NARLabs 國家實驗研究院
國家太空中心
National Space Organization

中央研究院物理研究所通俗演講

台灣的太空科技與科學創新規劃

林俊良
國家太空中心主任

November 10, 2020

www.narlabs.org.tw

Outlines

NARLabs

承諾·熱情·創新

我們的
目標

外太空探索
及科學創新
規劃

過去福衛的
科學酬載及
貢獻

台灣的
太空發展
簡史

Outlines

NARLabs

承諾·熱情·創新

- 太空計畫各階段發展重點
- 太空計畫發展歷程
- 國家太空中心簡介
- 已執行之太空計畫

台灣的
太空發展
簡史

主要發展歷程

承諾·熱情·創新

ST1

1991 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000

- NSPO established
- 1st Phase Program approved

Renamed to National Space Organization

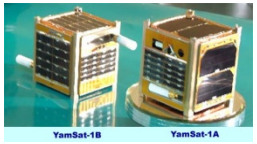
I&T Facility Completion

SR-1 Launch

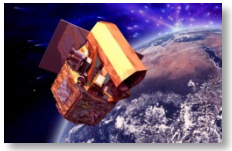
FORMOSAT-1 Launch

2001 | 2002 | 2004 | 2005 | 2006 | 2009 | 2010

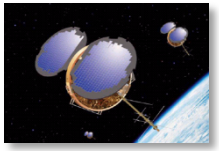
2nd Phase Plan approved



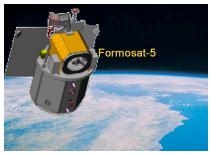
Yamsat Completion



FORMOSAT-2 Launch



FORMOSAT-3/Cosmic 1 Launch



Approval of FORMOSAT-5 (Updated)

AIT-TECRO MOA for FORMOSAT-7

ST2

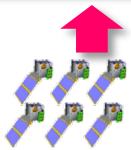
2011 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2022

Approval of FORMOSAT-7

SR-10 Launch

FORMOSAT-5 I&T Completion

FS-5 Launch



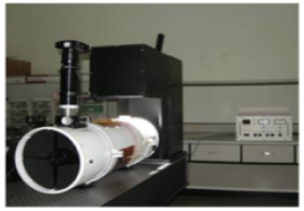
FS-7/Cosmic 2 Launch

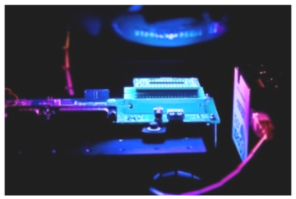
Triton Launch

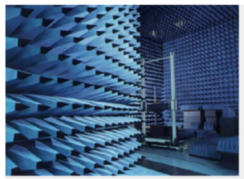
國家太空中心-基礎設施

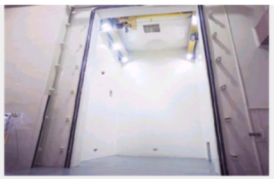
NARLabs
承諾·熱情·創新

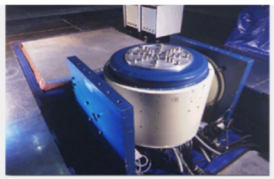
研發實驗室











衛星整合測試廠房

衛星操控中心
地面天線站
影像處理中心

國家太空中心-地面系統

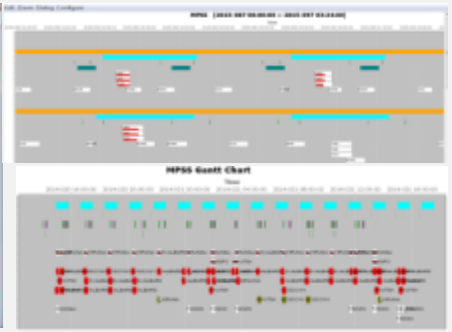
NARLabs
承諾·熱情·創新

任務操控中心

SOCC

TT&C Station

XPSOC



MPSS

衛星資料處理

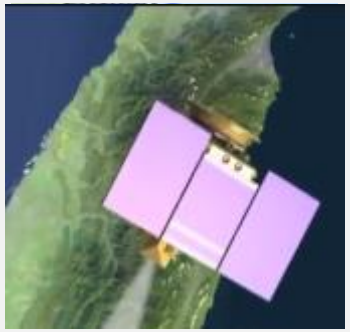
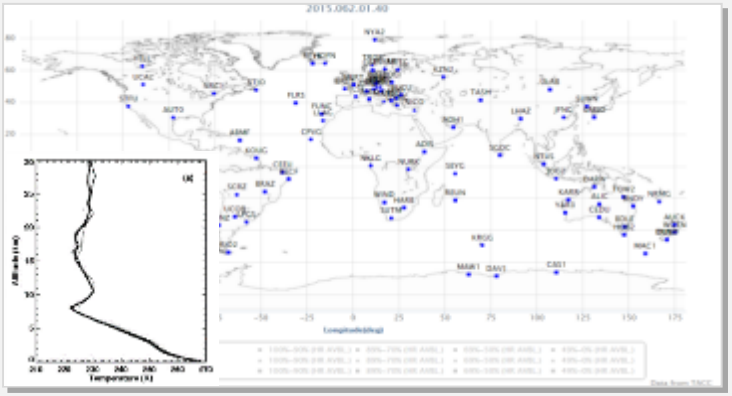


Image Processing System



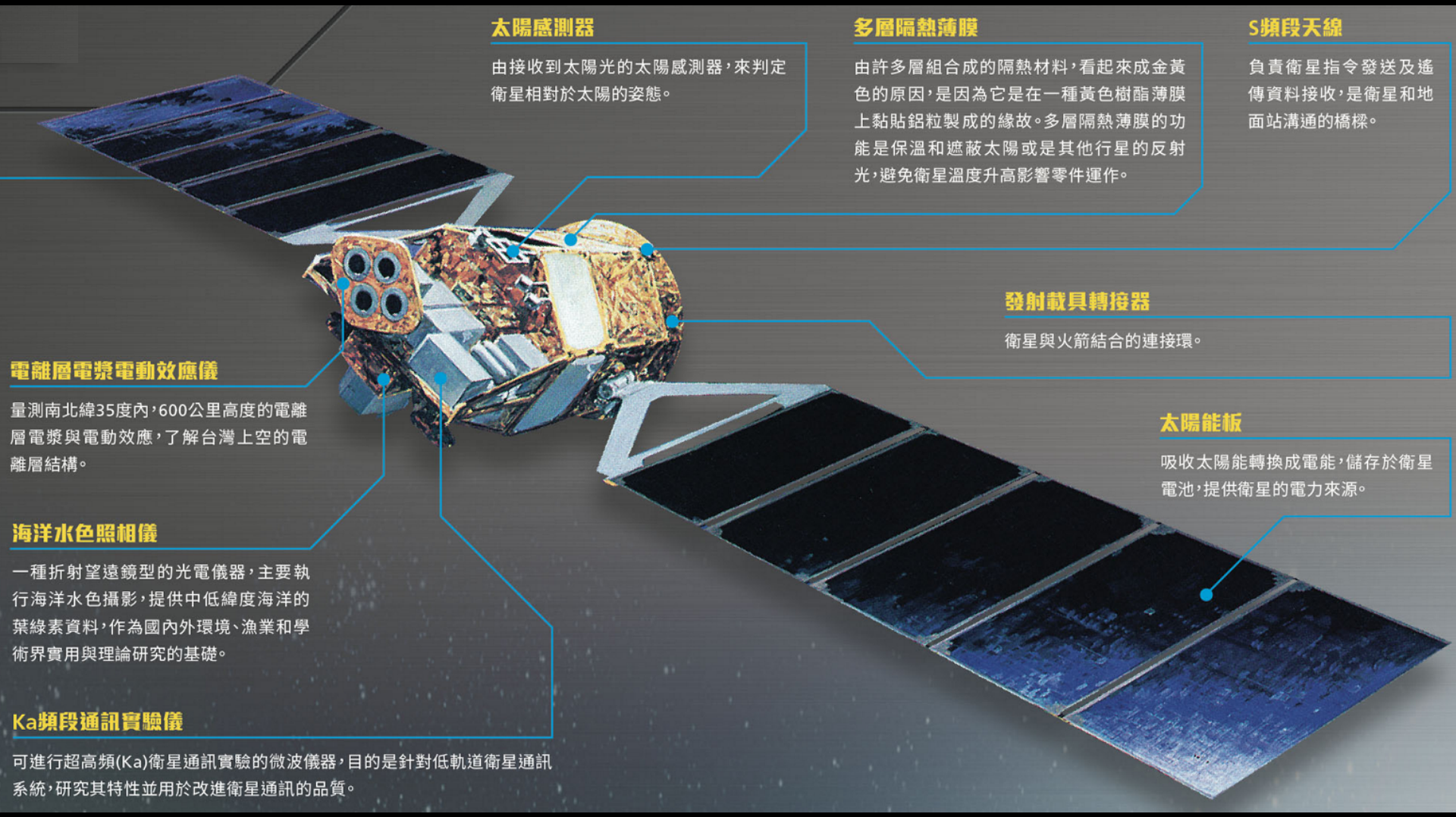
GNSS RO Data Processing System

1999~2004 福衛一號科學實驗衛星

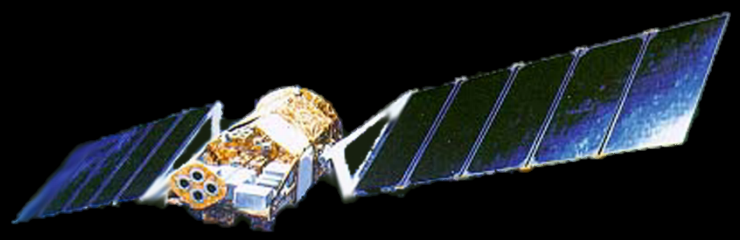
海洋水色照相儀/電離層電漿電動效應儀/通訊實驗酬載

FORMOSAT-1

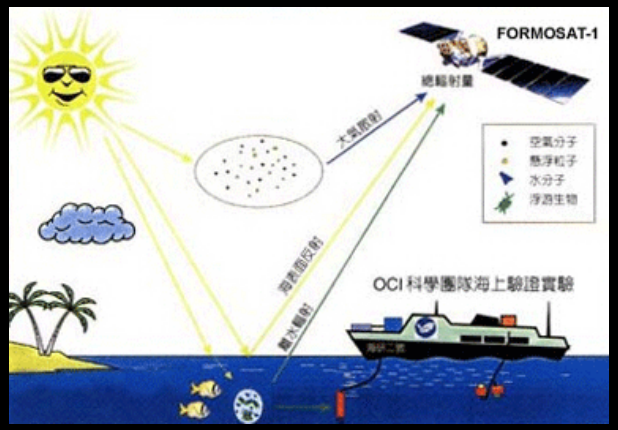
福衛一號外觀


太陽感測器
由接收到太陽光的太陽感測器，來判定衛星相對於太陽的姿態。
多層隔熱薄膜
由許多層組合成的隔熱材料，看起來成金黃色的原因，是因為它是在一種黃色樹酯薄膜上黏貼鋁粒製成的緣故。多層隔熱薄膜的功能是保溫和遮蔽太陽或是其他行星的反射光，避免衛星溫度升高影響零件運作。
S頻段天線
負責衛星指令發送及遙傳資料接收，是衛星和地面站溝通的橋樑。
發射載具轉接器
衛星與火箭結合的連接環。
電離層電漿電動效應儀
量測南北緯35度內，600公里高度的電離層電漿與電動效應，了解台灣上空的電離層結構。
太陽能板
吸收太陽能轉換成電能，儲存於衛星電池，提供衛星的電力來源。
海洋水色照相儀
一種折射望遠鏡型的光電儀器，主要執行海洋水色攝影，提供中低緯度海洋的葉綠素資料，作為國內外環境、漁業和學術界實用與理論研究的基礎。
Ka頻段通訊實驗儀
可進行超高頻(Ka)衛星通訊實驗的微波儀器，目的是針對低軌道衛星通訊系統，研究其特性並用於改進衛星通訊的品質。

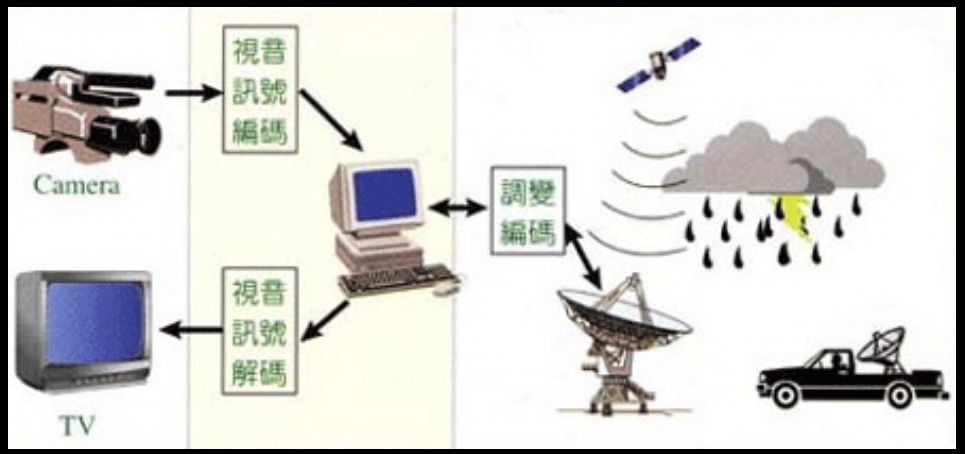
福衛一號任務



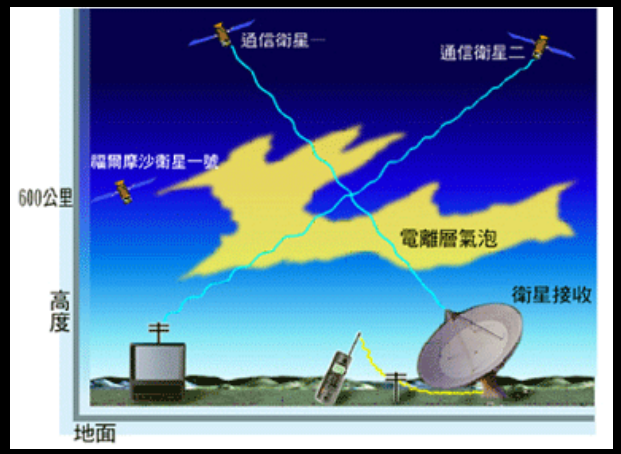
海洋水色照相儀:提供海洋相關領域之量測與實驗資料



Ka 頻段通訊實驗:進行台灣地區 Ka 頻段低速率、高速率及雨衰減通訊實驗，並且進一步做安全通訊實驗，以我國通訊系統能力。



電離層電漿電動效應測量: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資訊

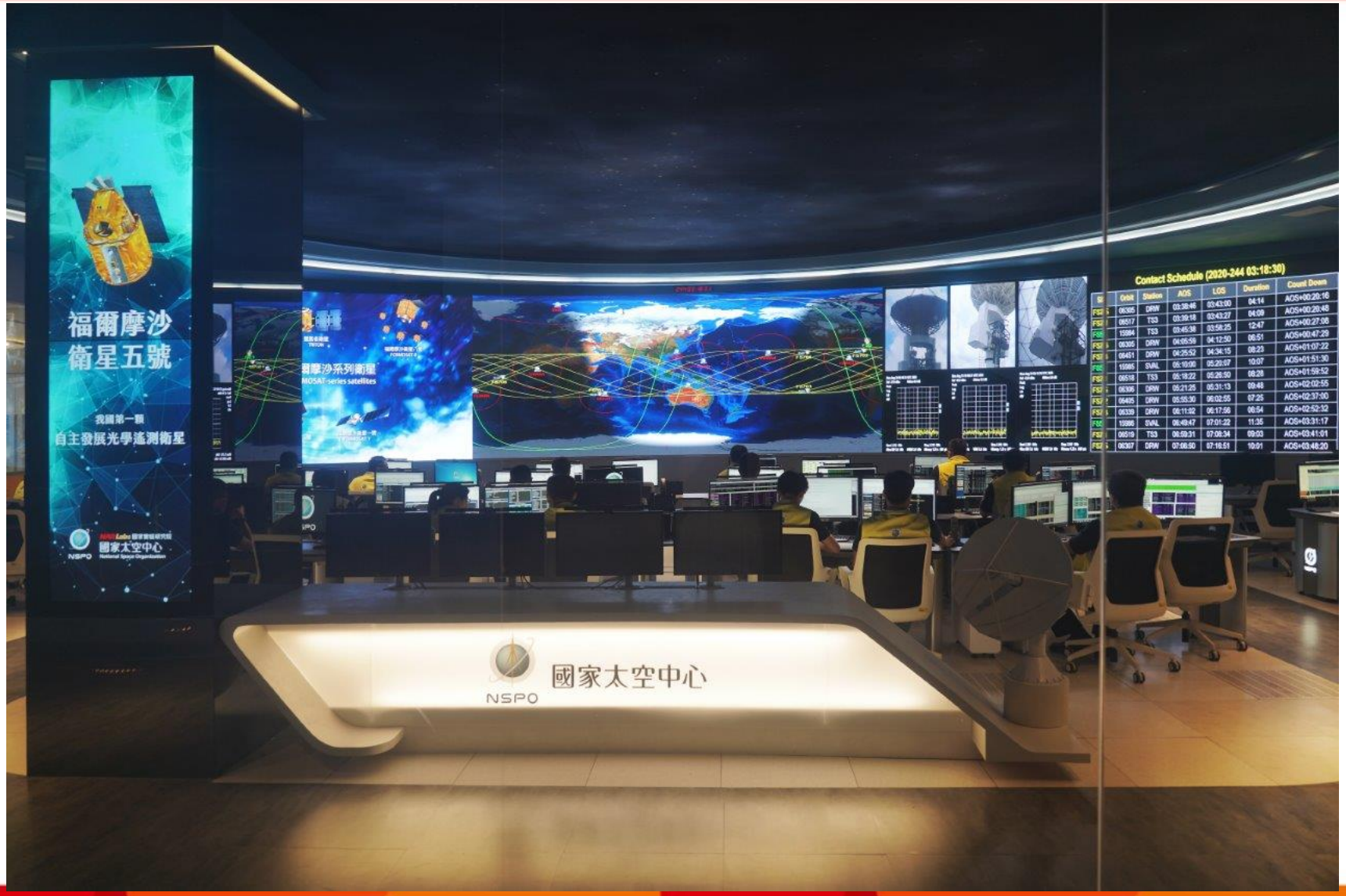


福衛一號發射影片

現在的衛星操控中心

NARLabs

承諾 · 熱情 · 創新



2004~2016　福衛二號光學遙測衛星

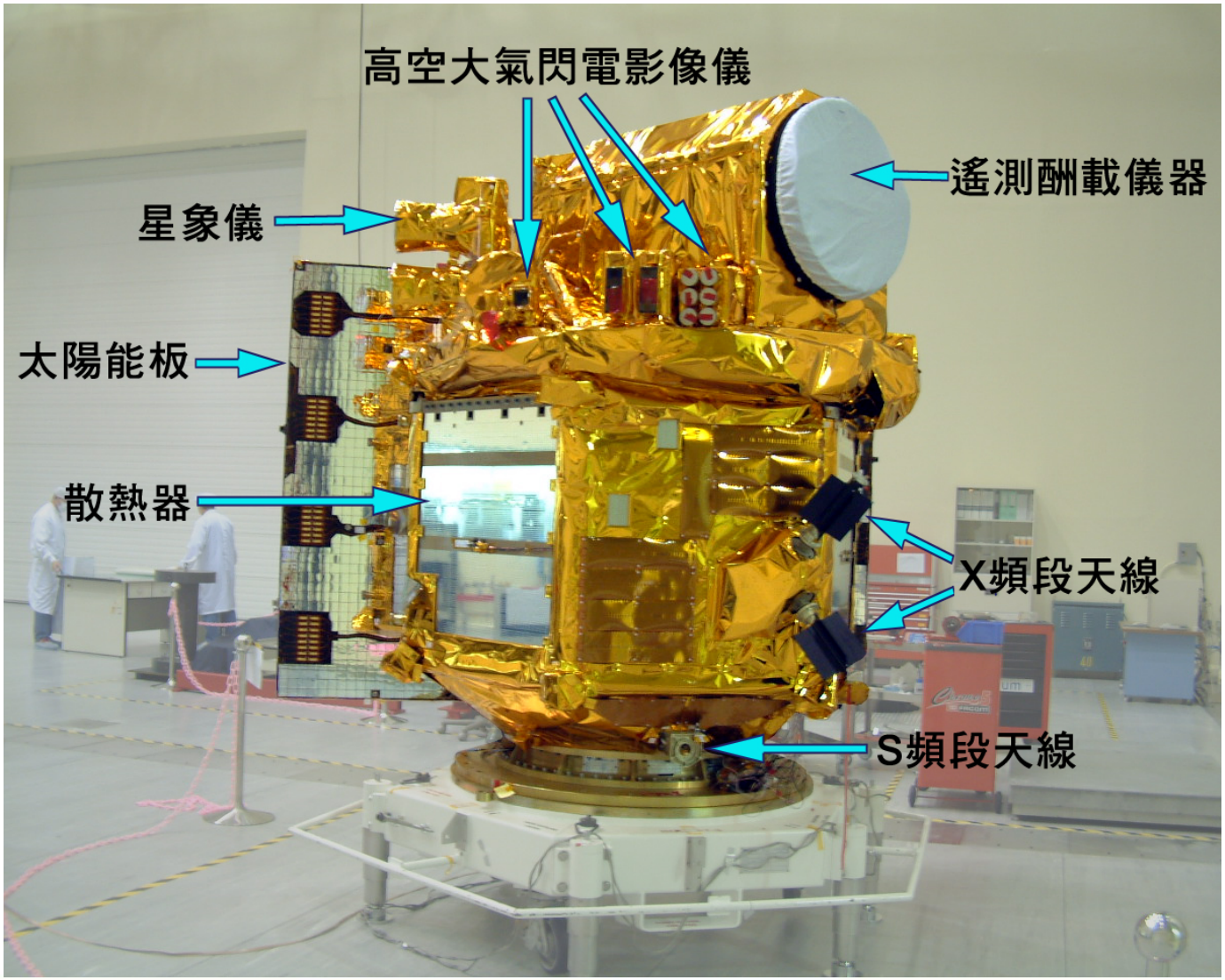
光學遙測酬載(RSI)/科學酬載(ISUAL)

