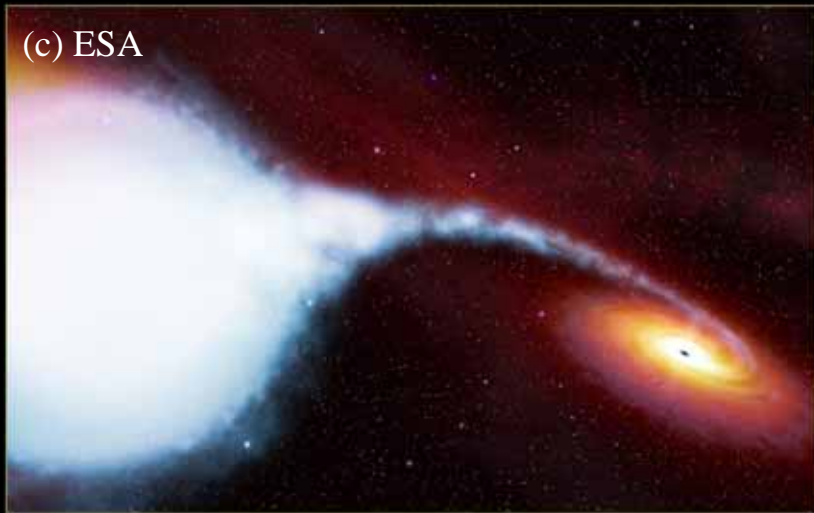


「すざく」衛星による白鳥座 (Cygnus) X-1 の Low/Hard 状態の観測

高橋 弘充 (広大)

吉良 知恵、深沢 泰司 (広大)、牧島 一夫 (東大、理研)、山田 真也、伊藤 健 (東大)、久保田 あや (芝浦工大)、Chris Done (ダラム大)、堂谷 忠靖、海老沢 研 (ISAS/JAXA)、北本 俊二 (立教大)、根來 均 (日大)、上田 佳宏 (京大)、山岡 和貴 (青学大)、「すざく」チーム

(c) ESA



Cyg X-1

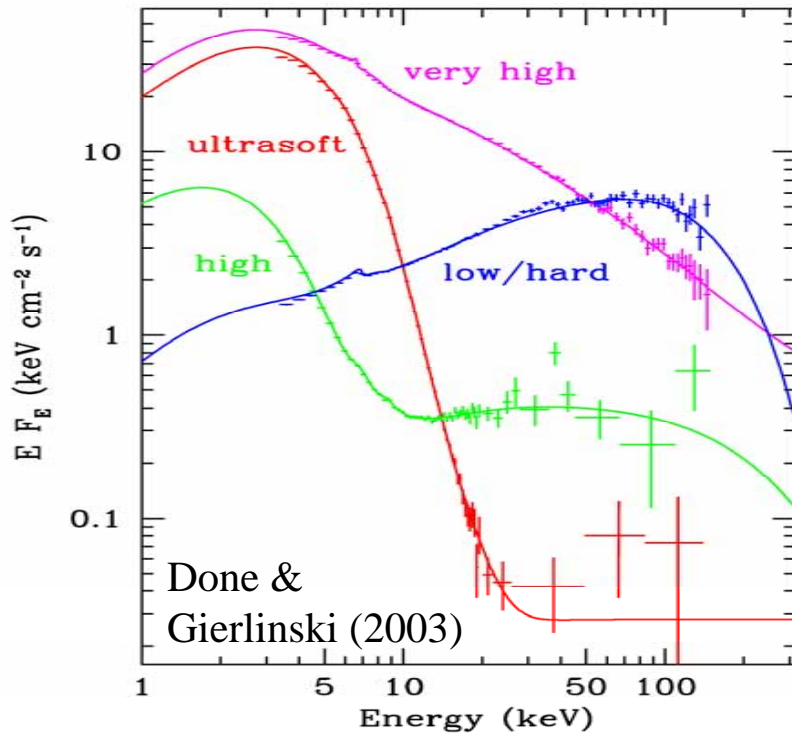
世界初のブラックホール連星系

- ・ブラックホール質量: $12 \sim 20 M_{\text{solar}}$
- ・伴星: O型
- ・距離: $\sim 2.5 \text{ kpc}$
- ・見込み角: $\sim 45^\circ$

ブラックホール連星系

どのように物質が降着・放出しているのか？

激しく状態変化 (X線 ~ ガンマ線)



鍵となるのは...

