

OAOWFCの現状報告

柳澤顕史、清水康広、沖田喜一、黒田大介、小矢野久、
筒井寛典、戸田博之、泉浦秀行(OAO/NOAJ)、吉田道利
(広島大)、太田耕司(京都大)、河合誠之(東工大)、山
室智康(オプトクラフト)

概要

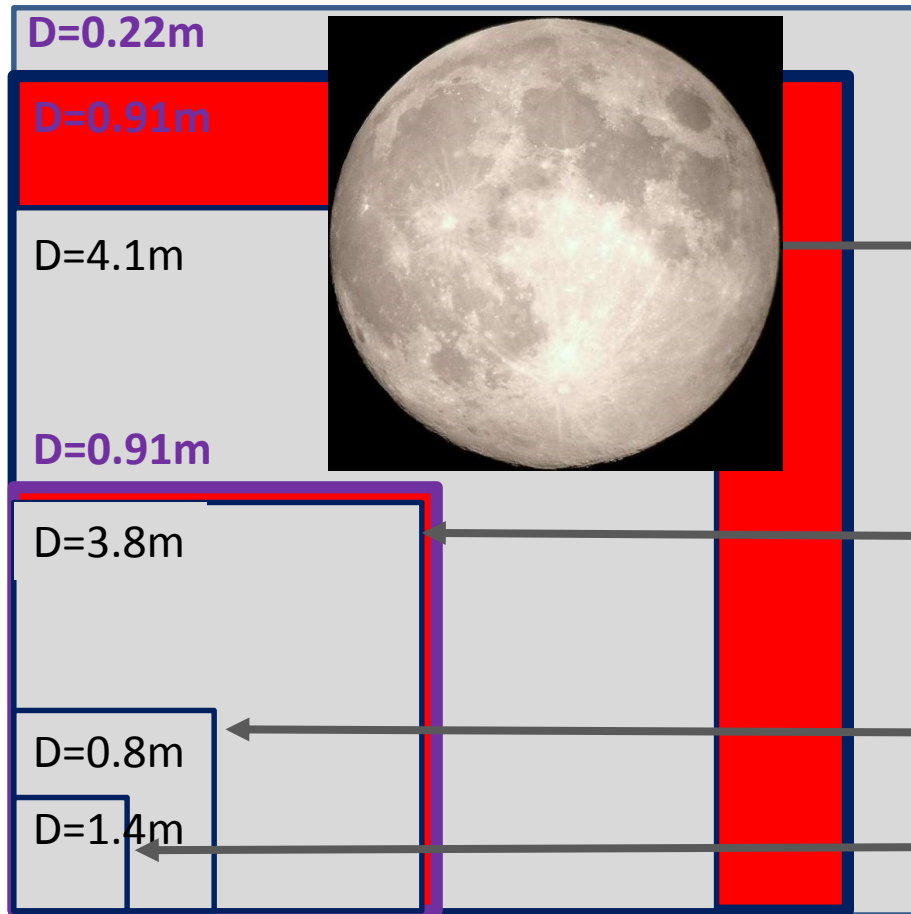
- OAOWFC は既存の91cm反射望遠鏡を改造して作成した近赤外(0.9-2.4 μ m)広視野カメラである。試験観測で、期待通りの性能が得られる見通しがえられたが、光軸調整を精密に行う必要が明らかとなった。
- 調査の結果、望遠鏡鏡筒に対する主鏡光軸ずれが予想以上に大きいことが判明し、最終に 0.3mm 程度のズレに抑えることができた。
- 本ポスターでは、以下を報告する
 - 装置概要
 - 光軸調整の結果
 - 今後の予定

OAOWFC の特徴

Okayama Astrophysical observatory Wide Field Camera

- 広視野近赤外カメラ
 - 光学系:
 - 有効径: ϕ 0.91 m
 - 光学系: フォワードカセグレン＋準シュミット
 - 口径比: F/2.5 (近赤外装置では最も速い)
 - 視野:
 - 0.48 x 0.48 sq.deg. (1.67 arcsec/pix) HAWAII 1K Eng.
 - 0.92 × 0.92 sq.deg. HAWAII2-RG (1.62 arcsec/pix)
 - 波長域: 0.9 – 2.5 μm (Y,J,H,Ks-band)
 - 自律観測

