



ヒッグス粒子発見とその意味

浅井 祥仁

ヒッグス粒子の発見は、ただ単に「標準理論」最後の未発見粒子が発見されたというチョロい話ではない。真空の概念を変えるこの発見は、時空や真空の物理へのパラダイムシフトの始まりである。この新しいパラダイムでは、宇宙の暗黒物質や暗黒エネルギーの理解や、宇宙誕生の謎に迫ることが期待されている。本解

説では、ヒッグス粒子の基礎と、実験でどのように発見したかを解説する。

Keywords: Higgs, origin of mass, LHC, ATLAS detector, super-symmetry, standard model of particle physics, inflation and vacuum energy

1. まえがき

「私が生きているうちに見つかるとは思わなかった」(ペーター・ヒッグス博士：2012年7月4日発見会見にて)。あの熱気に満ちた会見をご記憶の方も多と思われる。ヒッグス粒子発見は、素粒子業界のみならず、一般のメディアでも大きく取り上げられた。これまでの“個性のない”素粒子と違って、ヒッグス粒子はほかの素粒子にまわりついて「質量」を与えたり、真空に隠れてなかなか出てこないなど、ひと味もふた味も違うイメージ(イメージ先行ですが)があって、多くの方の興味を引くことになった。数式を使わずにこのイメージをもっと正確にまとめてみる。

これまで素粒子は2つのグループに大別されていた(図1)。1つは、物質を形作る素粒子で、もう1つは力を伝える素粒子である。物質を形作る素粒子(レプトンとクォーク)は

スピン 1/2 をもつフェルミ粒子である。一方、力を伝える素粒子(光、グルオン、 Z^0 、 W^\pm 粒子：それぞれ電磁気力、強い力、弱い力を伝える)は、ゲージ粒子と呼ばれ、スピン 1 のボース粒子である。ゲージ粒子の「ゲージ」とは何か？ゲージというと本来は尺度のことであるが、このネーミングは歴史的経緯で使われただけで本当は“位相の帳尻合わせ”である。量子力学的存在の素粒子は、粒であると同時に波である二重性をもっており、位相があることが波の特徴である。この位相(θ)の取り方は、相対性原理を考えると時空の各点で自由に設定してよいので、 θ の座標の自由な取り方でずれた $\Delta\theta$ を補償するために“帳尻合わせ”粒子が伝わる。この帳尻合わせで粒子の位相が動き、力が働くのである。これが「ゲージ原理」であり、自然に力が説明でき、クォーク・レプトンとゲージ粒子の関係(相互作用)も一意に決まってしまう。素粒子物理学の基本原則となっている。

このように力を伝える素粒子は、位相の帳尻を合わせるため、無限遠 ∞ まで伝達しないとイケない。しかし質量があるボース粒子の伝搬は $e^{(-r/R)}$ となるので、実質 R (質量の逆数)しか届かず、質量とゲージ原理は矛盾する。この矛盾を環境(真空)に押しつけてしまうのが、ヒッグス機構である。どうしたことかというところ、”ゲージ粒子は質量がゼロ”である。しかし真空が対称性を破った状態にあるため、もっと具体的にいうと、弱い力の電荷をもった状態であるので、その中を伝わる Z^0 や W^\pm 粒子(弱い力を伝える)は一見“質量をもった”ようになる。図1では、模式的に第三極としてヒッグス場を表し

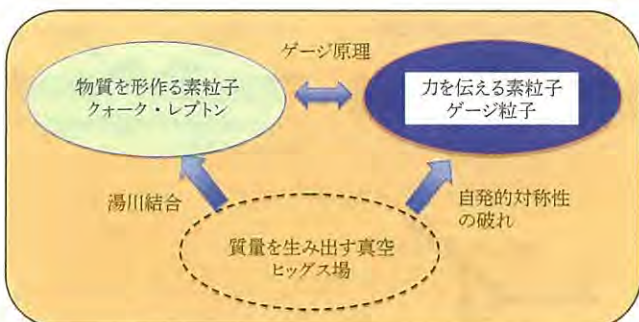


図1 素粒子：標準理論の概念図。

ているが、その実態は、クォーク・レプトンやゲージ粒子を包んでいる全体の入れ物である。ここで注意したいのは、主人公はヒッグス粒子なのでなく、ヒッグス場である。この違いを皆さんに身近な磁場を例に考える。磁場が、時間変動、空間変動しないで宇宙全体に一樣に存在しているような感じがヒッグス場である（磁場はスピン1で方向があるが、ヒッグス場はスピン0で方向がない）。その磁場にエネルギーを与え（励起させ）、時間・空間的に変化するようにすると、電磁場（量子化すると光子）として観測されるのと同じである。素粒子に質量を与えているのは、励起されたヒッグス粒子ではなく、一樣に存在しているヒッグス場のほうである。

