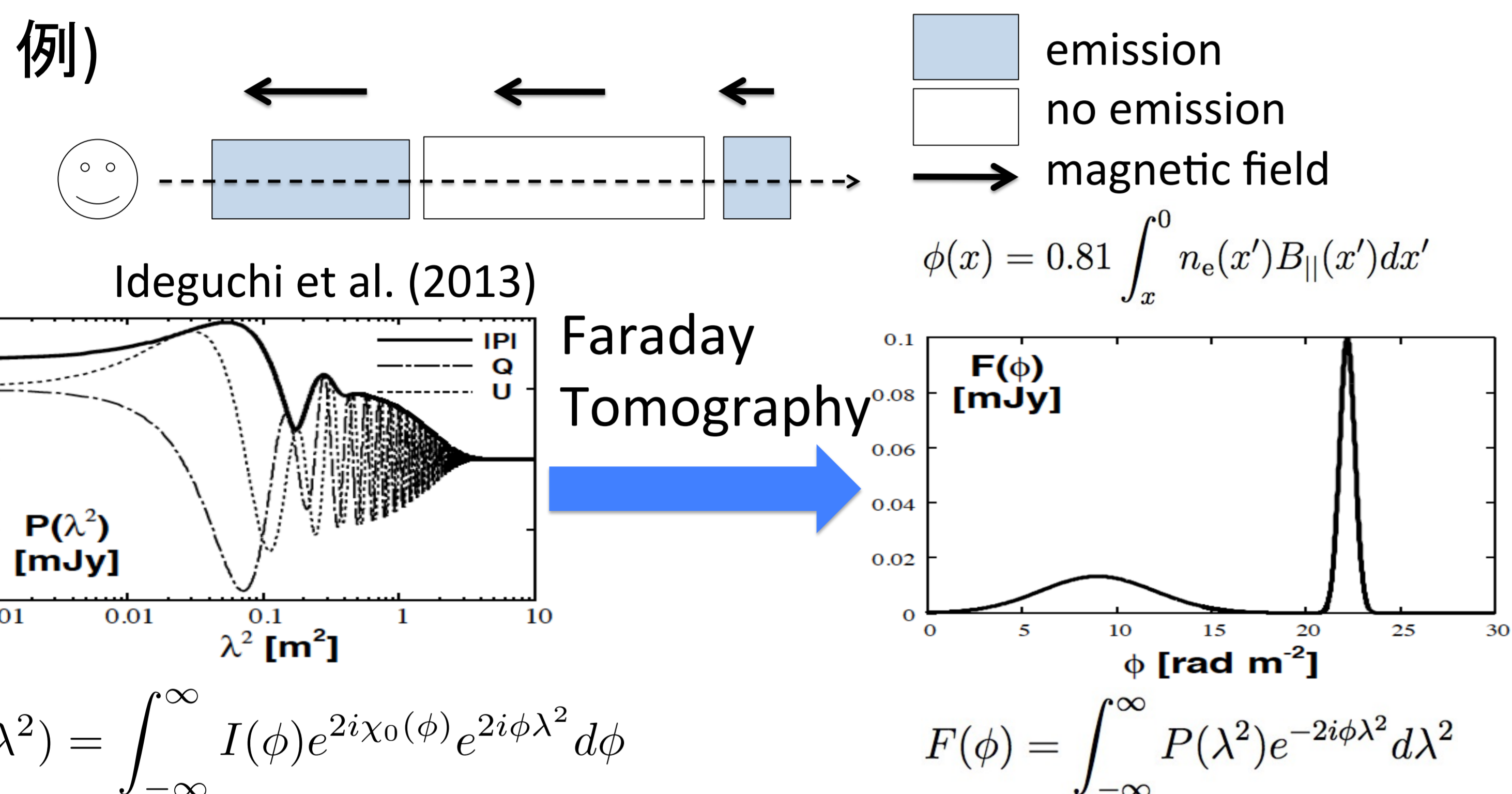


INTRODUCTION

Faraday Tomography...?