視野の比較



WFCT II: $1.00 \times 1.00 \text{ deg}^2$

OAOWFC: $0.92 \times 0.92 \text{ deg}^2$

HAWAII2-RG 2Kx2K

VISTA: $0.77 \times 0.77 \text{ deg}^2$

OAOWFC: $0.47 \times 0.47 \text{ deg}^2$

Eng. Grade HAWAII-1 1Kx1K

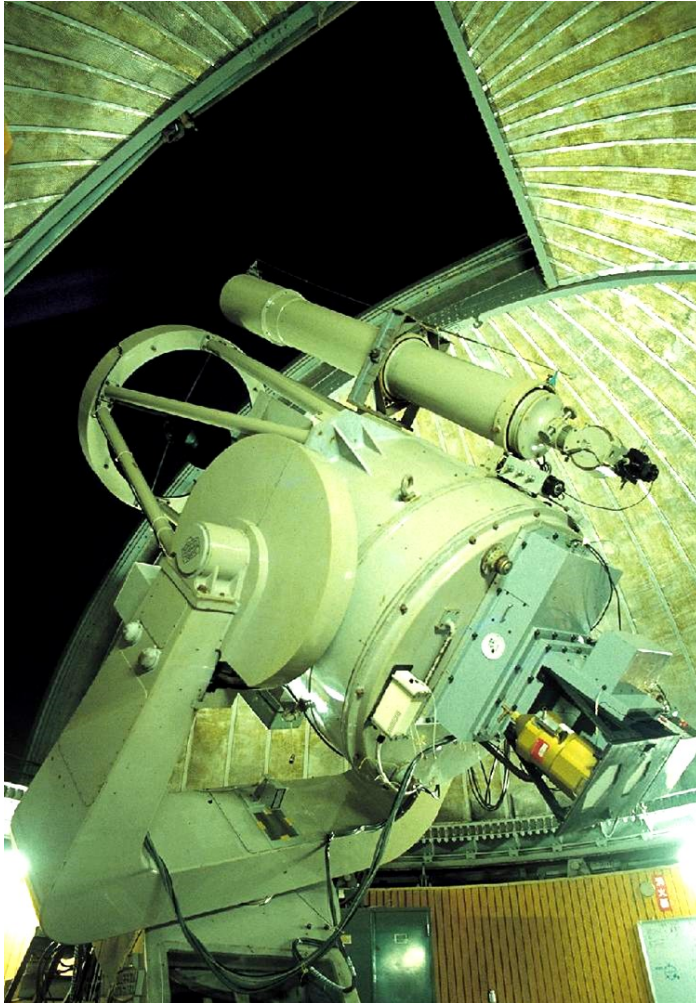
WFCAM: $0.46 \times 0.46 \text{ deg}^2$

IRIS: $0.22 \times 0.22 \text{ deg}^2$

SIRIUS: $0.13 \times 0.13 \text{ deg}^2$

主要な近赤外カメラの視野の広さを比較した図である。OAOWFCの有効焦点面はφ56mmある。その焦点面にHAWAII-1Kを置くと視野はUKIRT/WFCAMと殆ど同じで、検出器をH2RGと置き換えるとVISTAより広くなる。現在はHAWAII-1Kを使用しており、機会をみて検出器をH2RGに置き換える予定である。

改造前の91cm望遠鏡



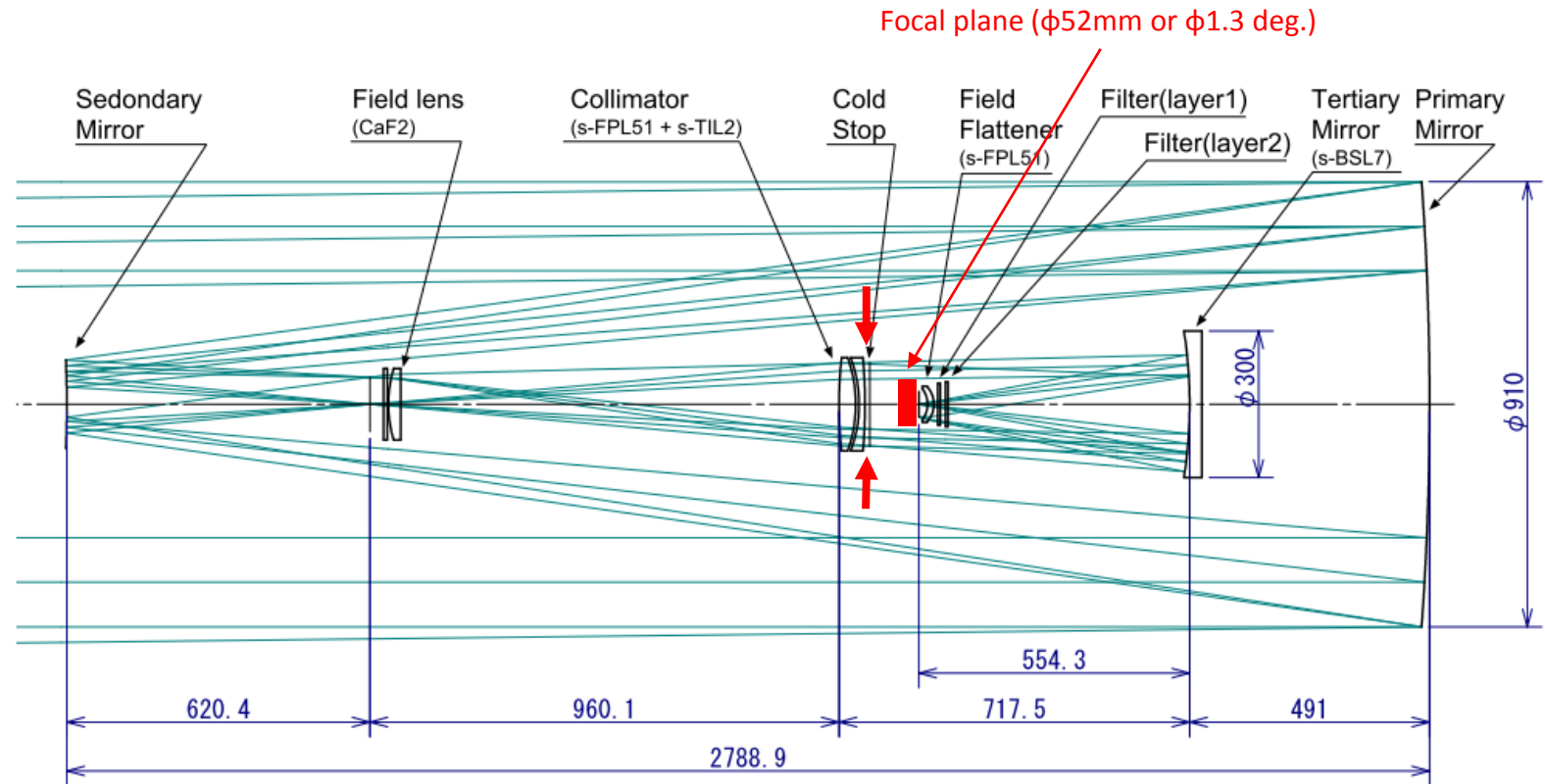
左は改造前の91cm反射望遠鏡の姿。1959年に日本光学(現在の Nikon)によって作成された国内初の1m級望遠鏡である。

この望遠鏡により、1967年に国内初の近赤外線観測が実施された。観測対象は月で、観測は早川氏を代表とする名古屋大学グループが実施された。成果は以下の文献に報告されている。

S. Hayakawa, T. Matsumoto, T. Mizuno, T. Nishimura, H. Okuda, and D. Sugimoto, "Infrared observations of the moon," Icarus 9, 357-359 (1968)

