

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 12 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21540249

研究課題名（和文）

多波長観測による銀河リッジ X 線放射の起源天体の研究

研究課題名（英文）

Multi-wavelength Study for Origin of the Galactic Ridge X-ray Emission

研究代表者

海老澤 研 (EBISAWA KEN)

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授

研究者番号：70421857

研究成果の概要（和文）：

銀河面から一様にやってくる「銀河 X 線リッジ放射の起源天体 (GRXE)」の研究を、人工衛星による X 線観測と、地上天文台による赤外線観測によって実施した。GRXE を構成する X 線点源の内、連続成分の強度が暗いものほど、相対的に強い鉄輝線を放出していることがわかった。それらを赤外線で分光すると、低温星に特徴的な分子吸収線スペクトルを示すことから、その起源は、白色矮星と晩期型星が激変星(Cataclysmic Variables; CVs)に進化する前の連星系、「pre-CVs」であることを提案した。

研究成果の概要（英文）：

We have studied origin of the Galactic Ridge X-ray Emission (GRXE) using X-ray satellites and ground-based infrared observatories. We have found that dimmer point X-ray sources have relatively prominent iron K-line emission compared to bright sources. We have carried out infrared spectroscopy of those dim X-ray sources, and found that these sources show molecular absorption lines, which are characteristics of low-temperature stars. We propose these sources are “pre-CVs”, the binary stars composed of white dwarfs and late-type stars, in the process of evolution to the cataclysmic variables (CVs).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
H21 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
H22 年度	700,000	210,000	910,000
H23 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：X 線 γ 線天文学

1. 研究開始当初の背景

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。

2. 研究の目的

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が、その起源天体は明らかになっていない。そこで、本研究の目的は、リッジ放射の起源天体を明らかにすることである。特に、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。

3. 研究の方法

リッジ放射を構成する暗い X 線点源について、X 線観測だけでは乏しい光子統計のため、その正体を探ることは非常に難しい。よって、本研究は、Chandra 衛星による 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。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。

4. 研究成果

Chandra X 線衛星による Revnivtsev field の公開データを使用し、17 分角四方の視野内に 2002 個の X 線点源を検出した。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 1)。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い。B2 は、時間変動が大きく、合成 X 線スペクトルが B1 に比して高温という特徴を持つ。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。

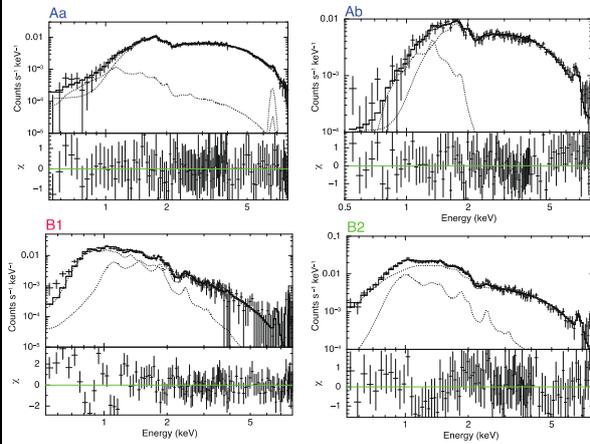


図 1: Aa、Ab、B1、B2 グループの点源合成スペクトル(0.5–8keV)とモデルフィットの結果。各スペクトルの下段はモデルとデータの残差を表す。Ab と B2 が顕著に鉄輝線を持っていることが分かる。

南アフリカの IRSF 望遠鏡を用いて、これらの X 線天体について、近赤外線と同定観測を行った。同定された天体(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。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 HeII 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。以上の X 線・近赤外線による結果から、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。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Eze, R., Ebisawa, K., Saitou, K. 2012, "Origin of the Iron Fluorescent Line Emission from the Galactic Ridge", PASJ, submitted (査読有)
- ② Saitou, K., Tsujimoto, M., Ebisawa, K. et al. 2011, "Near-Infrared and X-Ray Observations of XSS J12270-4859", PASJ, 63, S759 (査読有)
- ③ Saitou, K., Tsujimoto, M., Ebisawa, K. et al. 2012, "Suzaku X-Ray Observation of the Dwarf Nova Z Camelopardalis at the Onset of an Optical Outburst", PASJ, in press (査読有)

[学会発表] (計 9 件)

- ① 森鼻久美子、辻本匡宏、海老沢研 「X線・近赤外線による銀河面リッジX線放射の観測」日本天文学会 2012年3月19日～22日
- ② Eze, R., Ebisawa, K., Saitou, K. "Origin of the Iron Fluorescent Line Emission from the Galactic Ridge", IAU Symposium 279, "Death of Massive Stars: supernovae & gamma-ray bursts", March 12-16, 2012
- ③ Saitou, K. et al. "A Multi-wavelength study of the first gamma-ray emitting LMXB XSS J12270-4859", "Suzaku 2011:

Exploring the X-ray Universe Suzaku and beyond", July 20-22, 2011

- ④ Iso, N. et al. "Origin of the Galactic Ridge X-ray Emission", "Suzaku 2011: Exploring the X-ray Universe Suzaku and beyond", July 20-22, 2011
- ⑤ Morihana, K. "NIR Identification of Galactic Ridge X-ray Emission", IRSF 10周年記念研究会、2010年11月16日～18日
- ⑥ 磯直樹、海老沢研、齊藤慧、森鼻久美子、辻本匡弘、田中靖郎、上田佳宏、湯浅孝行「すざく衛星によるチャンドラ衛星超長時間観測領域の観測と鉄輝線強度の銀緯依存性」日本天文学会 2010年9月22日～24日
- ⑦ 森鼻久美子「IRSFによる銀河面X線リッジ放射天体の赤外線同定観測」日本天文学会 2010年3月24日～27日
- ⑧ 森鼻久美子、海老沢研、辻本匡宏、小林尚人、吉田鉄生「すばるMOIRCSによる銀河リッジX線放射の起源天体の多天体分光観測」日本天文学会 2009年9月14日～16日
- ⑨ 齊藤慧、辻本匡弘、海老沢研、石田学、向井浩二、永山貴宏「RXTE衛星とIRSF望遠鏡SIRIUSカメラを用いた特異天体XSS J12270-4859のX線・近赤外線同時観測」日本天文学会 2009年9月14日～16日

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：

番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

海老澤 研 (EBISAWA KEN)
独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 ・
宇宙科学研究所・教授
研究者番号：70421857

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

小林 尚人 (KOBAYASHI NAOTO)
東京大学・天文学教育研究センター
・准教授
研究者番号：50280566

辻本 匡宏 (TSUJIMOTO MASAHIRO)
独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 ・
宇宙科学研究所・助教
研究者番号：10528178