



「思考実験」－そのレトリカルな構造：  
ガリレオの論法に即して

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-05-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 金子, 務 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24729/00006372">https://doi.org/10.24729/00006372</a>

# 「思考実験」——そのレトリカルな構造

——ガリレオの論法に即して——

金子務

「思考実験」(Gedankenexperiment; thought experiment)は前世紀末、エルンスト・マッハによって初めてその重要性が指摘された。一九二〇年代にこれが一般に知られるや、三〇年代にはカール・ポパーが認識論的吟味を加え、さらに遅れてアレクサンドル・コイレ<sup>(3)</sup>やトマス・クーン<sup>(4)</sup>らも散発的に歴史的考察を試みている。

「この種の思考実験の巨匠はガリレオであった」(“Galilei ist in dieser Art von Gedankenexperimenten Meister.”)とマッハはコイレ、ポパー、コイレ、クーンらもそれを首肯する。なぜ塵は浮くのか?——放せば落ちる立方体を賽の目に切っていく給え。重さは元のままで、切断面の広さが倍々と増え抵抗も増す。この操作を何回も繰り返し放せば、抵抗も大きくなくなる。浮くのはそのためだ。この簡潔な思考実験を、数あるガリレオの例題から、まずマッハが論理的斉合性と予言性を示す範例としてあげている。

その他、思考実験の大家と指摘される人々はアインシュタイン(一般相対性理論の出発点となる「エレベータ」のそれ)とハイゼンベルク(量子力学の不確定性原理を説明する「超顕微鏡」のそれ)、またアリストテレス、デカルト、ポアア等に及ぶ。

にもかかわらず、思考実験の「身分」は見究め難い。重要かつ多彩

な役割にもかかわらず、科学の合理主義的再構成を目指して来た「正統的」な科学哲学からはほぼ脱落し、この問題に本格的に取組んだ研究も前記のものを除けばまず見当たらない。思考実験がもつばら言語的記号を駆使して経験的事実とは不即不離の関係にある想像的意味空間で展開されていく状況からも、通常の実験や理論に比べ記録に残ることが少ないということも考えられよう。<sup>(5)</sup>

そこで本稿では、まず諸家の思考実験の捉え方を批判的に確定した上で、ガリレオに範を求めて思考実験の構造を解剖し、近年特に注目されるニュー・レトリックの観点を照射しながら、科学的正当化におけるロジックとレトリックの補完的關係を浮き彫りにしようと考えている。同時にガリレオの論法への再評価も目論んでいる。

## 一 批判的紹介

▼マッハ いわゆるマッハ数で一般に知られるマッハは、物質を「感覚要素複合体への思想上の記号」と考える実証主義者で、アインシュタインの相対性理論にも大きな影響を与えた。論文「思考実験について」は、マッハの持論「思考経済則」(最小の思考の出費でできるだけ完全な記述を与える)に一面で斉合せながら、その発見法(Heuristics-

tsische Methode) 的役割に注目している。執筆の動機としては、偉大な先人の範例に従って思考実験の練習をすれば、研究していく上で教育効果があまり有益と考えていたことがあげられる。

“Gedankenexperiment”の言葉を与えたにしては定義らしい定義が見当たらないが、重要と思われる箇所を筆者が抜き出して、再構成したマツハの定義はこうなる。

思考経済の原則に適う思考実験は、パラドックス状況下に多く現われ、表象、すなわち記憶という事実の模写 (Abbildung der Tatsache) を想起しながら、変化法 (Methode der Variation) によって表象を変様・特殊化させ確定するものである。多くは現物実験に先行するが、思考実験のみで足ることもある。

マツハは明らかに単なる思考経験 (Gedankenerfahrung) といわゆる思考実験を区別する。「前者に属する人々は実際には結びつかないものを空想的に結びついたり、実際にはおよそ生じないものを結果として伴わせたりするが、後者に属する人々の表象は事実の模写であって、彼らは思考の中でも現実から乖離しない。思考実験の可能性は、われわれの表象におけるこうした多少なりとも正確な、意図的とはいえない事実の模写にもとづく」

そして思考実験は現物実験 (physische Experiment) の不可欠の前提条件として、「あらかじめ思考の中で実行すべき手筈を予写 (vorbilden) しておかねばならない」変化法とは、いろいろな要因を連続的に変化させることによつて、その要因と結びついている表象 (期待) の妥当範囲を拡張していく方法である。

マツハは思考実験についての問題提起には成功し、その名譽は与えられて然るべきである。しかし科学研究の全過程の中でそれがどう位

置つけられるかとなると、発見法の文脈、あるいは現物実験の出発点 (terminus a quo) というヒントに終わる。その到達点 (terminus ad quem) を追い求めようとすると、その行方は思考一般の根本性格という霧に溶解してしまふ。一種の無限背進である。発見法に限局しても曖昧さはつきまとう。それは通常の論理 (演繹・帰納) と異なる、思考実験は発見法の範例だ、という。では発見法とは何をさすのか、それは語られない。また後述の思考実験の論争的性格、説得のためのレトリック的役割はまったく触れられていない。爾来、思考実験についての論者は、ほぼ一様にこの面を見落とすことになる。いわばこのデメリットの路線もマツハによって同時に敷かれるのである。

▼ポパー ポパーが科学と非科学を分ける基準として反証可能性原理 (falsifiability principle) を立てたことは周知のことである。反駁を許さない理論は偽科学か非科学になる。そのポパーが「思考実験」を取上げたのは、ガリレオにその「最良の用法の典型」を見出すいわゆる批判的用法 (critical use) および原子論の発見的基礎をなすいわゆる発見的用法 (heuristic use) の価値を評価し、ハイゼンベルクの不確定性原理を論証する超顕微鏡的思考実験等を槍玉にあげて、いわゆる弁護的用法 (apologetic use) と呼びうるものに対して「戒めを与える」ことにある。

ポパーによれば、一般に思考実験の正当化規則として、(一) 反対者の見解が明確に述べられる、(二) なされた理想化は反対者への明白な譲歩もしくは受容可能のものでならなければならない、があげられる。この正当化規則は、先の反証可能性基準に対応するものである。

