

臺北星空

天文館期刊 Taipei Astronomical Museum Magazine

TAIPEI
SKYLIGHT

NO.110 2022.11

ISSN:1727-0022



保衛地球大作戰 小行星裡的「臺灣名」星

天文學家彙編了有史以來
最大的星系距離目錄

太空也要報天氣（下）

五星聚散兩依依（上）

淺談相對論

仙后座疏散星團

臺北星空



如果您是透過世界文學名著《小王子》認識小行星，並且對小行星的世界充滿好奇心，例如：小王子出生的星球幾乎不比一間房子大、植物的根可能鑽穿整個星球、一天看43次落日、會講話的玫瑰花，以及3座火山，其中2座是活火山，早上可以在上面熱早餐……等。目前科學家發現有軌道數據的小行星，數目約在百萬以上，臺灣的天文臺發現的小行星也不少。「大千世界」擴展了我們無限的想像力。

然而小行星可能帶來毀滅性撞擊，為了能夠主動防止這類的天降橫禍，NASA的「雙小行星改道測試計畫（Double Asteroid Redirection Test, DART）」，於臺灣時間9月27日成功地撞擊目標小行星Dimorphos。後續的科學成果本期專文將有詳細的介紹。

【封面照片】

雙小行星改道測試計畫（DART）探測器撞擊小行星前模擬圖

圖片來源：NASA/Johns Hopkins APL

Contents

02 天象與新知 謝翔宇、許晉翊

05 天文新聞追蹤報導

天文學家彙編了有史以來最大的星系距離目錄 林建爭

21 天文觀測教室 15

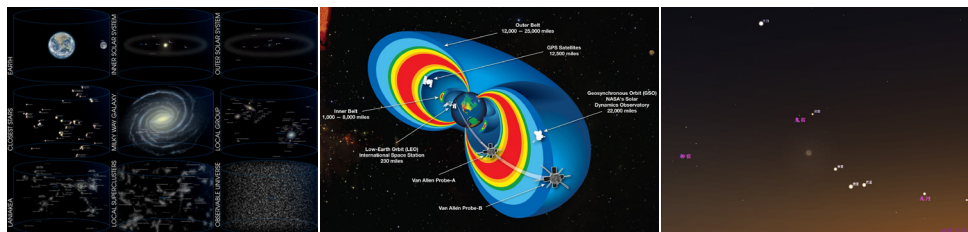
仙后座疏散星團 陶蕃麟

26 謎樣星宿

五星聚散兩依依（上） 歐陽亮

30 天文展品導覽

太空也要報天氣（下） 陳姝蓉



刊名：臺北星空期刊
統一編號：2008700083
中華民國87年10月1日創刊
中華民國111年11月1日出版
刊期頻率：雙月刊
本刊刊載於臺北天文館網站，
網址<https://www.tam.gov.taipei/>

發行人 陳岸立

發行情員 王錦雄、吳志剛
施欣嵐、陳俊良
吳昆臻、石中達
廖怡喻、林修美
卞欣婷、鄭伊宸

編審委員 陶蕃麟、計修邦
胡憲華

臺北星空

臺北天文館期刊

本刊歡迎各界人士投稿並提出指教。

本刊對來稿有刪改權，如作者不願稿件被刪改，請註明。

文稿請自行影印留底，投稿文字、圖表、圖片與照片，均不退件。

文章一經採用，將刊登於天文館網站。並請同意授權全本刊登於政府出版品相關宣傳網站，如「臺北市政府出版品主題網」、「國家圖書館—臺灣期刊論文索引系統」。

投稿「美星映像館」，請提供相關攝影資料，系列照片三張以下每張以單張計價，三張以上不論張數均以三張計價。

本刊文字及圖片，未經同意，不得轉載。

文章內容所採用的圖片及文字，如係引自他處，請先行取得原作者及出版社同意後使用；本刊不負責有關著作權爭議之訴訟。如係譯稿，請附加原文並註明來源，並先取得同意權。

來稿請寄：

臺北市立天文科學教育館 研究組
臺北市士林區基河路363號

歡迎以電子郵件投稿

E-mail address :
tam.fb99@gmail.com

1999市民熱線，24小時日夜服務

08 保衛地球大作戰

潘康嫻

17 小行星裡的「臺灣名」星

蔡殷智

34 天體映象

在黃金螺旋中誕生的點點繁星

謝翔宇

36 天文學教室

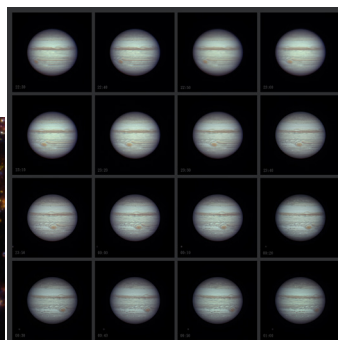
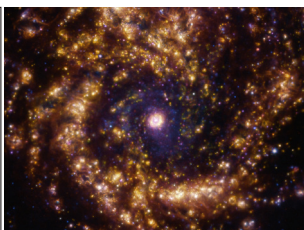
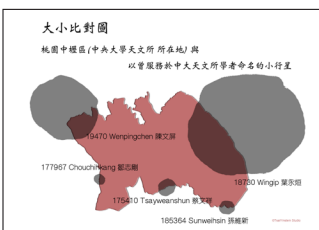
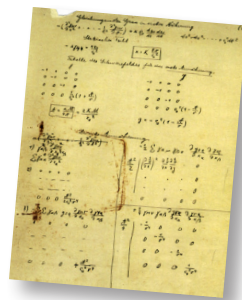
淺談相對論

石中達

41 宇宙天體攝影

美星映像館

彙整/吳昆臻



總編輯 施欣嵐
編輯 趙瑞青、劉愷俐、吳昆臻
美術編輯 劉愷俐、莊郁婷、邱幗鳳
封面設計 劉愷俐
出版機關 臺北市立天文科學教育館

地址 臺北市士林區基河路363號
電話 (02)2831-4551
傳真 (02)2831-4405
網址 <https://www.tam.gov.taipei/>

中華民國行政院新聞局出版事業登記證
局版北字第2466號

天文新知



密西根大學珍藏多年的伽利略手稿竟為贗品



韋伯又捕捉到新的宇宙奇景



MAVEN與希望號聯手解密火星上的極光



中國首次在月球上發現新礦物



橄欖石的相變可能是深層地震的原因



火星探測車在最新的採樣中發現生命跡象



洞察號「聽」見四顆隕石撞擊火星



兩個月內重複發生近2,000次的快速電波爆解開了部分謎團



月球只需數小時就能從一團碎片中形成



我們差點錯過了這些遙遠的球狀星團



DART任務中，人類首次永久性地變更天體軌道



Lucy飛行器藉地球重力彈弓調整方向之際，要先順利地閃過障礙物



韋伯在早期宇宙中觀察到極紅的類星體

十一、十二月重要天象



2022年已近尾聲，但是天象仍然精彩不斷！在11月8日將出現千年難得一見的月全食同時月掩天王星，屆時可以期待紅銅色的月球掩蔽天王星的奇景，建議使用望遠鏡仔細觀察這個一輩子只能見到一次的畫面！

行星動態方面，11月9日天王星衝、12月8日火星衝。這兩顆行星在望遠鏡中的顏色截然不同，天王星呈現青色，而火星則是紅色，推薦在這一年中最適合觀賞的期間，使用望遠鏡好好欣賞這兩顆行星的風采。

12月14日則是有令人期待的雙子座流星群極大期。預報ZHR值高達150，是今年度流星數目最多、最令人期待的流星群了！由於月相適逢下弦月，建議可以把握上半夜月球尚未東升時觀賞。

【👁️推薦】

11/8 月全食 臺灣本影食全程可見

11/8 月掩天王星 臺灣全程可見

11/9 天王星衝 亮度5.6等

【👁️推薦】

12/8 火星衝 亮度-1.9等

【👁️推薦】

12/14 雙子座流星群極大期 ZHR~150

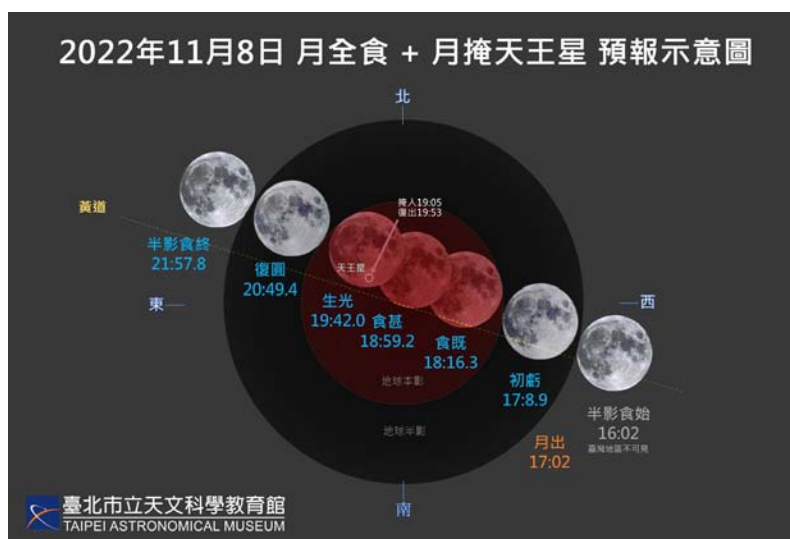
天象焦點

11月8日 月全食 臺灣本影食全程可見

本次月全食為第136沙羅序列中第20次，最大食分為1.364，全食歷時1時26分。日本、太平洋地區及北美洲高緯度地區全程可見，臺灣則是月出帶食，但本影食全程可見。

在全食期間臺灣將發生罕見的月掩天王星，天王星掩入時刻在食甚後不到5分鐘，幾乎是月面最暗時，適合透過望遠鏡觀察天王星掩入的瞬間。

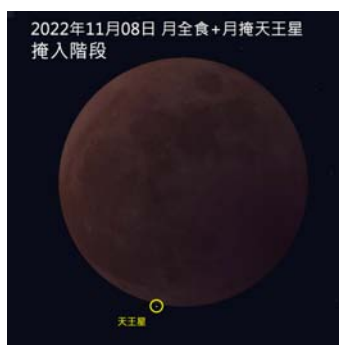
	時間			位置	
	日	時	分	方位角	仰角
月升	8	17	2.0	71.8	---
初虧	8	17	8.9	72.5	0.6
食既	8	18	16.3	78.7	15.0
食甚	8	18	59.2	82.3	24.4
生光	8	19	42.0	86.0	33.8
復圓	8	20	49.4	92.5	48.8
半影食終	8	21	57.8	102.2	64.0



11月8日 月掩天王星 臺灣全程可見

本次月掩天王星屬於相當罕見的天象。由於月掩星有其地域性，在臺灣能看到「月全食發生期間同時月掩行星」上一次要追溯到西元1580年7月26日的月全食掩土星，而錯過今年的月全食掩天王星，要等到西元4344年8月8日才會再度發生月全食掩行星（剛好也是天王星），實實在在是千年難得一遇的罕見天象。即使標準放寬、不限定在月全食的食既至生光期間發生掩星，上一次在西元1930年10月8日半影月食掩天王星，而下次要等到西元2125年5月17日發生半影月食掩木星，也是百年一見的天象。

由於月球是距離地球最近的天體，視差現象相當明顯，在觀測月掩星時各地所見掩入及復出時間皆有差異。又因月球表面地形高低起伏影響，天王星掩入時間與預報時間大約有10秒的誤差。本次月掩天王星的時刻如右表，建議可以用錄影方式記錄月全食掩天王星的特殊景象。



地點	掩入時刻	復出時刻	掩食時長
臺北天文館	19:05:02	19:53:07	48分05秒
桃園市	19:04:46	19:52:53	48分07秒
臺中市	19:03:40	19:50:41	47分01秒
南投縣	19:03:34	19:49:56	46分22秒
臺南市	19:02:39	19:47:27	44分48秒
高雄市	19:02:38	19:46:18	43分40秒
恆春鎮	19:02:56	19:44:12	41分16秒
臺東縣	19:03:33	19:46:20	42分47秒
花蓮縣	19:04:31	19:49:53	45分22秒
金門縣	19:01:58	19:51:56	50分58秒

11月9日 天王星衝 亮度5.6等

天王星發現於1781年，由英國天文學家兼音樂家威廉·赫歇爾爵士所發現。天王星亮度5.6等，理論上在無光害影響的夜空中可用肉眼看見。但實際上仍需透過望遠鏡才有機會一探這顆神秘的太陽系第七行星。

由於天王星繞日公轉週期長達84年，從地球觀察，天王星在天空中運行的速度緩慢。天王星衝約每369日發生一次，只比一年略長4天。因此在2021年至2027年的天王星衝都發生在11月。天王星衝時與太陽相距180度，同時為一年中最接近地

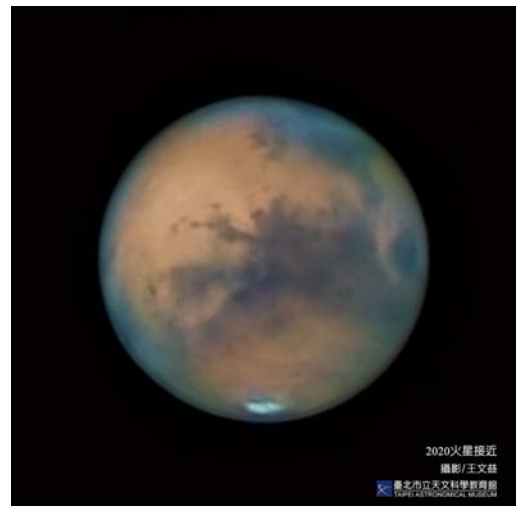
球的時段。今年天王星衝在11月9日16時26分，天王星在白羊座，視直徑3.8”。



12月8日 火星衝 亮度-1.9等

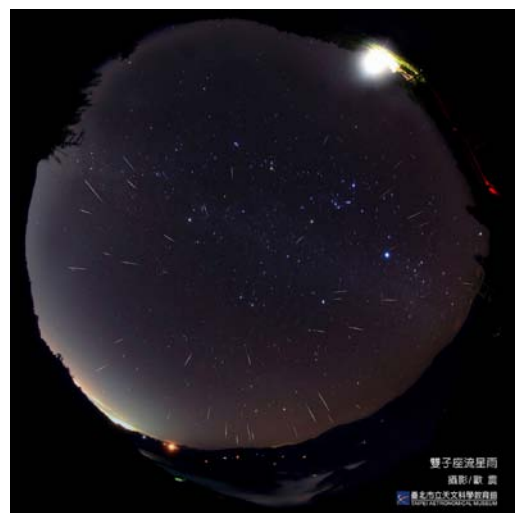
火星與地球有許多相似點，其地軸傾角和地球類似，自轉週期約24小時40分也和地球類似。火星表面也有經過以前的河流、海洋作用而留下的地形地貌，但現今已成為一片乾涸的紅色沙漠。由於火星的直徑較小，在太陽系中僅大於水星，因此大部分時間火星都不是特別的明亮，但在火星衝的時候，由於是一年中最近接近地球的時段，亮度增加相當明顯，在火星衝當日可以見到-1.9等的火星在東方天空，與-2.5等的木星在西方天空遙遙相對。

由於火星每687天繞日公轉一周，從地球觀察，火星衝約779天，大約兩年多發生一次。上次火星衝是2020年10月14日，下次在2025年1月16日。今年火星衝在11月8日13時42分，火星在金牛座，視直徑17.0”。



12月14日 雙子座流星群極大期 ZHR~150

雙子座流星雨是年度三大流星雨之一，也是全年之中極大期時間與數量最穩定的流星雨之一，其活躍期在12月4日至17日。根據國際流星組織（IMO）預測，今年雙子座流星群極大期在12月14日21時，ZHR值高達150，相當令人期待。雙子座流星群的輻射點在日落後東升，並在凌晨2點左右達到接近天頂的位置。當晚月相近下弦月，月球於21時25分東升，受月光影響，流星數量稍微打折扣，建議把握上半夜月球仰角尚低時，在無光害干擾的地區觀測這個全年最令人期待的流星雨！



天文學家彙編了 有史以來最大的星系距離目錄

宇宙怎麼組成？有多大？一直都是人們想回答的問題。最早人們以為地球是宇宙中心，隨著天文望遠鏡的發展，我們對宇宙中不同尺度的結構發現越來越多也越來越大，圖1展示了從地球、太陽系、銀河系、星系群等宇宙中不同尺度的結構，而更大尺度的結構則包括星系團、纖維狀結構（galaxy filaments）和超星系團（supercluster），以及幾乎沒有星系的宇宙空洞（cosmic void），這些大小不一且錯綜複雜的結構，交織成我們現在的宇宙。

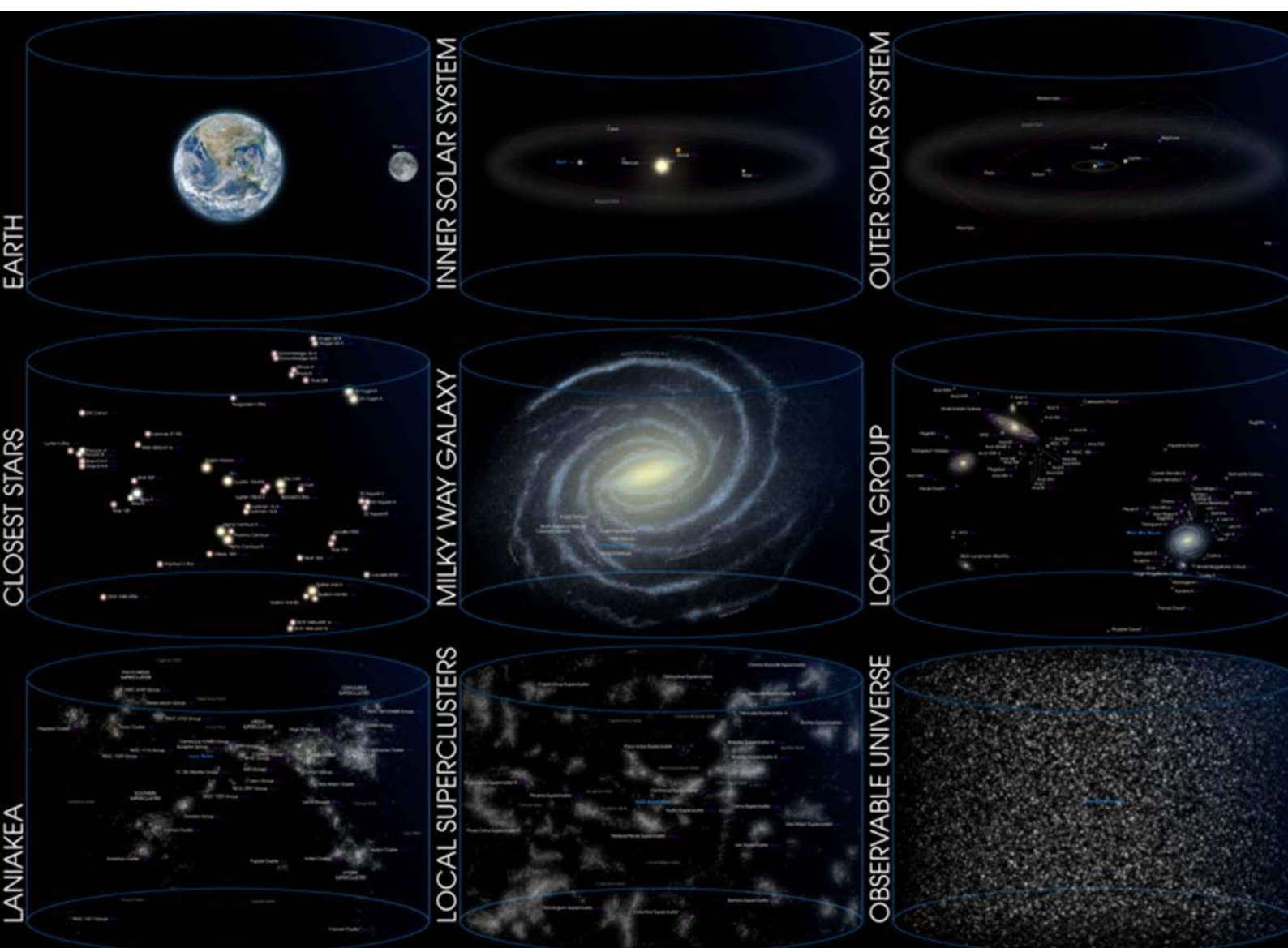


圖1. 目前可觀測的宇宙範圍裡，天文學家所發現的天文結構分佈圖，左上至右下分別為：地球、內太陽系、外太陽系、臨近恆星，銀河系、本星系群、拉尼亞凱亞超星系團、本超星系團、可見宇宙。圖片來源：Wikipedia

超星系團是一種包含大量星系的結構，但以往這個概念相當模糊，直到2014年夏威夷大學天文研究所的天文學家Brent Tully等人從星系的運動速度定義出超星系團（supercluster）的範圍，其中一個名為拉尼亞凱亞超星系團（Laniakea Supercluster，夏威夷語的意思是無盡的天堂），橫跨約5.2億光年範圍，是銀河系和總數約達10萬個星系共同組成的一個大家園。

天文學家觀測到的星系運動速度實際上是星系的本動速度（peculiar velocity）與退行速度（recessional velocity）的總和。星系的退行速度與宇宙膨脹有關，根據哈伯-勒梅特定律（Hubble-Lemaître law），離我們越遙遠的星系，則其退行速度也越快，因此星系的距離是估算星系本動速

度的重要參數之一。今年九月夏威夷大學天文研究所的天文學家Brent Tully和Ehsan Kourkchi的研究團隊發表了一份史上含有星系距離數量最多且精度最高的星系目錄，稱為Cosmicflows-4。他們應用了8種方法估算了多達56,000個星系的距離，圖2展示了這些星系在全天的分佈圖。

Cosmicflows-4目錄裡，星系距離估算數量佔最多的兩種方法是：一、從橢圓星系的有效半徑、中心速度彌散度與表面亮度之間的關係（基本平面 Fundamental Plane）估算距離。二、從螺旋星系的旋轉與亮度關係（塔利-費雪關係Tully-Fisher relation）估算距離，這兩種方法推估出來的距離誤差約20~25%。另外該研究團隊

還結合其他方法，包括從星系裡的Ia型超新星爆發推估距離（誤差約7%）、II型超新星爆發推估距離（誤差約15%）、星系表面亮度起伏（Surface brightness fluctuation）估計其距離（誤差約5%）。另外他們還透過星系中的兩種標準燭光測距方法：一、造父變星周光關係（Cepheid period-luminosity relation），二、紅巨星支尖（tip of the red giant branch），對於星系距離小於6,500萬光年，這些測距方法誤差約5%。他們綜合以上各種不同的測距方法，利用標準燭光測距將前5個方法串連起來做絕對校正，有效降低了系統誤差，尤其是誤差較大的測距方法。

天文學家Brent Tully表示：『天文學家自從一百多年前發

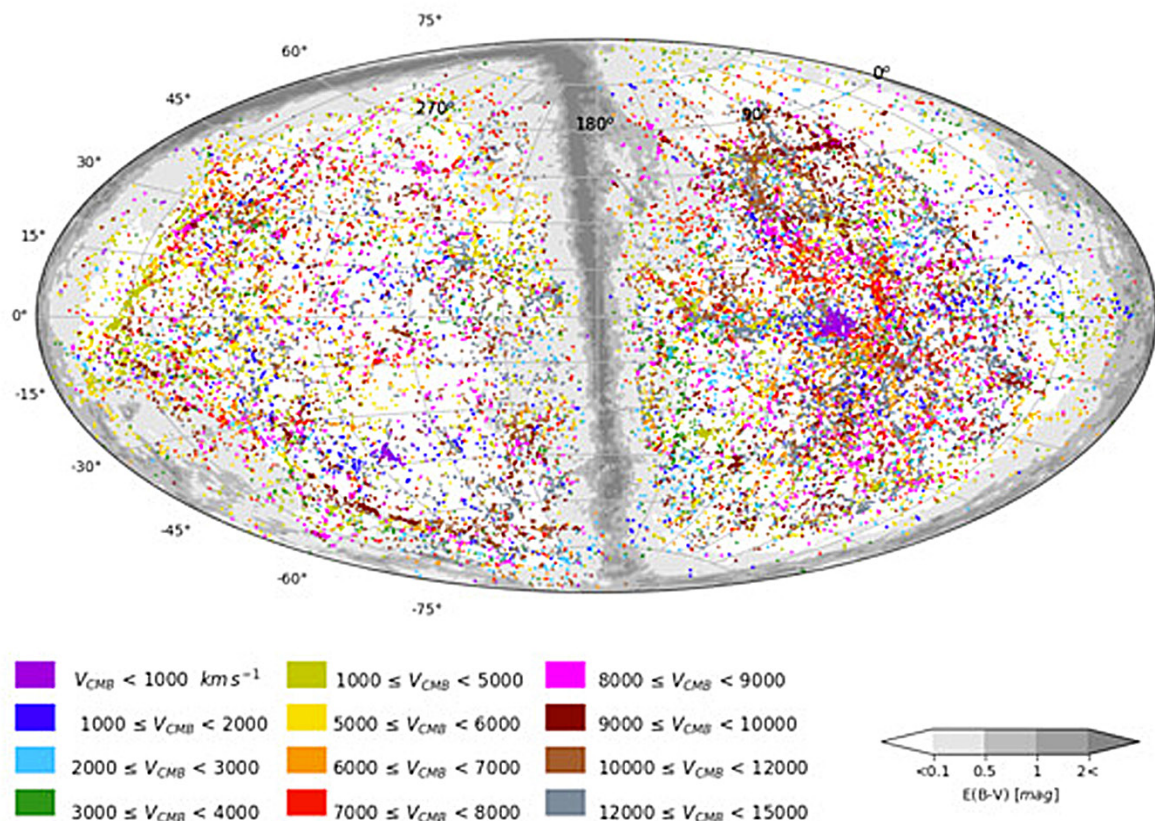


圖2. Cosmicflows-4全天的星系距離測量值。每個點代表一個星系，不同的顏色表示與我們不同的距離（註：數值除以哈伯常數）。

現星系不在銀河系內之後，一直想測量它們的距離來了解宇宙的大小。我們現今結合更準確、更多元的工具，能夠準確測量星系的距離、相關的宇宙膨脹速度以及宇宙年齡誤差不超過幾個百分比。』他們重新發表的星系距離測量結果推估了宇宙膨脹率或稱哈伯常數（Hubble Constant: H_0 ），該團隊估算哈伯常數約 $75 \pm 0.8 \text{ km/s/Mpc}$ （Mpc：百萬秒差距，約326萬光年的距離），統計誤差相當小（約1.5%）。此外，太空望遠鏡科學研究所的天文學家Adam Riess，他的研究團隊近期利用哈伯太空望遠鏡觀測星系中的造父變星，從其周光關係校正星系中同時有Ia型超新星爆發的星系距離，藉此也能夠準確校正僅含有Ia超新星爆發的星系的距離，他們的研究結果顯示哈伯常數約 $73.3 \pm 1.0 \text{ km/s/Mpc}$ ，該數值與Brent Tully 團隊的結果一致。不過令科學家覺得無法理解的是，普朗克太空任務的研究團隊利用宇宙微波背景（圖3）與宇宙學模型預測哈伯常數卻是

