

神経系イメージ学的なイメージ解釈を用いた 感性的知覚理解のためのコンパクトモデル

坂本 泰宏

2010年2月26日

1 はじめに

本報告書は、坂本泰宏著の博士論文『仮現運動視におけるヒトの知覚特性に基づく感性的知覚理解のためのコンパクトモデル』の第1章を森基金の報告書として再構成したものである。具体的な研究成果は同論文に掲載されている。

2 背景

本論文でその一つの事例について考察する、感性的な知覚を生起させる視覚イメージ^{*1}を、人の知覚とイメージの関係によって説明可能であるとし、俯瞰的に科学的な立場から扱おうとする問題意識の根本は、Barbara M. Staffordの *Visual Analogy* (1999) に代表される、欧米を中心とした新興学問領域であるイメージサイエンスの思想に由来する。イメージサイエンスとは、従来は様々な領域で各々の価値の下で扱われてきたイメージを、学問の中心に据えて科学的な対象として扱おうとする領域である。

しかし、イメージサイエンスの学問的状況は決して良好とは言えない状況である。その大きな原因としては、ゲシュタルト心理学における科学的実在論的な立場を継承しているはずのイメージサイエンスがゲシュタルト心理学的な方法を疎かにしていることから、提示される仮説に対して検証可能なモデルの発見に結びつかないという問題点が存在する。故に、神経生理学による脳のイメージングなど、情報処理的な手法によって論証モデルを構築しようとする安易な方向に走ってしまい、事実上イメージサイエンスは学際的な学問としては迷走状態に陥っている。そこで本研究では、このようなイメージサイエンスにおける学術的背景を元に、イメージ知覚を科学的実在論な立場から適切に扱うことを可能にするイメージ、知覚特性、知覚に関わるモデルの提案を試みる。これにより、知覚特性に基づく感性的な知覚の現れのモデル化を可能にする。

3 先行研究

イメージ知覚を説明するための現在の主な手法である情報処理的な手法が必ずしも科学に生り得ないということは、Akagi (2006) で議論されているが、この点について、Cacioppo et al. (2003) は、Zeki (1999) の方法は、科学的推論方法にそぐわないことを指摘した上で、呈示刺激の情報と知覚の結果の関係を裏付ける、

*1 本論で意図するイメージとは網膜イメージ (Iwata, 1997) のことである。詳細は第2章。

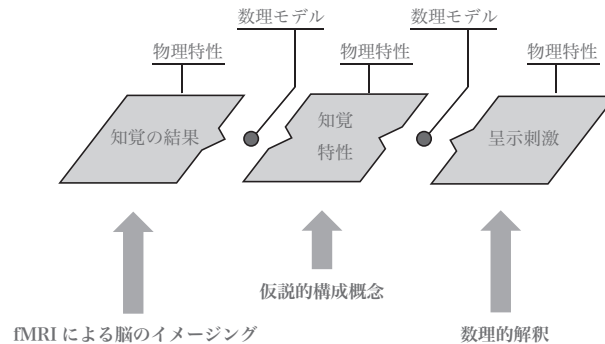


図1 感性的な知覚の観察モデルの概形

客観的な知覚の観察において、科学的な方法で知覚のモデルを構築するためには、心理学的検討によって得られる仮説（仮説的構成概念）が必要であることを述べている。

ここで、呈示刺激と知覚の結果の間に発生する知覚に関わる心的な所与を説明する仮説の部分については、改めて Freud や Bergson の主観的な知覚の議論に戻らずとも、更にゲシュタルト理論における知覚特性の定義に倣えば、知覚特性は呈示刺激と知覚の結果の相違を仮説的に説明するものに相当することから (Köhler, 1971), 科学的実在論の立場に立てば、知覚特性が、入力と知覚の結果の間に現れる感性的な知覚の現れの要因に相当するものであると説明することができる。また、知覚特性は、Max Wertheimer ら、ゲシュタルト心理学のベルリン学派による取り組み以来、知覚心理学者 James. J. Gibson による実在論的なイメージの知覚構成による解釈と、神経生理学者 David Marr (Marr, 1982) による計算理論的なアプローチに対するよって、知覚における情報処理においても、唯一科学的な対象として捉えられる事が可能である。従って、Zeki (1999) のモデルにおける情報処理的な呈示刺激と知覚の結果の因果関係の説明モデルを拡張し、知覚特性によって仮説的に説明する事によって、Zeki による客観的に感性的な知覚のモデルの性質を維持した状態で、仮説的な方法による科学的な確からしさをを持った、感性的な知覚の観察モデルが成立することが予測される (図1)。

