

Title	Popperの傾向性解釈：その欠点と現代的意義
Sub Title	Popper's propensity interpretation: faults and modern meanings
Author	高村, 友也(Takamura, Tomoya)
Publisher	三田哲學會
Publication year	2009
Jtitle	哲學 No.122 (2009. 3) ,p.1- 16
JaLC DOI	
Abstract	The propensity interpretation of probability is introduced faithfully with Popper's original description. It is shown that the propensity interpretation itself has little to do with the central problem of quantum mechanics. Nevertheless, some insights of Popper seem to have meanings in modern interpretations of quantum mechanics. Especially, the relation to stochastic mechanics and stochastic interpretation of quantum mechanics is considered. Many respects of the propensity interpretation are on Popper's intention or almost accidentally same with the stochastic interpretation when the stochasticity is considered to be objective. We give also some details to be supplemented for the realistic interpretation of quantum mechanics by means of the stochastic interpretation, most of which are neglected in Popper's consideration.
Notes	投稿論文
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000122-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

投稿論文

Popper の傾向性解釈

—その欠点と現代的意義—

—高 村 友 也*

**Popper's Propensity Interpretation
—Faults and Modern Meanings—***Tomoya Takamura*

The propensity interpretation of probability is introduced faithfully with Popper's original description. It is shown that the propensity interpretation itself has little to do with the central problem of quantum mechanics. Nevertheless, some insights of Popper seem to have meanings in modern interpretations of quantum mechanics. Especially, the relation to stochastic mechanics and stochastic interpretation of quantum mechanics is considered. Many respects of the propensity interpretation are on Popper's intention or almost accidentally same with the stochastic interpretation when the stochasticity is considered to be objective. We give also some details to be supplemented for the realistic interpretation of quantum mechanics by means of the stochastic interpretation, most of which are neglected in Popper's consideration.

1. はじめに

確率概念の傾向性解釈は、今日、客観的確率解釈の一つとしてその位置を不動のものとしている。また、傾向性解釈の提唱者である Popper が、量子力学の実在的解釈のための概念的装置としてそれを用いたことも有名

* 慶応義塾大学大学院文学研究科博士課程（哲学）

である。本稿では、Popper の原論文に立ち戻り、傾向性解釈と量子力学解釈の関係を批判的に洗い直してみたい。

2. 傾向性解釈と量子力学の实在論

本節では、Popper による確率の傾向性解釈、およびそれが量子力学をどのように説明するかについて、Popper [4]¹ の記述に忠実にまとめた²。

量子論の扱う問題は歴史的に見ても統計的な問題であり、それゆえに、統計的な答えを要求する (p. 46, p. 49)。にもかかわらず、我々に深く根づいている形而上学的決定論のために、量子論における確率的性質も、我々の知識の欠如によって説明しなければならないと誤って考えられてきた。

またこの確率の主観的解釈が物理学に観測者や主観の侵入を招いた (p. 50)。決定論を放棄して傾向性を (力と同じような) 物理的实在として受け入れるべきである (p. 105)。このような “*the problem of interpreting quantum theory is bound up with that of interpreting probability theory*” (p. 98) という信念のもとに、“I am going to expound, in the form of thirteen theses and a summary, my own realistic interpretation (of quantum mechanics)³ (p. 46)” として掲げられた「13 のテーゼ」の 8 番目のテーゼにおいて、傾向性解釈は以下のように説明されている：“I shall explain the propensity interpretation as a development of the classical interpretation. The latter, it will be remembered, explains $p(a, b)$ —that is, the probability of a given b — as the propor-

¹ 本文中、頁数だけで特に引用元の明記されていない引用は、Popper [4] からの引用である。

² ただし、後の節で述べるように、筆者は Popper の議論に正面から賛同しているわけではない。したがって、以下で断定調で述べられている部分があっても、あくまで Popper の考えである。

