

# 研究の科学性を高める要件

——科学の思考法と研究方法を中心として——

高岡 義幸\*

## 目次

はじめに

序. 学間における科学の位置

1. 人間と自然との関わりの変遷
2. オーギュスト・コントによる人間の思索の分類
3. 学間の三つのカテゴリー

1. 近代科学とその思考形式

- 1.1 近代科学誕生に到る思想と行動
- 1.2 近代科学革命とその後の発展
- 1.3 科学の基本的思考形式

2. 科学的方法の発展

- 2.1 科学的方法の基本手順
- 2.2 帰納法自体の発展

3. 科学でとらえる真理

- 3.1 再現性, 客観性
- 3.2 社会科学での真理
- 3.3 実在論と反実在論
- 3.4 真理は変化する

4. 論文掲載・公開の学間的意義

- 4.1 新たなアイデアや発見情報の提供
- 4.2 再現性確認の呼びかけ
- 4.3 避けるべきこと

おわりに

はじめに

教育・研究に携わる職に就いて以来、われわれ大学人にとっての社会的責任は何かということを考えてきた。大学人は通例、教育と研究という二つの大きな職務を担っているが、今日、教育も研究も実に大きな課題を抱えている。本研究ではその一つである研究方法に関する問題を取り上げてみたい。

研究者の末席を汚すに過ぎない筆者が言うのもおこがましいことかもしれないが、近年、首を傾げたくなる事態にしばしば遭遇する。それは、日本の大学の、いわゆる文系と言われる分野に於いては、学部段階ではもちろん、大学院においてさえ科学の方法に関する教育・訓練が効果の上がる方法でなされていないのではないかと思われる事態である。

折しも STAP 細胞の形成と存在を巡る問題が明らかになり社会の注目を集めている。これは筆者にも研究の方法や論文作成の要件について改めて考えさせてくれる契機となった。この問題はわれわれに二つのことを提起してくれている。一つは研究に於いて則るべき科学的方法とその実践の問題であり、いま一つは研究をゆがめる可能性のある組織的・社会的問題である。

本研究は学問の方法、特に今日その基本となっている科学的研究方法の要件を、近代科学誕生の背景に遡って歴史的・論理的に確認することを目的としている。科学は、限界を内包しつつも、人間が今日までに獲得し得た学問方法の中では最も有効性の高いものと言われている。したがって科学は研究者が則るべき方法だと考えている。幸い科学に関する研究は実に多く蓄積されているので、そこから科学の思考形式や科学的方法の要件を抽出し、今日われわれが則るべきエッセンスを確認してみたい。したがって本稿は体系的な科学論を展開しようというものでももちろんない。研究分野を異にする筆者にそれができようはずもない。

\* 広島経済大学経済学部教授

本稿は「序」を含めて五つの章で構成されて

いる。第1章では近代科学の成立とその基本的思考形式を確認する。ただ17世紀に成立したと言われる近代科学の思考や方法が全く当時のまま今日もあるのではない。そこで、第2章では近代科学のその後の発展をその方法に対象を絞って確認してみたい。第3章では科学で捉える「真理」とは何かを明らかにしたい。最後の第4章では研究論文を掲載・公開することの学問的意義を考えてみたい。大学人の一人として、その社会的責任が少しでも果たせるように、筆者自身への戒めを込めて考察する。

## 序. 学問における科学の位置

### 1. 人間と自然との関わりの変遷<sup>1)</sup>

この節のテーマはそれ自身で大きな問題であり、またこれについては西洋と東洋の間にも大きな違いがある。しかしここでは科学の成立を導くという目的に沿って要点を簡潔に確認する。

今日、われわれが「自然」という場合、その意味するところは何であろうか。人間との関わりという視角から見てみると、少なくとも人間はその中に含まれてはいないだろう。もちろん世界には多様な生き方があり多様な価値観があるので一律には言えないが、「科学」と呼ばれる方法やその成果を享受している人達にとってはそうであろう。

しかし「自然」概念は古来そうであったわけではない。たとえばキリスト教で「God is the author of nature」と言う時、この nature には人間を含む全てのものが含まれている。人間が身の回りの諸事象に関する知識をまだほとんど獲得していなかった段階では人間は自己をも自然の一部と考え、その中に一体化していたのであろう。そして全ての事象を人知を超えた大きな力の仕業と考え、自然現象や動物に対してさえも恐怖や畏怖の念を抱くことが多かったことはよく知られている。世界各地に残る神話は

その自然観を記録したものと考えられる。ただ、神という語は実に多義的で議論のすれ違いが生ずる一因にもなっている。例えば、キリスト教の God も便宜的に「神」と翻訳されているが、日本で「八百万の神」と言う場合の「神」の概念とこれとは全く別ものである<sup>2)</sup>。

しかしその後、しだいに知識水準が向上し、思考の社会的自由度が高まると、人間は自ら思考することへの自信を高め、従来の「自然」から自己を分離して、人間を分離した残りのものを「自然」と考えるようになる。これは新たな「自然」の発見であり、逆に言えば、「自然」から相対的に独立した人間の自覚でもあった。こうなると自然に対する恐怖もしだいに希薄化し、これを物的客体として観察し、考察をすることができるようになる。その結果、自然をより詳細に正確に認識することができるようになる。ただ、自然と人間の相対的な分離は一挙に実現されたのではない。科学的方法が誕生した段階でも、「自然」はまだ人間も動物も無生物も全て包含した意味でも使われていた。そのため初期の自然科学は実は総合科学的内容を有していた。ちなみに、今日、自然の典型とも言うべき風景がヨーロッパで画題となったのは近代科学が誕生した時期と同じ17世紀だと言われている。

### 2. オーギュスト・コントによる人間の思索の分類

実証主義哲学の提唱者といわれているフランスのオーギュスト・コント (1798-1857) によれば、人間の思索は全て必然的に下記の三つの理論段階を順次通過するという<sup>3)</sup>。

- ① 神学的段階
- ② 形而上学的段階
- ③ 実証的段階

「神学的段階」は知的成熟度の最も低い段階で、あらゆる事物の発現形式や起源と目的など

が想像によって説明される。しかもそれが人知を超えたもの（神）の力で説明しようとされる。

これに対して「形而上学的段階」では、存在の本質などが思惟や推論などによって広く探究されるようになり、抽象概念が多用されるようになる。全てを神の仕業として説明することに代わって、徐々に人間が自らの思考によって諸事象を説明するようになる。ただその説明は観察によるものではなく、思弁的になされる観念的なものである。これがこの段階の一般的特徴である。両段階にはこのような違いがあるものの、いずれも第三の実証的段階に向けた過渡的・中間的機能を担っている。

人間の知性はこれら両段階を経過することによって徐々に向上し、ついに合理的実証性の段階に導かれる。「実証的段階」では、想像や推論に代わって観察が重視され、自然法則の確立が試みられる。そして法則に基づいた合理的予見という目的も明確になる。このようにコントは知的成熟という視角から人間の知性の発達を段階的にとらえ、実証的精神によってこそ知的調和が作り出されることを示していると言えよう。なお澤瀉久敬によればコントの言う神学的段階は「宗教的段階」に、形而上学的段階は「哲学的段階」に、そして実証的段階は「科学的段階」に言い換えることができる<sup>4)</sup>。