SKAをはじめとした超広帯域電波観測の実現により可能となる宇宙磁場探査法。

視線上の磁場構造を“積分値”ではなく、“深さ”を持った断層構造として見る事ができる。



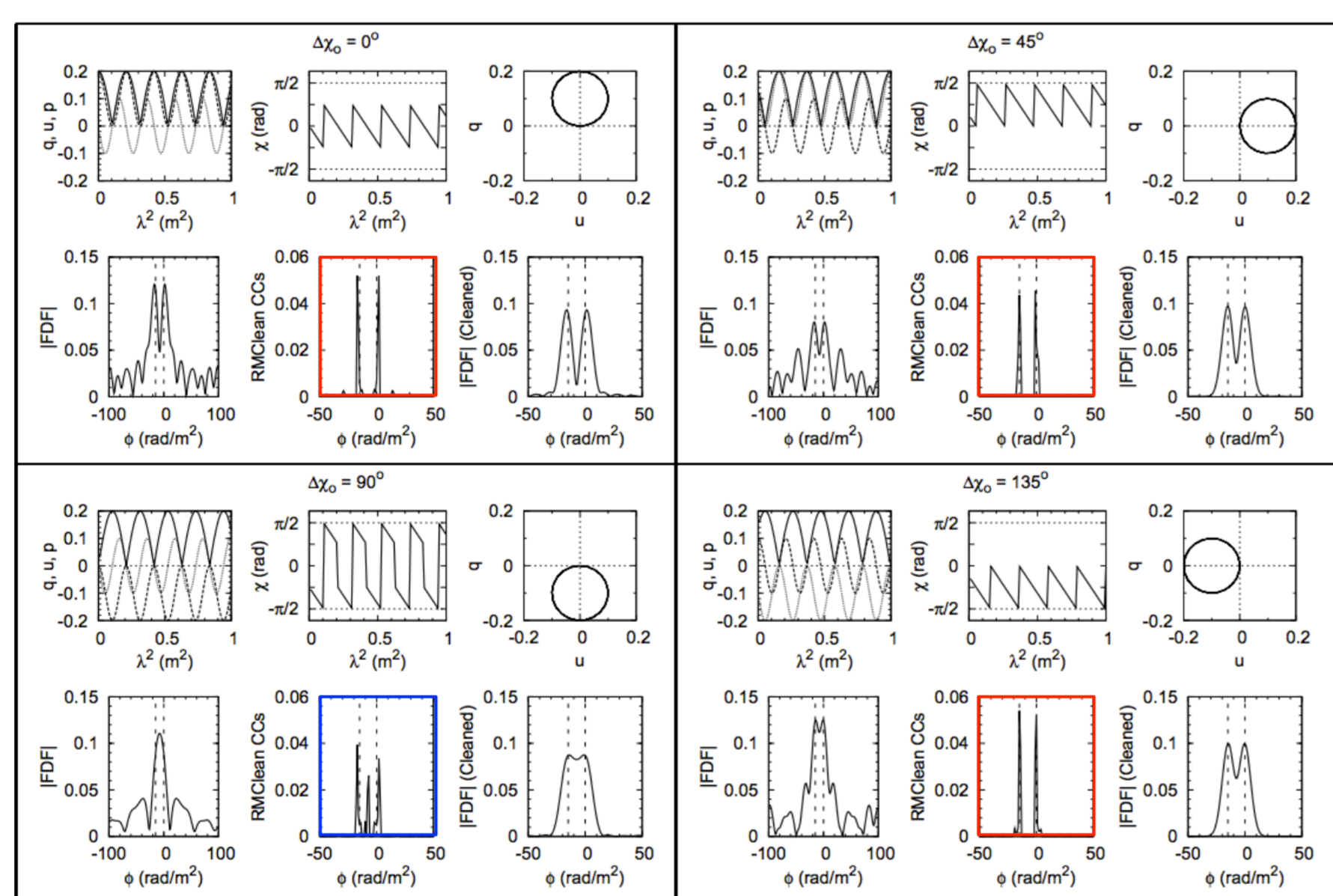
Ambiguity...?

D. Farnsworth et al. (2011)において提起

- 本来ソースが無いはずのところにシグナルが現れる。
- 2つのソースが繋がってひとつに見えるのではなく、2つのソースが見えた上でさらにもうひとつ見える。
- 第3のソースの有無は2つのソースの初期偏向角の差に依存する。

