

授賞者の研究業績の紹介

2017年度 第10回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙理学分野

榎戸輝揚（えのと てるあき）

京都大学白眉センター・特定准教授

業績の題目：超強磁場中性子星マグネターに関する研究：観測上の多様な振舞いの統一理解と将来観測実験の推進

マグネターは超強磁場（表面磁場強度 10^{10} - 10^{11} テスラ）をもつ特異な中性子星で、磁気エネルギーを解放することでX線やガンマ線を放射しているらしいことがようやく明らかになってきた天体である。ただし、マグネターが持つ臨界磁場（ 4.4×10^9 テスラ）を超える超強磁場のもとでは、「光子の自然分裂」や「真空の複屈折」、「光子の散乱断面積の磁場方向依存性」など、特異な現象が起きると理論的に予想されている。そのような特異な物理素過程をふまえて、どのように磁場エネルギーが放射に変換されるのかという放射機構については、全くと言って良いほど分かっていない。榎戸氏は、このようなマグネターの観測的理解に大きな貢献をしてきた。

軟X線でマグネターを観測すると、中性子星表面からの熱的放射が観測され、2温度の黒体放射の重ね合わせで非常に良く説明できる。一方、硬X線では、磁気圏からと考えられるベキ関数的な放射成分が卓越することが、2000年代中頃にインテグラル衛星による定常的なマグネターの観測からわかってきた。しかし、マグネターの多くは通常暗くまれに突発的増光を示すトランジェント天体であり、ベキ関数的な硬X線放射がマグネター一般の性質かどうかはわからなかった。榎戸氏は「すざく」衛星を用いて突発増光したトランジェント型のマグネターを複数観測し、硬X線放射が明確に存在することを発見した。これにより、硬X線放射がマグネターに普遍的に存在することがほぼ確実になり、その後続く同種の観測の嚆矢となった。

マグネターでは、表面からの熱放射と磁気圏からと考えられる非熱的（硬X線）放射が普遍的に存在することから、両者を手掛かりにマグネターの多様性の起源に迫ることができるかもしれない。この点に着目した榎戸氏は、「すざく」衛星によるデータを中心に、NuSTAR、Swift、RXTE など利用できるすべての衛星のデータを対象に、系統的な解析を実施した。その結果、非熱的放射の（熱放射に対する）相対的な強度は、マグネターの特性年齢（および磁場強度）に従い系統的に変化することを発見した（論文1, 2）。加えて、非熱的放射の光子指数が年齢とともに小さくなっていく（スペクトルがよりフラットになっていく）ことを明らかにした。このような系統的な変化は、マグネターの進化の過程を示唆しており、これまで、観測的かつ歴史的に多様な形で認識されてきたマグネターが系統的なスペクトル進化で理解できることを示した画期的な結果である。この結果を受けて、このような系統的変化を再現しようとするシミュレーションも行われており、たとえば、強磁場中での光

子分裂がベキ成分の系統的变化を引き起こしている可能性が指摘されるなど、マグネター放射機構の理論的研究にもインパクトを与えている。

榎戸氏は上記のような観測的研究に従事するだけでなく、さらに新たな観測手段でマグネターの研究を押し進めるため、将来ミッションの推進にも寄与している。米国で検討が進められたX線偏光観測衛星 GEMS、PRAXyS の主要メンバの一人として、X線偏光計の開発を進めた(論文3)。マグネターを含めて、磁場の強い中性子星ではX線放射が強く偏光していることが期待され、放射領域の geometry を類推する重要な手掛かりになると考えられるからである。残念ながら、GEMS, PRAXyS は採択されず、計画は中断された。それと前後して、核物質の状態方程式の決定を目指す NICER (2017年7月にISSに設置された)のメンバとして、X線集光計の開発に参画した。NICERは、NASAゴダード宇宙飛行センターが主導する計画で、中性子星の質量と半径を精密に測定することで、核物質の状態方程式(すなわち超高密度での物質の性質)を明らかにしようとする計画である。榎戸氏は中途からの参画にもかかわらず、マグネターに関する優れた成果と卓越した実験技術により、NICER主要メンバの一人となった。特に、56台搭載されたX線集光計の製作と地上較正、相対アラインメント等に貢献した。さらに、打ち上げ前からは、NICERのマグネターグループのリーダーとして観測計画の立案や運用を行っている。現在は、NICERの初期観測データの解析で貢献している。

榎戸氏は34歳という若さにもかかわらず、共著を含めて80編以上の査読論文を出版し、国際会議での invited talk が12回、競争的資金の獲得も多く、受賞歴も多い。これらの成果が評価されたこともあって、すでに特定准教授となっている。榎戸氏は、マグネターの観測的研究およびマグネター観測に向けた将来衛星の開発において顕著な成果を上げていることはもちろんであるが、学術研究全般にわたる将来性にも期待するところは大きい。

以上のように榎戸氏は宇宙科学の進展に寄与する優れた研究成果をあげており、氏に宇宙科学奨励賞を授与することとなった。

関連する論文リスト

1. T. Enoto, S. Shibata, T. Kitaguchi, Y. Suwa, T. Uchide, H. Nishioka, S. Kisaka, T. Nakano, H. Murakami, K. Makishima, “Magnetar Broadband X-Ray Spectra Correlated with Magnetic Fields: Suzaku Archive of SGRs and AXPs Combined with NuSTAR, Swift, and RXTE”, The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 231, Issue 1, article id. 8, 21 pp. (2017)
2. T. Enoto, K. Nakazawa, K. Makishima, N. Rea, K. Hurley, S. Shibata, “Broadband Study with Suzaku of the Magnetar Class”, Astrophysical Journal Letters, Institute of Physics, vol. 722(2) L162-167 (2010)
3. T. Enoto, J. K. Black, T. Kitaguchi, J. E. Hill, A. Hayato, H. Marlowe, K. Kaneko, Y. Takeuchi, A. Yoshikawa, S. Griffiths, K. Jahoda, P. Kaaret, T. Tamagawa and S. Khalid, “Performance Verification of the GEMS Satellite X-ray Polarimeter”, SPIE proceeding vol. 9144, 91444M (2014)