

# SIRIUS カメラ開発記

## 長嶋千恵

〈名古屋大学大学院理学研究科 〒464-8602 名古屋市千種区不老町1〉

e-mail: chie@z.phys.nagoya-u.ac.jp

## 永山貴宏

〈京都大学大学院理学研究科 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町〉

e-mail: nagayama@kusastro.kyoto-u.ac.jp

## 中島康

〈国立天文台光赤外研究部 〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1〉

e-mail: yas@optik.mtk.nao.ac.jp

近赤外線カメラ SIRIUS は、IRSF 1.4 m 望遠鏡の主力観測装置である。3個の検出器で7.7角の視野を3バンド同時に撮像し、高解像度の近赤外3色サーベイを非常に効率よく行うことができる。ここでは装置の概要と、開発者の立場から見た SIRIUS のこれまでの経緯を記す。

## 1. SIRIUS 概要

SIRIUS は近赤外線カメラである。近赤外線の観測装置は、装置自身や望遠鏡からの余計な近赤外線放射を避けるため、全体を真空容器の中に入れて冷却する。SIRIUS の真空容器の大きさは  $800 \times 600 \times 240$  mm, ミカン箱ぐらいの大きさであるが、実際には読み出し回路などが外側に取り付けてあるため、その3倍ぐらいの体積がある。

SIRIUS の外観を図1に示す。装置内部は機械式冷凍機で冷却されている。光学系部分は絶対温度 130 K 程度、検出器は 85 K である。

SIRIUS の特長は3色同時撮像ができることである。検出器を3個搭載し、入射光をダイクロイックミラー（特定の波長より短い光を反射・長い光を透過させる特殊な鏡、反射損失~1%, 透過損失~5%）で分けてそれぞれの検出器に入射させる。最近はやりの3CCD デジタルビデオカメラと同じ方式である。SIRIUS 内部の写真と光路を

図2に示す。三つの検出器にはそれぞれ J バンド ( $1.25 \mu\text{m}$ )・H バンド ( $1.63 \mu\text{m}$ )・Ks バンド ( $2.14 \mu\text{m}$ ) のフィルターがかぶせてある。この三つの検出器のデータをそれぞれ青・緑・赤に割り当てて合成することで、ギャラリーページに掲載されているような擬似3色カラー画像が得られる。フィルターが固定で、観測モードも撮像のみなので、装置内部にはフィルターホイールのような複雑な機構はない。

検出器は水銀カドミウムテルルの受光素子が  $1,024 \times 1,024$  個並んだ、HAWAII アレイと呼ばれるものである。IRSF 1.4 m 望遠鏡に取り付けると1素子が  $0''.45$  に対応し、視野は7.7となる。積分時間15分でKsバンド限界等級17.3等(10 $\sigma$ )の画像が得られる。近赤外線は可視光に比べて空自体が明るいため、短い積分時間の画像を多くの枚数分重ねて観測時間を稼ぐ。このとき空の全く同じ場所を見て撮り続けるのではなく、ほんの少し(10''程度)ずらして撮ることで、検出器



図 1 SIRIUS 外観。中央の部分が真空容器，その周りに読み出し回路や直流電源が取り付けられている。

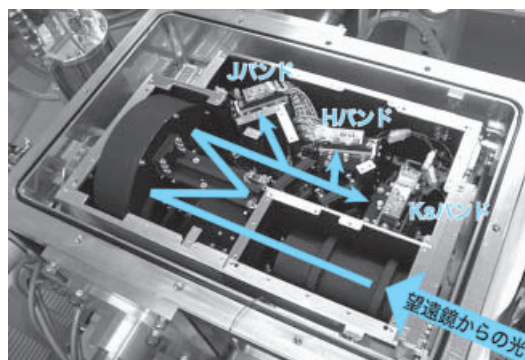


図 2 SIRIUS 内部と光路の様子。2枚のダイクロミックミラーで光路を三つに分ける。その手前は余計な近赤外線をカットするための光学系。

の不良画素の影響を取り除くこともできる（これをディザリングと呼ぶ）。短い積分を繰り返すとそのつどデータ読み出しの時間が必要になるため、近赤外線装置の観測効率（実積分時間÷実際に観測にかかった時間）は一般的に可視光装置よりずっと悪い。SIRIUSの観測では30秒積分を30枚重ねて15分積分にすることが多く、この場合の観測効率は当初は60%程度だったが、2004年4月に読み出し回路を更新した結果80%にまで向上した。これは近赤外線の装置としてはかなり良い数字であると自負している。しかも3色同

