

# レンジングバイスペクトル を用いた宇宙論

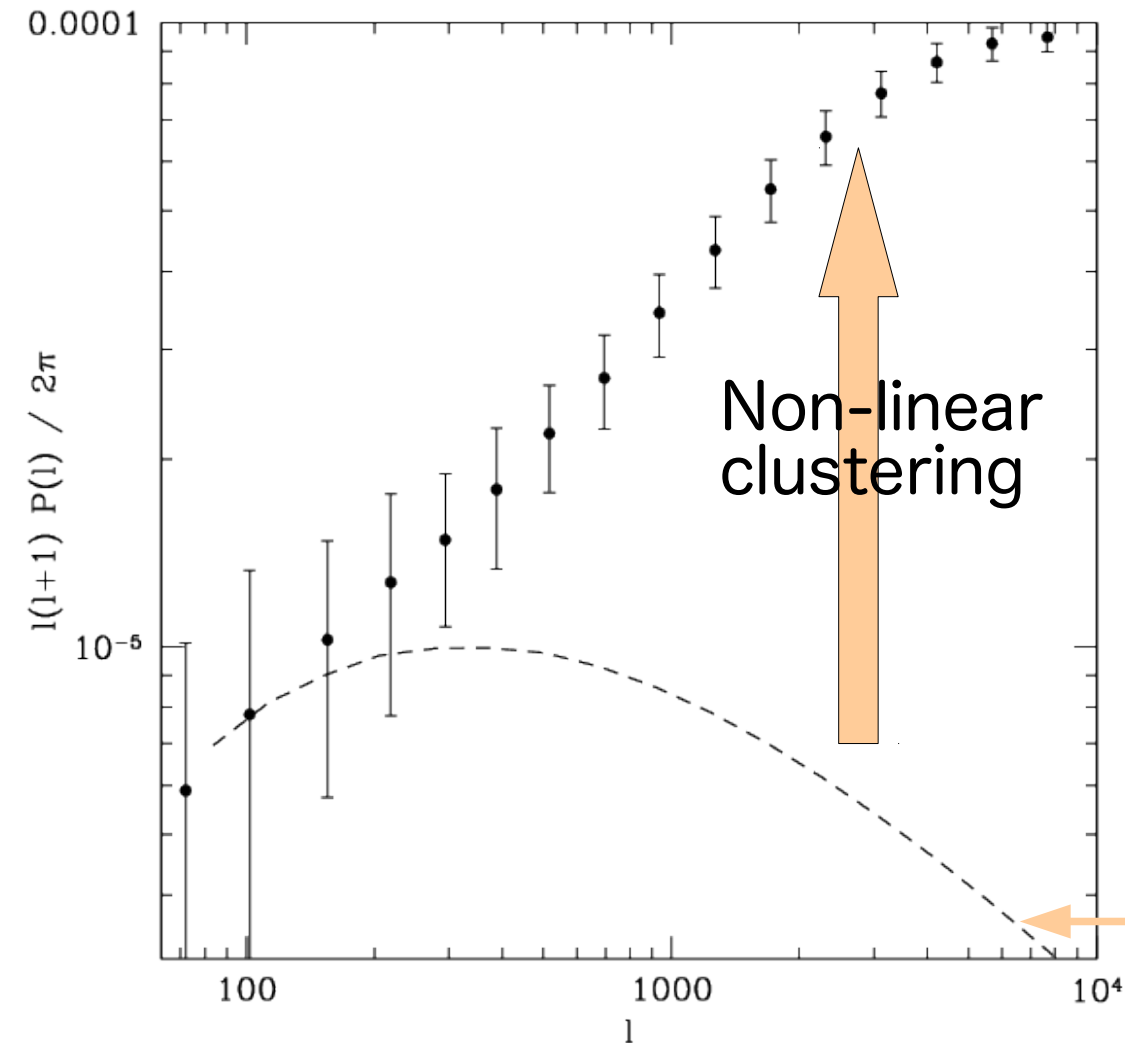
加用 一者



東京工科大学  
Tokyo University of Technology



# Weak Lensing: non-Linear



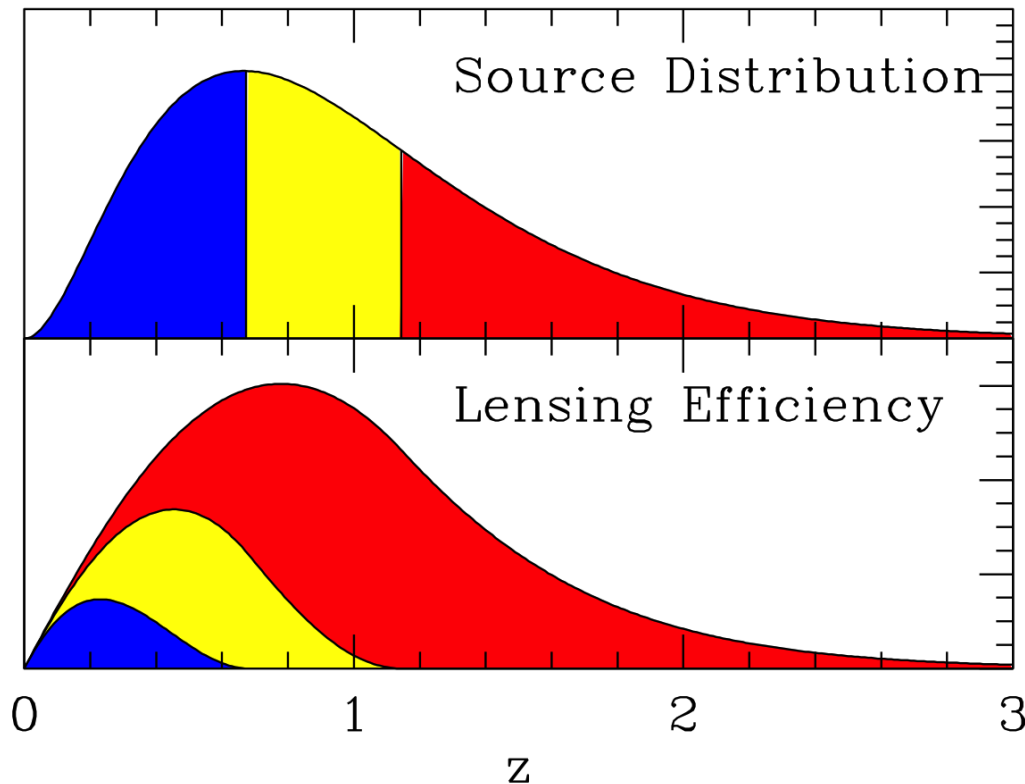
- ✓ Weak lensing field is a non-Gaussian field.
- ✓ Power spectrum is not adequate to extract the full information.
- ✓ Simulation is essential to study non-linear field.

