

LHC実験

知能情報学科 下島 真

いよいよ今年、LHC実験が始まります。スイスの欧州合同原子核研究機関（CERN）という研究所の世界一大きな加速器を使った素粒子物理の実験です。このLHC加速器は円周が27キロもあるので研究所の敷地内に収



図 1 LHC加速器 (© COPYRIGHT CERN)

まりきらず、地中1キロの深さでスイスやフランスの町中を貫いています。

図1に白い円でその大きさを示しまし

たが、右端の細長いジュネーブ国際空港の滑走路と比較すればいかに大きいか実感できるでしょう。

ここでは、10年以上も前から世界中の研究者が集まって実験の準備を続けてきました。私も、アトラスという実験グループの一員として、シリコン飛跡検出器やデータ収集装置の開発に携わっています。グループに参加している研究者だけでも1500人を優に超える大規模な国際共同実験です。

余談ですが、最近、CERNは素粒子物理学の研究所と言うよりもWWW技術の生まれた研究所として名が知られているようです。素粒子実験の世界では、研究所や大学を結ぶ国際的なネットワークもインターネットができるずっと前から日常的に使われていました。WWWは、元々、世界中に散らばっている研究者同士で論文を効率よく配布するために考えられた技術でした。ところが、それを耳にした米国イリノイ大学の学生たちが、物理屋だけに使わせておくのはもったいないと（かどうかは定かではありませんが）効果音や画像も貼り付けられるように拡張して使い勝手を大幅に改良したブラウザ（NCSAモザイク）を開発したところ、予想以上に広まって、その後のインターネットブームの立役者となったわけです。みなさんも、ブラウザは毎日のように使っていると思いますが、元々は全く違った意図で開発されたものだったわけです。

素粒子物理というのは、言ってみれば「この世界は一体何からできているのか」という問いかけに対する答を見つけようとする学問で、これは、ずっと昔から議論されてきた基本的なテーマの1つです。古代ギリシャの時代には「火」、「空気」、「水」、「土」の4つが物質の基本構成要素だと考えられていました。どれも身近なものばかりですね。でも、今ではそれらが基本であるとは考えられてはいません。そもそも火は物質が燃えるときに起こる現象で、それ自体は

物質というわけではありません。空気や土もいろいろな物質の混合物ですし、水が水素と酸素からなる化合物だということは今では誰もが知っているでしょう。

では、現代の基本粒子は何でしょうか。「基本」というからにはそれ以上小さく分けられないもので、数学で云う「点」のように大きさや中身のないものであるはずですが。原子（アトム）がギリシャ語の語源が意味するような分割不可能なものではなかったため、最近はそのような基本粒子のことを「素粒子」と呼んでいます。

量子力学が完成する1920年頃には「電子」、「陽子」、「光子」の3つが素粒子であると思われていました。原子核の中にプラスの電荷の陽子があって、その回りをマイナスの電荷を持つ電子が飛び回り、光子を投げ合って電気的な力を感じていると考えられていたのです。（なぜ複数の陽子が反発し合うことなく原子核の中に留まっていられるのかというのはその頃の大問題でした。）しかし、その後、原子核の中には陽子のほかにも「中性子」という電氣的に中性な粒子が存在していることが分かり、また、電子にはプラスの電荷を持った「陽電子」という相棒がいることも分かりました。さらに、ミュー粒子やパイ中間子などの新しい粒子が次々と発見され、1970年代には、実に100種を超える「素粒子」が見つかっていました。そうすると、それらがすべて本当に素粒子であるとは信じられません。丁度その100年前に元素の持つ規則性から周期表が提案された頃と同じ様に、これらの粒子にも何かしら規則性が無いかといういろいろ検討されるようになったのです。

