

## 1983 年インドネシア日食におけるコロナ観測

清水保夫, 宮崎英昭, 今井英樹, 日江井榮二郎

### The Observation of Total Solar Eclipse in Indonesia on 11 June 1983

by

Y. Shimizu, H. Miyazaki, H. Imai, and E. Hiei

(1989年9月29日受理)

#### Abstract

The total solar eclipse on 11 June 1983 was observed at Cepu, Central Java, where was on the central line of the elipse path. Two instruments of 11 m horizontal telescope and 20 cm aperture equatorial telescope were set up in order to know the brightness, polarization and structure of thread-like fine structure of K corona and E corona, and to study different physical condition between an active region and polar region.

Planning, observing instruments, setting-up, observing procedure are described. Electron number density in thread-like fine structures in an active region of the corona was derived to be about  $5 \times 10^9$  from the corona taken at the eclipse.

#### 1. 序

1983年6月11日, インド洋からジャワ, セレベス, ニューギニア島を経て太平洋に至った皆既日食では, 高い解像度でコロナ微細構造の輝度及び偏光を測定し, コロナを形成している個々の筋状構造の物理的状態, 特に極域と活動域における構造の差異と磁場の果たす役割を明らかにすることを目的として, コロナ輝線による単色像と赤色域連続光による太陽像を連続撮影する計画をたてた. ここではこれらの計画及び実施経過を報告する.

観測は, 長焦点距離の光学系を使って解像度の高い太陽像をコロナ輝線及び連続光で写真撮影する方法と, コロナ輝線及び連続光の偏光状態を写真撮影する方法とで行った. 前者には口径 30 cm のシーロスタットによって太陽光を口径 20 cm 焦点距離 11 m の対物レンズを通して撮影装置に光

を導く水平望遠鏡を用い, 後者には口径 20 cm の赤道儀式望遠鏡を用いた.

日食観測は, 合焦と適正露出が肝要である. 日食時には気温が下がり, そのため焦点位置が変化する. 従って焦点位置は, 皆既直前に合わせなければならない. また光球からコロナまでの広い範囲の輝線変化に対して露出時間や絞りを急速に変えて, 適正な露光を与えるようにしなければならない. そのためには, コンピューターによる制御も考えねばならないし, 又万一故障のときには, 手動で動作させることも考えておかなければならない.

日食当日は高積雲にはばまれ (図1), 観測されたコロナ像は, 測光可能なデータにならなかったが, 雲を通して撮影されたコロナ像を使って, その筋状構造の幅を求め, モジョケルトで佐藤・久慈 (緯度観測所) が観測したコロナ輝度を使って, 筋状構造の電子密度を求めた.



図 1 皆既中の雲の様子

## 2. 水平望遠鏡

### 2-1 光学系概要

水平望遠鏡はシーロスタット部、対物レンズ部、鏡筒部、撮影部から成っていて、鏡筒部にあたる対物レンズ部と撮影部間は、長い蛇腹により接続されている。図2に示すように、これらは南北に対して、 $11:7$  北側が西によった配列となっていて、南の端のシーロスタット第2鏡から北の端の撮影部まで約  $14\text{m}$  の大きな観測装置である。シーロスタット第1鏡（有効口径  $30\text{cm}$ ）からの

太陽光は同じ大きさの第2鏡に送られ、更にこれにより地上高  $1\text{m}$  のところを水平に送られ対物レンズに入射する。対物レンズは口径  $20\text{cm}$ 、焦点距離  $11\text{m}$  であって撮影部に直径約  $101\text{mm}$  の大きさの太陽像を作る。尚、シーロスタット部、対物レンズ部は、カマボコ型のフレームにシートを張ったガレージを細工してその中に入れ、また、撮影部は制御装置等と一緒に  $4.5 \times 6.5\text{m}$  のテントの中に各々入れ雨を防いだ。  $10\text{m}$  余りの蛇腹には別に屋根と日除けと設けた。

### 2-2 シーロスタット

シーロスタットは、極軸に平行な鏡が、極軸の廻りに日周運動の早さの半分で廻る第1鏡と、第1鏡による反射光を受けて、それを任意の方向に送る第2鏡とから成る。図3は西側から見た天球図で、その中心に第1鏡が置かれ、太陽  $S$  からの光は  $S'$  の方向に導かれる。同時に北極は、南極に投影される。太陽  $S$  は日周運動で、赤道に平行な小円を動くが、第1鏡の垂直軸  $n$  は赤道上を日周運動の早さの半分で動くので、常に  $S'$  に投影される。  $S$  における北極の方向は、  $S'$  における南極方向になり、これは日周運動に対して不動である。したがって  $S'$  の視野は回転しない。

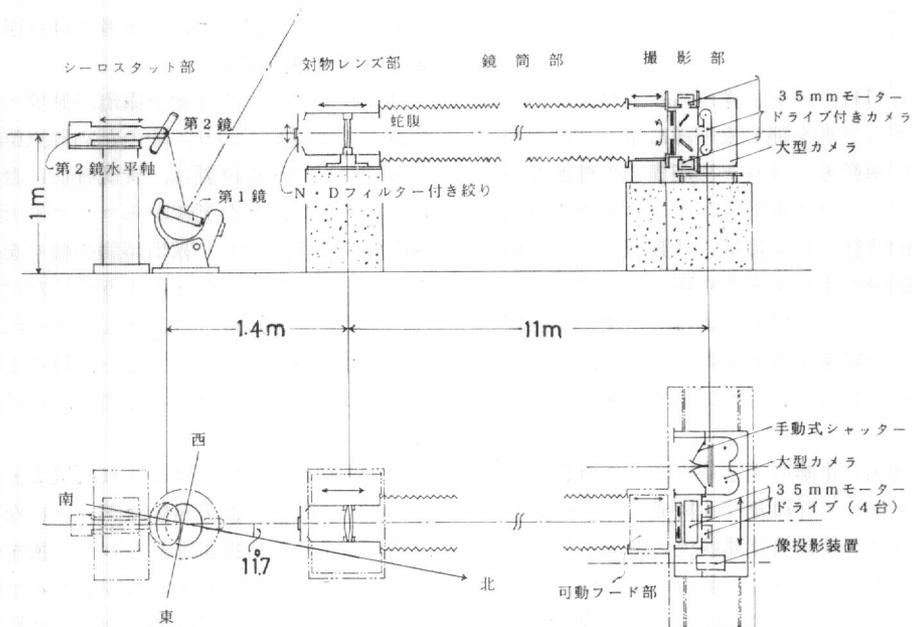
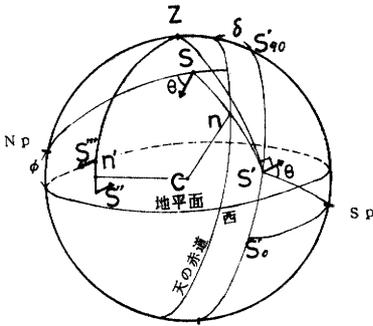


図 2 水平望遠鏡光学系概略図

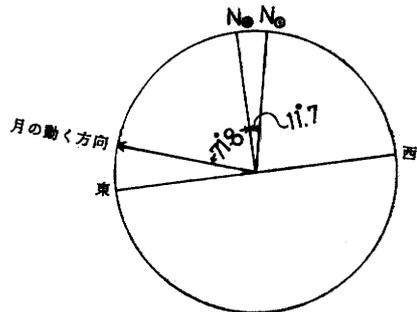


S : 太陽  
 S' : 第1鏡で反射された太陽  
 S'' : S'の対蹠点  
 S''' : 第2鏡で反射された太陽  
 n : 第1鏡の垂直軸  
 n' : 第2鏡の垂直軸  
 Np: 北極  
 Sp: 南極  
 Z: 天頂  
 C : シーロスタット(第1鏡または第2鏡)  $\phi$  : 緯度  
 $\theta$  : 撮影部において水平に合わせるべき方向  $\delta$  : 赤緯  
 図3 西側より見た天球図

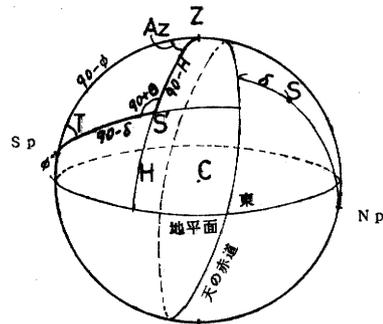
原理的には、時角  $h$ 、赤緯  $\delta$  に在る太陽  $S$  は、第1鏡により、赤緯  $-\delta$  上の小円上に投影されることになり、そこに設置された第2鏡によって任意の方向に光を導くことが出来る。第2鏡による光の反射を考えると、第2鏡を天球の中心に置き、あたかも  $S'$  の対蹠点  $S''$  から光が発したようにする。そして実際には入射光束、反射光束が小さくならないようになるべく鏡面に垂直に近い角で入射・反射できるようにし、また観測装置を水平に設置するので、第2鏡からの光を水平に導く。第1鏡、第2鏡の位置関係によって、撮影部の視野における太陽の北極の向きを、地平面の水平方向に対して種々の角度にすることが出来る。したがってフラッシュ・スペクトルの撮影時など分光器の分散方向と太陽・月の相對運動の方向とを合わせる事も可能だし、太陽自身の南北軸を地平面に垂直にすることも出来る。

この為には、いくつかの設置の仕方があるが、第1鏡により赤緯  $-\delta$  上の小円に投影された  $S'$  像の視野で、撮影カメラ部において水平に合わせるべき方向(図3の角度  $\theta$ )が地平面に平行になるようにする(Kristenson, 1959)。この時には、第1鏡から水平望遠鏡に導かれる光は、第1鏡の真上を通ることとなる。この他に、第1鏡による反射光を子午面に導き、第2鏡で地平面に向わせる方法や、任意の時角に導きそれを第2鏡で地平面に光を向かわせる方法等がある。ここでは、

