

國立清華大學 Physics Colloquium

中華衛星 科學任務

李羅權

國家實驗研究院

國家太空計畫室

2004年04月07日

(1) 太空時代 (Space Age)

太空科學

(2) 中華衛星科學任務

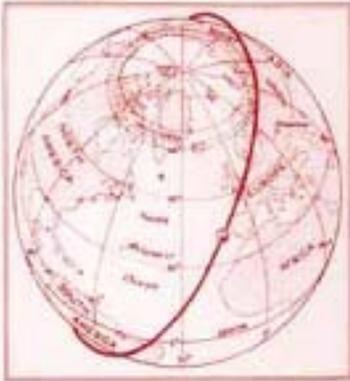
太空時代的來臨-第一顆人造衛星

Sputnik 1 (USSR)

1957/10/8 發射

重量 84kg

繞行時間 21天



第一位太空人 – Yuri Gagarin(加加林)

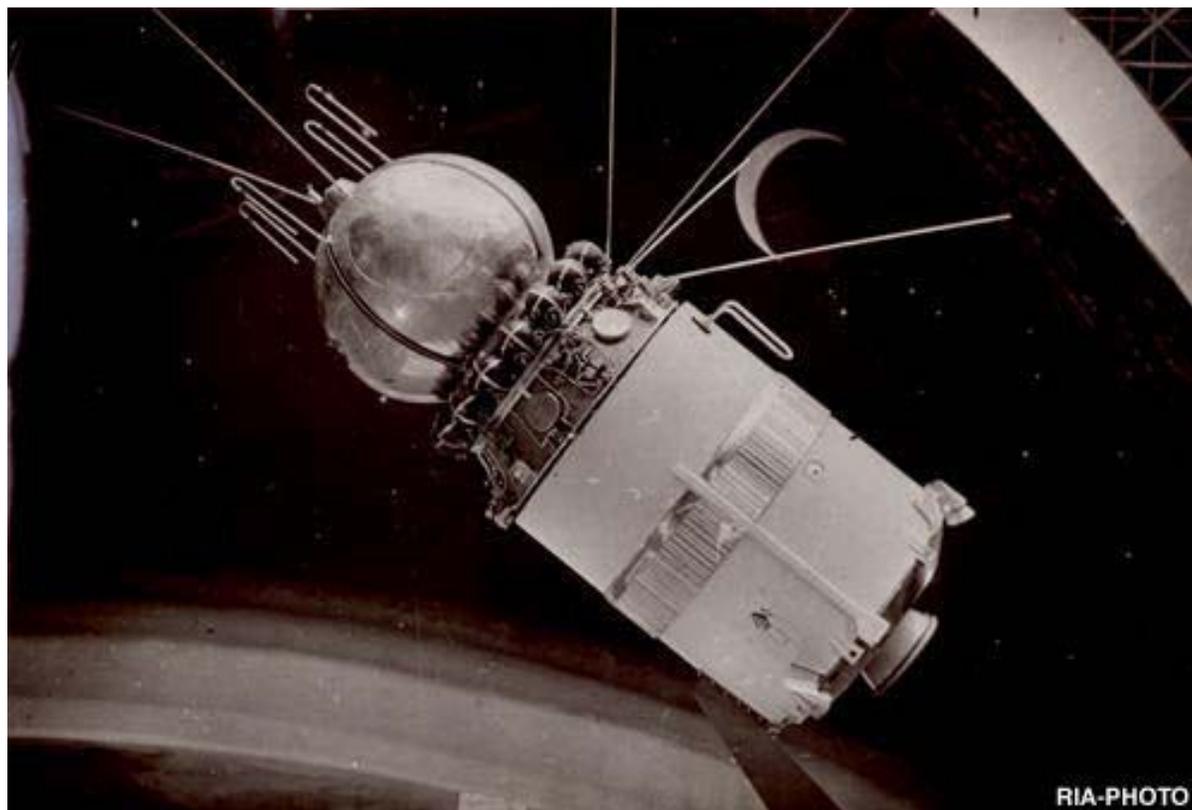
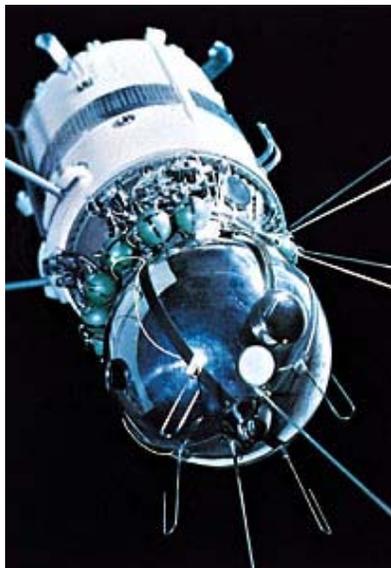


GAGARIN Yuri

Vostok 1 (USSR) 1961/4/12 發射

重量 4700Kg

繞行時間 1小時48分



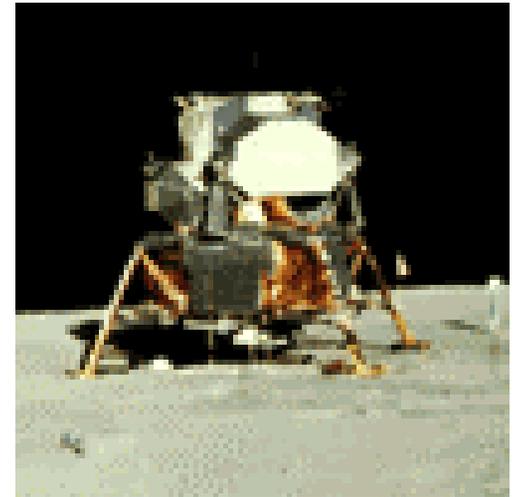
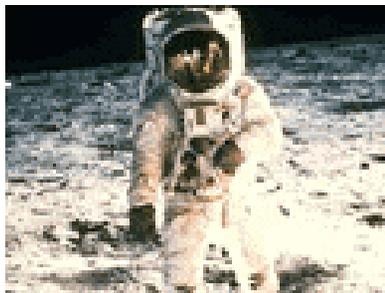
**"That's one small step for a man,
one giant leap for mankind."** by Neil Armstrong



Apollo 11 (USA) 1969/7/16 發射

指揮艙重量 5,900 Kg

任務時間 195小時18分



COSMOS

Information. New technologies

Космос. Информация. Новые технологии

Chen Shui-bian "Greetings from Taiwan"

page 2-5

Lin Hsin-i "The economic miracle: Progress in Taiwan"

page 8-13

Shieh Ching-jyh "New Heights in Technology: Taiwan's Aeronautics Program"

page 28-31

К ЗВЕЗДАМ: космическая программа Тайваня



Ли Ло-цюань

Директор Управления национальных космических программ Китайской Республики

длинами для исследования плазмы и электродинамиче-
ской ионосферы (ЮСПИИ). Спутник расположен на орбите
высотой 600 км с углом наклона 25 градусов и пери-
одом обращения 97 минут. Вес РОКСАТ-1 составляет
402 кг. Предполагается, что время активного существова-
ния РОКСАТ-1 составит год не менее двух лет.

Спутник "РОКСАТ-1" был разработан, изготовлен и
поставлен Тайваньской компанией "ТНПК" (США) в сотрудни-
честве с контрактом, подписанным в июне 1994 года. 28
инженеров были направлены УНКО в ТНПК для участия в
разработке, изготовлении, сборке, проверке и испыта-
нии космического аппарата.

В мае 1997 года космический аппарат "РОКСАТ-1"
был доставлен из США на тайваньский сборочно-испы-
тательный полигон. К концу сентября 1998 года инже-
неры УНКО успешно завершили процесс системной
интеграции и провели окончательные испытания связи
между спутником и наземными системами. 25 января
1999 года был осуществлен успешный выход РОКСАТ-1
на расчетную орбиту в мысе Канаверал (США) ракетой-носителем "Ариан-3".
Через два месяца после запуска научная информа-
ция, собранная аппаратом, выводится в два на трех
кратях более высокой нагрузке, была передана с ко-
смического аппарата на наземную станцию и стала до-
ступной для научной обработки. В настоящее время в ме-
ждународных научных журналах опубликовано более двух-
дцать статей, основанных на телеметрической информа-
ции спутника "РОКСАТ-1".

1. Введение

В сентябре 1991 года была основана

Управление национальных космических программ (УНКО), целью которого стало осуществление Пятидвухлетнего плана в области национальных космических деятельностей - плана космических исследований, разработанного Государственным комитетом по науке.

В основе Плана лежат исследовательские проекты в области искусственных спутников Земли и ее приращения для космических исследований. УНКО сотрудничает со многими странами и международ-

ными организациями в области раз-

работки компонентов спутников и технологий их производства.

2. Спутниковые программы

2.1. РОКСАТ-1

РОКСАТ-1 представляет собой

независительный космический а-

ппарат, несущий три комплекта э-

кспериментального оборудования: формераторы целевых сигналов

исследования зон тропика (ФЦЗЗЗ) и

полосную нагрузку, состоящую из

лазерных измерительных средств связи (ЛНЗС) и измерительного обо-

ру-

д-

д-

д-

д-

д-

д-

2.2. РОКСАТ-2

Аппаратура, составляющая полезную нагрузку на борту РОКСАТ-2, будет осуществлять в научные теле-

трансы дистанционные измерения параметров окружающей среды Тайваня и прилегающей к нему территории. Результа-

ты дистанционного зондирования будут использо-

ваны для проведения исследований в области сельского хозяйства, для предотвращения природных катастроф, для защиты окружающей среды и земледельческим.

РОКСАТ-2, весовой около 700 кг, будет работать на ракетно-носительной орбите с высотой 801 км. Срок его активного существования составит не менее пяти лет. Запуск РОКСАТ-2 намечен на третий квартал 2003 года.

Программа "РОКСАТ-2" осуществляется УНКО совместно с компанией "Ариан" (Франция). В программе опытно-конструкторские работы с тайваньской стороны принимают участие двадцать инженеров УНКО. Для наблюдения за "ядриной спутника" и спичечным в течение срока атмосферной разработана система "ISUAL".

2.3. РОКСАТ-3

Программа "РОКСАТ-3 КОСМВК" (Комплексная система наблюдения для целей метеорологии, исследова-

ний ионосферы и атмосферы) является международным проектом, осуществляемым УНКО (Тайвань) и USAF (Университетские объекты атмосферных исследований) США. Задачей программы является изучение связи верхнего слоя атмосферы для сбора сигналов, содержащих под воздействием атмосферы, для целей прогнозирования погоды, а также исследования ионосферы, климата и температуры.

Специальный персонал собирает оборудование для спутника РОКСАТ-1. Спутник был запущен на орбиту 25 января 1999 года. Фото: Национальное управление космических программ Тайваня. Спутник был запущен ракетой-носителем "Ариан-3" с мыса Канаверал, штат Флорида, США. Фото: Национальное управление космических программ Тайваня. Спутник был запущен ракетой-носителем "Ариан-3" с мыса Канаверал, штат Флорида, США. Фото: Национальное управление космических программ Тайваня. Спутник был запущен ракетой-носителем "Ариан-3" с мыса Канаверал, штат Флорида, США. Фото: Национальное управление космических программ Тайваня.

