

# 量子力学の哲学における実在論的立場の可能性

東 克明

東京海洋大学非常勤講師

科学実在論において、科学の目標は世界の真なる記述を与えることである。そこで、科学実在論者は、科学理論が単なる経験的十全性を越えて正しいことの証拠を挙げようとする。ただし、科学実在論者であれ、全ての科学理論が（ほとんど）正しいと考える必要はない。科学実在論者であるからこそ、ある科学理論に不満を持つこともある。量子力学の哲学における実在主義者は、明らかに科学実在論者である。科学実在論者が標榜する科学の目標は適切であると信じている。だが、量子力学の哲学における実在主義者は、量子力学という理論には不満を持っている。しかし、量子力学において、様々な no-go 定理により、実在主義は素朴な形では維持できないことが明らかとなってきた。本発表では、まず、量子力学の哲学において、実在主義がどのように追い込まれていったのかを概観し、その後、実在主義の可能性について検討したい。

量子力学の哲学において、実在主義を特徴づけることは意外に難しい。伝統的には、量子力学に反し、位置や運動量のような「非可換」な物理量も同時に確定した値を持つと考える非常に強い立場を実在主義と呼ぶことが多い。だが、コッヘンとシュペッカー[Kochen and Specker (1967)]は、物理系を表現するヒルベルト空間の次元が 3 以上の場合には、それぞれの物理量を表す自己共役作用素間の関数的関係を保持するように、全ての物理量に同時に値を付与することは不可能であることを証明した（コッヘン・シュペッカーの no-go 定理）。以下で、「物理量を表現する自己共役作用素間の関数的関係を保持するように、各物理量に値を付与しなければならない」というコッヘン・シュペッカーの要請、すなわち自己共役作用素  $X$  と  $Y$  が、関数的関係  $X = f(Y)$  にあるとき、 $X$  により表現される物理量の値は  $Y$  により表現される物理量の値に関数  $f$  を適用した値である、という要請を FUNC と呼ぶ。

コッヘン・シュペッカーの no-go 定理（または、グリーソンの定理の帰結）に対し、ベル[Bell (1966)]は、ある物理量の測定を考える際、その物理量がどのような文脈で測定されるのかが重要であると論じた。自己共役作用素  $X, Y, Z$ （ただし、 $[Y, Z] \neq 0$ ）が、 $X = f(Y) = g(Z)$  なる関数的関係にあるとき、 $Y$  に対応する物理量の測定結果に  $f$  を適用して得られる値と  $Z$  に対応する物理量の測定結果に  $g$  を適用して得られる値とは、両立しない異なる測定の文脈で得られる値であり、それらが一致する必要はない、という考え方である。 $X$  に対応する物理量の測定値は、それが測定される文脈に相対的に、あらかじめ決まっているのである。この考え方は、FUNC を捨てて、「全ての物理量が同時に確定した値を持つ」という強い実在主義を保持しようとした

ものである。しかし、この考え方を突き詰めていくと、非局所的な真理値付与の問題が生じる。二粒子系を考えた時、一方の粒子の測定文脈（何の関数として測定するか）を「突然」変えると、もう一方の系の命題の真理値が変化することになる。

コッヘン・シュペッカーの no-go 定理を受け、バブとクリフトン[Bub and Clifton (1996)]は次の疑問を考えた。同時に値を付与できる、物理量（自己共役作用素）の最大の集合はいかなるものか？彼らの答えを直観的にいえば、「相互に可換である物理量（自己共役作用素）全てから成る集合 +  $\alpha$ 」である。彼らの結果は、量子力学の「様相解釈」に動機付けを与える。この解釈では、同時に値を付与できる最大の集合に属する物理量全てに、値を付与する。それが、「測定していないときでも、物理系について語りうることがある」という意味での実在主義がなしうる最善のことだからである。

しかし、本当に、実在主義は「様相解釈」まで撤退しないとならないのだろうか。最後に、このことを考えるのに示唆的な、アイシャムとバターフィールド[Isham and Butterfield (1998)]の試みを紹介し、吟味したい。彼らは「様相解釈」とは異なり、全ての物理量の値についての命題に FUNC をみたすように真理値付与を試みる。「様相解釈」のように制限された命題ではなく、全ての命題に真理値付与をすることの代価は、真理値付与が文脈依存的であることと、真理値が多値となることである。量子力学の哲学における実在主義は、多くの場合、ヒルベルト空間上の射影作用素からなる束を、何らかの仕方でブールの的に解釈できないか、という枠組みにおいて問題を考えてきた。果たして、その枠組み自体が、実在主義を主張するうえで、不可欠なのだろうか。そろそろ、この問いについて、考察すべき時期が来ている。

## 参考文献

- Kochen, S. and Specker, E. (1967), The Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics, *Journal of Mathematics and Mechanics*, **17**, 59-87. Reprinted in Hooker, C. (ed.) (1975), *The Logico-Algebraic Approach to Quantum Mechanics*, vol. 1, Dordrecht: Reidel.
- Bell, J. S. (1966), On The Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics, *Reviews of Modern Physics*, **38**, 447-475. Reprinted in Bell, J. S. (1987), *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Bub, J. and Clifton, R. (1996), A Uniqueness Theorem for “No Collapse” Interpretations of Quantum Mechanics, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, **27**, 181-219.
- Isham, C. J. and Butterfield, J. (1998), Topos Perspective on the Kochen-Specker Theorem: I. Quantum States as Generalized Valuations, *International Journal of Theoretical Physics*, Vol. 37, No. 11, 2669-2733.