

科学的研究の基本構造と新しい姿

その他のタイトル	Basic Structure of Scientific Research and Its New Directions
著者	田中 俊也
雑誌名	關西大學文學論集
巻	72
号	1-2
ページ	1-14
発行年	2022-09-18
URL	http://doi.org/10.32286/00027277

科学的研究の基本構造と新しい姿

田 中 俊 也

1. 科学的研究過程の基本モデル

世界に対面して、その中に何らかの意味や意義を見出そうとする人間の活動では、基本的に拡散的な、散文的思考ではなく、一定の目的・目標に向けての収束的な、問題解決的な思考が行われる。

田中（2004）はそうした思考過程について、人工的な実験室課題を与えてそれを解決する際の被験者の情報探索活動を微視的に分析した。そこでの主要な関心は、わけもわからずやみくもに「世界」（課題環境）と対峙して行動している間と、そうした対峙を経て、何となく世界についての「仮説」ができあがりそれを検証しながら背後の意味や意義を探ろうとする段階での行動の質や量の違いについてであった。これは、世界についての仮説が形成されるまでの過程とその後の過程との比較、と言い換えることもできる。これらの過程は、科学的研究における仮説帰納までの過程と、立てられた仮説で演繹して科学活動を進めていく過程の違いであるとも言える。こうした、主体の諸活動とは独立に解明すべき世界があらかじめ実在していると考え、そうした諸活動によってその実在の姿が徐々に明らかになっていくはずだ、という实在論的信念に基づいた科学的研究活動が本論考での関心の中心となる。

实在論的信念に基づいた科学的研究において、その研究主体である人間の側の特性について考慮することは極めて重要である。それは端的に言えば、人間の側の持つ、限定された合理性（Bounded Rationality：以下、限定合理性とする）についての特性である。

誰でも、少し自分を振り返ってみればわかることであるが、我々は、課題環

境の中にある全ての情報を均質に悉皆的に探索・受容し処理しているわけではない。その処理・貯蔵の限界（短期記憶では 7 ± 2 チャンクという限界がよく知られている；Miller, 1956）があり，そうした限界の中で可能な限り合理性を働かせて「良い」判断や決定をしようとしている。

この限定合理性については他稿で詳細に論じている（田中・北野，2010；田中，2012；田中，2018）ので，ここでは本稿に関連する，「探索（search）」の重要性について触れ，以下論を進めていきたい。

限定合理性に基づく人間観とは，簡単にいえば，人間は諸判断・決定で合理的な最適（optimal）解を求めようとするが，その情報処理の限界からくる非全知性をもとに，最適解ではなく満足化（satisficing）できる解を求めるものである，という考え方である。ここでSimon（1979；1996）は，その特徴を明示する中心的概念として「探索（search）」と「満足化（satisficing）」をあげている。問題解決や意思決定において，課題環境の情報の探索と処理を経た選択肢・代替案の吟味が行われ，最終の，満足できる「解」の導出，が行われる，とする。これは問題解決過程における，初期状態と目標状態のギャップを埋める選択肢（オペレーター）の選択とも通じるものである。

こうして，問題解決・課題解決事態において，最初の段階である諸情報の探索がいかに行われるか，というのは極めて中心的な関心事となる。

2. 情報探索活動の質的・量的違い

Tanaka（1984）および田中（2004）は，実験課題遂行中の被験者の仮説形成時とその検証時の量的・質的な活動の違いを検討した。仮説が形成されるまでの，世界を探索している段階と，仮説形成後の段階での行動は，眼前の「世界」に対峙して「世界」の特徴を探っている段階と，「世界」の背景の一定の規則・原則を想定しそれを見出すことによって世界を理解しようとする段階，を表わしている。仮説とは，その意味で，探索を経た結果としての，世界とのかかわり方の一定の満足化状態のことである。

2-1. 用いられた課題

課題は多種多様なものであるが、基本的な構造は「ターゲット探索課題」という形で統一されていた。

被験者には、目の前のスクリーンあるいはコンピュータのモニタ上の4隅に○、△、□、◇の図形のいずれかが提示され、実験者が指定した特定の図形（例えば△：これを以下ターゲットとする）は、スクリーンあるいはモニタ上の4隅のどこかに一定の規則に沿ったパターンで出現した。ターゲット以外の3種の図形は毎回、ターゲットの位置以外の3か所にランダムに現れた。

