

P08

NINJA 検出器系開発報告

柳澤顕史¹、田中健翔²、鎌田有紀子¹、
森鼻久美子¹、本原顕太郎^{1,2}

ほか NINJA 開発チーム

¹国立天文台、²東京大学

概要

- 我々は、すばる望遠鏡広帯域分光器NINJAの検出器系(構成:H2RG+SIDE CAR+MACIE)駆動を担当している。この1年間の進捗は次のとおりである
 - H2RG 通信制御コードを作成し、検出器駆動に成功した
 - 検出器パラメータ調整により低ノイズ読み出しを実現した
 - NINJAを組み上げて、スペクトルの取得に成功した
- 本ポスターでは、通信制御コード、NINJAと検出器系の構成、検出器低温特性と取得したスペクトルを紹介する

謝辞

本開発研究は、ATC施設利用・共同開発研究「すばる望遠鏡広帯域分光器NINJA の開発」(代表:東谷千比呂)の一環で実施しました。

NINJA の立ち上げに際しては多くの皆様のご協力を得ました。ここに感謝申し上げます。

赤外線検出器の駆動実験に際しては、勝川行雄様の協力を得ました。

NINJA を構成する部品の追加工や実験道具の準備に際して、ATC マシンショップの福嶋美津広様、岩下光様、岡田則夫様の協力を得ました。

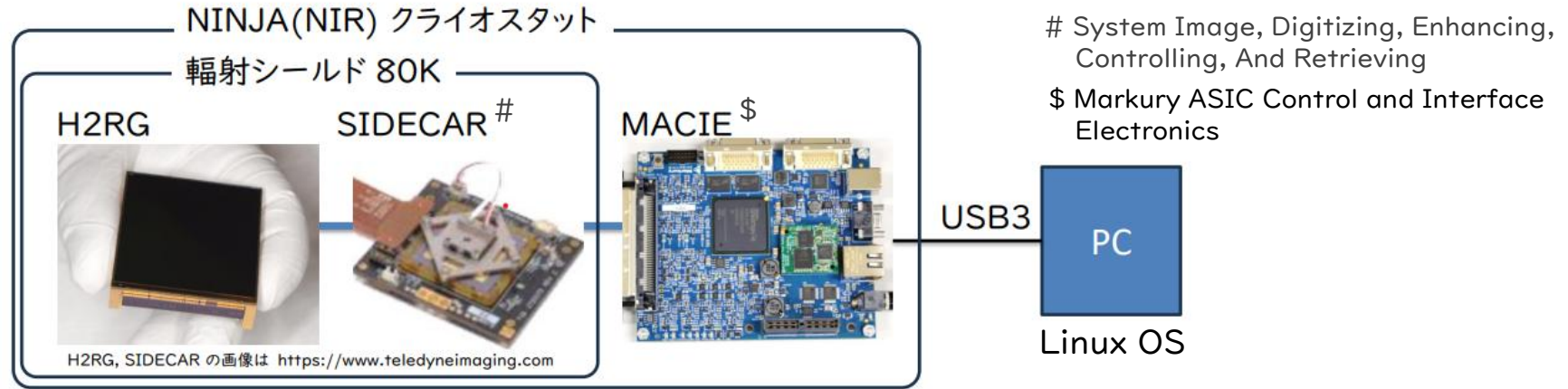
ATC3号館TMT装置環境試験室のLAN環境構築に際しては、情報セキュリティ室 松下沙也佳様、ATC 稲田素子様の協力を得ました。

真空ポンプの起動トラブルに際しては、ABC 小谷隆行様の協力を得ました。

冷凍機コンプレッサ起動トラブルに際しては、東大天文センター・上塚様、平井様の協力を得ました。

1 通信制御コード作成の意義

図1: NINJA H2RG
検出器読み出し系の
ハードウェア構成



- 我々は、NINJA のH2RG検出器読み出し系の製作を担当している。本研究では、PC (Linux) からMACIE経由でSIDE CARおよびHxRG検出器を通信制御するコードを作成した。本コードは、MACIEを介してHxRG検出器を低速読み出しモードで駆動する国内最初のコードである。

