

日本 東京天文臺 太陽物理部에서의 太陽觀測 研修報告

沈 敬 鎭

科學技術處 振興局 管理課

I. 研修概要

本人은 1970년 11월 초부터 1971년 5월 중순까지 政府派遣計劃으로 일본 東京天文臺 太陽物理部에서 약 6개월 동안 太陽의 物理觀測에 관한 修練을 쌓고 歸國하였다.

東京天文臺 Mitaka(三鷹) 本臺에서 약 4개월 동안 20cm 赤道儀, H α -monochromatic heliograph, K $_{2-3}$ spectroheliograph 및 spectroscope의 作動法과 이들 機器에 依한 太陽觀測法을 익히고, Okayama(岡山) 天體物理觀測所와 Norikura(乘鞍) corona 觀測所에서 약 1개월간 太陽의 精密寫眞觀測과 spectrum 분석, 그리고 corona 觀測에 관하여 修練을 쌓은 후 다시 本臺에 돌아와 1개월 동안 觀測資料의 整理分析法과 아울러 주로 prominence 分析法을 研究하였다.

A. 研修內容

1) Mitaka 本臺에서

가) 20cm 赤道儀에 의한

- i) 太陽黑點의 投影 sketch 觀測
- ii) 太陽全面의 白色光 사진 撮影
- iii) 黑點, 粒狀斑, 白斑의 擴大 사진 촬영
- iv) H α 單色太陽像의 部分 寫眞撮影

나) 140mm H α -monochromatic heliograph에 의한

- i) 태양의 chromosphere 現象 film sketch
- ii) 태양의 chromosphere 現象 連續寫眞 觀測

다) K $_{2-3}$ spectroheliograph에 의한

- i) 태양의 chromosphere 現象에 관한 K $_{2-3}$ line (3933.7Å) 사진 촬영

라) Spectrohelioscope에 의한

- i) 태양흡수선의 분광 사진 관측

ii) 特殊現象의 分光寫眞 觀測

2) Okayama 觀測所의 65cm Coudé 형 태양망원경에 의한

- i) 태양상의 백색광 정밀사진 관측
- ii) H α 單色太陽 사진 관측
- iii) Echelle 分光寫眞 觀測
- iv) Prominence와 黑點의 spectrum sketch

3) Norikura corona 觀測所(海拔 2876m)의 12cm coronagraph에 의한

- i) Prominence 觀測
- ii) 5303Å의 綠色 corona spectrum 實視觀測
- iii) Corona 觀測

이상의 觀測 및 分析은 大略 앞서 記述한 schedule에 따라 行하였다. 그러나 Okayama 觀測所에서 관측한 Echelle 분광사진이 특별한 현상이 없었으며 corona 관측소에서는 日氣가 나빠 corona 寫眞觀測이 여의치 못하였다.

이외에 太陽現象中 가장 重要한 flare 分析을 microphotometer로 行하고 prominence 분석을 爲하여는 美國 Sacramento Peak 天文臺에서 觀測한 film을 가지고 徹底히 研修하였다.

여기서는 주로 H α -monochromatic heliograph에 의한 觀測法을 記述하고 Dellinger 現象, 地磁氣 폭풍, 宇宙線의 異常變動의 主要原因이 되는 flare 分析法을 II節에 略述하기로 한다.

B. H α -Monochromatic Heliograph.

이 기계는 France의 SECASI 회사 제작으로 1957년에 일본에 設置된 H α -單色太陽寫眞儀로 對物 lens 口徑 140mm, 焦點距離 1400mm, 像의 直徑 15mm이며 장치된 複屈折干涉 filter의 透過中心波長은 6562.8Å, 透過波長의 half-width는 0.75Å, 透過域의 移動은 $\pm 1\text{Å}$ 이고 光電追跡裝置에 의한 guiding angle은 1 arc sec.로 다음과

같은 部分으로 構成되어 있다.

