

# 序

## 1. 本書の読み方

本書の読者としては、物理学の哲学や数学の哲学に興味を持つ読者が想定されている。しかし、分析哲学や、認識論の自然化といった自然主義の影響を強く受けた英米の物理学の哲学や数学の哲学の文脈に馴染んだ読者は、本書のそれらの哲学に違和感を覚えるかもしれない。なぜなら、本書は、それとは異なったフランス・エピステモロジーという文脈における物理学の哲学、数学の哲学の一つの試みだからである。逆に、20世紀、分析哲学の対立軸として位置づけられた現象学や解釈学的現象学に興味が強い読者にとっては、解釈学的現象学が科学哲学に本書のような形で開かれていることに驚きを禁じえないかもしれない。いずれにせよ、デカルトやカント、そして現象学といった哲学史にある程度の素養のある読者は第Ⅰ部、第Ⅱ部と丁寧に読み進めていただきたい。ただ、第Ⅲ部については、物理学、特に量子物理学、第Ⅳ部については数学、特に19世紀から20世紀の数学史について、ある程度の知識を持ちあわせていない読者には、本書の細かいところまで追うことは難しいと思われる。細部をあまり気にせず、本書の大きな流れをつかんでいただければと思う。

逆に、哲学的な興味よりもむしろ、物理学や数学についての素養があり、またそれに対する哲学的考察について興味がある読者には、第Ⅲ部または第Ⅳ部から読みはじめていただき、必要に応じて、第Ⅰ部や第Ⅱ部を参照していただくのがよいと思っている。第Ⅳ部に関しては、そこで扱われる数学は多少なりとも専門的であり、本文中に形式的な数学的概念を入れこむと煩雑になるので、Appendixにまとめてある。詳細を理解したい場合には、それらを参照しながら、読み進めていただきたい。Appendixを作成するのに用いた参考文献も付している。また、そのような読者には、本書で何を狙っているかについて理解するために、本書の「序」の4節、ならびに「むすび」をまず読んでいただくことを勧める。

## 2. エピステモロジー

本書は、フランス・エピステモロジーを紹介しつつ、その他の哲学的立場、特に解釈学的現象学との関連性を示し、そこで導入された方法論を20世紀の物理学、数理物理学、数学に適用しようとするものである。エピステモロジーは、存在論に対する認識論を通常は意味する。しかしフランス哲学の文脈では科学史と結びついた科学認識論に近い意味を有し、そう訳されることも多い。ただし、科学史と言っても、科学と政治史ないし社会史の関係を研究する外的歴史ではなく、科学内部の概念の発展史を研究する内的歴史と結びついた科学認識論である。

エピステモロジーとは何であるのか。金森修は、岩波の『哲学思想事典』の「エピステモロジー」の項目で次のように述べている。

〔エピステモロジーは、〕現在ではコントあたりを淵源とするフランスの合理主義的、主知主義的、分析的な科学哲学を指すために使用されることが多い。ただ英米系の論理実証主義が、形式言語による科学理論の論理的再構成を主眼としたのに対して、伝統的に科学史と深い関係を保つという特徴をもつ。個別科学の具体的事実の史的分析をする過程で、科学理論を構成するうえで内容的に原理的重要性をもつと考えられる概念を幾つか抽出する。例えば無限、エントロピー、原子、進化などである。そのうえでそれらの概念が理論内に組み込まれていく際の歴史的な文脈を克明に辿りながら、組み込み前後における説明機構の変遷を分析して、当の概念が果たす役割を浮き彫りにする。それは生成過程の科学思考の歴史的な分析だといえる。〔……〕エピステモロジーは個人を超える非人格的知識がもちうる存在様態を付随的に明らかにするという意味あいをもつ。それは、超越論的主体による意識的な世界構成を基盤におく現象学的哲学と多くの点で対立する。1960年代にフランス思想界を席捲した構造主義もエピステモロジーとの関連のなかで理解される必要がある。〔『哲学思想事典』[1993] p. 161〕

エピステモロジーを実行した代表的な人物としては、物理学者 P. デュエム (Pierre Duhem)、数学者 H. ポワソナレ (Henri Poincaré)、科学哲学者 G. バシユラル (Gaston Bachelard)、生物学の哲学者 G. カンギレム (George Canguilhem)、そして、本書が中心的に扱う J. カヴァイエス (Jean Cavailles)、J. ヴュイユマン (Jules Vuillemin)、G.-G. グランジェ (Gilles-Gaston Granger) らがいる。そして、M. フーコー (Michel Foucault) も忘れてはならないであろう。

エピステモロジーはどのような広がりを持つのか。米虫正巳は、『エピステモロジー——20世紀の科学思想史』（金森 [2013]）に寄せた論考で「エピステモロジーは、堅固で等質的な統一体ではなく、はっきりとした中心も境界も持たない、混成的で不均質な多様性に与えられた名称でしかない」（米虫 [2013] p. 243）、「エピステモロジーはその非統一性によってこそ、哲学という場のいたるところに密やかに拡散・浸透・伝播し、決して目立ちほしくないが、さりとして無視することも忘却することもできないような痕跡を哲学史のさまざまな領域に残してきたと言える」（p. 213）と書いている。このような状況であるため、本書ではエピステモロジーを、認識論や科学認識論と訳さず、あえてカタカナ書きのままとする<sup>1)</sup>。

### 3. 『直観とシンボルの交叉点に位置する物理学』

カヴァイエスが1940年ごろに導入した、エピステモロジーの一つとしての〈概念の哲学〉は、同時代のA. ロトマン（Albert Lautman）に共有され、ヴェイユマンやグランジェに引きつがれていく。上述のように、明確には定義できないところを持つエピステモロジーであるが、本書はそのエピステモロジーを量子力学と場の量子論という物理理論、さらに、それと深く関わる非可換幾何学という数学に適用したものである。そのどちらも「量子」ないし「非可換」という概念に深

