



理研の博士に聞いてみよう！

ダイオメガという新しい粒^{つぶ}ができることを予言しました。



撮影：STUDIO CAC

予言ってどういうこと？

法則に基づいて計算をして、「あるにちがいない」と示すことだよ。

権業慎也 博士

仁科加速器科学研究センター
量子ハドロン物理学研究室
基礎科学特別研究員

正しいとわかったのです。このように、法則を見つけたり、予言したりすることを、“理論研究”といいます。

●物がどうやってできているのか、知りたい！

私も、理論研究をする物理学者です。目の前の景色^{けしき}を形づくっている一つ一つの物が、いったいどうやってできているのか、毎日考えています。人の体をふくめてこの世の中にあるあらゆる物は、小さな粒が集まってできているって知っていましたか？ 最も小さい粒の一種は「クォーク」と呼ばれています。

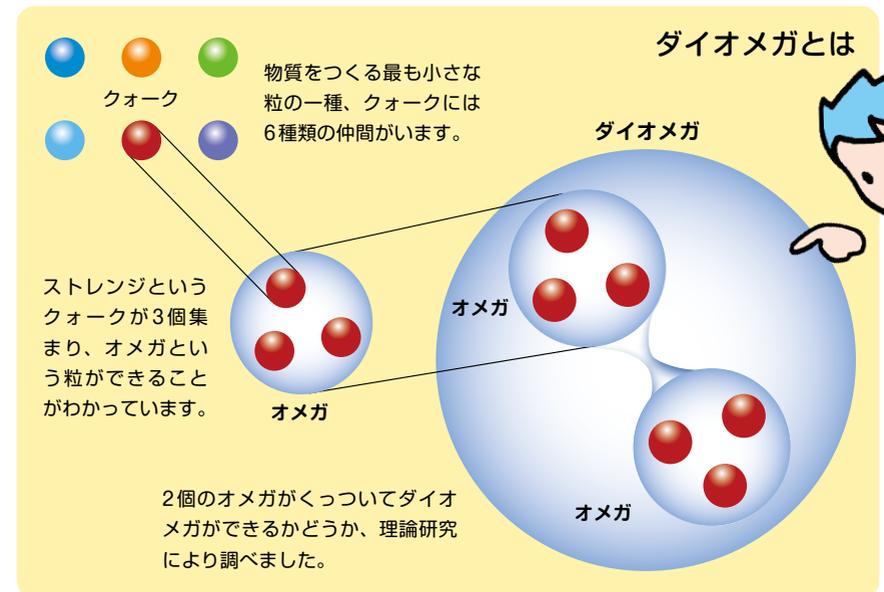
クォークは3個がくっついて1個の粒をつくる性質があります。そうしてできた粒^{りゅうし}どうしには、引き付け合う力と反発し合う力がうまく働いて粒が集まり、物はできているのです。

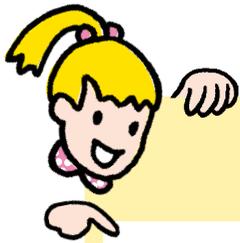
そういう力についての法則（量子色力学^{りょうしいろりきかく}）は、2008年にノーベル物理学賞を受賞した南部陽一郎^{なんぶ よういちろう}博士たちが、約50年前にすでに見つけています。でも、法則がわかっても、粒^{つぶ}どうしにどれくらいの強さの力が働くのか、すぐにわかるわけではありません。量子色力学の式を解くことはとても難しいので、クォーク3個の粒^{つぶ}どうしに働く力の強さを正確に計算することは、50年間、

●“理論研究”とは？——法則を見つけ予言を行う

世界でいちばん有名な博士といったら、だれでしょうか。アインシュタインと答える人が多いかもしれませんね。100年ほど前の物理学者です。「物理」というのは、この世の中にあるすべての物の性質や、起きることの原因を考える科学です。科学の博士というと、実験をして新しいことを発見したり発明したりする人を思い浮かべるかもしれません。でも、アインシュタインは、実験をしたことはなかったそうです。ほかの人が行ったさまざまな実験や観察の結果をもとに、物の動き方や重力についての法則を見つけました。その法則を式にまとめたものは「相対性理論^{そうたいせいりろん}」と呼ばれています。

さらに、アインシュタインは、その式を解くことで、いろいろな“予言”をしました。たとえば、星の光が地球^{ちどう}に届く途中^{とちゆう}で太陽の近くを通ると、太陽の重力で星の光が曲げられる、と予言。重力で光が曲げられるなんて、それまでだれも考えもしませんでした。でも、実際に星を観測してみると、その予言が





ダイオメガを予言するための計算

$$\left\langle \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta A} \right\rangle = 0$$

分解

クォークに働く力の法則（量子色力学）を示す式

$$\begin{aligned} \star - \Delta \times \square \div \star - \circ \dots \dots \dots &= 0 \\ \square \times \circ - \circ + \Delta - \star \dots \dots \dots &= 0 \\ \square \div \star \times \circ + \star + \square \dots \dots \dots &= 0 \\ \square + \circ + \Delta + \star - \circ \dots \dots \dots &= 0 \end{aligned}$$

足し算・引き算・かけ算・わり算だけの式だけど、ダイオメガを予言するには、約10億行の式にある○や□などのわかっていない数字を、すべて計算する必要がある！

約10億行の式

まったくできていませんでした。

クォークには6種類の仲間がいます。その一つには「ストレンジ」という名前がついています。ストレンジは「奇妙な」という意味です。その奇妙なクォークも3個がくっついて一つの粒をつくるのが実験で確かめられています。それを「オメガ」といいます。

