

大質量X線連星 GX 301-2 における 増光時の円盤降着の幾何構造



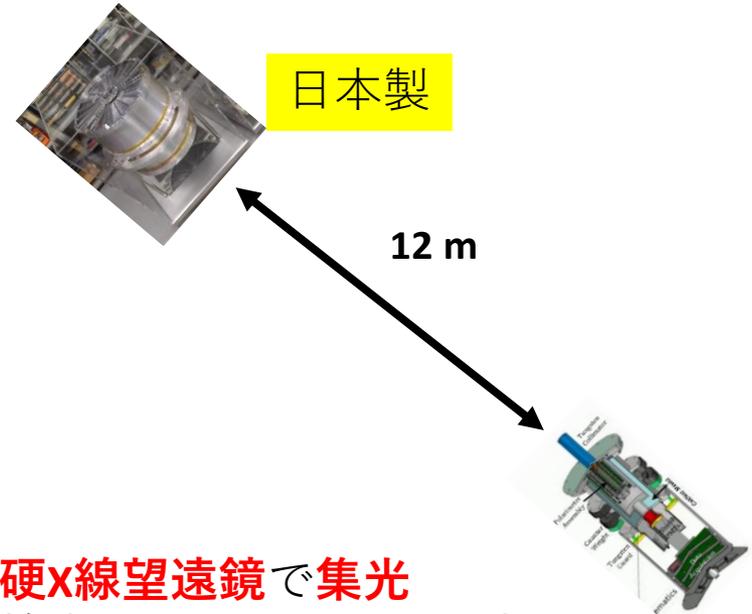
高橋弘充（広島大学）、**XL-Caliburチーム**



硬X線偏光：日米瑞の国際協力

PI: Henric Krawczynski
(ワシントン大学)

V321b: 松本
V335a: 前田 (本日午後)



硬X線望遠鏡で集光
検出器はコンパクトで良い
=>低バックグラウンド

次回は2022年にスウェーデンで放球
Crab, Cyg X-1, (Her X-1)

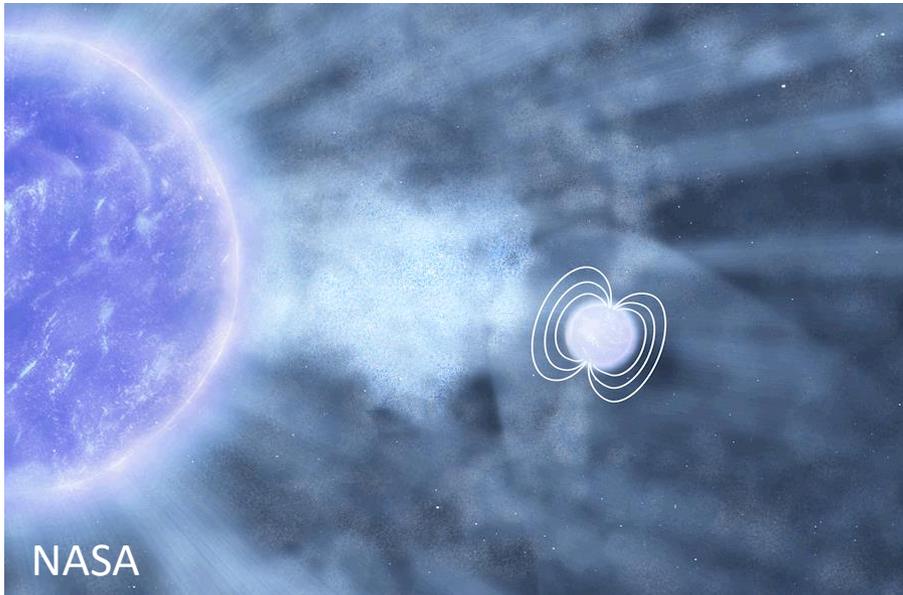
宇宙研：小規模計画で支援

大質量X線連星 **GX 301-2** における 増光時の円盤降着の幾何構造

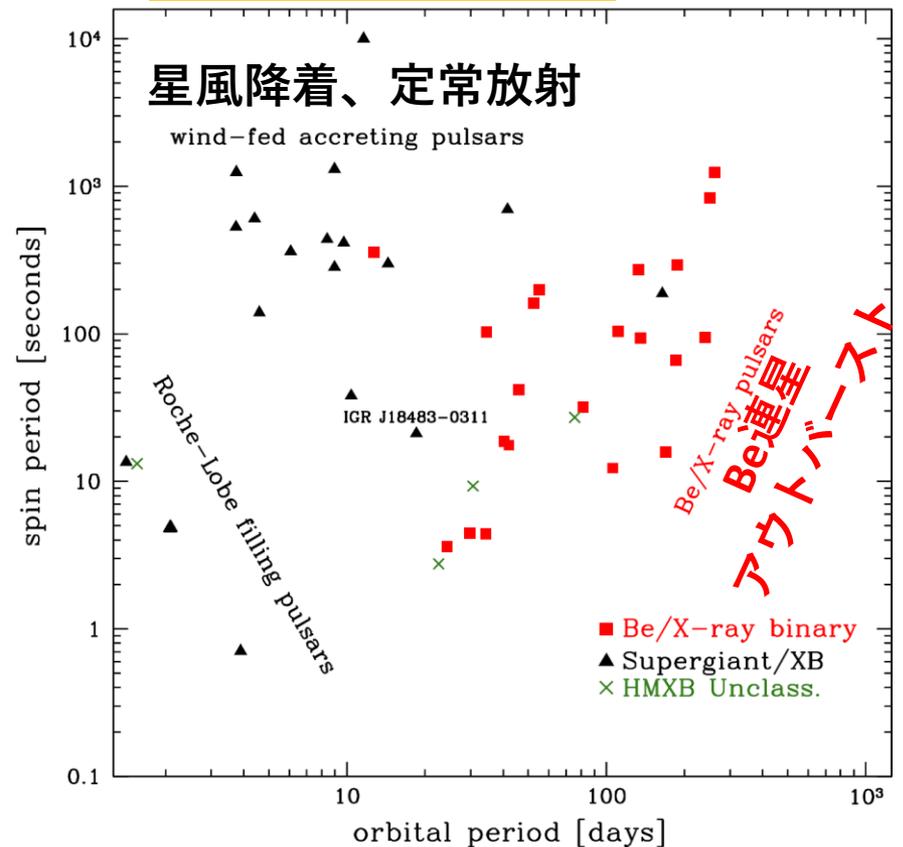
高橋弘充（広島大学）、XL-Caliburチーム

GX 301-2 :

南天（南極）でVela X-1の次に明るい
GX301-2, Vela X-1ともに大質量X線連星
サイクロン吸収線：~26 keV
恒星：青色極巨星BP Crucis



Corbetダイアグラム (Chanty 2011)

