

令和元年6月11日現在

機関番号：17701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2018

課題番号：15K13465

研究課題名(和文) 近赤外線昼間観測による赤色超巨星の空白期間のない時間変動の調査

研究課題名(英文) Near infrared observtion of very bright stars in the day time

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) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：非常に明るい天体にたいして、近赤外線では昼間に観測を実施するための減光フィルタを作成した。この減光フィルタは、波長1.0-2.5 μm の範囲全体を1/5000に減光する(透過率0.05%)ものである。このフィルタを用いることで、空の明るさによって赤外線検出器が飽和することを回避することができる。このフィルタをIRSF1.4m望遠鏡、および、赤外線カメラSIRIUSに搭載し試験観測を行なった。赤色超巨星「カリーナ」を昼間に観測することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、近赤外線天体観測において、非常に明るい天体であれば昼間であっても観測できることは、研究者であれば誰でも知っていた。しかし、実際に観測をするためには、専用のフィルタの製作など特別な手段が必要であり、これまで実際に実施した例は少ない。本研究では、実際に専用フィルタを開発し、昼間であっても観測が実施できることを確認した。これにより、銀河系内超新星などの非常に明るい、極めて稀な天体現象が昼間の時間帯に起きたとしても観測できる準備が整った。

研究成果の概要(英文)：We developed a special neutral density filter to observe very bright near infrared stars in the day time. This filter has a transparency of 0.05 % for the wavelength range of 1.0 - 2.5 micro meters. Using this filter, the sky brightness is reasonably attenuated and near-infrared detectors are not saturated even in the day time. We installed this filter to the IRSF 1.4m telescope and simultaneous JHKs band camera SIRIUS. We obtained the image of Eta Carinae in the day time.

研究分野：赤外線天文学

キーワード：近赤外線 天体観測 昼間

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

私達はミラ型変光星の周期的変光を近赤外線でもニタリングすることで、変光周期と平均等級を決定し、年周視差などで求められた距離の情報と組み合わせることで、ミラ型変光星の近赤外線における周期光度関係について研究を行っていた。ミラ型変光星の変光モニタリングを行う際、多くのミラ型星の変光周期が1年=365日に近く、数年間にわたって観測を行なっても、変光周期のある特定のフェイズが毎年昼間の期間に相当し、得られるライトカーブに空白ができることが問題となっていた。この問題は地球の公転周期とミラ型変光星の変光周期が偶然にも非常に近いために起きる現象であり、昼間に観測を実施しない限り根本的な解決方法はない。

近赤外線による天体観測は、通常は暗い天体を観測対象としている。昼間は空の明るさが問題となるため行われず、もっぱら夜間に観測が行われてきた。しかし、昼間の空の明るさに起因する問題を取り除くことができれば、昼間であっても、天体観測を行うことは原理的には可能である。しかし、昼間における近赤外線での観測はこれまでほとんど報告がない状況であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、変光周期が1年に近いミラ型変光星のライトカーブの空白期間を埋めることを最終目標として、近赤外線でも昼間に観測を行う方法を開発することであった。研究開始時点で、赤外線カメラの視野全体を数千分の1に減光する減光フィルタを製作、使用すれば、空の明るさを赤外線検出器が飽和しないレベルまで弱めることができ、対象天体からの光(赤外線)も弱めてしまうものの、測光ができる見込みを持っていた。本研究では、実際にこのような減光フィルタを作成し、昼間に近赤外線を実施すること、標準星や実際のミラ型変光星の観測を行い、夜間に行った結果と矛盾がないかの比較検証を行うこと、さらには、今後、昼間観測を実施していくにあたって、問題となる点のリストアップを行うことが目的であった。

3. 研究の方法

視野全面を減光するフィルタの製作に先立ち、私がすでに開発、所有していた視野の一部分を減光する部分減光フィルタをマスクカセットと併用することで、赤外線カメラの視野の一部分だけを減光し、それ以外の領域を完全に遮蔽する特殊フィルタを製作する。このフィルタを用いて、視野の一部分だけであるが、昼間観測を行い、最適な減光率や今後全面減光フィルタで観測を行う際の問題点の洗い出しを行う。

部分減光フィルタでの試験的な観測結果を元に全面減光フィルタの減光率を決定し、全面減光フィルタを製作する。製作した全面減光フィルタを鹿児島大学の1m望遠鏡+赤外線カメラ、名古屋大学 IRSF1.4m望遠鏡+近赤外線カメラ SIRIUS に挿入して、実際に昼間観測を実施する。

