TÜBİTAK

Magnetarların Yavaşlama Oranı ile Tork Gürültüsü Gücü Arasındaki Bağıntının Araştırılması

Program Kodu: 1001

Proje No: 114F345

Proje Yürütücüsü:
Prof. Dr. Altan BAYKAL

Araştırmacı:
Prof. Dr. Sıtkı Çağdaş İNAM

Bursiyerler:
Dr. Şeyda ŞAHİNER
Muhammed Miraç SERİM
Danjela ÇERRİ-SERİM

HAZİRAN 2018
ANKARA

ÖNSÖZ

Bu projede, magnetar olarak adlandırılan çok yüksek manyetik alanlara sahip atarcaların, gürültü genlikleri hesaplanmış ve gürültü güç tayfları oluşturulmuştur. Magnetar kaynaklarında oluşan tork gürültüsünün kaynakların manyetosferi ile ilişkili olabileceği bulunmuş, bu kaynakların gürültü tayfları ve gürültü genliklerinin diğer fiziksel parametrelerle ilintisinin kütle aktarımı yapan sistemlerinkinden çok yalnız (izole) radyo atarcalarına benzediği ortaya konmuştur.

Projede magnetarların çift yıldız sistemlerinde bulunma olasılığı da incelenmiş. İncelenen GX 1+4 ve SXP 1062 isimli kütle aktarımı yapan iki atarcadan, SXP 1062 isimli kaynağın magnetar sınıfına girdiği bulunmuştur. Ayrıca SXP 1062'nin çift yıldız parametreleri ilk defa çözülmüş ve kütle aktarımı yapan atarcalar arasında ilk kez bu kaynakta aksama (glitch) olarak adlandırılan bir periyot sıçraması meydana geldiği keşfedilmiştir. Bu keşfin, nötron yıldızlarının iç yapısını çalışan bilim insanlarına ışık tutacak nitelikte olduğunu düşünmekteyiz.

Bu proje kapsamında yapılan çalışmaların gerçekleştirilebilmesi TÜBİTAK tarafından verilen destekle mümkün olmuştur. Başta araştırmacıların desteklenmesi olmak üzere proje kapsamında sağlanan tüm destekler için içten teşekkür ederiz.

TÜBİTAK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ i

TABLOLAR LİSTESİ iv

ŞEKİLLER LİSTESİ v

ÖZET vii

ABSTRACT viii

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR 3

2.1. “Standart” Magnetarlar 3

2.2. Kütle Aktarımı Yapan Magnetarlar? 6

3. YÖNTEM 11

4. UYDULAR 13

4.1. CGRO 13
4.1.1. BATSE 13
4.1.2. OSSE 14
4.1.3. COMPTEL 14
4.1.4. EGRET 14

4.2. RXTE 14
4.2.1. ASM 15
4.2.2. PCA 15
4.2.3. HEXTE 16

4.3. XMM-Newton 16
4.3.1. EPIC 17
4.3.2. RGS 17
4.3.3. OM 17

4.4. Chandra 17
4.4.1. HRC 17
4.4.2. ACIS 18
4.4.3. HETGS-LETGS 18

4.5. SWIFT 18
4.5.1. BAT 19
4.5.2. XRT 19
4.5.3. UVOT 19

5. SONUÇLAR 20

5.1 Kütle Aktarımı Yapan Atarcalar 20
5.1.1 GX 1+4 20
5.1.2. SXP 1062 27
5.1.3. 4U 1626-67 31
5.1.4. NuStar J095551+6940.8 32
5.1.5. SWIFT J0513.4-6547 34

5.2 Magnetarlar 36
5.2.1. 1E 2259+586 37
5.2.2. CXOU J010043.1-721134 39
5.2.3. 1E 1841-045 40
5.2.4. 1RXS J170849.0-400910 41
5.2.5. SGR 1900+14 43
5.2.6. XTE J1810-197 45
5.2.7. SGR 0526-66 46
5.2.8. CXOU J171405.7-381031 47
5.2.9. SGR 1806-20 48
5.2.10. 3XMM J185246.6- 003317 49
5.2.11. SGR 1822.3-1606 50
5.2.12. 4U 0142+61 52
5.2.13. SGR 1935+2154 55
5.2.14. 1E 1048.1-5937 56
5.2.15. CXO J164710.2-455216 58
5.2.16. SGR 0418+5729 59
5.2.17. 1E 1547.0-5408 60
5.2.18. SGR 0501+4516 61
5.2.19. SGR 1647-41 63
5.2.20. PSR J1622-4950 63
5.2.21. SGR J1745-2900 64
5.2.22. SGR 1833-0832 65
5.2.23. Swift J1834.9-0846 65
5.3. Gürültü Gücü Bağıntıları 66
6. SONUÇ 73
Kaynaklar 75

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 5.1. GX 1+4 kaynağının zamanlama çözümleri…….…..21
Tablo 5.2. GX 1+4 kaynağının iki farklı akı dönemi için elde edilen tayf parametreleri……25
Tablo 5.3. SXP 1062 atarcasının zamanlama ve yörünge parametreleri……..…...…....31
Tablo 5.4. SWIFT J01513.4-6547 kaynağının 2009 ve 2014 gözlemlerinden bulunan zamanlama çözümleri…….....35
Tablo 5.5. Magnetar kaynakları üzerindeki ölçümlerin ilerleme tablosu……...……36
Tablo 5.6. 1E 2259+586 atarcasının zamanlama çözümü ve gürültü genliği……...37
Tablo 5.7. SWIFT J1822.3-1606 atarcasnın zamanlama parametreleri ve gürültü gücü……..…….....52
Tablo 5.8. 4U 0142+61 kaynağının zamanlama çözümleri……..54
Tablo 5.9. Magnetarların gürültü tayflarından elde edilen Güç-yasası indisleri……....71

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Bir atarcanın manyetik alan çizgileri ve ışın demetiyle birlikte şematik gösterimi….1
Şekil 4.1. CGRO uydusunun şematiği…….13
Şekil 4.2. RXTE uydusunun şematiği……..15
Şekil 4.3. XMM-Newton uydusunun şematiği……....16
Şekil 4.4. SWIFT uydusunun şematiği……....18
Şekil 5.1. GX 1+4 kaynağının RXTE-PCA gözlemlerinden oluşturulan ışık eğrisi……..20
Şekil 5.2. GX 1+4'ün atım frekansı / GX 1+4'ün zamanlama çözümünden elde edilen frekans ölçümleri……....21
Şekil 5.3. k=1/2 ve S=1 değerleri için benzetimi yapılmış zaman serisi / GX 1+4 atarcasının gürültü gücü tayfı……...22
Şekil 5.4. GX 1+4 atarcasının RXTE-PCA gözlemlerinden elde edilen enerji tayflarının modellendikten sonra elde edilen parametrelerinin zamana göre değişimleri……..23
Şekil 5.5. GX 1+4 atarcasının 3-20 keV absorbe edilmemiş akısına karşılık olarak demir ışımasının akısı…..…….....24
Şekil 5.6. GX 1+4 kaynağının iki farklı akı dönemi için modellenen enerji tayfları ve model artıkları……....25
Şekil 5.7. 10 faz gruplu, atım fazında çözünük enerji tayflarının model parametreleri……...26
Şekil 5.8. OGLE arşivinden alınan I-bandı optik ışık eğrisi / Swift-XRT gözlemlerinden oluşturulan X-ışını ışık eğrisi / Soğurulmamış X-ışını akısındaki değişim…….…….28
Şekil 5.9. SXP 1062'nin tüm Swift-XRT gözlemleri birleştirilerek oluşturulan genel enerji tayfının modellemesi ve model artıkları…….....29
Şekil 5.10. SXP 1062 atarcasının atım geliş zamanları / atarcanın tablo 4.3'de verilen düzenli yavaşlama oranının ve yörünge modelinin üst paneldeki atım geliş zamanlarından çıkarıldıktan sonra kalan artıkları / Periyot kayması (glitch) düzeltilden sonra kalan artıklar / Atarcanın atım geliş zamanlarındaki yörünge hareketinden kaynaklı olan Doppler modülasyonu / Yörünge modeli çıkarıldıktan sonra kalan artıklar…….….30
Şekil 5.11. Magnetar olmayan X-ışını atarcası 4U 1626-67'nin literatürden alınan frekans ölçümleri / Magnetar olmayan X-ışını atarcası 4U 1626-67'nin gürültü gücü tayfı……...…32
Şekil 5.12. MJD 53599 tarihinde (ObsID 90171-01-01-00) RXTE uydusu ile alınan gözlemden elde edilen güç tayfı……..33
Şekil 5.13. SWIFT J01513.4-6547 kaynağının 2009 gözlemleri için yörünge düzeltmesi yapıldıktan sonra elde edilen atım geliş zamanları……..…34
Şekil 5.14. 1E 2259+586 Arnomal X-ışını atarcasının 16 yıllık ışık eğrisi / 1E 2259+586 atarcasının atım geliş zamanları ve ikinci derece polinom modelinden sonraki artıkları……38
Şekil 5.15. 1E 2259+586 atarcasının gürültü gücü tayfı……...……38
Şekil 5.16. CXOU J010043.1-721134 atarcasının litratürden alınan frekans ölçümleri…....40
Şekil 5.17. 1E 1841-045 Anormal X-ışını Atarcasının atım frekansı serisi / 1E 1841-045'in gürültü genliği tayfı……..…41
Şekil 5.18. 1RXS J170849.0-400910 Anormal X-ışını Atarcasının atım geliş zamanları ve ikinci derece polinom çıkarıldıktan sonraki artıkları……..42
Şekil 5.19. 1RXS J170849.0-400910 Anormal X-ışını Atarcasının gürültü genliği tayfı...…..43
Şekil 5.20. SGR 1900+14Yumuşak Gama Işını Tekrarlıyıcısının literatürden alınan frekans serisi……...…..44
Şekil 5.21. SGR 1900+14'ün gürültü genliği tayfı……...…..45

Şekil 5.22. XTE J1810-197 magnetarının literatürden alınan frekans ölçümleri serisi / XTE J1810-197'nin gürültü genliği tayfı……..……46
Şekil 5.23. SGR 0526-66 Yumuşak Gama Işını Tekrarlayıcısının literatürden alınan frekans ölçümleri serisi……...47
Şekil 5.24. CXOU J171405.7-381031 magnetarının literatürden derlenen frekans ölçümleri serisi……...……....48
Şekil 5.25. SGR 1806-20 Yumuşak Gama Işını Tekrarlayıcısının literatürden alınan atım frekansı ölçümleri serisi / SGR 1806-20'nin gürültü gücü tayfı……..…..49
Şekil 5.26. 3XMM J185246.6-003317 magnetarının literatürden alınan atım frekansı ölçümleri serisi…….....50
Şekil 5.27. SWIFT J1822.3-1606'nin atım geliş zamanlarıve 2. derece polinom çıkarıldıktan sonraki artıkları…….51
Şekil 5.28. 4U 0142+61 kaynağının RXTE-PCA verileri kullanılarak elde edilen 3-20 keV bandındaki ışık eğrileri……...……53
Şekil 5.29. 4U 0142+61 kaynağının atım geliş zamanları ve 2. dereceden polinom çıkarıldıktan sonra kalan zamanlama artıkları……...……...54
Şekil 5.30. 4U 0142+61 kaynağının gürültü gücü tayfı…….……55
Şekil 5.31. SGR 1935+2154 Yumuşak Gama Işını Tekrarlayıcısının atım geliş zamanlarının eğimlerinden hesaplanan atım frekansı ölçümleri serisi / SGR 1935+2154'ün gürültü gücü tayfı……..……..……..56
Şekil 5.32. 1E 1048.1-5937'in gürültü gücü tayfı……..…….……57
Şekil 5.33. CXO J164710.2-455216 kaynağının atım geliş zamanlarının eğiminden hesaplanan atım frekansı ölçümleri serisi / CXO J164710.2-455216'nun gürültü gücü tayfı…….……59
Şekil 5.34. SGR 0418+5729 kaynağının atım geliş zamanlarının eğiminden hesaplanan atım frekansı ölçümleri serisi / SGR 0418+5729'un gürültü gücü tayfı……..……..……..60
Şekil 5.35. 1E 1547.0-5408'in gürültü gücü tayfı……..……..……..62
Şekil 5.36. SGR 0501+4516 kaynağının atım geliş zamanlarının eğiminden hesaplanan atım frekansı ölçümleri serisi / SGR 0501+4516'nın gürültü gücü tayfı…..…….62
Şekil 5.37. SGR J1745-2900 kaynağının atım geliş zamanlarının eğiminden hesaplanan atım frekansı ölçümleri serisi / SGR J1745-2900'ın gürültü gücü tayfı……..…..64
Şekil 5.38. Gürültü gücü bağıntıları……..……...…67
Şekil 5.39. Magnetarların zamanlama gürültüsü gücünün 2-10keV sakin ışınım güçlerine göre dağılımı……..70

ÖZET

Bu projede, McGill Magnetar Kataloğu'nda yer alan bütün magnetarlar için literatürdeki zamanlama çözümleri kullanılarak RXTE, SWIFT, XMM Newton ve Chandra arşiv verileri yeniden analiz edilmiştir. Magnetarların zamanlama çözümlerinden yararlanılarak kaynakların gürültü genlikleri hesaplanmış ve bu kaynakların gürültü güç tayfları oluşturulmuştur. Bu tayfların eğimleri, kütle aktarımı yapan sistemlerinin ve radyo atarcalarınınkilerle mukayese edilmiş ve bu mukayese sonucunda magnetarların daha çok yalnız (izole) radyo atarcalarına benzediği görülmüştür. Magnetarların gürültü genlikleri ile yavaşlama hızları arasında bir ilinti bulunmuş ve bu ilinti radyo atarcaların yavaşlamasına benzetilmiştir. Ayrıca kaynakların X-ışını tayfları kullanılarak oluşturulan X-ışını ışınım güçleri ile gürültü genlikleri arasında ilinti aranmış ama böyle bir ilinti bulunamamıştır. Kaynakların zamanlama analizlerinden çıkarılan gürültü tayfları ve gürültü genliklerinin diğer fiziksel parametrelerle ilintisi kütle aktarımı yapan sistemlerinkinden çok yalnız (izole) radyo atarcalarına benzediği bulunmuştur.

Projede magnetar kaynaklarının çift yıldız sistemlerinde bulunma olasılığı da incelenmiştir. Bu amaçla GX 1+4 ve SXP 1062 isimli kaynakların RXTE, Chandra, Swift ve XMM Newton uydularından gelen arşiv verileri incelenmiştir. GX 1+4 kaynağının periyot değişimleri normal nötron yıldızı manyetik alanına işaret etmekteyken, SXP 1062 isimli kaynağın çok yüksek manyetik alanlı magnetar sınıfına girdiği bulunmuştur. Ayrıca SXP 1062'nin çift yıldız parametreleri ilk defa çözülmüştür. Kaynağın radyo atarcalarının atım frekanslarında görülen aksama (glitch) denilen bir periyot sıçraması yaptığı keşfedilmiştir. Bu keşif, Royal Astronomical Society, NASA ve çok sayıda iç ve dış basının İnternet sitelerinde haber olmuş, TÜBİTAK'ın 2018 Mayıs Bülteninde de yer almıştır.

GX 1+4 ve SXP 1062 ilgili çalışmalar MNRAS dergisinde yayınlanmış, magnetarların güç tayfları ve gürültü genliklerinin ilintisiyle ilgili çalışmaysa MNRAS dergisine gönderilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın belirli kısımları uluslararası toplantılarda sunulmuştur.

Yapılan çalışmalarda, magnetar kaynaklarında oluşan tork gürültüsünün kaynakların manyetosferi ile ilişkili olabileceği bulunmuştur. SXP 1062 kaynağında gözlenen aksama ise kuramsal yoğun madde fiziği çalışan bilim insanlarına ve bu kaynakların iç yapısının daha detaylı anlaşılmasına ışık tutacak niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: Nötron Yıldızı, Atarca, X-ışını Astronomisi, Magnetar, Zamanlama

ABSTRACT

In this Project, RXTE, SWIFT, XMM-Newton archival data were re-analyzed for all the magnetars in McGill Magnetar Catalogue by using timing solutions in the literature. Noise strengths of the magnetars were calculated and their noise power spectra were constructed. Slopes of these spectra were compared with the ones of accreting systems and radio pulsars and it was revealed that they resemble those of isolated radio pulsars. Noise strengths and spin-down rates of the magnetars were found to be correlated which also is found to be similar to radio pulsars. Also, X-ray luminosities which were calculated by using X-ray spectra were investigated for a possible correlation with noise strengths, but no such correlation was found. From the timing analysis of the sources, correlation between noise spectra and noise strengths with other physical parameters were found to be similar to those of radio pulsars.

Possibility of presence of magnetars in binaries were also investigated. For this purpose, RXTE, Chandra, Swift and XMM-Newton archival data were analyzed. For GX 1+4, period changes were found to be implying a standard neutron star magnetic field while SXP 1062 source was found to have magnetar like magnetic field. Binary parameters of SXP 1062 system were calculated for the first time. The source SXP 1062 was also discovered to show glitch feature in its pulse frequencies just like the radio pulsars. This discovery was covered as a press release in RAS (Royal Astronomical Society) bulletin, and it was also mentioned in NASA and various national and international web sites, popular journals and newspapers, including 2018 May bulletin of TÜBİTAK.

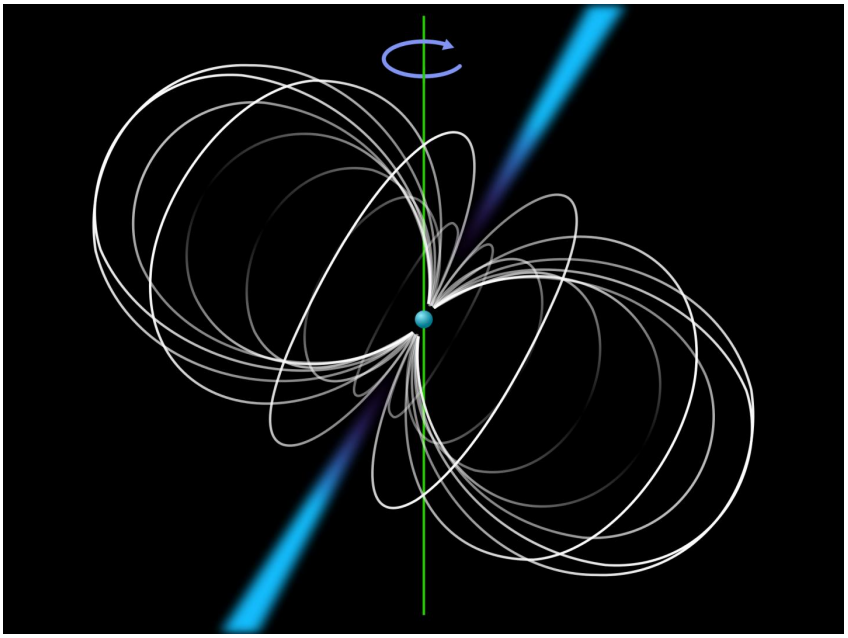
The results about GX 1+4 ve SXP 1062 studies were published in MNRAS, while the results of power spectra and noise strengths of magnetars were submitted as an article in MNRAS. Also, various parts of this study were presented in international meetings.

In this Project, torque noise of magnetars was found to be possibly related to magnetospheres of these sources. The glitch discovered in SXP 1062 was evaluated to be an inspiring finding that might be helpful to condensed matter physicists to understand the internal structure of neutron stars.

Keywords: Neutron Star, Pulsar, X-ray Astronomy, Magnetar, Timing

1. GİRİŞ

Genel olarak, anakol yıldızların içlerindeki kütleçekim basıncı ile termonükleer tepkimelerden açığa çıkan dışa doğru olan basınç birbirlerini dengeler durumdadır. Süregelen termonükleer tepkime zincirinde sürekli olarak daha ağır elementler üretilir. Yıldızın ilk kütlesine bağlı olarak bu nükleer tepkimeler zinciri demire kadar ulaşabilir. Yıldız evriminin sonlarına yaklaşırken içerdeki basınç kütle çekimini dengeleyemez ve yıldız içeri doğru çökmeye başlar. Yıldız içeri doğru çökerken süpernova olarak adlandırılan büyük bir patlama yaşanır. Eğer yıldızın ilk kütlesi 8-25 Güneş kütlesi arasında ise bu süpernova patlaması nötron yıldızı oluşumuna neden olabilir. Eğer bu nötron yıldızının manyetik alanı 10^{12} G mertebelerinde ise ve dönme ekseni ile manyetik dipol ekseni arasında bir açı varsa, yıldızın kutuplarından ışın demetleri salınır (bkz. Şekil 2.1). Bu ışın demetleri dünyadan atımlar olarak gözlenir. Bu karakteristik özelliklere sahip nötron yıldızlarına atarca denir.



Şekil 1.1. Bir atarcanın (mavi küçük küre) manyetik alan çizgileri (beyaz çizgiler) ve ışın demetiyle (mavi demetler) birlikte şematik gösterimi (https://www.eurekalert.org/multimedia/pub/136109.php?from=353929).

Atarcalar ise genel olarak 3 alt gruba ayrılmıştır; magnetarlar, aktarım güçlü atarcalar ve dönme güçlü atarcalar. Bu gruplardan ilki olan magnetarlar, 10^{15} G mertebelerine kadar ulaşan bir manyetik alana şiddetlerine sahip olup, bu manyetik alanın yüzeyde oluşturduğu gerilme neticesinde nötron yıldızının kabuğunda kırılmalara yol açarak yüksek enerjili ışımalara meydana gelmektedir. İkinci grup olan aktarım güçlü atarcalar ise, nötron yıldızına ek olarak

bir ana kol yıldıza sahip olan çiftlerdir. Bu yıldız çiftlerinde, nötron yıldızı zamanla diğer yıldızdan madde aktarmaya başlar ve bu madde aktarımı sırasında nötron yıldızına düşen maddenin açığa çıkan enerjisi gözlenen X-ışını ışınımına sebep olur. Son grup olan dönme güçlü atarcalarda ise ışımanın kaynağının manyetik dipol frenlemesi sonucunda yıldızın sahip olduğu kinetik enerjinin kaybolmasından açığa çıkan dipol radyasyonu olduğu düşünülmektedir. Bu projede, atarca grupları arasından magnetar sınıfı olan kaynaklarının pulse frekans değişimlerindeki gürültü incelenmiştir.

2. LİTERATÜR

2.1. “Standart” Magnetarlar

Fahlman ve Gregory (1981) yılında Einstein X-ışını gözlem uydusunu kullanarak CTB 109 süpernova kalıntısının içinde çok güçlü bir X-Işını patlamasının ardından 7 saniyelik atımları olan bir X-ışını kaynağı keşfetti ve bu kaynağı 1E2259+586 olarak adlandırdı. Keşfin hemen ardından gerçekleştirilen optik ve kızılötesi gözlemler kaynağın çiftli bir sistemde olmadığını gösterdi. Seward ve ark. (1986) yine benzer bir patlama sonrası 6,44 saniyelik atımlara sahip olan 1E1048.1-5937 X-ışını kaynağını keşfetti. 1994 yılında ise 4U 0412+61 atarcası Israel ve ark. (1994) tarafından keşfedildi. Bu üç kaynak için yapılan çalışmalarda, hiçbirinin çift bir sistemde olmadığı görüldü. Ama patlamaların ve dönme hızlarının yavaşlama oranlarının çok yüksek olması nedeniyle Dönme Güçlü Atarcalar sınıfına da uygun değillerdi ve çift bir sistemde olmamaları Aktarım Güçlü Atarca sınıfında da olmadıklarını gösteriyordu. Bu nedenle van Paradijs ve ark. (1995) bu kaynakları "Anormal X-Işını Atarcaları" (AXPs) adıyla yeni bir grup olarak tanımladı.

7 Ocak 1979 da ağırlıklı olarak Gama Işını enerjilerinde meydana gelen çok güçlü bir patlama gözlendi (Laros ve ark. 1986). Bu patlama o zamana kadar Güneş Sistemi dışından gözlenen en büyük patlamaydı. Patlama ilk olarak daha önce bilinen Gama Işını Patlamaları sınıfından varsayıldı. Bu patlamanın ışınımı azalırken, kaynağın ışık eğrisinde, yaklaşık olarak 8 saniyelik atım profilleri kendini gösterdi. Ama bu kaynak (SGR 1806-20) devam eden yıllar boyunca yaklaşık olarak 100 kere daha patlama gösterdi. Bilim insanları bu konuyu uzun yıllar boyu tartıştılar, çünkü daha önce Gama Işını Patlamaları (GRB) sınıfından bir kaynağın patlamasını tekrarladığı görülmemişti. 5 Mart 1979 da ise Büyük Macellan Bulutundan gelen 0.2 saniyelik bir patlama ile yeni bir X-Işını kaynağı (SGR 1900+14) keşfedildi (Evans ve ark. 1979). Bu kaynakta bir önceki gibi normal atarcalar sınıfına veya GRB sınıfına uymayan özellikler gösteriyordu. Bu nedenlerden ötürü bu kaynaklar Yumuşak Gama Işını Tekrarlayıcıları (SGRs) olarak yeni bir sınıf altında toplandı (Gavriil ve ark. 2004).

Anormal X-Işını Atarcaları ve Yumuşak Gama Işını Tekrarlayıcıları sahip oldukları benzerliklerden dolayı magnetar adı verilen bir grupta toplanmıştır. Magnetarlar gözlemsel olarak aktarım güçlü atarcalardan ve dönme güçlü atarcalardan farklı karakteristik özelliklere sahiptir. Bu kaynakların tayfları kütle aktarımı yapan X-ışını çiftlerine göre daha yumuşaktır. Buna ek olarak optik ve kızılötesi gözlemlerde herhangi bir aktarım diski ya da çiftli sistem izine rastlanmamıştır. Sadece 4U 0142+61, de kızıl ötesi ışıma gözlenmiş ve etrafında bir disk olabileceği Ertan ve ark. (2007) tarafından öne sürülmüştür. Fakat bu kaynakların hiçbirinde

atım geliş zamanlarında herhangi bir yörünge gecikmesi gözlemlenmemiştir. Keşfedilen magnetarların dönme periyotları 2-12 saniye aralığında değişmektedir. Dönme periyotlarının yavaşlama oranı ise normal atarcalara kıyasla çok yüksektir (10^{-11} s/s). Dolayısıyla hesaplanan dipol manyetik alanı kuantum kritik elektromanyetik alan gücünün üzerindedir. Gözlenen sürekli parlaklıkları ise dönme hızının yavaşlamasından yola çıkılarak hesaplanan değerlere göre çok yüksektir. Dolayısıyla magnetarlar dönme güçlü atarcalar sınıfında da yer almamaktadır.

Magnetarların yukarda belirtildiği gibi atım zamanlarında yörünge gecikmesi bulunmaması ve optik/kızılötesi gözlemlerinde çift sistem izine biri hariç rastlanmaması, magnetarların izole olduğunun düşünülmesine yol açmıştır (Mereghetti ve Stella 1995). Genel olarak sürekli X-ışını parlaklıkları 10^{33} - 10^{36} erg/s aralığında olup, bazen süper-Eddington parlaklıklarına (10^{45} erg/s) kadar yükselen kısa süreli patlamalar gösterirler (Golenetskii ve ark. 1984). AXP ve SGR kaynakları birçok benzerlik göstermelerine karşın farklı özelliklere de sahiptirler. AXP kaynaklarının X-Işını tayflarını modellerken iki bileşenli modellere (karacisim ve powerlaw gibi) ihtiyaç duyulurken, SGR kaynaklarının tayfları için tek bileşenli modeller yeterlidir. SGR kaynaklarının patlamaları AXP kaynaklarının patlamalarına göre tayfsal olarak daha serttir. Aynı zamanda AXP patlamalarının tayflarında 13 keV civarında özel bir yapı da gözlemlenmektedir. AXP kaynaklarında atım şiddeti ile patlamalar bir bağıntı göstermektedir.

Bu güne kadar keşfedilen SGR kaynaklarının sayısı 11 tanesi kesinleşen ve 4 tanesi aday olmak üzere 15'e, AXP kaynaklarının sayısı 12 tanesi kesinleşen ve 2 tanesi aday olmak üzere 14'e ulaşmıştır (Olausen ve Kaspi 2014).

Dönme güçlü atarcalarda daha önce radyo dalga boylarında yapılan çalışmalarda, gözlemsel olarak yıldızın dönme periyodu yavaşlar (Duncan and Thomson 1992). Bu yavaşlamanın nedeni olarak ise kutuplarından yüklü parçacıkları dışarı atarken kaybettiği açısal momentumdur. Bu bilgi kullanılarak yapılan hesaplamalar ile nötron yıldızının sahip olduğu manyetik dipol alanı:

$$B = 3.2\text{x}10^{19}\sqrt{P\dot{P}}\ \text{G}$$

ile hesaplanabilir. Ama hesaplanan bu manyetik alan gücü için önemli bir eşik değeri vardır çünkü eğer manyetik alan gücü bu eşik değerini geçerse, en düşük enerji seviyesinde yer alan elektronlar bile, rölativistik (ışık hızına yakın) hızlara ulaşarak manyetik alan çizgileri etrafında

ilerler. Duncan ve Thompson 1992'de, bu eşik değerini aşan atarcalar için magnetar modelini öne sürmüştür. Bu kuantum kritik elektromanyetik alan gücü olarak isimlendirilen değer aşağıdaki gibi verilir;

$$B_c = \frac{m_e^2 c^2}{e\hbar} = 4.4\text{x}10^{13}\ \text{G}$$

Duncan ve Thompson'un ileri sürdüğü bu magnetar modeline göre, eğer atarcanın ilk oluşumu sırasında dönme hızı çok yüksekse, konvektif dinamo mekanizması etkinlik kazanır. Ve bu mekanizma sayesinde atarcalar yukarıda manyetik alan gücü için belirlenen eşik değerinin üzerinde manyetik alanlara sahip olurlar.

Atarcaların içerinde yer alığı düşünülen yoğun akışkan madde aynı zamanda iletkendir. Bu şekilde yoğun maddenin konvektif hakeretleri sırasında, maddenin içerisinde yer alan serbest yüklü parçacıklar elektrik akımını da taşıyabilir. Manyetik alan çizgileri ise taşınan elektrik akımı dolayısı ile yoğun akışkanın konvektif haraketlerine duyarlıdır. Dinamo mekanizmasının da yardımıyla, atarcanın ilk oluşumu sırasında kuantum kritik elektromanyetik alan gücünün üzerinde olan 10^{16} Gauss seviyelerinde bir manyetik alana ulaşabilir (Thompson ve Duncan 1996). Yaklaşık olarak atarcanın oluşumunun ilk 10 saniyesinde yaşanan bu olay neticesindeki manyetik alan atarcanın içerisinde hapsedilir. Ve hapsedilen manyetik alan çizgileri konvektif hareketler ile sürüklenir. Bu sürüklenmeler sırasında manyetik alanın atarcanın kabuğunda oluşturduğu gerilme, kabukta kırılmalara yol açar ve yüksek enerjili ışınımlar (X-ışını patlamaları) gözlenir. İçeride yer alan manyetik alanın zayıflarken atarcayı ısıtması ve buna ek olarak manyetik akışkanın hareketleri sırasındaki sıkışma, atarcanın sürekli ışımasının kaynağı olarak gösterilir.

Gözlemsel olarak magnetar sınıfı kaynaklarda dönme hızının yavaşlamasından yola çıkılarak yapılan hesaplarda, manyetik alan gücünün genellikle kuantum kritik elektromanyetik alan gücü değerinin üzerinde olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda bu kaynaklarda X-ışını patlamaları da gözlenmektedir ve bu olay magnetar modelinin öne sürdüğü kabuk kırılmasıyla açıklanmaktadır (Duncan ve Thompson 1992). Gözlemlenen sürekli ışımanın parlaklık değerleri ise magnetar modelinin teorik hesaplarından ileri sürülen değerler ile uyumludur.

Magnetar modeline alternatif olarak magnetarların gözlemsel özelliklerini açıklamak için öne sürülen ikinci model ise Geri Düşen Disk Modelidir. Bu model, süpernova patlaması sonucu oluşan atarcanın etrafında fosil bir disk oluştuğunu öngörmektedir. Çünkü süpernova

patlaması sırasında öncül yıldızın bütün kütlesi tamamen dışarı itilemez ve bir kısmı atarcanın kütle çekim alanından etkilenerek atarcanın üzerine geri düşmeye başlar (Chatterjee ve ark. 2000, Alpar 2001).

Bu kütle, sahip olduğu açısal momentumun etkisiyle atarcaya doğru düşerken atarcanın etrafında bir fosil (kalıntı) disk oluşturur ve bu disk zamanla atarca tarafından tüketilir. Fosil diskteki madde, atarcanın üzerine doğru ilerler ve atarcaya yeteri kadar yaklaştıktan sonra manyetik alanın etkisine kapılarak manyetik alan çizgileri üzerinden atarcanın kutuplarına doğru hareket etmeye başlar. Bu nedenle atarcadan Alfvén yarıçapı olarak bilinen bir uzaklığa kadar disk oluşumu manyetik alan tarafından engellenir. Bu yarıçap ise içeri düşen maddenin basıncının manyetik alanın oluşturuğu basınca eşit olduğu uzaklıkta belirlenir;

$$r_A \approx \mu^{4/7} \dot{M}^{-2/7} (GM)^{-1/7}$$

Bu şekilde fosil diskteki maddenin atarca üzerinde oluşturduğu tork, atarcanın yavaşlamasına neden olur. Atarcanın dönme periyodunun yavaşlama oranı ise

$$\mu^2 r_A^{-3} \approx \mu^{2/7} M^{6/7} (GM)^{3/7}$$

denklemiyle hesaplanabilir (Alpar 2001). Geri Düşen Disk modelinde magnetarların manyetik alanı magnetar evriminin en önemli değişkenidir. Bu model ile magnetar kaynaklarının 2-12 saniye gibi dar bir aralıkta gözlemlenen periyod dağılımları, X-Işını parlaklıklarından hesaplanan kütle aktarımı oranları ve 10^{12} - 10^{13} Gauss mertebelerinde bir manyetik alan ile açıklanabilir (Chatterjee ve ark. 2000). Buna ek olarak, bazı magnetar kaynaklarında görülen kızılötesi ve X-ışını ışınım gücü artışları patlamanın disk üzerindeki etkileri ile açıklanabilir. Ancak bu modelin magnetar kaynaklarının patlamalarının nasıl gerçekleştiğine dair bir öngörüsü yoktur.

2.2. Kütle Aktarımı Yapan Magnetarlar?

X-ışını çiftleri iki yıldızın ortak kütle merkezleri etrafında dönmesiyle oluşan yıldız çiftlerinin X-ışını ışınımı yapan bir alt grubudur. Bu çiftlerden gözlenen X-ışınımı ışınımının kaynağı normal (dejenere olmayan) eş yıldızın, sıkı (compact) yıldız üzerine madde aktarması ve bu maddenin sıkı yıldızın güçlü kütle çekimsel etkisi nedeni ile yüksek sıcaklıklara kadar ısınıp X-ışını üretmeye başlamasıdır. X-ışını çiftleri, iki yıldızdan normal olanının kütlesine göre

sınıflandırılmaktadır. Buna göre birbirinden ayrılan iki ana grup “büyük kütleli X-ışını çiftleri” ve “küçük kütleli X-ışını çiftleridir”. Küçük kütleli X-ışını çiftleri sıkı cisim olarak kara delik ya da nötron yıldızı barındırırken, büyük kütleli X-ışını çiftleri bunların yanında beyaz cüceler de barındırabilmektedir.

Sözü geçen çift yıldız sistemlerinin hepsi iki ana aktarım şeklinden biri ile kütle aktarımı yapmaktadır. Aktarım şeklini belirleyen en önemli özellik yıldız çiftindeki normal yıldızın Roche yuvarına (lobuna) kıyasla büyüklüğüdür. Roche yuvarı bir yıldızın kütle-çekimsel alanının etkili olduğu yeri betimler. Buna göre Roche yuvarının içinde kalan uzay-zamandaki madde yıldıza kütleçekimsel olarak bağlı bulunmaktadır. Bir yıldız, evriminin ilk zamanlarında bu alanın tümüyle içindedir. Zaman geçtikçe kütle çekim basıncını dengeleyen ışınım basıncı, füzyon materyalinin azalması nedeniyle azalır ve kütlesi aynı kalmasına rağmen yıldız, bir kısmı Roche yuvarının dışında kalacak şekilde genişler. Çift yıldız sistemlerindeki ilk aktarım biçimi, ikincil yıldızın evrimsel sürecinde bu şekilde genişleyerek bir kısmının artık kütleçekimsel olarak ona bağlı kalmamasıyla oluşur. Eş potansiyel çizgisini geçen kısımda kütle diğer (sıkı) yıldıza aktarılmaya başlar ve sıkı yıldızın üzerine düşen madde X-ışınımı yapar. Bu yolla aktarıma Roche yuvarı taşması yoluyla kütle aktarımı denir. Küçük kütleli X-ışını çiftleri yaşlı sistemler olduklarından içlerinde bulunan ikincil yıldız evrimsel olarak daha ileridedir ve bu sistemlerde Roche yuvarı taşması yoluyla kütle aktarımı olmaktadır. Büyük kütleli X-ışını çiftleri ise genç sistemlerdir. Oluşmalarından itibaren geçen zaman ikincil yıldızın Roche lobunu aştığı evrimsel zaman dilimine henüz ulaşmamış olduğundan bu tür sistemlerdeki normal yıldızlar henüz Roche loblarının içinde bulunmaktadır. Böylesi sistemlerde madde aktarımının nedeni genç normal yıldızın kuvvetli yıldız rüzgârıdır. Daha düzensiz bir aktarıma neden olan rüzgâr, normal yıldızın zaman zaman gözlenen dışa doğru madde atışının sıkı yıldız tarafından yakalanmasından kaynaklanır.

Kütle aktarımı, nedeni ne olursa olsun, bir atarca bulunduran sistemlerin X-ışını ışınımlarında, doğru açıdan gözlendiğinde atımlar görülmesine neden olur. Son zamanlarda ikili sistemlerde bulunan ve uzun dönüş periyodu olan ($P_{dönüş}$ > 1000s) atarcalar madde aktarımı yapan magnetarlar ile ilişkilendirilmeye çalışılmaktadır.