被験者には「こちらで決めている特定の図形（例えば△）が見つかったら素早くその位置を手元の反応用のキーの該当する場所を押して応えてください」と教示した。反応キーを押し、それがターゲットの位置であれば（「当たり！」：以下ヒットとする）、自動的に次の試行が始まり、4隅に4種の図が同時に現れた（図1参照）。ターゲット位置以外の反応キーを押した場合は、ヒットするまでその試行内での反応キー押しの継続が要求された。

図1に示された課題では、ターゲットは右上→左下→右上→左下→右上→（左下→……）と、斜め位置の2か所に交代で現れた。

被験者は、第1試行では当然4隅を隈なく探索し、ターゲットと指定された「△」を探して、それを発見して、それに対応するキーを押すこと（報告すること）が期待された。第2試行でも同様に探索、発見、報告が繰り返される。

これが第3、4、5、6……と繰り返されるうちに、どこかの時点で、「次

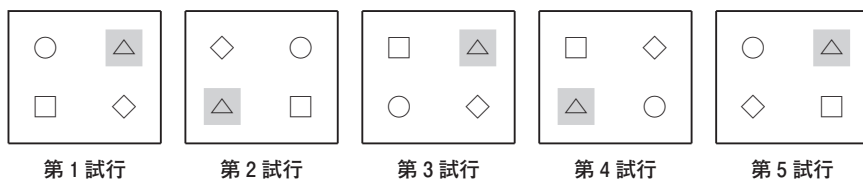


図1 「△」がターゲットの、第5試行までの刺激布置の例

は右上ではないか」「次は左下ではないか」「右上と左下の交代の繰り返しではないか?」という仮説が生じてくると考えられる。

こうした、出現するターゲットの位置についてのパターンの予測・予見をここでは「仮説」と定義する。

2-2. 用いられた実験装置

こうしたターゲット探索課題での被験者の諸活動は、上記のような「仮説」が形成されるまでと形成された後での、情報探索活動の質的・量的な変化が期待される。

ここで重要なのは、スクリーンあるいはモニタ上での具体的な視覚的情報探索活動を記録すること、及び、ターゲットや「仮説」を「発見」したという報告を記録することである。これらを継時的に同期して記録して分析していけば、ターゲット探索活動における生々しい思考と情報探索活動との関連を見出すことができる。

そこで開発されたのが図2の一連の装置である。

図2の1の部分は、刺激提示部分であり、スクリーン背後からのプロジェクタ呈示であったりコンピュータのモニタであったりした。

2の部分は反応キーで、4つのキーが視野の4隅の提示された図形の位置に対応している。右側の1つだけのキーは、「あっ、わかった!」という、仮説

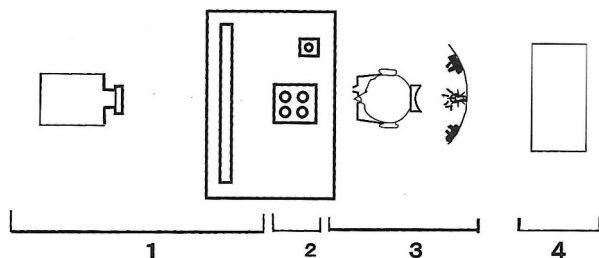


図2 実験装置 (田中, 2004 図2-2-1より)

を発見したことを報告するキーである。

3の部分は、具体的な情報探索活動の記録装置で、視野を制限された被験者が、4隅の図形を見つける際の頭部運動が歯科医師用の額帯鏡で反射された光をフォトセルで受光してデジタル情報化される。

