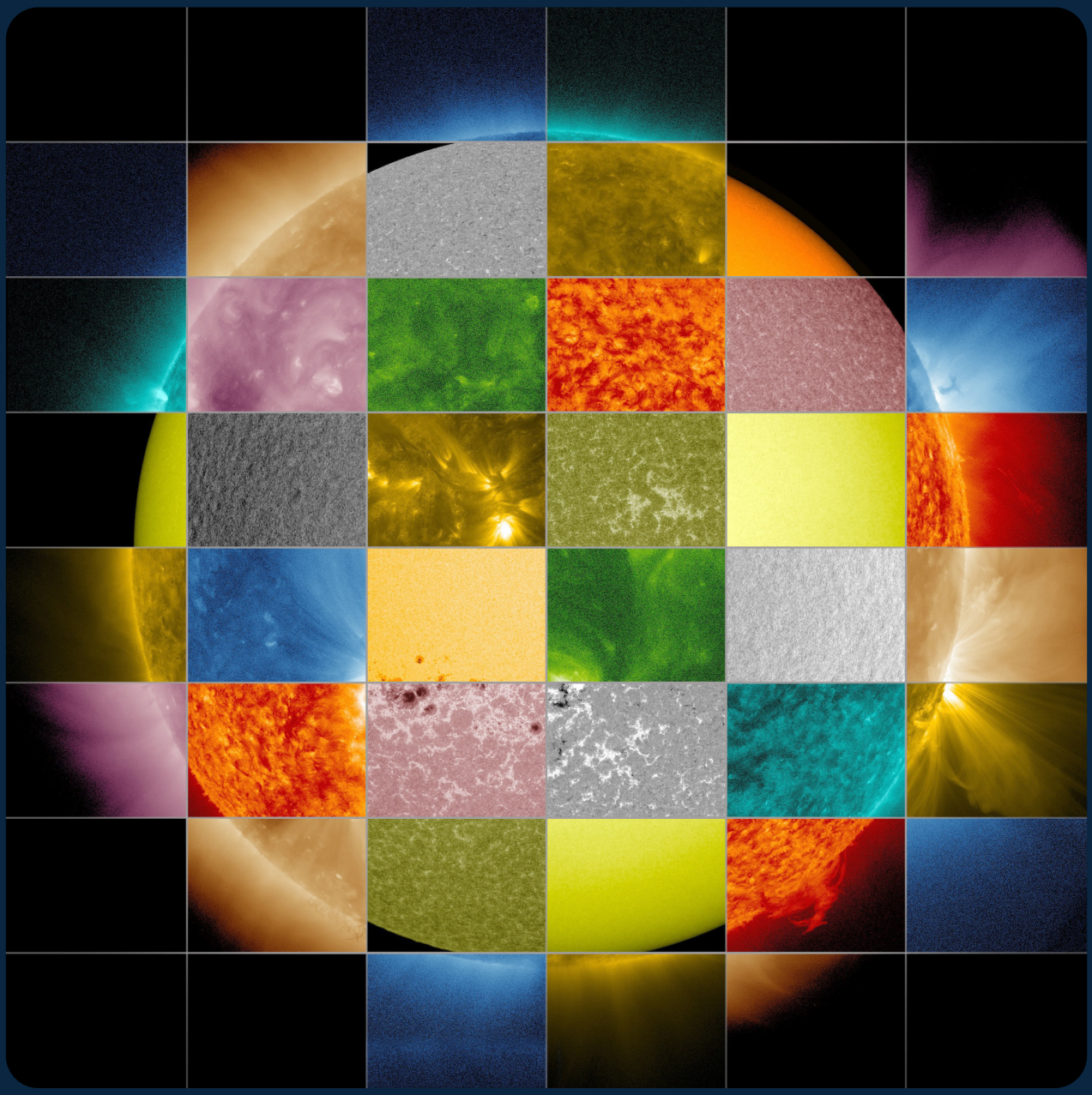
太陽的多重面貌（上）

文／趙瑞青

我們最熟悉的天體——太陽，看似一顆明亮的光球，穩定且規律。但在天文學家的眼中，太陽卻遠比我們想像的更加複雜，天文學家不只用肉眼或一般望遠鏡觀察太陽，而是會用不同波段的儀器來看它。當透過不同波段的望遠鏡觀測時，就能看見太陽截然不同的樣貌，結果很有意思，在不同波段下，太陽看起來似乎像是不同的天體，有時候能看到表面斑點，有時候看見如同火焰般延伸的氣體結構，有時候則會顯示高溫區域所散發的強烈輻射。與其說太陽擁有多重樣貌，不如說，其實我們平常只看到了其中一層。



