

Title

## 科学理論が持つ潜在力としての「余白」

ラリー・ローダンが述べる科学の合理的進歩をグラフ化する

Name

多久和理実

### 科学哲学読書会がローダンに出会うまで

2020年度後期に、東京工業大学哲学研究会のメンバーと一緒に、全21回にわたってラリー・ローダン著『科学は合理的に進歩する』（邦訳1986, 原著1977）を読んだ。哲学研究会はリベラルアーツ研究教育院が公認している学生プロジェクトの組織で、内部に複数のグループが並存して読書会を開催している。哲学研究会の内部のグループのうちの1つが、筆者が世話をしている科学哲学読書会である。このグループでは、2019年度前期にトーマス・クーン著『科学革命の構造』（邦訳1971, 原著1962）、2019年度後期にカール・ポパー著『科学的発見の論理』（邦訳1971-72, 原著1959）、2020年度前期にイムレ・ラカトシュ著『方法の擁護』（邦訳1986, 原著1978）を読み、4冊目の本としてローダンの著作を取り上げた。

科学哲学読書会は、参加メンバーの中に筆者を含めて科学哲学の専門家がないという特徴がある。参加者は、科学あるいは工学の一分野を専門にしている東工大の学部生、科学史あるいは技術史を専門にしている東工大の大学院生、心の哲学などの周辺の領域を専門にしている他大学の大学院生、が主な構成だった。そのため、あまり学説の細部の比較にはこだわらない方針にした。毎週著作の中の短い範囲を読んで、著者の説明に各自が「納得するか／しないか」、著者が描く科学の姿は各自が元々持っていた科学のイメージと「一致するか／しないか」などを、自由に議論する場として開催していた。

4冊目にローダンの著作を取り上げたのは、読書会の自然な流れだった。クーン、ポパー、ラカトシュの著作を読み進める中で、メンバーそれぞれが説明に「納得しないこと」、科学のイメージとして「不十分なこと」を挙げていった。その結果として、皆の疑問を解消するには、クーンやラカトシュの路線を継承しながら極端な部分を修正したと評価されている、ローダンの研究伝統 (Research Tradition) 論を参照せざるを得なくなった。

読書会の中では、できるだけ著作の内容を図式化してみるよう努力した。図形や数式に書き換えてみることで、著者の記述をメンバーがどのように受け取ったのかが明確になる。すると、先に述べた「説明に納得するかどうか」の問題や、「科学のイメージが一致するかどうか」の問題を、一緒に議論するための下地ができる。その前段階として、メンバー同士で記述の解釈が「一致するか／しないか」を確認することもできる。図式化の作業は、特に『科学は

合理的に進歩する』のように図式が一切与えられない作品を読む際に、思考整理のプロセスとして役立った。よって、対面開催していた時期には、毎週の読書会でホワイトボードが図や式で埋め尽くされた。感染症対策でオンライン開催に切り替えた後も、パソコンの共有画面に書き込んだり、紙に手描きしてカメラで投影したりと、文章を図式に書き換えて共有する習慣が続いた。この活動は、本の余白に書き込むという昔ながらの作業を、ホワイトボードやパソコン画面という文明の利器を使って、見やすいサイズに拡大しながら素早く共有していたとも言えるだろう。

今号の特集テーマは「余白」である。そのため、ローダンが描く科学の姿を、読書会メンバーと一緒に本の余白でどのように図式化しながら読んだのか紹介していく。ただし、実際を上書きを繰り返した図式をそのまま貼ると見づらいので、単純な形に清書した図式のみを掲載する。

## 科学の進歩をどのようにグラフ化するか

最初に、ローダンの研究伝統論とは異なる科学の姿として、クーンのパラダイム論に従って科学の進歩をグラフ化した例を紹介する。クーン自身は、『科学革命の構造』の中では科学の進歩の姿をグラフで与えてはいない。図1のように、科学の進歩を断絶しながら上昇する曲線として描いたのは、クーンの友人であり、日本にパラダイム論を広めた中山茂だった。中山のグラフでは、縦軸に「進歩」と書かれている。ただし、この「進歩」はパラダイム論によって定義される限定的な進歩なので、注意が必要となる。中山は、パラダイムの中から見て、そのパラダイムに基づいて新しい問題を解決していくことを進歩と呼んでいる。よって、グラフの左側の理論（パラダイム） $\alpha$ と右側の理論（パラダイム） $\beta$ では見ている進歩が異なるので、縦軸を相対的に比較できない。比較可能になるように、「理論が解決する経験的問題」の量を縦軸に取ろう。すると、図1は、おおよそ図2に書き換えできる。

