

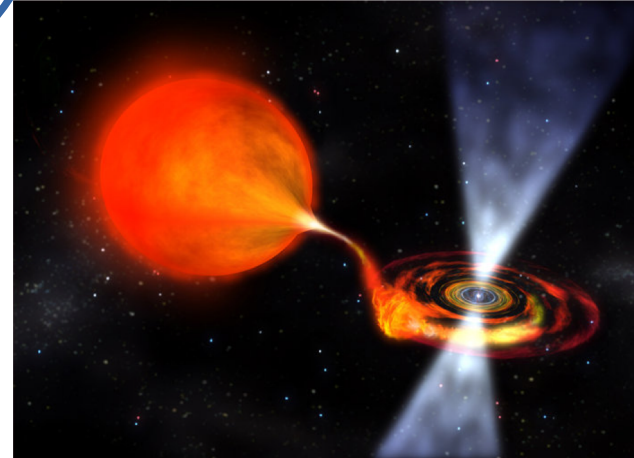
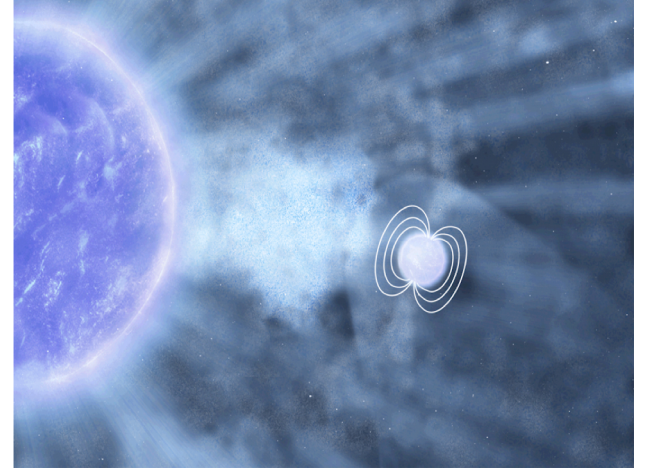
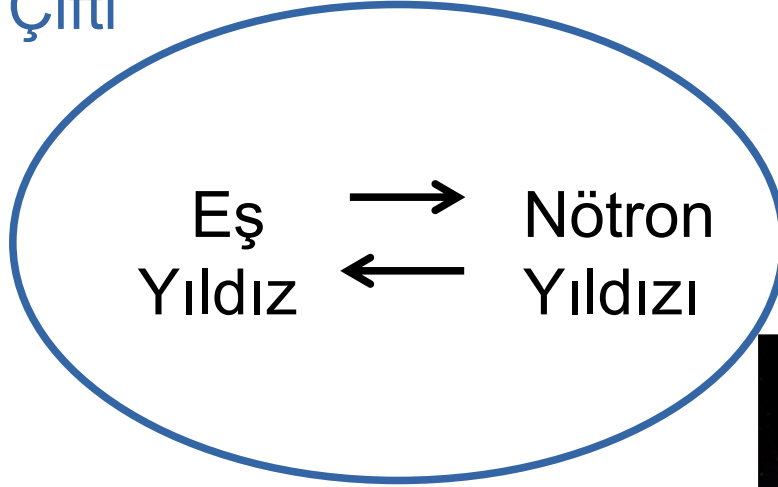
Kütle Aktarımı Yapan İki İlginç X-ışını Atarcası: GX 1+4 ve SXP 1062

Sıtkı Çağdaş İnam¹, Muhammed Miraç Serim², Şeyda Şahiner², Danjela Çerri-Serim², Altan Baykal²

¹Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, ²ODTÜ Fizik Bölümü

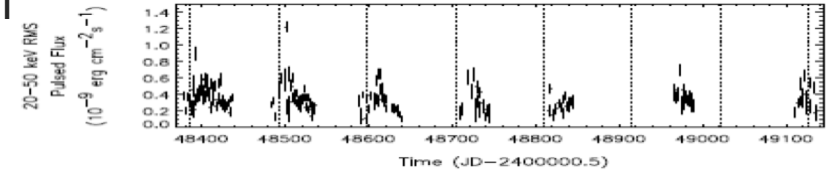
Kütle Aktarımı Yapan Atarca?

Nötron Yıldızı İçeren
X-ışını Çifti



Kütle Aktarımı Yapan Atarcaların Temel Gözlemsel Parametreleri

- $\sim 10^{35} - 10^{38} \text{ erg.s}^{-1}$ ışıma gücü ($\sim 1 - 20 \text{ keV}$ foton enerjisi aralığında)
- $\sim 10^{-11} - 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ kütle aktarım oranı
- -Tip I (tekrarlayan) parlamalar
(genellikle her enperide düzenli tetiklenen)



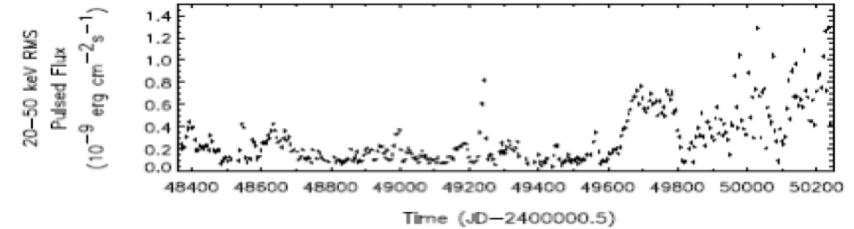
GS 0834-430 (Bildsten vd. 1997)

