

## 日本科学哲学会 第53回大会研究発表要旨

(題目)

量子論的粒子の不可弁別性および個性性について —不可識別者同一原理との関係を中心に—

(氏名) 今井 慶悟 (Keigo IMAI)

(所属) 京都大学大学院文学研究科・科学哲学科学史専修 (M1)

(本文)

我々の身の回りには様々なモノが溢れている。こうしたモノの同一性や区別可能性の本質については、古くから哲学上の問題とされてきた。とりわけ本発表で重要となるのが、ライプニッツによる「不可識別者同一原理」(PII: Principle of the Indiscernible Identity)—あらゆる性質において区別できない個体は同一だとする原理—である。

ここで、モノを数・集合・人格などのような抽象的対象ではなく、物理的な対象に限定するのであれば、要素還元主義的な観点からはモノの究極の構成要素は素粒子だといえる。量子統計力学の知見によれば、量子論的粒子はフェルミ粒子とボース粒子に分けられ、同じ種類の量子論的粒子は原理的に区別できないとされる（同種粒子の不可弁別性）。同種粒子を原理的に区別できないというのは、測定装置の技術的限界のような我々の無知によって区別できないということではなく、どれほどの精度を以て測定しても、自然の本性として、二粒子に名前をつけた上で系の時間発展を追えないということだ(田崎[2008], pp.343-352.)。

こうした事情を考慮したとき、ミクロな粒子に対しても日常的な物体と同様の個性性を付与できるとする想定は、必ずしも自明なものではなくなる。同種粒子は原理的に区別できないのだから、先にも述べたPIIを考慮すると、同種粒子は「全く同じ」（数的に同一）ということが帰結するようになる。しかし、同種粒子が全く同じだとはどういうことだろうか？あるいは、そもそもPIIはこうした量子論的な状況下では破れているのではなかろうか？ その場合、「異なるはずのモノが（異なるはずなのに）その性質から区別できない」ということになる。すると、個性性を付与するには単なる性質ではなく、「このもの性」(haecceity)のような、他の性質に還元できない何らかの形而上学的概念に訴える必要があるのだろうか？

こうした問題意識のもと、現代物理学における粒子の個性性・同一性といった概念の解明に取り組む上で、同種粒子の不可弁別性とPIIとの関係がこれまで研究されている。2000年ごろまでの先行研究では主に、量子論的な同種粒子はPIIを破るものであり、PIIを保持するための唯一の方法は、粒子に「このもの性」などといった形而上学的概念を与えることだとする見方が主流とされた。

しかし、2000年以降、こうした従来の見方とは反対の結論を導く(驚くべき)研究が相次いでなされた (Saunders[2006], Muller & Saunders[2008], Muller & Seevinck[2009] など)。Saunders[2006]らは、PIIにおける性質量化に注目し、識別可能性の概念を3つに分類した上で、このうちの「弱い識別可能性」—二つの対象は、少なくともひとつの対称的かつ非反射的關係に関して異なるとき、かつそのときに限り、弱く識別可能(weakly discernible)である—に依拠しながら、フェルミ粒子に関してはPIIが保持可能で、「このもの性」の導入は不要であると主張する。(のちに、Muller & Seevinck[2009]が、Saunders[2006]やMuller & Saunders[2008]の議論を拡張して、ボース粒子についても同様にPIIを保持できると論じている。)

2000年代以降のこうした展開は、量子論とPIIとの関係の議論に旋風を巻き起こした。だが、こうした一連の研究の核とな

る「弱い識別可能性」に基づくPII保持の論法については、あらかじめ粒子同士の数的な差異性を前提とした循環論法であるという批判 (Hawley [2009]) や、古典論的粒子に対しては適用可能でも、量子論的粒子に対して並行的に適用するのは妥当でないという批判(Dieks & Versteegh[2008])などがある。

発表者は以上の先行研究をサーベイする上で、次の(i), (ii)の二点に注目した。すなわち、(i) 不可弁別性は、物理学の教科書では相互作用する粒子の図とともに不確定性や確率波束などに訴えて導入されることが多い(これを第一の不可弁別性とする)。だが、哲学者はこうした流儀よりは、粒子が従う統計的特徴に基づいて議論しがちで、第一の不可弁別性にはあまり触れない点(統計に注目して導入される不可弁別性を第二の不可弁別性とする)。(ii) 第一の不可弁別性と第二の不可弁別性との関係についてこれまで十分な研究がなされていない点。幸い、近年では(ii)について東[2018]が分析している。そこで、本発表では、不可弁別性の諸相を批判的に検討するとともに、(i)のように、これまでの哲学者の議論が第二の不可弁別性に依拠しがちで、第一の不可弁別性の側面を看過しているのではないかとの問題意識から、量子論とPIIとの関係に関する研究において、議論にある種の歪みが生じている可能性がないかどうかを検討する予定である。

#### <参考文献>

- ・Dieks, D. and Versteegh, M. (2008): “Identical Quantum Particles and Weak Discernibility”, *Foundations of Physics*, **38**: pp. 923–934.
- ・Hawley, K. (2009): “Identity and Indiscernibility”, *Mind*, **118**: pp. 101–119.
- ・Muller, F. and Saunders, S. (2008): “Discerning Fermions”, *British Journal for the Philosophy of Science*, **59**: pp. 499–548.
- ・Muller, F. and Seevinck, M. (2009): “Discerning Elementary Particles”, *Philosophy of Science*, **76**: pp. 179–200.
- ・Saunders, S. (2006): “Are Quantum Particles Objects?”, *Analysis*, **66**: pp. 52–63.
- ・田崎晴明 (2008): 『統計力学II』, 培風館
- ・東克明 (2018): 「素粒子と米粒の自己同一性」, 田上孝一・本郷朝香 (編) 『原子論の可能性』 第11章, pp. 311-331. 法政大学出版社