

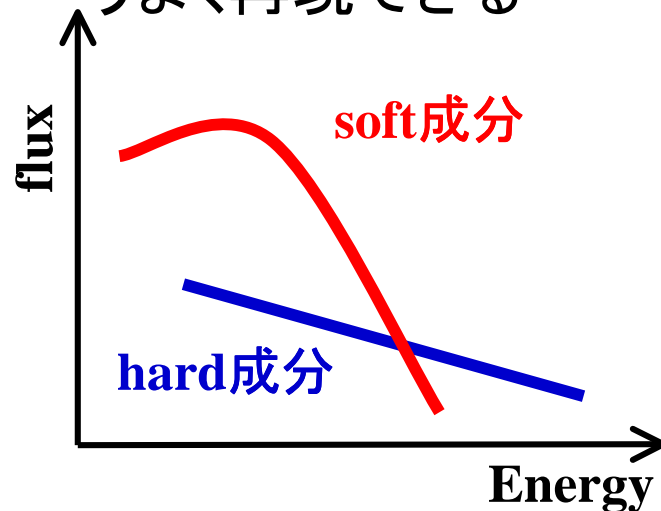
ブラックホール連星候補4U1630-47の X線放射のハイステート3状態

阿部 由紀子、深沢 泰司(広大理)、
久保田 あや(宇宙研)、笠間 太介、
牧島 一夫(東大理)

ブラックホール連星のこれまでの観測結果

標準降着円盤 (Shakura&Sunyaev 1973)

high stateでのX線スペクトルはディスクの各半径での
黒体放射の足し合わせ (soft成分) とpower-law (hard成分) で
うまく再現できる



R_{in} は一定

$$R_{in} = 3 \cdot \frac{2GM}{c^2} = 9 \frac{M}{M_{\odot}} \text{ km}$$

理論的な最終安定軌道

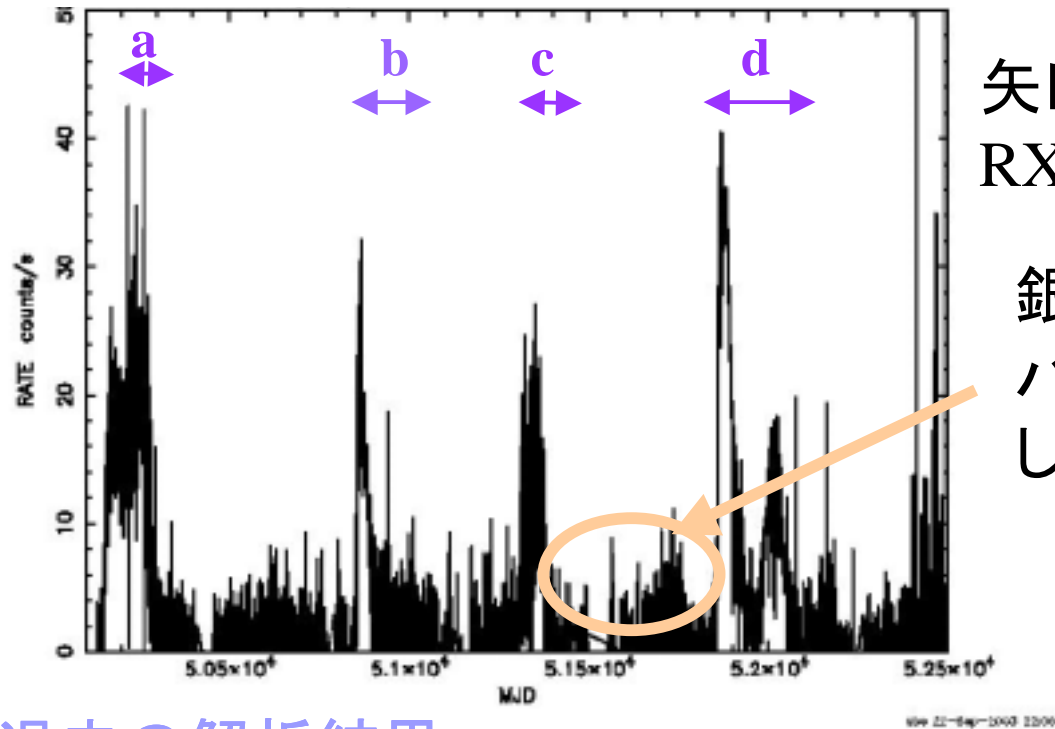
先の2つの発表によってlow state、high state (standard、slim disk、
逆コンプトン散乱)を示すことが報告された

このような視点で解析されたのは2, 3個のみで、
フレアをくり返し起こす天体についても成り立つかは分かっていない

ブラックホール連星候補4U1630-47について

約500日おきにtransient現象が起こっている
相手の星が見つかっていないので質量は分かっていない

RXTE/ASMのライトカーブ(1996~2002年)



矢印の時期の4つのフレアの
RXTEデータの解析を行った

銀河面のdiffuse成分を
バックグラウンドとしてモデル化
して入れた

過去の解析結果

(b)の時期ではRinが小さいことが確認(Oosterbroek et al.1998)

