

査読論文

物理的“実在”についての 哲学的試論

杉尾 一

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6881-900X>

上智大学 文学部 哲学科
〒 102-8554 東京都千代田区紀尾井町 7-1

2018 年 8 月 7 日原稿受付

Citation :

杉尾 一 (2018). 物理的 “実在” についての哲学的試論. *Journal of Science and Philosophy*, 1(1), 25–41.

Abstract

This study was performed to adjust the difference between Einstein’s metaphysics and Bohr’s epistemology. Many physicists and philosophers know their controversy, but most of them do not know what kind of philosophy made them contend with each other. For this reason, this paper presents Einstein’s metaphysics and Bohr’s epistemology, which are based on Kant’s philosophy. For this purpose, this study deals with EPR, Einstein’s letter to Schrödinger, and Bohr’s interpretation of quantum mechanics. In this process, you find that EPR did not reflect Einstein’s metaphysics, and also understand the difference between Bohr’s interpretation of quantum mechanics and so-called “Copenhagen Interpretation.” As a result, this paper shows that Einstein’s metaphysics and Bohr’s epistemology should not be opposed to each other, and their philosophy rather promotes development of physics.

1 序論

20世紀初頭に量子論が誕生して以来、物理学において物理的実在に関する哲学的問題が現れた。電子や光子といった微視的対象は、粒子性と波動性という二重性を持っていると考えられたのだ。このような二重性を持つ微視的対象を記述するために、重ね合わせの状態、状態の収縮といった古典論では考えられない概念が現れた。その結果、古典論が決定論的世界を描くのに対し¹、量子論は非決定論的世界を描くことになった。つまり、量子論は確率的な予測を与える理論であり、古典論のように物理的実在について確定的なことが言えない理論となったのだ。

この問題と向き合い、量子論に反対したのがアインシュタインである。実際、アインシュタインは、同僚のポドルスキー、ローゼンらと共に「物理的実在の量子力学的記述は完全と考えられるか？」(1935)という論文を発表している[5]。著者たちの名前の頭文字を取り、EPR論文と呼ばれるこの論文は、今日でいうところの量子エンタングルメントという量子状態を考え、局所性原理をもとに反事実的な観測と実際の観測を組み合わせ、位置と運動量の値が同時に決定していることを示し、不確定原理の破れから量子力学は不完全だと結論づけた。

ボーアは、EPR論文と同じタイトルの論文を直ちに発表し、アインシュタインらに対して反論を行なった[2]。ボーアの反論は認識論的観点にもとづくものであり、極めて哲学的な内容であったことから、量子論におけるアインシュタインとボーアの一連の論争は「哲学的」とみなされ、その後、物理学者たちから距離を置かれることになってしまう。実際、量子論における哲学的問題を考えることは、物理学上の禁忌のように扱われることとなった。

もっとも、EPR論文における物理学的な決着は既についている。量子エンタングルメント状態が現実の量子状態として実現され、実際にアスペが実験を行なった結果、局所実在が満たすべきベルの不等式の破れが実証されたのだ²。このようなことから、EPR論文は、量子エンタングルメントの初出の論

文として評価されるものの、哲学的主張それ自体は誤りとされている。

しかし、そもそも EPR 論文はアインシュタインの主張が汲み取られているのだろうか。そして、ボーアの量子解釈は、真に理解されているのだろうか。実際、EPR 論文は、アインシュタインの哲学的主張が反映されていないことが文献調査から明らかになっている。そして、ボーアによる量子解釈もまた、今日“コペンハーゲン解釈”として知られている解釈とは異なることが明らかとなっている。

このようなことから、本稿では、現代的観点からアインシュタインとボーアの哲学的論争を見直し、両者の意図を明らかにすることを目的とする。そして、物理学の指導原理として、両者の哲学が共に必要であることを明らかにしたい。

2 アインシュタインの形而上学

EPR 論文が主張する哲学的帰結は量子力学の不完全性にあるが、その哲学的意義は、その帰結に至るための前提として「物理理論の完全性」と「実在の十分条件」に言及していることにある³。

物理理論の完全性:

物理的実在のすべての要素の対応物が物理理論の中にある。

実在の十分条件:

系を擾乱させることなく物理量の値を確実に (確率1で) 予言できるとき、その物理量に対応する物理的実在の要素がある。

通常、古典的な観測において観測による系の擾乱は考えず、ある時刻における物理量の値は決定していると考えられる。つまり、私たちの観測に依らず、物理量の値は物理的対象の属性として決定していると考えられるのだ。このようなことから、物理理論の中で物理量は変数 (時間変化の無い場合は、定数) として表される。他方、量子論では、観測による系の擾乱を考えざるを得

ない。また、物理量は、固有状態を除き、重ね合わせの状態において、その値は決定していない。このようなことから、物理量は値を持たない自己共役作用素によって表される。EPR 論文を踏まえると、アインシュタインは、古典論の前提をもとに物理的実在を考えていたように思われる。

しかし、果たしてそうなのだろうか。物理的対象の運動の舞台ともいえる絶対空間と絶対時間を放棄することを厭わなかったアインシュタインが、古典的な実在に固執するだろうか。このような疑念から、アインシュタインが EPR 論文を執筆していないことが予想される。

実際、アインシュタインは、EPR 論文を直接執筆していない。アインシュタインは、1935 年 6 月 19 日にシュレーディンガーに宛てた手紙の中で、EPR 論文は、3 人で議論を重ねた後、ポドルスキーによって書かれたものであると述べている。そして、自身の考えをポドルスキーが反映していないと主張している [7]。

言語上の理由から、この論文は、議論を重ねた後にポドルスキーが執筆しました。それにもかかわらず、私が当初望んでいたものにはなりません。むしろ、本質的なことは、言わば、数学的形式によって覆い隠されたのです。

(Fine (1996) p.35 所収、引用者訳)

このようなことから、EPR 論文における哲学的主張を、そのままアインシュタインの主張と考えることはできないだろう。実際、アインシュタインは、同じ手紙の中で、自身の物理学に対する考え方、実在に対する考え方について言及しており、明らかに古典的な実在に固執していたとは考えられない主張を行なっている [7]。

本当の問題は、物理学が形而上学の一つということです。物理学は“実在”を記述します。しかし、私たちは“実在”が何であるか知らないのです。物理学の記述を通してのみ、私たちは“実在”を知るのです。

(Fine (1996) p.125 所収、引用者訳)

アインシュタインは“実在” (括弧付きの実在) について言及し、さらに、それについて「知らない」と述べている。このことから、古典的な実在に固執していたとは思えない。特に、注目すべき点は、ハンソンが唱えた「観測の理論負荷性」に相当することについて言及していることにある [8]。

このことは、ハイゼンベルクによる『部分と全体』 (1971) からも読み取ることができる。ハイゼンベルクは、マッハの現象論の影響を受け、物理学は観測可能量の間の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で記述されなければならないという方針を打ち立てた。ところが、ハイゼンベルクのこの考え方を聞いたアインシュタインは、ハイゼンベルクに反論している [9]。

しかし原理的な観点からは、観測可能な量だけをもとにしてある理論を作ろうというのは、完全に間違っています。なぜなら実際は正にその逆だからです。理論があつてはじめて、何を人が観測できるかということが決まります。

(山崎 訳 (1974) p.104)

明らかに、アインシュタインの主張と、EPR 論文における「物理理論の完全性」と「実在の十分条件」は相容れない。EPR 論文における「物理理論の完全性」と「実在の十分条件」は、理論の中に物理的実在の要素があることが前提となっている。しかし、アインシュタインにとって、これは論点先取である。アインシュタインによれば、理論があつて初めて何が観測可能量であるかがわかり、“実在” を記述することができる。理論負荷性の観点からすれば、EPR 論文にアインシュタインの意図は含まれていないことは明らかだろう。

もともと、「神はサイコロを振り賜わず」という有名な言葉が示す通り、アインシュタインが自身の信念から確率 1 の決定論的理論を求めていたのは間違いないだろう。そういった意味で、今日の量子力学の“正しさ” を踏まえるとアインシュタインを全面的に支持することはできない。しかし、アインシュタインの真意を踏まえると、ボーアとは結論が異なるものの、両者には共通の哲学的出発点がありそうだ。そうでなければ、そもそも議論にならなかつたはずで

