

日地環境與太空天氣



劉正彥

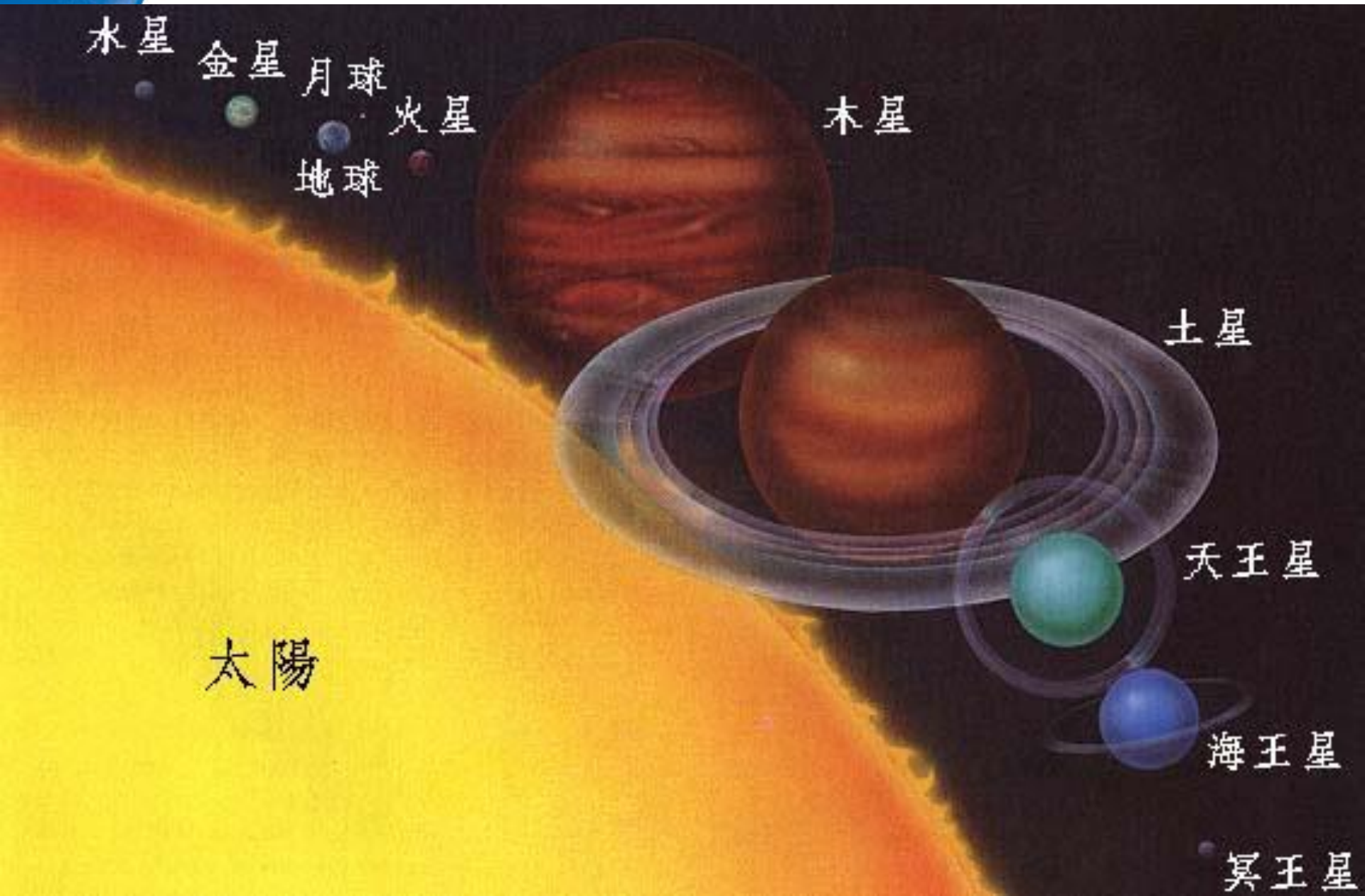
jyliu@jupiter.ss.ncu.edu.tw

國立中央大學太空科學研究所
佛光大會通識教育-太空科學篇

Content

- 行星際太空
 - - 日地環境
- 太空天氣
 - - 太陽風暴
 - - 地球四大守護神

行星際太空



水星

金星

月球

火星

地球

木星

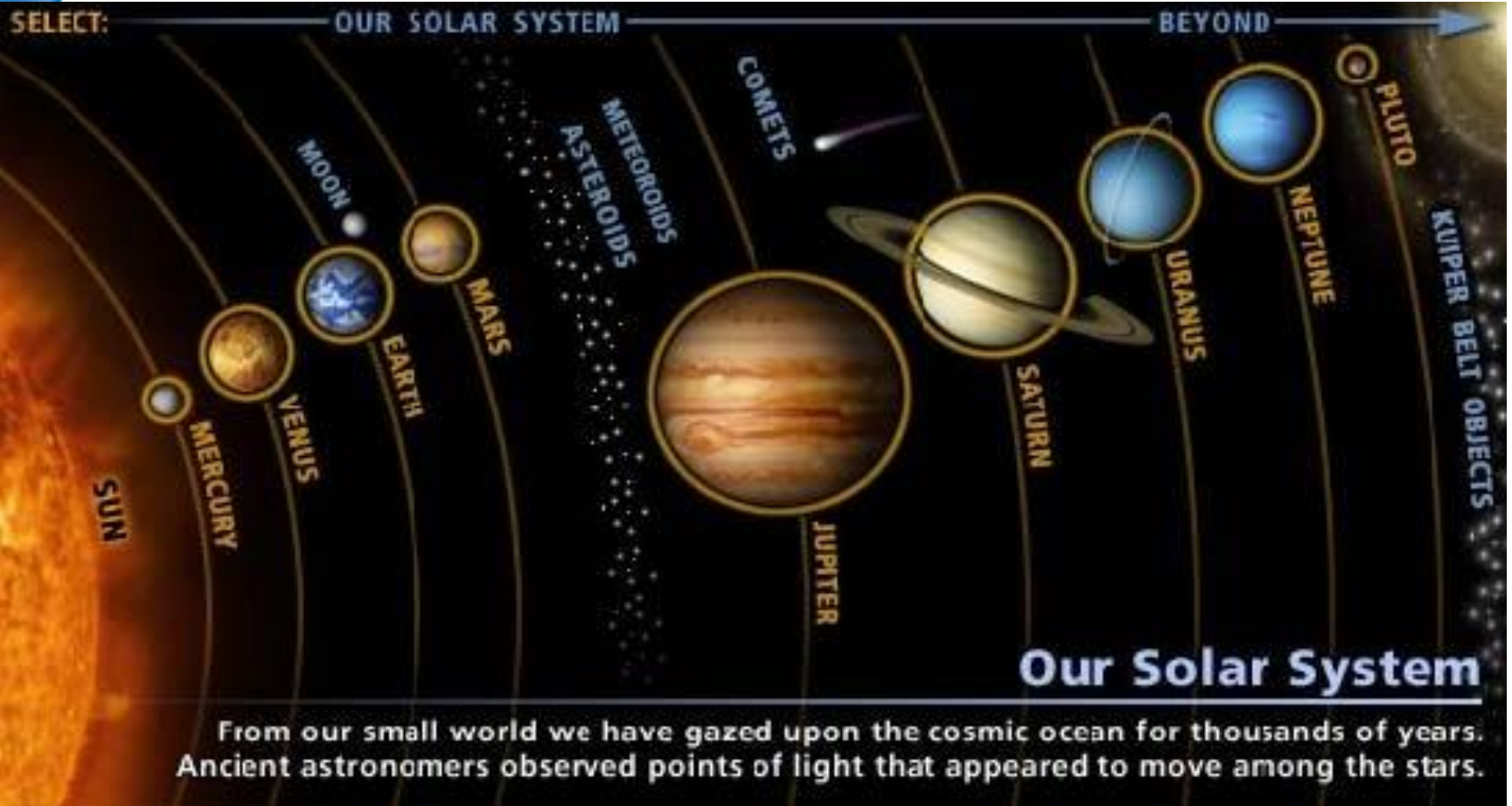
土星

天王星

海王星

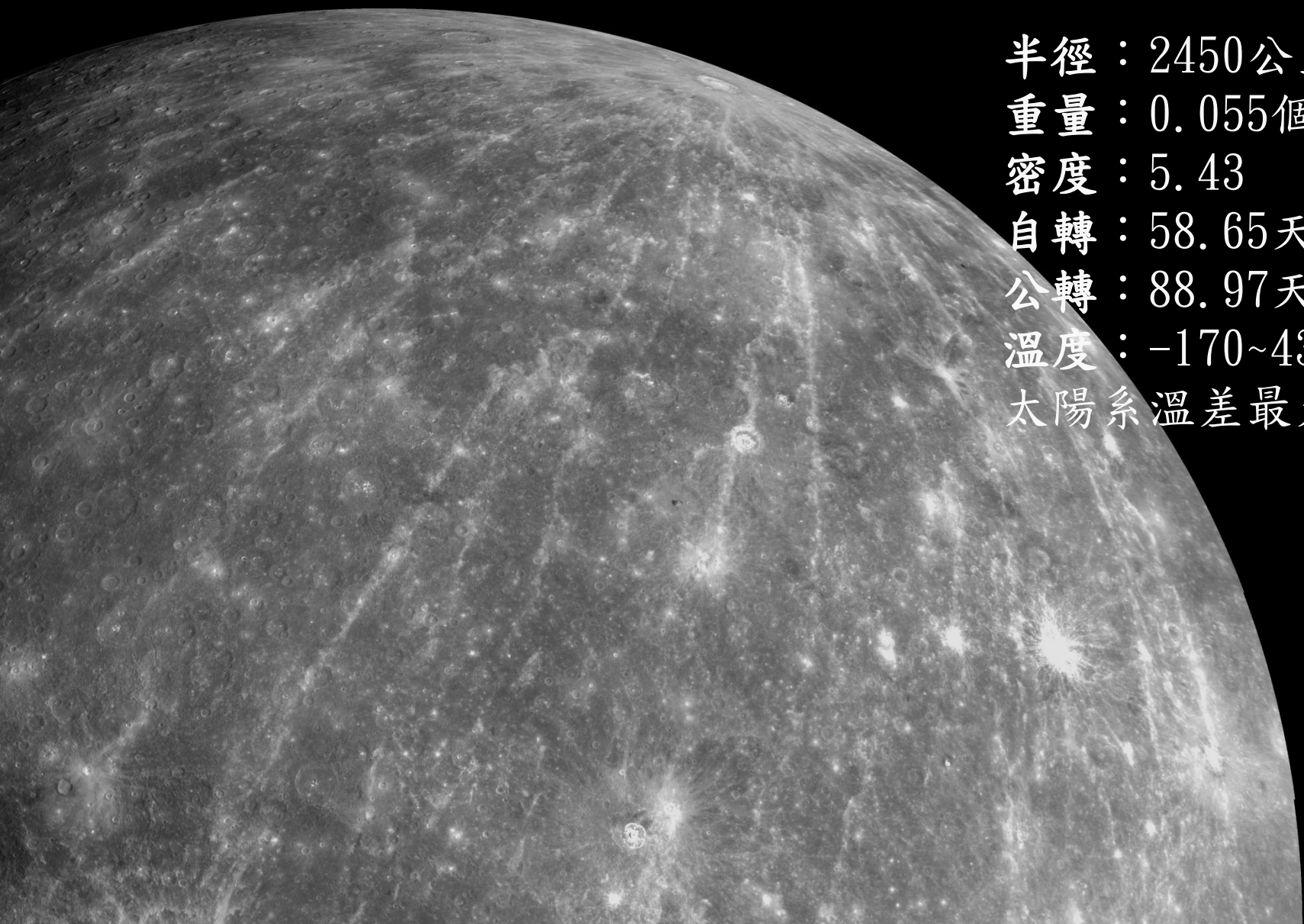
冥王星

太陽



	表面溫度	自轉(日)	公轉週期	衛星	密度	重量	體積	太陽系之最
水星	-170~430	58.65	88.97日	0	5.43	0.055	0.056	溫差最大
金星	420~485	243	224日	0	5.24	0.815	0.857	溫度最高
地球	-60~50	0.997	365.26日	1	5.52	1	1	密度最大
火星	-100~15	1.026	686.98日	2	3.93	0.107	0.151	高山峽谷
木星	-150	0.414	11.86年	67	1.33	317.83	1316	體積最大
土星	-175	0.444	29.46年	62	0.69	95.16	745	密度最小
天王星	-180	0.718	84.02年	25	1.27	14.54	65.2	自轉軸最怪
海王星	-200	0.671	164.77年	13	1.64	17.15	56	距日最遠
冥王星	-215	6.38	247.8年	1	2.13	0.0022	0.006	最大冰球

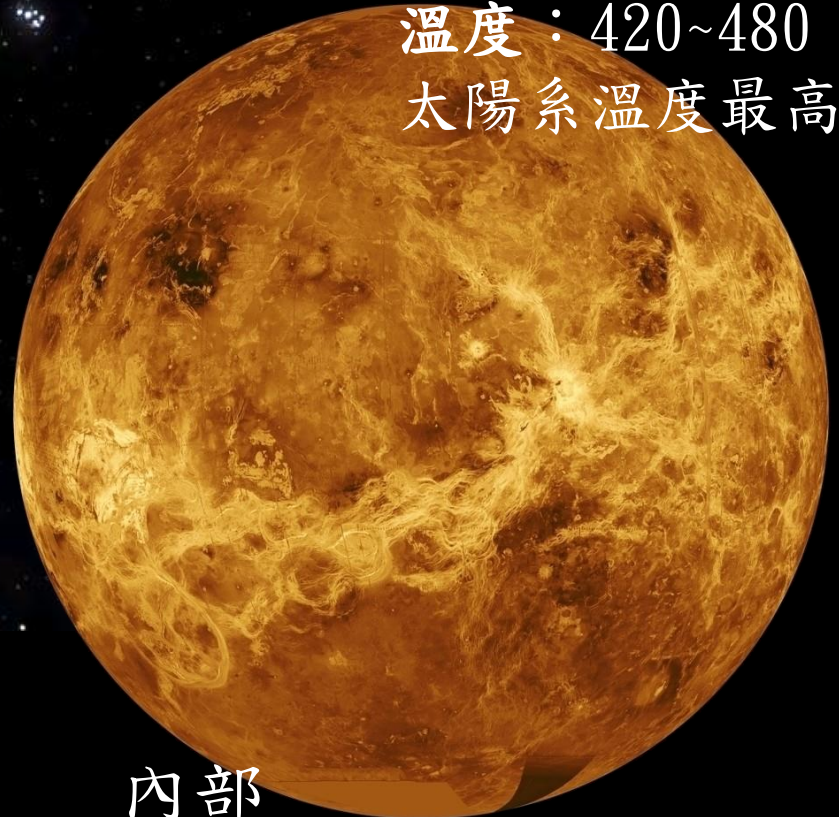
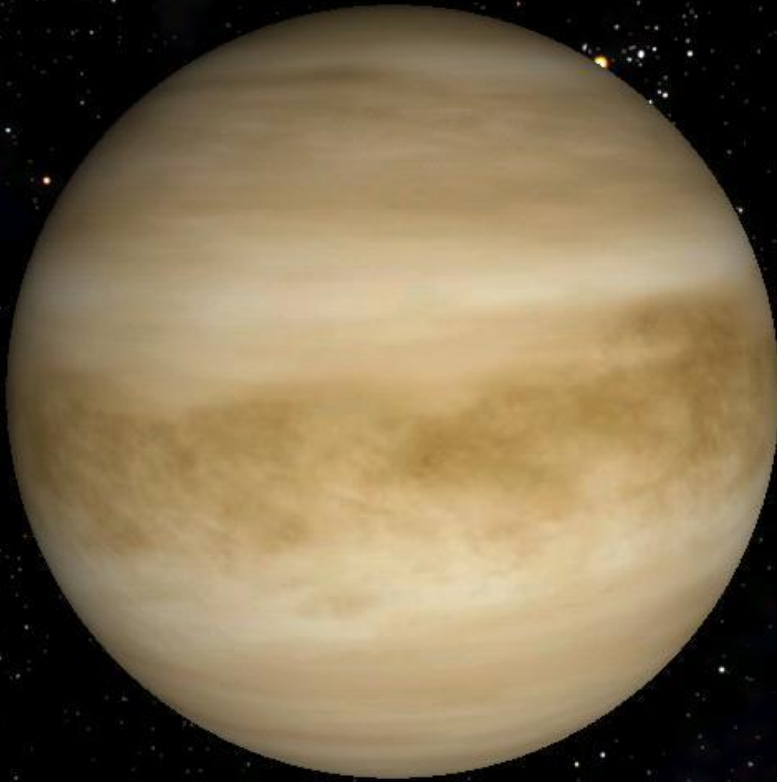
水星 (Mercury)



半徑：2450公里
重量：0.055個地球
密度：5.43
自轉：58.65天
公轉：88.97天
溫度：-170~430
太陽系溫差最大

金星(Venus)

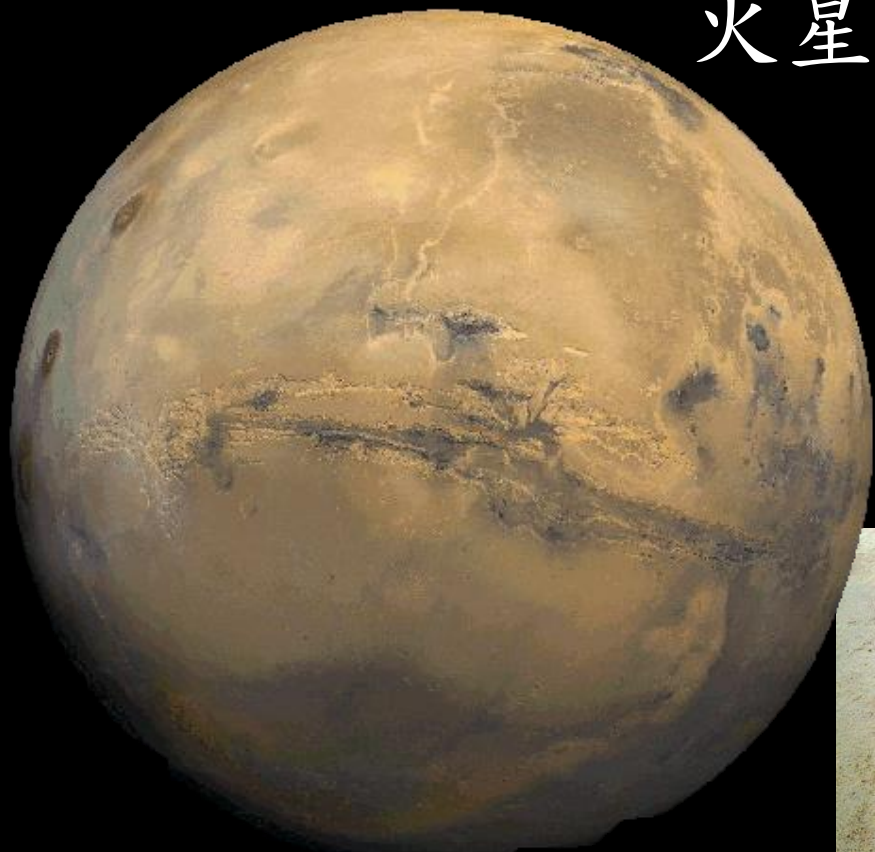
半徑：6050公里
重量：0.815個地球
密度：5.24
自轉：243天
公轉：224天
溫度：420~480
太陽系溫度最高



內部

火星(Mars)

半徑：3400公里
重量：0.107個地球
密度：5.43
自轉：1.02天
公轉：686.98天
溫度：-100~15
最高山與最長峽谷

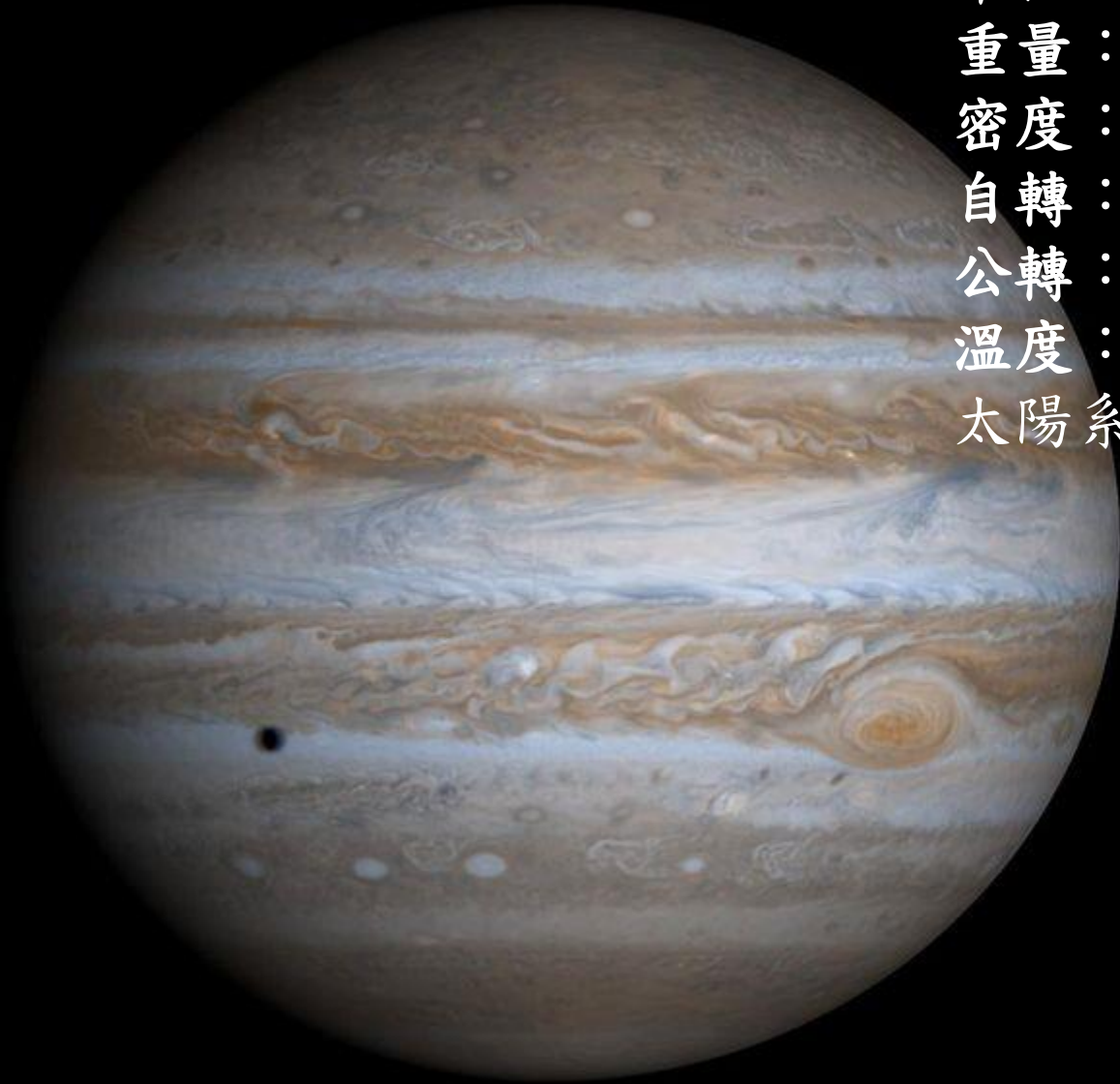


太陽系最長的峽谷
水手峽谷，長3769公里

太陽系最高的山
奧林帕斯山，海拔21000公尺



木星(Jupiter)



半徑：71492公里

重量：317.83個地球

密度：1.33

自轉：0.414天

公轉：11.86年

溫度：-150

太陽系體積最大

土星(Saturn)

半徑：60000公里
重量：95.16個地球
密度：0.69
自轉：0.44天
公轉：29.16年
溫度：-175
太陽系密度最大

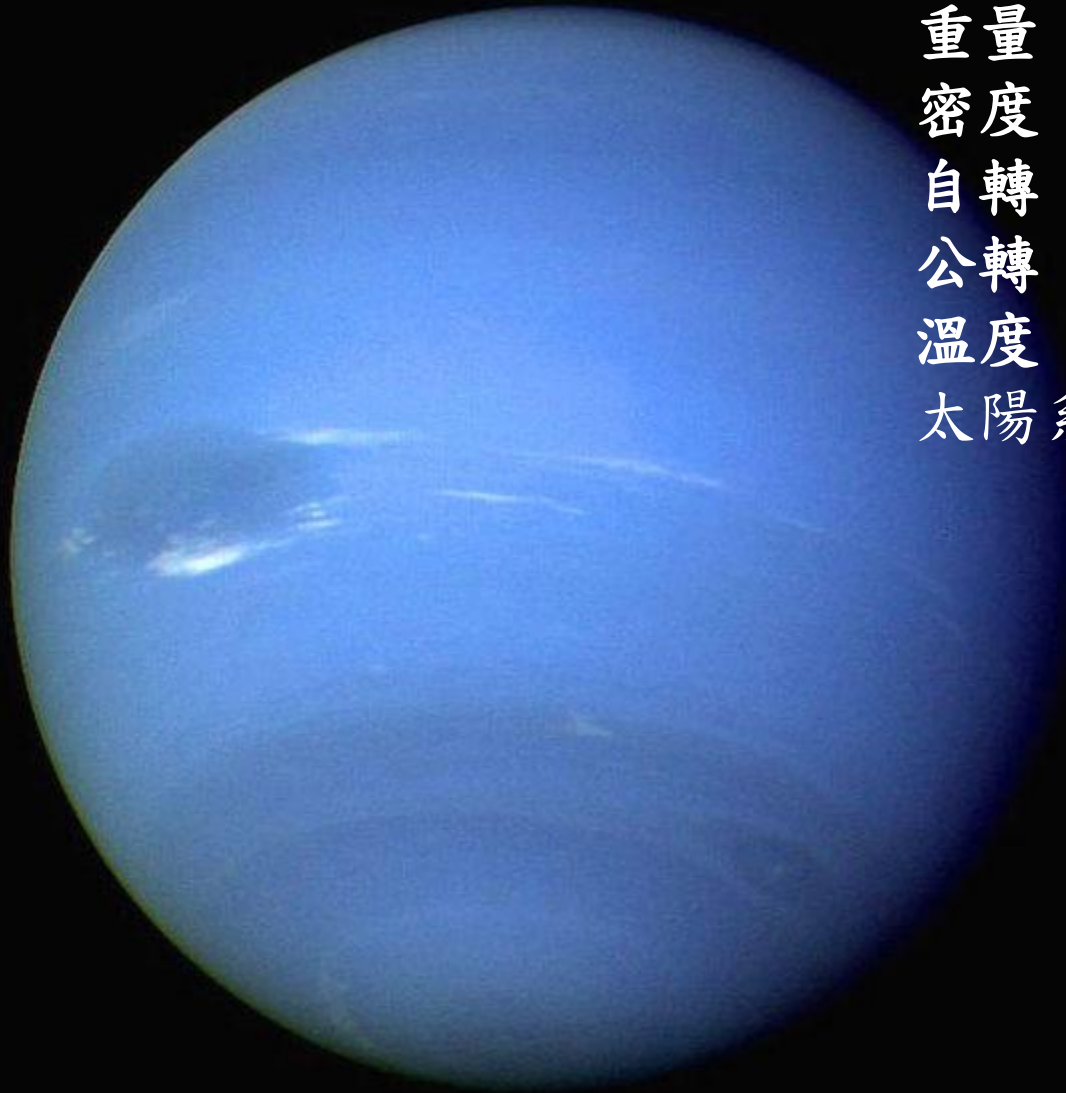


天王星(Uranus)