FORMOSAT-2

福衛二號外觀

NARLabs

承諾·熱情·創新



福衛二號任務

NARLabs

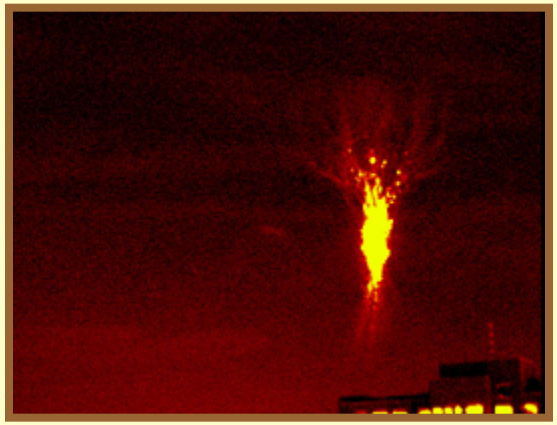
承諾·熱情·創新

遙測任務

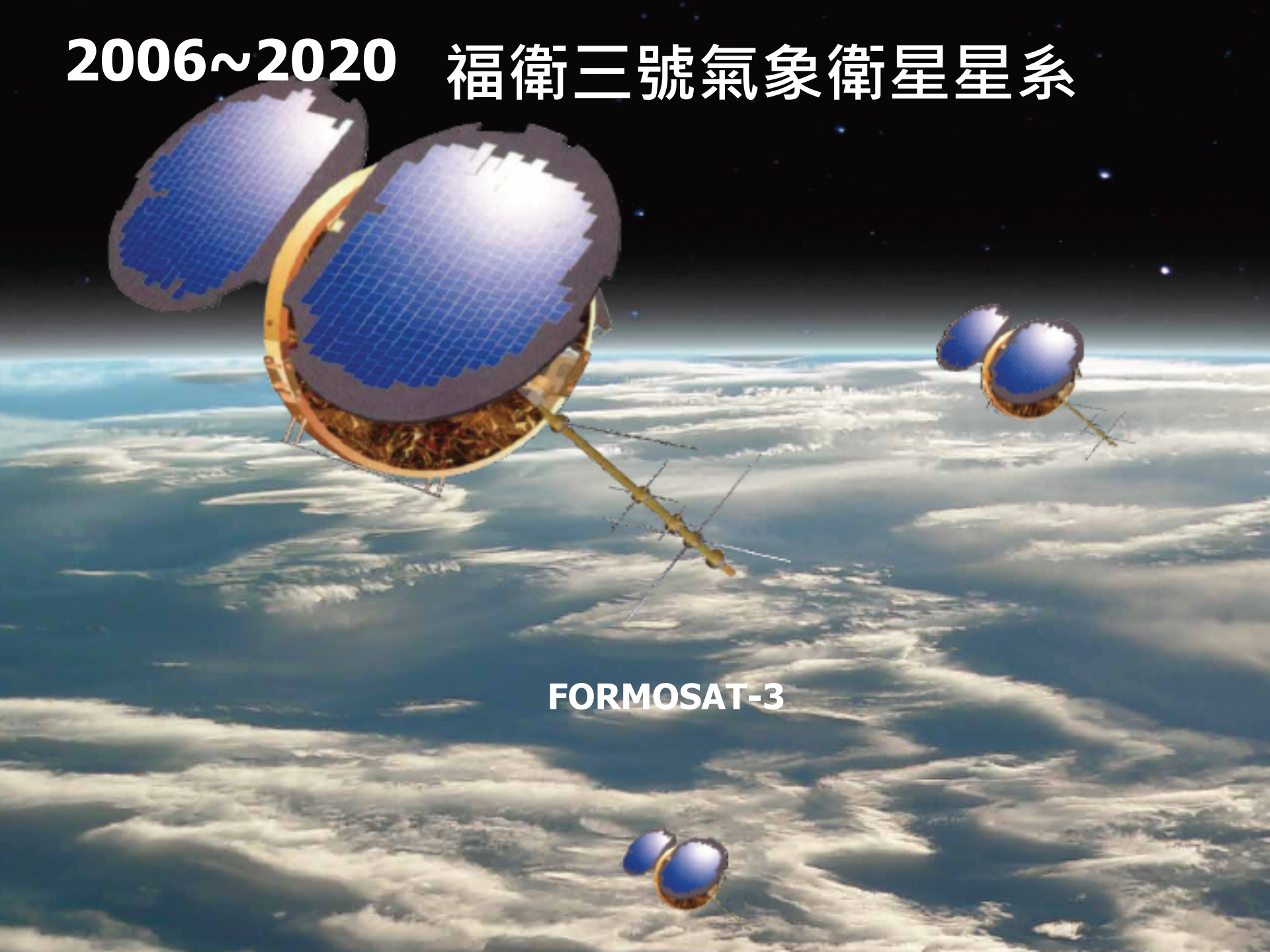
- 獲得臺灣陸地及附近海域及時的衛星影像資料，作為土地利用、農林規劃、環境監控、災害評估、科學研究、科學教育等民生與科學用途。
- 以及時性、自主性、及台灣需求為主要任務考量。

科學任務

- 高空向上閃電(或稱紅色精靈)觀測實驗。
- 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。



2006~2020 福衛三號氣象衛星星系



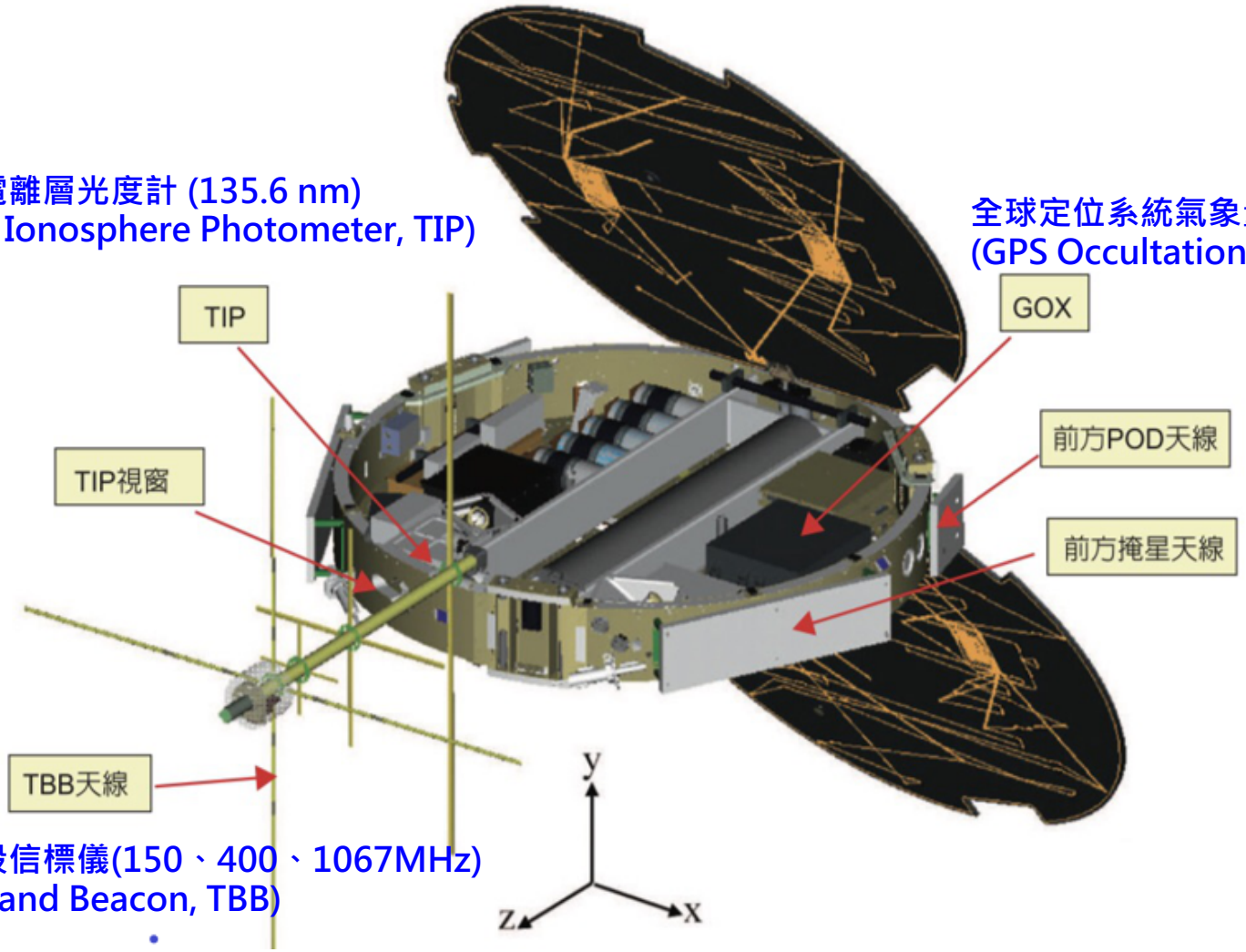
福衛三號外觀

NARLabs

承諾·熱情·創新

小型電離層光度計 (135.6 nm)
(Tiny Ionosphere Photometer, TIP)

全球定位系統氣象量測儀
(GPS Occultation Experiment, GOX)



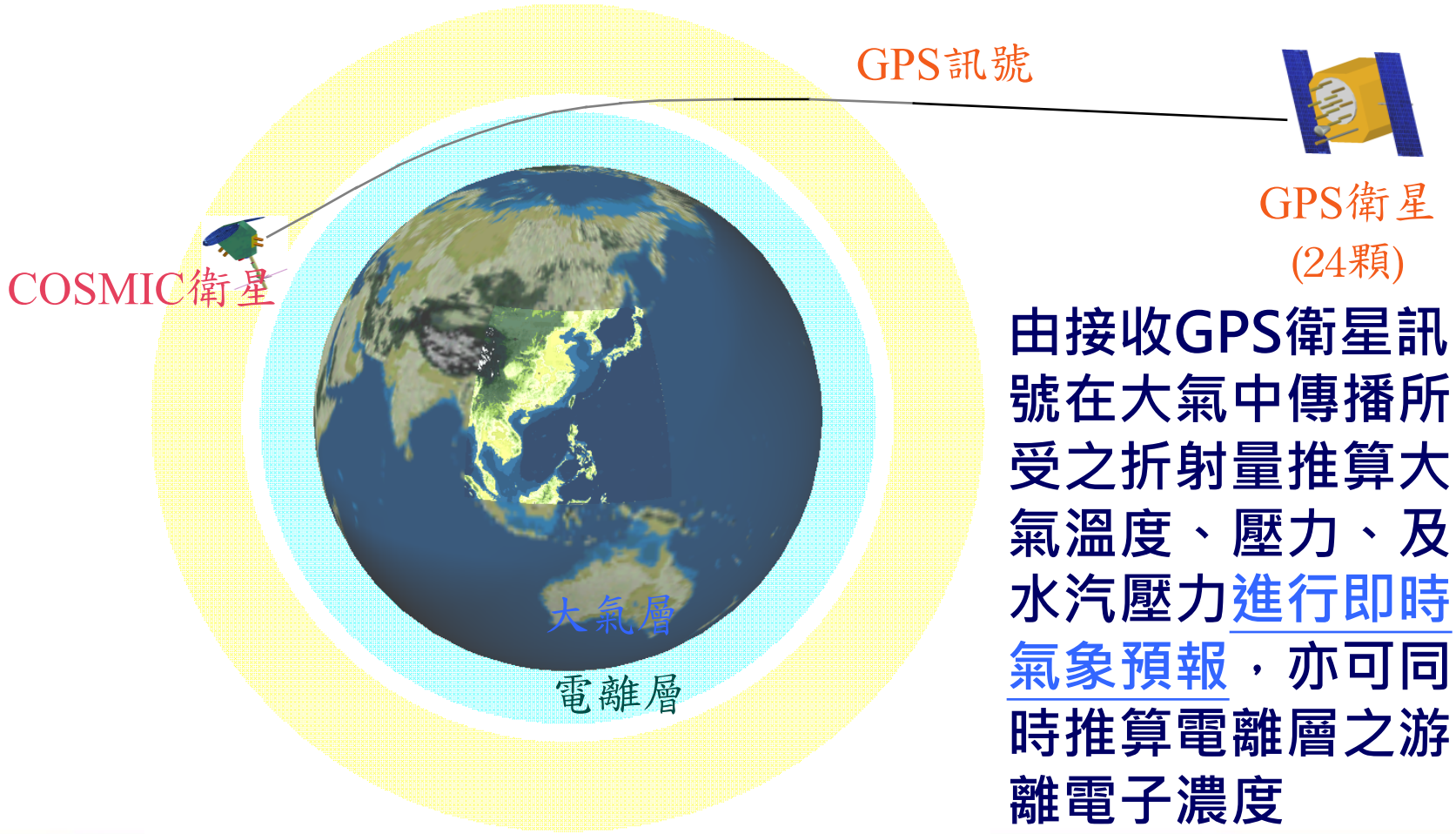
三頻段信標儀(150、400、1067MHz)
(Tri-Band Beacon, TBB)

福衛三號任務

NARLabs

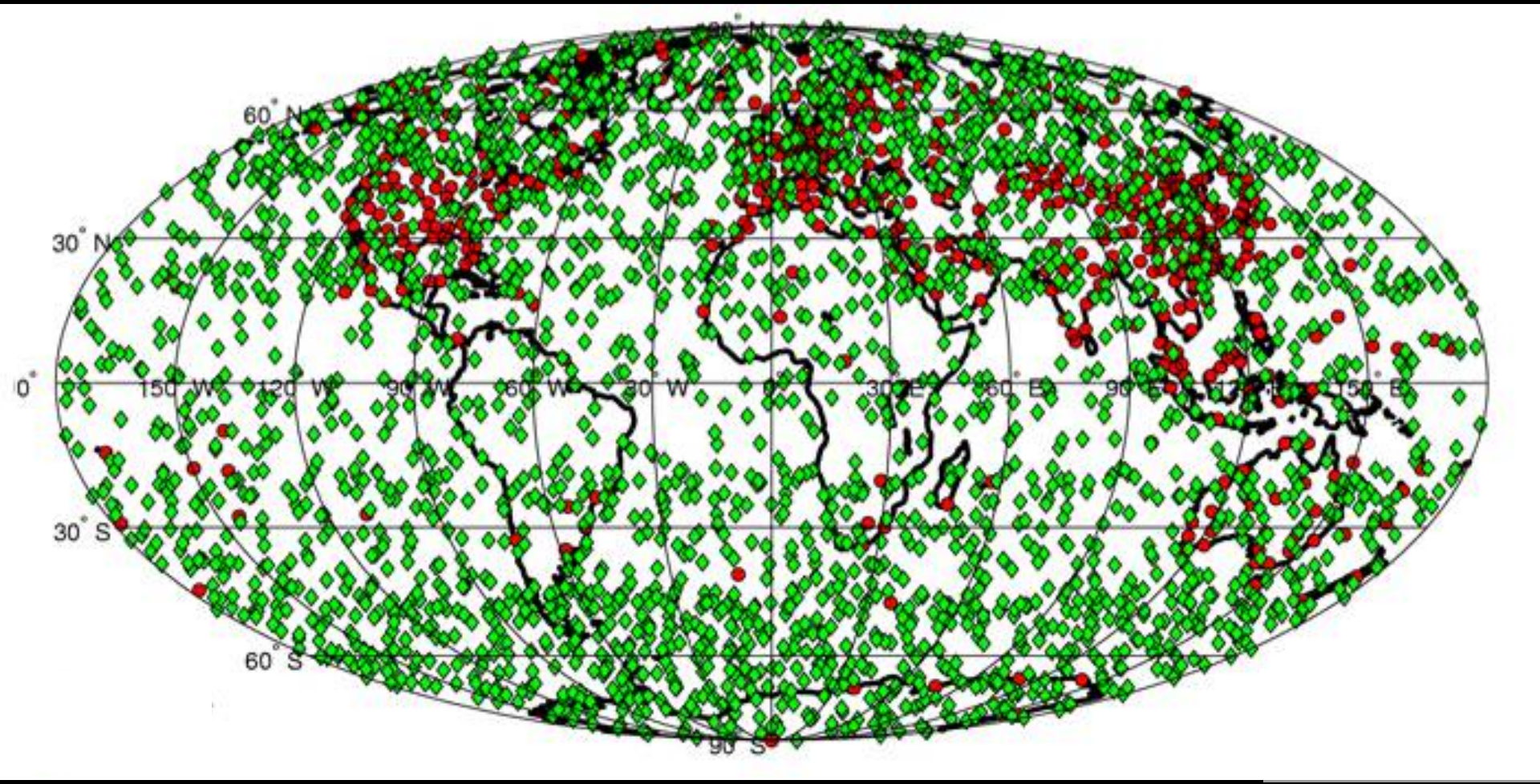
承諾·熱情·創新

COSMIC: Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate



由接收GPS衛星訊號在大氣中傳播所受之折射量推算大氣溫度、壓力、及水汽壓力進行即時氣象預報，亦可同時推算電離層之游離電子濃度

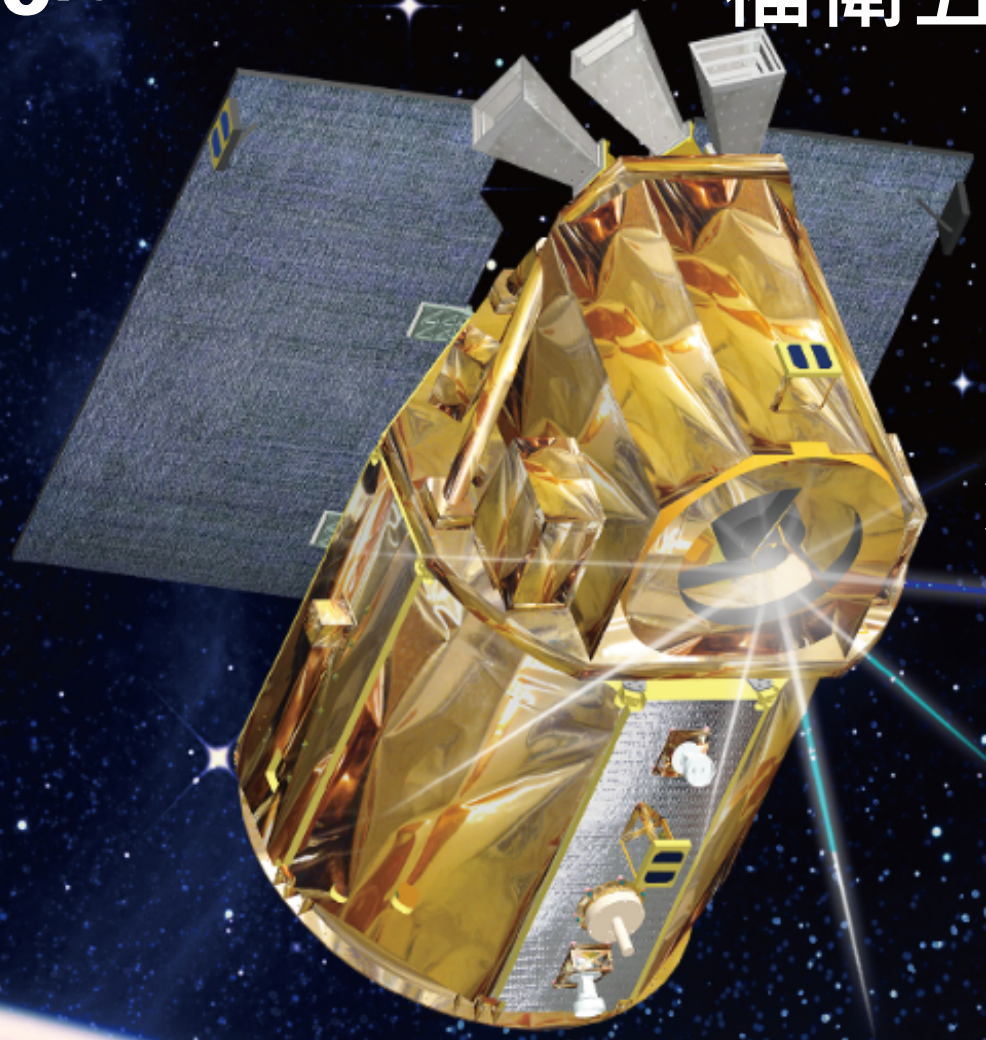
福衛三號每日觀測點



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

2016~

福衛五號光學遙測衛星



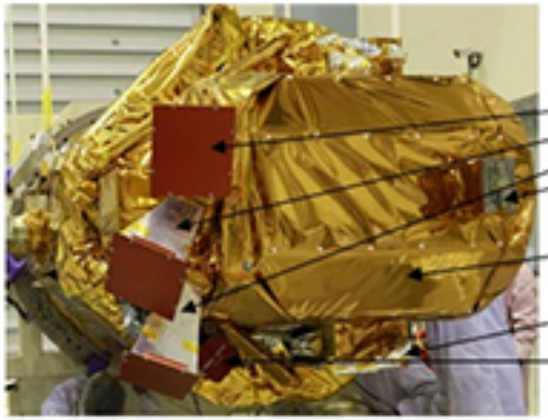
第一顆台灣自製衛星

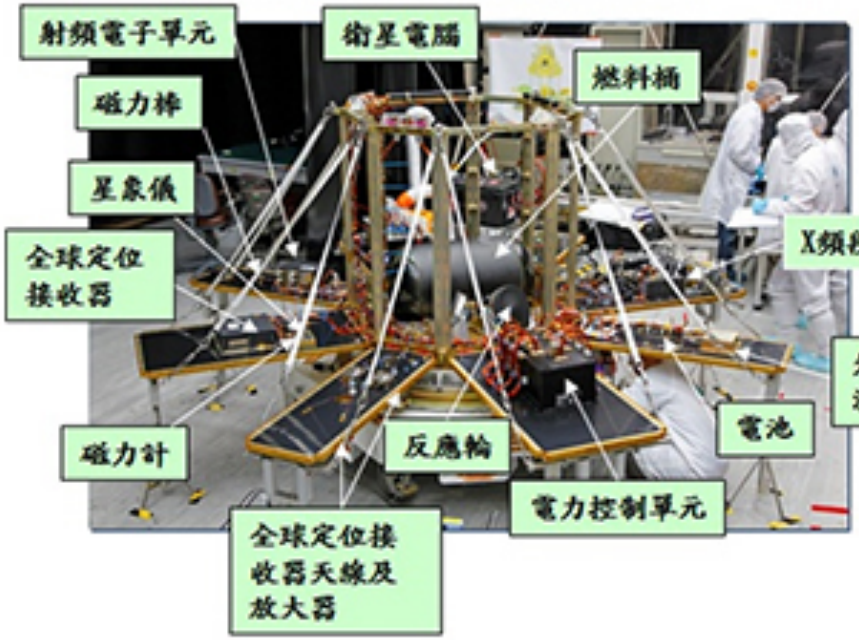
FORMOSAT-5

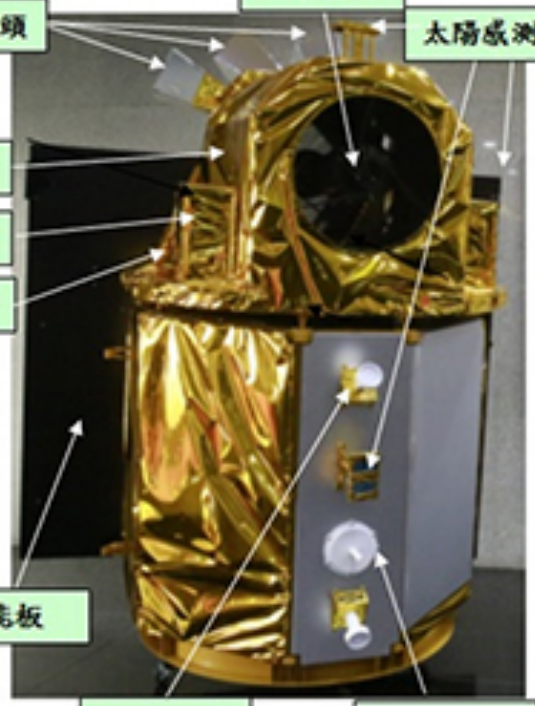
福衛五號外觀

NARLabs

承諾·熱情·創新



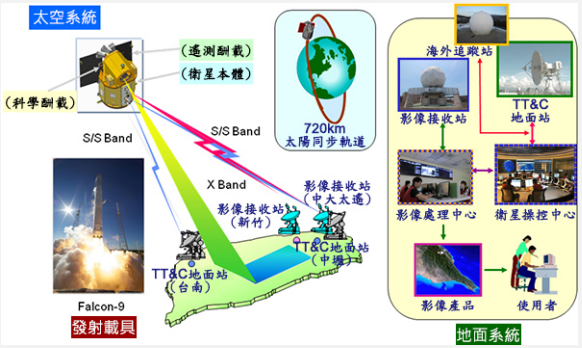




福衛五號任務

NARLabs

承諾·熱情·創新

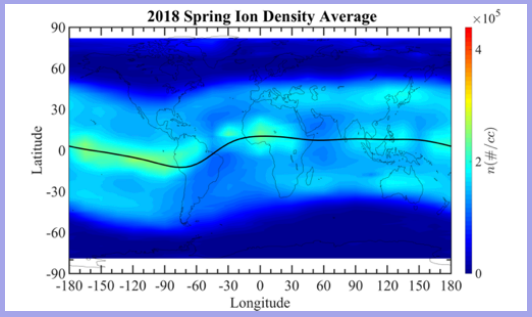


遙測任務

- 福衛五號運行於高度720公里的太陽同步軌道，約99分鐘繞行地球一週，每兩日通過台灣一次，所提供的高解析度光學影像可涵蓋全球，將應用於政府施政、防災勘災、國土安全、環境監控及學術研究等

科學任務

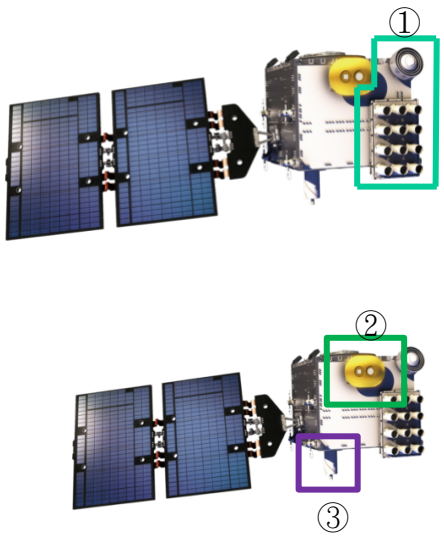
- 「先進電離層探測儀」科學酬載，可進行電離層觀測及地震前兆研究，目前每兩天可合成一張全球電離層電漿參數分布圖，有效地監控全球電離層的變異性。

