

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01939

研究課題名(和文) 新しいH 輝線天体検出方法による銀河面リッジX線放射を構成する点源天体の研究

研究課題名(英文) Survey of emission stars associated with the galactic ledge X-ray emission by the new method to find H alpha emission stars

研究代表者

永山 貴宏 (Nagayama, Takahiro)

鹿児島大学・理工学域理学系・准教授

研究者番号：00533275

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、私達が考案した新しい方法に基づいたH 輝線星を選択的に検出するカメラを開発して、銀河面リッジX線放射に関連した輝線星を探すことを目的としていた。実際にH 輝線の波長とその両脇の波長を同時に撮像観測することができ、従来の方法に比べて効率的かつ精度よく、H 輝線を検出できるカメラを開発した。このカメラを鹿児島大学の1m望遠鏡に実際に取りつけて、試験観測を行った結果、7 程度の等価幅を持つ輝線を選出できることを確認した。今後は、このカメラを用いて、当初の目的である銀河面における輝線星の探査を行う。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、私達が考案したH 輝線天体を効率的に探す方法を実際に試し、それが機能する可能性が高いことを示した。H 輝線は水素原子が発する光であり、通常の星はその輝線を示さないが、本研究の最終目標であるX線星はH 輝線を併せて示すことが多く、H 輝線天体を探すことは、X線星を探すことにつながる。天の川銀河からはいまだ起源が明確でない広がったX線が放射されている。その起源は多数の分解できないX線星であるとする説があるが、それが正しい場合、既知のX線星だけでは数が足りない。本研究を通じてH 輝線を探すことは、間接的にX線星を探すことになり、数十年にわたる謎にヒントを与える。

研究成果の概要(英文)：This research aimed to develop a new camera to find H-alpha emission stars using our original method and to search for H-alpha stars that may be associated with the Galactic Ridge X-ray Emission in the galactic plane using this camera. We successfully developed this camera and conducted test observations with the Kagoshima University 1m telescope. As a result, we have confirmed that we can detect the H-alpha emission stars with an equivalent width as small as 7 . We will carry out a galactic plane survey with this camera to search for emission line stars.

研究分野：光・赤外線天文学

キーワード：輝線星

### 1. 研究開始当初の背景

銀河面リッジX線放射 (GRXE, Galactic Ridge X-ray Emission) は、天の川銀河の銀河面から放射されている見かけ上広がったX線放射であり、1980年代からその存在が知られている。しかし、GRXEが真に広がった放射であるか、それとも、広がっているのは見かけだけで実際は分解できないX線点源の重ね合わせであるかは、発見以来論争が続いており現在も決着はついていない。ひとつ確かなことは、GRXEが点源に分解されるのであれば、 $1\text{pc}^3$ あたり $10^{-5}$ 個程度の激変星などのX線点源天体が必要となるが、太陽系近傍での激変星の数密度は $10^{-6}/\text{pc}^3$ であり1ケタ足りない。すなわち、天の川銀河にこれまで考えられてきたよりも多くのX線点源天体が存在するということである。これらはいったい、どんな天体なのだろうか？ 当時稼動していたX線衛星では、既に空間解像度、感度の両面において限界まで観測されており、これらのX線点源天体をより詳細に研究するためには異なる波長帯での別のアプローチが必要であった。X線を放出する点源天体の多くはH $\alpha$ 輝線( $\lambda=656\text{nm}$ )も放射することから、未知のH $\alpha$ 輝線天体を探查することが有効であると考えた。

### 2. 研究の目的

銀河面リッジX線放射が輝線星(激変星)などの暗いX線天体の重ね合わせで説明可能であるかを検証するため、水素の再結合線H $\alpha$  ( $656.3\text{nm}$ )を放射する輝線星を効率よく探すための「輝線波長とその両側の近傍波長を同時に観測する」カメラを開発する。本研究では、私達が考案した、H $\alpha$ 輝線とその両サイドの連続線成分を同時に観測可能であり、従来の撮像観測を用いた方法に比べて、弱いH $\alpha$ 輝線まで検出可能である。このカメラを鹿児島大学1m望遠鏡に取り付け試験観測を行い、新しい輝線星の検出方法を実際に評価する。また、鹿児島大学1m望遠鏡、および、IRSF1.4望遠鏡に取り付けて、銀河面をサーベイ観測し、星全体に対し、H $\alpha$ 輝線星が含まれる割合をH $\alpha$ 輝線の等価幅ごとに調べ、輝線星の個数密度を調べるのが本研究の目的であった。

