

# TAO/SWIMS: 検出器システムの技術開発

○藤堂颯哉、舘内謙、本原顕太郎、小西真広、高橋英則、北川祐太郎、小早川大、加藤夏子  
(東京大学理学系研究科天文学教育研究センター)

## 概要

我々は、TAO6.5m望遠鏡の第1期近赤外観測装置としてSWIMSを開発中である。SWIMSでは、近年多くの装置で使用されているHgCdTeハイブリッドアレイ型検出器HAWAII-2RGを4台(最終的に8台)使用する。このように複数のHAWAII-2RGを大型装置に組み込むには、多くの要素技術が必要となる。本研究では、検出器読み出しシステムの開発と検出器のノイズ評価試験を行った。

### 1. イントロダクション

東京大学天文学教育研究センターでは、チリ共和国チャナントル山頂(標高5,640m)に東京大学アタカマ天文台(the University of Tokyo Atacama Observatory, TAO)6.5m望遠鏡を建設中である。我々は、TAO6.5m赤外線望遠鏡の第一期近赤外観測装置としてSimultaneously-color Wide-field Infrared Multi-object Spectrograph (SWIMS)を開発している。SWIMSは、TAOサイトでの赤外線の広い窓を活かすため、0.9-2.5 $\mu$ mの近赤外線の全ての波長を2色に分けて同時に撮像、多天体分光、または面分光することができる装置である。視野は、TAO搭載時に $\phi$ 9.6'と比較的広い設計である。本研究では、SWIMSに搭載する検出器を読み出すためのシステムの開発と、検出器駆動試験による検出器のノイズ評価を行った。

### 2. 検出器読み出しシステムの開発

#### 1) 検出器と読み出し回路

SWIMSの検出器には、Teledyne Imaging Sensors (TIS)社のHgCdTeハイブリッドアレイ型検出器HAWAII-2RGを4台(最終的には8台)使用する。HAWAII-2RGのピクセル数は2K $\times$ 2K、ピクセルサイズは18 $\mu$ m、カットオフ波長は2.5 $\mu$ mである。HAWAII-2RGは、図1に示したように、TIS社の専用読み出し回路SIDE CAR ASICとJADE2 Cardを用いて読み出す。HAWAII-2RGとSIDE CAR ASICは低温(80K)真空環境で駆動し、SIDE CAR ASICはクロック生成とプレアンプ、AD変換を担う。JADE2 Cardは常温真空環境で駆動し、USB2.0ケーブルでWindows PCに接続してデータの通信を行う。

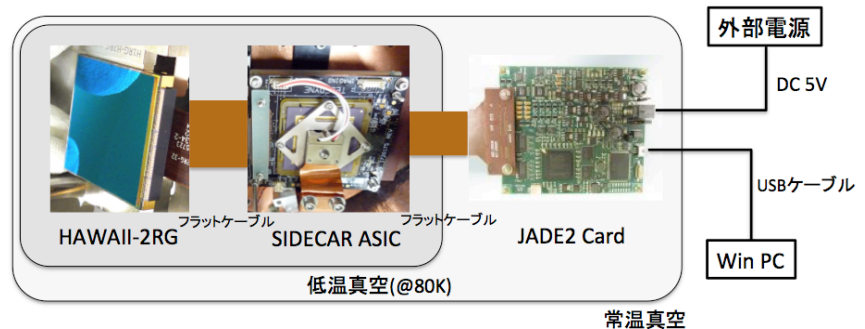


図 1: 検出器読み出し回路

#### 2) 検出器読み出しシステム

SWIMSにおける検出器読み出しシステムの構成図を図2に示す。図のように、Linux PC中にWindowsの仮想マシンを導入することで、4台の検出器は2台のLinux PCで駆動される。制御ソフトウェアには全てpythonを用いるが、Windowsマシンでの検出器駆動には、TIS社製のIDEベースのソフトウェアを使用する。

システムの構成要素のうち、SIDE CAR ASICとJADE2 Cardを接続するフラットケーブルについては、既存のものでは

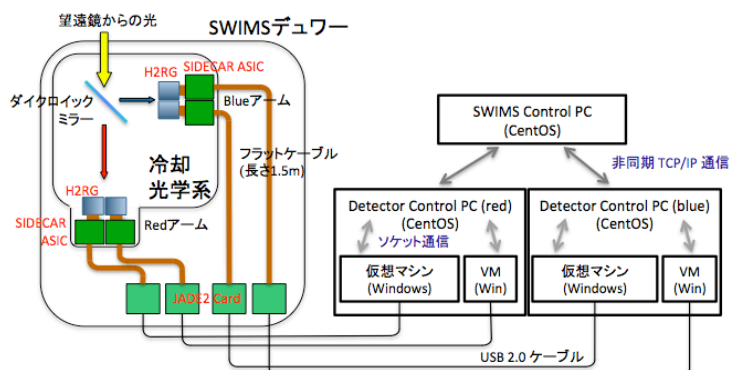


図 2: 検出器読み出しシステムの構成図。

SWIMS デュワー内で使用できるほどの長さがなかったため、我々が新規に製作した。この新しいフラットケーブルは 1.5m の長さがあり、2m×2m×2m の巨大な SWIMS デュワー内に検出器システムをインストールすることが可能になった。