ポパーが問題点だとする弁護的用法も、理論の例証・説明のために

用いられる限りは問題ないが、自説擁護のために企てられる論争的な思考実験を再構成する場合には、先の規則を満たさない限り、「いかなる理想化または他の特殊な仮定をも導入してはならない」<sup>(11)</sup>とされる。これを正当化規則補則としよう。

そうした上で、一例としてハイゼンベルクの思考実験を「悪しき例証」と断罪するのである。しかし筆者の見るところ、ポパーの批判は一半は正しく、一半は当たらない。あの不確定性関係の式は、明らかに位置と運動量の対称性を内包している。<sup>(12)</sup>ところがハイゼンベルクは仮想的超顕微鏡による位置と運動量の測定が対称的であることを立証するのに失敗している、というのが理由の一つである。<sup>(13)</sup>この指摘はまったく正しいと思われる。

しかしその第二の批判点、ハイゼンベルクがある形而上学的描像を忍び込ませている<sup>(14)</sup>という非難の理由は鮮明ではない。「私はこの種の形而上学に決して反対しない。またそれが暗喩によってわれわれに伝えられていることにも反対しない」といつているのだから、尚のことである。「明確に述べられる」点で先の規則(一)にひっかかるが、ポパーはそれを許している。受容可能なら(二)にも違反しない。あるいは補則「特殊な仮定の導入」についても、そういう仮定をポパーは認めているのだから、要するに密輸的行為に対する倫理的非難ということになり、こと、問題の思考実験が虚偽であることの理由とはならない。

してみると、ポパーの思考実験に対する正当化規則にも問題のあることがわかる。「反対者への明白な譲歩、もしくは受容可能」といっても、そのまた判断の基準があるのである。だが、どう判断するのか？ 思考実験の提案者がする限り任意性が忍び込む。対抗者が的確にそう判断するには、提案者と同じ知的対話レベルにおいて、自説への

やはり拘泥なき態度が前提になる。そうあって然るべきである。しかし筆者は、ポパーがあまりにも思考実験を歴史的文脈から抽象化しすぎていたための、価値中立的論議であると考え。思考実験には提案者の説得性という強力な磁場が働いていることを、ポパーは見えていない。単に「事実」を述べたり、単に「証明」するのではない。倒すべき競合者（理論および主張者）への挑戦なのである。ポパーの正当化基準は、あまりにも中世騎士道的フェアプレー精神によって浄化されている。このことは、ポパーの激賞するガリレオに即して、その非なることが明確にされるだろう。

▼クーン ポパーが革命的科学(extraordinary science)をモデルとして規範的論理的分析をしたのに対し、クーンは通常科学(normal science)をモデルとする歴史的的心理的分析によってパラダイム概念を生み、科学革命論への新たな視角を拓いたことはよく知られている。

クーンの思考実験論は、*La venture de la science*, *Mélanges Alexandre Koyré* (Paris, 1964)に寄せられたものだが、<sup>(15)</sup>コイレの「想像実験」(imaginary experiment)にはまったく言及せず、ピアジェによる「速さ」概念の発達心理学的実験例にアリストテレス運動論との類似点を見、また後者とガリレオの「速さ」概念の相違点を斜面と垂線上の落下運動をめぐるガリレオの思考実験に即しながら展開して、その上で思考実験の役割を吟味している。

クーンは思考実験についての主要問題を三つ立てる。(一)その真実性の条件(conditions of verisimilitude)は何か、(二)旧来のデータに依拠しながら新知見をもたらす理由、(三)その新知見はどんな種類のものか、である。<sup>(16)</sup>

これらへの「重要だがまったく正しいとも思わない」と述べる答えはこうである。

(一)に対して。「その想定状況が科学者にとって自分の概念を以前普通に使っていた仕方でも適用できるものであるべし」つまり通常の概念操作が適用可能であって、現物実験、思考実験ともに概念適用の連続性(切断が入らない)が真実性を保証する。

(二)に対して。「科学者に出発時から自分の考え方に内在していた矛盾を認識させることによって、本来の混乱を除くように助けるため」これはマッハが、「パラドックスに直面して思考が不安定な状態に置かれ、思考実験過程が発見される」と述べるのと酷似する。

(三)に対して。「思考実験によって生まれる新しい理解は、自然についての理解ではなくむしろ科学者の概念装置 (conceptual apparatus) についての理解である」<sup>(20)</sup> 新知見は概念装置にかかわるといふ指摘は重要である。

クーンはこうした基準解答に現実の歴史的脈から修正を加える。

(四)に対して。「歴史的役割は、現実の実験室での実験や観測によって演ぜられる二重の役割に近い。第一に、自然が以前に支払われていたもろもろの期待のセットに適合するのに失敗しているのを明らかにできる。さらに、期待と理論がともにこれ以降は改正されなければならぬ特定の筋道を示唆できる」<sup>(21)</sup>

こうして、当然のことながらクーンは思考実験を、期待が失敗しパラダイムへの疑義が生まれる危機の時代に結びつける。通常科学においてでなく、危機に立つ科学革命期に重要な役割を果たすとの認識になる。危機に立つ思考実験は、「基本的な概念変革を推進するのを

助ける根本的な分析的道具の一つ」になり、「思考実験の成果は科学革命のそれと同一であり得る」<sup>(22)</sup> なぜなら思考実験は「感得されるアノマリーを具体的な矛盾に変換することによって、われわれの主題の何が間違っていたかを教えてくれる」<sup>(23)</sup> からである。

こう見てくると、クーンの思考実験観はもともと革命的科学のそれを論じていたポパーの考えと重なっていく。前者が問題にするのは歴史構造、後者のそれは論理構造とゲシュタルト・スイッチは違うが、両者とも理論体系のダイナミックな運命に係わりと見る点では共通する。

しかし公平に見て、クーンの思考実験で問われているものの射程は、ポパーのそれよりもはるかに長い、いや、長いはずである。なぜならクーンの場合、問われているのは概念装置に表象される歴史的思想構造そのもの、すなわち危機に立つパラダイムだからである。それは、当のパラダイムを支える科学共同体そのものを揺がす射程すら持つはずである。クーンの論文では、この点はまったく明確ではない。むしろマッハ・ポパー路線に引きずられて、理論的概念装置の革新という合理主義的再構成の方向に深く踏み込んでいってしまうからである。

