

衛星遙測簡介

曾國欣 教授

中央大學太空及遙測研究中心





1 遙感探測 P.3

5 影像應用 P.52

2 人造衛星種類 P.8

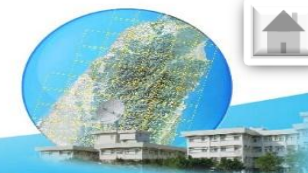
6 立體成像原理及應用 P.71

3 重要的解析度 P.20

7 雷達衛星影像應用 P.84

4 遙測里程碑 P.38

遙感探測 (Remote Sensing)



To learn *something* about *something* without touching it.

以非接觸式方式獲取目標區/物之資訊

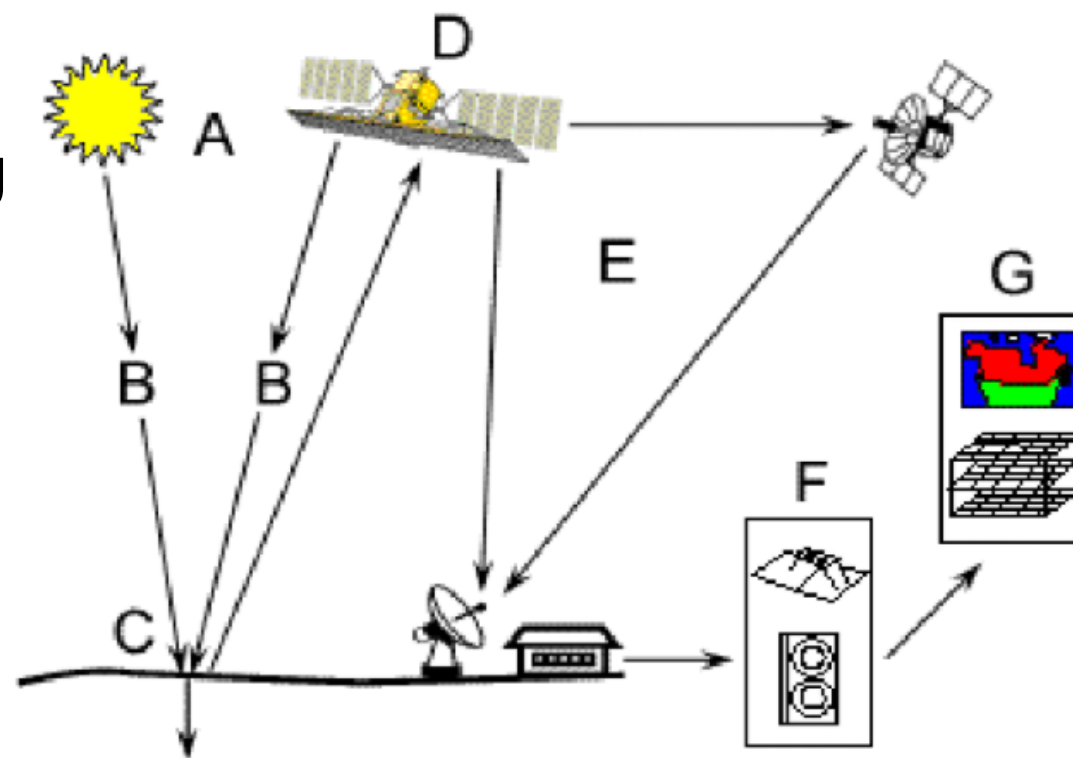
- 方式：透過感測器
- 媒介：電磁波、聲波...
- 對象：偵測/辨識物體、物體表面物理特性(溫度、溼度、粗糙度、顏色等)、幾何資訊(位置、方向、大小、形狀、速度)、或目標區的各種現象



遙測的元素



- A. Energy Source or Illumination
- B. Radiation and the Atmosphere
- C. Interaction with the Target
- D. Recording of Energy by the Sensor
- E. Transmission, Reception, and Processing
- F. Interpretation and Analysis
- G. Applications



source: Canada Centre for Remote Sensing



遙測的優點



- 非接觸式 (無視地形障礙、交通...)
- 快速蒐集
- 永恆保存
- 更多細節
- 可量測移動物體
- 適用於量測複雜形狀
- 涵蓋範圍廣 (衛星)
- 多時序資料 (衛星)

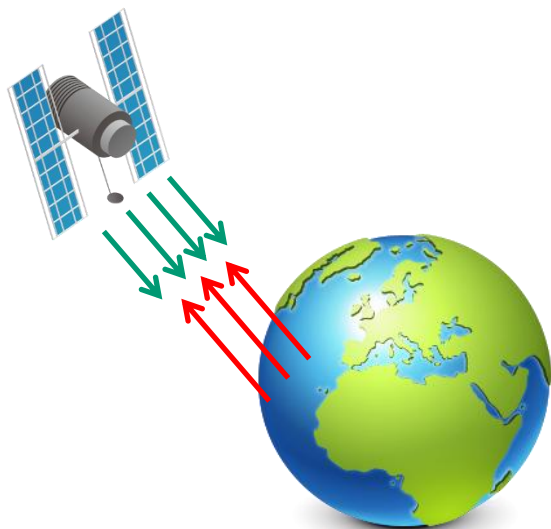


多元感測器



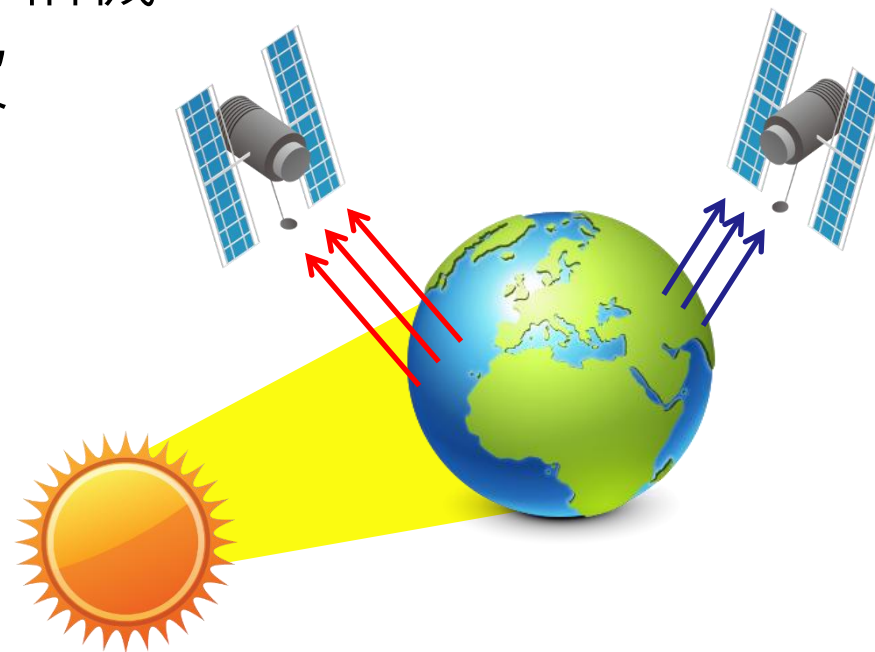
主動式(Active)

- 探測媒介來自感測器本身
- 雷達(Radar)
- 光達(LiDAR)
- 聲波



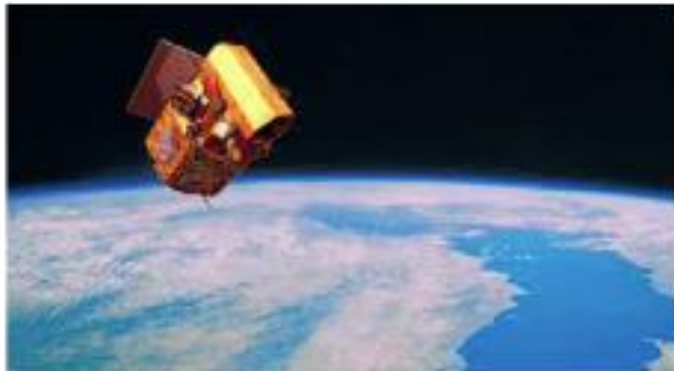
被動式(Passive)