ちなみに、HxRG 検出器を高速読み出しモードで駆動するコードは Hanaoka +(2020)が作成してる。Hanaoka, Y., Katsukawa, Y., Morita, S. *et al.* A HAWAII-2RG infrared camera operated under fast readout mode for solar polarimetry. *Earth Planets Space* 72, 181 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01318-8>

- 上図は、H2RG検出器 (Teledyne社) を駆動するNINJAのハードウェア構成を示している。ユーザーは、PCからSIDE CAR (Teledyne社) およびMACIE (Markury社) を介してHxRG検出器を制御する。
 - SIDE CARは、HxRG検出器を制御するための専用ASIC (特定用途向け集積回路) である。ユーザーはSIDE CARとの通信することにより、検出器の操作 (バイアス出力、アンプ回路構成、駆動方法設定) を行う。
 - MACIEは、SIDE CARとPCのインターフェースで、SIDE CAR の制御と検出器出力データの転送を担当する。
 - かつてMACIEの機能は JADE や SAM が担っていたが、現在では扱いがほぼ終了しているため、今後はMACIE が利用される見込みである。

2 通信制御コードの構造

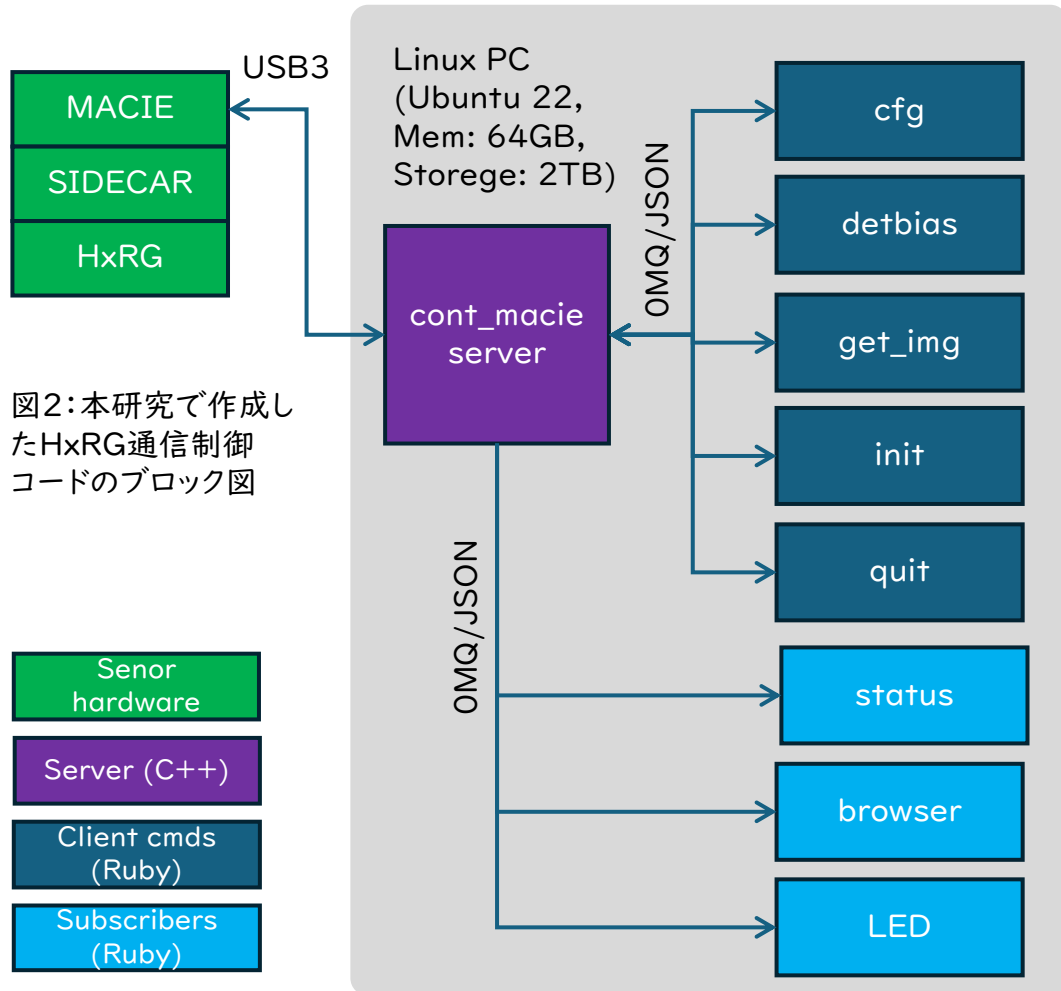


図2:本研究で作成したHxRG通信制御コードのブロック図

- HxRG 検出器を直接操作する SIDE CAR は、自身の内蔵レジスタ値を参照しつつ無限ループ処理を行っている。ユーザーはレジスタ値を適切に書き換えることで、希望する検出器動作を実現できる。
- MACIEライブラリ(C++)は、このレジスタの読み書き機能を提供している。そこで自前コードは、外部からの指令に従ってレジスタを書き換えるサーバー(cont_macie)と、指令を発出するクライアント・コマンド群(Ruby)による構成とした。通信には、メッセージング・ミドルウェア OMQ を使用し、通信文字列には JSON を採用した。
- サーバーは、コマンド処理をしたのち、サブスクリバ(status, browser) に通知を行い、サブスクリバはそれぞれの処理(ステータス表示、画像の表示)を行う。画像はライブラリ CCFits により FITS 様式で出力している。

表1:クライアントコマンドとその機能

クライアントコマンド	機能
cfg	ユーザー設定レジスタの書き換え。検出器(H{1 2 4}RG)、出力チャンネル数(H2RGは1,4,32)、サンプルモード(UTR/Fowler)、露出時間、プリアンプ・ゲインなどの、各種駆動パラメータの設定
detbias	検出器、アンプ回路に与える電位・電流値の確認と設定
get_img	画像取得指令
init	cont_macie (再)初期化コマンド
quit	cont_macie 終了コマンド