時撮像なのでフィルター交換の時間ロスもない。対象天体の観測はもちろん、校正天体、感度ムラ補正用の画像などもそれぞれ一度で取得できる。

1晩の観測で、多いときには2,000枚×3バンド分の画像が撮れる。1枚の画像の大きさが2MBなので1晩で生産されるデータ量は10GB以上になる。観測データはDVD-Rに焼かれ、日本に持ち帰られる。この大量のデータの処理を容易に行うために、素子間の感度ムラ補正・バックグラウンドのゲタ成分の除去・ディザリングの重ね合わせ、といういわゆる1次処理を自動的に行うパイプラインソフトウェアが用意されている。

## 2. ファーストライトまでの道のり

SIRIUSの製作は、1998年春から、名古屋大学の物理Z研にて行われた。当時Z研では複数の近赤外観測装置を開発中で、真空・冷却技術や検出器取り扱いのノウハウが蓄積されていた。特に広波長域撮像分光装置TRISPECの存在は大きく、その機能縮小版とも言えるSIRIUSは「すでにある要素を組み立てれば作れる」状態であった。とはいえ、こちらは装置開発など未経験の新人大学院生。当然、ことはそんなに簡単ではなく、日々勉強の毎日であった。

装置の製作は真空容器になるアルミの塊を削るところから始まり、名大物理金工室に新規導入された工作機械を2カ月間ほぼ貸しきり状態で使わせていただいた。Z研の諸先輩方と金工室のサポートもあり、2000年春には装置の外観はほぼできあがった。SIRIUSの開発はIRSF 1.4m望遠鏡に先行して進んでいたため、アフリカに行く前にまずハワイ大学2.2m望遠鏡でテスト観測を行うことになった。しかし完成までの道のりはまだ遠い。特に、テスト用検出器から本番用検出器に交換したとたん画像に原因不明のパターンが乗った時は大いに困った。試行錯誤でデータの読み出し方や電荷のリセットの仕方を工夫して、何とかその影響を小さくした（後にこれは、この検出器固有の



図3 ファーストライト観測のメンバー、ハワイ大学 2.2 m 望遠鏡にて。

リセットアノマリーと呼ばれる問題であることが判明した)。出荷直前まで原因の分からない真空漏れに悩まされたりもした。最終的にはやはり時間の余裕はなく、室内試験は完璧、とは言えない状態で SIRIUS はハワイに旅立った。

そして2000年8月10日、SIRIUSは無事にファーストライトを迎えた。装置の性能はほぼ当初の目標に達していた。ファーストライトの瞬間の感動は、それまでの苦労を吹き飛ばして余りあるものであった。終わってみれば約2年半という比較的短い期間でファーストライトを迎えることができたのは、装置の単純さゆえもあるが、周りの環境にも本当に恵まれていたと思う。

### 3. トラブルを越えて

無事にハワイでのテスト観測を終えた SIRIUS だったが、実際には本番はここからである。ハワイから南アフリカへの輸送の最中に、いきなり最初の大きなトラブルに遭遇した。輸送中のどこかで横方向に大きな加速度が加わったのであろう、SIRIUS は輸送用カートからずり落ちて斜めに傾

いた状態で届き、読み出し用の回路基板が大きなダメージを受けていた。それから1週間後に IRSF の開所式が行われたが、この時にはまだ直る目処が立っておらず私たちは内心ヒヤヒヤであった。そして開所式の参加者は、SIRIUS の画像ではなく、眼視で 1.4 m の望遠鏡の像を見ることになった(それはそれで好評だった)。復旧にはさらに2週間を要した。

このほかにもさまざまなトラブルを経験した。冷凍機の冷媒ヘリウムが漏れたり、シャッター操作の軸が折れたり。入射窓が曇ったかと思えば、入射窓に蜘蛛が居座って観測の邪魔をしたりもした。長く使っていると本当にいろいろなことが起きる。しかし、365日ほぼ毎日働き通しという通常の観測装置とは比べものにならない過酷な環境で、こうして SIRIUS が4年以上にわたって元気に動き続けているのも、自主開発ゆえ装置の中身が全部分かっているからこそであり、現地に滞在していろいろと世話をしてくださる観測者の皆さんのおかげである。どうぞこれからも SIRIUS をよろしく願いたします。

#### Development Report of the SIRIUS Camera Chie NAGASHIMA

Faculty of Science, Nagoya University, Fro-cho,  
Chikusa-ku, Nagoya 464-8602, Japan

#### Takahiro NAGAYAMA

Faculty of Science, Kyoto University, Kita-  
Shirakawa, Sakyo-ku, Kyoto 606-8502, Japan

#### Yasushi NAKAJIMA

National Astronomical Observatory of Japan,  
Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

Abstract: SIRIUS is a dedicated instrument on the IRSF 1.4 m telescope. SIRIUS is equipped with three detector arrays, providing simultaneous three-band images. We report the overview and history of SIRIUS from the viewpoint of the developers.