### 3. 学問の三つのカテゴリー

身の回りに生起する諸事象の原因を探り、事象間の諸関係を可能な限り合理的に説明する試み・活動が広い意味の学問である。その方法の質的な違いに着目してみると、人間の行ってきた学問的営みは、コントも提示しているとおり、大きくは宗教、哲学、科学の三つのカテゴリーに分けることができる。そしてこれらを宗教→哲学→科学という発展的論理で整理すると、論理的にもより説得力のある説明が可能になると考える。

宗教的方法の上に、これの限界を超えるべく哲学的方法が築かれ、哲学的方法を活かしつつこの限界を超えるために科学的方法が編み出された。今日ではこれら三つが層を成して併存している。したがって科学はこれまで人間が到達し得た学問方法の中では最も有効性の高い方法だと言うことができよう。今日の学問は主として科学的方法で行われている。そのため今日何の前置きもなく「学問」という場合には、通例、科学的方法による学問を指している。

## 1. 近代科学とその思考形式

### 1.1 近代科学誕生に到る思想と行動

#### 1.1.1 近代科学誕生前史の概観

科学に関する諸研究の中から近代科学の誕生に関する部分をひもといてみると、大略下記のような文脈で理論が展開されている。

- ①古代ギリシャ<sup>5)</sup>における古代科学の誕生
- ②5世紀頃からのヨーロッパ中世、約1000年間の暗黒時代
- ③14世紀頃からのルネッサンス運動による萌芽的諸活動
- ④17世紀の科学革命による近代科学の誕生

この文脈を見て筆者は中世といわれる約1000年間がなぜ暗黒時代といわれるのか理解に苦しんできた。このような長い間、学問的進展が無かったはずはないと思われるからだ。ただ近年、「暗黒時代」に関する研究も進んでいるようで、たとえば伊東俊太郎によれば、この時期にも「中世科学」と呼ぶべき多くの学問的諸活動が行われていた。この間ヨーロッパはギリシャのみならず、アラビアやラテン地域からも強く学問的影響を受けていて、これらが近代科学誕生の礎の一つになっているとのことだ<sup>6)</sup>。

#### 1.1.2 人間が経験や思考に自信を高めた諸活動

人知を超えたものに対する畏怖や恐怖を一挙に解消することはできないものの、人間は徐々に

にはあれ、おそろおそろそれに分け入ったようだ。その事例として、まず14世紀頃からイタリアで始まったとされるルネサンスが挙げられよう。これは学問の発展という視角からは人間が自らの意思の表現を拡大しようとした運動と考えられる。

二つ目に挙げられるのが15世紀頃から盛んになった、いわゆる大航海であろう。これはその政治的・経済的目的はさておき、副産物として自然現象に関する知識の蓄積に大きく貢献したのであろう。その結果、人間は自己の経験から得た知識に自信を高めたと考えられる。

三つ目には、従来のカソリック教会の行動を直接批判した運動として宗教改革が挙げられよう。これによって従来のカソリック教会の権威が低下したことも確かであろうし、それによって宗教的恐怖感の低下が生じ、思考の自由度の向上につながったであろう。

### 1.1.3 天体観測による宇宙観の転換

近代科学誕生を説明する際にこれに貢献したとされる主要な人物達の行動は、巷間では、ともすればキリスト教に反旗を翻す行動であったかのごとく語られることがある。しかし実際には彼らはいずれも敬虔なキリスト教徒で、彼らが天体観測などをしたそもその動機は、たとえば規則正しく回転する天体の動きの中に創造主たる神の業のすばらしさを見出し、それを賛美するためであったらしい。そしてこの賛美のための証拠収集としての観測記録の蓄積が結果的にはそれまでの宇宙観の誤りを明らかにする資料となったというのが真相のようだ<sup>7)</sup>。代表的な人物の活動と貢献内容を確認しておこう。

#### A) コペルニクス (1473-1543)

ルネサンスの気運のあったイタリアに留学したコペルニクスはそこで地動説的発想に触れ、その後、太陽を中心とする、いわゆる地動説の証明を試みた。ただ彼の考えた天体の軌道は真円軌道に固執したものであった。また太陽中心

説が太陽信仰ととられると唯一神教であるキリスト教の構造に反するので、神の創造した宇宙全体を一度に照らす位置に太陽を置くことは神以外の誰にもできようはずはないとしてキリスト教信仰との矛盾を回避したようだ<sup>8)</sup>。なお、惑星運動の軌道が真円ではなく太陽を中心とする楕円軌道であることを唱えたのはケプラー(1571-1630)である。

#### B) ガリレオ・ガリレイ (1564-1642)

ガリレイの貢献は何よりもまず自由落下の法則発見であろう。これは時間を独立変数として位置変化を見るという方法を基礎とする数学的実験によるものであり、これによって彼は地上の力学的法則を明らかにした<sup>9)</sup>。また彼は、それまでは神の領域とされていた天体を望遠鏡によって直接に観察し、宇宙に対する認識を改めるきっかけを作った<sup>10)</sup>。これはそれまでの目的論的自然観に変更を迫るものであった。彼の行った実験による検証や、より詳細な観察は科学に不可欠の方法の導入であったという意味で特筆に値しよう。

#### C) ニュートン (1643-1727)

ニュートンの最大の貢献は天体の運動にも地上の物体の運動にも同一の力学的法則が作用していることを証明したことであろう。いわゆる万有引力の発見である。これによって宇宙を一つの規則正しい機械仕掛けとする機械論的宇宙観の普及に貢献した<sup>11)</sup>。このようにコペルニクスからガリレイそしてニュートンまで、彼らは天体の運動や地上の物体の運動に見られる法則を明らかにすることに成功した。そしてそれまでの天動説を転換して地動説を導くきっかけを作り、また目的論的宇宙観・有機的宇宙観から機械論的宇宙観への転換を成し遂げた。これらはまさに学問における革命と言っても過言ではなからう。近代科学の成立に向けた大きな貢献である。

### 1.1.4 二つの哲学的アプローチ

#### A) 経験論とその貢献

近代科学の成立に貢献したといわれる思想には二つの哲学的アプローチがある。経験論と合理論である。まず経験論から見てみよう。これを唱えた中心的人物とされる F. ベーコン (1561-1626) の思想を中心に考察する。経験論の思想的特徴を端的に言えば、人間の知識は経験から得られるとする考え方である。真理を求める最初の前提として感覚的経験のみを認め、通常の知識と言われるものは全てその上に築かれるものとする。このような思想の台頭は人間が自分自身の経験や観察力に自信を持ち、自らの意思で自然現象を観察し始めたことを意味する。ベーコンは当時の学問が経験との接触を失っていると判断し、そのような学問は不毛だと考えていたようだ<sup>12)</sup>。

