



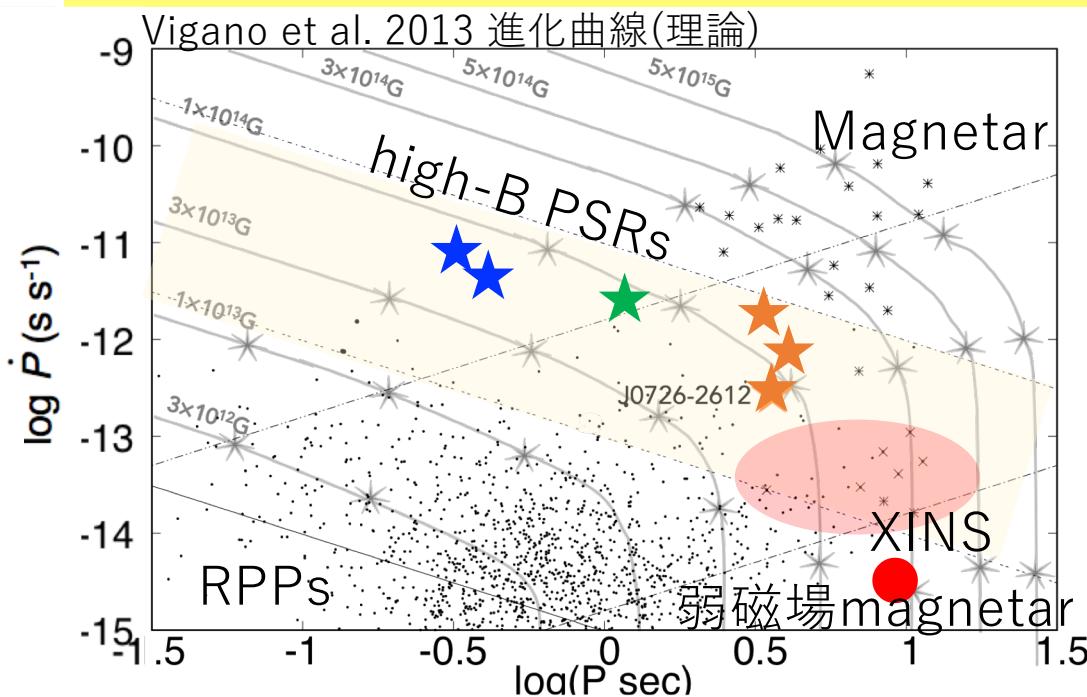
強磁場 回転駆動型パルサー J0726-2612 のX線解析

2019.02.18 中性子星研究会
山形大学 地球共生圏科学専攻
D3 渡邊瑛里

柴田晋平(山形大学)
馬場彩 (東京大学)
森浩二 (宮崎大学)

強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- 量子臨界磁場 4.4×10^{13} G近辺の回転駆動型パルサー※明確な磁場の定義はなし
- 電波/ガンマ線領域では電波パルサー/ガンマ線パルサーの特徴を持ち、X線領域ではマグネター的な性質、およびXINS的な特徴と類似するものが見受けられる。多重極磁場によるバーストや加熱の可能性。



回転駆動型パルサー(回転エネルギー)

双極磁場

- 10^{12} G程度

スペクトル

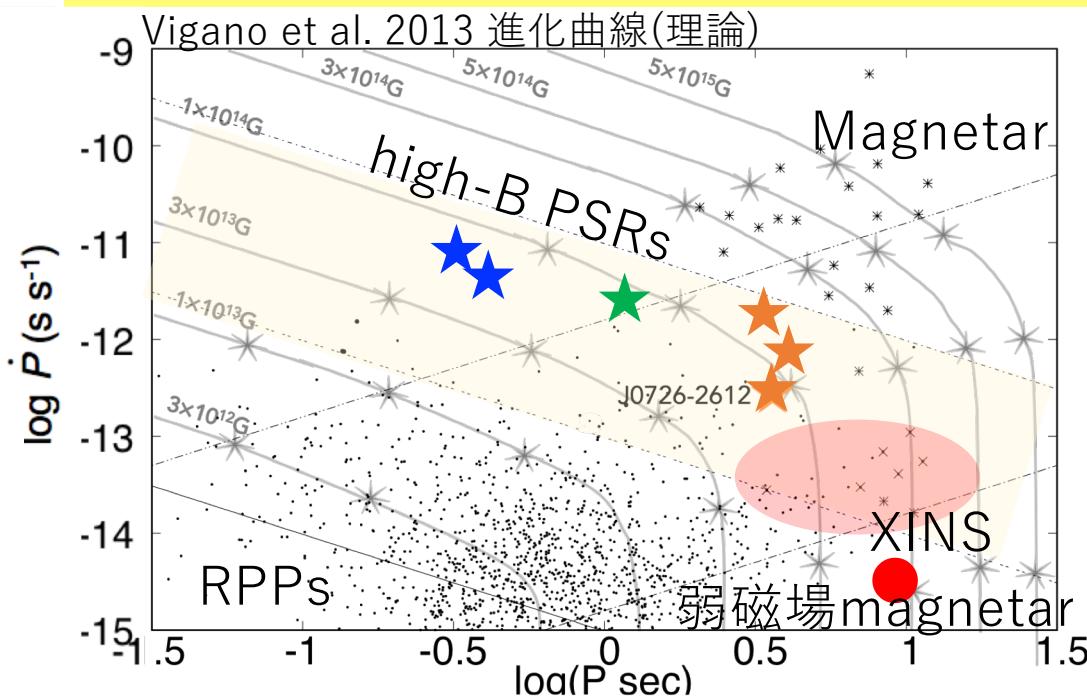
- NS表面からの熱放射
- 磁気圏からの非熱的放射

X線光度

- 回転高度の1/1000程度

強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- 量子臨界磁場 4.4×10^{13} G近辺の回転駆動型パルサー※明確な磁場の定義はなし
- 電波/ガンマ線領域では電波パルサー/ガンマ線パルサーの特徴を持ち、X線領域ではマグネター的な性質、およびXINS的な特徴と類似するものが見受けられる。多重極磁場によるバーストや加熱の可能性。

