葉ではあるが、これらの両分野の研究者の交流をとおしてしか、「プロジェクション」の機構の本質的な解明は難しいのではないかと考えている。以下の章では、われわれのこれまでの研究を基礎に、この方法論の可能性を探ってみたい。

2. 「プロジェクション」のモデル論的理解

すでに述べたように、「プロジェクションサイエンス」の研究はまだ緒に就いたばかりであり、研究の方法論ばかりではなく、その基本的な原理が人間固有のものであるのか、もしくはレベルが異なるとはいえ動物との連続性があるのかさえも明らかではない。

ここで近年の認知科学分野の研究を振り返ってみると、モデル論的な研究の減少が顕著であるように思われる。一方、さまざまな認知的な現象を詳細に記述することにより、その豊かな機能を明らかにしようとする研究が多くみられ、ある場面で人々がどのような行為を行なっているのかを記述し、その行為の意味付けを明らかにすることにより、現象の理解を目指してき

た。

しかし、われわれが提案する「プロジェクションサイエンス」の初期的な研究状況を鑑みたとき、対象を記述していくというような質的研究のアプローチは現時点では妥当ではないだろう。なぜならば、従来の認知観の変換を要請する「プロジェクションサイエンス」では、よりダイナミックな視点の変更を求められる。この点からも、よりトップダウンな研究アプローチである「モデル論的理解」が求められるであろう。さらに、このモデルを詳細に構築していくプロセスにおいては、すでに述べたように「リバーズエンジニアリング」の手順により進めるべきであろう。なぜならば、「プロジェクション」の現象自体に不明確な点が多く、その原理の解明には長い時間を要するかもしれない。一方、構成論的アプローチをとった場合、同じ現象に対して、人間とは異なる動作原理の解明が、人間の認知機構の解明にも寄与するのではないかと考えるからである。

次章では、このようなアプローチに基づく、遠感覚における「投射」(プロジェクション)のプロセスについて、HAI (Human-Agent Interaction) および HCI (Human-Computer Interaction) 研究の立場から具体的な研究事例を用いて検討を行い、モデル論的理解を目指したいと考えている。

3. 遠感覚における「投射」と ITACO システム

3.1 遠感覚における「投射」とは？

本節ではまず、遠感覚における「投射」のプロセスのモデル論的検討を行ないたい。鈴木[1]が指摘するように、氷水に指を入れたときに感じる「冷たさ」は、脳内の関連部位の活性の結果生み出される主観的な経験である。さらに、その感覚質はその指に投射されるとともに水自体にも投射される。つまり、触覚や体性感覚は、神経回路を経由した信号の伝達により投射がなされていると考えることもできる。

しかし、視覚や聴覚などの遠感覚については、投射を実現する直接的な回路は存在しない。しかしながら、われわれは視覚刺激から作り出された内的表象を世界の特定の対象に定位させているように感じられる。ここではハンフリー[2]の考察を基礎に、遠感覚における「投射」を考えてみたい。ハンフリーは、人間の感覚が投影される仕組みについて、図1のような図式により説明を試みている。

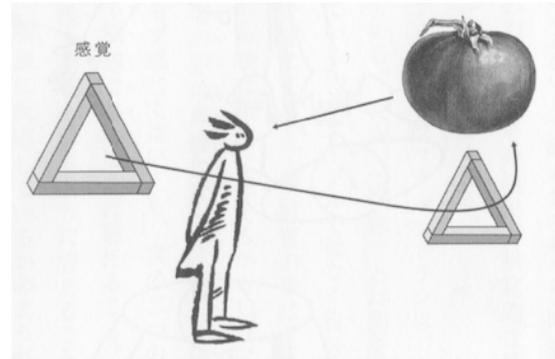


図1 ハンフリーによる感覚が投影される仕組み

たとえば誰かが赤いトマトを見たとき。このとき、トマトから反射した赤い光が目が届き、内在化した表現反応を生み出す。ここではこれを「内的表象」(「赤の感覚」)と呼ぼう。しかし、実はトマト自体にはそのような幻想を生じさせるものも、現象的なものもまったくないと彼は主張する。さらに、その感覚は自分の頭の中から外の世界へと投影されているにほかならないと主張する。つまり、赤さの主観的特性が、知覚された外部の物体のところに写り、それに付与されたと考えるべきだとしている。