Kristenson の方法を採用する。赤緯  $-\delta$  の小円上の  $S'$  と天球図の南極の向き(太陽  $S$  から北極方向)は、地平面と角度  $\theta$  をなすようにする。次に、第2鏡を天球の中心に置く。すると第1鏡から第2鏡に入射する光は  $S'$  の対蹠点  $S''$  から入射することを考えることになる。このとき第2鏡の垂直軸  $n'$  を、天頂  $Z$  と  $S''$  を結ぶ大円上で地平面のなす角の半分にとると、 $S'''$  の方向に光が導かれ、角度  $\theta$  はそのまま保たれる。 $S'$  は小円上の任意の位置がとれるので、角度  $\theta$  もさまざまな値となる。例えば、第1鏡で投影された太陽が  $S'_0$  の位置で地平線と平行となり、ここでは  $\theta=0^\circ$  となるし、投影像が子午線上の  $S'_{90}$  の位置では  $\theta=90^\circ$  となり、東側の半球面では  $\theta=180^\circ$  のところが存在する。



$N_{\oplus}$  : 地球から見た北極  
 $N_{\odot}$  : 太陽本来の北極  
 図4 天球上の太陽



S : 太陽  
 S' : 第1鏡で反射された太陽  
 Az : S'の方位角  
 Np: 北極  
 Sp: 南極  
 T : S'の時角  
 $\delta$  : 赤緯  
 $\phi$  : Cepuの緯度  
 H : S'の高度  
 $\theta$  : 撮影部において水平に合わせるべき方向  
 Z : 天頂  
 C : シーロスタット

図5 Cepuにおける天球図

観測地のジャワ島の Cepu は東経  $111^{\circ}35'$  緯度  $\phi = -7^{\circ}8'$  であり、同地における皆既日食の最大時には、太陽の赤緯は  $\delta = 23^{\circ}2'33''$  である。また、天球上における太陽と月との相対的な運動は、北極に対して  $71:8$  であるが、太陽の自転軸は  $P = -11:74$  であるので (図 4 参照)  $\theta = 83:5$  を採用すれば、現地に設置すべき水平望遠鏡の撮影部において、日食時に太陽の赤道を水平方向にすることができ、これがシーロスタットの配置条件となる。Cepu における天球図 (図 5) 上で、球面三角  $Z, S', Sp$  において

$$\frac{\sin Az}{\sin(90-\delta)} = \frac{\sin(90+\theta)}{\sin(90-\phi)} = \frac{\sin T}{\sin(90-H)}$$

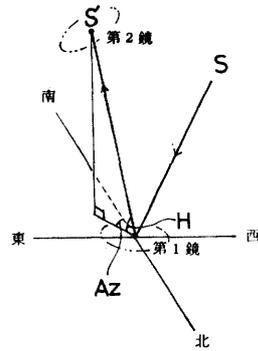
$$\cos(90-\phi) = \cos(90-H) \cos(90-\delta) + \sin(90-H) \sin(90-\delta) \cos(90+\theta)$$

が成り立ち、 $\delta, \phi, \theta$  を前述の値を代入すると  $H = 73:48$ ,  $Az = 11:7$  となる。

更にシーロスタットは三鷹での実験観測においては、1982年12月初旬から翌年の2月末頃まで、現地での観測は、同年5月11日から日食当日の6月11日まで使用できる構造でなくてはならない。

そこでまず観測のし易さや、シーロスタットの一般的な構造を参考にし、第2鏡の高さを地上1mとして第1鏡との高さの差を0.5mと決めた。このような配置で、始めに現地で観測する場合について、第2鏡は、第1鏡に対してどのような位置にあればよいかを調べた。

当初は観測地がジャワ島のどの辺になるかが正確に判っておらず、南緯  $7^{\circ}$  くらいの地点と云うことであったので、 $\phi$  を  $-6^{\circ}, -7^{\circ}, -8^{\circ}$  とし、太陽の赤緯  $\delta$  は、先に述べた5月11日の  $17^{\circ}$  から6月11日の  $23:1$  として、これらの値を前式に当てはめて  $S'$  の方位角  $Az$  と  $S'$  の高度  $H$  とを求めた。 $Az$  は  $11:7$  から  $12:2$  となり大きな変化はなかった。しかし  $H$  は  $72:1$  から  $78:5$  となった。図 6 に示すように  $H$  は第1鏡の中心から、第2鏡の中心へ向かう光軸の仰角であるから、第2鏡の在るべき位置は、 $\phi = 6^{\circ}$  に対応する  $H = 72:1$  から  $\delta$  が約  $23^{\circ}$  となる日食当日の  $H = 78:5$  までであって、これらの角度は第2鏡を水平移動させることにより第1鏡からの光を受けるようにした。この移動距離は約  $60\text{ mm}$  となった。また  $\delta$



Az :  $S'$  の方位角  
H :  $S'$  の高度

図 6 第1鏡, 第2鏡の位置関係

がプラスであるので、第2鏡を第1鏡の南側に設置しておき、太陽光を第1鏡の真上を通して水平に北へ導けば第2鏡の影が第1鏡に落ちると云う心配はいらない。次に三鷹における実験観測の場合であるが、こちらでは第1鏡の台座を別に作り、その上に第1鏡のウォームギアを南向き (現地では北向き) にして設置し、時計駆動を現地とは逆向きに回転させて使用する。実験の時期は先に述べたようで、この間の太陽の赤緯  $\delta$  は  $-21:7$  から  $-7:7$  まで変化する。第2鏡を第1鏡の南に置き、太陽光を北へ導くようにすると、ここでは、シーロスタット第2鏡の影が第1鏡の上に落とされる時間があり、第1鏡を東あるいは西に移動させる必要が生ずることになる。しかし三鷹の設置場所の環境では、午前中早くからの実験観測は、立木に邪魔されて出来ないことが判ったので、第2鏡は常に第1鏡の南東に設置し、午前10時以後からは影にならない配置にした。

現地及び三鷹でこのように使用するので、一般的なシーロスタットの持つ第1鏡を東西へ移動する機構は作らなかった。

これらの検討は1982年初頭になされ、その後三鷹光器株式会社へ発注された。完成は同年11月下旬であった。仕様は次の通りである。

1. 第1鏡, 第2鏡の有効口径は  $30\text{ cm}$ , 厚さは  $5\text{ cm}$  とする。  
鏡本体は日本光学製, 熔融水晶とする (天文台支給)。
2. 第1鏡, 第2鏡の中心間の垂直距離は  $\phi = 36^{\circ}$  の地点に設置したとき  $50\text{ cm}$  とする。

3. 第1鏡の極軸の可変範囲は $0\sim 40^\circ$ とする。
4. 第2鏡の水平軸の方位角は $11^\circ 7'$ （水平軸の北側が西方向に回る角度）とする。
5. 第2鏡は第1鏡との共通台座上に固定できること。
6. 三鷹では第1鏡と第2鏡は分離台座に設置出来ること。
7. 第1鏡の極軸の方位角の微調整量は $\pm 1^\circ 5'$ とする。
8. 第1鏡は極軸の周りに日周運動の方向と、その逆方向の回転が出来ること。
9. 第2鏡は水平軸の方向に10 cm 移動でき、不動点の地上高は1 m とする。
10. 第2鏡の微調整は撮影部においたスイッチボックスによりリモートコントロール出来るようにする。

完成したものの外観を図7と図8に示す。図7は現地に設置された様子を、図8は三鷹での実験

観測中の様子を示す（2つ穴の絞り板を付けてハルトマン法による合焦を行っているところである）。図7では第1鏡、第2鏡は共に90 cmの角パイプで作られた共通の台座の上に載っているが、図8では第2鏡は第1鏡の南東に置かれ第1鏡のウォーム・ギアが南に設置され、図7では北に設置されている。第2鏡は、更に50 mm 角のパイプを熔接して組み立てた角柱状の台の上に乗っていて、時計駆動装置の電源は、この台に設けられた棚に置いた。時計駆動装置はエンコーダー付DC モーターを使用し、このエンコーダーの出力と、水晶発信器による定周波との位相差を補正するようモーターへの出力を変化して定速回転を保つ方式をとった。

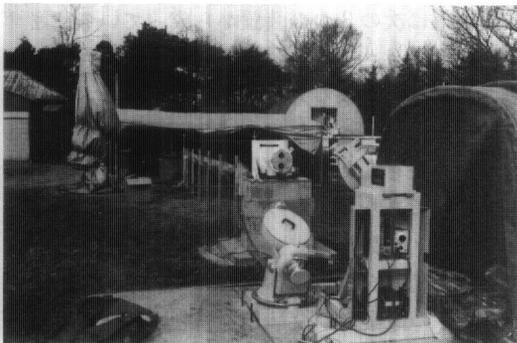
使用した水晶発振周波数は、太陽時として5.0734643 MHz でこれを1/1024 に分周し、4.954555 KHz にしてDC モーターのエンコーダー出力パルスと比較した。（尚このモーターは現地での試験観測中にブラシが折れる故障を起こしたが、現地から東京に電話連絡し1週間後丸紅株式会社の手によってストラバヤに予備品が届けられ、それと交換し無事観測に使用できた）。

### 2-3 対物レンズ部

対物レンズは口径20 cm、焦点距離11mのアクロマートでブラッシャー製である。1932年8月31日北米での日食観測に使用したものだが、清掃し性能テストを行なった結果、十分に使用に耐えるものであることがわかった。焦点位置の粗調整には、対物レンズの架台を20 mm ステップで3段階光軸方向に手で動かすようにした。微調整は撮影部からのリモート・コントロールにより、 $\pm 25$  mm 移動出来るような機構にした。この移動量及び位置はポテンショメーターで検出し、指針型のメーターを撮影部に置いて、そこで読み取れるようにした。対物レンズの前には散光を防ぐためのフードを取り付けた。そしてこのフードの先端にギアード・モーターで光路に出し入れ出来る絞り板（ND フィルター付き）を取り付け、撮影部でリモート・コントロールできるようにした。この装置はコロナ輝度の絶対較正をするためのものである。光球とコロナの輝度の差があり過ぎて、写真フィルムの露出許容度を越えるため、光球面中心の撮影時に光量調節用として使用する



(手前が西、左が北)  
図7 シーロスタット（現地）



(手前が南、左が西)  
図8 シーロスタット（三鷹）

ものである。ND フィルターはマミヤ光学製の、直径が 77 mm 光量を 1/16 に減らすものである。したがってこの ND フィルター 付き絞り板を光路に入ると、光量は対物レンズを全開にしたときの約 1/120 となる。

