

# 10 cm 太陽望遠鏡による太陽直接写真の撮影\*

守山史生†・平山 淳†・清水 一郎†  
浜名茂男†・徳家 厚†・今井英樹†

## 1. は し が き

太陽の研究は一方でロケット・バルーン・人工衛星などを用いて極端紫外線から $\gamma$ 線に至る電磁波による観測が盛んに進められているが、他方可視光の分野では太陽の微細な構造を磁場との関連においてとらえようと、角度の1秒以下の構造を問題にして真空望遠鏡などを用いて研究が行なわれている。地上で観測する限り、大気のゆらぎなど（シーイング）によって太陽の細かい構造が見える chance がきわめて少ないので、われわれはバルーンに望遠鏡をのせて成層圏まであげ、シーイングに左右されない太陽の構造を研究しようとするものである。まず手はじめとして、宇宙研究丹羽研究室と協同して白色による太陽の直接写真を連続撮影し、たとえば白斑の細かい構造の寿命などを決定しようとするのがこの実験の目的である。将来は、 $H_{\alpha}$  単色像・スペクトル写真などへ project を進めていきたいと考えている。

この予備実験として、1971年9月に1号機ともいべき口径5 cmの望遠鏡を飛揚させた（文献1）。各種のコマンドテストの結果は良好で、モニタ用TVに映った太陽像を見ながら focussing や pointing を行ない得ることが判明した。しかしながら回収された film を現像した結果は、像のブレが予想以上に大きく、地上における追試の結果モーターによる1,000 c/s程度の振動が原因らしいことがわかった。

今回は、シャッター速度を1/1000秒より1/2000秒にあげてこの振動の影響を避け、またカメラにモーター類の振動が伝わらないような設計にした。口径も10 cm（角分解能1秒）にして本格的な望遠鏡（口径20~30 cm）に一步近づけた。

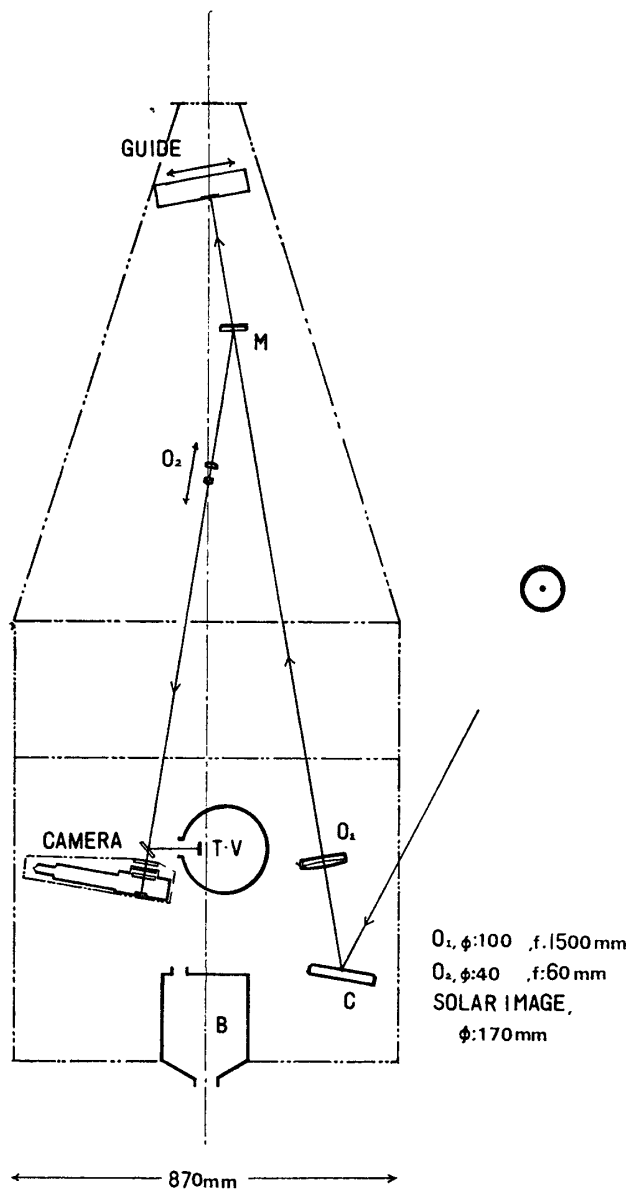
## 2. 装置の概要

### 2.1 10 cm 太陽写真儀

これは第1図で  $O_1$ -M- $O_2$ -Camera の部分を指すが、対物レンズは2枚構成の色消しで口径100 mm 焦点距離1,500 mm。Mは半透過鏡で、直径60 mm 厚み5 mm 透過率5,000 Åで5%の熔融水晶製。拡大レンズ $O_2$ はオルソスコピック接眼レンズで焦点距離60 mm。 $O_2$ はコマンドによって焦点調節ができるようになっており、光軸方向に $\pm 2$  mmの範囲を0.2 mmのステップで動く。カメラは、キャノンF1と250コマ取りの35 mm用長尺カ

