

太陽顕微鏡—飛驒天文台の DST—

神 野 光 男*

私達は、今度飛驒天文台に新設されることになったドームレス太陽望遠鏡のことを DST と略称している。昨夏のハーグ仏大使館人質事件を伝えるテレビニュースの字幕に、DST (フランス秘密警察) と出て来たのに愕然としたが、今更私達の将来を託した新生男児の命名を変えるわけにいかなかった。

飛驒天文台に月・惑星用の 65 cm 屈折望遠鏡の予算が認められたのは 1970 年であった。いよいよ次は太陽の出番ということになり、どんな器械が欲しいかという相談が花山天文台で始まった。花山太陽館の水平望遠鏡建設の一翼を担った久保田氏は、長年の経験からレンズ望遠鏡に憧れていた。水平望遠鏡の 5 枚の鏡で作られた散乱光の多い太陽像に苦り切っていた頃である。太陽観測に青春の情熱を燃やす黒河氏は、リム (彩層・プロミネンス・コロナ) でもディスク (光球・彩層・黒点・フレア) でも使える望遠鏡をと云い出す。ヘリオスコープの設計・製作で器械に自信をつけた船越氏が黒板に夢のような望遠鏡の絵を画く。天文器械のベテラン中井氏がすかさずその絵を修正する。それを見ている服部氏が器械の値段を瞬時に概算して、大蔵省主計官よろしく減額査定する。そばから椿、為永氏らが代案を出す。太陽館の窓を通して、眼下の山科の街の灯が夕もやの中で目にしみる頃になると、皆な空腹に気付き来週の再会を約して帰路につく。

以来、花山での討論、メーカー側との打合せが頻繁に行われた。1973 年船越氏が米・独・仏・伊の主な太陽望遠鏡の視察に出かける頃には、私達の DST 君の姿はおよそ固まっていた。

DST の目標

太陽大気物理学の芽生えは、1861 年キルヒホッフによる太陽スペクトルの分光分析までさかのぼる。その後、コロナのスペクトル、彩層の閃光スペクトル、黒点のゼーマン・スペクトルと分光観測による新発見が続いた。これらが理論の裏付けを得て、太陽大気物理学が確立されたのは 20 世紀に入ってからである。プランクの黒体放射の理論、サハの電離論、ボーアの量子論から量子力学の長足の発展とあいつぐ。これらが太陽大気物理

学のバックボーンになっている。

連続スペクトルの強度分布と周縁減光の観測から、光球の高さによる温度・圧力分布がわかった。長らく未解決であった連続光吸収源の問題も、ウィルトの天才的洞察力による水素の負イオンの発見によって片付いた。ブラウンホーファ線にくらべて彩層輝線が高励起になっていることも、サハの電離論によって圧力低下による効果で説明がついた。仮想元素コロニウムからのコロナ輝線も、グロトリアン、エドレンによる高階電離金属の禁制線としての同定によって、一挙にコロナの温度が 100 万度であることまでわかった。かくして太陽大気物理学は 20 世紀前半の黄金時代を迎えることになった。

黄金時代と云ってもまだまだ未解決の問題も数多くあった。光球の粒状組織に代表される大気中のガスの流れの効果は、それまでの静的な大気論では重要視されていなかった。カルシウム K 線の単色写真に見られる彩層の微細構造も、均質平均大気論で片付けられていた。黒点をはじめフレアなどの活動現象そのものの存在は知っていても、観測・理論ともこれを物理学として取扱える段階ではないと考えられていた。

