

確率過程量子化における実在性の考察

中塚 海渡 (Kaito Nakatsuka)

大阪大学大学院人間科学研究科科学哲学・分析哲学研究室

ミクロな世界の物理学である量子力学では、様々な不可解な現象が生じる。その一つに、物理学史上最も深淵な結果と言われる Bell 定理が挙げられる。この定理によると、量子力学は、我々が素朴に仮定している物理量の実在性と、遠くの影響が瞬時に伝わらないとする局所性が、同時に成り立たない状態が存在すると预言する。さらに実際の実験において、そうした状態が確認されている。それでは、我々が素朴に仮定している、物理量の実在性と局所性のどちらか一方は放棄しなければならないのだろうか。

そこで本研究では、実在性を認める確率過程量子化といわれる解釈に着目する。この理論では、量子力学を古典の確率過程の理論として解釈する。そのため粒子の位置は、観測とは独立に存在しており、古典の確率過程のように確率的に変化していると考えられる。したがって Bell 定理によると、確率過程量子化理論では実在性を認めているため、局所性を放棄しなければならない。しかし、Bell 定理は複数の物理系において成立する定理である一方で、確率過程量子化は単一の物理系における理論であるため、単純に両者を比較する事は出来ない。この点に着目し、単一の物理系において、逆向き因果などのアイデアを参考に新たな仮定を加える事で、実在性が認められる可能性を模索する。まずは、2つある確率過程量子化の理論の整理を行い、確率過程量子化の統一的解釈を与える事から始める。

1つ目の確率過程量子化理論は、50年代に Fenyés によって提唱され、2つ目の確率過程量子化理論は、60年代に Nelson によって提唱された理論である。両理論とも、粒子は確率的にランダムに変化するが、統計的には量子力学の预言と一致する理論である。Nelson は Fenyés の理論に対して、自身とほぼ同じ結果だと述べているが、Nelson の理論は、各粒子の挙動まで記述されているのに対し、Fenyés の理論は、各粒子に対する統計的な挙動しか記述されていない点で異なる。さらにこの事と関係して Fenyés の理論は量子力学が成り立つための必要条件にしかなくないのに対して、Nelson の理論は、量子力学と等価の理論となっている。Fenyés と Nelson の理論やこの両理論の関係について述べられている文献はあるが、この点については指摘されていないため、本研究において Fenyés と Nelson 理論を含めた確率過程量子化理論の統一的な解釈を提供する。

その上で、Nelson の理論が量子力学と等価となる上で、粒子の挙動を示す基礎方程式が 2 つ組になっている点に着目する。古典力学の粒子の挙動を示す基礎方程式は、ニュートンの運動方程式の一つであるが、Nelson は 2 つ組の方程式を立てる事で、各粒子の挙動を示し、量子力学と等価の理論としている。この 2 つ組の方程式は数学的には、一方が前向き微分、もう一方が後ろ向き微分を用いた式となっており、確率過

程でない通常の滑らかな運動においては、等しい方程式である。しかし確率過程を仮定しているため、異なる方程式となっている事が原論文中でも示唆される。さらにベイズの定理を用いる事によって、本質的に両者が異なり、一方が未来への方程式、もう一方が過去への方程式となっていることを本研究では明らかにする。こうした考察と Fenyés の理論の考察も含めて、一体系の存在を認める理論では、逆向き因果が仮定されていることを明らかにする。

参考文献

- [1] J. S. Bell, *Physics*. **1**, 195(1964).
- [2] A. Aspect, in *Atomic Physics 8*, edited by I. Lindgre, A. Rosen, and S. Svanberg(1982).
- [3] I. Fenyés, *Zeitschrift fur Physik*, **132**. 81(1952).
- [4] E. Nelson, *Phys. Rev.* **150**, 1079(1966).