

宇宙マイクロ波背景放射の新展開

はじめに

宇宙はどうやって始まったのだろうか、誰もが一度は発するこの問いに、人類が「手がかり」を見つけたのは今からほんの50年前の話である。それはアーノ・A・ペンジアス氏とロバート・W・ウィルソン氏が1964年に発見した宇宙マイクロ波背景放射 (Cosmic Microwave Background; CMB) である。取り除けないアンテナの雑音として偶然に発見されたCMBは、宇宙のビッグバン理論の決定的な証拠の一つとなり、その後の宇宙論の爆発的發展を牽引する。CMBが作られたのは宇宙がまだ小さく、熱い火の玉であった138億年前の太古の昔である。宇宙では遠方を見るほど過去を見ることになる。つまりCMBは我々が観測できる最遠方・最古の宇宙からやってくる電磁波なのである。両氏には1978年にノーベル物理学賞が授与された。

1989年にはNASAのCOBE衛星が打ち上げられ、CMBがビッグバン理論の予想通り、ほぼ完全な黒体放射であることが明らかになった。さらに重要なことに、CMBの温度異方性が発見された(図1参照)。10万分の1という非常に微小なこの揺らぎは、その後、重力によって増幅され銀河や星、最終的に我々となる宇宙の構造の種である。COBE衛星の功績を評し、ジョン・C・マザー氏とジョージ・F・スムート氏に2006年ノーベル物理学賞が授与された。二代目のCMB衛星、WMAP衛星が打ち上げられたのは2001年である。WMAPは、より詳細なCMB地図を描き出し(図1参照)、その温度異方性を調べることで、宇宙の年齢や組成といった宇宙論パラメータを高精度で決定

した。なんと宇宙のほとんどが正体不明のダークマターやダークエネルギーで占められていることが確実にされた。

そして本小特集の主題である三代目Planck衛星である。欧州宇宙機関ESAが主導するPlanck衛星は2009年に打ち上げられ、2013年3月21日に最初の15ヶ月半の観測から得られた全天のCMB地図(目次参照)とその解釈論文を公開した。2013年10月23日には運用を終え、現在全データの解析が急ピッチで行われている。

Planck衛星が目指すのはCMBが生まれた時期よりもさらに昔、インフレーションと呼ばれる宇宙開闢の刹那、量子揺らぎがCMBの異方性を生み出す時代、である。電磁波ではCMBよりも昔を観測することはできないが、CMBの異方性を調べることで、CMBの向こう側、つまり、より昔の情報が引き出せるのである。さらに今後は、温度異方性に加えて、CMBの偏光を観測することで、インフレーションモデルを検証することが期待されている。人類はいよいよ宇宙の始まりに迫りつつあるのである。

CMB発見50年という節目において、CMB研究のこれまでの発展とPlanck衛星の結果を振り返り、今後は展望することは意義のあることであろう。本小特集の前半では、WMAPの主要メンバーである小松英一郎氏にこれまでの発展とPlanck衛星の結果の解説をお願いした。そして後半では、羽澄昌史氏と小松氏に、次なる聖杯であるCMBの偏光の解説をお願いした。羽澄氏は約7年前に日本におけるCMB実験の立ち上げを決意され、これまで主導してこられた。これらの記事は、CMBを学びたい学生にとってはバイブル的存在、専門外の方にとっても日本語で理解できるまたとない機会になると思われる。CMBの日本語の記事としてここまで完結した解説は初と言ってよい。

ところで、節目の時期には何かが起こるものなのか、BICEP2実験がCMBのBモード偏光を観測したというニュースが飛び込んできた! 南極の望遠鏡を用いて、インフレーション起源の原始重力波と思われる信号を確認したというのだ。原始重力波は、確認されれば、インフレーションモデルの決定的な証拠になる。さらに原始重力波の観測は、量子重力の効果の初めての観測になる。もし事実ならノーベル賞級の発見である。急遽、速報を「最近のトピックス」として、インフレーションモデルの提唱者の一人である佐藤勝彦氏と羽澄氏をお願いした。

大変お忙しい三氏が急なお願いにも関わらず非常に情熱的で力のこもった原稿を仕上げてくださいました。ご尽力いただいたすべての皆様に深く感謝申し上げます。

(2014年4月26日原稿受付、文責：井岡邦仁)

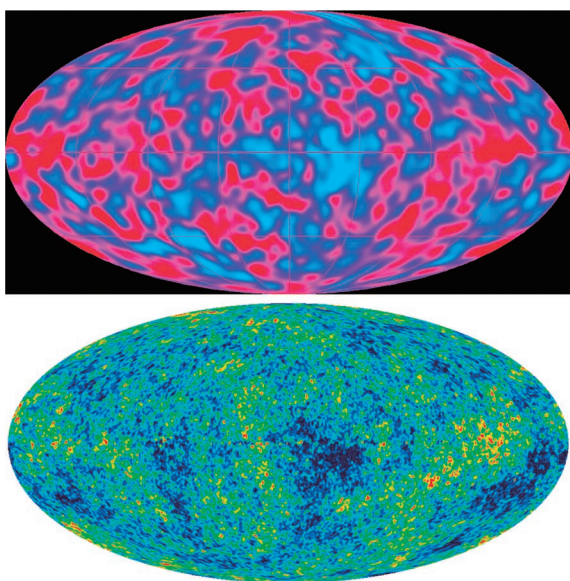


図1 COBE衛星(上: Smoot, *et al.*, 1992)とWMAP衛星(下: Bennett, *et al.*, 2013)が観測したCMBの温度異方性の全天地図。銀河面からの放射は引き去ってある。青色より赤色ほど温度が高いが、その違いは平均温度の約10万分の1である。目次のプランク衛星の結果と比べて発展を楽しんでいたきたい。