

# 木曾広視野カメラKWFCの開発

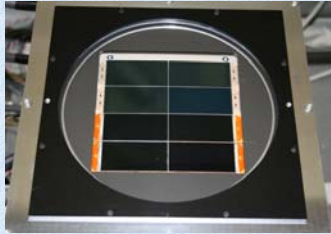
○加藤拓也、酒向重行、土居守、征矢野隆夫、青木勉、小林尚人、猿楽祐樹、樽沢賢一、三戸洋之、宮田隆志(東京大学)、宮崎聡(国立天文台)、塩谷圭吾(JAXA)、徂徠和夫、中尾光(北海道大学)、菅井肇(京都大学)、吉田篤正、小谷太郎、白木隆行(青山学院大学)



東京大学木曾観測所では、シュミット望遠鏡用次期共同利用装置として広視野カメラ (KWFC) の開発を行っている。KWFCは2k×4kCCDを8枚搭載し、現行の共同利用カメラ2kCCDの視野 (50'×50') を大きく上回る、2°×2°の広視野を実現する。KWFCは2011年度に公開を予定しており、現在それに向けて開発を進めている。



## KWFCの概要

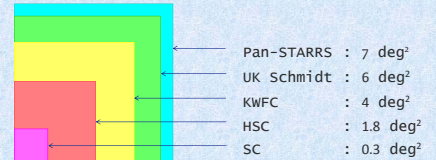


KWFCカメラデューワー概観  
2k×4k CCD×8枚実装時。手前4枚: SITE社製、奥4枚: MIT社製

|         |                                            |
|---------|--------------------------------------------|
| 検出器     | SITe社 2k×4k CCD ×4台<br>MIT社 2k×4k CCD ×4台  |
| 画素数     | 計 8k×8k pixel                              |
| 画素サイズ   | 15μm×15μm                                  |
| 読み出し速度  | 30~90 sec/frame                            |
| 読み出しノイズ | ~5 e <sup>-</sup> (読み出し速度 = 90 sec/frame時) |

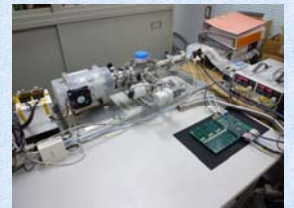
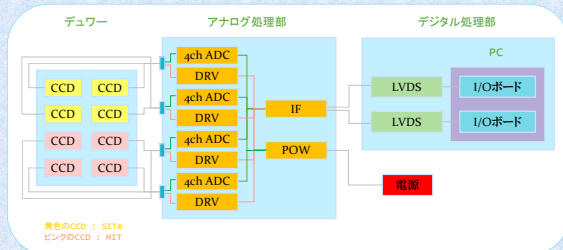
|                            |      |      |      |      |      |
|----------------------------|------|------|------|------|------|
|                            | U    | B    | V    | R    | I    |
| SITe                       | 20.9 | 22.2 | 21.2 | 20.9 | 20.1 |
| MIT                        | 20.2 | 21.9 | 21.3 | 20.9 | 20.2 |
| (S/N=10, 15分露出, seeing=3") |      |      |      |      |      |
| SITe                       | 19.2 | 20.6 | 19.7 | 19.4 | 18.7 |
| MIT                        | 18.1 | 20.3 | 19.7 | 19.4 | 18.7 |
| (S/N=10, 1分露出, seeing=3")  |      |      |      |      |      |

|          |             |
|----------|-------------|
| 視野       | 2°×2°       |
| ピクセルスケール | 0.94"/pixel |



世界の主要広視野カメラの視野の比較  
日本が保有する最大視野のカメラとなる。

## CCD読み出しシステム



CCD単体の読み出し試験システム  
三鷹天文センターにてCCD単体の読み出し試験を行っている。

CCD読み出しシステムの概要  
本システムはアナログ処理部とデジタル処理部からなる。デジタル処理部には汎用のPCとパラレルI/Oボードを使用し、入出力信号はパラレルLVDSシリアル変換ボードを介してアナログ処理部と通信する。アナログ処理部はADCボード、ドライバーボード (DRV)、インターフェースボード (IF) とマザーボードからなる。CCDの駆動クロックはPCのCPUとI/Oボードで生成されアナログ処理部のIFボードに送られる。ここでパラレル信号に逆変換された後にDRVボードとADCボードへ送られる。DRVボードではCCDの駆動に必要なバイアス電圧とクロック電圧の生成を行う。CCDからの画像データはADCボードにてデジタル信号に変換された後、IFボードを介してデジタル処理部へ転送される。取得した画像データはPCにて逐次処理されてFITS画像データとなる。