3 NINJA の構成

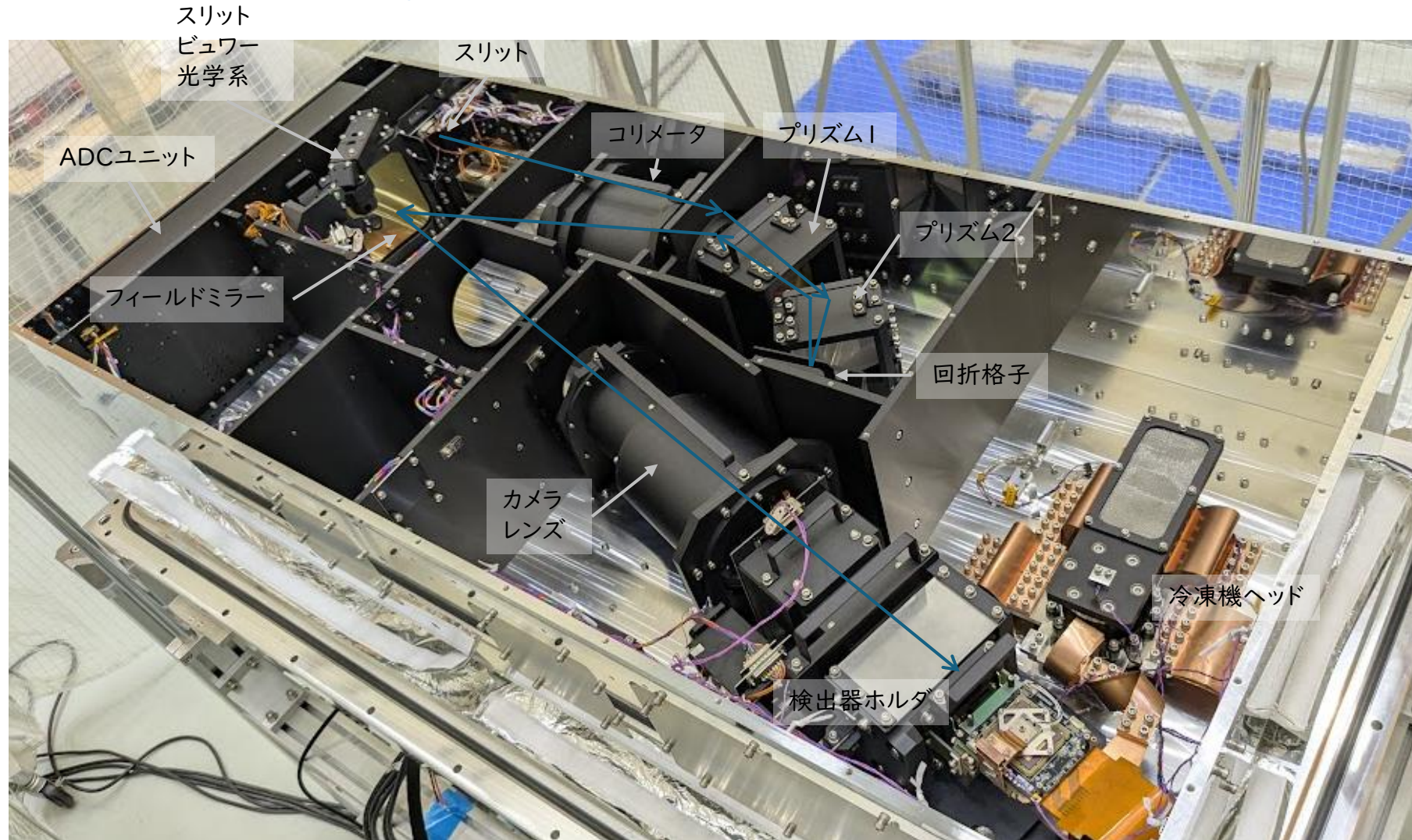


図3: NINJAクライオスタットの輻射シールド内に、すべての光学系、低温駆動機構、検出器を取り付けた様子

4 検出器系の構成

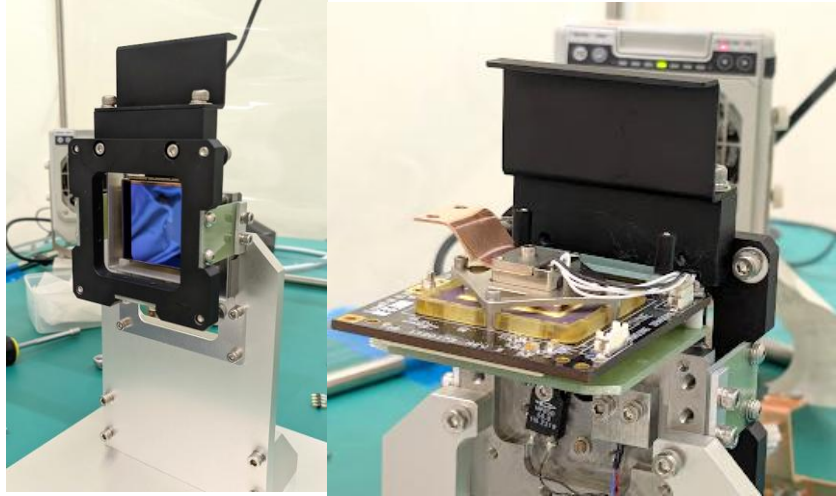


図4:検出器ホルダの構成。Mo合金板にH2RGを取り付け、背後にSIDE CARを取り付けている

