

バリオン音響振動測定における 測光赤方偏移不定性の影響

arXiv: 2306.01696

石川 慶太郎 (名古屋大)

共同研究者 (敬称略) :

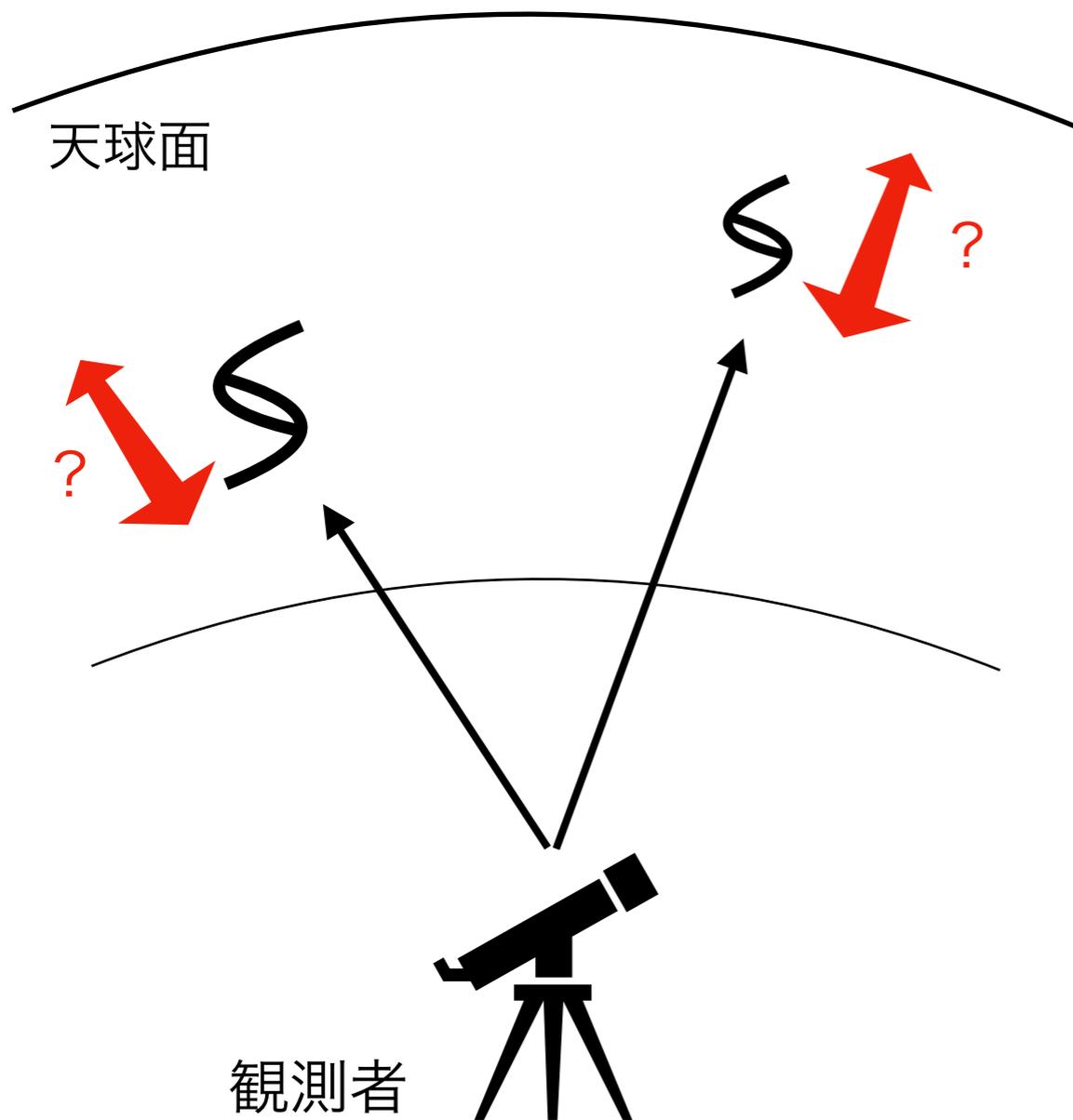
砂山 朋美 (アリゾナ大/KMI), 西澤 淳 (岐阜聖徳学園大/名古屋大)

宮武 広直 (名古屋大/KMI), 西道 啓博 (京都産業大/京都大)

2023/09/29

測光観測でBAO測定ができるのか

◆ 分光観測と測光観測



視線方向の距離の同定は難しい

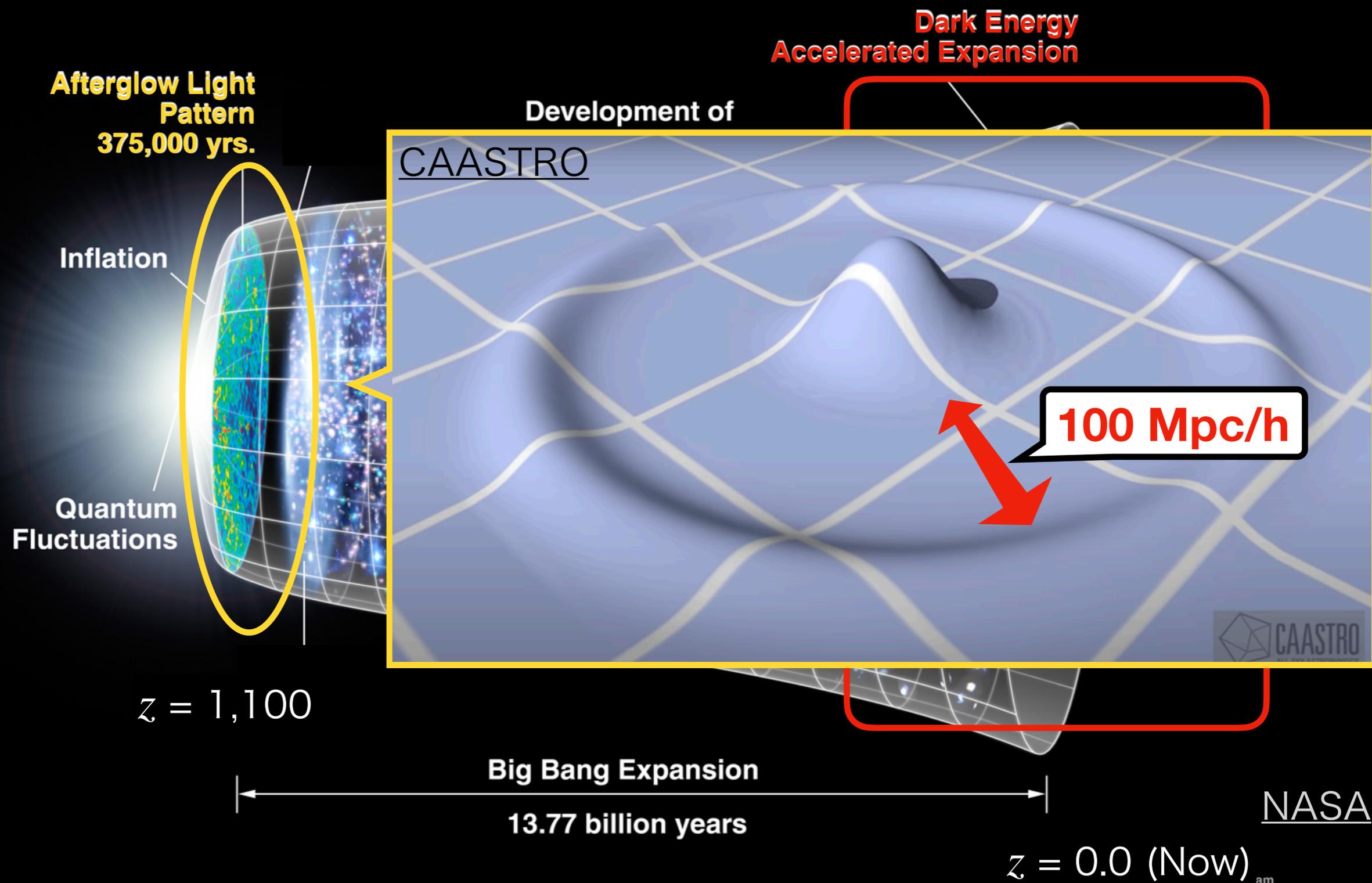
	コスト	数密度	赤方偏移 不定性
分光	大	小	0.1%
測光	小	大	3~5%

