



DISCOVERY AND ANALYSIS OF A DOUBLE EINSTEIN RING

2008ApJ 677.1046G

Date : 1st December 2010
二間瀬研 : 黒島 利沙

Contents

Prologue

Introduction

Lens Model

Result 1

Exploiting The double source plane

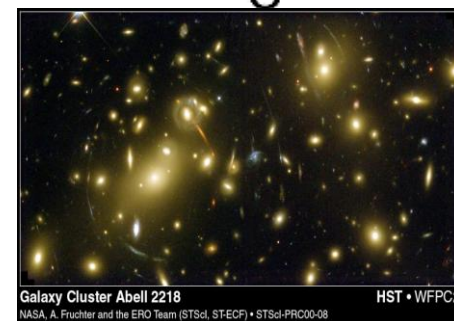
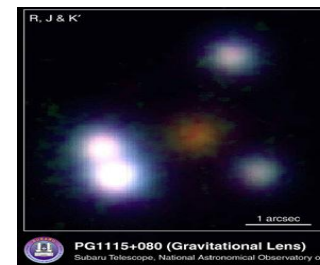
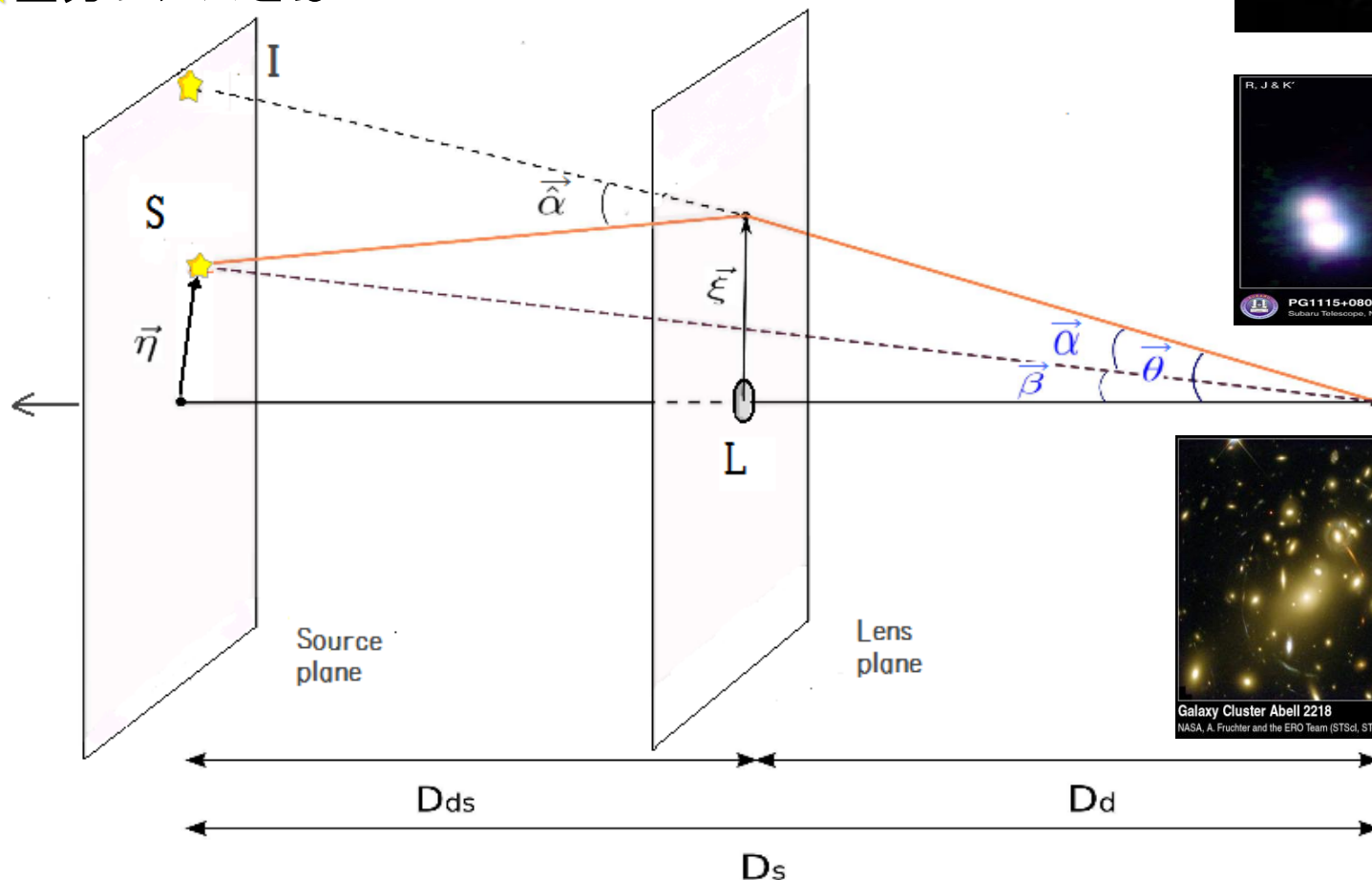
Result 2

Epilogue

Summary & Conclusion

Prologue

★重力レンズとは...??