- 降着円盤
- 高温・非熱的プラズマ

広帯域エネルギースペクトル

- 輝線・吸収線

エネルギー分解能

- 時間変動

時間分解能

「すざく」・XIS+HXD : 0.2 ~ 600 keV の広帯域

X線連星系の観測にも最適

130 eV (@ 6 keV) のエネルギー分解能

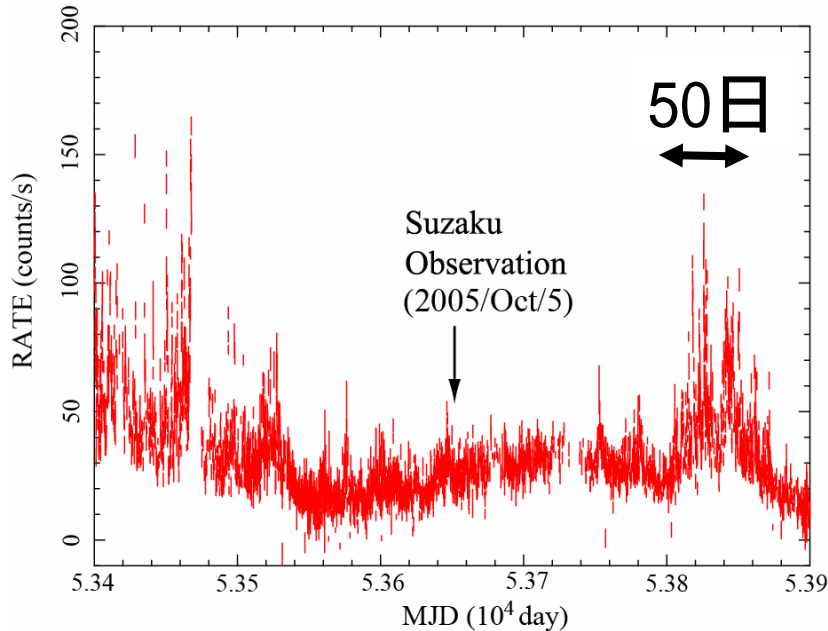
1秒/61 μ 秒の時間分解能

・WAMを用いたモニター観測なら 50 ~ 5000 keV (吉良講演)

「すざく」による Cyg X-1 観測

ライトカーブ

(RXTE衛星 / ASM: 1.5-12.5 keV)



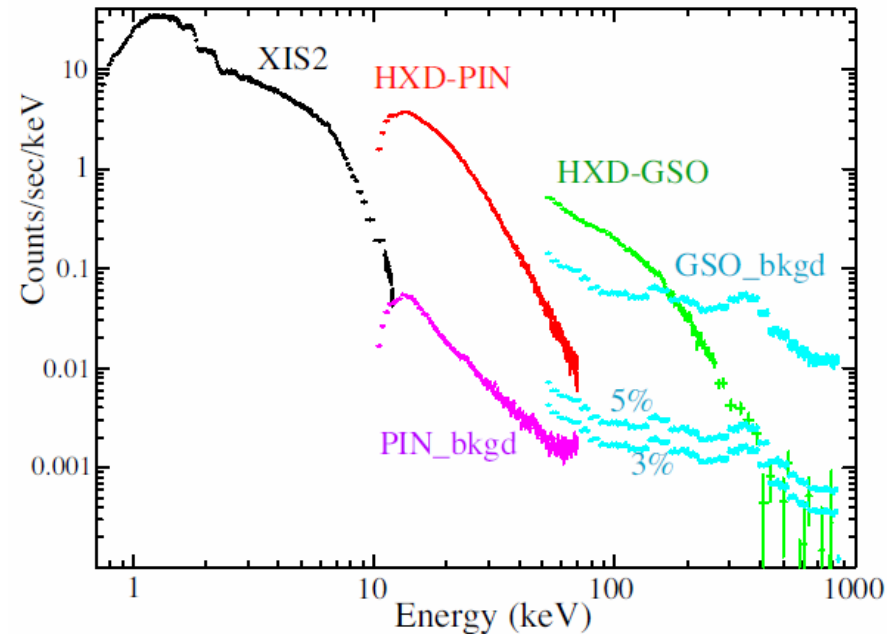
エネルギースペクトル

XIS

(0.7-10 keV)

