

物理学の認識論的転回

杉尾一

主論文要約

第1章 序

物理学は何を記述しているのだろうか。しばしば、物理学は、宇宙を支配する普遍的法則、私たちによらない物理的実在を記述していると考えられてきた。量子力学の誕生以降、物理学が物理的実在を記述すると考える人は少なくなったものの、それでもなお、物理学が普遍的法則、普遍的真理を探求する学問であると考える人は多い。これは、物理学をある種の存在論、形而上学とする考え方であろう。かつて、アインシュタインは、物理学を形而上学の一つと主張したが、今なおそのような考え方は根強く残っている。

しかし、物理学を存在論的に捉えるよりも、むしろ、物理学を認識論的に捉え直すことが重要なのではないだろうか。外界を認識する主体は、私たちである。私たちは、五感を通して、測定器を通して、理論を用いるなどして世界を認識するが、いずれも、私たちによる認識である。私たちを介することなく外界について語るなどできないだろう。私たちが認識する内容は、私たちを介した結果としての内容のはずである。

20世紀を代表する哲学者バートランド・ラッセルは、認識論的考え方を押し進めた。私たちは、センスデータの束から私たちにとっての現象を形づくり、私たちによって形づくられた現象から私たちにとっての実在を見出しているに過ぎないと主張したのだ。しばしば、私たちは、物理的実在を私たちから切り離して論じてしまう。しかし、物理学が記述する対象もまた、私たちによらずに存在する対象（存在論的对象）ではなく、私たちが認識した諸性質から、私たちによって構成された対象（構成的対象）なのではないだろうか。

しかし、多くの物理学者にとって、このような考え方を受け入れることは難しいだろう。実際、アインシュタインは『バートランド・ラッセルの認識論についての注意』（1944）において、ラッセルが形而上学恐怖症に陥っていると彼を批判している。私たちによってつくられた私たちにとっての実在という考え方は、多く

の物理学者にとって妄想のように思えるはずだ。しかし、物理学者の中にも、このような考え方をする者が現れた。量子情報理論の先駆者として知られるジョン・ホイーラーである。

ホイーラーは、「情報から存在が生じる」(It from Bit)と主張した。彼によれば、観測するまで、少なくとも微視的現象は存在しないというのである。また、物理学者ジョン・ベルは、存在しうるもの (beable) はオブザーバブル (observable) に、存在すること (to be) は測定することができること (to be measurable) に置き換えるべきだと主張した。彼らは、私たちの認識から切り離して存在について語ることはできないと主張したのだ。

類似の主張は、哲学の歴史の中で何度も繰り返されてきた。しかし、私たちは、私たちによらない普遍的な実在を求めたがる。そして、私たちは、現象の背後には現象を支配するなんらかの普遍的法則が存在していると考えがちである。実際、物理学の強力な予言能力を目の当たりにすると、その信念が正当化されたかのように思えてくるかもしれない。

しかし、物理学の記述は、ある特定の領域に限られている。例えば、生命現象になると、現在の物理学によって説明することができないような現象が多数見受けられる。物理学が記述する領域は、世界の一部の領域であり、その領域内において認められうる規則性をうまく取り出しているというのが本当のところであろう。私たちは、規則性を見出す認識の枠組みをうまく設定しているのである。異なる認識の枠組みを用いれば、そこに規則性など現れない。物理系をうまくとるからこそ、私たちは規則性を見出し、その規則性について記述できるのだ。

むしろ、物理法則を普遍的法則と考えるのは、物理学の発展のためには不要な考え方なのではないだろうか。それは、世界についての予断である。変動する宇宙のごくわずかな時と場所の住人に過ぎない私たちが、宇宙を支配する普遍的法則を知ることなどできるのだろうか。私たちは、それを知りたいと願うが、実際には、なんとか知り得た規則性を切り貼りし、私たちにとっての無矛盾な理論を組み立てているに過ぎない。私たちは、冷静かつ謙虚に物理学を捉え直す必要があるだろう。そして、その哲学的運動こそ、物理学の認識論的転回なのである。