\* 宇宙研特別事業費による論文

† 東京天文台



第1図

メラで、コマンドにより露出時間を 1/500 秒（黒点・縁辺用）と 1/2000 秒のいずれかに切換可能になっている。シャッターもコマンドにより任意の時刻に切れる。また、シャッターを切る際1回おきにシーロスタット（第1図C）のモーターを止めてモーターによる振動の影響が調べられるようにした。カメラの直前には色フィルター（東芝 VG 54）と 35 mm フィルムの画面を3つに区切る幅 11 mm の ND フィルター（ $D=0.0, 0.15, 0.30$ ）を入れ、露出の過不足の心配をさけた。また TV へ光を送る半透過鏡の反射は 30% で  $52.5 \times 34.8 \times 0.6$  mm のものである。

フィルム上の最終太陽像は直径 170 mm で、これをミニコピーフィルムで撮影するようにした。カメラ全体は第1図鎖線のごとく海上回収に備えて防水ケースに包まれている。

## 2.2 15 cm シーロスタット (第1図C)

太陽光を対物レンズ  $O_1$  へ導くためのシーロスタット鏡は、保谷クリストロン  $O$  の口径 150 mm・厚さ 15 mm のもので、高度・方位方向とも  $\pm 10^\circ$  作動できるようになっている。最高移動速度は  $1^\circ/\text{sec}$  である。

## 2.3 光電追尾装置 (第1図 Guide)

粗センサーとしては、方位はよりもどしセンサーを用い、高度は小さい鏡をシーロスタット高度軸に取り付け  $\pm 10^\circ$  の範囲で太陽をシーロスタットを動かして探すようになっている。精密センサーはゴンドラの最上部に取り付けられ、対物レンズ  $O_1$  による直接像 (直径 15 mm) を4枚の太陽電池上につくり、出力バランスのずれによりシーロスタットを動かす。前は差動ギヤ方式を採用したため、バランスしたときにもモーターの回転が速く、これが像のブレの一因と考えられるので、今回はこれを止めモーターを4個から2個にへらしバランス時にはモーターはほとんど静止している方式をとった。なお粗微動の切換えは自動的に行なわれる。

またこの追尾装置全体は、光軸に垂直な平面内で4方向にコマンドを通して動かすことができ、太陽面の任意の場所をカメラのフィルム中心部にこさせ得ようになっている。この移動速度は  $0.35'/\text{sec}$  で太陽の端から端まで連続的に動かすのに要する時間は約 110 秒である。なお太陽電池直前には防熱用フィルター (保谷 HA 50) と色フィルター (保谷 UY 49) が付いている。

## 2.4 モニター用テレビ撮像装置

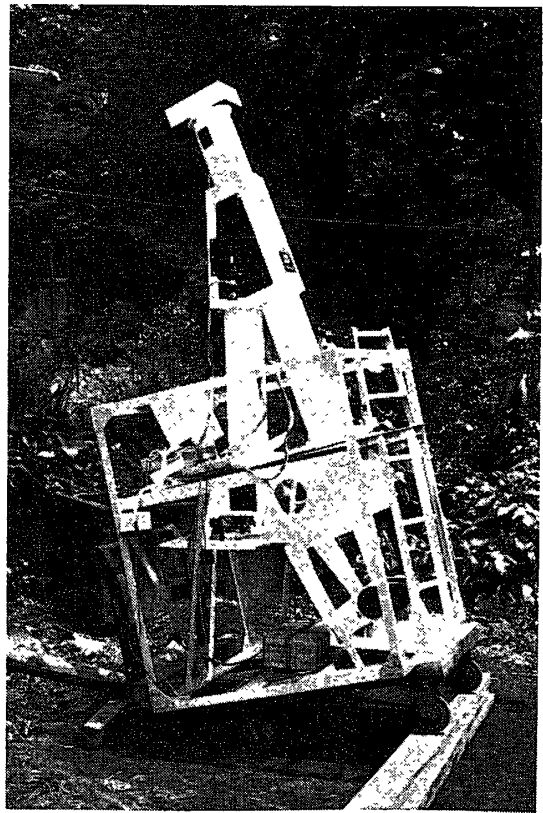
これは、コマンドにより太陽像を動かして黒点や縁辺を入れるための監視と、 $O_2$  を動かして焦点が合っているか否かを見るためのもので、くわしい記述は本特集号の丹羽研究室による論文を参照されたい (文献 2)。

