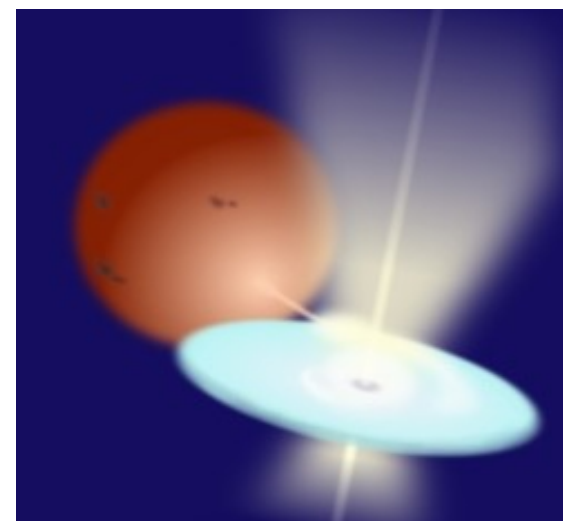


すざく衛星による  
ブラックホール天体**GRS1915+105**の  
広帯域**X線**スペクトル解析

○本田光介、高橋弘充、深沢泰司(広島大学)

# 本研究の目的

本研究の目的: **臨界降着における  
降着円盤の物理状態の解明**



**GRS 1915+105** (ブラックホール連星, マイクロクエーサー)

質量:10-15 $\odot$ , 距離:12.5kpc, 光度がエディントン光度に近い。  
これまでの研究でKerrブラックホール  $\rightarrow$  **Rin**(降着円盤の最内縁半径):小,  
ジェットの放射( Rin の変動時)といわれることもある。