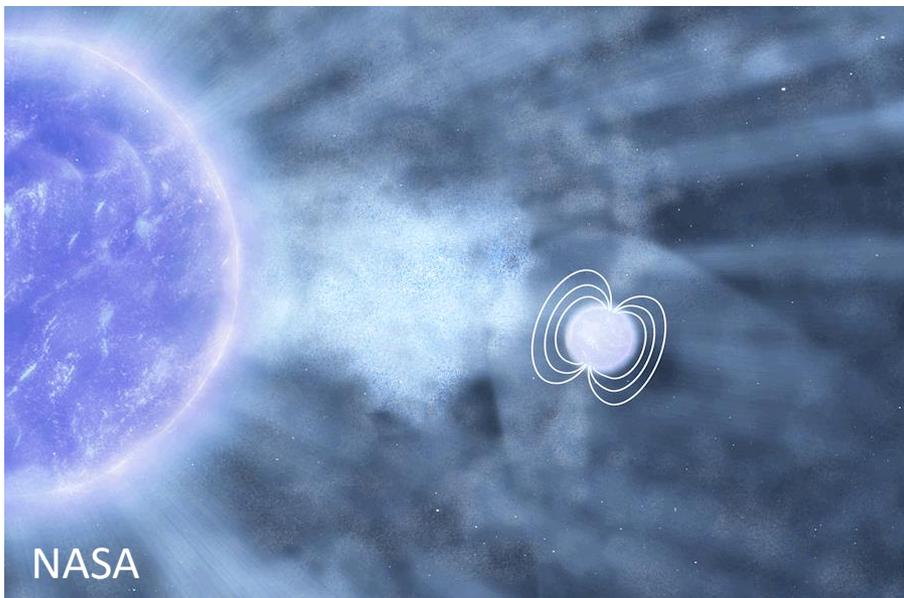


大質量X線連星 **GX 301-2** における 増光時の円盤降着の幾何構造

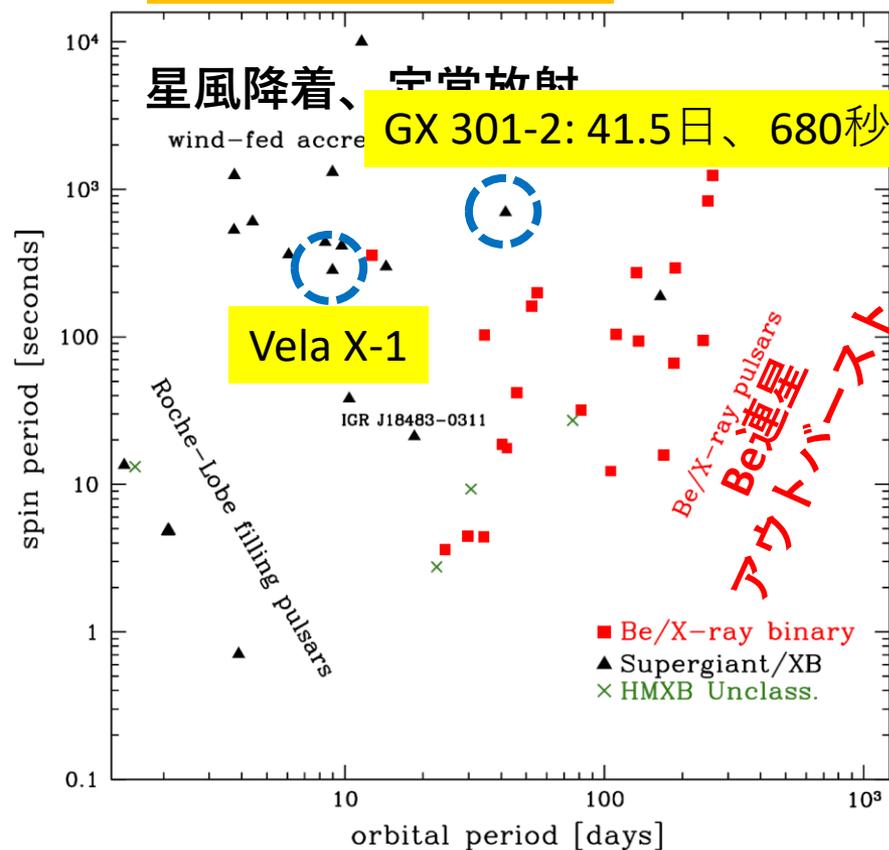
高橋弘充（広島大学）、XL-Caliburチーム

GX 301-2 :

南天（南極）でVela X-1の次に明るい
GX301-2, Vela X-1ともに大質量X線連星
サイクロン吸収線：~26 keV
恒星：青色極巨星BP Crucis



Corbetダイアグラム (Chanty 2011)



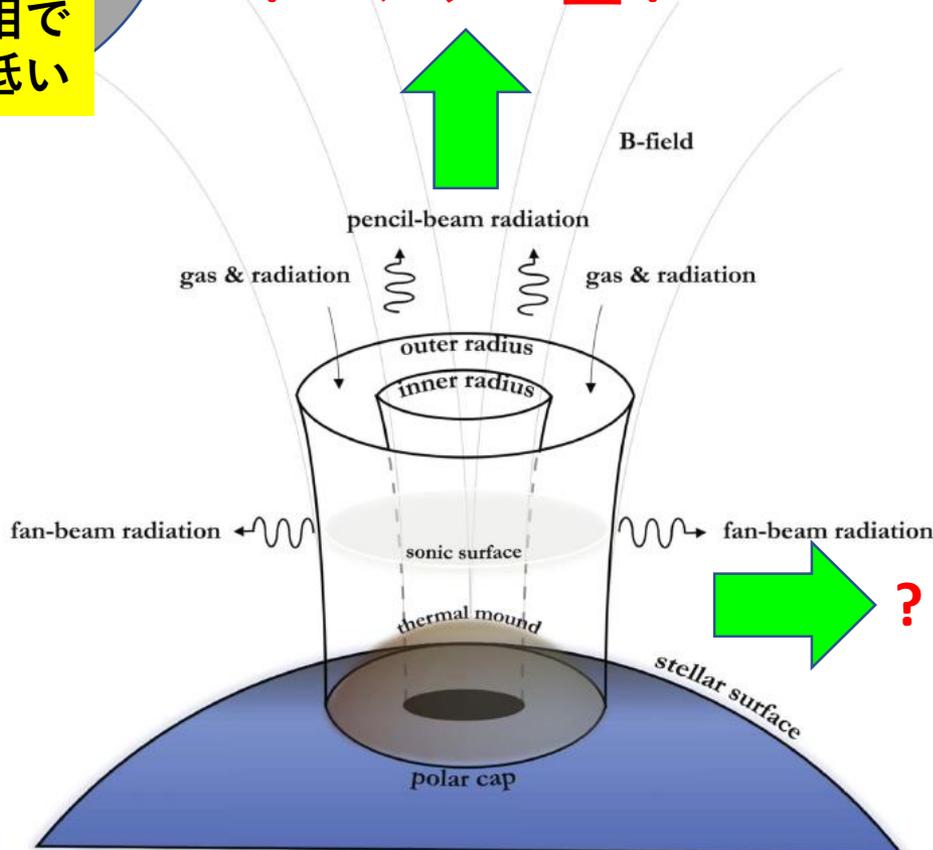
質量降着型パルサーの放射モデル



明るい位相で
偏光度：低い

West, Wolfram, & Becker

? ペンシル型 ?



