

MAXI で求めた 4U 1626–67 のパルス周期の変化率と 光度を用いた距離の推定

高木 利紘 (日本大学大学院 理工学研究科)

Abstract

我々は MAXI/GSC で観測された 4U 1626–67 のデータを用いて、4U 1626–67 のパルス周期の変化率と光度の関係を調べた。MJD 55110 (2009/10/6) から MJD 56550 (2013/9/15) までを 60 日ごとに区切って folding 解析を行い、60 日ごとのパルス周期とその変化率を求めた。パルス周期の変化率は光度の増加と共に、1.3 倍増えていることを発見した。そこで、Ghosh and Lamb (1979) の光度とパルス周期の変化率の関係をj用いて距離の推定を行ったところ、4U 1626–67 までの距離を約 9 kpc と推定できた。過去の他の観測機器による観測データでも同様に距離の推定を行ったところ、MAXI で得られたものとはほぼ同等な値を得ることができた。

1 Introduction

4U 1626–67 は 7.6 秒のパルス周期 (P) を持った、低質量 X 線連星パルサーである (Rappaport et al. 1977)。パルス周期が発見されてから、ほとんど一定のパルス周期の変化率 (\dot{P}) で P が短くなっていったが、1990 年に \dot{P} の符号が反転し、 P が長くなっていく期間になった (Chakrabarty et al. 1997)。2008 年 2 月に再び \dot{P} の符号が反転して P が短くなっていく期間になり、現在も継続中である (Camero-Arranz et al. 2010)。2008 年に \dot{P} の符号が反転した際には光度が 2.5 倍増え、現在は約 30 mCrab で輝いている。この天体の中性子星の磁場強度は、エネルギースペクトル中にサイクロトロン共鳴が発見され、 $B = 3.2 \times 10^{12} (1 + z_g)$ と求められている (Orlandini et al. 1998)。 z_g は重力赤方偏移である。この天体までの距離は、降着円盤の X 線反射率と可視光の光度を用いて 5–13 kpc と求められているだけで、詳細な距離は決まっていない。

MAXI では天体の光度、 P と \dot{P} を求めることができ、中性子星の磁場強度もわかっているjので、天体の光度と \dot{P} の関係を表した Ghosh and Lamb (1979) の式を適用することができる。そこで、詳しく求まっていない距離の推定を行った。

2 Observations

全天 X 線監視装置 MAXI は国際宇宙ステーションに搭載された X 線の全天監視装置で、国際宇宙ステーションの軌道周期 92 分で全天を 1 回スキャン観測している。常に MAXI は 92 分ごとに全天を観測しているjので、長期の時間変動や突発天体の観測に適している。MAXI には GSC と SSC の 2 つの観測装置が搭載されており、それぞれ 2–20 keV と 0.7–7.0 keV のエネルギー帯をカバーしている。今回は GSC の MJD 55110 (2009/10/6) から MJD (2013/9/15) までのデータを用いて解析を行った。

3 Analysis

4U 1626–67 は 30 mCrab と暗いが定常的に輝いているjので、光子統計を稼ぐために 60 日のデータをまとめて解析を行い、精度の良い P と \dot{P} の検出を試みた。X 線イベントのデータは天体から半径 1.5 度の範囲から抽出し、バリセントリック補正を行って時刻の補正を行った。この際に、バックグラウンドの差引は行っていない。

P と \dot{P} は、 P と \dot{P} を共に変化させて folding 解析を行い、 P と \dot{P} の検出の有意度 (χ^2) のコントアを作成し、 P と \dot{P} が最も有意に検出される時 (χ^2 が最大) の値とした。エネルギー帯は 1 番パルスが有

意に検出できた 2–10 keV を用いた。また、folding 解析の時の Epoch は 60 日間の中心とし、60 日間では \dot{P} は一定であると仮定した。MJD 55230 から MJD 55290 までの 60 日間では、 $P = 7.677863(2)$ s、 $\dot{P} = -(2.60 \pm 0.10) \times 10^{-11}$ s s $^{-1}$ と求めることができた。 P と \dot{P} のエラーは χ^2 の値が最大値の 80% になる範囲として求めた。同様の手順で他の期間でも P と \dot{P} を求めることに成功し、MJD 55110 から MJD 56550 までの 60 日間ごとの P と \dot{P} を得ることができた (図 1)。