### 3. 検出器システムノイズ評価試験

#### 1) 検出器単独駆動試験

我々は、まず検出器単体でのノイズ特性を知るため、簡易的な試験用デュワーを用いてのノイズ測定試験を行った。この簡易的なセットアップでは、検出器を 1 台ずつインストールして駆動する。我々は 4 台の検出器全てについてノイズを測定し、その結果 CDS 読み出しノイズは全ての検出器について  $16e^-$  程度であるという結果を得た。この結果は TIS 社の納入時レポートと比較してほぼ同等の結果であり、観測の目的に対して十分に低い値である。

#### 2) 検出器システム駆動試験

次に我々は、SWIMS の検出器読み出しシステムでのノイズを測定するため、新たに大型の試験用デュワーを整備し、デュワー以外は図 1 のシステムコンポーネントと全く同じものを使用しての駆動試験を行った。試験セットアップを図 3 に示す。このセットアップでは、検出器読み出しシステムのうち red アームまたは blue アームに相当する検出器 2 台をインストールすることが可能である。

試験の結果、我々のシステムで検出器 2 台の同時読み出しが可能であることが確認できた。しかし、検出器のノイズ性能は 1) のセットアップ(以下、試験 1)と比べて悪化が見られた。具体的には、CDS 読み出しノイズは  $19e^-$  から  $24e^-$  となり、試験 1 と比べて 20% から 50% 悪化した。またノイズの測定値には 30% のバラつきが見られた。ノイズのスペクトルを測定すると、図 4 に示したように、ホワイトノイズのレベルは試験 1 と比べて 4 倍程度大きく、またノイズスペクトルの分散も大きく、ノイズの安定性が低いことがわかった。

こうしたノイズ悪化の原因としては、電源線からノイズが混入していることが疑われる。SWIMS では、検出器は外部電源から DC5.5V を供給して駆動する。本試験では、この DC 電源線にはシールドを採用したが、デュワー内部でのグラドループなどが発生している可能性もある。グラウンドの処理方法を見直していくことでノイズの発生を抑える試みをしていく予定である。

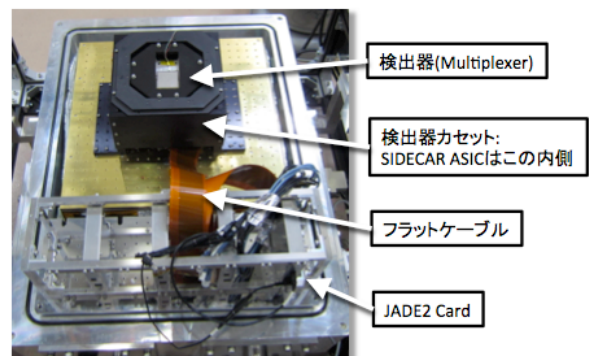


図 3: 検出器システム駆動試験のセットアップ。

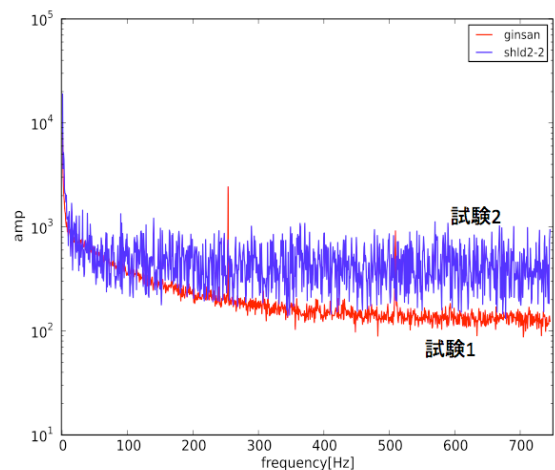


図 4: ノイズの周波数解析結果。横軸が周波数、縦軸がノイズ強度。

### 4. 今後の予定

検出器読み出しシステムとしては、すでに開発済みのシステムコンポーネントを組み合わせることで SWIMS 内での駆動ができる状況にある。しかしながら、ノイズを十分に小さくして実用的なシステムとするため、図 2 のセットアップで発生しているノイズの対策をしてから SWIMS に組み込んでいく予定である。SWIMS 本体への検出器インストール後は、検出器を利用した光学調整と、実験室での結像性能およびシステム全体の性能評価試験を行う。実験室での開発作業終了後、2015 年度中にハワイ観測所に装置を持ち込み、すばる望遠鏡での試験観測と初期科学観測に臨む予定である。