

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

2012年9月6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

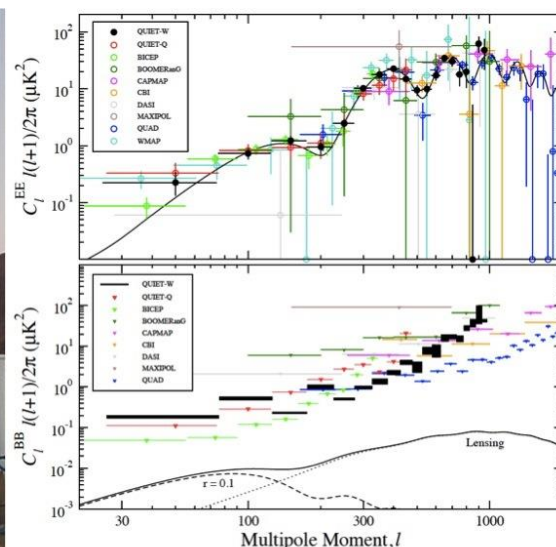
インフレーション仮説の検証は現代宇宙論の最重要課題の一つである。インフレーションに起因する原始重力波の検証なくしてこれは完成しない。CMBの偏光パターン(Bモード偏光)は、「時空に浮かぶ天然の原始重力波記録装置」であり、原始重力波発見の最も有効な道具として注目されている。さらにCMB偏光観測はインフレーションの背後にある量子重力理論(超弦理論等)の検証の道を拓くものとして、高エネルギー物理学としても極めて重要な課題である。2012年2月に公開された高エネルギー物理学将来計画検討小委員会答申においても、高いポテンシャルを持った中小規模計画を(ILCなどの)大計画と並進して推進することにより多角的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。

素核研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。外部資金の獲得が順調に進み、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)、日本学術振興会「頭脳循環を活性化する若手研究者海外派遣プログラム」(H22-24)などの補助を受けて活動している。科研費新学術に関しては、中間評価でA評定を得ている。

以下、グループが推進している3つのプロジェクト(QUIET、POLARBEAR、LiteBIRD)について進捗を簡潔に述べる。

QUIET 実験

2007年12月より米国等のグループとの国際協力によりQUIET実験を推進している。2012年7月に、新たな観測結果を論文としてThe Astrophysical Journalに投稿した(プレプリント arXiv:1207.5034)。95GHz帯の偏光計アレイを用いて5000時間を超える観測をおこなった結果、原始重力波の強度に関する上限を得た(図1)。今回の結果は、2011年に発表した43GHz帯の観測結果(The QUIET Collaboration, The Astrophysical Journal 741, 111 (2011))と同程度の感度で、どちらの結果も単独で世界トップレベルの結果となっている。現在95GHz帯、43GHz帯の結果を総合した最終結果発表に向けた解析を行っている。また、今回の観測結果論文を補足するものとして、QUIET実験装置に関する技術論文も投稿した(プレプリント arXiv:1207.5562)。



Eモード偏光
(パリティ正の成分)
黒い点が今回の結果
標準宇宙論とよく一致

Bモード偏光
(パリティ負の成分)
黒い線が今回
得られた上限。

図1 QUIET望遠鏡(左の写真)と今回の結果(右のグラフ)

POLARBEAR 実験

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等と共同で準備をすすめ、望遠鏡をチリに設置し、2012年1月よりチリ・アタカマ高地において観測を開始した。図2に装置概要とキャリブレーション用に行った CMB 温度観測の例を示す。