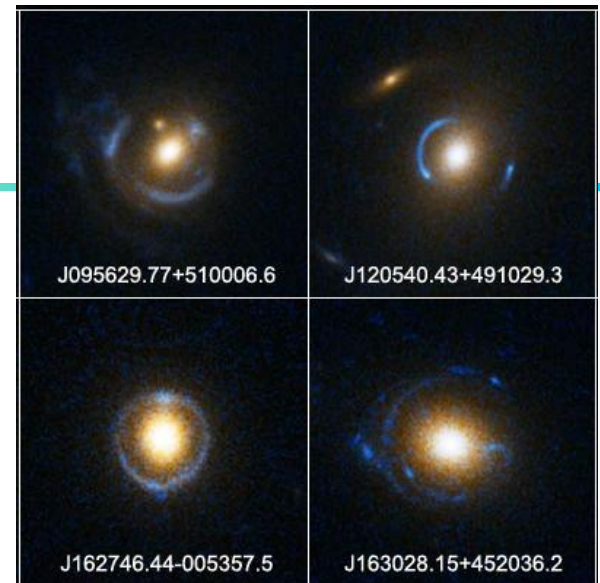
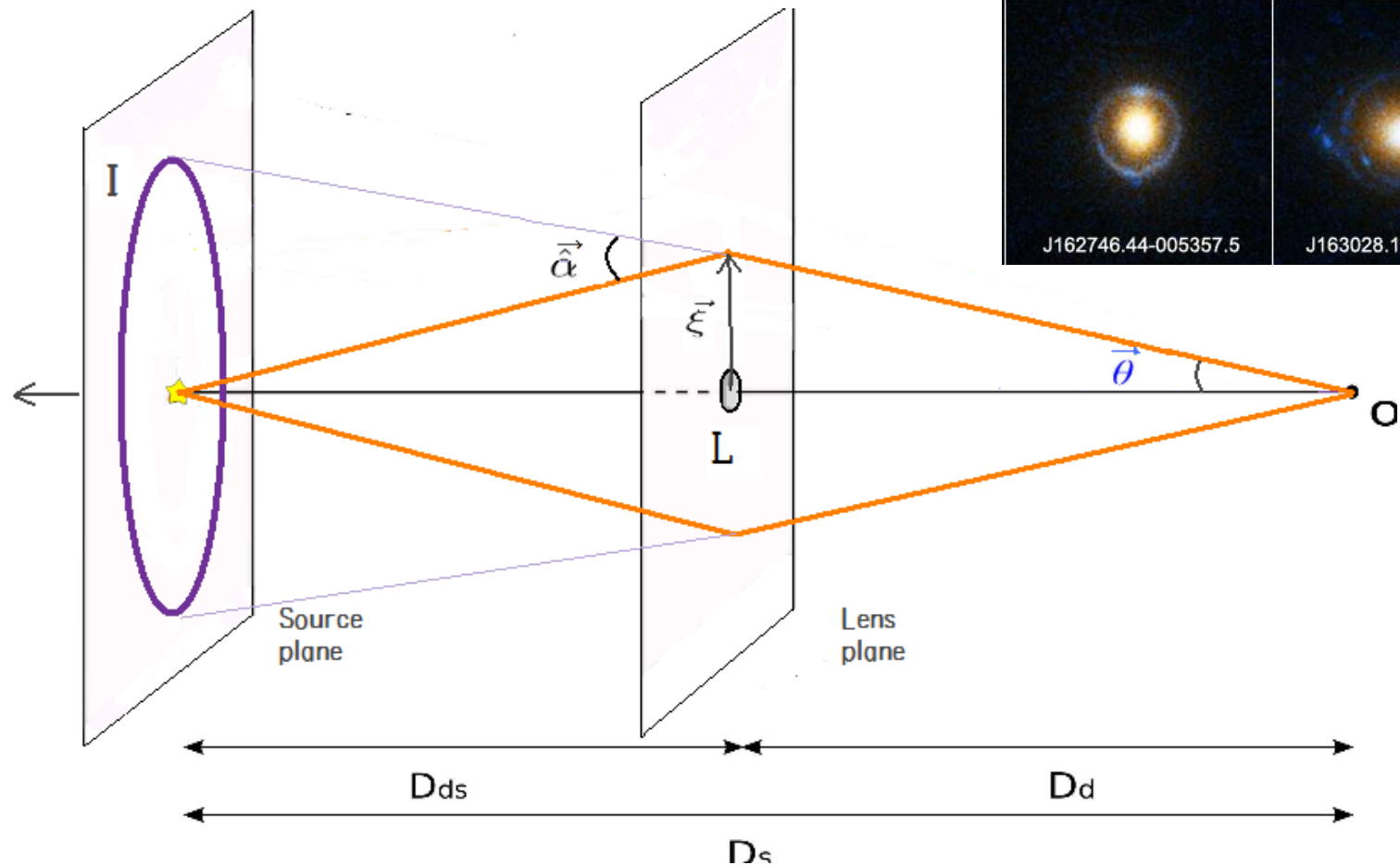