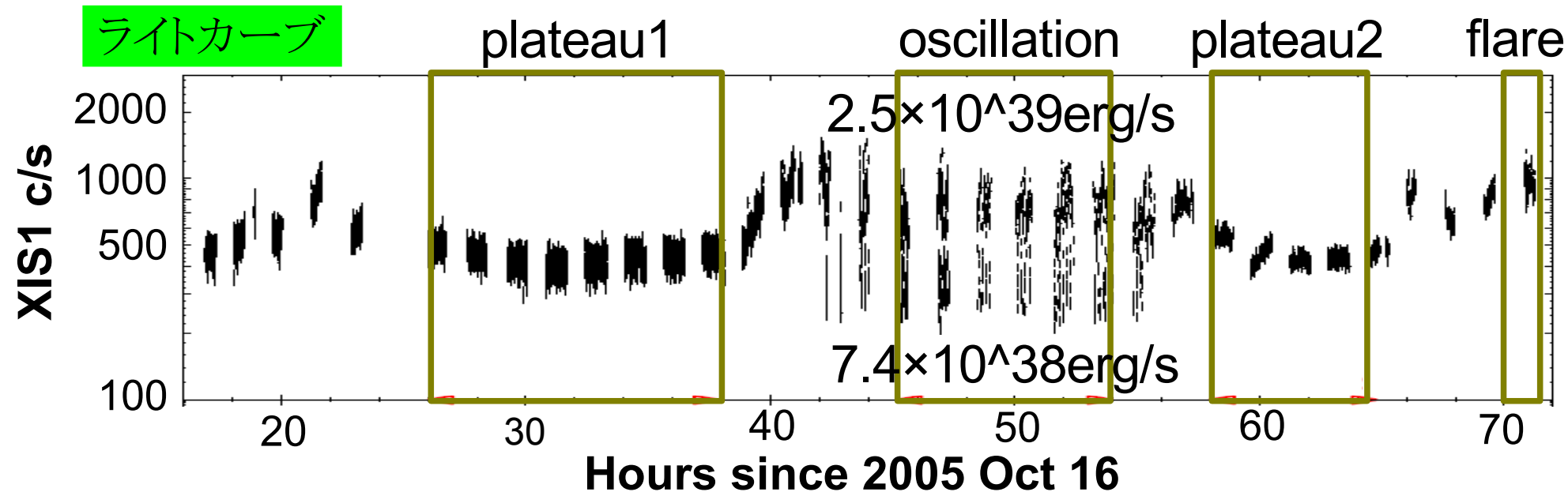
▶ **本研究では、Rinを求めたい(連続成分を精度良く測定したい)**

降着円盤からの放射は低エネルギー側で支配的であるが、  
この帯域では **dust scattering** がノイズとして寄与することを考慮する必要がある。

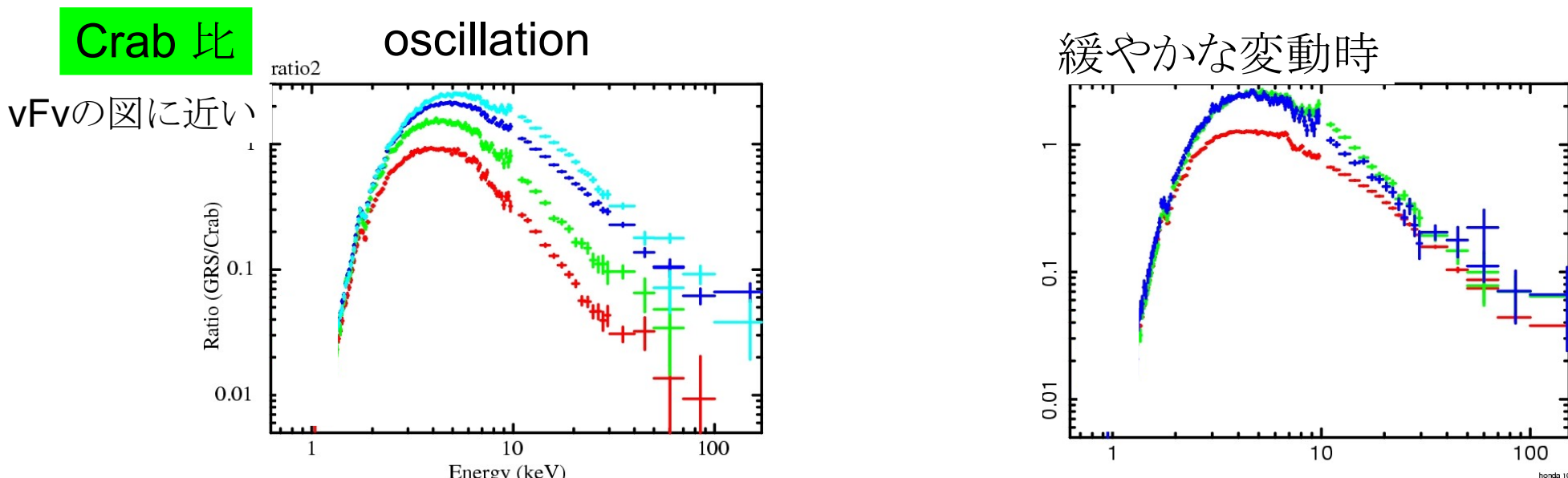
日本のX線天文衛星「**すざく**」の観測データを使用。

- ▶
- **XIS, PIN, GSO** のデータを使用することにより、  
**広帯域X線領域での観測(1.2 – 200keV)**が可能。
  - XISは明るい天体もpile upの影響を少なく観測することができる。

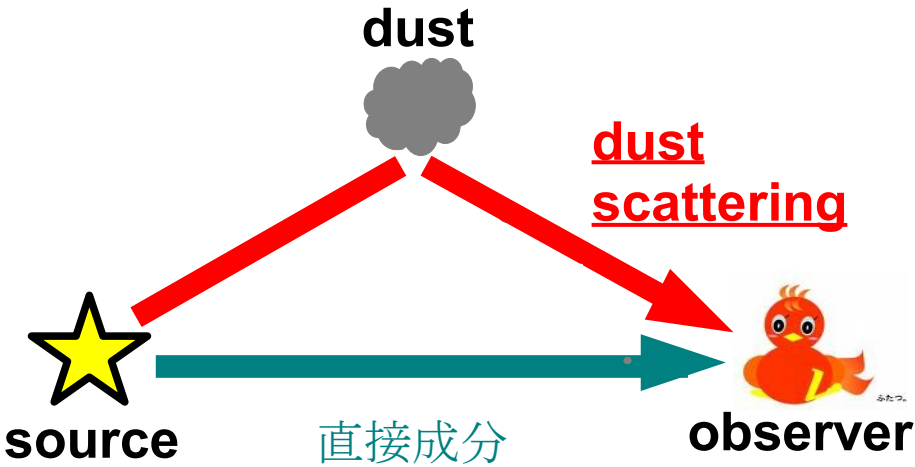
# GRS 1915+105の時間変動と状態変化 (2005/10/16-18の「すざく」観測データ)



- 特徴的な時間帯にイベントを分けてスペクトル解析を行い、どのような変動(状態遷移)が見えるか？ (今回は7状態に分類)