知覚特性を仮説的に用いた、このモデルは、感性的知覚を生み出す呈示刺激から、知覚特性による呈示刺激の把握過程を経て、知覚の結果へと連なる、感性的な知覚を客観的、かつコンパクトに説明するモデルとして機能することが期待される。本研究では、本モデルを感性的知覚理解のコンパクトモデル (PSO-Model: Perception of Stimulus - Sensory Property - Output - Model) と呼ぶ。

4 問題点

科学としての学術的水準から見れば、イメージサイエンスが可能なことは、従来美術史において蓄積された経験を持った上で、グルーピングしたイメージからアナロジー、あるいは帰納的に仮説を有効に引き出す方法を提供しているに過ぎない。なぜならこのように呈示された仮説を科学的に検証するための手段が欠如しているからである。この問題は具体的には2つの原因によって引き起こされていると考えられる。

一つ目の問題は、1.3 節において既に触れた問題である神経生理学的手法をイメージサイエンスにおいて用いる際の方法論的な問題である。神経生理学の実験方法を用いて得られた結果は、心理学的に議論される知覚については何も説明しておらず、科学的な立場から議論をするためには、実験データを説明するための適切な仮説の設定が求められる (Kouno, 2008)。本研究では、既述のように、この問題点について、人の知覚特性

を仮説として設定した PSO-Model を提案することによって、イメージと人の知覚の相違の説明を試みることによって問題点の解消を試みる。

PSO-Model では、イメージと知覚の結果の相違を知覚特性という科学的な定義によって説明する事で、感性的な知覚を客観的なモデルとして捉え、アブダクションによって科学的に確からしい議論することを試みている。これは、例えば Newton の万有引力の法則の発見に代表されるように、万有引力という仮説を与える事によって、物体の落下における因果関係を仮説演繹的に説明した方法に類似する。つまり、PSO-Model では、呈示刺激であるイメージと知覚の結果の因果関係を知覚特性という仮説によって説明することを試みている。しかしながら、Newton の万有引力の法則は、物体の落下という現象が物理的な形式で定義可能であるために科学的なモデルとして仮説演繹法によって説明されている。つまり、科学における仮説演繹的、もしくはアブダクションにおける推論では、原因となる個々の現象を適切に説明する為のモデル化が前提となる。

そこで、二つ目の問題として、PSO-Model において、個々の特性が強い、感性的な知覚に関わる対象であるイメージをどのようにモデル化するべきかという問題が生じる。この点については、David Marr によって議論されている。Marr (1982) は、イメージサイエンスが誕生する以前に、やがてイメージが神経生理学的な研究の対象となることを予測し、神経生理学においてイメージを扱う際のイメージの解釈方法について述べている。Marr の主張によれば、イメージ知覚に関わる視覚の処理過程は情報処理の問題であり、情報処理の問題であるならば、情報処理において最高位の水準である計算理論的な方法によって入力となるイメージが説明される必要があることが求められることを主張している。Marr の主張が生理的な立場において矛盾しないことは、医学や生理学において視覚系と大脳視覚野における視覚情報に関わる電気信号の伝達と知覚のメカニズムの解明によって示されている。そこで本研究では Marr の主張の指摘に則り、イメージを情報処理の問題として議論し、計算理論的に把握する事を試みる。