真空が、そんな特殊な状況に自然になるのだろうか？ それこそが、南部陽一郎博士が唱えた「自発的対称性の破れ」である。南部先生の発想の道筋に沿って、超伝導で考える。超伝導体の中という“特殊な環境”の中では格子効果で、電子同士が緩やかな束縛状態になりクーパーペア（マイナス2の電荷）ができる。これがボース統計に従い、極低温で最低エネルギー状態（基底状態）に縮退する。こういうことが自然（自発的）に起きる。このマイナス電荷の基底状態では、電磁気力のゲージ粒子である光が質量をもったようにみえて伝搬できなくなる（マクスナー効果）。このマイナス電荷の基底状態の不自然さが南部先生の心に引っかかり、その理解の過程から「自発的対称性の破れ」に到達した。南部先生のすごいところは、超伝導体という特殊な環境で起こっていることを、“宇宙全体に応用し、宇宙が変な基底状態（真空）になる”ことを示したところにある。この応用が自然観に大きな変革をもたらした。

次に図1の左側、物質を形作っている素粒子（クォーク・レプトン）を考える。スピン1/2なので粒子の運動方向で量子化した場合、運動方向と同じ向き（右巻きRと呼ぶ）と逆向き（左巻きL）が可能である（図2上）。一番身近な電子で考えると、2つのスピン状態（スピンの2価性）を表しているぐらいに思われるだろう。しかし、弱い力に対する性質がこの2つは全く違う。左巻き粒子は、弱い力の電荷をもっているが、右巻きはもっていない。これがパリティの破れの原因である。右巻きと左巻きは鏡に映した関係（パリティ対称）になっているが、弱い力の電荷が異なり対称性は破れている。この

ように右巻きと左巻きは2価なのでなく、実は“赤の他人”なのである。もしこれらの粒子に質量があると、図2上に示したとおりに、光速でローレンツ変換すると右巻きと左巻きが入れ替わってしまわずい。したがって、これらの素粒子の質量はゼロであり、光速で運動していなければならない。これがカイラル対称性であり、質量がある現実世界と矛盾する。

我々の住んでいる真空が、弱い力の電荷をもった状態（ヒッグス場が弱い力の電荷を担っている）であることでこの矛盾も解決できる。真空に満ちているヒッグス場とフェルミ粒子の左巻き・右巻き粒子が結合すると仮定する。この反応の形は湯川秀樹博士の予言した核力モデルと同じ形なので、湯川型結合と呼ばれている。図2下に示すように、この反応で、右巻き粒子が真空から弱い電荷をもらって左巻きになり、また左巻きだったやつが真空に電荷を戻して右巻きになったりする。この反応で直進できなくなり、結果として光速より遅く質量が生じているように見える。これにより右巻きと左巻きが混合し、混合パラメータが質量である。一挙に2つの質量の矛盾（ゲージ対称、カイラル対称性）を解決できる。ただし、このクォーク・レプトンの場合は、湯川型結合を仮定し、その強さ（これが質量に比例する）がなぜこんな値になっているのかは、目をつぶっている。ゲージ粒子の質量と異なり、クォーク・レプトンの質量は、ヒッグス場だけでなくもう一段仮定が必要であり、その結合定数にも何か胡散臭さが漂う。

2. LHC 加速器（ヒッグス粒子を作り出す）

前章で述べたように多少の胡散臭さはあっても、我々の真空がヒッグス場に満たされているという仮定で「標準理論」と呼ばれる枠組み（図1）ができた。物理学は実験学問であり、本当にそんな真空に住んでいるかは実験で確かめなければ何の価値もない。相手は宇宙全体に一樣にいる「真空」であり、かつ弱い力しか感じない場である。どうやって検証するか？ 場があれば、エネルギーを与えてやれば励起させることができる。世界で一番有名な式といわれる $E=mc^2$ が意

