

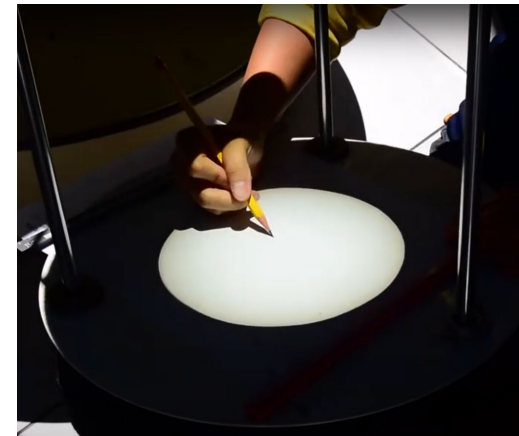
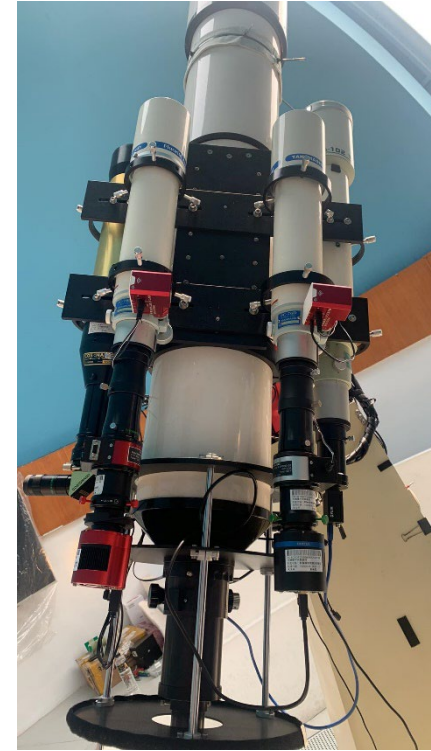


氣象署太陽黑子觀測作業 之數位化發展

黃俊穎
中央氣象署數值資訊組

氣象署太陽黑子觀測

- 自民國35年(1946年)開始觀測記錄太陽黑子，並傳送至比利時皇家天文臺太陽影響資料分析中心 (Solar Influences Data Analysis Center，簡稱SIDC)。
 - 1981年以前資料傳送至瑞士蘇黎世天文臺
- 觀測資料與產品包括
 - 手工繪製太陽黑子投影並量測各項數據
 - 太陽可見光、H-alpha與Ca-K Line影像拍攝
 - 每半年出版黑子報告



太陽黑子資料現公開提供類型

- 太陽黑子觀測報告

- 正式出版報告
- 半年一期

- 太空天氣作業辦公室

每日更新

- H-alpha影像
- K-line
- 可見光影像
- 人工黑子描繪
- 黑子位置SDO影像裁切

太陽黑子觀測

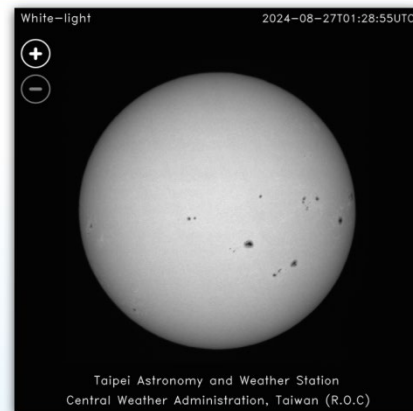
臺北天文氣象站 SDO衛星 AR3790 AR3792 AR3796 AR3798 AR3799 AR3800 AR3803 AR3804

● 可見光影像

○ 人工黑子描繪

※ 單張顯示(靜態)

2024/08/27 UT



可見光

太陽表面影像

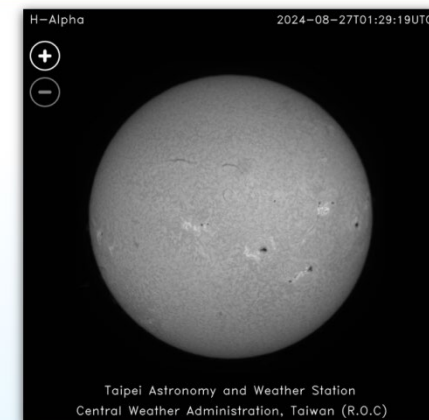
臺北天文氣象站 SDO衛星 GOES衛星

● H-alpha影像

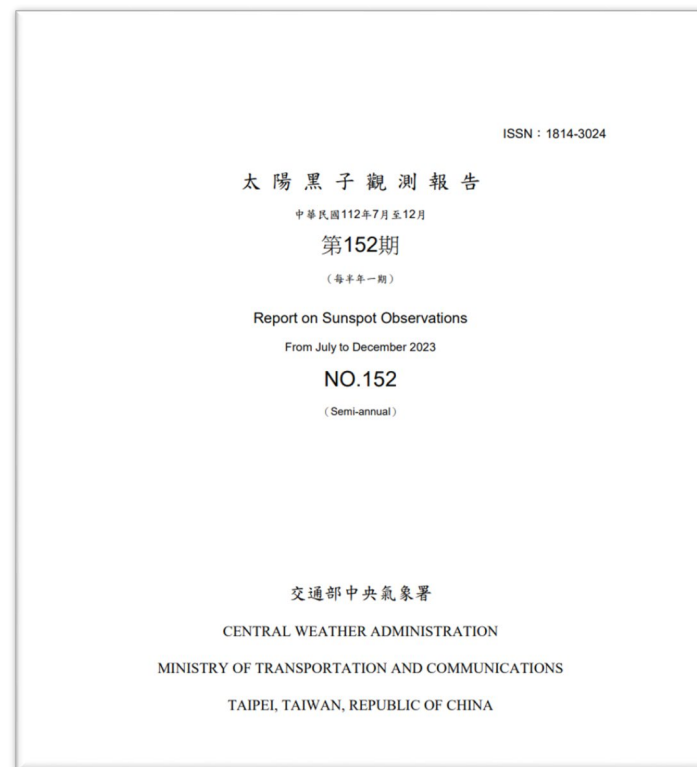
○ Calcium K-Line影像

※ 單張顯示(靜態)

2024/08/27 UT



H-alpha



半年報

太陽觀測資料管理介面



- 協助觀測員**太陽影像**和**黑子資**
訊上傳、查詢與修改。
- 紅字日期表示為當日。
- 顯示品質、太陽自轉軸傾斜角、
表面中心緯度、表面中心經度。
- 顯示可見光、H-alpha與K-line
影像及掃描手繪觀測圖。
- 點擊影像可以放大。
- 編輯人員會依登入人員記錄。

選擇日期:

觀測日期	太陽觀測參數	可見光影像	H-alpha影像	K-line影像	人工描繪圖	編輯人員	編輯
2024-08-28 (三)	Quality : P : B ₀ : L ₀ : Wolf :					(黃俊穎)	觀測資料 黑子列表
2024-08-27 (二)	Quality : 4 P : 19.85 B ₀ : 7.1 L ₀ : 310.77 Wolf : 151					游	觀測資料 黑子列表
2024-08-26 (一)	Quality : 2 P : 19.57 B ₀ : 7.07 L ₀ : 323.89 Wolf : 187					游	觀測資料 黑子列表

太陽觀測影像上傳

- 依日期自動計算
 - 太陽自轉軸傾斜角(P)
 - 太陽表面中心緯度(B_0)
 - 太陽表面中心經度(L_0)
- 太陽黑子影像上傳(jpeg、png)
- 大小建議小於10MB
- 登錄影像的拍攝時間

太陽觀測資料修改 2023-03-11

觀測時間(UTC) 1 : 0 : 0 觀測人員 Hsieh

Quality 5 P -23.65 B_0 -7.23 L_0 175.82 Wolf 155

可見光 0 : 31 : 21 H-alpha 0 : 44 : 0 K-line 0 : 51 : 32 人工描繪圖 1 : 0

White-light 2023-03-11T00:31:21 X

H-alpha 2023-03-11T00:44:00 X

K-line 2023-03-11T00:51:32 X

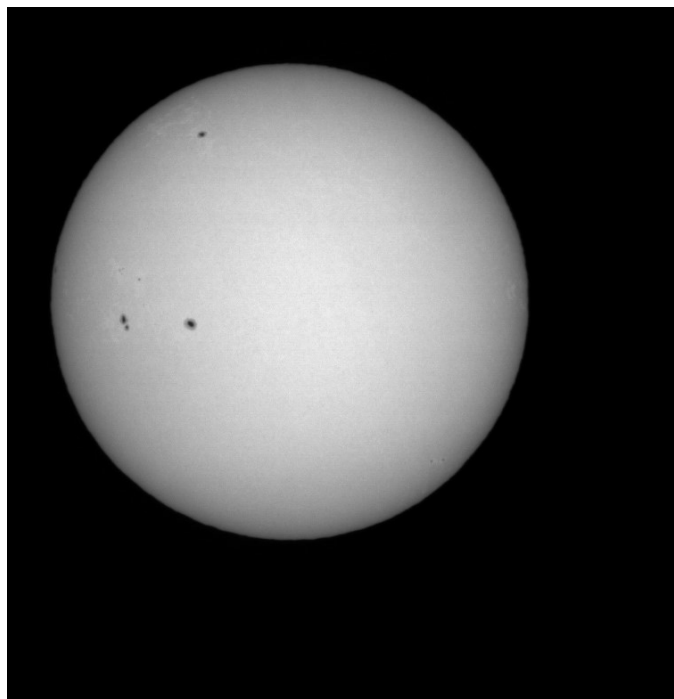
Artificial drawing 2023-03-11T00:01:00 X

選擇檔案 未選擇任何檔案 選擇檔案 未選擇任何檔案 選擇檔案 未選擇任何檔案 選擇檔案 未選擇任何檔案

Close Save

太陽影像規格化重製

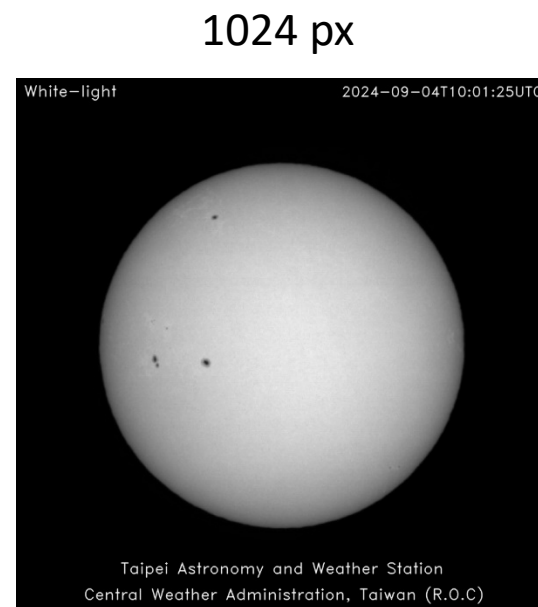
- 觀測員拍攝的影像在調整完亮度對比後，為了能有一致的影像大小與說明，需要擷取出影像中太陽部分置中重製，並加上觀測說明文字。



拍攝影像初步處理後

裁切
縮放

置中
加工



1024 px

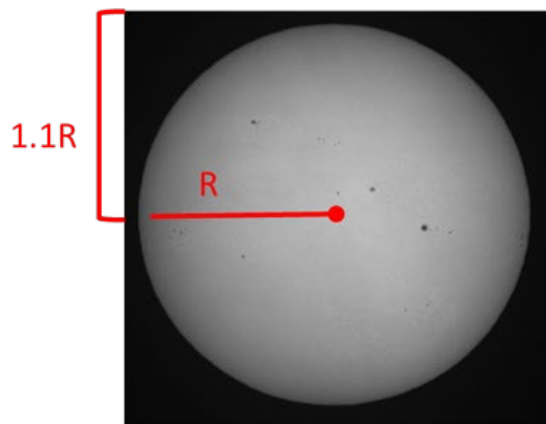
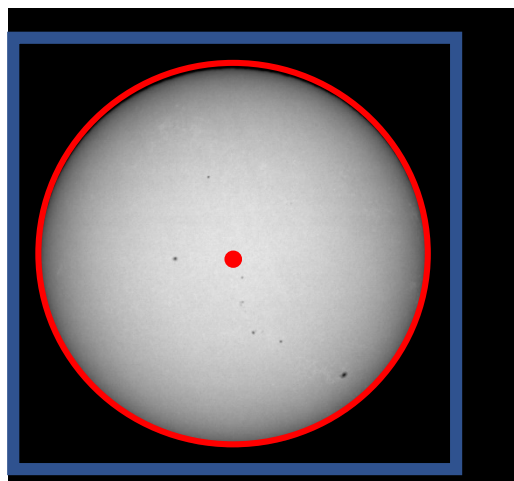
網站提供的固定型式影像

