

4U 1630 - 47のhigh stateにおける 降着円盤の3状態とQPO

阿部 由紀子、永江 修、深沢 泰司(広大理)
久保田 あや(理研)
笠間 太介、牧島 一夫(東大理)

これまでにわかっていること

- ・ **high state**とlow stateの2つのスペクトル状態
- ・ ぎんがやRXTE衛星などによって**VHS**が観測
Rinの変動などの現象を示すが、よく分かっていない

Kubota et al. の解釈

ディスクからの放射の一部が電子雲によって逆コンプトン散乱し、エネルギーがたたき上げられる

XTE J1550-564, GRO J1650-40の
VHSをうまく説明

- ・ **slim disk**の兆候を示す新たな状態

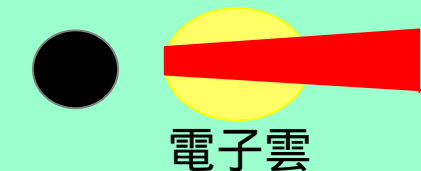
ブラックホールの降着円盤がこれらの3つの描像で統一的に示されるかを調べるために複数の天体について解析を行った

降着円盤の変化 (Kubota et al.)

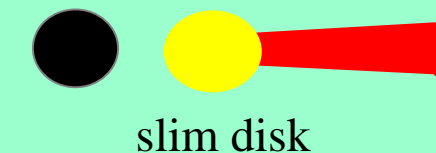
high state(標準状態)



VHS(逆コンプトン散乱)



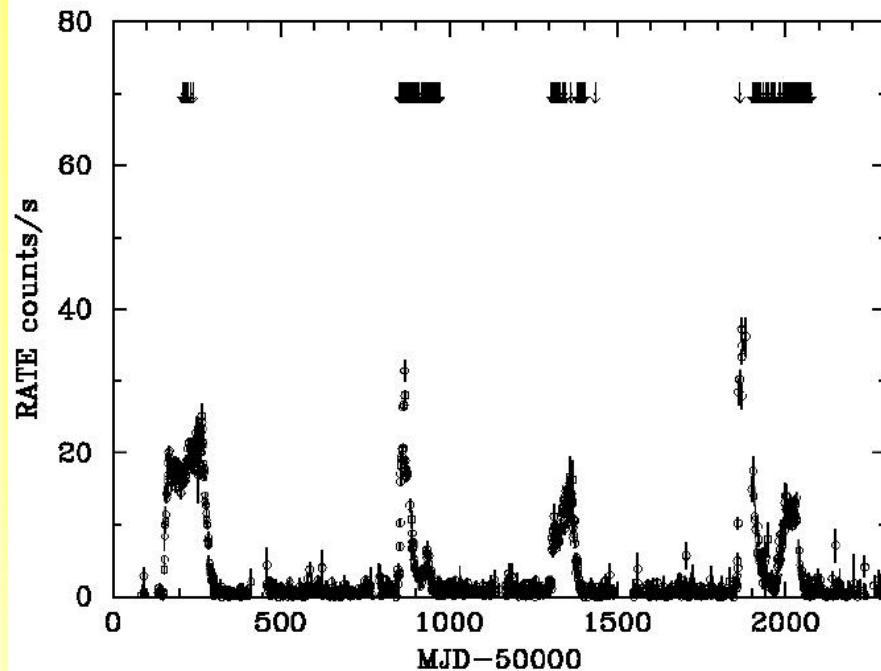
slim diskのとき



4U1630 - 47について(2003年秋の年会で報告)

outburstを繰り返し起こす天体について成り立つかを調べるために、矢印の時期の4個のoutburstについてRXTE/PCAデータの解析を行った

RXTE/ASMのライトカーブ
(1996 - 2002年)