4. 研究成果

すでに所有していた視野の一部分だけを1/5000に減光する部分減光フィルタを用いて昼間観測を行うための専用マスクカセットを製作した(図1)。この昼間用部分減光フィルタを鹿児島



図1 製作した専用マスクカセットに入れた部分減光フィルタ

島大学1m望遠鏡+赤外線カメラに挿入して、実際に昼間に観測を実施した。その結果、昼間であっても、太陽から十分に離れた空であれば、星を検出できることを確認した(図2参照)。また、昼間観測によって得られたミラ型変光星の測光値は、過去の周期変光から予測されるライトカーブの延長上に

位置し、昼間に得た測光値が従来の観測から予測される結果と矛盾しないことを確認した。図3に、あるミラ型変光星のこれまでのKバンドでの測光点と、昼間に観測した測光点を示した。昼間に得た測光点がこれまでの観測から得られたライトカーブの延長上にあることが分かる。

さらに試験観測を継続し、減光率1/5000で、鹿児島1m望遠鏡+赤外線カメラを使用した場合、Kバンド($\approx 2.2\mu\text{m}$)限界等級が、夏には約3.0等級(90秒積分)、冬には約4.5等級であることを確認した。夏と冬での差は、減光フィルタ自身の赤外線放射量が外気温により異なり、冬に比べて夏の方が検出器に到達する背景放射量が多いことによる。この傾向は夜間の観測と同様である。さらに詳しい情報を得ようとした矢先の2016年秋に鹿児島大学の赤外線カメラの検出器読み出し回路が故障し、修理後の2018年12月には落雷により赤外線カメラが著しく破

損したため、部分減光フィルタでの試験観測は終了した。これまでの試験観測から、減光率は1/5000程度で十分空の明るさを暗くすることができることがわかったため、昼間観測用の全面減光フィルタは1/5000で作成した。

