



「すざく」、白色矮星パルサーを発見！

White Dwarf Pulses Like a Pulsar



“宇宙線の起源” という宇宙物理 100年来の謎に対し、
新たな可能性を提示

寺田幸功

埼玉大学 大学院 理工学研究科

Tel&FAX: 048-858-3365

E-mail: terada@phy.saitama-u.ac.jp

【宇宙科学の謎】 宇宙線とは？

宇宙を飛び交う高エネルギー粒子
1912年 Hess が発見
(1934年ノーベル賞受賞)

事前資料 page 2

特徴1. 超高エネルギー

人類未踏のエネルギーまで
加速された粒子もいる

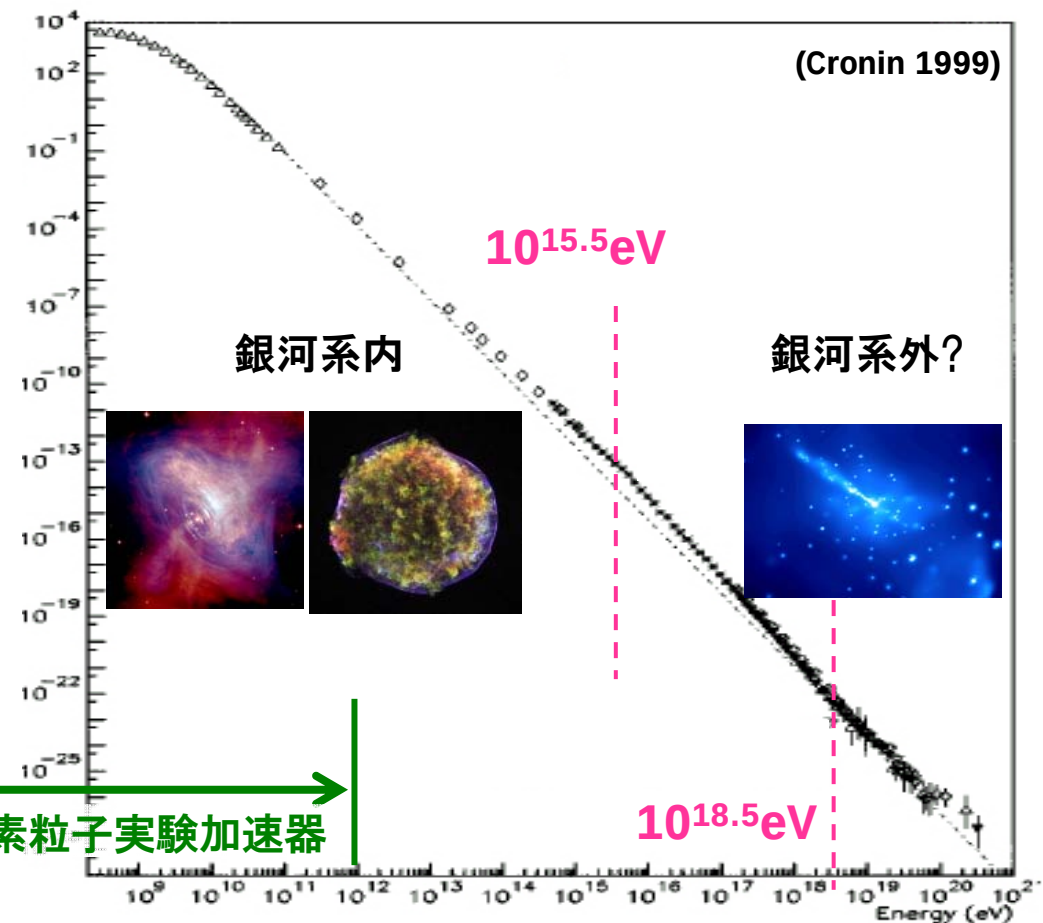
特徴2. 普遍的に存在

我々の銀河の基本構成要素
～1個/cm²/秒

宇宙線の数



素粒子実験加速器



宇宙線のエネルギー (電子ボルト)