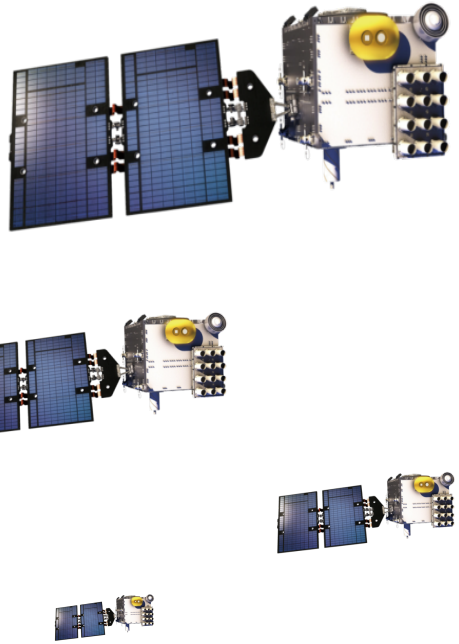


2019~ 福衛七號氣象衛星星系

NARLabs

承諾·熱情·創新

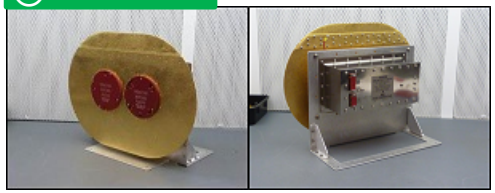




① 任務酬載

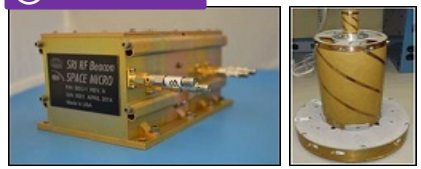
全球衛星導航系統無線電訊號接收器
(Tri-Band GNSS Receiver System, TGRS)

② 科學酬載



離子速度儀(Ion Velocity Meter, IVM)

③ 科學酬載



無線電射頻信標儀
(Radio Frequency Beacon, RFB)

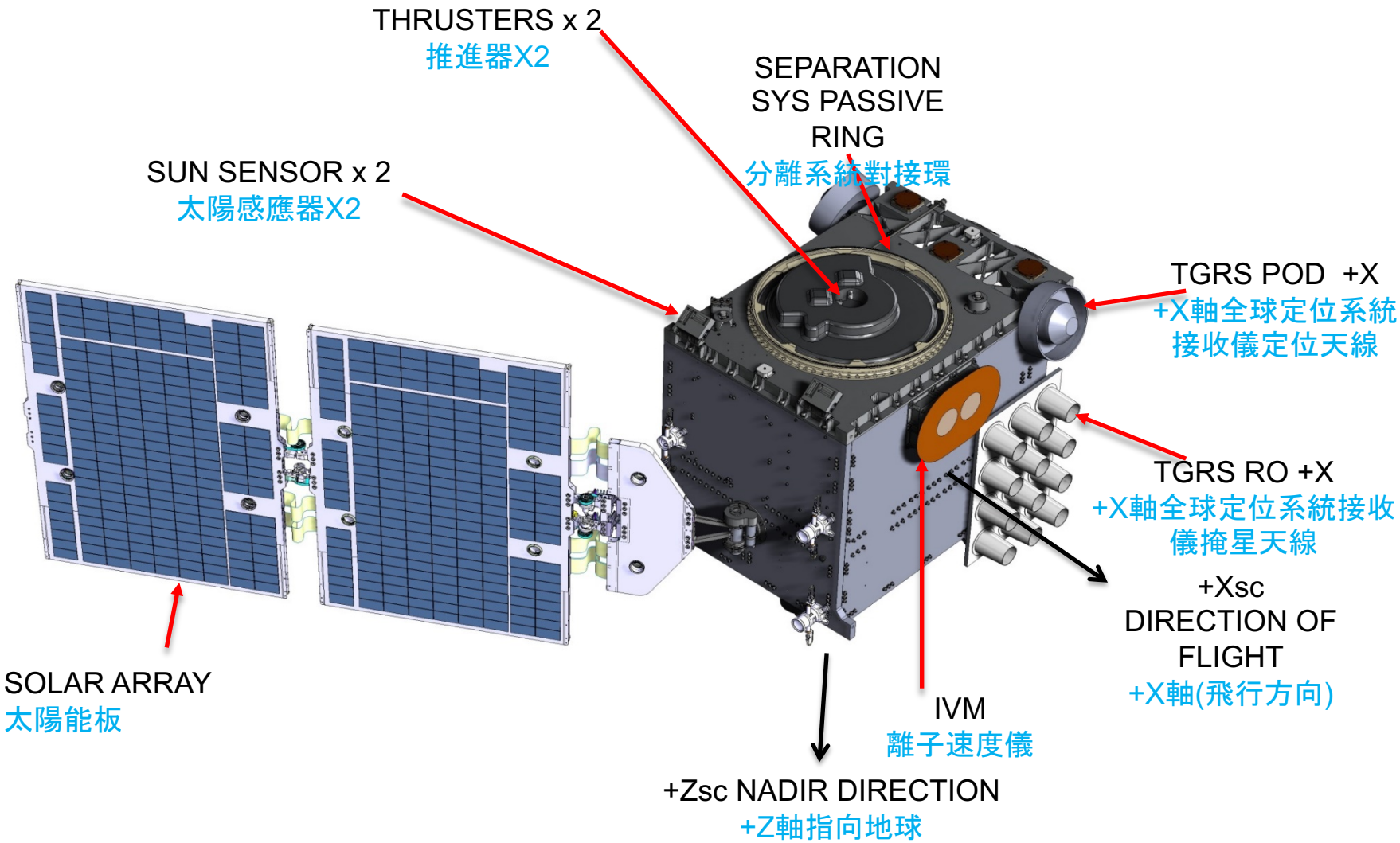
發射載具

獵鷹重型火箭
(Falcon Heavy)

福衛七號外觀

NARLabs

承諾·熱情·創新



福衛七號任務

NARLabs

承諾·熱情·創新

- 福衛七號搭載全球衛星導航系統無線電訊號接收器，接收美國GPS及俄羅斯GLONASS全球衛星導航系統訊號
  - 藉由量測無線電掩星訊號，可推導出大氣層壓力、溫度、和濕度等大氣參數，與電離層的電子濃度。
- 台灣地區附近的資料量約是福衛三號的3~4倍，大幅增加低緯度地區氣象資料
  - 觀測資料將供中央氣象局納入數值預報系統，提升國內氣象預報準確度及劇烈天氣(颱風路徑及降雨) 預測準確度。

Courtesy of SSTL

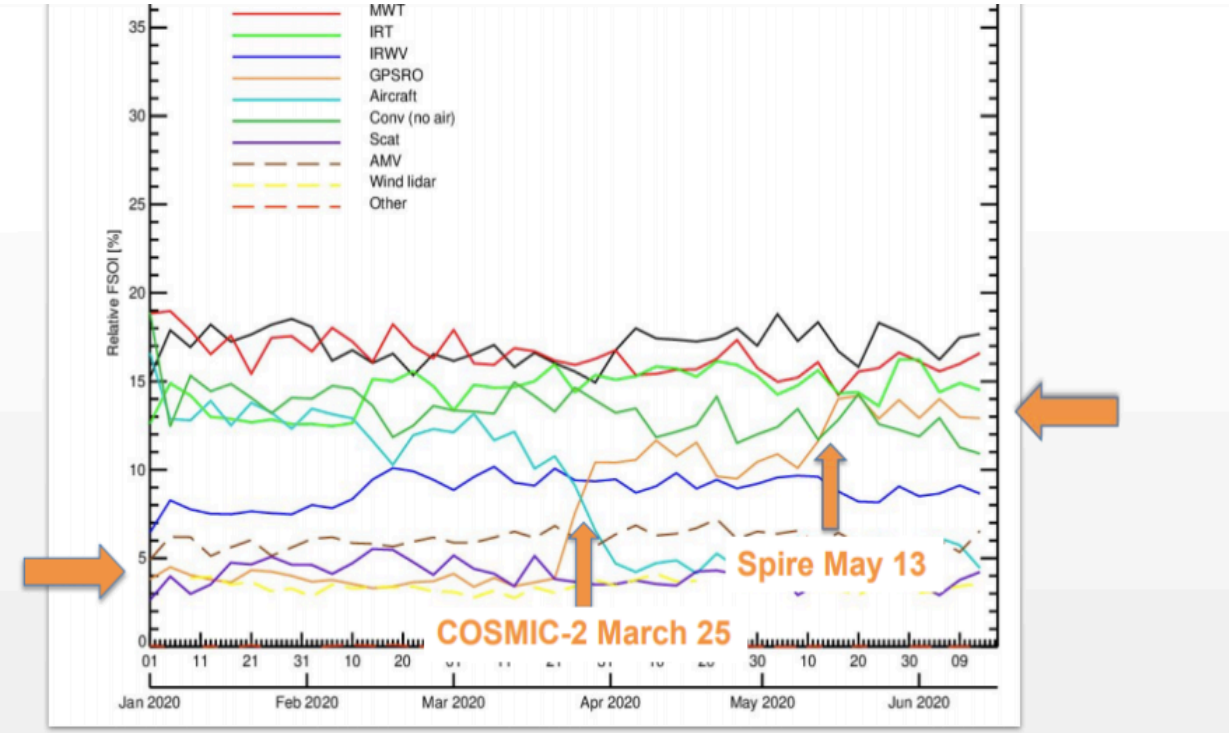
福衛七號模擬影片

NARLabs

承諾·熱情·創新

Impact of FORMOSAT-7/COSMIC-2

- SpaceNews reported the European Centre for Medium Range Weather Forecasts analysis showed: the RO data can help to reduce 1-day forecast error by 13 or 14 % (FORMOSAT-7/COSMIC-2 + Spire).



August 14, 2020

https://spacenews.com/radio-occultations-growing-importance/

Outlines

NARLabs

承諾·熱情·創新

- 福衛一~七號科學酬載綜整
- 福衛科學成果及貢獻

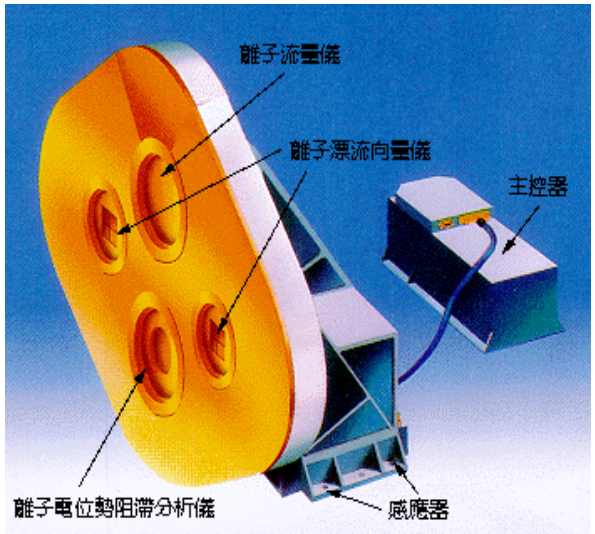
台灣的太空發展簡史

過去福衛的科學酬載及貢獻

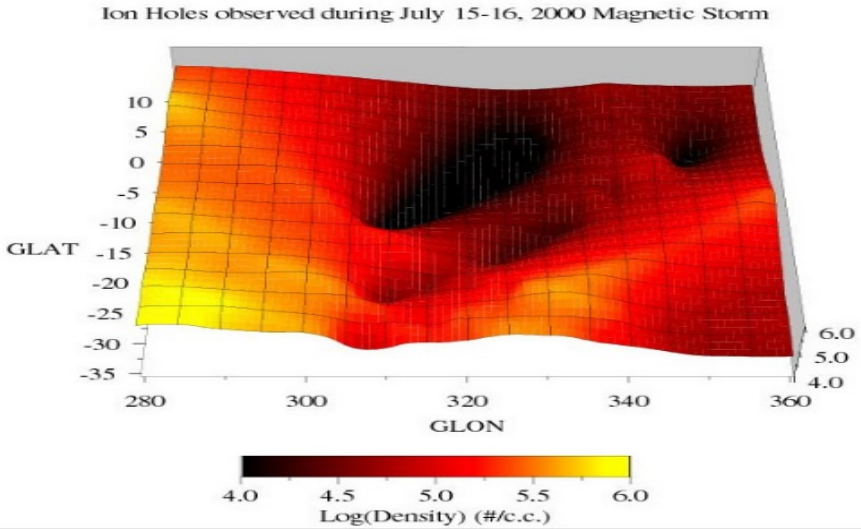
福衛一號科學成果及貢獻(1/3)

承諾·熱情·創新

電離層電動效應儀 (IPEI)



電離層離子洞

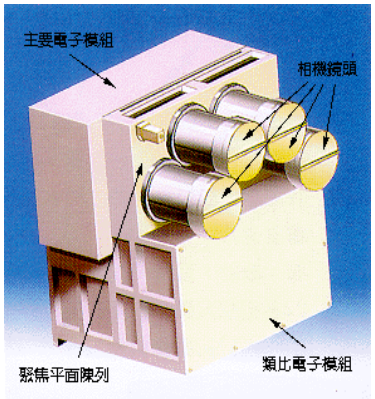


- 探測南北緯35度內、600公里高度之電離層電漿與電動效應，此計畫的完成將能了解台灣周圍上空的電離層結構，以提供影響無線電通訊的重要訊息。
- 推動國際地面共同觀測，1999年9~11月與日本MU雷達合作，2000年3~4月與美國空軍地球物理實驗所合作。
- 首次偵測到十年來最大地磁風暴造成的電離層離子洞。

福衛一號科學成果及貢獻(2/3)

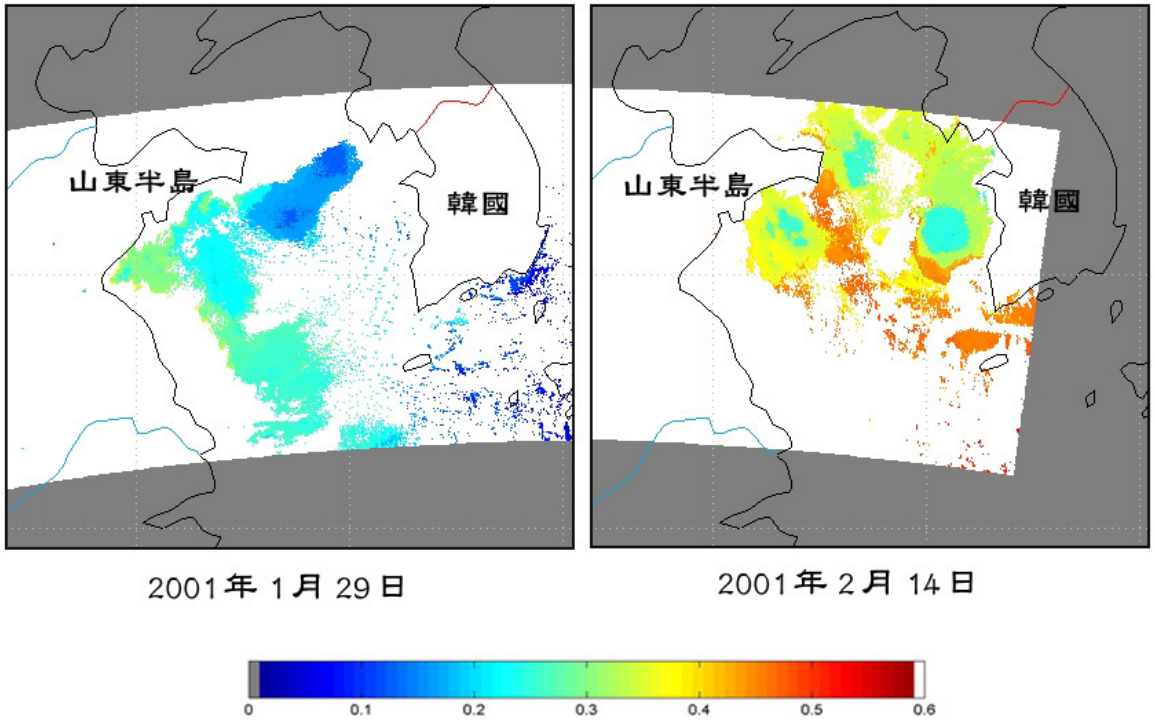
承諾·熱情·創新

海洋水色照相儀 (OCI)



- 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。
- 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。

OCI偵測沙塵暴發生前後氣膠分布圖

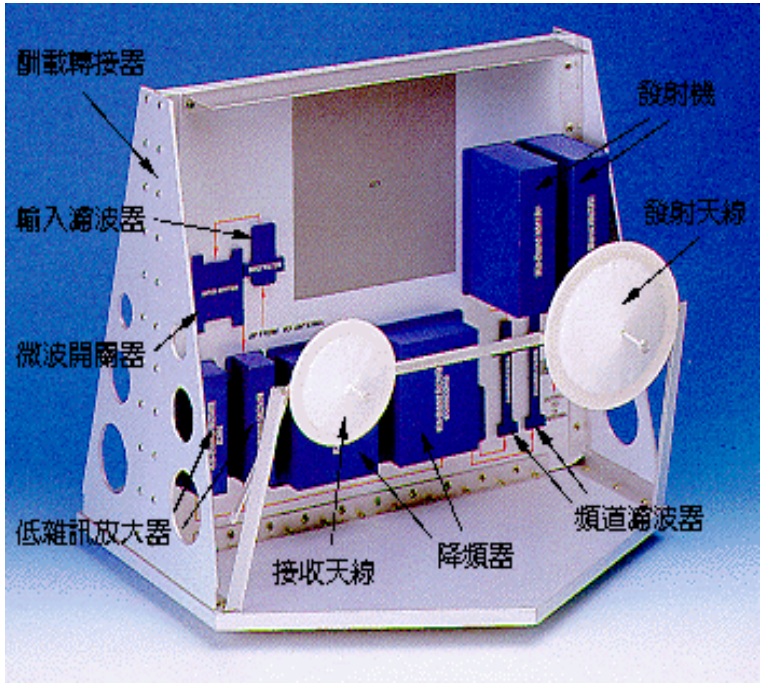


- 首次拍攝到大陸沙塵暴漂移到東海上空的大規模傳播現象。

福衛一號科學成果及貢獻(3/3)

承諾·熱情·創新

Ka頻段通訊實驗酬載 (ECP)

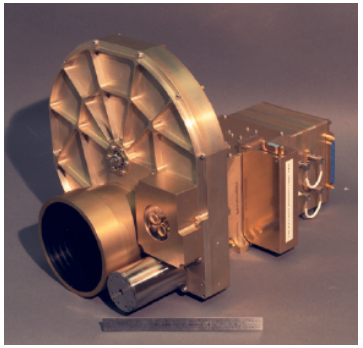


- Ka頻段通訊實驗酬載，係針對未來低軌道衛星通訊系統，研究其特性及不同之製造技術，實驗計畫包括雨衰減實驗、衛星直播實驗、語音/數據/傳真/及低速率視訊傳輸系統研製。
- 完成數位電視訊號直播實驗、語音/數據/傳真/及低速率視訊傳輸系統實驗。
- 完成台灣地區雨衰減實驗。

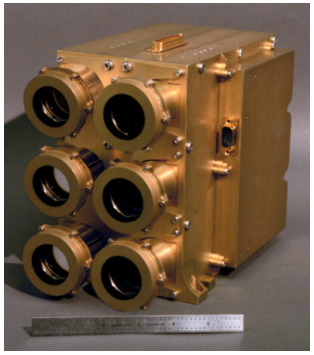
福衛二號科學酬載
-高空大氣閃電影像儀(ISUAL)

NARLabs

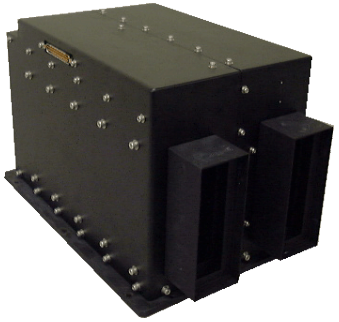
- 高空大氣閃電影像儀(ISUAL)任務為全世界第一個專注於高空短暫發光現象研究的衛星任務。
- 包含了三組偵測器，可以同時捕捉短暫發光現象之影像、低解析度光譜、垂直方向之動態變化。
- 配置地面光學觀測與閃電電波系統輔助本任務之進行。
- 核心團隊為國立成功大學(台灣)、加州大學柏克萊分校 (美國)、東北大學 (日本)



ICCD imager 影像儀



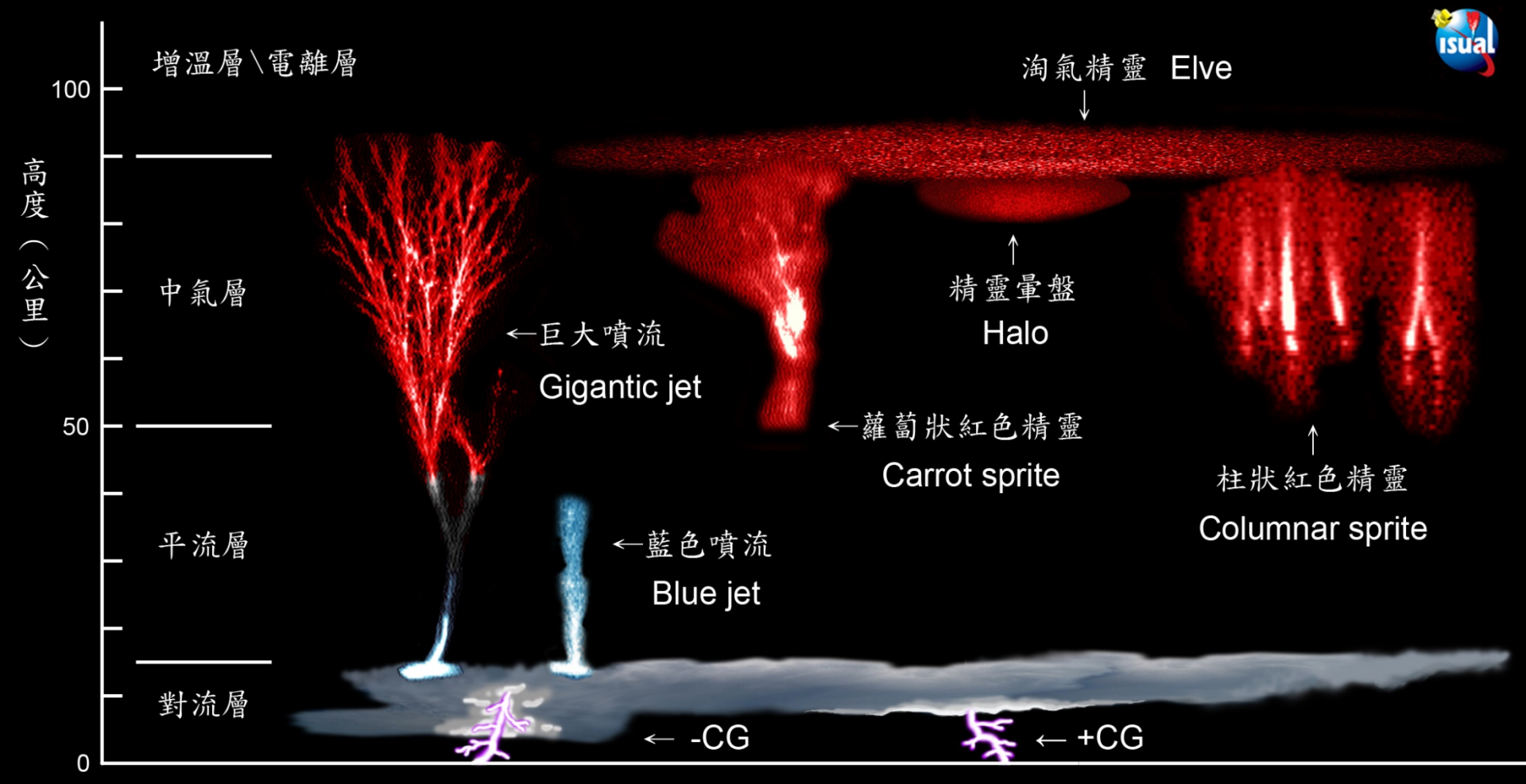
Spectrophotometer(SP)光譜光度儀



Array Photometer (AP)陣列光度儀

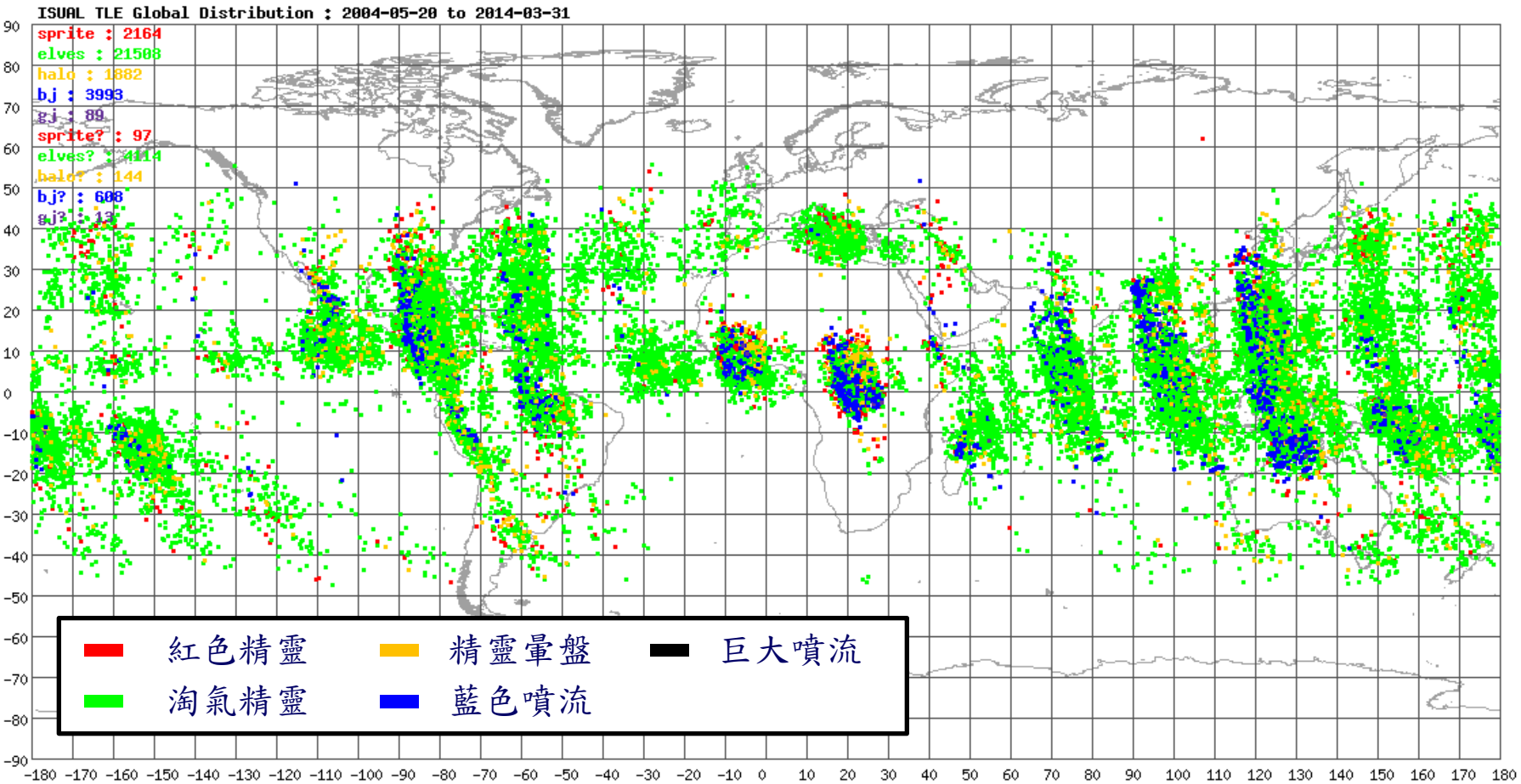
福衛二號科學酬載
高空大氣閃電影像儀(ISUAL)