Magnetarların ikili yıldız sistemleri içerisinde yer alma fikri ilk olarak Bozzo ve ark. (2008) tarafından ortaya atılmıştır. Bu çalışma oldukça yeni sayılan SFXT (Super Fast X-ray Transients / çok hızlı X-Işını süreksizleri) sınıfı ikili sistemlerin yüksek manyetik alanlara sahip atarcalar barındırabileceği ihtimalini tartışmaktadır. Bu sınıf, geçerli olduğu düşünülen iki yüksek kütleli ikili sistem sınıfından ayrılmakta olduğundan dikkat çekmiştir. Sürekli X-Işını

ışınımı yapan HMXRB (High Mass X-Ray Binaries /Büyük Kütleli X-Işını Çiftleri) sınıfındaki çiftli sistemler 10^{35} - 10^{38} erg/saniye X-ışını ışınımı aralığına sahipken, geçici X-ışını ışınımı yapan HMXRB kaynakları sadece 10^{32} - 10^{33} erg/saniye ışınım güçlerine çıkabilmektedir. SFXT'ler ise az önce bahsedilen iki sınıftan çok daha kısa zamanda (dakikalar veya saatler içinde) çok yüksek X-ışını ışınım güçlerine erişmektedirler (10^{36}-10^{37} erg/saniye). Aynı zamanda, parlama evresini geçtiklerinde, HMXRB kaynaklarından beklenmeyecek kadar düşük parlaklıklarda uzun süreler X-ışını ışınımına devam ettikleri gözlemlenmiştir. Bu davranışın nedeni, kütle aktarımının zaman zaman engellenmesi ve bu nedenle maddenin birikip çok daha kısa zaman aralıklarında atarcanın üzerine düşmesi olarak açıklanmıştır. Bu iddia aynı zamanda beklenenin çok üzerindeki ışınım güçlerini de açıklamaktadır. Sistem içerisindeki yıldız rüzgârının atarca üzerine aktarılamamasının iki nedeni olabilir. Yıldız rüzgârının çok kümelenmiş (topaklanmış) olması, düzenli olmayan bir aktarımın ilk olası nedenidir. İkincisi neden ise atarcanın normalden yüksek bir manyetik alana sahip olması ve bu manyetik alanın aktarılan maddeye karşı bir engel oluşturması sonucu maddenin atarcaya ulaşamamasıdır. Bu ikinci açıklama, ikili sistemler içinde magnetarlar bulunma olasılığını gündeme getirmektedir. Bozzo ve ark. (2008), SFXT modellerinin gerektirdiği kümelenme miktarının çok fazla olduğunu ve yavaş dönen atarcalar düşünüldüğünde, direkt madde aktarımını engelleyecek magnetar-benzeri manyetik alanların (10^{14} - 10^{15} Gauss) varlığının daha olası olduğunu belirtmektedir. Özetlemek gerekirse, SFXT'lerde gözlenen büyük parlaklık değişimleri uzun dönüş periyodu olan sistemlerde, magnetar-benzeri manyetik alanların varlığında mümkün olabilir. 1000 saniyeden uzun dönüş periyodlarıyla bu tür SFXT'lere iki örnek XTE J1739-302 ve IGR J16479-4514 kaynaklarıdır.

SFXT kaynaklarına ek olarak, yaklaşık 1000 saniyeden (SXP 1062) 9700 saniyeye (2S 0114+6) kadar çıkabilen dönüş periyotları ile HMXRB kaynakları ve özellikle de Be spektral tipi yıldız içeren çiftler de karakteristik düşük dönüş periyotları ve hızlı yavaşlama oranları ile yeni bir açıklamanın gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu olası yeni sınıf sistemlerin içinde en göze çarpanları 2S 0114+65, 4U 2206+54, SXP 1062, GX 1+4 ve X-Per gibi yüksek kütleli X-ışını çifti sistemleridir.

Açısal dönüş hızları dengede olmayan atarcalar uzun dönüş periyotlarına sahiptir. Dengede olmayan bu atarcalar için küreselimsi madde aktarım teorisi (Quasi-Spherical Accretion Theory) ile minimum manyetik alan hesaplanabilmektedir (Shakura ve ark 2012). Bu limit nötron yıldızının çift sistem içerisindeki normal yıldızın aktivitelerinden kaynaklanan yıldızsal rüzgara ya da çift sistemin yörüngesel hareketine bağlı değildir. Manyetik alan limiti bu şekilde hesaplandığında ikili sistem parametrelerine bağlı olmaması, onu madde aktarımı yapan

magnetarlar iddiasının sınanma metodu için iyi bir aday yapmaktadır. Uzun zamanda baskın gelen dönüş periyodunun yavaşlama oranına ek olarak, söz konusu sistemlerin bir başka ilginç özelliği ise kaynakların enerji tayfları ile ilgilidir. Enerji tayfı konusunda detaylıca çalışılmış bir kaynak Be tipi X-ışını çifti olan 4U 2206+54'tür. Bu sistem, O tayfsal tipi bir yıldız içerdiğinden B tipi olarak sınıflandırılmıştır. Fakat, sistem Be sınıfı ikililerin karakteristik özelliklerinden biri olan kızıl-ötesi ışınım fazlasını ve H_{alpha} çizgilerini ve bunların arasında beklenen korelasyonu enerji tayfında göstermemektedir. Bunun yanında sistem oldukça uzun bir dönüş periyoduna sahiptir ($P_{dönüş}$ = 5591 saniye) (Reig ve ark. 2012). Sahip oldukları uzun periyotlar ve bu periyotların yavaşlama oranı göz önünde bulundurularak yapılan hesaplarda bu atarcaların manyetik alanlarının magnetar seviyelerinde olması gerektiği düşünülmektedir. Enerji tayfında yüksek X-ışını ışınımlarında görülen CRSF'nin (Cyclotron Resonant Scattering Feature/ Siklotron Rezonans Saçılma Yapısı) geçici ve istatistiksel olarak zayıf olması, bu yapının kaynağına ve manyetik alan belirlemedeki güvenilirliğine gölge düşürmektedir. Uzun atım periyodları ve zaman içinde yavaşlama oranı magneto-dönüşsel evrim senaryosu ışığında kaynak için 6 - 9 x10^{13} Gauss'luk bir manyetik alan öngörürken (Ikhsanov, Beskrovnaya 2010), küresel-benzeri madde aktarım teorisi 1.6 x 10^{14} Gauss'luk bir alan tahmin etmektedir. İki manyetik alan tahmini de magnetarlar için hesap edilen manyetik alan değerleriyle tutarlıdır.

Şu ana kadar madde aktarımı yapan magnetarlar ile ilgili yapılan öngörüler derlendiğinde, şu ortak özelliklere sahip olmaları beklenmektedir. Bu kaynaklar,

- Yavaş dönen atarcalardır (P_{spin} > 500 s).
- Kuantum kritik değeri olan 4.4 x 10^{13} Gauss'tan daha yüksek, fakat yaklaşık olarak 5 x 10^{14} Gauss'tan daha düşük manyetik alanlara sahiptirler.
- Devamlı X-ışını ışınımı yapan kaynaklardır. Aynı zamanda küresel rüzgar aktarımı yapmaktadırlar ve görece düşük rüzgâr hızlarına sahiptirler. (< 400 km/s)
- Dönüş periyodu tarihçelerinde belirgin uzun süreli yavaşlama trendleri mevcuttur. $\tau \approx \frac{P}{\dot{P}} < 10^3$ yıl (Reig ve ark. 2012; Bozzo ve ark. 2008)

Magnetar fiziği 20 yıldan daha uzun bir süredir çalışılmasına rağmen hala Yüksek Enerji Astrofiziği için önemini ve popülerliğini korumaya devam etmektedir. Biz bu projede ilk defa bir kütle aktarımı yapan SXP 1062 magnetar alanında olabileceğini gösterdik arşiv veri analizinde bu kaynağın atım frekansında aksama yaptığını keşfettik. Bu çalışmamız MNRAS dergisinde yayınlandı. Bu keşif aynı zamanda kütle aktarımı yapanlar arasında aksama yapan ilk atarca kaynağı olduğu için oldukça ilgi çekti. Bu keşif, Royal Astronomical Society ve NASA HESEARC'da ile birçok dış ve iç basın kuruluşlarının İnternet sayfalarında ve TÜBİTAK bülteninin Mayıs 2018 sayısında haber oldu. Magnetarların gürültü genlikleriyle yavaşlama

arasında bir korelasyon bulurken kütle aktarımı yapan sistemlerde (Baykal ve Ögelman, 1993) görülen atım frekans değişimi ile X-ışını ışınım gücü arasında bir ilinti göremedik. Bu ilintiler magnetarların daha çok izole (yalnız) yıldız olan radyo atarcaları gibi elektromanyetik ışımayla yavaşladığına işaret etmektedir. Çalışmamızda bütün magnetarların arşiv verilerini kullandık. Oldukca zorlu ve özel bir analiz sürecinden sonra çalışmamızı MNRAS dergisine basım için yolladık. Ayrıca GX 1+4 isimli X-ışını kaynağının bütün RXTE verilerinin analizini yaptık. Bu analizler sonunda ve oluşturulan 40 yılın üzerinde güç tayfında bu kaynağın normal manyetik alan şiddetine sahip kütle aktarımı yapan bir sistem olduğuna karar verdik. GX 1+4 ile ilgili bu çalışmamız MNRAS dergisinde yayınlandı.

3. YÖNTEM

NASA'nın Yüksek Enerji Astrofiziği Bilimi Araştırma Arşivi Merkezinde (NASA High Energy Astrophysics Science Archive Research Center (HEASARC) bulunan RXTE, SWIFT, CHANDRA ve XMM-Newton gibi X-ışını enerji bandında gözlem yapan uydularının verileri incelenmiştir. X-ışını gözlemlerinden standart veri indirgeme metodları ile ışık eğrileri elde edilmiştir (verilerin "yapay olaylara" karşı temizlenmesi, Güney Atlantik Anomali geçişinde oluşabilecek arkaplan ışımalarının temizlenmesi, enerji bandının belirlenmesi, o çevredeki gökyüzü arkapan ışımasının temizlenmesi gibi). Elde edilen ışık eğrilerindeki foton geliş zamanları güneş sistemi merkezli olacak şekilde düzeltilmiştir. Öncelikle bu düzeltme yapılmış ışık eğrilerinin güç tayfını kullanarak kaynakların en iyi atım periyodu bulunmuştur. Sonra bu ışıkeğrileri kendi yazdığımız C programlama dili tabanlı atım zamanlaması kodumuzda incelemeye tabi tutulmuş, inceleme sonucunda ışık eğrisi "epoch" dan başlayarak atım periyodu üzerinden katlanmış ve bunun neticesinde kaynakların atım profilleri oluşturulmuştur. Kod her bir gözlem için bu atım profillerini tek tek oluşturmaktadır. Sonra bu atım profilleri arasından istatiksel olarak en güçlü olanı şablon atım profili olarak belirlenecektir. Elde edilen atım profilini matematiksel olarak harmonik seri olarak açmak mümkündür. Kısaca atım profilinin atım fazına göre açılımı aşağıdaki şekilde yazılabilir,

$$g(\phi) = \sum_{k=1}^{m} G_k \cos k(\phi - \phi_k) .$$

Burada k harmonik sayısı ve G ise harmonik sayısına karşılık gelen genliktir

Eğer bu yıldızların atım profillerinin kısa sürelerde çok fazla değişkenlik göstermediği varsayılırsa, bütün atım profilleri şablon profilin ölçeklenmiş ve kaymış durumları olarak ifade edilebilir. Bu şekilde, harmonik olarak açılımı olan atımlar bütün ışık eğrisinden çıkarılan istatistiği en güçlü şablon atım profili ile çapraz ilintisine (cross korelasyonuna) bakılır. Şablon atım profiline göre diğer atım profillerinin kayma miktarı bize atım geliş zamanlarını vermektedir. Atım geliş zamanları yavaşlıyan bütün magnetarlar için aşağıdaki gibi Taylor açılımıyla gösterilebilir,

$$\phi = \phi_o + \nu(t - t_o) + \frac{1}{2}\frac{d\nu}{dt}(t - t_o)^2 ,$$

Burada ν ve $\frac{d\nu}{dt}$, t_o anındaki atım frekans ve atım frekansının türevidir. Bu işlemi gerçekleştirmek için, elde eliden bütün atım profilleri yine C programlama dilinde kendi yazmış olduğumuz ikinci bir kod ile "çapraz ilinti" (cross correlation) işlemine tabi tutulmuş ve şablon profilden ne kadar kaymış oldukları belirlenmiştir. Bu şekilde elde edilen atım geliş zamanları

yukarda belitilen Taylor açılımı ile modellenerek, kaynağın zamanla parametreleri olarak da ifade edilen kaynağın atım frekansı, atım frekansı türevi (yavaşlama oranı), atım frekansının ikinci türevi ve yüksek dereceli türevleri elde edilmiştir.

İdeal olarak yavaşlayan bir magnetarda bu atımların faz değeri yukarıdaki formül (Taylor açılımı) ile açıklanabilir. Fakat gerçekte bu yavaşlama miktarı çok daha karışık bir biçimde gerçekleşebilir. Örneğin; eğer magnetar glitch olayından sonra bakılıyorsa yukarıdaki ifadeye glitch modeli ilave etmek gerekir. Ayrıca, magnetar üzerinde dış ya da iç torklardan oluşan çok küçük katkılar herhangi bir modelle izah edilemezler. Bu durumda atım geliş zamanları yukardaki gibi modellendiğinde, atım geliş zamanlarındaki artık değerler (residuallar) gözlemlenir. Bu artıklar ise aşağıdaki gibi ifade edilir,

$$\phi_{artik} = \phi - (\phi_o + \nu(t - t_o) + \frac{1}{2}\frac{d\nu}{dt}(t - t_o)^2).$$

Buradaki fazdaki artık değerler bir gürültü modeliyle izah edilebilir. Tipik olarak gürültü modelleri faz üzerinde birinci, ikinci veya üçüncü mertebede serbest yüyüş olarak adlandırılır (Deeter ve Boynton 1982, Deeter 1984). Atım geliş zamanlarının artığındaki (residuals of pulse arrival times) sapma (variations) serbest yürüyüş modelleri için aşağıdaki davranışla izah edilebilir,

$$<(\phi_{artik})^2> = S_r T^{2r+1}.$$

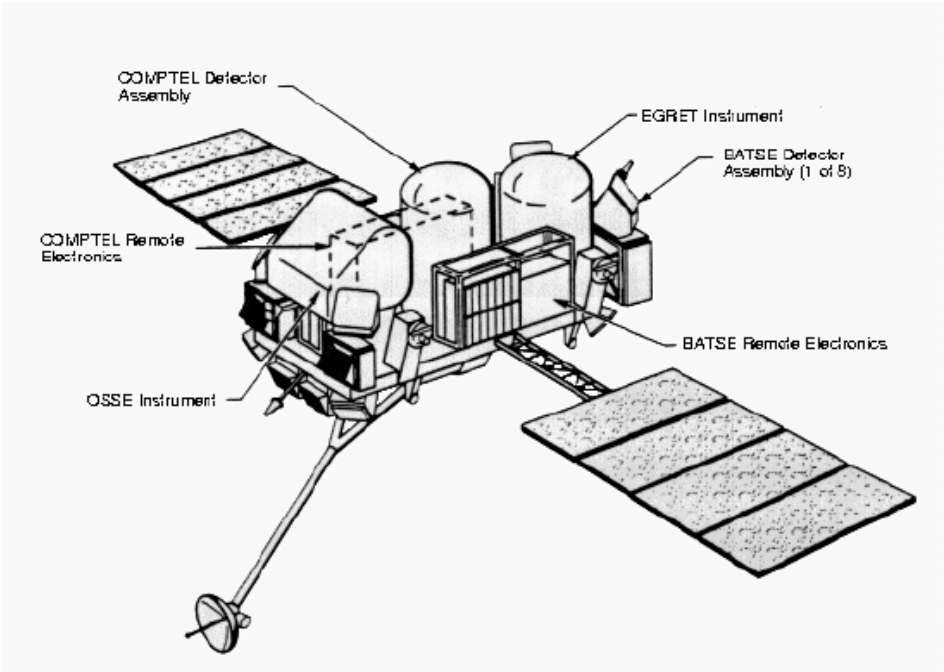
Burada $<(\phi_{artik})^2>$ artık atım geliş zamanlarındaki sapma (variation), S_r ise gürültü genlikleridir, $r = 1,2,3$ ise birinci, ikinci ve üçüncü derece gürültü genliklerine karşılık gelmektedir.

Elde edilen bu zamanlama parametreleri arasından, kaynakların hassas bir şekilde hesaplanan dönme frekansı ve onun yavaşlama oranı (ilk türevi) kullanılarak, atım geliş zamanlarının üzerindeki artıklar (residuals) elde edilebilir. Bu atım geliş zamanlarındaki artıklar, geliş zamanlarındaki gürültü (zamanlama gürültüsü) olarak değerlendirilebilir ve bu gürültülerin gücü hesaplanabilir. Atım geliş zamanlamalarındaki bu gürültü, kaynağın atım frekansının yavaşlama oranı model olarak kullanıldığı için, torktaki gürültü olarak da düşünülebilir. Bu nedenle, elde edilen sonuçlar bize kaynakların üzerindeki tork gürültüsü gücü ve yavaşlama oranları hakkında bilgi sağlayabilir.

4. UYDULAR

4.1. CGRO

CGRO (*Compton Gamma-ray Observatory – Compton Gama-ışını Gözlemevi*) uydusu 5 Nisan 1991'de NASA tarafından yerden yaklaşık 450 km mesafedeki alçak yörüngesine fırlatıldı. CGRO, toplam 17 ton civarındaki kütlesiyle "büyük uydu gözlemevleri" kategorisinde, Hubble Uzay teleskopunun ardından fırlatılan uyduydu (bkz. Şekil 4.1). CGRO, sert X-ışınları ve Gama-ışınlarında evreni gözlemeyi hedefleyen bir uydu olup 20 keV ile 30 GeV aralığındaki foton enerjilerine duyarlıydı. CGRO, BATSE (Burst and Transient Source Experiment – Patlayan ve Geçiçi Kaynak Deneyi), OSSE (Oriented Scintillation Spectrometer Experiment – Yönlü Sintilasyon Tayfölçer Deneyi), COMPTEL Imaging Compton Telescope – Görüntüleme Compton Teleskopu) ve EGRET (Energetic Gamma-ray Experiment Telescope – Yüksek Enerjili Gama-ışını Deneyi Teleskopu) aletlerine sahipti.



Şekil 4.1. CGRO uydusunun şematiği
(https://gammaray.nsstc.nasa.gov/batse/instrument/batse.html).

4.1.1. BATSE

BATSE, NASA'nın Marshall Space Flight Center (MSFC) merkezinde geliştirilmiş 8 adet sintilasyon detektöründen meydana geliyordu. BATSE, bir tüm-gökyüzü deneyiydi ve birincil amacı olan Gama-ışını patlamalarının tespitinin yanı sıra X-ışını atarcalarının sürekli takiplerinin de yapılabilmesini sağlamış, böylece X-ışını atarcalarının sürekli X-ışını akıları ve periyot zaman serileri elde edilebilmiştir.

4.1.2. OSSE

4 adet sintilasyon spektrometresi içeren detektörden meydana gelen OSSE, BATSE gibi geniş alana bakan bir deneydi. Genellikle ikişer şekilde çalıştırılır, bu durumda da iki detektörden birisi kaynak birisi de arkaplan gözlemek için kullanılırdı.

4.1.3. COMPTEL

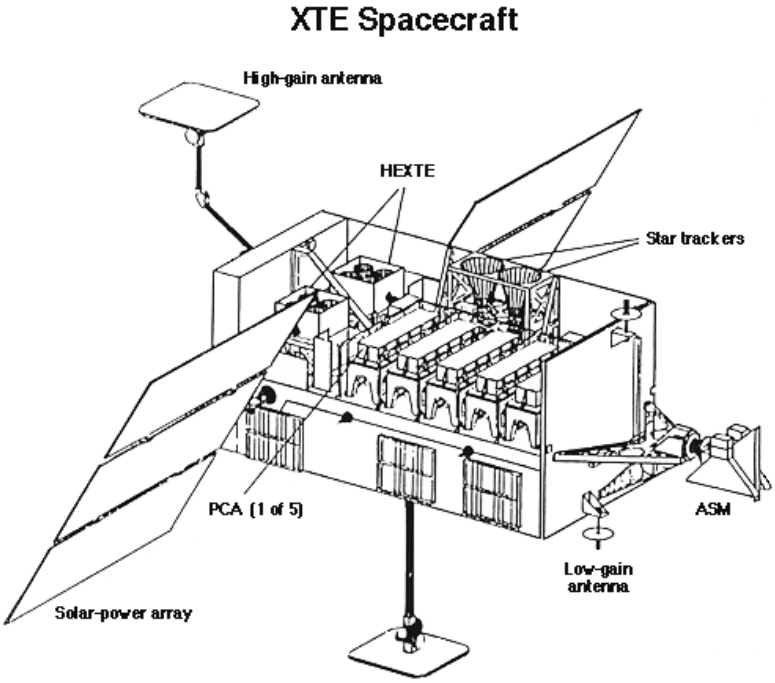
COMPTEL, ön ve arkasında iki sintilatörden oluşan ve bu iki detektöre gelen Gama-ışınlarının Compton saçılma açılarından yararlanarak gelen fotonların geliş açılarını yaklaşık 1 derece hassasiyetle ölçebilen bir teleskoptur.

4.1.4. EGRET

EGRET, 20 MeV üstü Gama-ışınlarını elektron – pozitron çifti oluşması prensibiyle tespit edebilen COMPTEL ile benzer açısal çözünürlüğe sahip bir teleskoptur.

4.2. RXTE

RXTE (*Rossi X-ray Timing Explorer – Rossi X-ışını Zamanlama Kâşifi*) X-ışını Gözlemevi uydusu 30 Aralık 1995'de NASA Goddard Space Flight Center tarafından alçak yörünge uydusu olarak fırlatıldı. RXTE, mikrosaniye mertebesinde zaman çözünürlüğüne sahip detektörlerüyle öne çıkmış bir gözlemevi uydusuydu. Uydunun birincil amacı nispeten parlak kaynaklardaki hızlı X-ışını değişimlerini gözlemlemek, bunun yanında da orta çözünürlükte tayf analizi gerçekleştirerek bu kaynakların doğasını anlamaya hizmet etmekti. RXTE özellikle X-ışını atarcaları ve mikrokuvasarlar gibi yüksek frekansta zamansal değişimler gösteren kaynaklarla ilgili bilginin artmasına çok büyük katkıda bulunmuştur. RXTE uydusunun üzerinde gözlem için yerleştirilmiş üç tane detektör modülü vardı (Şekil 4.2). Bunlar, ASM (*All-sky Monitor – Tüm Gökyüzü Takipçisi*), PCA (*Proportional Counter Array – Oransal Sayaç Dizisi*) ve HEXTE (*High Energy X-ray Timing Experiment – Yüksek Enerjili X-ışını Zamanlama Deneyi*) olarak adlandırılmıştı. Bu uydu, 5 Ocak 2012'de faaliyetini tamamlamıştır.



Şekil 4.2. RXTE uydusunun şematiği (https://cass.ucsd.edu/hexte/hexte/hexte.html).

4.2.1. ASM

ASM detektör modülü üç geniş-açılı kameradan meydana geliyordu. Bu kameralar toplama alanı 90 cm^2 ye ulaşan orantısal sayaçlara bağlıydı. Bu modülün avantajı görüş alanının çok geniş olması ve böylece toplamda her 90 dakikada bir gökyüzünün %80'ini tarayabilme yeteneğine sahip olmasıydı. ASM 2-10 keV enerji bandındaki fotonlara duyarlıydı ve 3'x15' hassasiyetle kaynakların gökyüzündeki poziyonunu belirleyebiliyor ve 30mCrab akının üzerinde akıya sahip kaynakları algılayabiliyordu.

4.2.2. PCA

PCA beş tane özdeş orantısal sayaç biriminin (PCU) birleşimi olarak tasarlanmıştı. Her bir PCU "ksenon-metan" gazlarından yapılmış orantısal sayaç detektörlerinden oluşmakta ve 2-60 keV enerji bandındaki fotonları algılayabilmekteydi.

Her PCU beş "metan-ksenon" katmanından oluşuyordu ve bu katmanların altında amerikyum kalibrasyon kaynağı bulunmaktaydı. PCU nun sahip olduğu beş katman arasından, en üstteki katman en hassas olanıydı ve böylece gelen fotonların coğunluğu bu katmanda yakalanır ve en yüksek sinyal-gürültü oranı bu katmanda elde edilirdi. Uydunun kayıt ettiği bütün veriler, dünyaya gönderilmeden önce uydu üzerindeki "Experimental Data System" (EDS) denilen bir mikro-işlemci tarafından işlenmekteydi.

PCA detektörünün, PCU başına 1400cm^2 olmak üzere, toplam 7000cm^2 büyüklüğünde bir toplama alanı vardı. PCA, 256 enerji kanalına ve ortalama bir enerji çözünürlülüğüne sahipti (6keV da <%18). Gökyüzünde görebildiği alan ise yarı yükseklikteki tam genişlikte (FWHM) 1

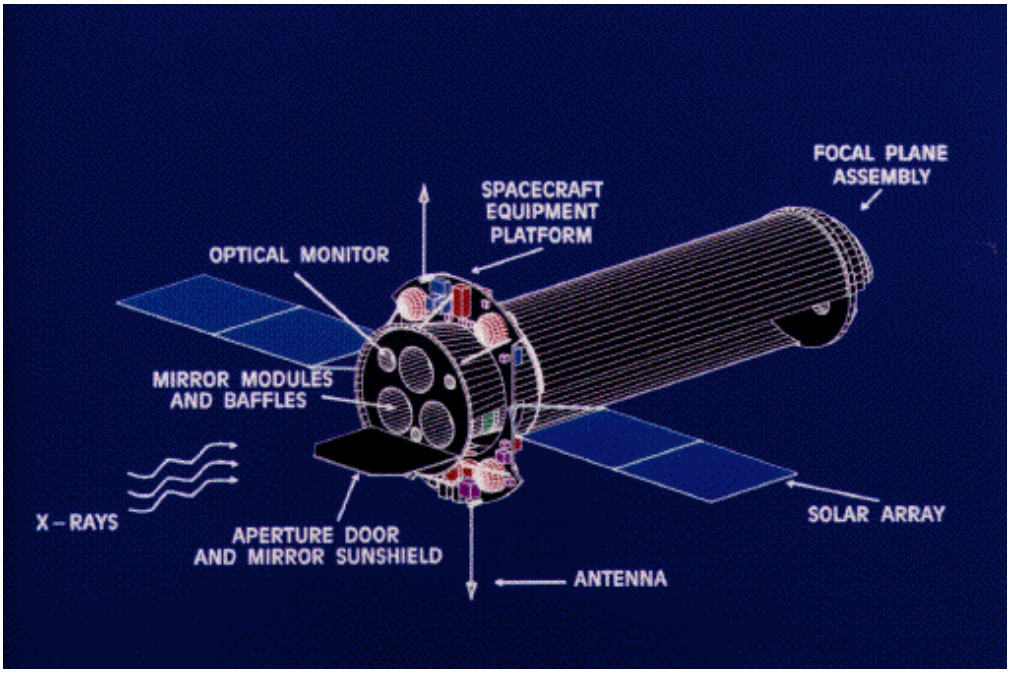
dereceydi.

4.2.3. HEXTE

HEXTE 2 küme halinde, her bir kümede 4 sintilasyon sayacından olşan bir detektör modülüydü. 15-250 keV aralığında çalışmakta ve 8 mikrosaniyelik zaman çözünürlüğü ile veri elde edebilmekteydi. Yarı yükseklikteki tam genişlikte 1 derece görüş alanına sahipti ve enerji çözünürlüğü ise 60 keV da %15'di. Foton toplama alanı ise her bir küme için 800cm^2, toplam olarak ise 1600 cm^2'ydi.

4.3. XMM-Newton

XMM-Newton, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından Horizon 2000 programının bir parçası olarak hayata geçirilmiş bir X-ışını uzay gözlemevidir (bkz. Şekil 3). Aralık 1999'da uzaya fırlatılan XMM-Newton halen görevini yapmaya devam etmektedir. XMM-Newton, yüksek uzamsal ve tayfsal çözünürlüğe sahip detektörlerden meydana gelmekte ve 7.5m odak uzunluğuna sahip üç teleskopuyla da dikkat çekmektedir. XMM-Newton'un odak aletleri EPIC (European Photon Imaging Camera – Avrupa Foton Görüntüleme Kamerası), RGS (Reflection Grating Spectrometer – Yansımalı Izgara Spektrometre) ve OM (Optical Monitor – Optik Takip Edici) olarak sıralanabilir.



Şekil 4.3. XMM-Newton uydusunun şematiği (https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/xmm/xmmhp_gal_hard_schem.html).

4.3.1. EPIC

0,15-12 keV enerji aralığındaki fotonlara duyarlı olan EPIC, MOS (metal oksit yarıiletken) CCD dizisi ve PN-CCD kamera olmak üzere iki ayrı tipte odak aletinden meydana gelmektedir. EPIC kameraları yaklaşık 4" açısal çözünürlüğe ve ortalama bir tayfsal çözünürlüğe sahipken ($E/\Delta E$ yaklaşık 20-50 aralığında), patlama (burst) modunda çalışıldığında kameraların zaman çözünürlüğü 0,007ms gibi bir değere ulaşabilmektedir. EPIC MOS dizileri ise daha mütevazi bir zaman çözünürlüğüne karşılık 1" civarına varan açısal çözünürlükleriyle X-ışını gözlemevlerindeki açısal çözünürlüklerin optik gözlemevleriyle kıyaslanabilir hale geldiğinin ilk örneklerinden biri olarak değerlendirilebilir.

4.3.2. RGS

RGS, örnekleri optik bölgede çokça kullanılan yansımalı ızgara tipi spektrometrelerden meydana gelir. 0,35-2,5 keV foton enerji aralığına duyarlı olan RGS, 1 keV'de yaklaşık 2-3 eV aralığında tayfsal bir çözünürlük sunmaktadır.

4.3.3. OM

OM, 30 cm çapında bir Ritchey-Chretion teleskopudur. 170 nm ile 650 nm arasındaki dalgaboylarına duyarlı olan bu teleskop 17' görüş alanına sahiptir.

4.4. Chandra

Chandra da XMM-Newton gibi 1999'da yörüngeye fırlatılmış bir X-ışını gözlemevi uydusudur (bkz. Şekil 4.4). Chandra, NASA'nın bir projesi olup XMM-Newton gibi üstün görüntüleme ve tayf yeteneklerine sahip olmasıyla öne çıkmaktadır. Chandra'nın teleksopunun odağındaki aletler HRC (High Resolution Camera – Yüksek Çözünürlüklü Kamera), ACIS (Advanced CCD Imaging Spectrometer – İleri CCD Görüntülemeli Spektrometresi) ve HETG-LETG (High Energy – Low Energy Grating Spectrometer – Yüksek Enerji – Düşük Enerji Izgara Spektrometresi).

4.4.1. HRC

HRC, iki mikro kanal plaka görüntüleme detektöründen oluşmaktadır. 0,5' açısal çözünürlüğüyle XMM-Newton'un EPIC-MOS detektörünün de üzerinde bir performansa sahiptir. HRC-I detektörü 31x31 yay dakikası görüş alanına ve 16ms zaman çözünürlüğüne sahipken, HRC-S detektörüyse genellikle LETG'den yansıyan tayfın okunması için kullanılır.

4.4.2. ACIS

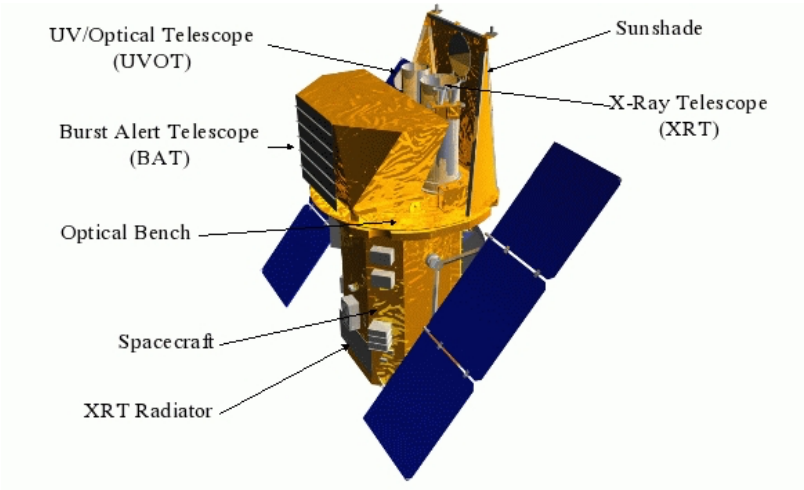
ACIS, 10 adet 1024x1024 CCD'den meydana gelmektedir. Bunlardan 4 tanesi ACIS-I olarak adlandırılır ve görüntüleme amacıyla kullanılırken, geri kalan 6 tanesi ACIS-S adıyla ya görüntüleme ya da HETG ile birlikte tayf amaçlı kullanılır.

4.4.3. HETGS-LETGS

LETG ve HETG, düşük (0,07-4,13 keV) ve yüksek (0,4-10 keV) enerjide yüksek çözünürlüklü tayf almayı mümkün kılan ızgara spektrometreleridir. LETG, HRC-S; HETG ise ACIS-S ile birlikte kullanılır. LETG'nin özellikle 0,07-0,15 keV arasındaki yüksek çözünürlük performansı dikkat çekerken ($E/\Delta E$ yaklaşık 1000 civarında), HETG'nin 6,5 keV'daki tayf çözünürlüğü ($E/\Delta E$) 200 civarındadır.

4.5. SWIFT

SWIFT uydusu 20 Kasım 2004 de uzaya yollanmıştır. SWIFT projesinin asıl amacının Gama Işını Patlamalarını incelemek olmasına rağmen optik, morötesi, X-ışını ve Gama-ışını bantlarını kapsayan elektromanyetik tayfın farklı dalga boylarında gözlem yapabilme yeteneğine sahip olması diğer kaynaklarla ilgili faydalı gözlemler yapabilmesini olanaklı kılmıştır. SWIFT'ın üzerinde üç farklı teleskop bulunmakta; bu teleskoplar BAT (Burst Alert Telescope – Patlama Uyarı Teleskopu), CRT (X−ray Telescope – X-ışını teleskopu) ve UVOT (Ultraviolet−Optical Telescope – Morötesi-Optik Teleskop) olarak adlandırılmaktadır (bkz. Şekil 4.4).



Şekil 4.4. SWIFT uydusunun şematiği (http://www.swift.ac.uk/about/instruments.php).

4.5.1. BAT

BAT detektör modülü 15-150 keV enerji aralığında çalışan, asıl amacı Gama-ışını patlamalarını tespit etmek olan bir modüldür. Gökyüzündeki görüş alanı 1,4 steradyan olup, görüntülemesi kodlanmış maske aracılığıyla olur. Görüş alanı çok büyük olduğu için XRT ve UVOT detektörlerinin de görüş alanlarını kapsar ve bu nedenle gelen ışınımların aynı anda diğer detektörlerle beraber çalışılabilmesine olanak sağlar.

4.5.2. XRT

XRT kamerası hali hazırda bulunan JET-X donanımı üzerine kurulmuştur. Etkili alanı 1,5 keV da 135cm^2, 8.1 keV da cm^2 ve görüş alanı 23.6' x 23.6' dir. 0.2 -10 keV enerji bandındaki fotonları yakalayabilir. Gelen fotonlar 600x600 piksellik bir CCD kamera ile algılanır. Yarı yükseklikteki tam genişlikte (FWHM), 10 keV için 190 eV, 0,1 keV'de ise 50 eV enerji çözünürlüğüne sahiptir. En uygun çalışma sıcaklığı -100° C derecedir. Odak uzaklığı 3,5 metre ve açısal çözünürlüğü 3" kadardır.

4.5.3. UVOT

UVOT detektörü XRT ile eş-hizalanmış, 30 cm çapında Ritchey-Chretien Morötesi/optik teleskoptur. XMM-Newton uydusunun üzerindeki Optical Monitor (OM) detektörünün neredeyse aynısıdır. Bu teleskopun uydunun üzerinde olması itibariyle atmosferden kaynaklanan foton azalması, dağılması ve arka plan ışıması gibi problemlerden uzaktır. Morötesi ve optik enerji bandındaki gözlem aralığı 170-650 nm aralığındaki dalga boylarını kapsar. Görüş alanı 17' x 17' olup odak oranı 12,7'dir.

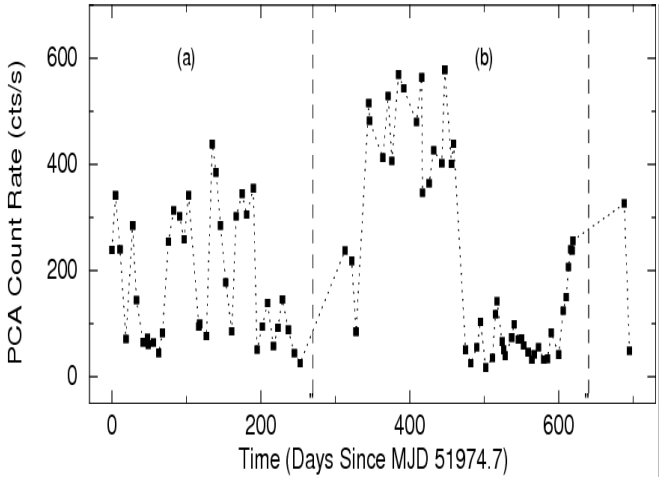
5. SONUÇLAR

5.1 Kütle Aktarımı Yapan Atarcalar

5.1.1 GX 1+4

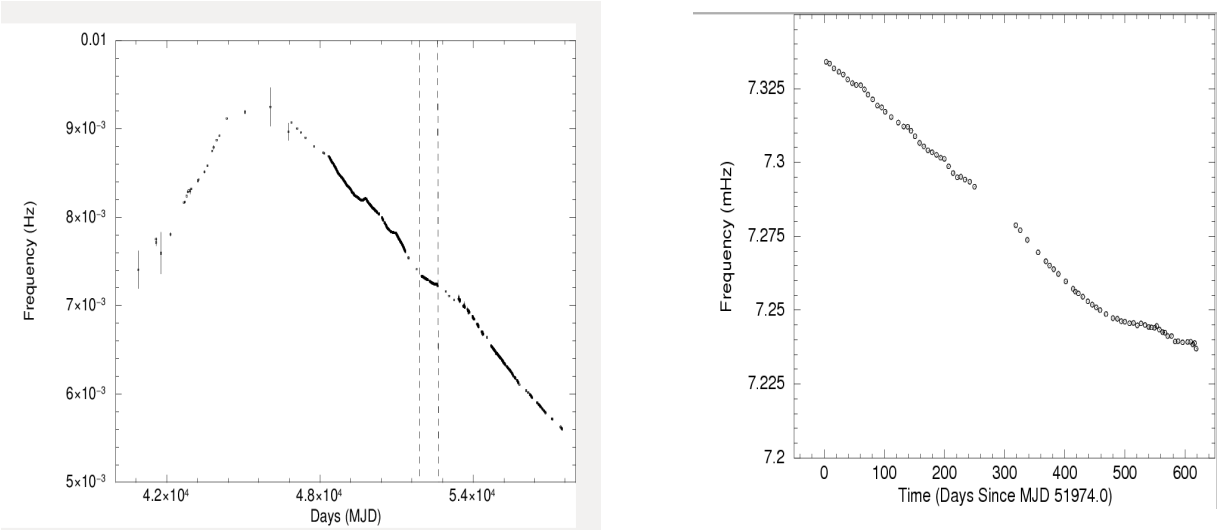
GX 1+4 bilinen en eski X-ışını Çiftlerinden biri olup 1971'de Lewin ve ark. tarafından keşfedilmiştir. V2116 Oph kızılötesi kaynağının bu çift sistemin ikinci bileşeni olduğu düşünülmektedir (Glass ve Feast 1973). Yaklaşık olarak 140 saniye periyotlu X-Işını atımları gösteren bu kaynağın hâlâ yörünge periyodu bulunamamıştır. Bizim çalışmamızda, 2002-2003 yıllarında RXTE uydusu yapılan 90 adet gözlemin verileri kullanılmıştır.

