

4. 望遠鏡建設と装置開発

(1) 60 cm 反射望遠鏡

この望遠鏡は昭和35年に津上製作所でつくられ、花山天文台に設置されました。そこでは昭和41年まで月や惑星の写真観測に使われました。昭和42年、飛騨天文台へ移転するために津上製作所長岡工場でオーバーホールされ、昭和43年に飛騨天文台の7 m ドームに据えられました。平成9年に駆動用モーター一式及び配電装置を更新しました。同時に、エンコーダーを極軸につけ、望遠鏡が向いている方向の赤経値をパソコンに表示させるようにもしました。

昭和46年までは主にカセグレン焦点での月・惑星の写真観測に使われました。その間恒星の分光観測も試験的に行われました。65cm 屈折望遠鏡が設置された以降は、彗星や星雲・星団の広視野を必要とする観測に使われてきました。平成9年にリッー応用光学製の分光器が導入され、惑星や恒星の分光観測にも使われています。主鏡とカセグレン鏡のメッキは少なくとも2年に1回梅雨時に行われています。

< 光学系 >

主鏡の焦点距離は3.3 m、F 数は5.5 です。カセグレン式の合成焦点距離は12 m、F 数は20 です。カセグレン鏡をはずし、ニュートン式にすることもできます。

< 観測装置 >

ニュートン式：星野カメラ (108mm × 84mm 乾板)

カセグレン式：眼視観測装置

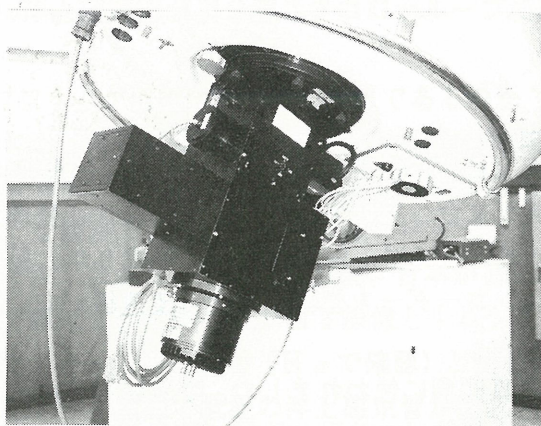
電磁シャッターカメラ (カットフィルム、プロニーフィルム)

プラネットカメラ (35mm フィルム、CCD)

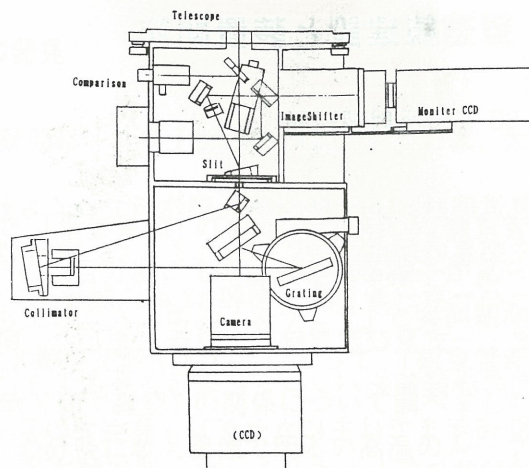
カセグレン分光器

表1. カセグレン分光器の主な仕様

波長範囲	250nm - 1200nm (回折格子交換による)
コリメーター鏡	軸外放物面鏡。 焦点距離 275mm (F/20 に最適化)
カメラレンズ	焦点距離 85mm, F/1.4
光学配置	インライン式ハイブリット光学系 小型天体分光器用として、入射光軸と射出光軸を同一直線上に配置
線分散度	20 - 10 nm/mm (回折格子交換による)
分解能	10000 以上
スリットモニター	鏡面スリットにより像野観察可能
ガイディング	自動案内装置による高精度ガイディング可能
比較スペクトル	Ne ホロカソード管
筐体寸法	230(W) × 170(H) × 369(D) (突起部を含まず)
重 量	13 kg



60cm 反射望遠鏡につけられた分光器



分光器の光学系配置図

(2) 65 c m 屈折望遠鏡

昭和46年度にカールツアイス製65 c m屈折望遠鏡が新設されました。この望遠鏡は月・惑星の精密観測を主な目的として導入されましたが、彗星や星団・星雲の観測にも使われています。昭和57年、モニター用に西村製作所製20 c m屈折望遠鏡が鏡筒にとりつけられました。屈折望遠鏡は像が安定していますしコントラストも高いですから、眼視観測には最適です。眼視の倍率は66倍から875倍の範囲で使用できます。マイクロメーターを使いますと、惑星面上の距離や二重星の角距離などの測定ができます。