当時の「静的均質平均太陽大気物理学」の講義を聞く学生にとって、太陽はそれほど魅力のある研究対象にはならなかった。しかし、1950 年代に入り事情は一転した。光球の粒状組織まで考慮しなければ、ブラウンホーファ線の線輪郭は正確には説明できないし、大気中のガスの乱流も重要なファクターであることが判った。リオフィルターの発明と観測条件のよい場所への大望遠鏡の建設によって、光球・彩層の微細構造は益々明瞭になった。彩層の高温説・低温説の論争も均質平均大気論の土俵の上では無意味なものとなって来た。太陽電波と大気圏外観測によって一挙に観測可能な波長域が拓がただけでなく、彩層・コロナ内の活動現象について議論するのに充分過ぎる程の観測データが集められた。さらに、電磁流体力学の適用によって、これらの理論的解釈も可能になり、すべての太陽面現象に太陽磁場がからんでいることが明らかになって来た。19 世紀から 20 世紀への物理学の発展と同じように、マクロ太陽大気物理学からミクロ太陽大気物理学の開花というのが 50 年代以後の姿である。ミクロ物理学が「量子」の概念によって導かれたと同じように、ミクロ太陽大気物理学では「磁場とガス流」がその基本になっている。このような太陽大気物

* 京都大学理学部附属天文台 (飛驒・花山天文台)

M. Kanno: Domeless Solar Telescope at Hida observatory.

理学の現状認識から、私達の DST に対するイメージも確かなものになって来た。

マイクロ太陽大気の観測で先ず必要なことは高分解の太陽像を作ることである。プレイ・ロケットの本によれば、19 世紀以来 1962 年までに発表された世界中の太陽写真のうち、1-2 秒角の細かい模様まで写っているものは僅か 44 枚しかない。そのうち 33 枚はレンズ望遠鏡によるもので、その口径はいずれも 10-40 cm 級の余り大きくはない望遠鏡によるものである。いかに高分解像を得るのが難しいかわかる。この難しい 1 秒角の壁を破ったのが、60 年代後半に建設されたサクラメントピーク天文台（末元善三郎：太陽大気の微細構造，天文月報 1972 年 7 月号）とビッグベア天文台（田中捷雄：太陽磁場形態学，天文月報 1974 年 4 月号）である。両天文台のすばらしい太陽写真がつつぎと現われると、1 秒角以下の写真など国際学会では恥ずかしくて人前に出せない時代となった。

1 秒角ですら太陽面の模様を分解しきっていないことが判ると、私達は DST の目標を 0.5 秒角におくことにした。0.5 秒角と云えば太陽面上で 360 km の大きさの模様まで判別しようということにあたる。360 km と云えば割に大きく聞こえるかもしれない。日常われわれが物を明瞭に見ようとする場合、眼前 25 cm に物を持ってくる。これを明視距離という。太陽像を明視距離に持って来たとき、太陽面上 360 km は 1 万分の 6 mm の大きさになる。1 万分の 6 mm まで識別しようという DST は望遠鏡というよりも顕微鏡と呼ぶべきであろう。私達は「太陽顕微鏡」が DST の最終目標だと考えている。

つつぎに DST に要求されることは散乱光の少ない太陽像である。青空の光は空気分子による太陽光の散乱がその原因である。コロナの光は青空にうもれてしまい皆既日食のとき以外見られない。コロナほどではないにしても、太陽円板縁の彩層やプロミネンス、光球のご真中にある黒点を見ようというとき、太陽光の散乱は曲者である。青空の光はどうにもならないとしても、せめて望遠鏡の中での散乱光は極力おさえなければならない。レンズや鏡面での反射・屈折が散乱光のもとになる。散乱光をへらすには反射・屈折面の総数を最少限にせねばならない。それにはレンズ望遠鏡による単純な光学系が一番望ましい。レンズ望遠鏡に高分解の写真が多いのも、散乱光が少なくコントラストの良い太陽像が得られることによる。久保田氏でなくても、私達全員 DST はレンズ式でと云うのが当初の方針であった。

マイクロ太陽の分光観測では、高分解の太陽像で高分散・高純度のスペクトルを撮影することがその生命となる。太陽大気内ではフレアに伴って数 1000 km/s という超高速ガス流が起ることもあるが、スピキュールの