- -Tip II parlamalar



2S 1417-62 (İnam, Baykal, Scott vd. 2004)

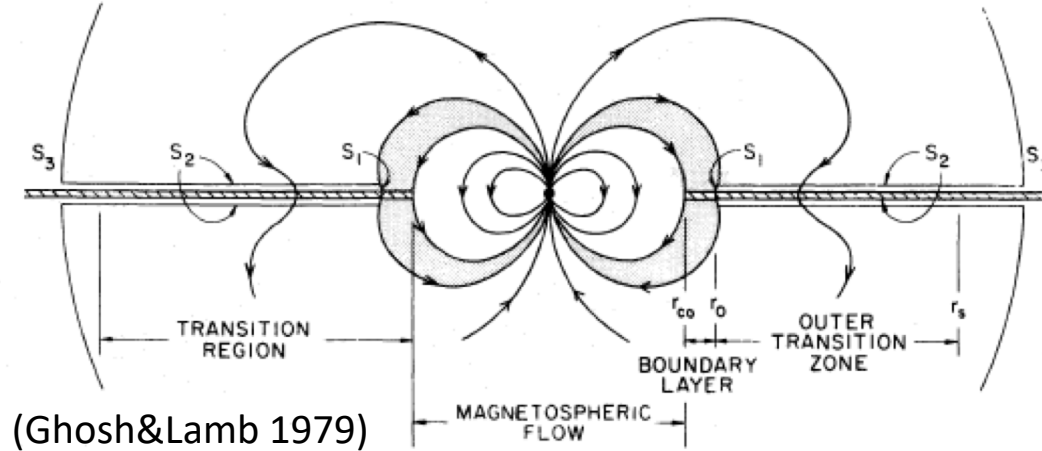
- -Sürekli (kararlı) ışıma



GX 1+4 (Bildsten vd. 1997)

Kütle Aktarımı Yapan Atarcalar Bize Neler Söyler?

- Kütle aktarımı, nötron yıldızının «dışarıyla» etkileşiminin en bilindik sürecidir!
 - Kütle aktarımı → **X-ışını ışınlam gücünün kaynağı**
 - Kütle aktarımı → **Açısal momentum aktarımının aracısı**
 - → **Dış torkların kaynağı! – «manyetik» ya da «madde (materyal)» torkları**



GX 1+4

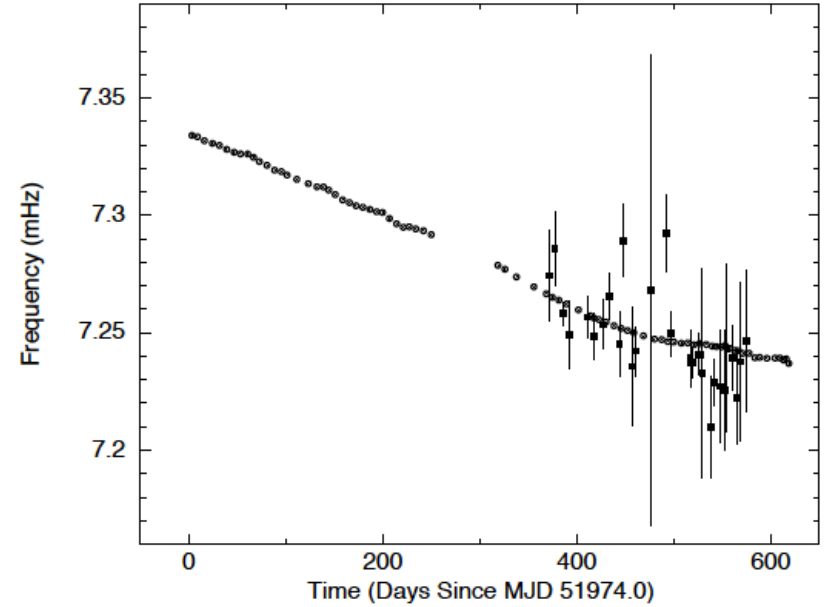
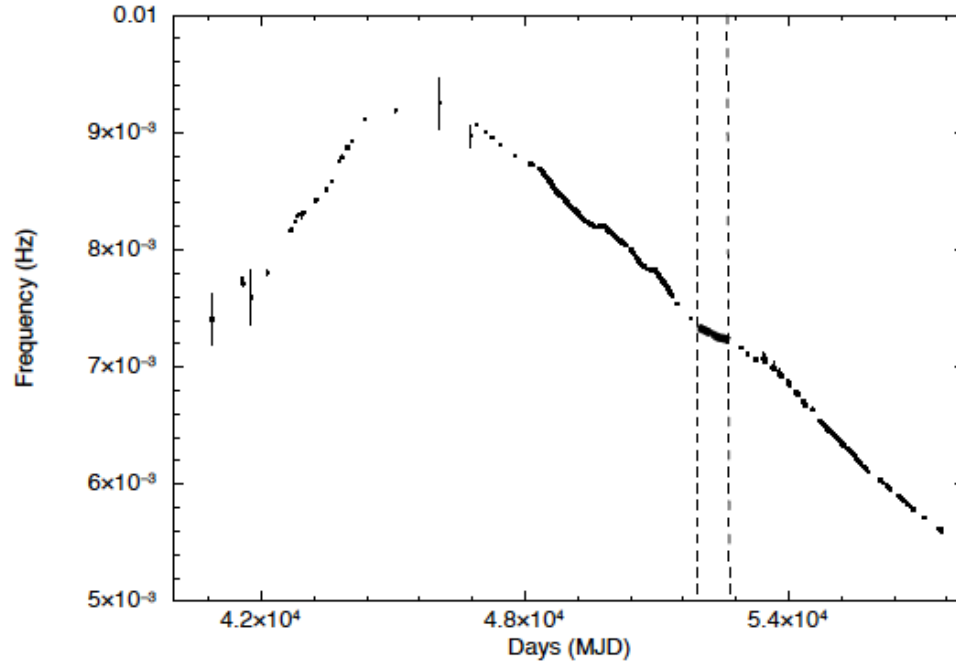
- 1970'lerden beri bilinen, uzun süreli hızlanmış, daha sonra da uzun süreli yavaşlamış kalıcı (persistent) bir kaynak (2 dakika civarında dönüş periyodu ve uzun olduğu düşünülen –değeri speküle edilen [304 gün – 1161 gün arasında]- bir yörünge periyodu var).
- Simbiyotik bir X-ışını çift yıldız sisteminin üyesi (X-ışını atarcaları için nadir bir özellik).
- Radyo ışıması yaptığı yeni tespit edilmiş (simbiyotik X-ışını çiftlerinde ilk) (van den Eijnden vd. 2018)
- Nötron yıldızı yüzey manyetik alanı hakkında farklı fikirler var (zayıf bir siklotron $\rightarrow 10^{12}$ Gauss; standart disk kuramı $\rightarrow 10^{13}$ - 10^{14} Gauss)