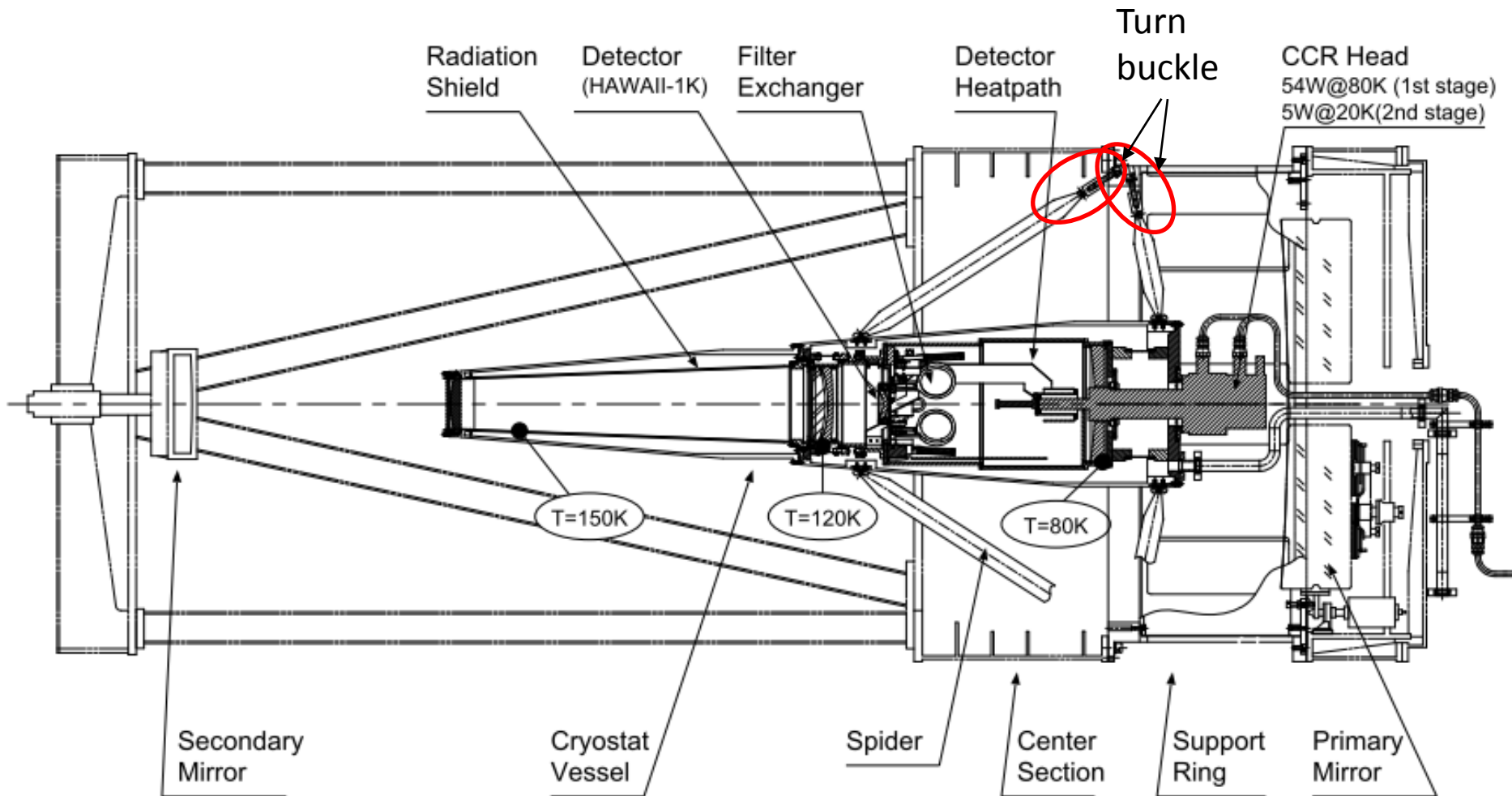
改造に当たり、トップリング部を除くほとんどのパーツをOAOWFCに再利用した。

OAOWFCの光学レイアウト



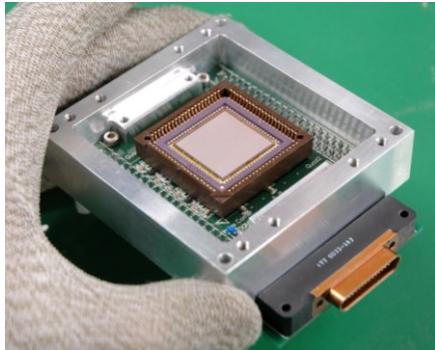
OAOWFCの光学レイアウトを示す。本光学系は、フォワード・カセグレン（主鏡、副鏡）と準シュミット（フィールドレンズ、コリメータ、第3鏡、像面平坦化レンズ）で構成されている。フォワードカセグレンが作った像(F/5.1)を、フィールドレンズでリレーして、準シュミット光学系で再結像(F/2.5)させている。コリメータ右に明瞭な瞳が形成されているので、ここにストップを置き、準シュミットを冷却することで、広視野のK-band画像を得ることができる。

OAOWFC の構造



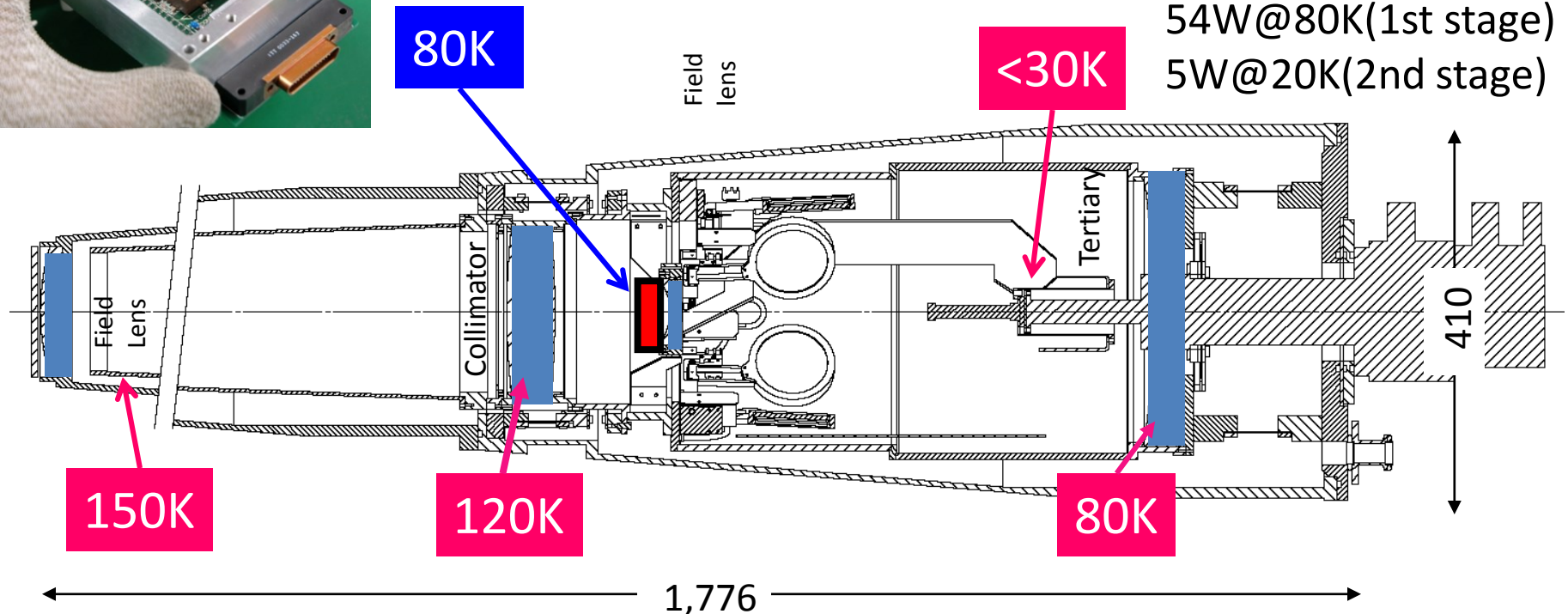
望遠鏡の中心に、準シュミット光学系を納めたクライオスタットが取り付けられている。クライオスタットはチタン合金の平板8枚で支持されていて、鏡筒側端にはクライオスタット姿勢調整のためのターンバックルが取り付けられている。