Bizim çalışmamızda, 2002-2003 yıllarında RXTE uydusu yapılan 90 adet gözlemin verileri kullanılmıştır. Bu verilerden, ilk olarak foton geliş zamanları güneş sistemi merkezine göre düzeltimiş olan ışık eğrisi elde edilmiştir (bkz. Şekil 5.1). Işık eğrisi faz tutarlı zamanlama analizine tabi tutulmuştur. RXTE uydusunun verilerinin arasında yaklaşık olarak 60 günlük gözlem alınmamış bir zaman aralığı bulunmaktadır. Bunun sonucunda, zamanlama analizi 2 farklı zaman dilimi (a ve b) için ayrı ayrı yürütülmüştür.



Şekil 5.1. GX 1+4 kaynağının RXTE-PCA gözlemlerinden oluşturulan ışık eğrisi. Kesikli çizgi ile belirtilen alanlar, zamanlama çözümleri için ikiye ayrılan zaman dilimlerini (a ve b) göstermektedir.

Bu çalışmamız sonucunda kaynağın atım frekansı yavaşlama oranı yaklaşık olarak $\dot{\nu} \approx -2 \times 10^{-12}$ Hz/s olarak bulunmuştur ve herhangi bir yörünge modülasyonuna rastlanmamıştır. Bundan sonra atım geliş zamanlarındaki ardışık her 3 nokta için doğrusal uyumlama (lineer fit) yapılarak elde edilen eğim değerlerinden o zaman aralığına karşılık gelen frekans ölçümleri yapılmıştır. Yapılan frekans ölçümleri ise literatürde yer alan daha önceki ölçümlerle mukayese edilmiştir (bkz. Şekil 5.2 sol ve sağ paneller).



Şekil 5.2. Sol panel: GX 1+4'ün atım frekansı geçmişi (bkz. Gonzalez-Galan ve ark. 2012). Kesikli çizgiler arasında kalan bölge bu çalışmada yapılan ölçümleri göstermektedir. Bu çalışmada yapılan ölçümlerin daha ölçekli bir hali sağ panel'de verilmektedir. Sağ Panel: GX 1+4'ün zamanlama çözümünden elde edilen frekans ölçümleri.

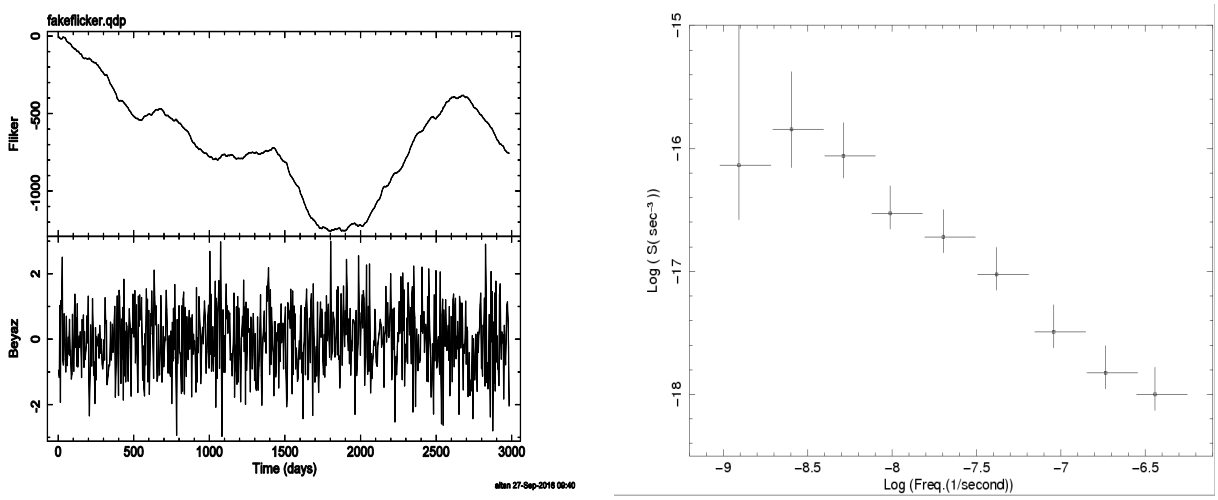
Tablo 5.1. GX 1+4 kaynağının zamanlama çözümleri

Parametre	**Zaman Dilimi (a)**	**Zaman Dilimi (b)**
Epok (t_0)	51974.0 MJD	52390.0MJD
Atım Frekansı (ν)	7.335526(4) mHz	7.2571253(8) mHz
Atım Frekansı yavaşlama oranı ($\dot{\nu}$)	-2.0585(3) x 10^{-12} Hz/s	-1.9892(2) x 10^{-12} Hz/s
Atım Frekansı ikinci türevi ($\acute{\nu}$	-	1.240(4) x 10^{-19} Hz/s^2

Bu proje kapsamında herhangi bir eğimde güç tayflarını üretecek zaman serilerinin benzetimi yapılmıştır. Bu şekilde GX 1+4'ün yanı sıra çalışılan AXP ve magnetarların güç tayflarının gerçek normalizasyonunu hangi eğime sahip olurlarsa olsun doğrudan benzetilmiş (simüle edilmiş) zaman serilerinden oluşturulabilicek duruma getirilmiştir.

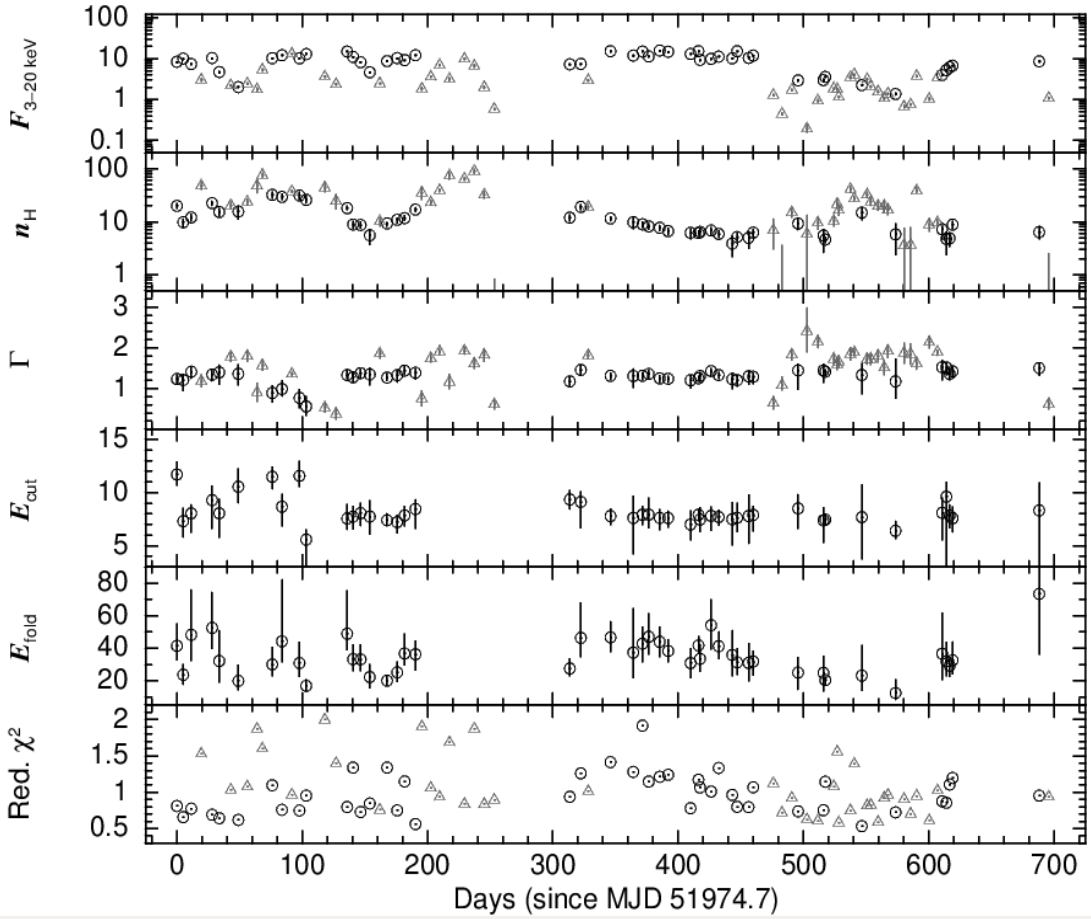
Daha önceleri Deeter (1984) makalesinde atım frekansındaki gürültünün varyansını $(\Delta\Omega)^2 \geq$

$ST^{2r-1} > (\nabla\gamma)^2 >$ olarak ifade edilir. Burada r=1,2,3 birinci, ikinci ve üçüncü derece serbest yürüyüş modellerine karşılık gelmektedir. $(\nabla\gamma)^2 >$ ise zaman serisinden polinom yapısını çıkarırken gürültü genliği S=1 olan sistem için kullanılması gereken normalizasyon katsayıdır. Kısaca gürültü genliği S=1 olacak şekilde zaman serisi üretip, zaman serisindeki polinom yapısı çıkarılınca elde edilen artığın (residuenun) varyansıdır. Bu varyans değeri geçek zaman serisinden polinom yapısı çıkarılınca normalizasyon olarak kullanılır. Deeter (1984) tarafından bu değerler sadece r=1,2,3 ve tamsayı değerler için hesaplanmış ve benzetimi yapılmıştır. Bu dönem içinde Scott, Finger ve Wilson (2003) tarafından kullanılan yöntemler ile zaman serilerinin herhangi bir güç (power) indisi için benzetimini yaptık. Bu benzetimlerde $r_m = \frac{1}{k!}\int_{-\infty}^{t}(t-t')^k\epsilon(t')dt'$ olarak kullanıldı. Burada $\epsilon(t)$ beyaz gürültü zaman serisidir, m ise güç indisidir. Ayrıca m=2(k+1)=2r olarak yazılmaktadır. Dolayısıyla her r değeri için belirli bir k değeri ile zaman serisi üretmek mümkündür. Şekil 5.3 sol panel'de k=1/2 zaman serisi beyaz gürültü genliği S=1 olacak şekilde benzetilmiş ve normalizayon katsayısı hesaplanmıştır. Bu normalizasyon katsayısı kullanılarak GX 1+4'ün gürültü genlikleri hesaplanmıştır. Her zaman dilimi için (T, T/2, T/4, T/8,...) elde edilen gürültü genlikleri zamanın tersi frekans olarak Şekil 5.3 sağ panel'de gösterilmiştir. Burada gürültü genliklerinin frekansa göre değişimi f^{-1} yani "fliker" gürültüsü gibi değişmektedir. GX 1+4 kaynağı için kısa zaman ölçeğinde atım frekans türevlerinin fliker gürültüsü gibi olduğu Bildsten ve ark. (1996) tarafından BATSE verileri kullanılarak bulunmuştu. Bu çalışmamız neticesinde bu kaynağın bütün verilerini kullanarak fliker yapısının uzun (40 yılı aşkın) bir sürede de geçerli olduğunu gösterilmiş oldu.

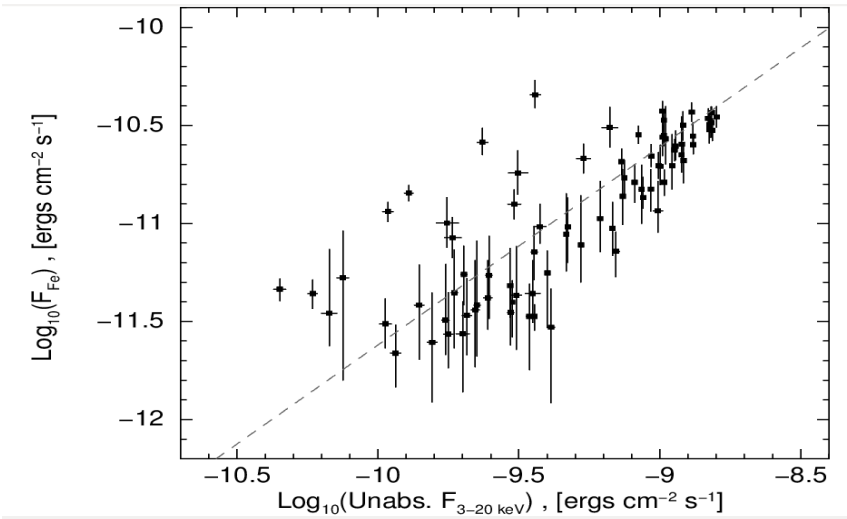


Şekil 5.3. Sol Panel: k=1/2 ve S=1 değerleri için benzetimi yapılmış zaman serisi. Sağ panel: GX 1+4 atarcasının gürültü gücü tayfı.

Bunlara ek olarak GX 1+4 kaynağının her bir gözlem için tek tek enerji tayfı oluşturularak, bu tayfların zamana bağlı değişkenlikleri incelenmiştir. Enerji tayfları genel olarak kuvvet yasası (power law) ve yüksek enerjide kesinti (high energy cutoff) modelleri ve yaklaşık olarak 6.4 keV'de Gaussian profili ile modellenmiştir. Eklenen Gaussian profili 6.4 keV'deki demir ışımasına karşılık gelmektedir. Bu model genellikle yüksek akıya (flux) sahip gözlemlerin modellenmesinde kullanılmaktadır (>4 x10^{-10} erg cm^{-2} s^{-1} @ 3-20 keV). Fakat düşük akıya sahip gözlemlerde yüksek enerji kesintisi çözümlenemediğinden dolayı, düşük akılı gözlemlerde yüksek enerji kesintisi modeli kullanılmamıştır (85 gözlemin 40'ında bu model çıkarılmıştır). Her bir gözlemden oluşturulan enerji tayfları tek tek modellenerek, elde edilen parametrelerin zamana bağlı değişimi incelenmiştir (bkz. Şekil 5.4).



Şekil 5.4. GX 1+4 atarcasının RXTE-PCA gözlemlerinden elde edilen enerji tayflarının modellendikten sonra elde edilen parametrelerinin zamana göre değişimleri. Boş halkalar yüksek enerji kesintisi modelinin kullanıldığı, üçgenler ise kullanılmadığı ölçümleri göstermektedir. Modelleme 3-25 keV enerji bandında yapılmıştır.



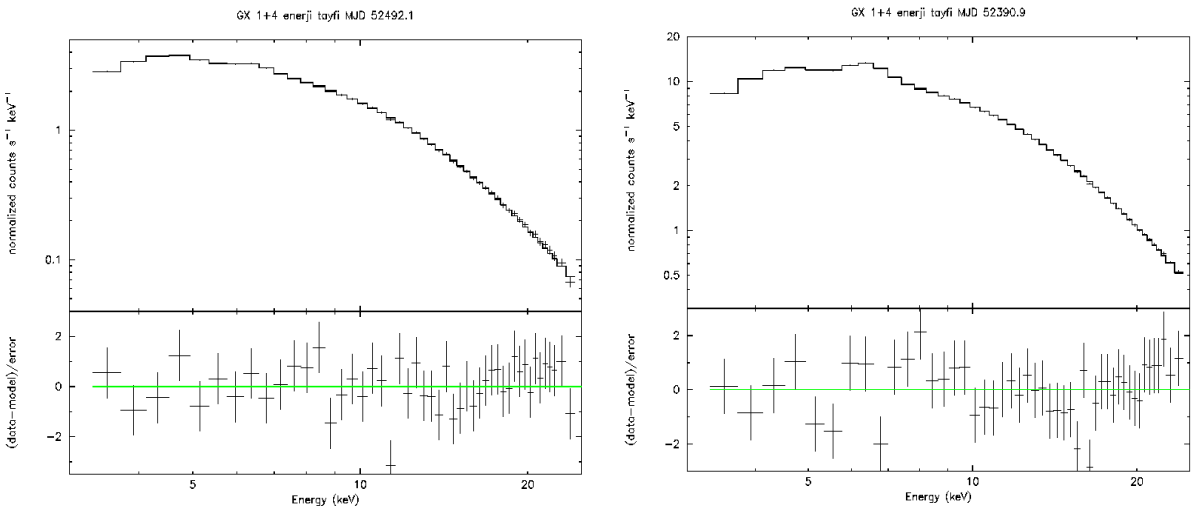
Şekil 5.5. GX 1+4 atarcasının 3-20 keV absorbe edilmemiş akısına karşılık olarak demir ışımasının akısı.

Enerji tayfı modelindeki parametreler arasından demir ışımasının akısının GX 1+4 atarcasının X-Işını akısıyla bağıntılı olduğu bulunmuştur (bkz. Şekil 5.5). Bu iki parametre arasındaki Pearson korelasyon katsayısı 0.78 olarak bulunmuştur.

Ayrıca, iki farklı akı dönemi için genel enerji tayfı çalışılmıştır. Kaynağın RXTE gözlemleri arasından, iki farklı günde (MJD 52390.9 ve 52492.1) nispeten uzun pozlamayla (18.7 ve 26.8 ks) alınmış gözlem serileri kullanılarak tayfsal özellikler incelenmiştir. MJD 52390.9 zamanlı tayf kaynağın yüksek akı dönemine, MJD 52492.1 zamanlı tayf ise düşük akı dönemine denk gelmektedir. Enerji tayflarının modellenmesinde soğurulmuş kuvvet yasası ve yüksek enerji kesintisi modelleri ile birlikte 6.4 keV demir ışıması için Gaussian emisyon profili kullanılmıştır. Modelleme sonucu elde edilen parametreler Tablo 5.2'de verilmiş, modellenen enerji tayfı ve artıklar Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.2. GX 1+4 kaynağının iki farklı akı dönemi için elde edilen tayf parametreleri, (a) Demir çizgisi akısı [10^{-12} erg cm^{-2} s^{-1}] (b) 3-20 keV bandında soğurulmamış akı [10^{-12} erg cm^{-2} s^{-1}].

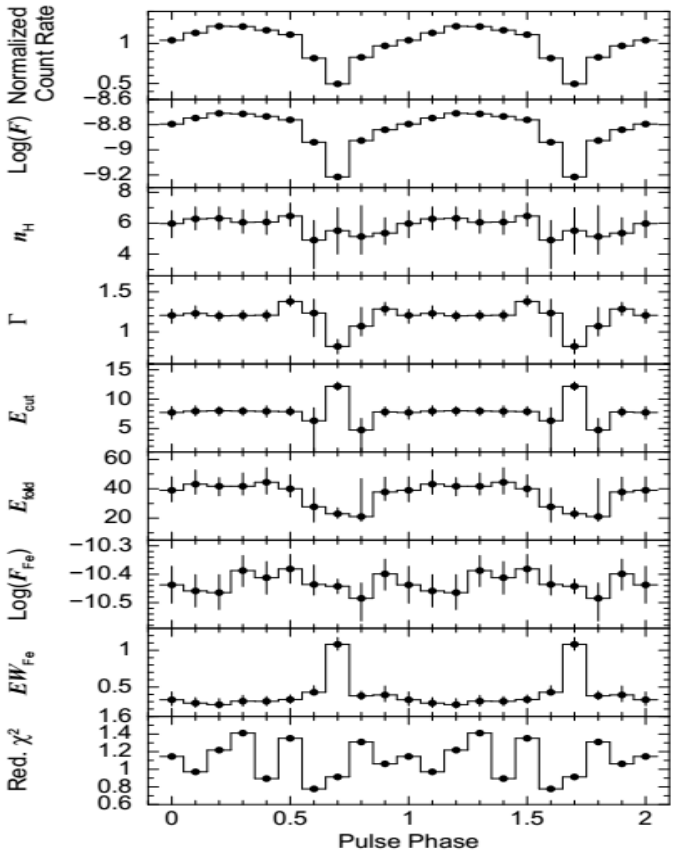
Parameter	MJD 52390.9	MJD 52492.1
n_H $[10^{22}\,\mathrm{cm}^{-2}]$	$6.14^{+0.47}_{-0.42}$	$4.68^{+0.63}_{-0.69}$
Γ	$1.25^{+0.04}_{-0.03}$	$1.42^{+0.08}_{-0.09}$
E_{cut} [keV]	$7.86^{+0.53}_{-0.49}$	$7.53^{+0.61}_{-0.43}$
E_{fold} [keV]	$41.82^{+5.01}_{-3.84}$	$20.78^{+2.72}_{-2.54}$
E_{Fe} [keV]	$6.46^{+0.03}_{-0.01}$	$6.46^{+0.08}_{-0.07}$
σ_{Fe} [keV]	$0.28^{+0.05}_{-0.06}$	$0.08^{+0.28}_{-0.08}$
Line EW [keV]	0.34 ± 0.05	$0.12^{+0.06}_{-0.05}$
Line Flux $^{(a)}$	$36.64^{+2.61}_{-2.37}$	$3.49^{+1.22}_{-0.63}$
Unabs. Flux $^{(b)}$	$15.28^{+0.13}_{-0.12}$	$3.60^{+0.05}_{-0.06}$
χ^2_{red} / dof	1.17/40	0.94/40



Şekil 5.6. GX 1+4 kaynağının iki farklı akı dönemi için modellenen enerji tayfları ve model artıkları.

MJD 52390.9'daki yüksek akılı gözlemin tayfı, ayrıca atım fazına göre 10'a bölünerek faza bağlı parametre değişimlerine bakılmıştır (bkz. Şekil 5.7). Atım fazına göre değişim gösteren parametreler foton indisi (Γ), yüksek enerji kesintisi (E_{cut}, E_{fold}) ve demir çizigisinin eşdeğer genişliğidir (EW). Hidrojen kolon yoğunluğu (nH) ve demir ışıması akısının (F_{fe}) ise atım fazına göre değişmediği gözlemlenmiştir. Atım minimumuna denk gelen fazın tayfında diğer fazlara göre daha düşük foton indisi, daha yüksek E_{cut} ve daha düşük E_{fold} değerleri bulunmuştur. Bu

bulgular, bu fazda daha sert bir tayf olduğunun kanıtıdır. Atım fazında sabit demir akısı, demir ışnımını oluşturan maddenin atarcanın etrafını sarmış olduğunu göstermektedir. Demir çizgisinin eşdeğer genişlğinin atım minimumunda artış göstermesi ise 6.4 keV ve 7.05 keV çizgilerinin birbirine geçişmesinden kaynaklanıyor olabilir.



Şekil 5.7. 10 faz gruplu, atım fazında çözünük enerji tayflarının model parametreleri. Atım şekli, karşılaştırma amacıyla en üst panelde verilmiştir.

Bu proje kapsamında, daha önce üzerinde çalışılması taahhüt edilen kaynaklar arasında yer alan ve literatür çalışmalarında yüksek manyetik alana sahip olduğu için kütle aktarımı yapan magnetar kaynakları sınıfına aday olduğu düşünülen (örneğin bknz. Cui ve Smith 2004) Düşük Kütleli X-ışını atarcası GX1+4 üzerindeki çalışmalarımız derlenerek makale haline getirilmiş ve Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS) dergisine yayınlanmıştır. Bu atarcanın zamanlama analizi ve gürültü genliği analizlerine ek olarak enerji tayfı analizleri de yürütülmüştür. Bu kaynak için yaklaşık 40 senelik gürültü gücü tayfı elde edilmiştir ve bu ölçüm, şu ana kadar literatürde yer alan en uzun süreli gürültü gücü tayfı ölçümü olmuştur. Buna ek olarak, bu çalışmalarımızın bir özeti poster olarak "11th Integral Conference on Gamma-Ray Astrophysics in Multi-Wavelength Perspective" isimli konferansda projemizde çalışan doktora öğrencisi Muhammed Miraç Serim tarafından sunulmuştur.

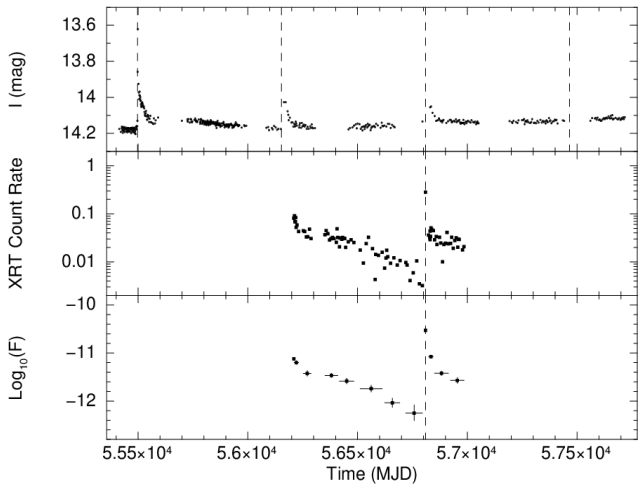
5.1.2. SXP 1062

SXP 1062, Küçük Macellan Bulutu'nda (KMB) keşfedilmiş bir Be X-ışını çift yıldız sistemidir (Henault-Brunet ve ark. 2012). X-ışını ışık eğrisinde bulunan 1062 saniyelik atım periyodu, bu sistemdeki sıkı cismin yavaş dönen bir atarca olduğunu göstermiştir. Optik bileşen yıldızın tayf tipi ise B0-0.5(III)e+ olarak belirlenmiştir (Henault-Brunet ve ark. 2012). OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment; Udalski ve ark. 2008) ile yapılan fotometrik kadir ölçümleri ile belirlenen dönemsel parlamalar sayesinde kaynağın yörünge periyodunun yaklaşık 656 gün olduğu tespit edilmiştir (Schmidtke ve ark. 2012). Ayrıca, SXP 1062'nin çevresinde keşfedilen bir süpernova kalıntısı (SNR) ile güçlü bir şekilde ilişkilendirilmesi sayesinde yapılan yaş tayinine göre 10000 ile 40000 yıl kadar genç bir sistem olduğu ortaya çıkmıştır (Henault-Brunet ve ark. 2012, Haberl ve ark. 2012).

2010 yılından dört XMM gözlemi ile ölçülen atım periyotlarına göre, SXP 1062'nin dönüş hızındaki yavaşlama oranı (spin-down rate) 18 günlük bir zaman aralığı için 2.6×10^{-12} Hz s^{-1} bulunmuştur (Haberl ve ark. 2012). Bu oranın benzer kaynaklara göre oldukça yüksek olması, atarcanın uzun atım periyodu ve sistemin oldukça genç olması gibi olağandışı özellikler ile, SXP 1062 atarcaların evrimsel teorisiyle pek uyuşmamaktadır. Bu nedenle, kaynağın mahiyetini açıklamak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Oskinova ve ark.2013; Haberl ve ark. 2012, Popov ve Turolla 2012, Ikhsanov 2012, Fu ve Li 2012, Postnov ve ark. 2014). Bu çalışmalarda farklı kuramsal modellerin uygulamaları yapılarak SXP 1062 atarcasının 10^{14}G mertebesinde yüksek manyetik alanla doğmuş olabileceği ve hatta halihazırdaki manyetik alanının da 10^{13} -10^{14} G mertebesinde olabileceği söylenmiştir. Manyetik alan şiddetinin yüksek olma ihtimali ise, SXP 1062'yi kütle aktarımı yapan magnetarlar sınıfına aday yapmaktadır.

SXP 1062, Swift uydusu ile yaklaşık 2 yıl boyunca (2012 Ekim - 2014 Kasım) gözlenmiştir. Bu süreçte toplam 87 gözlem kaydedilmiş olup Swift-XRT (X-Ray Telescope) pozlaması 164 ks'ye ulaşmıştır. Bu gözlemler 2,5 saniye zaman çözünürlüğü olan PC (photon counting) modda alınmıştır. Standart veri indirgeme skripti XRTPIPELINE kullanılarak temizlenen olay dosyaları (event files) XSELECT programına okutularak, 0.2-10 keV enerji bandında X-ışını enerji tayfları ve ışık eğrileri oluşturulmuştur. Dairesel seçilen kaynak ve arkaplan alanlarının yarıçapları sırası ile 35 ve 141 açısal saniyedir.

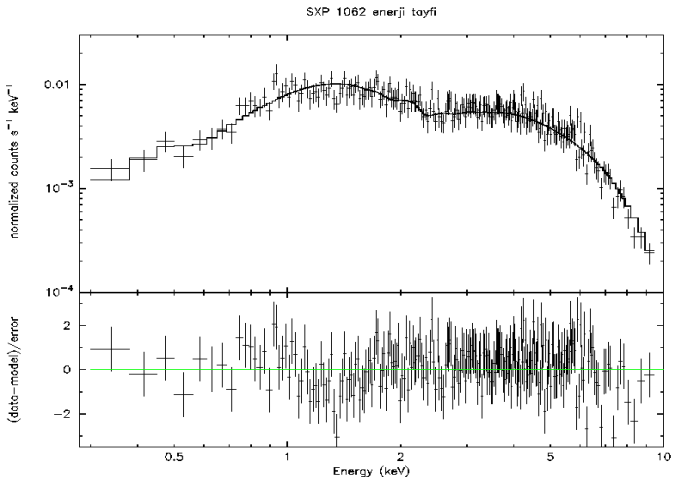
OGLE ile düzenli olarak izlenen optik bileşen yıldızın I-bandı kadir ölçümleri XROM (X-Ray variables OGLE Monitoring; http://ogle.astrouw.edu.pl/ogle4/xrom/xrom.html) sisteminin web sayfasından tedarik edilmiştir (bkz. Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Üst panel: OGLE arşivinden alınan I-bandı optik ışık eğrisi. Kesikli çizgiler optik parlama zamanlarını göstermektedir. Orta panel: Swift-XRT gözlemlerinden oluşturulan X-ışını ışık eğrisi. Kesikli çizgi X-ışını parlama zamanını göstermektedir. Alt panel: Soğurulmamış X-ışını akısındaki değişim.

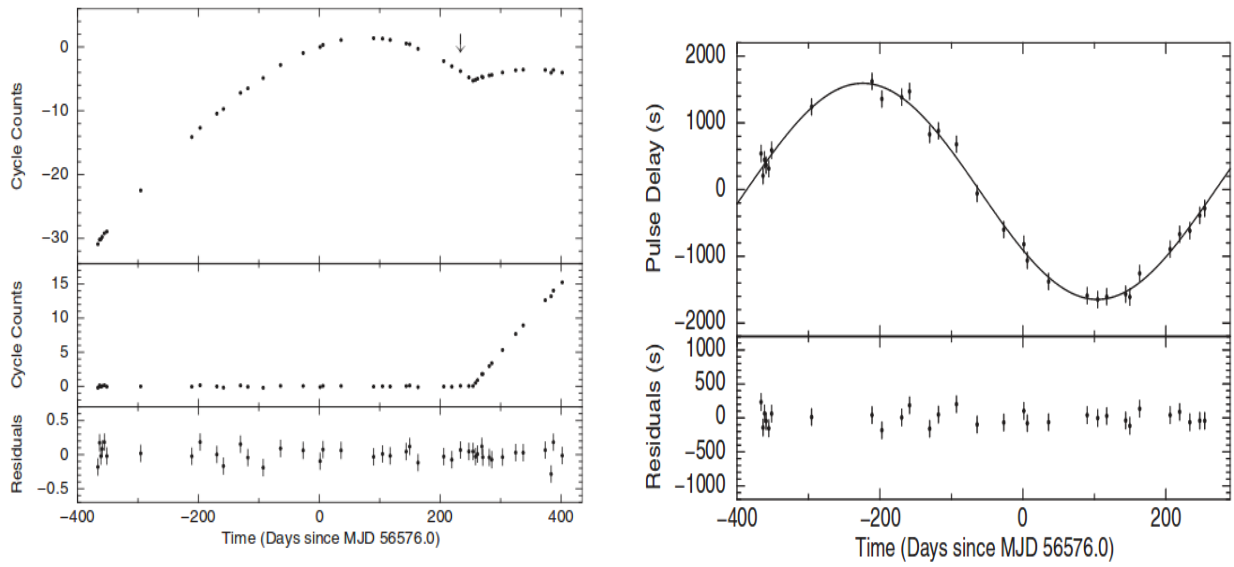
SXP 1062'nin enerji tayfı soğurulmuş kuvvet yasası ile uyumludur. Ayrıca kaynağın XMM gözlemlerinden elde edilen enerji tayflarında, 1keV den düşük enerjilerde tespit edilen ışıma fazlası (excess) karacisim ışıması gibi ısıl modellerle açıklanmıştır (Henault-Brunet ve ark. 2012, Sturm ve ark. 2013). Tüm Swift-XRT gözlemlerini birleştirerek elde ettiğimiz genel tayfı soğurulmuş kuvvet yasası ile modellediğimizde elde ettiğimiz indirgenmiş (reduced) χ^2 değeri 1.01 (222 dof) olmuştur (bkz. Şekil 3). Modelin veriye istatistiksel olarak uyumluluğu göz önüne alındığında, bu modelin Swift-XRT tayfını modellemek için yeterli olduğu görülmektedir. Bu modelleme sonucu bulunan Hidrojen kolon yoğunluğu n_H = (9 ± 3) x 10^{20} cm^{-2} ve foton indisi Γ = (0,48 ± 0,05)'tir. İki yıllık gözlem süresi için 0,2 - 10 keV bandında ortalama soğurulmamış akı ise (3,85 ± 0,12) x 10^{-12} erg cm^{-2} s^{-1} olarak bulunmuştur. KMB'nin uzaklığı (60 kpc, Hilditch ve ark. 2005) kullanılarak, kaynağın ortalama ışınım gücü (luminosity) 1,66 x 10^{36} erg/s olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca, SXP 1062'nin X-ışını akısının değişimini araştırmak için, ardışık 8 - 10 gözlem birleştirilerek oluşturulan enerji tayfları incelenmiştir. Düşük pozlama süresi ve zayıf sayım istatistiği nedeniyle bu enerji tayflarının sinyal/gürültü oranı düşük olduğundan, tayf modellemesi sırasında Cash istatistiği (Cash 1979) tercih edilmiştir. Yine soğurulmuş kuvvet yasası ile modellenen tayflardan elde edilen akı değerleri Şekil 5.9'un alt panelinde zamana karşılık çizilmiştir. X-ışını parlamasında kaynağın ulaştığı maksimum ışınım gücü 1,27x10^{37} erg/s, parlamadan hemen önceki minimum ışınım gücü ise 2,41x10^{35}erg/s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.9. SXP 1062'nin tüm Swift-XRT gözlemleri birleştirilerek oluşturulan genel enerji tayfının modellemesi ve model artıkları.

SXP 1062 Atarcasının SWIFT, CHANDRA ve XMM-Newton uydularının verilerinden elde edilen ışık eğrisi zamanlama analizine tabi tutulmuştur. Yapılan zamanlama analizinin sonucunda yaklaşık olarak 2 yıllık bir süreyi kapsayan faz-uyumlu atım geliş zamanları oluşturulmuştur. Elde edilen atım geliş zamanlarına göre, SXP 1062 MJD 56834.5 tarihine kadar -4,29 x 10^{-14} Hz/s ile düzenli bir şekilde yavaşlamaktadır. Atarcanın X-Işını ve optik dalga boylarında parlama gösterdiği tarihten 25 gün sonraya kadar da düzenli yavaşlamasına devam etmektedir (bkz. Şekil 5.10, Sol panel). Bu düzenli yavaşlama devam ettiği zaman aralığından atarcanın yörünge haraketi de bulunmuştur. Bulgularımız, daha önce optik parlamaların zaman farkından önerilen (Schmidtke, Cowley & Udalski 2012) 656 günlük yörünge periyodunu doğrulamaktadır (bkz. Şekil 5.10, sağ panel). Bulunan yörünge modeli Tablo 5.3'de verilmiştir. Ama MJD 56834,5 tarihinde atım geliş zamanlarının eğiminde ani bir değişim gözlemiştir ve bu değişim atarcanın atım frekansında ani bir kayma (glitch) olayına tekabül etmektedir. Frekanstaki bu ani kaymanın genliği 1,28(5) x 10^{-6} Hz olarak bulunmuştur. Atım frekansındaki bu kaymanın oransal büyüklüğü ise 1.37(6) x 10^{-3}'dür. Atarca ani periyot kaymasından (glitch) sonra da düzenli yavaşlama hareketine devam etmektedir. X-ışını ve optik dalga boylarında gösterdiği parlamanın atarcanın yavaşlama haraketini değiştirmemesi ve düzenli yavaşlama hareketinin 25 gün daha devam etmesi, periyot kayması olayının dış torklardan değil, yıldızın iç yapısı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, bu periyot kayması oransal olarak şu ana kadar literatürde rapor edilen en büyük periyot kaymasıdır.



Şekil 5.10. Sol panel: En üst panel: SXP 1062 atarcasının atım geliş zamanları. Şekildeki ok atarcanın X-Işını ve Optik ışık eğrisindeki parlama zamanını göstermektedir. Orta panel: atarcanın tablo 4.3'de verilen düzenli yavaşlama oranının ve yörünge modelinin üst paneldeki atım geliş zamanlarından çıkarıldıktan sonra kalan artıkları. En alt panel: Periyot kayması (glitch) düzeltilden sonra kalan artıklar. Sağ panel: Üst panel: Atarcanın atım geliş zamanlarındaki yörünge haraketinden kaynaklı olan Doppler modülasyonu. Doppler modülasyonları yörünge modeli ile modellenmiş ve parameterleri Tablo 5.3'de verilmiştir. Alt panel: Yörünge modeli çıkarıldıktan sonra kalan artıklar.

Bu çalışma ile daha önceleri izole atarcalarda gözlemen periyot kayması ilk defa kütle atarımı yapan çiftli sitemdeki bir atarcada gözlemlenmiştir. Bu çalışmamız makalemiz Monthly Notices of Royal Astronomical Society dergisinde yayınlanmıştır ve bilim dünyasında büyük bir ilgi ile karşılanmıştır. İngiltere'nin Kraliyet Astronomi Topluluğu (Royal Astronomical Society) basın açıklamaları sayfasında ve NASA HEASARC haberler sayfasında yer almıştır. Ayrıca bu keşif, birçok dış ve iç basın kuruluşlarının İnternet sayfalarında ve TÜBİTAK bülteninin Mayıs 2018 sayısında da haber olmuştur.

Tablo 5.3. SXP 1062 atarcasının zamanlama ve yörünge parametreleri.