# 観測天体に対する dust scattering の寄与

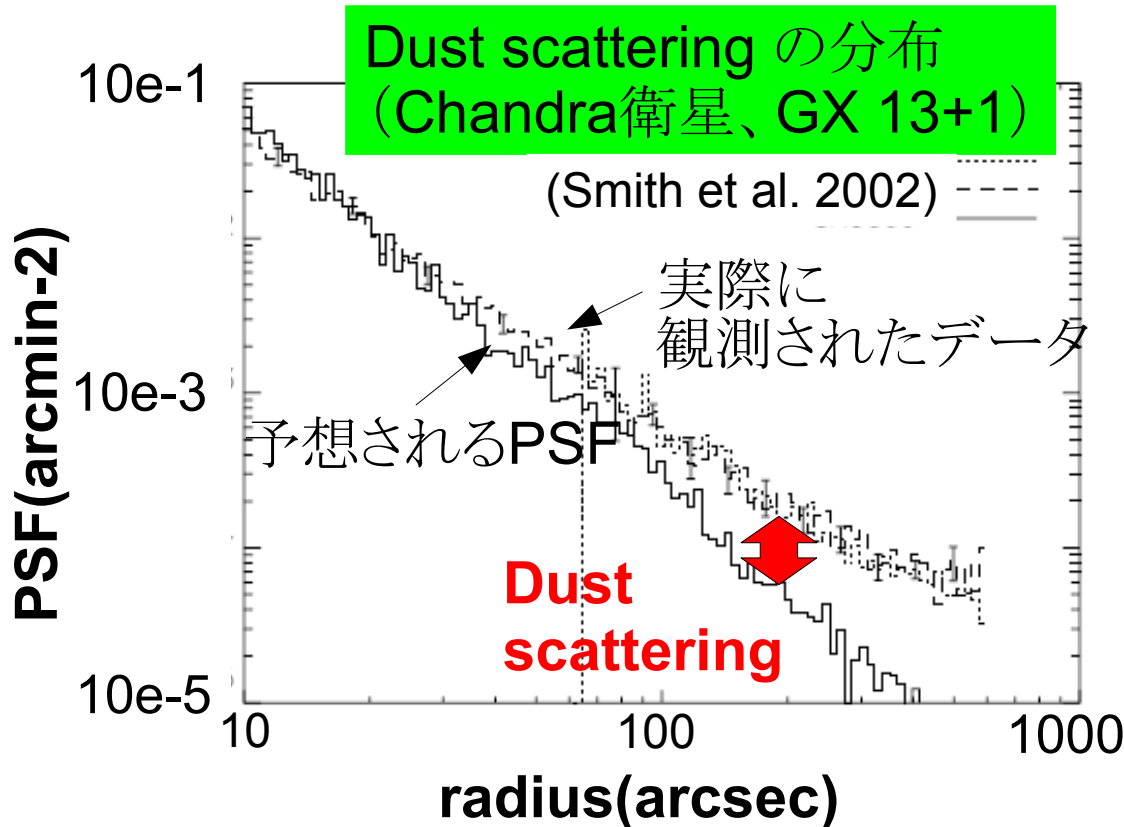


## dust scattering:

観測者の方向以外に向かっていた光が dust に散乱され、観測者に入ってくる。  
 星間中の dust 量(吸収  $N_h$ )が多いほど影響大。  
 変動のタイムスケールは  $\sim$ dayと推定される。

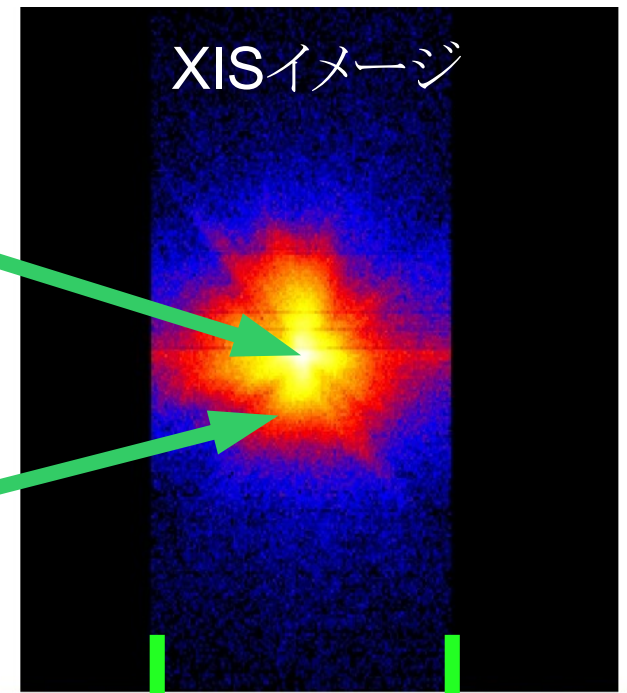
GRS 1915+105は  $N_h$ :大 ( $\sim 10^{22} \text{cm}^{-2}$ )

→ dust scattering の寄与を考慮する必要あり!!