クライオスタットの構造 1/2



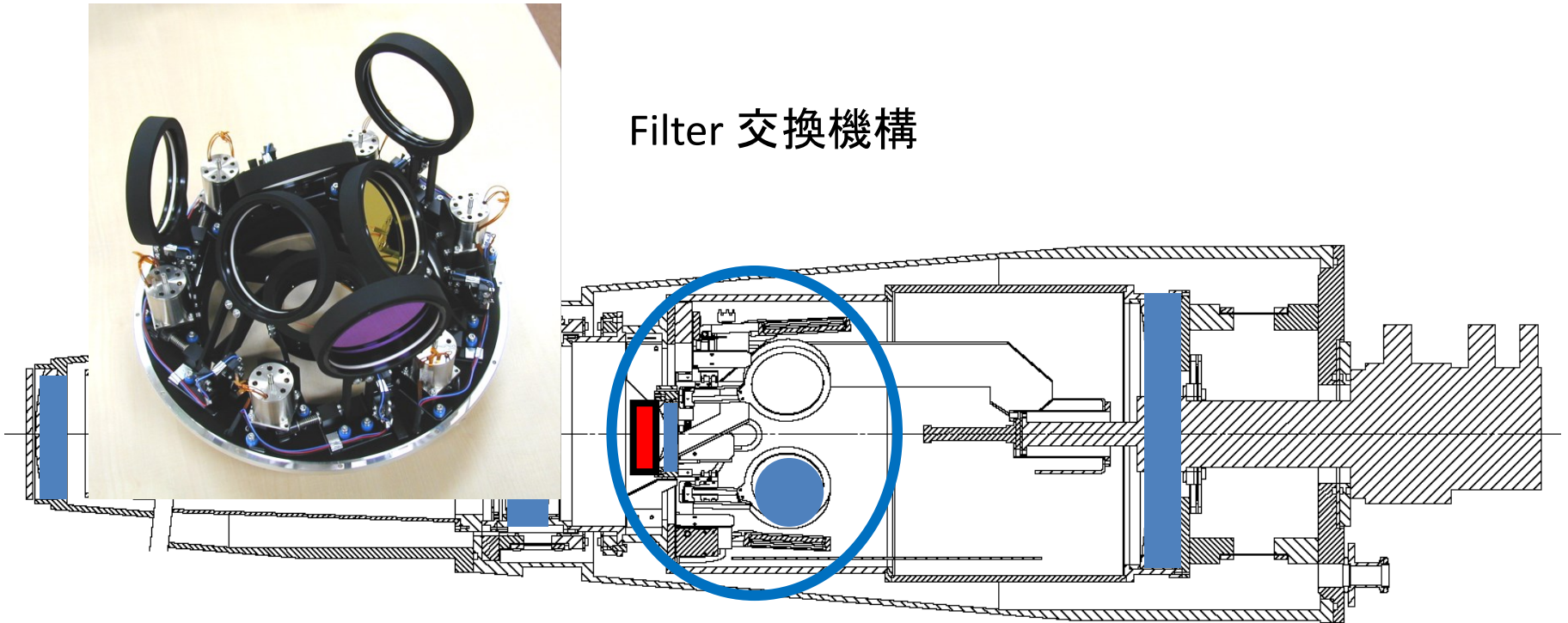
W = 120 kg

Daikin V204CL
54W@80K(1st stage)
5W@20K(2nd stage)



クライオスタットは全長1776mm, 幅は最も大きなところで410mm。光路中に取り付けられているので、ケラレを最小にするため円錐形状をしている。中の構造は上図の通りで、輻射シールドの中に光学系やフィルター交換機構が取り付けられている。Daikin の冷凍機で冷却しており、到達温度は入射窓付近で150K, 第3鏡付近は80Kとなる。検出器の到達温度は60K だが、ヒーターで温度を80Kに維持している。

