

1 [わかみず会 (12.5.23/6.6) ]

2 科学哲学入門

3 —「理系人に役立つ科学哲学」を読む  
4 (森田邦久、化学同人、2010)

5 峰尾 欽二

6 もくじ

7 I部 科学の基礎を哲学する

8 1章 科学と推論—科学で使う推論は問題だらけ？

9 2章 科学の条件—科学と非科学とはどう分けられるのか？

10 3章 科学と反証—科学理論は反証できない？

11 4章 科学の発展—どんな科学理論が生き残るのか？

12 5章 科学と実在—原子って本当にあるの？

13 II部 科学で使われる概念を見直す

14 6章 説明とは何か—説明を説明するのは難しい？

15 7章 原因とは何か—本当の原因はなに？

16 8章 法則とは何か—法則はなぜ法則なのか？

17 9章 確率とは何か—確率は主観的なものか客観的なものか？

18 III部 現代科学がかかえる哲学的問題を知る

19 10章 量子力学の哲学—マイクロな世界は非常識？

20 11章 生物学の哲学—進化論は科学か？

21

22 はじめに

23 ・哲学が役に立つ？

24 科学哲学は、いってみれば、科学者たちが現場で無意識に練り上げてきた方法論や概念  
25 を言語化していく試みのようなものである。20世紀初めに活躍した論理実証主義者たちは、  
26 科学にいわば先だって「科学はこうあるべき」という議論をしていたが、いまではむしろ  
27 「科学ってこうだよ」 という記述的な議論が多い。しかし、すでに科学者たちがやって  
28 いることをなぞるだけなら役に立たないのではないか、と思われるかもしれない。…すでに  
29 に科学者たちが用いている方法や概念を明確化することは、よりすぐれた研究を行って  
30 くために役に立つだろう。本書では、科学哲学の議論を紹介しながら、「それらの議論は  
31 科学の実践にこのように役に立つのではないか」ということを考えていきたい。

32

33 I部 科学の基礎を哲学する

34 1章 科学と推論—科学で使う推論は問題だらけ？

1 一般に、推論には「演繹」と「帰納」（枚挙的帰納法）があるとされるが、科学哲学に  
2 おいて重要な推論としてさらに、「アブダクション」（最善の説明への推論）や「アナロ  
3 ジー」、そして「仮説演繹法」とよばれる推論もある。（これらの推論のうち、論理的に  
4 妥当な推論は、演繹的推論のみである）。

5 実際の研究において推論をするとき、いま自分が行っている推論がどの種類の推論なの  
6 か、そしてその推論にはどのような問題点があるのかをよく認識しておくことは、誤った  
7 結論に陥らないためにも、自分の得た結論を説得力のあるものにするためにも重要であろ  
8 う。

9 データ→<推論>→理論

10 予測←<推論>←理論

11  
12 論理的には問題のない推論だが・・・、

13 ・演繹的推論（Deduction Reasoning）

14 [P1] G は F である

15 [P2] X は G である

16 [C] ゆえに、X は F である

17 （実線は、前提から結論への演繹的推論を示す）

18 もし前提がただしいならば、必ず結論も正しい。

19 結論が間違っていれば必ず前提のいずれかが間違っている。しかし、結論が正しいから  
20 といって前提も正しいとは限らない。

21 演繹的推論によってわれわれの知識が増えることはない。

22  
23 論理的には妥当でないが有用な推論①

24 ・枚挙的帰納法

25 いくつかのすでに観測された事例からまだ観測されていない事例や普遍的法則を導く推  
26 論である。われわれが枚挙的帰納法による推論を行う場合、自然界で起こる現象には規則  
27 性がある、ということを前提にしている。つまり、例えば、

28 [P1] 物体 A も物体 B も物体 C も外力がなければその運動状態を保持する

29 [P2] 自然界で起こる現象には規則性がある（「自然の一様性原理」）

30 [C] ゆえに、すべての物体は外力がなければその運動状態を保持する

31 （点線は、非演繹的推論を示す）

32 ヒュームによれば、自然の一様性原理自体が枚挙的帰納法によって導き出された原理だ  
33 から、枚挙的帰納法によって得られた結論を使って枚挙的帰納法を擁護しようとしている  
34 として批判（「ヒュームの帰納法の難問」）した。

35 枚挙的帰納法は、論理的には問題のある推論であるが、しかし、枚挙的帰納法を使わな  
36 いで科学をやれといわれても、現実的には不可能である。

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35

論理的には妥当でないが有用な推論②

・アブダクション（最善の説明への推論）

[P1] ゴミ置き場のゴミ袋が破れて中身が散らかっている

[P2] ゴミ置き場のまわりにカラスがうろついている

[P3] カラスはゴミをあさるものである

[C] ゆえに、ゴミをあさったのはカラスである

これは推論として正しそうな感じがする（もちろん、まちがっている可能性はある）。この推論の特徴は、例えば「前提が正しいとして、結論のような現象が起きるのはなぜか」というような「説明」を与えてくれるところにある。このような推論を「アブダクション」（もしくは、「最善の説明への推論」）という。要するに、手持ちの法則（規則）と組み合わせればうまく観測事実が導き出せるような説明項を推論することである。

科学の仕事には、実験事実や観測事実を整理して、何らかの法則を見いだすような仕事がある。そこでは枚挙的帰納法が用いられる。また、そのようにして得られた法則をもとに、さらにその法則を根拠づけるような原理や基本法則、そして直接的には観測不可能な対象や実体を導き出すような仕事がある。そこではアブダクションが用いられる。また、ある現象の原因を導くのにアブダクションが用いられる。

アブダクションの事例：

[P1] この鉄は膨張した。（そして鉄は金属である）

[P2] すべての金属は熱したら膨張する。

[C2] この鉄が膨張したのは、熱せられたからである。

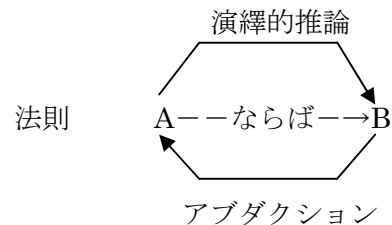
原因を導き出している。（しかし、鉄は熱する以外の方法で膨張するかもしれない。）

以下は（演繹的）推論例：

[P1] すべての金属は熱したら膨張する。

[P2] この鉄を熱した。（そして鉄は金属である）

[C] この鉄が膨張する。



アブダクションが与えた説明が「最善の説明」かどうかという基準のひとつには「単純性」というものがある。科学においていくつも競合する理論がある場合、もっとも単純で

1 適用範囲が広いものが選ばれる傾向がある。例：プトレマイオスの天動説対コペルニクス  
2 の地動説（当初は、観測事実と一致するからというより、単純性によって選ばれた）

3  
4 論理的には妥当でないが有用な推論③

5 ・アナロジー

6 ある対象の性質を、それと似た対象の性質から推論する。

7 [P1] 重力は遠隔作用（に見えるような力）であり、その強さが力の働く二体間  
8 の距離の自乗に反比例する

9 [P2] 電磁力も遠隔作用（に見えるような力）である。

10 [C] 電磁力も、その強さが力の働く二体間の距離の自乗に反比例する。

11 チャールズ・ダーウィンは、人為的な選択による品種改良から、自然選択により生物は  
12 進化すると考えたが、これもアナロジー的推論の一種である。

13  
14 もっと実際の研究に近い推論

15 ・仮説演繹法

16 推論の「組み合わせ」に近いもの

17 まず、観察事例から、帰納的推論によって仮説を立てる。その後、そこから演繹的に、  
18 いままで観察されていない事象を「予測」し、検証する。

19 [P1] カラスの太郎は黒い

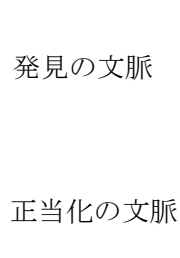
20 [P2] カラスの次郎は黒い

21 [H] すべてのカラスは黒い

22 [P3] 四郎はカラスである

23 [Pr] 四郎は黒いだろう

24 [V] 実際に四郎を観察したら黒かった



25  
26 第2章 科学の条件—科学と非科学はどう分けられるのか？

27 「線引き問題」（Demarcation problem, 境界設定問題、境界画定問題）

28 「何をもって科学的というか」という議論に検証可能性主義、確証可能性主義、反証可能  
29 性主義を取り上げてみる。

30 ・検証可能性基準—正しいと証明できる可能性があれば科学？

31 論理実証主義者たちが提唱した。

32 意味のある命題（科学的な命題）は経験によって正しいことが証明できる可能性がなけ  
33 ればならない。

34 科学的でない命題：「死んだら地獄へ行く」

35 科学的命題：「カラスは黒い」

36 検証可能性基準の問題点

1 全称命題が原理的に検証不可能ならば（「すべてのカラスが黒い」といえるか）、ほとん  
2 どの科学法則は科学的ではないというおかしなことになってしまう。それゆえ、この検証  
3 可能性基準は科学と非科学を分ける基準とはなりえない。

4  
5 ・ 確証可能性基準—確からしさが十分ならば科学？

6 ルドルフ・カルナップ（論理実証主義者）が提唱  
7 意味のある命題（科学的な命題）は経験によって確からしさが増す可能性がなければな  
8 らない

9  
10 ・ 反証可能性基準—まちがう可能性があるからこそ科学？

11 カール・ポパーが提唱した。  
12 科学的な命題は経験によってまちがっていることが証明される可能性がなければなら  
13 ない。

14 反証可能性基準は、（これまで主張してきたような）問題をはらむ帰納的推論ではなく  
15 論理的に問題のない演繹的推論を重視した点がある。…科学的推論から問題のある帰納的  
16 推論を廃して演繹的推論だけでやっつけようとするのを、「演繹主義」といい、反証可  
17 能性基準には、たんに「科学と非科学を分ける」というだけでなく、演繹によって科学的  
18 知識を正当化する目的もあったのである。

19 ポパーによると、反証された仮説は捨て去られなければならないが、それに代わる新し  
20 い仮説は、捨てられた仮説よりも反証可能性が大きくなければならない。仮説から導き出  
21 されるテスト命題の数が増大しないような仮説の変更は「アド・ホックな修正」として退  
22 けられる。

23 例：

24 化石はノアの洪水で一斉にできたものだ  
25 化石のできた年代を具体的に測定する手段があるから、この主張は反証可能だ。それによ  
26 って化石が別々の時代にできたことが判明したとしても

27 神は、あたかもさまざまな時代に化石ができたかのようにつくった  
28 という仮説を付け加えればこの問題は解決できる。この仮説は先の仮説を守るためだけの  
29 仮説で、これによって新たな予測ができるわけではない（反証可能性は増大しない）。