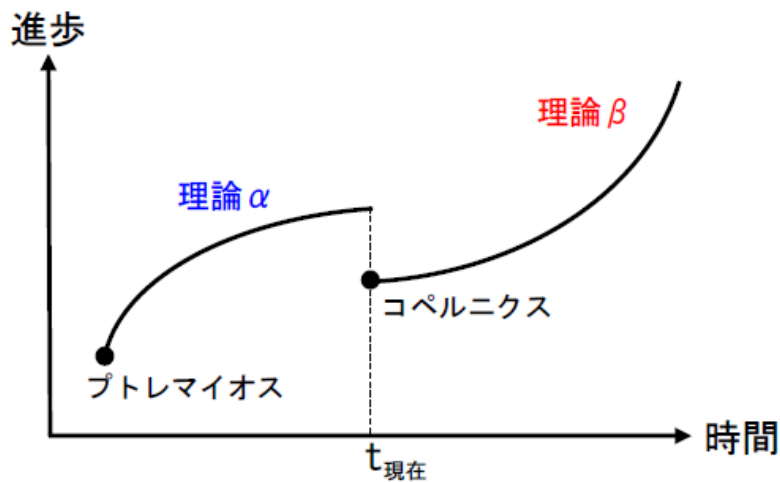


図1. 中山茂による対立するパラダイム $\alpha$ とパラダイム $\beta$ の進歩の断絶<sup>1</sup>

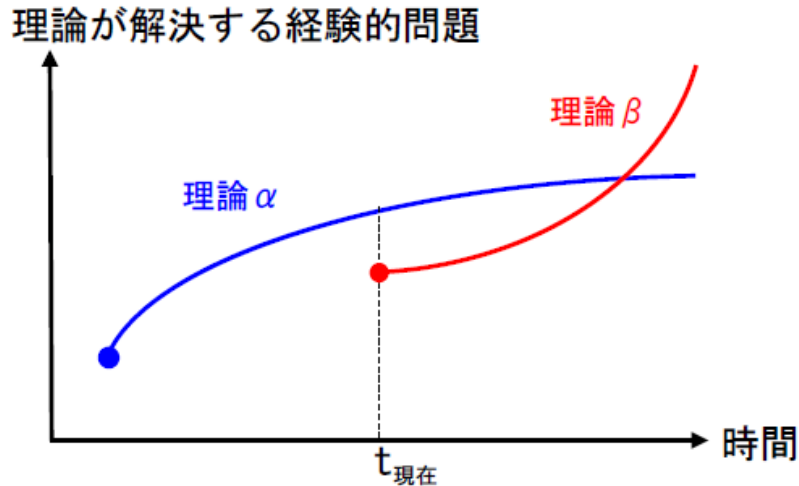


図 2. 対立する理論  $\alpha$  と理論  $\beta$  がもたらす経験的内容の量の比較

クーンのパラダイム論をはじめとした科学哲学の多くの学説は、「理論がもたらす経験的内容が増大すること」を、科学の進歩 (progress) あるいは成長 (growth) と呼んでいる。もちろん、個々の学説には相違点がある。ポパーの反証主義の場合、経験的内容が増大するのは潜在的な反証者の数が大きい時である。ラカトシュの研究プログラム論の場合、経験的内容の増大だけでなく、前進的な問題移動が必要とされる。規範となる科学理論およびその周辺領域の呼び名についても、パラダイムだったり、研究プログラムだったり、研究伝統だったり様々である。あまり個々の違いは気にせず、以下では単純に理論という言葉で代表させる。