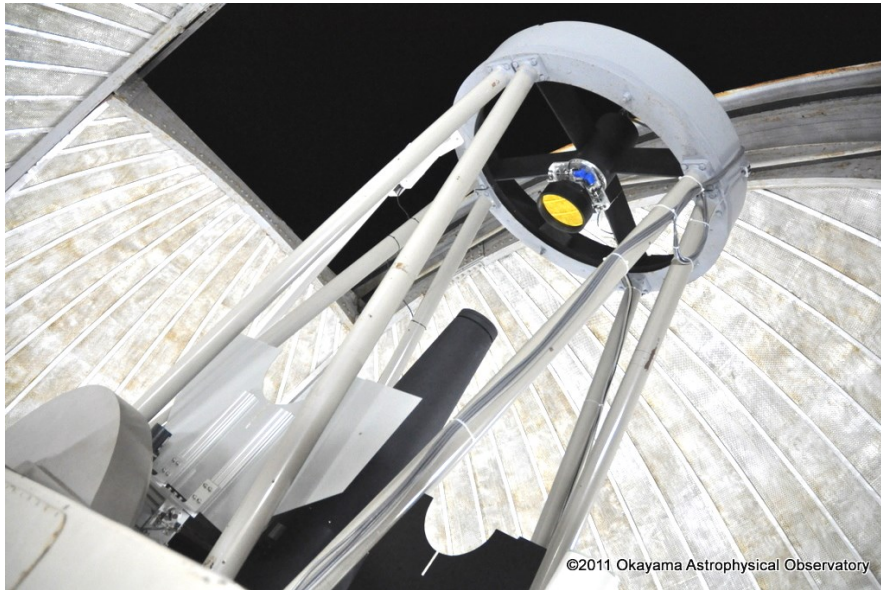
クライオスタットの構造 2/2



Filter 交換機構

クライオスタット内の唯一の可動部品はフィルター交換機構である。全部で6種のフィルターが取り付けられる。各フィルターホルダーは虫眼鏡の形状をしており、レンズホルダーに $\phi 85\text{mm}$ のフィルターが取り付けられる。ハンドグリップの端部は、可動部に取り付けられており、phytoron 真空冷却モーターによって選択されたフィルターが光路中に挿抜される。あるフィルターからほかのフィルターに交換するのに要する時間は8秒である。これら動作の制御は、岡山観測所で作成したワンチップマイコンボードにて実施している。

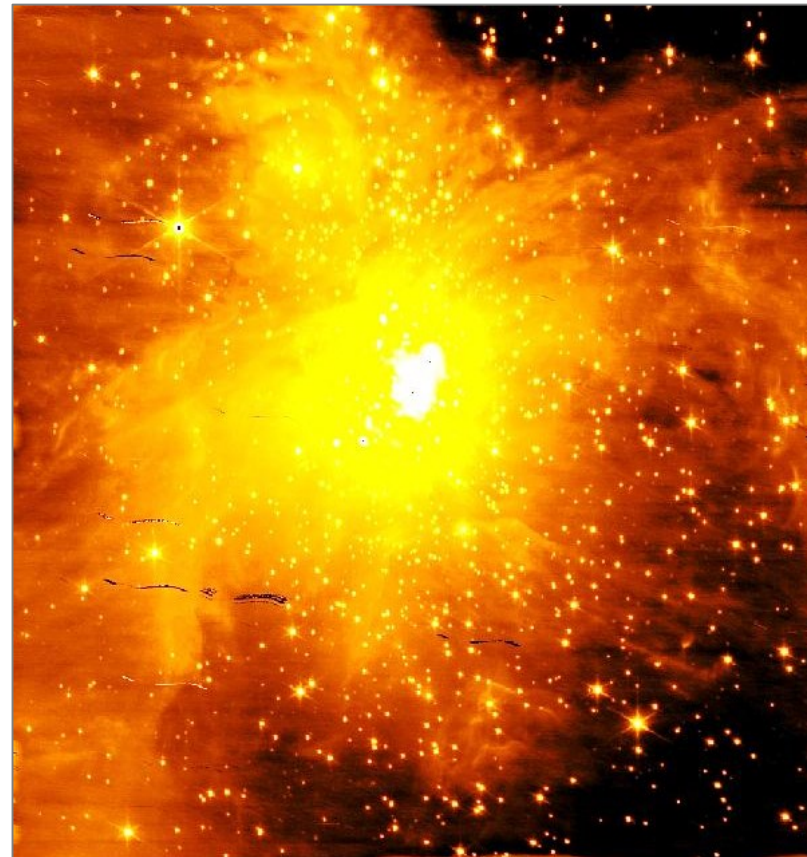
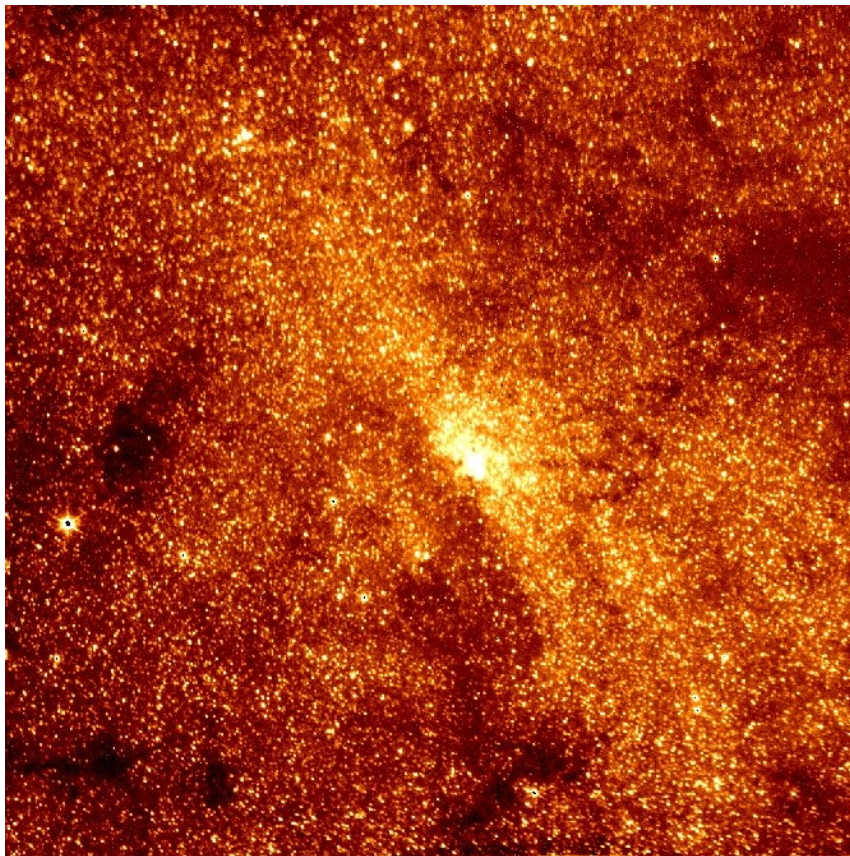
OAOWFCの外観



