

## W17a X線観測から探るマグネターのトロイダル磁場の長期変化

牧島一夫(東大), 内田和海(JAXA 宇宙研), 榎戸輝揚(理研), 丹波翼(東大理), 鈴木寛大(甲南大自然)

マグネターは、最強磁場を持つ中性子星(NS)として、NSの磁場の起源や進化を解明する上で重要で、特に鍵を握るのが内部に潜むトロイダル磁場 $B_t$ である。当然その観測的推定は難しいが、我々は複数のマグネターで、周期 $P$ の硬X線パルスの到着時刻が、長い周期 $T \sim 10^4 P$ で進み遅れする位相変調を検出し、そのさい $P/T$ 比が $B_t^2$ の目安を与えることに気づいた。 $B_t \sim 10^{16}$  Gだと磁気圧でNSが $\Delta I/I \equiv \epsilon \sim 10^{-4} (B_t/10^{16} \text{G})^2$ に変形し自由歳差運動が起き、歳差周期と自転周期の $\epsilon$ 程度の差が、ビートとして $T \approx P/\epsilon$ を作ると解釈される。

我々はこれまで、(a) 4U 0142+61 と (b) 1RXS J1708-4009 の二例の異常X線パルサー、(c) SGR 1900+14 と (d) SGR 1806-20 という代表的な軟ガンマ線リピーター、および (e) トランジェント天体 1E 1547-5408 の5天体から、この効果の検出に成功した。今回の新たな報告は (b) と (d) で、他の天体については、2021年秋の年会 W-0131a の予稿を参照。これら5天体を比べると、 $T$ は天体ごとに良く決まり、いずれも $P/T \sim 10^{-4}$  ( $B_t \sim 10^{16}$  G) で、位相変調は軟X線成分には見られず、変調振幅は時間変化し、しばしば変調位相がエネルギーに依存するなど、共通性が多いので同一の現象であろう。この効果は、マグネターに普遍的だと予想される。

$P/T$ 比から推定される5天体の $B_t$ を、それらの双極子磁場 $B_d$ 、特性年齢 $\tau_c$ 、X線光度などと比較した結果、 $B_d/B_t \propto \tau_c^{-0.35}$ というスケーリングが見えてきた。もともとマグネターの双極子磁場は $B_d \propto \tau_c^{-0.4}$ と振る舞うのだが、 $B_t$ との比をとることで、 $\tau_c$ との相関が改善された。これは外から見える双極子磁場に比べ、内部に潜むトロイダル磁場が、より長く保持されることを示唆する。とすれば、外部磁場は弱まったが依然として強い内部磁場を保持する、多くの老齢マグネターがXDINSなどの形で存在し、FRB源となるのかもしれない。