① 單色 filter 附着의 望遠鏡

② 35mm camera

이것은 時計와 連結되어 自動露出에 의하여 자동적으로 촬영하게 되어 있다.(shutter는 빛의 積分裝置로 作動하며 露出時間은 大氣透過度の 함수로 調節된다.)

③ 光電追跡用 望遠鏡

主望遠鏡 左側에 口徑 65mm의 對物 lens를 갖는 光電追跡裝置와 photometer가 있으며 主望遠鏡에 作用하여 赤經, 赤緯에 따라 自動적으로 움직여 像을 中心에 오도록 한다.

④ 電子管式 photometer-integrator

露出時間을 調節하여 一時的으로 구름이 끼는 경우 撮影을 中止한다.

⑤ 補助光學裝置

主望遠鏡의 右側에 輕合金의 광학상자속에 들어 있어 各各의 寫眞에 날자와 時間이 적히게 되어 있다. 이 補助的인 記錄은 太陽像과 同一한 shutter로 태양빛을 사용하여 film 위에 一定한 濃度로 記錄된다. 또한 單色 filter의 透過光의 色과 大體로 同一한 赤色 filter가 붙어 있으며 10개의 wedge가 들어 있다.

以上の 장치 전체를 받들고 있는 赤道儀式 mounting은 synchomotor로 廻轉하고 自動制御되도록 되어 있다.

⑥ 制御裝置用의 switch-board 및 box

여기에는 다음의 機械들이 內部 및 表面에 裝置되어 있다.

i) filter의 恒温裝置

ii) 露出用의 時計連結裝置

iii) 制御用의 switch 및 表示裝置—命令裝置 및 監視裝置

iv) 電子管 및 電子機械 장치의 集合體

이들 部分品의 特性을 살펴보면 望遠鏡과 光電追跡裝置 및 photometer로 構成되는 光學部分과 後尾部의 shutter 및 camera 그리고 支持臺와 制御裝置箱子 및 配線으로 區分할 수 있다.(그림 1 構造圖 참조).

機械的인 特徵으로 camera는 2개의 shutter를 가지고 있어 하나는 film의 窓을 開閉하는 것이고 나머지가 光電的으로 命令되어 움직이는 實

質的인 shutter이다. 또한 露出과 露出의 中間에 後尾部의 側面에 있는 ocular 쪽에 빛이 들어가 觀測者가 寫眞으로 撮影하는 像을 볼 수 있게 되어 있으며 이들 모든 望遠鏡의 circuit와 制御箱子의 circuit는 shield된 cable로 接續되어 最大로 安全을 維持하도록 하였으며 手動操作 및 自動操作이 可能하게 만들어져 있다.

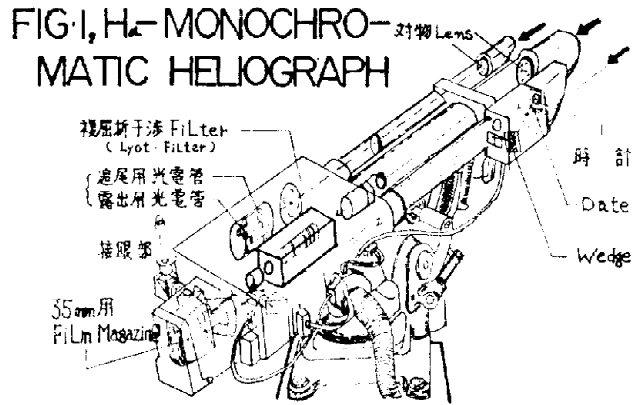


그림 1. H α -單色太陽寫眞儀 構造圖

C. H α -Monochromatic Heliograph

위에 記述한 바와 같이 H α -monochromatic heliograph는 보통의 望遠鏡에 H α -filter를 부착하여 太陽의 主된 吸收線인 6562.86Å의 H α -line만으로 太陽을 自動 patrol하게 되어 있다.