GX 1+4 –Analiz Edilen Gözlemler

- RXTE Gözlemleri (2001 Mart – 2003 Şubat) [toplam 276 ks pozlama]
- CGRO – BATSE sürekli takip gözlemleri (1991 – 2000)

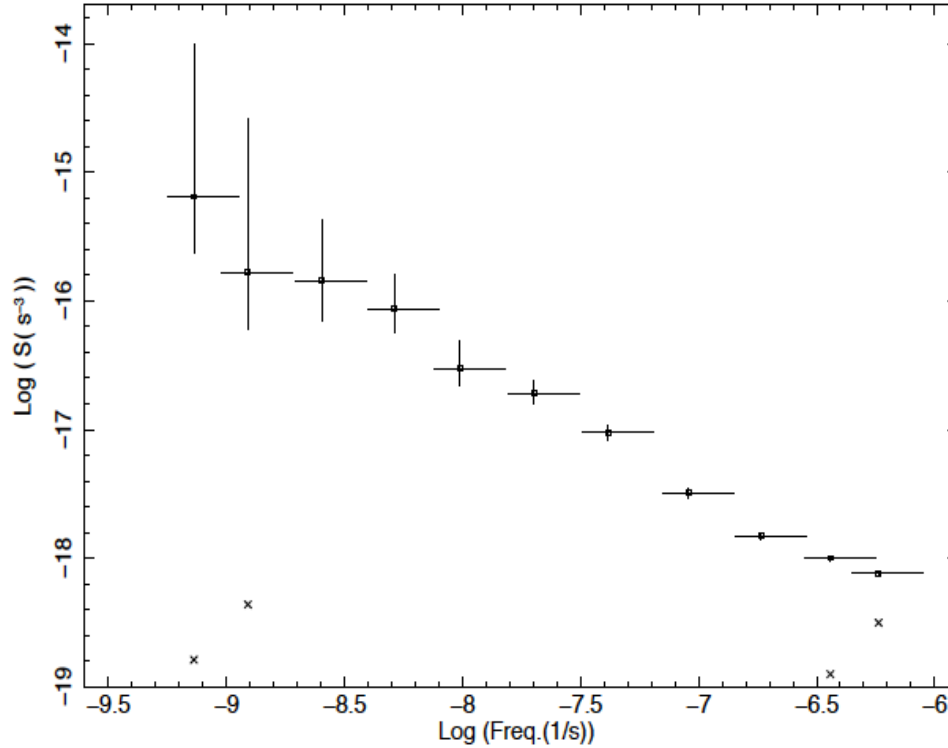
GX 1+4 Kaynağıyla İlgili Yaptıklarımız (Serim, Şahiner, Çerri-Serim, İnam, Baykal 2017a)

- Uzun Dönemli Frekans Serisine Katkı



GX 1+4 Kaynağıyla İlgili Yaptıklarımız (Serim, Şahiner, Çerri-Serim, İnam, Baykal 2017a)

