

O-12

ブラックホール候補天体の状態遷移と質量降着率の関係の再検証 Reinvestigation of the relation between the state transition and the mass accretion rate in the black hole candidates.

増満 隆洋¹, 根来 均²*Takahiro Masumitsu¹, Hitoshi Negoro²

Abstract : The state transitions observed in the black hole candidates (BHCs) are thought to result from changes in the mass accretion rate. By investigating the relation between the state transition and the mass accretion rate, it was found that the peak flux of the outburst was nearly proportional to the time since the flux peak in the previous outburst[1], and that high/soft state-to-low/hard state transition luminosity was 1-4% of the Eddington luminosity [2]. We re-examined these relations using the MAXI/GSC data of two BHCs GX339-4 and H1743-322, and confirmed the latter relation. The former relation was not confirmed, however, in both BHCs.

1 序

ブラックホール候補天体 (BHCs) 等の X 線天体は、伴星からのガスで形成される降着円盤の質量降着率によって 2 つの状態、ソフト状態 (High/Soft state, HSS) とハード状態 (Low/Hard state, LHS) を遷移すると考えられている。そのうち HSS から LHS へ遷移する際の光度から、BHC の距離を見積もることができる可能性がある。本研究では、この関係を最新の観測データを用いて検証し、これまでに全天 X 線監視装置 MAXI によって発見された 6 つの BHC の距離を見積もることを最終目的としている。

これまでに、Yu らによる、アウトバースト時の LHS のピーク光度はこれまでの静穏期の長さ に比例し、その光度は HSS のピーク光度にも比例するという関係 [1] と、Maccarone による、HSS から LHS へ遷移する際の光度がエディントン光度³ の 1-4% にあるという関係 [2] が知られている。今回、我々はこれらの関係について、彼らが検証に用いたブラックホール候補天体 GX339-4 と、MAXI がこれまでに最も多くのアウトバーストを観測してきたブラックホール候補天体 H1743-322 の観測データを用いて再調査をした。

2 解析

2.1 MAXI/GSC で観測された天体の光度曲線の再検討

MAXI に搭載されている検出器 GSC の観測データを解析するにあたり、目標天体の周辺領域の強度をバックグラウンドとして用いて、その天体強度を評価した

場合、その周辺領域が観測できなかった時は、あたかも天体の増光があるようになってしまう問題がある。そこで今回、このバックグラウンドの引き方を見直すために、目標天体の周辺領域を含めた画像フィット方式 [3] で強度を見積もった。これにより、銀河面 (リッジ) からの X 線放射による定常成分を含めた強度変化をより正しく評価することができた。また、各スキャン毎のイメージと光度曲線を描くプログラムを作成して、観測データが最大限有効活用されているか否かも確認した。

2.2 状態遷移の時期の決定

GX339-4 に対しては、NASA の X 線天文衛星 RXTE に搭載されている検出器 ASM で観測された 5 回のアウトバーストと、GSC で観測された 2 回のアウトバーストを用いて、状態遷移の時期を決めた。また、H1743-322 に対しては、GSC で観測された 8 回のアウトバーストを用いて行った。また両者共に、ハードな成分の強度をより正確に見積もるために、米英伊の X 線天文衛星 Swift に搭載されている検出器 BAT の観測データを使用した。そして、状態遷移の時期を GSC の 4-10keV と BAT の 15-50keV のデータを用いて確認した上で、LHS のピーク時刻を BAT で観測された強度のピーク時刻として求めた。

3 検証

3.1 アウトバーストの増光時の LHS のピーク光度とそれまでの静穏時の時間の長さの関係

ここでは GX339-4 と H1743-322 の観測データを用いて、アウトバーストの増光時の LHS のピーク光度と、それまでの静穏期の時間の長さの関係を調査した。Yu