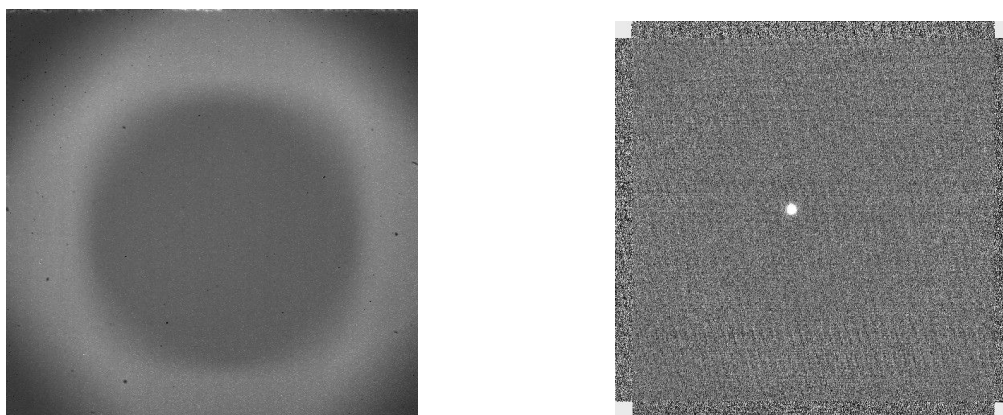


図2 昼間に観測したミラ型変光星(Kバンド)。(左)生画像。(右)画像処理後。右の画像の中心付近の白い点が観測したミラ型変光星である。

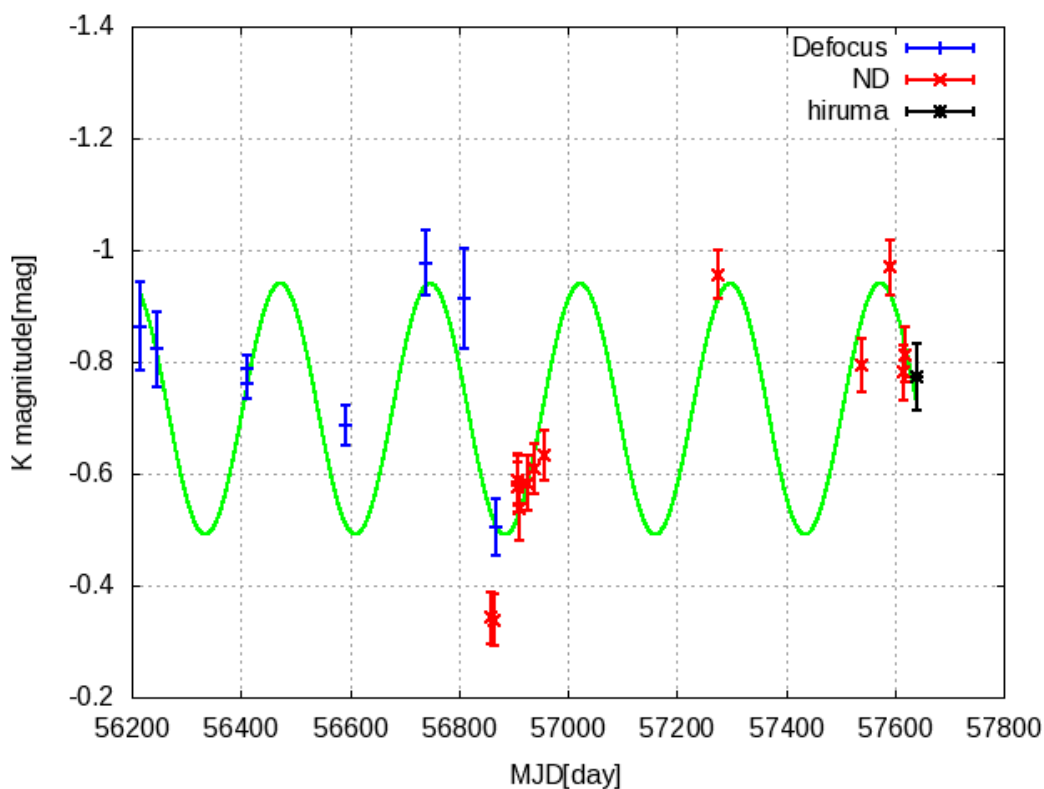


図3 あるミラ型変光星のライトカーブ。青、および、赤色のデータ点が過去の夜間観測で得られたデータ点であり、黄緑色の曲線は、青、赤のデータ点をSin関数でフィッティングしたものである。右端の黒点が本研究により実施した昼間観測で得られたデータ点であり、過去のデータ点に基づいた曲線の外挿上に位置することが分かる。

1/5000 全面減光フィルタを名古屋大学の IRSF1.4m 望遠鏡、および近赤外線カメラ SIRIUS に取り付けて試験観測を行った。試験観測では、標準星の他、赤色超巨星 カリーナの観測を行い、部分減光フィルタと同様に昼間でも観測が実施できることを確認した。しかし、得られた画像には、想定していなかった円状のパターンが存在した(図4)。良い精度の測光を行うためには、このパターンの素性について良く調べる必要がある。フィルタを取り外して背景から強い光を当てたところ、フィルタの一部から光が漏れていることが確認された。実験室に持ち帰

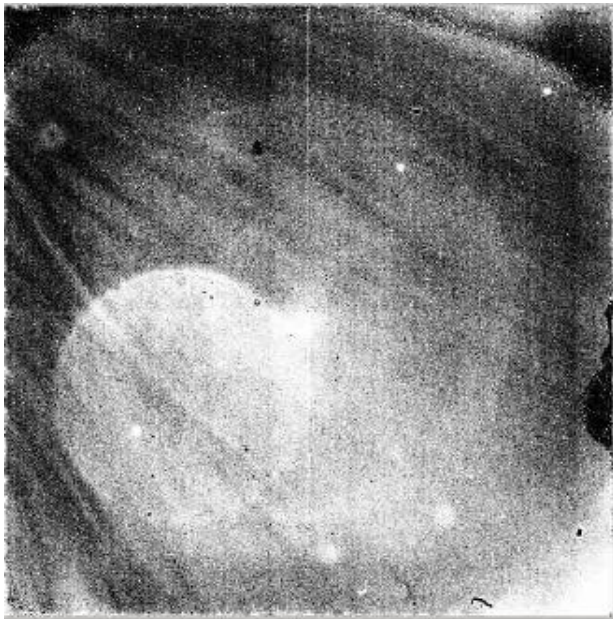


図3 作成した全面減光フィルタでの昼間観測の例。小さな点が星である。画面の左に大きな円形の模様が映っている。

り、顕微鏡で拡大して、フィルタ表面の状態を観察したところ、コーティングが剥げている箇所を数カ所見つけた。剥げの形状は、箇所により異なり、ひっかき傷のような形の剥げも見られる。現在、この漏れ(剥げ)がどのような経緯が出来たかの調査を行っている。

以上のように、全面減光フィルタに光の漏れが見つかったため、完全な昼間観測を開始することはまだできていないが、本研究により昼間近赤外線観測の準備はほぼ整った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

永山貴宏、鹿児島大学活動報告、第7回光赤外線大学間連携ワークショップ, 2016
永山貴宏、鹿児島大学活動報告、第6回光赤外線大学間連携ワークショップ, 2015

〔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〕

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。