

MAXI と Swift/XRT によるブラックホール候補天体 GRS 1739-278 の解析

須藤 雅之 (芝浦工業大学大学院 システム理工学研究科)

Abstract

GRS 1739-278 の近くには多くの天体があり、MAXI のデータをそのまま解析すると、アウトバーストの前がソフト状態になり、アウトバースト後にハード状態になっていた。これは他の天体の漏れ込みが原因であると考えられた。本研究では GRS1739-278 のアウトバーストの 1 連の変動を解析することが目的である。漏れ込みを取り除いた MAXI のライトカーブと Swift 衛星 XRT 検出器のデータを照らしあわせ、MAXI のデータに信憑性をもたせ、GRS 1739-278 が 2014 年に起こしたアウトバーストの 1 連の変動を追う。

1 GRS 1739-278

GRS 1739-278 は 1996 年 3 月 18 日に Granat 衛星の SIGMA 装置によって 40-75keV で 80mCrab で発見された。この天体の距離は 6~8.5[kpc] である (Borozdin & Trudolyubov 2000)。場所は銀河中心近く (lb)=(0.7,1.2) であり、近くに多くの天体が存在する。図 1 に MAXI のイメージ図を載せた。GRS 1739-278 は 2014 年 3 月に 2 度目の増光を起こした。MAXI がこの増光を観測していたが、他の天体からの漏れ込みが確認された。そこで Swift 衛星搭載 XRT 検出器でデータ解析を行っている。しかし、XRT 検出器のデータは追観測であるため期間が短く、アウトバーストの前のデータが存在しない。そこで、漏れ込みを取り除いた MAXI のライトカーブと XRT のデータを照らし合わせ、漏れ込みをのぞいた MAXI のデータに信憑性をもたせたい。そうすることで、MAXI のデータを使い GRS 1739-278 の増光の 1 連の変動を追う事ができると考えた。

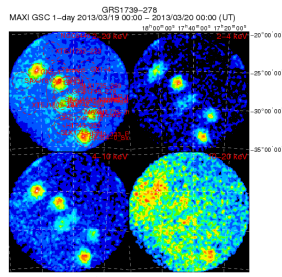


図 1: MAXI による GRS 1739-278 の X 線画像

2 BH の概要

ニュートン力学では、質量 (M) の質点が半径 (r) の位置に作る重力場 (g) は、重力定数を G として

$$g = -\frac{GM}{r^2} \quad (1)$$

であり、重力ポテンシャルは $-GM/r$ である。このポテンシャルの中心にめがけて無限遠から、質点 (m) が落下するときの速度 (自由落下) は、 $v = \sqrt{2GM/r}$ である。これは中心に近づくにつれ増大し、シュバルツシルト半径と呼ばれる値

$$R_s = -\frac{2GM}{c^2} = 2.9 \left(\frac{M}{M_\odot} \right) \quad (2)$$

で光速 c に達する。これは式 (2.1) が原点 (r) に近づくと、いくらでも強くなるためである。

シュバルツシルトはアインシュタイン方程式を、中心にのみ質点があり、その周囲の空間は等方的という条件を解いた、それがシュバルツシルト解 (1916) である。それによると位置 (r) においた時計の刻む時間の間隔 ($d\tau$) と、無限遠方の観測者が計る時間の間隔 (dt) の間には

$$d\tau = \left(1 - \frac{R_s}{r} \right)^{\frac{1}{2}} dt \quad (3)$$

という関係がなりたつ、つまり物体が式 (2.2) のシュバルツシルト半径に近づくと、強い重力場のため、そこでの時間経過が遅くなるように見え、速度はいつまでも光速を超えない。 $r < R_s$ では、式 (2.3) の

比例係数は虚数となり、そのままでは物理的な意味を失う。適当に変数を変えて評価すると、この領域では、いかなる光線も R_S より外側には出られず、 R_S より内側の世界は、外側からは永久に知る事のできない領域となる。