中心は天体  
 信号が多い

外側では  
 dustの寄与  
 が有る



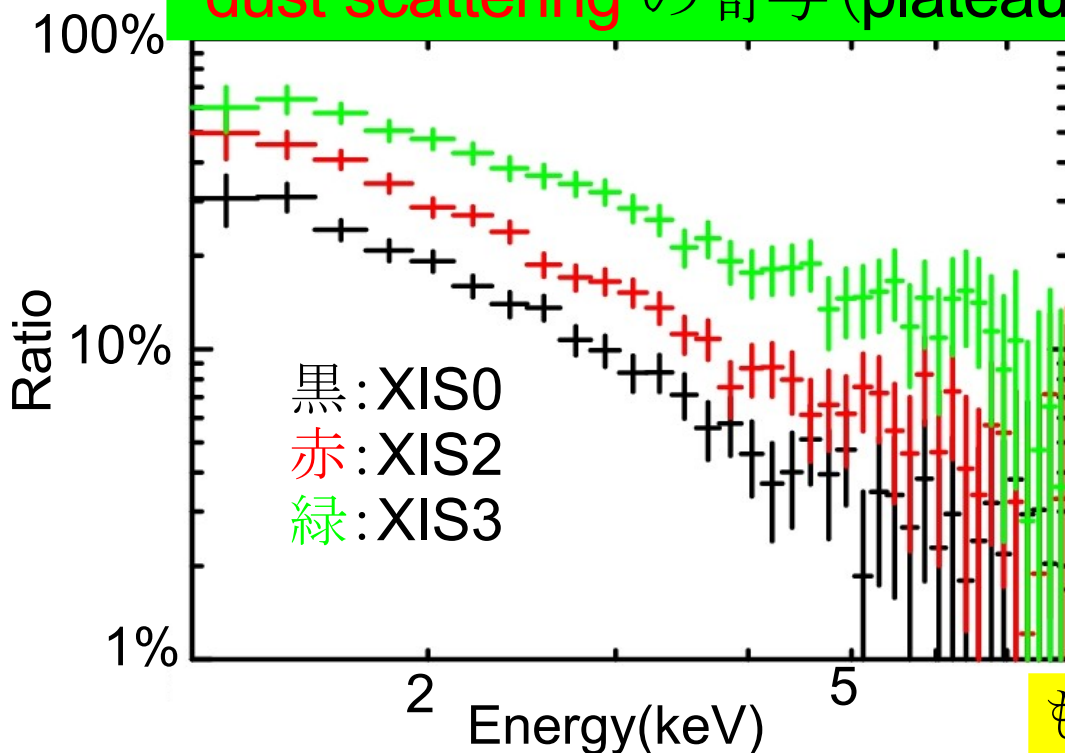
解析は半径約4'

## Dust scatteringの見積り方法

XIS検出器では、直接成分と dust scattering の切り分けをイメージ上で精度よく行うことはできない。

Chandra衛星による GX 13+1 の dust scattering の分布を仮定して、XIS の解析スペクトルにどれだけの dust scattering の寄与が含まれてしまっているかを見積もった。

各XISで検出されたスペクトルに対する dust scattering の寄与 (plateau1)



フラックスの絶対値の差 (~2倍) は解析手法の系統誤差とした。

1.5 keV : 30-60%

3 keV : 20-40%

1.2-8.0keVの領域で、スペクトルの形は各XISの間で約10%で一致。

もし、dust scattering の影響を考慮しないと、実際よりもソフトなスペクトル ( $R_{in}$  が大きく求まる傾向) になってしまう。

# スペクトル解析

dust scattering の寄与を取り込んで、スペクトル解析を行った。

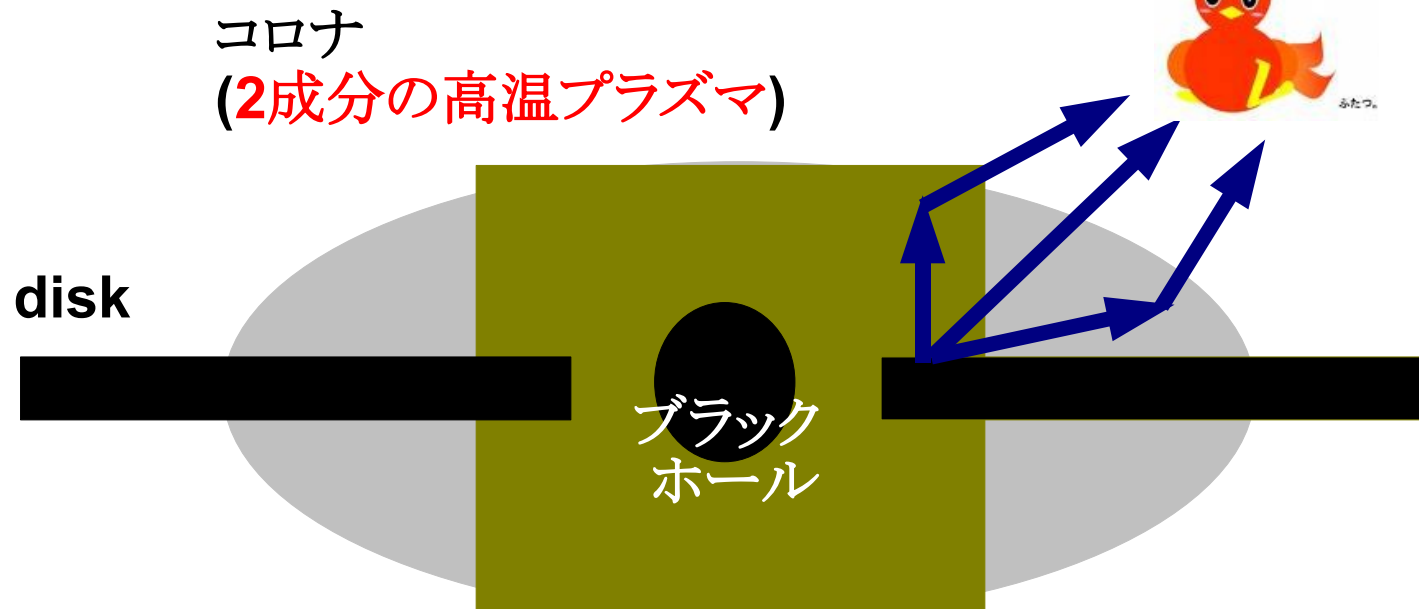
今回使用したモデル

円盤からの直接放射 (diskbb)

