

10 cm 太陽望遠鏡による太陽直接写真の撮影*(II)

平山 淳**・清水 一郎**・浜名 茂男**
徳家 厚**・今井 英樹**・守山 史生**

概 要

われわれは 1971 年より気球高度において太陽直接像を観測するための予備実験を重ねてきた。71 年 9 月には口径 5 cm の小望遠鏡を飛揚させ、遠隔指令による望遠鏡の focusing pointing のテストを行なった [1]。つづいて 72 年 9 月像質の良い写真を撮るため光電追尾装置・駆動系を改良した口径 10 cm の望遠鏡を用いて第 2 回目の実験を行なったが、方向規正装置が不調のため所期の目的を達成できなかった [2][3]。そこで 73 年 9 月前年の実験後回収された望遠鏡を修理して再び飛翔実験を行なった。今回はすべての機能が順調に働らき、成功裡にテストを終えることができた。ここにその概要を報告する。

1. 観測装置

今回の観測装置は、72 年の飛翔実験後回収された望遠鏡を修理し、一部改造したもので、次の部分より成っている。

(1) シーロスタット

口径 15 cm, 厚さ 2.5 cm の保谷クリストロン“0”にアルミニウムを蒸着し, SiO のハードコーティングを施した平面鏡を, 光電追尾装置の出力によって高度及び方位の 2 方向に駆動し, 太陽を追いかける。高度は 48.5° を中心に $\pm 12^\circ$, また方位は $\pm 15^\circ$ の範囲にわたって移動可能である。最高駆動速度は高度方向が $0^\circ.02/s$, 方位方向が $0^\circ.25/s$ である。

(2) 対物レンズ

口径 10 cm 焦点距離 150 cm, 2 枚構成の色消対物で, 表面に SiO のハード・コーティングを施してある。

(3) 第 1 半透過鏡

口径 6 cm 厚さ 5 mm, 熔融水晶製, アルミニウム蒸着。5300 Å において約 5% の光を透過し, 光電追尾装置の受光部に導く。

(4) 光電追尾装置

第 1 半透過鏡の背後に生じる太陽直接像(直径約 14 mm)上に 4 枚の太陽電池を置き, 高度方位各 2 枚の光量差を検出してシーロスタットを制御する。光量調節フィルタとして, 保谷 HA 50 (熱線吸収), 保谷 VY 49 (紫外線吸収)を用いている。なお, この受光部は, 光軸に垂直な平面内で高度方位の各方向にそれぞれ ± 10 mm 遠隔指令によって移動することが可能で, カメラ視界の中心部に太陽像の任意の場所をガイドすることができる。この場合の

* 宇宙研特別事業費による論文

** 東京天文台

移動速度は高度方向 $0'.35/s$ 、方位方向 $0'.20/s$ である。

(5) 拡大レンズ

焦点距離 60 mm のオルソスコピック接眼レンズを利用している。拡大倍率は 11.7 倍、合焦のため光軸方向に 4.4 mm の範囲で移動することができる。またその際、拡大レンズの位置は地上にテレメータされる。

(6) 第2半透過鏡、

52.5×34.8 mm 厚さ 0.6 mm アルミニウム蒸着。カメラ直前において光軸に対し 45° の角度に置かれ、入射光の約 30% を TV 撮像管の方向に反射する。

(7) TV 撮影装置

望遠鏡のガイド、合焦のためのファインダとして利用する。詳細は本号の丹羽研究室による論文を参照されたい。

(8) カメラ

キャノン F1 長尺モータードライブ (撮影コマ数 250)。シャッタースピードは遠隔指令によって $1/500$ 及び $1/2000$ の2種を切替えて使用する。72年の実験では光量調節のため 0.15 ステップの ND フィルタで画面を3分割したが、今回は $D=0.3$ だけを使って単一画面にした。またフィルタとして保谷 G 530 を用いている。カメラ全体は、海上回収に備えて防水ケースに収納されている。

