

太空與海洋世界

— 太空部份 —

朱延祥

國立中央大學太空科學研究所

研究室：科學四館818室，分機：65764

E-mail: yhchu@jupiter.ss.ncu.edu.tw

第四週(107年5月17日)

三、太陽

- 太陽結構

- 太陽活動性

四、八大行星，流星與彗星

- 火星生命之謎

- 流星雨之成因

太陽在銀河系中的位置

銀河側視圖

太陽

厚約7000光年

銀河俯視圖

約5萬光年

太陽

約2萬6千光年

銀河系中約有2000億顆恆星，
太陽為其中之一

太陽系以每秒250公里速度繞
銀河中心旋轉，繞一週需2-2.5
億年

銀河系又以每秒300公里的速
度帶領太陽系繞銀河系群中心
旋轉

星雲自旋

根據美國NASA估計，可觀測的宇宙中大約具有2000億個各種形狀大小的銀河星雲(Galaxies)。雖然如此，今(2018)年4月最新的觀測證據顯示，每一個星雲的自旋轉速幾乎都相同，約每10億年轉一圈。此規律現象顯示，星雲中的星球以及行星數量對於星雲轉速沒有影響。此外，在銀河邊緣，除了含有年輕恆星與大量星塵氣體之外，也具有為數可觀的年老恆星。至於造成幾乎所有的星雲以相近的速度自轉的物理機制，仍為待解之謎。



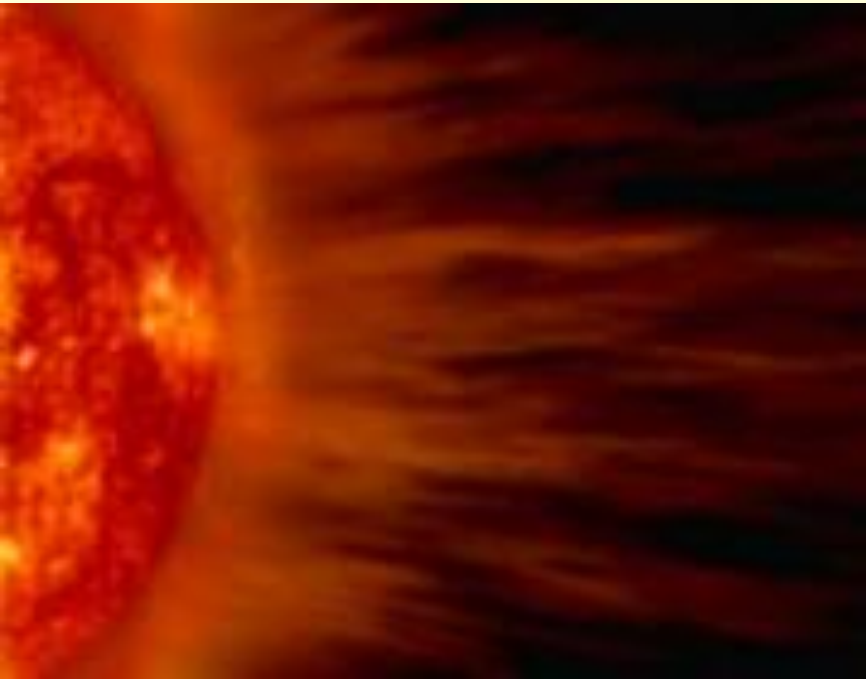
太陽參數

Distance from the Earth:	Mean: 1 AU = 149,598,000 km Maximum: 152,000,000 km Minimum: 147,000,000 km
Light travel time to the Earth:	8.32 min
Mean angular diameter:	32 arcmin
Radius:	696,000 km = 109 Earth radii
Mass:	1.9891×10^{30} kg = 3.33×10^5 Earth masses
Composition (by mass):	74% hydrogen, 25% helium, 1% other elements
Composition (by number of atoms):	92.1% hydrogen, 7.8% helium, 0.1% other elements
Mean density:	1410 kg/m ³
Mean temperatures:	Surface: 5800 K; Center: 1.55×10^7 K
Luminosity:	3.86×10^{26} W
Distance from center of Galaxy:	8000 pc = 26,000 ly
Orbital period around center of Galaxy:	220 million years
Orbital speed around center of Galaxy:	220 km/s

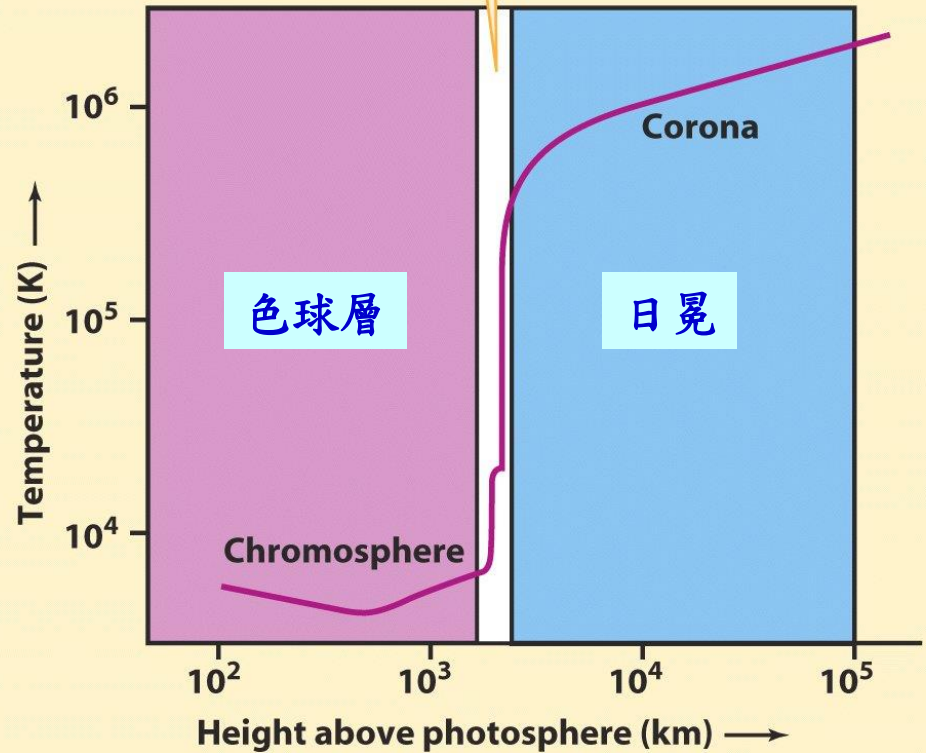


日冕與太陽風

流動的日冕—太陽風

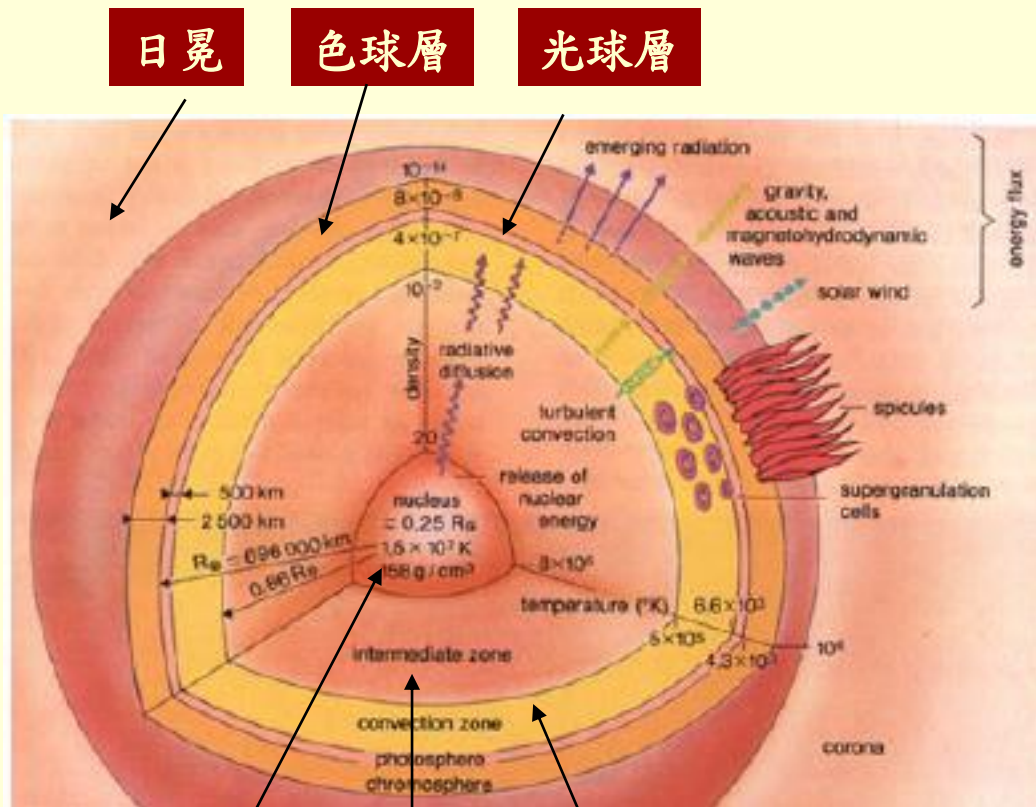


日冕溫度



日冕增溫現象，到現在仍是太空科學領域未解之迷。

太陽結構圖



日冕

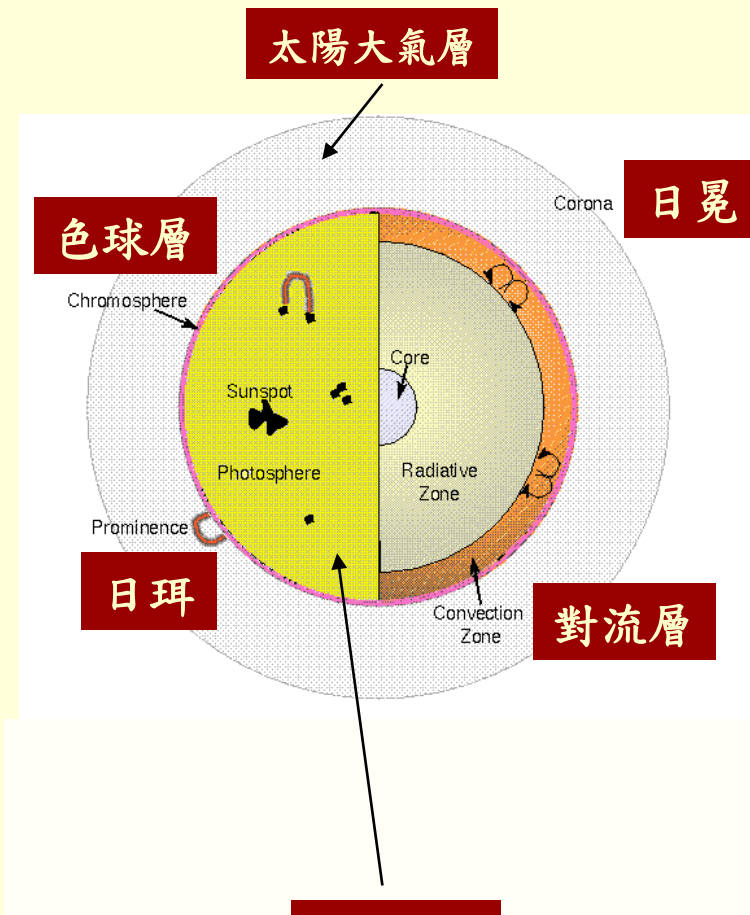
色球層

光球層

核心

輻射層

對流層



太陽大氣層

色球層

日冕

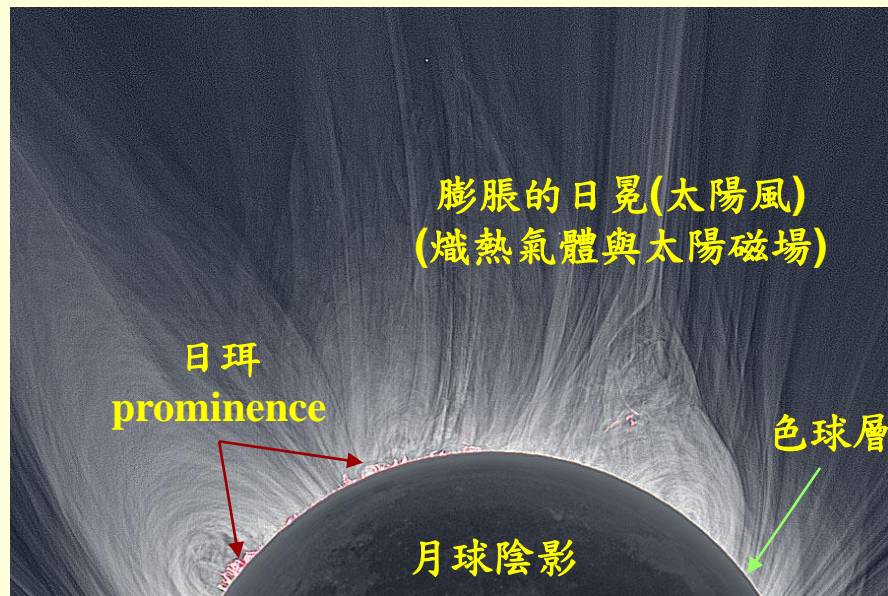
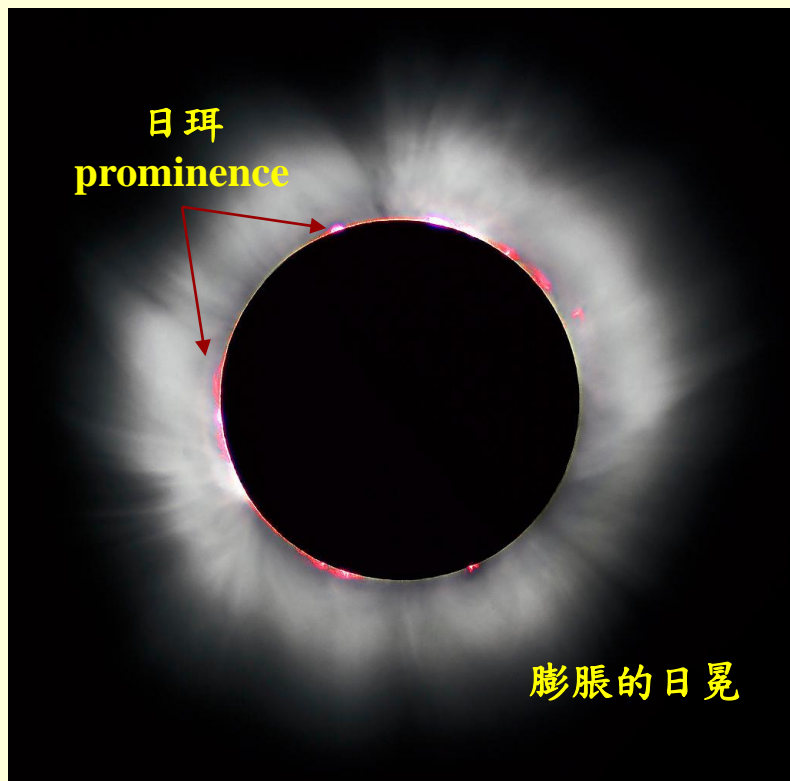
日珥

對流層

太陽本體

全日蝕時肉眼所見的日冕與太陽擾動現象

2008年8月日蝕

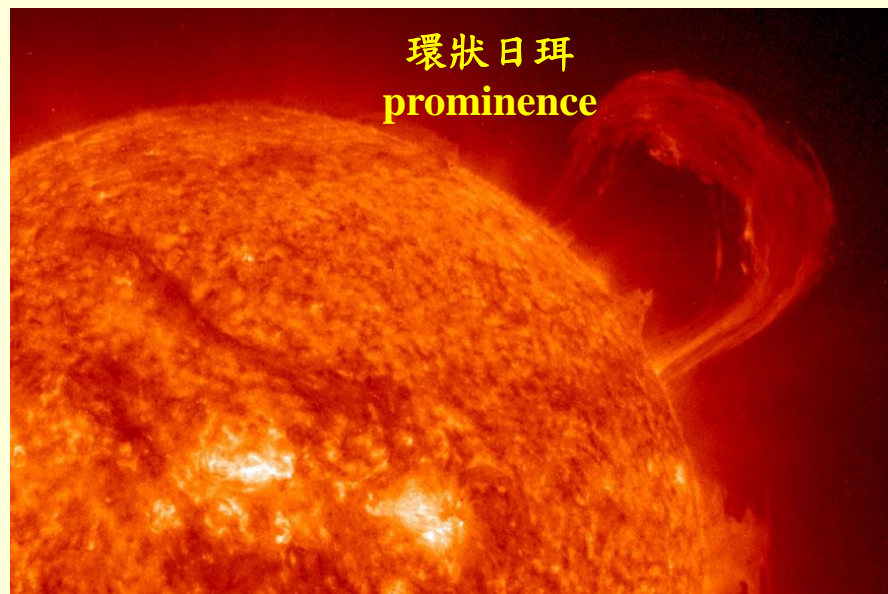
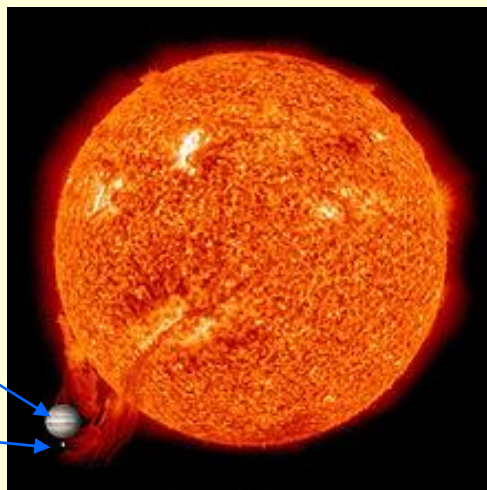


