

出張報告書

出張先 CERN(スイス)

1. 出張目的

2. CERN について

3. 実際に見学した ATLAS と COMPASS について

4. まとめ

理学部物理学科

クオーク研究室 4 年

09312001

阿部健太

1. 出張目的

海外の研究機関を実際に訪問することで、最先端の素粒子物理学研究の環境や、日本とは、違う異文化の世界に触れる。及び語学研修。

研修期間 2012年9月3日～2012年9月17日

2. CERN について



空中写真

CERN はスイスのジュネーヴ郊外でフランスと国境地帯にある、世界最大規模の素粒子物理学の研究所である。

素粒子とは自然界を構成する最も基本的な粒子の事で下のような種類があります。

通常の粒子

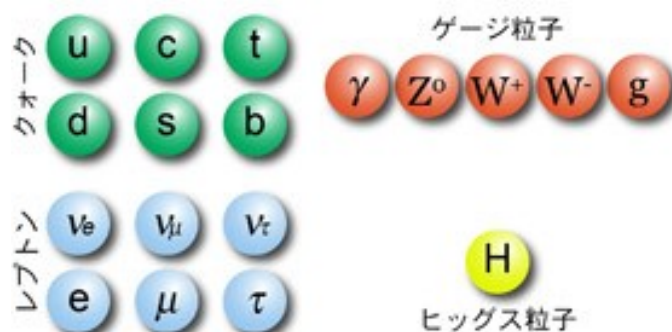
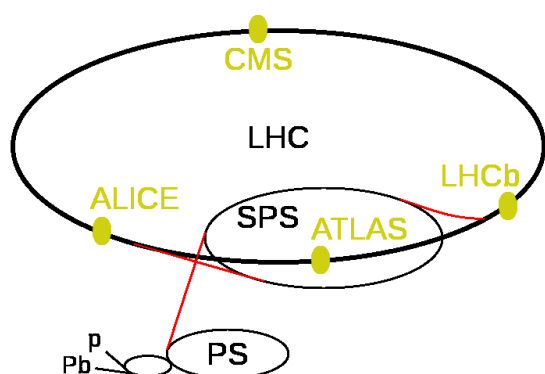


表 1

クォークとレプトンは物質を構成する素粒子、ゲージ粒子は重力などの力を伝える素粒子である。

CERN の地下には 全周 27km の円形加速器・大型ハドロン衝突型加速器 (LHC) が、国境を横断して設置されている。LHC は先行実験器である大型電子陽電子加速器 LEP に接続する形で建造されている。主に陽子同士のビームの衝突によって起きた高エネルギー状態で宇宙初期の様子を再現している。LHC では 4 か所でビームの衝突が行われておりそれぞれの場所で ATLAS、CMS、ALICE、LHC b、等の実験が行われている。

*ハドロンとはクォークとグルーオンという 2 つの素粒子でできている粒子。たとえば陽子や中性子など



CERN の加速器の略図

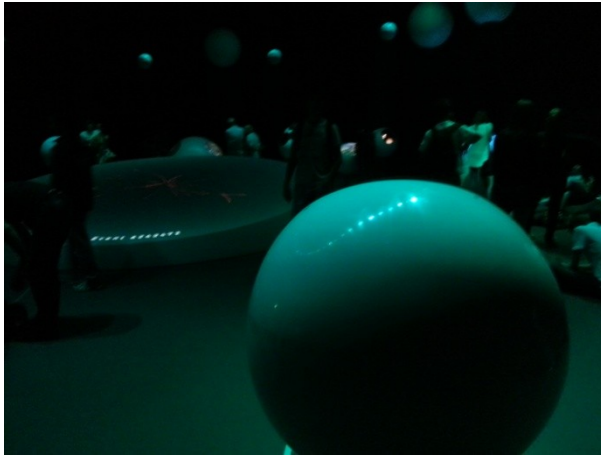
実際に見学させていただいた ATLAS ではヒッグス粒子などの探索が行われている。(ヒッグス粒子については、後で説明します) 山形大学が参加している COMPASS 実験は SPS という加速器(上を参照)を使用している。

そのほかには、globe などの観光施設がある。



globe の外観

ここには CERN で使われている機器類の模型などが展示されていたり、CERN の概要の説明がされていたりする。



globe 内部の写真

手前の球体はシートになっていて、中にあるボタンを押すと宇宙の成り立ちなどについてのナレーションを聞くことができる。それ以外には、1 時間に 1 回プラネタリウムの上映がある。

3. 見学させていただいた ATLAS と COMPASS について



ATLAS の建物の写真

次に実際に見学させていただいた ATLAS と COMPASS についての報告をしていきます。最初に ATLAS について説明します。ATLAS は先ほど少し説明したようにヒッグス粒子の検出を試みている実験装置です。ヒッグス粒子とは素粒子の質量を生み出す粒子の事です。空間にはヒッグス粒子が満ちていてこれを「ヒッグス場」とよびます。素粒子が動こうとすると空間にヒッグス粒子が満ちているために、素粒子が動こうとすると ヒッグス粒子が邪魔することがあります。これが素粒子の質量、すなわち動かしにくさの起源だと考えられています。つまり、素粒子がヒッグス粒子と頻繁にぶつかるという事が「質量が大きい」ということの本当の意味なのです。例えば電子はヒッグス粒子と衝突するので高速で