光学系全体の合成焦点距離は 17.6 m (合成口径比は、176(、直径約 16 cm の太陽像をフィルム面上に結ぶ。レーリー・リミットは対物焦点面で 0.24 mm に相当するので、拡大レンズの移動は 0.2mm ステップで行なった。また使用したフィルムは富士ミニコピーである。

望遠鏡を収納するゴンドラは、アルミニウム・アングル (幅 3 cm) によって組立てられ、 $87 \times 87 \times 230$ cm の寸法をもっている。装置全体の重量はバラストを含めて、約 200 kg である。

2. 実験の経過

1973年9月15日8時05分45秒、放球。使用した気球は B_{15} (容積 15,000 m^3)。9時45分、北緯 $39^\circ 14'.5$ 東経 $143^\circ 4'.13$ (三陸大気球観測所より 107 km) の地点でレベル・フライトに入った。高度は 28.1 km であった。

9時51分 方向規正を始動し、9時56分に TV 受像を開始して実験に入った。以後の経過は次の通りである。

(1) 9時57分～10時07分

拡大レンズを地上におけるベスト・フォーカスの位置において、光球中央部及び黒点 (10 コマ)

(2) 10時10分～10時33分

TV による焦点位置測定 (太陽周縁を走査した時の映像信号の微分値を測定し、その極大値より焦点を決定する) 及び、焦点を変えて太陽周縁の撮影 (16 コマ)

(3) 10時53分～10時57分

焦点を変えて太陽黒点の撮影 (19 コマ)

(4) 11時03分～11時42分

20秒おきに白斑の撮影 (84 コマ)

(5) 12時12分~12時20分

TV による焦点位置決定

(6) 12時23分~12時45分

太陽周縁部及び光球中央部の撮影 (38 コマ)

(7) 13時02分~13時11分

焦点を変えて黒点及び周縁部の撮影 (23 コマ)

(8) 13時30分~13時36分

TV による焦点位置決定

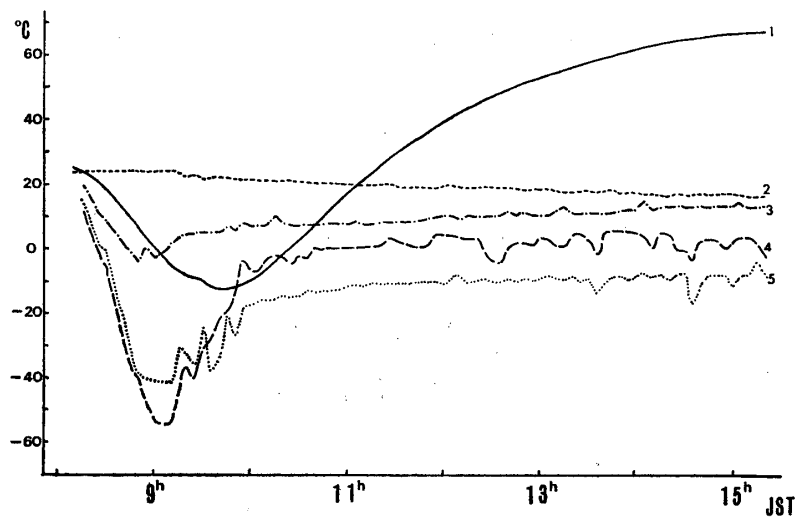
(9) 13時37分~14時06分

30秒おきに白斑の撮影 (58 コマ)

14時15分、太陽の高度がシーロスタットの移動限界に達したので実験を終了した。その時の気球の位置は、北緯 $39^{\circ}55'.3$ 東経 $143^{\circ}14'.0$ 高度 27.8 km であった。実験当日は東風が無く気球は放球点より離れる一方であった。切り離しは放球後15時間経過した23時18分北緯 $40^{\circ}26'.1$ 東経 $143^{\circ}35'.7$ の地点で行なわれた。

