

優質教育基金 計劃編號：2007/0471
發展新高中物理科選修單元「天文學和太空科學」學與教資源
探究研習五報告：分析不同波段的太陽影像

我們觀測到的太陽是它的大氣層，從裡向外分為光球層、色球層和日冕三層。大部份太陽光來自太陽表面的光球層 (Photosphere)，溫度為 6000°C 。

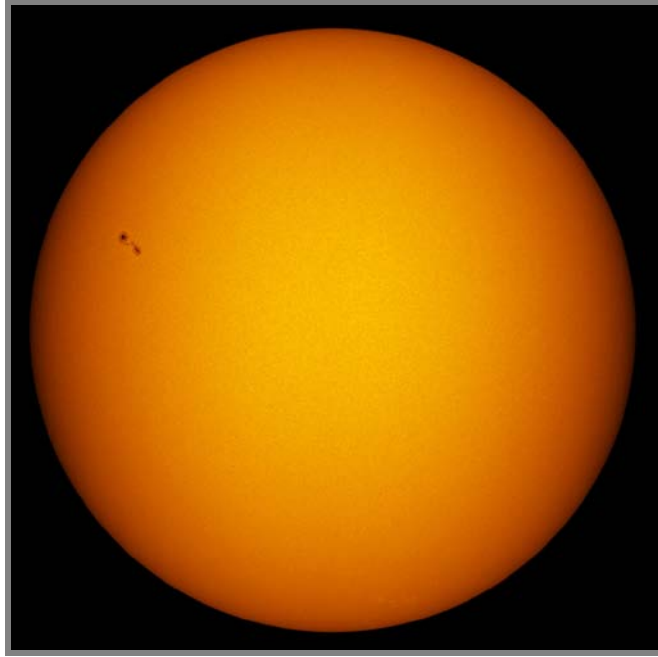


圖 1: 太陽的光球層

在光球層之上，還有一層很暗、密度較低的色球層 (Chromosphere)。色球層厚度約為數千公里，比較起 700000km 的太陽半徑，其實是非常薄的一層。色球層的底部至頂部的溫度有很大差別，由底部接近光球層的 6000°C 上升至頂部的 20000°C 。日全蝕時，當月球遮蔽了光球層，我們便可以直接看到這個淡紅色的色球層。



圖 2: 日全蝕時可以看到淡紅色的色球層，更外圍的白色部份是太陽大氣的最外層，稱為日冕。

當我們望向太陽，看到是太陽表面的光球層。運用白光濾鏡，便可以安全地觀察到光球層，最容易觀察到的是光球層的太陽黑子。白光濾鏡能容許各種顏色的可見光通過，即是所有波長約為 400nm 至 700nm 的光波均可通過。

運用一些特別的太陽濾鏡，我們便可以只觀察一些特定波長的光波，對太陽有一個全面的了解，欣賞更多有趣的現象。下圖為較有科學價值的其中幾個波段，包括 656nm (又稱氫 α 譜線)和 393nm (又稱鈣 K 譜線)。