- 探測能量來自目標本身或反射感測器以外能量 (如太陽)
- 光學相機
- 微波

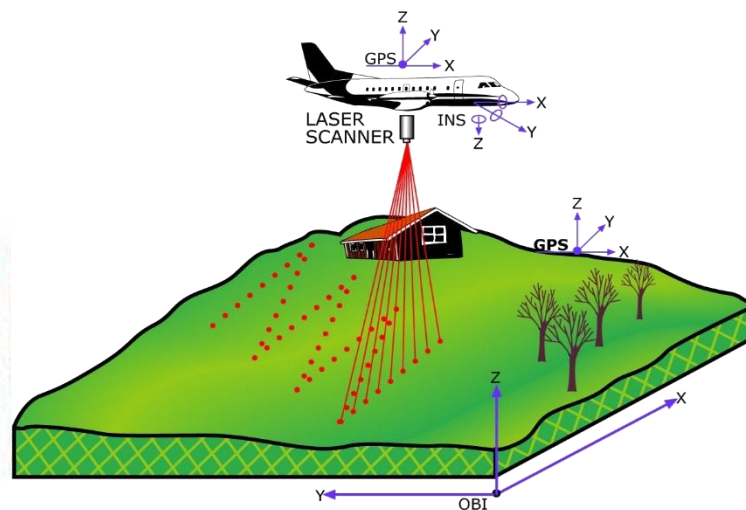




多元遙測載具



LASER SCANNING



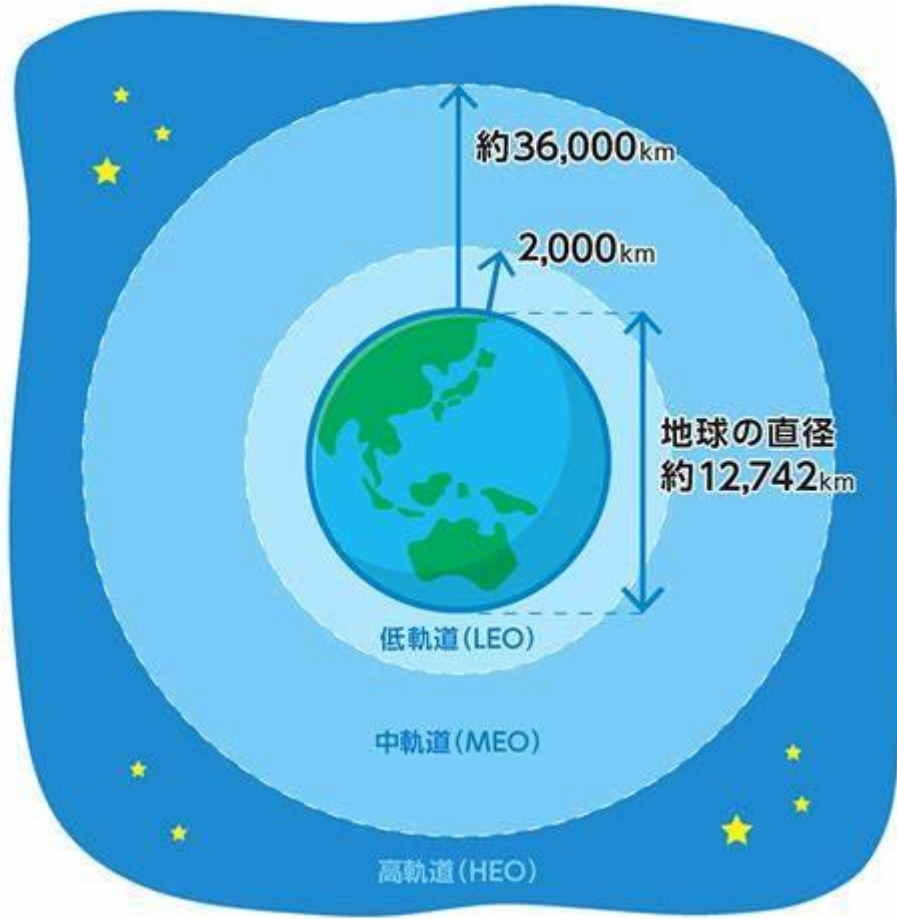
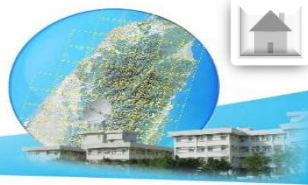


人造衛星的種類



- 資源衛星
- 通訊衛星
- 氣象衛星
- 定位及導航衛星
- 科學衛星
- 偵察衛星

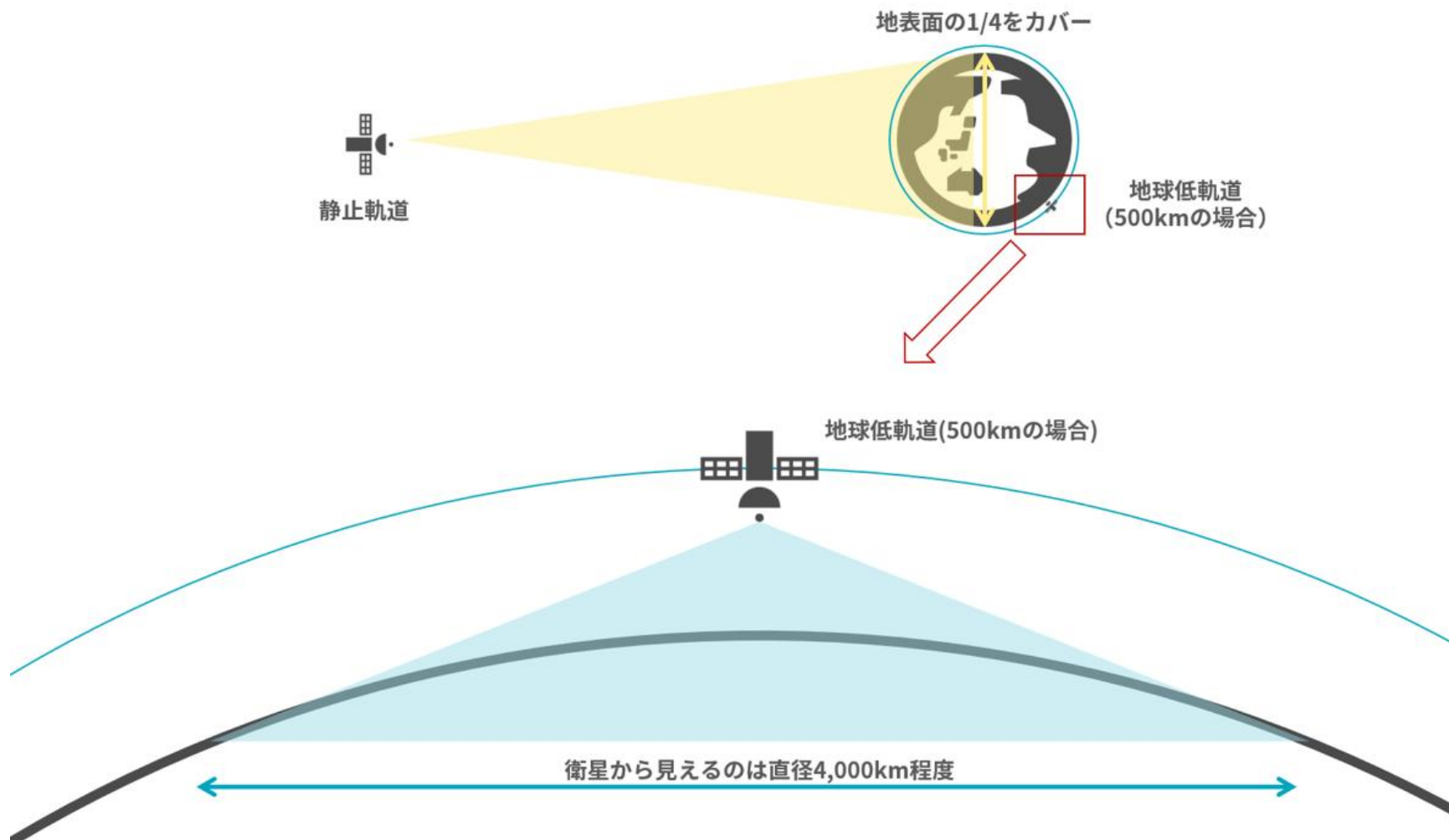
人造衛星軌道高度



- 低地球軌道 (LEO, Low Earth Orbit)
- 中地球軌道 (MEO, Medium Earth Orbit)
- 同步軌道 / 地球靜止軌道 (GEO, Geostationary Orbit) 35,786 公里
- 高地球軌道 (HEO, High Earth Orbit)