身の回りに、エネルギーッシュな粒子がうじゃうじゃ存在する

【宇宙科学の謎】 宇宙線の起源は？

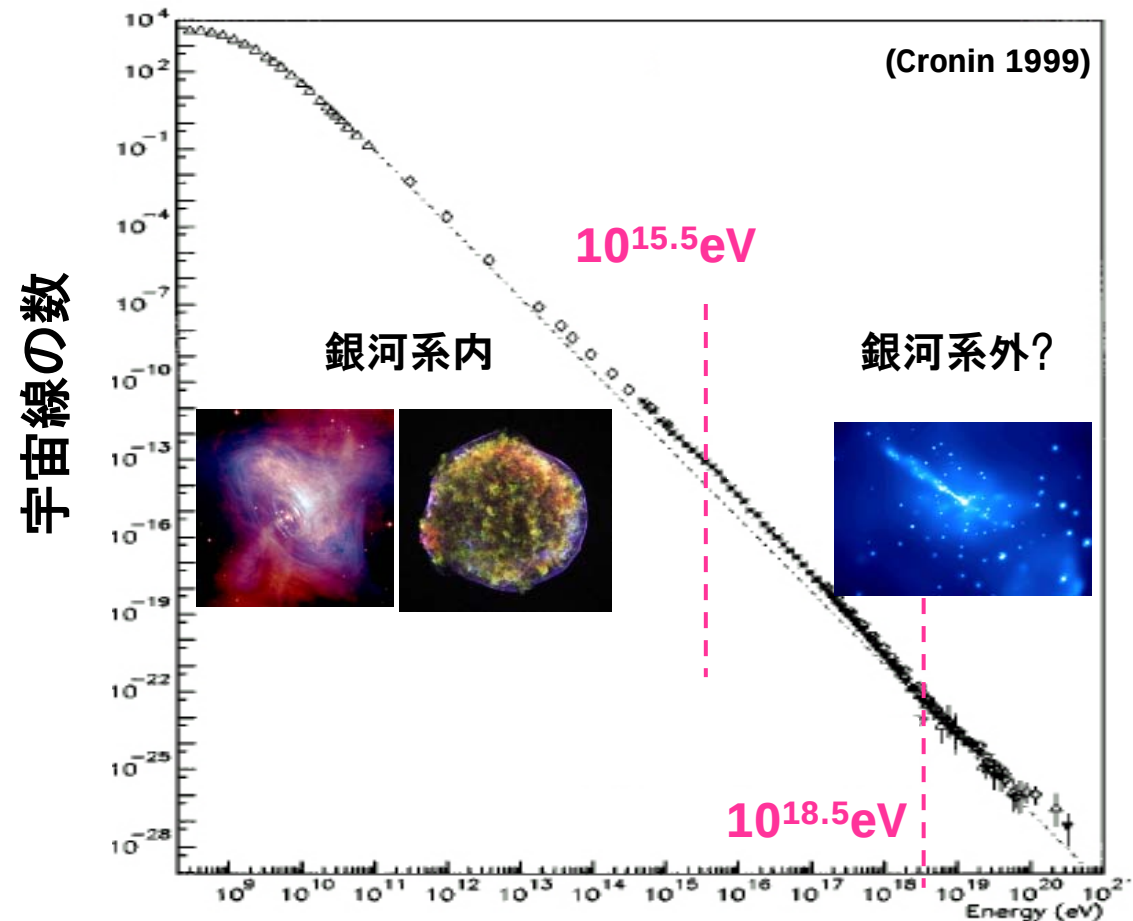
発見以来100年経った今も起源は謎

事前資料 page 2

候補:

中性子星パルサー
超新星残骸
などなど

ただし、数が不足。

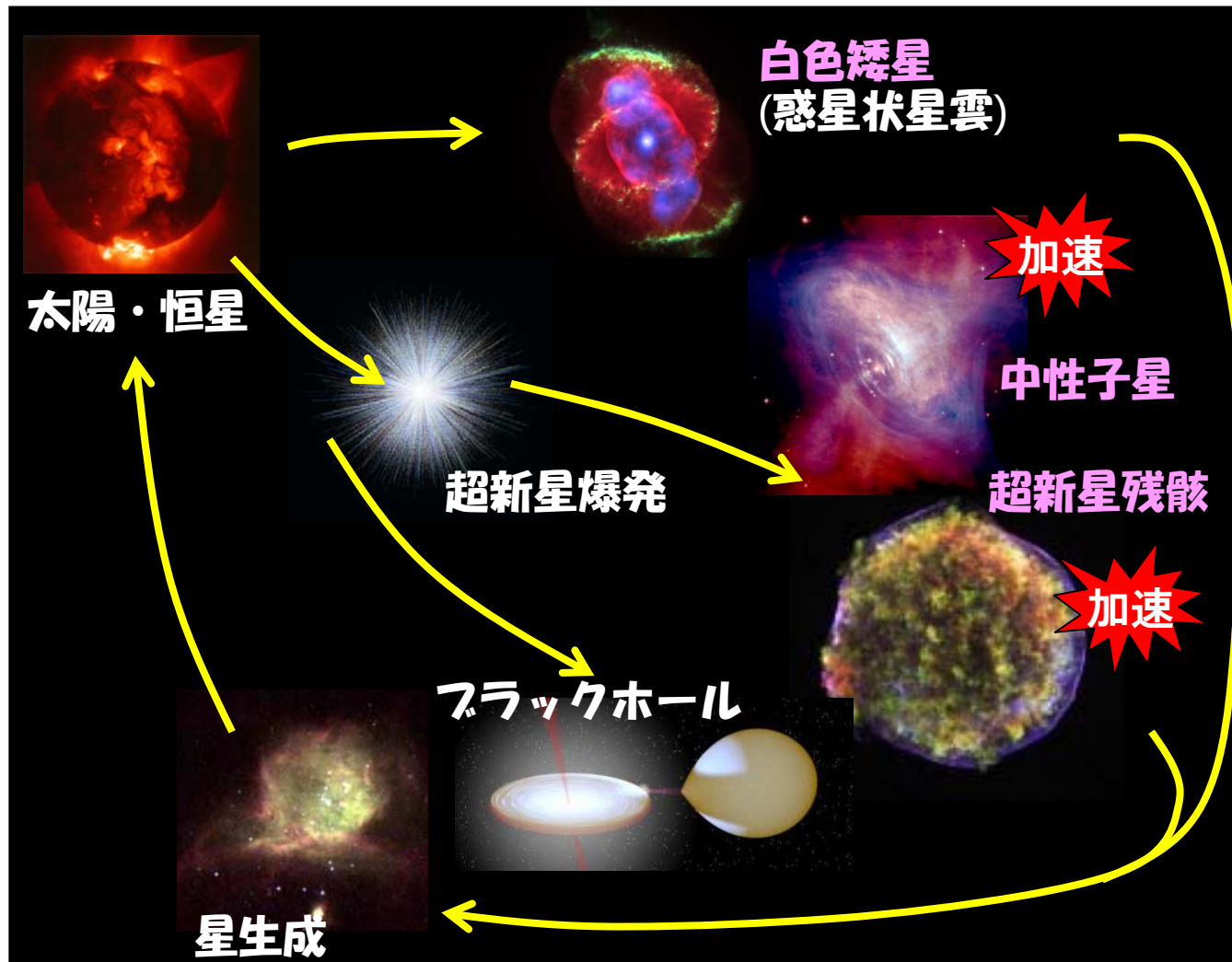


現代物理が解決すべき難問の一つ
未知の加速器があるはず

宇宙線のエネルギー (電子ボルト)

星の輪廻転生: 白色矮星・中性子星・ブラックホール

事前資料 page 2



白色矮星
数が多い
(星3つのうち1つは白色矮星)

