

【解説】この物理学上の大発見（と思われるもの）について、先に訳して紹介した「量子力学の中心にある一つの宝石——物理学者たちが粒子物理学の根底にある幾何学を発見」をさら分り易くするために、もう一つ解説があってもよいと考え、ネット上で最初の方にいつも出てくるドイツ語による解説を、独自の価値あるものと判断して翻訳紹介する。併せて読まれることをお勧めする。

Amplituhedron——量子物理学者のテッセラクト

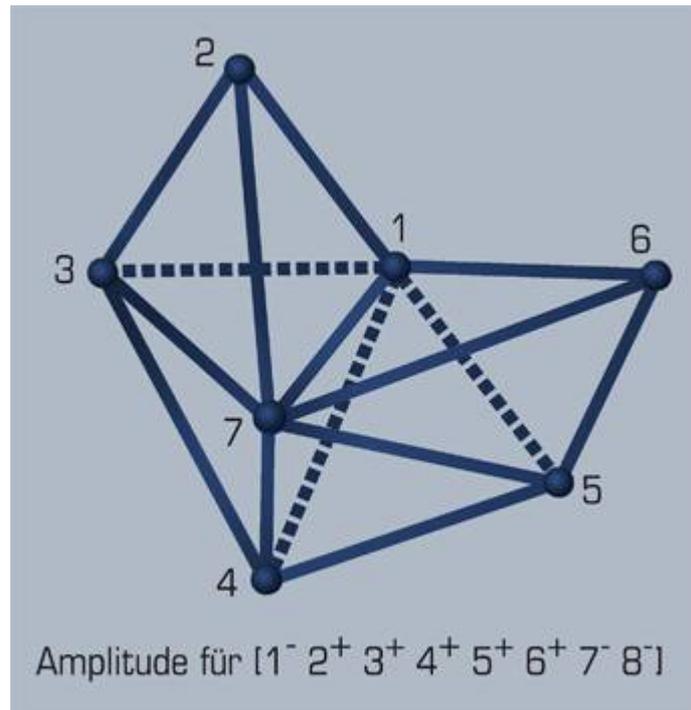
Matthias Matting

December 19, 2013

研究者たちは、超立方体すなわち“テッセラクト” (Tesseract) が不思議なアニメ映画の世界をひっくりかえすように、物理学をひっくりかえすことができるような、ある幾何学形状を発見した。

“テッセラクト”とは4次元のある幾何学的対象で、立方体が正方形を1次元だけ拡大したのに当たる、立方体の拡大物である。それは16の角と32の稜をもつ。立方体が6つの正方形に囲まれているように、テッセラクトの境界は8つの3次元立方体から成っている。この対象は、3次元世界に閉じ込められた人間には、表象することができない。それは3次元への風変わりな投影によってのみ描くことができる。『アヴェンジャー』（復讐者）というアニメ映画の世界では、テッセラクトは神々の世界から来た造形物で、信じられない力をもっているが、とりわけそれは、別次元に向かって「ポータル」を開くことができる。

一つの同じような、多次元的な幾何学対象が、現在、世界中の量子物理学者の注目を浴びている——すなわち Amplituhedron だ。それは最初見ただけでは、計算を単純化するものだが、もう一度よく見ると、それは物理学に革命を起こし得るものである。なぜならこれがあると、2つの基本的な物理学の前提——局所性と単一性——を放棄することができ、放棄しなければならないからである。しかし革命とはそういうものだが、Amplituhedron の計算的長所については誰でも合意できるのだが、さらにその先の結論となると、すべての研究者が一致できるわけではない。このことは、Amplituhedron とはそもそも何であり、どこから来たものかに注目してみれば、分りやすくなる。



7-point Amplituhedron in P^3

この幾何学的対象は、4次元の超対称性をもつ Yang-Mills 理論の平面図形から来ている。それは、量子場の相互作用についての完全な宇宙は、1つの均一の空・時の中では崩壊するという物理理論である。この理論には2つの非常に変わった特性がある——すべての微粒子はそこでは同じ質量（0質量）、同じ電荷をもち、唯一の速度（光速）をもっている。かつそれは超対称性をもつ。すなわち各粒子は1つの超パートナーをもっていて、それはスピンを通じてのみ見分けることができる。

自然は明らかに変わった振舞いをしている。Yang-Mills 理論はそうなりと、むしろ原子の電子殻モデルに比較することができる：——電子は、惑星たちが太陽の周りの異なった軌道を回るように、回っているのだらうという素朴な想定は、確かに化学の大きな部分を説明するのに役立っている。原子価電子（Valenzelektronen）、周期表の主要グループ、原子スペクトル——この殻モデルは、今日知られているように、確かに間違いだが、現実世界の説明と算出を、少なくともかなり多くの面において、容易くしている。Yang-Mills 理論もそれに似た働きをしている——それは確かに、もはや現実世界を与えはしないが、この理論を研究することで、現実世界へのヒントが得られる。

量子場理論として、Yang-Mills 理論は、量子場の振幅についての現実を記述する。そこから実際の粒子の相互作用を算出するためには、局所的振幅を確定しなければならない。そのために物理学者はこれまで、いわゆる「ファインマン・ダイアグラム」を用いてきた。

1つ、2つ、あるいは3つの粒子に対しては、これらはまだ比較的単純だ。しかし現実世界の記述のためには、残念ながらそれは満足を与えるものではない。そこで科学者は、ファインマン図形の膨大な数を、総計しなければならなかった——実に大変な時間と労力を要する仕事だった。

Amplituhedron の場合は、そこにその特別の魅力があるのだが、そのすべてを省くことができる。局所的振幅は、全く簡単に、かつては相互作用に属していた **Amplituhedron** の体積として出てくる。それは3次元の投影では、多くの尖端をもつ宝石のように見える。何千もの項を持つ方程式システムから、たった1つの簡単な方程式が現れる。これまではコンピューターでさえ複雑だった計算を、紙の上で行うことができる。

Yang-Mills 理論にかかわっている物理学者たちにとって有難いことに、こう言うことができる：——上に述べたように、この理論は現実世界の記述としては確かに不適當である。しかし粒子相互作用の特性が、突然、純粹に、この幾何学図形から導きだされる——物理学の世界が混乱しても。空間・時間と量子場は、一つの深い、純粹に幾何学的な秩序から導き出された現象となる。

それに伴って、これまでそれなしではいられなかった、しかし同時に、量子物理学と重力の結合という難題の原因である、2つの基本的な概念が失われる——すなわち局所性と単一性である。局所性とは、2つの粒子は、その相互作用が可能なためには、ある一つの決まった場所になければならない、というものである。2つの交差する粒子の“不気味な遠隔作用”は、すでにアインシュタインを悩ませたものだが、それとは真っ向から矛盾するように見える。そのため物理学者たちは、交差するパートナーの間に、ワームホールのような概念をさえ考え出さねばならなかった——局所性が守られるように。

単一性もまた、健全な理解力にとっては完全に明らかな事実、一つの実験の結果に対する確率の総和が、常に1でなければならないというものである。立方体の場合、確率はいずれかの数値になるが、それは常に1である。立方体は単一体である——現実世界の根底にある前提は、しかし、そうではない——少なくとも **Amplituhedron** が重力を含む物理理論にまで拡大されるとしたら。そして、それを関係する研究者たちは願っている。