

プロジェクション・サイエンスに基づく認知的モデルの提案と身体投射システムの実装

Proposal of Cognitive Model and Implementation of Body Projection Based on Projection Science

小野 哲雄^{*1}
Tetsuo Ono

馬 雷^{*1}
Lei Ma

^{*1} 北海道大学 大学院情報科学研究科 ヒューマンコンピュータインタラクション研究室
Human-Computer Interaction Lab., Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

“Projection Science” is entirely a new research field 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 focusing on the phenomena of “Third Man Factor.”

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[小野 2016].

[鈴木 2016]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・聴覚などの(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)、子どもの遊び行動における投射(imaginary companion)、異常状態における幻覚(third man factor)、さらにはフェティシズム、偶像崇拝、宗教や信仰までもが「投射」(プロジェクション)という概念を用いなければ説明できない可能性がある。

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。さらに問題を難しくしているのは、視覚・聴覚などの遠感覚における投射のように、「投射」自体がわれわれには当たり前前に感じられてしまい、問題意識さえ持てないことであろう。

このため本研究では、特徴的かつ特別な「投射」現象であると考えられている「サードマン現象」(third man factor)に注目し、「科学」としての投射の原理の解明を試みる。特に、「サードマン現象」をとおして、人間の一人称および三人称の視点変換の本質的な意義を考察したい。さらに、科学的な解明に留まらずに、この投射に関わる重要な要因を取り出すことにより、工学的なインタフェースとして実現することも目指す。このような「科学的」および「工学的」なアプローチをとおしてしか「投射」のメカニズムの本質的な解明は難しいのではないかと考えている。

2. 「投射」の認知的メカニズム:「サードマン現象」を中心として

本節では、「サードマン現象」を中心として、「投射」の認知的メカニズムの暫定的な分類と関連研究分野の知見の整理を行う。

2.1 「サードマン現象」とは?

「サードマン現象」とは、危機的な状況において何者かの存在を感じ、その声に導かれることによりそこから生還を果たす現象である[ガイガー 2014]と言われている。現在、数多くの報告がなされている(アメリカの世界貿易センタービル同時多発テロ、海難事故や山岳遭難からの生還における事例など)が、その認知的なメカニズムはまだ明らかとなっていない。この現象が起こる誘因として、退屈の病理(極限の特殊な環境)、複数誘因の法則、喪失効果、経験への開放性、必ず生き延びるという信念などがあげられている[Yuki].

「サードマン現象」と類似した現象として、「空想上の友だち」(imaginary companion)がある[Moriguchi 2012]. 「空想上の友だち」とは、本人の空想の中だけに存在する人物であり、空想の中で本人と会話したり、ときには視界に擬似的に映し出して遊戯などを行ったりもする。この現象も「サードマン現象」と同じ誘因により生起するともいわれている。

これらの現象が起こるメカニズムとしては、「自分の体に対する認識が体外の空間へ拡張したもの」ではないかと考えられている[ガイガー 2014]. つまり、いわゆる体外離脱や自己像幻視(自分を第三者視点から見ているような幻)と同じメカニズムではないかと考えられている。これらは、脳の側頭葉と頭頂葉の接合部で感覚統合がうまくいかなかった場合に生じることがわかっており[Arzy 2006], また解離性障害でよく見られる現象と類似点があり、「サードマン現象」や「空想上の友だち」現象は、解離という脳の正常な防衛機制と関係しているとも考えられている。

2.2 「投射」の分類

本稿では、研究の中心概念である「投射」を暫定的に、投射元(ソース)、投射先(ターゲット)のタイプによって、表 1 のとおり 3 つに場合分けする[鈴木 2016]. ここで「投射」は、投射先が感覚・知覚自体を促した実在する投射元の事物である場合であり、典型的には通常感覚・知覚である。次に「異投射」は、ターゲットは実在する事物ではあるが、感覚・知覚を促したソース

とは異なる場合であり、ラバーハンド錯覚がその例である。最後に「虚投射」は、ソースが存在しないのに、特定あるいは不特定のターゲットに投射が行われる場合であり、幻覚などがその典型となる。

2.1 節で述べた「サードマン現象」と「空想上の友だち」現象は、表 1 の場合分けに基づく、「虚投射」に分類される。また、「異投射」に場合分けされた「ラバーハンド錯覚」も本研究では重要視している。後に述べるように、我々はエージェントマイグレーション技術を用いることによりすでに「異投射」を実現している[Ono 2000][小川 2006]。