太陽影像規格化處理

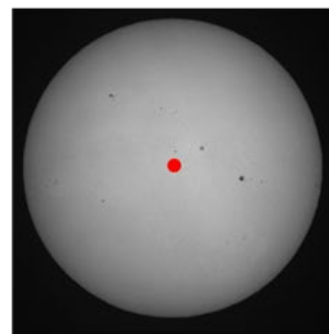


• 影像上傳後自動處理流程

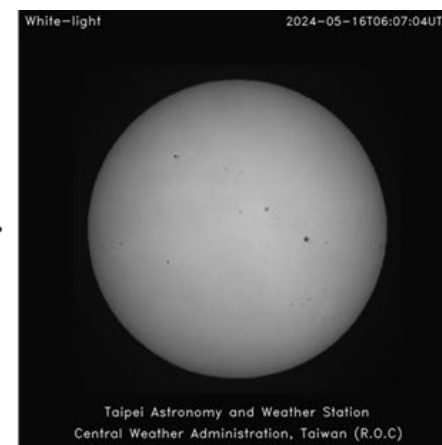
1. 影像從RGB三層轉單層灰階。
2. 影像圓形匹配及定義圓心。(霍夫圓轉換)
3. 為了保留太陽邊緣以外的部分影像資訊，以圓心為中心切出偵測圓形之半徑1.1倍的方形區域
4. 依太陽影像半徑縮放成385px比例縮放切割的方形區域，置於1024px*1024px黑色底圖中央，固定新影像中太陽位置與大小。
6. 打上說明文字：影像波段、觀測時間與氣象署台北天文氣象站產製。



縮小->

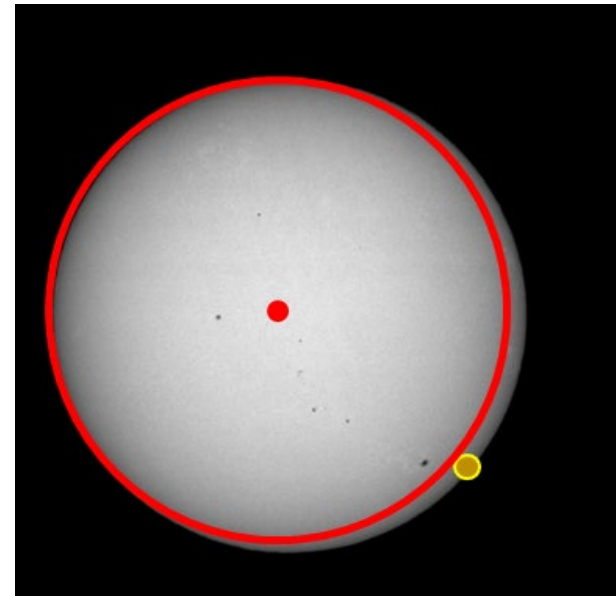
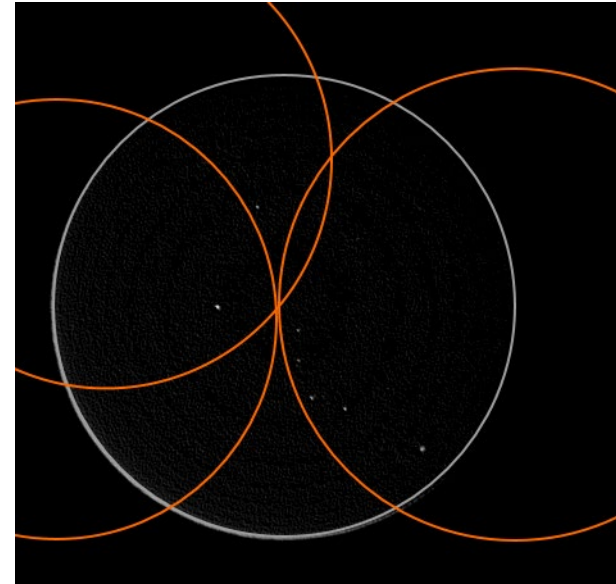


合成->



霍夫圓偵測問題

- 霍夫圓偵測是以霍夫轉換由邊緣去計算機率最高的圓心位置與半徑。
- 當太陽影像邊緣有黑子或有雲遮蔽時，太陽影像邊緣會成為有缺角的圓形導致不匹配圓形偵測，因此圓形的偵測會將太陽影像遠離圓心較暗處視為可能的邊緣，導致圓匹配會內縮與偏心。



