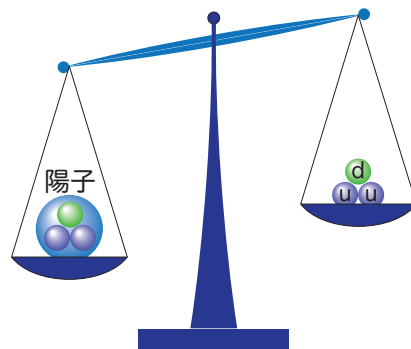


陽子はクォーク3つからできている？

「陽子はアップクォーク (u) 2個とダウンクォーク (d) 1個で構成される」と教科書にはある。陽子や中性子が約1/3の質量 (約 $300 \text{ MeV}/c^2$) をもつクォークから構成されるとする構成子クォーク模型は、中間子を含む多くの粒子、ハドロンの成り立ちを「上手に」説明する。クォーク模型は一部を除く広範囲のハドロンの質量や量子数をよく再現する。

一方、高エネルギー電子散乱実験から決まる「裸の」u, dクォークの質量は、たかだか $5 \text{ MeV}/c^2$ である。このu, dクォークの質量は、ヒッグス機構によって与えられる質量に相当するが、uudを合計しても陽子質量の1%程度にしかならない。このことは、陽子が単純にuudの3つのクォークから構成されるとする説明とは矛盾する。

同じく、陽子のスピンは1/2だが、これに対するクォークからの寄与はたかだか30%ほどにすぎないことが知られている。最近の研究により、陽子のスピンはクォークだけでなく、クォークを結びつける糊であるグルーオン、そしてそれらの軌道角運動量の寄与などを、包括的に考慮しなくてはならないことがわかってきている。陽子を含むハドロンは、クォークやグルーオンを自由度とする極めて強く相互作用する複雑な多体束縛系として、量子色力学に基



づいた説明が待たれている。

南部陽一郎らは陽子質量の残り99%の起源を、クォークではなく真空の構造に求めた。真空は空っぽの箱ではなく、強い相互作用によりクォーク・反クォーク対が凝縮し満ちた状態であり、ハドロンの質量は動的に生み出されていると考えられている。

このようにハドロンの成り立ちを探ることで、多彩な現象を生み出す量子色力学の世界を垣間見ることができる。そしてそれは、クォーク・反クォーク対が自発的に凝縮した真空の構造を探ることにもつながるのである。

会誌編集委員会