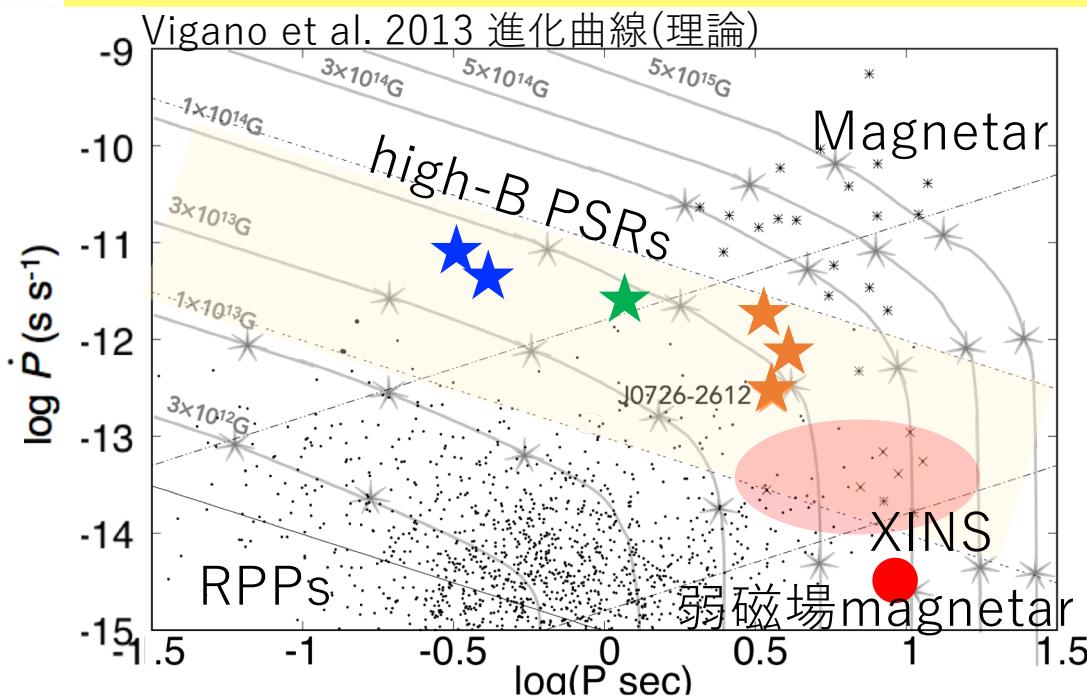


マグネター(磁場エネルギー)

- 時間変動をしめす(ms,s)
- 双極磁場
- 10^{14-15} G程度
- スペクトル
- NS表面からの熱放射(0.4keV程度)
 - 磁気圏からの非熱的放射
(高温で複数、 vFv で右あがり)
- X線光度
- X線光度 \geq 回転高度

強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- 量子臨界磁場 4.4×10^{13} G近辺の回転駆動型パルサー※明確な磁場の定義はなし
- 電波/ガンマ線領域では電波パルサー/ガンマ線パルサーの特徴を持ち、X線領域ではマグネター的な性質、およびXINS的な特徴と類似するものが見受けられる。多重極磁場によるバーストや加熱の可能性。

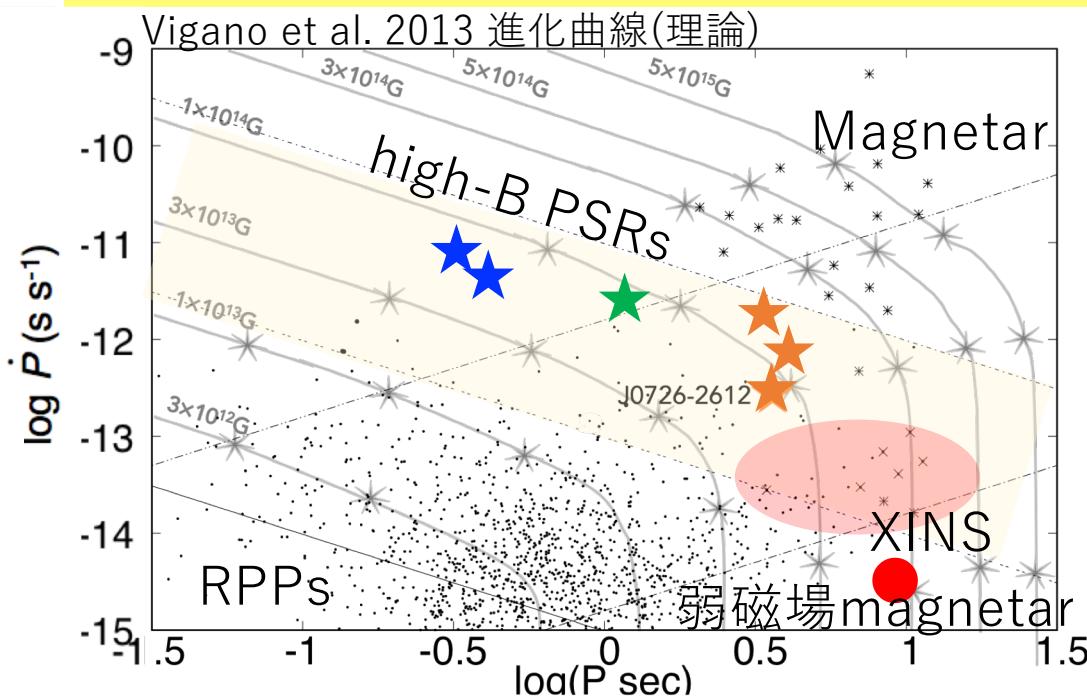


XINS(熱エネルギー)