太空科學

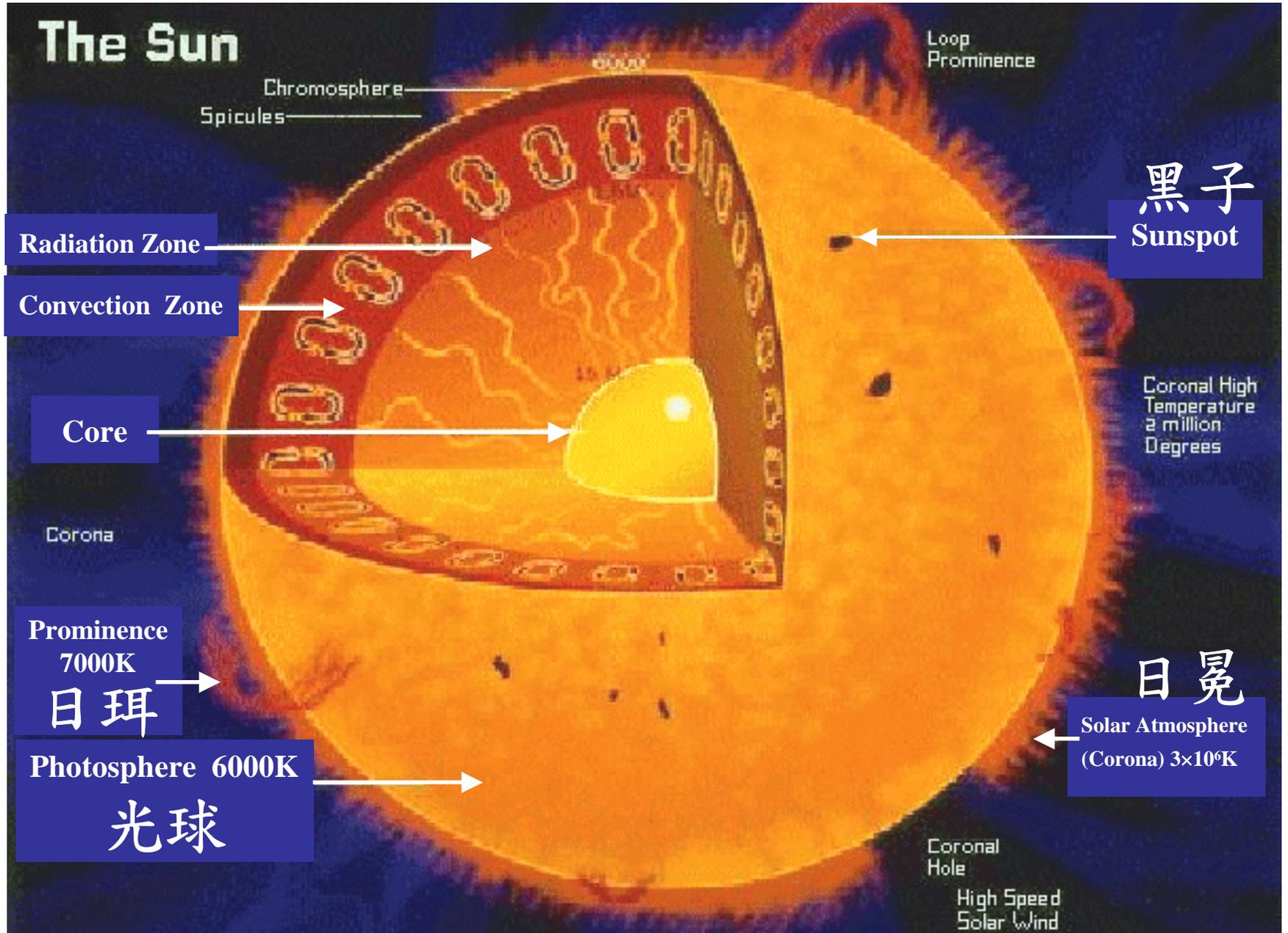
■ 狹義太空科學：

研究日地系統—太陽、行星際空間、行星、地球磁層、日地關係等。

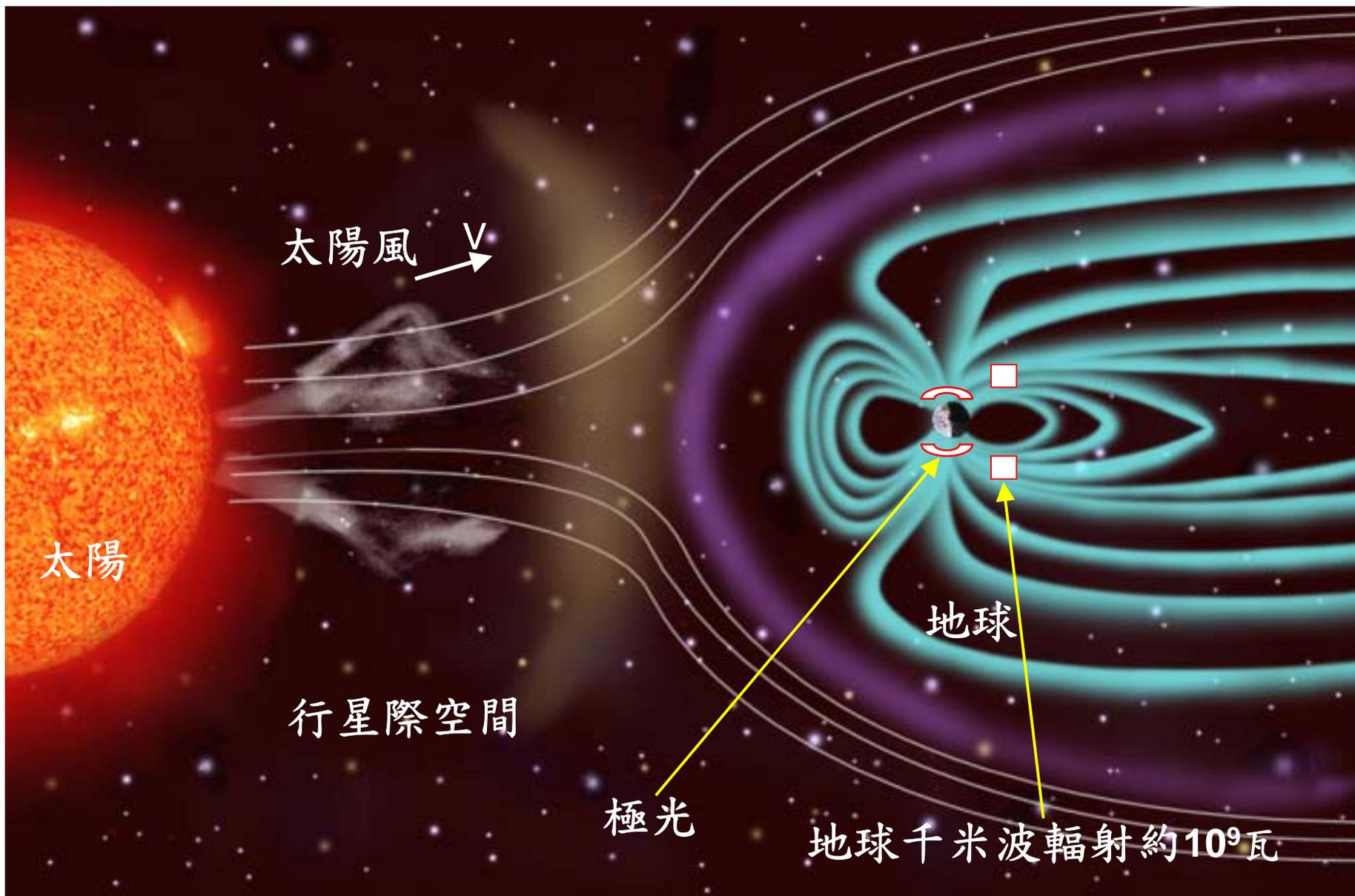
■ 廣義太空科學：

利用人造衛星觀測、實驗的各個研究領域，包含：天文(哈伯望遠鏡、X-ray、Gamma-ray 等)、大氣、海洋、地球科學等。

太陽結構



日地系統



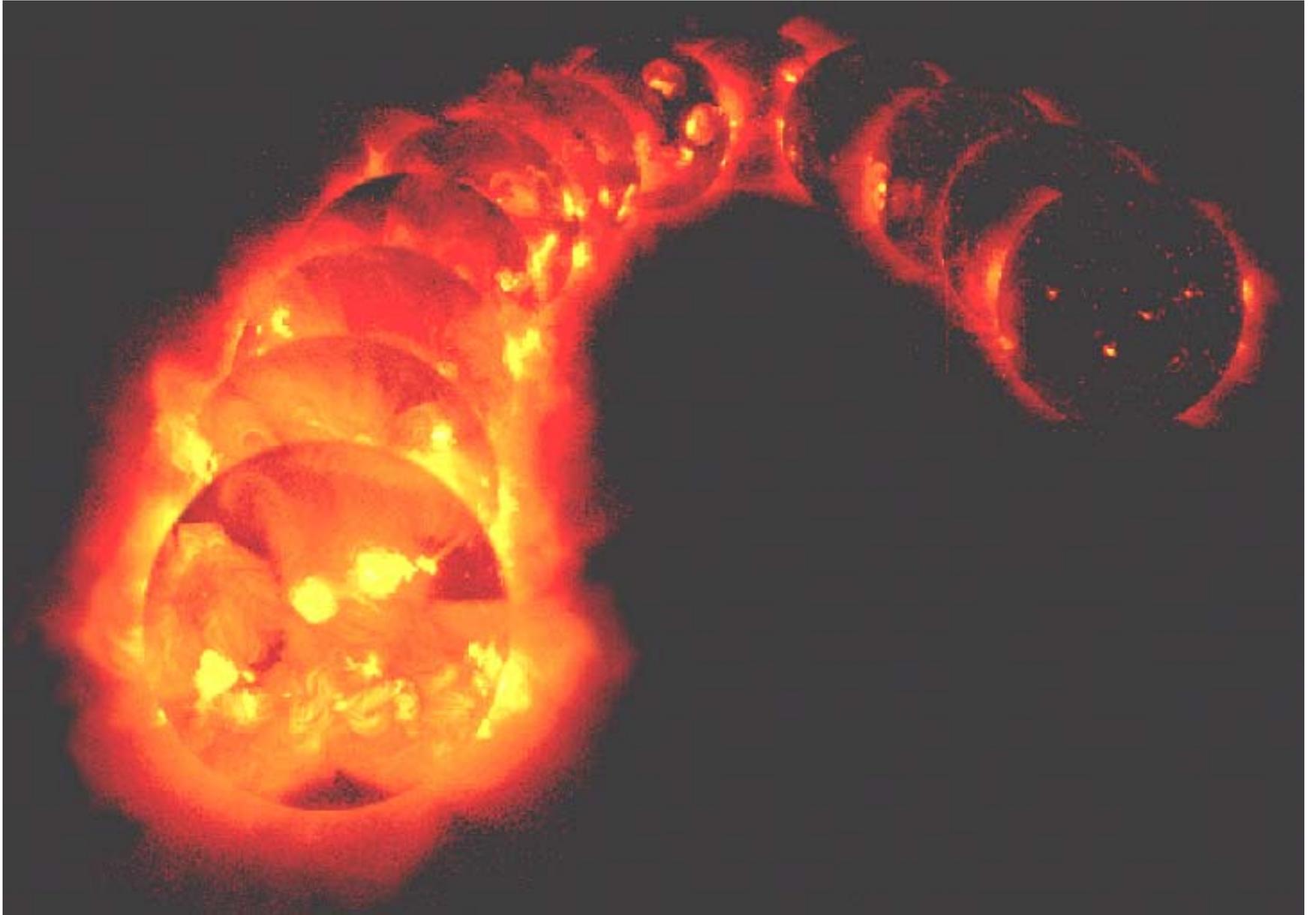
太陽黑子(可見光)



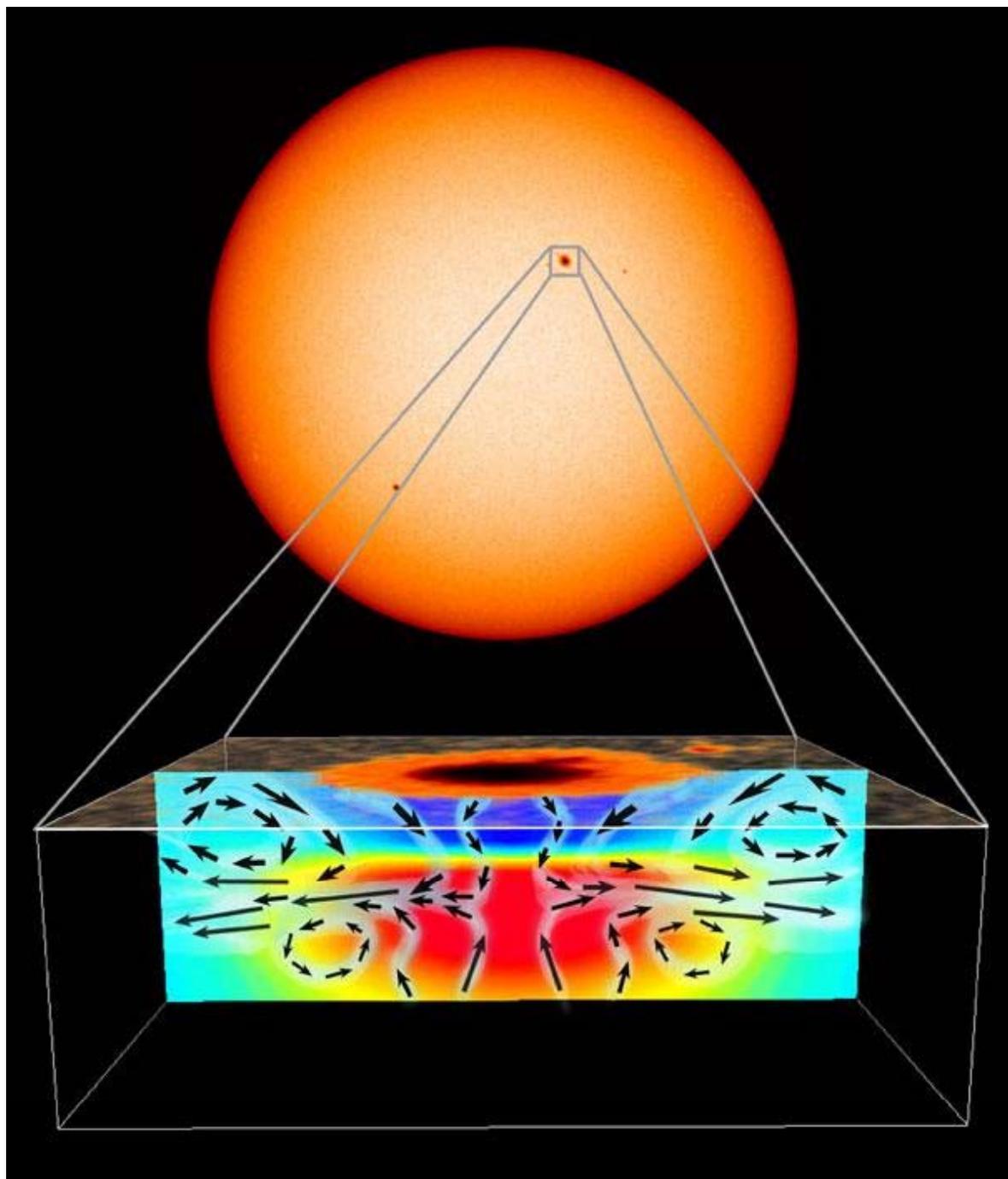
磁場強

溫度4000K

X光照相 太陽活動週期為11年



黑子內部對流結構



SOHO衛星觀測到的太陽活動



極光(Aurora)



極光：天上的油畫



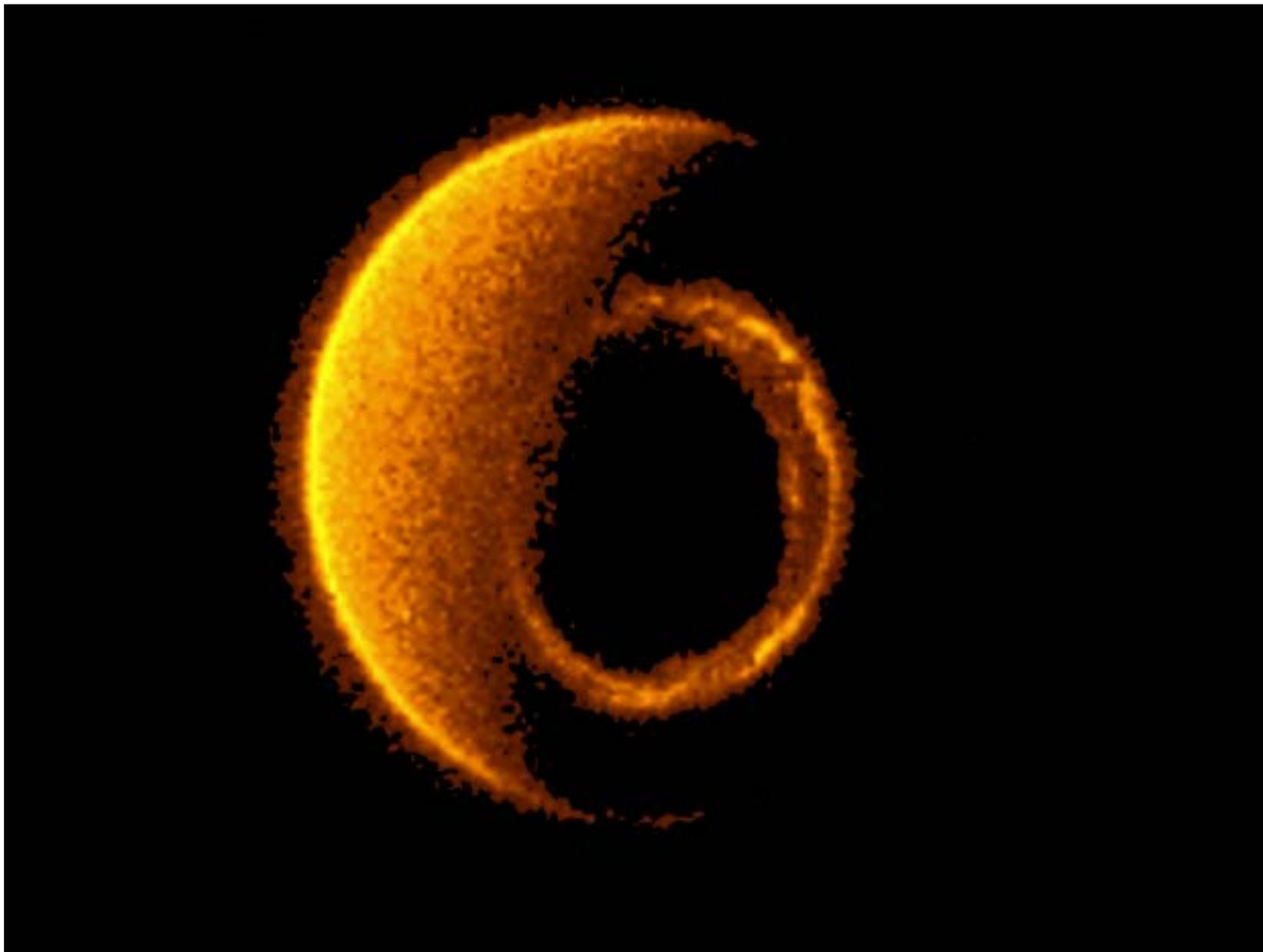
雪地上的極光



極光與彗星



極光圈：人造衛星照極光(光譜線)