4は全体を制御・記録するコンピュータである。

（装置の詳細については田中（2004）の36-41ページ参照のこと。）

2-3. 主要な結果

仮説形成までと仮説形成後の違いを、キーを押すまでの反応時間の長さと言報探索の方略の違いについて検討したところ以下のことが判明した。

(1) 反応時間については、仮説形成までの試行を繰り返している時間と仮説形成後の時間を比較したところ、仮説形成時には仮説形成後より長い反応時間を要していた。

(2) 課題解決方略は、2種類考えられる。1つは、正しい反応キーを押して新しい試行にはいったのちターゲットを探し始める行動で、これを探索方略(S-st)とする。もう1つは、新しい試行に入る前に、あらかじめターゲットの次の位置を予測し、そこで待機していてターゲットを確認する行動で、これを待機方略(A-st)とする(図3)。

結果は、仮説形成時(HMHF)では探索方略(S-st)が多く、仮説確認時(HMHC)では待機方略(A-st)が多かった。すなわち、「世界」が混沌としていてその意味や意義が見いだせない段階では「世界」をくまなく探

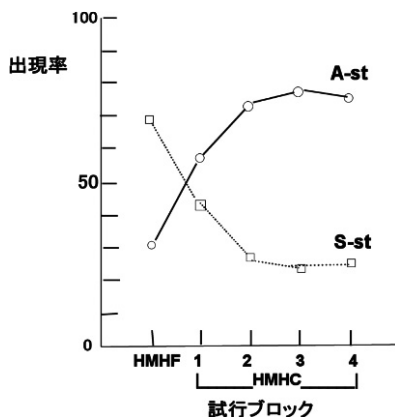


図3 仮説形成前後の情報探索方略
(田中, 2004 図2-2-4 (p.42) より)

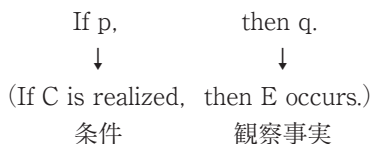
索し、さまざまな事実・情報を獲得・整理するという帰納的な思考が時間をかけて行われ、いったん「世界」に対する一定の見通し、仮説が定立されると、それに基づいて、次はこうなるはずだ、という演繹的な思考が行われ、その特徴がこうした微視的な実験結果に量的・質的に表れたものと考えられる。

3. 仮説と情報の関係

科学的思考における仮説とそれが扱う情報との関係については、Postman (1951) や Bruner (1951) がみごとに定式化している。

仮説とは、世界からの刺激情報を選択したり体制化したり変形したりする際に用いられる、予期や仮定のことを示し、情報とは、予期され仮定された刺激の諸特徴の内、その特徴を他のものから弁別する際に関連する刺激の特徴のことである。

こうして仮説を立てそこから演繹して観察事実の想定まで言及する方法を仮説演繹法と呼ぶ。Hempel (1966) はこれを次のように明確に記述している。



すなわち、仮説 p が正しければ、論理的に正しく q が予想されるが、この時 q は、直接は検証不能なテスト含意 (I) である。この q は、ある条件 (C) の下で初めて観察可能な事象 (E) が起こる事を表わしている。すなわち、仮説は仮説そのものが検証されるのではなく、仮に仮説が正しければ当然のこととして生じるはずの事象 (E) を確認することで間接的に支持される。しかもその仮説には、本来の意味での仮説と、その仮説を成立させるための複数の補助仮説 (A) が含まれるものである。そうした本来の仮説 (H) と補助仮説 (A) が共に正しければ、当然あるテスト含意 (I) は正しいはずだ、ということま

だが「仮説」の内に含意されているものとする。ここで p との関連における観察可能な事象 E が、Bruner や Postman の「情報」となる。

4. 仮説の強度と情報の関係

こうした仮説と情報との関係について、Bruner らは特に仮説の強さの決定因を5つあげている（Postman, 1951；Bruner, 1951）。

①先行確認頻度 過去におけるその仮説の確認頻度。先行してその仮説の正しさが確認されていればいるだけ、その仮説は強いものとなる。したがって仮説を維持しようとするときは少ない情報量でいい。逆に仮説を変更しようとするときはそれに矛盾する情報をたくさん必要とする。

②可換仮説数または独占・独り占め：目の前の世界について抱いている仮説数が少ないほど、その仮説は強い。こうかもしれない、ああかもしれないと仮説が多いより、唯一の仮説を持っていた時の方がその仮説は強い。「思い込み」が典型。