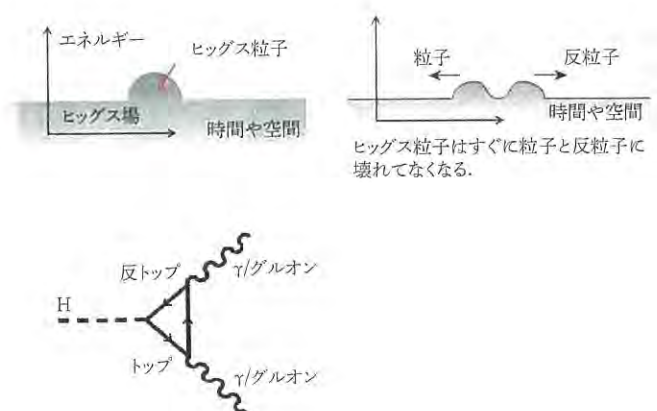


図3 ヒッグス場とヒッグス粒子の関係：ヒッグス粒子の生成と崩壊（左下）ヒッグス粒子が仮想トップクォーク対を介して $H \rightarrow \gamma\gamma$ やグルオン対に崩壊する。 $H \rightarrow \gamma\gamma$ 崩壊には同様に仮想的な W 対の反応過程も効果を及ぼす。

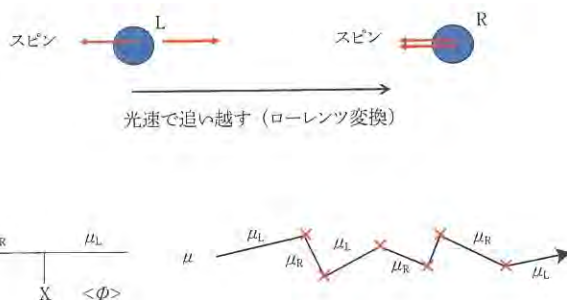


図2 フェルミ粒子の質量（左巻き、右巻き混合と質量）



図4 LHCトンネル内部の写真：(地下100 m. 1周27 km). 青い管が加速管。

味するように、エネルギーは粒子になるので、ヒッグス場が励起されるとヒッグス粒子になるのである(図3左上)。具体的には大型の加速器で高い粒子同士を衝突・対消滅させ、エネルギーだけを真空に残して場を励起するのである。

LHC¹⁾ はジュネーブ郊外にあるCERNで建設された1周27 kmの大型加速器(図4:トンネル内部と加速器)であり、光速の99.999997%まで加速した陽子($E=4$ TeV(テラ電子ボルト))同士を衝突させる。余談だが、数TeVというエネルギーは、小さなハエがブーンと飛んでいる運動エネルギーに相当する。アボガドロ数オーダーの物体の運動エネルギーに相当するエネルギーを1個の陽子が担っている。

陽子は、加速器の中の2つのリングを反対向きに回っているが、1周のうち4カ所でリングを交差させて衝突が起きるようにしている。この4カ所に検出器を配置して、衝突反応で出てくる粒子の種類・運動量を精密に測定し、どのような反応が起こったかを調べる。4つのうちATLAS検出器¹⁾とCMS検出器¹⁾の2つは、ヒッグスを狙うライバルである。ATLAS検出器に日本から16研究機関約110名の研究者が参加しており、検出器の製作や、ヒッグス粒子探索競争で大きな貢献をしている。

重心系エネルギー $4+4=8$ TeVで陽子同士を衝突させているが、陽子が直接素粒子反応にあずかるわけではなく、「パートン」と呼ばれる陽子を構成している素粒子(クォークやグルオンなど)が反応を行う。弱い力しか感じないうえに、大きなエネルギーを担っているパートンは多くないので、ヒッグス粒子生成の反応はなかなか起きない。そこで、衝突頻度(ルミノシティ)を高める必要がある。ヒッグス粒子を発見するには重心系エネルギーの高い衝突を行うと同時に、高いルミノシティが不可欠である。