表 1. 「投射」のタイプ[鈴木 2016]

	ソース	ターゲット
投射	実在の対象	ソースと同じ対象
異投射	実在の対象	ソースとは異なる対象
虚投射	なし (脳の状態)	想像上の対象

2.3 「サードマン現象」と脳科学

「サードマン現象」に関して、脳科学的知見に基づくメカニズムの解明はいまだなされていない。以下に、他者の存在感を生起させたり、「自己分離」や「自己表象」に関連する脳の部位に関する研究事例を紹介する。

[Arzy 2006]は、てんかん患者の術前評価で、左側頭頭頂接合部(temporo-parietal junction: TPJ)を電気刺激することにより、患者が「他者」の存在を感じることを確認した。この領域は「自己の区別」や「心の理論」と関わる重要な役割を担っていると考えられている。

また、[Yaoi 2015]は、自己参照課題を使うことにより実験参加者に明示的に自己表象にアクセスすることを求め、その過程で前頭前野内側部(medial prefrontal cortex: MPFC)が重要な役割を果たしていることを示した。

さらに、電磁誘導の法則を用いて、脳内の神経細胞を電氣的に刺激する経頭蓋磁気刺激(TMS)の手法が研究されており[湯ノロ 2015]、いくつかの神経症状や精神医学的な症状に有効な治療法であるばかりではなく、さまざまな脳機能への影響を探っているが、いまだ手法は確立されておらず、明確な結果も得られていない。

3. 身体投射システム (Third man interface system) の提案と実装

2 節の議論に基づき、本節では身体投射システム(Third man Interface System: THIS)について述べる。2 節で紹介したように、「サードマン現象」は「自分の体に対する認識が体外の空間へ拡張したもの」ではないかと考えられている。つまり、いわゆる体外離脱や自己像幻視(自分を第三者視点から見ているような幻)と同じメカニズムではないかと考えられている。そうであるならば、どのような条件のときにこのような現象が生起するのだろうか。

本研究では、VR およびエージェント技術を用いることにより、自己身体像を仮想身体へ投射することを目的とする。さらに、この仮想身体を用いてインタフェースシステムを構築することを目指す。

3.1 システムの設計要件

自己身体像を仮想身体へ投射するには、どのような設計要件が必要となるであろうか。本研究では、以下の 4 項目の設計要件に注目する。

- ・ 極限状況の設定
- ・ 身体のマスキング
- ・ 実身体と仮想身体の同期
- ・ 実身体離脱感の提示(喪失効果)
- ・ 動作特徴量を表出した仮想身体

また、仮想身体を用いたインタフェースシステムの設計要件としては、以下の 2 つの項目に焦点をあてる。

- ・ 仮想身体の利用によるデバイスの統合(機能シェアリング)
- ・ 「自己」の仮想身体から「他者」への移行

上記の項目の詳細については、3.2 節におけるシステムの実装において詳述する。

3.2 システムの実装

本節ではまず自己身体像を仮想身体に投射するシステムの実装方法について述べる。次に、仮想身体を用いたインタフェースシステムの実装方法について述べる。

(1) 身体投射システムの実装方法

3.1 節のシステムの設計要件で述べた順に、システムの実装方法を以下の 4 つに分けて説明する。

1. **極限状況の設定**: 感覚入力乏しく、単調な環境を継続させる。本実装では、トレッドミル上を長距離走るにより実現する(図 1)。
2. **身体のマスキング・実身体と仮想身体の同期**: 自己身体を視覚的に隠し、身体動作のみをグラフィクスにより表示する。本実装では、Oculus Rift により VR 空間上に動作する手を表示し、自己の手とグラフィクスの手の同期には Oculus Touch を用いることにより実装する(図 2 左, 図 2 右参照)
3. **実身体離脱感の提示(喪失感)**: 運動時の身体動作のデータに基づき、身体動作の未来予測を行い、自己身体から仮想身体が離脱する動画を Oculus Rift 上に表示する(図 3 左参照)。
4. **動作特徴量を表出した仮想身体**: 離脱した仮想身体は、自己身体動作と同期する部分のみは動作表示を継続し、その他の部位はデフォルメされる(図 3 右)。