Circular orbital model:	
Orbital epoch (MJD)	56351(10)
P_{orb} (d)	656(2)
$\frac{a_x}{c} \sin i$ (lt-s)	1636(16)
Timing solution:	
Folding epoch (MJD)	56576.0
Validity range (MJD)	56209–56830
ν_o (mHz)	0.931 787(5)
$\dot{\nu}_o$ (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})	$-1.5(9) \times 10^{-14}$
$\Delta\nu/\nu_o$	$1.37(6) \times 10^{-3}$
$\Delta\dot{\nu}/\dot{\nu}_o$	0.3(2)

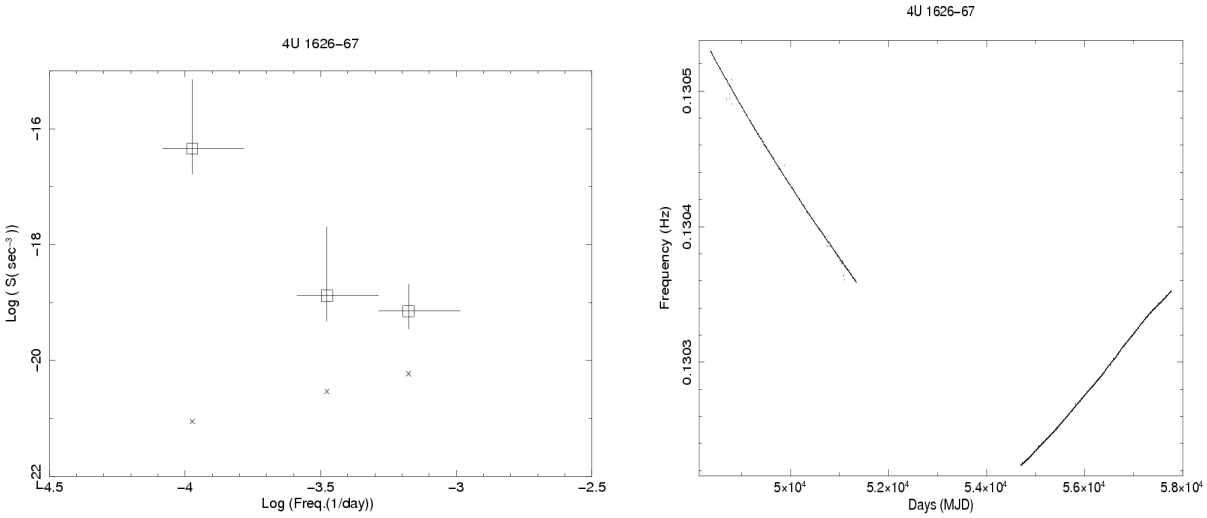
5.1.3. 4U 1626-67

Düşük kütleli bir X-ışını çift yıldız sisteminde bulunan 4U 1626-67, ~7.7 s atım periyodlu bir X-ışını atarcasıdır (Giacconi ve ark. 1972, Rappaport ve ark 1977). Kaynağın yörünge periyodu optik gözlemlerden 42 dk olarak tespit edilmiştir (Middleditch ve ark. 1981, Chakrabarty 1998). X-ışını enerji tayfında yaklaşık 37 keV'de saptanan siklotron soğurma özelliği (cyclotron absorption feature) kullanılarak hesaplanan yüzey manyetik alanı 3 x 10^{12} G civarındadır (Orlandini ve ark. 1998).

4U 1626-67'nin atım periyodunun 1977'de keşfedilişinden beri, periyot değişimleri oldukça sık bir şekilde çeşitli uydularla takip edilmektedir. İlk önce 8,5 x 10^{-13} Hz s^{-1} sabit oranıyla dönme hızı artan (spin-up) (Chakrabarty ve ark 1997) bu atarcanın 1991'de başlayan düzenli BATSE takibinde bu sefer -7,2 x 10^{-13} Hz s^{-1} sabit oranıyla yavaşlama (spin-down) yaptığı belirlenmiştir (Wilson ve ark. 1993, Bildsten ve ark. 1994, Chakrabarty ve ark. 1997). Daha sonra Swift-BAT verileri kullanılarak yapılan çalışmada, 2008 Şubat ayında gerçekleşen bir tork tersilmesi (torque reversal) daha tespit edilmiştir (Camero-Arranz ve ark. 2010). Bu tork tersilmesi öncesinde ölçülen atım frekansı yavaşlama oranı -4,8 x 10^{-13} Hz s^{-1}, sonrasında ölçülen atım frekansı hızlanma oranı ise 4 x 10^{-13} Hz s^{-1} olmuştur (Camero-arranz ve ark. 2010). 4U 1626-67'nin atım periyodu 2008 Haziran'dan beri Fermi/GBM ile sürekli olarak takip edilmektedir ve kaynak halen hızlanma (spin-up) fazındadır.

Daha önce Bildsten ve ark. (1997) 4U 1626-67'nin gürültü gücü tayfını, ilk 4 yıllık BATSE

verilerini (1991-1995 arası yaklaşık 1500 gün) kullanarak oluşturmuş ve gürültü genliğini 10^{-21} -10^{-20} s^{-3} mertebelerinde bulmuşlardır. Fakat oluşturdukları gürültü genliği tayfındaki "ölçüm hatalarından kaynaklı gürültü seviyesi" (measuremental noise levels) gürültü genliği ölçümlerinin değerlerini aşmaktadır. Bu nedenle, çalışmamızda (magnetar olmayan bir X-ışını atarcasına örnek olarak) bu kaynağın gürültü gücü tayfını genişletmek için, tüm BATSE ve Fermi/GBM frekans ölçümleri https://gammaray.nsstc.nasa.gov/ adresinden temin ederek kullanılmıştır. Kaynak kırmızı gürültü gösterdiği için ölçümleri genişletmek önem taşımaktadır. 1991-1999 arasındaki BATSE frekans ölçümleri ~3000 günlük bir yavaşlama (spin-down) fazını gözler önüne sererken 2008-2017 arasındaki Fermi/GBM frekans ölçümleri ise yine ~3000 günlük bir hızlanma (spin-up) fazını takip etmektedir (bkz. Şekil 5.11, sol panel). Bu frekans serisinin tümünden doğrusal model çıkarılarak elde edilen artıklardan hesaplanan gürültü genliği 4,7 x 10^{-17} s^{-3} dür (9400 günlük zaman dilimi için). Gürültü genliği hesabı ~3000 ve ~1500 günlük zaman dilimleri için tekararlanarak kaynağın güç tayfı oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.11, sağ panel).



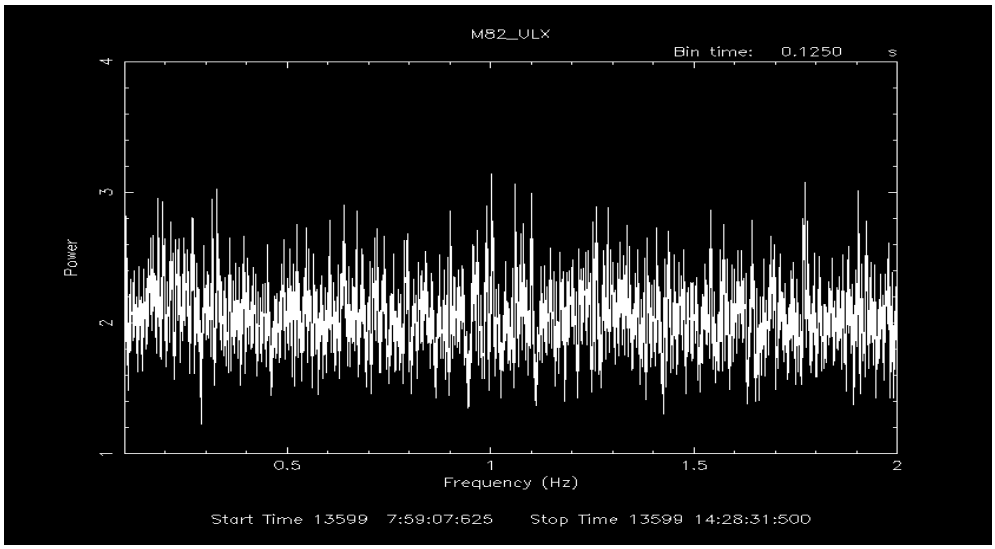
Şekil 5.11. Sol panel: Magnetar olmayan X-ışını atarcası 4U 1626-67'nin literatürden alınan frekans ölçümleri (https://gammaray.nsstc.nasa.gov/). Sağ panel: Magnetar olmayan X-ışını atarcası 4U 1626-67'nin gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

5.1.4. NuStar J095551+6940.8

NuStar J095551+6940.8, M82 galaksisi içinde kefşedilen Ultra-Parlak X-Işını (ULX) kaynağıdır (Bachetti ve ark. 2014). ULX kaynakları çok parlak X-ışını yayan kaynaklardır ve parlaklıkları

normal bir kaç güneş-kütleli yıldızları için elde edilen Eddington limitinin üzerindedir. Bu nedenle ULX sistemlerindeki kompakt objenin karadelikler olduğu düşünülmektedir (Farrell ve ark. 2009). Ancak ULX kaynağı NuStar J095551+6940.8'nın 1,37 saniyelik atımlar yapan bir atarca olduğu bulunmuştur. 2016'da keşfedilen bu kaynağın atım frekansı sinyali MJD 56691-56720 tarihleri arasinda sadece 30 gün için gözlenebilmiştir (Bachetti ve ark. 2014). Sistemdeki ikincil yıldızın kütlesinin 5,2 güneş kütlesinden büyük olduğu düşünülmektedir ve atarcanın zamanlama analizinden elde edilen sonuçlar atarcanın yörünge periyotunun 2,53 gün olduğunu göstermiştir (Bachetti ve ark. 2014). İlk parlamasından sonraki 30 günlük verilerden yapılan çalışmada bu atarcanın atım periyodunun hızlanma oranı -2 x 10^{-10} s/s olarak elde edilmiştir (Bachetti ve ark. 2014). Atarcanın tork dengesi şartı üzerinden hesaplanan manyetik alanı 6,7 x 10^{13} Gauss olarak önerilmiştir (Ekşi ve ark. 2015).

Kaynağın NuStar uydusu ile alınan gözlemleri henüz erişime açık olmadığı için kullanılamamaktadır. Buna karşılık NuStar J095551+6940.8 atarcasının bulunduğu M82 galaksisi bir çok defa çeşitli uydularla gözlemlenmiştir. Bunların arasından yaklaşık olarak 870 RXTE gözlemi görüş alanının (Field of view) içerisinde kalmaktadır. Bu gözlemlerin tek tek güç tayflarını (power spectrum) oluşturarak NuStar J095551+6940.8 kaynağının atım frekansına karşılık gelen sinyal aranmıştır. Ama şu ana kadar yaptığımız çalışmalarda herhangi bir sinyale rastlanmamıştır (örnek olarak bkz. Şekil 5.12). NuStar J095551+6940.8 atarcasının bulunduğu M82 bölgesinde çok fazla kaynağın bulunması, sinyal bulunmasını zorlaştırmaktadır.



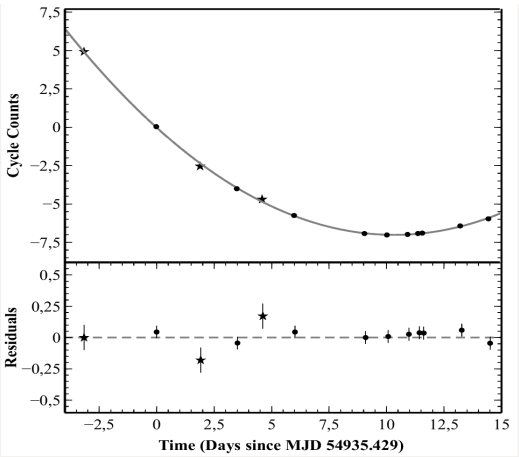
Şekil 5.12. MJD 53599 tarihinde (ObsID 90171-01-01-00) RXTE uydusu ile alınan gözlemden elde edilen güç tayfı. Bu güç tayfında NuStar J095551+6940.8 atarcasının atım frekansına karşılık gelen herhangi bir sinyal gözlemlenememiştir.

NuStar J095551+6940.8 kaynağının tek tek aki (intensity) güç tayfı (power spectrum) yapılarak RXTE gözlemleri incelenmiştir ve bir örneği Şekil 4.12 de verilmiştir. Maalesef, arşivdeki RXTE verilerinde kaynağın atım frekansına (~0,73 Hz) karşılık gelen bir sinyale rastlanamamıştır. Kaynağın bulunduğu M82 gökadasında birçok X-ışını kaynağı bulunmaktadır ve bu kaynakların ışımaları olası bir sinyalin saptanmasını engellemektedir. Bu nedenle, bu kaynak için erişime açık yeni gözlemler olmadığı taktirde gürültü gücü ölçümü mümkün olmamıştır.

5.1.5. SWIFT J0513.4-6547

SWIFT J01513.4-6547 Yüksek kütleli X-Işını çifti 2009 yılında parlaması neticesiyle keşfedilen bu kaynak yaklaşık olarak 27 saniyelik atımlar göstermektedir (Krim et al 2009). Bu parlamadan yaklaşık olarak 1 ay sonra kaynak kaybolmuş, 2014 yılında ise yeniden aktif hale gelmiştir. Kaynağın 4,5 yıllık OGLE IV (Optical Gravitational Lensing Experiment Phase IV) ile elde edilen optik bandındaki ışık eğrisinin modülasyonlarında sistemin yörünge periyotuna tekabül eden 27,4 günlük modülasyonlar gözlemlenmiştir (Coe ve ark. 2013 & 2015). Daha sonrasında FERMI uydusunun verileri ile yapılan zamanlama analizi çalışmalarında atarcanın 27,4 günlük yörünge periyotu doğrulanmış ve eksantrikliğinin üst limiti 0,17 olarak belirtilmiştir (Coe ve ark. 2015). Sitemin optik dalga boyu bandında elde edilen tayfından ikincil yıldızının tipinin B1Ve olduğu anlaşılmıştır (Coe ve ark 2015).

Bu kaynak için RXTE ve SWIFT X-Işını uydularının verileri kullanarak, 2 farklı zaman dilimi için (2009 ve 2014 parlamaları) atım geliş zamanlarını elde edilmiştir (bkz. Şekil 5.13).



Şekil 5.13. SWIFT J01513.4-6547 kaynağının 2009 gözlemleri için yörünge düzeltmesi yapıldıktan sonra elde edilen atım geliş zamanları (Yıldızlar Swift-XRT ve daireler RXTE-PCA gözlemlerini ifade etmektedir).

Tablo 5.4. SWIFT J01513.4-6547 kaynağının 2009 ve 2014 gözlemlerinden bulunan zamanlama çözümleri.

Parametre	**2009 gözlemleri**	**2014 gözlemleri**
Epok (t_0)	54935.42866 MJD	56916.89857 MJD
Atım Frekansı (ν)	36.7020(7) mHZ	36.4432(5) mHz
Atım Frekansı yavaşlama oranı $\dot{\nu}$	1.74(6) x 10^{-11} Hz s^{-1}	-(5.92 ± 1.9) x 10^{-14} Hz s^{-1}

Sonra bu zaman dilimlerindeki atım geliş zamanları 2. derece polinom ile modellenerek, zamanlama parametreleri hesaplanmıştır (bkz. Tablo 5.4). Kaynağın 2009 da atım frekansı hızlanırken, 2014'de yavaşladığı bulunmuştur. Uzun zamanlı atım frekansı yavaşlaması sürecinde kaynağın "propeller" durumunda olduğu var sayılarak, kaynağın manyetik alan dipol momenti:

$$\mu = \frac{(I|\dot{\Omega}|GM)^{1/2}}{\Omega}$$

şeklinde tahmin edilebilir (Alpar 2001). Bu varsayım ile kaynağın manyetik alanı 1,5x10^{13} Gauss olarak bulunmuştur. Bu çalışmamızı içeren makalemiz Monthly Notices of the Royal Astronomical Society dergisinde yayınlanmıştır. Projemizde yer alan doktora öğrencilerinden Muhammed Miraç Serim, bu çalışmayı "Integral 2015: The New High Energy Sky after a Decade of Discoveries" isimli İtalya-Roma da yapılan konferansta poster olarak sunmuştur.

5.2. Magnetarlar

Magnetar kaynaklarının gürültü gücü hesaplamalarını tamamlamış bulunmaktayız.. Çalışmalarımızın takibini kolaylaştırması için gürültü analizi yapılan magnetarların durumu , ölçüm şekli ve gürültü gücü değerlerine ilişkin bilgiler Tablo 5.5'de gösterilmiştir.

Tablo 5.5. Magnetar kaynakları üzerindeki ölçümlerin ilerleme tablosu. Birinci kolon magnetarların isimlerini, ikinci ve üçüncü kolon atım periyodu ve yavaşlama oranını göstermektedir. Dördüncü kolon ise gürültü genliği ölçümlerin frekans verilerinden ya da fazda atım geliş zamanları üzerinden yapıldığını ya da eğer önceden bir ölçüm var ise hangi literatür kaynağından alındığını göstermektedir. Beşinci kolon gürültü analizin yapıldığı zaman aralıklarını göstermektedir. Altıncı kolon bu zaman aralığında gürültü genliği ölçümü elde edilişini, yedinci kolon ise gürültü genliği tayfı elde edilişini göstermektedir. Sekizinci kolon ise beşinci kolonda belirtilen zaman aralığına tekabül eden gürültü gücü ölçümlerini göstermektedir.

Kaynak	*Periyod* (s)	*dP/dt* (10^{-11}s/s)	*Ölçüm Şekli*	*Zaman Aralığı* (gün)	*Gürültü Gücü Ölçümü*	*Gürültü Gücü Tayfı*	Gürültü Gücü (log(s-3))
CXOU J010043.1-721134	8,020	1,88000	frekans uzerinden	1881	Yapıldı	Veri sıklığı yetersiz	-20.47
4U 0142+61	8,689	0,20220	faz üzerinden	993	Yapıldı	Yapıldı	-22.65
1RXS J170849.0-400910	11,005	1,94550	faz üzerinden	972	Yapıldı	Yapıldı	-21.71
CXOU J171405.7-381031	3,825	6,40000	frekans uzerinden	370	Yapıldı	Veri sıklığı yetersiz	-16.63
XTE J1810-197	5,540	0,77700	frekans uzerinden	878	Yapıldı	Yapıldı	-19.87
1E 1841-045	11,789	4,09200	faz üzerinden	1016	Yapıldı	Yapıldı	-21.06
1E 2259+586	6,979	0,04837	faz üzerinden	944	Yapıldı	Yapıldı	-22.98
3XMM J185246.6+003317	11,559	0,01400	frekans uzerinden	215	Yapıldı	Veri sıklığı yetersiz	-23.62
SGR 0526-66	8,054	3,80000	frekans uzerinden	3543	Yapıldı	Veri sıklığı yetersiz	-16.91
SGR 1806-20	7,548	49,50000	frekans uzerinden	1063	Yapıldı	Yapıldı	-17.33
Swift J1822.3-1606	8,438	0,00214	Serim vd (2012)	842	Literatür ölçümü genişletildi	Veri sıklığı yetersiz	-22,60
SGR 1833-0832	7,565	0,35000	Serim vd (2012)	275	Literatürden alındı	Yapıldı	-20,52
Swift J1834.9-0846	2,482	0,79600	Serim vd (2012)	~100	Literatürden alındı	Veri sıklığı yetersiz	-19,60
SGR 1900+14	5,200	9,20000	frekans uzerinden	1058	Yapıldı	Yapıldı	-18.19
SGR 1935+2154	3,245	1,43000	faz üzerinden	133	Yapıldı	Yapıldı	-20.64
1E 1048.1-5937	6,458	2,25000	frekans uzerinden	972	Yapıldı	Yapıldı	-18.54
1E 1547.0-5408	2,072	4,77000	frekans uzerinden	810	Yapıldı	Yapıldı	-15.56
CXO J164710.2-455216	10,611	0,04000	faz üzerinden	1066	Yapıldı	Yapıldı	-21.66
SGR 0418+5729	9,078	0,00040	faz üzerinden	1865	Yapıldı	Yapıldı	-23.68
SGR 0501+4516	5,762	0,59400	faz üzerinden	547	Yapıldı	Yapıldı	-21.63
SGR J1745-2900	3,764	1,38500	faz üzerinden	494	Yapıldı	Yapıldı	-17.70
SGR 1627-41	2,595	1,90000	Yetersiz Veri	-	Yetersiz veri	Veri sıklığı yetersiz	-
PSR J1622-4950	4,326	1,70000	Yetersiz Veri	-	Yetersiz veri	Veri sıklığı yetersiz	-

Gürültü genliği tayfının hesaplanabilmesi gözlem sıklığına ve verilerin örnekleme oranına (sampling rate) bağlı olduğundan, her kaynak için gürültü genliği tayfı elde edilememektedir. Veri sıklığı uygun olan bütün kaynaklar için gürültü genliği tayfı elde edilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi, gürültü gücü ölçümleri yapıldığı zaman aralığına göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle olabildiğince doğru karşılaştırma yapabilmek için, bütün magnetarların 1000 güne en yakın gürültü değerleri belirtilmiştir. Ama gözlem ve veri eksikliği nedeniyle bazı kaynaklar için farklı zaman aralıklarına tekabül eden gürültü gücü değerleri kullanılmak zorunda kalınmıştır. Bu şekilde ölçüm alınan kaynaklar için gürültü tayflarının

beyaz gürültü modeli (white noise model) ile uyumlu olduğu ve zamana bağlı olarak çok değişkenlik göstermediği varsayılmıştır.

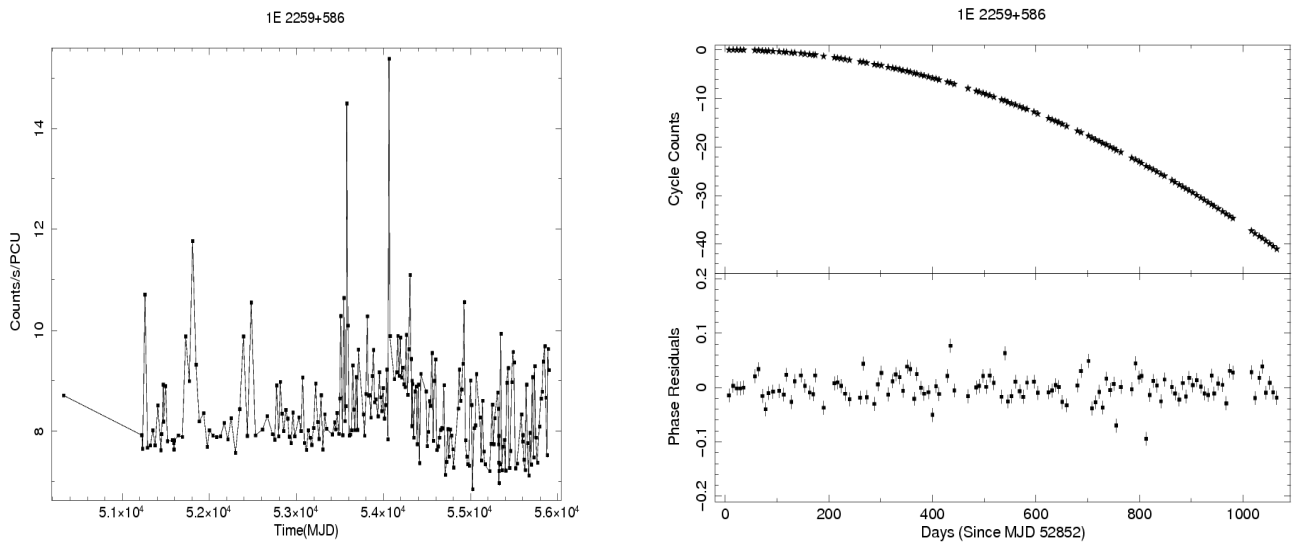
5.2.1. 1E 2259+586

1E 2259+586, süpernova kalıntısı SNR G109.1-01.0 içinde keşfedilmiş bir Anormal X-ışını Atarcasıdır (Fahlman ve Gregory 1981), ve AXP sınıfının ilk örneğidir. Bu kaynak yaklaşık olarak 7 saniyelik atım periyoduna sahiptir ve bu atım periyodu 5 x 10^{-13} s/s bir yavaşlama oranı ile artmaktadır (Dib ve Kaspi 2014). Zamanlama değerlerinden tahmin edilen dipol manyetik alanı 6x10^{13} G civarındadır ve X-ışını enerji bandında 1.8 x 10^{34} erg/s değerinde bir ışınım gücüne (luminosity) sahiptir (Huges ve ark. 1981; Morini ve ark. 1988).

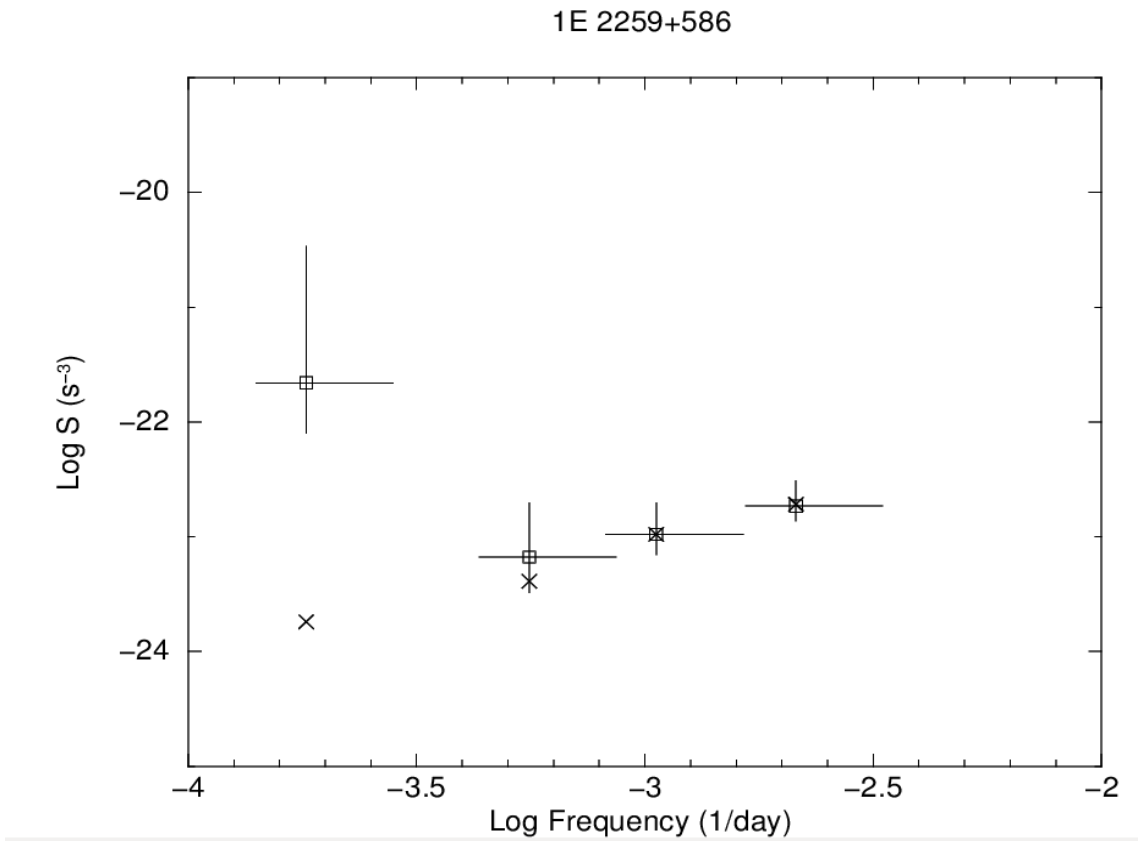
1E 2259+586, RXTE uydusu ile 16 yıl boyunca ortalama olarak 10 günde bir gözlemlenmiştir. Bu veriler kullanılarak atarcanın zamanlama parametreleri üzerinde yapılan çalışmalar, atarcanın atım periyodunda kaymaya (glitch) rastlandığını rapor etmiştir (Kaspi ve ark 2003; Woods ve ark. 2004; Dib ve ark 2008; İçdem ve ark. 2012). Bu verileri arasından kayma (glitch) olmayan 1058 günlük bir zaman aralığı seçilerek, ışık eğrisi oluşturulmuş ve tekrar zamanlama analizine tabi tutulmuştur (bknz Şekil 5.14).

Tablo 5.6. 1E 2259+586 atarcasının zamanlama çözümü ve gürültü genliği.

Parametre	Değer
Epok (MJD)	54852.0
ν (Hz)	0.143285577(2)
$\dot{\nu}$ (10^{-15} Hz/s)	-9.688(4)
Gürütü Genliği (s^{-3})	1.22×10^{-24}



Şekil 5.14. Sol panel: 1E 2259+586 Arnomal X-ışını atarcasının 16 yıllık ışık eğrisi. Sağ panel: 1E 2259+586 atarcasının atım geliş zamanları (üst panel) ve ikinci derece polinom modelinden sonraki artıkları (alt panel).



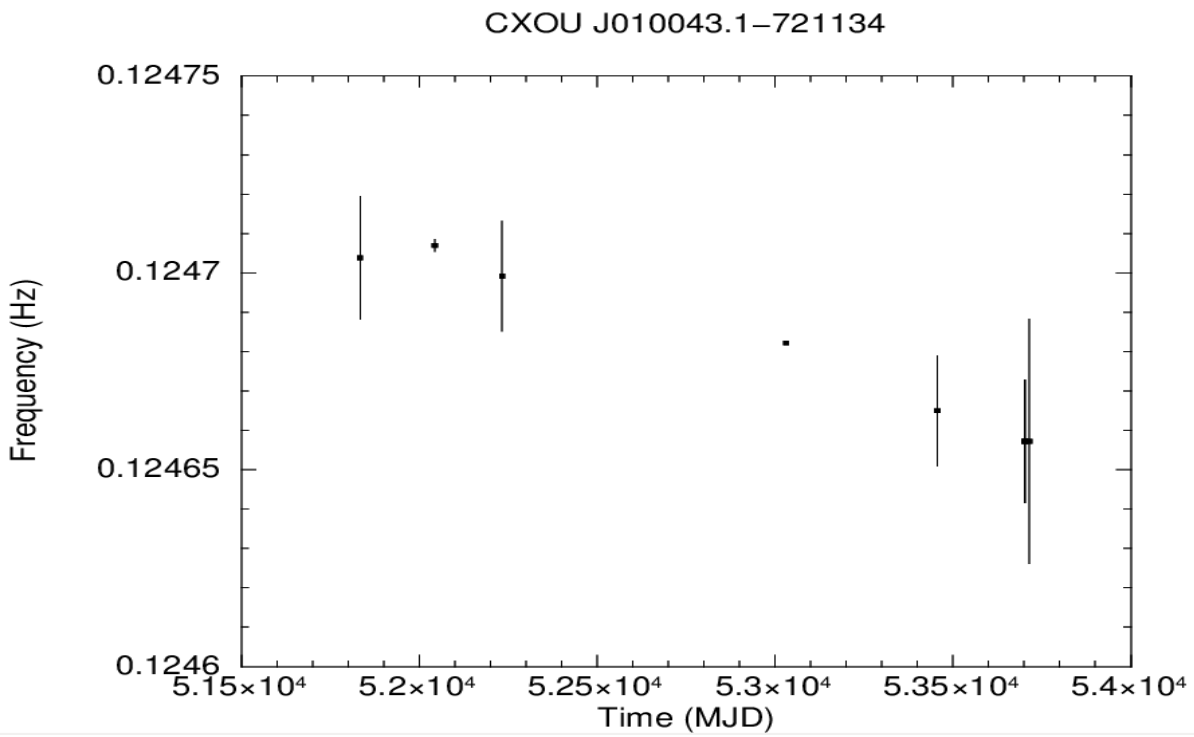
Şekil 5.15. 1E 2259+586 atarcasının gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

Elde edilen atım geliş zamanları ikinci derece polinom ile modellenerek atarcanın atım frekansı ve yavaşlama oranı hesaplanmıştır ve bu değerler Tablo 5.6'da verilmiştir. Daha sonra bu yavaşlama modeli çıkarılarak zamanlama artıkları (timing residuals) bulunmuştur. Zamanlama artıkları ise tork gürültüsü modeli ile modellenerek kaynağın gürültü genliği elde edilmiştir. Belirtilen zaman dilimine kaşılık gelen gürültü gücü 1,22 x 10^{-24} s^{-3} olarak bulunmuştur. Sonra, gürültü genliği ölçümleri daha düşük zaman ölçekleri (T, T/2, T/4 ..) için tekrarlanarak gürültü genliği tayfı oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.15). 1E 2259+586'in gürültü gücü tayfının küçük zaman dilimlerinde ölçümsel gürültü seviyesiyle örtüştüğü görülmüştür. Ama uzun zaman diliminde ciddi derecede bir gürültü ölçümü vermektedir.

5.2.2. CXOU J010043.1-721134

CXOU J010043.1-721134 Anormal X-ışını atarcası 1979 yılında Einstein uydusu ile keşfedilmiştir. Fakat atarcanın 8 saniyelik atım gösteren sinyalleri ilk defa 2002 yılında gözlemlenmiştir (Lamb ve ark. 2002). Kaynak Küçük Macellan Bulutu (KMB) içinde yer almaktadır ve X-ışını ışınım gücü 10^{35} erg/s mertebelerindedir (Majid ve ark. 2004). Chandra uydusunun 2001 ve 2004 arşiv verileri kullanılarak yapılan ölçümlerle, atım periyodu yavaşlama oranı 1,88 x 10^{-11} s/s olarak rapor edilmiştir (McGarry ve ark. 2005). Hubble Uzay Teleskopu (HST) ile yapılan çalışmalarda, atarca optik dalga boyunda da saptanmıştır (Durant ve Kerwijk 2005).

Bu magnetarın çok fazla gözlemi olmamakla birlikte, olan gözlemler için literatürde atım frekansı ölçümleri bulunmaktadır (Tiengo ve ark 2008; Durant ve ark. 2005;McGarry ve ark.2005; Lamb ve ark. 2005). Bu gözlemlerin arasında uzun zaman boşlukları olduğu için faz uyumlu zamanlama (phase coherent timing) analizi yapılamamaktadır. Bu nedenle, literatürde yer alan 1881 günlük bir zaman dilimini kapsayan atım frekansı ölçümleri üzerinden gürültü genliği ölçümü yapılmıştır (bkz. Şekil 5.16).



Şekil 5.16. CXOU J010043.1-721134 atarcasının litratürden alınan frekans ölçümleri.

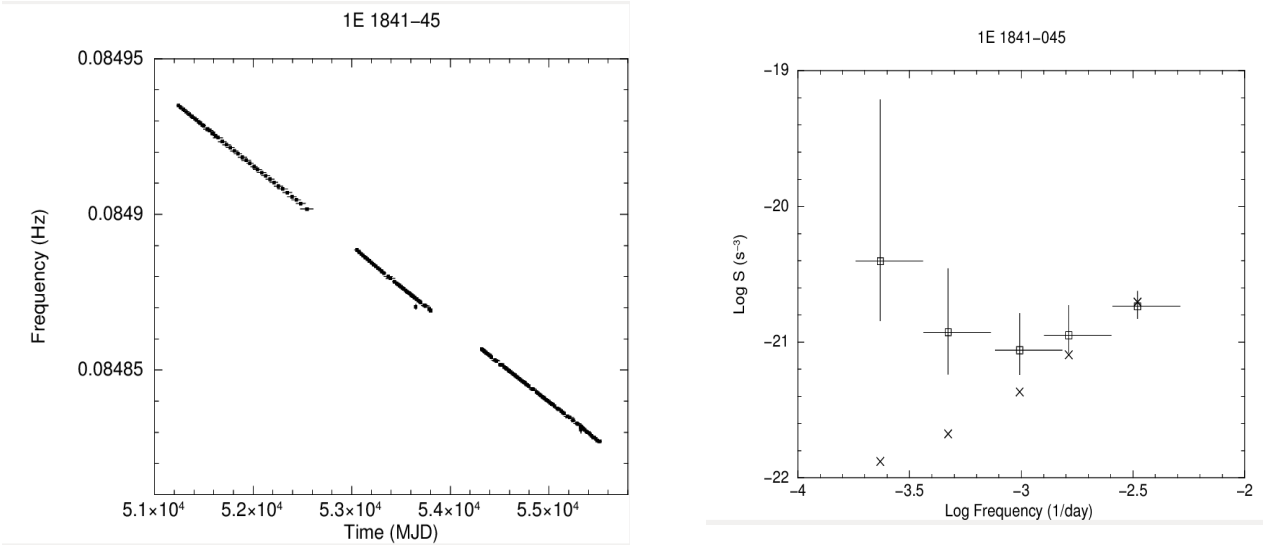
Atım frekansı yavaşlama eğilimi (spin down trend) faz üzerinden ikinci derece polinom ile modellenirken, aynı eğilim frekans ölçümleri üzerinde birinci derece polinoma, yani doğrusal modele karşılık gelmektedir. Bu nedenle, CXOU J010043.1-721134 atarcasının frekans ölçümlerinden doğrusal model çıkarılarak, frekans ölçümlerinin artıkları elde edilmiştir. Sonra elde edilen artıklar, gürültü genliği ölçümünde kullanılmıştır. Bu hesaplama sonucunda gürültü genliği 3.4 x 10^{-21} s^{-3} olarak bulunmuştur. Şekil 5.16'daki frekans serisinden de anlaşılabileceği gibi CXOU J010043.1-721134 için veri sıklığı gürültü gücü tayfı oluşturmak için yetersizdir.

5.2.3. 1E 1841-045

1E 1841-045 Anormal X-ışını atarcası, 1985 yılında süpernova kalıntısı Kes73'ün içinde keşfedilmiştir (Kriss ve ark. 1985). Atım periyodu ASCA uydusun verileriyle 11.8 saniye olarak ölçülmüştür (Vasist ve Gotthelf 1997). Daha yeni çalışmalar neticesinde ölçülen atım periyodu yavaşlama oranı yaklaşık olarak 4 x 10^{-11} s/s dir (Dib ve Kaspi 2014). Bu değerler üzerinden hesaplanan dipol manyetik alan değeri 7.1 x 10^{14} Gauss'tur. Literatürdeki çalışmalarda, bu atarcanın da zaman zaman periyot kayması (glitch) yaşadığı rapor edilmiştir (Dib ve ark. 2008).

Bu atarca için RXTE uydusu MJD 51224 ile 55587 arasında 227 kez gözlem almıştır. Literatürde rapor edilen periyot kaymalarını göz önünde bulundurarak, MJD 51224 ile 55587 arasındaki periyot kayması olmayan 3 farklı zaman dilimi için kaynağın ışık eğrisi elde

edilmiştir. Bu ışık eğrisi faz üzerinden literatürde rapor edilen parametrelerle zamanlama analizine tabi tutularak zamanlama çözümü elde edilmiştir. Daha sonra her ardışık atım geliş zamanlarının eğimleri kullanılarak, 1E 1841-045'in frekans serisi oluşturulmuştur. (Şekil 4.17 sol panel).