## 2.5 ゴンドラ等

上述の装置全体 (2.1~2.5) は第2図の写真に見られるように逆 V 字型に一体構成とし、3点でゴンドラに自在接手で連結し、気球の放球時・落下時におけるショックが光学系に影響を与えることを防いでいる。ゴンドラの外形は  $870 \times 870 \times 2,300$  mm で底部中心にバラストタンク、周囲に電源・送信機などが組み込まれる。ゴンドラ下部の直方体の部分は発泡スチロールで覆い、保温・ショック防止の役をする。

## 2.6 コマンド・テレメーター

12 チャンネルのコマンドのうち PI 側で8個使用するが、内訳は太陽像移動に3 (方位



第2図

2・高度 1)・焦点調節 2・キャノンカメラシャッター作動 1・キャノンシャッター速度切換  
1・TV シャッター速度切換 1 となっている。

テレメーターは 14.5 kHz の 20 時分割のチャンネルのうち、フォーカス位置指示 5・キャノンシャッター速度指示 1・粗微動切換指示 1・微動センサー出力 1・シャッター 1 回おきチェック 1 などがあり、他は TV 側が使用している (文献 2)。

### 3. 実 験 経 過

飛揚前の地上実験では、2~30 分の間の太陽像のふらつきは高度方向で 3.5''，方位方向で  $\pm 7''$  程度で、前回よりかなり良く、また口径が大きいため当然のことながら像質も向上したことがわかった。像のふらつきは、よりもどし粗センサーが働けばさらに良くなることが予想されたが、仮によりもどしが効かない場合でも、ゴンドラの自由回転が 1 時間に 1 回とすると 1/2000 秒の露出時間の間に 0.2'' しか動かないはずであり、これは望遠鏡の理論的分解能  $\sim 1''$  よりずっと小さいので問題ないと考えられた。また地上に装置を置いている限りではシーロスタットのモーターの振動による像への影響は認められなかった。

放球は 1972 年 9 月 12 日 09 h 05 m に行なわれた。PI 側の重量はバラストの 26.7 kg を加えると 183 kg で、15,000 m<sup>3</sup> の気球を用いて高度 29 km でレベルフライトに入った。切り離しは 13 日 0 h 48 m，同日山田町関口の山中で発見し 14 日に回収した。残念なことによりもどしセンサーの不調により、望遠鏡全体が太陽の方向を向かず、実験は不成功に終わった。このため、よりもどしセンサーを切って自由回転させ太陽の方向を向いたと思われるときにシャッターを多く切ったところ、250 こまのうち 1 こまだけに太陽の縁が写っていた。得られた像質は地上で得たものよりも悪いが、理由は焦点調節を行っていないこと、シーロスタット鏡に水滴が付着していたらしいことで、これらの 2 点は粗センサーが順調に働いていれば解消したはずのものと考えられる。

飛揚中 9 h (JST) より 15 h まで、フォーカス調節部・外側北側・シーロスタット鏡裏面・カメラボディ・送信機の 5 個所につき温度測定を行なったが、鏡裏面が 10 h より 15 h まで  $-10^{\circ}\text{C}$  近くであったことと、外筒北側がフォーカス調節部より同温度ないし高温であったことからみて、望遠鏡が太陽とほぼ反対方向を向いていたことがわかる。また、12 時半ごろより自由回転させたことが、外筒北側の温度の周期的変化 (1 時間で  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ) より歴然とわかる。キャノンカメラは  $25^{\circ}\text{C}$  より単調減少で  $+5^{\circ}\text{C}$  で到着き、低温のための特別の措置をしなくとも良いことがわかった (文献 2)。

上述のごとく今回は焦点調節・太陽像移動などを TV をみながら行なうわけにはいかなかったが、予定としては黒点や extreme limb では 1/500 秒の露出を切り光球は 1/2000 秒で best focus と思われるところで 20 秒間隔で 30 分程度同じ場所を写すことを考えていた。

昭和 48 年度は、無事回収できた装置をほとんどそのまま飛揚させたい考えである。

### 4. 謝 辞

東大宇宙航空研、西村・広沢両所員、西村研究室の諸氏のこの実験へのご協力・ご指導を深謝するとともに、装置を製作され現地での実験に協力された三鷹光機 KK 中村勝重氏に謝

意を表します。

1973 年 1 月 31 日

#### 参 考 文 献

- [1] 平山, 浜名, 清水, 徳家, 宮崎, 代情, 守山: 気球による太陽面の観測, 東京天文台報, 第 16 卷第 1 号 (1972)
- [2] 丹羽ほか: 本特集号論文