明るい位相で
偏光度：高い
~30%

? ファン型 ?

2018年X-Calibur 全体像 (~2トン)



2018年X-Caliburフライト履歴

放球：12/30 9:15AM (LT)

高度：40 kmに到達

観測天体：質量降着型パルサー

GX 301-2, Vela X-1 (南天)

GX 301-2 は 600 mCrab

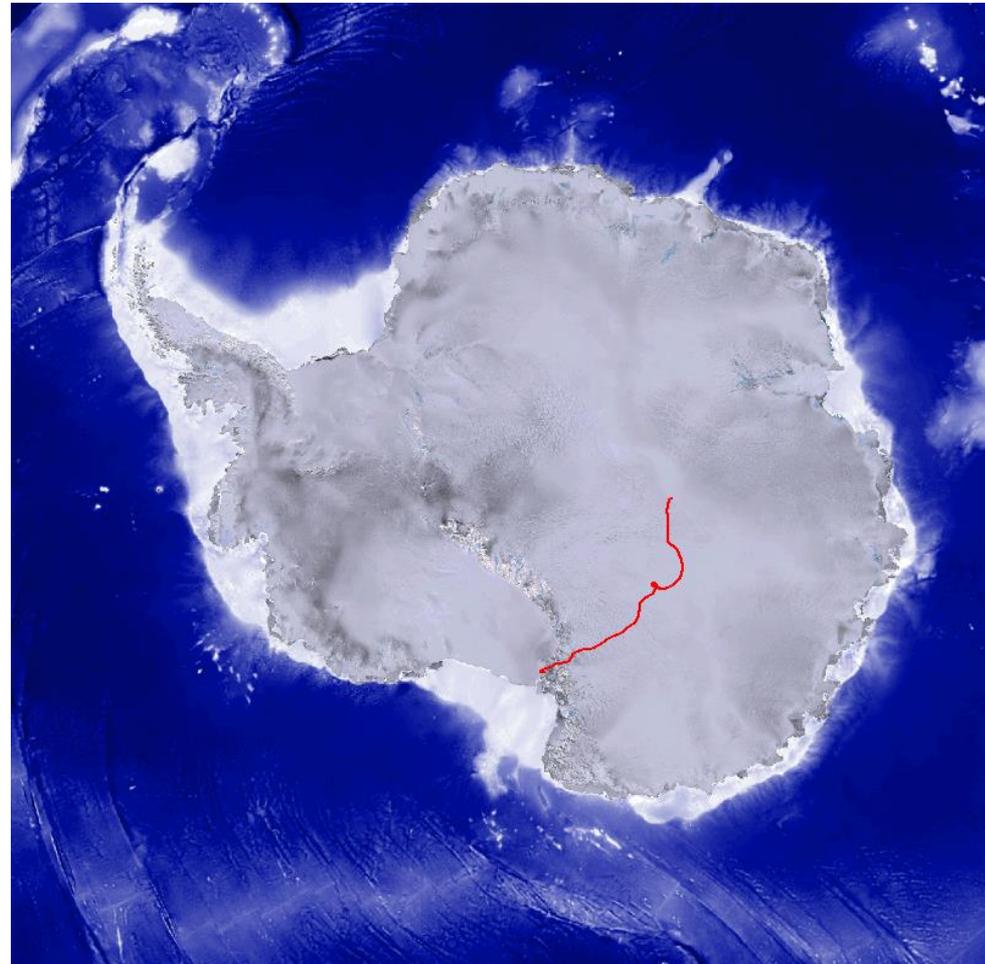
$\sim 10^{36}$ erg/s @ 3.5 kpc

姿勢制御：1秒角以下の高精度

着陸：1/2 11:40AM (LT)

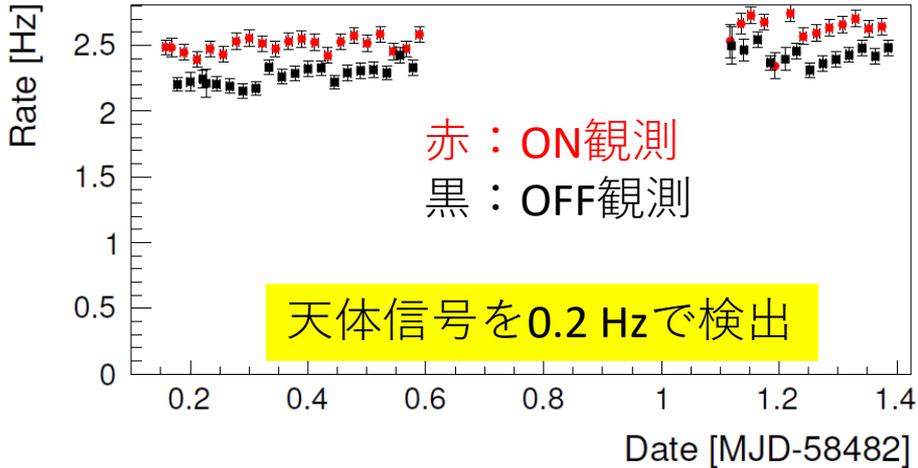
He漏れのため

⇒ データ解析 (上限値 Abarr+2020)
次回フライトを目指す



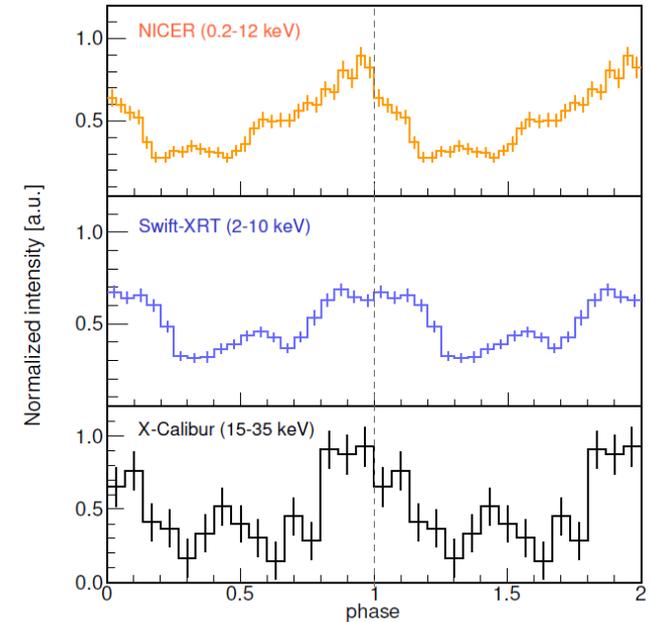
X-Calibur観測結果 (2018年 GX 301-2)