レンズ方程式:
$$\vec{\beta} = \vec{\theta} - \vec{\alpha}(\vec{\theta}) = \vec{\theta} - \frac{D_{ds}}{D_s} \vec{\alpha}$$

If $\vec{\beta} = \vec{0}$ then...

Prologue

★Einstein Ring !!

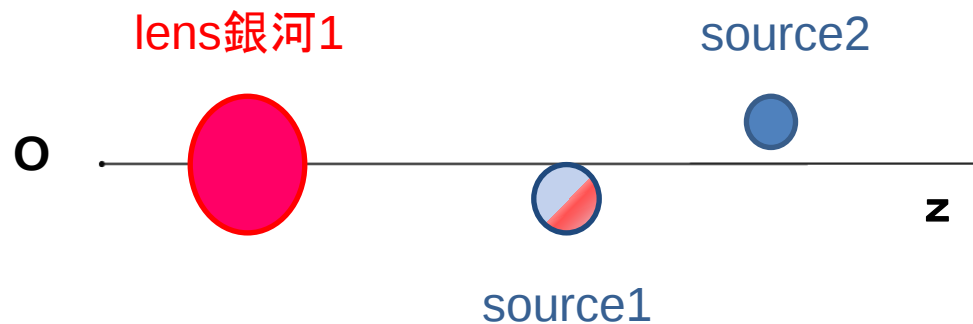
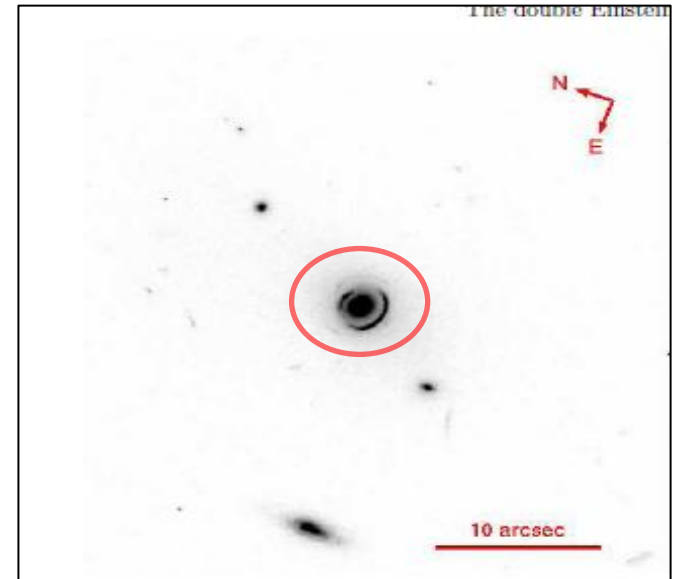


今日の内容はEinstein Ringについて!!

Objectについて

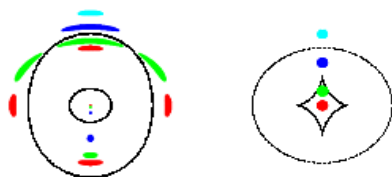
SLACS (HST/ACS F814W)により、
初めて発見された
ダブルインシュタインリング
(SDSSJ0946+1006)

→同心上に違うImage Separation を持つ特徴的な形状, 輝度の違いからレッドシフトの違う2つのSourceが, レンズ銀河により強重力レンズを受けたものであると分かった。



たまたま各sourceが整列していることにより2重のリングに!

