

# フレームワークMONACOを用いた活動銀河核 トーラスのX線スペクトルシミュレーション 2

古井 俊也(広大理)


深澤泰司(広大理)

小高裕和(ISAS/JAXA)

川口俊宏(NAOJ)

## Introduction

### AGNからのX線放射

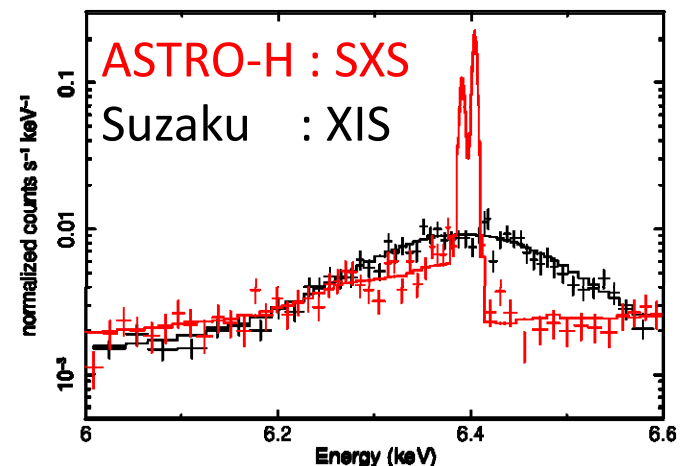
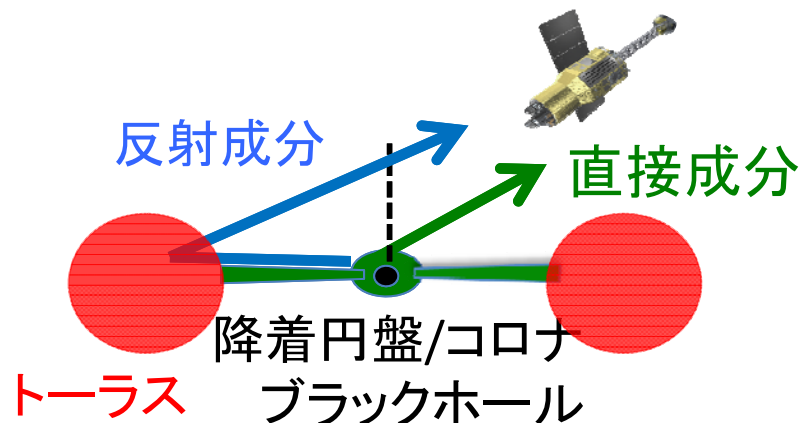
- (1) **直接成分**: 降着円盤/コロナからと思われる放射
- (2) **反射・吸収成分**: 周辺物質により散乱、吸収を受けた放射 

トーラスに起因する蛍光X線や吸収量等の情報を含む

### 研究背景

- ① 赤外線領域で得られつつあるトーラス描像(Kawaguti & Mori 2010,2011)を反映した反射成分モデルはなく、要検証
- ② ASTRO-HによるFe-Kライン、吸収端の史上初めての精密分光により、BH周辺状態を詳しく探れると期待