³ 括弧内は筆者による加筆、以下同様。

⁴ favourable は、直訳すれば「好ましい」であるが、「あてはまる」「含まれる」のような意味。

tion of those equally possible cases satisfying b which are favourable⁴ to the event a . /I propose, as a first step, to omit the word 'equally' and to introduce 'weights', and thus to speak, instead of 'numbers of cases', of the 'sum of the weights of the cases'. And I propose, as a second step, to interpret these 'weights' of the possibilities (or of the possible cases) as *measures of the propensity, or tendency, of a possibility to realize itself upon repetition*.⁵ (p. 69). あるいは、以下の箇所のほうが簡明でわかりやすいかもしれない: “propensities which we interpret as tendencies to produce relative frequencies on repetition of similar conditions or circumstances” (p. 71). そして傾向性は仮想的 (virtual) な頻度の測度であり (これについての言明を probability statements (p. 70) と呼ぶ), それは実験における現実の (actual) 頻度によってテストされる (これについての言明を statistical statements (p.70) と呼ぶ) というわけである. また, この解釈によれば, 確率分布とは “a property of the *single experiment*” (p. 71) なのであり, しかも “a *real physical property of any concrete unique physical situation*” (p. 72) ということになる.

傾向性解釈は, おそらく「ある単体の物体が客観的に確率的な運動をする」という状況を最も素朴に表現している解釈である. しかしながら, その素朴さゆえに, 「確率の解釈」としてはほとんど何も言っていないと批判されることも多い. 実際, probability と weights と propensity という概念に違いを見出すのは難しく, 本文でも定義は見事に循環している. また, 確率が物理的属性であるということについて “*it can be kicked*” (p. 72) という Lande の言葉を借用し, ピンボードの左端を持ち上げれば

⁵ 現代の確率論では絶対的確率 $p(a)$ から定義するのが一般的であるが, Popper は相対的確率 (条件付き確率) $p(a, b)$ から定義している. 無論, $p(a, b) = p(a \wedge b) / p(b)$ などの関係によって互いに往来可能.

ボールはボードの右側に到達しやすくなり、傾向性も蹴ったことになる」と説明しているが、これは傾向性解釈に特有の話ではないだろう。確率が virtual frequency なのか actual frequency なのかという問題に関しても、Popper は単に、両方あるのだと言っているだけである。したがって、傾向性解釈は一般的に確率の解釈としてというよりも、「量子力学を説明できる」という謳い文句によって広がり、定着してきたところが大きい。

さて、このような傾向性解釈を用いて、量子力学は以下のように説明される。

波束の収縮 量子力学における波束の収縮は、ピンボードにおける確率の以下のような側面と全く同一であるとされる。すなわち、“we can ask for the probability distribution of reaching the various final positions for those balls which satisfy the condition of hitting a definite pin” (p. 73) であり、その注目・情報⁶こそが、あるいは“the transition from the original distribution to one that assumes a ‘position measurement’—whether an actual one or an assumed or feigned one—” (p. 74) こそが波束の収縮だというわけである。また、光子が半透明の鏡を 1/2 の確率で通過するか反射されるような実験を取り上げ (p. 76), Copenhagen 解釈を批判する。反射されたことが見出されたならば、通過する可能性を示していた波束（しかもそれは十分に引き離すことができる）はただちにゼロになる。例えば Heisenberg などは、これを“The experiment at the position of the reflected packet thus exerts a kind of action at the distant point occupied by the transmitted packet” な

⁶ 1980年の加筆 (p. 86) では、ここで「情報」について語っているからと言って、観測者を物理理論に持ち込んでいるという反論はあたらぬ、と付け加えられている。あくまで「客観的な事実についての情報」である、というわけである。

どと結論しているが、ピンボードの例に即して言えば、それを action などと考える必要は全くないことになる。ランダムウォークなどのマルコフ連鎖の例も用いている。しばらくランダムウォークした後の粒子なり人間なりを観察することは、古い雲（確率分布）を消して新しい雲をはじめることである (p. 124)。このような “transition from the possible to the actual” は波束の収縮と同一である (p. 124)。また、以上の考え方は、実験をすぐに繰り返せば同じ結果が確実に得られるという量子力学の枠組みにも一致している。

波と粒子の二重性 Popper は粒子そのものと、(反復可能な) 実験環境全体の属性である傾向性の場合 (確率場) とを明確に分けることを強調している (p. 80)。特に、傾向性はその粒子なりサイコロなりに単独に備わった性質ではない。したがって、 “a wave-like distribution of a probability (or a probability amplitude) is, indeed, something which cannot be said to be an alternative ‘picture’ of the member of the population” (p. 82) なのであり、 “There is however no duality in any sense in which we may speak either of particle or of wave but not of both at once” (p. 81) ということになる。波動関数を対象そのものであるかのように扱った Copenhagen 解釈が二重性や相補性といった不可解な概念につながっているという批判である。