③動機的支援：ある仮説に対する動機的な後ろ立てが強いほどその仮説は強い。価値観の反映された仮説は強くなる。

④認知的支援：認知対象の存在している体系が大きいほど、そこでの仮説は強い。仮説の「良さ」の認知が仮説の強度を高める。

⑤正しさの合意・社会的に得た結論：あるグループの成員の合意、帰結が仮説の強度を増す。

ニュールック心理学と呼ばれたこうした1950-60年代の Bruner らの研究は、現代の、エビデンスの有無を金科玉条のように扱おうとするある種の自己撞着的な動きに警鐘を鳴らすものであり、その諸研究の意義は少しも衰えない。これは合理性への過度の傾倒の警鐘（田中, 2012；2018 田中・北野, 2010）と軌を一にするものでもある。

上記①及び②は、主に個人内での仮説と情報の関係についての記述であり、認知バイアス（Southernland, 1992）としてさまざまな現象が報告されている。

また、③④⑤はすぐれて科学哲学的な課題でもあり、判断・決定バイアス (Bazerman & Moore, 2009) として意思決定の心理学や行動経済学での中心的な概念の1つでもある。特に⑤の, consensual validation あるいは social consequence は、心理学研究の方法論的にもきわめて重要なテーマの1つであり、以下、科学論におけるパラダイム研究の文脈で改めて紐解いていくことにする。

5. パラダイムとパラダイム転換

5-1. Kuhn の「パラダイム」と Bruner & Postman

Kuhn の『科学革命の構造』(1962; 中山茂訳 1971) は科学史・科学哲学の領域では避けて通れない、古典的名著となっている。そこで用いられた「パラダイム」概念は現在に至るまであらゆる領域でほぼ無意識に用いられるまでもなっている。これに対し、もともと、哲学の領域にパラダイム論ブームなどはなかった(村上, 1984) という冷やかな論説もある。しかしながら本稿では重要な概念であると捉えるので、ここでは、曖昧だとか多義的だとかいわれる「パラダイム」について、Kuhn 自身の描く定義「パラダイムとは、一般に認められた科学的業績で、一時期の間、専門家に対して問い方や答え方のモデルを与えるもの」(中山訳; 中山, 1984) にだけ触れておこう。近年、そうした科学的問いかけ・答え方そのものについての Medin & Bang (2014) が翻訳されたので、改めて、科学研究の「その問いは誰のものか?」「誰が誰に問いかけた研究なのか?」「何を指す問いなのか?」等をパラダイムの議論の中で探っていくことにしよう。

この Kuhn のパラダイム概念は、実は上記の Bruner や Postman の系統的な諸実験に多く負っている。特にパラダイムが移行するとき、すなわち「科学革命」が起こるときの、通常の科学研究での変則性への気づきについて、不一致・不調和への対応として Bruner & Postman の 1949 年の論文 (Bruner &

Postman, 1949) の実験結果を紹介している。

Kuhn が着目したこの内容は、上記のパラダイム論を展開する際の、仮説に合わない変則的な情報をどう処理するか、という点に焦点を当てたものである。トランプカードの再認実験の際、通常のカードに紛れ込ませた変則的なカード（例えばスペードの6のスペード図柄♠が実は赤で描かれていたり、ハートの4のハート♥が黒で描かれていたりする）をどう処理するかについて反応時間や誤認の数で計測した。

上記の仮説の強度の①にあるとおり、先行して何度も通常のトランプカードを見せられると、「赤のスペードの6」が見せられても「ハートの6」といった風に躊躇なく「誤認」して報告した。「トランプのカードが出るので赤はハートかダイヤ、黒はスペードかクローバ」という仮説、構えができていたのである。それでも変則的なカードを何度も見るようになってくると、徐々に正しく、提示されたものの報告をするようになってきた。