---

1) 21世紀になり、フランスで『フランス・エピステモロジー——1830-1970』（Bitbol, Gayon [2006]）という書籍が出版された。この本は、英米の科学哲学も視野に入れ、それとフランス・エピステモロジーとの関係も述べられている。デカルト哲学研究の第一人者であった小林道夫は、論文「現代フランスにおける科学と認識の哲学——グランジェとヴェイユマンをめぐって」（『理想』616、1984年9月、pp. 188-201）などによってフランス・エピステモロジーを先駆的に日本に知らしめた。また、エピステモロジーがいかなるものかを広く日本に知らしめた研究者は金森修である。金森修は、『エピステモロジーの現在』（慶應大学出版会、2008年）、続いて『合理性の考古学——フランスの科学思想史』（東京大学出版会、2012年）、『エピステモロジー——20世紀の科学思想史』（慶應大学出版会、2013年）などを編集している。金森が編集したこれらの本の出版の後、近藤和敬が2013年に『数学的経験の哲学——エピステモロジーの冒険』（青土社）、中村大介が2021年に『数理と哲学——カヴァイエスとエピステモロジーの系譜』（青土社）を単著として出版しているが、これらはどちらもエピステモロジーの系譜に属する〈概念の哲学〉を導入したJ. カヴァイエスの思想を紹介しつつ、その数理哲学の重要性を顕にした非常に個性的な書物である。また、2013年にはカヴァイエスの『論理学と学知の理論について』が、2022年にはカヴァイエスと同時代のA. ロトマンの数理哲学論集も邦訳された（ロトマン [2021]）。さらに、論ずる哲学者や数学者はブートルー、ポワンカレ、デュルケムといったように本書と異なるが、フランス・エピステモロジーの日本における研究として忘れてはならないのが、伊藤邦武による『フランス認識論における非決定論の研究』（伊藤 [2018]）であろう。

く関わる。本書の著者は、2006年にフランス語で *La Physique au carrefour de l'intuitif et du symbolique* (Harada [2006]『直観とシンボルの交叉点に位置する物理学』)を著した。その中で、P. リクール (Paul Ricœur) の解釈学的現象学ならびに、現象学と論理実証主義と対峙しながら〈概念の哲学〉と呼ばれるエピステモロジーを導入したカヴァイエスを引きついだグランジェの哲学を導き手としながら、量子力学そして場の量子論の概念形成に哲学的な鋏を入れた。いかなる哲学的な鋏を入れたのか。哲学史を振り返ると、例えば明晰判明な観念に依存するデカルト哲学と記号操作を知の一つの在り方として認めるライブニッツ哲学、あるいはフッサール現象学とカッシーラーの『シンボル形式の哲学』のように、直観的思考とシンボリックな思考とが、対峙させられて論じられることが多い。Harada [2006] では、解釈学的現象学ならびにエピステモロジーを通して、この直観的思考とシンボリックな思考が弁証法に入れられ、その弁証法が量子物理学や場の量子論の中に見出されることが示された。

そこで、直観とシンボルについて、そして、それらが数学や物理学の哲学にどう関わるのかについて一言触れておこう。直観という概念にしろ、シンボルという概念にしろ、日常言語、哲学、また、科学においては非常に多義的に用いられている。そこで、それらの言葉の一般的意味を紹介しておこう。F. de Buzon は、直観という概念に関して、フランス語の哲学百科事典の中で、次のように述べている。

一般的に、直観 *intuition* という言葉は認識対象が、直接的、全体的に精神に対して存するような知の形態を意味している。この言葉は、常に多かれ少なかれラテン語の *intuitus* が意味する眺める行為だとか、注視することと関係を保っている。それゆえ、直観は、推論的、演繹的、シンボル・記号的な知識と対立させられる。

(*Encyclopédie Philosophique Universelle*, vol. II, tome I, F. de Buzon, «Intuitions», p. 1368)

直観は、哲学史において、その意味の大きな変遷を経ている。古代ギリシャにおいて、事柄を全体として一挙に把握する知的能力として直観は理解され、それがヨーロッパ哲学に受けつがれたが、カントはそれを感性にのみとどめ、知性的直観を否定した。そして、その後は様々な形で、知性的直観を回復しようとする試みがなされた。

一方、シンボルに関しては、G. Lardreau が次のように述べている。

シンボルという言葉の意味論的分散は、まず、その概念を構築することを諦めねばならないかのように見える。一方では、シンボルは表象——すなわち感覚的に表象するものと、知的に表象されるものとの類比的関係、「類似」のおかげで機能する表象——を意味する。そこから、シンボルという概念によって紋章やアレゴリーといった語を連想することが可能であろう。その意味で、ソシュールは記号の任意性を導入するために、記号と、中心点が少なくとも一つの「自然的結合の基礎」に依拠するシンボルとを対立させる。なぜなら、記号の二つの面は規約によって結合しているに過ぎず、ニニフィアンはニニフィエに、他のニニフィアンとの関係によってのみ、繋がっているからである。もう一方では、逆にシンボルはすべての表象的内容を持たない、完全に空虚な記号を意味することがある。なぜならば、それが許容するものは、正確に言えば、いかなる直観 intuition [……] も持たない概念的思考だからである。そういうわけで、人は数学的シンボルというものを語るができる。

(*Ibid.*, tome2, G. Lardreau, «Symboles», p. 2512)

ここで述べられているシンボルのうち、前者を表象的シンボル、後者を抽象的シンボルと呼ぶことにする。

このような F. de Buzon による直観の規定と G. Lardreau によるシンボルの規定は数学・物理学を扱う際に適当であろうか。ここで二つの疑問がわいてくる。一つは、数学的シンボルは果たして完全に直観と切り離され、無内容なものであるのかという疑問である。もう一つは、一方で数学的に表現され、他方で、感覚的・経験的内容と深く繋がる物理学において、シンボルはどこに位置するのかという疑問である。Harada [2006] の出発点としては、上述の直観とシンボルの意味を受け入れながらも、議論を進める中で直観の直接性や全体性を相対化しながら、数学や物理学のシンボルが表象的シンボルと抽象的シンボルに対してどこに位置し、直観といかにして関わっているかを考察した。すなわち、シンボルと切り離された直観の概念を修正しながら、物理学、特に量子物理学における実効的な直観について、そこで用いられている数学についても考慮しながら記述した。そして、そこには、フッサールの『論理学研究』第6研究の「カテゴリーの直観」に類似する、間接的で媒介された直観というものがあるのではないかと考えたのである。他方、代数的シンボルというときには、形式論理的ないかなる意味内容も持たず、また、直観を排除するような純粋なシンボル体系に近いものを想像するかもしれない。しかし、Harada [2006] では、数学や物理学においては、シンボル自身が意味と深く関わりつつ、直観的なものと編みこまれていることを