이 裝置에 의한 寫眞觀測은 30m 程度의 긴 두루마리 film에 의한 連續寫眞觀測과 特別한 現象의 有無를 빨리 判讀하기 위한 sketch 寫眞觀測으로 나눈다.

a) 連續寫眞觀測法

觀測順序는 大略 다음과 같다.

i) Dome을 열고 timer switch를 올려서(put on) thermostat를 作動시킨다. Thermostat는 04^h00^mI부터 18^h00^mI까지 작동하도록 timer가 장치되어 있다.

ii) 날자관의 날자를 交替하고 望遠鏡에 달린 時計를 check하여 觀測野帳에 記入한 후

iii) 望遠鏡이 自由로 움직이도록 하여 太陽像을 捕捉한 후 synchomotor를 作動시켜 自動적으로 太陽을 따라가도록 하여 固定한다.

iv) 光量에 따라 camera shutter의 開閉를 自動操作하는 光量調節器를 調整한다.(보통 40~60에 맞춘다.)

이상의 방법으로 觀測準備가 完了되었으나 구름이 끼었거나 日沒前後에 光量이 모자라 shutter가 自動操作되지 않는다 하더라도 特殊한 現象이 나타날 경우 手動操作으로 寫眞을 얻을 수 있다.

觀測方法은 b)項의 sketch 寫眞觀測法에 記述되어 있다.

觀測이 完了된 후에는 위의 逆順으로 다음날 관측에 對備한다.

이때 注意할 것은

i) Thermostat는 timer가 부착되어 있으므로 그대로 두고

ii) 望遠鏡을 다음날에 觀測하기 쉬운 곳까지 移動하여 놓고

iii) Film의 殘量을 調査하여 얼마 남지 않았으면 새로운 film magazine으로 交替한다.(magazine에 計器가 달려있어 film 殘量을 알 수 있다.)

b) Sketch 寫眞觀測法

連續寫眞觀測 중간에 잠깐동안 特殊現象 등을 sketch하는 觀測으로 觀測順序는 다음과 같다.

i) Sketch用 film magazine을 準備하여 連續寫眞觀測用 film magazine과 交替한다.

이때 이미 撮影된 film 또는 빛에 露出된 film部分이 magazine속에서 들어가지도록 制御用 switch-board에 있는 "film quick advance switch"를

20~30秒 정도 눌러 film을 감아야 한다.

ii) 寫眞을 얻고 싶은 時間間隔을 60秒, 30秒, 15秒 3개중에서 擇하여 해당하는 time interval switch를 눌러 固定한다.

iii) 위의 操作으로 自動적으로 太陽像이 赤色線으로 얻어진다. 이렇게 3~4장정도 太陽面의 사진을 얻은 후

iv) 보다 長時間露出에 의한 prominence 사진을 얻기 위하여 switch-board 右側上端에 있는 "long exposure switch"를 눌러 사진을 얻는다.

v) Prominence 사진을 원하는 枚數만큼 얻은 후에 "long exposure switch"를 내려서 다시 太陽面의 사진을 3~4장 얻는다.

普通 sketch의 경우 太陽面 3-4장, prominence 3~4장, 太陽面 3~4장의 順으로 관측한다. 自動連續寫眞觀測의 경우에는 5장의 太陽面, 1장의 prominence, 6장의 太陽面, 1장의 prominence의 順으로 寫眞이 얻어지도록 調節되어 있다.

vi) 以上과 같이 sketch 寫眞觀測이 끝난 후에는 앞에서와 같이 긴 두루마리 連續寫眞觀測用 film magazine으로 交替하여 自動連續觀測을 계속한다.