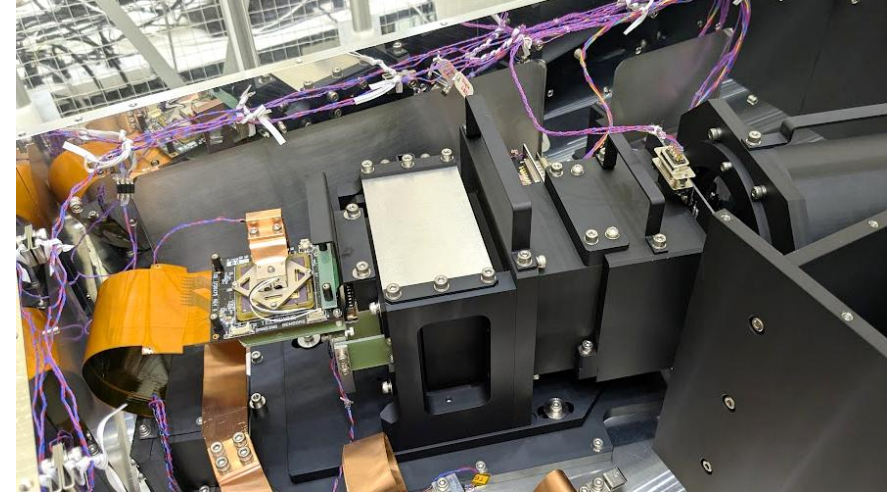


図5:検出器ホルダをNINJAに組み込んだ様子

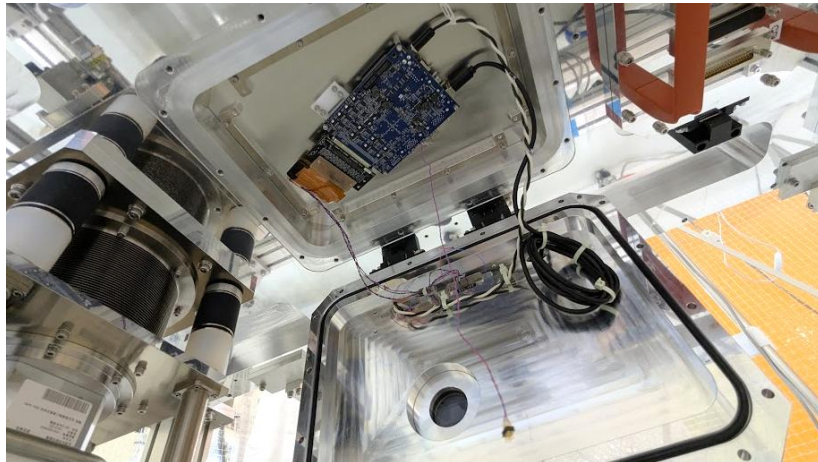


図6:MACIEは、クライオスタット下部(真空容器内)に取り付ける。MACIEには電源(+5V)を供給し、USB3で通信する。

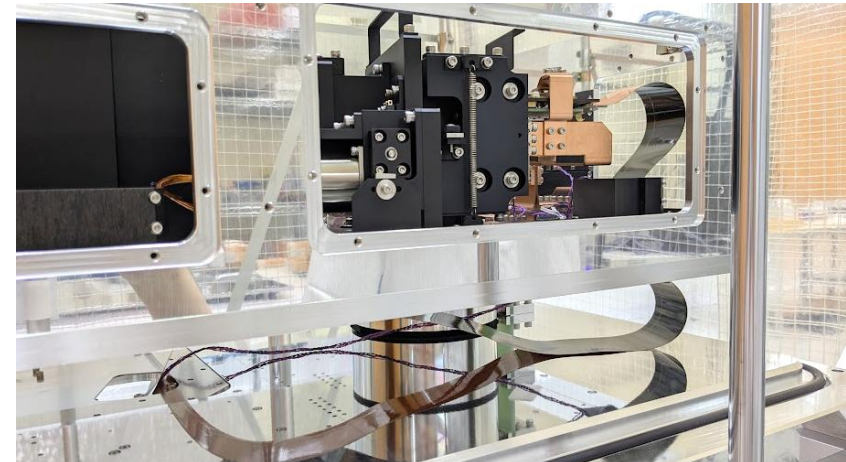