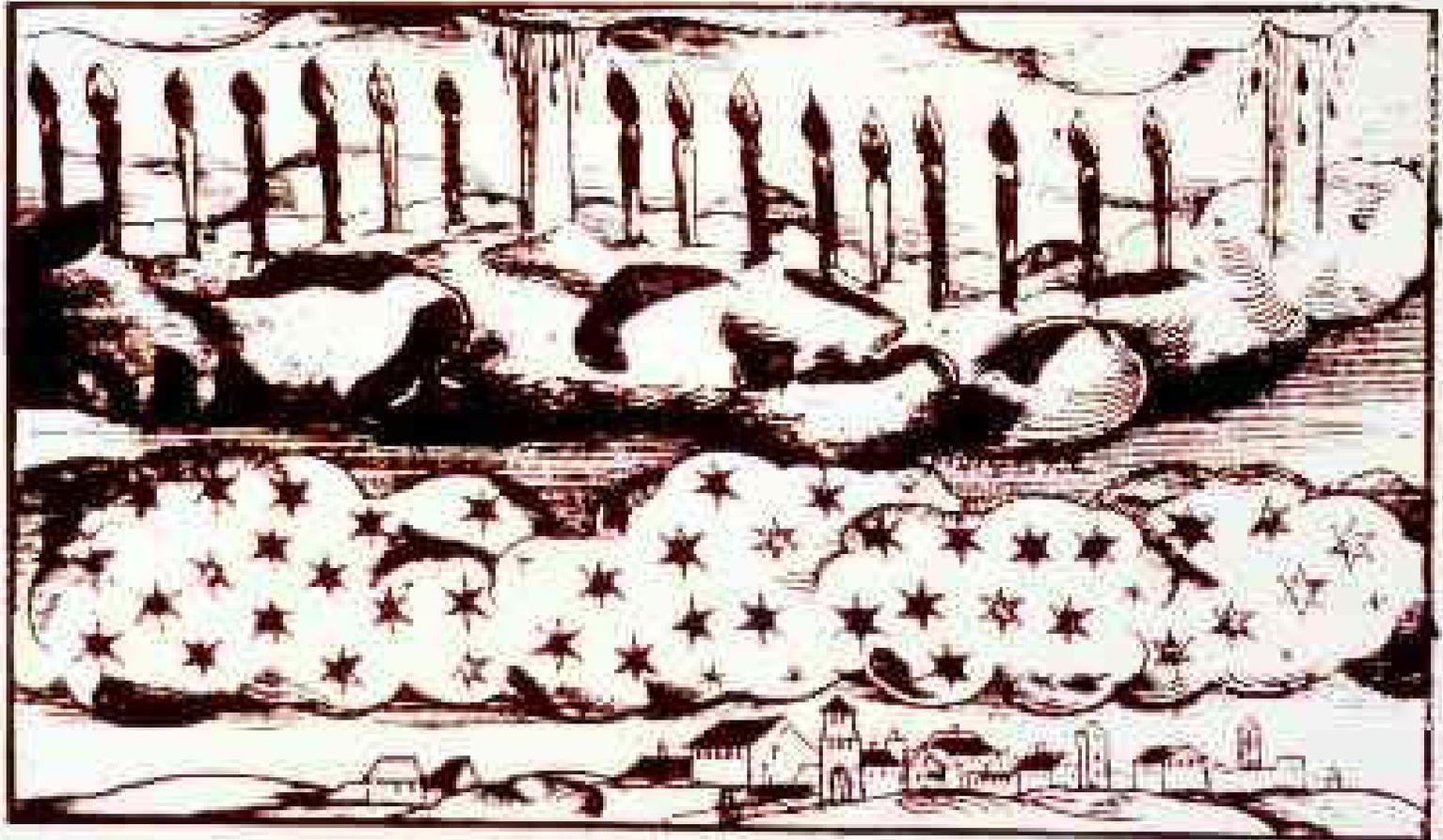
天上燭光晚宴?

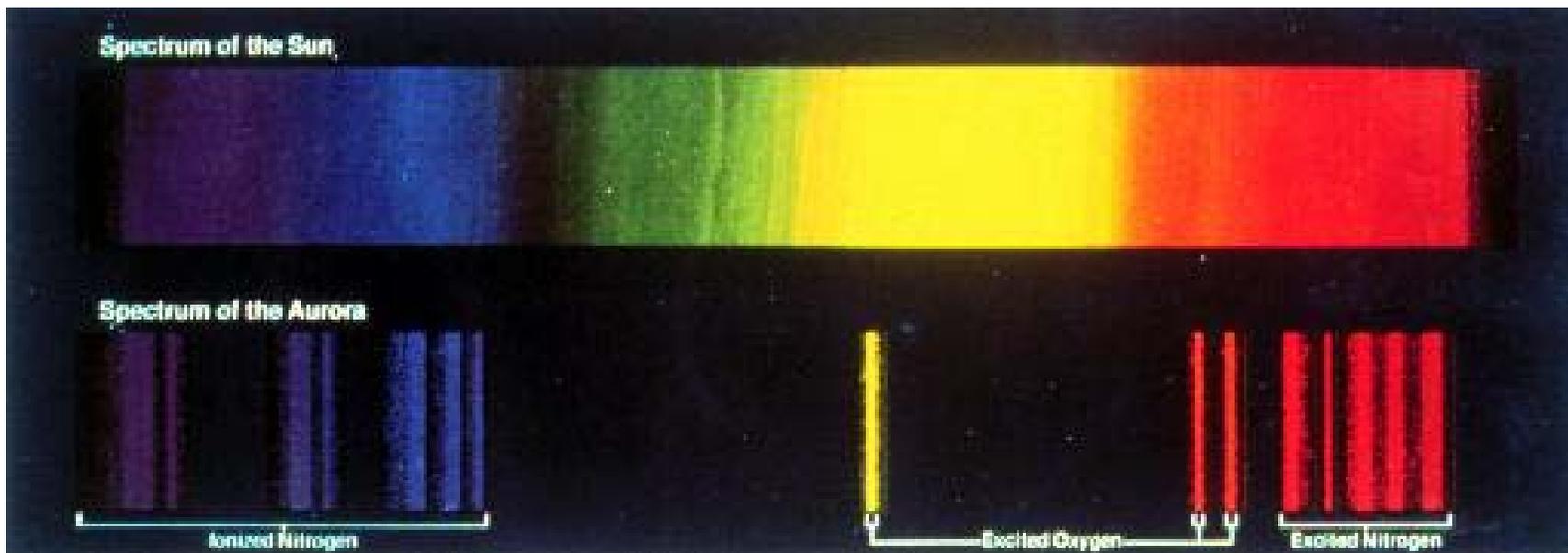
Ein unerhörtes Wunderzeichen welches ist, gesehen worden

auff Rattendera in der Kron Deßem, auch jensu in andern Stätten und Flecken herum!

den 12. Januarij vier Stand in die Nacht, und geschiet biß nach 4. Tim der Wölehen

Deo Gloria sicuti est in diesem Jahr 1622





上：太陽光譜（連續）

下：極光光譜（光譜線）

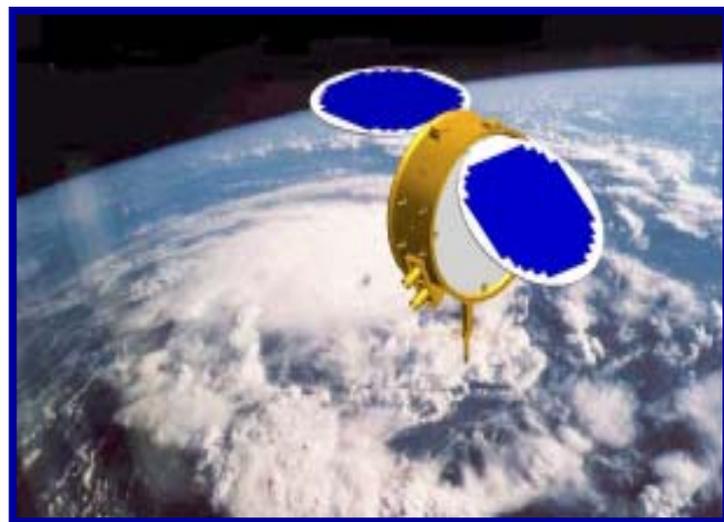
極光形成：電子碰撞氮、氧分子而發光，如霓虹燈

中華衛星計畫簡介

■ 第一期計畫任務成果

- ◆ 建置太空科技運作體系及基礎設施
- ◆ 研製三枚科技衛星
- ◆ 建立自主發展衛星能力
- ◆ 執行尖端太空科學研究

■ 中華衛星科學任務



第一期太空科技計畫任務成果

■ 建置太空科技運作體系及基礎設施

■ 運作體系

- ◆ 國家太空計畫室：整合中心
- ◆ 產業界：衛星元件設計與製造
次系統設計發展
- ◆ 學術界：尖端性及突破性科學實驗
酬載儀器研發
- ◆ 研究單位：關鍵衛星組件開發

■ 基礎設施

- ◆ 廠房設施
- ◆ 地面系統
- ◆ 專業實驗室



熱真空測試



地面操作中心

五大測試設備



電磁干擾與相容設備



太空計畫室廠房



質量特性量測設備



振動測試設備

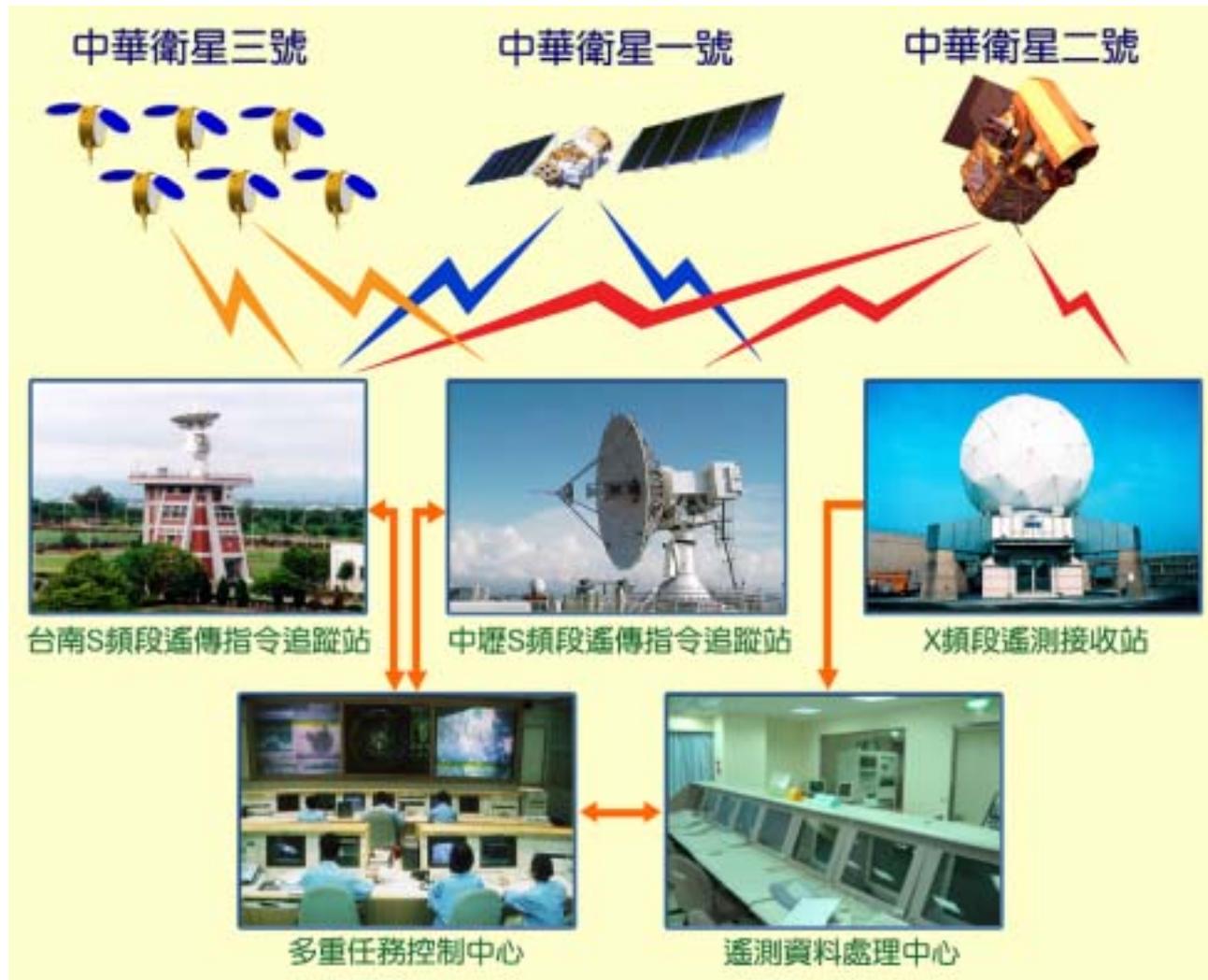


熱真空測試設備



音振艙測試設備

衛星地面系統



研製三枚科技衛星

- 華衛一號為一枚科學任務衛星，已於**1999年1月27日**成功發射，並完成四年半任務操作，超出任務目標，目前仍運作正常。
- 華衛二號為一枚高解析度光學遙測衛星，同時觀測高空向上閃電。已完成整合測試，將於**2004年4月**發射。
- 華衛三號主要任務為佈署六枚微衛星，建立全球大氣量測網，預定於**2005年底**發射。



華衛一號



華衛二號



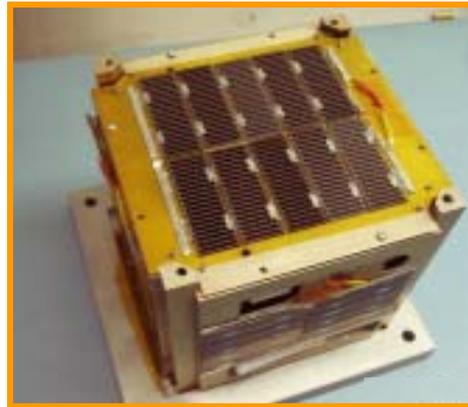
華衛三號星系圖

建立自主發展衛星能力

- 建立衛星系統工程、次系統設計、整合測試、任務操作等關鍵技術與工程團隊
- 完成國內自主設計製造的蕃薯號皮米級衛星
- 參與丁肇中院士主持的國際太空站“反物質磁譜儀”實驗計畫，負責電子元件熱分析及測試



二號主結構體



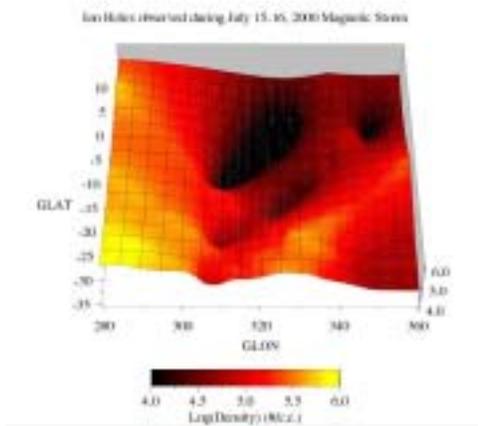
蕃薯號衛星



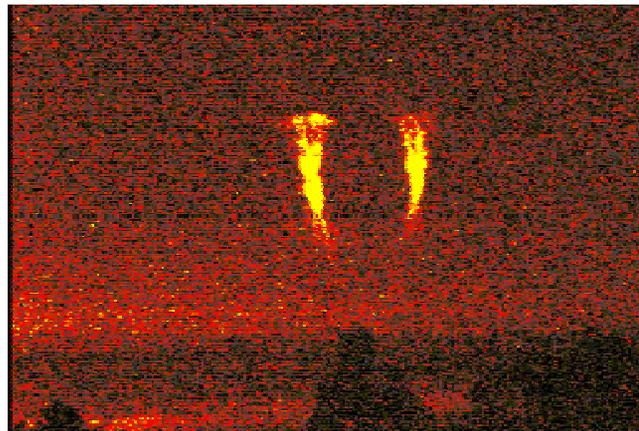
國際太空站

執行尖端太空科學研究

- 華衛一號首次偵測到十年來最大地磁風暴造成的電離層離子洞
- 華衛二號科學團隊首次獲得紅色精靈及巨大噴流影像
- 華衛三號之重要性，獲國際著名科學期刊 **nature** 顯著報導，受國際科學界注目