測光観測の赤方偏移不定性は
分光観測と比べると良くはない



**測光赤方偏移不定性(photo-z error)は
BAO測定にどのように影響するか？**

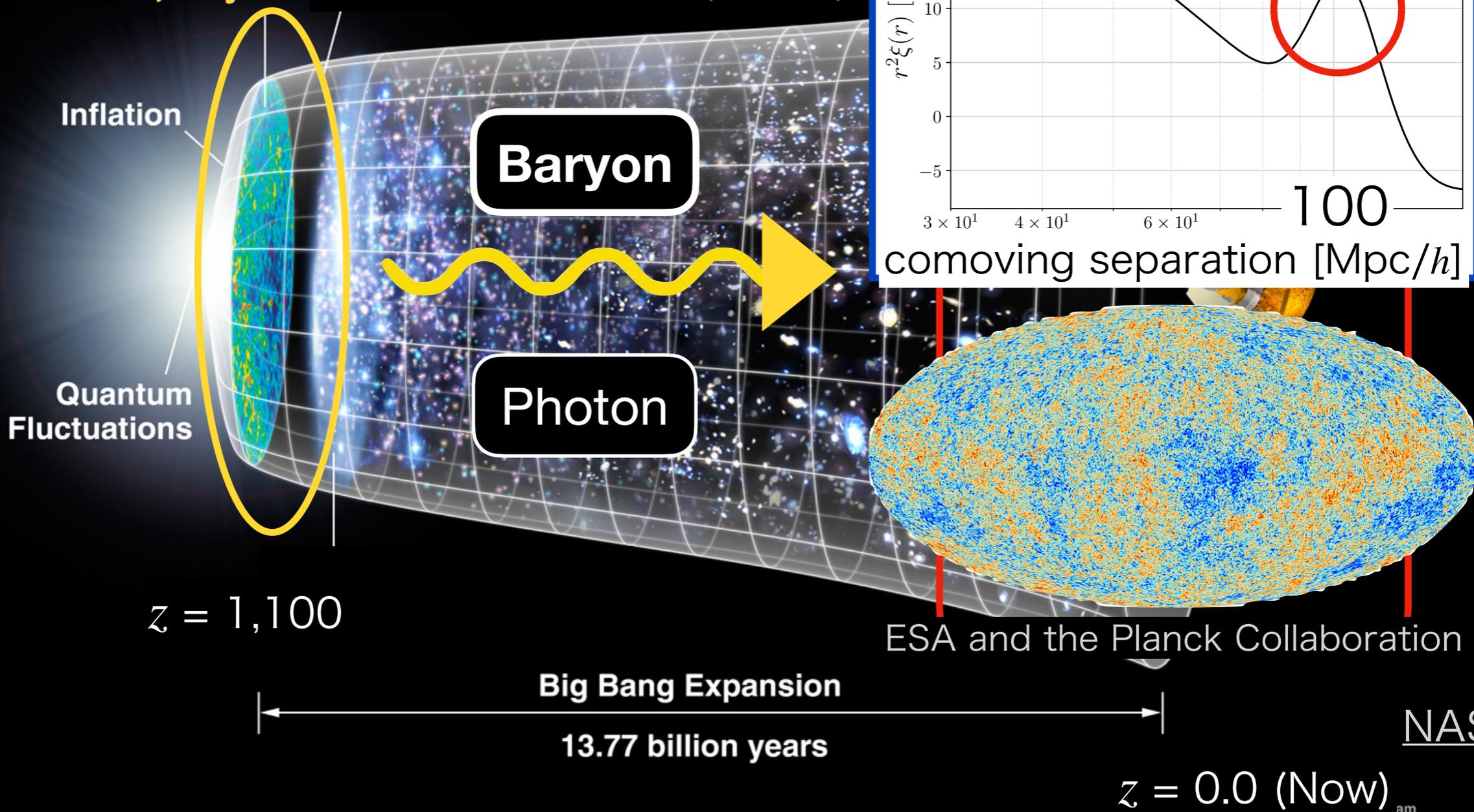
バリオン音響振動 (BAO)



バリオン音響振動 (BAO)

Afterglow Light Pattern
375,000 yrs.

