

# AGNトラスに関する smooth, clumpy モデルを用いたAGNのX線スペクトルの解析

挽谷政弥、深沢泰司、大野雅功 (広島大学)、川口俊宏 (尾道市立大学)

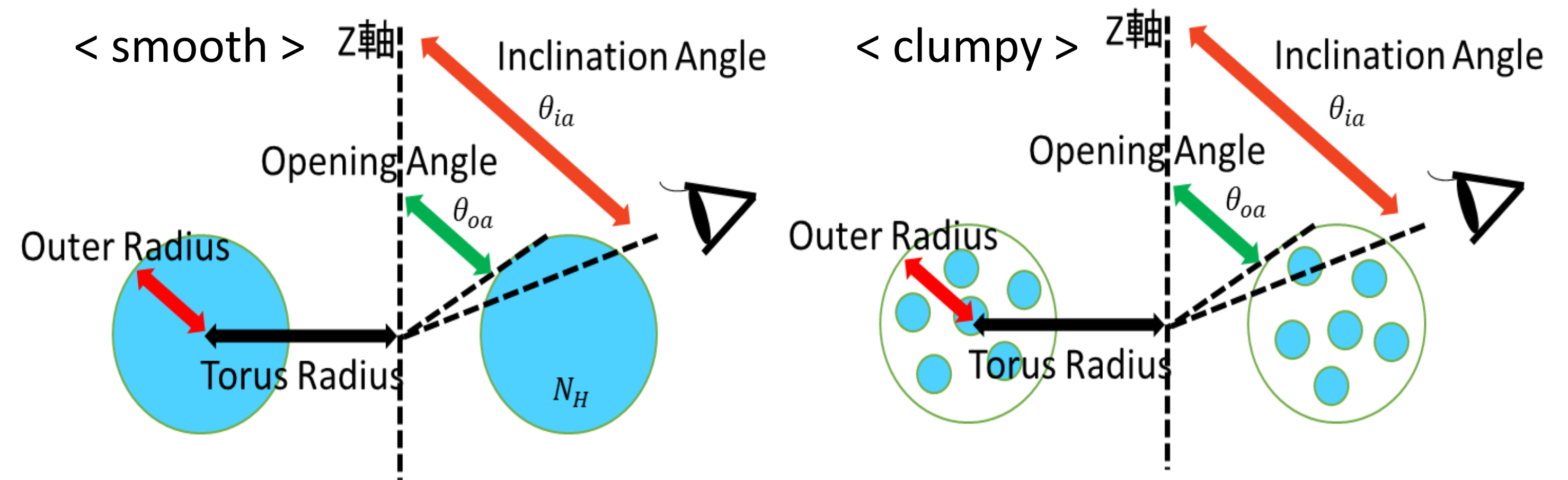
**要旨** : AGNは中心にブラックホール、その周りに降着円盤、さらにトラスと呼ばれる濃いガス雲が存在すると考えられている。これまでもトラスに関する多くの観測や研究が行われており、トラス内部の物質がクランプ状に存在しているモデルが示唆されるようになった。トラス構造や物理素過程を考慮したモデルの構築とともに実際に天体のX線スペクトル解析を行うことで従来の研究の信用できる点とclumpyモデルでの再解析を必要とする部分を切り分けられると考えられる。

実際に構築したモデルを用いて解析を行うことによって、散乱・吸収の影響の大きな Seyfert2型銀河について先行研究と矛盾しない結果が得られ、作成したモデルの妥当性を検証することができたことに加え見込み角の制限を試みた。