電離層離子洞



紅色精靈



華衛三號報導

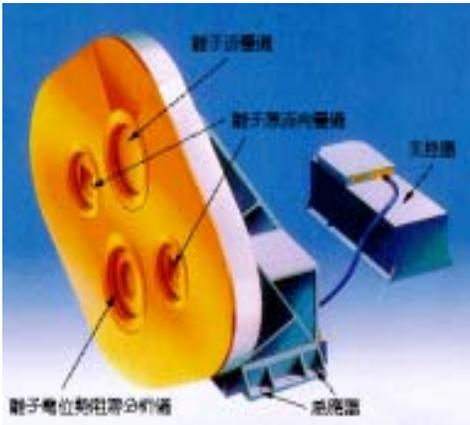
中華衛星一號



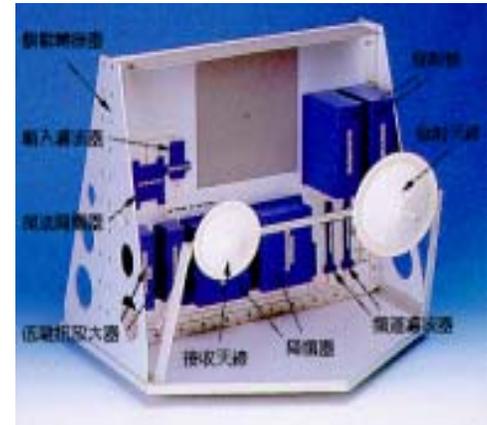
- 科學實驗衛星
- 重量：**402公斤**（含酬載及燃料）
- 形狀尺寸：六角柱形，高**2.1公尺**、寬**1.1公尺**（太陽能電池板伸展時長**7.2公尺**）
- 軌道：高度**600公里**，與赤道成**35度**傾斜角之圓形地球軌道
- 繞行地球一周時間：約**96.7分鐘**
- 任務壽命：**2年**（設計壽命為**4年**）
- 發射日期：民國**88年1月27日**

科學實驗及成果

海洋水色照相儀



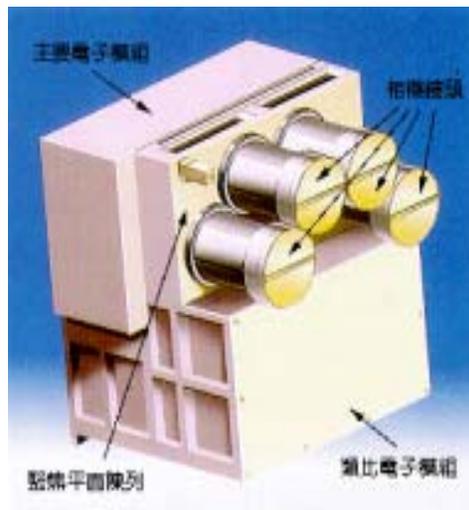
- 科學目的在於提供海洋各相關領域之實驗資料，作為環境、漁業、工商業及學術界實用及理論研究的根據。
- 已有60個國內外學術及漁業研究單位申請註冊使用OCI資料。
- 台灣省水產試驗所將OCI拍攝資料應用於遠洋漁場分析，提供漁民參考。
- 首次拍攝到大陸沙塵暴漂移到東海上空的大規模傳播現象。



Ka頻段通訊酬載

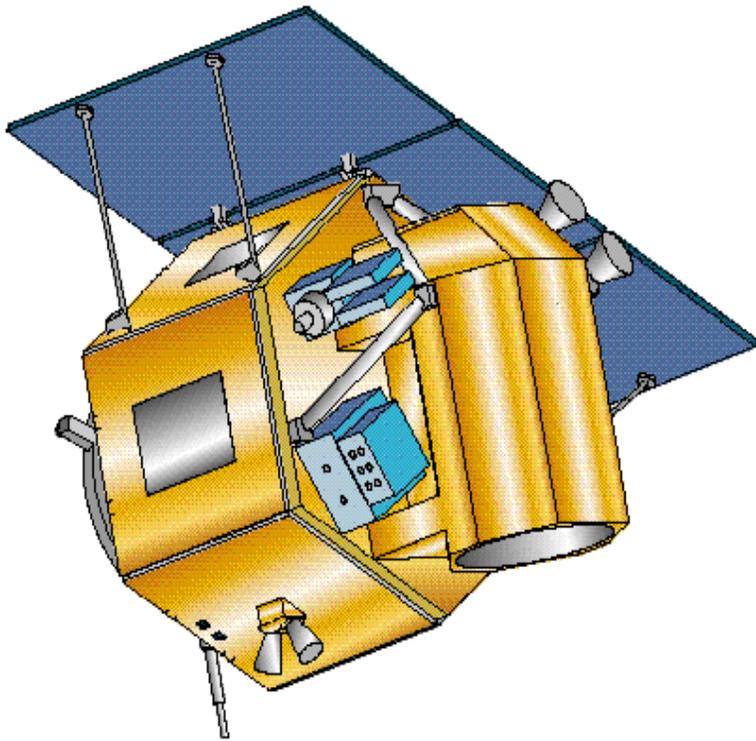
電離層電動效應儀

- 探測南北緯35度內、600公里高度之電離層電漿與電動效應，此計畫的完成將能了解台灣周圍上空的電離層結構，以提供影響無線電通訊的重要訊息。
- 推動國際地面共同觀測，88年9~11月與日本MU雷達合作，89年3~4月與美國空軍地球物理實驗所合作。
- 首次觀測到地磁風暴造成的電離層電子洞。



- Ka頻段衛星通訊實驗，係針對未來低軌道衛星通訊系統，研究其特性及不同之製造技術，實驗計畫包括兩衰減實驗、衛星直播實驗、語音/數據/傳真/及低速率視訊傳輸系統研製。
- 已完成數位電視訊號直播實驗、語音/數據/傳真/及低速率視訊傳輸系統實驗。
- 兩衰減實驗持續進行中。

中華衛星二號



- 地球遙測應用及高空大氣閃電科學實驗衛星
- 重量：**760**公斤左右 (含酬載及燃料)
- 形狀尺寸：六角柱形，高**2.4**米，外徑約**1.6**米 (太陽電能板未展開時)
- 軌道：**891**公里高，太陽同步軌道，每日通過台灣上空二次
- 遙測對地解析度：黑白影像為**2**公尺；四波段為**8**公尺
- 任務壽命：**5**年以上
- 發射日期：民國**93**年4月

衛星任務



■ 遙測任務

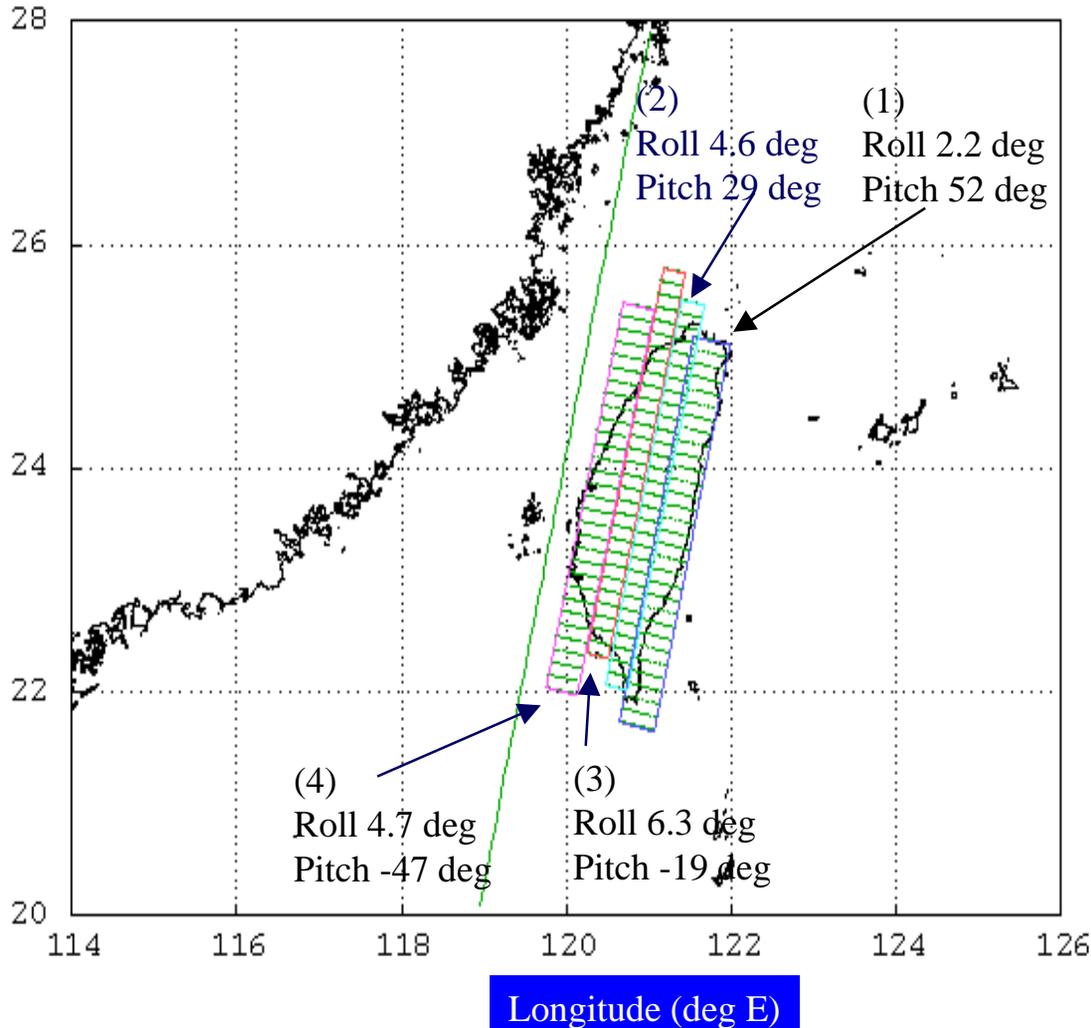
- ◆ 獲得臺灣陸地及附近海域及時的衛星影像資料，作為土地利用、農林規劃、環境監控、災害評估、科學研究、科學教育等民生與科學用途。
- ◆ 以及時性、自主性、及台灣需求為主要任務考量。