5-2. 通常科学と変則性・不一致、異常科学、パラダイム転換

科学者集団が一定期間、一定の過去の科学的業績を受け入れ、それを基礎として進行させる研究を通常科学と呼ぶ。その通常科学で模範的に当たり前のものとして用いられる法則や理論や応用、装置等もろもろの集まりをパラダイムと呼んでいるのである。上記の Bruner & Postman の仮説の強度の規定因でいえば、その集団で動機的・認知的にサポートされ正しいと合意を得た (③④⑤の部分) もろもろの集まりがパラダイムを形成している、と言い換えることができる。

そうした中で、何らかの変則性が認知され、それが優勢になってくると、いずれパラダイム転換が起こる。ただし、既存のパラダイムは基本的に頑強であり (Bruner & Postman の①②, あるいは Popper (1959) の「アドホック仮説・補助仮説で守られている」という論)、しばらくはそれらの妥協的な共存状態が続く。この、妥協的共存状態を Kuhn はみごとに表現している。「今や変則

性そのものが専門家たち一般に認識されるようになる。…彼らにとって自分の分野はもはやかつてとは異なった様相を呈してくる。…通常科学のルールはますますかすんでくる。…今まで解けた問題で、標準的解答となっているものさえあやしくなってくる」(中山訳 p.94)。これが「異常科学」の状態である。まさに、それまでの「問い方」「答え方」があやしくなった状態である。

これが飽和状態になったとき、旧来のパラダイムを捨て新たなパラダイムを採用するというパラダイム転換が起こる。ただし、この図式は極めて明瞭ではあるが実際に科学の歴史の中でそうした劇的な展開を認めることは困難な様子である。

こうした一連の流れを Hanson (1958) は、科学的発見のパターンとして、観察、事実、因果律、理論構成に分けて心理学で用いられる図も多用して詳述している。ここで最も重要な概念は理論負荷性であろう。観察段階、事実と言語化する段階、因果を述べる際いずれもそれらがはめ込まれることになる「理論」の負荷を負っている、という考え方である。極論すれば科学研究において「裸のデータ」は存在しえない、という考え方である。これは単純化された「エビデンス・ベイシッド」な議論(データに基づいて…、エビデンスに基づいて…を金科玉条のように捉える議論)の不毛性をも語っている。

6. 科学研究の新たな形

上記の4に示した「仮説と情報探索」の関係を「パラダイムと研究活動」の関係としてアナログカルに捉えなおしてみるとそこには興味深いことがらが見えてくる。

科学者の研究活動は、その領域での内容的な知識獲得と、その領域での内容獲得をサポートするコアとなる方法論的知識・スキル獲得、およびその活動の本来的な目的・価値観とで構成されている。

目的や価値は、「科学」とは相いれないということから不問に付し、科学研究は事実の獲得・発見とその理論化、それをサポートする研究法の採用で完結

する、という旧来の考え方は今日でも優勢であるが、4の③④⑤でもみたように、実際にはそうした活動には強い動機づけ、正統性の認知、研究仲間での合意などが強く働いていて、真空の空間でピュアな事実を獲得し形式論理で論を積み上げて理論を完成する、ということはあるえないことである。とりわけ人文科学においては、その傾向が顕著である。

Laudan (1984) は、科学における価値の問題を正面からとりあげ、kuhnのパラダイム転換の過程を、通常科学・異常科学内におけるさまざまな理論・見解の不一致が同意に至る過程として詳述している。そうした不一致・論争を、従来は事実レベルから方法論的規則適用のレベル、目的や目標に言及する価値論的レベルという一種階層的な構造として捉える階層モデルで考えられてきたが、それらを「避けがたく互いに織り合わされており、相互依存関係にある」とする網状モデル（図4）を提案して詳細な解説を入れている。

図4の「目的」をA、「方法」をM、事実（理論）をTとして、時間を追ってその変化を図示したのが図5である。

これを同一領域内での理論の変化（例えばMedin & Bang (2014)の第9章で展開される「生き物」という認識対象へのかかわり方の変化など）でみてい

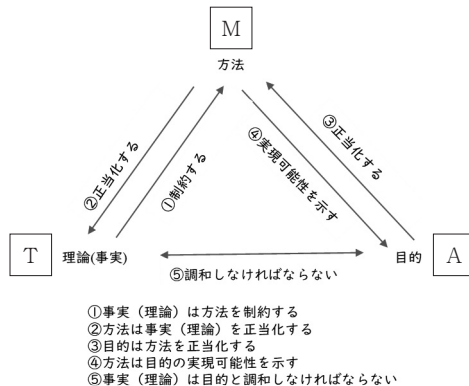


図4 網状モデルの基本3項のネットワーク

(Laudan, 1984 小草・戸田山訳 p.96 図2を田中が追加・改変)