## 二 ガリレオの思考実験とレトリック

ガリレオは『天文対話』第二日の中で、<sup>(24)</sup> 自分の代理人サルヴィアチに「もし君がより適切な実験を述べようとするならば、たとえ顔にある眼ではなくとも少なくとも心にある眼で、風の勢いで運ばれている驚がその鉤爪から落としたりした石について生じることの観察をいふべきです」といわせ、論敵シンプリチオに「そのような実験をし、それから出来事に従って判断しなければなりません」と答えさせている。肉

眼でなく心眼でする実験こそ思考実験に他ならない。

ここでいう落下運動は古代から月下界における基本運動と認識されてきた。第五元素エーテルからなり不生不滅で円運動を基本とする天上界に対して、月下界では直線運動を基本とした。火・空気・水・土の四元素は軽いか重いかによって上か下へ動く。重い元素を多分に含む物体の多くは、その本性上、地球中心に向かって落下するのである。アリストテレスは『自然学』の中で、重さを異にした物体が同じ媒体中を落下する場合、その重さに比例した速さで落ち、つぎに同じ物体が異なる媒体中を落下する場合、その媒体の抵抗に反比例するといふ、いわゆるアリストテレスの運動方程式を立てた<sup>(25)</sup>。後世の慣習によって記号化すれば、それぞれ

$$V \propto W \quad \dots \dots (\alpha)$$

$$V \propto 1/R \quad \dots \dots (\beta)$$

となる。ここでVは落下速度、Wは物体の重さ、Rは媒体の抵抗を示す。式βはとくに真空否定の根拠になった。式αとβから

$$V \propto W/R \quad \dots \dots (\gamma)$$

このアリストテレスの根本法則を巧みな思考実験によって論破しようというのが、ガリレオの戦略であった。とりわけ式αに向けられた設問「重さの違う二つの落下物体をつないだらどうなるか」という思考実験は、マッハが「科学において偉大な歴史的役割を演じた<sup>(26)</sup>」といふ、ポパーが「最も単純で最も独創的な論証の一つ<sup>(27)</sup>」と激賞したものである<sup>(28)</sup>。

ではガリレオはどう論じたのか？ ここでは式αに関する部分だけに話を絞っておく<sup>(29)</sup>。「他に経験がなくとも簡単に決定的な証明ではつきり示すことができる」と断言した上でこう議論を展開する。「」は

筆者補足。

**サルヴィアチ** ではもし自然（落下）速度の異なる二つの可動体を遅いもの（重さ $W_1$ で速さ $v_1$ ）を速いもの（重さ $W_2$ で速さ $v_2$ ）に結びつけると、速いものは遅いものによっていくらか遅くなり、遅いものは速いものによっていくらか速められるということがあるわけですね。こういう考えでは私と一致するでしょうか？

**シンプリチオ** 疑いもなくそうなるだろうと思われまます。

**サルヴィアチ** しかしもしそうなら、そしてもし大きな石が例えば8の速さ、小さな石が4で動くのが本当だとしたら、そこで二つを結びつけたのですから、その結合物は8よりも小さな速さで動くでしょう。ですが二つの石は結合されれば8の速さで動いていた最初のものよりその大きさが大きくなるわけですから、このより大きな石はより小さな石よりも速く動くことになります。しかしこれはあなたの仮定に反します。これであなたの仮定、すなわちより重い物体はより軽い物体よりも速く動くということから、私が重いほうが軽いほうよりも速く動くことと結論するのがおわかりでしょう。

**シンプリチオ** それは困った。小さな石を大きな石に結びつけるとその重さを増すように思われますからね。それに重さを加えながらどうしてその速さを増さないのか、少なくともどうして減らさないでいることさえできないのかわかりませんね。

**サルヴィアチ** ここでもあなたはもう一つの誤謬を犯していますよ、シンプリチオ君。小さいほうの石は大きいほうの石の重さを加え[acresca]たりはしないのですからね。

**シンプリチオ** そうですか、どうも腑に落ちませんね。

**サルヴィアチ** いやいやそんなことはありません。私がああなたの誤

謬を——あなたはその上に立って考えを進めているのです——明らかにしさえすればいいのです。運動している重い物体と静止している同じ物体を区別しなければならぬことに気づいて下さい。(以下略)

シンプリチオが「それは困った」というところまでのガリレオの論理的骨格を、記号化して整理してみよう。

まずアリストテレスの式 $\alpha$  ( $\forall x \exists y$ ) が正しいとする。すると、遅いのと速いのと結びつけたもの(速さを $v_{1+2}$ )はたがいに足をひっぱりあうため、

$$v_1 \wedge v_2 \wedge v_{1+2} \dots (1)$$

しかるに、二つの石を結合したのだから、それはより大きな石になつて、

$$w_{1+2} = w_1 + w_2 \dots (2)$$

になるはず。これは明らかに

$$w_1 \wedge w_2 \wedge w_{1+2} \dots (3)$$

だから、大前提のアリストテレスの式 $\alpha$ が正しいとすれば

$$v_1 \wedge v_2 \wedge v_{1+2} \dots (4)$$

になるべきはずである。しかるに式(1)と(4)は明らかに矛盾する。これは大前提の式 $\alpha$ を正しいとしたためである。よつてアリストテレスの落下運動則 $\alpha$ は正しくない。

これは論理学でいへば $(A \rightarrow B, \sim B, \therefore \sim A)$ という帰謬法 (*reductio ad absurdum*) による論法で、形式的には妥当な推論である。ガリレオは好んでこれを使った。たとえば『天文対話』第二日で、生物と無生物では地球運動の共有に違いがあるという人を槍玉にあげて、「この著者は、窓から死んだ猫が落ちれば生きた猫も落ちるとい

うことはあり得ないと考えているに違いありません。というのは、生きたものに適している性質を屍体が分有することは不都合なのですから<sup>(30)</sup>」という。帰謬法で揶揄するレトリックの一例である。

