

【基盤研究(S)】

理工系(数物系科学)



研究課題名 史上最大の CMB 望遠鏡群で観るビッグバン宇宙の種火とニュートリノ質量の絶対値

京都大学・大学院理学研究科・准教授 **たじま おさむ**
田島 治

研究課題番号: 17H06134 研究者番号: 80391704

研究分野: 宇宙素粒子物理学

キーワード: 宇宙物理(実験)、宇宙背景放射

【研究の背景・目的】

インフレーション宇宙論は、宇宙初期のビッグバン(高温・高密度状態)が時空の加速度的膨張を源として生み出されたと記述する宇宙創成の物理学である。近年、その正当性を示唆する観測結果が揃いはじめている。そして、それを実証するラストピース「宇宙創成時の量子ゆらぎに由来する原始重力波」の検出が待望されている。図1に示すように、原始重力波はビッグバン熱放射の残光「宇宙マイクロ波背景放射(CMB)」の偏光成分に数角度スケールの奇パリティ・パターン「Bモード」を刻印する。このBモードの測定こそが、宇宙創成の物理に対する最良の観測プローブとなる。

一方、小角度スケール $l(0.1^\circ)$ の CMB 偏光 B モードは、銀河団の重力レンズの強度を測るプローブにもなっており、その精密観測はニュートリノ質量和の有望な計測手法でもある(図1および図2)。

本研究では、史上最大の CMB 望遠鏡群 Simons Observatory (SO) によって、これらの研究を追求する。SO はこれまで日本が貢献してきた複数の有力実験が融合した次世代プロジェクトであり、日本が培ってきた技術・知見を進化させる。

【研究の方法】

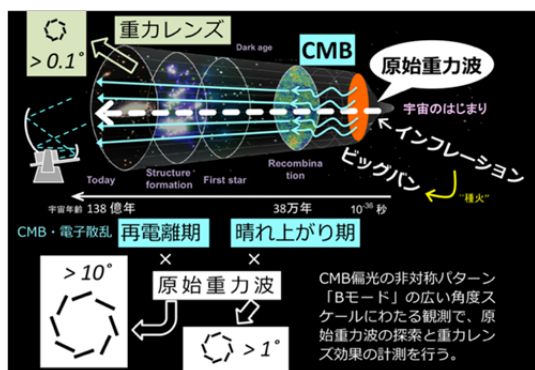


図1 CMB 偏光 B モードの精密観測がもたらす知見

大角度スケールの CMB 偏光観測を達成するためには、広視野、大気ゆらぎの影響抑制、高感度かつ高統計といった要素を同時に満たす必要がある。これらを申請者らの特許発明技術と日米それぞれの得意技術を融合した超伝導計測で実現する。

平成 29 年度は SO の望遠鏡仕様を確定し、極低温受信器と読み出し系の開発研究を行い、統合試験を見据えた開発を行う。平成 30 年度から焦点面の開発

と共に読み出し系の量産をはじめ、翌年度には検出器や望遠鏡構造体も含めた統合開発を行う。観測開始目標は平成 32 年度であり、初期データに基づいた望遠鏡性能評価と偏光観測を行う。海外研究協力者と深く連携した研究チームでこれに挑む。

【期待される成果と意義】

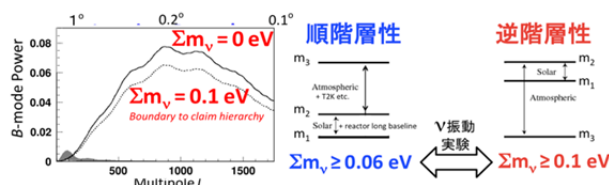


図2 Bモードによるニュートリノ質量和の計測は、その質量階層性を解明する手段のひとつである。

史上最大規模の CMB 望遠鏡群プロジェクトを遂行するので、世界一の精度で観測した CMB 偏光のデータが取得できる。研究対象であるインフレーション宇宙論は、なぜ宇宙が 10 万分の 1 もの精度で一樣なのか(平坦性問題)、なぜ素粒子大統一理論が预言するモノポール等が観測されていないのか(モノポール問題)、さらに、なぜこれらの問題が因果関係の存在するはずのない領域にまで渡っているか(地平線問題)、というビッグバン宇宙論に残された課題を一挙に解決する。そして、Bモードを通じた原始重力波の検出は、インフレーションのポテンシャルエネルギーが大統一理論スケール(10^{16} GeV)に一致することを意味し、また重力が量子化されていた証拠となる。特に後者は、基礎物理学最大の問題とも言える量子重力論に重大な示唆を与える。

また、重力レンズ効果の観測によるニュートリノ質量和の計測は、ニュートリノ質量の階層性に対する知見も与える(図2)。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・QUIET Collaboration, *Astrophys. J.* **760**, 145, 1–10 (2013).

・POLARBEAR Collaboration, *Astrophys. J.* **794**, 2, 171–191 (2014).

【研究期間と研究経費】

平成 29 年度 – 33 年度 161,100 千円

【ホームページ等】

<https://simonsobservatory.org/>