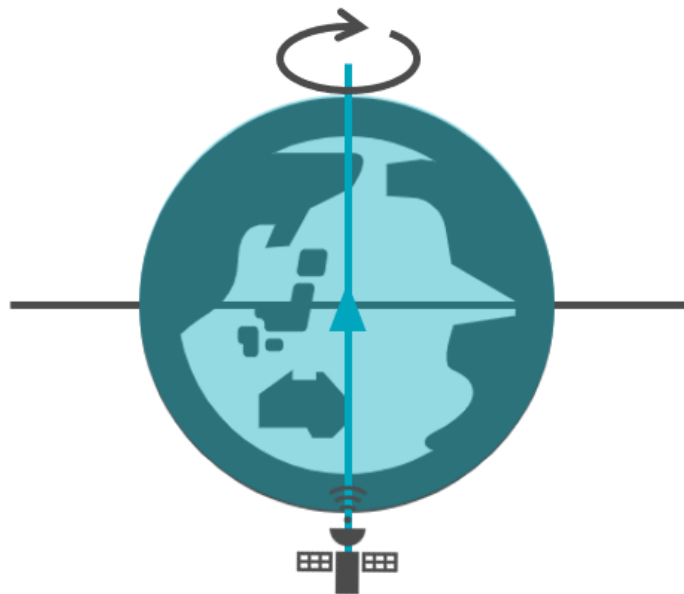


人造衛星観測範囲

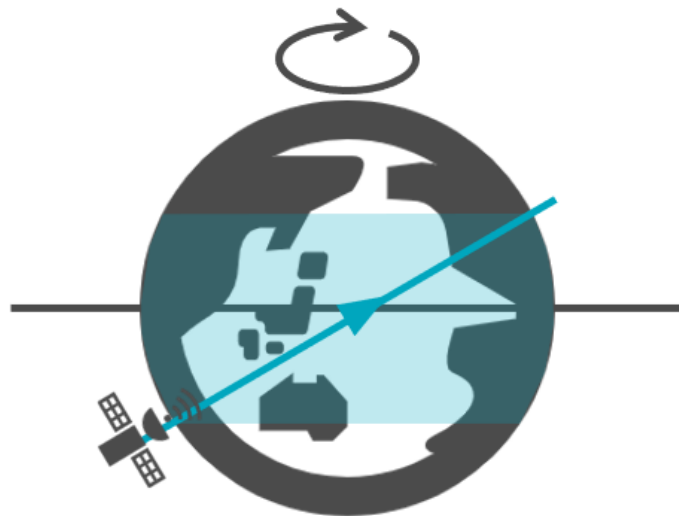




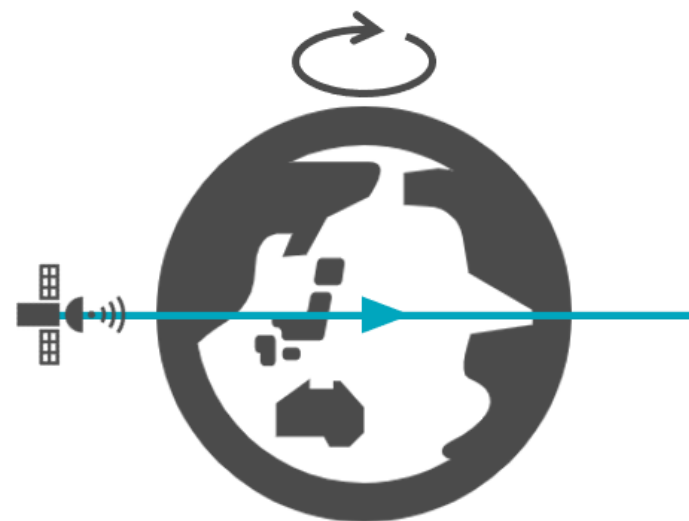
人造衛星軌道傾斜角



繞極軌道



中緯度軌道



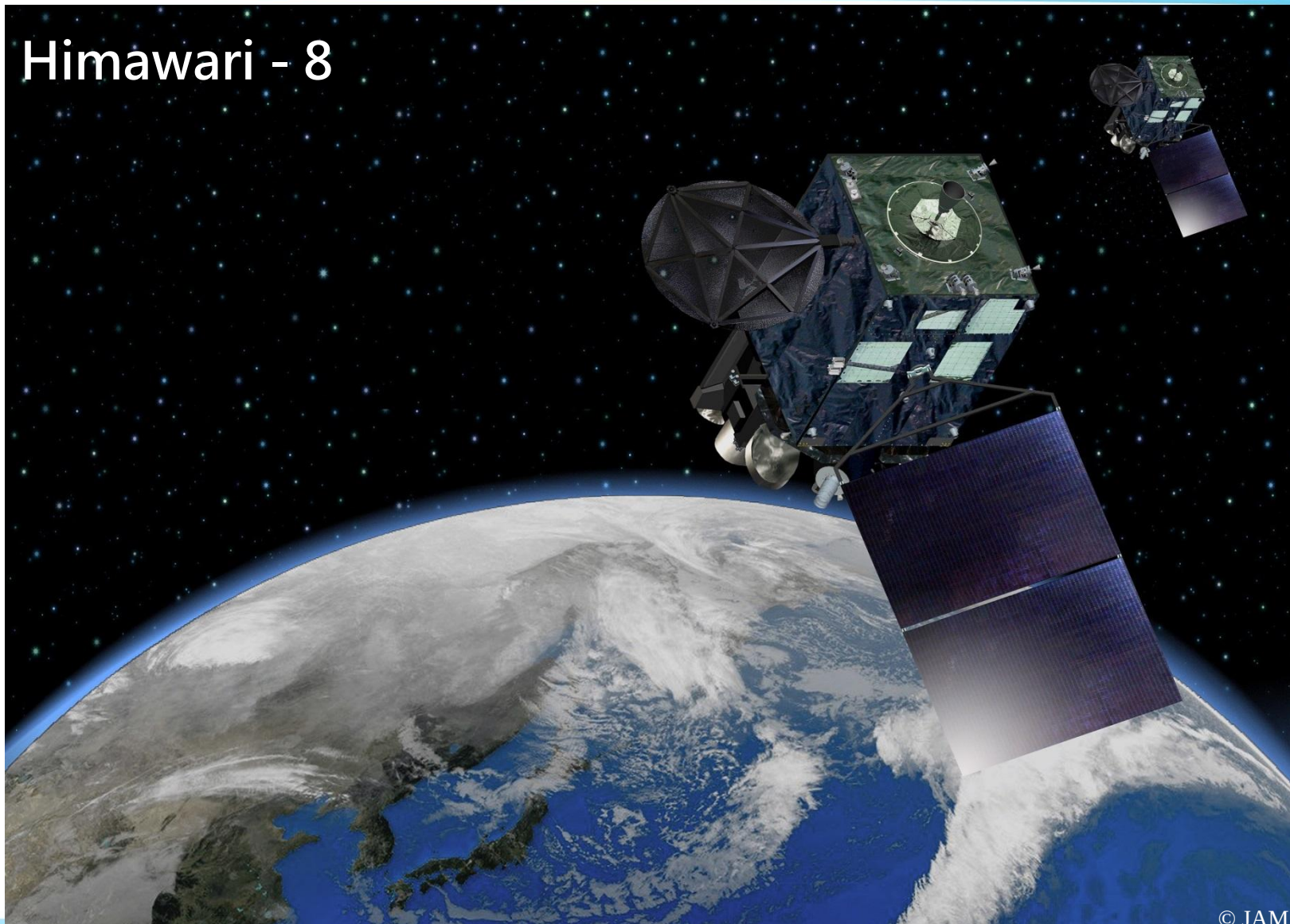
地球同步軌道



氣象衛星



Himawari - 8



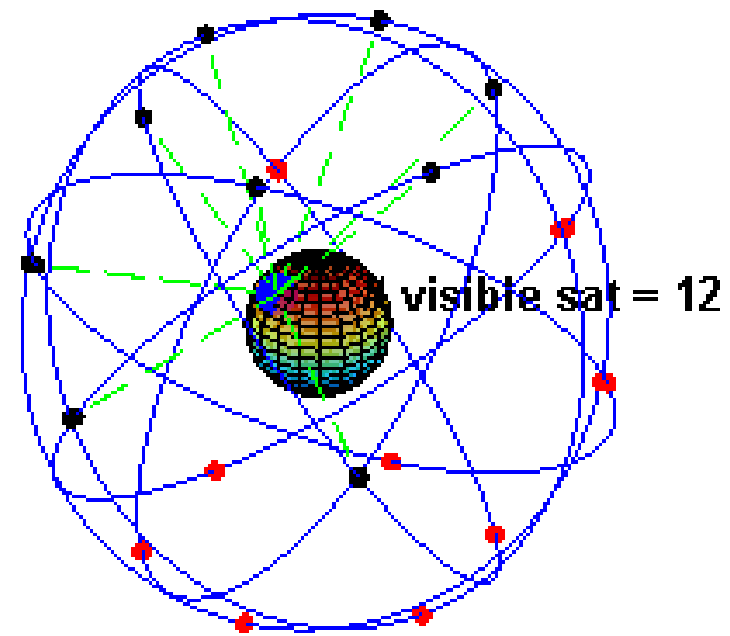