HXD

(10-400 keV)

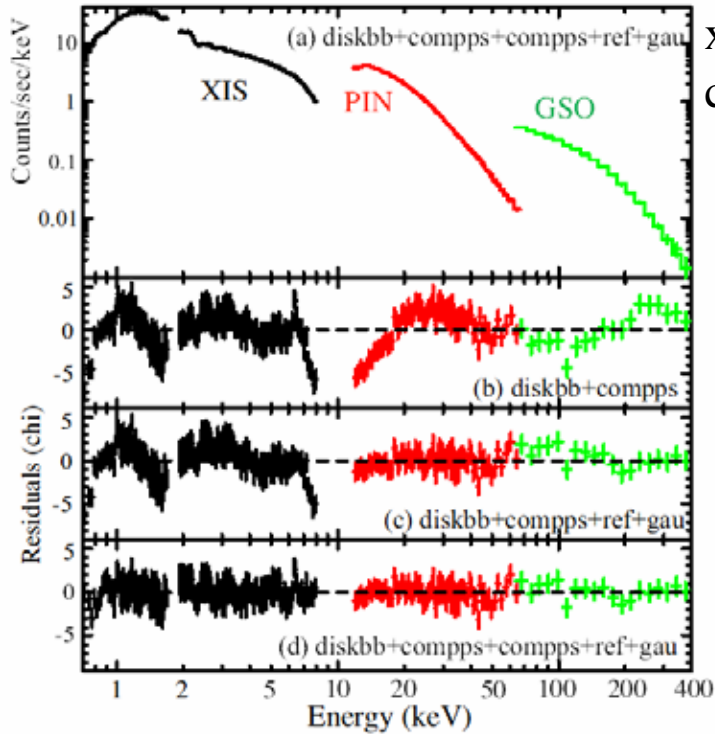


- ・2005年10月 (試験観測期間) に Low/Hard 状態を観測
- ・光度: $\sim 4.7 \times 10^{37}$ erg/s (@ 2.5 kpc)
- ・観測時間: ~ 17 ks

短時間で 0.7 ~ 400 keV の広帯域スペクトルを精度よく取得

全観測時間での平均エネルギースペクトル

熱的コンプトンモデルでの再現



xspec での
compss を使用

2 (dof)

3.9 (357)

2.6 (351)

1.1 (349)

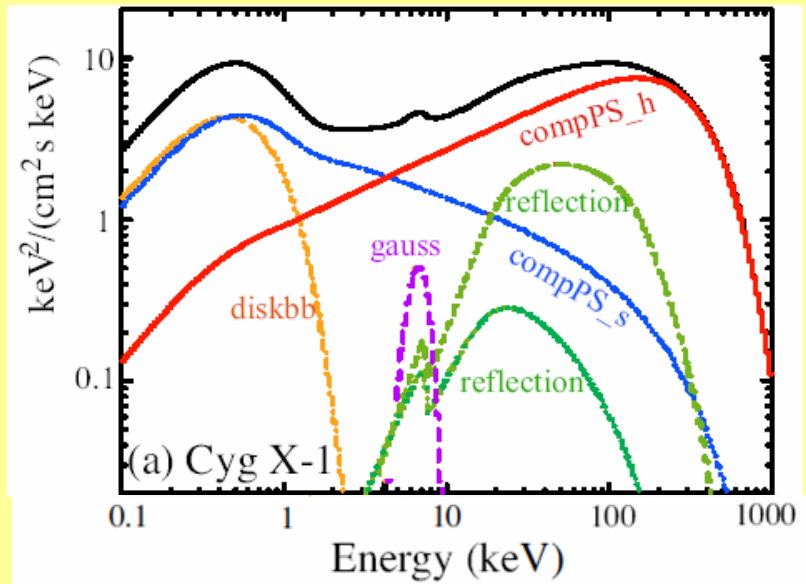
✗ 降着円盤 + 熱的コンプトン成分

✗ 降着円盤 + 熱的コンプトン成分 + 反射成分

降着円盤 + 2x熱的コンプトン成分 + 反射成分

- ・ $T_{in} \sim 0.2$ keV
- ・ $T_e \sim 100$ keV (共通)
- ・ $R_{in} \sim 250$ km
- ・ $\tau \sim 0.3, 1.5$
- ・ $\sim 6 R_s$
- ・ $R_{seed} \sim 200, 75$ km