拍攝高空短暫發光現象以及大氣輝光與極光



福衛二號
觀測之高空短暫發光現象全球分布圖

NARLabs
承諾·熱情·創新



ISUAL 觀測到的發光件事件中有：

~ 80% 為淘氣精靈; ~ 20% 為紅色精靈和暈盤

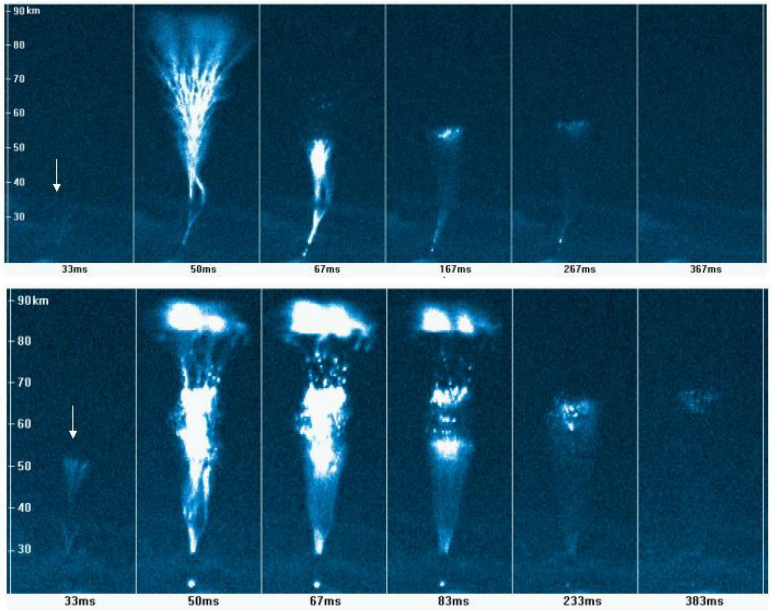
推翻歐美學界原先的看法！

福衛二號科學成果及貢獻

NARLabs
承諾·熱情·創新

■ 巨大噴流研究

- 地面觀測中首次觀測到巨大噴流，並發表於「自然」期刊 。
- 發表了世界上第一篇具有高時間解析度的巨大噴流光譜與光度資料，並首次估算出巨大噴流中在發展完整的噴流階段時，高空中的電場與平均電子能量隨高度變化的情形。
- 提出二次噴流與紅色精靈之間的理論解釋。

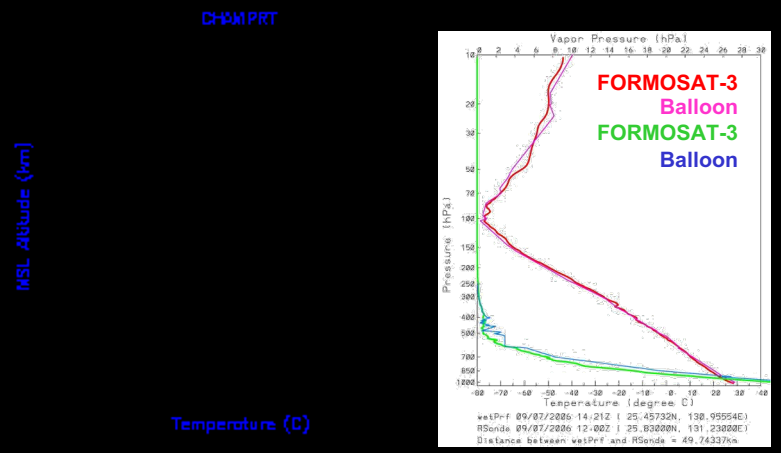


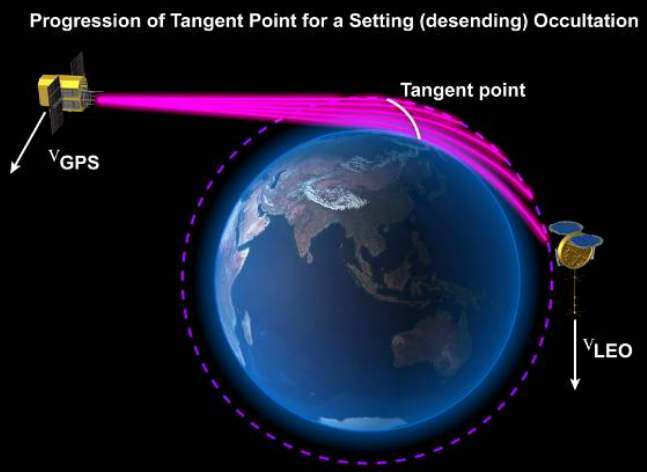
Los Angeles Times / *June 25, 2003*

"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,…"