<http://apod.nasa.gov/apod/ap100316.html>

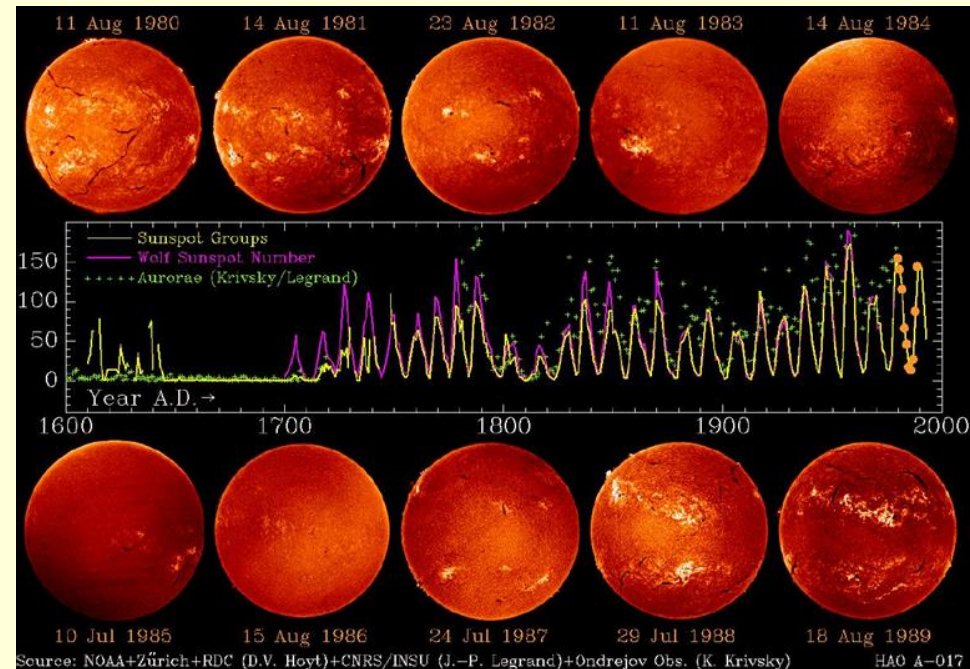
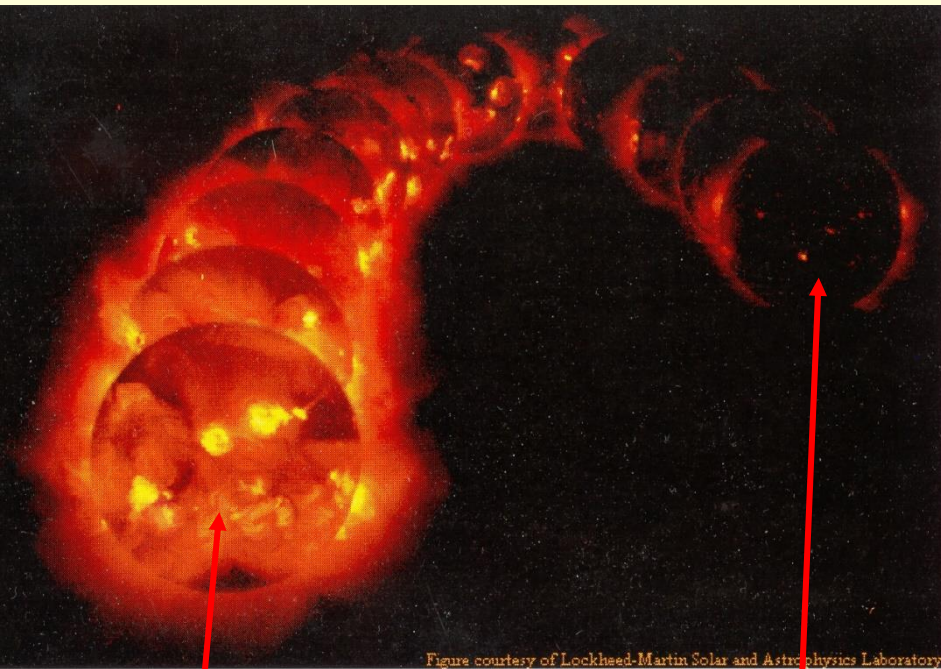
日珥大小與木星
與地球的比較

木星

地球



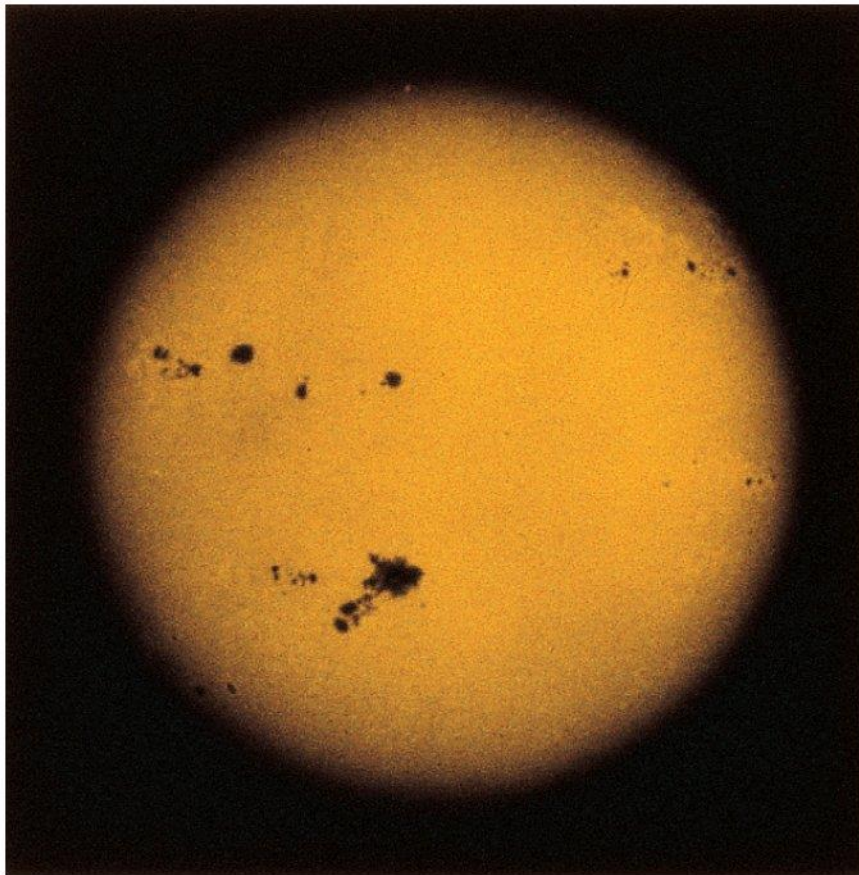
不斷改變中的太陽活動性



活躍時期 ← 11年週期 → 寧靜時期

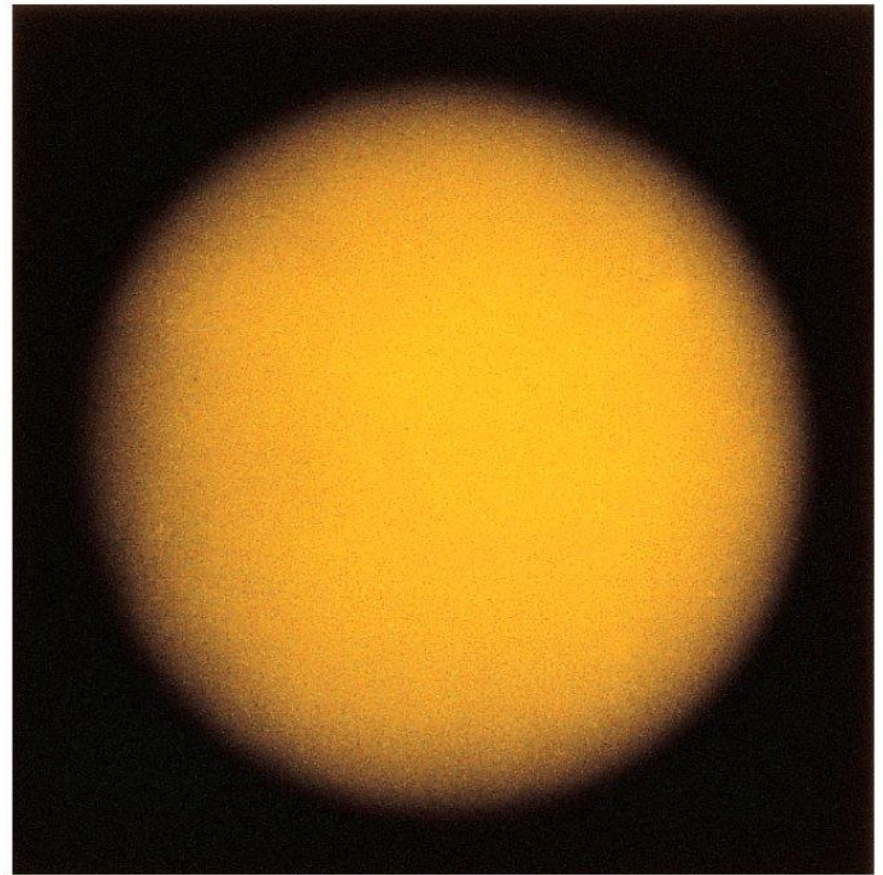
太陽黑子—太陽活動性強弱的指標

太陽黑子多



太陽活動性強時期

太陽黑子少

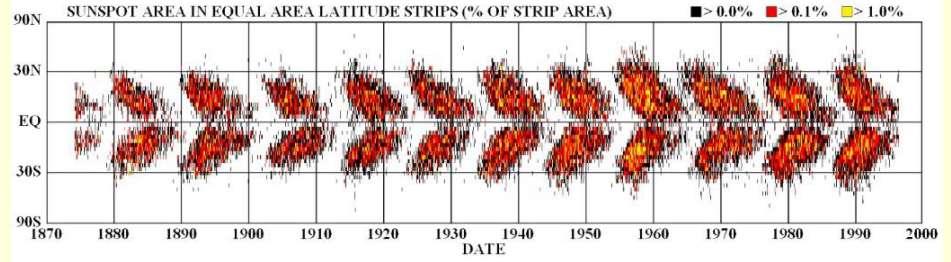
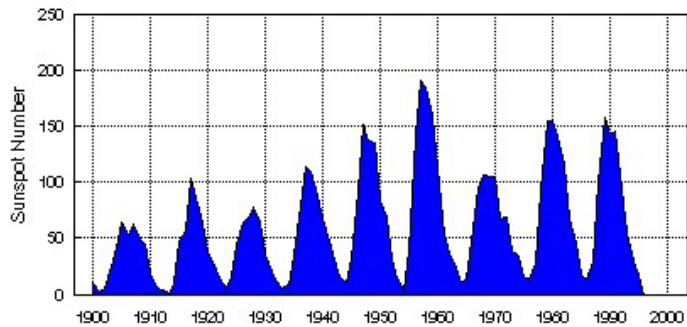
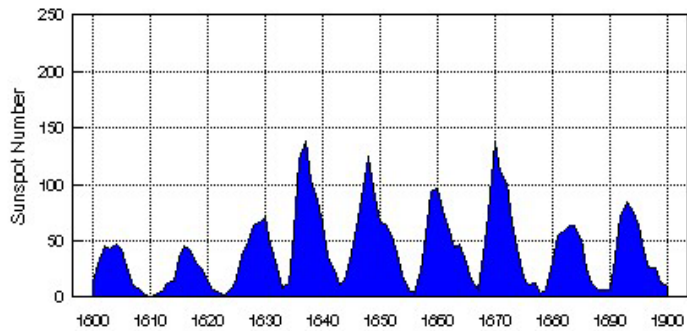
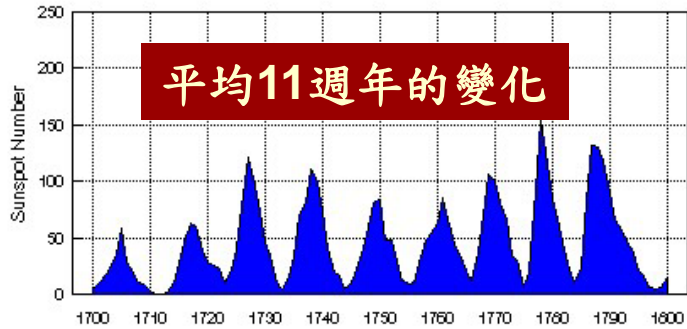