© JAM



定位及導航衛星



GPS-IIRM satellite



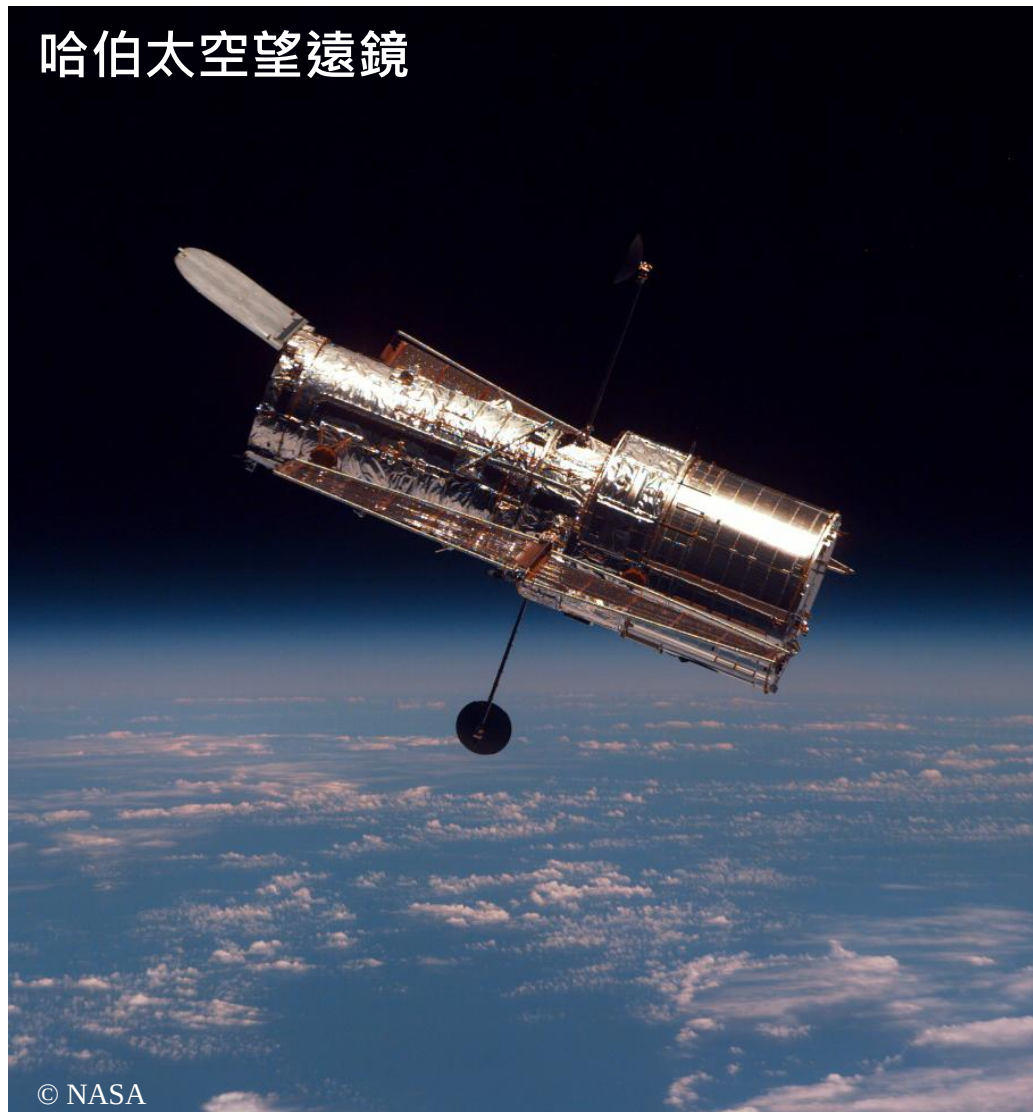
© wikipedia



科學衛星



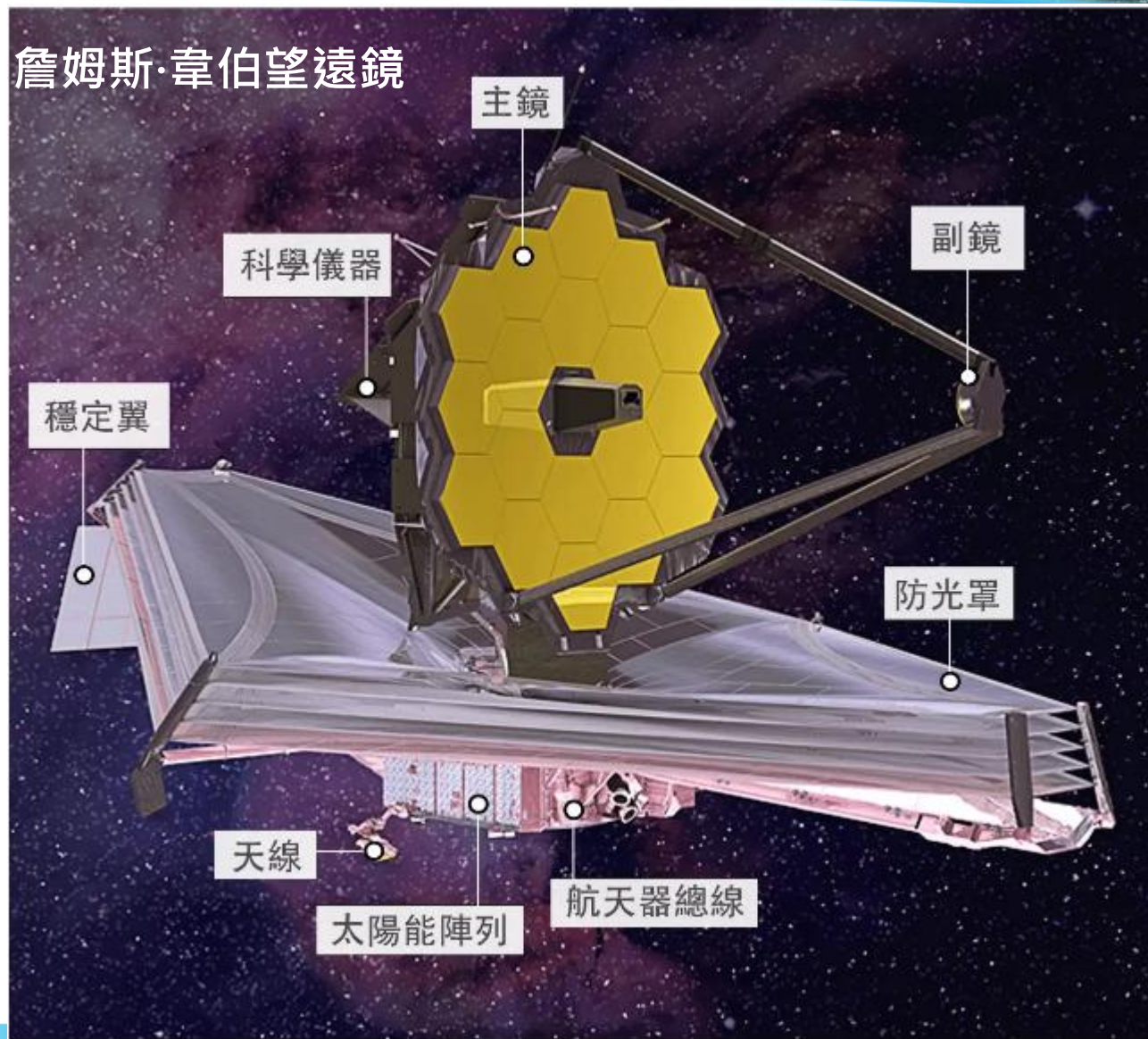
哈伯太空望遠鏡



© NASA

<http://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/ne0213-last-hubble-mission.jpg>

詹姆斯·韋伯望遠鏡



資料來源：美國太空總署 (NASA)