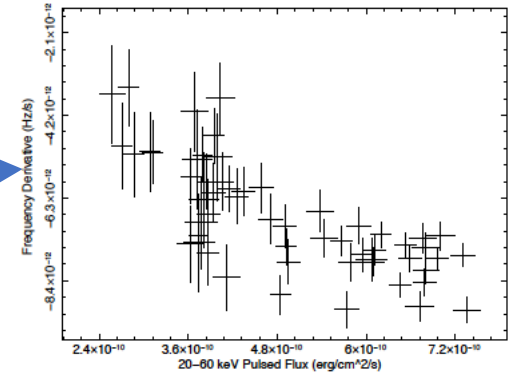
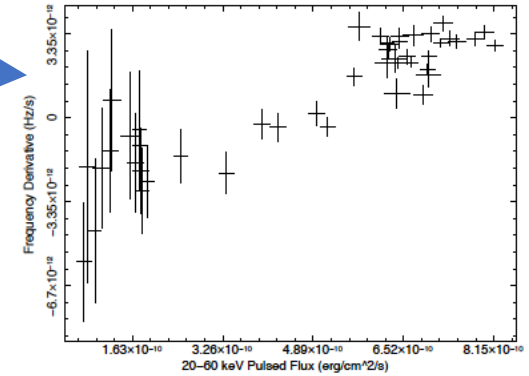
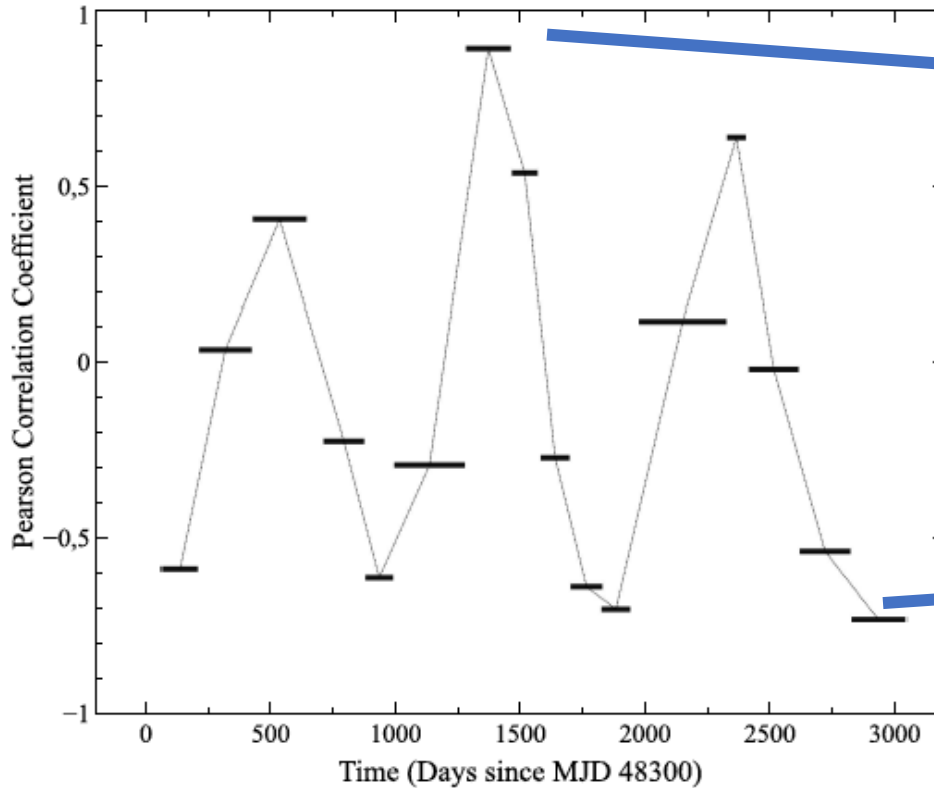
- Atım Frekans Türevlerinin Güç Tayfı («tork gürültüsü»)



31 günden – 44 yıla uzanan
zaman ölçeği!

GX 1+4 Kaynağıyla İlgili Yaptıklarımız (Serim, Şahiner, Çerri-Serim, İnam, Baykal 2017a)

- Frekans Türevi ve X-ışını Akısı Arasında Dönemsel İlinti veya Ters İlintiler (CGRO – BATSE ile)