30 例：天王星の運動は、太陽と既知の惑星からの重力だけでは説明できなかった。これは  
31 ニュートン力学の反証事例と見なすこともできた。しかし、天王星の軌道の外に別の惑星  
32 があると仮定すれば、天王星の運動が説明できる。別の惑星を仮定することは、「その予  
33 測軌道に惑星が発見できる」という新たな反証可能なテスト命題を生み出すわけであるか  
34 らポパーの要求を満たすわけである。実際に新たな惑星（海王星）が発見されなくてもか  
35 まわらない。重要な点は、「新たな反証可能性命題を生み出す修正」であることである。

1 ポパーは、科学は、提案された仮説を反証する努力と、反証された仮説を捨て去り、よ  
2 り豊かな内容をもった新しい仮説を作り出す努力によりすすめられる、と主張した。

3 いくら反証可能な理論であっても、それを反証するような実験・観測結果が出たときに  
4 それを捨て去らないか、アド・ホックな修正しもしないならば、科学ではないということ  
5 である。

6  
7 反証可能性基準にも問題点がある

8 批判—その 1

9 ある科学的命題  $H$ （「すべてのカラスは黒い」）を否定する命題  $F$ （「あのカラスは白  
10 い」）もまた科学的命題でなければならないから、やはり反証可能性がなければならない。  
11  $F$  はまちがっている可能性がある（絶対に正しいとはいえない）のだから、 $F$  によって  $H$   
12 を完全に反証することはできないことになり、 $H$  はじつは（反証できないのだから）科学  
13 的命題ではないということになる。つまり、経験による反証可能な命題など存在しないこ  
14 とになってしまう。この問題を解決するために、ポパーは、常識的判断（「あのカラスは  
15 だれが見てもカラスだ」）を受け入れるように提案する（基礎言明という）。

16 批判—その 2

17 命題  $H$  に対する否定、「すべてのカラスが黒いわけではない＝ある黒くないカラスが存  
18 在する」は反証不可能である。すべてのカラスを調べることはできないから。つまり、科  
19 学的命題ではないことになる。つまり、反証可能な命題の否定命題が反証不可能（科学的  
20 ではない）というのはおかしいのではないか、というわけ。

21 批判—その 3

22 逆に、反証可能ではない命題がその否定は反証可能になることがある。

23 「神は存在する」

24 は反証不可能であるが、その否定「神は存在しない」は反証可能である。なぜなら、神が  
25 見つければ、この命題はまちがっていることになるからだ。

26 批判—その 4

27 命題  $P$ 「すべてのカラスは黒い」、命題  $Q$ 「死んだ人は地獄に行く」の連言、  
28 新しい命題「 $P$ 、かつ、 $Q$ 」は、「すべてのカラスは黒い」まちがっていれば、間違いにな  
29 る。つまり、反証可能であり、科学的な命題であるということになる

30  
31 第 3 章 科学と反証—科学理論は反証できない？

32 我々の知識や信念の全体は相互につながりあった一つの構造体である。（クワインの全  
33 体論）

34 科学理論はいくつかの命題から成り立っていて、しかもそれらは互いに関連しあってい  
35 る。そして、その集合の一部分のみが直接的に経験と接している。つまり、実験や観測で  
36 直接的に確かめられるテスト可能な命題だという。

1 科学理論＝中心命題＋補助命題たち

2 例：ニュートン力学と天王星の運動に対する補助命題（海王星の存在仮説）

3 クワインによると、われわれには「体系全体をできるだけ乱すまいとする自然な傾向」  
4 があるので、なるべく中心命題から離れた補助命題を修正することで反証を切り抜けよう  
5 とする。上の例では、ニュートンの運動法則を修正するのではなく、新たな補助命題を追  
6 加することで反証を逃れた。

7

8 理論が先か、観察が先かという問題

9 従来、理論と実験・観察は独立していると仮定してきた。しかし、ノーウッド・R・ハン  
10 ソンは、理論と観察は必ずしも独立ではないと主張した。

11 「見る」という行為は、たんに物質に反射した光が網膜に到達するという以上のことで  
12 ある。つまり、われわれは網膜上の像を「解釈」している。

13 何を観察するか、また、観察された結果をどう解釈するかは、何らかの理論に依存して  
14 いる。（観察の理論負荷性）

15 例：理論負荷性の存在は、ある意味で「見ているはずなのに見ていない」ことがあるこ  
16 とをも意味する。天王星は「発見」されるまでに、すでに何回かそれらしき天体が観測さ  
17 れた記録がある。しかし、それを惑星として予測して観測しなかったために惑星として認  
18 知されなかったのである。

19 また、同じ実験結果を見ても、理論 A の予測が反証されたと考える人もいるし、検証さ  
20 れたと考える人もいる。

21 さらに、「観察の理論負荷性」には次のような意味もある。たとえ、提示された観察デ  
22 ータが理論に反することは認めたとしても、その観測データが得られた過程を疑うことも  
23 できる。

24 実験・観察機器の発展によって、実験・観測データが変わる。

25 観察者の技術に問題がある可能性がある。

26 「理論負荷性」は悪いことばかりではなく、適切な予測によって新しい発見をもたらす  
27 こともありうることになる。「見ているはずなのに見ていない」ことがあるということは、  
28 逆に、これまで他の人が見逃していたことから新しい発見をもたらす可能性があるという  
29 ことである。例：ワシントン湖でのイトヨ魚の観察から進化の実例発見。

30 「全体論」や「理論負荷性」は理論選択を難しいものになっているのではないだろうか。

31

32 第4章 科学の発展—どんな科学理論が生き残るのか

33 トーマス・クーンのパラダイム論（\*省略）

34 共役不可能性（パラダイム間を比較するための共通の尺度の不在）

35

36 どうすれば理論の優劣を決められるか

1 ・イムレ・ラカトシュの「研究プログラム説」 (\*Science Wars (前回の報告) では飛  
2 ばした)

3 研究プログラムの定義：研究プログラムは「堅い核」とよばれる命題を中心として構成さ  
4 れる命題群であり、この堅い核は、補助仮説のつくる「防御帯」によって、どのようなこ  
5 とがあっても反証から保護される。

6

7 「前進的プログラム」(新しい事実を予測できる)、「退行的プログラム」(前進的でな  
8 い疑似科学的研究)

9 ニュートン・プログラムは20世紀初期にはすでに前進的なプログラムではなくなってい  
10 きた。一方で、それに代わる相対論プログラムや量子力学プログラムは新たな予測を次々と  
11 行い、成功させてきた。

12 どのプログラムを選ぶべきかは、「どちらのプログラムがより真であるか」ではなく、  
13 いわば「どちらのプログラムにより発展性があるか」といった観点から、比較決定される  
14 ことになる。このため、共役不可能性の問題も避けられる。

15

16 研究プログラムの難点

17 例えば、具体的に何をもって「同一の研究プログラム」とするかはなかなか難しい問題  
18 である。例えば、ニコラウス・コペルニクスとヨハネス・ケプラーは、どちらも地動説を  
19 支持していたわけだから、同一の「地動説プログラム」のもとで研究していたといえそう  
20 である。ところが、実際にはコペルニクスにとって重要であったのは「天体は、同心円状  
21 の軌道を運動する」という信念であった。ケプラーの法則は、円軌道という概念を捨て去  
22 ることによって到達できた法則である。そう考えると、コペルニクスとケプラーにとっ  
23 ての「堅い核」は異なっているといえるし、そうすると、彼らが同一の研究プログラムのも  
24 とで研究していたとはいえない。

25

26 ・ラリー・ラウダンの「研究伝統説」 (\*Science Wars では飛ばした)

27 研究伝統とは、「やるべきこと」や「してはならないこと」のひとそろいの存在論的形  
28 而上学的命令である。(パラダイムや研究プログラムと異なり)研究伝統は理論そのもの  
29 は含まず、問題解決能力を改善するためにどのように理論を修正したり変更したりできる  
30 のかに関する重要な指針を含んでいる。

31 研究伝統説のもうひとつの特徴は、科学的問題には経験的問題と概念的問題がある、と  
32 いうもの。「概念的問題」とは、理論が暗に仮定している形而上学的前提に関するもので  
33 ある。

34 コペルニクスが地動説を提唱したときは、地動説よりもプトレマイオスの天動説のほう  
35 がよりよく経験的事実を説明していた。プトレマイオスの天動説は複雑な概念を取り入れ



1 ることにより、「天上界の運動は完全無欠な円を描く」という形而上学的前提に反したの  
2 で批判されたのである。

3 面白い、もうひとつの例：（ガリレイのニュートン批判）ケプラーは重力のような遠隔  
4 作用を認めたが、ガリレオ・ガリレイは、重力を導入することは中世的な伝統に戻ることだ  
5 と考えた。

6 ラウダンは、ポパーやラカトシュと違って、問題解決能力に注目するので、彼らが否定す  
7 るようなアド・ホックな修正も許される。通常科学においては、とくに反証可能性を増大  
8 させないようなアド・ホックな修正はしばしば見られる。有名な例では、燃素説。

9 燃素説によると、ものが燃えるのは燃素と呼ばれるものがその物質から出て行くからで  
10 ある。それならば、燃焼後の物質の質量は出ていった燃素の分だけ減るはずである。だが、  
11 金属などを燃やすと重量が増えることがある。この問題を、燃素論者は「燃素の質量は負  
12 である」として避けようとした。しかし、この補助命題は、この問題を解くためにだけ導  
13 入されたもので、何か新たな予測をするようなものではない。にもかかわらず、燃素説は  
14 科学理論として受け容れられていたのである。

15  
16 クーンのパラダイム論は、科学から「真理」という特権性を奪い取った。実際、以降の  
17 研究プログラム説にしても研究伝統説にしても、「真理にどれだけ近づいたか」という基準  
18 とは異なる基準で科学の発展を論述しようとする。このような流れをよりラディカルにし  
19 たのが「科学的知識についての社会構成主義」である。つまり、

20 科学的知識が現在のような形であるのは、けっして不可避なことではなく、別の形でも  
21 ありえた。科学的知識が現在のような形であるのは、社会的なできごとや力によるもので  
22 ある。（\*社会構成主義にはこれ以上深入りしない）

23  
24 クーンのパラダイム論以降、科学の発展に寄与する要素がいろいろ考えられてきたが（ラ  
25 カトシュの「研究プログラム」やラウダンの「研究伝統」など）、長期的に見るならば、  
26 科学者集団の理論選択の基準となるものは、経験的な問題解決能力の大きさに依存してい  
27 るように思える（というのが著者の見解である）。

