

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25287034

研究課題名(和文) 可視近赤外線同時分光モニタリングで探るミラ型星の脈動メカニズム

研究課題名(英文) Near-infrared and optical spectroscopic monitoring of Mira variable 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) 14,500,000円

研究成果の概要(和文)：脈動メカニズムが良く理解されていないミラ型変光星の可視・近赤外線分光モニタリング観測を実施するための、分光器の開発を行ってきた。この分光器は、波長0.45 μm から2.5 μm を波長分解能 \sim 200-500で一度に分光することができる分光器である。分光器は室温環境では予定していた光学性能が得られた。しかし、冷却下での光学試験の途中、観測で使用する予定であったHgCdTe検出器が破損したため、当初の計画の通り研究を実施できなかった。今後の研究につなげるため、試験用InGaAs検出器で低温下での光学試験を継続し、光学系の調整を行ったが、未だ完全ではない。

研究成果の概要(英文)：We have developed the optical and near-infrared spectrometer for the spectroscopic observation of Mira variable stars, whose pulsation mechanism is not understood well. This spectrometer covers the wavelength range from 0.45 μm to 2.5 μm with a resolution R of a few hundreds. We have confirmed that the spectrometer has the expected optical performance in the room temperature. We also cooled down the spectrometer to the operating temperature, and examined the optical performance. However, the focal plane array was broken during the low temperature experiment, and it became impossible to proceed this research as we planned. We have continued the optical adjustment at the operating temperature using the InGaAs detector array. Unfortunately, we have not achieved the good optical performance yet.

研究分野：赤外線天文学

キーワード：赤外線 分光 ミラ型変光星

1. 研究開始当初の背景

セファイド型変光星などのセファイド不安定帯に位置する脈動型変光星と異なり、ミラ型変光星の脈動・変光メカニズムは確立されていない。例えば、ミラ型変光星の一つである Cyg は可視光では 8 等、近赤外線では 2 等の振幅を持つが、この差を恒星の脈動に伴う半径と温度の変化だけで説明することはできない。可視光線を基準にとると、近赤外線での変光幅は小さすぎ、逆に近赤外線を基準にとると可視光線の変光幅は大きすぎる (Reid and Goldston, 2002)。この食い違いは、定性的には可視域に遷移線を持つ分子の吸収が、脈動のフェイズにより大きく変化することが原因であると考えられているが、近赤外線での分子吸収の変動も含めた系統的・定量的な描像は得られていない。分子の生成は温度・密度に敏感に反応し、各天体の各変光位相で複雑に変化するが、それらをよく説明する理論モデルは現在ない。変光の原因・メカニズムを正しく理解するためには、測光データを集めるだけでは不十分であり、幅広い波長域の分光観測データを揃え、分子吸収について理解を深めることが不可欠である。

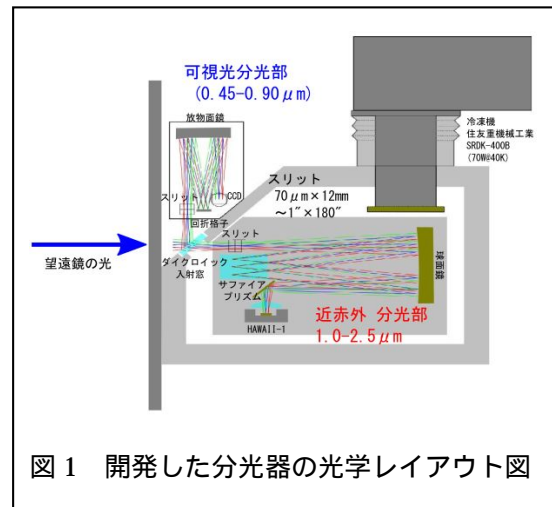
2. 研究の目的

ミラ型変光星の変光メカニズムを明らかにするためには、根本的にデータが不足している。とりわけ、各変光フェイズで可視光線から近赤外線までの分光データが不足している。しかし、300 日を超える変光周期をもつミラ型変光星の連続モニタに使用できるような分光器は現存しない。そこで、本研究ではこのような目的に合致した可視・近赤外線分光器を開発し、それを用いて、異なるタイプのミラ型変光星の可視・分光モニタリングを行い、ミラ型変光星の変光メカニズムの解明につながる分光データを収集することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、ミラ型変光星の可視・近赤外線モニタリング観測を行うための分光器を開発し、名古屋大学が南アフリカ天文台サザerland 観測所に所有する IRSF1.4m 望遠鏡に取り付けて、ミラ型変光星の継続的なモニタリング観測を実施する。

開発した分光器の光学レイアウト図を図 1 に示す。この分光器は多数のミラ型変光星を短い観測時間で分光観測するため、高い光学系透過率を目指した。そのため、必要最小限