GX 1+4

- **Özet:**

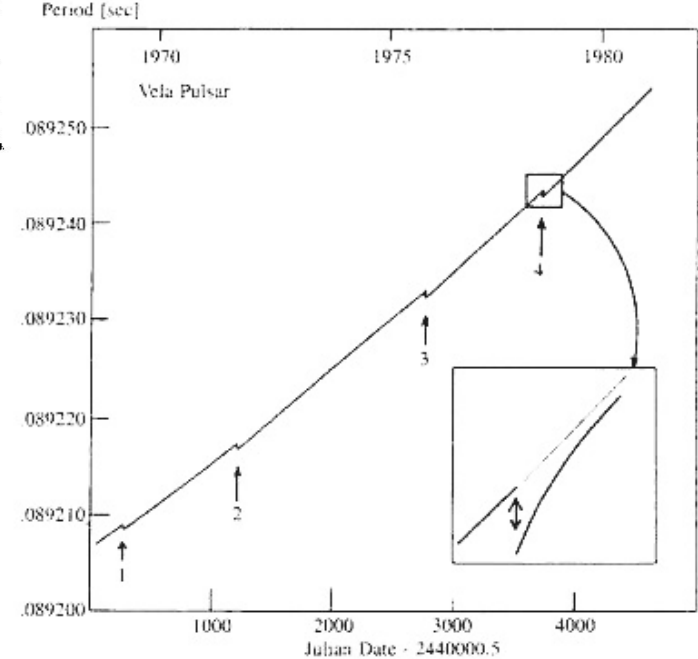
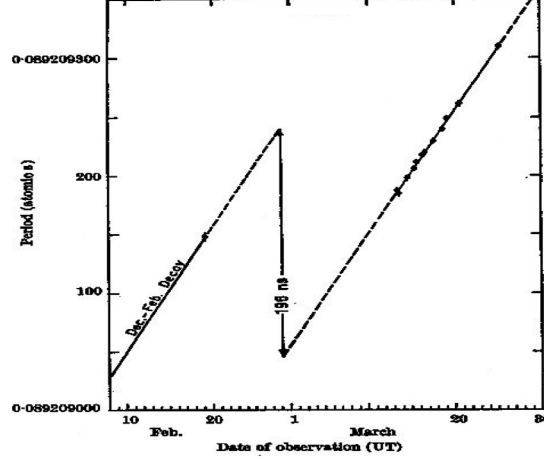
- Bilinen en eski X-ışını atarcalarından biri de olsa, GX 1+4 hem kısa hem de uzun dönemli zamanlama özellikleriyle ilgi çekici olmaya devam ediyor.
- Kütle aktarım kuramlarının anlaşılması ve geliştirilmesi için laboratuvar olma rolünü koruyacak nitelikte.

İç Torklar?

- Tek (izole) atarcalarda yavaşlama mekanizmaları nötron yıldızının iç yapısıyla ilgili ipuçları vermekte!
 - Tork gürültüsü
 - Yavaşlama oranı ve periyodun daha üst derece zaman türevleri
 - **Aksama** ya da kayma olarak Türkçe'ye çevrilebilecek «**glitch**»
- Kütle aktarımı yapan atarcalarda, tork gürültüsü ve yavaşlamayla ilgili dinamik parametreler doğrudan kütle aktarımıyla ilişkili; **şimdiye kadarsa** aksamayla ilgili tatmin edici bir gözlemsel bulgu olmamış!

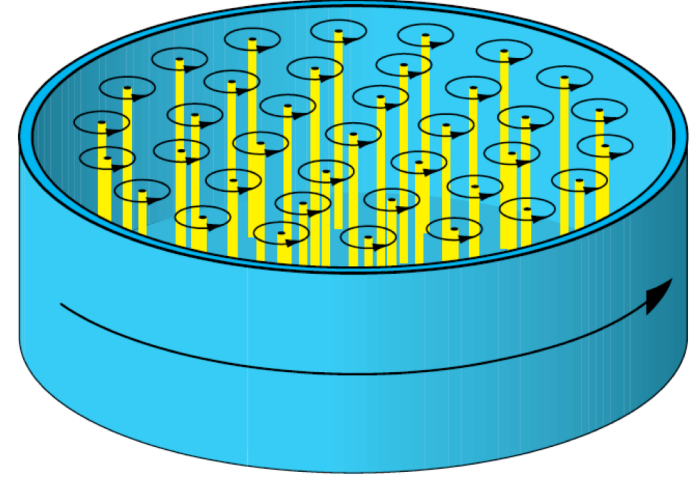
Aksama nedir? Ne anlatır?

- Aksama (glitch), bir nötron yıldızının frekansındaki «ani» sıçramadır.
- Şimdiye kadar sadece izole (tek) atarcalarda gözlenmişti.
- Kesirsel frekans değişimi $\rightarrow 10^{-11} - 10^{-5}$ (Espinoza vd. 2011)
- Kesirsel frekans türevi değişimi $\rightarrow 10^{-4} - 10^{-1}$ (Yu vd. 2013; Dib ve Kaspi 2014)