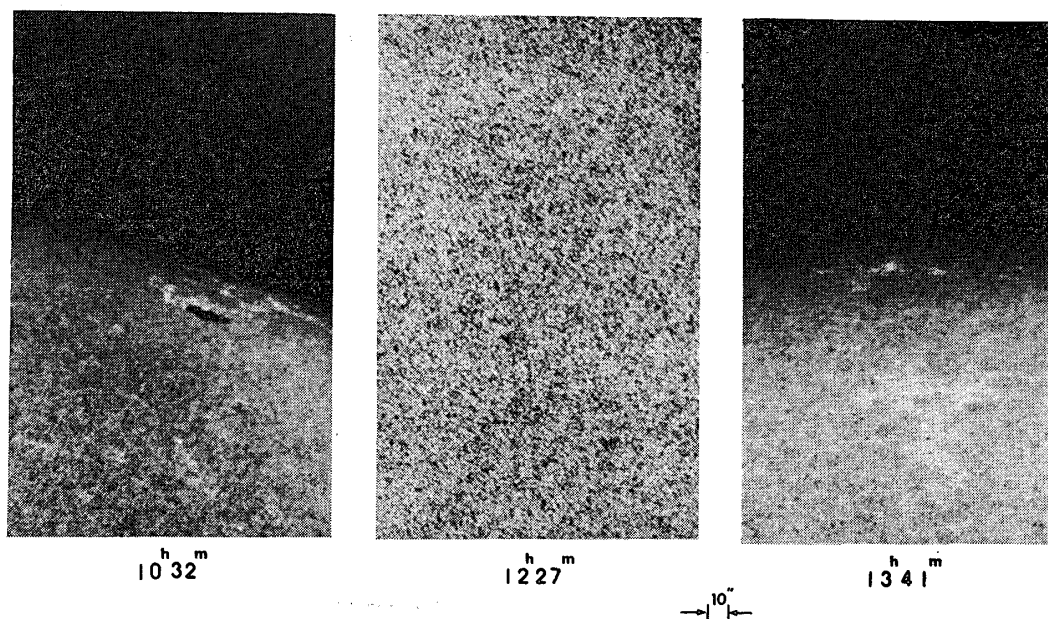
4日後の9月19日、付近の航行中の漁船によって装置は無事回収された。回収地点は北緯 $41^{\circ}23'$ 東経 $143^{\circ}40'$ で、着水予想地点(北緯 $40^{\circ}26'$ 東経 $144^{\circ}06'$)より約 110 km 北々西に流れたことになる。

飛翔実験中 シーロスタット平面鏡裏面の温度及び、鏡筒股部付近・拡大レンズ付近、第2半透過鏡付近、電池室付近の4か所の気温を測定した。結果は第1図に示す通りである。



第1図 温度の変化

1. シーロスタット平面鏡裏面
2. TV 電池
3. 第2半透過鏡
4. 鏡筒股部
5. 拡大レンズ



第2図

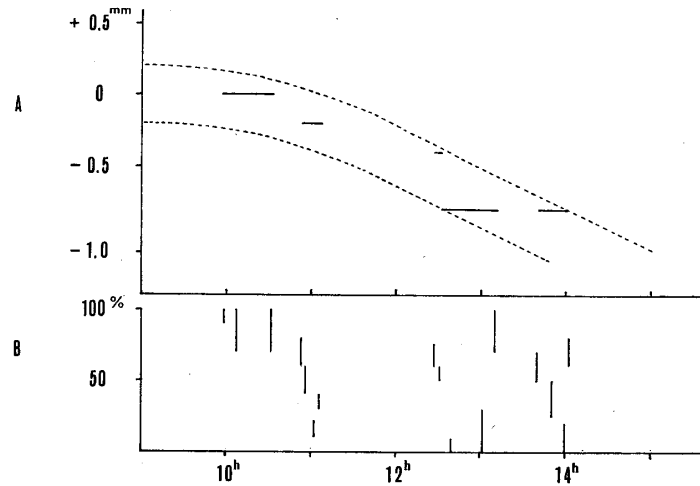
平面鏡の裏面が 60°C を越す高温になったことと、ゴンドラ付近の外気温を測っているつもりであった鏡筒股部付近の気温に 10°C に近い変動がみられたことは予期に反した事態であった。