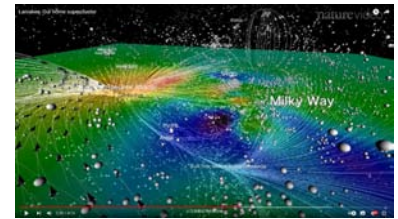
$67.5 \pm 1.0 \text{ km/s/Mpc}$ 。

宇宙模型與觀測所得到的哈伯常數之間的矛盾，也是現今宇宙學最爭議的問題，若不是我們對目前的宇宙學模型理解有問題，就是我們對測量星系距離存在著隱藏的系統誤差但卻尚未被發現，未來詹姆斯·韋伯太空望遠鏡的結果也許能夠解開這矛盾。Cosmicflows-4的星系距離目錄也被應用於估算星系本動速度，藉此可以分辨出更多拉尼亞凱亞超星系團的成員；而透過星系與周圍物質的運動，不僅可以回溯星系自形成以來的運動軌跡，也許還能讓我們更好地了解由宇宙暗物質主導的大尺度結構是如何在漫長歲月中形成的。

參考資料：

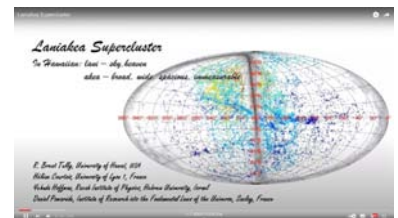
<https://www.hawaii.edu/news/2022/09/26/map-galaxies-largest-ever-catalog/>
<https://arxiv.org/abs/2209.11238>
<https://www.quantamagazine.org/cosmologists-debate-how-fast-the-universe-is-expanding-20190808/>

YouTube相關影片：



Laniakea: Our home supercluster

<https://www.youtube.com/watch?v=rENyyRwxpHo>



Laniakea Supercluster

<https://www.youtube.com/watch?v=No0omeHlxwo>

林建爭：美國夏威夷大學天文研究所泛星計畫博士後研究員
王品方校稿：美國夏威夷專案文物修復師

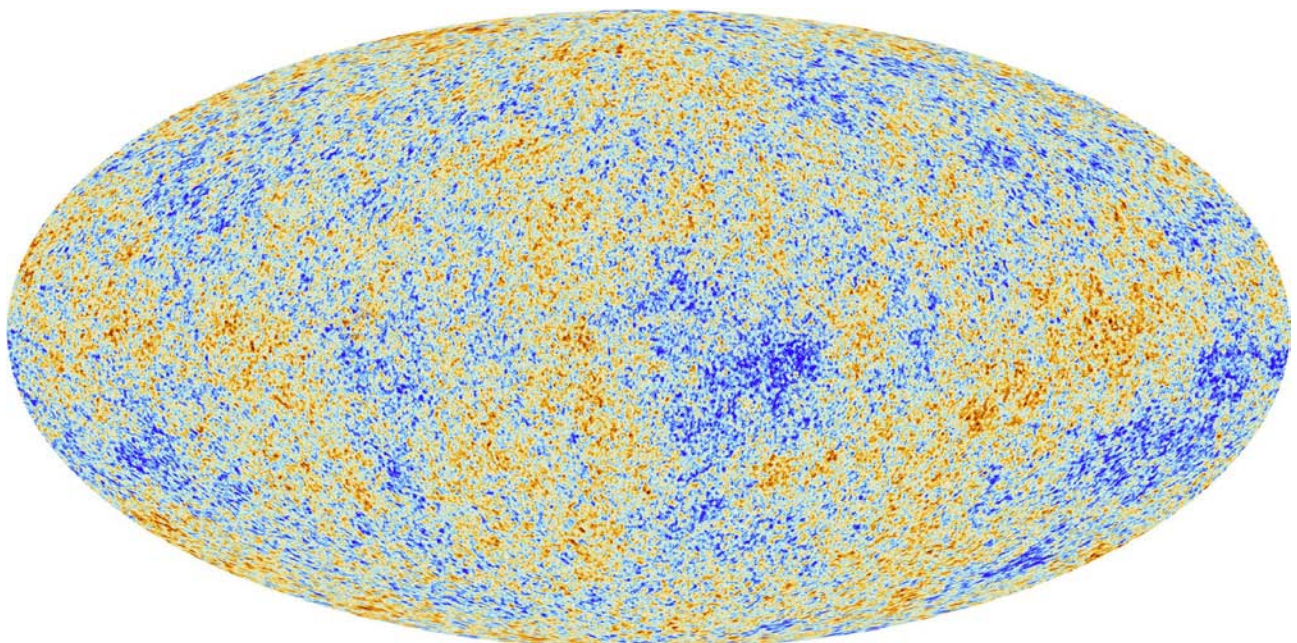


圖3. 普朗克太空任務所觀測到的宇宙微波背景。圖片來源：Wikipedia

文/ 潘康嫻

星星向來在黑夜中閃爍，偶爾出現的奇景與新聞，總是這麼美好與令人驚豔。但這次的防禦計畫提醒地球人，我們時時刻刻都有被天體撞擊的風險，地球在太空運行其實並不平靜。

保衛地球大作戰

小行星撞地球防禦計畫啟動



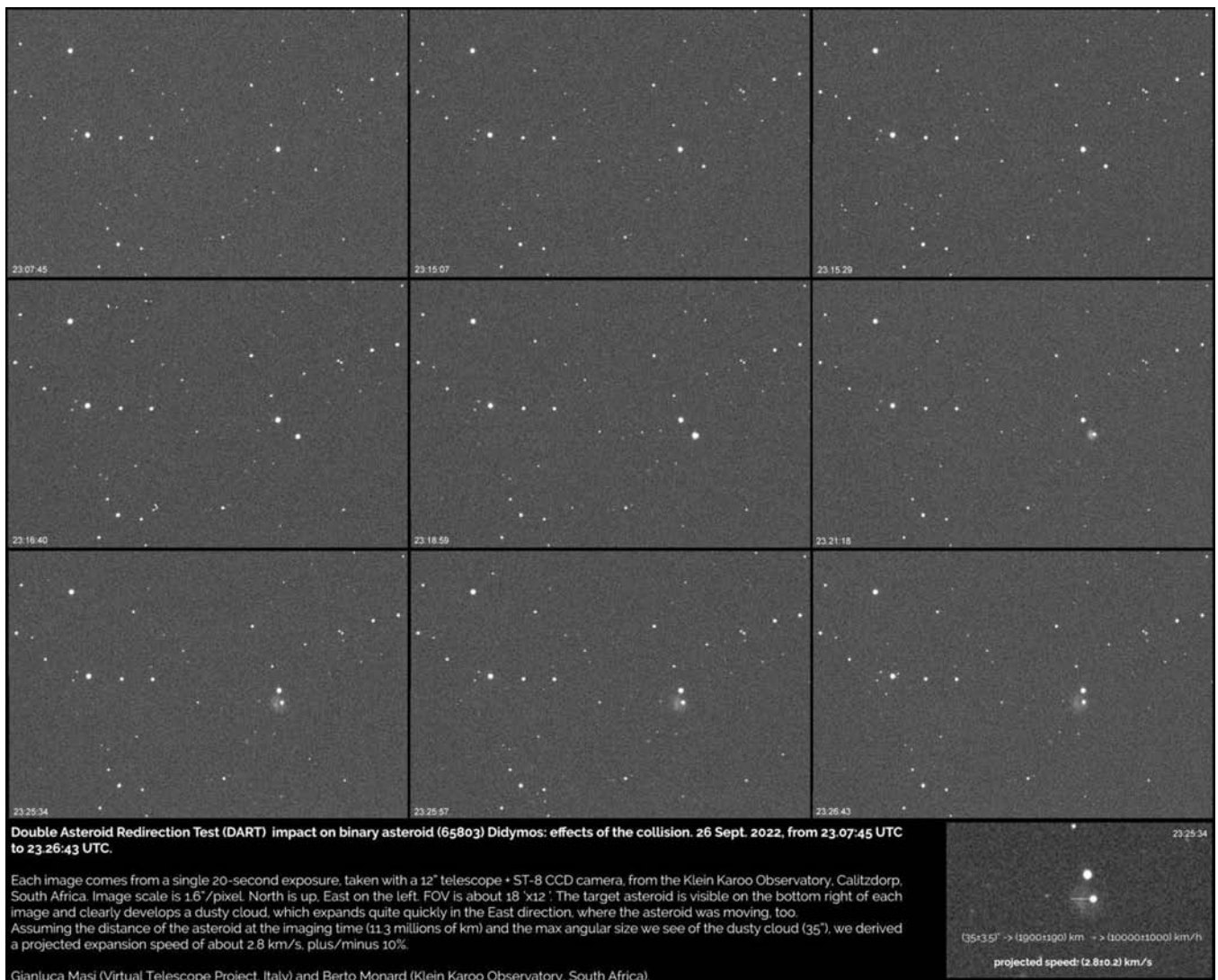


圖1. 地面望遠鏡觀測DART撞擊Dimorphos過程之照片，可看出撞擊當下所揚起的粉塵。圖片來源：THE VIRTUAL TELESCOPE PROJECT 2.0

2022年，世界協調時間（Universal Time Coordinated）9月26日23時14分（臺灣時間9月27日上午7時14分），雙小行星改道測試計畫（Double Asteroid Redirection Test, DART）成功地衝撞目標小行星Dimorphos。NASA特地打造飛行器製造一場太空中的相撞，為的是什麼呢？

太陽系的各種天體，一字排開，大多數成員，如八大行星、矮行星、主帶小行星等等，在各自的跑道上環繞著太陽。但有些小小成員的路線，像近地小天體Near-Earth Objects（NEOs，包含小行星和彗星），以各種圓錐曲線的路徑繞著太陽運行，根據行星防禦協會的說明，大小約30~50公尺的物體，其最小軌道交會距離小於0.05天文單位（AU），稱為潛在撞擊威脅小天體（Potentially Hazardous Objects, PHOs）。

地球自備保護機制，
用大氣層把它燒成灰燼，但有極限。

小小塵埃經過大氣層，燃燒成了流星。要是塵埃夠大，大氣層不足以燃燒殆盡，殘餘猶如火球般地墜往地表，若威力太大還會砸出隕石坑。上一回小行星撞擊事件，發生在2013年2月15日，位於俄羅斯中部的Chelyabinsk，當地時間上午9點20分，天際出現一顆美麗的大流星，沒想到越看越大顆，在距離地表23公里的高空爆炸，其震波震碎了500平方公里內房屋的玻璃窗，造成超過1,600餘位民眾受傷。這顆火球般的小行星直徑約18公尺，以每秒18.6公里的速度，低角度飛進地球的大氣層，在接近地表時解體。其隕石碎片，也提供了科學家更多認識小行星的線索。

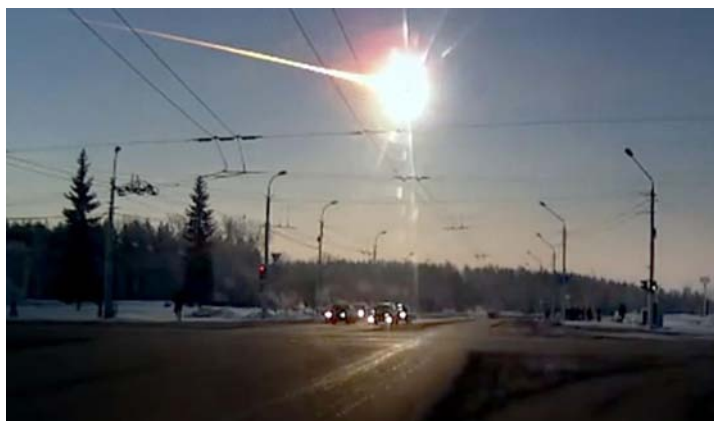


圖2. 2013年2月15日早晨，在俄羅斯的Chelyabinsk，行車記錄器清楚地紀錄這從天而降的火球畫過天際，隨後在空中解體爆炸。圖片來源：UNIVERSE TODAY

翻開地表現存的隕石坑，經調查其範圍、深度、地貌特徵、隕石碎塊的物質，輔以地質礦物學定年法的測量，小行星撞地球的事件逐漸清晰。例如發生在6千6百萬年前，造成恐龍滅絕事件的小行星，大小約10公里，落地在今日的墨西哥灣，引起1.5公里高的海嘯（臺北101大樓之3倍高度），在48小時內席捲全球。對現今最具威脅的是，地球約一萬年就有機會遭受140公尺小行星的撞擊，所造成的震波和海嘯足以摧毀一個國家。

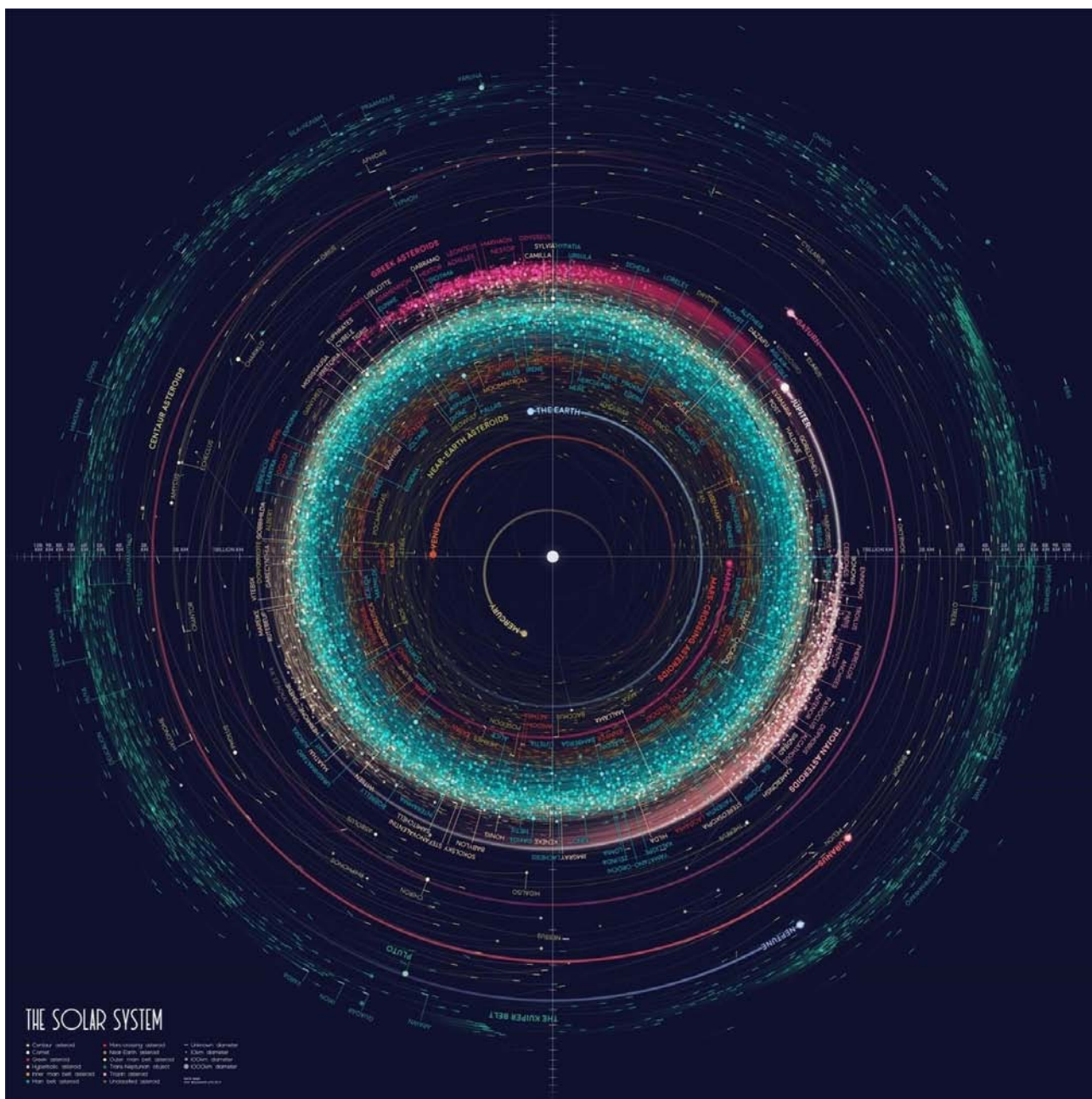


圖3. 太陽系中已知的18,000小行星地圖。圖片來源：NASA

目前人類所在的世代，
已相安無事好長一段時間，
但會不會是不鳴則已，一鳴驚人？

人類世代難得一次有預測、計畫、目睹以及後續調查的太陽系撞擊事件，就屬1994年的舒梅克-李維9號彗星（Comet Shoemaker-Levy 9）撞擊木星的大新聞。1993年無意間發現一顆軌道不是繞著太陽的彗星，以極橢圓的軌道（離心率0.99）繞著木星，且彗核寬度不小。因木星重力對彗星舒梅克-李維9號彗星受力不均造成的潮汐力，將其碎裂成21個碎片（依字母順序A-W標記），片片以每秒60

公里的速度，連續六天在木星南半球的大氣層，有如小石塊扔進水中所引起的漣漪，撞出了許多巨大黑色的疤痕。

彗星撞木星事件引起在觀眾席的地球高度關注，一來讓科學家藉機觀測木星的大氣結構組成；二來發現木星擔任太陽系的太空吸塵器之重要角色，降低內行星受到撞擊的機率；三是人類開始重視來自太空中的威脅，得從長計議一系列的應變對策。若以舒梅克-李維9號彗星原來的大小（估計為1.5~2公里）撞擊到地球，將會是下一個全球巨變的毀滅。

Impact Structures and Deposits of the World

(n = 199 + 40, as of April 2019)

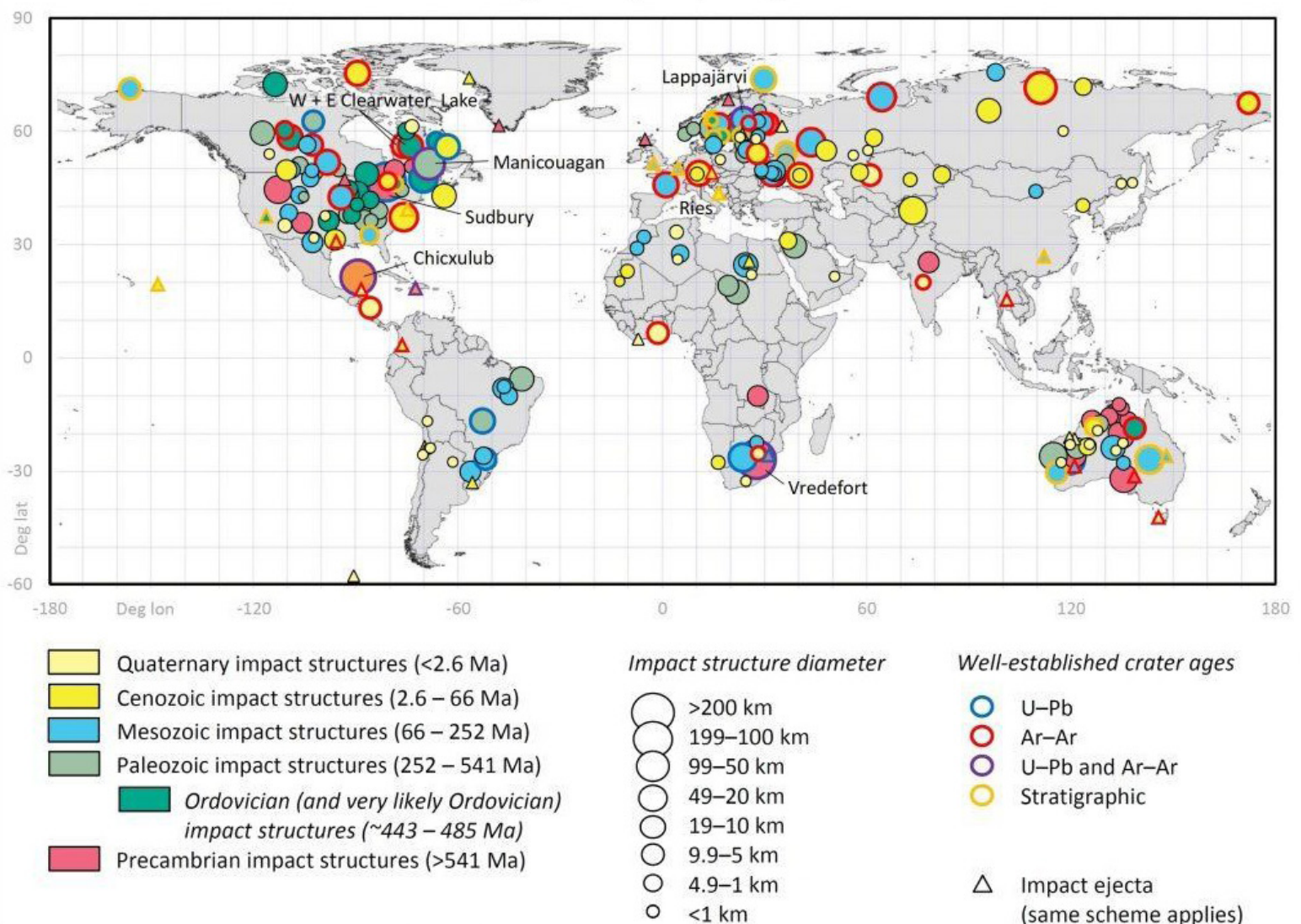


圖4. 地球上現存的隕石坑分佈。圓圈的大小表示隕石坑的直徑，圓內滿版顏色表示年代，圓框線的顏色為測量年代的使用方法。圖片來源：Lunar and Planetary Institute



圖5. 1994年哈伯太空望遠鏡拍攝木星和舒梅克-李維9號彗星的碎片。圖片來源：NASA

人類面對自然災害，就這麼束手無策嗎？在臺灣，我們有氣象預報、防災措施、預警系統、以及防災教育宣導等等，讓生活在臺灣的民衆，面臨地震和颱風時，能有適當的應對及逃生的策略。

太空來的災害，
我們也能有應變措施嗎？

相對其他自然災害，若能在天體撞擊地球前就發現它的蹤跡，那麼我們將還有求生存的時間。現在的科技能不能讓我們化被動為主動，拿出永不放棄的精神，在反應時間內，正面迎擊跟它力拼一搏？

天文學家決定來做點什麼

美國NASA和其他國家的太空總署，共同提出主動型態的防禦計畫，第一階段進行雙小行星改道測試計畫DART，主要開發與執行單位是位於美國馬里蘭州的約翰霍普金斯大學應用物理實驗室（The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, JHUAPL），進行一場在太空中的動力撞擊（kinetic impact）測試實驗。

