

宇宙マイクロ波背景放射(CMB)偏光観測実験グループ活動報告

2014年2月7日

羽澄 昌史

ビッグバン以前を探る CMB 偏光観測と KEK CMB 観測グループ

インフレーション仮説の検証は現代宇宙論の最重要課題の一つである。インフレーションに起因する原始重力波の検証なくしてこれは完成しない。CMB 偏光 (B モード偏光) は、「時空に浮かぶ天然の原始重力波記録装置」であり、原始重力波を発見する唯一の方法である。さらに CMB 偏光観測はインフレーションの背後にある量子重力理論 (超弦理論等) の検証の道を拓くものとして、高エネルギー物理学としても極めて重要な課題である。2012年2月に公開された高エネルギー物理学将来計画検討小委員会答申においても、「高いポテンシャルを持った中小規模計画を (ILC などの) 大計画と並進して推進することにより多角的に新しい物理を探求していくことが必要であり、CMB 偏光観測によるインフレーション検証はそれに該当する研究である」、とされている。

CMB グループは 2007 年度より活動を開始し、KEK 内サポート研究者・技術者を含めた約 30 名のメンバーで機構横断的に研究を推進している。科学研究費補助金新学術領域研究 (研究領域提案型) 「宇宙創成の物理」(H21-25、領域代表・羽澄昌史) などの補助を受けて活動している。

グループが推進している 2 つのプロジェクト (POLARBEAR、LiteBIRD) について進捗を以下に述べる。

POLARBEAR 実験：初期観測成果を発表！



図 1：チリ・アタカマ高地に設置した POLARBEAR 望遠鏡システム。

KEK CMB グループの現在の中心プロジェクトが、超伝導検出器アレイを用いた POLARBEAR 実験である。カリフォルニア大バークレー校、サンディエゴ校、カナダ・マギル大などと共同で準備をすすめ、望遠鏡 (図 1) をチリ・アタカマ高地 (標高 5150m) に設置し、2012 年 1 月より観測を開始した。POLARBEAR 実験は有効直径 2.5m の主鏡を持ち、原始重力波に対する高い感度に加え、重力レンズに起因する CMB 偏光 B モードを発見する上で有利なデザインとなっている。

POLARBEAR 実験では 2012 年 5 月から 2013 年 6 月まで観測したデータを用いて、2013 年 12 月 24 日に初期観測結果を発表し、二本の論文を投稿した[1][2]。POLARBEAR 実験の科学目標は二つあり、

- 1) 原始重力波の探索によるインフレーション理論・量子重力理論 (超弦理論など) の検証
- 2) 重力レンズの精査による初期宇宙の謎 (ニュートリノ質量、ダークエネルギーなど) 解明

である。今回の初期成果は、2) に関わるもので、初年度のデータを用いて、**世界で初めて CMB のみを用いて重力レンズの証拠を検出した**ものである (図 2)。POLARBEAR が世界最高感度を持つ実験であることを示すとともに、今後の素粒子物理・宇宙論への寄与を約束する進展である。

KEK では二台目の望遠鏡を導入する POLARBEAR-2 計画も推進しており、検出器システム製作を主導

している。この計画は **KEK 羽澄とカリフォルニア大バークレー校 Adrian Lee 教授の 2 人が共同代表をつとめている**。2014 年度にシステムの総合試験を終えて、できるだけ早くチリへ配備することを目指している。これが完成すれば地上における CMB 偏光観測装置として最高の性能を持つこととなる。図 3 に POLARBEAR-2 レシーバーシステムクライオスタットの写真を示す。

LiteBIRD 衛星計画

KEK CMB グループでは究極の CMB 偏光観測を行うための小型科学衛星計画 LiteBIRD を提案しており、2020 年代初頭の打ち上げを目指して R&D とデザインを進めている。JAXA 小型科学衛星ワーキンググループ(主査：羽澄昌史)の一つとして承認され、現在国内外の約 70 名からなる研究者が活動している。本計画は、宇宙電波懇談会(我が国の電波天文学を中心とした研究者コミュニティ)の推薦する将来計画の中で現在最も評価の高いものである。**日本学術会議天文学・宇宙物理学分科会からの推薦を受けて、学術会議マスタープランへ提案を行い、審査の結果高い評価を得ている。マスタープランは今春に公表される予定である。**

