



捕捉星河之美

天文攝影的基本概念

陳子翔

2023.02.08 | 星路歷乘 | 林彥興



徐安廷



Rogelio Bernal Andreo



NASA, ESA, CSA, STScI

What is astrophotography?

什麼是天文攝影

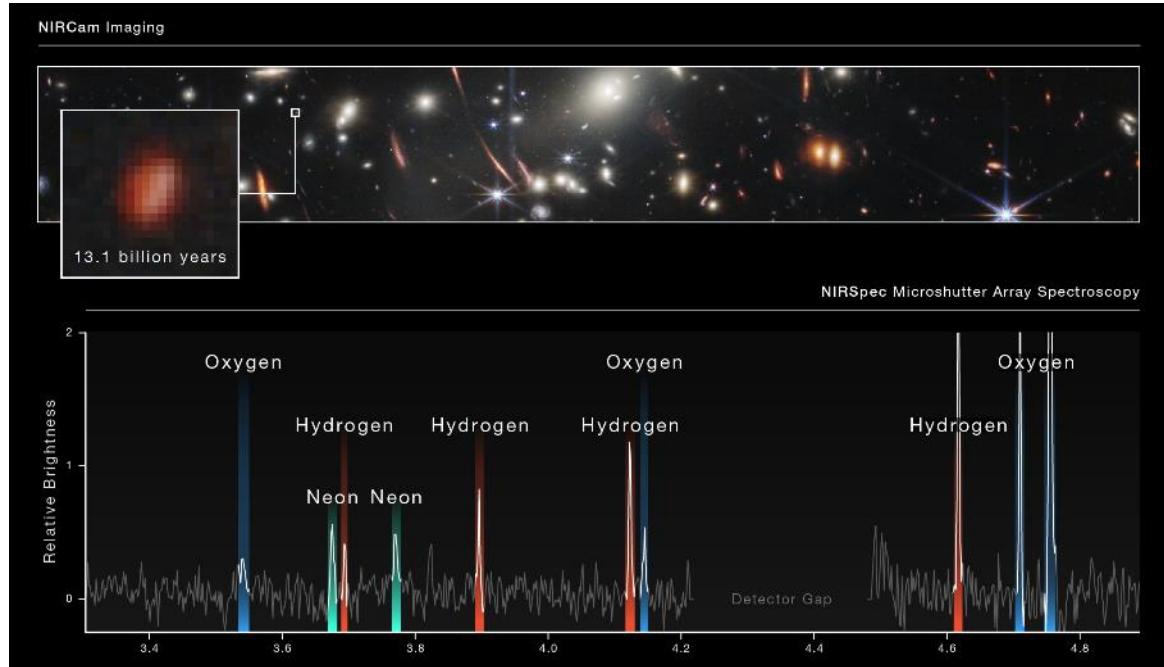
天文攝影為一特殊的攝影技術

可記錄各種天體和天象，月球、行星甚至遙遠的深空天體

維基百科〈天文攝影〉 2023.02.08

The purpose of astrophotography

天文攝影的目的



科學分析 | 專業天文觀測



藝術欣賞 | 業餘天文攝影

Different types of astrophotography

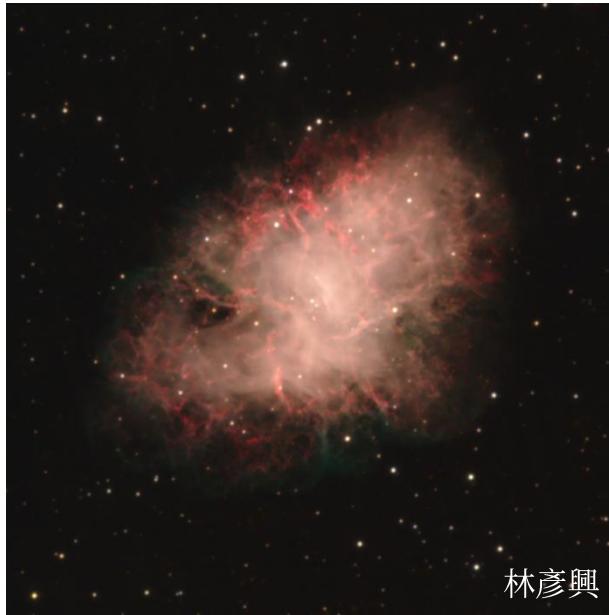
天文攝影的分類

從業餘天文攝影的觀點看，天文攝影一般可以分成三種



徐安廷

固定攝影



林彥興

深空攝影



NASA, ESA, and A. Simon
(Goddard Space Flight Center)

行星攝影



Fixed tripod astrophotography **固定攝影**

設備：

- 腳架（用來穩定你的相機以長時間曝光）
- 相機／手機（用來聚焦與捕捉光線）

多數人入門的天文攝影方式

與一般攝影所需的技術和設備相差無幾
取好景，設好參數，按下快門，拿到照片

常見形式：星軌／星座／銀河



徐安廷



陳子翔



林彥興



楊順嘉〈銀河〉

時間：2019.08.05 - 2019.08.06

地點：合歡山瑪雅平台

目標：銀河

器材：HTC U Ultra

參數：iso1600 8sec x178 w/ dark flat bias

高級的儀器固然容易拍出好的照片
但只要有正確的知識與技術
隨手可得的設備也能有不凡成果！



A Guide to Smartphone Astrophotography



Easy 拍星空10 用手機拍攝月球

文、圖 / 吳昆臻

107年7月27日清晨將上演今年唯二的第二次月全食奇觀，同時也是今年最小滿月，若使用手機或一般消費型相機直接拍月球，拍下的月球總是小小顆，更不用說要呈現出月球表面情景。本篇將分享使用較簡易方式拍出大的月球，並拍下月球表面情景的攝影方式。

間接放大攝影拍攝

要將月球拍得清楚大大的，得使用長鏡頭拍攝，不過手機及一般消費型相機都是搭配廣角鏡頭，拍攝到的月球當然就會小小的，而且手機及一般相機也不能像單眼相機透過更換鏡頭與長鏡頭或望遠鏡對接得到放大影像，如果手邊有望遠鏡可試著讓相機或手機鏡頭貼近望遠鏡目鏡端，將望遠鏡中放大的成像拍攝下來，這種拍攝的方式稱為「間接擴大攝影」（也稱準直法）。

$$\begin{aligned} \text{間接擴大攝影計算公式} \\ &= \text{望遠鏡倍率} \times \text{相機鏡頭焦距} \\ &= \frac{\text{物鏡焦距}}{\text{目鏡焦距}} \times \text{相機鏡頭焦距} \end{aligned}$$

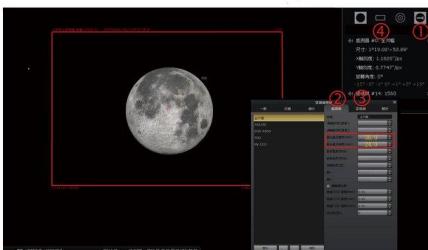
若望遠鏡放大倍率為60倍，相機拍攝範圍的等效焦距* 註為26mm，拍攝範圍相當於焦距1560mm ($60 \times 26 = 1560$) 長鏡頭的拍攝範圍。



