

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料  
〔平成29年度研究進捗評価用〕

平成26年度採択分  
平成29年3月27日現在

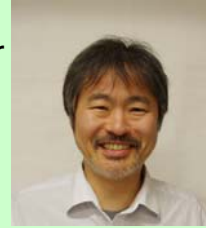
宇宙マイクロ波背景放射偏光観測装置 POLARBEAR-2 で  
探る宇宙創生の物理学

Physical cosmology with POLARBEAR-2: a new instrument for  
microwave background polarization measurements

課題番号：26220709

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



研究の概要

インフレーション宇宙仮説が予言する原始重力波を検出すれば、科学史上最大の発見になる。

現在これを可能にする唯一の手段が、宇宙マイクロ波背景放射（CMB）の偏光観測である。

本計画は、高感度超伝導センサーを多数搭載したPOLARBEAR-2検出器を開発し原始重力波の発見をめざす。と同時に、同じ観測から、ニュートリノ質量和への制限を得る。

研究分野：素粒子宇宙物理学

キーワード：宇宙マイクロ波背景放射、CMB、インフレーション宇宙仮説、電波望遠鏡

1. 研究開始当初の背景

本計画代表者が領域代表をつとめた科研費・新学術領域研究「背景放射で拓く宇宙創生の物理—インフレーションからダークエイジまで—」（平成21年度—25年度、領域番号2110）により、POLARBEAR-1検出器が稼働し、CMB偏光の観測が格段の進展を遂げたが、原始重力波の信号は未だ見つかっていない状態である。

2. 研究の目的

本計画は、現在稼働中のPOLARBEAR-1検出器より感度が6倍高いPOLARBEAR-2を開発し、新たに観測を実施して、原始重力波の発見をめざす。原始重力波の信号が大きかった場合には、精密測定によるインフレーションモデルの絞り込みを目指す。さらに、重力レンズ効果に起因するCMB偏光を観測し、ニュートリノの質量をこれまでに達成された感度を超えて測定する。

3. 研究の方法

直径3.5メートルの主鏡を持つ望遠鏡をチリ・アタカマ高地に配備し、そこに現在開発中のPOLARBEAR-2検出器を搭載し、観測を実施する。POLARBEAR-2の大きな特長は、世界初の二波長（95 GHz と 150 GHz）同時読み出しTESボロメータを7,588個搭載したCMB観測史上最大級の検出器アレイを搭載することである。

4. これまでの成果

POLARBEAR-2 検出器システムの開発を推進し、本観測用超伝導 TES 検出器の受け入れ体制を完成させた。

POLARBEAR-2 検出器の開発と並行して、POLARBEAR-1 検出器による観測データの解析を進めた。特に、パリティを破る新しい物理による宇宙論的複屈折効果の探索結果を発表した。得られた制限は従来の結果を約15倍改善する世界最高の結果である。また、偏光変調器という新しい装置を導入して、波数の小さいゆらぎ（つまり大角度相関によるゆらぎ）の観測を行った。1/fノイズによるノイズスペクトルの屈曲点は32mHzであり、これは波数に換算すると39に相当する。原始重力波によるBモード信号のピークが波数でおおよそ80のところにあるので、ノイズを十分に抑えることができた。POLARBEARのような大きな口径を持つ望遠鏡でこの波数に到達したのは世界初めてであり、この方法をPOLARBEAR-2でも使用する予定である。今後の観測へ向けた大きな技術的成果である。