## 28 29 第5章 科学と実在—原子って本当にあるの？

30 科学理論には、直接的に観察できない対象（原子、力、場など）が多く現れる。

31 「理論的对象」（科学哲学用語、見ることも触ることもできないもの）

32 哲学的議論では、「科学的実在論」（理論的对象が存在するとする立場）と「科学的非実  
33 在論」（存在しないとする立場）がある。

34 科学史上、「ある」といわれながら最終的にはなかったことになった理論的对象はいく  
35 つもある（熱素（カロリック）や燃素（フロギストン）など）。では、理論的对象が「あ  
36 る」と言えるためにはどのような条件が必要だろうか。

1  
2 肉眼で見えないものは排除する一反实在論の主張①  
3 ・操作主義  
4 論理実証主義者は、言葉を「理論語」と「観察語」に分けた。理論語は、目で見えない対  
5 象を指す言葉（「原子」とか「力」）、観察語は、直接観察できる対象を指す言葉（「温  
6 度計の目盛り」とか「オシロスコープの波形」）。

7 何故、原子や分子の存在を仮定するのか。それは、ある操作をしたときにある結果が生  
8 じるのを説明したり予測するためである。それゆえ、理論語を用いた命題を、そうした「操  
9 作」を用いて翻訳すればよい。例えば、  
10 「電荷を帯びた粒子が箱 A を通過した」  
11 = 「過冷却させた気体を充満させた箱 A のなかに飛跡が生じた」

12 操作主義が衰えた理由  
13 ある理論語を導入するきっかけとなった実験結果 E1 と、その理論語を用いて説明された  
14 実験結果 E2 はしばしば独立である。つまり、それらを媒介する理論語なしに、前者と後者  
15 を関連づけることは不可能である。例えば、  
16 原子は、化学反応における質量保存則や定比例の法則を説明するために導入されたが、  
17 その後、ブラウン運動や気体の熱力学的性質の説明に用いられた。しかし、経験的な側面  
18 だけからこれら（化学反応に関する法則とブラウン運動や熱力学的性質）の共通点を見い  
19 だすことはできない。つまり、原子という語を用いずにこれらを統一的に理解することは  
20 不可能である。反対に、ある特定の操作を用いて「原子」という語を定義することもまた  
21 不可能なのである（まったく違う現象の説明に「原子」という同じ語が現れるのだから）。

22  
23 ・道具主義（論理実証主義者の立場）  
24 「理論語」は、観察語で表現される観察事実を説明したり予測したり、またそれらを統  
25 一的に理解するのに役立つものである。  
26 理論語は説明や予測のための「道具」にすぎず、理論語それ自体は「無意味」（たんなる  
27 記号）である、とする。ここで問題点となるのは、理論語と観察語は本当にきっちりと線  
28 が引けるのか、ということである。  
29 まず、見える見えない（視力の違い）は、人によって異なるという問題がある。  
30 別の問題もある。観察が理論に依存する（「観察の理論負荷性」）ならば、理論語と観  
31 察語も独立ではないだろう。例えば、  
32 元素分析による有機組成物をパソコンに表示する。この場合、「カルシウム」は理論語で  
33 あり、「パソコン画面に映ったグラフ」は観察語だろう。しかし、後者は、原子の光学的  
34 性質を前提として組み立てられた装置とプログラムにより表示されたものであり、理論的なもの  
35 である。  
36

1 原子が存在することは奇跡か—実在論の主張①

2 ・奇跡論法

3 原子は、もともとは化学反応に関する法則を統一的に理解するために導入された概念で  
4 あったが、その原子を用いると、化学反応とはなんの関係もないはずのブラウン運動など  
5 さまざまな現象が説明できる。また、原子があると仮定したうえで設計したさまざまな実  
6 験が予測通りの結果を示している。さらに、1 モル中に含まれる原子・分子の数を指すアボ  
7 ガドロ数を数える方法はいろいろあるが、どの方法を用いても結果は一致する。

8 \*注：炭素 12g 中の原子数を数えた結果がアボガドロ数、アボガドロ数だけ集まった集団  
9 をモルという。アインシュタインのブラウン運動に関する論文は数え方の一例

10 科学の成功を「奇跡」とせずに説明するためには、(成功した) 科学理論が仮定した対  
11 象は実在するとしなければならない。→1 章の「最善の説明への推論」(アブダクション)

12  
13 実在しないことは本当に奇跡か—反実在論の主張②

14 ラウダンは、現実の科学史において、何らかの理論的対象を仮定して、ある時点までさま  
15 ざまな現象をうまく説明したり予測したりしていたのに、最終的にその対象の存在が否定  
16 された例を豊富に示した。有名な例では、エーテル、天球、燃素、熱素など。

17 また、ラウダンは、このような「それまで非常にうまくいってきたけれど、結局は否定  
18 された理論」の事例から、枚挙的帰納法によって「うまくいっている理論的対象は存在し  
19 ない」という結論を導いた(\*いま説明に成功している理論も、いずれは否定されるかもし  
20 れない、ということ)。これを「悲観的帰納法」という。

21 バス・ファン・フラーセンは、ある理論が成功したことの説明は、たんに「いくつかの  
22 理論のうちから、さまざまな予測や説明を成功させた理論が生き残ったにすぎない」とする  
23 ことによって説明できるという。それゆえ、奇跡論法がというような「科学理論の成功を奇  
24 跡にしないためにはその理論が仮定する理論的対象が実在しなければならない」というこ  
25 とにはならない。

26  
27 科学理論は真である必要はない?—反実在論の主張③

28 ・構成的経験主義

29 道具主義の失敗から、ファン・フラーセンは、「構成的経験主義」を主張した。

30 論理実証主義者たちによれば、「原子は、化学反応によってそれ以上分割できない」と  
31 いう文の中の「原子」は無意味な言葉。しかし、フラーセンはこの命題が正しければ、原  
32 子は存在するとする。科学にとっては、理論のうち経験に接する部分だけ正しければよく、  
33 経験とは直接に接しない、観察不可能な対象について述べる文が正しいか正しくないかは  
34 どうでも良いのである(経験的に妥当でさえあれば)。

35 だから、上の命題は文字どおりに受け取るべきではあるが、それが正しいか正しくない  
36 かはどうでも良いことになる。

1

2 思い通りの結果が出せれば存在する？－实在論の主張②

3 ・介入实在論

4 「そのものを操作（介入）して予想どおりの結果を出せる」ような対象は存在している  
5 としてよい。

6 例：熱は分子運動であるから、分子の運動を抑えることができれば低温状態が実現される  
7 はずである。たとえば、磁気双極子モーメントをもつ分子（？）を適当な磁力を持つ局所  
8 的な磁場の中に入れることにより、分子運動を抑えると系の温度が下がる。これは分子が存  
9 在すると考えなければ理解しがたい。

10 悲観的帰納法に対する批判にはなるが、实在論の決定打にはならない。

11

12 数学的構造だけが实在する－实在論の主張③

13 ・構造实在論

14 実際に予測が一致するかどうか、説明がうまくいったかどうかを確かめるときは、実験  
15 や観測によって得られた数値と理論によって導かれた数値とを見比べるのであり、このと  
16 きに必要なのは、数学的構造だけである。そして、理論が大きく変わったときでも、実際  
17 にいままでその理論がある程度の成功をおさめてきたならば、その数学的部分に関しては、  
18 新しい理論の近似として正しいはずである。例えば、ニュートン力学から相対性理論への  
19 変革は、概念的部分に関しては非常に大きな変革であった。しかし、数学的構造だけを眺  
20 めた場合、相対論的な運動方程式は系の速度が光速と比べて十分に小さいときはニュート  
21 ンの運動方程式と一致する、と考えてよい。

22 数学的構造（いわば「関係性」のような「こと」）は、原子や分子など「もの」ではな  
23 いから、むしろ反实在論と見なすこともできる。

24

25 第三の道はあるか

26 アーサー・ファインによると、实在論も反实在論も、「人為的で不自然」なのである。ど  
27 ちらも、「何が正しいか」について、普遍的な基準があると考えられる。しかし、それらはどれ  
28 も、ある一部に適用されるような基準を不当に拡大して一般化しているにすぎない。

29 实在論も反实在論も、科学の外に立って、「科学の目的」や「真理とは何か」などとい  
30 ったことについて語るが、科学全体には一貫した目的や真理基準はない。そういったもの  
31 は、局所的に科学自身が選び出すものである、とする。それゆえ、ファインは、「論」「主  
32 義」という言い方を避け、「われわれの取るべき態度」を自然な存在論的態度 (NOA: National  
33 Ontological Attitude) と呼ぶ。

34 科学（\*科学者の大部分が、くらの意か？）が「ニュートリノの存在が実証された」  
35 といえば、ニュートリノは实在すると考える。科学者集団の見解が分かれている、磁気単

1 極子の存在については、科学哲学者は、科学の外からその存在の有無を論じることはしな  
2 い。

3 \*著者は、科学哲学者が科学者に何が言えるかという、一番役立ちそうなのは、介入実  
4 在論ではないか、という。しかし、操作不可能な、重力レンズやブラックホールのような  
5 実体については、その実在を認めることができない、というような問題点をかかえている。

## 6 II部 科学で使われる概念を見直す

### 7 6章 説明とは何か—説明を説明するのは難しい？

9 科学において現象を説明することは、重要な活動のひとつである。一般に「〇〇の説明  
10 明」という場合に、〇〇に難解な言葉が入り、「〇〇の説明」とは〇〇の定義を与える  
11 ことである。このとき用いられる言葉は少なくとも定義される言葉よりも平易でなけれ  
12 ばならない。だが、科学的説明では、必ずしもそうっていない。例えば、「水は  $H_2O$   
13  $O$  である」は一種の科学的説明であるが、「水」に比べて「 $H_2O$ 」がより平易である  
14 とはいいがたい。では、「説明する」とはどういう行為なのだろうか。

15 ・演繹的法則的説明 (DN (deductive nomological) 説明) —説明とは法則を使った演  
16 繹的推論である

17 論理実証主義者、ヘンペルとポール・オッペンハイムによる説

18 科学的説明とは、ある特定の事実から、少なくとも一つの一般的な法則を用いて「説  
19 明されるべき現象を記述した文」を演繹的に導出することである。

20  $C_1, C_2, \dots, C_k$  説明項 S

21  $L_1, L_2, \dots, L_r$

22 E 非説明項

23  $C_n$  は説明に使われる特定の事実を記述する文、 $L_m$  はその説明が依存する一般法則、そ  
24 れらを総称して説明項という。論証の結論 E が非説明項である。