示したのである。

#### 4. 本書のねらい

本書は、前著 (Harada [2006]) の哲学的立場を引きつぎ発展させたものであり、次のような4部構成になっている。

第Ⅰ部：概念の哲学の系譜 (1-3章)

第Ⅱ部：自然科学の哲学的分析方法論と解釈学的現象学 (4-5章)

第Ⅲ部：量子力学のエピステモロジー (6-8章)

第Ⅳ部：非可換幾何学のエピステモロジー (9-11章)

本書は前著と重なりあう部分も多いかもしれない。本書第Ⅱ部では、前著の導きの糸となったリクールの哲学が、いかにして現象学やエピステモロジーに関われば、数学の哲学、科学哲学に関わられるかを論じている。ここでは、フッサール現象学は、構造主義なり経験論の媒介によって解釈学に移行していくというリクール哲学の主張を示しつつ、その考え方をこの媒介にエピステモロジーを置くことによって数学の哲学や科学哲学に拡張することができるという前著の哲学的主張が要約されていると言ってもよい。

しかし、本書全体は、前著を単に仏語から翻訳、再構成したものではない。本書が最終的に目指すところは、前著でフッサールの直観的思考とカッシーラー的なシンボリックな思考とを弁証法に入れて考えたことを、数学の概念構成における弁証法を通して考えることである。すなわち、幾何学ないし数論と、代数学ないし解析学が、いかにして数学の中において弁証法に入れられているかという問題提起を、前著を引きつぐ形で、本書第Ⅳ部で取りあげる。そこでは、その問題を、1982年にフィールズ賞を受賞したフランス人数学者 A. コンヌ (Alain Connes) の非可換幾何学の構成を記述することによって探究する。彼の数学は、物理学、特に量子物理学の理論や概念からも大きな影響を受けている。

幾何学においては伝統的に、ユークリッド幾何学におけるように、あるいはニュートン物理学におけるように均一な3次元の幾何学的空間がまず与えられているものであった。ライブニッツがニュートンの言うような絶対的な空間を否定し、それを物同士のあるいは出来事同士の関係概念に解消しようとしたとしても、またはニュートン物理学の可能性の条件を探し求めたカントが幾何学的空間を主観の側の直観形式としたとしても、その事情は基本的に変わらない。19世紀に非ユークリッド幾何学が現れ、まもなくリーマンが微分幾何学を導入すると、幾何学的空間は点集合にある種の構造を入れたものにすぎず、3次元よりも高い任

意次元空間、さらに均一でない曲がった空間が構成できることが明らかになった。このことから幾何学を含む数学全体を、集合論を包含する論理学に還元しようとする動きが生ずることになった。そのことが哲学界に与えた衝撃は大きく、さらに20世紀になって微分幾何学がアインシュタインによって一般相対性理論に用いられるようになると、それらがカントにおける直観形式としての空間を放棄する論理実証主義の主張を下支えしていくことになる。

このように、リーマンによって生みだされた微分幾何学は哲学に大きな足跡を残したが、リーマンが生みだしたリーマン面、そしてそれを土台にしたリーマン＝ロッホ (Riemann-Roch) の定理が哲学において主題化されることはほとんどない。リーマン面は、幾何学的空間をその上に乗っている関数空間 (関数の集合)、そこに入っている代数構造によって把握しようとする考え方を明示的に示した概念である。それはとりもなおさず、関数の集合の代数構造によって幾何学的空間を捉えるものであり、リーマン＝ロッホの定理は、その考え方に基づく定理である。20世紀半ばを過ぎたころに、その定理は一般化されてアティヤ＝シンガー (Atiyah-Singer) の指数定理となる。さらに、量子物理学の影響もあって、空間が点集合から構成されているということさえも放棄し、関数を一般化し、非可換な代数構造も包含する作用素環論の奥に、ヴァーチャルな幾何学的空間を見ようとするのがコンヌの非可換幾何学である。そこにおいては、代数学と解析学における記号操作を媒介として、幾何学的ないし数論的直観が変容され、拡張され、新たに創造されていく。

ところで、この19世紀以後の数学史の文脈の中で、数学の哲学はどのような道筋をたどってきたのだろうか。19世紀に非ユークリッド幾何学や微分幾何学が誕生し、それが数学全体を論理学に還元しようとする論理主義を生みだし、また、世紀の変わり目にヒルベルトが『幾何学の基礎』を著して数学全体を無矛盾体系として基礎付けようとして以来、20世紀の数学の哲学において幾何学が数学の中で特殊な立ち位置を持つものとして主題化されることは少なくなった。しかし、21世紀になると、幾何学性について再び哲学的に考察されるようになってきている<sup>2)</sup>。本書においては、この20世紀の幾何学の特徴を視野に入れつつ、コンヌによる作用素環論と非可換微分幾何学、アティヤ＝シンガーの指数定理とその非可換化について記述する。そして、それを通して、数学の諸領域間の干渉、物理学理論の数学への概念的影響、数学的諸概念間のアナロジカルな関係性、ならびに概念拡大に伴う数学の統一化へのねらいが、視覚的思考、そして幾何学的直観を可能にするということを示していく。

リーマンの発案によるリーマン面という概念は曖昧である、というワイエル

シュトラスやデデキントの見方を契機に、19世紀後半から数学は厳密化、抽象化、そして様々な自然科学、特に物理学からの純化の道を歩みはじめることになる。そして、それは、20世紀半ばのブルバキ運動において頂点に達することになる。もちろん、1910年代に誕生した一般相対性理論も、1920年代に誕生した量子力学も、微分幾何学やゲージ理論、ヒルベルト空間論の大きな発展に寄与したことは疑いが無い。しかしながら、数学の基礎付けはそれらの物理理論に依拠してはならないという気運は決定的なものとなっていた。ブルバキ的な数学観の限界も明らかになった20世紀後半からは、物理学が与える理論を積極的に数学的材料として取りいれようとする気運が盛りあがっている。A. コンヌが、その非可換幾何学を構成する際に、量子力学や場の量子論から大きな発想を得ているのは、その典型的な例である。

