

2019 (令和元) 年度 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、上野 真奈、佐藤 健太、大橋 健 (名古屋大学)、
笠原 克昌、(芝浦工大)、
櫻井 信之 (徳島大学)、
塔 隆志、佐川 宏行 (東大宇宙線研)

研究成果概要

高エネルギー宇宙線の観測は、宇宙線と大気の衝突によって生じる粒子カスケードシャワー (空気シャワー) を地上の検出器でとらえることによって行われている。空気シャワー発達を正しく理解するためには、1 次宇宙線および空気シャワー中の 2 次粒子による高エネルギーハドロン反応の理解が不可欠である。Telescope Array と Pierre Auger の両実験で報告された約 10^{19}eV の超高エネルギー宇宙線による空気シャワー中の地上ミューオン数のシミュレーション予測に対する超過が、近年の研究で 10^{16-18}eV の空気シャワーでも生じていることが示唆されている。このことから広いエネルギー領域でのハドロン相互作用の理解の重要性がましている。本研究では、LHC 加速器と RHIC 加速器を用いて 10^{14-17}eV 領域でのハドロン相互作用研究を空気シャワー発達に重要な超前方領域に着目して行っている。下記に本年度の成果を示す。

- LHCf 実験のデータ解析

これまでに LHCf 実験でさまざまな衝突エネルギーの陽子衝突と陽子-鉛原子核衝突のデータを取得しており、順次このデータ解析を進めている。本年度は、重心系エネルギー 13 TeV の陽子衝突の中性パイオンのプレリミナリーな結果を夏の宇宙線国際会議 (ICRC2019) で発表した。また中性子データの解析をアップデートした結果を論文投稿した (arxiv:2003.02192)。ATLAS 実験との共同データ解析も進めており、異なる実験間で共同で進める難しさもあって予定より遅れているが、LHCf で検出された光子を用いたデータ解析はほぼ終了し、論文投稿へ向けたドキュメンテーションを進めている。

- RHICf 実験のデータ解析

2017年に重心系エネルギー510GeVの陽子衝突のデータを取得しており、現在はこのデータ解析を博士課程学生を中心に精力的に行っている。光子、中性子、中性パイオンの解析が同時に進行中であるが、その中で、RHICf実験の最初の物理解析の論文として中性パイオン生成のスピンの非対称性測定の結果を投稿した。(arxiv:2003.04283)

- LHC-RUN3 期間の LHCf 実験の測定準備

LHC 加速器は 2021 年から再稼働し、2021-2023 年が RUN3 オペレーション期間と定義されている。この期間中に、LHCf 実験では陽子-陽子衝突の再測定と、陽子-酸素原子核衝突の測定を計画している。本年度の 6 月に物理目的、検出器のアップグレードと測定計画をまとめて Technical Report (CERN-LHCC-2019-008)として LHC 運営委員会に提出した。これが認められ、陽子衝突再測定が承認された。酸素原子核測定についても加速器側の技術的に検討が開始され、実現の可能性が極めて高くなった。

この測定に向けて、現在はデータ読み出しシステムの高速化を実施しており、約 4 倍の改善の見込みを得ることができた。2020 年度に新システムの完成を目指して準備を加速させている。

- 宇宙線空気シャワー発達に対する回折事象の影響の研究

宇宙線と大気原子核の衝突によって生じる相互作用には、いくつかの種類があり、その 1 つが回折事象である。この回折事象は理論予測が難しく、モデリングの不定性が高い。そこで回折事象の空気シャワー発達に対する影響をシミュレーションを用いて回折事象の割合などのパラメータごとに系統的に明らかにした。この研究により回折事象のモデリングの不定性はミューオン超過の主要因ではないことがわかった。この研究成果の論文投稿を現在準備中である。(ICRC2019、大橋健)

毎年、本共同利用研究と共同利用研究「新しい宇宙線空気シャワーシミュレーションコード 開発」の合同勉強会として開催している「空気シャワー観測による宇宙線の起源探索勉強会」を本年度も 3 月 23 日、24 日の日程で開催で準備を進めていたが、昨今のコロナウイルス対策のために開催を延期した。今回は約半日の若手セッションと、「将来計画」をテーマとしてシニアセッションを予定しており、講演者もすでに確定している。コロナウイルス感染拡大の収束後に開催を予定している。