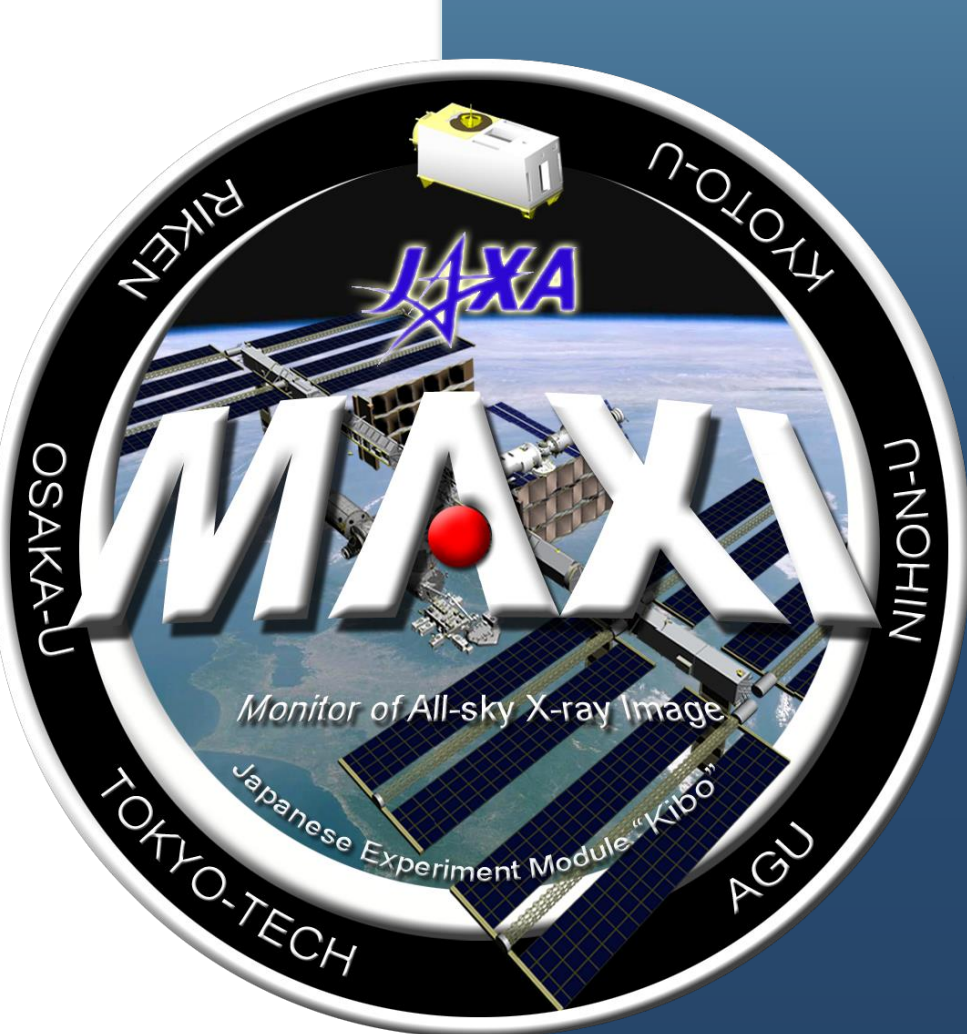




MAXI による X 線連星パルサーの スピン周期と軌道短縮

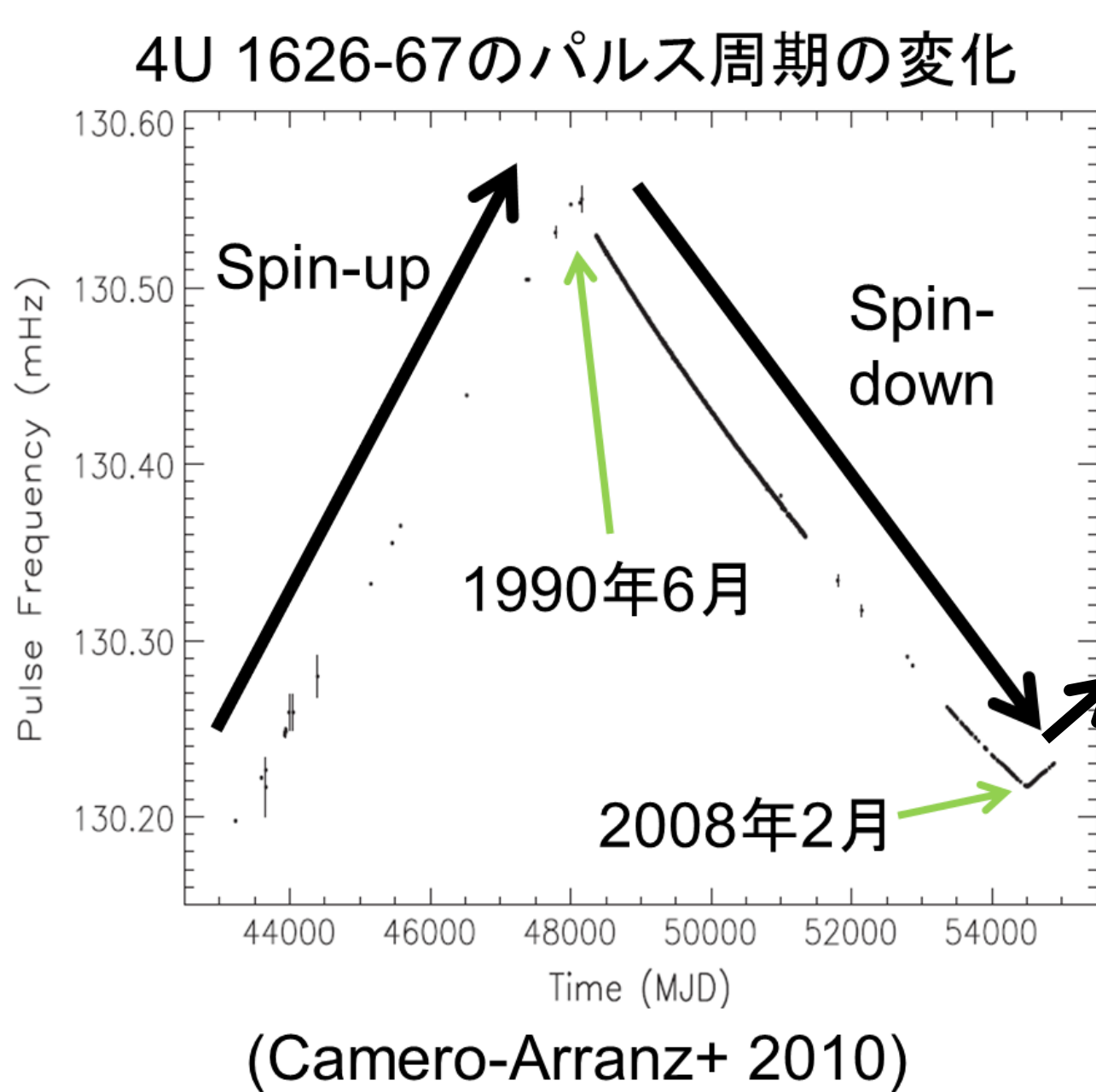
三原建弘、高木利紘、杉崎睦、森井幹雄、松岡勝(理研)、中島基樹(日大)、ほかMAXIチーム
takagi@crab.riken.jp



MAXIで 4U 1626-67 のパルス周期(P)とその変化率($\dot{P}$)を60日間のデータを積分することで求めた。3年間のデータを連続的にモニタした結果、 $\dot{P}$ はX線光度 L_X と相関していることが分かった。両者の関係にGhosh&Lamb(1979)の関係式を適用すると、未知数である天体までの距離を約7.5 kpcと求めることができた。時期により算出結果はばらつくが、Spin-up時もSpin-down時も推定されている距離の誤差内の値を得た。

Supergiant X線連星パルサーのSMC X-1とCen X-3のX線長期ライトカーブ中には「食」が見られる。食の中心時刻を求め、過去のデータと比較したところ、どちらも軌道が短縮していることが分かった。特にCen X-3では、過去のデータからの予測値よりずれており、MAXIの最新の長期のデータでより正確な軌道短縮率が求められた。