10 km/s は速いほうで、大抵のガス流はジェット旅客機程度の速さ (0.3 km/s) である。しかし、黒点誕生に伴うガス流には 0.1 km/s と云うゆっくりしたものもある。このような低速流によるスペクトル線の偏移をキャッチするには超高分散が必要である。弱い磁場の測定にも高分散・高純度のスペクトルが必須である。すなわちマイクロ太陽物理学の基本である「磁場とガス流」の観測には高分散・高純度の分光器が欠かせない。

マイクロ太陽物理学は重箱の底をほじくっていると困る。量子力学が量子というマイクロの世界を探ることによって、物質とエネルギーの本性を明らかにしたのと同じように、マイクロ太陽物理学は微細構造を問題にして、その裏にひそむ太陽活動の本質を知ろうというのが現代太陽物理学の願いである。この意味で現代太陽物理学を「動的不均質活動太陽大気物理学」と呼ぶことが出来よう。一番花々しい活動現象はフレアである。フレアは数分間で燃え上がる。サージ、スプレーなどの活動型プロミネンスも、数 10 分間もするとその姿は全く変わってしまう。このような現象の観測には、活動域全体をカバーする広視野で、しかも短い時間間隔で連続的に多波長域を同時に観測できる分光器が必要である。

以上、DST への要請をまとめると次のようになる：

- 高分解太陽像
- 低散乱太陽像
- 高分散・高純度分光器
- 広視野・多波長域分光器

DST の特徴

これらの要請にもとづいて設計されたのが写真・図のような DST である。その特徴を列挙するとつぎのようである。

(1) ドームレス塔式望遠鏡である。

望遠鏡は地上の塔上 20 m に、ドームなしで露坐する型式となっている。ドームや建物による熱対流をさげ、層流状態にある地上風の中で観測することができる。

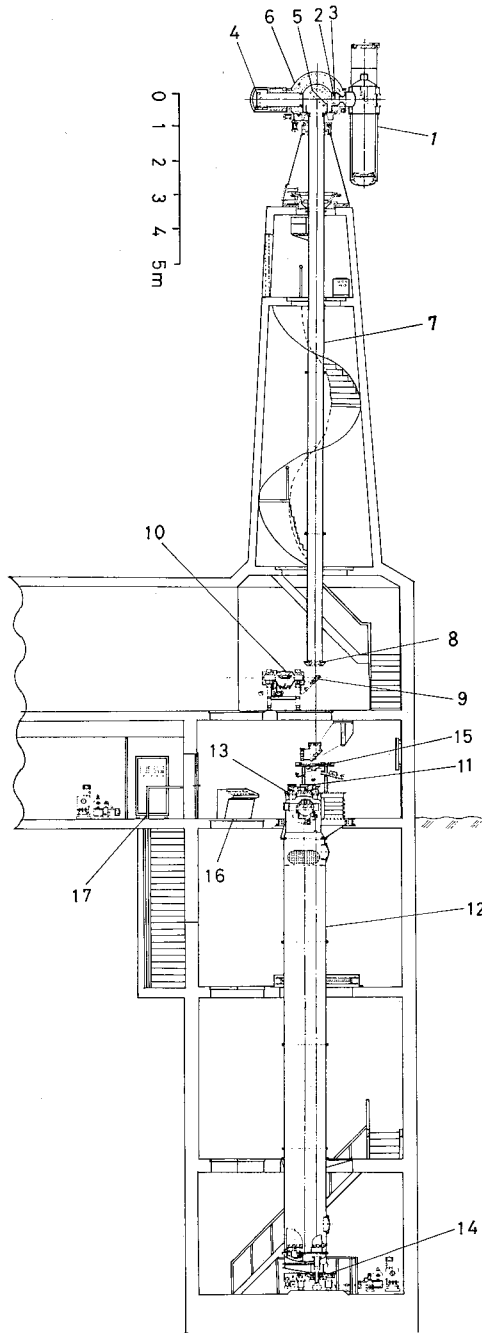
太陽望遠鏡には星用の望遠鏡とちがう様々の特殊な工夫が必要である。それに太陽が星にくらべて桁違いに明るく、膨大な光と熱を伴っているためである。いかに立地条件が良くとも、地面や建物が強い日射にさらされると周辺空気との間に温度差を生じ、「かげろう」の立つことは良く知られている。この「かげろう」が太陽像の鮮鋭度を落とす大きな原因である。また地面近くに望遠鏡の入射窓があると、乱流状態にある地表風を通して太陽を見ることになり、同じように像質劣化の原因となる。