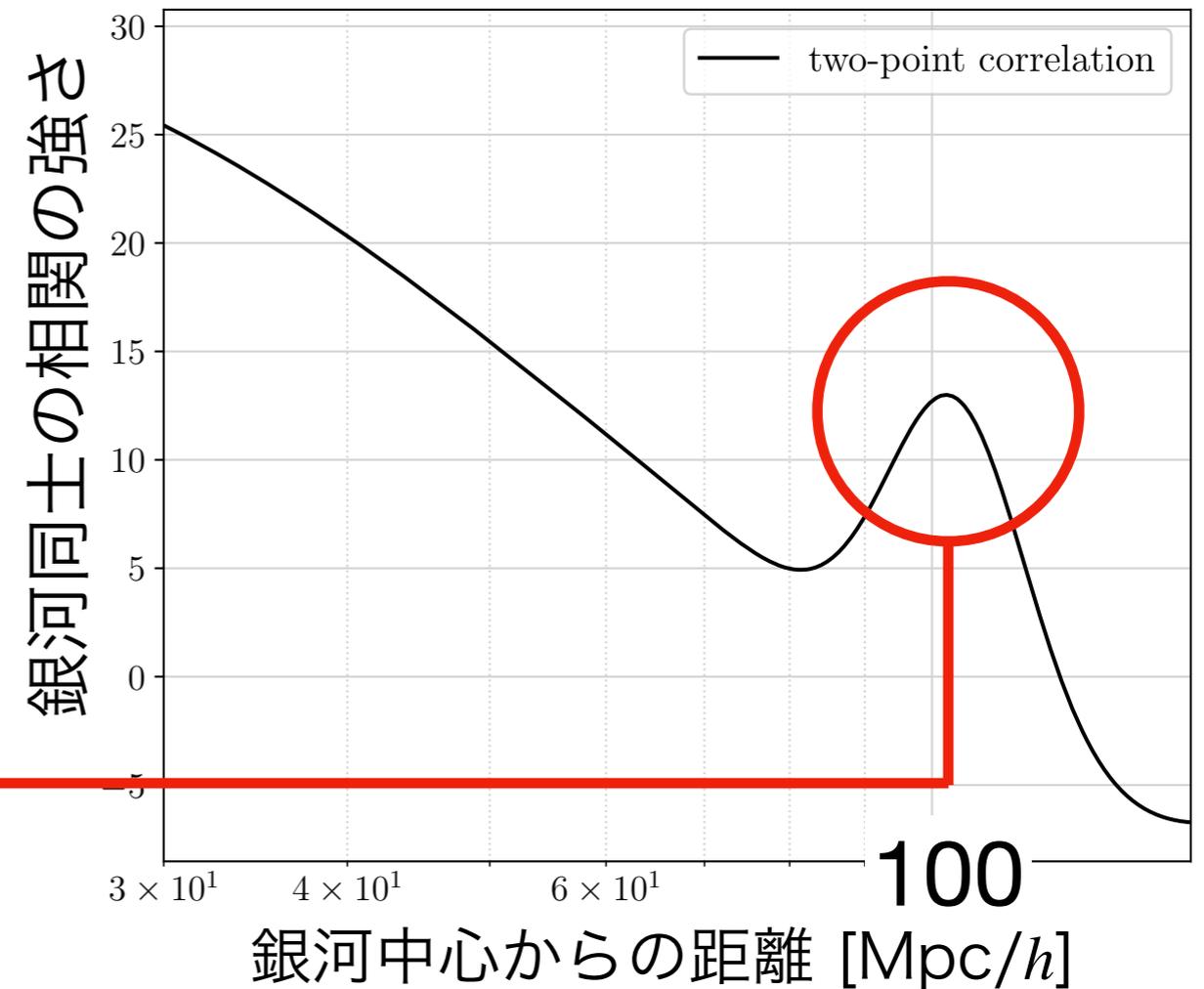
Development of
Galaxies, Planets, e



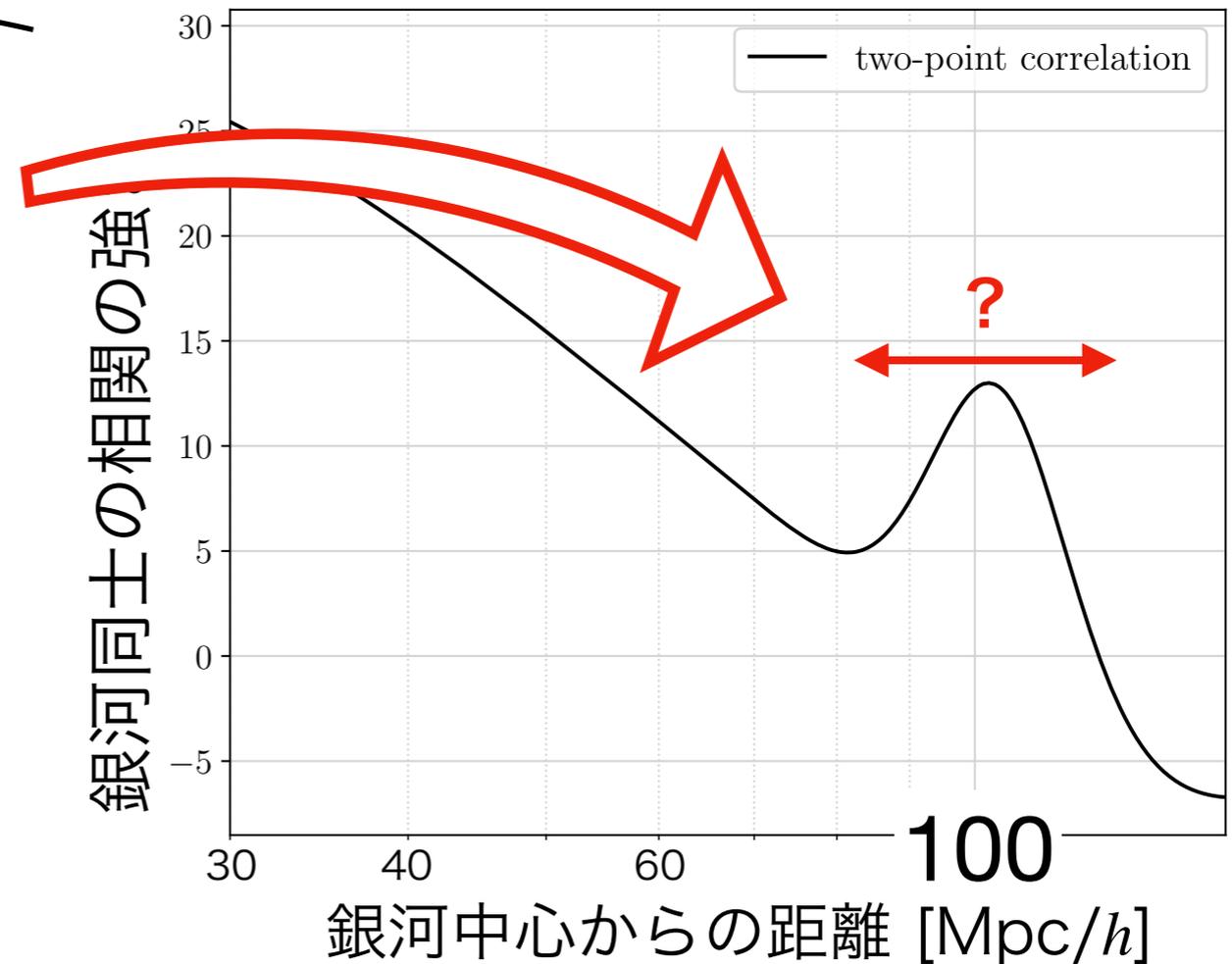
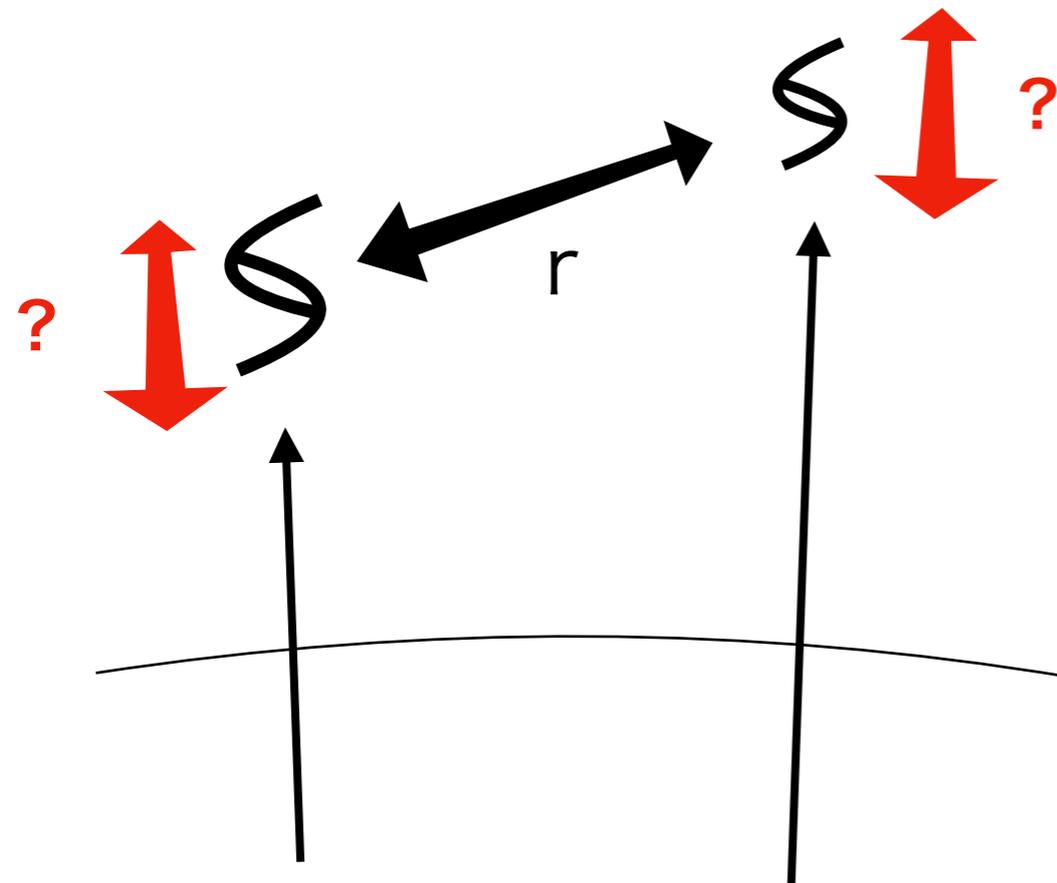
目標：photo-z BAOのrobustnessをテスト

◆ short summary

- 使用データ
→ 測光観測をイメージした
銀河のシミュレーションデータ
- 理論と観測を比べる統計量
→ 三次元二点相関関数
- 対象
→ バリオン音響振動
- 具体的に何をするのか
→ photo-z errorで銀河位置の不定性をもったBAOピークを
測定できるかどうか検証する



目標 : photo-z BAOのrobustnessをテスト



○ 具体的に何をするのか

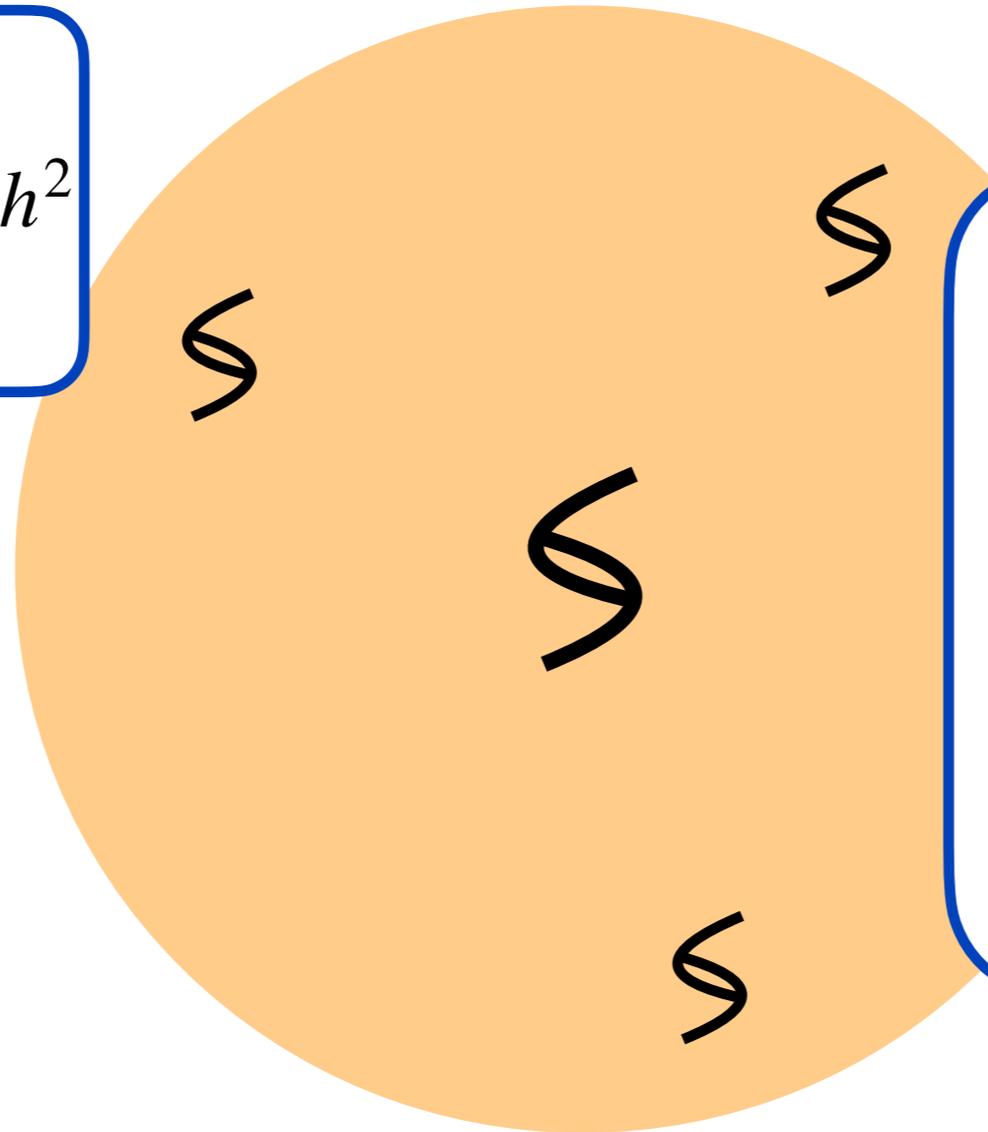
→ photo-z errorで銀河位置の不定性をもったBAOピークを測定できるかどうか検証する