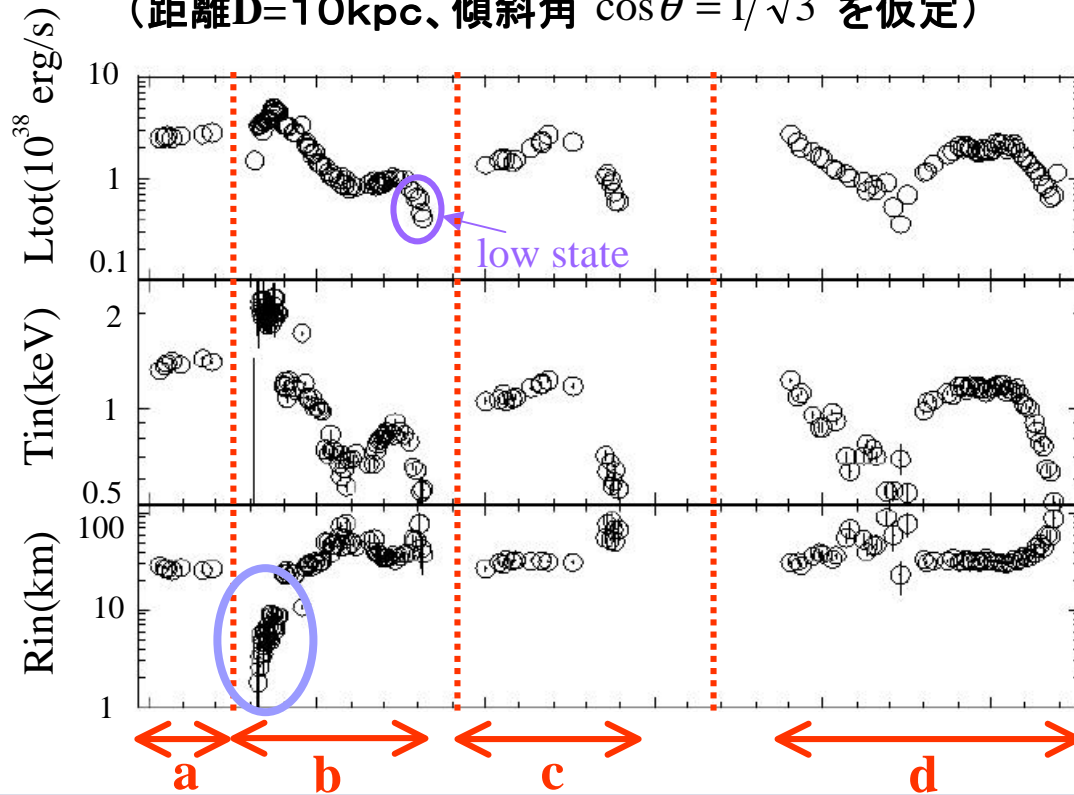


逆コンプトン散乱がきいた状態として説明できる
(2001年秋季年会 笠間によって報告)

(b)の時期ではQPOが現れる (Tomsick et al. 2000)

標準降着円盤モデルによるフィッティング結果

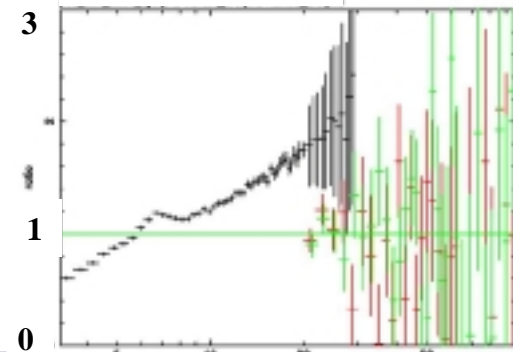
(距離 $D=10\text{kpc}$ 、傾斜角 $\cos\theta = 1/\sqrt{3}$ を仮定)



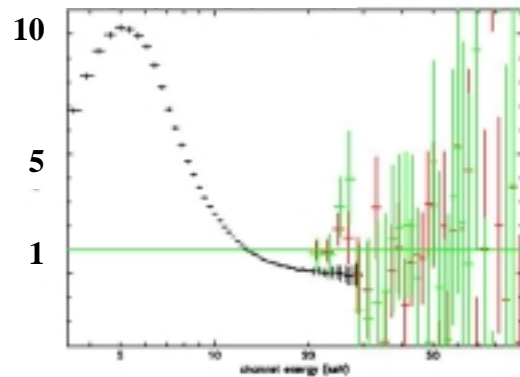
スペクトルは**4つの状態**を示している

power-law ($\alpha=2$)との比

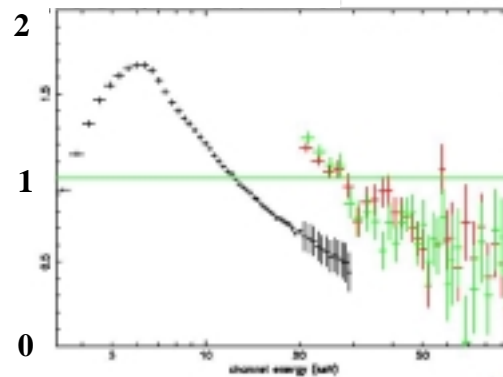
(b)最後 low state



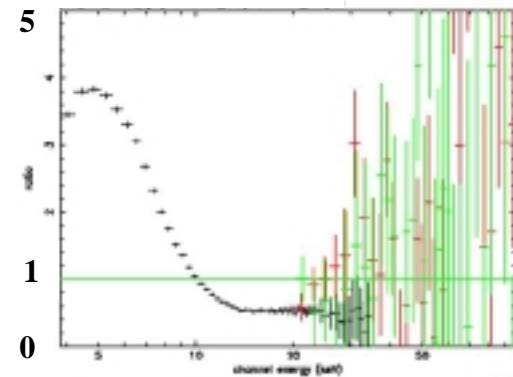
(a) slim disk ?