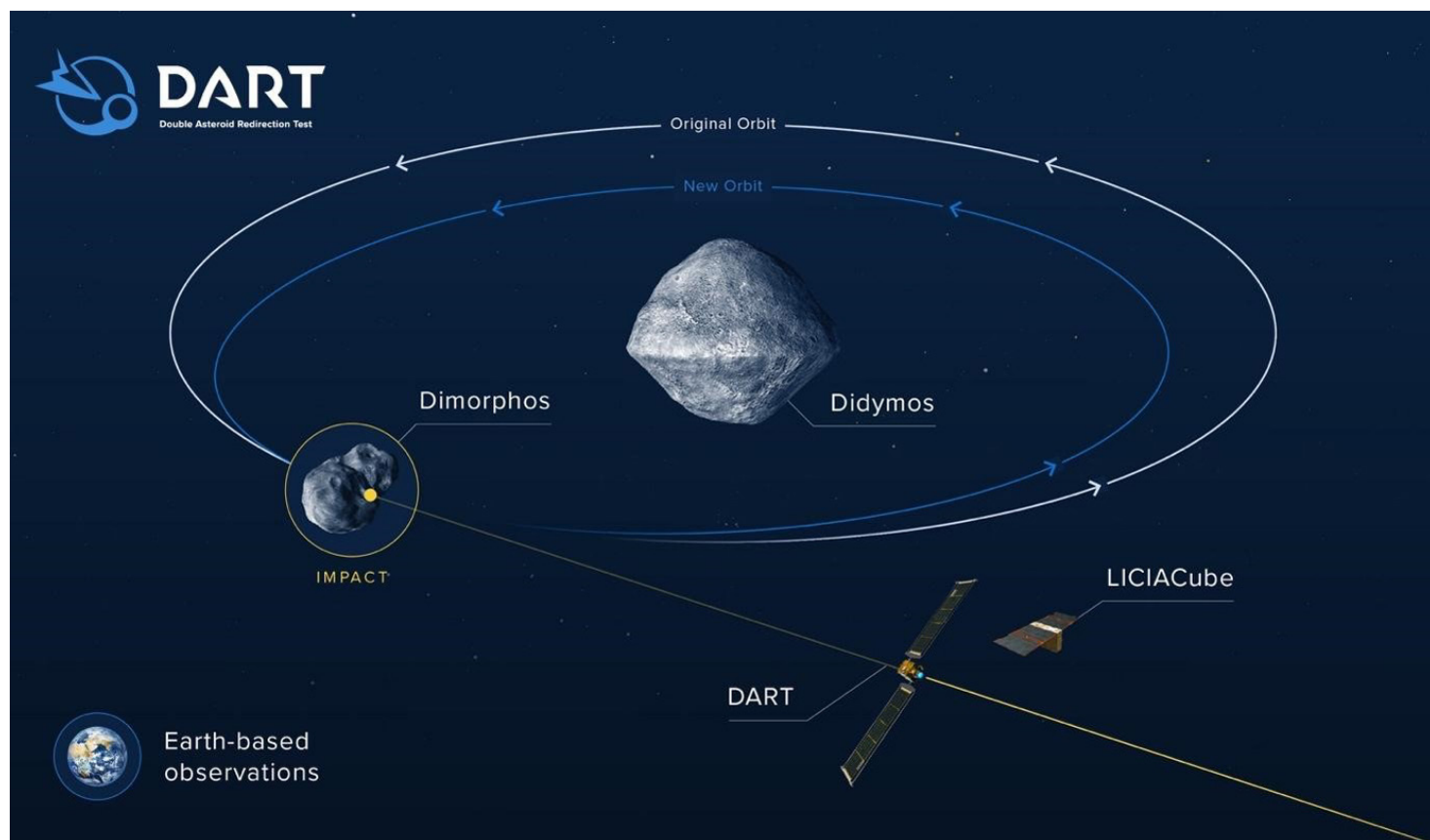


圖6. DART雙小行星改道測試計畫執行概念圖。Dimorphos的撞擊前軌道為白色線所示，撞擊後的預測新軌道以藍色線標記。圖片來源：DART

DART at Scale

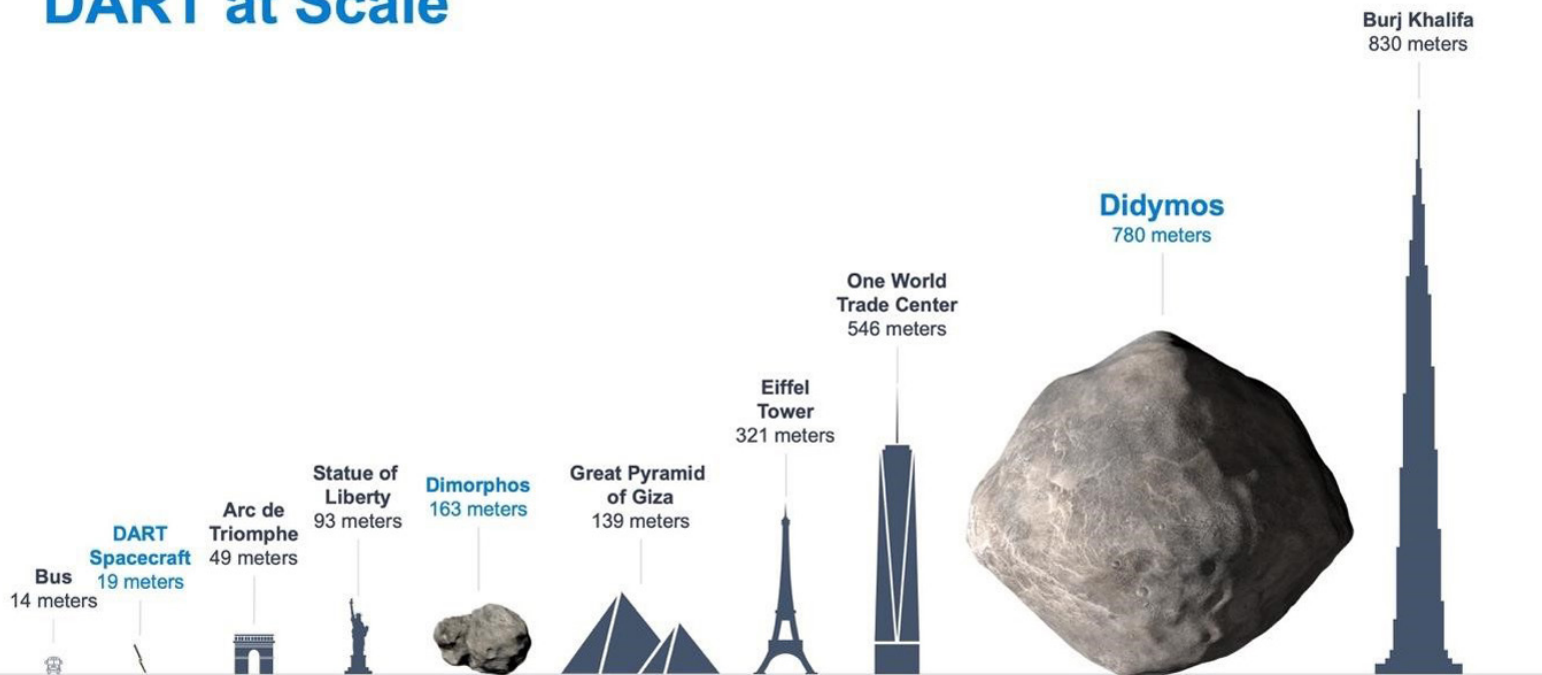


圖7. DART飛行器、目標雙小行星Didymos、Dimorphos和地球上其他大型人造物的高度比例。圖片來源：DART

在DART出發之前，藉由軌道模擬計算，天文學家基於下列幾個提問：

1. 讓小行星軌道偏轉的最佳時機為何？
2. 讓小行星與地球擦身而過，小行星需要改變多少速度？
3. 為了攔截小行星，撞擊用飛行器何時得要發射到太空？
4. 一次的改道飛行器發射計畫，可適用多大的小行星？
5. 根據小行星的物理性質，撞擊後的小行星最容易往哪個方向偏轉？

提出應對的構思，在2015的行星防禦會議中，使用NASA/JPL NEO Deflection APP (NDA) 進行行星撞擊的演習。當年設定情境演習用的資料，收錄在NASA的[近地小天體研究中心網站](#)。

軌道模擬如同實驗預報的預期結果，下一階段就來進行驗證的實驗。實驗用目標需要其軌道穩定又好觀測，對地球不影響，讓科學家能安心進行測試與後續的觀測研究。因此選定一對距離地球1,100萬公里的雙小行星：(65803)Didymos（直徑

約780公尺），和其伴星Dimorphos（直徑約160公尺）。Didymos屬於S-type的小行星，以矽岩為主要物質，與日本JAXA的隼鳥號（Hayabusa）所探訪的(25143)Itokawa糸川小行星，屬同一類型。在已知的近地小行星中，S-type小行星的數量最多。

DART主體為約1.8X1.9X2.6公尺的立方體，帶上每片約8.5X5公尺可捲收的太陽能板，搭載新技術的儀器，其一為Didymos Reconnaissance and Asteroid Camera for Optical navigation (DRACO)，追蹤型的光學導航相機，用於偵測大小、形狀、地質環境尋找適合撞擊點；其二為義大利的光學微型衛星相機Light Italian CubeSat for Imaging of Asteroids (LICIACube)，在撞擊前15天展開部署，以記錄撞擊和粉塵噴發的過程。DART飛行器於2021年11月24日升空出發，以更有效率的太陽能離子電力推動系統，飛行了一年左右的時間，自備靈活性高又能滾動式修正的導航新科技，以570公斤「故意」衝撞雙小行星的伴星Dimorphos。

動力撞擊過程也是全球焦點，全球各地的地面和太空望遠鏡，一同觀測Dimorphos小行星撞擊前後的軌道發展和物質噴發。Dimorphos撞擊前

以11小時55分鐘的軌道週期繞著Didymos，預估撞期後的軌道週期會縮短1%（約減少10分鐘）。持續追蹤數天後，10月12日NASA公布新軌道的週期為11小時23分鐘（誤差2分鐘），本次撞擊減少了32分鐘，表示實際縮短程度比預估地還要成功。另外，Dimorphos受到外力撞擊，鬆動了原結構的平衡，因此在穩定之前，崩垮的碎石在軌道上脫出了一條長長的尾巴，成為了第一顆人造彗星。

第一步的成功，也預告了第二階段的展開：Hera任務（由歐洲太空總署的太空維安計畫主持ESA, space safety and security activities），將在2024年升空，預計在2026年抵達Didymos附近，對兩顆小行星進行精確地調

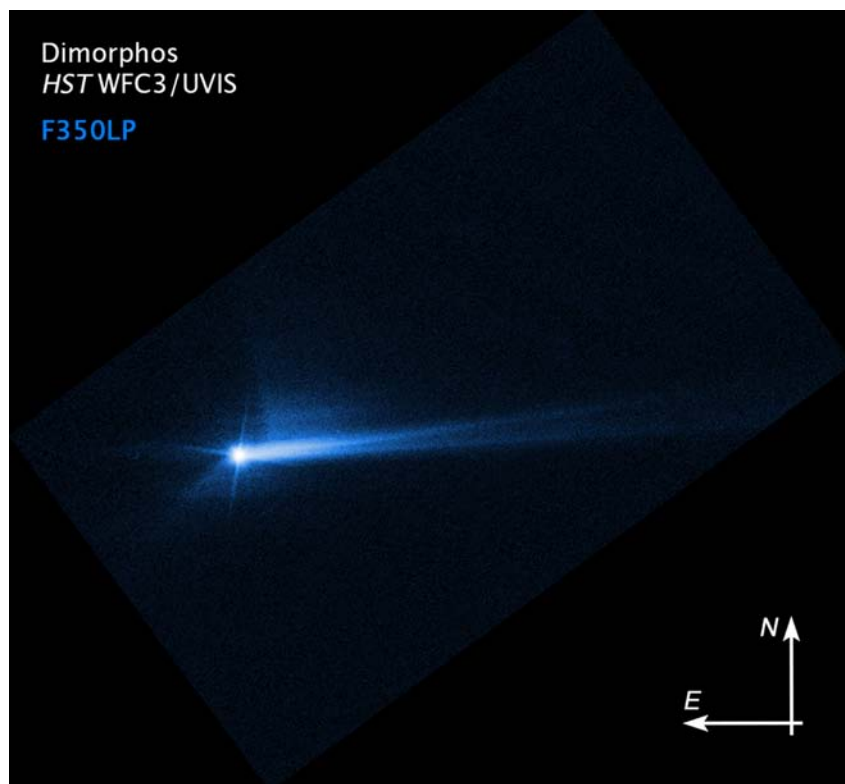


圖8. 哈伯望遠鏡在10月8日所拍攝的影像，在撞擊後的285小時，可見Dimorphos噴出的碎片。其人造彗尾隨著時間的變化，反映了小行星的物質組成，可幫助科學家深入了解這顆小行星。圖片來源：NASA

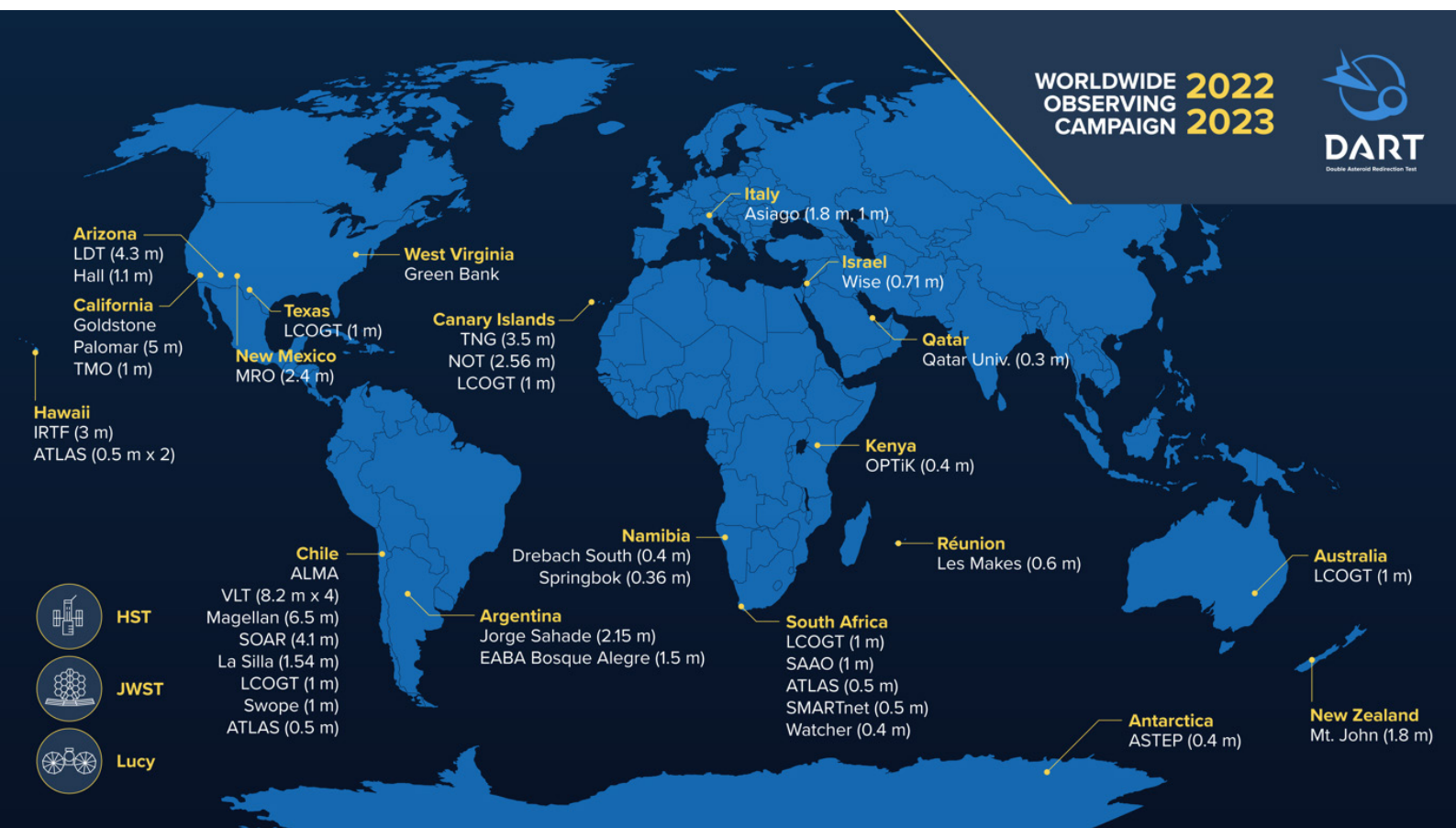


圖9. 全球各地地面望遠鏡和太空望遠鏡齊聚一堂，一同關注DART撞擊過程，也持續追蹤撞擊後的Dimorphos後續發展。圖片來源：DART

查，尤其是（65803）Didymos上「DART坑」和後來的質量，以整合出更符合實際的軌道預測模型，評估整體小行星改道成效與可行性，為未來撞擊應對規劃作準備。

地球上的各種自然災害，
了解地越多，越知道如何應對。

行星防衛隊歡迎你的加入

天文觀測技術在二十一世紀大幅進步，自1995年起，對太陽系小天體逐一清點，這20多年的觀測，讓我們提前掌握了許多有潛在撞擊威脅的小天體，並建立近地小行星資料庫做長期追蹤，以供後續的科學研究和軌道接近預報。至2022年10月，已收錄超過三萬顆小行星，但僅佔了25%，還有更多未發現的小行星，待天文學家一一清查。

預防勝於治療，DART撞擊實驗的成功，驗收了小行星軌道預測和撞擊預防的技術成熟度，讓科學家在後續的行星防禦策略上，有更具體的規劃與行動。NASA執行長Bill Nelson表示：「人人有責任保衛家園，畢竟這是我們唯一的地球。」天文學家努力不懈地研究小行星，關注小行星撞擊風險以保持警戒、防範未然，加上科技的進步與教育的普及，也許在不久的將來，人類會有小天體撞擊地球之跨國界的防災演習。

參考資料：

<https://dart.jhuapl.edu/>

<https://cneos.jpl.nasa.gov/>

<https://neo.ssa.esa.int/>

<https://www.nasa.gov/planetarydefense/dart/dart-news>

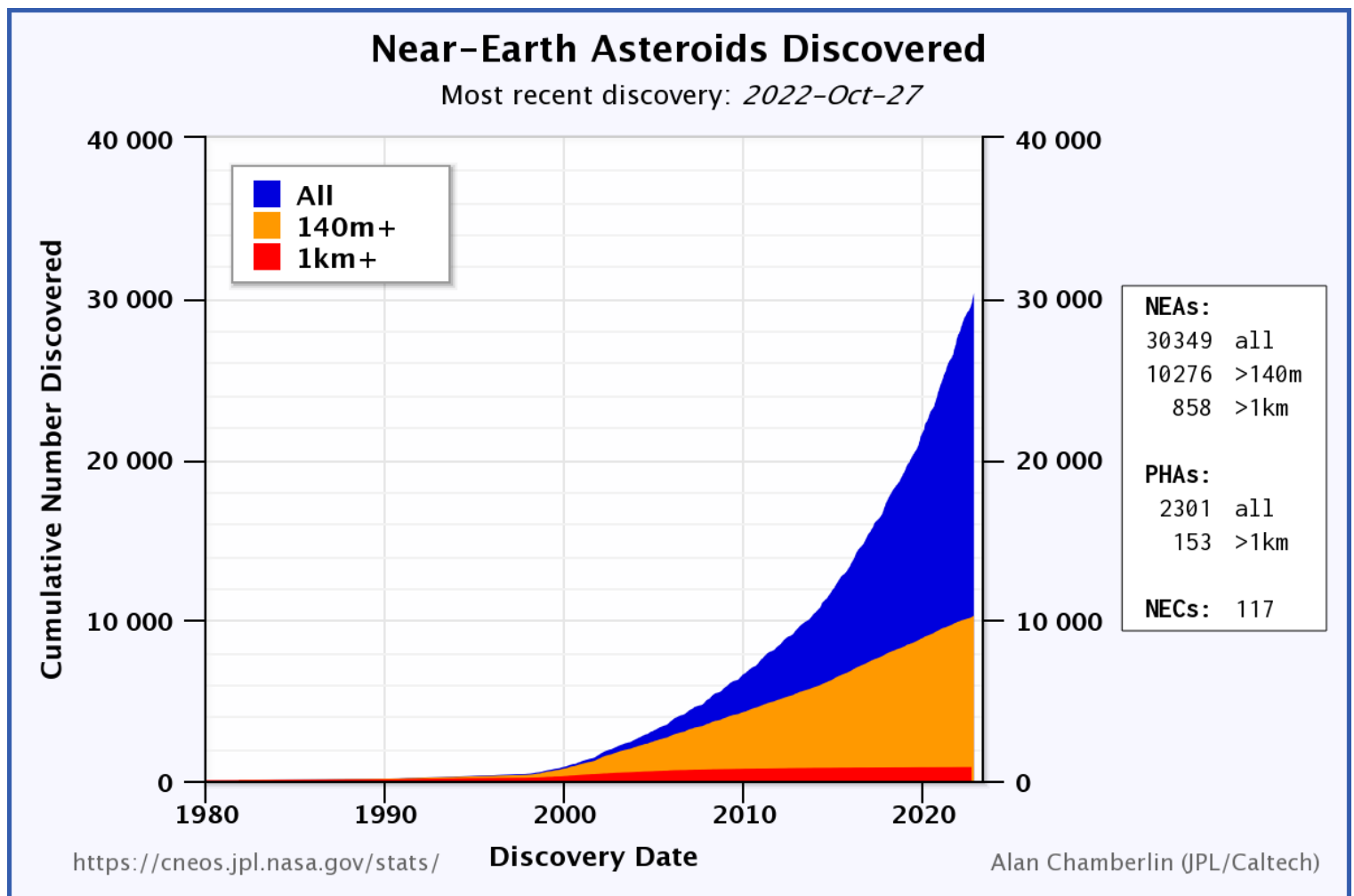


圖10. 截至目前為止所發現的近地小行星，直徑大於1公里的小行星約有858顆（紅色）。大於140公尺的有一萬多顆（橘色），和更小的行星（藍色）。在西元兩千年以後，所找到的數量逐年增加，也表示還有更多尚待清點的小行星。圖片來源：NASA/JPL

筆者小故事：

一覺醒來，驚呼 We are safe!

「昨晚一顆迷你小行星靜悄悄地飛掠地球。」發現它時，早已通過近地點六個小時了。臺灣時間2020年8月18號的早晨，筆者的電子信箱收到一封不緊急的緊急通知。一顆大小約3~6公尺的小行星，距離地球2,950公里飛掠南印度洋上方，刷新紀錄成為最接近、未撞到地球的小行星。不緊急的是剛好擦身而過，但緊急的是，像這樣無聲無息地，一旦發生撞擊，怕是措手不及呀，表示我們得要加快腳步繼續清點星空中的小行星。



圖11. 未發生擦撞的小行星最接近事件：小行星2020 QG於2020年8月16日靜悄悄地飛掠地球，最接近距離2,950公里。圖片來源：NASA

潘康嫻：臺北市立天文科學教育館

YouTube相關影片：



小行星獵人：隕石真的會掉到你家？
探尋隱藏太陽系中的未知威脅

<https://www.youtube.com/watch?v=RuVdhPEs8-M>



DART計畫工作團隊

<https://www.youtube.com/watch?v=g7zdeQ-Uw8k>



上一回撞擊事件：舒梅克-李維9號彗星

<https://www.youtube.com/watch?v=gbsqWozEBBw>

彗星和小行星都是發現者可以命名的天體，通常被發現的時候也都相當暗。兩者最大的不同是，彗星變亮的機會比較大，接近太陽並長了尾巴之後，甚至會成為天文愛好者爭相觀賞的對象。小行星則不同，除非朝地球撞上來，否則變亮的機會相對小很多。在沒什麼機會觀看的情況下，小行星對普羅大眾來說，最吸睛的，應該就是「你的名字」囉！

小行星的名字由兩個部分組成：前面是一個永久編號，後面是一個名字。每顆小行星被證實後，會先獲得一個永久編號，發現者可以為這顆小行星建議一個名字，這個名字要經過國際天文學聯合會（IAU）的批准，才會被正式採納。由於小行星的命名有一定的規則和程序，所以很多小行星沒有名字，特別是永久編號在一萬以上的小行星。目前有軌道數據的小行星，數目在百萬以上，但是有永久編號的只有數十萬顆，而擁有名字的，更是只有五位數。

第一顆小行星在1801年被發現，之後命名為(1)Ceres穀神星（不過穀神星在2006年，已經改分類為「矮行星」了）。早期小行星的命名，必須使用女神的名字。但隨著越來越多的小行星被發現，希臘羅馬神話裡的女神名字都用光了，就改用其他神話裡的女神、發現者夫人的名字、歷史人物等等，不過都必須是女性的名稱。這個「女性限定」的命名方式，直到20世紀初才廢除。

我們住在臺灣，當然比較關心用了臺灣人、事、物等「臺灣名」的小行星囉，底下按照發現時間的先後順序，把「臺灣名星」依照永久編號的位數做分類，跟大家仔細介紹：

文·圖/蔡殷智

小行星裡的 臺灣名星

Credits: NASA/JPL-Caltech

一、永久編號四位數

(1940年～1978年)

這段期間，比較常被提到的2顆小行星是(2169)Taiwan臺灣和(2240)Tsai蔡氏小行星。

(2169)Taiwan臺灣小行星，直徑約17公里，1964年11月9日由中國的紫金山天文臺發現。

(2240)Tsai蔡氏小行星，直徑約24公里，由哈佛大學天文臺於1978年12月30日發現。美籍華人文學家邵正元，為了感謝時任圓山天文臺臺長的臺灣知名天文學家蔡章獻，對他在天文上的啓蒙，並且表彰他對臺灣天文教育推廣的貢獻，1980年命名為「蔡」(Tsai)。這是第一顆以臺灣人命名的小行星，參看圖1。

而幫蔡氏小行星命名的邵正元，畢業於國立臺灣大學，後留美鑽研天文，在小行星研究上有卓越貢獻，因此也獲贈一顆1881 Shao邵氏小行星，這顆小行星於1940年8月3日，由德國海德堡的王座山天文臺（Landessternwarte Heidelberg-Königstuhl）發現。