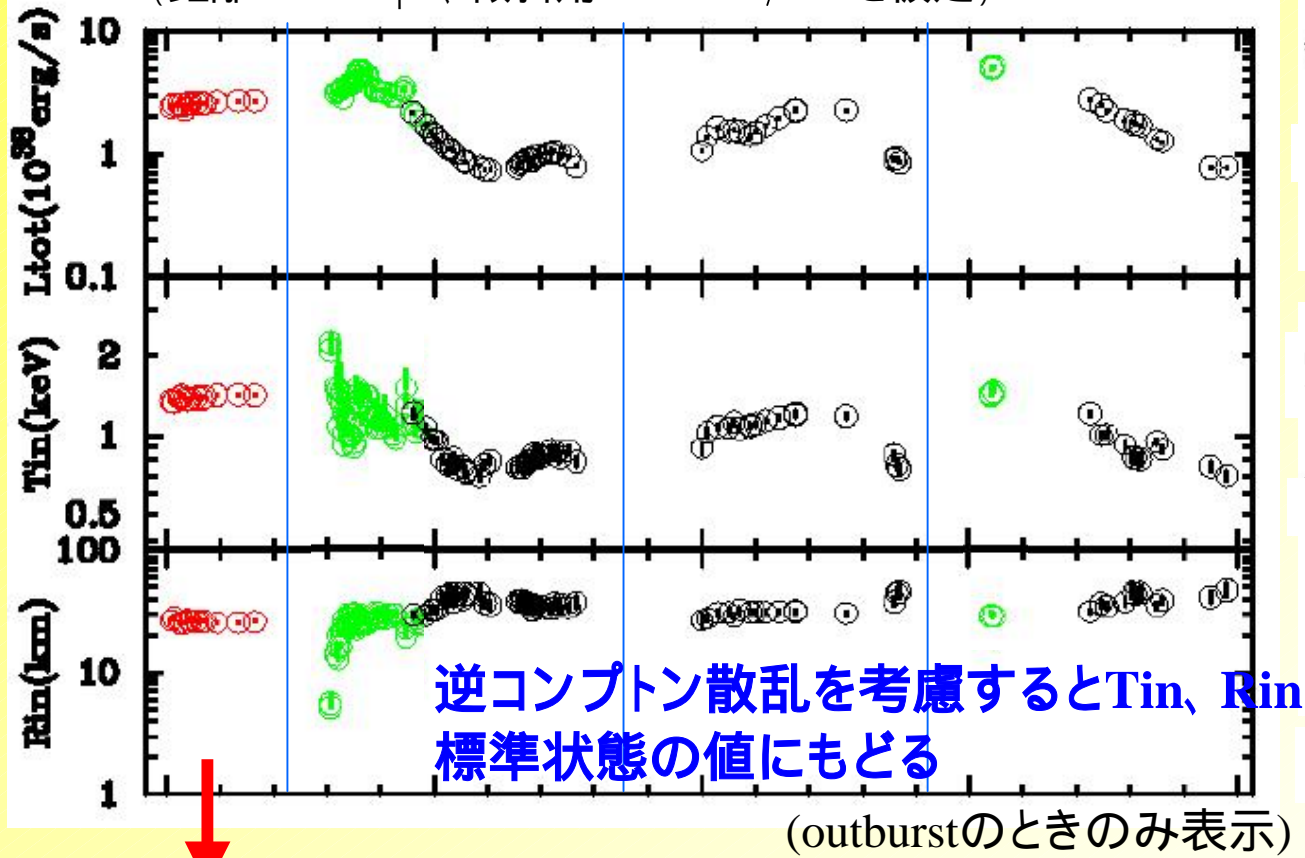


- 約500日おきにtransient現象
- 相手の星は見つかっていない
質量は分からない
- 2つ目のoutburstでVHS
(Oosterbroek et al. 1998)
逆コンプトン散乱がきいた状態
(2001年秋の年会 笠間)