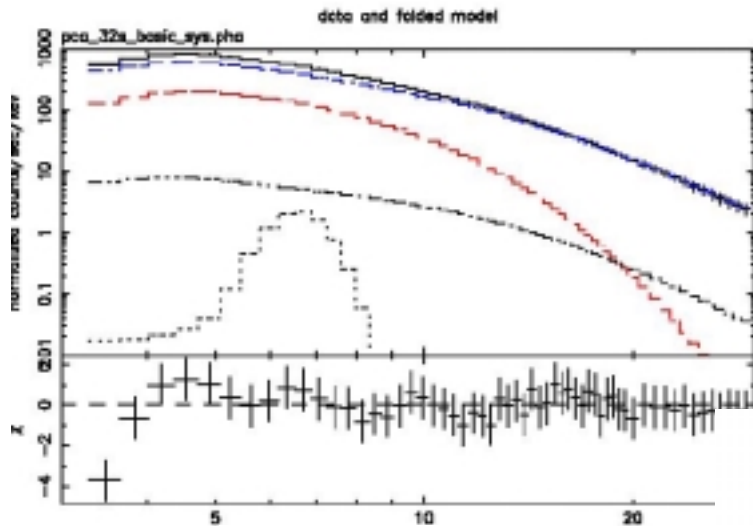
(b)前半 逆コンプトン?