対物レンズ部の後部は、焦点調節をしたときに生ずる光路長の伸び・縮みに対応して伸縮し、且つ散光をも防ぐために蛇腹構造とした。使用した蛇腹は有効内長 24 cm の八角形で、伸ばした時の長さは 30 cm 程である。材料、構造は次の節で述べる大きな蛇腹と同じで、同一会社で製作した。

シーロスタットと対物レンズ間の距離は焦点位置から見た視野の大きさを左右するものである。直径 30 cm のシーロスタット鏡を使用した場合に太陽の縁から太陽半径の 2.2 倍位までケラレを生じないことと、この周囲での作業や格納等についても考えた末、図 2 のように 1.4 m とした。

#### 2-4 鏡筒部

対物レンズ部と撮影部の間は、一般的には内面反射を少なくした金属製の筒により、空や周囲からの散乱光を防いでいる。当初はそのような構造を考えてみたがこの部分は 11 m 近い長さのものであるから、荷作りして現地へ送る際には、かなり大きな箱となりそうである。そこで写真カメラに使われている蛇腹の大型のものを使うことにした。株式会社日本プロフォトに 1982 年 8 月下旬次の仕様で注文した。納期は約 30 日であった。

1. 有効内長を 37×37 cm, 折りしろを 5 cm とする。
2. 蛇腹の状態が図 9 のようなときの長さを 11 m とする。
3. 内側は黒色の布張り, 外側は黒色の人工皮革とし, 接着剤は高温多湿の気候に耐えるものを使用する。

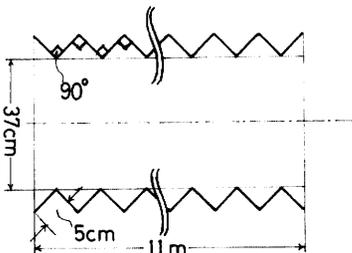


図 9 11 m に伸ばした時の蛇腹の状態

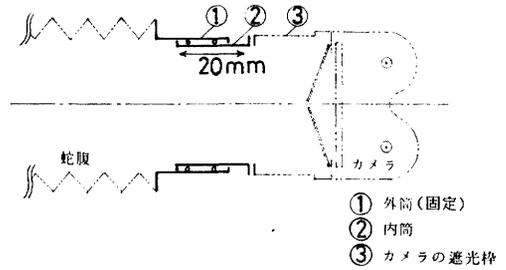


図 10 可動フード部

出来上がった蛇腹は畳むと 70 cm 程に縮まり、重さも 4 kg 程であって、予想以上に軽便に仕上がった。

この両端に枠を付け、一方の枠を対物レンズ後部の小蛇腹の枠と接続し、他方の枠を撮影部側へ接続した。即ち、図 10 のように撮影部の近くに、2 重構造の遮光筒①、②を設けた。外筒①は固定されていて、ここに蛇腹の端の枠を接続してある。内筒②は、次の節で述べる撮影部の、カメラあるいは像投影装置を光路にいれて、クランプレバーをセットすると、これに連動して約 20 mm カメラ側へ動きカメラの遮光枠③へ圧着される。クランプ・レバーを外すと圧着は解除される。

この機構により対物レンズから撮影部までの散光はほぼ完全に防がれた。

蛇腹の上には細長い屋根を作り、また直射日光があたると内部の空気が高温となり像が劣化する恐れがあるため現地ではこの蛇腹の横へ遮光壁をたてた。時々スコールがあり、飛散する雨滴や夜間の強い湿気から蛇腹を保護するため、日中乾燥させた後夜はビニールシートで覆うようにした。

#### 2-5 撮影部

撮影部は次の 3 つの装置から成っている。まず第 1 は太陽コロナの像全体を約 1° にわたって撮影することの出来る大型カメラである。太陽像の直径は約 101 mm となる。第 2 はこの像の縁辺 4 箇所を波長を変えて、部分的に撮影することの出来る装置であり、4 台の 35 mm モータードライブ付きカメラ群から成っている。この 2 種のカメラの撮影範囲を図 11 に示す。第 3 は、太陽を撮影するときの像案内の役目と、焦点位置を検出するための像投影装置であって、以上 3 つの装置は図 12 に示すように光軸に直角なレールの上を移動で

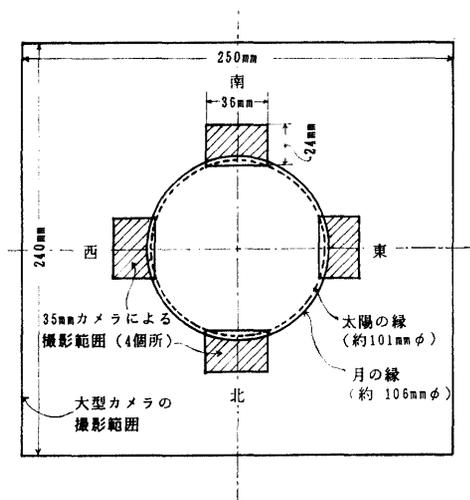
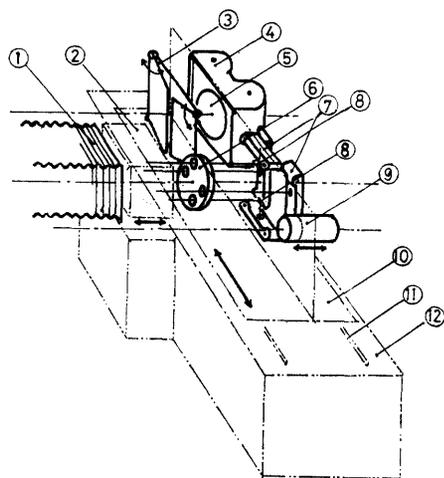


図 11 各カメラの撮影範囲



- ① 蛇腹 ② 可動フード部 ③ 手動式シャッター
- ④ 大型カメラ ⑤ フィルター (0-57) ⑥ フィルター (0-57)
- ⑦ 35 mm モータードライブ付きカメラ ⑧ 45 度鏡
- ⑨ 像投影装置 ⑩ カメラ台座
- ⑪ レール ⑫ コンクリートピア

図 11 撮影部

きる台座に取り付けられていて、目的の装置を手動により光路に入れるようになっている。大型カメラと 35 mm モータードライブカメラ本体を除いた他の殆どの装置は東京天文台工場による手作りであり、1982年6月から約半年間設計図を持って工場へ日参した。器械部分は12月中旬に完成した。これに小物、附属品等を付ける作業の後、塗装に入り12月末にやっと撮影可能な状態となった。

大型カメラは1970年3月7日のメキシコ日食及び1973年6月30日のアフリカ日食等で使用されたものである。メーカーはスイスのウィルド社で写野は24×25 cmと云う大きなものである。従って焦点距離 11 m のレンズによる太陽コロナの像を太陽の縁から太陽半径の 2.2 倍くらいまで撮影するには丁度良いカメラであった。幸いこの種のカメラは現在でも、国内でまだ使用されており修理や改造を引き受けてくれる株式会社エニーテックに依頼し次の2点を改修した。

まずフィルム送りが手動であったのでこれを自動巻き上げとし、次に撮影フィルムの平面性を保つためのフィルムの吸着機構が壊れていたので、フィルム巻き上げのタイミングと合わせながら撮影時に平面性が保たれるような修理をした。

我々が東京天文台の工場で行った改良としては、焦点位置を決める枠を今回の使用目的に合うように作り直した。次にフィルムの直前約 5 mm のところへ直径 283 mm のシャープカット・フィルター O-57 を付けるような細工をした。このフィルターの素材は Schott 製で、五藤光学において面精度 2λ に研磨した。F/55 で Plus X タイプのフィルムを使うとき、O-57 フィルターでコロナの連続光を撮影するには、満月を使ったテストの結果から数秒～数十秒の露光時間であると云うことが分かった。従ってシャッターは手動開閉するもので充分と考えた。このような理由から観音扉状の両開き形式のものを作り、カメラのフィルム前に取り付けた。露出時間はスクラッチ・レコーダーに記録されるようにした。使用したウェッジは、KODAK PHOTOGRAPHIC STEP TABLES No. 1A と云う11段のもので、濃度域は 0.05 から 3.05 のものである。大きさは 19.2 × 81.0 mm (有効面積は 15 × 75 mm) であり、これをシャッターとフィルムの上にウェッジ焼き込みの時にだけ取り付けるようにした。図11に見られるように、フィルム装填時の取り付け取り外しの都合上この大型カメラは対物レンズに向かってカメラ台座の右側に置かれた。取り付けはカメラ台座の垂直壁に作られた蟻溝へ、上方から滑らせて落とし込み、溝の横に取り付けたネジでクランプする方式とした。使用したフィルムは KODAK PLUSE-X AEROGRAPHIC Film 2402 で大き

表 1 35 mm カメラ 露出モード (グレーコード) 表

リード線番号	グレーコード				露出時間		
	4 (W)	3 (X)	2 (Y)	1 (Z)	5 シャッター リリース用	6 コモン	7 X接点
	0	0	0	0	B		
	0	0	0	1	8	0.1	0.1
	0	0	1	1	4	トリガー	
	0	0	1	0	2	50 ms	
	0	1	1	0	1		
	0	1	1	1	1/2		
	1	1	0	1	1/4		
	0	1	0	0	1/8		
	1	1	0	0	1/15		
	1	1	0	1	1/30		
	1	1	1	1	1/60		
	1	1	1	0	1/125		
	1	0	1	0	1/250		
	1	0	1	1	1/500		
	1	0	0	1	1/1000		
	1	0	0	0	1/2000		

シャッター トリガー パルス 50 ms L  
 巻上げ時間 100 ms  
 グレーコード 0は L (コモンへ接続)  
 1は H (コモンから解放) を表す。

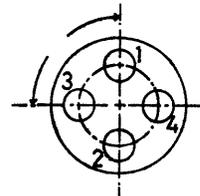
さは、9 1/2 in. × 250 ft (24.1 cm × 76 m) である。

35 mm カメラ (モータードライブ付き, 250駒撮り) は太陽の赤道付近と両極域のコロナ (活動域と静隠域) を撮影するためのもので、4台のカメラ群より成っている。カメラにはニコンモータードライブ・250 フィルムバック付を使い、露出時間をリモート・コントロール出来るように改造した。