Linear theory prediction

# What is the problem?

- ✓ All information contained in power spectrum  
→ Some information escapes somewhere
  - ✓ Where? How much?
- ✓ How large can we recover the information by considering the bispectrum?
  - ✓ non-Gaussianity
  - ✓ “HSV” effect (beat-coupling, super-suvery mode)

# トモグラフィ



- ✓ 一つの画像データが何度も美味しい
- ✓ 例えば3つの分布で切れば、、、
- ✓ パワースペクトルで6通り
- ✓ バイスペクトルで10~27通り

測定値間の相関はとても強いと期待されるので、**共分散行列**を適切に見積もる必要あり

全ての非ガウス項を含む共分散行列のモデルを作り、例えばすばるHSCサーベイでどれくらい宇宙論パラメータが制限されうるかを評価

# 本研究の方針



- ① レンジングバイスペクトルの共分散行列の，それなりに良い理論モデルを作る
  - ✓ 正当性はシミュレーションでチェック
  - ✓ バイスペクトルのモード数は膨大なので，シミュレーションで作った共分散行列はそのままでは使えない
- ② 共分散行列のモデルを用いて，宇宙論パラメータの制限へのバイスペクトルの寄与を評価

# 共分散行列の構造とモデル化

$$\text{cov}[P, P] \langle \kappa \kappa^* \kappa' \kappa'^* \rangle \rightarrow \boxed{PP} + \boxed{T}$$

ガウス項

非ガウス項

$$\text{cov}[B, B] \langle \kappa_1 \kappa_2 \kappa_3 \kappa'_1 \kappa'_2 \kappa'_3 \rangle \rightarrow \boxed{PPP} + \boxed{PT + BB + P_6}$$

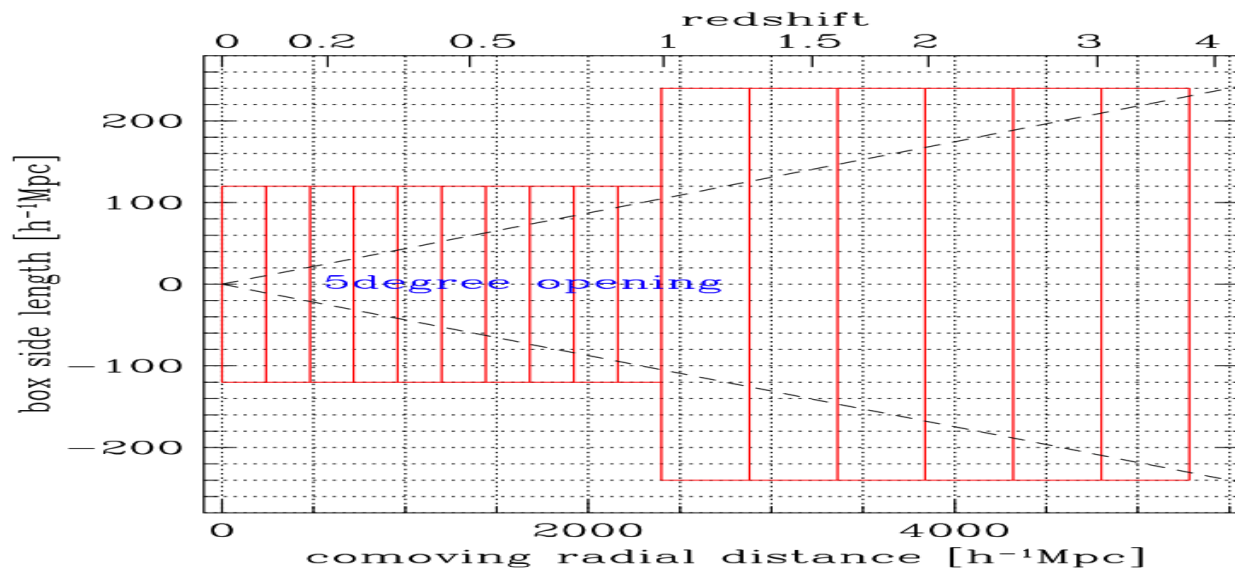
$$\text{cov}[P, B] \langle \kappa \kappa^* \kappa_1 \kappa_2 \kappa_3 \rangle \rightarrow \boxed{PB + P_5}$$

LinearパワースペクトルにはCAMB

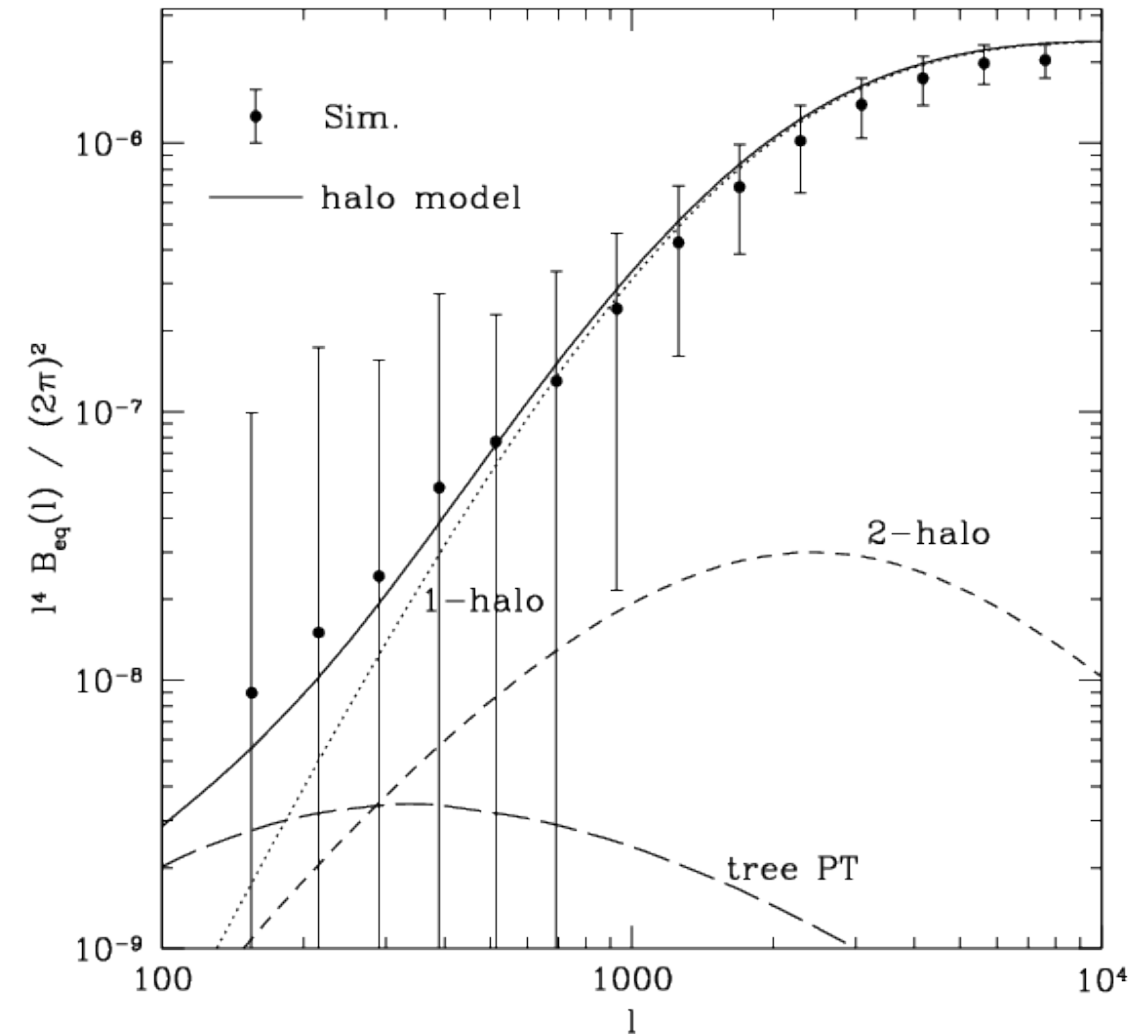
Non-linearスペクトルには、halo modelを全面的に使用  
各々にHalo Sample Variance (HSV)項が付加