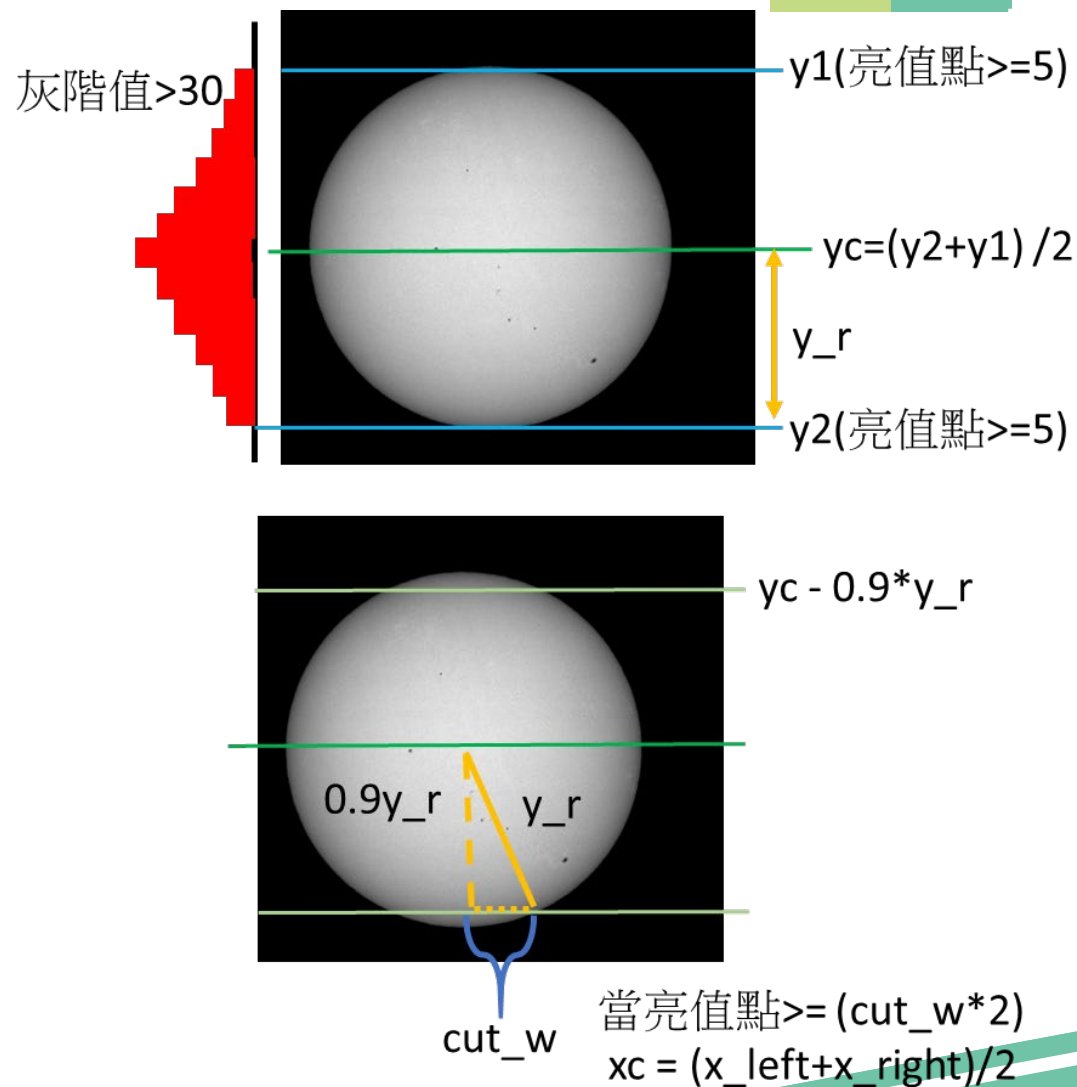
太陽影像偵測修正

• 定義Y軸資訊

1. 灰階值且大於30時標定為亮值(1)。
2. Y軸由上而下計算每一行的亮值總和。
3. 由於太陽黑子不會發生於太陽南北兩極端，太陽影像上下兩端的邊緣會比較穩定，所以當一行亮值總和大於5時定義為上邊界，下邊界則是亮值開始小於5。
4. Y軸中心就定為上下邊界的中間。

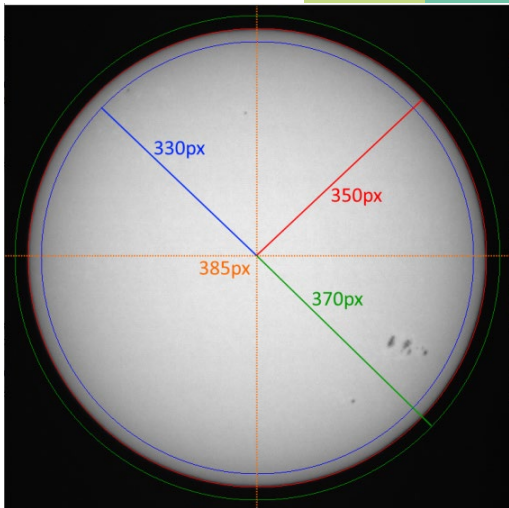
• 定義X軸、圓心與半徑

1. 因為黑子主要發生在中低緯度區，所以取高緯度去作為判斷，以0.9倍Y軸半徑取出太陽影像上下兩行的亮值。
2. 假設太陽接近正圓，以三角函數計算0.9倍Y軸半徑處太陽應有的寬度($\text{cut_w} * 2$)。
3. 分別計算0.9倍Y軸半徑上下兩處的亮值區域(pixel)，並取兩者亮值區域大於應有寬度($\text{cut_w} * 2$)的較大者為計算依據。
4. 定義上者亮值區間的中心為太陽影像X軸中心。
5. 依X軸、Y軸中心與Y軸半徑定義影像切割範圍。



半徑檢驗

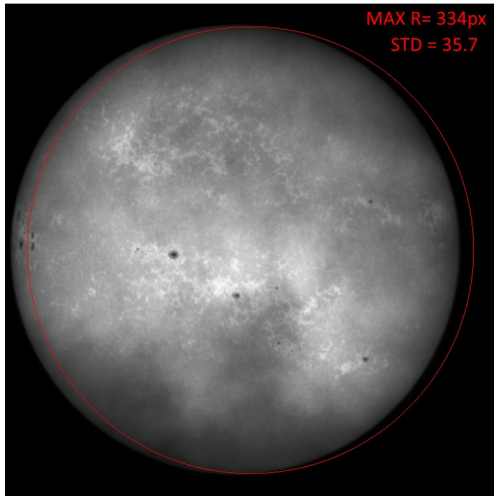
- 因為網站影像是置中過，所以太陽影像不會近日遠日點有大小變化，有固定的大小，所有正確判斷的太陽影像最後都會是半徑350 px。
- 將圖像還原取中間長寬770px區域以去除說明文字。
- 分析2022/01~2024/08有觀測的可見光、H-alpha與K-line。
- 計算從半徑330px至380px平均亮度的最大梯度處，假定最大梯度處就是最顯著的邊緣，分析該半徑是否符合假定半徑350px。
- Q值表示觀測品質，5為最好1為最差。



半徑(px)	<345	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	>355
可見光	3	0	0	0	10	11	354	45	2	0	0	0	0
可見光Q>3	2	0	0	0	9	9	304	40	2	0	0	0	0
H-alpha	1	0	0	1	15	13	376	9	9	0	0	0	0
H-alpha Q>3	1	0	0	1	12	12	323	7	9	0	0	0	0
K-Line	4	0	0	2	2	2	244	101	64	1	2	0	0
K-Line Q>3	1	0	0	2	2	2	209	87	57	1	2	0	0

圓心檢驗

- 將圖像還原取中間長寬770px區域以去除說明文字。
- 從半徑檢測中的最大梯度半徑符合去計算標準差。
- 當圓心計算有誤時，上述半徑圓的亮值間應該有較大的差異，所以藉由亮值標準差去看是否有明顯圓心計算錯誤。
- 由分析經驗來看當圓心定義偏差在3px內STD小於15，5px小於20，會明顯看出影像偏斜要到STD>30。
- Q值表示觀測品質，當整個太陽影像品質不佳時預期在太陽半徑與圓心的偵測也會有問題，所以額外檢驗Q>3時的結果。



	總數	STD>15	STD>20	STD>30
可見光	425	81	25	0
可見光Q>3	366	66	21	0
H-alpha	424	24	3	0
H-alpha Q>3	365	20	3	0
K-Line	422	8	1	1
K-Line Q>3	363	4	0	0