25 例: 手を伸ばしたまま回転していたスケーターが、手を縮めたところ、回転スピード  
26 が増した。

27  $C_1$ : スケーターは外部から力を受けていない

28  $C_2$ : スケーターは回転している (角運動量は0ではない)

29  $C_3$ : スケーターは手を縮めることにより、慣性モーメントを減少させた

30 L: 回転物体の角運動量は外部から力を受けない限り保存する

31 E: スケーターの回転速度が増加した

32 DN 説明が成り立つ条件

33 1. 非説明項は説明項の論理的帰結でなければならない

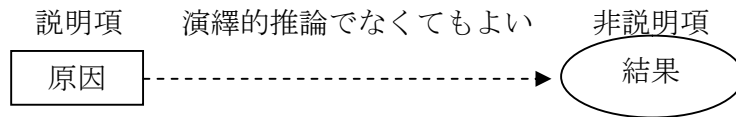
34 2. 説明項は少なくとも一つの一般的な法則を含まなければならず、それは非説明項の導  
35 出に用いられなければならない

36 3. 説明項は経験的内容をもっていなければならない

1 4. 説明項を含む文は真でなければならない  
2 DN 理論に対して提案されたいくつかの反例 (DN 理論の条件に当てはまるのに、直感  
3 的には科学的説明になっていない) を示している。  
4 その一つ: 高さ 1 m の旗竿が水平面上に垂直に立っていて、その影の長さも 1 m であ  
5 り、このときの太陽の仰角は  $45^\circ$  であったとしよう。すると、「なぜ 1 m の影ができ  
6 たか」という問いに対しては、旗竿が 1 m であるということ、太陽の仰角が  $45^\circ$  であ  
7 るということ、そして、太陽の光線が直進するということと三平方の定理を用いれば、  
8 「影の長さが 1 m である」という文が導出できるので、これは DN 理論にしたがってお  
9 り、かつ、影の長さの説明として何の違和感もない。  
10 ところが、「なぜ旗竿の長さが 1 m なのか」という問いに対しては、影の長さや太陽  
11 の仰角、三平方の定理などから演繹できるにもかかわらず (つまり DN 理論を満たして  
12 いる)、これらは旗竿の高さの説明項としては不適切である (普通、影の長さから旗竿  
13 の高さを説明することはしない)。  
14 ①旗竿の高さと太陽の仰角と三平方の定理=演繹=>影の長さ  
15 ②影の長さや太陽の仰角と三平方の定理=演繹=>旗竿の高さ  
16 ①も②も演繹的推論だが、①は説明として認められるのに、②は説明とはいえない。  
17 DN 理論に適合しているのに、説明としては不適切というわけである。  
18 A から B を、そして B から A を導出できても、B の説明に A を使用できるが、A の  
19 説明には B を説明できないことがある。 ( [説明の非対称性] )  
20 反例 3 : 気圧計が急激に下がることによって嵐がもうすぐ来るであろうことを推測で  
21 きる (一般法則)。つまり、「気圧計の低下」という前提から「嵐の到来」という命題  
22 を導き出すことができる。ところが、気圧計の低下で嵐の到来を説明することはできな  
23 い。普通は、直前の大気の状態などから嵐の到来を説明する。  
24 二つの事象がつねに結びついている (法則的である) からといって、一方でもう一方  
25 を説明できるわけではない。  
26 反例 5 : 魔術師が食塩に手をかざすことで「魔法」をかけたとする。この魔法をかけた  
27 食塩は、水に入れるとつねに溶ける (一般法則)。それゆえ、DN 理論によると、食  
28 塩が水に溶けることは魔法をかけたことによって説明されるはずだが、実際にはそうで  
29 はない。  
30 説明項と非説明項の結びつきは規則的であるが、その結びつきは偶然的であり、必然  
31 的ではない。 (→8 章)  
32 このほかに、コンピュータによる数値計算や模式図による説明など DN 理論を満たさ  
33 ないにもかかわらず、説明に使われることがある。さらに、必ずしも、確立した一般法  
34 則を使わないで説明がなされる場合もある。  
35  
36 ・説明の因果説—説明とは原因を示すことである

1 ウエイズリー・サモンによると、

2 説明とは推論ではなく説明されるべき現象の原因を示すものである



6 このことから DN 説明に対する反例 (1, 3, 5) を回避できるが、因果的説明ではあ  
7 るが科学的説明であることの必要条件ではない判例が示される。

8 反例 1: ニュートンは、ケプラーの三法則やガリレイの落体の法則などを、三つの運動  
9 法則と重力の法則から統一的に説明したわけであるが、これは原因による結果の説明で  
10 はない。(その他の反例五つ)

11

12 ・説明の統合説

13 ある原理や法則に、説明されるべき現象や法則が統合されることを説明と考える。

14 例: ケプラーの法則とガリレオの法則はニュートンの法則に統合された(二つの法則が  
15 ひとつの法則に統合された例)。

16 「統合とは何か」という場合、「統合とは推論パターンを減らすことである」と見な  
17 すことができる。例えば、「ケプラーの法則とガリレオの法則がニュートンの法則によ  
18 って統合された」というとき、それまでは、惑星の運動を説明するにはケプラーの法則  
19 を使い、地上の落下運動を説明するにはガリレオの法則を使っていたが、どちらの場合  
20 にもニュートンの法則だけで説明できるようになるわけであり、推論のパターンが減っ  
21 たわけである。

22 統合説により DN 理論に対する反例が回避される。先の反例では、影には何か原因と  
23 なるもの—この場合は旗竿—が必ず存在するから、影の長さを旗竿の長さから推論する  
24 ことができる。つまり、この同じパターンの推論を用いることができる。他方、影が存  
25 在しないときには、影の長さから旗竿の高さを推論することはできない(つまり、影が  
26 ないときの旗竿の高さを推論するには別の推論パターンが必要になる)。だから、「旗  
27 竿→影」という推論を使うことは、「影→旗竿」という推論パターンに比べて(推論パ  
28 ターンが少ないから)統合的であり、科学的説明であるといえる。

29 しかし、統合説は、DN 理論と同様、説明を推論としてとらえるので、推論的でない  
30 説明には適用できないという難点もある。

31 \*事例に出てくる科学用語: パウリの排他律、アインシュタインの等価原理、ボルツマ  
32 ンの熱力学に関する統計的説明、ラグランジュ方程式、ハミルトン方程式

33

34 ・説明の語用論—何をどのように説明すべきかは文脈で決まる?

35 ファン・フレーセンは、説明理論が解決すべき問題として「説明要求の拒絶の正当性」  
36 を主張している。

1 明らかにその理論の適用範囲にあるのに、説明の要求が拒絶される場合があるが、そ  
2 れをどう正当化するか、という問題。

3 例1：放射性物質は自然崩壊を起こすが、他の時刻ではなく、なぜこの時刻にそれが放  
4 射を起こしたかは現在の量子力学では説明できない。

5 例2：アリストテレス主義者がガリレオ主義者に「強制力がはたらいしていない物体は、  
6 なぜその速度を保つのか」という問いに対するガリレオ主義者の説明の拒絶。

7 例3：ニュートン理論における重力現象の説明の拒絶

8 なぜ、これらの説明は拒絶することが許されるのだろうか。

9 説明の語用論：説明とは、“なぜ疑問”への答えであり、答えるべき“なぜ疑問”の発  
10 せられた文脈が重視される。

11 つぎのような疑問について考えてみる。

12 なぜ、アダムはりんごを食べたのか？

13 この疑問は少なくとも以下の三通りに解釈することができる。

14 1、なぜ（他のだれでもなく）アダムがりんごを食べたのか？

15 2、なぜアダムは（他の食べ物ではなく）りんごを食べたのか？

16 3、なぜアダムはりんごを（他のことをするのではなく）食べたのか？

17 そうすると、この疑問に対して、「アダムは空腹だったから」と答えるのは、3に対  
18 しては適切な答えとなるが、2に対しては不適切であろう。なぜ疑問の正しい一般的な  
19 基本的構造は、

20 なぜ、X（その他のメンバー）との対照においてPである（ということが生じた）のか？  
21 となる。

22 例1では、その崩壊をその放射性物質の崩壊としてなら説明できるが、この時刻にお  
23 ける放射性物質の崩壊としては、量子力学は説明できないのである。

24 例2、例3の場合は？（触れていない）

25 ファン・フレーセンは、説明の語用論によって、理論が説明する適用範囲を明確にした  
26 のである。（「説明とは何か」に直接答えてはいない。）

27 ここまでの議論で明らかになったことを整理してみる。

28 ①「統合」という概念は科学的説明のすべてを解明するものではないにしても重要な局  
29 面をとらえている。

30 ②原因を答えるような説明（因果的説明）も科学的説明の一つである。

31 ③説明とは推論ではない。

32 ④説明が求められている文脈が重要である。

33 ひとつの現象を説明するしかたは一通りではない。すでに説明された現象でも、従来  
34 の説明とは異なる説明がありうるわけである。すでに説明された現象であっても、別の  
35 説明ができないかを研究してみることは、新たな理論的発見を促す可能性があるという  
36 ことである。



1

## 2 第7章 原因とは何か—本当の原因は何？

3 相関のある二つのできごとについて、その相関が第三の共通原因によるものや偶然に  
4 よるものではなく、因果関係にあるのを示すことは科学研究においても重要である。し  
5 かし、とくに生物学や気象学のような複雑な相互作用の網の目の中から、ある現象の原  
6 因を見つけ出すのは非常に困難である。

7

### 8 ・因果の規則説

9 ヒュームは、「eの原因がcである」とは、以下であると主張した（因果の規則説）。

10 (a) cがeと時間的・空間的に連続である。

11 (b) eはcのすぐ後に起こる。

12 (c) eと似たタイプのできごとEは規則的にcに似たタイプのできごとCに引き続いて  
13 起こる。

14 その根拠となるのはこれまでの経験しかない。規則説では、原因と結果の間の必然的  
15 な結びつきを認めない。類似の経験を重ねることによって因果法則を得る。

16 「太鼓をたたくと音が出る」という因果法則は、グラス、机をたたくという類似のタイ  
17 プを経験してなり立つ。

18 因果についての哲学的議論では、

19 (1)できごとの単一の継起に因果は存在するのか、

20 (2)原因と結果の間に必然的な結びつきがあるのか、

21 という論点がある。それらに応じて、以下の用語を使う。

22 「因果の単一性」＝因果関係が単一のできごとの継起になり立つこと

23 「因果の実在性」＝原因と結果の結びつきが必然的であること

24 因果の実在を認める立場(反事実条件文による分析、マーク伝達理論、保存量伝達理  
25 論)に対して規則説は、因果の単一性も実在性も認めない。因果は規則に還元されるだ  
26 けである。