本書では、物理学と数理解物理学、そして、純粋数学の間にある関係性にも目を配ることにする。前著では、量子力学や場の量子論の構成について焦点をあわせたが、本書でも、その非可換幾何学との関係を視野に入れつつ、それらを第Ⅲ部で分析する。場の理論は、時空間に粒子のような実体を指定することによって物理学を始めるのではなく、まさに〈場〉を指定するのである。これは数学においては、リーマン＝ロッホの定理やそれを一般化したアティヤ＝シンガーの指数定理における、空間を直接捉えるのではなく、その上の関数空間によって捉えようとする考え方と共通するものである。そして、その関数空間を一般には可換でない作用素のなす集合の代数関係に置き換える、すなわち、非可換化するのが非可換幾何学の考え方である。量子力学では、物理量は、一般には可換でないヒルベルト空間上の作用素（演算子）で表現される。その意味で、アティヤ＝シンガーの非可換化を含むA. コンヌの非可換微分幾何学は、場の量子論の考え方に沿ったものと言える。

- 
- 2) Grosholz [2007] は、自然科学と幾何学の関連性、17世紀のデカルト、ニュートン、ライプニッツの幾何学、20世紀の位相幾何学などを取りあげ、それに対して哲学的な観を加えている。そこでは数学におけるアナロジーの重要性も強調されている。Corfield [2003] も数学におけるアナロジーの役割について言及している。また Giaquinto [2007] は、そのタイトルが *Visual Thinking in Mathematical Science* であることが示すように、視覚的思考というものが幾何学に留まらない数学の様々な分野において重要であるということを示した著作である。しかしいずれの著作においても、20世紀の主流となる関数の集合の代数構造によって幾何学的空間を把握するという見方については強調されていない。このような幾何学を推し進めたものの一つは、代数幾何学に革命を引き起こした層や圏論、そしてA. グロタンディーク (Alexander Grothendieck) のトポスといったものである (MacLane, Moerdijk [1992])。Krömer [2007] や Szczeciniarz [2018] は、この幾何学の側面に歴史的かつ哲学的分析を加えている。

そして、量子力学、場の量子論、非可換幾何学についての概念がどのように生成されるのかをフランス・エピステモロジーの手法を用いて分析する。しかし、本書が哲学的分析を施そうとするのは、概念の生成のみではなく、その存在論的側面、すなわち、物理学的実在性や幾何学的実在性でもある。すなわち、量子もつれが明らかにする物理学的実在性、調和振動的な波動の励起状態を粒子と見る量子場の実在性、幾何学性と実在性の把握の関係などについても本書で考察する。そして、その道具を準備するのが、第Ⅱ部で扱われる自然科学における解釈学的現象学なのである。

## 5. 本書の構成

第Ⅰ部では、〈概念の哲学〉と呼ばれるエピステモロジーの立場をとる3人の哲学者カヴァイエス（第1章）、ヴェイユマン（第2章）、グランジェ（第3章）を取りあげる。カヴァイエスによる〈概念の哲学〉導入の動機、ヴェイユマンによる〈代数学の哲学〉、グランジェによる操作と対象の双対性と経験の関係を検討することにより、数学の哲学と〈概念の哲学〉の関係が概観できるようにした。第1章では、ゲーデルによる不完全性定理が見出されて間もない数学基礎論の哲学的議論が盛んであった時代に、カヴァイエスが、カントの批判哲学やフッサール現象学に典型的に見出される〈意識の哲学〉に対して、どのように概念の自律的構造と歴史的生成を重視する〈概念の哲学〉を位置付けたかを検討する。

第2章では、ヴェイユマンの著書『代数学の哲学』が詳しく分析される。『代数学の哲学』において、代数方程式の解の公式の探求からガロワ群の誕生に至る歴史、そこから生じた群論の広がり歴史が詳細に分析されつつ、それは、数学的对象が捨象されながら数学的操作が顕在化されていく過程であることが主張される。そして、群の誕生に至る過程は、対象の構成を経験の基本条件とするカントから意識の自由な操作性を重んずるフィヒテ哲学に至る過程と類似したものであることが主張される。さらに、ヴェイユマンは、フィヒテ的な意識の哲学を拒否しながら、概念の構造と生成に焦点をあわせる数学の方法論と存在論を考察し、それを哲学に適用することを探る。このように、本書では、前著（Harada [2006]）と異なり、ヴェイユマンの著書『代数学の哲学』に重要な位置づけを与え、第Ⅳ部で取りあげられることになる非可換幾何学の概念構成分析の導きの糸とした。ただし、ブルバキの構造主義的数学観に大きく影響され、物理学的直観から純化された数学、さらには幾何学的直観から純化された代数学の方法論を哲学の方法論に適用しようとしたヴェイユマンの立場と本書の立場は異なる。非可換幾何学

は数学概念の構造を他のものから純化しようとする数学ではなく、ある意味で数学のあらゆる領域を総合しようと試みる数学であると言ってもよい。

そこで、重要になるのが第3章で取りあげるグランジェの操作と対象の双対性という考え方である。科学的経験、特に数学的経験の根底にはこの双対性があるとグランジェは考える。数学的概念の体系では、この操作と対象の双対性に基づく構造が重要であるが、それにとどまらず、操作と対象の双対性からのずれが新たな概念を生成していく。操作と対象についてのグランジェの双対性の考え方は、対象の捨象による操作の顕在化というブルバキの考え方に強い影響を与えたヴェイユマンの考え方を乗り越える可能性を秘めている。