- 地球近傍でX線領域で確認。
 - 双極磁場
 - 10^{13} G程度
- スペクトル
- NS表面からの熱放射 (2成分)
[Yoneyama et al. 2018]
 - 吸収線
- X線光度
- X線光度 \geq 回転高度

強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- 量子臨界磁場 4.4×10^{13} G近辺の回転駆動型パルサー※明確な磁場の定義はなし
- 電波/ガンマ線領域では電波パルサー/ガンマ線パルサーの特徴を持ち、X線領域ではマグネター的な性質、およびXINS的な特徴と類似するものが見受けられる。多重極磁場によるバーストや加熱の可能性。

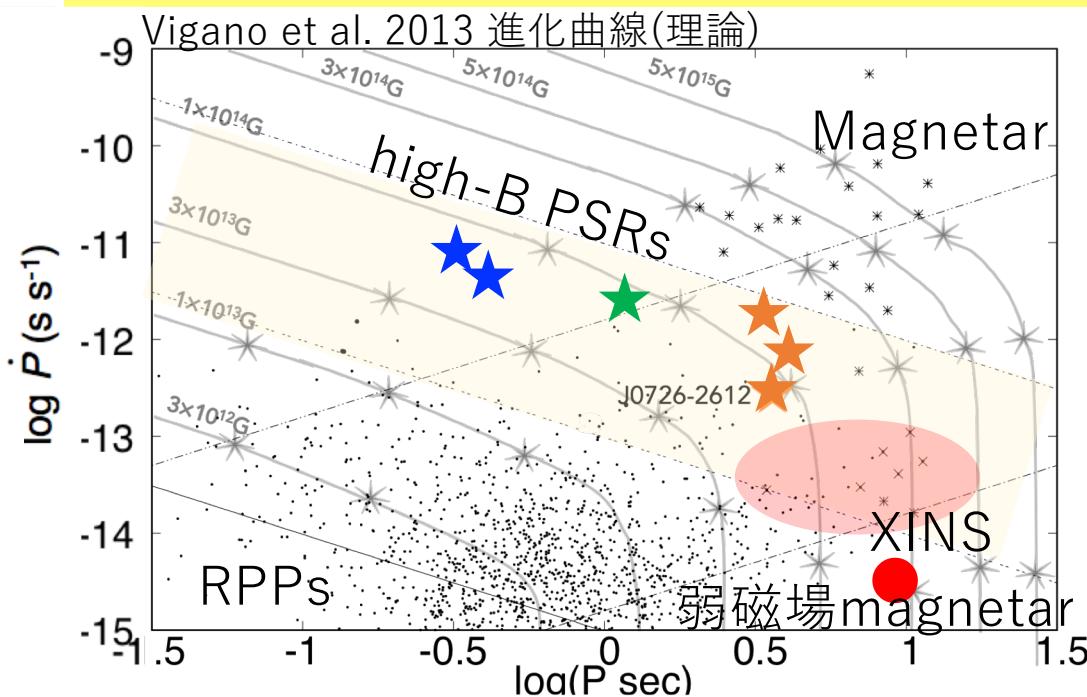


種族	エネルギー	スペクトル	X線光度
		表面/磁気圏	
RPPs	回転	●/●	1/1000 (安定)
Mag.	磁場	●/●	≥回転高度 (時間変動)
XINS	熱	●/×	≥回転高度 (安定*)

- 弱磁場マグネター
- 強磁場回転駆動型パルサー

強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- 量子臨界磁場 4.4×10^{13} G近辺の回転駆動型パルサー※明確な磁場の定義はなし
- 電波/ガンマ線領域では電波パルサー/ガンマ線パルサーの特徴を持ち、X線領域ではマグネター的な性質、およびXINS的な特徴と類似するものが見受けられる。多重極磁場によるバーストや加熱の可能性。