# Simulation Data

- ✓ Sato+2009
  - ✓ Ray tracing simulation
  - ✓ 5 deg x 5 deg
  - ✓ **1,000 realizations**
  - ✓ <http://www.a.phys.nagoya-u.ac.jp/~masanori/HSC/index.html>
  - ✓ We consider only convergence field  $\kappa$



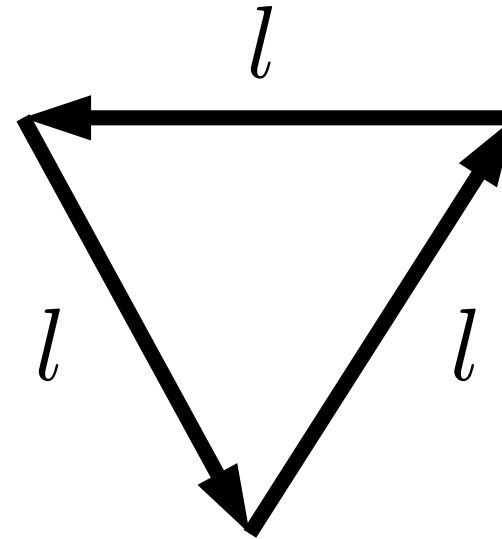
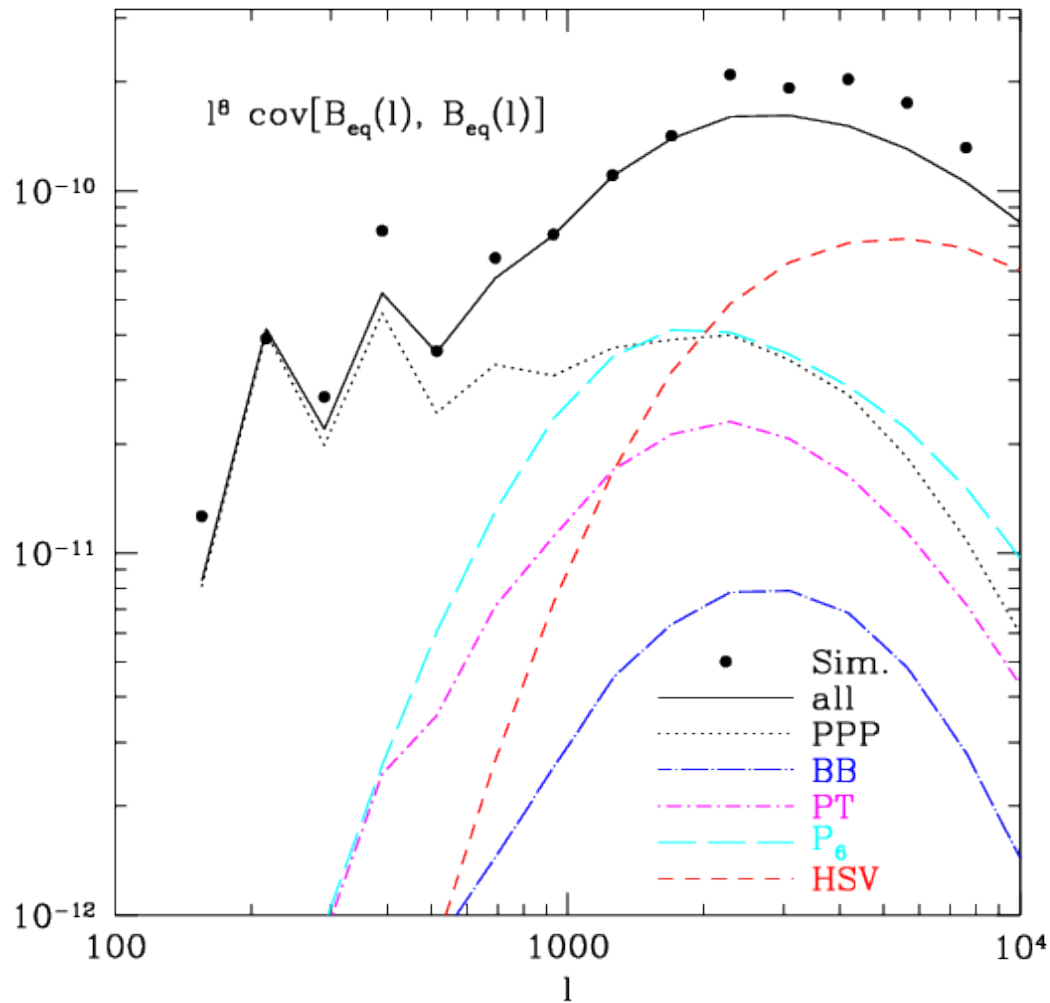
# Bispectrum Measurement



- ✓ Using 1,000 realizations, we can measure the bispectrum nicely.
- ✓ We construct covariance matrices of P-P, B-B, and P-B.
- ✓ For a better model prediction, see Valageas, Sato, Nishimichi (2012)