νF_ν スペクトル

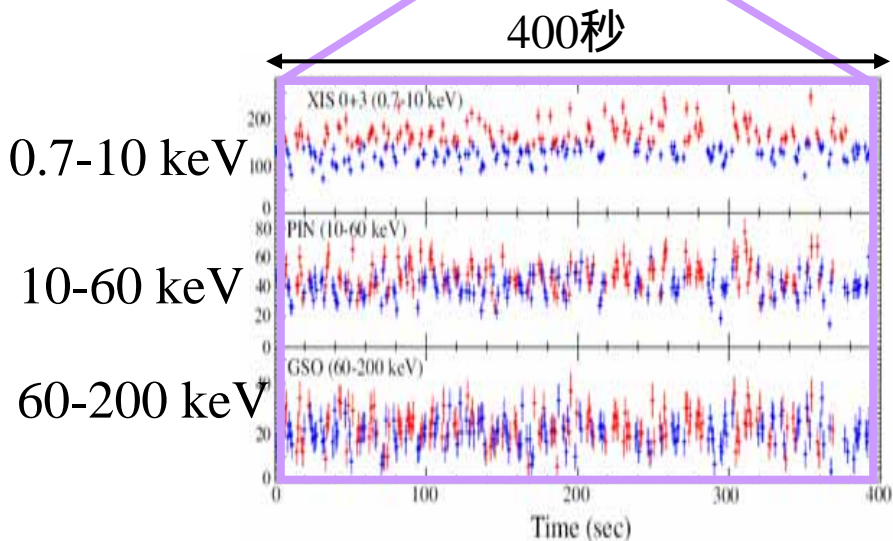
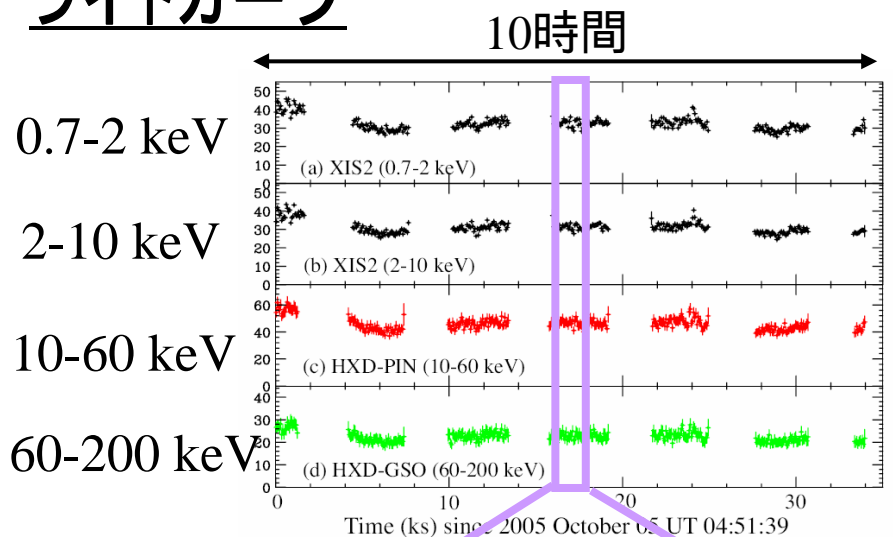


べきが帯域によって変化
降着円盤や反射成分では
再現できず(広帯域の重要性)