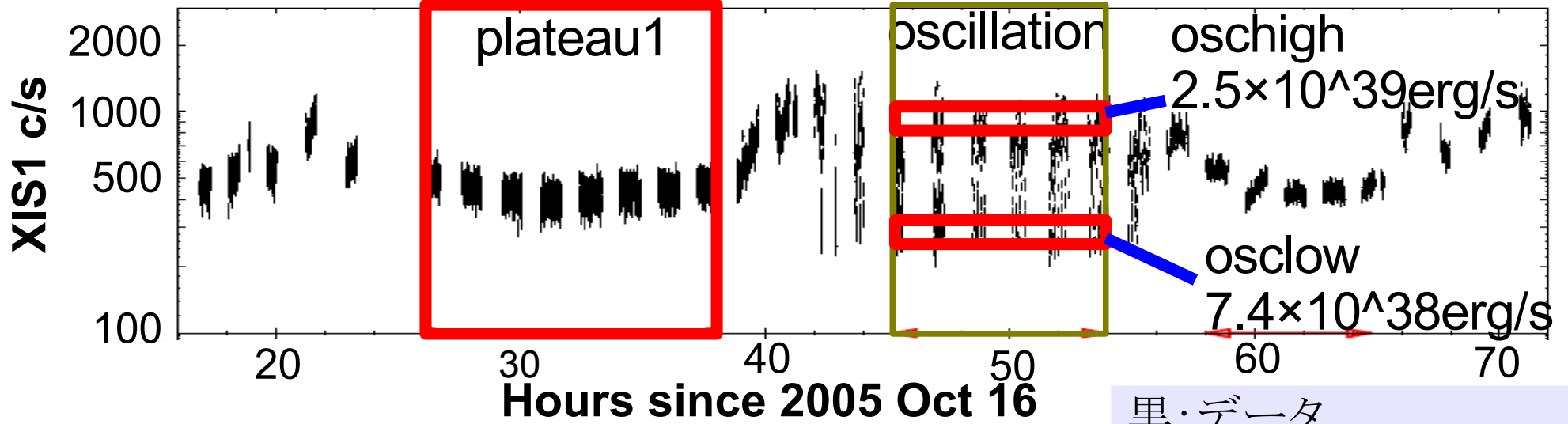
円盤からの放射のコンプトン散乱 : 2成分のプラズマの存在を仮定 (compps, comptt)

※吸収物質のアバンダンスは、吸収線から求められている値(上田 et al.2009)に固定

PIN/GSO のデータまで再現するために



以下で求めた物理量のエラー幅は、XIS0,2,3それぞれから導出した dust scattering の寄与が異なることによる系統誤差が支配的。



これまでに、osclow (最も暗い) と oschigh (明るい) の間で Rin の変動があると報告されている。

⇒ よって、まず osclow と oschigh の比較を行った。

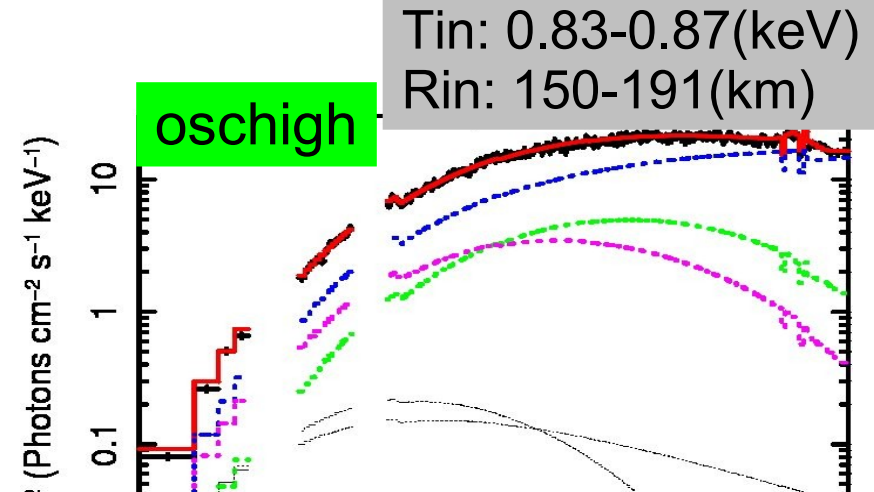
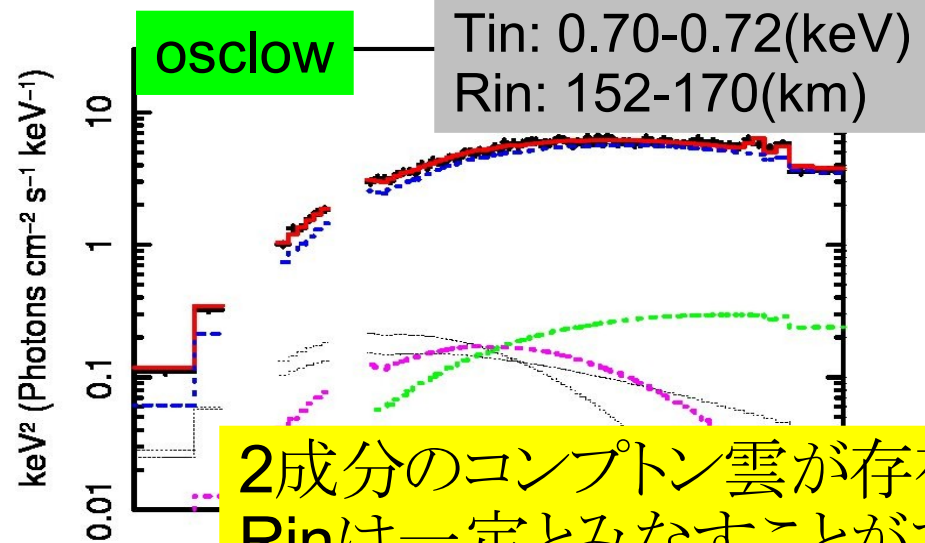
(XIS の帯域のみを拡大して表示している)

