

2017年度 博士研究員研究成果報告書

氏名 (所属研究室) 佐野 圭 (理工学研究科松浦研究室)

研究課題 ロケット観測と衛星データ解析で探る宇宙赤外線背景放射の起源

研究期間 2017年4月1日～2018年3月31日

研究成果概要 (日本文(全角)の場合は2,500字程度、英文(半角)の場合は90字×65行程度)

ロケット観測実験 CIBER-2 では観測ロケットに望遠鏡を搭載して宇宙赤外線背景放射の観測を行う。松浦研究室を中心とする日本グループは搭載する望遠鏡および後置光学系の開発を行ってきた。望遠鏡はロケット打ち上げ時の加振に耐える必要があるため、2017年には試験モデルを用いて複数回の振動実験を行った。私は振動試験で用いる機械部品を設計し、製作した。その結果、本加振時には主鏡に加わる応力が降伏応力を超過する可能性が高いことが分かったので、振動を低減するための機構を追加する必要がある。そこで、主鏡に装着するダイナミックダンパーを製作して振動試験を実施し、振動を低減する効果があることが証明された。現在、フライトモデル望遠鏡に用いるダンパーを製作中である。それに加え、制振合金 M2052 製のワッシャを望遠鏡に取り付けた場合も振動を低減する効果があることが分かった。打ち上げ時には液体窒素によって全体を-100度程度まで冷却するため、M2052の低温特性の調査を開始した。

CIBER-2のフライトモデル望遠鏡を製作し、結像性能試験を開始した。主副鏡間距離と要求されるアラインメント精度を光学シミュレーションによって計算した後、距離を調整するためのシムを挿入し、主副鏡のそれぞれの中心が一致するように光学系を調整した。その結果、要求される結像性能に近い像が得られ、調整の最終段階に入っている。また、共同研究を行っているカリフォルニア工科大学に滞在し、後置光学系の結像性能試験を実施した。初期状態の像はシミュレーションの予想に比べて大幅に劣化していたため、その原因を追究した。全光学系を各部品に分けて光学測定を行った結果、特定のレンズが傾いて取り付けられている可能性が高いことが分かった。顕微鏡によるレンズの水平度調査を行った結果からも、レンズの傾きが示唆された。そのため現在、レンズカバーを開いて、傾きを修正する作業を行っている。

CIBER-2の望遠鏡と後置光学系の調整が終了次第、それらを組み立てた全体系を打ち上げ時同様に冷却して光学試験を実施する。その際には熱収縮によって部品の寸法が変化するため、後置光学系に含まれるビームスプリッターとベンドミラーを支持する板ばねをたわませて低温下で適切な力で鏡をおさえる必要がある。その力はロケット加振による約75Gの加速度でミラーが動かない力以上で、板ばねの降伏応力以下に設定した。そのために計8個のビームスプリッターとベンドミラーに用いるすべての板ばねのばね定数を測定したうえで、低温下で必要な抑え力を計算した。その抑え力を満たすように板ばねに適当な厚さのシムを挿入し、全体系光学試験の準備を整えた。

データ解析の方では宇宙赤外線背景放射の前景光のひとつである銀河系内のダストによる散乱光と熱放射について研究した。以前の研究で我々は、ダストによる散乱光と熱放射の輝度比は銀緯によって大きく変化することを明らかにした。この銀緯依存性が何に由来するかを明らかにするために、星とダストが混じり合った銀河系のモデルを仮定し、どのような散乱光と熱放射がどのような銀緯依存性を示すかを計算した。散乱光については近年の星間ダストモデルから推奨される光散乱の異方性を考慮した。熱放射についてはプランク衛星による近年の全天

観測によって得られた星間輻射場の強度と多環芳香族炭化水素の質量の空間分布に基づいて銀緯依存性を計算した。その計算の結果、観測された銀緯依存性を近年の星間ダストモデルによって説明可能であることを明らかにした。これは星間ダストモデルの妥当性を示唆する。