即ちカメラの内蔵電子回路より5本及びコモン1本のリード線を出し、内4本の電圧をグレーコード (表1) に従い、H (電圧がある), L (電圧がない) の組み合わせを用いて、露出時間を制御した。残りの1本はシャッターリリース用で、Lのパルスでシャッターは開となるようにした。露出時間の可変範囲は 1/2000秒から 8秒及びBで、1/2000秒から 8秒迄はカメラ・シャッター自身の時間で、BはシャッターリリースのLパルスの長さで、露出時間を決めた。またシャッターの露出時間はX接点より信号線を取りだしレコーダーに記録されるようにした。リード線と露出時間の関係は、別表の通りである (表1)。

250 フィルムバック付きカメラ4台を、同一平面で太陽コロナ像に撮るような正方形の並べ方をすると、互いにぶつかり合うので、上と下の2台は45°ミラー (五藤光学製で大きさは40×40mm. 面精度 2λ 以内) を用いて光を90°上下に折り曲げて、向き合わせた形で取り付けた。図11ではそれらの様子とフィルター・ターレットを、図13では、ターレットにセットしたフィルターを示し、表2はフィルターの諸元を示した。

ターレットはマイコンのプログラムで制御した



1. 5303Å, GG-375 (2枚: Schott 製)
2. 5303Å, GG-375 (2枚: Schott 製)
3. 5015Å, メニスカスレンズ (f=-4m)
4. 4992Å, メニスカスレンズ (f=-4m)

図 13 ターレット内に組み込んだフィルターとレンズ

表 2 干渉フィルター諸元

フィルター	メーカー	大きさ	半値幅	温度	傾け角	使用望遠鏡
5303 Å	Infrared Industry	50.8 mmφ	3.82 Å	30.0°C	1.47度	水平望遠鏡
5303 Å	Spectro Film	50.8 mmφ	3.00 Å	30.8°C	0 度	水平望遠鏡
5303 Å	Spectro Film	50.8 mmφ	3.50 Å	30.0°C	2.24度	20cm 望遠鏡
5015 Å	Schott	50.8 mmφ	400 Å		0 度	水平望遠鏡
4992 Å	Schott	50.8 mmφ	467 Å		0 度	水平望遠鏡
4990 Å	Schott	50.8 mmφ	467 Å		0 度	水平望遠鏡
5780 Å	Schott	50.8 mmφ	400 Å		0 度	20cm 望遠鏡

がら 90° 回転させたり、戻したりして、太陽コロナ像の同一域を約 5000 Å と 5303 Å の 2 波長で撮影するようにした。5303 Å 干渉フィルターの温度制御は、各フィルターの周りに組み込んだヒーターを用いた。しかし此のフィルターの設定温度は外気温より低いのでフィルター・ターレットの周りにアイスノンを置いて冷却し、一定温度を保持した。またターレット内の干渉フィルター約 5000 Å (4990 Å, 4992 Å, 5015 Å) と 5303 Å の色収差による焦点位置の違いを合わせるためには、約 5000 Å の干渉フィルター類の前に焦点距離マイナス 4 m のニコン製メニスカスレンズ(眼鏡用)を置き、5303 Å の干渉フィルター側に合焦した。干渉フィルターの温度を一定に保ち易くするために、5305 Å のフィルターを狭むようにして GG-375 フィルター (Schott 製) を両側においた。使用したフィルムは KODAK Tri-X 35 mm である。

像投影装置は大型カメラの案内望遠鏡の役目をするものであり、図14に示すように、有効内径 118 mm の筒が光軸方向に ±80 mm と、光軸に鉛直に下方に太陽像の半径分約 50 mm 移動出来るようになっている。筒の手前側には円と十字線を描いた磨硝子が付いていて十字線は回転できる。筒の反対側には、先に述べた、マイナス 4 m の眼鏡レンズの付いた 4990 Å の干渉フィルターが付けられるようになっている。この像投影装置を光軸中心にセットしておいてシーロスタートの第 2 鏡を調整して、磨硝子上の円に太陽像を合わせれば大型カメラの写野中心に太陽コロナ像を撮ることが出来るようになっている。

日食時の気温の変化により焦点の位置が変わるがその量を検出する為にもこの装置は役立つ。合焦には太陽の縁を使うのがよく、そのためには上

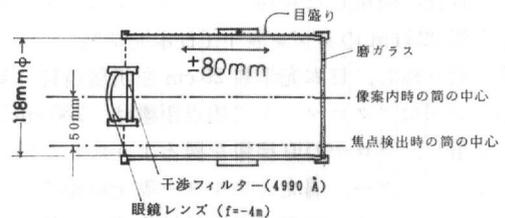


図 14 像投影装置の断面図

のように磨硝子の円の中心にガイドした後、筒全体を太陽半径分だけ下方に移動し、太陽のリムを視野中心にもって行く。他方の端に前記のレンズ付き干渉フィルターを取り付ける。こうすることにより対物レンズの色収差による 4990 Å の焦点位置は 35 mm カメラ群の 5303 Å の位置に合わせたことになる。初めに円筒の目盛りの 0 を 35 mm カメラ群の 5303 Å カメラに一致させておけば焦点位置に変化が生じた時にはこの状態でその量を目盛りで読みとり、同量だけ対物レンズを移動させて焦点合わせをすることができる。又 O-57 フィルターの入った大型カメラの合焦についても 5303 Å との焦点距離の差 (12.5 mm) が既知であるので、同様にして焦点を合わせられる (図15)。

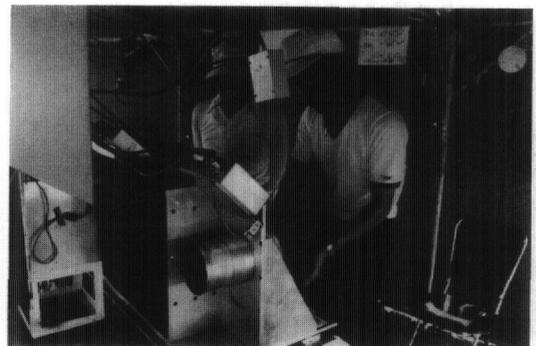
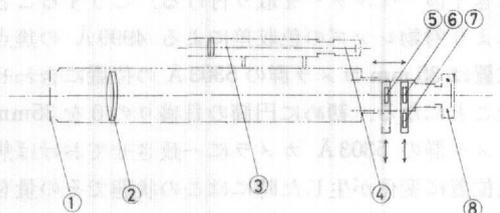


図 15 水平望遠鏡像投影装置

### 3. 赤道儀式望遠鏡

#### 3-1 赤道儀

鏡筒をマウントする赤道儀としては、モーリタニヤ日食(北緯 21°)に使用した 15 cm 赤道儀(三鷹光器製)を用いたが、インドネシアの南緯 7° の観測地で使うため赤緯補正用の傾斜台を作り、中間に挿入して極軸を補正し、バランス調整や駆動調整等の補修をした。鏡筒には、モーリタニヤ日食に使用した対物レンズの口径 15 cm、焦点距離 225 cm のダブレット(日本光学製)の望遠鏡を取り外し、日本光学製 20 cm 屈折望遠鏡(対物レンズはアクロマートで焦点距離は 250 cm)を使用し、コロナの直接像を撮るようにしたが、干渉フィルター、偏光フィルター等を収納するフィルターボックスを末端に取付けるので、焦点位置にカメラが納まらない。フィルターボックスの前に光学系を入れて焦点距離を伸ばし、再結像させる方法は、i) 光学系による像の劣化。ii) 鏡筒の末端からの距離が長くなるとフィルターボッ



- ① 絞り板    ② 対物レンズ ( $\phi=20\text{ cm}$ ,  $f=225\text{ cm}$ )
- ③ ガイド望遠鏡    ④ ビデオカメラ    ⑤ ポラロイドフィルター
- ⑥ 干涉フィルター (5303 Å)    ⑦ 干涉フィルター (5780 Å)    ⑧ カメラ (アサヒペンタックス 6×7)

図 16 20 cm 赤道儀光学系



図 17 20 cm 赤道儀望遠鏡

クス(約 9 kg)が重いため、たわみや、バランス等の問題から、これを採用せず寧ろ鏡筒を 200 mm 程短くし、その末端にフィルターボックス、アサヒペンタックス 6×7 カメラを直結した。時計装置としては、AC 100 V シンクロナスモーターを使用し、南半球で使うため三鷹におけるテストとは逆回転になるよう配線を入れ替えた。観測時にはインバーターを使用し、バッテリーの DC 12V から AC 100 V に変換し、シンクロナスモーターに供給した。尚このモーターの系統が故障した場合は、微調整用 DC モーターの回転速度を最高速度近くにすれば、太陽の追尾が可能であるように万一の場合に対しても用意した。(図16, 図17)

#### 3-2 カメラ

太陽像の大きさは約 22.5 mm であり、太陽中心から 3 R<sub>☉</sub> 程度の写野を必要とするため、6×7 サイズでフォーカルプレーンシャッターと云う条件に合う、アサヒペンタックス 6×7 判が選択された。跳上げミラーの作動時における振動を除くためミラーを取り外し跳上げ動作をしないようにした。捲上げ及びシャッターリリースを電動にするための改良を自作で行なった。使用したフィルムが、KODAK Tri-X220 のため 1 台のカメラの撮影可能駒数は 20 駒しかなく、カメラを 2 台(A, B) 用意し、皆既中に付け替え、40 駒の撮影を行なうことにした。自作の自動捲上げ機構は、フィルム捲上げレバーをギヤードモーターにて駆動し、捲上げ終点でモーターを反転させてレバーを戻す方式とした。又ギヤード系統に過大な力が加わることを避けるため、中間にスリップクラッチを挿入し安全、確実な動作となるようにした。モーターの反転位置及び戻り停止位置の検出は、マイクロスイッチを使用し、リレー接点の切り換えにより、モーターの正逆転、停止の制御を行なった。モーターには電磁ブレーキを使い停止精度を良くした。シャッターリリースは吸引型ソレノイドによりシャッターボタンを押す方式とした。シャッターを切ると露出済みの表示がハンドセット上に点灯し、捲き上げ操作をすることによりこの表示がリセットされ露出 OK の表示に変わる。

