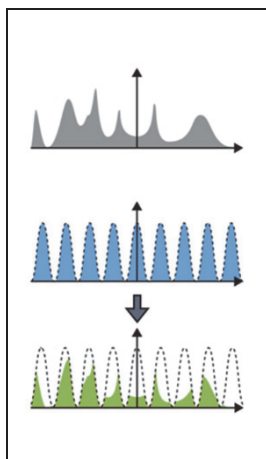


偏光計測で探る宇宙の誕生

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
羽澄昌史



1. はじめに

宇宙誕生の瞬間とは？ 宇宙創生を支配する物理学の根本法則とは？ これらの問いに答えることは科学の大いなる挑戦の一つである。それと同時に、科学を超えたセンス・オブ・ワンダー（感動をとまなう不思議な感覚）を呼び起こす研究テーマでもある。究めようとする「何もない状態から存在を作り出せるか」といった問題にすら直面してしまうため、哲学的な研究テーマとも言える。現代宇宙論では、多くの観測的証拠により、宇宙初期は熱い火の玉状態であり、ビッグバン（宇宙の膨張）が起きた、とされている。とにかく宇宙の始まりの瞬間をビッグバンと呼ぶ、と定義すれば、論理的にその前はないことになってしまう。しかしビッグバンも物理学で記述できる現象に過ぎないと思えば、その準備期間となるビッグバン以前の宇宙が必要である。

実は、観測技術の進歩のおかげで、今や人類は熱い火の玉状態以前の宇宙（ビッグバン以前の宇宙）を観測できる可能性を持つに至っている。いくつかの方法が提案されているが、最も有望な方法が、宇宙マイクロ波背景放射（Cosmic Microwave Background, 以下 CMB）の偏光測定¹⁾である。本稿では、CMB 観測が明らかにしてきた人類の宇宙像、これからの CMB 観測の目的、そして目的を達成するための観測装置と画像処理について、筆者の関わるプロジェクトを中心に述べる。

2. 宇宙マイクロ波背景放射（CMB）と「宇宙ゼロ時」の謎

CMB は、1964 年（論文掲載は 1965 年）にアーノ・ペンジアスとロバート・ウィルソンにより発見された。2 人はその業績で 1978 年ノーベル物理学賞を受賞している。CMB は全天から降り注ぐ宇宙最古の電磁波で、周波数は、およそ 160 GHz（波長 2 ミリ程度）を中心とした黒体放射の分布に従う。宇宙はビッグバンのあと膨張しながら冷えていった。誕生から約 38 万年たった頃の宇宙では、電子と陽子がバラバラに存在していた状態から、お互いが結合して水素原子になるという大きな変化が起きた。それまで電子と高い頻度で衝突していた電磁波は、以後自由に宇宙空間を伝わることになる。この出来事は「宇宙の晴れ上がり」と呼ばれている。この自由に伝わり宇宙に満ちた電磁波が CMB である。晴れ上がりの CMB の温度は約 3000 K である（以下、温度はすべて絶対温度(K)で表す）。一方、CMB の現在の温度は約 2.7 K だとわかっている。低くなったのは宇宙膨張とともに CMB の波長が伸びたからである（電磁波の波長が長くなれば、その温度は低くなる。）この解釈以外に CMB を説明することが出来ないため、CMB の存在そのものが、ビッグバンの重要な証拠とされている。CMB が発見されるまでは、宇宙は永久の過去を持つと信じられていた。我々の宇宙に始まりがある、という新しい宇宙像を科学的に打ち立てたという点から、CMB の発見は、科学を超えた社会的インパクトをもたらしたと言える。

しかし、この発見は、「宇宙ゼロ時」とは何か？ という、より深遠な謎を生んでしまった。我々の宇宙が膨張を続けているなら、過去に遡って「宇宙ゼロ時」に至ると、宇宙は一点に収縮し、特異点になってしまうだろうか？ それを自然法則として記述できるだろうか？ 21 世紀の宇宙観測では、これ