

03

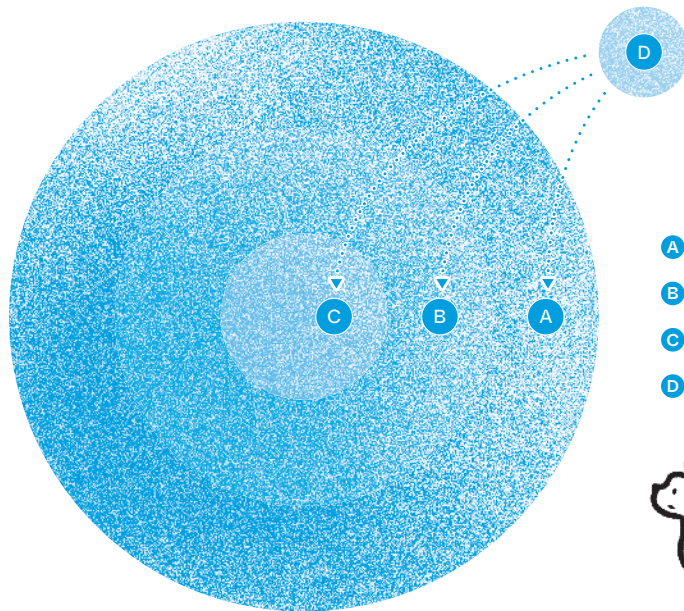
KNOWN AND UNKNOWN QUESTIONS

01

ニュートリノの質量

素粒子の標準理論では、ニュートリノの質量が0とされていた。だが、スーパーカミオカンデなどによる観測により、質量があることが示された。ニュートリノには電子、ミュー、タウの3種類あることが知られているが、飛行している間にニュートリノの種類が変化するニュートリノ振動が観測されたためだ。これにより、3種類のニュートリノがそれぞれ異なる質量を持つことがわかり、標準理論の綻びを示す実験結果のひとつとなった。ニュートリノ質量の起源は現在でも未解決の謎のひとつであり、その解明のためさまざまな研究が行なわれている。C

現在の素粒子物理学で説明できない難問の多くは宇宙や重力、量子といった研究分野と密接に関連しており、量子コンピュータや量子デバイスなどの最先端の技術を取り入れながら謎を解明してゆく必要がある。



- A 現代物理の問題
- B 量子力学の根本的問題
- C 素粒子物理の問題
- D 技術的な問題



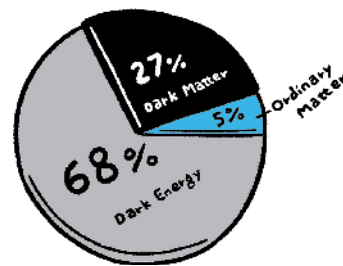
現代物理学に残る難問

この50年間、研究者たちの努力により、物理学は大きく発展し、さまざまなことがわかってきた。だが一方で、新たな謎も生まれている。現代物理学が取り組む謎をいくつか紹介する。

02

暗黒エネルギー・暗黒物質

素粒子の標準理論は、物質を構成する粒子、重力以外の力を媒介する粒子、それらに質量を与えるヒッグス場で構成される。しかし、銀河や超新星などの観測から、その範囲に収まらないものの存在もわかっている。それが、暗黒物質と暗黒エネルギーだ。暗黒物質は未知の粒子である可能性もあるが、暗黒エネルギーの正体はまったくわかっていない。A C



03

重力の量子化

この宇宙の中に作用している力を整理すると、電磁気力、弱い力、強い力、重力の4種類となる。この中で素粒子の標準理論に組みこまれているのは、電磁気力、弱い力、強い力の3種類だけで、これらは量子場の理論で記述される。一方、重力は一般性相対理論で記述され、時空の歪みとされている。重力を他の力と統一的に扱うためには、量子化が必要となるが、量子

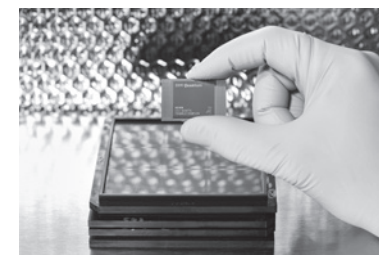


場の理論で記述しようとすると計算に無限大が現れてしまう。そのため、さまざまな方法が考えられているが、そのような理論は未だに完成していない。A B

05

新粒子・新現象を探索する
新しい手法の開発

素粒子の研究ではLHCのような大型加速器を使った高エネルギー実験で新たな粒子をつくり出したり、MEG II 実験などで稀に起こる現象を観測したりしている。これら2つの方法とは異なり、これまで観測が難しかった新粒子・新現象を新しい技術によって発見するアプローチとして、量子デバイスを使う方法が最近注目されている。D



04

標準理論を超えた
新たな理論の構築

1970年代にその枠組みが確立した素粒子の標準理論は、その後の加速器実験による新粒子や新現象の発見によってその土台を堅固にし、精密な科学理論となった。2012年にCERNのATLAS実験とCMS実験がヒッグス粒子を発見したことにより、素粒子の標準理論は完成したといわれるが、実は根本的なところがよくわかっていない。例えば、ヒッグスの本質、ヒッグス粒子は一種類だけなのか、なぜ重力のゆらぎに相当するエネルギースケールより遥かに軽いのか、は解明されていない。そこで、世界中の物理学者が構築を目指す新たな理論のひとつが、電磁気力、弱い力、強い力を完全に統一する超対称大統一理論だ。超対称大統一理論では、標準理論には含まれていない粒子の存在が想定されていて、その中には暗黒物質候補も含まれる。また、3つの力に加えて重力までも統一的に説明できると期待される超弦理論の研究も進められている。C

06

古典コンピュータで
解けない問題を解く

コンピュータは、素粒子物理学の発展を支えている技術のひとつだ。コンピュータが発達し、情報処理能力が上がったことで、私たちはさまざまな問題を解けるようになった。しかし、量子力学をベースとする素粒子の振る舞いを解き明かすには、現在の古典コンピュータでは不十分だ。古典コンピュータでは量子状態を直接扱う代わりに、確率的な足し上げにより計算を行なう方法を用いることがあるが、足し上げる量の確率解釈が破綻してしまう場合には、符号問題と呼ばれる困難が生じてしまう。一方、量子コンピュータは量子状態を直接扱えるので、より自然に量子系の振る舞いを計算できるのではないかと期待されている。B D