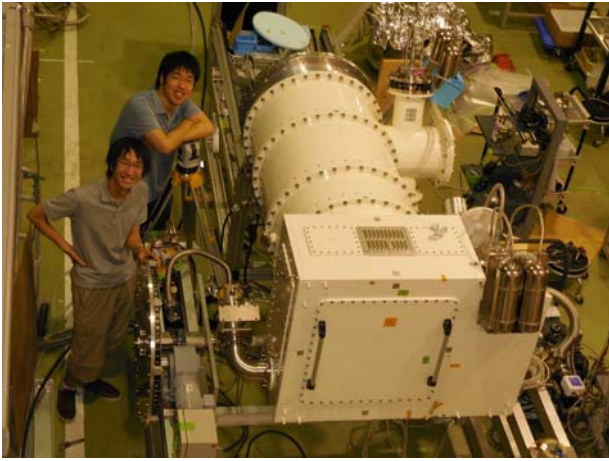


図 1 : POLARBEAR-2 検出器システム

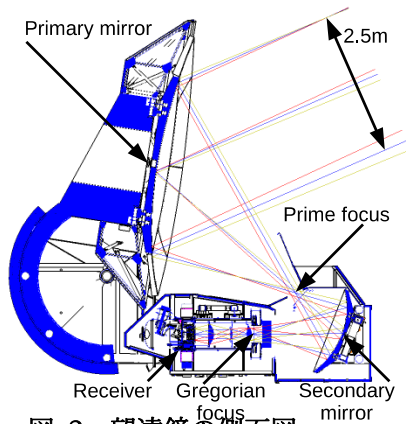


図 2 : 望遠鏡の側面図

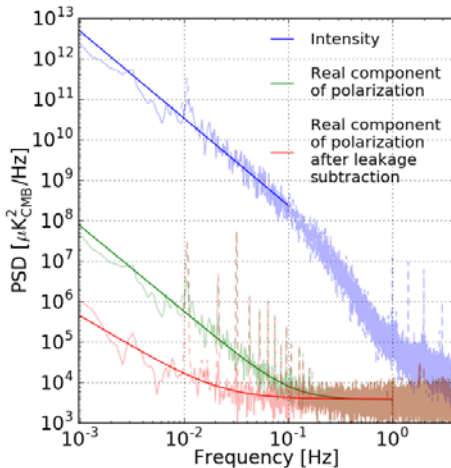


図 3 : 広い天域を観測した結果の一例。一番下の赤い線が偏光変調器を用いた場合のノイズ測定結果を表す。偏光変調器を用いない場合(緑線)と比べて大きな改善が見られる。

### 5. 今後の計画

全検出器の搭載を完了し、高エネ研にて最終試験を行った後、POLARBEAR-2 検出器をチリに配備し、観測を実行する。さらに、米国側が担当する 2 台目、3 台目の検出器との同時観測を実現し、原始重力波の探索、およびニュートリノ質量和の測定を行う。合わせて、すでに観測を実行している POLARBEAR-1 検出器のデータの解析も進めていく。

### 6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

“Making maps of cosmic microwave background polarization for B-mode studies: The POLARBEAR example”, D. Poletti, G. Fabbian, M. Le Jeune, J. Peloton, Y. Chinone(11 番目), M. Hasegawa(20 番目), M. Hazumi(21 番目), N. Katayama(27 番目), O. Tajima(47 番目), 他 40 名, A&A DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201629467>

“The Polarbear-2 and the Simons Array Experiments”, A. Suzuki, Y. Chinone(13 番目), M. Hasegawa (32 番目), M. Hazumi(34 番目), N. Katayama(44 番目), H. Nishino(63 番目), O. Tajima (80 番目), T. Tomaru(85 番目), 他 82 名, J.Low.Temp.Phys, 184 (2016) 805.

“Two-layer anti-reflection coating with mullite and polyimide foam for large-diameter cryogenic infrared filters”, Y. Inoue, T. Hamada, M. Hasegawa, M. Hazumi, Y. Hori, A. Suzuki, T. Tomaru, T. Matsumura, T. Sakata, T. Minamoto, T. Hirai, Applied optics Vol. 55, Issue 34, pp. D22-D28 (2016).

“POLARBEAR constraints on cosmic birefringence and primordial magnetic fields”, POLARBEAR Collaboration, P. A. R. Ade, Y. Chinone(9 番目), M. Hasegawa(24 番目), M. Hazumi(26 番目), N. Katayama(35 番目), H. Nishino(55 番目), O. Tajima(78 番目), T. Tomaru(81 番目), 他78名, Phys. Rev. D92 (2015) 123509.

### “MODELING ATMOSPHERIC EMISSION FOR CMB GROUND-BASED OBSERVATIONS”,POLARBEAR

Collaboration, J. Errard, Y. Chinone(11 番目), M. Hasegawa(23 番目), M. Hazumi(25 番目), N. Katayama(33 番目), H. Nishino(49 番目), O. Tajima(69 番目), T. Tomaru(72 番目), 他 68 名, Astrophys. J.809 (2015) 63.

ホームページ等  
<http://cmb.kek.jp/>