ある。

3 ボーアの認識論

“コペンハーゲン解釈”は、ボーアによって提唱され、多くの物理学者に支持された伝統的解釈とされるが、実際には“コペンハーゲン解釈”の受け取り方は物理学者によって様々である。もっとも、“コペンハーゲン解釈”が状態の収縮を認める解釈であるということだけは一致している。もちろん、状態の収縮が何を意味するのかについて議論しなければならないが、多くの物理学者は状態の収縮を認めるとき、自身が“コペンハーゲン解釈”に従っていると考えるようだ。

状態の収縮とは、測定によって重ね合わせの状態から、ある固有状態へと突発的に変化することだ。この変化は、シュレーディンガー方程式の記述の外にある。シュレーディンガー方程式は、ユニタリーな時間発展に従っており、その記述にもとづく量子状態の変化は連続的で決定論的な過程となる。一方、状態の収縮は不連続的で非決定論的な過程となる。つまり、量子力学の基礎方程式であるシュレーディンガー方程式と状態の収縮は本来相容れない。このような状態の収縮を認めるとされる“コペンハーゲン解釈”は、いつ考案されたのだろうか。

ボーアとハイゼンベルクに師事したヴァイツゼッカーは、2人から直接聴いた話として、1926年から1927年にかけての冬にボーアとハイゼンベルクの2人で議論を重ねた結果、両者による量子解釈が誕生したと伝えている [13]。そして、ヴァイツゼッカーはこの解釈のことをコペンハーゲン解釈と呼んでいる。問題は、ボーアらによるコペンハーゲン解釈と今日信じられている“コペンハーゲン解釈”が同じ解釈なのかどうかということだ。

ハワードによる綿密な調査によれば、ボーアが状態の収縮という言葉を用いたことは一度もないという [10]。ヴァイツゼッカーとハワードの話を踏まえると、確かにボーアとハイゼンベルクによってコペンハーゲン解釈が提唱されたことになるが、今日の“コペンハーゲン解釈”とは異なっていたと考えられる。

それでは、一体誰が状態の収縮を含む“コペンハーゲン解釈”を考案したのだろうか。少なくとも、状態の収縮に対して明確な意味を与えたのは、フォン・ノイマンであることは間違いない。彼は、かの有名な『量子力学の数学的基礎』（1932）の中で、確率を与えるための射影公準を量子力学を構成するために必要な要請とした。この射影公準こそ、状態の収縮に対応するものである。フォン・ノイマンは量子状態の変化を過程Ⅰと過程Ⅱに分類した。彼は、測定によって、重ね合わせの状態がある特定の固有状態へと変化する過程を過程Ⅰと定義した。そして、測定を行わないとき、シュレーディンガー方程式に従いユニタリーに時間発展する過程を過程Ⅱと定義した。過程Ⅰこそ、今日でいうところの状態の収縮である。

核心は、フォン・ノイマンが同書において物心平行論 (Prinzip vom psychophysikalischen Parallelismus) という節を設け、状態の収縮について論じている点にある。物心平行論とは、物理的過程の外にある主観的な知覚過程を、あたかもそれが物理的世界において生じたかのように記述することである。フォン・ノイマンは、物心平行論を科学的世界観にとっての基本的な要請とし、これをもとに過程Ⅰ、Ⅱについて論じたのだ。

彼によれば、世界を観測される側と観測する側の2つの部分に分けなければならない。しかし、その境界は、観測者の身体の内部へいくらでも深く移行することができるというのだ。言い換えるならば、重ね合わせの状態が保たれる領域は、微視的対象のみならず、巨視的対象へも広がっていくのである。しかし、その広がりには、人間の純粹自我の手前で止めざるをえない。そこで、フォン・ノイマンは、純粹自我を境界として過程Ⅰが引き起こされるとした。

問題は、この物心平行論をもとに過程Ⅰ、Ⅱについて論じた後、ボーアの論考を参照するようにと促していることである。実際、過程Ⅰ、Ⅱによって粒子性と波動性という二重性が正当化されたとし、脚注 207 において

207) N. Bohr; Naturwiss. Bd. 17 (1929) は、はじめて、量子力学によって形式的な面でさげられなくなった自然記述の2重性が、事実在即して正当化されるということ、および物心平行論の原理との関係を示し

た。

(井上・他 訳(1957) p.334)

