

2010年度 第40回 天文・天体物理若手 夏の学校 @豊橋  
X線天文衛星「すざく」による  
マグネターと強磁場パルサーの観測

---

山形大学大学院 理工学研究科 博士前期課程2年  
物理学専攻 宇宙物理学研究室 青木雄太

# マグネターの候補は2種類

パルサーの中でどうも他と違う特徴をもつもの  
強烈な磁場  $10^{14} \sim 10^{15} G$  がエネルギー源と考えられている

## ◆ 軟ガンマ線リピーター (soft gamma-ray repeater:SGR)

ガンマ線バーストのうち、特に放射スペクトルが軟らかく同一の天体が  
繰り返しバーストするもの。5個見つかっている。

## ◆ 特異なX線パルサー (anomalous X-ray pulsar:AXP)

伴星がない

パルス周期が5~10秒に集中

10個ほど見つかっている。

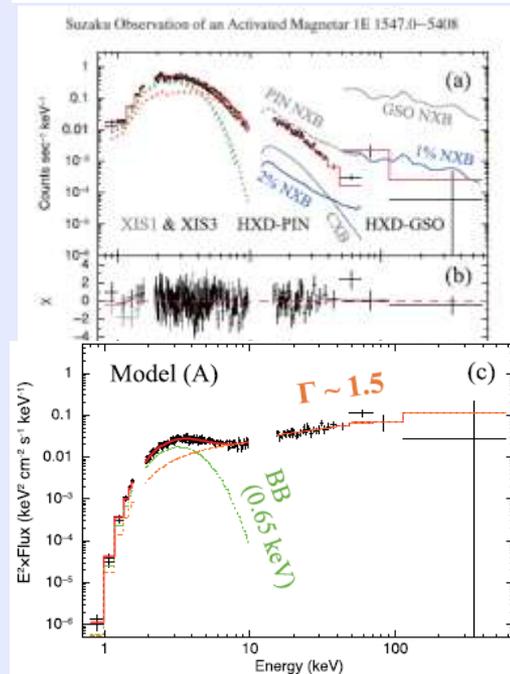


未知の硬X線放射が近年発見

マグネターのスペクトルはthermal成分と  
non-thermal成分があり、non-thermal成  
分は若いほど強い傾向がある。

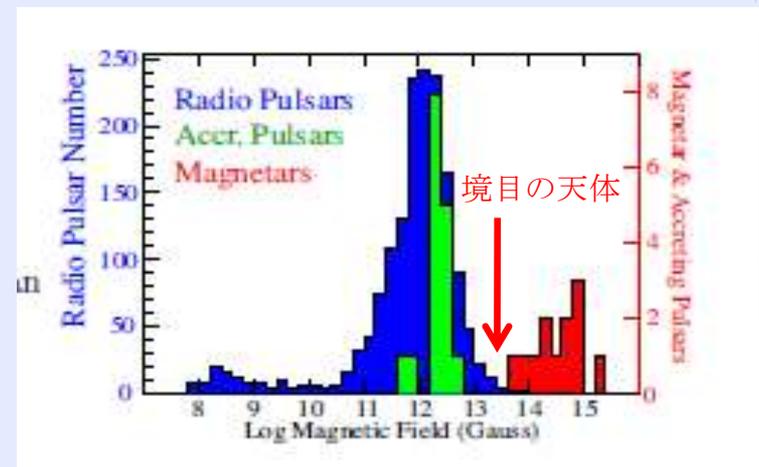
Enoto, T., et al., 2010, PASJ, 475, 485

Suzaku 1E1547.0-5408



# 研究方針

- ◆ 通常のパルサーの中にも磁場が強いものがあり、これらの強磁場パルサーとマグネターを比較して、類似点と相違点を明らかにする。
- ◆ マグネターの特徴でもある硬X線放射に注目するため、観測は広帯域でなければならない。  
⇒すざく衛星はソフト・ハード両成分を同時に観測できる。  
⇒すざく衛星のデータを解析し、Timing解析とスペクトル解析により関係性を検証していく。
- ◆ マグネターの中でも磁場の弱いものと強磁場パルサーを解析し比較
  - 1E2259+586  $B = 0.59 \text{ E}+14 \text{ (G)}$
  - PSR B1509-58  $B = 1.54 \text{ E}+13 \text{ (G)}$