**AGNのX線反射成分について、正確にモデル化する必要がある**

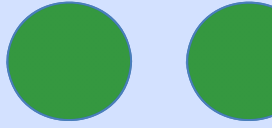


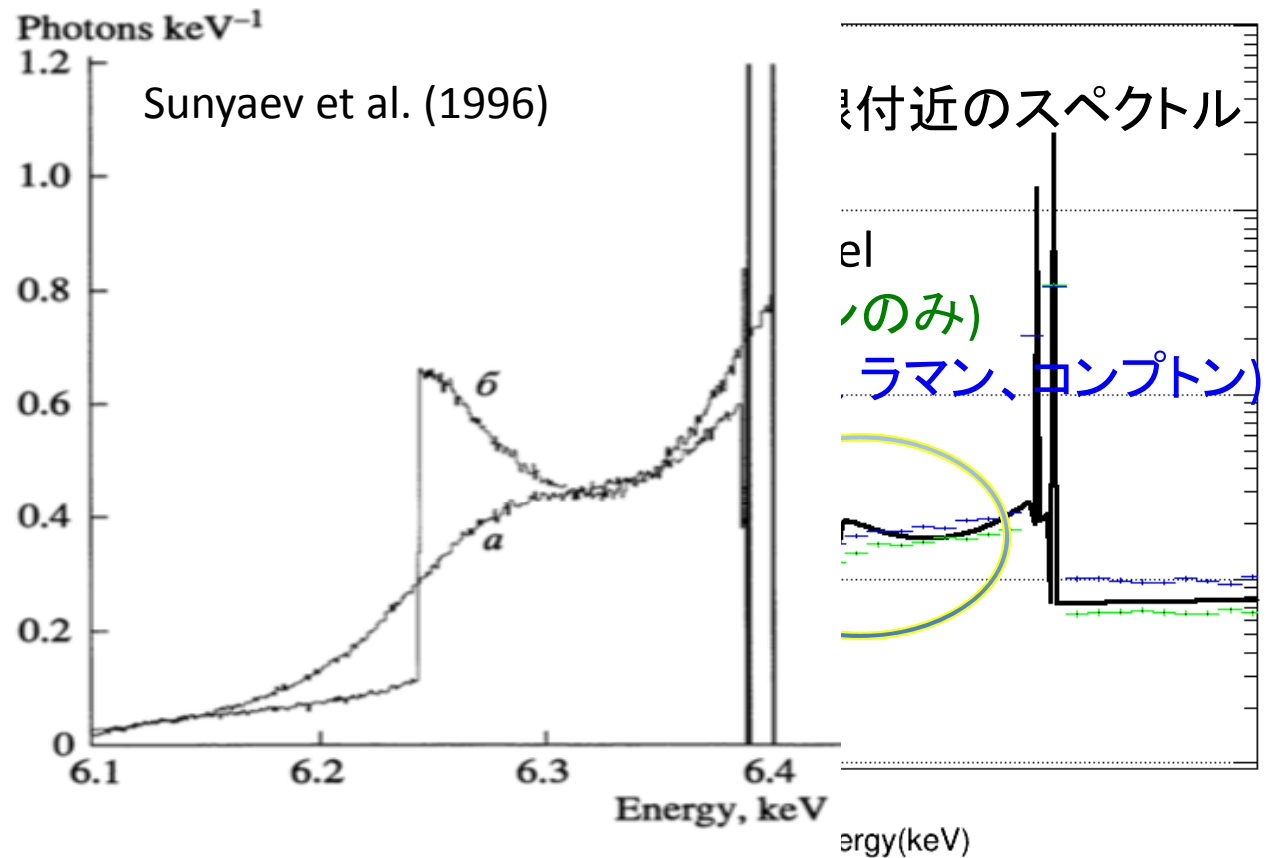
## 前回の報告結果

MONACO(Odaka et al. 2011)を用い、BH周辺状態の調査に重要な  
コンプトンショルダーを正確に再現できるシミュレータを開発

### シミュレータの特徴

- ・束縛電子による散乱過程(レイリー、ラマン、コンプトン散乱)を考慮
- ・ガス運動によるドップラー効果の導入

	Murphy & Yaqoob 2009
ジオメトリ	