“初期偏向角の差”以外は 全く同じ状況

D. Farnsworth et al. (2011)



AIM

第3のソースが現れる条件を調べる

1. 初期偏向角の差
2. 2つのソースのFaraday depth空間距離
3. 2つのソースの輝度比

仮定

1. 視線上にソースは2つ
 - デルタ関数型
2. ASKAPでの観測を想定
3. 観測誤差は0

計算手順

1. 偏光ベクトルを計算
2. Faraday Tomography
3. RM CLEAN
4. 第3のソースの存在を検証

RESULT

1. 初期偏向角の差

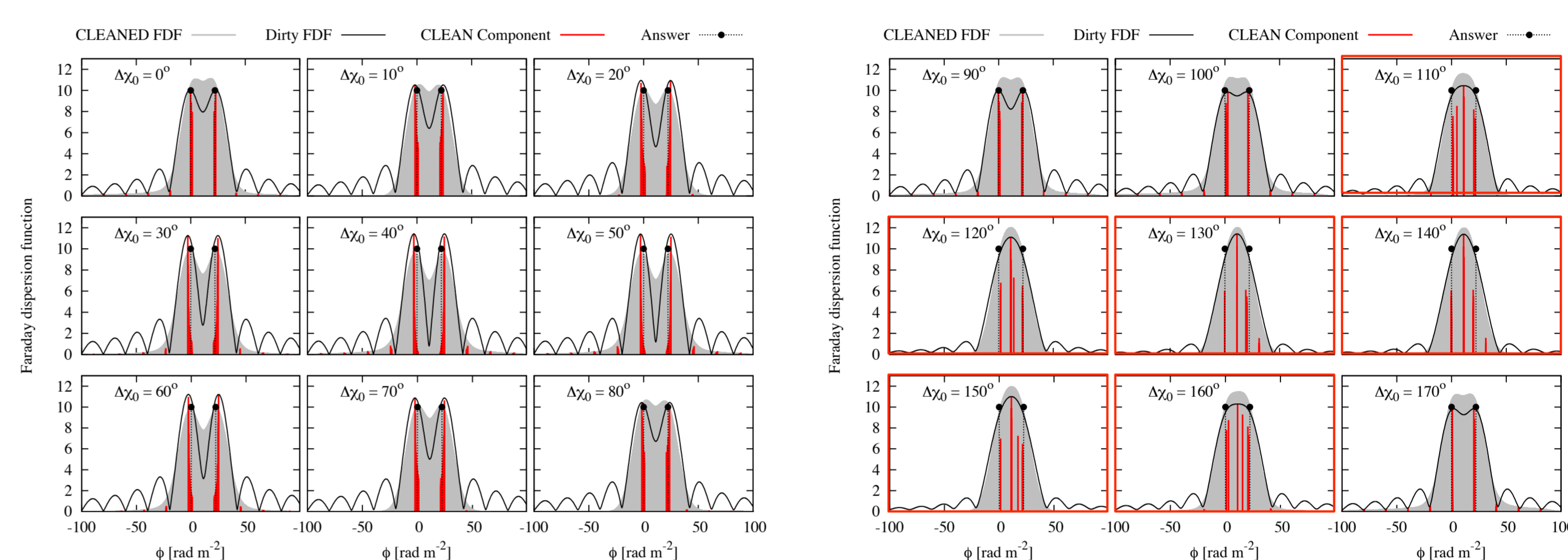
Faraday depth空間距離を固定し、初期偏向角の差を変えてFaraday Tomography

