

## 量子テレポーテーション? --- SFの話ではありません “量子力学から生まれる常識はずれの技術の出願動向”

特許業務法人有古特許事務所  
弁理士 古川 安航

### 1. はじめに

量子力学の世界では、一般常識からは奇異とも見えるような不思議な現象が扱われる。この不思議な現象を利用した、従来の概念を覆すような技術が研究成果として生まれており、そのうちの一部は実用化直前であるとも、すでに実用化が始まったとも言われている。近い将来、それらは本格的な実用のレベルに達するだろう。

本稿では、まず量子力学の不思議な現象や常識はずれの技術を紹介し、次にその出願動向を紹介する。

### 2. 量子力学の世界で起こる不思議な現象

量子力学は、ニュートン力学や相対性理論では説明しきれないような、電子や原子核などのミクロの領域での挙動を説明するために発展してきた力学体系である。この微視的な世界では、奇妙で興味深い現象が種々見られる。ここではそのうちのいくつかを紹介する。

#### (1) 重ね合わせ

まず、「重ね合わせ」という量子特有の性質を紹介する。例えば、ある電子のスピン方向が、上向きなのか下向きなのかを観測するときのことを考える。量子力学の世界では、この電子のスピン方向は、観測されることによって初めて決定される。

観測される前でも電子は上向きか下向きかいずれかの方向にスピンしていたけれども、観測してみるまではどちらの方向なのかを知らなかっただけであり、観測することによって初めてそれを知ることができた、というのではない。観測されるまでは、電子は上向きスピンと下向きスピンの状態が「重ね合わされた」状態にあるのである。そして、観測されることによってその重ね合わせ状態が崩壊し、いずれか一方に（観測結果に合致する方に）収縮するということである。観測されるまではスピンの方向は確定しておらず、観測によって初めて確定する。

#### (2) 量子もつれ

重ね合わせに関係する、ある不思議な現象を紹介する。それは「量子もつれ」と呼ばれるものである。二つの量子が「量子もつれ」状態にあるとき、両者を連鎖するものが何もなくても、量子間で物理的影響が及ぶのである。

例として、ある量子もつれ状態によって関係付けられた二つの電子を考える。ここではそれらを電子A、電子Bと呼ぶ。この二つの電子はその発生原因から、スピンの方向が互いに反対方向でなければならず、そのことは確実である。ただし今のところ、それぞれの電子のスピン方向は決まっていない。つまり、いずれの電子もスピンの方向はいまだ観測されておらず、よって二つの電子は

それぞれ重ね合わせ状態にある。電子Aは上向きスピンと下向きスピンが重ね合わされた状態であり、電子Bは下向きスピンと上向きスピンが重ね合わされた状態にある。

次に、電子Aのスピンの方向が観測されたとする。そしてその観測結果は上向きスピンであったとする。するとその観測によって、電子Aのスピンの方向は上向きに確定するのであるが、それとともに電子Bのスピンの方向が下向きに確定する。

電子Bは、直接観測されてはいない。それにもかかわらず、電子Aが観測されることによって電子Bの重ね合わせ状態が崩壊し、下向きスピンの状態に収縮する。このことだけでも十分に奇異であるが、さらに面白いのは、電子Aと電子Bとがいくら遠く離れていても、電子Bの状態が収縮するのは、電子Aが観測されたその瞬間である、ということである。

### (3) 多世界解釈

本題からは少しそれるがついでに紹介しておく、このような重ね合わせ状態の崩壊・収縮という概念を否定し、多世界解釈を唱える研究者もいる。ここでの多世界解釈というのは、世界は時間軸上を単一の軌道に沿って進行しているのではなく、各々の瞬間に分岐しながら進行するというものである。つまり、重ね合わせ状態にある対象が観測されるたびに、世界が枝分かれしながら進行するというものである。

上向きスピンと下向きスピンの重ね合わせ状態にある電子に対して、そのスピンの方向を観測したとたん、世界は、上向きスピンの電子を内包する世界と、下向きスピンの電子を内包する世界とに分岐する。世界は無数に分岐してゆく。

多世界解釈は、従来は異端視されてきたが、近年注目されているという。

## 3. 量子力学から生まれた技術

以上説明した重ね合わせ状態や量子もつれ状態を利用した技術の開発が進んでいる。以下にいくつか紹介する。

### (1) 量子テレポーテーション

SF小説のテレポーテーションは、離れた場所に物体を瞬間移動させることであるが、量子テレポーテーションはこれとは違う。

量子テレポーテーションとは次のようなものである。お互いに離れたところに居る送り手と受け手が、量子もつれ状態にある二つの量子(量子Aと量子B)をそれぞれ片方ずつ持っているとする。送り手は自分が持つ量子Aに別の量子Xを作用させ、その状態のままでこれらを一体としてある観測を施す。するとその影響は量子もつれの効果により、遠く離れた受け手側の量子Bに現れる。このように影響された量子Bと送り手側から送ってこられる観測結果を使って、受け手側で量子Xを再構築する。これが量子テレポーテーションである。

