

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

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

¹ Başkent Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Etimesgut, Ankara

² ODTÜ Fizik Bölümü, Çankaya, Ankara

Özet

GX 1+4 ve SXP 1062, ilginç özelliklere sahip kütle aktarımı yapan iki X-ışını atarcasıdır. GX 1+4, 1970'li yıllardan beri gözlenen ve tork tersinmesi göstermiş olan bir kaynaktır. Küçük Macellan Bulutu'nda yer alan SXP 1062 ise magnetar manyetik alanına sahip olan ve Serim et al. tarafından bir aksama (glitch) gösterdiği keşfedilen bir atarcadır. Bu bildiriye, bu iki kaynağın X-ışını gözlem uyduları tarafından elde edilen verilerinin analiz sonuçları tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: stars: neutron, Sıkı Nesnelere

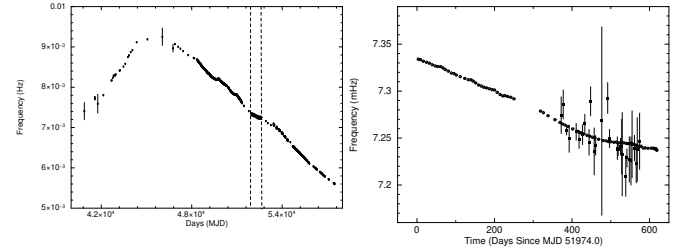
1 Giriş

Kütle aktarımı yapan atarcalar, çift yıldız sistemlerinde yer alan genellikle normal (dejenere olmayan) bir eş yıldıza (optik bileşene) ve yüksek manyetik alanlara sahip nötron yıldızlarıdır. Bu tür atarcaların yüksek manyetik alanları, eş yıldızdan aktarılan kütle için atarcanın manyetik kutuplarına yönelmesine sebep olur. Manyetik kutup bölgesi civarına düşen bu kütle için kaybedildiği kütleçekim potansiyel enerjisi ise bu atarcaların X-ışını ışımasının enerji kaynağıdır. Aktarılan kütle için sadece manyetik kutup bölgeleri civarına düşmesi -eğer manyetik eksenle dönüş eksenini farklıysa- bu nötron yıldızlarında atımlar oluşmasının -yani atarca olmalarının- nedenidir.

Kütle aktarımı yapan atarcaların elektromanyetik tayfın X-ışını bölgesindeki tipik ışınım güçleri $\sim 10^{35} - 10^{38}$ erg/s mertebelerinde olup bu ışınımın kaynağı olan kütle aktarımının oranı da $\sim 10^{-11} - 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ aralığındadır. Bu kaynaklar, geçici ya da kalıcı olabilirler. Geçici kaynaklar arasında Tip I (genellikle her enberi düzenli tetiklenen) parlamalar ve/veya Tip II (daha seyrek ve düzensiz ama genellikle daha parlak ve uzun süren) parlamalar gösteren kaynaklar bulunmaktadır.

Kütle aktarımı hiç şüphesiz ki çift yıldız sistemlerinde bulunan nötron yıldızlarının "dışarıyla" (çevreleriyle) etkileşiminin birincil sürecidir. Kütle aktarımı, sadece X-ışını ışınım gücünün kaynağı değil aynı zamanda sistemin bileşenleri arasındaki açısal momentumun aktarımının da kaynağıdır. Böylece, kütle aktarımı yapan bir atarcanın üzerine uygulanan kütle aktarımından kaynaklanan torklar, atarcanın kendi etrafında dönüş (spin) frekansının zaman içinde değişimine yol açar (örneğin bkz. Ghosh & Lamb (1979)).

Bu bildiriye konusu edilen iki kütle aktarımı yapan atarcadan ilki uzun yıllar gözlemleri yapılmış Gökada kaynağı GX 1+4'tür. İkinci kaynağa, Serim et al. (2017c) tarafından aksama yaptığı keşfedilen Küçük Macellan Bulutu'nda yer alan SXP 1062 isimli atarcadır.



Şekil 1. Üst panelde GX 1+4'ün tüm frekans zaman serisi gösterilirken kesikli çizgiler arasındaki bölgedeki ölçümlerin (alt panelde büyütülmüş hali görülmekte) küçük hatalı olanları RXTE-PCA gözlemlerinin analizi sonucunda elde edilmiştir (Bu şekil Serim et al. (2017b) referansından alınmıştır).