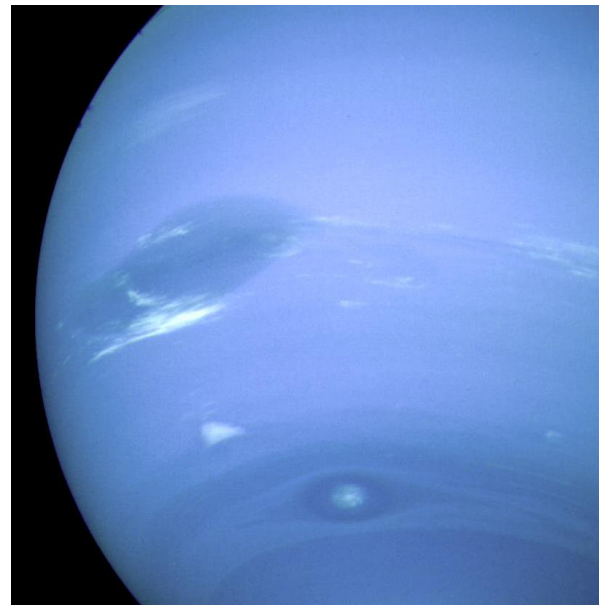
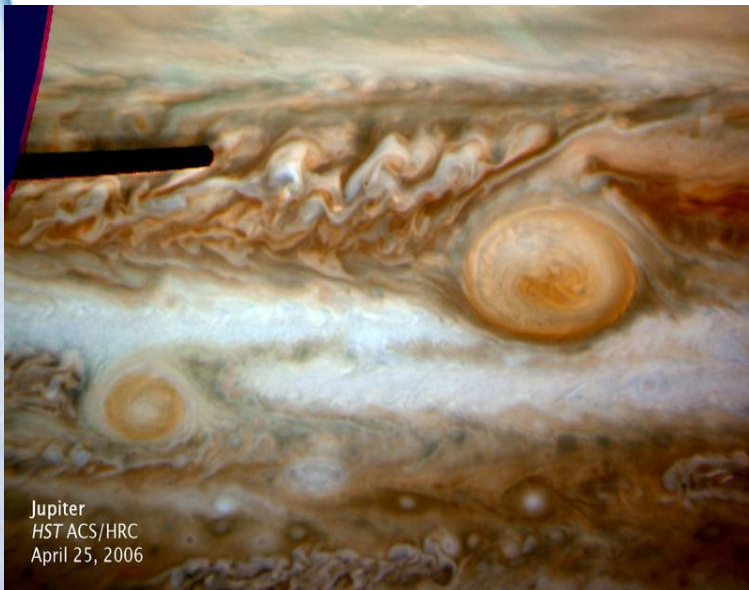
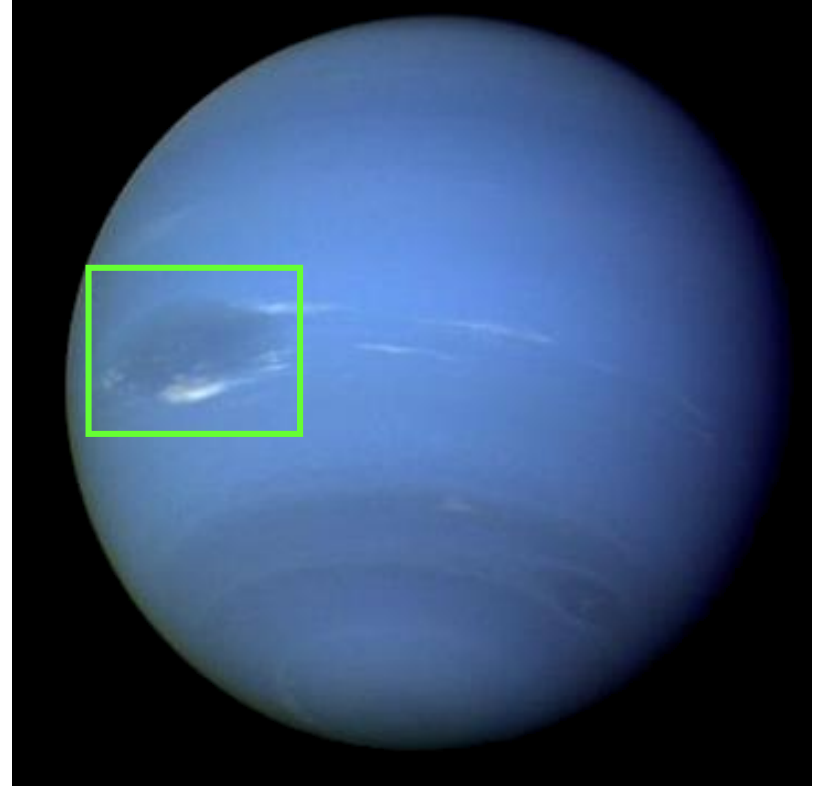
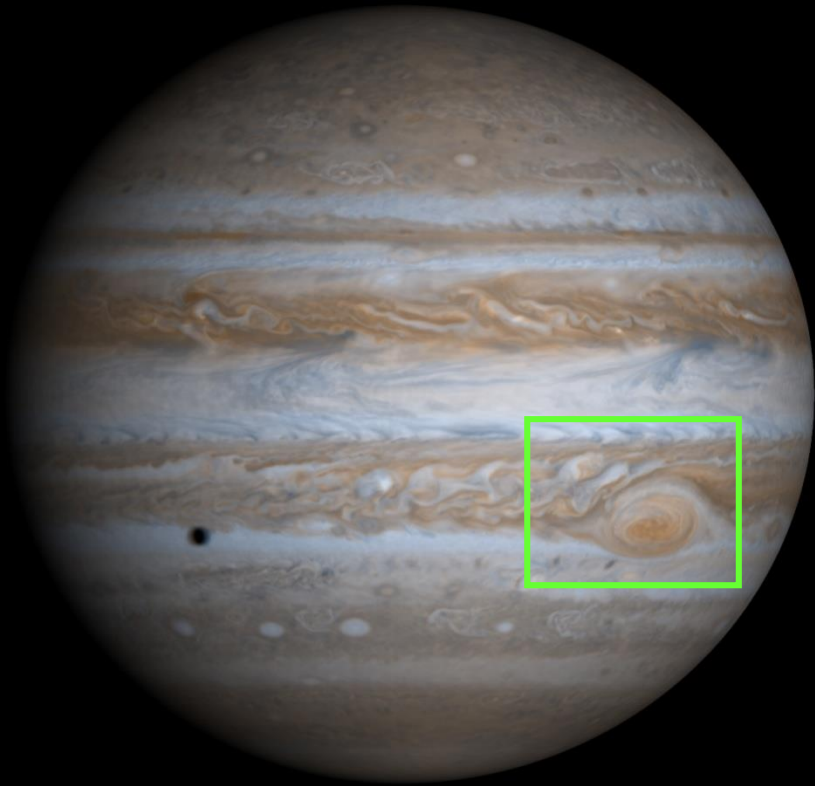


半徑：26000公里
重量：14.54個地球
密度：1.27
自轉：0.718天
公轉：84.02年
溫度：-180
自轉軸最怪

海王星 (Neptunus)



半徑：24760公里
重量：17.15個地球
密度：1.64
自轉：0.67天
公轉：164.77年
溫度：-200
太陽系最外行星



Jupiter
HST ACS/HRC
April 25, 2006

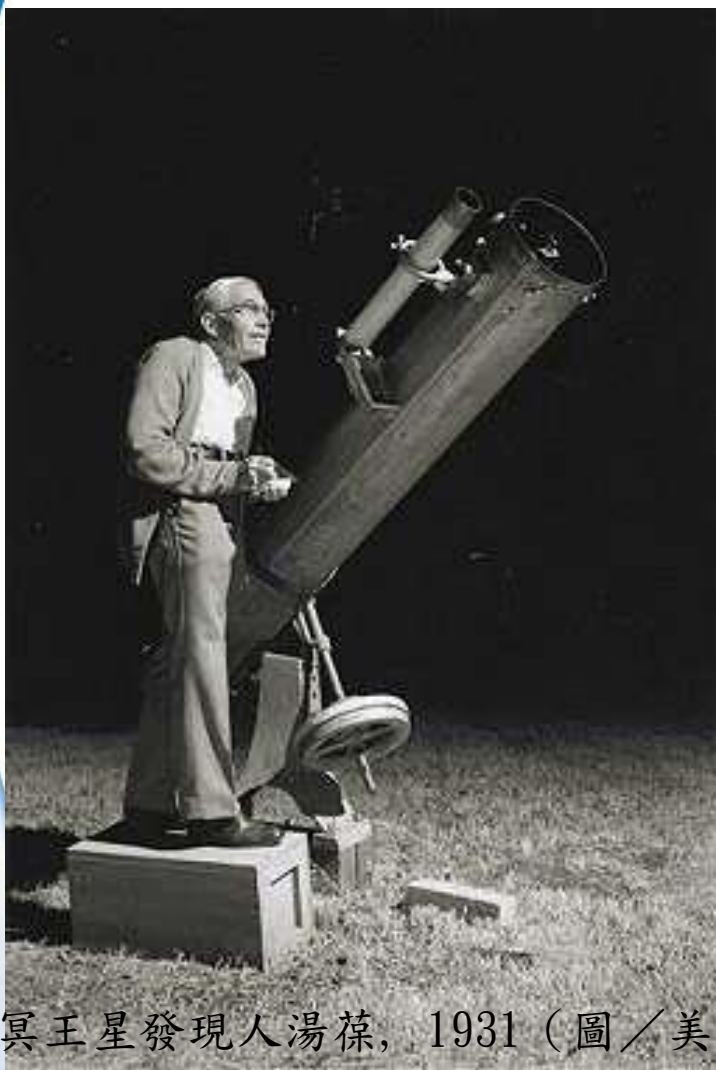
Bode Law convenient to remember

地球和太陽的距離稱為一個天文單位，約為1億5千萬公里，光速約需500秒。

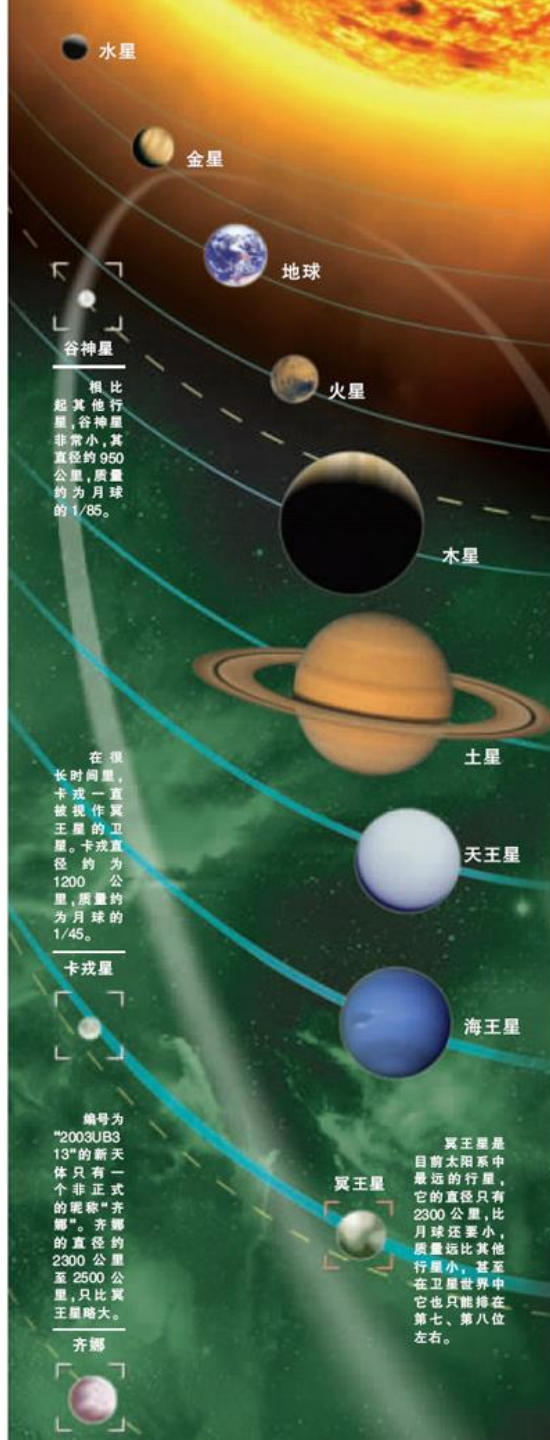
太陽到各行星的距離 = $0.4 + 0.3 * ()$

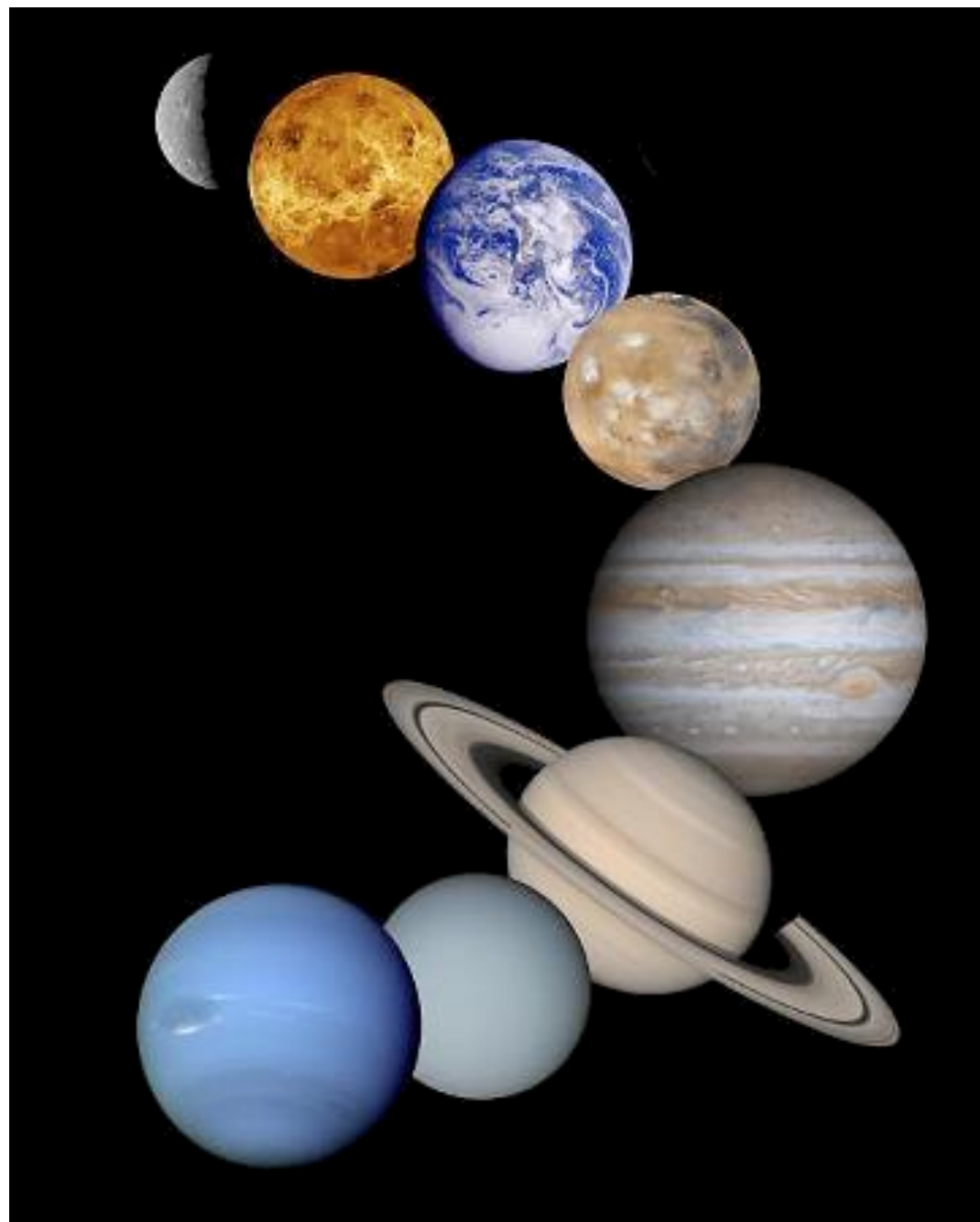
(): 0, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256

	水星	金星	地球	火星	小行星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
()	0	1	2	4	8	16	32	64	128	256
計算	0.4	0.7	1.0	1.6	2.8	5.2	10.0	19.6	38.8	
實際	0.387	0.723	1	1.524	2.65	5.2	9.54	19.1	30.0	39.3



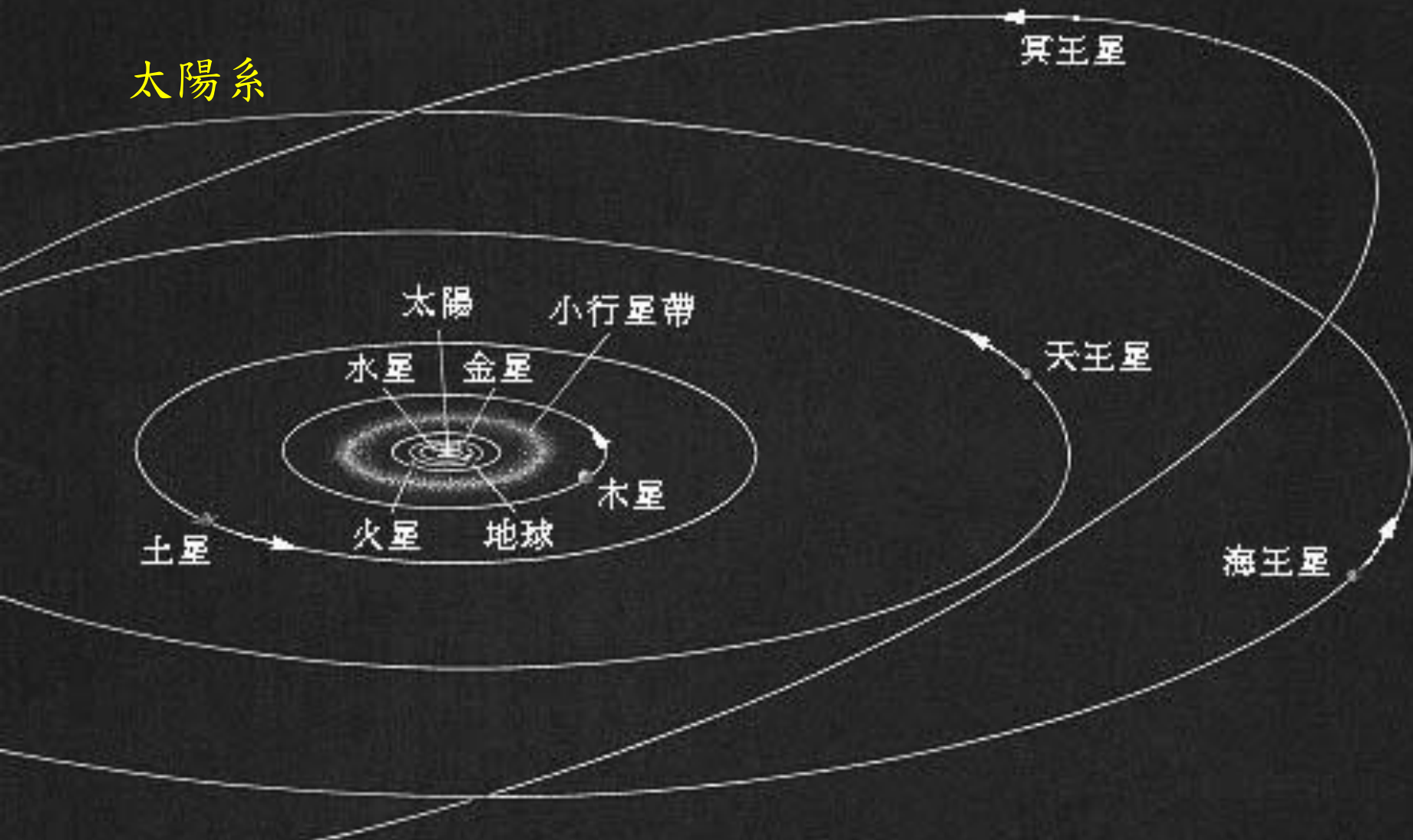
冥王星發現人湯葆，1931（圖／美聯社）





八大行星分別為水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星。

太陽系



大氣層

○

×

地球

水星

木星

天王星

海王星

土星

磁層

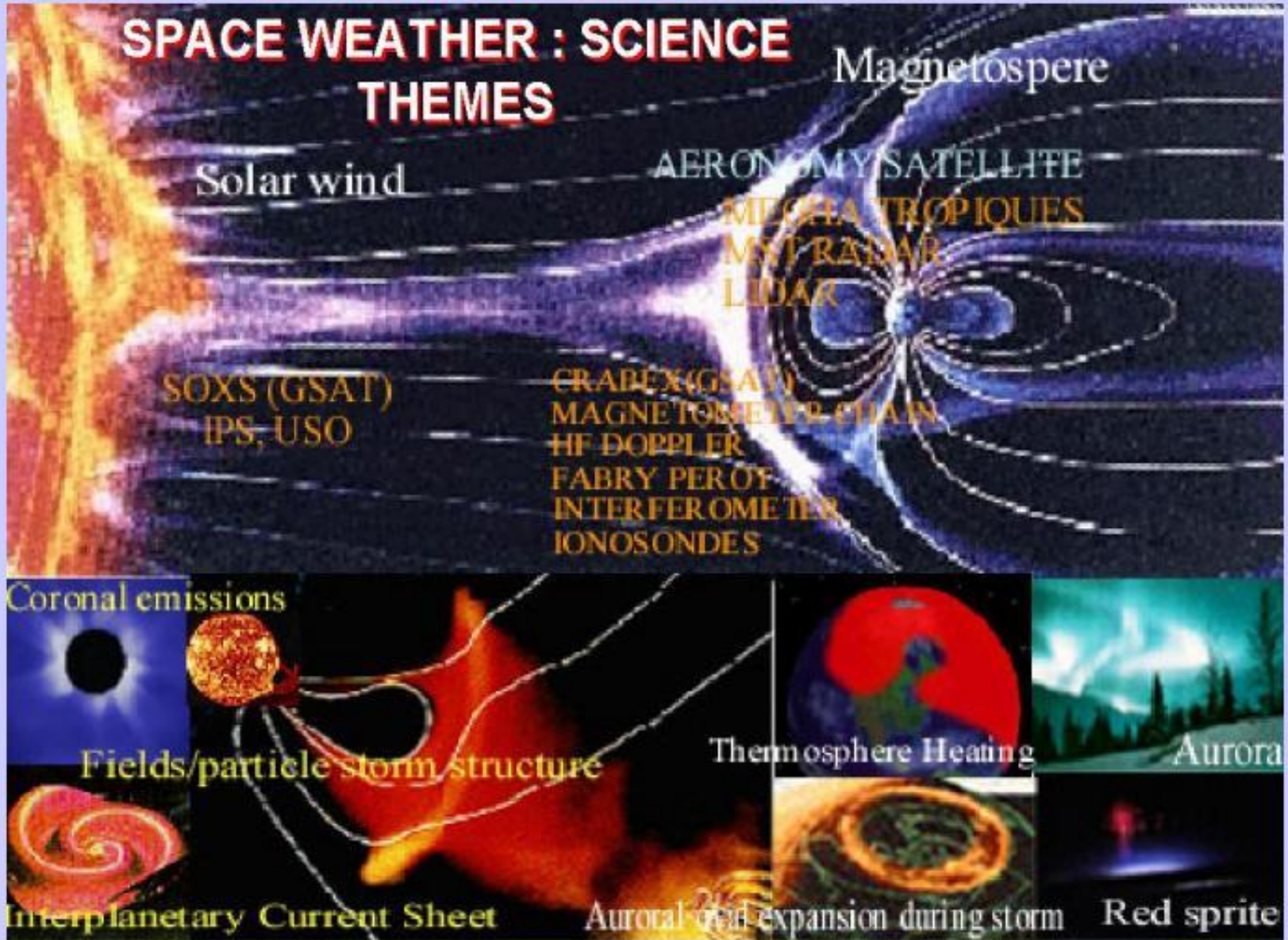
○

×

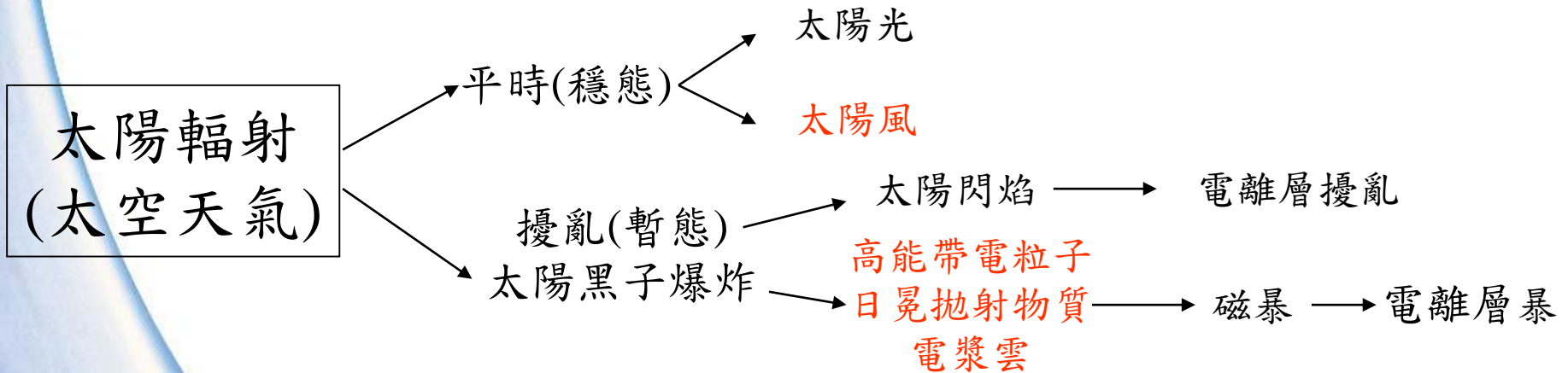
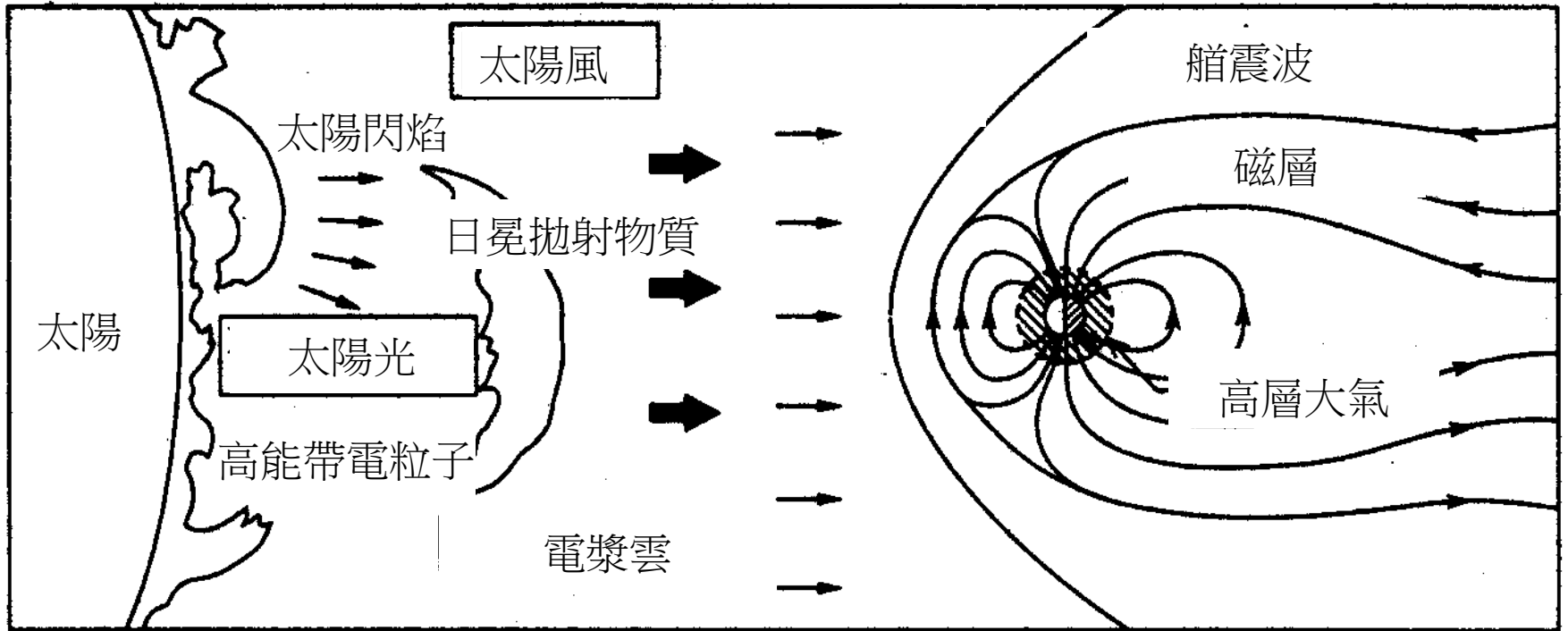
金星