Şekil 5.17. Sol panel: 1E 1841-045 Anormal X-ışını Atarcasının atım frekansı serisi. Sağ panel: 1E 1841-045'in gürültü genliği tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

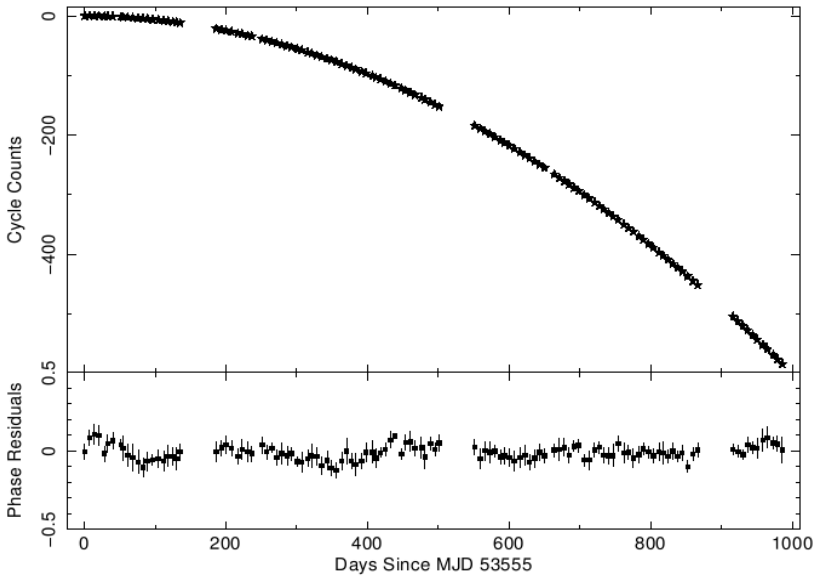
Sonra magnetarın düzgün yavaşlama modeli verilerden çıkarılarak, zamanlama artıkları elde edilmiştir. Zamanlama artıkları kullanılarak yapılan analizde T=1016 güne karşılık gelen gürültü genliği hesaplanmıştır ve bulunan değer 1,8 x 10^{-21} s^{-3} dür. Veri sıklığı elverişli olduğundan T/2 ve T/4 zaman aralığına karşılık gelen gürültü genliği değerleri de hesaplanarak gürültü genliği tayfı elde edilmiştir (bknz Şekil 12, sağ panel). Bu magnetarın gürültü gücü uzun zaman dilimlerinde çok yüksek olup, daha kısa zaman dilimlerinde beyaz gürültü (white noise) ile uyuştuğu görülmüştür.

5.2.4. 1RXS J170849.0-400910

Anormal X-ışını Atarcası 1RXS J170849.0-400910, ROSAT uydusu verileriyle 1996 yılında keşfedilmiştir (Voges ve ark 1996). Kaynağın atım periyodu yaklaşık olarak 11 saniye ve yavaşlama oranı 2 x 10^{-11} s/s olarak bulunmuştur (Israel ve ark. 1999; Israel ve ark. 2001). Atarcanın X-ışını ışınım gücü 10^{35} erg/s mertebesinde (Durant ve Kerkwijk 2006) ve dipol manyetik alanı 4,7 x 10^{14} Gauss olarak bulunmuştur. 1RXS J170849.0-400910, RXTE uydusuyla 14 yıl süresince 525 defa gözlemlenmiştir. Bu gözlemler kullanılarak yapılan

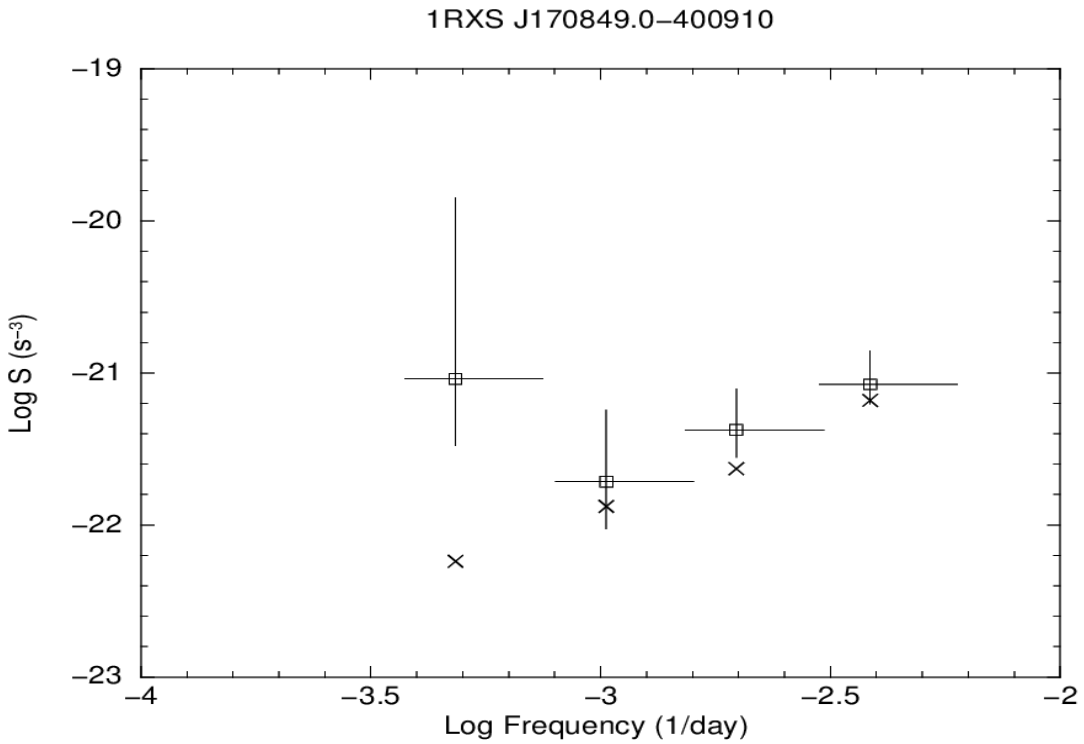
çalışmalarda atarcanın bir çok kez periyot kayması (glitch) gösterdiği rapor edilmiştir (Kaspi ve ark. 2000; Kaspi ve Gavriil 2003; Dall'Osso ve ark. 2003; Dib ve ark. 2008; Scholz ve ark. 2014).

Bu bilgiler ışığında; MJD 53555 ile 54540 tarihleri arasında periyot kayması olmayan 972 günlük RXTE verileri kullanılarak, kaynağın güneş merkezli olarak düzeltilmiş ışık eğrisi elde edilmiştir. Bu ışık eğrisinin literatürde yer alan parametreler üzerinden yapılan zamanlama analizinden sonra elde edilen atım geliş zamanları Şekil 5.18'de verilmiştir.



Şekil 5.18. 1RXS J170849.0-400910 Anormal X-ışını Atarcasının atım geliş zamanları (üst panel) ve ikinci derece polinom çıkarıldıktan sonraki artıkları (alt panel).

Atım frekansı yavaşlama modelinin atım geliş zamanlarından çıkarılmasından sonra kalan artıklar (residuals) gürültü genliğinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Sonuçlar, kaynağın 972 günlük zaman diliminde 2×10^{-22} s^{-3} gürültü genliğine sahip olduğunu göstermiştir. 1RXS J170849.0-400910 aynı şekilde diğer zaman aralıklarında da faz üzerinden zamanlama analizi yapılmış olup, bu şekilde gürültü tayfı oluştulacak zaman dilimleri arttılımıştır. Atım geliş zamanlarındaki veri sıklığı, magnetarın gürültü gücü tayfının oluşturulmasına elvermektedir. Bu nedenle, daha kısa zaman dilimleri için (T/2, T/4,T8) gürültü genliği hesabı yapılarak, gürültü gücü tayfı elde edilmiştir (bkz. Şekil 5.19). Oluşturulan gürültü tayfında, en yüksek zaman aralığındaki gürültü gücü değeri dışındaki bütün değerlerin ölçümsel gürültü seviyesi (measuremental noise level) ile çakıştığı görülmüştür.

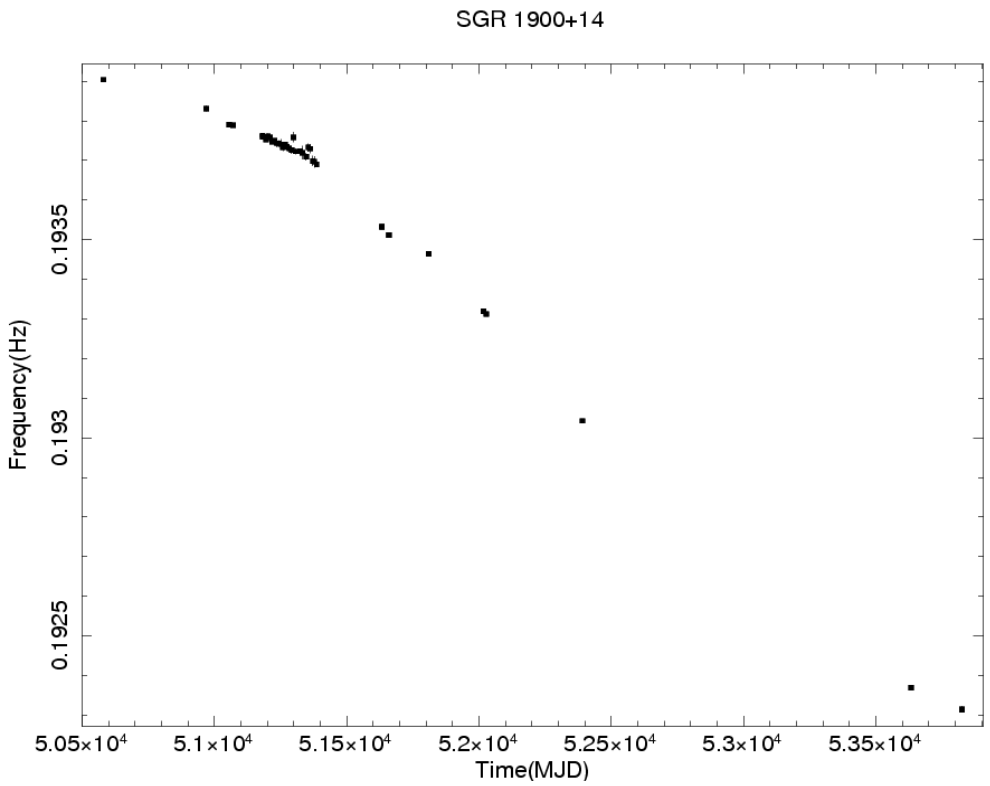


Şekil 5.19. 1RXS J170849.0-400910 Anormal X-ışını Atarcasının gürültü genliği tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

5.2.5. SGR 1900+14

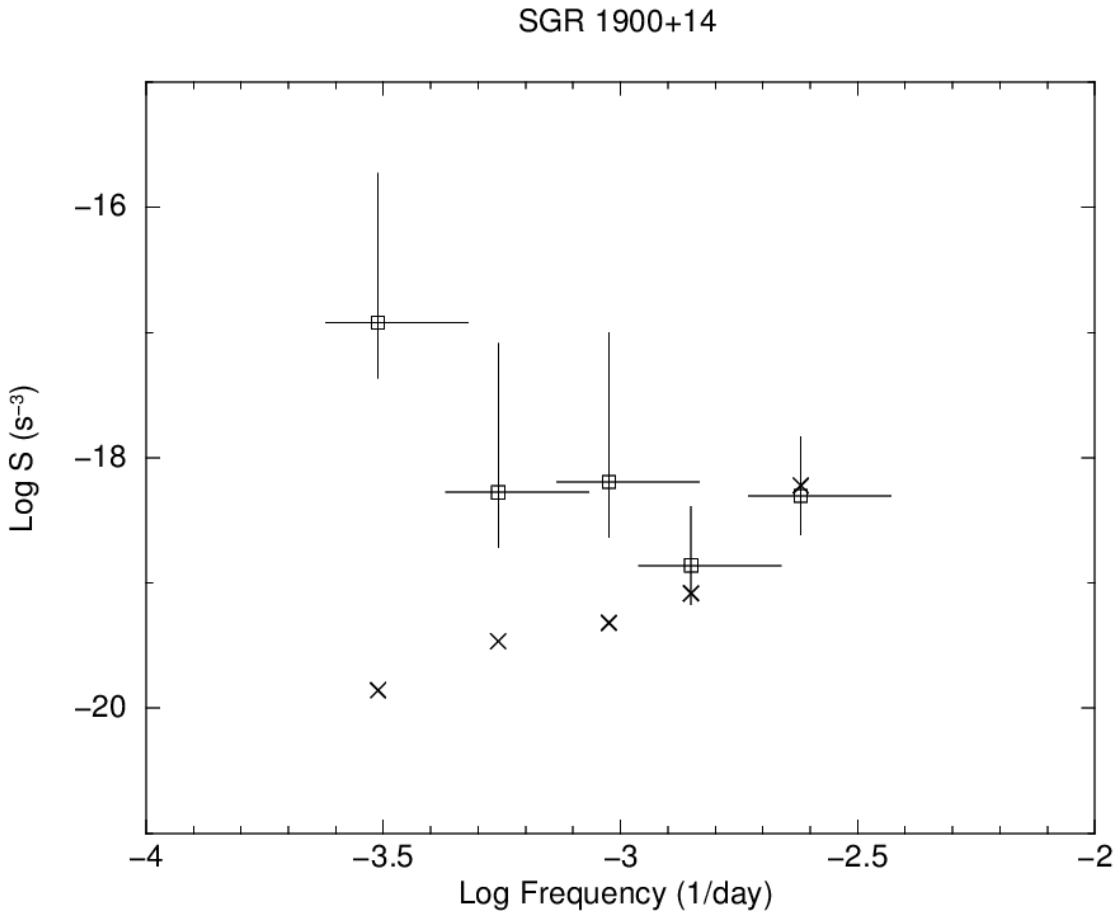
Yumuşak Gama Işını Tekrarlayıcısı SGR 1900+14, Mazets ve ark. Tarafından 1979 yılında keşfedilmiştir. Kaynak 1992 (Kouveliotou ve ark. 1993) ve 1998 (Hurley ve ark. 1999) yıllarında devasa parlamalar (giant flares) göstermiştir. Atarcanın atım periyodu 5,16 saniye olarak keşfedilmiştir (Hurley ve ark. 1999). Atım periyodu yavaşlama oranı 10^{-11} s/s mertebesinde ve dipol manyetik alanı 2-8 x 10^{14} Gauss olarak rapor edilmiştir (Kouveliotou ve ark. 1999). SGR 1900+14 bilinen en genç magnetarlardan biridir (Israel ve ark. 2008). Bu magnetarın, RXTE-PCA verileriyle yapılmış olan faz üzerinden zamanlama çözümleri literatürde yer almaktadır (Woods ve ark. 2002). Woods ve ark. (2002), 200 günlük veriler için gürültü genliği tayfı da oluşturmuş ve bu tayfın kırmızı gürültü (red noise) karakterine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. SGR 1900+14 magnetarının çeşitli uydularla alınmış atım frekansı ölçümleri literatürde mevcuttur (Woods ve ark. 2002; Mereghetti ve ark. 2006; Esposito ve ark. 2007).

Yumuşak Gama Işını Tekrarlayıcısı SGR 1900+14 gözlemleri arasında uzun süreli boşluklar olduğu için faz üzerinden zamanlama analizi yapmak yerine, literatürdeki Woods ve ark. (2002) ve Mereghetti ve ark. (2006) çalışmalarında sunulan atım frekansı ölçümleri derlenerek magnetarın yaklaşık 3000 günlük atım frekansı serisi oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.20).



Şekil 5.20. SGR 1900+14Yumuşak Gama Işını Tekrarlıyıcısının literatürden alınan frekans serisi (hata payları sembollerin içerisinde kalacak kadar küçüktür).

Daha önce de belirtildiği gibi, atım frekansı serisinden atım periyodu yavaşlama modeli çıkarılarak atım frekansı zamanlama artıkları elde edilmiştir. Zamanlama artıkları gürültü genliği ölçümünde kullanılmıştır ve 1058 günlük zaman dilimine karşılık gelen gürültü genliği 6.45 x 10^{-19} s^{-3} olarak hesaplanmıştır. (Daha öncede belirtildiği gibi, karşılaştırmaların doğru yapılabilmesi için 1000 güne en yakın zaman dilimlerindeki gürültü değerlerini belirtmekteyiz). 3000 gün olarak oluşturulan bu atım frekansı serisinin veri sıklığı elverdiği için gürültü analizi daha küçük zaman dilimleri için tekrarlanarak gürültü gücü tayfı oluşturulmuştur (bknz Şekil 5.21). Bu magnetarın gürültü gücü tayfı çok yüksek bir eğimle kırmızı gürültü (red noise) gösterdiği gözlemlenmiştir. Daha önce literatürde Woods ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada, bu magnetarın kısa zaman dilimlerinde ciddi bir kırmızı gürültü taşıdığı belirtilmiştir. Bu proje kapsamında yaptığımız çalışmada Woods ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışma uzun zaman dilimleri için genişletilmiş olup, magnetarın uzun zaman dilimlerinde de kırmızı gürültü özelliğini devam ettirdiği bulunmuştur. Ve aynı zamanda atarcanın gürültü gücü tayfının karmaşık olup, farklı zaman dilimlerinde farklı eğim gösterdiği gözlemlenmiştir.



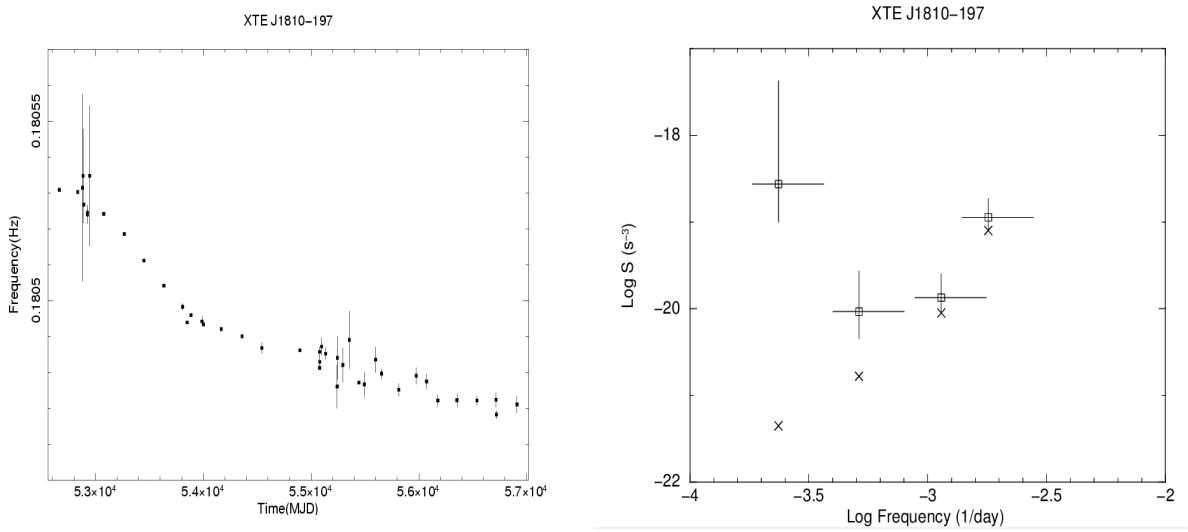
Şekil 5.21. SGR 1900+14'ün gürültü genliği tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

5.2.6. XTE J1810-197

XTE J1810-197, keşfedilen ilk "parlaklığı geçici" (transient) magnetar kaynağıdır ve 2003 yılında gösterdiği parlamanın neticesinde saptanmıştır (İbrahim ve ark. 2004). Bu atarca, radyo dalga boyunda atım gözlenen ilk magnetar olma özelliğini de taşımaktadır (Halpern ve ark. 2005; Camilo ve ark. 2006). Kaynağın, X-ışını bandındaki akısı $7x10^{-13}$ erg/s/cm^2 olarak rapor edilmiştir (Gotthelf ve Halpern 2007). Magnetar 5,54 saniyelik atımlara sahiptir ve atım periyodu yavaşlama oranı 10^{-11} s/s mertebesindedir (İbrahim ve ark. 2004). Kaynak daha sonra XMM-Newton ve Chandra gibi çeşitli uydularla çalışılmış ve atım frekansı ölçümleri alınmıştır (Israel ve ark. 2003; Halpern ve Gotthelf 2005; Bernardini ve ark. 2009; Camilo ve ark 2016).

Çalışmamızda, bu magnetar için de literatürdeki ölçümlerle yaklaşık olarak 4200 günü kapsayan bir atım frekansı serisi derlenmiştir (bkz. Şekil 5.22, sol panel). Atım frekansı serisinden doğrusal model çıkarılarak elde edilen artıklar gürültü analizine tabi tutulmuştur. Gürültü analizi hesaplamalarının sonucunda T=878 günlük bir zaman dilimine karşılık gelen

gürültü gücü değeri 1,35 x10^{-20} s^{-3} olarak bulunmuştur.



Şekil 5.22. Sol panel: XTE J1810-197 magnetarının literatürden alınan frekans ölçümleri serisi (hata payları görünmeyen ölçümlerde sembollerin içerisinde kalacak kadar küçüktür). Sağ panel: XTE J1810-197'nin gürültü genliği tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

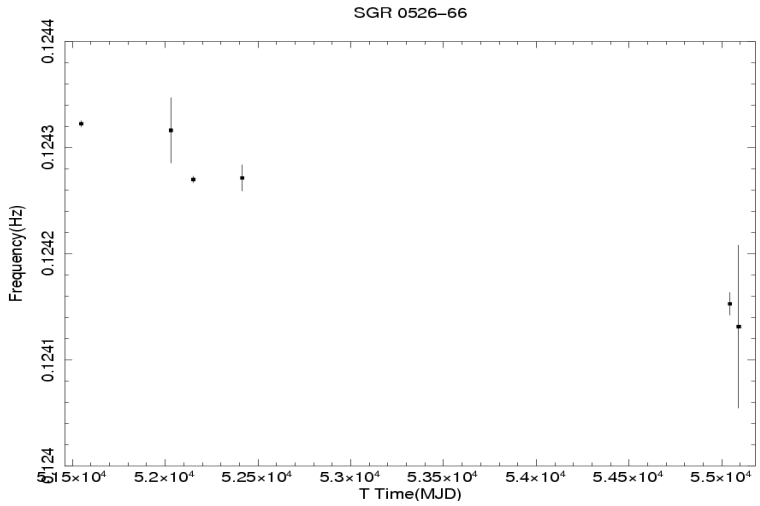
Bu magnetar için de veri sıklığının gürültü genliği tayfı elde etmeye elverişlidir. Bu sebeple, Gürültü analizi daha kısa zaman dilimlerinde (T/2,T/4,T8) tekrarlanarak gürültü gücü tayfı oluşturulmuştur (bknz. Şekil 5.22, sağ panel). Bu magnetarın gürültü gücü tayfı uzun zaman skalasında çok gürültülü olduğunu göstermektedir. Daha düşük zaman dilimlerinde ise gürültü tayfı beyaz gürültü modeli (white noise model) ile uyumludur.

5.2.7. SGR 0526-66

Yumuşak Gama Işını Tekrarlayıcısı SGR 0526-66, çok güçlü bir Gama-ışını parlaması ve bunun akabinde görülen 8.1 saniyelik atım profilleri neticesinde keşfedilmiştir (Mazets ve ark. 1979). Bundan sonrasında bir süre sönük kalan bu magnetar, ROSAT uydusu verilerinde yeniden saptanmıştır (Rothschild ve ark. 1994). Daha sonra CHANDRA ve XMM-Newton uyduları ile yapılan çeşitli gözlemlerde atarcanın atım frekansı ölçümleri yapılmıştır (Kulkarni ve ark. 2003; Güver ve ark. 2012). SGR 0526-66 magnetarının atım periyodu yavaşlama oranı 6,5 x 10^{-11} s/s olarak bulunmuştur ve dipol manyetik alan kuvveti 7 x 10^{13} Gauss olarak rapor edilmiştir (Kulkarni ve ark. 2003).

Bu magnetar için çok az sayıda gözlem bulunmaktadır ve olan gözlemler için atım frekansı ölçümleri literatürde mevcuttur. Çalışmamızda, literatürde yer alan frekans ölçümleri toplanarak (3500 günlük) zamana bağlı frekans serisi elde edilmiştir (bkz. Şekil 5.23). Frekans

serisinden doğrusal model çıkarılarak elde edilen artıklardan gürültü genliği 1,23 x 10^{-17} s^{-3} olarak hesaplanmıştır. Atım frekansı serisinin veri sıklığının yetersiz olması nedeniyle bu magnetar için gürültü gücü tayfı oluşturulamamıştır.

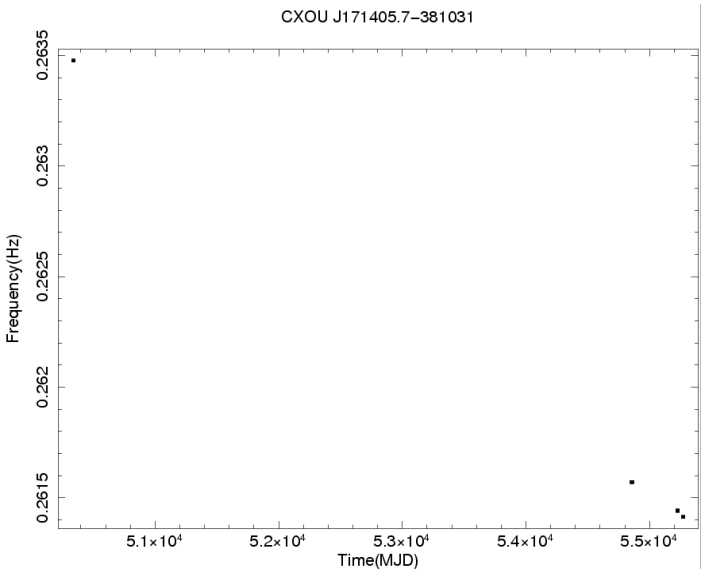


Şekil 5.23. SGR 0526-66 Yumuşak Gama Işını Tekrarlıyıcısının literatürden alınan frekans ölçümleri serisi (hata payları görünmeyen ölçümlerde sembollerin içerisinde kalacak kadar küçüktür).

5.2.8. CXOU J171405.7-381031

CXOU J171405.7-381031 atarcası, 2006 yılında bir gökada tetkiki sırasında süpernova kalıntısı CTB 37B içerisinde keşfedilmiştir (Aharonian ve ark. 2008). Uzun bir süre kategorize edilemeyen kaynağın Anormal X-ışını Atarcası sınıfına ait olduğu, 2009 yılında kaydedilen Chandra uydusu verilerinde rastlanan 3,82 saniyelik atımlar neticesinde tahmin edilmiştir (Halpern ve Gotthelf 2010). Sonra 2010 yılında alınan XMM-Newton verileri yardımıyla, atım periyodu yavaşlama oranı 6,4 x 10^{-11} s/s olarak ölçülmüş ve kaynağın magnetar sınıfında olduğu netlik kazanmıştır (Sato ve ark. 2010). Kaynağın dipol manyetik alan kuvveti 5 x 10^{14} Gauss olarak belirtilmiştir.

Bu magnetar için de, literatürde bulunan atım frekansı ölçümleri derlenerek atım frekansı serisi oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.24). Oluşturulan atım frekansı serisi 370 günü kapsamasına rağmen sadece 4 tane atım frekansı ölçümünden oluşmaktadır. Bu nedenle, atarcanın gürültü tayfı oluşturabilmek için yeterli veri sıklığı yoktur. Ama bu zaman dilimine karşık gelen gürültü gücü tek bir ölçüm olarak yapılabilmiştir. Bu şekilde CXOU J171405.7-381031'nun gürültü gücü 2,34 x 10^{-17} s^{-3} olarak belirlenebilmiştir.

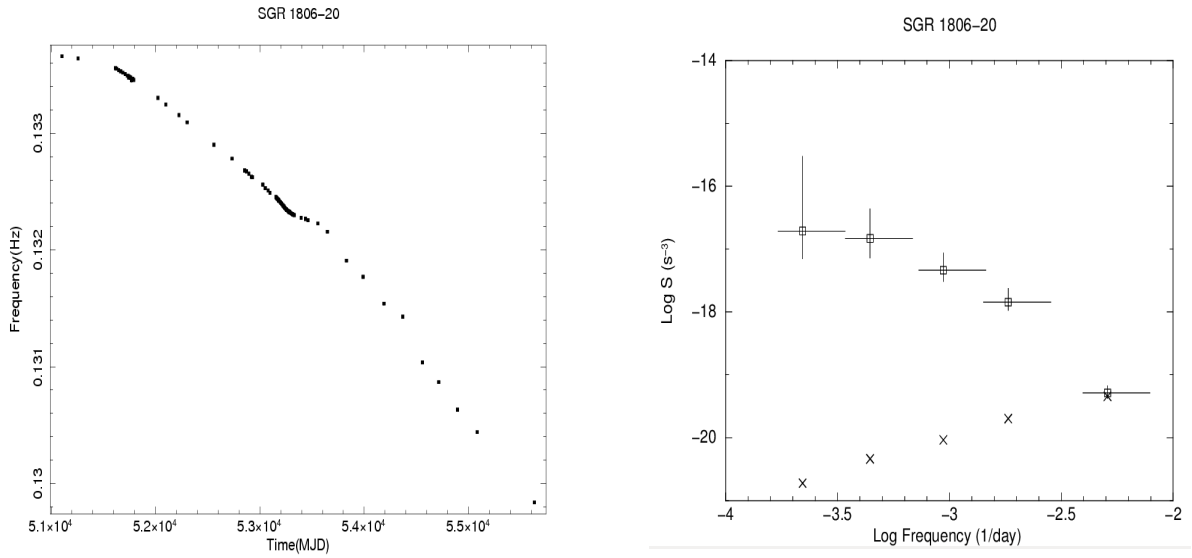


Şekil 5.24. CXOU J171405.7-381031 magnetarının literatürden derlenen frekans ölçümleri serisi (hata payları görünmeyen ölçümlerde sembollerin içerisinde kalacak kadar küçüktür).

5.2.9. SGR 1806-20

Yumuşak Gama Işını Tekrarlayıcısı SGR 1806-20, 1979 yılında keşfedilmiştir (Laros ve ark. 1986). RXTE uydusu verileri ile yapılan çalışmalar, kaynağın atım periyodunun 7,47 saniye olduğunu göstermiştir (Kouveliotou ve ark. 1998). Yapılan ilk çalışmalarda magnetarın atım periyodu yavaşlama oranı 4,9 x 10^{-10} s/s olarak ölçülmüş ve bu rakamlardan elde edilen dipol manyetik alanı 10^{15} Gauss'dan yüksektir (Woods ve ark. 2007). SGR 1806-20 magnetarı, 2003 ve 2004 yıllarında “etkin” bir faza geçip defalarca parlama (flare) göstermiştir (Mereghetti ve ark. 2005; Tiengo ve ark. 2005; Woods ve ark. 2007). Magnetarın parlamalarının kuyruğunda (burst tail) periyodiğimsi salınımlar (QPOs) gözlenmiştir (Huppenkothen ve ark. 2014). Bu kaynak bir çok X-ışını uydusuyla incelenmiş olduğundan, literatürde çok fazla atım frekansı ölçümü mevcuttur (Woods ve ark. 2002; Mereghetti ve ark. 2000; Kaplan ve ark. 2002; Mereghetti ve ark. 2005; Tiengo ve ark. 2005; Woods ve ark. 2007; Mereghetti ve ark. 2007; Esposito ve ark. 2007; Younes ve ark. 2015). Daha önce kısa süreli (yaklaşık 150 günlük) gürültü genliği tayfı Woods ve ark. (2002) tarafından sunulmuştur ve bu tayfın kırmızı gürültü gösterdiği rapor edilmiştir.

Çalışmamızda literatürdeki bütün atım frekansı ölçümlerinden yararlanılarak, atım frekansının zamana bağlı serisi oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.25, sol panel). Elde edilen 4500 günlük frekans serisinden atım frekansı yavaşlama eğilimi (spin down trend) çıkarılarak, artıklar elde edilmiştir. 1063 günlük zaman dilimine karşılık gelen gürültü gücü ölçümümüz 4,67 x 10^{-18} s^{-3} dür.



Şekil 5.25. Sol Panel: SGR 1806-20 Yumuşak Gama Işını Tekrarlıyıcısının literatürden alınan atım frekansı ölçümleri serisi (hata payları görünmeyen ölçümlerde sembollerin içerisinde kalacak kadar küçüktür). Sağ Panel: SGR 1806-20'nin gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

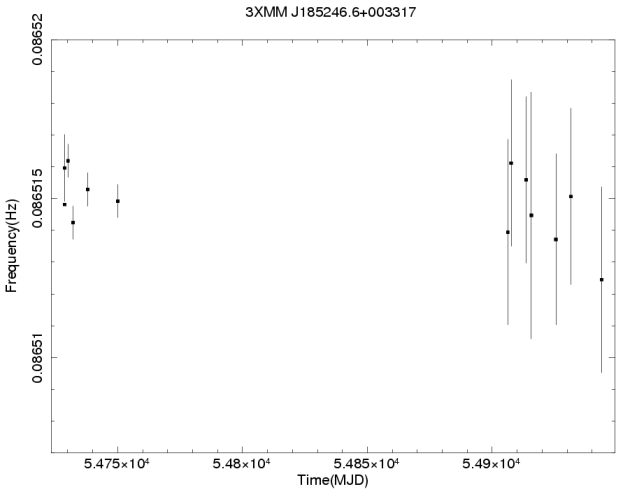
Yeteri kadar sıklıkla veri bulunduğundan, farklı zaman dilimleri için yeniden gürültü analizi yürütülerek gürültü gücü tayfı elde edilmiştir (bkz. Şekil 5.25, sağ panel). Bu magnetar için daha kısa zaman aralıklarında yüksek derecede kırmızı gürültü (red noise) gösterdiği Woods ve ark. (2002) çalışmasında rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda gürültü tayfı daha uzun zaman dilimlerine genişletilmiştir. Oluşturduğumuz gürültü gücü tayfında kısa zaman dilimleri için Woods ve ark. (2002) çalışmasına paralel olarak kırmızı gürültü özelliği gözlemlenmiştir. Çalışmamızda eklenen yeni veriler ışığında, SGR 1806-20'nin gürültü tayfının uzun zaman dilimlerinde gittikçe eğiminin azaldığını ve beyaz gürültü (white noise) ile uyumlu olduğu bulunmuştur.

5.2.10. 3XMM J185246.6- 003317

3XMM J185246.6-003317 atarcası, süpernova kalıntısı KES 79 içerisinde XMM-Newton uydusunun verileri ile keşfedilmiştir (Zhou ve ark. 2014). 12 tane arşiv verisinin kullanıldığı çalışmada, atarcanın atım periyodu 11,5 saniye ve atım periyodu yavaşlama oranı 5,7 x 10^{-14} s/s olarak rapor edilmiştir (Zhou ve ark. 2014). Bu değerler üzerinden hesaplanan dipol manyetik alanı 3,2 x 10^{13} Gauss olarak raporlanmıştır. Bu atarca, magnetar sınıfının en yeni üyelerinden biridir. Manyetik alanı kuantum kritik seviye olan 3,4 x10^{13} Gauss'dan düşük olmasına rağmen (SGR 0418+5729 gibi), magnetar tipi parlamalar (burst) göstermektedir ve

bu nedenle magnetar sınıfının içerisinde yer almaktadır (Rea ve ark. 2014). Durgun dönem X-ışını ışınım gücü (quiescent X-ray luminosity) diğer kaynaklara nispeten düşük olup 4 x 10^{30} erg/s'nin altındadır (Rea ve ark. 2014).

Çalışmamızda bu magnetar için de, literatürde yer alan (Zhou ve ark. 2014; Rea ve ark. 2014) atım frekansı ölçümleri derlenmiştir (bkz. Şekil 5.26). 215 günlük frekans serisinden doğrusal model çıkarılarak elde edilen atım frekansı artıkları elde edilmiştir. Atım frekansı artıkları üzerinden T=215 gün için hesaplanan gürültü gücü değeri 2,4 x 10^{-24} s^{-3} dür. Bu kaynak için yeterli veri bulunmadığından, gürültü genliği tayfı oluşturulamamıştır.



Şekil 5.26. 3XMM J185246.6-003317 magnetarının literatürden alınan atım frekansı ölçümleri serisi.

5.2.11. SGR 1822.3-1606

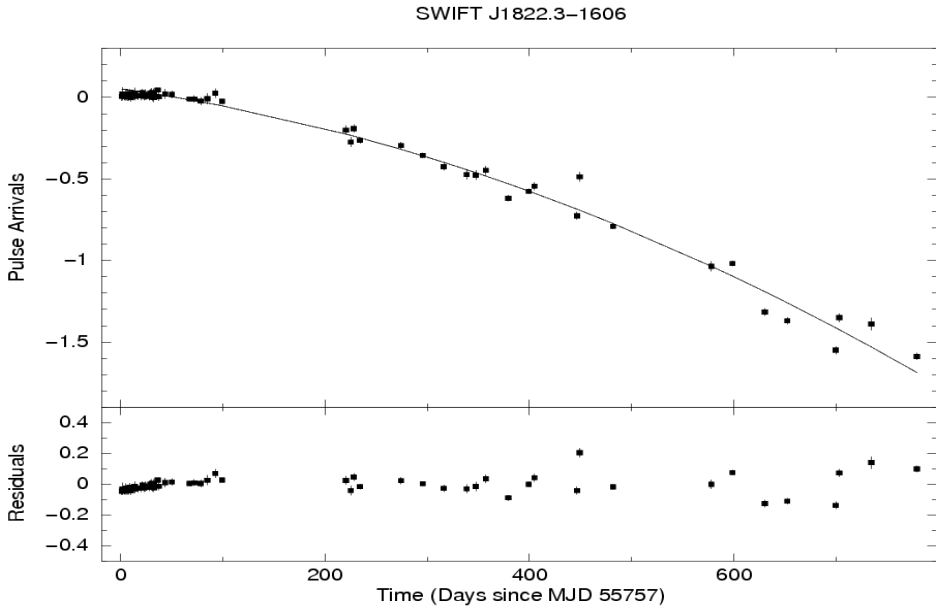
SGR 1822.3-1606, 2011 yılınında göstermiş olduğu bir dizi parlama neticesiyle keşfedilmiştir (Cummings ve ark. 2011). SGR 1822.3-1606 yaklaşık olarak 8,4s atım periyoduna sahiptir ve atım periyodu yavaşlama oranı 2,14 x 10^{-14} s/s olarak rapor edilen SGR 1822.3-1606'in diğer magnetar sınıfı atarcalara kıyasla daha düşük bir manyetik alan gücüne (~3,4 x 10^{13} Gauss) sahiptir (Guillermo ve ark. 2016).