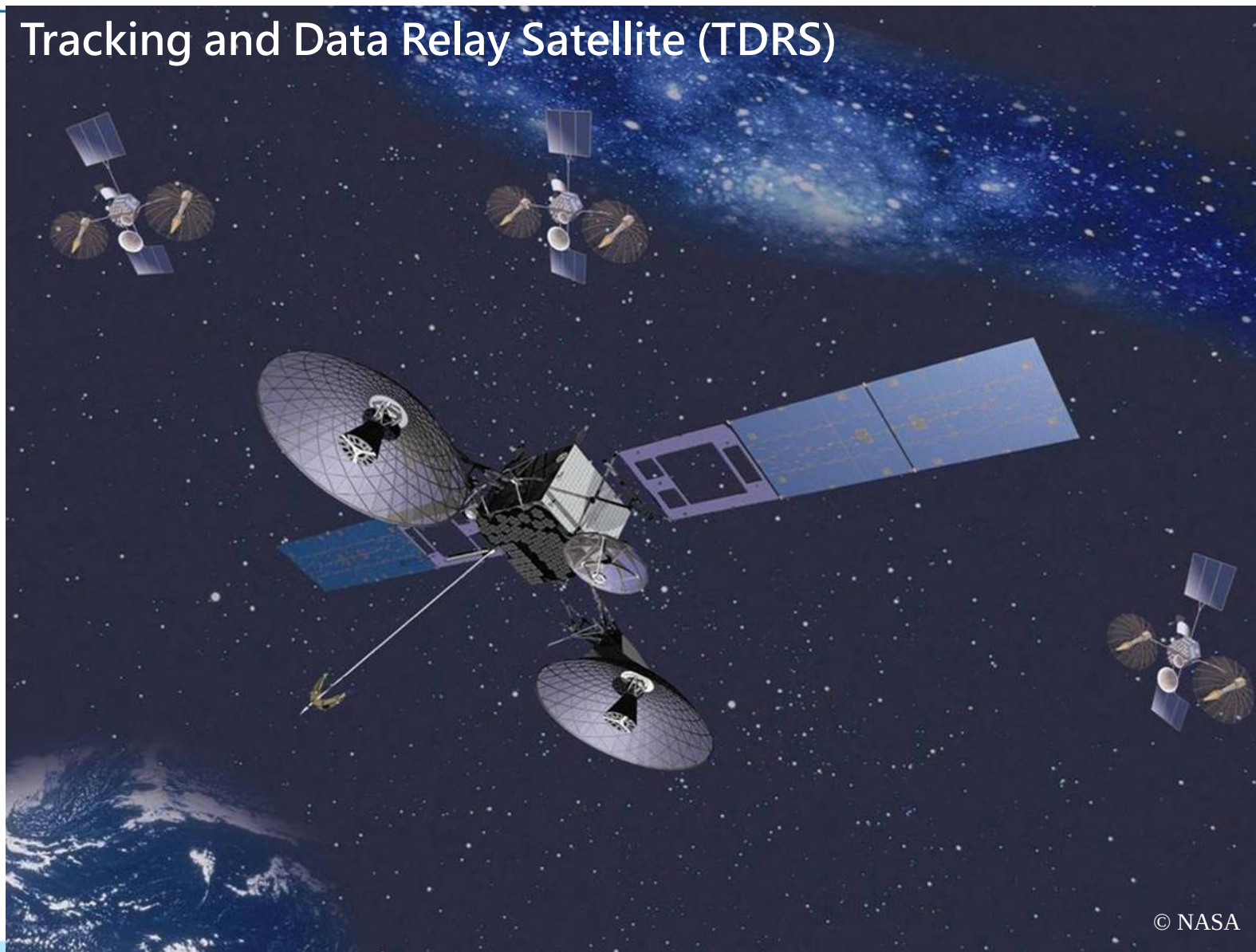
BBC



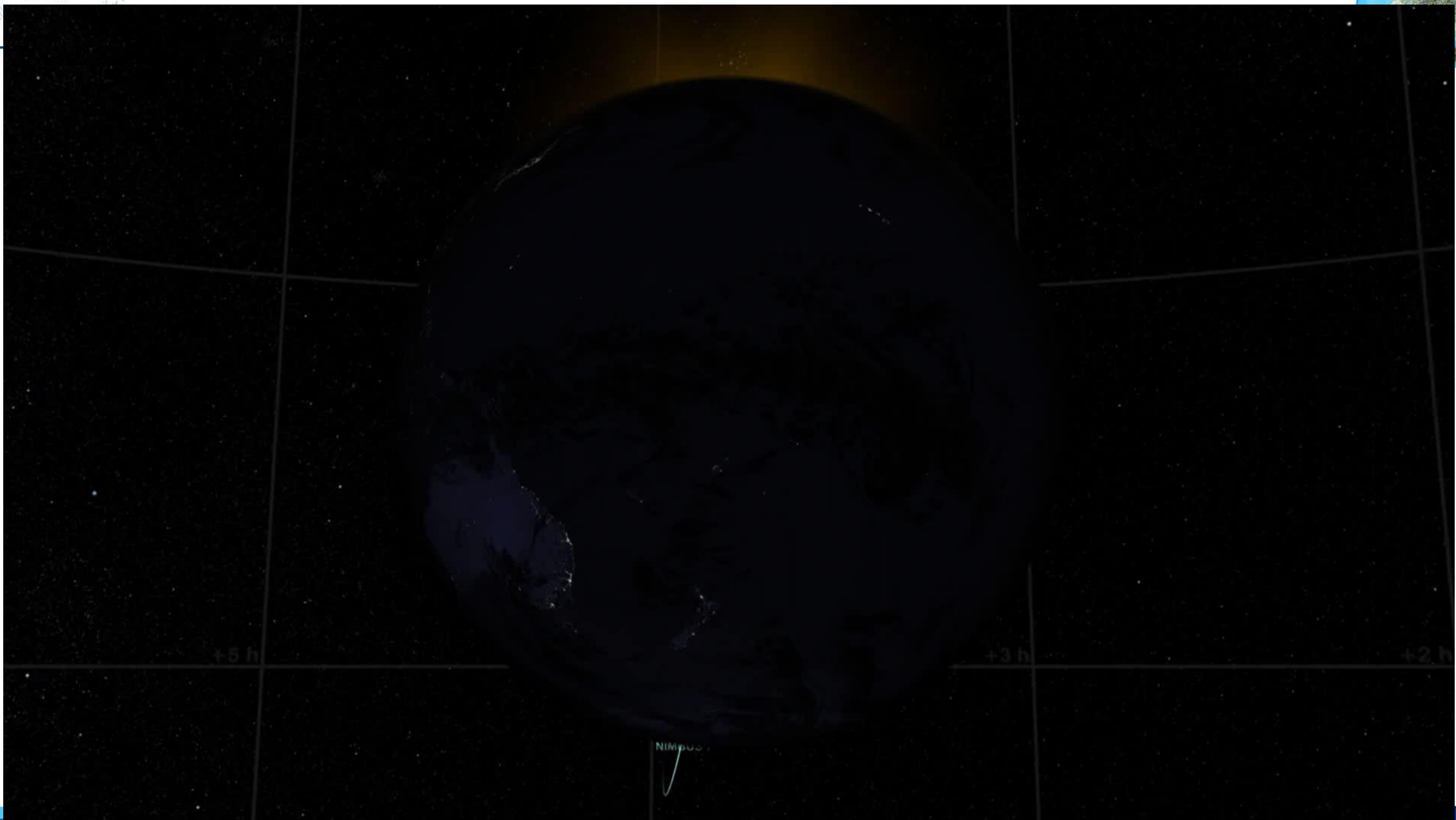
通訊衛星



Tracking and Data Relay Satellite (TDRS)



© NASA



資源衛星

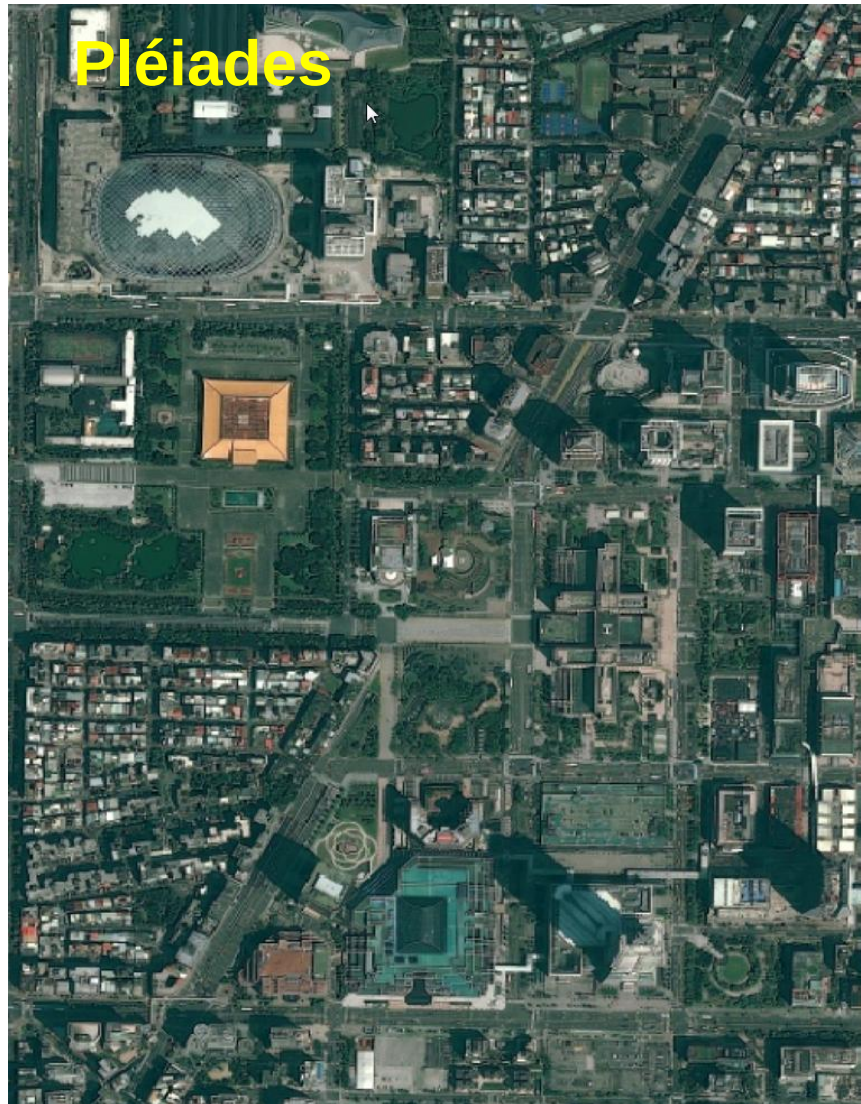
- 用於觀測地球自然資源及人為建設
- 森林、海洋、農作物、人工設施、水體、裸露地等