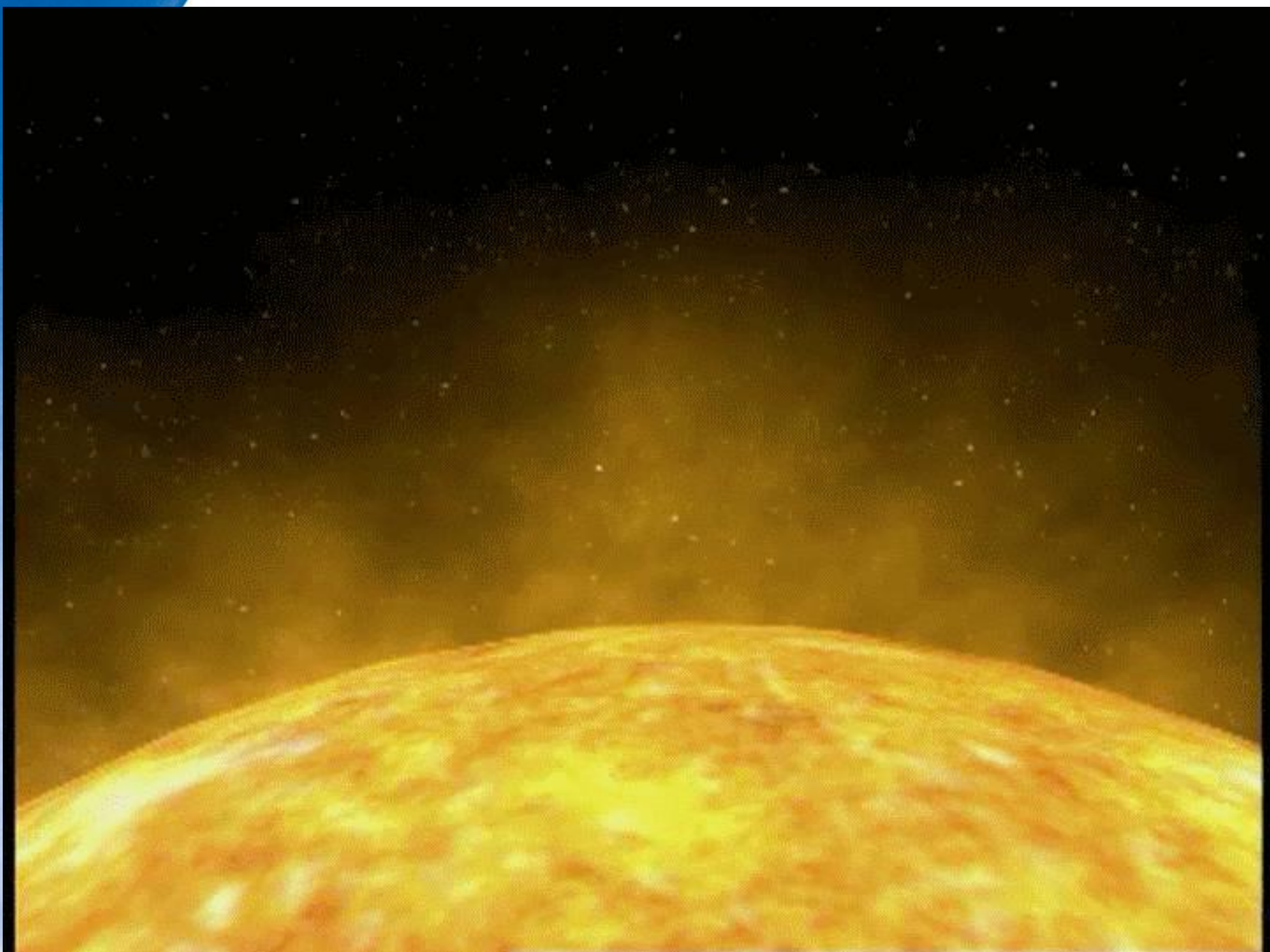
火星

Space Weather



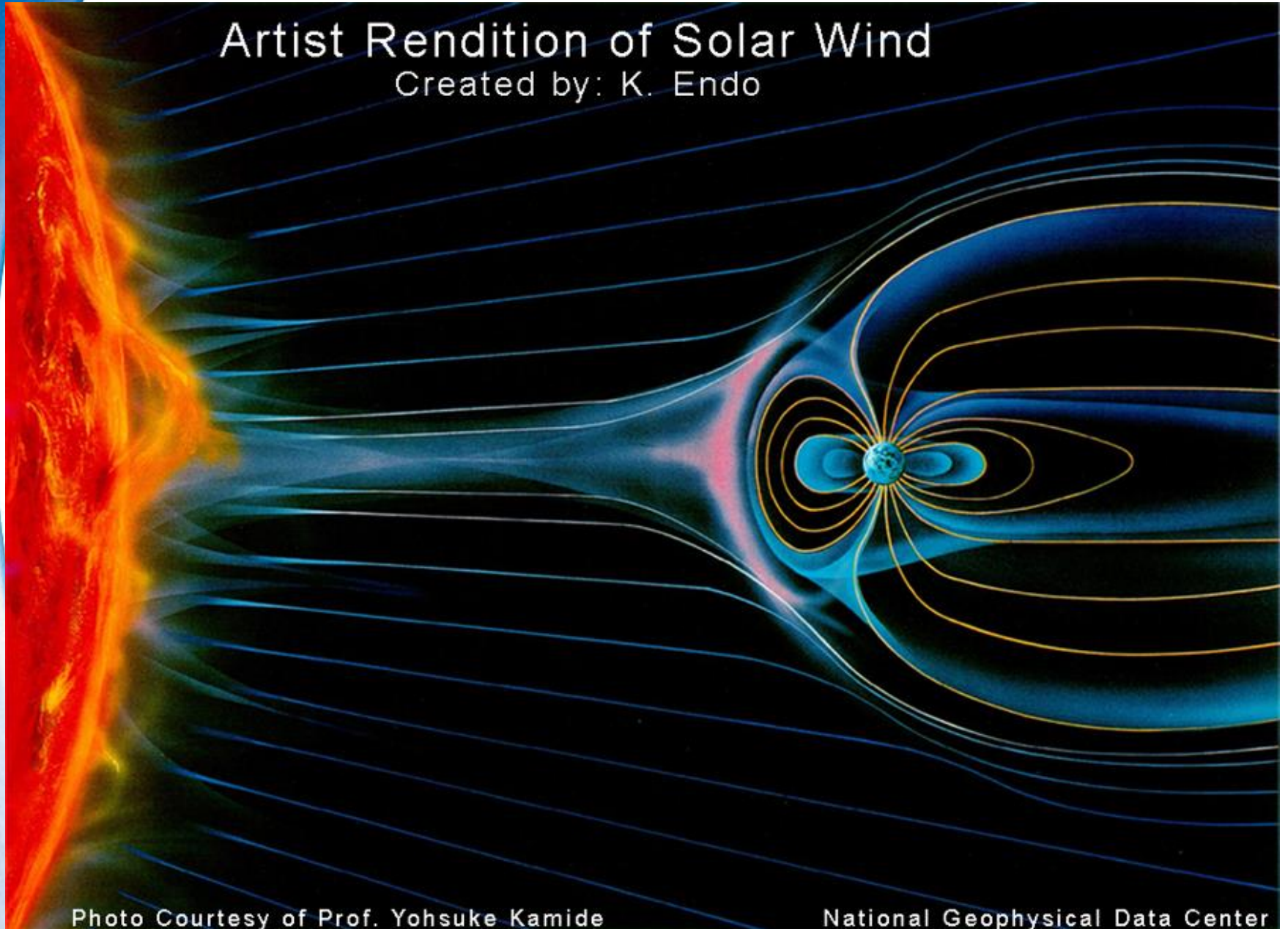
太陽風暴





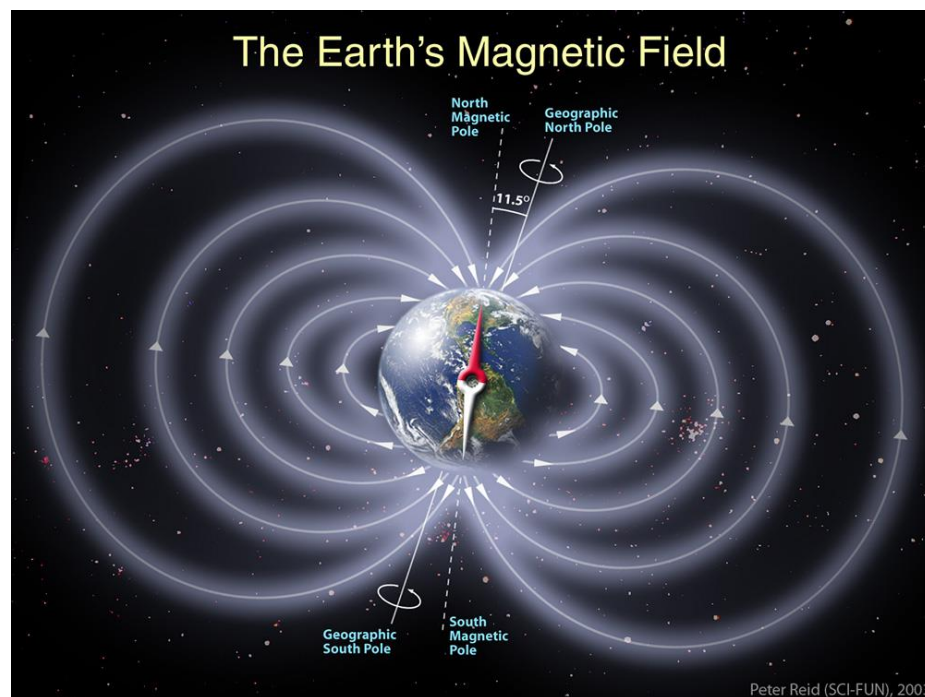
日地環境

Artist Rendition of Solar Wind
Created by: K. Endo

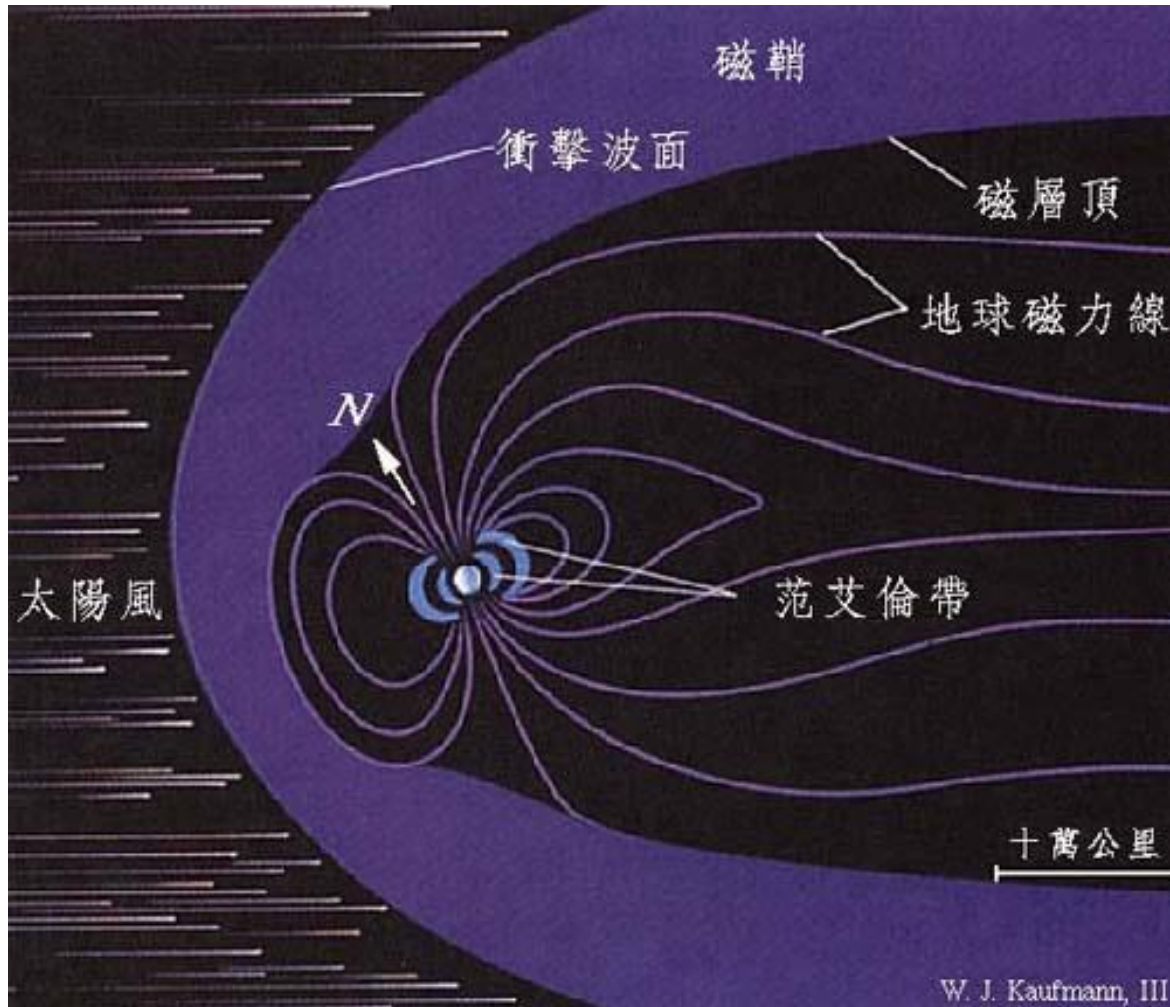


地球四大守護神

- 磁層:阻擋太陽風粒子
- 電離層:阻隔太陽XEUV光輻射
- 大氣層:阻擋隕石
- 臭氧層:阻隔太陽UV光輻射

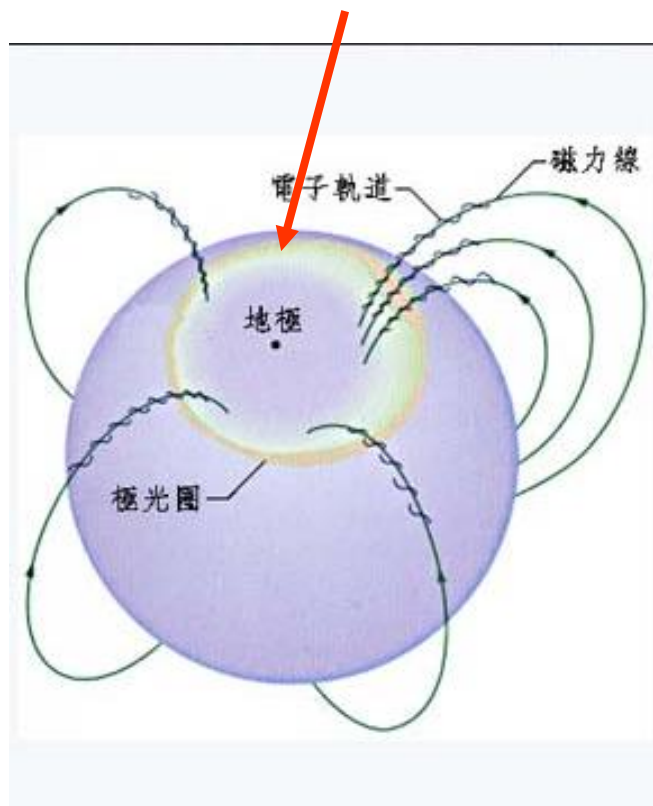
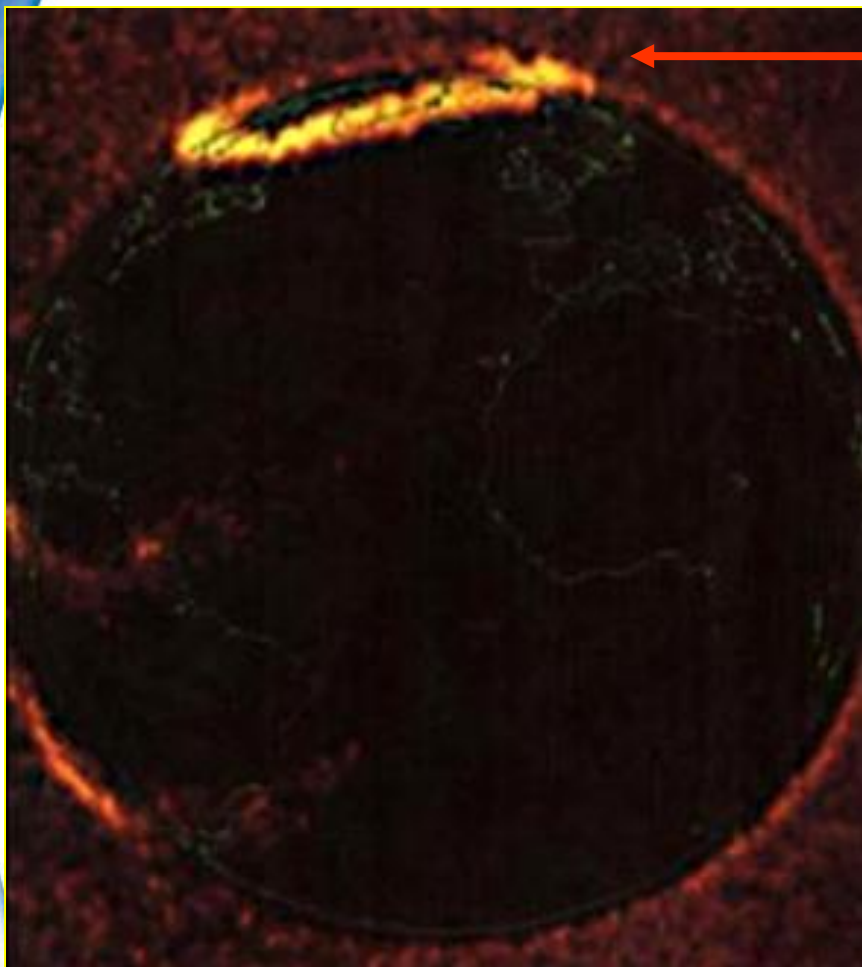


地磁盾：磁層



由於電磁力的作用，地球的磁場在太陽風中的帶電高能粒子的吹襲之下，產生了磁層(magnetosphere)。

極光





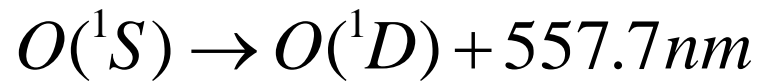
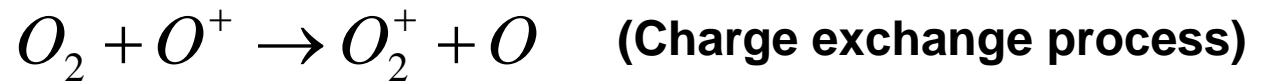
磁力線

能



630.0 and 557.7 nm Emissions

Dissociative recombination



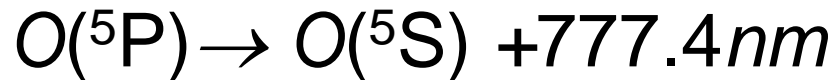
FORMOSAT-2



Intensity, $I \propto [O^+]$

777.4 nm Emission

Radiative recombination

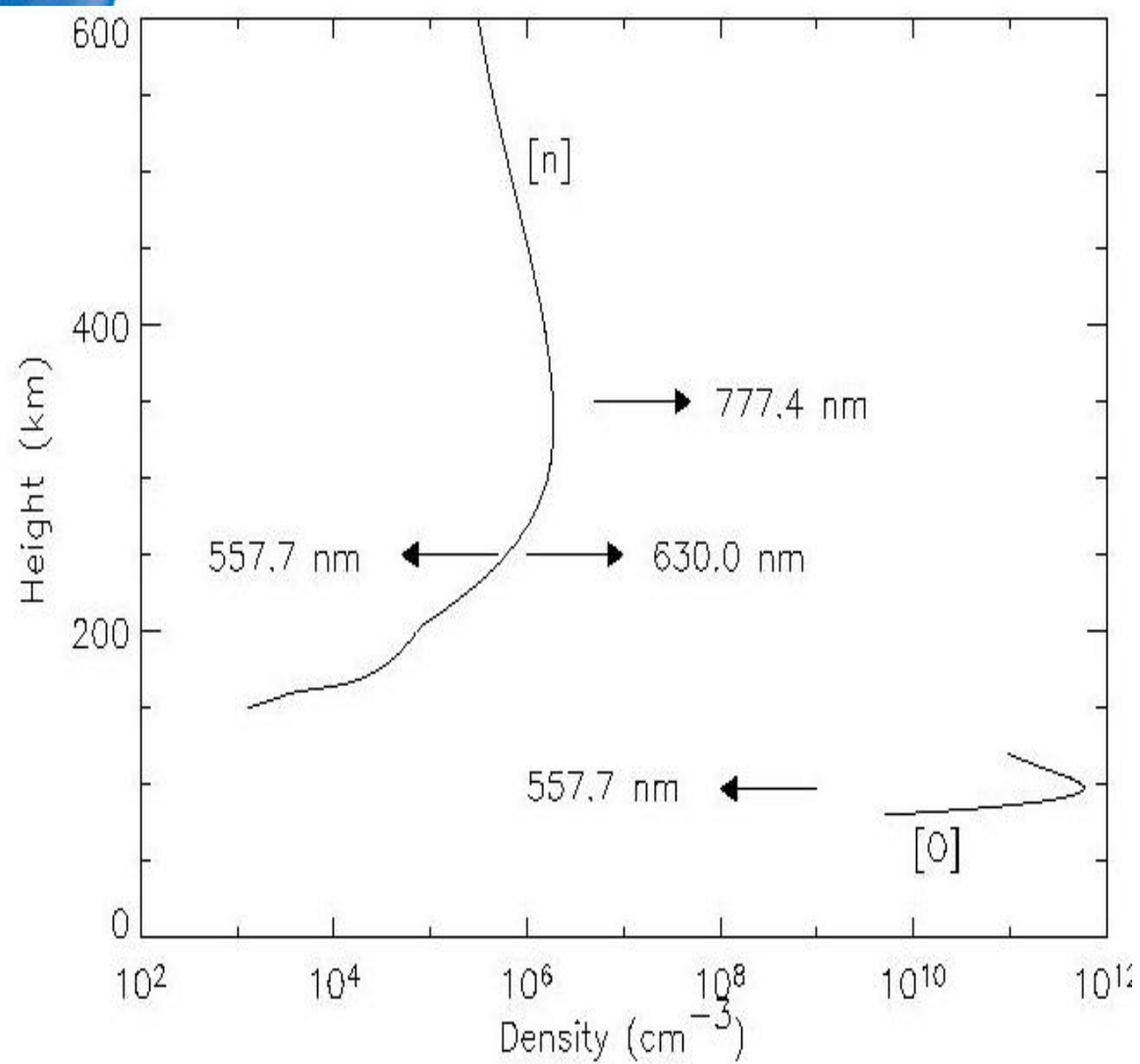


Intensity, $I \propto [O^+][e]$

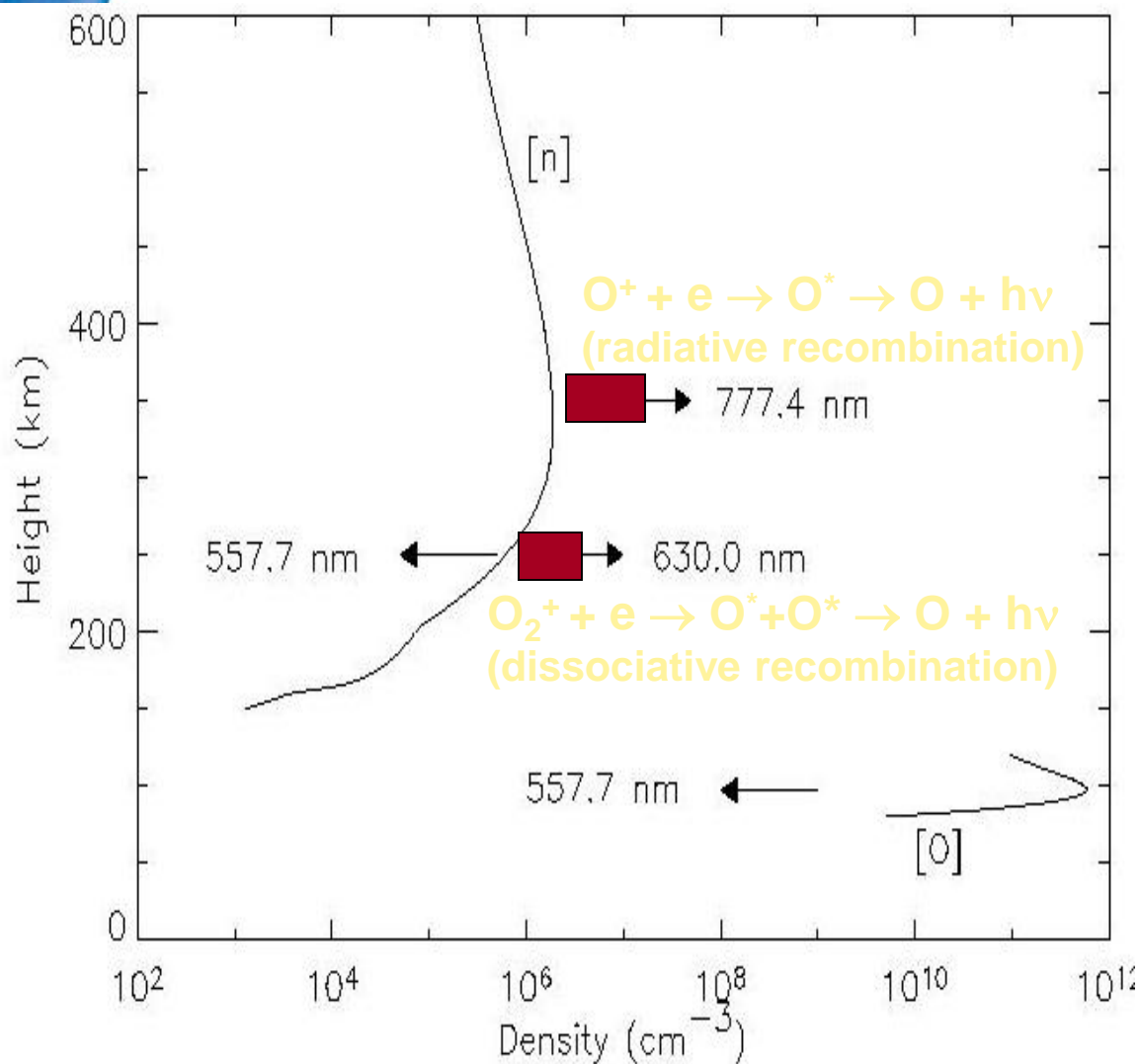
In the F-region, $[O^+] \approx [e]$; and $I \propto [e]^2$