では、どうやってルミノシティを上げるか? 加速器の中で陽子は約 1.6×10^{11} 個(n とする)の塊(バンチ)になって回っている(図5)。この塊の断面の大きさを σ_x, σ_y (z は進行方向)、バンチが毎秒 f 回交差するとして、ルミノシティは、
$$L = \frac{n \times n}{4\pi\sigma_x\sigma_y} f \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{]}$$
となる。 n はspace charge(プラス電荷の陽子を集めるので反発力がある)があるため、これく

バンチ構造

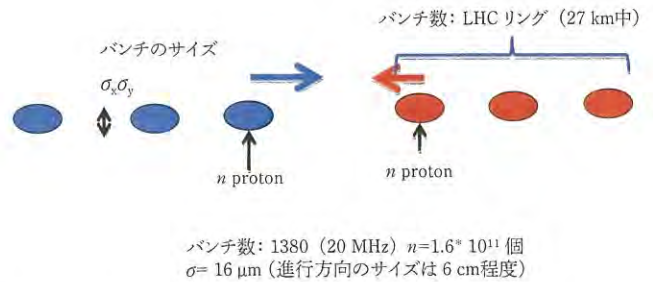


図5 加速器内部のバンチ構造(左から青色のバンチ、右側から赤色のバンチが交差して衝突が起こる)。

らいが妥当な数であり、 f を大きくするか(すなわち、バンチ数を多くする)、 σ を小さくする(ビームを絞る)ことでルミノシティを上げる。

2012年は最終的に1380バンチまで増やし($f=20$ MHz), $\sigma=16 \mu\text{m}$, $L=7.6 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, 積算ルミノシティ(L を時間で積分したもの) 21 fb^{-1} が得られた。2011年の 5 fb^{-1} と合わせておおよそ 26 fb^{-1} になる。半径約1 fm程度の陽子の幾何的な面積から推測できるように、陽子同士がぶつかる断面積が約 $7 \times 10^{-26} \text{ cm}^2$ であり、 26 fb^{-1} の積算ルミノシティは、約2000兆回陽子同士をぶつけた勘定である。そこまでしないと、ヒッグス粒子は捕まえることができないくらい難しいのである。この途方もない数を考えると、冒頭のヒッグスさんの喜びの言葉が決して大げさではないことがわかる。先ほどのハエの雑談の続きだが、LHC加速器に蓄えられている陽子全体のエネルギーは100 MJ以上にも達する。これは大型ジェット旅客機の着陸直前の運動エネルギー相当である。

図6にヒッグス粒子の代表的な2つの生成過程を示す。陽子は、3つのクォークでできているが、そのクォークを結びつけるために、無数のグルオンが中に存在している。そのグルオン同士が消滅してヒッグスを生成するものである(グルオン融合過程)。グルオンはヒッグス場とは結合しないが、ヒッグス場と強い結合をもつトップクォークを介して、真空のヒッグス場を励

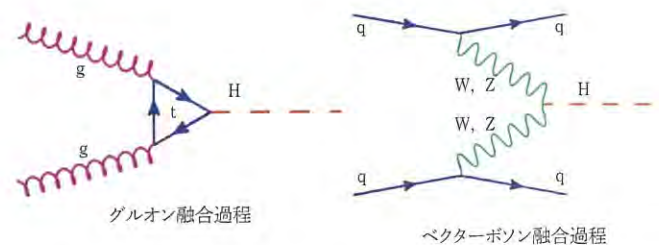


図6 代表的なヒッグス生成過程。(左)グルオン融合過程。(右)ベクターボソン融合過程。ともに左から右に時間が流れている。

[†] 積算ルミノシティは、断面積の逆数になる。断面積の単位b(バーン)は 10^{-24} cm^2 。

起してヒッグス粒子を取り出す。グルオン融合過程の反応断面積は 20 pb であるので、 26 fb^{-1} でおよそ 50 万事象生成されたことになる。

また陽子の中のクォークから W^\pm 粒子や Z^0 粒子が放出され、これらのゲージ粒子が対消滅してヒッグス粒子を生成する過程（ベクターボソン融合過程）の断面積は 2 pb と約 1 桁小さいが、湯川型結合を調べるときに重要になる。