不確定性 実験環境がもたらす傾向性の場合である分布関数を要素の物理的性質として取り扱うという “the great quantum muddle” (p. 50) は、不確定性関係を “limiting the precision of *measurements* of individual particles” (p. 57) あるいは “*due to the non-existence of the entities measured*” (p. 5) と解釈させた。実際は、Heisenberg の式は、 “some lower limits to the *statistical dispersion or ‘scatter’* of the results of se-

quences of experiments” (p. 54) なのであり, “validly derivable *statistical formulae* of the quantum theory” である. ただし, この統計的分散は “a *singular* probability statement, and therefore determining the propensity of a single particle to ‘scatter’” (p. 144) である. したがって, 個々の粒子自体は, 位置と運動量の明確な値を持つ.

干渉現象 干渉現象に関しては, 無視されているわけではないが, 言及が各所に散見され, 説明しているというよりは避けているといった印象を受ける. 例えばピンボードの例において, “let us remove *one pin*. This will alter the probability for every single experiment with every single ball, *whether or not the ball actually comes near the place from which we removed the pin*” (p. 72) であるが, これが二重スリット実験と似ていると書かれている. すなわち, スリットを開くなり閉じりすることによって, そのスリットに向かわなかった粒子の確率も変わってしまうというわけである. ただし “even though we have here no superposition” (p. 72) として, 干渉現象との関係は有耶無耶になっている. また別の箇所では, 干渉現象や位相, コヒーレンスがないためにピンボードの例では二重スリット実験を模倣することはできないとはっきり書かれている (p. 74, p. 88). テーゼの 13 では, 干渉現象が実験的に確認されているという事実を逆に根拠として, “I therefore think that the way in which quantum mechanics differs fundamentally from classical physics — that is, in the interference of the propensity waves — shows that the propensity waves can interact and are therefore real” (p. 84) とも述べられている. “The Two-Slit Experiment” として独立に節を設け, 二重スリット実験を論じてもいる (p. 151) が, 前節までに書かれていることと大差はない. 粒子が一方のスリットに到達してしまえば, もう一方のスリットが開いているか否かはもはや何の影響もないと考えるのは間違いで

ある (p. 154). 傾向性を決めるのは実験配置の全体であるから, 粒子が一方のスリットを通るとしても, もう一方のスリットの開閉が全体の傾向性に影響するというわけである (p. 153). これと似たことはピンボードでも見られる (p. 154). ただし, 実験配置の相違が傾向性にどう影響を与えるか (すなわち単に加法的ではなく干渉現象のような変化が起こること) は “a matter for the (quantum) theory to decide” (p. 155) であり, その結果, “they (propensities) behave like wave trains which may be split up, and which may be interfere” ということになる.

3. 傾向性解釈は量子力学を説明しているか

前節の Popper の議論は大きく 3 つのことを述べている.

1. 粒子そのものと確率の場とを同一視しないこと, これを混同すると量子論の非実在論 (二重性や不確定性の Copenhagen 解釈) につながる.
2. 波束の収縮や, 二重スリットなどに見られる「実験状況を局所的に変えることが, 全体の確率分布に影響すること」は, 通常的确率的現象でも見られることである.
3. 古典的確率との類似は, 干渉現象を除く. 干渉現象は量子論が教えてくれることであり, 逆に干渉現象の存在が, 傾向性が物理的屬性であることを保証している.

このように概観してみても言えることは, 確率の傾向性解釈は Popper の提唱する量子論の実在的解釈⁷とはほとんど無関係であるということである. 唯一, 上記 3 において, 「干渉が起こること」は, 傾向性とい

⁷ Popper の量子力学解釈はしばしば, 統計解釈, あるいはアンサンブル解釈として位置づけられる. 次節を参照のこと.