しかし問題は、ガリレオの論法は帰謬法だけで組み立てられているのかどうかである。著者ガリレオの意図の下では、アリストテレスを弁護すべきシンプリチオの反撃が、明らかに生ぬるいのである。第一番に、二つの石を結びつけたらどうして二つの石が一つのより大きな石になるのか、式(2)がどうしていえるのかを反論すべきだったのだ。たとえばコイレがいうように、「二頭の馬を手綱で繋いだとて一頭のより大きな馬になるわけではない。二人が手を繋いで飛び降りたとて二倍の速さになるわけではない<sup>(31)</sup>」と。実際にはガリレオは自分の論法のこの弱点を知っていたようである<sup>(32)</sup>。

また、サルヴィアチが巧妙に媒体の抵抗則(アリストテレスの落下運動則式 $\beta$ )の問題を切り離している点を突くべきでもあった。媒体がない真空中なら落下速度はいかなる場合でも無限大になる(式 $\beta$ の抵抗 $R$ が0になるから)のだし、充満する媒体中なら式 $\beta$ によりその体積が増えた分だけ(厳密には抵抗断面積に比例して)抵抗が増す。さしずめ「一包みの麻屑を石にくくりつけたからといって、麻屑は麻屑、石は石。麻屑が抵抗が大きくゆっくり落ちるなら、式 $\alpha$ に矛盾することなく結合したのもゆっくり落ちる」と。

ここでいいたいののは、ガリレオの議論が純粹論理だけから成り立つのでなく、さまざまな暗黙の仮定、隠喩などのレトリック<sup>(33)</sup> (rhetoric) を説得するための手段として多用していることである。日常使われるレトリックの文脈は偽瞞的な後めたさを伴い、多少の非難が込められている場合が多い。しかし本稿で使われるレトリックは、ペレルマン

らが主張するニュー・レトリックに沿いながらも、もつと積極的にロジックの補完物としての意義を評価する方向で展開される。それは形式論理を予想し、補完する存在である。現実の推理過程では、論理的証明 (demonstration) も説得的論証 (argumentation) も同じ場面に適用可能なケースが見られる。その好例がガリレオの思考実験だ、と筆者は考えている。たとえばコペルニクス理論の正当化 (justification) には、論理的推理、哲学的省察、レトリカルな説得という、logical—philosophical—rhetorical の三つのレベルが構造的に相互補完していると考えるべきであろう。<sup>(34)</sup>

ガリレオは落下法則を定立するにあたって、媒体抵抗がどんどん小さくなってついにゼロになる、つまり真空状態という極限的な到達不能の理想状態を立てた。これは帰納論理の類比 (analog) を軸に、誇張法 (hyperbole) でレトリック化して、相手にこの前提の承認を迫るものである。アリストテレス派から見れば「巧妙な嘘」に見えるが、ガリレオからすれば、真実発見に到るための「立派な戦術」なのである。ただしこのレトリックは数学的方法という手綱をかけて制御される。哲学的省察が諸概念の明白化を迫り、これらを駁者たるガリレオが統べる。

実はガリレオは科学的レトリックにも、文学的レトリックにも冴えを見せていた。早くからアルキメデスの数学<sup>(35)</sup>を武器にして、ロジックとレトリックを鍛えたのである。

一五六〇年にイタリヤ語で書いた処女論文『小天秤』<sup>(36)</sup>は、ヒエロン王の王冠問題をアルキメデスの挺子の原理と浮力の法則で美事に説明している。この数学的解析と実験法的処理は後年の資質の開花を保証している。一方、一五八八年にはガリレオは、『ダンテの地獄界につい

ての形状・場所・大きさについての二つの講義』を、フィレンツェ・アカデミーの会員たち<sup>(37)</sup>にしている。この時の文学的才能が買われ、翌年ピサ大学数学教授就任に有利に働いたといわれる。天上界ならまだしも、「地球内部に横たわり、あらゆる感覚から隠されている」地獄界という闇の世界への導きと閃きを、なんとアルキメデスの証明に求める。ガリレオにとつて、数学という言葉で書かれているものは「自然の書物」ばかりか「超自然の書物」にまで及ぶ。十六世紀になってイタリア語訳も出て真価が認められたアルキメデスの、権威に頼る場違いなガリレオの論法 (argumentum ad verecundiam) は、メタファ—としての説得力でもって成功するのである。<sup>(38)</sup>

ここで話を、再びアリストテレスの落下法則、式 $\alpha$ の批判に戻す。実は、ガリレオの議論には一つの体験的知識に裏付けられた暗黙の前提がある。ガリレオ自身がアントニオ・ロッコへの私信の中で説明しているのである。<sup>(39)</sup>それは十倍も大きい電でも地上までかなりの距離を落ちる間に小さな電を追い抜いたりしない、という事実だった。ほぼ整然と先後することなく落ちるのである。アリストテレスの落下法則を見て何かおかしいと思った時に、この体験を思い出したというのだ。「私はこれについて考えつづけ、これまでだれにも問題とされなかった一つの公理、すなわちすべての重さのある物体は自然によって制約され決定される固有の速さでもって落下する、を打ち立てたのである。」

この体験的アノマリーからの公理が、ガリレオの議論では暗黙のうち「論点先取」されている。それをどう説得的に展開するかが、ガリレオの大戦略なのである。とくに式(2)の導入に対して異論が出ないにこしたことはない。シンプリチオは実在のアリストテレス学者だっ



たが、ガリレオの手でその名の通り「単純すぎる」人物に戯画されている。すなわち、同質で大小の石を「結びつける」ということで、重さのない数学的紐のイメージを隠喩として与え、より大きな石という全体と部分による一体化の換喩をシンプリチオに生み出させている。ちよど木が枝・葉・幹・根……といった論理和からなるように。「それは困った」というシンプリチオには、このガリレオの転義的レトリックが見えていない。みな同じ速さで落ちることが「論点先取」されているのだから、数学的紐で結んでも静止時にこそ重さが増しても、落下時には重さの加算はあり得ない。