### 27 規則説の欠点

28 因果説に対する反例1:共通原因による規則(「気圧計の低下」に引き続いて「嵐の到来」  
29 が生じるという規則性があるが、二つとも「大気圧の低下」という共通原因から生じて  
30 いる。)

31 因果説に対する反例2:偶然による規則(反例5:「手をかざすと食塩が溶ける」)

32 因果説に対する反例3:逆向き因果(未来のできごとが過去のできごとの原因となる)  
33 を排除していること

34 相対性理論の帰結を用いて、過去へのタイムマシンの可能性も理論的に論じられてい  
35 るので、科学的に逆向き因果の可能性を無視するわけにはいかない。もし、定義上、逆  
36 向き因果がないならば、逆向き因果を想定すること自体ができないはずであるから、逆

1 向き因果を分析的に排除するような因果の定義には欠点がある。\*現在ならば、ニュー  
2 トリノが話題

3

4 ・反事実条件文

5 できごと  $c$  と  $e$  が実際に生じ、かつ、 $c$  が生じなかったならば  $e$  は生じなかったであ  
6 るるとき、できごと  $c$  はできごと  $e$  の原因である、とする。

7 反事実条件文による分析によって、規則説の反例を回避できる。

8 [反例 1 の回避] : 「もし気圧計が低下しなかったならば、嵐が到来しなかっただろう」  
9 は真ではないから、これらのあいだに因果関係はない。

10 [反例 2 の回避] : 「もし手をかざさなかったならば、食塩は溶けなかったであろう」  
11 は、間違い。

12 [反例 3 の回避] : 相対性理論によると光速を超える粒子があれば、それを用いて過去  
13 に情報を伝達できる。規則説のように、定義によって逆向き因果を排除することはない。

14 しかし、反事実条件文だけでは、単なる背景条件を原因から区別できない。

15 例 : もしこの部屋に毒ガスが充満していたならば、私はここでこの文章を書いていなか  
16 っただろう。

17 反事実条件文によって因果性を分析する方法にもまだまだ問題点が残っている(\*省  
18 略)。ただ、問題はあつものの、反事実条件文的アプローチは実践的には有用である。

19

20 ・マーク伝達理論一跡を残すのが因果過程？

21 原因となるできごとと結果となるできごとだけを眺めるのではなく、これらをつなぐ  
22 「因果過程」に注目する。できごと  $c$  とできごと  $e$  との間に因果関係があることは、こ  
23 れらが因果過程で結ばれていることによって分かる、とする。まず、「本当の因果過程」  
24 と「疑似因果過程」(「因果過程っぽいけどじつは因果過程ではないような過程)を区別  
25 する。因果過程 = 原因が結果を引き起こす過程。

26 事例 : 古代ローマのコロシウムのような建物の中心に高速で回転する光源がある。光は  
27 光源から壁へとまっすぐに進み、壁にスポットをつくる。この、光源から出た光が壁に  
28 スポットをつくるという過程は因果過程である。光源の回転運動に伴い、壁に映し出さ  
29 れたスポットも移動するが、このスポットが移動する過程は疑似因果過程である(どう  
30 して? 以下に説明)。

31 因果過程においては、何らかの変化が加えられたとき、それ以上の介入がなければそ  
32 の変化の跡、すなわちマークが伝達される。このことによって、本物と疑似を区別する。

33 光源のレンズを赤色にすると、壁に映し出された光は赤色に変化する。この色は持続  
34 するから、この過程は因果過程である。そうではなくて、壁のある部分に赤いセロファ  
35 ンをあてがうと、スポットがその地点に来たときは赤色に変わるが、その地点をすぎる  
36 ともとの白色に戻ってしまう。変化が持続しないから、つまり、スポットの移動はマー

クを伝達しないから、疑似因果過程である。つまり、スポットの移動の途中で何らかの介入をしてもその変化は持続しないので、スポットの移動はマークを伝達しないと考えるのである。

・保存量伝達理論—保存量を伝えるのが因果過程？

因果過程とは保存量(運動量、角運動量、エネルギー、電荷など)を伝達する過程である。そして、二つの過程の交差は、それらのあいだで保存量の交換があるときに因果的相互作用といえる(フィル・ダウ)。

例:先のコロシラムの例では、スポットは光源からの光と壁との相互作用によってできたものであり、その際に壁にエネルギーを与えているのである。ところが、スポットの移動は、光と壁が相互作用する位置が移動しているだけで、何らかの保存量を交換しているわけではない。

・介入理論(もしくは、操作可能性理論)

二つの変数  $X$  と  $Y$  があるとき、ある特定の状況下で、ある介入  $I$  によって  $X$  を変化させたとき、つねに  $Y$  が何らかの変化をこうむるならば、 $X$  は  $Y$  の原因だとする。(ジェイムズ・ウッドワード)

例えば、「ボウリング球を投げてピンを倒す」というできごとを考える。「ボウリング球を投げる」が  $I$ 、「ボウリング球がどのような道筋・速度で転がるか」を  $X$ 、「ピンの倒れた数・どのような倒れ方をしたか」を  $Y$  とすると、 $I$  によって  $X$  を変化させると、それに応じて  $Y$  も変化するので、 $X$  は  $Y$  の原因なのである。

介入理論は、因果の単一性を認めない(一度きりのできごとの連鎖からは因果関係が分からない)。介入理論の場合は、可能世界の理論ではなく、実際に、 $X$  を変化させた実験を行ってから  $Y$  が変化することを確かめなければならない。(介入理論の難点は次章で)

いくつかの説が登場した。それぞれある面では因果の重要な点をとらえているが、いずれも因果の完全な把握には至っていない。しかし、「原因とは何か」を考えることは「原因をどのようにして見つけるか」と密接な関係がある。それゆえ、これらの説が、原因を見つける方法論とどのようなつながりがあるかを考えると実践に役立つだろう。

## 8章 法則とは何か

因果の实在を認める立場(原因と結果に必然的な結びつきを認める)と認めない立場(原因と結果の結びつきを単なる規則に還元する)があったと同様に、法則についても、やはり、

A. 法則は必然的なものではない(法則についての規則説とよぼう)

1 B. 法則は必然的なものである  
2 がある。  
3 法則についての規則説 (A)  
4 (8-1) 私のポケットにある硬貨はすべて 10 円玉である。  
5 (8-2) 外力がはたらいていないすべての物体は等速直線運動を続ける。  
6 直感的に、(8-1) は法則ではないが、(8-2) は法則である、と考える。規則説で  
7 は、必然性以外の何らかの概念に頼ってこれらの違いを区別しなければならない。  
8 規則説①—普遍的に成り立つのが法則？  
9 どのような時間・空間でも成り立つ規則が法則である (普遍的)。  
10 だが、法則と呼ばれるものでも、いつでもどこでも成り立つわけではないものがある。  
11 例えば、ケプラーの第一法則＝「太陽系のすべての惑星は楕円軌道を描く」は、非常に  
12 限られた射程しかない。他の惑星からの重力の影響がなければ、という条件が必要であ  
13 る。惑星の実際の動きは、ケプラーの法則からは少しずれている。  
14 規則説②—予測に使えるものが法則？  
15 「投射可能な述語」を用いるのが法則である (ネルソン・グッドマン)。  
16 例：今が 2010 年 4 月 1 日だとして 2010 年 4 月 2 日までは緑色で、それ以降は青色で  
17 あるようなものに当てはまる「ブルー」という言葉があったとする。これまで十分に多  
18 くのエメラルドを調べたところ、その色はすべて緑色であったとしよう。この観察結果  
19 から、「すべてのエメラルドは緑色である」と結論したとしよう。ところが、「すべて  
20 のエメラルドはブルーである」が正しいかもしれない。しかし、グッドマンは、「ブル  
21 ーである」という述語は投射可能ではないが、「緑色である」は投射可能であるので、  
22 前者が法則にふさわしいと主張した (過去の経験を未来に「投射」できる)。しかし、  
23 (8-3) すべての金塊は 1 立方キロメートルより小さい  
24 過去の経験から (8-3) は適切に予測できるだろうが、我々の直観では法則とは言いが  
25 たい。「投射可能な述語を用いる」というのは、法則としての必要条件ではあるが、十  
26 分条件とはいえなさそうだ。  
27 規則説③—体系の中に位置づけられれば法則？  
28 ・法則の網の目説  
29 法則は、もっともよい演繹体系の中に位置づけられていなければならない (法則の網  
30 の目説)。  
31 論理学の体系のように演繹体系を作ってみて、ある命題 R が公理もしくは定理になる  
32 なら、その R は法則と呼べる。  
33 ある仮説 H を法則として確立したければ、たんにそれを実験や観察によって確証し  
34 ようとするだけでなく、他の法則とどのように関連づけられるかを示せばよい。「法則  
35 の網の目説」は実験や観察で直接検証できない法則に力を発揮する。慣性の法則 (8-2)  
36 は、直接に検証できないが、これを認めることによって、他の確立された現象論的な法

1 則群を演繹できるから(\*具体的には?ニュートン力学の第2法則、第3法則として?)、  
2 法則として認めることができる。  
3  
4 法則についての必然説 (B)  
5 (8-6) 未婚者は独身者である  
6 必然的に正しい命題であり、「認識論的な必然性」と呼ぼう。  
7 (8-7) 水は  $H_2O$  である  
8 経験によって(科学が発展したことによって)明らかになった命題であり、じつはま  
9 ちがっている可能性もあり、絶対に正しいと確信を持つことはできない。認識論的では  
10 ない必然性があると考え。「形而上学的な必然性」とよぶことにする。ここで、ソー  
11 ル・クリプキは「自然種」という概念を導入する。  
12 自然種とは、恣意性なくその「本質」により区別できるような対象のグループのこと  
13 である。  
14 「水の本質が  $H_2O$ 」だとは、「あらゆる可能世界で、水は  $H_2O$  である」ということ  
15 を意味する。  
16 「ある命題  $H$  が必然的に正しい」 $\leftrightarrow$ 「 $H$  はあらゆる可能世界で成り立っている」  
17 しかし、認識論的必然性をもつ命題以外は、その命題があらゆる可能世界で成り立って  
18 いるかどうかを知ることはできないのに、\*このことは意味があるだろうか(?)。  
19 \*しかし、「可能世界論」のなかでの議論はあるらしい。  
20 「近い可能世界」(「核戦争が起きていない現実世界」に対して「核戦争の起きた世界」  
21 を「近い可能世界」と考える)において、  
22 (実際には  $F$  でないとき)  $F$  であったならば  $G$  であったろう。  
23 もしくは、  
24 (実際には  $F$  であるとき)  $F$  でなかったならば  $G$  でなかったろう。  
25 が成り立つならば、「 $F$  ならば  $G$  である」は法則といえそうである。  
26 例： $F$  = 「外力がはたらいていないこと」、 $G$  = 慣性の法則 (8-2)  
27 物体に外力がはたらいていない可能世界(\*遠い宇宙にはそれに近い世界はあるだろう)  
28 を調べ、物体が等速直線運動を行っていたら、慣性の法則 (8-2) にある種の必然性を  
29 認めてもよいのではないか。  
30  
31 ・法則的必然性  
32 デイヴィッド・アームストロングらは、可能世界という概念によらずに、新たな形而  
33 上学的な必然性を導入した。これを「法則的な必然性」とよぶ。  
34 法則とは、「普遍者」が〇〇を「必然化」することである。  
35 (「普遍者」とは、普通名詞で表されるようなものである。)  
36 (8-8) 普遍者「水」はその分子構造が  $H_2O$  であることを必然化する