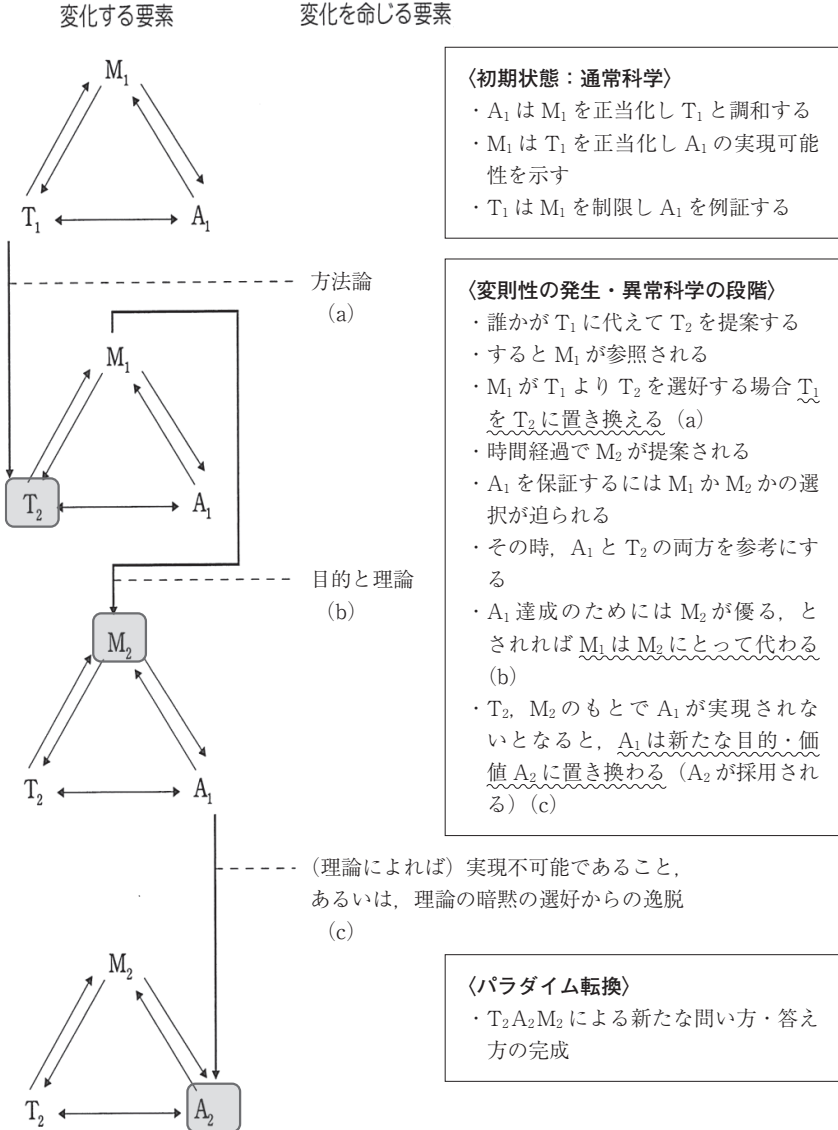


図5 同一研究領域内での理論変化

(Laudan, 1984 小草・戸田山訳 p.116 図4を田中が改変)

くと、通常科学の状態から、変則性・不都合が発見・確認され、さまざまな方法や理論、その背景の価値観が変化していくありさまを詳細に確認していくことができる。方法、目的、理論は避けがたく緊密な関連性を持っているのである。