# 解析天体

## ◆ 1E2259+586

- マグネター候補天体の一つ (AXP)
- $P = 6.9789484460$  (s)
- $dP/dt = 0.048430 \text{ E-11 (s/s)}$
- $B_{\text{surf}} = 0.59 \text{ E+14 (G)}$
- 超新星残骸が付随 CTB109
- 伴星は発見されていない
- $\tau = 230 \text{ E+3 (yr)}$  (老)

## ◆ PSR B1509-58

- 強磁場パルサー
- $P = 0.150657550919$  (s)
- $dP/dt = 1.53652913 \text{ E-12 (s/s)}$
- $B_{\text{surf}} = 1.54 \text{ E+13 (G)}$
- $\tau = 1.55 \text{ E+3 (yr)}$  (若)
- ガンマ線を放射

## 解析データ

Obs Name	1E2259+586	PSR 1509-58	PSR 1509-58 AT NOM	PSR 1509-58 AT FIXEA
Obs ID	40407610	100009010	102016010	102017010
Exposure	122 ksec	65 ksec	41 ksec	43 ksec
Nominal Position	HXD nominal	HXD nominal	XIS nominal	XIS nominal
PI	Makishima	Suzaku SWG	Maeda	Maeda
Observation Date	2009/5/25~27	2005/8/23~24	2007/8/21~22	2007/8/22

# 解析経過

1E2259+586

今後はPINの上限値、さらなるModelの検討

Timing 解析

(XIS 低エネルギー側の検出器)

◆ P = 6.97(s) でpulse 検出

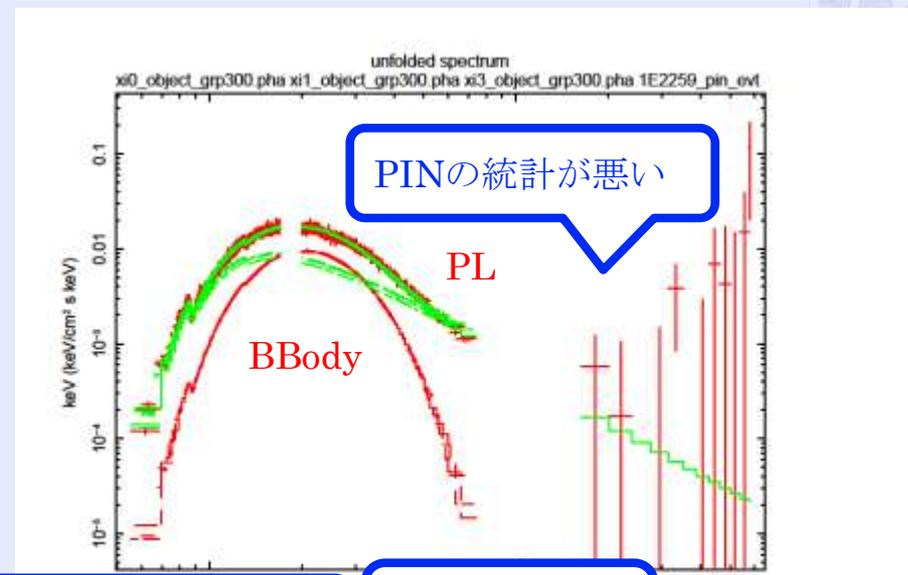
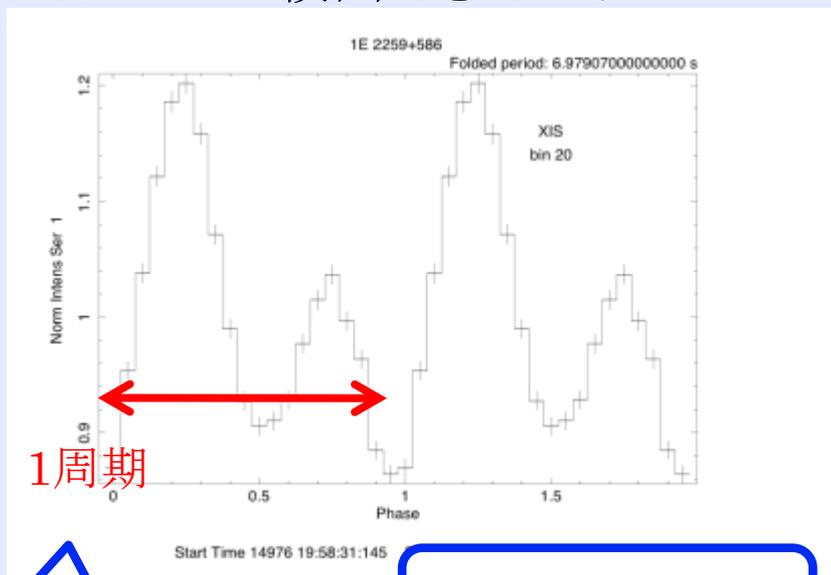
PIN(高エネルギー側の検出器)