$O(^5S) \rightarrow O(^3P) + 135.6\text{nm} \rightarrow$ used in FORMOSAT 3 (TIP)

Depletions in 557.7 nm



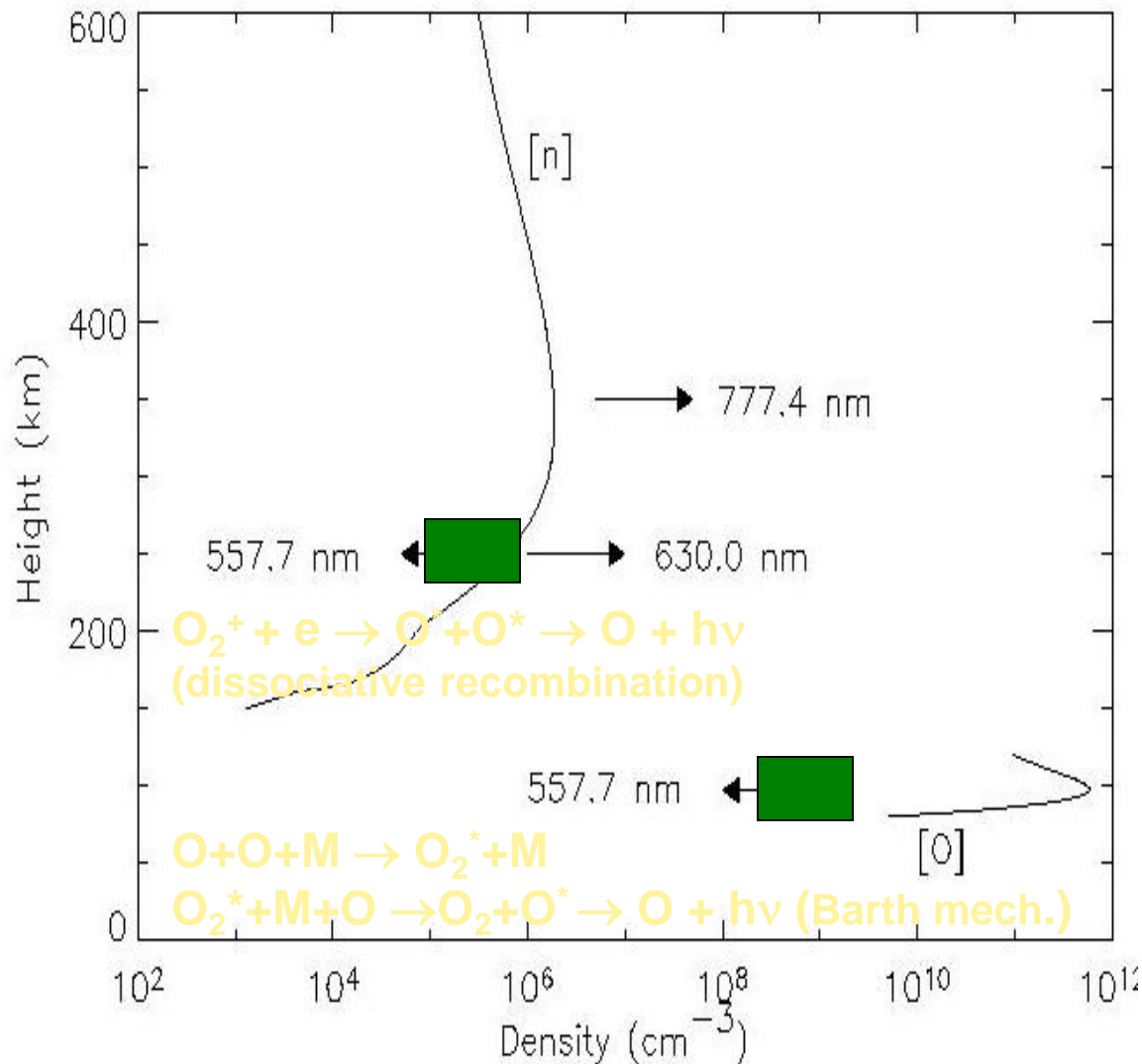
630.0 and 777.4 nm Emissions



The 630.0 and 777.4 nm emissions come from the thermospheric region.

If plasma depletions are present at their altitude of bulk emission they can be readily seen in the images.

The 557.7 nm Emission



The 557.7 nm emission has two source regions; in the thermosphere, and in the mesosphere.



一共有幾種顏色呢？



極光的顏色

- 粉紅色—氫原子 (H,1)



- 白綠色—氧原子 (O,16)



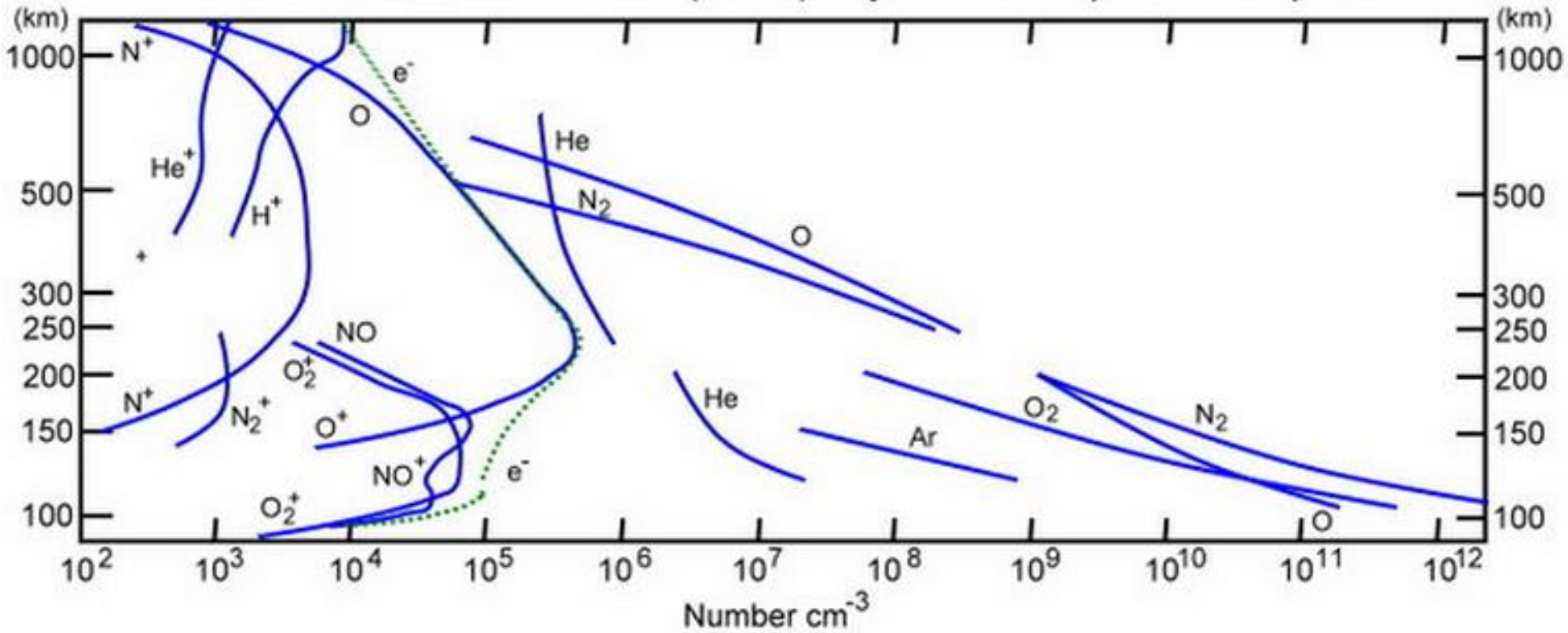
- 青藍色—氮分子 (N₂,28)



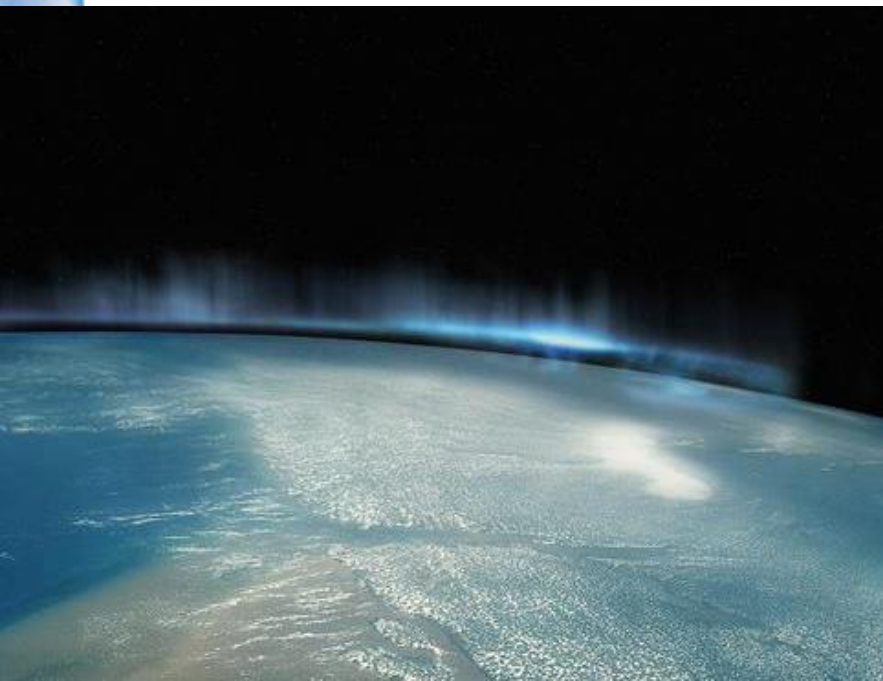
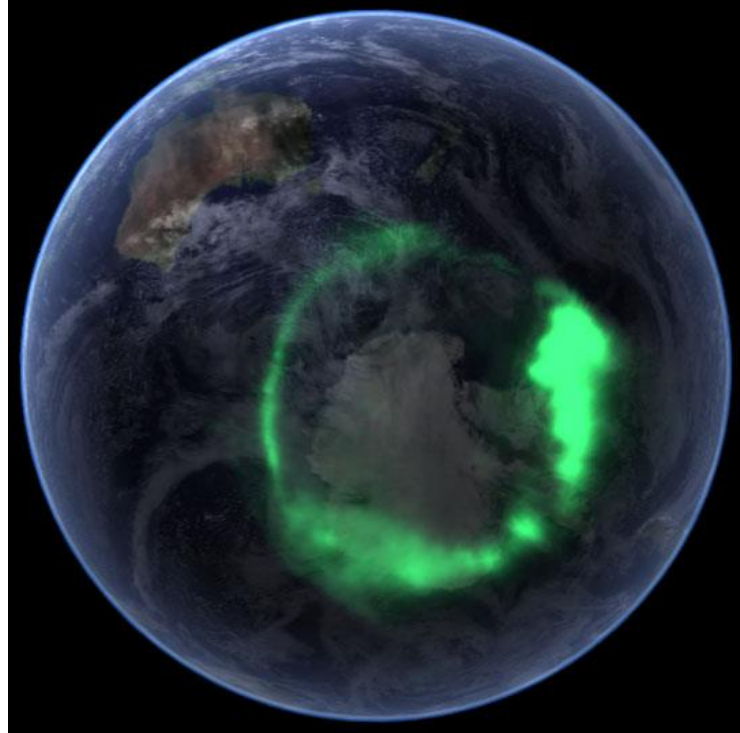
- 血紅色—氧分子 (O₂,32)