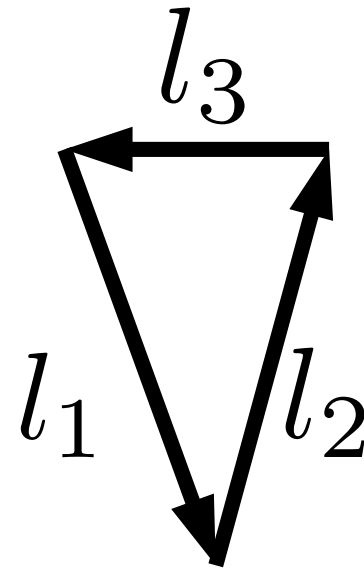
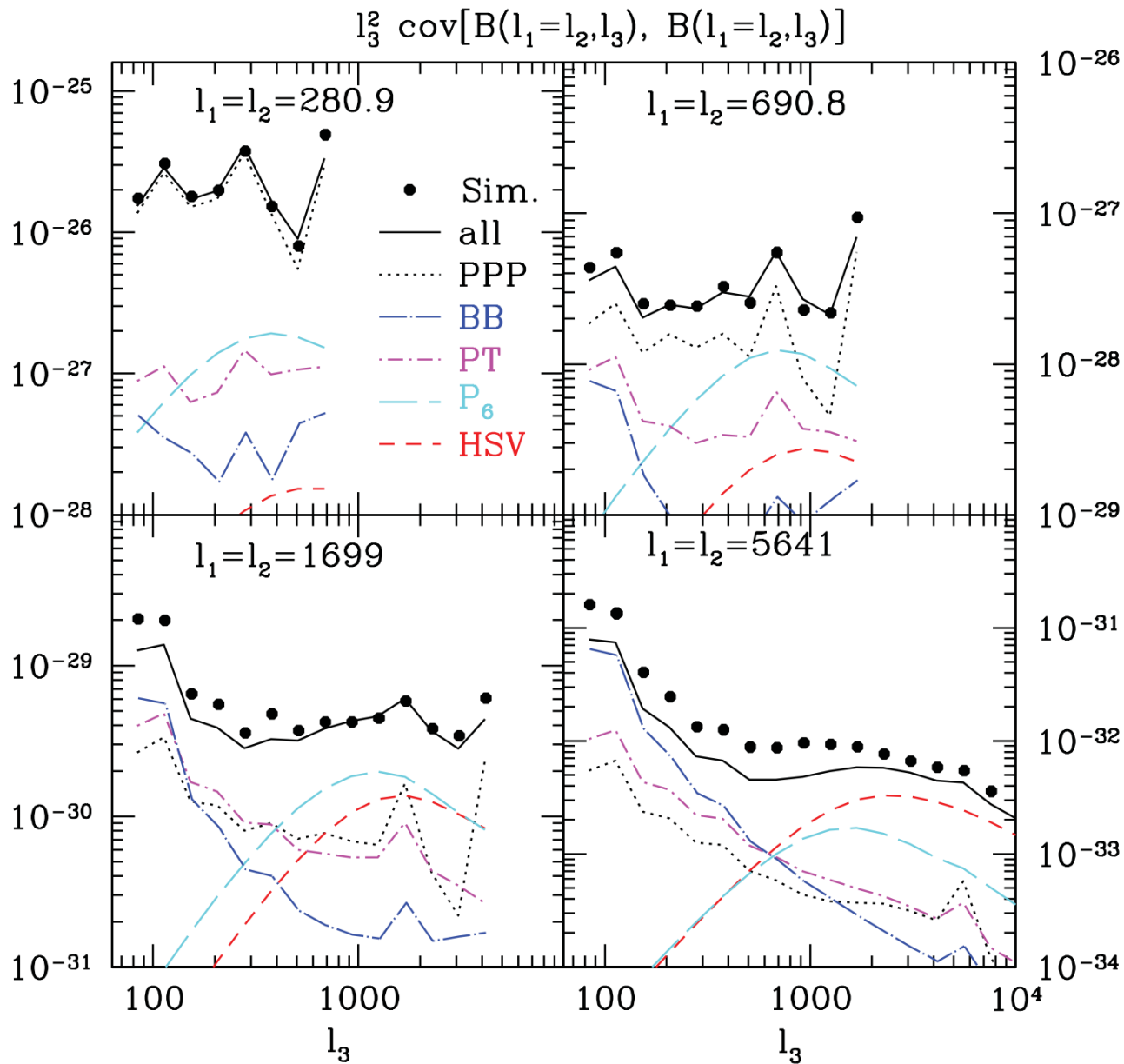