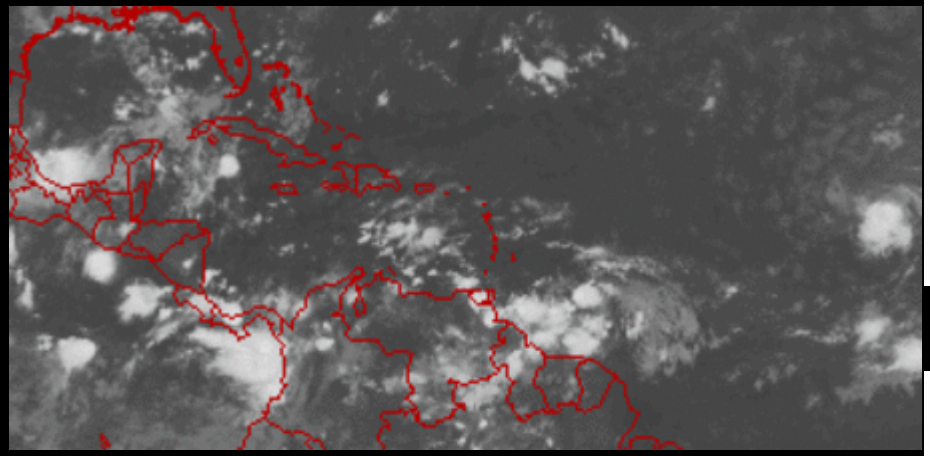
福衛三號
太空中最準確的溫度計



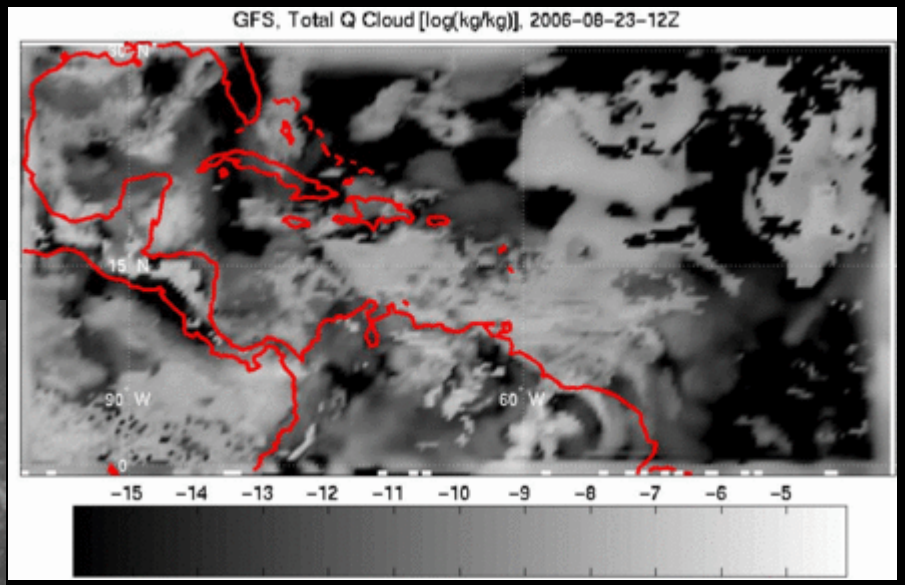


折射原理

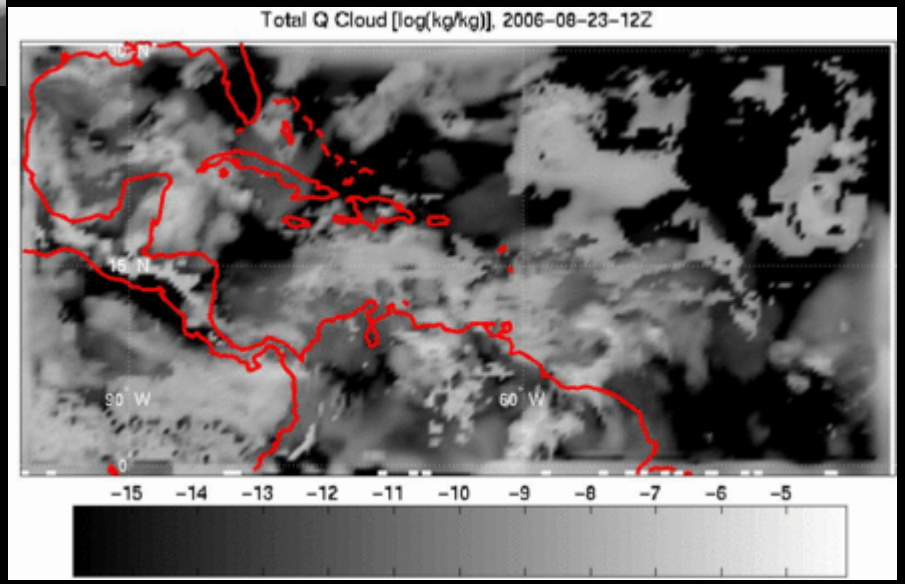
實際天氣狀況



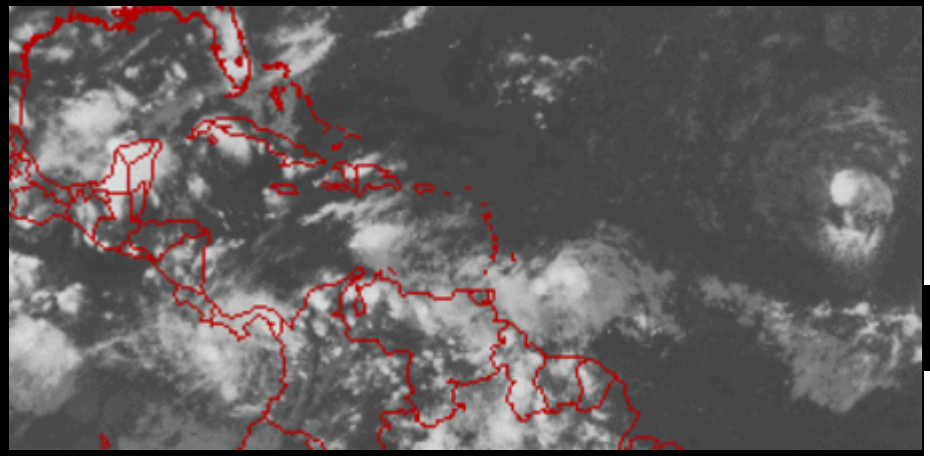
原有資料分析



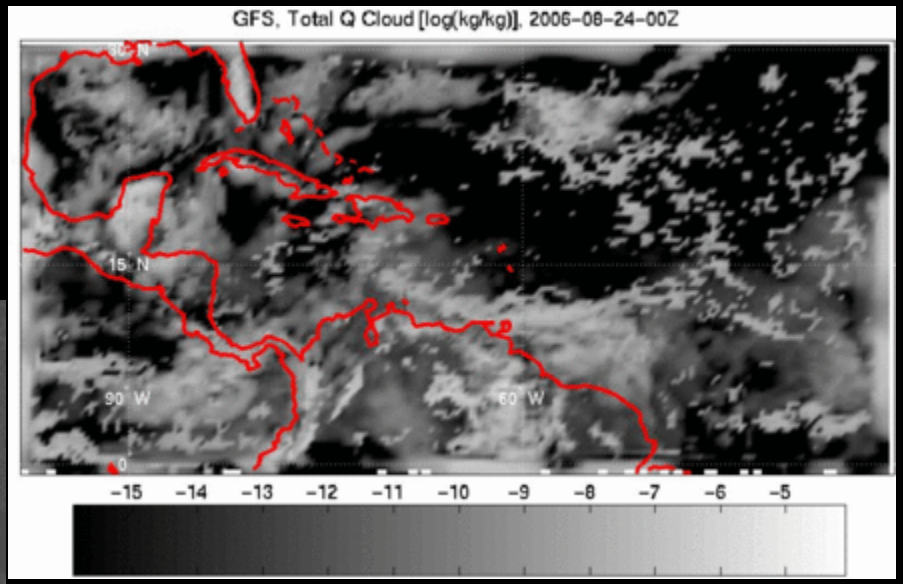
原有資料 + 福衛三號觀測資料分析



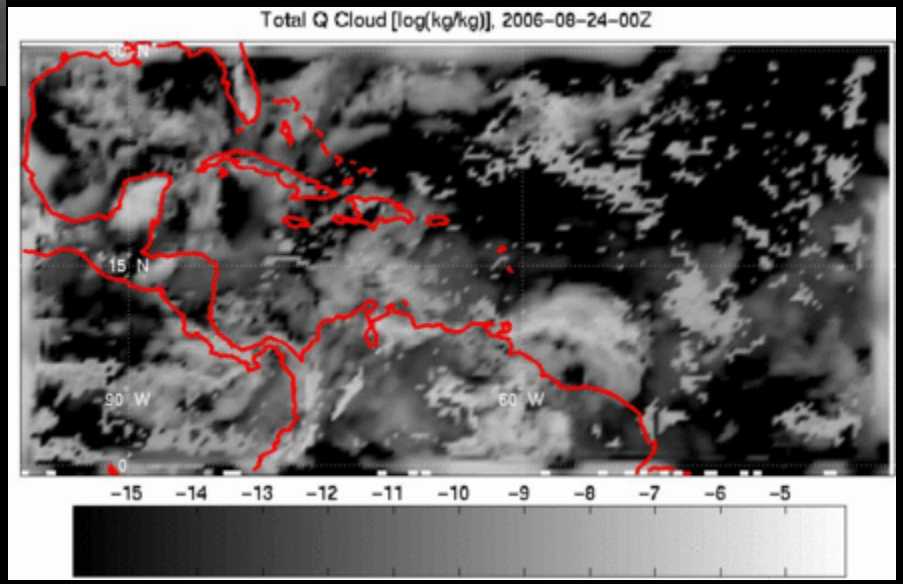
實際天氣狀況



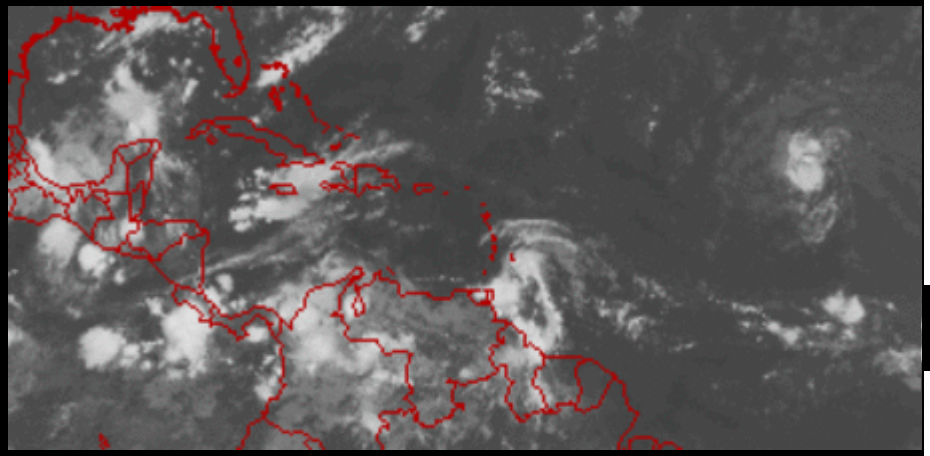
原有資料分析



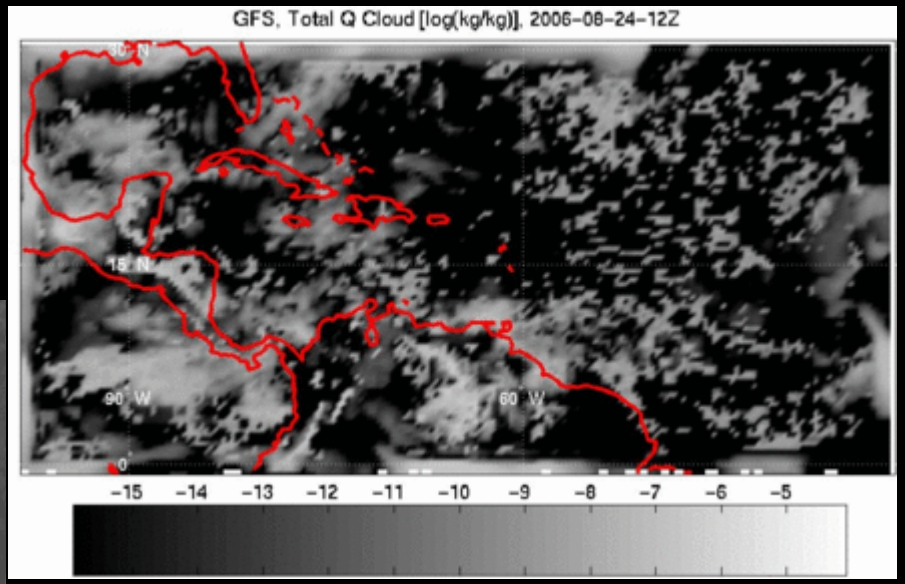
原有資料 + 福衛三號觀測資料分析



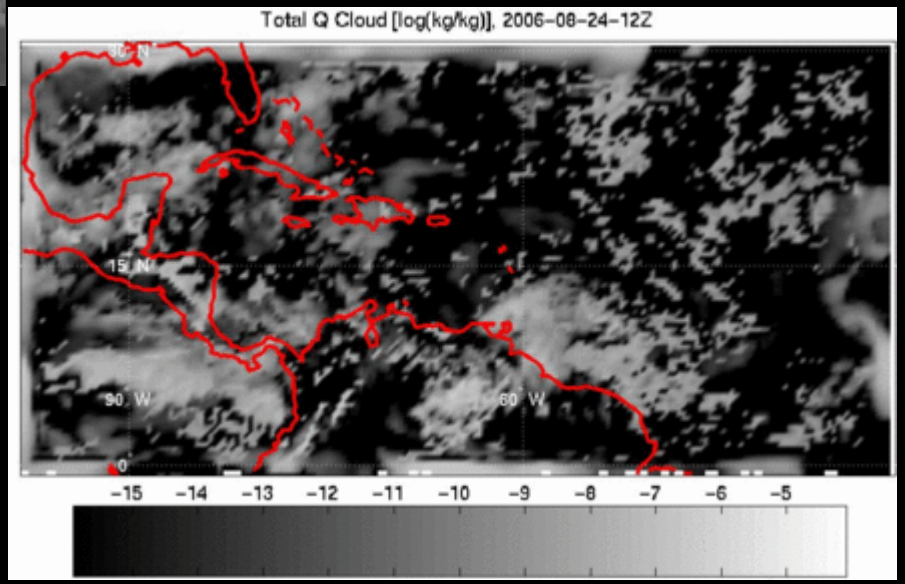
實際天氣狀況



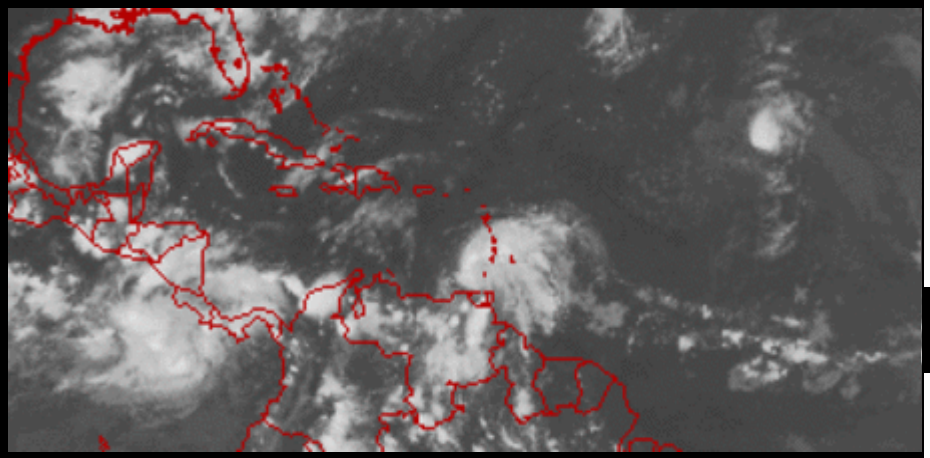
原有資料分析



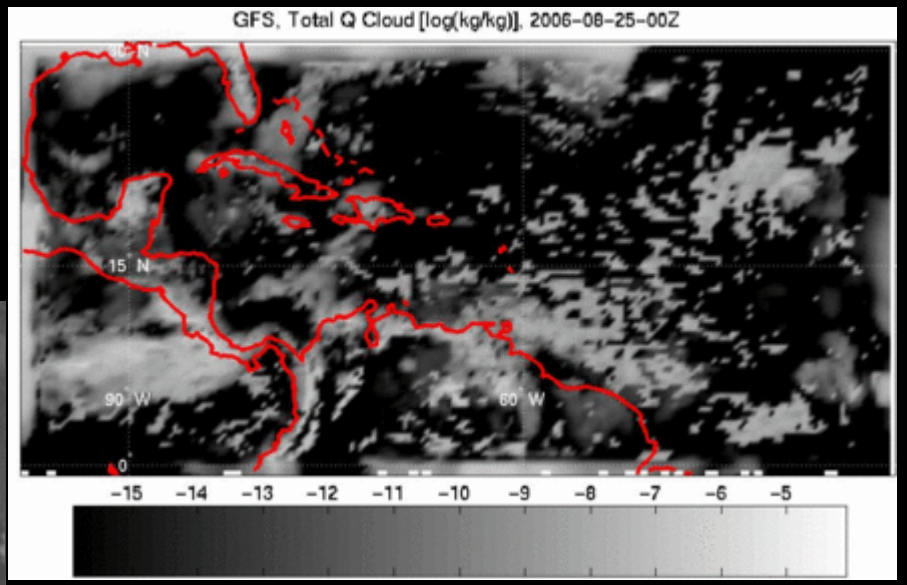
原有資料 + 福衛三號觀測資料分析



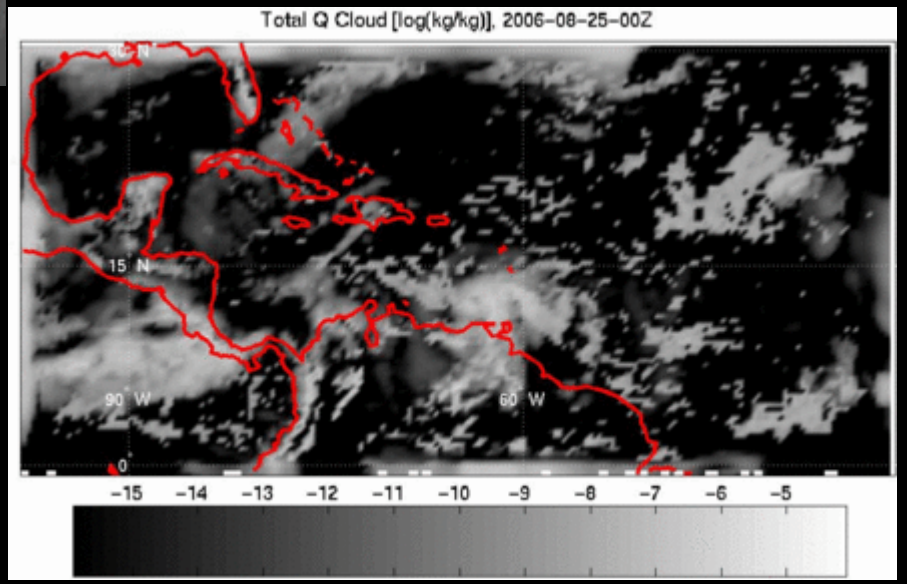
實際天氣狀況



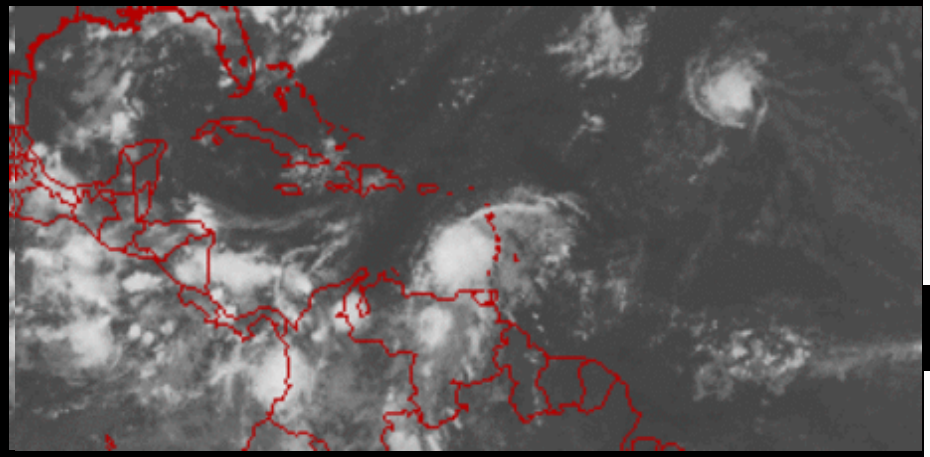
原有資料分析



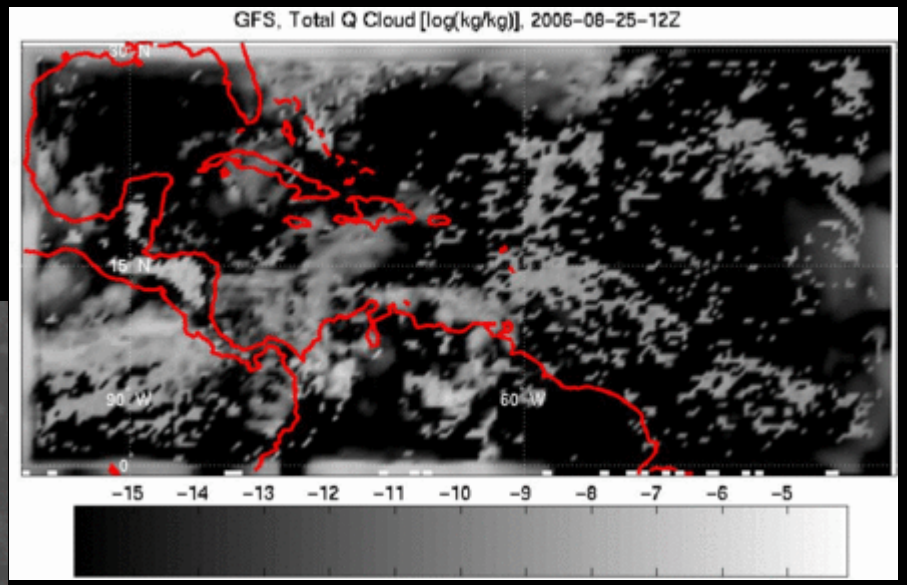
原有資料 + 福衛三號觀測資料分析



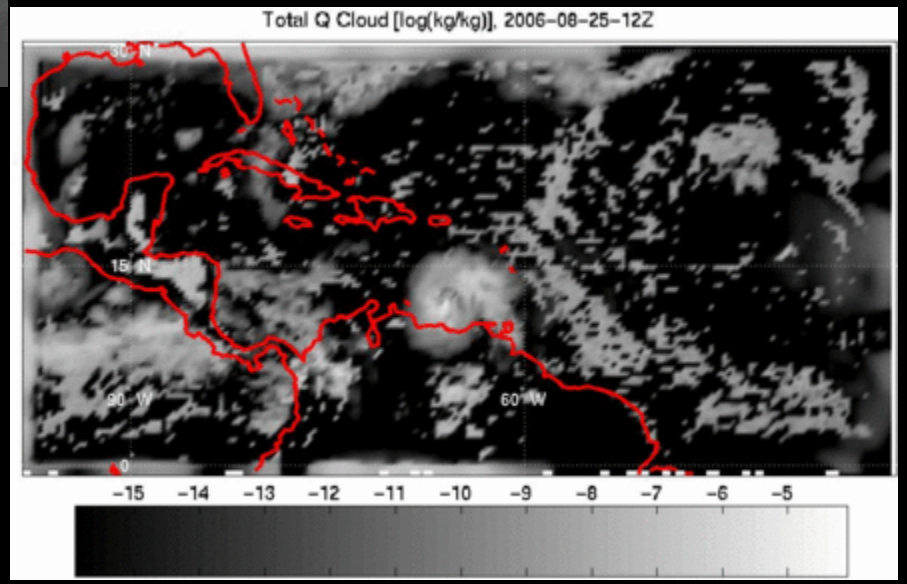
實際天氣狀況



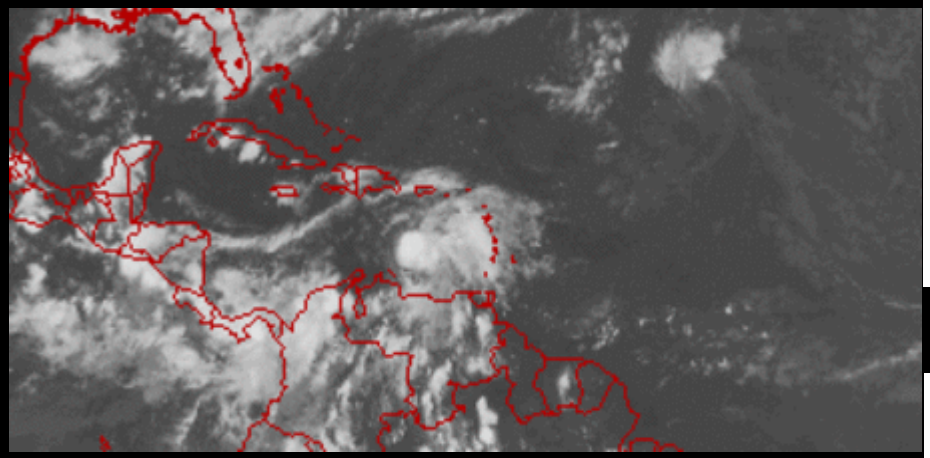
原有資料分析



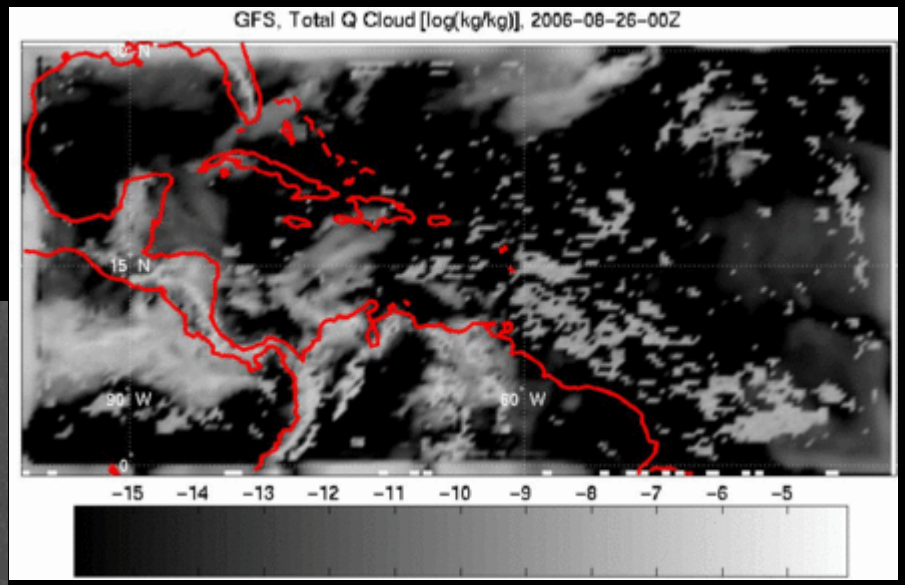
原有資料 + 福衛三號觀測資料分析



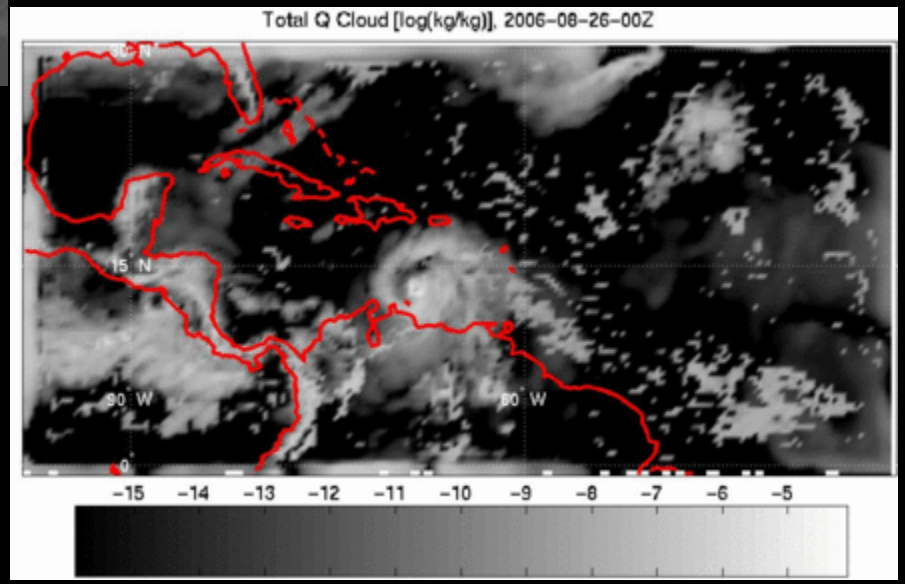
實際天氣狀況



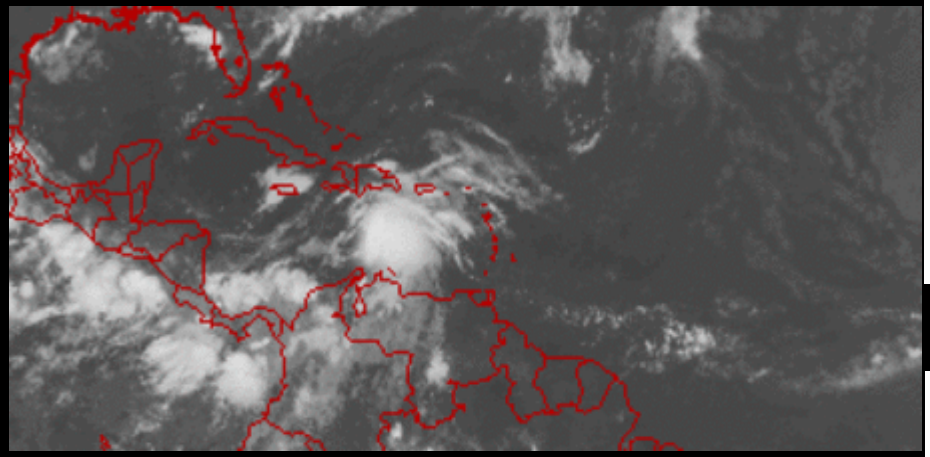
原有資料分析



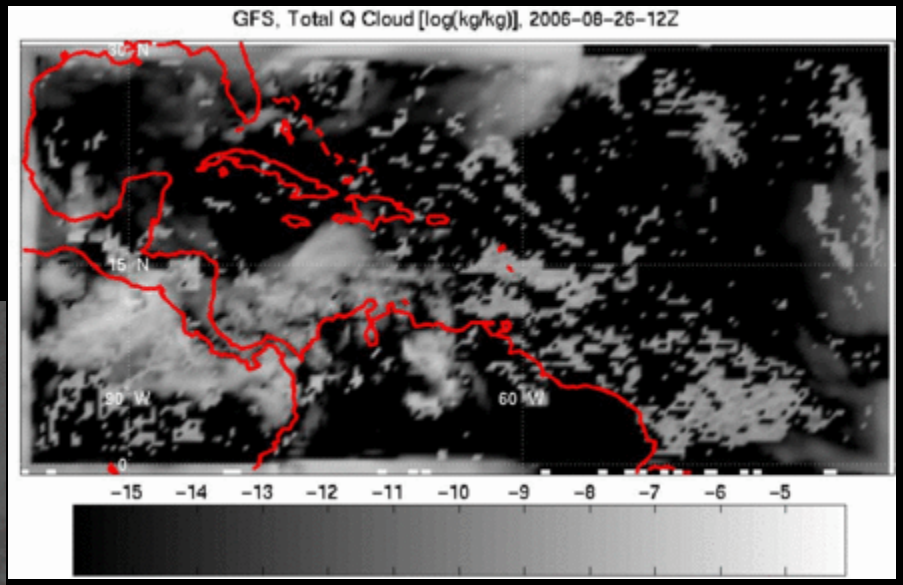
原有資料 + 福衛三號觀測資料分析



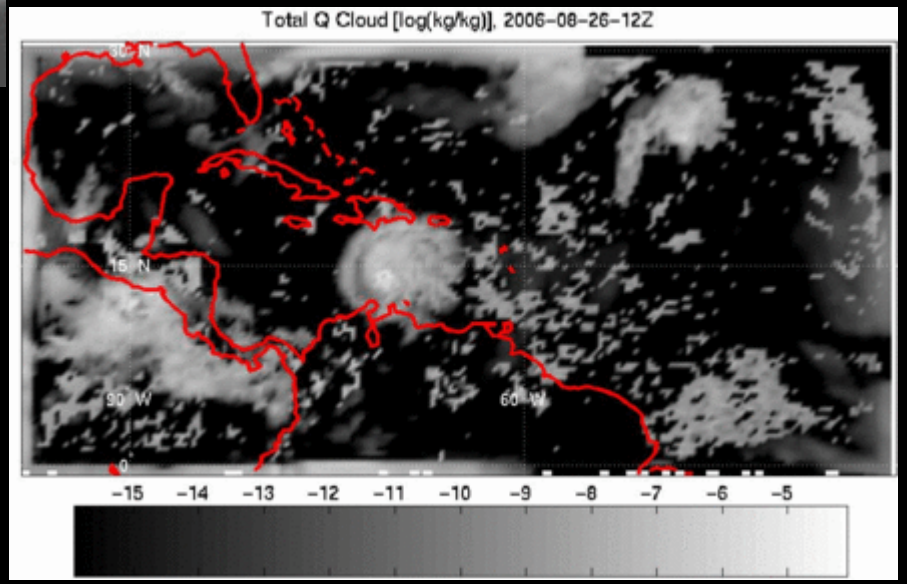
實際天氣狀況



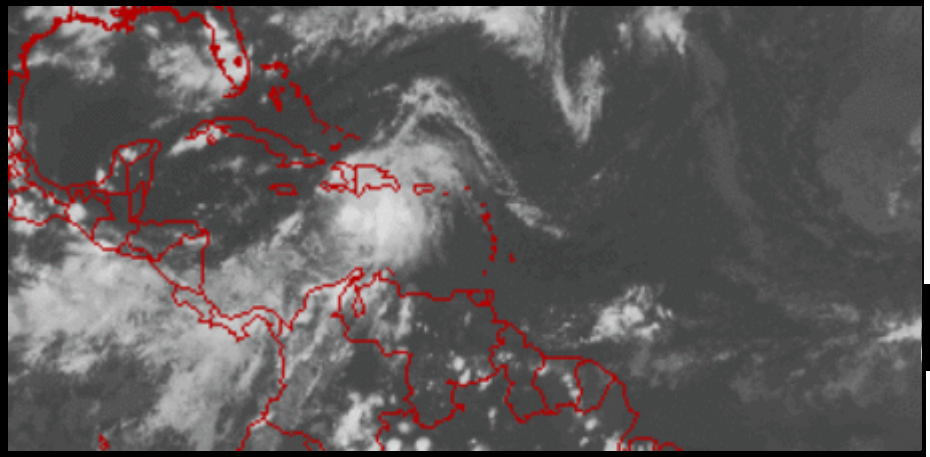
原有資料分析



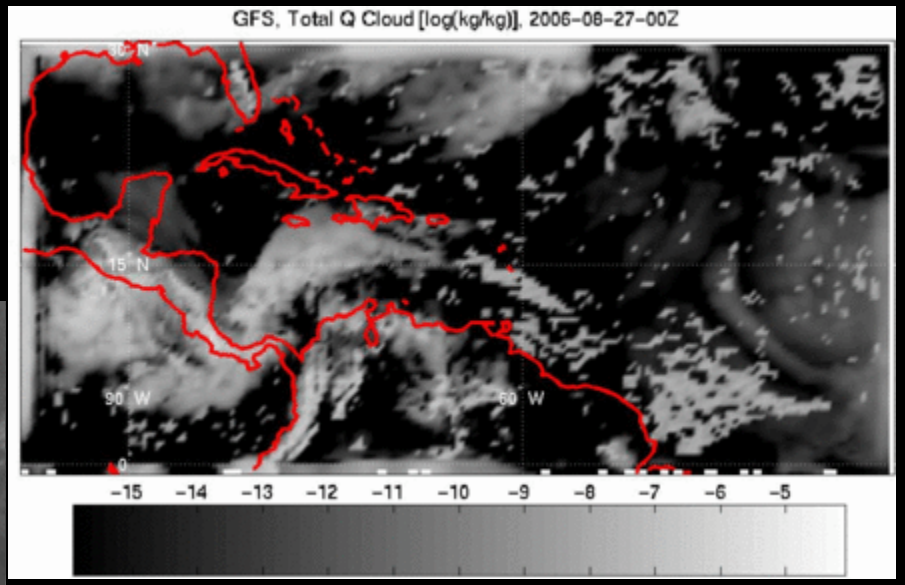
原有資料 + 福衛三號觀測資料分析



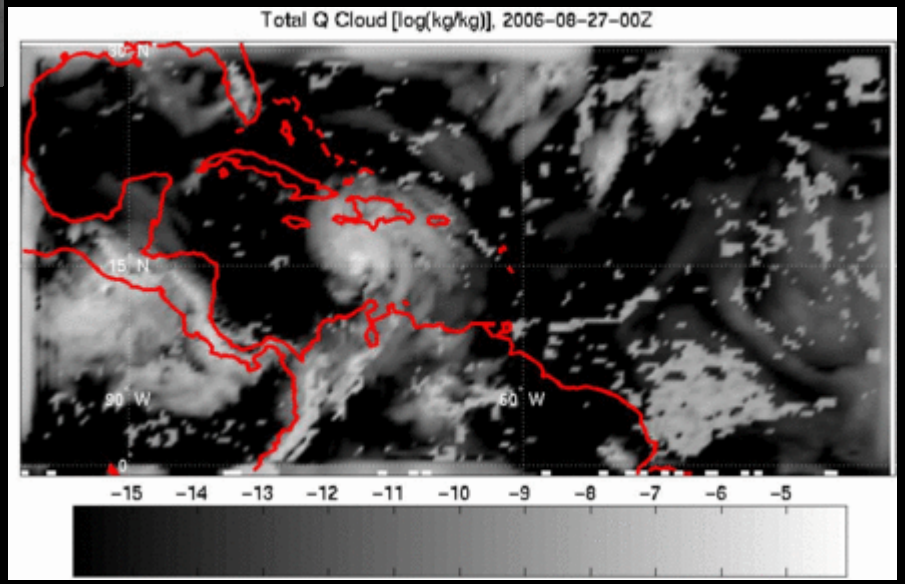
實際天氣狀況



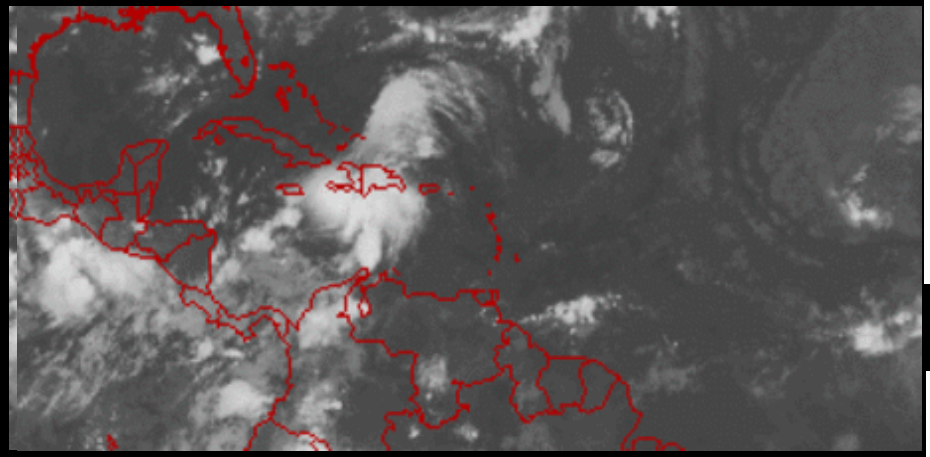