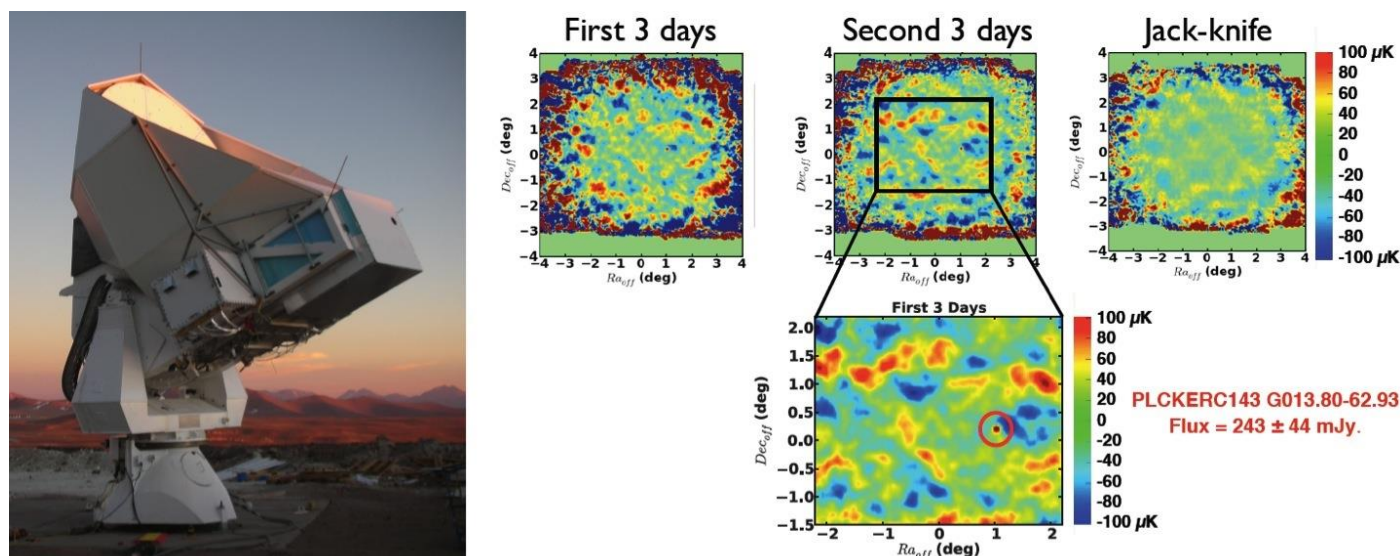


図 2 POLARBEAR 望遠鏡 (左の写真) と CMB 温度観測の例 (右の図)。わずか3日間のデータで温度揺らぎが明瞭に観測されている。

POLARBEAR 実験は QUIET より大きな主鏡 (有効直径 2.5m) 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。重力レンズに起因する B モードはニュートリノ質量和に関してこれまでより厳しい制限を与えたり、グラビティノーのような新しい粒子に対する感度があるなど、素粒子論への寄与も大きいと期待されている。世界的な激しい競争の中で、POLARBEAR 実験は CMB 偏光 B モード発見の有力候補と言える。2013 年度に初期観測結果を発表する予定である。KEK では二台目の望遠鏡を導入する POLARBEAR-II も推進しており、超伝導低温工学センターを中心としてレシーバー製作を進めている。2013 年度中に完成予定である。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。

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 (図 3) を提案しており、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 50 名を超える研究者が活動している。2013 年度にミッション定義審査を受けることを目標に、JAXA の技術者等と成立性に関する検討を行っている。2012 年 7 月に SPIE 国際会議でこれまでの研究に関する報告を行った。海外からの関心も高く、ヨーロッパの将来計画の会議 (2012 年 6 月)、米国 NASA の将来計画の会議 (2012 年 8 月) にて招待講演を行った。さらに、LiteBIRD の地上プロトタイプかつ有用な観測結果が出せるものとして GroundBIRD 実験を国立天文台、理研等と共同で進めている。

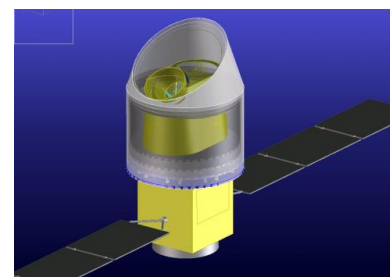


図 3 : LiteBIRD 概観図

以上のように、着実に新しい成果論文を出版し、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。