う物理的属性が（実験全体に付随して）あるに違いない」という文脈で、実在としての量子的世界が関係してくる。しかしながら、これは傾向性解釈を用いて量子論を説明しているのではなく、寧ろその逆である。上記 1 に関しては、客観的な粒子の運動を表現する確率の傾向性解釈の対極として古典的な主観的解釈（無知解釈）が挙げられ、これから脱却することを幾度も勧告しているが、主観的解釈が Copenhagen 解釈を如何にもたらしたのか、具体的な記述は見られない。おそらく、「確率が主観的なものである」ということから「そのような確率を量子力学に持ち込むことは、すなわち物理理論に主観性を持ち込むことである」と論理を進めたのであろうが、実際は全く逆で、量子力学における確率が主観的なものとして解釈できるのであれば、我々の無知を補う未知の存在物や物理量が実在的世界を保証してくれるはずである。確率の主観的解釈と Copenhagen 解釈との関係の不明瞭さは、Copenhagen 解釈による不確定性の解釈について「実験精度の限界」と「測定対象の非存在」という両方の記述を用いている点にも見られる。それらは実際には全く反対のことを意味しているにもかかわらず、Popper は同一視している節がある。いずれにしても、粒子自体と確率の場との混同は、傾向性解釈により気づかされたり解決されたりするものではないだろう。また、上記 2 に関しては、確率解釈とは基本的に通常確率的現象の解釈として形成されてきたものであり、波束の収縮などが通常確率的現象にも見られるのであれば、それは言うまでもなく確率解釈の如何にかかわらず、ということになる。したがって、傾向性解釈はここでも本質的ではない。

量子力学の解釈問題を見直してみれば、そもそもすべての概念的混乱の出発点は干渉現象にあることがわかる。単体の局所的粒子の確率的運動は、その確率的性質が客観的であろうと主観的であろうと、古典的な確率論、特に加法性に従うはずだという直観が、我々にはある。この直観は、物理現象の局所性から含意されるものである。粒子はそれに接するものの

みの影響を受けるのであり、例えばスリットの開閉という質量にしてごくわずかな変化が、遠隔地で起こる粒子の運動に非加法的なしかたで変化をもたらすはずがない。にもかかわらず、その確率は加法性を満たさない。したがって、二重スリット実験であれば粒子が2つに分裂か何かして、両方のスリットの開閉を確認しているとしか考えられない。ここにまず、波のような大域的性質と観測時には必ず一点を示す局所性との二重性が生じる。だからこそ、粒子自体と確率の場とを同一視しなければならなかったのであり、また波束の収縮も単なる我々の注目などではなくその同一視された何ものかの変化として考えなければならなかったのであり、不確定性も然りであり、と芋づる式に Copenhagen 解釈が形成されてきたのである。一言で言えば、確率の非加法性こそが物理的実在の世界を揺るがせてきた。

傾向性解釈の決定的なディスアドヴァンテージは、その肝心の干渉現象を全く説明しないことである。あるいは同じことだが、何故 Schrödinger 方程式があのような複素偏微分方程式なのかを全く説明しないことである。これについては、非加法的な確率の存在する可能性に対する哲学的洞察というよりは、単に非加法性に対する危機感が欠如していたという印象を受ける。重ね合わせのない二重スリット実験は二重スリット実験ではない。その他の話題にどれだけ触れようとも（といっても先に述べたようにその他の話題に関しては傾向性解釈とは独立か、少なくとも直接的な論理関係は明記されていないのであるが）、「ただし干渉現象は除く」では全く意味がない。例えば、波束の収縮が通常の確率現象における我々の注目と非常によく似ていることや、硬貨の表の出る確率 $1/2$ が硬貨だけの属性ではなく、水平で凹凸のない台などの実験配置全体の属性であること、ピンボードのピンの一つを抜き差しすることで全体の確率分布が加法的に変えることなどは、誰もが気づいてきたことであり、わざわざ紙幅を費やすことではないだろう。確率概念を「傾向性」や「重み」などの

言葉に言い換えて、例えば粒子がランダムウォークにおいて客観的に確率的な一歩を踏むということは如何なることか、という問いに迫ることは、量子力学の解釈問題とはほとんど無関係なのである。

以上のように、傾向性解釈は、確率の解釈としては「単体粒子の客観的
確率運動を説明できる」というよりも端的にそのような運動が存在すると
認めようとするものであるし、量子力学の解釈としては、「単体粒子の客
観的運動を記述できる」ということが「量子的粒子の運動を記述できる」
に飛躍し、独り歩きし、具体的な論理関係が有耶無耶なままに、確率解釈
の選択肢のひとつ、それもしばしば非常に有力な選択肢のひとつとして居
座っていると考えられる。