## トラスモデル : 参考文献[1]

MONACO フレームワーク (参考文献[2]) に基づいた AGNトラスからのX線反射モデルの開発

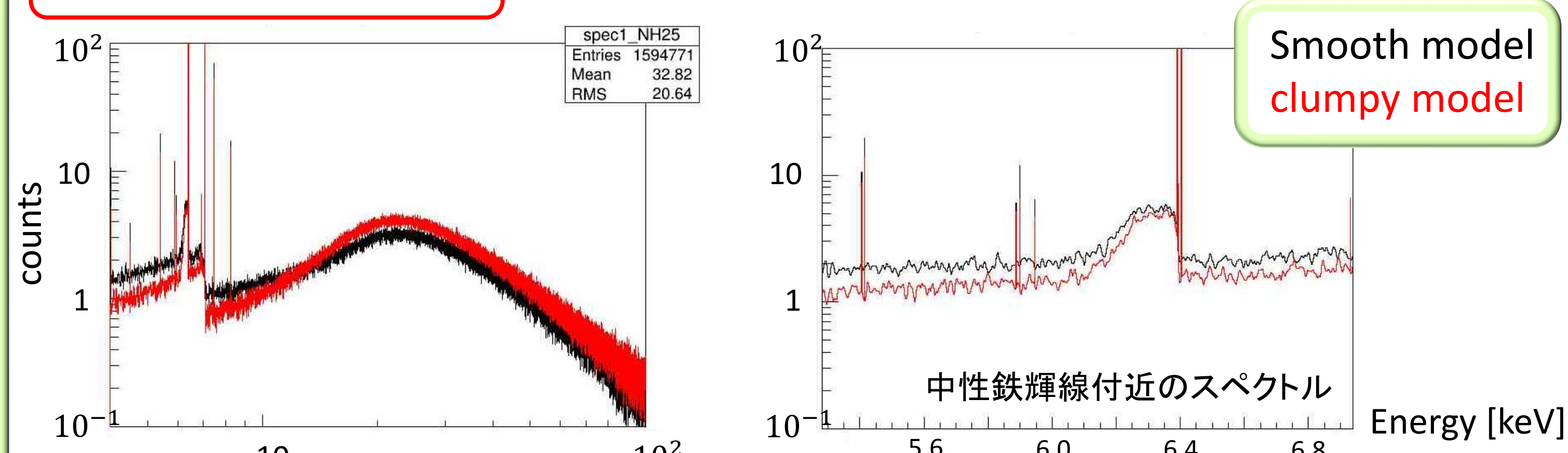
- 特徴
- ・ 容易にジオメトリを変更できる
  - ・ 束縛電子の効果、ガス運動の効果などを考慮



トラスモデル	パラメータ	略称	意味
共通	開口角	$\theta_{oa}$	トラスがZ軸からどれくらい開いているか
	見込み角	$\theta_{ia}$	Z軸からのトラスを見込む(視線)角度
	トラス半径	$R_{torus}$	AGN中心からトラス断面の中心までの距離
	水素柱密度	$N_H$	トラスの赤道面上の水素柱密度
	元素存在比	$MA$	トラス内の元素存在比
clumpy	速度分散	$V_{turb}$	トラス内物質の速度分散
	体積充填率	$f$	クランプのトラス内体積充填率
	クランプスケール	$a$	クランプ半径 = $R_{torus} \times a$

## モデルスペクトル

下図:  $N_H = 10^{25} \text{ cm}^2$  のときのモデルスペクトル



< smooth model と clumpy model のスペクトルの違い >

- ① 高エネルギー側 (10-30keV) におけるスペクトルの形状
- ② 中性鉄輝線 (6.4keV) の低エネルギー側に現れる Compton Shoulder (CS) の形状

< model による違いの確認 >

- ① 広帯域での観測を行うことのできるすざく衛星 (XIS+HXD) 解析天体 : Mrk3 : EXPOSURE が大きく、広帯域での観測がされている
- ② すざく衛星よりもエネルギー分解能が優れているChandra衛星 (HETG) 解析天体 : NGC1068 : EXPOSURE が大きく鉄輝線構造が見えやすいを用いたX線スペクトル解析を行う