1. 4U 1626-67のパルス周期とその変化率

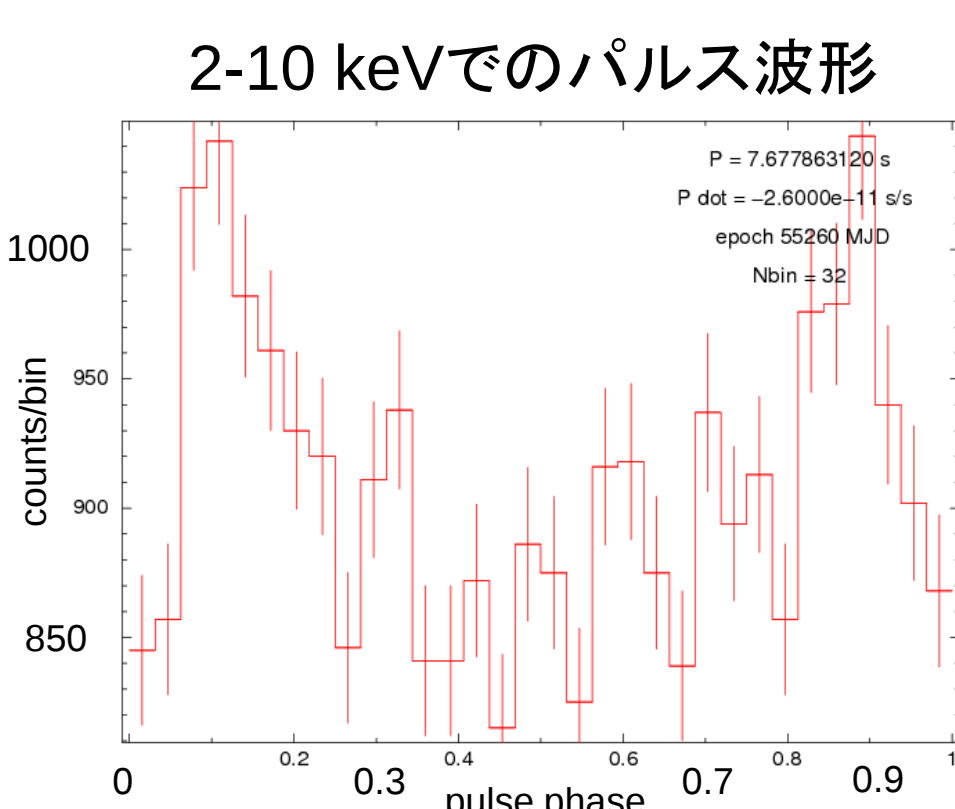
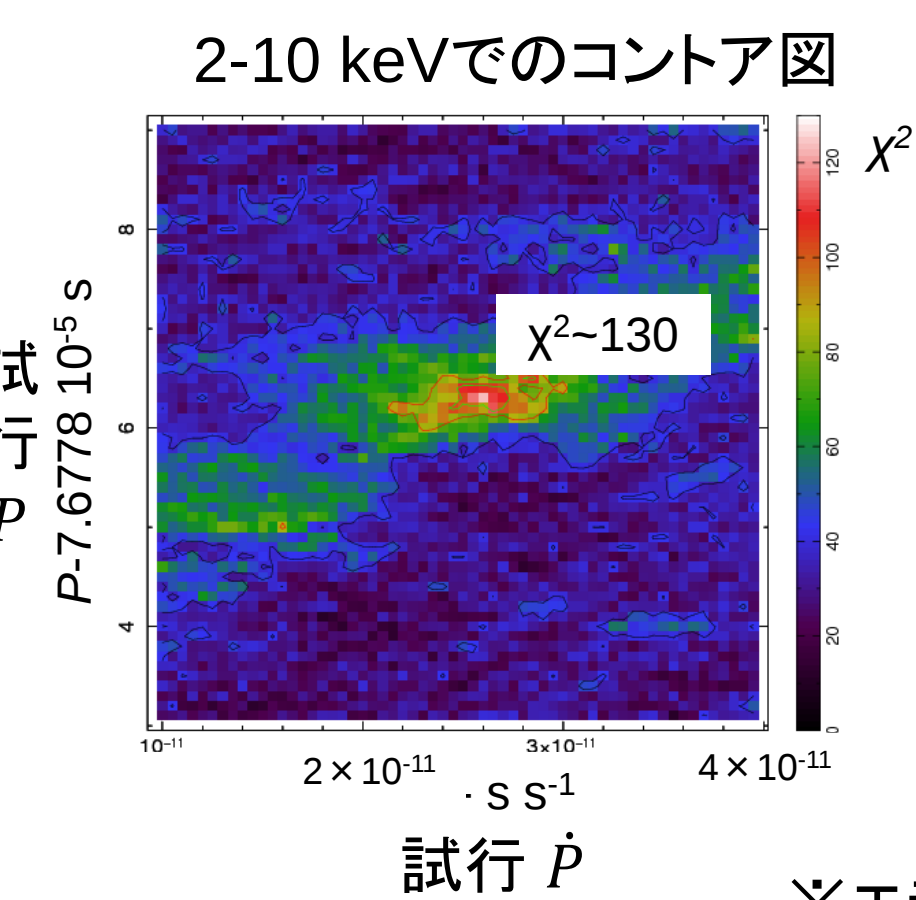


4U 1626-67は...