#### 3-3 フィルター及び絞り

二種のフィルター及び偏光ロイドフィルターを



図 18 20 cm 赤道儀望遠鏡のカメラ及びフィルターボックス

納める2つの箱 (12 cm×28 cm×5.5 cm) は遮光の為密閉型とし、それぞれ中央に太陽光を通す穴 ( $\phi=47$  mm) を開けた。1つの箱には2種類の干渉フィルターを入れ、ラック・ピニオン方式で何れかが中央にセットされる切換え機構とした。他の1つの箱はポラロイドフィルターがフィルターケースの中で  $360^\circ$  回転できる機構にした。これらは DC マイクロモーターにより駆動される。この2つのフィルターボックスは密着させるため十字につなぎ、その両端にそれぞれパヨネットを取付けて、望遠鏡、カメラの取付けが簡単、確実にこなせるようにした。

5303Å 干渉フィルターと 5780Å 干渉フィルターの切り替え、及びその各々についてポラロイドフィルターを  $45^\circ$  ごとに回転させる組合せ、及びポラロイドフィルターなしの場合の計10通りの組合せで観測を行なった。この各々の組合せに露出の異なる組合せを加えたプログラムを作りマイクロコンピューターによる制御を行なった。又同時に対物レンズの絞りの着脱及びビデオカメラの ND フィルターの着脱もプログラムで制御した (マイクロコンピューターによる制御の項参照)。対物レンズ前に設置した絞りは、水平望遠鏡と同様に絶対校正のためである (図18)。

### 3-4 ビデオカメラ

太陽コロナ撮影用のカメラは、一眼レフ・ミラーを取外したのでファインダーとして使用できなくなった。その代わりとしてビデオカメラを赤道儀に取付け、テレビ画面の映像をガイドとして利用し、同時にビデオレコーダーに日食の状況を記

録することにした。皆既前後の明るい太陽光による撮像管の焼き付けを防ぐため、対物レンズ前に ND フィルターを設置し着脱は小型ギヤードモーターを使用した。タイミングの制御はマイクロコンピューターのプログラミングにより行なった。

### 3-5 干渉フィルターの温度制御

赤道儀及び水平望遠鏡に使用した温度調整が必要な干渉フィルターは3個であるが、透過波長での設定温度が低く且各々異なり、観測地の予想温度が  $30^\circ\text{C}$  位であったのでフィルターを傾けて  $30^\circ\text{C}$  で 5303Å の透過波長になるよう調整した (表2)。

温度制御は、フィルターの外周に加熱用の小さなヒーターを捲きサーミスターで温度を検出、温度調整回路に接続して行なった。現地は気温が  $30^\circ\text{C}$  を越えるので冷却したアイスノンでフィルター周辺を冷却し温度制御を行なった。フィルターの温度表示には指針型のメーターを校正して使用し温度を常時表示するようにした。温度のリップルはメーターの読みで  $30^\circ \pm 0.1^\circ\text{C}$  以内であり現地での安定度は、良好であった。

## 4. マイクロコンピューターによる制御

通常の太陽観測に比べて皆既日食時での観測は、光球、彩層、コロナという急激な輝度変化を撮影しなければならず、従って露出時間をつぎつぎに変えていく。又フィルターの切換えもする。これらを手動で行なうことは不可能に近く、マイクロコンピューターを使って制御をした。第2、第3接触時近くでは、数秒間に4桁もの光量変化があり、これに対応するためカメラの露出時間を速やかに切換えて、シャッターを切っていかなければならない。水平望遠鏡では、35 mm カメラ4台の露出時間と、フィルターや絞りの切換えをすること、又赤道儀ではカメラ2台の露出時間のプログラム制御、及び数種類のフィルターの組み合わせ、偏光の角度、絞りの着脱等を皆既中のわずかな時間に正確且つ迅速に行なう必要がある。そのためマイクロプロセッサを使用したワンボードマイクロコンピューターによるプログラム制御を行なった。1台のカメラが何かの原因で故障しても、他のカメラでは撮影が出来るよう

に、制御回路は互いに干渉し合うことの無いよう、出来る限り他と切り離し、独立した回路構成とした(図19, 図20)。

カメラの制御系では各カメラごとに Z 80 A のボードを1個ずつ使用し、各々の ROM-IC 2616 にプログラムを書き込んでおいて、独立に走らせ

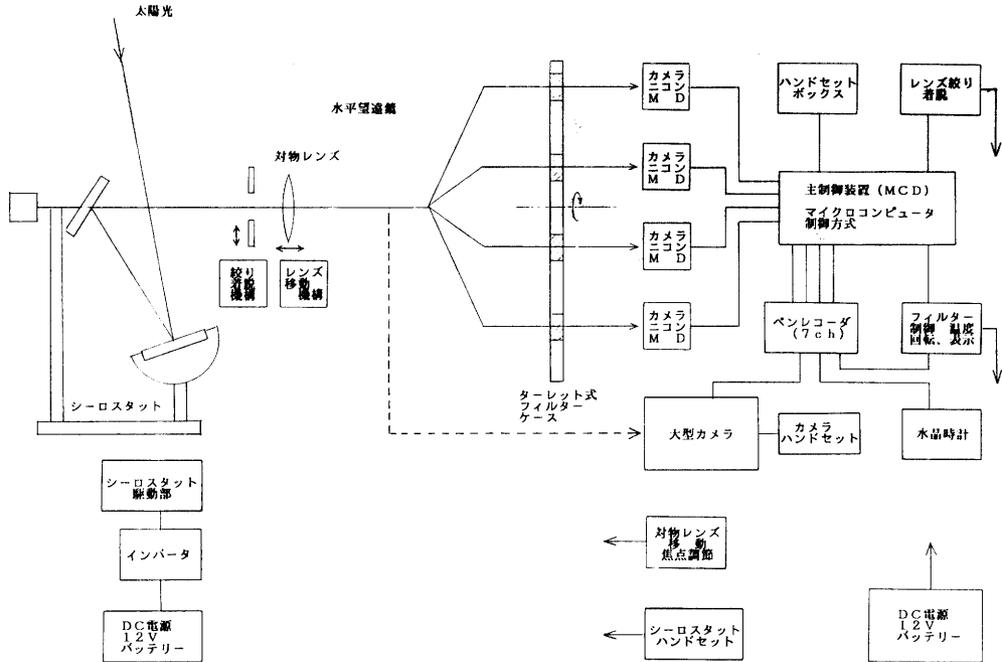


図 19 水平望遠鏡の制御系統図

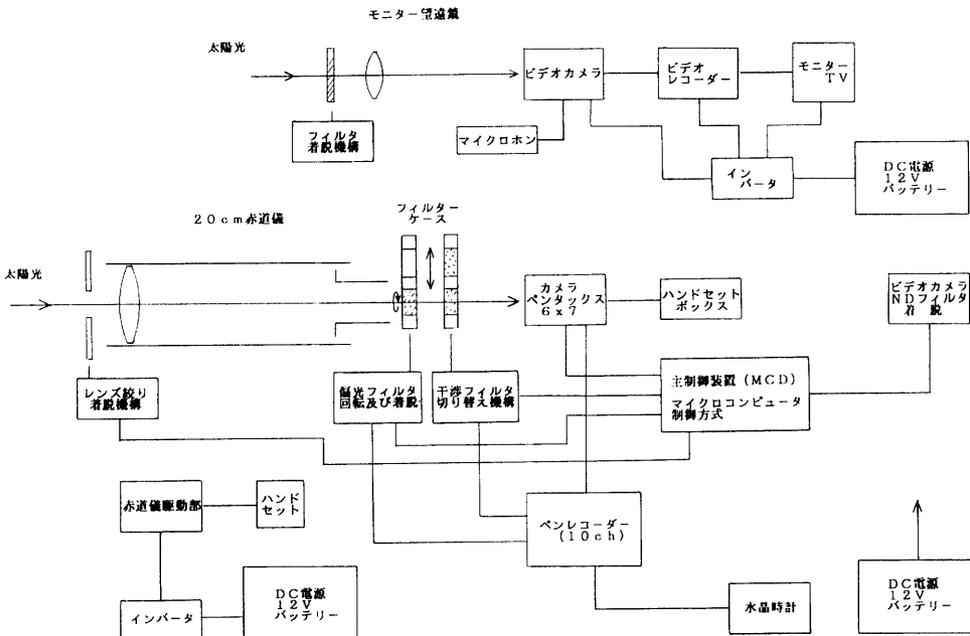


図 20 20 cm 赤道儀の制御系統図

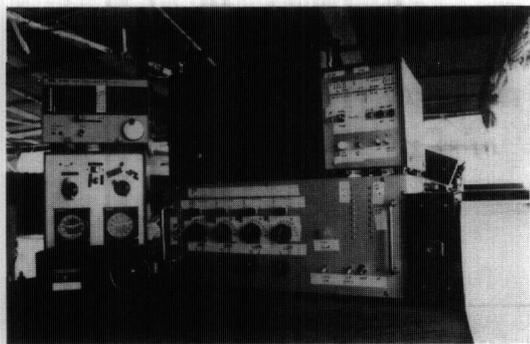


図 21 マイクロコンピューターによる制御装置

ることにより制御する方式とした。プログラムのスタートミスの時に途中から再スタートできるように割り込みプログラムも付け加えた。時刻制御は、水晶発振素子によるマイクロコンピューターのマシンサイクルを作り、それを較正して使用した。チェックの時、又回路の故障時に備えて、自動から手動に切換えることにより、各カメラ及びフィルター類の切換えは手動操作でも可能であるようになっている(図21)。

次に日食当日、実施されたカメラの露出プログラムの一例を記す。

水平望遠鏡でのカメラの露出プログラム

35 mm カメラ A (太陽の東側赤道域撮影用)