ハンフリーのその例証として、ラバーハンドイリュージョンの実験[3][4]の結果をあげている。ここでは詳細を省くが、この実験では、実験参加者自身の手(リアルハンド)とゴムの手(ラバーハンド)を机の上に並べて置き、リアルハンドを見えないように仕切りを立てる。実験参加者がラバーハンドを観察しているとき、リアルハンドとラバーハンドをできるだけ同期させて撫でたり触ったりすると、空間的にラバーハンドの位置から触れられていると感じる。さらに同様の操作により、実験参加者はテーブルの表面からも同様の感覚が生じていると報告している。このような現象は赤いトマトやゴムの手、テーブルだけではなく、あなたが外の世界と持つ感覚的・知覚的相互作用の全般に及んでいるとハンフリーは主張している。

しかし、ハンフリーの主張や仮説には批判も多い。その理由の主なものは、彼が主張するイプサンドラム仮説やソウルダスト仮説[2]では、人間の意識や自己意識を「具体的」には説明できなかったことである。さらに、彼の主張の中には、他の研究者の実験結果の引用はあるが、自身の仮説を具体的に検証するという試みはなされていないのである。

本稿では、われわれの先行研究である ITACO システムという、人と実際にインタラクションを行なうこ

とができ、現実世界で稼働しているシステムを事例に用いて、ハンフリーの仮説を具体的に考察していきたい。

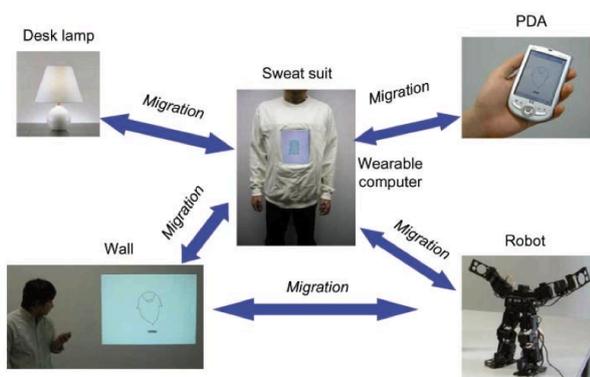


図 2 ITACO システムの概念図



図 3 エージェントマイグレーションの様子

3.2 ITACO システムと「投射」

ここで、われわれがこれまで研究を行ってきた ITACO システムを紹介しよう [5][6][7]。ITACO システムとは、ユーザの趣味や嗜好を理解したエージェントが、環境内のさまざまなメディアに移動 (agent migration: AM) することにより、ユーザに対して文脈に応じた適切な支援を行なうことができるシステムである。図 2 に、ITACO システムの概念図を示す。この図のように、エージェントは環境にあるさまざまなメディアへ移動することにより文脈に応じたユーザ支援を行なうことができる。図 3 に、具体的なエージェントの移動(タブレット PC からウェアラブル PC へ)におけるスナップショットを示す。

ITACO システムを用いた実験で、大変興味深い結果が得られたのでここで簡潔に紹介する ([6]参照)。実験は以下の手順で行なわれた。

1. 実験参加者はエージェントと対話を行なった後、エージェントはタブレット PC から実験参加者のウェアラブル PC へ移動 (AM) する
2. 実験参加者は暗い部屋に移動する。エージェントは部屋の暗さを知覚し、スタンドライトに移動 (AM) することによりスイッチをオンにし、部屋を明るくする

3. 実験協力者が入室し、実験参加者にスタンドライトのスイッチをオフにするように伝える

この実験の結果、実験参加者はエージェントが移動 (AM) したスタンドライトにもエージェント同様に「愛着」を持つことが明らかとなり、またエージェントが移動 (AM) したスタンドライトのスイッチをオフにしてエージェントを失ったことにより、強い喪失感を持つことが検証された。実験参加者は、ITACO システムの内部構造を十分に推測可能な知識を持つ、情報工学を学んでいる学部学生であった。

