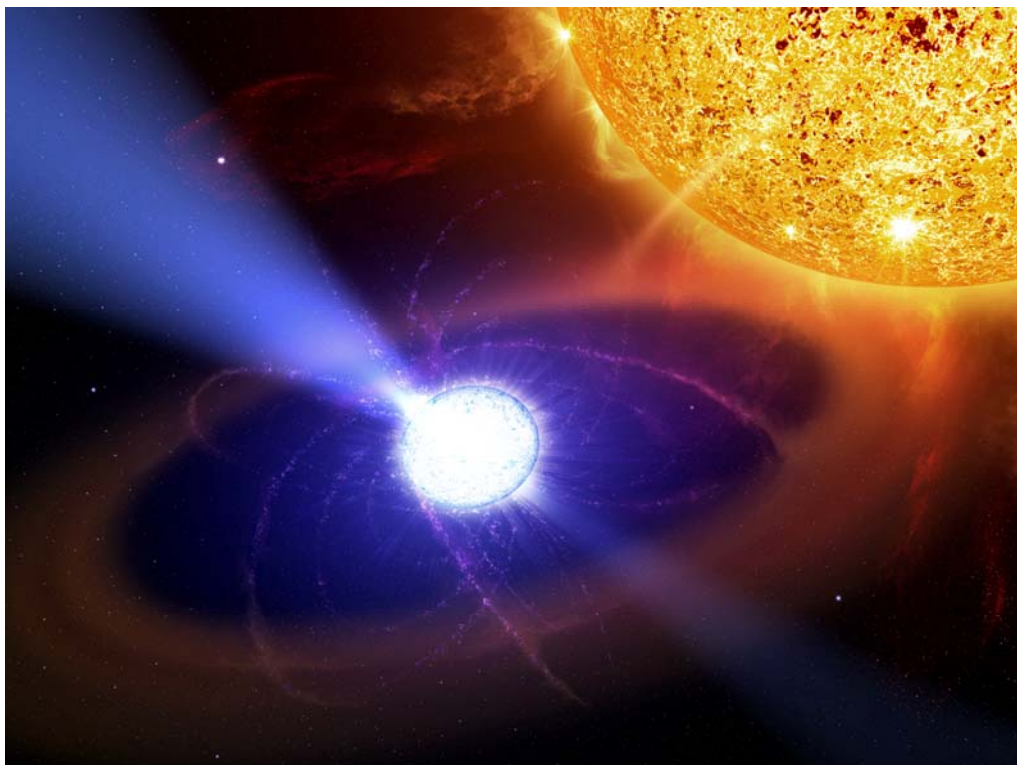




「すぎく」、白色矮星パルサーを発見！ White Dwarf Pulses Like a Pulsar



埼玉大学の 寺田幸功 准教授を中心とする研究グループは、白色矮星と普通の星の連星系である「みずがめ座AE星」からのエネルギーの高いX線が、白色矮星の自転に同期して、周期33秒の鋭いパルス状の時間変動をしていることを突き止めました。このパルス状の高エネルギーX線は、白色矮星の回転する磁場によって荷電粒子が光速に近いスピードにまで加速されることで、発生していると考えられます。今回の発見で、銀河系における低いエネルギーの宇宙線の加速に、白色矮星が大きく寄与している可能性が浮上してきました。これらの研究成果は、日本天文学会の欧文研究報告(Publication of the Astronomical Society of Japan)の60巻2号に掲載される予定です。