이와 같이 하여 얻은 sketch film은 곧 判續하도록 現像한다. 暗室에서 注意할 것은 $H\alpha$ -film은

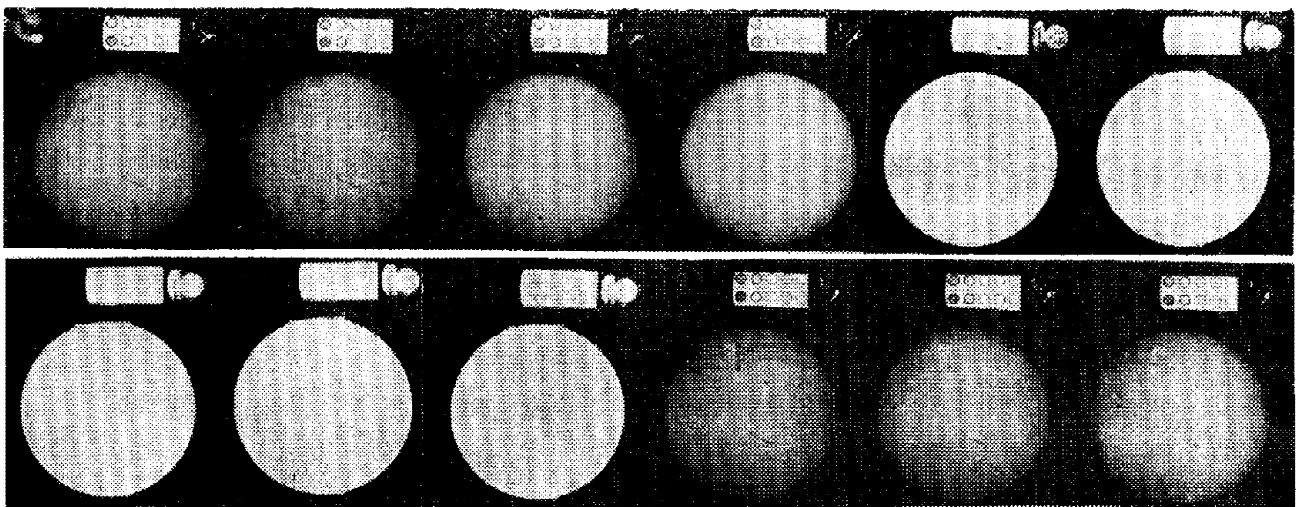


사진 1. 1月 25日 sketch 관측 寫眞

어떠한 light(red lamp 의 light 등) 아래서도 작업이 곤란하므로 完全한 暗黒 속에서 行한다. 現像, 定着, 水洗가 끝난 film 은 乾燥하기 전에 dry well 용액에 30秒 가량 담가 乾燥하는 것이 좋다. 現像, 定着을 아무 단없이 한 귀중한 film 을 乾燥過程에서 흠이 나지 않도록 防止하기 위하여서이다.

이러한 方法으로 1971년 1月 25日 11시 21분 부터 15秒 시간 간격으로 sketch 觀測한 寫眞을 寫眞 1에 보였다. 이날은 haze(실안개)가 끼어 光量이 不足하여 光量調節器의 눈금을 50에 맞추어 觀측하였으며 現像時間 7分, 定着時間 5分 程度로 dry well 용액속에 30秒 정도 담근후 乾燥시켰다. 이 寫眞中 20N, 75W 근처인 E型으로 發達한 黑點群 사이에 flare 가 보인다.

이 寫眞을 30cm 로 확대한 flare 寫眞을 寫眞 2에 나타내었다.

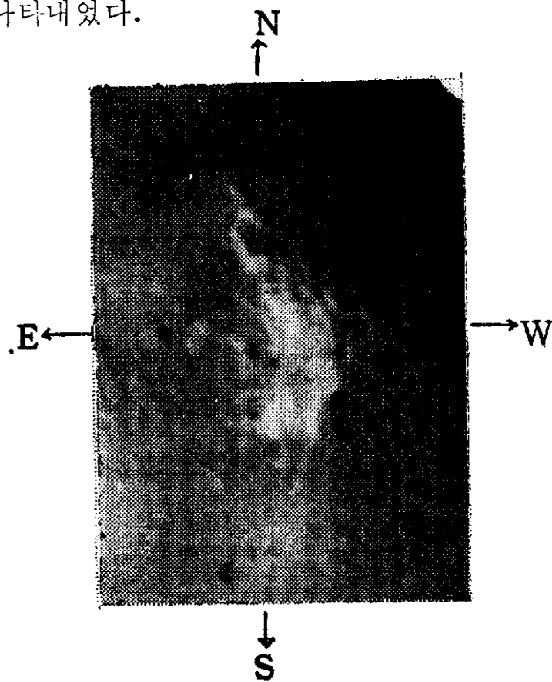


사진 2. flare 寫眞

II. Solar Flare 分析

A. Flare 의 重要度 分析

Flare 는 주로 最大光度 때의 flare 의 면적(sq. degrees)에 따라 그 重要度を 4階級으로 나누고 있다.

