

論文の内容の要旨

論文題目 An X-ray and Near-infrared Study of
the Galactic Ridge X-ray Emission
(X線・近赤外線による銀河面リッジ X線放射の研究)

氏名 森鼻 久美子

1. 研究の背景：銀河面リッジ X線放射

天の川銀河の銀河面に沿って分布する銀河面リッジ X線放射 (以後、リッジ放射)は、見かけ上広がった放射で、鉄 K輝線に特徴づけられる熱的放射スペクトルを持つ。リッジ放射は 1980 年代前半に発見され、その起源は広がったプラズマであるとする拡散説 (Ebisawa et al. 2001, 2005) と多数の暗い X線点源の重ねあわせであるとする点源説 (Revnivtsev et al. 2006, 2009; Sazonov et al. 2006) が提案されており、30 年近く決着がついていなかった。近年、高空間分解能を誇る *Chandra* X線衛星により、銀河面上で過去にない深さの観測 (約 900 ks) が行われ (Revnivtsev et al. 2009)、鉄 K輝線帯域でリッジ放射の約 80% が点源に分解された。このようにして、リッジ放射の主成分は暗い X線点源の重ね合わせであることが明らかになってきた。しかし、これら暗い X線点源の種族は未だ分かっておらず、X線による観測だけでは乏しい光子統計のため、個々の点源の正体を探ることは非常に難しい。リッジ放射に主に寄与している種族として、(a) 降着円盤を持つ白色矮星を含む半接触連星系である激変星 (Cataclysmic Variables: CVs) (Yuasa PhD Thesis 2011)、(b) 晩期型星同士の連星系 (Revnivtsev et al., 2006) などが提案されているが、それはまだ確認されていない。

2. 本研究の目的

鉄 K 輝線はリッジ放射の放射機構を特徴づける最も重要なパラメーターであることから、本研究では鉄 K 輝線に主に寄与する X 線点源の種族を明らかにすることを目的とする。本研究は、X 線観測と、X 線と同程度の透過力を持ち銀河面の吸収の影響を受けにくい近赤外線を用いて行う。中でも、8m 級の大望遠鏡による近赤外線分光は、暗い X 線点源の種族を分類する上で特に有用である。これまで、リッジ放射の研究は主に 2 つの領域、“Revnivtsev field” ($l=0.0^\circ$, $b=-1.4^\circ$)、”Ebisawa field” ($l=28.5^\circ$, $b=0.0^\circ$)で行われてきた。我々は両領域を使用したか、特に過去に最高の深さで観測が行われていることから、Revnivtsev field のデータを主に使用した。

3. X線解析と結果

まず、Chandra X線衛星/ACIS-I検出器によるRevnivtsev fieldの公開データを使用し、17分角四方の視野内で検出限界 $10^{-16.2}$ ergscm $^{-2}$ s $^{-1}$ (0.5-8 keV)までで2002個のX線点源を検出した(図1)。明るいX線点源(100counts以上)については、個々のスペクトルの性質を調べ、時間変動の有無を調べた。さらに、全X線点源をX線の色と明るさで4グルー

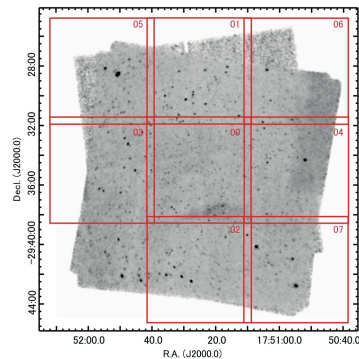


図1: Revnivtsev fieldのChandra X線衛星によるイメージ(背景)。赤はSIRIUS観測の視野を表す。

プ(Aa: X線でハードかつ明るい、Ab: X線でハードかつ暗い、B1: X線でソフト、B2: X線でミディアム)に分類し、各グループの点源合成スペクトルを作成した(図2)。各グループの全点源に対する割合(0.5-8keVでの個数の割合、 $10^{-13} \sim 10^{-16}$ ergscm $^{-2}$ s $^{-1}$ でのフラックスの割合)はそれぞれAa (~3%, ~38%)、Ab (~29%, ~35%)、B1(~28%, ~5%)、B2 (~40%, ~22%)であった。また、各グループの時間変動点源の割合は、Aa:10±3%、Ab:4±2%、B1:6±2%、B2:13±4%であった。各グループは次のような特徴を持つ: Aaの個々の明るい点源の多くは非常に弱い鉄輝線を持つ非熱的放射スペクトルで表される。AbとB2の合成スペクトルは強い鉄輝線を持つ一方、B1の合成スペクトルからはほとんど鉄輝線は見られなかった。B2は、時間変動が大きく、合成X線スペクトルがB1に比して高温だという特徴を持つ。また、鉄K輝線付近(6-

-8 keV)における全点源合成スペクトルのフラックスに対する各グループのフラックスの比は、それぞれAa : ~37% Ab : ~38%、B1 : ~10%、B2 : ~15%となった。この結果は、各グループの鉄K輝線の等価幅を考慮すると、リッジ放射の鉄K輝線にはAbが最も寄与し、次いでB2が寄与していることを示している。

