

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

### 主 論 文 の 要 旨

論文題目 Effects of diffractive dissociation on ultra-high energy cosmic rays and measurements of diffractive dissociation using ATLAS and LHCf detectors (回折的破碎反応の超高エネルギー宇宙線への影響と ATLAS 及び LHCf 検出器による測定)

氏 名 大橋 健

### 論 文 内 容 の 要 旨

超高エネルギー宇宙線は、50 年以上にわたり測定されているが、その起源は明らかではない。地球において観測される宇宙線のエネルギー頻度分布およびその原子核の組成（質量組成）は、これらの起源を知るために重要な情報である。

超高エネルギー宇宙線の測定は、これらの粒子が大気中で引き起こす空気シャワーを通じて行われている。質量組成の推定は、空気シャワーの最大発達深さ $X_{max}$ などの測定値とそのシミュレーションによる予測を比較することにより行われている。Pierre Auger 実験での測定では、 $X_{max}$ の平均の系統誤差は、 $^{+8.0}_{-7.6} \text{ g/cm}^2$ である。一方、シミュレーション予測で用いられるハドロン相互作用モデル間の予測の違いは、 $\pm 14 \text{ g/cm}^2$ である。

このようなハドロン相互作用に由来する不定性のために、質量組成の解釈は困難である。加えて、ハドロン相互作用モデル間の予測の違いは、ハドロン相互作用に由来する不定性を過小評価している。

回折衝突事象は、ハドロン相互作用における不定性の原因の一つである。回折衝突事象における不定性を減らすためには、加速器実験による測定が不可欠である。回折衝突事象には片側事象(SD)と両側事象(DD)などの複数の種類があり、回折質量で特徴付けられる。これらの SD と DD の反応断面積は、ALICE 実験や CMS 実験など、多数の実験で測定されている。これらの測定では、回折質量の比較的大きな場合について測定され、回折質量の非常に小さな場合をハドロン相互作用モデルを用いて外挿する事により反応断面積を求めている。そのため、これらの測定では非常に大きな系統誤差が報告されている。先行研究において、回折衝突事象の $X_{max}$ などへの影響は大きいことが指摘されている。SD と DD で生成された粒子は空気シャワー内で異なる振る舞いをするが、これらの研究ではその影響は明らかになっていない。また、加速器実験とこれらの先行研究では、回折衝突事象の定義が異なる。そのため、加速器実験の大きな系統誤差の影響は明らかでない。

本研究では、SD、DD、および回折質量の、質量組成に用いる測定量への影響を網羅的に調べた。その結果、回折衝突事象の非弾性散乱に対する割合のみが $X_{max}$ の平均値に

大きく影響する一方、SD と DD の割合や回折質量の影響は小さいことが明らかになった。また、加速器実験の系統誤差の測定に由来する  $X_{max}$  の平均値の不定性を求めた。ALICE 実験と CMS 実験の系統誤差に由来する不定性は、それぞれ  $\pm 4.0 \text{ g/cm}^2$  および  $\pm 1.7 \text{ g/cm}^2$  であった。ALICE 実験の系統誤差に由来する不定性は、Pierre Auger 実験での測定の主要な系統誤差と同程度である。回折衝突事象に由来する不定性の質量組成の推定への影響を避けるためには、不定性を  $\pm 3.0 \text{ g/cm}^2$  より小さくする必要がある。

加速器実験の系統誤差が大きい理由は、回折質量の非常に小さい場合を測定できておらず、モデルを活用して外挿している事に由来する。特に、CMS 実験では、これらの場合をひとつのモデルを信頼して外挿している。回折質量の非常に小さい事象を直接測定し、これらのモデルを検証することが不可欠である。本研究では、LHCf 実験と ATLAS 実験の共同解析により、SD により生じる散乱角 0 度方向の光子のエネルギー頻度分布を求めた。この結果を用いて、CMS 実験において回折質量の非常に小さい事象の推定に用いられているモデルを検証した。検証の結果、CMS 実験では系統誤差を過小評価している可能性が示唆された。今後、LHCf 実験と ATLAS 実験の測定をより大きな統計量で行う事により、回折質量の非常に小さい事象の反応断面積における不定性を減らし、そして、質量組成推定の不定性を減らすことができる。