

平成27年度「国際研究プロジェクト」公開報告書 LHC 加速器を用いた高エネルギー原子核衝突実験における国際共同研究

筑波大学数理物質科学研究科 物理学専攻 博士前期1年
杉浦哲郎

概要、目的

今回の国際研究プロジェクトとしての宇宙史拠点実習・研修では2月20日から3月10日までスイス、ジュネーブ郊外の欧州共同原子核研究機構(CERN)に行きALICE 実験のデータ解析を行った。ALICE 実験は CERN-LHC 加速器によってほぼ光速まで加速した原子核同士を衝突させることで、ビッグバン直後と同じ高エネルギー状態であるクォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)を作り出し、そこで発生した粒子などを検出することで宇宙誕生の理解を深めることが目的である。

ALICE 実験ではさまざまな検出器を用いて生成粒子を測定しているが、今回は EMCal(電磁カロリメータ)と TPC(時間射影型荷電粒子軌跡測定用ガス検出器)を用いた解析を行った。TPCは電場と磁場をかけることで粒子の軌跡を再構成することができる検出器であり、磁場による軌跡の曲率から同時に運動量も測定することができる。EMCalは光子、あるいは電子がおこす電磁シャワーを、シンチレータを用いて全電子のエネルギー損失量を光の量として観測する検出器であり、入射光子、あるいは電子のエネルギーを測定することができる。

今回の解析の最終的な目標はこの EMCal を用いて測定した光子や2つの光子のペアから再構成した π^0 中間子と、TPC を用いて測定したハドロンを用いた2粒子相関を測定しハドロンの中におけるエネルギー損失や光子の性質の理解を深めることである。

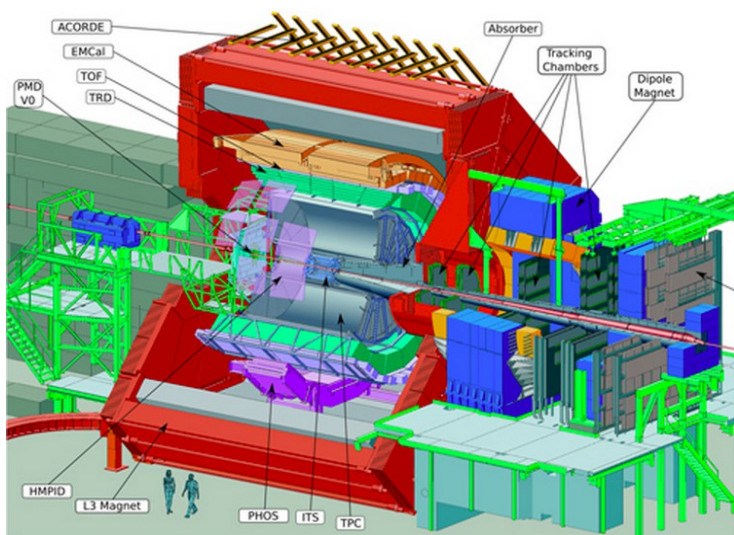


図1、ALICE 検出器



図2、CMS 検出器

CERN で行った解析

この解析を行うための準備として必要なことが3つある。1つは EMCal のから電子やハドロンを含むクラスターを取り除き、光子のクラスターのみを選び出すこと、2つ目にその光子からペアをつくり不変質量を計算し、 π^0 のピークを確認し、ランダムな

組み合わせからくるバックグラウンド分離することである。3つ目はハドロン・ハドロン、包括光子・ハドロン、 π^0 ・ハドロン等の2粒子相関を方位角差($\Delta\phi$)や擬ラピディティー差($\Delta\eta$)の関数で測定することである。そして、最終的にはシミュレーション等も含めて直接光子・ハドロン相関を測定することを目標とする。

EMCalの解析においてはまず電子や荷電ハドロンを取り除くためにいくつかのカットをする必要がある。まずTPCの軌跡と一致する(近くにある)EMCalのクラスターを取り除くことで荷電粒子由来のトラックをカットする。これはトラックマッチングカットと呼ばれ、光子がTPCにおいては観測されないことを利用するものである。次にエネルギーが低いクラスター、クラスターのセル数が極端にすくないクラスターをカットする。これは荷電ハドロンは電磁シャワーを起こさず貫通するため、これによりハドロンの大部分を除くことができる。他にも電磁シャワー形状から長軸の長さが一定以上のものを除き、重なった2光子を排除し、単光子由来のクラスターのみを選び出す。そうして得られた光子からペアを作り、不変質量を計算する。これは二つの光子の重心系からみた質量であり、このペアが π^0 の崩壊から生じた光子だとすれば、 π^0 の質量である135MeV付近にピークが見える。

一方でTPCを用いたハドロン・ハドロン2粒子相関の測定を行った。2粒子の ϕ 、 η の差の分布をreal(同一衝突事象)分布とする。さらに、アクセプタンスなどの影響をとりのぞくために2つの異なるイベントからの2粒子分布をmix分布とし、real分布とmix分布の比を求め、アクセプタンスの影響を取り除き、集団運動の様子やジェット分布などの情報を得る。この2粒子相関分布を、さらに基準となるトリガー粒子に対して付随して生成されるアソシエイト粒子の収量を求め、特に鉛・鉛衝突の中心衝突度や、2粒子の横方向運動量を変えて測定した。

結果

今回のデータ解析では、特に中心衝突で多くの組み合わせからくるバックグラウンドにより π^0 中間子の再構成が思うように進まなかったが、2粒子相関においてはjet分布や集団運動からの相関等を確認できた。

また、ALICE実験のシフトを見学し、ALICE実験がどのようなものなのか現場を見ることができたこと、またCMS実験の検出器を見学し、実際にこの目で実験のための検出器を見ることができた。他にも毎週CERN研究所で行われている物理解析ワーキンググループ会議やセミナーなどに参加することもでき、実験の会議がどのように行われているのかを直接体験することもできた。また、物理データ解析だけでなく、生活面においても、現地で大学院生、研究者、教員の方に様々な助言をもらい、貴重な経験ができた。