2 GX 1+4

2.1 Kaynak Hakkında

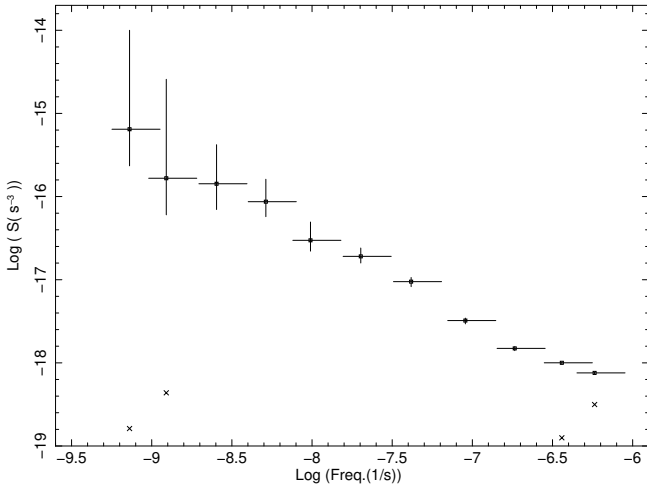
GX 1+4, 120 saniye civarında spin periyoduna sahip 1970'li yılların başlarından beri gözlenen bir kaynaktır (Lewin et al. 1971). 1970'lerden 1980'lerin başına kadar hızlanan (spin frekansı artan) kaynak bir süre gözlenemediği düşük ışınım gücü döneminin ardından 1980'lerin sonundan itibaren genellikle yavaşlamıştır (Makishima et al. 1988; González-Galán et al. 2012).

Bizden uzaklığı yaklaşık 4.3 kpc olarak kestirilen GX 1+4'ün optik bileşeni Roche yuvarını doldurmayan M6III tipi bir kırmızı dev yıldız olan V2116 Oph'dir (Hinkle et al. 2006). Optik bileşeni bilirse de GX 1+4'ün yer aldığı bu sistemin yörünge periyodu kesin olarak bilinmemektedir. Yörünge periyodu için önerilen iki değer X-ışını gözlemlerinden 304 gün (Braga et al. 2000) ve sert X-ışını (Ikiewicz et al. 2017) ile kızılötesi (Hinkle et al. 2006) gözlemlerinden de 1161 gün civarındadır.

GX 1+4, kütle aktarımı yapan atarcalar içinde simbiyotik X-ışını çiftinde yer aldığı tespit edilen ilk atarcadır (Corbet et al. 2008). Üstelik yine simbiyotik X-ışını çiftleri içinde radyo ışınımı yaptığı tespit edilen ilk kaynak da GX 1+4 sistemidir (van den Eijnden et al. 2018).

GX 1+4'ün yüzey dipol manyetik alanı için de iki kestirim vardır: Marjinal bir siklotron çizgisinden elde edilen $\sim 10^{12}$

★ scinam@gmail.com



Şekil 2. GX 1+4 kaynağının frekans türevlerinin güç tayfı. Çarpı işaretli noktalar ölçümsel gürültü seviyesini belirtmektedir (Bu şekil Serim et al. (2017b) referansından alınmıştır).

Gauss (Cui & Smith 2004) ve standart disk kuramından elde edilen $\sim 10^{13} - 10^{14}$ Gauss (Ferrigno et al. 2007).

2.2 Güncel Zamanlama Sonuçları

GX 1+4 kaynağının RXTE-PCA ve CGRO-BATSE gözlem verilerinin analizine dayanan güncel çalışmalarda (Serim et al. 2017b,a) kaynakla ilgili yeni sonuçlar elde edilmiştir.

Bu sonuçların ilki kaynağın uzun dönemli spin frekans serisine yapılan katkıdır (bkz. Şekil 1). İkinci sonuç kırmızı gürültüyle uyumlu olduğu daha önce de ortaya konmuş olan spin frekans türevlerinin güç tayfının (yani tork gürültüsünün) 31 günden 44 yıla uzanan zaman ölçeğinde hesaplanmış olmasıdır (bkz. Şekil 2).

Ayrıca yine bu kaynak için ilk kez olarak spin frekans türeviyle X-ışını akısı arasında dönemsel ilinti ve ters ilinti olduğu ve bu ilinti ve ters ilintisi dönemlerinin değişiminin kaynağın önerilen yörünge periyotlarından biri olan 1104 gün civarında olmasıdır (bkz. Şekil 3)