以上のように、着実に新しい成果論文を出版し、かつ、将来に向けた準備も順調に進めている。今後の観測結果に期待していただきたい。

参考文献

[1] <http://arxiv.org/abs/1312.6645>

“Evidence for Gravitational Lensing of the Cosmic Microwave Background Polarization from Cross-correlation with the Cosmic Infrared Background”

POLARBEAR Collaboration

[2] <http://arxiv.org/abs/1312.6646>

“Gravitational Lensing of Cosmic Microwave Background Polarization”

POLARBEAR Collaboration

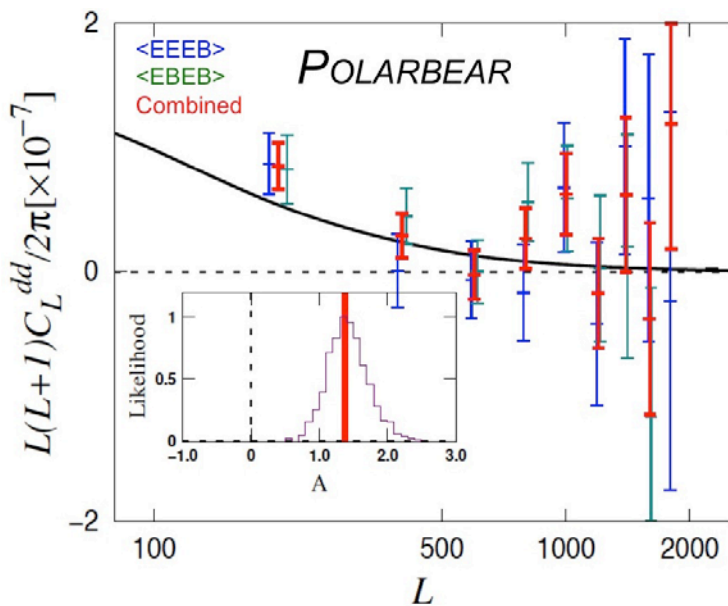


図 2 : POLARBEAR の初期観測により得られた、重力レンズ B モードの大きさを示すパワースペクトル (正確には曲がり角の大きさのパワースペクトル)。赤が最終結果、実線が理論予想値。重力レンズ B モードが存在しないという仮説を 4.2 シグマ (系統誤差を含む) で棄却した。

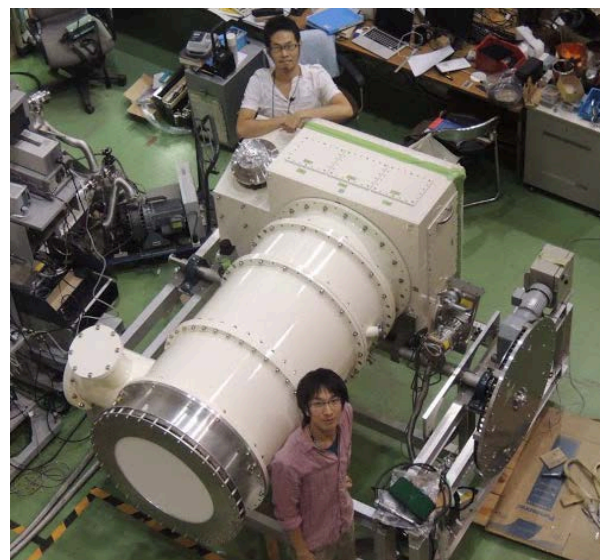


図 3 : KEK が主導して開発中の POLARBEAR-2 検出器システム。合計 7588 個におよぶ超伝導検出器アレイを搭載する予定であり、現在の POLARBEAR 検出器の性能を 10 倍近く上回るものとなる。