図 2 において、理論  $\alpha$  と理論  $\beta$  が対立している  $t_{\text{現在}}$  の時点で考えると、もしも経験的内容の増大だけで進歩が説明されるとすれば、古くからある理論  $\alpha$  のほうが新しい理論  $\beta$  よりも進んでいることになる。一步で、科学の探究を考えると、なぜある学者は理論  $\alpha$  (古いパラダイム) に固執し、別の学者は理論  $\beta$  (新しいパラダイム) に乗り換えたのか、理由を説明できない。クーンの言葉を借りれば、パラダイム  $\alpha$  からパラダイム  $\beta$  への転換は理性的に説明できない、「改宗」のような問題である。証明も変則例の蓄積も問題にならないし、外部から強制されない。パラダイム  $\alpha$  に固執する最後の抵抗が死に絶えて、すべての専門家がパラダイム  $\beta$  の下で仕事を始めるまでの間、改宗を受ける人はごくわずかにとどまるという<sup>2</sup>。

ローダンが理論 (研究伝統) の進歩についてどのように説明しているか、『科学は合理的に進歩する』の第 1 部「科学的進歩のモデル」の記述を具体的に紹介しよう。ローダンは、第 2 章「概念的問題」の末尾において理論の評価尺度を定義している。

理論の全体的な問題解決の効率 (effectiveness) は、理論が解決する経験的問題の数と重要度を評価し、そこから理論が生み出す変則的問題および概念的問題の数と重要度を差し引くことによって決定される。

[略] もし何らかの領域の科学理論の継起が問題解決の効率の度合い (degree) の増加を示すならば、その場合のみ進歩は起こり得る。進歩の考えを長い時間幅ではなく特定の状況にむしろ置いて言うならば、ある理論を改良したり、別の理論でその理論を置き換えたりする時にはいつでも、その変更の後の理論が以前のものよりも (今定義した意味で) より効率の良い問題解決者となるならば、その場合のみ、その変更は進歩的となると言うことができる<sup>3</sup>。

ローダンは科学の目的が問題解決であると仮定して、理論の評価尺度を上記のように説明した。理論 $\alpha$ を、より多くの経験的問題を解決する理論 $\beta$ で置き換えることは進歩である。変則例を取り除いたり、概念的問題のいくつかを解明するように理論を修正したりした結果からも進歩が生じる。関係ある全ての要素が少しずつ向上した結果として進歩が生じることもある。

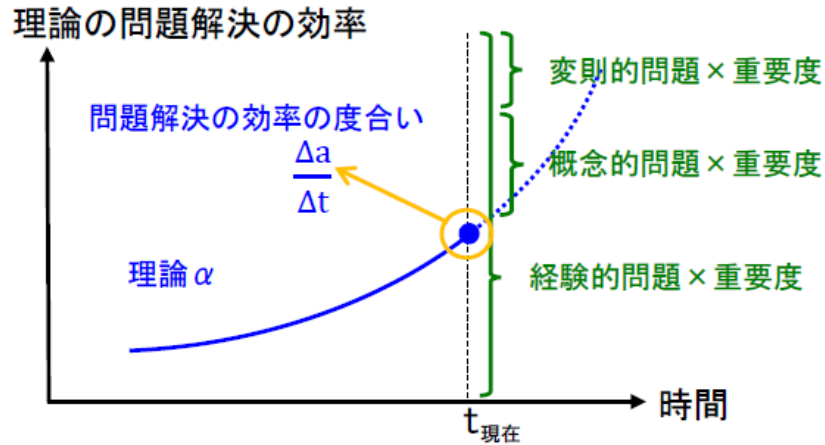


図3. 理論 $\alpha$ の問題解決の効率

ローダンの記述に従って無理やりグラフ化したものが図3である。縦軸は、その時点で理論が解決する経験的問題の量を、同じ時点で科学が対象にし得る問題の量（経験的問題×重要度、変則的問題×重要度、概念的問題×重要度）で正規化したものだと考えて欲しい。特定の状況における短い時間幅を $\Delta t$ 、理論 $\alpha$ の問題解決の効率を $a$ と表すことにすると、現在の時点の理論 $\alpha$ の問題解決の効率の度合いは次のように書ける。

理論 $\alpha$ の問題解決の効率の度合い

$$= \frac{\Delta a_{\text{現在}}}{\Delta t_{\text{現在}}}$$

[式1]

縦軸を無理やり正規化したことによって、図4のように、研究伝統A（理論 $\alpha$ の系）の問題解決の効率Aと、研究伝統B（理論 $\beta$ の系）の問題解決の効率Bを、相対的に比較することが可能になる。