層流状態にある地上風の高さを知るために、飛騨天文台構内のあちこちで発煙筒実験を行った。30 m クレー

ソのワイヤに 5m 間隔で発煙筒を取り付け、高さによるたなびく煙の道筋のちがいを観察した。これによって 15m 以上の高さでは層流状態に近いことが判った。DST の塔高 20m はこの実験結果にもとづいている。また、望遠鏡をドームなど建物の中に納めようとする、望遠鏡本体にくらべて広い床面積が必要で、その建

物自体が近接熱源になるばかりでなく、空気の流れを妨害、攪乱する役目すら果す。このためドームなしで、DST の入射窓を一樣な地上風の中に孤立させることとした。これによって、0.5 秒角の高分解太陽像を得るための必要条件の一つは満たされることとなる。

なお、DST では高度方位式架台を採用している。従



1. 一次望遠鏡（ニュートン式）
2. 一次焦点（附 視野絞・遮光板）
3. 第1光電案内装置
4. グレゴリー鏡
5. クーデ斜鏡
6. 密封式高度方位架台
7. 真空筒
8. 射出窓（メニスカス）
9. 光路切換斜鏡
10. 像野回転補償装置
11. 作業焦点
12. 垂直式真空分光器
13. 観測台
14. 分光筒支持台
15. 第2光電案内装置
16. 制御盤
17. 制御装置

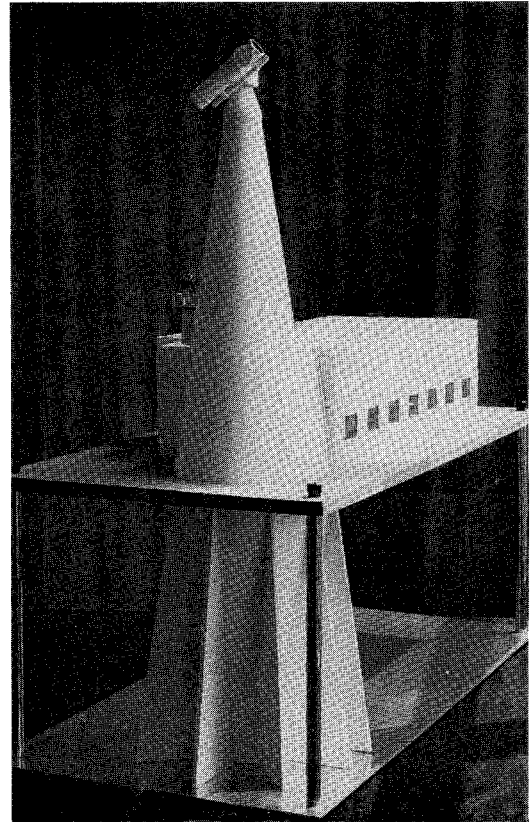


図 1 ドームレス太陽望遠鏡 (DST)

ドームレス太陽望遠鏡 (DST) 完成予想図

ってコンピューターによって望遠鏡の日周追尾が制御される。これは鏡面の総数を減らすことと、望遠鏡の機構的安定性をねらっている。さらに、望遠鏡を塔屋の風上側（東側あるいは西側）にセットして、塔自体による大気擾乱をのがれて観測できるという利点もある。

(2) 結像光学系が真空式である。

入射窓から主鏡・副鏡を通り射出窓までの全光路は密閉され真空化されている。また全ての鏡材は超低熱膨張率特殊ガラス製である。

どれほど面精度のすぐれた光学部品を使った望遠鏡でも、太陽の強い光と熱をうけると望遠鏡内部の各所に温度不均衡を生じ、熱変形・筒内気流・異常屈折などが起こり像質低下の大きな原因となる。このため筒内を密閉して数 mm Hg まで真空化する。これも高分解太陽像を得るために欠かせないことである。