図 1. Oculus Rift を装着した状態での走行

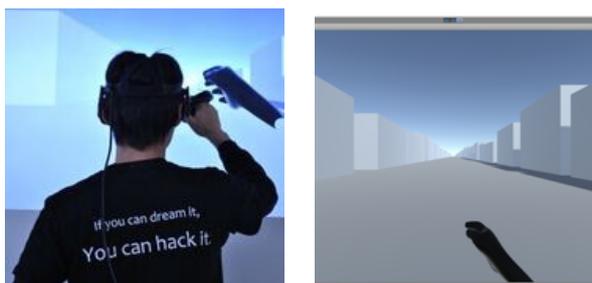


図 2 左. Oculus Rift を用いて身体をマスキングした状態での実身体と仮想身体の手との同期, 右. 実験参加者に表示された同期した身体画像



図 3 左. 身体動作の未来予測に基づく実身体離脱感(喪失感)の提示, 右. 動作特徴量を出したデフォルメされた仮想身体の実験参加者への提示

(2) 仮想身体を用いたインタフェースシステムの実装方法

図 3 右に示した, 動作特徴量を出したデフォルメされた仮想身体は, 自己表象の投射とも見ることができる。つまり, この仮想身体を用いて自己所有感や自己主体感に基づくインタフェースを構築できる可能性がある。

視点を変えると, ユビキタスコンピューティングの分野ではアグリゲート・コンピューティング (aggregate computing) が提案されている[坂村 2016]。アグリゲート・コンピューティングとは, 個々には単能でもそれらがクラウドとつながり全体として機能する「ヒエラルキーのあるシステム」であり, ローカルなインテリジェンスを高度化する方向性でなく, ローカルとクラウドを合わせた「総体」としてのインテリジェンスを高度化する方向性を重視している。特に特徴的なのが, 機能を分解して活用するという「機能シェアリング」の考え方である。つまり, 将来的には, 電話を受信する場合, スマホのボタンを押す必要はなく, 音声による指示により, 状況に応じてインタホンのマイクを使用したり, テレビや火災報知器のスピーカを使用するというように, 各種デバイスの機能を有機的に結合することにより有効なインタフェースを構築することができる。

本研究では, この機能シェアリングの実装に, 自己所有感や自己主体感を有していると思われる「仮想身体」を用いることができなにか検討をしている。図 4 に, 仮想身体を利用したデバイスの統合による「機能シェアリング」の実装イメージ図を示す。各デバイスはクラウドに接続されているが, ユーザへのインタフェースとしては「仮想身体」が用いられているため, 自分がいまどのデバイスを操作可能であるか, 電話を受信する際にどのスピーカから音声が聞こえるのかを直感的に理解することができる。あたかも自分の身体が拡張されたような環境内で各種デバイスをとおしたインタラクションを実現することができる。

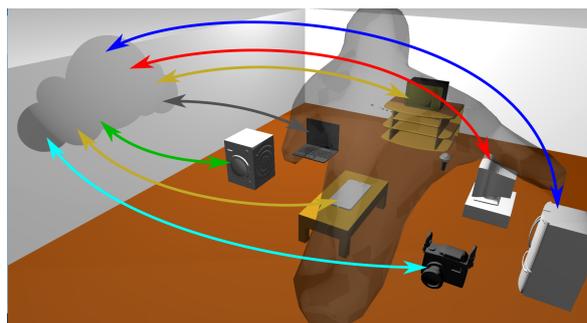


図 4 仮想身体を利用したデバイスの統合による「機能シェアリング」の実装

4. 議論

本節では 3 章までの提案をふまえ, まず, プロジェクション・サイエンスにおける「虚投射」の位置づけを議論したい。本稿でもすでに述べたように, 通常の「投射」は我々にとってあまりにも当たり前過ぎるため日常生活では意識することはない。また, 「異投射」はいままでの研究でも, ラバーハンドイリュージョンやテレイクジステンスの研究として行われてきた。我々も ITACO システムの研究をとおして実装および考察を行ってきた。しかし, 「虚投射」についてはこれまで研究方法も確立されておらず, また特異な異常心理の一例と捉えられることも多かったため, 研究が進まなかったと思われる。しかし, 我々は「虚投射」のメカニズムの解明こそが「プロジェクション・サイエンス」研究の重要な要因であると考えている。つまり, そこに明らかにすべき本質的な認知的メカニズムが隠されていると考えているのである。

「サードマン現象」における「虚投射」を考えると, 「自分の体に対する認識が体外の空間へ拡張したもの」としての, 一人称から三人称への視点変換が本質的に重要であると考えられる。しかし, なぜわれわれが俯瞰的な「三人称の視点」を持ち得るのかはいまだ明らかではない。

