

J72a マグネター 4U 0142+61 における自由歳差運動の徴候

牧島一夫 (東大理、理研), 榎戸輝揚 (理研、NASA)

マグネターでは超強磁場のため、星が球対称からわずかに変形する結果、自由歳差運動が起きると期待される。すると周期 P の自転パルスが、自転と歳差の「うなり」に相当する長い「スリップ周期」 $Q \equiv P/\delta$ で、位相変調を受ける可能性がある。ここに $\delta \equiv (I_1 - I_3)/I_3$ は変形量で、 I_1 と I_3 は慣性モーメントの対称軸 (=磁気軸) に垂直および平行な成分である。この現象は、星内部に潜むトロイダル磁場を知る、ほぼ唯一の方法である。

我々は「すざく」により典型的なマグネター 4U 0142+61 を、2007年 (AO4; PI=榎戸) と2009年 (Key Project; PI=牧島) に、ともに継続時間 ~ 180 ks にわたり観測した。2回とも信号は 0.4–70 keV で検出され、軟成分と硬成分からなる典型的な2成分のスペクトルが得られた (Enoto, Makishima+11, PASJ 63, 387)。さらに2007年には軟硬の両成分で、周期 $P_{07} = 8.68878(5)$ s の明瞭なパルスが得られた。2009年にも、軟成分では同様に周期 $P_{09} = 8.68891(10)$ s が検出されたが、硬成分には周期 P_{09} の周期性は検出できなかった。

そこで2009年のHXDデータを詳しく解析したところ、硬X線パルスの位相が ± 0.08 サイクル程度、周期 $Q = 55$ ksec で進み遅れする変調効果を見出した。実際、HXDのイベント個々の到来時間に、この変調の補正を施すと、周期 P_{09} の硬X線パルスが有意に再現された。この変調周期 Q が、マグネターの自由歳差によると仮定すると、星の変形は $\delta = P_{09}/Q = 1.6 \times 10^{-4}$ となり、これが内部磁気圧によるものならば、 10^{16} G を越す超強磁場が内部に存在することになる。こうした位相変調は、2009年の硬成分にのみ見られ、2009年の軟成分や2007年のデータ (硬軟のいずれにも) には、検出されなかった。これは、自由歳差運動は定常的に続いているが、放射領域が磁極からずれた場合 (2009年の硬X線成分) にのみ、位相変調が発生すると考えることで説明できる。