と主張している。つまり、フォン・ノイマンは、物心平行論にもとづく過程 I、II の哲学的由来はボーアにあると主張したのだ [11]。

しかし、ボーアは、フォン・ノイマンとは全く異なる考え方をしていた。ボーアによる分離不可能性にもとづけば、フォン・ノイマンのように単純に世界を観測される側と観測する側の2つの部分に分けることはできない [1][3]。また、ボーアは物理現象を説明する際は古典論の言葉遣いによらなければならないと考えていた [1]。これは、量子世界自体に存在する物理的实在について語ることはできないという考え方にもとづいており、カントの認識論の構図を見て取ることができる。

カントの認識論では、現象と物自体をはっきりと区別する。ボーアも同様の構図を用いている。量子現象とはいえ、私たちが認識できるのは巨視的世界に拡大された現象である。古典論では説明のつかないような量子的効果が背後にあったとしても、結果として我々が認識する現象それ自体は、巨視的な現象である。したがって、それらの現象についての説明は、古典論の言葉遣いによって語る事ができるし、むしろ、そうでなければならない。何より、現象は、物理的实在それ自体の在り方を示していない。私たちが認識し、語る事ができる現象を超えて、量子世界それ自体について語ることは、カントが注意を促した悪しき“形而上学”に踏み込むことになる。フォン・ノイマンの物心平行論が、古典論の言葉遣いでは決して語る事ができない領域の説明にまで足を踏み込んでいることは明らかだろう。

両者には、さらなる違いがある。フォン・ノイマンの物心平行論が主観的な知覚過程を物理的世界において生じたかのように捉えることで微視的世界を記述することを目指したのに対し、ボーアの相補性の哲学は異なる古典的文脈における異なる経験的事実を組み合わせることによって微視的世界を記述することを目指したものである。ボーアにとって、私たちが自然言語で語る事ができるのは、私たちの知覚の結果としての古典的世界の範囲のみである。

ボーアは、量子世界それ自体を語ることは勿論、私たちの知覚過程までを記述しようとは考えていなかったのである。

もちろん、状態の収縮が示唆するような不連続な状態変化を最初に提唱したのはボーア自身である。ある固有状態から別の固有状態への量子飛躍は、ボーアによって提唱された古典論にはない状態変化だ。しかし、ボーアにとって量子力学は、異なる古典的な文脈にもとづく相補性を踏まえた認識の体系であって、量子状態が世界そのものを記述しているとは考えていなかった。量子状態の記述を巨視的世界まで拡張していったフォン・ノイマンとは決定的に異なるであろう。ボーアにとって、粒子性と波動性という概念は相補的である。同一の対象に同時にこれらの概念を適用するものの、本来、それらは互いに排他的な概念である。しかし、私たちはそのような排他的な概念を用いることでしか量子的对象を記述できないのである。ボーアにとって重ね合わせの状態から特定の固有状態への変化は、状態の収縮という奇妙な物理的变化ではなく、あくまで記述の変化なのである [14]。

ハイゼンベルクやヴァイツゼッカーの回想にもとづくと、ボーアは物理学者というよりも哲学者のような人物だったと言える。実際、彼の著作は極めて哲学的である。ボーアの著作が哲学的に難解であるのに対し、フォン・ノイマンの著作は数理的に明解であり、多くの物理学者にとって読みやすい著作であった。実際、観測問題を研究していた日本人物理学者の町田茂は次のように述べている [15]。

フォン・ノイマンは先の本 (= 『量子力学の数学的基礎』) の中で観測と量子力学との関係を論じたが、その定式化の仕方がそれ以後の観測理論の出発点となった。これは、ボーアの相補性原理が1つの解釈にすぎず、また仮定であった上、かなり曖昧な点を含んでいたのに対し、フォン・ノイマンの理論は数学的色彩が濃いだけに、一面非常に明快だったからである。

(町田 (1994) p.98、括弧内引用者)

町田の主張が多くの物理学者に共通するものであれば、ほとんどの物理学

者たちは、“コペンハーゲン解釈”をフォン・ノイマンから学んだと言ってよいだろう。結果、ボーアによる量子解釈は、その後、忘れ去られていったことになる。

アインシュタインの哲学的主張を踏まえていない EPR 論文、ボーアの哲学的主張を踏まえていない“コペンハーゲン解釈”では、アインシュタインとボーアの哲学的論争を理解しようにも理解できないのは当然といえるだろう。