原有資料分析



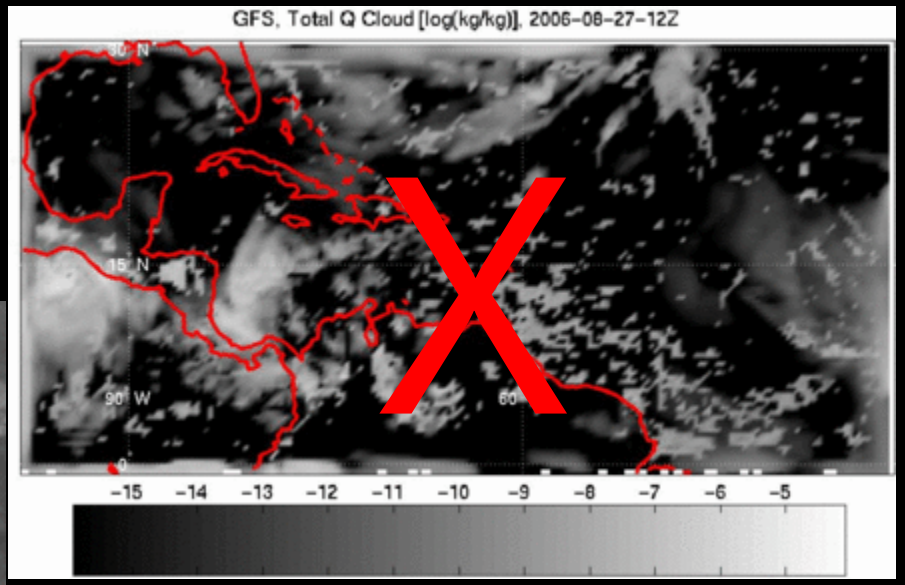
原有資料 + 福衛三號觀測資料分析



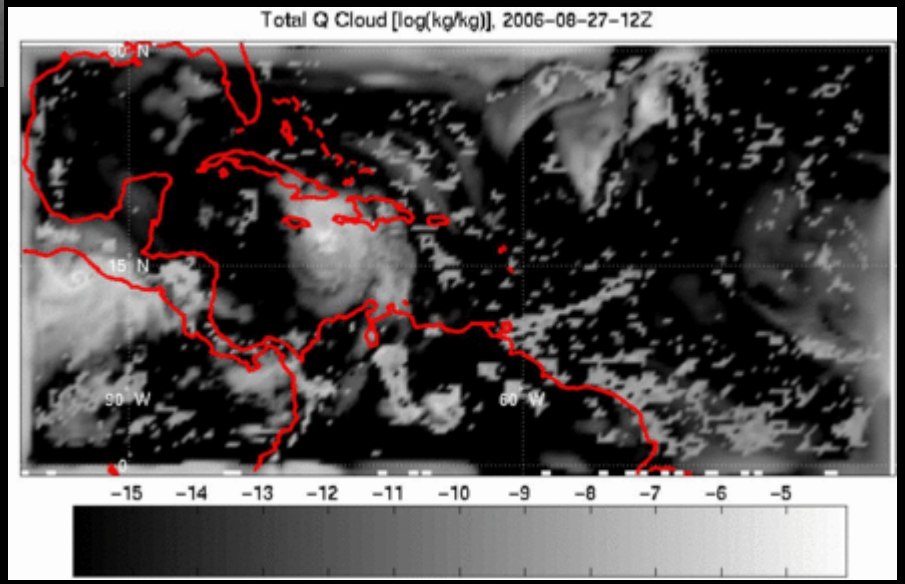
實際天氣狀況



原有資料分析

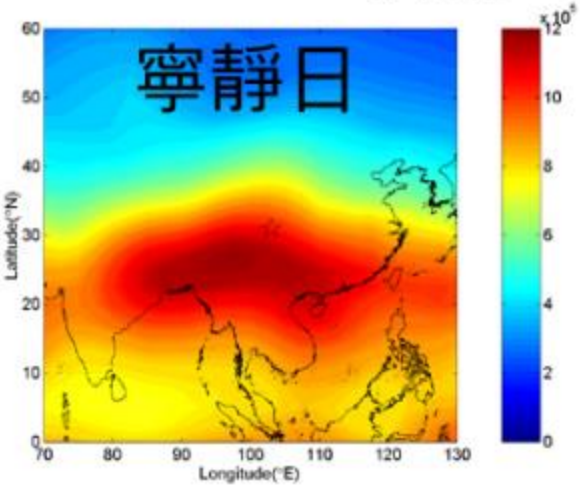


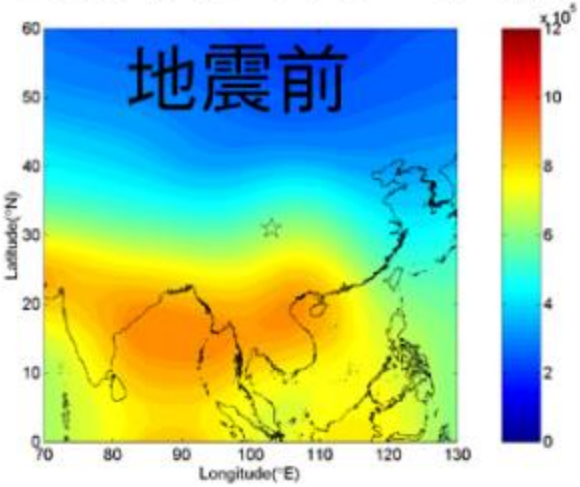
原有資料 + 福衛三號觀測資料分析

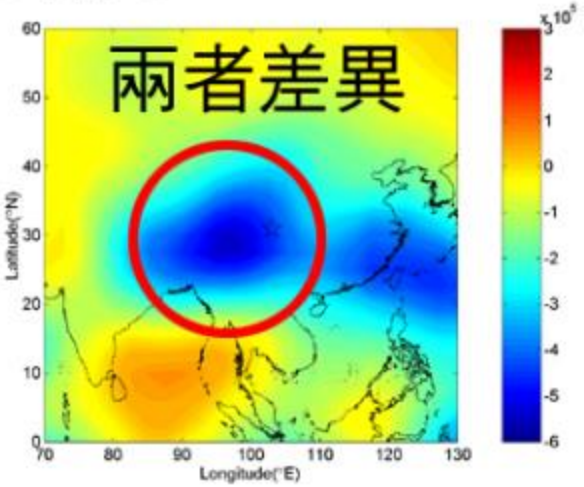


2008 年 5 月 12 日四川 7.9 級地震

福衛三號電離層資料地震前兆研究



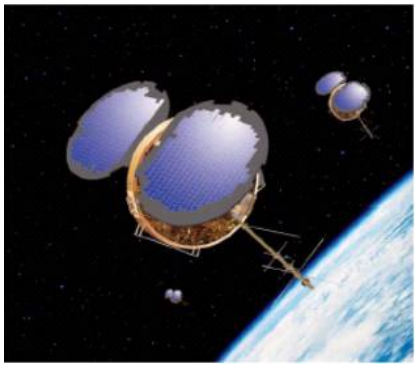


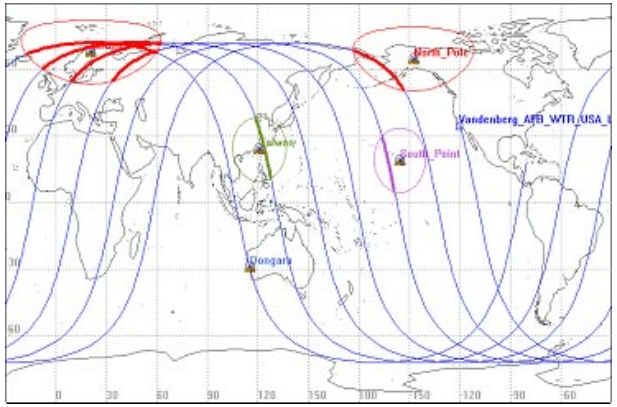


福衛三號科學成果及貢獻

NARLabs
承諾·熱情·創新

- 任務壽命2年，操作14年多，截至2020年3月底註冊使用者共計92個國家4,539人。自2006年福衛三號發射後，全球1500餘篇掩星相關期刊論文，45%引用福衛三號資料。
- 被譽為太空中最精準的溫度計，其資料經國際氣象中心證實，可提升全球模式預測的準確度約6%，相當於預測168小時進步10小時，這種預測的進步在過去需要6年的時間。

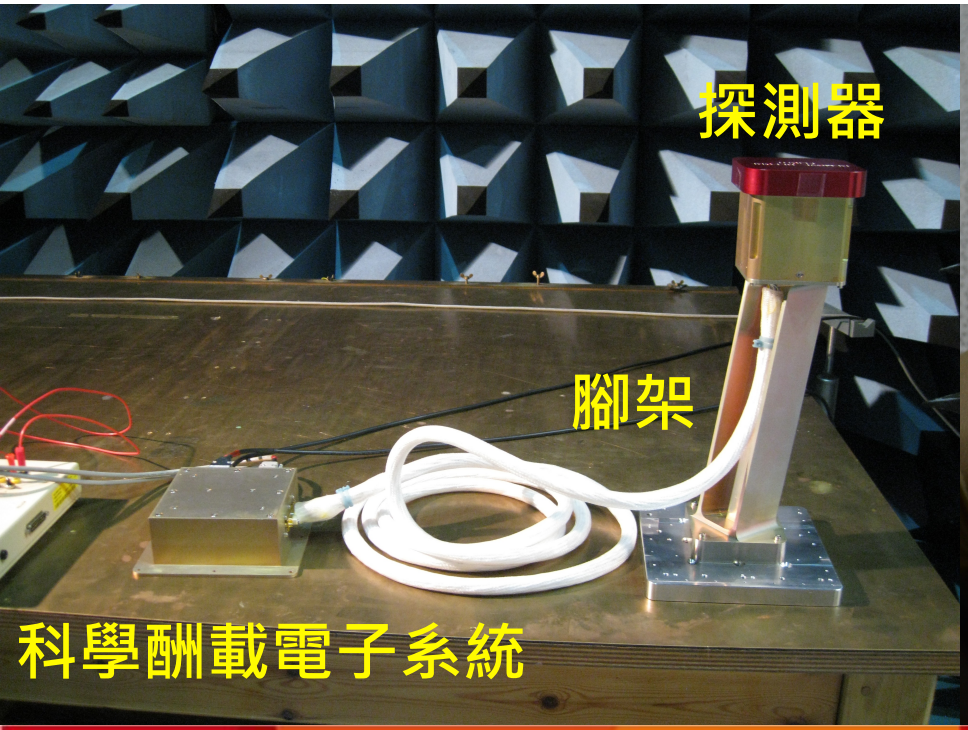


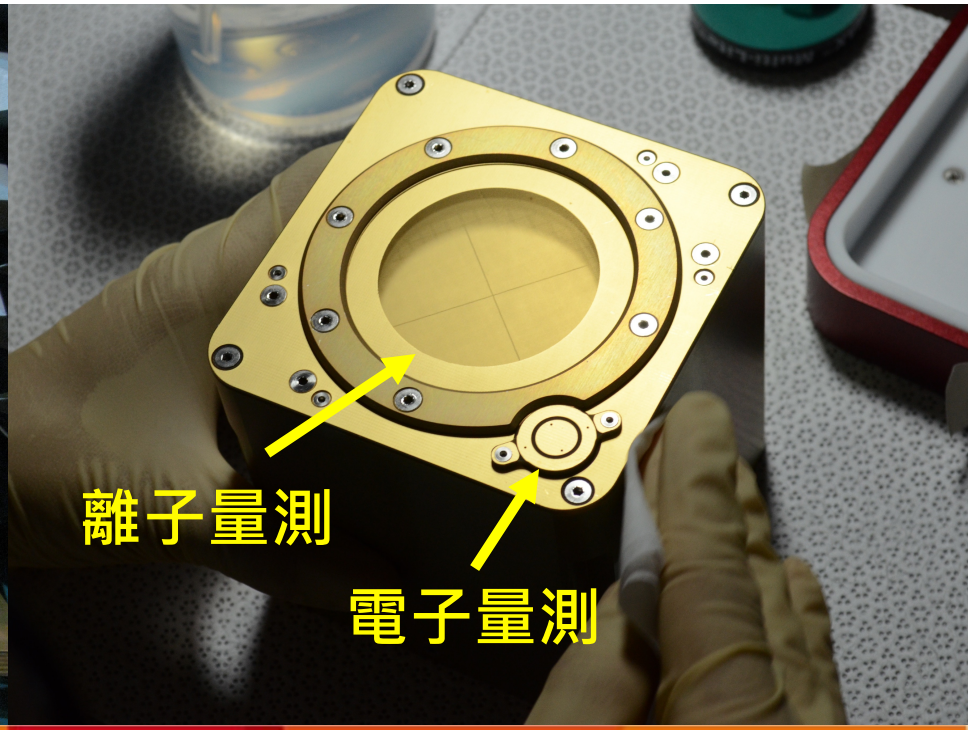


福衛五號科學酬載
-先進電離層探測儀(AIP)

NARLabs 承諾·熱情·創新

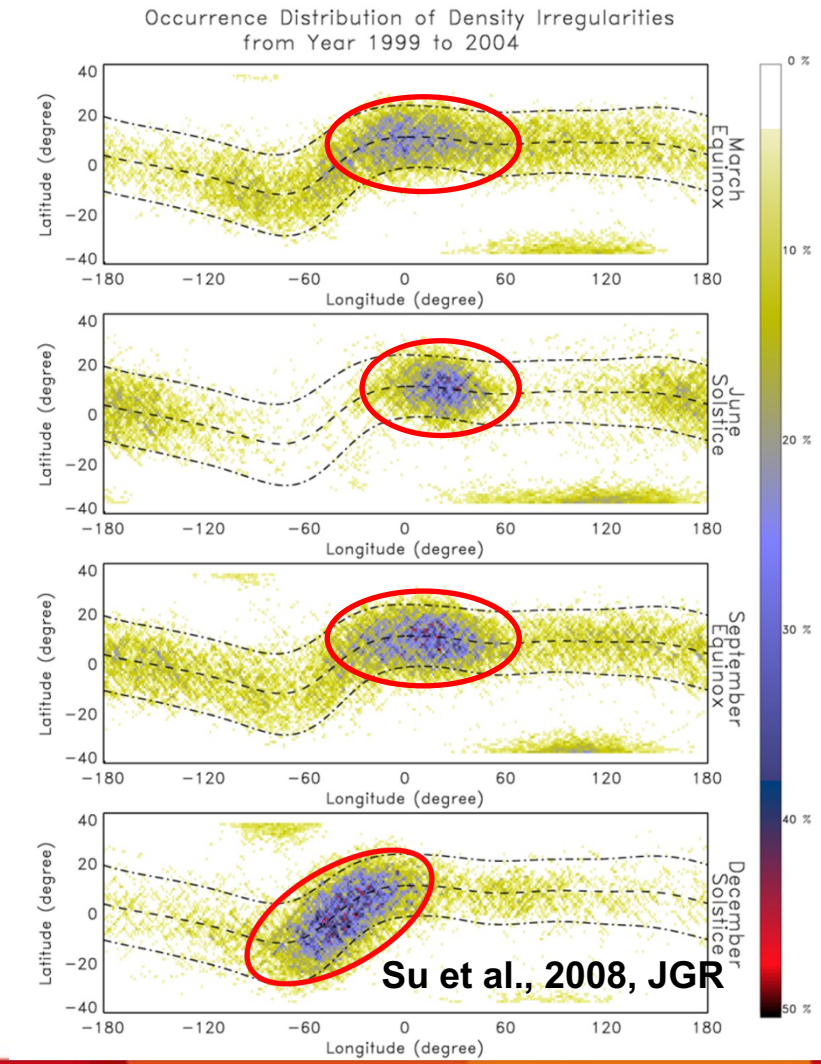
- 首創以單一探測器，達成量測多種電漿特性的儀器。
- 以分時方式，量測完整的電離層電漿特性（如離子密度、離子速度、離子溫度、電子溫度）。
- 可以最高取樣率（8,192 Hz）量測電漿不規則體細微結構。



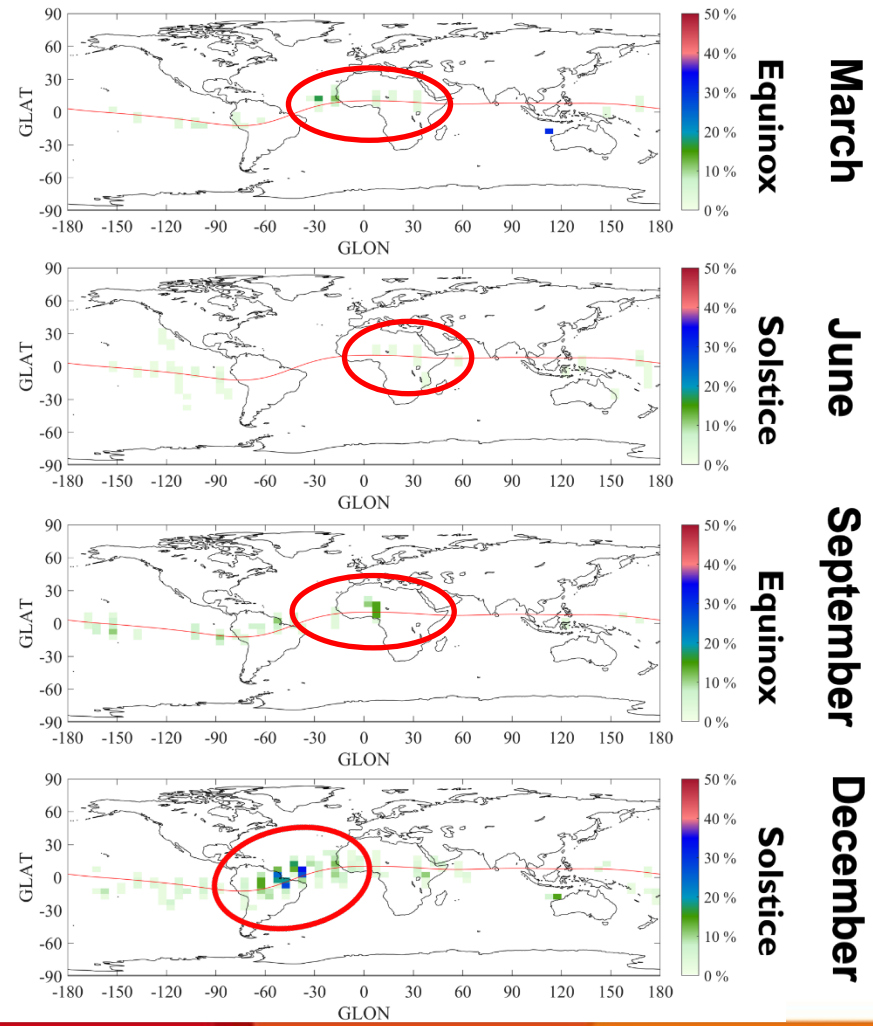


福一 vs. 福五-
季節平均之電漿密度不規則體全球分布比較

ROCSAT-1/IPEI



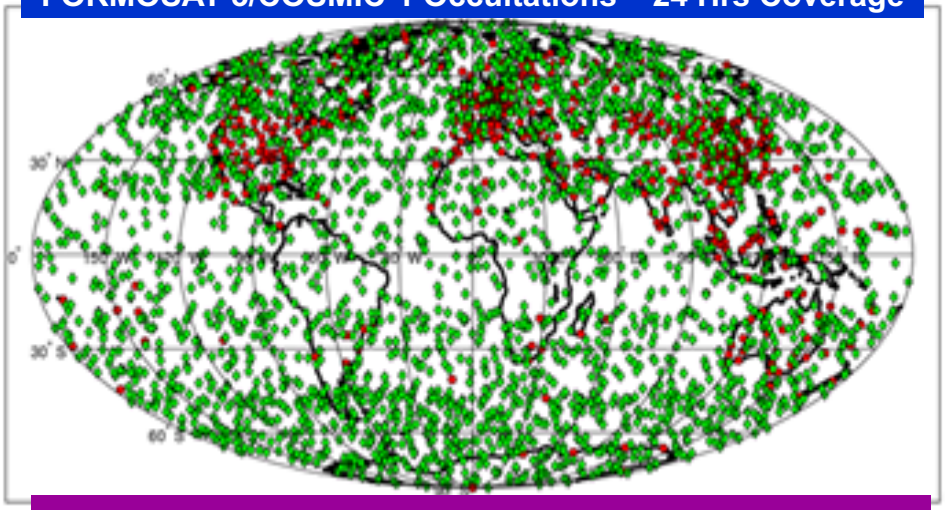
FORMOSAT-5/AIP

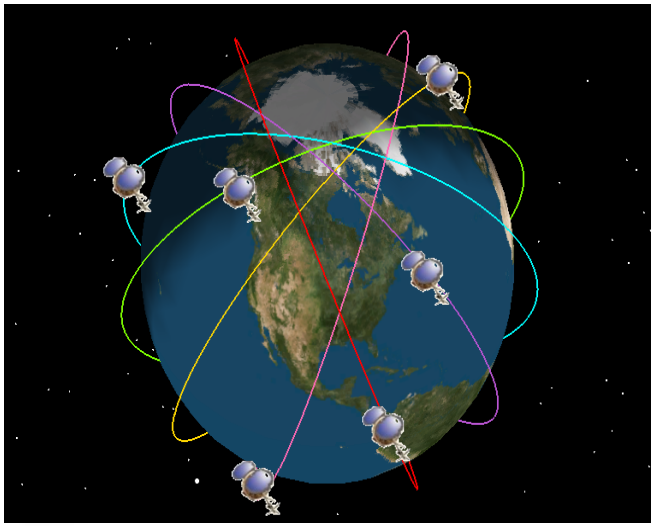


福七vs.福三衛星大氣掩星觀測分布

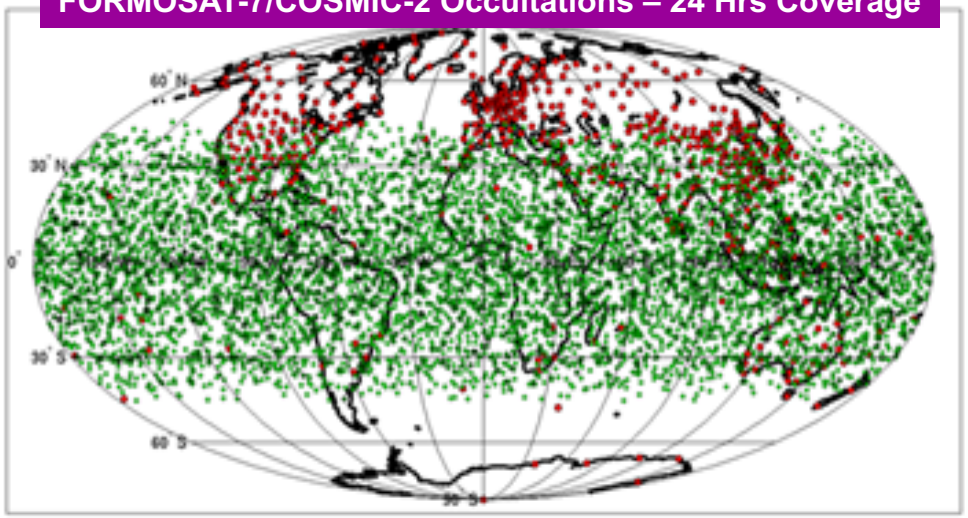
承諾 · 熱情 · 創新

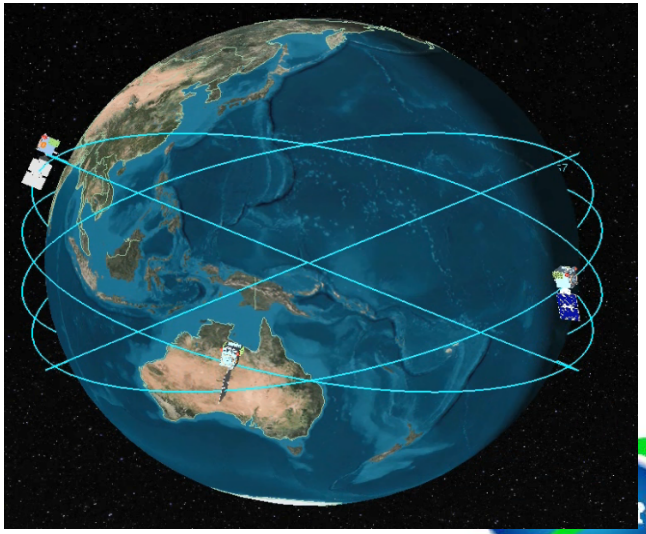
FORMOSAT-3/COSMIC-1 Occultations – 24 Hrs Coverage





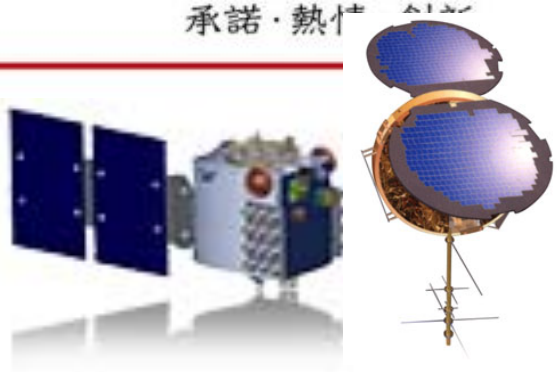
FORMOSAT-7/COSMIC-2 Occultations – 24 Hrs Coverage

