

令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

<p>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</p>
<p>研究代表者 毛受弘彰 (名古屋大学)</p> <p>参加研究者 伊藤 好孝、村木 綏、北上悠河、小林春佳、木下幸祐 (名古屋大学)、 笠原 克昌、(芝浦工大)、 櫻井 信之 (徳島大学)、 塔 隆志 (東大宇宙線研)</p>
<p>研究成果概要</p> <p>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。</p> <p>2022 年 9 月に LHC 加速器の重心系エネルギー $\sqrt{s} = 13.6$ TeV の陽子-陽子衝突の測定を実施した。この測定では約 3 億イベントのデータ取得に成功し、これは 2015 年に行った陽子-陽子衝突測定の約 7 倍に相当する。このデータを用いた物理解析を行う前のデータのチェックやキャリブレーションを 2023 年度は行ってきた。検出器はカロリメータ型であり、最終的なターゲットである光子や中性子の微分生成断面積測定のためにはエネルギーキャリブレーションがとても重要になる。これまでの測定では、LHC 測定前後に行った SPS 加速器を用いたビームテストの結果を用いてキャリブレーションを行ってきた。しかし、今回の測定では高統計データを活かして、LHC で取得したデータ自体を使ったキャリブレーション方法を新たに開発して、導入した。これによってエネルギースケールの誤差をこれまでよりも小さくすることができた。また ATLAS 実験との共同解析の準備も進めており、LHCf と ATLAS 間で取得したデータから同じ衝突のイベントを見つけ出し、マッチングさせる作業が完了し、いよいよ物理解析を進めていこうとしている。</p> <p>また、これまで取得したデータの解析も同時並行で進めており、2015 年に取得した重心系エネルギー $\sqrt{s} = 13$ TeV の陽子-陽子衝突データを用いた解析によって得られた η 中間子の微分生成断面積の結果を発表した (図 1)。η 中間子はストレンジクォークを含む粒子であり、超前方領域のストレンジ粒子生成量を推定するため</p>

のプローブになる。この結果をハドロン相互作用モデルによる予測と比較し、どのモデルも完全にはデータを再現しないことがわかった。

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研究会」について報告する。本年度は、3月26-27日の日程で宇宙線研究所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/1358926/>)。参加登録者数40名、講演数25件あり、若手を中心とした参加者間で活発な議論が行われた(図2)。将来の宇宙線研究の方向性を検討するために現状を理解するという目的で、今年は「今の観測結果から何がいえるのか」をテーマにして、各分野の若手研究者が講演を行った。採択いただいた研究費は、この研究会への共同利用研究者の旅費で使用した。

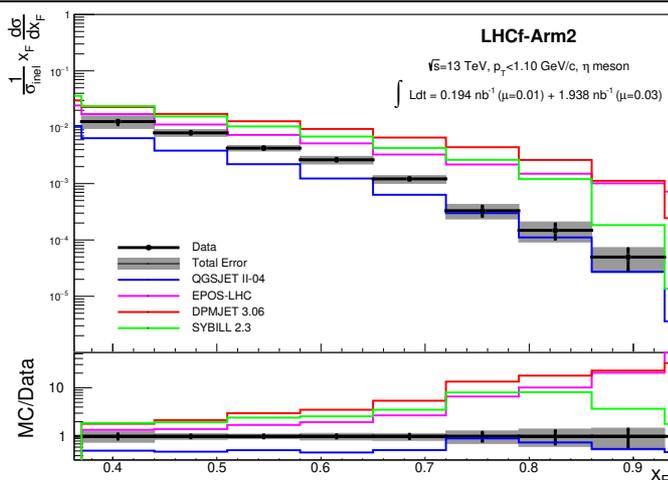


図1 LHCf 実験による 13TeV 陽子 - 陽子衝突での η 中間子の微分生成断面積測定の結果。色線はさまざまなハドロン相互作用モデルによる予測を示している。



図2 研究会参加者の写真

論文発表

- G. Piparo, et al. (LHCf collaboration), Measurement of the forward η meson production rate in p-p collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the LHCf-Arm2 detector, JHEP 10, P169 (2023)

学会発表

- 毛受弘彰 他 LHCf Collaboration, LHCf 陽子-酸素原子核衝突測定に向けた準備状況, 日本物理学会 2024 年春季大会, オンライン, 2024 年 3 月 18-21 日
- 毛受弘彰 他 LHCf Collaboration, LHCf 実験の最新結果と今後の展望, 日本物理学会第 78 回年次大会, 東北大学, 2023 年 9 月 16-19 日