写真観測装置には星野カメラとプラネットカメラがあります。星野カメラには16cm×16cmの乾板のほか、ペンタックス6×9、プロニカ、ニコンのカメラボディをつけられます。プラネットカメラは必要に応じて像をアイピースで拡大し、9.5m以上の任意の合成焦点距離で撮影できます。プラネットカメラには35mm長尺フィルム用ニコンマガジン、CCDカメラ、SITカメラを装着できます。SITカメラは高感度ビデオカメラです。

昭和53年までは現像の都合上、プロニー12駒撮りフィルムと35mm36駒撮りフィルムを主に使用していました。太陽望遠鏡ができ、自動現像機が導入されますと、35mm250駒撮りの長尺フィルムを用いるようになりました。平成5年にCCDカメラが購入されてからは、広い領域の撮影が必要な場合を除き、フィルムは使われなくなっています。

<光学系>

口径65cm、焦点距離10.5 m、F数15のレンズは2枚重ね合わせのEタイプで、波長530 nmで最良の像が得られるように設計されています。短波長域と長波長域で色収差が大きくなりますので、1981年に色収差補正レンズをつけました。それにより、ブルーと近赤外で質の高い写真が撮れるようになりました。色収差補正レンズを使いますと、望遠鏡の焦点距離は9.5 mになります。

<観測装置>

眼視観測装置には次のものがあります。

アイピース：12mm、16mm、25mm、40mm、100mm、160mm

天頂ミラー

ファイラー マイクロメーター

写真観測装置には次のものがあります。

星野カメラ 16cm×16cm 乾板、プロニーフィルム、35mmフィルム)

バーローレンズ拡大装置 (ニコンマウン： X 2、X 3、X 4)

プラネットカメラ 35mm 長尺フィルムニコンマガジン

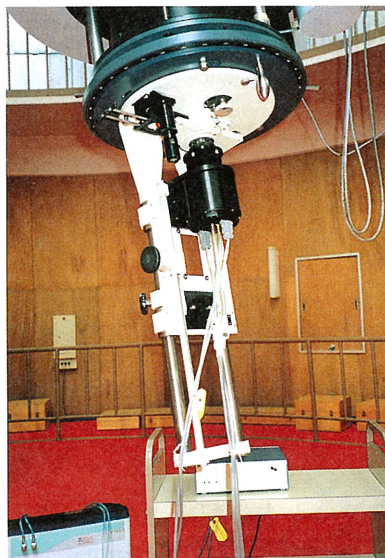
S I Tカメラ (浜松フォトニックス)

イメージ・インテンシファイヤー (ナイテック)

C C Dカメラ (水冷式、スペクトラソース H P C - 1 S)



65cm 屈折望遠鏡



C C Dを装着したプラネットカメラ

表 2 . 60cm 反射望遠鏡と 65cm 屈折望遠鏡の概要

	60cm 反射望遠鏡	65cm 屈折望遠鏡
口 径	600mm	650mm
焦点距離	3,300 mm (主焦点) 12,000 mm (カセグレン焦点)	10,500 mm
分 解 能	0.19"	0.18"
集 光 力	7,400	8,600
極限等級	16.1 等級	16.2 等級
追尾精度	1.5" /30 分時	0.1" /9 分時
筒の大きさ	860mm × 3,700mm	930 mm × 11,500mm
総 重 量	4.5 ton	17 ton
極軸先端の位置	137° 18' 28.192" E 36° 14' 58.627" N 1286.64 m	137° 18' 29.609" E 36° 14' 56.225" N 1275.81 m

