

量子エンタングルメント

量子エンタングルメントとは何か？

日常取り扱う大きさよりもっとミクロな対象を扱う量子論で重要なキーワードの1つが量子エンタングルメントです。それは、直感的には「2つからなる対象の片方が〇〇ならもう一方は△△となる」という“相関”があるということです。一体、これを考えて何がおもしろいのでしょうか？ 4つの例を紹介します。

例 1. 2量子ビット

量子ビットのポスターで出てきた

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \quad (\text{Bell})$$

という2量子ビットの状態を考えてみましょう。典型的な量子エンタングルメントを表しています。直ちにわかるのは、「一方が0なら他方が0、一方が1なら他方が1」という構造です。

例 2. 超伝導

超伝導は、「物性物理学」に登場するおもしろい現象です。電子がペアを作って、電流が無敵大の伝導度で流れていきます。ここにも実は、「一方が〇〇なら他方が△△」という構造があります。この量子エンタングルメントの大きさをみてもおもしろいです。

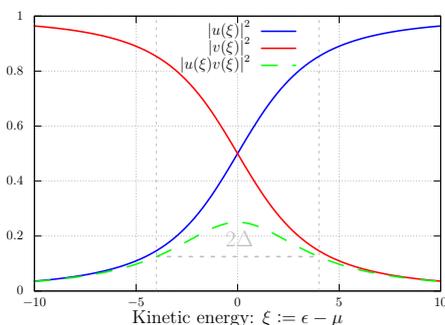


Figure 16. 量子エンタングルメントが大きい領域 [1].

例 3. 熱場のダイナミクス

対象の状態は「純粋状態」か「混合状態」の2つに大別されます。「純粋状態」の方が扱いやすく、対象のコピーを用いるとそれを用意できます。

量子エンタングルメントを計算し、温度による振る舞いを調べられます！

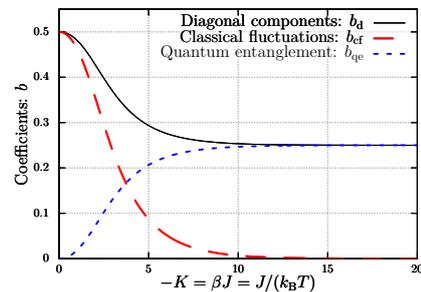


Figure 17. 温度 T の大小で量子論特有の量が変化 [2].

例 4. 熱平衡化

冷たいものは放置すると常温になります。物体が外部と熱をやりとりし、一定温度になるのが熱平衡化です。

物体の小さな構成要素を見て、熱平衡化のメカニズムはわかるでしょうか？ 実は、構成要素間に量子エンタングルメントが発達して、全体が熱平衡化することがわかります。この不思議な現象は「光格子」を用いたおもしろい実験方法 [3] で検証されました！

参考文献

- [1] X. M. Puspup, K. H. Villegas, and F. N. C. Paraan, Physical Review B **90**, 155123 (2014).
- [2] Y. Hashizume and M. Suzuki, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications **392**, 3518 (2013).
- [3] A. M. Kaufman, M. E. Tai, A. Lukin, M. Rispoli, R. Schittko, P. M. Preiss, and M. Greiner, Science **353**, 794 (2016).