

**「すざく」衛星を用いた  
共生X線連星 IGR J16194-2810 の  
Low/Hard 状態の観測(2)**

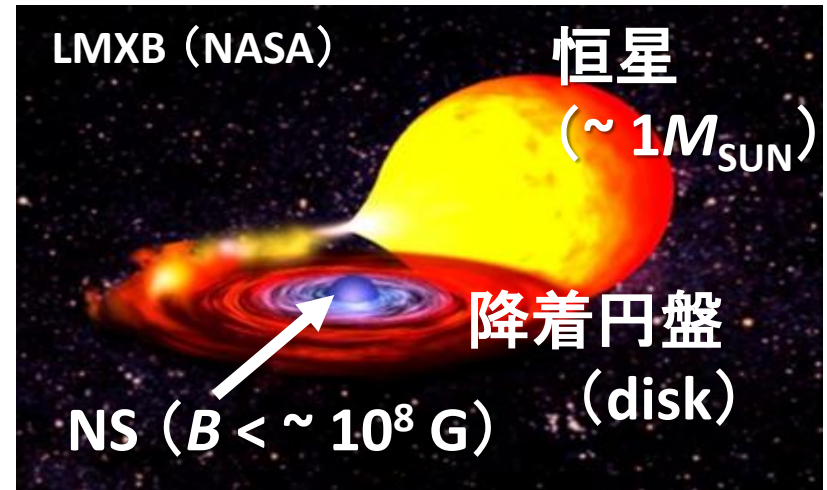
**広島大学**

**北村唯子、高橋弘充、深沢泰司**

# 低質量X線連星 (LMXB) の Low/Hard 状態

## ● LMXBの物理状態

- 弱磁場中性子星 (NS) + 恒星。
- 恒星がロッシュローブを満たす。  
=> NSへ質量降着が生じ、NS周りに降着円盤形成。



## ● Low/Hard 状態とは？

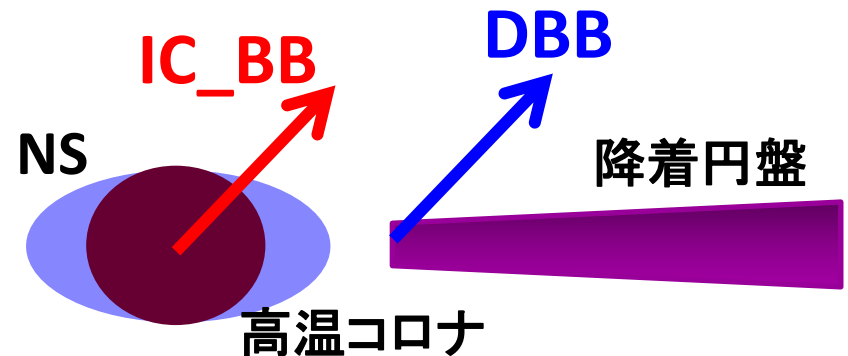
- 光度 (質量降着率)  $L < \sim 10^{36} \text{ erg s}^{-1}$  ( $\sim 0.01L_{\text{Edd}}$ ) 以下と低い。
- 周囲に高温のコロナが存在し、NSからの放射を叩き上げていると考えられる。

$L \sim 10^{36} \text{ erg s}^{-1}$  では

Disk Black Body (DBB)

+

Inverse Compton\_BB (IC\_BB)



$L < \sim 10^{36} \text{ erg s}^{-1}$  より暗い場合には、どのような物理状態になるのか？

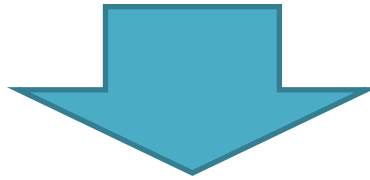
# 共生X線連星

(**Symbiotic X-ray Binary; SyXB**)

● **LMXB**の一種で、NSと赤色(M型)巨星の連星系のこと。

## ● 特徴

- 可視光のスペクトルで**温度の低い吸収線**(赤色巨星由来) + **温度の高い輝線**(おそらくNS由来)が同時に観測される。
- 赤色巨星からの星風により、質量降着をしている。
- 一般的な**LMXB**と比較して、長い軌道周期とNSの長い自転周期がみられる。