次に、二つのオメガがくっつくかどうかを知りたいのですが、それは実験することが難しく、まだだれも確かめていません。そんななか、私たちは2018年にやっと、クォーク3個の粒が二つ集まったときに働く力の強さを正確に計算することに世界で初めて成功して、「ダイオメガ」ができることを予言したのです。「ダイ」は二つという意味で、オメガ二つがくっついた粒が「ダイオメガ」です。二つのオメガが近づくと引力が働きます。でもさらに近づくと、今度は不思議なことに反発力が働きます。その引力と反発力の強さを精密に計算して、くっつくかどうかを調べたのです。

● 難しい式を解いてダイオメガを予言！

たった二つのオメガがくっつくかどうか計算するのが、そんなに難しいのかなあ、とみなさんは疑問に思うことでしょう。

そのとき解いた式は、 $\left\langle \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta A} \right\rangle = 0$ というものです。

ずいぶん短いと感じるかもしれませんが、実は、この短い式には、左ページの黒板に書いたようなたくさんの式がふくまれています。一つ一つの式はとっても単純で、使うのは、みなさんが算数で使うのと同じ足し算・引き算・かけ算・わり算だけ。そして、すべての式の答えが「0」になるという法則がわかっています。式の中の○・△・□などはわかっていない数字です。

ダイオメガができるかどうかを知る計算では、なんと、このような式が約10億行も並びます。そして、そこにある○・△・□などをすべて計算して明らかにしなければなりません。こんなに複雑な式を解くのはとてもとても難しく、たくさんの計算をしなければならないって、感じてもらえたでしょうか？

● ダイオメガは最初の一歩

私たちの研究室を率いる初田哲男博士たちは、この式を効率よく解く新しい計算方法を見つけました。私たちは、その計算方法を改良して計算量をさらに減らして、スーパーコンピュータ（スパコン）に計算させるプログラミングの方法を考え出しました。

スパコンが計算するスピードも、どんどん速くなっています。みなさん、スパコン「京」を知っていますよね？「京」は1秒間に1京（1兆の1万倍）回もの計算ができます。それがどんなにすごいかというと、たとえば、電卓で1秒間に1回解き続けて3億年もかかる計算を、「京」だと1秒でできるのです。

私たちは、新しい計算方法とプログラミング方法でスパコン「京」を使い、ついに二つのオメガがくっついてダイオメガができる、ということを予言しました。

クォーク3個の粒には、オメガ以外にも仲間がいます。実は、



ダイオメガの予言に使われたスーパーコンピュータ「京」ゲリラ豪雨がいつ来るか予測したり、いろいろなシミュレーションで大活躍し、2019年8月に引退しました。

クオーク3個の粒が二つ集まったときの計算は、ダイオメガの計算が最も簡単なのです。ダイオメガの計算は、さまざまな種類の粒がどんなふう集まって、物ができているのかを知るための最初の一步です。

2021年ごろ、「京」よりも100倍ほど速い計算をめざしているスパコン「富岳」が登場する予定です。これからも計算方法とプログラミング方法をさらに改良して、クオーク3個の粒がくっついたさらに新しい粒があるはずだ、とどんどん予言していくつもりです。

あるかどうかわからない新しい粒を実験でつくるのは大変です。ダイオメガのように理論研究で「あるはずだ」と予言された粒ならば、実験でつくってみようと挑戦する研究者も増えて、私たちの予言を確かめてくれることでしょう。

実験や観察で今の理論では説明できない新しい謎を見つけてくれることにも期待しています。私たちは、新しい謎を解くことが大好きなんです！

さまざまな予言を行う理論研究



人間や生きものの体のしくみ、薬のつくり方、宇宙がどうやってできたか、経済や社会のことなど、理論研究はさまざまな現象の法則を見つけて、予言します。

● さまざまなルールや法則を見つけたい

理論研究で最もわくわくするのは、それまでの理論では説明できない謎を解いて新しい法則を見つけることです。最初に紹介したアインシュタインも、南部陽一郎博士も、きっとそうだったにちがいありません。

法則をゲームのルールにたとえて考えてみましょう。それは将棋のルールを知らない人が、将棋をさしている人たちを横で見ている、将棋のルールを見つけて出すことに似ているかもしれません。ルールや法則がわかれば、次にどの駒をどこに置くかを予測することができるようになりますよね。

みなさんのまわりにも、まだ見つからないルールや法則がたくさんあるはず。たとえば、スマートフォンやコンピュータの中では、クオークのように小さな「電子」という粒が動き回って、記憶したり計算したりする仕事をしています。この電子がもっとたくさんの仕事ができるように、新しいルールや法則が見つけられたら、想像もできないくらいすごいスマートフォンや、どんな計算もあつという間に解けるコンピュータができるかもしれません。

● 不思議を考え続けよう

アインシュタインは実験をしなかったけれども、頭の中では実験をしていたそうです。それは、ただ空想することとはちがいます。たとえば、もし光と同じ速度で走ったら、まわりの風景はどんなふうに見えるのか、少年のころからずっと考え続けていたそうです。そのような頭の中の実験が、相対性理論という大発見につながりました。

私も、わからないことがあると、「そうか、そういうことか！」とわかるまでずっと考え続けてしまう性格です。それができるのは、答えが必ずあると信じているからかもしれません。考えついたことや発見があつたら式で表して、みんなに伝えなければなりません。それには算数の勉強も必要ですし、話したり、書いたりする力も大切です。

ぜひみなさんも、自分の興味のあることの中から、不思議だなと思うことを見つけて、それをずっと考え続けてください。そして、納得できる答えが見つかったら、ぜひ、それをみんなにも教えてください。