露出時刻 (U.T)	シャッター 速度 (秒)	撮影間隔	撮影駒数
04 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 12.00 <sup>s</sup>	1/2000 <sup>s</sup>	1 <sup>s</sup>	2
28 12.00	1/1000	30.5	4
30 14.00	//	1	38
52.00	//	0.5	10
57.00	//	0.33	33
31 08.00	1/500	0.33	3
09.00	1/250	0.33	3
10.00	1/250	0.33	3
11.00	1/60	0.33	3
12.00	1/30	0.5	2 第2接触
13.00	1/15	0.5	2
14.00	1/8	0.5	4
16.00	1/4	0.5	4
18.00	1/2	0.75	3
20.25	1	1.25	3
24.00	3	3.25	2

30.50	10	10.25	1
40.75			
		同様に1 <sup>s</sup> ~10 <sup>s</sup> 迄の	12
32 26.00		繰り返し	
26.75		大型カメラに切換	
		大型カメラによるプロ グラム撮影	
35 02.00		35 mm カメラに切換	
		干渉フィルター切換	
12.00		10 <sup>s</sup> ~1/8 <sup>s</sup> 迄の	48
		繰り返し	
36 19.00			第3接触
24.25		対物レンズ絞挿入	
27.00			
		1/8 <sup>s</sup> ~10 <sup>s</sup> 迄の	18
		繰り返し	
37 03.50		露出終了	合計196駒

35 mm カメラ B (太陽の西側赤道域撮影用)  
省略

35 mm カメラ C, D (太陽南北極域撮影用)

露出時刻 (U.T)	シャッター 速度 (秒)	撮影間隔	撮影駒数
04 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12.00 <sup>s</sup>	1/2 <sup>s</sup>	30 <sup>s</sup>	4
30 12.00	1/4	0.50	3
13.50	1	1.25	3
17.25	3	3.25	3
27.00	10	10.25	1
37.25		同様に1/4 <sup>s</sup> ~10 <sup>s</sup> の	
		繰り返し	40
32 26.00			
27.00		大型カメラに切換	
		大型カメラによるプロ グラム撮影	
35 02.00		35 mm カメラに切換	
		干渉フィルター切換	
12.00			
		1 <sup>s</sup> ~30 <sup>s</sup> 迄の繰り返し	24
34.00		露出終了	合計78駒

大型カメラ (手動)

当初予定していたプログラム

露出時刻 (U.T)	露出時間	露出時刻 (V.T)	露出時間
<sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> 04 32 33.00	<sup>s</sup> 3 (3駒)	<sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> 04 32 27	<sup>s</sup> 1/2 (3駒)
33 01	10		1 "
33 13	32		3 "
33 49.00	60		10
34 52	3	34 31	30

20 cm 赤道儀の露出プログラム

Aプログラム

露出時刻 (U.T)	露出時間	使用した干渉フィルター	偏光フィルター 回転角度°
<sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> 04 30 17.0	<sup>s</sup>	対物レンズ絞り取り外し ビデオカメラの ND フィルター取り外し	
31 16.0			
17.2	1/4 (2駒)	5303Å	なし
24.8	1/2 (2駒)	"	"
32.8	1 (2駒)	"	"
41.8	3 (2駒)	"	"
48.3	3	"	"
54.8	10	"	"
32 08.3	30	"	"
42.3	3	"	0
48.3	3	"	45
55.3	3	"	90
33 03.3	3	"	135
08.3	10	"	0
21.3	10	"	45
35.3	10	"	90
48.8	10	"	135
53.0		Aプログラム終了	

Bプログラム

04 34 16.8	1/4	5780Å	0
30.6	1/4	"	45
34.4	1/4	"	90
38.2	1/4	"	135
42.0	1	"	0
46.5	1	"	45
51.0	1	"	90
55.5	1	"	135
35 00.5	1 (2駒)	"	なし
10.5	1/2 (2駒)	"	"
19.4	1/4 (2駒)	"	"
28.4	1/8 (2駒)	"	"
37.4	1/16(2駒)	"	"
43.0		露出終了	
36 10.0		対物レンズ絞り, ビデオカメラの ND フィルター挿入	
15.0		Bプログラム終了	

## 5. 日食観測

### 5-1 観測地選定及び準備

皆既時が地方時の正午ごろ ( $11^{\text{h}}31^{\text{m}}$ )、太陽高度が約60度、皆既継続時間約300秒で、東部ジャワでは6月に最小降水量の季節で晴天率が比較的高いと云う条件の下に観測地が選ばれた。インドネシア日食委員会 (LIPI に設置された) 及びインドネシア宇宙航空局 (LAPAN) が協力し、世界各国の観測隊の受け入れを行なうとの連絡により、東京天文台 (日江井, 清水, 宮崎, 今井) を含む各観測班 (京都大学3名, 緯度観測所2名, 水路部2名, 東北大学3名), 気球班 (東京天文台2名, 京都大学2名, 宇宙科学研究所3名) がジャワ島東部のチェップ, ツーバン, モジョケルト及び気球基地のあるワトコセでそれぞれ観測する事にし、昭和57年10月にインドネシア日食委員会に申し入れた (図22)。

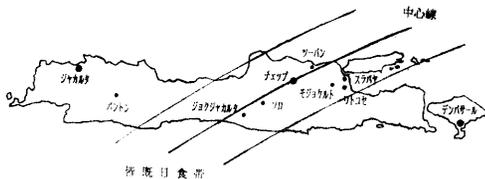


図 22 インドネシア ジャワ島内の観測地点

今回は海上保安庁水路部を除いた文部省関係各機関は東京天文台の日江井を研究代表者とする文部省科学研究費海外学術調査の研究分担者として観測に参加することになり日江井が観測隊長となった (台湾の中壢で行なわれた地磁気観測班2名 (東北工業大学) も含まれている)。この海外学術調査による経費は海外出張旅費が主であり、各機関が必要とする観測機器, 消耗品, 運搬費等の経費についてはそれぞれの機関が要求し, 試験研究費, 特定研究費等の交付を受け実施された。

この日食についての観測計画, 実施にあたっては, 従来通り学術会議天文学研究連絡委員会日食分科会における審議 (計8回), 文部省科学研究費海外学術調査のヒヤリング, 文部省から外務省を経由して在インドネシア日本大使館に便宜供与依頼をお願いする事などをした。また科学研究費の決定 (昭和58年4月下旬) 以前にインドネシア側

と折衝する必要があるので, 国際学術課から外務省までご足労を煩わせることもお願いした。

その他, 入国に際しての簡易通関, 観測許可証, 現地滞在に関する取り決め等について LIPI, LAPAN と打ち合わせが行なわれた。現地の事情調査を含めて今回の日食については丸紅株式会社にも全面的に協力して頂き大変心強かったが, それにもかかわらずインドネシア東部の状況がわからず政情・民情必ずしも良好といえないという情報もあり, 派遣機関事務関係者会議を開き日本及び現地関係者の情報を検討, 貨物荷揚げ港をスラバヤに決める等の手続きをせねばならなかった。

日食観測隊としては広範囲の分野にわたる観測が各機関で計画されたが, 器材輸送は海上輸送及び航空輸送とになった。東京天文台地上観測班の器材 (計53箱,  $25\text{ m}^3$ ) は他機関の天文観測班器材と共に東京船舶の船により昭和58年3月6日横浜港を出航, 同月28日頃スラバヤ港に着いた。先発隊として4月20日に京都大学の斎藤澄三郎氏が現地に向け出発し, ジャカルタ, スラバヤ間を往復しスラバヤでの通関の折衝に当たった。5月15日ようやく通関でき16日各機関の基地に向け陸送された。

### 5-2 観測地の状況

我々が選定したチェップ (Cepu) は, 東部インドネシアと中部インドネシアの境に近くスラバヤから西へ約120 km のところにある人口約1万5千人の町である。町の大半がインドネシア石油公社関係の建物で, その研修所の敷地の外れ, 丘の上の草地を当初観測地点として LAPAN が選定してくれていた。その丘の下約500m 離れた処に宿舎があり, 少し離れた別棟が食堂として使われた。チェップは皆既日食帯の中心線の北数 km に位置し, 海上保安庁水路部のジオシーバーによると東経  $111^{\circ}35'26''.239$  南緯  $7^{\circ}07'52''.364$  であり, 海拔100m 近くに飛行場跡もあり日食観測ツアーの観測地にもなっていた。気温は  $30^{\circ}\text{C}$  程度で東京の真夏の暑さ位の感じがした。湿度が意外と高く夜間のテスト観測中に鏡筒はもとより接眼鏡内にも露が付く程であった。一日の天気推移は雨季と乾期の端境期がずれこんだためか, 午前中晴れ午後は1~2時間のスコールがくるという繰り返しのなかで, 機械の組み立て調整に励んだ。

現地では LAPAN の職員が常駐して我々の面倒を見てくれたが、石油会社の研修所 (LEMIGAS) の所長始め職員、家族等が大変よく協力し、また世話をしてくれた。電話がないので各機関との連絡、日本への報告等には、石油会社の Telex を使わせてもらった。警備は LEMIGAS の警備員が24時間体制で警備し、町の警官、郡の警察、時には軍隊までが見回りにきた。我々の他に同じ場所で LAPAN の太陽観測、東北大学の地磁気観測も同時に行なわれた。

### 5-3 設営記録

地磁気及び気球観測関係の後発組を除く日本隊は5月9日日本を出発し同日夕方にはインドネシアのジャカルタ空港に降り立った。同日スラバヤに先発していた京都大学の斎藤氏からホテルに電話が入り、器材の通関状況について連絡を受ける。5月10日は日曜日の為11日に日本大使館、LIPI, LAPAN 等と話し合いを行ない、12日全員スラバヤに集結する。スラバヤの日本公使館に挨拶し、税関にて通関について話をし、その後輸送業者と打ち合わせをする。13日東京天文台、14日京都大学、緯度観測所、水路部がそれぞれの観測地の下見に車を走らせる。我々は LEMIGAS の幹部と会い観測地点を調査した結果、当初予定していた台地より宿舍の裏地に変更し整地、基礎打ちの一部を依頼する。

5月16日(晴) 海上輸送した東京天文台、京都大学、緯度観測所、水路部の通関が済み、午後荷物を受取り各観測地に向けそれぞれトラックと共に出発した。現地で依頼した通訳の荒川博好氏、LAPAN のマヌルング氏 (S.L. Manurung) を同乗させた我々の車がトラックと共に LEMIGAS の敷地内に到着したのは真夜中の12時頃であった。