lens銀河とsourceの情報



- ・分かっていること

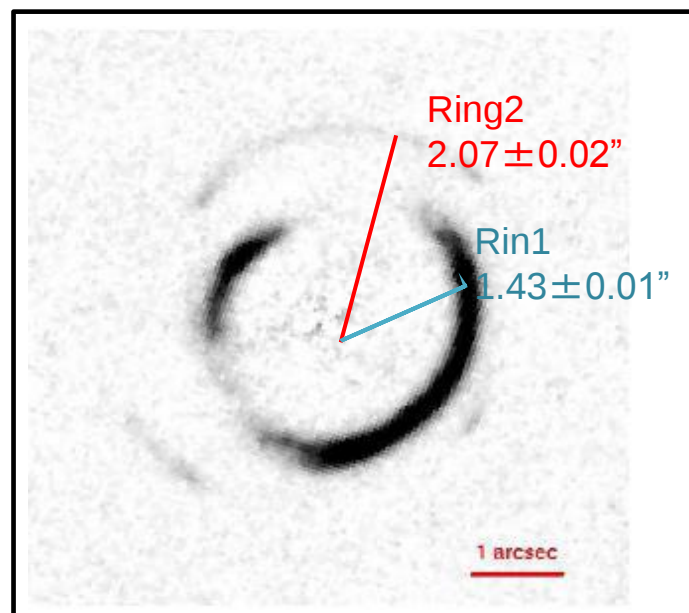
Lens銀河 redshift $Z_{\text{lens}}=0.222$

Source1 redshift $Z_{s1}=0.609$

- ・分かっていること

Source2 redshift $Z_{s2}=\text{unknown...}$

upper limit $Z_{s2}<6.9$



Z_{s2} が分かると...

距離 : $D(z, \Omega_m, \Omega_\Lambda)$

距離比 η が分かる.

$$\eta \equiv \frac{(D_{ls}/D_{os})_{z_{s2}}}{(D_{ls}/D_{os})_{z_{s1}}}$$

→宇宙論パラメータがモデルに
関係なく得られる!!

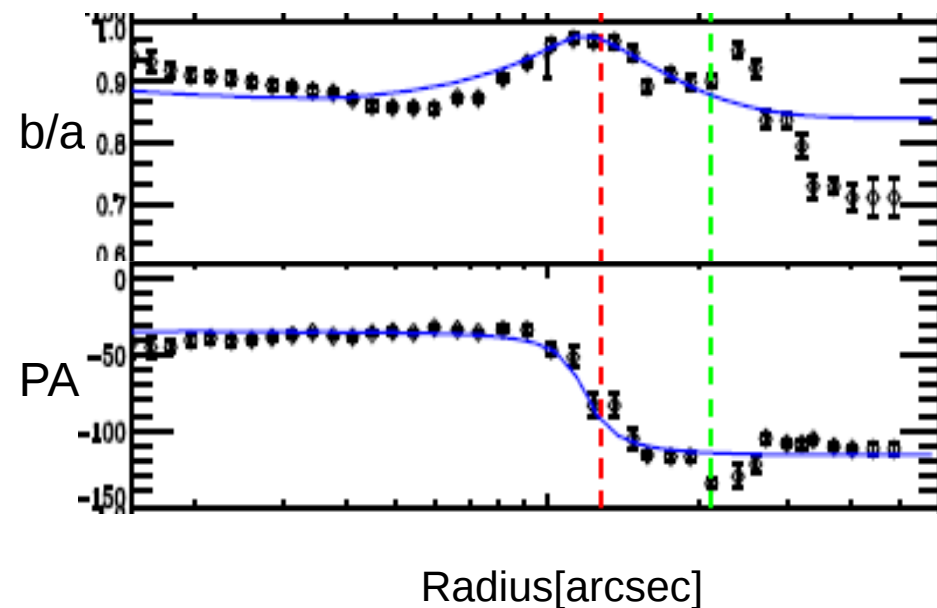
この論文の目的

- ダブルソースプレーンのシステムを
応用して研究&ツールとしてモデル化する事!!
- i . レンズ銀河の質量プロファイルを求める.
- ii . ダブルレンズ面モデルを考慮した上でのsource1の
質量(速度分散)に制限をつける.
- iii . source2のredshift z_{s2} を見積もり、距離比 η から
宇宙論パラメータを求める.

$$\eta \equiv \frac{(D_{ls}/D_{os})_{z_{s2}}}{(D_{ls}/D_{os})_{z_{s1}}}$$

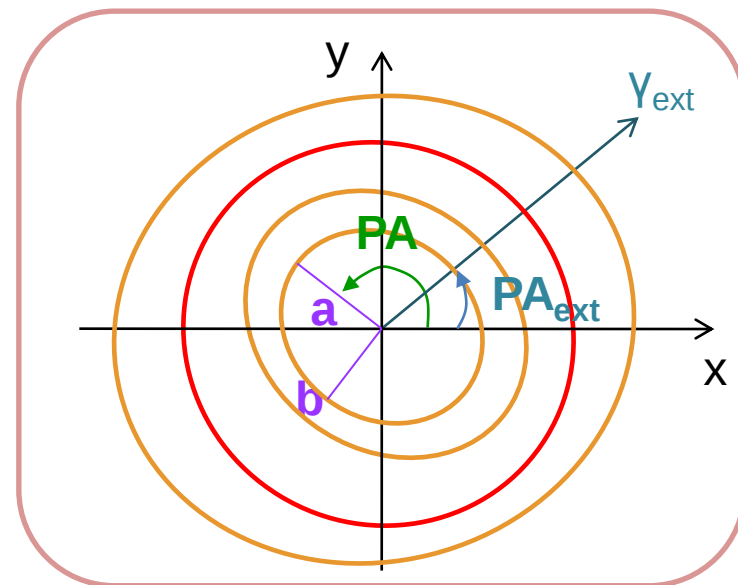
レンズ銀河について

Lens Galaxy properties



- ①・イメージが最大4つ(5つ)
- ②・等輝度線の軸比 $b/a < 1$

→ レンズ銀河は楕円銀河.