従って、PSO-Model を機能させるためには、感性的な知覚を引き起こす対象、ならびにその知覚に関わる知覚特性の関係性が数理モデルによって説明されるための事例が示される必要がある。そして、それにより知覚特性に関わる入力と出力が数理モデルによって説明されることから、知覚特性は、入力と出力の関係を説明するファンクションとして数理的に解かれることが可能になる。尚、PSO-Model は、感性的な知覚を呈示刺激、知覚特性、知覚の結果を数理的な関係によって演繹的に説明されることから、感性的知覚を理解するためのコンパクトモデルのみならず、その逆である感性的な知覚を生み出す為の方法論として機能するモデルへの応用が可能となることが見込まれる。これは感性的な知覚を生起させる装置のデザインへの応用が可能であり、そのようなモデルの具体例を示す事が本研究の一番の目的である。

5 仮説：SMC-AM 式と θ 現象

以上において、イメージを科学的に扱う為のイメージの客観的な観察方法、推論に関わる問題を解消する為の知覚特性を用いた仮説の設定方法と PSO-Model、そして PSO-Model によって感性的な知覚を科学的に議論することを可能にするイメージの計算理論的解釈の必要性について述べた。しかし、現実問題としてイメージと知覚を扱う領域において、計算理論的な形式によってイメージが説明されている事例は、前述の Stephan von Hünneke による創作 (Brockhaus, 2002) など限定的で、ごく僅かであり、この点がイメージを科学的に扱う際の障壁となっている。そこで、本研究では、イメージ観察において感性的な知覚を生む知覚特性に関わる「ものの見方の転換」に着目し、具体例として、運動視におけるものの見方の転換を露に示す知覚の関係式、SMC-AM 式 [Step Movement Controlled Apparent Motion Formula] を提案する。

SMC-AM 式は、知覚における「ものの見方の転換」を呈示刺激の変化と知覚される刺激の関係によって、

連続的な数理モデルとして説明するものであるが、実際運動と仮現運動に関わる知覚の転換をどのように計算理論的なモデルとして説明するかという問題が生じる。とりわけ、従来の仮現運動の解釈では、Wertheimer (1912) 研究による ϕ 現象の従来の定義に倣い、仮現運動は間欠的な呈示刺激によって知覚されるものであると考えられており*2、連続的な刺激としての説明ができず物理的で連続的なモデルとして説明する事が困難であると考えられて来た。

本研究では、SMC-AM 式の提示のために、従来の運動視の定義である、実際運動と仮現運動を別々の視覚現象として捉え、とりわけ仮現運動のみを知覚特性によるものと説明する方法に関して、Wertheimer (1912) の再解釈を通して見直し、運動視を、連続的な視覚刺激の知覚のされ方の問題として一意的に再定義することを可能にする仮説として知覚特性 θ を提案する。実際運動と仮現運動 (β 運動) に関して、従来の視覚心理学的な枠組みによる運動視の定義を見直し、2つの性質の異なる運動を連続的な視覚刺激の知覚のされ方の問題としてモデル化することを可能にするのが θ 現象である。

また、ここで θ 現象を引き起こす視覚刺激は物理的時空間特性を持ったものであることから、連続的なモデルとして説明可能である。このモデルの数理モデルが SMC-AM 式である。また、SMC-AM 式は、連続的な視覚刺激を説明するモデルであると同時に、 θ 現象の現れの様相を説明する関数としても機能する。イメージにおける呈示刺激と知覚の結果の関係の説明に SMC-AM 式を用いる事によって、POS-Model が適切に機能し、科学的な立場からイメージの知覚を議論する事が可能になる。SMC-AM 式は運動視に関わる知覚特性を用いて PSO-Model を機能させるものであるから、前述のように、Crary (1990) による美術史系イメージサイエンス的方法において仮説的に示された、古典的な動画装置によって呈示されるイメージの知覚によって発生する感性的な知覚を科学的に説明可能にすると期待される。つまり、本研究では、感性的知覚について、特に、古典的動画装置において現われることがイメージサイエンスにおける仮説として提示されている、「もの見方の転換」とその転換によって生起する感性的な知覚のモデル化に着眼する。

6 3つの仮説検証： θ 現象と動画装置 “ZoePoliTrope”