- 光學探測器
 - 被動式探測器
 - 優點：直觀，易於識別及應用
 - 缺點：受天候影響
- 雷達探測器
 - 主動式探測器
 - 優點：全天候
 - 缺點：識別較難

光學影像與雷達影像之比較





重要的解析度



- 空間解析度
- 光譜解析度
- 輻射解析度
- 時間解析度



空間解析度



- 同一衛星中全色態優於多光譜
- 細節展現度與應用性密切相關
- 相同取樣間距(GSD)之影像光學較雷達易於辨識
- 空間解析度之比較



同一衛星中全色態優於多光譜



IKONOS 全色態影像



IKONOS 多光譜影像



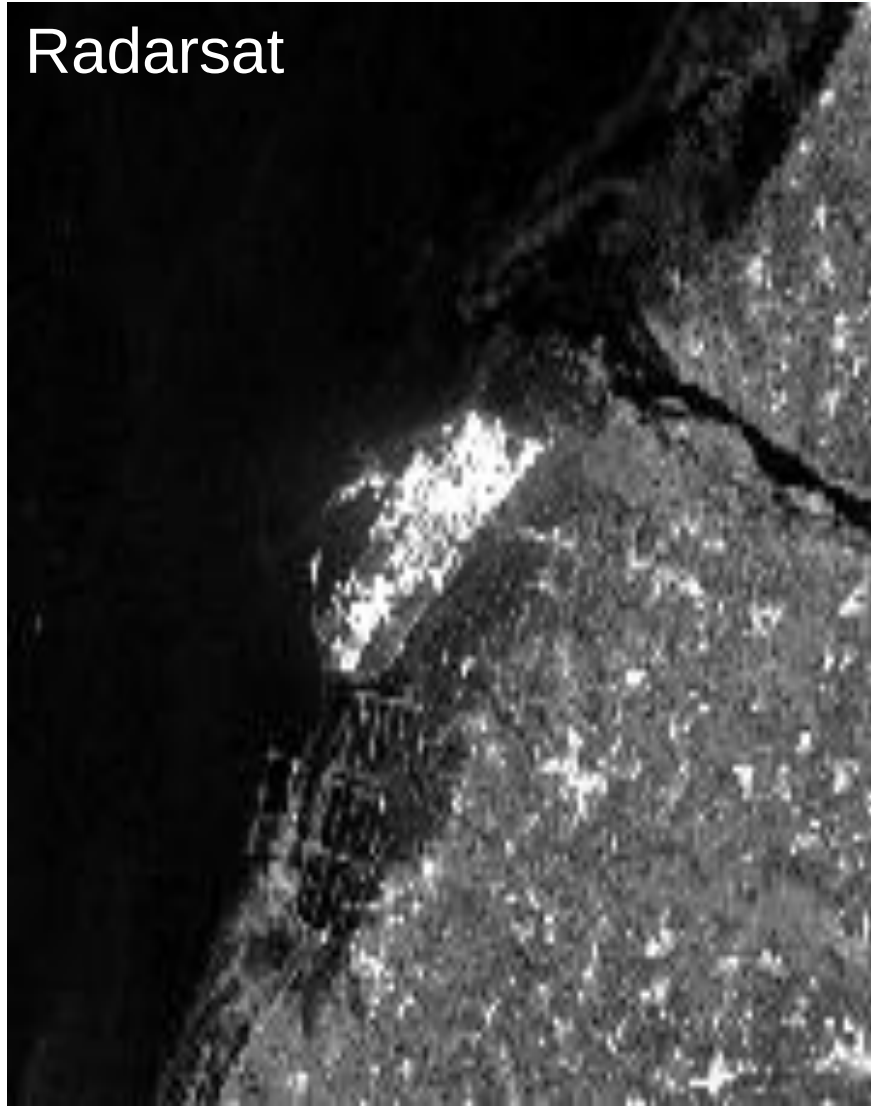
光學影像與雷達影像之比較



SPOT



Radarsat





空間解析度之比較



SPOT-7 2020/08/09 (1.5m)



P1B 2020/08/08 (0.5m)