データ & 手法

シミュレーションデータ

◆ 銀河カタログの作成過程

- $z = 1.03$
- $M_* \geq 10^{10.25} M_{\odot} / h^2$
- $1 \text{ [Gpc}/h]^3$



Halo catalog

Nishimichi T. et al. 2019



HOD

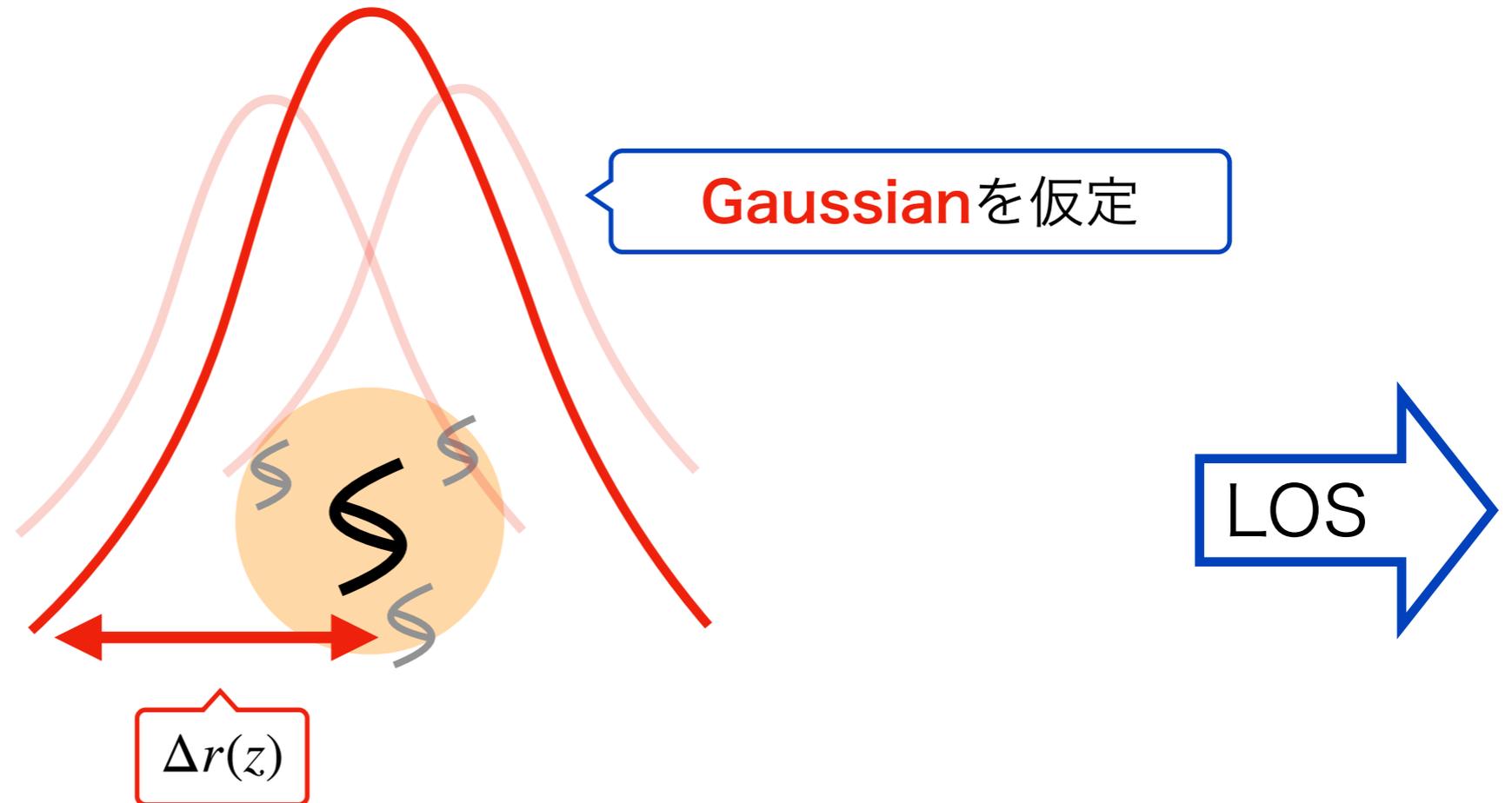
Ishikawa S. et al. 2021

Galaxy catalog (w/ RSD)
(like CAMIRA LRG samples)

シミュレーションデータ

◆ 銀河カタログの作成過程

- $z = 1.03$
- $M_* \geq 10^{10.25} M_{\odot} / h^2$
- $1 \text{ [Gpc}/h]^3$



◆ photo- z x% error データ

標準偏差は $\Delta r(z) = \frac{1}{2} \int_{z-\sigma_z(1+z)}^{z+\sigma_z(1+z)} \frac{cdz}{H(z)} \text{ [Mpc}/h]$ ex. $\Delta r(1.03) = 33.3 \text{ Mpc}/h$
(for photo- z 1% data)

理論モデル: 三次元二点相関関数

photo- z 効果をモデリング

cf. Chan et al. 2022a
Ross et al. 2017b

$$\xi_{\text{P}}^{(s)}(r) = \int_0^1 d\mu \int dr'_{\pi} \mathcal{P}(r'_{\pi} - r\mu) \xi_s(\sqrt{r'^2_{\pi} + r^2(1 - \mu^2)})$$

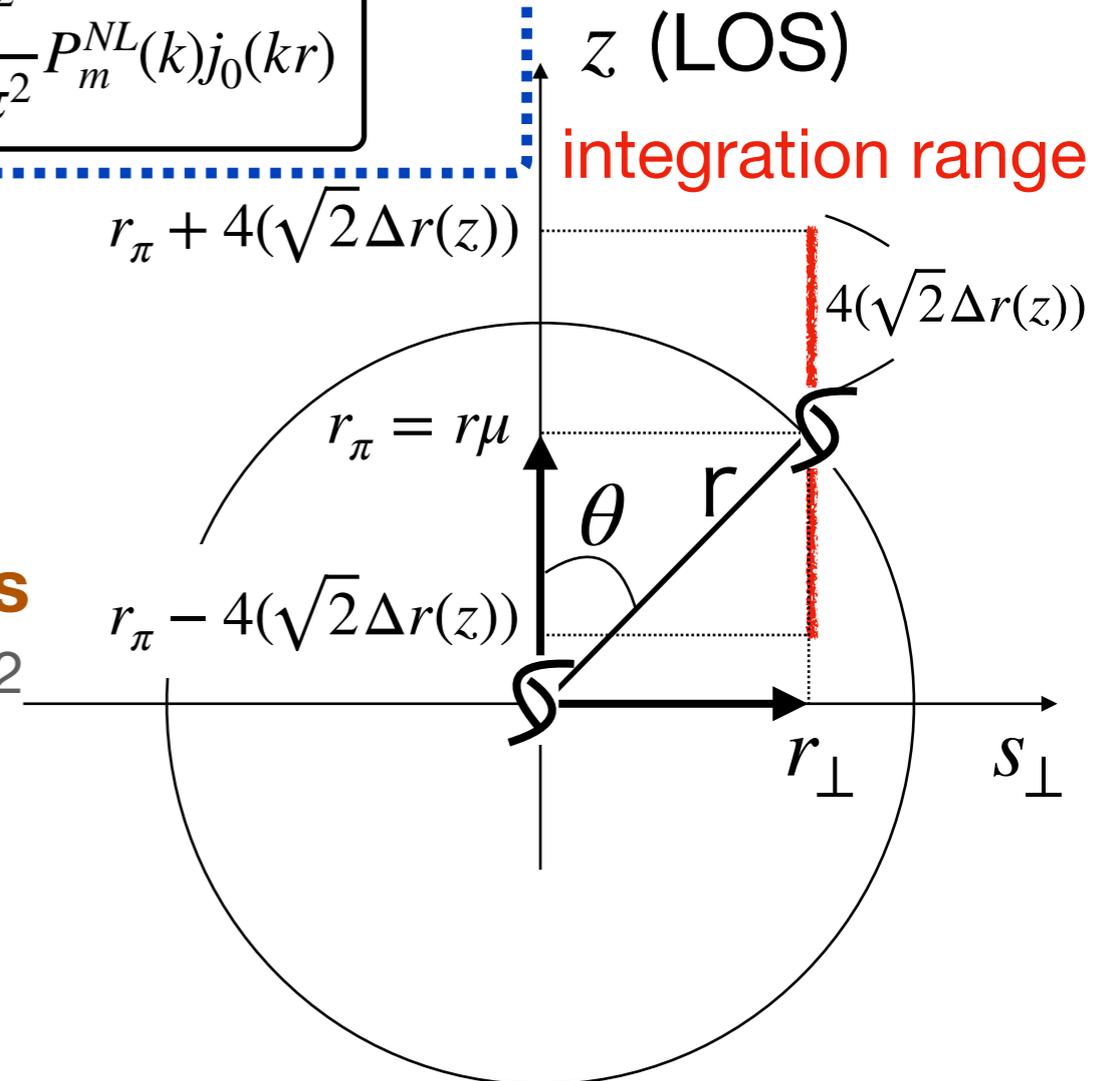
$$\xi_s(r) = (1 + \beta\mu^2)^2 \int dk \frac{k^2}{2\pi^2} P_m^{NL}(k) j_0(kr)$$

