

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：次世代の超高エネルギー宇宙線観測のためのフレネルレンズ型 大気蛍光望遠鏡の開発研究 英文：Research and development of a Fresnel lens air fluorescence telescope for the next generation UHECR observation
研究代表者	多米田裕一郎 大阪電気通信大学 工学部 講師
参加研究者	富田孝幸 信州大学 学術研究院工学系 助教
岩倉広和	信州大学 総合理工学研究科 修士2年
中村雄也	信州大学 総合理工学研究科 修士1年
窪田悠人	信州大学 工学部 学部4年
池田大輔	東京大学 地震研究所 特任研究員
山崎勝也	中部大学 工学部 助教
鍵谷鷹	大阪電気通信大学 工学部 学部4年
柴田規迪	大阪電気通信大学 工学部 学部4年
研究成果概要	<p>本研究の目的は、将来の超高エネルギー宇宙線観測施設の大規模化を想定して、現在に比べて低コストで製作可能な検出器“CRAFFT”を開発し、宇宙線空気シャワー観測能力を実証することである。現在超高エネルギー宇宙線の観測実験として、TA実験を拡張するTAx4実験が建設中にある。本研究は、TAx4実験の次の世代の超高エネルギー宇宙線実験を想定している。本年度は、宇宙線空気シャワーのジオメトリ再構成手法の開発、解析精度向上のためのPMTの配置の再検討、及び、PMTの再配置計画に伴って新しく選定したPMTの較正システムの構築を行なった。</p> <p>1. 宇宙線空気シャワーのジオメトリ再構成手法の開発</p> <p>検出器シミュレーションを用いて、CRAFFTによる宇宙線空気シャワーのジオメトリの再構成手法に着手した。CRAFFTはPMTあたりの視野が広いため視野内を空気シャワーが横切った時の軌跡が得られないため、FADCにより得られた時間毎のPMTからの信号強度である波形を用いてジオメトリなどを解析する。コア位置、到来方向、エネルギーやX_{max}をパラメータとして変化させ波形をシミュレートし、データと比較することでジオメトリを決定する。本年度は、エネルギーとX_{max}を固定しジオメトリが決定するかを検討した。図1に示す様にコア位置と到来方向が決定できることがわかった。</p> <p>2. 解析精度向上のためのPMTの配置の再検討</p> <p>CRAFFTでは視野をPMTを1本でまかなうが、現段階では試作機であり視野あたりのPMTの本数は最適とは言えない。よって、PMTの本数や配置を変えながら再構成の精度が向上する配置を決定するためのシミュレーションを作成した。図2は、シミュレーションにより得られた三角形のライトガイドを用いPMTを配置した場合の受光感度マ</p>

ップに宇宙線の軌跡を重ね描きしたもの(左)と、 10^{20}eV の宇宙線を想定した時の波形である(中央)。図 2 右は、到来方向をパラメータとして変化させた時の Likelihood の分布の例で、真値周辺で収束している。

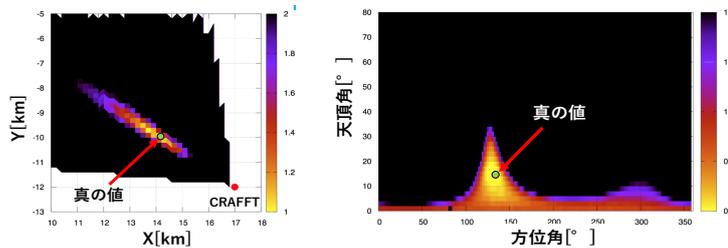


図 1. コア位置(左)と到来方向を変化させた時のシミュレートした波形を用いたカイ二乗分布。真値の周辺で収束している。

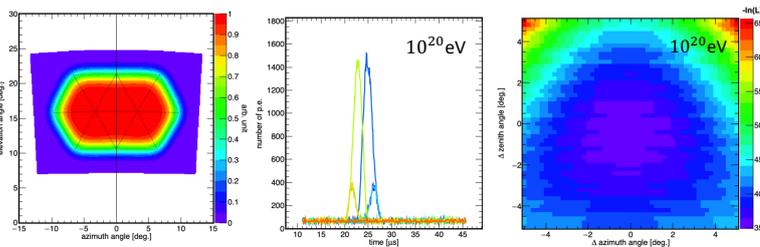


図 2. 数値シミュレーションにより得られた、感度マップ、波形、及び到来方向を決定時に用いる Likelihood。

3. PMT の較正システムの構築

CRAFFT では、PMT の再配置を考慮し R877-100(Hamamatsu)の使用を検討している。R877-100 の感度の感面二次元不均一性を測定するための UVLED と XY-ステージで構成される自動較正システムを構築した。

図 3 は実際に測定した PMT の感度マップである。

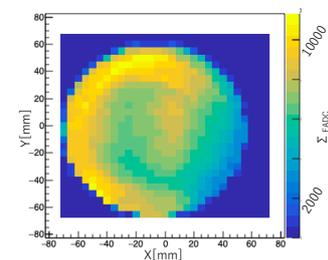


図 3. R877-100 の感度マップ

以下に、本研究に関する主な発表を挙げる。

1. Y. Tameda, T. Tomida, M. Yamamoto, H. Iwakura, D. Ikeda, K. Yamazaki, "Air shower observation by a simple structured Fresnel lens telescope with a single pixel for the next generation of ultra-high-energy cosmic ray observatories", PTEP, 2019, (2019) 043F01
2. The status and performance of Cosmic Ray Air Fluorescence Fresnel lens Telescope (CRAFFT) for the next generation UHECR observatory, Y. Tameda, 36th ICRC (2019), Madison
3. CRAFFT 実験 7 : シミュレーションによる検出器性能評価, 山崎勝也, 多米田裕一郎, 富田孝幸, 池田大輔 他, 日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019)
4. CRAFFT 実験 8 : 完全自律自動観測システムを用いたステレオ観測の準備状況, 山崎勝也, 多米田裕一郎, 富田孝幸, 池田大輔, 鍵谷鷹, 柴田規迪 他, 日本物理学会 2020 年年次大会 (2020)