(b)後半,(c)(d) standard



逆コンプトン散乱を考慮した結果



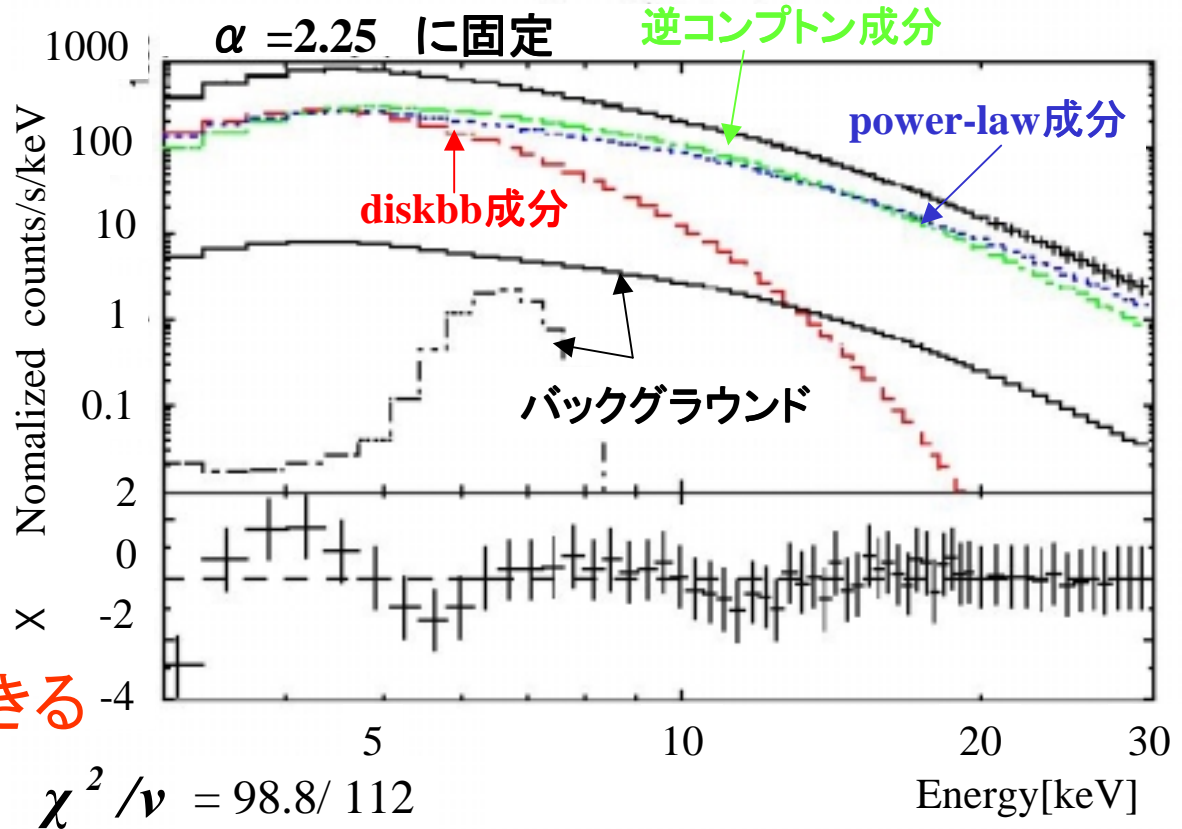
$\chi^2/\nu = 119.9/118$

$N_H = 9.5 \times 10^{22} \text{ cm}^{-22}$ に固定

Rin = 5.8 km
 ~ 0.64 M_☉
 Tin = 2.0 keV

3M_☉、standardな時期と比べてはるかに小さく、Tinが高い

Rin = 29.8 km
 ~ 3.3 M_☉
 Tin = 1.2 keV



$\alpha = 2.25$ に固定

逆コンプトン成分

power-law成分

diskbb成分

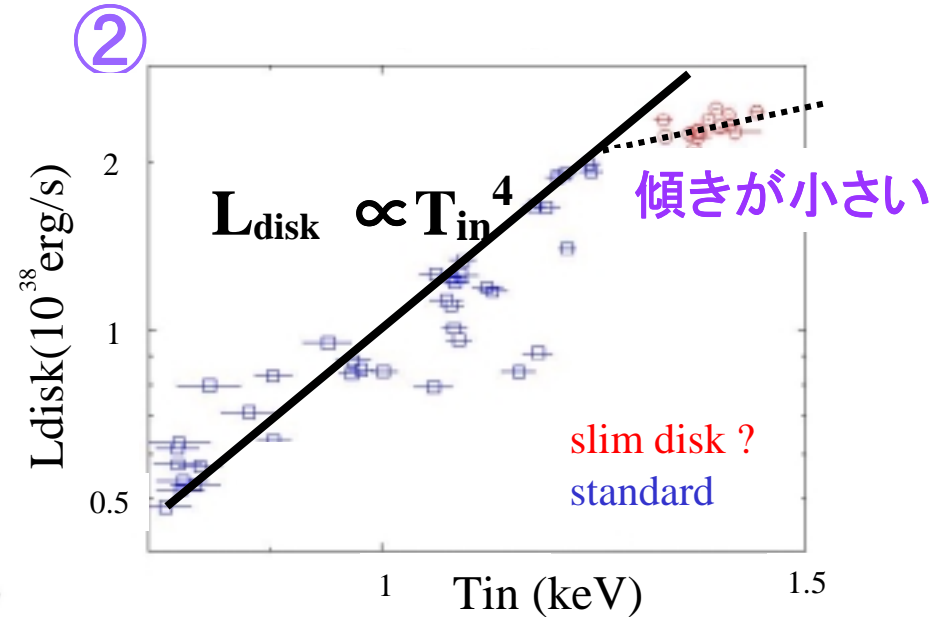
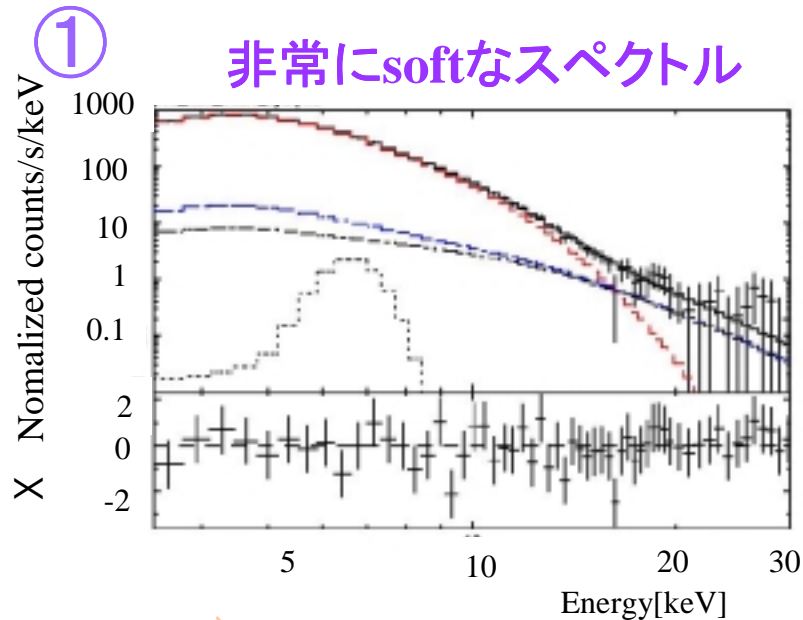
バックグラウンド