太陽活動性弱時期

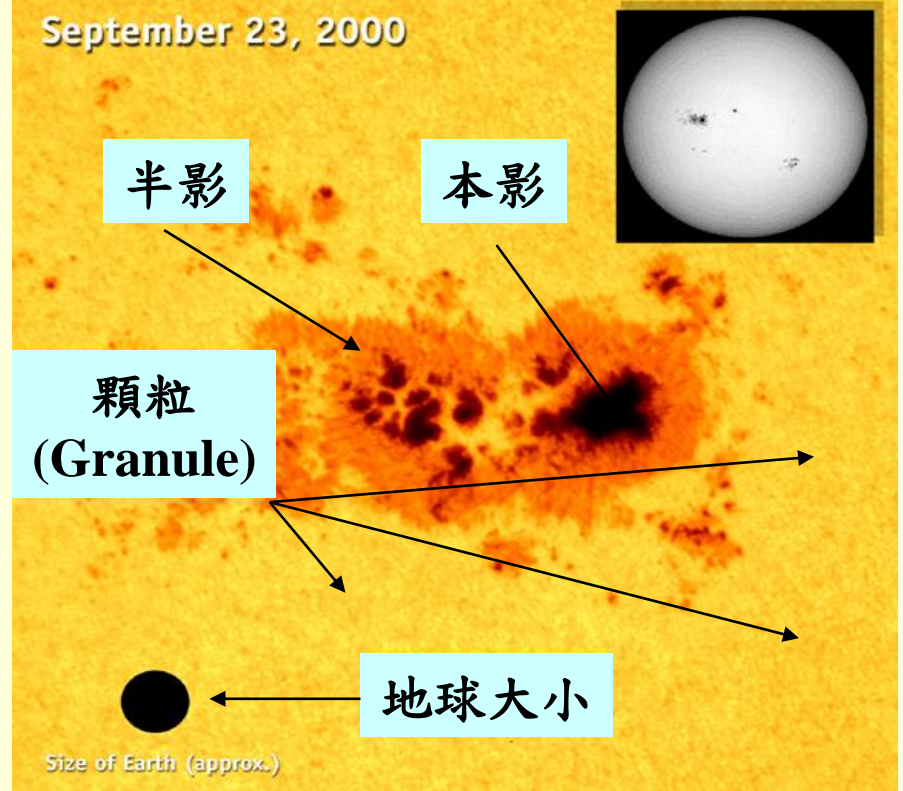
太陽黑子

<http://solarphysics.livingreviews.org/Articles/lrsp-2015-4/articlese3.html>

ANNUAL Sunspot Numbers: 1700-1995

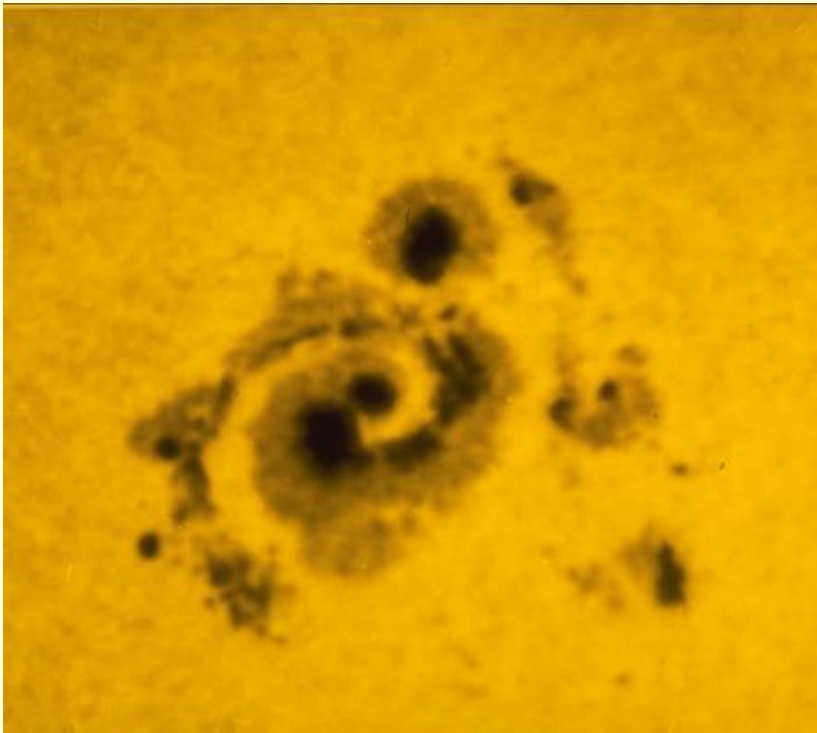


September 23, 2000

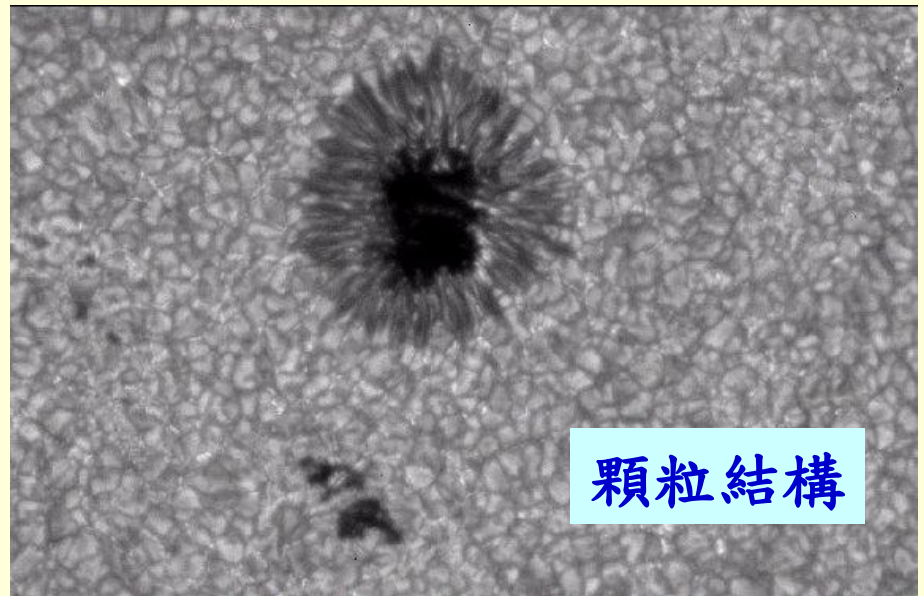


太陽黑子的其他結構

螺旋狀



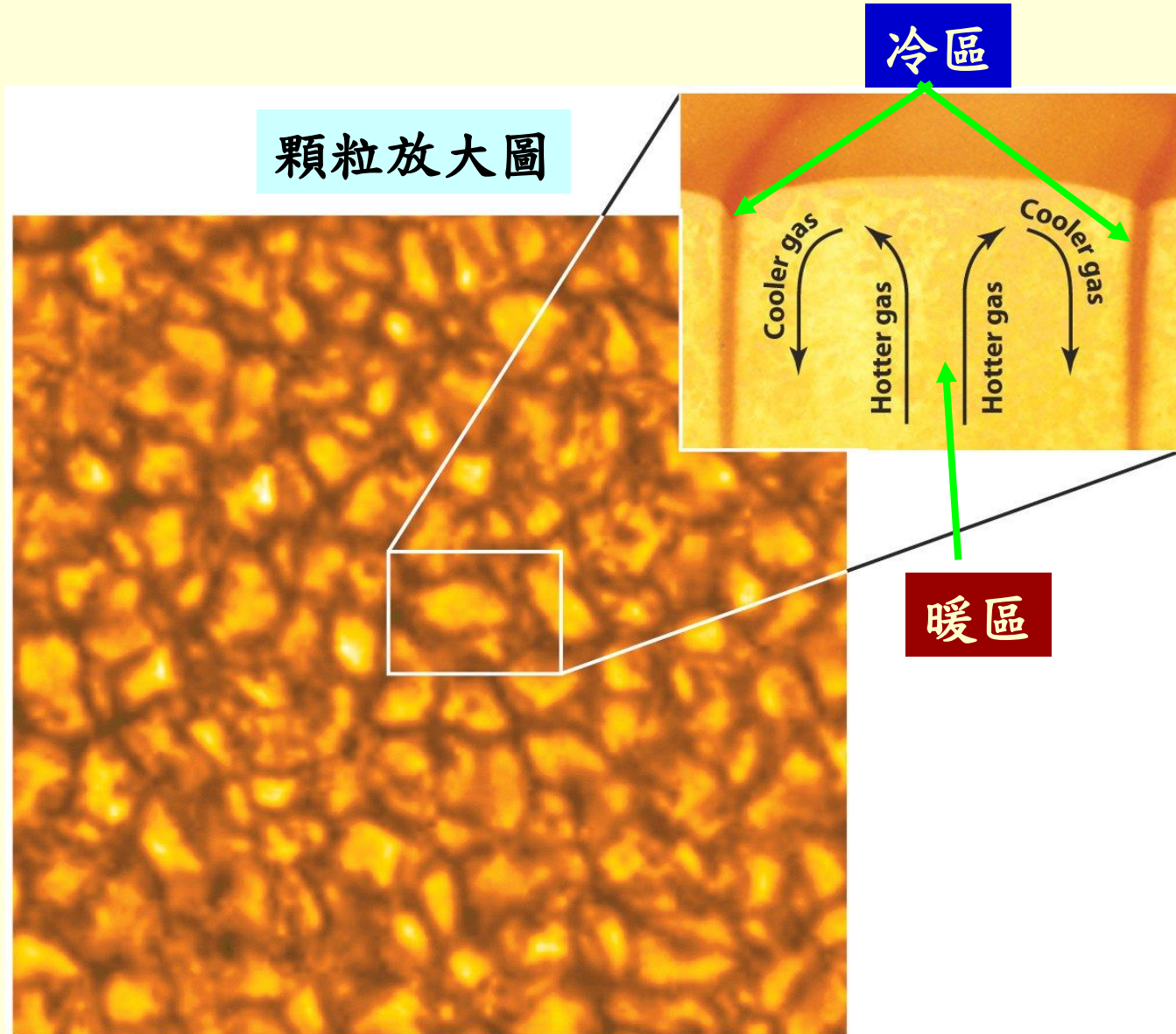
點圓狀



顆粒結構

太陽顆粒(Granule)結構

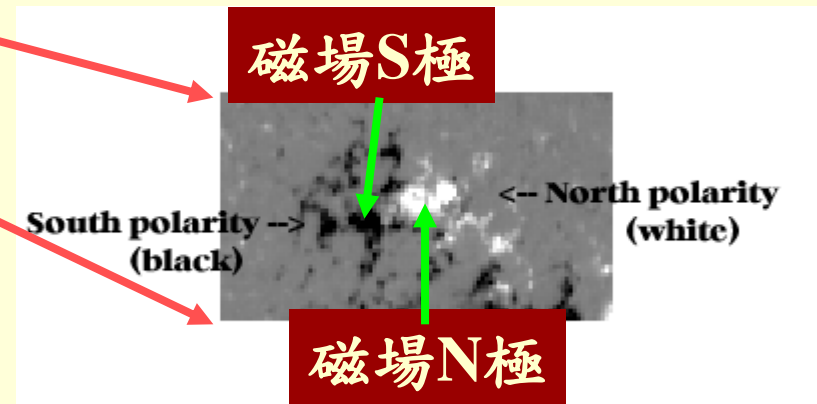
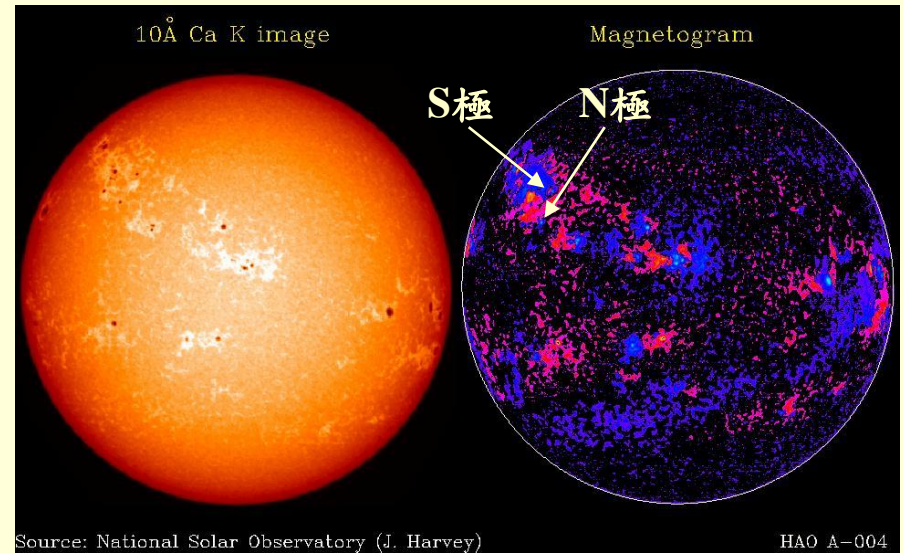
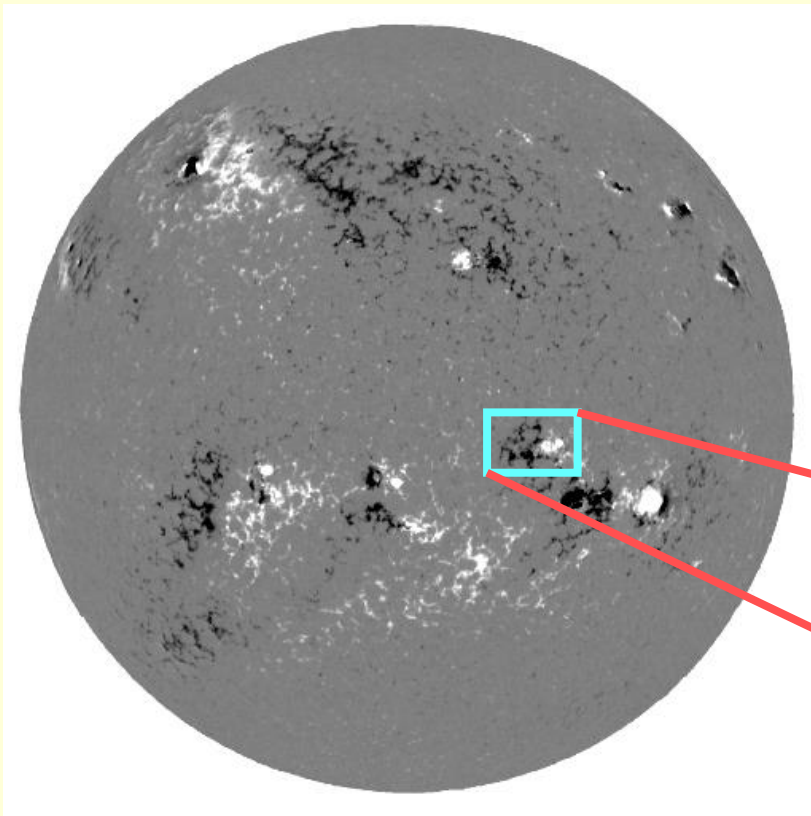
— 太陽物質在光球層中對流的結果 —



太陽黑子的磁場特性

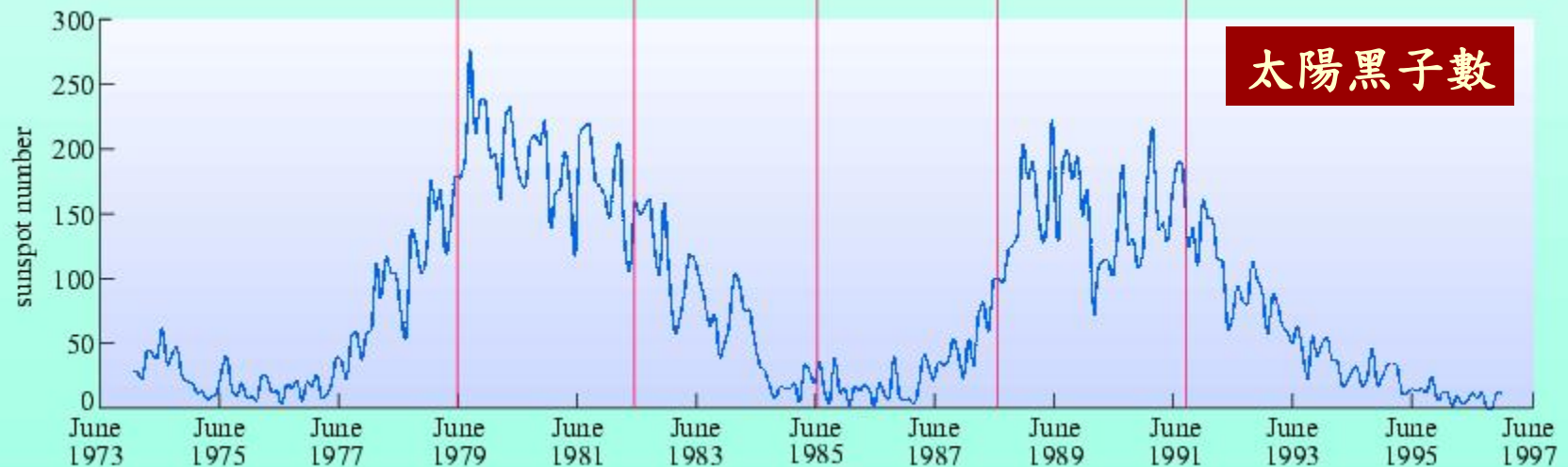
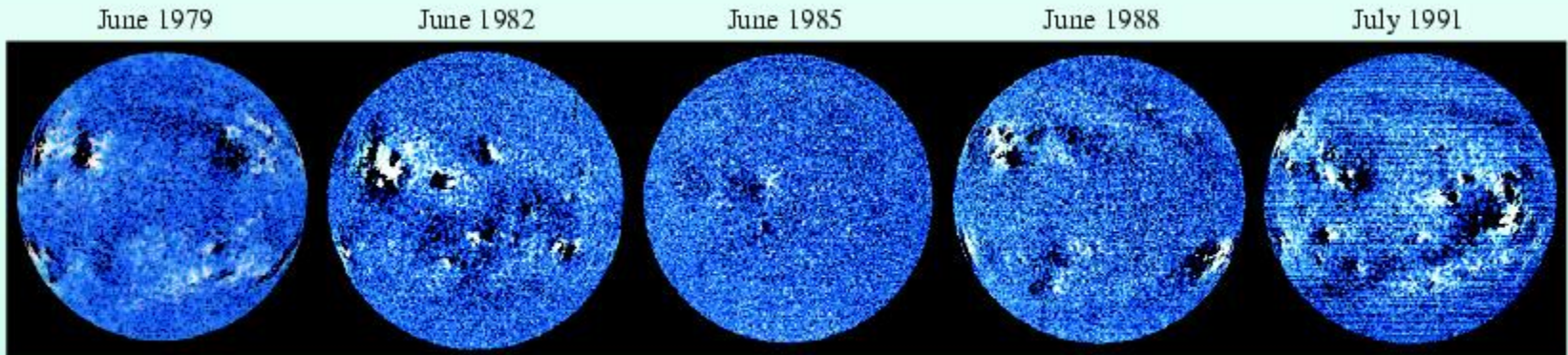
— S與N及的成對出現 —