|                         | 理論値                                             | 測定値                     |
|-------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|
| 最大サンプリングレート             | 3 μsec/sample                                   | —                       |
| 読み出し回路の出力換算ノイズ (r.m.s.) | 1.37 ADU                                        | 1.4 ADU                 |
| 読み出し回路の入力換算ノイズ (r.m.s.) | 3.49 e <sup>-</sup> (CDS: 4.94 e <sup>-</sup> ) | 3.6 e <sup>-</sup>      |
| ゲイン                     | 2.54 e <sup>-</sup> /ADU                        | 2.4 e <sup>-</sup> /ADU |
| 非線形性                    | —                                               | ± 0.04% 以内              |

※ 読み出しノイズは最大サンプリングレート時の値  
※ 読み出しノイズはマルチサンプルを行うことで1/√n倍に改善される  
※ 非線形性の値は信号測のノイズリミットとなっている

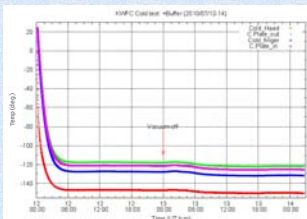
## デューワー



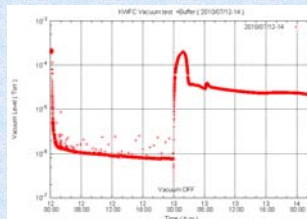
デューワー内部 (背面から撮影)  
コールドプレートの上にCCDが搭載されている。コールドプレートはコールドフィンガーを通じて冷凍機のコールドヘッドと繋がっている。熱接触を良くするため、コールドフィンガーとコールドプレートの間にインジウムシートを挿入している。



デューワーの真空冷却試験システム  
木曾観測所にてデューワーの真空冷却試験を行っている。



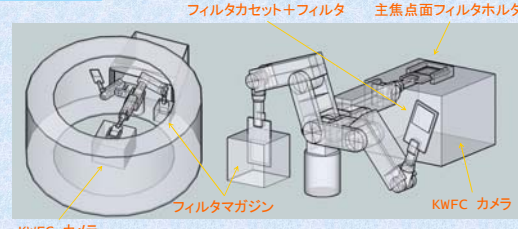
デューワーの真空冷却試験結果 (冷凍機: バルスチューブ冷凍機、真空ポンプ: ターボ分子ポンプ)  
真空冷却試験を行った結果、コールドプレートの温度を-120℃で維持できることが確認された。



## フィルター交換機構

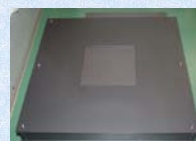


フィルター交換機構を設置する望遠鏡主焦点部 (主鏡側から撮影)



フィルター交換機構の概念図  
現在三菱システムサービス社と共同で産業用ロボットアームを用いたフィルター交換機構の設計を行っている。ロボットアームとフィルタマガジンは望遠鏡のパッフル内 (ビーム外) に設置する。ロボットアームは指定のフィルターをマガジンより焦点部へと搬送する。ロボットアームはフィルターの交換時以外はビーム外に退避できるため、(光学的に) 天文観測に支障をきたさない。マガジンを強固な望遠鏡フレーム上に設置するため、重量と空間の制限が緩和されて20枚の光学フィルターを格納できる。これは天文観測の効率を飛躍的に向上させる。

## シャッター



2k×4k CCDを8枚カバーできる大型シャッター (左: 概観、中: 内部 (閉時)、右: 内部 (開時))  
カメラのシャッターは露出ムラがなくなるよう2枚のシャッター板を縦方向にスライドさせる。その結果CCDのどの部分も全て同じ露出時間となる。最短0.1秒 (精度1%) の開口が可能である。