蛍光X線	✓ (Fe, Ni)
散乱電子	自由電子

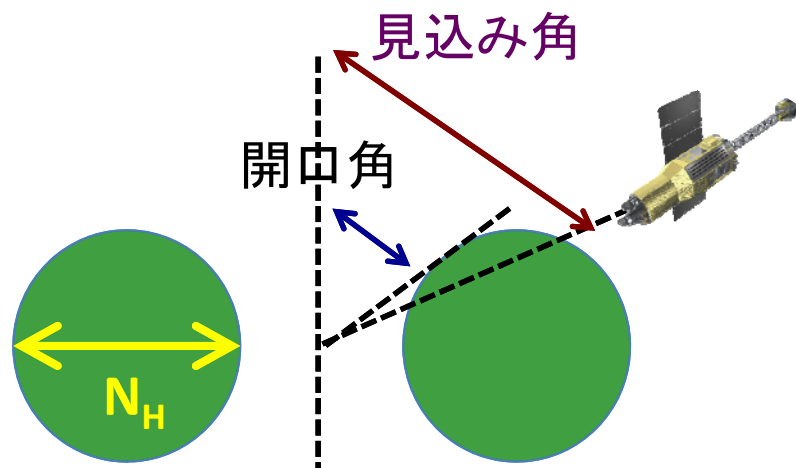


物理プロセスに問題が

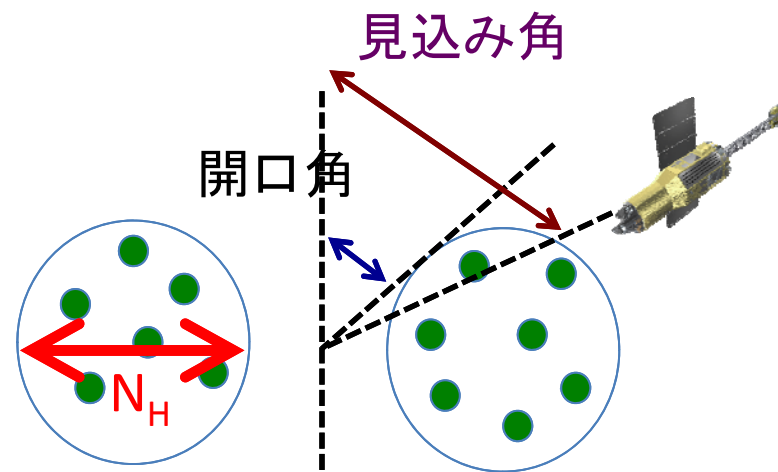
## 今回の報告内容

- ① スペクトルがパラメータにどのように依存するかの調査結果
- ② ASTRO-Hでどのようなサイエンスができるかについての議論

スムーストーラスモデル

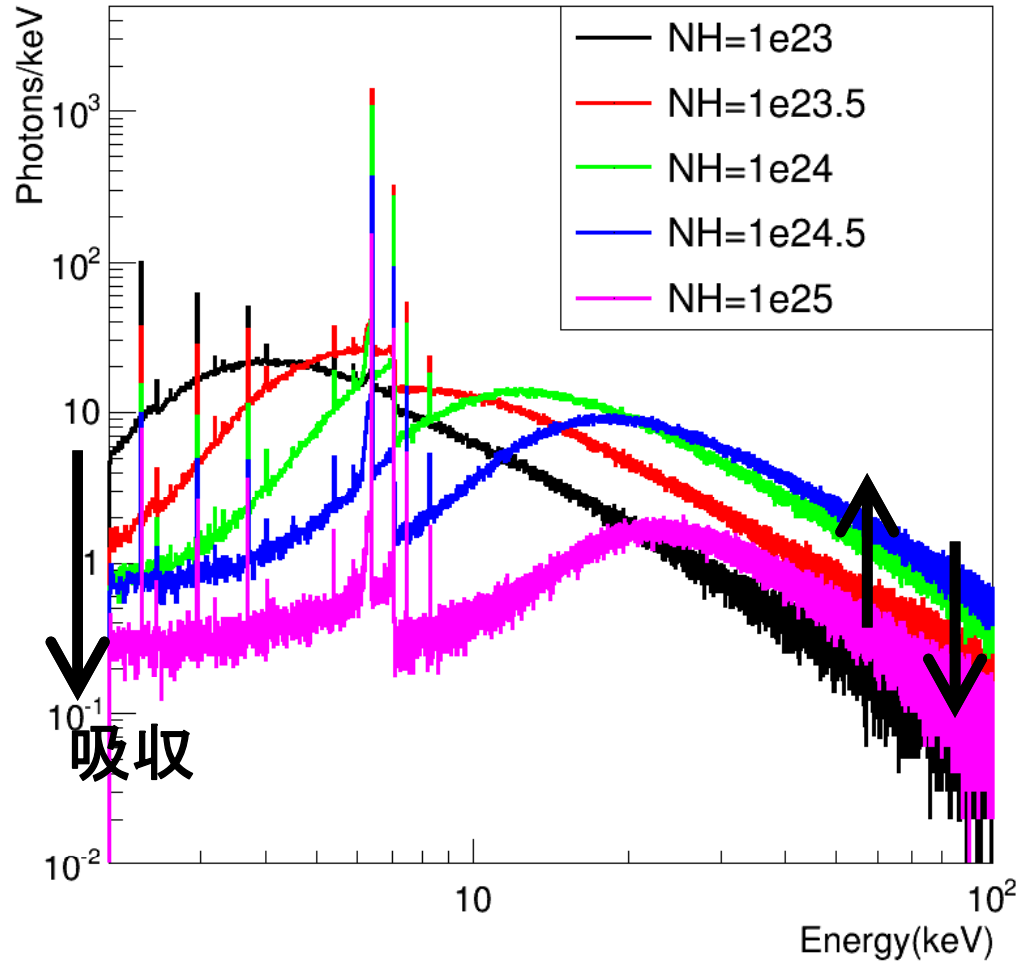


クランピートーラスモデル



# パラメータ依存性 (NH) 1/2

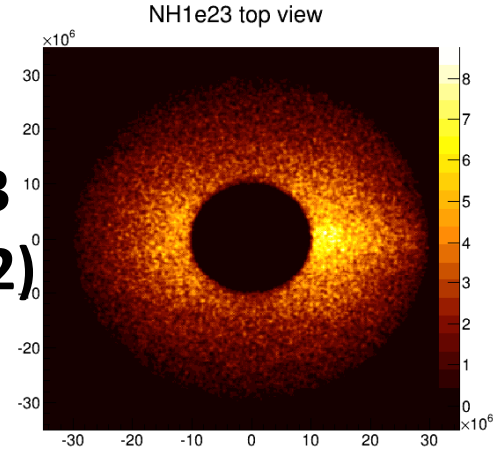