空間解析度之比較



© DigitalGlobe

4m



空間解析度之比較

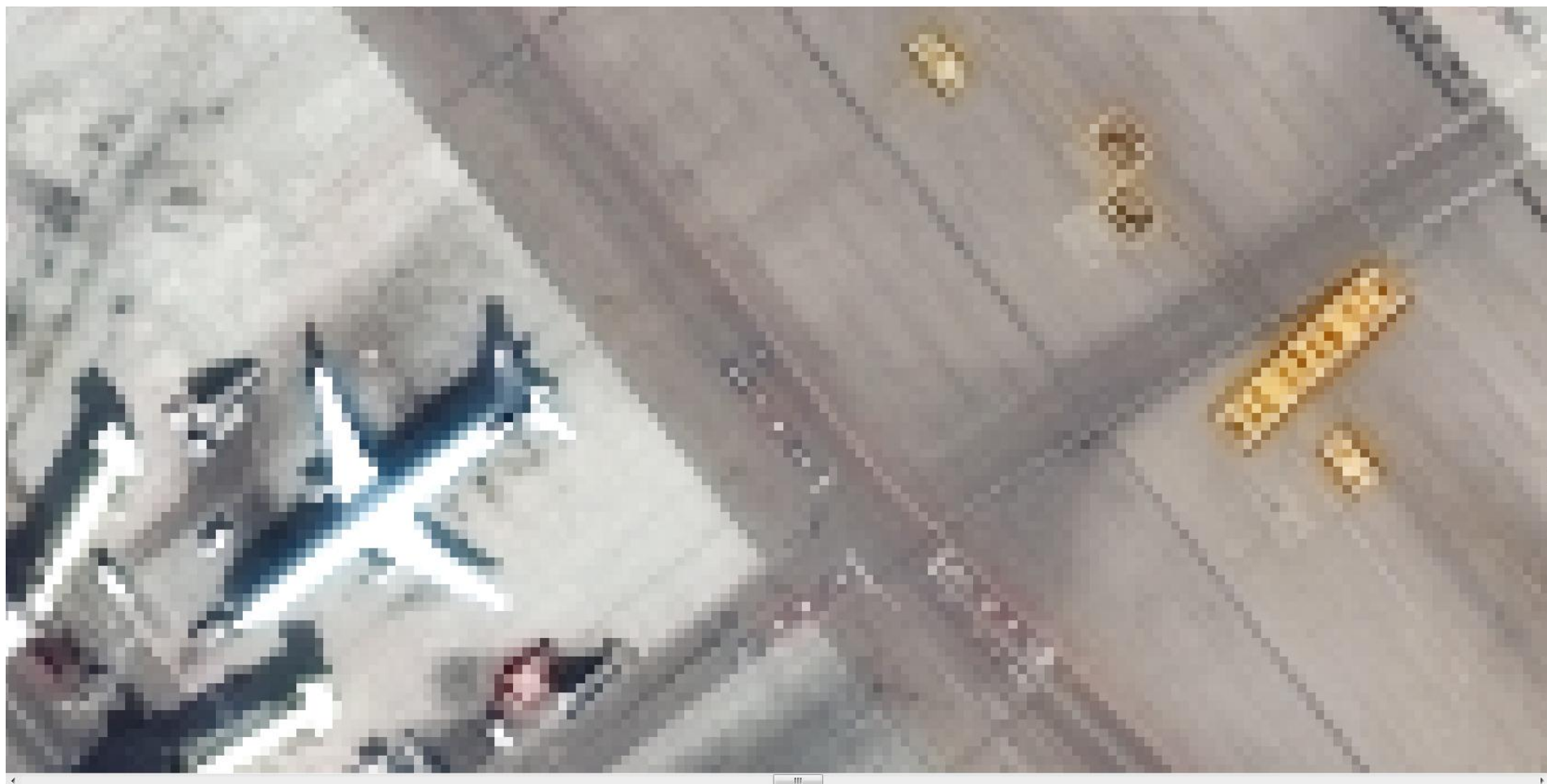


2m

© DigitalGlobe



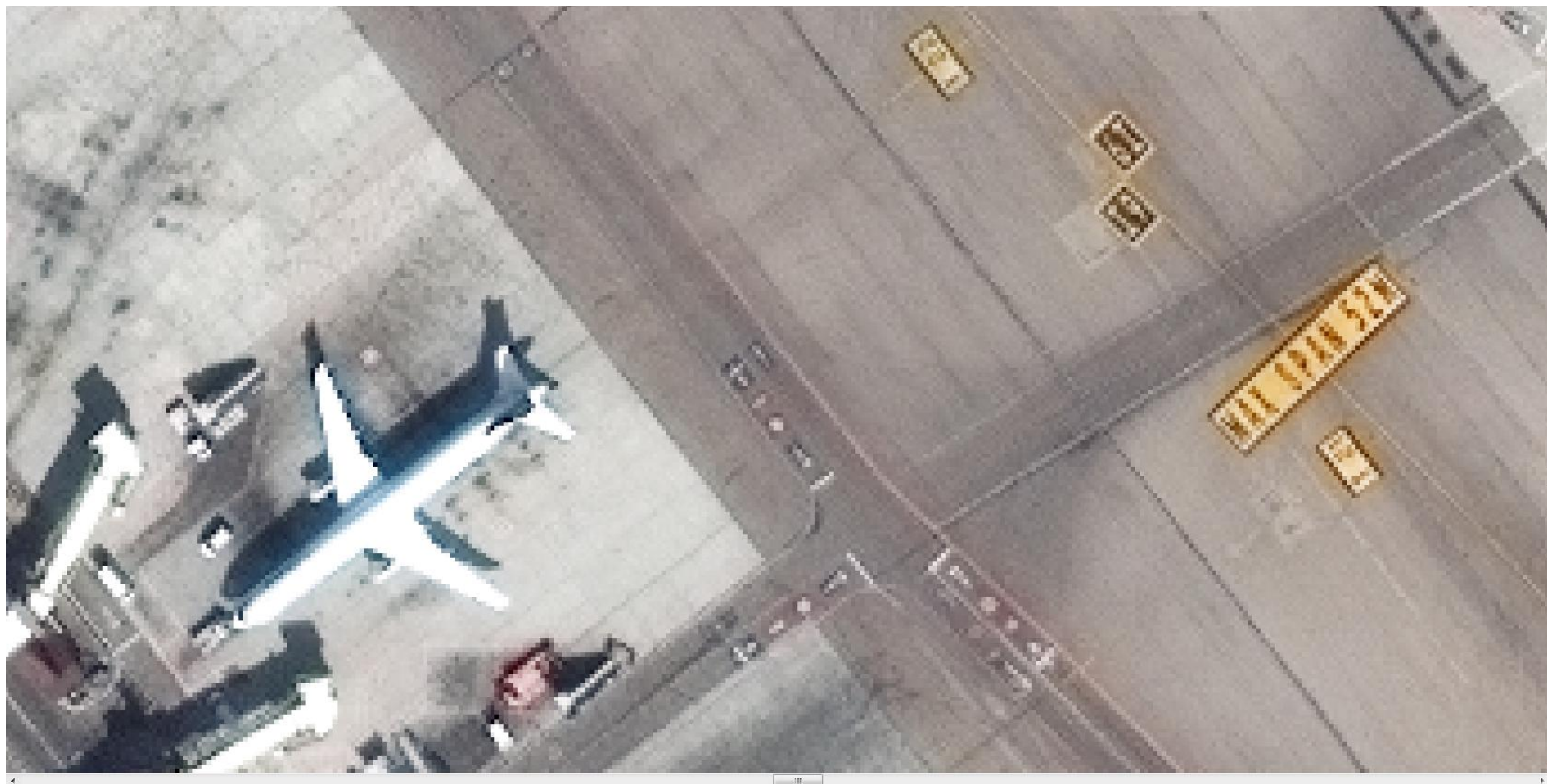
空間解析度之比較



© DigitalGlobe



空間解析度之比較

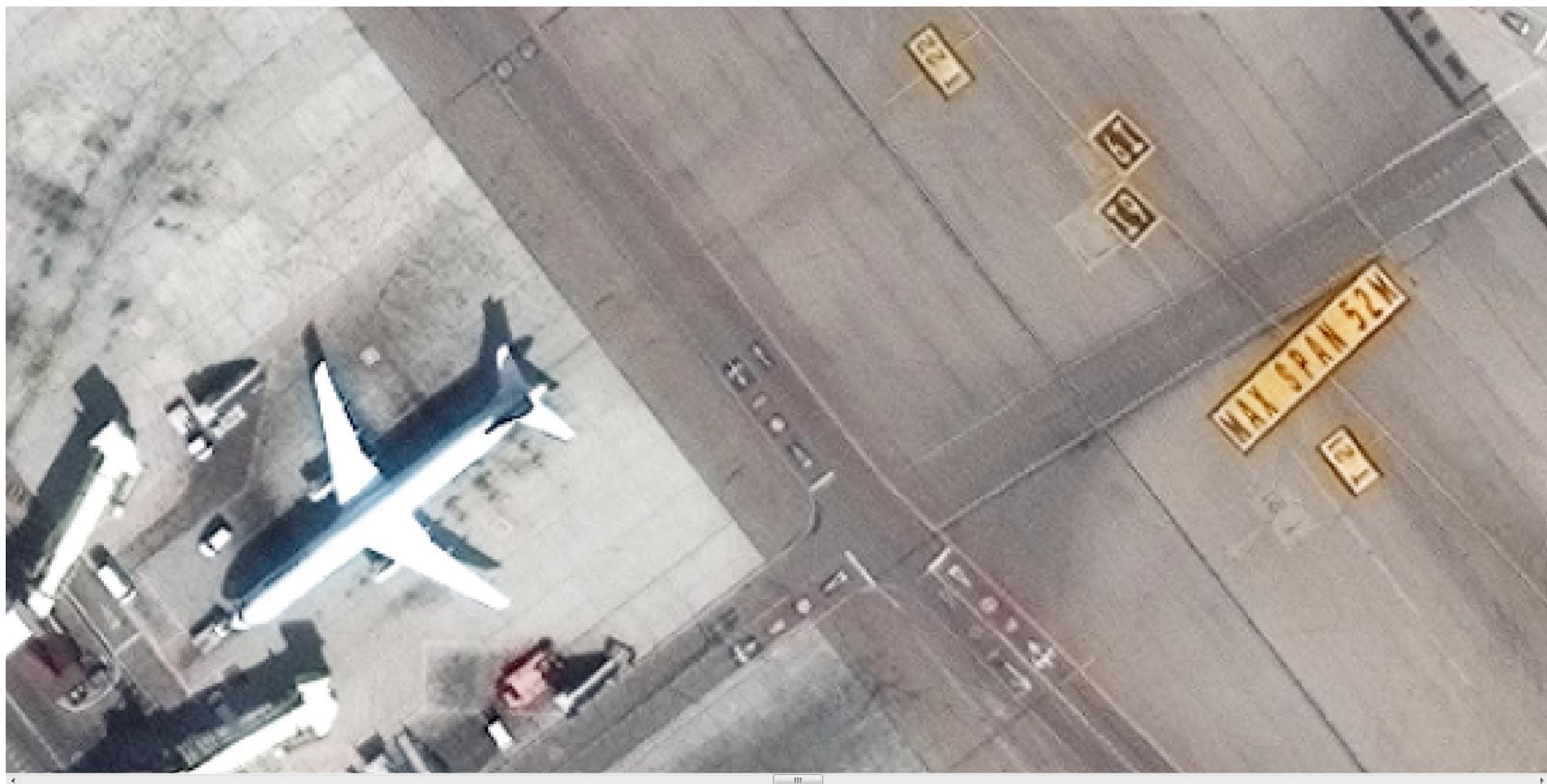


© DigitalGlobe

0.5m



空間解析度之比較



0.3m

© DigitalGlobe



光譜解析度



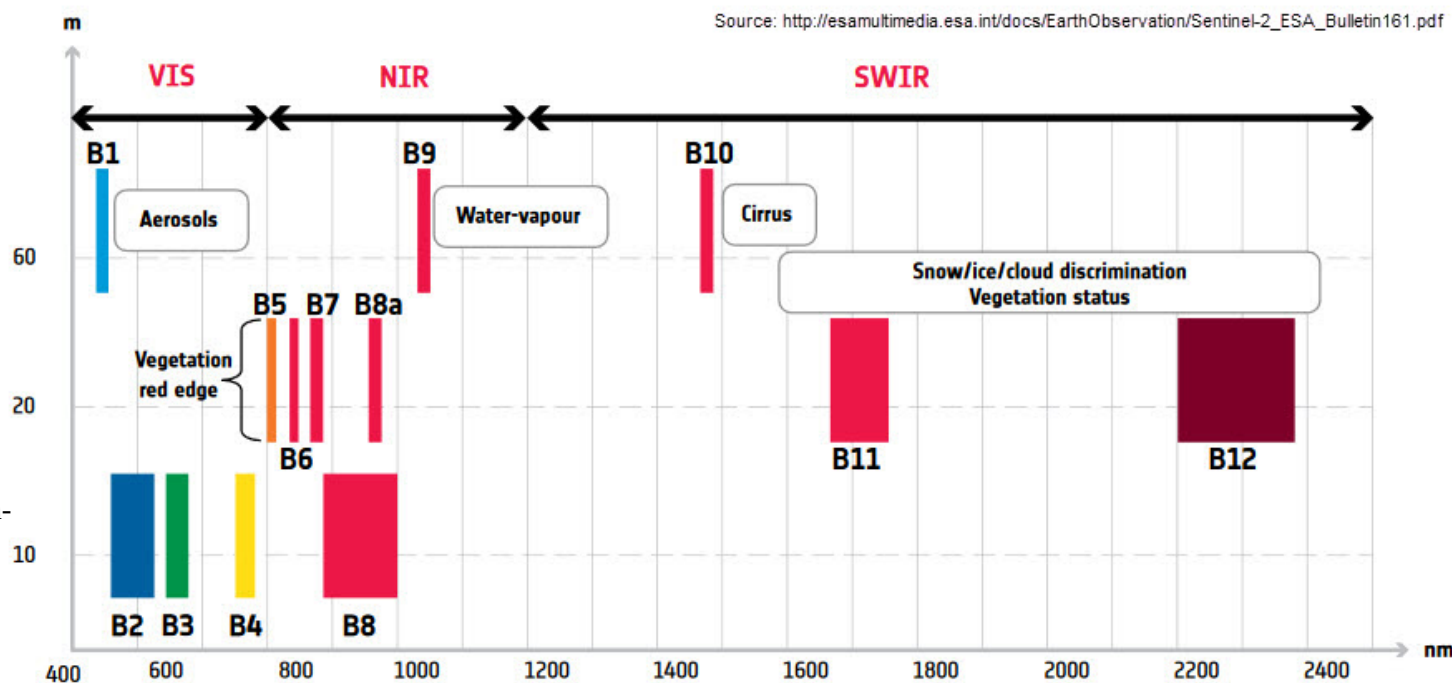
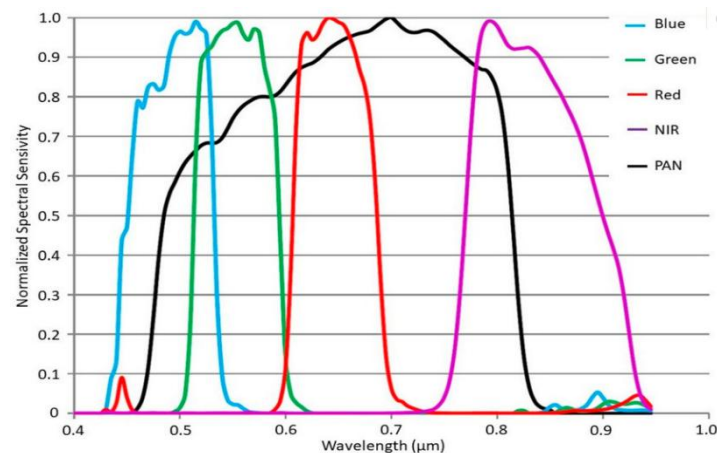
