

「サイエンスカフェ in 静岡」第 154 話 (2022 年 5 月 19 日) Q&A

テーマ： 「重なり合う量子の世界『実在するとは?』から『量子コンピュータ』まで」

講師： 富田 誠 (静岡大学理学部物理学科・教授)

Q1. 意識は物質だと思えますか？

A1. 大変、興味深い質問です。量子コンピュータは、従来の古典コンピュータでも可能な計算を飛躍的な速度で成し遂げることで、世の中を一変させることができる、という議論が盛り上がっています。これは「量的」な変化といえる。しかし、もっと「質的」に違ったことが起こると面白いと思う。例えば、もしも量子コンピュータが「心」を持つことができれば素晴らしいと思う。人間の脳も、細胞、分子でできていて究極的には量子力学で動いている。科学的根拠のある話ではないが、ニューロンのネットワークのサイズがある敷居値をこえると「心」のようなものが表れるならば面白い。

Q2. 「量子論の効果が消える大きさがどのくらいか」を問うのは、すべてが揺らいでいると考える無意味ですか？

A2. ミクロな世界は量子力学が支配しています。そこでは、重なり合った世界があり、観測するたびに確率的に結果が現れる。このような確率的な世界を「揺らぎ」と呼ぶならば、揺らぎは日常的な大きさでは（通常）現れない。外界からの影響を受け、波としての干渉性を失ってしまっているためである。このサイズがどのくらいかという質問は、「シュレーディンガーの猫」のパラドクスに代表されるように難しい問題と思います。ただ、問うことが無意味ではなく、量子コンピュータはこのサイズをどんどん大きくしていこうという挑戦ともいえると思います。

Q3. 隠された変数というのは、何故、「かなり不自然な仮定」なのか？ 陽子や電子にはそれぞれ個性がないと考えるのでしょうか。Bell の不等式はこのような質問に答えているのでしょうか？

A3. 隠された変数理論そのものが「かなり不自然な仮定」というわけではないです。光子が粒子であり隠された変数によって、右のスリットを通過したり、左のスリットを通過したり、するのはよいとして、干渉縞を説明するには、「かなり不自然な仮定」が必要になる、という文脈です。通常、量子力学的な粒子は区別ができない、とされています。例えば、スピン、位置、運動量が同じ値をもつ2つ電子は区別ができない。一方、電

子には、まだわれわれが知らない性質があって、それを表現する隠された変数があり、電子の振る舞いがその変数によって古典的な確率として決まっているとすると、(具体的な隠された変数がわからないとしても) Bell の不等式が成立しなくてはならない。実験では、Bell の不等式が破れていて、隠された変数によって確率的な振る舞いを記述するすべての試みは、将来にわたっても、間違っている、と結論されます。

Q4. 量子暗号鍵配布について、アリス (送り手) とボブ (受け手) が偏光基底 (縦横偏光、斜め偏光) を勝手に選ぶとすると、2人の基底がことになると $1/2$ の確率でしか正しい結果をださない。それだと正しい情報が伝えられないのではないか？

A4. アリスとボブは、偏光基底をそれぞれ勝手に選びますが、量子通信終了後に、古典的な電話回線などを使ってどちらの偏光基底を使ったかお互いに確認します。偶然に2人が同じ基底を使ったことが確認できたビットだけを利用する。同じでなかったビットはすべて捨てる (無駄が多い)。アリスとボブが同じ基底を用いた通信は、正しい結果を与えてはならないが、これが異なっている場合は、盗聴者がいることになる。盗聴者がいることが判明した通信結果は捨てる。盗聴者がいないことが確認できた通信結果を共通暗号鍵として利用し、メッセージを送る作業を次の段階として進めることになります。