従来の視覚心理学においては言及されてこなかったが、Wertheimer (1912) では、光学的な呈示方法に頼らずとも仮現運動の呈示が可能である事が示唆されている。そこで、本研究では仮説、 θ 現象の証明の為にまず、光学的制御を用いない、機械工学的な手法によって仮現運動刺激を呈示する方法を検討した。具体的には、光学的な遮断を用いない、ステップ運動制御と人のステップ運動に関わる感覚域に関する実験によって仮現運動刺激を連続的な運動として再定義する。これにより、仮現運動と実際運動の間に現れる知覚の転換は、一意的にステップ運動の速度パラメータと人の知覚特性 θ によって説明されることが可能になる。このモデルは、ステップ運動を基準として説明されることから、ステップ運動を説明するある一定の周期による波形の集合としてモデル化できる。

波形のモデルはフーリエ級数展開によって数学的に説明されることが可能であるから、結果として、もの見方の転換が計算理論的に説明されることで SMC-AM 式の提示も可能になると見込まれる。そこで本研究では、仮説の検証として SMC-AM 式を用いて実際にもの見方の転換を計算理論的なモデルで制御することを可能にするための θ 現象の検証と SMC-AM 式の提示のために3つの実験を計画・実行した。尚、3つの検証は、創造的検証・視覚心理学的検証・機械学的検証によって成り立っている。まず、創造的検証において、仮説レベルで SMC-AM 式に基づいて呈示刺激を制御することが可能な、光学的遮断を用いない動画装

*2 映像知覚に関わる仮現運動の定義は Nakajima (1996) を参照。

置、ZoePoliTrobe を制作した。また同検証の延長として、実証コンテンツとして様々な場所で展示を行うことによって、不特定多数の観察者による理論の汎用性を確認した。その上で、視覚心理学的な検証として、同装置を用いてヒトの知覚特性 θ が確認可能かどうかについて検証を行った。

一方で、知覚特性 θ が検証された上でであっても、知覚特性 θ を引き起こすような視覚刺激の呈示方法が、視覚心理学的な理論的要因や、機械工学的な技術的制約によって、従来確立されていなかったことから、視覚刺激呈示装置である ZoePoliTrobe の設計上の検証を行い、視覚刺激が適切に呈示されていること、そして、これまでの技術的制約の問題を引き起こしていた実測値と理論値の誤差等の観測実験を行った。

この一連の検証において、SMC-AM 式によって呈示可能なものの見方の転換は、呈示刺激の実際運動としての知覚と仮現運動としての知覚の転換のみならず、仮現運動から別の仮現運動への転換という場合があることが発見された。また、ものの見方の転換の知覚には、個人的な知覚の差異があることが確認された。これらの仮説検証におけるフィードバックを元に、SMC-AM モデルの性質を把握した上で、次の検証段階として、ものの見方の転換のマッピングを行った。これにより、感性的な知覚を引き起こす要因となると考えられる、運動知覚におけるものの見方の転換の入力部分が情報処理に対応した数理モデルとして定義された。

7 考察：感性的な知覚とものの見方転換マップ

仮説の検証として、SMC-AM 式を用いて連続的なモデルとして示された、人の運動視に関わるものの見方転換マップは、POS-Model において、感性的な知覚を生み出す知覚特性の性質を現すものである。つまり、ものの見方の転換マップは、現象としてのものの見方の転換を知覚特性として、科学実在論的立場から定義しており、物理現象として定義可能な、感性的な知覚が発生場所を意味する。本研究では SMC-AM 式と POS-Model によって、動的イメージと知覚に関わる感性的な知覚を、知覚特性を用いて説明する事で感性的な知覚に関わる要素は科学的な形式で説明することを可能にした。この背景には、今日のイメージサイエンスとかつてのゲシュタルト心理学の流れを有機的に結合するイメージの計算理論的説明のためのイメージの分析、イメージの知覚を知覚特性としてモデル化するための科学的実在論的考察、知覚の結果を正確に把握する為の神経生理学的計測方法と議論が存在し、それらが適切に関係付けられる事によって意味をなすモデルとして機能している。また、POS-Model は知覚特性を中心としてイメージと知覚の結果の関係が演繹的なモデルで示されている事から、このモデルを応用する事によって感性的な知覚を生み出す動的イメージの生成が可能になるということが期待される。