Medin らは、科学・科学研究者の在り方として、当事者性を脇に置き客観性や価値からは中立ないわゆる「純粹科学」を標榜するか、さまざまな実践が行われている多元的コミュニティのなかでの科学のありようを見ていくかの問いかけを、“Who’s Asking?” という簡潔なタイトルの書籍で投げかけている。その後、科学と価値観の問題、それが反映された諸研究、科学者自身の属性・文化が反映された研究の重要さが多くの章で紹介されている。

これらを Laudan のモデルを通して詳細にみていくと、一見多領域で散逸していると思われる諸研究において、どんな目的や価値観、理論、方法が探索され、どのように結びつき、どのようにして新たな研究パラダイムの構築に向かっているのか、ということがみえてくる。こうして限定合理性や探索の概念と併せてみていくと、そうした方法論的検討によって新しい科学研究の姿がみえてくる。

文 献

- Bazerman, M. H., & Moore, D. A. (2009). *Judgement in Managerial Decision Making*. John Wiley & Sons. (長瀬勝彦訳 行動意思決定論—バイアスの罠— 白桃書房 2011)
- Bruner, J. S. (1951). Personality dynamics and the process of perceiving. In Blace, R. R., & Ramsey, G. V. (Eds) *Perception: An Approach to personality*. Ronald Press Company. 121-147.
- Bruner, J. S., & Postman, L. (1949). On the perception of incongruity: A paradigm. *Journal of Personality*, **18**, 206-223.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of Discovery*. Cambridge University Press. (村上陽一郎訳 科学理論はいかにして生まれるか—事実から原理へ— 講談社 1971)
- Hempel, C. (1966). *Philosophy of natural science*. Prentice-Hall.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago Univ. Press. (中山茂訳 科学革命の構造 みすず書房 1971)

- Laudan, L. (1984). *Science and Values: The aim of Science and Their Role in Scientific Debate*. University of California Press. (小草泰・戸田山和久訳 科学と価値：相対主義と实在論を論駁する 勁草書房 2009)
- Medin, D. L. & Bang, M. (2014). *Who's Asking?: Native Science, Western Science, and Science Education*. MIT Press. (山田嘉徳訳 その問いは誰のものか—先住民の科学・西洋科学・科学教育— ナカニシヤ出版 2021)
- Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, **63**, 81-97.
- 村上陽一郎 (1984). パラダイム論の齎したもの 中山茂編著 パラダイム再考 ミネルヴァ書房 Pp.46-61.
- 中山 茂 (1984). パラダイム論の展開 中山茂編著 パラダイム再考 ミネルヴァ書房 Pp.2-25.
- Popper, K. (1959). *The logic of Scientific Discovery*. Hutchinson. (大内義一・森 博訳 科学的発見の論理 (上) (下) 恒星社厚生閣 1971; 1972)
- Postman, L. (1951). Toward a general theory of cognition. In J. H. Roher & M. Sherif (Eds.) *Social Psychology at the Crossroads*. Harper & Brothers, 242-272.
- Simon, H. A. (1979). Rational Decision Making in business Organizations. *The American Economic Review*, **69**, 493-513. (稲葉元吉訳 企業組織における合理的意思決定 システムの科学第3版 パーソナルメディア株式会社 1987 Pp.257-305 所収)
- Simon, H. A. (1996). *The Science of Artificial, Third Edition*, MIT Press. (稲葉元吉・吉原英樹訳 システムの科学第3版 パーソナルメディア株式会社 1987)
- Sutherland, S. (1992). *Irrationality*. Pinter & Martin. (伊藤和子・杉浦茂樹訳 不合理：誰もがまぬがれない思考の罠100 阪急コミュニケーションズ)
- Tanaka, T. (1984). A comparison of information-searching activities before and after hypothesis formation. *Japanese Psychological Research*, **26**, 50-55.
- 田中俊也 (2004). 思考の発達についての総合的研究 関西大学出版部
- 田中俊也・北野朋子 (2010). サイモンの「限定合理性」の持つ意味と意義 文学部心理学論集, **4**, 7-18.
- 田中俊也 (2012). 情と理のはざままで (1) —認知活動の両義性— 文学部心理学論集, **7**, 1-11.
- 田中俊也 (2018). 情と理のはざままで (2) —レベル2とレベル3の認知・知識— 文学論集, **68**, 121-137.