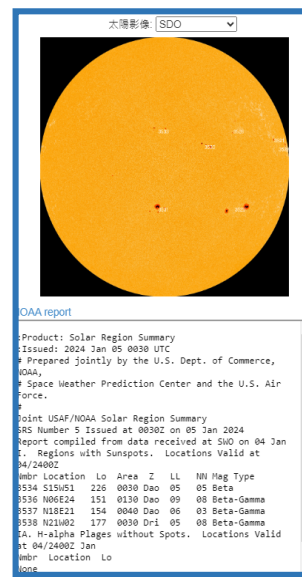


太陽黑子觀測記錄介面

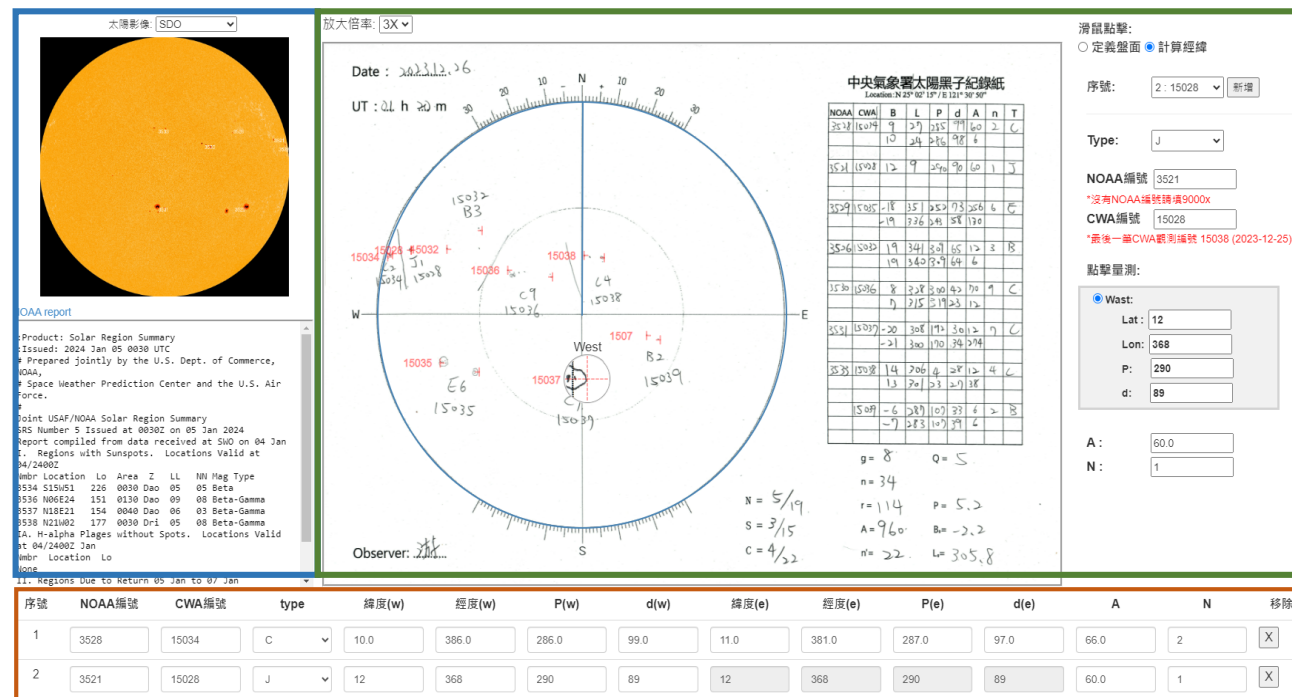
- 供觀測員將人工黑子描繪的量測數據上傳。
- 黑子描繪會記錄的資訊
 - ❑ CWA及NOAA的黑子編號
 - ❑ 黑子的型式(type)
 - ❑ 黑子相對中心的方位角(P)與距離(d)
 - ❑ 黑子於太陽表面的經緯度，分西界(w)與東界(e)
 - ❑ 黑子面積(A)與數量(N)
- 介面提供NOAA當日報告及影像供觀測員參考。
- 黑子經緯度可由輸入觀測員量測的方位角與距離，搭配當日的太陽傾斜角(P)、 B_0 與 L_0 自動計算獲得，也可利用滑鼠點選方式取得方位角與距離後計算獲得。



NOAA資訊



圖像黑子經緯計算區



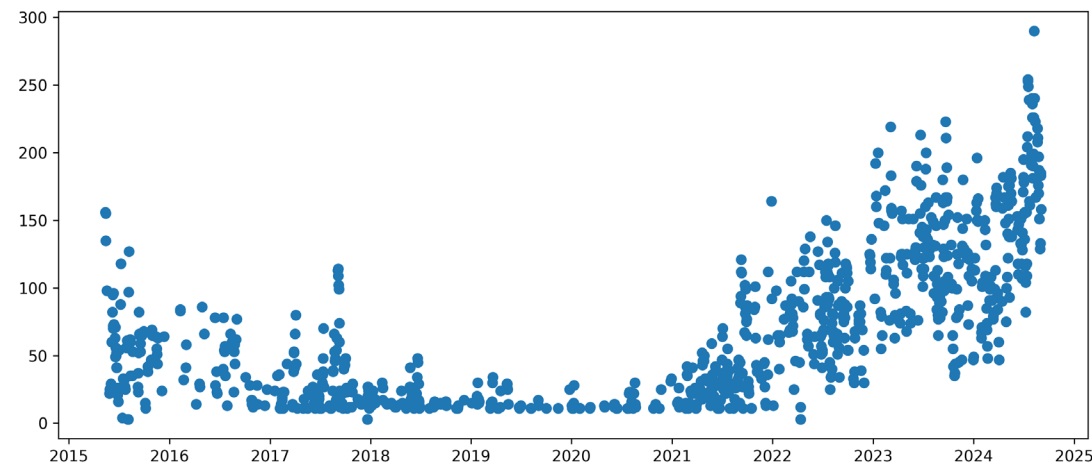
黑子資訊列表區

觀測數位化應用

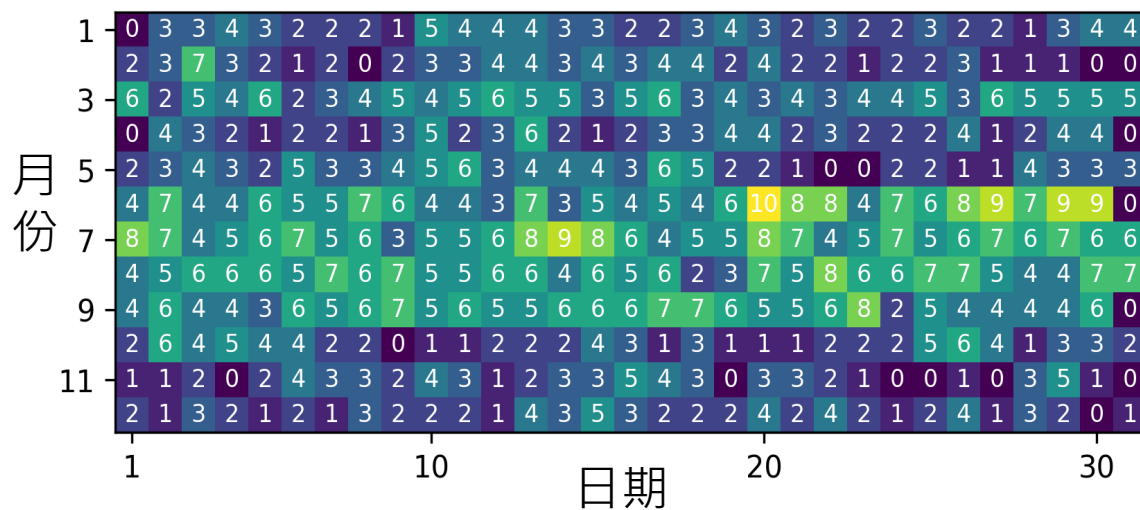
- 台北有觀測日數的季節變化
- CWA Wolf number 變化
- CWA 黑子緯度變化
- CWA與NOAA黑子觀測差異
 - 統計2021-03-01至2024-08-31
 - CWA有編號爾後NOAA有對應黑子: 324
 - CWA有編號但NOAA沒有: 187