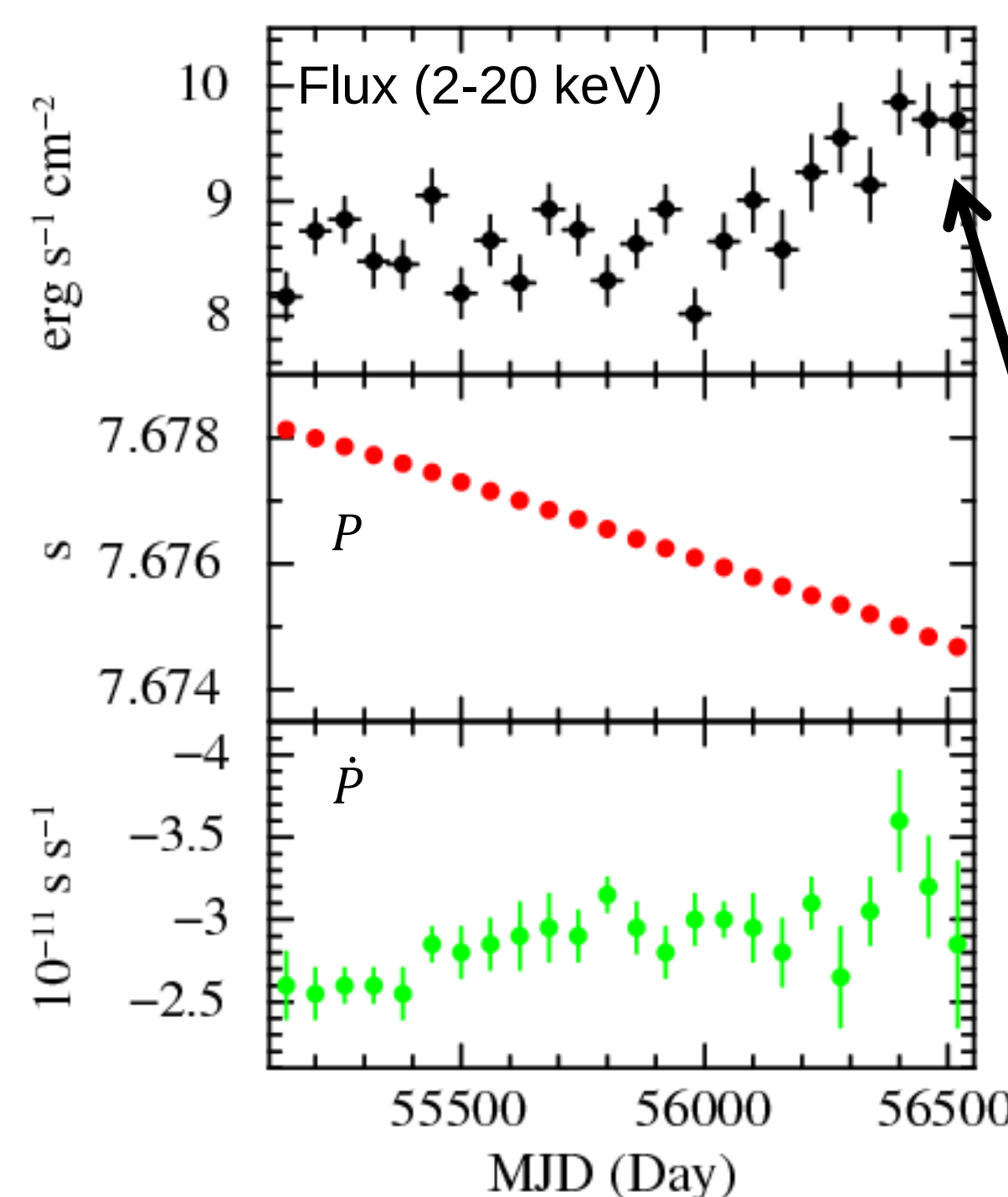
- ・パルス周期7.6秒のX線連星パルサー[1]
- ・表面磁場は $B = 3.2 \times 10^{12}$ G [10]
- ・パルス周期の軌道変調が見られない
- ・伴星の質量が $0.04 M_{\odot}$ 以下 [2]
- ・距離は5-13 kpc [3]
- ・最近では 30 mCrab (5×10^{36} erg s $^{-1}$) で定常的に輝いている
- ・Spin-up、downの期間があり、**現在はSpin-up中** [4]
- ・同様の天体GX 1+4より $\dot{P}$ が小さい

4U 1626-67の周期の変化率($\dot{P}$:60日間で一定と仮定)とパルス周期(P)の値を共に変化させてfolding解析を行い(Epochは期間の中心)、 χ^2 のコンタ図を作成して χ^2 の最大値を与える P と $\dot{P}$ を求めた