太陽磁場圖

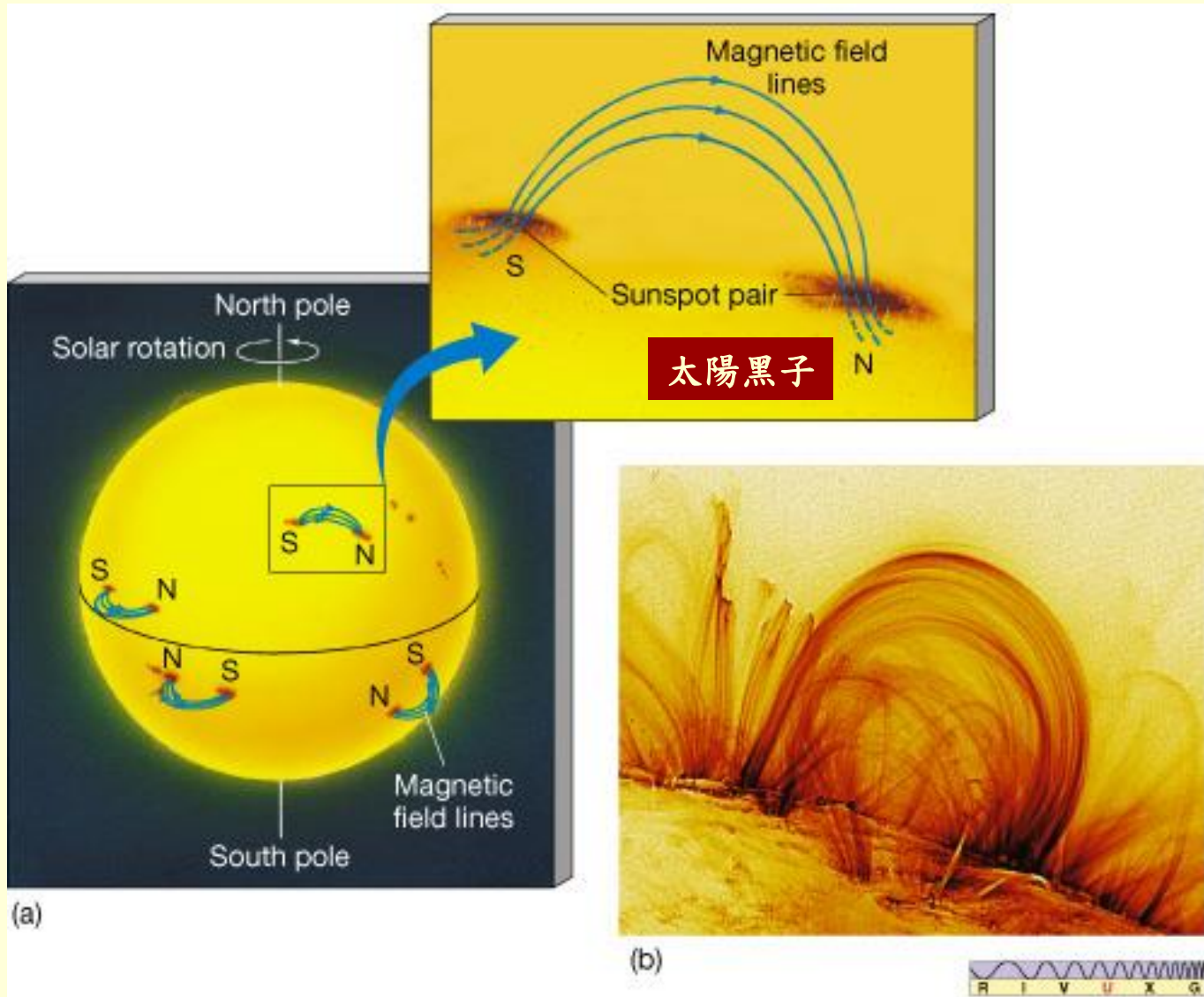


太陽黑子的極性 — 太陽22年活動週期的指標 —

太陽磁場變化



太陽黑子磁場特性

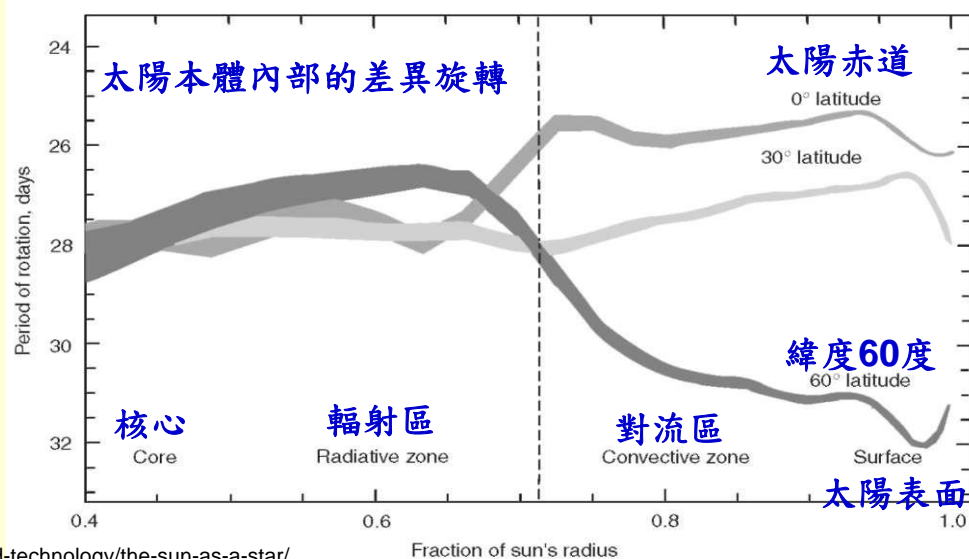
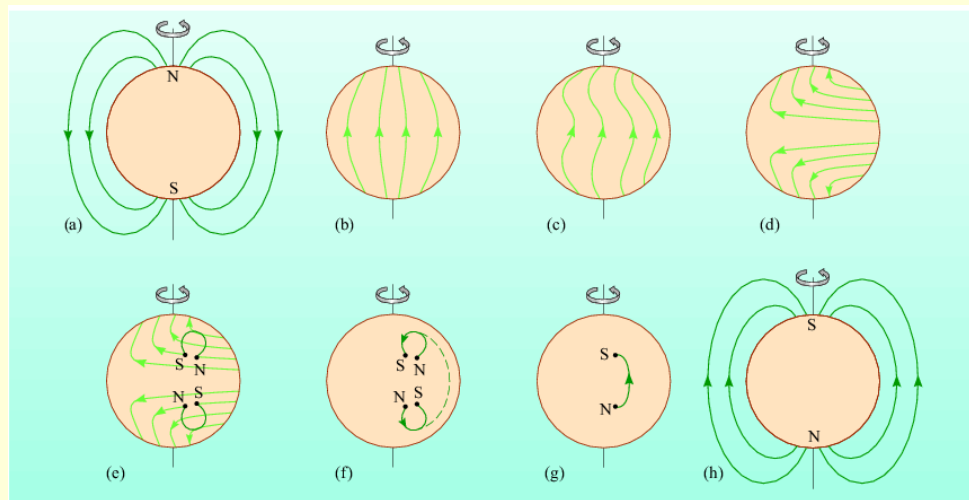
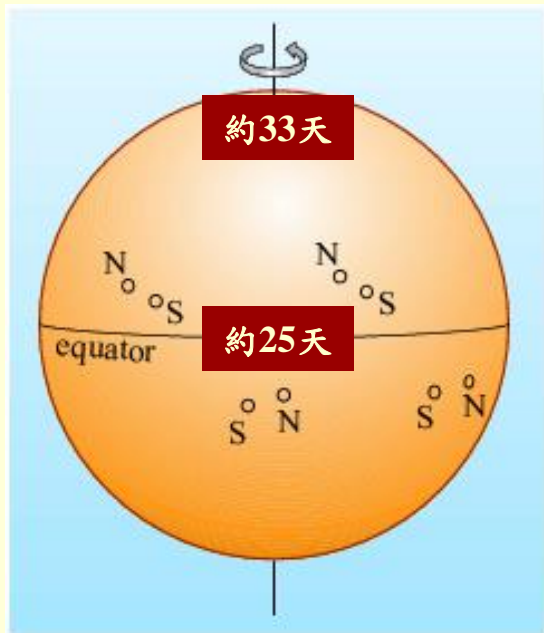