図7:検出器ホルダ搭載のSIDE CARとMACIEはフラットケーブルで連結する

4 NINJA Science Grade Array の低温特性

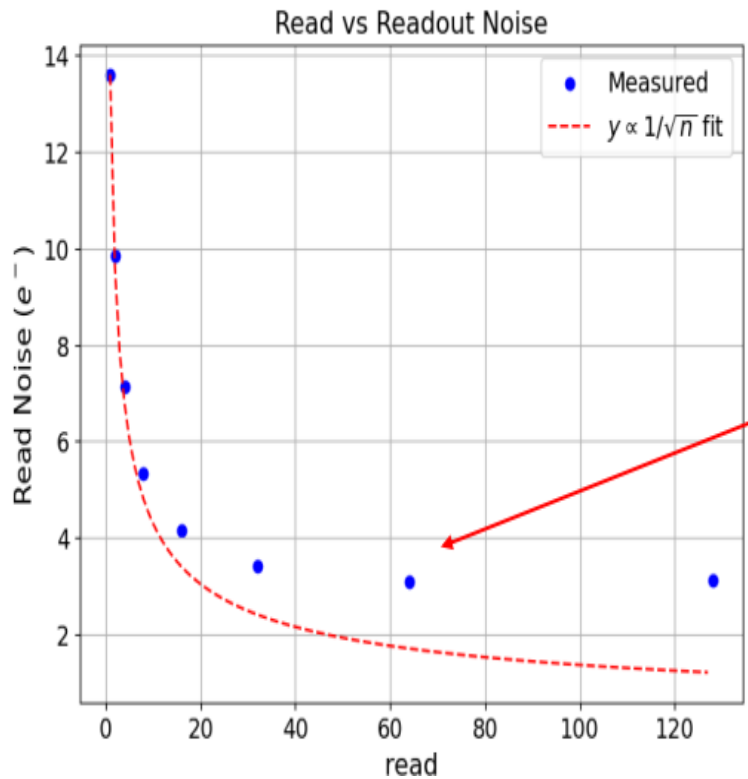


図8: NINJA クライオスタットに検出器を搭載して読み出しノイズを評価した。1回サンプリングの読み出しノイズは14電子、マルチサンプリング16回で目標の4電子を実現した。