■ 科學任務

- ◆ 高空向上閃電(紅色精靈/巨大噴流)觀測實驗。
- ◆ 為全球首次以衛星觀測，建立向上閃電之全球分佈數據資料庫。

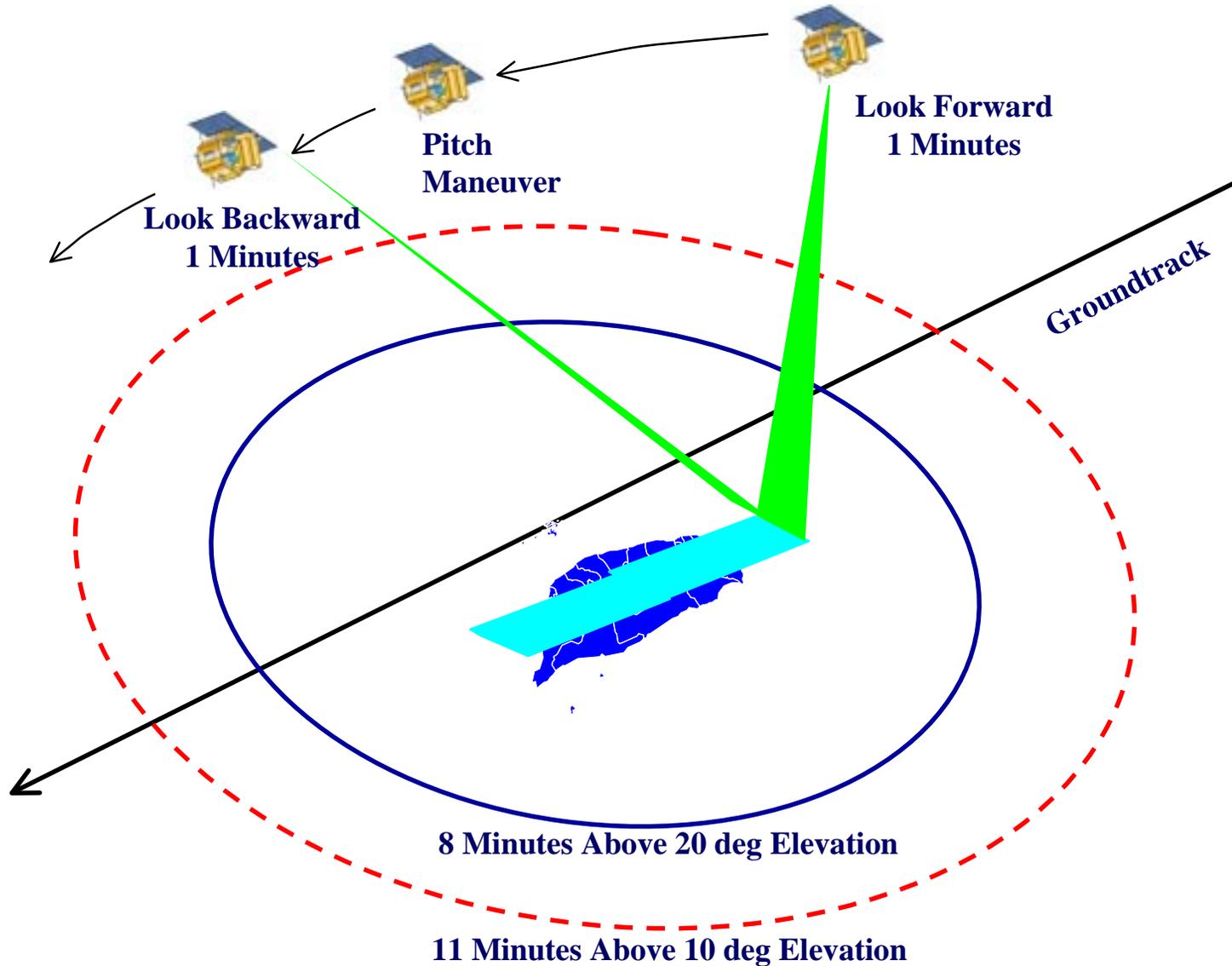


攝影任務操作

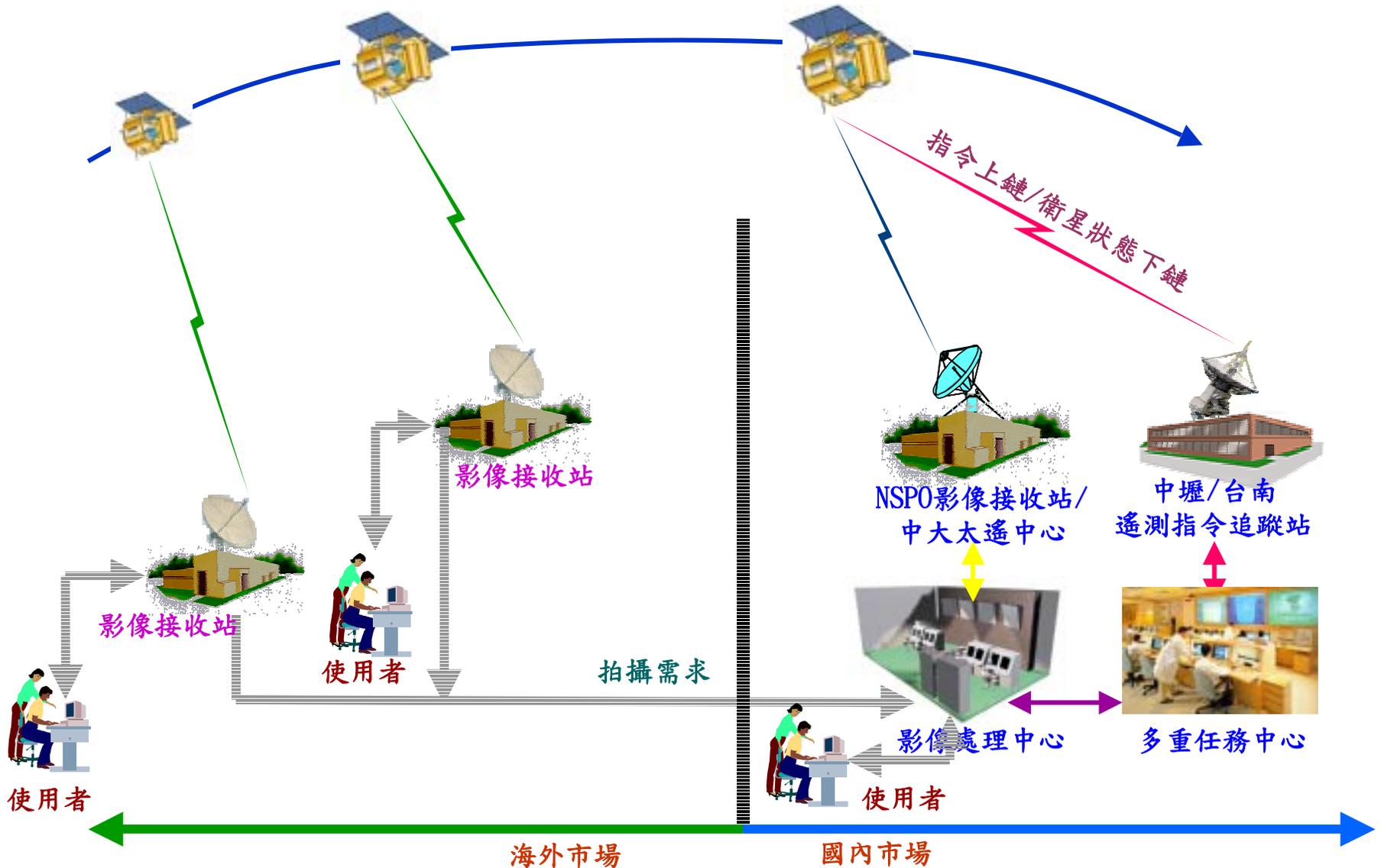


高時間解析力：衛
星每天再訪
高空間解析力：對
地 2米
寬刈幅：攝像寬24
公里
高機動力：一個軌
道可以攝影四次
獲得全台影像

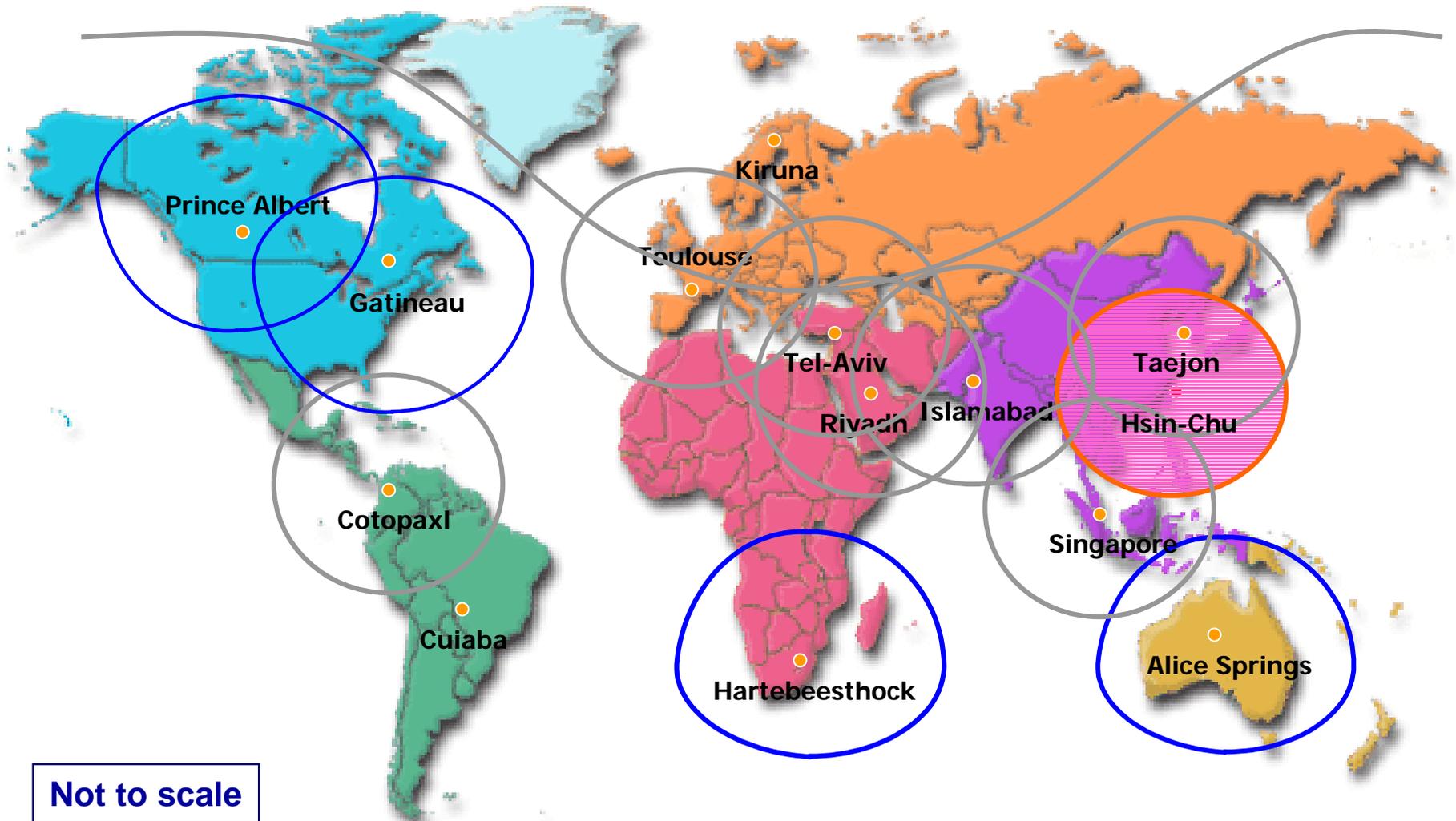
立體攝影



華衛二號全球營運架構

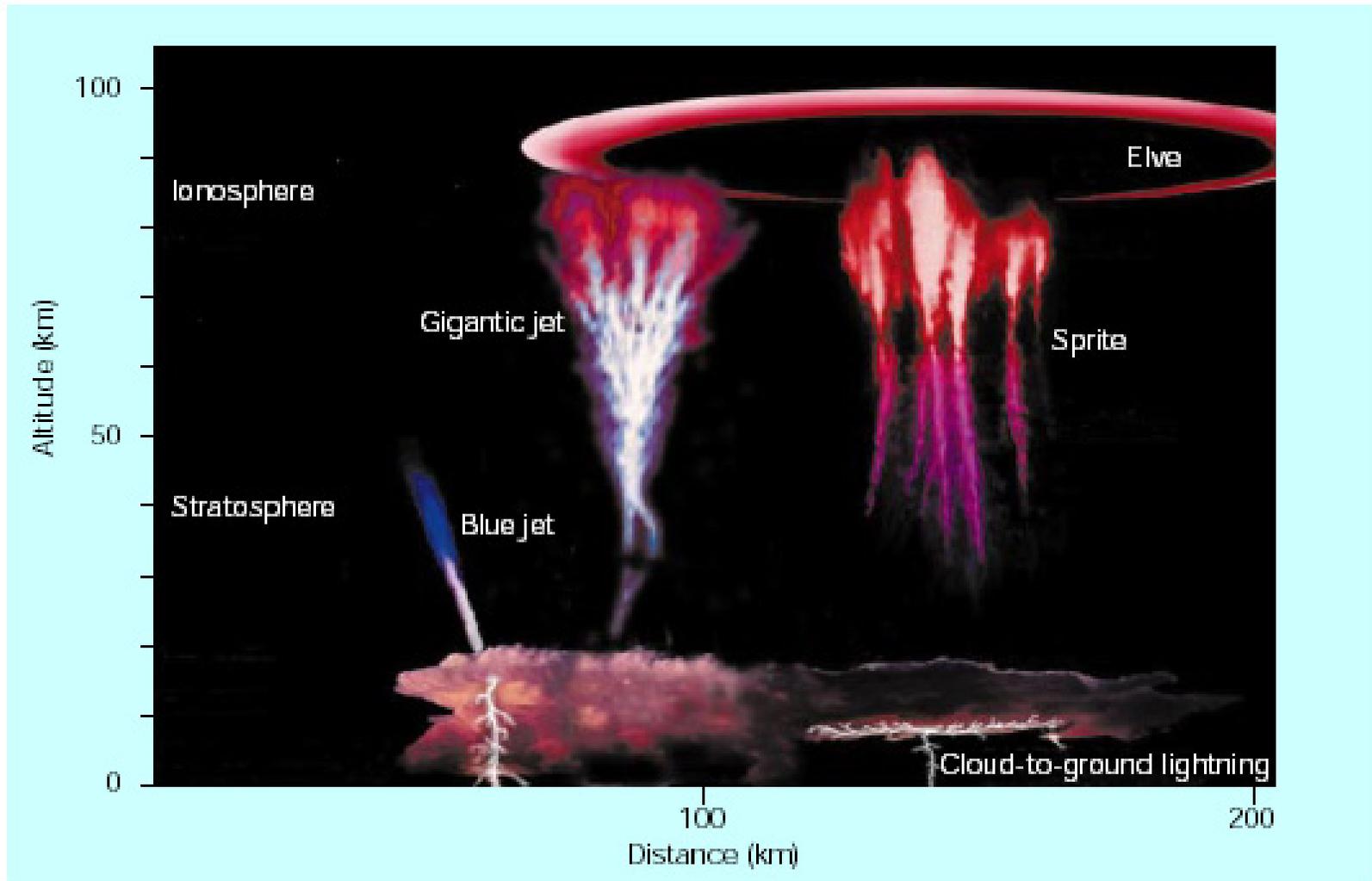


華衛二號全球接收網路示意圖



Not to scale

Transient Luminous Events (TLEs)



從太空梭看極光與大氣輝光



■ CCD Imager: 6 filters

- ◆ Filter 1 (633-750 nm) : N2 1st positive band for TLEs
- ◆ Filter 2 (762 nm) : O2 (0,0) atmospheric band for airglow and aurora
- ◆ Filter 3 (630 nm) : aurora and airglow emissions
- ◆ Filter 4 (557.7 nm) : aurora and airglow emissions
- ◆ Filter 5 (427.8 nm) : energetic electron induced emissions
- ◆ Filter 6: all visible light with IR blocking by the camera lens

■ 6-Channel Spectrophotometer

- ◆ Channel 1(150-280 nm): N2 LBH long wavelength bands
- ◆ Channel 2 (337 nm): N2 2nd positive band
- ◆ Channel 3 (391.4 nm): Energetic electron detector in sprites and aurora
- ◆ Channel 4(623-750 nm): N2 1st positive emission sprite measurement
- ◆ Channel 5 (777.4 nm): O lightning , a possible trigger for imager
- ◆ Channel 6 (250-390 nm): to see sprites and much attenuated lightning

■ ISUAL CCD Imager: 6 filters

◆ TLEs (Sprites, Gigantic Jets, Blue Jets):

- Band filter 1: 633-750 nm
- Band filter 5: 427.8 nm
- Band filter 6: all visible light

◆ Airglow :

- Band filter 2 : 762 nm
- Band filter 3 : 630 nm
- Band filter 4 : 557.7 nm

◆ Aurora:

- Band filter 2 : 762 nm
- Band filter 3 : 630 nm
- Band filter 4 : 557.7 nm
- Band filter 5 : 427.8 nm

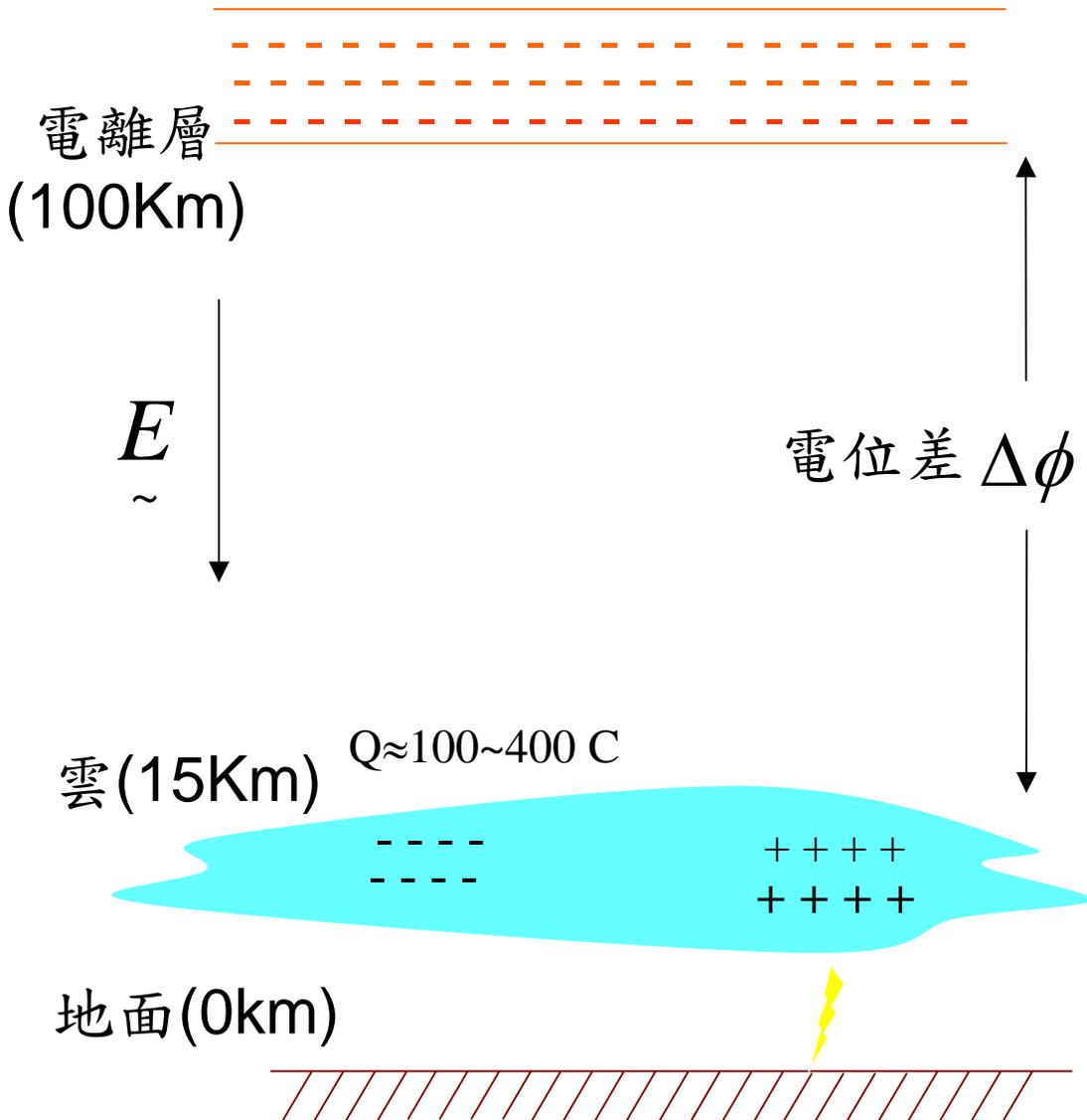


■ Array Photometers

- ◆ Channel 1: 350-470 nm
- ◆ Channel 2 : 510-800 nm



高空大氣向上閃電的形成



(a) Dipole Field:

$$\Delta\phi$$

(b) Monopole Field:

$$\Delta\phi$$

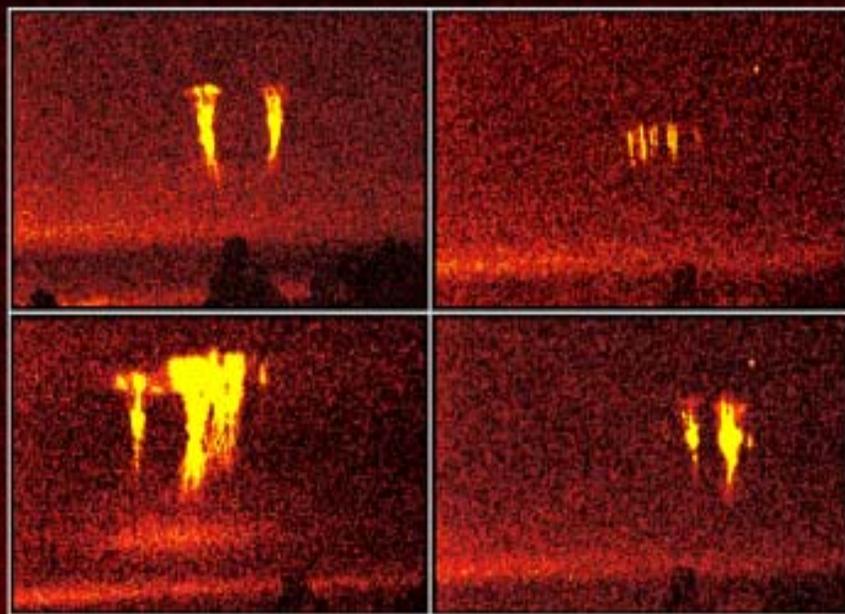
$$\Delta\phi \approx (1-4) \times 10^7 \text{ volts}$$