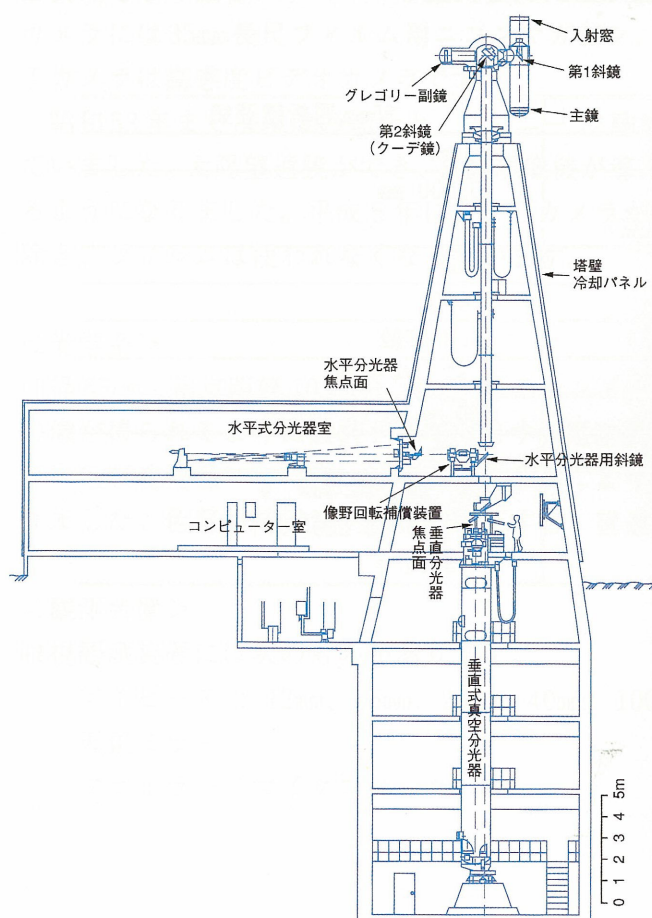
(3) ドームレス太陽望遠鏡

DSTと略称される「ドームレス太陽望遠鏡」(Domeless Solar Telescope)は、太陽表面の微細構造の精密観測装置として設計・開発された特殊望遠鏡で、1979年5月の竣工当初より世界屈指の高解像力望遠鏡として注目され、以来、研究テーマ・観測方法の変遷にも柔軟に対応して、機器開発・整備拡充が進められ、現在もなお世界第1級の高水準を維持し活躍を続けています。

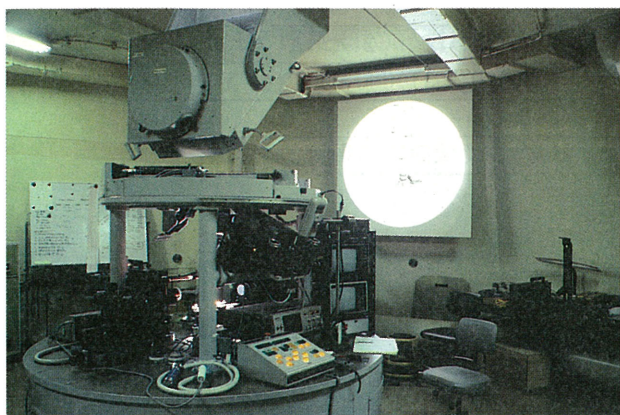
「望遠鏡」の性能・諸元は右表の通りですが、高解像力の「太陽望遠鏡」として国際的に高い評価を得ている理由は、強い光と強烈な熱をとまなう太陽の場合、従来不可避とされていた熱による「像質低下」を積極的に排除する様々な対策が講じられているからです。望遠鏡「周辺」での像質低下の主要原因には、(1) 地面・建物からのかげろう、(2) 光学部品の熱変形、(3) 望遠鏡内の熱乱流、(4) 器械的散乱光等があります。これらに対し、(1a) 望遠鏡を高い塔上に設置、(1b) ドームレスの形式、(1c) 最小の塔頂面積、(1d) 塔壁表面の外気温への冷却保持、(2a) 超低熱膨張率ガラス素子、(2b) 入射窓の金枠部・中心遮蔽部の受熱遮断、(3) 望遠鏡内部の真空化、(4a) 最少数の光学素子、(4b) 1次焦点の視野絞、等の積極策が講じられています。この他にも大小様々な工夫が随所に施されています。勿論、通常の日体望遠鏡に必要な高い指針精度・高精度の追尾・容易な操作性にも十分配慮されており、理論的光学性能に即した高精細の結像を実現しています。これらの配慮や試みは、その後に建造された世界各国の太陽望遠鏡にも多くの示唆を与えてきました。