$$\xi^{\text{fit}}(r) = \underbrace{B^2}_{\text{galaxy bias}} \xi_{\text{P}}^{(s)}(\underbrace{\alpha r}_{\Sigma_a}) + \underbrace{\frac{a_1}{r^2} + \frac{a_2}{r} + a_3}_{\text{broadband terms}}$$

ex. Padmanabhan et al. 2012

◆ フィットティングパラメータ

$$a_1, a_2, a_3, B, \Sigma_a, \alpha$$



理論モデル: 三次元二点相関関数

ph

◆ BAOピークを捉えるためのパラメータ

$$\alpha = \frac{[D_V(z)/r_s]_{\text{obs}}}{[D_V(z)/r_s]_{\text{fid}}}$$

fiducial cosmologyからのズレを表す

$\xi^{(s)}$
 ξ_P

ξ^{fid}
 ξ

$$\cdot D_V(z) = \left[D_A(z)^2 \frac{cz}{H(z)} \right]^{1/3}$$

• r_s : sound horizon at the drag epoch

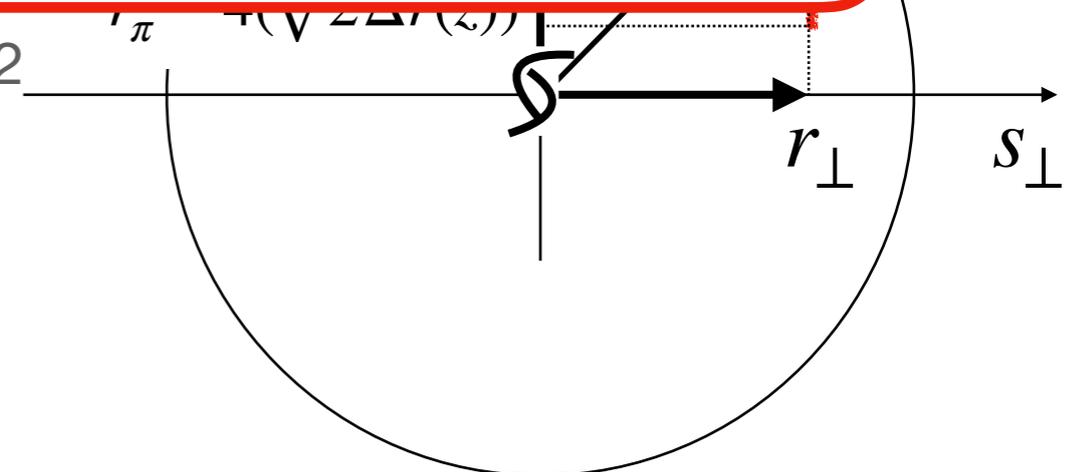
range

$\sqrt{2}\Delta r(z)$

ex. Padmanabhan et al. 2012

◆ フィットティングパラメータ

$a_1, a_2, a_3, B, \Sigma_a, \alpha$

