

提出日 平成 23 年 10 月 31 日
理学部 物理学科 09312003 安藤 峻

研修報告書

研修期間 平成 23 年 9 月 3 日 ~ 平成 23 年 9 月 17 日

研修場所 スイス ジュネーブ 郊外の CERN (欧州原子核研究機構)

研修内容 1. CERN の概要
2. COMPASS 実験

1. CERN 概要

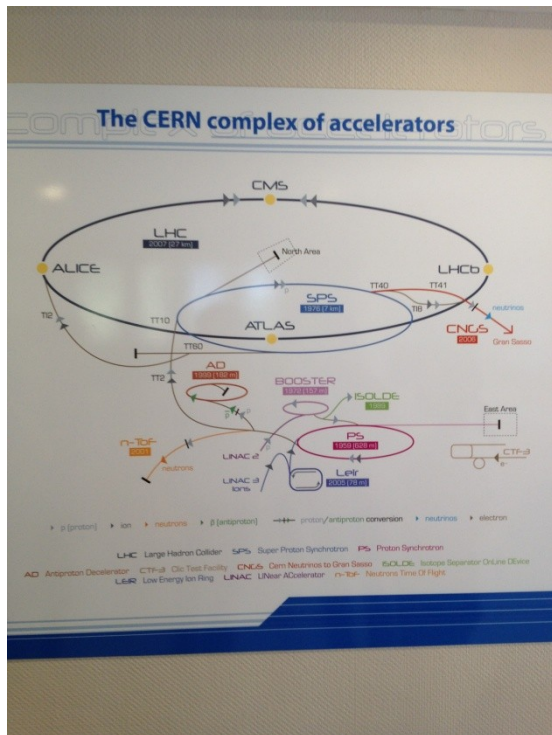
CERN (欧州原子核研究機構) とは素粒子の基本法則や現象を加速器を用いて探求する研究機関であり、その研究所はジュネーブ郊外のスイスとフランスの国境にまたがるように位置している。加盟国は 20 カ国あり、加盟国以外の国 (日本など) も利用している大規模な研究施設である。

CERN は主に加速器を用いた実験を行う施設であり、世界最大の加速器である LHC (The Large Hadron Collider) 直径約 9km 全長 27km の円形の加速器がある。

加速器とは粒子を光速近くまでに加速し、高エネルギーの状態で粒子同士を衝突させる装置である。加速器は実験の際に放射線を出すため、CERN では地下 50m~150m の深さにあるトンネルの中に加速器を埋めており、特別な資格を持つ者しか入れないようになっている。

CERN を代表する大型の加速器として、LHC と SPS の二つがある。LHC には検出場所として ATLAS、ALICE、LHCb、CMS、の 4 つがあり、それぞれの検出場所で LHC を使い様々な実験を行っている。この中でも有名なのが ATLAS 検出器をつかった ATLAS 計画であり、その実験目的として、質量の起源である「ヒッグス粒子」の発見、大統一理論、ダークマターの有力候補とされる超対称性粒子の探索、標準理論の確認などがある。

一方、加速器 SPS では山形大学も参加している COMPASS 実験が行われている。



← CERN にある加速器の地図

一番大きな円が LHC

LHC の左右上下黄色い部分が検出器

下が ATLAS

上が CMS

左が ALICE

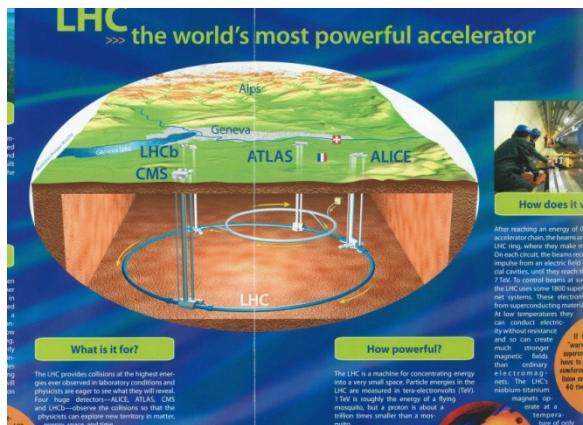
右が LHC b

二番目に大きな円が SPS

山形大学が参加している COMPASS

実験が行われている

検出器は SPS の上の四角い部分



加速器 LHC と SPS

図のように地下 50m～150m の
深さのトンネルの中にある



← 検出器 ATLAS のある建物

この建物の地下に ATLAS がある

建物に ATLAS の絵が描いている

実際の検出器と同じ大きさになっている

2. COMPASS 実験

CERN で山形大学が共同研究しているのが、この COMPASS 実験である。この実験には 10 カ国もの国が参加しており、およそ 220 人の研究者が参加している。

この実験の目的は、核子の構造の解析、特に核子スピンの起源を調べることである。核子とは陽子や中性子のことであり、これらは常に地球の自転のような回転をしていて、これをスピンという。このスピンを引き起こしているものを調べるのが目的である。

何がスピンの寄与しているのかを調べるためには、核子の中を調べなくてはならない。核子の内部構造として素粒子であるクォークやグルーオンがある。このクォークやグルーオンがスピンにどう関係しているのかを調べる。

その方法として加速器と偏極ターゲットを使う。この実験では、CERN の加速器 SPS で粒子（ミューオン）を加速し、スピンの方向を揃えた陽子や中性子に衝突させる。その反応を検出器をつかって検出し解析する。