MJD 55230-55289 における例



※エラーは暫定的に χ^2 の最大値の80%におちる範囲としている



MAXIが観測を行ったMJD 55110から56549までの期間で、24点のパルス周期(P)とその変化率($\dot{P}$)を得た。

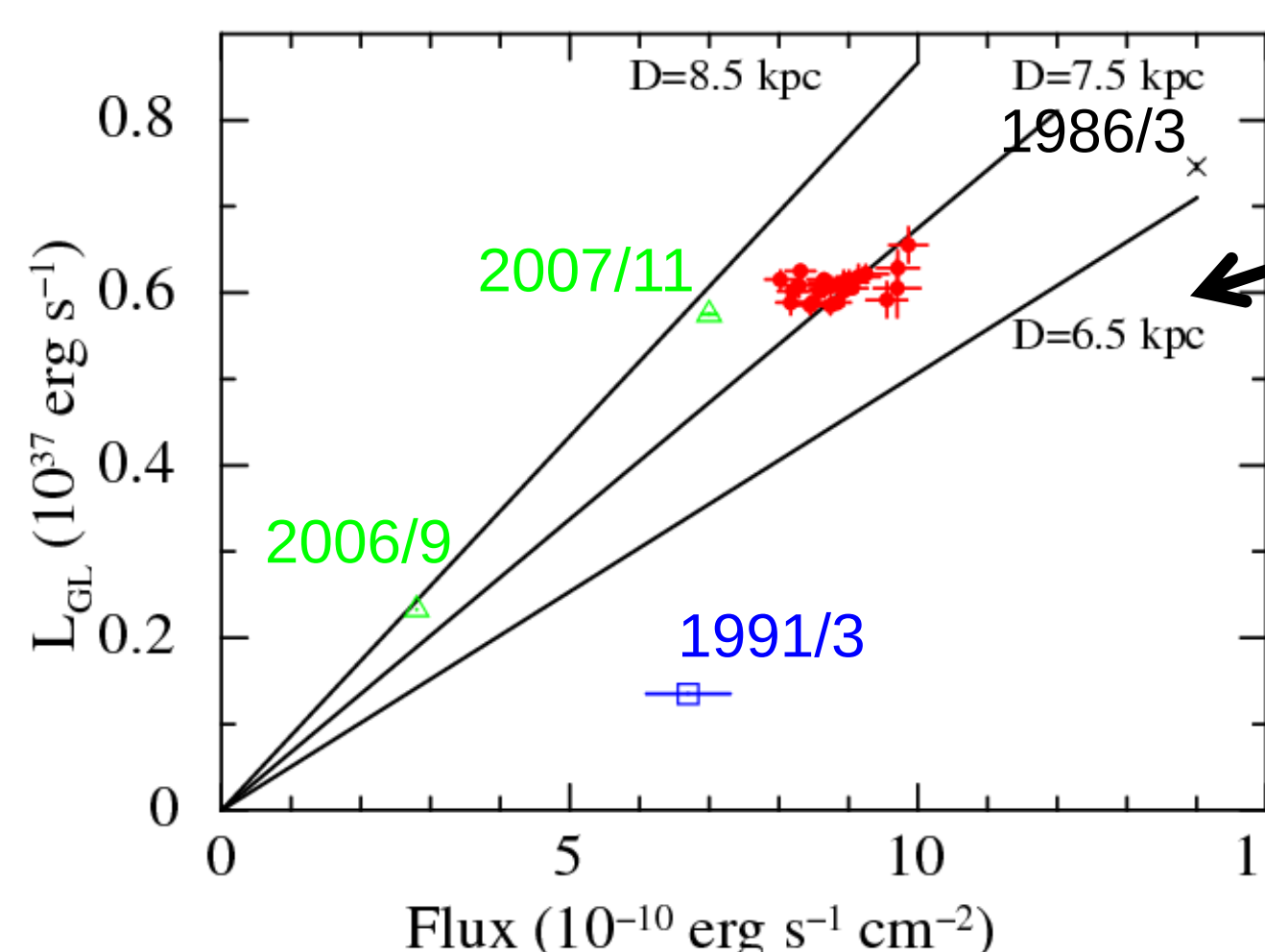
Fluxの増加に伴って、周期の変化率の絶対値が増加した。

2. 4U 1626-67の距離

$$-\dot{P}_{GL} = 5.0 \times 10^{-5} \mu_{30}^{\frac{2}{3}} n(\omega_S) S_1(M) P^2 L_{37}^{\frac{6}{7}} \text{ s yr}^{-1} [6]$$

$$n(\omega_S) \approx 1.39 \{1 - \omega_S [4.03(1 - \omega_S)^{0.173} - 0.878]\} (1 - \omega_S)^{-1}$$

$$\omega_S \approx 1.8 (PL_{37}^{\frac{2}{3}})^{-1} \text{ (スピンパラメータ)}, (\mu_{30} = 1.6, P = 7.67 \text{ s}, S_1(M) = 1.55)$$