第Ⅱ部においては、エピステモロジー、フッサール現象学、リクール哲学と対話しながら〈科学作品の現象学〉さらには〈科学作品の解釈学〉の可能性を探る。〈概念の哲学〉は、〈意識の哲学〉としてのフッサール現象学と対峙して生みだされたもので、そこでは一般にフランス・エピステモロジーは解釈学的現象学と異なる哲学に属するものとして理解されている。しかし、フッサール現象学を源流としつつ、その絶対的自我を拒否する解釈学的現象学の立場に関しては、〈概念の哲学〉は類似点を持つ。そこで、第4章では次のことが示される。リクールの解釈学的現象学は、自律的な構造を現象学から解釈学へと至る媒介として持つと言ってもよい。直接的に記述された個々の出来事は、構造化されたテキストの中で、一旦、直接的経験ないし著者の意図から疎隔化される。一旦、直接性から疎隔化されたテキストは、読者が新たな現実を開いていくという一つの实在性への指示機能を回復し、その構造内部の閉鎖性から出ていくとリクールは主張する。リクールは、自然科学の哲学や数学の哲学を扱っていないが、科学や数学の理論もこれと類似した側面を持つことを本章は示す。科学的経験も理論の中で直接的経験から疎隔化される。疎隔化された科学理論、あるいは科学作品という媒介に依拠しながら、实在性に対する指示機能を回復し、理論の構造内部の閉鎖性から出ていくことを第4章は示す。

第5章では、概念の哲学、特にグランジェの哲学とリクールの解釈学的現象学との関係を述べながら、前者が含み持つ解釈学的要素を示す。そして、フランス・エピステモロジーの一つである概念の哲学を解釈学的現象学に対して位置づける。概念の哲学は、数学の哲学を考えるためには有効な手段であるように思われる。しかしながら、自然現象や物理的实在についての考察を避けて通れない自然科学の哲学のためには、不十分である。現象学と解釈学の媒介項として、概念の哲学を考えることで、概念の哲学は自然科学の哲学にも開かれていくように思

われる。それこそが〈科学作品の現象学〉であり、科学の解釈学的現象学である。また、数学の対象の実在性を考える際には、やはり〈概念の哲学〉が解釈学的現象学に接続されなければならないのではないか。このような問いを抱きつつ、第Ⅱ部を閉じ、第Ⅲ部、そして特に第Ⅳ部で考えていく。

第Ⅲ部においては、第Ⅱ部で導入した〈科学作品の現象学〉ないし科学の解釈学的現象学を量子力学の概念生成の分析のために適用する。第Ⅲ部は前著（Harada [2006]）の後半部で探究したことが土台となっている。その中で、前著の大きなテーゼであった直観的な思考とシンボリックな思考の関係も考察される。しかしながら本書では、第Ⅳ部の非可換幾何学の概念分析に繋がることをめざし、物理的局所性とは何か（第6章）、理論的なアナロジーとは何か（第8章）といったことを主題として取りあげつつ、物理量が非可換であり、粒子の運動が通常的空間の中に軌道を持たないといった量子力学の考え方が、第Ⅳ部で中心的に扱う非可換幾何学の考え方に繋がっていくことを常に念頭においている。さらに、ここでは、物理的実在性をいかに把握するのかという問いにも接近する。〈科学作品の現象学〉を、量子力学、特に場の量子論に対して、第6章で適用するが、そこでは、まず、場の量子論において、どのようにして幾何学的な側面と代数的な側面が弁証法に入れられているかを記述する。そして、局所性の意味を明確にする。場の量子論では、どのような意味での局所性が前提にされているかを述べ、それが理論上、さまざまな物理量に発散を引き起こし、その発散を抑えるために繰り込み理論などが要請されていることなどを述べる。また、どのような意味での局所性が破られて、量子力学によって顕になった量子もつれ（quantum entanglement）という現象が現れているのかも明確にしておく。量子もつれは、量子力学における実在とは何かという問題にも深く繋がっている。

第7章では、エピステモロジーの現象学との対話の試みが、量子物理学といった理論構築ならびに理論解釈に役立つことを示す。そこにおいては、現象学的反省と科学活動内部における反省の関係の解明が問題となる。すべての諸科学の基礎づけの現象学的還元のためのエポケーを科学活動内部と繋がった解釈学的エポケーへと移行させることで、科学概念がいかにして生ずるか、いかにして再構成されるかを分析する方法が得られる。

第8章では、量子物理学の概念史の中において、アナロジーがどのように機能しているかを見る。シンボルによる形式化は、科学理論の演繹体系を可能にするのみでなく、既成の直観の意味を排除して、新たなアナロジーを可能にし、新たな直観を再構成しながら科学理論を解釈し、理解していく力をも併せ持っている。

シンボリックな、形式的なアナロジーを媒介にして、異質に思っていた対象の間に新たなアナロジーを見出し、あるいは、それまでは存在しなかった新たな対象を生みだしていくのである。その対象とは、物理的対象であったり、数学的対象であったりするが、その二つは絡みあって動いていくのである。このことが、量子的場の概念の誕生を促し、その実在性への問いへと連なっていくのである。

数学概念の分析を行う第Ⅳ部では、数学の諸領域の干渉、数学概念の間の一種の弁証法による概念の生成が分析される。特に注目する概念は、「局所性」、「量子」、「非可換性」などである。第9章において、作用素環論、特にフォン・ノイマン環 (von Neumann algebra) を例にとりながら、数学における領域横断的な概念の出会いや干渉によって理論の発展を記述する。そこでは、カントによる純粋理性のシステムを歴史的にダイナミカルなものにしながら改変して、数学概念の分析に使えるようにすることを提案している。このカントの純粋理性のシステムを改変する着想はヴェイユマンの哲学 (第2章) から学んだものである。すなわち、ヴェイユマンの『代数学の哲学』では、ガロワ理論の誕生を考察する際に、カント哲学がフィヒテ哲学によっていかに改変されたかが同時に考えられている。本書においては、ダイナミックに動いていくカントによる純粋理性のシステムを念頭に置きながら、作用素環論において、解析学、代数学、数理論理学、さらには数論という領域の理論が、様々に出会いながら、概念が創出されていることを示す。なお、このフォン・ノイマン環の理論は、非可換可測空間の幾何学であると考えられている。

第10章でアティヤ＝シンガーの指数定理を記述する理由の一つは、それが幾何学的空間の局所性と大域性の双対性を顕にするからである。なお、この局所性についての考察は、第6章の物理学における局所性と関連づけられる。ここでは、第Ⅰ部第3章で紹介したグランジュの〈操作と対象の双対性〉という考え方が、幾何学的空間をその上の関数の集合の代数構造によって捉えるリーマン＝ロッホの定理からアティヤ＝シンガーの指数定理にかけてはっきりと表れていることが示される。操作と対象の双対性、そして空間の局所性と大域性の双対性が崩れるところまで代数構造によって幾何学的空間を捉えようとする態度をつきつめたものが、第9章で論じた非可換可測空間の幾何学、第11章で論じる非可換微分幾何学などの非可換幾何学であると言ってもよい。