学問の方法を見れば、ベーコンは積極的に自然に働きかけ、そこから事実としての経験データを集め、その経験的事実から自然の法則を導き出す方法をあみ出した。いわゆる帰納的方法である。この方法では多くの事実の中に共通の性質が認められるとき、またそこに例外が認められないならば、その性質は「真理」であるとする。これを帰納的推論という<sup>13)</sup>。ベーコンはあらゆる場合の事象を全て同じレベルに立つものとして収集し比較することに大きな意義を認めた。この経験論に基づく方法はやがて科学的研究における主流となり科学的研究方法の形成を促進する。その意味で、ベーコンは近代自然科学の生みの親とも言われている<sup>14)</sup>。

ところが、経験によって事実と思っていることが実は事実でないことが現実には非常に多い。経験で捉えた現象を簡単に「事実だ」と言うことは科学者には許されない。そのため経験ではなく理性の承認を得たもののみが真の事実だという主張も行われている<sup>15)</sup>。

#### B) 合理論とその貢献

近代科学の成立に貢献したいま一つの哲学的アプローチが合理論である。これを唱えた主要人物である R. デカルト (1596-1650) の思想にそって見てみよう。合理論の特徴を端的に言えば、真の認識は経験に基づかない先天的な理性の働きによるという考えだ。彼は人間を精神と肉体に二分してとらえたこともよく知られているが、それによって精神の働きの有効性を強調したかったのではなかろうか。彼の主張が説明される際に、「精神の働き」が「自我」や「理性」といった抽象性の高い言葉で言い換えられるので、これらの翻訳語が現代語のニュアンスで一人歩きしてまぎらわしい。しかし、学問の発達という側面から解釈すれば、彼は人間の思考力や判断力への自信と信頼性を強調したかったものと考えられる。かの有名な「われ思う、ゆえにわれ在り」という宣言はこれを象徴的に表したものであろう。

学問的な説明方法に関してデカルトが行った貢献は演繹法を編み出したことであろう。演繹とは一般的または抽象的な命題や原理から具体的または特殊な命題や原理を、経験に基づかないで導く方法である<sup>16)</sup>。ここで彼が公理としたのが「考えている自分の理性」である。彼は全てのものを疑ってみたが自己の思考は疑えないとしてこれを絶対的に正しい公理とし、その上で演繹的説明方法をあみ出した。この演繹的説明法は人間による思考の自律性を強調することによって近代科学の成立に貢献したと言えよう。いま一つデカルトの貢献としては物的世界の説明法を挙げることができよう。数学的方法を用いて機械論的発想（後出の1.3.4参照）で統一的に自然現象を説明しようとしている<sup>17)</sup>。

しかしデカルトの思想にはまだ「神」の影響が根強く残っていて、神の観念は彼の体系の主要な基礎となっている。「われ思う」ことが正しいという根拠として「神」を持ち出している

のだ。これは合理論の独断性とも言われているが、自己の理性の完全性の根拠を問われたとき、完全なる神が創造した人間の精神が不完全であろうはずがないと言う以外に説得力のある理由が見いだせなかったのではなかろうか<sup>18)</sup>。キリスト教世界の価値観をベースとして、神が作った人間の理性こそ自然を知る方法だと考えたのであろう<sup>19)</sup>。

ベーコンなどの経験論（帰納法）によって具体的な事象から一般的法則を導くことが可能となり、またデカルトなどの合理論（演繹法）によって、一般的命題から具体的な事象を予見することも可能となる。これら両者によって自然をより正確に捉える科学の誕生が後に導かれることになる<sup>20)</sup>。

## 1.2 近代科学革命とその後の発展

### 1.2.1 近代科学革命

上記のとおり近代科学は16世紀頃からその歩みを始め、17世紀の初めにはその発展が始まっていた。近代科学革命とは、この間に従来のアリストテレスの自然哲学を乗り越える形で学問方法が革命的に飛躍したことであり、自然現象に対する伝統的な説明体系が新しい知的枠組みによって置き換えられた過程である<sup>21)</sup>。当時の先人達は自らの思考への自信を高め、経験や観察をベースとする帰納法的方法で真理を探究する方法を確立した。またガリレイによって発展させられ、デカルトによって労作された数学的演繹法によっても17世紀の近代科学は進歩したようだ<sup>22)</sup>。

だがしかし、彼らが意図していたことは必ずしも近代科学の形成ではなく、まだ神学的な自然観の中での行動であったようだ。彼らは合理的な説明ができないところは神の所為にし、ニュートンでさえも、万有引力はなぜ働くのかと聞かれたときに、「神様が引っ張っているからだ」と答えているようだ。ガリレイも自らを

カトリック界の大学者と自負している<sup>23)</sup>。

聖書の言葉を借りれば、神の創造物の一つで神の僕である人間が神の創造物を客体として探求することは不敬の至りと言われかねない。しかし彼らがそれをするのができたのは敬虔なキリスト教徒であったからというのが真実のようだ。日々これほど規則正しく運動する天体は神の設計によるからだと考えた彼らは、「神の御業」を賛美するために観測するという動機を強く持っていたようだ。言い換えれば、この世界を神がどのように作って、人類をどういう方向に導こうとしているのかを知ること、すなわちホーリー・デザイン（Holy Design）を解き明かしたいという欲求があったようだ<sup>24)</sup>。このように17世紀の近代科学はまだ神からは完全には脱却できていなかった。そのため、近代科学がさらに進歩して今日の科学に近づくためには神からの脱却をより確かなものにする必要があった。

### 1.2.2 神からの脱却（聖俗革命）

村上陽一郎によると、17世紀に形成された近代科学が神の拘束を脱ぎ払う試みは18世紀に行われた。これを代表するのがデイドロに代表される百科全書派の活動である。彼らはキリスト教的な神学の上に全てが乗っかかるという知識体系からキリスト教的な価値観を排除する試みをした<sup>25)</sup>。その試みは百科全書の編集体系に現れている。それは説明事項がつづり字のアルファベット順に掲載されていることである。

従来の分類は神を頂点とする神学的な体系で行われるのが常であった。しかしアルファベット順に掲載するということは記載内容ともキリスト教的な精神とも一切関係が無いことを意味する。言い換えれば、百科全書は宗教的価値観を排除した知識の堆積物として作られているのだ。したがってこれは「脱キリスト教」の象徴的な作品であり、さらに言い換えれば、人間理性を最上位においた作品とも言える。従来の神

学的な立場が、何を説明する場合にもどこかで神に言及しない限り説明は終わらないという立場であったのに対し（聖なる立場）、創造主としての神に一切言及しないでものごとを説明できるとする立場（俗なる立場）への大転換が生じている。村上陽一郎はこの革命的転換を「聖俗革命」と呼んでいる<sup>26)</sup>。われわれが何気なく親しんでいるアルファベット順の編集にはこのような意味がある。

