

## 平成 30 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
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、鈴木 拓也（早稲田大学）、 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	<p>高エネルギー宇宙線によって生じる空気シャワー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。本研究では、LHC 加速器と RHIC 加速器の最前方粒子測定を行うことで、宇宙線空気シャワーに用いられるハドロン相互作用の研究を行う。それぞれ加速器での実験（LHCf、RHICf）はこれまでに測定を行っており、2018 年度はこれまでに得られたデータの解析と 2020 年以降の LHC 加速器を用いた測定についての検討が進展した。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 2015 年に取得した LHC 加速器の 13TeV 陽子陽子衝突のデータ解析を進め、最前方中性子の生成微分断面積を明らかにした（JHEP 2018 73）。ハドロン衝突で生じる中性子測定は、ハドロン衝突における非弾性度（粒子生成に使われるエネルギーの割合）の測定につながるために重要である。ゼロ度方向で測定された中性子のエネルギースペクトルは特徴的なピーク構造をしめしており、この構造は既存のどの相互作用モデルでも再現されなかった。この構造を説明するアイデアとして陽子間のパイオン交換反応が挙げられているが、下記の ATLAS との共同解析を含めた詳細な検討が必要である。</li><li>• LHCf-ATLAS 共同解析において、陽子陽子衝突での回折事象の研究を進めた。回折事象はハドロン衝突の約 20%をしめる反応で、LHCf 実験による最前方領域と ATLAS 実験による中心領域の両測定を組み合わせることで回折反応の選別が可能となる。去年度の研究をさらに進めて、回折反応内の 2 つの主要カテゴリである片側回折と両側回折事象ごとの最前方光子生成断面積を求めた。この測定結果は、現在 LHCf と ATLAS の両コラボレーション内でレビュー中である。</li></ul>

- 2017年にRHIC加速器で取得した510GeV陽子陽子衝突のデータ解析を進展させた。RHICf実験による光子などの結果をLHCf実験による7TeV、13TeV陽子陽子衝突の結果と比較することによってハドロン反応の衝突エネルギー依存性の検証が可能となる。現在は、取得データの基礎チェックを終えて、博士課程学生らが精力的に物理解析を進めている(日本物理学会2019年年次大会、佐藤健太)。このなかで中性パイ中間子生成のスピンの非対称性の解析が先行し、RHICfの最初の物理成果としてプレリミナリーな結果を発表した。(arXiv:1902.07852)
- 将来の陽子-酸素衝突に向けての検討を行った。現在、LHCでは陽子-酸素、もしくは酸素-酸素原子核衝突の実施に向けた検討が行われており、LHC-RUN3期間中(2021-2023年)の実現の可能性が高い。これらは宇宙線と大気とのハドロン反応を再現する理想的な実験条件であり、LHCf実験も測定への参加を予定している。シミュレーション研究を用いて、測定条件の検討などを行った。(日本物理学会2019年年次大会、毛受弘彰)
- ハドロン相互作用モデル内の回折事象の不確定性が及ぼす空気シャワー発達の違いについてMCシミュレーションを用いて明らかにした。1次宇宙線の大気との反応における回折事象の割合を変化させたときに空気シャワー発達の最大発達深度が最大5g/cm<sup>2</sup>変化することを示した。(日本物理学会2019年年次大会、大橋健)

また、3月25日に宇宙線空気シャワーについての勉強会「第3回空気シャワー観測による宇宙線の起源探索勉強会」を宇宙線研究所にて開催した。この勉強会は、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もので、今回で3回目にあたる。今年度は、宇宙線化学組成とハドロン相互作用に主にフォーカスして開催された。勉強会には、両共同利用研究のメンバーのみならず、ハドロン相互作用モデルSibyllの開発者であるFelix Riehn氏によるハドロン相互作用と空気シャワー発達の関係についての講演や、チベット空気シャワー実験の化学組成観測の最新結果や、CTA実験でのシミュレーションで見積もられる陽子バックグラウンド量のハドロン相互作用モデル依存性についてのなど幅広く宇宙線空気シャワーについての講演が行われ、参加者間で活発な意見交換が行われた。

研究会 Web site : <https://indico.cern.ch/event/793324/>