解析結果

MCD + PLモデルでは**3つの状態**に分けられる

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



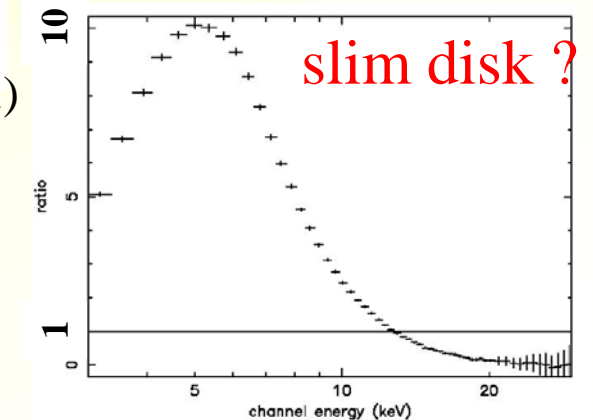
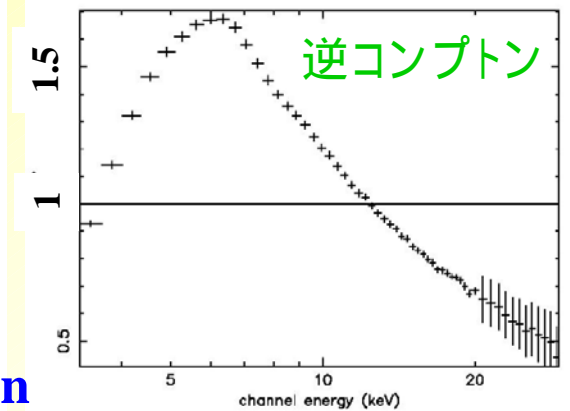
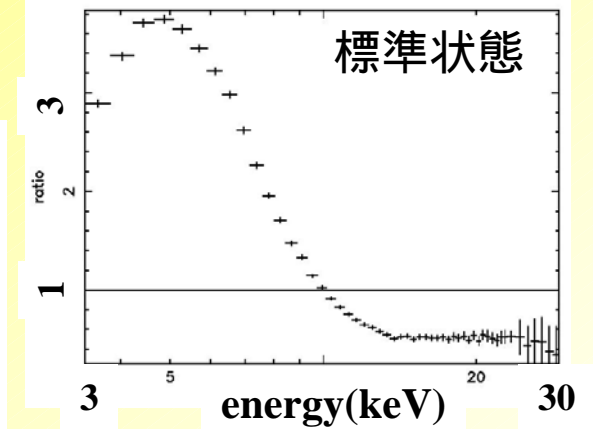
$L_{tot} : 2.3 \times 10^{38} - 2.7 \times 10^{38} \text{ erg/s}$