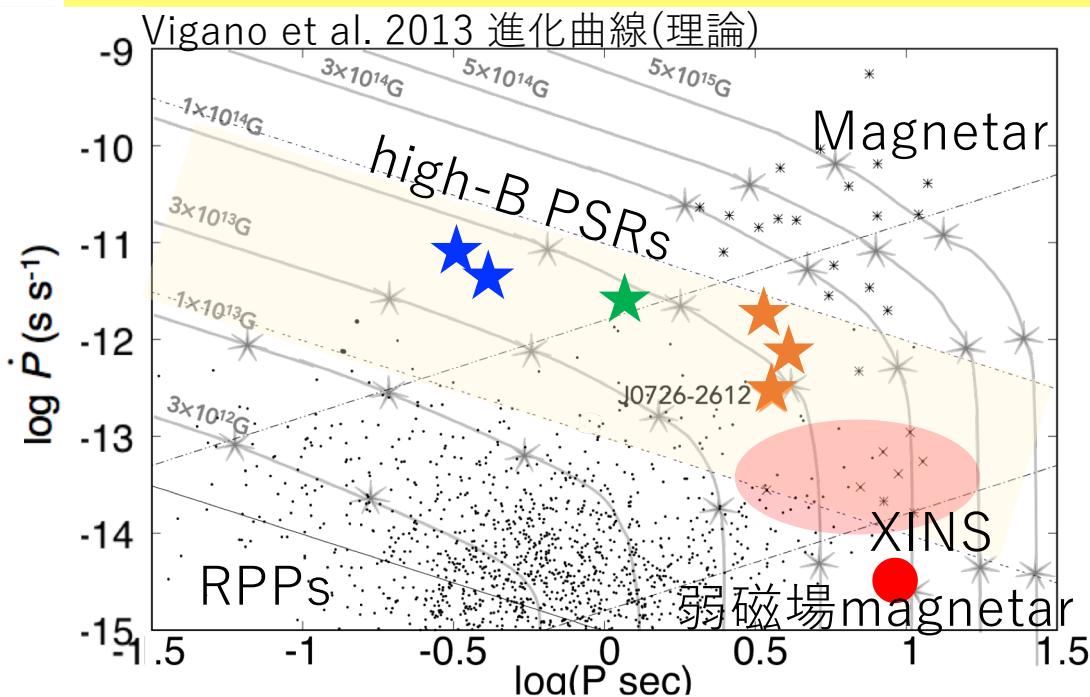
弱磁場マグネター

- SGR 0418+5729
- 双極磁場 6×10^{12} G
(回転駆動型パルサーと同等)

マグネターの振る舞いが、強い双極磁場だけでは説明できない。多重極磁場の存在を示唆。

強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- 量子臨界磁場 4.4×10^{13} G近辺の回転駆動型パルサー※明確な磁場の定義はなし
- 電波/ガンマ線領域では電波パルサー/ガンマ線パルサーの特徴を持ち、X線領域ではマグネター的な性質、およびXINS的な特徴と類似するものが見受けられる。多重極磁場によるバーストや加熱の可能性。



★バースト現象

PSR J1846-0258 $\sim 4.8 \times 10^{13}$ G in 2006

PSR J1119-6127 $\sim 4.1 \times 10^{13}$ G in 2016

★X線効率が通常のRPPより高い

PSR J0726-2612, PSR J1718-3718,
PSR J1819-1458.

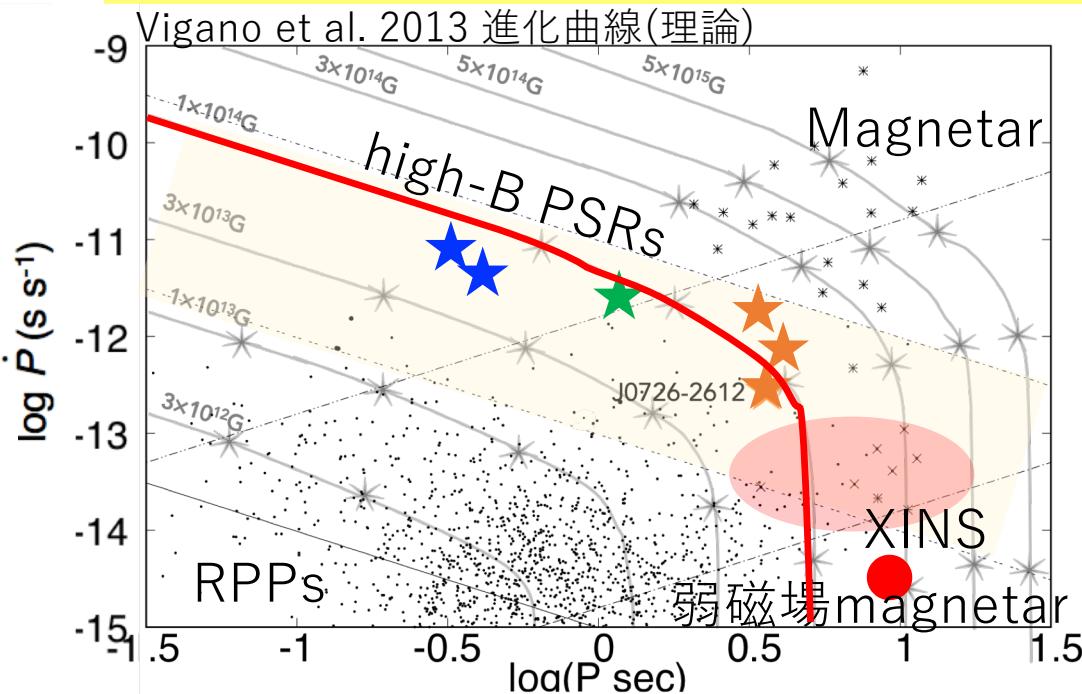
★温度が高め

PSR J1736-3333 ~ 0.3 keV

磁場構造を知る上で重要な天体

強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- 量子臨界磁場 4.4×10^{13} G近辺の回転駆動型パルサー
- 電波/ガンマ線領域では電波パルサー/ガンマ線パルサーの特徴を持ち、X線領域ではマグネター的な性質、およびXINS的な特徴と類似するものが見受けられる。通常の回転駆動型パルサーと変わらないものも、もちろん存在