3. ATLAS 検出器（ヒッグス粒子の痕跡を捉える）

ヒッグス粒子は、ヒッグス場、すなわち真空が励起した状態なので不安定である。 10^{-21} 秒ぐらいの短い時間で、粒子・反粒子に壊れてしまう（図 3 右上）。どんな粒子対に壊れやすいかは、どれだけヒッグス場と強く結合するかによる。ヒッグス場との結合は質量に比例するので、重い粒子対に壊れやすい。質量 130 GeV 以下のヒッグス粒子の場合、ボトムクォーク対（58%）、 W^+W^- （20%）、グルオン対（9%）、 $\tau^+\tau^-$ （7%）、チャームクォーク対（3%）、 Z^0Z^0 （3%）、 $\gamma\gamma$ （0.2%）の 7 つの崩壊パターンがある（カッコで示した数字は質量が 126 GeV の場合の崩壊分岐比）。質量のない γ やグルオンにもなぜ崩壊するのか？ その質量ゆえにトップクォークはヒッグス粒子には強く結合するが、トップクォーク対を生成するには 350 GeV 程度のエネルギーが必要であり、軽いヒッグス粒子からは難しい。しかし、結合が強いのので不確定性の許す短い時間（ 10^{-26} 秒程度）だけトップクォーク対に壊れ、すぐにトップクォーク対は対消滅してしまう。トップクォークは電荷やカラー荷をもっている所以对消滅する際、光やグルオンを放出し、結果としてグルオン対や γ 対に崩壊したように見える（図 3 下）。

直接ヒッグス粒子を捕まえることができないので、代わりに崩壊で放出された粒子対を捕えて、その運動量、エネルギーを測定する。そのベクトル和が崩壊前ヒッグス粒子の 4 次元運動量になり、その不変質量がヒッグスの質量になる。このようにヒッグス粒子を探索する。

崩壊で放出された粒子の種類、エネルギー・運動量を精密に測定する必要があり、ATLAS 検出器がその役割を担っている。図 7 に ATLAS 検出器を示す。検出器の大きさは直径 22 m、長さ 44 m、重さ 7000 t と巨大である。なぜこんなに巨大になるかというと、同じサイズの検出素子でも、アームを長くして測定すると、より細かく、より高い精度で測定できるからである。ATLAS 検出器の中に 1 億 1 千万チャンネルのセンサーが組み込まれている。一番内側には半導体（シリコン）でできた位置測定センサーがあり、粒子の出てきた場所を 100 ミクロンの精度で測定する。この領域には超伝導磁石で 2 テスラの磁場がかけられており、その曲がり方から荷電粒子の運動量を測定する。その外側には、薄い鉛と液体アルゴンでできた電磁カロリメータがあり、電子や光のエネルギーや方向を測定する。その外側には鉄とシンチレーションカウンタでできたハドロンカロリメータがあり、ハドロンと呼ばれるクォークでできた粒子のエネルギーや方向を測定する。

これらの鉛と鉄を通過できる粒子は、 μ 粒子とニュートリノだけである。そのため最外層には、ワイヤチェンバを設置し μ 粒子の測定を行う。こうして測定された全粒子のベクトル和をとると、エネルギー・運動量保存則から見えない粒子（ニュートリノ）の情報が得られる。これは ATLAS 検出器の構成であるが、ライバルの CMS 検出器も同じコンセプトで作られている。