- ◆ LMXBとHMXBの中間の年齢にあるのではないか？
- ◆ LMXBの進化過程を探る上で重要となる。

# 「すざく」による IGR J16194-2810 の観測

## ◆解析天体：IGR J16194-2810

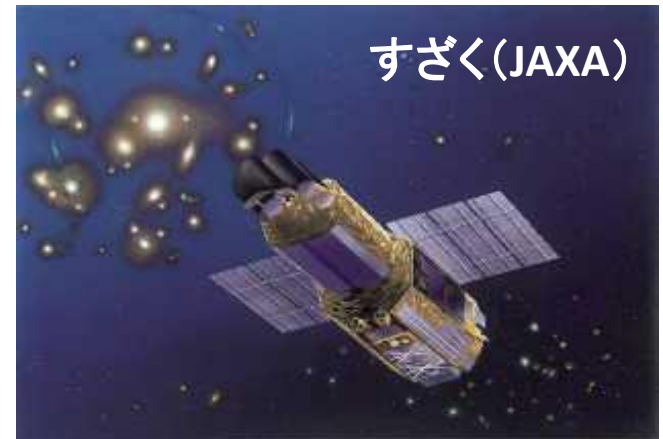
- ・ **SyXB** (NS と M型巨星の連星系)
- ・ 天体までの距離： $d \sim 3.7$  kpc (比較的近傍に存在)
- ・ 自転パルス周期は検出されていない(弱磁場 NS か?)
- ・ 光度： $L_{2-10} \sim 7.2 \times 10^{34}$  erg s<sup>-1</sup> (Masetti et al. 2007)

## ◆「すざく」による観測ログ

- ・ 観測期間：2009年2月5 ~ 2月6日
- ・ 有効観測時間：約 45 ksec
- ・ 光度： $L_{0.8-10} \sim 7.6 \times 10^{34}$  erg s<sup>-1</sup> (過去の観測とほぼ一定の値)

## ◆エネルギー帯域

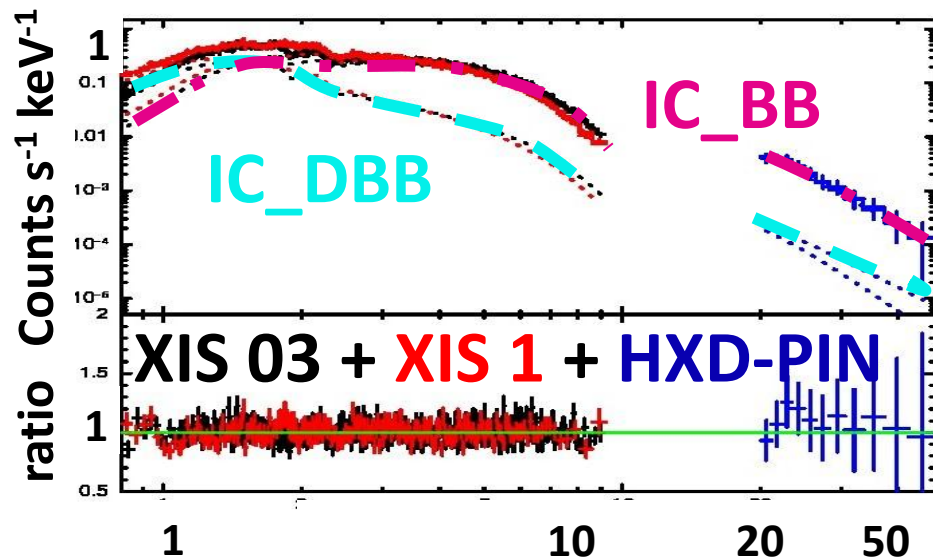
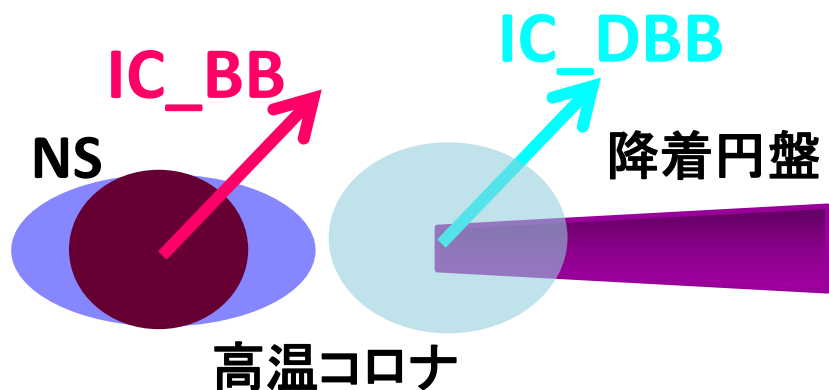
- ・ XIS 0, 1, 3 : 0.8 – 10 keV
  - ・ HXD-PIN : 20 – 50 keV
- =>幅広いエネルギー帯域のデータの取得可能