ライトカーブ (コンプトン偏光信号)

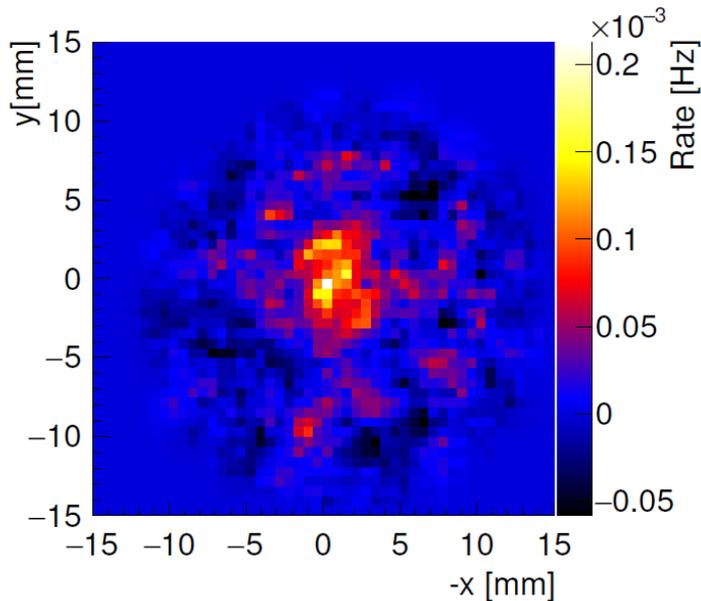


(Abarr et al. 2020)

パルス周期 (~680秒)



イメージ (偏光計の下面に設置)

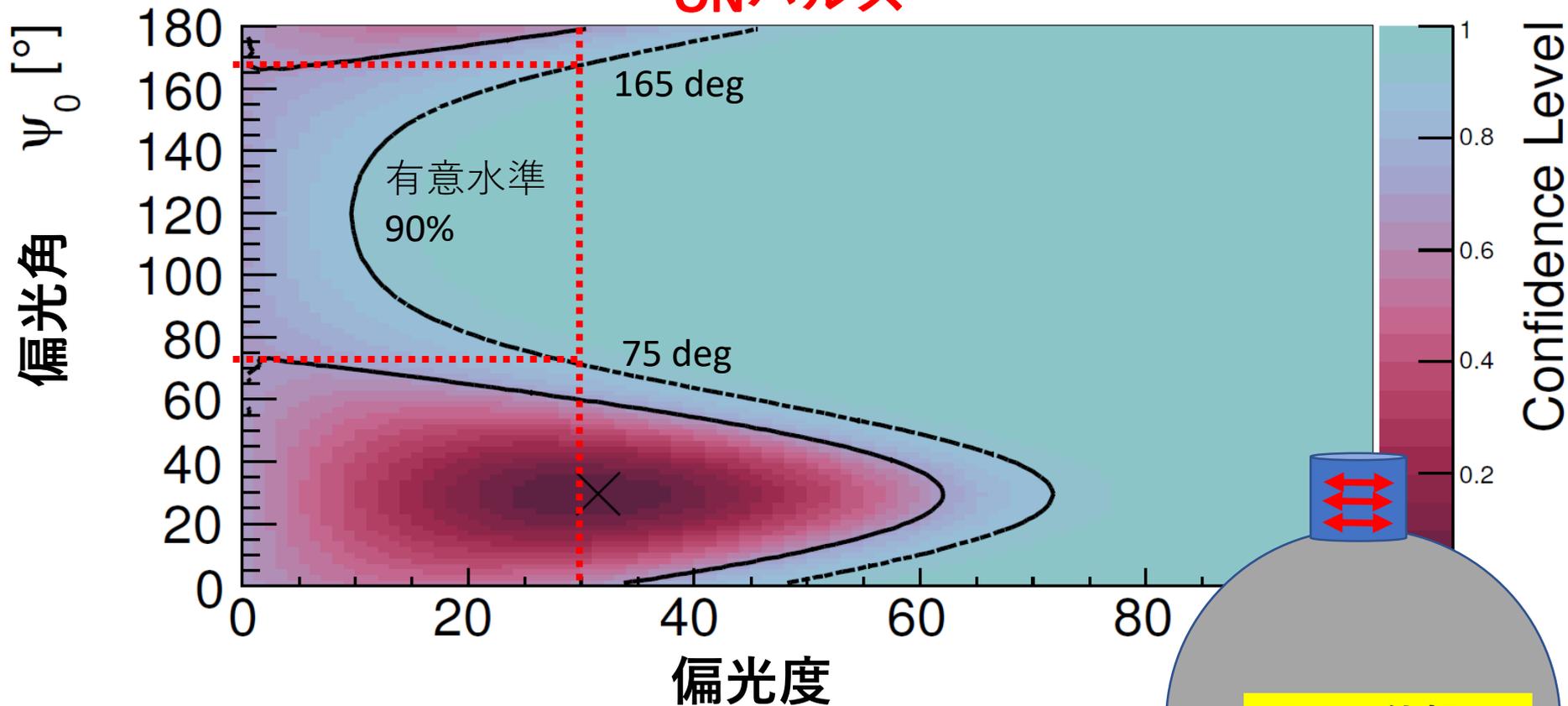


望遠鏡で集光した天体信号を検出している

- ・ ライトカーブ
- ・ パルス
- ・ イメージ

X-Calibur観測結果 (2018年 GX 301-2)