みなさんも元素の周期表はなじみ深いと思います。現在知られている元素が軽いものから順に規則正しく並べられている表で、「スイヘイリベツホカノフネ…」なんて語呂合わせで順番を覚えた人も多いのではないのでしょうか。もちろん初めから周期表という表があったわけではなくて、いろいろな元素が見つかっていくうちに性質の似たものがあることが分かってきて、それをまとめていくうちに周期性が発見されたのです。皆さんが学校で習うときには既に表になっている状態で目にするのであまり意識したことがないかもしれませんが、最初に表にまとめるのはかなり難しい作業です。そのころには発見された元素の数も数十あったとはいえ、元素はまだ正体の分からない「点」だったわけですから、中に原子核や電子があるということさえ分かっていなかったのです。原子番号や酸化数といった概念を創り、未発見の元素の存在や性質を予想することで説の正しさを立証したわけです。「素粒子」の場合も似たようなもので、半端な電荷（プラス3分の1とかマイナス3分の2）や「色」（赤・青・緑とその補色）といった概念が生まれました。陽子や中性子はクォーク3つ、中間子はクォーク2つからなるクォークモデルの誕生です。図2に現在「素粒子」と考えられている粒子を挙げておきます。前と違うのは、クォークが元素のように身近な物質ではないということでした。それどころか、クォーク自身は決して単独で取り出すことのできないものであることが分かってきたのです。（この仕組みを考えた物理学者3人が2004年のノーベル物理学賞を受賞しました。

また、クォークに「色」という自由度を与えて理論上の問題点を解決した南部洋一郎シカゴ大名誉教授に、2005年、アメリカ版ノーベル賞とされているフランクリンメダルが与えられました。)

実は、この素粒子像も最終的なモデルとは考えられていません。1つには、質量を生み出す「ヒッグス粒子」が載っていないからです。また、皆さんには一番お馴染みの重力も全く登場していません。

世代という形でなにやら規則性らしきものも見えてきています。これらに対して現在の「標準モデル」は答えを出してくれないのです。

LHC実験の一番の目的は、ヒッグス粒子の発見です。ただし、実験に携わっている研究者は誰もが、ヒッグス粒子のみならず、未知の粒子が発見されることを願っています。ヒッグス粒子以外何も新しい粒子が見つからないと、次にどこを探せば新しい現象が見えてくるか見当が付かないからです。謎の粒子が次々と見つかり、次の理論がどのような性質を持つべきかいろいろな証拠を提供してくれるのを期待しているのです。もしかすると、来年の今頃には、今とは全く違った理論が展開されるようになっているのかもしれないのです。

このような物理実験には専門家にならないと参加できないのでしょうか。そんなことはありません。例えば、茨城県つくば市にある高エネルギー加速器研究機構（KEK）では、3年前からBファクトリー実験のデータを一部、高校生向けに公開し、「新粒子探索」への参加を呼びかけています。
(<http://belle.kek.jp/b-lab/>) 昨年度までに既に300名近い高校生・大学生・一般人が参加していて、新粒子の発見はまだ実現していないものの、非常に珍しい粒子をいくつか再発見していてKEKの担当者を驚かせているそうです。

また、今年の夏には、大学生を対象に「夏の学校」が開催される予定で、世界第一級の研究者による講演・講義に加え、最先端施設を用いた演習プログラムや若手ティーチングアシスタントによる綿密な指導が計画されています。
(<http://ksc.kek.jp/>) 私も九州地区リエイゾンの一人ですから、興味のある方は是非大学までご一報下さい。

何事にもまず興味を持つことが大事です。そして、ちょっとは手を動かしてみましょ。最初は難しそうに見えても、やってみれば意外と簡単なことが多いものです。そして、長く続けられそうなことを探してみましょ。

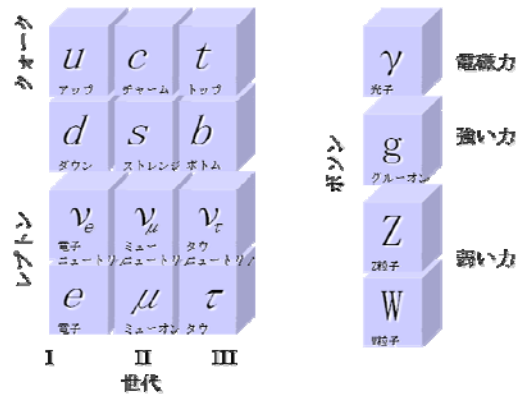


図 2 現代の素粒子たち