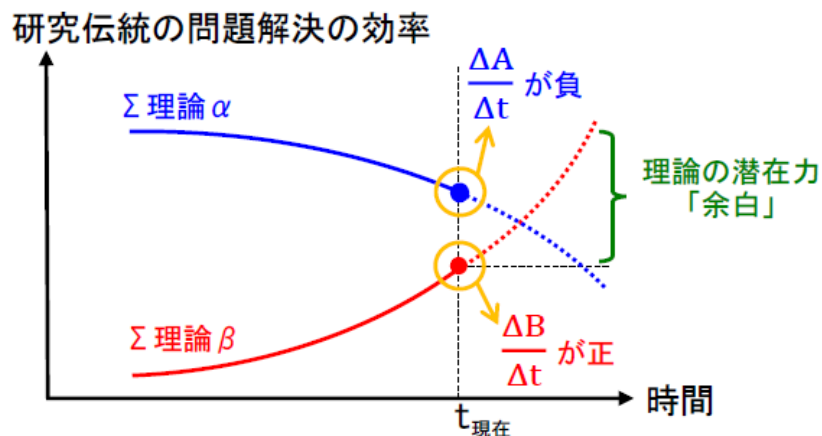


図4. 研究伝統Aと研究伝統Bの問題解決の効率の比較

ローダンは理論の問題解決の効率を、より規模の大きい理論系（研究伝統）の即時的な妥当性と読み替えて、付随的な尺度を与えている。

- (1) 研究伝統の全体的進歩——これはその研究伝統を構成する、理論の最も古い組み合わせと最も新しい組み合わせの、それぞれの妥当性 (adequacy) を比較することにより決定される。
- (2) 研究伝統の進歩の速度——ここでは、一定の時間幅における研究伝統の即時的な妥当性の変化が確認される<sup>4</sup>。

よって、図4におけるグラフの傾き（瞬間的な変化）が進歩の速度に相当すると考えられる。ローダンが注意を加えているように、理論系（研究伝統）の全体の進歩と、それを構成する個々の理論の進歩は食い違う場合がある。ある時点において、特定の理論の妥当性が大きいとしても、理論系（研究伝統）全体では進歩を示さない、あるいは負の進歩の速度を示すこともある。妥当性は、先に述べた効率を拡張したものであるから、理論 $\alpha$ の妥当性を $a$ と表すことにすると、おおまかに次のように書き換えられる。

理論 $\alpha$ の妥当性の変化

- = 理論 $\alpha$ の進歩の速度
- = 理論 $\alpha$ の問題解決の効率の度合い

$$= \frac{\Delta a_{\text{現在}}}{\Delta t_{\text{現在}}}$$

[式2]

研究伝統A

- 理論 $\alpha_1$  + 理論 $\alpha_2$  … + 理論 $\alpha_n$
- =  $\Sigma$  理論 $\alpha$

[式3]

研究伝統Aの妥当性

- = 研究伝統Aの進歩の速度
- =  $\Sigma$  理論 $\alpha$ の問題解決の効率の度合い

$$= \Sigma \frac{\Delta a_{\text{現在}}}{\Delta t_{\text{現在}}}$$

$$= \frac{\Delta A_{\text{現在}}}{\Delta t_{\text{現在}}}$$

[式4]

上記の式は、正確に等号で繋がるという意味ではなく、等号の前後の式に書き換えながら解釈すると便利であるために導入している。

ローダンは、科学理論およびその集まりである研究伝統について、合理的な受容と合理的な探究を文脈ごとに区別している。第3章「理論から研究伝統へ」のうち「研究伝統の評価」の節の内容を簡潔にまとめると、次のようになる。

合理的な受容——その時点で、問題解決の妥当性が大きい理論（または研究伝統）を選択して受容する。

合理的な探究——その時点で、大きい進歩の速度を持つ理論（または研究伝統）を選択して探究する<sup>5</sup>。

よって、ある時点において、経験的内容の量（解決する経験的問題の量）が大きい理論を選択して受容することも、経験的内容が小さいけれども大きい進歩の速度（グラフの傾き）を持つ理論を選択して探究することも、どちらも合理的な判断なのである。