$L_{pow} : 0.2 \times 10^{38} - 0.4 \times 10^{38} \text{ erg/s}$

$: 2.6 - 3.3$

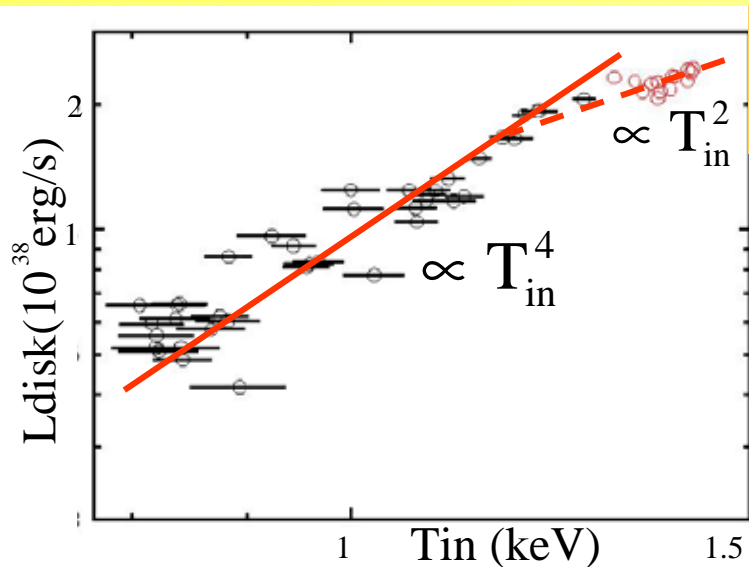
非常にソフトなスペクトル

power-law ($\Gamma = 2$)との比



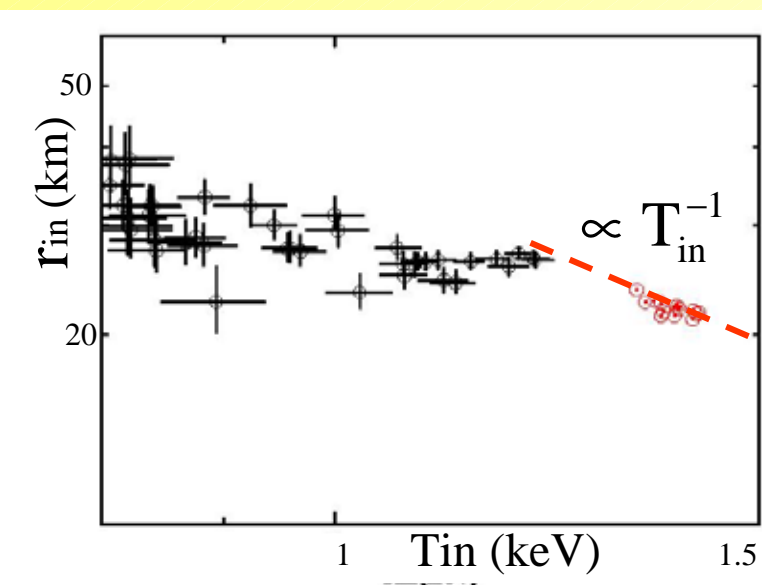
1つ目のoutburstについて

スペクトルは標準状態と良く似ているがパラメータの特徴が異なる



黒: 標準状態