# 研究目的

- (1) 低光度 ( $L < \sim 10^{36} \text{ erg s}^{-1}$ ) NS-LMXB観測し、光度(質量降着率)の違いによりNS周辺の物理状態がどのように変化するか？  
(昨年報告; 2011年秋季 J49a)

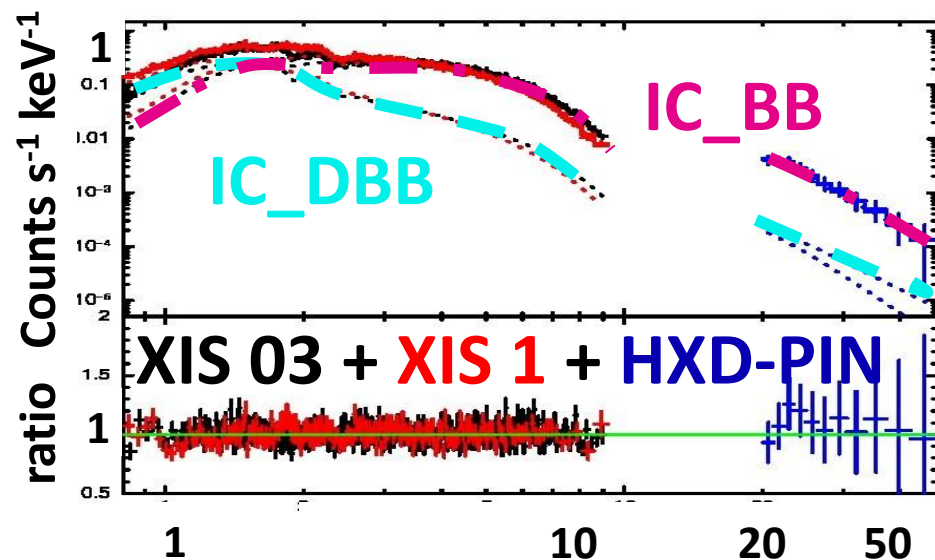
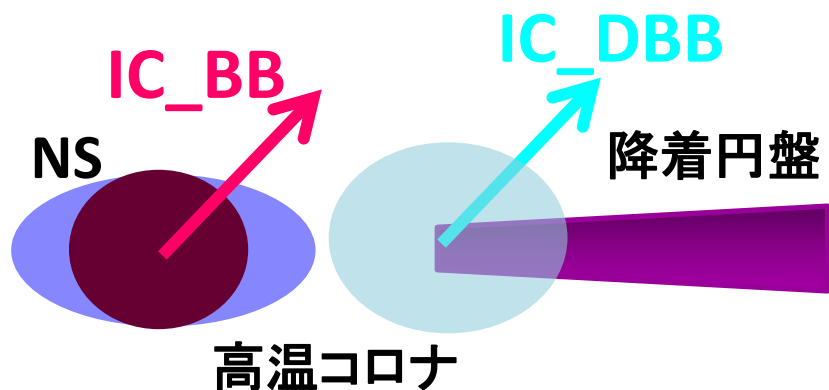
=> スペクトルは2成分で再現できた



# 研究目的

- (1) 低光度 ( $L < \sim 10^{36}$  erg s $^{-1}$ ) NS-LMXB観測し、光度(質量降着率)の違いによりNS周辺の物理状態がどのように変化するか?  
(昨年報告; 2011年秋季 J49a)

