

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 牧野 友耶

論 文 題 目

Measurement of the very-forward photon production in 13 TeV

proton-proton collisions at the LHC

(LHC 陽子 13TeV 衝突での超前方光子生成の測定)

論文審査担当者

主 査

名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授 博士 (理学) 伊藤好孝

委 員

名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授 理学博士 田島宏康

名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士 (理学) 原田正康

名古屋大学宇宙地球環境研究所 准教授 理学博士 松原 豊

名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士 (理学) 戸本 誠

## 論文審査の結果の要旨

## 別紙 1 - 2

宇宙線は、宇宙から地球に降り注ぐ高エネルギー陽子や原子核などの放射線である。巨大空気シャワー実験により、 $10^{18}$  eV を超える超高エネルギー宇宙線が観測されているが、その起源は未だに大きな謎をはらんでいる。様々な観測によりその解明が進んでいるが、超高エネルギー宇宙線の化学組成決定はその鍵を握っている。現在、空気シャワーの最大発達点の高度 ( $X_{\max}$ ) の違いを利用して化学組成を測定しているが、この解析では超高エネルギーでのハドロン相互作用モデルの不定性が問題となっており、特に散乱エネルギー流量が集中する「超前方領域」と呼ばれる横運動量の小さい領域での二次粒子生成が重要である。これまで Large Hadron Collider (LHC) での測定結果を取り入れた Post-LHC と呼ばれるいくつかのハドロン相互作用モデルが開発されているが、超前方粒子生成に関する検証が十分なされておらず、 $10^{20}$  eV 付近の宇宙線化学組成が陽子優勢か、原子核優勢か決着を付けられなかった。

申請者は、LHC においてこれまでで最も高い衝突エネルギーである陽子 13 TeV 衝突での超前方粒子生成、特に空気シャワー形成に重要な高エネルギー光子 (ガンマ線) 生成の測定を初めて行った。申請者は、これまでより 10 倍高い放射線環境での測定に対応するため、GSO 結晶シンチレーターを用いた測定器の高放射線耐性化を行い、CERN・SPS 加速器でのテストビーム実験によって、新測定器が 2 TeV 以上の光子に対して 3% 以下のエネルギー分解能と  $200 \mu\text{m}$  以下の位置分解能を持つことを確認した。これらは LHC 13 TeV 測定に対する要求を十分に満たす結果である。申請者は、この測定器を用いて 2015 年 6 月に LHC 陽子 13 TeV 衝突の測定を成功させ、測定器への多重入射粒子の取り扱いなど新たな解析方法の確立により、これまでで最も高い衝突エネルギーでの超前方光子エネルギースペクトルを世界で初めて明らかにした。

特に、陽子 13 TeV 衝突では、エネルギー流量の大半が超前方領域で測定可能となる事に着目し、擬ラピディティ  $\eta > 8.52$  の超前方領域を 5 つの範囲に分け、それぞれの領域での光子生成について代表的な Post-LHC ハドロン相互作用モデルである QSGJET II-04、EPOS-LHC、SIBYLL 2.3 との詳細な比較を初めて行なった。その結果、エネルギースペクトルとエネルギー流量の両観点から、上記 3 つの相互作用モデルの中で EPOS-LHC が最もよく測定結果を再現すること、また超高エネルギー宇宙線の化学組成が陽子優勢と解釈する根拠となる QSGJET II-04 は、測定結果を再現しないことが分かった。本研究で明らかにされた超高エネルギーでの超前方光子生成の結果は、ハドロン相互作用モデルの違いに起因する宇宙線化学組成決定の不定性を改善すると共に、化学組成が陽子単独とする描像に否定的な結果を示唆するものとして評価される。

以上の理由により、申請者は博士 (理学) の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。