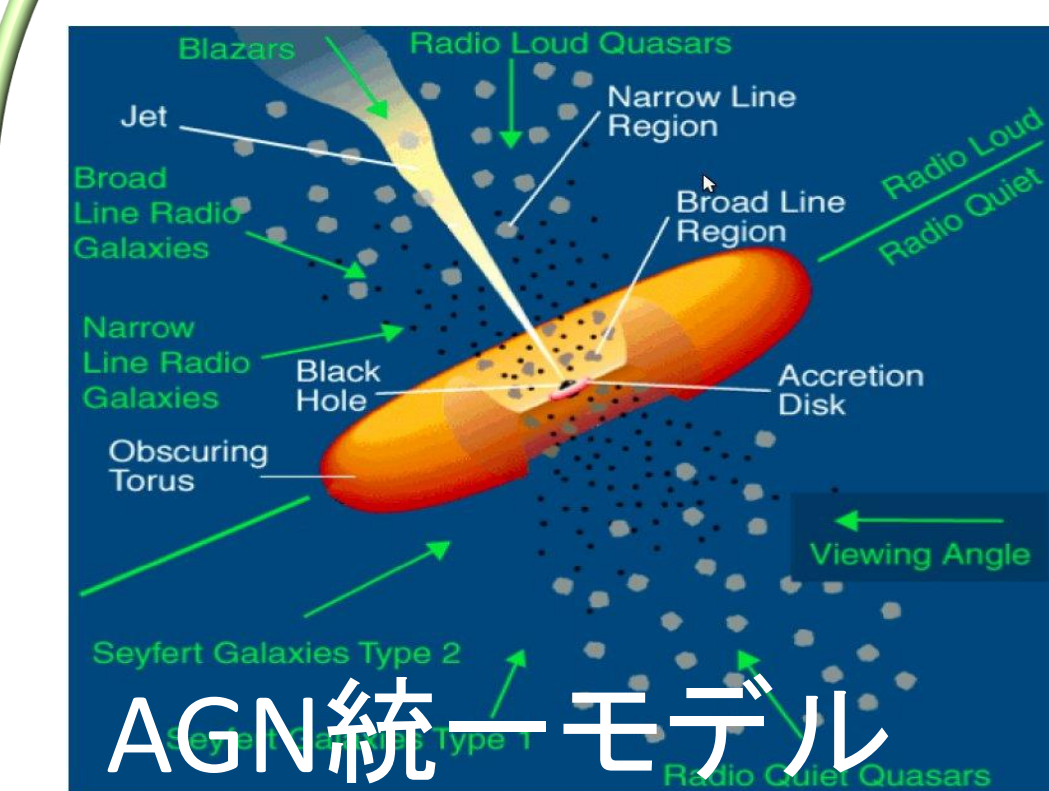
## Introduction

### AGN : 活動銀河核

- ・ 可視光帯で  $10^{44} - 10^{46} \text{ erg s}^{-1}$  もの光度で放射
- ・ 幅広い波長帯での観測

AGN 統一モデルでは

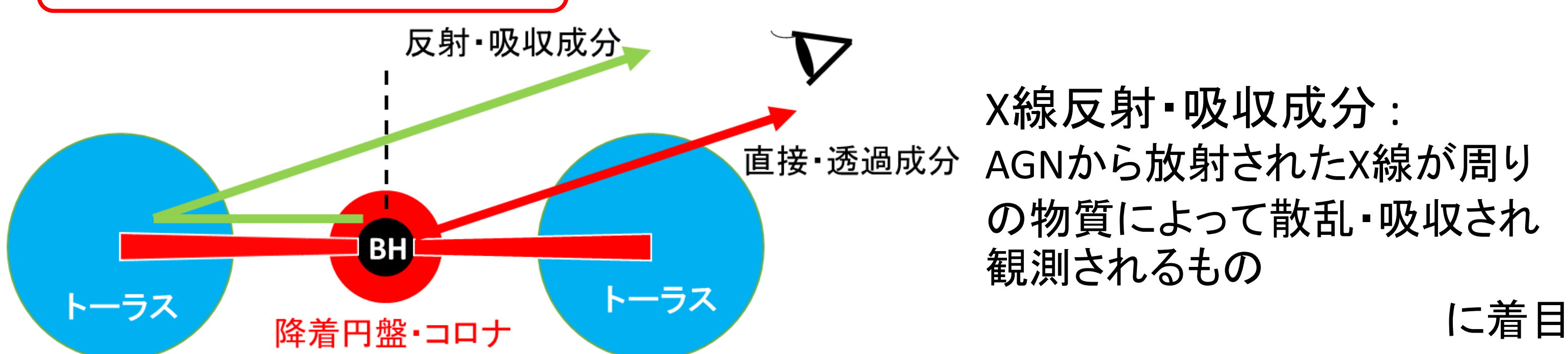
- ・ 電波の強弱がなぜできるか
- ・ トラスによる吸収物質の量が可視光とX線で大きく異なるSeyfert2型のAGN など説明できない問題が存在する