圖 3: 不同譜線的太陽影像，分別為白光(左)、656nm (中)和 393nm (右)。

為什麼在不同的波段觀測同一個太陽表面區域，會有這麼大的差別呢？這是因為在不同的波段，所記錄的是不同層的太陽大氣，如下表所示。

譜線	源自太陽哪一層
氫 α 譜線	色球層底層
鈣 K 譜線	光球層頂至色球層底層
白光太陽	光球層

2010 年 3 月 26 日，我們觀察和拍攝不同譜線的太陽。在這匯報中，我們會介紹當日不同譜線下展示的太陽現象。

1. 白光太陽影像

在這影像中，最明顯的特徵是太陽黑子 (Sunspots)、米粒組織 (Granulations) 和光斑 (Faculae)。

A. 太陽黑子

太陽黑子是太陽表面溫度較低的地方，光度為周圍的十分之一。中心部份是較深色、溫度較低(約 4000°C)的本影，周圍是較淺色、溫度較高(約 5000°C)的半影。

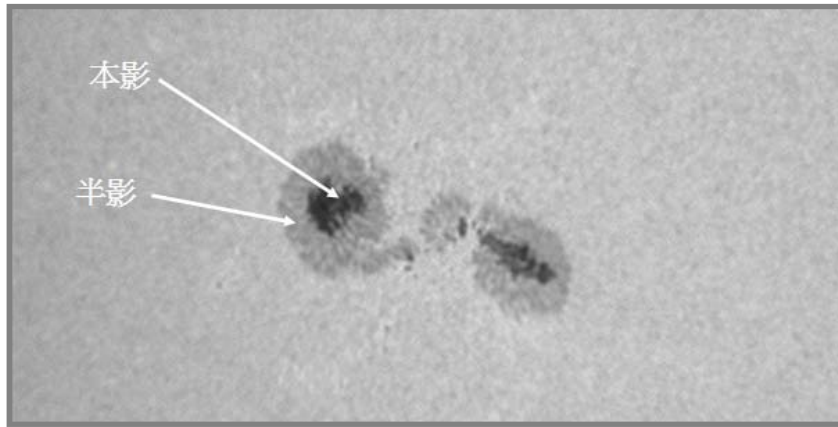


圖 5: 太陽黑子的半影和本影區。

雖然這裡溫度較低，但卻是非常活躍、磁場很強的地區，比太陽平均磁場強上千倍。黑子對有磁力線連繫，如下圖所示。

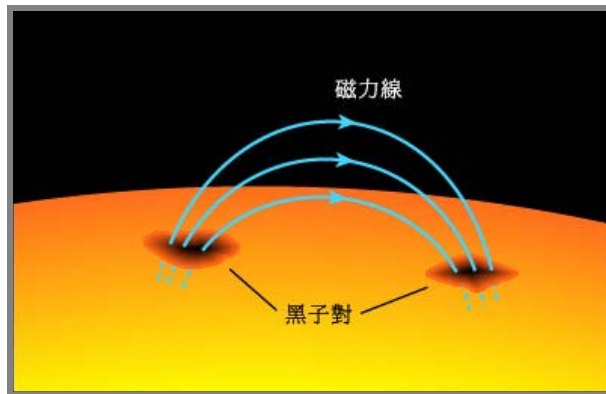


圖 6: 黑子對有弧狀的磁力線連繫。(圖片來源：香港太空館)

B. 米粒組織

光球層也充滿一粒粒的東西，每粒大小約為 1000km，稱為米粒組織。太陽是一團氣體，氣體的對流在太陽表面形成對流泡，這些便是米粒組織。



圖 7: 光球層表面佈滿一粒粒的米粒組織。

個別的米粒組織，一般壽命只有數分鐘。光的部份代表上升氣流，以約每 2km/s 的速度上升。熱氣流升至頂端把熱能散發後，成為對流泡外側下沉的冷氣流，形成米粒邊緣較暗的部份。米粒的中央部份比四周溫度約高 300°C。

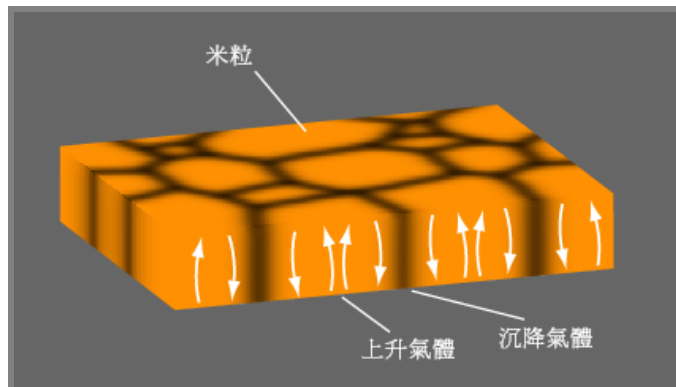


圖 8: 光球層表面佈滿一粒粒的米粒組織。(圖片來源：香港太空館)