### 3. 研究の方法

図1に本研究で開発したカメラの概略図を示す。望遠鏡で集められた光は、「狭帯域ダイクロイックミラー」で2つに分けられる。すなわち、H $\alpha$ の波長に相当する $656.3\text{nm}$ 近傍の光はこのミラーを透過し、それ以外の波長の光はこのミラーで反射する。透過した光は、さらに $\pm 5\text{nm}$ のナローバンドフィルターにより、H $\alpha$ 輝線のごく近傍のみが透過し、検出器(CCDイメージセンサ)で検出される。

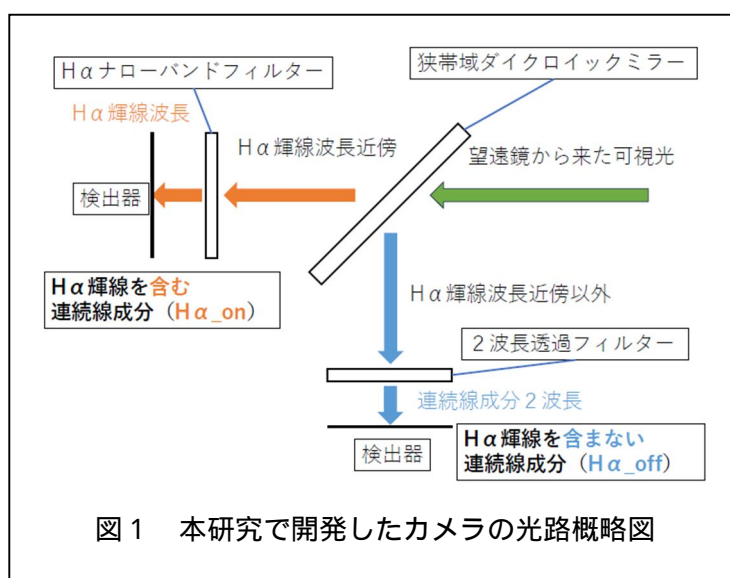


図1 本研究で開発したカメラの光路概略図

一方、ダイクロミックミラーで反射した光は、600nm 付近、700nm 付近に 2 つの透過帯を持つ「2 波長透過フィルター」により、この波長帯のみが透過し、別の検出器(CCD イメージセンサ)で検出される。このようなカメラシステムを考案し、実際に、「狭帯域ダイクロミックミラー」、「2 波長透過フィルター」を特別に製造した。

これらを組み合わせて、図 2 のようなカメラを製作した。

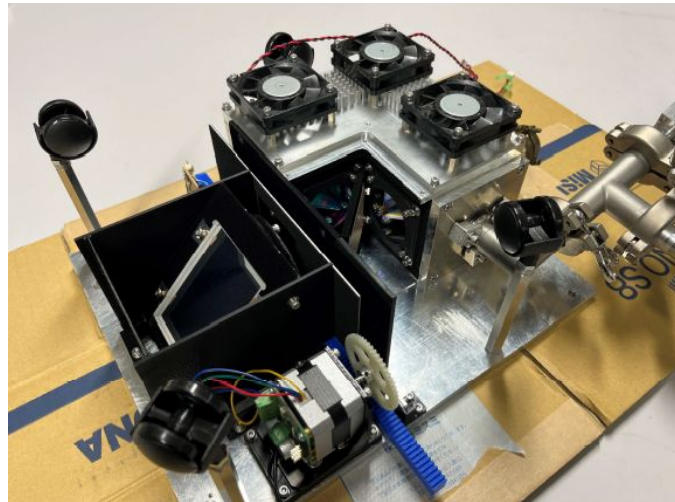


図 2 開発したカメラの写真

#### 4 . 研究成果

開発したカメラを 2024 年 1 月に鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡に取り付けて、試験観測を行った。その際に観測した M42 オリオン星雲の画像を図 3 に示す。