1964年 IAU 12次 總會에서 分類하여 1966年 1月 1日부터 各國에서 使用되고 있는 새로운 重要度 表示法은 表 1에서 보는 바와 같다.

表에서 말하는 corrected area(A_c)는 太陽面에

表 1. Importance Classification of Flare

corrected area (sq. degrees)	在來의 重要度	새로운 表示法		
		f	n	b
<2.06	1 ^{-(sub-flare)}	Sf	Sn	Sb
2.06—5.15	1	$1f$	$1n$	$1b$
5.15—12.45	2	$2f$	$2n$	$2b$
12.45—24.65	3	$3f$	$3n$	$3b$
>24.65	3 ⁺	$4f$	$4n$	$4b$

나타난 flare 의 apparent area (A_m)를 太陽中心으로부터의 角距離(heliocentric angle) θ 에 따르는 縮少效果를 補正한 面積이다.

$$\text{即 } A_c = A_m \times \sec\theta.$$

여기서 $\theta = \sin^{-1} \frac{r}{R} - \frac{r}{R} s$ 로 주어지고 R 는 太陽像의 半徑, r 는 flare 의 中心距離, s 는 太陽의 視半徑이므로 apparent area 를 求하면 곧 corrected area 를 얻을 수 있다.

1) Flare 面積計算

表에서 보는 바와 같이 flare 의 重要度は 面積을 計算함으로써 求하여진다. 여기에 東京天文臺에서 corrected area 를 決定하는 方法을 記述하면 다음과 같다.

i) 太陽像을 projector 로 직경 24cm 크기로 擴大한다.

ii) r/R 을 24cm ϕ standard map 으로 求한다.

iii) flare 의 位置를 計算한다.

iv) r/R 과 太陽視半徑 s 로 $\sec \theta$ 의 값을 求한다. (미리 r/R 에 對한 값을 表로 만들어 놓았다.)

v) 24cm ϕ 의 flare 를 sketch 하여 그 面積을 reseau 로 測定하여 apparent area 를 求한다.

$$\text{即 } 0.4525 \text{ reseau} = 10 \times 10^{-6} \text{ disk} \odot$$

$$1 \text{ reseau} = 0.228 \text{ sq. degree}$$

$$= 22.1 \times 10^{-6} \text{ disk} \odot$$

vi) $A_c = A_m \times \sec\theta$

Corrected area 가 求하여졌으므로 重要度を 階級으로 나눌수 있으나 flare 의 밝기를 決定하는 일이 남았다.

2) Flare 의 밝기(f, n, b) 決定

f, n, b 는 各各 faint, normal, bright 의 略字로 flare 의 H_α central intensity 와 adjacent continuous spectrum 의 intensity 와의 比로 決定한

다. 대체로 flare는 adjacent continuous spectrum의 intensity보다 그 flash step에서 1.3 배 이상이 된다.

周知하는 바와 같이 H_{α} -monochromatic heliograph에는 각각 다른 intensity를 갖는 10개의 wedge가 삽입되어 있다. 그러므로 microphotometer로 flare 및 wedge의 intensity를測定함으로써 flare의 밝기를 wedge의 step 차에 따라 비교 측정할 수 있다. 東京天文臺에서 使用하는 比較表는 表 2와 같다.

表 2. Flare 밝기에 따른 wedge step 차

重要度	f	n	b
S·1	2.0 以下	2.0~4.0	4.0 以上
2~4	3.0 以下	3.0~5.0	5.0 以上

B. A Flare on Nov. 16, 1970.

1970年 11月 16日 H_{α} -單色太陽寫眞에 flare가 觀測되었다.