●望遠鏡の性能

型 式	ドームレス型真空式塔望遠鏡
光学形式	グレゴリー式反射望遠鏡
有効口径	600mm
主鏡焦点距離	3,150mm
副鏡との合成焦点距離	32.19m
副鏡との組合せによるF数	F/53.7
分解能	0" .18
有効視野	± 18'
中心遮蔽率	0.39
二次太陽像直径	300mm
日周追尾方式	コンピューター制御光電案内装置付
望遠鏡筒内真空度	2～5mmHg
架 台	高度方位式
望遠鏡総重量	21ton



DSTの円滑な動作は、様々な「裏方」に支えられています。望遠鏡「油圧装置」は、21トンの望遠鏡を $50\mu\text{m}$ ($=1/20\text{mm}$)の油膜に浮かべ、高速のコンピューターとエレクトロニクス回路による滑らかな駆動を実現しています。「気象観測装置」は、時々刻々の気温・気圧をオンラインで送出し、大気の屈折率変動のリアルタイム補正に供されます。「屋外監視装置」は、望遠鏡の姿勢や天空の状態を観測者に知らせます。「昇降作業台」は、塔頂の望遠鏡に接近できる唯一の「脚」であり、「道具」で、日常の点検・整備や故障修理・内部点検に欠かせません。また、機械棟では、塔壁冷却パネルの運転・制御や塔屋内の給排気・温度管理が行われています。これらも、ドームレス太陽望遠鏡本体と不可分の構成要素です。



垂直分光器観測室



塔頂のグレゴリー望遠鏡
(蛇の目様の入射窓に注目)



昇降作業台による点検



機械室内部
(右側の大きなタンクがブラインヘッダー)

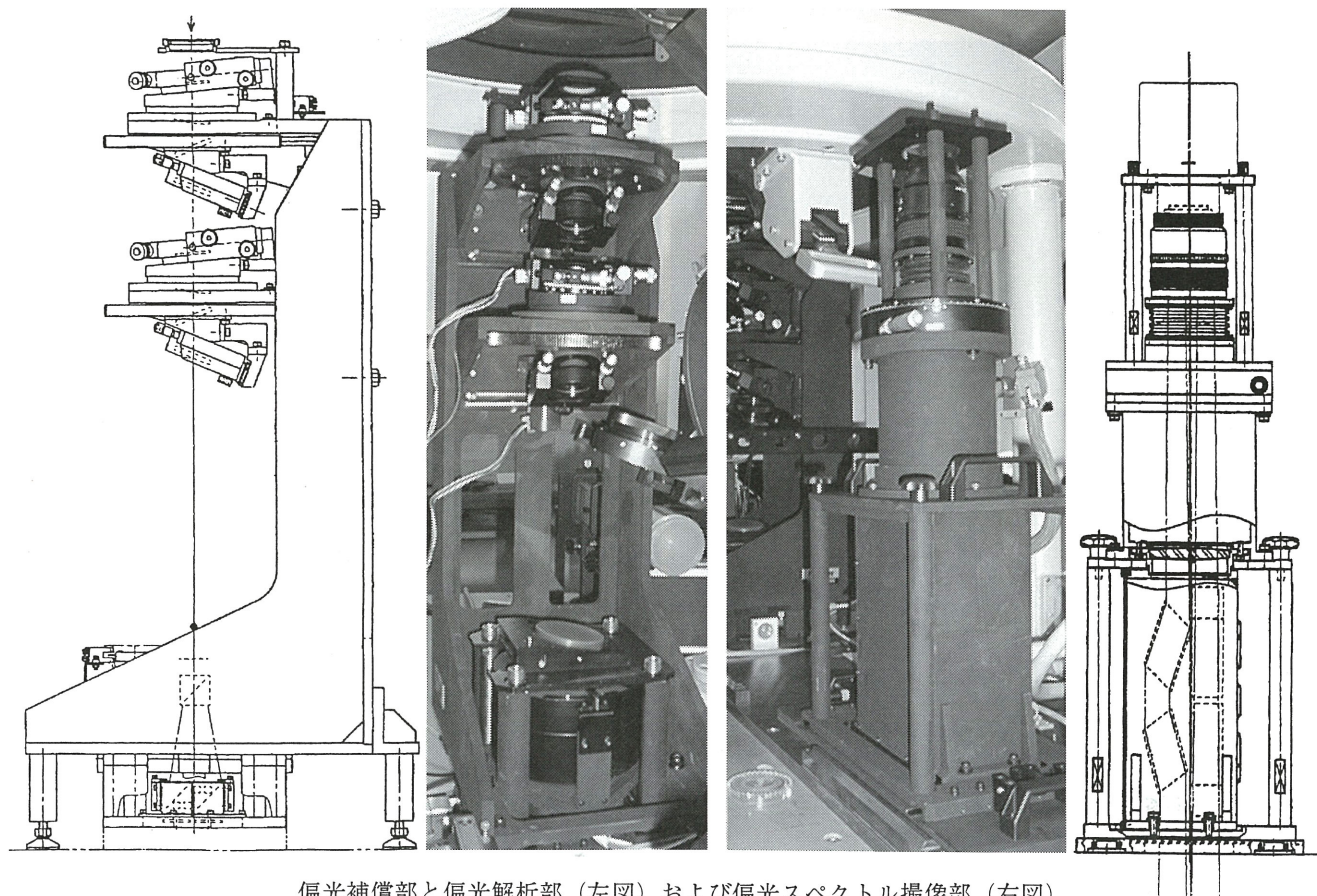
ドームレス太陽望遠鏡には、物理観測用大型設備として、2種類の分光器が装備されています。「垂直式真空分光器」は、世界最大の大型回折格子（刻線面積 420mm×320mm）を備えた超高分散分光器で、太陽面上の200m/sのガスの流れを明瞭に識別することができます。また、「水平分光器」は、同時多色観測用で、6連のカメラ鏡による計4.2mの長大なスペクトル・ポートから任意の波長の光を同時に取り出せる、世界に類例の無い設計の広視野分光器です。