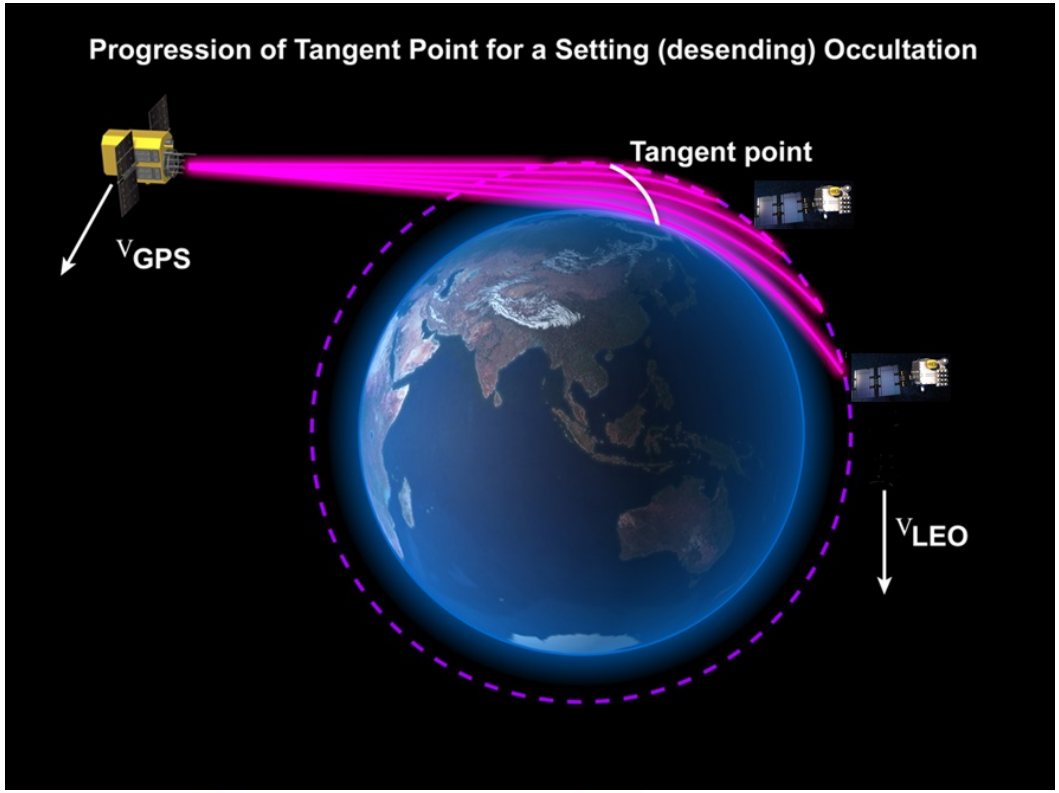


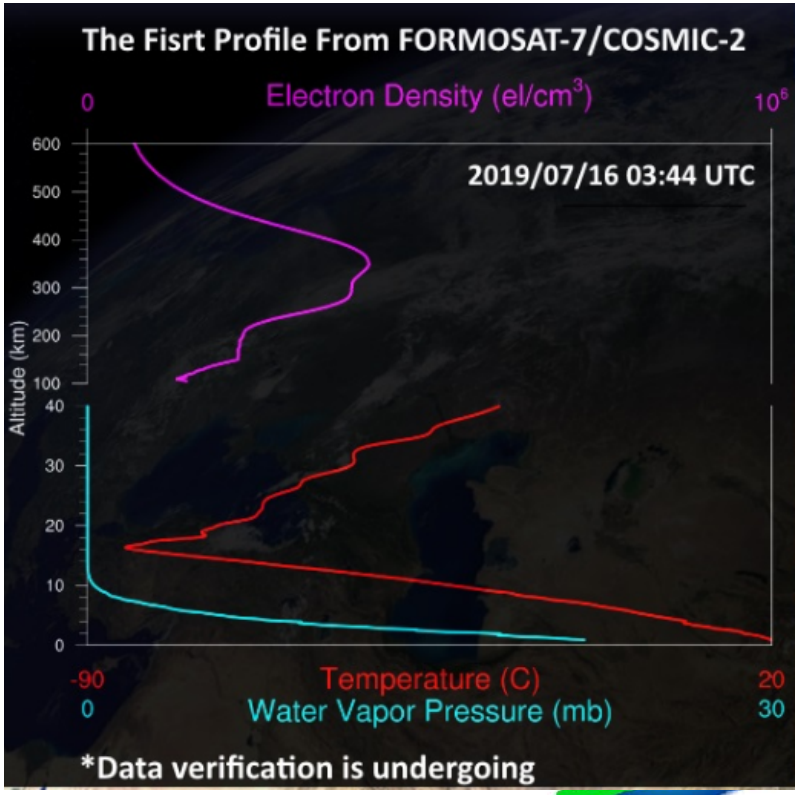


福衛七號觀測到的第一筆大氣資料

Radio Occultation Technique & 1st Profiles of FS-7





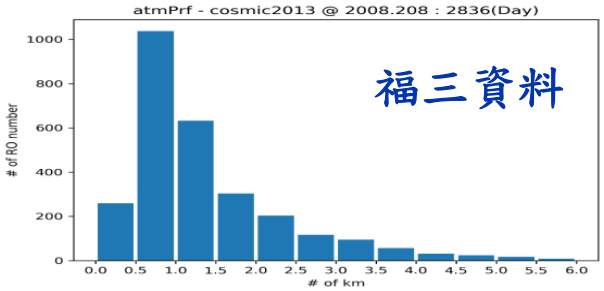


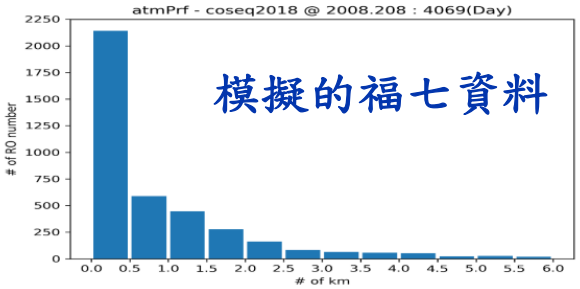
福衛七號在天氣預測的應用

NARLabs 承諾·熱情·創新

- 福七繞行地球一圈約97分鐘，每日可提供在南北緯50度間約4,000筆觀測資料，總資料量約是福衛三號的2倍，台灣地區資料量約是福衛三號的3~4倍(福三有36點，福七約140點)。提供全球海洋地區所缺乏的觀測資料，不受天候及時間之影響，在任務期內皆可提供資料。
- 福衛七號觀測資料在空間分佈上更為密集並集中於熱帶及副熱帶位置，且較福三搭載新一代儀器其準確度更高，加上資料處理技術精進，可反演出更多中低對流層(離地表約5公里以下)的大氣資訊。

分析一日掩星觀測的最低高度





Courtesy of GPSARC

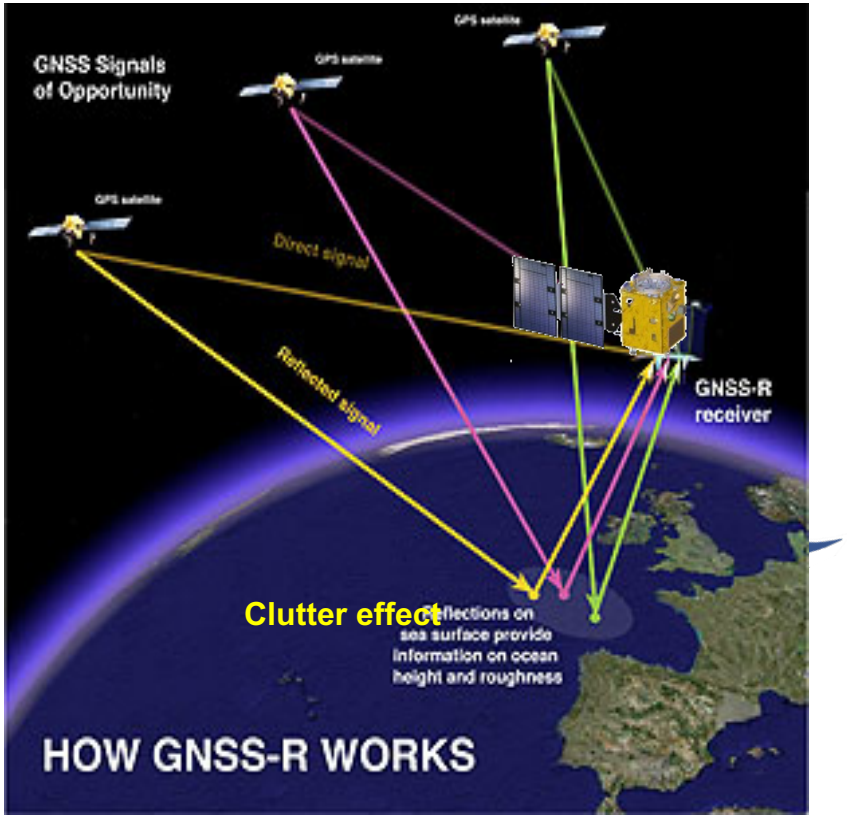
大量的中低對流層觀測，將有助於掌握水氣變化，可預期對於台灣區域之天氣預報模擬有所助益。

獵風者計畫(2022發射)

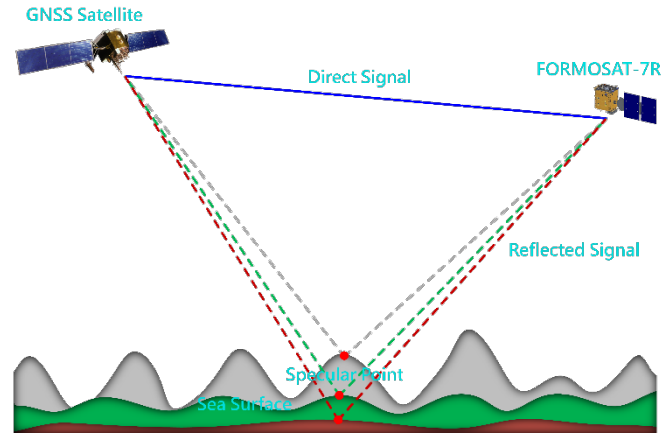
NARLabs

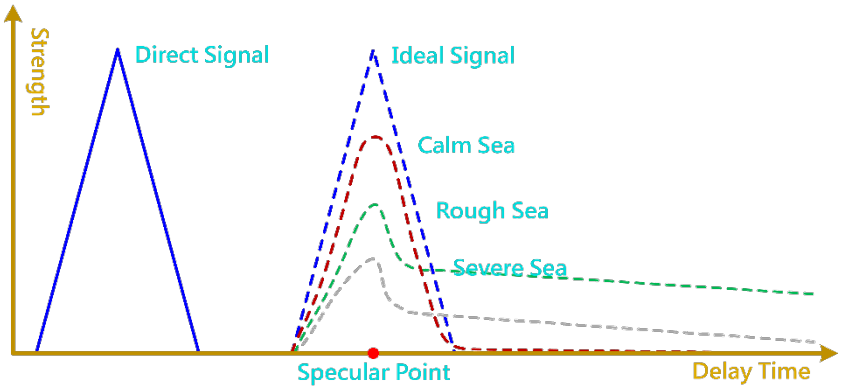
承諾·熱情·創新

台灣第二枚自製衛星，關鍵元件開發包括PCU，OBC，GPSR（GPS接收器）和FOG（光纖陀螺），RCS (H2O2推進系統)和GNSS-R接收器



Ref: http://noc.ac.uk/conference/ocean-observation-workshop





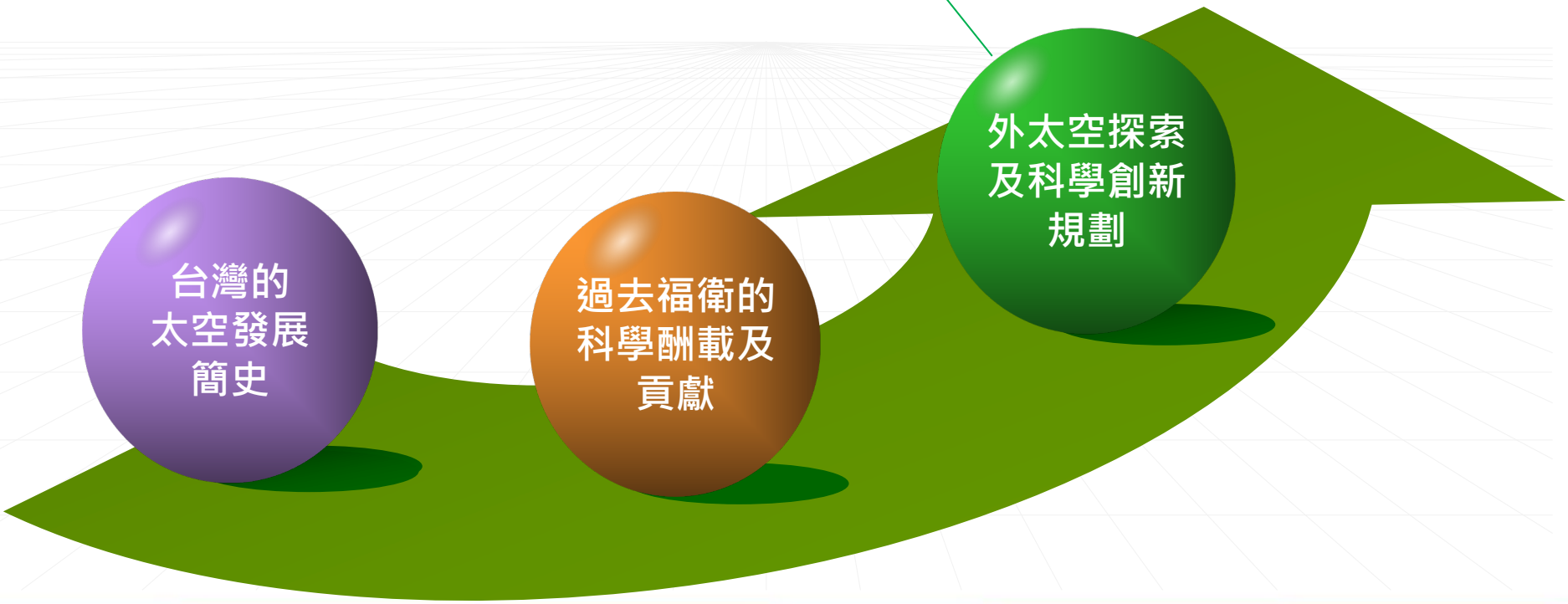
反射原理

Outlines

NARLabs

承諾·熱情·創新

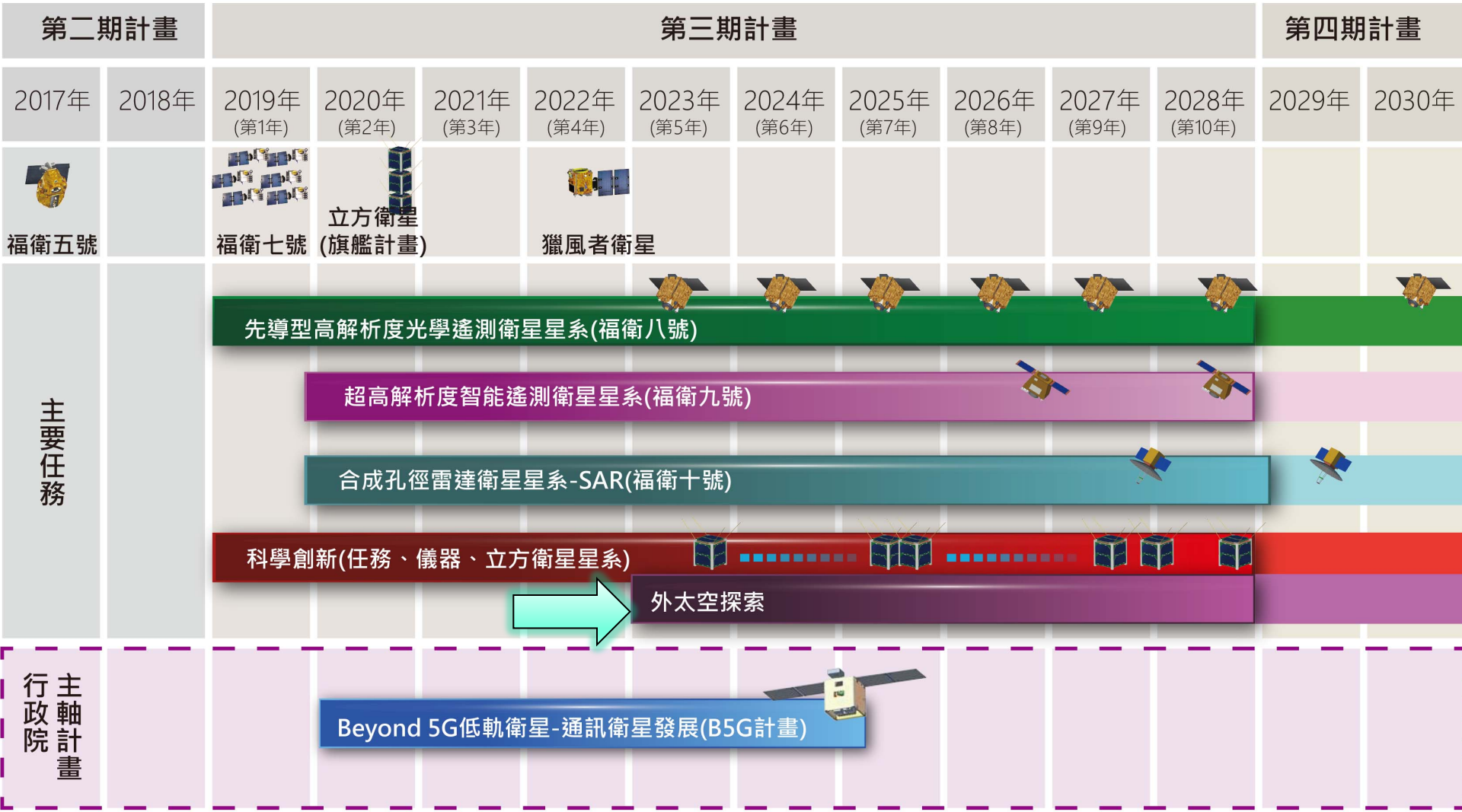
- 太空第三期規劃/計畫
- 外太空探索規劃
- 科學創新規劃



國家太空第三期計畫目標

NARLabs

承諾·熱情·創新

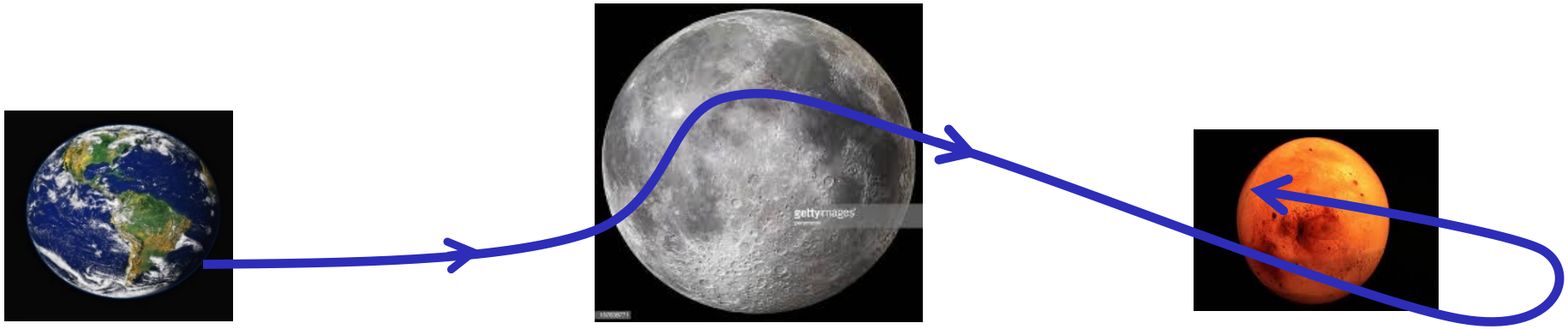


註: 目標會依實際執行狀況適時檢討

外太空探索的起點--月球

NARLabs
承諾·熱情·創新

- 進行外太空探索，太空先進國家的做法：由近而遠、由簡入繁，逐漸累積技術經驗
- 月球是距地球最近的星體，是外太空探索的起點也是跳板
- 世界各太空先進國之外太空探索任務皆以「月球」為起點
  - 美、俄、日、歐、中、印、德、以、韓等太空先進國無一例外
- 即使在50年前(1969年7月20日)就已完成人類第一次登月任務的美國，預計在2030年執行載人火星任務，其規劃亦須循序漸進，先從重返月球開始



外太空探索長期任務規劃

NARLabs 承諾·熱情·創新

- 我國「外太空探索任務」宜仿效太空先進國作法，逐步踏實，以確保任務成功，並厚實太空科技能量
- 外太空探索長期任務，建議分三階段進行：
  - **第一階段**先進行探月計畫之**「繞月」**任務，技術能量累積後
  - **第二階段**再進行探月計畫之**「登月」**任務
  - **第三階段**可考慮困難度更高的**「從月球取樣回地球」**、或是**「火星探測」**任務、或是開展**「小行星探測」**任務

第三期太空計畫 (2019-2028)		第四期太空計畫 (2029-???)
1st phase (2020~202x) **Lunar orbiter (繞月)**	→	2nd phase (202x~203x) **Lunar lander (登月)** → 3rd phase (203x~20??) **Lunar sample return, or Exploring Mars or Asteroid (TBD)**

擬提早啟動理由(爭取中)

NARLabs
承諾·熱情·創新

- 國際趨勢
  - 美國重返月球的帶動下，歐、日、加、澳、英、德等國均加入(中、俄、印另有獨立規劃)，這一波探月熱潮，已將海權勢力拓展至太空
- 太空科技競爭力
  - 韓國、以色列等新興太空國家，均已積極進行探月任務並已有具體成果，我國應及早執行，以確保太空科技競爭力，展現國力
- 為四期太空計畫奠基
- 學界支持
- 民眾期待
- 維繫國際合作與科技外交

探月計畫(繞月)--任務目標

NARLabs
承諾·熱情·創新

- **發展月球探測之關鍵技術**
  - 包括探月太空船、外太空通訊與導航、高效率推進系統、地月軌道轉換、以及外太空操作與控制等關鍵技術
- **進行月球環境之科學研究**
  - 包括月球資源、月球表面環境、太陽風、輻射、磁場、重力等科學研究
- **促進國際合作**
  - 透過國際合作尋求外太空通訊和導航支援，並與其他國家共享月球環境之科研數據
- **建立太空船通用平台與基礎設施能量 (主要目標)**
  - 探月太空船將成為未來外太空探索太空船通用平台，外太空探索之通訊、導航、軌道轉換、與操控技術等基礎設施能量，亦將隨著繞月任務的成功而建置完備
- **激發全民熱情與夢想**
  - 全民的支持熱潮，將鼓舞年輕人追尋外太空探索之夢想，這是太空永續發展的契機，也是科技立國的台灣累積科技能量的促進劑

繞月任務--抵月策略(1/3)

NARLabs 承諾·熱情·創新

- **問題一: 如何到月球？(是設計繞月衛星？還是太空船?)**
  - 方式1(搭便車): 搭載他國月球探測器前往(含入軌)-->繞月衛星
  - 方式2(自行前往): 發射載具將太空船送入地球同步轉換軌道(GTO) 後，太空船依本身之推進系統及燃料自行前往-->太空船

抵月方式		Pros	Cons	Remarks
方式1(搭便車)	搭載他國月球探測器前往(含入軌)	-不須另外尋求發射載具 -抵達月球軌道時間短	-價格高(~$1.2M/kg USD) -無法累積外太空探索完整之技術能量	150kg 太空船抵月費用即高達 $180M USD
方式2(自行前往)	發射載具將太空船送入GTO後，自攜燃料前往	-價格較低 -可累積並建立外太空探索完整之技術能量與太空船平台(推進系統、軌道轉換及月球入軌、外太空環境、遠距通信)	-軌道轉換漫遊時間長 -遠距通信須加上軌道轉換漫遊時間	依此方案進行後續研究與規劃

繞月任務--抵月策略(2/3)

NARLabs 承諾·熱情·創新

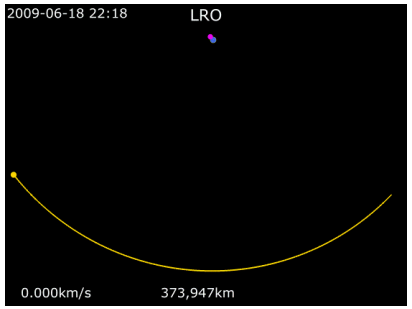
- **問題二：自攜燃料前往之飛行路徑？**
  - 調查並彙整近30年來17次探月任務，結果顯示有**52.9%之飛行路徑(9例/17例)使用 Phasing loop (相位迴圈法)**，而其他四種類型僅佔47.1%

Lunar mission	Launch year	Operator (Nation)	Transfer approach	Transfer Duration	Dry mass (kg)	Mission life (year)
Hiten	1990	ISAS (Japan)	WSB	5 months	143	3
Clementine	1994	BMDO^/NASA (US)	Phasing loop	16 days	227	1
Lunar Prospector	1998	NASA (US)	Direct TLI	4.4 days	158	1
SMART-1	2003	ESA (Europe)	Low thrust spiral	13 months	285	3
SELENE	2007	JAXA (Japan)	Phasing loop	20 days	1750	1
Chang'e-1	2007	CNSA (China)	Phasing loop	12 days	1150	1
Chandrayaan-1	2008	ISRO (India)	Phasing loop	22 days	560	2
LRO	2009	NASA (US)	Direct TLI	4.5 days	1018	1
LCROSS	2009	NASA (US)	Swing-by	4 months	621	4 months
Chang'e-2	2010	CNSA (China)	Direct TLI	5 days	1180	0.5
GRAIL	2011	NASA/JPL (US)	WSB	3.5 months	202	0.75
LADEE	2013	NASA (US)	Phasing loop	1 month	248.2	100 days
Chang'e-3	2013	CNSA (China)	Direct TLI	5 days	1200	1.3
Beresheet^^	2019	IAI/SpaceIL (Israel)	Phasing loop	42 days	150	48 days
Chandrayaan-2	2019	ISRO (India)	Phasing loop	30 days	682	1
Z-01 (planned)	2020	OrbitBeyond (US)	Phasing loop	23 days	210	35 days
KPLO (planned)	2022	KARI (Korea)	Phasing loop	1 month	310	1