## 反射成分のみ



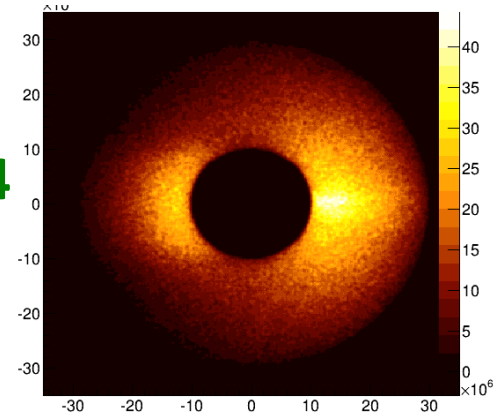
高エネルギー側のスペクトルの  
上下は、トーラスの反射体・吸収  
体という相反する性質

## 観測されたX線の出た位置

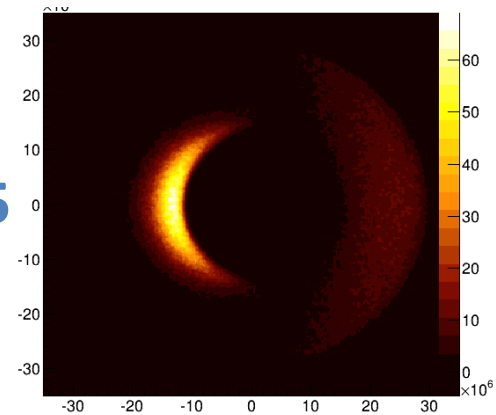
$N_H = 10^{23}$   
( $\text{cm}^{-2}$ )



$N_H = 10^{24}$

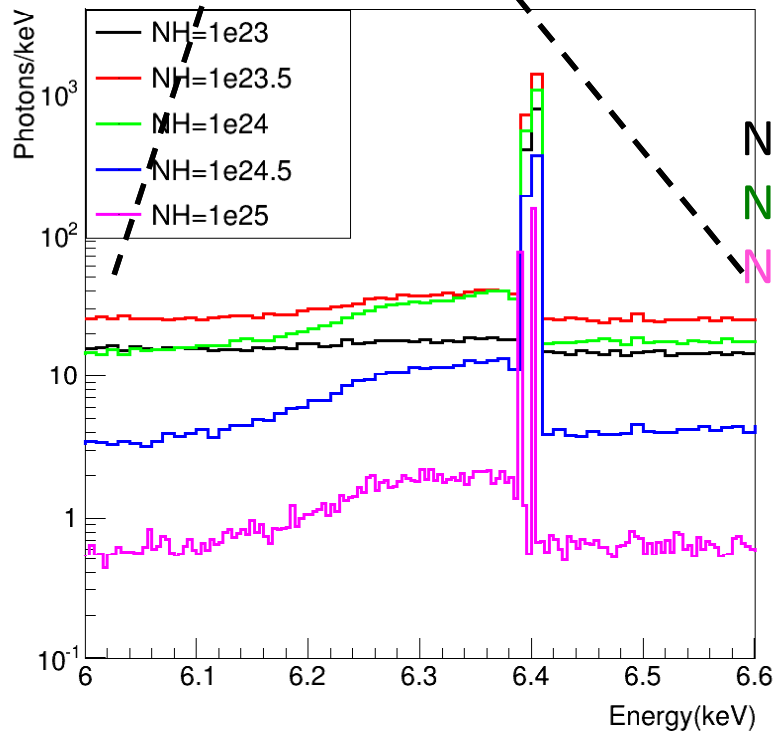
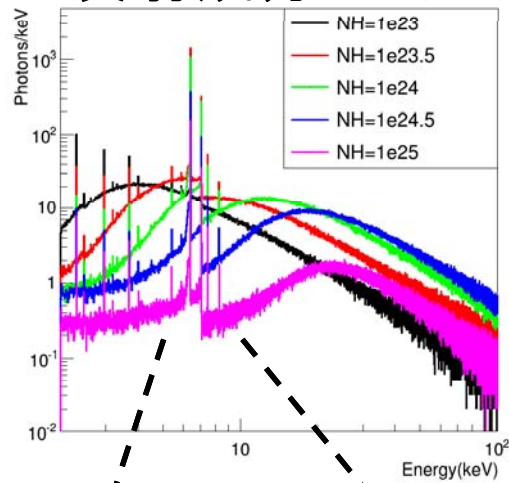


