

機関番号：82118

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2010

課題番号：20244041

研究課題名（和文） 宇宙マイクロ波背景放射偏光測定—QUIET 実験—

研究課題名（英文） Measurements of Cosmic Microwave Background Polarization at QUIET

研究代表者

羽澄 昌史（HAZUMI MASASHI）

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授

研究者番号：20263197

研究成果の概要（和文）：

宇宙誕生直後に生成された「最古の光」である宇宙背景放射の偏光度を精密に測定した。チリ・アタカマの標高 5080 メートルの地点に設置した QUIET 望遠鏡を用いて 2 年間を超える観測をおこなった。その結果、標準宇宙論で期待される偏光分布（Eモードとよばれる）を世界第 2 位の精度で観測することに成功した。インフレーション理論が予言する特殊な偏光分布（Bモードとよばれる）の探索をおこない、直接測定としてはやはり世界第 2 位の制限を得た。

研究成果の概要（英文）：

We performed precise measurements of the polarization of the cosmic microwave background, which is “the oldest light” emitted right after the birth of the universe. The observations were carried out for more than 2 years using the QUIET telescope located at the altitude of 5080m in Atacama, Chile. We successfully measured the E-mode polarization with the 2nd best precision so far reported. The result was consistent with the expectation from the standard cosmology model. We also searched for the B-mode polarization predicted by inflation theories, and obtained the 2nd best upper limit obtained so far.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	19,600,000	5,880,000	25,480,000
2009年度	11,100,000	3,330,000	14,430,000
2010年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
年度			
年度			
総計	37,800,000	11,340,000	49,140,000

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：宇宙背景放射、インフレーション、重力波、高エネルギー物理

1. 研究開始当初の背景

「宇宙はどのように誕生したか？」という疑問

問は宇宙論のみならず素粒子物理学の究極の問いである。インフレーション仮説は宇宙誕生にまつわる現代宇宙論最大の仮説で

あり、その検証は宇宙論の中心課題である。宇宙背景放射偏光を精密測定することにより、インフレーション理論が予言する B モード偏光をとらえる事が最も直接的な検証法として知られているが、これまで精密な測定は行われてこなかった。また、その圧倒的な科学的重要性にもかかわらず、我が国にはこれまで宇宙背景放射の観測グループが存在していなかった。

2. 研究の目的

本研究の主目的は、今後我が国に国際競争力のある宇宙背景放射観測グループを作っていくための第 1 期として、3 年の研究計画期間内に宇宙背景放射偏光観測を実施し、解析結果を公表することである。また、将来のより高精度の観測に向けた偏光計試験システムの開発もあわせて行う。

3. 研究の方法

チリ・アタカマの標高 5080 メートルの地点に設置した QUIET 望遠鏡を用いて 2 年間を超える観測をおこなう (QUIET Phase I)。QUIET Phase I では約 100 個の偏光計を搭載する。あわせて、QUIET Phase II のために、1000 個の偏光計の特性試験を行うための試験システムを開発する。QUIET 望遠鏡の概観を図 1 に示す。



図 1 : QUIET 望遠鏡の概観

4. 研究成果

合計約 10000 時間をこえるデータを得ることができた。その一部のデータを用いて解析をおこなった。国際協力プロジェクトの中で、当該研究チームとしては、データの質のモニター、データセクション、キャリブレーション、系統誤差の見積もりなどを主導した。また、高エネルギー物理学で確立されているブラインド法 (最終結果は伏せた形で解析をおこなう) を導入した。その結果、E モード偏光を 6 シグマ以上の有意度で観測し、B モード探索より、インフレーション理論が予言する原始重力波のパラメータ r に関する制限 $r=0.35 +1.06 -0.87$ (68%CL) を得た。さらに、銀河のシンクロトロン放射に起因する前景放射の証拠を 3 シグマの有意度でとらえた。これらの解析結果を 2010 年 12 月に The

Astrophysical Journal に投稿した。観測の精度はこれまでの全ての観測結果のなかで、世界第 2 位であった。得られたパワースペクトルを図 2 と図 3 に示す。

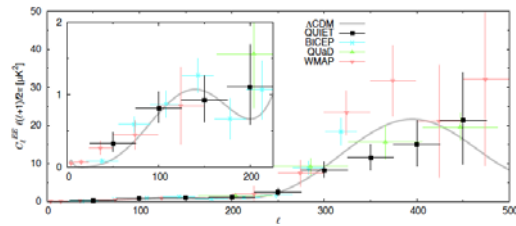


図 2 : E モードスペクトルの観測結果

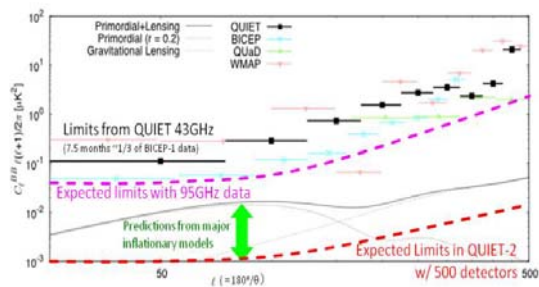


図 3 : B モードスペクトルの観測結果 (95% C. L. の上限)