以間接放大攝影方式拍攝，手機也可以拍到大大的月球。



← 將手機及一般消費型相機鏡頭貼近望遠鏡目鏡端，就可將望遠鏡中放大成像拍攝下來。



利用Stellarium軟體的「望遠鏡模擬」功能，即可事先得知不同焦長拍攝月球情況。
 ①開啓「望遠鏡模擬」設定。
 ②在感測器中設定感應器尺寸，若是全片幅（135）相機或是要計算等效焦距，感光晶片長寬設定分別為24及36。
 ③在望遠鏡中設定鏡頭焦距。
 ④完成②、③步驟後，按下方框即可顯示拍攝範圍。



Direct focus astrophotography

直焦攝影

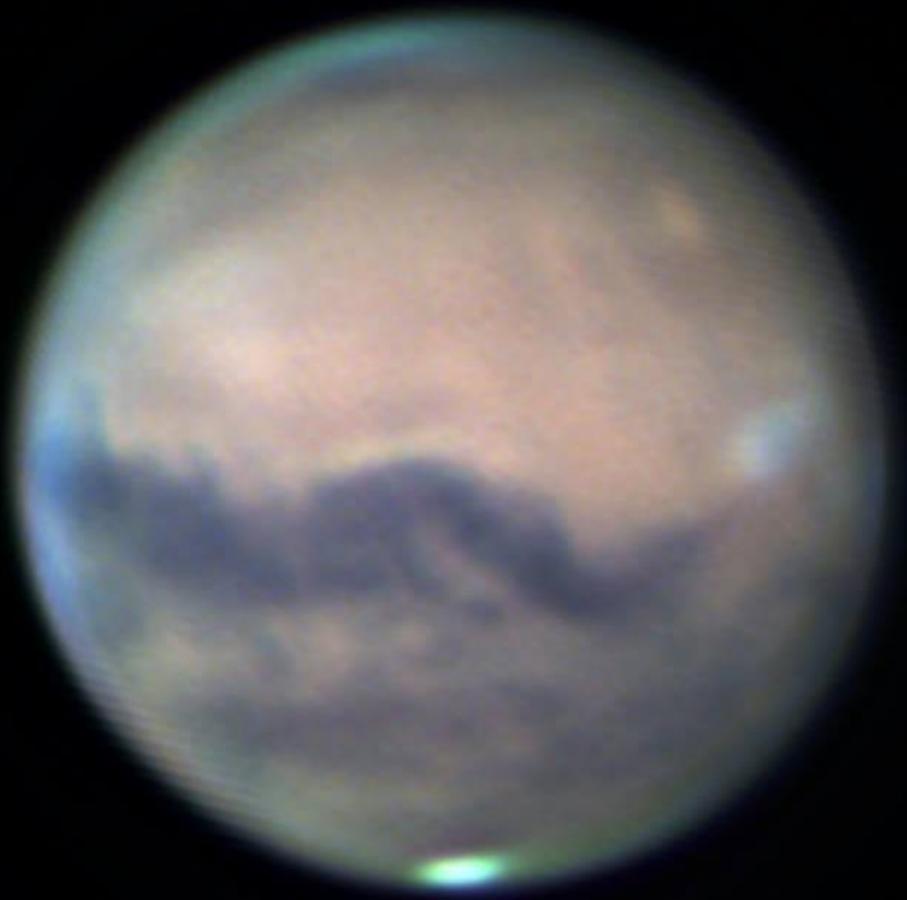
設備：

- 腳架（撐起設備）
- 赤道儀（目標追蹤）
- 望遠鏡（收集光線）
- 單眼相機 / 冷卻相機

常見目標：星雲／星團／星系

藉由望遠鏡與赤道儀，直焦攝影讓能夠我們拍攝更小更暗的目標。

天文社的一大深造路線。



Planetary astrophotography

行星攝影

設備：

- 腳架（撐起設備）
- 赤道儀（目標追蹤）
- 望遠鏡（收集光線）
- 冷卻相機