そこでシュバルツシルト半径と中心の質量を併せた概念がブラックホールである。

3 解析

3.1 BH のスペクトルモデル

power-law モデルは光学的に薄い降着円盤から放射された X 線が BH 周辺のコロナの中で逆コンプトン散乱を繰り返した状態を表したモデルである。その式はエネルギー E に対して $A(E) = KE^{-\Gamma}$ で表され、パラメータは光子指数 Γ と normalization K [$\text{ph s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{keV}^{-1}$] の放射光子数である。ハード期間後半で使用した disk blackbody (diskbb) (Mitsuda, K. et al. 1984) モデルは、光学的に厚く幾何学的に薄い降着円盤が黒体放射する時のスペクトルを表す標準降着円盤 (Shakura, N. & Sunyaev, R. 1973) のモデルで、半径 r における円盤の局所温度 $T(r)$ が $T(r) = T_{\text{in}}(r_{\text{in}})^{\frac{3}{4}}$ である多温度黒体放射の重ね合わせである。パラメータは、降着円盤の最も内側の温度である T_{in} と、降着円盤の最も内側の半径である normalization (norm) である。norm は円盤の内縁半径を r_{in} [km]、軌道傾斜角を i 、天体までの距離を D [kpc] として $\text{norm} = (r_{\text{in}}/1\text{km})^2 / (D/10\text{kpc})^{-2} \cos i$ で表される。

3.2 データ解析

XRT のデータを $\text{wabs}*(\text{diskbb}+\text{pow-law})$ モデルで評価した。fitting の際、 N_{H} にばらつきがあったので $N_{\text{H}} = 2.0 \times 10^{22} [\text{個}/\text{cm}^2]$ で固定した。また MJD56850 以降は、pow-law の Γ を 2.0 に固定した。また軌道傾斜角は 60° と仮定して計算した。fitting で得られたパラメータを 図 2 に示した。また各成分の flux を 図 3 に示した。

まずパラメータ r_{in} が高くなっている MJD56755 付近に着目する。この状態は T_{in} が $1[\text{keV}]$ より低

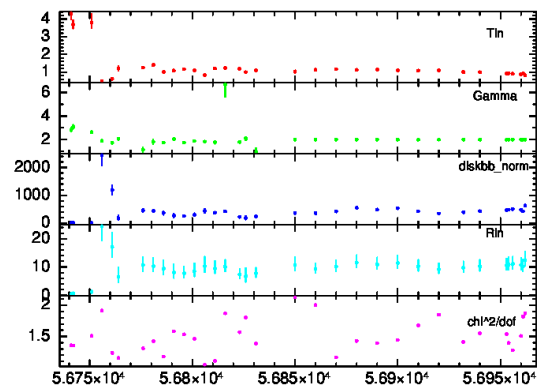


図 2: diskbb+pow-law で得られたパラメータ

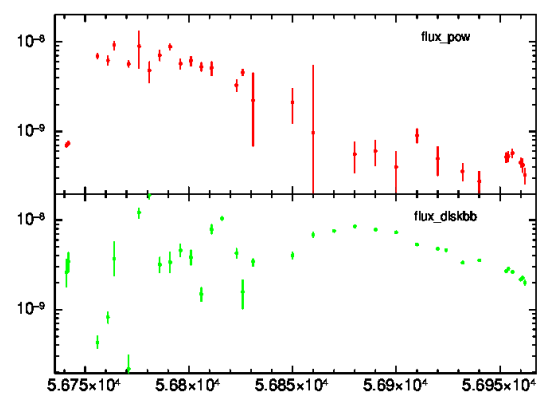


図 3:

diskbb と pow-law の各成分の $1.0 \sim 10.0\text{keV}$ の flux [$\text{erg}/\text{cm}^2/\text{s}$]

く、 r_{in} が非常に大きく、これは BH の high/soft state とした。high/soft 状態とは、降着円盤の放射より、周りのコロナからの放射が強い事を意味する。また、high/soft 状態の後 (MJD 56764 以降) は降着円盤からの放射が目立つようになってくる。ここ以降は、LS 状態とした。次に注目するのは MJD56740 付近の 2 点の期間である。ここは、 T_{in} が高く、 Γ も高い。BH が HS 状態になる前ということもあり、現在は Very High State (VHS) ではないかと思っている。VHS とは、降着円盤からの放射を逆コンプトン散乱しているという解釈で説明できる現象 (Kubota 2001) である。

4 今後について

XRT のデータに逆コンプトン散乱モデル (simpl) でフィットを行っていき、VHS の状態について詳し

2015 年度 第 45 回 天文・天体物理若手夏の学校

く解析する。また MAXI の漏れ込みを取り除く森井フィットを用いて、MAXI のライトカーブを作り、XRT のデータと照らし合わせて行く。

Acknowledgement

基礎物理学研究所 (研究会番号 : YITP-W-15-04)
及び国立天文台からのご支援に感謝いたします。

Reference

Matsuoka, M et al. 2009, PASJ, 61, 999

Borozdin, K. N. & Trudolyubov, V. 2000 APJ 533 L131

Mitsuda, K. et al. 1984, PASJ, 36, 741

Shakura, N. & Sunyaev, R. 1973, A ,355, 271

Kubota et al. 2001,