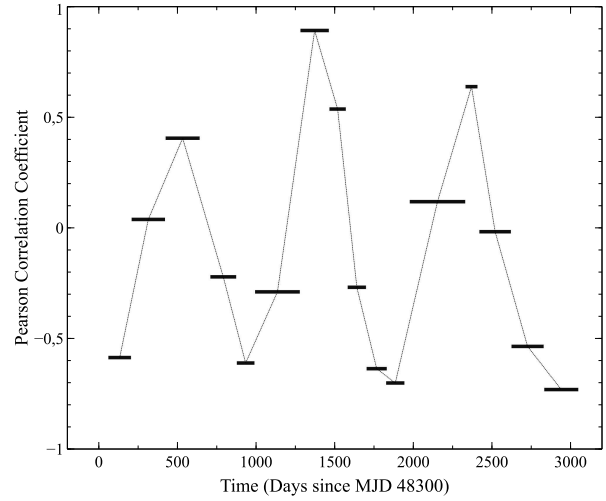
3 Aksamalar Hakkında Genel Bilgi ve SXP 1062 Kaynağında Keşfedilen Aksama

3.1 Aksamalara Genel Bakış

Şimdiye kadar sadece tek (izole) atarcalarda tork gürültüsü, yavaşlama oranı ve yavaşlamanın daha yüksek dereceli türevleri, atarca yaşı ve atarcanın dinamik yapısı hakkında temel bilgiler verirken; "aksama" (glitch) olarak adlandırılan frekans-taki ani sıçramalar bu kaynakların iç yapılarıyla ilgili ipuçları vermektedir.

Aksama, atarca uzun dönemli düzgün yavaşlamasını sürdürürken hızlı bir şekilde frekansının artışı (hızlanması) olarak kendini gösterir. Aksamalarda tipik kesirsel frekans değişimleri $\sim 10^{-11} - 10^{-5}$ mertebesindeyken (Espinoza et al. 2011), kesirsel frekans türevi değişimleri ise $\sim 10^{-4} - 10^{-1}$ aralığındadır (Yu et al. 2013; Dib & Kaspi 2014).

Aksamayla ilgili yaygın kabul edilen kurama göre (örneğin bkz. Alpar et al. (1993)), kabuktaki normal maddeyle süperakışkan maddenin dönümleri arasındaki bir gecikmeden kaynaklanır. Daha doğrusu, üzerine yavaşlatıcı tork etki eden ka-



Şekil 3. Frekans türevi ve akı arasındaki Pearson ilinti katsayısının değişimi. İlinti analizi $\sim 100 - 200$ gün uzunluğundaki CGRO-BATSE gözlem aralıkları için incelenmiştir (long intervals of CGRO-BATSE observations of GX 1+4. Bu şekil Serim et al. (2017b) referansından alınmıştır).

buk yavaşlarken açısal momentumunu girdaplarla taşıyan süperakışkan madde hemen yavaşlamaz. Bu gecikme belli bir kritik değeri aşınca kabuğa raptiyelenmiş süperakışkan girdaplar buldukları konumdan dışarı (nötron yıldızı yüzeyine doğru) hızlıca hareket ederler. Böylece bu "gerginlik" sona erer. Bu süreç ise atarcanın frekansında ani bir sıçramaya sebep olur.

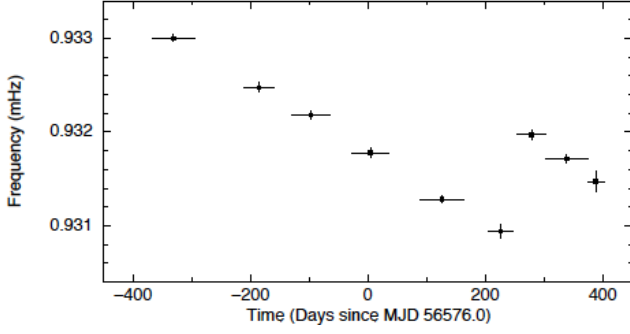
3.2 Kaynak Hakkında

Küçük Macellan Bulutu'nda yer alan SXP 1062 atarcası, keşfedildiğinde 1062s spin periyoduna sahipti (Hénault-Brunet et al. 2012). Kütle aktarımı yapan bu atarcanın yörünge periyodunun 656 gün civarında olduğu keşfedilmişti (Schmidtke et al. 2012). Yavaş bir atarca olmasına rağmen yaşı 10-40 k yıl civarında olan SXP 1062, hem genç bir atarca olması hem de bir süpernova kalıntısı içinde yer almasıyla dikkat çekmektedir.

3.3 Keşfedilen Aksama

SXP 1062 atarcasının Serim et al. (2017c) tarafından keşfedilen aksaması, kütle aktarımı yapan atarcalar arasında ilk kez keşfedilen aksamaydı. Swift, XMM-Newton ve Chandra verilerinin analizi sonucunda elde edilen toplam 750 güne dağılan gözlemlerin dikkatli zamanlama analizi sonucunda elde edilen frekans zaman serisinde de bu aksama net olarak görülmektedir (bkz. Şekil 4).

Serim et al. (2017c), frekans serisindeki bu sıçramanın aksamadan başka bir açıklaması olamayacağını tartışmaktadır: Aksamanın olduğu dönemde X-ışını akısında anlamlı bir değişim gözlenmemiştir (aksama öncesi gözlenen parlama ise böyle bir etki yaratamayacak niteliktedir). Bu durum, kütle aktarım oranının da önemli bir değişim göstermediğinin göstergesi olup kütle aktarımından kaynaklanan dış torklarda herhangi bir anlamlı artışın olması mümkün görülmemektedir.



Şekil 4. SXP 1062 kaynağının spin frekansı zaman serisi. Keşfedilen aksama net olarak görülebilmektedir (Bu şekil Serim et al. (2017c) referansından alınmıştır).

4 Tartışma

GX 1+4 ve SXP 1062 kaynakları ilginç zamanlama özelliklerini göstermiş iki kütle atarımı yapan atarcadır. Bilinen en eski X-ışını atarcalarından biri de olsa, GX 1+4 hem kısa hem de uzun dönemli zamanlama özellikleriyle ilgi çekici olmaya devam etmektedir. GX 1+4 kaynağının kütle aktarım kuramlarının anlaşılması ve geliştirilmesi için laboratuvar olma niteliğini koruyacağını öngörmek hiç yanlış olmaz.

SXP 1062 kaynağıysa, gösterdiği emsalsiz aksamasıyla dik-katleri kendine çekmiştir. SXP 1062'nin yavaş ona rağmen genç olması ve radyo atarcalarına benzer şekilde düzgün yavaşlaması bu atarcayı gözleyebilmemizi mümkün kılmış olabilir. Gelecekte diğer kaynaklarda gözlenecek aksamalar, kütle aktarım yapan atarcaların iç yapılarına ışık tutmaya devam edecektir.

Kaynaklar

- Alpar M. A., Chau H. F., Cheng K. S., Pines D., 1993, *ApJ*, 409, 345
- Braga J., Pereira M. G., Jablonski F. J., 2000, in McConnell M. L., Ryan J. M., eds, American Institute of Physics Conference Series Vol. 510, American Institute of Physics Conference Series. pp 188–192 ([arXiv:astro-ph/9912519](https://arxiv.org/abs/astro-ph/9912519)), [doi:10.1063/1.1303200](https://doi.org/10.1063/1.1303200)
- Corbet R. H. D., Sokoloski J. L., Mukai K., Markwardt C. B., Tueller J., 2008, *ApJ*, 675, 1424
- Cui W., Smith B., 2004, *ApJ*, 602, 320
- Dib R., Kaspi V. M., 2014, *ApJ*, 784, 37
- Espinoza C. M., Lyne A. G., Stappers B. W., Kramer M., 2011, *MNRAS*, 414, 1679
- Ferrigno C., Segreto A., Santangelo A., Wilms J., Kreykenbohm I., Denis M., Staubert R., 2007, *A&A*, 462, 995
- Ghosh P., Lamb F. K., 1979, *ApJ*, 234, 296
- González-Galán A., Kuulkers E., Kretschmar P., Larsson S., Postnov K., Kochetkova A., Finger M. H., 2012, *A&A*, 537, A66
- Hénault-Brunet V., et al., 2012, *MNRAS*, 420, L13
- Hinkle K. H., Fekel F. C., Joyce R. R., Wood P. R., Smith V. V., Lebzelter T., 2006, *ApJ*, 641, 479
- Ikiewicz K., Miko lajewska J., Monard B., 2017, *A&A*, 601, A105
- Lewin W. H. G., Ricker G. R., McClintock J. E., 1971, *ApJL*, 169, L17
- Makishima K., et al., 1988, *Nature*, 333, 746
- Schmidtke P. C., Cowley A. P., Udalski A., 2012, *The Astronomer's Telegram*, 4596
- Serim M. M., Sahiner S., Cerri-Serim D., Inam S. C., Baykal A., 2017a, *arXiv e-prints*
- Serim M. M., Şahiner Ş., Çerri-Serim D., Inam S. Ç., Baykal A., 2017b, *MNRAS*, 469, 2509

Serim M. M., Şahiner Ş., Cerri-Serim D., Inam S. Ç., Baykal A., 2017c, *MNRAS*, 471, 4982

Yu M., et al., 2013, *MNRAS*, 429, 688

van den Eijnden J., Degenaar N., Russell T. D., Miller-Jones J. C. A., Wijnands R., Miller J. M., King A. L., Rupen M. P., 2018, *MNRAS*, 474, L91

Erişim:

O25-1650: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).