4. 傾向性解釈の現代的意義—確率過程解釈として—

さて、半世紀も前の著作を掘り起こしてきたのは、その否定的な側面を
挙げ連ねるためではない。私は寧ろ、Popper の主張が結果的には正しい
ことを言っていると考えている。特に、私は個人的に、量子力学のひとつ
のフォーマリズムである確率力学について、それに用いられている確率概
念を解釈しなおすことで、量子力学の概念的問題を解決し、微視的世界の
実在性を取り戻すことができるのではないかと考えているのだが、それによ
って描かれるであろうと考えていた世界観と、Popper の解釈とがほとん
ど一致していることに非常に驚いた。本節では、そのような私の確率過
程解釈と Popper の解釈の相違を明確にする⁸。

その前に、まず、そもそも Popper の量子力学解釈自体、確率過程解釈
と呼ぶのが一番相応しい。Popper は Einstein らとともに統計解釈の代
表者として名を挙げられることが多いが、Popper の描写する量子的運動
とは、統計云々というよりも、まさに傾向性という客観的確率に従って形
成される確率過程である。加えて、統計解釈は、例えば Einstein のよう

⁸ したがって本節では一人称が多用されることをご容赦願いたい。

に隠れた変数を用いて決定論に戻ろうとするものや、Born のように特に解釈に言及せず量子力学は確率分布を計算する道具であるとするもの、結果的にはアンサンブル集団の確率分布を予測することになる確率過程解釈も含めて、非常に広い範囲をさす。さらに、Popper 自身が、確率に関する言明を、virtual frequency である傾向性に対応する probability statements と、actual frequency である実際の実験結果に対応する statistical statements とに分けていて (p. 70), かつ、明らかに前者のほうが Popper の解釈にとって重要である。これらのことから、Popper の量子論解釈に統計という言葉を用いるのは相応しくない。

ここで、私自身の確率過程解釈の理論的根拠になっている確率力学について、ごく簡単に紹介し⁹、その後に確率過程解釈および Popper の解釈との関係について述べる。

量子の運動は Markov 過程 (特に、拡散過程) によって記述される。しかしながら、Einstein のブラウン運動に代表される古典的な Markov 過程とは異なり、その確率分布は時間対称的に構成される。具体的には、時間区間 $[a, b]$ を決め、初期時刻と終期時刻における確率分布 $\{\mu_a, \mu_b\}$ から、その時間区間の確率分布 $\mu_t (t \in [a, b])$ が予測される。ただしその構成の仕方の各ステップ、各関数に対して概念的な説明を施している文献は筆者の知る限りでは存在せず、また筆者自身もなし得ていないために、具体的な数学的記述は省略する。いずれにしても、そのような対称的構造から位相関数が導かれ、それが複数の確率過程の重ね合わせによる干渉現象を再現してくれる。またそのような構成方法の複素数表現¹⁰が伝統的な量子

⁹ 詳しくは確率力学の創設者である Nelson の原論文 [3] や、筆者が主に参考している Nagasawa によるフォーマリズム [2], あるいはそれらのレビューを含む筆者の論文 [5] [8] などを参照のこと。

¹⁰ 実数表現を複素数表現にすることによって何か干渉現象を引き起こす因子が混入するわけではない。時間対称的確率過程は実数表現においてすでに量子力学と同値な干渉を示す。

力学（正準理論）の Schrödinger 方程式と同値であり，構成される確率分布も等しくなる．さらに重要なのは，そのようにして構成された，したがってすでに干渉模様を描いているような確率分布に対して，それを時間非対称に（例えば初期時刻 a から未来に向かって）眺めていくときの遷移確率を構成することができ，その遷移確率でもって再び構成される確率過程は Markov 性を満たし，加法的であり，古典的な Markov 過程に等しい，ということである．したがって，少なくとも非相対論的な Schrödinger 方程式で記述されるような量子系には，必ずそれに対応する Markov 過程が存在することになる^{11, 12}．

私はこのような理論をもとに，以下のような量子力学の確率過程解釈を描いている．まず，確率力学で用いられている確率概念を客観的なもの（傾向性と言い換えても全く問題ない）と考える¹³．すなわち，私たち人間存在とは独立に，実験配置全体によって時空間上の確率分布が定まっており，それを決定するのが時間対称的確率過程である．そこから計算される遷移確率は実験状況全体を「知っている」ことになるわけだが，それは傾向性が実験配置全体によって決まるという Popper の主張と結果的には

¹¹ ただし，Markov 過程だからといって，必ずしも局所性が保証されているわけではないことに注意．遷移確率自体は，全体の確率分布から構成されている．

¹² 量子系のより一般的な側面（スピン，相対論的量子論，場の量子論，多粒子系，測定理論との対応など）との同値性に関する研究もなされているが，確率力学および数学的確率過程論自体まだ発展途上のものである．