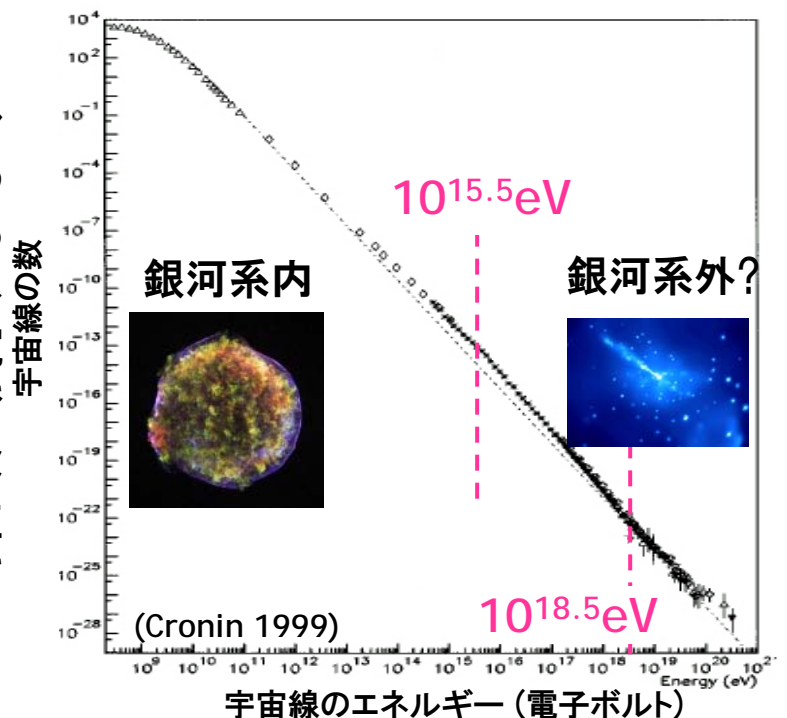
「すぎく」が発見した白色矮星パルサーの想像図 Credit: NASA, Casey Reed 氏

【宇宙科学の謎】

宇宙を飛び交う高エネルギー粒子：宇宙線

20世紀初頭、Victor Hess 博士は、宇宙空間をほぼ光速で飛び交っている高エネルギーの粒子が地球に降り注いでいることを発見した。このような高エネルギー粒子は宇宙線と呼ばれ、その発見以来、宇宙のどこでどのようにして出来たのか、**長年の謎**であり、現代宇宙物理が解決すべき課題の一つである。

宇宙線の中には、 $10^{18} \sim 10^{19}$ 電子ボルトものエネルギーを持つものが存在する(右図)。素粒子実験で用いられる加速器が到達したエネルギーは、せいぜい 10^{12} 電子ボルトである。宇宙空間では、人類が未だ到達しえないようなエネルギーまでの粒子加速が頻繁に行なわれているのである。



太陽のような恒星は、進化の末、その質量に応じて、静かにガスを放出して惑星状星雲を形成し白色矮星という高密度天体を中心に残したり(左図)、超新星爆発を起こして、中心に中性子星やブラックホールといった超高密度天体を残したりする。

宇宙線の起源としては、 10^{15} 電子ボルト付近までは、我々の銀河系内にある超新星残骸や中性子星パルサーなどが考えられており、 10^{18} 電子ボルト以上は銀河系外の活動銀河核やブレーザーなどが候補とされている。現在、X線や電波、テラ電子ボルト γ 線などの波長域で詳細な観測がすすめられている。我々の研究は、**銀河系内の高密度天体**に着目した観測である。

【我々のアイデア】 白色矮星もパルサーでは？

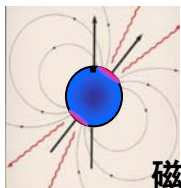
中性子星パルサーでは、自転車のダイナモ発電機と同じく、強力な磁石が回転することで起電力を発生し、その誘導電場で荷電粒子が加速される。磁石の磁場が強いほど、回転速度が速いほど、起電力が高く、粒子も加速されやすい。 $10^{12} \sim 10^{13}$ ガウスもの磁場を持つ中性子星では、誘導電場は $10^{16} \sim 10^{18}$ ボルトにも達する。



自転車のダイナモ

中性子星とよく似た高密度天体として、**白色矮星**がある。質量はどちらも太陽と同程度(2×10^{33} グラム)で、中性子星は山手線サイズ(数十キロメートル)、白色矮星は地球サイズ(1万キロメートル)の天体である。下記にまとめたとおり、白色矮星でも磁場の強い天体は、 $10^{14} \sim 10^{16}$ ボルトの誘導電場が期待できる。粒子加速には十分な強さである。この特徴に**我々は着目**した。