International Quiet solar Year (IQSY) daytime atmospheric composition



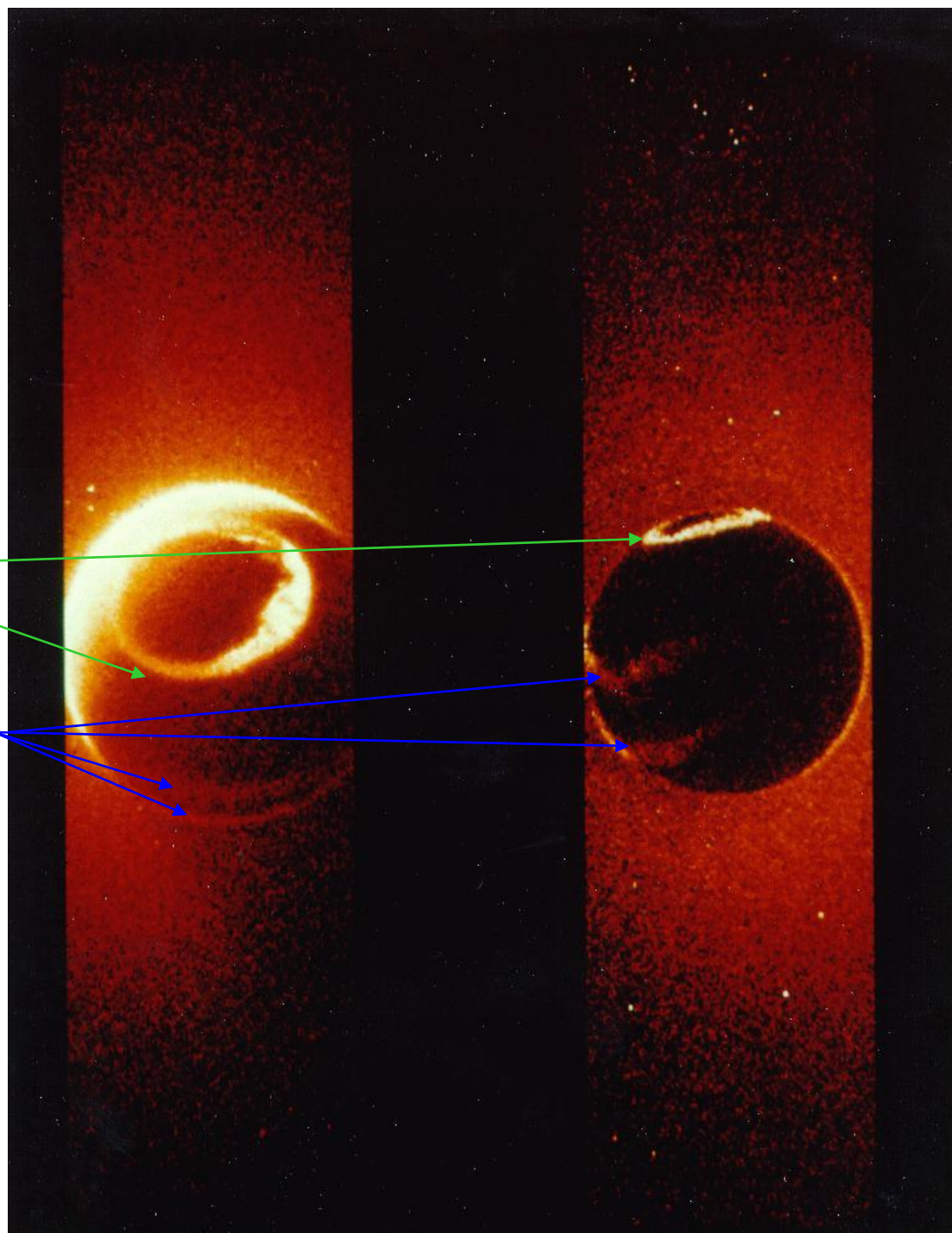




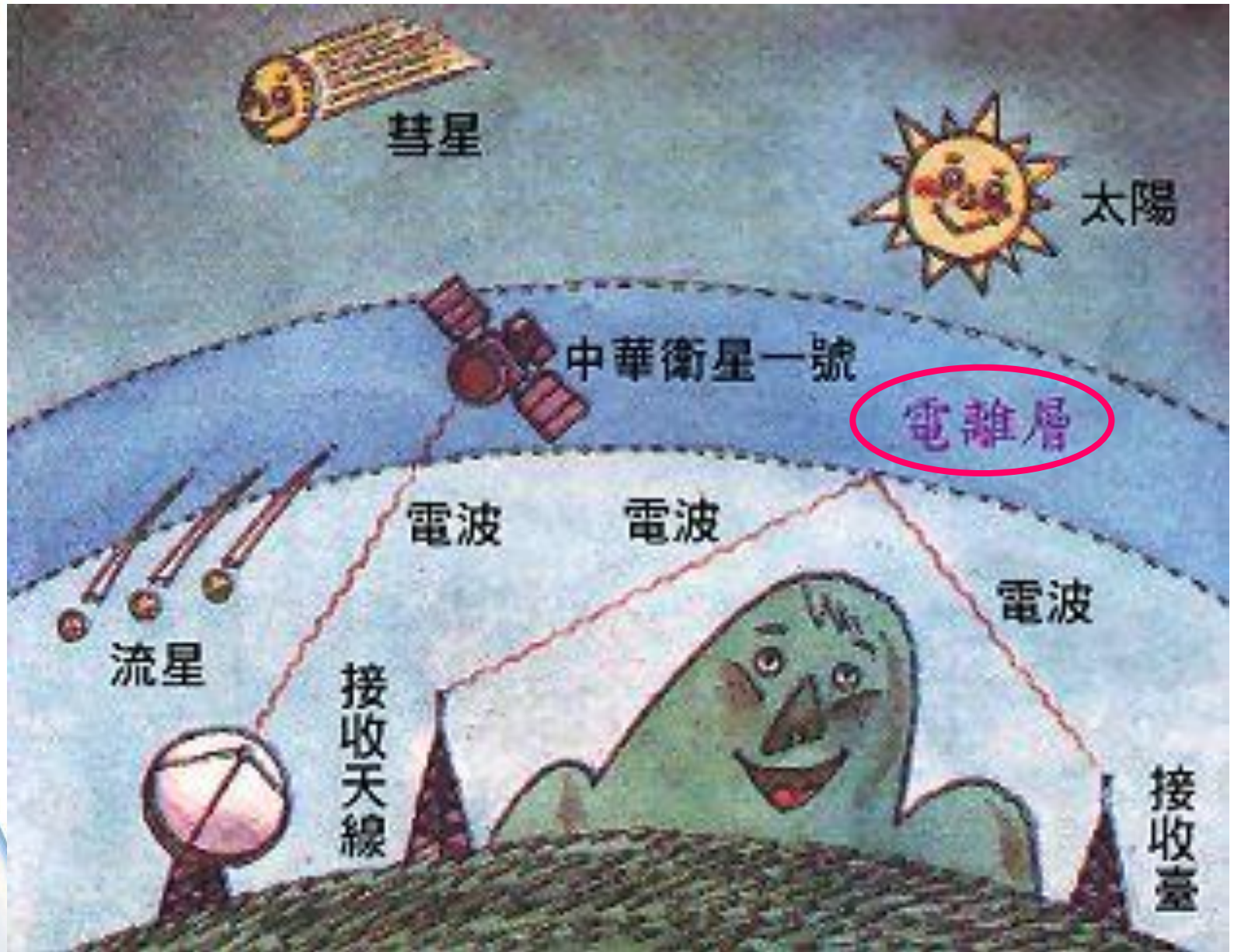
Aurora 極光

Airglow 大氣暉光

DE-1 satellite



電離盾：電離層

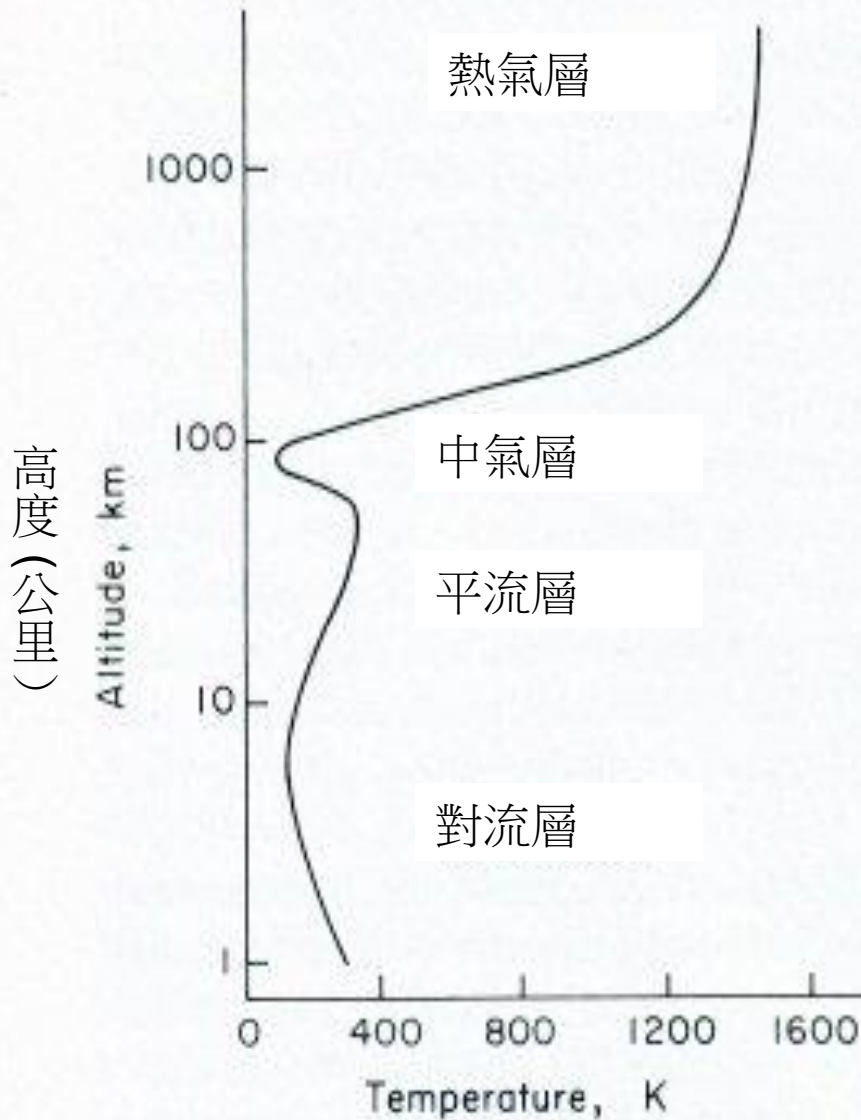


中性大氣層結構

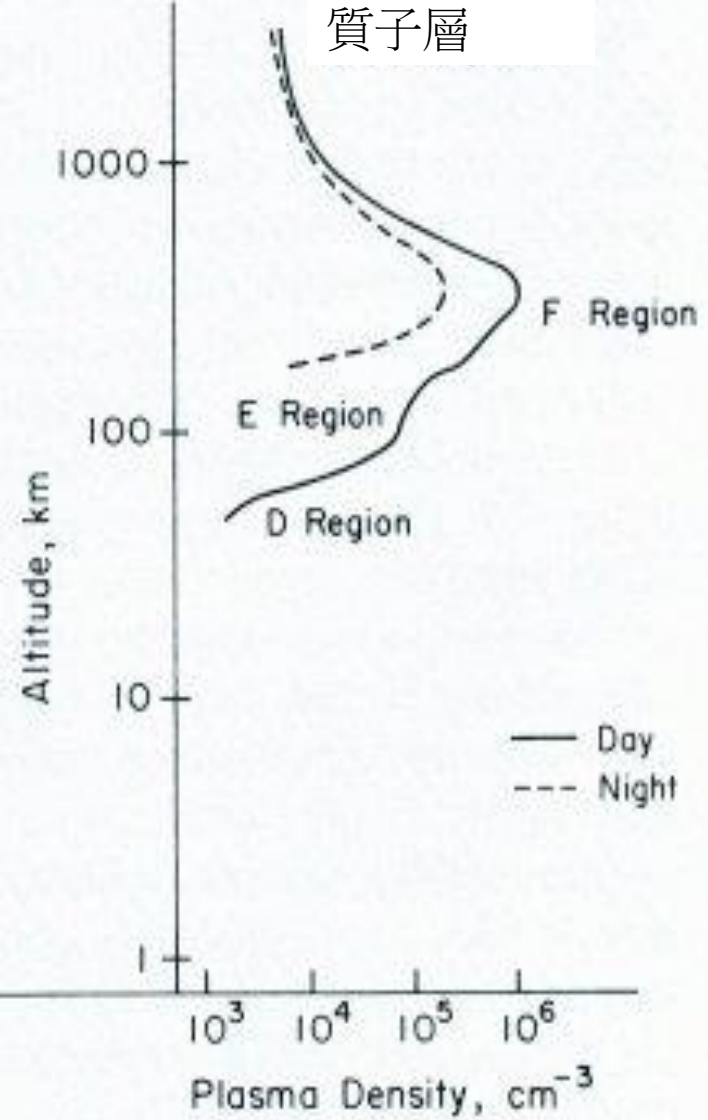
電離層結構

Neutral Gas

Ionized Gas

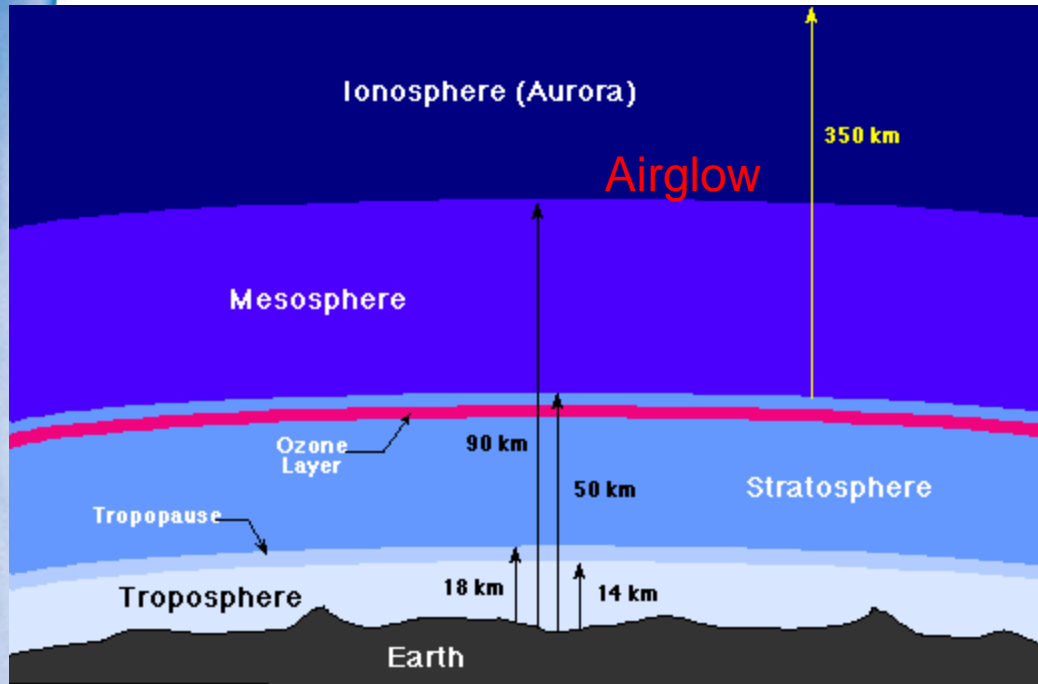


溫度

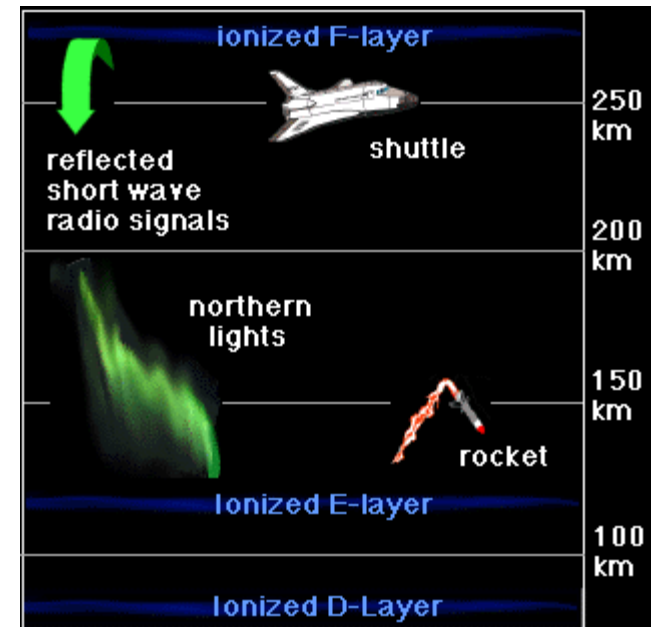


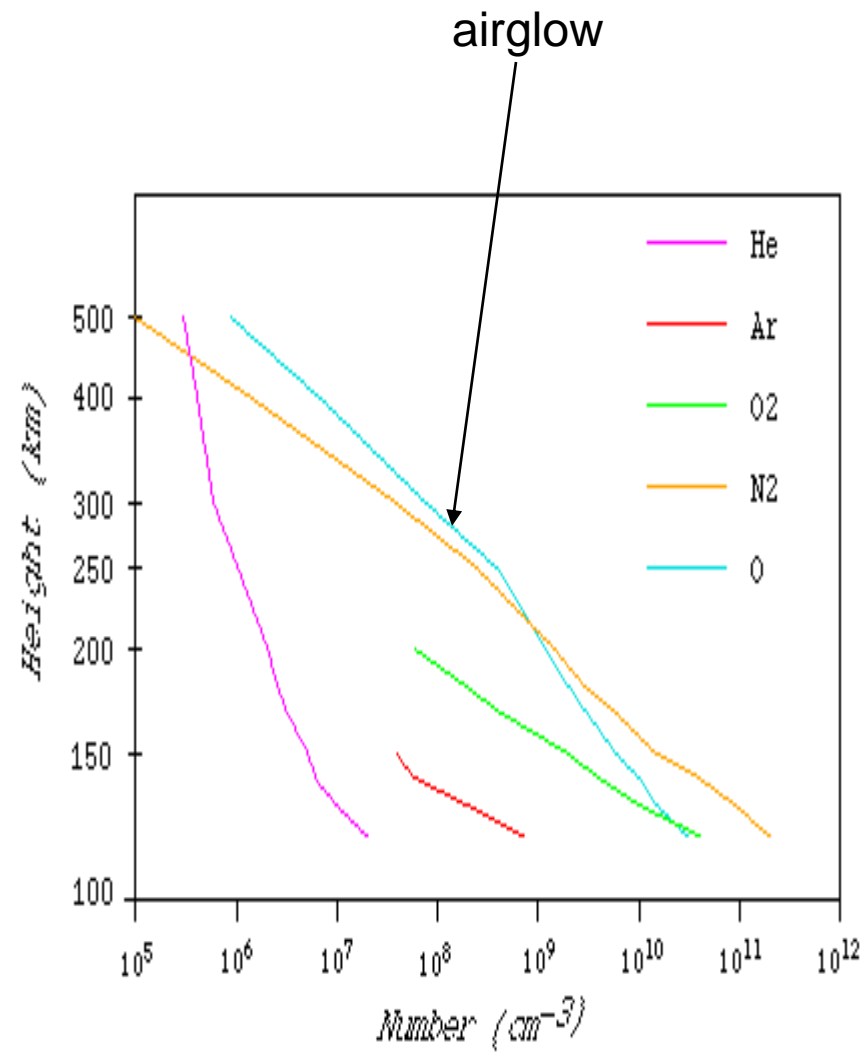
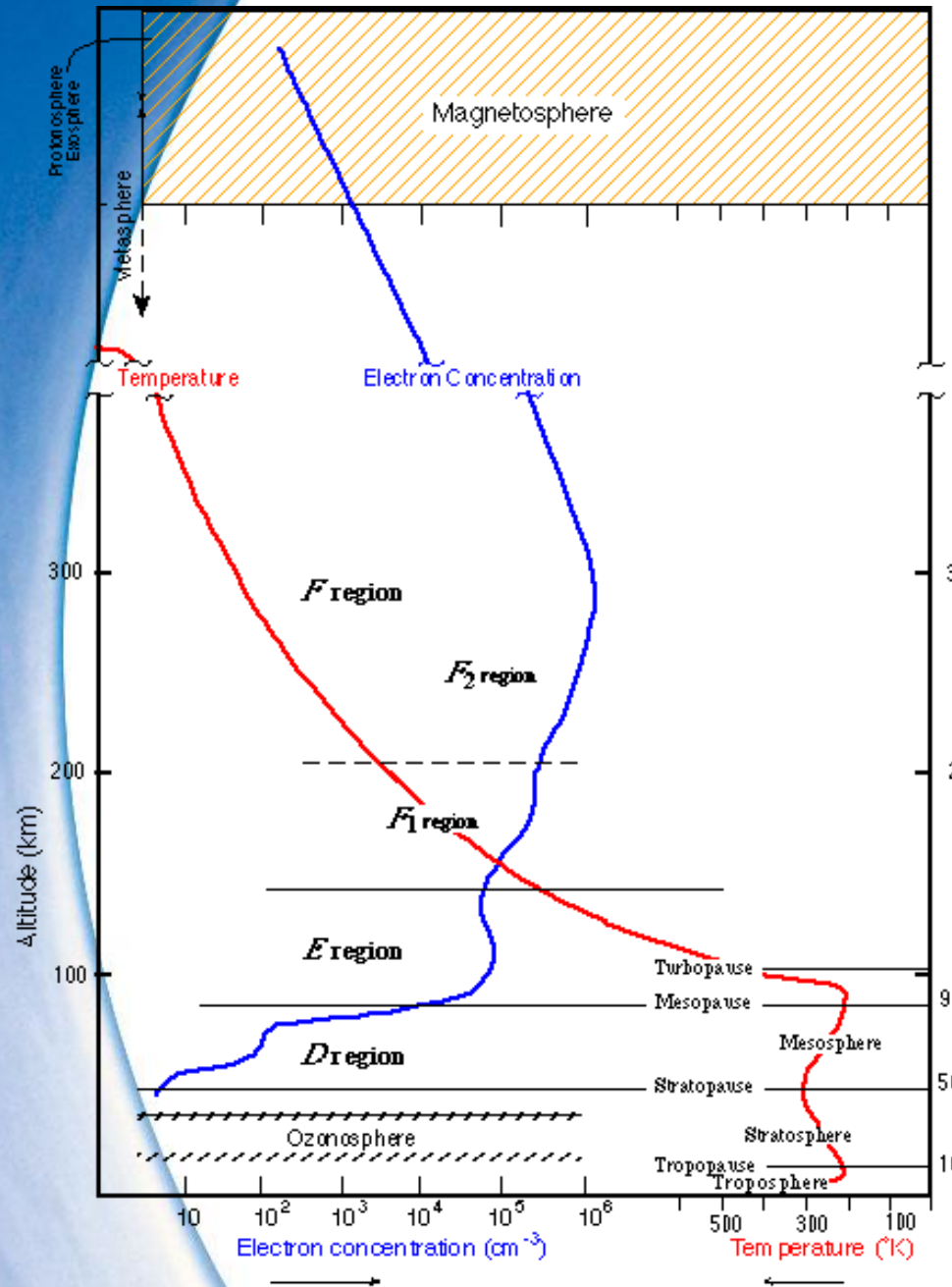
電漿密度

(<http://www.windows.ucar.edu>)



(<http://csep10.phys.utk.edu>)

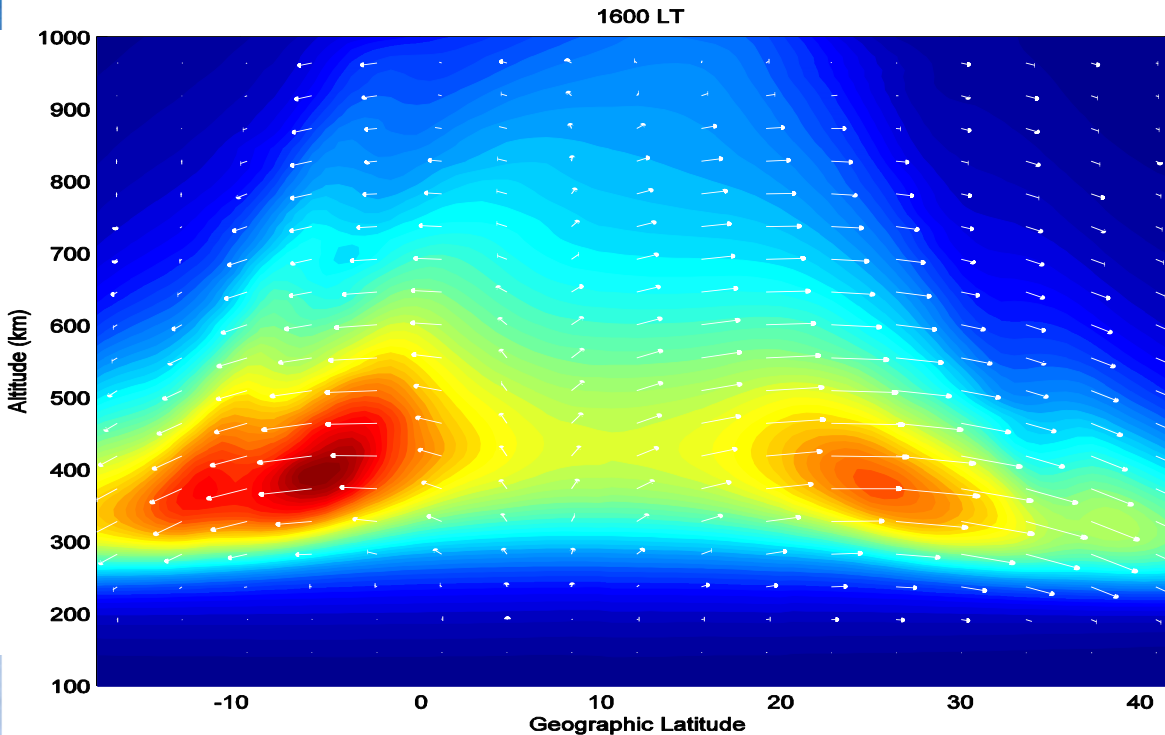




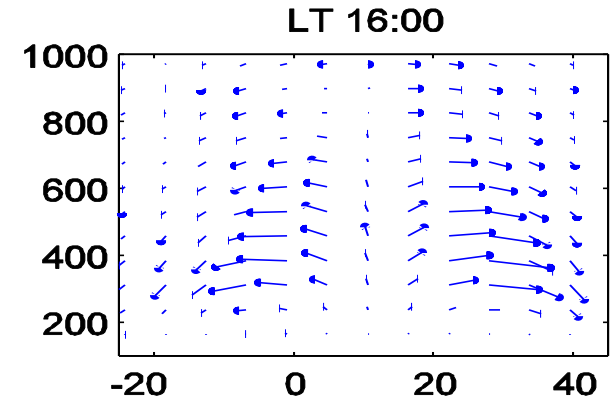
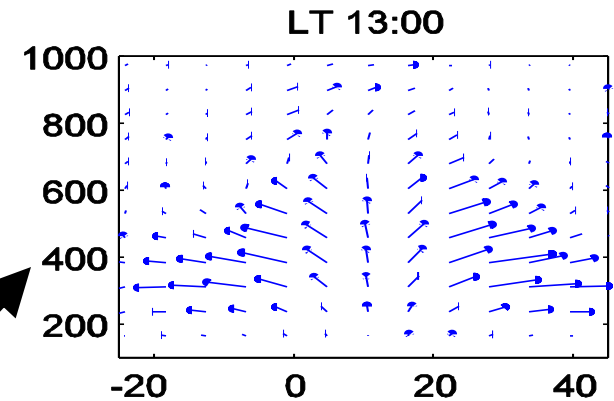
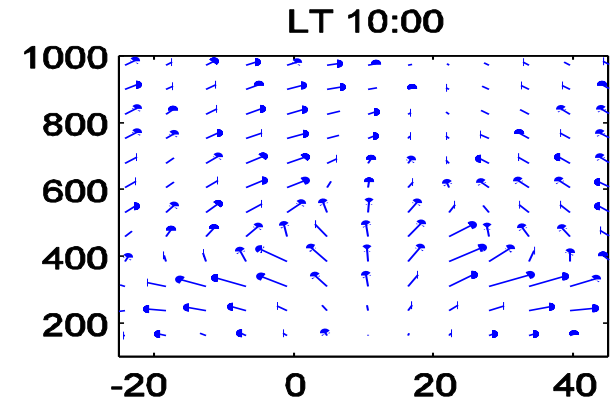
(<http://ion.le.ac.uk>)

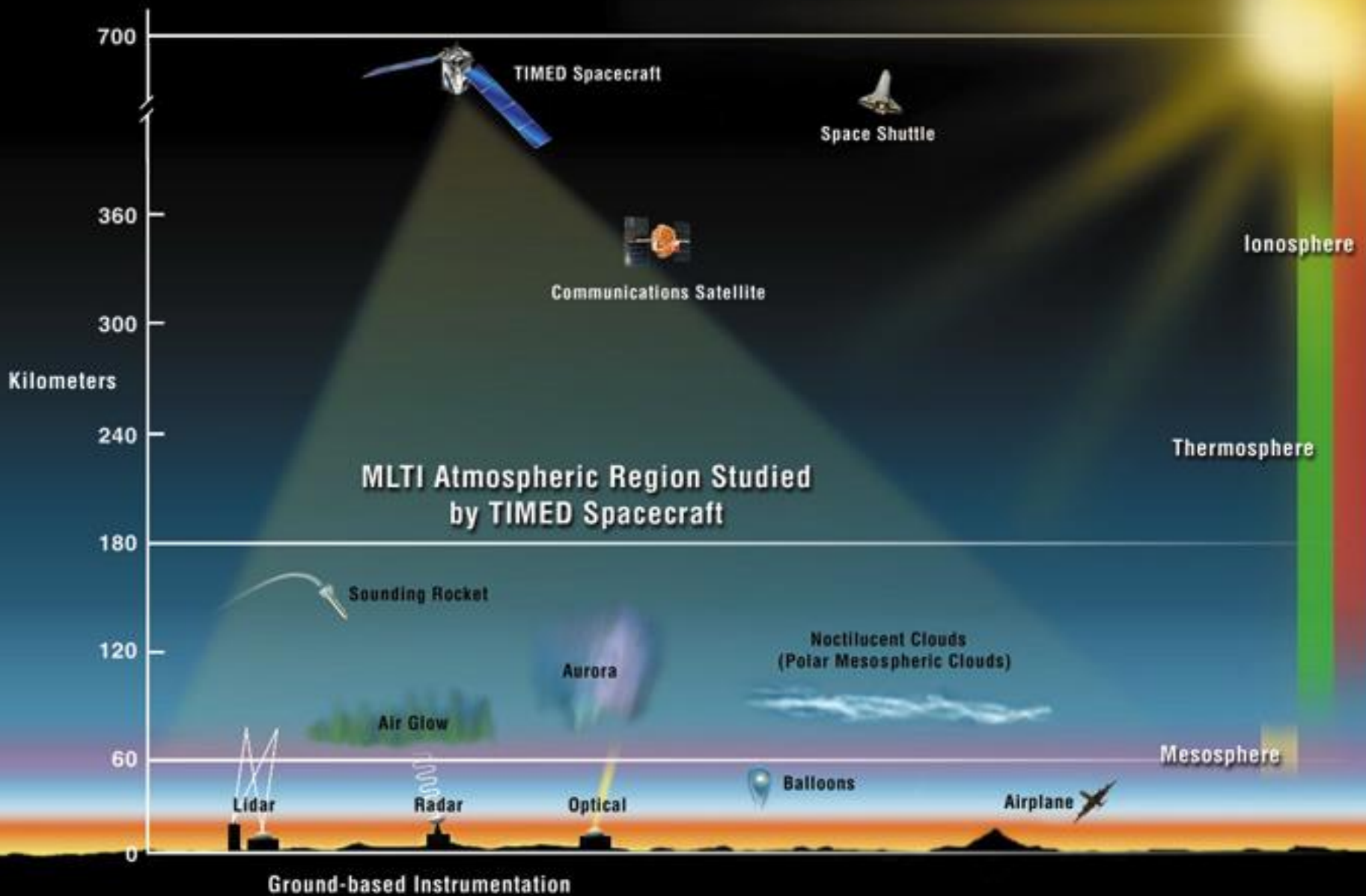
Equatorial plasma fountain

Low-Latitude Ionosphere is dominated by the electrodynamics



A model simulated plasma fountain effect starting in the morning and enhance to its maximum around noon



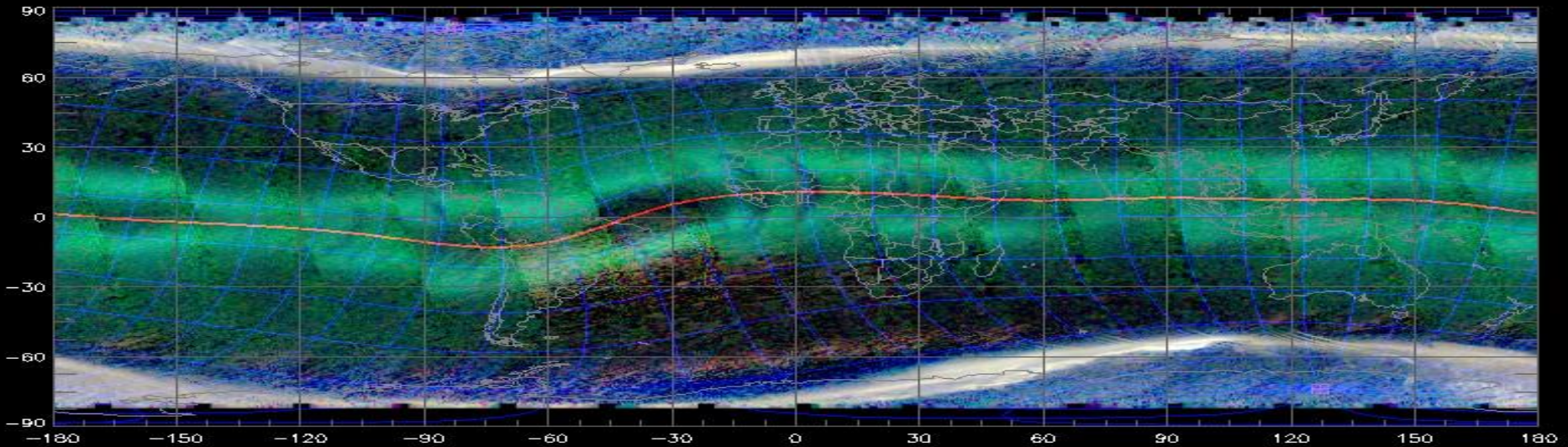


<http://www.timed.jhuapl.edu/WWW/science/objectives.php>

2002.269

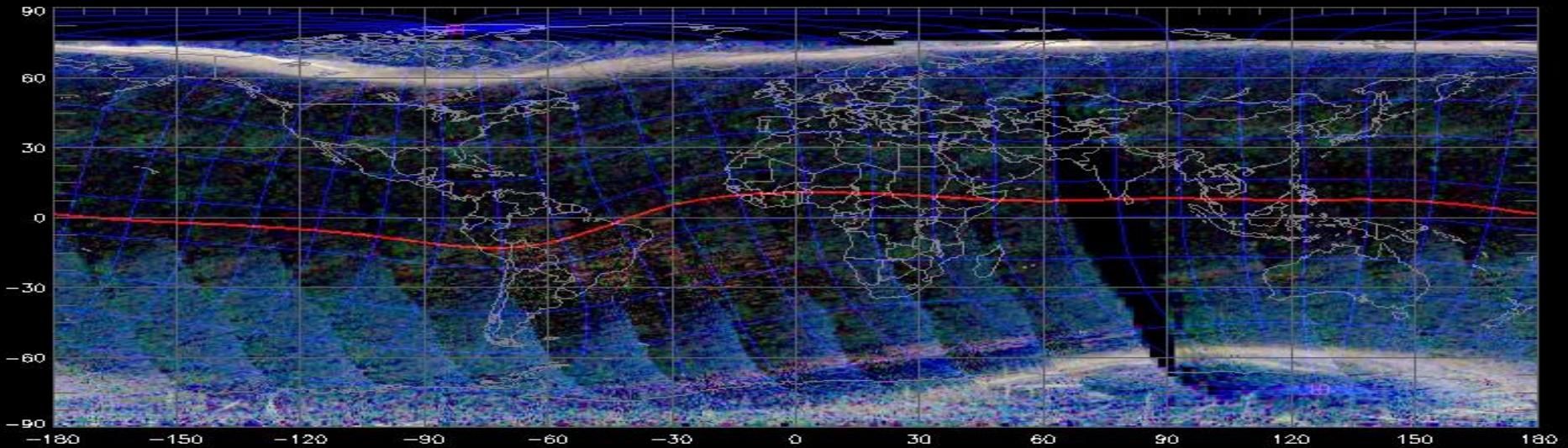
GUVI Composite Image (SZA > 95), 2002 Day 269, Orbits 4328-4342
OI 1304 (blue, 7670.44 R max (data), 10000.0 R max (color scale))
OI 1356 (green, 3422.86 R max (data), 1000.00 R max (color scale))
LBH short (red, 4123.35 R max (data), 1000.00 R max (color scale))