$\chi^2/\nu = 98.8/112$

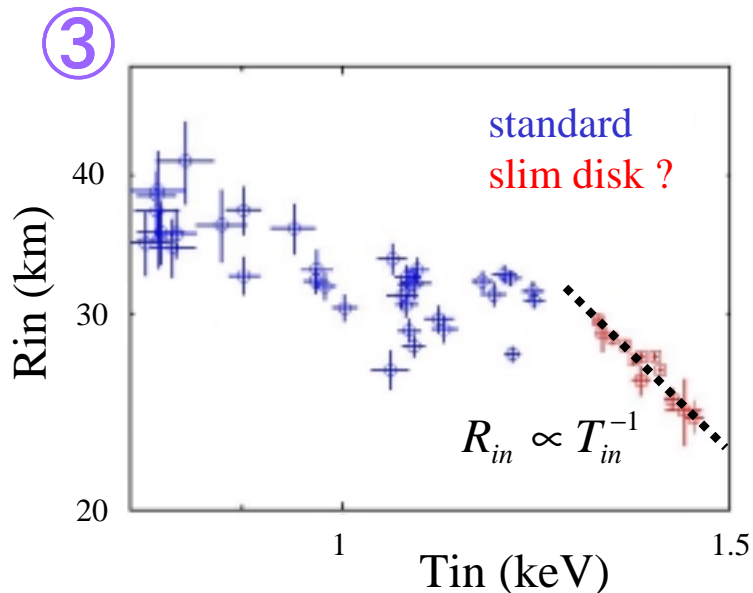
Energy [keV]

(b)は逆コンプトン散乱を受けた結果として説明できる
 (笠間の結果と一致)

slim diskである可能性



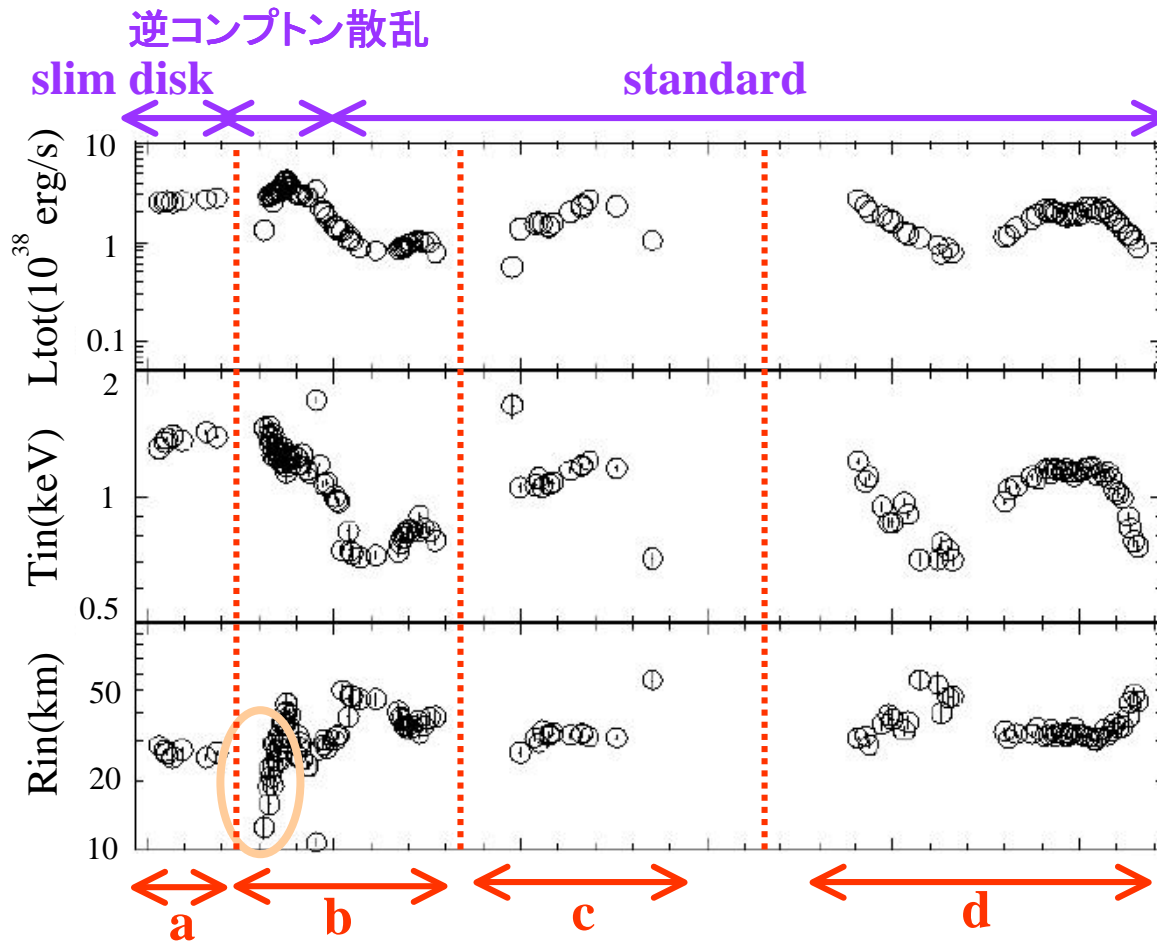
➡ 降着円盤の内側部分の放射効率の低下を示している



$R_{\text{in}} \propto T_{\text{in}}^{-1}$ の傾向があり、
Watarai et al. (2000)で報告されている
理論的なslim diskの状態とよく合う

(a)はslim diskである可能性が高い

逆コンプトン散乱、slim diskを考慮した結果



R_{in} はほぼ一定

$$30 \sim 50 \left(\frac{D}{10 \text{ kpc}} \right) \left(\frac{\cos \theta}{3^{-1/2}} \right)^{-1/2} \text{ km}$$