5月17日(晴) 午前中 LEMIGAS の事務所で滞在中の事柄について話合う。午後ホークリフトを借りて観測地点まで荷物を運ぶ。夕方より強い雨が降る。

5月18日(晴) 望遠鏡据付け場所を決め、方位測量を行なう。LEMIGAS に依頼して赤道儀架台の基礎コンクリート打ち及び基板の設置をする。朝から人夫を使い必要なものから開梱作業を行なう。

5月19日(晴) レンズ台の型枠作りと開梱及び物置の組み立て作業をする。赤道儀を基板の上に組み立てウォームギヤ部、赤経部を取付け、方位出しを行なう。

5月20日(晴) シーロスタット、カメラレンズ用のピアーの位置ぎめ、方位測量を行ないレンズ台及びシーロスタットの基礎コンクリートを打ち、カメラ台の型枠作りをする。

5月21日(晴、曇り) 望遠鏡の電気配線完了、赤道儀の時計駆動テストをする。

水平望遠鏡用のカメラ台のコンクリート打ちを行なう。本日で開梱を終わり空箱を整理する。

5月22日(曇) 3時頃よりスコール、赤道儀の駆動テスト、水平望遠鏡用カメラ移動装置の基板を取付ける。昨日開梱した時に判ったことだが、カメラ移動装置のレールの両端が真っ赤に錆びており、カメラ取付け台がスムーズに動くように錆びを落とし、研磨をする。

5月23日(曇) 3時頃よりスコール、赤道儀の時計駆動が2回程止まり駆動ギヤを調整する。観測用天幕、シーロスタット用天幕を張り蛇腹を乗せる木製の台を作り、雨や湿気を防ぐためビニールシートで覆う。水平望遠鏡のカメラ部に盗難防止の為の箱を冠せ、鍵を掛けられるようにする。日本テレビの撮影隊がチェップ近辺を取材中との事で挨拶に見える。

5月25日(曇) 午後スコール、赤道儀慣らし運転、水平望遠鏡のカメラ部を組み立てフィルターを取付け駆動テストをする。蛇腹部を横からも支えるよう板で補強する。日本テレビの取材班が来訪、作業状況を撮影する。又現地インドネシアの新聞社3社が来訪し、荒川氏の通訳で取材に応じる。

5月25日(晴時々曇) 赤道儀駆動調整、水平望遠鏡の蛇腹を据付ける。シーロスタットを組み立て鏡を入れる。シーロスタットの第一鏡の方位角を 11:7 にする事が出来ず取付け穴を明け直し、調整機構を付け直す。水平望遠鏡に光を入れ、太陽の像を見るが良くない。テントの屋根の水捌けが悪く天幕の裏側に板をあてがって水捌けを良くする。日本テレビの取材班が本日も来訪し、シーロスタットの据え付け状況を撮影する。夕方、東北大学磁気観測班が到着する。

5月26日(曇) 午後スクール, 赤道儀の角度調整をし駆動テストをする。レーザー光を用いシーロスタット, 対物レンズ, カメラ部の軸を決め据付けをする。前日の像の悪さの原因を知るためレンズを点検したが異常なし。シーロスタットの第一鏡の時計駆動が動かず, 点検の結果モーターが故障していることが判る。荒川氏が任務を終えてスラバヤに帰った。

5月27日(晴後曇) 赤道儀の駆動モーターを交換し調整する。シーロスタットの第一鏡の時計駆動モーターを分解した結果, 中の接点が1本折れていた。代替品を至急手配してもらうよう郵便局に出掛け, 電話にて東京に連絡する。モーターは不安ではあったが一応動くように組み立て, テストには使えるようにした。地磁気観測班の観測機器の設定場所を協議し, 宿舎を変更することになり引越しをする。夜, 赤道儀にて木星を観望, 縞が良く見えた。観測棟の一部を暗室に改造し, 現像をする。

5月28日(曇後雨) 望遠鏡の焦点合わせ, 露出テストについて打ち合せをする。水平望遠鏡用35mmカメラ部の調整, 大型カメラの取付け, 調整, 電気系のテストをする。

5月29日(晴) 赤道儀の角度修正, 方法調整をし, 焦点合わせをする。水平望遠鏡では, モータードライブ付き35mmカメラ台の組立, 45°ミラーの清掃, シーロスタット軸調整が行なわれた。水平望遠鏡の像の悪さの原因はシーロスタットの第二鏡枠の締めすぎであることが判った。湿気がひどく蛇腹とこれを覆うビニールとの間に入り込んだ水滴により蛇腹が軟化変形するのでビニールを交換する。夜, 月を入れて焦点合わせと露出テストが両望遠鏡で行なわれた。

5月30日(晴, 午後スクール) 望遠鏡の焦点合わせ, 方位調整をする。水平望遠鏡は各部の作動テスト, フィルターターレット部清掃, 写真処理液を作り現像する。

5月31日(晴時々曇) 望遠鏡の焦点合わせをし太陽を撮影, ハルトマン法で決めた焦点位置と同一であることを確かめる。水平望遠鏡では35mmカメラ5台の取付け, 調整が1時間程かかって行なわれ, その後, 眼視焦点合わせをし昨日現像したフィルムによる焦点位置との比較, カメラ

駆動テストが行なわれた。夜再び月による焦点テストをする。

6月1日(晴時々曇) 赤道儀望遠鏡で太陽を撮影, 水平望遠鏡でも35mmカメラ4台で太陽を撮影し, 各カメラの焦点を決める。現像の結果, 水平望遠鏡では太陽の粒状斑が写っていた。

6月2日(晴時々曇) 望遠鏡の焦点合わせ, 水平望遠鏡のカメラテストをする。騙し騙し使っていたシーロスタットの駆動モーターの調子が悪くなる。5月27日に日本に連絡, 手配してもらった駆動モーター及びギヤーボックスの交換品が, 丸紅株式会社の社員に委託され, ジャカルタ, スラバヤ経由で夕方到着, 早速交換する。東北大学観測班が日食当日使用する発電機の震動の影響があるかテストが行なわれた。

6月3日(晴) 望遠鏡の焦点合わせの後総合動作テストをする。赤道儀用Aカメラの巻き揚げが不調で調整する。水平望遠鏡ではシーロスタット駆動モーターを取り替えたので駆動テストをし, 焦点合わせをする。蛇腹に朝日が当り蛇腹内の温度が上昇するのでベニヤ板で日除けを作る。モジョケルトから緯度観測所観測班の佐藤, 久慈両氏が来訪する。15時より観測施設の一般公開が行なわれ, 中, 高校生及び近在の名士等が見学にくる。

6月4日(晴) 日食当日の時間に合わせて本番演習を三度程行なう。赤道儀望遠鏡のAカメラが作動せず, 夕方Bカメラと交換し, 日食時の周囲の明るさに合わせて夕方の薄明りの中で再度本番演習をする。日食当日は風が吹くことが予測されるので, 風除けシートを赤道儀の風上に三又を利用して張る。

6月5日(晴) 本番予行演習を朝夕二回行なう。何時分何秒には何をするか, 身体で憶えるようにする。望遠鏡用6×7カメラの調子が悪く動きが順調でない。フィルター・ケースにアイスノンを取付け冷却する。

6月6日(晴) 休養日とし, 全員でボロボールの遺跡見学に出掛ける。帰路, ソロで本台の田中(捷), 岡本両名に会い, 彼等の観測機器の受け渡しなどの相談をする。

6月7日(晴) 17時過ぎより一度本番予行演習, カメラの作動ようやく順調となる。田中

(捷)、岡本の両名が昼頃到着、荷物の開梱、機械の組立てをし、夕方ソロに向う。

6月8日(薄曇) 赤道儀の方位を修正し、観測機器の光学系の清掃をする。水平望遠鏡では、シーロスタットの極軸合わせが終了する。各光学部品の半分程の清掃が行なわれた。当日の観測用命令テープの最終版を作り直す。フランスの観測隊(Koutchmy等)、チェコスロバキアの観測隊(Sykora等)、LAPANのスギヨ氏(Soegijo)が来訪、観測設備を見学する。

6月9日(薄曇) 望遠鏡にビデオカメラを装着し、モニターテレビ画面による太陽像の欠け方を想定してガイドの練習を含め全行程の予行演習を行なう。水平望遠鏡の昨日の残りの光学部品を清掃、カメラ(5台)、ヘッドランプ、テープレコーダーの電池を新品に交換、全ての機械、カメラが順調に作動するのを確認する。昼食後から雨が降るが夜は星空となる。UNESCOの黒田孝氏到着する。

6月10日(曇後雨) 朝から曇っていた空から9時過ぎに雨が降りだし終日降り続く、雨期の最後の現象らしい。フィルター、鏡等を清掃し、各カメラへフィルムを装填、全ての準備を完了する。観測当日の警備、行動、食事等について、LEMIGAS当局と打合わせをする。日本大使館の若林元参事官が到着する。

6月11日(晴時々曇) 朝6時少し前に全員起床する。天気は高層雲があり、あまり良くない。

6時30分若林氏、黒田氏と共に朝食を摂り、小憩の後、赤道儀望遠鏡、水平望遠鏡とも観測準備に入る。7時過ぎ頃から天候が良くなり太陽が輝く。各カメラにフィルムを装填しアイスノンをフィルターボックスに取付け冷却する。10時頃から電源が入られ11時過ぎ予定されたプログラムに従って水平望遠鏡、赤道儀望遠鏡と順次観測を開始した。その頃から、北東から南西にかけて、視角幅約40°の帯状の高積雲が現わる。湿度が高くカメラのフィルムを巻き上げる度にビリビリと音がする。大型カメラのフィルムは充分すぎる長さがあるので時々空送りする。赤道儀望遠鏡に据付けたビデオカメラからの映像は10時30分頃からの日食の進捗状況をモニターテレビに映し出していたが、11時31分頃には太陽が雲に覆われた為、映