1 (8-9) 普遍者「熱」は普遍者「金属」が膨張することを必然化する  
2 \*「必然化する」といったところで、あまり意味があるとは思えない。著者も、「必然  
3 化」に明確な意味が見いだせない、と批判的である。

4  
5 ・介入理論—介入によって変化しないものが法則？

6 ウッドワードは、「介入理論」を因果関係と同様に、法則の議論にも応用する。

7  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$  T: 振り子の周期、l: 振り子の長さ、g: 重力加速度

8 振り子の長さを変えても、重さを変えても、材質を変えても、(地球上の)測定場所を  
9 変えてもこの公式は成り立つ。

10 「介入理論」は、実験と結びつけられるので、実用面ですぐれているが、介入によっ  
11 て確認できないものもある。慣性の法則を実験的に検証することは難しい。「光速は慣  
12 性系によらず不変である」についても同様である。

13  
14 ・法則定立機構 (ナンシー・カートライト)

15 法則は対象や系のもつ「能力」である。

16 規則説を含め、従来は、「法則には例外がない」という考え方であったが、カートラ  
17 イトによると、例外のない法則などないという。(例:ケプラーの第一法則←他の惑星  
18 からの重力を考慮に入れなければ)

19 ある特定の条件を満たした「モデル」(詳細は10章で)を考えたときに、そのモデ  
20 ルがもつ「能力」が法則なのである。このようなモデルのことをカートライトは「法則  
21 定立機構」(monological machine)とよぶ。\*この「能力」とは何かはよく分からな  
22 い(著者にも。ただし、法則は一定の条件の下でのみ成り立つという指摘は重要、とい  
23 う。議論は割愛する)。

24 ・法則についての議論をどう生かすか。

25 「法則の網の目説」と「介入理論」は、科学の現場で法則をどのように見極めるかと  
26 いうことに役立ちそうである。前者は、直接的に検証できないような法則でも、演繹的  
27 な体系へ組み込まれることを示すことによって法則として主張する根拠を与えうる。後  
28 者は、介入によって反証されるような偶然的な「規則」と峻別して、介入によって不変  
29 であるのが「法則」であると主張できる。

## 30 31 第9章 確率とは何か

32 科学研究で確立が使われる分野として、量子力学(粒子の運動は確率的にしか分から  
33 ない)、統計力学(集団運動を考える場面では、ひとつひとつの粒子の運動が一意的に  
34 分かったとしても、確率を使うほうが便利であることがある)、進化論(確率を使う場  
35 面が多々ある)などがある。

36 「今日の降水確率は10%です」という天気予報は、一体何を意味しているだろうか。

1 ・相対頻度解釈

2 「A であることの確率が  $x$  である」とは、ある諸事象の集まりのうち、A が生じる実  
3 際の割合（相対頻度）が  $x$  であるということの意味する。

4 ある年の出生率： $P(A) = n / p$   $n$ はその年の出生数、 $p$ はその年の総人口

5 「今日の降水確率が 10%」とか、「1 の目が出る確率が  $1 / 6$ 」だとかはこの解釈で  
6 はうまくいかない。出生率は過去の事象を述べたものだが、未来においてある事象が生  
7 じる確率については当てはまらない。

8  
9 ・主観的解釈

10 「A であることの確率が  $x$  である」とは、「A である」が真であることに対する信念  
11 や確信の度合いが  $x$  であるということの意味する。

12 「今日の降水確率は 10%です」というのは、「過去の事例からいって、今日よう  
13 な大気の状態のときには 10%の割合（実際の相対頻度）で雨が降ったのだから、今日  
14 雨が降るという確信の度合いは 10%ですよ」を意味する。10%なら傘を持たずに外出  
15 する人は多いだろうが、90%になれば傘を持って出かける人が多くなるだろう。「確率  
16 の主観的解釈」という。

17  
18 ・仮説的な相対頻度解釈

19 以下の生物学の例では、今までの解釈ではうまくいかない。ある集団における形質に  
20 ついて、「その形質の生存力<sup>1</sup>が 0.5 になる」というとき、その形質をもつ個体の数が卵  
21 から成体になるまで実際に半分に減るとは限らない。この場合の確率は、我々の信念の  
22 度合いとは関係がない。

23 「A であることの確率が  $x$  である」とは、仮に試行の回数を限りなく増やしていけば、  
24 A になる相対頻度が限りなく  $x$  に近づくことを意味する。「仮説的な相対頻度解釈」

25 さいころを例にして考えると、試行の回数を限りなく増やしていったとしても、必ず  
26 しも 1 の目が出る実際の相対頻度が  $1/6$  に近づくとは限らない（\*試行を繰り返せば頻  
27 度が一定の極限值に終息するというを天下りの的に認めることなしには）。

28  
29 ・傾向性解釈

30 確率を客観的な性質としながら、さいころや降水のような一度限りの事象についても当  
31 てはまる解釈としてポパーは「傾向性解釈」を提唱した。

32 「A であることの確率が  $x$  である」とは、A となる傾向性の強さが  $x$  であるというこ  
33 とを意味する。

---

<sup>1</sup> 個体の生き残りを表す量で、誕生から生殖年齢まで生存する割合

1 (実際に投げられたことのない) さいころについても、「1の目が出る確率は1/6だ」  
2 ということができる。なぜなら、さいころの物理的構造からそのさいころのもつ「傾向  
3 性」が分かるからだ。しかし、「確率」というよく分からない言葉を「傾向性」とい  
4 う別のやはりよく分からない言葉で言い換えているにすぎないともいえる。

5 傾向性解釈に対する反例（ハンフリーズ）：

6 フリスビーをつくる二つの機械がある。機械1は1日あたり800個を生産するがその  
7 うち1%が不良品である（1日に8個の不良品）。機械2は1日あたりの生産量は200  
8 個でそのうち2%が不良品である（1日に4個の不良品）。1日に二つの機械でつくら  
9 れた1000個のfrisbeeからランダムに1個を取り出す。それが不良品であることを  
10 Dとし、それが機械1または2によってつくられたことをそれぞれM、Nとする。通  
11 常の計算によれば、

12  $P(D/M)=0.01$  （機械1でつくられたものの中から取りだしてそれが不良品であ  
13 る確率）

14  $P(M/D)=2/3$  （取り出された不良品のうち、それが機械1でつくられた確率）  
15 （一般に、 $P(A/B)$ は、Bという条件の下でのAの確率（条件付き確率）を表す。）

16  $P(D/M)$ は確かに、傾向性解釈で解釈できる。機械1が不良品をつくる傾向性が0.01  
17 なのである。しかし、 $P(M/D)$ のほうはどうか。確率（傾向性）が何らかの対象に客観  
18 的に付与されているものならば、「1日の終わりに取り出されたfrisbeeの不良品の  
19 うちそれが機械1でつくられたものである傾向性が2/3」とはどういう意味なのだろう  
20 か。この傾向性は一体「何の」傾向性なのだろうか。このような確率を「傾向性」とい  
21 う言葉で説明するのは難しい。

22 これには、傾向説支持者からの反論もあるらしい（\*確率的因果説、長期傾向説など）。  
23 4種の解釈のどの解釈にも問題はあるが、今のところ傾向性解釈説の支持者が多いとい  
24 うことである。

25  
26 確率は客観的か主観的か

27 主観的解釈で扱えるが、客観的解釈では扱えない確率

28 ・客観的解釈は非決定論的事象にのみ適用されるが、主観的解釈は主観的な不確実性も  
29 扱う。

30 例：太郎、次郎、三郎の3人が牢獄にいる。かれらは、3人のうちの二人が死刑になる  
31 ことは知っているが、それがだれとだれなのかは知らない。このとき、主観的解釈によ  
32 ると、自分が死刑になる確率（信念の度合い）は2/3である。客観的には何の不確実性  
33 もない（所長や看守はだれが死刑になるのか知っている）ので、客観的解釈ではこのよ  
34 うな場合には確率を付与しない。

35 さて、太郎が看守に「次郎か三郎のうち、少なくともどちらか一人は必ず死刑になるは  
36 ずだ。この二人のうち死刑になるやつの名前を一人だけ教えてくれ」といい、看守が死



1 刑になるのは次郎だと教えてくれたとしよう。すると、死刑になるのは太郎か三郎のど  
2 ちらか一人だということが（太郎は）分かったわけだから、太郎にとって自分が死刑に  
3 なる信念の度合いは  $1/2$  に減ったわけである。だれとだれが死刑になるかはすでに決定  
4 しているのだから、この看守の情報は、客観的な情報を何も変えていないにもかかわらず、  
5 太郎にとって自分が死刑になる「信念の度合い」は低くなったといえる。主観的解  
6 釈では、上記のような「信念」を数学的に扱える点は有利である（客観的な解釈の支持  
7 者であれば、上記の課題に確率的なものは存在しない）。

8 古典的事象に対してわれわれが確率を付与するのは、われわれの情報不足による主観  
9 的解釈だともいえる。なぜなら、古典力学においてはすべての情報さえもっていれば確  
10 実に何が起こるか分かるはずであり、確率は客観的なものにはなりえない。しかし、量  
11 子力学的現象は、その本質において確率的な振る舞いしかしない。