第2章 科学的真理とは何か

第2章では、科学的真理が、どのような特徴をもつ真理であるのかについて検討した。物理学によってもたらされた科学的真理の中には、存在論的な真理とみなされるようなものも含まれている。例えば、絶対空間と絶対時間からなるニュー

トン時空は、ニュートン力学を築くための要請に過ぎなかったが、理論の成功とともに、科学的真理とみなされた。絶対空間と絶対時間という考え方（絶対説）は、私たちの経験を越えた主張である。

このようなニュートンの主張に対し、ライプニッツは事物の関係から時空を捉えるべきだとして、ニュートンを批判した（関係説）。ライプニッツは自身の関係説の立場からニュートン力学を超える力学理論をつくることはできなかったものの、時空を関係によって捉え直すという考え方そのものはマッハに受け継がれ、アインシュタインに影響を与えることとなった。もちろん、アインシュタインの相対論そのものは、ライプニッツの関係説を実現したわけではないが、アインシュタインは、かつて存在論的な真理と信じられていたニュートン時空の存在を放棄し、相対論を築いたのである。この例からもわかるように、非経験的な言明や、それに支えられる真理は、誤っている可能性が常にあるのだ。

物理学の発展の歴史を踏まえると、物理理論に含まれる存在論的要請が減らされていることに気付く。例えば、熱現象は、熱素によると考えられていたが、熱素はエネルギーへと還元された。特殊相対性理論の登場によって質量もまたエネルギーへと還元された。より一般性をもった理論へと物理理論が書き換えられるとき、それまで信じられていた存在論的要請は減らされていくのだ。経験科学について論じる際、経験的真理の増加に目を奪われがちだが、物理学が、存在論的要請を減らすという営みを含んでいることを無視することはできないだろう。物理学は、本質的に認識論的転回という営みを含んでいるのだ。

第3章 巨視的世界についての記述

第3章では、古典物理学において素朴実在論が許された理由を探った。最大の理由は、古典的な物理量概念にある。近代以降、多くの人々は、量と値が概念的に不可分であると思い込んでいた。この混乱は、私たちの素朴な外界の認識に依拠しているのだ。そこで、素朴な測定理論について考察し、私たちの認識によらないような古典的な物理量概念がどのようにして形成されたのかについて検討した。

古典物理学のような決定論的であり、かつ実在論的である物理理論を手本とするならば、物理学は存在について語る学問のように思えてくる。古典物理学は量子論でない物理学のことであるが、量子論と異なり、理論の中に観測や測定といった概念が明示的に含まれていない。そこにあるのは、素朴実在論という考え方である。つまり、私たちが認識した通りに外界は存在しているという立場である。

結局のところ、測定による影響を私たちが認識できるのか否かに関わっている

のだ。測定すれば、対象にわずかであれ影響がある。しかし、その影響を認識できなければ、測定の前後で対象は何も変化していないことになる。このようにしてもたらされた概念が古典的な物理量概念であり、対象は存在論的真値をもつとされた。しかし、実際は認識論的な概念であり、存在論的な概念ではない。対象に変化がないため、私たちは、対象がもつ性質を取り出すことができたと思い込んでしまったのである。この私たちの認識の粗さこそ、素朴实在論が許された理由なのである。

さらに、古典物理学における主観と客観の関係についても論じた。しばしば、物理学における客観的な記述によって、私たちは普遍的な記述に到達したと考えがちである。しかし、そもそも物理学における客観的な記述とは何か。結局のところ、それは、任意の座標系を結ぶ変換規則によってもたらされる記述である。確かに、ある特定の主観、すなわち特定の座標系だけに依存した記述ではない。しかし、いかなる主観からも独立な記述というわけではない。物理学における客観的記述は、個々の主観によって認められる記述であり、主観の総体としての間主観的記述である。物理学における記述は、いかなる主観にもよらない普遍的観点によってなされる記述ではないのだ。物理学によって客観的な記述は可能だが、普遍的な記述は原理的に不可能なのである。