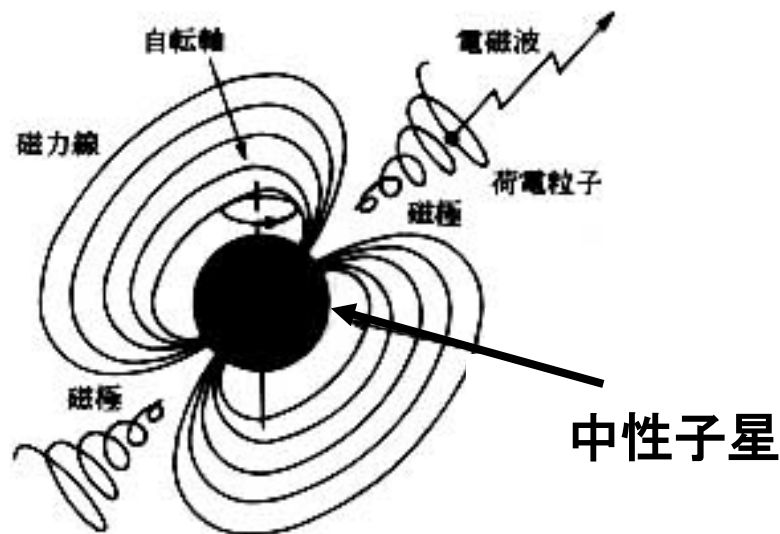
中性子星
一部が粒子を加速
数が少ない

超新星残骸
一部が粒子を加速
数が少ない

中性子星パルサーでの粒子加速

事前資料 page 3

粒子加速の現場のひとつ: 中性子星パルサー



サイズ 10 km
磁場 $10^{12} \sim 10^{13}$ ガウス
周期 数ミリ秒 ~ 数秒
誘導電場 $10^{16} \sim 10^{18}$ ボルト

自転車のダイナモ



サイズ 数 cm
磁場 100 ~ 1000 ガウス
周期 数百ミリ秒 ~ 数秒
誘導電場 1 ~ 数ボルト

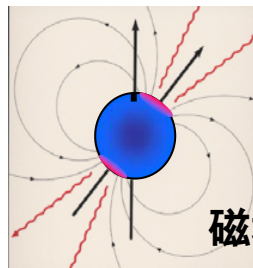
回転磁場により電場が誘導
電場があると荷電粒子が加速される
でも、(宇宙線全てを説明するには)数が足りない。