ではパルス検出できていない

スペクトル解析(XIS+PIN)

◆ Model

wabs \* (bbody+powerlaw)



Pulse Profileは過去の観測と同じ構造

nHはASCAの観測に比べ、やや高い

$\Gamma$ もASCAに比べると高い値

kTの値は一致

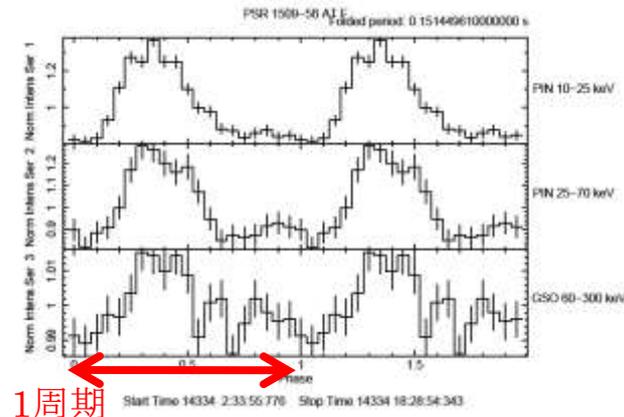
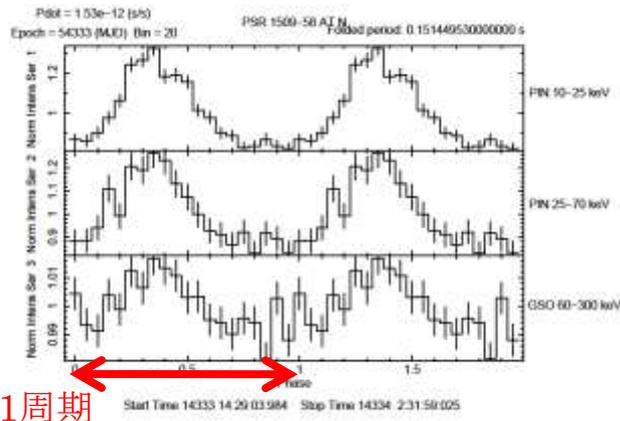
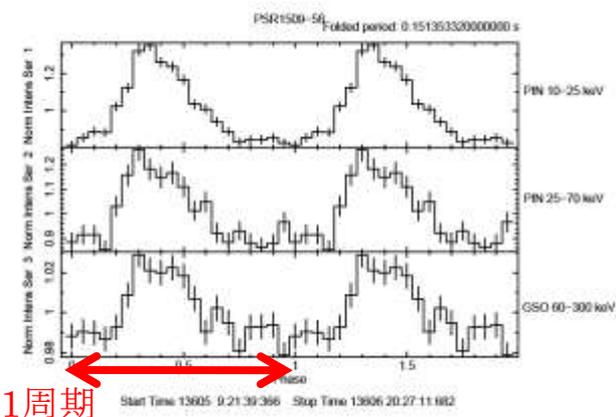
nH	nH err	$\Gamma$	$\Gamma$ err	kT	kT err	Reduced chi-suq
0.969626	0.946996 0.988916	3.73686	3.69132 3.77847	0.416924	0.413780 0.420163	1.468012