太陽在不同電磁波波段下呈現出不同的結構與溫度分布。影像來源：NASA

想知道太陽在不同的電磁波段中，展現何種姿態？又想告訴我們哪些訊息呢？讓我們一起走進展示場2樓「太陽的多重面貌」展品中，如圖1，欣賞一系列色彩各異的太陽影像吧！

從不同波段看見恆星的另一面

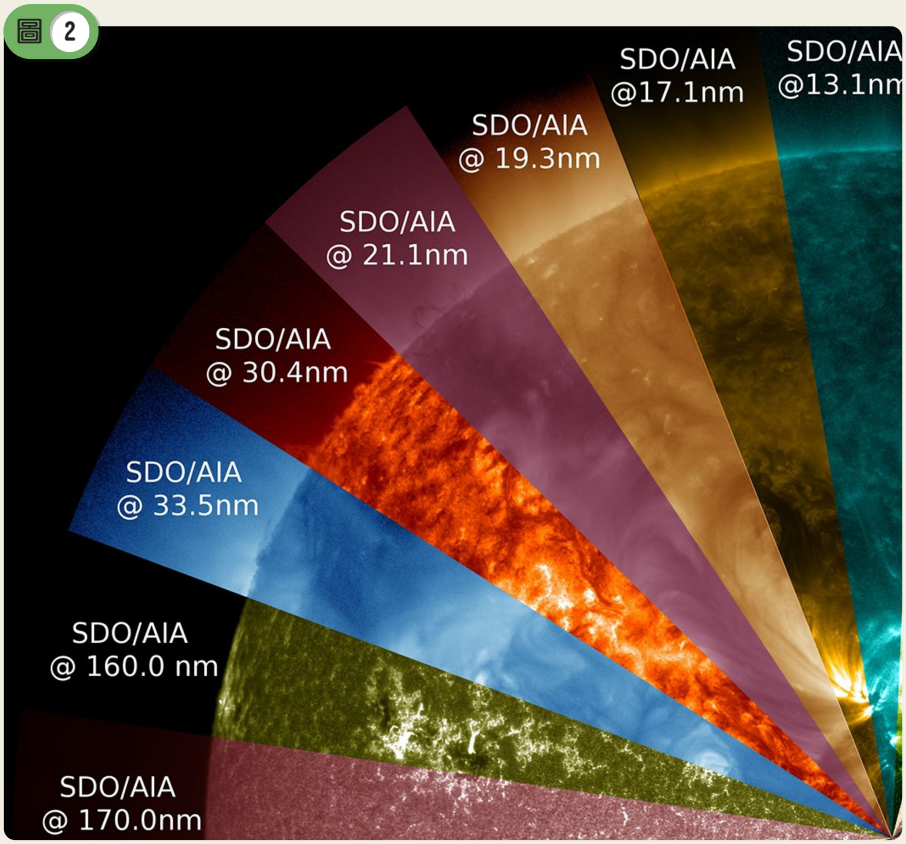
在「太陽的多重面貌」展品中，一眼望去就可以看到多張色彩繽紛的太陽影像，每一張看似不同，卻又隱約有些相似之處。當我們準備一幅幅細細欣賞，甚至訝異於原來太陽竟然有這麼多顏色時，其實也正踏入了一個常見的迷思。這些顏色多半並非是太陽真正的樣子，而是天文學家將不同波段的觀測資料，轉換成可見的影像後所呈現的結果，讓我們得以看見原本看不見的訊息。

亦即除了可見光外，其餘波段皆經過假色處理，目的是為了突顯不同的層次與特徵，將不同的細節賦予不同的顏色（可見光），因此並非是肉眼所見的真實色彩。可以想成是天文學家將人類看不見的訊號，轉譯成我們能理解的語言，幫助我們看見原本看不見的東西，如圖2。