第4章 微視的世界についての記述

微視的世界へと向かっていった物理学は、微小な物理的对象が、粒子性と波動性を示すことを明らかにした。しかし、これら2つの性質は古典物理学では同時に両立しない性質である。両者を受け入れることは、説明上の利便性のためであって、やはり微小な物理的对象の本性は、粒子か波のどちらかなのであろうか。

しかし、このような問いは意味をなさないだろう。なぜなら、粒子のように見えることと粒子であることは異なり、波のように見えることと波であることは異なるためだ。古典物理学において、粒子は波動性を示さず、波は粒子性を示さない。したがって、微小な物理的对象を古典物理学によって完全に説明することなど不可能なのだ。古典的観点から存在論的な問いを発したところで、古典物理学の言葉遣いでは答えられないのである。受け入れるべき事実は、微視的領域において、私たちが認識する物理的对象が、粒子性と波動性という2つの性質を示すということだ。私たちは、私たちが認識する微小な物理的对象が、粒子性と波動性の二重性 (duality) からなるということ認めれば良いのである。

むしろ、重要なことは、この二重性の発見によって、現象が私たちの認識と不

可分であるということが明らかになったことであろう。ひとまず、微小な物理的対象の存在を仮定しよう。私たちが、微小な物理的対象を離散的粒子として捉えるための実験設定においては、その物理的対象は離散的粒子として現われる。一方、私たちが、微小な物理的対象を連続的波動として捉えるための実験設定においては、その物理的対象は連続的波動として現れる。粒子性を示す現象を認識する行為と、波動性を示す現象を認識する行為は、どちらも異なる認識行為である。異なる認識行為によって、異なる現象が生じているのだ。これは、微小な物理的対象だけによって、生じるべき現象が決定しているわけではないということだ。

このような事実を踏まえた上で、微小な物理的対象が存在すると考えると、ある疑念が生じる。私たちの認識が不完全であるならば、微小な物理的対象のその他の側面を取りこぼしている可能性があるというのだ。そして、私たちの認識がさらに深まれば、微小な物理的対象について、より多くの性質を見出すことができるかもしれないというわけだ。

しかし、仮に外界に微小な物理的対象の存在を認めたとしても、すべての性質を取り出すまで、私たちはその物理的対象の真の姿を記述することはできない。私たちが見出すことができない性質は、私たちにとって存在しない性質なのである。むしろ、存在論的立場をとることで不安にかられるのであれば、私たちによって今まさに記述されている物理的対象が、存在論的対象ではなく、構成的対象であるということを認めることになるはずだ。微小な物理的対象が存在するという信念を持っていたとしても、私たちが実際に記述している物理的対象は、私たちが認識する性質から私たちによって作り出された構成的対象なのである。

私たちが認識する粒子性と波動性をもとに、私たちによって作り出された微小な構成的対象を量子的対象と呼ぶことにする。しばしば、量子的粒子 (quantum particle)、あるいは単に粒子と呼ばれることがあるが、粒子性は量子的対象の一性質に過ぎない。波動性も同様である。古典物理学では記述することのできない量子的対象についての理論を築く必要が生じたのである。

そこで、シュレーディンガーは波動力学を、ハイゼンベルクは行列力学を築いた。はじめ、両者は異なる理論と考えられていたが、1926年にディラックによって、これらが同じ理論の異なる形式であることが証明された。そして、1932年、フォン・ノイマンがヒルベルト空間論を用いた記述形式を完成し、量子力学の数学的定式化を統一することに成功した。

フォン・ノイマンによって量子力学の数学的構造が明らかになったわけだが、それによれば、量子力学における予言は確率的なものでなければならない。また、測定しなければ、物理量が値をもたないことが証明された。いわゆるフォン・ノイマンのNO-GO定理である。今日では、定理を導出する前提となった条件が強すぎ