Faraday depth空間距離 = 1.0 × resolution

第3のソースの定義

偏光角の差=110°-160°のとき第3のソースが発生

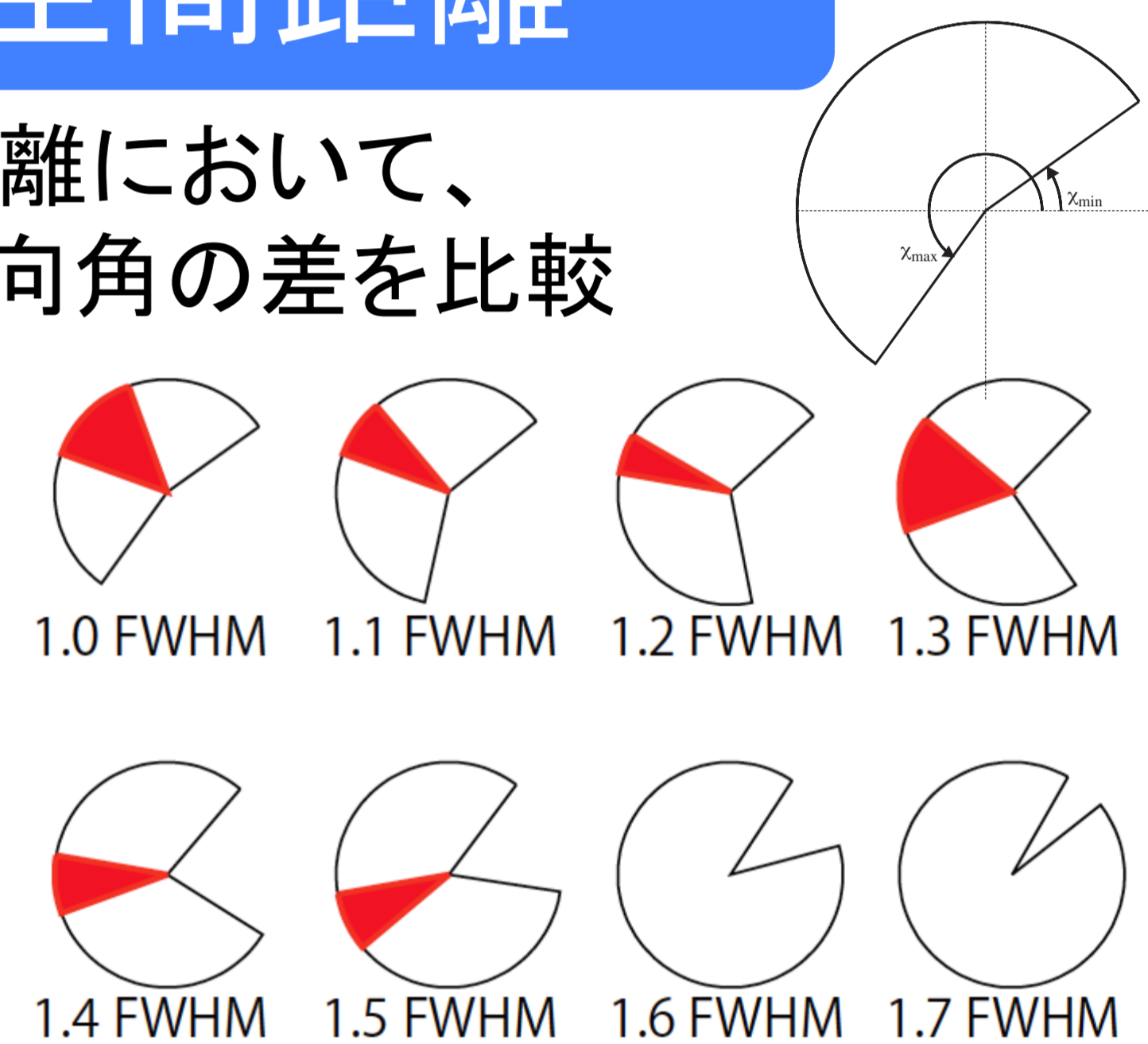
このエリア内でモデルソースの50%以上の明るさを持つもの



2. Faraday depth空間距離

異なるFaraday depth空間距離において、偏光面の回転角と、初期偏向角の差を比較

1. 第3のソースが出現する初期偏向角差はソース間のFaraday depth距離によって異なる。
2. 平均回転角の周辺で第3のソースは出現する。
3. 分解能の1.5倍より遠いケースでは出現しない。



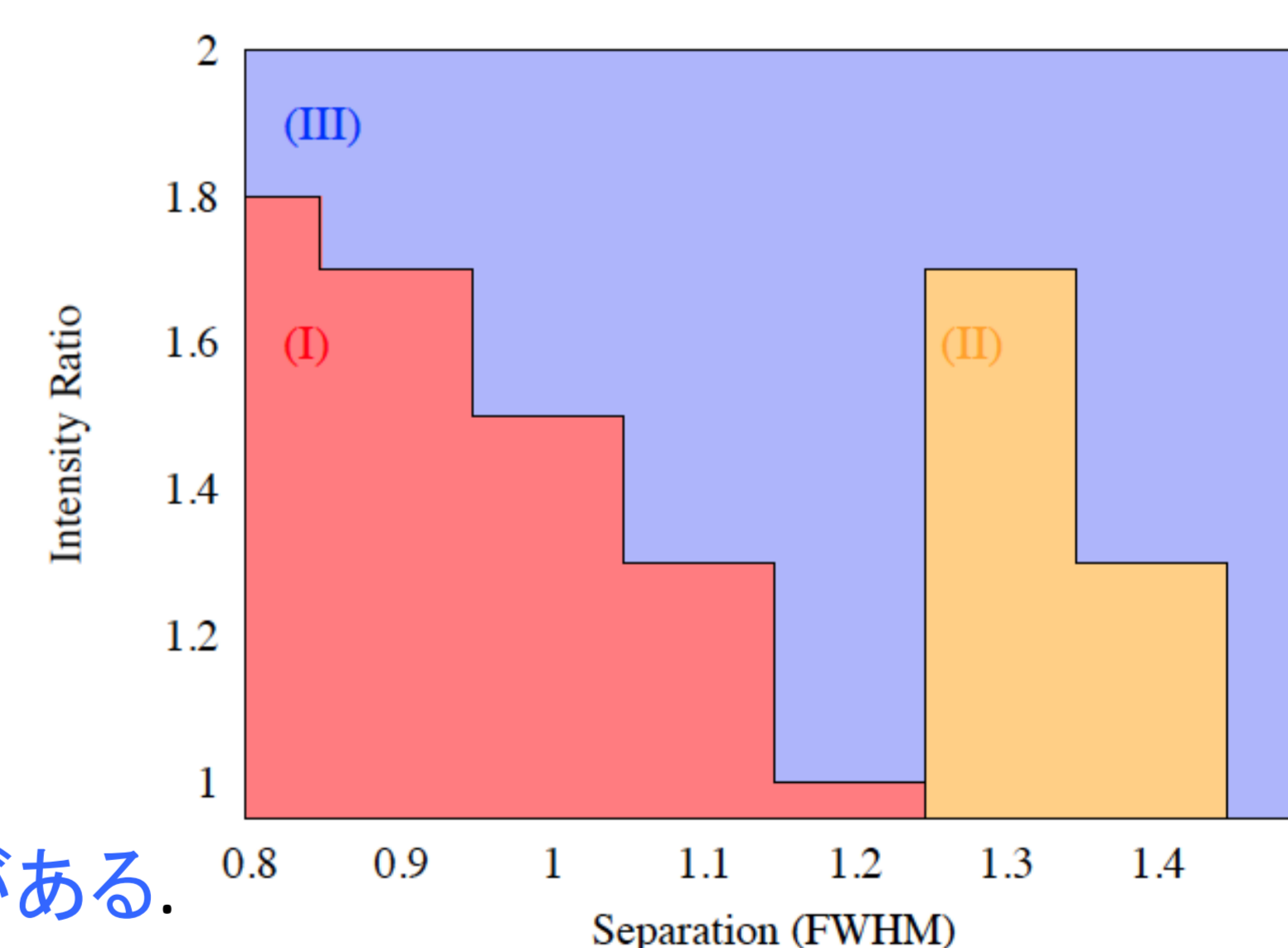
赤: 第3のソースが現れるときの初期偏向角差

3. ソース輝度比

異なるFaraday depth空間距離・輝度比において、第3のソースがどう現れるかを調べる

- (I) 第3のソースが実際のソースより明るく現れる (single sourceに見える)
- (II) 第3のソースが実際のソースより暗く現れる
- (III) 第3のソースは現れない

