

量子力学における粒子の通時的同一性

今井 慶悟¹ (Keigo IMAI)

量子力学において、同じ種類の粒子はその内的属性から原理的に識別不可能とされる(同種粒子の不可識別性)。こうした量子力学における基本原理から、量子的対象の個性をめぐり存在論的な議論が物理学の哲学においてこれまでなされてきた。数的に異なる二つの同種粒子がその内的属性から識別できないのだとすれば、同種粒子は、不可識別者同一原理(PII) —あらゆる性質を共有する二つの対象は数的に同一である— を破るように思われる。これより量子的対象は個性性を欠くと考えられるためである。

実際、2000年ごろまでは、同種粒子はPIIを破ることから、(このもの性 haecceity のような形而上学的概念を導入しない限り)個性性を欠くとする見解が主流であった(たとえば Teller 1983; French&Redhead 1988; Redhead&Teller 1992 など)。しかし、2000年代初頭以降、Saunders(2006), Muller&Saunders(2008), Muller & Seevinck(2009)らなどにより、対象の性質を内的性質に限定せず、非反射的かつ対称的な性質にまで拡張することで、同種粒子は「弱く識別可能」(weakly discernible)だとして部分的にその個性性を擁護する議論がなされた。量子的対象の個性性をめぐってはこうした議論の妥当性について検討が続けられているほか、とりわけ近年では、多粒子系の量子力学の理論形式に関して、これまでごく標準的に採用されてきた解釈(因子主義 factorism)を見直すことで、不可識別性の前提それ自体に対しても異議を唱える立場(反因子主義 anti-factorism)も提唱されている(cf. Muller&Leegwater 2020; Dieks&Lubberdink 2020 など)。

ただし、こうした先行研究での議論では、もっぱら粒子の共時的な識別が扱われ、通時的な側面における粒子の識別はこれまであまり主題として取り上げられてこなかった(例外は Bigaj 2020c など)。しかし、量子力学では、多粒子系においてはじめてあらわれる不可識別性(もしくはそれに関連する置換不変性)とは独立に、一粒子系においてすでにあらわれる不確定性のため、粒子の時空間的な軌跡が確定しないという別の問題も生ずる。このことから、不可識別性(置換不変性)と、量子力学的な不確定性による粒子の時空的不連続性という異なる二原理の絡み合いを考慮して量子的対象の存在論を検討することの意義が、同種粒子の散乱過程に注目した不可識別性の導入方法からも示唆される。こうした事情から、通時的側面に注目することで、量子的対象の背後に潜むより特異な存在論的特徴を解明できる可能性が期待される。

そこで、発表者は量子的粒子の時間を通じた識別、特にその通時的同一性について議論し、「**量子的対象の通時的同一性は存在論的な程度 (degree) をもつ**」とする立場(「弱

¹京都大学文学研究科 科学哲学科学史専修 博士後期課程(D1) : imai.keigo7@gmail.com

い同一性」と呼ぶ) を提唱するとともに、同説の擁護を試みる。具体的には、以下の方針で議論を行う。

①. 異なる時点における対象間の同一性に関するやや特異な特徴をもつ見解 —(非常に大まかにいえば) 対象 X, Y の数的同一性の成否は、X, Y の二項関係のみならず、なんらかの第三者 Z も含めた多項関係で決まる— である、R. Nozick (1981) の「最近接連続者理論」(the closest continuer theory) に注目し、一粒子系・多粒子系ともに量子的対象の通時的同一性を考える上で、同理論が示唆的となることを確認する。

②. ①を念頭に置きながら、異なる時点における対象同士の「因果的連続度」なる概念を発表者は独自に考案し、最近接連続者理論を拡張する。

③. ②で拡張した理論の適用により、量子的対象の通時的同一性が存在論的な意味での程度をもつことを主張する(「弱い同一性」)。

④. ③の主張について、散乱過程における量子的粒子の同一性に関する Bigaj(2020c)の議論にもふれつつ、これを批判的に検討しながら、発表者の弱い同一性概念を支持する利点を論ずる。

<参考文献>

- (1) Bigaj, T. (2020c): ‘Synchronic and Diachronic Identity for Elementary Particles’, *European Journal for Philosophy of Science*, 10-33.
- (2) Dieks, D. and Lubberdink, A. (2020): ‘Identical Quantum Particles as Distinguishable Objects’, arXiv:1902.09280 [quant-ph].
- (3) French, S. and Redhead, M. (1988): ‘Quantum Physics and the Identity of Indiscernibles’, *British Journal for the Philosophy of Science*, 39: 233–246.
- (4) Muller, F., and Leegwater, G. (2020): ‘The Case Against Factorism: On the Labels of \otimes -Factor Hilbert-Spaces of Similar Particles in Quantum Mechanics’, *Journal for General Philosophy of Science*: 1-16.
- (5) Muller, F., and Saunders, S. (2008): ‘Discerning Fermions’, *British Journal for the Philosophy of Science*, 59: 499–548.
- (6) Muller, F. and Seevinck, M. (2009): ‘Discerning Elementary Particles’, *Philosophy of Science*, 76: 179–200.
- (7) Nozick, R. (1981) [1997]: *Philosophical explanations*, Belknap Press. [ロバート・ノージック 『考えることを考える(上)(下)』, 坂本百大ほか訳, 青土社.]
- (8) Redhead, M. and Teller, P. (1992): ‘Particle Labels and the Theory of Indistinguishable Particles in Quantum Mechanics’, *British Journal for the Philosophy of Science*, 43: 201–218.
- (9) Saunders, S. (2006): ‘Are Quantum Particles Objects?’, *Analysis*, 66: 52–63.
- (10) Teller, P. (1983): ‘Quantum Physics, the Identity of Indiscernibles and Some Unanswered Questions’, *Philosophy of Science*, 50: 309–319.