ブラックホールの質量

$$3.4 \sim 5.6$$

$$\times \left(\frac{D}{10 \text{ kpc}} \right) \left(\frac{\cos \theta}{3^{-1/2}} \right)^{-1/2} M_{\odot}$$

(ただし距離D、傾斜角 θ に依存)

4U1630-47でも3つの
状態が確認できた

b,cはフレアの立ち上がりから観測

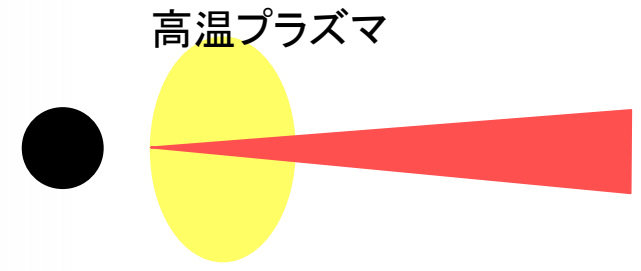
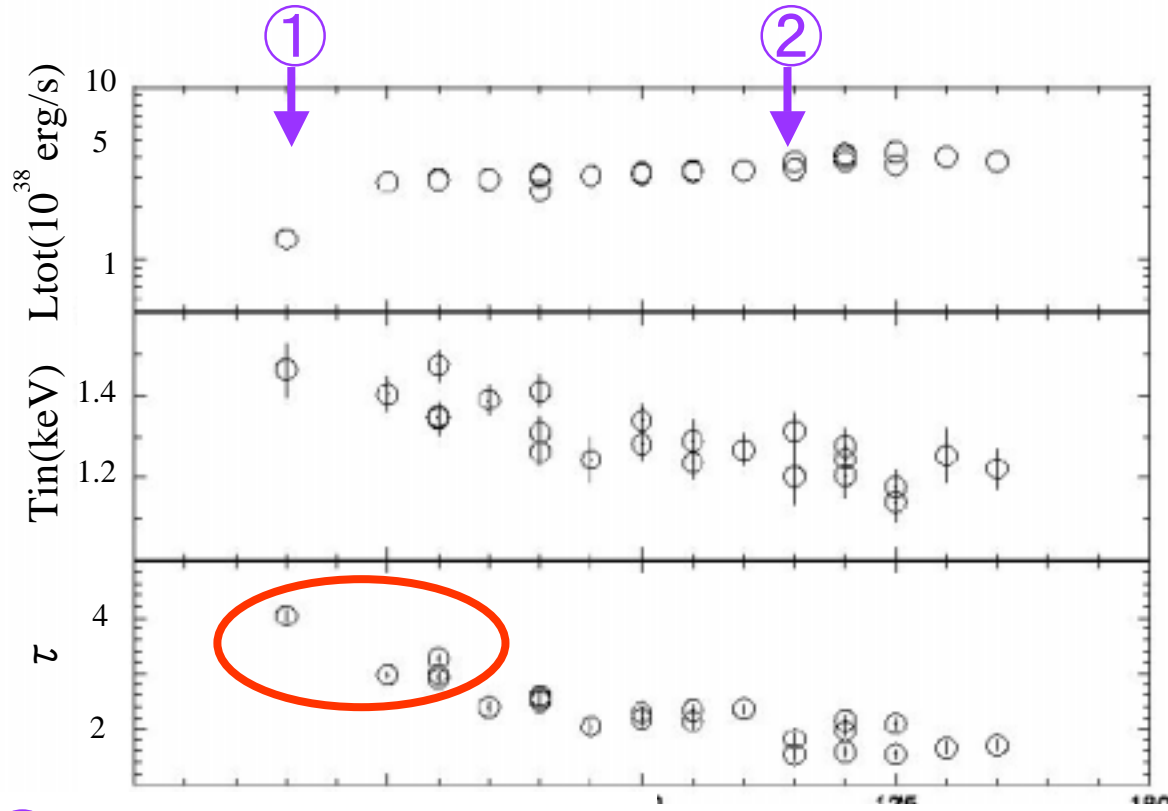
cの立ち上がりはstandard

bの立ち上がりは逆コンプトン散乱を考慮しても R_{in} が小さい



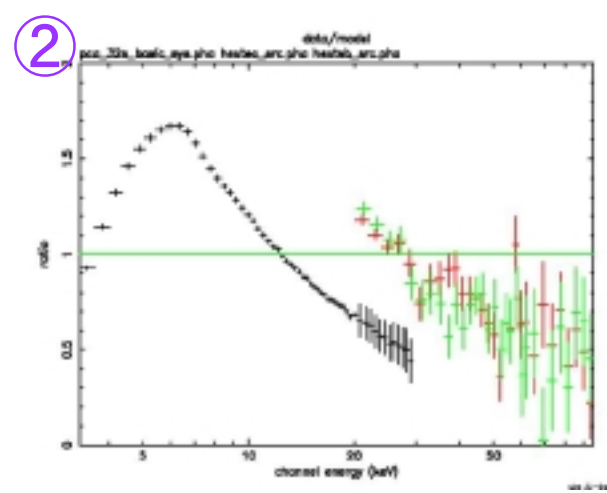
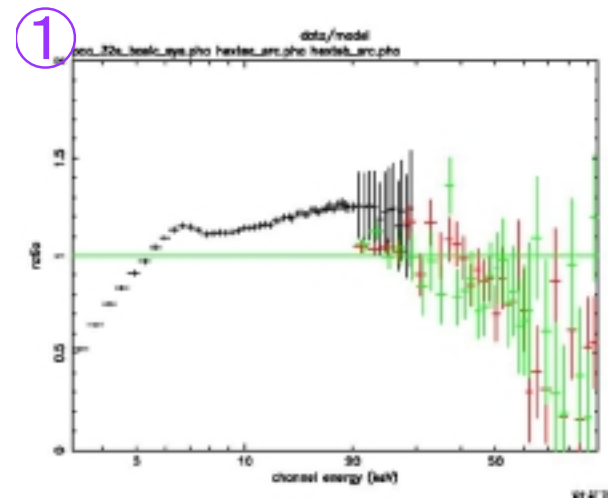
フレアbの立ち上がりに注目