# 解析経過 PSR B1509-58

2005 HXD nominal

2007 XIS AT-NOM

2007 XIS AT-FIXEA



Best Period = 151.35332(ms)

Best Period = 151.44953(ms)

Best Period = 151.44961(ms)

それぞれの観測からパルスを検出  
(上段PIN 10~25 keV、中段PIN 25~70 keV、下段GSO 60~300 keV)

過去の電波観測からの2005の周期予測値151.353302 (ms)とは0.1 $\mu$ sの精度で一致

2005と2007 AT-NOMの観測から求まる周期変化率は電波観測による周期変化率1.53e-12と一致した。

# PSR B1509-58 スペクトル解析

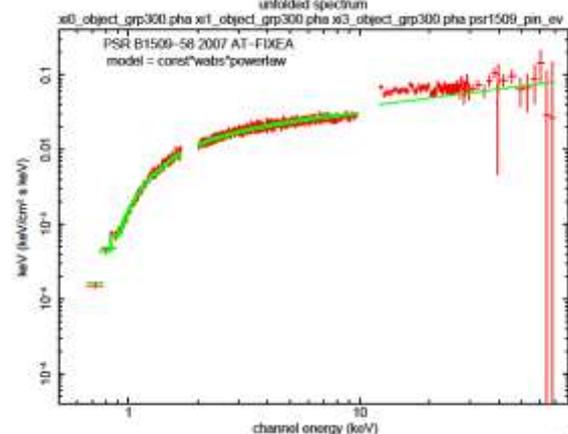
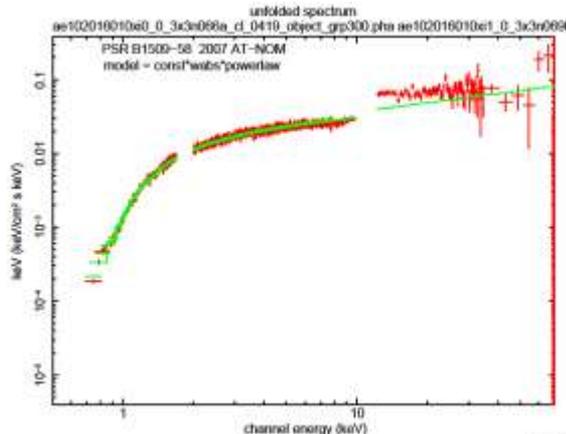
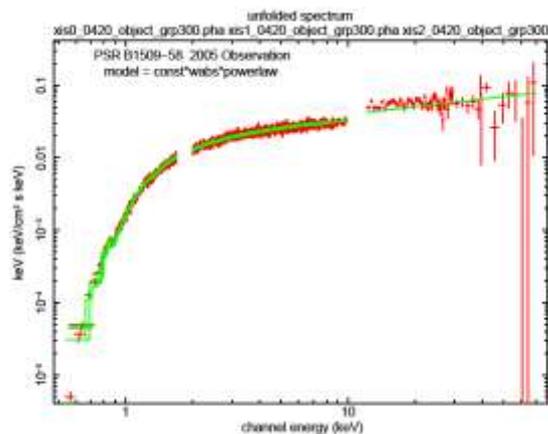
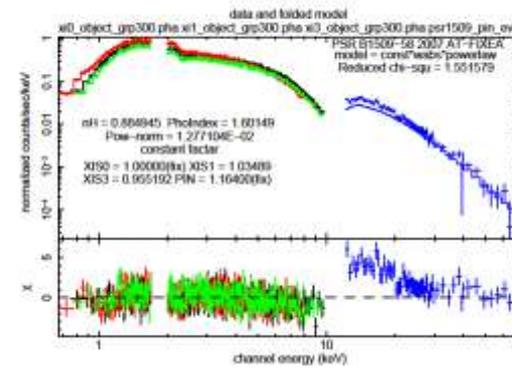
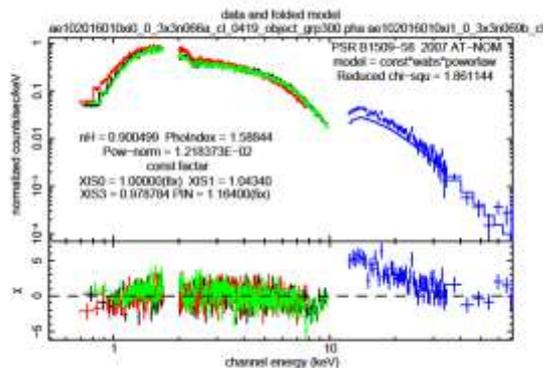
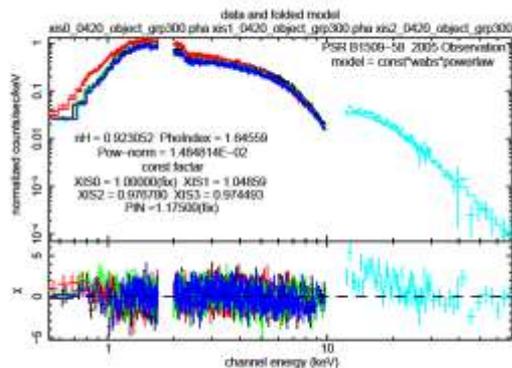
Model = wabs \* powerlaw