第11章では、コンヌによる指数定理の非可換化 (量子化) を紹介する。彼の打ち出した非可換微分幾何学は、点集合からなる空間を措定しておらず、その意味で局所性を持たない。それにもかかわらず、第10章で記述するアティヤ＝シン

ガーの指数定理が非可換化ないし量子化されたということは、ある意味での拡張された局所性と大域性の双対性があることを示唆するであろう。その意味を考える。第Ⅲ部第8章では、量子力学におけるアナロジーが述べられるが、それは、第Ⅳ部第11章で述べられる古典的幾何学と非可換幾何学の間にあるアナロジーについての探求に連なり、やはり〈概念の哲学〉の系譜に連なるA.ロトマンの提示した数学におけるプラトンのな弁証法というテーゼに問題を開いている。このように、カント哲学を改変することを通して、数学の領域横断的な理論の発展を考えることを提案することで始めた第Ⅳ部は、アナロジーを通じたプラトンのな弁証法的な営みに通じていることを第11章において指し示して閉じる。

## 第 I 部

# 概念の哲学の系譜

フランス・エピステモロジーの中の数理哲学

第I部では、J.カヴァイエス (Jean Cavailles, 1903-1944)、J. ヴェイユマン (Jules Vuillemin, 1920-2001)、G.-G. グランジェ (Gilles-Gaston Granger, 1920-2016) の思想や著書を紹介しつつ、それを哲学的文脈、特に数理哲学の文脈の中に位置づける。この3人の思想を検討することで、フランス・エピステモロジー、特に〈概念の哲学〉が何であるかをおおよそ理解できるであろう。特に、カヴァイエスが考えた概念の弁証法的な自律的運動が、ヴェイユマンそしてグランジェにおいてどのように展開されているかに注意を払いながら、〈概念の哲学〉の何たるかを理解するようにする。

数理哲学者カヴァイエスは、1940年前後に現象学とも論理実証主義とも距離を取りながら〈概念の哲学〉と自ら呼ぶ哲学を導入する。〈概念の哲学〉は、一方で科学、特に数学の概念の脱意識化された構造、もう一方で歴史の中で概念の生成と変容を重んじる。本書においては、この〈概念の哲学〉を、科学史・数学史を伴走してなされる科学哲学・数理哲学の一つの「方法論」として捉えることにする。

ヴェイユマンは、カヴァイエスの導入した〈概念の哲学〉を継承しつつ、プラトン、デカルト、ライプニッツ、カントらの著作を探索し、そこに見出される科学ないし数学思想と形而上学の関係を明るみに出す。本書では、ヴェイユマンが群論の歴史に哲学的分析の鋏を入れた大著『代数学の哲学』(Vuillemin [1962])を取りあげる。彼は、群論が誕生する過程を、数学的対象の構成から、対象を構成する操作性自体への移行と理解し、それがカント哲学からフィヒテ哲学への移行と並行していると考え。そして、群論の様々な数学の分野への広がりを視野に入れながら、数学において、デカルト的な意味での分析と総合は同時進行しながら、抽象と具体を一種の弁証法に入れると、彼は考える。

このように、ヴェイユマンが数学における概念の操作性の純化の重要性を説くのに対し、グランジェは操作と対象の双対性という考え方を導入する。それは、数学概念における形式的内容、自然的概念、代数学と幾何学の間の一種の弁証法による〈脱空間化〉と〈再空間化〉といった考え方に繋がっていく。

第I部で検討されることは、第IV部で数学のエピステモロジー、特に非可換幾何学のエピステモロジーを実行する際の大切な導き手となる。ところで、経験科学である物理学について哲学的分析を施す際の道具立てとしては、〈概念の哲学〉は弱いように思われる。その弱点は、一種の解釈学的現象学による実在への問いによって補われなければならないが、その問題は本書第II部に引きつがれる。

# 第 1 章 哲学的方法論としての 〈概念の哲学〉の導入

—カヴァイエス

20 世紀の西洋哲学の二大潮流である、分析的言語哲学と超越論的現象学は、いかにして科学を基礎づけるか、いかにして認識論を非心理学化するかという問題意識に導かれて、それぞれ G. フレーゲ (Gottlob Frege) と E. フッサール (Edmund Husserl) によって導入された。しかし、この二つの哲学的潮流はやがて袂を分かつことになる。一方において、現象学は、フッサールの後継者らによって実存主義や解釈学と結びつけられることになる。もともと数学者として出発したフッサールによって導入された現象学であるが、次第に、反科学ないし、科学に対して無関心となっていく。そして、できるだけ科学を排して、科学「以前」の世界を現象学的に分析するようになる。他方において、フレーゲによってなされた「哲学の言語的転回」は、論理実証主義者らによって受けつがれた。論理実証主義者らは、超越論哲学による科学の基礎付けを拒否し、それに伴ってア・プリオリな総合判断を否定することになる。そして、ア・ポステリオリな総合判断であるプロトコル命題から明確に区別されたア・プリオリな分析判断である論理学を明晰にすることで、科学の基礎付けをなそうとした。

後になって、分析と総合の区別は無意味なこととし、論理学とプロトコル命題の二分法を放棄するホーリズムを主張することで、W.v.O. クワイン (Willard van Orman Quine) は論理実証主義的な科学の基礎付けは不可能であることを主張するようになる。この主張に基づけば、超越論的分析によっても論理分析によっても科学の基礎付けは不可能になるため、哲学的認識論は経験的心理学と区別されえないという「自然化された認識論」をクワインは提示することになる。そして、そのような哲学的ポジションにのっとって、現象学にとって超越論的問題であった意識の志向性なども自然化されることになる。さらに Th. クーン (Thomas Kuhn) によって、歴史的視点が英米圏の科学哲学に導入されることになるのであるが、彼の仕事は現在、科学の概念史というよりも、科学の社会学的歴史として継承されている。そして、この視点が、フッサールの〈生活世界〉という概念と結びつき、科学の解釈学と言われることもある。