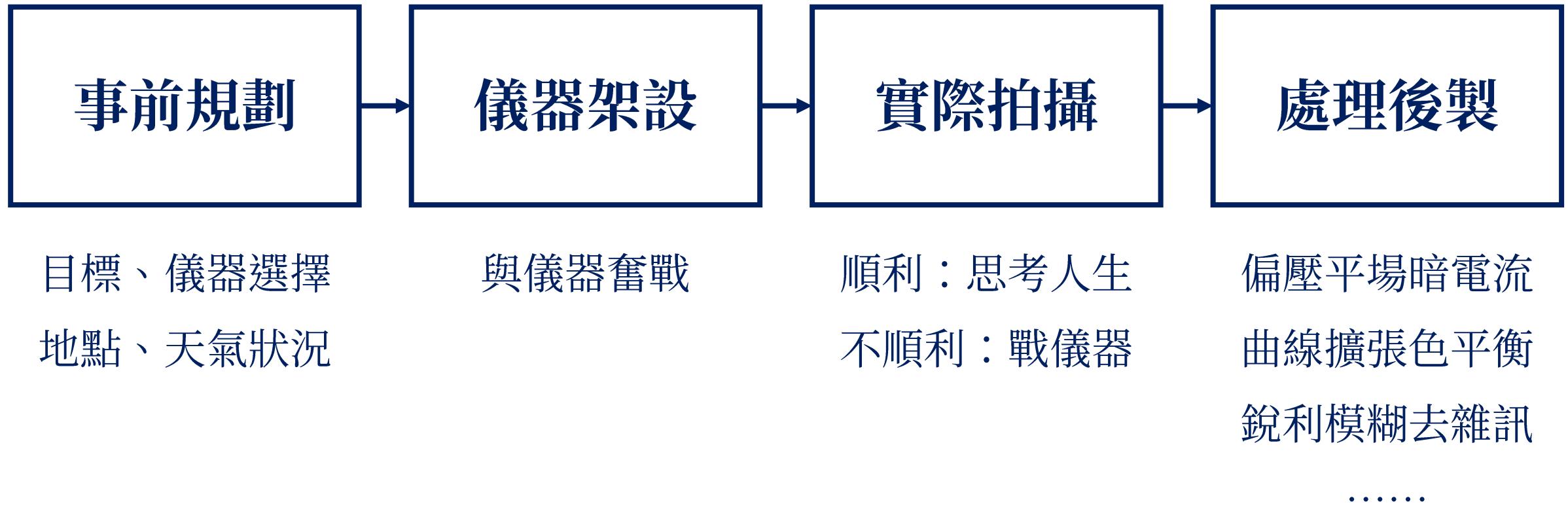
常見目標：行星

以非常大的放大倍率拍攝非常小的
行星等天體。

以錄影的方式避開大氣擾動的影響

Basic workflow

天文攝影的基本流程



Step 1: Observation plan

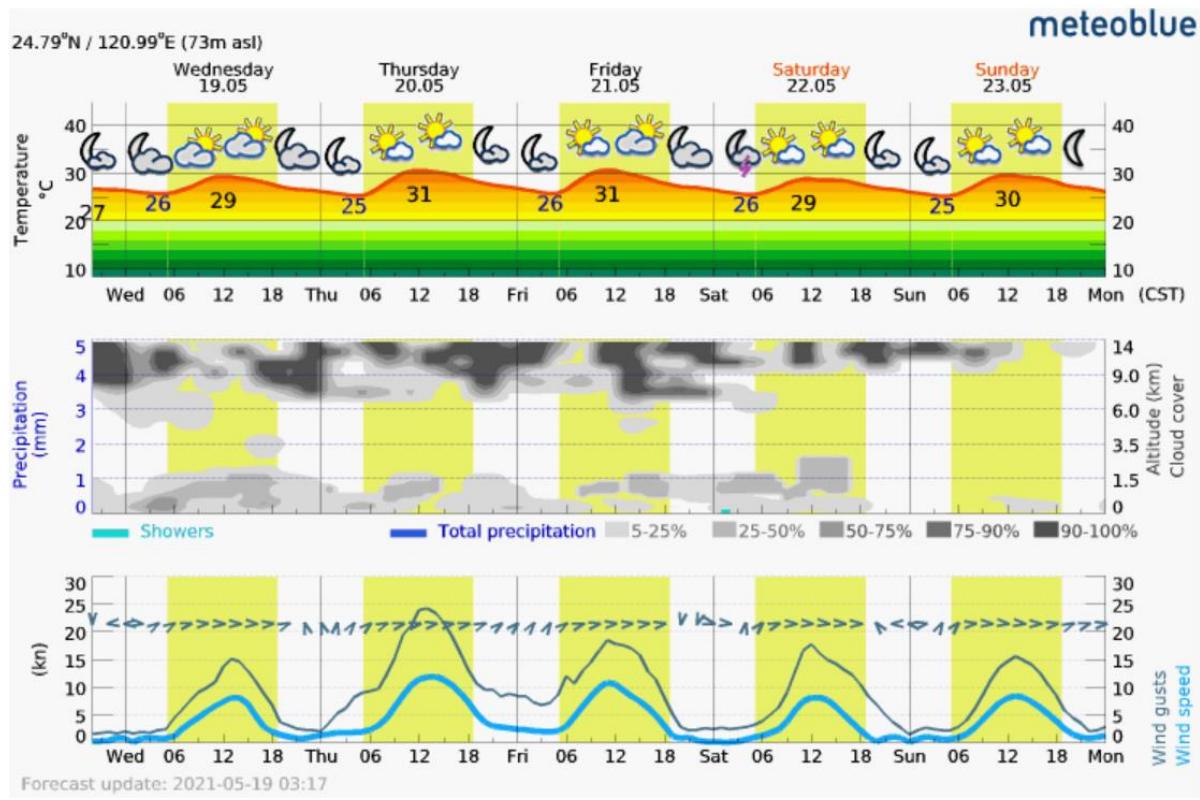
第一步：事前規劃

- 我要在哪裡觀測？
- 我什麼時候可以觀測？
- 我觀測的時候天上有什麼？
- 我的儀器拍得到哪些目標？
- 想拍到這些目標，我需要哪些裝備？
- 這些裝備占多少空間？
- 裝備需要多久時間架設？
- ……還有很多很多。





Stellarium 免費好用值得探索



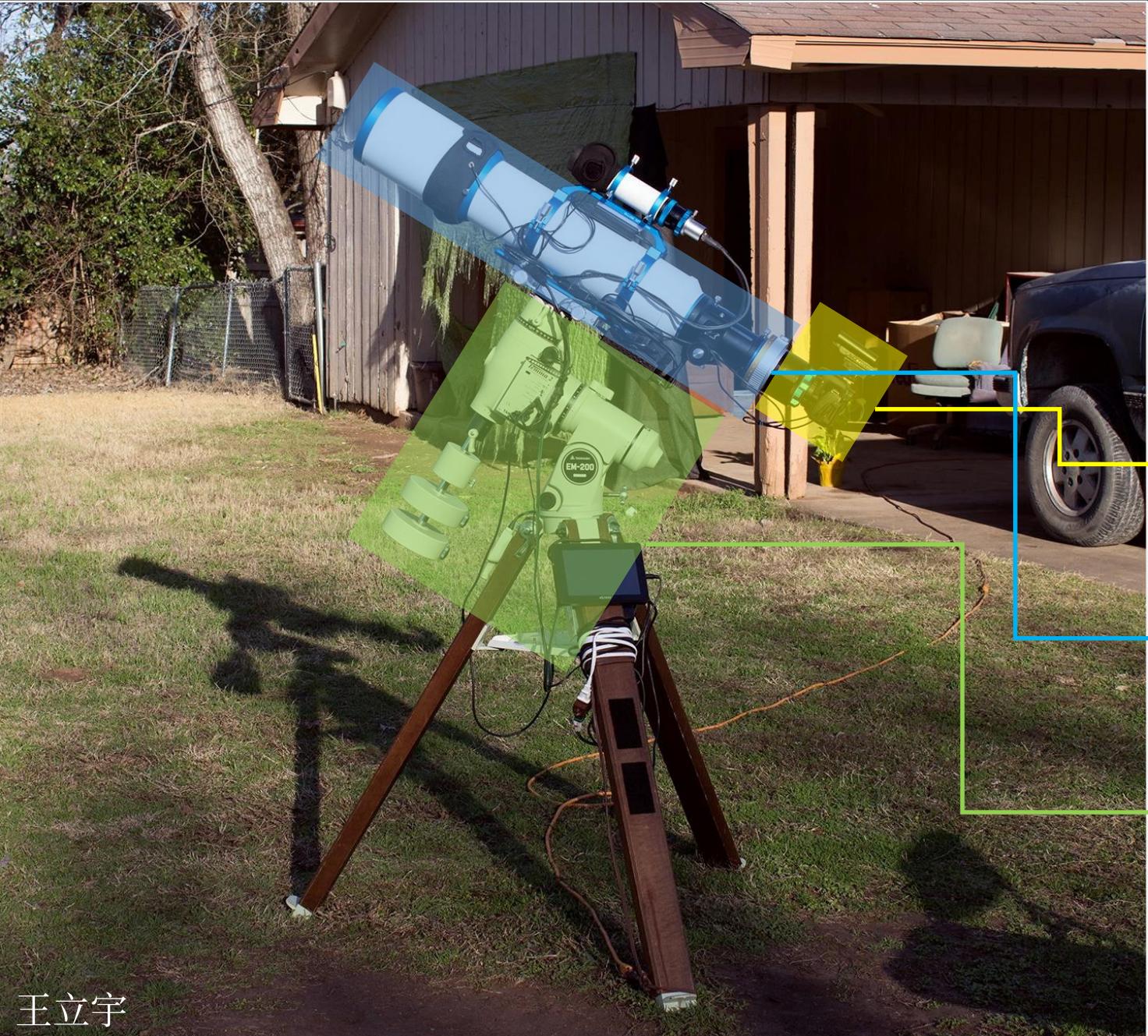
Step 2: Instruments setup

第二步：儀器架設

- 理解每個儀器的存在意義與功能
- 按照規劃正確地組裝儀器
- 對焦、平場等能在白天完成的工作
盡量快點完成，不要摸黑進行
- 測試儀器狀態，確保天黑後能馬上開拍
- 差不多同個時間，
其他人可以去準備晚餐、消夜等等。
- 拍攝完成後將儀器拆解歸位