dust scattering は数日前の放射が平均されて影響する。

⇒ オシレーションの1日前の plateau1 で求めた

dust scattering のフラックスを考慮した。

- 黒: データ
- 赤: total model
- 青: コンプトン散乱成分
- 緑: コンプトン散乱成分2
- 紫: diskbb
- ※line構造も入れている。



2成分のコンプトン雲が存在していることを仮定することにより、Rinは一定とみなすことができるという可能性を見出せた。

# まとめと今後

## まとめ

GRS1915+105 の最内縁半径  $R_{in}$  の値を精密に解析するため、低エネルギー側に効いてくる dust scattering の寄与を GX 13+1 (chandra観測)の dust scattering の分布を仮定して見積もった。

求めた dust scattering のフラックスを考慮して、オシレーション中の明るい状態 (oschigh) と暗い状態 (osclow) について  $R_{in}$  を推定した結果、disk放射・2成分のコンプトン雲が存在していることを仮定することにより、 $R_{in}$  は一定とみなすことができるという可能性を見出せた。

## 今後

今回えらえらた  $N_h$  の絶対値 ( $1.4-1.6e-22 \text{ cm}^{-2}$ ) は、上田 et al.2009 において吸収線から求められた値 ( $2.8e-22$ ) とは異なる。これは、物理的に異なっているためなのか？ もしくは、系統誤差の影響なのか？  $N_h$  の値については、もう少し議論が必要である。

他の状態についても、dust scattering を考慮し、詳細な解析を行う。





# スペクトル解析

dust scattering の寄与を取り込んで、スペクトル解析を行った。

今回使用したモデル

円盤からの直接放射 (diskbb)

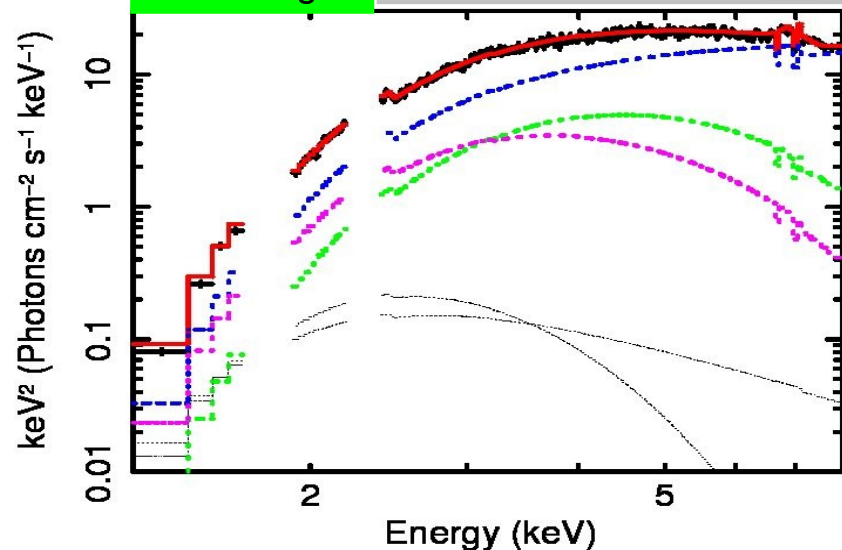
円盤からの放射のコンプト散乱 : 2成分のプラズマの存在を仮定 (compps, comptt)

※abundance は Ueda et al. 2009 で求められている値に固定

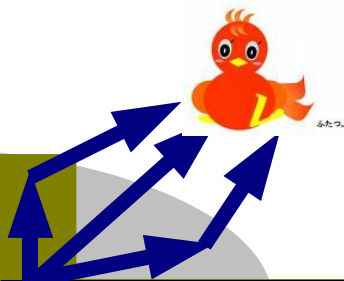
PI N/GSO のデータまで再現するために

黒 データ  
赤 total model  
青: コンプト散乱成分  
緑: コンプト散乱成分2  
紫 diskbb  
※line 構造も入れている。

Tin: 0.83-0.87 (keV)  
Rin: 150-191 (km)

