

## 令和 4 年度 (2022) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文 : Knee 領域および最高エネルギー領域での宇宙線反応の実験的研究 英文 : Cosmic ray interactions in the knee and the highest energy regions
研究代表者 毛受弘彰 (名古屋大学)
参加研究者 伊藤 好孝、村木 綏、大橋 健、近藤 萌、北上悠河 (名古屋大学)、 笠原 克昌、(芝浦工大)、 櫻井 信之 (徳島大学)、 埴 隆志、佐川 宏行 (東大宇宙線研)
研究成果概要 本研究では、LHC および RHIC 加速器の最前方方向生成粒子を測定することによって、宇宙線と地球大気とのハドロン相互作用を理解することを目的とする LHCf 実験と RHICf 実験を推進する。これによって、宇宙線空気シャワーの観測結果から一次宇宙線情報推定の系統誤差を低減することができる。 2022 年度には LHC 加速器での重心系衝突エネルギー13.6TeV 陽子-陽子の測定を 9 月に実施した。測定は LHCf 実験に最適なビーム条件 (低ルミノシティ、最大のバンチクロッシング角) で実施され、3 日間の測定で 300M イベントを取得した。2015 年度に衝突エネルギー13TeV で実施した測定では 40M イベントであったことから単純な統計でも 7 倍以上のデータを取得できたことになる。加えて、今回の測定でターゲットとしている高エネルギー $\pi^0$ 、 $\eta$ に特化したトリガーを新規に導入したことによって効率的なイベント取得を行うことができたため、解析に対する有効統計は 20 倍以上となった。図 1 は、2 光子事象に対する再構成質量の分布である。測定と同時に行ったクイック解析の結果ではあるが、 $\pi^0$ と $\eta$ の質量に相当するピークがはっきりと見て取ることができる。この解析時は、CPU リソースの制限から取得したデータの 4 分の 1 の統計しか解析に使われていないが、 $\pi^0$ と $\eta$ とともに 2015 年時の測定の数倍の統計数が取得できたことが確認できた。2015 年データを使った両解析では統計誤差が主要な誤差となっているため、2022 年データの解析によって測定精度の大きな向上が期待できる。

また、2022年の測定時にはこれまでと同様に ATLAS 実験との共同測定を実施している。今回の測定のこれまでとの大きな違いが、AFP と ZDC 検出器との共同測定と取得できた統計数の2つである。AFP はロマンポット型検出器で回折事象によって散乱された陽子を直接測定することができる検出器であり、これまで行ってきた回折事象のより詳細な研究が可能となる。ZDC 検出器は LHCf 検出器の後ろに設置されるカロリー

メータ型検出器であり、LHCf と ZDC の2つを組み合わせることで中性子のエネルギー分解能を40%から20%まで飛躍的に向上させることができる。LHCf と ZDC の共同のビームテストを2021年に実施しており、350GeV 陽子ビームを使って分解能向上を確認している(2021年度報告)。またデータ取得ではこれまででは ATLAS のデータ取得側で LHCf トリガーに対してプリスケールされてデータ取得されていたが、今回の測定ではそれがなくなり、2015年の50倍の共同イベントの取得ができた。

最後に、毎年開催している「空気シャワー観測による宇宙線の起源探索勉強会」について報告する。本年度は、3月27-28日の日程で名古屋大学とオンラインでのハイブリット開催で実施した (<https://indico.cern.ch/event/1244851/>)。採択いただいた研究費は、この研究会のハイブリット対応機器の整備のために使用した。研究会では、多くの学生、若手研究者からの講演があり、活発な議論が行われた。

学会発表等：

- “Very forward particle measurement with LHCf and RHICf”, H. Menjo et al., 招待講演, ISVHECRI 2022 (Virtual, 23-28 May 2022)
- “Status of the LHCf experiment” K. Ohashi et al., UHECR 2022 (L’Aquila, Italy, 3-7 Oct. 2022)

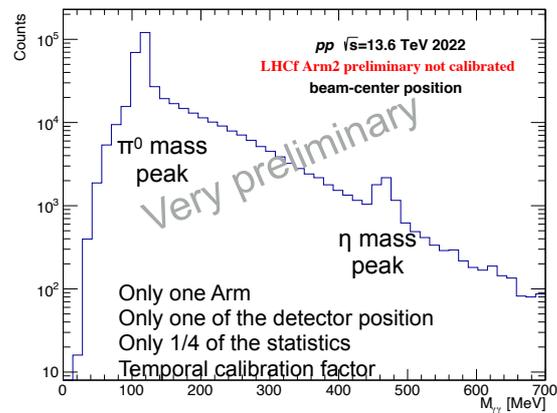


図1：2022年取得したデータによる2光子事象の再構成質量分布。