

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料
〔平成30年度研究進捗評価用〕

平成27年度採択分
平成30年3月26日現在

宇宙赤外線背景放射のロケット実験でさぐる
銀河ダークハロー浮遊星と宇宙再電離

Probing into the intra-halo light and the epoch of re-ionization by rocket experiments to measure the cosmic infrared background

課題番号：15H05744

松浦 周二 (MATSUURA SHUJI)

関西学院大学・理工学部・教授



研究の概要

近赤外線での宇宙背景放射の観測は、個別に分解観測できないほど暗い初代星や原始ブラックホール等の初期天体を直接検出しようとする手段である。これまでに観測された近赤外線の宇宙背景放射は理論的予測よりはるかに明るく、初期天体等の未知天体が予想外に大きく寄与していることを示す。この謎を解明しようとする新開発の高感度赤外線望遠鏡をロケットに搭載し観測する。

研究分野：数物系科学

キーワード：宇宙物理（実験）、光赤外線天文学

1. 研究開始当初の背景

宇宙は創成後 38 万年にいったん中性化した。数億年後に再び電離された。宇宙再電離を起こしたのは、原始銀河、初代星や原始ブラックホール等の初期天体と考えられているが、それらは暗く個別検出は困難とされてきた。そこで本研究者らは多数の初期天体からの放射を空間的に広がった宇宙背景放射として検出することを目指した。

再電離期の紫外線放射としての検証は、中性水素のライマン端吸収を示す特有なスペクトルを検出することや、空間的ゆらぎのパターンを構造形成理論と比較することで可能である。その紫外線は宇宙膨張のドップラー効果により現在は波長が 1-3 μm 程度の近赤外線となるため、その観測には大気圏外環境が必要である。

本研究者らが観測ロケットや人工衛星を用いて宇宙赤外線背景放射の観測を行なったところ、近赤外線での背景放射輝度が既知の銀河では説明がつかないほど明るく、大きな空間的ゆらぎをもつことがわかった[発表論文 1]。この「近赤外線異常」が初期天体によるものであれば極めて重要な発見であるが、その検証には観測精度が不十分であった。

2. 研究の目的

本研究では、本研究者らが発見した宇宙赤外線背景放射の近赤外線異常の起源を解明

するとともに、その初代星や原始ブラックホールによる起源説を検証する。背景放射の空間的ゆらぎについては銀河を取り巻くダーク・ハロー内の浮遊星により説明できる可能性があるため、その検証にも取り組む。

本研究の開始以後、ブラックホール連星の合体による重力波や初期宇宙の中性水素の初検出という科学上の極めて大きな進展があった。本研究ではこれらの起源に関わる原始ブラックホールや初代星による宇宙赤外線背景放射を検出しようとするものであり、本研究の実施は計画当初にも増して強く望まれる。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するため、観測ロケットを用いた宇宙背景放射観測実験 CIBER-2 (Cosmic Infrared Background Experiment 2) を実施する。初期天体や IHL による起源の仮説を検証するため、過去に行なったロケット実験 CIBER よりも 10 倍以上高い感度の観測装置を新規に開発する。

実験は日米韓台の国際共同研究として NASA の観測ロケットを用いて行なう。打上げは米国ニューメキシコ州ホワイトサンズ実験場にて本研究期間内に行なう。日本チームは、本研究予算により観測装置の基幹部である望遠鏡を含む光学系の開発を主に担当するとともに、観測データの解析により科学成果をあげる。

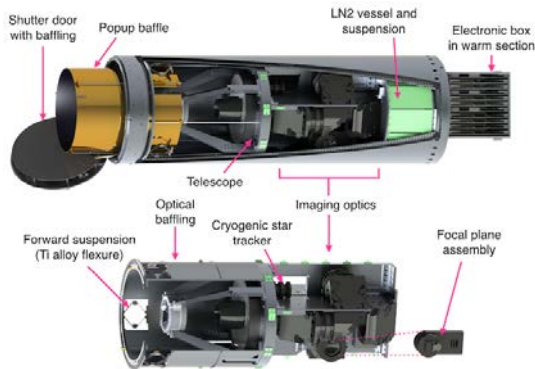


図1 CIBER-2 観測装置概念図 [発表論文 2]