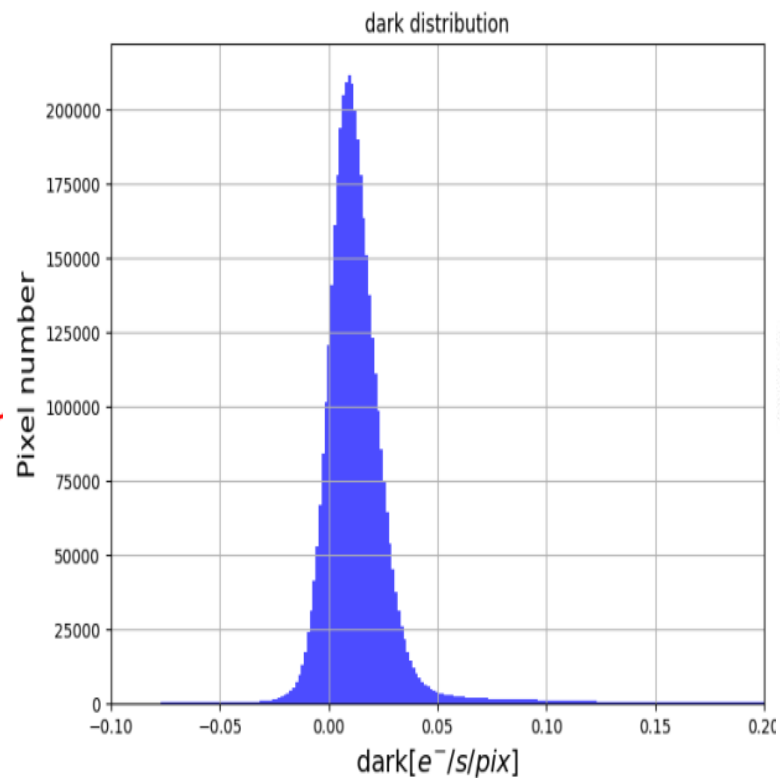


図9: 検出器温度 80K における暗電流特性。Science Grade 仕様の 0.05 電子/s/pix 以下である。

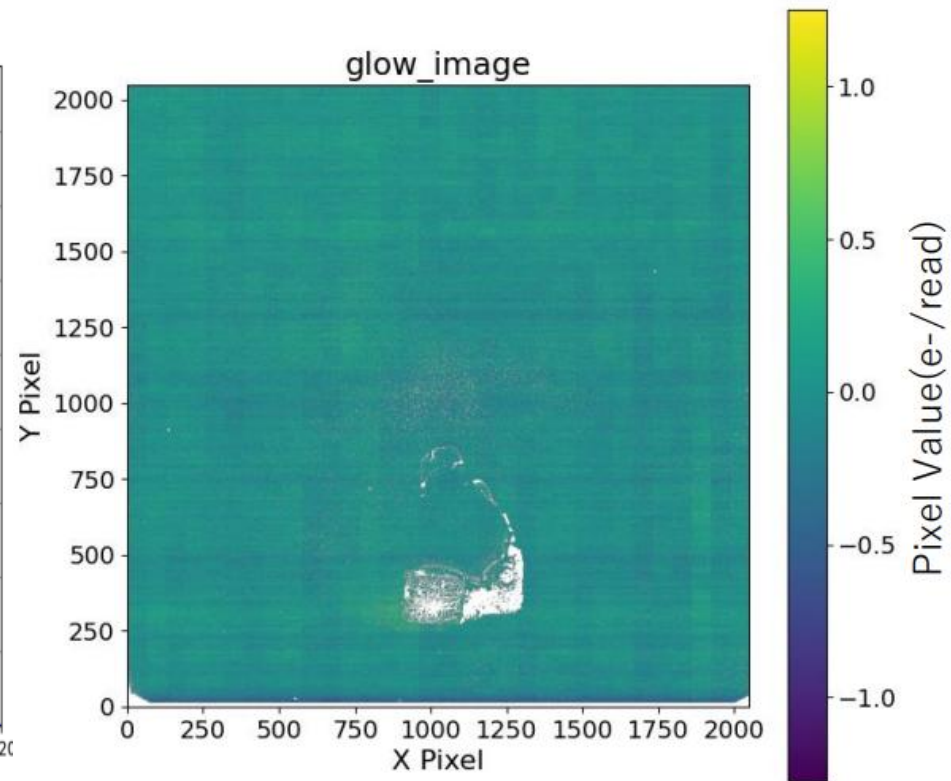


図10: 読み出しに伴う MUX の発光を評価した。