赤: 1つ目のoutburst

- 標準状態は $L_{disk} \propto T_{in}^4$ だが、
1つ目のoutburstでは $L_{disk} \propto T_{in}^2$
放射効率の低下を表している



- r_{in} は標準状態より少し小さく、
 $r_{in} \propto T_{in}^{-1}$ の傾向がみられる

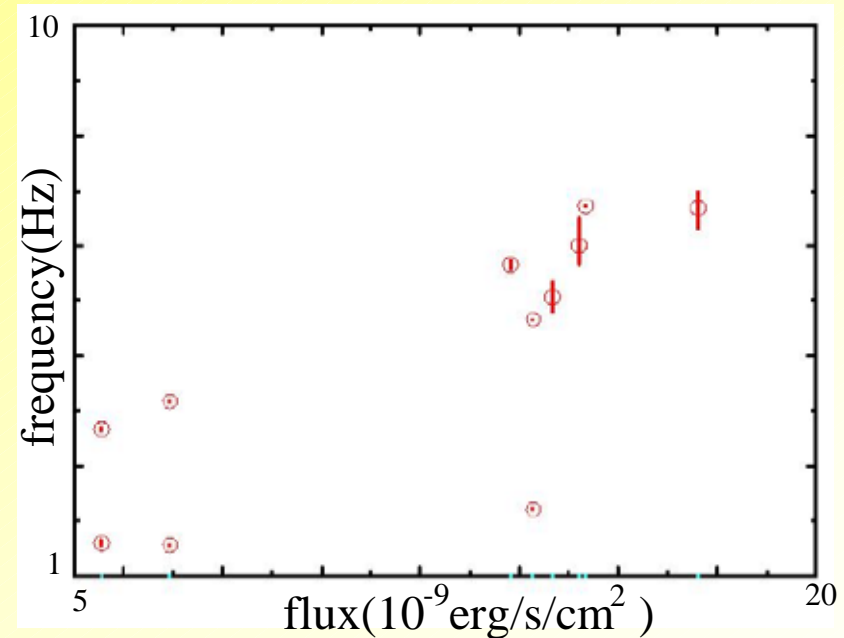
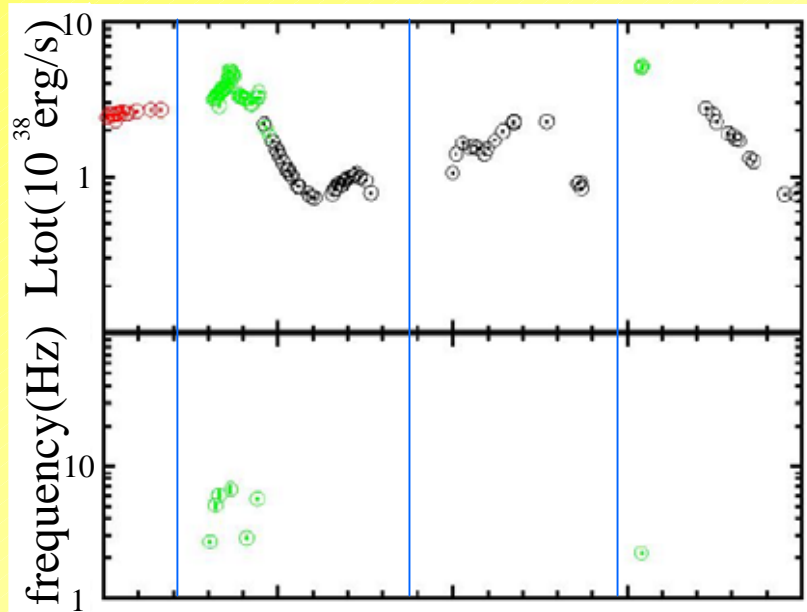