また望遠鏡の海上回収は今回が初めてで、海水による装置の損傷について心配したが、回収された状態は思ったより良好であった。光学系についていえば、平面鏡、半透過鏡のアルミニウム蒸着はやり返す必要がある。鏡面、レンズ面の再研磨は必ずしも必要でなく、(もちろん再研磨した方が気持は良い) 簡単な調整で再使用に堪える。電気系は太陽電池、モーターを含め全部品の交換が必要であり、機械部についても精度に関係する送り機構は交換を要するが、他に致命的な損傷はなく、比較的簡単な修理によって機能を回復することが可能である。このことは将来本格的な望遠鏡についての計画をたてる際有利な事項の一つである。

3. 観測結果

第2図は撮影された写真のうち像質の良いものの例である。図中のスケールから分るように粒状斑の見え具合から判断すると、望遠鏡の理論的分解能に近い解像力(約 $1''$)が得られている。しかも画面全体について像質は一様であり、地上で撮影する場合にくらべて気球による観測が有効なことが歴然としている。

ただ全撮影数 250 コマのうち、像質のとくにすぐれていたものは約 15%、40 枚程度であった。もちろん焦点をいろいろ変えて撮影しているため、像質の劣化がアウト・フォーカスによるものもかなり含まれている。飛翔中 TV を用いて 3 回焦点位置の測定を行ったが、気球の距離が遠くなるにつれて TV 信号の SN 比が悪くなるためか 2 回目及び 3 回目の焦点位置の決定は非常に難かしかった。しかし時間の経過と共に焦点距離が短くなる傾向が



第3図

看取され、この事は撮影されたフィルムをしらべた結果ははっきりと確認された。

第3図(A)は像質の良い画像が得られた時の拡大レンズの位置が時間と共にどのように変化していったかを示している。レベル・フライトに入った直後は、地上においてベスト・フォーカスを与えた位置(縦軸の目盛が0)で良い像が得られていたが、その後は焦点距離がどんどん短くなっている。焦点の移動量はかなり大きく、4時間でレーリー・リミットの2倍に達している。撮影時の拡大レンズの位置が図中の帯(幅を ± 0.2 mm-ほぼ対物焦点におけるレーリー・リミットに近い-)にとってある)の中に含まれる場合について、良い像質の得られた確率を求めてみると約50%と比較的高い値が得られる。したがって何らかの手段(例えばTV)によってベスト・フォーカスの位置を絶えず確認しながら観測することが確率を高めるために非常に重要である。

さらにもう一つ問題になることは、良い像質の得られる確率が時刻によって大きな変動を示すようにみえることである。第3図(B)は焦点を合わせたとき良い画像が得られた割合を時刻について追ったものであるが、短時間に割合が大きく変わっていることが分る。今回の飛翔実験ではもどり風が無く、気球がフラフラした航跡をたどったことや望遠鏡付近の気温に 10°C もの変動が認められたことは、前二回の実験と著しく異なっているが、上記の良い像質の得られる割合の変化と直接に結びつくような外的原因は今のところ見つかっていない。

また平面鏡の裏面が高温になったことの影響も明瞭な形で指摘することはできないが、光路中に外気温と極端に温度の違う物体が存在することは決して良いことではない。精密なfocusingと共に鏡の防熱は、今後工夫を要する重要な課題である。とにかく今回の実験は、気球望遠鏡が像質の良い太陽像を高い確率で与える可能性を示したものと考えられる。われわれはこれを足場にして口径20 cm以上の本格的な気球望遠鏡による観測に歩を進めたいと思っている。

今回の実験にあたっては、宇宙航空研究所丹羽研究室、西村研究室の方々に変な世話になった。心から感謝の意を表す。

1974年1月30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巻 25頁 (1972).
- [2] 守山, 平山, 清水, 浜名, 徳家, 今井: 10 cm 太陽望遠鏡による太陽直接写真の撮影・東大宇宙航研報告 9-1 B 268頁 (1973).
- [3] 吉田, 佐下橋, 丹羽: 気球搭載用太陽望遠鏡のファインダーとしてのテレビジョン方式 東大宇宙航研報告 9-1 B 251頁 (1973).