- ・ 2成分のコンプトン雲が
時間的/空間的に共存
- ・ じかに見える円盤放射と
同程度も種光子が存在

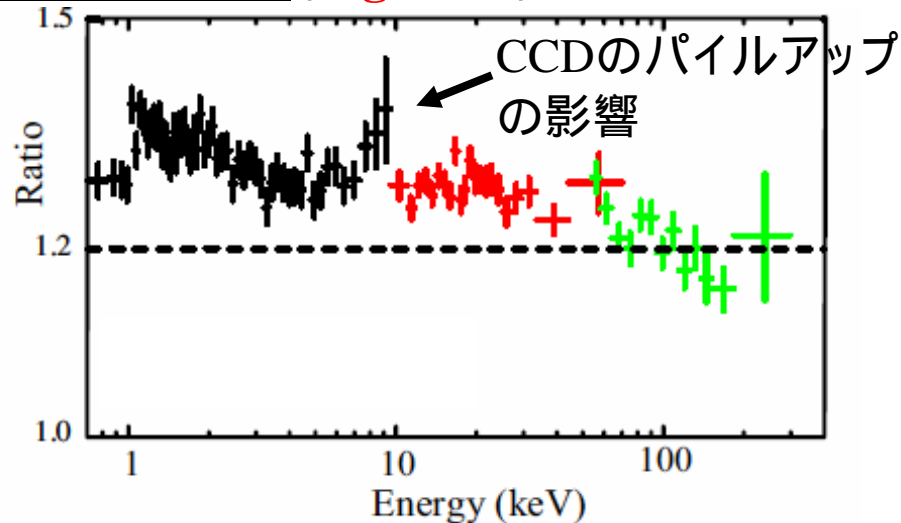
秒スケールでの時間変動 (shot)

ライトカーブ



統計の良い0.7-10 keV を使って、
high と **low** にスペクトルを切り分け

スペクトル比 (high/low)



秒の時間スケールで

- ・光度が ~ 30% 変動
- ・高エネルギー側ほど変化が小
(high のスペクトルはソフト)



high では

- ・種光子が増加
 - ・もしくは Te が減少
- コンプトン雲/円盤が変動?

GRO J1655-40 との比較

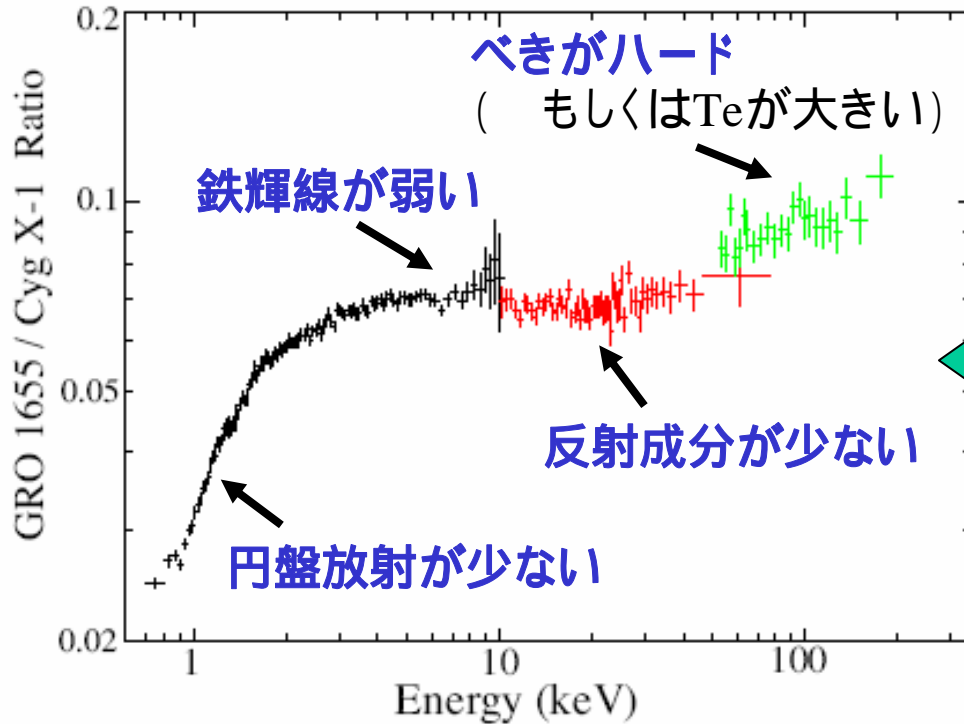
(高橋+ astro-ph/0707.3867)