12  
13 確率はどう役に立つのか

14 我々がある古典的な系について詳細な情報を知っていて決定論的にその系の振る舞  
15 いを知ることができたとしても確率的な扱いをすることがある。詳細な情報を避けるこ  
16 とにより、説明が説明として成り立つことがある。その典型的な例が、統計力学的な議  
17 論であろう。マクスウェルやボルツマンが気体分子運動論を展開したときには、原子や  
18 分子も古典力学によって決定論的に振る舞うと考えられていた。かれらはそれらを古典  
19 的な振る舞いをすると考えていたのに、統計的に扱うことによって気体の性質を説明し  
20 たのである。気体の性質を説明するためには、原子や分子個々の詳細な情報は必要なか  
21 ったのである。

22  
23 ベイズの定理

24 一般に、互いに排反しない（？）事象  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  があるとき、 $B$  という条件の  
25 下で  $A_1$  の生じる確率  $P(A_1/B)$  は、

$$26 \quad P(A_1/B) = \frac{P(B/A_1) \times P(A_1)}{27 \quad \sum_{i=1}^n P(B/A_i) \times P(A_i)}$$

28  
29 課題：「太郎、次郎、三郎が牢獄にいる。かれらは、彼らのうちの二人が死刑になるこ  
30 とを知っているが、それがだれであるかは知らない。いま、太郎が看守に「次郎か三郎  
31 のうち死刑になるやつの名前を一人だけ教えてくれ」といい、看守が死刑になるのは次  
32 郎だと教えてくれたとしよう。すると、死刑になるのは太郎か三郎のうち一人だとい  
33 うことが（太郎は）分かったわけだから、太郎にとって自分が死刑になる信念の度合い  
34 は  $2/3$  から  $1/2$  に減ったわけである。」

35 「次郎が死刑になる」ということが分かった後の太郎の死刑の確率をベイズの定理を用  
36 いて求める。

- 1 太郎が死刑になる事象(A)と次郎が死刑になる事象(B)を考え、おのおのの事象が発生す  
2 る確率は、 $P(A)=P(B)=2/3$   
3 さて、「太郎が死刑になる」という仮説を立て、「この仮説が正しいとき、次郎が死刑  
4 になる確率」を  $P(B/A)$  とおくと、その値は  $1/2$  である。また、この仮説がまちがって  
5 いる（太郎は死刑にならない）確率  $P(\underline{A})=1/3$  で、仮説 A がまちがっていたときに次郎  
6 が死刑になる確率  $P(B/\underline{A})=1$  となる。  
7 （注） $\underline{A}$  は、表記上  $\overline{A}$  のつもりである。  
8 （本書による解法）今、対立する仮説として、A と  $\underline{A}$  だけを考えているので、  
9

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) \times P(A)}{P(B/A) \times P(A) + P(B/\underline{A}) \times P(\underline{A})} = \frac{1/2 \times 2/3}{1/2 \times 2/3 + 1 \times 1/3} = 1/2$$

直感的な結論と一致する。

(「考えることの科学」(市川伸一、中公新書、1997)による解法)

事前確率は、(おのおの排他的で、その総和は1である)

$$P(A) = P(B) = P(C) = 1/3$$

看守がどう返事するかという条件付き確率は、

$$P(B/\underline{A}) = 1/2$$

$$P(B/B) = 0$$

$$P(B/C) = 1$$

$$P(\underline{A}/B) = \frac{P(B/\underline{A}) \times P(\underline{A})}{P(B/\underline{A}) \times P(\underline{A}) + P(B/B) \times P(B) + P(B/C) \times P(C)} = \frac{1/2 \times 1/3}{1/2 \times 1/3 + 0 \times 1/3 + 1 \times 1/3}$$

= 1/3 となって、直感的解と異なる。

ただし、先の解で、 $P(B/\underline{A})=1/2$  とすると(太郎が死刑にならない場合でも、看守が太郎の名を教えるか、三郎の名を教えるかの確率は  $1/2$  と考える)、解は実質的に同じく、 $2/3$  となる。

直感的確率判断と数理的解との乖離(参考文献の関心事)

確率を線引き問題に応用できないだろうか(本書の関心事)

事例：いま、太郎は刑務所にとらえられている。まず、コインを投げ、つぎにさいころを投げる。コインが表のときはサイコロの目が1ならば、太郎は死刑になる。コインが裏のときはサイコロの目が1でないなら、太郎は死刑になる。

これは、「観測結果 B を得ることによって、それを生じさせる原因の候補である A が実際に生じたこと(つまり B の原因が A であること)の確からしさを評価する」事例である。

(A) コインの表がでる

(B) 太郎が死刑になる

いま、「コインの表がでた」という仮説 A を立てる。すると、この確率が正しい確率  $P(A)=1/2$ 、そして、この仮説が正しいとしたときの太郎が死刑になる確率  $P(B/A)=1/6$ 、また、仮説 A が間違っている(コインの裏が出る)確率  $P(\underline{A})=1/2$  で、A が間違っていたときに太郎が死刑になる確率  $P(B/\underline{A})=5/6$  である。

では、「太郎が死刑になった」という情報(観察結果)をわれわれが得たときの仮説 A の確からしさ  $P(A/B)$  は、 $P(A/B)=1/6$  となる。

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) \times P(A)}{P(B/A) \times P(A) + P(B/\bar{A}) \times P(\bar{A})} = \frac{1/6 \times 1/2}{1/6 \times 1/2 + 5/6 \times 1/2} = 1/6$$

つまり、何も情報がなかったときの確率 1/2 より「コインの表が出た」という仮説の「確からしさ」がずいぶん下がった。直感的に考えても、太郎が死んだということは、「コインの表が出た」というのが間違っていたと考える根拠となる。

反証しようとしている理論 H と、H から導かれる予測 E を考えたとき、E が正しいか正しくないかで H の確からしさ  $P(H/E)$  や  $P(H/\bar{E})$  が変化する。つまり、  
・ 確からしさが実験や観測で変化する理論は科学理論である。  
確率概念を使った線引き基準というのは見込みがあるものなのかもしれない。

## 10 章 理論とは何か

### ・ 科学理論の構文論的とらえ方

科学理論とは何か、について論理実証主義者によって構文論的とらえ方が提起された。

科学理論は、論理体系と同じく、少数の公理とそれから推論規則によって導かれた(つまり証明された) 定理の集合である (もしくは科学理論とはそうあるべきである) 。

この体系は、直接観察不可能な言語である「理論語」によって表現されている。もちろん、このままでは、観察による理論の吟味ができないし、観察可能な予測もできない。したがって、これらの理論語は「対応規則」によって直接観察可能な現象を表現するための語彙(「観察語」)と直接結びつけられる。また、科学法則にも「経験的法則」と「理論的法則」があるとされる。

「経験的法則」は観察語を含む法則である。例えば、気体の圧力、体積、温度を関係づけるボイル・シャルルの法則や、電位差、抵抗および電流の強さを関係づけるオームの法則などはその典型例である。「理論的法則」は、理論語を含んでいて、例えば、分子や、原子、電磁場などといった直接観察できない対象を含んだ、それらについての法則である。用いている用語が違うから、理論的法則から経験的法則を直接導出することはできない。理論語と観察語を結びつける規則が必要になる。

一つの例:「気体の温度は、気体の分子の平均運動エネルギーに比例する」。この規則は、分子論における観察不可能なもの、すなわち分子の運動エネルギーを気体の温度という観察可能なものに結びつけているのである。ただし、これらの規則が理論語を定義するわけではない。観察可能なものは理論語を用いて定義できるが、理論語は観察語にもとづいて一義的に定義することはできない。理論語は観察可能な現象に結びつけられて対応規則によって解釈されなければならないが、その解釈は必然的に不完全なものである。物理学の発展に伴ってこの対応規則は絶えず変化していくことになる。「電子とは何か」という問いに対する答えはつねに変化しているのである。

1 ・科学理論の意味論的とらえ方

2 1960年代から「構文論的とらえ方」に代わる「科学理論の意味論的とらえ方」が登  
3 場してくる。

4 古典力学は、ニュートンの運動三法則でも表すこともできるし、ラグランジュの運動  
5 方程式でも表すことができる。量子力学では、シュレーディンガーの波動力学でも、ハ  
6 イゼンベルクの行列力学でも、またファインマンの経路積分法でも表現できる。物理学  
7 では同じものと解釈している。構文論的とらえ方ではこの解釈は難しい。

8 意味論的とらえ方では、

9 理論は、現象と直接的に対応づけられるようなものではなく、世界を抽象化・理想化  
10 した「モデル」である、とする。このモデルというのは、言語外的なものである。言葉  
11 で表現することもできるし、地図のように図で表現することもできる。

12 例えば、太陽系の運動をニュートン力学で考えるとき、太陽や惑星の大きさ、色、組  
13 成などは通常は無視する。また、ケプラーの法則をニュートン力学から導き出そうとす  
14 るときには、二体モデルとって、太陽と問題となる惑星の二つのあいだの相互作用し  
15 か考えないモデルを用いる（実際は他の惑星からの重力も作用しているはずである）。  
16 このように現実世界を抽象化・理想化したものが「モデル」である。気体分子の大きさ  
17 や気体分子同士の相互作用を考慮しない「理想気体モデル」や、電子-電子や電子-原  
18 子核の相互作用を考慮しない「自由電子モデル」なども、科学研究でよく用いられるモ  
19 デルの例である。

20 モデルはすべて理論かというところではない。いまあげた二体モデルは、そのものが  
21 何かの現象を説明するわけではないから、理論とはいわないだろう。他方、素粒子の標  
22 準モデルは理論といってよいだろう。

23 天王星は1781年に発見されたが、この軌道はニュートン力学で予測されるものとは  
24 会わなかった。そこで、フランスの天文学者ユルバン・ルベリエは天王星の軌道の外側  
25 に未発見の惑星があると仮定し、その予測に基づく計算によってその惑星の位置を特定  
26 した。その予測にしたがってヨハン・G・ガレは新しい惑星を発見した(海王星である)。  
27 この場合、従来の「惑星が七つ」というモデルでは計算が合わず、さらにもうひとつの  
28 惑星を追加したモデルを考慮することによって、天王星の不規則な運動を説明できた。  
29 科学的説明の精緻化のためにモデルを修正した例である。

30 従来のモデルでうまく説明できない現象があるときには、しばしばそのモデルを現実  
31 世界に近づけることによって解決されることがある。例えば、自由電子モデルを用いて  
32 うまくいかないときは、クーロン斥力も考慮に入れる、というように。

33 従来の理論でうまく説明できない現象が観察されたときには、理論を修正するのでは  
34 なく、実験・観察結果が疑われることがある。

35 例えば、理論がモデルとして、環境分子の熱運動を考慮に入れていない場合、実験系  
36 が熱運動によるかく乱を受けていれば、理論と実験結果が会うはずがない。そこで、低

