

大阪科学・大学記者クラブ 御中
(同時提供先：文部科学記者会、科学記者会)

2023年10月10日
大阪公立大学
国立天文台

宇宙から降り注ぐ大量の宇宙線「空気シャワー」の可視化に成功！

<ポイント>

- ◇すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラによって「空気シャワー」の可視化に成功
- ◇「空気シャワー」のさらなる理解や暗黒物質（ダークマター）の探査につながる可能性

<概要>

宇宙から降り注いでいる高エネルギーの粒子（宇宙線）は、地球大気に入射すると大量の高エネルギー粒子群（空気シャワー）となって地表に到来しています。大阪公立大学大学院 理学研究科および南部陽一郎物理学研究所の藤井 俊博准教授、Fraser Bradfield 大学院生、国立天文台ハワイ観測所の川野元 聡特任研究員、小池 美知太郎研究技師、宮崎 聡教授、千葉工業大学惑星探査研究センターの諸隈 智貴主席研究員、法政大学理工学部創生科学科の小宮山 裕教授らの研究グループは、ハワイのマウナケア山頂域に設置されたすばる望遠鏡*1の超広視野主焦点カメラが、空気シャワーを非常に高い位置分解能で可視化できていることを発見しました（図1）。

天体観測を進めているすばる望遠鏡にとってはノイズとなる宇宙線ですが、本研究ではその「ノイズ」に着目。2014年から2020年までの間に撮影された約17,000枚の画像を解析したところ、そのうちの13枚に通常の飛跡数を大きく超える空気シャワーを検出できていることが確認されました。

この検出手法を発展させることで、空気シャワーのさらなる理解や暗黒物質（ダークマター）の探査、物質優勢*2の宇宙の解明につながる可能性も考えられています。

本研究成果はSpringer Nature社の国際学術誌「Scientific Reports」に2023年10月12日にオンライン掲載されました。

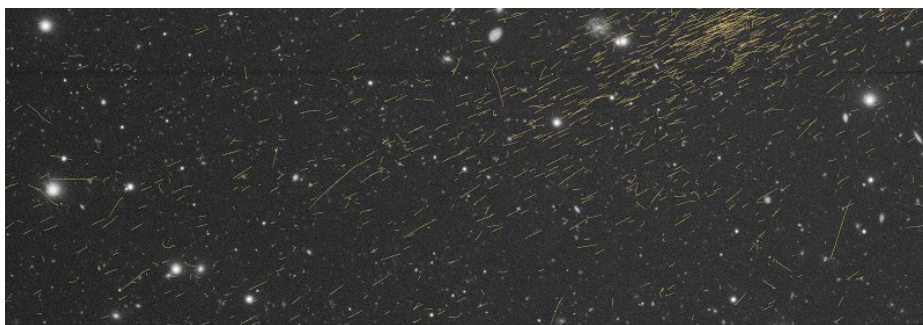


図1：すばる望遠鏡で可視化された高エネルギー粒子群（空気シャワー）※国立天文台提供

空気シャワーの粒子がこれほど詳細に見えたことは、宇宙線研究の新たな方法を拓く可能性があり、とても興味深く感じています。

本研究は、異分野との共同研究の重要性と「捨てる神あれば拾う神あり」を証明しています。将来的には、本研究の新しい観測手法と伝統的な観測手法の特徴を活かし、宇宙線の解明に重要な質量組成（粒子種）を決定したいです。



Fraser Bradfield 大学院生

<研究の背景>

宇宙空間には高エネルギーの放射線が存在し、地球に絶えず降り注いでいます。この放射線は「宇宙線」と呼ばれ、1912年の発見から1世紀以上にわたって観測的研究が進められています。この宇宙線のうち非常に高いエネルギーを持った宇宙線は、地球大気に入射すると大量の電子や陽電子、ミューオンなどからなる高エネルギー粒子群「空気シャワー」となって地表に到来することが知られています。

すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラは、独自開発した100枚を超える大型（6 cm×3 cm）の撮像素子 Charge Coupled Device（CCD）からなり、2013年から宇宙の星や銀河の観測を続けています。（図2）