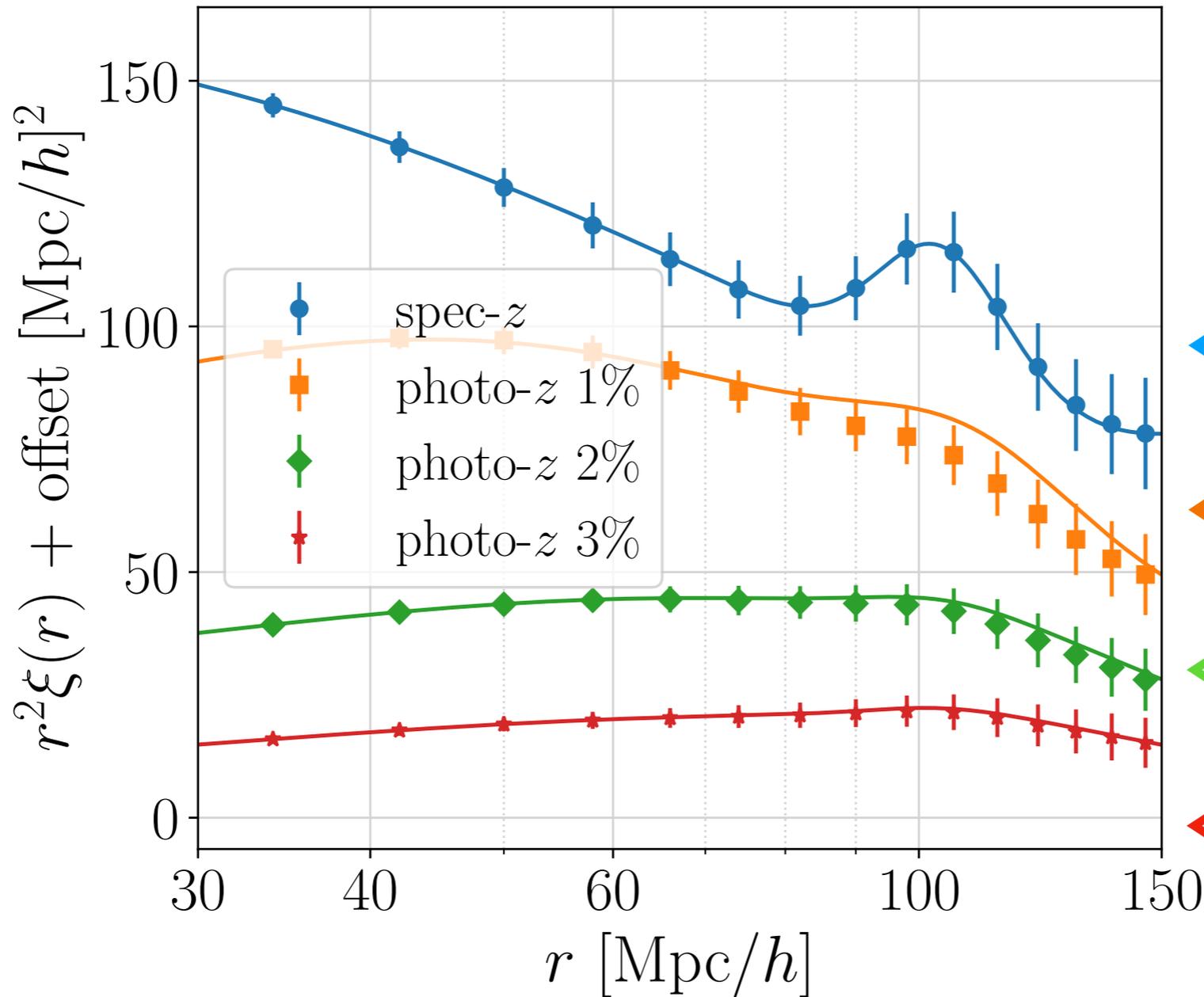


結果

χ^2 の最小化によるフィッティング結果

◆ 銀河の三次元二点相関

見やすさのため、
振幅は調整済み



全てのbinでエラーバーの範囲内を取る

α パラメータの抽出

BAOピークを捉えるパラメータ

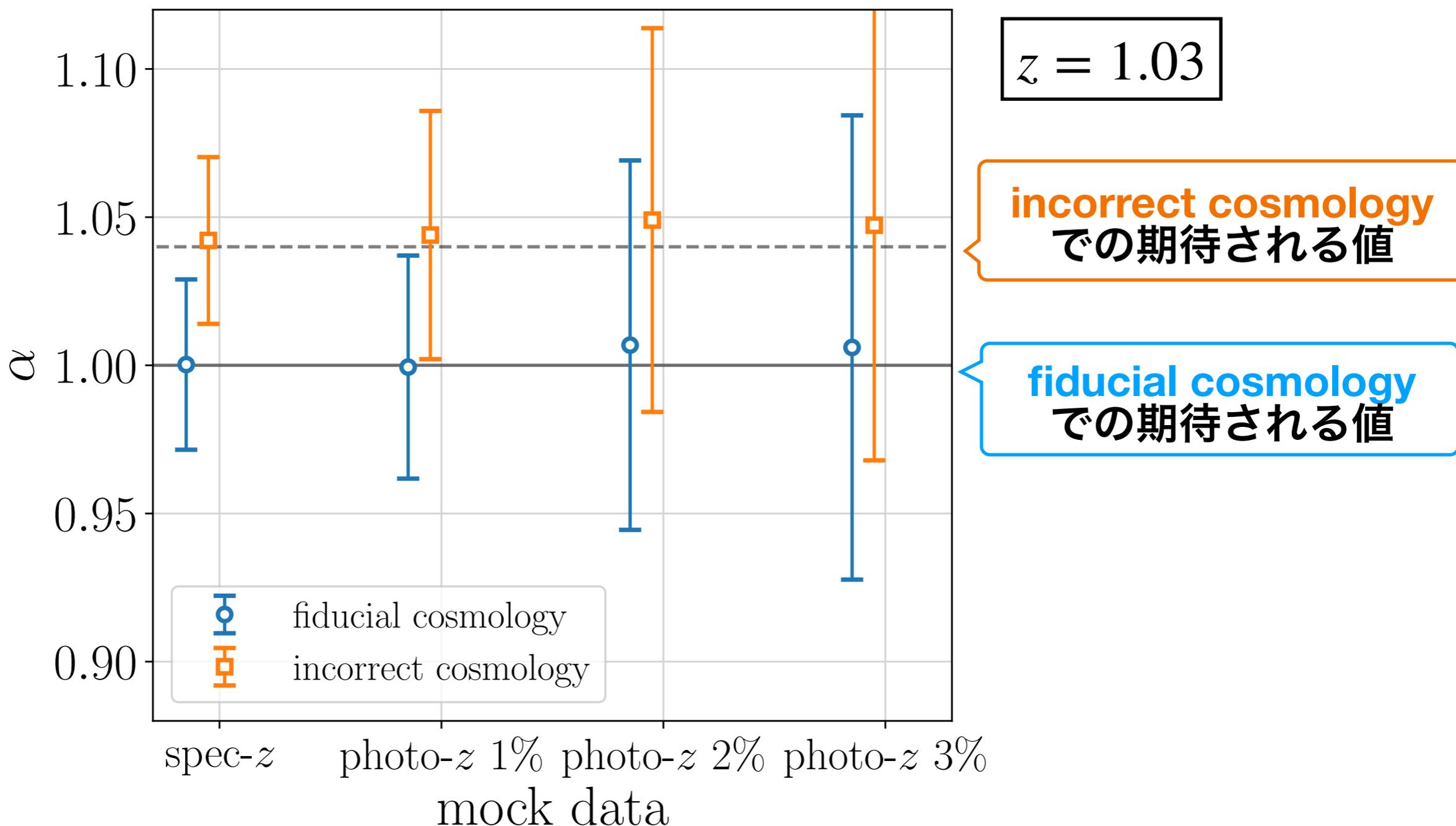


photo- z 1% データでのBAO測定により

Ω_{m0} が10%の不定性で制限できる

α パラメータの抽出

BAOピークを捉えるパラメータ

◆ BAOピークを捉えるためのパラメータ

$$\alpha = \frac{[D_V(z)/r_s]_{\text{obs}}}{[D_V(z)/r_s]_{\text{fid}}}$$

fiducial cosmology での期待される値は $\alpha = 1$

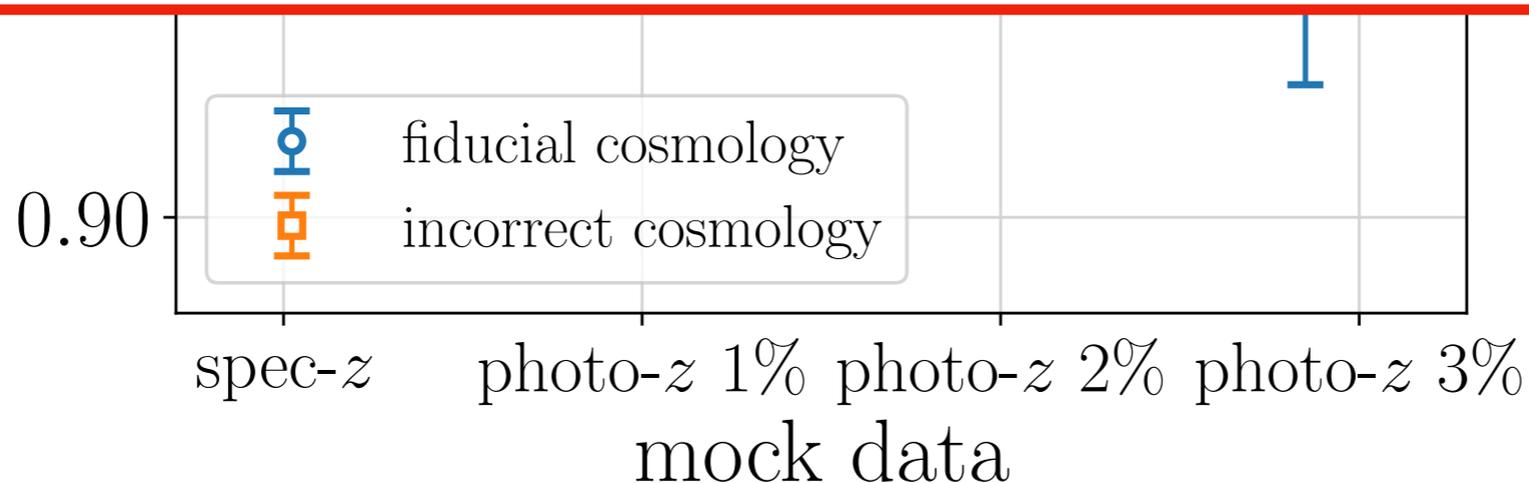


photo- z 1% データでのBAO測定により

Ω_{m0} が10%の不定性で制限できる

α パラメータの抽出

BAOピークを捉えるパラメータ

◆ BAOピークを捉えるためのパラメータ

$$\alpha = \frac{[D_V(z)/r_s]_{\text{obs}}}{[D_V(z)/r_s]_{\text{inc}}}$$

incorrect cosmologyでの期待される値は $\alpha = 1.04$

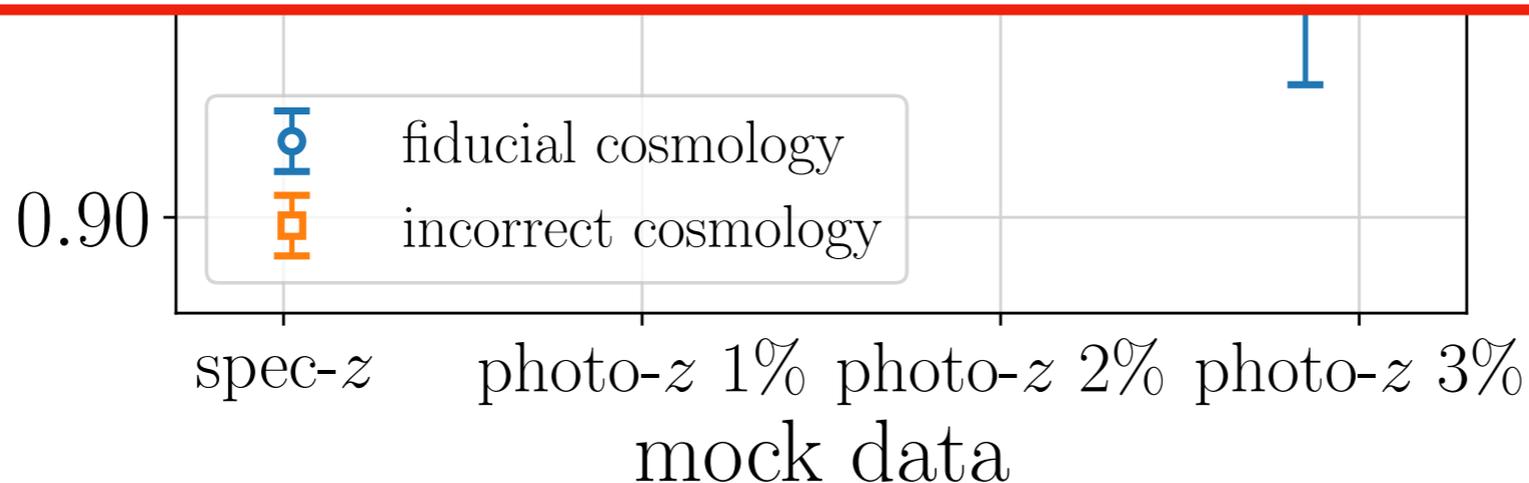
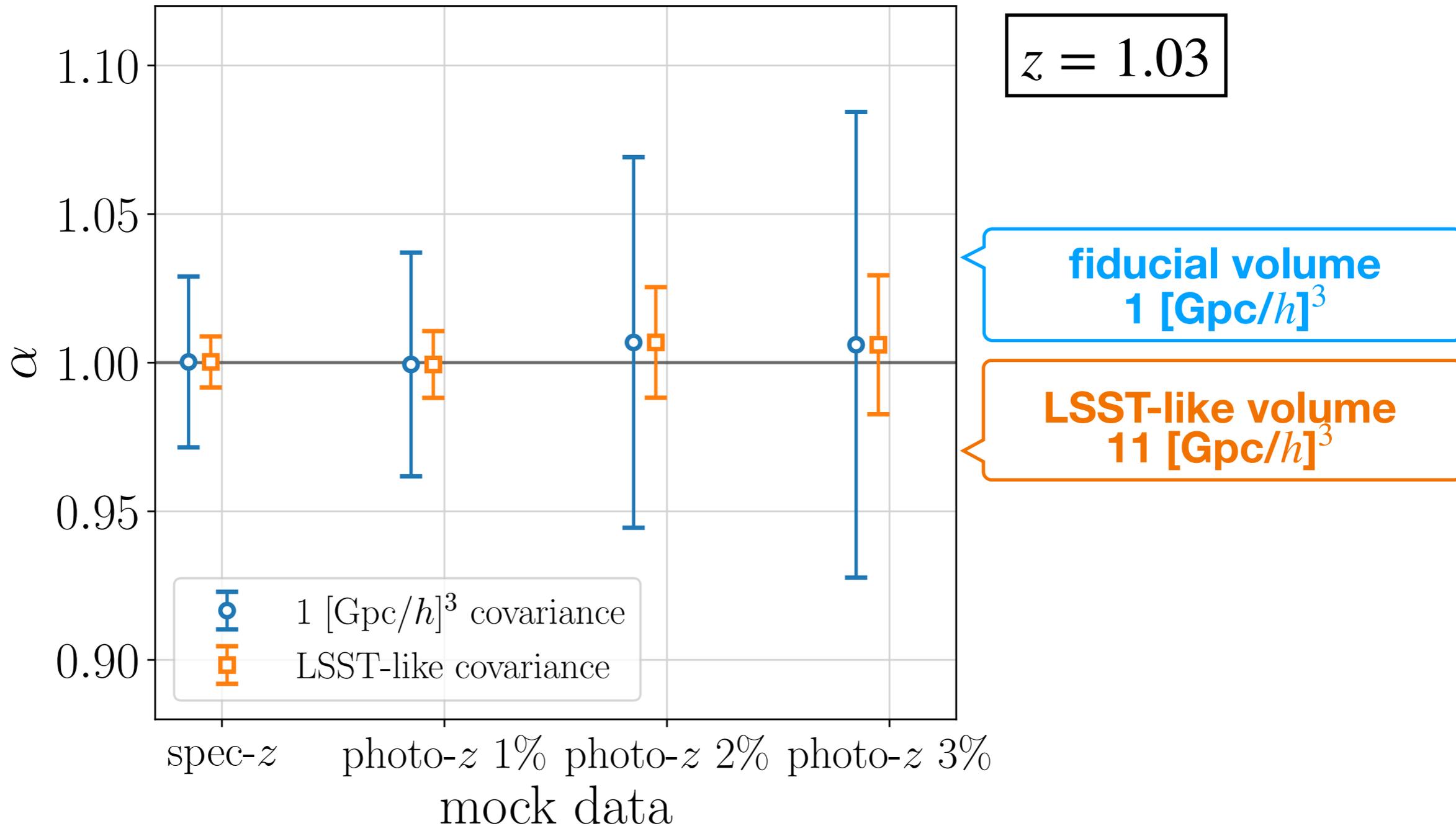