ここでこれまでの批判的検討を踏まえて、ガリレオの思考実験の構造を整理しておく。

〈徴候の認知〉落電の体験的アノマリー「大小にかかわらず同じように落ちる」——論証すべき命題としてガリレオの心に刻まれる。

同時に暗黙のうちに「論点先取」される。

〈戦術1〉帰謬法——対抗命題「重さに比例する」(式 $\alpha$ )の虚偽であることを証明する。

〈戦術2〉切り離し——式 $\alpha$ を「媒体抵抗に反比例する」(式 $\beta$ )から慎重に切断する。

〈思考実験の提示〉「速さ」パラダイム、「落下速度の異なる二つの可動物体を結びつける」——この場面では「速さ」に着目させ、慎重に大きさについての「重さ」パラダイムを予想させる表現を避ける。「結びつける」という表現で隠喩により「数学的紐」を默契させる。〈推論1〉「互いに牽制して結合物はその中間速度となる」——「重さ」パラダイムと「媒体抵抗」は議論では伏せてある。

〈例解による補強〉パラダイム転換「大きな石が8、小さな石が4の速さなら、結合した(より大きな)石は8以下の速さで落ちることになる」——「大きさ」を介して「重さ」パラダイムへの転換を暗黙のうちにはかる。

〈推論2〉「重さ」パラダイム、「しかし二つの石が結合すればより大きな石となり(より重い物体はより速くなければならない)——前件は「大きさ」、後件は「重さ」になるのだが、本文中では後件は省略され、つぎのステップで「重さ」パラダイムに移っていることが明確になる。ここで単に結合された石は「より大きい」と換喩で納得させ、「より重い」を暗喩させている。

〈結論〉「推理1と推理2は矛盾」——したがって、前提の式 $\alpha$ は否定される。

このロジックとレトリックで織り上げた推論過程を通じて、あの落電の体験的公理が強力に働いて、ガリレオの戦術やパラダイムの転換的效果をもたらしていることが納得される。いわゆる暗黙の「論点先取」(begging the question: *petitio principii*)の問題である。実はこの考えはニュー・レトリックにおける重要概念になっている。というのは、これは形式論理的には反対できないが、同意を取りつけあるいは同意を高める観点からは必然的に欠陥のある最良の例だからである(41)だからこそ、ガリレオにとって、自説の「論点先取」は隠さねばならず、相手の「論点先取」には「論過」(paralogism)として攻撃を加えるのである。

その場面が『天文対話』第二日の「塔の議論」に見られる(42)。まっすぐに立つ塔があり、その上から石を落とす。「感覚によって」石が真

下に落ちることを知っている。シンプルチオによれば、だから地球は動かない、という論拠になる。しかしそうか、とサルヴィアチが例によってそれを切り崩そうとするのである。ガリレオは「まず、大地がじつとして、いることを前提にしなければ、石が塔をかすめるのを見ただけでは、その石が垂直な直線を描くということを確実に主張することはできません」といい、「そこでは証明しようと思っただけで知られたものとして前提されています」——だから結論「地球は静止」と前提「地球は静止」の循環論法、「論点先取の誤り」だというのがこの塔および動く船のマストからの石の落下運動について鋭い分析を加えたのは、前衛的科学家ファイヤーベントである。<sup>(43)</sup>ただし、この「論点先取」問題を乗り越えて、ガリレオの護教論的地動説を肯定的に解読するのだが、ファイヤーベントの論旨を筆者が再構成すればこうなる。

塔やマストから落ちる石の「肉眼」による観察事実からは「地球が動く」との観念は異様である。もしそうなら「斜めに落ちる」はずだから。ここでガリレオは「議論を反転し、まず、最初に地球の運動を断言し、その後で何を変えれば矛盾を取り除くことになるかを探求する。」この発見過程を、ファイヤーベントは「反帰納的」(counterinductive)という。こうして今度は「心眼によって解釈し直したイデオロギー的な「新しい観察言語」——「まっすぐに落ちるように見える」——を導入する。それは同時に「本当はまっすぐに落ちない」ことを「隠蔽」するので、この変化に相手は気づかない。後にプラトンの「想起」される。ここですべての「運動の相対性」と「慣性の法則」というアド・ホックなイデオロギー的成分が注入される。かくして、先の観察事実「まっすぐ落ちる」は、「頂点(出発点)と地球との間には相対

的運動がない」ことを証明しているとされる。そしてついに「地球が動く」理論がそれを予言できることが主張できたことになる。

ファイヤーベントにいわせれば、ガリレオは邪な「手口」をもって反対論を「骨抜きにした」<sup>(44)</sup> (diffused)。ガリレオに浴びせかける言葉は同時にこの著者自身のレトリックと相乗効果をなす。いわく「隠蔽の試み」「心理的トリック」「プロバガンダ」「ほのめかし」「ジョーク」「不合理な推論」(non-sequiturs) etc. 「スタイル、ユーモアのセンス、しなやかさと優雅さ、そして人間の思考における価値ある弱味の自覚を開陳した」<sup>(45)</sup> 点で、未だ科学の歴史でこれに比肩するものはないとする。評価もアナーキー的ではある。

その多くには首肯できるとはいえ、ファイヤーベントの方法論的アナキズム (“anything goes”) によって幻惑されてはならない。その点で、彼自身の非合理的(合理的手続きに従わないものすべて)レトリックの故に「論点が曖昧にされている」というフィノッキアロの批判<sup>(46)</sup>に筆者は同調する。後者がいうように、審美的およびレトリカルな因子それ自体は没論理的 (illogical) なのでなく、単に非論理的 (alogical) であるにすぎず、それ自身の基準によって判断されるべきものだからである。基準に合致するものを広義の合理的というならば、レトリックも合理的な知的営為なのである。より厳密な論理的分析に裏打された上で、レトリックは合理的に理解される。

ファイヤーベントが見過した「論点先取」の「塔の議論」(思考実験の一つ)を、詳細に解析しているフィノッキアロの論旨を汲んだ上で、筆者なりに纏めれば、「論点先取」問題はこう解読される。いま、各名題を

