

原始磁場が生成する 宇宙マイクロ波背景放射の温度ゆらぎ

261601415 箕田鉄兵

多くの銀河や銀河団で磁場の存在が報告されているが、これらの磁場の起源は未解明である。現在考えられている有力なシナリオの一つは、初期宇宙において生成された微弱な磁場 (以下、原始磁場と呼ぶ) が現在観測される天体の磁場の種になったという仮説である。原始磁場が存在していたとすれば、磁場がビッグバン中の陽子や電子の運動に影響を与える。この運動により、光子の分布に揺らぎを生じ、宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の温度揺らぎや偏光成分として観測されることになる。実際にはこれらは観測されていないことから、原始磁場の強度に対して制限を与えることができる。最新の CMB の観測により、原始磁場の強度には数 nG の上限が得られている。一方で、原始磁場が存在すれば宇宙の大規模構造の進化にも影響を与える。特に、原始磁場によるローレンツ力がガスの密度進化に与える影響と、磁場のエネルギー散逸がガスの温度進化に与える影響の重要性が示唆されている。そこで本研究では、これらの影響を見積もった上で天文学的な観測データとの比較を行い、原始磁場の強度やその生成機構に対して新たな観測的制限を得ることを目的とする。

ここではまず、ガスの密度と温度の時間進化を原始磁場によるローレンツ力やエネルギー散逸の影響を考慮して計算する。得られたガスの物理量の値から、スニヤエフ・ゼルドビッチ効果 (SZ 効果) によってつくられる CMB 温度揺らぎを見積もる。ここで SZ 効果とは、CMB 光子が高温のガスに散乱されることで CMB 光子の温度が周波数に依存して見かけ変化する現象のことである。SZ 効果はガスの密度分布や温度分布に強く依存する物理過程であり、原始磁場についての情報と深く結びついていることが期待される。

計算の結果、原始磁場は晴れ上がり直後の初期宇宙で大規模構造の形成を促進することがわかった。図 1 に、宇宙の誕生後およそ 5 億年頃のガスの密度と温度の分布を示す。両者の物理量の間には強い反相関が生じることを明らかにした。また、原始磁場に起因する SZ 効果の見積もりによって、原始磁場は約 1 秒角の非常に小さいスケールで大きな CMB 温度揺らぎを作ることを確認することができた。

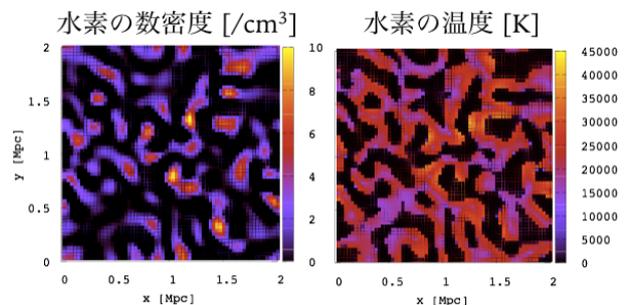


図 1 計算によって得られた水素原子ガスの (左:) 数密度および (右:) 温度の二次元構造。各辺の長さは 2Mpc である。