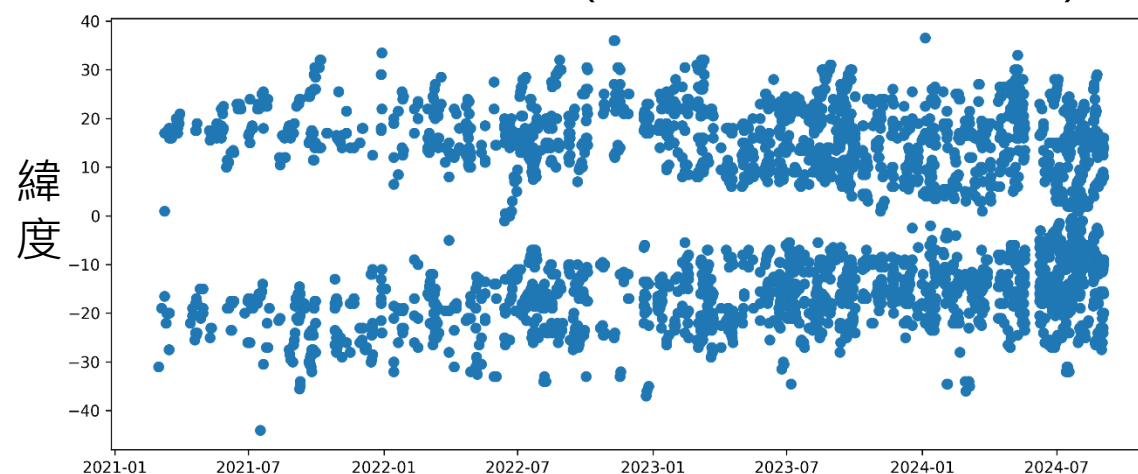
CWA Wolf number(沃夫數)



2015/5/16 ~ 2024/8/31 有觀測日數統計



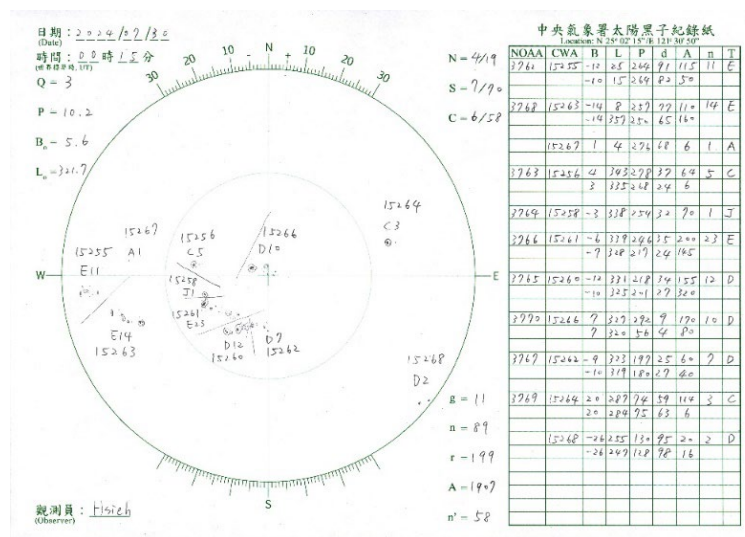
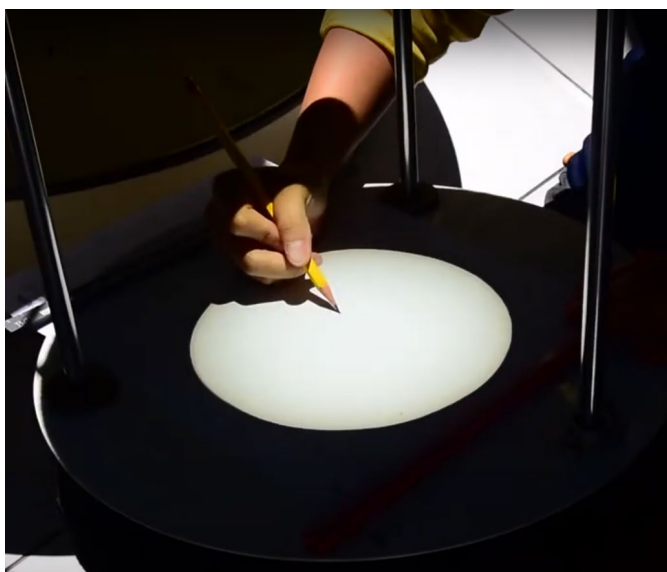
CWA 太陽黑子緯度(2021-03 至 2024-08)



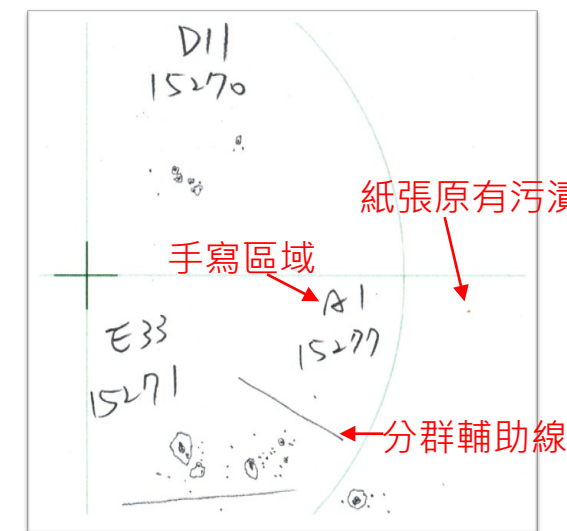
太陽黑子觀測數位化未來方向



- 觀測作業數位化(在黑子描繪時就數位化)
 - 以攝影設備輔助電子繪圖板
 - ✓ 不須後期額外做數位化
 - ✗ 過往手繪觀測的延續問題
 - ✗ 數位精度問題(影像與繪圖)
- 觀測數據數位化(將手繪黑子圖數位化)
 - 自動化影像辨識手工描繪紙
 - ✓ 維持現有作業且不增過多數位化工作
 - ✗ 紙張與掃描的原有污漬
 - ✗ 手繪輔助線的分群手寫編號的辨識度