C. 白斑

和黑子相反，白斑是光球層溫度較高的結構。溫度約較周圍高 300°C，磁場較周圍強。白斑通常並不比周圍光很多，要在太陽圓盤邊緣才能看到。

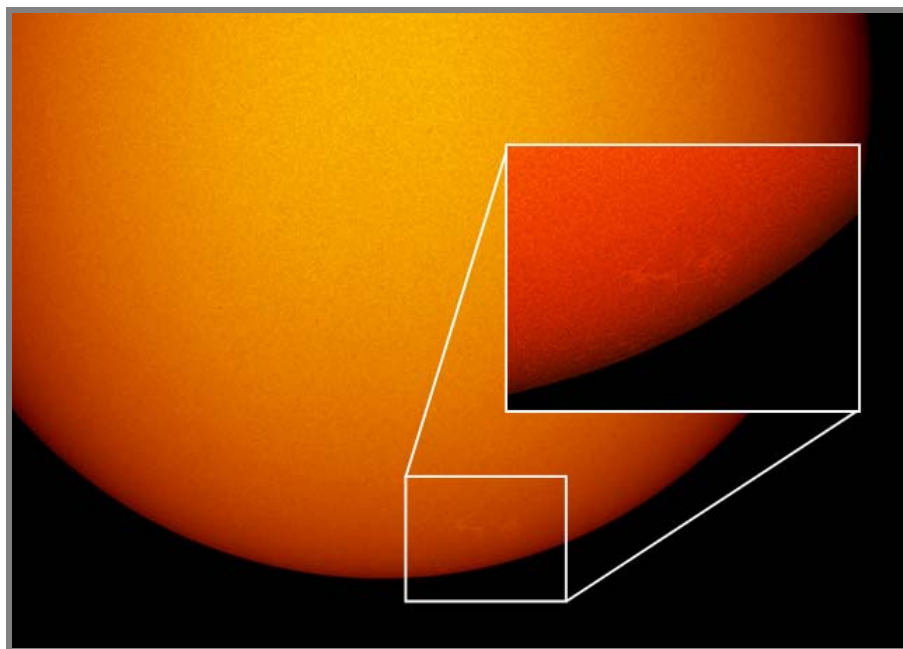


圖 9: 光球層溫度較高的白斑。

2. 氫 α 譜線的太陽影像

佈滿色球層的紋是色球層高速噴出的氣體，稱為針狀物 (Spicules)，其針刺的形狀較容易由位於太陽圓盤邊緣的針狀物看到。



圖 10: 佈滿太陽色球層的針狀物。(攝於 2009 年 5 月 15 日)

氫 α 的太陽黑子展示精彩的細節。黑子之間區域的深色幼長紋稱為拱狀暗條 (Arch Filaments)。它們連接兩粒黑子，顯示那裡的磁力線結構。太陽大氣的物質受太陽黑子附近的磁場影響，沿著磁力線運動，形成這個結構。

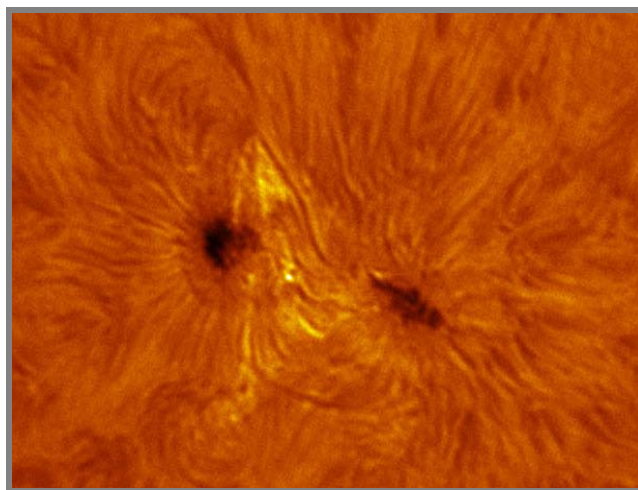


圖 11: 太陽黑子周圍的紋顯示那裡的磁場結構，淺色部份便是色球譜斑。

氫 α 影像中一些明亮地區稱為色球譜斑 (Plages)，是色球層中溫度較高、磁場較強之處，位置和光球層的光斑吻合，但範圍比光斑大。

譜斑通常出現在黑子附近。太陽黑子出現前，通常譜斑已經出現，即是譜斑的出現便是黑子誕生的先兆。

3. 鈣 K 譜線的太陽影像

鈣 K 比氫 α 譜線告訴我們更深層的太陽大氣情況。它好像一個溫度分佈圖，淺色部份的溫度較高，是加熱的區域，因而發出更强的鈣 K 譜線。由於加熱和那裡的磁場較強有關，鈣 K 譜線可以告訴我們太陽大尺度的磁場結構。淺色的區域，代表是磁場較強。