# Comparison with simulations



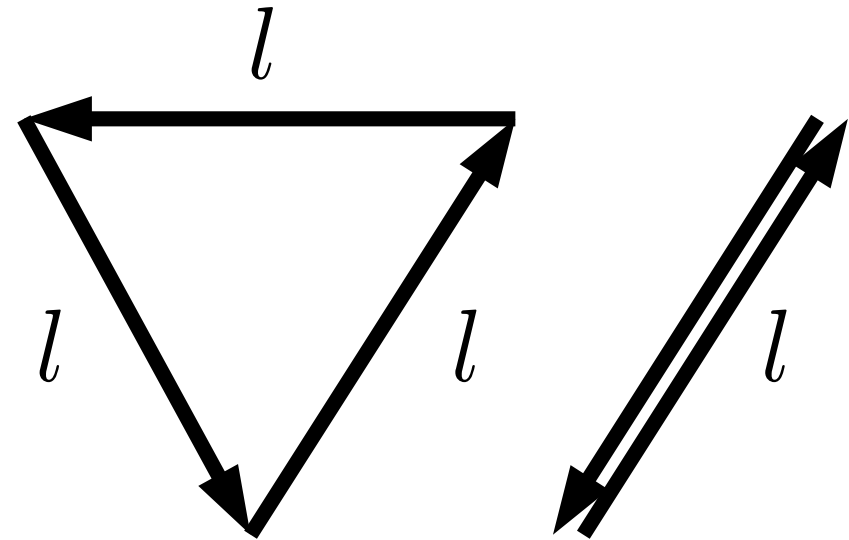
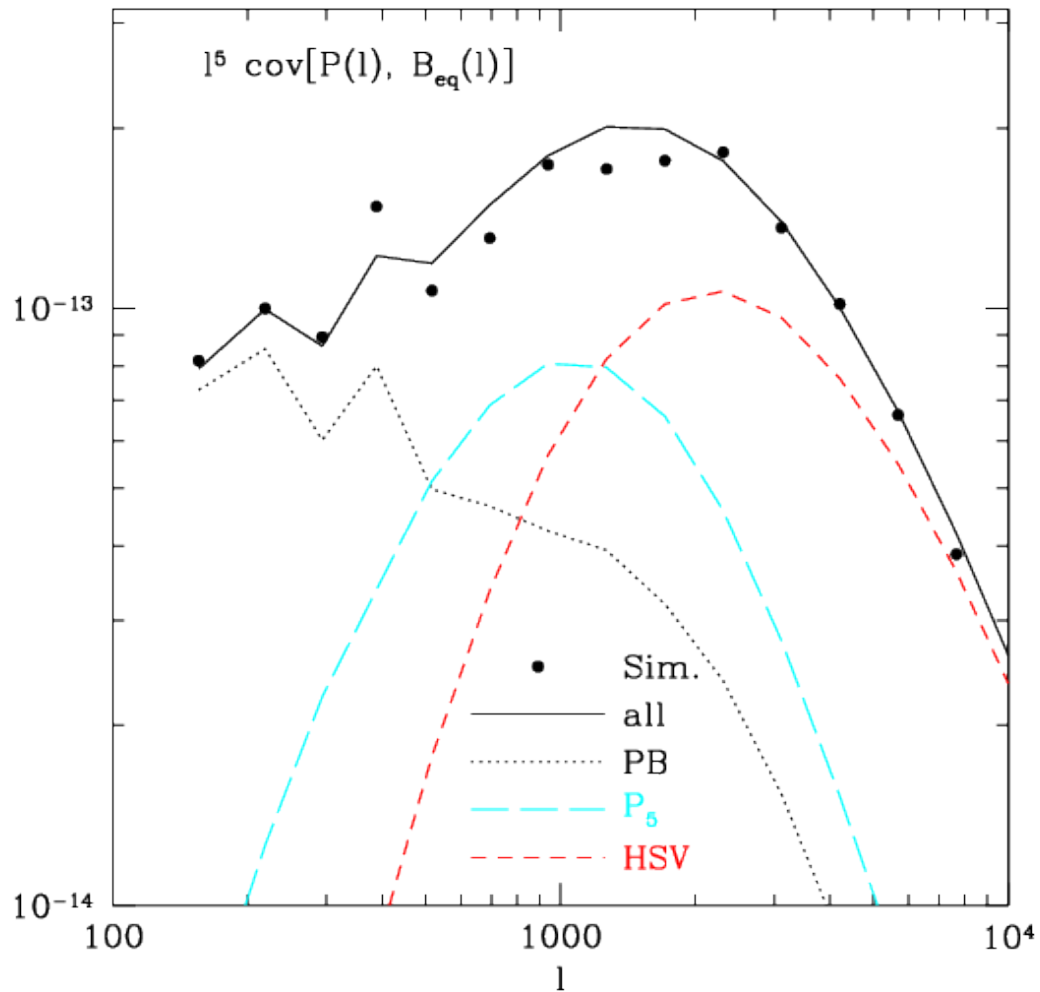
✓ Between equilateral triangles