ONパルス

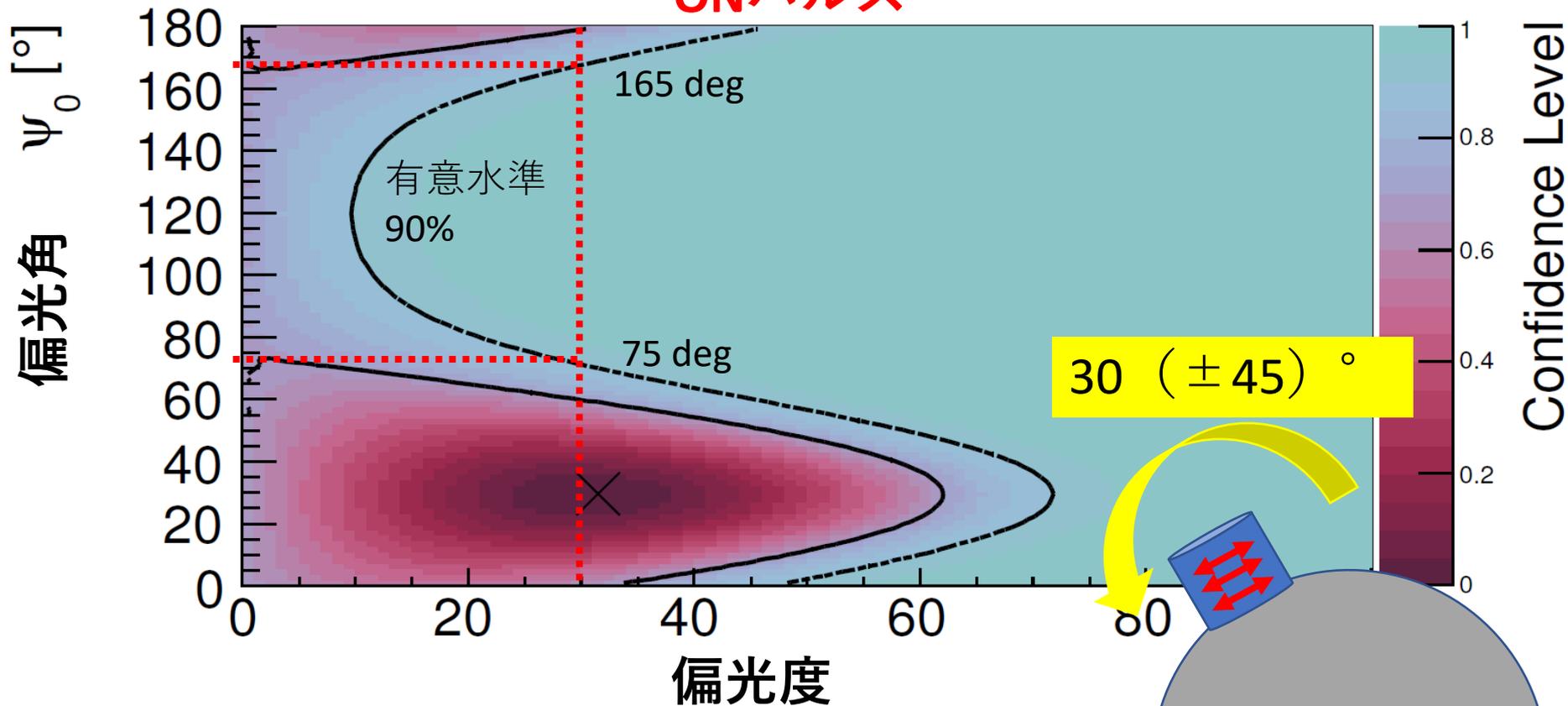


ペンシル型：偏光度が低いので、制限できない

ファン型：偏光度30% (Meszaros+1988) を想定すると、
偏光角は $30 (\pm 45)^\circ \leq 75-160^\circ$ ではない

X-Calibur観測結果 (2018年 GX 301-2)

ONパルス

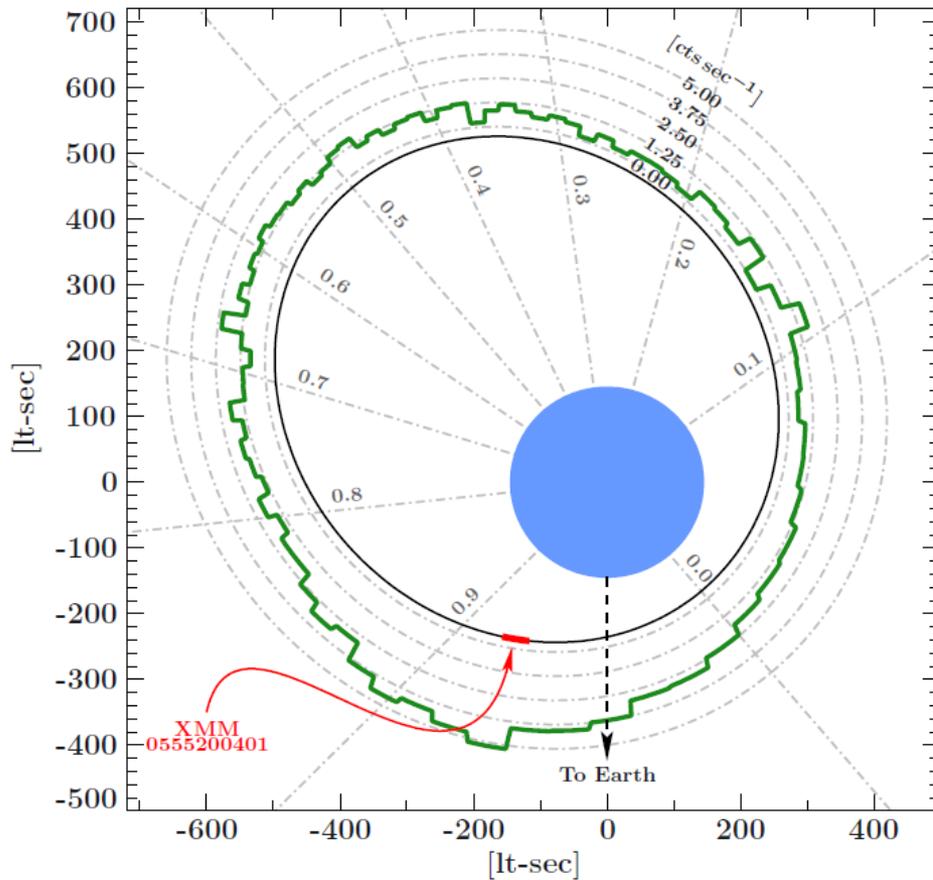


ペンシル型：偏光度が低いので、制限できない

ファン型：偏光度30% (Meszaros+1988) を想定すると
偏光角は $30 (\pm 45)^\circ \leq 75-160^\circ$ ではない

軌道情報

Furst+2011



Kaper+2006

$44^\circ < \text{Inclination: } i < 78^\circ$
(best: $i \sim 66^\circ$)