photo-z 1% データでのBAO測定により

Ω_{m0} が10%の不定性で制限できる

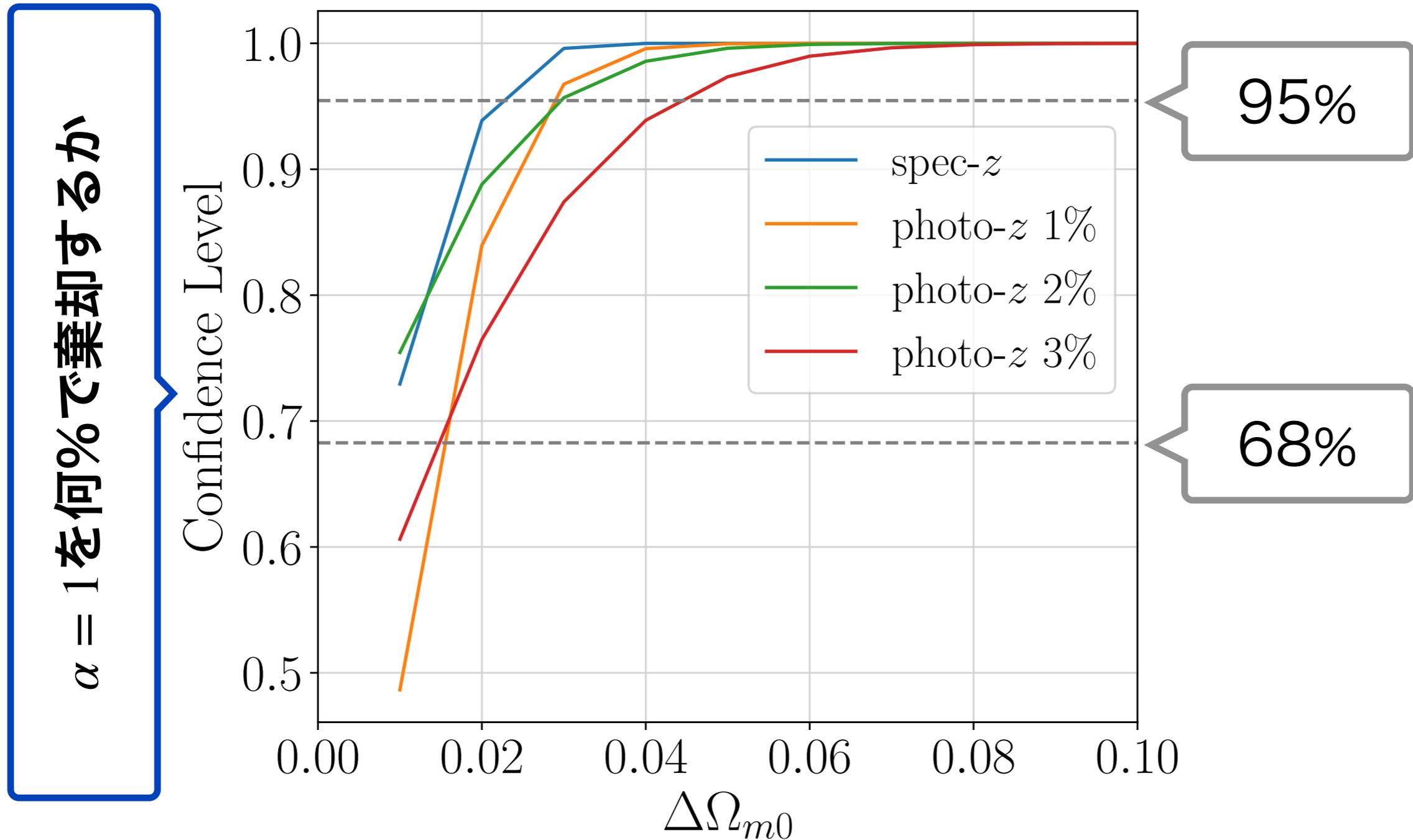
LSST-like Covariance Challenge

BAOピークを捉えるパラメータ



期待通り、fiducialと比較してエラーバーが1/3に

LSST-like Covariance Challenge



$\Delta\Omega_{m0} = 0.05$ の場合、photo-z 3% errorデータでさえ $\alpha = 1$ を95%で棄却

まとめ

- ◆ 研究目標:

photo- z BAOのrobustnessをテストすること

- ◆ 実際に何をしたのか

photo- z errorによって銀河位置の不定性をもったBAOピークを測定できるかどうか検証

- ◆ 結果:

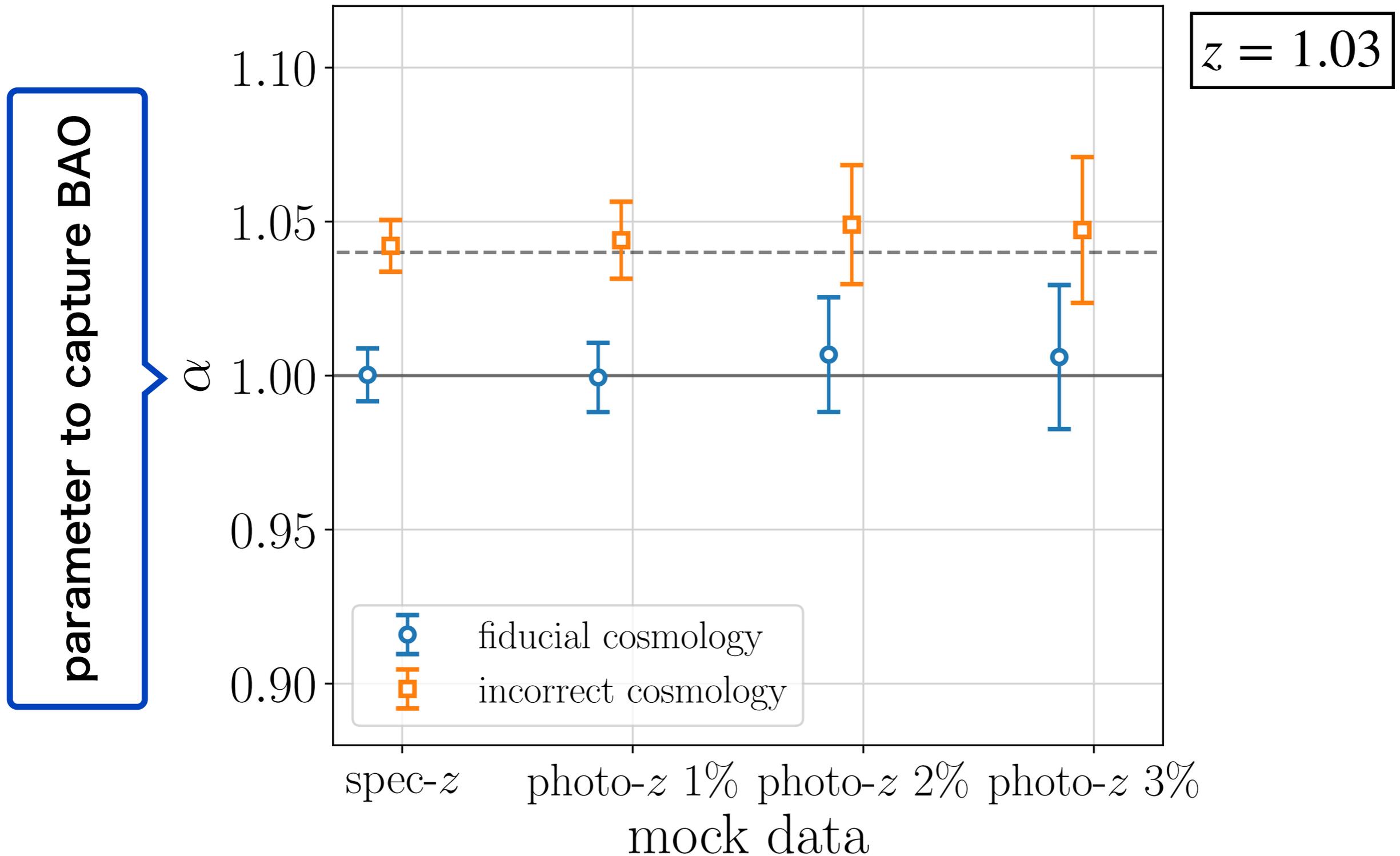
- **photo- z 1% データでのBAO測定により**

- Ω_{m0} が10%の不定性で制限可能**

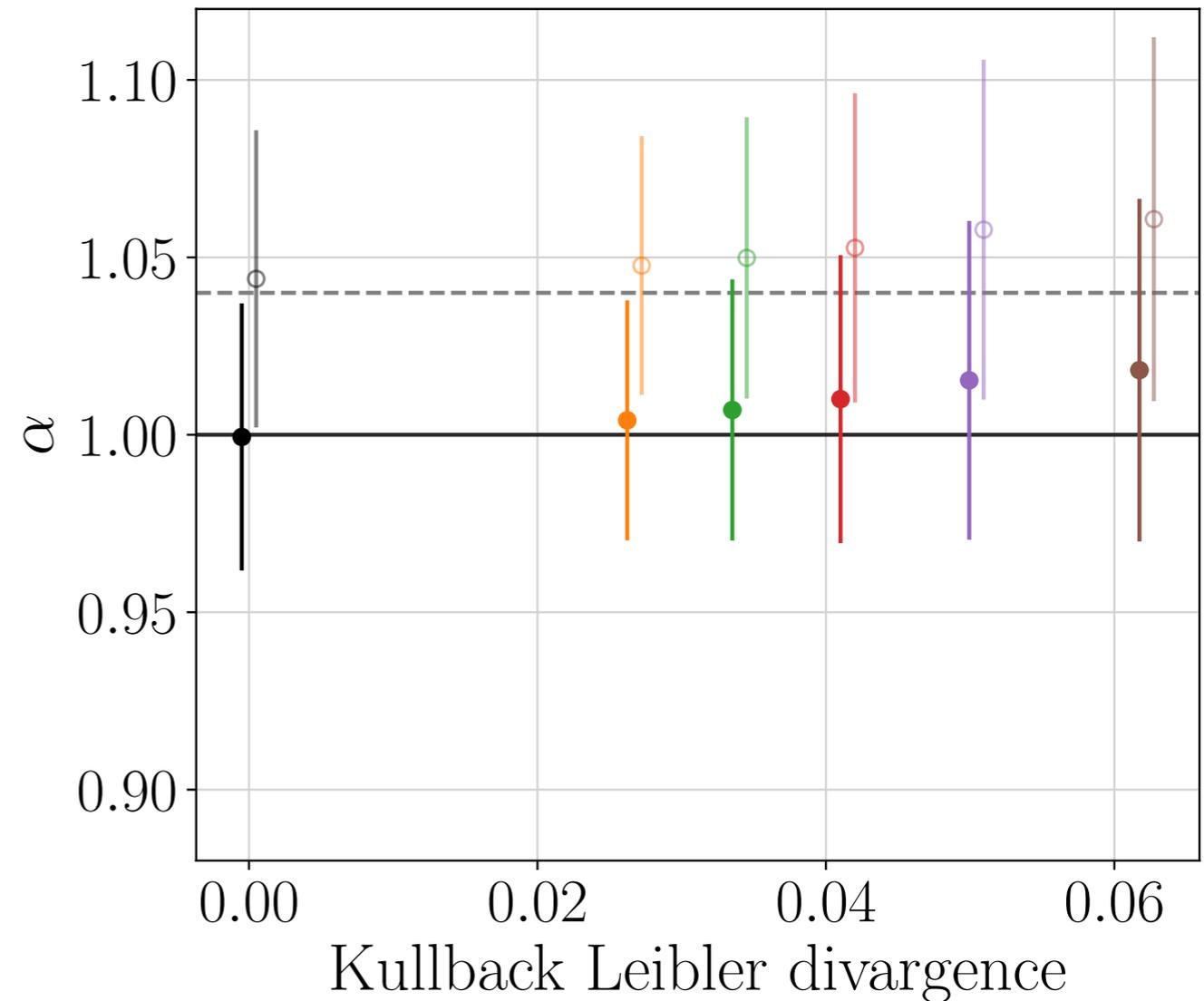
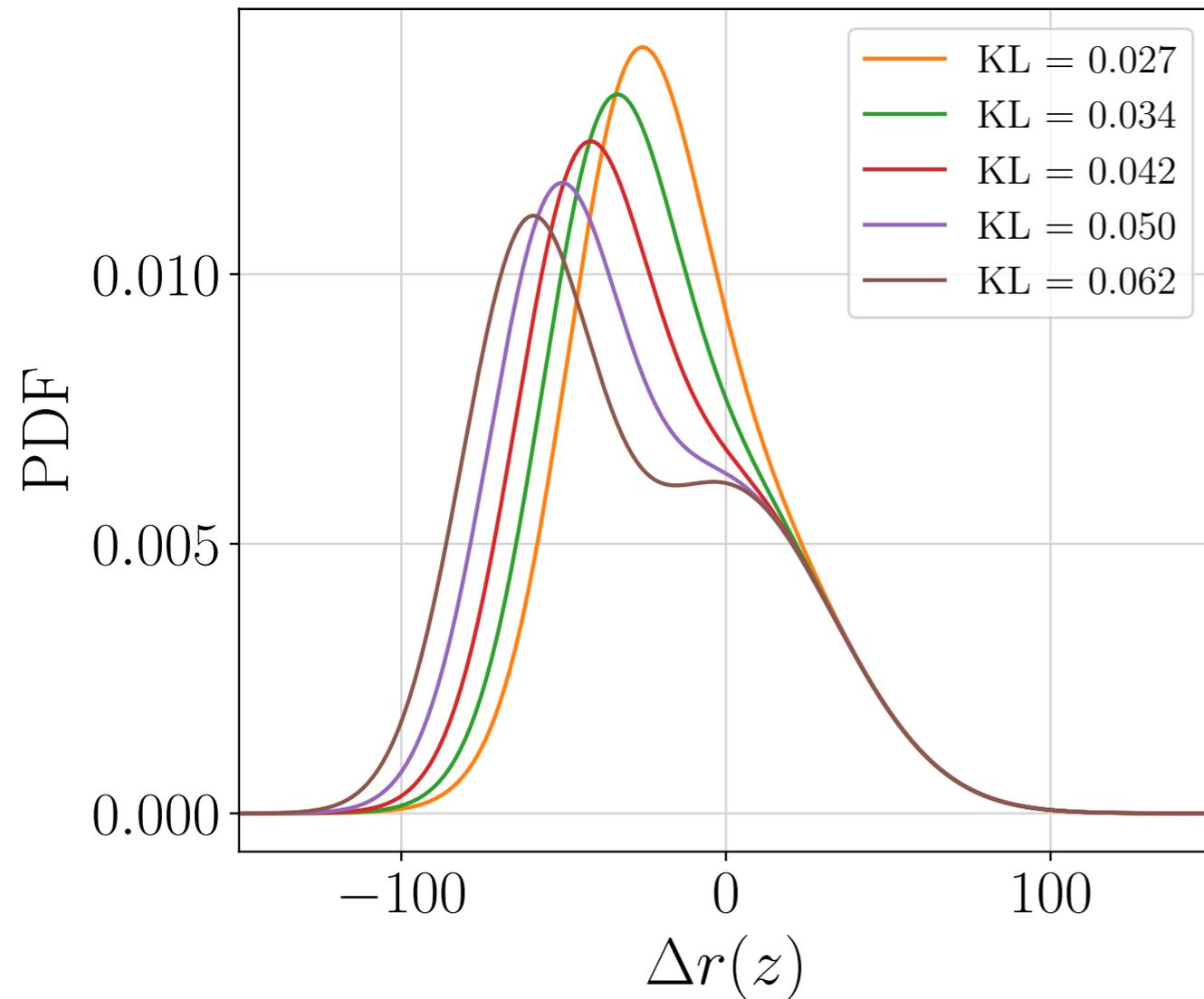
- **LSST-like Covarianceを用いると, BAOピークは photo- z 2-3% errorでも制限可能**

Appendix

LSST-like Covariance Challenge



SkewnessはBAO測定に影響しない



現実的なphoto-z分布を考えた場合(赤色まで)、
分布の歪度はBAO測定に影響しない