在這影像中，最明顯的特徵是太陽黑子、超米粒組織 (Supergranulations)、色球網絡 (Chromospheric Network) 和色球譜斑。

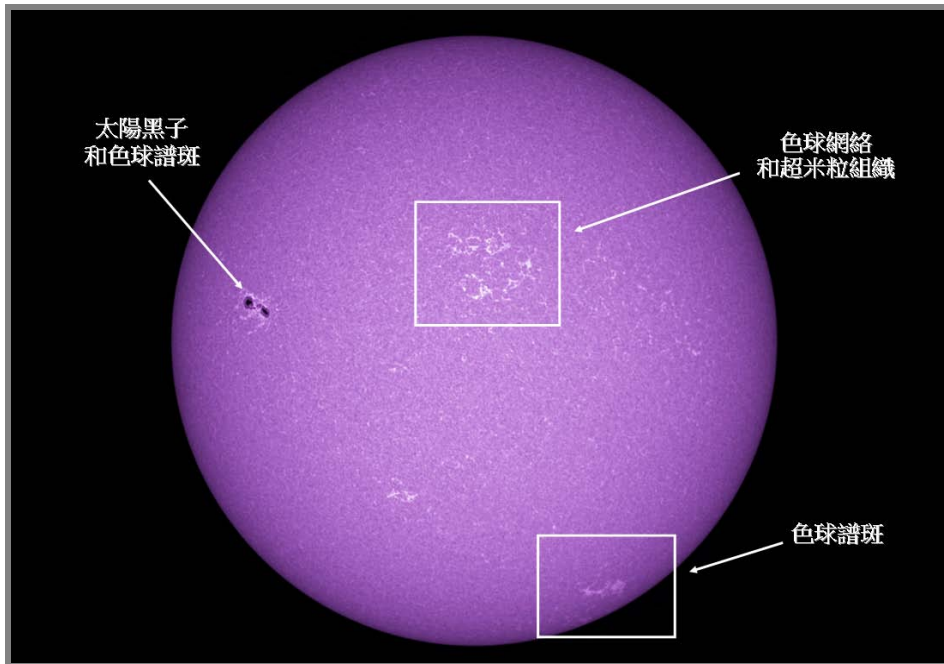


圖 12: 鈣 K 譜線的太陽影像，淺色的區域代表是磁場較強。

A. 色球譜斑

大面積的淺色區域是色球譜斑，是磁場較強的地方，常見於黑子附近。和光球層的影像比較，你會發現譜斑的位置和光球層的光斑吻合。

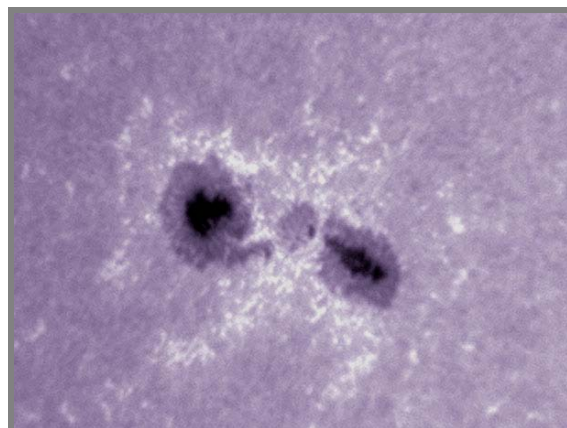


圖 13: 淺色的區域是色球譜斑。

B. 色球網絡和超米粒組織

鈣 K 影像上的一些淺色幼條狀部份，稱為色球網絡，和一些稱為超米粒組織的結構有關。

什麼是超米粒組織？和米粒組織相似，超米粒組織也是用來傳熱的對流泡，不過尺度和持續時間都大很多，而且位於光球層之上。超米粒的直徑大小可達 30000 公里，單一超米粒的大小約為 300 顆米粒，持續的時間可長達一天。任何時刻都約有數千個超米粒組織佈滿整個太陽表面。