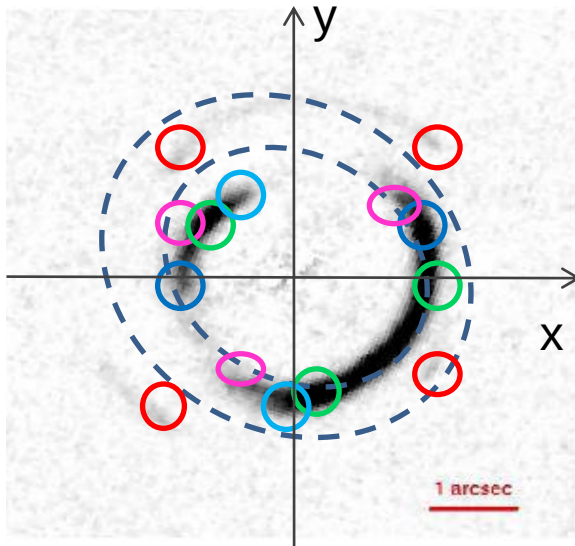
- ③・半径に対する軸率・PAに
するどい変化が見られる。
→ 等輝度線のねじれ！

isopotentialにもねじれがある
事が予測される.

→ **External shear**
入りの SIEモデル! 8

Lens Model

$$\kappa(\vec{r}, z_s) = \frac{\Sigma}{\Sigma_{cr}} = \frac{b_{\infty}^{\gamma'-1}}{2} (x^2 + y^2 / q^2)^{(1-\gamma')/2} \frac{D_{ls}}{D_{os}}$$



$$b_{\infty} = 4\pi \left(\frac{\sigma_v}{c} \right)^2$$

If $\gamma'=2$ and $q=1$
then SISmodel

7 parameters

b_{∞} , γ' , q , PA_0 , γ_{ext} , PA_{ext} , Z_{s2}

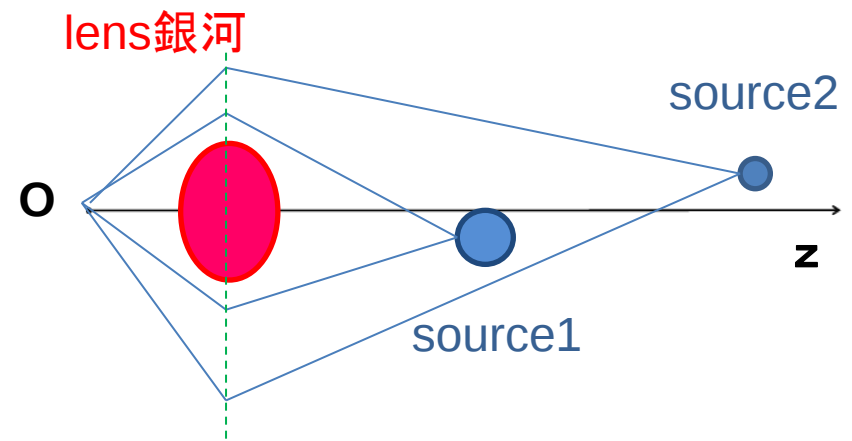
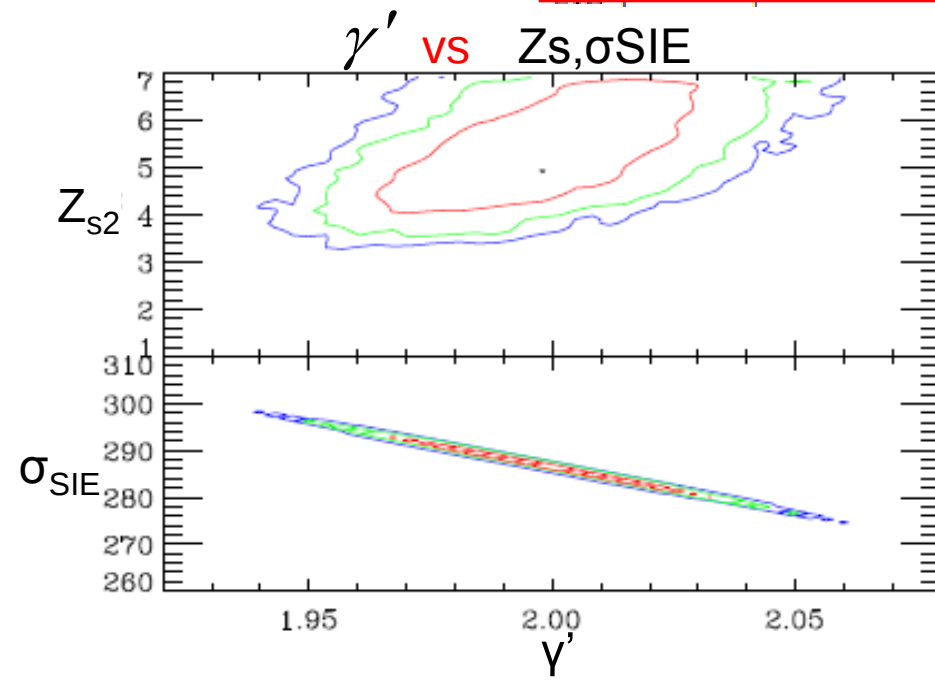
○:共役な位置