太陽黑子磁場極性反轉的原因

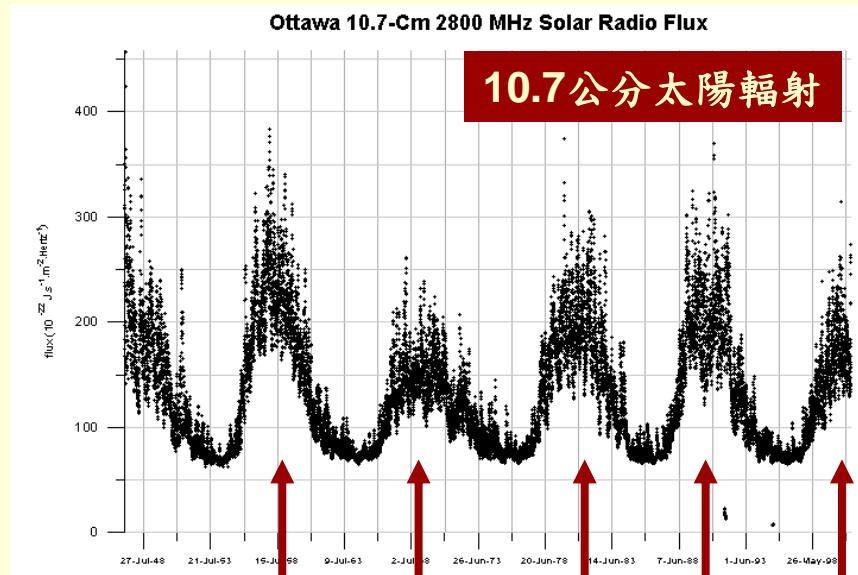
— 太陽差異旋轉效應 —

太陽磁力線因差異旋轉效應而扭曲反轉

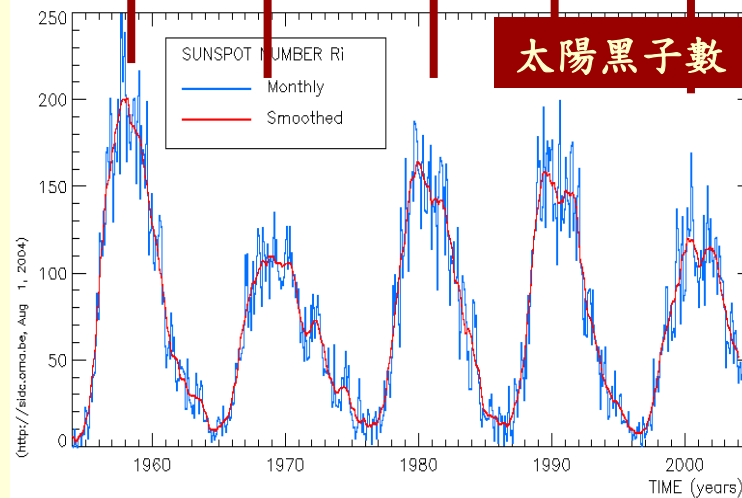
差異旋轉



10.7公分(2800MHz)太陽輻射亦可作為 太陽活動性強弱的指標

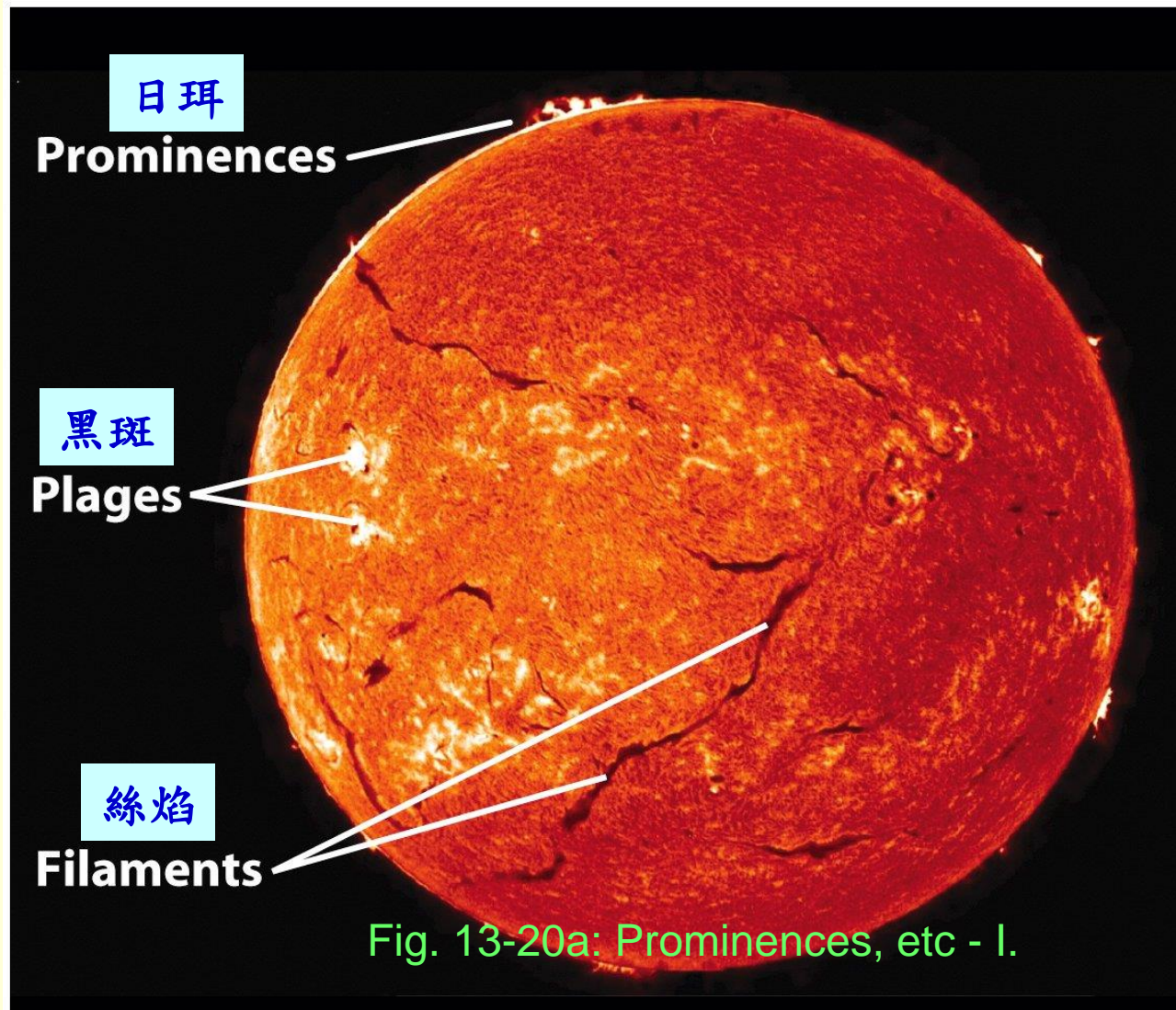


<http://www.astrosurf.com/luxorion/csl-hf-tutorial-nm7m.htm>



太陽活動性的其他現象

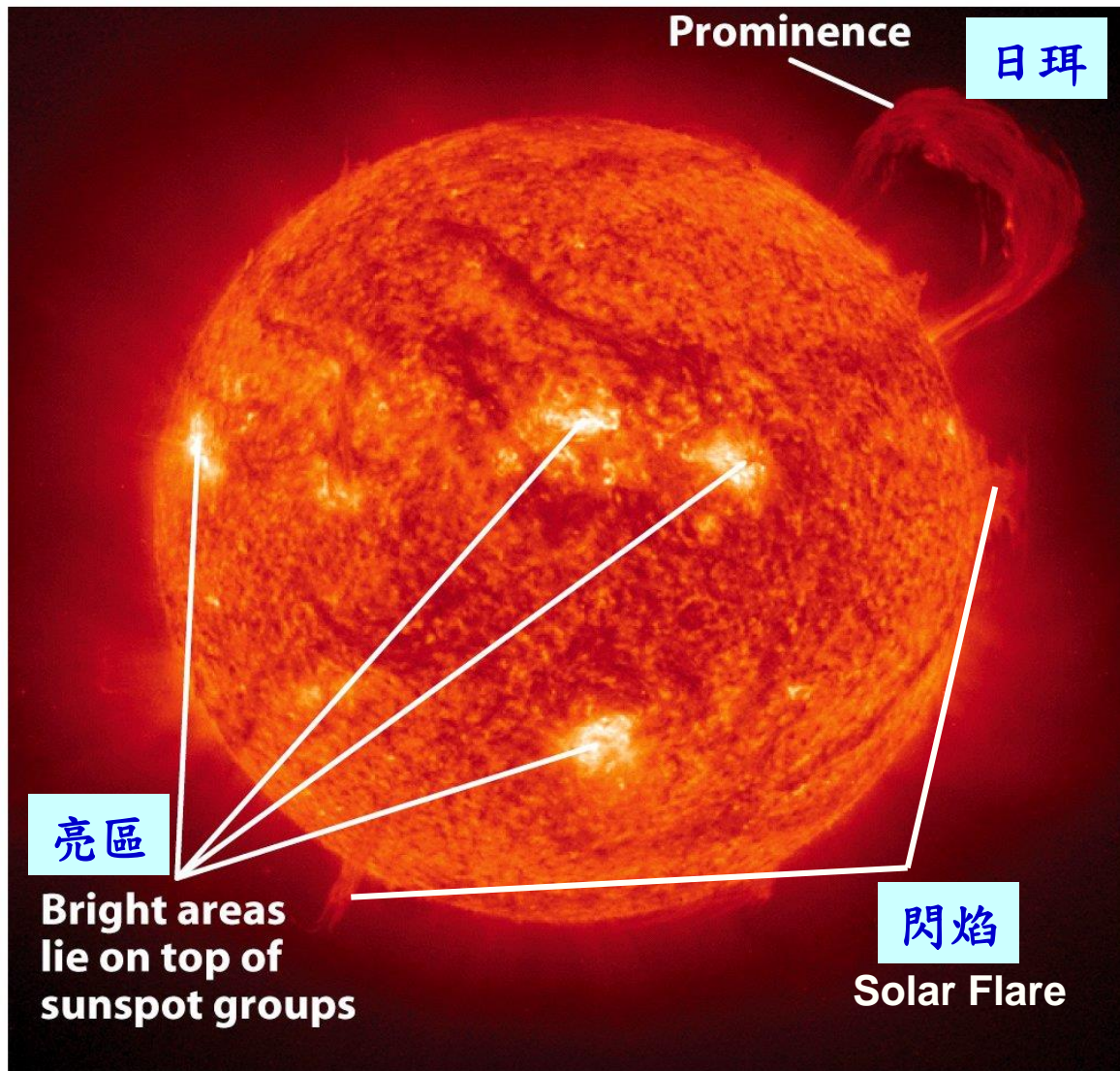
— 日珥，黑斑，絲焰 —



以負片方式呈現

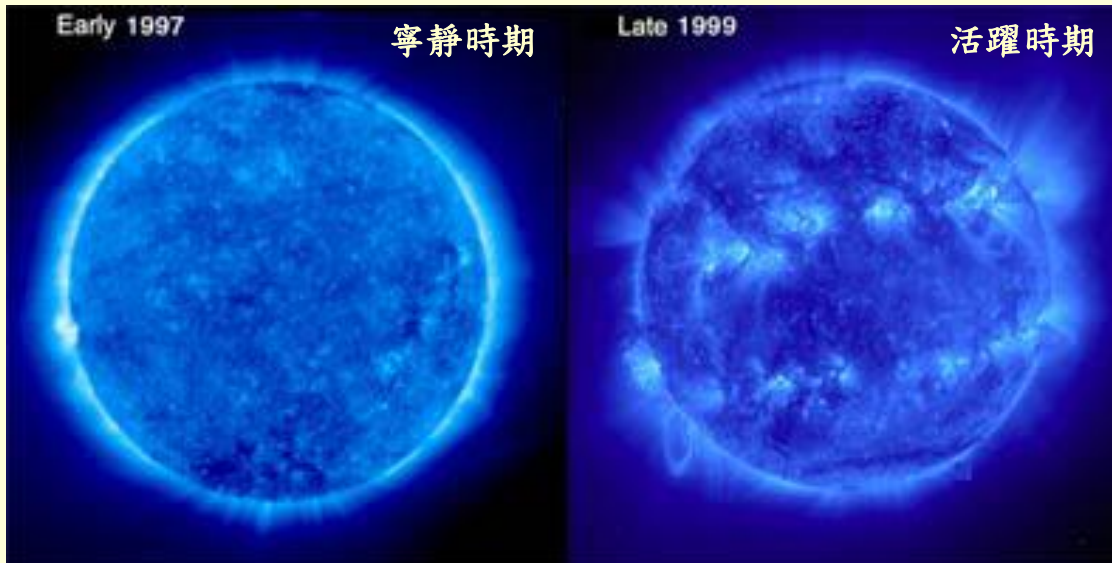
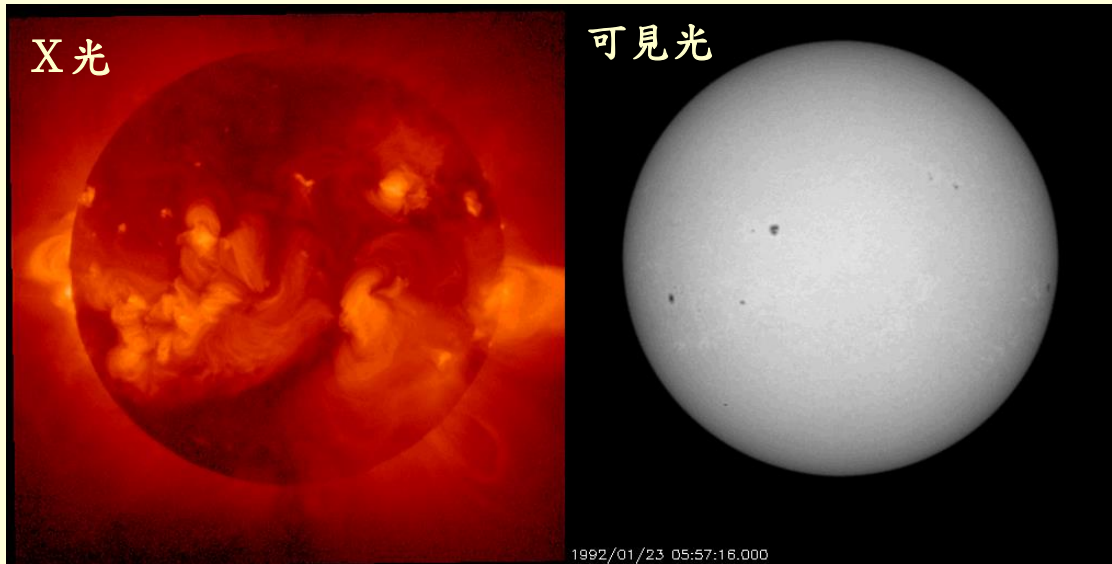
Fig. 13-20a: Prominences, etc - I.

太陽活動性的其他現象 — 日珥，閃焰與亮區 —



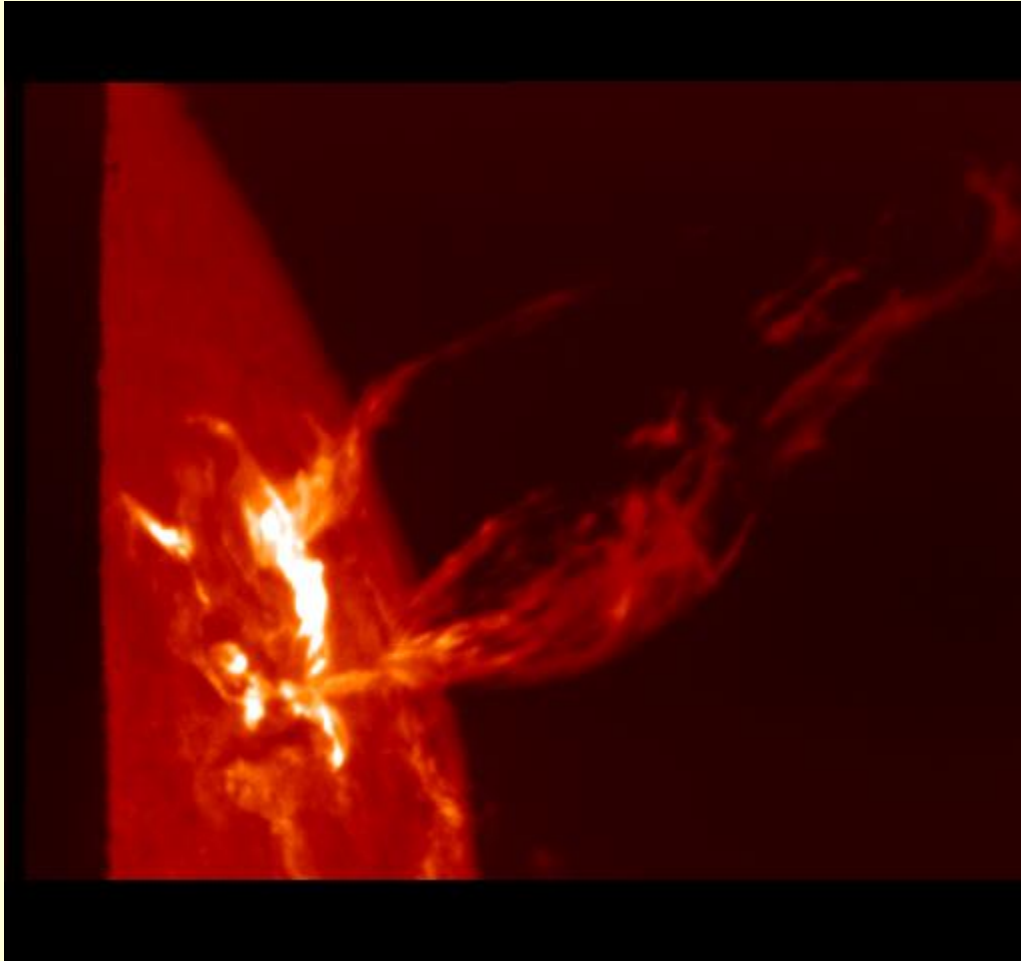
這些現象的發生次數與強度都隨太陽活動性的強弱而有明顯的改變，太陽活動性高時，這些現象的發生頻率與強度亦隨之增高，反之亦然。因此可以作為表示太陽活動性大小的指標。

太陽X射線強度亦隨太陽活動性而變



若以太陽6000度的黑體輻射來看，太陽本體基本上是不會輻射出X射線的，因為溫度要超過兩百萬度才會有X射線波段的輻射。但觀測顯示太陽是一個強力的X射線輻射體。主要的源區除了日冕(溫度高達百萬度)外，太陽黑子附近的活躍區，太陽閃焰，日珥，亮區，以及CME的發生，都會輻射出X射線。

太陽物質爆發 (Solar Mass Ejection-CME)



源區：太陽日冕中的任何位置

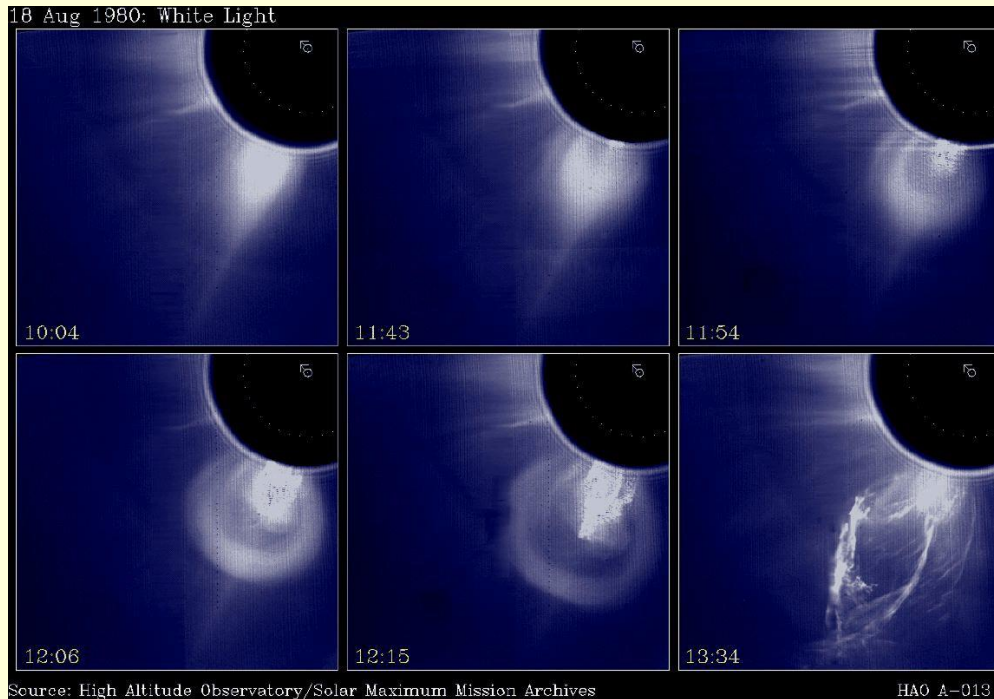
噴出質量：平均數十億噸，劇烈時可高達數百億噸

噴發速度：平均每秒數百公里，劇烈時高達每秒2000公里

影響距離：遠達木星，土星或更遠

太陽物質爆發－太陽的劇烈擾動 (Corona Mass Ejection-CME)

CME隨太陽活動性增強而增多



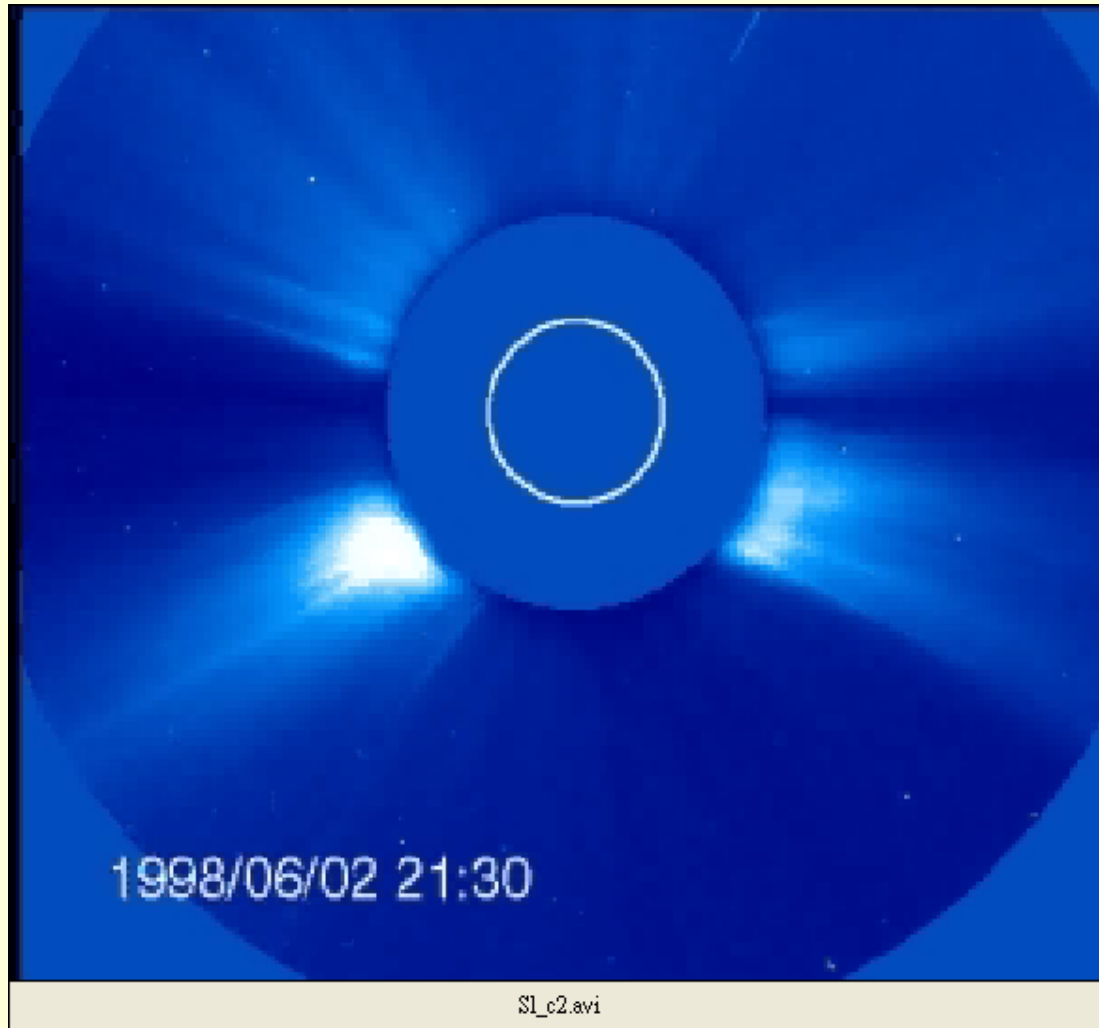
可能影響

- (1) 伴隨的強烈太陽輻射改變電離層電子濃度，影響人造衛星通訊以及短波電波通訊
- (2) 伴隨的高能粒子，威脅人造衛星與太空船的安全，嚴重時造成衛星通訊中斷
- (3) 地球磁場發生劇烈擾動，導致導航發生問題，並引起發電廠的跳電

太陽閃焰(Solar Flare)與太陽日冕物質噴射(CME)的不同

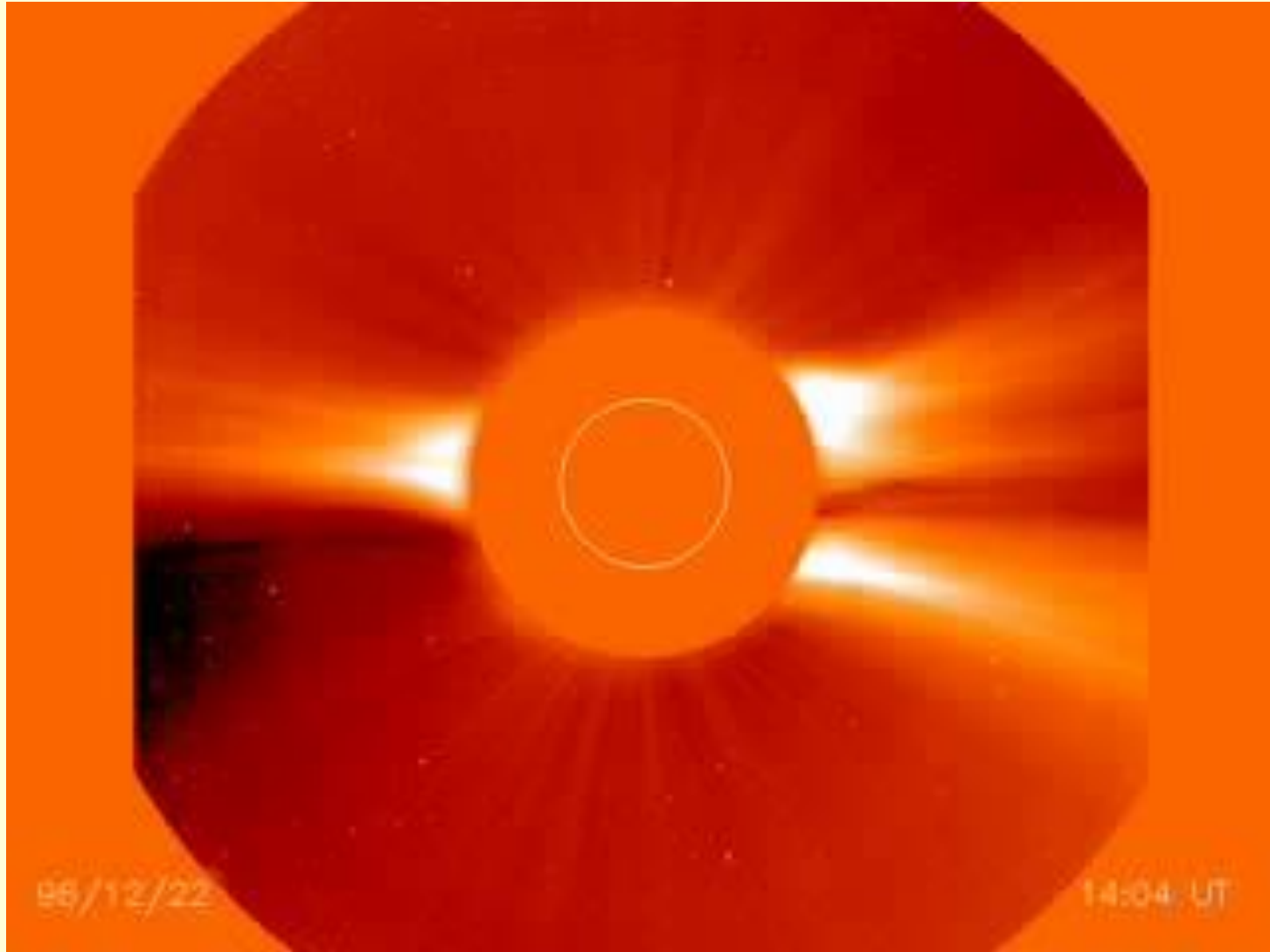
彗星撞太陽事件(1)