圖 1

位於展示場2樓，「太陽的多重面貌」展品。

圖 2

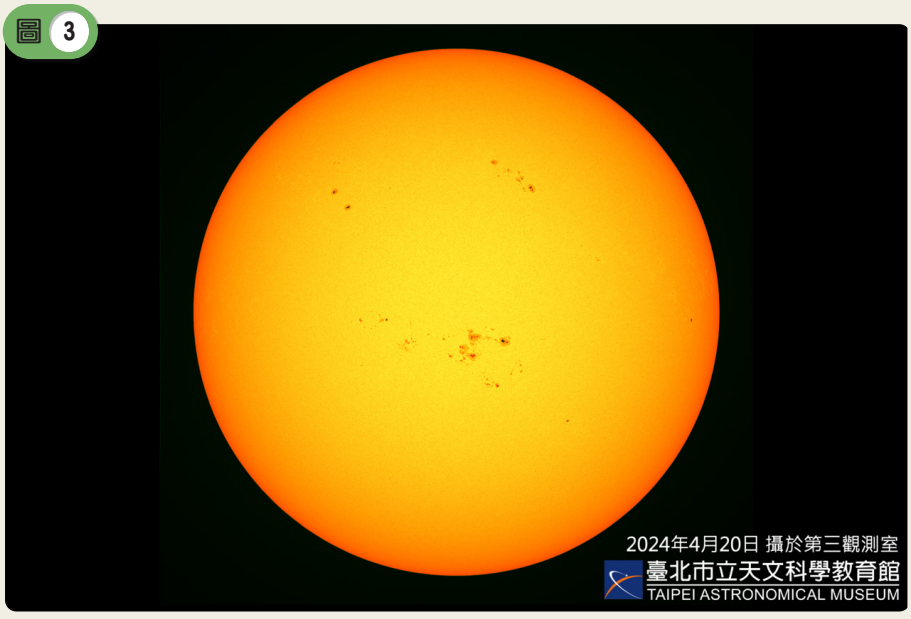


影像多經假色處理，將不同波段的資料轉換為可見顏色，以突顯物理特徵差異。影像來源：NASA

可見光：我們熟悉的太陽

平常我們最熟悉的太陽，就是在可見光波段下的樣貌，看到的是太陽大氣層中的光球層，也就是一般所說的太陽表面，其溫度大約是5,800 K，而我們熟悉的太陽黑子就是發生在光球層。黑子之所以看起來顏色較深，是因為其溫度較周圍區域稍低一些，因此顯得較暗，如圖3。在天文學家長期記錄觀測太陽黑子之下，發現黑子的數量會隨時間變化，其週期約為11年，此即為現今大家所熟知的太陽活動週期。黑子的研究不僅讓科學家了解太陽磁場的變化，也為研究其他恆星的活動提供重要線索。