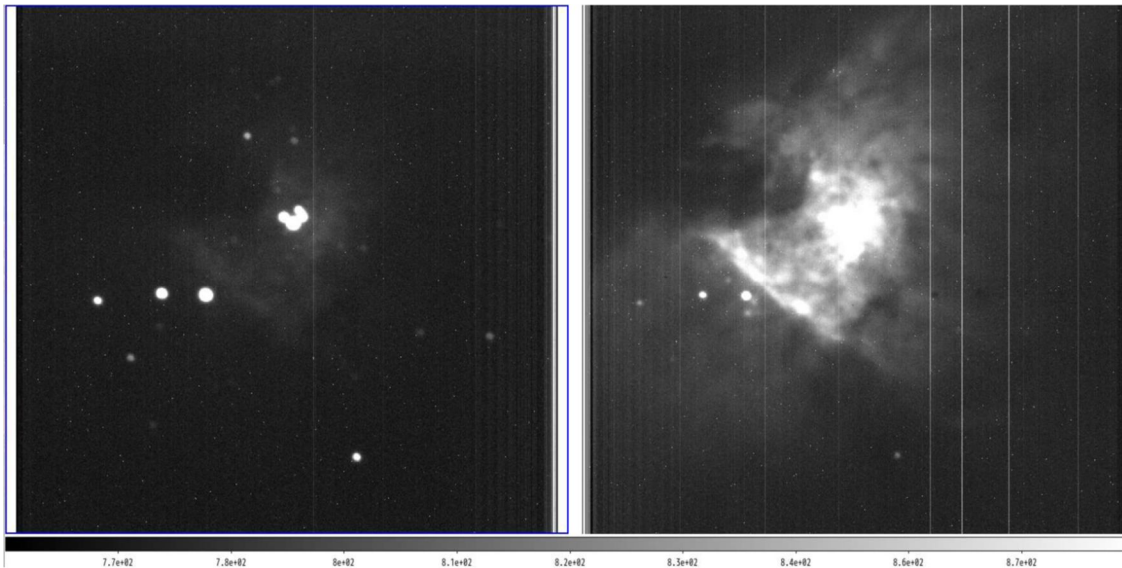
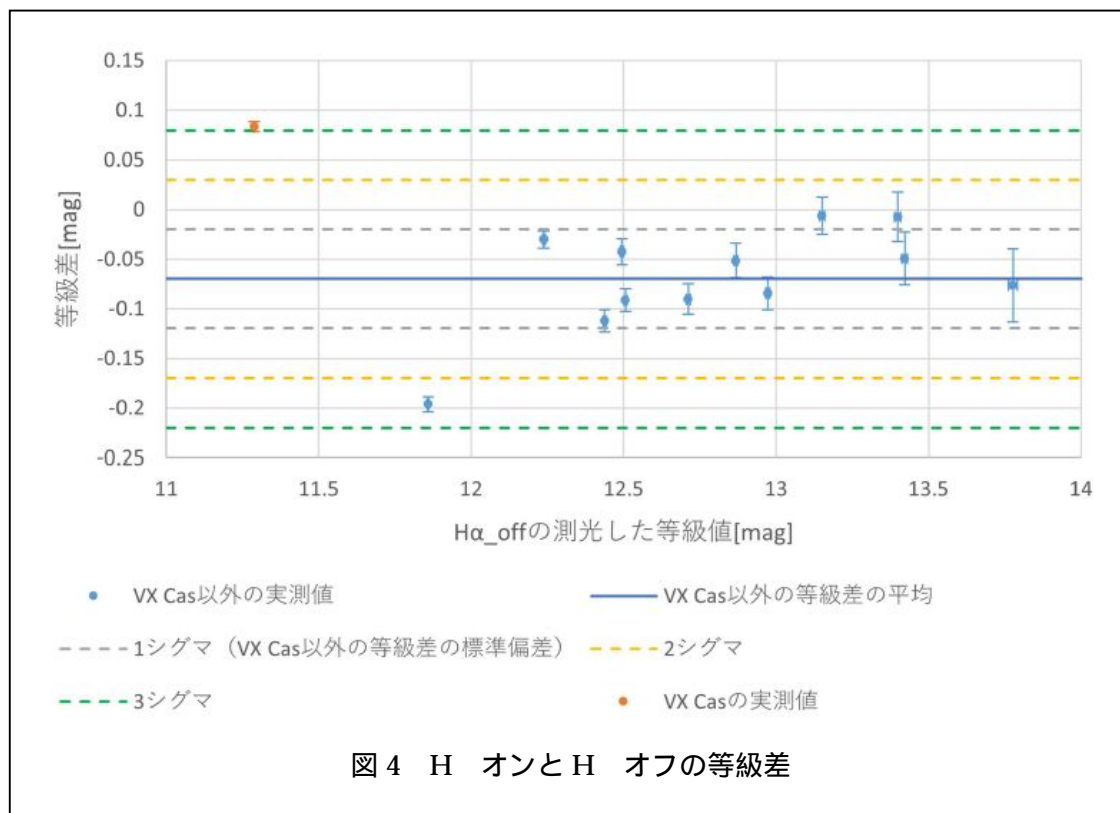