分解能より大きく離れていても、輝度比と初期偏向角によっては2つのソースを分離できない場合がある。



まとめ

Faraday Tomographyの不確定性の傾向

1. 平均回転角と同程度の初期偏向角差の場合に存在しないソースが現れる(ソースの融合が顕著に)。
2. 視線上のソースの輝度比が1に近いほど、起こりやすくなる。
3. 観測機のスペックによらず必ず発生する (但し、スケールは変わる)。
4. 分解能より大きく離れていても、2つのソースを分解できないケースも ($\Delta\Phi < 1.2 \times \text{resolution}$)。

INTRODUCTION

EoR signal検出の障害

Observation

correlator 観測データ

$E\{v_p \otimes v_q^H\}$

- 各アンテナの観測値
 $\tilde{v}_{pi} = J_{pi} e_i$
 Jones matrix
 sky noise
 instrumental noise
- 各ベースラインの観測値
 $V_{pq} = \sum_{i=1}^K J_{pi}(\theta) C_i J_{qi}^H(\theta) + N_{pq}$
 EoR signal
 Galactic foreground
- 観測値データセット
 $y = \begin{bmatrix} V_{12} & V_{13} & \dots & V_{1(N-1)} & \dots & V_{N(N-1)} \end{bmatrix}^{N \times (N-1)/2}$
 Extragalactic foreground $s_i(\theta)$
 成分

Galactic foreground
 K: 系外銀河数
 N: アンテナ数

- Synchrotron emission
- Free-free emission
- Supernova remnants

V. Jeric (2008)

Instrumental noise

- Beam shape
- Frequency sensitivity
- Receiver gain

Sky noise

- Atmosphere
- Ionosphere
- Troposphere

Extragalactic foreground

- Radio galaxy
- Radio cluster

SAGE Calibration

観測データセットと系外銀河モデルから、Jones matrixをフリーパラメータ θ として推定する。SAGECalは θ をサブパラメータ θ_i に分割することで、計算コストの縮小、正確性の向上に成功した方法。

※ フリーパラメータ数 = 8KN

Expectation maximization Method

SAGE E-Step

$$\hat{x}_i^k = s_i(\theta_i^k) + \left(y - \sum_{j=1}^K s_j(\theta_j^k) \right)$$

$$= y - \sum_{j=1, j \neq i}^K s_j(\theta_j^k)$$

SAGE M-Step

$$\theta_i^{k+1} = \theta_i^k - (\nabla_{\theta_i} \nabla_{\theta_i}^T \phi_i(\theta_i) + \lambda H_i)^{-1} \nabla_{\theta_i} \phi_i(\theta_i) |_{\theta_i^k}$$

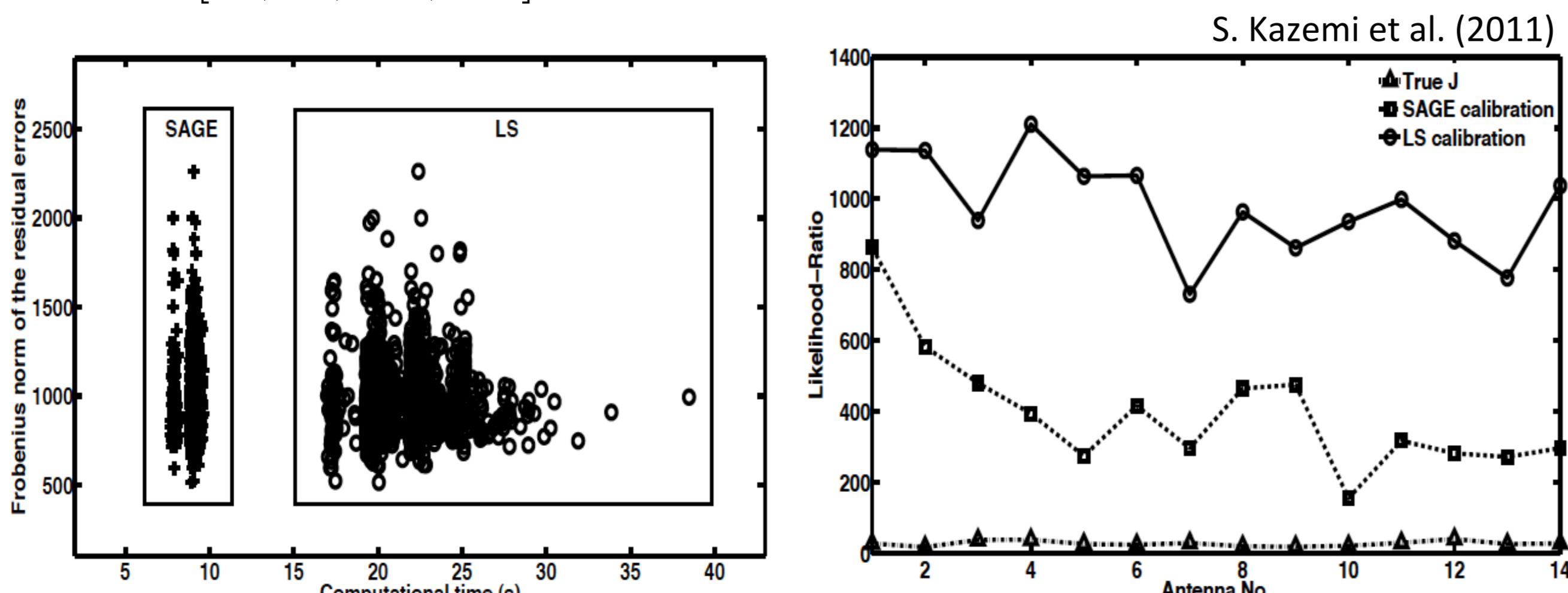
$$H_i = \text{diag}(\nabla_{\theta_i} \nabla_{\theta_i}^T \phi_i(\theta_i))$$