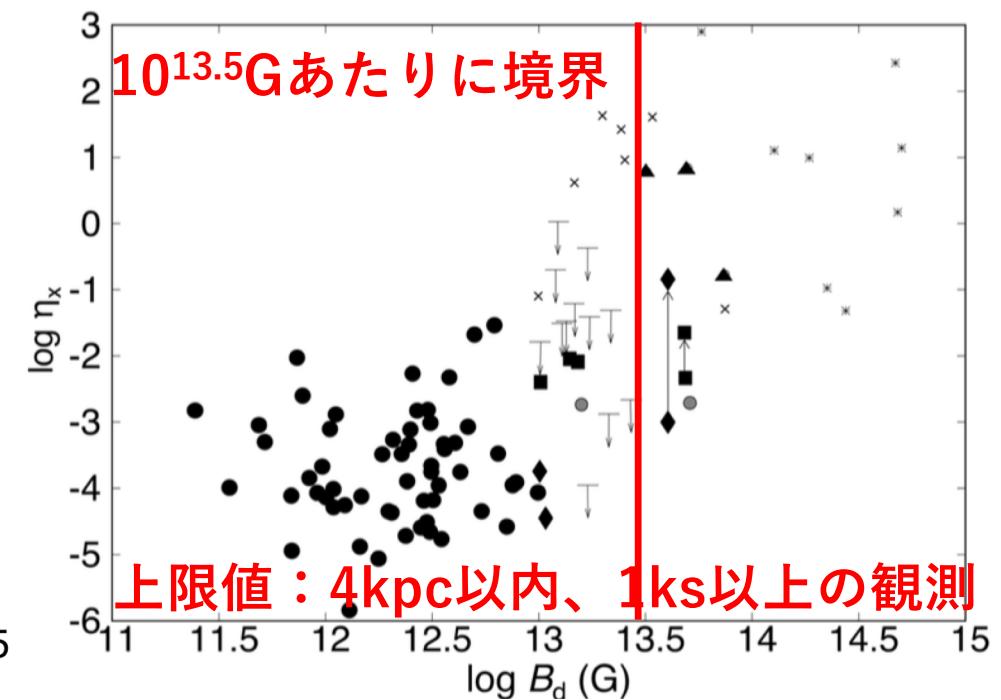
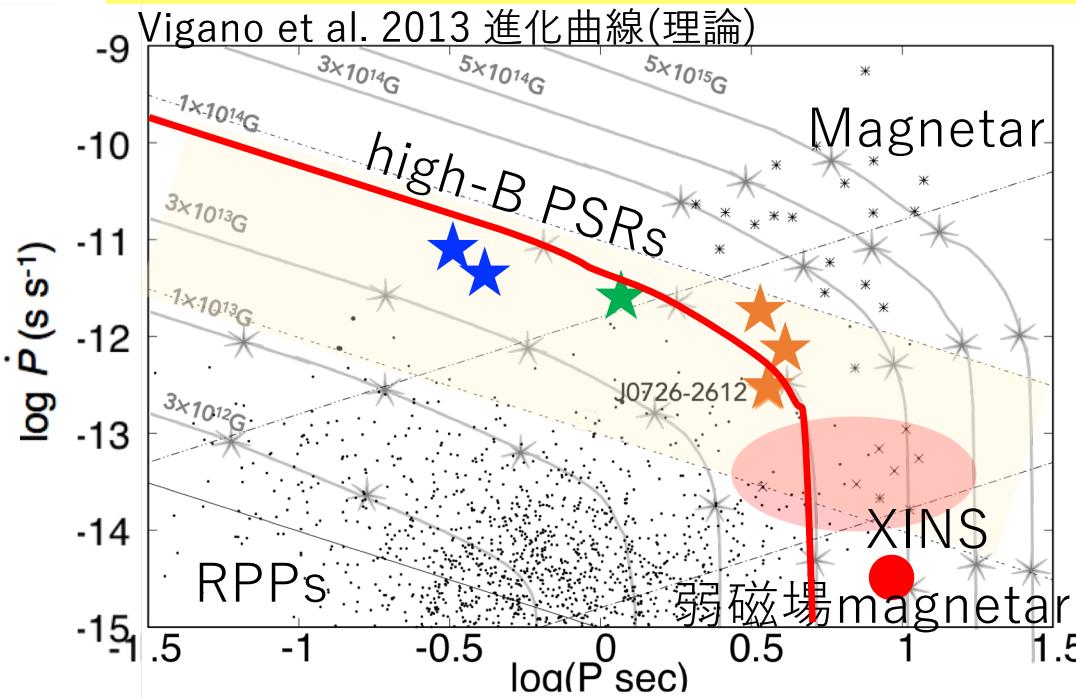