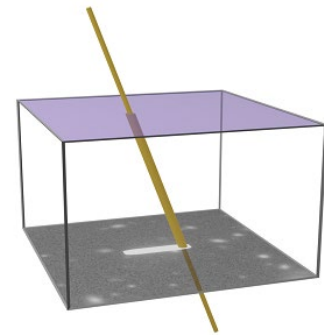


図2：CCD内を宇宙線が通過したときに残す宇宙線の概念図

<研究の内容>

すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラで撮影された画像には、CCDを宇宙線が貫通することで生じる飛跡が1枚の撮影あたり常に約2万個の頻度で映り込んでいました。宇宙線による飛跡は、星や銀河を観測する天体観測においてノイズとなるため、データ処理によってこれまで除去されてきました。今回、2014年から2020年まで撮影された写真に映り込んだ宇宙線の飛跡を詳しく再解析したところ、撮影枚数約17,000枚のうち、通常の飛跡数を大きく逸脱する空気シャワーの粒子群を13枚撮影できていたことを発見しました。撮影された画像は、非常に高い位置分解能で撮影できていました。また、検出された空気シャワーの飛跡は同じ方向を向いていることから、ひとつの非常に高いエネルギーの宇宙線から生成されたものであることが明らかになりました。

<期待される効果・今後の展開>

従来の方法では、宇宙線が通過したときの微弱な光を捉える宇宙線検出器^{*3}を使って空気シャワーの観測を行っていましたが、空気シャワーを構成している粒子の種類（電子や陽電子、ミューオン）の区別はできませんでした。しかし、すばる望遠鏡で使われているCCDを使うと、各飛跡の形からミューオンか電子であるかを個別に判断できると考えられています。また従来の方法と組み合わせることで、空気シャワーの理解がより一層進むことが期待されています。今回得られたCCDによる空気シャワーの検出信号の中には、暗黒物質（ダークマター）から生成された信号が含まれている可能性も示唆されます。加えて、飛跡を高精細に捉えることを応用することによって、物質優勢の宇宙となった手掛かりが見つかることも期待されます。

<資金情報>

本研究の一部は、科学研究費助成事業(科研費)学術変革領域（A）20H05852、20H0585、基盤研究（A）20H00181、国際共同研究加速基金（国際先導研究）22K21349、JST 科学技術イノベーション創出に向けた大学フェローシップ創設事業 JPMJFS2138 の支援を受けて行われました。

<用語解説>

※1 すばる望遠鏡：ハワイのマウナケアの標高 4139 m に設置された口径 8.2 m の光学赤外線望遠鏡。(図 3)

※2 物質優勢：宇宙のはじまりは物質と反物質が同じだけ存在していたと予想されるが、現在の宇宙は反物質が消え去り、物質が大部分を占めている状態のこと。なお、この反物質が消える理由については明らかになっておらず、私たちの知らない物理法則が関連していると考えられている。

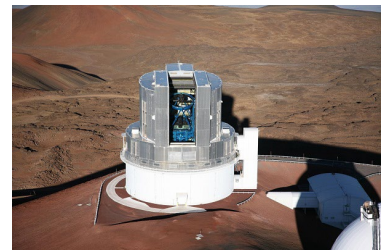


図 3：
ハワイ マウナケア山頂域のすばる望遠鏡
(国立天文台提供)

※3 宇宙線検出器：入射した宇宙線の総粒子数と時刻情報を記録できる検出器。シンチレーターと呼ばれるプラスチックや有機物、無機物などを使い、宇宙線が物質内を通過したときに発する微弱な蛍光発光を検出するものや、水チェレンコフ光検出器と呼ばれる、媒質中の光の速度より速い荷電粒子からの光を検出する装置などがある。

<掲載誌情報>

【発表雑誌】 Scientific Reports

【論文名】 Observing Cosmic-Ray Extensive Air Showers with a Silicon Imaging Detector

【著者】 Satoshi Kawanomoto, Michitaro Koike, Fraser Bradfield, Toshihiro Fujii, Yutaka Komiyama, Satoshi Miyazaki, Tomoki Morokuma, Hitoshi Murayama, Masamune Oguri, Tsuyoshi Terai

【掲載 URL】 <https://www.nature.com/articles/s41598-023-42164-4>

【研究内容に関する問い合わせ先】

大阪公立大学大学院 理学研究科
准教授：藤井 俊博（ふじい としひろ）
TEL：06-6605-2540
E-mail：toshi@omu.ac.jp

【報道に関する問い合わせ先】

大阪公立大学 広報課
担当：國田（くにだ）
TEL：06-6605-3411
E-mail：koho-list@ml.omu.ac.jp

【すばる望遠鏡に関する問い合わせ先】

国立天文台ハワイ観測所
担当：石井（いしい）
E-mail：ishii.miki@nao.ac.jp