Bu magnetarın daha önceleri daha kısa zaman dilimi için (yaklaşık olarak 250 gün) gürültü gücü değeri Serim ve ark. (2012) çalışmasında sunulmaktadır. Bu proje kapsamında (gözlem ve veriler mümkün kıldığınca) magnetarların 1000 günlük gürültü gücünün hesaplanması amaçlanmaktadır. Çünkü magnetarların ve atarcaların gürültü tayfları kırmızı gürültü, yani ölçülen zaman dilimine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Magnetar arasında doğru bir kıyaslama yapılabilmesi için olabildiğince aynı zaman dilimine karşılık gelen zaman dilimindeki gürültü değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu zaman diliminin genişliğinin 1000 gün olarak seçilmesindeki temel amaç ise radyo atarcalarının literatürde yer alan 1000 günlük zamanlama artılarının ortalama karekök karesi (rms) değerleri üzerinden yapılacak hesaplarla,

magnetarların gürültü seviyesiyesini radyo atarcaları ile mukayese etmek mümkün olmasıdır. Bu sebeple, Serim ve ark. (2012) makalesinde yer alan 250 gün çalışmanın yeni gözlemler ışığında 800 günlük ölçüme genişletmek amaçlanmıştır.

İlk aşama olarak bu magnetarların bütün RXTE ve SWIFT arşiv verileri kullanılarak foton geliş zamanları güneş merkezli olarak düzeltilmiş ışık eğrileri elde edilmiştir (bkz. Şekil 9). Literatürde bu magnetar hakkında daha önce yapılan zamanlama analizlerinin ışığında, ışık eğrilerinden atım geliş zamanlamaları hesaplanmıştır (Rea ve ark. 2012, Scholz ve ark. 2012 ve Guillermo ve ark. 2016). Bizim çalışmamızda, daha yeni gözlemleri de kapsayacak şekilde yaklaşık olarak 800 günlük bir zaman diliminin faz tutarlı zamanlama analizi yapılmıştır (bkz. Şekil 5.27).

Sonra atım geliş zamanlarının 2. derece polinom (faz üzerinde düzenli yavaşlama modeli) ile modellenmesiyle zamanlama çözümleri elde edilmiştir. Sonra modellenen 2. derece polinomun atım geliş zamanlarından çıkarılarak atım zamanlamasının artıkları elde edilmiştir (residuals of pulse arrival times). Bu artıklar kullanılarak daha önce de belirtilen şekilde SGR 1822.3-1606 atarcasının 800 günlük zamana karşılık gelen gürültü gücü hesaplanmıştır. Bu zamanlama çözümüyle beraber gürültü genliği değerleri Tablo 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.27. SWIFT J1822.3-1606'nin atım geliş zamanları (üst panel) ve 2. derece polinom çıkarıldıktan sonraki artıkları (alt panel).

Tablo 5.7. SWIFT J1822.3-1606 atarcasnın zamanlama parametreleri ve gürültü gücü.

Parametre	**Değer**
Epok (MJD)	55757.0
Atım Frekansı (Hz)	0.1185154281
Atım Frekansı türevi (Hz/s)	-4.681×10^{-16}
Gürültü gücü (Hz/s^2)	2.47×10^{-23}

Projemizde yer alan doktora öğrencilerinden Danjela Çerri Serim, bu çalışma ile beraber geçen dönem üzerinde çalıştığımız Anormal X-Işını atarcası 4U 0142+61 kaynağının sonuçlarını derleyip "11th Integral Conference on Gamma-Ray Astrophysics in Multi-Wavelength Perspective" isimli 9-14 Ekim 2016 tarihlerinde Hollanda-Amsterdam'da yapılan olan konferansta poster olarak sunmuştur.

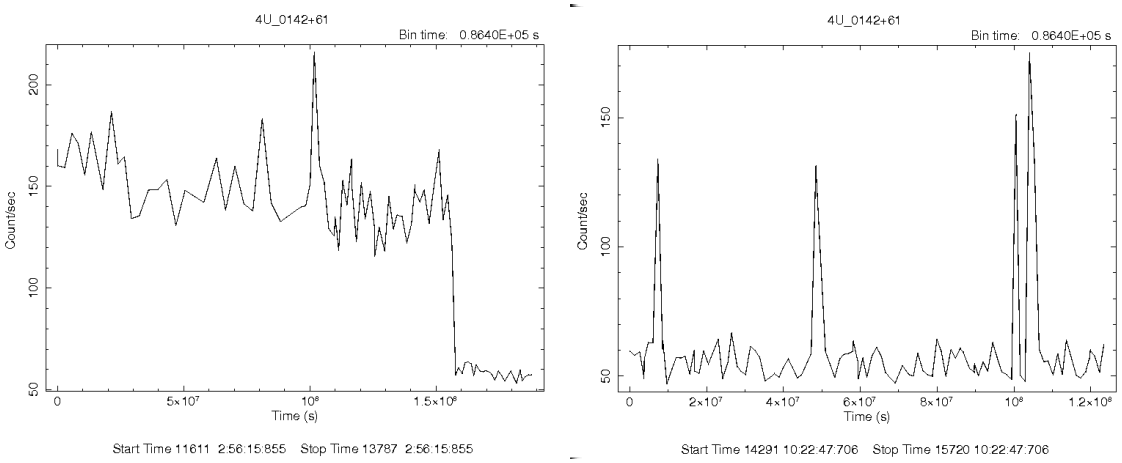
5.2.12. 4U 0142+61

4U 0142+61 Uhuru verileri ile 1978 yılınında keşfedilmiştir (Forman ve ark. 1978). Bu magnetar Cassiopeia takım yıldızında ve dünyadan yaklaşık olarak 3.6 kpc uzaklıktadır (Durant ve Kerkwijk 2006). 8.7 saniyelik atımlar gösteren bu kaynağın atım periyodu yavaşlama oranı 0.2×10^{-11} s/s olarak bulunmuştur (Dib ve Kaspi 2014). Gözlemlenen atım ve atım periyodu yavaşlama oranı üzerinden çıkarım yapılığında, 4U 0142+61'nin iki-kutuplu yüzey manyetik alanı 1.3×10^{14} Gauss olarak bulunmaktadır. Sürekli yüzey ışıması olarak en parlak magnetarlardan biridir ($L_x = 10^{35}$ erg/s 2-10 keV aralığında). Chakrabarty ve ark. 2006 yılında yaptıkları çalışmada bu magnetarın etrafında "geri düşen disk" (fall back disk) olabileceği ihtimalini sunmuşlardır. Bugüne kadar yapılan zamanlama analizi çalışmalarında birden çok atım periyodunda kayma olayı gözlendiği rapor edilmiştir (Gavriil ve Kaspi 2002; Dib ve Kaspi 2014).

Bu magnetar analizlerinde Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE) X-ışını uydusunun arşiv verilerini kullanılmıştır. Bu uydudan gelen verilerin 16 yıllık ışık eğrilerini oluşturulmuştur. Dib & Kaspi (2014) makalesinde verilen zamanlama çözümleri kullanılarak veriler içindeki atım frekanslarındaki büyük kaymalara (glitchler) karşılık gelen kısımlar ışık eğrilerinden çıkartılmıştır. Bu kısımların tork değişimlerine katkısı oldukça yüksektir.

Kaymalar çıkarıldıktan sonra elde edilen zaman dilimlerinden ilki MJD 51610 ile 53800 arasında olup 2150 günlüktür. İkinci zaman dilimi ise yaklaşık olarak 1400 gün olup MJD 54291 ile 55720 tarihleri arasındadır. Uydunun Dünya ve Dünya'nın Güneş etrafındaki yörünge

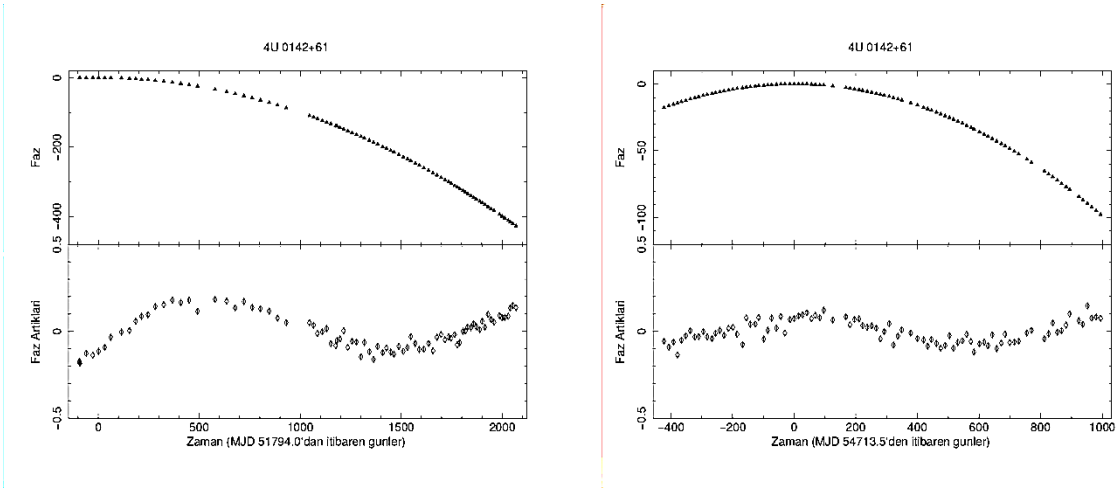
hareketleri ile ilgili gerekli düzeltmeler (barycentric corrections) yapıldıktan sonra bu kaynağın (her iki zaman dilimi için) 3-20 keV enerji bandında ışık eğrisi oluşturmuştur (bkz. Şekil 5.28).



Şekil 5.28. 4U 0142+61 kaynağının RXTE-PCA verileri kullanılarak elde edilen 3-20 keV bandındaki ışık eğrileri (Sol panel 1. zaman dilimini, sağ panel ise 2. zaman dilimini göstermektedir).

Işık eğrilerinden elde edilen atım geliş zamanları kullanılarak, kaynağın zamanlama çözümleri yeniden hesaplamıştır. Atarca için yapılan zamanlama çözümleri 2. ve 3. derece polinomlar ile modellenerek, kaynağın atım frenkansı, periyodu, ve atım frekansının yavaşlama oranlarını elde etmiştir. Bu kaynak için elde edilen atım geliş zamanları ve 2. derece polinom çıkarıldıktan sonra elde edilen artıkları Şekil 5.29'da gösterilmiştir ve bu modele karşılık gelen fit parametreleri ise Tablo 5.8 de yer almaktadır.

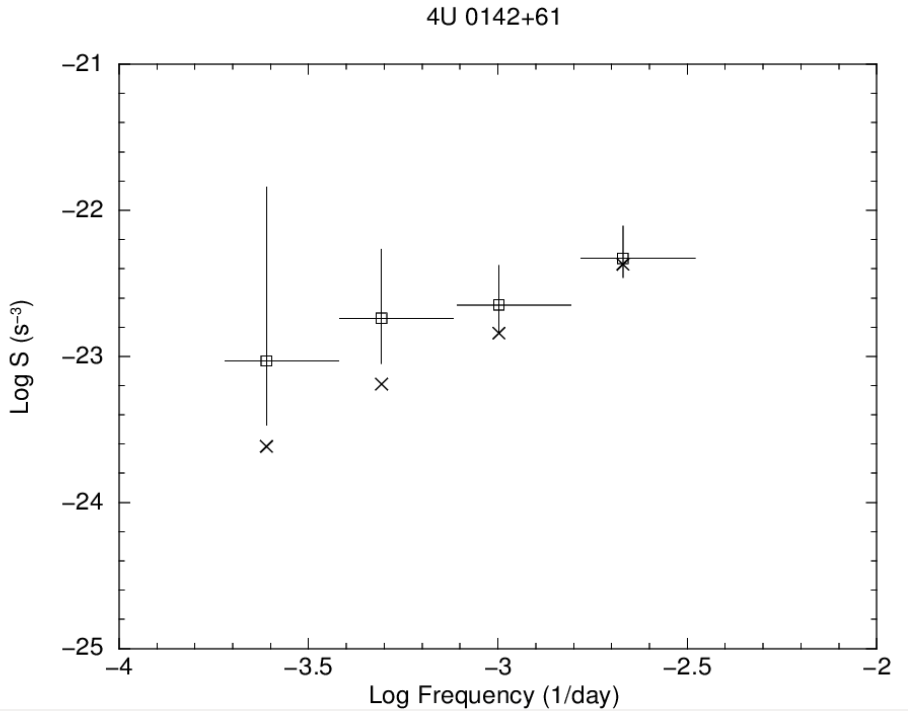
Atım geliş zamanlarındaki (atım fazındaki) artık değerler bir gürültü modeliyle modellenmiştir. Gürültü gücü hesaplarımız zaman dilimlerini 2'ye, 4'e ve 8'e bölerek devam ettirilmiştir. Bu şekilde kaynağın zamanlama gürültüsü tayfı elde edilmiştir (bkz. Şekil 5.30). 4U 0142+61 gürültü gücü tayfının eğimi sıfıra çok yakın olup beyaz gürültü modeline (white noise model) uygun oldugu bulunmuştur.



Şekil 5.29. 4U 0142+61 kaynağının atım geliş zamanları ve 2. dereceden polinom çıkarıldıktan sonra kalan zamanlama artıkları (Sol panel 1. zaman dilimini, Sağ panel ise 2. zaman dilimini göstermektedir).

Tablo 5.8. 4U 0142+61 kaynağının zamanlama çözümleri.

Parametre	**1. Zaman Dilimi**	**2. Zaman Dilimi**
Dönem ($\mathbf{t_0}$)	51704.0 MJD	54713.5 MJD
Atım Frekansı (ν)	115.09621156 (1) mHz	115.0899954(3) mHz
Atım Periyodu (**P**)	8.688383284 s	8.68885255 s
Atım Frekansı yavaşlama oranı $\dot{\nu}$	-2.6546(4) x 10^{-14} Hz/s	-2.6472(12) x 10^{-14} Hz/s

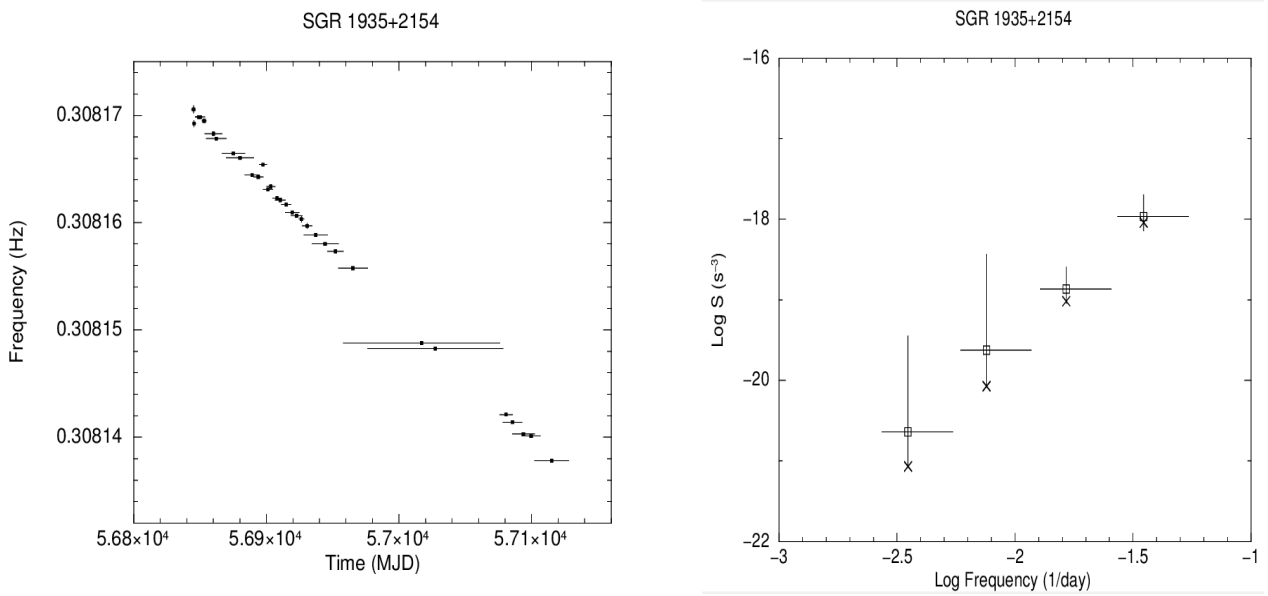


Şekil 5.30. 4U 0142+61 kaynağının gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

5.2.13. SGR 1935+2154

Magnetar SGR 1935+2154 5 Temmuz 2014'de gösterdiği kısa süreli yumuşak gama ışını parlaması neticesinde SWIFT uydusu ile keşfedilmiştir (Stamatikos ve ark 2014). Magnetarın daha sonraki gözlemlerinden atım periyodu P=3,25729 saniye (Israel ve ark. 2014) ve atım periyodu yavaşlama oranı 1,43 x 10^{-11} s/s olarak bulunmuştur (Israel ve ark. 2016; Younes ve ark. 2015 & 2017). Atım periyodu ve onun yavaşlama oranından çıkarım yapılarak elde edilen manyetik alanı 7 x 10^{14} Gauss ve karakteristik yaşı 3,6 kilo yıl olarak bulunmuştur. SGR 1935+2154 2015 yılında aktif bir faza geçip çok sayıda parlama göstermiştir (Younes ve ark. 2016).

SGR 1935+2154 için MJD 56853 – 56976 tarihleri arasındaki CHANDRA ve XMM-Newton arşiv verileri kullanılarak ışık eğrisi oluşturulmuştur ve ışık eğrisindeki foton geliş zamanları güneş merkezli olarak düzeltilmiştir. Bu zaman dilimindeki gözlemlerin zamanlama analizi Israel ve ark. (2016) tarafından yayınlanmıştır. Çalışmamızda bu yayınlanan zamanlama parametreleri kullanılarak, atım geliş zamanları yeniden oluşturulmuştur. Sonra her ardışık atım geliş zamanlarının eğimleri hesaplanarak SGR 1935+2154 için atım frekansı dizisi elde edilmiştir (bkz. Şekil 5.31, sol panel).



Şekil 5.31. Sol Panel: SGR 1935+2154 Yumuşak Gama Işını Tekrarlıyıcısının atım geliş zamanlarının eğimlerinden hesaplanan atım frekansı ölçümleri serisi. Sağ Panel: SGR 1935+2154'ün gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

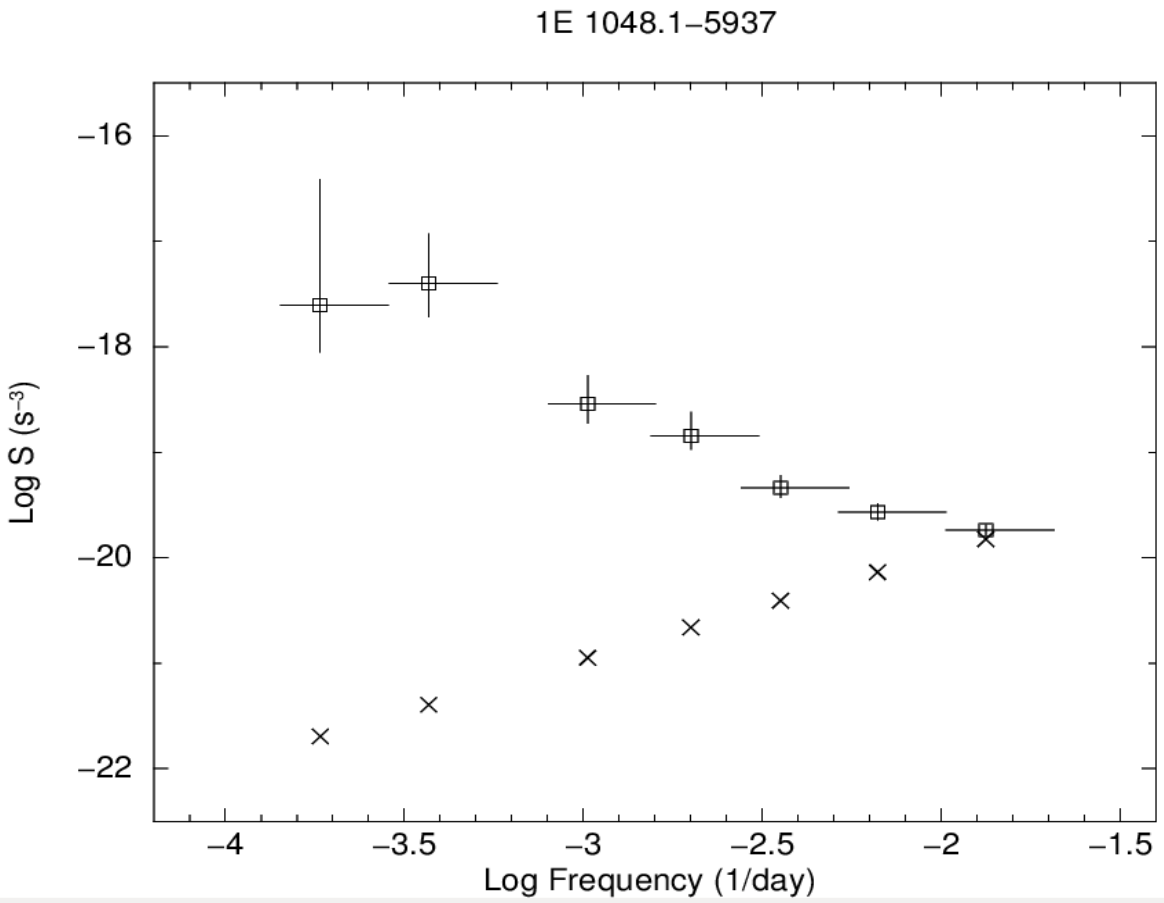
Daha sonra atım frekansı serisinden düzgün yavaşlama modeli çıkarılarak frekans serisinin artıkları elde edilmiştir. Zamanlama artıklarından T=133 gün için gürültü gücü 2.3x10-21 s-3 olarak belirlenmiştir. Veri sıklığının elvermesi neticesinde gürültü analizi, daha küçük zaman dilimleri için tekrarlanmış ve gürültü gücü tayfı elde edilmiştir (bkz. Şekil 5.31, sağ panel). SGR 1935+2154'in gürültü gücü tayfı ölçümsel gürültü seviyesi (measuremental noise level) ile örtüşmektedir.

5.2.14. 1E 1048.1-5937

Carina bulutsusu (Nebula) içinde yer alan 1E 1048.1-5937 Einstein uydusu verileri ile keşfedilmiştir (Seward ve ark 1986). Bu kaynak yaklaşık 9 kilo parsek uzaklıktadır ve 6,5 saniyelik atımlar göstermektedir. 1E 1048.1-5937 RXTE uydusu ile 1996 yılından RXTE'nin görev bitimie kadar düzenli olarak gözlemlenmiştir. Bu magnetarın literatürde yer alan zamanlama analizleri, birkaç haftanın üzerinde faz tutarlı (phase-coherent) çözümler elde edilemediğini göstermiştir (Kaspi ve ark. 2001). 2001 ve 2002 yıllarında 2 tane parlama göstermiştir ve bu parlamalar diğer magnetarlara nispeten daha yavaş olarak yükselmiş ve azalmıştır (Gavrii ve Kaspi 2004). 1E 1048.1-5937'nin en eşsiz özelliği ise 2003 yılında görülen torkta çok kısa zamanda 12 mertebelik değişimdir (Gavrii ve Kaspi 2004). 2004 yılından sonra 2007 yılına kadar daha az aktif bir döneme girmiştir. 2007 yılından sonra tekrar aktif hale gelip parlamalar göstermiş ve AXP kaynakları arasında gözlemlenen en büyük

periyot kaymasını göstermiştir (Tam ve ark 2008; Dib ve ark. 2009).

Daha önce de belirtiği gibi 1E 1048.1-5937'nin uzun zamanlı faz tutarlı zamanlama çözümleri elde edilememektedir (Kaspi ve ark. 2001; Dib ve Kaspi 2014). 1E 1048.1-5937 zamanlama analizi 1E 1547.0-5408'de yapıldığı gibi atım geliş zamanlarına kısa zamanlı spline fonksiyonu uydurması (spline fitting) neticesinde yapılmaktadır. Bu şekilde ölçülen atım frekansları serisi literatürde Dib ve Kaspi (2014) tarafından sunulmuştur. Dib ve Kaspi (2014) çalışmasında sunulan frekans dizisi RXTE verilerinden elde edilmiş ve yaklaşık olarak 16 yılı kapsamaktadır. Çalışmamızda Dib ve Kaspi (2014) çalışmasından alınan bütün frekans serisi direkt olarak gürültü analizinde kullanılmıştır. Frekans dizisindeki düzgün yavaşlama oranı çıkarılarak frekans artıklarının dizisi oluşturulmuştur. Veri sıklığı yeterli olduğu için, gürültü analizi daha kısa zaman dilimleri (T/2, T/4, T/8,...) için tekrarlanmış ve gürültü gücü tayfı elde edilmiştir (bkz. Şekil 5.32). Bu magnetarın gürültü gücü tayfı kırmızı gürültü (red noise) yapısı göstermektedir ve daha uzun zaman aralıklarında düzleşerek beyaz gürültüye (white noise) dönüşmektedir.



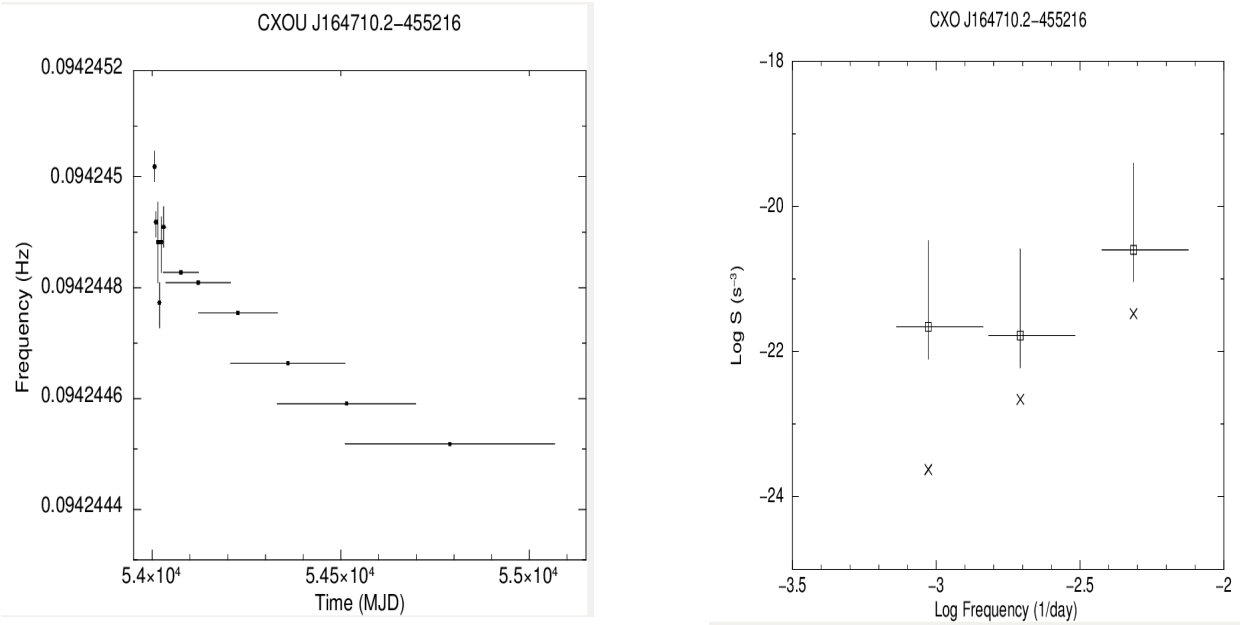
Şekil 5.32. 1E 1048.1-5937'in gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

5.2.15. CXO J164710.2-455216

Bir Anormal X-Işını Atarcası olan CXO J164710.2-455216 parlak bir X-Işını patlamasının SWIFT-BAT detektörünü tetiklemesi üzerine 2006 yılında keşfedilmiştir (Krimm ve ark. 2006). Bu magnetar 2,5 ile 5 kpc uzaklıkta Westerlund 1 takım yıldızının içinde yer almakta ve yaklaşık olarak 10,6 saniyelik atımlar göstermektedir (Israel ve ark 2007). İlk başlarda yapılan zamanlama analizleri atım periyodu yavaşlama oranını daha yüksek gösterse de daha yeni yapılan çalışmalar atım periyodu yavaşlama oranını 4 x 10^{-13} s/s'den daha yüksek olmadığını göstermiştir (An ve ark. 2013). Bu değerden ulaşılan iki kutuplu yüzey mayetik alanı üst limiti ise 7 x 10^{13} Gauss'tur (An ve ark. 2013). CXO J164710.2-455216'nun X-Işını parlaklığı 3 x 10^{33} erg/s mertebelerindedir (Israel ve ark. 2007; Rodriguez Castillo ve ark. 2014). VLT (Very Large Telescope) ile yapılan gözlemlerden magnetarın bir kızılötesi bileşeninin olabileceği öne sürülmüştür ama kızılötesi bileşenin magnetar ile olan bağı kesinlik kazanmamıştır. (Testa ve ark. 2018).

Proje kapsamında CXO J164710.2-455216'nin SWIFT, CHANDRA ve XMM-Newton gözlemleri kullanılarak ışık eğrisi elde edilmiştir. Gözlemler MJD 53994 ile 56060 tarihleri arasında 1066 günlük bir zaman dilimini kapsamaktadır. Bu verilen daha önce Rodiguez Castillo ve ark. (2014) tarafından analiz edilmiş olup, zamanlama parametreleri belirlenmiştir. Çalışmamızda sunulan zamanlama parametreleri kullanılarak atım geliş zamanları oluşturulmuştur. Sonra atım geliş zamanların eğimlerinden CXO J164710.2-455216'in atım frekansı dizisi oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.33, sol panel).

Daha önce de belirtidiği gibi, düzenli yavaşlama oranı çıkarılarak, atım frekans dizindeki artıklar elde edilmiştir. Elde edilen artıklar gürültü analizine tabi tutulmuştur. Bu magnetar için 1066 güne tekabül eden gürültü gücü 2.2 x 10-22 s-3 olarak bulunmuştur. Sonra, gürültü analize daha kısa zaman dilimlerinde tekrarlanarak gürültü genliği tayfı elde edilmiştir (bknz Şekil 5.33, sağ panel). CXO J164710.2-455216'nin gürültü genliği tayfının beyaz gürültü modeli (white noise) ile uyumlu olduğu bulunmuştur.



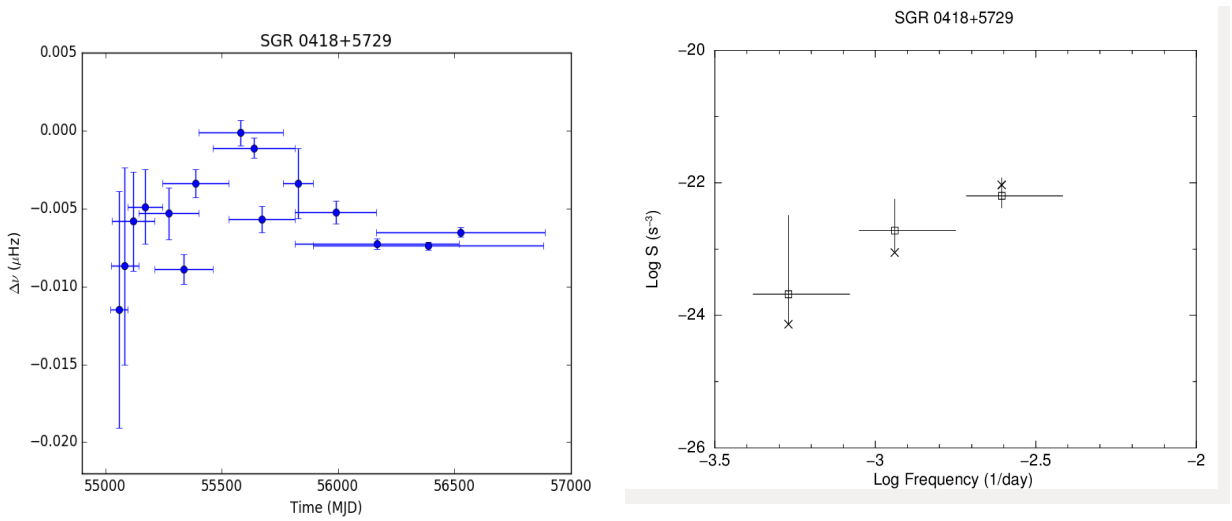
Şekil 5.33. Sol Panel: CXO J164710.2-455216 kaynağının atım geliş zamanlarının eğiminden hesaplanan atım frekansı ölçümleri serisi. Sağ Panel: CXO J164710.2-455216'nun gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

5.2.16. SGR 0418+5729

SGR 0418+5729 Haziran 2009'da sergilediği kısa süreli SGR-benzeri parlamalar neticesinde keşfedilmiştir (van der Horst ve ark. 2010). 0,5-10 keV enerji bandındaki X-Işını parlaklığı 10^{34} erg/s mertebelerinde olup dünyadan yaklaşık olarak 2 kilo parsek uzaklıkta yer almaktadır (Esposito ve ark 2010; van der Horst ve ark. 2010). Bu magnetar yaklaşık olarak 9,1 saniyelik atımlar göstermektedir (Rea ve ark. 2013). Atım periyodu yavaşlama oranı 4 x 10^{-15} s/s olarak bulunmuştur (Rea ve ark. 2013). Bu değerlerden elde edilen iki kutuplu manyetik alan gücü ise 6 x 10^{12} Gauss civarındadır ve bu manyetik alan değeri bir magnetar için çok küçüktür. Çünkü Magnetar modeline göre (Duncan ve Thompson 1992), bir atarcanın magnetar özellikleri gösterebilmesi için gerekli kritik manyetik alan kuvveti 4,4 x 10^{13} Gauss'tur. Bu ilginç durumu açıklamak için bir çok farklı model öne sürülse de (Alpar ve ark. 2011; Soni 2012; Malheiro ve ark. 2012, Tong ve Xu 2012) bu magnetarın nasıl SGR-benzeri parlamalar gösterdiği netleşmemiştir.

SGR 0418+5729'ın zamanlama analizi için RXTE, SWIFT, CHANDRA ve XMM-Newton arşiv verileri indirgenerek MJD 54993 ile 56858 tarihleri arasında yer alan 1865 günlük 2-10keV enerji bandında ışık eğrisi oluşturulmuştur. Işık eğrisinin foton geliş zamanları güneş-merkezli olarak düzeltilmiştir. Bu magnetarın zamanlama analizi sonucları Rea ve ark. (2013)

çalışmasında yer almaktadır. Çalışmamızda Rea ve ark. (2013) sunulan zamanlama parameterleri kullanılarak atım geliş zamanları oluşturulmuştur. Bu atarcanın atım periyodunun yavaşlama oranının düşük olması, magnetarın uzun süreli faz tutarlı çözümlerinin elde edilebilmesini mümkün kılmaktadır. Literatürdeki sunulan zamanlama parametreleri üzerinden elde edilen atım geliş zamanlarının eğimlerinden SGR 0418+5729'in atım frekansı dizisi oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.34 sol panel).



Şekil 5.34. Sol Panel: SGR 0418+5729 kaynağının atım geliş zamanlarının eğiminden hesaplanan atım frekansı ölçümleri serisi. Sağ Panel: SGR 0418+5729'un gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

Elde atım geliş zamanlarından düzenli yavaşlama oranı çıkarılarak zamanlama artıkları elde edilmiştir. Daha sonra zamanlama artıkları gürültü analizinde kullanılmıştır. Bu magnetarın 1865 güne karşılık gelen gürültü gücü 2,08 x 10^{-24} s^{-3} olarak ölçülmüştür. Magnetarın gözlemlerindeki veri sıklıklığı yeterli olduğundan, gürültü analizi kısa zaman dilimleri için (T/2,T/4) tekrarlanmış ve gürültü gücü tayfı oluşturulmuştur (bknz şekill 4.34 sağ panel). SGR 0418+5729'in gürültü gücü tayfı, kısa zaman dilimleri için gürültü gücü ölçümlerinin ölçümsel gürültü seviyesi (measuremental noise level) ile örtüştüğünü göstermektedir.

5.2.17. 1E 1547.0-5408

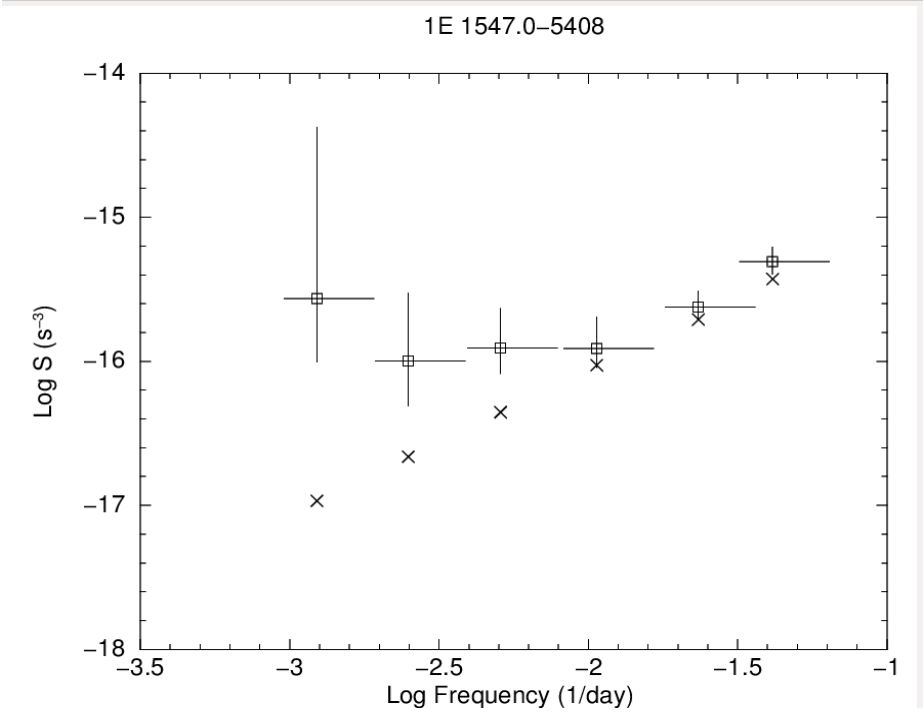
1980 yılında keşfedilen 1E 1547.0-5408 yaklaşık 2 saniyelik atım periyodu ile kendi etrafında en hızlı dönen magnetarlardan biridir (Lamb ve Markert 1981). Bu magnetar literatürde kimi

zaman SGR J1550-5418 ismi ile de anılmaktadır. Bir dizi yumuşak gama ışını parlaması neticesinde 1980 yılında keşfedilse de, X-Işını atımları 2007 yılına kadar gözlemlenememiştir (Halpern ve ark. 2008). 1E 1547.0-5408 aynı zamanda radio dalgaboylarında da atım gösteren ilk magnetar kaynağıdır (Camilo ve ark 2007). Dib ve ark. (2012) yaptıkları zamanlama analizinin sonucunda bu magnetar için uzun süreli (1 ay dan uzun) faz tutarlı sonuçlar elde edilemediğini göstermiştir. Bu magnetarın atım periyodu yavaşlama oranı 4,77 x 10^{-11} s/s olarak rapor edilmiştir ve bu değerden elde edilen iki kutuplu manyetik alan gücü 3,2 x 10^{14} Gauss'tur (Dib ve ark. 2012). 1E 1547.0-5408 kısa süre zarfında 3 kere büyük ışını parlaması göstermiş ve bu nedenle en aktif magnetarlardan biridir (Israel ve ark. 2010; Mereghetti ve ark. 2009).