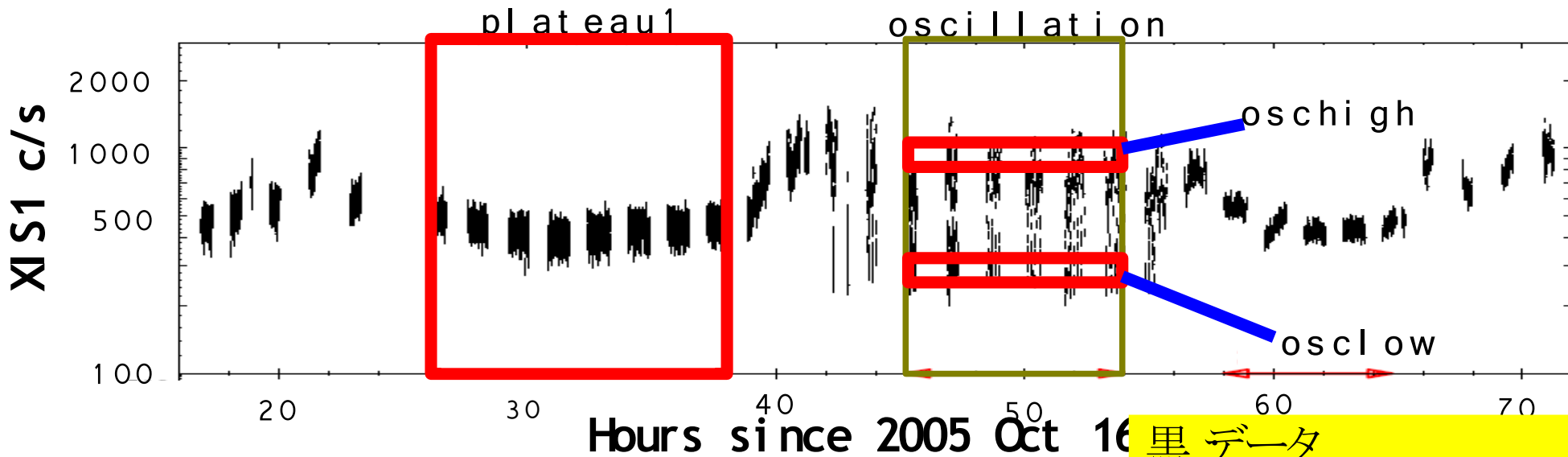


コロナ  
(2成分の高温プラズマ)



ブラック  
ホール

エラー幅は、XISO, 2, 3 それぞれから導出した  
dust scattering の寄与が異なることによる  
系統誤差が支配的。

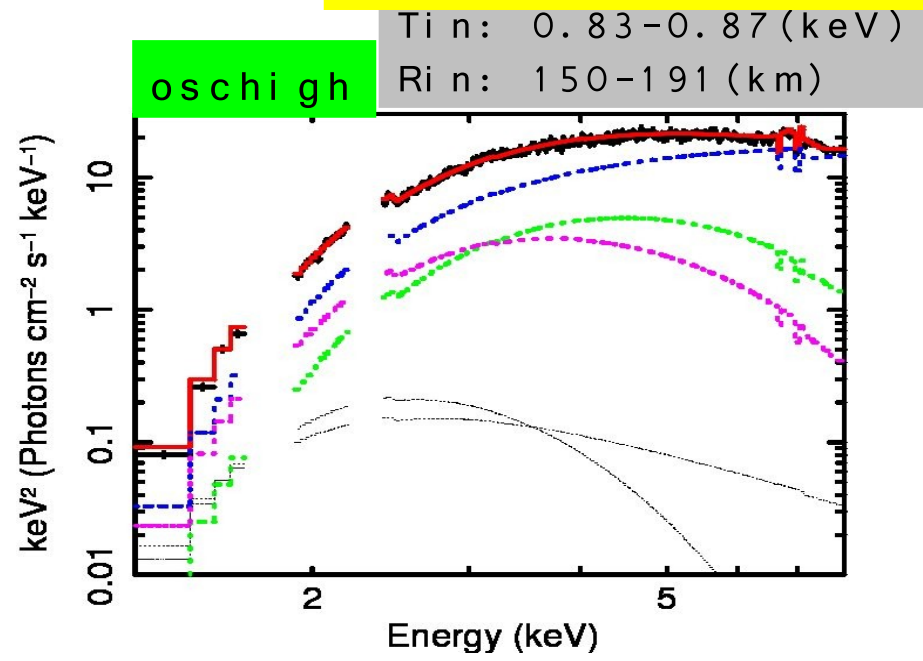
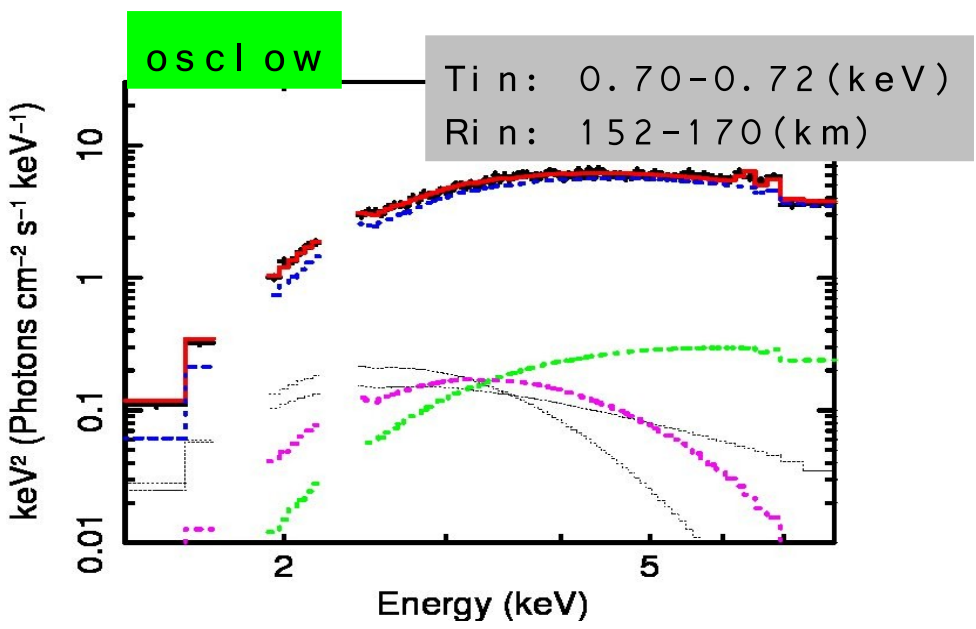