たのではないかと批判的に受け止められているが、条件を弱めて導出された1967年のコッヘン-シュペッカーの定理においてもすべての物理量の値が測定によることなく決定することはない。古典物理学が常に値をもつ物理量概念を用いて決定論的世界像を描いたのに対して、量子力学は古典論とは異なる物理量概念を採用せざるをえなくなり、結果として非決定論的世界像を描くことになったのである。量子力学が記述する世界は、古典物理学において万能であったラプラスの悪魔にも見透かすことのできない非決定論的な世界であり、私たちが直観的に理解できない世界なのであった。

第5章 量子力学の解釈

重ね合わせの状態に相当する対象は、古典物理学によって記述される世界に存在しない。しかし、量子力学によれば、測定以前の対象は、固有状態でなければ、重ね合わせの状態によって記述せざるをえない。さらに、測定によって、重ね合わせの状態は、ある特定の固有状態へと突発的に収縮することになる。これは、外界に存在するであろう物理的対象の在り方が、私たちの認識に左右されるかのよう思えた。

このことは、物理学者と哲学者の双方に大きな衝撃をもって受け止められた。しかし、多くの物理学者は、哲学的議論を避けたのだ。存在と認識をめぐる問題は、哲学者が悩み続けてきた難問である。幸いなことに、フォン・ノイマンによって量子力学の数学的基礎が与えられると、物理学者は、この哲学的問題に関わることなく、物理学に専念することができた。多くの物理学者は、量子力学の公準としての射影規則を認め、状態の収縮を認めたのだ。いわゆるコペンハーゲン解釈である。

しかし、近年、ボーアが今日的な意味でのコペンハーゲン解釈の立場を取っていたのかどうか議論されている。状態の収縮を認める解釈として広く認知されているコペンハーゲン解釈だが、ハワードによる調査によれば、ボーアは状態の収縮について言及したことがないというのだ。この驚くべき話を検討するためにも、第5章では量子解釈について論じた。そこで明らかになったのは、ボーアが考えた量子状態と、フォン・ノイマンが考えた量子状態の決定的な違いである。

既に述べた通り、フォン・ノイマンによって量子力学の数学的基礎が与えられた。そこには、重ね合わせの状態と、その状態の収縮という概念が数学的に与えられていた。フォン・ノイマンは、量子状態という概念を私たちから切り離して論じていたのである。一方、ボーアは、彼が主張した分離不可能性が示すように、

量子状態という概念を私たちから切り離して考えることはできないと強調していた。彼が、現象を語る際に古典物理学の言葉遣いによらなければならないとしたのは、このことを意図していたのである。

ある量子解釈が広がるにつれて、オリジナルの解釈から離れていくというのはコペンハーゲン解釈だけではない。多世界解釈もまたそうであった。エヴェレット自身が主張する多世界解釈がどのような解釈であったのか検討するため、彼の相対状態という考え方、そして、彼の意図する解釈を引き継いだと主張するドイツの解釈について考察した。ドイツの解釈は、分岐のない世界を想定し、世界の中に多世界があらかじめ存在するという解釈である。そして、私たちは測定しなければ、自分自身がどの宇宙にいるのか知ることができないというのである。

確かに、ドイツの主張は、無数の宇宙が存在するという突拍子もない存在論に思える。しかし、自身の住む宇宙がどのような宇宙であるのかについて知るためには測定しなければならないという後者の主張こそ、私たちは注目すべきではないだろうか。私たちにとっての外界は存在するが、外界を認識しなければ、私たちはいかなる知識も得ることができないのである。経験科学において重視すべきは、ドイツの認識論的な主張なのではないだろうか。

そこで本稿では、多世界解釈をより穏当に捉え直し、認識論的多世界解釈という新たな量子解釈を打ち立てた。つまり、世界は1つだが、その現われ方は複数考えられ、それは私たちが採用する認識の枠組みに依存するという考え方である。世界をどのように切り取り、切り取った部分をどのように眺めるかによって世界の見え方は変わるであろう。世界を眺める認識の枠組みこそ、物理系という概念なのである。系の取り方によって世界は異なる現れ方をしてくるはずだ。