M II 「地球が動く」

S || 「物体がまっすぐに落ちるように見える」

V || 「物体が実際にまっすぐに落ちる」

とする。するとシンプリチオの推論は二つの部分からなる。

(1) MならばVでない。しかるにV。ゆえにMでない。

(M → ~V) / V / ∴ ~M

(2) SだからVである。(S → V)

論点先取とされるのは(2)の部分で、それは「地球が動かない」(静止)

(~M)が暗黙のうちに前提とされるからだ。つまり(2)は

(2) Mでないから、SだからV (~M → (S → V))となる。これで(1)

の結論が(2)の前提に先取されていることがわかる。

しかしシンプリチオが「論点先取」を回避することは論理的に可能なのである。いま新たな命題、

X || 「落下物体は混合運動をする」

を導入する。混合運動とは、地球中心への直線運動と地球中心のまわりの円運動の合成をさす。実は、アリストテレス運動論ではこれは許せないで、アド・ホックに暗黙のうちにすばやく否定されているのだ。これを明示しさえすればよいのである。今度は(1)と(2)はこうなる。

(3) もしMでかつSならばVでない。VでなければXである。ゆえに

MでSならX。しかるにXはあり得ない。ゆえにMかつSではな

い。ゆえにMならSでない。しかるにSである。ゆえにMでない。

[M · S → ~V] / ~V → X / ∴ M · S → X / ~X / ∴ ~(M · S)

/ ∴ M → S / S / ∴ ~M

この(3)では前提がM、結論がMでない、だから「論点先取」の循環論法は避けられ、形式的にはそれだけ説得力を増す。しかし実質的にはXを否定する根拠が示せない限り、この論法では窮地に追いこまれ

るのである。

またより積極的なガリレオのコペルニクス護教論の展開では、ガリレオの論法に形式論理的な誤りが見つかる。たとえば、「地球が動いているなら、まっすぐに落ちていくように見えるからといって実際にそうになっているわけではない」[M → (S → ~V)]ということから、次のステップ「地球が動いているなら、まっすぐに落ちているように見えることは直ちに実際にそうだ、とはいえない」[M → ~ (S → V)]に移る個所である。(S → ~V)と~(S → V)とは真理函数的に等値(tautology)ではないからだ。形式論理の「質料含意」(material implication)ではそうならざるを得ない。しかし日常的な自然言語でいう「if-then」の用法からすれば許され、「レトリカルには健全」なのである。<sup>(47)</sup> 後者の「形式含意」(formal implication)は真理値でなく確からしさ、しかも前件と後件の結合の確からしさを指す。

同様の意図をもってガリレオの放物線論議におけるレトリカルな戦術を分析したヒルは、一方ではガリレオの論法を一六三〇年の社会的状況がもたらした特殊「事件」に押し込む。そしてすべての議論にレトリカルな側面があることは認めながら、「正直な議論と意図的偽瞞との間に根本的区別がなされなければならぬ」<sup>(48)</sup>と断定する。ヒルは旧来のレトリック観をひききずっていると思われる。

以上、思考実験のレトリカルな面を強調しながら、同時に科学的推論の正当性に対するレトリックの積極的役割に評価を与えてきた。その意味でいえば、フィノッキアロのニュー・レトリカルな解析は注目されてよい。ただし、筆者の強調する「思考実験」についてはほとんど言及せず、無関心であることを指摘しておきたい。思考実験こそそのための恰好のモデルになると信ずる。

### 三 結 論

われわれは、これまで諸家の「思考実験」観を批判的に考察し、ガリレオの代表的思考実験のいくつかを論理的にまたレトリカルに分析して来た。従来、正當に扱われることの少なかった思考実験について、新しい知見を若干とはいえ照射できていれば幸いである。

思考実験の本質は、現物実験の予備、批判的発見的用法にのみあるのではない。結果としてそのような効用を持つことは否定しないが、それ自体として自立した、話し手と聞き手の間の記号操作にもとずいて創案されるパラドキシカルな意味空間、としての披りにこそ注目すべきである、と筆者は考える。そこでは、典型的なガリレオの場合に見られるように、話し手はソクラテスの方法にも似て、聞き手に問題の所在を示唆し、経験的あるいは想像的場面を想起させながら、聞き手側の理論を構成する意味空間の輪郭を明らかにし、ついにパラドックスへの逢着というクライマックスで、その理論の非なることを認めさせる。こうして話し手の意志と願望が満たされる。思考実験を構成する意味空間は話し手の熱い願望で貫かれ、ロジックの武装にレトリックの衣をまとう。したがって思考実験はもともと説得のためのポレミクシクな性格を持つ。つねに問題的 (Problematic) なのである。と同時に、そこに創案され構築される意味空間には天空を翔る自由さがある。しかし科学であるからには、何らかの数学的論理に掣肘されない限り、科学的思考実験にはなり得ない。

こうして科学的「思考実験」は、それを提示し展開する科学的思想家の方法の、縮約的モデルと考えられる。方法は、少なくともガリレオの豊穡な方法論は、さまざまな対立物ないしは極性的二面性を持ち

ながらもそれらを慎重に総合 (弁証法的) したものである。経験と省察、観察と臆測、量的解析と質的考察、因果的説明と現象的記述、直観的判断と論理的分析 *etc.* こうした文脈から縮約される方法的モデルとしての思考実験も、それらの構造的緊張関係を引き継ぐのである。

つまり思考実験は「場」であり「方法」なのである。方法が場を實現し、場が方法の働きを保証する。すでにそれは一つの「世界」なのである。しかもその世界は問題的存在である。倒すべき競合者 (理論またはその主張者) への挑戦である。思考実験の世界は、話し手が勝つための先攻権を持つ一つの言葉の「競技場」 (arena) なのである。ロジックを予想した上でのレトリックが重要な所以でもある。