今回は安定状態の plateau , flux が一番低い oscl ow , の fit 結果を報告する。

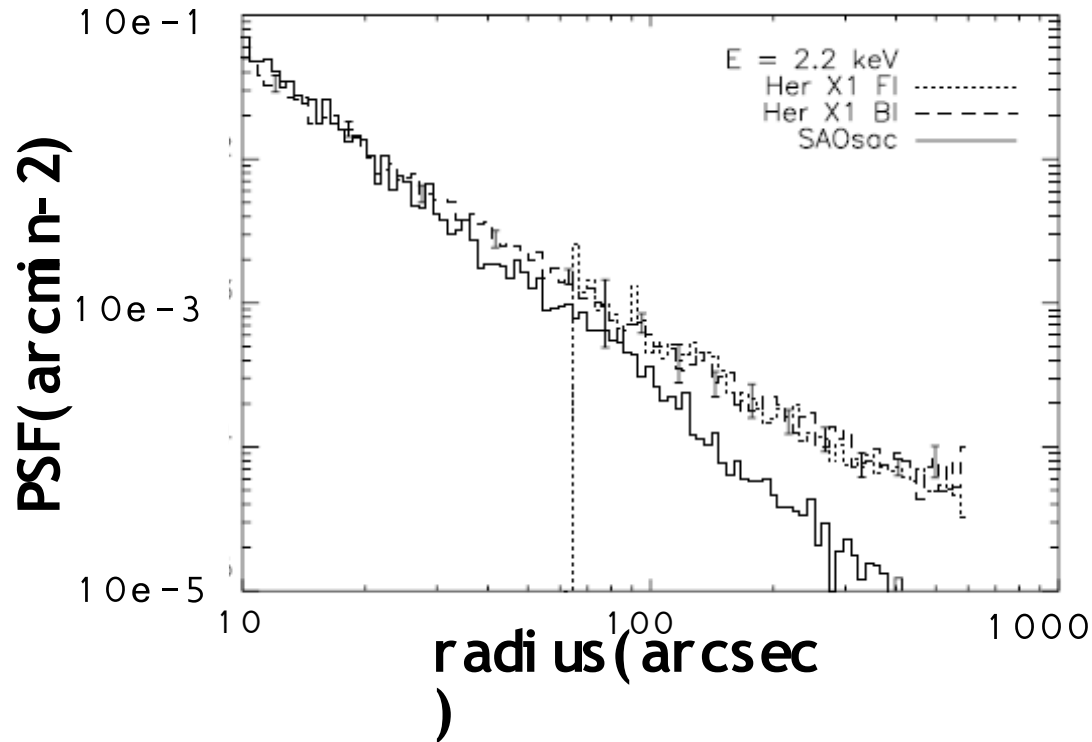
これまでに、oscl ow と oschi gh の間で  $R_{in}$  の変動があると報

なお、dust scattering は数日前の放射が平均されて影響する。 dust scattering のフラックスを仮定した。

黒 データ  
 赤 total model  
 青: コンプト散乱成分  
 緑: コンプト散乱成分2  
 紫 diskbb  
 ※line 構造も入れている。



# dust scatteringの見積り方法



**dust scattering** の分布はGX13+1  
で求められている分布  
(Smith et al. 2002) を仮定。

**direct component** は解析チームから  
ている結像イメージシミュレータ  
simarfen で求めた。

半径を変えると **direct component** : **dust scattering**  
の flux 比が変わる。  
異なる半径でのスペクトルの引き算から **dust scattering** の寄与を求める。

XIS0, XIS2, XIS3 からそれぞれ **dust scattering** のスペクトルを導出した。