### 1.2.3 学問の分化・再編成とサイエンス

19世紀になると、いったんバラバラにされた知識を再編成する試みが始まる。その際の再編原理となったのは「対象」や「方法論」の違いである。そしてこれらを規準として行われた区分が現在の大学における学問的区分の基礎にもなっている<sup>27)</sup>。神という絶対的価値を中心にした体系から価値観を排除した便宜的集積へ転換し、そしてついには知識の内容を系統立てる体系へと進化したと言えよう。そしてこの進化が学問の分化を促進することになる。

このような動向に応じてサイエンスという語の意味も次のように変化している。

①英語のサイエンスの語源であるラテン語 (scient) は「論証によって裏付けられた確実な知識」という意味をもっていて、18世紀まではまだ知識全般を指す言葉であり、ナレッジ (knowledge) とほぼ同義であった。ちなみにこの頃までは現在の科学者に相当する知識人のことを「自然哲学者 (natural philosopher)」とか「知者 (savan)」と呼ぶことが多かった。

②ところが19世紀になると学問の分化が進んで、これが「実験や観察などの経験的手段によって得られる様々な知識」という意味で使われるようになる (sciences 複数)。そしてその後、一部の特殊な自然科学だけを指す言葉になっていく<sup>28)</sup>。

このように17世紀の科学革命期に生まれた科

学の意義やその方法がそのまま今日の科学に直接繋がっているのではない。18世紀にキリスト教的枠組みを外し、さらに19世紀に至って分化・再編を経て現代の科学となった。ちなみに「科学」という日本語は、明治初期に、学問の細分化が起こっていた当時のヨーロッパの学問状況を見て、これを「分科的学問」、「科 (discipline)」に岐れている学問」と呼び、ここから二字を抜き出して作られている<sup>29)</sup>。

## 1.3 科学の基本的思考形式

### 1.3.1 要素還元法

要素還元とは研究対象を説明するとき対象を捉えやすくするために、まず全体をいくつかの部分に分けることを言う。一般に、部分は全体より単純になるためその性質を捉えやすくなる。たとえば曲線もそれを多くの部分に分割すれば各部分は限りなく直線に近づくことと似ている。対象を分けるより本質的な理由は、科学的説明の核となる要素を取り出すためである。科学的理論探求においてよく用いられるモデルで言えば、モデル間の要素の違いから、それぞれの現象の差異を生み出す要因を探り出す<sup>30)</sup>。

17世紀には要素論的自然観と言われる認識が生まれていた。これは要素への分解を極めることによって、そこから逆に全自然を合理的に再構成できるという確信にもとづいている。要素を見出し、その要素の振る舞いを律する法則をつかまえることが最も基本的であり、それに成功すれば、そこから全自然を演繹的、統一的に理解できると考えられたのであろう<sup>31)</sup>。ここには自然界が統一的な原理で説明できるとする発想が伺われる。

### 1.3.2 帰納的方法

17世紀の科学革命は実験と観察を中心とする経験科学の方法論を確立することでそれまでの時代と決別した。近代科学が成立する過程で大きな役割を担ったのはベーコンの帰納哲学であ

る。前に述べたとおり、帰納とは個々の観察や実験の結果得られる基礎データの集積から普遍的な法則や理論を推理することである。現象から命題が引き出され、これが帰納によって一般化される。17世紀以来、科学は実験を駆使する帰納法の必要性を説いており、科学の方法は帰納法であるという見解が流布していた。したがって科学的合理性とは帰納的合理性を意味していた<sup>32)</sup>。

しかし帰納という思考法は部分的で特殊な条件での結果を一般的なものとみなすわけであるから、そこには論理的には下記のような思考の飛躍があるとも言える。

- ① 思い込みや先入観のない事実はない。
- ② 事実をどれだけ集めても、普遍法則の知識と論理的に等価にはならない。
- ③ 帰納によって知識が得られる過程は本来一意的に決定されなければならない。しかし実際には帰納には多義性がつきまとう。

これらは合理論の立場から「経験の主観性」として批判された点であるが、この点は、提示されたモデルを「後に別の視点から検証する」という方法で克服され、経験論に基づく実験主義が科学の思考法の主流となる<sup>33)</sup>。

### 1.3.3 因果律思考

科学は対象全体をその構成要素に分解し、要素と要素間の関係を明らかにしようとする。すなわち現象の中に法則を見出そうとする学問である。要素間の関係は必ずしも原因・結果的とは限らないが、科学では現象の連なりを原因・結果的に見て順序づけようとする。因果関係的にものを考えることが科学的思考の一つであり、因果関係の発見が科学の第一目標となっている<sup>34)</sup>。

### 1.3.4 機械論的思考

17世紀になると機械論哲学と呼ばれる考え方が生まれる。この考え方に基づく機械論的自然観とは宇宙全体を精密な機械とみなし、物質

的・統一的な法則が世界を支配しているという考え方である<sup>35)</sup>。ガリレイは「自然は数学で書かれている」と言い、自然が数量的な関係として説明できることを主張している。デカルトによれば、全ての物質的存在は同一の力学的法則に支配される機械であり、そういう点では人間も動物や植物や無機物と変わりがないものとされた<sup>36)</sup>。すなわち物理的世界は数学的方法で捉えられた力学的法則に従う等質的な力学大系とされる。

ニュートンは分析的手法の発達を踏まえて、全てのものを最小の構成単位へと還元してみることで、あらゆる現象に普遍的な性質を探求する。地上の運動も天体の運動も同じ法則で説明できることを発見した後は機械論的自然観への確信はいっそう高まったであろう。ここから全ての事象は一意的すなわち決定論的に動くという考え方がでてくる。そして「還元性、普遍性、決定論」が科学の特徴となり、機械論的世界観が世界全体に波及していく<sup>37)</sup>。ここには先述した神の「Holy Design」を明らかにしたいという意図が明確に伺われる。

## 2. 科学的方法の発展

### 2.1 科学的方法の基本手順

科学的方法の基本手順は次の五つのステップで成り立つとすることができよう。

#### 2.1.1 観察

観察とは対象をそれから離れてよく見ること、事実を確かめることであり、研究の最初のステップである。その際、自然現象であれ社会事象であれ可能な限り主観を排除して確かめることが求められる。社会全体の研究の連続性という視点から言えば、先行研究の到達点を確かめ、従来の研究の空白部分あるいは既存研究の疑問点などを確かめることも広い意味では観察の一つと言えよう<sup>38)</sup>。

### 2.1.2 分析

これは前に取り上げた要素還元法に直結することであるが、一つの連続体である自然現象や社会事象をいろいろな要素に分けて考えることを意味する。言い換えれば上位概念を複数の下位概念に分解することであり、理解したい対象を既知の知識を使っていったん分解する思考法とも言えよう。たとえば落下運動を距離、時間、速さなどに分解したり、水を酸素と水素との関係によって知ることなどである<sup>39)</sup>。さらに言い換えれば、対象を記号で表現することである。最も純粋な記号は数字であるため、科学的研究には数量化して捉える作業が必然的に伴う。対象を数量化するためにはそれを「測定」することが必要となる。