の光学部品のみを使用し、光学面数を可視分光部 9 面、近赤外線分光部 10 面まで減らした。その結果、可視チャンネル ~60%、近赤外線 ~70%の光学系透過率が期待できる。また、多くのミラ型変光星を次々分光するために、近赤外線スリットビューアを装備し、スリットへの天体導入を自動化することで、観測の効率化を目指した。この分光器の開発は、主に名古屋大学で行い、少ない開発予算で開発するため、光学設計、真空容器の設計などを自分達で行った。

4. 研究成果

分光器は可視光 (0.45-0.90 μm) を分光する可視分光部と近赤外線 (1.0-2.5 μm) を分光する近赤外線分光部の 2 つの分光器部分と近赤外スリットビューア部分の 3 つに分かれ、近赤外線分光部、近赤外スリットビューア部は真空容器内に収められ、熱雑音を抑制するため、機械式冷凍機により冷却される。図 2 に真空容器内に設置された近赤外線分光部の写真を示す。また、図 3 に近赤外スリットビューア部の写真を示す。可視分光部については、予算と時間の都合で本研究の範囲内では開発できなかった。

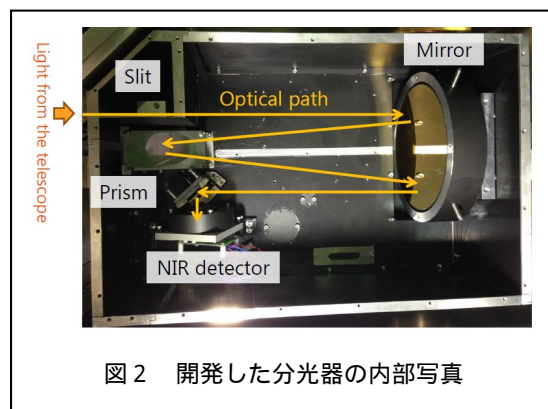




図3 開発したスリットビューア光学系の写真

次に、近赤外線スリットビューア部、および、近赤外線分光部の光学調整、および、光学性能の評価を行った。近赤外線スリットビューアの調整は、試験用のマスクパターンを焦点部に置き、この像に波長 $1.3\mu\text{m}$ の単色光を照射することで焦点面にできる像を評価しておこなった。図4に焦点面に投影されたマスクパターンを赤外線検出器で撮影した画像を示す。この図に写った線の幅、間隔を評価することにより、赤外線スリットビューア光学系は期待通りの光学結像性能を有することが分かった。

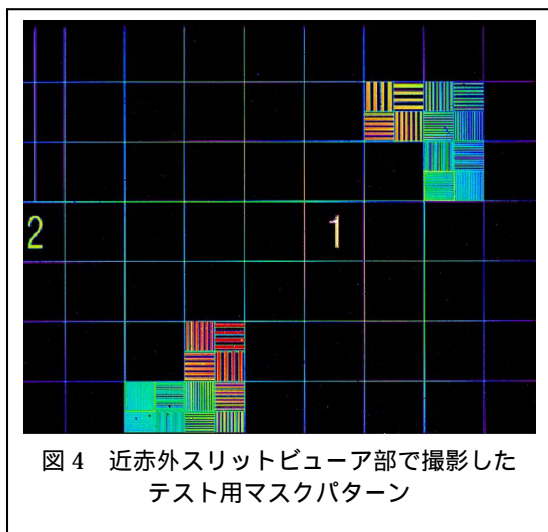


図4 近赤外スリットビューア部で撮影したテスト用マスクパターン

近赤外線分光部の調整、および、光学性能の評価は外部から電球、近赤外線半導体レーザー、水銀放電管などの放射を入射させて、実際に分光スペクトルを取得して行った。図5に室温下で取得した電球および水銀放電管のスペクトルを示す。このデータは、室温下でも動作可能で、波長 $0.9\text{-}1.7\mu\text{m}$ に感度を有する試験用の InGaAs 検出器で取得したものである。また、図7として、図6の水銀放電管のスペクトルを横軸：波長、縦軸：相対強度として表したグラフを示す。このように室温環境下で分光スペクトルが得られることを確認した。

続いて、冷却下での試験を行った。冷却下での試験は、波長 $2.5\mu\text{m}$ まで感度があり、実際にミラ型変光星の観測で使用する予定であった HgCdTe 検出器を用いて行った。しかし、最初の暗環境での冷却試験では HgCdTe

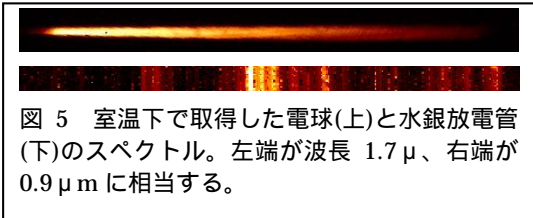


図5 室温下で取得した電球(上)と水銀放電管(下)のスペクトル。左端が波長 $1.7\mu\text{m}$ 、右端が $0.9\mu\text{m}$ に相当する。