中性子星



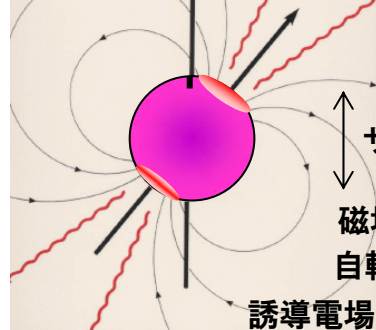
↑ ↓ サイズ～数十km

磁場～ $10^{12} \sim 10^{13}$ ガウス

自転周期～数ミリ秒—数秒

誘導電場～ $10^{16} \sim 10^{18}$ ボルト

白色矮星



↑ ↓ サイズ～一万km

磁場～ $10^5 \sim 10^7$ ガウス

自転周期～数秒—数時間

誘導電場～ $10^{14} \sim 10^{16}$ ボルト

宇宙での粒子加速の現場として、中性子星パルサーの磁気圏は、理論的にも観測的にも詳細な研究が進められてきたが、粒子加速源としての白色矮星の研究は、これまでほとんど行なわれていない。この点で、我々の発想は**独創的**である。

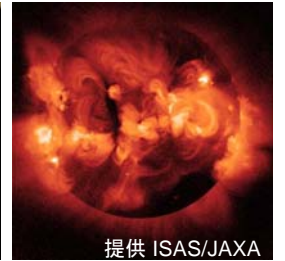
【X線で探る激しい宇宙】

日本のX線天文衛星「すざく」


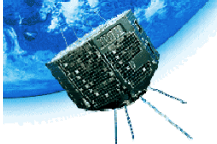



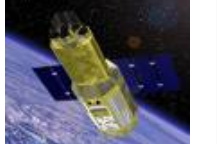





粒子加速源のような宇宙の激しい現象を観測するには、**X線が最適**である。X線は可視光よりも波長の短いエネルギーの高い電磁波である。右図に示したように、肉眼で静かに見える恒星(太陽)も、X線ではひじょうに激しい姿が見えてくる。ただし、宇宙からくる微弱なX線は、地球大気によって吸収されるため、X線で天体を観測するには、衛星等を用いて行なうしかない。下記に、日本および諸外国のX線衛星を挙げたとおり、X線天体観測は**日本が得意とする分野**である。



可視光でみた太陽



X線でみた太陽
提供 ISAS/JAXA

 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-)
					
				Chandra/Newton	
Ufuru (1970-73)	Einstein (1978-91)				
			ROSAT (1990-99)		

ISAS/JAXA, NASA, ESA



提供 ISAS/JAXA

すざく衛星打ち上げ
2005.7.10

(発射場にて)

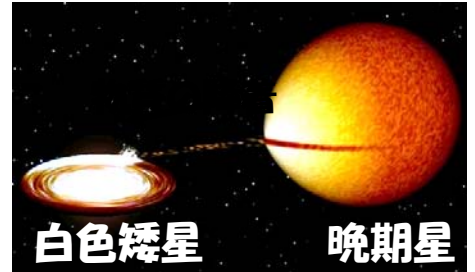


本研究で使用した**「すざく」衛星**は、日本第五のX線衛星で、JAXAを中心とした日本の大学の研究者と NASAとの共同ミッションである。「すざく」には低バックグラウンドなX線CCDカメラと、硬X線領域で世界最高の感度を誇る硬X線検出器(HXD)が搭載されている。**埼玉大学**ではHXDの開発から運用まで深く関わり取り組んできた。

【すざくによる観測】

白色矮星から硬X線パルスを発見

我々は、「すざく」の観測対象として、**強磁場激変星**とよばれる白色矮星と恒星との連星系を選んだ(右)。中でも、**みずがめ座AE星**は、自転周期が33秒と激変星の中で最速、磁場も 10^5 ガウス程度あると見込まれるので、粒子加速の条件がよく整っている。