天文攝影設備



儀器系統 (Instrument)
接收與紀錄光子

光學系統 (Telescope)
蒐集並聚焦光子

追蹤系統 (Tracking)
確保追蹤穩定

Telescopes

望遠鏡

- 根據偏折光線的物理原理，可以分為
 - 折射式** (Refracting telescope)
使用透鏡折射光線。結構簡單易使用、維護。
結構問題難以做大。色差、像差都有。
 - 反射式** (Reflecting telescope)
使用面鏡反射光線，無色差。專業天文望遠鏡主力。
 - 折反射式** (Catadioptric telescope)
主反射鏡 + 修正透鏡。業餘大口徑望遠鏡常見。



鴻宇光學



鴻宇光學

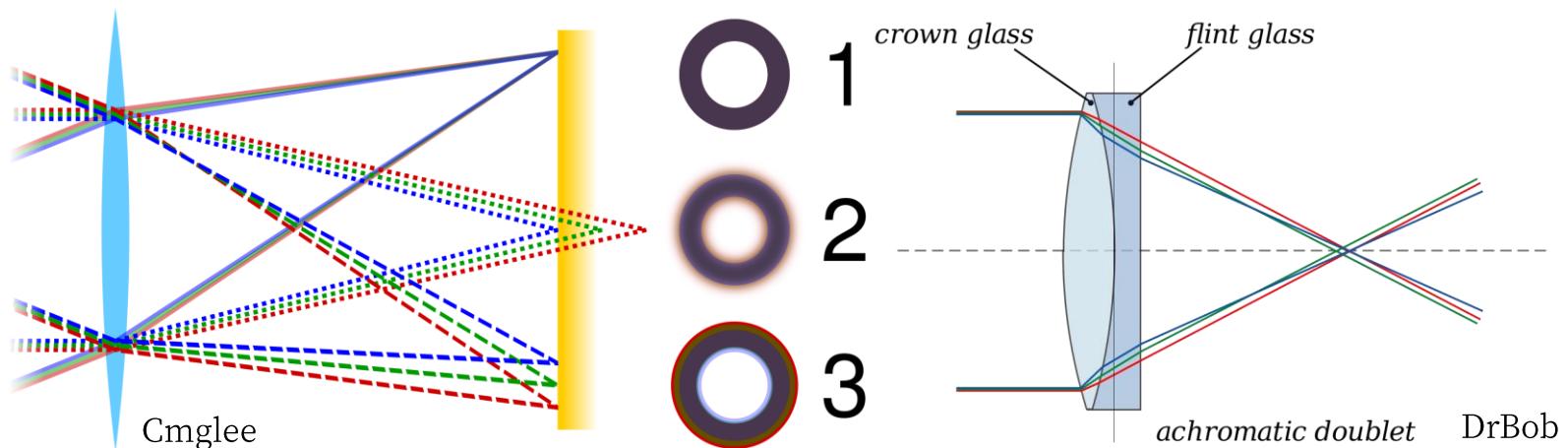


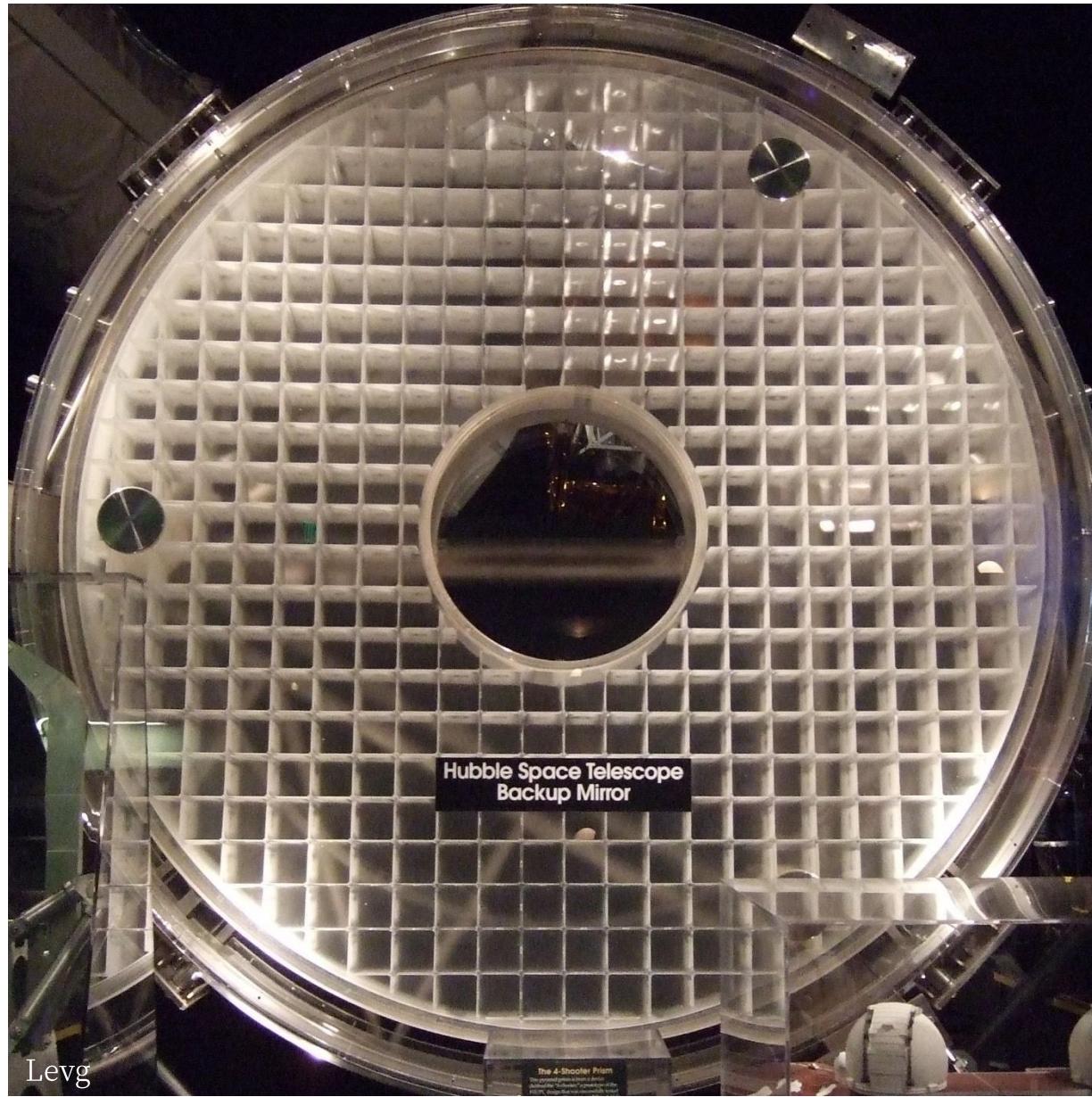
Celestron



S&T Archive

- 世界最大的折射式望遠鏡：
葉凱士天文台 Yerkes Observatory (102 cm 主鏡)
- 台灣最大的折射式望遠鏡：
清大天文台 NTHU Observatory (25 cm 主鏡)
- 色差 / 色像差 Chromatic aberration
鏡片材質對不同頻率的光折射率不同，以多鏡片修正