紀錄紙以不同顏色區分鉛筆的觀測繪製

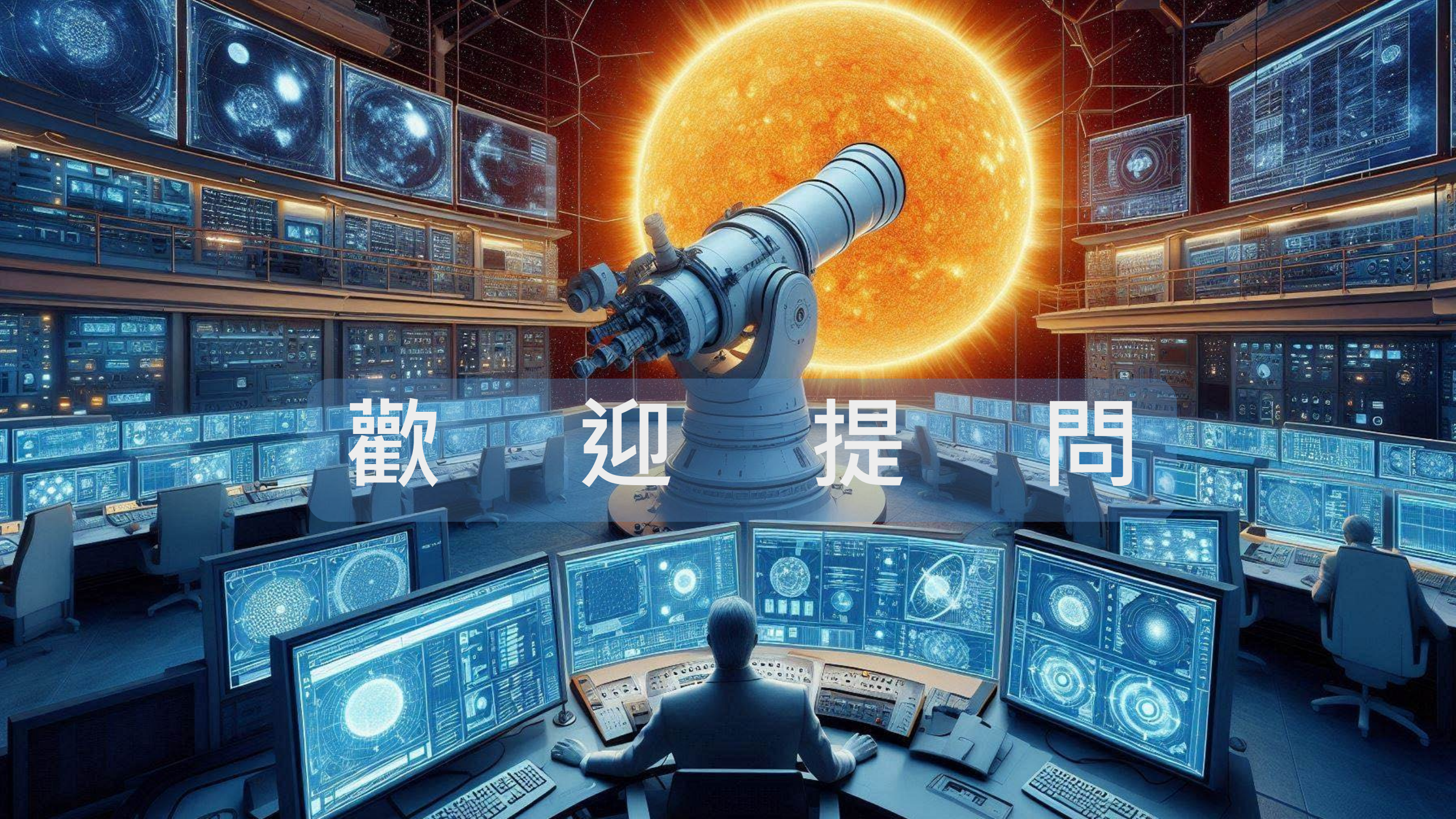


影像辨識挑戰點

結語-太陽黑子觀測數位化目標

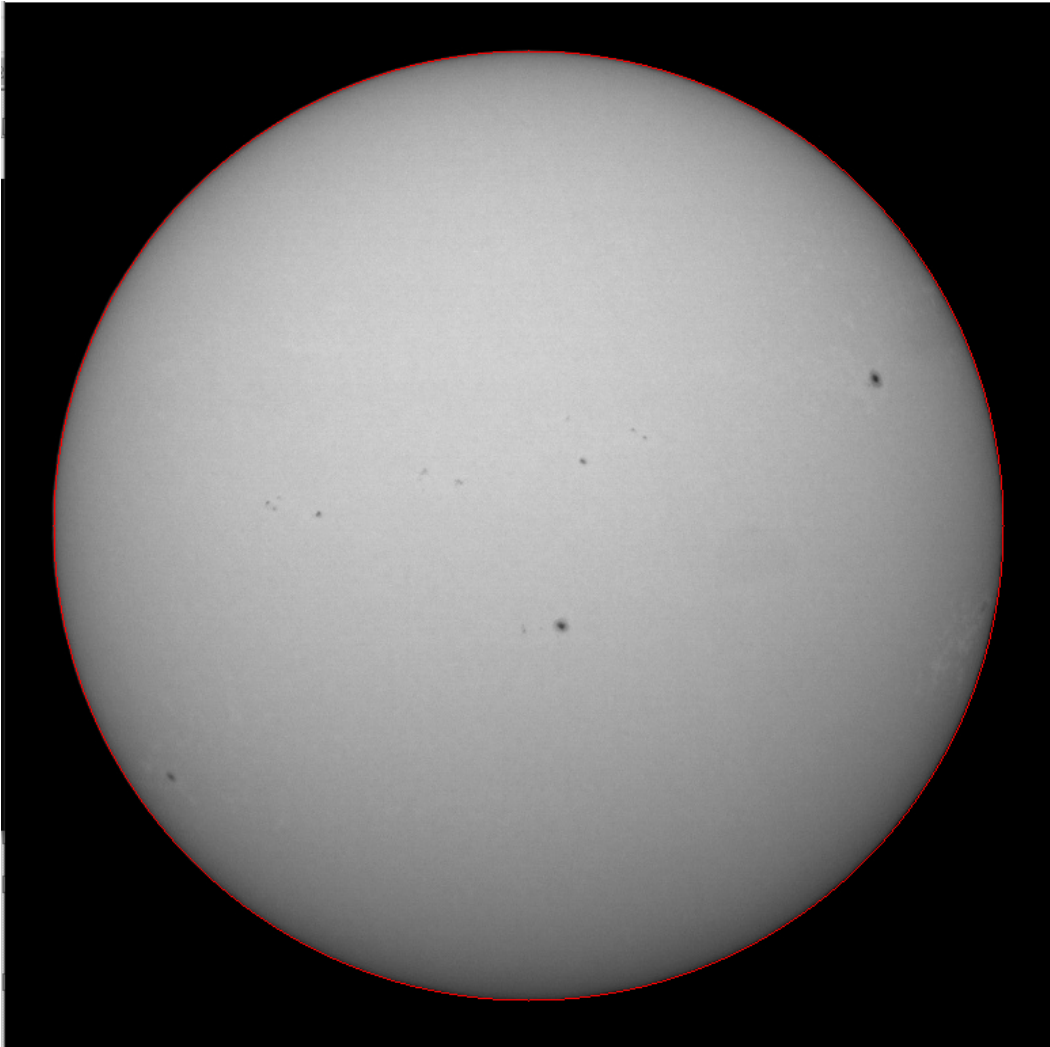


- 協助觀測員將觀測資訊可以更加簡便的製成產品公開。
- 提供固定一致的資料處理流程，並可從中加入偵錯機制。
- 數位化後的資訊可快速進行產品再製與太空天氣相關分析。
- 思考降低觀測員的觀測作業時間，並簡化對觀測能力需求，讓未來太陽黑子觀測可以不侷限於台北天文氣象站內。

A detailed illustration of a futuristic astronomical observatory control room. In the center, a large, white, multi-segmented telescope is mounted on a circular base, pointing towards a massive, glowing orange sun that fills the background. The control room is filled with numerous computer monitors displaying various astronomical data, including star maps, spectra, and images of celestial bodies. Several people are seated at desks, working on the equipment. The room has a high ceiling with a grid of lights and a balcony with more monitors. The overall atmosphere is one of advanced scientific research and exploration.

