

暗黒物質ハローの空間分布：赤方偏移歪みと原始非ガウス性の影響

西道 啓博 (東京大学数物連携宇宙研究機構)

利用カテゴリ XT4B

はじめに銀河サイズの小さい構造まで正しく記述できる高解像度のシミュレーションを行った。ビリアル平衡にある銀河・銀河団サイズの「暗黒物質ハロー」を同定し、これらが赤方偏移歪みを受けた場合に見かけの分布がどのようなになるかを調査した。

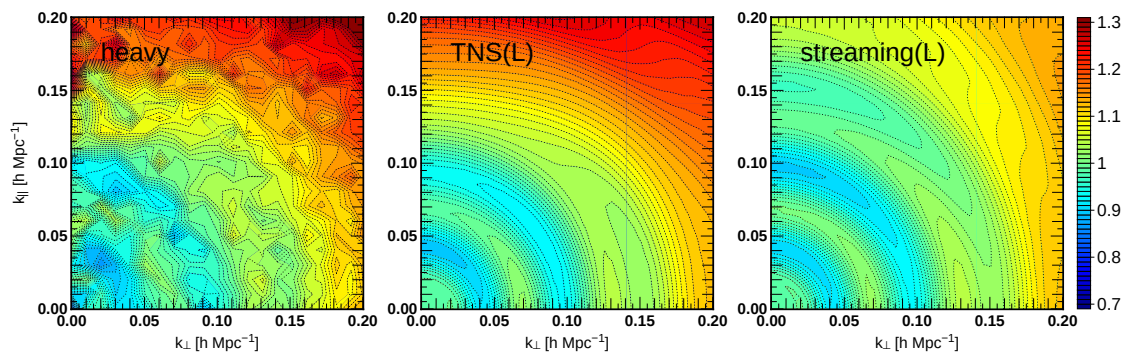


図 1: 赤方偏移空間でのハローのパワースペクトル。観測者の視線方向・垂直方向の2次元にプロットしたもの。左：シミュレーション、中：Taruya, Nishimichi & Saito (2010)、右：Scoccimarro (2004)。

ハローのパワースペクトルを観測者の視線方向とそれに垂直な方向の2次元上でプロットすると、これまで広く利用されてきた大スケールのKaiser効果と小スケールのFinger of God効果を合わせた解析的公式[1]では分布を全く再現できないことを初めて明らかに示した(図1:シミュレーション=左パネル、モデル=右パネル)。一方で、昨年度、暗黒物質の分布に対して我々が導出した、Taruya, Nishimichi & Saito (2010)による公式[2]には、これら2つの効果に分類できない新しい寄与が存在する(中パネル)。そこで、今回測定したハローの2次元パワースペクトルについて、この効果がどのように影響するかをハローの質量毎に細かく調査した。すると、背景にある暗黒物質分布に対するハローのバイアスの強さの2乗にほぼ比例して、我々の見つけた新しい補正項が大きくなることが分かった。この効果を適切に取り入れることで、シミュレーションから測定した2次元パワースペクトルは赤方偏移0.35において波数0.2h/Mpcまで誤差2パーセント以内で説明できた[3]。将来の観測計画を想定した場合、補正項を適切に取り扱わないと、構造の線形成長率パラメタ $f(z)$ を平均で約5パーセント程度過小評価してしまうため、精密宇宙論時代において無視できない本質的な効果を発見したものと言える。

次に、通常はガウス統計に従うものと仮定されている宇宙の原始揺らぎが非ガウス性を持つ場合にハローのバイアスがどのように変更を受けるかを調べた。非ガウス性は原始揺らぎを創ったインフレーションのモデルを選別するのに有用ではないかと期待されており、最も簡単なモデルである「局所型」非ガウス性の最低時の寄与(2次の結合)が存在す

る場合について盛んに研究されている。しかし、数多くのインフレーション模型や、インフレーション以外の場が揺らぎの生成に寄与するといういくつかの代替シナリオについてはこの次数の解析だけでは見分けられないことが分かっている。そこで、「局所型」の枠内で、任意の次数の結合を持ち、また、複数の統計的に独立な成分が原始揺らぎに寄与する場合について解析的にハローバイアスの公式を導出した [4]。