HAWAII 1, 2 では読み出しに伴う MUX 発光があったが、NINJA が使用する H2RG には認められない。

6 校正光スペクトルの取得に成功

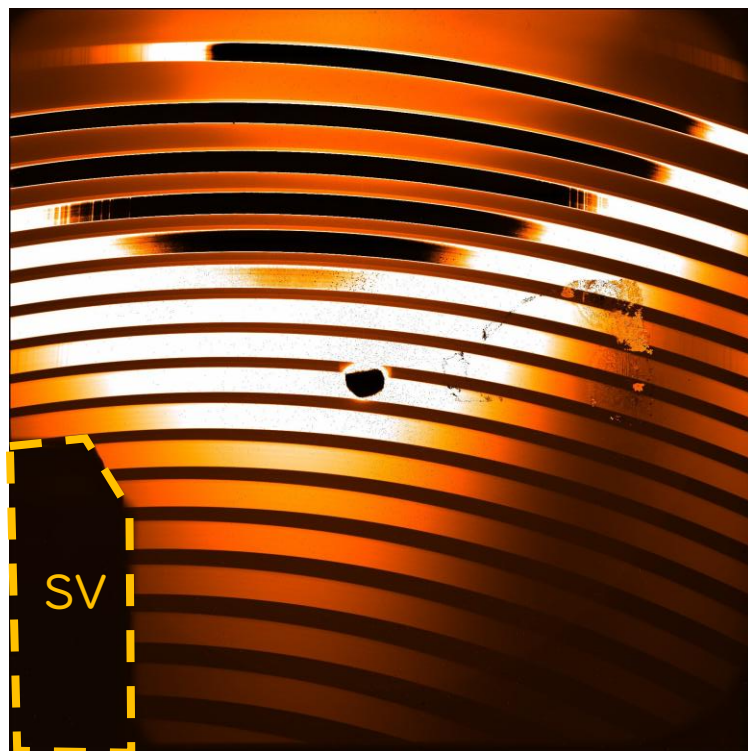


図11: NINJAが取得した連続光源のスペクトル。低次のスペクトルは飽和している。検出器温度 80K, 露出 1.5s。画像右下はスリットビューワー光学系による影。