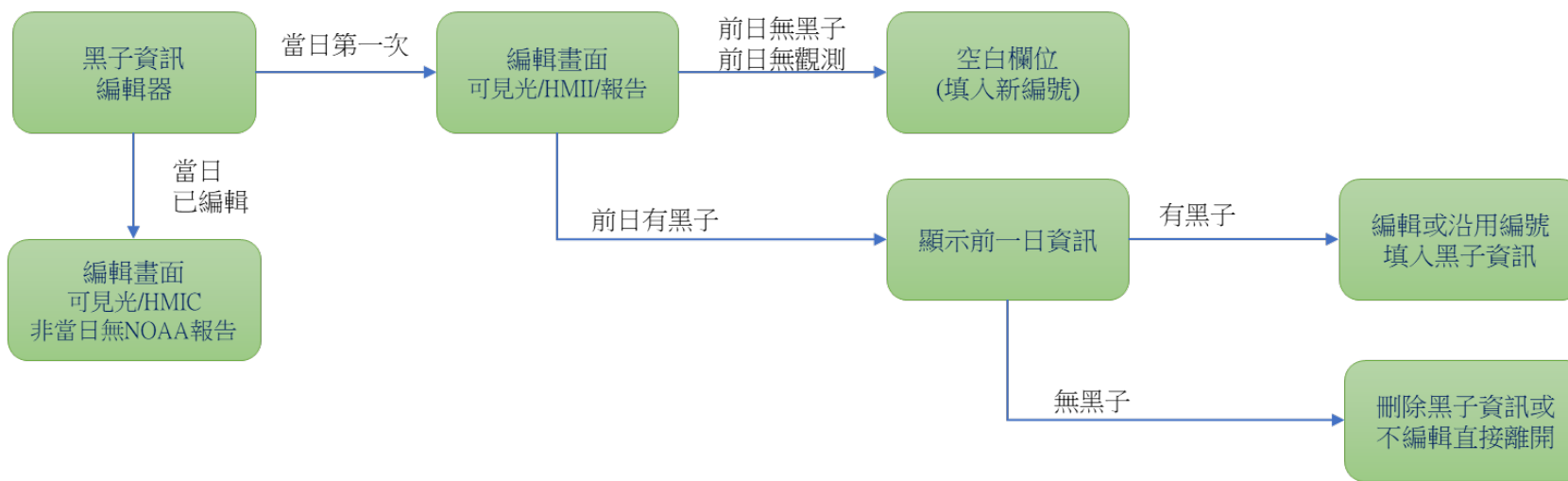
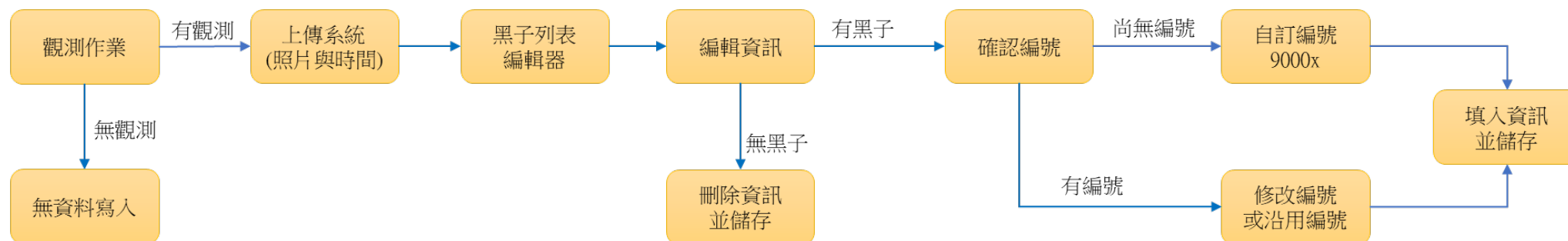
歡迎提問

太陽影像半徑平均亮度



R	mean	STD	diff
340	107.9917	20.80952	2.019444
341	105.9722	20.77871	2.244444
342	103.7278	20.3929	2.666667
343	101.0611	20.31835	2.625
344	98.43611	19.93619	3.772222
345	94.66389	19.81542	3.961111
346	90.70278	19.56266	6.508333
347	84.19444	19.21171	11.13333
348	73.06111	19.83492	21.30833
349	51.75278	26.77857	30.53611
350	21.21667	24.15098	17.68611
351	3.530556	7.479911	3.130556
352	0.4	0.742369	0.113889
353	0.286111	0.682175	0.030556
354	0.255556	0.663511	0.091667
355	0.163889	0.469428	0.080556
356	0.083333	0.314024	0.038889
357	0.044444	0.219145	0.019444
358	0.025	0.156125	0.019444
359	0.005556	0.074328	0.005556
360	0	0	

太陽影像與黑子資訊上傳流程



太陽黑子資訊與SDO影像裁切放大

- 根據NOAA和CWB提供的黑子經緯度取平均後作為中心
- 以NASA\SDO 4096x4096px影像為基準，轉換成影像的PIXEL值
- 裁切寬高400px，位在邊緣的影像會補上黑底
- 加上太陽黑子編號、時間、影像來源和氣象局LOGO
- 依照黑子編號分資料夾儲存並產生檔案清單供SWOO網站使用