計算コスト

$$O((KN)^2) \rightarrow O(MN^2)$$

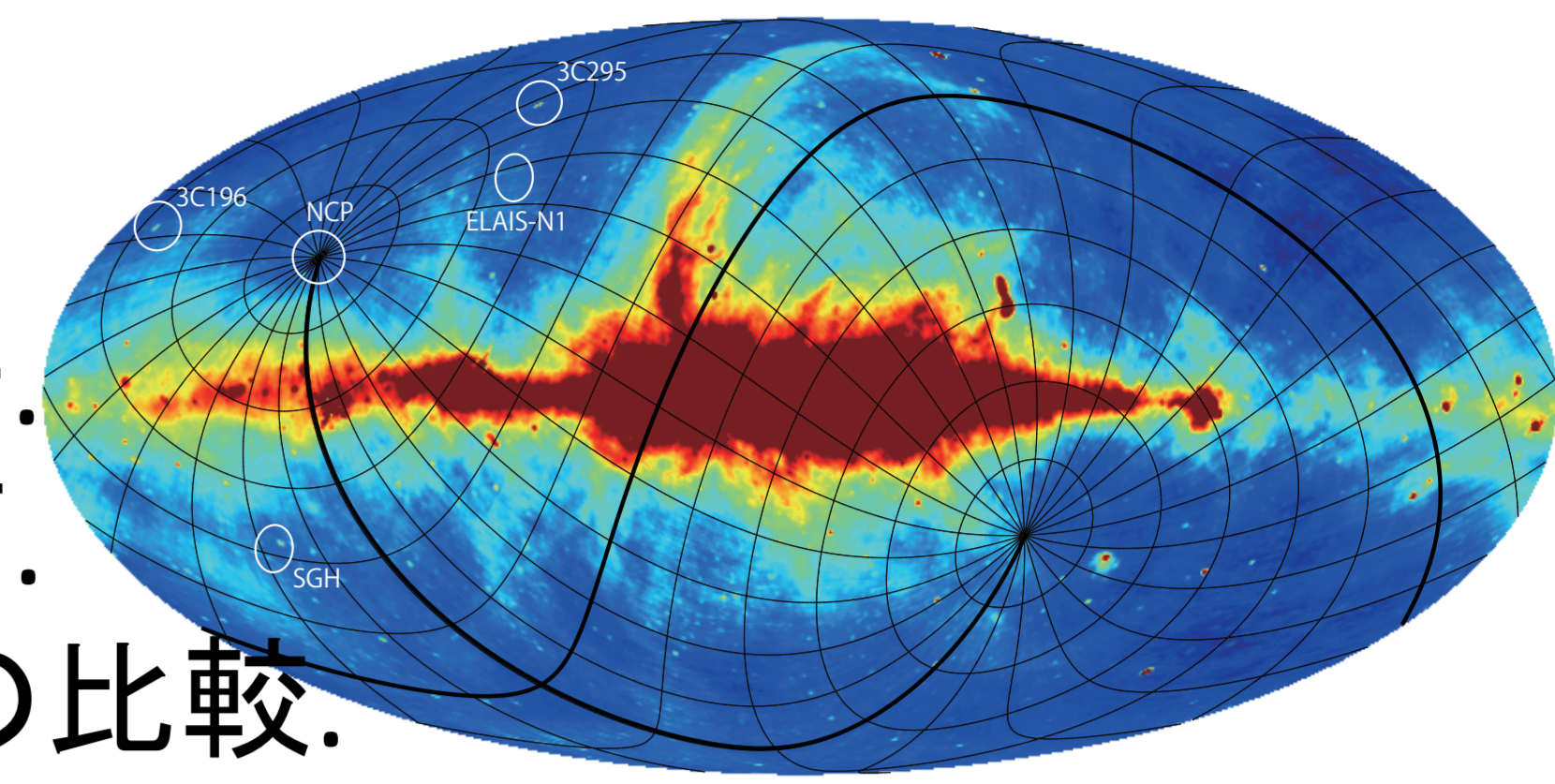
最尤値 $\hat{\theta} = \arg \min_{\theta} \left\| y - \sum_{i=1}^K s_i(\theta) \right\|^2$