8 本研究の成果

本研究の成果は以下の4つである。

1. イメージサイエンスとゲシュタルト心理学を中心とした先行研究の検討に基づく PSO-Model の定義
2. 動的イメージにおける感性的な知覚を対象とした仮現運動の再定義と SMC-AM 式の提案
3. 光学的遮断を用いない動画装置 ZoePoliTrobe の設計と3つの検証
4. 感性的な知覚とものの見方の転換マップに示されたものの見方の転換の関係性に関わる考察

9 本報告書のもととなる博士論文の構成

はじめに述べた通り、本研究の詳細は坂本の博士論文にまとめられている。その詳細を以下に紹介する。第1章は本報告書のもととなっているものであり、本研究を簡潔にまとめたのである。第2章では本研究に関わるイメージサイエンス・神経生理学・芸術知覚研究を中心とした先行研究のレビューを行った。その上で、芸術・美学系のイメージサイエンス、生理学系の神経生理学、心理学系の芸術知覚研究が、ゲシュタルト心理学における知覚特性に関わる「知覚の転換」の議論に関連したものであり、この知覚特性を中心に据える事によって感性的な知覚理解のためのコンパクトモデルである POS-Model が成立することを示し、POS-Model に関わる問題点を指摘した。第3章では POS-Model に関わる問題点を解決するための研究の仮説である SMC-AM 式と SMC-AM 式によって説明される運動視における知覚特性 θ について述べた。第4章では、SMC-AM 式をそのメカニズムと性質について実例を交えながら説明し、その有効性を示す為の動画装置 “ZoePoliTrope” の開発を通して仮説である知覚特性 θ と SMC-AM 式の有効性を3つの方法で検証した。3つの方法とは、創造的検証・視覚心理学的検証・機械工学的検証である。第5章では、 θ 現象と SMC-AM 式を用いて運動視を一意的にモデル化することを試みると共に、SMC-AM 式を用いて視覚における知覚の転換である、「ものの見方とその転換」を露わにモデル化することを試み、感性的な知覚における「ものの見方とその転換」の性質に関する考察を行った。その上で、第6章では本研究のまとめと、感性的な知覚がゲシュタルトに関わる知覚特性によって説明されることについて本研究の成果を交えて議論した。

参考文献

- [1] Akagi, A. (2006). 反情報論. 東京: 岩波書店.
- [2] Brockhaus, C., Gaßner, H., & Heinlich, C. (Eds.). (2002). Stephan von Huene - Tune the World: Die Retrospektive / The Retrospective. Ostfildern-Ruit: Hatje Cantz.
- [3] Cacioppo, J. T., Bernstein, G. G., Lorig, T. S., Norris, C. J., Rickett, E., & Nusbaum, H. (2003). Just Because You're Imaging the Brain Doesn't Mean You Can Stop Using Your Head: A Primer and Set of First Principles. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(4), 650-661.
- [4] Crary, J. (1990). *Techniques of the Observer: On Vision and Modernity in the Nineteenth Century*. MA: MIT Press.
- [5] Iwata, M. (1997). 見る脳・描く脳: 絵画のニューロサイエンス. 東京: 東京大学出版会.
- [6] Köhler, W. (1971). *ゲシュタルト心理学入門* (田. a. 上村保子, Trans.). 東京: 東京大学出版会.
- [7] Kouno, T. (2008). 暴走する脳科学: 哲学・倫理学からの批判的検討 (Vol. 377). 東京: 光文社.
- [8] Marr, D. (1982). *VISION: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. New York: W. H. Freeman and Company.
- [9] Stafford, B. M. (1999). *Visual Analogy: Consciousness as the Art of Connecting*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [10] Wertheimer, M. (1912). Experimentelle Studien über das Schen von Bewegung. *Zeitschrift für Psychologie*, 62, 161-265 (Leipzig: Barth).
- [11] Zeki, S. (1999). *INNER VISION: An Exploration of Art and the Brain*. 東京: Oxford University Press.