圖 3



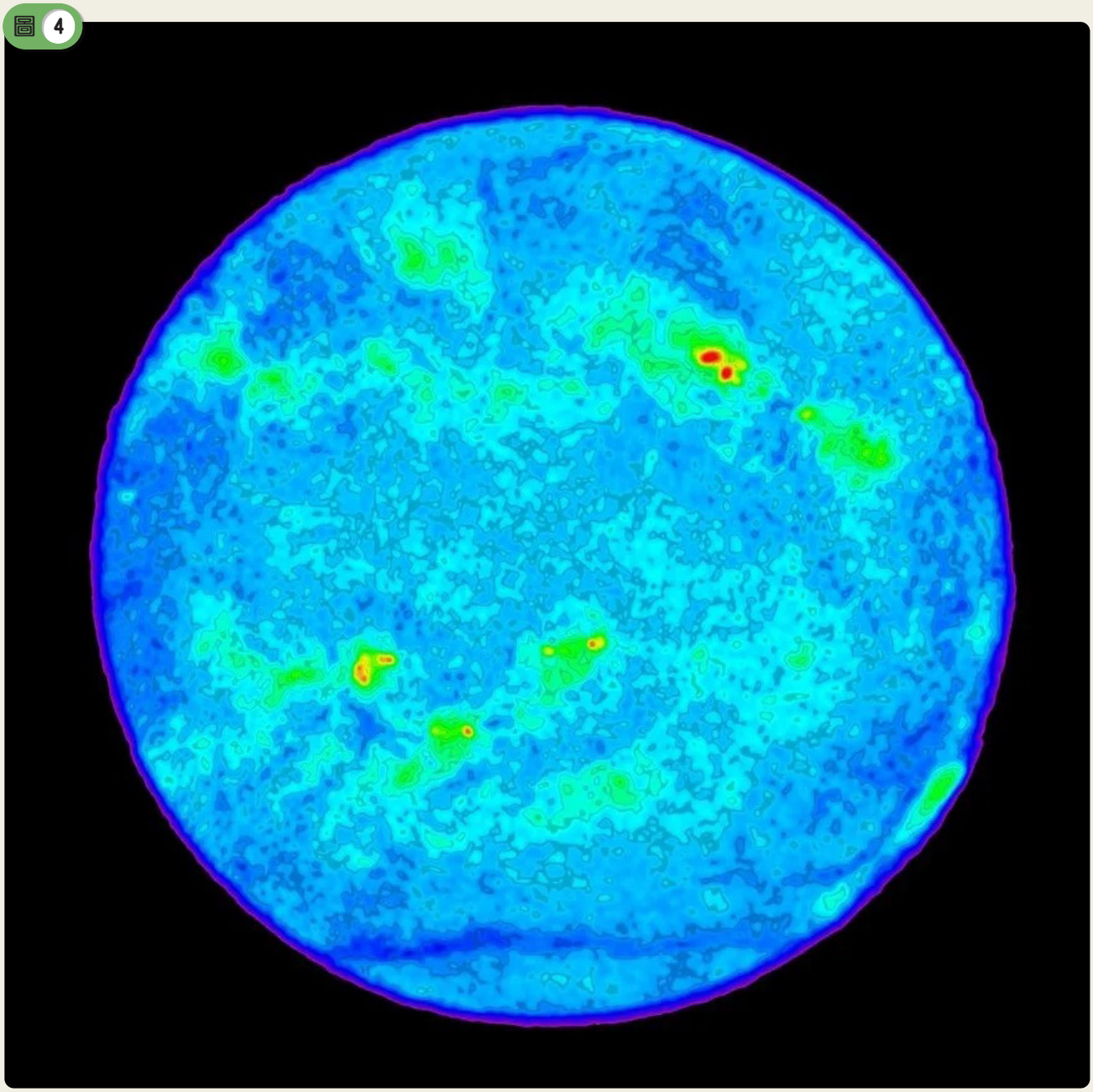
從可見光觀測可以看到太陽的光球層，其表面分布著太陽黑子。

觀測可見光波段的太陽時，一定要特別注意安全，千萬不可直接用肉眼或透過望遠鏡觀看，強烈的光線會傷害視網膜，甚至造成永久性的視力損傷。因此使用望遠鏡觀賞太陽時，必須搭配專門的太陽濾鏡；或者使用投影法，將太陽的影像投射到白紙上進行觀察。

