



# はくちょう座 X-3 の 超ソフト状態の観測

三原建弘、松岡勝、杉崎睦(理研)、中島基樹(日大)、中平聡志(JAXA)、北本俊二(立教大)とMAXIチーム  
mihara@crab.riken.jp

概要: Cyg X-3はコンパクト星と10~30Moのウォルフライエ星の連星系である。濃い星風が強いX線により高階電離され、連星系を取り囲んで中心天体からのX線を散乱していると考えられている[1]。最近「電波クエンチ状態」の発見により、そのX線スペクトル変化から正体はブラックホール(BH)である可能性が高くなってきた[2]。

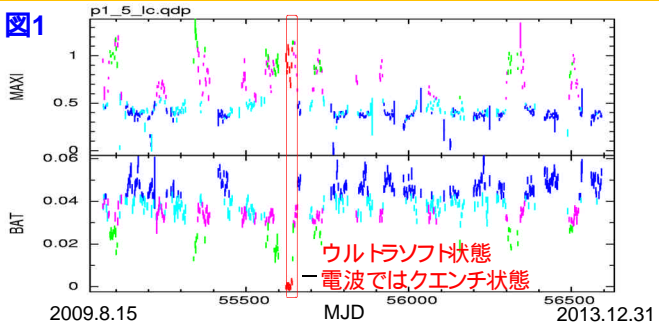
Cyg X-3は、スペクトルのsoft/hard 状態の強度変化に加えて、5、6年に1度くらい、「電波強度が1桁落ちる電波クエンチ状態」になる。2011年3月の同状態は開始から終了までMAXIでモニタされた。X線スペクトルは、ベキ型成分が消え、黒体放射(降着円盤黒体放射モデルの温度は1.6 keV)だけであった。いつも等価幅0.5~1.0 keVで顕著に見られる鉄輝線も検出限界以下であった(等価幅<0.2 keV)。このスペクトル変化からCyg X-3はブラックホール(BH)である可能性が高く、円盤温度からBH質量は軽い(回転していない場合1.7Mo)であることが示唆された。

2011年のクエンチ状態では、RXTE衛星(PCA装置)やSwift衛星(XRT装置)もひんぱんに観測を行っており、我々はこれらのデータを解析した。その結果、鉄輝線の平均等価幅は140eVと有意に求められた。鉄輝線の強度は、鉄輝線を生成する8~15 keVの連続X線成分の強度と相関していると考えてよい。つまりスペクトルの形が円盤黒体放射型になり鉄のKエッジ以上のX線が減ったため、鉄輝線も弱くなったと理解される。

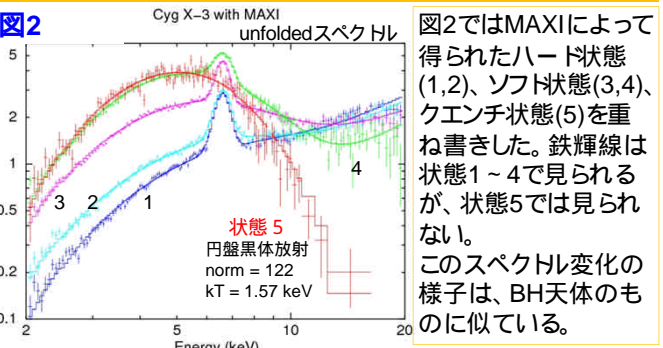
4.8時間軌道周期で4位相に分けてスペクトル解析を行ったところ、谷と落ちかけでは円盤黒体放射モデル( $kT=1.5$  keV)で合せることができたが、山と上りかけではPCAで15 keV以上の高エネルギー帯に残差が残った。BH近傍に存在するコンプトンガスの影響を考慮した円盤黒体放射コンプトン散乱モデル(nthcompモデル)を用いたところいずれの位相も合せることができ、円盤の温度は1.6 keVとなった。XRTでは、MAXIやPCAにないソフトX線(1~3 keV)のCCDによる高エネルギー分解能スペクトルが取れる。2~3 keV帯には硫黄などの光電離輝線が検出され、1.5 keV以下ではソフトX線超過が残った。ソフトX線超過は、吸収体中の炭素や酸素が電離して吸収が減るためと解釈される。そういった構造を近似的に表現する部分吸収モデル(pcfabsモデル)を用いたところ、よくフィットできた。低エネルギーでの部分吸収と高エネルギーでの鉄エッジを统一的に表現できる電離吸収体のスペクトルモデル(absoriモデル)を用いたところ、おおまかな形は再現できた。

RXTE衛星とSwift衛星の詳細スペクトルを用いても、MAXIの観測と-consistentな1.6 keVの降着円盤の黒体放射モデルの温度が得られた。これより最小安定円軌道(ISCO)半径3Rsの仮定をすると、BHの質量は1.7Moと求められる。最大回転カーBH(SCO=0.5Rs)の場合は10 Moとなる。