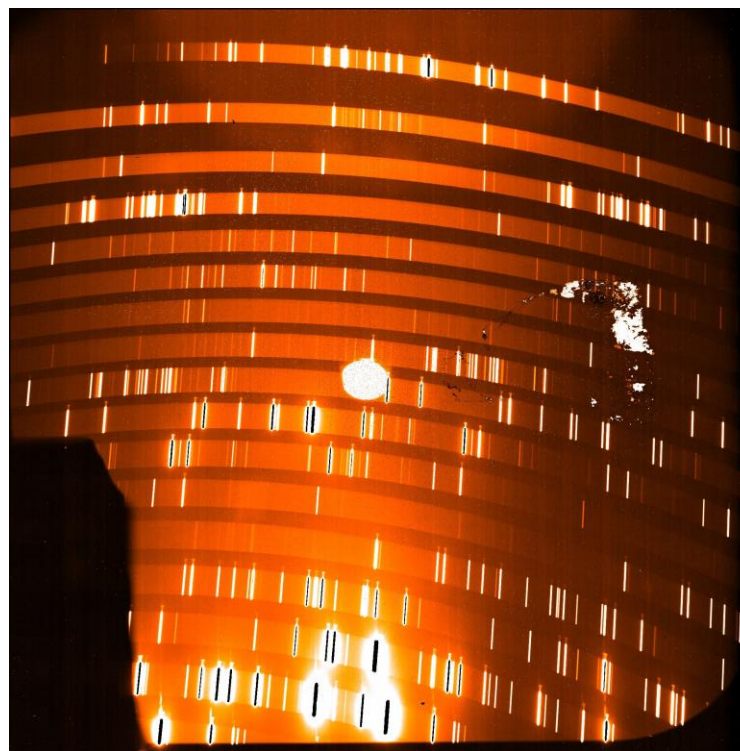


図12: NINJAが取得した波長校正光源(Ne)のスペクトル。検出器温度 80K, 露出 1.5s

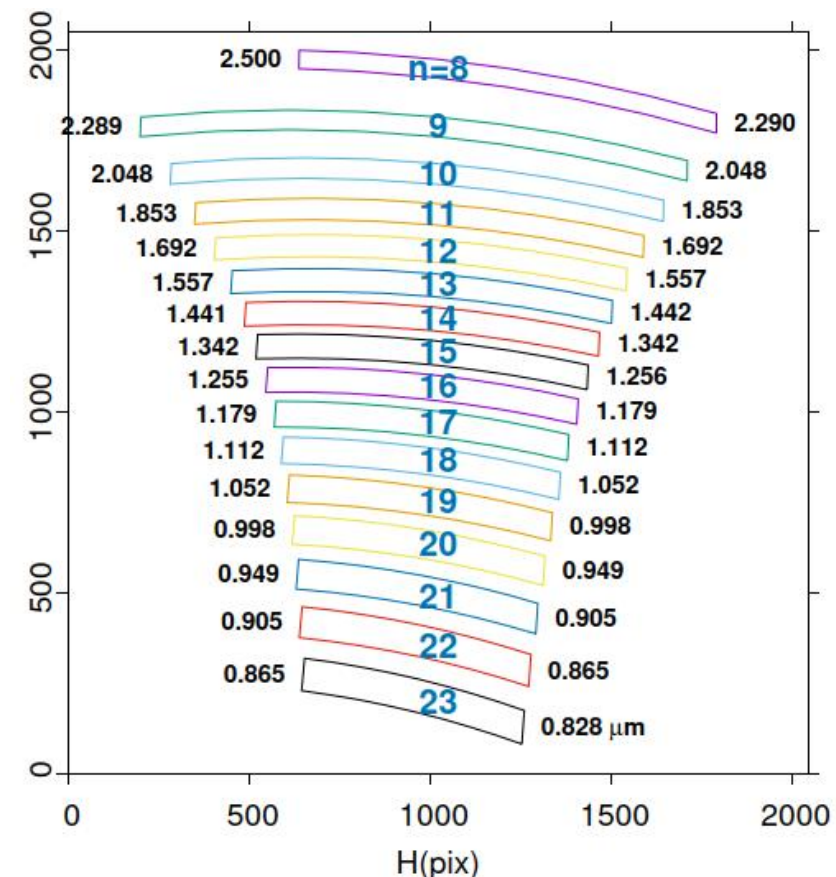


図13: NINJAのエシェルフォーマット。青字は次数、スペクトル帯両端の効率は0.4