¹日大理工・院 (前)・物理²日大理工・教員・物理³降着ガスは内側からの放射圧を受けており、この中心天体からの放射圧と重力が等しくなる時の光度

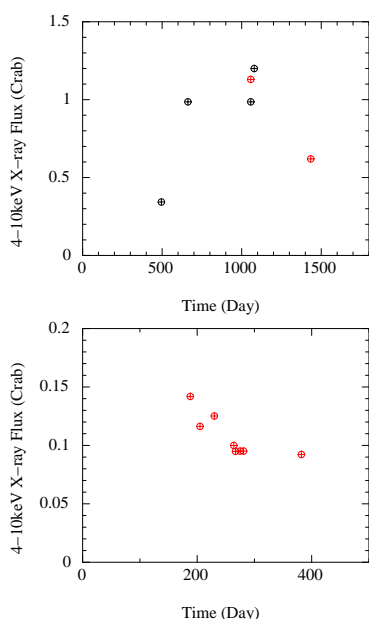


Figure 1: Peak fluxes in individual outbursts vs the time intervals from the previous outburst in GX339-4 (above figure) and H1743-322 (below figure) (red: GSC, black: ASM).

らと同様に、LHS のピーク光度と、前のアウトバースト時のピーク光度から静穏期の長さを求めた。その結果、両天体共にこれまでに指摘されていたような比例関係にあるとはいえないことがわかった (図 1)。

3.2 アウトバーストの増光時の LHS と HSS のピーク光度の関係

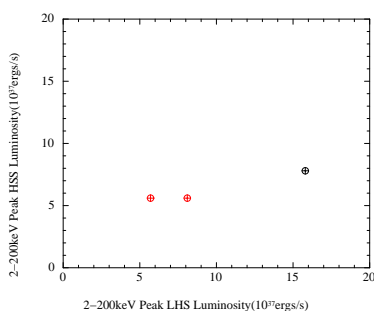
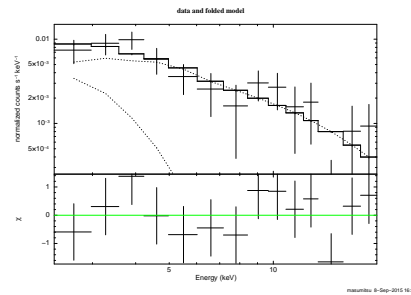


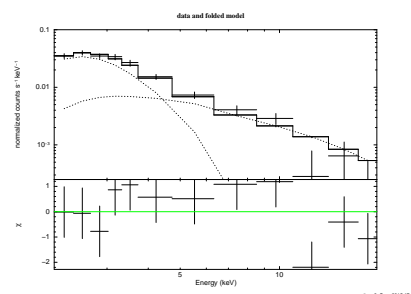
Figure 2: Relation between LHS peak luminosities and HSS peak luminosities in GX339-4 (black: in 2011, red: in 2015 (two values were obtained by two acceptable different spectral models)).

次に GX339-4 の観測データを用いて、アウトバーストの増光した際の LHS と HSS のピーク光度の関係を調査した。HSS へ遷移する時の LHS のピーク光度と HSS 時のピーク光度をそれぞれ求め、HSS の光度はほぼ変わらないが、LHS の光度は 1.5-2 倍異なり、比例関係にあるとはいえないことがわかった (図 2)。

3.3 HSS から LHS へ遷移する際の光度とエディントン光度の関係



(a) 2011/02/06-10



(b) 2015/08/16-20

Figure 3: Energy spectra during HSS-to-LHS transitions in GX339-4.

GX339-4 の観測データを用いて、HSS から LHS へ状態遷移する際の光度とエディントン光度の関係を調査した。LHS へ状態遷移する時の光度を、スペクトル解析を行って求めた (図 3)。その結果、2 回とも 1-4% にあることがわかり、Maccarone の結果を確認することができた。

4 今後の予定

H1743-322 に関しては、残りの関係 (HSS と LHS のピーク光度の比例関係性と、HSS から LHS へ状態遷移する際の光度はエディントン光度の 1-4% にあるという関係) を引き続き検証していく。また、GSC で観測された H1743-322 の過去 8 年分のデータを見ると、LHS から HSS へ遷移せずに、LHS のままであるアウトバーストが全 8 つの中で 4 つ見られた。この LHS から HSS へ状態が遷移するか否かについても、規則性があるか否かを検証する予定である。

参考文献

- [1] W. Yu et al., ApJ, 663, 1309-1314, 2007
- [2] T. J. Maccarone, A&A, 409, 697-706, 2003
- [3] M. Morii et al, PASJ, 68S, 11M, 2016