

W03a モックX線データ解析に基づくマグネター長周期変調の有意度評価

屈楚舒, 諏訪雄大, 牧島一夫 (東京大学), 榎戸輝揚 (京都大学)

マグネターは 10^{13} – 10^{15} G の極端な磁場を持つ中性子星であり、その磁場エネルギーの解放に起因し X 線で周期的なパルスが観測されている。内部には $B_{\text{tor}} \sim 10^{16}$ G 規模のトロイダル磁場が存在すると考えられ、ポロイダル成分より卓越する場合 ($B_{\text{tor}}/B_{\text{pol}} \sim 10$ – 100) に軸対称なプロレート変形を起こす。変形率は $\epsilon \simeq 10^{-4}(B_{\text{tor}}/10^{16} \text{ G})^2$ と示すことができ、星の角運動量方向と対称軸が一致しない限り自由歳差運動が励起されると期待されている。この歳差運動と自転とのビートによって、パルス位相に $T \gtrsim 10^4 \text{ s}$ の長周期で変調が起きると予想される。

近年 4U 0142+61 をはじめとする 7 例のマグネターで、自転周期 $P \sim 2$ – 12 s のパルスの位相が実際に長周期で変調される現象が報告されており、上記のビートを見ていると解釈されている (Makishima et al. 2014, 2016, 2019, 2021, 2024)。しかし変調効果はハード X 線帯 ($\gtrsim 10 \text{ keV}$) に限られ、関与する光子数は多くても数千にとどまるので、この現象の統計的有意度を定量的に評価することは重要である。従来は実データを用いて、変調信号が現れない周期域を走査し、同じサーチで得られる最大 Z^2 (パルス性を評価する統計量) 分布を測定し、ノイズによる Z^2 の値がサーチされた変調周期の Z^2 を上回る確率をもとに、有意度を評価してきた。

今回はより標準的な手法として、モンテカルロ法で実観測の GTI (観測の有効時間区間)/背景ノイズ/パルスプロフィール等に基づく周期的な擬似データセットを多数作成する。作成したモックデータセットに対して同一解析を適用し、変調シグナルの統計的有意度を再評価した上で、変調シグナルが報告されたマグネターの解析結果と比較する。