



窮理の部屋 204

## 2022年ノーベル物理学賞(その7)

### SFのエピローグ

Hasegawa商会の謎のFAXは、どの向きにしても必ず1か-1とだけ印字されていました。後はタイムスタンプだけです。2つの値のどちらかしかとらない、いわゆる2値であることは、スピンの上か下、あるいは右か左というのと一緒でした。最終的にはOsakaオフィスとTokyoオフィスにはそれぞれ2台FAX機が置かれていましたが、1か-1である2数の積 $ot$ ,  $ot'$ ,  $o't$ ,  $o't'$ の値は必ず1か-1ですから、その平均 $\langle ot \rangle$ ,  $\langle ot' \rangle$ ,  $\langle o't \rangle$ ,  $\langle o't' \rangle$ は-1と1の間の値になります。そして $S = \langle ot \rangle - \langle ot' \rangle + \langle o't \rangle + \langle o't' \rangle$ は2より大きくなることは、数学的に許されないことが証明されています。物語でアリエナイことが起こったのは、データがどこかで改ざんされたかおばちゃんが不正を働いたからだとOhkuraは結論づけました。

### Aspectらの実験(アリエナイことがなぜ起こる?)

このHasegawa商会の謎のFAXの話は、スピンのアナロジー(似せた話)になっていることは、既に読者はお気づきだと思います。2022年のノーベル物理学賞受賞者Aspectらは、この話と似たような実験をして、Sが2より大きくなることを示しました。もちろん、インチキや不正ではなく、また彼らが使ったのはFAXでもなく、そして原子や電子のスピンでもありませんでした。

ネタばらしになりますが、なぜ数学的にアリエナイことが起こるのが可能なのでしょうか。前回の表1は $o$ ,  $o'$ ,  $t$ ,  $t'$ 全てに値が埋まっています。ところが、1回毎に実際に印字されたのは、 $o$ か $o'$ のどちらか、そして $t$ か $t'$ のどちらかです。 $ot$ は4種類書かれています。実際に値が確認できるのはひとつだけです。確認しなくても残りの3つにも値はあるはずだろう?と思いたくなります。だっておばちゃんがかちやかちやスイッチをどちらに切り替えても必ず印字されるのだから。

誰一人月を見ない瞬間があっても必ず月は存在します。当たり前のことです。たまたま印字されない方に選ばれたFAX機にだって



写真1. 偏光ステンドグラス。科学館正面入り口に偏光を利用した展示がある。実はテレビの液晶ディスプレイにも偏光が利用されている。

値があるのは当たり前のことではないでしょうか？？だって選ばれればいつでも必ず1か-1を印字するのですから。

## 偏光

Aspectらは偏光を使ったのですが、偏光もまたスピンのアナロジーになっています。そこで、偏光についてご説明します。ここに、理想的な偏光板があったとします。偏光していない光を偏光板に通すと、出てくる光の強度は最初の半分になります。そして、偏光した光として通過します。残りの半分の光は偏光板に吸収されてしまいます。偏光板には向きがあって、2枚の偏光板を同じ向きに揃えて重ねると、最初の偏光板を通った(偏光した)光は100%2枚目の偏光板を通過します。ところが向きを直交して重ねると全く光は通過しなくなります。では、角度 $\theta$ だけ傾けるとどうなるかという、 $\cos^2\theta$ の強度で通過します。

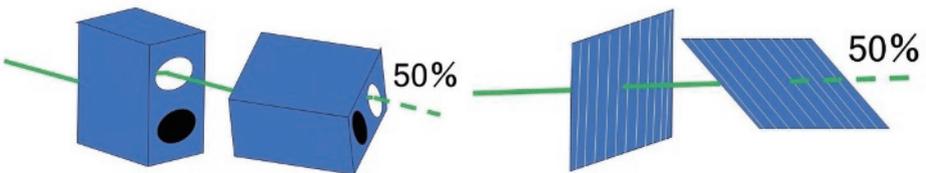


図1. 偏光とスピンの類似性。第1のSG装置で上向きが確定した原子を下を塞いで上向きだけを通すようにした90度傾けたSG装置に通すと上向き(左といった方がいいのか?)に出る確率は50%(左図)。1枚目の偏光板を通った光は、45度傾けた偏光板を通すと通過する確率は50%になる(右図)。偏光はスピンのアナロジーになっています。

ふつうは、偏光は強度で考え、粒子で考えないものですが、ここで粒子的に考えたらどうなるでしょう？ひとつの光子が偏光板にやってきます。通るか通らないかなので光子の数は1個か0個かのどちらかです。これはスピンの上か下かと同じく2値です。偏光板を通った光子は、同じ向きの第2の偏光板も必ず通ります。もし第2の偏光板が90度傾いていたら必ず遮られます。これは、連続してシュテルン・ゲルラッハ(SG)の実験をしたときとそっくりな内容になっています。強調したいのは、1個の光子が通るか通らないかは、2値なのです。

違いは、SGの実験では通過率が $\cos^2\theta$ ではなく $\cos^2\theta/2$ であることだけです。今回の話には不要ですが偏光板を3枚重ねた時と3連続でSG実験をしたときのふるまいもそっくりになります。偏光は光のスピンの性質だとみなしてよいのです。

大倉 宏(科学館学芸員)