

伴星による X 線連星の特徴の違い Distinctive features of X-ray binaries for companion stars

○榊原大貴¹, 根来均²*Hiroki Sakakibara¹, Hitoshi Negoro²

Abstract: We review the classification of the X-ray binaries and the X-ray emission process for various types of companion stars. A newly discovered, intermediate supergiant fast X-ray transient, SFXT, with a supergiant companion is also shown.

1. はじめに

X 線連星系はコンパクト天体（ブラックホールや中性子星）の主星と主系列星の伴星から構成されている。このコンパクト天体は伴星のガスの一部を取り込む際に X 線を放出する。その X 線の波形やタイムスケールは、コンパクト天体がブラックホールか中性子星かによって異なる。また、伴星の質量によっても小質量 X 線連星（low-mass X-ray binaries）や大質量 X 線連星（high-mass X-ray binaries もしくは supergiant high-mass X-ray binaries）と分類される。加えて、最近の観測から典型的な SGXBs とは異なる天体が発見されている。本文はそのことをまとめたレビューである。^[3]

2. X 線連星系

2-1. X 線連星系の分類

X 線連星系はコンパクト天体（主星）と主系列星（伴星）から構成され、伴星の質量により分類される。伴星が A 型星よりも晩期型で質量が太陽程度の小さな星のタイプを小質量 X 線連星 LMXBs（low-mass X-ray binaries）と呼んでいる。一方伴星が、O 型や B 型で質量が太陽の 10 倍以上もある大きな星のタイプは大質量 X 線連星 HMXBs（high-mass X-ray binaries）と呼んでいる。この中でも伴星が超巨星の場合、supergiant high-mass X-ray binaries（SGXBs）と分類している。伴星の質量により寿命が決まることから、LMXBs は古いシステム、HMXBs は若いシステムであることがわかる。^[3]

2-2. X 線放射のプロセス

X 線連星が X 線を放つプロセスとしては、巨星の伴星が、コンパクト天体の周りを円（もしくは楕円）軌道で周回する。その際、巨星のガスは部分的にコンパクト天体に取り込まれ、高温高圧になり、X 線を放射する。このことは、直接コンパクト天体に伴星の恒星風が降着するか、Roche-Lobe overflow を経てコンパ

クト天体上の降着円盤になるもののどちらかである。コンパクト天体が常に恒星風の中を周回すると、これらのシステムには、永続的な X 線放射の天体がある。^[5]

2-3. X 線連星系：中性子星の場合

中性子星の場合、磁場の強弱により観測される現象が異なってくる。

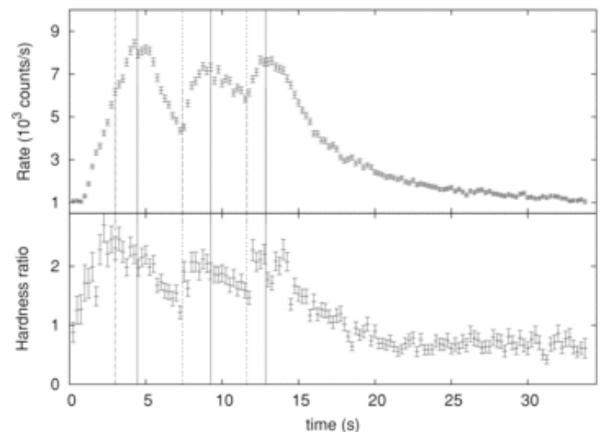


Figure 2. 4U 1636-53 の X 線バースト（2-60 keV）（2006 年 12 月 11 日 18:23:25 UTC）^[6]

磁場が弱い場合、降着したガスが中性子星の表面に積もり、圧縮され爆発的な核融合反応を起こす。これが X 線バーストと呼ばれる現象で、繰り返し爆発を起こし、ほんの 1 秒ほどで太陽の 10 万倍もの明るさに輝き、数十秒で暗くなっていく。^[3] 図 1 では、LMXB 4U 1636-53 の 2 - 60 keV のエネルギーバンドでの X 線の強度変化を示している。^[6]

磁場が強い場合、磁気圏が形成され、磁軸方向に高エネルギー光子を放出する。この磁軸と回転軸がずれた時、X 線パルサーとして観測される。^[2]

2-4. X 線連星系：ブラックホールの場合

コンパクト天体がブラックホール候補天体だった場合、観測される X 線はソフトステート（X 線の中でも比較的波長の長い軟 X 線を多く含む）とハードステ

1：日大理工・院・物理， 2：日大理工・教員・物理

イト (X 線の中でも比較的波長の短い硬 X 線を多く含む) の 2 つの状態を示すことが知られており、この 2 つの状態を遷移する天体が多く見られる。

3. SGXBs の新たなサブクラス

3-1. Supergiant high-mass X-ray binary (SGXB)

2002 年 10 月 17 日に打ち上げられた人工衛星 INTEGRAL の追観測により、SGXBs の SAX J1818.6-1703 が新しいサブクラスにあたることが分かった。その特徴として、X 線光度が明るくなるフレアの期間が数時間ほどあるが、それ以外の時は非常に低いレベル (ソースの放射検出が不可能) まで下がってしまう、これらの特徴からこれらの天体を *supergiant fast X-ray transient (SFXT)* と名付けられた。図 2 では、SAX J1818.6-1703 の 22 - 50 keV でのエネルギーバンドでの X 線の光度曲線を示している。^[5]

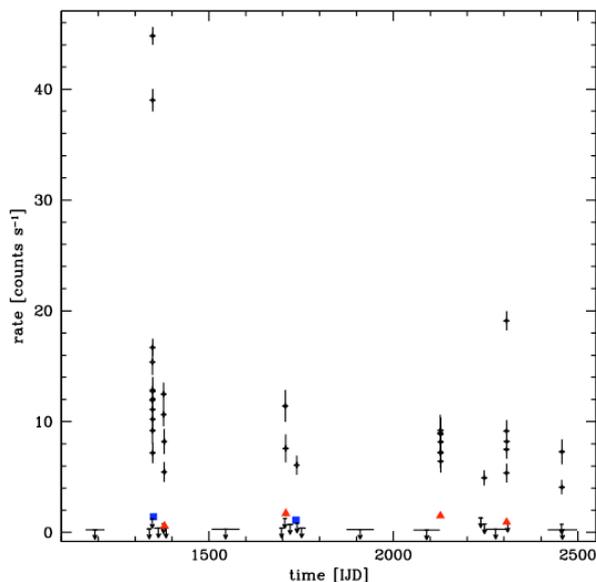


Figure 1. SAX J1818.6-1703 の 22 ~ 50 keV の光度曲線。^[5]

3-2. Intermediate supergiant fast x-ray transient

長期間の INTEGRAL モニタリングによって観測された IGR J17354-3255 は平均 flux が ~18 mCrab (18 - 60 keV) であった。活動的な時、数時間スケールで変化し、その点においては、SFXTs クラスに当てはまる。しかし活動的な範囲が通常の SFXTs が $10^3 - 10^4$ mCrab を示すのに対して 21 - 200 mCrab (18 - 60 keV) と 311 mCrab (0.2 - 10 keV) の低い値を示した。このことから典型的な SFXT ではないと考えられた。そして、新たに *intermediate supergiant fast X-ray transient* 系が提案され、その候補天体となっている。^[4]

4. 今後の課題

それぞれの物理現象がどのようなメカニズムで発生しているのかの理解を深め、典型的な SGXBs と SFXTs や *intermediate SFXTs* のようなサブクラスの X 線強度やタイムスケールに違いを及ぼしている要因を導き出すことが今後の課題である。

5. 参考文献

- [1] 北本俊二：「X 線で探るブラックホール X 線天文学入門」, 1998 年
- [2] 嶺重慎：「ブラックホール天文学入門」, 2005 年.
- [3] 福江純：「輝くブラックホール降着円盤 降着円盤の観測と理論」, 2007 年
- [4] V.Sguera, S.P.Drave, A.J.Bird, A.Bazzano, R.Landi and P.Ubertini : “IGR J17354-3255 as a candidate intermediate supergiant fast X-ray transient possibly associated with the atansien MeV AGL J1734-3310”, *Mon.Not.R.Astron.Soc*, Vol.417, pp573-579, 2011.
- [5] J.A.Zurita Heras and S.Chaty : “Discovery of an eccentric 30 day period in the supergiant X-ray binary SAX J1818.6-1703 with INTEGRAL”, *A&A*, Vol.493, L1-L4, 2009
- [6] Guobao Zhang, Mariano Méndez, Diego Altamirano, Tomaso M. Belloni, Jeroen Homan : “A very rare triple-peaked type-I X-ray burst in the low-mass X-ray binary 4U 1636-53”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.398, pp368-374, 2009