二、永久編號五位數

(1973年～2001年)

這段期間，相關的小行星共有7顆，發現小行星的天文臺還是在國外。

命名的對象，前期以從事相關研究的天文學家為主，有(18238)Frankshu徐遐生、(18730)Wingip葉永恆和(19470)Wenpingchen陳文屏。後期則多為影視名人，有(38821)Linchinghsia林青霞、(42295)Teresateng鄧麗君、(61189)Ohsadaharu王貞治和(64291)Anglee李安。

Taipei City vs 2240 Tsai

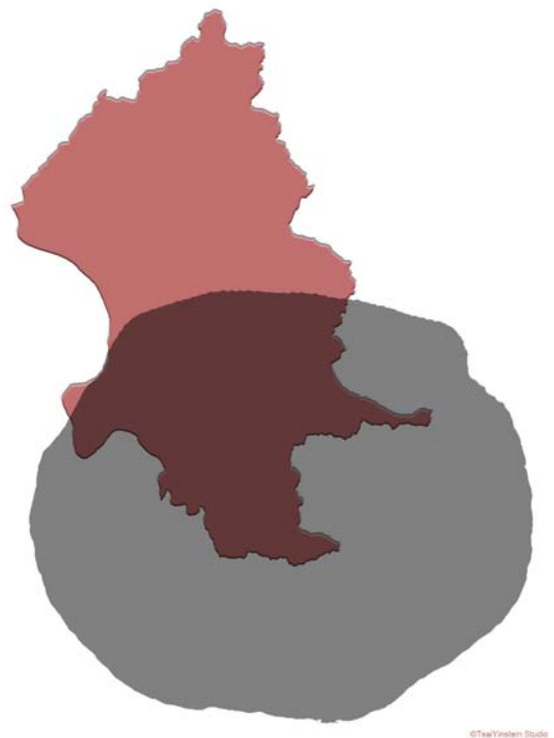


圖1. 藝術家示意圖，圖中陰影表示蔡氏小行星，以估算出的數據和臺北市做大小的比較。

三、永久編號六位數

(2006年～2009年)

經過漫長的等待，臺灣的天文臺終於也有發現小行星的能力了。

這段期間，發現小行星的天文臺為臺灣的鹿林天文臺。這邊先稍微介紹一下鹿林天文臺，國立中央大學於1990年開始，由蔡文祥教授開始進行天文臺選址計畫，歷經3年的調查後，確定玉山國家公園的鹿林前山為優良的天文臺址。1997年興建鹿林第一座天文臺「SLT」，於1999年落成，並於2000年開始進行觀測，2005年設備更新，改採40公分的RC望遠鏡，這架望遠鏡就是後續發現小行星的利器。

從2006年開始的鹿林巡天計畫（LUSS），三年期間共發現800多顆小行星，其中有300多顆已獲得永久編號，一百多顆得到永久命名。為方便介紹，我把命名的對象，分為以下幾類：

3-1 主要行政區

計有(171381)Taipei臺北、(187514)Tainan臺南、(210030)Taoyuan桃園、(212631)Hsinchu新竹、(215080)Kaohsiung高雄、(237164)Keelung基隆、(300892)Taichung臺中、(147918)Chiayi嘉義、(160493)Nantou南投、(175411)Yilan宜蘭、(175583)Pingtung屏東、(200033)Newtaipei新北、(246504)Hualien花蓮、(246643)Miaoli苗栗、(281561)Taitung臺東、(336392)Changhua彰化、(435728)Yunlin雲林等，參看圖2。

1. 147918 Chiayi 嘉義
2. 160493 Nantou 南投
3. 171381 Taipei 臺北
4. 175411 Yilan 宜蘭
5. 175583 Pingtung 屏東
6. 187514 Tainan 臺南
7. 200033 Newtaipei 新北
8. 210030 Taoyuan 桃園
9. 212631 Hsinchu 新竹
10. 215080 Kaohsiung 高雄
11. 237164 Keelung 基隆
12. 246504 Hualien 花蓮
13. 246643 Miaoli 苗栗
14. 281561 Taitung 台東
15. 300892 Taichung 臺中
16. 336392 Changhua 彰化
17. 435728 Yunlin 雲林

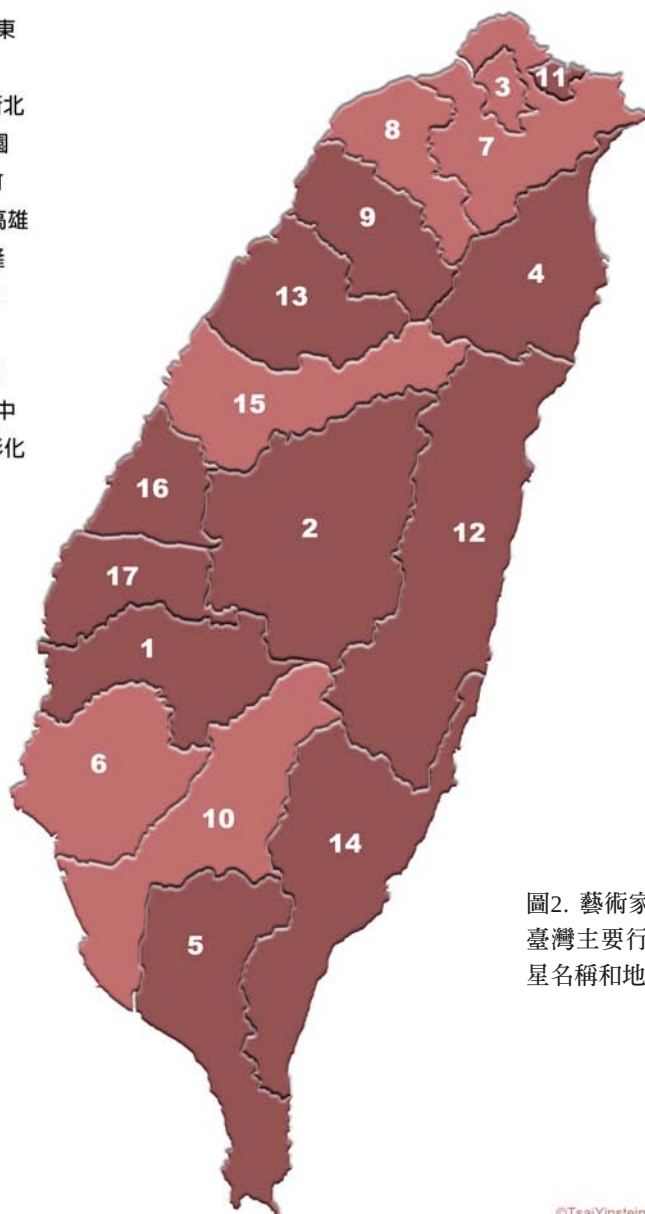


圖2. 藝術家示意圖，展示以臺灣主要行政區命名的小行星名稱和地圖的對照。

3-2 其他地理位置

計有(145523)Lulin鹿林、(185216)Gueiren歸仁、(185546)Yushan玉山、(185636)Shiao Lin小林、(210035)Jungli中壢、(278956)Shei-Pa雪霸、(300286)Zintun日月潭、(321131)Alishan阿里山、(365190)Kenting墾丁等。

3-3 族群、機關、學校與團體

計有(145534)Jhongda中大（指中央大學）、(175452)Chenggong成功高中、(175586)Tsou鄒族、(187636)Chungyuan中原大學、(192208)Tzu Chi慈濟（見圖3）、(200025)Cloud Gate雲門、(204842)

©TsaiYinstein Studio

Fengchia逢甲大學、(207655)Kerboguan
科博館、(239593)Tianwenbang天文幫（臺灣在高雄幾所高中天文社團的聯盟）、(268669) Bunun布農族、(281569) T a e a 南瀛天文館、(300150)Lantan蘭潭（指蘭潭國小）、(300300) T A M 臺北天文館、(528489)Ntuef臺大實驗林等。

圖3. 藝術家示意圖，圖中紫色點代表靜思精舍所在地，圖中陰影表示慈濟小行星，以估算出的數據，和花蓮縣北部做大小的比較。

192208 Tzu Chi

3-5 各界名人

計有(145545)Wensayling溫世仁、(168126)Chengbruce鄭崇華、(236851) Chenchikwan陳其寬、(237187) Zhonglihe鍾理和、(239611)Likwohting李國鼎、(256892)Wutayou吳大猷、(255989) Dengyushian鄧雨賢、(257248)Chouchiehulun周杰倫、(278986)Chenshuchu陳樹菊、(281068) Chipolin齊柏林、(316020)Linshuhow林書豪、(465513)Chenchen甄珍、(498797)Linshiaawshin林孝信、(544033)Lihsing李行等。

大小比對圖

臺中霧峰區(中臺灣影視基地所在地)與以臺灣影視明星命名的小行星

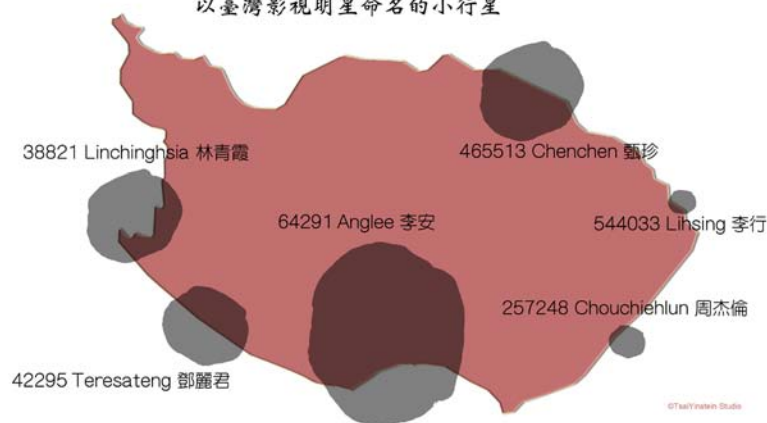


圖5. 藝術家示意圖，圖中陰影表示小行星，以其估算出的數據，和臺中霧峰區做大小的比較。

3-4 學術界，特別是對天文科學有直接貢獻的

計有(175410)Tsayweanshun蔡文祥、(175451)Linchisheng林啓生、(177967) Chouchihkang鄧志剛、(178150) Taiyunkwei戴運軌、(181569)Leetyphoon李太楓、(185364) Sunweihsin孫維新、(202605)Shenchunshan沈君山、(207603)Liuchaohan劉兆漢、(231346) Taofanlin陶蕃麟、(236484)Luchijen呂其潤、(281564)Fuhsiehai傅學海、(461981)Chuyouhua朱有花、(596996)Suhantzong蘇漢宗等。

桃園中壢區(中央大學天文所所在地)與

以曾服務於中大天文所學者命名的小行星



圖4. 藝術家示意圖，圖中陰影表示小行星，以其估算出的數據，和桃園中壢區做大小的比較。

3-6 光宗耀祖

(216261)Mapihsia馬碧霞、(349785)Hsiaotejen蕭德仁，這兩位都不是名人，因為是發現者的直系親屬而得以流芳百世。看到這裡，會不會興起「有為者亦若是」的念頭呢？歡迎加入尋找小行星的行列喔。

參考文獻：

維基百科：華人相關小行星列表

維基百科：與鹿林天文臺有關的小行星列表

維基百科：小行星1881

維基百科：小行星2240

Wikipedia：List of minor planets

蔡殷智：國際天文藝術家協會（IAAA Artist Member）

<https://iaaa.org/member-portfolio/?member=119>



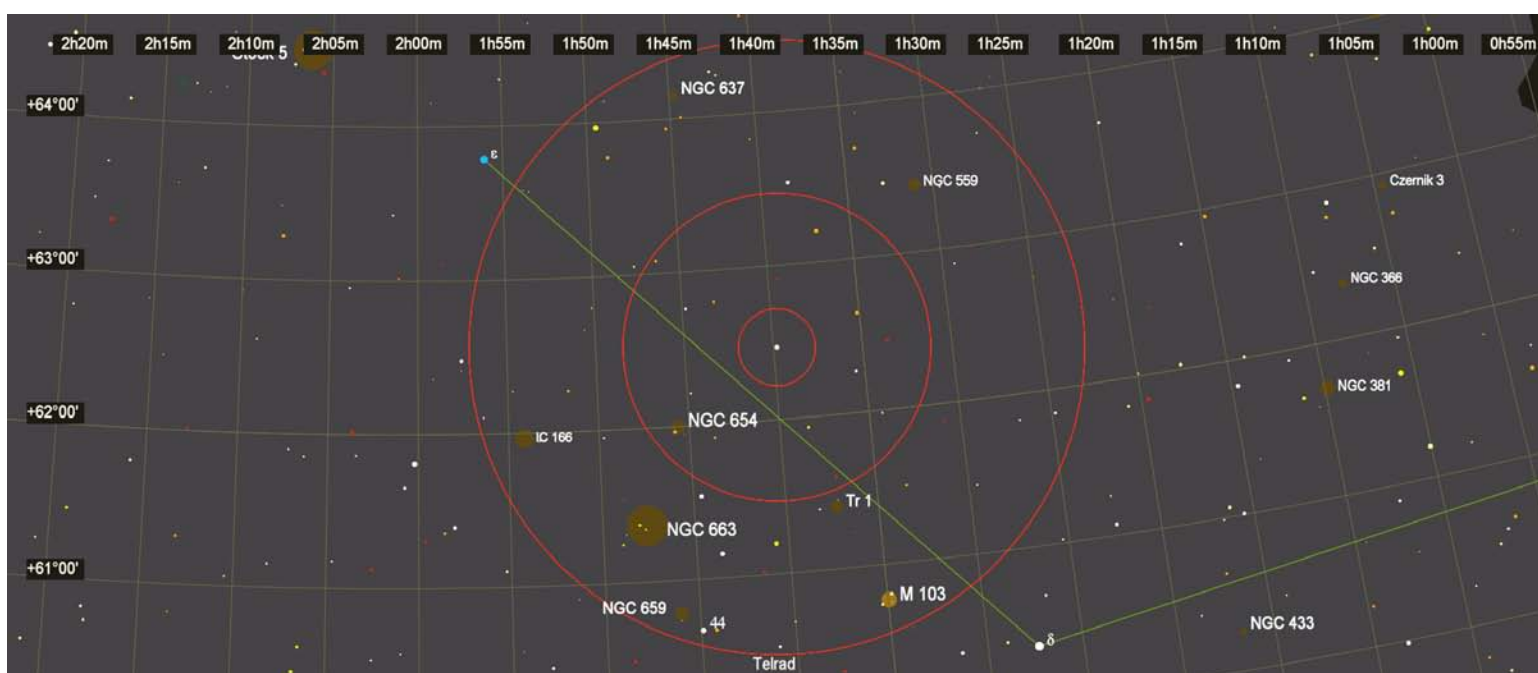
雙筒望遠鏡觀天-15

文/ 陶蕃麟

雙筒望遠鏡使用方便，可以隨時移動，為觀星提供了許多優勢，是入門者進入天文領域的最佳工具。

皇家的星團：仙后座的疏散星團

仙后座是一個非常值得一探的秋冬季星座，它有許多深空天體可供雙筒望遠鏡觀賞。即使不使用星圖，僅使用雙筒望遠鏡掃描銀河在這個星座的部分，也能巧遇幾個疏散星團。



閣道二與閣道三周邊的M103、NGC 659、663和654位置圖。用雙筒望遠鏡可以同時看見這些深空天體。圖中標示的目鏡視野分別是4°、2°和0.5°；中心的恆星是視星等6.72的HD 9878。

在臺北星空98期介紹川普勒三角區時，我們已經看過仙后座的M103、NGC 654、NGC 659、NGC 663等深空天體。這回我們還是從仙后座W星群的閣道二（仙后座ε，視星等3.35）和閣道三（仙后座δ，視星等2.66）開始，做一次深度的探索。

NGC 663

閣道二和閣道三相距+04°48'，一架標準的7x50雙筒望遠鏡可以將它們置於同一個視場中。在這兩顆星連線的中間點的東南偏東，你能看見一條黯

淡、跨距約15'的斑點，這就是同屬仙后座OB8星協的4個疏散星團中直徑最大的NGC 663。它擁有約400顆恆星，整體亮度達到7.1等；但7x50的雙筒望遠鏡尚不足以解析出這個疏散星團，所以看不出一顆顆的星點。想看清楚星點至少要動用到16x70的雙筒望遠鏡才能解析出來，若使用更大的25x100雙筒鏡，還可以看出恆星聚集成兩個不對稱的集團。

梅西耶在閣道三東北約1°發現了更小（視直徑6.0'）更黯淡的M103（視星等7.4等），卻錯失了NGC 663，也沒看見最亮的NGC 654（視星等6.5）實在很可惜。



疏散星團NGC 663。圖片來源：wiki



疏散星團M103（NGC 581）。靠近圖中央的藍白色亮星是前景的斯特魯夫131。圖片來源：wiki

M103（NGC 581）

在天文史上，它是梅西耶原始目錄中的最後一個天體。從M104到M110都是在20世紀從梅西耶未發表的筆記中，陸續找出來再增訂的。

梅西耶使用的望遠鏡品質不是很好，因此忽略了NGC 663，而對M103的描述也非常簡略，只說這是一個星團。但現在的觀星者都知道M103確實比NGC 663更為壯觀，是擁有數千顆恆星的疏散星

團。但用雙筒望遠鏡或在低倍率下，只能看見較亮的星雲和少數遙遠的恆星，要使用較高的倍率（ $\sim 200\times$ ），才能看見它特定排列成一個扇形或箭頭的三角形。所以，視星等7等的三合星系統，在尖端的斯特魯夫131（Struve 131）就成為雙筒望遠鏡觀賞M103的重點。

然而，斯特魯夫131並不是M103的成員，只是前景星。依據依巴谷衛星針對其主星，B5超巨星，量測的視差只有 2.44 ± 1.3 微角秒，取最小也就是最遠的視差值1.14微角秒，與地球的距離也不過是2,800光年，而M103與地球的距離至少是8,000光年。

M103真正的成員中，最亮的恆星是一顆視星等10.6的紅巨星。如果對星團年齡的估計是合理的（2,500萬年），那麼一顆藍色的超巨星就不會成為星團成員。因為藍超巨星的質量至少是25倍的太陽質量，而這類恆星在其生命週期的主序帶階段，不會超過330萬年，顯然它們的壽命很短，若是M103的成員就太年輕了。

史塔克5（Stock 5）

史塔克5是位於仙后座的小型疏散星團，在川普勒分類為IV 2 p（註）。這是20世紀50年代尤爾根·史塔克（Jürgen Stock）編制的24個疏散星團之一。

從閣道二往東北方約 1° （ $1^\circ 19'$ ）可以看見由HD 11946（視星等5.29）與仙后座52（視星等6.0）和仙后座53（視星等5.59）構成一個V字型小星群。在仙后座53東面有3顆昏暗的小星，與仙后座53一起構成一個鑽石的形狀，這就是疏散星團史塔克5中最明亮的4顆星。這個星團的結構鬆散，整體光度為7.0等。如果在足夠黑暗的場所觀賞，雖然不見得能看見更多的星點，但可以感覺到鑽石中有一點朦朧的霧氣。



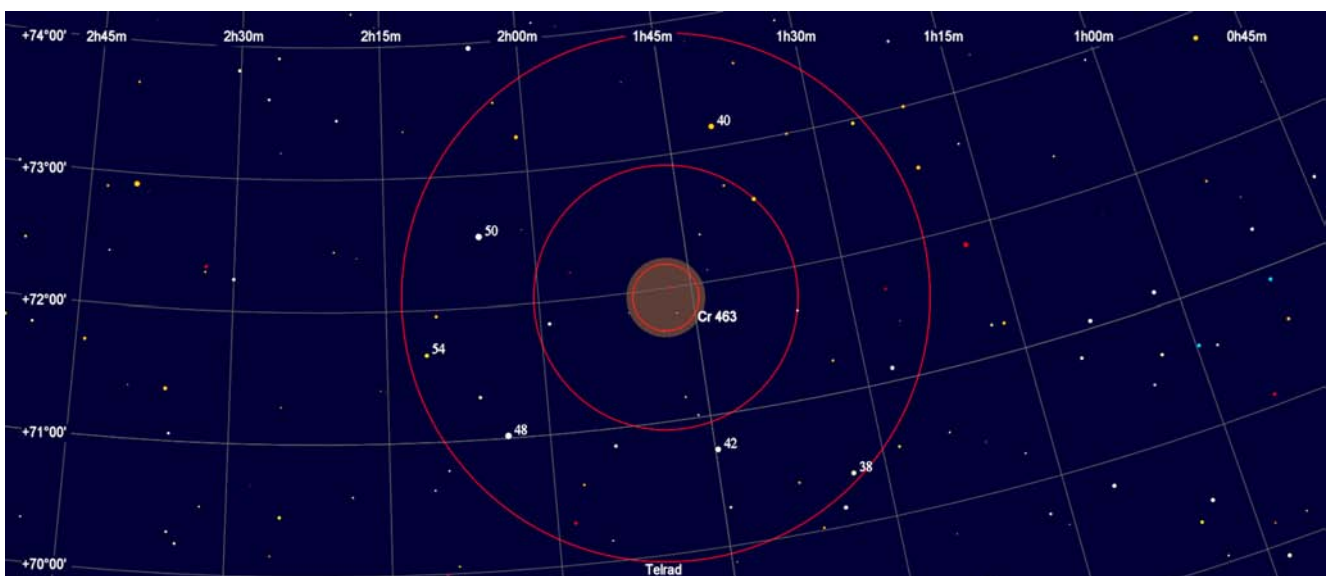
以闊道二為中心，可見史塔克5。



疏散星團史塔克5。右上方是尋找它的V字形的兩顆導引星。
圖片來源：Astronomy

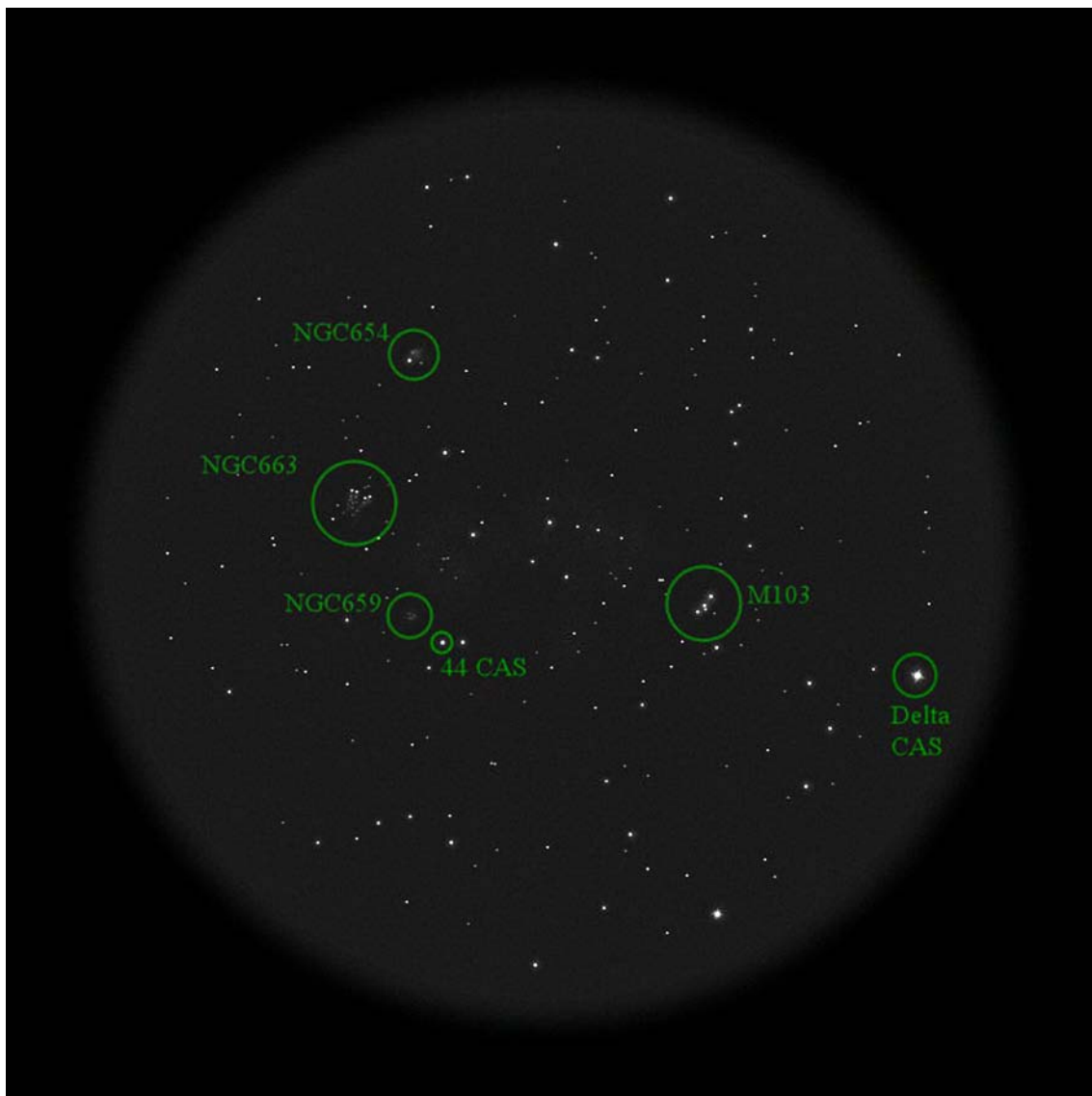
科林德463 (Cr 463)