TIMED GUVI 135.6nm

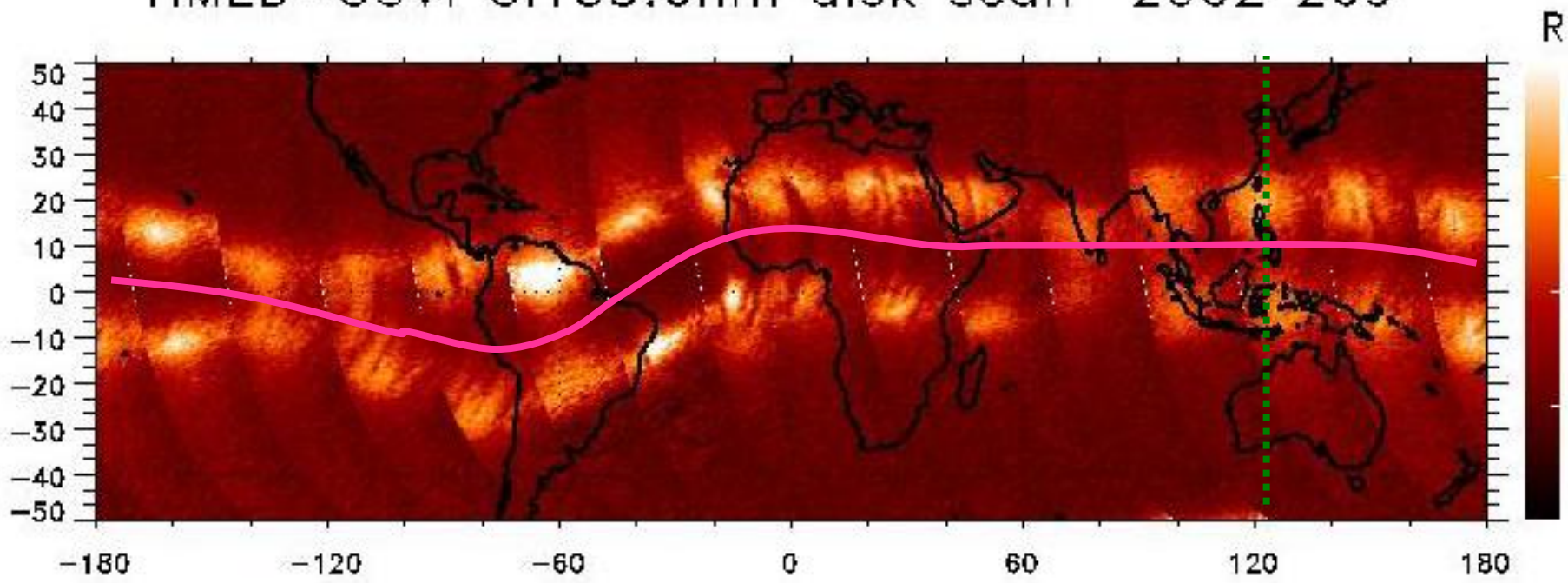


2006.237

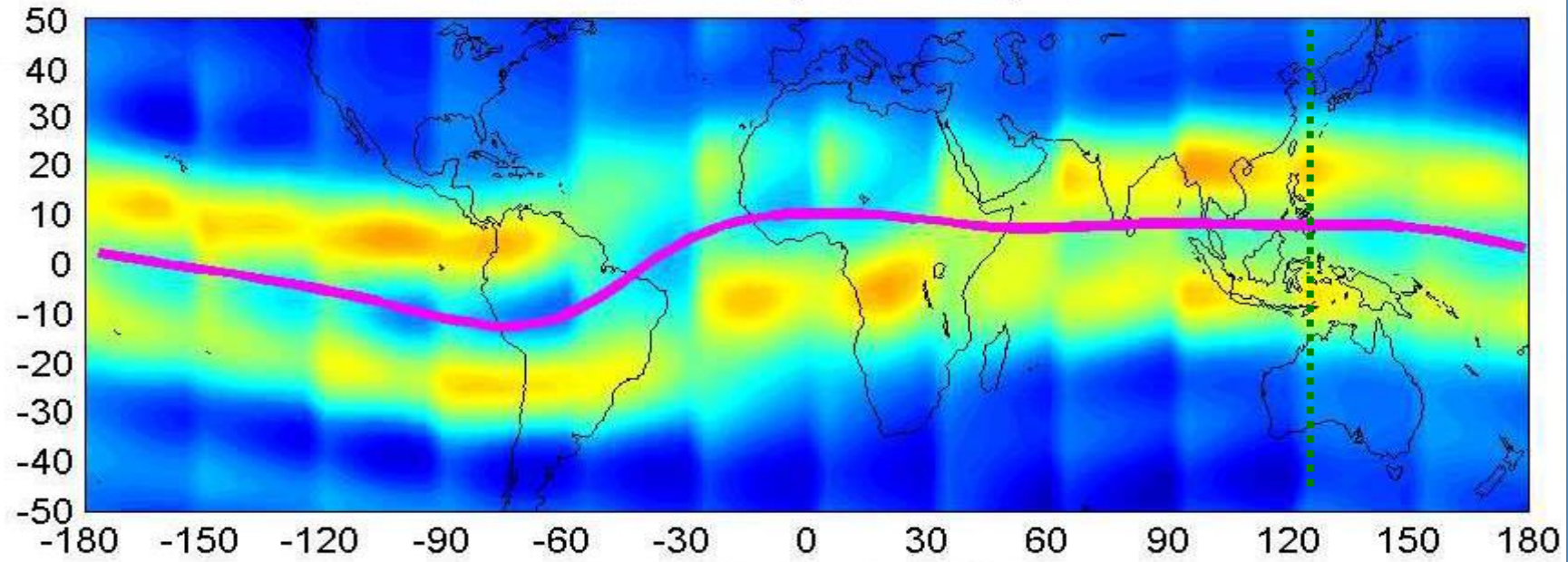
GUVI Composite Image (SZA > 95), 2006 Day 237, Orbits 25516-25529
OI 1304 (blue, 3942.57 R max (data), 10000.0 R max (color scale))
OI 1356 (green, 1438.01 R max (data), 1000.00 R max (color scale))
LBH short (red, 2034.71 R max (data), 1000.00 R max (color scale))



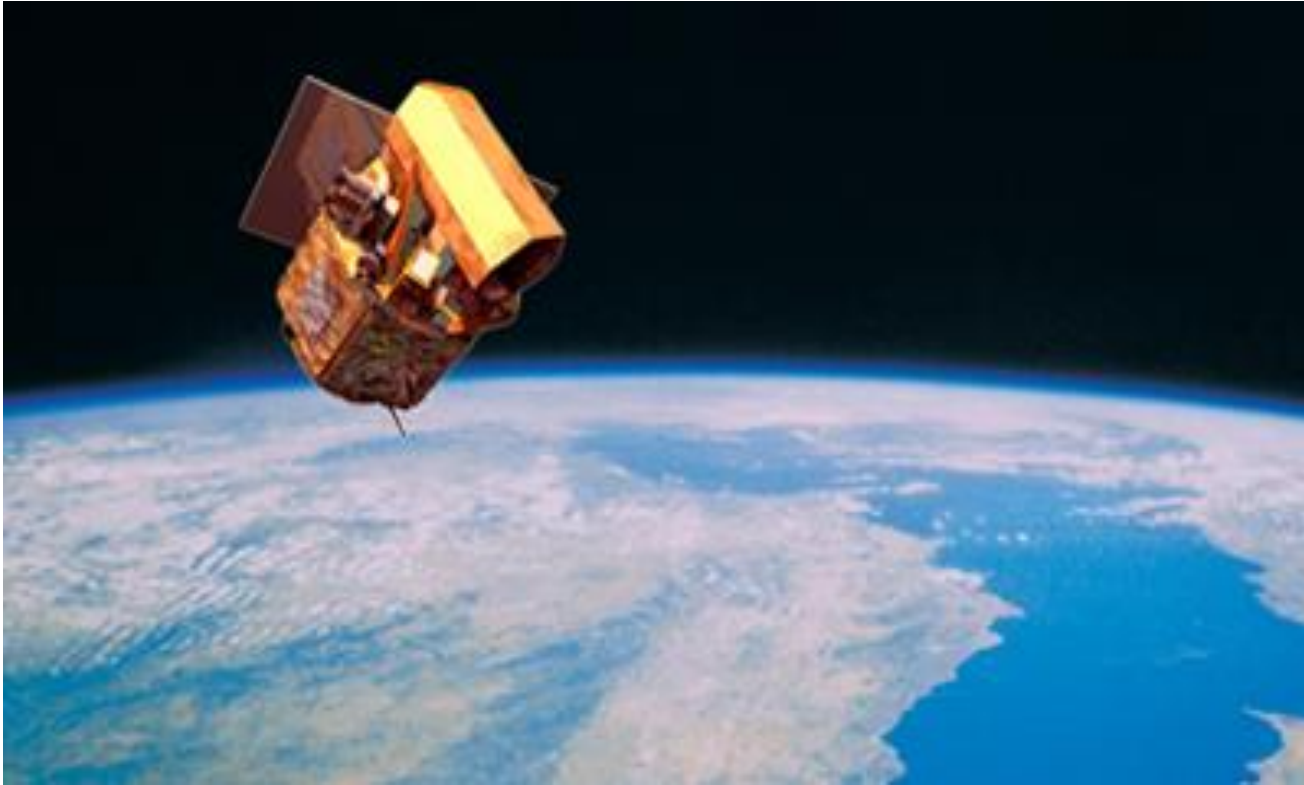
TIMED-GUVI OI135.6nm disk scan 2002 269



GIM TEC YEAR = 2002; DOY = 269; TIME = 22 LT



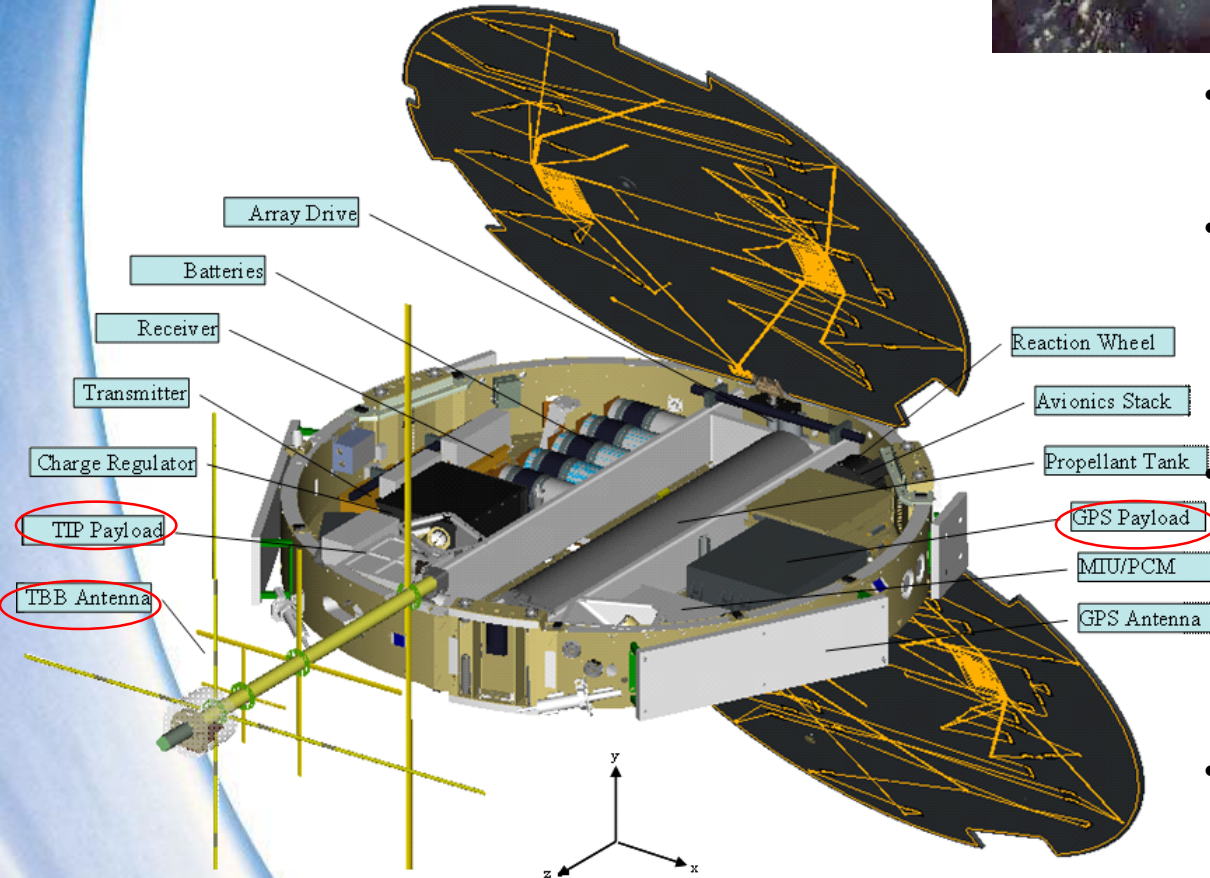
FOMOSAT-2



2006/12/18 14:53:35.385

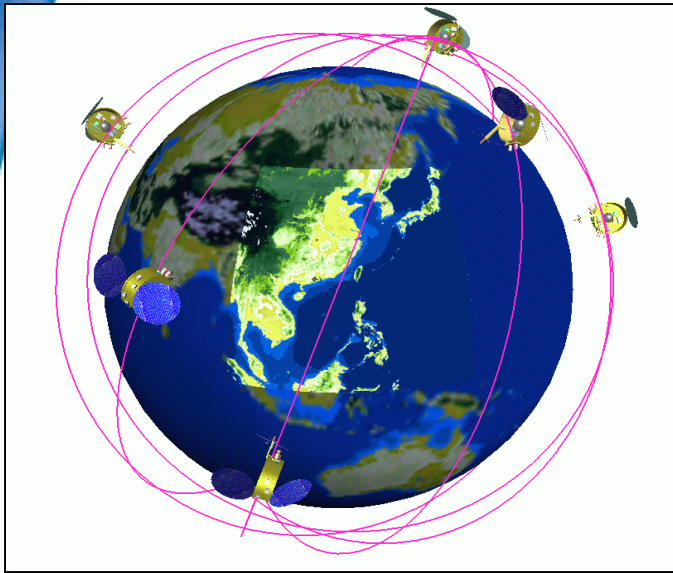


FORMOSAT-3 COSMIC

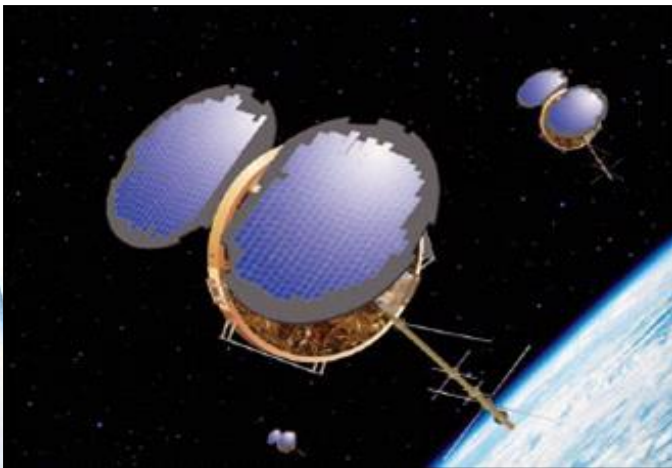


- The FORMOSAT-3/COSMIC system is a constellation of 6 LEO micro-satellites
- Each satellite carries 3 payloads:
 - **GPS occultation receiver**
 - **Tiny Ionospheric Photometer**
 - **Tri-Band Beacon.**
- Global observation of pressure, temperature, water vapor, refractivity, ionospheric electron density and scintillation for weather and space weather research as well as climate monitoring
- Demonstrate quasi-operational GPS limb sounding with global coverage in near-real time

FORMOSAT-3/COSMIC Program

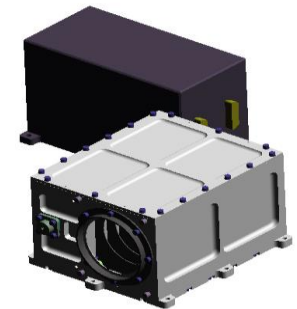
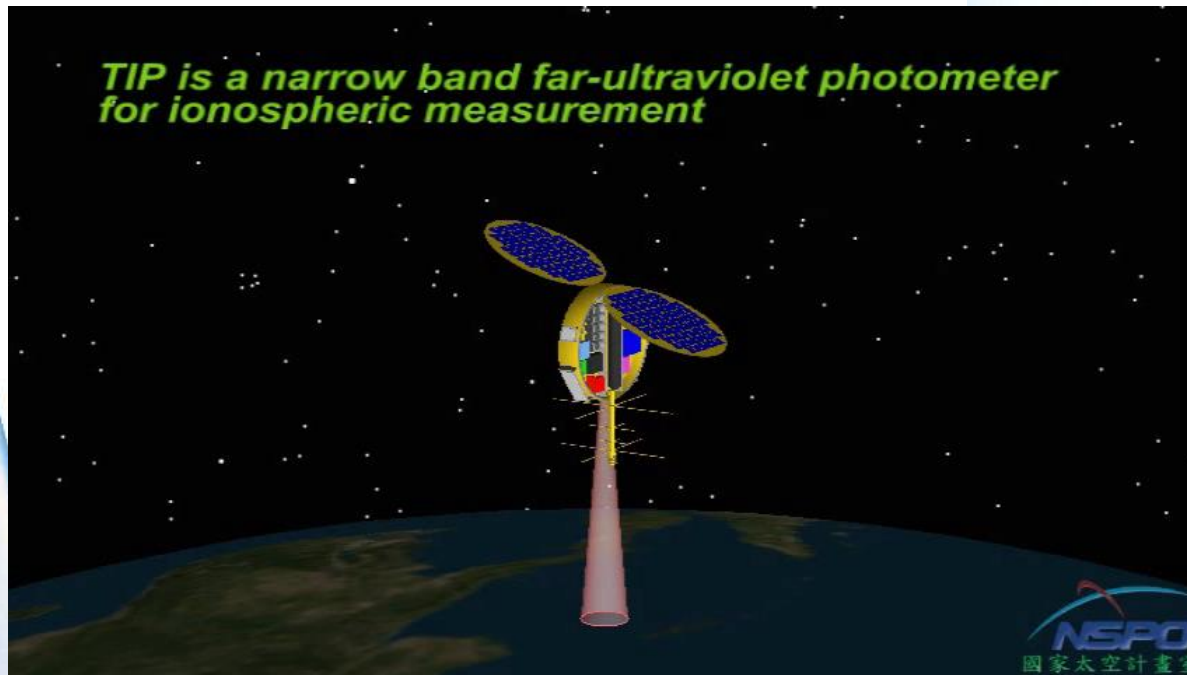
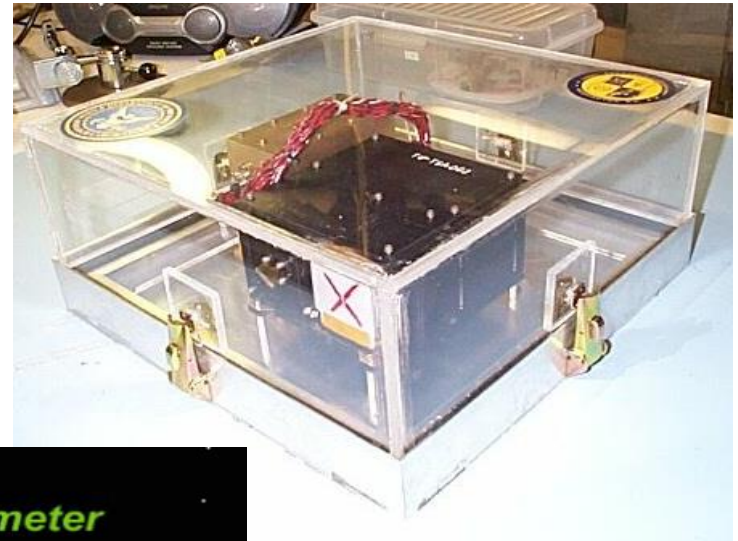


An international cooperation program between NSPO and UCAR, USA



- The FORMOSAT-3/COSMIC system is a constellation of 6 LEO micro-satellites
- Each satellite carries 3 payloads:
 - **GPS occultation receiver**
 - **Tiny Ionospheric Photometer**
 - **Tri-Band Beacon.**
- Global observation of pressure, temperature, water vapor, refractivity, ionospheric electron density and scintillation for weather and space weather research as well as climate monitoring
- Demonstrate quasi-operational GPS limb sounding with global coverage in near-real time

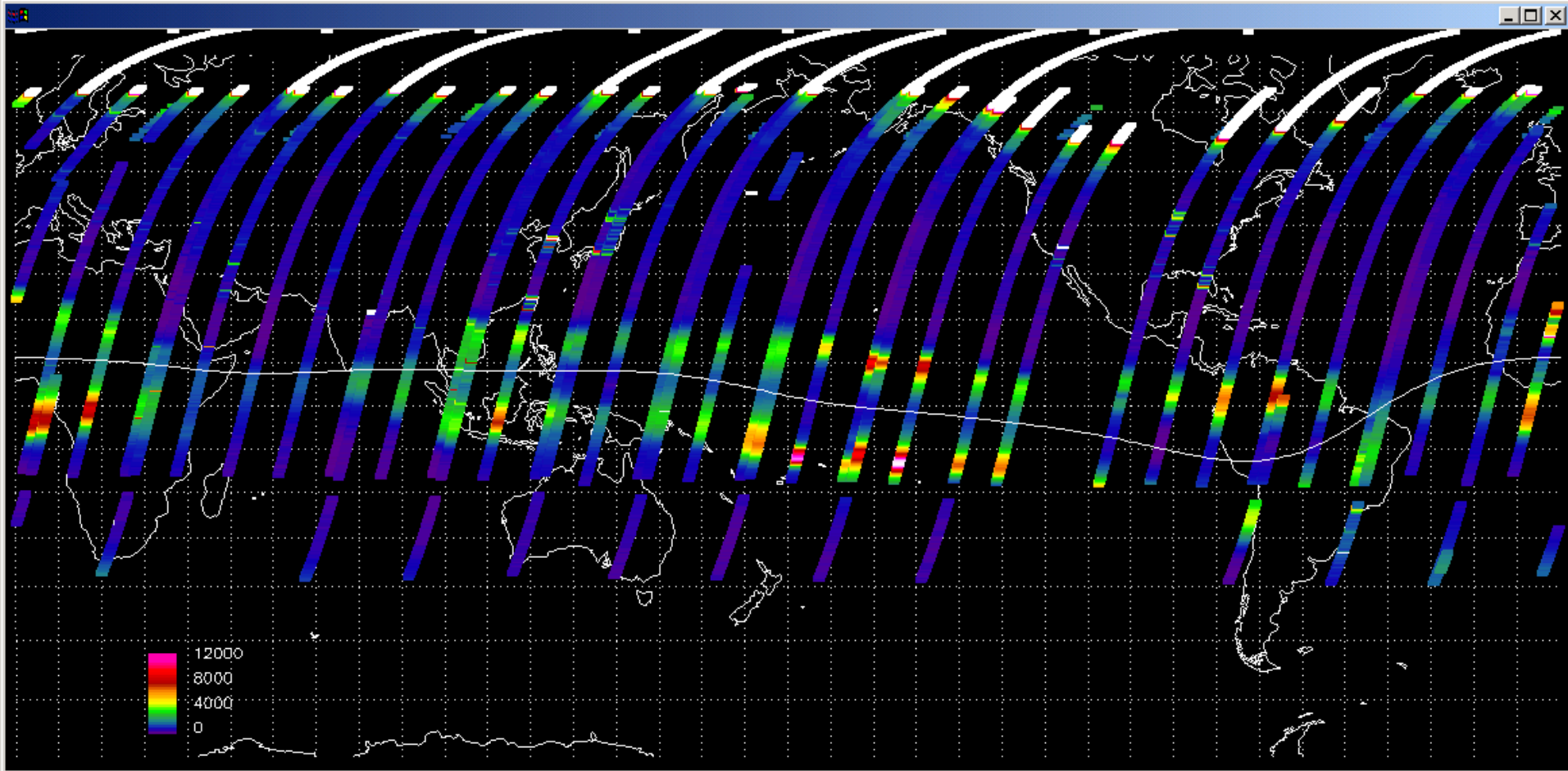
Tiny Ionospheric Photometer (TIP)



TIP 135.6-nm passes 14 Sep 2006

FM1 FM3 FM6

0-24 UT (2100 LT)



Ground based observation

6300, 5577 and 7774A airglow

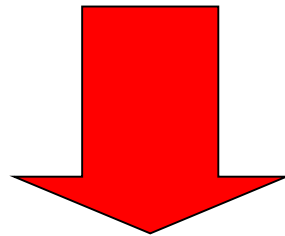
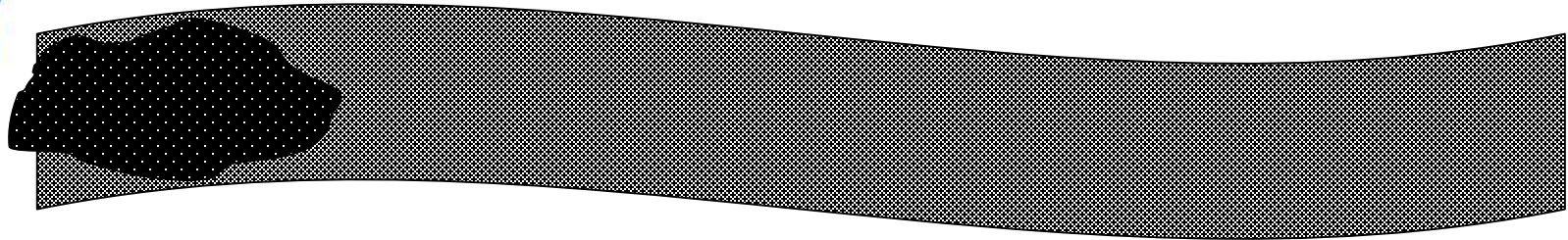
Plasma Depletions



2002 February 15
630.0nm

- Large scale irregularities
- N-S extent of more than 1000 km
- Few 100 km E-W extent (width)
- Generated at the equator
- Move in zonal and vertical directions