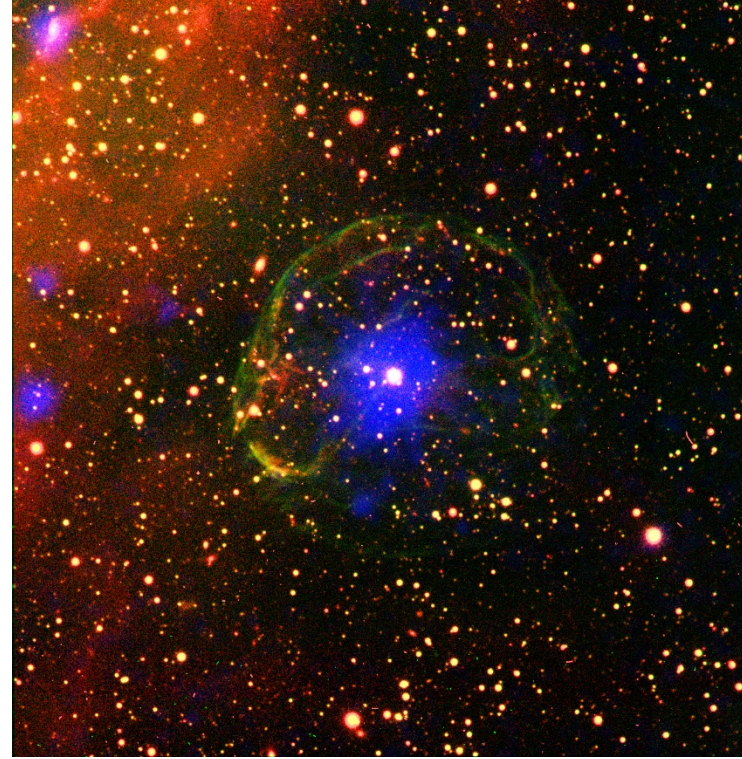
Aksama Mekanizması

- Açıklama:
 - Atarca yavaşladıkça kabuk ile süperakışkan maddenin dönüşleri arasında bir gecikme (kabuk daha yavaş) ortaya çıkar. Girdaplar kabuğa «raptiyelenmiş» (pinning) durumda
 - Gecikme belli bir kritik değeri aşınca süperakışkan girdapları bulundukları konumdan dışarı doğru hızlıca hareket eder «raptiye ayrılmış» (unpinning) ve bu «gerginlik» sona erer (bkz. Magnus kuvveti).



Acayip Bir Atarca: SXP 1062

- Keşif periyodu **1062s.** → **çok yavaş**
- Yörünge periyodu muhtemelen 656 gün.
- Yaşı 10-40 kilo yıl → **genç**
- **Manyetik alanı «magnetar» alanı gibi**
- **Bir süpernova kalıntısı içinde**
- Eş yıldızı: Be tipi (yaklaşık $15M_{\odot}$)
- Küçük Macellan Bulutu'nda yer alıyor.



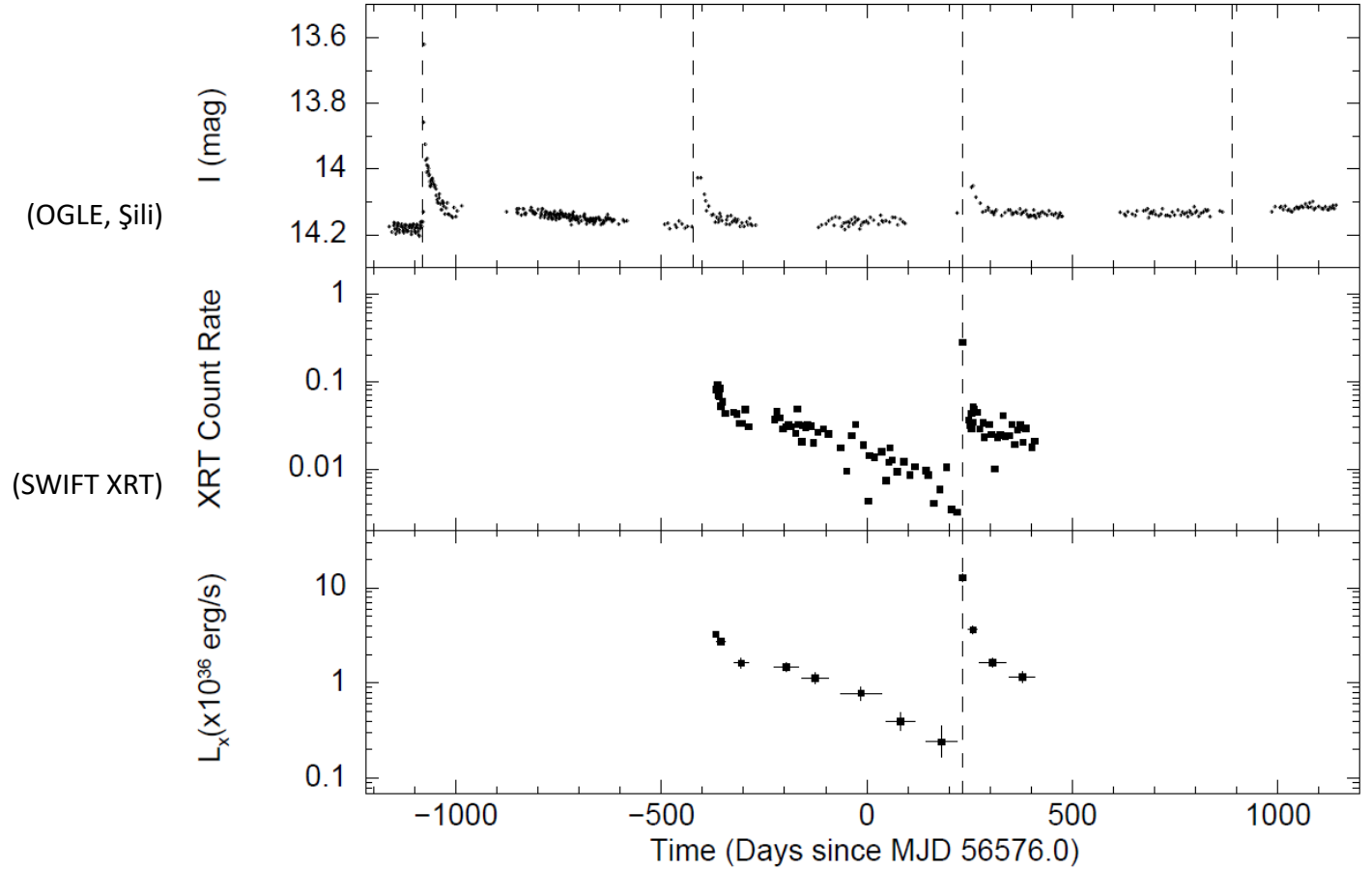
(XMM-Newton EPIC - Cerro Tololo Inter-American Observatory)