接下來，可以向北移動尋找位在闊道二北方約 8° ($8^\circ 11'$) 的另一個疏散星團Cr 463。這個距離看似遙遠，但只要往北方移動約兩個視野，找到視星等3.59的杠五（仙后座50），然後找出與華蓋二（仙后座40，視星等5.28）、杠八（仙后座42，視星等5.18）和杠七（仙后座48，視星等4.49）組成的四邊形，Cr 463就在這個四邊形內。它靠近華蓋二和杠八連線那一側；或是這兩顆星與杠五組成的三角形的中心附近。Cr 463的川普勒分類為III 2 p，視大小相當於一個滿月，由80多顆距離地球2,100光年，視星等介於8-9等的恆星組成，整體的亮度為5.7



以Cr 463為中心，可見尋找它的4顆導引星都在 2° 的範圍內。

M103、NGC663以及周圍環境。這張圖是比利時業餘愛好者RonyDeLaet用他的15x70雙筒望遠鏡看到，並標示名稱的圖，右下方的亮星是閣道三。圖片來源：RONY'S ASTRONOMY SITE



等。所以要在良好的觀測場所才能看清楚，星團中最亮的是星等8.2等的HD 10483。

梅洛特15（Melot 15）

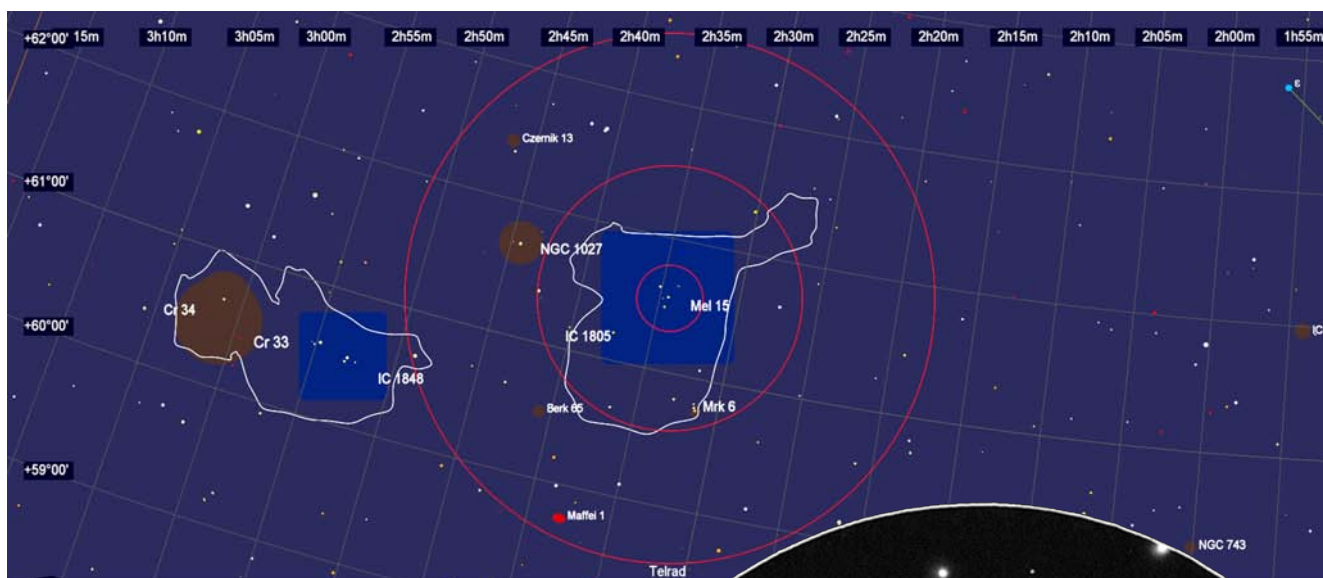
閣道二往東南東方約 5° （ $4^{\circ}55'$ ），可以看見梅洛特15（Melot 15）。由於它被心臟星雲（IC 1805）包圍著，而心臟星雲是個很受天文攝影者關注的目標，所以梅洛特15很容易被忽略掉。梅洛特15有40多顆恆星，總光度在6.5等，是雙筒望遠鏡很好的目標。它的川普勒分類是III 3 p n，使用10X50的雙筒望遠鏡，在星團 $20'$ 的跨度範圍內，可以看見6顆左右的恆星，最亮的HD 15570，視星等8.13。

在梅洛特15的兩側，有兩個較小的疏散星團。

第一個是在南方 0.5° 的馬卡里安6（Mrk 6），川普勒分類是IV 2 p，是一個很小也很容易錯過的目標。但是仔細看，你可能會看到一組微弱的六顆星，看起來有點像一支指向南方的箭。

另一個是在梅洛特15正東方，距離也相當的NGC 1027，川普勒分類是III 2 p n。這個星團大約有40顆恆星，但看起來是一團柔和的光芒圍繞著一顆7等的恆星。

雖然這3個星團在天空中看起來靠得很近，但它們與地球的距離卻截然不同。根據《星團》（Willmann Bell，2003），作者布倫特·阿奇納爾（Brent A. Archinal Archinal）和史蒂文·海恩斯（Steven J. Hynes）在這本書中的描述，馬卡里安6距離地球最近，為1,665光年；NGC 1027的距離是

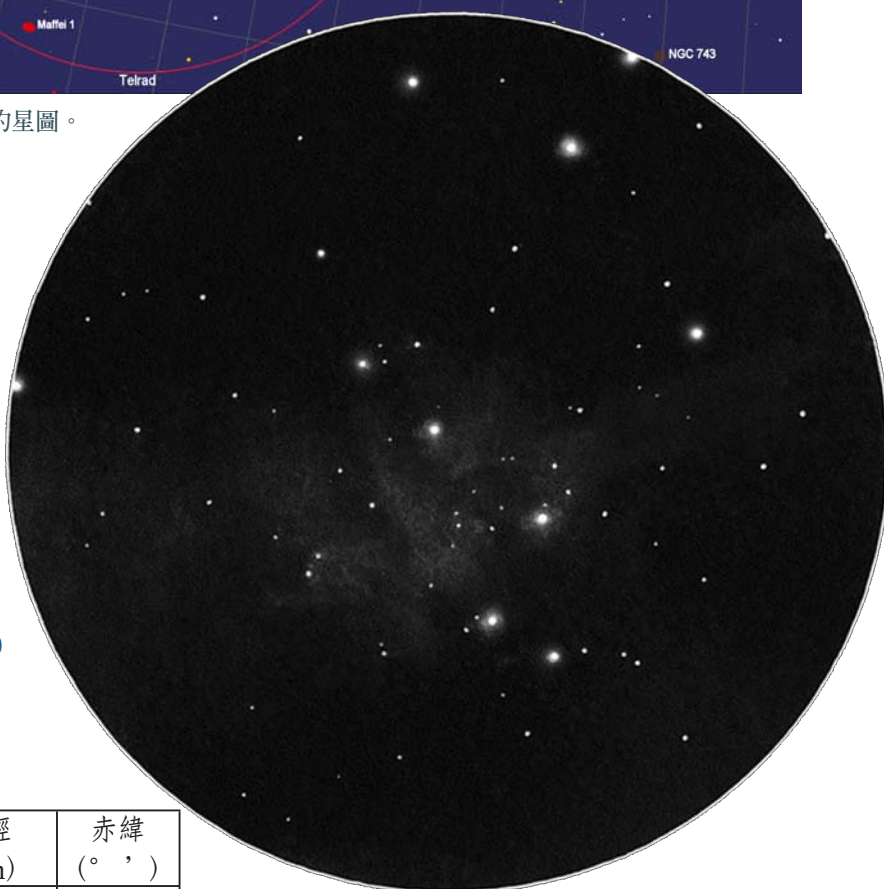


以被心臟星雲（IC 1805）環繞的梅洛特15為中心的星圖。

3,950光年，梅洛特15的距離最遠，是7,200光年。

下表是來自布倫特·阿奇納爾和史蒂文·海因斯的疏散星團數據，包括了本文未提到的一些疏散星團。有些可以用小雙筒望遠鏡觀賞，有些則需要口徑更大、倍數更高的雙筒望遠鏡才能看到。

附註：川普勒分類法請參考[臺北星空99期川普勒三角區（下）](#)。



埃里卡·里克斯（Erika Rix）素描的梅洛特15。使用的是16英寸f / 4.5反射鏡，搭配13mm目鏡（138x）和OIII濾鏡。圖的北方在上，西方在右邊。圖片來源：Astronomy

陶蕃麟：臺北市立天文科學教育館展示組組長退休

名稱	視星等	視直徑 ($\prime$)	分類	赤經 (h m)	赤緯 ($^{\circ}$ ')
M103	7.4	6.0	II 2 m	01 33.3	+60 39.5
Tr 1	8.1	3.0	II 2 p	01 35.6	+61 17.2
Czemik 4	~9.0	4.0	IV 2 p	01 35.6	+61 28.5
NGC 659	7.9	6.0	I 2 m	01 44.3	+60 40.2
NGC 663	7.1	15	II 3 r	01 46.2	+61 13.1
NGC 654	6.5	6.0	II 2 r	01 44.0	+61 53.0
Berkeley 6	~9.5	5.0	II 2 p	01 51.2	+61 03.6
IC 166	11.7	8.0	II 1 r	01 52.3	+61 51.3
Berkeley 7	~11	4.0	II 2 p	01 54.2	+62 22.2
NGC 743	~8.0	7.0	IV 1 p	01 58.5	+60 10.0
Czemik 5	~12.0	2.0	III 1 p	01 55.6	+61 21.4
Stock 2	4.4	60.0	I 2 m	02 14.7	+59 29.1

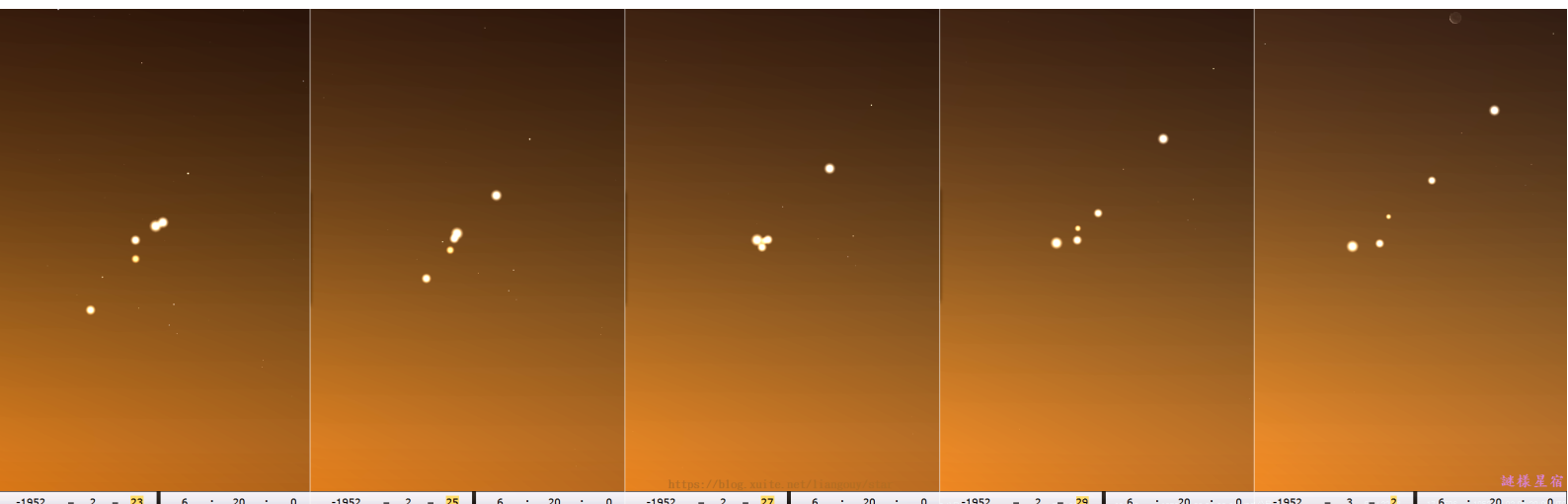


圖1. 西元前1953年2月底，日出前之地平線上20度範圍，可見五星連續聚集於8度內至少10天，最密集時僅有4度半。

圖片來源：Stellarium

人生總是聚散無常！從前，人們的相聚是指碰面；現在，用網路視訊看到彼此，也勉強能算相聚。其實，天上的行星也是，「五星聚」可是古天文界的熱門關鍵字。然而，行星要怎麼「聚」在一起？是指脫離軌道相互接近？還是如電影借位手法那樣，只是表面上看起來像是擠成一團或連成一線（圖1）？

文/ 歐陽亮

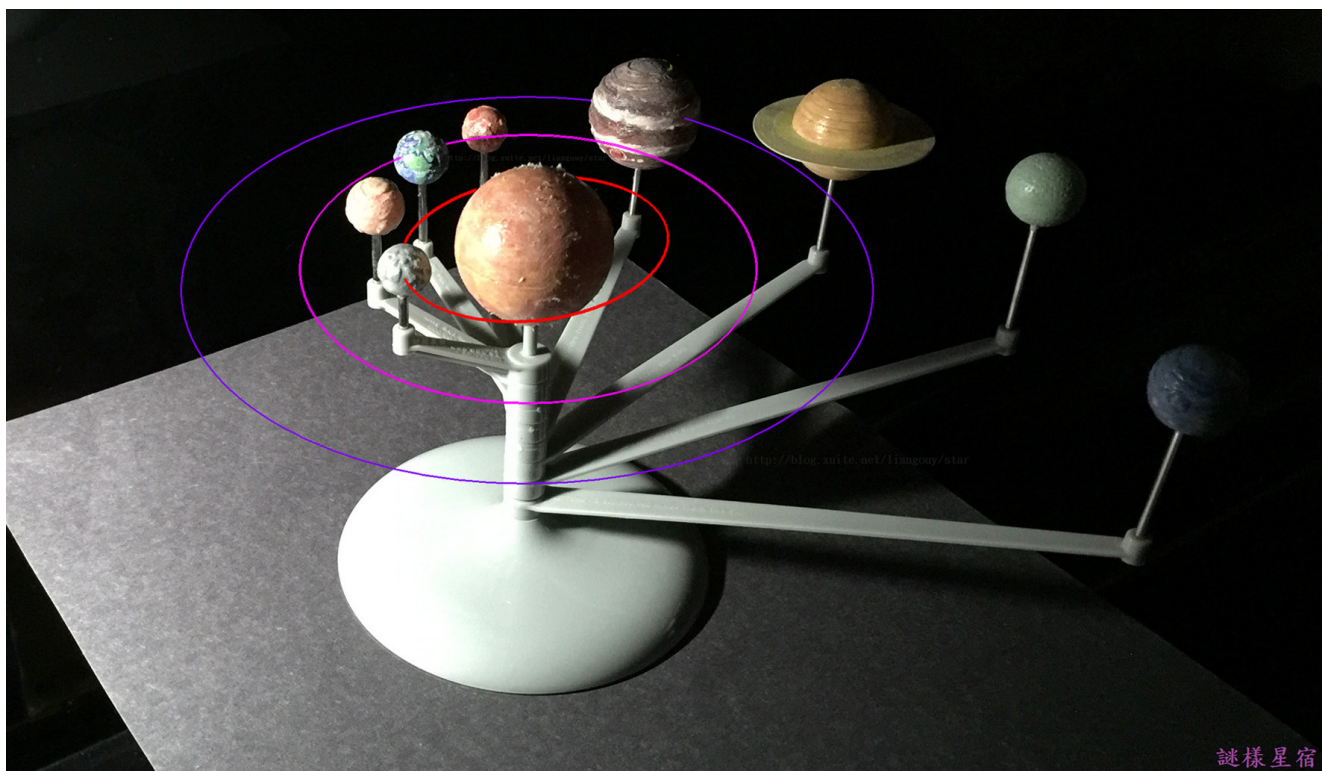
五星聚散兩依依 (上)

如果連成一線又十分接近，就如同串在一起的珠子，可稱為串珠或聯珠，一般人所說的連珠炮就是形容一個緊接一個的樣子。而古代青銅器或絲織用的聯珠紋樣，也都是彼此相連、一顆挨著一顆，緊鄰相接，如同排隊。如果串珠的珠子之間空檔很大，就難以被視為「串」。

現在我們當然知道，行星不會莫名脫離位置而非法群聚，讓太陽系運作大亂，這些行星的相聚都只是視覺上的逼近而已。但是「聚成一團」與「串成一線」並不相似，只不過在古天文領域裡，五星聚通常也可稱為五星連珠¹，一般不會特別區分這兩種排列。這是由於每個行星繞日軌道並不在同一平面，都略有偏斜，八大行星約在七度範圍內飄移（圖2），就算從太陽系正上方看到大家整齊排好

隊、中心都剛好都在同一線上，但站在各行星上卻看不到行星彼此間互相重疊的「掩星」，頂多只能看到排成「一線」。不過這種精準對齊的串珠狀，不知要多少年才會遇到，實在很困難。若只是稍有偏差、聚集成團狀的五星聚，那就容易多了。

但要多近才像是聚成一團呢？看到天空中相鄰的兩顆星時，每個人都會有不同的看法，有人會覺得很近，其他人則未必認同。在幾個月前，新聞曾經熱烈報導「五星連珠」，不過當時這五顆星跨距超過半個天空，遙遠到很難有「聚」或「聯珠」的視覺效果，而且拉長的空隙之間，也容易有亂入的明亮恆星干擾。不熟悉星空的人並不知道哪些星是行星，不會發現它們亮度差距多大或相連與否，也許會隨便找五顆星來連。如果能像新聞引用的誇大



謎樣星宿

圖2. 太陽系各行星的軌道不在同一平面，若以地球軌道（紫紅）為基準，水星（紅線）偏斜約七度，木星（紫線）偏斜約一度。請注意此DIY彩繪模型僅為示意，並非真實比例。（筆者製）

模擬圖那樣明顯地看出五個行星圓盤也不錯，只可惜我們並無法用肉眼看見。

如果從歷史的眼光來看，在古書與相關研究中可以看到「聚」其實有很多種說法：

1. 五星在二十八宿的同一星宿或相鄰兩宿之中，常見於正史記載中。
2. 五星同時在「十二次」的其中一個（十二次為記錄木星位置之等距劃分法），意即相距30度以內。亦見於正史裡。²
3. 五星相差小於45度，見於《辭源》以及部分天文史學者著作。³
4. 五星相距60度以內，見於部分現代天文專家的文章。⁴
5. 五星各居一宮相連不斷，甚至虛拱一位也算，因此可遠達150度以上，見於占卜個人命運的星象命理書中。

綜合以上五點看來，「五星聚」從最小的同一星宿到最大的150度都可以，定義實在太過含糊了。

古典的定義

在這些說法中，第一點「在同一星宿中」所涵蓋的範圍可在1度（觜宿）至34度（井宿）之間⁵，而「相鄰兩宿內」，其範圍則在11度到44度左右⁶，且已將第二點之說法涵括在內。我們可先從歷史文獻來看「聚」的記錄有哪些。

查正史中有關「星聚」、「星連」、「星聯」這幾個關鍵字，結果綜述如下：

《史記》《漢書》《三國志》五星聚于東井

《晉書》三星聚于畢昴；四星聚于奎婁、牽牛；五星聚於星紀（十二次之一）

《宋書》三星聚于畢昴；四星聚于奎婁、奎、柳張、牛女、心、箕尾；五星聚於星紀、虛度、房、箕、冀方（冀州，指昴、畢之分野）

《魏書》三星聚虛危之分、東井；四星聚奎、

井、參、危；五星聚於東井

《北史》五星聚於東井

《隋書》三星聚東井

《舊唐書》二星聚東井；三星聚營室；五星連珠（首次出現，且為文學用詞）

《新唐書》三星聚於東井、營室、危、軫、七星、南斗；四星聚於鶉首（十二次之一）、畢、尾；五星聚於東井、尾箕

《舊五代史》四星聚于畢、張

《宋史》四星聚；五星聚奎、伏於鶉火（十二次之一）、軫、五星連珠於奎

《遼史》五星聚於虛度

《元史》三星聚于房、奎、井、亢、斗、室、胃、畢、尾；四星聚奎；五星聯珠同會虛宿、五星聚見於西南

《明史》三星聚於井、參、翼、軫、角、房、危；四星聚於柳；五星聚於營室、張、室

由上可知，「聚」大多是指在一個或兩個星宿以內的接近情形，另外亦可用十二次或分野來認定，但是次數遠少於星宿。我們若用天文軟體Stellarium，可以重現近五千年最密的一次五星聚（圖1）：西元前1953年2月27日清晨，五顆星最接近時僅有4度半，甚至有四顆聚集在月球盤面這麼小的範圍內！亮度達-3等的金星與亮度同為1等的水星與土星，形成一個小小的三角形，包圍著2等的紅色火星，光是想像就已覺得十分壯觀了。且整個2月底在地平線上20度範圍，都可見到五星連續聚集於8度以內，相當於伸直手臂後以雙手的姆指與食指所圈出的圓形裡。

若是從另一個原始定義來看：古人為了制定曆法，會設一個「曆元」當做起點，以便推算。這個起點會取甲子日的夜半，且必須正好是朔又是冬至。後來曆算家為了強求更遠的起點，甚至附會為天地開闢之時，於是追加了五星同度等嚴格條件，稱為「上元」。但這只是一個理想而已，實際上並不存在。⁷

還有什麼事件能夠看出五星到底怎麼「聚」呢？傳說中「漢之興，五星聚于東井」（圖3）是第

一本正史《史記》的描述，而《漢書》則明確寫出時間是「元年冬十月」。不過我們若用天文軟體可以看到，必須在漢高祖的第二年（西元前205年）五月才有這個天象，並不在元年，且五星之間最近時相距達21度，並分布在井鬼柳三宿（圖4）。若要求全在井宿，則相距31度，且水星有點遠。這個古天文史有名的移花接木，其實是為了想要附和五星聚占辭所顯示的「改朝換代」，且其他企圖附會五星聚時就會發生王權更迭的例子還有好幾個，甚至有學者用來認真推算遠古年代，但很容易徒費心力。⁸

有趣的是，歷史上有些看起來更像「聚」的奇景，卻沒有被記錄。例如漢代呂后專政時聚於室（西元前185年）跨距只有7度、唐代韋后攝政時聚於柳（西元710年，此時武則天已過世五年）只有6度，然而這兩個時間點實在不符合星占「想要」的意義，所以很有可能被偷偷刪除了。⁹眼尖的你此時心中是否悄悄地升起了一個疑惑呢？在此直接公佈答案：慈禧太后掌權時，就沒有發生過這麼緊密的五星聚，只有幾次相距30~45度，不知這個答案是讓大家放心了還是失望了？其實在西元前47年（西漢

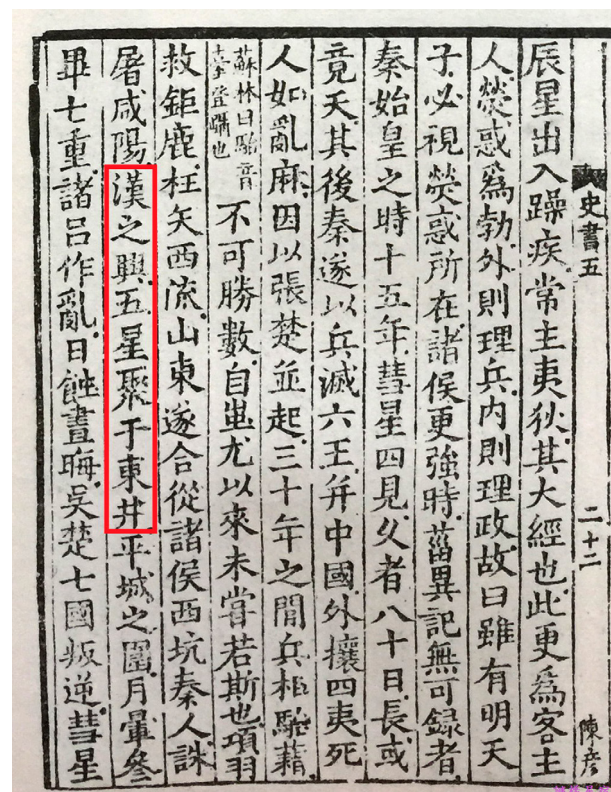


圖3. 目前存世最早且較完整的《史記》版本：北宋景祐監本所記載之「五星聚」，中研院史語所藏。



圖4. 西元前205年5月29日黃昏，五星聚於21度內，眉月也剛好入鏡。此年為漢高祖第二年。圖片來源：Stellarium

後期)與西元332年(東晉初年)也有10度以內且能夠觀察到的五星聚，前者甚至比漢朝開國的聚還要密集，卻也沒有被史書所記錄或占卜過吉凶。

至於星占到底想要什麼樣的意義？其實我們從《開元占經》或《天文要錄》¹⁰可以看到，占星家完全各說各話，「聚於某宿將會如何」的描述有大好也有大壞，沒有一致的看法。也許這可視為站在改朝換代的對立兩方所呈現的不同觀點，並不像一般人所認為的只有吉兆。