この考え方を裏付けるために、本稿が重要視した解釈がホイーラーによる量子解釈である。特に、彼が考案した遅延選択実験は、系の取り方によって世界の現われ方が変化すると考えるべき実験結果をもたらしている。通常、遅延選択実験では、実験を開始した直後に実験系を変更することで、未来から過去に影響を与える実験であるかのように語られることが多い。しかし、ボアによる分離不可能性という考え方に従えば、実験系の変更は、ただちに系の状態の変更となる。世界からなんらかの結果を引き出すための系そのものが変更したと考えるべきだろう。遅延選択実験が示しているのは、異なる系によってもたらされる異なる結果なのである。結局のところ、私たちが認識する結果は、世界と私たちとの関係によって定まると考えるべきだろう。

第6章 記述の哲学

世界と私たちとの関係を記述する上で必要な記述の哲学を第6章で考案した。私たちが何かを記述するとき、記述する主体と、記述される対象は不可分な関係にある。そして、私たちは記述するために採用した道具によって記述可能な性質だけを抽象し、その他の性質を捨象する。記述の目的以外の性質を捨象するからこそ、私たちの記述は一般的な記述へと向かう可能性があるのである。物理学における性質の捨象・抽象の過程では、具体的なトークンについて記述しようとしておきながら、実際にはトークンの性質のほとんどを捨象し、トークンにあてはまるタイプの性質を主に抽象しているのである。私たちの記述が不完全だからこそ、タイプについての記述になりうるのである。

巨視的世界における記述について考えてみよう。そのために、トークンとしての物理的対象の存在、すなわち、存在論的対象をひとまず認めたとしよう。私たちが、存在論的対象なるものを眺めると、存在論的対象がさまざまな性質を示しているように思える。しかし、これは實在論の立場に依拠した見方に過ぎない。私たちが認識しているのは、私たちの知覚内容であって、外界にあるとされる存在論的対象そのものではない。私たちの感覚器官を介して、最終的に脳で構成された像を私たちは認識しているのである。私たちは、私たちの認識の枠組みの外に出て、存在論的対象そのものを認識することはできないのである。

もし、私たちが存在論的対象そのものを認識しているのであれば、私たちは、存在論的対象を説明することができてよいはずだ。しかし、実際には、私たちは存在論的対象を説明するのではなく、私たちが認識した対象について説明している。結局のところ、私たちは、私たちの知覚内容を認識し、その内容を説明しているのである。このようなことを踏まえると、私たちは、私たちが認識する様々なこと、様々な性質の束を存在論的対象だと思い込んでいることになるだろう。私たちが認識しているのは、私たちが認識する性質からつくり出された構成的対象なのである。

もちろん、私たちが認識する性質からなる構成的対象に相当するものが、外界に存在しているかもしれない。しかし、この真偽を私たちは経験によって決定することができない。私たちにとって、構成的対象が私たちにとっての實在として機能してくれるのであれば、それで十分なのである。

構成的対象は、私たちが認識する諸性質からつくり出されている。もし、構成的対象に関する何かについて記述したいのであれば、対象の構成要素である諸性質に注目し、それらの中から必要な性質のみを取り出すことによって、記述の目的に見合った数学的対象を新たに構成すればよいのである。もし、トークンとし

て巨視的な構成的対象どうしを区別するということだけを目的とするのであれば、位置だけに着目すればよい。なぜなら、巨視的な構成的対象は同時に同じ位置を占めることができないためだ。私たちは、私たちによる記述の目的を達成できるような性質を構成的対象から取り出し、私たちが認識している構成的対象についての数学的な記述を可能にするのである。