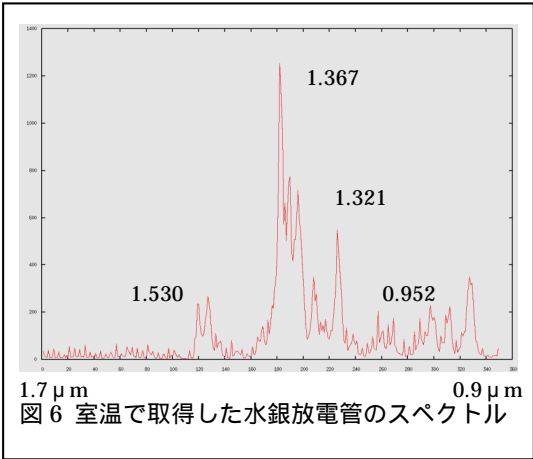


図6 室温で取得した水銀放電管のスペクトル

検出器は正しく動作したものの、外部から光を入射させた2回目の冷却試験では、図7に示すように検出器の一部が正しく動作しなかった。一旦、室温まで分光器を昇温し、検出器を確認したところ、HgCdTe 検出器が破損していることが分かった。原因は現時点でも不明であるが、冷却に伴う熱収縮に原因があると考えて、調査を行っている。

HgCdTe 検出器は非常に高価であるので、本研究の予算範囲内で当初の予定通り近赤外分光部を開発することはできなくなった。一方、これまでの研究を今後の研究につなげるため、試験用の InGaAs 検出器を用いて、冷却下での光学調整を行うことにした。現時点では、スペクトルは得られるものの、星像が

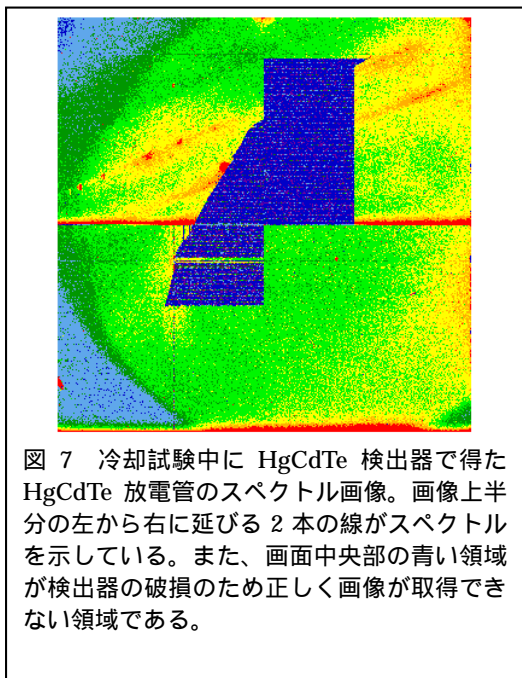


図7 冷却試験中に HgCdTe 検出器で得た HgCdTe 放電管のスペクトル画像。画像上半分の左から右に延びる2本の線がスペクトルを示している。また、画面中央部の青い領域が検出器の破損のため正しく画像が取得できない領域である。

期待される大きさよりも大きく、光学調整を継続している。

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 1 件)

Evaluation of InGaAs 640×512 detector array manufactured by Chunghwa Leading Photonics Tech, Nagayama, Takahiro; Takeuchi, Nami; Kokusho, Takuma; Yamanaka, Asa; Nishiyama, Miho; Kaneda, Hidehiro, Proceedings of the SPIE, Volume 9154, id. 915410 9 pp. (2014)

〔学会発表〕(計 1 件)

國生拓摩、竹内菜未、山中阿砂、金田英宏、永山貴宏、光赤外線大学間連携事業による IRSF1.4m 望遠鏡可視・近赤外線同時分光器の開発、日本天文学会 2014 年秋季年会、2014 年 9 月 11-13 日、山形大学(山形県山形市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

板 由房 (ITA, Yoshifusa)
東北大学・理学研究科・助教
研究者番号：30392814

中島 康 (NAKAJIMA, Yasushi)
一橋大学・学内共同利用施設等・准教授
研究者番号：40469606

村田 勝寛 (MURATA, Katsuhiko)
名古屋大学・理学研究科・研究員
研究者番号：10735038

(3) 連携研究者

松永 典之 (MATSUNAGA, Noriyuki)
東京大学・理学研究科・助教
研究者番号：80580208

木野勝 (KINO, Masaru)
京都大学・理学研究科・特定助教
研究者番号：40377932

(4) 研究協力者 なし