また、新しい偏光計を試験するための試験システムの開発を成功裏に完成させ、その内容に関する論文を投稿した。

さらに、将来 POLARBEAR 実験と統合解析を行うための準備を進め、特に、観測する空の範囲を広げる必要があることをシミュレーションにより示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

“First Season QUIET Observations: Measurements of CMB Polarization Power Spectra at 43 GHz in the Multipole Range $25 \leq l \leq 475$ ” ,

QUIET Collaboration: C. Bischoff, A. Brizius, I. Buder, Y. Chinone, K. Cleary, R. N. Dumoulin, A. Kusaka, R. Monsalve, S. K. Næss, L. B. Newburgh, R. Reeves, K. M. Smith, I. K. Wehus, J. A. Zuntz, J. T. L. Zwart, L. Bronfman, R. Bustos, S. E. Church, C. Dickinson, H. K. Eriksen, P. G. Ferreira, T. Gaier, J. O. Gundersen, M. Hasegawa, M. Hazumi, K. M. Huffenberger, M. E. Jones, P. Kangaslahti, D. J. Kapner, C. R. Lawrence, M. Limon, J. May, J. J. McMahon,

A. D. Miller, H. Nguyen, G. W. Nixon, T. J. Pearson, L. Piccirillo, S. J. E. Radford, A. C. S. Readhead, J. L. Richards, D. Samtleben, M. Seiffert, M. C. Shepherd, S. T. Staggs, O. Tajima, K. L. Thompson, K. Vanderlinde, R. Williamson, B. Winstein, arXiv:1012.3191, submitted to *Astrophysical Journal*.

“Calibration system with cryogenically-cooled loads for cosmic microwave background polarization detectors”, M. Hasegawa, O. Tajima, Y. Chinone, M. Hazumi, K. Ishidoshiro, M. Nagai, *Rev. Sci. Instrum.* **82**, 054501 (2011)

[学会発表] (計 18 件)

田島治

「QUIET 実験 概要と 2008 年度現状報告」
2009 年 3 月 27 日、
日本物理学会、立教大学

茅根裕司

「QUIET 実験に於ける検出器校正」
2009 年 3 月 27 日、
日本物理学会、立教大学

長谷川雅也

「QUIET 実験 Phase-II に向けた受信機最適化のための偏光源の開発」
2009 年 3 月 27 日、
日本物理学会、立教大学

羽澄昌史

「QUIET 実験 Q バンド観測の現状報告」
2009 年 9 月 13 日、
日本物理学会、甲南大学

田島治

「QUIET 実験 概要と 2009 年度現状報告」
2010 年 3 月 20 日、
日本物理学会、岡山大学

茅根裕司

「QUIET 実験に於ける検出器校正」
2010 年 3 月 20 日、日本物理学会、岡山大学

田島治

「QUIET 実験」
2010 年 6 月 7 日、
CMB ワークショップ 2010、国立天文台 (三鷹)

茅根裕司

「QUIET 実験の解析の現状」

2010 年 6 月 8 日、
CMB ワークショップ 2010、国立天文台 (三鷹)

長谷川雅也

「QUIET Phase-II に向けた偏光検出器テストシステムの開発」
2010 年 9 月 13 日、
日本物理学会、九州工業大学戸畑キャンパス

茅根裕司

「QUIET 実験の解析の現状」
2010 年 9 月 13 日、
日本物理学会、九州工業大学戸畑キャンパス

田島治

「QUIET 実験観測ストラテジーと装置校正の達成度」
2010 年 9 月 13 日、
日本物理学会、九州工業大学戸畑キャンパス

茅根裕司

「QUIET 実験の解析の現状」
2010 年 9 月 27 日、
COSMO/CosPA、東京大学

田島治

「First results from QUIET」
2011 年 2 月 22 日、
International workshop on CMB、ホテルパークレイン西葛西

羽澄昌史

「QUIET 実験の初期観測結果(1) - サイエンスと装置概要」
2011 年 3 月 18 日、
日本天文学会 (震災のため、講演予稿集をもって発表となす)

長谷川雅也

「QUIET 実験の初期観測結果(4) - データ解析: 時系列データの処理とマップ作成」
2011 年 3 月 18 日、
日本天文学会 (震災のため、講演予稿集をもって発表となす)

茅根裕司

「QUIET 実験の初期観測結果(5) - パワースペクトラム推定と宇宙論的解析」
2011 年 3 月 18 日、
日本天文学会 (震災のため、講演予稿集をもって発表となす)

田島治

「QUIET 実験の初期観測結果(6) - 系統誤差と今後の展望」
2011 年 3 月 18 日、
日本天文学会 (震災のため、講演予稿集をも

って発表となす)

田島治

「QUIET and other CMB B-mode searches」
2011年3月19日、
2011 Moriond - Electroweak Interactions
and Unified Theories、La Thuile, Italy.

[その他]
ホームページ等
<http://quiet.kek.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

羽澄 昌史 (HAZUMI MASASHI)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子
核研究所・教授
研究者番号：20263197

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

樋口 岳雄 (HIGUCHI TAKEO)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子
核研究所・助教
研究者番号：40353370

田島 治 (TAJIMA OSAMU)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子
核研究所・准教授
研究者番号：80391704