左:ドームの床から見上げたOAOWFCの上部外観を示す。中央部に突き出した黒い円錐状の物体はクライオスタットであり、この中に準シュミット光学系やフィルター交換機構、検出器が取り付けられている。金色のパーツは副鏡で、高い反射率を維持する目的で保護膜付の金が蒸着されている。

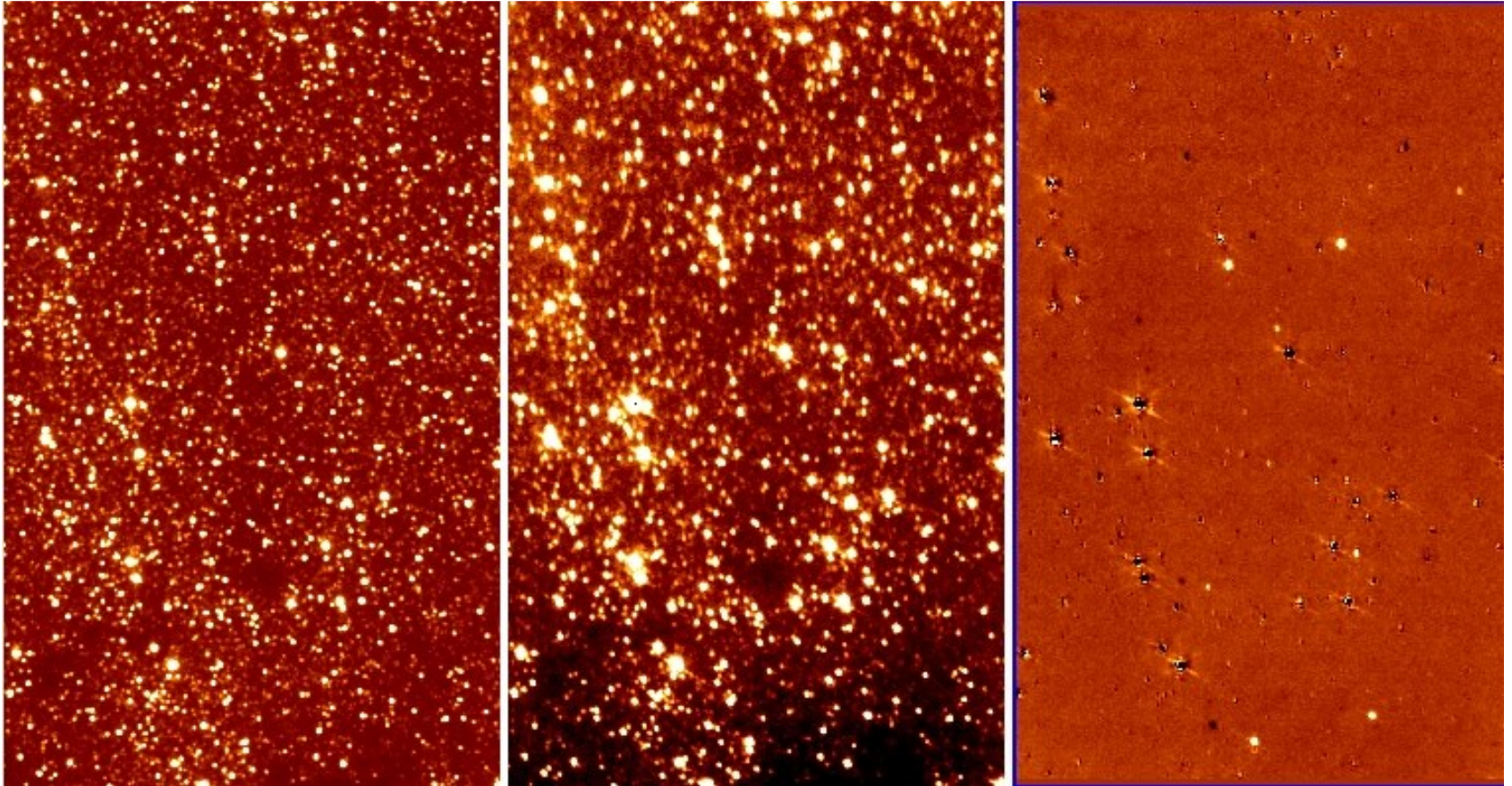
右:トップリングから、主鏡部を見下ろした写真。中央の黒い筒はクライオスタット。鏡筒の中央部に、8本の平板でクライオスタットが支持されている様子がわかる。

OAOWFCによる画像例



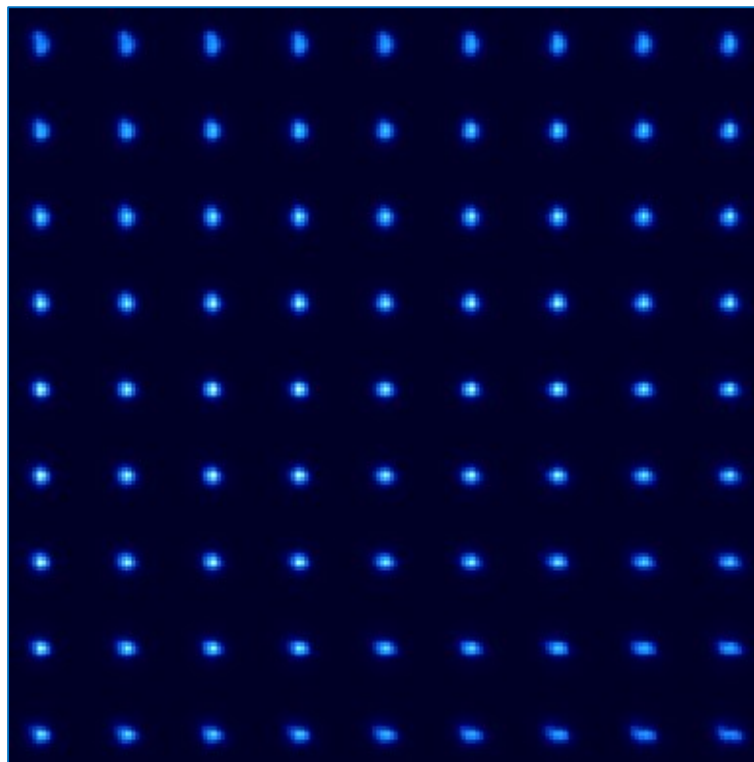
左：銀河中心領域のKs-band 画像。視野は $0.48 \text{ deg.} \times 0.48 \text{ deg.}$ 。露出は10秒。
右：M42のKs-band 画像。F/2.5 なので広がった構造もとらえている。