ガリレオに即して展開された「思考実験」についての考察は、ガリレオ乃至近代科学と中世スコラ学との連続・非連続論争にも示唆を与えてくれる。ガリレオによる「実験論理」の成立が切断のメルクマー<sup>(50)</sup>ルとしても、そもそも「実験」なる言葉の論議領域が問題だと思われる。いわゆる「現物実験」よりも広義な「思考実験」を含めて考察すべきだと筆者は考えるが、そうであればガリレオこそトマス主義者であったと主張するクラヴリンらの主張にも一理あることになる。なにしろレトリックの天才ガリレオは、アリストテレス以来の長い伝統の所産なのだから。要するに、これまでの論議はガリレオをあまりにも局部的に裁断した嫌いがある。トータルに見れば、当然、ガリレオは中世と連続しかつ非連続なのである。確かにガリレオは「一つの世界を破壊しよう一つの世界に代えた」<sup>(51)</sup>のだが、その手段たる方法は中世以来の技術と経験の劫火を潜り抜け、中世以来の論理とレトリックで鍛え抜かれた数学的実験的方法なのである。

〔本稿では、思考実験の構造解析に力点を置いたため、その社会的機能にはまったく触られていない。いずれ稿を改めて論じてみたい。なお引用文は原則として原文とチェックして訳文がある場合も一部変更した〕

注

- (1) Ernst Mach, "Über Gedankenexperimente," *Erkenntnis und Irrtum* (Leipzig, 1926), ss. 183—200. 初出は *Poses Zeitschr. f. physik. u. chem. Unterrichts*, 1897, Januarheft. 「思考実験について」〔廣松渉・加藤尚武編訳「認識の分析」(法政大学出版局、一九七一年)に所収]
- (2) Karl R. Popper, "On the Use and Misuse of Imaginary Experiments, Especially in Quantum Theory," *The Logic of Scientific Discovery* (London and New York, 1934, 1958), Appendix \* XI, pp. 442—456. 「思考実験の使用と誤用について」特に量子論における〔大内義一・森博訳「科学的発見の論理」二巻(恒星社厚生閣、一九七二年)付録 \* XI]
- (3) A. Koyré, "An Experiment in Measurement," *Metaphysics and Measurement: Essays in the Scientific Revolution* (London, 1968), pp. 89—117.
- (4) Thomas S. Kuhn, "A Function for Thought Experiment," *The Essential Tension* (Chicago, 1977), pp. 240—265.
- (5) Erwin Hiebert, "Mach's conception of Thought Experiment in the natural sciences," in Ed. Yehuda Elkana, *The Interaction between Science and Philosophy* (Atlantic Highlands, 1974), p. 339. また「思考実験は理論の二つの両端を織り込まれている。理論が出てくる過程(生成)と出てゆく過程(消滅)であり、必ずしも恒常的な痕跡も残さず」(p. 341)
- (6) *Ibid.*, p. 343. トムソンは一八六七年から九五年にかけてプラハの実験物理

学教授で物理教育雑誌を編集し、毎号巻頭に思考実験の問題を掲載していた。

- (7) E. Mach, *op. cit.*, p. 186—187. 前掲訳書一〇五頁。
- (8) 周知のように発見的論理を帰納・演繹でない第三の論理 (abduction; retrodiction) として構築しようとするのが、パース、ハンソンらのアメリカ派である。
- (9) K. Popper, *op. cit.*, p. 443. 邦訳五四四頁。
- (10) *Ibid.*, p. 444. 邦訳五四五頁。
- (11) *Ibid.* 同上。
- (12) 不確定性関係式  $\Delta\alpha\Delta p \geq \hbar/4\pi$  において  $\Delta q$  と  $\Delta p$  は入れ換え可能だから対称性は保たれている。(  $q$  は位置座標、  $p$  は運動量 )
- (13) ボーアによれば、電子の位置測定には高振動数(高エネルギー)の光を当てねばならず、その際電子に未知の運動量を注入して電子を攪乱する。しかし同様のことが電子の運動量測定の場合にも生ずることをハイゼンベルグはいわない。なぜならこの場合には、観測によって電子の運動量を攪乱することがないと仮定できるほど低い振動数(低エネルギー)の光で観測しなければならぬ、というからで、明らかに両者の測定には対称性が保たれていない。( *Ibid.*, p. 451, 邦訳五四四頁 )
- (14) 物自体の認識不可能性を前提にした上で、古典的な粒子性と波動性に餌(エネルギー)を仕掛けて捕える二つの現象形態、二つの方法に対称性を暗黙のうちに仮定(形而上学的)しておきながら、コペンハーゲン学派は反形而上学的宣言をしているというのだ。この非難のレベルは、思考実験の有効性を超えたイデオロギ的なものと筆者には思われる。本稿では紙数の関係と重要性の点からコイレの論議を割愛した。幸いこれについては佐々木氏の解説がある(佐々木力著「科学革命の歴史的構造」上巻第二章「ガリレオ・ガリレイ——近代技術的学知の射程」。とりわけ第三節「思考実験説——メルセンヌとコイレ」を参照されたい。
- (15)