初期磁場が 10^{14} G のライン

観測事実とシミュレーションされた
クーリング曲線の比較
→磁場の加熱がないと
観測事実を説明できない。

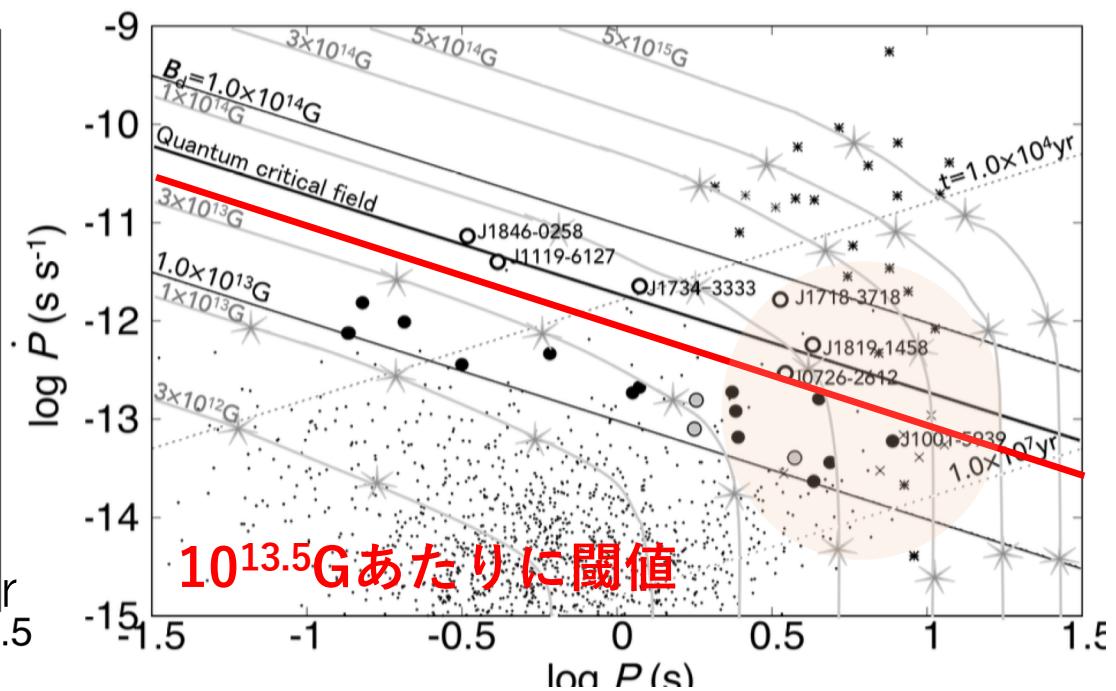
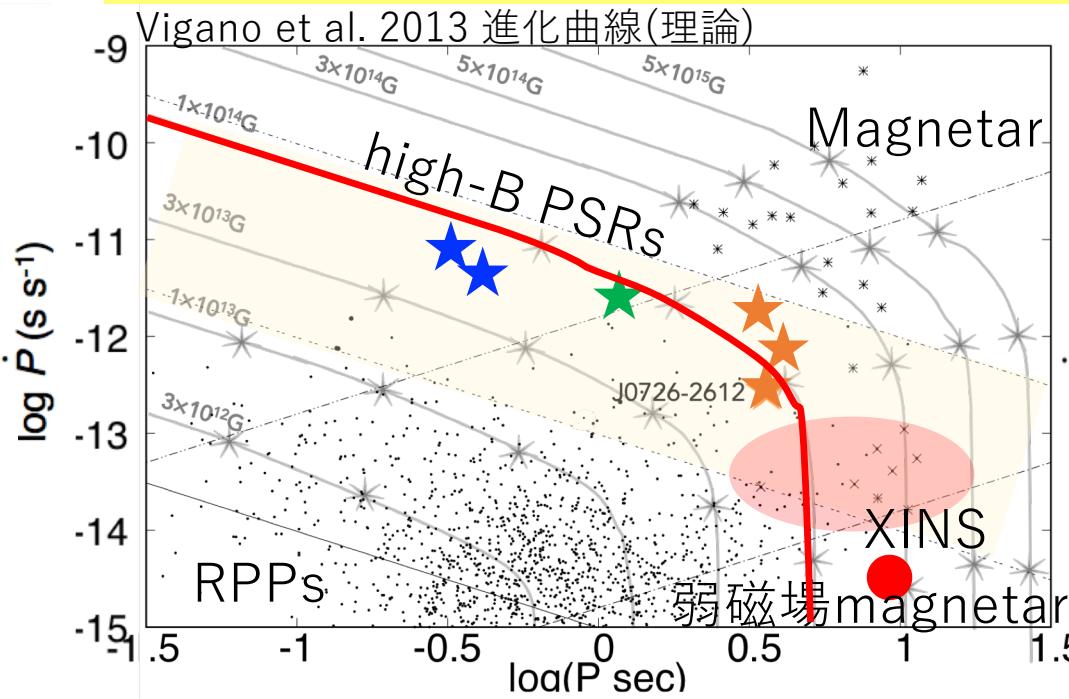
強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- 量子臨界磁場 4.4×10^{13} G近辺の回転駆動型パルサー
- 電波/ガンマ線領域では電波パルサー/ガンマ線パルサーの特徴を持ち、X線領域ではマグネター的な性質、およびXINS的な特徴と類似するものが見受けられる。通常の回転駆動型パルサーと変わらないものも、もちろん存在



強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- 量子臨界磁場 4.4×10^{13} G近辺の回転駆動型パルサー
- 電波/ガンマ線領域では電波パルサー/ガンマ線パルサーの特徴を持ち、X線領域ではマグネター的な性質、およびXINS的な特徴と類似するものが見受けられる。通常の回転駆動型パルサーと変わらないものも、もちろん存在



強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- P-Pdot 上だと Magneatr と XINS の中間に位置している。
- J0726-2612(温度)、J1819-1458(吸収構造)が XINS の特徴と類似
- スペクトルは NS 表面の熱的放射のみ、ハード成分(磁気圏放射)は見えない。
- X線効率 > -1 で高い。

(Zhu et al. 2011)(A. Camero-Arranz et al. 2013)(Speagle, Kaplan, & van Kerkwijk et al. 2011)

度 磁場強度	PWN?	電波 opt/UV/ γ	パルス(電波位相と?)	line
J1718-3718 BB kT=138eV	??	● Giant Glitch ?/?/Fermi[LAT上限]	● Single(align) 52%	??
J1819-1458 BB kT=130eV	●	● RRAT ?/?/?	● Single(align) 34%	● 1keV
J0726-2612 BB kT=87eV	??	● ?/?/?	● Double(ずれ) 27% semi-amp.	??