-產生太陽大爆炸-



彗星撞太陽事件(2)

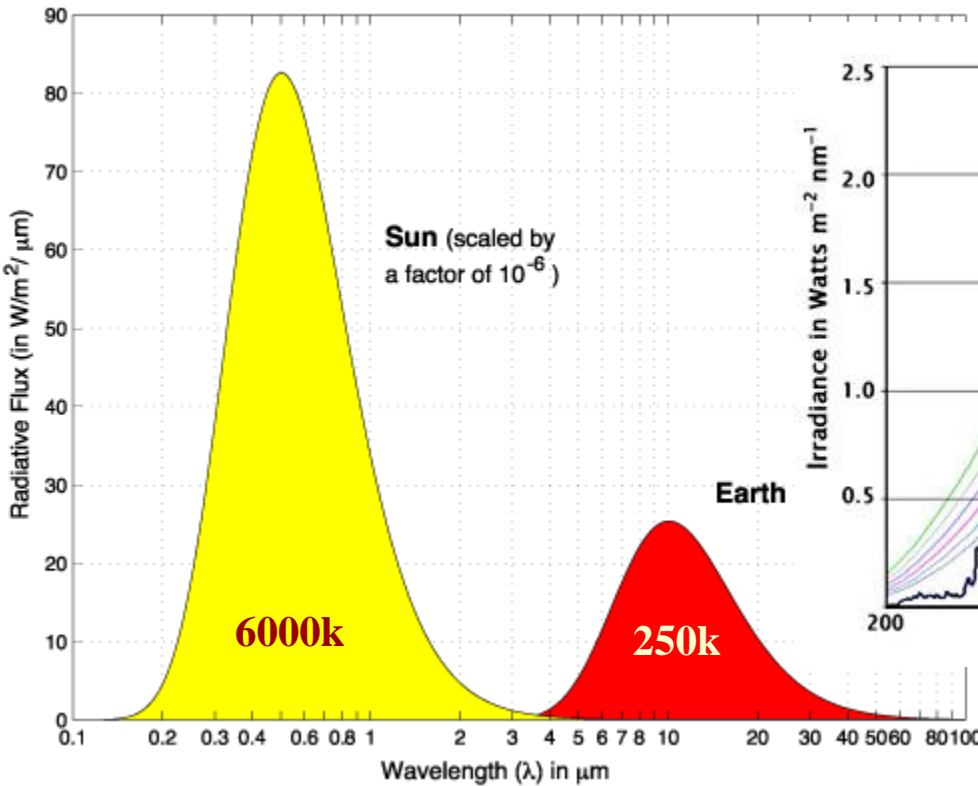
-產生太陽大爆炸-



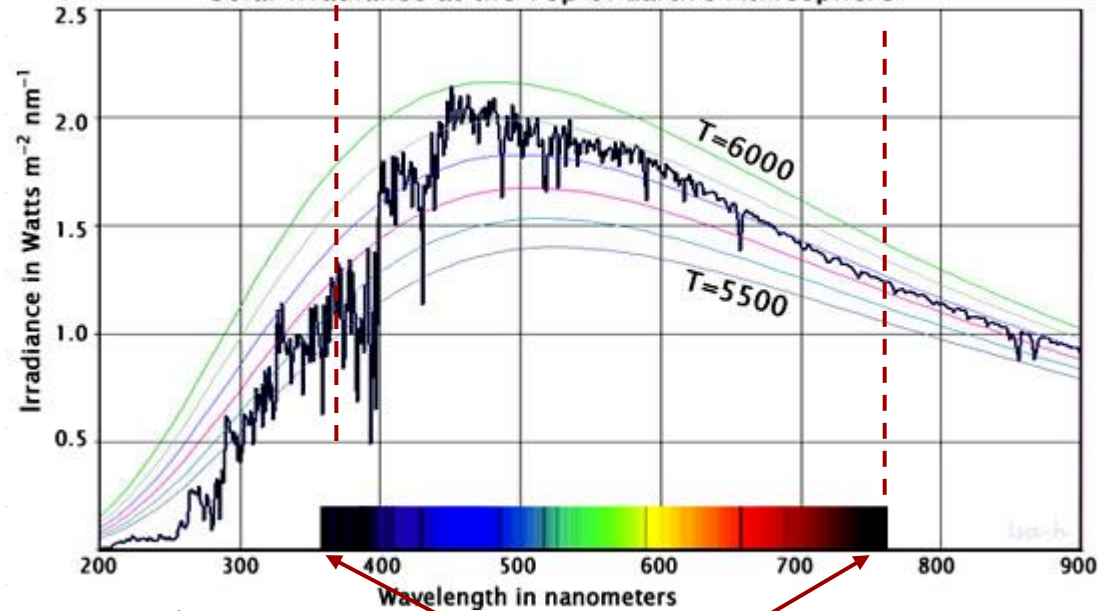
太陽光譜與黑體輻射

Black Body Emission Curves of the Sun and Earth

http://astro1.panet.utoledo.edu/~lsa/_p1750/58eh2_modAphy.htm



Solar Irradiance at the Top of Earth's Atmosphere



可見光波段

<https://scienceofdoom.com/2010/06/01/the-sun-and-max-planck-agree/>

釐米 (Centimeter, cm) - 一公尺的百分之一
毫米 (Millimeter, mm) - 一公尺的千分之一
微米 (Micrometer, μm) - 一公尺的百萬分之一
奈米 (Nanometer, nm) - 一公尺的十億分之一

太陽光子輻射波段分類

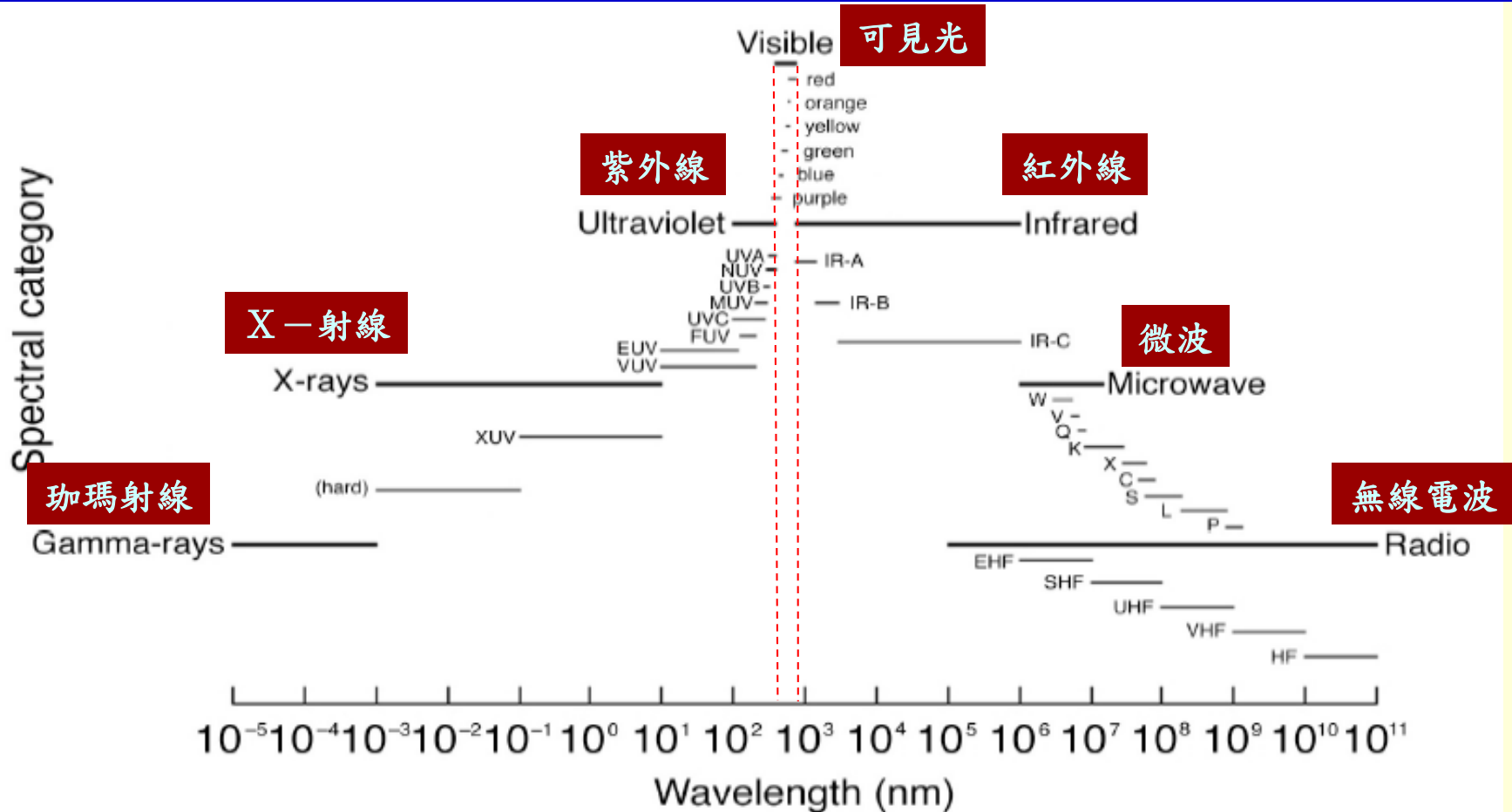
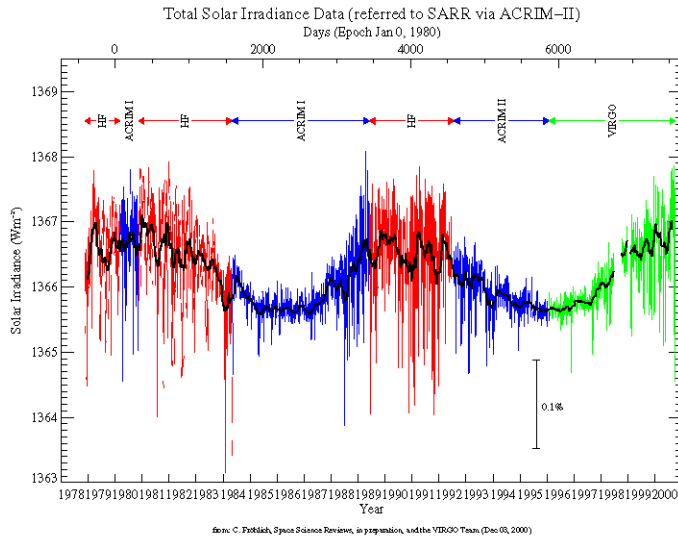


Fig. 1. Solar irradiance spectral categories from gamma-rays through radio wavelengths.

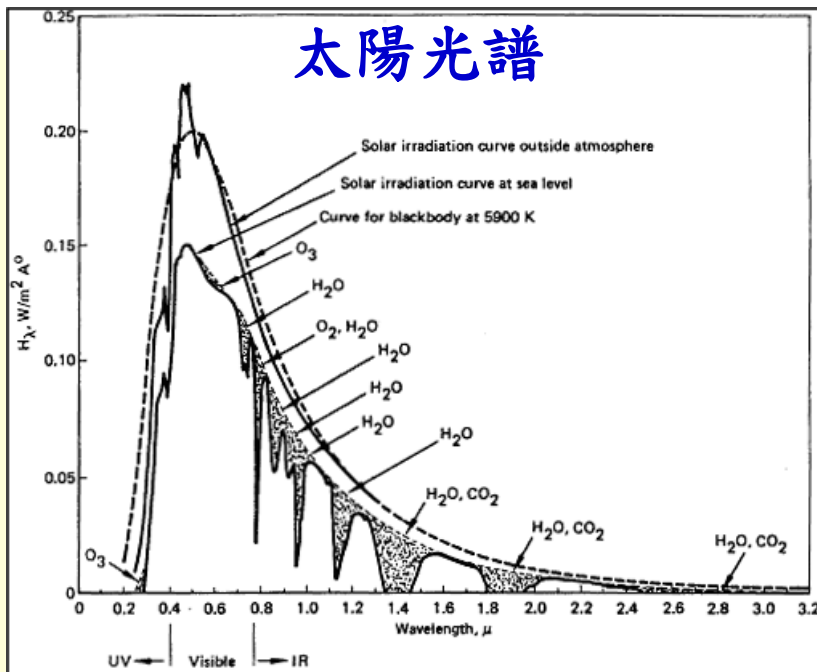
太陽可見光波段所輻射出的能量佔太陽總輻射量的43%，近紅外線波段則佔了49%，而紫外線輻射能量佔了7%，至於X-射線，Gamma射線，以及無線電波段則貢獻少於1%的太陽總輻射能量。

太陽常數(Solar Constant)不是一個常數

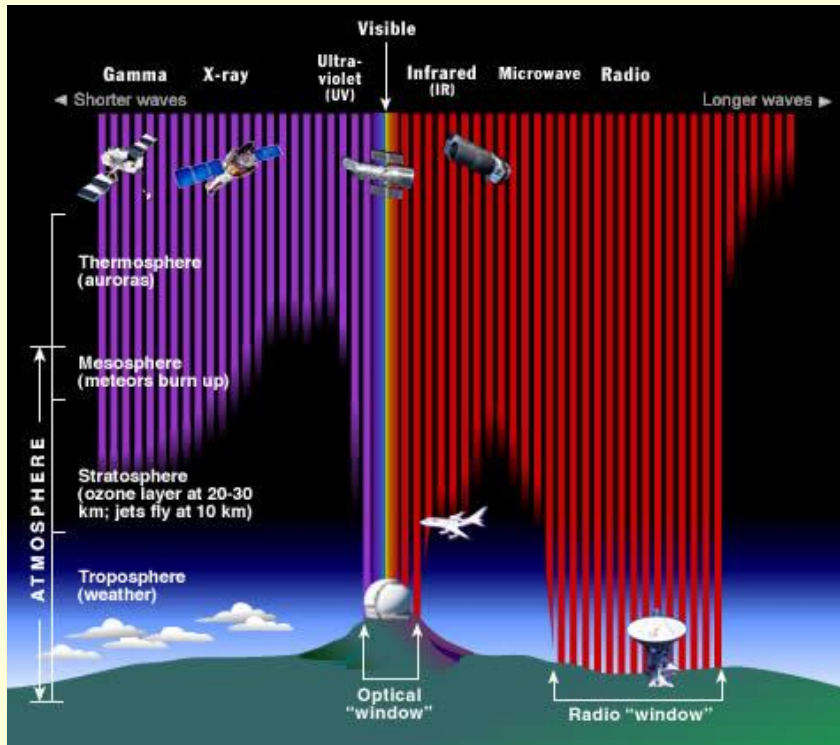


太陽常數的定義

在離太陽一天文單位(AU)的距離，在不受地球大氣影響的條件下，在一秒鐘內，一平方公尺的平面上所接收到的太陽輻射出所有波段光的總能量。太陽常數的平均數值約為1360瓦特/平方公尺(或1.959卡/平方公分/分)。但受到太陽活動性的影響，其數值有千分之二到三的變動，因而影響到地球。