この実験で得られた結果を、ハンフリーが提案する図式に基づき考察してみよう。図 4 は、エージェントとインタラクションを行なっている際の実験参加者の「投射」のメカニズムを図式化したものである。実験参加者はエージェントという新しい人工物とのインタラクションをとおして、エージェントに対して何らかの「内的表象」を構築する。実験の結果から、「愛着」のような主観的な感覚をともなった「内的表象」であることが伺える。ハンフリーの図式に従えば、この「内的表象」を対象へ「投射」することにより、たんなるディスプレイ上のグラフィクスアニメーションであるエージェントに「愛着」を付与することができ、人とエージェントの間に関係を構築することができると考えられる。

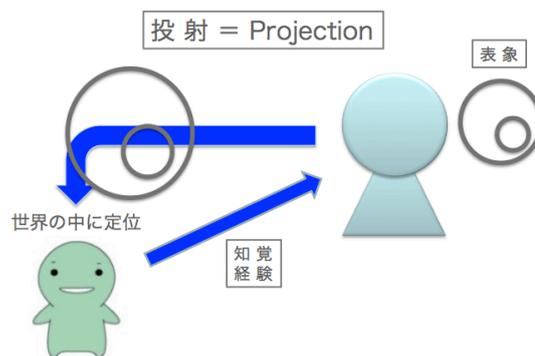


図 4 エージェントとインタラクションを行なっている際の実験参加者の「投射」のメカニズム

この新しい「内的表象」の「投射」により、対象物へ「愛着」のような主観的な感覚を付与できるとすれば、この対象はディスプレイ上のアニメーションである必要はなく、他の人工物 (メディア) であってもよいのではないだろうか。図 5 に、他の人工物 (デスクスタンド) にエージェントが移動 (AM) する際のメカニズムを示す。

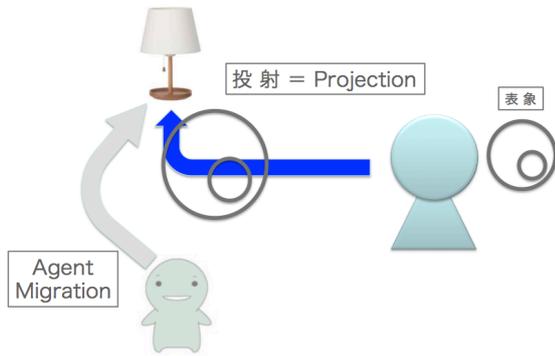


図5 エージェントが他のメディアにマイグレーションした際のユーザーの「投射」のメカニズム

実際の実験結果はすでに述べたように、図4と図5のメカニズムを支持するものとなっている。本実験は限られた条件のもとで行なわれた結果ではあるが、「投射」(プロジェクション)のメカニズムを説明するモデルになりうるだろうか。まだ明確な結論を述べることはできないが、本章で焦点を当てた、遠感覚における「投射」の「モデル論的理解」の初期的な一歩とみなすことができるのではないだろうか。

本実験の結果をラバーハンドイリュージョンの実験結果と比較するとき、高い類似性を見出すことができる。その本質は、2つの実験で見られた現象が、ある主観的特性が知覚された外部の物体に移り、それに付与されたことによるものであると考えられる点である。この意味で、ITACOシステムは「プロジェクション」の認知的なメカニズムを探るためのモデルの基礎となりえるのではないだろうか。

4. 工学的応用としての環境知能システムへの「投射」

「プロジェクションサイエンス」の工学的応用として、環境知能システムへの「投射」について考えてみたい。環境知能システムとは、人々の日常的な生活環境において、環境情報を計測・認識・構造化し、環境そのものが知能となり、人々を支援することを目指したシステムである。

特に近年、IoT (Internet of Things) 分野の研究の発展にともない、環境知能システムの一つの実現例として、アグリゲート・コンピューティング (Aggregate Computing) が提唱されている[8]。アグリゲート・コンピューティングでは、環境中のデバイスを有機的に結合させることで、ある目的を最適な形で実現する方法論を提案している。たとえば、自宅のリビングにい

るときにスマートフォンに電話がかかってきたとしよう。現在ならばスマートフォンをポケットから取り出し、ボタンを押さなければならない。しかし、環境知能システムを想定した場合、「電話に出るよ」と言ったり、テーブルやソファをたたくだけで応答できてもよいのではないか。人間にとっては、この方が自然なインタラクションであろう。