銀河系内のダストについて韓国の赤外線観測装置 MIRIS の観測データを用いた研究を行った。近赤外線の2つの波長帯で銀河系内のうすいガス雲を観測し、星間ダストによる散乱光の色を測定した。その色はダストのサイズに依存するため、従来のダストモデルと従来のダストモデルにマイクロメートルサイズの大きなダストを加えた場合に予想される散乱光の色を計算した。その結果、観測された色は大きなダストを含まないモデルに近いことを示した。これは、観測対象であったうすいガス雲ではダストが成長しないことを示唆する結果であり、ダストの密度が濃い領域でのみ大きなダストが生成されるという他のシミュレーション研究と整合する。

宇宙赤外線背景放射の前景光のうち最も明るい成分は太陽系内のダストによる散乱光であり、宇宙赤外線背景放射の測定のためには、この成分は高い精度で除去する必要がある。宇宙赤外線背景放射とダスト散乱光を分離するためには、観測方向と太陽方向のなす角である太陽離角に対する輝度の変化を利用する方法が有効であり、幅広い太陽離角で全天観測を行った唯一の衛星である DIRBE によって得られたデータの再解析に取り組んだ。近赤外線から中間赤外線の幅広い波長範囲のデータを解析した結果、いずれの波長でも太陽離角に対して残差光の輝度が変化し、従来の太陽系内ダストモデルでは除去しきれていない成分が存在することが示唆された。その成分を除去して得られた近赤外線における宇宙背景放射は系外銀河の積算光の数倍の明るさであり、通常銀河以外の未知の光源が宇宙に存在することを示唆する結果となった。

宇宙赤外線背景放射の起源を解明するためには、前景光によらない測定方法を開発することが有効である。そのひとつとして、銀河間ガスによる吸収線を利用する方法を開発中である。宇宙赤外線背景放射の強度に応じて、銀河間ガスの励起状態は変化すると予想されるため、それを観測することで背景放射の輝度に制限を与えるとともに、赤方偏移進化を調べて起源を制約できる可能性がある。この方法の実現可能性を調べるために、銀河間ガスが宇宙赤外線背景放射にさらされている場合の各物質の柱密度変化をシミュレーションにより予測した。その結果、背景放射の強度に応じて特定の吸収線の深さの比が変化することを発見した。この予測をもとに、銀河間ガスの吸収線との比較を行い、背景放射の赤方偏移進化の測定を行っている。

発表論文

- Sano, K., Matsuura, S. “Galactic Latitude Dependence of Near-infrared Diffuse Galactic Light: Thermal Emission or Scattered light”, *The Astrophysical Journal*, IOP Publishing, Volume 849, pp. 31-41, 2017 (2017年11月8日関西学院大学報道発表「天の川のチンダル現象」～星間ダストによる光散乱の異方性を解明～)
- Onishi, Y., Sano, K., Matsuura, S., et al. “MIRIS observation of near-infrared diffuse Galactic light” (近日投稿予定)

学会発表

- Sano, K., Matsuura, S., Takahashi, A. “Separation of the Near-Infrared Extragalactic Background Light and Scattered Sunlight by Interplanetary Dust”, *Cosmic DUST*, 東京、2017年8月
- 佐野圭「近赤外線宇宙背景放射の起源」、第四回銀河進化研究会、大阪、2017年6月
- 佐野圭「黄道光反射スペクトルから探る惑星間ダストの起源」、第34回 Grain Formation Workshop、京都、2017年12月
- 佐野圭「銀河系内拡散光の観測で探る星間ダストの性質」、第34回 Grain Formation Workshop、京都、2017年12月
- 佐野圭「宇宙赤外線背景放射の起源解明に向けた太陽系内ダストの再評価」、第34回 Grain Formation Workshop、京都、2017年12月
- 佐野圭、松浦周二、児島智哉、太田諒、瀧本幸司、岩崎稔広、檀林健太、山田康博、高橋葵、津村耕司、松本敏雄、James Bock, Daehee Lee, Shiang-Yu Wang、CIBER-2 チーム 「ロケット観測実験 CIBER-2: プロジェクト進捗状況」、日本天文学会 2018年春季年会、千葉、2018年3月