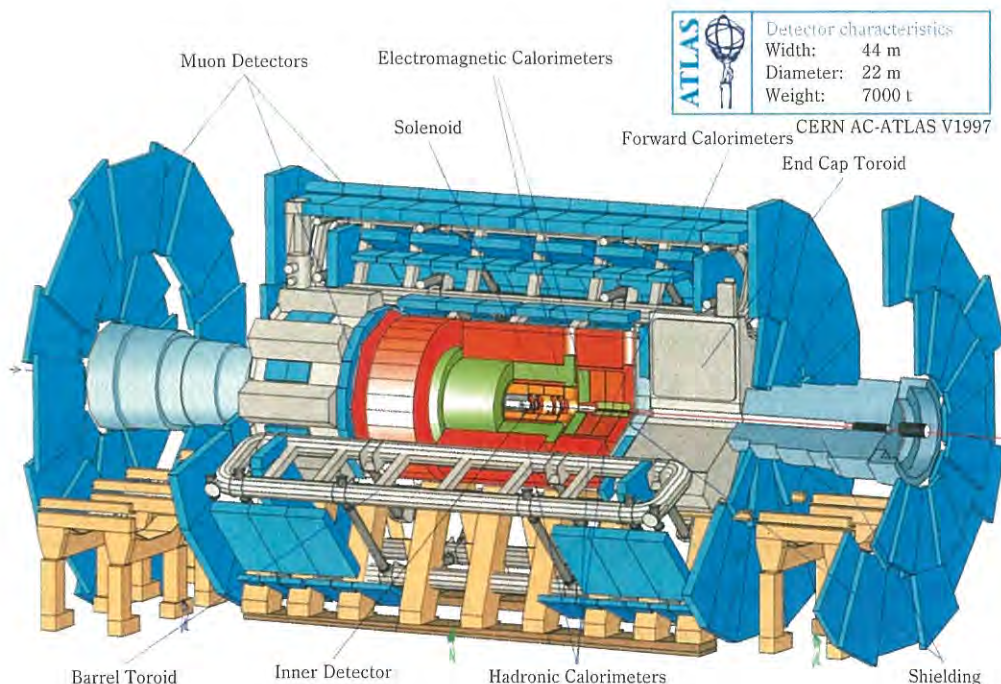


図 7 ATLAS 検出器 中心から外側に向かって、内部飛跡検出器（シリコン半導体）、ソレノイド磁石、電磁カロリメータ、ハドロンカロリメータ、ミュオン検出器、トロイド磁石が設置されている。



図8 観測された事象の例。H → γγ 事象の候補。中央の飛跡検出器で観測されている粒子は、エネルギーの低いヒッグス粒子生成とは無関係の粒子である。

4. ついに発見

ヒッグス粒子以外の反応過程から同じ粒子対が出ることも多く、これらはバックグラウンドとなる。LHCでは、反応しやすい陽子同士を衝突させているので圧倒的にバックグラウンドが多い。バックグラウンドが比較的少なく、なおかつ高い測定精度^{††}が期待できるパターンが有利なので、γ線やレプトン(電子やμ粒子)が最終状態の崩壊パターンが高感度になる。バックグラウンドまで加味して、どの崩壊パターンが、発見能力が高いかを並べると、(1)ヒッグス(H) → γγ (2) H → ZZ → 4レプトン (3) H → WW → 2レプトン + 2ニュートリノ (4) H → τ⁺τ⁻ (5) H → b \bar{b} の順になる。

まず、H → γγを考える。図8に実際に観測された事象を示す。図7のATLAS検出器を真ん中で輪切りにしたものを横から見ている図である。中央が半導体検出器で構成されている運動量測定装置である。その外側に電磁カロリメータの5時と11時の方向の箇所細長い塊が見えるのが、γ線が観測されたことを示している。このようにγ線2つが観測されている事象を約2000兆回の衝突の中から選んでくる。膨大な量のデータを扱うために必要となる計算機はCPU26万台DISK容量180ペタバイトという途方もない量である。これらのコンピュータ資源は参加各国が自国で準備し、これらを高速ネットワークで結んでGRID技術を用いて、あたかも1台のコンピュータのように運用¹⁾している。

図9にH → γγの実験結果を示す。横軸は観測された2つのγ線の4元運動量から再構成した質量である。検出された2つのγ線が1つの粒子の崩壊で生じている場合は、その

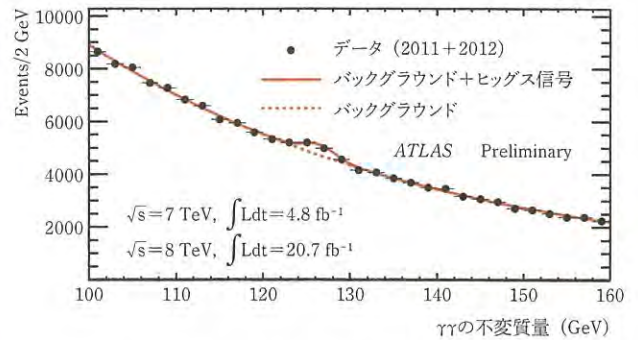


図9 H → γγ. 2光子の不変質量分布。黒点：実験データ(2011+2012年)、赤実線：バックグラウンド+ヒッグス信号、赤点線：バックグラウンド、126 GeVのところにきれいなピークが観測されている。