# Comparison with simulations



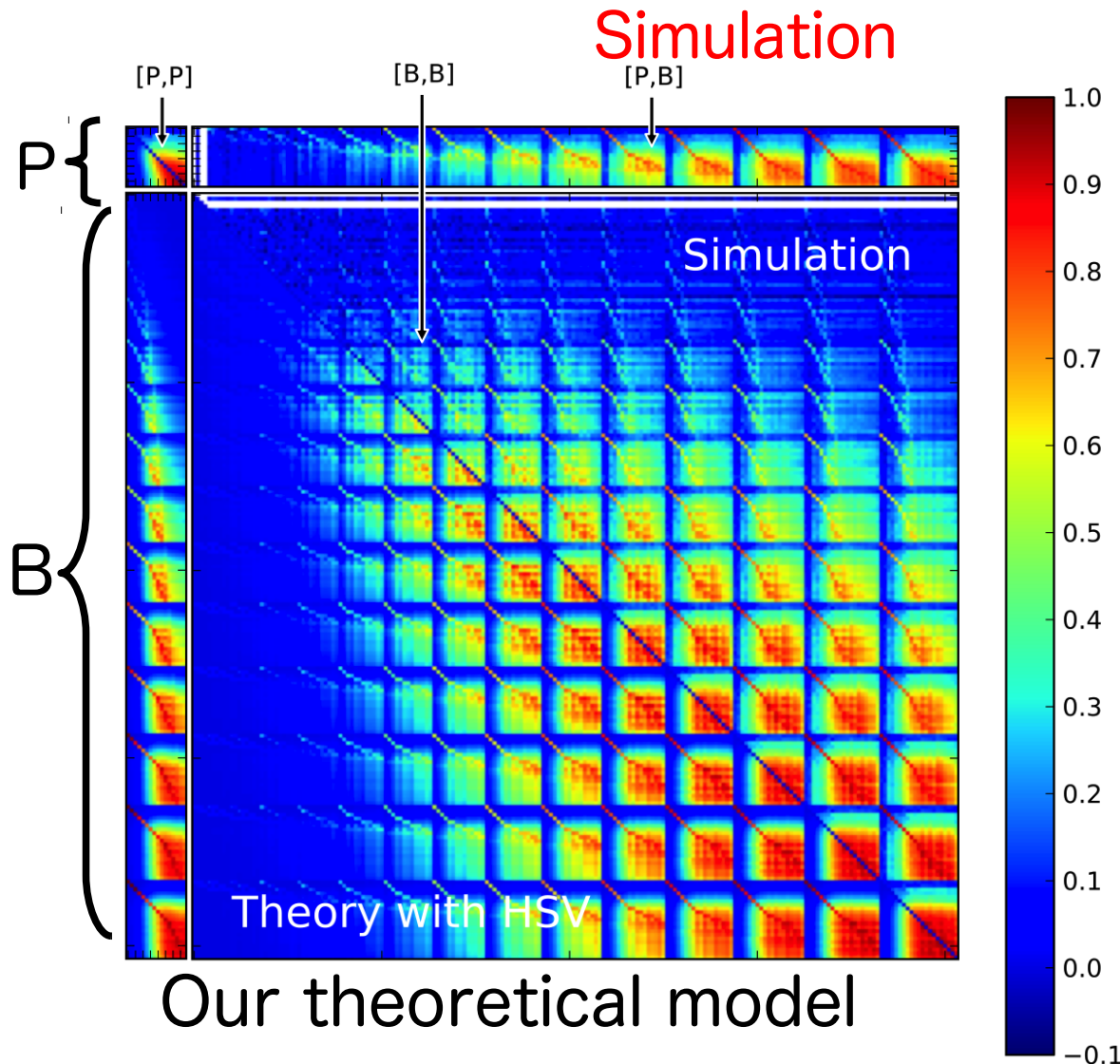
✓ Between isosceles triangles

# Comparison with simulations



- ✓ Between equilateral triangles and power spectrum

# パワー／バイスペクトルの共分散行列

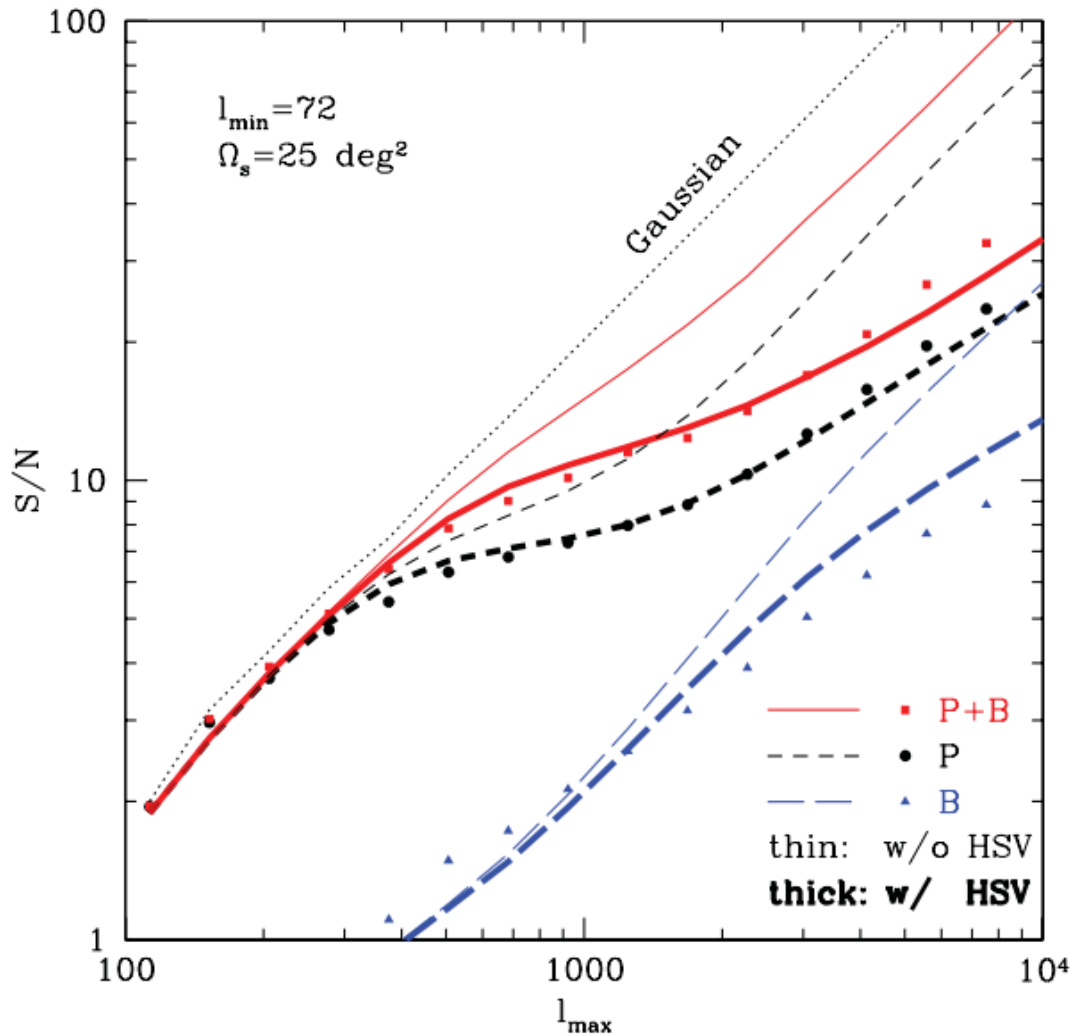


Our theoretical model

IK, Takada & Jain (2013)

- ✓ P-P, B-B, P-B
- ✓ 全ての非ガウス項
- ✓ HSV項
- ✓ 1000 realizationのシミュレーションデータを用いて、10%程度の精度で検証
- ✓ トモグラフィありでも同様にモデル化出来ると仮定

# Effect of HSV on S/N



$$(S/N)^2 \equiv S^t C^{-1} S$$

✓ Bispectrum does recover the information.

# Fisher行列を用いた精度推定

$$F_{\alpha\beta} \equiv \frac{\partial D}{\partial p_\alpha} \mathbf{C}^{-1} \frac{\partial D}{\partial p_\beta}$$