4 ラッセルの認識論についての注意

既に述べた通り、ボーアの哲学的主張は、カントを踏まえた上での認識論であることは明らかである。一方、アインシュタインの形而上学は、“実在”を探求するものの、ボーアとの単純な対比では捉えがたい。両者の間には、共通の出発点があり、その出発点から至った結論が異なると考えた方がよいことは、既に述べた通りである。そこで、カントの認識論を共通の出発点として仮定し、アインシュタインの認識論に対する見解について検討を行う。その際、重要となるのが、アインシュタインによるラッセルの認識論に対する批判である。

ラッセルは素朴実在論を拒否する。彼は、物理的対象 (physical object) ⁴ をひとまず仮定するものの、センスデータを私たちが面識 (acquaintance) することによって、物理的対象を私たちが呼ぶ現れ (appearance) ⁵ を獲得しているに過ぎないと主張し、素朴実在論を批判した [12]。

しかし、アインシュタインの立場からすれば、それでもなお物理的対象は“実在”する。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)の中で、哲学者としてのラッセルを高く評価しつつも、物理的対象から離れようとするラッセルの姿勢を批判し、彼がヒュームに由来する「形而上学恐怖症」に陥っていると主張する。その際、アインシュタインは、カントについて言及している [6]。

しかし問題に対する彼(=カント)の姿勢に関しては、私には正しいと思われる点がある。それは、われわれは思考に際して、論理的な立場か

ら事態を考察するかぎり感覺的經驗という素材からの道がなんら通じていないような概念を、ある種の“権利”をもって利用しているということを彼が確立した点である。(中略)われわれの思考および言語による表現に入ってくる諸概念は、——これらを論理的に考えるとき——すべて思考の自由な想像物であり、決して感覺的經驗から帰納的に獲得されえないものである。

(井上・中村 訳(1971) p.37、括弧内引用者)

アインシュタインは、自然科学をア・プリオリな総合的判断とするカントの考えを否定していたが [4]、カントの認識論の理念、すなわち、物事を認識する上で前提となる枠組みが必要であることは認めていたことになる。これは、既に検討した理論負荷性にも結びつく考え方である。

次に、アインシュタインは、カントが注意を促した“形而上学”、ラッセルの恐れる“形而上学”に陥らないための必要条件について論じている [6]。

思考が変じて“形而上学”ないしは空虚なおしゃべりに化さないためには、次のことが必要なだけである。すなわち、概念体系としての命題の十分多数のものが感覺としての經驗と十分強固に結びついていること、および概念体系は感覺的に經驗されたものを秩序立て、見通しのよいものにするというその課題に鑑みて、可能な限りの統一性と簡潔さを示すべきである、ということである。

(井上・中村 訳(1971) pp.37-38)

アインシュタインが相対論を考える際、マッハの実証主義の影響を受けているが、ここにおいてもその影響が見て取れる。しかし、実証主義に留まるならば、“実在”に踏み込むことはできない。実際、マッハが、目に見えない原子の存在を否定していたことは有名である。

さらに、困惑させられることに、アインシュタインは科学の“体系”のゲーム性について言及する [6]。

ただし、その他に“体系”なるものは、(論理的には)任意に与えられた

ゲーム規則に従う、記号を用いる(論理に関しては)およそ自由なゲームであるという、ということがある。この種のことはすべて日常の思考に対しても、また同時により意識的に体系的に構築されている科学における思考に対しても、同様に成立する。

(井上・中村 訳(1971) p.38)

ここに、ヒルベルトの形式主義の影響が見て取れる。しかし、これもまた“実在”から離れる考え方のように思える。一体、アインシュタインは、どのような認識論を前提とし、自身の形而上学を考えていたのだろうか。

やはり、ここにおいても重要になるのは、カントの認識論である。既に述べた通り、アインシュタインは、カントの主張するア・プリオリな総合的判断としての自然科学に対しては否定的だった。彼は、認識において前提となる基礎的な概念を経験可能な領域から排除しまうことをその理由として挙げている [4]。しかし、アインシュタインは、認識において前提となる枠組みの重要性を認め、それこそ、物理理論であると主張している。そこで、カントの先験的な認識の枠組みを、理論に置き換えることで、アインシュタインの哲学的主張を理解することは可能だろう。つまり、数学的表現の自由度の下、経験と強固に結びつく統一かつ簡潔な概念体系としての物理学理論を構築し、その物理理論を理論負荷的に用いることで“実在”を探求するのが、アインシュタインの考える形而上学なのだ。