新しいモデルを構築する必要

(トラスの内部の物質分布をクランプ構造にするなど)

### AGN のX線スペクトル



X線反射・吸収成分 : AGNから放射されたX線が周りの物質によって散乱・吸収され観測されるもの

< X線反射・吸収成分に着目する理由 >

1. トラスは中心へのガス供給を通じ、BHの成長・進化をコントロールする重要な構造であること
2. トラスは吸収や輝線といった構造を作る素となること

複雑な輸送過程など解析的に解くのは非常に難しい

モンテカルロシミュレーション(乱数)を用いたモデルの構築

**目的** 構築されたトラスに関するsmooth, clumpy modelを用いて、実際にAGNのX線スペクトルの解析を行うことができるか確かめ、トラス内部の物理状態及び見込み角の推定を行う。

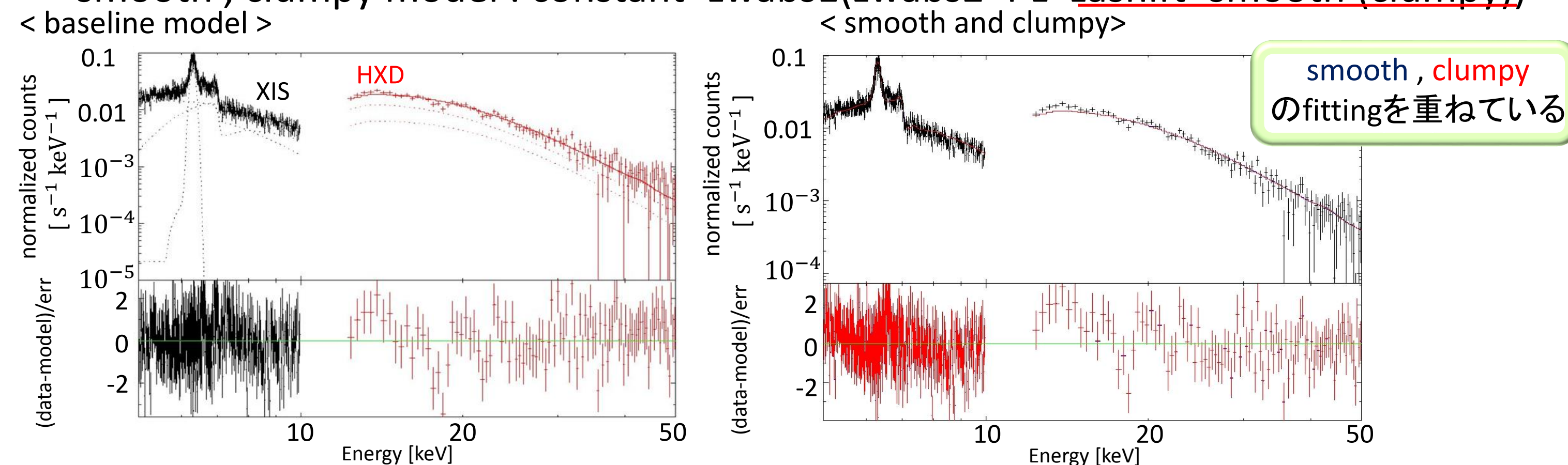
## 解析結果

今回の解析では、 $\theta_{oa} = 60^\circ$ 、 $R_{torus} = 2 \times 10^6 \text{ cm}$ 、 $MA = 1$ 、 $V_{turb} = 0 \text{ km s}^{-1}$ 、 $f = 0.005$ 、 $a = 0.05$