リビングを見渡したとき、現在でもスピーカもしくはマイクなどのデバイスはテレビや電話、スマートフォン、ステレオ、インターフォン、火災報知器などさまざまな装置に備え付けられている。対話に必要なデバイスをこれらの装置にそれぞれ独立に装備する必要はなく、ユーザーの状況に応じてデバイスを有機的に再配置・再結合して、使うべきものであろう。

しかしこの時、火災報知器に対して話しかけることには、話しかけている当人も家人も違和感を持つだろう。環境知能システムが本当の意味で人々を自然に支援することが可能となるのは、人の持つある主観的特性を生活環境にある物体やプロセスに「投射」できたときではないだろうか。しかし、そのようなシステムがわれわれにどのような「感覚」を与えるものであるかは、いまだ想像できるものではない。

5. 議論

「プロジェクション」に関する「モデル論的理解」の研究を進めるうえで、どのような概念や研究手法がヒントになるだろうか。

まず、「時間」の概念が不可欠な要素となるであろう。「プロジェクション」は時々刻々継続されるインタラクションである以上、この様相を記述できるモデル化を行わなければならない。モデルでは、「時間」や「自己言及」の記述方法が鍵になるであろう。

さらに、いくつかの脳科学の研究結果が示しているように、脳を電気刺激することにより、他者の存在を感じることができるとの内観報告がある[9]。この場合の脳の部位は左側頭頭頂接合部とされ、この部位は他感覚処理 (multisensory processing) や自己認識 (self-processing)、自他分離 (self-other distinction) の処理と関係が深いとされている。特に、イマジナリー・コンパニオンやサードマン現象とミラーニューロンの関連は興味深いテーマであり、今後の研究の成果を「モデル論的理解」へ向けて積極的に取り込んでいくべきであろう。

6. おわりに

本稿では、「プロジェクションサイエンス」とは人間の認知機構を解明するためのまったく新しい方法論であるとともに、そのモデル論的理解をとおして工学的応用までも射程に収めている野心的な構想であることを述べた。さらに、本稿では、「プロジェクション」の原理を解明するために、認知的メカニズムの「モデル論的理解」の研究を進めるべきであることを主張した。

さらに本稿では、遠感覚における「プロジェクション」に注目し、ハンフリーの主張・仮説を基礎に、われわれの先行研究である ITACO システムの実験結果の考察を行った。考察の結果、われわれの実験の結果をラバーハンドイリュージョンの実験結果と比較するとき、高い類似性を見出すことができた。その本質は、2 つの実験で見られた現象が、ある主観的特性が知覚された外部の物体に移り、それに付与されたことによるものであると考えられる点である。この意味で、ITACO システムは「プロジェクション」の認知的なメカニズムを探るためのモデルの基礎となりえると考えられる。

参考文献

- [1] 鈴木宏昭 (2016) “プロジェクション科学の展望”, 日本認知科学会第 33 回大会, オーガナイズドセッション「プロジェクション科学の創出を目指して」発表資料.
- [2] Nicholas Humphrey (2011) “Soul Dust: The Magic of Consciousness”, Princeton University Press. (『ソウルダスト—<意識という魅惑の幻想>』, 柴田裕之訳, 紀伊國屋書店, 2012 年)
- [3] M. Botvinick & J. Cohen (1998). “Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see”, *Nature*, 391, 756.
- [4] K. Carrie Armel & V. S. Ramachandran (2003) “Projecting sensations to external objects: Evidence from skin conductance response”, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **270**, 1499-1506.
- [5] Tetsuo Ono, Michita Imai (2000) “Reading a Robot's Mind: A Model of Utterance Understanding based on the Theory of Mind Mechanism”, *Proceedings of Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2000)*, pp. 142-148.
- [6] 小川浩平, 小野哲雄 (2006) “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. 10, No. 2, pp. 49-52.
- [7] 小野哲雄, 小川浩平 (2008) “ユビキタス・マインドとロボットのインタラクションデザイン”, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 10, No. 2, pp. 49-52.
- [8] 坂村 健 (2016) “IoT とは何か 技術革新から社会革新へ”, 角川新書.
- [9] Shahar Arzy, Margitta Seeck, Stephanie Ortigue, Laurent Spinelli and Olaf Blanke (2006) “Induction of an illusory shadow person”, *Nature* 443, 287.