すでに100 kmの距離を隔てての実験の成功が報告されている。量子テレポーテーションの技術は、次に述べる量子コンピュータや量子暗号の基礎になる。

### (2) 量子コンピュータ

量子コンピュータは、現在のコンピュータとは動作原理が全く異なる。量子コンピュータは、ビットとして量子ビットというものをを用いる。量子ビットは重ね合わせ状態をとることができる。

現在のコンピュータの8ビットの素子が、ある時点において表すことのできる数値は、0から255までのうちのただ一つの数値にすぎない。しかし量子ビットによる8ビットであれば、各ビットが重ね合わせ状態にあるため、0から255までのすべての数値を混在させた状態にしておくことができる。そして、重ね合わせ状態を維持しつつ、各量子ビットに対して量子的な操作を加えながら演算を進めるのである。超並列演算などと呼ばれている。

現在のコンピュータが扱える問題なら全て、量子コンピュータの方が速く解けるのかというと、そうではない。しかしある種の問題に対しては、その超並列演算の威力を発揮する。たとえば、現在のスーパーコンピュータが解を出すのに何年もかかるような、多数桁の自然数の素因数分解を、量子コンピュータなら一瞬でやってしまうというのである。

### (3) 量子暗号

現在の高度暗号システムの機密性は、多数桁の自然数を素因数分解することの困難性に依存しているが、先に説明したとおり量子コンピュータは素因数分解が得意である。量子コンピュータが実用化されると現在使われている暗号の機密性が崩れると言われている。その一方で、機密性が絶対に守られる暗号が、量子力学の世界から生まれている。量子暗号と呼ばれるものである。

量子暗号は、盗聴することが不可能な、究極の暗号システムである。ここでの「不可能」というのは、盗聴に使うコンピュータの演算能力の問題などから事実上不可能、という意味ではない。量子暗号は、盗聴することが原理的にできないのである。盗聴者が盗聴しようとすれば必ず間違いを犯す。また、何者かが盗聴しようとすれば、通信当事者はそのことを知ることができる。

なぜこのようなことができるのかと言えば、盗聴者が盗聴を試みるということは、通信中の情報を「観測」することになるからである。つまりその観測によって、情報を載せた量子の状態が変わってしまうからである。

## 4. 日本での特許出願

以上の技術が、日本ではいつごろから特許出願され始めたか、また、年を追って出願件数がどのように推移しているかを調べてみた。

### (1) 検索方法

上記したような技術の出願を、データベースからノイズなしに抽出できるようには、いまだ特許分類は構築されていないように思える。そこでキーワードを主体的に使っての検索を行うこととした。

では、どのようなキーワードを使うかということであるが、「量子」というだけのキーワードでは、検索結果にノイズが多すぎることになるだろう。なぜなら「量子」には、本稿で問題としている量子力学における意味合いと、情報理論におけるアナログ情報のデジタル化（量子化）の意味合いもあるからである。また量子力学は、これまでの実用的な技術（例えば超伝導や原子力発電）の開発においても当然のことながら使われているのであるが、本稿で抽出しようとしているのはそのような技術でなく、重ね合わせや量子もつれをより積極的に利用した技術である。「量子」というだけのキーワードを使った場合、検索のテクニックによってきれいにノイズを取り除くことは至難であろう。

そこで、出願傾向を大まかにつかむことでよしとし、稚拙な方法ではあるが、「量子テレポーテーション」「量子コンピュータ(一)」「量子計算機」「量子暗号」というキーワードのみを使うこととした。データベースは(株)パトリスの「PATOLIS-web」を使い、公報の全文中にこれらキーワードを一つでも含むものを抽出した。

### (2) 検索結果

2009年までの各年における出願件数は次のとおりである。

～1989年：2件	2000年：28件
1990年：0件	2001年：44件
1991年：0件	2002年：83件
1992年：1件	2003年：74件
1993年：2件	2004年：111件
1994年：5件	2005年：130件
1995年：3件	2006年：108件
1996年：2件	2007年：105件

1997年：6件            2008年：91件  
1998年：9件           2009年：75件  
1999年：20件

2009年分までとしたのは、この技術の出願はPCT出願が多いため、出願からデータベースに掲載されるまでの3年程度のタイムラグを考慮する必要があるからである。

### (3) 出願動向

検索結果からわかるように、1995年ごろまでは出願は非常に少なかった。しかしそれから2005年まで急激に出願件数が増えた。そしてその後は件数は安定している。

## 5. おわりに

出願が始まったのは十数年前からであり、やっと端緒についたと言ったところだろう。1997年からの7,8年、出願件数は急激に増加したが、その後は、筆者の予想・期待に反して急激な伸びは見られず、この数年の出願件数は安定している。筆者は、まだまだ出願件数が安定してしまうような技術ではないと思っていたので、少し意外な気がする。

実用化が進めば社会に変革をもたらすであろう技術である。今年の10月、二人の研究者がノーベル物理学賞を受賞したが、彼らの研究は量子コンピュータ等の実現への道筋を開くものだとのことである。今後も出願動向には注目して行きたい。

---

### 著者略歴

---

古川 安航（ふるかわ やすゆき）

1959年生まれ。兵庫県出身。

岡山大学大学院を修了後、音響メーカーでのエンジニア、知財担当者を経て、1996年に有古特許事務所へ入所。

1994年弁理士登録。

---