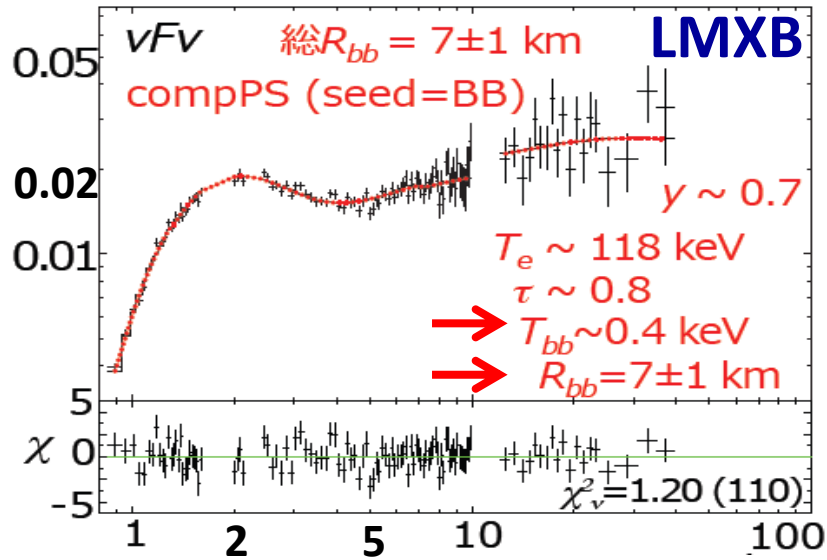
=> スペクトルは2成分で再現できた



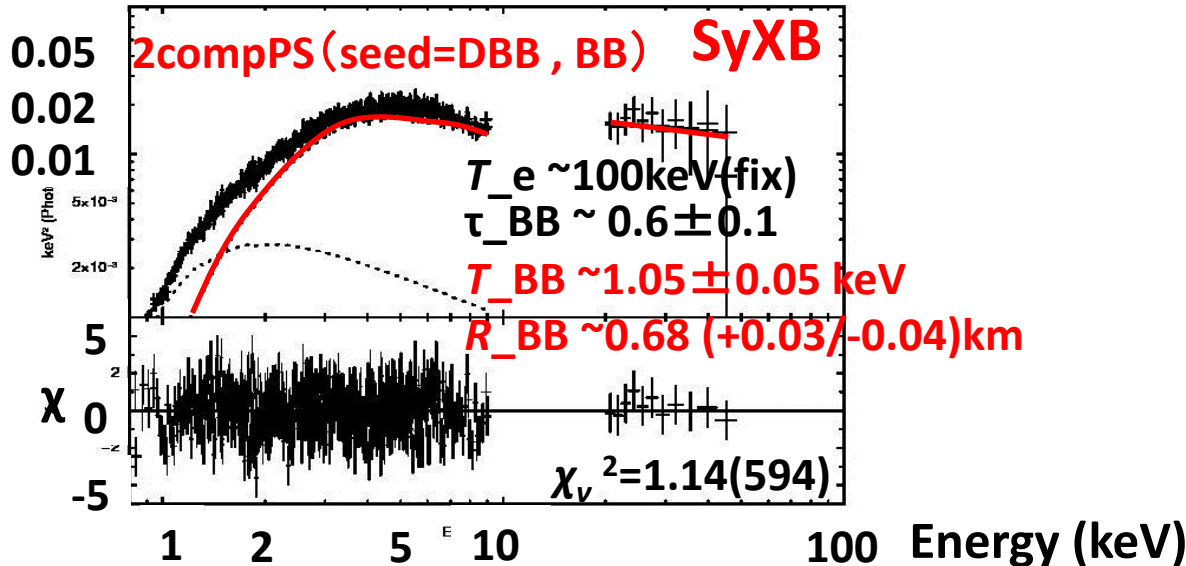
- (2) 一般的なLMXBと、光度(質量降着率)の異なるSyXBと比較し、SyXBの描像を明らかにする。

