

シカゴで開催されている ICHEP2016 国際会議に LHC からの新たな結果の洪水が押し寄せる。

ジュネーブおよびシカゴ。2016年8月5日。シカゴにて開催中の国際会議”ICHEP 2016”において、CERNで実施されているLHC実験の新たな結果を素粒子物理学者がたくさん発表している。昨年初めて13TeVでの物理現象を垣間見たが、新たに取得した大量のデータにより、実験グループは13TeVというエネルギーフロンティアに真に踏み込み、未踏のエネルギー領域を探索している。LHC共同実験グループは100以上の新たな結果を発表したが、その多くは新たに取得した2016年の結果である。

LHCが素晴らしく順調に稼動しているおかげで、わずか2、3ヶ月の運転により、LHC実験では2015年に取得したデータの5倍のデータを2016年に取得した。LHCでは、一定の時間内にどれだけの陽子・陽子衝突を引き起こすことができるのかを表す尺度に関するパラメータ（ルミノシティ）が、6月に設計値を超えた。そのルミノシティでは、1秒間に10億回以上の衝突が発生し、高エネルギーで発生する極めて稀な現象をも生成できる。LHCは想定以上の性能を発揮し、2016年の目標であった 25fb^{-1} のデータ取得が視野に入ってきた。 1fb^{-1} というのはデータ取得量の指標で、だいたい100兆回の陽子・陽子衝突に相当する。世界中に広がっているLHCのグリッド計算機（WLCG）も、年初以来これまでに25PB以上のデータを記録して処理しており、これまでの記録を塗り替えている。

「LHC加速器は、設計値のルミノシティを超え、120%の性能が出ており、まさに新たな時代に踏み込んだ。」とCERN加速器技術部門長のフレデリック・ボードゥリ氏は語る。「大きな成功であり、我々がLHCラン2の目標を超えるであろうことに自信を持っている。」

物理学者たちは、LHC実験により記録された莫大なデータと戦いこの数ヶ月間一生懸命働いた。より莫大なデータを解析することにより、標準模型事象のより精密な測定や、高エネルギーで生成しうる新粒子の直接生成をより高い感度で探索することが可能になった。たとえば、2012年に発見された125GeVのヒッグスボソンは、新たなエネルギーである13TeVでも、高い統計的有意さで観測されている。さらに、ATLASとCMS両実験は、標準模型現象の新たな精密測定を行っている。特に、高いエネルギー領域での相互作用の予想からのずれの探索は、間接的ではあるが標準模型を超える物理の非常に高い感度の試験となっている。

「物理学者にとってこの数年で今が一番エキサイティングな時期だ。というのも、我々は本格的に未知の大地を掘り起こしているから、すなわち、これまでにないエネルギーで素粒子物理を探索しているのだ。」と、CERN研究および計算機部門長のエックハルト・エルゼン氏は語る。

ATLASとCMSは、超対称性やその他の標準模型を超える物理理論で予言される新粒子直接生成の兆候を探っている。しかし、新しい物理に対する説得力のある確証はまだ得られていない。特に、2015年のデータからは光子対に崩壊する750GeVの共鳴ではないかという興味をそそるヒントがあり、多くの興味を引き起こしたのだが、たくさん収集した2016年のデータセットでは現れず、統計的な変動であったようだ。

LHCbもフレーバー物理という分野において、多くの新たな結果を発表した。とりわけそのハイライトは $B^0 \rightarrow K^+ K^-$ という崩壊の発見である。これは、これまでに観測されたB中間子のハドロンへの崩壊の中では最も稀なものであり、CPの破れに対する前例のない感度での探索でもある。CPの破れは、非常に精緻な現象で、自然が反物質よりも物質を「好む」ことを説明するものだ。LHCbでは、 B_s メソンの輻射崩壊による光子の偏極測定や、13TeVという衝突エネルギーで鍵となる幾つかの過程の生成断面積の決定のような、何らかの新たな物理現象をさらけ出すのに役立つであろう測定も行っている。それらの幾つかは、最初にちらっと見たところ、現在の予測と違ってはいない。

4つ全ての実験グループがLHCでの重イオン衝突の結果を発表している。ALICEグループは、クォーク・グルーオン・プラズマの特性についての新たな測定結果を発表している。このような物質の極限状態は、ビッグバンの数100万分の1秒後に存在していたもので、LHCで加速された重い原子核の衝突で極めて短い時間の間再現することができる。ALICEの物理学者たちは、加速器でこれまで到達していなかった高い衝突エネルギーでの様々な基本的な物理量の測定を行ったり、プラズマ中でのクォークニウム状態生成の抑圧に関する研究を行っている。これらの結果により、このような物質の原初的な状態において核力がどのように修正を受け、衝突中にクォークがどのようにして通常の粒子の中に束縛されていくかについての情報を得ることができる。新たなエネルギーでのプラズマの粘度も測定することができて、その結果によると、プラズマはほぼ理想的な液体として流れて、より低い衝突エネルギーで観測した振る舞いと一致していた。

「私たちは今旅の始まりにいるにすぎない。」とCERN所長のファビオラ・ジャンノッティ氏は語る。「LHC加速器、実験、そして計算機の素晴らしい稼働状況は、数TeVというエネルギースケールでの詳細かつ包括的な探査が極めてうまくいくこと、そして、基礎物理学に対する我々の理解が有意に進歩することの前兆だ。」