$N_H = 10^{25}$

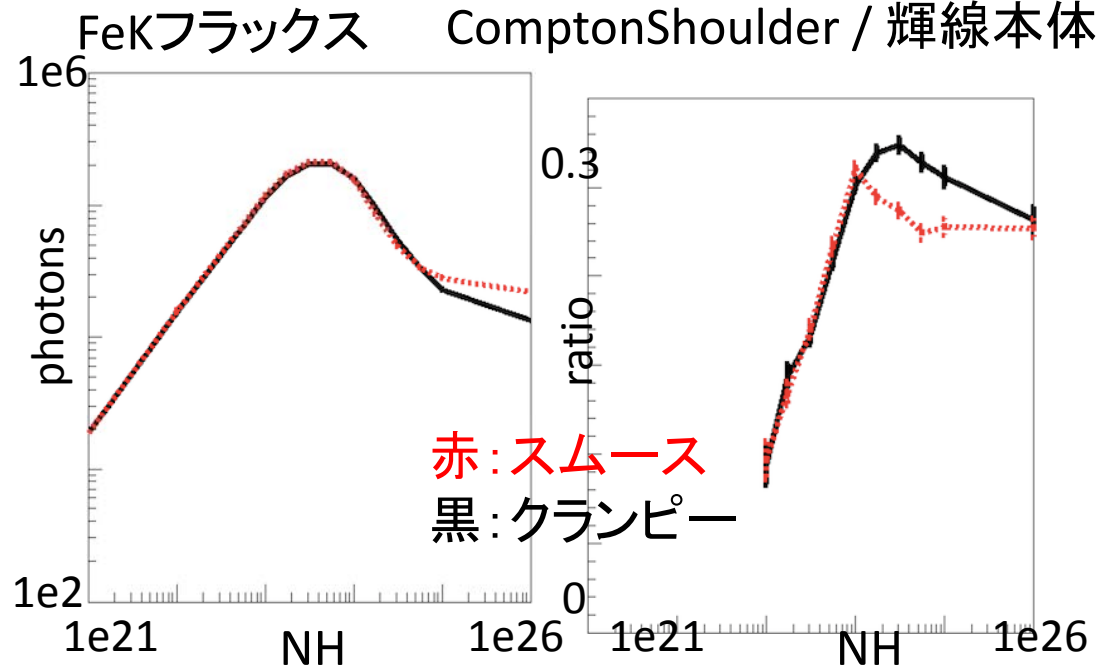


# パラメータ依存性 (NH) 2/2

## 反射成分のみ



## 反射+直接成分(観測量)



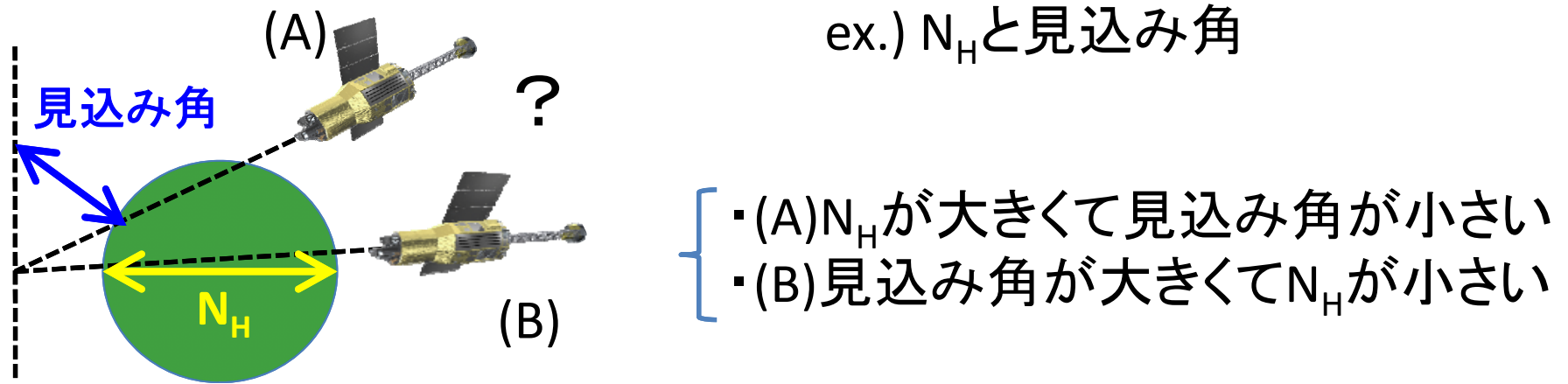
赤: スムース  
黒: クランピー

NH=1e23: コンプトンショルダーは見えない  
 NH=1e24: ショルダーが見え始めるが、すぐに下がる  
 NH=1e25: ショルダーは6.25keVあたりまで水平で、そこから下がり始める

- ・  $N_H$  変化に伴い、コンプトンショルダーの形状が変化
- ・ コンプトンショルダーと鉄輝線のフラックス比から 物質状態の違いが見える

## ASTRO-Hによる物質状態推定可能性

X線反射成分のモデルには数多くのパラメータがあり、  