(3) 拡大再結像の光学系を採用している。

ニュートン式の一次望遠鏡による太陽像から観測に必要な一部分だけ取り出し、グレゴリー副鏡によって拡大

再結像する光学系となっている。これによって散乱光を減らし、コントラストの良い太陽像が得られる。一次焦点面には大ききのちがう視野絞りと遮光円錐があり、観測対象に応じてリモコンで変換される。

観測に不必要な光球の強い光が望遠鏡内部の散乱光の源である。これを取り除くために、コロナグラフの例にならって再結像光学系を採用することにした。そのため直接結像光学系にくらべて鏡面の数は増えるが、視野絞りより後の鏡による散乱光は非常に少なくなるのでこれは問題にならない。

(4) 垂直式分光器は像野回転自動補償式である。

地下 15 m に収められた垂直分光器は、コンピューター制御によって像野回転を自動的に補償する真空式分光器である。これによって長時間露出を要する微光の観測対象に対しても、高分散・高純度のスペクトルが撮影できる。

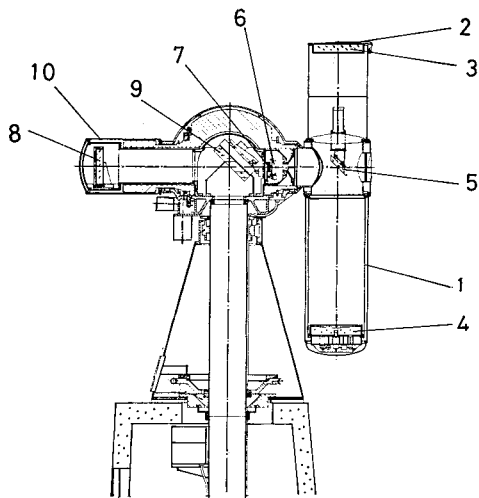
この分光器は有効波長域 3,600-11,000 Å で、高空間分解能をもった約 0.1 Å/mm の高分散・高純度分光器である。H α によるスリット面監視装置、太陽像の大投影による像面観察装置、ホワイト・ライト撮影装置のほか、太陽磁場測定のための偏光観測装置、単色像写真のためのスペクトロヘリオグラフも装着できる。

(5) 水平分光器(計画中)では、広視野で多波長域連続観測が可能である。

水平分光器は空間的、分光的広視野(スリット長 50 mm)を同時に観測する装置である。例えば 3,600-6,900 Å 間の任意の波長域を6台の大型カメラで連続観測することが出来る。

グレゴリー望遠鏡の射出窓を出た光束は、光路切換斜鏡によって水平方向に転じ、像野回転補償装置を通過した後、第2作業焦点面(水平分光器スリット面)に太陽像を結像する。水平分光器の回折格子架台には3面の格子が同架されており、観測波長域と分散度に応じて変換できる。また垂直分光器と同様、スリット面監視装置を装着することが出来る。

多波長域同時観測の場合、結像太陽像の大きい色収差は致命傷である。前述のように、DST 計画の当初、私達はレンズ望遠鏡を考えていた。レンズにつきものの色収差を減らすためにいろいろの工夫を続けた。観測全波長域にわたって色収差を許容範囲におさめようとすると、紫外域でのレンズの透過率は極端に悪くなる。色収差と透過率とを両立させることが出来ないことを知って、私達はレンズ望遠鏡をあきらめ、DST 計画を反射望遠鏡で進めることにした。しかし、反射望遠鏡の散乱光対策には細心の注意をはらった。拡大再結像光学系、真空式望遠鏡の採用もそのあらわれである。