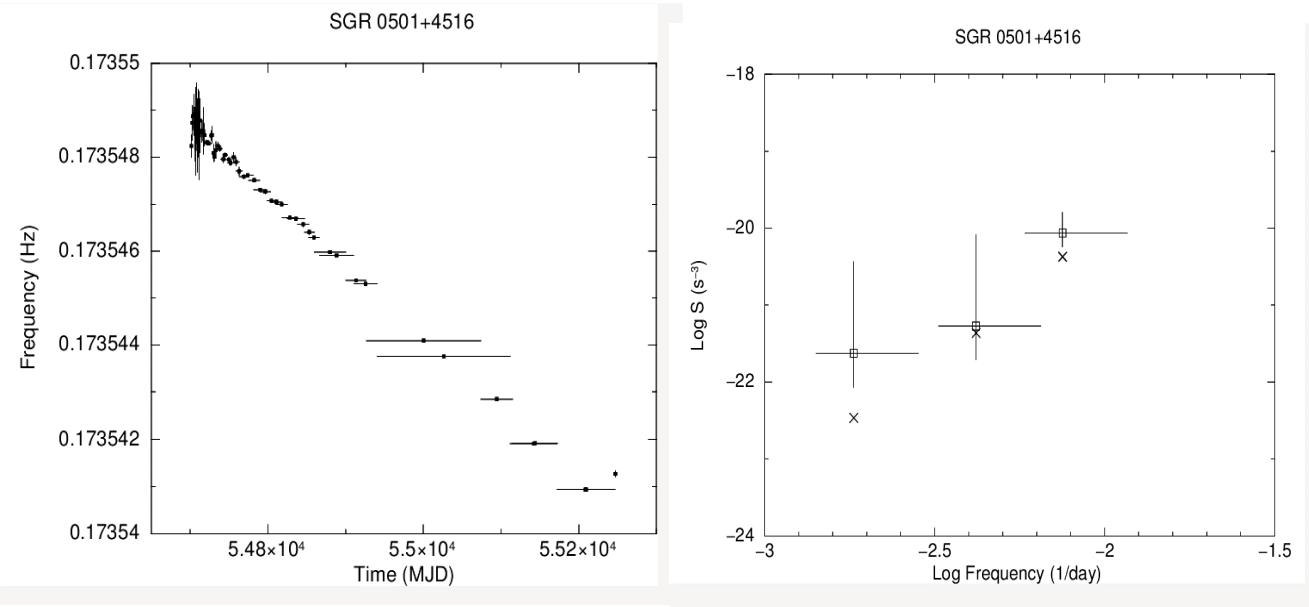
Daha öncede bahsedildiği gibi 1E 1547.0-5408 için uzun süreli faz tutarlı çözümler elde etmek mümkün değildir (Dib ve ark. 2012; Kuiper ve ark. 2012). Bu nedenle bu magnetarın atım frekansı ölçümleri kısa süreli spline fonksiyonları ile uydurularak (fit edilerek) çıkarılmaktadır ve bu şekilde elde edilen bütün frekans dizisi literatürde bulunmaktadır (Kuiper ve ark. 2012). Çalışmamızda Kuiper ve ark. (2012) tarafından sunulan atım frekansı serisi direkt olarak gürültü analizinde kullanılmıştır. Atım frekansı dizisi MJD 54770 ile 55580 tarihleri arasında 810 günlük bir zaman dilimini kapsamaktadır. Bu zaman dilimine karşılık genen gürültü gücü ölçümü 2,75 x 10^{-16} s^{-3}'dür. Bu magnetarın frekans ölçümlerinin sıklığı çok yüksek olduğundan çok daha kısa zaman dilimleri için (T/2,T/4,T/8,...) gürültü gücü ölçümleri yapılarak gürültü tayfı oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.35). Gürültü gücü tayfının eğimi sıfır ile tutarlıdır ve bu da beyaz gürültü (white noise) modeli ile tutarlı olduğunu göstermektedir.

5.2.18. SGR 0501+4516

SGR 0501+4516 yine bir çok magnetarda olduğu gibi sergilediği bir dizi yumuşak gama ışını parlamasının SWIFT-BAT detektörüne takılması ile keşfedilmiştir (Barthelmy ve ark. 2008). 2008 yılında keşfedilen bu kaynak 5,7 saniyelik atımlar göstermektedir ve atım periyodu yavaşlama oranı ise yaklaşık olarak 5,8 x10^{-12} s/s olarak bulunmuştur (Göğüş ve ark. 2008 & 2010). Bu magnetarın ilginç özelliği ise atım sinyallerinin optik dalga boylarında da gözlenmiş olmasıdır (Dhillon ve ark. 2011). Daha sonraları yapılan birçok uydu verisi kullanılarak kapsamlı zamanla analizi yapılmıştır (Camero ve ark 2014).



Şekil 5.35. 1E 1547.0-5408'in gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).



Şekil 5.36. Sol Panel: SGR 0501+4516 kaynağının atım geliş zamanlarının eğiminden hesaplanan atım frekansı ölçümleri serisi. Sağ Panel: SGR 0501+4516'nın gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

SGR 0501+4516 için MJD 54701 ile 55248 tarihleri arasında yer alan RXTE, SWIFT ve XMM-Newton arşiv verileri kullanılarak ışık eğrisi oluşturulmuştur. Foton geliş zamanları güneş-merkezli olarak düzeltilen ışık eğrisi zamanlama analizine tabi tutulmuştur. Bu magnetarın zamanlama analizi sonuçları için daha önce literatürde rapor edilen zamanlama parametreleri (Camero ve ark. 2014) kullanılmıştır. Analizin sonucunda elde edilen atım geliş zamanlarının eğimlerinden SGR 0501+4516'ın 547 günü kapsayan atım frekansı dizisi oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.36, sol panel).

Atım frekansı dizisinden lineer model (düzenli atım frekansı yavaşlaması) çıkarılarak elde edilen artıklar gürültü analizine tabi tutulmuştur. Gürültü analizinin sonucunda 547 güne karşılık gelen gürültü gücü değeri 2,34 x 10^{-22} s^{-3} olarak elde edilmiştir. Veri sıklığı elverdiği için daha kısa zaman dilimleri için (T/2,/T/4) analiz tekrarlanmış ve gürültü gücü tayfı elde edilmiştir (bkz. Şekil 5.36, sağ panel). SGR 0501+4516'in gürültü gücü tayfı sadece ilk gürültü ölçümünün değerli olduğunu göstermektedir ve geri kalan kısa zaman dilimi için olan değerlerin, ölçümsel hata seviyesi (measuremental noise level) mertebelerinde kaldığını göstermektedir.

5.2.19. SGR 1647-41

SGR 1647-41 1988 yılında gösterdiği yaklaşık 2 ay süren parlamalarla keşfedilmiştir (Woods ve ark. 1999). Bu parlamaların akabinde, kaynağın X-ışını akısı sürekli olarak azalmış, bir yumuşak gamma ışını atarcası için görülen en düşük seviyeye gerilemiştir (Esposito ve ark. 2008). 2008 yılında tekrar aktif bir faza geçerek, öncekilere benzer bir çok parlama göstermiştir (Esposito ve ark. 2008). SGR 1647-41'in atım periyodu 2,59 saniye ve atım periyodu yavaşlama oranı 1,9 x 10^{-11} s/s olarak ölçülmüştür (Esposito ve ark. 2009). Bu magnetarın iki kutuplu manyetik alanı 2,2 x 10^{14} Gauss olarak hesaplanmıştır.

SGR 1647-41 için literatürde yeterli gözlem verisi mevcut değildir, bu nedenle SGR 1647-41'nin atım frekansı dizisi oluşturulamamaktadır. Gürültü gücü ölçümleri için çok sayıda atım frekansı ölçümleri ile bir atım frekansı dizisi oluşturmak gerekmektedir. Çünkü gürültü gücü atım frekansı dizisinin artıklarının rms değeri üzerinden hesaplanmaktadır. Dolayısı ile veri yetersizliğinden olayı bu magnetarın gürültü gücü ölçülememiştir.

5.2.20. PSR J1622-4950

PSR J1622-4950 2010 yılında Parkes Radyo Teleskopu ile keşfedilmiştir (Levin ve ark. 2010). Kaynağın atım periyodu 4,4 saniyedir (Levin ve ark. 2010). 2014 ve 2017 yılları arasında parlaklığı azaldığı için gözlemlenemeyen bu magnetar, 2017 yılında gösterdiği parlamalar neticesinde yeniden algılanmıştır (Atel #:10581 Camilo ve ark. 2017). Radyo dalga boylarında

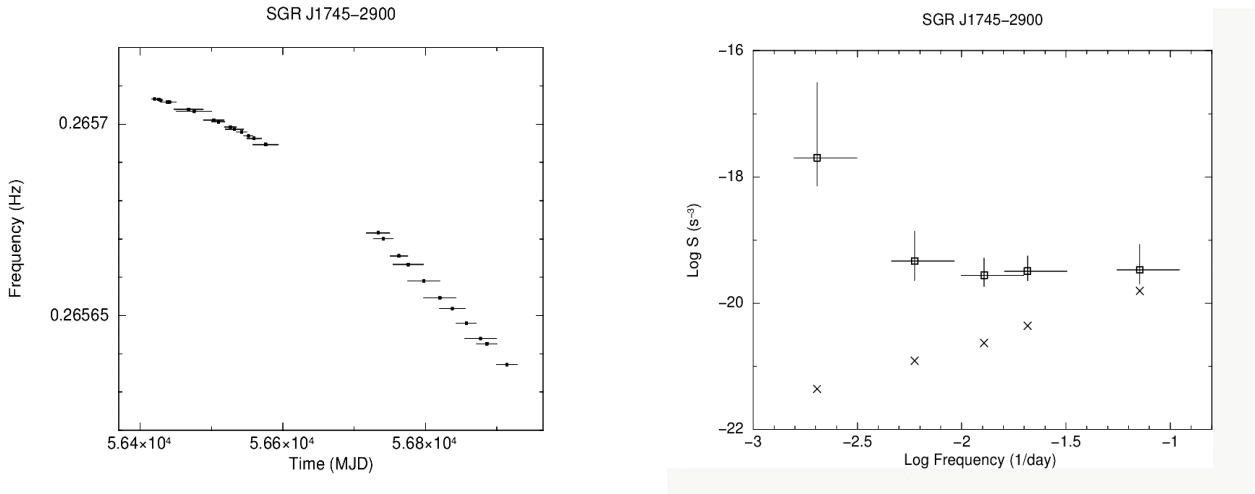
ışınım yapan diğer magnetarlar gibi, PSR J1622-4950 2010'nin enerji tayfı da düz bir karakteristiğe sahiptir ve atım profili stabil değildir (Scholz ve ark. 2017).

Magnetar PSR J1622-4950'nın yeterli gözlemi olmadığından atım frekansları sürekli olarak ölçülememiştir. Bu nedenle, veri yetersizliğinden dolayı PSR J1622-4950'nın gürültü gücü ölçülememiştir.

5.2.21. SGR J1745-2900

SGR J1745-2900, magnetarlar için tipik olan birkaç milisaniyelik yumuşak gama ışını parlaması ile keşfedilmiştir (Kennea ve ark. 2013). Samanyolu Galakisinin merkezinde yer alan yüksek kütleli kara delik Sagittarius A*'nın sadece 4 açısal saniye uzağında yer almaktadır. Yaklaşık olarak 8,3 kpc uzaklıkta olduğu düşünülen bu kaynağın X-Işını parlaklığı 5 x 10^{35} erg/s olarak bulunmuştur (Genzel ve ark. 2010). Magnetarın gösterdiği düzenli 3,76 saniyelik atımlar hem X-Işını hem de radyo dalgaboylarında tespit edilmiştir (Mori ve ark 2013; Rea ve ark. 2013; Kaspi ve ark 2014). Atım periyodu yavaşlama oranı 1,385 x 10^{-11} s/s olarak tespit edilmiş ve buna karşılık gelen iki kutuplu manyetik alan kuvveti 2,3 x 10^{14} Gauss'tur (Kaspi ve ark. 2014).

SGR J1745-2900 için literatürde yer alan zamanlama analizlerinin sonuçları (Kaspi ve ark 2014; Coti Zelati ve ark. 2015) kullanılarak magnetarın atım geliş zamanları yeniden oluşturulmuştur. Sonra atım geliş zamanlarının eğimlerinim hesaplayarak magnetarın atım



Şekil 5.37. Sol Panel: SGR J1745-2900 kaynağının atım geliş zamanlarının eğiminden hesaplanan atım frekansı ölçümleri serisi. Sağ Panel: SGR J1745-2900'ın gürültü gücü tayfı (x ile gösterilen noktalar atım geliş zamanlarının hata payından kaynaklanabilecek gürültü seviyesini göstermektedir).

frekansı dizisini oluşturduk (bknz Şekil 5.37 sol panel). Oluşturulan atım frekansı dizisi yaklaşık olarak 500 günlük bir süreyi kapsamaktadır. Sonra bu atım frekanslarından, magnetarın düzenli yavaşlaması lineer model olarak çıkarılmış ve model üzerindeki artıklar elde edilmiştir. Elde edilen artıklardan farklı zaman aralıkları (T, T/2,T/4,..) içim gürültü gücü olçülerek gürültü gücü tayfı oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.37 sağ panel). En yüksek zaman aralığına (T=494 gün) karşılık gelen gürültü gücü değeri 1,99 x 10^{-18} s^{-3} olarak ölçülmüştür. Bulunan gürültü gücü tayfı kısa zaman aralıklarında beyaz gürültü (white noise) modeli ile uyumludur. Ama yüksek zaman aralığında ölçülen gürültü genliğinin çok yüksek olması, magnetarın uzun zaman dilimlerinde kırmızı gürültü (red noise) oluşturabileceğini göstermektedir.

5.2.22. SGR 1833-0832

SGR 1833-0832 19 Mart 2010 da galaktik düzlemden gelen bir magnetar parlamasının (Sgr burst) SWIFT-BAT detektöründe algılanması ile keşfedilen bir Yumuşak Gama Işını Atarcasıdır (Barthelmy ve ark. 2010). Bu kaynak yaklaşık olarak 7,57 saniyelik atımlar göstermekte ve -6 x 10^{-14} Hz/s gibi bir atım frekansı yavaşlama oranına sahiptir (Esposito ve ark. 2011). Atım periyodu ve onun yavaşlama oranından çıkarım yapılarak elde edilen manyetik alan gücü 1,6 x 10^{14} Gauss'tur. SGR 1833-0832'nin şimdiye kadar herhangi bir optik ya da radyo bileşeni bulunamamıştır (Burgay ve ark. 2010; Göğüş ve ark. 2010).

SGR 1833-0832'nin yaklaşık olarak 275 günü kapsayan zamanlama analizi (Esposito ve ark. 2011) ve buna karşılık gelen gürültü ölçümleri (Serim ve ark. 2012) literatürde mevcuttur. Bu çalışmalardan sonra SGR 1833-0832'in yeni gözlemi bulunmamaktadır ve Serim ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışma genişletilememektedir. Bu nedenle, çalışmamızda, SGR 1833-0832'nin beyaz gürültü gösterdiği (gürültü seviyesinin zamana bağlı olarak çok değişkenlik göstermediği) varsayılarak, Serim ve ark. (2012) tarafından verilen gürültü gücü değeri kullanılmıştır.

5.2.23. Swift J1834.9-0846

SWIFT J1834.9-0846 Yumuşak Gama Işını Atarcaları için tipik olan bir parlamanın SWIFT ve FERMI detektörlerine takılması sonucu 2011 yılında keşfeilmiştir (D'Elia ve ark. 2011). Daha sonra Chandra ve RXTE verileri kullanılarak yapılan çalışmalarda, kaynağın atım periyodu 2.48 saniye ve atım periyodu yavaşlama oranı yaklaşık olarak 8 x 10^{-12} s/s bulunmuştur (Kuiper ve Hermsen 2011). Bu değerlerden hesaplanan iki kutuplu manyetik alan gücü 1,4 x 10^{14} Gauss ve kinetik yaşı 4900 yıl olarak çıkmaktadır. Bu atarcanın etrafında yayılmış bir ışıma (extended emission) farkedilmiş ve bunun atarca rüzgâr nebulası (pulsar wind nebula) olabileceği öne sürülmüştür (Younes ve ark. 2016).

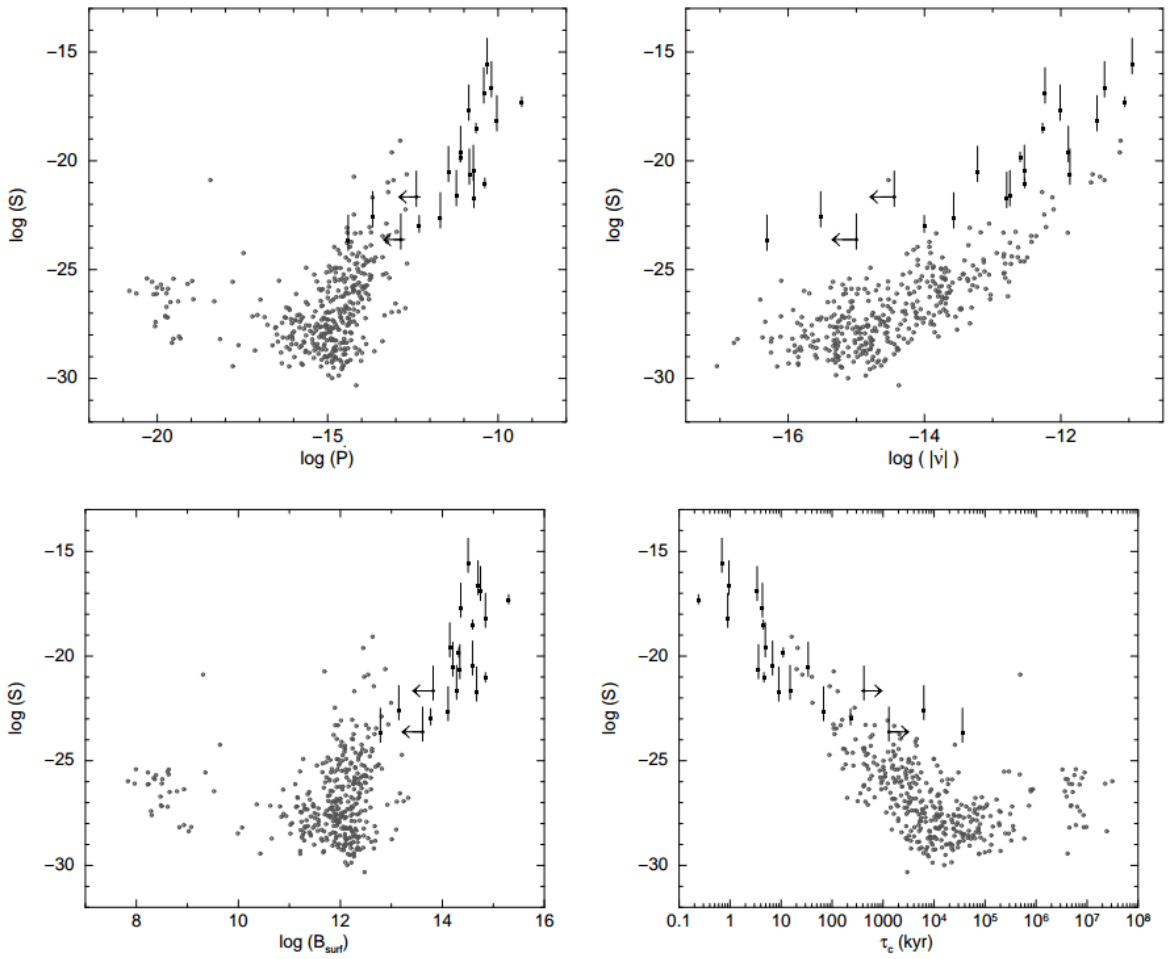
Yumuşak Gama Işını Atarcası SWIFT J1834.9-0846'nin yaklaşık olarak 100 günü kapsayan

verilerinden oluşturulan zamanlama analizi (Esposito ve ark. 2013) literatürde mevcuttur. Bu ölçümlere karşılık gelen gürültü analizi Serim ve ark. (2012) tarafından yapılmıştır. Bu magnetarın yeni gözlemleri bulunmadığından literatürdeki çalışmalar genişletilememiştir. SWIFT J1834.9-0846 için de gürültü gücü tayfının beyaz gürültü ile uyumlu olduğu varsayılarak Serim ve ark. (2012) tarafından sunulan gürültü gücü değeri direkt olarak kullanılmıştır.

5.3. Gürültü Gücü Bağıntıları

Literatürde 2010 yılına kadar uzun zaman dilimleri için gürültü analizi yapılan çalışmalar az sayıda atarcayı kapsamaktadır (Shabanova 1995, Baykal ve ark. 1999, Stairs ve ark. 2000). Yakın zamanlarda yapılan en kapsamlı çalışma Hobbs ve ark. (2010) tarafından yürütülen 366 tane radyo atarcasının 34 yıla kadar uzanan zamanlama gürültüsü analizidir. Radyo atarcalar üzerinden yaptıkları çalışmalarda gürültü gücünün, 1) manyetik alanla zayıf bir bağıntı gösterdiği, 2) atım frekansı yavaşlama oranı ile güçlü bir bağıntı gösterdiği, 3) Karakteristik yaş ile ters bir bağıntı içinde olduğu ve 4) X-Işını parlaklığı ile herhangi bir bağıntı göstermediğini bulmuşlardır. Ve bunlara ek olarak, uzun zaman dilimlerinde zamanlama artıklarının yarı-periyodik (quasi-periodic) bir yapı taşıdığını ve çok genç atarcalar için ($<10^5$ kilo yıl), zamanlama gürültüsünün kaynağının ani periyod kaymaları (glitch event) olaylarından toparlanmaların (recovery) sonucunda olabileceğini vurgulamışlardır.

Çalışmamızda yer alan magnetarları radyo atarcalar ile kıyaslayabilmek için, Hobbs ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada her bir atarca için verilen zamanlama artıklarının karekök ortalama karesi (rms) değerlerini kullanarak gürültü ölçümüne çevrilmiştir. Magnetarlar için ise daha önce de belirtildiği gibi 1000 güne en yakın gürültü gücü ölçümleri kullanılmıştır. Ölçüm sayısı ve sıklığı yetersiz olan magnetarlar için ise, beyaz gürültü modeliyle uyumlu olduğu varsayımı üzerinden, maksimum zaman dilime karşılık gelen gürültü gücü ölçümü kullanılmıştır. Kullanılan gürültü gücü değerleri ve ölçümün yapıldığı zaman dilimi uzunlukları Tablo 5.5'de verilmiştir. Bu bilgiler ışığında projenin asıl hedefi olan magnetarların zamanlama gürültüsünün fiziksel sebepleri araştırılmıştır. Bu hedef doğrultusunda gürültü gücü değerlerinin diğer fiziksel parametreler; atım frekansı/periyodu yavaşlama oranı, iki kutuplu maynetik alan gücü, karakteristik yaşı ve X-Işını parlaklığı ile olan bağıntıları incelenmiştir. Kullanılan bu parametreler direkt olarak McGill Online Magnetar Katalogu'ndan alınmıştır. Şekil 5.38'de bu bağıntılara ilişkin sonuçlar sunulmuştur. Bağıntıların **kalitesini** gösterebilmek amacıyla her bir şekil için Pearson korelasyon katsayısı, p, hesaplanmıştır. Proje kapsamında temel amaç magnetarların gürültü analizlerinin incelenmesi olduğundan, sunulan Pearson korelasyon katsayıları sadece magnetar nüfusu üzerinden hesaplanmıştır.



Şekil 5.38. Gürültü gücü bağıntıları. Sol üst panel: atım periyodu yavaşlama oranına göre, Sol alt panel: iki kutuplu manyetik alan gücüne göre. Sağ üst panel: atım frekansı yavaşlama oranının mutlak değerine göre, Sağ alt panel: Karakteristik yaşlarına göre.

Şekil 5.38 sol üst panelde gürültü ölçümü olan 21 Magnetarın ve 366 atarcanın atım periyodu yavaşlama oranına karşılık gösterilmektedir. Sonuçlarımıza göre magnetarların zamanlama gürültüsü gücü ile atım periyodu yavaşlama oranı arasında Pearson korelesyon katsayısı p=0.78 olan bir bağıntı görülmüştür. Buna ek olarak, magnetarların gürültü gücü atım periyodu üzerinden incelendiğinde radyo atarcaları ile uyumlu bir şekilde devam ettiği görülmektedir. Daha önceleri Cordes ve Helfand (1980) tarafından yapılan 50 tane atarca zamanlama gürültüsü üzerine yapılan çalışmada da benzer bir şekilde, atarcaların gürültü gücünün atım periyod türevleriyle bağıntılı olduğu vurgulanmıştır. Şekil 5.38 sağ üst panelde, gürültü gücüne karşılık atım frekansı yavaşlama oranının mutlak değerine göre değişimi gösterilmektedir. Atım periyodunun yavaşlama oranındaki bağıntıya benzer bir şekilde atım frekansı yavaşlama oranınında gürültü gücüyle de bir bağıntı olduğu görülmüştür. Atım frekansı yavaşlama oranı ve gürültü gücü arasındaki Pearson korelasyon katsayısı ise 0,85 olarak bulunmuştur. Şekil

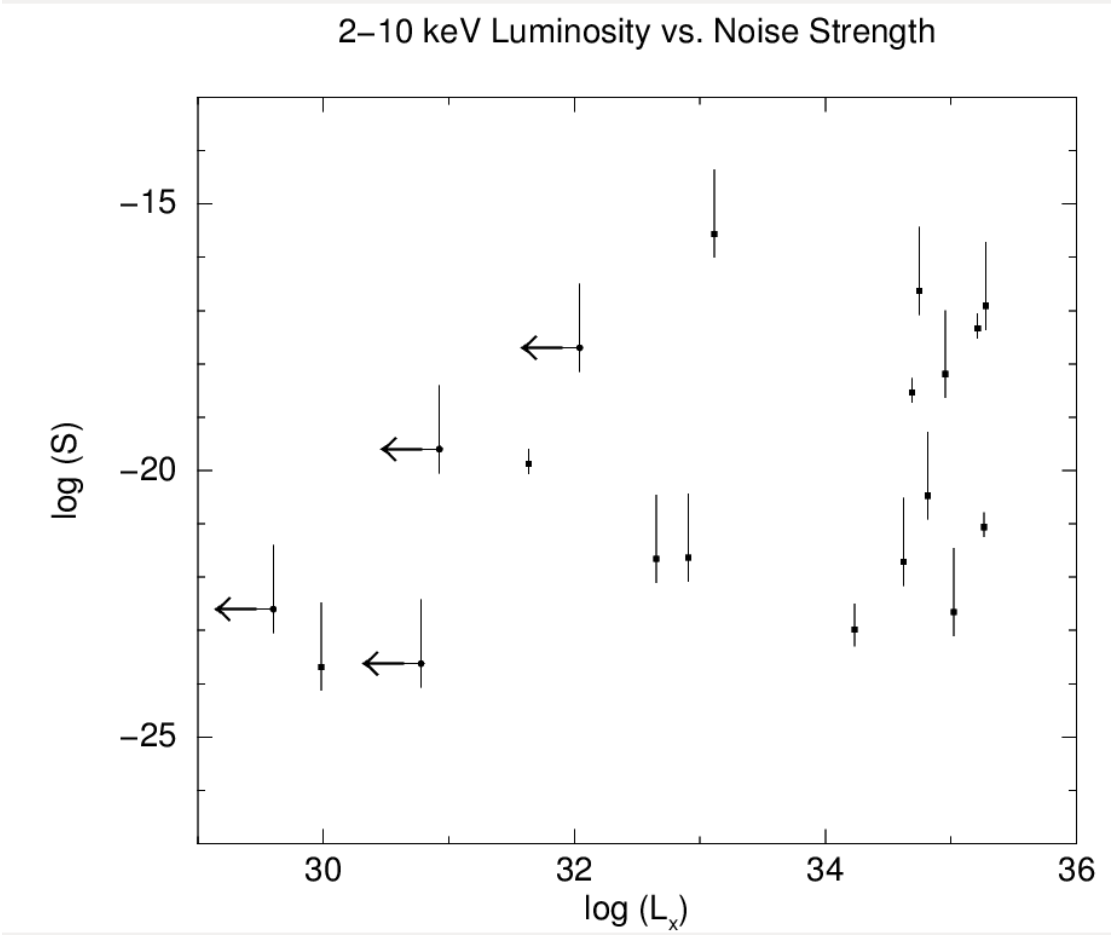
5.38 sağ üst panelde görülebileceği gibi, atım frekansı yavaşlama oranına göre çizildiğinde magnetarların gürültü seviyesi, atarcalara nispeten yüksektir. Bu yükseklik ise aslında atım frekansı ikinci türevi ile ilişkilidir. Eğer bir atarca yada magnetar sadece manyetik frenleme (magnetic braking) ile yavaşlıyorsa, atım frekansı ikinci türevi $\ddot{\nu} = \frac{n\dot{\nu}^2}{\nu}$ şeklinde ifade edilebilir. Bu denklemdeki n frenleme indisi (braking index) olarak adlandırılmaktadır ve manyetik frenleme için indisin n=3 olması gerekmektedir. Ama gözlemlenen frenleme indisi değerleri 3'den çok uzak olup -287986 ila 36246 arasında değişmektedir (Hobbs ve ark. 2010). Bu nedenle gözlemlenen aslında gözlemlenen atım frekansı ikinci türevilerinin aslında zamanlama gürültüsünden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Hobbs ve ark. 2004; Hobbs ve ark. 2010; Baykal ve ark. 1999). Magnetarların atarcalara nispeten daha yüksek atım frekansı ikinci türevine sahip olması nedeniyle zamanlama gürültüsü seviyeleri de atarcalara kıyasla daha yüksek olmaktadır.

Şekil 5.38 sol alt panelde ise magnetarların ve atarcaların gürültü gücünün iki kutuplu manyetik alan gücüne göre dağılımı gösterilmektedir. Bu iki parametre arasında da Pearson korelasyon katsayısı p=0.71 olan bir bağıntı bulunmuştur. Bu bağıntının bir benzeri Tsang ve Gourgouliatos (2013) tarafından 4 tane AXP kaynağını da içeren çok sayıda atarca üzerinde yapılan çalışmada da gözlenmiştir. Tsang ve Gourgouliatos (2013) yaptıkları çalışmada bu bağıntının manyetik eylemsizlik momentinde değişimlerden (variations in the magnetospheric moment of inertia) kaynakladığını öne sürmüşlerdir. Çalışmamızda bu bağıntının bütün magnetarlar için de geçerli olduğu gösterilmiştir.

Şekil 5.38 sağ alt panelde magnetarların ve atarcaların gürültü gücüne karşılık karakteristik yaşları sunulmaktadır. Bu dağılım incelendiğinde ise magnetarların gürültü gücünün karakteristik yaşı ile ciddi bir ters-bağıntı (anti-correlation) gösterdiği görülmektedir. Bu ters-bağıntının Pearson korelasyon katsayısı 0.82'dir. Bu tarz bir bağıntı radyo atarcalarında da gözlenmiştir (Hobbs ve ark. 2010). Karakteristik yaş ve gürültü gücü arasındaki ters-bağıntı magnetarların yaşlandıkça daha az zamanlama gürültüsü göstermesi ve gürültü seviyesinin yaşlandıkça azaldığını anlatmaktadır. Yaşlandıkça gürültü seviyesindeki bu azalmanın nedeni ise magnetarın yaşlandıkça manyetik alan gücünün azalması olarak açıklanabilir. Bu ve yukardaki bilgiler göz önünde bulundurulduğunda magnetarların atarca nüfüsu ile bir bütünlük gösterdiği anlaşılmaktadır.

Magnetarların gürültü gücünün kütle aktarımı yapan çiftli sistemdeki atarcalarla mukayese etmek için magnetarların gürültü gücünün X-Işını parlaklığına göre dağılımı incelenmiştir (bkz. Şekil 5.39). Çünkü kütle aktarımı yapan sistemlerde kütle aktarım oranı arttıkça X-Işını parlaklığı da artmaktadır. Aynı zamanda kütle aktarımı artarken atarcaya uygulanan tork miktarı da artmaktadır. Kütle atarımı yapan sistemlerde zamanlama gürültüsü ise uygulanan

tork miktarındaki dalgalanmalardan (fluctuations) kaynaklı olduğu için artan kütle aktarım oranı ve X-Işını parklaklığı ile beraber zamanlama gürültüsü seviyesinin de yükselmesi beklenir. Baykal ve Öğelman (1993) tarafından kütle aktarımı yapan atarcaların zamanalama gürültüsünü incelenmiştir ve X-Işını parklaklıkları ile zamanlama gürültüsü gücü arasında bir bağıntı olduğu bulunmuştur. Standart magnetar modelininin yanı sıra magnetarların ışınım ve atım periyodlarındaki toplarlanmayı (period clustering) açıklamak için geri düşen disk modeli de öne sürülmektedir (Alpar 2001). Eğer magnetarlar etrafında kalan bir fosil diskten aktarım yapıyor ise kütle aktarımı yapan atarcalarda olduğu gibi X-ışını parlaklığı ve gürültü gücü arasında bir bağıntı olması beklenir. Ama magnetarlar için Oluşturduğumuz gürültü gücüne karşılık X-Işını parlaklığı herhangi bir bağıntı göstermemiştir. Bu dağılım için elde edilen Pearson korelasyon katsayısı ise p=0.41 olarak bulunmuştur. Bu bağıntının olmaması ise magnetarların zamanlama gürültüsünün kaynağının fosil diskten kütle aktarımı ile uygulanan torktaki salınımlar (fluctuations) olmadığını ima etmektedir. Bu ve yukardaki bağıntıların sonuçları birlikte ele alındığında, magnetarların zamanlama gürültüsü davranışlarının radyo atarcalar ailesine uygun olduğu ve kütle aktarımı yapan atarcalarla benzerlik göstermediği anlaşılmaktadır.



Şekil 5.39. Magnetarların zamanlama gürültüsü gücünün 2-10keV sakin ışınım güçlerine göre dağılımı. Işınım gücü için sadece üst limit ölçülen magnetarlar ok ile belirtilmiştir.

Projemiz kapsamında bu bağıntılara ek olarak, veri sıklığının uygun olduğu bütün magnetarlar için gürültü gücü tayfı da oluşturulmuştur. Bu şekilde her bir magnetar için ayrı ayrı gürültü gücünün farklı zaman dilimlerindeki davranışları incelenmiştir. Bu analiz sonucunda her bir magnetarın taşıdığı gürültü yapsı (beyaz yada kırmızı gürültü) belirlenebilmiştir. Gürültü gücü tayfı modellenen bütün magnetarların gürültü tayfının eğimini göstereren güç-yasası indisi ve bu eğimlerin hesaplandığı zaman aralıkları (T=1/f) Tablo 5.9'da sunulmuştur.

Tablo 5.9. Magnetarların gürültü tayflarından elde edilen Güç-yasası indisleri.

Magnetar	Power-law index	log Freq. (1/day) range
4U 0142+61	0.73 ± 0.78	–3.72 / –2.48
SGR 0418+5729	2.17 ± 1.25	–3.38 / –2.42
SGR 0501+4516	2.69 ± 1.37	–2.85 / –1.93
1E 1048.1–5937	–1.00 ± 0.22	–3.84 / –1.69
1E 1547.0–5408	–0.24 ± 0.78	–3.02 / –1.78
CXOU J164710.2–455216	–0.37 ± 3.19	–3.14 / –2.52
1RXS J170849.0–400910	–2.06 ± 3.22	–3.43 / –2.80
SGR J1745–2900	–1.61 ± 0.78	–2.80 / –1.49
SGR 1806–20	–2.58 ± 0.46	–3.77 / –1.35
XTE J1810–197	–4.34 ± 3.12	–3.74 / –3.10
SGR 1833–0832	1.99 ± 0.81	–2.52 / –1.31
1E 1841–045	–0.51 ± 0.88	–3.74 / –2.60
SGR 1900+14	–2.61 ± 1.49	–3.62 / –2.66
SGR 1935+2154	2.63 ± 0.79	–2.56 / –1.26
1E 2259+586	–3.11 ± 2.16	–3.85 / –3.06

Gürültü gücü tayfının güç-yasası indisi atarcaların üzerindeki torkun kaynağının belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Örneğin, yıldız rüzgarından madde aktarımı yapan atarcalarda yıldız rüzgarı rastgele salınımlar (random variations) göstereceği ve bu şekilde atım frekansı türevindeki salınımlar (fluctuations) rastgele olacaktır. Böyle bir durumda, atarcanın gürültü tayfının her hangi bir zaman bağımlılığı olmayıp, beyaz gürültü gözlemlenmesi beklenmektedir. Diğer bir yandan, eğer kütle aktarımı bir disk üzerinden gerçekleşiyorsa, gürültü gücü zamanla artarak kırmızı gürültü göstermesi beklenmektedir. Örneğin, diskten kütle aktarımı yapan SAX J2103.5+4545 için güç-yasası indisi 2.13 (Baykal ve ark. 2007), GX 1+4 için ise güç-yasası indisi 1 olarak bulunmuştur (Serim ve ark. 2017). Kütle aktarımı yapmayan izole atarcalarda ise zamanlama gürültüsü manyetik-küredeki (magnetosphere) dış tork değişimlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir ve gözlemlenen güç-yasası indisleri çok değişkenlik göstermektedir (Baykal ve ark. 1999). Magnetarlar için gürültü gücü tayfından elde ettiğimiz güç-yasası indisleri atarca ailesi ile uyum göstermektedir. Dahası, magnetarların iki kutuplu manyetik alanları çok yüksek olmasından dolayı, zamanlama gürültüsünün, manyetik-kürede oluşan tork salınımlarından kaynaklaması çok muhtemel görünmektedir.