↑  
共分散行列（測定値の精度）

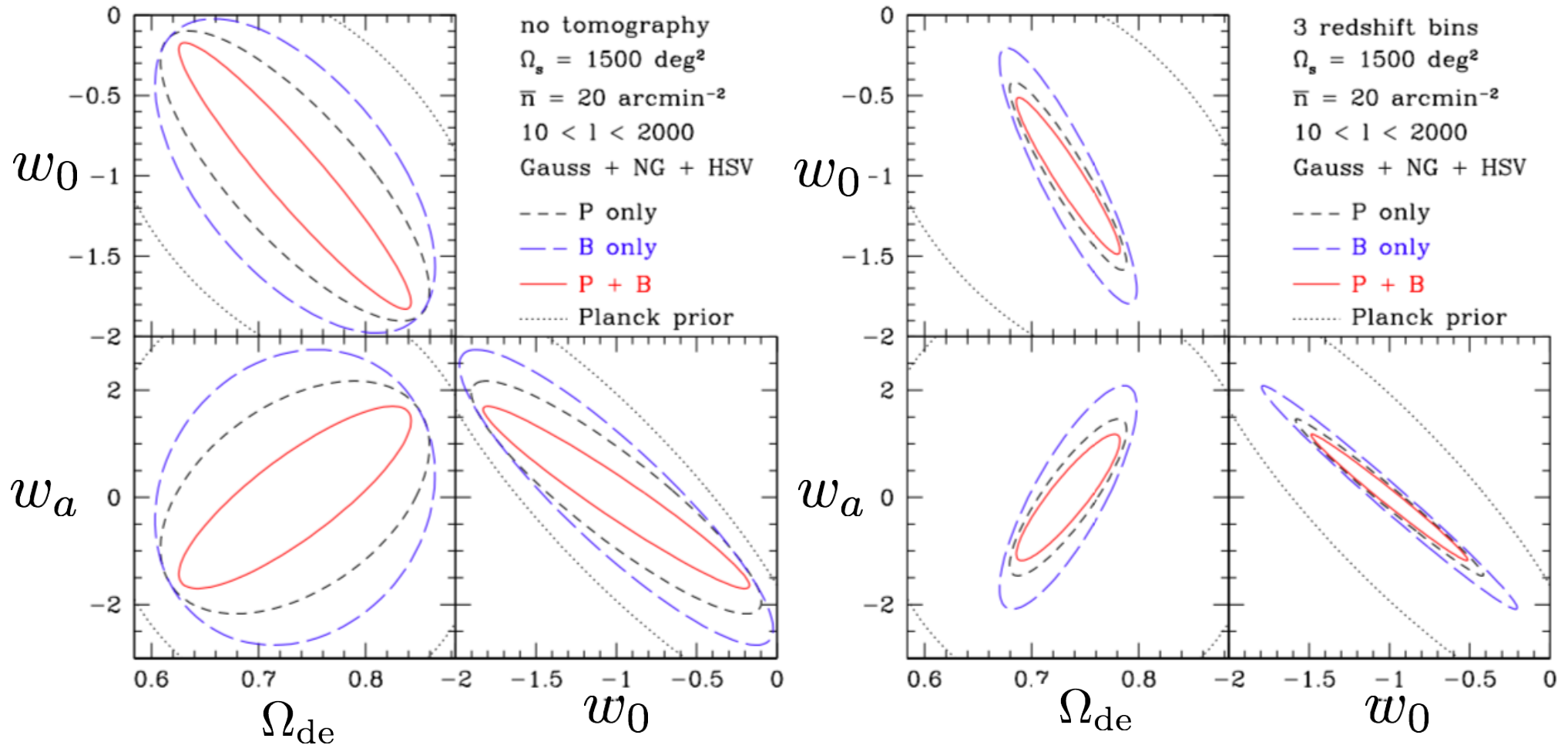
↑  
パラメータを変えたときの測定値の敏感さ

今回は  $p = (\Omega_m h^2, \Omega_b h^2, \Omega_{de}, w_0, w_a, n_s, \alpha_s, \delta_\zeta)$  の8パラメータ

Planck priorを用いる

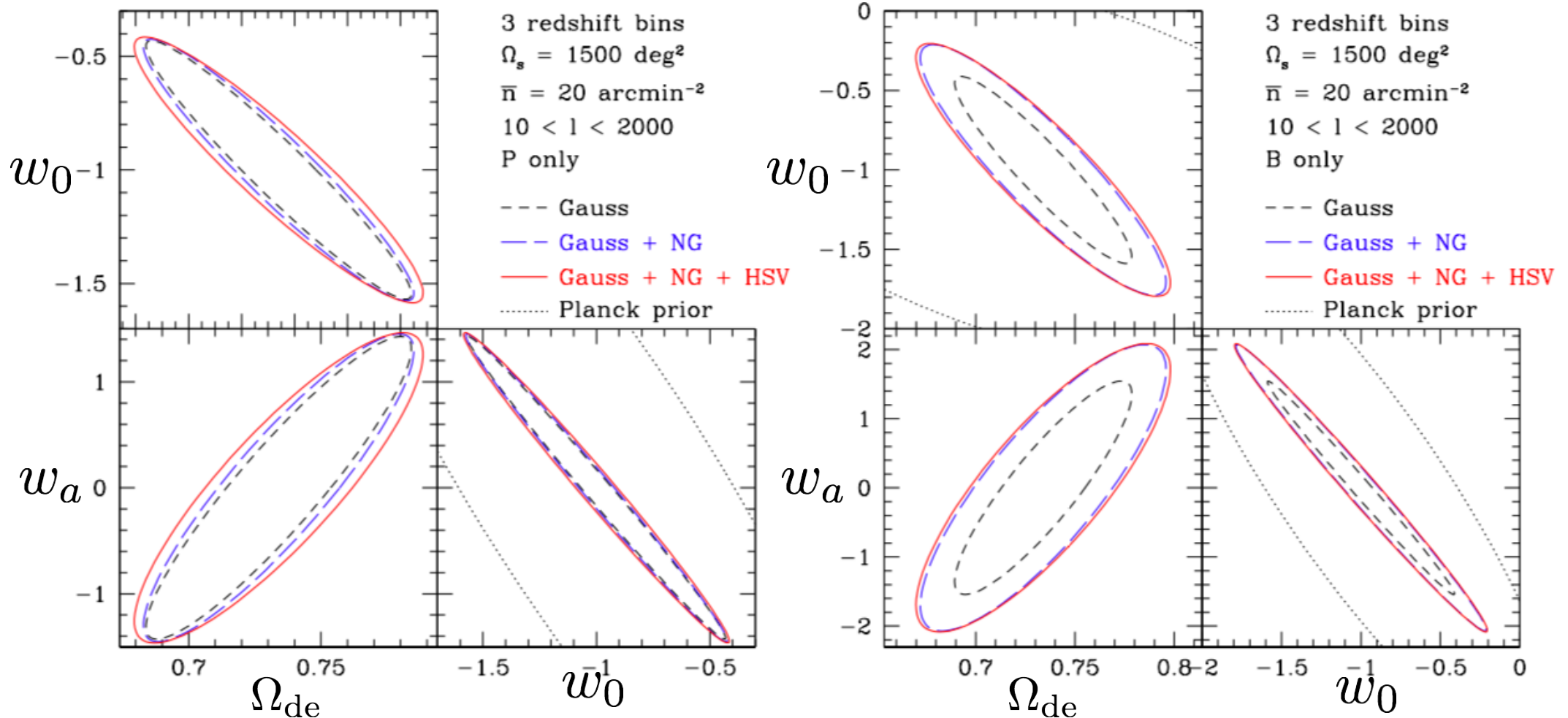
$$w(a) = w_0 + (1 - a)w_a$$

# ダークエネルギーに対する制限



- ✓ 1 bin  $\rightarrow$  3 bins : 60%の改善 (P+B)
- ✓ P only  $\rightarrow$  P+B : 20% (3bins) ~ 面積1.6倍