Levg

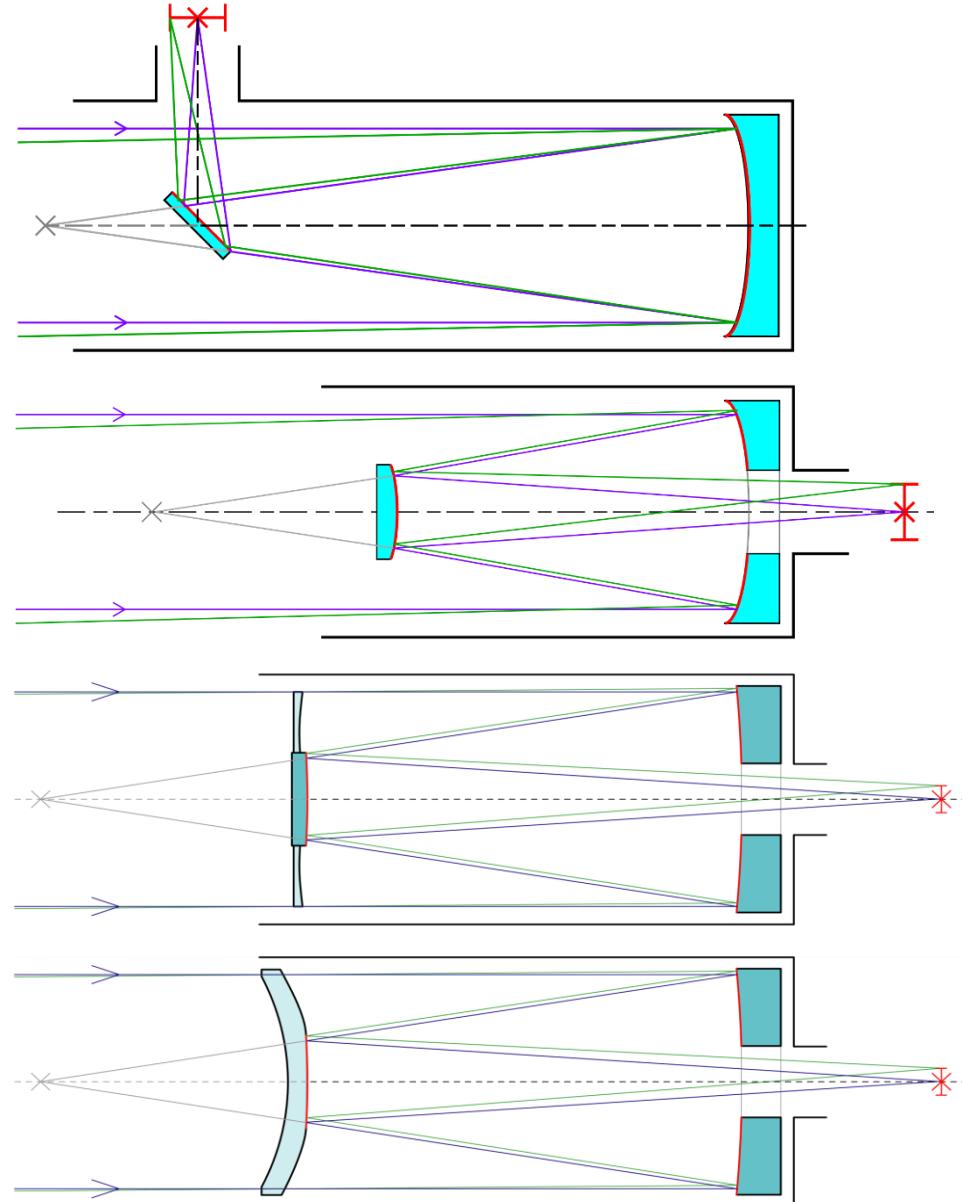


Chris Gunn

Telescopes

望遠鏡

- 根據使用的光學路徑：
 - 牛頓 Newtonian
焦長 ~ 鏡身長，視線與光軸不同軸。
 - 蓋賽格林 Cassegrain
焦長 ~ 2 倍鏡身，視線與光軸同軸。
- 根據使用的修正鏡
 - 施密特 Schmidt
 - 馬可士托夫 Maksutov