【我々のアイディア】 白色矮星もパルサーでは？

事前資料 page 3

① 白色矮星も磁場の強い種族は、十分な強さの誘導電場になる

中性子星



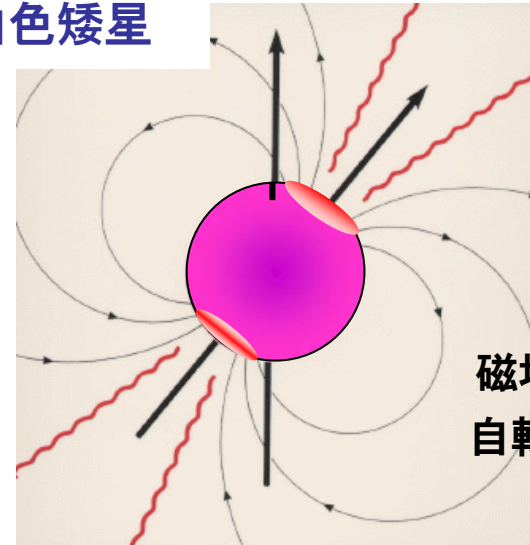
サイズ～10 km

磁場～ 10^{12} — 10^{13} ガウス

自転周期～数ミリ秒—数秒

誘導電場～ 10^{16} — 10^{18} ボルト

白色矮星



サイズ～一万km

磁場～ 10^5 — 10^7 ガウス

自転周期～数秒—数時間

誘導電場～ 10^{14} — 10^{16} ボルト

いままで注目されてこなかったが、
白色矮星でも粒子加速が起こっていても不思議ではない！

② 白色矮星は中性子星よりも 3 桁も数が多い

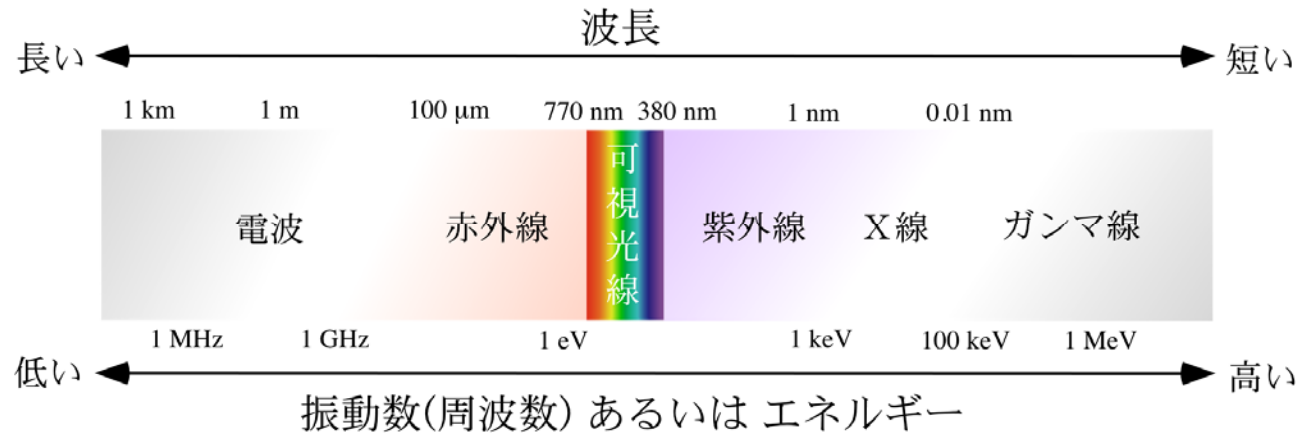
超新星残骸や中性子星では 宇宙線起源として数が不足していたが、
白色矮星はやたら数が多い!!

→ 静かでも数で稼ぐ「新たな加速源」としての意義は極めて大きい!

【X線で探る激しい宇宙】

X線 = 可視光よりもエネルギーの高い電磁波

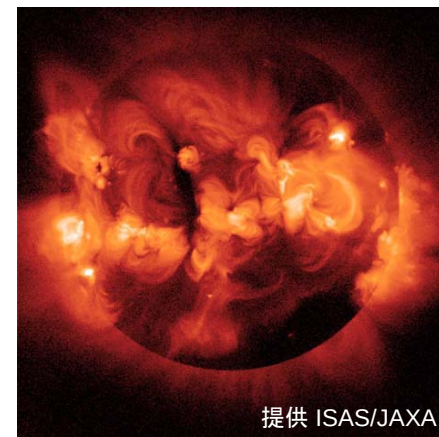
事前資料 page 4



X線で宇宙を観ると、激しい活動が観測できる



可視光でみた太陽



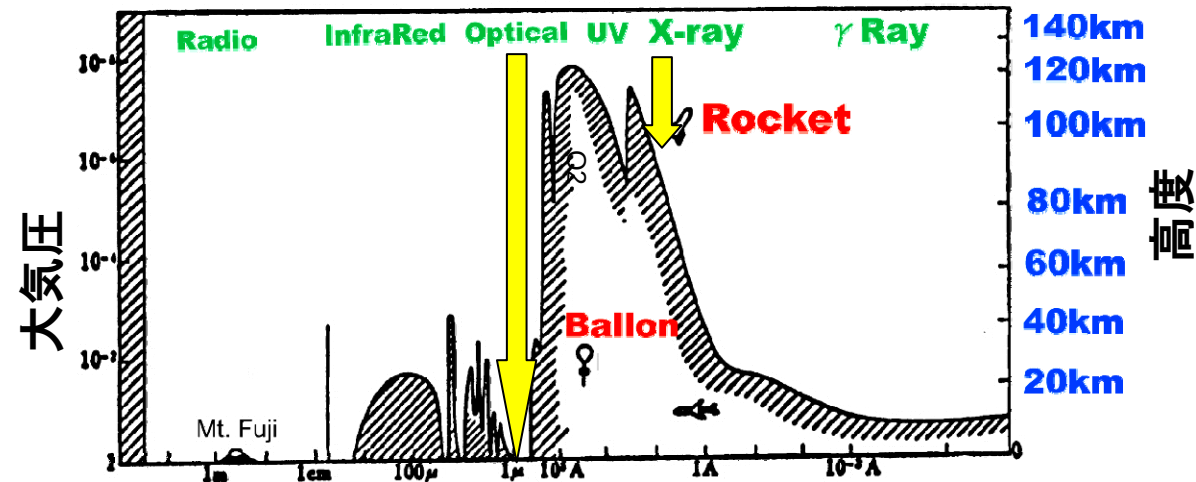
提供 ISAS/JAXA

X線でみた太陽

【X線で探る激しい宇宙】

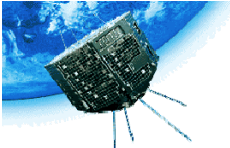
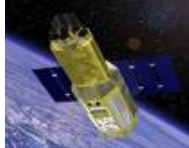
X線観測: 地球大気の吸収を避け、宇宙空間に出る必要がある