附註：

1 見《辭源》各種版本以及江曉原《星占學與傳統文化》，上海古籍出版社，1992，頁110。

2 不過天文史學者黃一農先生採用的30度並非以此為準，而是以漢代井宿宿度為基準。見於黃一農《社會天文學史十講》，復旦大學出版社，2004，頁51。

3 李亮《天文觀象·日月星辰》，湖南科學技術出版社，2020年，頁74。

4 江曉原，紐衛星《回天：武王伐紂與天文歷史年代學》，上海人民出版社，2000，頁264；以及趙永恆《唐虞夏商天象考》，《重慶文理學院學報 社會科

學版》2011年第02期。

5 關於星宿寬窄不一的問題，請參考臺北天文館期刊《臺北星空》第96期「謎樣星宿」專欄〈星座的變遷上篇：星宿的乍現〉。

6 以宋皇祐年間數據為計算基準，44度是指範圍最大的井宿34度加參宿10度。見潘鼐《中國恆星觀測史》，上海學林出版社，2009，頁243。

7 陳遵媯《中國天文學史》第五冊〈曆法·曆書〉，明文書局，1998，頁70~71。其中提到的緯書可參見《尚書考靈耀》，其書另一版本有寫出「五星若編珠」。

8 江曉原《12宮與28宿：世界歷史上的星占學》，遼寧教育出版社，2005，頁267。

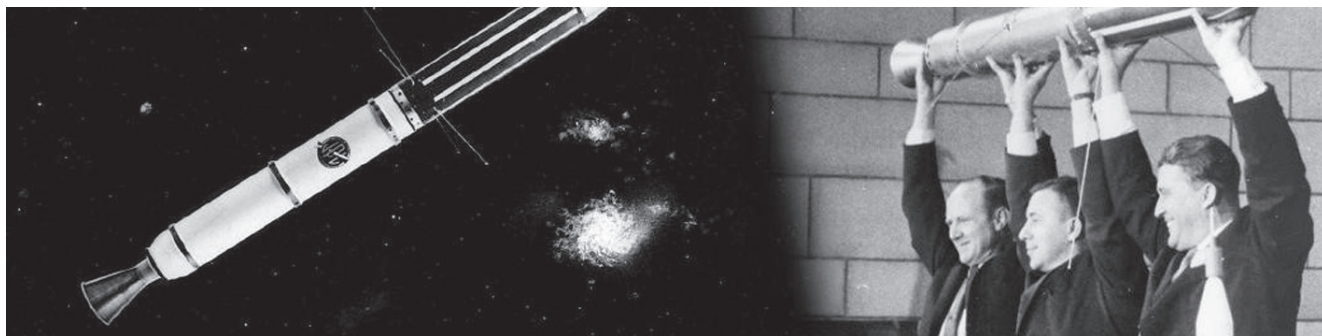
9 黃一農《社會天文學史十講》，頁70。

10 見「辰星占」：網頁版之頁121。

歐陽亮：天文愛好者，中華科技史學會會員，曾獲2001年尊親天文獎第二等一行獎，擔任2009全球天文年特展解說員。

部落格：謎樣的二十八星宿

<http://blog.xuite.net/liangou/star>



發現范艾倫輻射帶的探險者1號衛星及促使衛星成功發射的3位科學家。左邊是負責建造及操作衛星的JPL主任William Pickering，中間是設計和製造科學儀器的Van Allen，而右邊是建造攜帶衛星升空Jupiter-C火箭的Wernher von Braun。圖片來源：NASA

上篇介紹了影響太空天氣的主角之一太陽風，本篇將介紹環繞地球的范艾倫輻射帶以及來自星際間的宇宙射線。

范艾倫輻射帶

自從發現來自星際的宇宙射線以來，科學家對於宇宙射線是否會和大氣作用產生新的粒子一直沒有定論。為蒐集證據，范艾倫（Van Allen）計畫在美國第一個人造衛星探險者1號

（Explorer1）上，放入可偵測游離輻射（高能量的質子和電子）的蓋格計數器，來測量宇宙射線。卻意外的，在遠高於地球大氣上方，以為幾乎沒有粒子之處，發現環繞地球的輻射帶。科學家雖然認為地球磁場會捕捉帶電粒子，但只會在磁爆發生時短

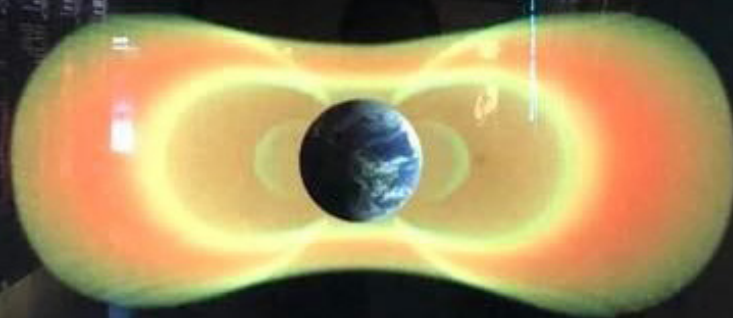
暫出現。

輻射帶的發現來自於一群不合理的數據，數據顯示探險者1號衛星偵測到的宇宙射線數量遠低於預期。在排除儀器故障後，范艾倫認為是儀器接受到，由地球磁場捕獲的帶電粒子群（輻射帶）所產生

太陽風展項的影片中介紹范艾倫輻射帶及范艾倫探測器。

太空也要報天氣（下）

文/ 陳姝蓉



的強烈輻射而達到飽和，並出現極低的讀值。這個推論被繼任的探險者3號衛星證實。搭配後繼的先鋒3號（Pioneer 3）和探險者4號衛星的觀測資料，科學家發現地球磁層內，兩個甜甜圈狀環繞的輻射帶。其強烈的輻射，讓科學家一度懷疑記錄到蘇聯的核彈試驗。

太陽風展頂的影片中可見到，輻射帶中的粒子會以螺旋的方式一邊繞著地球磁場旋轉，一邊沿著磁場南北來回移動，時而在不同磁力線間遊走，偶爾會有

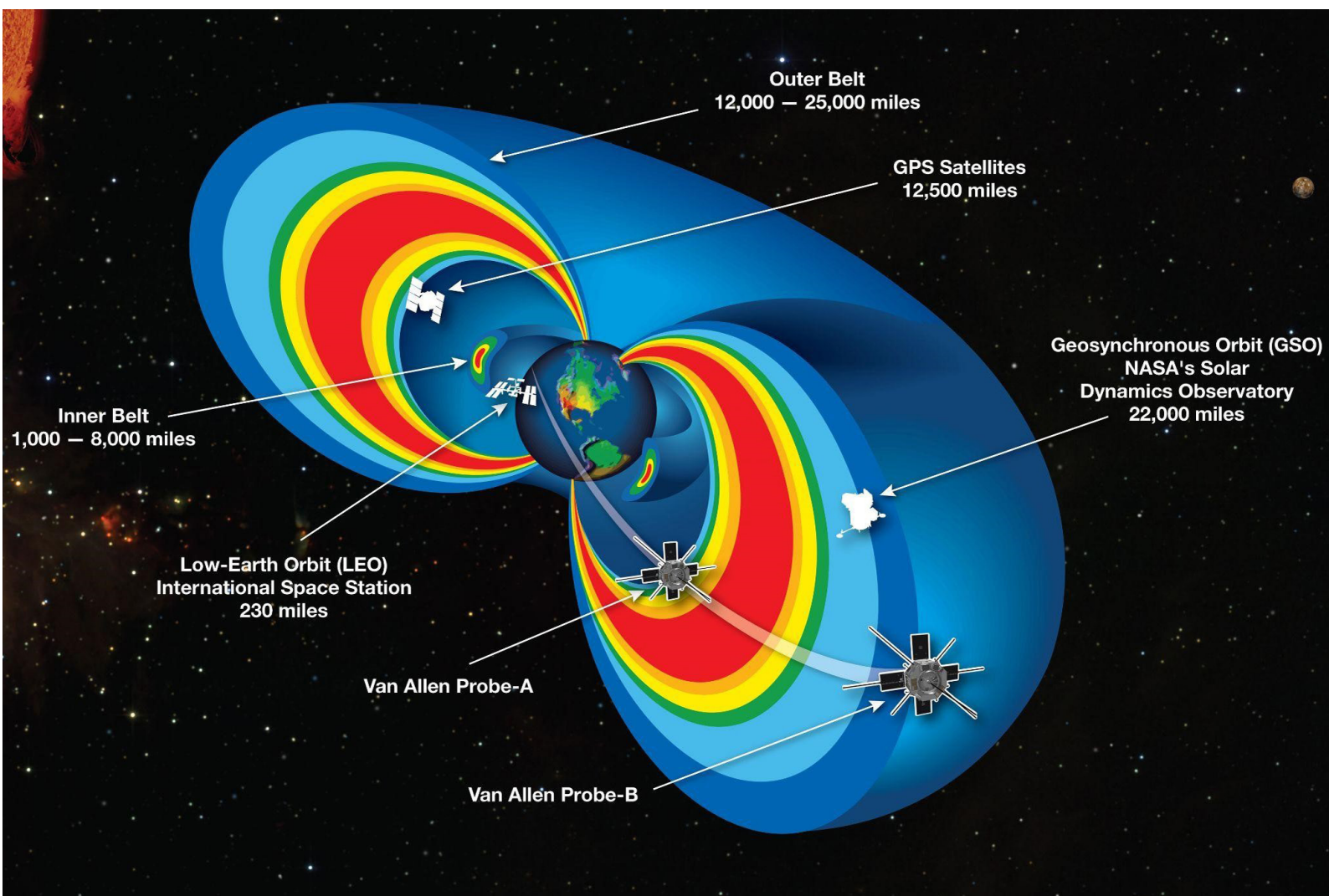
粒子逃逸進入大氣或太空。其中，內帶分布穩定，主要由高能量質子（宇宙射線撞擊大氣的產物）和電子組成；外帶較容易受到太陽活動影響，因此變動較頻繁且變動幅度也較大，由來自太陽和電離層的高能量電子組成。

由於帶中強烈的輻射，會損壞太陽能板、記憶體或使電子設備短路等。低地球軌道衛星、哈伯望遠鏡和國際太空站都運行在內帶下方；而GPS和地球同步衛星則位於較容易屏蔽的外帶。太

陽活動較劇烈時，會使輻射帶的粒子增加、能量變高並擴張其範圍，影響原本位於下方的國際太空站和衛星。

范艾倫探測器於2012年升空，任務持續到2019年燃料用罄。探測器幫助科學家了解，輻射帶中的粒子如何來去、其加速的機制，以及太陽風和太陽活動對輻射帶的影響。在發射升空的頭幾天，探測器就目擊到，太陽閃焰爆發讓內外帶間的空隙，出現第三條輻射帶，雖僅維持一個月，但不斷地在太陽活

內外兩個甜甜圈狀的范艾倫輻射帶（剖面圖）是由地球磁場捕獲的質子和電子所形成，圖上還顯示繞行其中的范艾倫探測器（A、B）與低地球軌道的國際太空站、全球定位衛星和地球同步軌道的太陽動力學天文臺彼此間的相對位置。圖片來源：NASA



躍時出現。有趣的是，探測器也發現，輻射帶會反過來受人類活動影響。用來與潛水艇溝通的特低頻電波訊號，會在地球周圍形成防護罩，阻擋高能量粒子入侵。對輻射帶有更多了解，可以幫助我們找到適合的防護方式。。例如阿波羅登月任務時，太空人也曾穿越范艾倫輻射帶，由於停留的時間短，加上多數路徑選擇穿過輻射帶較薄的區域，大幅降低接受到的輻射劑量。

假如留意NASA控制室的全球地圖，會見到特別標註的南大西洋異常區（South Atlantic Anomaly），這是太空中的百慕達三角洲。這是因為地球的磁軸與自轉軸有約11度的夾角，且兩者中心稍有偏移，導致此區域的磁場較弱，也讓內范艾倫輻射帶向下延伸至離地200公里處。此處高能量的粒子會使觀測資料錯誤、電子元件失靈，也讓太空人眼底出現閃光。因此靈敏的哈伯太空望遠鏡在經過此區時，會關閉感測器來避風頭。

宇宙射線

科學家發現驗電器裡儲存的電荷會隨時間流失，而降低瓶中氣壓可以減緩流失速度，因此猜想電荷流失與空氣有關。1896年貝克勒發現放射性物質——鈾。居里夫人觀察到，放射性物質會使驗電器裡的電荷衰減變得更快，並將此作為放射性強弱的指標，這個發現為後續的研究開了一扇窗。由於放射性物質會讓空氣游離產生許多正負電荷，來抵銷掉儲存的電荷，造成電荷流失。由於放射性物質主要存在岩石、泥土中，因此當時的科學家認為空氣游離程度會隨高度下降，



物理學家Victor Hess搭乘熱氣球尋找造成空氣游離的來源，發現了來自太空的高能量粒子——宇宙射線。

驗電器的電荷衰減會變慢下降。1912年物理學家Victor Hess乘坐熱氣球到高空測量空氣的游離程度，初期在離地約1,000公尺的高度，量得的游離程度與地表沒有顯著差異。當他一路飛到離地5,300公尺時，卻發現空氣的游離程度是地表的3倍，推測造成游離的射線來自天上。那可能是來自太陽嗎？因在日全食時量得的游離程度沒有顯著的下降，推論不是源自太陽。Victor Hess的發現了來自太空的高能量粒子，宇宙射線。

宇宙射線是來自太空以接近光速移動的高能量粒子，其中約90%是氫原子核、9%是氦原子核，而其他元素約占1%。宇宙射線會和大氣碰撞產生更多粒子，主要為介子，而粒子繼續會再次衰變或碰撞，產生如渺子、微中子、中子、正子、電子等次級宇宙射線，

這些粒子會沿著原方向前進。其中渺子和微中子幾乎不跟物質作用，將一路穿透大氣直到地面下。如同地球磁場抵擋太陽風一樣，太陽磁場也能阻擋部分宇宙射線。航海家號在離開太陽磁場的勢力範圍後，偵測到的宇宙射線增加了30%。當太陽處在較活躍、黑子數量較多的極大期時，我們接受到的宇宙射線也會變少。

如此高能量的宇宙射線是來自哪裡呢？身為帶電粒子的宇宙射線，會受到星際間及太陽的磁場影響而改變行進方向，無法追溯源頭。科學家嘗試由物質組成（特別是比鐵重的元素），或不易受影響的伽瑪射線（宇宙射線撞擊周圍的分子雲氣，會產生伽瑪射線）和微中子來推斷來源。其中一個來源是超新星殘骸（例如蟹狀星雲），爆炸拋出的氣體



閃光箱中的火花，描繪出宇宙射線走過的路徑，可以將手放在開口處，體驗宇宙射線穿過手的感覺。

會帶著磁場迅速向外擴張，並在前緣形成震波，部分粒子會被磁場和震波加速，形成宇宙射線。然而，科學家也發現能量超過超新星殘骸所能供給的宇宙射線，推測可能來自星系合併、活躍星系核或伽瑪射線暴等宇宙中最強的天然加速器。2017年位於南極的冰立方微中子天文台偵測到高能量的微中子，由軌跡回推其源自獵戶座天區。幸運地，費米伽瑪射線太空望遠鏡觀測到，此天區的蝮虎座BL天體（Blazar）的伽瑪射線亮度增加。推測星系核心的超大質量黑洞，就是產生高能量的宇宙射線的宇宙加速器。

閃光箱是用來觀察宇宙射線的裝置。密封的箱中是稀薄氮氣，當宇宙射線經過時會游離路徑上的氣體，因加在上下電板的電壓，讓軌跡形成如閃電般的火花。電板的電壓只在上下方偵測器被粒子觸發後才施加，以避免持續放電的危險，因此粒子的軌跡皆為上下方向。

太空天氣 對地球的影響

太空天氣是夜空美麗極光的來源，但它也可能會干擾衛星運作、導致電力中斷、GPS定位失準等，對依賴科技設施的我們造成威脅。例如在閃焰或日冕巨量噴發朝向地球時會加熱電離層使高層大氣膨脹，增加低軌道衛星的阻力。也會提高大氣的電離程度，造成局部電子濃度的不均勻，影響電波訊號傳播路徑。這會影響長距離電波訊號傳播和增加衛星定位誤差，影響飛航和漁船作業。而地磁的劇烈變化，會在長的金屬管線或電流迴路中產生感應電流，使輸油管線和電力輸送中斷。在1989年加拿大魁北克省，就因為日冕巨量噴發造成地磁改變，使電力網路因感應電流而瓦解，在寒冷的冬天停電長達9小時。

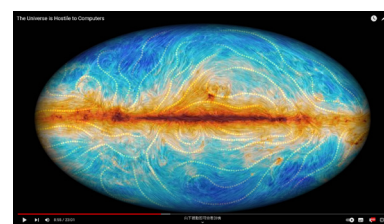
黑子數量11年的週期變化就像長期的太空氣候預報，可藉此

評估太陽活動的程度。太陽風暴影響可能在幾分鐘內抵達地球，科學家使用一系列的儀器來監測太陽和太空天氣，例如飛入太陽日冕研究太陽風和磁場的帕克太陽探測器、SOHO觀察日冕巨量噴發的太陽和太陽圈探測器（Solar and Heliospheric Observatory, SOHO）、觀測太陽內部、大氣、磁場變化的太陽動力學天文臺（Solar Dynamics Observatory, SDO）、偵測太陽風暴和太陽風變化的同步氣象衛星（Geostationary Operational Environmental Satellite, GOES），都有助於科學家在太陽風暴來臨前提供警報。

參考資料：

NASA (About space radiation、The radiation belt storm probes、Scientists Recreate Earth's Northern Lights、NASA's Fermi Traces Source of Cosmic Neutrino to Monster Black Hole)、SDO & SpaceWeather、SDO Guide、Cern (Cosmic rays discovered 100 years ago、Cosmic rays: particles from outer space)、一探太空中的風火雷電 李奕德、太空教室學習資料庫 呂凌霄

YouTube相關影片：



The Universe is Hostile to Computers
https://www.youtube.com/watch?v=AaZ_RSt0KP8

陳姝蓉：臺北市立天文科學教育館

編譯：謝翔宇

在黃金螺旋中 誕生的點點繁星

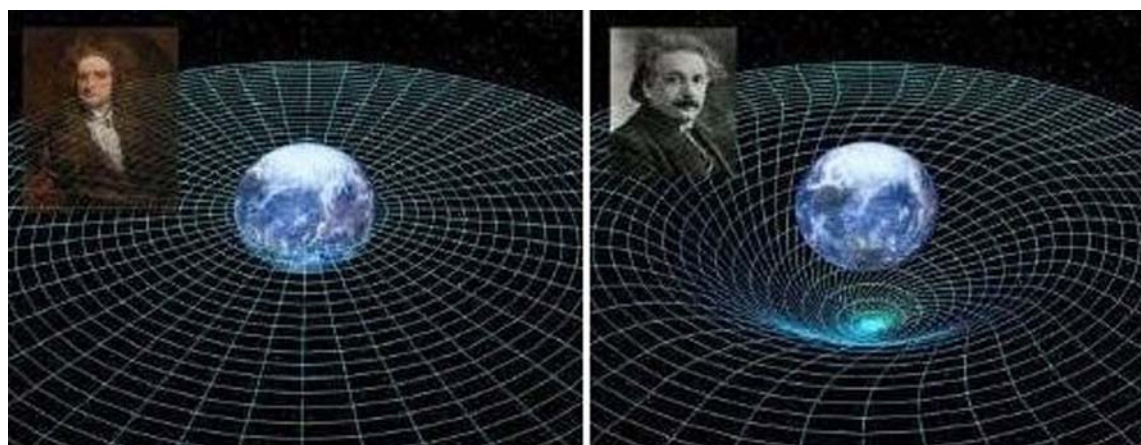
螺旋星系M61是室女座星系團中最大的成員，它同時也是著名的「星暴星系」，有著異乎尋常的恆星誕生速率。天文學家藉由觀測周遭氣體游離時所發出的特定光譜，可以追蹤恆星形成的區域——就像是這張照片中金黃色的部分，主要分布在星系的旋臂上面。在這張照片中星系特別的顏色其實不是我們肉眼一般看到的樣貌，天文學家使用窄頻濾鏡，分別追蹤氧、氫和硫原子的發射譜線，並將它們指定成不同的顏色，也就是所謂的「假色」影像。雖然色彩是假的，但這樣的著色方式更能幫助天文學家判斷星系中恆星形成的區域和結構。

這張照片是由歐洲南方天文臺（ESO）的甚大望遠鏡（VLT）以多元光譜偵測器（MUSE）所拍攝。甚大望遠鏡是由4臺口徑8.2公尺的反射式主鏡組成的大型望遠鏡，它們座落於智利海拔超過2,600公尺的高原沙漠中，有著非常乾燥的氣候和穩定的天氣，非常適合天文觀測。

參考來源：[ESO/PHANGS](#)







Newton's fixed space

Einstein's flexible space-time

←圖1. 愛因斯坦的相對論手稿（下）與廣義相對論時空觀念圖（左）。

文/石中達

淺談相對論

從幾何學談起 — 歐式幾何與黎曼幾何

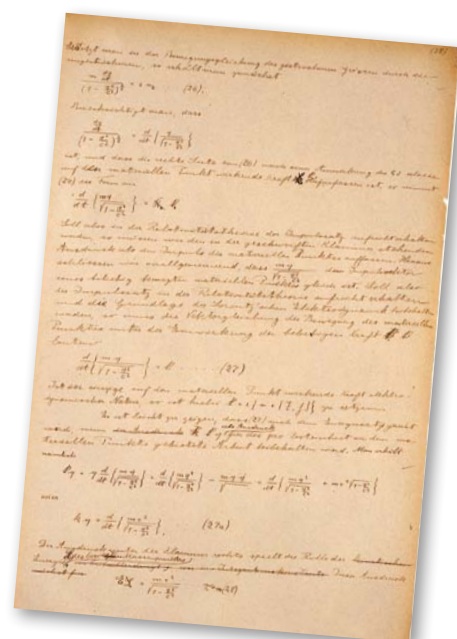
什麼是黎曼幾何（Riemannian geometry）？國中、高中所學的幾何都是歐式幾何（或稱平面幾何），適用於平坦表面問題的作圖及解析，例如「三角形的內角和等於180度」是大家耳熟能詳的定理。但是自然界並非平面（例如馬鞍面、球面等），當遇到有曲率的表面時，歐式幾何就不適用，就要使用黎曼幾何，黎曼幾何又稱橢球幾何，然而黎曼幾何與愛因斯坦的相對論又有什麼關係呢？說到這，我們先來談談愛因斯坦對「時間」、「空間」、「同時性」、「加速度」、「重力場」等超乎常人的想法和見解。

古典力學、慣性參考系 與伽利略變換

古人觀測天象，歸納天體運行的規律，其中，克卜勒的行星運動三大定律能準確的描述行星運動

的方式，克卜勒第一定律指出「行星繞太陽的軌道是橢圓形」，但是造成物體運動的

原因是什麼呢？於是就想到「力」，伽利略認為造成物體運動的原因並不是「力」，但「力」是改變物體運動狀態的原因，爾後牛頓研究圓周運動時指出，如果一個物體做等速圓周運動，會受到一個向心力；但是行星繞太陽運行的軌道是橢圓形，這是由什麼力造成的呢？1684年虎克、哈雷、雷恩在討論天體運行的橢圓軌道時，牛頓成功導出星體間「引力」的大小與它們之間的距離平方成反比的關係，並於他的《自然哲學的數學原理》巨著中提出萬有引力定律 $F=GMm/R^2$ 。此外，牛頓三大運動定律為古典力學的基石，牛頓第一運動定律（慣性定律）指出，一個不受外力或所受外力合等於0的物體，靜者恆靜、動者恆等速直線運動；牛頓第二運動定律（運動定律）則說明物體的加速度與物體所受到的外力成正比；牛頓第三定律為作用力與反作用力定律。



但如何描述物體的運動狀態呢？為了描述物體運動所選用的座標系，必須能以最簡單的形式呈現物理定律，且必須可重複實驗驗證，所以慣性參考系（即在時間和空間上具有同質性的座標系）就被廣為使用，在慣性參考系下，物體運動都會遵循牛頓力學定律，然為處理在不同的慣性參考系下測量結果的轉換，就需使用「伽利略變換（Galilean transformation）」，但當慣性坐標系之間的相對速度大到接近光速時，伽利略變換是否仍然有效呢？

我們感受到的時間與空間 與運動狀態有關嗎

一般都認為時間、空間是相互獨立、永恆不變的，可稱其為「絕對的時空觀」。在這個概念下，不同的運動物體所感受到的時空是一樣的，以絕對時空觀為基礎的牛頓運動定律可應用於小至質點、大至星體的運動，牛頓在《自然哲學的數學原理》一書中闡述他的時空觀－絕對的空間其本質與外界事物無關、它從不運動而且永恆不變，至於時間，其本質是自行均勻流逝的，與外界事物無關。

勞倫茲變換與狹義相對論

在不同的慣性參考系下觀測，其觀測結果雖可以伽利略變換加以轉換，但伽利略變換不適用於電磁學理論，馬克斯威爾的電磁場方程式顯示「真空中的光速是一定值」，真空中的光速不隨參考系的不同而改變，那麼，其問題的原因是在牛頓力學、馬克斯威爾方程式、還是伽利略變換，為了解決此一問題，人們設想一種傳播光的介質「乙太」，荷蘭物理學家勞倫茲提出了「勞倫茲變換（Lorentz transformation）」並試圖解釋光在乙太中傳播的現象，然而邁克爾遜－莫雷實驗（Michelson-Morley Experiment）卻證實了乙太不存在，真空中光速在任何參考系下都是相同的，愛因斯坦於是修正牛頓理論，提出時間和空間不是絕對的，絕對不變的是真空中的光速，愛因斯坦依據光速不變的假設，重新推導並詮釋勞倫茲變換，由於光速在任何慣性參考系中都保持不變，則絕對的時間是不存在的，在某一參考系中看到同時發生的事件在另一參考系中看來可能不是同時發生的，「同時」是具有相對性