Imaging Plasma Depletions



North

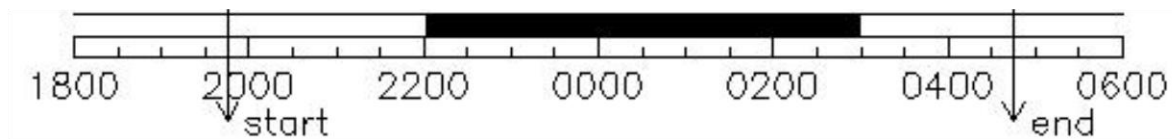
West

East

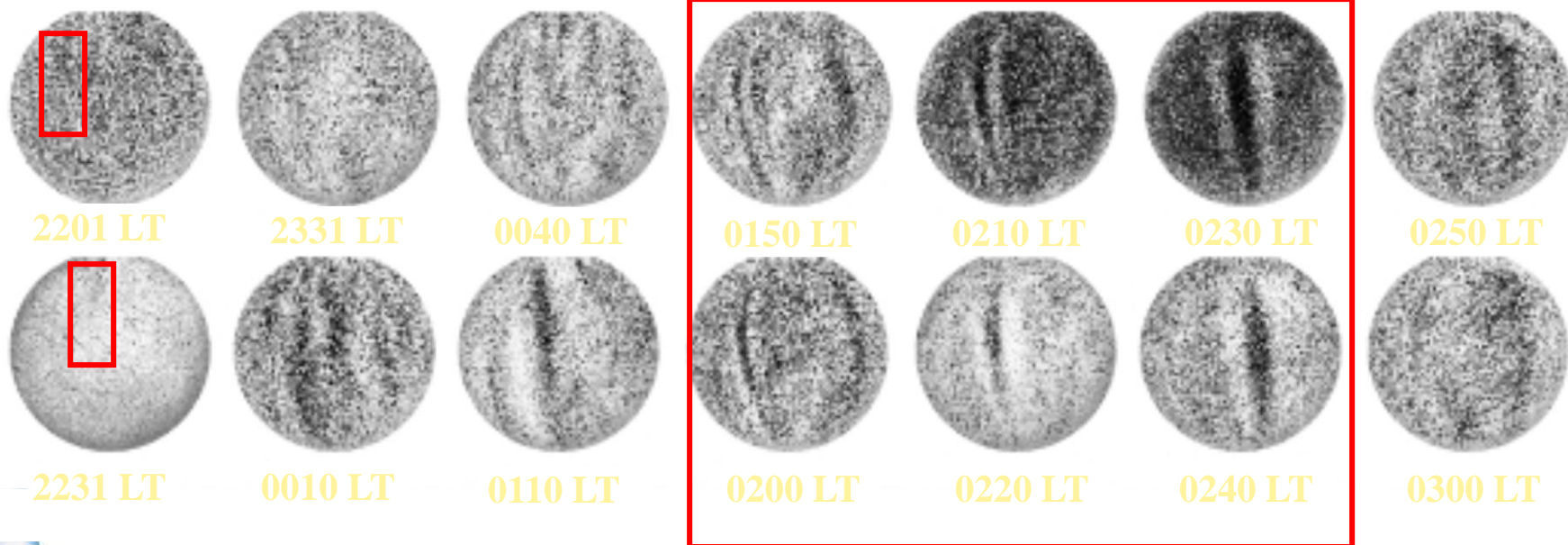
South



Depletions in 557.7 nm



12 March 2002

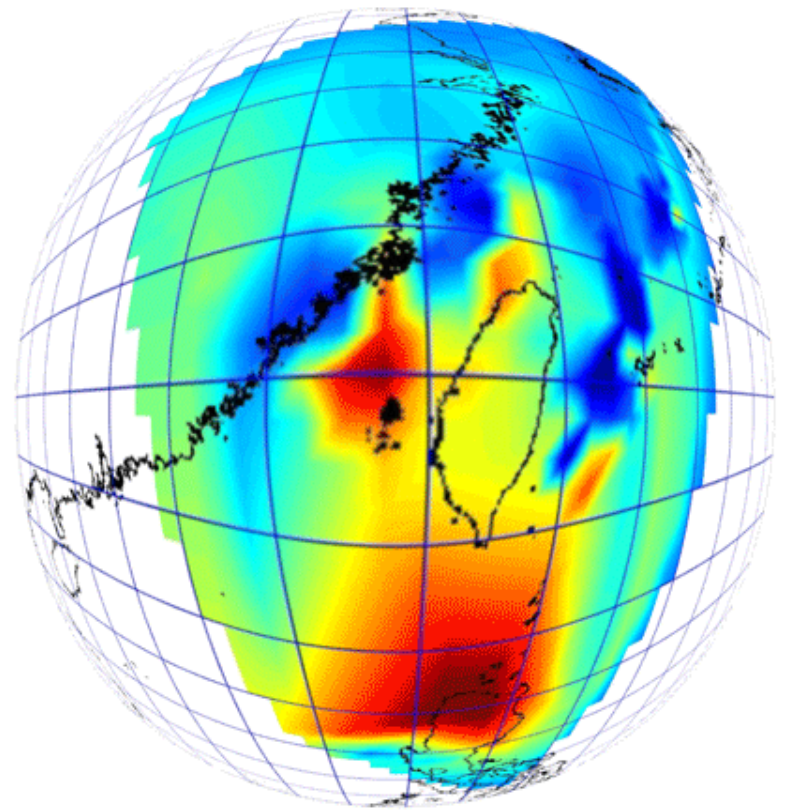
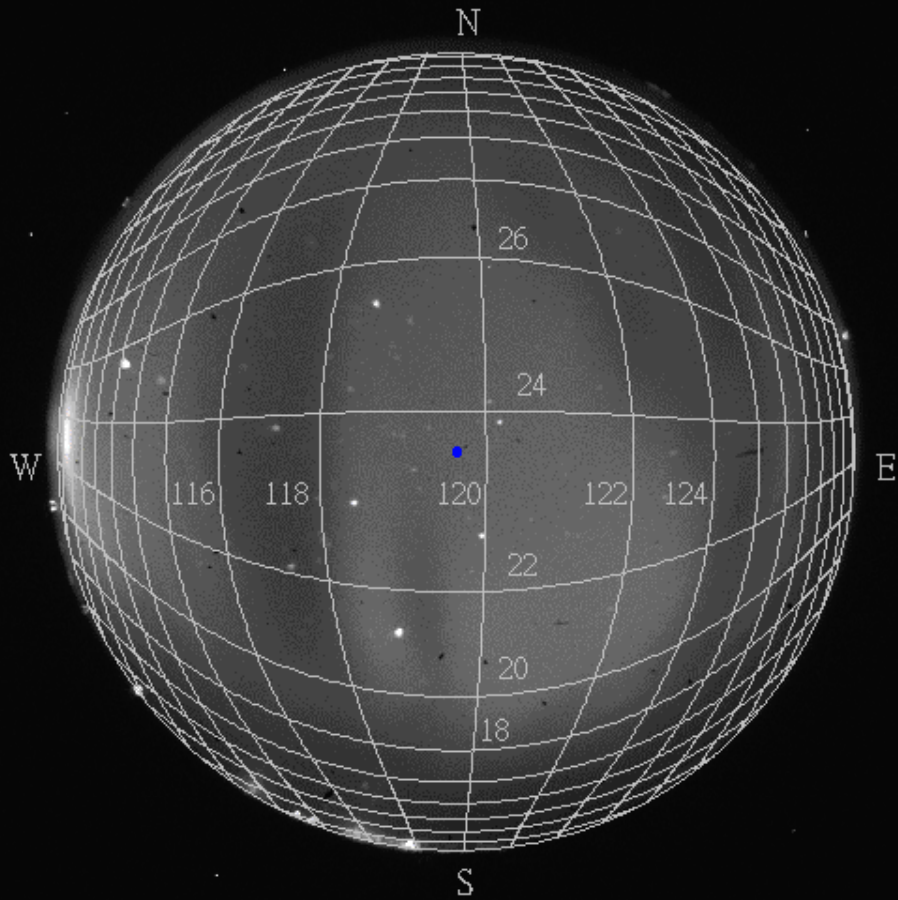


Prominent depletions

East-west width about 70-85 km

Eastward velocity about 55-60 m/s

2000/03/04 20:17:30 LT

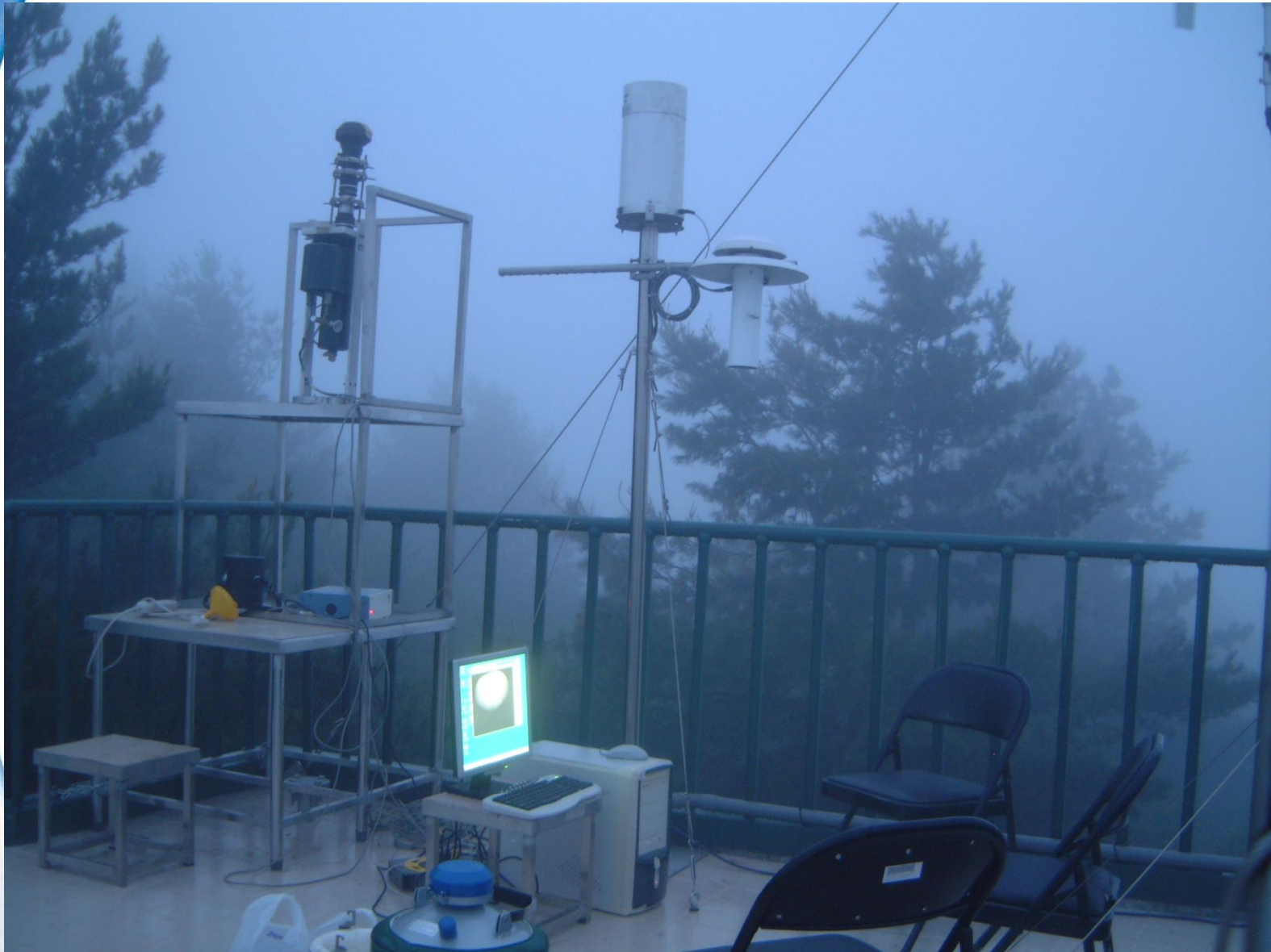


2006-8/12 Airglow Campaign

- Lulin (23.5°N, 120.9°E)

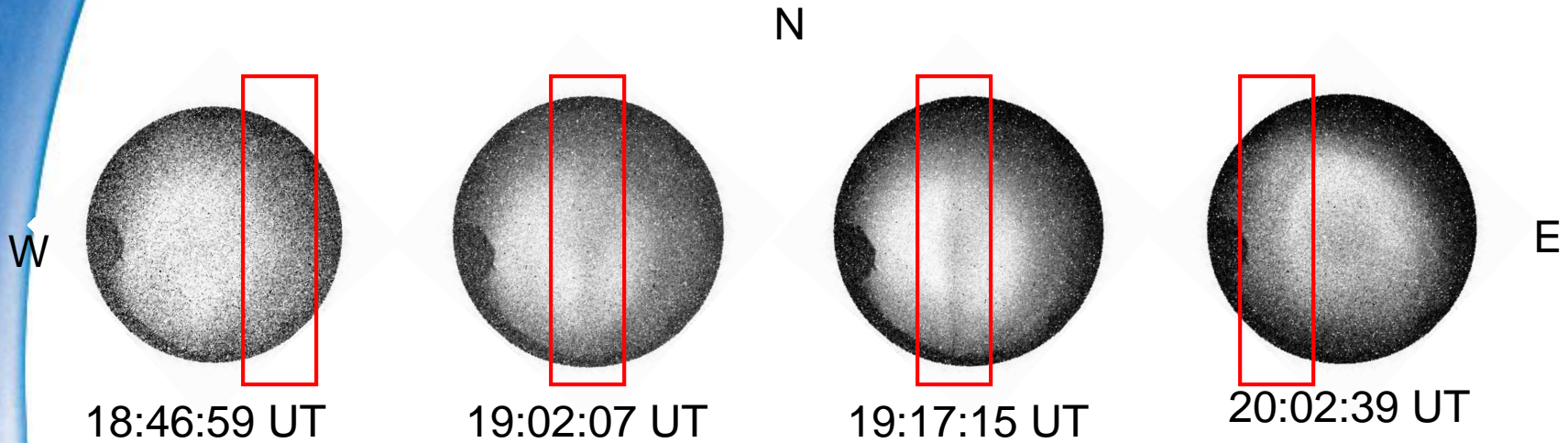


Ground based facility



Westward drifting depletions

22 December 2006
630.0 nm
Exposure: 4 min

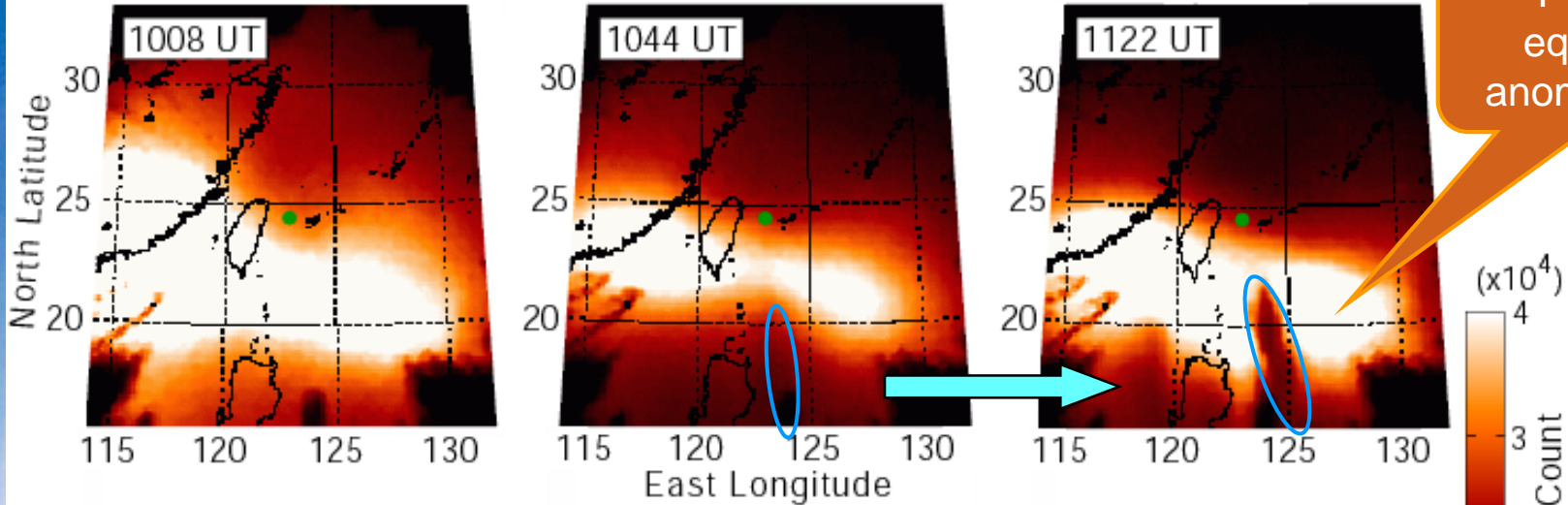


Deletions in general drifts eastwards with ambient plasma drift

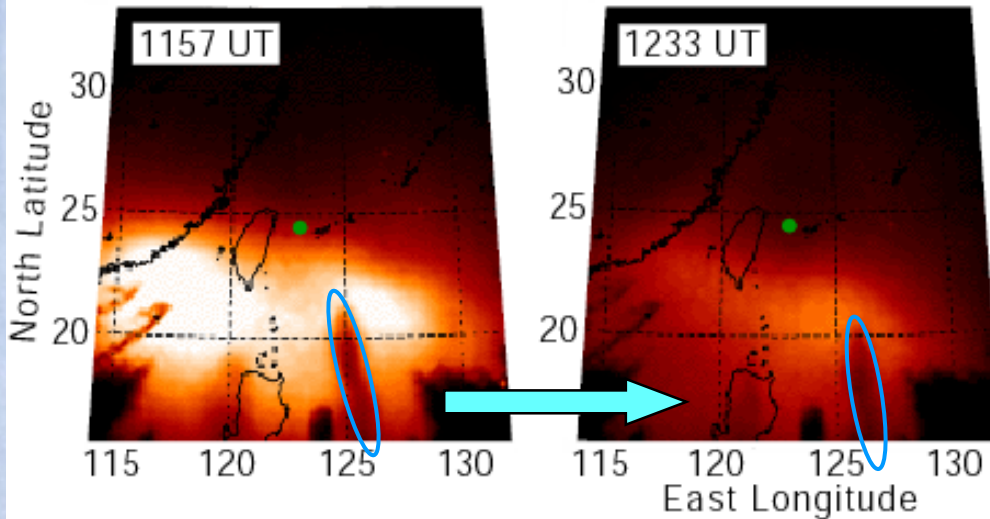
Plasma Bubbles on November 10, 2006

630 nm Yonaguni (24.5°N, 123.0°E)

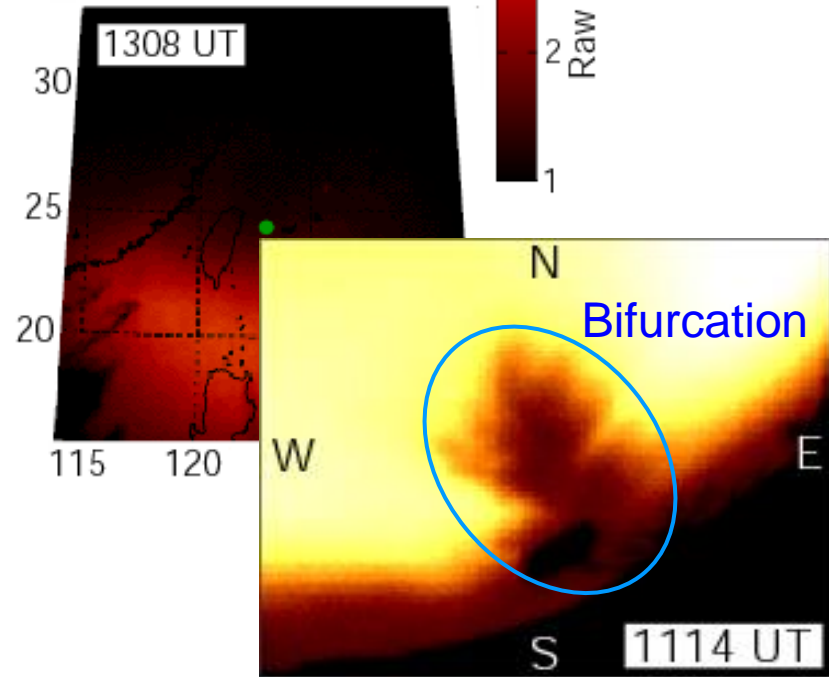
November 10, 2006



F-region equatorial anomaly crest



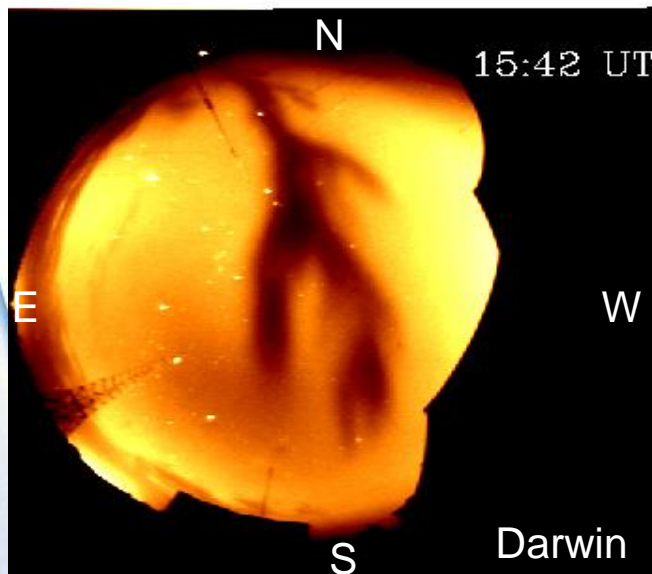
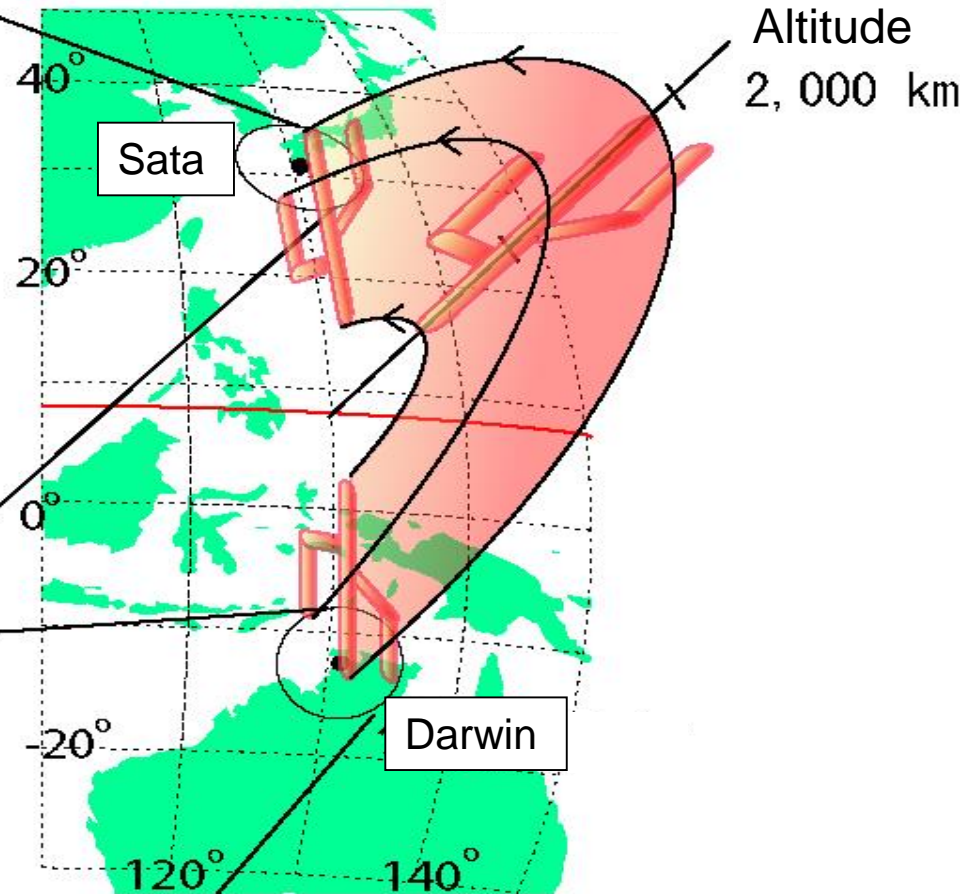
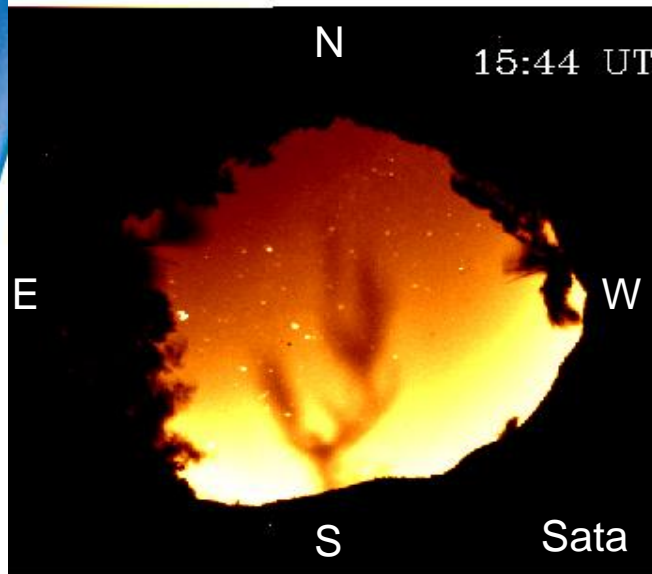
Eastward movement at ~ 100 m/s



Giant Geomagnetic-Conjugate Plasma Bubbles

630-nm All-Sky Image Nov. 12, 2001

(Otsuka et al., 2002)



Both bubble images are quite similar, indicating that bubble structures are elongated along geomagnetic field.