それらの一部はカップルしている



- 
- ・どちらの場合も視線上の  $N_H$  は等しい。
  - ・見込み角だけでなく、開口角、クランプ体積充填率といったパラメータもカップルしている。
- それぞれのパラメータを一意に求めるのは簡単でない。

### 目的

実際の観測でAGNパラメータのカップリングが解けて物質状態が推定出来るか否か、シミュレーション結果を用いて議論する

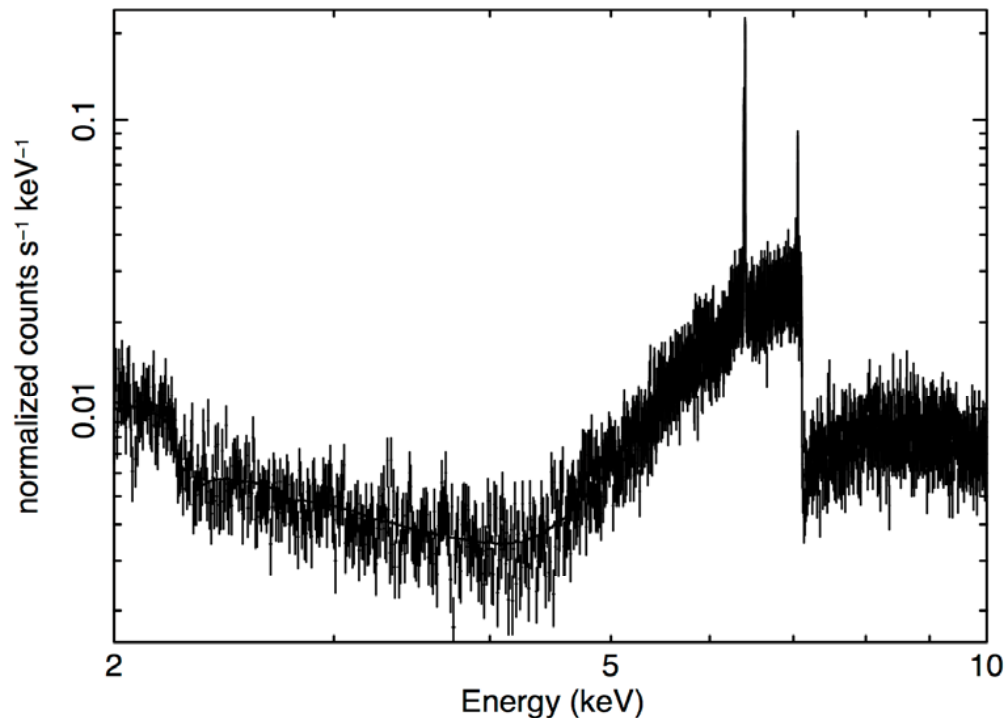
## ASTRO-Hによる物質状態推定可能性の議論：天体シミュレーションデータの作成

反射成分と直接成分を合わせ、SXSのエネルギー分解能と現実的な観測時間を考慮し、2-10 keVの天体シミュレーションデータを作成。

天体シミュレーションデータは以下のようなモデルを用いた。

参考)Awaki et al. (2008)のパラメータ値(Mkn 3)

