

夏休みは終わっちゃったけど... 来年の自由研究にしよう！

# 超弦(スーパーstring)

理論: パネル1枚10分、3枚30分でわかった！  
感動と奇跡の究極理論入門

## 「超」弦理論とは

超弦の「超」は ちょうたいしゅうせい 超対称性 の超

素粒子は、クォークや電子のような「フェルミオン」と光子のような「ボゾン」の2つの仲間に分かれます。理論に「超対称性」があると、すべてのフェルミオン1つ1つにある別のボゾンの「相棒」が、同じようにすべてのボゾンにはフェルミオンの「相棒」がいる、ということになります。

現実の素粒子実験では超対称性の証拠は見つかっていません(と言うより実験できるぐらいのエネルギーでは超対称性はないことがわかってきています)が、非常に高いエネルギーの理論、特に弦理論でこの性質を仮定すると、「超」でない弦理論がもっている問題(物質場(フェルミオン)がない、質量の2乗が負の粒子(タキオン)が出てしまう、など)を解決するばかりでなく、3枚目のパネルで説明するように多くのいいことがあります。



超対称性があるとフェルミオンにはボゾンの相棒がいることになる copyright © 1996-2016 Pokémon Inc. © 1995-2016 Nintendo/Creatures Inc./GAME FREAK inc.

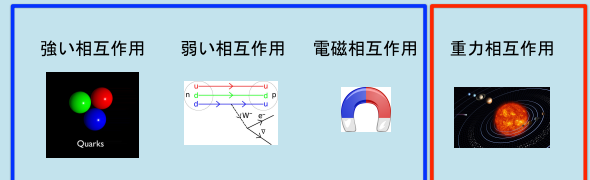
超弦の「弦」は **ひも** のこと

弦理論は、「非常に短い「ひも」の振動によってこの世のすべての素粒子を記述しようとする理論」です。現在までに見つかっている素粒子は、標準模型によって非常によい精度で記述されています。しかし、様々な理由から標準模型は拡張され、超対称標準模型や大統一理論が考案されました。そして、多くの研究者が、その背後に超対称性をもつ弦理論—超弦理論—が究極理論として存在していると期待し、あるいはその存在を暗黙に仮定して研究してきました。

弦理論に超対称性をもたせられるということは全然当たり前のことではありません。「この式が成り立っていなかったらすべてが終わり！」という、いくつかの理論の「試練」を奇跡的に乗り越えてきた理論かなりむずかしい注1、それが「超弦理論」です。かなりむずかしい注1 GSOプロジェクトやグリーン・シュワルツ機構のことを指しています。

## なぜ超弦理論が必要なの？

超弦理論が必要な理由はいろいろありますが、ズバリ1つ答えるなら、それは「重力を量子化ちよつとむずかしい注1 するため」です。自然界には4つの基本的な力(素粒子の相互作用)があります。「強い相互作用」「弱い相互作用」「電磁相互作用」そして「重力相互作用」です。強い相互作用は原子核の中の陽子や中性子を作っているクォークの間に働く力、弱い相互作用は中性子が陽子に変化する(ベータ崩壊)するときなどに働く力、電磁相互作用はおなじみの電気や磁石の力で、これらはじめの3つは **ゲージ理論** と呼ばれる理論の仲間です。3つとも同じように「量子化」することができます。一方、重力を記述するのは「**一般相対性理論**」ですが、これは他の3つが属するタイプとは異なるのでかなりむずかしい注2 同じようには量子化できません。そこで超弦理論が必要になってきます。



ゲージ理論(くりこみ可能)→量子化できる 場の理論で量子化困難 ちよつとむずかしい注1 量子化というのは、簡単に言うと「その理論の量子力学を考える」ということです。一般に、物体の動く範囲が非常に狭い範囲に限られ、なおかつ運動量(=質量×速度)も非常に小さくてその積がプランク定数程度のとき、中学や高校で習うような物理法則が適用できなくなります。(たとえば水素原子は、本当に電子が陽子の回りをぐるぐる回っているとしたら、エネルギーを失ってすぐにつぶれてしまうはずですが、実際には安定に存在します。)そのような状況でも使える理論が量子力学です。

重力理論を量子化すべきかどうかは当たり前のことではありませんが、次に説明するように、**重力の量子力学的効果が重要になりそうなものすごく高いエネルギーの物理に、素粒子と宇宙の謎を解く鍵があると考えられるので、多くの研究者が研究しているのです。**  
かなりむずかしい注2 一般相対論も広い意味でゲージ理論ですが、ベクター束の主束ではなく時空の接束そのものを扱うところが本質的に異なる点です。