現象学と分析哲学が西洋哲学の二大潮流になろうとしていたとき、それに異をとねたカヴァイエスは、〈概念の哲学〉と彼自身で呼ぶ哲学を〈意識の哲学〉に対立させて導入したが、その目的は何であったのか。一言で言えば、科学の意識による基礎付けたる超越論的認識論をも、意味内容を欠いた形式のみに基礎付けられた数学の哲学をも拒否するためであった。そして、その二つを拒否しながら、フランス哲学の底流たる合理主義的実在論に支えられて、自然主義ないし、科学の社会学的歴史に至らない科学哲学の可能性を示したのである。大陸の哲学で現象学・解釈学が、英米の哲学で分析哲学が哲学の支配的な方法論となったときに、〈概念の哲学〉はフランス科学哲学の方法論に大きな影響を与え、今日に至っている。

本章では、このカヴァイエスの〈概念の哲学〉をカント哲学、論理実証主義、フッサール現象学に対して位置付けることで、その導入の意味を明らかにすると共に、その後のフランス科学認識論における展開を素描する。そのことによって、カヴァイエスの哲学が現在の科学哲学に与えうる方法論的な展望を示していく<sup>3)</sup>。

## 1. カント哲学と概念の哲学

カヴァイエスは、死後出版された後期の著作『超限と連続』(Cavaillès [1947a])と『論理学と学知の理論について』(Cavaillès [1947b])の中で、〈意識の哲学〉に対立する哲学として〈概念の哲学〉を導入した。そして、「科学の学理を与えるのは、意識の哲学でなく、概念の哲学である」(Cavaillès [1947b] p. 78; [1994] p. 560)と言う。『論理学と学知の理論について』は、まず、カントの論理学の分析によって始まる。カヴァイエスにとって、カントの超越論的批判哲学は意識の明晰性に依拠しているがゆえに、概念の哲学と相容れないものである。すなわち、「悟性と理性は還元不可能な意識の能力としてとどまり、それ自体としては、内的な自己照明の属性によって性格づけられている」(p. 2; p. 484)のである。また、その哲学は、具体的経験の個別性から、その経験を条件付けるア・プリオリな形式の普遍性へと遡ることに依拠している。その過程は、意識の純粹化への過程である。意識の形式の明晰性を前提としつつ、カントは、形式と具体的経験の内容のはっきりとした区別が可能であると考えた。しかし、この「純粹意識の原初的擬似経験」の明晰性にこそカントの超越論的批判哲学の困難があると、カヴァイ

3) カヴァイエスの著作の日本語への翻訳や、カヴァイエスについて日本語で書かれた論考が2010年頃から近藤和敬や中村大介らによって刊行されている。中村 [2021]、近藤 [2011]などを参照。

エスは考える。彼によれば、「経験の諸内容が顕在化し、その諸内容のみに場所を残すダイナミックな自律的運動を前にして、意識の原初的擬似経験は消え去る」(p. 4; p. 486)。概念の哲学を性格付けるものは、この経験と結びつく概念の自律的運動である。

カントと違い、カヴァイエスは直観を主観の側でなく客観の側に置きながら、直観と概念体系を結びつける。『超限と連続』の中で述べているように、カヴァイエスにとって、カントの数学の哲学は、心理学的傾向を持っており、そこで重要な役割を持つ「還元不可能な直観は、思考なしに停止している」(Cavaillès [1947a] p. 271; [1994] p. 469)。「概念の位置の弁証法的契機と図式の超越論的契機」(*Idem.*)の間の混乱が、思考から独立の多数性と概念の単一性の間に数学を位置づけ、その構成を可能にする直観の理論をカントの認識論に要請している。さらに、カントは構成自身を表象可能なものとしているが、カヴァイエスにとってこの同一視は誤りである。なぜなら、この還元不可能な直観と表象可能な構成がカントの直観の固定性を正当化しているのであるが、この直観の固定性なるものは、現代数学に適合しないからである。以上の理由から、カヴァイエスは、概念体系とともに変化する知的直観を考えるのである。

数学が感性的直観のア・プリオリな形式に依存するとするカント哲学の体系は、数学的行為に意識が介入することを要請する。そしてカヴァイエスによると、カントの努力は数学の構造を固定したものとして与える直観の形式に向けられており、数学の対象への関わりを忘れてしまっているのである。カヴァイエスの立場からすれば、カント哲学は観念論的にすぎ、实在論から遠ざかっているのである。彼はカントの哲学を次のように理解しながら、批判する。

カント哲学において、対象への無関心が、内容的質料の形式への従属となって表されている。数学化の場合をとっても、形式が、内容的質料を吸収してしまう傾向にあるのである。自立した、それ自身として性格づけられる实在というものはない。ただ、悟性によって既に組織化された多様なものの合理的で固定的な統一性、ないしは、計画も発見もない明晰なものの集合が構成される行程があるのみである。(Cavaillès [1947b] p. 14; [1994] p. 496)

カヴァイエスにとってはカントとは逆に、科学は意識の形式に依存しない対象を扱わねばならないものなのである。意識の明証性の上に科学を基礎付けるカント的な意味での〈意識の哲学〉は、科学の实在性を遠ざけるという意味でカヴァイエスにとって受け入れがたいものなのである。

## 2. 論理実証主義と概念の哲学

カヴァイエスは『論理学と学知の理論について』第2部において、論理実証主義者によって投げられた構文論と意味論の関係の問題を扱う。構文論は、意味論からはっきりと区別されるのだろうか。この問いは、論理学の哲学と数学基礎論において基本的な問いであった。確かに、数学の形式においてこの構文論は不可欠なものである。しかし、K.ゲーデル (Kurt Gödel, 1906-1978) の第一不完全性定理は、数学において構文論は意味論から切り離しえないことを示した。この結果はカヴァイエスの哲学にとって重要な意味あいを持っており、この結果をもとに、彼は一般構文論なるものを提案する R.カルナップ (Rudolph Carnap, 1891-1970) に反対する。一般構文論とは、カヴァイエスによれば、「実効的に実現した数学とその構文論に正確性を依拠しているような抽象的規則の集合にほかならない」(Cavaillès [1947b] p. 35; [1994] p. 517)。一般構文論は完全に共時的なものであるが、カヴァイエスは「引き続き炸裂と乗り越えなしの構文論はラディカルな抽象性の空虚さの中で自己を失う」(*Idem.*) と言いながら、通時的次元を欠いたこの構文論を批判するのである。