●分光器の性能

	垂直分光器	水平分光器
光学形式	ツェルニー・ターナ型真空分光器	ツェルニー・ターナ型
焦点距離	14m	10m
分散能	0.14 Å/mm（5次スペクトル）	0.33 Å/mm（2次スペクトル）
有効波長域	3,600～11,000 Å	3,600～11,000 Å
総重量	10ton	3 ton
特 長	高分解能	全波長域同時撮影可能

DSTでは、高精細の解像力と、垂直式真空分光器の高分散を活用する最新装置の開発研究が着々進行中です。その一つが太陽面微細構造の磁場を精密に測定するためのポラリメータで、空間分解能0.3"角、検出限界5 Gaussでの3次元磁場のマッピング（ベクトルマグネトグラム）を目標としています。

観測波長 : FeI 6302.5nm (g=2.5)
 有効視野角 : 2'
 偏光変調子 : $\delta = 127^\circ$ 薄型回転波長板
 検光子 : 3-Wollaston Beam Splitter
 Pixel 分解能 : 0.3" (spatial) × 0.8pm (spectral)
 Frame Rate : 16fps
 A/D 分解能 : 12bit



偏光補償部と偏光解析部（左図）および偏光スペクトル撮像部（右図）

(4) 太陽フレア監視望遠鏡

1991年から5ヶ年計画で実施された、太陽地球エネルギープログラム（STEP）国際協同研究に参加して、新しいタイプの太陽フレア監視望遠鏡を設計製作して、1991年3月に飛騨天文台に設置しました。

この望遠鏡は4本の太陽全体像望遠鏡（ $H\alpha$ 中心、 $H\alpha -0.8\text{\AA}$ 、 $H\alpha +0.8\text{\AA}$ 、連続光）と1本の太陽周縁像（プロミネンス像）望遠鏡（ $H\alpha$ 中心）、及び1本の光電追尾望遠鏡の、合計6本の小望遠鏡で構成されています。これらは、1台のフォーク式架台に同架されて、1体として運転制御されています。

$H\alpha$ 線の3波長で連続同時観測出来るのは世界にも例がなく、この特徴を生かして、フィラメント消失の観測で多くの成果が得られてきています。



1991年に新設された太陽フレア監視望遠鏡とドーム。右後方にはドームレス太陽望遠鏡が見えています。

5本の望遠鏡に取り付けられたビデオCCDカメラによって、4波長の太陽全体像と1波長の太陽周縁像が撮影されて、観測コントロール室に送られます。そこで、5台のVTRで連続録画されると同時に、パソコンによってデジタル信号に変換されてCDROMにも保存されています。

又、同じ画像は、ドームレス太陽望遠鏡の観測室にも送られ、そこでの高分解観測の対象を決める際に利用されています。

太陽フレア監視望遠鏡システム 概念図