# LMXBとのスペクトルの比較

▪ Aql X-1  $L \sim 5.0 \times 10^{35} \text{ erg s}^{-1}$

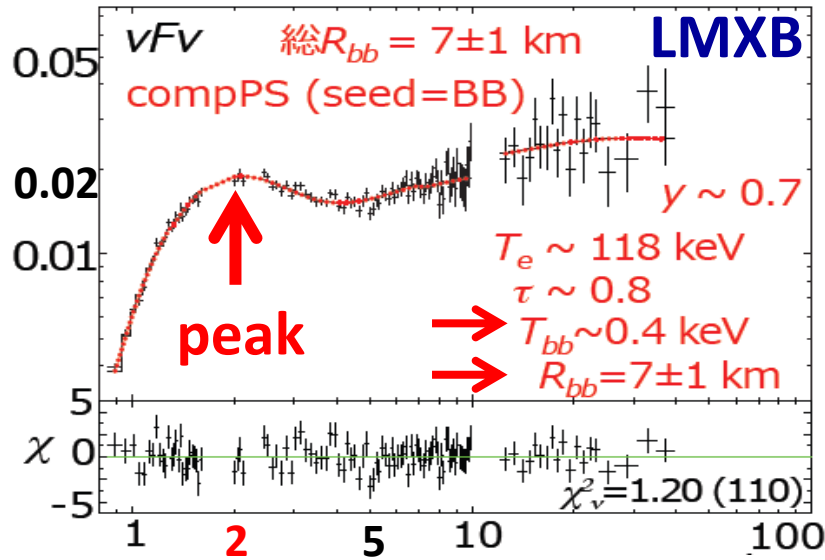


▪ IGR  $L \sim 7.6 \times 10^{34} \text{ erg s}^{-1}$



# LMXBとのスペクトルの比較

▪ Aql X-1  $L \sim 5.0 \times 10^{35} \text{ erg s}^{-1}$

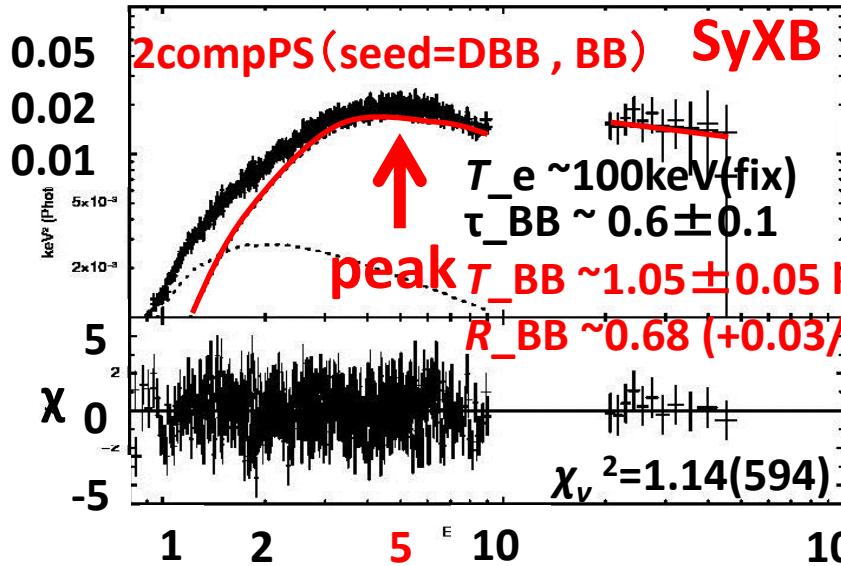


◆なぜ高温で狭い領域から放射が起こるのか？

IGRは、黒体放射のピークがAql X-1に比べ高エネルギー側にある



▪ IGR  $L \sim 7.6 \times 10^{34} \text{ erg s}^{-1}$



ステファン=ボルツマンの法則

$$L \propto R^2 T^4$$

の関係から

- IGR  $T_{BB} \rightarrow$  高,  $R_{BB} \rightarrow$  小
- Aql X-1  $T_{BB} \rightarrow$  低,  $R_{BB} \rightarrow$  大

# 光度の違うSyXBとのパラメータの比較

- 4U 1700+24: **SyXB** (Nagae et al. 2008)
- Aql X-1 : **LMXB** (Sakurai et al. 2011年秋季 J48a)

	4U 1700+24 ( <b>SyXB</b> )	IGR J16194—2810 ( <b>SyXB</b> )	Aql X-1 ( <b>LMXB</b> )
$T_{BB}$ (keV)	0.76—1.07	$1.05 \pm 0.02$	0.4
$R_{BB}$ (km)	0.045—0.24	$0.68 +0.03/-0.04$	$7 \pm 1$
$L$ ( $\times 10^{35}$ erg $s^{-1}$ )	$2 \times (10^{-3}—10^{-1})$	$7.6 \times 10^{-1}$	5.0

# 光度の違うSyXBとのパラメータの比較

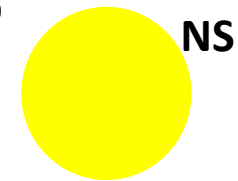
- ・4U 1700+24: **SyXB** (Nagae et al. 2008)
- ・Aql X-1 : **LMXB** (Sakurai et al. 2011年秋季 J48a)

	4U 1700+24 ( <b>SyXB</b> )	IGR J16194—2810 ( <b>SyXB</b> )	Aql X-1 ( <b>LMXB</b> )
$T_{BB}$ (keV)	0.76—1.07	$1.05 \pm 0.02$	0.4
$R_{BB}$ (km)	0.045—0.24	$0.68 +0.03/-0.04$	$7 \pm 1$
$L$ ( $\times 10^{35} \text{ erg s}^{-1}$ )	$2 \times (10^{-3} - 10^{-1})$	$7.6 \times 10^{-1}$	5.0

● **SyXB** : NSの高温 ( $\sim 1 \text{ keV}$ ) で狭い領域 ( $< 1 \text{ km}$ ) から放射

?