さらに、理解可能性は意味論に結びついているがゆえに、カヴァイエスは、完全に意味論を欠いているカルナップ流の一般構文論を拒否する。言語におけると同様に、数学においても構文論と意味論を同時に考慮しなければならないと彼は考えるのである。論理実証主義者たちにとって、ア・プリオリな分析命題に属する記号は純粹に構文的なものであり、意味を持っていない。数学的記号にも意味はない。それとは逆に、カヴァイエスは、記号の意味論というものを常に考えていた。「記号は、世界の中にある対象物ではなく、もし、それが表象する他のものに送られないにしても、記号を使用する行為に送られる」(p. 38; p. 520)。カヴァイエスにとって、数学的シンボルは単なる構文論的なものではない。数学において、意味は行為に不可分に結ばれており、「シンボルは行為内的なものであって、出発点でも真の到着点でもなく、常に他の行為を孕んでいく」(p. 39; p. 521)。シンボルは、行為を指示対象として持ちうるのである。カヴァイエスにとって、完全なる形式主義は不可能であり、構文論は意味論と不可欠に繋がっている。そして、「科学理論は、形式化により明確になり、正確になるが、形式化によって構築されるものではない」のである (p. 40; p. 522)。このような立場から、カヴァイエスは、共時的な構造解析と通時的な概念史を数学の哲学の中で紡ぎあわせていくことを提案するのである。後で述べるが、この構造解析と概念史という方法論は、カヴァイエスにおける〈概念〉の意味に不可分に繋がっている。す

なわち、〈概念〉自体が構造や組織化への動きという意味を含み持っているのである。

### 3. フッサール現象学と概念の哲学

次に、カヴァイエスがフッサール現象学に対しては、どのような立場をとったかを見てみよう。カヴァイエスは『論理学と学知の理論について』の第3部でフッサール哲学を批判的に吟味している。フッサールの超越論的論理学は、命題論の統一性を経験的個物に還元することに依拠している。彼によれば、形式論理学は絶対的的自我によって個物から構成されたものである。カヴァイエスは、まずフッサールの『形式論理学と超越論的論理学』を検討し、次のようにフッサールの超越論的論理学を批判する<sup>4)</sup>。

もし、絶対的で最後の学が、それ自身またそれを統御する存在論とか命題論とかいった学理を要請するならば、そのような絶対的な学は、統御する学理を自分自身の一部分と考えることはできないだろう。絶対的な学において構成する契機と構成される契機が一致していることを保持することは、おそらく絶対というものの特異性を乱用することになってしまうであろう。その上、そのような一致などというものはなく、構成する契機の構成される契機への挿入があるだけである。なぜなら、構成する構成の規範は、構成される諸構成のうちの一部分にすぎないからである。

(Cavaillès [1947b] p. 65; [1994] p. 547)

ここで、構成する契機と構成される契機との一致とは、D. ヒルベルト (David Hilbert, 1862-1943) の言うような完全性を持った形式主義数学を意味している。フッサールは、意識の志向性による数学的対象の意味を認めてはいるものの、完全性を持った多様体論を受けいれている<sup>5)</sup>。それに対して、カヴァイエスは、ゲーデルの第一不完全性定理の与える哲学的意味を意識しているがゆえに、構成する契機と構成される契機との完全なる一致を認めない<sup>6)</sup>。構成される契機には、

4) カヴァイエスによるフッサール現象学批判については中村 [2013] 第2節を参照。

5) フッサールの多様体論の詳細については信木 [2007] を参照。

6) 本書において、〈多様体〉という用語がしばしば出てくるが、それは現代数学において重要な〈多様体〉と異なるものであることに注意しなければならず、その意味は文脈によって解されなければならない。

構成する契機に吸収されない一種の余剰があるのである。そして、カヴァイエスはその内部において完全性を持った形式論理学を基礎付ける超越論的論理学を認めない。むしろ、構成する契機と構成される契機のずれを含み持った生成・弁証法の上に基づいた論理学を考えるべきだと言う。

カヴァイエスは、次に、『ヨーロッパ諸学の危機と超越論的現象学』（以下『危機』と略記）におけるフッサールの物理学の哲学を吟味する。この時期のフッサールによると、物理学は〈生活世界〉の上に基礎付けられ、その理念化によって可能になる。物理学の基礎には、たとえそれがシンボル化によって覆い隠されてしまっているにせよ、いつも原初的な明証性、意味の充実というものがある。「数理物理学というものは、感覚的知覚に対する技術的向上を示している。数理物理学におけるシンボルや概念の体系が直観によって直接に把握される世界よりも実在性を持った世界であるというのはガリレオ以来の幻想である」（p. 66; p. 548）。原初的明証性は受動的総合によって与えられ、それがあからこそ顕在化した知・科学も可能になるのである。それなしには、科学はいかなる明証性も持ちえない。

もう一つの科学の特徴が『危機』において見出されるが、それは、物理理論が、原初的には実践の世界に基礎付けられているということである。「物理学は、生活からかけ離れた思弁ではなく、この生活の一契機である。物理学は、抽象によって、また仕事の分担のために、産業技術的活動から孤立可能な部分ではあるが、その真の意味と前進の動機付けを生活のうちのみ見出すのである」（p. 67; p. 549）。フッサールにとって物理理論は、技術的活動の理念化の結果にほかならないのである。

フッサールが『危機』において〈生活世界〉の解釈によるア・プリオリな歴史構造の解明の重要性を主張しているのと同様に、カヴァイエスは、意味の沈殿を再発見するための歴史研究の重要性を主張している。フッサールにとってもカヴァイエスにとっても、「歴史は、失われた繋がりを再発見し、まず、意味の自動性と沈殿をそのものとして同定し、次に、それらを現在の意識の中に延長しながら活性化するということが可能にする。その限りにおいて、歴史は、真正な意味を暴露するものなのである」（p. 76; p. 558）。

フッサールによれば、歴史のア・プリオリな構造の探求によって、意味の原初性へと達することができるのである。

現象学的な意味で理解可能なものにするというのは、プランを変えることでも、ある内容を別のものに還元することでもなく、絡みあったものをほぐし、