44° : 中性子星質量 $< 3.2 \text{ Msun}$

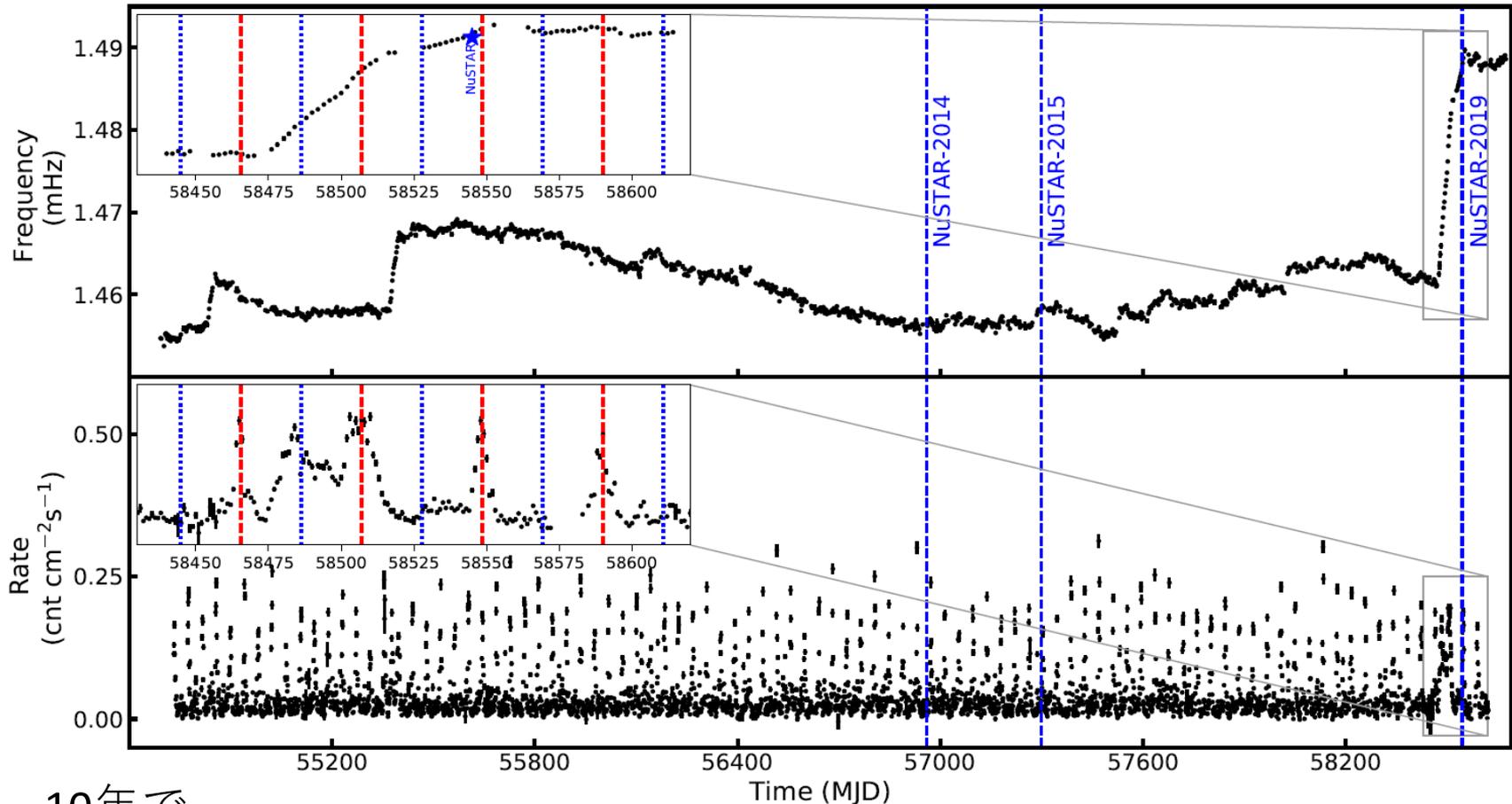
$(49^\circ$: $< 2.5 \text{ Msun})$

78° : 蝕なし

- 中性子星の磁軸
 - 軌道のinclination
- の関係から何か議論ができるか？

2018-19年の円盤降

Fermi/GBM と Swift/BAT (Nabizadeh+2019)



10年で、

普段：星風降着=>スピン周期は1.46mHz(~685秒)