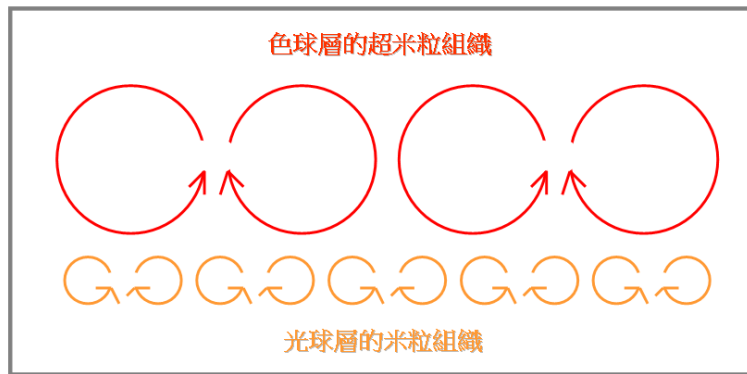


圖 14: 比較超米粒組織和米粒組織。

色球網絡其實便是超米粒組織的邊緣部份。這也顯示超米粒組織的邊緣磁場較強，所以便較容易在鈣 K 譜線中觀察到。色球網絡也是針狀物出現的地方，即是針狀物把超米粒組織重重包圍。

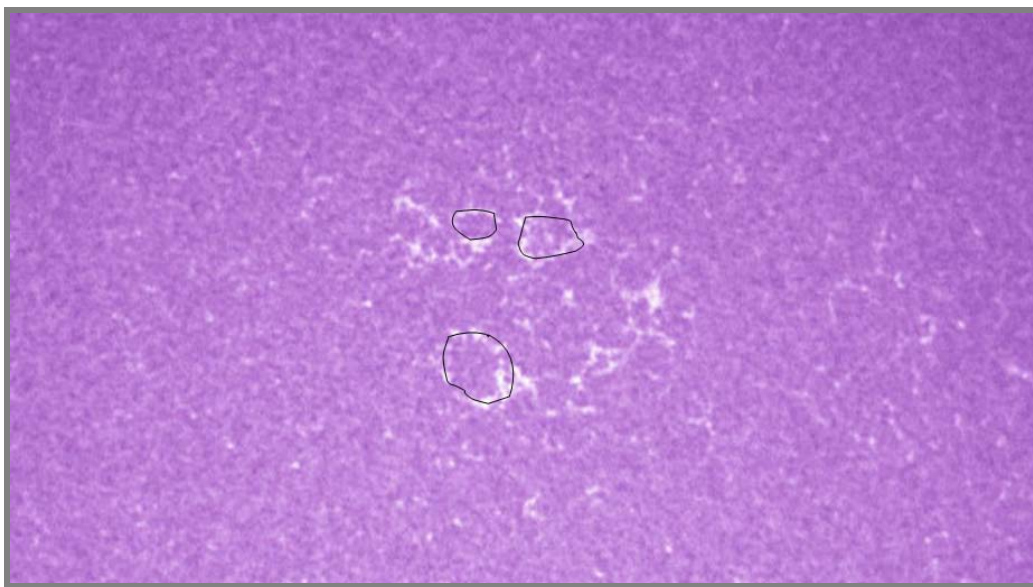


圖 15: 色球網絡是圖中較淺色的幼紋，包圍著超米粒組織，也是針狀物出現之處。上圖顯示了三個較明顯的超米粒組織。

參考資料

http://www.lcsd.gov.hk/CE/Museum/Space/EducationResource/Universe/framed_c/lecture.html
<http://www.astrosurf.com/cheminots/theorie/soleil/disque.gif>
<http://solarscience.msfc.nasa.gov/feature2.shtml>
<http://www.uni-sw.gwdg.de/~derek/ASTR1020/sun.html>
<http://solar.physics.montana.edu/YPOP/Spotlight/Today/visible.html>
http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/multiwavelength_astronomy/multiwavelength_museum/sun.html
<http://sungazer.net/cak/calciumk2.html>
<http://www.hypography.com/article.cfm?id=32804>
http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/e_book/sun/captions/granulation_sunspot.htm
http://www.scholarpedia.org/article/Magnetic_flux_emergence
<http://www.windows.ucar.edu/spaceweather/suntoday3.html>
<http://csep10.phys.utk.edu/astr162/lect/sun/prominences.html>
http://www.ss.ncu.edu.tw/~SpaceEdu/database/IntroSpace_notes_exam/SpaceSolarPhys.html#GranulationsSunspots
http://content.edu.tw/senior/earth/tp_ml/sun/explain.htm
<http://solar-center.stanford.edu/gloss.html#FCORONA>