図 3 本研究で開発したカメラで撮影した M42 オリオン星雲。(左)H オフ、(右)H オン

図 3 の左側の画像が H オフ、右側が H オンの画像である。右側の画像では、写っている星(丸い点源)に対して広がった成分が明るく映っているのに対し、左側の画像では、点源のほうが広がった成分にたいして明るく映っている。これはオリオン星雲の広がった成分が HII 領域から放射されていること、すなわち H 輝線は強く放射される一方で、それ以外の波長では放射が弱いことを反映しており、私たちが事前に期待した通りの結果となっている。

さらに、既知の H 輝線天体カシオペア座 VX 星(以降、VX Cas) を含む視野を観測し、H 輝線天体が実際に選出できるかの確認を行った。この視野には、十分 SN が良い星が、VX Cas 以外に 12 個写っている。確率的にこれらの星が H 輝線を伴っている可能性は

低いため、H オンとH オフの明るさは近似的に同一とみなすことができる。すなわち、H オンとH オフの等級差を計算すると平均値がゼロとなり、測光エラーでばらつくことが期待される。実際には波長のH オンとH オフの波長の違いによりわずかなオフセットが乗ることが予想される。また、測光エラーに加えて、スペクトルに乗った輝線・吸収線により、ばらつきが大きくなることも予想される。図4に実際のデータから求めたVX Casの視野中の星のH オンとH オフの等級差を示す。



等級差の平均は-0.07等、標準偏差(1σ)は0.05等である。この分布から大きく外れる場合は、輝線、もしくは、吸収線を持つ可能性が高い。標準偏差の3倍(3σ)に相当する0.15等以上Hオンが明るい天体を輝線候補天体と定義した場合、等級差0.08等以上がこれに該当する。この等級差は、等価幅に換算すると7%に相当するので、この観測では、7%以上の等価幅を有する輝線星を検出器できる可能性が高いことを示している。実際、図中のオレンジ色の点が過去の文献からH輝線を有していることが分かっているVX Casの実測値であり、確かにその他の星の分布から外れ、ちょうど、平均から3σ付近に位置していることが分かる。

以上のように私たちが開発した新しい観測手法を取り入れたカメラを用いることで、H輝線天体を検出できる可能性が高いことを示すことができた。今後はこのカメラを鹿児島大学1m望遠鏡、および名古屋大学のIRSF1.4m望遠鏡(2024年10月予定)に取り付けて、銀河面の広域サーベイを行い、H輝線候補天体の探査を行う。また、抽出された候補天体に対して、ランダムに分光観測を実施し、真にH輝線天体かの確認を行う。さらに、これらをもとに銀河面リッジX線放射を説明できるほどのH輝線天体が存在するかを確かめる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 永山貴宏
2. 発表標題 鹿児島大学報告
3. 学会等名 光赤外線大学間連携ワークショップ
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	森鼻 久美子  (Morihana Kumiko)  (50640843)	名古屋大学・教養教育院・講師    (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------