17N, 20W의 位置에 08^h55^m에 나타나 11^h50^m까지 約 3時間 持續한 이 flare는 09^h52^m 頃에 max. intensity를 보였고 本人이 分析한 各各의 計算値는 다음과 같다. (관호속은 東京天文臺 計算値)

- max. apparent area 510×10^{-6} disk \odot
(Tokyo 640×10^{-6} disk \odot)
- corrected area 5.21 sq. deg.
(Tokyo 7.2 sq. deg)
- r/R_{\odot} 0.43
- Importance 2b

또한 같은 날 10S, 14E의 位置에 1b flare가 09^h26^m에 發生하여 09^h51^m에 消滅하였다. max. intensity는 09^h30^m에 나타났고 corrected area는 2.2 sq. degrees 이었다.

2b flare의 24cm ϕ 크기의 sketch 및 時間變化에 따른 light curve를 그림 2 및 3에 나타내었다. 그림 2의 flare sketch 중에 a, b, c, c', d로 나타낸 部分은 09^h52^m 頃의 flare maximum인 때에 보다 밝게 나타낸 部分으로 microphotometer로 intensity를 測定한 順序를 表示하고 그림 3은 09^h35^m부터 10^h42^m까지의 各 sub area의 intensity를 調査하여 그 變化를 알기 쉽게 나타내었다. 最大強度는 c-area가 09^h52^m 頃에 4.4 배를

보이며 10^h07^m과 10^h13^m 頃에 第 2, 3의 極大強度 2.3 및 2.0을 보인다.

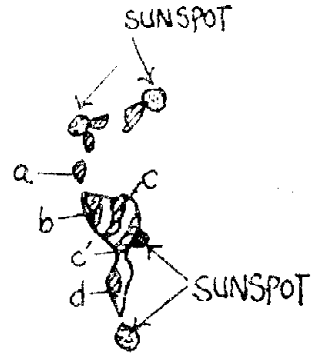


그림 2. Flare sketch

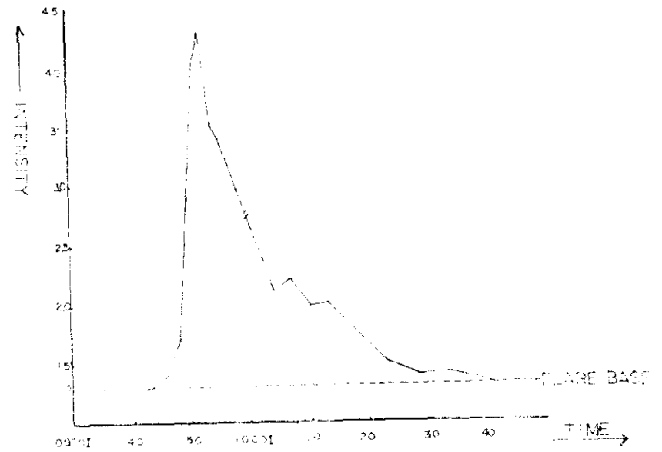


그림 3. Light curve

사진 3은 70年 11月 5日 12^h26^m에 12S, 37E에 나타났던 近來 最大의 4b flare를 直徑 40cm 크기로 擴大한 H_{α} 中心太陽像이다.



사진 3. 4b Flare

III. 謝 辭

잡지도 않은 6個月동안 本人等の 研修生에게 物心兩面으로 지도를 아끼지 않았던 Furuhata 東京天文臺長 이하 全職員, 特히 Moriyama 太陽物理部長과 同部の Hirayama 先生에게 深甚한 感謝를 드린다.

아울러 韓國國立天文臺가 조속히 발족하여 本

人等이 習得한 觀測知識이 韓國天文學界의 發展에 조금이나마 보탬이 될수 있으면 그보다 다행한 일이 없겠다.

끝으로 이와같은 要員海外訓練이 보다 長期的으로 繼續 실시되어 보다 많은 要員이 先進各國에서 修練을 쌓을 수 있도록 政府가 積極적으로 後援하여 주기를 바란다.