無線電波觀測：來自高能粒子的訊號

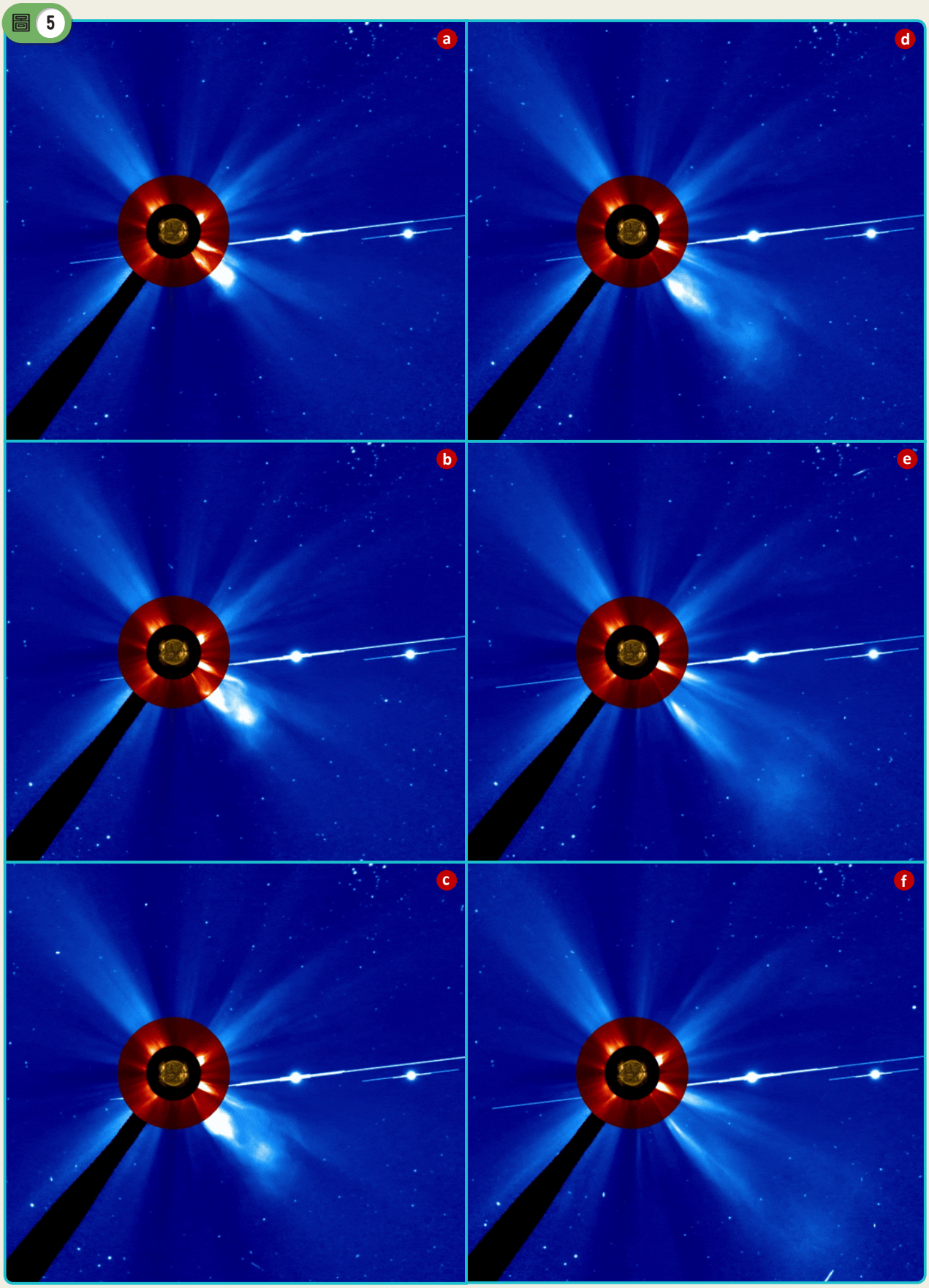
由於太陽離我們的距離很近，因此我們所接收到最明亮的電波源就是太陽。電波訊號多半來自日冕中高速運動的電子，如圖4，當太陽活動變活躍，例如發生閃焰或日冕物質拋射（Coronal Mass Ejection，簡稱CME）時，如圖5，這類將大量電漿伴隨磁場，從太陽大氣層向外拋出的劇烈現象，會產生電波訊號。透過分析這些訊號，天文學家可以追蹤這些粒子的運動，並評估是否可能影響地球。由於電波可以穿透地球大氣，因此許多無線電波觀測可以直接在地面天文臺進行，因此也成為長期監測太陽活動的重要工具之一。