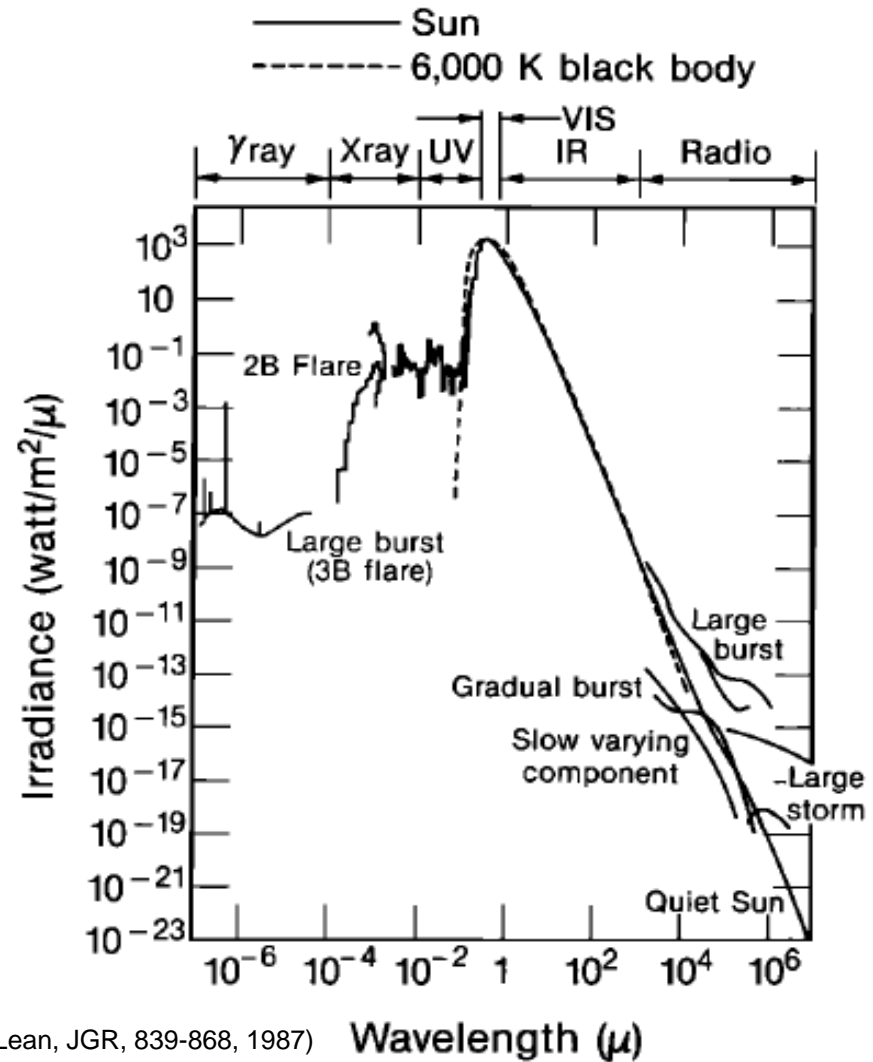


太陽電磁(光子)輻射在大氣中的穿透性



http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/earth_atmosph_radiation_budget.html

太陽的光子輻射中，只有可見光、部分紅外線與微波波段、以及波長短於約10公尺的無線電頻段可以穿透大氣屏障而到達地面，至於其他頻段的太陽輻射，或被大氣不同成分氣體吸收、或被電離層反射回太空，因而絕大部分無法進入大氣底層，進而保護生命得以在地球表面上的繁衍。

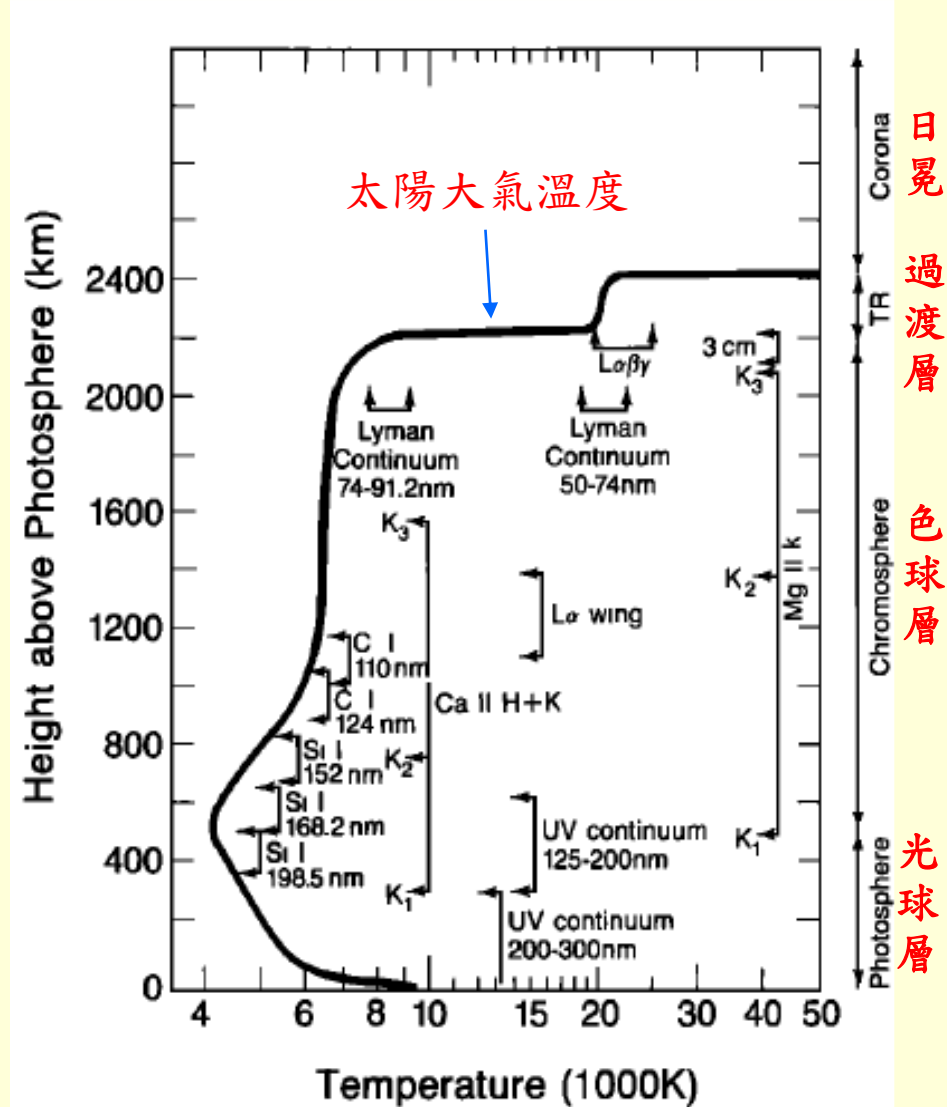
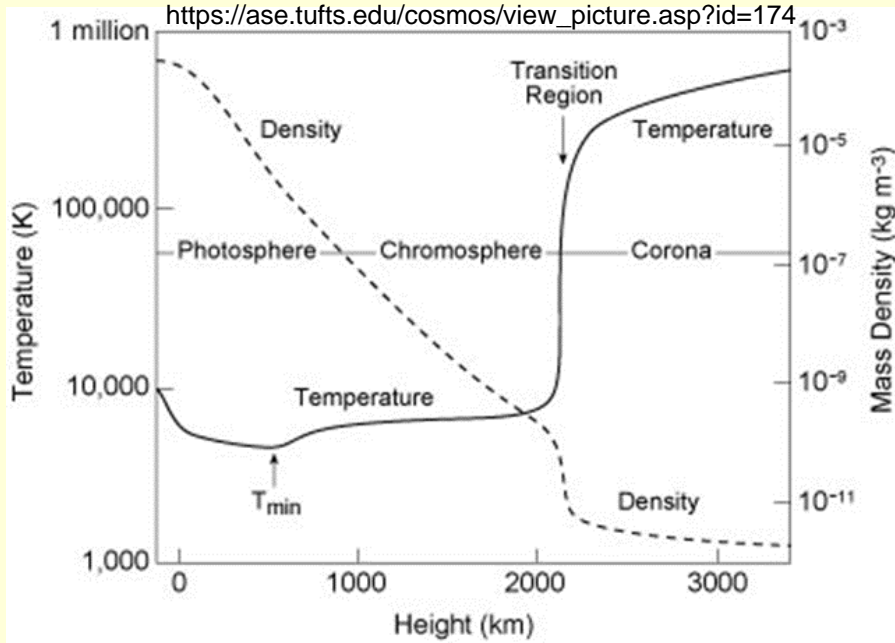


(Lean, JGR, 839-868, 1987)

γray – Gamma Ray
伽瑪射線
Xray – X射線

UV – Ultraviolet 紫外線
VIS – Visible 可見光
IR – Infrared 紅外光

太陽電磁(光子)輻射在太陽大氣中的源區



(Lean, JGR, 839-868, 1987)

日冕

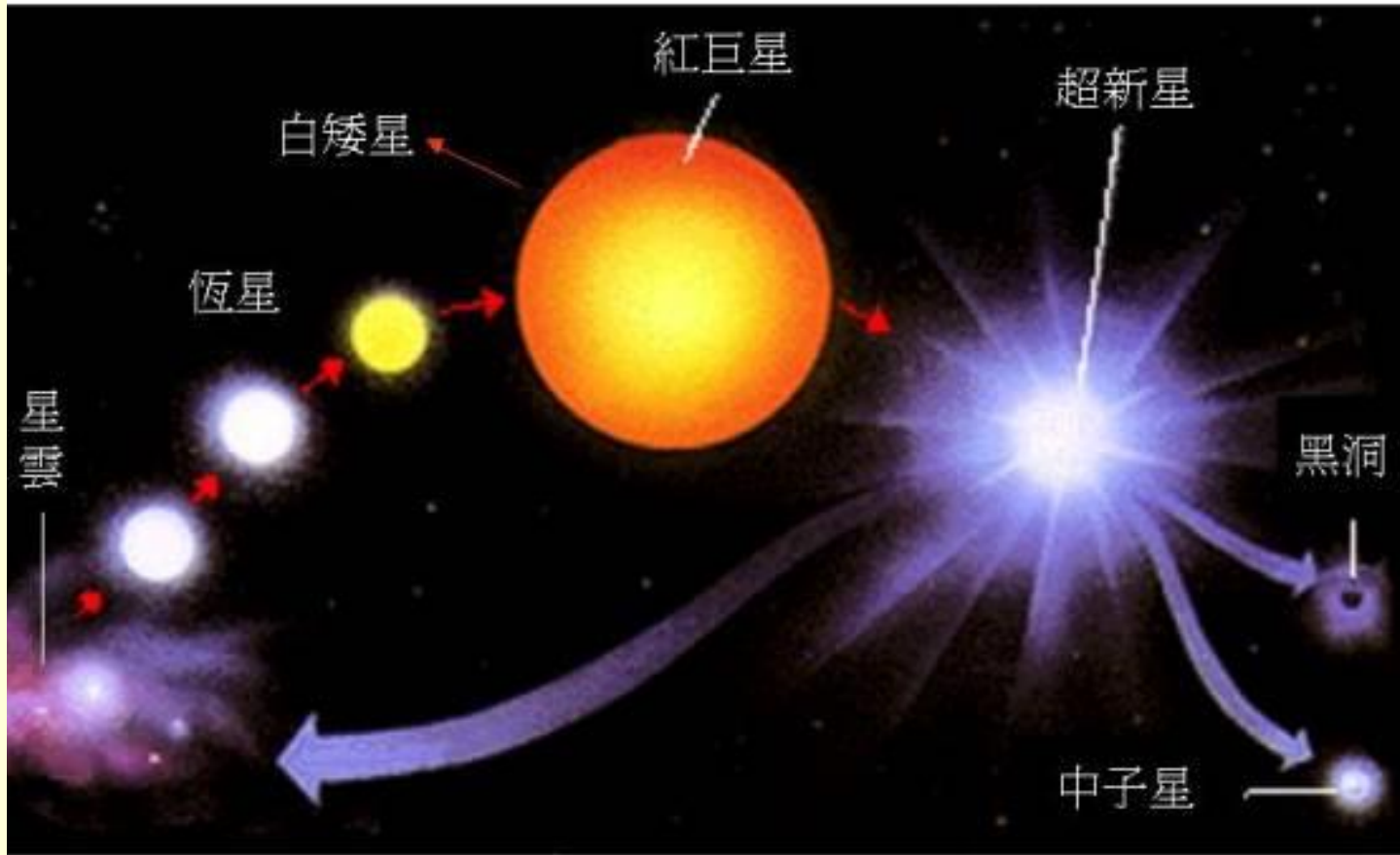
過渡層

色球層

光球層

太陽大氣層的溫度隨高度先由太陽表面的6000度降低到在500公里處的4000度後(此氣層為光球層，為太陽發出黃色為主的可見光的發光區)，開始隨高度逐漸增高，到約2500公里處溫度達八千到一萬度左右，此氣層為色球層，以氫原子所發出的紅光為主。再往上，經過短短的2-300公里，溫度急遽升高到數十萬度。隨後溫度再隨高度增加而升高，進入日冕區後，最後達一百萬度。

恆星演化史



黑洞：恆星質量大於太陽**20**倍，經紅巨星演化後期重力塌陷引起超新星爆炸的核心質量(鐵核)大於**4**倍太陽質量

中子星：恆星質量大於太陽**8**倍，經紅巨星演化後期重力塌陷引起超新星爆炸的核心質量(鐵核)為**1.4-3**倍太陽質量

白矮星：**0.2-8**倍太陽質量，經紅巨星演化後期重力塌陷的核心質量(碳與氧核)小於**1.3**倍太陽質量，約**97%**的銀河系恆星均屬此類

恆星演化史

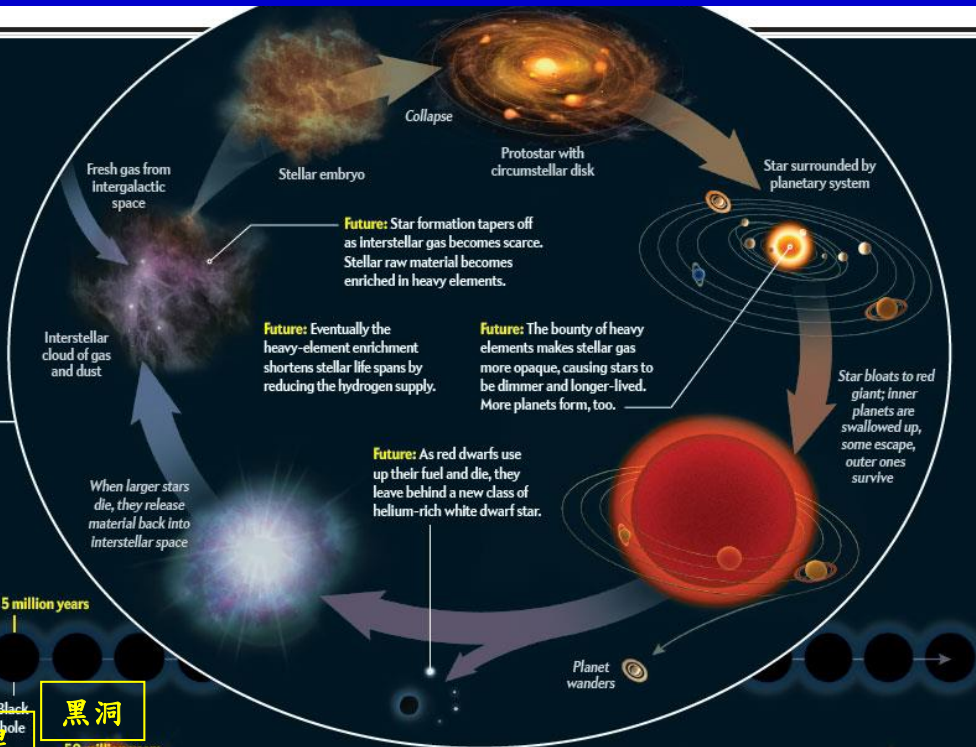
FUTURE OF STELLAR EVOLUTION

The Meek Shall Inherit the Universe

In terms of raw brilliance, the glory days of the cosmos are already behind it. In subtler ways, though, it will remain vibrant for trillions of years to come. Red dwarfs, by far the most common type of star even today, have hardly even begun their life cycles and will eventually develop into novel stellar types. New generations of stars will incorporate the heavy elements forged by their predecessors, changing their appearance and life spans. Planets will, if anything, become even more abundant. Over the vastness of time, rare processes such as direct stellar collisions will become commonplace.

Slow but Steady Wins the Cosmic Race

The life cycle of stars follows a simple rule: the bigger they come, the harder they fall. Massive stars have more fuel but consume it at a disproportionate rate and go out with a bang. Because they live for but a cosmic eyeblink, they rule the galaxy only as long as new ones are continually being born. The future belongs to lesser, longer-lasting stars.



SUPERGIANTS

When the mightiest stars cease to generate enough power to hold up their own weight, they collapse abruptly—which can trigger a supernova explosion or gamma-ray burst—and leave behind a neutron star or black hole.

Mass (relative to the sun)
20x

Time (not to scale) →

5 million years

超新星
Black hole
黑洞

50 million years

中子星

SUNLIKE STARS

Sunlike stars die by ejecting their outer layers as a colorful nebula, while their core collapses to a white dwarf star. The dwarf usually fades away like a burnt-out cinder but can blow up by merging with another white dwarf or cannibalizing a companion star.

8x

超新星
Type II supernova

10 billion years

太陽

Red giant

Binary system

Type Ia supernova

白矮星

Planetary nebula

White dwarf

RED DWARFS

Red dwarfs, the most common type of star, keep on shining until they have converted every last drop of their hydrogen to helium. They turn into a special type of white dwarf.

