

特集 / エンタングルメント理論とその展開

エンタングルメント

量子の世界のみちしるべ

村 尾 美 緒

1. はじめに

近年、ナノテクノロジーに代表されるような科学技術の発展によって、量子力学で記述されるようなミクロスコピックな世界を制御し、操作することが可能となってきた。これは、我々の「器用さ」が全く新しい段階に進歩し、受動的のみならず能動的に「アクセス」できる自然界の範囲が、古典力学で記述される世界から、量子力学で記述される世界へと広がってきたことを示している。

従来のテクノロジーでは、量子力学で記述されるような世界とのやりとりは、マクロスコピックな制御変数の操作や、統計的に平均化された物理量の観測を通じて行うことしかできなかったため、古典力学で記述される世界にはないような量子的な世界の持つ全ポテンシャルを自由に「利用する」ことはできなかった。量子の世界を同じ量子スケールで直接扱うことが可能となってきた初めて、我々は、量子の世界の持つ全ポテンシャルを、利用可能な「資源」として手に入れたことになる。

しかしながら、量子系のミクロスコピックな制御には、マクロスコピックな制御に比べて、多くの労力とコストがかかるのも事実である。苦勞して手に入れた量子の世界の資源であっても、従来の方法でアクセス可能な資源と大差ない効果しか

もたらさないならば、割に合わない。

それでは、古典の世界では手に入らない、量子の世界にしか存在しない資源とは何か？ その資源は、理想的な量子系のみならず、ノイズのあるような非理想的な状況下でも作用するのか？ その資源のパワーを用いると何が可能になるのか？ そして、資源の「品質」はどのように評価するか？ この資源こそ、エンタングルメント（量子もつれ）であり、これらの問いに答えようとする研究分野が「エンタングルメント理論」なのである。

本特集では、エンタングルメント理論（および実験）の最先端の研究成果の中から、エンタングルメントの性質について何がわかってきたか¹⁻³⁾、エンタングルメントと量子通信の関連について何がわかってきたのか⁴⁾、エンタングルメント理論は量子情報以外の分野とどのように関係しているか^{5, 6)}、そして、エンタングルメントの実験はどこまで可能となっているのか⁷⁾、についてご紹介する。これらの最先端の研究成果に現れる多彩なエンタングルメントの姿を通じて、古典力学的常識から見れば一見不可思議にも思われるエンタングルメントが、量子の世界を探索する際の「みちしるべ」として非常に重要な役割を担っているということを理解していただきたい。

本稿では、「エンタングルメント初心者」向きに、エンタングルメントの基本概念を説明し、次いで