圖 4



無線電波影像顯示日冕中高能電子的活動，可用於追蹤太陽閃焰與日冕物質拋射，影像中紅色和黃色區域為百萬度高溫氣體。影像來源：NASA

圖 5



從a至f的順序影像中，可見日冕物質拋射過程。影像來源：ESA

微波觀測：日冕結構的細節

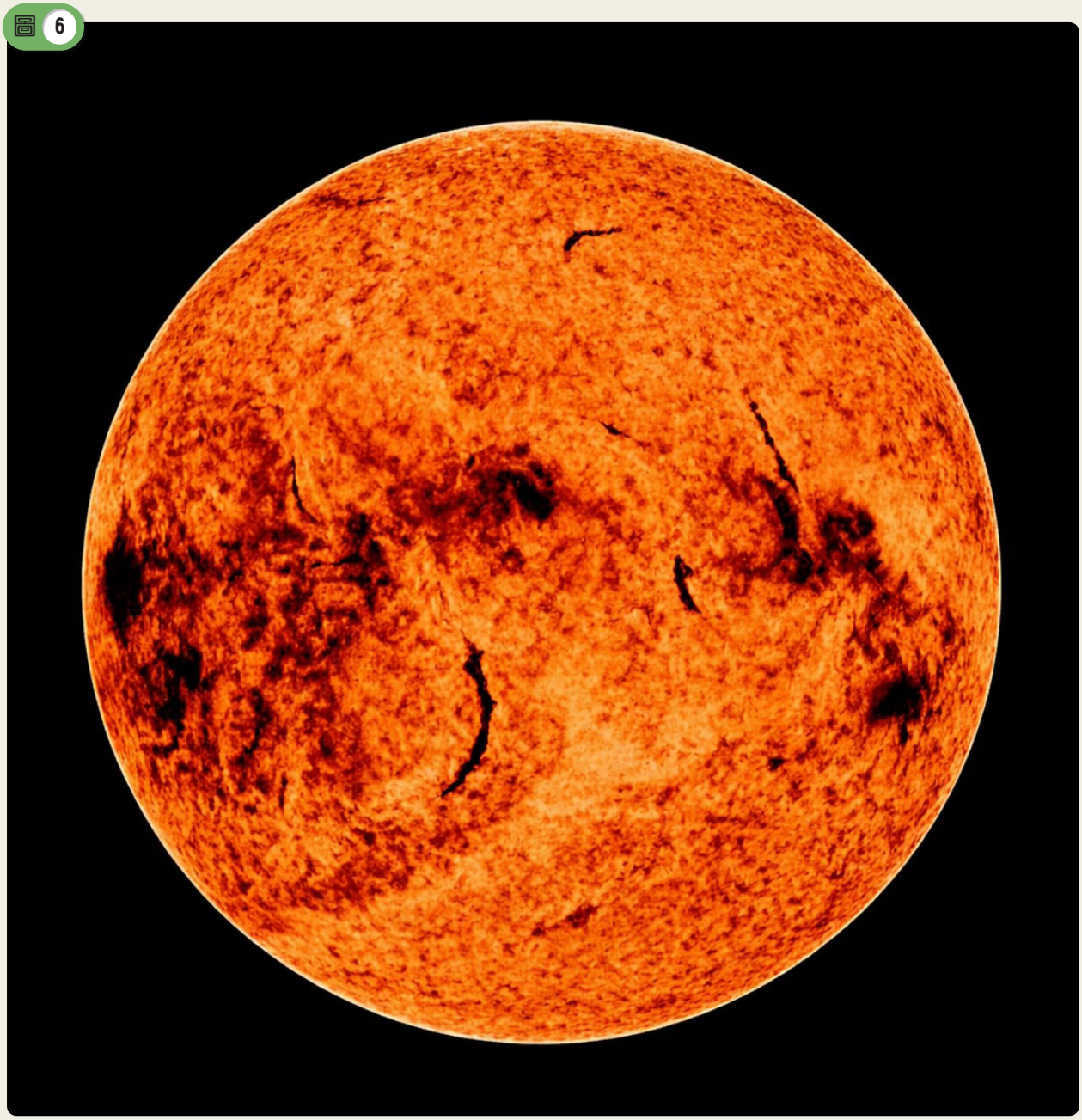
微波同樣來自太陽外層的大氣，特別是日冕中的高溫電漿，但相較於較長波長的電波，微波對於結構的解析能力更好，因此可以讓我們看到更多日冕的細節，例如其位置與範圍。

紅外線觀測：看見溫度差異

紅外線對溫度的變化相當靈敏，可以將不同溫度清楚的解析出來，因此可以看到在可見光中不容易看清的細節，以及不同區域的溫度差異。在太陽的熱輻射中，約有一半的能量屬於紅外線，使用紅外線波段觀測太陽時，我們可以想像成看到的其實是太陽溫度的分布。此外，某些紅外光譜線對磁場特別敏感，因此也常用來研究太陽磁場結構，如圖6，下期待續。

趙瑞青：臺北市立天文科學教育館

圖 6



基特峰國家天文臺所拍攝紅外線光下的太陽。影像來源：https://solar.physics.montana.edu