Gözlemler

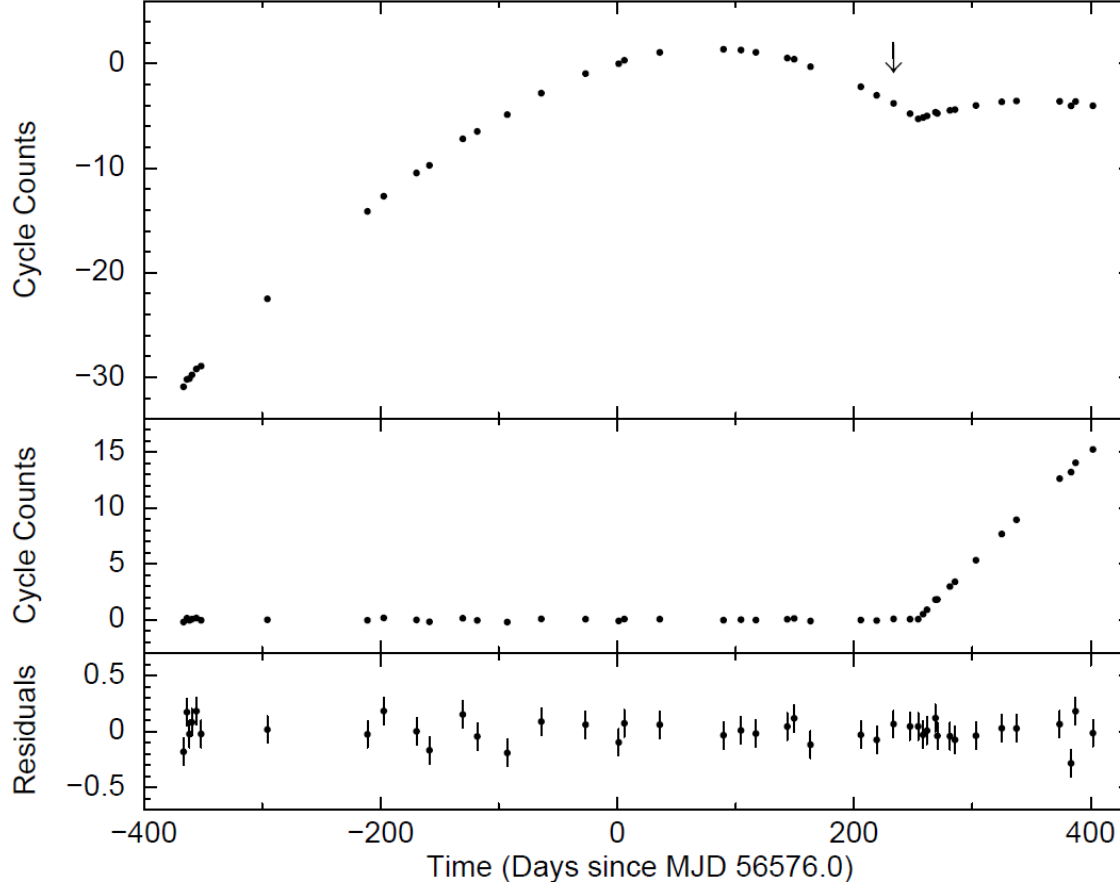
- Gözlemler (9 Ekim 2012 – 23 Kasım 2014)
 - 87 Swift-XRT
 - 2 XMM-Newton Epic-PN
 - 3 Chandra Acis-I
- Toplam yaklaşık 750 güne dağılan 337 ks pozlama.