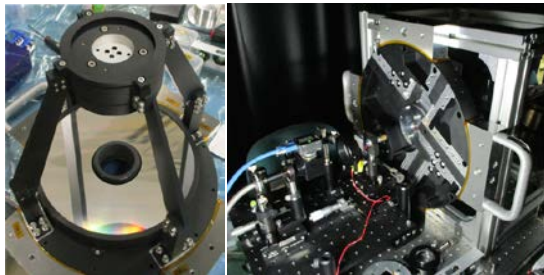


図2 望遠鏡外観と光学試験の様子

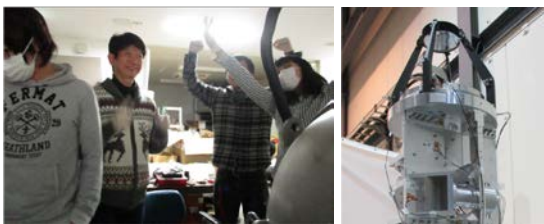


図3 性能評価実験の成功を喜ぶ研究チーム

図4 評価用モデルによる振動試験 (右)

4. これまでの成果

CIBER-2 プロジェクトにおいて日本が担当する望遠鏡や結像光学系の設計および製作を完了した。その後、国内での各要素の組み立てと試験を経て、全観測機器をとりまとめるカリフォルニア工科大学へ輸出した。

これまでに国内で実施した機器の製作や要素試験は多岐にわたり、多くの技術的困難を伴うものであった。特に、冷却時の変形をなくすアイデアで新規開発した全アルミニウム合金製の望遠鏡については、鏡面加工精度の確保や鏡面変形を避ける保持方法、機械振動の減衰機構などを基礎から開発したため、完成までに時間を要した。また、広視野の無収差結像系に採用した非球面レンズおよび広帯域無反射コートの実現も基礎的な技術課題をクリアするために多大な時間を要した。このような問題を着実に解決した末に光学系を完成し、打上げを目前にするまで(平成30年度予定)に至ったことは、大きな成果である。

さらに、装置開発と平行し過去のロケット実験 CIBER の観測データの統合解析も進めた結果、宇宙赤外線背景放射は理論予測値よりも明るく未知放射が寄与しているとの結論を強固なものとすることができた。この成果は学術論文として発表し、メディアにも取り上げられた。

本研究を進めるべく関西学院大学に新たに立ち上げた若手研究者や学生を主力とする研究チームが、前述の問題を解決する中で大きく成長したことも、人材育成の面で大きな収穫であった。

5. 今後の計画

今後はカリフォルニア工科大学において、米国チームが開発を担当する検出器や電子機器を光学系に組み込み、光学調整、および全観測装置の組み立てと総合性能評価実験を実施する。完成した観測装置はロケット打上げ基地へ移送し、打上げ・観測を実施する。日本チームは米国へ赴き、光学試験をはじめとする全ての試験を主力として進める。

初回実験の打上げは平成30年度を予定しており、これにより宇宙赤外線背景放射の起源解明に大きな進展が期待される。成果を研究期間内に論文として出版する。パラシュート回収した観測装置は落下時破損の改修を要すると考えられるが、改修が早期に完了すれば研究期間内に第2回実験を実施する。

6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

1. “New Spectral Evidence of an Unaccounted Component of the Near-infrared Extragalactic Background Light from the CIBER”, Matsuura, S., et al., *Astrophys. Journal*, Vol. 839, 7, 15 pp. (2017).

2. “The cosmic infrared background experiment-2 (CIBER-2) for studying the near-infrared extragalactic background light”, Shirahata, M., et al., *Proc. SPIE*, Vol. 9904, 99044J, 13 pp. (2016). ほか

ホームページ等

関西学院大学 研究室 HP

<http://sci-tech.ksc.kwansei.ac.jp/~matsuura/>

関西学院大学 報道発表

https://www.kwansei.ac.jp/press/2017/press_20170413_016018.html

日刊工業新聞 2017年8月21日

「関西学院大・JAXA など、初期宇宙解明へ観測実験 感度10倍の新型望遠鏡」