われわれの研究[下森 2016]からユニークな研究結果が得られている。具体的には, VR 技術を用いてサッカーにおける俯瞰的視点変換トレーニングの効果の検証を行った。その結果, 俯瞰的視点での認知能力を持たないと分類された実験参加者は, トレーニングをとおして, 俯瞰的視点での認知能力の向上が見られた。しかしながら, 俯瞰的視点での認知能力をすでに獲得していた実験参加者は, トレーニングを行ってもさらなる向上が見られないばかりか, 成績の低下傾向さえ見られたのである。つまり, 上記の実験結果の解釈としては, すでに俯瞰的視点での認知能力をすでに獲得していた実験参加者が持っていた「三人称的視点」の情報表現形式と, 本実験でサッカーゲームを俯瞰的に表現した情報表現形式とは異なるものであり, それらが相互に干渉した可能性も考えられる。

幽体離脱現象のように, 自分自身の身体を客観視するとはどのような脳活動により可能となるのか, その認知科学的な意味は何なのかを考えることは今後, 重要な研究テーマとなるであろう。本稿で見たように, 極限状況においてより多く報告されるとすれば, 「サードマン現象」は一種の「適応戦略」である可能性もある。つまり, 困難な状況において, 自分自身の置かれた状況を客観視し, 最適な行動をとるために進化的に獲得した可能性も否定できない。

本稿で提案した、「サードマン現象」とおして「虚投射」のメカニズムを解明すること、および人間の一人称および三人称の視点変換の本質的な意義を議論することは、上記のとおり、「プロジェクション・サイエンス」において大変重要な研究テーマであると考えられる。

5. おわりに

本稿では、「プロジェクション・サイエンス」の枠組みについて述べた後、特に「サードマン現象」の特徴に注目し、VR およびエージェント技術を用いた身体投射システムのプロトタイプの実装について紹介した。このシステムにより、「サードマン現象」のある側面は実現できるのではないかと考えている。さらに、このシステムを応用したインタフェースシステムの実装方法についても提案した。

すでに述べたように、「プロジェクション・サイエンス」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。この研究を進めていくためには、「サードマン現象」の解明をおして「虚投射」のメカニズムを解明するとともに、一人称と三人称の間の視点変換のメカニズムを明らかにすることが本質的であると考えている。

参考文献

- [小野 2016] 小野哲雄: 「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, 2016 年度日本認知科学会第 33 回大会, OS03-2, 2016.
- [鈴木 2016] 鈴木宏昭: プロジェクション科学の展望, 2016 年度日本認知科学会第 33 回大会, OS03-1, 2016.
- [ガイガー 2014] ジョン・ガイガー: 『サードマン 奇跡の生還へ導く人』, 新潮文庫. (*The Third Man Factor: Surviving the Impossible*, Weinstein Books, 2009)
- [Yuki] <https://susumu-akashi.com/2015/08/third-man/#i-2>
- [Moriguchi 2012] Yusuke Moriguchi and Ikuko Shinohara: My Neighbor: Children's Perception of Agency in Interaction with an Imaginary Agent, *PLOS ONE*, Vol. 7, Issue 9, 2012.
- [Arzy 2006] Shahar Arzy, Margitta Seeck, Stephanie Ortigue, Laurent Spinelli, Olaf Blanke: Induction of an illusory shadow person, *Nature*, Vol. 443, pp. 287, 2006.
- [Yaoi 2015] Ken Yaoi, Mariko Osaka and Naoyuki Osaka: Neural correlates of the self-reference effect: evidence from evaluation and recognition processes, *frontier in Human Neuroscience*, Vol. 9, Article 383, 2015.
- [Ono 2000] Tetsuo Ono, Michita Imai: 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, 2000.
- [小川 2006] 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. 10, No. 2, pp. 49-52, 2006.
- [湯ノロ 2015] 湯ノロ万友, 塗木淳夫, 大岩孝輔, 神保泰彦: 経頭蓋磁気刺激 (TMS) の基礎: 原理およびシミュレーション, 計測と制御, Vol. 54(2), pp. 87-92, 2015.
- [坂村 2016] 坂村 健: IoT とは何か 技術革新から社会革新へ, 角川新書, 2016.
- [下森 2016] 下森 周平, 棟方 渚, 小野 哲雄: VR 技術を用いた俯瞰的視点変換トレーニング効果の検証, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2016), 2016.