● **LMXB** : NS全面 ( $\sim 10 \text{ km}$ ) が光っており、低温 ( $< 1 \text{ keV}$ )



BB放射領域

光度は同程度であるが、放射領域に違いがみられた。

# 議論：NSの放射半径の小さい理由

## ● SyXB の考えられる描像

- NSの両磁極が光っているか？
  - 赤道面が光っているか？
  - Hot spotからの放射か？
- etc...

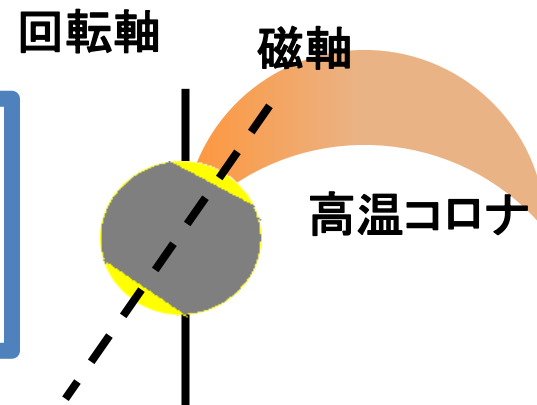
# 議論: NSの放射半径の小さい理由

## ● SyXB の考えられる描像

- NSの両磁極が光っているか？
- 赤道面が光っているか？
- Hot spotからの放射か？ etc...

- SyXB の NS => LMXB よりも磁場強い
- 低光度 => 低 $\dot{M}$  であるため、磁場の影響が強い

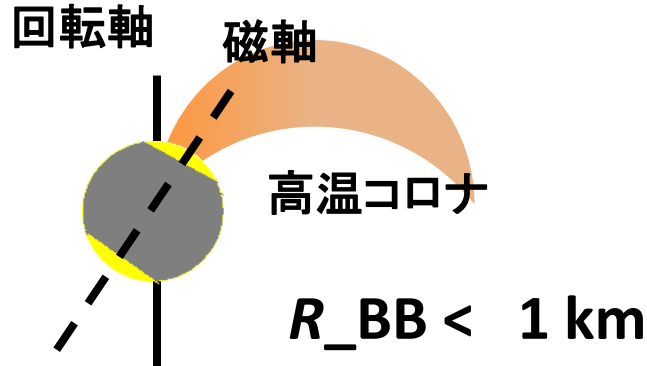
- NSの両磁極が光っている？  
=> NS の高温 ( $\sim 1$  keV ) で狭い領域 ( $< 1$  km )  
から放射されているのではないか？



# 議論: NSの放射半径の小さい理由

## ● SyXB

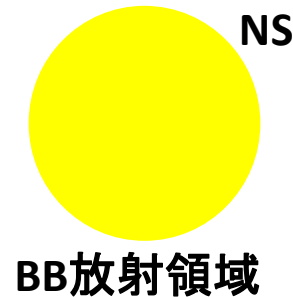
- ・IGR J16194—2810
- ・4U 1700+24



→ 磁極のより近傍が光っている

## ● LMXB

Aql X-1



→ NSのほぼ全面が光っている

◆ SyXBの方が磁場が強く、磁極付近に質量降着しているためか？

◆ 自転パルス周期の探査 => 今回の観測からパルスは検出されなかった  
【仮説】自転パルス周期が数時間以上と長い

=> 典型的な衛星の観測時間では周期を検出できないためか？

(例) GX 1+4 :  $P_s \sim 150 \text{ sec}$  , 4U 1954+31 :  $P_s \sim 5 \text{ hour}$

# まとめ

- 低光度 ( $L < \sim 10^{35} \text{ erg s}^{-1}$ ) SyXB (NS-LMXB) IGR J16194—2810の「すざく」による観測
- SyXB の 4U 1700+24 と一般的な LMXB の Aql X-1 と比較
  - SyXB : IGR J16194—2810, 4U 1700+24 は  $R_{\text{BB}} < 1 \text{ km}$
  - LMXB: Aql X-1 は  $R_{\text{BB}} \sim 10 \text{ km}$
- 同程度の光度でも  $R_{\text{BB}}$  に違いあり
  - SyXB は磁場が一般的な LMXB よりも特に強いため、磁極付近に物質が落ち込む？
- 自転パルス周期の探査
  - パルスは検出されなかった  
=>【仮説】これは自転周期が数時間と長いためか？