Result 1

best fit model

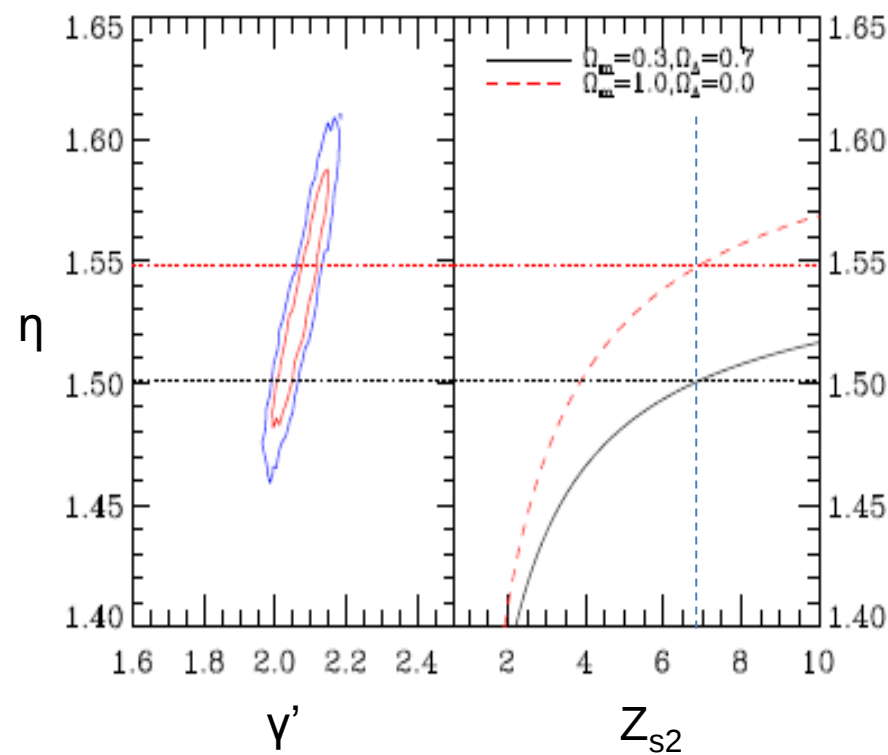
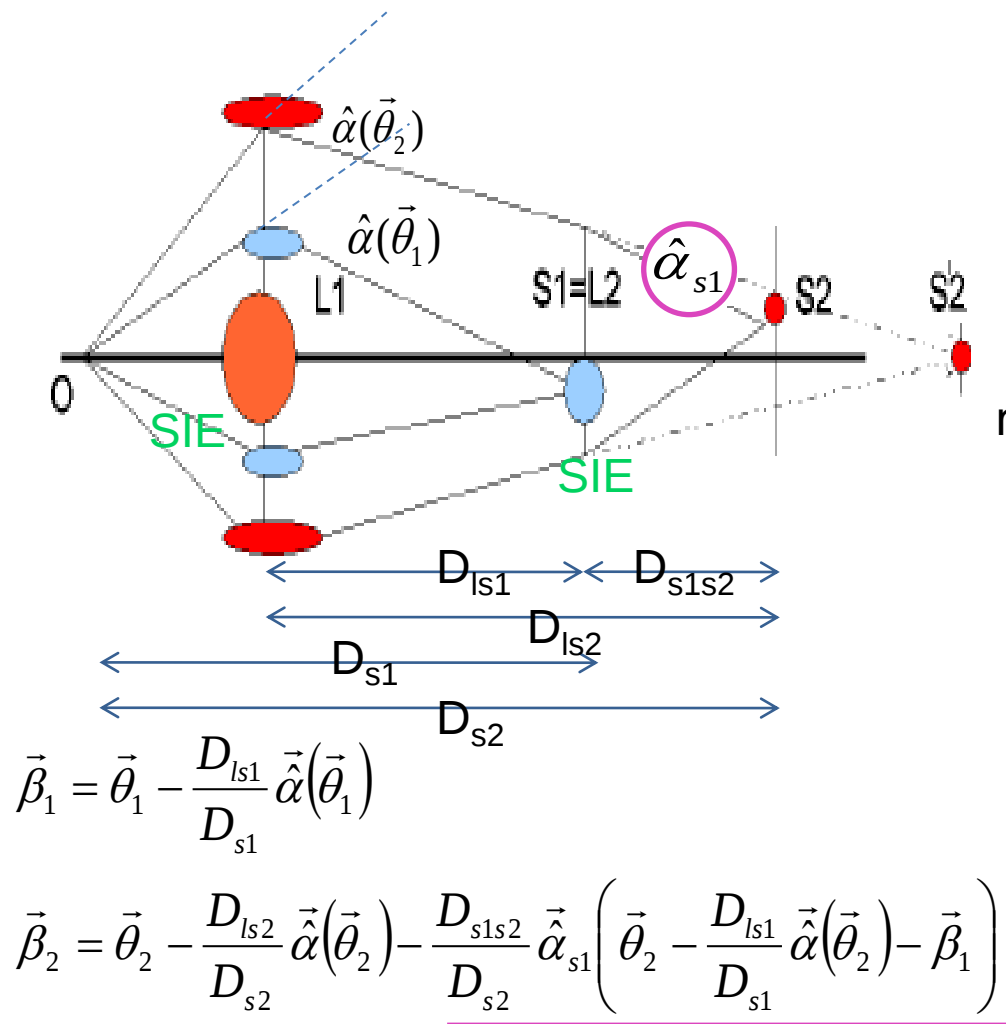
b_{∞} [arcsec]	2.54 ± 0.09
γ'	2.00 ± 0.03
axis ratio q	$0.869^{+0.017}_{-0.013}$
PA_0	$-11.8^{+7.0}_{-8.9}$
γ_{ext}	$0.067^{+0.010}_{-0.007}$
PA_{ext}	$-31.5^{+6.9}_{-4.8}$
z_{s2}	$5.30^{+1.03}_{-1.00}$
σ_{SIE} [km s $^{-1}$]	$287.0^{+5.1}_{-5.2}$