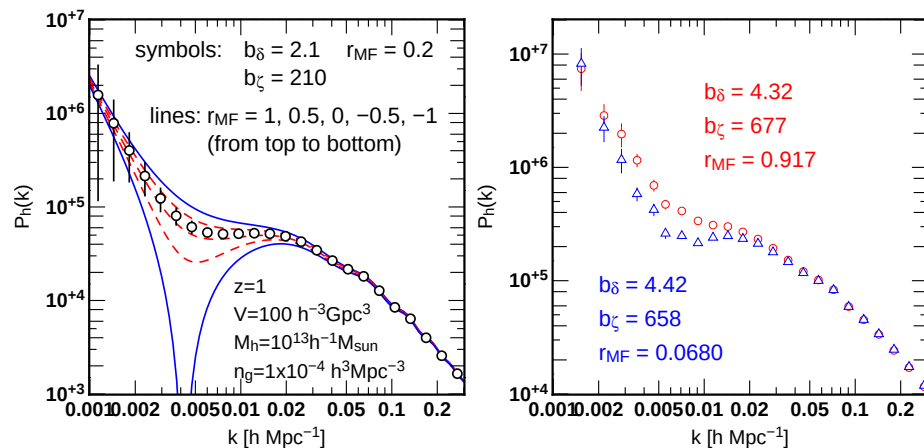


図 2: ハローのパワースペクトルに現れる、複数の独立な原始揺らぎ成分の影響。左：理論予言。単一成分の原始揺らぎ（実線）、複数成分の原始揺らぎ（破線）。誤差棒は Euclid 計画で達成が予想される $1\text{-}\sigma$ 統計誤差。右：シミュレーション結果。丸印：単一成分の場合。三角印：複数成分の場合の一例。

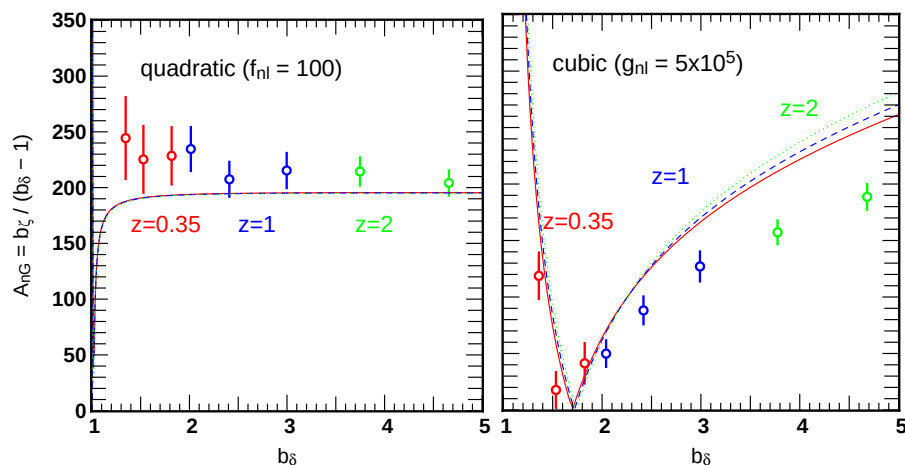


図 3: 非ガウス性由来の補正項の大きさのバイアスに対する依存性。左：これまでよく調べられてきた 2 次 (f_{nl} 型) の非ガウス性を持つ原始揺らぎの場合。理論予言（線）、シミュレーション（誤差棒）共にバイアスにほとんど依存しない。右：3 次 (g_{nl} 型) の非ガウス性を持つ原始揺らぎの場合。左図とは大きく異なり、バイアスに強く依存する。

この結果、「原始揺らぎは単一成分から成るか、複数か？」(図 2)、「非ガウス性は最低

次（2次）の結合から来ているか、より高次か？」（図3）という2つの重要な問題に答えることができる、新しい整合性関係式を明らかにした。これらの関係式は観測量のみから構成できるという意味で非常に利用価値が高く、Euclidなどの次世代観測から実際にテストすることが可能である。現在までに、これらの初期条件を実現するコードを開発し、宇宙論的N体シミュレーションによって再現することで、公式の妥当性や適応限界について調査中である。

参考文献

- [1] Scoccimarro, R., PRD, (2004), 70, 083007
- [2] Taruya, A., Nishimichi, T., & Saito, S., PRD, (2010), 82, 063522
- [3] Nishimichi, T. & Taruya, A., PRD, (2011), 84, 043526
- [4] Nishimichi, T., arXiv:1204.3490, submitted to JCAP