

論文審査の結果の要旨

氏名 永吉 賢一郎

本論文は、X線天文衛星「すざく」を用いた軟X線背景放射の観測研究であり、全6章と補遺からなる。第1章はイントロダクションであり、本論文の動機や構成について簡潔に述べられている。

第2章は先行研究のレビューであり、本論文が主題とする軟X線背景放射が発見された経緯と、これまでの観測事実、問題点等が詳細に述べられている。軟X線背景放射とは、主に 2 keV 以下のエネルギー帯域で卓越する空間的に広がった放射であり、(1) Local Bubble (LB) と呼ばれる 100 パーセク程度のスケールで太陽系を取り囲む温度 100 万度のプラズマからの放射、(2) 銀河ハローに存在する温度 200 万度のプラズマからの放射、(3) 惑星間空間の中性物質と太陽風に含まれる陽イオンとの間で生じる電荷交換反応 (solar wind charge exchange: SWCX) による放射の3つを主要成分に持つ。(1)の存在は 1960 年代のロケット実験で軟X線観測が行われた頃より知られていたが、(2)および(3)は比較的最近の観測研究によりその存在が知られるようになった。特に(3)の SWCX は、1990 年代にドイツの ROSAT 衛星が電荷交換反応起源の X 線を百武彗星から検出したことを皮切りに、その重要性が認知されるに至った。言い換えると、ROSAT 以前に行われた軟X線観測では (1) LB の寄与を過大評価されていたことになる。これに起因するのが Tanaka & Bleeker (1977) で報告された LB の圧力過剰問題である。測定された LB の圧力は、LB 外部の星間ガスの圧力よりも 1 桁大きく、両者の間で圧力平衡が成り立たない問題が指摘されていた。本博士論文の目的、すなわち最適な観測データを用いて SWCX (およびハロー起源の放射等) の寄与を精密に評価し、LB の圧力を正確に測ることの重要性が、本章より明確に読み取れる。

第3章では、本博士論文研究で用いた「すざく」搭載X線 CCD カメラ XIS の仕様について述べられている。先述の通り、軟X線背景放射の研究には 2 keV 以下のスペクトル分析が鍵となるが、この帯域における XIS の検出効率は、他の X 線天文衛星と同様、時間が経つにつれて徐々に低下したことが知られる。これは、衛星構体内からの汚染物質が検出器前

面に蓄積したことに起因する。本章後半は、検出器運用チームによる検出効率の較正がどのように行われたかを簡潔にまとめている。

第4章以降が著者自らの研究に関する記述であり、特に第4章は著者のオリジナリティとフィロソフィーが強く出た良質な内容となっている。前章で述べた XIS の公式な較正データは、0.5 keV 以上の帯域のみをサポートしていた。しかし著者は、XIS が本来、軟X線背景放射が特に顕著な 0.2 keV まで感度を持つことに着目し、観測装置の性能を極限まで引き出すべく、時間変化する検出効率の較正を自ら検証した。その結果、検出器前面に蓄積する汚染物質が C, N, O, S から成る有機物であることを突き止めた。これにより、H, C, N, O から成る汚染物質を仮定した公式キャリブレーションよりも、0.2-0.5 keV における検出効率較正の妥当性が格段に増すことを、様々な検証を通じて確認した。

第5章では、前章で自ら作成した較正データを利用して、軟X線背景放射のスペクトル分析を行った。「すぎく」は 2006 年から 2012 年にかけて、Lockman Hole と呼ばれる、明るいX線源のない領域を定期的に観測し、太陽活動が比較的静穏な 2009 年以前とそれ以降で軟X線のスペクトル強度が大きく変わることを確認している。詳細な解析の結果、静穏期(2006-2009)のスペクトルは SWCX の寄与を考慮しなくても説明できることが確認された。つまりこの測定が LB の圧力に最も厳しい上限を与えたことになる。また、活動期(2010-2012)のスペクトルと静穏期のスペクトルの差分は、現実的な SWCX モデルで説明できることを明らかにした。最終的に、LB の圧力は $p/k = 8 \times 10^3 \text{ cm}^{-3} \text{ K}$ 程度と求まり、Tanaka & Bleeker (1977)の測定値の約半分となった。この値は依然として星間ガスの圧力($2 \times 10^3 \text{ cm}^{-3} \text{ K}$)より大きい、星間磁場の圧力と同程度であることを考慮すると、過去に太陽系近傍で起こった超新星の残骸である LB が周囲の星間磁場を掃き出したことで、現在は圧力平衡が成り立っていると解釈できる。

第6章は以上の研究のまとめと結論が述べられている。

なお、本論文の第4章および第5章は、指導教員である満田和久氏、山崎典子氏らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となってデータ解析および検証を行ったものであり、その寄与が十分であると判断する。したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。