

Bモード偏光－インフレーション理論の実証を目指して

マックス・プランク宇宙物理学研究所
小松英一郎

B-mode Polarization – Toward an Observational Proof of Cosmic Inflation

Max-Planck-Institut für Astrophysik

Eiichiro Komatsu

インフレーション理論は、現代宇宙論の標準模型の重要な一部を占めている。インフレーション理論によれば、宇宙マイクロ波背景放射の温度・偏光ゆらぎや、銀河・銀河団に代表される宇宙の大規模構造の起源は、初期宇宙のインフレーション中に生成された量子力学的ゆらぎ（原始ゆらぎ）である。NASAのWMAP衛星やESAのプランク衛星などによる宇宙マイクロ波背景放射の温度ゆらぎの精密測定より、原始ゆらぎの強さはほぼスケール不変であるが若干のスケール依存性があること、原始ゆらぎは高精度でガウス統計に従うこと、そして温度と物質ゆらぎは断熱的初期条件を高精度で満たすことなどが示された。これらは全て、単一の場によって引き起こされる、単純なインフレーション模型の予言と合致しており、インフレーションが実際に起こったことを支持する。

インフレーション理論のさらなる実証には、インフレーション中に生成された時空の量子ゆらぎ、「原始重力波」の発見が重要である。原始重力波の強さもほぼスケール不変であり、あらゆる波長でほぼ等しい。すなわち、波長が数十億光年にわたるような重力波も存在する。そのような長波長を持つ重力波はKAGRAのようなレーザー干渉計では測定できないが、宇宙マイクロ波背景放射の温度・偏光ゆらぎを用いて測定できる。

重力波は、伝播するだけで電子の周りの温度分布に四重極の温度異方性を生成し、宇宙マイクロ波背景放射を偏光させる。天球上の偏光方向の分布は、パリティの異なる「Eモード」と「Bモード」に分解できる。原始重力波起源の偏光は、EモードとBモードをほぼ等量生成する。一方、宇宙の大規模構造の起源となるゆらぎ（スカラーゆらぎ）は、対称性よりEモードしか生成できず、そのようなEモード偏光はすでに測定されている。また、重力レンズ効果により、Eモード偏光の一部はBモード偏光に転化されるが、近年これも測定された。重力レンズ起源のBモード偏光は見込み角度が1度より小さいところで支配的となる。よって、より見込み角度が大きいところでBモード偏光を測定できれば、原始重力波の発見、さらには原始重力波のスケール不変性の検証につながる。

本講演では、WMAPとプランク衛星などから得られたインフレーションの検証結果を概観し、宇宙マイクロ波背景放射の偏光の物理を説明したのち、将来的な、原始重力波によるBモード偏光発見までの道のりを議論する。