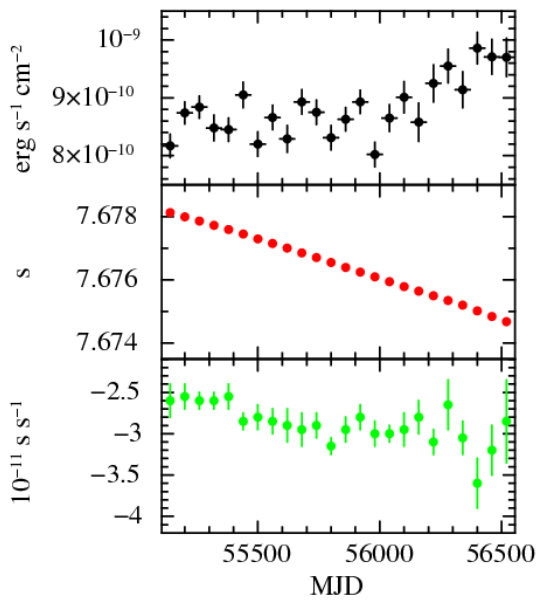


図 1: 4U 1626–67 の光度、 P と \dot{P} 。

4 Method

Ghosh and Lamb (1979) では降着駆動型の X 線連星パルサーの中性子星の \dot{P} と光度の関係を表す式が導かれており、主なパラメータは、中性子星の磁場強度 (B)、パルス周期 (P)、周期の変化率 (\dot{P}) である。式は以下の通りである。

$$-\dot{P} = 5.0 \times 10^{-5} \mu_{30}^{2/7} n(\omega_s) S_1(M) P^2 L_{37}^{6/7} \text{ s yr}^{-1} \quad (1)$$

ここで、 μ_{30} は 10^{30} G cm 3 単位の磁気双極子モーメント、 L_{37} は 10^{37} erg s $^{-1}$ 単位の光度、 $n(\omega_s)$ はスピンパラメータ ω_s の関数、 $S_1(M)$ は中性子星の構造関数である。磁気双極子モーメント μ は以下の式より求めた。

$$\mu \sim \frac{1}{2} B r^3, \quad (2)$$

5 Result

我々は式 (1) を 4U 1626–67 に適応することで、その時の \dot{P} から光度 (L_{GL}) を見積もることができる。この L_{GL} を得られたすべての \dot{P} において求め、この値と MAXI で観測された光度 (F_X) の関係を示す以下の式を用いて距離の推定を行った。

$$F_X = \frac{L_X}{4\pi D^2} \quad (3)$$

得られた各値を図 2 に示す。これより、MAXI で得られた \dot{P} と光度 (F_X) から 4U 1626–67 の距離を推定すると、約 9 kpc と求めることができる。同様に過去の他の観測器で得られたデータでも推定を行うと、MAXI で得られた値とほぼ同等になった (図 3)。

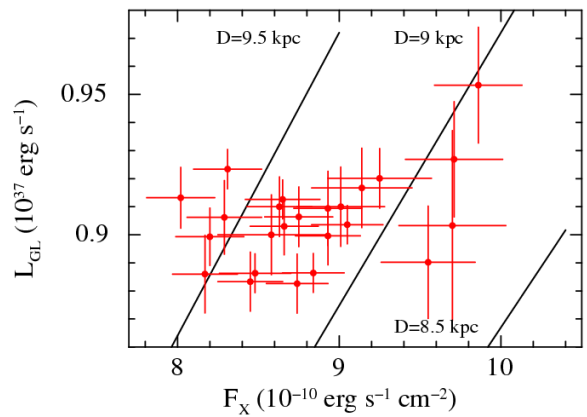


図 2: MAXI で求めた F_X と L_{GL} の関係。

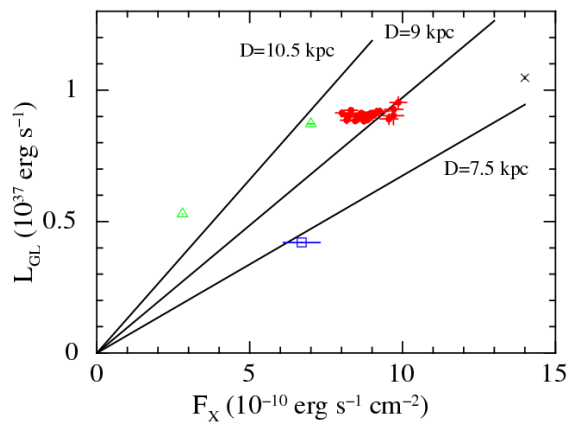


図 3: MAXI と他の観測機器のデータ両方を用いて求めた F_X と L_{GL} の関係。

Acknowledgement

本研究は理研の大学院生リサーチ・アソシエイト制度の下での成果です。

Reference

- Camero-Arranz, A., et al., 2010, ApJ, 708, 1500
- Chakrabarty, D., et al., 1997, ApJ, 474, 414
- Chakrabarty, D., 1998, ApJ, 492, 342
- Ghosh, P., & Lamb, F. K. 1979, ApJ, 234, 296
- Levine, A., et al., 1988, ApJ, 327, 732
- Orlandini, M. et al., 1998, ApJ, 500, L163
- Rappaport, S., et al., 1977, ApJ, 217, L29