どれもPINの低エネルギー側がモデルと合っていない。

◆ 2005 HXD nominal

◆ 2007 XIS AT-NOM

◆ 2007 XIS AT-FIXEA



$\Gamma = 1.64559$

$\Gamma = 1.58844$

$\Gamma = 1.60149$

$\Gamma$ が2005と2007ではエラーの範囲で一致していない

# $\Gamma$ が観測ごとに違う原因について

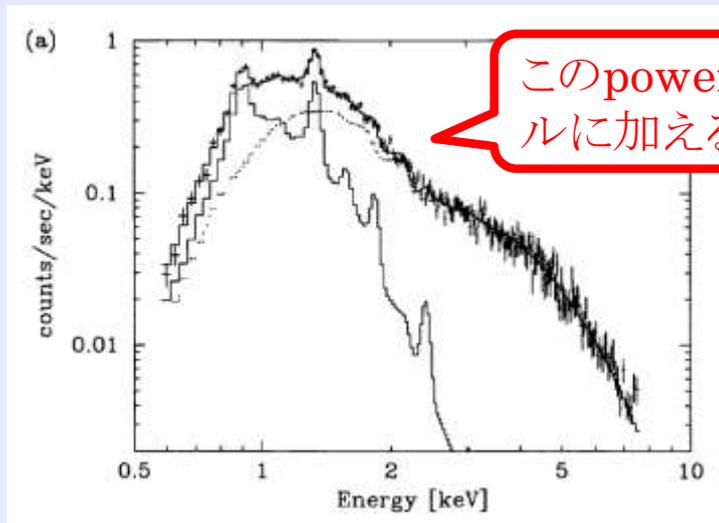
- ◆ XISに比べてPINの視野が大きいので、NebulaがPINのほうに混入しているためにPINの低エネルギー側があっていないと考えられる。(xisはパルサー周辺だけをくり抜いている。)

⇒視野

- XIS  $17'.8 \times 17'.8$
- HXD  $34' \times 34'$

こちらのNebulaがPINに混入していると考えられる。

ASCAによるNebulaスペクトル



検討中



# まとめ&今後

- ◆ 1E2259+586について

XISにおいて $P = 6.97(s)$  でPulseを検出

スペクトル解析においてはPINが受かっていないので上限値を今後考えていく。

- ◆ PSR B1509-58

PINとGSOからそれぞれPulseを検出

スペクトル解析では、PINの低エネルギー側のズレについてただいま検討中

今後は、更なるモデルの検討もしながら、マグネター候補天体との違いや関係性について考えていく。