¹³ この点が従来の確率過程解釈と異なる．確率過程解釈自体はマイナーながら昔から細々と存在し続けてきた解釈だが，それが客観的確率運動を記述すると積極的に主張されることは少ない．そのことは，例えば Jammer の *The philosophy of quantum mechanics* [1] の “Stochastic interpretation” の項で，確率過程を引き起こすノイズの原因を，真空の構造や，あるいは外部からの絶え間ない攪乱に見出さなければならない（すなわち主観主義的に解釈しなければならない）のであり，理論的にも大変だし，哲学的にも不十分であると総括されていることから見て取れる．また，確率力学のテキストにはいずれも，ノイズの原因については言及していないか，真空の構造によるだろうと但し書きされていることが多い．もしノイズがそのような主観的なものであれば，干渉現象の再現が不可能であることは直観的にも明らかである．

同じである。ただこのように言うためには埋めなければいけない間隙がいくつかもある。そもそもの確率分布が決まる際の非加法性について、Popper は我れ関せずとしたわけだが、時間対称的確率過程という具体的な枠組みが得られている今、何かしらのアプローチが期待される。しかしながら、少なくとも確率力学の段階では、対称的確率過程を表現する一対の運動方程式（拡散方程式とその共役方程式）は天下り式に用いられており、概念的説明を寄せ付けず、別の原理からの計算過程の中間媒体であると考えられる¹⁴。私はこれについて、時間区間 $[a, b]$ の古典的運動の道筋を初期・終期位置 $\{x_a, x_b\}$ から決定する、いわゆる最小作用則に注目し、その原理の確率的運動への一般化（位置は確率分布へ、速度は遷移確率へ、など）が時間対称的確率過程を少なくとも古典力学と同じレベルで理屈づけてくれるのではないかと考えている。実際、確率過程における最小作用則や、確率過程における Noether の定理が定義でき、それらが量子力学を導くといった先行研究（詳しくは、[6] [7] を参照）がすでにある。最終的には、確率過程が最小作用則を満たすためには、あるいは Noether 流に言うならば対称性・保存則を満たすためには、干渉せざるをえない、そのような結論が得られれば非常にまとまりがいい¹⁵。また、確率過程解釈においては、確率分布とは別に構成される時間非対称的遷移確率が加法性を満たし、したがって粒子の運動を（粒子に影響を与えることなく）眺める我々の視点にとっては加法性が保たれる¹⁶という結論が得られる点も、Popper の加法性に関する責任放棄とは異なる点である。

波束の収縮については、すでに述べたように、それが通常的確率論にお

¹⁴ ただし、伝統的量子力学の Schrödinger 方程式が確率分布の計算であるというのは、主に Born による解釈であるのに対し、確率力学の運動方程式はある確率分布のための表現であることに注意。

¹⁵ 理論的には確立している確率過程における最小作用則も、例えば作用の定義の概念的基礎づけなど、解釈としてすべきことは多く残されている。

¹⁶ ただし、我々の視点にとっての確率が加法性を満たさないという状況がどのような状況であるのかを、少なくとも私は想像することができない。

ける我々の情報や注目と似ていることは、量子力学を解釈する上では本質的な点ではない。しかしながら、客観的確率過程という描像が確立された暁には、波束の収縮に関してそのような解釈が自然と含意されるはずである。それはまさに Heisenberg のいう「可能なものから現実的なものへの遷移」であり、またその客観的な情報を我々が入手する際の知識のエントロピーの収縮にほかならない。この際「情報」や「知識」といったことが「主観性」を含意していない点もまた Popper と意見を同じくするところである。

また、量子力学解釈と確率解釈が強く結びついていると主張する点においても、Popper と私は一致している。Popper は広く蔓延っている形而上学的決定論およびそれに基づく確率の主観的解釈を糾弾し、それが量子論に人間性を混入させたと論じ（先に述べたようにこの論理には不可解な点があるが）、それから脱却するものとして客観的な傾向性解釈を主張したわけだが、私は全く別の意味で同様に確率の主観的解釈から足を洗うべきだと考える。それは、日常的に確率を用いる際の主観的解釈が、主観的確率を表現する時間非対称的な（いわゆる普通の古典的かつ加法的な）確率過程こそが唯一の確率過程であるという先入観、またさらに悪いことには、我々の無知が広がっていく様子（遷移確率）が確率分布を作り上げる（確率力学によればそれは明らかに逆の手続きを踏む）という先入観を形成しているからである。そのような考え方では、遷移確率自体は加法的なものであるから、非加法的な確率過程など再現されようもない。

