

## マルコフ連鎖モンテカルロ法シミュレーションに基づく 宇宙論パラメータの決定

齋藤 俊 (東京大学 大学院理学系研究科 物理学専攻 宇宙理論研究室)

利用カテゴリ XT4B

宇宙マイクロ波背景輻射 (Cosmic Microwave Background, CMB) と銀河分布の観測を組み合わせることによって、宇宙論パラメータを制限することを主目的として研究を行っている。特にダークエネルギーの状態方程式のパラメータやニュートリノの質量は、単なる宇宙論パラメータであるばかりではなく、素粒子物理学に対するインパクトが極めて大きいので、宇宙論的観測によって高精度で決定することが非常に重要であると考えられている。ダークエネルギーの正体を探ることは宇宙論的観測によってのみ可能であり、宇宙定数であるかどうか、もしそうでないならばどのような特徴をもつのかを明らかにし、素粒子標準模型を超える物理の示唆を与えると考えられる。ニュートリノ振動実験によってニュートリノに有限の質量があることがわかっているが、振動実験によって測定できるのは質量の二乗差のみであり、各質量固有値の絶対値を測定することはできない。実は宇宙論的観測によりニュートリノ質量の各世代の総和を測定することができ、地上の実験に比べて厳しい制限が得られているという興味深い事実がある。

ダークエネルギーやニュートリノ質量などの宇宙論パラメータを決定するためには、宇宙論パラメータを指定して計算される理論予言と観測データをフィットする必要がある。この際に、多次元の宇宙論パラメータ (最低でも 7 個以上) を同時にフィットするという非常にコストが大きい計算をしなければならない。そこで観測データによくフィットする宇宙論パラメータを効率よく求める手法である、マルコフ連鎖モンテカルロ法シミュレーションを本計算機を利用して行った。

以下その具体的内容を述べる。申請者は以前に銀河分布の非線形パワースペクトルを計算する理論的枠組みを構築してきた。CMB の温度と偏光の非等方性の角度相関パワースペクトルの計算は、線形理論で十分な精度を確保することができるのに対して、銀河のクラスタリング分布は重力による非線形進化の影響が無視できない。将来の大規模な銀河サーベイ計画を念頭に、近年解析的な計算手法と N 体シミュレーションの結果を比較することによって非線形パワースペクトルの高精度な予言が可能となってきた。しかし、これらの研究にはニュートリノ質量の影響が全く考慮されていなかった。申請者は特に、ニュートリノ質量の効果と非線形銀河バイアスの効果が無矛盾に取り入れる計算手法の構築に成功している。そこで、齋藤ら (2011) は、現在最大の銀河カタログである Sloan Digital Sky Survey (SDSS) における銀河のパワースペクトルのデータと、Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) 5 年目によるマイクロ波背景輻射の温度と偏光の非等方性のデータを組み合わせることによって、宇宙論パラメータ、特にダークエネルギーの状態方程式やニュートリノ質量に制限を求めた。特に、SDSS DR7 の Luminous Red Galaxy (LRG) と呼ばれる銀河カタログに適用し、 $\sum m_\nu < 0.81 \text{ eV}$  (95% C.L.) というニュートリノ質量の制限を得た。これは WMAP5 のみに比べて 1.8 倍厳しい制限である。

さらに、観測される銀河の位置は赤方偏移によってのみ測定されるので、銀河の固有速度のうち視線方向の成分が取り除くことはできない。この赤方偏移ゆがみと呼ばれる効果により、銀河のクラスタリング分布は非等方に歪む。樽家ら (2010) は、摂動論的手法を用いて先攻研究よりもより正確なモデルを提案し、そのロバストさを N 体計算により擬似カタログに適応することにより確かめた。その際にもマルコフ連鎖モンテカルロ法シミュレーションを本計算機を利用して行った。