平成 21 年度国立天文台天文シミュレーションプロジェクト成果報告書

大規模銀河サーベイに向けた銀河擬似カタログの作成 –バリオン音響振動を用いたダークエネルギーへの制限–

高橋龍一 (弘前大学理工学部)

利用カテゴリ　XT4A

FMOS サーベイ計画に向けた擬似銀河分布の作成

ハワイのマウナケア山頂にある日本のすばる望遠鏡は口径 8.2m の世界最大級の大型望遠鏡である。この望遠鏡に一昨年、近赤外線用の分光装置 FMOS （Fiber-Multi-Object Spectrograph）検出器が取り付けられた。現在試験的な運用がされており、今年 5 月から一般の研究者も使用できる。FMOS 検出器を用いた観測計画に広視野分光サーベイ計画がある。赤方偏移 z=1 付近の、Ha 輝線（バルマーα線）で輝く銀河がターゲットで、総視野は 200-300 平方度、総銀河数 20-30 万個に達する。この銀河サーベイ計画には、主に以下の２つの目的がある。１）銀河分布のパワースペクトルを詳細に調べることにより、宇宙の膨張史に直接制限を与える。２）このような遠方宇宙でも重力理論（一般相対性理論）が正しいかどうかをチェックする。近年の様々な宇宙論的観測から、宇宙は加速的に膨張していることが確認されており、その原因は宇宙の約 70% を占めるダークエネルギーという未知の成分によるものだと考えられている。上記の１）からダークエネルギーに観測的制限を与えることができる。申請者は国立天文台の PC cluster XT4 を用いて、宇宙大規模構造の数値シミュレーションを行い、FMOS 計画に向けた擬似銀河分布を作成している。

今日の標準的な宇宙モデルでは、銀河はダークマター（光とは相互作用しない未知の物質）が集まって形成されたと考えられている。宇宙初期の小さな密度揺らぎが重力進化して、天体を形成したと考えられている。ダークマターの重力進化は非線形過程のため、通常数値シミュレーション（N 体計算）を用いて調べられる。本研究では、簡単のため銀河分布はダークマター分布に比例すると仮定した（線形バイアスモデル）。シミュレーションのボックス長は 1.5Gpc/h、粒子数は 512^3 を用いた。実際の数値計算は国立天文台の計算機 Cray XT4、計算コードは Gadget2 (Springel 2005) を用いた。シミュレーションの計算結果（粒子の位置と速度）を弘前大学の申請者の計算機に転送し解析した。10 度 ×10 度の視野、銀河の赤方偏移 $z = 1$ を想定し、観測領域にあわせて粒子分布を取り出す（図 1 参照）。ひとつのシミュレーションから 9 個の独立な領域を取り出すことが出来る。申請者の目的は、銀河分布のパワースペクトルを計算することである。図 2 のシンボルはシミュレーションを用いて計算した銀河のパワースペクトルである。横軸が密度揺らぎの波数 k、縦軸が計算で得たパワースペクトル $P(k)$ である。縦軸はパワースペクトルに現れる特徴的な振動パターン（バリオン振動と呼ばれる）を強調して表すため、振動していないモデル（$P_{\rm EH}$）で割ってある。エラーバーは９つの独立なサンプルで計算した誤差である。また黒い実線は線形理論の予言する線である（線が途中で切れているのは、計算時間がかかるため途中までしか計算出来ないためである）。実線は線形理論のため、小スケール（大きな波数）ではずれてくることが予想される。下図に示すように、大スケールでは、我々のシミュレーションは理論モデルとよく一致する結果を得た。

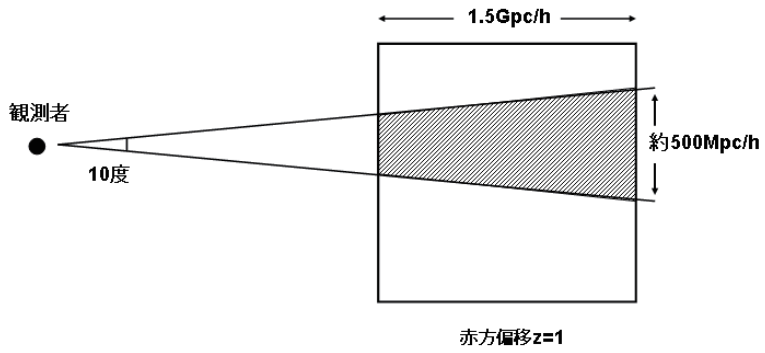

図 1: シミュレーションボックスからの FMOS 観測領域の切り出し（灰色の領域）。

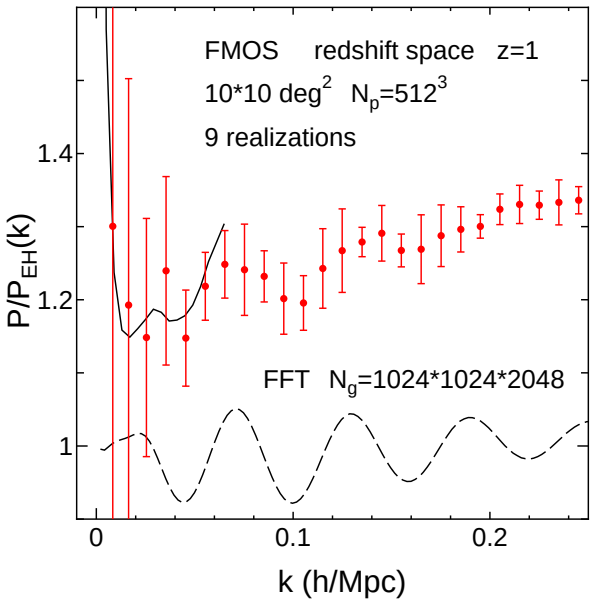

図 2: FMOS 観測計画用の擬似銀河分布のパワースペクトル $P(k)$。縦軸は $P(k)$ をバリオン振動なしのモデルで割ったもの、横軸は波数 k(h/Mpc))。シンボルはシミュレーションの計算結果、実線は観測領域の形状も考慮した場合の線型パワースペクトルの理論モデル。破線は観測領域の形状を考慮しない場合の線型理論モデル。