的，宇宙中不存在一個統一而且永恆不變的時間。

1905年愛因斯坦發表狹義相對論（Special relativity），狹義相對論的基本概念就是「光速不變原理」和「相對性原理」，真空中的光速不變原理已於前述，至於「相對性原理」則是指物理規律在不同的慣性參考系下具有相同的形式。愛因斯坦認為絕對的「時間」和絕對的「空間」是不存在的，從狹義相對論可以推導出許多跟我們直覺大相逕庭的結論，事件的樣貌與觀察者的運動狀況有關，例如：當物體相對地面運動時，於地面座標系觀察運動物體時會發現物體在運動方向上的長度會收縮（長度收縮效應），運動物體座標系的時鐘與地面靜止座標系的時鐘相比指針會走的慢（時間膨脹效應），狹義相對論表明光速不僅是電磁波的傳播速度，也是四維時空的一個基本特性，此特性闡明沒有任何具有質量的粒子可以被加速到光速，這些乍看之下不合常理的現象，事實上都已經獲得證實。

然而，狹義相對論在發表之初，其理論的正確性受到許多人的質疑，其中包括馬赫（Ernst Mach）、龐加萊（Jules Henri Poincaré）、勞倫茲（Hendrik Antoon Lorentz）等著明科學家，但狹義相對論的真正弱點卻是愛因斯坦本人發現的，他發現狹義相對論的「相對性原理」中有關「物理規律在不同的慣性參考系下形式相同」的假設有問題，到底什麼是慣性參考系（Inertial frame of reference）？另外，他也思考「重力」的本質，重力是什麼？由於無法定義慣性參考系，愛因斯坦經過10年的思考，修改狹義相對論的相對性原理，並於1915年發表廣義相對論（general theory of relativity），指出在所有參考系下物理規律相同，這就是廣義相對論的相對性原理。

廣義相對論 與閔考斯基四維時空概念

廣義相對論的基本概念是「等效原理」，並把重力涵蓋進去。愛因斯坦在電梯的思想實驗中，因為電梯中的人無法分辨「重力」與「加速度」所產生效應的差別，故可將「重力」與「加速度」視為等效，從而推論出光會受到重力的影響而彎曲。

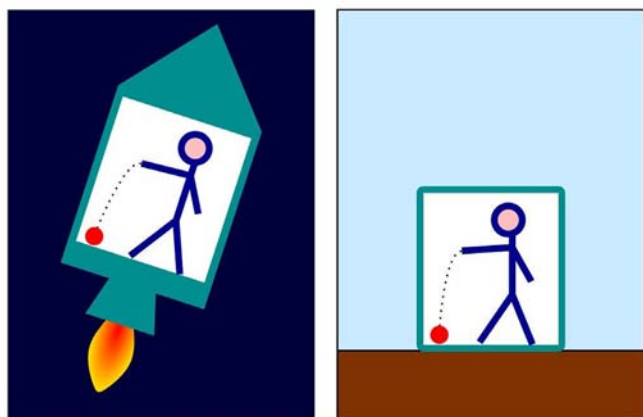


圖2. 愛因斯坦的電梯思想實驗概念圖。

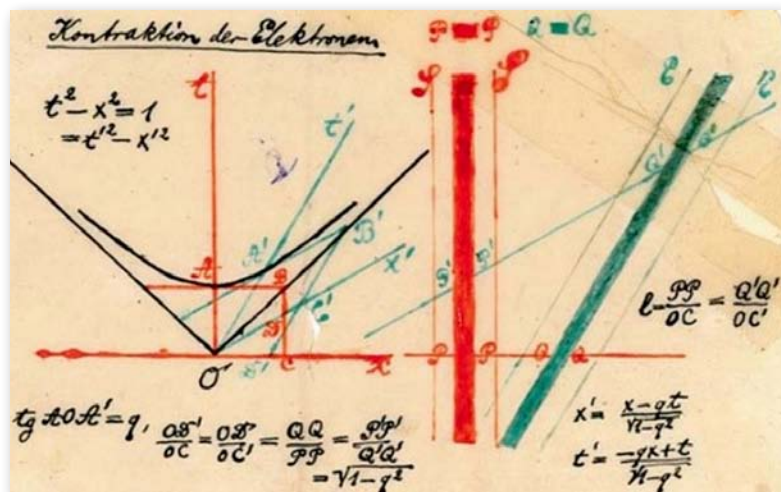
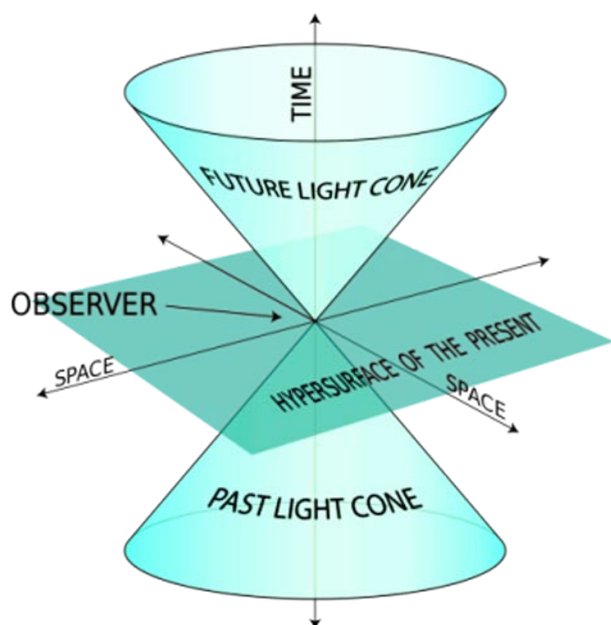


圖3. 閔考斯基的四維時空概念。



廣義相對論所討論的時間和空間不是相互獨立的，是閔考斯基（Hermann Minkowski）的四維時空概念，閔考斯基四維時空中的直線稱為測地線（geodesic），物體在四維時空中沿測地線運動，由於物質（質量）會導致時空彎曲，故廣義相對論的概念就是「物質引起時空彎曲，時空的測地線引導物質運動」，而愛因斯坦著名的重力場方程式就是描述物質造成時空彎曲的數學方程式，重力場方程式是二階張量微分方程式組，廣義相對論重力場方程式的建立與數學（黎曼幾何、微分幾何）密不可分，廣義相對論指出，在四維時空中如果觀察者所處的座標系變了，時空座標軸就會旋轉，事件在時間軸和空間軸上的投影也就會發生變化，因而在不同的坐標系下，時間的長度和空間的距離也就會隨之發生變化。

廣義相對論的實驗驗證

（一）水星軌道近日點的進動現象解釋

依據水星的歷史觀測資料，水星軌道近日點的進動每100年約5,600角秒，依牛頓定律計算每100年約進動5,557角秒，與觀測結果差43角秒，但通過廣義相對論的計算就可解釋其偏差是由於太陽造成時空扭曲所產生的。

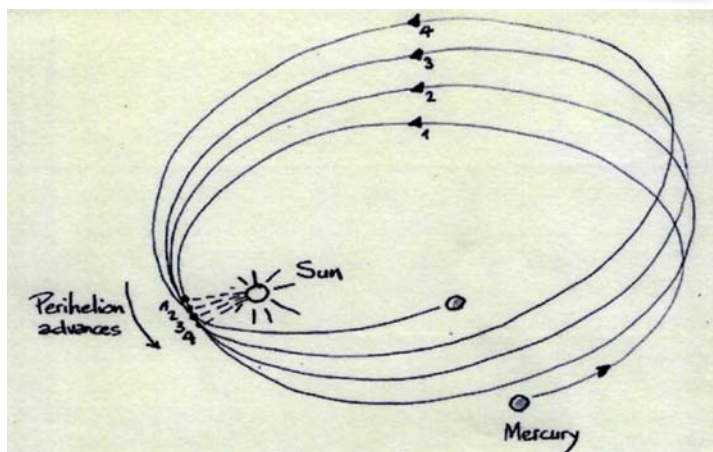
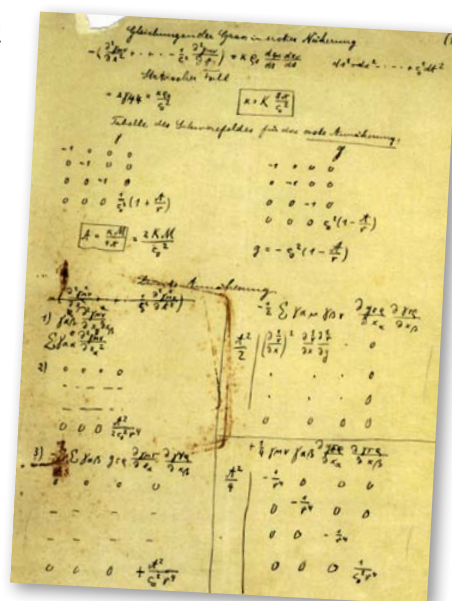


圖4. 水星軌道近日點的進動現象與愛因斯坦手稿。

（二）光會受重力影響產生偏折

在日全食時測量背景星空恆星位置的變化可檢驗愛因斯坦廣義相對論的預言，1919年愛丁頓於日食時測量的星光（畢宿星團的恆星）偏折為1.61角秒，依牛頓定律計算星光的偏折約0.875角秒，然依廣義相對論計算星光的偏折約1.75角秒，證實愛因斯坦的預言。

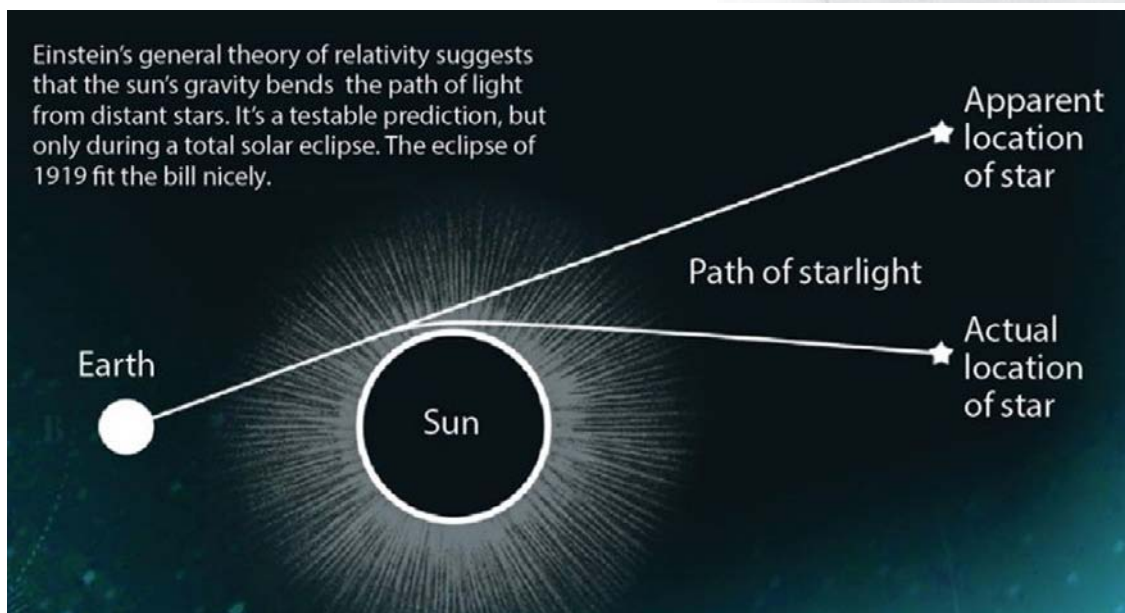
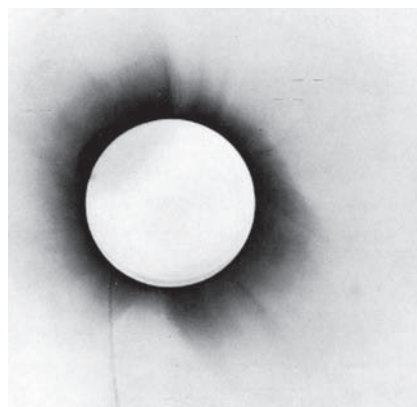


圖5. 1919年愛丁頓於日食時測量的星光偏折示意圖。

（三）光會受重力影響產生紅移現象

1959年羅伯特·龐德（Robert Vivian Pound）和格倫·雷布卡（Glen Anderson Rebka）在哈佛大學22.6公尺高的傑弗遜塔進行龐德-雷布卡實驗，測得塔頂部和底部的兩個 γ 射線源在地球重力場中的相對紅移，證實了光的重力紅移現象。

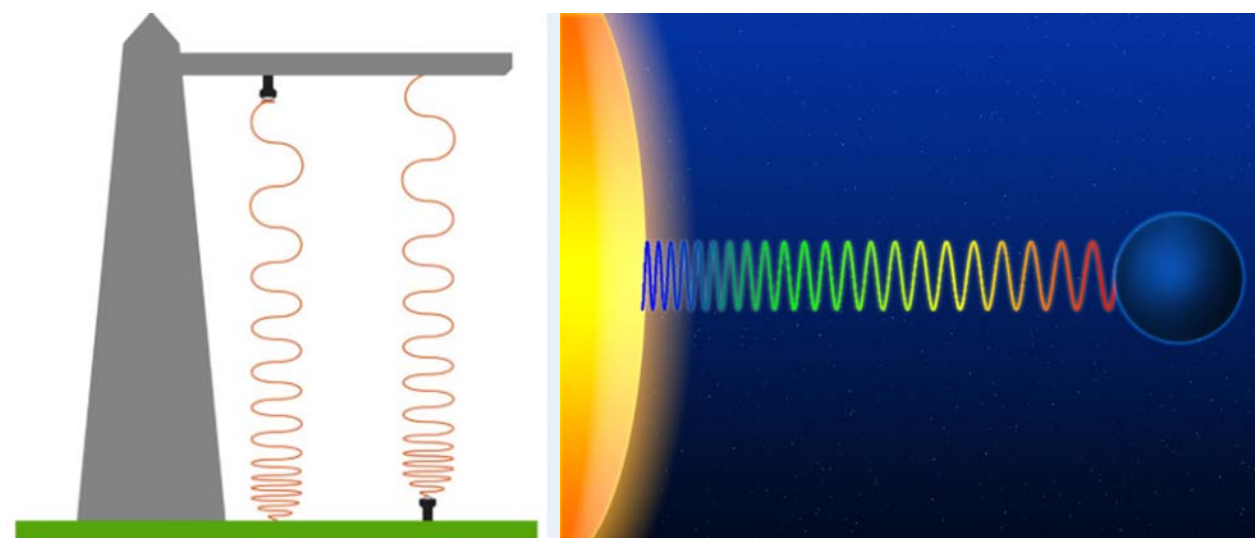


圖6. 龐德-雷布卡實驗及光的重力紅移現象示意圖。

(四) 重力波

由於廣義相對論認為任何訊息的傳播速度不可能超過光速，如果大質量雙星互繞，因重力場的變化所造成的時空扭曲會以波的形式向外擴散，此即愛因斯坦預言的重力波，2015年9月14日LIGO團隊首次觀察到由黑洞合併產生的重力波，證實了重力波的存在。

(五) 時鐘的計時會受重力影響

1971年哈菲爾（Joseph Carl Hafele）和基廷（Richard E. Keating）使用飛機進行實驗，比對飛機上的原子鐘和地面上的原子鐘，證實時鐘計時會因運動狀態而改變，此即為哈菲爾-基廷（Hafele-Keating）實驗，所以如果太空船以接近光的速度飛行或是靠近黑洞時，則有時鐘變慢現象。



↑↓圖7. 哈菲爾-基廷（Hafele-Keating）實驗。

結語

哈伯定律雖表明宇宙在膨脹，但我們對宇宙膨脹的模式、暗物質與暗能量等知之甚少，天文館展示場3樓有宇宙、星系的圖文及影音互動等多媒體，歡迎來天文館一窺宇宙的秘密，領略浩瀚宇宙之美。

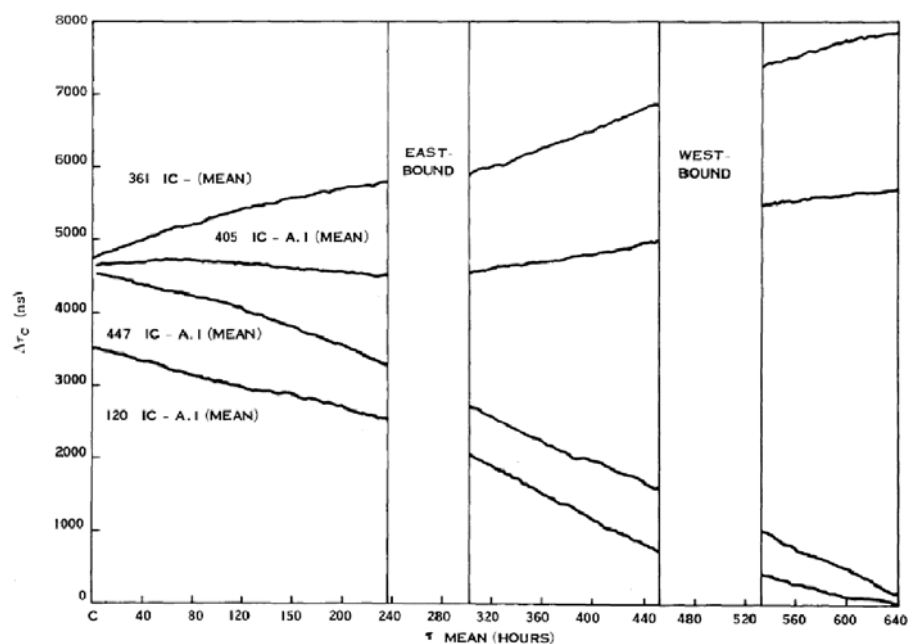


Figure 2. MEASURED VALUES OF ΔT_C VS T MEAN FOR EACH CLOCK TAKEN BEFORE, BETWEEN, AND AFTER TRIPS

石中達：臺北市立天文科學教育館視聽組組長

YouTube相關影片：



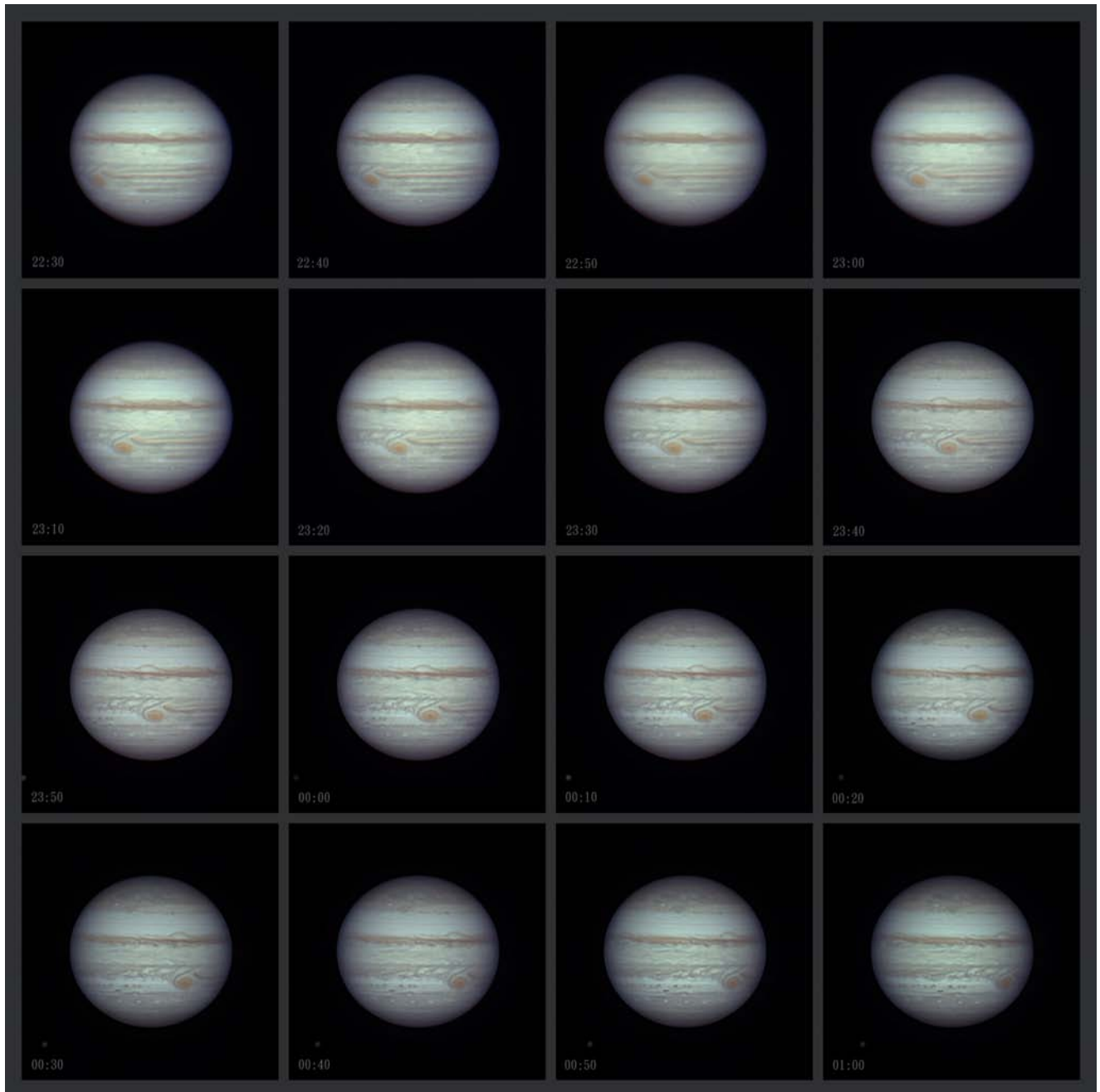
探索14-2講座：廣義相對論的新世紀 — 從難以置信到不可或缺 / 陳義裕教授
<https://www.youtube.com/watch?v=g0IXyl4FQ6Q&t=1581s>



What is General Relativity?
<https://www.youtube.com/watch?v=DYq774z4dws>

Astronomical 美星映象館 *photo gallery*

責任編輯/ 吳昆臻



木星150分鐘自轉 周銀王

時間：2022/09/21 22:30～2022/09/22 01:00

地點：臺南市

儀器：高橋MT-160望遠鏡、高橋EM-200赤道儀、ASI224MC天文相機、3X巴羅鏡、SharpCap拍攝

後製：AutoStakkert!3、Registax 6、Adobe Photoshop

說明：9月21日晚，見天候佳，木星的大紅斑也在10點後轉出來，就在家門口擺攤拍攝，記錄一下木星的自轉及大紅斑的位移，拍攝錄影每10分鐘錄一段，經150分鐘後，大紅斑已由木星盤面的左邊移動到右邊了。