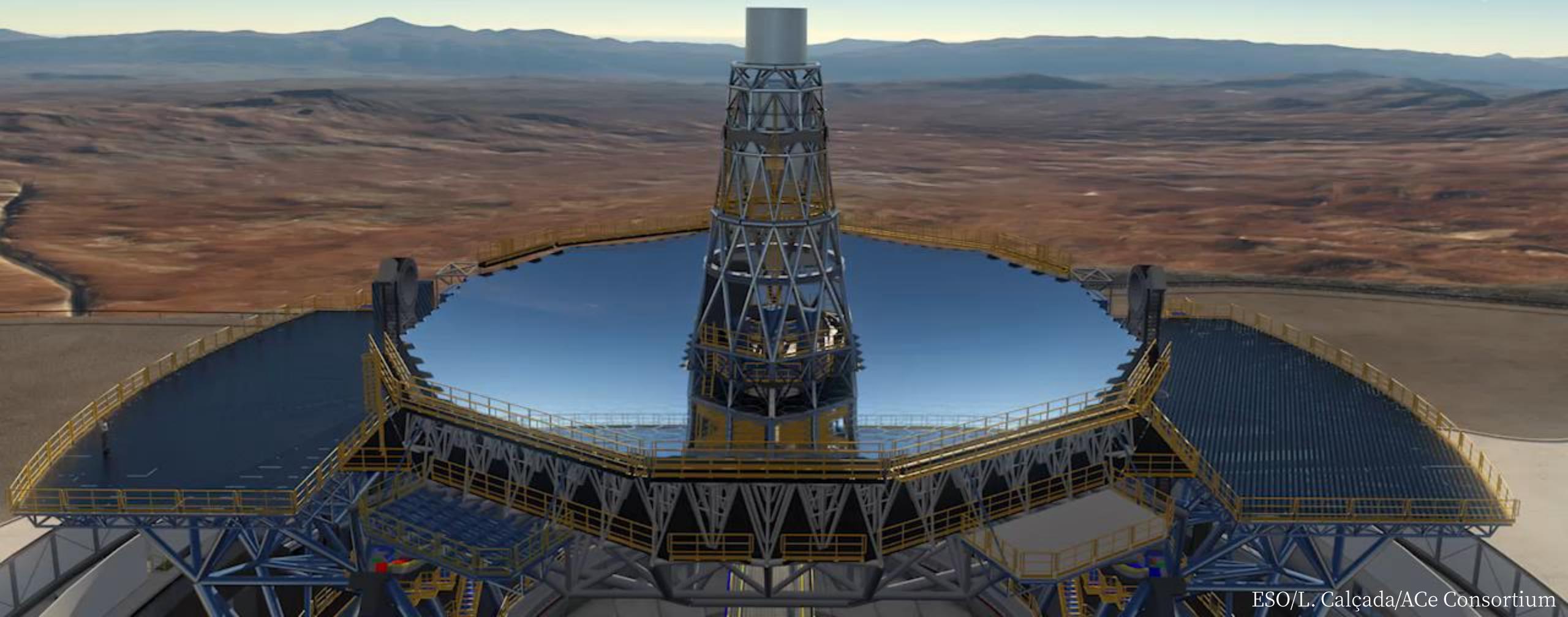
Rubin/LSST

魯賓天文台



EELT

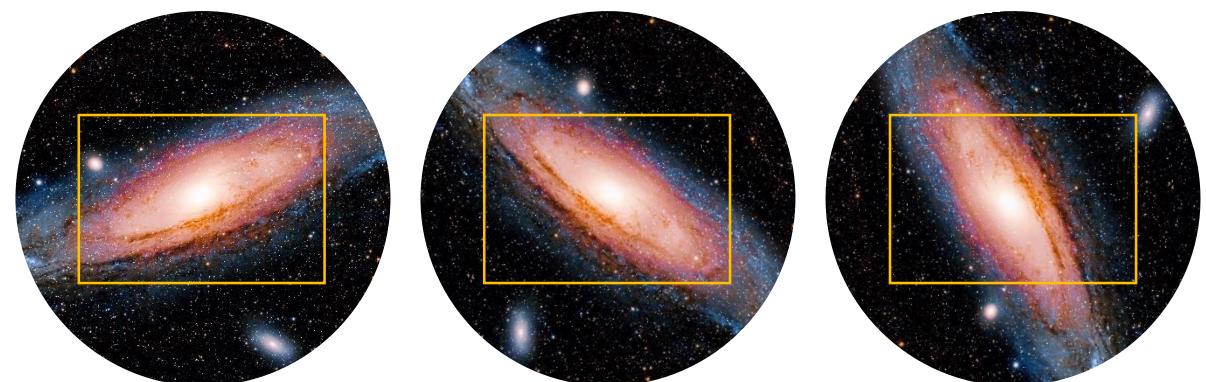
歐洲極大望遠鏡



Tracking System

追蹤系統

- 存在意義：讓望遠鏡穩定指向目標
追蹤的三個自由度：
 - 赤經 (R.A.) 、赤緯 (Dec.)
 - 方位 (Azimuth) 仰角 (Altitude)
 - 旋轉角 (Position angle)
- 兩大追蹤系統
 - 經緯儀 Altazimuth mount
 - 赤道儀 Equatorial Mount