第7章 最小の存在論的要請

なぜ、私たちは外界から知識を得ることができるのだろうか。なぜ、私たちは観測や測定を行い、その結果を得ることができるのだろうか。このような奇妙な問いは、私たちが認めなければならない最小の存在論的性質へと導くのである。私たちが積極的に認めるべき存在論的性質とは、どのような性質なのだろうか。

私たちが何かについて測定（観測）すれば、何らかの応答（結果）が得られる。ここで応答というのは、「いかなる応答も得られなかった」という応答を含むことにする。例えば、木片に磁力がはたらくかどうかという疑問が生じ、磁石を実際に木片に近づけたとしよう。これも1つの測定である。もちろん、木片には一切の変化がない¹。この結果から、私たちは木片には磁力がはたらかないという知識を得ることができる。応答がない場合も私たちにとっては有用なのである。応答がない場合も1つの応答と考えるべきである²。

何らかの問いが生じ、測定を行うのであるから、測定という行為は世界に向けての問いかけと考えてよい。上述のように応答を定義すると、私たちは何かを測定すれば、いかなる結果であったとしても、私たちは必ず応答を得ることになる。これは、非常に当たり前のことだが、実際には驚くべきことのはずだ。観測にせよ、測定にせよ、世界は私たちの問いかけに対して応答してくれるという性質をもっているのである。これこそ、私たちが唯一はっきりと主張できる世界がもつ存在論的性質ではないだろうか。外界がこのような性質をもっているからこそ、私たちは測定や観測によってその結果を得ることができるのである。世界がもつこのような性質を応答可能性質と呼ぶことにしよう。

応答可能性質を存在論的性質として認めることができれば、私たちは、私たちが認識している諸性質を得ることができる。構成的対象をつくり出すための様々な性質は、私たちの感覚器官がもつファンクションにもとづいて、私たちが世界

¹木片内の電子は磁場によってローレンツ力を受けるが、それは木片が受けた力ではない。

²これは語義矛盾のように思えるが、そうではない。例えば、特性関数を用いて、応答がある場合を1、応答がない場合を0とすればよい。このようにすれば、実験において応答がないとき、0という数学的な応答があることになる。

の側から引き出した結果であることになる。私たちが認識している結果は、常に、私たちの感覚器官のファンクションという制約を受けているのだ。

もちろん、私たちは、生来備わった感覚器官のみで存在論的世界を眺めているわけではない。実際、自然科学の現場では、様々な測定器を用いる。しかし、これらの機器は、私たちの感覚器官を補うために外部に設置された人工的な感覚器官にすぎず、機器からの出力を私たちの感覚器官が入力し、再出力しなければならない。私たちは、測定器からの出力を測定結果だと思い込んでいるが、実際は、測定器からの出力を私たちの感覚器官で捉え直した結果が、測定結果なのである。いかなる測定器を用いたとしても、測定結果が、私たちの存在から独立した結果になるということはないのである。

応答可能性質にもとづく性質の分節の仕方は、世界を認識する主体である私たちの側で行われる。応答可能性質をもつ世界が広がっており、私たちは、観測や測定をもとに世界の側からの応答を得ることができる。最終的には私たちの感覚器官による制約を受けるものの、世界をどのように眺めるのかということは、私たちに委ねられているのだ。世界の分節の仕方は、私たちに依存しているのだ。

第8章 認識論的物理量概念の形成

ハイゼンベルクは、マッハによる経験主義の影響を受け、物理学は観測可能量の間関係を記述する学問であるべきと考えていた。そして、彼は、物理理論は観測可能量のみによって構成されなければならないという方針を打ち出した。これはすなわち、私たちの観測にかかることのない量概念が理論の中に入っているはずはないという考えである。しかし、アインシュタインによれば、何を観測可能量とするのかということは、物理理論が決定するというのだ。