(c) Electron Energy:

$$\Delta\varepsilon \approx e E \lambda_{mfp}$$

紅色精靈 - 飛舞在高空中的閃電

紅色精靈是雷雨系統與電離層之間的閃電，通常發生在離地面 30 到 90 公里之高空，持續的時間約為數十毫秒。這些紅色精靈閃電是 2001 年五月、六月間從阿里山氣象站及成功大學校園內，觀測大陸廣東省東部及台灣台東成功外海的雷雨系統所捕捉到的，與觀測地點的距離大約在 250 公里到 700 公里之間。



中華二號衛星「高空大氣閃電影像儀」酬載計畫

<http://sprite.phys.ncku.edu.tw/>

行政院國科會 太空計畫室 / 國立成功大學 物理學系



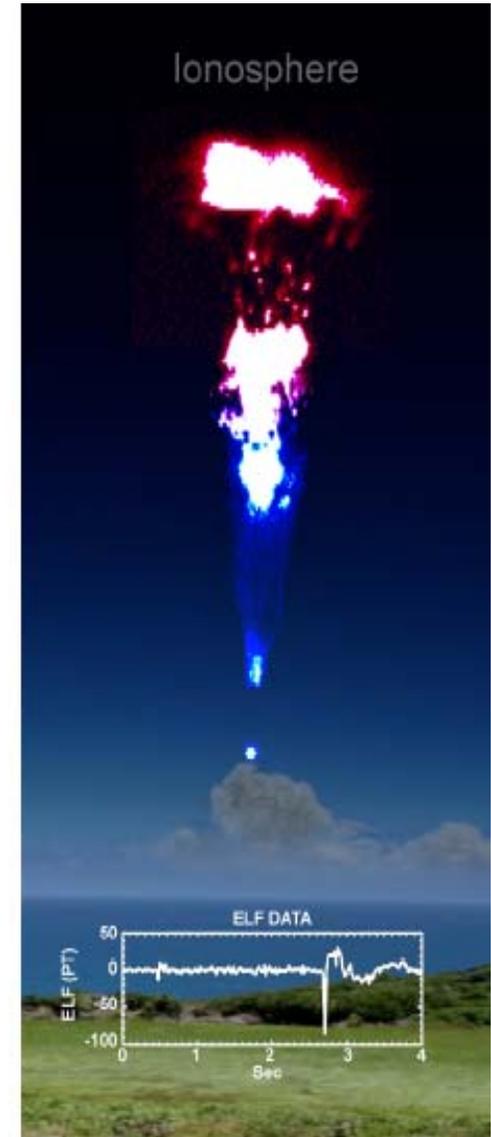
巨大噴流(Gigantic Jets)

LOS Angeles Times

June 25, 2003

These things are so spectacular, and so startling, and we're just finding it this late in the game.

It's sort of like biologists announcing we've discovered a new human body part.



11、12、16、17、18、19：
以紅色精靈或巨大噴流為通路
的大域電流迴路

11、12、13、14、15：
一般的大域電流迴路

電離層

16

13

17

12

14

巨大噴流

擴散電流

18

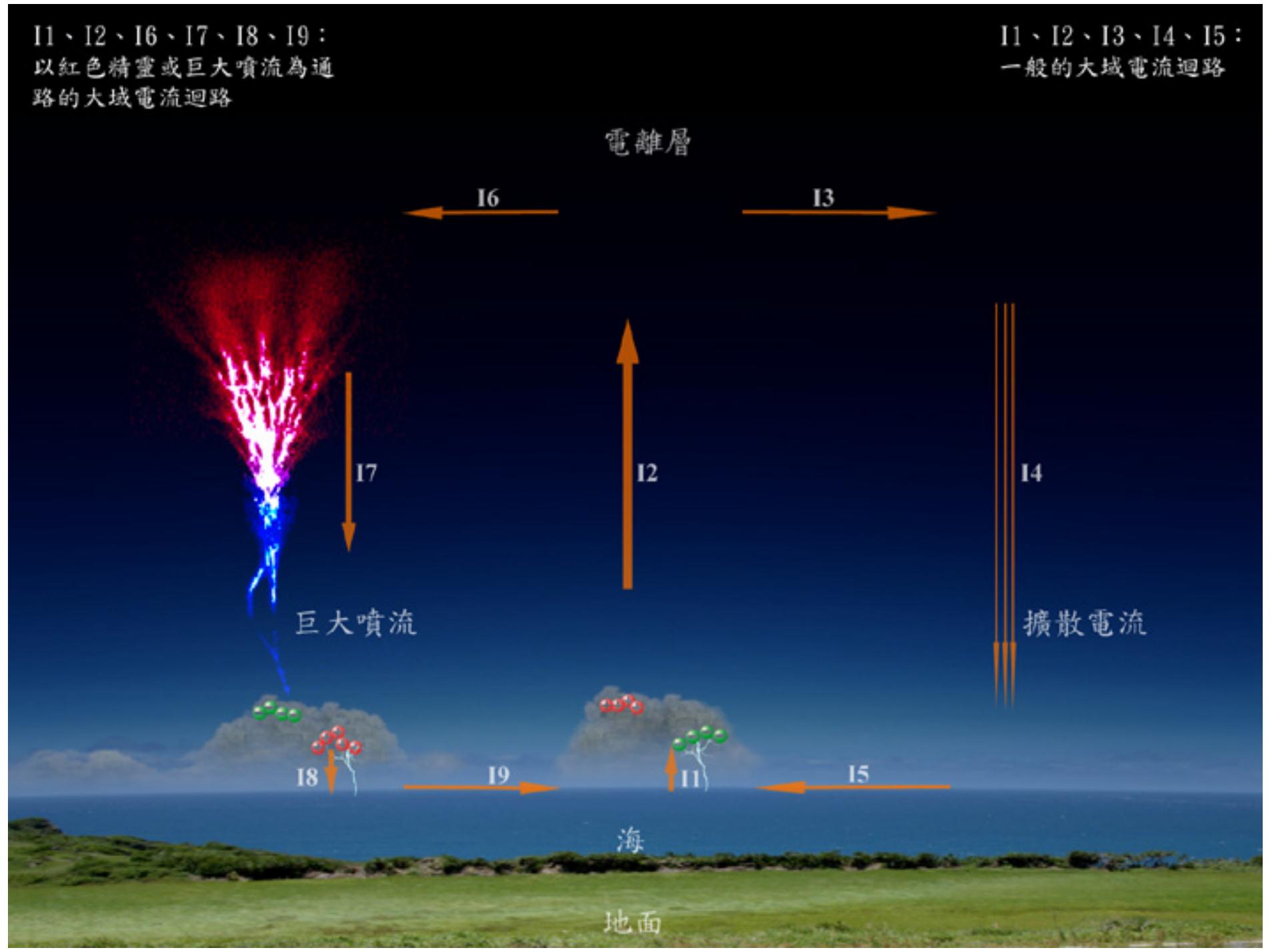
19

11

15

海

地面



在Nature期刊上發表成果

Nature期刊(vol. 423, 26 June 2003)刊登華衛二號科學團隊地面觀測重大成果「巨大噴流」，這是一種新發現的從雲層頂直通電離層的放電現象，也為大域電流迴路(Global Electric Circuit)提供一個新環節。

- 同期**Nature**也在“News and Views”中，登出一篇文章，從歷史觀點來說明我們的研究成果。

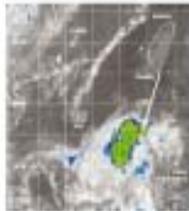
“Powerful electric currents have been detected in discharges between thunderclouds and the upper atmosphere. Carried by gigantic jets, they are a new factor in the model of the Earth's electrical and chemical environment.”

letters to nature

Gigantic Jets between a thundercloud and the ionosphere

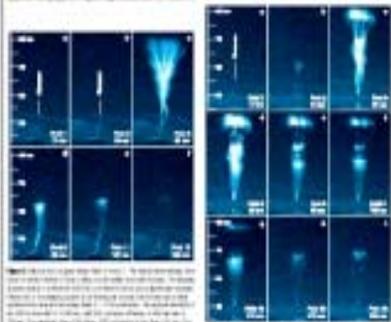
Gigantic jets between a thundercloud and the ionosphere

Powerful electric currents have been detected in discharges between thunderclouds and the upper atmosphere. Carried by gigantic jets, they are a new factor in the model of the Earth's electrical and chemical environment.



letters to nature

Powerful electric currents have been detected in discharges between thunderclouds and the upper atmosphere. Carried by gigantic jets, they are a new factor in the model of the Earth's electrical and chemical environment.



news and views

Powerful electric currents have been detected in discharges between thunderclouds and the upper atmosphere. Carried by gigantic jets, they are a new factor in the model of the Earth's electrical and chemical environment.

Electric jets

news and views

Powerful electric currents have been detected in discharges between thunderclouds and the upper atmosphere. Carried by gigantic jets, they are a new factor in the model of the Earth's electrical and chemical environment.

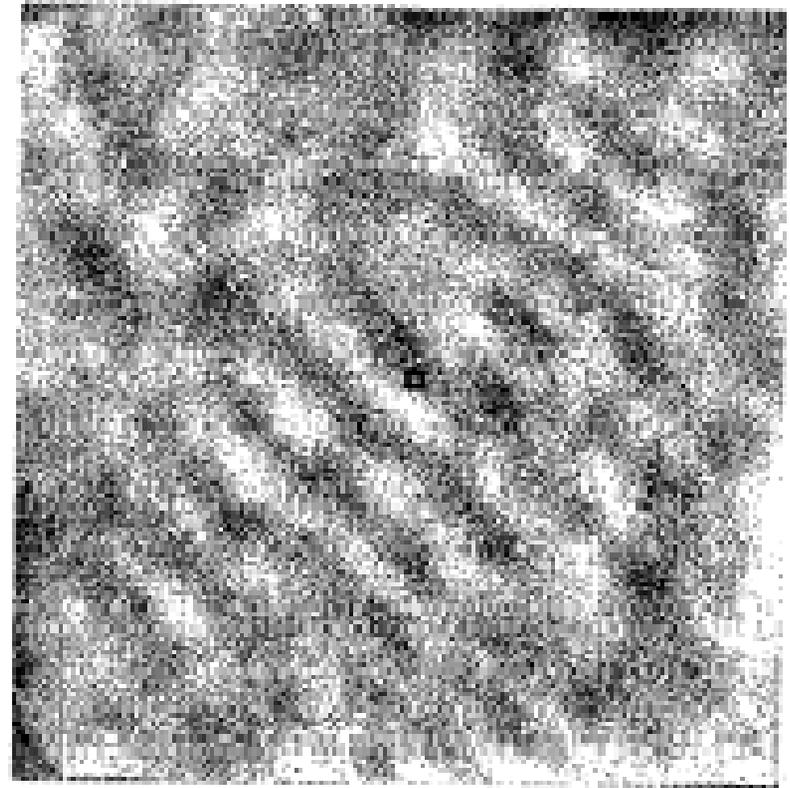
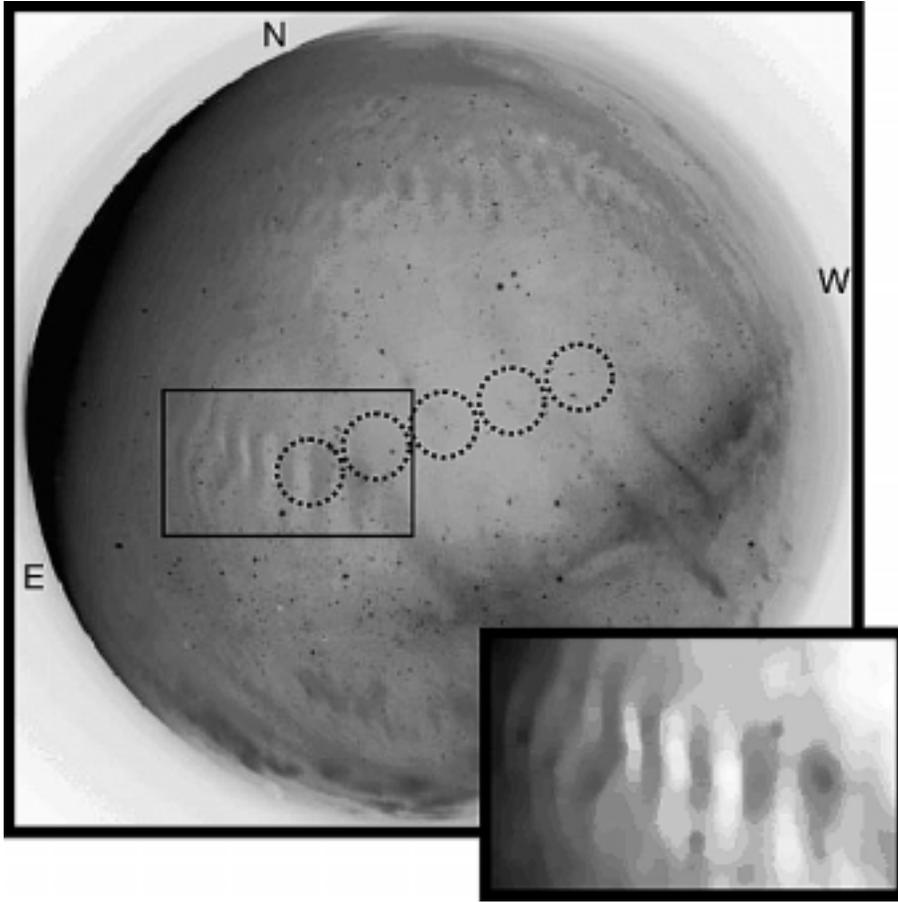


Powerful electric currents have been detected in discharges between thunderclouds and the upper atmosphere. Carried by gigantic jets, they are a new factor in the model of the Earth's electrical and chemical environment.