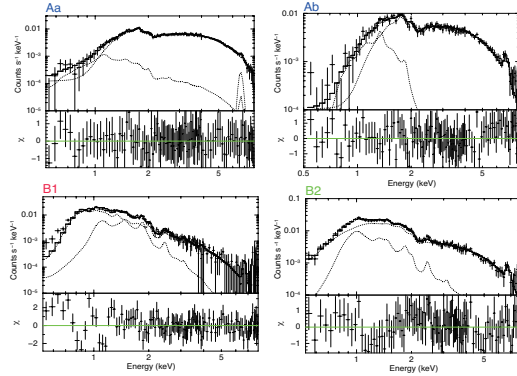


図 2: Aa、Ab、B1、B2 の点源合成スペクトル (0.5-8keV)とモデルフィットの結果。各スペクトルの下段はモデルとデータの残差を表す。AbとB2が顕著に鉄を持つことが分かる。

4. 近赤外線撮像観測

検出したX線点源に近赤外線対応をつける目的で、IRSF望遠鏡SIRIUS装置を用いて、Revnivtsev fieldの近赤外線撮像観測を実行した(図1)。J(1.25 μ m)、H(1.63 μ m)、Ks(2.14 μ m)の3バンドで同時撮像を行った。K帯域16等級までの点源を抽出し、2002個のX線点源のうち約11%の222個に近赤外線対応をつけた。Aaの点源がKsバンドで近赤外線対応を持たなかったことから、Aaの多くは大きな減光を受けた背景活動銀河核であると考えられる。実際、銀河面吸収による不定性を考慮すると、Aaと高銀緯の既知の活動銀河核の表面個数密度は一致する。また、色等級図上の分布から、Abの多くの点源は大きな減光を受けていることが分かった(図3)。このことから、Abの点源の多くは比較的遠方に存在する、X線光度の大きな種族であり、その候補として質量降着している白色矮星連星系が考えられる。一方、B1・B2の点源は大小様々な減光を持つことから、様々な距離に存在することが分かり、近傍に位置するX線で暗い晩期型星も、こ

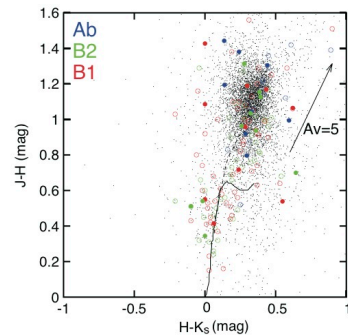


図 3:近赤外線検出点源の色等級図。色つき丸はX線-近赤外線対応天体を表し、色の違いはグループの違いを表す(Ab:青、B2:緑、B1:赤)。中抜き丸は近赤外線分光のない天体、中塗り丸は近赤外線分光のある天体を表す。背景の黒点はX線対応のない近赤外線点源を表す。黒実線・黒破線はそれぞれdwarfsとgiantsを表す。

これらのグループに属すると考えられる。

5. 近赤外線分光観測

近赤外線同定天体 (Revnivtsev field:33天体、Ebisawa field:55天体)の近赤外線分光観測をすばる望遠鏡MOIRCS装置で行った。我々は、KsバンドでAb・B1・B2の近赤外線スペクトルを取得した。その結果、近赤外線スペクトルには次の3種類があることが分かった：(1) HI(Br γ)とCOの吸収線を持つもの、(2) COの吸収線を持つもの、(3) HI(Br γ)とHellの輝線を持つもの。(1)と(2)はF-、G-、K-、M-型スペクトルの特徴であり、(3)は激変星の近赤外線スペクトルの特徴である。Abの点源の多くは(1)か(2)に分類され、2個だけが(3)に分類された。これから、Abに属する天体の多くは激変星ではなく、近赤外線輝線を放射する降着円盤を持たないが、白色矮星を含む非接触連星系 (pre-CVs)と考えられる。一方、B1・B2グループの点源のスペクトルは全て(1)か(2)であったことから、これらは晩期型星であると考えられる。

6. 結論

以上のX線・近赤外線による研究により、各グループに属する天体の種族は以下のように考えられる。Aa: 主に背景の活動銀河核、Ab: 主に白色矮星を含む非接触連星系(pre-CVs)であるが、一部激変星も含まれる、B1: 主に静穏時の晩期型星、B2:フレア時の晩期型星。

本研究により、我々はリッジ放射が暗いX線点源の重ね合わせで説明できることを確認した。これらの点源は背景活動銀河核、激変星、白色矮星を持つ非接触連星系(pre-CVs)、フレア時の晩期型星、静穏時の晩期型星から構成される。白色矮星を持つ非接触連星系(pre-CVs)がリッジ放射の鉄K輝線放射に最も寄与する種族であり、フレア時の晩期型星は2番目に寄与する種族である。これによって、今までリッジ放射の鉄K輝線付近に主に寄与すると考えられてきた激変星や静穏時の晩期型星の寄与は、実はそれほど大きくないことがわかった。降着円盤を持たず、白色矮星を持つ非接触連星系(pre-CVs)の性質は今までよく調べられていなかったが、本研究はリッジ放射を構成する主成分として、このようなX線で暗い未知のX線点源が銀河面に多数存在することを示している。次世代のより高精度のX線観測や赤外線観測によって、今後このようなX線源の性質が明らかになっていくことが期待される。