# 非ガウス項の影響



- ✓ 非ガウス項の有無は、それなりに、特にバイスペクトルにおいて重要
- ✓ 無視すると30%過大評価





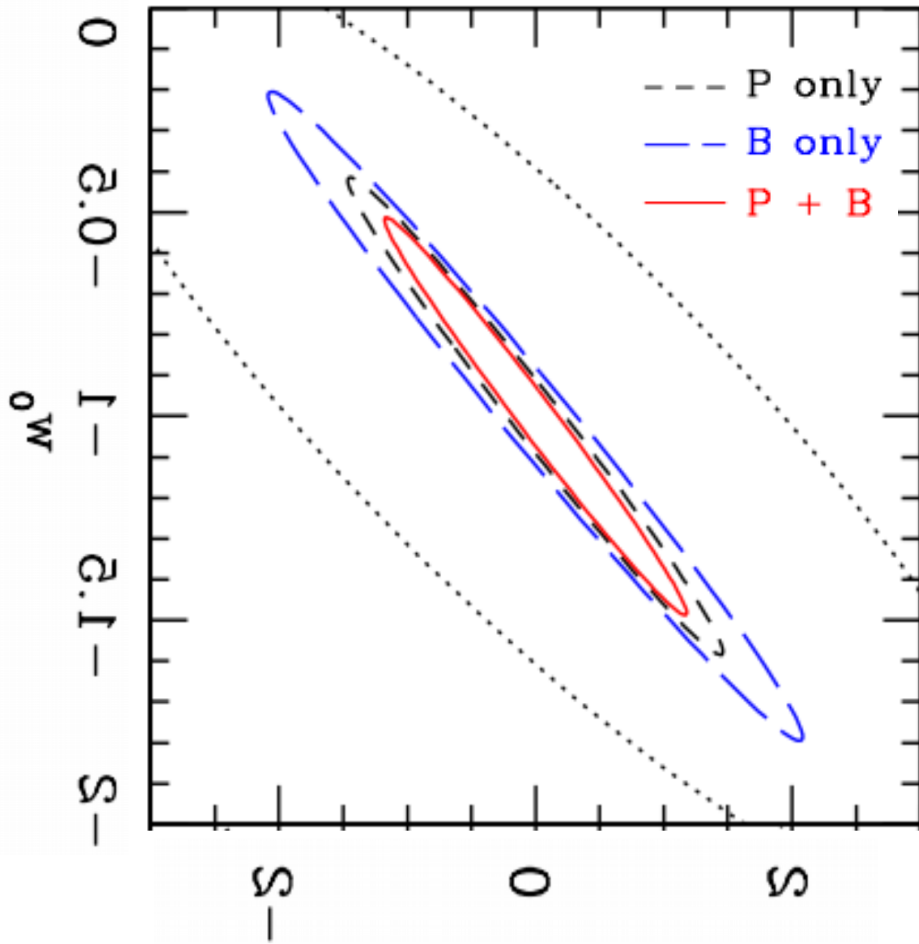
# まとめ

- ✓ 弱いレンズ場の
  - ✓ パワースペクトルとバイスペクトルの
  - ✓ トモグラフィの
  - ✓ 共分散行列の
  - ✓ 全ての非ガウス項を考慮して
- ✓ (例えば)ダークエネルギーの制限を見積もった
  - ✓ 非ガウス項はまあ重要
  - ✓ HSCの深さで3binの場合、サーベイ面積で1.6倍
  - ✓ 相対的な重要性は、いくつかの系統誤差に鈍感
- ✓ Sato & Nishimichi (2013)との食い違いは要検討

# Sato & Nishimichi (2013)との食い違い

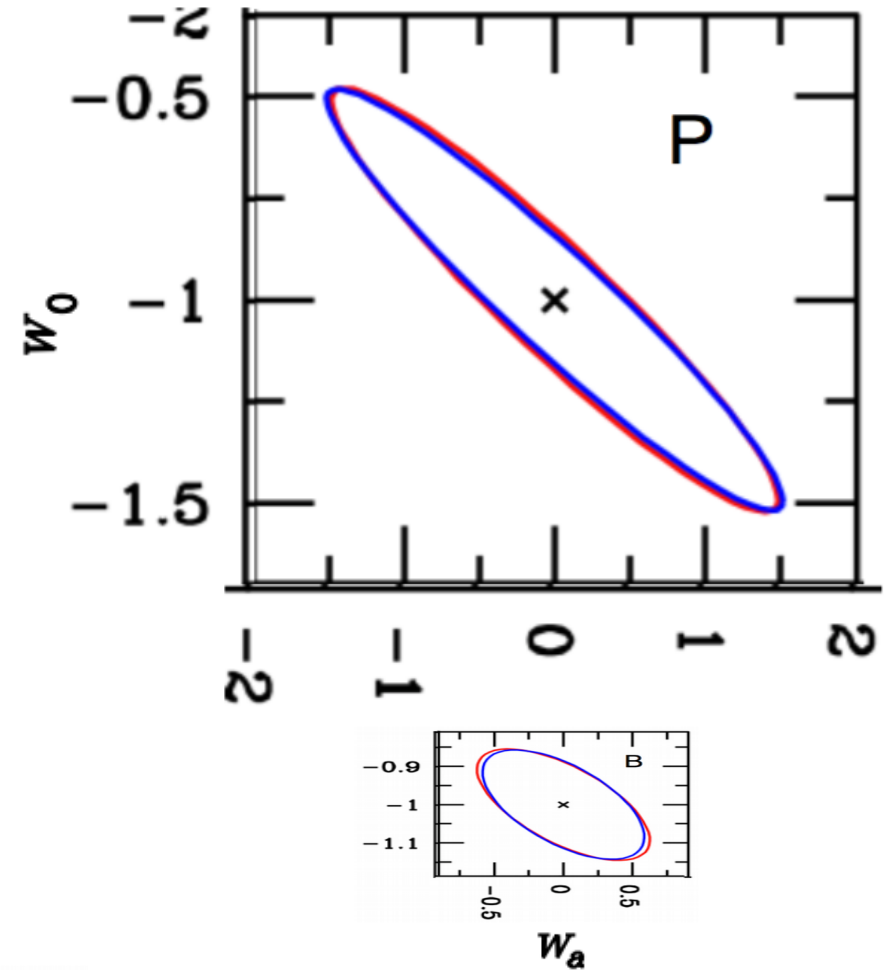
	Sato & Nishimichi (2013)	Kayo & Takada (2013)
手法	Full Simulation	Theoretical Model
測定	制限された3角形, 3 tomography	全ての3角形, 3 tomography
制限の強さ	$P \ll B$	$P > B$
非ガウス項	不要	必要

# Two conflicting claims



IK & Takada (2013)

$$P > B$$



Sato & Nishimichi (2013)

$$P \ll B$$

# 今後やりたいこと

- ✓ Sato & Nishimichi との食い違いの原因追求
  - ✓ 共分散行列はほぼ同一のはずなので、あとは微分？
  - ✓ 再現実験中（ゆっくりと…）
- ✓ 本物のデータのバイスペクトル測定
  - ✓ Pseudo-spectrum method (Hikage+2011)のバイスペクトルへの拡張？
  - ✓ Intrinsic alignmentの影響？