粒子の質量に相当する位置に信号が生じる。一方、2つのγ線がお互い関係ない過程から出た場合、その不変質量はランダムになり連続分布のバックグラウンドを構成する。γ線のエネルギー測定精度が高いため、質量測定の分解能($\sigma=1.7$ GeV)が高く、バックグラウンドの連続分布の上にきれいなピークになる。図に示すように、126 GeVにきれいなピークが観測された。

この結果は、親粒子のスピンの情報も与えてくれる。γ線2つに崩壊する過程を捉えているので、親粒子のスピンは0か2となる^{†††}。ヒッグス粒子は、図6に示すスピン1のグルオン2つが融合する過程から主に生成される。このため、親粒子のスピンの場合、γ線はももとのグルオンの方向に出やすくなる。一方、親粒子がスピン0だった場合は、方向(角度)の情報が失われるため、γ線は等方的に出る。実験データはスピン0を支持しており、ヒッグス粒子の性質と一致する。

図10にほかの崩壊過程の探索結果として、H → ZZ → 4レプトンの結果を示す。Z粒子の質量は91 GeVなので、ヒッグス粒子の質量が126 GeVとすると、古典的にZ粒子2個に壊れるのは不可能であるが、Z粒子は寿命(崩壊幅2.5 GeV)が短く量子力学の効果で壊れることが可能である。Z粒子はいろいろな崩壊パターンがあるが、エネルギー測定精度が高い電子対かミューオン対に壊れたパターンを選び出す。この割合(それぞれ3%)がかなり少ないために、事象の数は減ってしまうが、質量測定の分解能($\sigma=3$ GeV)が高く、ほとんどバックグラウンドがないため、きれいなピークが125~6 GeVに観測された。まだ統計量が少ないため、質量の中心値などの誤差が大きいが、ヒッグス粒子から期待されている量のきれいなピークである。4つのレプトンの方向の相関から親粒子のスピンやパリティの測定が可能であり、スカラ(スピン0パリティ変換に対して正)であることがわかった。

2012年7月4日までに、発見しやすい順に(1)H → γγ

^{††} 測定精度が高いと、ヒッグス粒子の信号はその質量の狭い領域に集まるので、相対的にS/Nがよくなる。

^{†††} スピン3以上も可能だが、時空の対称性を考えると好ましくない。

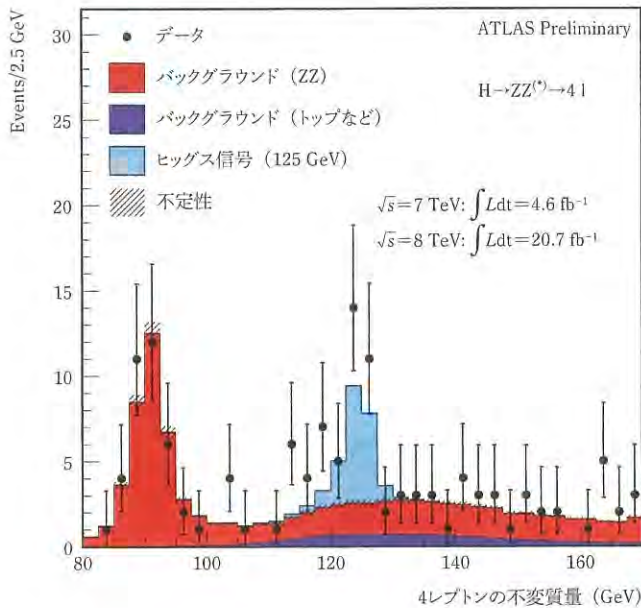


図10 H → ZZ → 4レプトン。4レプトンの不変質量分布。黒点：実験データ（2011 + 2012年）。赤色ヒストグラム：バックグラウンド、水色ヒストグラム：ヒッグスの期待される信号。データ125~6 GeV のところにピークが観測されており、ヒッグス粒子の予言とほぼ一致している。