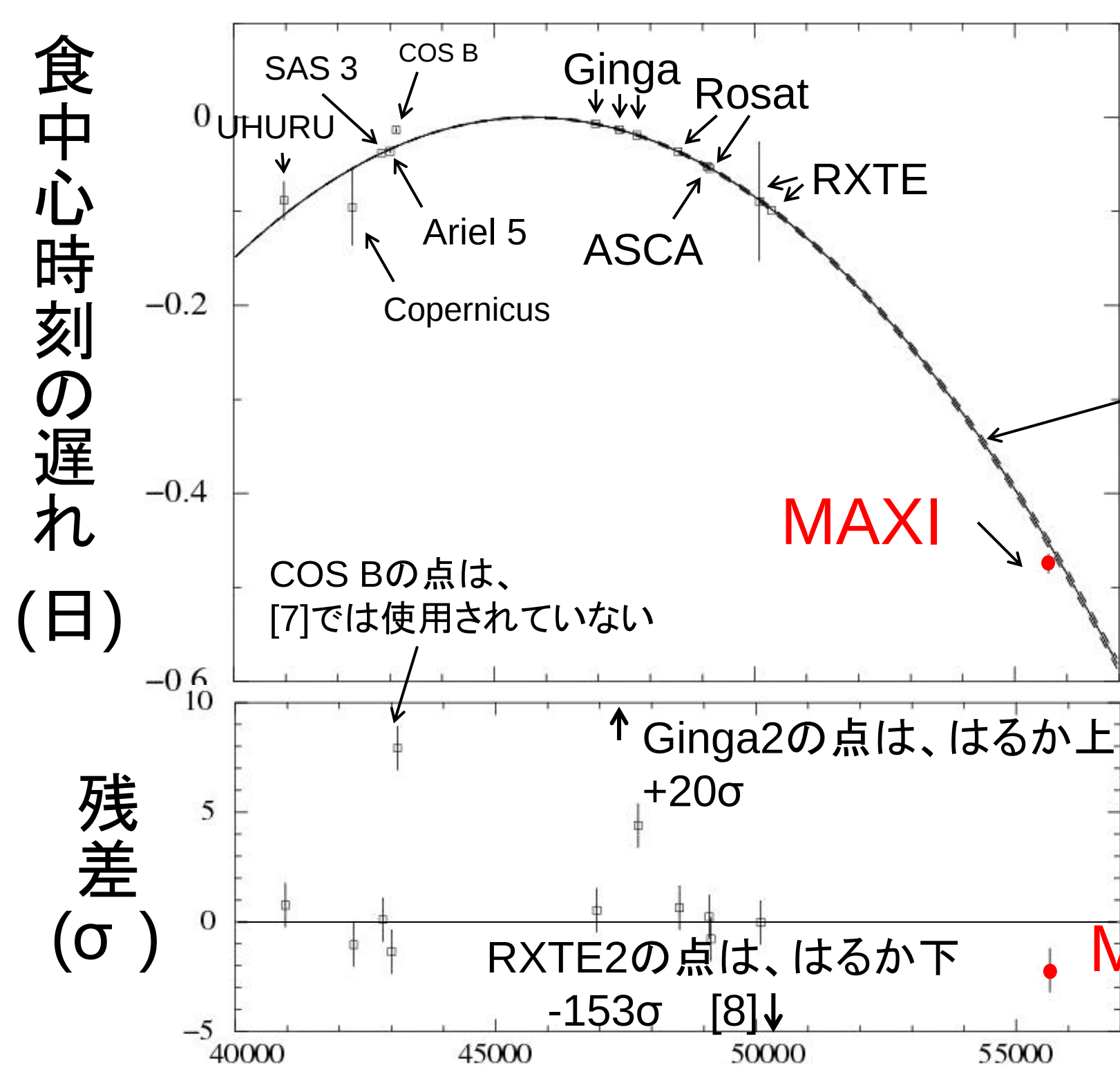
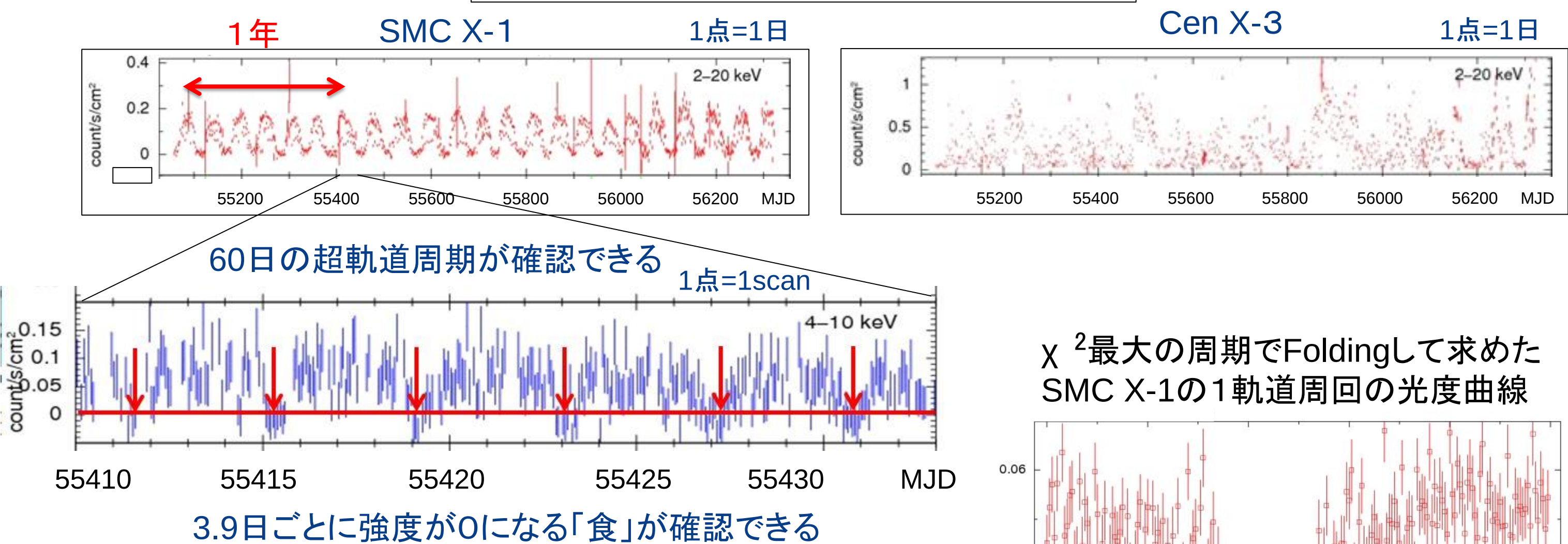
赤い点がMAXIの結果。緑[4]、青[5]、黒[2]の点が過去の観測 (L_{GL} はGhosh and Lambの式に $\dot{P}$ を代入して求めた光度)