#### A) 測定, 数, 単位

対象を数量化するための測定とはどのような手続きであろうか。そもそも自然界に数はない。測定するためには測定しようとする対象と同じものを一定量取り (=これを「単位」という)、全体がこれの何倍あるかを確認しなければならない。この「何」が「数」である<sup>40)</sup>。

#### B) 論理的分類

分析を確実に行うためには対象の分類もしばしば必要になる。古来、人間はその時々々の目的に応じてさまざまな分類を試みてきた。ここでは研究の科学性を高めるために不可欠な論理的分類の規則を確認しておこう。下記の三つの規則である<sup>41)</sup>。

①視点の一貫性, ②区分肢の排他性, ③区分肢の網羅性

①は分類の基準が一貫していることであり、②は分類されたあるカテゴリーが他のカテゴリーと重複しないことであり、③は分類される対象はいずれかのカテゴリーに含まれるような分類でなければならないという意味である。逆に言えば、いずれのカテゴリーにも入らない対象が残るような分類はしてはならないという意

味である。

分類対象は多面性を有しているので、詳細な内容を知ろうと思えば一度の分類だけでは無理である。そのような場合には、第一段目の分類で区分されたカテゴリーをさらに別な基準で分類して、より詳細なカテゴリーに区分すればよい。もしそれでもなお不十分であればさらに別の基準で第三段目の分類をすればよい。以下同様である。

### 2.1.3 構想, 仮説

対象の分析が行われたら、次には分割された各要素間の関係を調べる。その際、科学では先述したとおりその関係を因果律的に見ようとする。そしてそこに一定の因果関係を措定する。この一連の活動が理論化のための構想であり、措定された関係が仮説である。これはまだ間違いかもしれないので次に実験をして確かめる<sup>42)</sup>。

### 2.1.4 実験, 検証

#### A) 実験とは何か

仮説を立てたらそれが本当か否かを確認しなければならない。これを実験という。ただその際、現実の多くの要素間の因果関係を一挙に解明することは極めて困難であり、しばしば不可能である。そこで、より本質的な要素以外は捨象するか、あるいは一定であると仮定して、着目する要素間の因果関係のみを確認する。その意味で実験は人為的に管理された条件での観察であり、自然界の現象を人為的に取り出し、いろいろな視点から観察してみるものとも言える。したがって実験とは単に事実を調べるのではなく、科学者の構想あるいはアイデアを事実によって確認する行為である<sup>43)</sup>。

#### B) モデルを使った解法

科学的説明としてよく用いられる方法にモデルを使った解法がある。現実の多くの要素から問題に関係の深い、より本質的な要素だけを抽出あるいは強調して現実に似たもの (=モデル)

を作る。モデルによる解法の中でもよく知られているのが実験的方法としてのシミュレーションである。これはモデルに様々な変数を代入して実験的に計算し、その中から最適解を探る帰納的方法である。現実→(抽象化)→モデル作成→(変数を入れる)→人工的現実→(ケースの比較)→最適解という手順である。

### C) 実験と理論

科学にとって本当に大切なことは「事実から理論へ」ではなく、「理論の正否を事実によって証明すること」である。すなわち科学者の構想の正否を自然に答えさせることである。そういう意味では、近代科学がF. ベーコンから始まったというのは正しくない。真の科学は実験を行ったガリレイから始まったと言うべきかもしれない<sup>44)</sup>。

#### 2.1.5 総合と理論

最後のステップは、要素に関する実験結果を結合して全体を説明することである。全体は、いったん分けられた部分の結合によって説明できるという前提に基づく行為である。なお、一人のあるいは一グループの実験によって確かめられた科学者の構想も、まだその段階では一つの仮説にとどまる。そこで一般的な妥当性を確かめるためには研究成果を公表して、より多くの人による再現実験を呼びかける必要がある。

単に事実がこうだというだけではまだ学問にならない。その事実を理論によって説明して始めて学問になる。理論とは各々の現象もしくは現象群を再現しうるような原理・法則とモデルの組である。現象の再現性が多くの人によって確認されるレベルに高められたときはじめて理論となり、学問と言いうる<sup>45)</sup>。

ちなみに、ガリレイの実験哲学は下記のようになっている<sup>46)</sup>。

- ①単純化＝他の情報を捨象した情報の抽象
- ②定量性＝情報の数量化、数値化→数学的処理が可能

③帰納＝個々の特殊な命題や事実の集まりから一般的な命題や法則を導き出す

④検証＝一般化された法則の妥当性を確かめる。実験結果の再現性で確かめる。

## 2.2 帰納法自体の発展

### 2.2.1 初期の帰納法

これまでに確認してきたとおり、近代科学においては帰納法が重用されてきたことが分かる。しかしその後の状況変化に応じて帰納法自体も発展を遂げている。発展内容を分かりやすくするためにまず最初に初期の帰納法の特徴を確認しておこう。

帰納とは個別の事例や個別の知識(個々の観察や実験の結果得られる基礎データ)の集積から、一般的知識(普遍的な法則や理論)を推理することを言う。科学革命が実現された17世紀以来、科学の方法は帰納法であるとされており、科学革命期の初期には帰納法は証明法としての機能を期待されていた。なぜなら仮説は証明を欠いた推測だとみなされていて、帰納と仮説は区別されていたからである。科学の理論が現象から純粹帰納的に導かれた経験的法則だけから成り立つものと考えられていた段階と言えよう<sup>47)</sup>。

### 2.2.2 理論の先行と確率論の導入

#### A) 仮説的演繹を中心に据える立場

19世紀の科学的方法も帰納法を中心に論じられていたが、仮説の役割が次第に重視されるようになり、仮説から具体的に観察可能な予測を演繹して、その予測が成り立つか否かを後で検証すること＝「仮説演繹法」が重用されるようになってくる。なぜなら科学的知見が蓄積されてくると既存の理論に立脚した新たな理論が組み立てられるようになるからである。このような理論とは「こう考えたらつじつまが合うのではなかろうか」という仮説であり、その後、実験技術が向上したらその正否を実験で確かめ

る。最先端科学ではこのような事例が増えている。理論の先行現象とすることができよう<sup>48)</sup>。

### B) 確率論的帰納法の立場

19世紀に入ると確率・統計的な考え方も科学に導入された。確率的・統計的方法とは多数の事例を含む集団的現象の中に見られる規則性や属性の分布すなわち傾向を見る方法である。測定という科学の最も基本的な手続きについて、最善の測定値を推定する帰納法が確率論の枠の中で規定されたのである。初期の古典的な帰納法だけでは誤差論、確率論、統計学といった具体的機能の問題が見えないのである。ここでは法則に例外を認めることになる。このように帰納法にも初期の古典的帰納法から確率論的帰納法への発展が見られる<sup>49)</sup>。

## 3. 科学でとらえる真理

### 3.1 再現性、客観性

科学では、一定の条件下で行えば、いつ、どこで、誰が行っても、同じ結果が再現される時これを真実という。言い換えれば、自然や社会に関して得られたいろいろな知識が互いに矛盾せず、しかも再現可能と確信される場合にそれを本当という。再現可能性とは、必要な場合に必要手段をとったならば再び同じ事を出現させることができるという確信が得られることである<sup>50)</sup>。