θ をソース・クラスター毎に分割
 $\theta = [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_M]$



AIM

SAGECalにて前景除去。
 SAGECalの精度を評価。
 異なるSky windowでの比較。

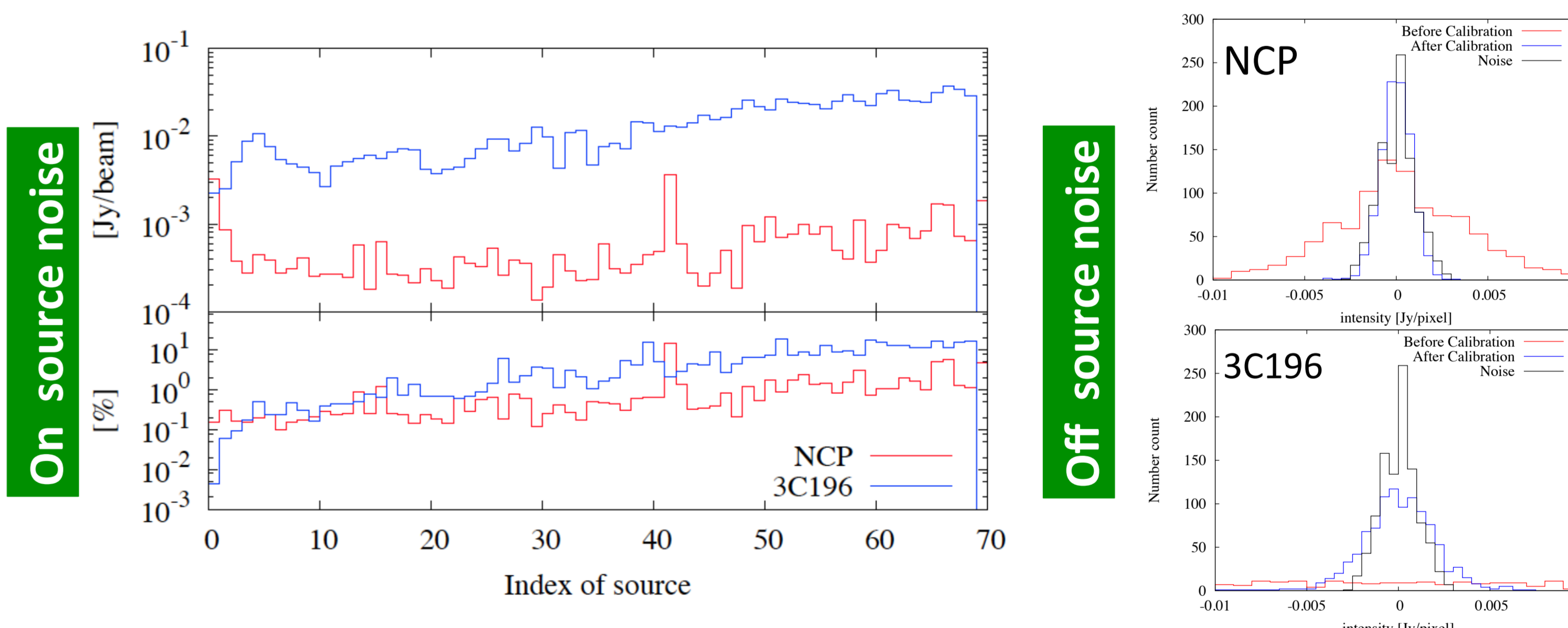
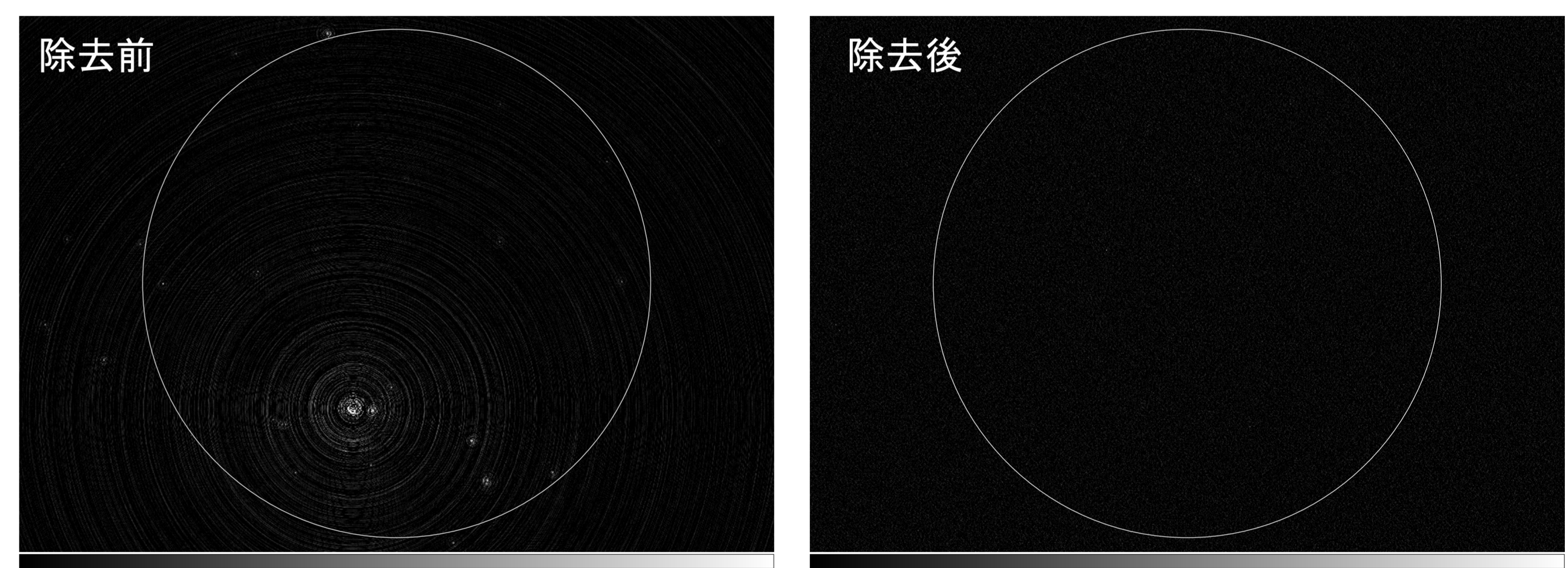