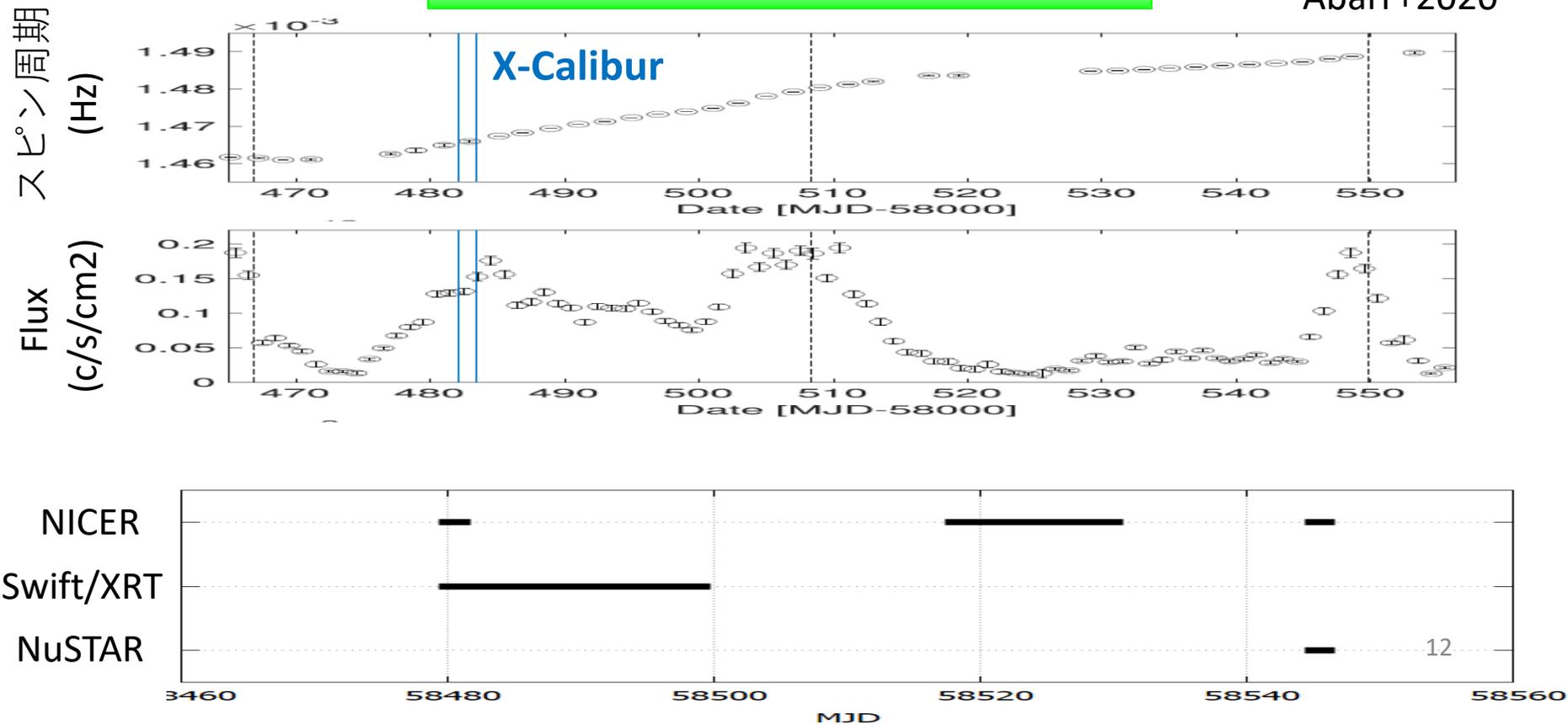
数年に1回：スピニアップ=>円盤降着

- ・ 2018-19年は過去最大、前半9日で9秒、後半50日で3秒、計12秒

赤線：近星点ではなく、青線：遠星点付近で起こった

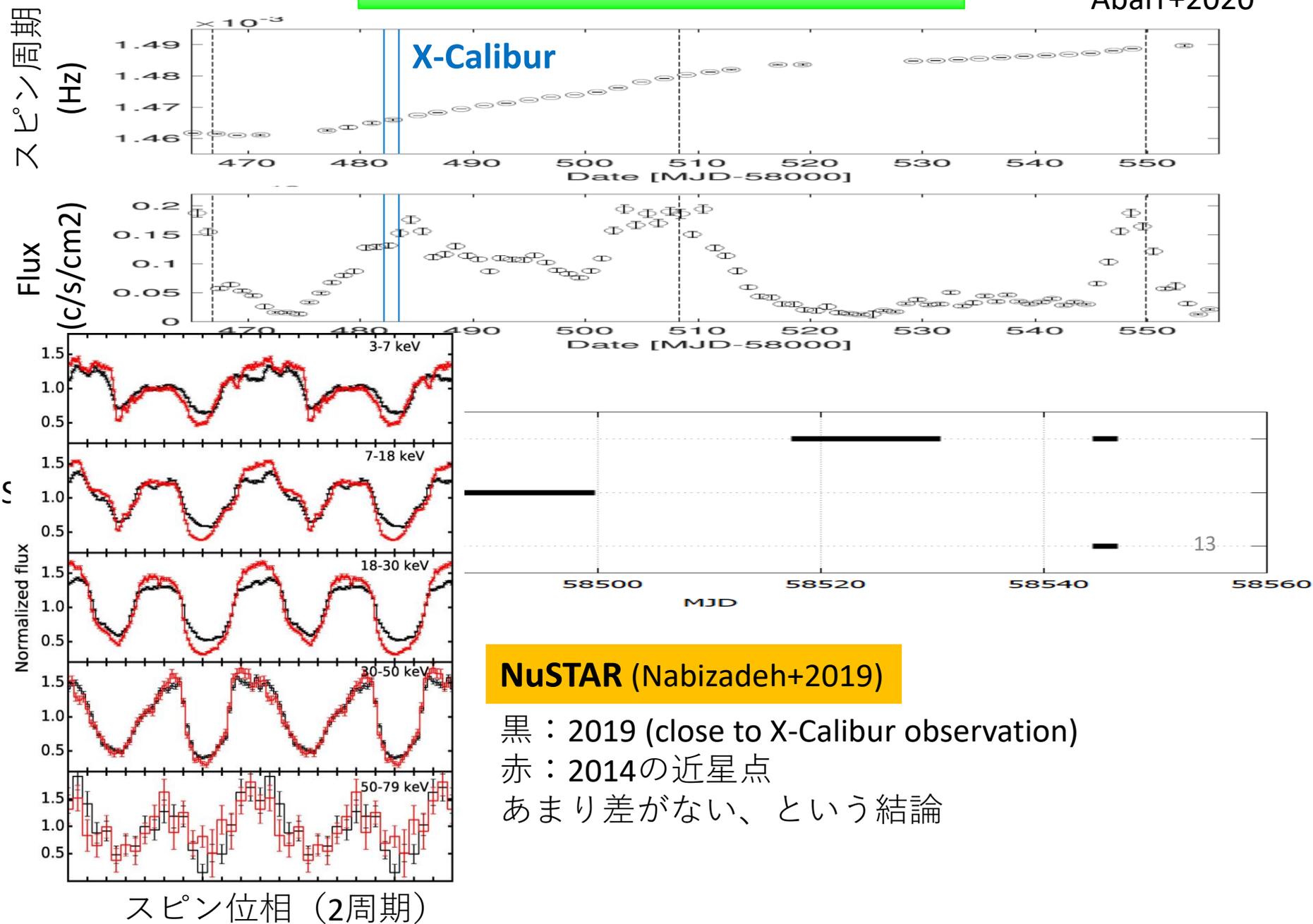
X-Calibur キャンペーン

Abarr+2020



X-Calibur キャンペーン

Abarr+2020



NuSTAR (Nabizadeh+2019)

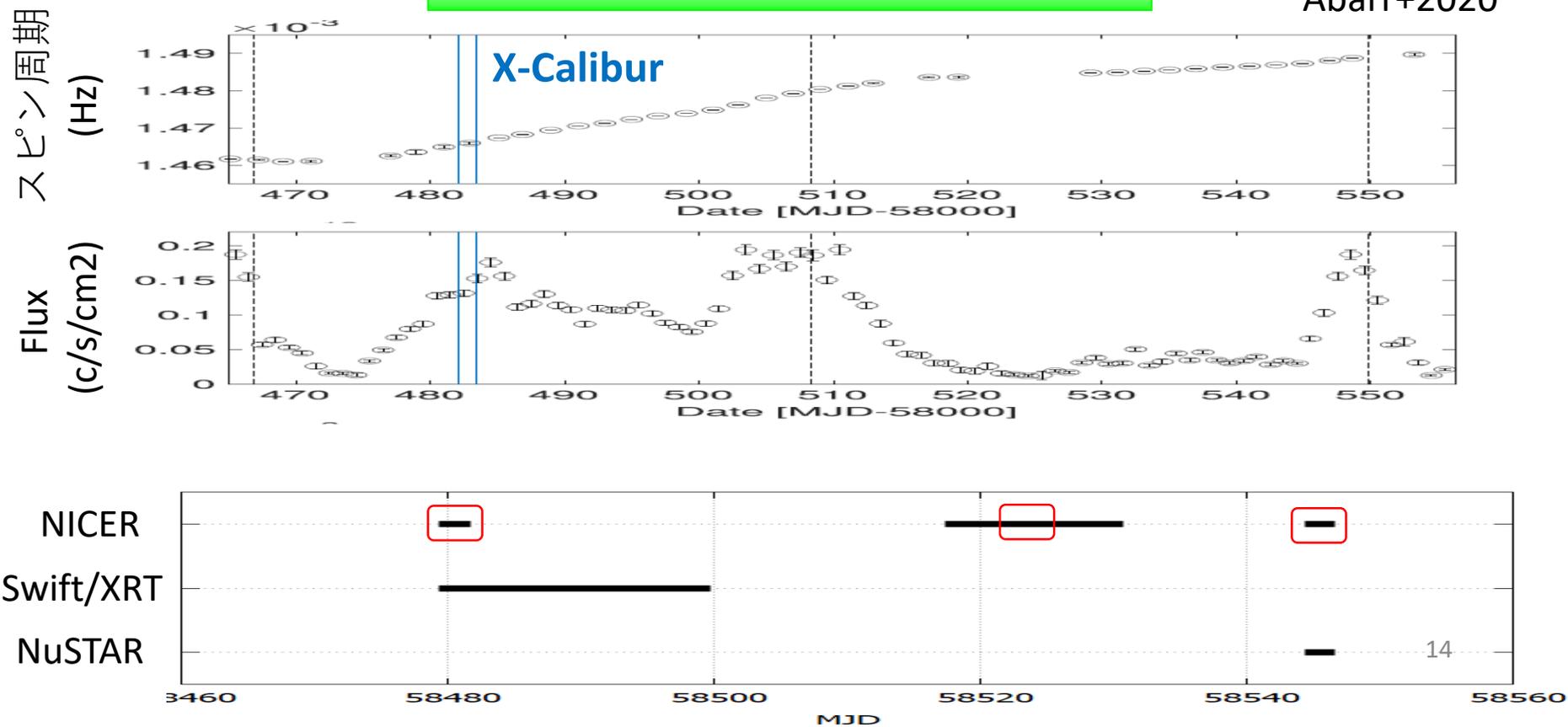
黒：2019 (close to X-Calibur observation)