すざく衛星を用いた解析 (解析天体 : Mrk3) : 参考文献[3]

baseline model : constant\*zwabs1(zwabs2\*PL+PEXRAV + ELs)

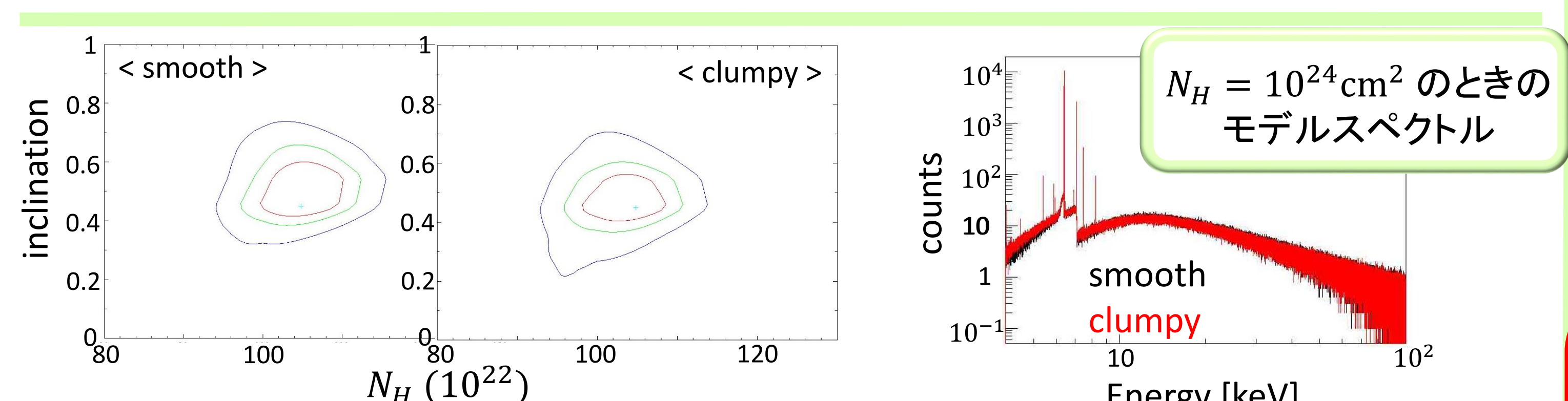
smooth, clumpy model : constant\*zwabs1(zwabs2\*PL+zashift\*smooth (clumpy))



Fit結果

model	$N_H$	inclination	$\chi^2_\nu$ (v)
baseline	$141^{+10}_{-11} \times 10^{22}$	0.45 (fix)	1.09 (534)
smooth	$105^{+6}_{-6} \times 10^{22}$	$0.45^{+0.16}_{-0.04}$	1.18 (534)
clumpy	$103^{+5}_{-6} \times 10^{22}$	$0.45^{+0.12}_{-0.05}$	1.18 (534)