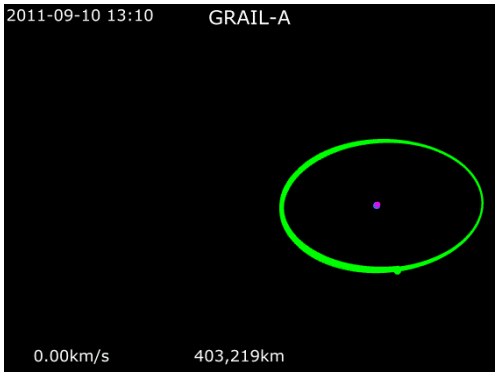
繞月任務--抵月策略(3/3)

NARLabs 承諾·熱情·創新

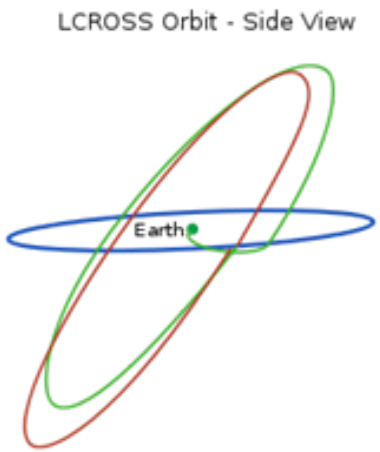
- Phasing loop transfer將是首選的到達月球方法
  - 較多的傳承、較低的操作風險、節省燃料、以及易於進行軌道之相位調整 (較長的發射窗口)



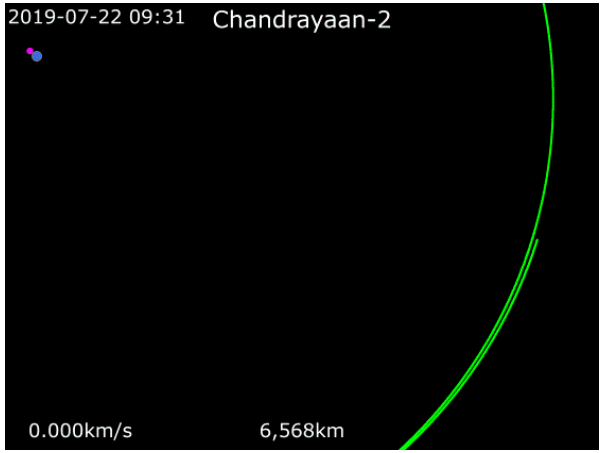
Direct TLI



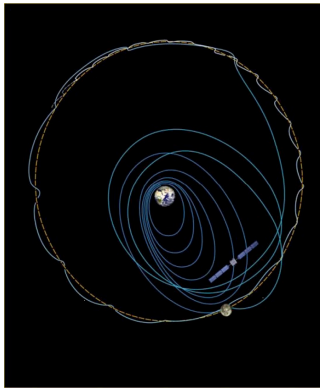
WSB



Swing-by



Phasing loop transfer



Low thrust spiral

繞月任務--太空船主要任務參數(暫定)

承諾·熱情·創新

Item	Major parameter
Lunar mission orbit	Altitude: 100 km, polar orbit
Spacecraft dry mass	150 kg (TBD)
Payload mass	≦15 kg (TBD)
Communication	S-band for TT&C; X-band for image/science downlink (Frequency bands and data rate TBD)
Strategy of arriving at the moon	Phasing loop transfer from GTO* to the moon
Propulsion system	Thrusters for both orbit transfer and attitude control (TBD); Propellant $I_{sp} \geqq 200$ s
Mission life	12 months
Design life	18 months (including 1-2 months of cis-lunar travel)

*GTO=geosynchronous transfer orbit, altitudes=TBD

繞月任務--地面站與操作需求

承諾·熱情·創新

- 繞月任務不同階段之操作需求如下表

Mission stages	Durations and intervals
Mission critical stages*	Continuous coverage
Mission non-critical stages	15 min duration every 120 min interval
Lunar orbit stages	20 min duration every orbit (133 min period)

Operational requirements for tracking support in various mission stages

透過國際合作方式尋求NASA支援

NASA DSN/NEN Network

透過承租方式，二擇一

KSAT Network

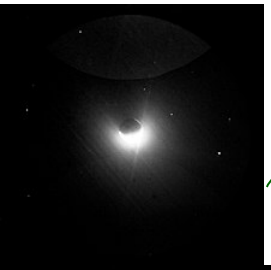
SSC Network

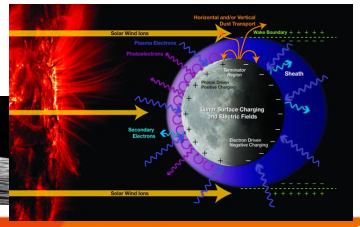
探月計畫(繞月)--目前進度(1/2)

NARLabs 承諾·熱情·創新

- 酬載儀器可行性

#	酬載儀器
1	遠紫外線照相機進行探月觀測任務
2	開發用於月球資源探勘與科學研究之高光譜影像儀系統
3	可見光/紫外光雙色微型相機/太陽風電漿量測
4	太陽極大期月球電漿環境探測計畫





探月計畫(繞月)--目前進度(2/2)

NARLabs 承諾·熱情·創新

- 科學研究可行性
  - 以磁層物理的角度看繞月科學研究
  - 輻射帶及月球軌道環境之高能質子探測
  - 探月任務軌道設計初探
  - Orbit determination: from earth to moon
  - Some Thoughts on Moon Exploration and Preliminary Design of Moon Lander Propulsion
  - In-space propulsion system
  - ---
- 持續徵詢學、研界參與意願

Outlines

NARLabs

承諾·熱情·創新

- 過去及未來太空計畫
- 第三期計畫預期效益

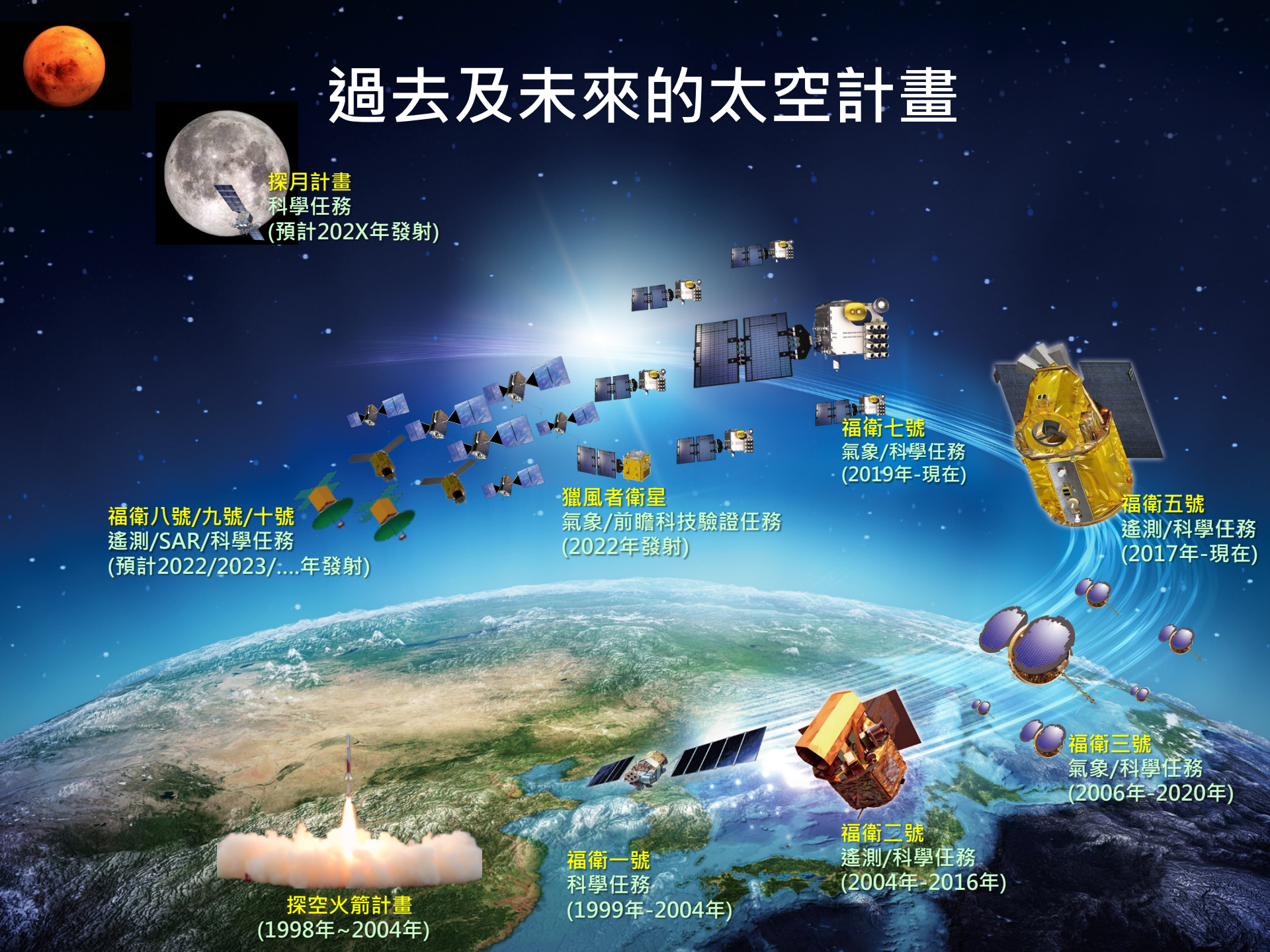
我們的目標

台灣的太空發展簡史

過去福衛的科學酬載及貢獻

外太空探索及科學創新規劃

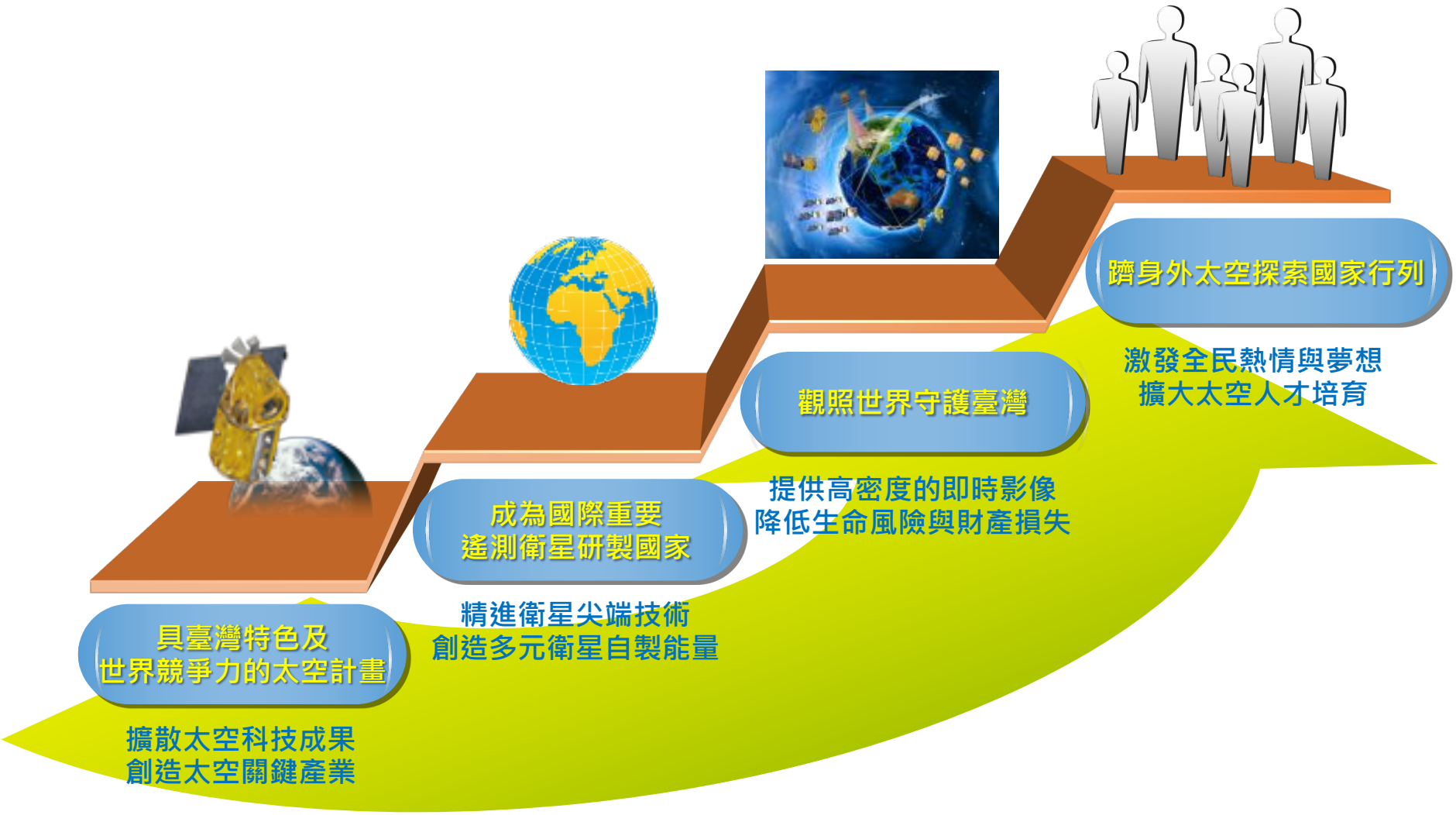
過去及未來的太空計畫


探月計畫
科學任務
(預計202X年發射)
福衛七號
氣象/科學任務
(2019年-現在)
福衛五號
遙測/科學任務
(2017年-現在)
獵風者衛星
氣象/前瞻科技驗證任務
(2022年發射)
福衛八號/九號/十號
遙測/SAR/科學任務
(預計2022/2023/....年發射)
福衛三號
氣象/科學任務
(2006年-2020年)
福衛二號
遙測/科學任務
(2004年-2016年)
福衛一號
科學任務
(1999年-2004年)
探空火箭計畫
(1998年~2004年)

效 益

NARLabs

承諾 · 熱情 · 創新

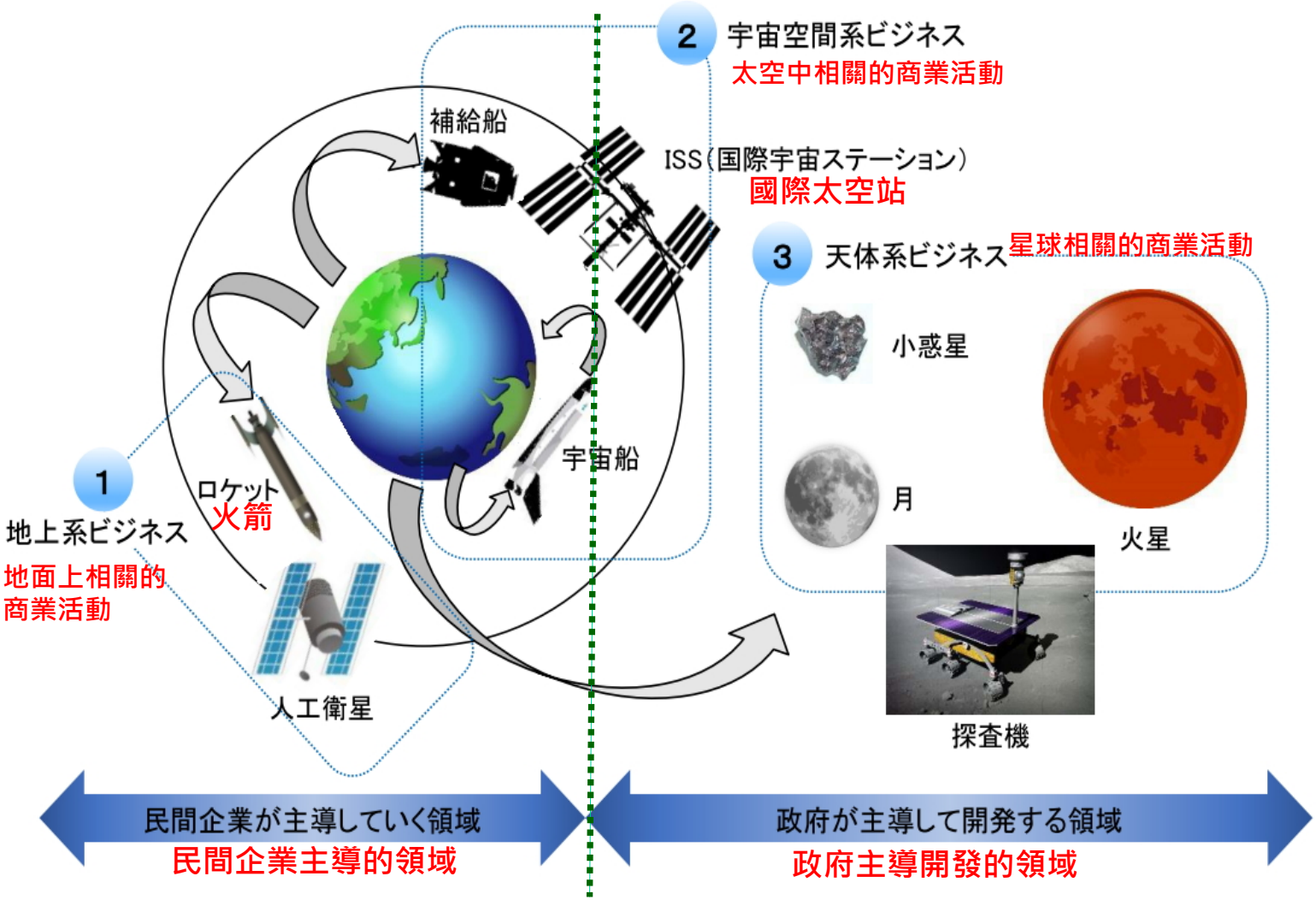


太空發展不再是政府專利

JAXA Strategy

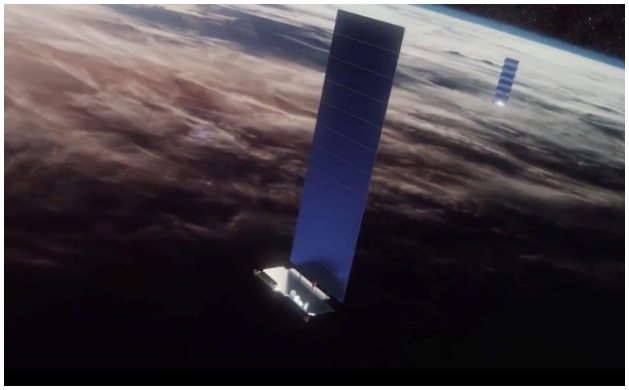
NARLabs

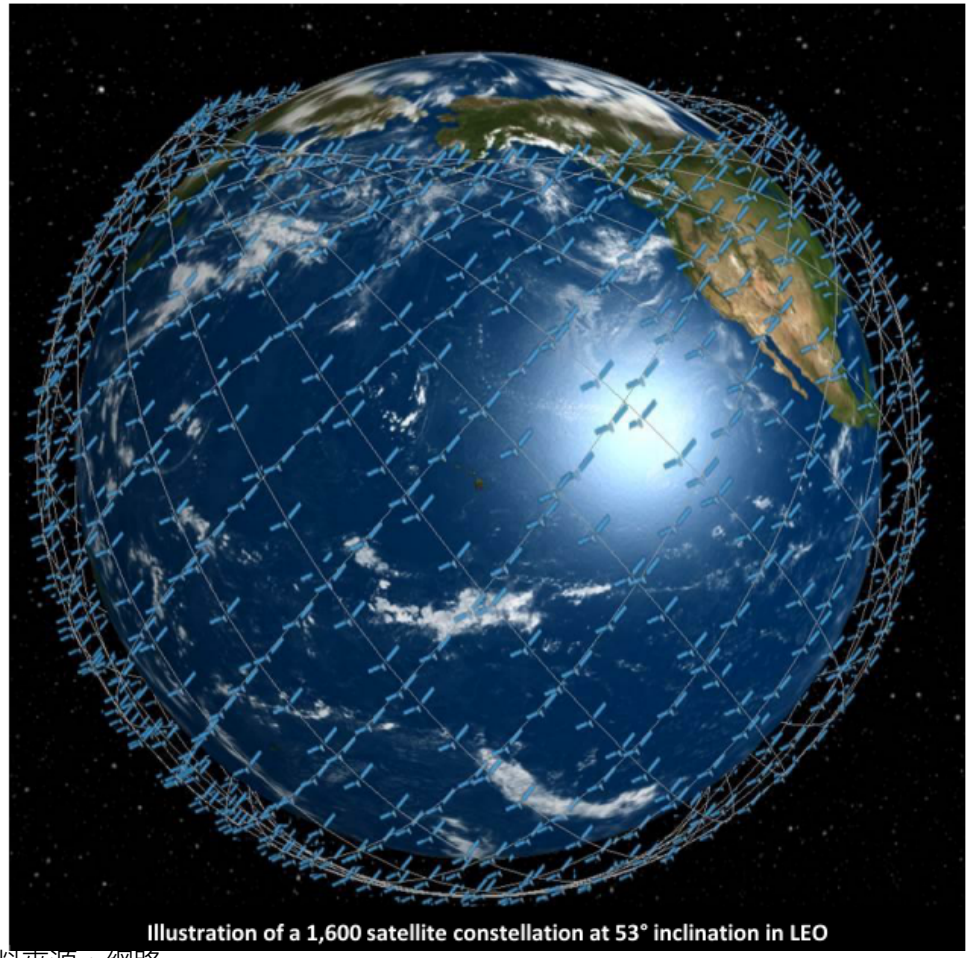
承諾・熱情・創新



資料來源：日本太空產業法案製定準備

Elon Musk’s Starlink未來部署





資料來源：網路

多元「新太空」商業領域

NARLabs
承諾·熱情·創新

- 位於舊金山新創企業
- 由前 NASA 員工與殯儀專家們共同成立的公司。
- 願景「**對亡者的悼念經由浩渺廣闊的夜空**」。

資料來源：http://elysiumspace.com/

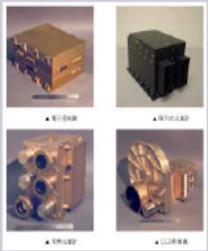
Let's Launch Taiwan Into Higher Orbits and Beyond ….

學研界參與

國際合作

福衛一~七號科學酬載綜整

NARLabs 承諾·熱情·創新

項目	福衛一號	福衛二號	福衛三號	福衛五號	福衛七號
衛星任務	科學實驗(600公里)	地球遙測/科學(891公里)	氣象星系/科學(700~800公里)	地球遙測/科學(720公里)	氣象星系/科學(520~550公里)
衛星重量	401公斤	760公斤	62公斤	450公斤	300公斤
科學酬載儀器	● 海洋水色照相儀(OCI) ✓15公斤 ✓33瓦(尖峰)；20瓦(平均) ✓33×35×38公分；體積小於28公升 ● 電離層電漿電動效應儀(IPEI) ✓9.26公斤 ✓10瓦 ✓感應器：19公分×46.99公分×41.9公分 ✓主控器：12.8公分×27.9公分×13.9公分 ● 通訊實驗酬載(ECP) ✓18.43公斤 ✓33瓦(尖峰)；20瓦(平均) ✓詢答器：由20個微波單元組成，分散於酬載轉接器兩邊天線：接收天線直徑20.3公分，發射天線直徑25.4公分	● 高空大氣閃電影像儀(ISUAL) ✓36.44 kg ✓37瓦 ✓尺寸：3個儀器+1個合成電子元件，分成4個blocks，然後分別組裝上衛星 	● 小型電離層光度計(TIP) ✓1.77公斤 ✓9瓦  ● 三頻段信標儀(TBB) ✓1.85公斤 ✓11.6瓦  ● 全球定位系統氣象量測儀(GOX) ✓5.47公斤 ✓25.7瓦 	● 先進電離層探測儀(AIP) ✓5公斤 ✓5瓦 ✓尺寸：sensor:10公分×10公分×10公分 ✓SPEU :18公分×18公分×6公分 	● 離子速度儀(IVM) ✓4.2公斤 ✓4.5瓦 ✓尺寸：aperture plate, 30×40×1 (cm); electronics box, 28×16×13.5 (cm) ● 無線電射頻信標儀(RFB) ✓BEU shall not exceed 1.8 kg, AU mass shall not exceed 3.6 kg. ✓25瓦 ✓尺寸：BEU shall be less than 10.3 cm (L) x 16.8 cm (W) x 8.7 cm (H). ✓AU with dimensions that do not exceed 25.7 (dia) x 35 (height) (cm).