Sky windowの主な違いと評価対象

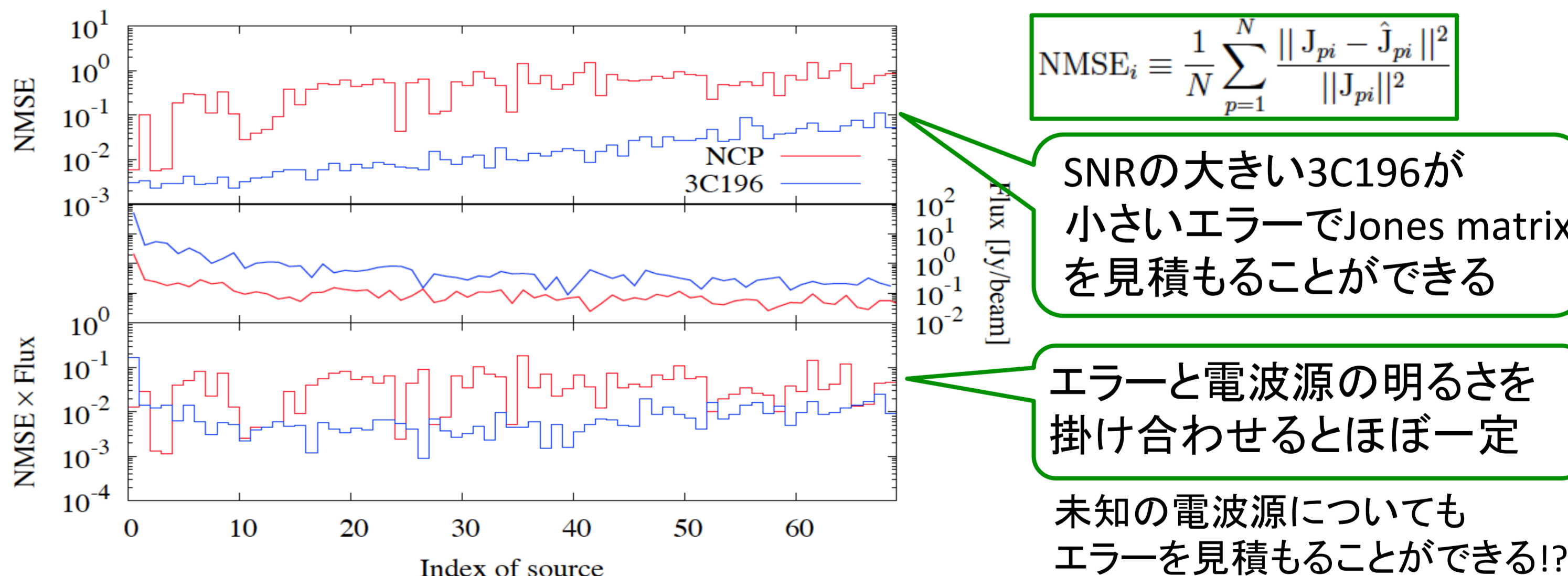
NCP window	3C196 window	LOFAR EoR cycle1のターゲット
<ul style="list-style-type: none"> 比較的暗い(SNR小) uv軌道が円形 	<ul style="list-style-type: none"> 非常明るい(SNR大) uv軌道が楕円形 	
評価対象		
<ul style="list-style-type: none"> Jones matrixの推定誤差 前景除去前後のOn source/Off source noise比較 		

RESULT

前景除去



Jones matrix推定



まとめ

- NCPのほうがimage上でのエラーは小さい
 系外前景除去の観点ではNCPのほうが適している
- ほぼ観測誤差以下のレベルで除去が可能
- 3C196のほうがJones matrix推定のエラーは小さい
 大気圏・電離層情報の観点では3C196の方が適している
- NMSEと電波源強度の関係も明らかに