このアインシュタインの考えは、極めて重要なものだ。彼によれば、私たちの経験は、経験に先行する認識の枠組みによってはじめて可能となるのである。このような考え方は、カントによる認識のカテゴリーを想起させるが、確かにアインシュタインの主張には一理ある。例えば、スピンという物理量を考えてみよう。私たちがスピンを見出すためには、古典物理学の知識がなければ不可能だ。なぜなら、古典物理学の知識がなければ、シュテルン-ゲルラッハの実験で用いるような装置を組み立て、銀イオンに磁場をかけたときにどのような結果が現れるかといった実験を行おうという発想は生まれてこない。実験は、何かについて知りたいという目的があつてはじめて計画され、実行される。つまり、先行する理論がなければ、私たちはシュテルン-ゲルラッハの実験を計画することができず、当然

その結果を経験することはできないのだ。

しかし、次のような反論が考えられる。反事実的ではあるが、アリストテレスにシュテルン-ゲルラッハの実験を見せたとしよう。もちろん、アリストテレスは古典物理学について何も知らないわけだが、彼の目にはシュテルン-ゲルラッハの実験結果は見えているはずだ。つまり、彼は、何かが上下二方向に離散的に分かれていることを経験するはずである。つまり、理論を知らず、自ら実験を計画することができなかつたとしても、誰かによって計画された実験によって生じた現象を経験することが可能であるという反論だ。

確かに、この場合、アリストテレスは古典物理学を知る人物によってなされた実験によって生じた現象を経験するだろう。しかし、アリストテレスは、彼が見出した現象からスピンという観測可能量を見出すことはできないはずだ。なぜなら、彼はシュテルン-ゲルラッハの実験結果のどこが奇妙であるのかということに気付くことはないためだ。古典物理学によって予想される角運動量についての連続的な結果が現れないからこそ、スピンという新たな観測可能量を見出さるのである。スピンを見出すためには、古典物理学の知識をもっていなければ不可能なのである。したがって、経験から何を見出すかというのも先行する理論があってはじめて可能というわけだ。このようなスピンの例を踏まえると、物理学の基礎概念である物理量もまた、理論によって決定されることになる。理論という認識の枠組みによって、私たちが何を認識することになるのかが決まるのである。

もちろん、私たちが生来もつ感覚器官と（仮に存在するのであれば）カントのいうアプリアリな認識のカテゴリーに相当するような何かによって、素朴な物理量、例えば位置といった物理量は、無自覚のうちに概念として獲得されるだろう。しかし、私たちの素朴な知覚経験だけでは、高度な物理理論を築くことはできない。なぜなら、私たちの感覚器官は、私たちが巨視的世界と呼ぶある階層において役立つように調整された装置であり、その他の階層に属する出来事を感覚器官を用いて直接的に捉えることができないためだ。そこで、私たちが直接知覚できないような出来事を経験するための測定器が必要となる。測定器は、私たちの認識をより精密にするだけでなく、私たちが経験可能な世界の範囲を定めることにもつながるのである。測定器によって捉えることができる範囲を測定器の精度をもって捉えるしかないためである。

現代物理学では、様々な測定器を用いて実験を行うわけだが、測定器は既存の物理理論にしたがって設計されている。測定結果をもとに測定器に同値関係を導入し、同値類をとり、代表元としての測定器を物理量と同じ概念とする物理量の定義を本稿では採用した。このような考え方は、私たちが新たな物理量概念を獲得する際の方法に依拠している。あらかじめ世界に存在する物理量を定めるので

はなく、私たちの認識の結果、物理量概念を獲得するのである。このような認識論的な物理量という考え方は、世界の見方を固定化せず、新たな物理量概念を見出す上でも必要な考え方なのである。

第9章 記述の階層に依存する諸概念

認識論的物理量という考え方にもとづけば、これまで物理学の哲学において概念的に克服することが困難だと思われた哲学的諸問題に解決の糸口を与えることができた。第9章ではこのことについて論じた。しばしば、古典物理学が決定論的世界を描くのに対し、量子力学が非決定論的世界を描くことから、世界の本当の在り方はどちらなのかといった問いかけがなされてきた。そして、もし、世界が決定論的世界であるならば、私たちの自由意志は存在するのかといった問題も議論されてきた。