今回MAXIで求めたFluxと $\dot{P}$ 、および過去の観測結果(Spin-up,down共)をGhosh and Lambの式に代入して距離を求めると、**6.5~8.5 kpc**になる。

3. SMC X-1の軌道短縮

SMC X-1とCen X-3は、GSCの1スキャンで検出できるほどに明るい。

MAXI/GSCで取られたライトカーブ



[7]で示された1 σ 誤差範囲

MAXIで求めたSMC X-1の食中心時刻を[7]の図上にプロット

MAXIの点は[7]の外挿より2 σ 下であり、まだコンシステントと言える。

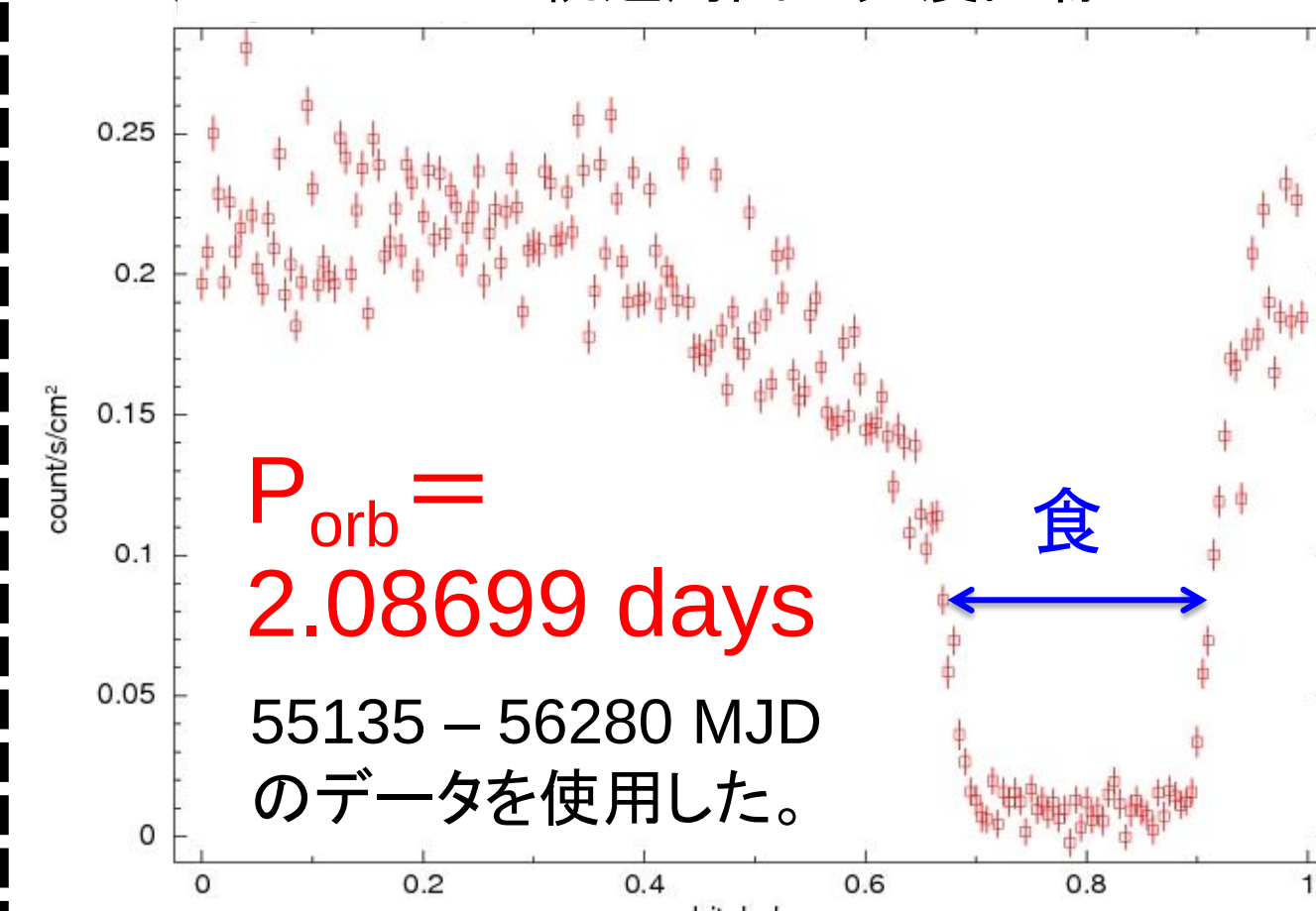
4. Cen X-3の軌道短縮

先行研究[9]によると、Cen X-3のn番目の食の中心時刻 T_n (MJD)は

$$T_n = 47607.8688 + 2.08713845 n (1 - 0.993 \times 10^{-8} n / 2) \pm 0.008 \pm 0.00000005 \pm 0.002$$