GRO J1655-40

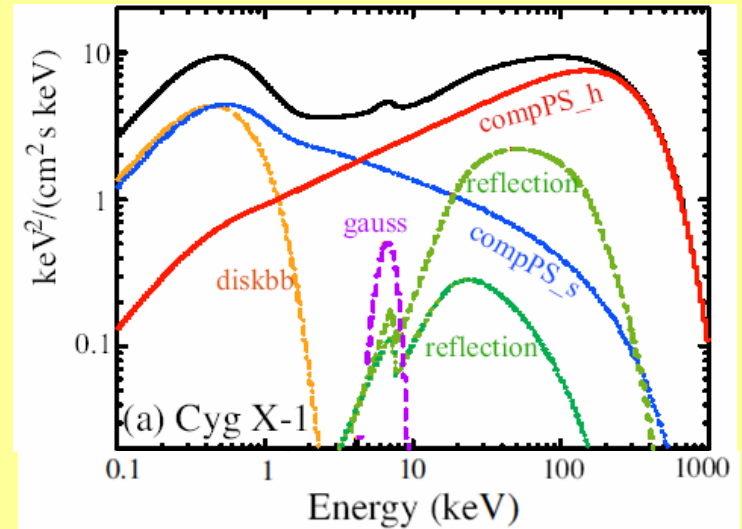
- ・Low/Hard 状態
- ・光度: $\sim 5 \times 10^{36}$ erg/s
(Cyg X-1 よりも1桁暗い)
- ・見込み角: $\sim 70^\circ$
(edge-on)

スペクトル比 (GRO J1655-40/Cyg X-1)

GRO J1655-40 の方が...



νF_ν スペクトル (Cyg X-1)



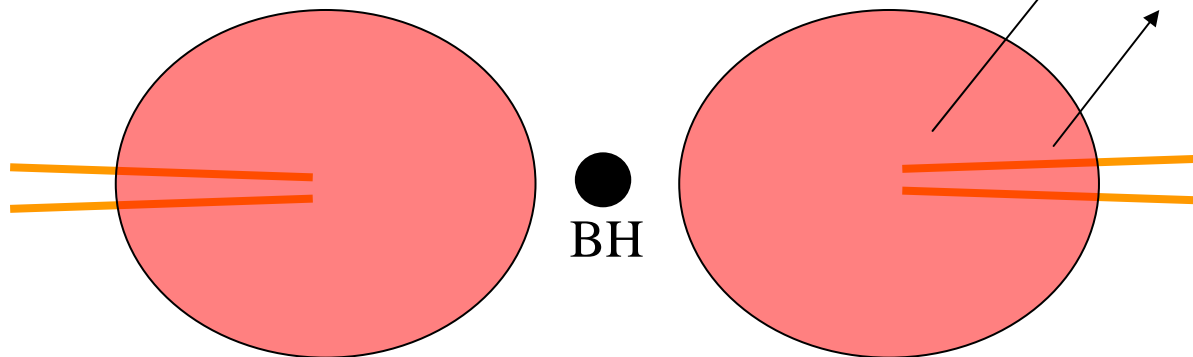
- ・円盤に起因する成分は、天体の見込み角に依存している
- ・熱的コンプトン成分は、
していない

熱的コンプトン放射のスケールハイトは、円盤よりも大きい可能性

Low/Hard 状態の物理的な描像の例

(空間的な解釈)

コンプトン雲の方が
スケールハイト:大



秒スケールでのコンプトン雲/円盤の変動？
種光子、もしくは T_e の変化

まとめ

- ・「すざく」衛星で、Low/Hard 状態の Cyg X-1 を17 ksec 観測した (光度: $\sim 4.7 \times 10^{37}$ erg/s)。
- ・0.7 ~ 400 keV のスペクトルから、2成分の熱的コンプトン雲が存在 ($\sim 0.3, 1.5$) し、その種光子の総量は、直に見えている円盤からの放射と同程度もあることを明らかにした。
- ・秒スケールで光度が $\sim 30\%$ 変動し、high のスペクトルの方がソフトになっていることを検出した。これは high の方が、種光子の総量が増加し、もしくは T_e が減少したことを示す。
- ・熱的コンプトン放射は、天体の見込み角にあまり依存していないことから、コンプトン雲は降着円盤よりも大きなスケールハイトを持つ可能性が示唆される。

「すざく」によって Low/Hard 状態の詳細な描像が見えてきた