(2) H → ZZ がはっきり（それぞれ 3σ 以上の確度）観測され、おぼろげながら（2σ 程度）(3) H → WW が観測された。これらの結果はヒッグス粒子と考えると矛盾がない結果であった。全ての結果が 126 GeV をポイントしているうえに、ATLAS, CMS 両グループとも同じ箇所に同じ強さで発見（(1) ~ (3) を合わせると各グループ独立に 5σ の確度）されたので、そこで「ヒッグス粒子と思われる新粒子」発見²⁾を宣言したのである。それが冒頭にふれた熱気に満ちたあの発表の日である。「と思われる」と付いているのは自信がないからでなく、標準理論の予言する簡単なヒッグス粒子でなく、もっとエキサイティングなものかもしれないからである。

その後も研究が続けられ、実験データも約 2 倍になり、スピン、パリティの測定、(3) H → WW が 3σ 以上の確度になり、(4) H → τ⁺τ⁻ もおぼろげにみえてきた 2013 年 3 月 14 日に「見つかった新粒子は、やっぱりヒッグス粒子だった」と発表した。第 1 章で述べたが、クォーク・レプトンへの結合の強さは多少胡散臭い。それが期待どおりに見えたことで、ヒッグス粒子であることは間違いない、となったのだ。

^{††††} インフレーションやビッグバンの種は今回見つかったヒッグスではないが、アナロジーで考えられる。

5. むすび

質量の起源の解明がヒッグス粒子発見の大きな意義であるが、ヒッグス粒子発見の本当の意義は、「相転移を宇宙全体に応用（適用）」したことの初めての実験的な証拠である。相転移と真空のエネルギーによって宇宙が誕生・進化してきたという現代宇宙論の基幹をなすアイデアの初めての実験的な証拠が、このヒッグス場の発見である。真空が特殊な状態にあり、そのことで素粒子に新たな性質が付加されたり、真空のエネルギーがインフレーションやビッグバンのエネルギーの源になる^{††††}。

さらに、ヒッグス粒子（ヒッグス場）は図 1 に示すように新しいカテゴリ（スピン 0）である。フェルミ粒子、ゲージ粒子には、それぞれカイラル対称性、ゲージ対称性という基本原理が背後にあった。スピン 0（方向のない真空に起因している）のヒッグス場にも基本原理が必要であり、これがない場合は不安定（無茶苦茶重くなる）になる。その基本原理は何か？ その一番の候補が超対称性^{1,3)} である。これはスピンの 1/2 だけ違う素粒子の対称性であり、これがあるとスピン 0 のヒッグス場にも 1/2 のカイラル対称性があることになる。これだけだと何か怪しい詐欺にあった感じであるが、スピンは、素粒子が空間をどのように見ているか表す（時空と素粒子を結ぶ）重要な性質であるので、時空（一般相対論）と素粒子（量子力学）を結ぶミッシングリンクであると考えられている。また、暗黒物質の候補や力の大統一の示唆など多くの優れた性質を有している。

ヒッグス粒子の発見は、素粒子よりその入れ物である真空や時空（超対称性が見つければ）の物理へのパラダイムシフト⁴⁾ であり、その意味でヒッグス発見を「7 月革命」と呼ぶのも納得いく。LHC は 2015 年より重心系エネルギーを 14 TeV へと大幅に高めて実験を再開する。背後の基本原理は何か？ がわかると大いに期待している。

文献

- 1) 特集「LHC 実験が始まる」：日本物理学会誌 62, 907 (2007).
 - 2) ATLAS Collaboration: Phys. Lett. B 716, 1 (2012), CMS Collaboration: Phys. Lett. B 716, 30 (2012).
 - 3) 浅井祥仁：日本物理学会誌 66, 813 (2011).
 - 4) 浅井祥仁：ヒッグス粒子の謎（祥伝社新書, 2012).
- (2013 年 4 月 8 日 受理)

Profile



浅井 祥仁 (あさい しょうじ)

専門は、大小織り交ぜての素粒子物理実験

(1) エネルギーフロンティアでの加速器実験 ヒッグスや超対称性粒子の研究

(2) 新しい光源を使った素粒子実験やポシトロニウムを用いた QED 検証

趣味は、天体観測と歴史研究。