Popper は、干渉現象が実験的に確認されていることが、傾向性が実験配置全体の実在する物理的属性であることの証明である、と述べているが、似たように私は、干渉現象の存在は、時空間上の確率分布がまず先に存在し（時間対称的確率過程）、それとは別にそれをたどっていく私たちの目（時間非対称的確率過程）があることの証明であると考えている。このことは「運動とは何であるか」、より哲学的には「時間とは何であるか」

という問いに対してひとつの答えを与える。古典的な決定的運動では、最小作用則のように時空間上の経路を最初に導く方法も、通常の Newton 力学のように初期位置・初期速度から経路を構成していくような方法も、結局同じ結果を導き、運動が先にあつてそれを私たちがたどっているのか、それとも私たちが直面している今という瞬間が運動を作り上げているのか、判断のしようがなかった。しかしながら、確率的な運動を記述する場合、まず時空間全体の確率分布があると考えざるをえない。逆の手続きでは干渉現象は再現されないからである。言うまでもなくこの事実、時間に対するひとつの解釈、例えば「ブロック宇宙」や「世界線」などと呼ばれる静的時間・無時間的時間に有利である¹⁷。このことは、そもそも複数の可能性の重ね合わせという概念がない決定的運動ではわからなかったことなのではないだろうか。

さらに、傾向性を物理的実在であるとして受け入れることに関して、Popper がたった一言ではあるが“analogous to forces” (p. 105) と言っている。Hume の哲学を紐解くまでもなく、いわゆる力や因果といった関係的存在物は目に見えないにもかかわらず、少なくとも物理学では（一部の哲学的立場を除けば）「存在する」とみなされている。力によって決定される速度場と傾向性との違いは、単にそれが決定的なものであるか確率的なものであるか、すなわち、ある方向へ 100%動きやすいか、50%動きやすいか、の違いだけであるというわけである。確率力学はまさに、力の場がいかにして傾向性の場（遷移確率）を与えるのかを教えてくれる理論である。この意味で、確率場を何か幻想のように捉える主観主義を脱却し、物理法則と同じ資格を与えようとする Popper の立場は、注目に値する。ただし、より詳細な古典的概念との対応づけが必要であるし、繰り返すように、そのような客観的確率の存在が、干渉現象によって証明される

¹⁷ その上に絶対的な「今」が存在するのか、それとも私たちの感じている「今」や「時間の流れ」は幻想なのかは、さらに議論の余地があると思われる。

のではなく、干渉現象を説明できなければ解釈とは呼べない。

5. 結 論

Popper の傾向性解釈は、それ自体では量子力学を説明するものではない。しかしながら、客観的確率分布が実験配置全体から定まるという洞察、および古典的「力」の概念との類推からそれを系に属する物理的実在として捉える洞察などは、現代の量子力学解釈においても注目に値するものである。特に、確率過程解釈（特に客観的確率過程解釈）と結びつけることで、傾向性解釈が息を吹き返す可能性は大いにある。ただしそのためには、Popper が無視してきた多くの詳細を埋める必要があるだろう。

参考文献

- [1] M. Jammer. *The philosophy of quantum mechanics*. Wiley, London, 1974.
- [2] M. Nagasawa. *Stochastic processes in quantum physics*. Birkhauser, Boston, 2000.
- [3] E. Nelson. Derivation of the Schrödinger equation from Newtonian mechanics. *Phys. Rev.*, **150**, 1079–1085, 1966.
- [4] K. R. Popper. *Quantum theory and the schism in physics*. Hutchinson, London, 1982.
- [5] T. Takamura. Time-symmetrized stochastic processes and an interpretation of quantum mechanics. *Thesis*, 2007.
- [6] K. Yasue. Stochastic calculus of variations. *J. Funct. Anal.*, **41**, 327–340, 1981.
- [7] J. C. Zambrini. Variational processes and stochastic versions of mechanics. *J. Math. Phys.*, **27**, 2307–2330, 1986.
- [8] 高村友也. 「確率過程量子化は古典力学的か?」. 三田哲学会『哲学』, **120**, 123–144, 2008.