このスピンの方向を揃えた陽子や中性子を偏極ターゲットと呼ぶ。山形大学ではこの偏極ターゲット装置について研究している。

今回の研修では主に COMPASS 実験に関する研究設備を見学し、学んできた。

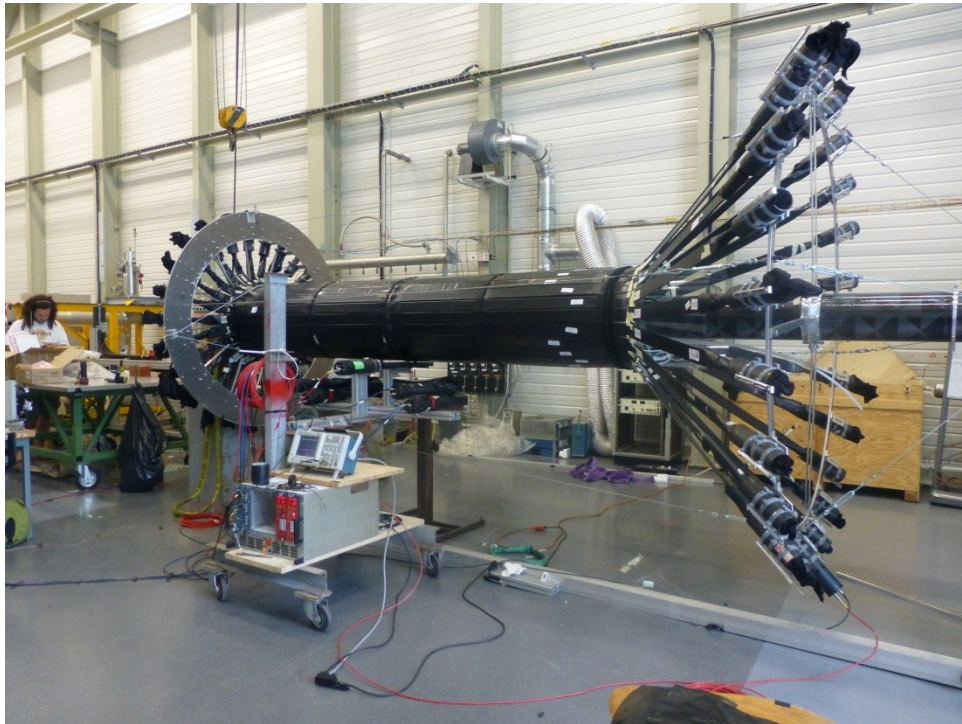
下の写真は実際に実験で使用する検出器である。筒の内側で黒いビニールに覆われている部分がシンチレータである。シンチレータとは電離性の放射線が通過した際に光子を出す物質である。ここで使われているのはプラスチックシンチレータであり、その動作原理は簡単に言うと、シンチレータに電離性放射線が入射すると、分子がエネルギーを受け取り励起される、その分子が基底状態に戻ろうとしてエネルギー準位を下げるときに、そのエネルギー分の光子を放出する、というものである。

検出器の中で粒子同士が衝突し、その時に発生する色々な物質にシンチレータが反応し光子を放出する。しかし、この光子だけでは少なすぎて電気信号として観測できないため、光電子増倍管を使って光子の数を 1000 倍以上に増幅する。こうして、高エネルギーの粒子同士の衝突による反応を電気信号として読み取ることができる。



← 検出器の手前側にある
多数の筒状のものが
光電子増倍管

人間と比較すると
検出器がいかに大きい
物かが分かる



また、上の写真も検出器の一部である。この装置は、前のページにある検出器の中に入れるものである。見てわかるように、この装置も前の装置と同様に光電子増倍管がつけられていて、内側にはシンチレータが装着してある。この検出器を前ページの検出器の中に入れ、検出器を二重にすることで、発生した粒子がどういったルートをたどったのかを解析することができる。

CFRP について

二重にした検出器の内側に **CFRP**（写真次ページ）を入れる。**CFRP** とは **Carbon-Fiber-Reinforced-Plastic** つまり炭素繊維強化プラスチックである。これは強化剤に炭素繊維をもちいた繊維プラスチックであり、母材には主にエポキシ樹脂が使われている。**CFRP** の特徴として、高い強度と軽さ、そして密度の小ささがある。

CFRP はターゲットを包囲する真空ジャケットとして用いられている。**CFRP** は検出器の内側にあるため、粒子の衝突によって生じた粒子は検出器のシンチレータに接触する前に **CFRP** の真空ジャケットを通過していく必要がある。その際に粒子のエネルギー損失が起こる。この損失を最小限に抑えるために、真空ジャケットの密度はできるだけ小さくある必要がある。よって、十分な強度と、密度の小ささ（エネルギー損失の少なさ）がある **CFRP** が、この実験で使われている。



← 縦になっている棒状の物が CFRP

この CFRP は山形大学で
色々な検査や測定を行った後に
CERN に送ったものである。

2 本の CFRP が山形大学
から CERN に届けられた。

CERN ではこれを本当に実験で
使えるかどうかを見極めるために、
再度検査をする。



← 実際に CFRP の測定をして
いる

真空引きを行い、真空度
の測定をすることで、
2 本のうちのどちらの CFRP
を使うべきかを調べている。

この CFRP はひび割れが
あったため良い測定結果が
でなかった。

まとめ

世界的に有名な研究機関であり、憧れであった CERN に実際に行き、素粒子物理学の最先端の実験設備を見学し、そこで働く研究者の方たちとお話できたことは、これから自分が物理学を学んでいく上での大きなモチベーションとなりました。

自分が普段大学で学び研究していることが、少しでも CERN での実験に役だっているということを実感でき、研修を通して、自分が研究すべきことや自分が目指していることがより具体的に分かったように思います。