Differential Image Analysis の適用例



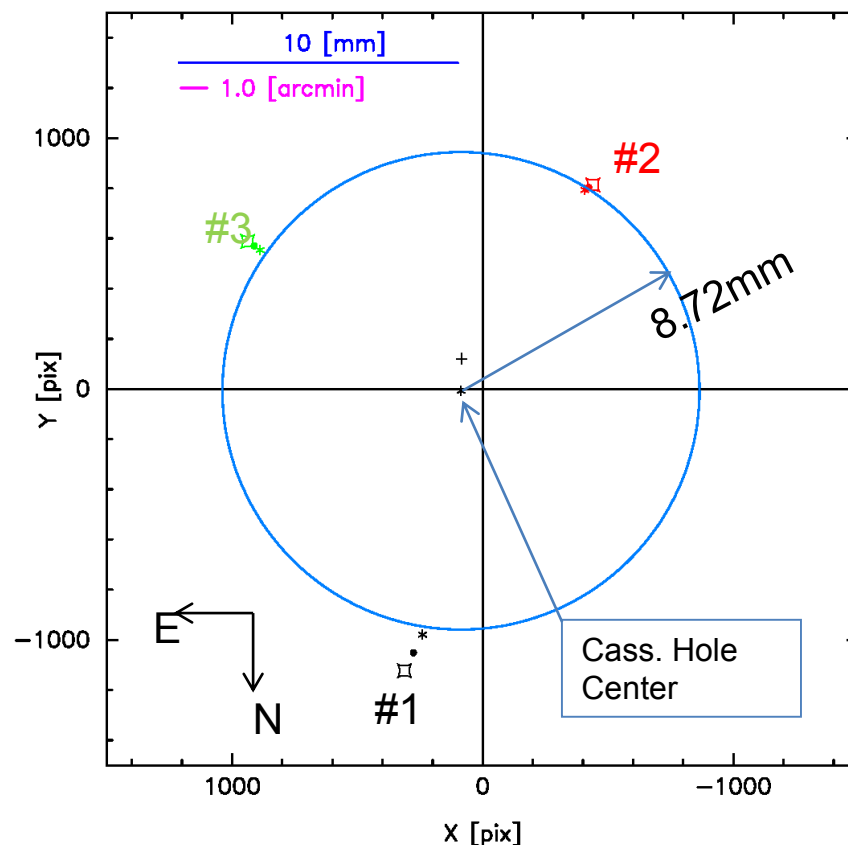
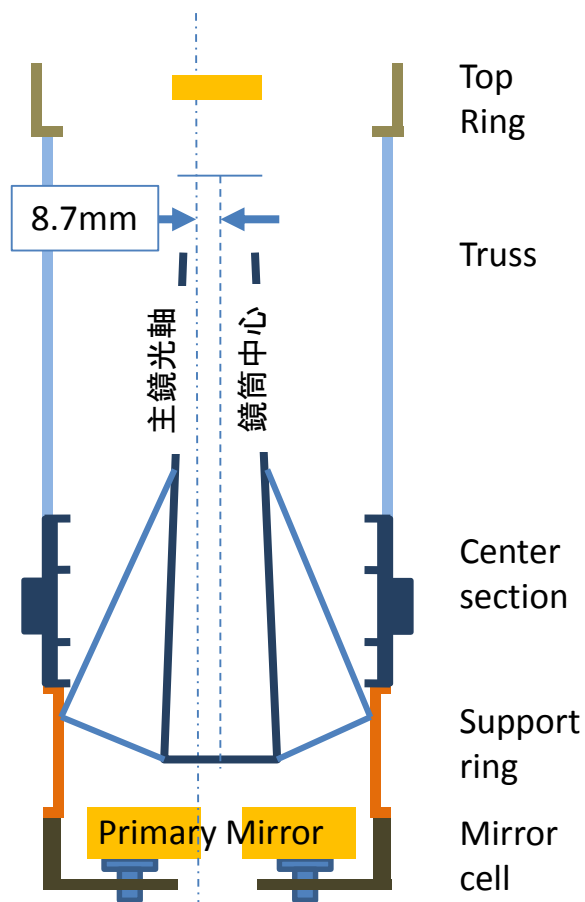
中央： OAOWFC がとらえた銀河面の Ks-band 画像。9 arcmin $\times$ 13 arcmin。左： 中央と同じ天域の 2MASS Archive 画像。右： 中央と左の画像を差し引きした結果。凹凸は対応する場所にある星が変光していることを示している。この天域に存在する20余りの変光天体は、いずれも SIMBAD には見られない。この例が示すように、いずれの天域においても Differential image analysis が適用できるようになれば、突発天体の検出が容易になる。

試験観測で光軸調整の必要性が明らかになった



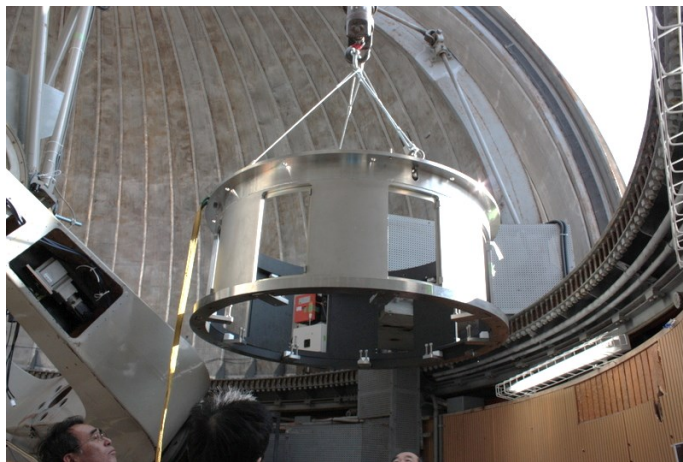
試験観測で明らかになった PSF の位置変化を示す。視野は $0.48 \text{ deg.} \times 0.48 \text{ deg.}$ 。画像中心付近では PSF は丸いものの、周辺部では特定の方向に伸びている。一様でない PSF は有効視野を狭くし、検出限界の場所による違いをもたらす。この原因は光軸ずれにあることは明らかで、調査の結果、最も大きなずれがクライオスタット内部光学系と主鏡光軸のずれにあることが分かった。クライオスタット内部光学系のセルには、自己調心機構が組み込まれているため、クライオスタットの機械軸に一致する。クライオスタットは、吊り構造を採用しているので望遠鏡鏡筒中心とほぼ一致する。そこで、望遠鏡鏡筒中心と主鏡光軸のずれを計測し、緩和した。