科学的とは誰にでも再現できるというステップを踏むシステムである。誰にでもその現象が再現できるためには情報が包み隠さず公開され、研究者どうしのコミュニケーションが自由に行われることが重要である。したがって科学的知識とは多くの人の経験的な知識によってテストされているので客観性の高い知識とすることができる<sup>51)</sup>。

科学で言う真理のもう一つの特徴を挙げるなら、それはどこかに埋もれている固定的なものではないということである。たとえば昔の遺跡

に道具が埋もれている場合には取り出しうるものはそれしかない。しかし科学的真理は複雑な自然や社会の実態の中から科学の思考形式に適った要素がある人間が抜き出して、それを因果論的に整理した結果とらえられるものである。その意味では科学で言う真理とは人間と自然の協同作品でもある<sup>52)</sup>。

### 3.2 社会科学での真理

自然科学が17世紀の科学革命によってひとまず成立したのに対して、社会科学は18世紀に成立した。社会科学の意図するところは、人間社会を対象とし、これに科学的方法を適用して分析し、そのメカニズムを明らかにすることである。さらにこのメカニズムを活用して、社会を改造、改善、変革する政策的目的があったようだ。

しかし社会科学が自然科学と異なる点は実験ができないことである。社会科学の場合には人間やその社会が対象であるため、一定不変の条件を作り出すことができず、自然科学のような実験はできない。そこでしばしば行われるのが多くの人に同じこと、例えば薬を服用することを実行してもらい、これを統計的に処理して傾向を探る方法である。あるいは多くの先行研究や統計調査などから仮説の裏付けとなるものを抽出し、これを証拠として仮説の正しさを証明する方法が採られる。

統計処理から引き出されるものは多くのサンプルの中に見られる一つの傾向にすぎない。そのためその傾向が個々のサンプルにそのまま当てはまるとは限らない点が自然科学と異なる特徴である。このように社会科学における法則は個別的には法則的ではないものを大量に観察することによって見いだされる統計的法則で、したがって例外を認めなければならないような法則である<sup>53)</sup>。そのため法則性に不確実性が高く、一般性が低くなることは避けられない。

### 3.3 実在論と非実在論

#### 3.3.1 実在論

科学とは何かという認識や、科学的真理の本質観の違いによって科学も二つのタイプに分けることができる。まずその一つ、実在論と呼ばれる立場では、科学理論に実在世界の記述を目指すという目的を課している<sup>54)</sup>。言い換えれば、現象には直接現れないが実在世界の隠れた構造の中にある法則を明らかにすることを目的とする。この立場では、非実在論に比べて法則に影響する人間の思考形式の関与をより希薄なものとなししていると言えようか。

#### 3.3.2 非実在論

この立場では、科学とは①再現可能な現象を、②人間が自然界から数量化して抜き出し、③それを統計的に究明して行く営みと考える。したがって、科学理論によって究明された法則の中にも人間の思考形式を読みとり、科学理論も人間の限られた観点からの一つの描像にすぎないと考える。またこの立場では、科学理論が現象の予測や組織化のための道具とみなされるためこの立場を道具主義とも呼ぶ<sup>55)</sup>。

### 3.4 真理は変化する

科学の学問体系は人間がその時代に作り上げた基礎的カテゴリーを使って自然や社会を切り取り、科学の体系に作り上げていくものである。そしてこのカテゴリーでさえも人間の主体的な実践を通して作られる歴史の産物である。そのため科学的真理は人間から独立に存在する客観的な自然や社会についての普遍的な真理ではなく、人間と自然あるいは人間と社会との相互作用の中で時代的・社会的制約や諸条件を反映して結晶してくるものである。より具体的に言えば、分析も実験も、その時代時代の水準で行わざるを得ない。そのため、分析技術や実験技術が向上すれば、かつて「真理」とされたことも修正されて、より一般的でより正確な「真

理」が提示されうる。学問の進歩である。そういう意味で、科学的真理と言われるものは時代に応じて変化しうる<sup>56)</sup>。

## 4. 論文掲載・公開の学問的意義

### 4.1 新たなアイデアや発見情報の提供

科学的研究論文は科学としての知識（理解のモデル）とその信頼性を主張するものである。そこには新しい知見、すなわち客観的根拠に基づいた新たな判断が求められる。一般に、研究論文で問われる独創性とは次の要件を満たしていることを言う。

- ①過去の研究の延長線上にあり、なおかつこれまでになく新しさが認められること。  
換言すれば、既成の知識体系と関連を持ちつつ新規であること。
- ②蓄えられた知識ストックに何らかの上乗せが行われること。

要するに、これまでの研究の空白を埋めるものでなければならない<sup>57)</sup>。しかし、前に確認したとおり、科学においては一人の研究者がある結論に到達しても、それはまだ真理だと認められない。科学的方法で「真理」だと認められるためには、できるだけ多くの人に同一条件の下で再現性を確認してもらって客観性を高めなければならない。研究成果を論文としてまとめて公開するのはそのための第一歩としての情報公開である。社会学者マートンによれば研究には次のことが求められる<sup>58)</sup>。

- ①科学者が獲得する知識は共有されるもので、発見者は速やかに公表する責務を負う。
- ②科学的知識はそれを生み出した科学者からは独立した普遍的なものである。科学者は国境を越えた地球規模の普遍的事業に関わっている。
- ③科学者は自分の利害にとらわれることなく公平に仕事をする。
- ④科学者は繊細かつ慎重な態度で研究に取り

組む。

このように重要な学問的意義を有する論文公開であるから、専門雑誌に掲載される論文はその前に同分野の多くの研究者の批判を経たものであることが前提となっている。雑誌に発表される研究成果が最も高く評価されるのはこのような手続きを前提としている故である<sup>59)</sup>。

元来は編集委員会が依頼した複数の専門研究者によるピア・レビューが行われる。ただ、その機関にピア・レビューの体制が無い場合にはやむなく行われていないだけである。

## 4.2 再現性確認の呼びかけ

科学では一人の研究者がいくら実験結果を報告しても、それで仮説が完全に証明されたとは言わない。論文公開は研究情報の公開に止まらず再現性確認の呼びかけでもある。別の人が同じ条件でさらに実験をして同じ結果になることを報告し、そういう結果が複数出た段階でようやく「確からしい」という認識になるのである。他の研究者によって現象が再現され理論の正しさが確認されるためには、情報が包み隠さず公開され、研究者どうしのコミュニケーションが行われなければならない<sup>60)</sup>。

他の研究者に呼びかけたら自分の論文に対する質問や批判があることは当然予測しておかなければならない。自分一人で到達した結論など、まだまだ真理にはほど遠いかもしれないという謙虚さが研究者には求められよう。一人の知識と研究で直ちに「真理」が捉えられるほど自然も社会も単純ではない。人間による観察にはいかに不確実性が伴うかということを謙虚に受け止めることが肝要である。誰にでも先入観があり、ミスや錯覚をする。だから一つの問題に対しても多くの人が寄ってたかって協力しながら「真理」を探求しようというのが科学的学問の方法と言えよう。公開した論文は他人に触らせない「床の間の飾り物」などでは決してな