← 誤差が大きい！



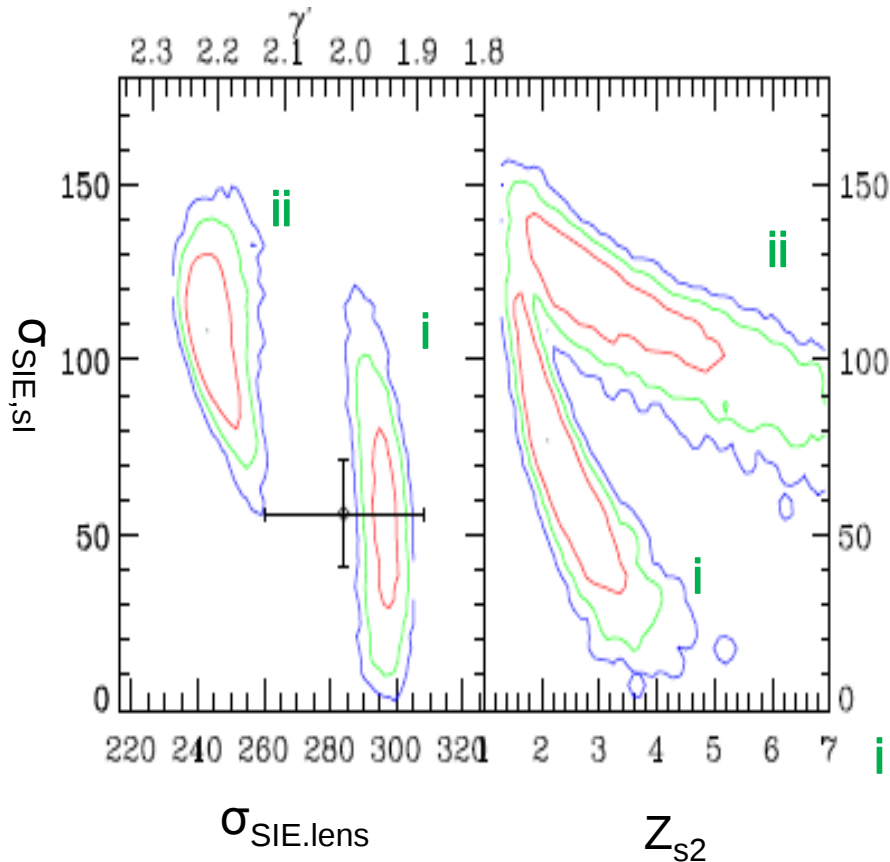
Exploiting The double source plane

実際にダブルソースプレーンをどのように考慮する！？



$$\eta \equiv \frac{(D_{ls}/D_{os})_{z_{s2}}}{(D_{ls}/D_{os})_{z_{s1}}}$$

Result 2



Z_{s2} はsource1の速度分散に大きく依存している.