フレアb(逆コンプトン散乱)の立ち上がりについて



τ が大きいときはプラズマが光学的に厚い状態なのでより多くの逆コンプトン散乱が起こる

立ち上がりではプラズマが光学的に厚く、徐々に薄くなっていく



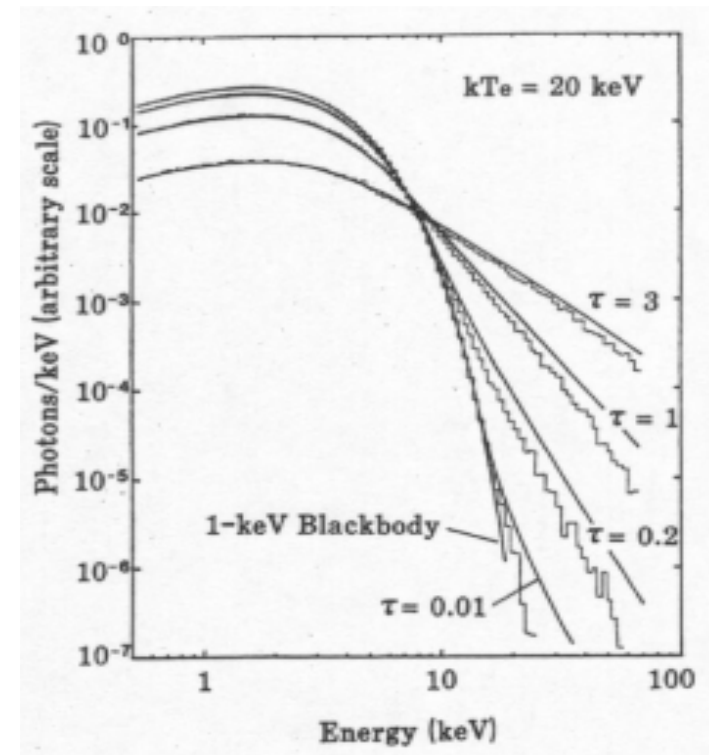
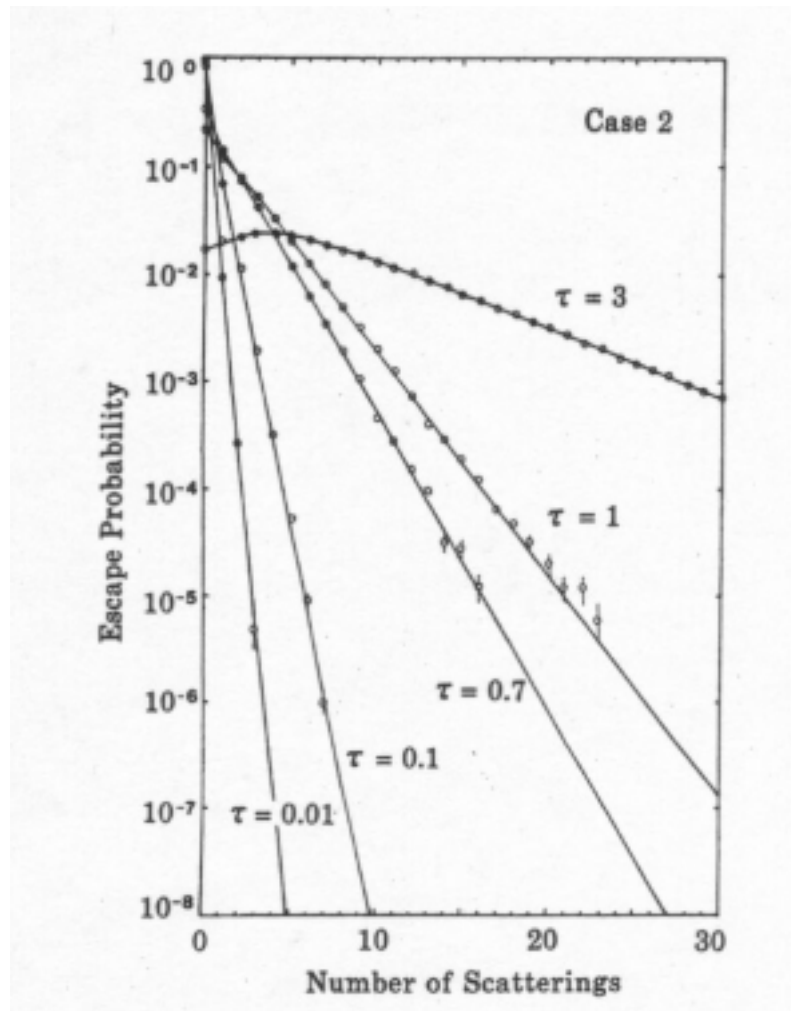
まとめ