事前資料 page 4



日本・諸外国のX線観測衛星

～X線観測は日本のお家芸～

 Ohsumi おおすみ (1970)	 Hakucho はくちょう (1979-1985)	 Tennma てんま (1983-1989)	 Ginga ぎんが (1987-1991)	 ASCA あすか (1993-2001)	 Suzaku すざく (2005-)
 Ufuru (1970-73)	 Einstein (1978-91)	 Chandra/Newton (1990-99)		 ROSAT (1990-99)	 ISAS/JAXA, NASA, ESA

【X線で探る激しい宇宙】日本のX線天文衛星「すざく」

打ち上げ: 10th July 2005, 03:30UT (日米共同ミッション)

事前資料 page 4



提供: ISAS/JAXA

搭載機器

私 すざく

- X線CCDカメラ (0.3– 12 キロ電子ボルト)
低バックグラウンドでの**分光・撮像**
- 硬X線検出器 (10 – 600 キロ電子ボルト)
世界最高感度での分光

「すざく」の感度を活かすべし!

埼玉大学: 8年ちかく検出器開発・保守



【すざくによる観測】

強磁場白色矮星・みずがめ座AE星の観測

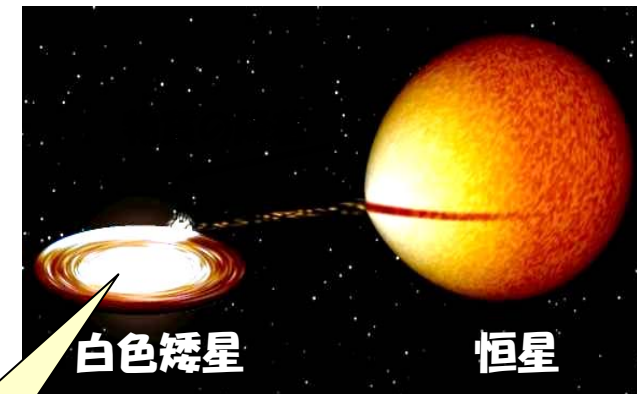
事前資料 page 5

目的: 白色矮星から粒子加速の信号を探す

最大有力候補: みずがめ座AE星

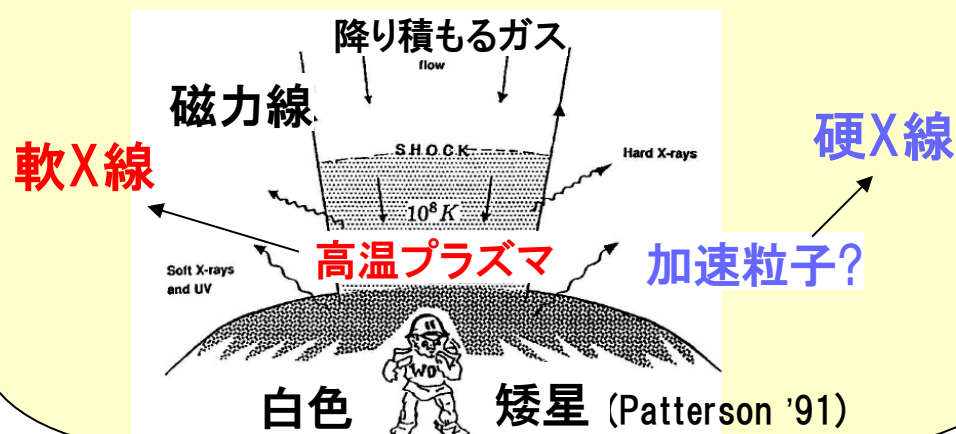
- 強磁場白色矮星の連星(右図)
- クラス最速の自転周期 (33 秒)
- 電波、テラ電子ボルト γ 線での観測の報告例あり
- 安定したスピンドウン ($\sim 5 \times 10^{33}$ erg/sものエネルギー)