1x

紅矮星

1 trillion years

Helium white dwarf

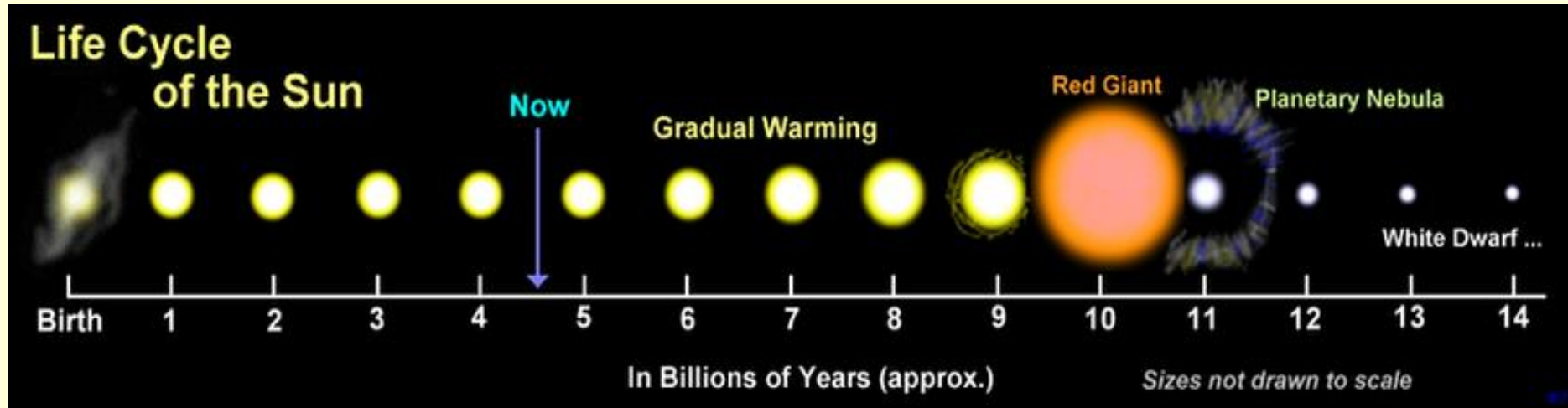
BROWN DWARFS

Stars below a certain mass threshold never get hot enough to ignite proton-proton fusion. They just cool off and fade away.

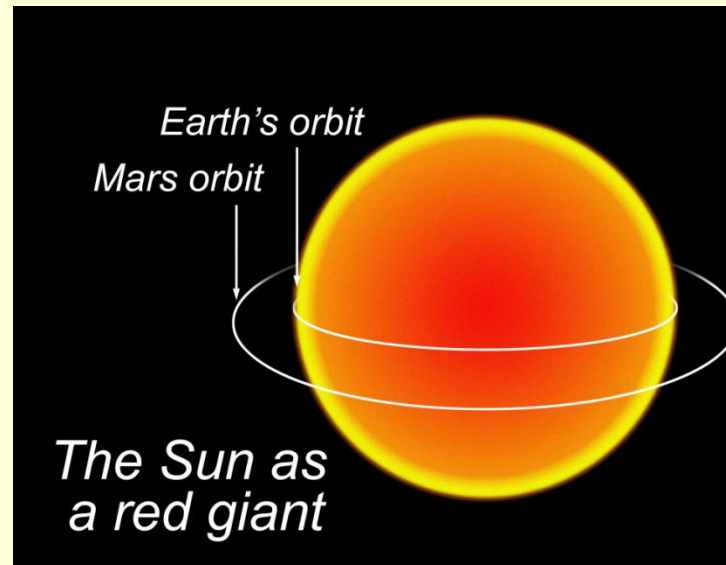
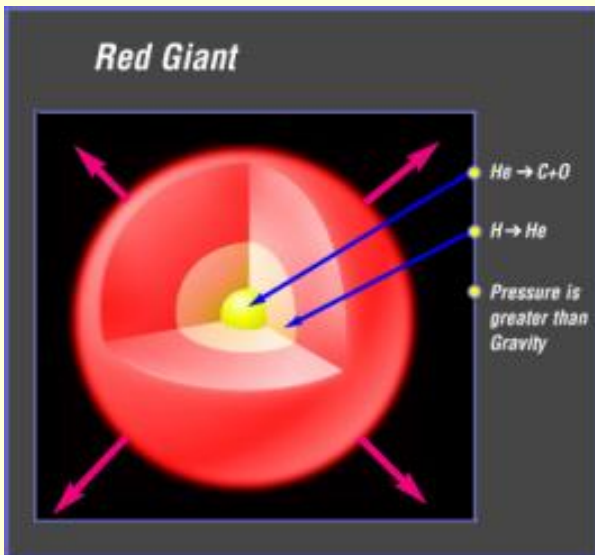
0.08x

棕矮星

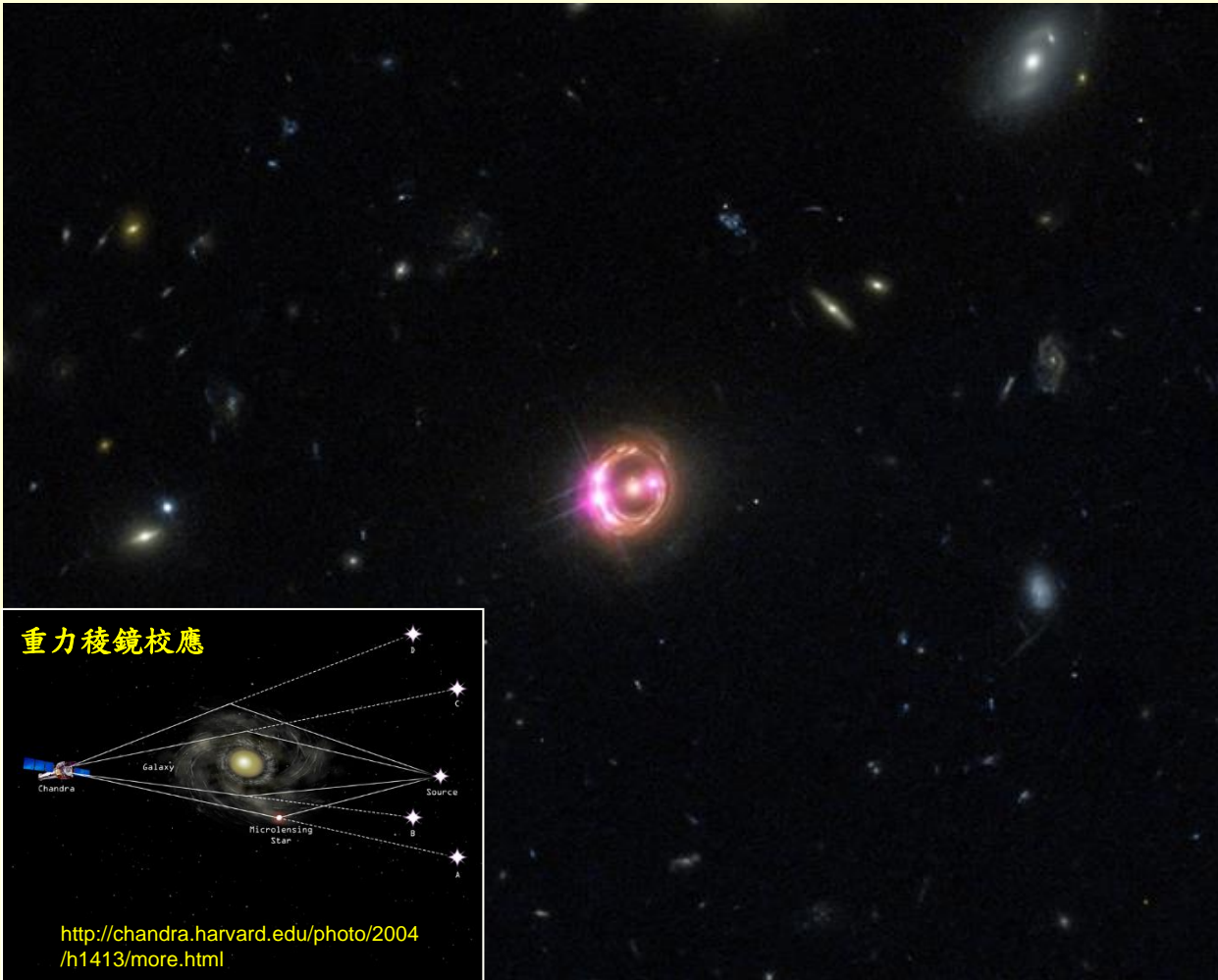
太陽的最終宿命－白矮星



太陽在紅巨星階段時的結構



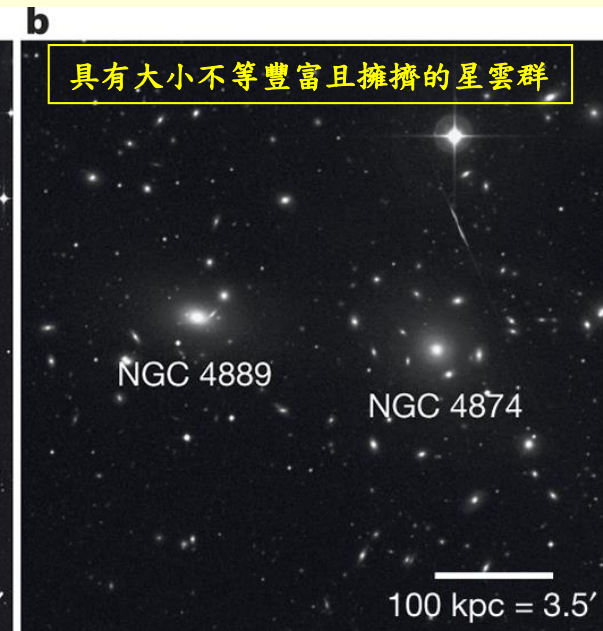
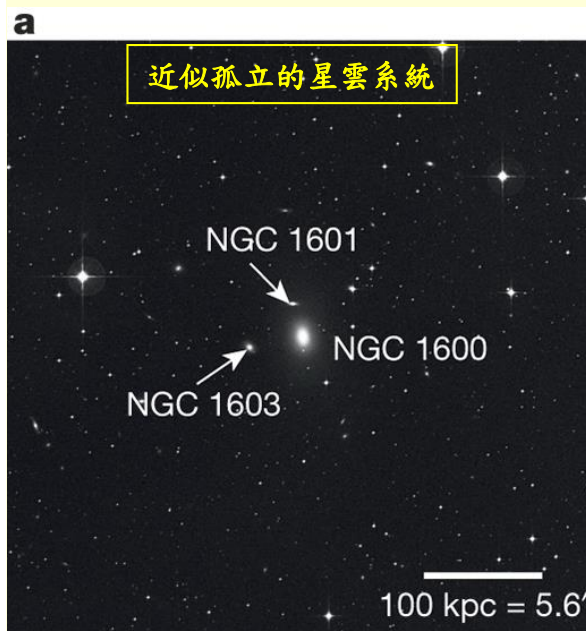
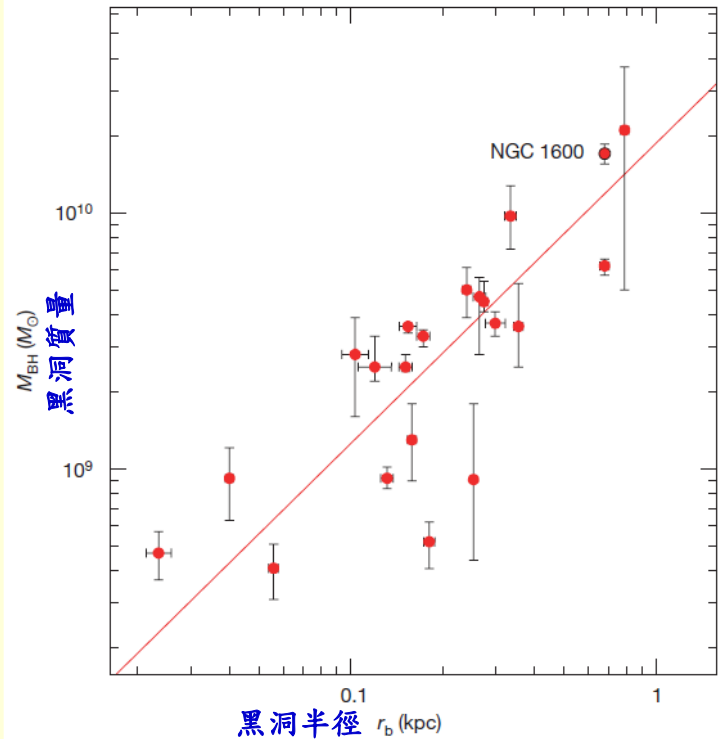
人類首次直接觀測到黑洞旋轉



波段：X-射線
距離：61億光年
年齡：77億年
質量：太陽的2億倍
旋轉速度：光速的一半
觀測：透過重力稜鏡協助聚光(位於旋轉外環上的四個亮點為環中心的重力透鏡聚光扭曲的結果)

Multiple images of a distant quasar known as RX J1131-1231(60億光年遠) are visible in this combined view from Chandra (pink) and Hubble (red, green, and blue).(103-3-5 issued by NASA) (Nature, 2014. DOI: 10.1038/nature13031)

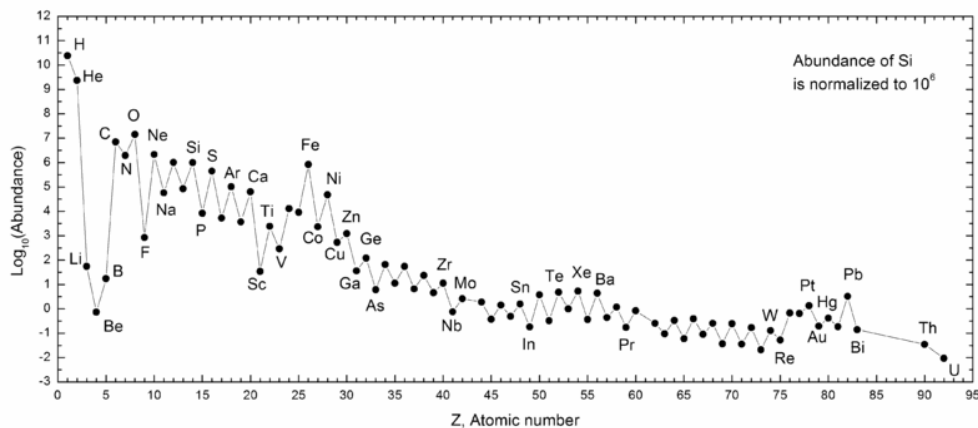
最新的黑洞觀測與發現



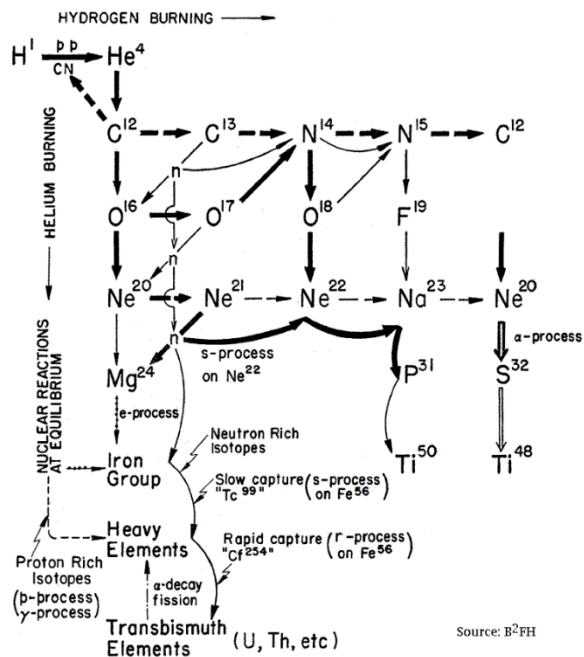
<http://www.mpe.mpg.de/6537551/news-20160406>

2016年4月科學家發現宇宙中人類所觀測的第二大黑洞，係位於離地球1.49億光年的NGC1600星雲中，它是一個年齡約46-88億年的橢圓星雲，位於宇宙的星雲聚集群間的星雲空曠區，此巨大黑洞的質量約為太陽質量的170億倍，佔了NGC1600整個星雲總質量的2%。過去科學家一般認為大質量的黑洞大都發生於星雲群聚集擁擠區，但這次發現將擴展科學家搜尋黑洞的範圍，將不侷限在星群聚集區，或許黑洞真如某些學者猜測，它無所不在的位於宇宙中各角落。

宇宙自然元素的源地-恆星核心



H, He, Li, Be, B - 宇宙大爆炸初期便已產生
 C到Fe - 恆星核心核融合作用所產生
 Fe以下的元素 - 透過中子或質子捕捉過程產生同位素後，再藉元素衰變過程，產生新種重元素，逐漸而完成所有宇宙自然元素的形成。



→ Main Line: H-burning
 He-burning
 → Less Frequent Processes
 ○ Neutron Capture: s-process
 r-process
 → Catalytic Process: CN, Ne Na cycles
 ⇌ Equilibrium: e-process
 → Alpha Capture: α-process
 → Modifying Process: p-process
 γ-process
 → Alpha decay or Fission