1 温にして極力熱運動によるかく乱を避けるような実験系を用意して、データを取り直す  
2 ことをする。

3 つまり、モデルを修正するときはモデルを現実世界に近づけるようにして、実験をや  
4 り直すときは条件をモデルに近づけるようにするのである。

5

6 III部 現代科学がかかえる哲学的問題を知る

7 11章 量子力学の哲学

8 重要語句（キーワード）のみ

9 “重力は空間のゆがみである” =>一般相対性理論

10 ・波動関数とは何か

11 （時間に依存した）シュレーディンガー方程式

12 
$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(t, \vec{x}) = H\psi(t, \vec{x})$$

13  $\hbar$  : ディラック定数 (=プランク定数  $h/2\pi$ )、 $H$  : ハミルトニアン、 $\psi(t, \vec{x})$  : 波動  
14 関数

15 ボルンの確率解釈 / 波動関数の収縮 / シュレーディンガーの猫 / 電子のスピン / 多世  
16 界解釈 /

17 量子力学は完全か / EPR による量子力学の不完全性の証明 /

18 量子もつれ (量子エンタングルメント) = 非局所相関 / 不確定性関係とは何か

19 (非可換な物理量どうしの不確定性関係、時間とエネルギーの不確定性関係)

20

21 12章 生物学の哲学—進化論は科学か？

22 ダーウィンの進化論は科学かという批判

23 ・最適者生存はあたりまえのことをいっているのか—第1の批判

24 ダーウィン学説の柱である自然選択説 (後に、「最適者生存」と表現) では、「生存  
25 にもっとも適したものが生存する」という当たり前のことをいっているようにすぎない  
26 ように思えるから、進化論は、検証せずとも正しいと分かる、つまり分析的に真であり  
27 経験的に内容のない反証不可能な理論であることになるので、科学的ではないことにな  
28 る。

29 進化論と対立する「創造論」では、「あらゆる生物種は神によって創造され変化がな  
30 い」とする説であり、「最適者生存」という考え方は出てこない。最適者生存とは、生  
31 物の形質が変化することを前提とした考え方だ。「生物が進化する」という前提の上で  
32 最適者生存とは当たり前の主張なのだろうか。ダーウィンの自然選択説の前に、獲得形  
33 質による進化論 (ジャン・バチスト・ラマルク) がすでにあった。それによると、生物  
34 が進化するのは、生物個体は生きていながら環境に適するように形質を変化させ、  
35 その変化した形質が子孫に遺伝するという考え方だ。「最適者生存」という考え方とは

1 異なっている。「最適者生存」は当たり前のことではないのである。進化論を形成する  
2 仮説群のひとつと考えられる。\*現在では、分子遺伝学による進化論もある（文献）。  
3 現在の進化論では、環境に適しているかどうかを「適応度」という概念で数値化して  
4 （「ある遺伝子型を持った固体あたりの子供の数」）、反証可能性を高くしている。そ  
5 のことによって、「適者生存は分析的に真である」という批判を避けることができる。

#### 6 7 ・進化論は検証（反証）できるのか—第2の批判

8 実験的に再現することはできないが、観察命題をテストすることは可能である。地質  
9 と化石との関係を調べたり、DNAの類似性を調べることで進化論のテストとなりうる。  
10 「カンブリア爆発」（\*5億4200万年間から5億3000万年前の間に現生するすべて  
11 の動物門が出そろった現象で創造論の進化論批判の根拠）とそれに対して最近提唱され  
12 た「光スイッチ説」がある。

13 ①動物の「内部構造」はカンブリア爆発以前にすでに現在と同じ37の部門に分かれて  
14 いた。

15 ②それゆえ、カンブリア紀の爆発とは、「外見」が一気に多様化した現象である。

16 ③カンブリア紀初頭に捕食者に眼が誕生した。

17 ④捕食者に眼が誕生することによって、捕食率が一気に上がった。

18 ⑤被捕食者は眼をもった捕食者による淘汰圧で外見が多様化した。

19 ⑥やがて被捕食者側にも眼が生じた。

20 ⑦捕食者も、被捕食者に気づかれずに捕食できるように外見を多様化させる必要が生じ  
21 た。

22 創造論と進化論による説明を比較したとき、創造論による説明はテスト可能な前提が  
23 少ないため、実験や観察によってその確証度が上がらないが、進化論の説明の場合は、  
24 いくつかのテスト可能な前提があるため、これらを肯定する実験・観測結果が得られた  
25 ら確証度が上がるのである。実際、③から⑦はテスト可能である。

#### 26 27 ・道徳は進化論で説明できるのか

28 「人殺しをすべきではない」とか「約束は守るべきだ」などという、人間社会には「道  
29 徳」が存在する。「道徳は進化の過程で生まれてきたものである」として、それを研究  
30 するのが、「進化倫理学」である。

31 人間のみならず、生物には、しばしば自身の子孫を残すのには不利になるような「利  
32 他的行動」が見られる。例えば、働きバチや働きアリは、自身は生殖行為をせず、自  
33 身の姉妹である女王バチや女王アリの世話をする。しかし、生物進化が自身の生存にの  
34 み関わるなら、このような個体は生殖行為をしないわけだから淘汰されていき、やがて  
35 いなくなるはずである。

1 ところが、通常の有性生殖では、自分も持っている遺伝子を兄弟ももっている確率は  
2 50%だから、複数の兄弟（3人以上）を助けることによって、自分一人だけが生き残る  
3 よりも高い確率で自分のもつ遺伝子（と同じ遺伝子）を後世に残すことができる。「自  
4 分を犠牲にしてでも兄弟を助ける遺伝子」は、「兄弟を犠牲にしてでも自分一人が助か  
5 る遺伝子」より後世に伝わりやすい。こうして、血縁どうしの利他的行為は自然選択で  
6 説明可能である。ところが、血縁関係の薄い他者を助ける場合がある。自分が相手のダ  
7 ニを捕ってあげたら、相手も自分のダニを捕ってくれる、という関係である。「互恵的  
8 利他性」モデルと考える。

9 だが、道德とは、血縁関係がなく、しかも見返りのない相手にも利他的行動を求める  
10 ものであろう。このような道德は、進化論からだけでは説明が難しそうである。

11 \*いろいろな議論はありそうである。

12  
13 ・生命とは何か

14 生命は物質に還元できるのか

15 1. 例えば魂のような物質以外のものが存在することによって生命を得ることができる  
16 という考え。

17 2. 唯物論的考え

18 2-1. 「還元主義」（生命も、生命体を形づくる個々の物質のはたらきに還元できる）

19 2-2. オートマトン（仮想的自動機械、コンピュータのプログラムでも生命を持つこと  
20 ができる）

21 2-3. 「創発」（生命体を形づくるそれぞれの物質は、それらが集団となり、相互作用  
22 することによって生命を生み出す。生命は、生命体を形づくる個々の「部品」に還元で  
23 きない。）

24 いずれの説を採るにせよ、「生命とは何か」という問いの答えにはなっていない。で  
25 は、生命とは何なのか。

26 (1) 「自己複製機能」

27 不十分な定義。はたらきアリののような生殖機能を持たない生物がいる。

28 (2) 「散逸構造をもつ系」

29 例えば、生物は、DNA の情報をもとに、摂取した食べ物の分子や原子から体を作る  
30 細胞などを作り出す。また、学習において脳内で神経回路を構築する。このとき、その  
31 構造を構築する物質は刻々と変化し入れ替わるが、構造自体は維持される。

32 (3) 「例えば、タンパク質や核酸、水などといった特定の物質から構成された散逸構  
33 造をもつ系」

34 これは地球上の生物に限定した条件かもしれない。

35 「N=1 問題」（「地球上の生命体」という制限をあらかじめもっている）



1 「生命とは何か」という問題は、従来の純粋に哲学的問題でしかなかった段階から科学  
2 的な議論の俎上に載せられる段階へと移行しつつあるといえそうである。

3

4 生物学の哲学的問題は、他にも、「機能とは何か」「種とは何か」「(自然淘汰におい  
5 て)何が淘汰されるのか」「進化論は物理に還元できるか」「進化と発生は統合できる  
6 のか」「遺伝とは何か」などがある。

7 \*1900年にメンデルの法則が発見されると、自然淘汰説とメンデル遺伝学とを統合し  
8 て20世紀後半には遺伝学は集団遺伝学と発展した。

9 自然淘汰は個体数の増減として量的に動くから、定量的に明らかにする必要がある。  
10 自然淘汰では生き残りやすい個体がたくさん子孫を残し集団中で増えていくが、そうで  
11 ない個体は少ししか残せず、その子孫は死に絶えていくことになる。この課程をどのよ  
12 うに取り扱えばよいのか。

13 集団遺伝学はこのため数理モデルを作り、その妥当性を検討するという、いわば理論  
14 物理学のような体系を打ち立てた。すなわち、自然淘汰の効果を量的に推定するための  
15 モデルを構築し、統計学を使って検討する。

16 物理学的手法を使い、多くの実験的アプローチが可能になっているようである。本書  
17 はこの分野には立ち入っていない。

18

19 おわりに

20 \*本書では、倫理に関する章を設けていない。最後に少しだけ触れているが、重要と思  
21 われるので紹介する。

22 近年、複雑系と言われる系を扱う科学がさかんである。つまり、地球環境であるとか、  
23 生物であるとかといった、系を構成する要素間の関係が複雑であり、現象の予測も説明  
24 も難しい系である。

25 複雑系における現象を理論的に研究する際、やはりモデルを用いるわけであるが、モ  
26 デルは現実世界を抽象化・理想化したものであるから、その結果を不用意に拡張して議  
27 論しないことが必要である。もちろん、ほとんどの科学者はそのことに慎重ではあるが、  
28 まれに、とくに非専門化に向けて発信する際に、複雑な要因を無視して結果を一般化す  
29 ることがある(「わかりやすさ」という点を重視してしまうわけである)、つまり、白  
30 か黒かのような単純な議論になってしまう。

31 例えば、地球温暖化モデルを考える際、二酸化炭素による温暖化効果のみを考慮した  
32 モデルを作り、10年後の地球の平均気温の予測をするとか言うのは危険である。その  
33 結果を、例えば、政策決定などの材料として提供する場合は、それを用いて判断する非  
34 専門家(通常、最終的な政策決定をする人たちは科学の素人である)に対して、その点  
35 を十分に説明する責任がある。

- 1 \*素人の側から見ても、科学哲学を学習することによって、専門家の「ウソ」を見抜く
- 2 力を養いたいものである。
- 3
- 4 文献：「分子進化のほぼ中立説」（大田朋子、講談社ブルーバックス、2009）