Projemiz kapsamında oluşturulan bağıntılar ve gürültü gücü tayflarından çıkarılan bütün bu bilgiler beraber olarak ele alındığında, magnetarların zamanlama gürültüsünün manyetik eylemsizlik momentindeki değişimlerden (variations in the magnetospheric moment of inertia) kaynakladığını sonucuna ulaşılmıştır. Daha öncede belirtildiği gibi, magnetarların manyetik

alanları çok kuvvetli olmasından dolayı, manyetik-kürede oluşan tork salınımları da daha yüksek olup gürültü seviyesini arttırmaktadır. Bununla beraber magnetarlar, normal atarca ailesi ile bütünlük arz etmektedir. Projemizin sonucu oluşturan bu çalışmaların anlatıldığı makalenin yazım aşaması da tamamlanmış olup, yayınlanmak üzere Monthly Notices of Royal Astronomical Society (MNRAS) isimli saygın hakemli dergiye yollanmıştır (bkz. https://arxiv.org/abs/1806.00401).

6. SONUÇ

Bu proje kapsamında, RXTE, Swift, Chandra ve XMM Newton uydularıyla gözlenmiş olan bütün magnetarların literatürdeki zamanlama çözümleri kullanılarak frekans ve atım zaman serileri oluşturuldu. Bu zaman serilerinden kaynaklar üzerindeki gürültü genlikleri bulundu. 23 magnetardan 15'i için gürültü güç tayfı oluşturuldu, 6 kaynak için sadece gürültü gücü genliği ölçüldü. 2 kaynağın ise verileri yetersiz olduğu için analiz dışında bırakıldı.

Elde edilen gürültü gücü tayflarının eğimleri, kütle aktarımı yapan sistemlerinin ve radyo atarcalarınınkilerle mukayese edildi ve bu mukayese sonucunda magnetarların yalnız (izole) radyo atarcalarına daha çok benzediği görüldü. Magnetarların gürültü genlikleri ile yavaşlama oranları arasında bir ilinti incelendi. Bulunan ilintinin radyo atarcaların yavaşlamasına benzediği ilk kez detaylı olarak gösterildi. Magnetarların X-ışını tayfları kullanılarak oluşturulan X-ışını ışınım güçleri ile gürültü genlikleri arasında herhangi bir ilinti bulunamadı. Kaynakların zamanlama analizlerinden çıkarılan gürültü tayfları ve gürültü genliklerinin diğer fiziksel parametrelerle ilintisi kütle aktarımı yapan sistemlerinkinden çok yalnız (izole) radyo atarcalarına benzediği bulundu. Çalışma Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS) dergisine yollandı (Çerri-Serim ve ark. 2018).

Proje kapsamında magnetar kaynaklarının çift yıldız sistemlerinde bulunma olasılığı da incelendi. Bu amaçla aday olarak seçilen iki kaynağın (GX 1+4 ve SXP 1062), RXTE, Chandra, Swift ve XMM-Newton uydularından gelen arşiv verileri incelenmiştir. GX 1+4 kaynağının periyot değişimleri normal nötron yıldızı manyetik alanına işaret etmekteyken, SXP 1062 isimli kaynağın çok yüksek manyetik alanlı magnetar sınıfına girdiği bulundu. Ayrıca SXP 1062'nin çift yıldız parametreleri ilk defa çözülmüştür. Kaynağın radyo atarcalarının atım frekanslarında görülen aksama (glitch) denilen bir periyot sıçraması yaptığı keşfedildi. Bu keşif, Royal Astronomical Society, NASA ve çok sayıda iç ve dış basının İnternet sitelerinde haber oldu; konuyla ilgili bir yazı TÜBİTAK Bülteni 2018 Mayıs sayısında da yer aldı.

2009'da keşfedilen ve çok hızlı yavaşlayan SWIFT J0513.4-6547 yüksek kütleli X ışını çift yıldızının detayı zamanlama ve X-ışını tayfı analizi yapıldı bu kaynağın manyetik alanının magnetar kaynakları seviyesinde olduğu bulundu, bu çalışma MNRAS dergisinde yayınlandı.

Proje kapsamında Muhammed Miraç Serim ve Danjela Çerri-Serim'in doktora tezlerini sırasıyla Eylül 2018 ve 2019 da sunmaları planlanmaktadır. Doktora tezlerinde 114F348 numaralı TÜBİTAK projesine teşekkür edilecektir. Projede TÜBİTAK 114F345 nolu projeye teşekkür edilen uluslararası web of science,e giren çıktılar aşağıda listelenmiştir.

1) RXTE and Swift Observations of SWIFT J0513.4-6547, Şahiner, Ş., Serim, M.M., Baykal, A., İnam S.Ç., MNRAS, 456, 845,2016.
2) Comprehensive timing and X-Ray spectral Analysis of GX 1+4, Serim. M.M., Şahiner, Ş., Çerri-Serim, D., İnam, S.Ç., Baykal, A. MNRAS, 469, 2509, 2017
3) Discover of a Glitch ,in Accretion-Powered Pulsar SXP 1062, Serim. M.M., Şahiner, Ş., Çerri-Serim, D., İnam, S.Ç., Baykal, A., 471, 4982, 2017
4) Pulse Frequency Fluctuations of Magnetars, Çerri-Serim, D, Serim. M.M., Şahiner, Ş., Ç., İnam, S.Ç., Baykal, A., hakem incelemesinde MNRAS (https://arxiv.org/abs/1806.00401).

Kaynaklar

Aharonian, F. vd. 2008, ”Chandra and HESS observations of the supernova remnant CTB 37B”, Astronomy and Astrophysics, 486, 829

Alpar, M.A., 2001, ”On Young Neutron Stars as Propellers and Accretors with Conventional Magnetic Fields”, Astrophysical Journal., 554, 124

Alpar, M.A., vd., 2011, “SGR 0418+5729—How does a Young Neutron Star Spin Down to a 9 s Period with a Dipole Field Less Than 1013 G?”,Astrophysical Journal., 732, 4

An, H., et al., 2013, “Spectral and Timing Properties of the Magnetar CXOU J164710.2-455216”, Astrophysical Journal, 763, 82

Bachetti, M. vd. 2014, “An ultraluminous X-ray source powered by an accreting neutron star”, Nature, 514, 202

Barthelmy, S. D., vd., 2008, “New Soft Gamma Repeater SGR 0501+4516”, Atel, 1676, 1

Barthelmy, S. D., vd., 2010, “Swift-BAT refined analysis of the probable new Sgr 1833-0832”, GCN, 10528, 1

Baykal, A.,et al., 1999, “The timing noise of PSR 0823+26,1706-16, 1749-28, 2021+51 and the anomalous braking indices”, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 306, 20

Baykal, A.,et al., 2007,” Timing studies on RXTE observations of SAX J2103.5+4545”, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 374, 1108

Baykal, A., Öğelman, H., 1993,” An empirical torque noise and spin-up model for accretion-powered X-ray pulsars” Astronomy and Astrophysics, 267, 119

Bernardini F. vd., 2009, “From outburst to quiescence: the decay of the transient AXP XTE J1810-197”, Astronomy and Astrophysics, 498, 195

Bildsten, L., vd.. 1994, “Observations of Accreting Pulsars”, in AIP Conf. Ser., Vol. 304, 294–298

Bildsten L. vd., 1997, “Observations of Accreting Pulsars”, Astrophysical Journal Supplement Series, 113, 367

Deeter, J.E., Boynton, P.E., “Techniques for the estimation of red power spectra. I - Context and methodology”, 1982, Astrophysical Journal, 261, 337

Bozzo, E., vd., ”Are There Magnetars in High-Mass X-Ray Binaries? The Case of Supergiant Fast X-Ray Transients” 2008, Astrophysical Journal, 683, 1031

Burgay, M., vd., 2010,” Upper limit on the radio emission from the soft gamma-ray repeater SGR 1833-0832” Atel, 2515, 1

Camero, A., vd., 2014," Quiescent state and outburst evolution of SGR 0501+4516", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 438,3291

Camero-Arranz A., vd. 2010," New Torque Reversal and Spin-up of 4U 1626-67 Observed by Fermi/Gamma-ray Burst Monitor and Swift/Burst Alert Telescope", Astrophysical Journal, 708, 1500

Camilo, F., Ransom, S. M., Halpern, J. P., vd. 2006," Transient pulsed radio emission from a magnetar", Nature, 442, 892

Camilo F, vd., 2007. "1E 1547.0-5408: A Radio-emitting Magnetar with a Rotation Period of 2 Seconds",Astrophysical Journal, 666, 93

Camilo F, vd. 2016." Radio Disappearance of the Magnetar XTE J1810-197 and Continued X-ray Timing", Astrophysical Journal, 820,110

Camilo, F., vd. 2017," Radio and X-ray reactivation of magnetar PSR J1622-4950", Atel, 10346, 1

Cash W., 1979," Interstellar absorption of the extreme ultraviolet flux from two hot white dwarfs", Astrophysical Journal, 228, 939

Chakrabarty, D. & Morgan, E. H. 1998, Nature, "The two-hour orbit of a binary millisecond X-ray pulsar",394, 346

Chakrabarty D., vd., 1997, "Torque Reversal and Spin-down of the Accretion powered Pulsar 4U 1626-67", Astrophysical Journal, 474, 414

Chakrabarty D., vd., 2006, "A debris disk around an isolated young neutron star", In 36th COSPAR Scientific Assembly, vol:36, 1504

Chatterjee, P., 2000," Alpha effect due to buoyancy instability of a magnetic layer", Astrophysical Journal, 534, 373

Coe, M.J, vd., 2013," Discovery of an optical modulation in Swift J0513.4-6547", Atel, 5511

Coe, M.J, vd., 2015, "SXP 5.05 = IGR J00569-7226: using X-rays to explore the structure of a Be star's circumstellar disc", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 447, 1630

Cordes, J. M., Helfand, D. J.," Pulsar timing. III - Timing noise of 50 pulsars", 1980, Astrophysical Journal, 239, 640

Coti Zelati, F., vd., 2015," The X-ray outburst of the Galactic Centre magnetar SGR J1745-2900 during the first 1.5 year", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 449, 2685

Cui W., Smith B., 2004," Cessation of X-Ray Pulsation of GX 1+4", Astrophysical Journal, 602, 320

Cummings, J. R., vd.," Swift J1822.3-1606: A Probable New SGR in Ground Analysis of BAT Data" 2011, ATel, 3488

D'Elia, V., vd., "GRB 110807A: Swift detection of a burst or a posible new Sgr. ", 2011, GCN, 12253, 1

Dall'Osso S, vd., 2003. "The Glitches of the Anomalous X-Ray Pulsar 1RXS J170849.0-400910 ", Astrophysical Journal, 599, 485

Deeter, J.E., Astrophysical Journal,1984," Techniques for the estimation of red power spectra. II Evaluation of alternative methods", 281, 482

Dhillon, V. S., vd., 2011," The first observation of optical pulsations from a soft gamma repeater: SGR 0501+4516", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 416, 16

Dib, R., vd, 2008, "The Long-term Radiative Evolution of Anomalous X-ray Pulsar 1E 2259+586 after its 2002 Outburst ",AIPC, 983, 239

Dib, R., vd., 2008, "Glitches in Anomalous X-Ray Pulsars", Astrophysical Journal, 673, 1044

Dib, R., vd., 2009, "Rossi X-Ray Timing Explorer Monitoring of the Anomalous X-ray Pulsar 1E 1048.1 - 5937: Long-term Variability and the 2007 March Event", Astrophysical Journal, 702, 614

Dib, R., vd., 2012, RXTE Observations of Anomalous X-Ray Pulsar 1E 1547.0-5408 during and after its 2008 and 2009 Outbursts", Astrophysical Journal, 748, 3

Dib, R., Kaspi, M.V., 2014, 16 yr of RXTE Monitoring of Five Anomalous X-Ray Pulsars", Astrophysical Journal., 784, 37

Duncan, R.C., Thompson, C., 1992," Formation of very strongly magnetized neutron stars - Implications for gamma-ray bursts", Astrophysical Journal, 392, 9

Durant, M., vd., "Possible Optical Detection of the Anomalous X-Ray Pulsar CXOU J010043.1-721134 ",Astrophysical Journal, 628, 135

Durant, M., & van Kerkwijk, M. H., 2006," The Infrared Counterpart to the Magnetar 1RXS J170849.0-400910", Astrophysical Journal, 648, 534

Durant, M., & van Kerkwijk, M. 2005, "Possible Optical Detection of the Anomalous X-Ray Pulsar CXOU J010043.1-721134 ",Astrophysical Journal, 628, 135

Ekşi, K.Y., vd., 2015," The ultraluminous X-ray source NuSTAR J095551+6940.8: a magnetar in a high-mass X-ray binary", Monhtly Notices of Royal Astronomical Society, 448, L40-L42

Ertan, Ü, vd., 2007, "The Anomalous X-Ray Pulsar 4U 0142+61: A Neutron Star with a Gaseous Fallback Disk ",Astrophysical Journal, 657, 441

Esposito, P., vd. 2007," Relativistic jet activity from the tidal disruption of a star by a massive black hole",Astronomy and Astrophysics, 476, 321

Esposito, P., vd. 2008," Xmm-Newton Discovery of 2.6 s Pulsations in the Soft Gamma-Ray Repeater SGR 1627-41", Monhtly Notices of Royal Astronomical Society, 690, 34

Esposito, P., vd. 2009, "Quiet but still bright: XMM-Newton observations of the soft gamma-ray repeater SGR0526-66 ", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 399, 44

Esposito, P., vd. 2010, "Early X-ray and optical observations of the soft gamma-ray repeater SGR0418+5729", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 405, 1787

Esposito, P., vd. 2011," Detection of continuum radio emission associated with Geminga", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 416, 205

Esposito, P., vd. 2013, "X-ray and radio observations of the magnetar Swift J1834.9-0846 and its dust-scattering halo", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 429, 3123

Evans, W. D., vd., 1979," Gamma-Ray Bursts Source Locations" ICRC, 1, 229

Fahlman, G. G., & Gregory, P. C. 1981," An X-ray pulsar in SNR G109.1-1.0", Nature, 293, 202

Farrell S. A, vd., 2009," An intermediate-mass black hole of over 500 solar masses in the galaxy ESO243-49", Nature, 460, 73

Forman, W., vd., 1978," The fourth Uhuru catalog of X-ray sources", Astrophysical Journal Supplement, 38, 357

Fu, L. & Li, X.-D. 2012, "Could SXP 1062 be an Accreting Magnetar?", Astrophysical Journal 757, 171

Gavriil, F. P., vd., 2004, "Anomalous X-ray pulsars: long-term monitoring and soft- gamma repeater like X-ray bursts", Advances of Space Science Research, 33, 654

Gavriil, F. P., Kaspi, V. M., 2002," Long-Term Rossi X-Ray Timing Explorer Monitoring of Anomalous X-Ray Pulsars", Astrophysical Journal, 567, 1067-1076

Gavriil, F. P., Kaspi, V. M., 2004, Anomalous X-Ray Pulsar 1E 1048.1-5937: Pulsed Flux Flares and Large Torque Variations", Astrophysical Journal, 609, 67

Genzel, R., vd., 2010, "The Galactic Center massive black hole and nuclear star cluster ",Review of Modern Physics, 82, 3121

Giacconi, R., vd. "The Uhuru catalog of X-ray sources. "1972, Astrophysical Journal, 178, 281

Glass, I. S., & Feast, M. W. "Peculiar Object near X2+5 ",1973, Nature, 245, 39

Golenetskii, S. V., vd.,1984, “Recurrent bursts in GBS0526 - 66, the source of the 5 March 1979 gamma-ray burst”, Nature, 307, 41

Gotthelf, E. V., 2006, “The Anatomy Of A Magnetar: XMM Monitoring Of Transient AXP XTE J1810-197”, Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 38, p.360

Gotthelf, E. V., Halpern, J. P., 2007,” Chandra monitoring of the candidate anomalous X-ray pulsar AX J1845.0-0258”, Astrophysics and Space Science, 308, 79

Göğüş, E., vd., 2008,” Spin Period of New Soft Gamma Repeater SGR 0501+4516”, Atel, 1677,1

Göğüş, E., vd., 2010,” Discovery of a New Soft Gamma Repeater, SGR J1833-0832”, Astrophysical Journal, 718, 331

Göğüş, E., vd., 2010, “Spatial, Temporal, and Spectral Properties of X-ray Emission from the Magnetar SGR 0501+451”, Astrophysical Journal, 722, 899

Güver, T., Göğüş, E., Özel, F., 2012,” On the cooling trend of SGR 0526-66”, Monthly Notices of RoyalAstronomical Society,424, 210

Haberl, F. vd., 2012, “SXP 1062, a young Be X-ray binary pulsar with long spin period. Implications for the neutron star birth spin”, Astronomy and Astrophysics, 537, 1

Halpern, J. P., vd., 2005,” Discovery of Radio Emission from the Transient Anomalous X-Ray Pulsar XTE J1810-197”, Astrophysical Journal, 632, 29

Halpern, J. P., vd., 2008, Neutral Hydrogen Absorption toward XTE J1810-197: The Distance to a Radio-emitting Magnetar”,Astrophysical Journal, 676, 1178

Halpern, J. P., & Gotthelf, E. V. 2005,” The Fading of Transient Anomalous X-Ray Pulsar XTE J1810-197”,Astrophysical Journal, 618, 874

Halpern, J. P. & Gotthelf, E. V. 2010,” Two Magnetar Candidates in HESS Supernova Remnants”, Astrophysical Journal, 710, 941

Henault-Brunet, V. vd. 2012, “Discovery of a Be/X-ray pulsar binary and associated supernova remnant in the Wing of the Small Magellanic Cloud”, Monhtly Notices of Royal Astronomical Society, 420, 13

Hilditch, R. W., vd., 2005, “Forty eclipsing binaries in the Small Magellanic Cloud: fundamental parameters and Cloud distance “, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 357, 30

Hobbs, G., vd., 2004, “Observations of the Double Pulsar PSR J0737-3039A/B “, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 352, 1311

Hobbs, G., vd., 2010," An analysis of the timing irregularities for 366 pulsars", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 402, 1027

Hughes, V. A., vd., 1981," A new supernova remnant G109.2-1.0", Astrophysical Journal.(Letters)" , 246, L127

Huppenkothen, D., vd. 2014," Quasi-periodic Oscillations in Short Recurring Bursts of the Soft Gamma Repeater J1550-5418", Astrophysical Journal, 787,128

Hurley, K., vd. 1999. "A giant periodic flare from the soft γ-ray repeater SGR1900+14 ",Nature 397, 41–43

Ikhsanov, N. R. 2012," Signs of magnetic accretion in the young Be/X-ray pulsar SXP 1062", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 424, 39

Ikhsanov, N. R., Beskrovnaya, N. G., 2010, "Accretion magnetar in the close binary system 4U 2206+54 ",Astrophysical Journal, 53, 237

Israel, G., vd. 1994, "CXOU J005047.9-731817: a 292-s X-ray binary pulsar in the Small Magellanic Cloud", Astrophysical Journal, 433, 25

Israel, G. L., vd. 1999, "Further Evidence that 1RXS J170849.0-400910 Is an Anomalous X-Ray Pulsar", Astrophysical Journal Letters, 518, L107

Israel, G., vd. 2001," The Pulse-Phase-dependent Spectrum of the Anomalous X-Ray Pulsar 1RXS J170849-400910", Astrophysical Journal, 560, L65

Israel, G., vd. 2003, "The Infrared Counterpart to the Anomalous X-Ray Pulsar 1RXS J170849-400910 ", Astrophysical Journal Letters, 589, L93

Israel, G., vd. 2007," The Post-Burst Awakening of the Anomalous X-Ray Pulsar in Westerlund 1",Astrophysical Journal, 664, 448

Israel, G.L. vd. 2008, "A Swift Gaze into the 2006 March 29 Burst Forest of SGR 1900+14", Astrophysical Journal, 685, 1114

Israel, G., vd. 2010, "The 2008 October Swift detection of X-ray bursts/outburst from the transient SGR-like AXP 1E1547.0-5408", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 408, 1387

Israel, G., vd. 2014, "Chandra discovery of 3.2s X-ray pulsations from SGR 1935+2154", Atel, 6370, 1

Israel, G., vd. 2016, "The discovery, monitoring and environment of SGR J1935+2154 ",Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 457, 3448

İbrahim AI, et al. 2004.” Discovery of a Transient Magnetar: XTE J1810-197”, Astrophysical Journal 609, L21–L24

İçdem, B., Baykal, A., Inam, S. ¸C. 2012, “RXTE timing analysis of the anomalous X-ray pulsar 1E 2259+586”, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 419, 3109

Kaplan, D. L., vdl. 2002,” Precise Chandra Localization of the Soft Gamma-Ray Repeater SGR 1806-20”,Astrophysical Journal, 564, 935

Kaspi, V. M., Lackey, J. R., Chakrabarty, D. 2000, “A Glitch in an Anomalous X-Ray Pulsar”, Astrophysical Journal Letters, 537, L31

Kaspi, V. M., vd., 2001, “Long-Term Rossi X-Ray Timing Explorer Monitoring of the Anomalous X-Ray Pulsar 1E 1048.1-5937”, Astrophysical Journal, 558, 253

Kaspi, V. M., , vd. 2003,” A Major Soft Gamma Repeater-like Outburst and Rotation Glitch in the No-longer-so-anomalous X-Ray Pulsar 1E 2259+586”, Astrophysical Journal Letters, 588, L93

Kaspi, V. M., Gavriil, F. P., 2003, “A Second Glitch from the “Anomalous" X-Ray Pulsar 1RXS J170849.0-400091”, Astrophysical Journal, 596, 71

Kaspi, V. M., vd., 2014,” Timing and Flux Evolution of the Galactic Center Magnetar SGR J1745-290”,Astrophysical Journal, 786, 84

Kennea, J. A., 2013,” Swift Discovery of a New Soft Gamma Repeater, SGR J1745-29, near Sagittarius A*”, Astrophysical Journal, 770, 24

Kouveliotou C. vd. 1993,” Recurrent burst activity from the soft gamma-ray repeater SGR 1900 + 14”,Nature, 362, 728

Kouveliotou C, vd. 1998. “The bright optical afterglow of the long GRB 001007“, Nature, 393,235– 237

Kouveliotou, C., 1999, “Discovery of a Magnetar Associated with the Soft Gamma Repeater SGR 1900+14 “,Astrophysical Journal, 510, 115

Krimm, H., vd. 2006,” Swift trigger 343319 is not a GRB”, Atel, 890,1

Krimm, H. A., vd. 2009,”, Swift and RXTE report the detection of a new transient pulsar Swift J0513.4-6547 in the Large Magellanic Cloud”, ATel 2011

Kriss, G. A., vd.,1985, “G27.4+0.0: A galactic supernova remnant with a central compact source”, Astrophysical Journal, 288, 703

Kuiper, L., vdl., 2012," Temporal and Spectral Evolution in X- and γ-Rays of Magnetar 1E 1547.0-5408 since its 2008 October Outburst: The Discovery of a Transient Hard Pulsed Component after its 2009 January Outburst", Astrophysical Journal, 748, 133

Kuiper, L., Hermsen, W., 2011," The spin-down of Swift J1834.9-0846: confirmation as magnetar",Atel, 3577, 1

Kulkarni S. R, vd 2003." The Quiescent Counterpart of the Soft Gamma-Ray Repeater SGR 0526-66", Astrophysical Journal, 585, 948–954

Lamb, R., vd., 2002, "Discovery of a Possible Anomalous X-Ray Pulsar in the Small Magellanic Cloud",Astrophysical Journal, 574, L29

Lamb, F. K.,vd., "Formation and Evolution of Millisecond Pulsars", 2005AAS...20718301L

Lamb, R.C., Markert, T.H., 1981," X-ray emission from supernova remnants near gamma-ray sources", Astrophysical Journal, 244, 94

Laros J. G, vd. 1986. "SMM hard X-ray observations of the soft gamma-ray repeater 1806-20",Nature, 322, 152

Lewin, W. H. G., vd., 1971," X-Rays from a New Variable Source GX 1+4", Astrophysical Journal, 169, L17

Levin, L., vd., 2010, "A Radio-loud Magnetar in X-ray Quiescence ", Astrophysical Journal, 721, 33

Majid, W., vd.,. 2004," X-Ray Pulsars in the Small Magellanic Cloud", Astrophysical Journal, 609, 133

Malheiro, M., vd., 2012, "SGRs and AXPs as Rotation-Powered Massive White Dwarfs ", Publication of Astronomical Society of Japan , 64, 56

Mazets, E.P., vd. 1979, "Observations of a flaring X-ray pulsar in Dorado", Nature, 282,587–589

Mazets, E. P., vdl. 1979." Soft gamma-ray bursts from the source B1900+14", SvAL, 5, 343

McGarry, M. B., vd. 2005, "X-Ray Timing, Spectroscopy, and Photometry of the Anomalous X-Ray Pulsar Candidate CXOU J010043.1-72113", Astrophysical Journal, 627, L13

Mereghetti, S., vdl.,. 2000, "X-ray emission from the galactic center region supernova remnant G0.9+0.1 ",Astronomy and Astrophysics, 361, 240

Mereghetti, S., vd., 2005, "An XMM-Newton View of the Soft Gamma Repeater SGR 1806-20: Long-Term Variability in the Pre-Giant Flare Epoch ", Astrophysical Journal., 628, 938

Mereghetti, S. vd., 2006," The First XMM-Newton Observations of the Soft Gamma-Ray Repeater SGR 1900+14", Astrophysical Journal, 653, 1423

Mereghetti, S., vd., 2007," XMM Newton observations of soft gamma-ray repeaters", Astrophysics and Space Science, 308, 13

Mereghetti, S., vd, 2009," Strong Bursts from the Anomalous X-Ray Pulsar 1E 1547.0-5408 Observed with the INTEGRAL/SPI Anti-Coincidence Shield", Astrophysical Journal, 696, 74

Mereghetti, S., Stella, L., 1995," The very low mass X-ray binary pulsars: A new class of sources",Astrophysical Journal, 442, 17

Middleditch, J., vd., 1981, "4U 1626-67 - A prograde spinning X-ray pulsar in a 2500 S binary system ",Astrophysical Journal, 244, 1001-1017

Mori, K. vd., 2013, "Swift Discovery of a New Soft Gamma Repeater, SGR J1745-29, near Sagittarius A* ", Astrophysical Journal, 770, 23

Morini M., vd., 1988," EXOSAT observations of the supernova remnant G109.1-1.0 and the X-ray pulsar 1E 2259+586", Astrophysical Journal, 333, 777

Olausen, S. A., Kaspi, V. M., 2014, "The McGill Magnetar Catalog ", Astrophysical Journal Supplement Series, 212, 6

Orlandini, M., vd., 1998," BEPPOSAX Observation of 4U 1626-67: Discovery of an Absorption Cyclotron Resonance Feature", Astrophysical Journal, 500, L163

Oskinova, L. M., vd., 2013, "The slow X-ray pulsar SXP 1062 and associated supernova remnant in the Wing of the Small Magellanic Cloud ",in IAU, 291, 459

Popov, S.N., Turola, R. 2012, "Probing the neutron star spin evolution in the young Small Magellanic Cloud Be/X-ray binary SXP 10 ", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 421, 127

Postnov K. A., vd., , 2002, "Wind accretion: Theory and observations", in European Physical Journal Web of Conferences, vol. 64

Rappaport S., vd. 1977, "Discovery of a 7.68 second X-ray periodicity in 3U 1626-67", Astrophysical Journal, 217, L29

Rea, N. vd.., 2012," A New Low Magnetic Field Magnetar: The 2011 Outburst of Swift J1822.3-1606", Astrophysical Journal, 754, 27

Rea, N., vd., 2013, "The Outburst Decay of the Low Magnetic Field Magnetar SGR 0418+5729", Astrophysical Journal, 770, 65

Rea, N., vd., 2013," A Strongly Magnetized Pulsar within the Grasp of the Milky Way's Supermassive Black Hole", Astrophysical Journal, 775, 34

Rea, N., vd., 2014," 3XMM J185246.6+003317: Another Low Magnetic Field Magnetar", Astrophysical Journal, 781, L17

Reig, P., vd., 2012, "Accreting magnetars: a new type of high-mass X-ray binaries?", Monhtly Notices of Royal Astronomical Society, 425, 595

Rodriguez Castillo, G. A., et al., 2014, "Pulse phase-coherent timing and spectroscopy of CXOU J164710.2-45521 outbursts", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 441, 1305

Rodriguez Castillo G.A., vd., 2016, "The outburst decay of the low magnetic field magnetar SWIFT J1822.3-1606: phase-resolved analysis and evidence for a variable cyclotron feature", Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 456, 4145

Rothschild, R. E., vdl., 1994, "Discovery of an X-ray source coincident with the soft γ-ray repeater 0525 - 66 ", Nature, 368, 432

Sato, T.,vd., 2010, "Identification of CXOU J171405.7-381031 as a New Magnetar with XMM-Newton ",Publications of Astronomical Society of Japan, 62, L33

Schmidtke, P. C., vd. 2012," The Probable Orbital Period of SXP1062 (CXO J012745.97-733256.5)", The Astronomers Telegram, 4596, 1

Schmidtke, P. C., vd. 2012, "The Photometric Period of SXP1062 (CXO J012745.97-733256.5)", The Astronomers Telegram, 4399, 1

Scholz, P., vd., 2012," Post-outburst X-Ray Flux and Timing Evolution of Swift J1822.3-1606", Astrophysical Journal, 761, 66

Scholz P, vd, 2014.," The Long-term Post-outburst Spin Down and Flux Relaxation of Magnetar Swift J1822.3-1606", Astrophysical Journal, 786,62

Scholz P, vd., 2017. "Spin-down Evolution and Radio Disappearance of the Magnetar PSR J1622-4950 ",Astrophysical Journal, 841, 126

Scott, D. M., vd., 2003, "Characterization of the timing noise of the Crab pulsar ",Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 344, 412S

Serim M.M., vd., 2012, "Noise Strength Estimates of Three SGRs: Swift J1822.3-1606, SGR J1833-0832 and Swift J1834.9-0846 ",ASPC, 466, 255

Serim M.M., vdl., 2017, "Comprehensive timing and X-ray spectral analysis of GX 1+4 ",Monhtly Notices of Royal Astronomical Society, 469, 2509

Seward, F.D., vd, 1986, A 6 second periodic X-ray source in Carina “, Astrophysical Journal, 305, 814

Shabanova, T.V vd., 1995, “Evidence for a Planet around the Pulsar PSR B0329+54 “,Astrophysical Journal, 453, 779

Shakura, N. vd., 2012, “Theory of quasi-spherical accretion in X-ray pulsars “, Monhtly Notices of Royal Astronomical Society, 420, 216

Soni, V., 2012,” Understanding the low magnetic field magnetar, SGR 0418+5279, from a magnetized core model”, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 425, 15

Stairs, I. H., vd., 2000, “Evidence for free precession in a pulsar”, Nature, 406, 484

Stamatikos, M., vd., 2014,”GRB 140705A: Swift detection of a short burst”, GCN, 16520, 1

Strum, R, vd., 2013, “Long-term evolution of the neutron-star spin period of SXP 1062”, Astronomy and Astrophysics, 556, 139

Tam, C. R., 2008, “X-Ray and Near-IR Variability of the Anomalous X-Ray Pulsar 1E 1048.1-5937: From Quiescence Back to Activity”, Astrophysical Journal, 677, 503

Testa, V., 2018, “VLT observations of the magnetar CXO J164710.2-455216 and the detection of a candidate infrared counterpart“, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 473, 3180

Thompson, C., Duncan, R. C., 1996, “The Soft Gamma Repeaters as Very Strongly Magnetized Neutron Stars. II. Quiescent Neutrino, X-Ray, and Alfven Wave Emission“, Astrophysical Journal, 473, 322

Tiengo, A., vd. 2005, “Three XMM-Newton observations of the anomalous X-ray pulsar 1E 1048.1-5937: Long term variations in spectrum and pulsed fraction“, Astronomy and Astrophysics., 437, 997

Tiengo A., vd., 2008,”XMM-Newton Observations of CXOU J010043.1-721134: The First Deep Look at the Soft X-Ray Emission of a Magnetar”, Astrophysical Journal, 680, L133

Tong, H., Xu, R. X., 2012, “Wind braking of magnetars: To understand magnetars' multiwave radiation properties“, Astrophysical Journal, 757, 10

Trumper, J.E., vdl., 2013,,” An Accretion Model for the Anomalous X-Ray Pulsar 4U 0142+61”, Astrophysical Journal, 764, 49

Tsang, D., Gourgouliatos, K. N., 2013, “Timing Noise in Pulsars and Magnetars and the Magnetospheric Moment of Inertia“, Astrophysical Journal, 773, 17

Udalski, A., vd 2008, “Multi-Mode and Non-Standard Classical Cepheids in the Magellanic System”, AcA, 58, 329

van der Horst, A. J., vd., 2010, “Discovery of a New Soft Gamma Repeater: SGR J0418+5729”, Astrophysical Journal, 711, 1

van Paradijs, J., vd., 1995, “On the nature of the 'anomalous' 6-s X-ray pulsars“, Astronomy and Astrophysics, 299, 41

Vasisht, G., Gotthelf E. V., 1997, “Kes 73: A Young Supernova Remnant with an X-Ray--bright, Radio-quiet Central Source “,Astrophysical Journal, 486, 129

Voges W. vdl., 1996,” Identification of the ROSAT All-Sky Survey sources”, in Roentgenstrahlung from the Universe, pp. 637–640

Wilson, R. B., vd. 1993,” Observations of isolated pulsars and disk-fed X-ray binaries”, in AIP Conf. Ser., Vol. 280, 291–302

Woods, P. M, vd., 1999, “Discovery of a New Soft Gamma Repeater, SGR 1627-41”, Astrophysical Journal, 519, 139

Woods, P. M. vd. 2002, “Large Torque Variations in Two Soft Gamma Repeaters“, Astrophysical Journal, 576, 381

Woods, P. M., vd. 2004,” Changes in the X-Ray Emission from the Magnetar Candidate 1E 2259+586 during Its 2002 Outburst”, Astrophysical Journal, 605, 378

Woods, P. M., vd. 2000, “The Prelude to and Aftermath of the Giant Flare of 2004 December 27: Persistent and Pulsed X-Ray Properties of SGR 1806-20 from 1993 to 2005”, Astrophysical Journal 654,470–486

Younes, G., vd., 2015, “XMM-Newton Observations of SGR 1806-20 Over Seven Years Following the 2004 Giant Flare”,Astrophysical Journal, 809, 165

Younes, G., vd., 2016, “The Wind Nebula around Magnetar Swift J1834.9-0846“, Astrophysical Journal, 824, 138

Younes, G., vd., 2017, “X-Ray and Radio Observations of the Magnetar SGR J1935+2154 during Its 2014, 2015, and 2016 Outbursts “, Astrophysical Journal, 847, 85

Zhou P., vdl., 2014,” Discovery of the Transient Magnetar 3XMM J185246.6+003317 near Supernova Remnant Kesteven 79 with XMM-Newton” Astrophysical Journal, 781, L16

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. ALTAN BAYKAL
Proje No:	114F345
Proje Başlığı:	Magnetarların Yavaşlama Oranı İle Tork Gürültüsü Gücü Arasındaki Bağıntının Araştırılması
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	36
Araştırmacılar:	SITKI ÇAĞDAŞ İNAM
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ORTA DOĞU TEKNİK Ü.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/04/2015 - 15/04/2018
Onaylanan Bütçe:	352723.0
Harcanan Bütçe:	315841.82
Öz:	Bu projede, McGill Magnetar Kataloğu?nda yer alan bütün magnetarlar için literatürdeki zamanlama çözümleri kullanılarak RXTE, SWIFT, XMM Newton ve Chandra arşiv verileri yeniden analiz edilmiştir. Magnetarların zamanlama çözümlerinden yararlanılarak kaynakların gürültü genlikleri hesaplanmış ve bu kaynakların gürültü güç tayfları oluşturulmuştur. Bu tayfların eğimleri, kütle aktarımı yapan sistemlerinin ve radyo atarcalarınınkilerle mukayese edilmiş ve bu mukayese sonucunda magnetarların daha çok yalnız (izole) radyo atarcalarına benzediği görülmüştür. Magnetarların gürültü genlikleri ile yavaşlama hızları arasında bir ilinti bulunmuş ve bu ilinti radyo atarcaların yavaşlamasına benzetilmiştir. Ayrıca kaynakların X-ışını tayfları kullanılarak oluşturulan X-ışını ışınım güçleri ile gürültü genlikleri arasında ilinti aranmış ama böyle bir ilinti bulunamamıştır. Kaynakların zamanlama analizlerinden çıkarılan gürültü tayfları ve gürültü genliklerinin diğer fiziksel parametrelerle ilintisi kütle aktarımı yapan sistemlerinkinden çok yalnız (izole) radyo atarcalarına benzediği bulunmuştur. Projede magnetar kaynaklarının çift yıldız sistemlerinde bulunma olasılığı da incelenmiştir. Bu amaçla GX 1+4 ve SXP 1062 isimli kaynakların RXTE, Chandra, Swift ve XMM Newton uydularından gelen arşiv verileri incelenmiştir. GX 1+4 kaynağının periyot değişimleri normal nötron yıldızı manyetik alanına işaret etmekteyken, SXP 1062 isimli kaynağın çok yüksek manyetik alanlı magnetar sınıfına girdiği bulunmuştur. Ayrıca SXP 1062?nin çift yıldız parametreleri ilk defa çözülmüştür. Kaynağın radyo atarcalarının atım frekanslarında görülen aksama (glitch) denilen bir periyot sıçraması yaptığı keşfedilmiştir. Bu keşif, Royal Astronomical Society, NASA ve çok sayıda iç ve dış basının İnternet sitelerinde haber olmuştur. GX 1+4 ve SXP 1062 ilgili çalışmalar MNRAS dergisinde yayınlanmış, magnetarların güç tayfları ve gürültü genliklerinin ilintisiyle ilgili çalışmaysa MNRAS dergisine gönderilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın belirli kısımları uluslararası toplantılarda sunulmuştur. Bu proje kapsamında yapılan çalışmalarda, magnetar kaynaklarında oluşan tork gürültüsünün kaynakların manyetosferi ile ilişkili olabileceği bulunmuştur. SXP 1062 kaynağında gözlenen aksama ise kuramsal yoğun madde fiziği çalışan bilim insanlarına ve bu kaynakların iç yapısının daha detaylı anlaşılmasına ışık tutacak niteliktedir.
Anahtar Kelimeler:	Nötron Yıldızı, Atarca, X-ışını Astronomisi, Magnetar, Zamanlama
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Evet

TÜBİTAK

Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Comprehensive timing and X-ray spectral analysis of GX 1+4 (Makale - İndeksli Makale), 2- Discovery of a glitch in the accretion- powered pulsar SXP 1062 (Makale - İndeksli Makale), 3- Episodic Torque Luminosity Correlations and Anticorrelations of FX 1+4 (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum), 4- RXTE and Swift Observations of SWİFT J0513.4-6547 (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum), 5- The Timing Noise of Magnetars (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum), 6- TÜBİTAK Bülteni (Yayılım - Ulusal - Medyada Haber), 7- Accretion powered pulsar reveals unique timing glitch (Yayılım - Uluslararası - Medyada Haber), 8- HEASARC NEWS (Yayılım - Uluslararası - Medyada Haber),

TÜBİTAK