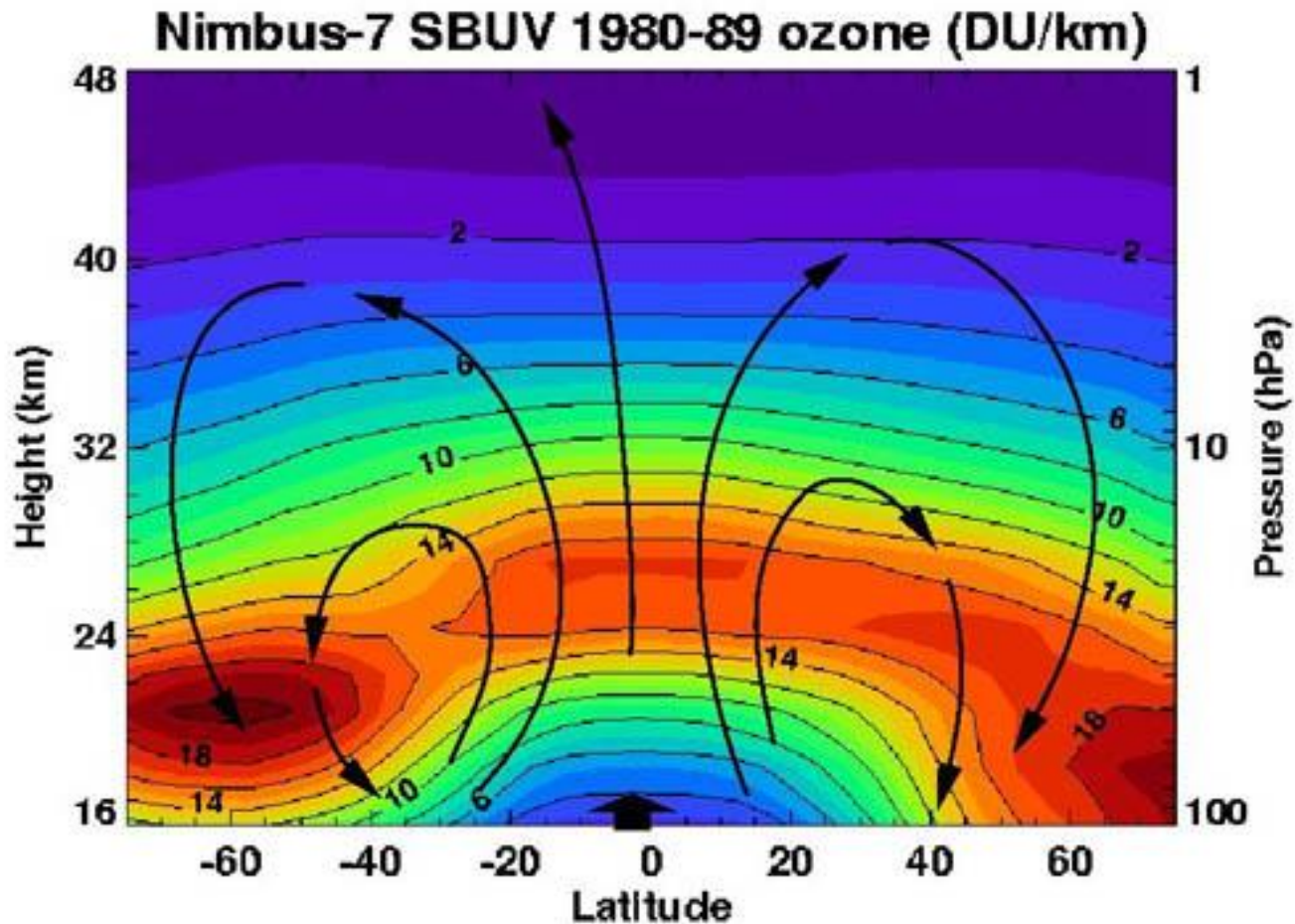


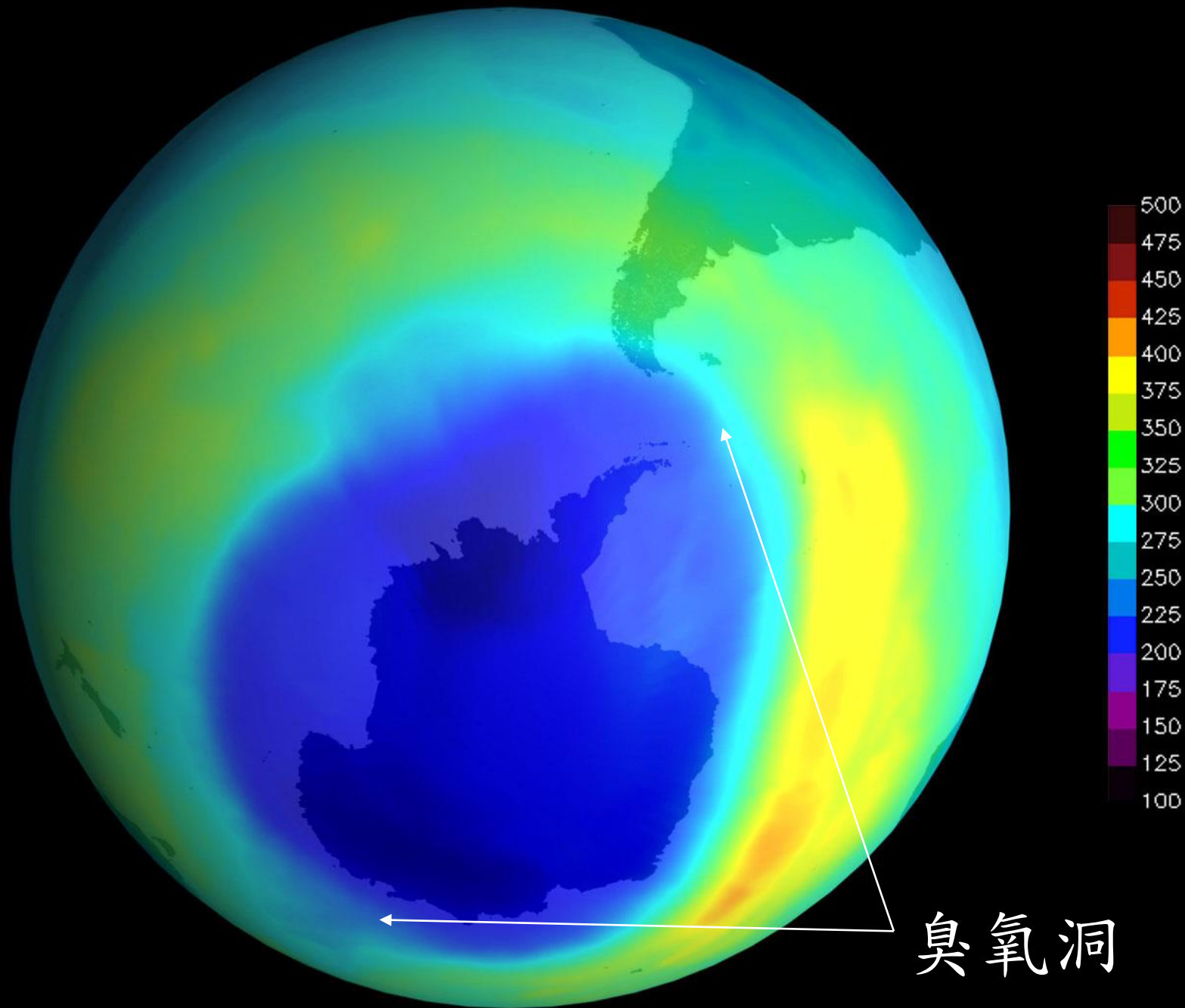
大氣盾:中性大氣層

Copyright 2001 by Akira.Inaka. All Rights Reserved

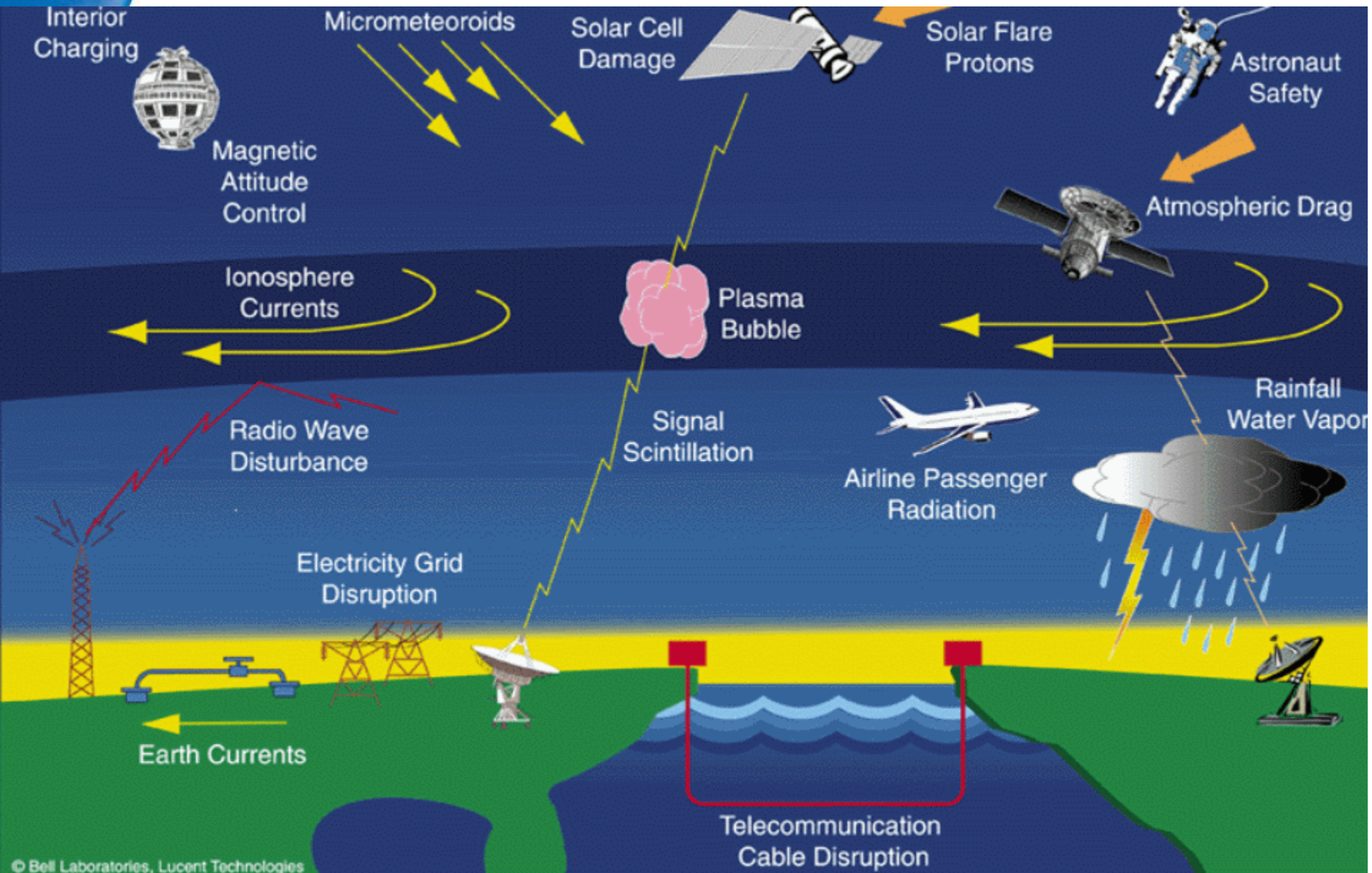
超紫外線盾：臭氧層

- 臭氧層位在平流層，距地表上空15~40公里處，濃度約在2~8 ppm
- $O_3 + \text{ultraviolet light} \rightarrow O + O_2$
- 阻隔紫外線(Ultraviolet)波段：270~400 nm

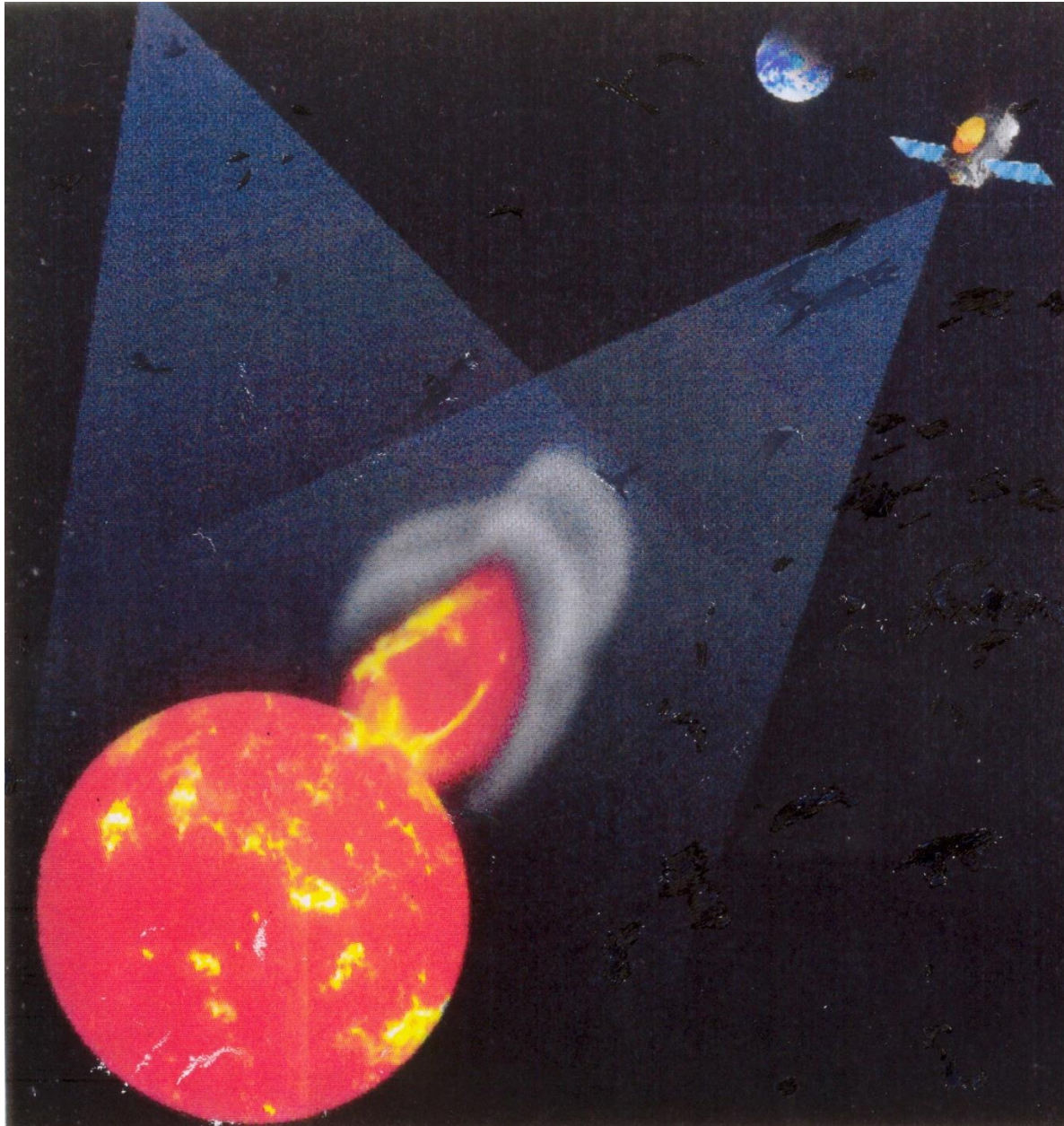




太空天氣與我們



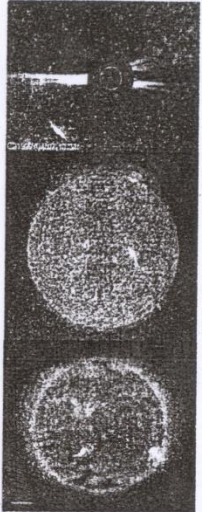
太空天氣:太陽風暴



點八午上天今

太陽磁暴 地球攔截

命生類人及危會不 網力電表地及星衛訊通擾干能可



觀奇宙宇

合聯署空洲歐和署總空大暨空航國美據根
出噴層表陽太，示顯片照的到攝拍星衛的射發
。景奇幻炫個兩了生產並，暴磁的狀輪光
(社聯美、社透路)

美國和加拿大的電力公司表示，他們已經作好準備，防範太陽磁暴的發波可能破壞發電設施和傳輸系統。一九八九年三月十三日發生的太陽磁暴造成最惡劣「太空驚慌」，導致加拿大魁北克電力公司大停擺，美國東北部的高壓電力網也幾乎全部癱瘓。

一九九四年一月，一場帶有幾千萬伏特高壓的太陽磁暴擊中加拿大一枚電視廣播用的主力衛星，毀損這枚衛星的重力輪，導致它在地球軌道飄浮六個月後，專家才把這枚衛星重新修復定位。更前之至少還有三次太陽磁暴造成電力中斷，影響美國和加拿大數以百萬計民眾的生活，分別發生在一九六五年十一月、一九七七年七月和一九九九年三月。

根據太空總署昨晚預測太陽磁暴行徑的資料顯示，如果明晨沒有通過地球，即表示太陽磁暴已經轉向，對地球的影響將微乎其微。太空總署也說，若以太陽龐大的體積相比，本週發生的太陽能量爆發只不過在釋放一個小小的火花。

最近一次太陽磁暴發生在今年一月六日，致使「美國電話暨電報公司」(AT&T)一枚價值兩億美元的通訊衛星(Telstar-401)完全停擺。

不過，根據太空總署的「典型指標」衡量，此次太陽磁暴的規模並不會影響電力網，也不至於干擾一般電台、電話、電視和有線通訊，破壞力最大的太陽磁暴中心也不會直接通過地球。這場磁暴不至於危害在軌道中的太空人，更不會對地球居民造成傷害。

但由於這股太陽磁暴的範圍廣達四千萬八百萬公里，將影響地球外圍的太空環境，並使地表高緯度地區偏南，其極產生強大的極光。



上次它打壞了一顆衛星

預測噴發時間 科學家努力目標

【記者楊維敏台北報導】太陽昨天又出現日冕大噴發現象，美國太空總署太陽觀測計畫合作主持人吳式燦教授指出，近幾次日冕噴發對地球產生明顯影響，雖然不會造成生命傷亡，但對通訊、經濟活動都有很大的影響。至於這一次噴發會有什麼影響，科學家正在密切觀察之中。

日冕噴發現象是指其粒子突然向外射出，形成磁暴，發生的週期大約與太陽黑子高峯期相同，每十一年左右會有一次大噴發，但在平時，因太陽活動程度不同，也會有規模大小不定的噴發。

鑑於近年幾次日冕噴發對地球通訊造成極大的影響，美國與歐洲的太空總署攜手合作，於一九九五年展開太陽觀測計畫(SOHO)，昨天的外電報導即是根據美國太空總署這項觀測計畫的結果所發布。吳式燦教授正是這項

計畫的合作主持人，他目前接受中央大學邀請，正在中大進行客座演講。

他說日冕噴發是一種大型的太陽表面活動，由於會產生以百萬噸計的帶電粒子噴出，對地球最直接的影響就是干擾通訊。例如，一九八二年雷根總統赴北京訪問，飛行途中正好遇到這些粒子的干擾，以致機上通訊中斷卅分鐘之久。去年在挪威舉行的冬季奧運會也碰上日冕噴發，結果日本的一顆通訊衛星也中斷通訊。

最嚴重的一次是今年一月間的一次噴發，由於那次的噴發方向正對地球，所形成的磁暴打壞了一顆AT&T的通訊衛星。

吳式燦教授指出，日冕噴發不會造成生命傷亡，但鑑於它對通訊的影響太大，美歐太空總署才決定展開SOHO計畫。初期的目標是希望可以預測日冕噴發時間與規模，以採取適當的應對措施，降低可能的影響。

人造衛星 電離層暴

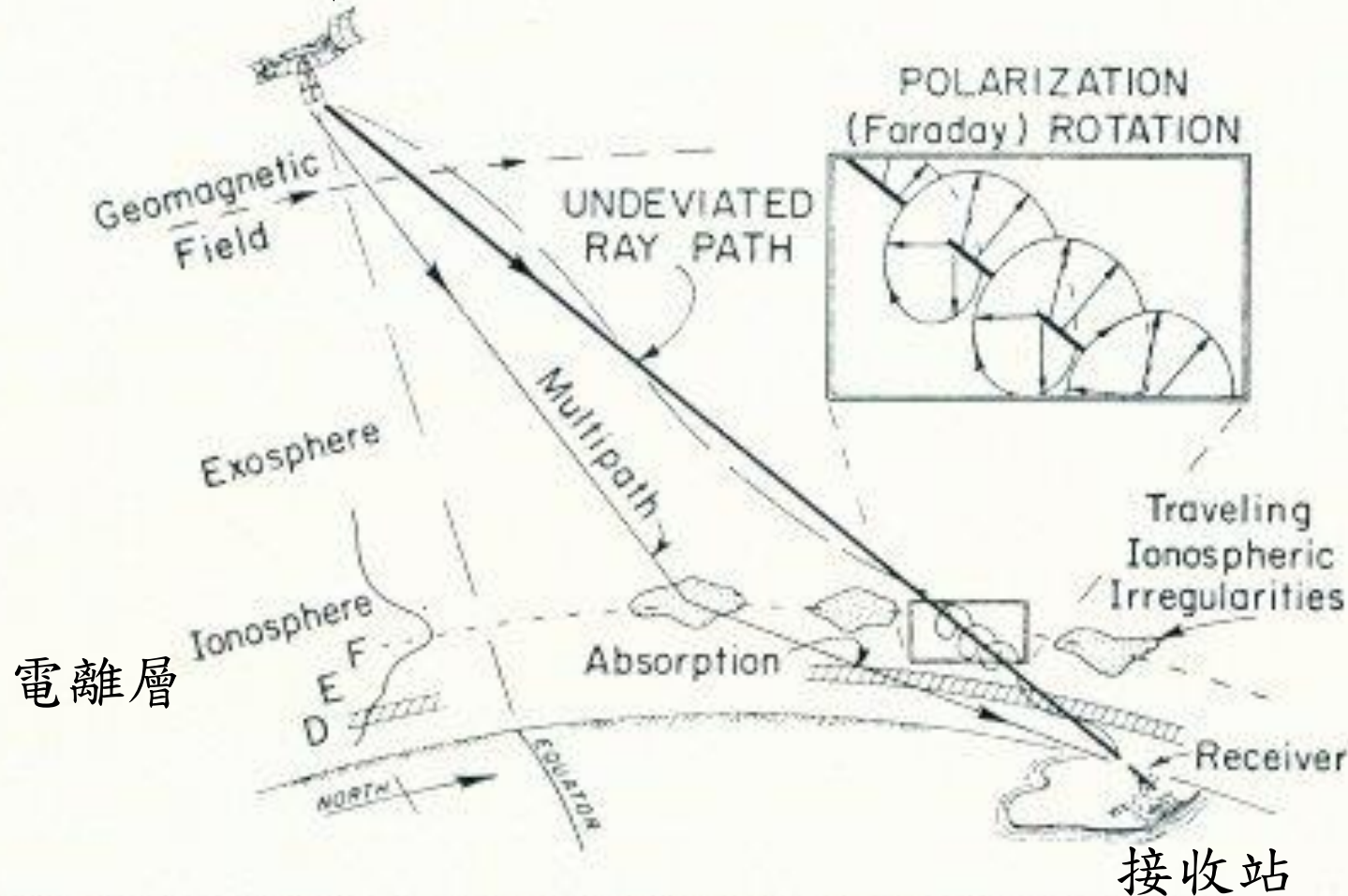


Fig. 8.15 Major ionospheric propagation effects on satellite-to-ground links
These include Faraday rotation of the electric field, group delay, scattering and multipath caused by irregularities, phase and amplitude fluctuations caused by traveling ionospheric disturbances, and absorption in the D region

太陽風暴對人類之影響

When CME's impact Earth



Click on image to play video

Radiation danger for astronauts



Click on image to play video
Spacecraft malfunctions



Click on image to play video
Power system damage
(a fried transformer)

卡靈頓事件

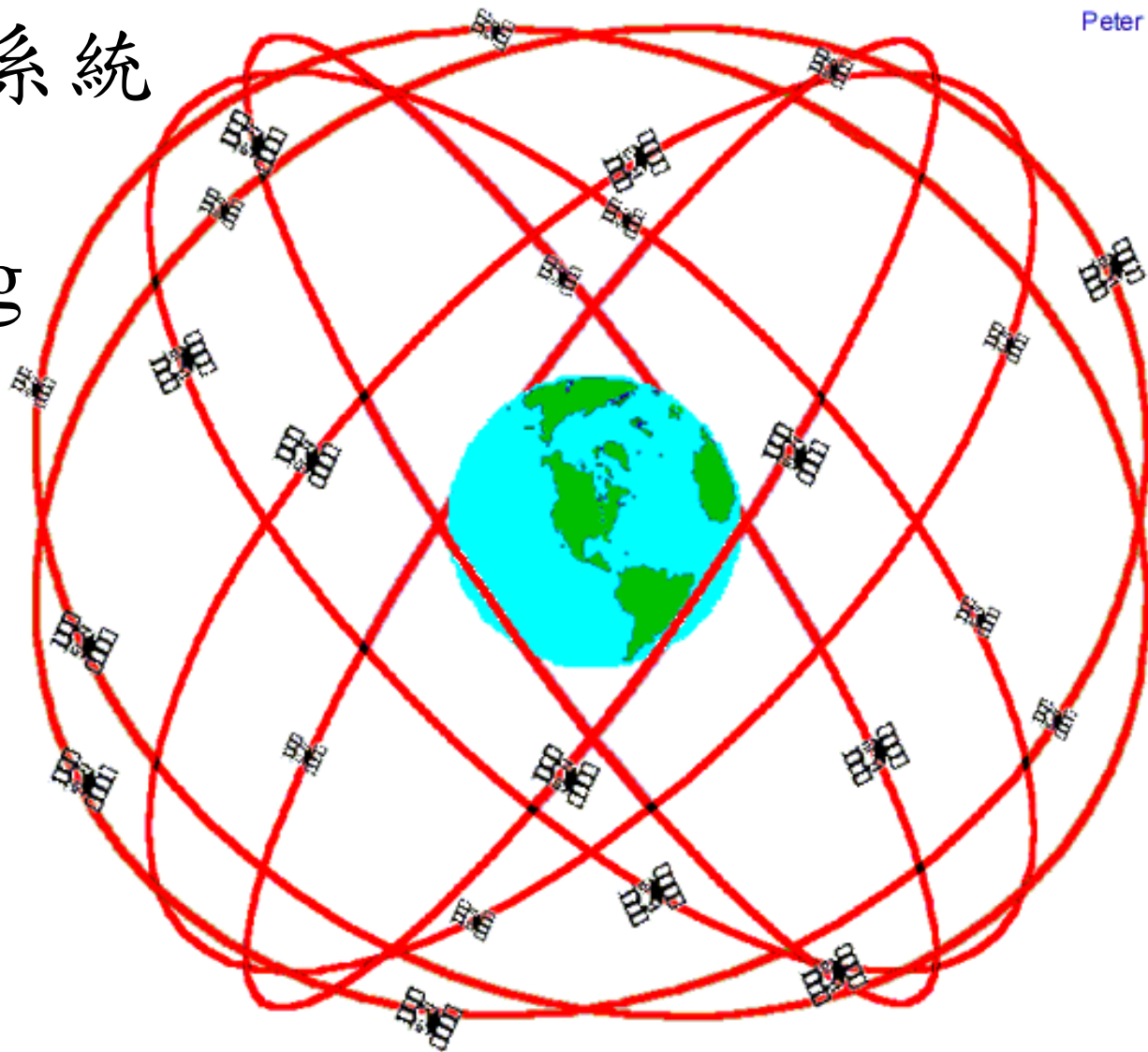
1895

08/28-09/04 Communication
disruptions



Navigational problems

全球定位系統 Global Positioning System



GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

我們未來的家

