

## 2020(令和二)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 工学部 助教

池田大介 神奈川大学 工学部 助教

山崎勝也 中部大学 工学部 助教

奥悠弥、笠見沙織 大阪電気通信大学 工学研究科 修士2年

柴田規迪、吉田風吾 大阪電気通信大学 工学研究科 修士1年

西尾瑛司、山下太地 大阪電気通信大学 工学部 学部4年

中村雄也 信州大学 総合理工学研究科 修士2年

窪田悠人 信州大学 総合理工学研究科 修士1年

### 研究成果概要

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、空気シャワー再構成精度を向上させるための検出器の構成の検討、空気シャワー再構成手法の開発、および完全自律自動観測システムの開発を行った。

#### 1. 空気シャワー再構成手法の開発と精度向上のための検出部の検討

CRAFFT 望遠鏡は従来の大気蛍光望遠鏡に比べ撮像素子あたりの視野が広いため、シャワートラックを測定することができない。このことから、従来の大気蛍光望遠鏡で用いられてきたシャワージオメトリの再構成手法を適応できない。CRAFFT では、波形の時間発展を用いてシャワージオメトリや、エネルギー、 $X_{\max}$ などを決定する。これまで、シミュレーションにより生成した波形を用いた最小二乗法によるジオメトリ再構成が原理的に可能であることを示したが、エネルギーのパラメータを加えた場合のカイ二乗分布も同様に収束することが確認できた。

2017年に行われた試験観測では望遠鏡の検出部は1本の光電子増倍管で構成されていたが、現在は複数本の光電子増倍管を用いた場合の再構成の精度向上を検討している。図1はシミュレートした波形と、様々な光電子増倍管の配置での検出面の感度分布である。

## 2. 完全自律自動観測システムの開発

大規模化が想定される超高エネルギー宇宙線の観測では、完全自動システムによる観測は割けられない。CRAFFT では、図 2 のような構成で完全自律自動観測システムを構築し、長期間の動作試験を行った。

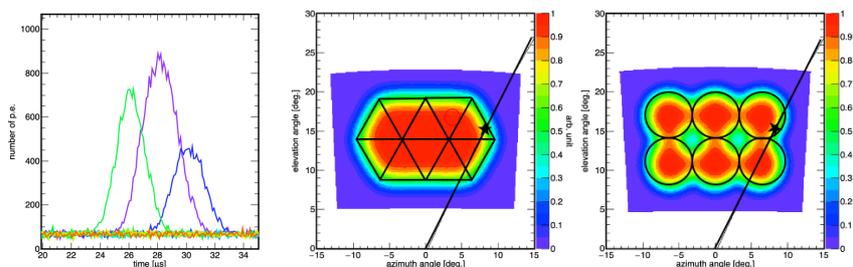


図 1. シミュレートした波形(左)と、様々な光電子増倍管の配置を想定した時の検出面での感度分布

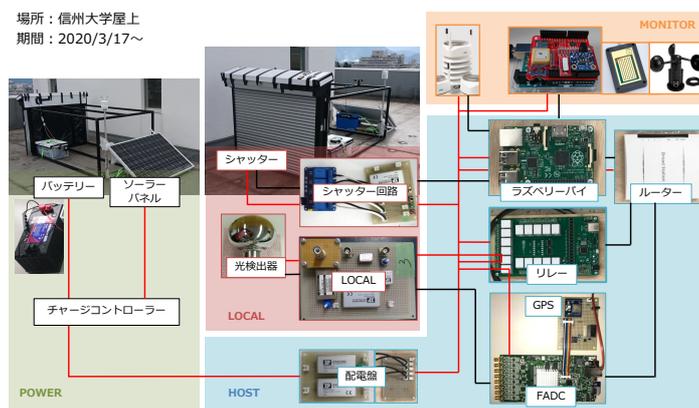


図 2. 完全自動化システムの構成

以下に本研究に関する主な発表を挙げる。

1. 窪田悠人, 富田孝幸, 中村雄也, 多米田裕一郎, 鍵谷鷹, 柴田規迪, 池田大輔, 山崎勝也, 「CRAFFT 実験 9: 空気シャワー再構成精度向上のための検出部の検討」, 日本物理学会 2020 年秋季大会, 神戸大学, 2020 年 9 月
2. 多米田裕一郎, 「超高エネルギー宇宙線地上観測将来計画」, CRC 将来計画タウンミーティング, オンライン開催, 2020 年 9 月
3. 富田孝幸, 中村雄也, 窪田悠人, 多米田裕一郎, 柴田規迪, 池田大輔, 栗栖真乃祐, 山崎勝也, 「CRAFFT 実験 10: 完全自律自動観測システムの開発状況および観測計画」, 日本物理学会 第 76 回年次大会, オンライン開催, 2021 年 3 月
4. 多米田裕一郎, 「シンプル FD アレイによる 超高エネルギー宇宙線観測」, 第四回空気シャワー観測による宇宙線の起源探索勉強会, オンライン開催, 2021 年 3 月