当然ながら、アインシュタインの想定する“実在”は、物自体としての実在ではない。直接知覚できなくとも物理理論によって認識できる“実在”からなる世界像を描くことこそ、彼の形而上学の目的であったと考えられる。そして、実在に到達できなくとも、実在に迫ることこそ物理学の目的と考えたのだ。

5 “実在”の意味理解

これまでの議論を踏まえると、ボーアとアインシュタインは共にカントの認識論を出発点にしていたといえる。カントの認識論を手掛かりとして、ボーアは

現象に関する認識の体系としての物理学を目指し、アインシュタインは現象から超越論的に“実在”に踏み込む形而上学の体系としての物理学を目指したといえる。両者の対立は、物理理論を構築する際の指導原理についての哲学的対立であったと言えるだろう。それでは、どちらの指導原理が、物理学にとってふさわしいのであろうか。

この問題は、簡単に答えられるものではない。しかし、確実に言えることがある。それは、未だ観測されていない物理的対象が存在し、理論にもとづく“実在”がその対象を確実に(確率1で)指示していたとしても、私たちは、その“実在”の意味を経験の範囲において意味付けすることができないということだ。つまり、アインシュタインの主張とボーアの主張の双方を考慮する場合があります。

このことについて検討するために、次のような特殊な問題を考えたい⁶。反事実的な仮定であるが、すべての人間が「灰色」を直接知覚できず、「灰色」という概念を持っていない状況を想定しよう。「灰色」以外の色については直接知覚可能であり、「灰色」以外の色の概念を持っているとする。このように、「灰色」についての知識の一切が欠如している場合、「黒くて白い」色がどのような色であるのか説明できるだろうか⁷。

結論から言えば、数学的記述を用いて「黒くて白い」色を説明することは可能である。異なる色である「黒色」と「白色」は両立しない。そこで、直交する2基底を考え、一方の基底に「黒色」を対応づけ、他方の基底に「白色」を対応づける。そして、この空間の中で、両者を線形結合させたベクトルを構成する。このベクトルこそ「黒くて白い」色のことだと説明することはできる。

一見すると、量子論の重ね合わせの状態に思えるが、決してそうではない。このベクトルは「黒くて白い」色を確実に指示している。量子論のように確率が入り込む余地はない⁸。したがって、このベクトルが示す対象は、理論的に許される“実在”になり得る。問題は、このような対象を直接知覚できないという点であり、それこそ、積極的に“実在”と主張できない要因になるのだ。

反事実的な可能世界から離れ、現実世界に戻ると、このベクトルが「灰

色」を指示していることは容易にわかる。しかし、反事実的条件の下では、このベクトルが「黒くて白い」色を指示していると説明できたとしても、その意味を理解することはできない。そのような“実在”は、私たちの自然言語の体系の外にあり、経験世界において意味付けすることはできないだろう。あくまで、数学的対象によって表現された「黒くて白い」色という不可思議なものであり続けるに違い無い。

このように考えると、アインシュタインとボーアの双方の主張はもつともであると同時に、一方の指導原理だけが認められるというものではないことは明らかだろう。アインシュタインが主張するように何が観測可能であり、何を“実在”と見なし得るかは理論が決める。そして、ボーアの言う通り、実際に観測できなければ、“実在”は語り得ぬ対象であり続け、その意味を理解できない。物理学は、理論にもとづき“実在”を発見し、観測によってその意味づけを行なっていく営みと解釈するのが、もつとも自然である。

6 結語

18世紀初頭、熱に関する現象の説明には熱素(カロリック)という“実在”が、燃焼に関する現象の説明には燃素(フロギストン)という“実在”が用いられた。しかし、これらは理論と実験の発展にともない共に放棄されることになる。その意味で文字通り“実在”であったわけで、実在ではなかったのだ。

物理学は、経験世界における意味の拡張によって“実在”を更新することで発展したといっても過言ではないだろう。そういった意味では、アインシュタインの指導原理には物理学を推進する力がある。他方、ボーアの指導原理には、物理理論が経験世界から逸脱し、悪しき“形而上学”に陥ることを防ぐ力がある。