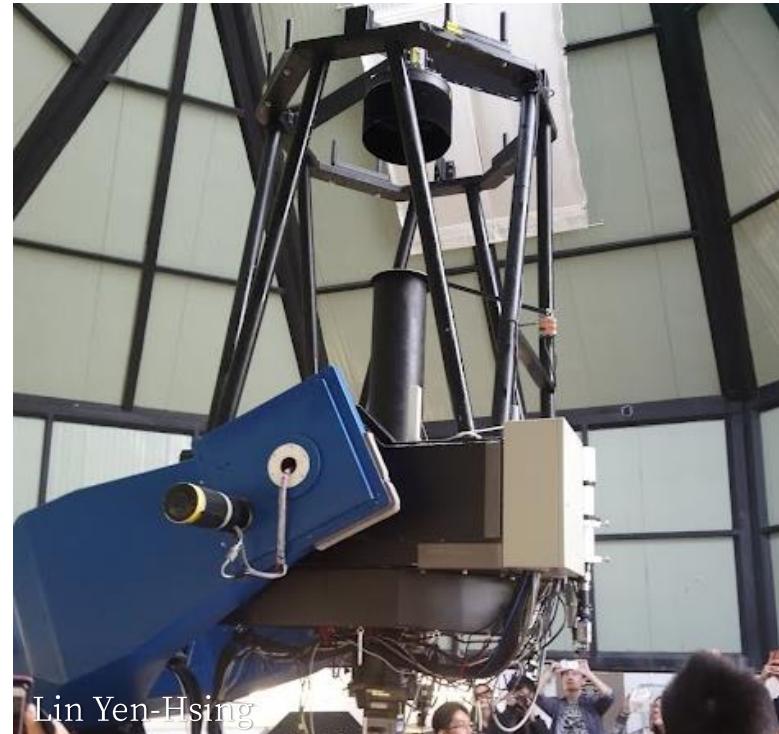


Types of equatorial mounts

赤道儀的種類



德式 German



叉式 Fork

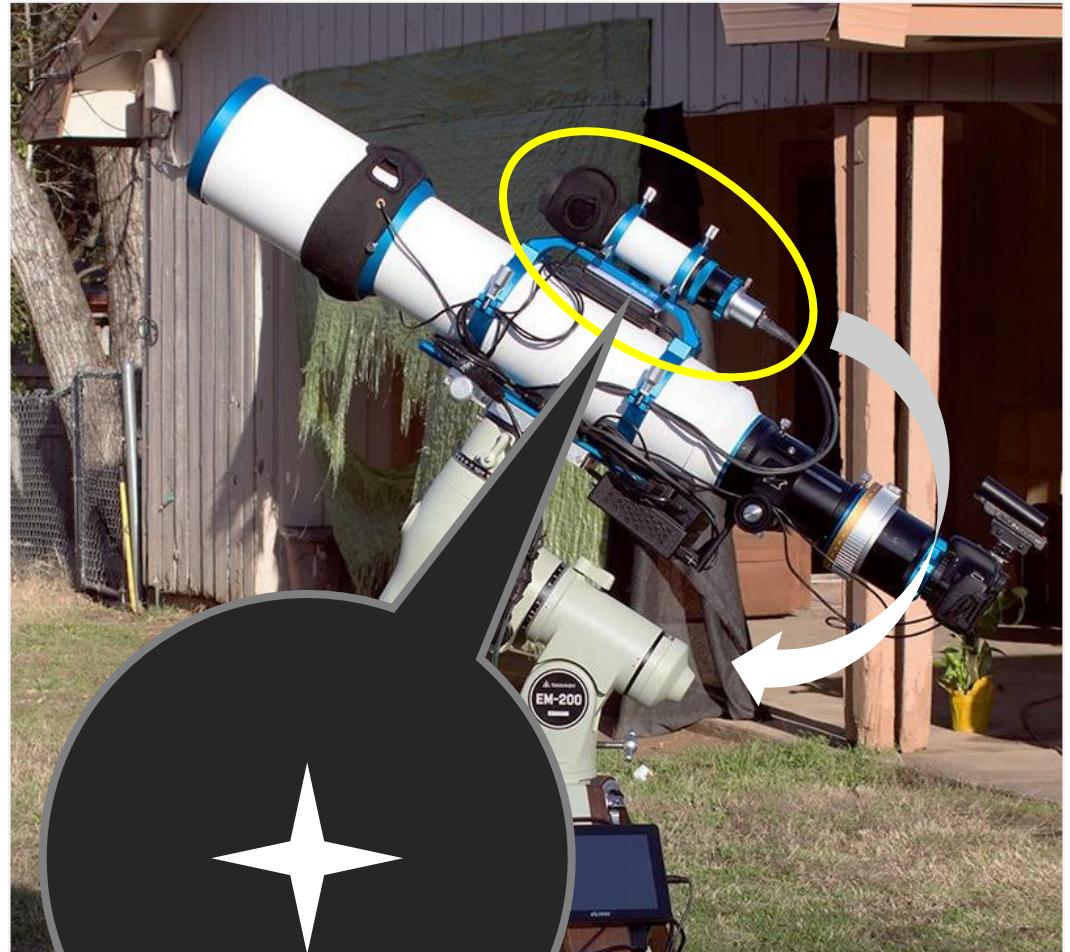


英式 English

Guiding

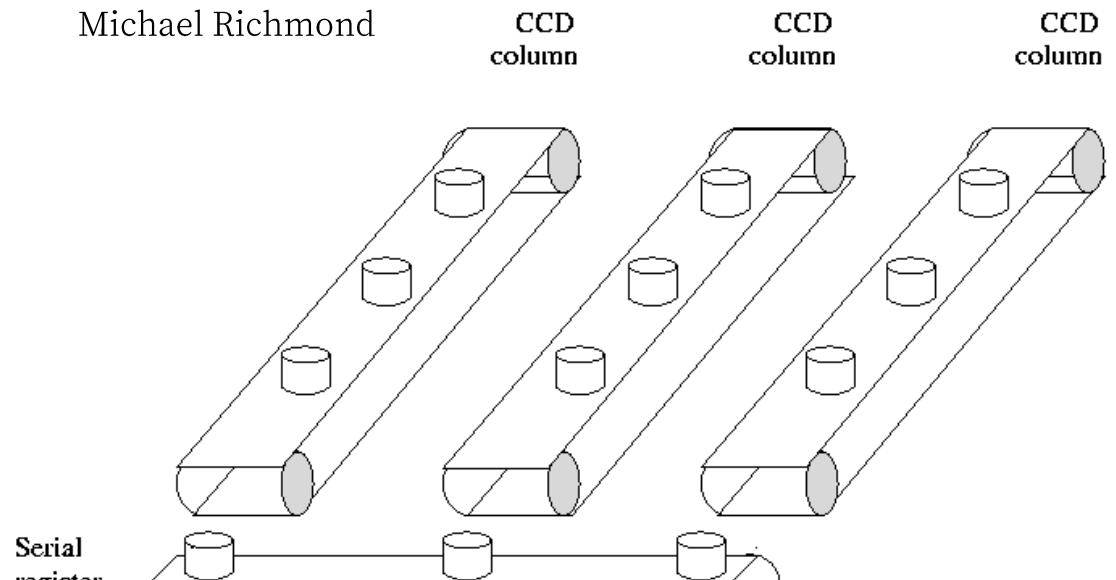
導星

- 無論是赤道或經緯儀，都很難完美追蹤
影響因素包括：
 - 齒輪、馬達等機械結構的瑕疵
 - 重力形變、大氣折射等
- 怎麼辦呢？
- 為求長時間精確追蹤曝光，即時監測星點的位移並修正，即是導星。



儀器系統

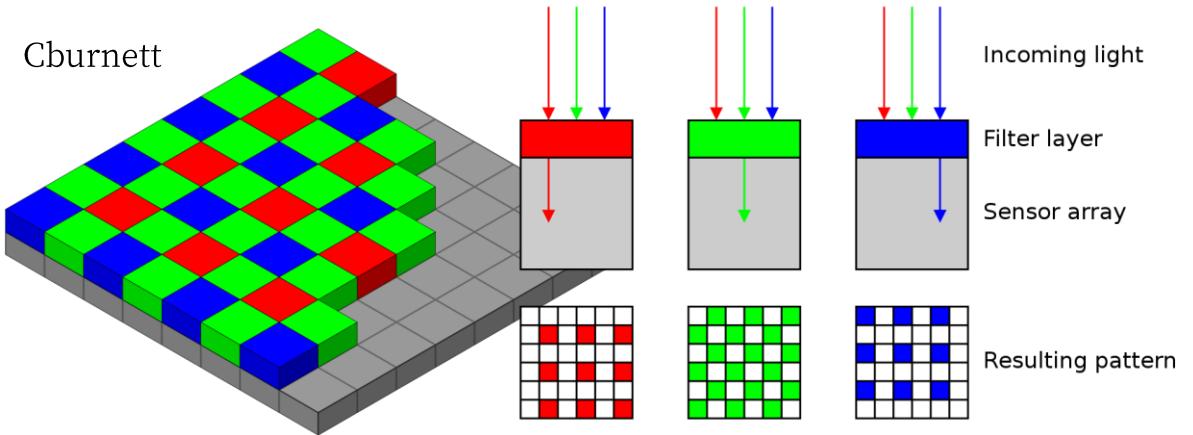
- 感光元件的物理原理：光電效應
 - 光子 -> 電子 -> 讀出 -> 數位訊號
- 兩種主要的感光元件類型
 - CCD：古老、高量子效率、低讀出速度
 - CMOS：當今多數相機使用，高讀出速度
- 常用於天文攝影的相機種類
 - 單眼相機（DSLR）
 - 冷卻相機：專為取得高品質影像使用



