JAXA No. 059

MAXIサイエンスニュース

MAXI で中性子星の「サイズ」を測る

2016年8月12日 MAXI チーム (TT, TM, MS)

- 中性子星は大質量星の進化の最後にできる天体で、主に中性子で出来ていると考えられています。太陽の約1.4倍もの質量があるにもかかわらず、半径が10 km程度しかないので、密度がたいへん高くなっています。あまりにも密度が高いため、物質がどういう状態かよくわからず、中性子星の内部は謎に包まれています。物理学の分野では、中性子星の内部の状態を表す「圧力と密度の関係式」が盛んに研究されており、多くの関係式が提案されています。

- 提案されている中で、真実の関係式は一つです。それを決める重要な情報は、中性子星の質量と半径です。質量は連星系の軌道運動から、半径は表面で起こる核爆発の明るさを用いて測られていますが、正確に求められていません。特に半径は、精度よく決めるのが困難です。

- MAXI は約7年間、全天に存在するX線天体を観測しています。その中に「X線連星パルサー」と呼ばれる中性子星と太陽の様な恒星の連星系があります。X線連星パルサーは自転と共に規則的にX線強度が変わるので、自転周期を測ることができます。MAXI の長期の観測では自転周期が変化していく様子が分かり、それを元に中性子星の謎を探ることが出来ます。

No.059

X線強度と自転周期の変化を使って中性子星の質量と半径を知る

図1は、MAXIと過去の観測で得られたX線連星パルサー 4U 1626-67[1)]のX線強度と自転周期の変化率を示しています。X線強度が強くなると周期が短くなっていくことが分かります。X線強度と変化率の理論的な関係「ゴシュとラムの式」を用いれば、このデータから中性子星の質量と半径を求めることが出来ます。緑の線は最適値から半径を1 kmだけ、赤い線は質量を太陽質量の0.3倍だけ変えたものです。共に少しでも変わるとデータと合わなくなることがわかります。天体までの距離を8 kpcとすると、質量は1.39-1.46太陽質量、半径は11.9-12.0 kmと非常に精度よく求められることが分かりました。1) 自転周期は7.6秒

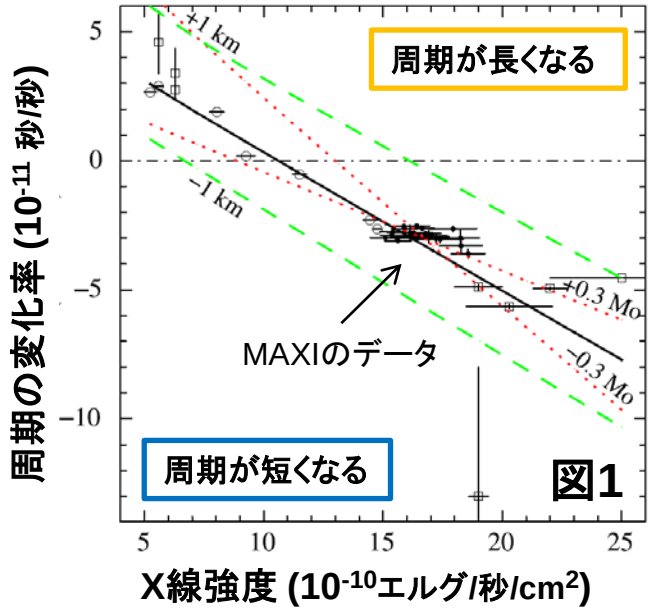

図1

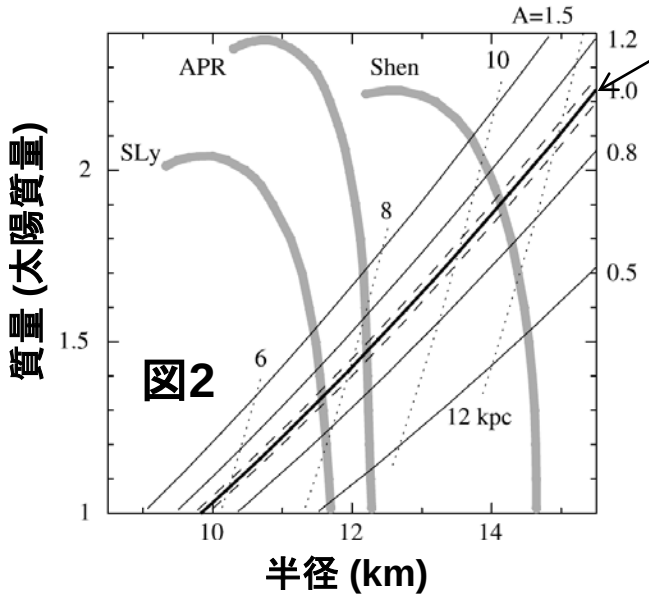

図2

図2は、上記の方法で求めた中性子星の質量と半径を示しています。残念なことに4U 1626-67までの距離がよく分かっていないので、距離を変え、その都度、質量と半径を求めました(太い実線と破線の間)。図2の点線は、天体までの距離を表しています。さらに、「ゴシュとラムの式」に関わる誤差も考えて求めた質量と半径は、太い実線と細い実線の間の範囲となります。灰色の線は、代表的な3つの「圧力と密度の関係式」の質量と半径の関係です。現状では距離の不定性などが大きく、3つの優劣を判断することはできません。しかし、将来、距離が正確に決まる日が来れば、この方法を用いて真実の「圧力と密度の関係式」を判別できるかもしれません。