Analiz

- Işık eğrisi



Zamanlama Çözümü



Orbital Model:

Orbital Epoch (MJD)	56351(10)
P_{orb} (days)	656(2)
$\frac{ax}{c} \sin i$ (lt-s)	1636(16)
e	< 0.2

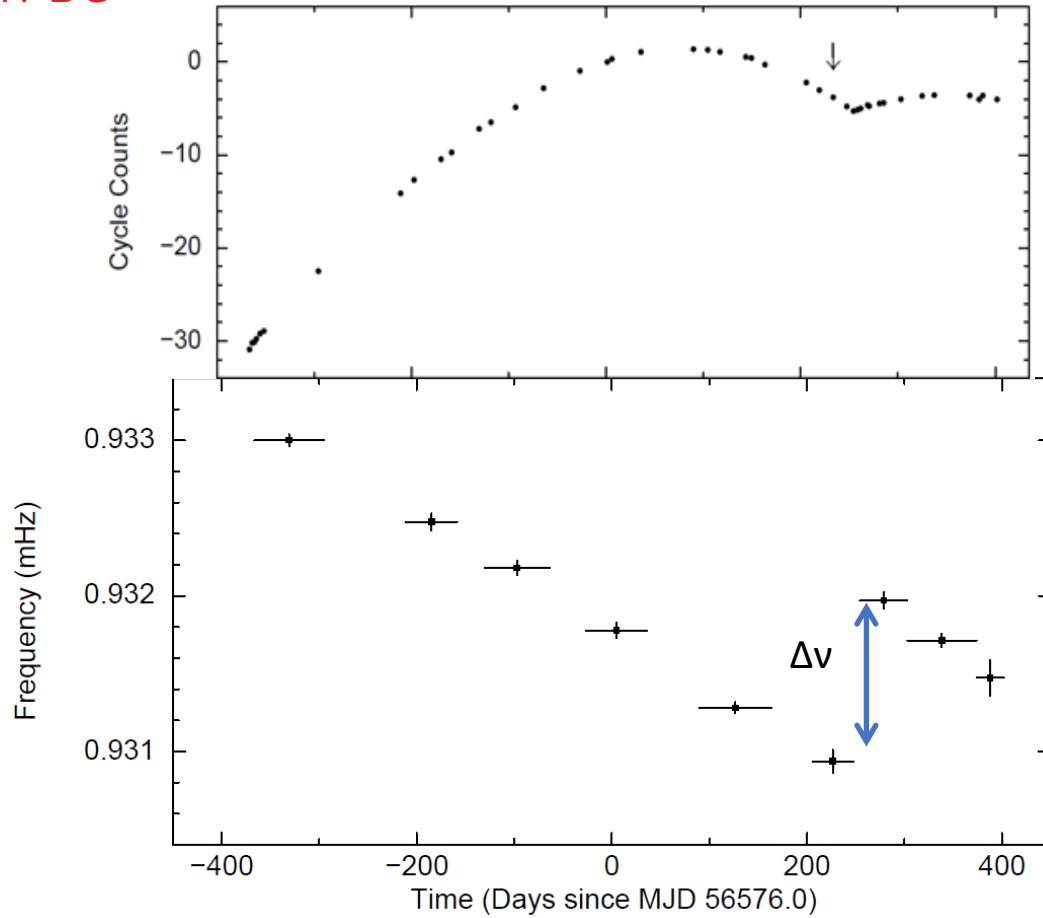
Timing Solution:

Folding Epoch (MJD)	56576.0
Validity Range (MJD)	56209 – 56830
ν_0 (mHz)	0.931787(5)
$\dot{\nu}_0$ (Hz s $^{-1}$)	$-4.29(7) \times 10^{-14}$

Glitch Parameters:

t_g (MJD)	~ 56834.5
Validity Range (MJD)	56834 – 56978
$\Delta\nu$ (Hz)	$1.28(5) \times 10^{-6}$
$\Delta\dot{\nu}$ (Hz s $^{-1}$)	$-1.5(9) \times 10^{-14}$
$\Delta\nu/\nu_0$	$1.37(6) \times 10^{-3}$
$\Delta\dot{\nu}/\dot{\nu}_0$	0.3(2)

Aksamanın Belirlenmesi



Tartışma

- Kuramsal öngörüler vardı! (Ducci vd. 2015)
 - SXP 1062 gibi yavaş, manyetik alanı şiddetli (veya genç ama yavaş) kaynaklar aday kaynaklardı.
 - Kaynağın radyo atarcaları gibi düzgün yavaşlaması ve tork gürültüsünün büyük olmaması aksamayı gözlememizin sebebi olabilir.
 - Diğer adaylar da gözlenmeye devam edilmeli: GX 1+4, 4U 1626-67 (uzun dönemli düzgün yavaşlamalar gösteren nispeten yavaş atarcalar)
- Uzun dönemli hızlanmalar gösteren kaynaklarda da «ters aksamalar» gözlenebilir.
- Gelecekte gözlenecek aksamalar, kütle aktarım yapan atarcaların iç yapılarına ışık tutabilir.

SXP 1062 - Özet

- Aksama keşfi, popüler bilim sitelerinde ilgi çekmiş ve hem kütle aktarımı yapan atarca hem de radyo atarcası ve magnetar üzerine çalışan bilim insanlarınca olumlu karşılanmıştır.
- Şimdilik başka gözlemsel örnek yoktur. Özellikle NICER gibi X-ışını teleskoplarının bu tür keşifler yapmaya devam etmesi olasıdır.
- Gelecekte (21. yüzyıl içinde) daha gelişmiş kütleçekim dalgası teleskopları, atarca aksamalarında oluşan kütleçekim dalgalarını keşfedebilirler

(bkz. <https://dcc.ligo.org/public/0002/G0900505/001/G0900505-v1.pdf>)