多變的木星

謝揚鵬

時間：2022/10/01 23:09

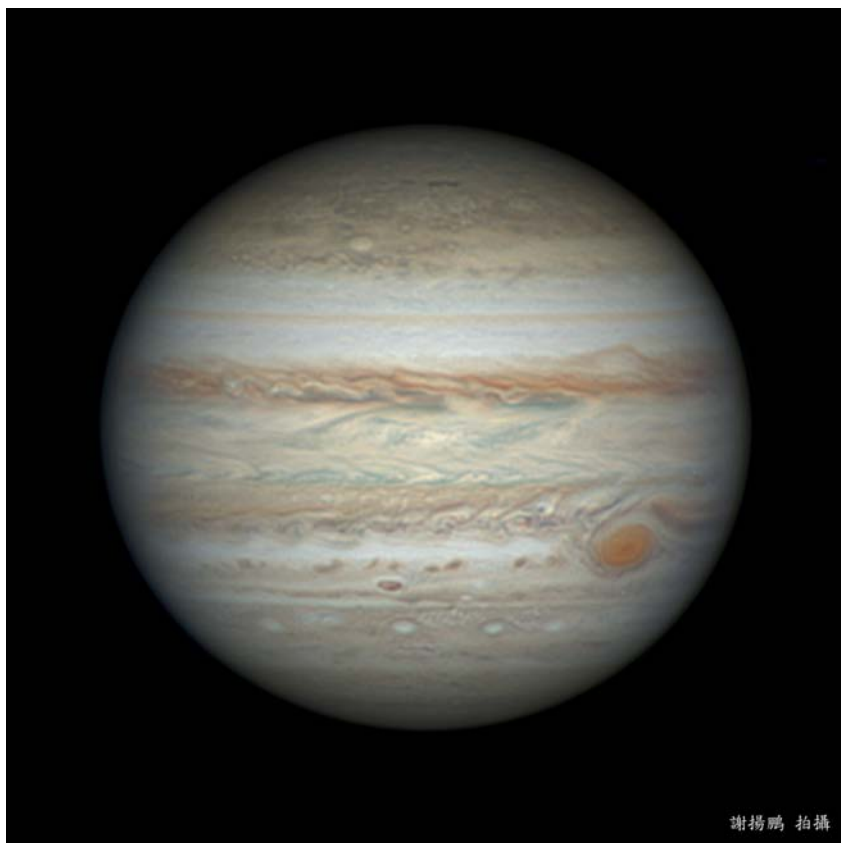
地點：桃園縣中壢區

儀器：Celestron C14HD望遠鏡、
ASI290MM天文相機、Badder
RGB濾鏡、Celestron CGE-PRO赤
道儀

參數：快門10ms

後製：RGB法去自旋疊合

說明：木星絢爛的條紋隨時都在變化，
而且它的亮帶、暗紋還會週期性的
轉變顏色，真的是一顆動態的
氣態行星。



礦物風月球 張家銘

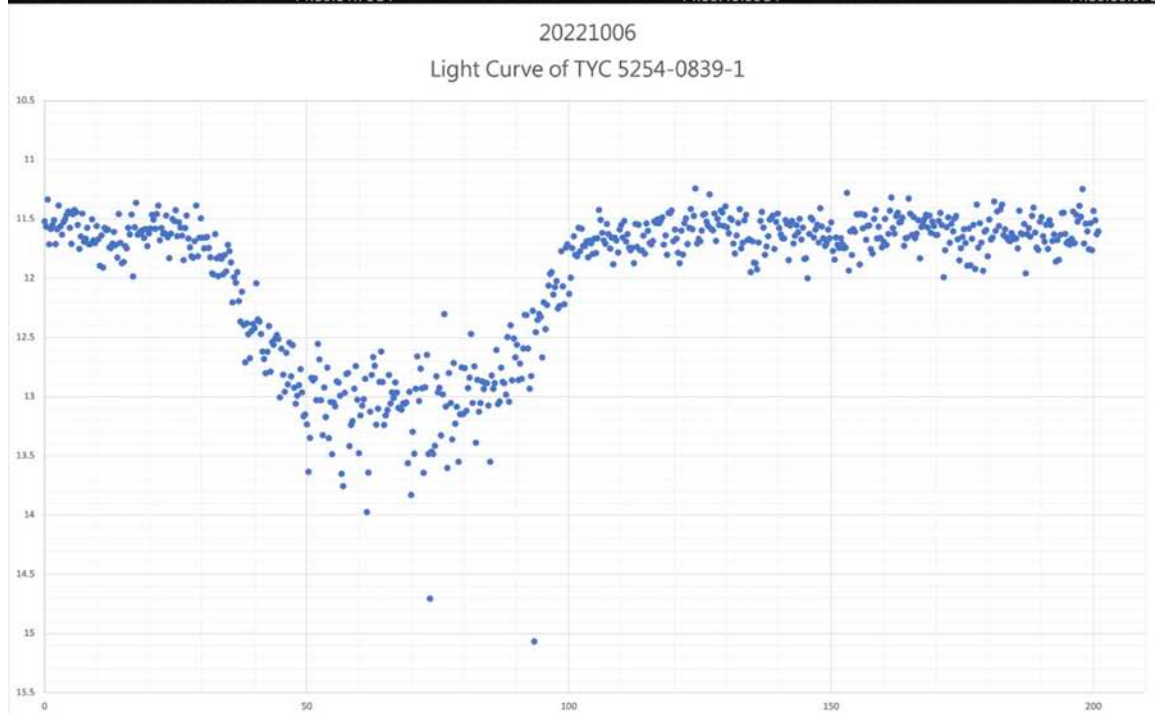
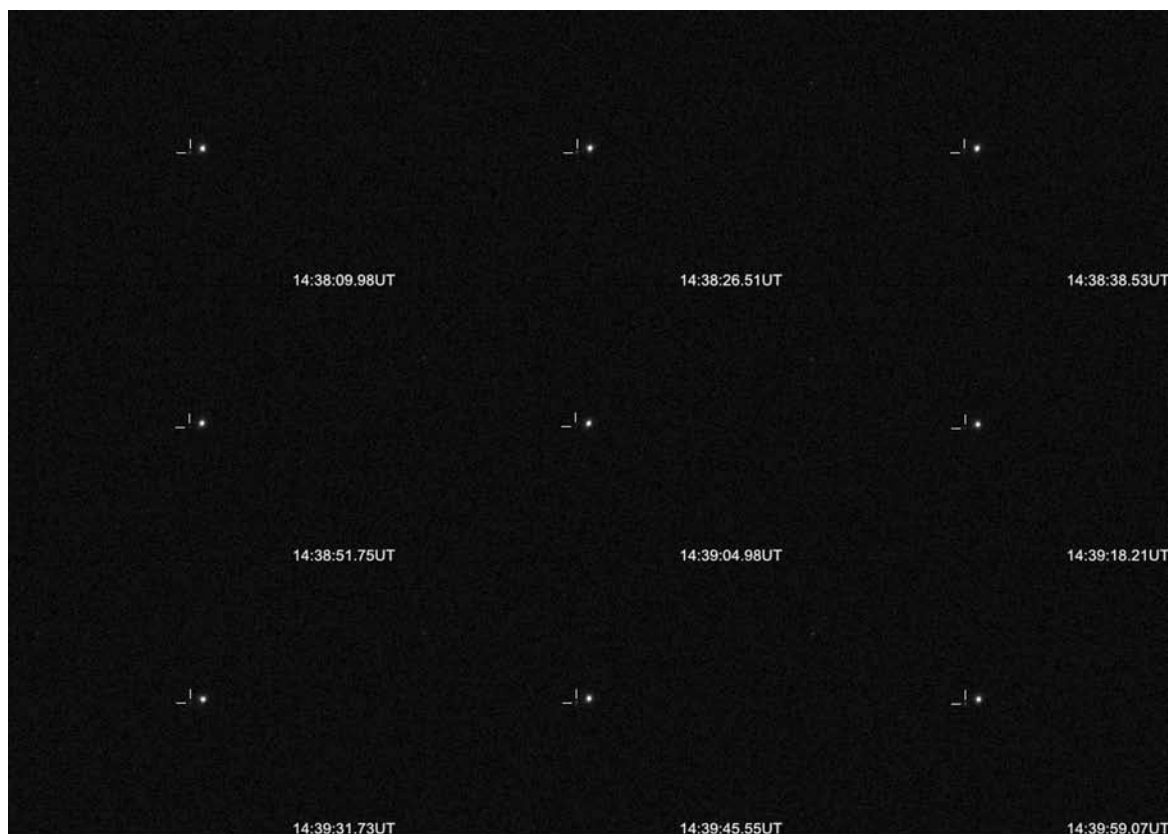
時間：2021/04/20 21:00 地點：新竹市東區國立清華大學天文臺

儀器：Showa 25cm折射鏡、ASI 6200MM Pro天文相機、LRGB濾鏡

說明：利用6,200萬畫素相機拍攝的高解析度月球照，透過錄影的方式取得月球表面的lucky image，並進一步強化飽和度以顯現月球表面不同礦物的分布。

參數：4fps，45幅疊合

後製：AutoStakkert!3疊圖、Adobe Photoshop影像處理



海衛一掩星 陳建宇

時間：2022/10/06 地點：臺中市潭子區

儀器：William Optics FLT91望遠鏡、ZWO ASI294MM Pro天文相機、iOptron GEM28赤道儀、FireCapture拍攝

後製：PIPP預處理、MaxIm DL 6 Pro光度分析、Excel製作光變曲線

參數：Gain300，單幀曝光0.3秒錄影

說明：這次掩星事件非常稀有，是由海衛一掩過一顆11.6等恆星，臺灣位於掩星帶邊緣，所以有機會觀測到海衛一大氣層對被掩星的影響。光變曲線的橫軸是時間（單位秒），縱軸是星等，並以海王星作為參考星。在掩星時有很明顯的亮度下降，大約減光2等，在圖表上的9張圖也可以看出海衛一造成的亮度下降。

湖水倒映下的星空 葉光榮

時間：2022/07/23

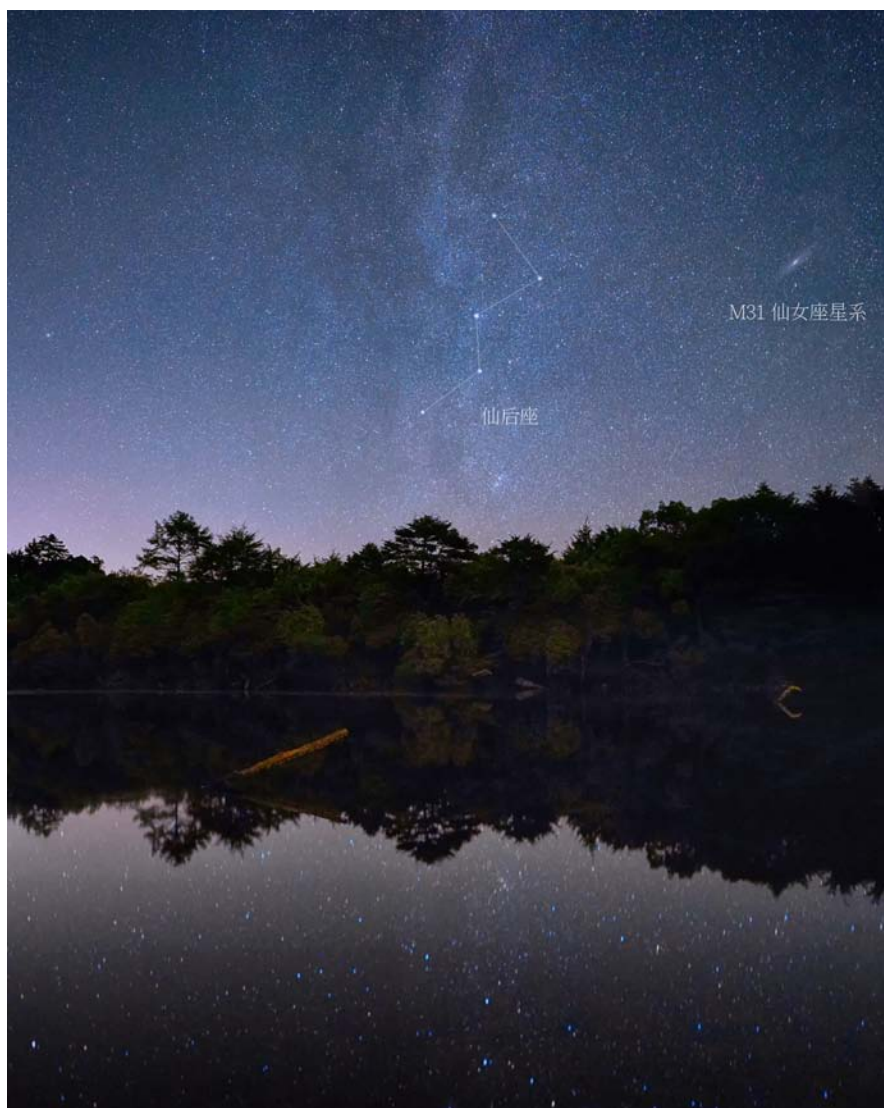
地點：高雄市桃源區石山秀湖

儀器：SONY $\alpha 7$ III相機、SONY FE 20mm F1.8 G鏡頭

參數：ISO 6400、光圈F1.8、單幅曝光20秒

後製：Adobe Photoshop調色飽和

說明：臺灣是個島嶼，周邊沒有其他國家，但臺灣沿海城市林立，光污染嚴重，石山秀湖又稱溪南鬼湖，為臺灣三大鬼湖之一，座落於臺灣中央山脈裡的原始森林裡，這裡遠離城市不受光污染的影響，在極佳的天氣裡，單張照片就能拍到明顯的M31仙女座星系，與星空倒映在湖面上美景。長期的光污染會造成生態問題，危害人類健康，浪費能源，也會破壞星空，是文明的副產品，值得現代人重視。



2022英仙座流星雨 陳宜婷

時間：2022/08/13 01:40～04:53

地點：臺東縣達仁鄉南田海岸親水公園

儀器：SIGMA 14mm F1.8 DG HSM ART鏡頭、Nikon D810A相機

參數：ISO2500、光圈F3.2、單幅曝光5秒，取拍攝期間12幅流星影像疊圖。

後製：Adobe Photoshop

說明：跟滿月對衝的流星雨極大期，除了觀測條件不佳，在臺東還意外遇到飛機凝結尾在天空久久不散，使得流星數量銳減。今年在大月光下完成流星雨紀錄，也是一次新鮮的體驗。





ISS飛越大魚的祝福

游惠麟

時間：2022/09/13 18:45

地點：臺南市安平區漁人碼頭

儀器：SIGMA 14mm F1.8 DG HSM ART鏡頭、Canon EOS R相機

參數：ISO 200、光圈F5.6、快門4秒

說明：-4.3星等的ISS國際太空站緩緩從南南西飛向北東方向，吸引在「大魚的祝福」附近漫步遊客的目光。經拍攝26張影像後，運用Photoshop疊合修圖，完整記錄ISS飛行的軌跡。



國際太空站 ISS飛越安平運河 劉銘晃

時間：2022/09/15 地點：臺南市安平區安平運河河畔

儀器：Canon RF 15-35鏡頭@15mm、Canon EOS R5相機

參數：ISO320、光圈F2.8、快門2秒

說明：媲美密西根湖畔的芝加哥，安平運河所見臺南城市天際線如此的繽紛，滑過ISS的光影，巧妙地為如此的絢麗，畫出一個漂亮的圓弧。

ISS即將到來的前1分鐘，遙控快門線出現「低電量」紅燈警訊。手忙腳亂下，改用相機內建「間隔拍攝」功能，終於拍到理想畫面。

龜山島金星合月東昇

李美英

時間：2022/07/27 03:46~04:47

地點：宜蘭縣壯圍鄉永鎮濱海公園

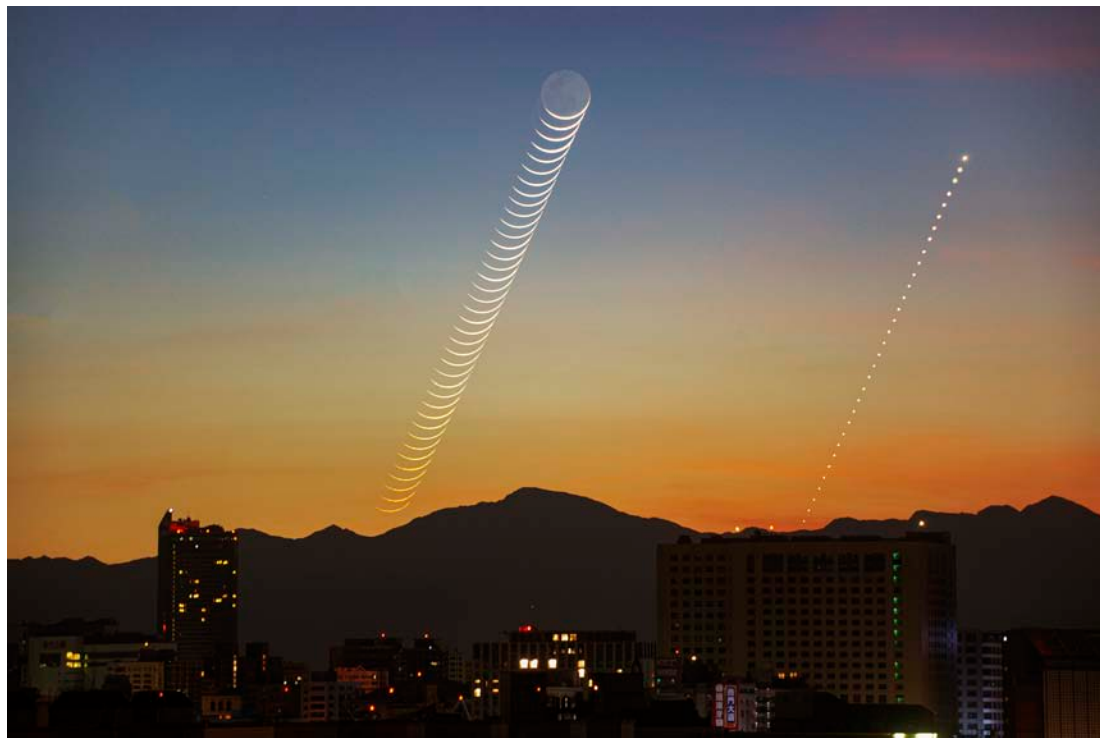
儀器：Tamron SP 24-70mm鏡頭
@70mm、Canon EOS 6D
相機

參數：ISO4000降至1600、光圈
F2.8降至3.2、曝光6秒降至
1/60秒，因天亮前天色變化
太快，所以曝光值一直減少

後製：將間隔3分鐘拍攝的照片以
Sequator疊加而成

說明：7月27日金星合月，這是農
曆29的殘月與金星在點點
漁火中從龜山島上方東昇
的軌跡。因為加強曝光的
關係，月球暗部的地照相
當明顯，也因日出前天色
變化萬千而呈現不同的樣
貌。

縮時影片：金星合月從龜山島
升起



金星合月 謝易翰

時間：2022/08/26 04:39~05:00

地點：臺南市安平區

儀器：SIGMA 50-500mm鏡頭@170mm、NIKON D610相機

參數：光圈F6.3、快門3秒

說明：今年農曆七月底適逢金星合月，見氣象預報天氣佳，天亮前早起上屋頂嘗試記錄金星合殘月東昇，月亮升起的方位用Stellarium預判，月亮從山頭升起的时间則只能不斷試拍，在市區能記錄月齡28.2的殘月自山頭升起實在無比幸運。拍攝時間隔4秒拍一張，拍攝後選擇每間隔36秒的影像用Photoshop後製疊圖與修飾。



南冕座星雲NGC 6726、NGC 6627和球狀星團NGC 6723

李維翰

時間：2022/07/25、2022/08/05

地點：南投縣信義鄉新中橫塔塔加

儀器：Sharpstar AL-130望遠鏡、0.76X減焦鏡、ZWO ASI 1600MM-Pro冷卻相機、Sky-Watcher NEQ6-Pro赤道儀、60JDS導星鏡、ZWO ASI120MM Mini導星相機

參數：R：180秒25幅、G：180秒25幅、B：180秒25幅，總曝光3小時35分，RGB疊合

後製：PixInsight

說明：NGC 6726、NGC 6627和IC 4812是藍色反射星雲，它位於南冕座，是由明亮的恆星嵌入在一大片塵埃雲中而反射恆星的藍光，主要是由塵埃及美麗的藍色反射星雲組合而成。相片左上角還有一個遙遠的球狀星團（NGC 6723）。



NGC 7635及廣域周邊 林啓生

時間：2022/09/25

地點：南投縣信義鄉新中橫塔塔加地區

儀器：高橋E-130D反射望遠鏡（有修正鏡）、輕度光害濾鏡、QHY533C彩色相機、高橋EM200-USD赤道儀、QHY5相機導星、OAG離軸導星

參數：單幅曝光120秒，113幅疊合，總曝光226分鐘

後製：萬明德，PixInsight

說明：NGC 7635又稱做氣泡星雲（Bubble Nebula），初學天文者在初見之下容易誤認為行星狀星雲，但其實它是由大質量恆星吹出來的一團電離氫區，這個泡泡實際大小有10光年，若是要手動尋星做目視觀測，最好先找到明亮的M52疏散星團再搭配星圖找之，據說以20公分望遠鏡在透明度極好的場所可以用側視法看見它暗弱的光芒。

M45 許戊德

時間：2022/09/26

地點：南投縣仁愛鄉清境觀星園
景觀山莊

儀器：William Optics RedCat
5 1 A P O 望 遠 鏡、
RainbowAstro RST-135
Weightless Mount赤道
儀、ZWO ASI 2600MC
Pro冷卻相機、ZWO 30
mm Mini導星鏡、ZWO
ASI120MM Mini導星相機

參數：-10度C冷卻，單幅曝光
300秒，25張疊合，曝光
時間2小時

後製：Astro Pixel Processor、
Adobe PhotoShop

說明：昴宿星團（又稱M45，七
姊妹星團）是一個疏散
星團，周圍也是充滿了
不少的星際塵埃雲，但
有趣的是，其實它們跟
M45是不相關的喔，只
是偶然的出現在昴宿星
團附近，卻也為M45增
色不少。



中和市區頂樓拍攝的 M20三葉星雲

黃路克

時間：2022/06/23、26、28

地點：新北市中和

儀器：Celestron EdgeHD
8" 望遠鏡、0.7X減
焦鏡、ZWO ASI294MM-Pro冷卻相機、STC LRGB 城市深空濾鏡、iOptron CEM70赤道儀、250mm/F5導星鏡、ZWO

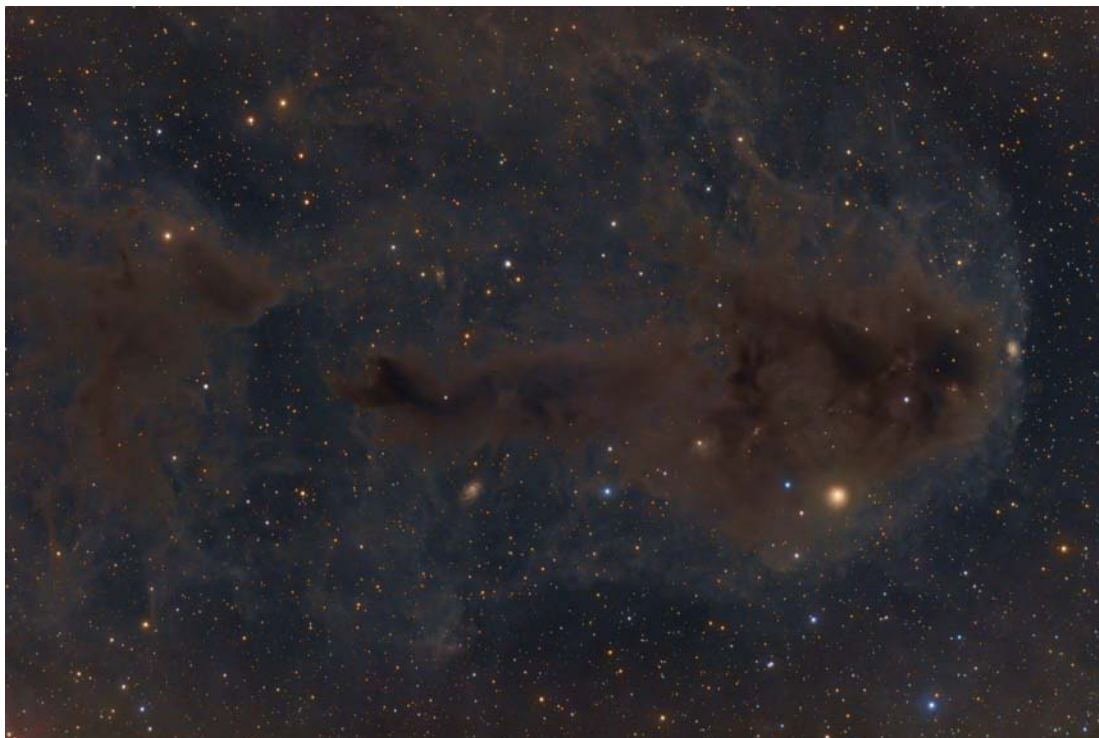
ASI290mini導星相機、ZWO ASIAIR Plus天文主機

參數：Gain120、冷卻0度C、單幅曝光3分鐘、BIN2，L：108分鐘、R：60分鐘、G：60分鐘、B：120分鐘

後製：Astro Pixel Processor疊合、Photoshop影像處理

說明：M20三葉星雲位於人馬座，是夏季銀河上的知名天體，其特殊的形狀就像三葉草一般，搭配上紅藍的配色，非常的漂亮。首次嘗試在市區用長焦望遠鏡搭配單色冷卻相機拍攝它，成果蠻令人驚豔的。





腐魚暗星雲 The rotten fish
nebula LDN1251

陳致一、鄭伯良

時間：2022/09/25

地點：南投縣仁愛鄉合歡山翠峰
卡爾小鎮

儀器：APM LZOS 180望遠鏡、
ZWO ASI 6200MM天文相
機、RainbowAstro RST-
300 William Optics RedCat
Edition赤道儀

參數：Chroma L 300秒31幅、R
300秒8幅、G 300秒10幅、
B 300秒11幅，總曝光5小
時

說明：LDN 1251距離我們約1,000
光年，位在仙王座的複合
式暗星雲，雲氣受到星光
照耀而反射出淡淡的輪
廓。英語系國家稱呼它為
腐魚星雲，乍看之下真的
有點像。特別感謝陳致一
同好的APM180與相機，能
一窺宇宙的美好。



宇宙水族箱－烏賊星雲（OU4）與黑暗海馬星雲（B150） 邱志揚

時間：2022/05/29、2022/06/19、2022/06/22、2022/07/24、2022/08/03、2022/08/22

地點：新竹縣北埔鄉、臺中市和平區大雪山森林遊樂區、南投縣仁愛鄉鳶峰觀景臺

儀器：ZWO ASI 2600MM Pro冷卻相機、ZWO ASI 2600MC Pro冷卻相機、iOptron GEM28赤道儀、William Optics
RedCat51望遠鏡

參數：OIII 300秒87幅、H α 300秒51幅、RGB 180秒61幅、L 180秒62幅疊合，總曝光約17.5小時

後製：Astro Pixel Processor、Photoshop

說明：位於仙王座天區的烏賊星雲，雖然巨大卻昏暗難以拍攝，漂浮在紅色的SH2-129之上，猶如深海中神秘的大王
烏賊，令人難以一窺究竟，畫面右方的暗星雲是巴納德150（B150），形狀酷似海馬，周邊充滿塵埃。這兩
個外型類似地球海洋生物的巨大天體同時出現在照片中，彷彿是在欣賞一座宇宙水族箱。

To experience the beauty of the heaven.....
To view the vast of the universe.....

浩瀚宇宙無限寬廣，穹蒼之美盡收眼底



攝影 / 周紀宇

GPN:2008700083