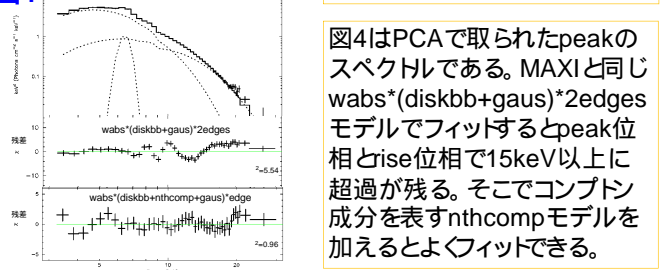
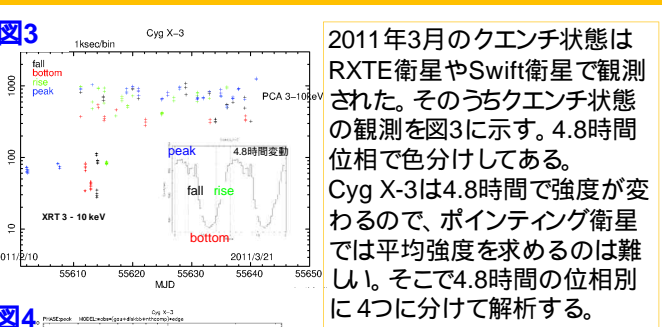
## 1. MAXI/GSC (2-20 keV) と Swift/BAT (15-50 keV) の光度曲線



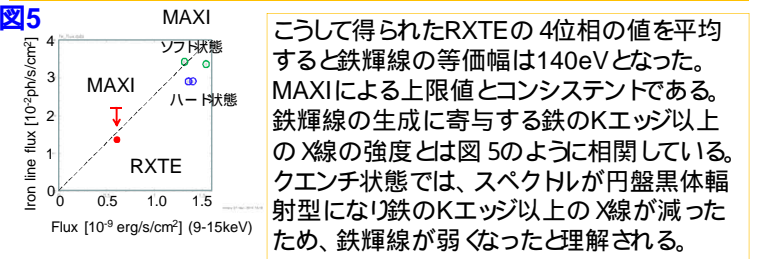
## 2. MAXIによるCyg X-3の5状態のスペクトル



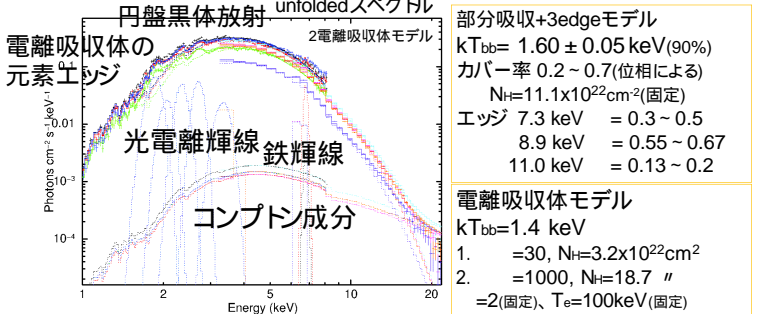
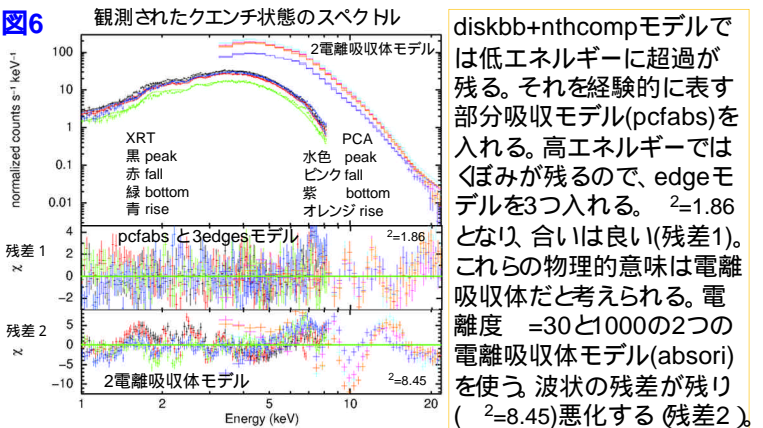
## 3. RXTE衛星PCA装置とSwift衛星XRT装置の観測



## 4. 鉄輝線



## 5. XRTとPCAのスペクトル同時フィット (1-20 keV)



## 6. まとめ

- (1) Cyg X-3のスペクトル変化は、BH連星のものに似ている。  
→ **Cyg X-3 はブラックホール。**
- (2) RXTE衛星PCAとSwift衛星XRTのスペクトルを4.8時間位相で分けて同時フィットを行った。部分吸収+3edgeモデルで合わせられる。物理的意味を持つ**電離吸収体モデル**でもおおまかに表すことができる。
- (3) いずれのモデルでも円盤黒体放射の温度は1.6 keV程度になる。  
→ **Cyg X-3のBH質量は約1.7-10 Mo: 軽いBH。**

参考文献 [1] Bonnet-Bidaud+ (1988) Phys. Rep. 170, 325、[2] Zdziarski+ (2010) MNRAS 402, 767