1. 一次望遠鏡 (ニュートン式)
2. 保護蓋
3. 入射窓 (メニスカス) 口径 605 mm
4. 主鏡 口径 633 mm, 焦点距離 3,150 mm
5. 第1斜鏡 口径 216 × 305.4 mm
6. 第1光電案内装置
7. 一次焦点 (附 視野絞り・遮光板) 一次太陽像直径 29.4 mm
8. グレゴリー鏡 口径 452.4 mm, 合成焦点距離 32,195 mm, 口径比 53.7, 二次太陽像直径 300 mm
9. 第2斜鏡 (クーデ斜鏡) 口径 400 × 556 mm
10. 密封式高度方位架台

図 2 DST のグレゴリー望遠鏡部分

日本天文学会評議員候補者選挙の結果の報告

昭和51年1月20～2月18日の選挙により選出され、昭和51年度通常総会に推薦される評議員候補者(15名)の名簿を、評議員選挙施行細則第7条に基づき次の通り発表する。

B 組評議員候補者名簿

海野和三郎, 大木 俊夫, 大沢 清輝, 海部 宣男, 川口 市郎, 古在 由秀, 坂下 志郎, 桜井 隆,
杉本大一郎, 関口 直甫, 成相 秀一, 林 忠四郎, 平田 龍幸, 村山 定男, 森本 雅樹

なお、有権者総数 454 名, 投票人数 247 名 (投票総数 2,323 票, 内 無効票 10 票) であった。

(以上)

昭和51年2月20日

選挙管理委員会

学会だより

科学研究費補助金配分審査委員

日本学術会議研究費委員会より標記の候補者の推薦の依頼があり、本学会として評議員の書面投票により推薦していたところ下記の方々が学術審議会の専門委員として文部省より発令になりました。

第1段: 守山史生, 加藤正二(以上新任), 須川 力
(留任)

第2段: 海野和三郎 (新任)

天文学研究連絡委員会

日本学術会議天文学研究連絡委員会の第10期委員として次の方々が決まりました。

海野和三郎・田中 春夫・弓 滋・赤羽 賢司・
大沢 清輝・林 忠四郎・末元善三郎・高窪 啓弥・
川口 市郎・成相 秀一・小暮 智一・北村 正利・
高瀬文志郎・森本 雅樹・守山 史生・小田 稔・
飯島 重孝・高倉 達雄・青木 信仰・河鱈 公昭・
古在 由秀

なお委員長は大沢清輝氏と決まりました。

DST への期待

以上のように DST は世界各国の最近の太陽望遠鏡の粋をあつめ、独自に研究開発された最新型の望遠鏡である。マイクロ太陽物理学の黄金時代に向かって、DST がその本領を充分に発揮することを期待している。高分解太陽像を生かした観測対象には、粒状組織・彩層微細構造・黒点暗部輝点などがある。低散乱太陽像は黒点・彩層・プロミネンスの観測に偉力を発揮する。吸収線輪郭・速度場・磁場の研究には高分散・高純度の垂直分光器が活躍するだろう。フレア・サージ・スプレーなどの爆発現象には広視野・多波長域の水平分光器の出番である。

DST は4年計画で1978年度に完成し活動を開始する予定である。現在はいわば、DST 君の受胎2-3カ月

にあたり、発注先の西独カール・ツァイス社(オーバーコッヘン)では着々と設計製作が進められている。飛驒天文台では設置地点決定の最終観測が行われている。DST と同じ高さの鉄塔を候補地2カ所に建て、太陽シーイングの良否を判定する気象観測である。塔先端における風向・風速の常時観測のほか、先端から5mおきの気温・温度の微変動の同時測定を行っている。77年度工場検収をおわり横浜に向けて出港する頃には、飛驒天文台では塔と観測室の建設が始まるはずである。78年夏には現地組立ての段取りとなる。

国際天文連合(IAU)では、10年振りの太陽極大期にあたって、79年4月から太陽活動現象の国際共同観測(Solar Maximum Year)を計画している。私達のDST君がタイミング良く78年に誕生することは全くの幸運である。