赤：2014の近星点

あまり差がない、という結論

X-Caliburキャンペーン

Abarr+2020



NICERの3観測のスペクトルを比較

- ・ 急激なスピニアップ中
- ・ 1 軌道周期後
- ・ 緩やかな上昇の近星点

NICER (3スペクトルの比較)

NICERの3観測のスペクトルを比較

黒：急激なスピナップ中

緑：1軌道周期後(41-42日後)

赤：緩やかな上昇の近星点

先行研究 Chandra HETG (Watanabe+2003)

- ・ 3 keV以下：輝線、中性子星を覆う物質
- ・ 鉄輝線：コンプトンショルダー

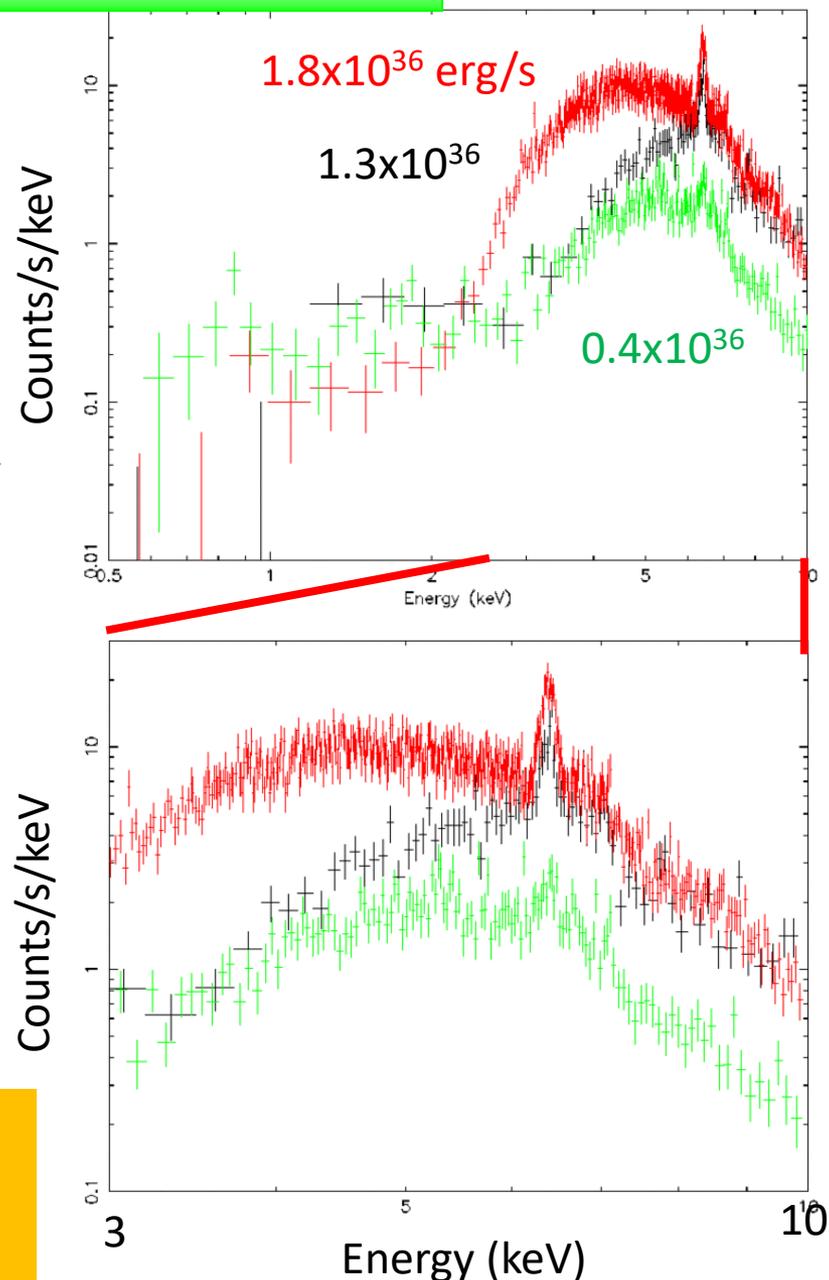
吸収*power-lawモデルで再現 (3-10 keV)

- ・ 吸収 (10^{23} cm^{-2}) : 4.0 => 2.5 => 2.0
と減少傾向

- ・ **ベキ** : 黒 : 0.2 ± 0.2 (非常にハード)
赤、緑 : ~ 0.7 で一致

円盤降着だと

- ・ ハード => 降着情報を制限?
- ・ 吸収が大きくなる? (星風の変化かも?)



まとめ

- X(L)-Caliburは、日米欧の国際協力による硬X線偏光計である。
- 硬X線望遠鏡で15-80 keVを集光することにより、コンパクトな偏光計で低バックグラウンドで高感度な観測を実現する。
- 2018年12月の南極フライトの検出器・姿勢制御の実績を元に、2022年7月の北極圏（スウェーデン～カナダ）2023年以降もスウェーデン・南極フライト を計画している。
- GX301-2を、2018-19の急激なスピナップ（円盤降着）時に観測した。
- 偏光度の上限値から、ファン型放射なら、ONパルス時の磁軸方向は $30 \pm 45^\circ$ と制限される。
- NICERのスペクトル解析から、円盤降着時にはスペクトルのベキが 0.2 ± 0.2 と非常にハードであることが分かった。

• 中性子星の磁軸と軌道の関係

• 星風降着と円盤降着の違い

について、コメントなどよろしくお願いします