しかし、本稿の立場からすれば、決定論と自由意志は相反しない。私たちが自由意思によって系を設定することができるからこそ、決定論的な世界が現れるのである。私たちは、系をうまく選択することによって、数学的な記述を可能にし、物理学を構築している。決定論的世界も、非決定論的世界も、私たちによる記述領域の選択によってもたらされた世界像に過ぎない。確かに、本当はどちらなのかということは素朴な疑問ではあるが、私たちにとって決定不能な問題である。このような事実を踏まえると、私たちの自由な系の選択によって現れてくる世界が異なるという考え方こそ、私たちにとって重要であるはずだ。

同章では、ベルの不等式の問題についても論じた。しばしば、ベルの不等式の破れによって、量子世界が非局所的世界であるとされることが多いが、ドイチュは、ベルの不等式は破れておらず、量子世界もまた局所的世界であると主張している。そこで、認識論的物理量という考え方をを用いて、ベルの不等式が破れていると考える必要がないとしてドイチュの主張を支持した。もちろん、これは広く受け入れられている考え方とは異なることから批判が想定される。しかし、認識論的物理量という考え方にもとづけば、このような考え方も可能となるのである。

さらに、認識論的物理量という考え方は、近年注目を集めている弱値に対して物理的に有意義な解釈を与えることができるだろう。弱測定は、事前選択と事後選択によって挟まれた間の時刻の系から得られる値である。しかし、このような値は、これまでの量子力学では考えられなかった値であるがゆえ、その物理的解釈をめぐる現在も議論が続いている。これまでの量子力学が、事前選択のみで与えられた系の状態から物理量の値についての確率的予測を与えていたためだ。

しかし、ここで重要となるのが認識論的多世界解釈とホイーラーによる遅延選択実験である。私たちが認識する世界は存在する。しかし、認識しなければ、世界が私たちにとってどのような現れ方をするのかわからない。分離不可能にしたがえば、系の状態は、世界の側だけではなく、私たちとの関係で定まることになる。すると、事前選択のみで与えられた実験系と、事前選択と事後選択によって与えられた実験系は、異なる系であり、異なる状態によって記述されなければならない。物理学者は、しばしば、光子の状態といった表現をとるが、光子と測定器からなる系の状態というのが、私たちが採用すべき状態概念なのではないだろうか。

このような状態概念にもとづけば、系という認識の枠組みの違いからもたらされた異なる結果という考え方によって、遅延選択実験や弱測定を理解することができる。そして、必要ならば、異なる状態概念から得られた結果にもとづき、新たな物理量概念を形成すればよいのだ。世界は豊かであり、私たちの認識の枠組みによって、その姿を変える。もちろん、その姿は、私たちにとっての姿であり、世界そのものが変わっているわけではない。私たちは、その姿を通して実在に到達したと思ひ込むが、それは私たちによって作り出された構成的対象であって実在ではないのである。このような、物理学のための認識論は、物理学研究を積極的に後押しするための哲学としてふさわしいはずだ。

第10章 結論

量子力学の登場によって、現象を記述するのが物理学の目的であり、実在を記述するのが目的ではなくなったと言われる。しかし、これもまた正確ではない。古典物理学においても、私たちの認識から独立な実在を記述していたのではなく、私たちが認識可能な性質から作り出された構成的対象を記述していたのである。確かに、私たちの認識の及ばない出来事は、私たちとは無関係に世界の側で起こっているだろう。しかし、私たちが認識する現象は、自然界に存在する物理的对象と私たちの関係の中で生じているのだ。したがって、現象を私たちの認識行為から切り離すことはできない。今や、本稿の冒頭で立てた問いに対する筆者の答えは明らかだろう。物理学は、私たちによって認識され、作り出された構成的対象を記述する理論である。すなわち、物理的对象を認識する行為を数学の言葉・構造を用いて組織化した認識の体系が物理学なのである。