Model = phabs (powerlaw + phabs \* powerlaw + **Reflection**)

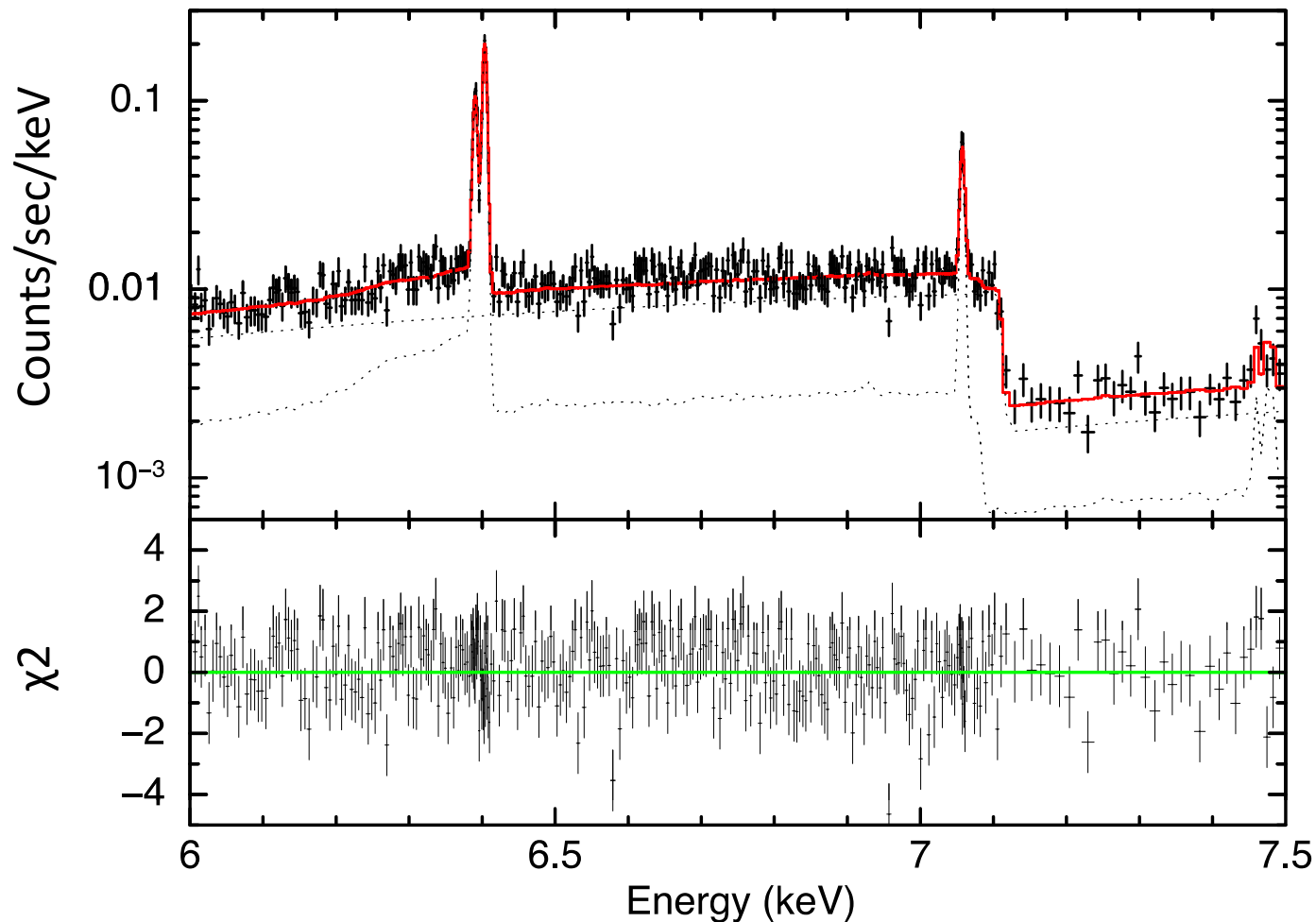


我々が構築した反射成分モデル



## ASTRO-Hによる物質状態推定可能性の議論: 解析手法

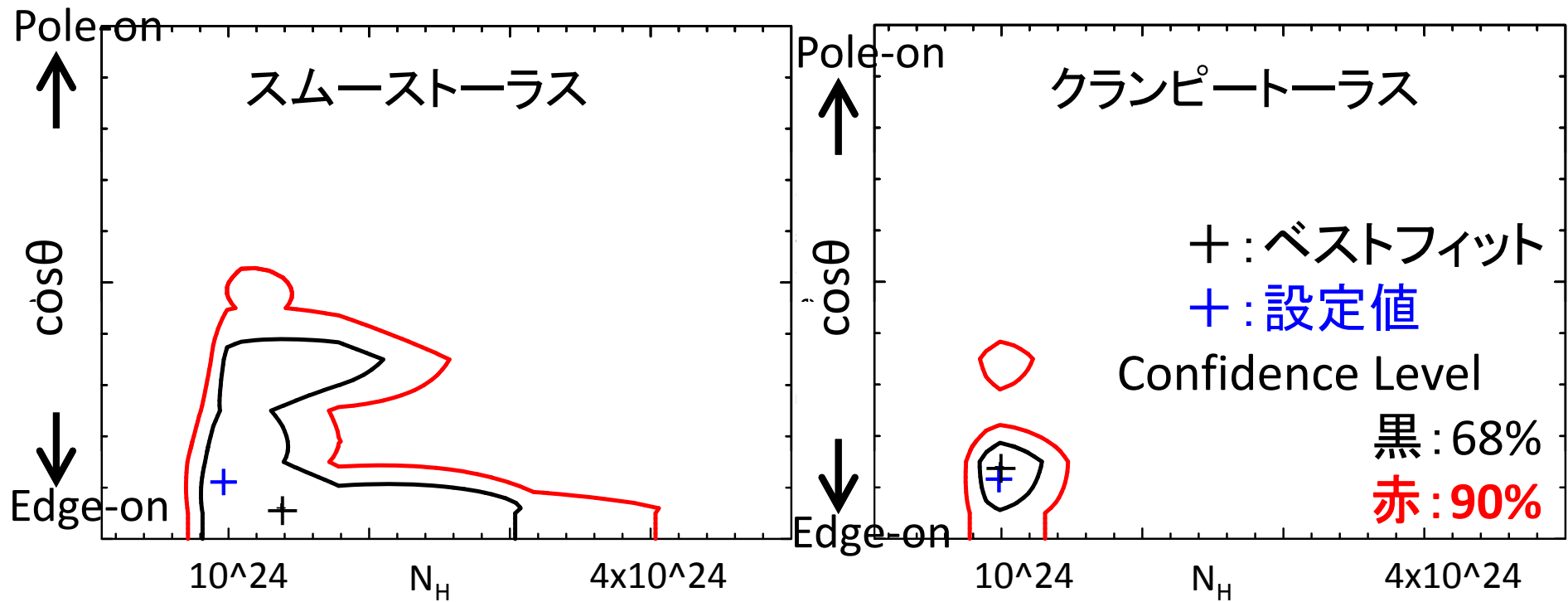
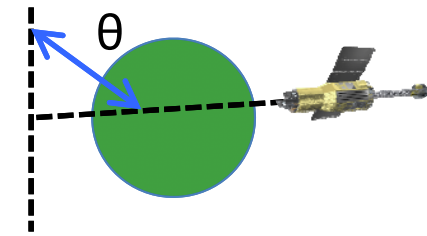
今後SXSで精度良く観測できることが期待されているので、鉄輝線領域 (6.0–7.5 keV) から $N_H$ と見込み角を精度良く決定できると期待される。本研究では、フリーパラメータを2つ用いてフィットした。



# ASTRO-Hによる物質状態推定可能性の議論: 解析結果

$-1 < \cos\theta < 1$ の範囲で20分割

設定値:  $N_H = 10^{24} \text{ cm}^{-2}$   
 $\cos\theta = 0.1$  (78–84deg)



今回仮定したジオメトリの下では、**見込み角とNHの相関は小さい**

# まとめ

## 前回発表まで

- ・AGNの物質状態を推定するため、**モンテカルロシミュレータを開発した**
- ・シミュレータの特徴は**ジオメトリを簡単に換えられ、詳細な物理プロセスを扱い、速度分散などのパラメータが入れられる点**

## 今回発表分

- ・SXSで精度良く観測して、コンプトンショルダーや鉄輝線のフラックスが求まると、**物質状態による違いが見えることが分かった**
- ・モンテカルロによるスペクトルモデルの作成により、**カップルしたパラメータの定量評価が初めてできるようになった**
- ・今回仮定したジオメトリの下では、**見込み角とNHの相関は小さい**