Airglow / Gravity Waves

- 氣輝/Gravity Waves全球分佈。
- 氣輝高度與強度的分佈與變化(如Gravity waves造成的影響)。
- 氣輝發生的物理及化學機制。
- 研究大氣長期變化 (Global change) : 因為CO₂ 效應, 高層大氣的變化(變冷, 變薄) 將可由氣輝層變化看到。

Airglow modulated by gravity waves



Gravity Waves

(a) Acoustic Waves: $\omega / k = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$

(b) Gravity Waves: $\frac{dP_0}{dz} = -\rho_0 g$

Outside: $\delta\rho_0 = -\frac{d\rho_0}{dz}\delta z$
 $\delta P_0 = -\rho_0 g \delta z$

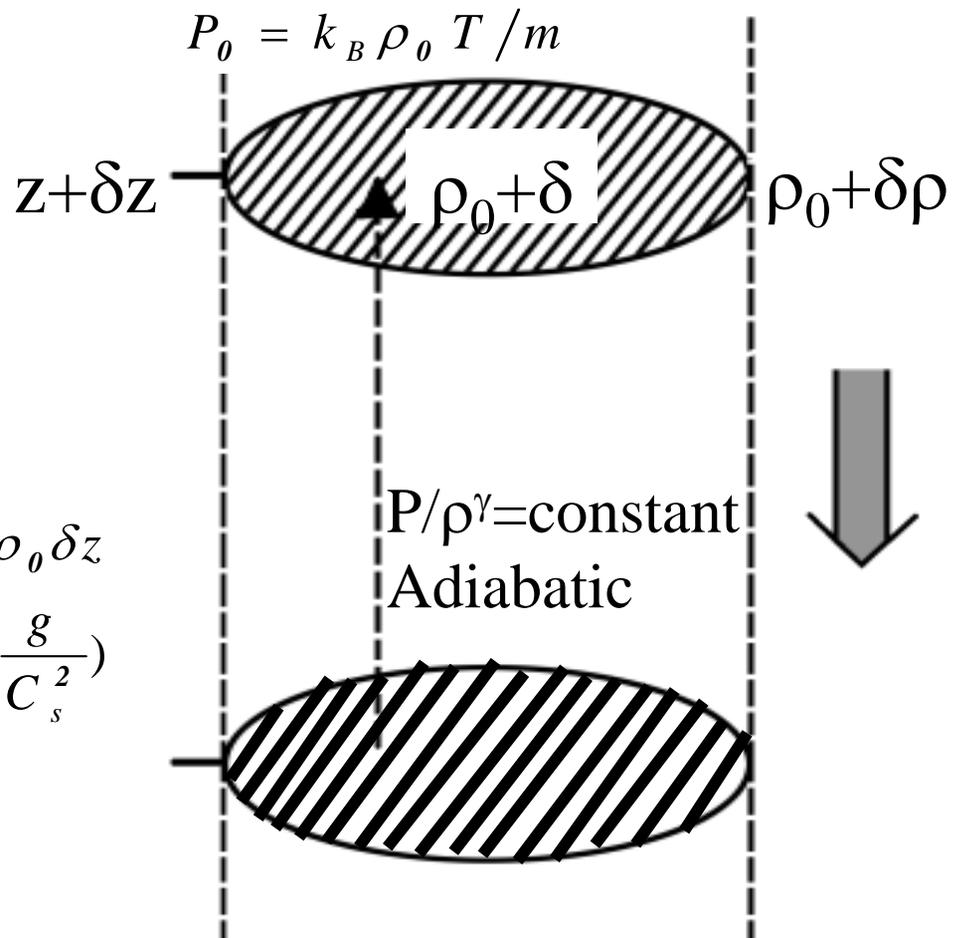
Inside: $\delta P = \delta P_0 = -\rho_0 g \delta z$
 $\delta P = C_s^2 \delta\rho$

向上浮力: $g(\delta\rho_0 - \delta\rho) \equiv -N^2 \rho_0 \delta z$

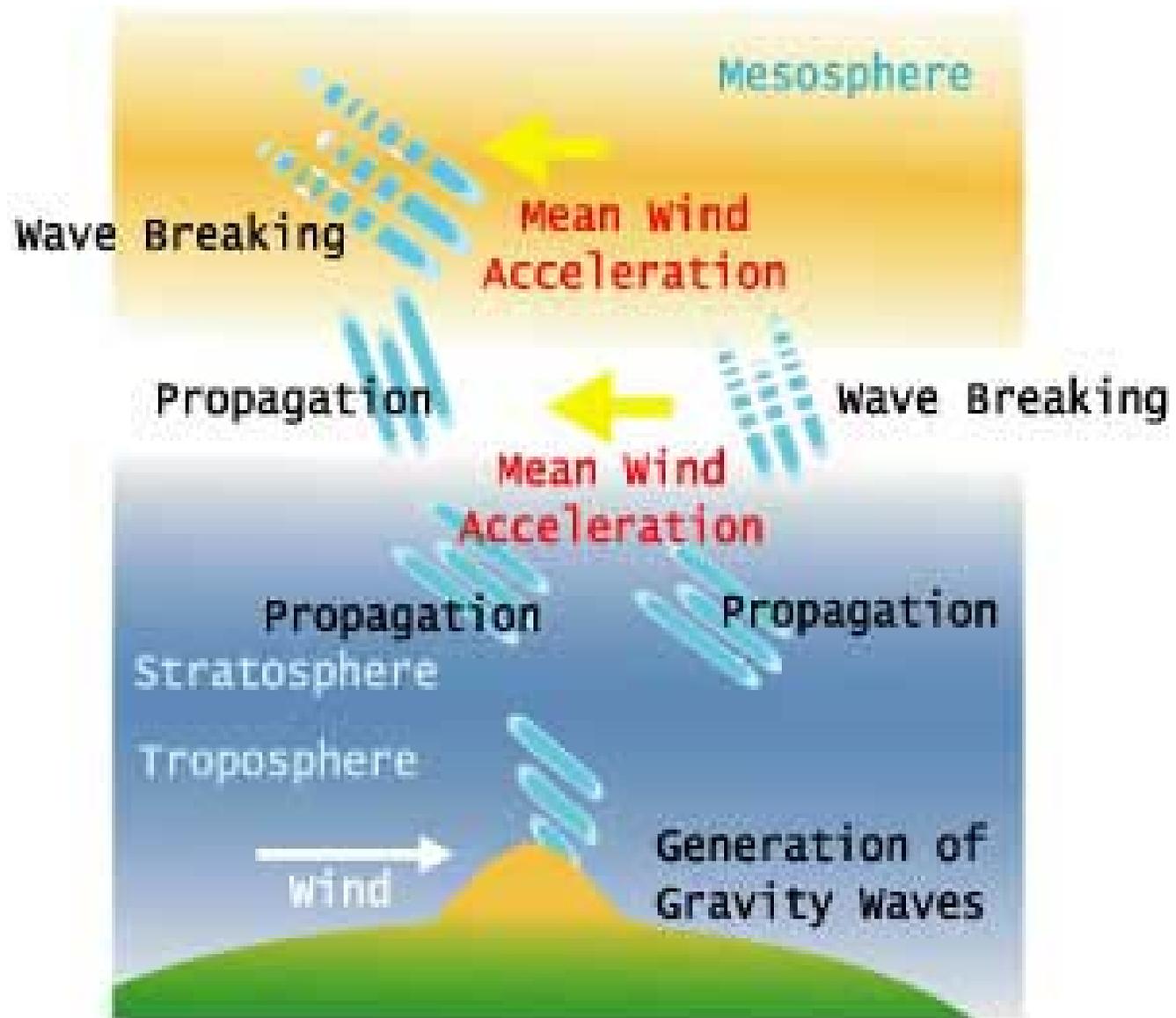
$$N^2 = -g \left(\frac{1}{\rho_0} \frac{d\rho_0}{dz} + \frac{g}{C_s^2} \right)$$

Brunt-Väisälä frequency (N)

$$\rho_0 \frac{d^2 \delta z}{dt^2} = -N^2 \rho_0 \delta z,$$

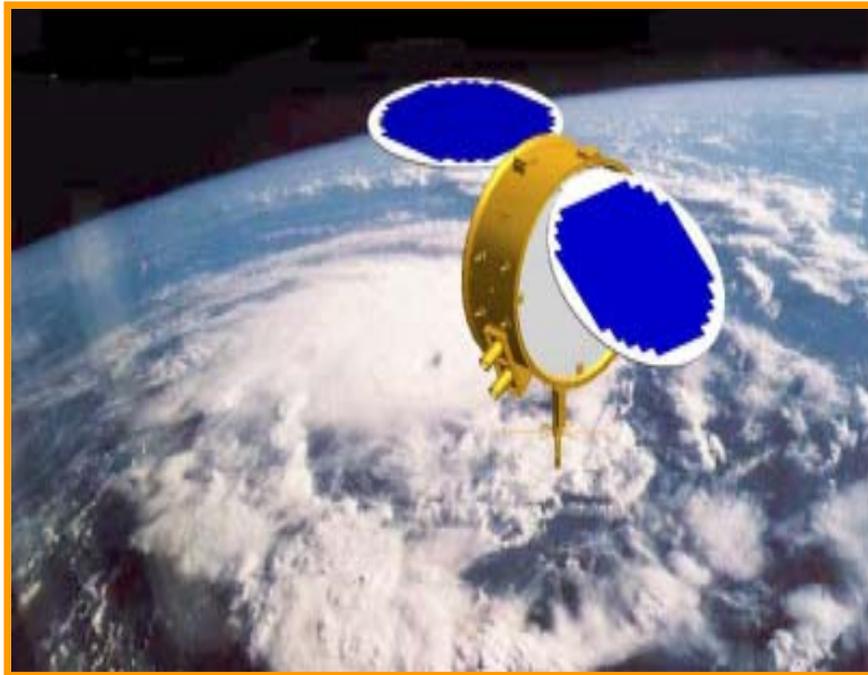


Gravity Waves



Gigantic Jets 影片

中華衛星三號



華衛三號

- 六枚低軌道微衛星星系
- 重量：每顆衛星約**70**公斤
- 軌道：**800**公里高
72度傾角
- 任務壽命：**2**年
- 設計壽命：**5**年
- 發射日期：民國**94**年底

任務概念

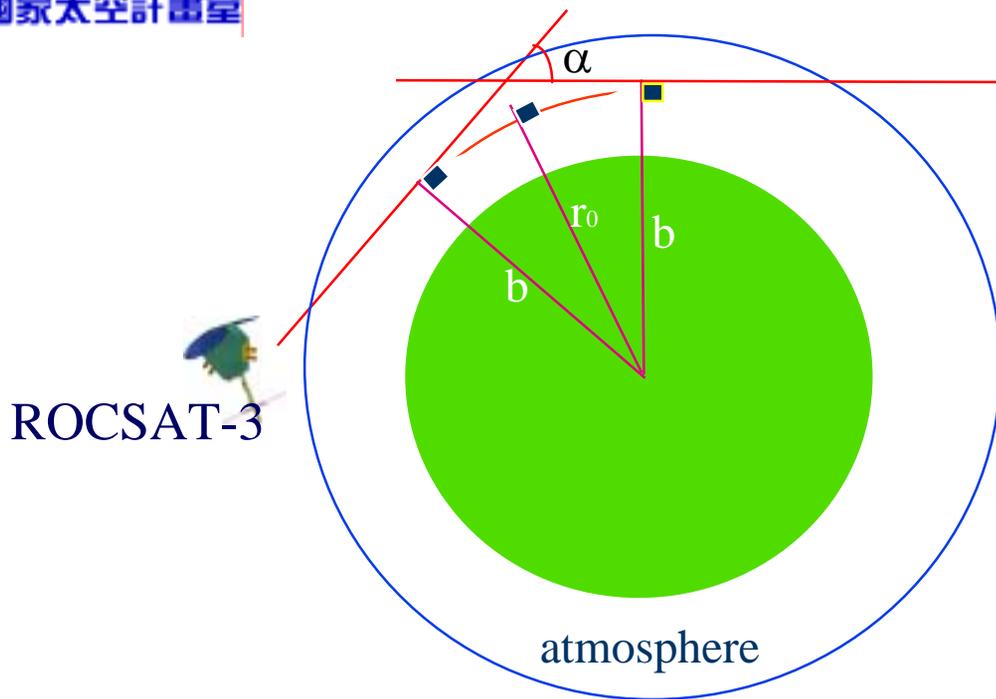
COSMIC: Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate



The GPS/MET Occultation Geometry



GPS



n : Index of refraction
 α : bending angle
 r_0 : closest distance of ray

Assume spherical symmetry

Forward Propagation ($a \equiv r_0 n(r_0)$)

$$\alpha(a) = -2a \int_{r_0}^{\infty} \frac{d \ln(n)/dr}{\sqrt{r^2 n^2 - a^2}} dr \quad \Rightarrow \quad \ln(n(r)) = \frac{1}{\pi} \int_a^{\infty} \frac{\alpha(\cdot)}{\sqrt{\cdot^2 - a^2}} da$$

Abel Inversion

OBTAINING TEMPERATURE AND PRESSURE FROM REFRACTIVITY

	Dry	Moist		Ionosphere
$N = (n-1) \times 10^6 =$	$77.6 \frac{P}{T}$	$+ 3.73 \times 10^5 \frac{P_w}{T^2}$	$-$	$40.3 \times 10^{-12} \frac{n_e}{f^2}$

+ higher order ionospheric terms

- Equation of state

$$\rho = 0.3484 \frac{P}{T}$$

- Hydrostatic equilibrium equation

$$\frac{\partial P}{\partial h} = -g\rho$$

n = index of refraction

N = refractivity

P = pressure

T = temperature

P_w = water vapor pressure

n_e = electron density

f = operating frequency

ρ = density

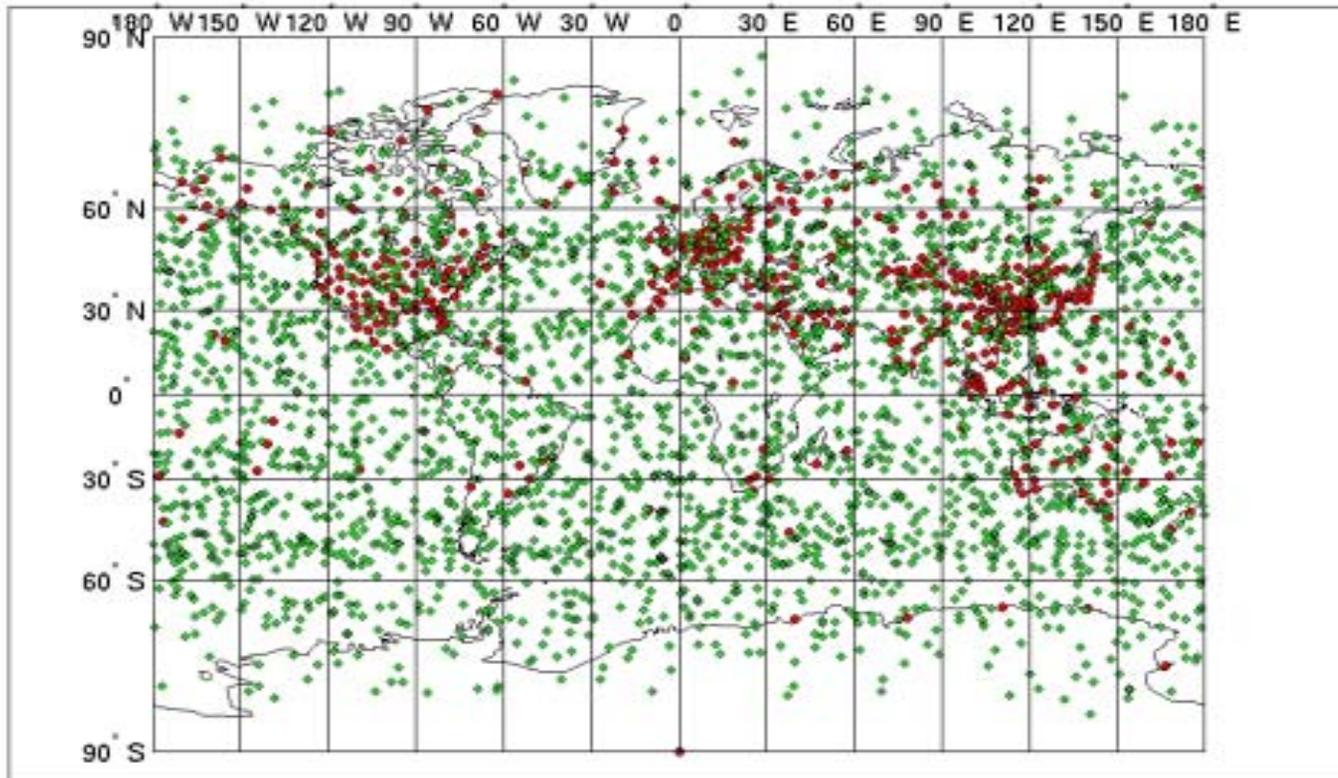
h = height

g = gravitational acceleration

ROCSAT-3 影片

華衛三號每日提供觀測點

Occultation Locations for COSMIC, 6 S/C, 3 Planes, 24 Hrs



- 紅點為目前侷限於陸地的900個觀測點
- 綠點為華衛三號可提供全球平均分佈的3000個觀測點

news **nature** 161111C 17 May 2001

Array system promises global atmospheric monitoring

David Cyranoski, Tokyo

A Taiwan-US collaboration is beginning its constellation of microsatellites equipped with Global Positioning System (GPS) receivers will provide a valuable new approach to meteorology, climatology and research into space weather.