強磁場白色矮星連星の想像図



白色矮星の
北極・南極

高温プラズマからの軟X線に埋もれた
加速粒子からの硬X線信号を探索



「すざく」による高感度観測

2005年10月30日

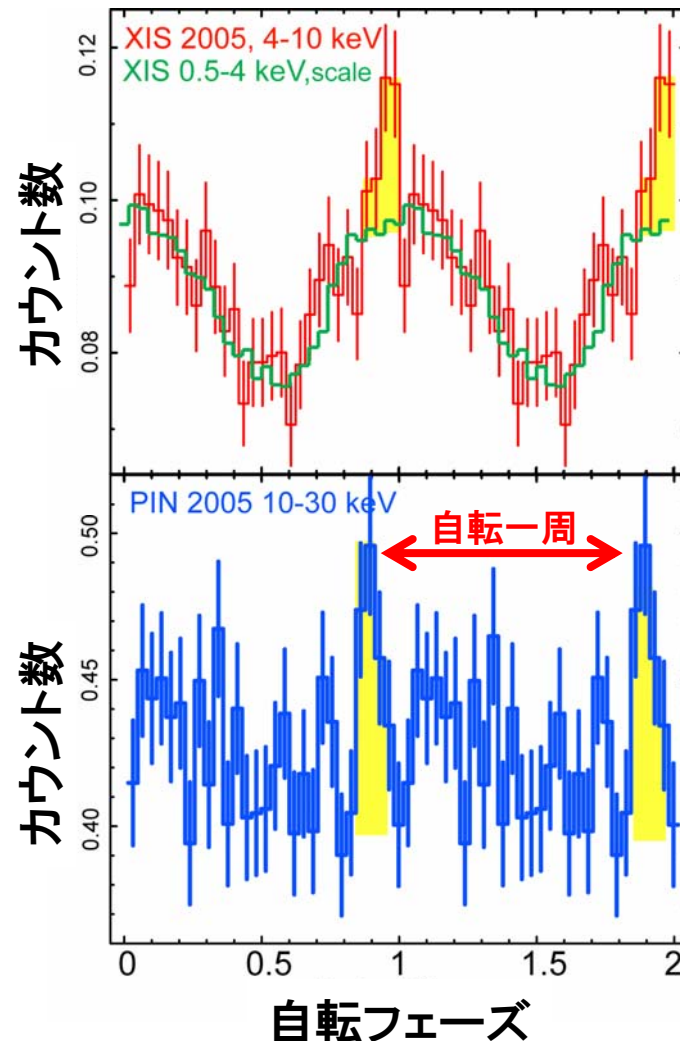
2006年10月25日の二度観測

【すざくによる観測】

白色矮星から硬X線パルスを発見!

事前資料 page 5

みずがめ座AE星の、自転に伴うX線光度変化



緑: 軟X線(0.5~4 キロ電子ボルト)
赤: 硬X線(4~10キロ電子ボルト)

青: 硬X線(10~30キロ電子ボルト)

