

Weak Lensing Mapのピークカウントによるダークエネルギーモデルの制限



東京大学 理学系研究科物理学専攻 修士1年 IPMU所属 白崎正人

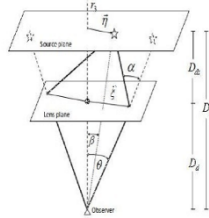


E-mail: masato.shirasaki@ipmu.jp

Introduction

Weak Gravitational Lensing

- 遠方の銀河からの光が前方にある物質によって曲げられる現象
- 銀河の像のゆがみを観測することで、物質の密度分布を推定できる
- 以下、銀河からの光は、あるplane上で瞬間的に曲がるという"Thin lens"近似を使う



基本方程式

• レンズ方程式 $\vec{\theta} = \vec{\theta} - \frac{D_{ls}}{D_s} \vec{\alpha}(\vec{\theta})$

• ポアソン方程式 $\nabla^2 \Phi(\vec{r}) = 4\pi G \rho(\vec{r})$

• 弱い重力場のもとで、

$$n = 1 - \frac{2\Phi}{c^2} \quad \vec{\alpha} = -\nabla_{\perp} \Phi / c^2 = \frac{2}{c^2} \nabla_{\perp} \Phi d\vec{l}$$

Distortion Tensor

• レンズポテンシャル ψ として

$$A_{ij}(\vec{\theta}) \equiv \frac{\partial \beta_i}{\partial \theta_j} = \delta_{ij} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial \theta_i \partial \theta_j}$$

$$= \begin{pmatrix} 1 - \kappa - \gamma_1 & -\gamma_2 \\ -\gamma_2 & 1 - \kappa + \gamma_1 \end{pmatrix}$$

2D Poisson eq. (Σ : 質量面密度)

Convergence

$$\nabla_{\xi}^2 \Phi = 4\pi G \Sigma \longleftrightarrow \kappa = \frac{1}{2}(\psi_{,11} + \psi_{,22})$$

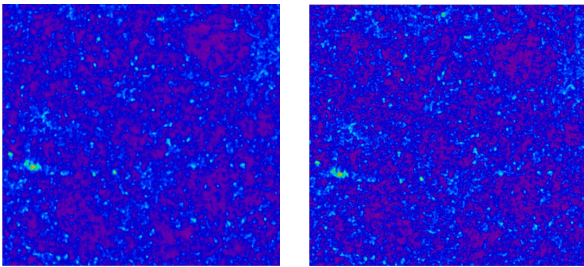
Methods

Ray Tracing

- N体シミュレーションで作った質量分布をprojectionして複数のlens planeを作成
- レンズ方程式を漸化的に解き、 κ を求める
- 今回は銀河が $z=2.0$ の位置にあるものについて $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ のマップを用いた

ピークカウント

- Ray tracingから求まる κ の2次元Mapからピーク(周りの8つの値より大きい κ)をカウント
- もともとの銀河の像には楕円率のノイズが乗っているのでGaussian Smoothingを行う



Convergence mapの例:

左がN体シミュレーションから求めたデータにsmoothingをかけたもの、右が楕円率のノイズを加えてsmoothingをかけたもの

ピーク理論予測

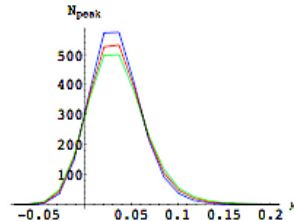
- 普遍密度プロファイルから面密度を求める

$$\rho_{\text{nfw}} = \frac{\rho_s}{x(1+x)^2}, \quad x = \frac{r}{r_s}$$

- あるしきい値より高い κ についてはMass functionを用いて理論予測が可能

$$N(\nu > \nu_{th}; \theta_G, z_s) = \int d\chi \frac{dV}{d\chi} \int dM \frac{dn_{\text{halo}}(M, z)}{dM} \times \mathcal{H}(\nu(M, z) - \nu_{th})$$

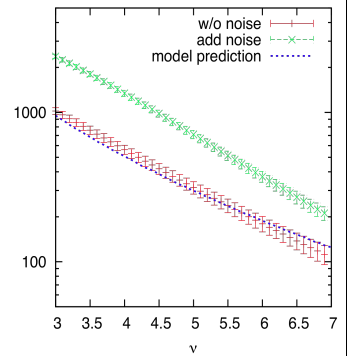
Results



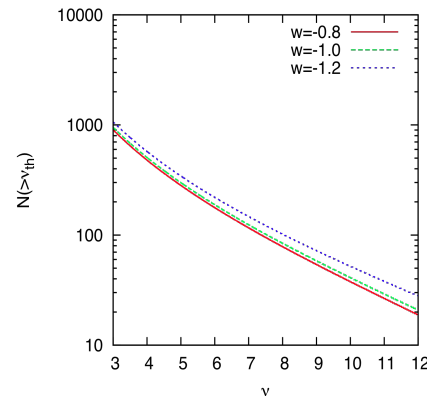
左図は[1]による結果である。
w=-0.8(青), w=-1.0(赤), w=-1.2(緑)で銀河は $z=2.0$ のplane上にあり、 $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ のMapを用いている。楕円率のノイズを加えた後、smoothingを行っている。

➡ Medium Peak($0 < \kappa < 0.06$)で顕著なモデル依存性

右図はMass functionによるピーク理論予測と、N体simulationによるRay tracingとの比較である。ここでは ν はS/Nである。



➡ S/Nが大きいピークについては理論フィットが可能?



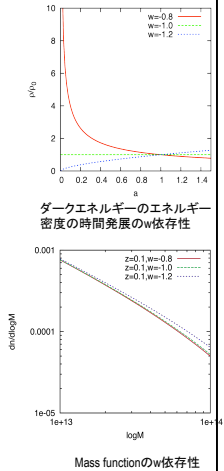
Mass functionと普遍密度プロファイルを用いたピークカウント理論予測のw依存性

w=-1.0と比較してw>-1.0のモデルはより早くDE優勢となる

➡ ピークカウントは相対的に下に移動

w=-1.0と比較してw<-1.0のモデルはより遅くDE優勢となる

➡ ピークカウントは相対的に上に移動



ダークエネルギーのエネルギー密度の時間発展のw依存性

Mass functionのw依存性

References

[1] Kratochvil, J. M., Haiman, Z. & May, M., 2010, PRD, 81, 043519
 [2] T.Hamana, M.Takada & N.Yoshida, 2004, MNRAS, 350, 893
 [3] L. Van Waerbeke, 2000, MNRAS, 313, 524
 [4] M. Sato., et al. 2009, arXiv:astro-ph/0906.2237
 [5] P.Schneider, J.Ehlers, Emilio E. Falco, P.2000, Gravitational Lenses (Astronomy and Astrophysics Library)