Most weather forecasting currently relies on balloons that take readings such as temperature and humidity on their way up from some 500 locales worldwide. But these points are restricted to land, ruling out truly global weather models. Weather satellites give wider coverage, but they gather data by looking straight down to Earth, yielding little information about what is happening at various different altitudes.

But the Taiwan-led Constellation Observing System for Meteorology, Ionospheres and Climate (COSMIC) could change that by using an array of microsatellites and a novel technique to improve the coverage and accuracy of data collection.

The six COSMIC microsatellites, scheduled to be launched in mid-2005, will pick up radio signals from 28 existing GPS satellites as they pass through the Earth's atmosphere. The microsatellites will observe the refraction (or bending) of the signals, and infer information about atmospheric density from it, at all altitudes. From the density data, researchers will be able to deduce the pattern of pressure and temperature.

"We can also calculate atmospheric moisture near the surface, reconstruct pressure contours, and derive wind fields and other critical quantities," says Tom Vanek of NASA's Jet Propulsion Lab (JPL), which did much of the early work on the technology.

The most important advantage is

coverage. "The microsatellite constellation will measure some 4,000 points spread uniformly around the globe, with high accuracy," says Chao-Hsiun Lin, president of Taiwan National Central University.

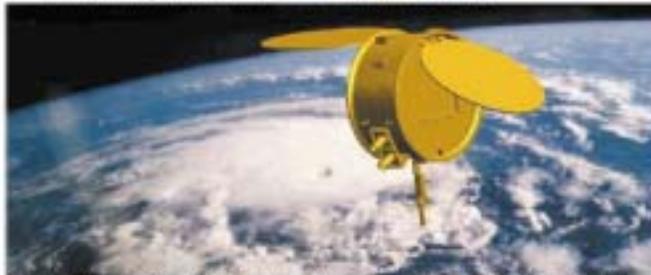
Researchers on space weather are also excited about the prospect of data on the ionosphere, at altitudes of about 80 km, electron density can be measured in a similar fashion to the atmospheric density. This will provide valuable information for predicting magnetic storms, which can affect the operations of satellites and power grids.

The COSMIC system has the potential to significantly improve climatological measurements, says Alan Thompson, director of the Global Climate Observing System secretariat. However, he warns that it will probably take time to develop a reliable system that produces measurements for climate change applications, and another 20 years or so after that to obtain a meaningful long-term climate dataset.

The agreement to build the system, signed on 2 May, involves Taiwan's National Space Program Office (NSPO), JPL, the US University Corporation for Atmospheric Research in Boulder, Colorado, and several US universities.

Taiwan will pay US\$80 million of the estimated US\$100 million total project cost and will build the satellites with the help of Orbital Sciences Corporation of Dulles, Virginia, which made a prototype version of the satellite in 1995 for a proof-of-concept experiment. Taiwan will also operate the mission.

"This is a chance to get people really interested in space science," enthuses Luo Chang-Lee, director of NSPO.

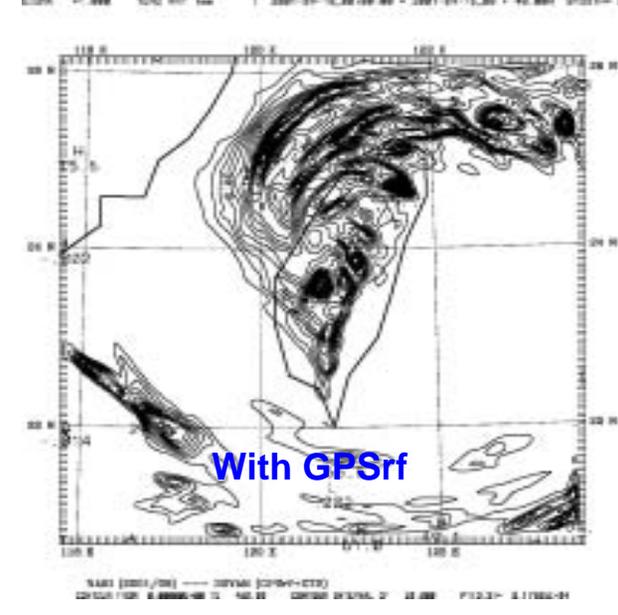
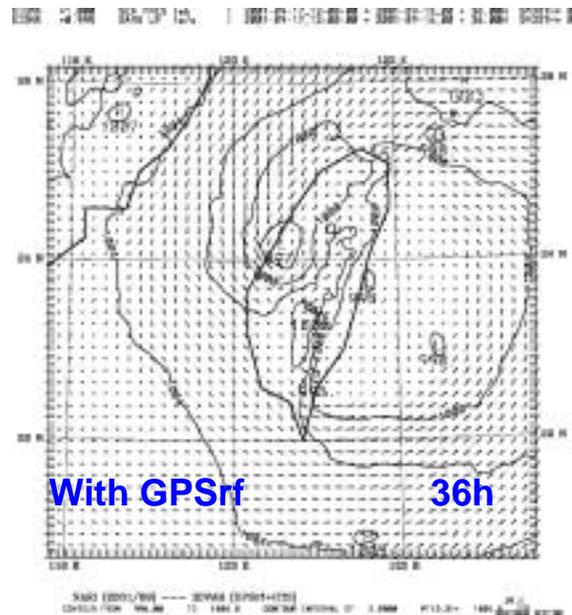
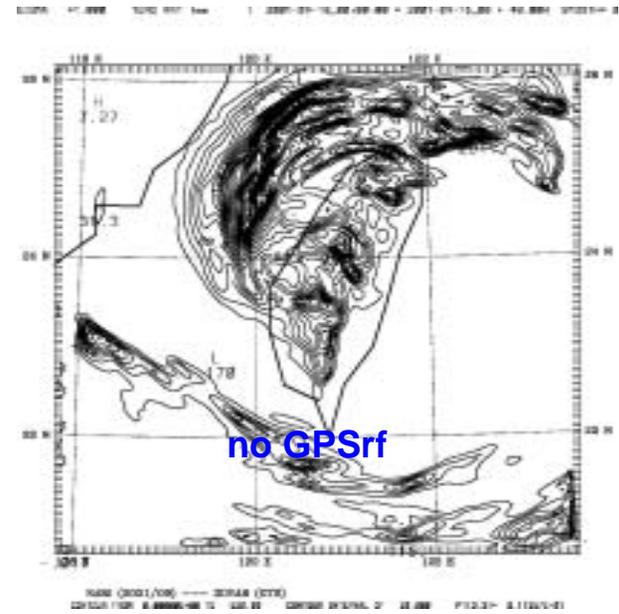
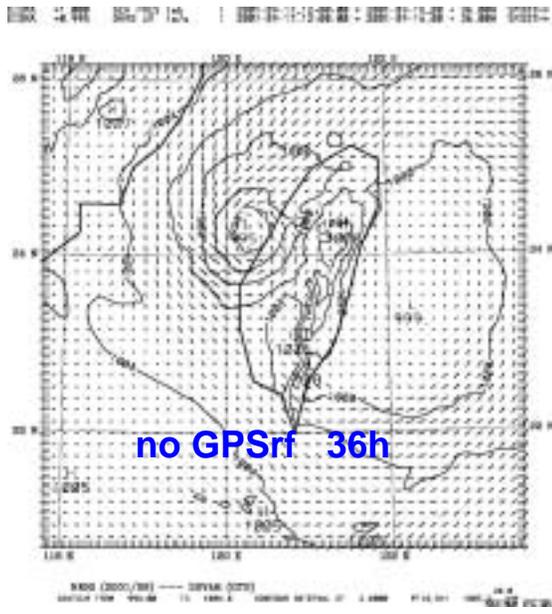


Some of its coverage: six microsatellites will improve the coverage and accuracy of climate data.

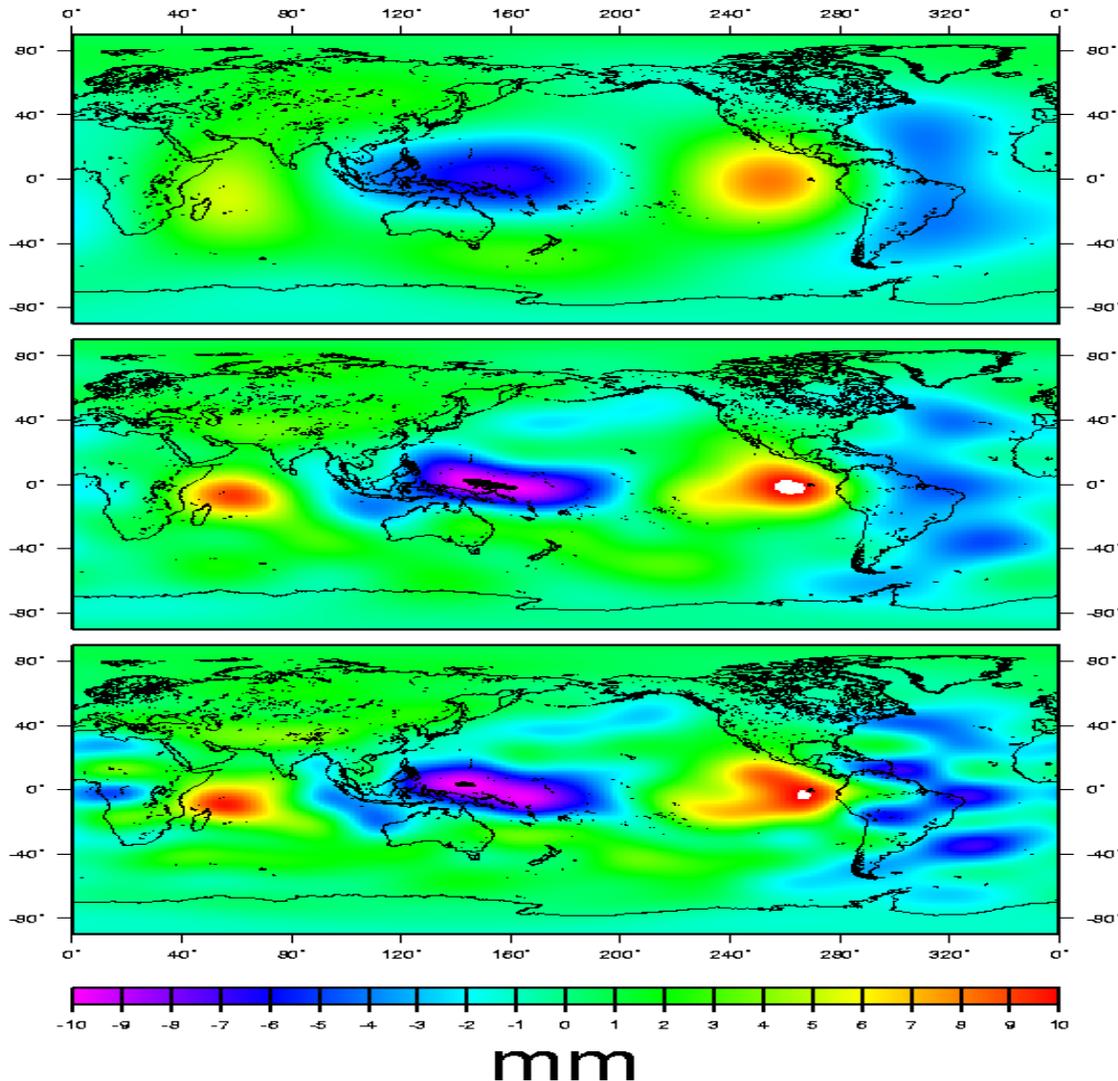
The most important advantage is coverage. The micro-satellite constellation will measure some 3,000 points spread uniformly around the globe, with high accuracy.

利用MM5 模擬 2001年9月 17日納莉颱風 個案

- 海面氣壓及近地面水平風場24及36小時預報，顯示使用GPSMET資料時，颱風中心路徑較近陸地
- 24小時累積降雨量預報，使用GPSMET資料時，嘉義及宜蘭雨量最大值較明顯



聖嬰現象海面高度分析



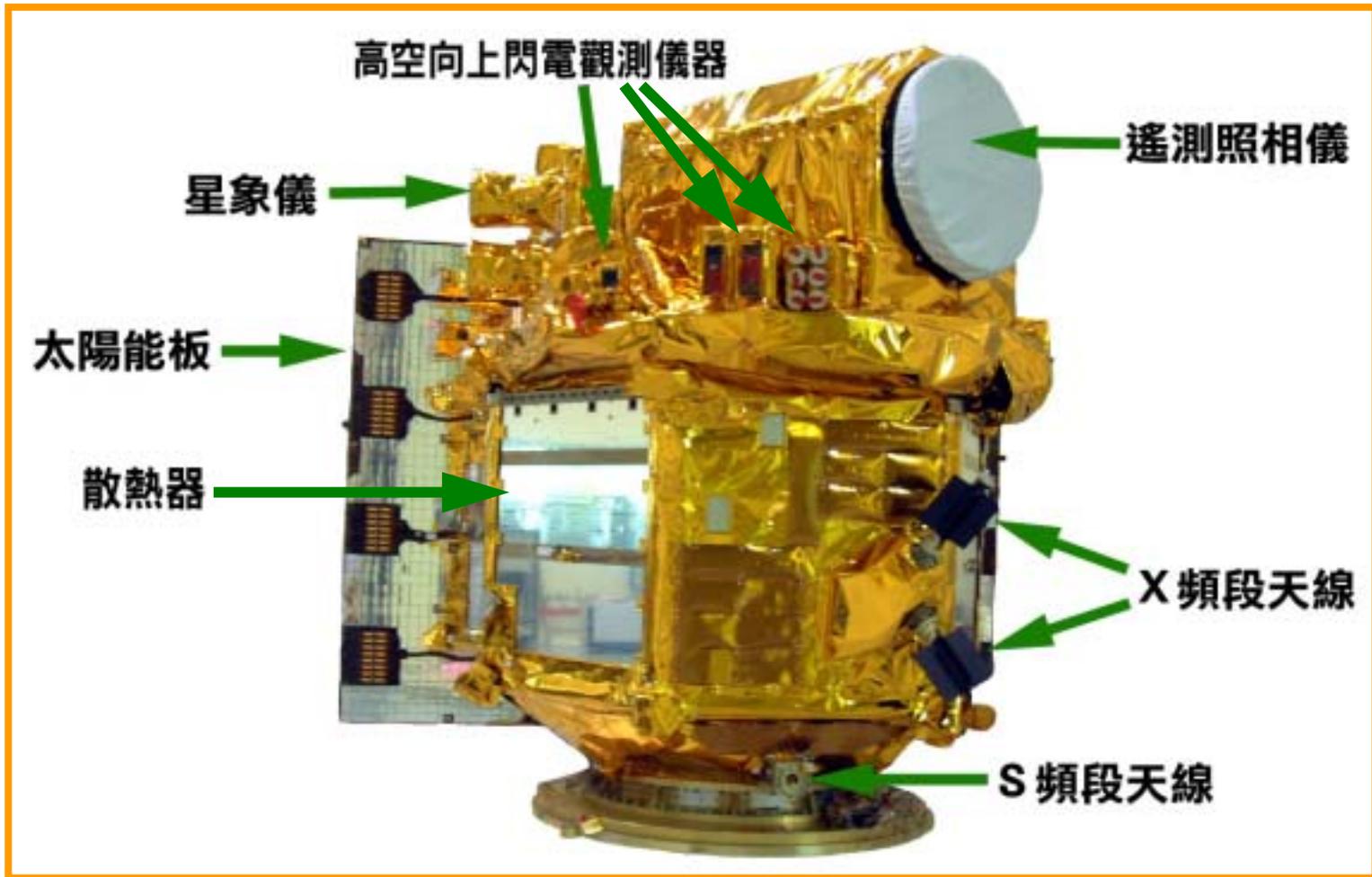
模擬中華衛星三
號軌道GPS定位
資料(7天)求導大
地水準面變化

球諧函數展開至
5階(上)
15階(中)
50階(下)

華衛二號蓄勢待發



華衛二號外觀



高:2.4米 直徑:1.6米 重量:760公斤

華衛二號發射模擬影片

謝謝