硬X線でのみ見える鋭いパルス

新しい発見! 11

【すざくによる観測】

中性子星パルサーとそっくりな信号

事前資料 page 5

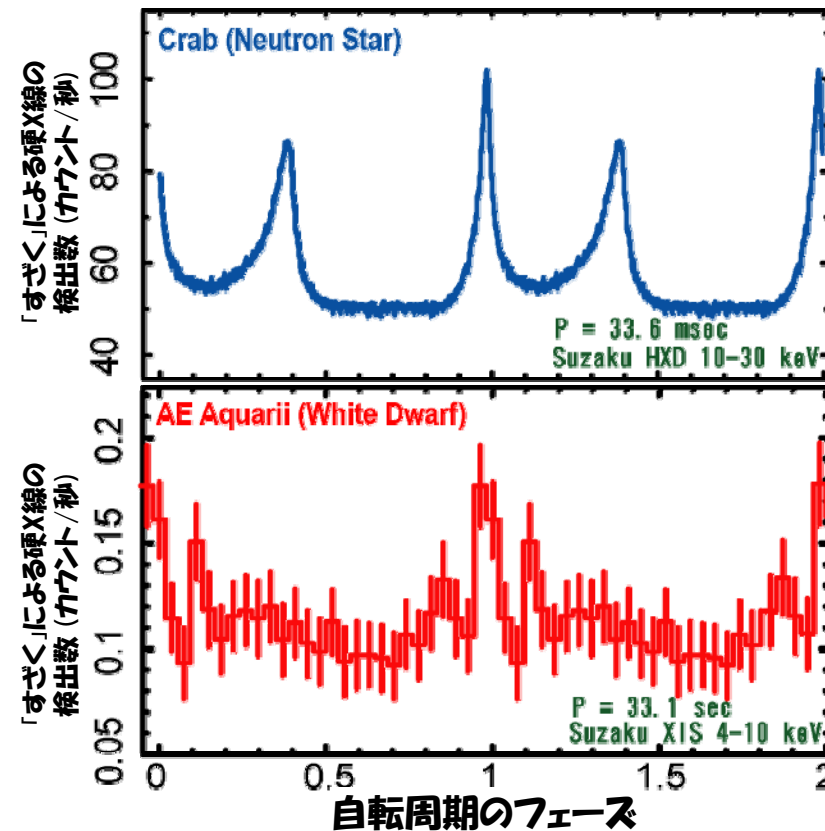
中性子星

かにパルサー



白色矮星

みずがめ座AE星



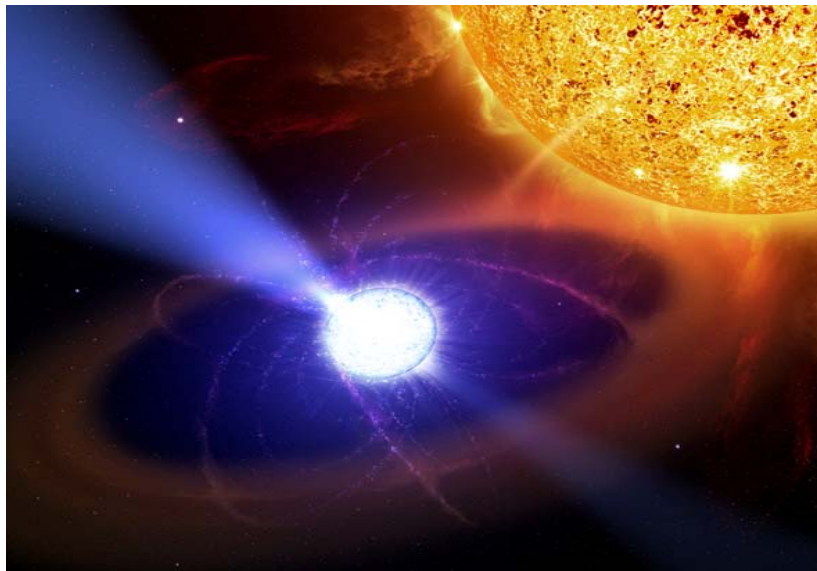
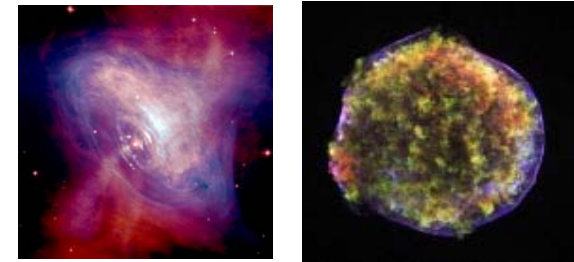
“AE Aquarii seems to be a white dwarf equivalent of a pulsar” says Terada.
(みずがめ座AE星は白色矮星版パルサーかもしれない: NASAニュースより)

もし本当ならば、静かに数で稼ぐ宇宙の加速器かもしれない
「すざく」は百年来の謎に対する新たな可能性を示した

【まとめ】

宇宙を飛び交う超高エネルギー粒子：宇宙線
宇宙に普遍的に存在するにも関わらず、その起源は宇宙物理学100年来の謎

銀河系内の候補：中性子星パルサーと超新星残骸
全宇宙線を説明するには数が足りない



我々は白色矮星に着目
「すざく」の観測で、硬X線パルスを発見

白色矮星版パルサーかもしれない。
静かに数で稼ぐ宇宙の加速器かもしれない。

「すざく」は百年来の謎に対する新たな可能性を示した 13