理論にもとづき経験世界から逸脱する方向に働く力と、経験世界の中に理論を押し留める方向に働く力は、両立しない力のように思えるが、互いに結びつくことで、物理学が悪しき“形而上学”に陥ることなく発展する力となる。理論をもとに“実在”を想定し、新たな経験を踏まえて“実在”吟味することで

物理学は発展してきたのである。物理的“実在”を求めること自体は、制約のなかった条件下において、決して否定されるべきことではないのだ。

注

- ¹ ここでは、ラプラスのデーモンに象徴される世界観を古典論の特徴として採用した。
- ² アスペの実験で破れが確認されたのは、ベルの不等式に相当する CHSH 不等式である。
- ³ 物理学的意義は、今日、量子エンタングルメントと呼ばれる特殊な量子状態について言及している点にある。
- ⁴ 高村 (2005) は、physical object を物的対象と訳している。
- ⁵ 高村 (2005) は、appearance を現象と訳している。
- ⁶ この問題は、筆者による「語りえぬ在り方」『窮理』第 11 号 (掲載予定) においても扱っている。
- ⁷ 「メアリーの部屋」の思考実験に似ているが、「灰色」以外の色を直接知覚できる点が異なる。
- ⁸ 各基底のスカラー倍は、色味の度合いを指示することになる。

参考文献

- [1] Bohr, N. (1934). *Atomic Theory and the Description of Nature*, Cambridge University Press.
- [2] Bohr, N. (1935). “Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?” *Physical Review*, 38(8), 696–702. DOI: 10.1103/PhysRev.48.696
- [3] d’Espagnat, B. (1981). *A la Recherche du Réel: Le Regard d’un Physicien*, Bordas. (『現代物理学にとって実在とは何か』, 柳瀬陸男 監訳・丹治信春 訳, 培風館, 1988 年.)
- [4] Einstein, A. (1922). *The Meaning of Relativity*, Princeton University Press. (『相対論の意味』, 矢野健太郎 訳, 岩波書店, 1958 年.)
- [5] Einstein, A., Podolsky, B., and Rosen, N. (1935). “Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?” *Physical Review*, 47(10), 777–780. DOI: 10.1103/PhysRev.47.777

- [6] Einstein, A. (1944). “Bemerkungen zu Bertrand Russells Erkenntnistheorie.” Schilipp, P.A. (Ed.). *The Philosophy of Bertrand Russell*, Northwestern University Press, vol.5, pp.107–111. (『バートランド・ラッセルの認識論についての注意』 『アインシュタイン選集3』, 井上健・中村誠太郎 訳, pp.32–40 所収, 共立出版, 1971 年.)
- [7] Fine, A. (1996). *The Shaky Game: Realism and the Quantum Theory*. University of Chicago Press.
- [8] Hanson, N. (1958). *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. Cambridge University Press. (『科学的発見のパターン』, 村上陽一郎 訳, 講談社, 1986 年.)
- [9] Heisenberg, W. (1971). *Der Teil und das Ganze: Gespräche im Umkreis der Atomphysik*. R. Piper & Verlag. (『部分と全体』, 山崎和夫 訳, みすず書房, 1974 年.)
- [10] Howard, D. (2004). “Who Invented the “Copenhagen Interpretation”? A Study in Mythology.” *Philosophy of Science*, 71(5), 669–682. DOI: 10.1086/425941
- [11] Neumann, J. v. (1932). *Die Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Springer Verlag. (『量子力学の数学的基礎』, 井上健・広重徹・恒藤敏彦 訳, みすず書房, 1957 年)
- [12] Russell, B. (1912). *The Problems of Philosophy*. Home University Library. (『哲学入門』, 高村夏輝 訳, 筑摩書房, 2005 年.)
- [13] Weizsäcker, F. C. v. (1999). *Grosse Physiker*. Hanser, Carl Gmhb. (『大物理学者』, 山辺建 訳, 法政大学出版局, 2013 年.)
- [14] 杉尾一 (2013). 『物理学の認識論的転回を目指して』 . 西脇与作 (編) 『入門 科学哲学』 . 慶應義塾大学出版会. pp.272–319.
- [15] 町田茂 (1994). 『量子力学の反乱』 . 学習研究社.

This work is licensed under a Creative Commons
“Attribution 4.0 International” license.



© 2018 Journal of Science and Philosophy 編集委員会