- ・4U1630-47の4つのフレアを解析した結果、フレアごとに降着円盤の状態が異なることがわかった
- ・今回、2つのフレアで立ち上がりから観測されたが、立ち上がりの降着円盤の状態もフレアによって違う

今後の予定

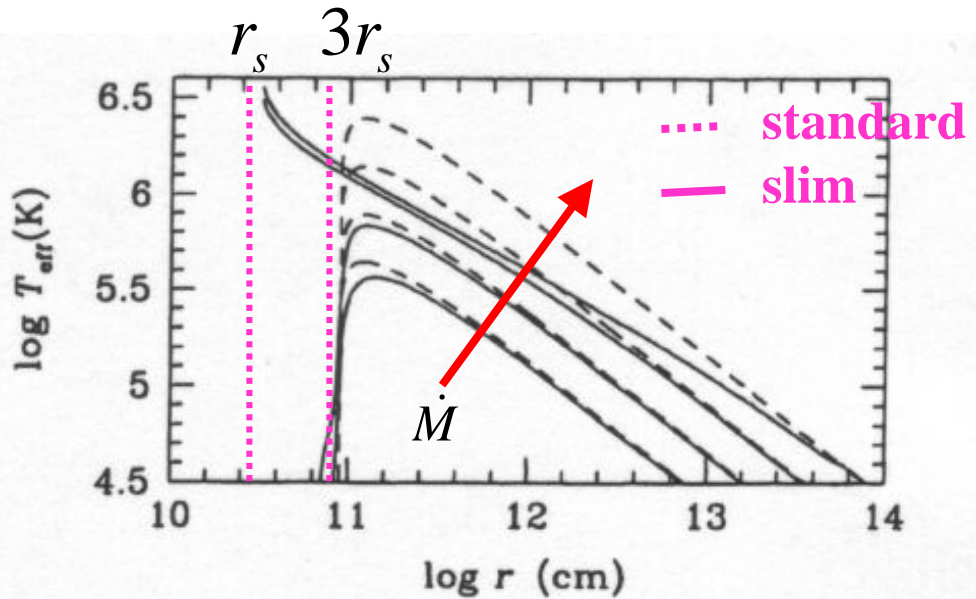
timing解析(QPOと降着円盤の関係)
いろいろなフレアのサンプルを増やす

高温プラズマの光学的な厚さ τ と逆コンプトン散乱の関係 (Nishimura et al.)



τ が大きくなるほど散乱する確率は増える
より多くのphotonが散乱し、高エネルギー側のphotonが多くなる

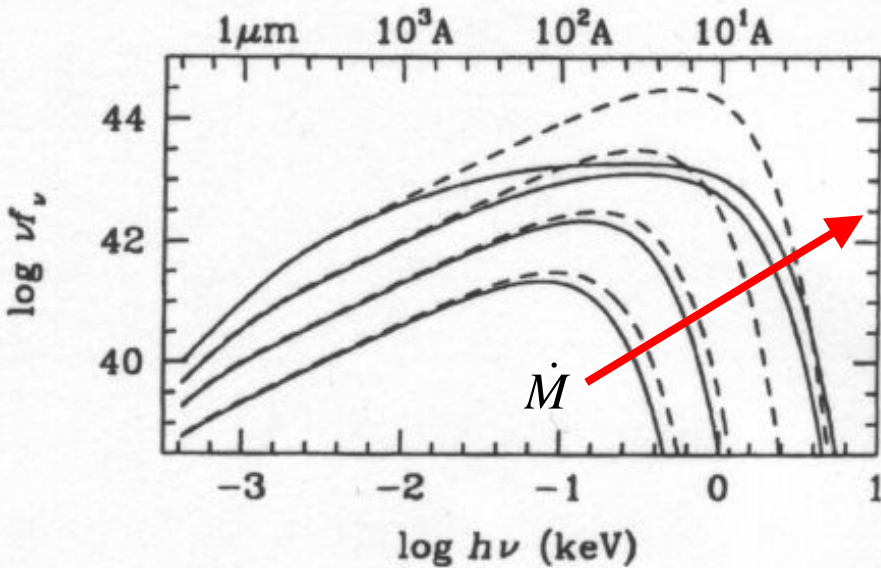
slim diskの温度分布とスペクトル



内側が広がるためstandard diskに
比べ温度が下がる

$$T(r) \propto r^{-1/2}$$

standard diskと同じ放射だが
温度分布が異なる



内側の温度低下によりスペクトルの
ピークが減少

$R_{in} < 3r_s$ からも放射あり

だいたい $R_{in} \propto T_{in}^{-1}$