baseline model における解析と矛盾なく Smooth, clumpy modelを用いての解析が行われていると考えられる。



①のモデルによる振る舞いの違い

フィッティング結果と、 $N_H$  と inclination の相関図の両方ともほとんど見られなかった

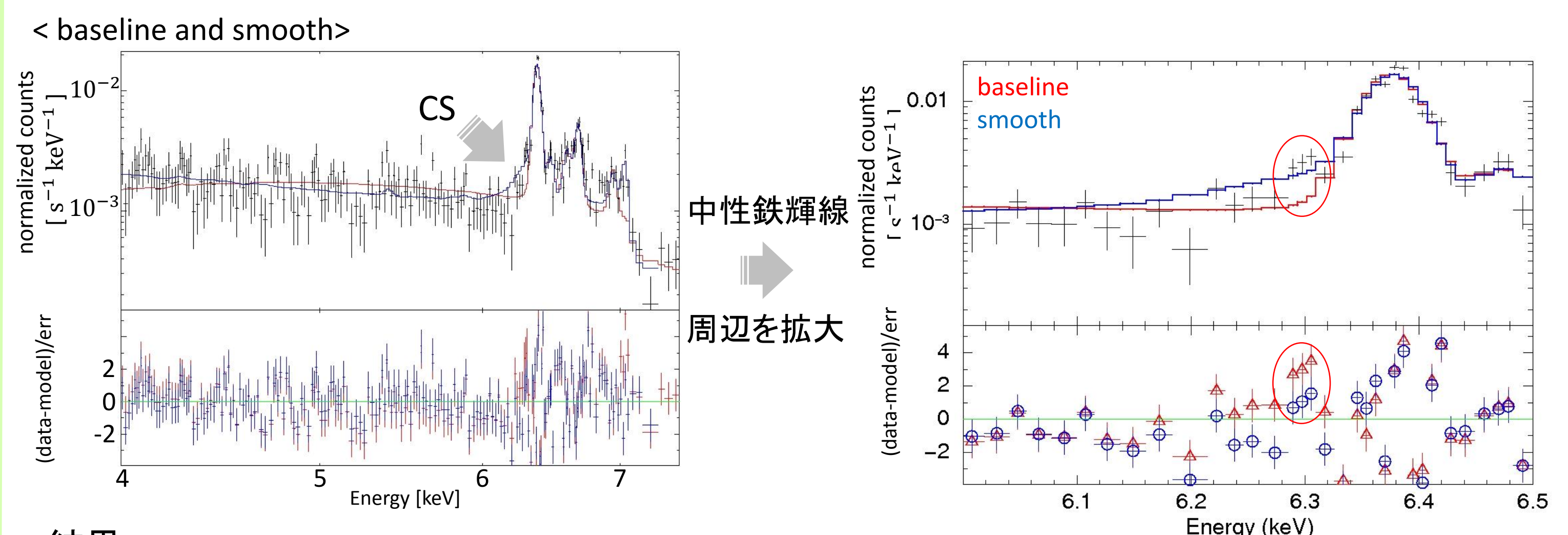
上の図からもトラスモデルに違いが見られないことがわかる

$N_H = 10^{24} \text{ cm}^{-2}$  付近ではモデルによる違いがあまり現れなかったことが原因として考えられる。

Chandra衛星を用いた解析 (解析天体 : NGC1068) : 参考文献[4]

baseline model : zwabs(powerlaw+ELs (8つ) +PEXRAV)

model : zwabs(powerlaw+ELs (7つ) +zashift\*gsmooth\*smooth(clumpy))



Fit結果

model	$N_H$	inclination	$\chi^2_\nu$ (v)
baseline		0.5 (fix)	2.54 (192)
smooth	$447 \times 10^{22}$	0.05	2.23 (188)
clumpy	$468 \times 10^{22}$	0.05	2.30 (188)

NGC1068が鉄輝線構造がはっきりとは見えなかったが、CSのフィッティングを行うことができたと考えられる

解析の結果、単純な Gaussian でのモデルと比較して構築したモデルで CSの残差が小さくなっている

他天体の解析を試してみる (候補天体 : Circinus)

## まとめ

従来のX線反射モデルと同様に今回構築したモデルを用いて解析を行うことができることがわかった。しかし今の解析では十分とは言えず、解析方法を考える必要がある。より鉄輝線構造が見えやすい天体の解析や異なる衛星の同時観測データを用いて広帯域での解析を行うこと、モデルの他のパラメータを考慮することなどが今後の課題である。