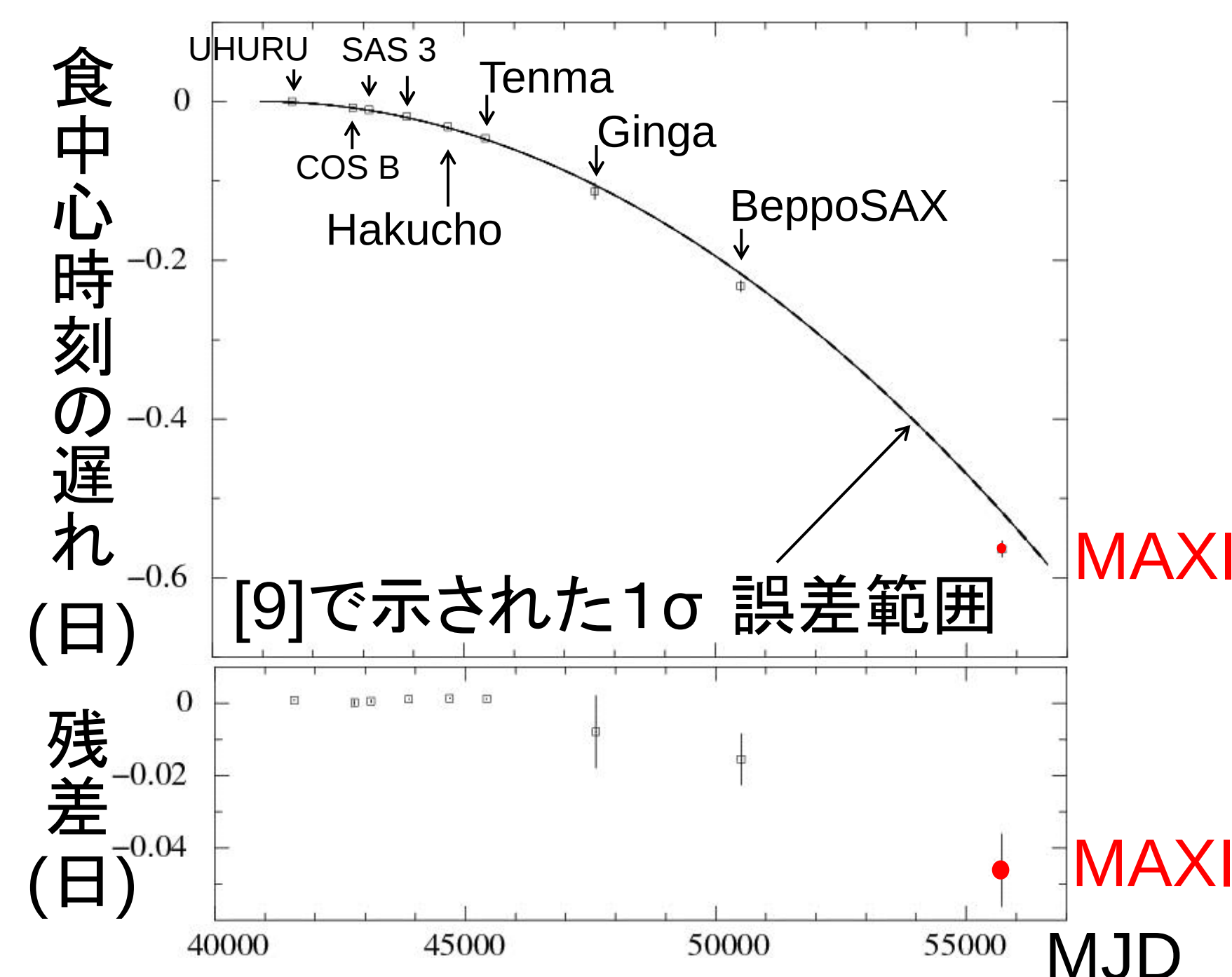
で与えられる。

χ^2 最大の周期でFoldingして求めたCen X-3の1軌道周回の光度曲線



これは観測期間の中心時刻 55707 MJD における値と考えられる。もっとも近い食中心は 55707.5937(± 0.01) MJD ($n=7067$) と求められた。

MAXIで求めたCen X-3の食中心時刻を[9]の図上にプロット



MAXIの点は[9]の外挿より4.6 σ 下であり、有意にずれている。
=> n^2 項を更新できる。

参考文献

- [1] Rappaport et al., ApJ, 217, L29 (1977)
- [2] Levine et al., ApJ, 327, 732 (1988)
- [3] Chakrabarty, ApJ, 492, 342 (1998)
- [4] Camero-Arranz et al., ApJ, 708, 1500 (2010)
- [5] Chakrabarty et al., ApJ, 474, 414 (1997)
- [6] Ghosh and Lamb, ApJ, 234, 296 (1979)
- [7] Wojdowski et al., ApJ, 502, 253 (1998)
- [8] Inam et al., MNRAS, 403, 378 (2010)
- [9] Nagase et al., ApJ, 396, 147 (1992)
- [10] Orlandini et al., ApJ, 500, L163 (1998)