主鏡光軸の鏡筒中心に対するずれは 9mm あった



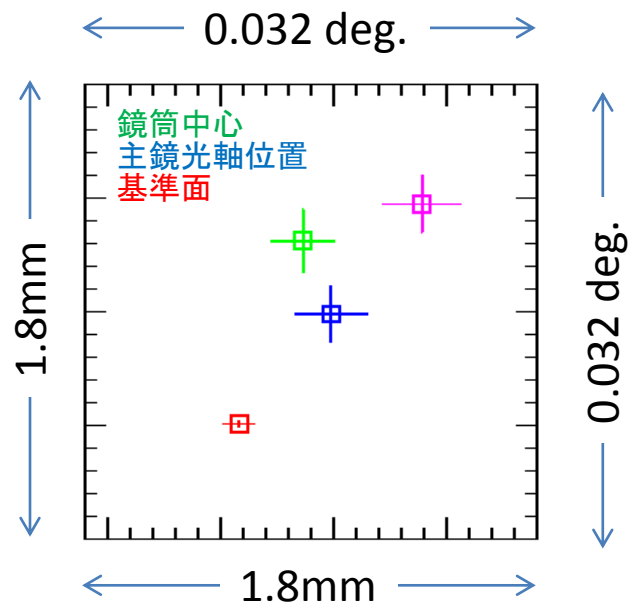
右: 主鏡光軸の位置を、望遠鏡鏡筒中心に対して計測した結果を示している。主鏡のセル内の位置角を変えながら3度計測したところ、光軸は鏡筒中心から東に0.8mm ずれた場所(カセ穴芯金中心)を中心に 半径 8.72mm の円上に分布した。当初、主鏡外形中心に開けられたカセ穴の中心と、光軸は一致していると期待していたが、実際は9mm弱ずれている、ということである。このずれは、ターンバックルでは吸収できないので、主鏡セルを鏡筒に対して9mm程度ずらすべく、鏡筒側のタップを立て直した。

主鏡セルを鏡筒に対して9mmずらして取り付けるためにサポートリングを加工に出した

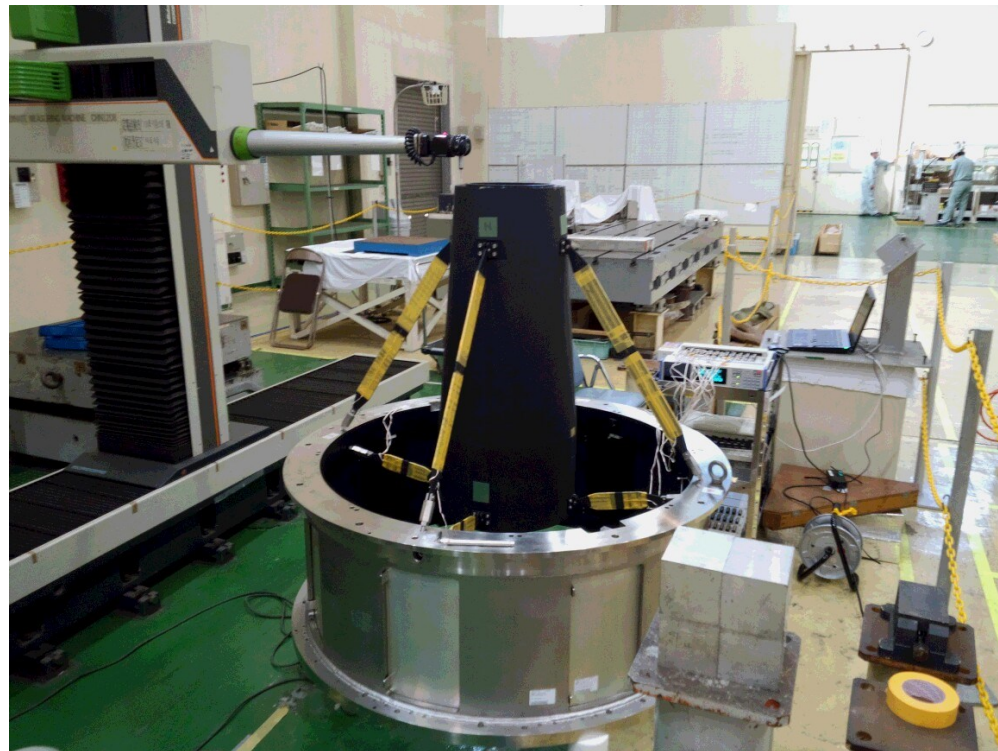


これら一連の写真は、主鏡光軸と鏡筒中心を一致させる目的で、サポートリングを加工に出す作業を捉えたものである。サポートリングは、鏡筒センターピースの下部に取り付けた部品である。主鏡セルを鏡筒に対して9mmずらして取り付けるために、サポートリングの下端面にタップを立て直した。

サポートリングに取り付けられたクライオスタット



左: 主鏡光軸の最終調整結果。鏡筒中心に対して主鏡光軸は0.3mmのshiftをもち、調整基準面とは角度0.01 deg.のtiltがある。許容公差は、shift < 1mm, tilt < 0.1 deg. なので、調整は完了した。



右: サポートリングに対してクライオスタットを取り付け調整している様子。クライオスタットは、その機械軸が鏡筒中心に一致し、基準面に対して垂直になるように、3次元測定器を使用して精密調整した。これで主鏡とクライオスタットの光軸調整作業は終了。あとは、副鏡と主鏡の光軸を調整すれば、一連の光軸調整作業は完了する。

今後のスケジュール

- 年内
 - クライオスタット取り付け済サポートリングを望遠鏡に取り付ける。
 - 主鏡、副鏡の光軸調整を行う。
 - クライオスタット内部光学系を挿入し、第2次試験観測を開始する。HAWAII1を使用。
 - On-sky performance を再度評価する
 - 徐々に自律観測に移行する
- 来年
 - H2RG検出器に交換