クーンをはじめとしたローダン以前の科学哲学の学説では、多くの場合、科学活動それ自体が合理的な営みであることを前提としてきた。しかし、規範となる科学理論の未来における潜在力については、後知恵でしか示すことができなかった。もちろん、その時点の経験的内容の大小ではなく、予言あるいは発見の能力が高い理論を規範として選択する可能性があることは指摘されている。ただし、なぜ科学者個人が探究においてそのような選択をしたのかについては、科学史上の事例を用いて後知恵で説明されてきた。一方で、ローダンの学説は、科学活動の合理性を「より進歩的な理論を選択することにある」と説明した点に新しさがある。

## 科学理論の未来における潜在力としての余白

本稿でここまで紹介してきた議論は、本文の記述から離れた、単なる言葉遊び、あるいは絵描き遊びに見えるかもしれない。今回挙げた図式は、読書会で本文を読み進める中で、その時々でメンバーと共有した、いわば本の余白に書き込んだ思考の途中経過である。よって、本文の別の個所の記述と合致しなかったり、不正確な飛躍が含まれていたりする。しかし、大雑把な図式化にも意味がある。なぜなら、我々は科学理論が持っている「余白」、つまり、科学理論の未来における潜在力を、視覚的に捉えることができないからである。だからこそ、図4のように、現在見えているものの補集合として、科学理論の余白を浮き上がらせる必要がある。例えば、「科学における問題の量」という周縁の線や、「解決済みの経験的問題とそれ以外（概念的・変則的問題）」という境界線を、仮にでも引いてみると、補集合である理論の余白、つまり未来の科学者たちに委ねられた理論の潜在力の存在は、はっきりと眼に見えてこない。

最後に、ローダンの学説をさらに拡大解釈して、特集テーマである「余白」という言葉で書き換えて文章を締めよう。合理的な探究の文脈において、科学者は進歩の速度（グラフの傾き）が大きい理論を選択して、自ら研究することで進歩（グラフの高さ）を増大させようと試みる。これは、余白が大きい理論を選択して、自ら余白を変化させようとする営みだとも言い換えられるだろう。科学者は、個人ごとに進歩の速度が大きいと判断した理論を選択する。つまり、個人の現在の視点から余白の潜在力が大きく見える理論を選択していると言える。

今回紹介した、ローダンの研究伝統論を拡大解釈して「余白」という言葉で説明し直された科学の姿は、あなたが元々持っていた科学のイメージと一致するだろうか。



- <sup>1</sup> グラフのうち黒字部分は中山茂による。カラー部分は筆者が書き加えた。中山, 1974, p.39. Nakayama, 1984, p.25.
- <sup>2</sup> Kuhn, 1962, pp.150-151. クーン, 1971, pp.171-172. 読書会では邦訳と原著を並行して参照していたため、筆者の基準で訳語や表現を統一した。以下の引用文についても同様。
- <sup>3</sup> Laudan, 1977, p.68. ローダン, 1986, pp.92-93.
- <sup>4</sup> Laudan, 1977, p.107. ローダン, 1986, p.142.
- <sup>5</sup> Laudan, 1977, pp.108-114. ローダン, 1986, pp.140-150.

## 参考文献 和文

- クーン, トーマス (1971) 『科学革命の構造』中山茂訳, みすず書房
- 中山茂 (1974) 『歴史としての学問』中公叢書
- ポパー, カール・R. (1971) 『科学的発見の論理 上』大内義一, 森博訳, 恒星社厚生閣
- ポパー, カール・R. (1972) 『科学的発見の論理 下』大内義一, 森博訳, 恒星社厚生閣
- ラカトシュ, イムレ (1986) 『方法の擁護 科学的研究プログラムの方法論』村上陽一郎, 井山弘幸, 小林傳司, 横山輝雄共訳, 新曜社
- ローダン, L. (1986) 『科学は合理的に進歩する 脱パラダイム論に向けて』村上陽一郎, 井山弘幸共訳, サイエンス社

## 参考文献 欧文

- Kuhn, Thomas S. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press.
- Lakatos, Imre (1978) *The Methodology of Scientific Research Programmes*, Cambridge University Press.
- Laudan, Larry (1977) *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth*, University of California Press.
- Nakayama, Shigeru (1984) *Academic and Scientific Traditions in China, Japan, and the West*, translated by Jerry Dusenbury, University of Tokyo Press.
- Popper, Karl R. (1959) *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson.