

Tomo-e Gozen のデータを用いた系内ブラックホール天体の可視光での活動調査

田中雅泰, 小林浩平, 根来 均 (日本大学)

ブラックホールと主系列星で構成されるブラックホールX線連星 (BHB) は、時折、数ヶ月続くアウトバーストを起こす。一方、可視光領域では、アウトバースト中でない静穏時でも短時間の増光現象 (flare) が見られることがある。2022年3月に Tomo-e Gozen で観測した BHB XTE J1118+480 と A0620-00 のデータを用いて相対測光を行った。その結果、ともに過去の静穏期での明るさと同程度の 19.2 等と 17.8 等で受かっていることが確認された。また、短時間の強度変動の有無を調べるため、BG領域の時間的、空間的揺らぎについても調べた。

研究目的

XTE J1118+480 (J1118) と A 0620-00 (A0620) は、それぞれ 1.7 kpc と 1.4 kpc と近く、また、X線での静穏時に可視光のフレアが観測されている [1][2]。そこで 2022年3月9日に 2 fps 15 分間の観測で得られた Tomo-e Gozen (Tomoe) のデータを用いて、まず静穏期中の可視光での明るさを求め、その光度曲線から増光の有無を確認する。また同時に、Tomoe のデータの特徴、特にバックグラウンドの時間変化特性を理解して各種タイムスケールでの変動の検出限界等を把握し、今後の MAXI 等の X線観測データと Tomoe のデータを用いた研究に役立てる。

相対測光による等級の計算

9 枚の stack データからそれぞれ強度を求め、その平均強度と分散から誤差を求めた。周辺半径 1000" 以内に位置する 7 つの恒星の強度も同様に求め、それらの等級から各天体の等級を求めた。

J1118 : M=19.15 (Gaia 等級 19.31)
A0620: M=17.82 (17.47)



図1 XTE J1118+480 とその参照星

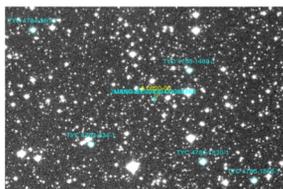


図2 A0620-00 とその参照星

ここで各強度 F は、Radial Profile をガウス関数でフィッティングすることにより求めた。1つのガウス関数ではうまく合わなかったため (図3)、2つのガウス関数の和で評価した (図4)。

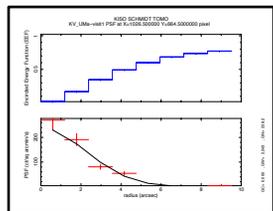


図3 XTE J1118+480 の Radial Profile に 1 つのガウス関数でフィッティングした図

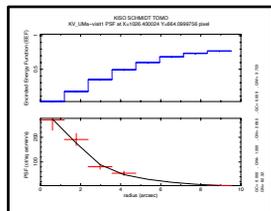


図4 XTE J1118+480 の Radial Profile に 2 つのガウス関数でフィッティングした図

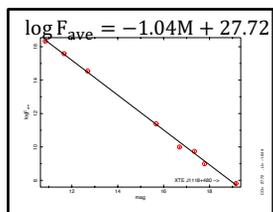


図5 XTE J1118+480 の等級-強度の関係図

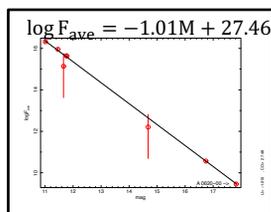


図6 A0620-00 の等級-強度の関係図

Q: ここで、2つのガウス関数の σ は 1.5 arcsec (固定) とフリーに行いましたが、一般に2つのガウス関数で合わせられるのでしょうか? 開口測光で行うのが良いのでしょうか? そのときの半径等のパラメータはどのように決めれば良いのでしょうか? またその時の誤差は分散から見積もるのが適当でしょうか?

短時間変動 (BG) の調査

つぎに Cube データを用いて短時間変動を調べた。

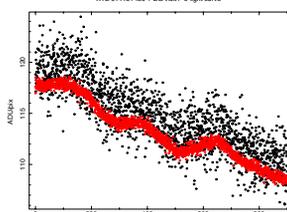


図7 J1118 のデータの天体領域 (黒) と周辺領域 (赤) の強度変化

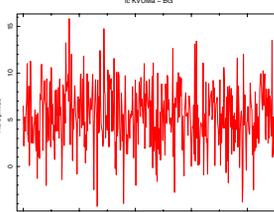


図8 図7のデータのバックグラウンド差し引いた J1118 の光度曲線

Q: Cube データのバイアスやダークの処理はどのようにすれば良いのでしょうか? 図7の対称的な強度の変化の原因は何でしょうか?

観測データの変動特性を調べるため、J1118 の BG 領域の 1 ピクセルでの時間分布と、100 ピクセル平方での空間分布について調べた。



図9 取得したBG領域 (ピンク)

(i) 時間分布の例

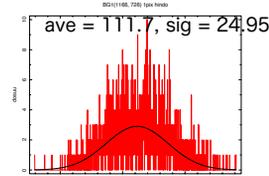
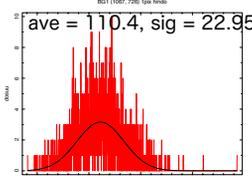


図10 1 ピクセルの 900 秒間での値の分布

(ii) 空間分布の例

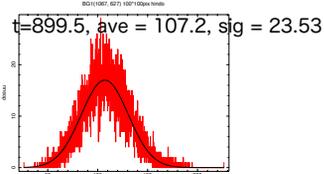
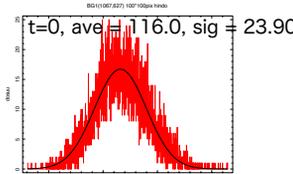


図11 最初と最後の 1 フレーム内 100 ピクセル平方でのピクセルの値の分布

Q: 揺らぐ原因は何でしょうか? 揺らぎの大きさは、ピクセル、温度依存等はなく、ほぼ一定 (約 23 ADU) でしょうか?

参考文献

- [1] T. Shahbaz et al. 2004, Mon. Not. R. Astron. Soc. **354**, 31
- [2] T. Shahbaz et al. 2005, Mon. Not. R. Astron. Soc. **362**, 975