- コイレの「想像実験」(ガリレオは現物実験を重視せず)論議は、本稿とは別の視点(ガリレオは現物実験から落下法則を立てたのか否か)の問題になる。
- (16) T. Kuhn, *op. cit.*, p. 241.
- (17) *ibid.*, p. 242.
- (18) *ibid.*
- (19) E. Mach, *op. cit.*, p. 196. 邦訳書一八頁。
- (20) T. Kuhn, *op. cit.*, p. 242.
- (21) *ibid.*, p. 261.
- (22) *ibid.*, p. 263.
- (23) *ibid.*, p. 264.
- (24) Galileo Galilei, *Le opere di Galileo Galilei*, VII, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mond.*, Edizione Nazionale by A. Favaro et al. (Firenze, 1890—1909, and 1968) 以下「ファヴァロ国定版と略記」, p. 169. 『天文対話』(上)(青木靖三訳、岩波書店)二一九頁。
- (25) アリストテレス『自然学』第四巻、第八章二一五a二五—二一五b二一、および二一六a二二—二一六。
- (26) E. Mach, *op. cit.*, p. 191 (邦訳書一一二頁)
- (27) K. R. Popper, *op. cit.*, p. 442 (邦訳書五四三頁)
- (28) ガリレオのこの面での獨創性は、ウェネツィア生れの物理学者ベネデッティが一五五三—五四年に、同じ形で同質か異質の二物体をつないでも落下速度が変わるはずもないと論じているから、削りきせねばならない (cf. A. Koyré, *op. cit.*, p. 49.)
- (29) ファヴァロ国定版 VIII, pp. 107—109, G. Galilei, *Two New Sciences*. Tr. by Stillman Drake (Madison, Wisconsin, 1974), pp. 66—68. 『新科学対話』(上)(今野武雄・日田節次訳、岩波書店)、九七—九九頁、部分訳は伊東俊太郎著『人類の知的遺産③ガリレオ』(講談社、一九八五年)にもある)
- (30) ファヴァロ国定版 VIII, pp. 265—266, Drake(tr.), p. 239, 邦訳書(上)三五六—三七頁。
- (31) A. Koyré, *op. cit.*, p. 49 以下を見よ。また伊東俊太郎著、前掲、一六四頁注(1)参照。ただしここで問題なのは速さの合成ではなく重さの合成だと思われる。
- (32) Drake(tr.), p. 67, footnote 41. ガリレオ所有本の欄外に書きこんであるものでは、「二つの石を結んでできた「このより大きな石」を「この結合物(それは最初のもの〔石〕だけよりは大きいものだけれども)」と変更している。初めの表現が「論理的に正当化されないのに気づいたためである」とドレイクは記す。
- (33) レトリックは普通「修辞学」と訳されるが近年注目される「ニュー・レトリック」の動きも踏まえて、古典修辞学より広い文脈で使いたいのので仮名書きとする。技術的な修辞学を体系として纏めたのはアリストテレスで『トピカ』『弁論術』に詳しい。創案 (*inventio*; *invention*)、配列 (*dispositio*; *arrangement*)、表現 (*elocutio*; *style*) の三分野で、発見的認識の造形、説得技術、芸術表現などを含み、蓋然的前提からの省略三段論法による感情適及的実用論的な働きかけを目指した。近年、記号論の隆盛とも呼応してヘルマンらによる公理論的ニュー・レトリックが目ざされている。従来、欺瞞的な説得術とのみ誤解されてきたレトリックを、「疑念」など論理的條件に依存する人間の相互作用技術として新生させるもので、人文科学的諸問題の論理を公理主義的に再構築し、自由意志への門扉を開くことにする。詳しくは Chaim Perelman and L. Olbrechts-Tyteca, *The New Rhetoric: A Treatise on Argumentation*. Tr. by J. Wilkinson and P. Weaver (Notre Dame, 1969) 参照。 Maurice A. Finocchiaro, *Galileo and the Art of Reasoning* —— *Rhetorical Foundations of Logic and Scientific Method* (Dordrecht,

Boston, London, 1980), p. 23.

- (35) プラトン主義者ガリレオを主張したロイレがいうプラトニズムは、アルキメデスの数学の方法によって使われていたことを想起された。  
[Alexandre Koyré, "Galileo and Plato", *Journal of the History of Ideas*, 4 (1943). 64-72. *Metaphysics and Measurement* (London, 1968) に所収。伊東俊太郎訳「ガリレイとプラトン」『科学革命の新研究』(日新出版、一九六一年)所収]
- (36) G. Galilei, *La Bilancetta* (フayマロ国定版I所収) L・フェルニ他著『ガリレオ伝』(奥住喜重訳、講談社)に所収。
- (37) フayマロ国定版II所収。\*たWilliam R. Shea, *Galileo's Intellectual Revolution* (New York, 1977), pp. 1-2 を参照。
- (38) コペルニクス理論に立って展開されるガリレオの放物運動の議論のレトリカルな性格を分析したヒルは「こう記す。「ガリレオの手にかかると数学は、おそろしく最初にして最後だが、大衆説得のための恐るべき道具となつた」[David K. Hill, "The Projection Argument in Galileo and Copernicus: Rhetorical Strategy in the Defense of the New System", *Annals of Science*, 41 (1984), p. 133.]
- (39) Postill to Antonio Rocco's *Eserciziationi Filosofiche* (フayマロ国定版Ⅷ, p. 731). \*た W. R. Shea, *op. cit.*, p. 161 に詳し。
- (40) この全体と部分の関係を提喻(synecdoche)とする見方もあろうが、類と種の間を含めないから換喩(metonymy)とするのがよい。U・エーコ著『記号論』II (池上嘉彦訳、岩波書店、一九八五年)二二二頁以下を見よ。
- (41) M. A. Finocchiaro, *op. cit.*, p. 275.
- (42) フayマロ国定版Ⅷ, pp. 165-166, Drake (tr.), pp. 139-140. 邦訳書(上)二二三-二二四頁。
- (43) Paul Feyerabend, *Against Method* (London, 1975), pp. 77-79. 村上

陽一郎・渡辺博訳『方法への挑戦』(新曜社)八八一-九〇頁。

- (44) *ibid.*, p. 81. 同上訳書、九五頁。
- (45) *ibid.*, p. 161. 同上訳書、二二二頁。
- (46) M. A. Finocchiaro, *op. cit.*, p. 24, p. 191.
- (47) *ibid.*, pp. 285-290. Note 8. (p. 291).
- (48) D. K. Hill, *op. cit.*, p. 133.
- (49) わすかに発言している個所でも、「思考実験は実は一個の仮説的推理(a piece of hypothetical reasoning)である」と、「地球を貫通するトンネルを落ちる物体の振動運動という、ガリレオの思考実験(先駆者はいる)を引きながら断言するにやむを得ない」(ibid., p. 169)。これは合理主義的系譜を引くフayマロが、思考実験をも、ポパー流の仮説演繹法(hypothetico-deductive method)と同一視していることを窺わせ、筆者はまったく首肯し得ない。
- (50) Maurice Clavelin, *The Natural Philosophy of Galileo* (tr. A. J. Pomerans, Cambridge and London, 1974) クラヴリンは「ガリレオの方法は、アリストテレスからトマス・アクィナスに連る「仮定からの推理」(reasoning ex suppositione)の影響が大きいと主張している。それは「現象を救うためのアム・ホックな「仮説からの推理」(ex hypothesis)と違つて、科学的証明を主張する」という。先のフayマロの「反帰納的」と似ていると思われる。
- (51) A. Koyré, *op. cit.*, p. 49.