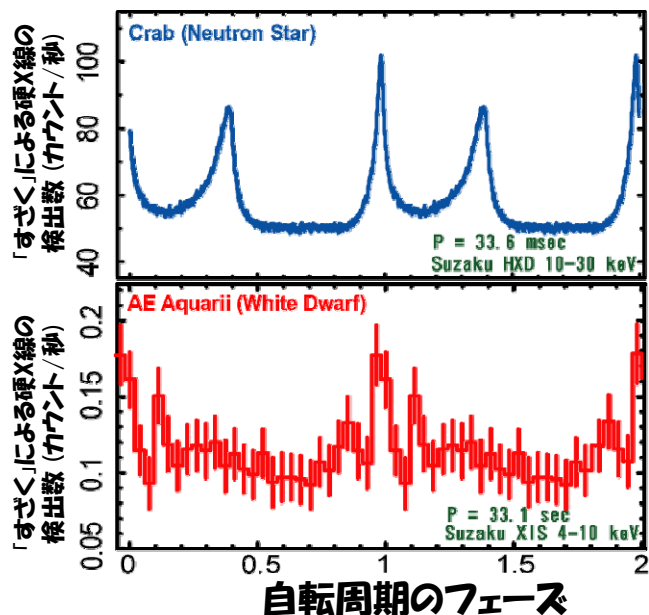
強磁場激変星の想像図

強磁場激変星からのX線放射は、白色矮星の磁極にある数千万度ものプラズマからの熱的な放射が卓越する。「すざく」でみずがめ座AE星を観測し、詳細に解析したところ、軟X線の領域では熱的な放射が卓越しているが、4キロ電子ボルト以上の硬X線領域では、熱的放射にまぎれてわずかながら、これとは別起源の、自転に同期した**パルス状の放射**が出ていることを世界で初めて発見した(下図赤)。白色矮星で発見した硬X線パルスは、X線スペクトルの形状や波形が中性子パルサーとよく似ていること等から、我々は、みずがめ座AE星は**中性子パルサーの白色矮星版**だ、と考えている。

中性子星 **かにパルサー**



白色矮星 **みずがめ座AE星**



もしこれが本当ならば、白色矮星は中性子星よりもずっと数が多いため、**静かながら数で勝負する宇宙線加速の現場**、となるかもしれない。将来の衛星による、さらなる高感度な観測が望まれる。

研究チーム

- ➡寺田幸功 埼玉大学 大学院 理工学研究科 准教授
- ➡石田学 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 教授
- ➡向井浩二 NASA Goddard Space Flight Center
- ➡牧島一夫 東京大学 理学系研究科 教授, 理化学研究所 主任研究員
- ➡堂谷忠靖 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 教授
- ➡馬場彩 日本学術振興会 特別研究員 (SPD)
- ➡Sachindra Naik Physical Research Lab, Ahmedabad, India,
- ➡林多佳由 首都大学東京 修士課程1年
- ➡岡田俊策 東工大 博士課程3年
- ➡中村良子 東工大 博士課程1年
- ➡榎戸輝揚 東京大学 博士課程1年
- ➡守上浩市 埼玉大学 修士課程1年

問い合わせ先

- ➡寺田幸功 電子メール: terada@phy.saitama-u.ac.jp
電話: 048-858-3365
FAX: 同上



参考資料

- ➡NASA Mission News **添付①**
http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2007/whitedwarf_pulsar.html
- ➡ISAS/JAXA 「すざく」速報 (1月17日の記者会見後にトップに出ます) **添付②**
<http://www.astro.isas.jaxa.jp/suzaku/flash/2008/0103/>
- ➡オリジナル論文
<http://arxiv.org/abs/0711.2716> (先行配布)
論文は、日本天文学会欧文報告(Publication of the Astronomical Society of Japan)に掲載されます。
<http://www.asj.or.jp/pasj/ja/index-J.html>
<http://pasj.asj.or.jp/> (出版後はこちらに掲載されます)
- ➡「すざく」衛星ホームページ
<http://www.astro.isas.jaxa.jp/suzaku/>
- ➡「すざく」衛星の画像など
<http://www.astro.isas.jaxa.jp/~oonuki/>
※報道目的での使用は自由に利用できます。ただし、
http://jda.jaxa.jp/jda/service_j.html
にあるとおり、JAXAへのクレジットを明記する必要があります。