は進めないが、ヒッグス粒子と衝突する確率は低いので質量は小さい。次にウィークボゾン（表 1 の W 記号）はヒッグス粒子と衝突し、しかも衝突する確率が高いので質量が大きい。一方、光子はヒッグス粒子と衝突しないので、高速で進むことができるつまり質量ゼロ。逆にいえば、光子は空間中を光速未満で進むことができません。光子は、生まれた瞬間から光速で動き続ける運命なのだといえます。ヒッグス粒子がなければ、私たちの体を作っている電子などの素粒子も、光速で進んでしまいその場にとどまっていられなくなります。物体の構造が保たれているのは、空間にヒッグス粒子が満ちているからです。

ヒッグス粒子は空間中に、ぎゅっと詰まっているので、1 個だけ取り出すという事は、通常できません。そのため、加速器を使って大量のエネルギーを空間につぎこみ、“ごつん”と、叩き出す必要があります。ATLAS では、陽子をほぼ光速まで加速して、正面衝突させます。その膨大な衝突エネルギーを使って空間からヒッグス粒子をたたきだそうとしています。叩き出されたヒッグス粒子は不安定ですぐに別の素粒子に崩壊すると考えられています。ヒッグス粒子の崩壊には多数のパターンがあり。その中で予想が高いとされているのが下のようなものです。

①光子（ガンマ線）2 つに崩壊

②Z 粒子 2 つに崩壊

③W 粒子 2 つに崩壊

④ボトムクォークと反ボトムクォークに崩壊（反ボトムクォークは反粒子の一つで反粒子とは電荷が逆の粒子 例えば電子の場合は陽電子）

⑤タウ粒子と反タウ粒子に崩壊

これらのうち光子を除く素粒子はいずれも不安定なので、より質量の小さな別の素粒子へとすぐに崩壊する。例えば Z 粒子はミュー粒子・反ミュー粒子ペアや、電子・陽電子ペアに崩壊する。実際に地下にある検出器は見ることはできませんでしたが入り口にある検出器の模型を見ることができました。

次に山形大学も実際に参加している COMPASS 実験についてこの実験は簡単に説明すれば核子（陽子と中性子）のスピンの起源を探る研究です。



COMPASS 建物の入り口

スピンとは、素粒子の自転の勢いに相当するものです。実は、「物質を形作る素粒子の仲間」と「力を伝える素粒子の仲間」の違いは、このスピンにあります。前者のスピンは2分の1という値ですが、後者のスピンは整数値（1もしくは2）です。



COMPASSで実際に使われている検出器の写真

陽子のスピンは陽子内部のクォークのスピンを足し合わせると陽子スピンの値になるのか？と昔考えられていましたが、結果は、陽子のスピンにクォークのスピンはほとんど関与していませんでした。これを“スピクライシス”と呼びます。陽子のスピンを担っていると思われていたクォークのスピンは予想をはるかに下回る部分でしか担っていませんでした。そこで何が陽子のスピンを担っているのかここで登場するのがクォークを陽子内で結び付けているグルーオン（表1のg記号）です。このグルーオンのスピンの役割を調べるのがCOMPASS実験です。具体的には、スピン偏極（スピンの向きをそろえること）したミュオン(表1の記号 μ)を同じく偏極した陽子ターゲットなどに衝突させて入射粒子や放出粒子の方向、飛跡を求め、粒子の種類やエネルギーを求めるなどを行っています。（それを検出する検出器が上の写真です。）

5. まとめ

今回の海外研修は、いろいろな意味で非常にいい経験ができました。CERN以外にも実際にジュネーヴ市内の中を観光していろいろな建物や様々な人たちと会話できたのは、私のなかですごく大事なことを学べたと思っています。

ただ今回の研修は、反省すべき点が非常に多くなかでも会話のコミュニケーションがなかなかとることができませんでした。何度か一人でジュネーヴ市内や、フランス側に出かけましたが、その際何度か現地の人に話しかけられましたが会話を聞きとることができず。ジェスチャーでやり過ごす場面がありました。また、CERN内のホテルの人に“Can you

“speak English?”と聞かれた時は、自分の英語力のなさを痛感しました。CERNや国連、ILOなどで働いている日本人の方々が流暢な英語で会話をしているのを見てそこでも、自分の能力不足をあらためて感じもっと英語の訓練が必要だと思いました。大学院でも海外の研究の発表会に参加する機会があると思いますので、次は今回の経験を生かしていければいいなと考えています。



ジュネーヴ市内のアーチ橋

終わり