

# Newton

GRAPHIC SCIENCE MAGAZINE ニュートン

828m! どこまで高くできるのか?

## 超高層の科学

ブルジュ・ハリファの秘密

大型連載「感覚のふしぎ」第1回

## 視覚のしくみ

眼は形や動きをいかにとらえるのか

革命前夜!? 超伝導の最前線

アレルギーの根治に挑む!

# 11

2015

1200円(税込)



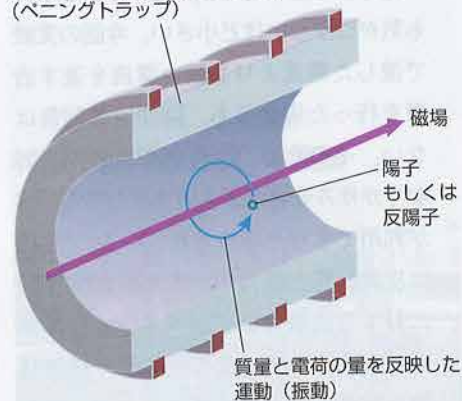
## 陽子と反陽子の 超精密な体重測定

### 世界最高の精度で「CPT対称性の破れ」を検証した

理化学研究所の研究者が主宰する国際共同研究チームが、「陽子」と「反陽子」の質量を精密に測定し、これまでにない高い精度で一致していることを確認した。成果は2015年8月13日に、科学雑誌『nature』オンライン版に掲載された。この超精密な“体重測定”はこの宇宙の謎の解明につながるという。解明のかぎは、陽子などの粒子がもつ「CPT対称性」という性質だ。

#### 粒子の質量の超精密測定法

粒子を真空中にとどめておく装置（ペニングトラップ）



真空容器をそなえた「ペニングトラップ」とよばれる装置の中に、陽子と反陽子を閉じこめる。厳密には、陽子は、二つの電子がくっついた「水素イオン（ $H^+$ ）」の状態になっている。これらの粒子（反粒子）に磁場をかけると、円をえがくようにぐるぐるとまわる「サイクロトロン運動」をおこす。上の図では単純な円をえがいているが、実際はもっと複雑な運動をする。その回転運動が電磁誘導によって周囲に生じさせる電流を測定することで、質量を割り出す。

原子核を構成する粒子である「陽子」には、電気的な性質（電荷）が反対の“ペア粒子”が存在している。その粒子は「反陽子」とよばれる。陽子がプラスの電荷をおびているのに対して、反陽子はマイナスの電荷をおびている。両者の質量はまったく同じだと考えられている。

反陽子のように、ある粒子の電荷が反対になった粒子を「反粒子」とよぶ。現代の物理学では、約138億年前に宇宙が誕生したとき、粒子と反粒子は必ずペアで誕生した、つまり同じ数だけ誕生したと考えられている。しかし現在の宇宙では、粒子はたくさんあるものの、反粒子の姿がほとんど見られない。反粒子が消えてしまった理由は、現代物理学に残された大きな謎の一つだ。

#### 宇宙の謎の解明につながる“体重測定”

このたび、理化学研究所のステファン・ウルマー博士、山崎泰規博士らは、陽子と反陽子の超精密な“体重測定”を行った。まったく同一の質量をもつと考えられてきた両者の“体重測定”こそが、宇宙から反粒子が消えた謎の解明につながるという。かぎとなるのは、粒子がもつ「CPT対称性」という性質だ。

CPT対称性とは、電荷（Charge: C）、パリティ（Parity: P）、時間（Time: T）の三つの要素を一度にひっくりかしても（反転しても）、物理法則が変わらないことをいう。電荷の反転とは粒子と反粒子を入れかえること、パリティの反転とは鏡の世界のように空間を反転させること、そして、時間の反転とは時間の進む方向を逆向きにするのだ。

「CPT対称性が保たれていれば、粒子と反粒子の間では、質量や電荷の大きさ、寿命などの性質がまったくいっしょになります。逆に、もしこれらの性質のうち、どれか一つでもちがいがあれば、CPT対称性が破れていることになります」（山崎博士）。陽子と反陽子の質量

にちがいがどうかを精密に調べることが、このようにCPT対称性の破れを検証することにつながるのだ。

これまでCPT対称性が破れている証拠はみつかっていない。もしCPT対称性の破れがみつければ、物理学の基礎理論が大きく書きかわるばかりでなく、宇宙から反粒子が消えてしまった原因がわかるかもしれない。

#### CPT対称性はまだ破られていない

ウルマー博士が主宰する国際共同研究チームは、スイスにあるヨーロッパ原子核研究機構（CERN）内に設置された「ペニングトラップ」という装置を使い、陽子と反陽子の精密な質量測定を試みた。この装置はマイナス270℃近くまで冷やした真空容器をそなえている。実験では真空容器中に、電子を二つくっつけた陽子と、反陽子を閉じこめた。これらに磁場をかけると、電荷と質量に応じて回転運動し、周囲にわずかな電流が生じる。この電流を測定し、それぞれの質量をみちびくのだ（左下の図参照）。

この方法により研究チームが陽子と反陽子の質量を測定した結果、従来の4倍近い精度で両者の質量が一致していることが確認された。つまり今回の測定では「CPT対称性の破れはみつからなかった」といえる。いいかえれば、これまでにない高い精度でCPT対称性が保たれていることが確認されたことになる。研究チームは、今後さらに精度の高い質量測定に挑戦するとともに、陽子と反陽子の磁石としての性質なども測定し、CPT対称性に関する検証をつづけていく予定だという。

（執筆：荒船良孝）

協力

山崎泰規 理化学研究所原子物理特別研究ユニットリーダー