い。

## 4.3 避けるべきこと

### 4.3.1 主観、恣意性、思考停止

科学では主観は扱わない。これは科学の重要な約束事の一つである。そのため根拠を欠いた主観的決めつけは絶対避けなければならない。一般に人間は大人になると自分が観察したものから、ついつい勝手にものごとを決めつけようとする傾向が強くなると言われる。数々の疑問をスキップして結論へジャンプしてしまう。しかも経験を積み重ねるほど、この恣意的ジャンプは頻繁になるし、またその距離も遠くなる。しかし科学はこのような見切りジャンプを原則として許さない。一步一步段階を踏み、みんな確かめながら、あらゆる疑問をぶつけ、それらをことごとく解決しなければ前に進めない<sup>61)</sup>。

恣意的に無原則に資料を組み合わせ、観念的に結論を導くこともしてはならない。資料を用いるのならまだしも、それさえスキップして結論めいたことを言うのは絶対に避けなければならない。また物事の判断を少ないデータだけで行わないことも大切である。観察されたものはよく吟味し、勝手に想像して決めつけないことが重要である。自分に都合の良い事実だけを取り上げることの無いように、実験する際には自分の構想までもいったん封印しなければならないとまで言われる<sup>62)</sup>。

思考停止も避けなければならない。それは言葉の画一的なイメージで自分の印象を固着し、新しい情報、多角的な視点を放棄することである<sup>63)</sup>。たとえば筆者の研究分野で近年、先行研究の取り扱い方に関して小首を傾げたくなる事例にしばしば遭遇する。

元来、先行研究のレビューはこれまでの研究の到達点と未到達点を確認するため、あるいは先行研究の修正すべき点などを確認するために

行うものであろう。ところが特定の先行研究、特に米国の研究のみを偏重し、これをあたかも絶対の真理であるかのごとくまつりあげるのだ。そしてまつりあげられたその先行研究を基準として日本の実態を評価し、日本の「遅れている」点を指摘する説明が展開される。しかもこれをグローバルな視点からの研究だと言う。しかし本当にグローバルな視野をもって見るならば、米国での研究も一つのローカルで特殊な地域を対象としたものにすぎないことに気付くであろう。研究者はデータや他者の研究に向き合うとき憧れを持ってはならない。全てが「えくぼ」に見える危険性があるからだ。もちろんこれとは逆の偏見についても同じことが言えよう。

#### 4.3.2 研究論文における不正行為

論文作成に際して、行ってはならない不正行為には次のものがある<sup>64)</sup>。

- ①捏造＝実際には行っていない実験データや観察記録を、あたかもあるように作り主張すること。
- ②改ざん、トリミング＝字句や図表などを見栄えがよいように勝手に不当に変えること。
- ③剽窃＝他の研究者の文章や説を自分のものとして発表すること。
- ④クッキング＝自説に都合のよいデータだけを選択し、仮説を否定しそうな実験値を故意に捨てること。

#### 4.3.3 組織内の動機

研究者が組織に属していると、論文提出に対して研究促進のインセンティブが付されることがしばしばある。そのこと自体は組織管理としては悪いことではないが、ともすればインセンティブの獲得が優先されて、科学的手順を踏まえないまま大量の作文が制作されると聞く。もちろん若いときに未熟であることは誰にもあり得るが、しかるべき職位に就いたなら科学的方法を踏まえた行動をすべきであろう。さもなけ

れば研究者としての社会的責任の軽視と言われかねない。また、いわゆる公表の先陣争いのために、不正確さを残したままで拙速に公表される危険性もあると聞く。この度の STAP 細胞問題にも、報道によれば、この種の動機が背後にあったのではないかと考えられる。

#### おわりに

長いタイムスパンで学問方法の発達をたどってみると、人間は長い年月をかけて知識を一つずつ蓄積し、また思考における自由度を引き上げるためにも多大な努力を注いできたことが分かる。その結果17世紀頃にはようやく科学と呼びうる方法を獲得し、いわゆる科学革命を実現した。そしてその後もより有効性の高い方法を求めて努力を重ねてきている。

本研究から、研究の科学性を高める要件として、具体的には次のことが確認できる。

- ①科学の基本的思考形式として a) 要素還元, b) 帰納的方法, c) 因果律思考, そして d) 機械論的思考の四点が挙げられよう。
- ②科学的方法の手順としては、基本的には a) 観察, b) 分析, c) 構想・仮説, d) 実験・検証, e) 総合の五つのステップが挙げられよう。
- ③科学で「真理」と言うための要件は再現性である。自分を含めたできるだけ多くの者による再現性の確認が望ましい。なぜなら客観性には多数性が不可欠だからである。論文の掲載・公開はそのための提案であり、呼びかけである。なお、社会科学分野では自然科学のような実験ができないため、統計的処理や先行研究の成果を活用した検証が必要となる。
- ④最後に、研究において避けるべきことは、a) 主観的判断, b) 恣意性, c) 思考停止である。これに付け加えるなら d) 組織内の動機が挙げられよう。また倫理的側面か

ら言うなら、捏造、改ざん、剽窃、クッキングをしてはならないことは言うまでもない。

多くの人達が今も研究に取り組んでいる。しかし自然も人間も、人間が織りなす社会も、「これで全て分かった」と言えるほど単純ではない。幸い今われわれが知り得た科学的方法は、いくつかの限界を抱えつつも、これまでに人間が手にした方法の中では最も有効性の高いものとされている。したがって大学人には可能な限りこの方法に則って研究に取り組むことが求められよう。その際、矮小な社会的欲得はできることなら払拭して、地球史的、いや宇宙史的責任感をもって学問に取り組みたいものだ。われわれ大学人が従順であるべきは、何よりもまず真理に対してであらう。