XINS の progenitor ののではないかと考えられている。情報が少ない状況である。

強磁場回転駆動型パルサー (high-B RPPs)

- P-Pdot 上だと Magneatr と XINS の中間に位置している。
- J0726-2612(温度)、J1819-1458(吸収構造)が XINS の特徴と類似
- スペクトルは NS 表面の熱的放射のみ、ハード成分(磁気圏放射)は見えない。
- X線効率 > -1 で高い。

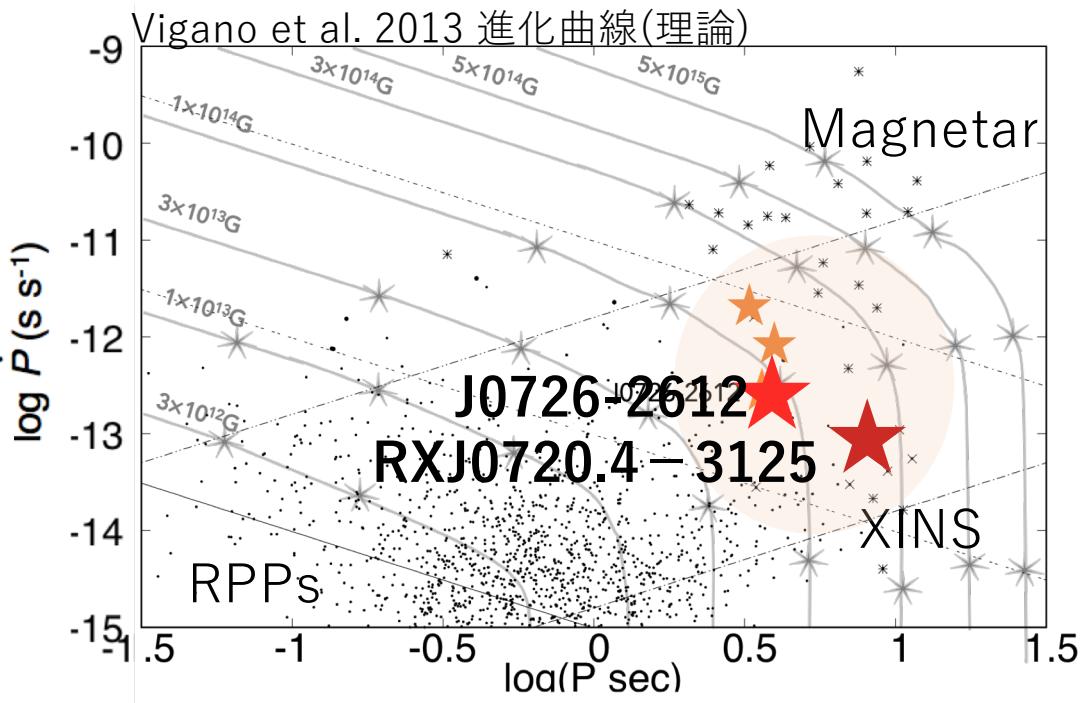
(Zhu et al. 2011)(A. Camero-Arranz et al. 2013)(Speagle, Kaplan, & van Kerkwijk et al. 2011)

度 磁場強度	PWN?	電波 opt/UV/ γ	パルス(電波位相と?)	line
J1718-3718 BB kT=138eV	??	● Giant Glitch ?/?/Fermi[LAT上限]	● Single(align) 52%	??
J1819-1458 BB kT=130eV	●	● RRAT ?/?/?	● Single(align) 34%	● 1keV
J0726-2612 BB kT=87eV	??	● ?/?/?	● Double(ずれ) 27% semi-amp.	??

XINS の Progenitor ののではないかと考えられている。情報が少ない状況である。

J0726-2612の何を調べれば良いか？

- Long term variability (flux, spectra, pulse shape)を調べる



- XINSのX線放射は基本的に安定的
- RXJ0720.4-3125はスペクトルの形（それに伴いパルス波形の形）が年単位で変化している。
(Cor P. de Vries et al. 0218)
- もしJ0726-2612がXINSのProgenitorであるならば、XINSであるRXJ0720のような年単位での変化を起こしている可能性は否定できない。