best fit model

Parameter	family i	family ii	global
b_{∞} [arcsec]	$2.65^{+0.07}_{-0.10}$	$1.91^{+0.07}_{-0.06}$	$1.98^{+0.69}_{-0.11}$
γ'	$1.96^{+0.03}_{-0.02}$	$2.23^{+0.03}_{-0.05}$	$2.18^{+0.07}_{-0.22}$
axis ratio q	$0.889^{+0.057}_{-0.016}$	$0.816^{+0.129}_{-0.027}$	$0.879^{+0.067}_{-0.083}$
PA_0	$-15.9^{+9.5}_{-12.2}$	$-17.9^{+9.2}_{-17.3}$	$-17.0^{+9.3}_{-15.5}$
γ_{ext}	$0.069^{+0.016}_{-0.009}$	$0.089^{+0.026}_{-0.012}$	$0.082^{+0.026}_{-0.016}$
PA_{ext}	$-27.6^{+6.1}_{-6.7}$	$-26.5^{+6.2}_{-6.7}$	$-27.0^{+6.2}_{-6.7}$
Z_{s2}	$2.6^{+1.0}_{-0.7}$	$3.8^{+1.9}_{-1.5}$	$3.1^{+2.0}_{-1.0}$
$\sigma_{\text{SIE},s1}$ [km s ⁻¹]	$56.6^{+30.3}_{-27.6}$	$108.9^{+18.0}_{-19.9}$	$94.0^{+26.7}_{-46.6}$
σ_{SIE} [km s ⁻¹]	295^{+3}_{-4}	246^{+7}_{-5}	254^{+43}_{-11}

i の有意性

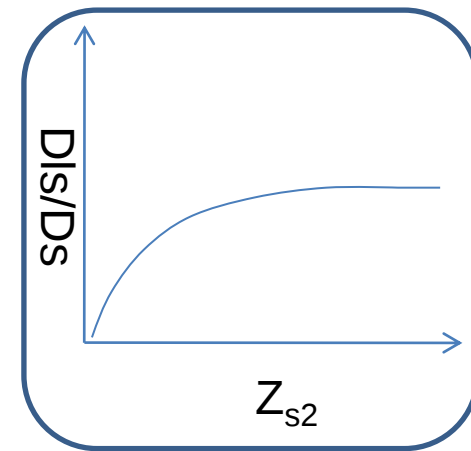
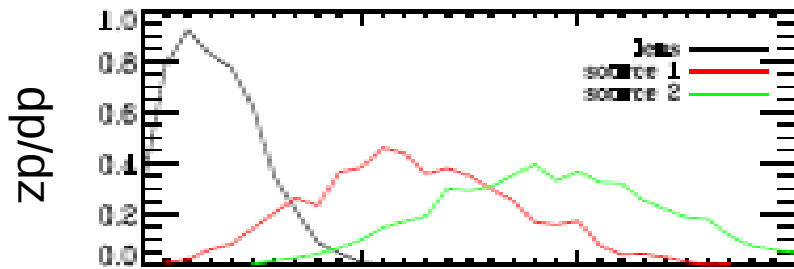
横:SDSSによるlens銀河の $\sigma_{\text{lens}}=284\text{km/s}$
 縦:トリ-フィッシャー関係から求めた $\sigma_{\text{SIE},s1}=59\text{km/s}$

Epilogue

今回のレンズシステムは最適なツール？

★ η について

double sourceをモンテカルロ法でシミュレーション



Ω_m はlens・source1, 2の位置関係に

結論：

SDSSJ0946+1006は宇宙論パラメータを見積もる事を目的とした
Double source lens plane systemとしては最適ではない！！



DIS/DS が飽和...

$\eta \sim 1 \rightarrow$ 宇宙論パラメータを
考察する範囲ではない.

Summary & Conclusion

- i. ダブルソースプレーンを考慮してbest fit parameter
lens銀河の速度分散 $\sigma_{\text{lens}} = 295\text{km/s}$,
source 1 の速度分散 $\sigma_{\text{SIE},s1} = 56\text{km/s}$ を求めることができた。
→SDSSの観測やタリーフィッシャー関係より確認.
- ii. source2のredshift $z_{s2}=2.6$ であることが分かった。
- iii. 今回考えたシステム(SDSSJ0946+1006)のlens銀河, source1・2のredshift z の距離関係上, η から宇宙論パラメータの情報は得られなかった。

・これからダブルソースプレーンの重力レンズが観測されれば、研究ツールとしてより有用なサンプルが発見されることに期待。
・また、source1のように遠い銀河の速度分散や質量を見積もよい手法となる！