

Cosmological parameter estimation and window function in the Counts-in-Cells analysis

村田 孔孝、松原 隆彦（名古屋大学）

概要

今回我々は宇宙大規模構造をカウント・イン・セル解析し宇宙論パラメータを決定する事を考え、 m 次のエパネチニコフ関数を導入することでウィンドウ関数の最適化を行いました。どの重み m がもっとも適しているか知るためにフィッシャー情報行列解析を行い、具体的な観測計画として SDSS を考えました。結果として、(i) $m=1$ 次のエパネチニコフ関数が最も解析に適していること、(ii)SDSS のサンプルのうち観測体積の大きい LRG サンプルが最も宇宙論パラメータに向いていること、また (iii) バリオン密度パラメータ、ハッブル定数、スペクトル指数のパラメータはお互いに強く縮退しているのでパラメータを見積もる場合には、これらのうち二つ以上は同時に精度良く決定出来ないことが分かりました。

1. 導入

宇宙論パラメータを精度良く決定することは宇宙論における重要な目的の一つでした。1999 年に 1a 型超新星の赤方偏移・光度関係から加速膨張の可能性が示唆され、また 2003 年に WMAP 衛星の観測から複数の宇宙論パラメータが同時に精度良く決定されたことを受け、宇宙膨張史は Λ CDM モデルによって表されることが広く受け入れられるようになりました。しかしながら、全く未知のエネルギー成分であるダークエネルギーを導入することに対し慎重な考え方もあり、ダークエネルギーの性質を研究することはもどかのこと、観測を独立に解析することでダークエネルギーの妥当性を検証することも重要になります。

独立な観測から複数の宇宙論パラメータを決定する場合、パラメータ間の縮退により精度が悪くなってしまうことがあります。したがって、それぞれの観測に対して解析方法を最適化する努力も必要になります。今回我々は宇宙大規模構造をカウント・イン・セル解析し宇宙論パラメータを決定する事を考え、 m 次のエパネチニコフ関数を導入することでウィンドウ関数の最適化を行いました。

2. m 次エパネチニコフ関数

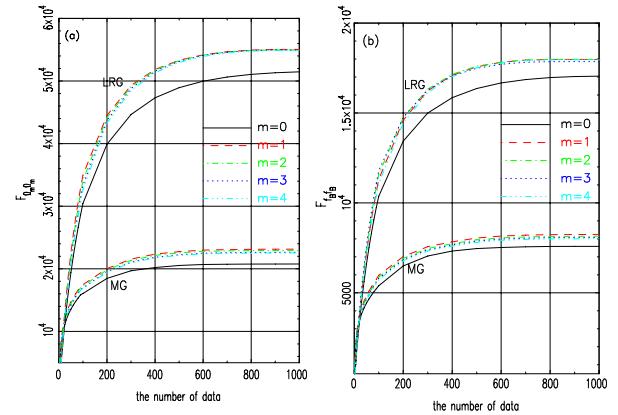
これまでウィンドウ関数としてはトップ・ハット関数やガウシアン関数がよく使われてきました。 m 次エパネチニコフ関数はこれらのトップ・ハット関数とガウシアン関数を一般化した関数です。ウィンドウ関数はナンバーカウントの際にそれぞれの銀河に対して重みとしてかかります。

$$K_m(x; R_s) = \frac{(2m+3)!!}{m! 2^{m+2} \pi R_s^3} \left(1 - \frac{x^2}{R_s^2}\right)^m \Theta(R - x) \quad (1)$$

3. 結果

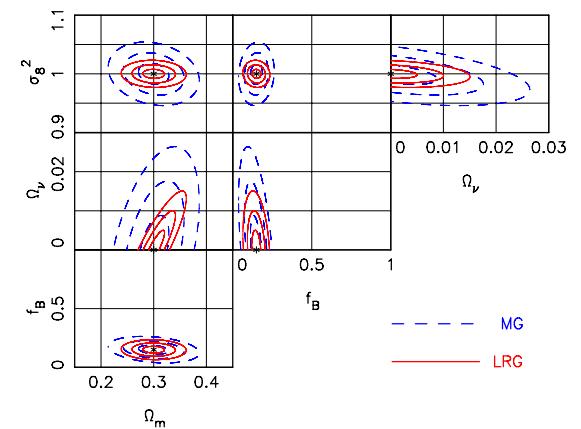
サンプルとして SDSS で得られる Main Galaxy および Luminous Red Galaxy を想定しました。

次の図はフィッシャー情報行列の値とデータ点の数の関係を MG および LRG サンプルと m を変えた場合に対して示した図です。フィッシャー情報行列の値が大きいほどパラメータの精度は良くなります。一つの観測から複数のデータ点を取る場合それぞれのデータ点は独立ではないので値は飽和します。この図から LRG サンプルの方が MG



サンプルよりもパラメータの決定に向いていること、また $m=1$ のエパネチニコフ関数が最も精度を良くすることが出来ること、また約 600 点のデータ点を使えば十分であることが分かります。

次の図は $m=1$ 次のエパネチニコフ関数を使い、特に縮退の強いパラメータのうちバリオン・フラクションを含めて、データ点を 600 点取った場合に予想されるパラメータの誤差の範囲を示しています。どちらのサンプルに対して



も線形領域ではショット・ノイズは影響せず、コスミック・バリアンスが支配的になるので、より観測領域の広い LRG がパラメータの見積もりに向いていることになります。