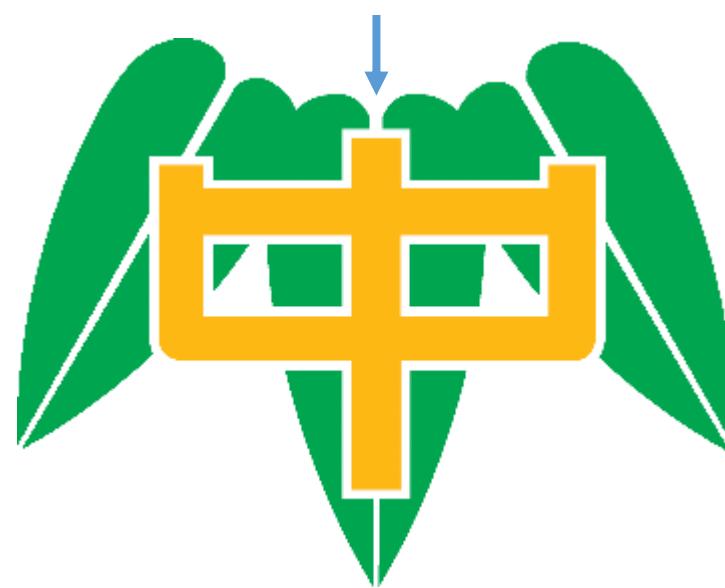
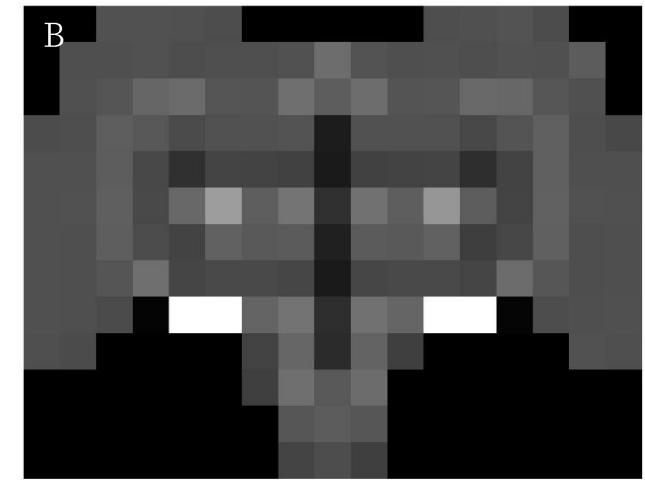
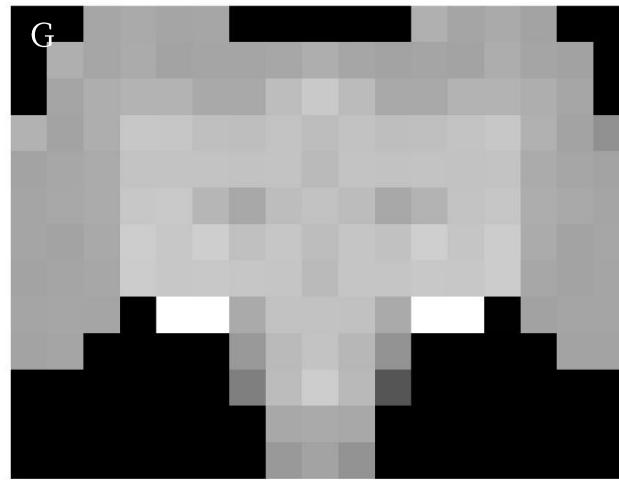
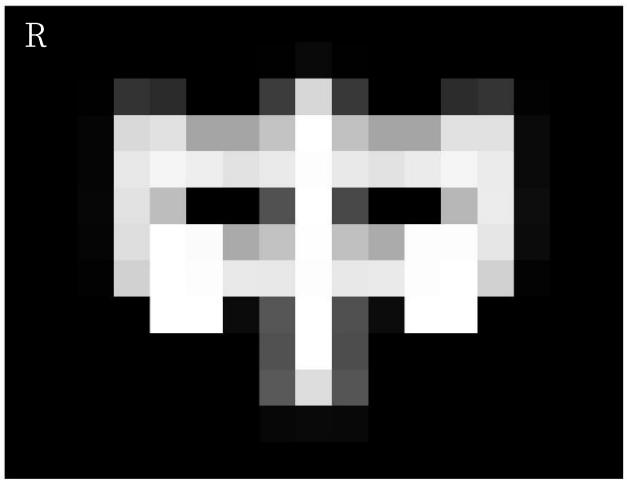
Instruments

儀器系統・改

- 影像的顏色怎麼來的？
如果一顆光子就是打出一顆電子，
相機怎麼知道進來的光是什麼顏色？
- DSLR：拜爾濾色鏡 Bayer filter
微型濾鏡陣列 + 事後內插
- CCD：濾鏡系統 Filter systems
分別取得單色影像後進行三色合成



Garry McLeod.



0	0	30	102	83	10	0	0	0	0	6	78	93	23	0	0	
0	8	92	108	78	90	66	64	38	65	62	84	80	109	87	5	0
0	49	112	126	104	105	104	142	192	139	104	105	102	129	113	43	0
5	89	115	192	193	170	169	182	193	181	169	170	191	194	118	85	3
30	107	101	179	195	183	187	192	189	192	187	184	193	183	107	106	27
61	107	89	190	164	27	98	148	199	145	97	31	164	190	91	108	58
86	93	104	195	180	136	169	184	192	183	169	136	179	197	104	94	84
95	93	99	143	173	177	184	193	189	193	184	177	172	150	104	91	94
94	83	21	0	8	8	57	153	199	150	54	8	8	1	28	89	95
43	7	0	0	0	0	18	144	201	140	16	0	0	0	0	12	51
0	0	0	0	0	0	0	119	199	115	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	43	104	40	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	6	56	5	0	0	0	0	0	0	0

影像的本質就是一個數字的陣列

Step 2: Instruments setup

第三步：實際拍攝

- 如果一切順利，
這就是在寒夜中思考人生，
或是聊天八卦的歡樂時光。
- 如果儀器出狀況，
這就是頂著徹骨寒風，
努力修好儀器的浴血奮戰。
- 你的夜晚好不好過，取決於你的準
備夠不夠多，還有人品夠不夠好。



Step 4: Image processing

第四步：影像處理與後製

除了拍攝天體之外，也必須拍攝另外兩種影像



天體影像 Light Frame



暗場/暗電流 Dark



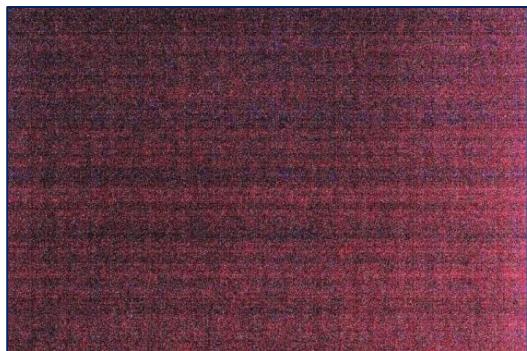
平場 Flat

Pre-processing / calibration

影像預處理 / 影像校正



—



=



Stacking

影像疊合

將多張影像疊在一起，可以讓影像更清晰、品質更好



Stacking

影像校正與疊合軟體



Deep Sky Stacker, DSS

簡單直覺，有中文



Siril

功能更多更強大

Post-processing

影像後製 / 修圖



Summary

總結：天文攝影的基本概念

- 流程：規劃 > 架設 > 拍攝 > 處理
- 三大系統：望遠鏡、追蹤、儀器系統；收集、指向與紀錄光子
 - 望遠鏡、濾鏡、相機、赤道儀、導星。
- 拍攝的影像：天體影像、暗場、平場，用於影像校正和疊圖
- 後製與修圖：萃取出影像中保有的資訊，在科學的前提下追求藝術與美

Postscript

後記：如何學習天文攝影

你要有凱子般的財力、瘋子般的衝力、傻子般的毅力、超人般的體力
把過程操之在己，讓結果歸於上帝