## 注

- 1) 高木仁三郎, 「いま自然をどうみるか」, 白水社, 1989年。
- 2) 神に関する説明は, 大野 晋著, 「日本人の神」, 河出書房, 2013年参照。
- 3) O. コント著, 霧生和夫訳, 『実証精神論』, 清水幾太郎編, 「コント スペンサー」, 中央公論社, 1995年。
- 4) 澤瀉久敬, 「哲学と科学」, 日本放送出版協会, 昭和57年, 107頁。
- 5) ギリシャが古代ローマの支配下に入る BC146年までを古代ギリシャという。また西ローマ帝国が滅亡した AD480年までを古代ヨーロッパといい, それ以降約1000年を中世と言う。
- 6) 伊東俊太郎, 「近代科学の源流」, 中央公論社, 2007年。
- 7) 村上陽一郎, 「科学史からキリスト教を見る」, 創文社, 2003年。
- 8) S. メイスン著, 矢島祐利訳, 「科学の歴史」(上), 岩波書店, 昭和40年, 10-20頁。
- 9) 広重 徹, 「科学と歴史」(改訂第3版), みすず書房, 1980年, 30頁。
- 10) 福澤義晴, 「科学の発見はいかになされたか」, 郁朋社, 2005年, 26頁。
- 11) 広重 徹, 前掲書, 30頁。
- 12) 福澤義晴, 前掲書, 49頁。長尾 真, 「『わかる』とは何か」, 岩波書店, 2005年, 40頁。S. メイスン著, 矢島祐利訳, 「科学の歴史」(上), 岩波書店, 昭和40年, 153頁。
- 13) 福澤義晴, 前掲書, 49-50頁。長尾 真, 前掲書, 6-27頁。S. メイスン著, 矢島祐利訳, 前掲書, 155-156頁。
- 14) 広重 徹, 前掲書, 263-264頁。
- 15) 澤瀉久敬, 前掲書, 94-98頁。
- 16) 中村桂子, 「科学者が人間であること」, 岩波書店, 2013年, 158頁。
- 17) 福澤義晴, 前掲書, 44頁。長尾 真, 前掲書, 26頁。
- 18) S. メイスン著, 矢島祐利訳, 前掲書, 180頁。
- 19) 福澤義晴, 前掲書, 49頁。
- 20) 高木仁三郎, 前掲書, 106頁。
- 21) 内井惣七, 「科学哲学入門: 科学の方法・科学の目的」, 世界思想社, 1997年, 4頁。S. メイスン著, 矢島祐利訳, 前掲書, 6-7, 151頁。村上陽一郎, 「科学史からキリスト教をみる」, 創文社, 2003年, 7頁。
- 22) S. メイスン著, 矢島祐利訳, 前掲書, 158頁。
- 23) S. メイスン著, 矢島祐利訳, 前掲書, 24, 35-37頁。
- 24) 村上陽一郎, 前掲書, 160頁。
- 25) 村上陽一郎, 前掲書, 33-34頁。
- 26) 村上陽一郎, 前掲書, 65-69頁。
- 27) 村上陽一郎, 前掲書, 72頁。
- 28) 井山弘幸・金森 修, 「現代科学論: 科学をとらえ直そう」, 新曜社, 2006年, 17, 62頁。S. メイスン著, 矢島祐利訳, 前掲書, 7, 32-34頁。英語で科学者を scientist と言い表すきっかけを作ったのはケンブリッジ大学教授のウィリアム・ヒューエルで, 1834年のことだと言われている(村上陽一郎, 前掲書, 76頁)。
- 29) 村上陽一郎, 前掲書, 83頁。
- 30) 森田邦久, 「科学とは何か: 科学的説明の分析から探る科学の本質」, 晃洋書房, 2008年, 104-105頁。
- 31) 広重 徹, 前掲書, 271頁。
- 32) 井山弘幸・金森 修, 前掲書, 25, 54, 79頁。中村桂子, 前掲書, 88頁。内井惣七, 前掲書, 16頁。
- 33) 福澤義晴, 前掲書, 50頁。
- 34) 中谷宇吉郎, 「科学の方法」, 岩波書店, 1958年, 20-22頁。澤瀉久敬, 前掲書, 27-28頁。内井惣七, 前掲書, 87頁。
- 35) 井山弘幸・金森 修, 前掲書, 26頁。機械原理の本質は同一動作の継続的の反復である(宗像正幸, 技術の理論, 同文館, 1989年)。
- 36) 福澤義晴, 前掲書, 47頁。S. メイスン著, 矢島祐利訳, 前掲書, 186頁。
- 37) 中村桂子, 前掲書, 88-89頁。
- 38) 澤瀉久敬, 前掲書, 37頁。
- 39) 中谷宇吉郎, 前掲書, 82頁。福澤義晴, 前掲書, 35頁。澤瀉久敬, 前掲書, 72, 124頁。
- 40) 中谷宇吉郎, 前掲書, 3, 106頁。
- 41) 吉田政幸, 「分類学からの出発: プラトンからコンピュータへ」, 中央公論社, 1993年, 63-64頁。
- 42) 澤瀉久敬, 前掲書, 85-87頁。
- 43) 福澤義晴, 前掲書, 36, 71頁。澤瀉久敬, 前掲書, 86頁。

- 44) 澤瀉久敬, 前掲書, 90頁。
- 45) 澤瀉久敬, 前掲書, 87-88頁。森田邦久, 36頁。
- 46) 福澤義晴, 前掲書, 37-39, 71頁。
- 47) 内井惣七, 前掲書, 16-17, 20-23, 247頁。  
井山弘幸・金森 修, 前掲書, 54頁。福澤義晴,  
前掲書, 78-79頁。
- 48) 森 博嗣, 「科学的とはどういう意味か」, 幻冬  
舎, 2011年, 131-133頁。内井惣七, 前掲書, 22  
頁。
- 49) 内井惣七, 前掲書, 10, 43, 48, 55-56頁。中  
谷宇吉郎, 前掲書, 11-13頁。
- 50) 長尾 真, 前掲書, 154-155頁。中谷宇吉郎,  
前掲書, ④8-9, 18頁。
- 51) 森 博嗣, 前掲書, 75, 79頁。内井惣七, 前掲  
書, 155頁。
- 52) 中谷宇吉郎, 前掲書, 23, 39頁。
- 53) 下村寅太郎, 「近代科学史論」, 下村寅太郎著作  
集2, みすず書房, 1992年, 417-422頁。中谷宇  
吉郎, 前掲書, 11-12頁。長尾 真, 前掲書,  
167-168頁。
- 54) 内井惣七, 前掲書, 134, 250-253頁。
- 55) 内井惣七, 前掲書, 6, 134, 251-253頁。中  
谷宇吉郎, 前掲書, 17頁。
- 56) 広重 徹, 前掲書, 35-39, 274-275頁。  
ある時代に真理だと言われていたことが, 後にな  
って新たな知見や分析技術で再検討された結果,  
「あれは間違いでした」と訂正される事例は  
数多くある。
- 57) 森 博嗣, 前掲書, 143頁。井山弘幸・金森  
修, 前掲書, 105-106頁。福澤義晴, 前掲書, 68  
頁。
- 58) 井山弘幸・金森 修, 「現代科学論: 科学をと  
らえ直そう」, 新曜社, 2006年, 40-42。
- 59) 森 博嗣, 前掲書, 140-141。井山弘幸・金森  
修, 前掲書, 104-105頁。  
記者会見で発表されたり, 国際会議やシンポジ  
ウムで口頭発表されるものは, まだピア・レ  
ビューを経っていないのでほとんど価値は認められ  
ないようだ。
- 60) 森 博嗣, 前掲書, 79, 134頁。
- 61) 森 博嗣, 前掲書, 115。中村桂子, 前掲書,  
119頁。
- 62) 森 博嗣, 前掲書, 前掲書, 114。福澤義晴,  
前掲書, 88頁。
- 63) 森 博嗣, 前掲書, まえがき。
- 64) 井山弘幸・金森 修, 前掲書, 80-86頁。