観測データ概要

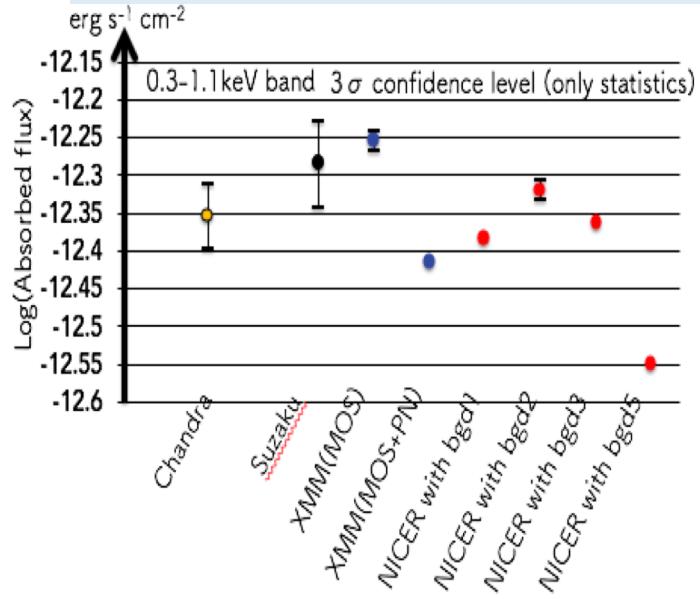
Chandra	Suzaku	XMM-Newton	NICER
観測日 2011-06-15	観測日 2011-11-16	観測日 2013-04-07	観測日 2017-10 ~ 2019-01
ID 12558 ACIS-S CIAO-4.11 CALDB 4.8.2	ID 406012010 XIS0, 1, 3 heasoft-6.25	ID 0692550101 MOS1, 2, PN SAS 17.0.0 CCF	データ数：39 XRT heasoft-6.25 CALDB 20181105 rmf,arf 20180329
有効観測時間 19.77 ks	有効観測時間 43.75ks	有効観測時間 MOS1 95.8ks MOS2 96.4ks PN 67.4ks	有効観測時間 36 ks(*)

観測データ解析方法

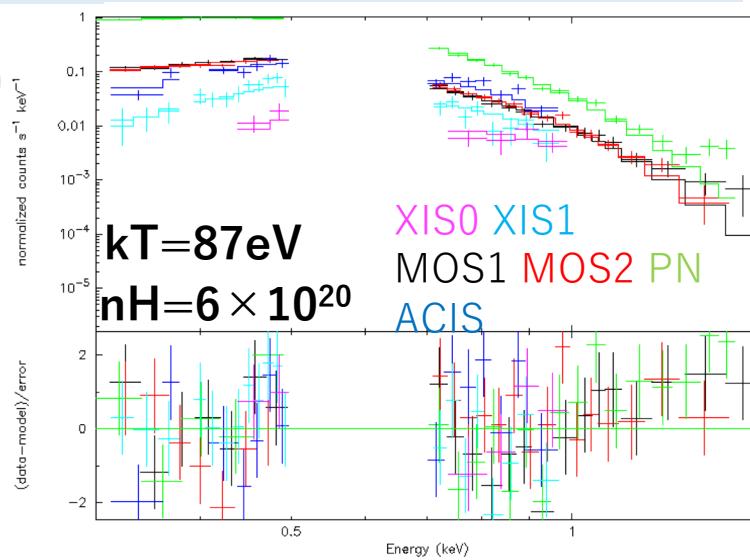
Suzaku	Chandra	XMM-Newton	NICER
0.3-2.0 keV	0.3-2.0 keV	0.3-2.0 keV	0.3-2.0 keV
Source 1min	Source 0.5sec	Source 30sec	
Source 3min	Bkg 全面	Bkg 1.8min	
Bkg 全面			
1. パイプライン	1. パイプライン	1. パイプライン	1. パイプライン
2. Regionくり抜き	2. フレア除去	2. フレア除去	2. データmarge
3. スペクトル作成	3. 157.4度	3. Regionくり抜き	3. スペクトル作成
	4. Regionくり抜き	4. スペクトル作成	
	5. Speceextract		
	スペクトル作成		

結果

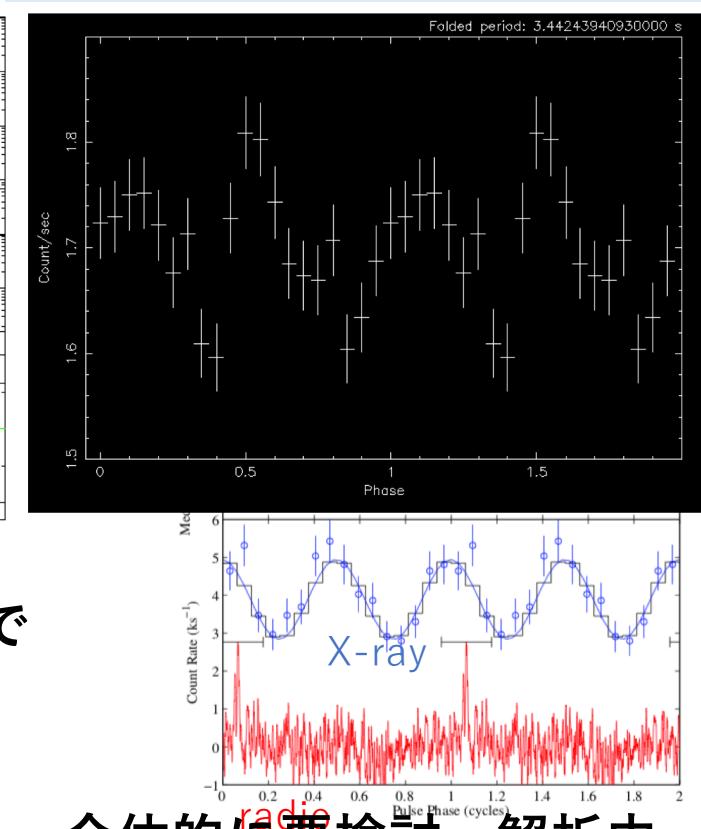
1. The long-term flux variability



2. The spectra of all the data



3. The pulse shape with NICER



Fluxの変動は確認できていない。どのデータも0.6keV付近でXMMのスペクトルがうまくfitできない。Emissionとしてfitしているが優位ではない。自分のせい(90%)？天体のせい？ (Speagle et al. 2011)

全体的に要検討。解析中。