Watarai et al. (2000)で報告されて
いる理論的なslim diskのモデルと一致

slim diskを示す2番目の候補

時系列解析の結果

一般的にVHS (逆コンプトン散乱がきいた状態) のときは QPO が現れることが知られている



4U1630 - 47でも逆コンプトン散乱がきいた状態のときQPO が現れ、その周波数はフラックスと相関している

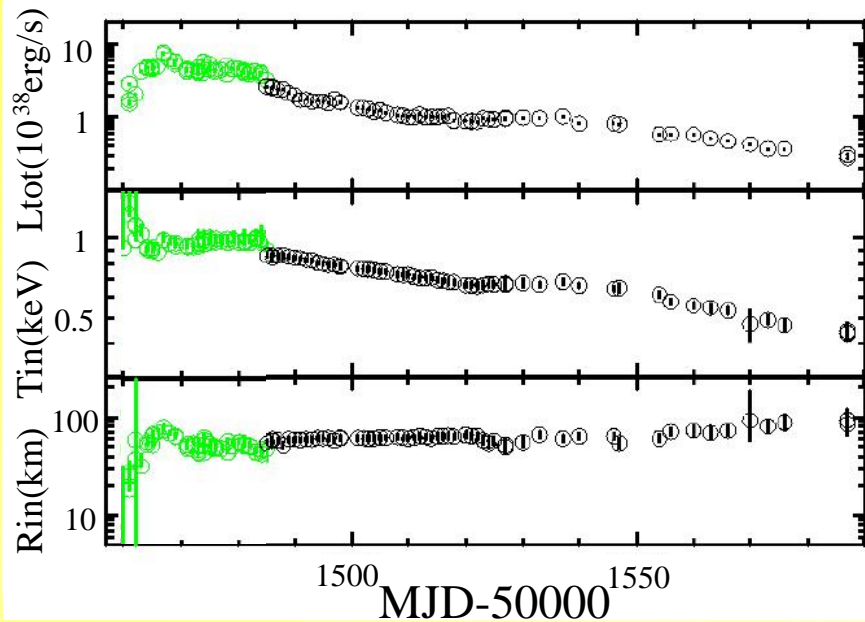
4U1630 - 47も3つの状態で説明できる

➡ 逆コンプトン散乱が起こる条件を調べるために サンプルを増やし、傾向を探る

その他のブラックホールの解析結果

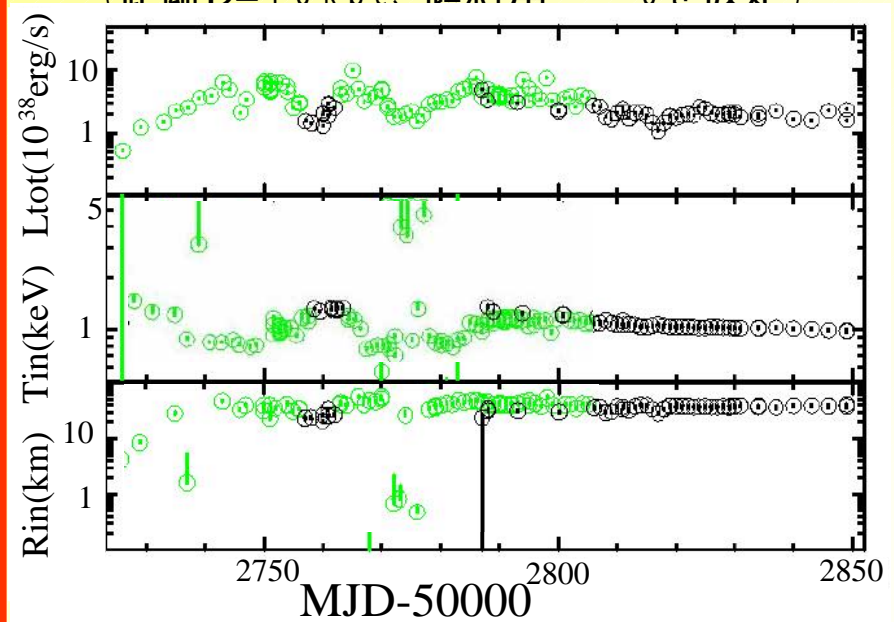
XTE J1859+226

(距離 $D=11$ kpc、傾斜角 $= 0$ を仮定)



H1743-322

(距離 $D=10$ kpc、傾斜角 $= 0$ を仮定)



半径に変動が見られたが**逆コンプトン散乱を考慮**することによって
ほぼ**一定になる**

XTE J1650-500についても**逆コンプトン散乱**で説明できることが
報告されている(伊藤 他)

逆コンプトン散乱が現れる条件はなにか？

ターゲット名	相手の星	M_{BH} (太陽質量)	$L_c(10^{38}\text{erg/s})$	L_c/L_{edd}	$T_{\text{in}}(\text{keV})$
4U1630-47	不明	3.4-5.6	1.3	0.15-0.25	1.0
H1743-322	不明	3.4-5.6	2.0	0.24-0.39	0.9
XTE J1650-500	不明	6-7	0.3	0.02-0.03	0.4
XTE J2012+381	不明	4.5-5.6		0.10以上	
XTE J1859+226	G	7.6-12	2.0	0.11-0.18	1.0
4U1543-475	A	7.4-11.4		1以上	
XTE J1550-564	G - K	8.4-10.8	1.0	0.06-0.08	1.0
GRO J1655-40	F	6.0-6.6	1.0	0.10-0.11	1.2
LMC X-3	B	5.0-7.2		1	

(下の3つはKubota et al. 参照)

L_c/L_{edd} などの値が条件とはいえない

1つの可能性として、

相手の星の質量が重い場合は現れにくいかもしれない

まとめ

- ・ 4U1630 - 47はhigh stateで3つの状態を示すことが確認できた
- ・ 今回の解析を含めると6個の天体について逆コンプトン散乱がきいている描像でうまく説明できる。
しかしslim diskの兆候を示すものは4U1630-47とXTE J1550-564の2つのみ
- ・ 相手の星が重い方が逆コンプトン散乱がきいた状態になりにくいのかもしれない

今後の課題

- ・ それぞれの天体について詳細な解析を行い、逆コンプトン散乱がきいてくる条件を探っていく