らなくなってしまう。11時31分の第2接触の頃には薄雲を透してコロナを見る状態になってしまったが、計画通り撮影が進められた。水平望遠鏡の4台のモータードライブ付き35mmカメラの複雑なプログラムも順調に指令を出し、大型カメラも支障なく作動した。コロナの輝度が雲のため弱まったので大型カメラは急速20倍もの長時間の露出に変更する。赤道儀の方も2台のカメラの交換が順調に行なわれ観測は雲の中滞りなく進んだ。黒田、若林の両氏も35mmカメラに望遠レンズを付け日食の進捗状況をカラー撮影した。皮肉な事に第4接触頃晴天となる。絶対校正用撮影を行ない全ての観測を終了し、暗室にてフィルムを取出し、鉛板で包装する。14時過ぎLEMIGASの所長招待の昼食会に出席の後、機械の整理、撤収に入る。

6月12日(晴) 観測機械の解体、梱包作業を行なう。ソロで観測した岡本が機械を持って来訪、梱包をする。田中、岡本は、ソロ、ジャカルタ経由で14日に帰国した。若林元参事官ジャカルタに帰る。

6月13日(晴) 観測機械の解体、梱包作業を引続き行なう。黒田氏はジャカルタに帰る。

6月14日(晴) 小物、雑品の梱包をし、梱包作業を終える。LEMIGAS事務所で滞在中の諸経費の支払いを済ませる。東北大、LAPANの観測班がチェックを離れ帰途についた。夕方よりLEMIGAS主催の送別会が食堂で開かれ、我々と東北大斎藤、及び我々の世話をしてくれたLAPANのメンバー達が出席した。

6月15日(晴) 到着した2台のトラックは観測機械を積込み午前中にスラバヤに向った。我々はLEMIGASに滞在中の謝意を述べ、午後スラバヤに向い、夕方京都隊(ツープン)、緯度観測所隊(モジュケルト)、水路部(ツープン)等の天文観測班全員が集結する。

6月16日(晴) 輸送会社に行き、帰路の機械の確認、輸送、通関等の手続きをする。夜、在スラバヤ日本公使館主催の夕食会に出席する。

5月17日(晴) 今日から2班に別れ、1班はバリ島経由で20日に帰国、もう1班は、バンドン、ジャカルタ経由で22日に帰国した。

## 5-4 日食当日の行動

タイムスケジュール表で記す。

## 水平望遠鏡及び 20 cm 赤道儀によるタイムスケジュール

m	s	h	m	s	
		8	30	頃	各カメラにフィルム装填, フィルターボックスを冷却
		9	30	頃	望遠鏡, シーロスタート, カメラ, 制御装置点検終了
-90:00		10	01	12	時計モーター AC→DC, フィルター温度コントローラー ON
-60:00			31	12	ビデオ電源 ON, モニター TV 電源 ON
-40:00			51	12	記録用テープレコーダー ON
-37:00			54	12	主制御装置 電源 ON
-30:48		11	00	00	命令用テープレコーダー スタート
-24:00			07	12	ペンレコーダー (2台) 記録スタート (記録のチェック)
-20:00			11	12	35 mm カメラ 4台 手動露出 (テストを兼ねる)
-17:00			14	12	ビデオ録画 スタート
-10:00			21	12	35 mm カメラ 4台 手動露出
- 9:00			22	12	主制御装置 リセット, オート モードにする。
◎ - 7:00			24	12	11m 水平望遠鏡 自動制御スタート
- 6:50			24	22	11m 水平望遠鏡 対物レンズ絞り 除去
- 6:00			25	12	35 mm カメラ 自動撮影スタート, 水平カメラ 焦点チェック
◎ - 4:55			26	17	赤道儀 Aプログラムスタート
- 3:00			28	12	35 mm カメラ 30秒おき1駒撮影スタート
- 1:00			30	17	赤道儀 対物レンズ絞り 除去, フィルターセット (5303干渉フィルター, 偏光フィルター)
0:00			31	12	第2接触
+ 0:04			31	16	ビデオ ND フィルター 撤去
+ 0:05			31	17	赤道儀 (Aプログラム) 撮影開始
+ 1:15			32	27	11m 水平望遠鏡 35 mm カメラ 前半終了, 大型カメラに切換 11m 水平望遠鏡 大型カメラ撮影開始
+ 2:49			34	01	赤道儀 Aプログラム終了, カメラ入替 フィルター切換 (5780干渉フィルター, 偏光フィルター)
◎			34	23	赤道儀 Bプログラム スタート, 撮影開始
+ 3:19			34	31	11m 水平望遠鏡 フィルター切換 5100⇒5303
+ 3:50			35	02	大型カメラ撮影終了, 35 mm カメラに切換
+ 4:00			35	12	11m 水平望遠鏡 35 mm カメラ 撮影後半スタート
			35	44	赤道儀 Bプログラム終了
			36	10	赤道儀及びビデオに対物レンズ絞り 挿入
+ 5:08			36	20	第3接触
			36	24	11m 水平望遠鏡 対物レンズ絞り 挿入
+ 6:22			37	34	11m 水平望遠鏡 撮影終了
		12	30	頃	絶対校正用の太陽及びウェッチ撮影
		13	30	頃	カメラを取りはずし, 暗室に格納する

## 5-5 観測結果

撮影されたフィルムは鉛シート袋に入れて包み日本に持ち帰った。現像については、35 mm フィルムは D-19 現像液を使用し 24°C で 4 分、太陽単色写真儀室の暗室で行なった。また 6×7 フィルム、航空フィルムは株式会社八州においてコダックタイプ B (バーサマット) 現像液により 29°C、4 フィート/分にて行なった。観測は雲に阻まれたので、35 mm フィルム (モータードライブカメラ) では赤道域 (A, B カメラ) 撮影のものは 3 駒、極域 (C, D カメラ) 撮影のものは 8 駒、6×7 フィルム (アサヒペンタックス 6×7 カメラ) では 5303 Å に偏光フィルター付で撮影したものは露出 10 秒と 30 秒の 2 駒、5780 Å に偏光フィルターなしで撮影したものは、露出 1/4~1 秒のものが 6 駒、それぞれかすかに写っていた。大型カメラは露出時間を予定よりも長くして撮影したが、現像されたフィルムはどの駒も雲の影響を受けていた。従って測光できるデータとは言えない。しかし大型カメラで撮影したものには我々が目的としていたコロナの細かな筋状模様は写っ

ている (図23)。雲の透過率のむらには、コロナの筋構造のサイズより大きいものと仮定し、大型カメラで撮影されたフィルムの iso-photo を求め、筋構造を求めた。8 本の筋を測定し、強度が半分となるところの幅の平均は、10'' になった。モジヨケルトでの緯度観測所 (佐藤, 久慈) の観測は晴天の下でコロナが撮影されたので、そのフィルムからコロナ筋構造近辺の輝度を求め、我々が求めた筋構造の幅 10'' から筋構造の電子密度を求めた。その結果は筋ごとによって異なるが、太陽線から 0.15R<sub>☉</sub> の高さで電子密度は (1~5) × 10<sup>9</sup> 個/cm<sup>3</sup> となった。これは Newkirk が求めた極大期のコロナモデルの値の約 10 倍となる (E. Hiei et al, 1986)。

今回の日食については、非常に多くの方々のお世話になった。計画、準備、実施にあたって懇切なる指導と援助を賜った日本学術会議天文学研究連絡委員会日食分科会、文部省学術国際局国際学術課、同研究機関課、外務省情報文化局文化第 2 課、在インドネシア日本大使館、在スラバヤ日

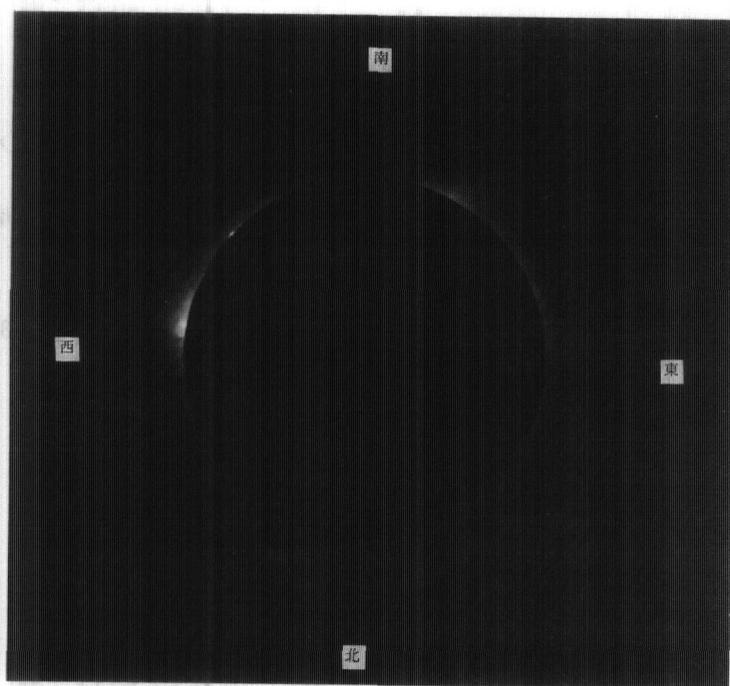


図 23 大型カメラにより撮影されたコロナ像  
(June 11 1983, 04:33:13 (UT), 32秒露出)

## 1983年インドネシア日食におけるコロナ観測

本公使館，ユネスコジャカルタ本部，インドネシア日食委員会，インドネシア宇宙航空局，インドネシア石油公社 (LEMIGAS)，丸紅株式会社，東京大学事務局，東京天文台事務部及び太陽物理部，乗鞍コロナ観測所に心から感謝の意を表す。また観測機器の製作については，日本光学工業，三鷹光器，東京天文台実験工場，旭光学工業，五藤光学，日本プロフォト，シーベル機械，エニーテック，輸送及び現地での各種の交渉については，(株)丸運，丸紅株式会社ジャカルタ支店，同スラバヤ出張所等の御厚意により観測行が無事終了したことをあわせて感謝するものである。

尚，本観測は，昭和58年度文部省科学研究費海外学術調査及び昭和57，58年特定研究経費により行なわれた。

### References

- 1) Kristenson, H.: 1959, *Arkiv för Astronomi*, **2**, No. 29, 315.
- 2) Newkirk, G., Jr.: 1967, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* **5**.
- 3) Hiei, E., Shimizu, Y., Miyazaki, H., Imai, H., Sato, K., Kuji, S., and Sinambela, W.: 1986, *Astrophys., Space Sci.*, **119**, 9.