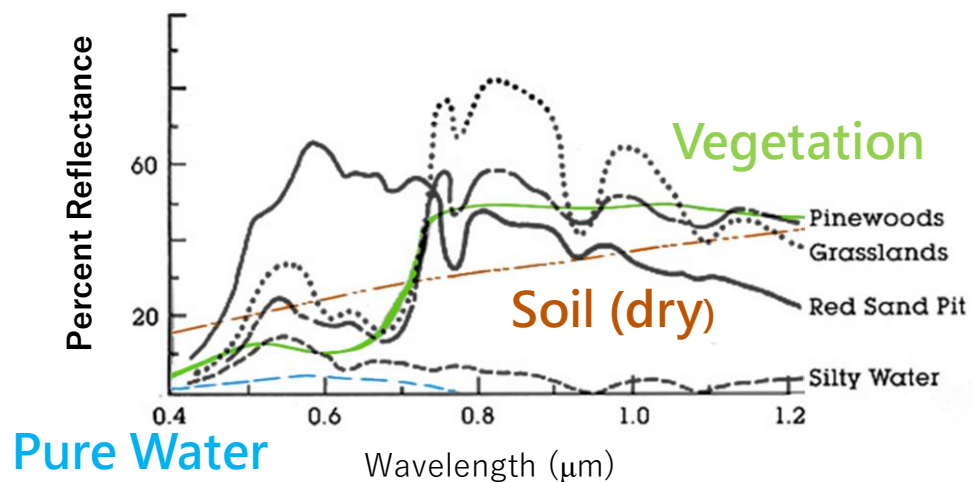
- 光譜解析度提升有利判釋
- 多光譜影像波段選擇以大氣窗為主
- 高光譜(Hyperspectral)影像可提供更細緻的光譜資訊



光譜解析度比較



Typical Spectral Reflectance

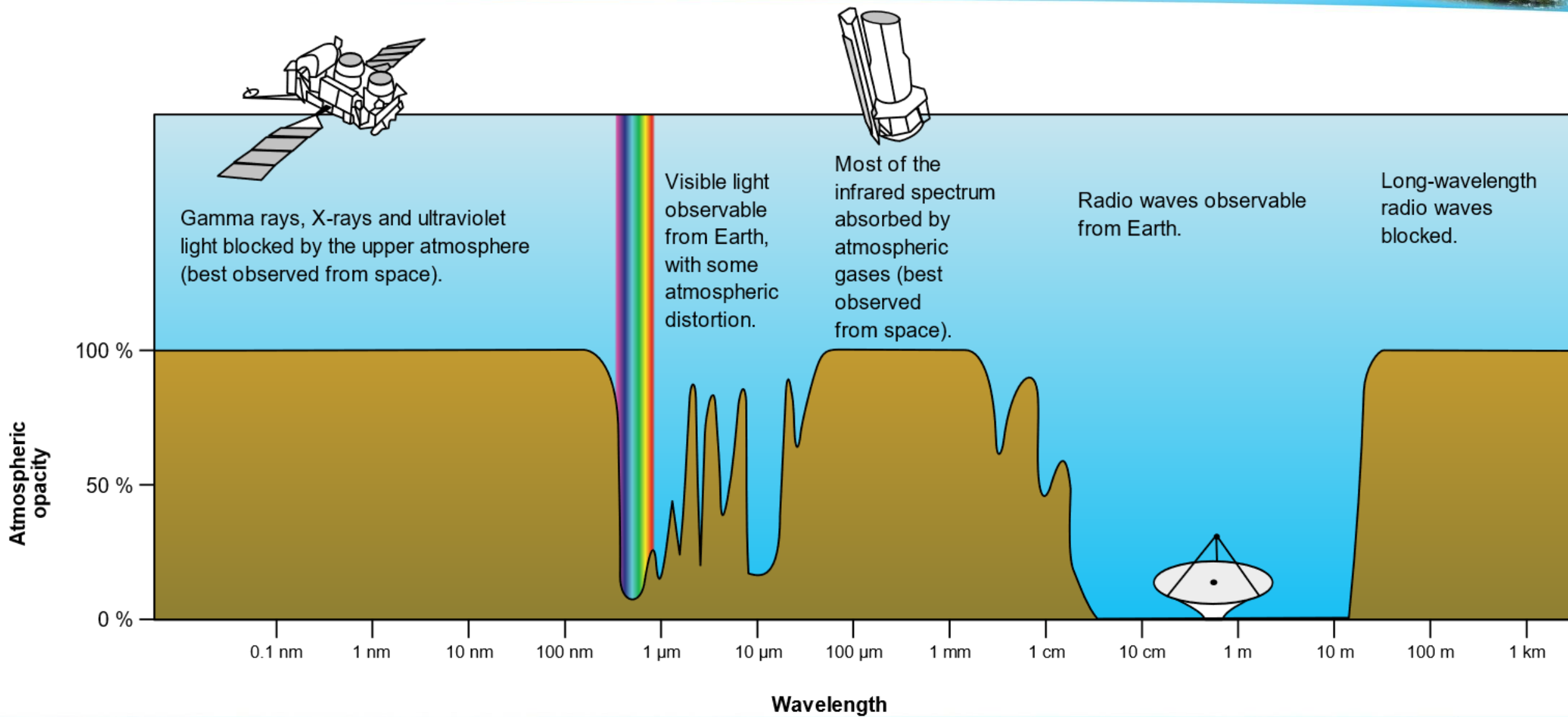


https://www.researchgate.net/figure/Bandes-spectrales-Pleiades-http-wwwgeoairbusdscom-pleiades_fig2_321094761

https://www.geosage.com/highview/figures/Sentinel2_Spectral_Bands.jpg

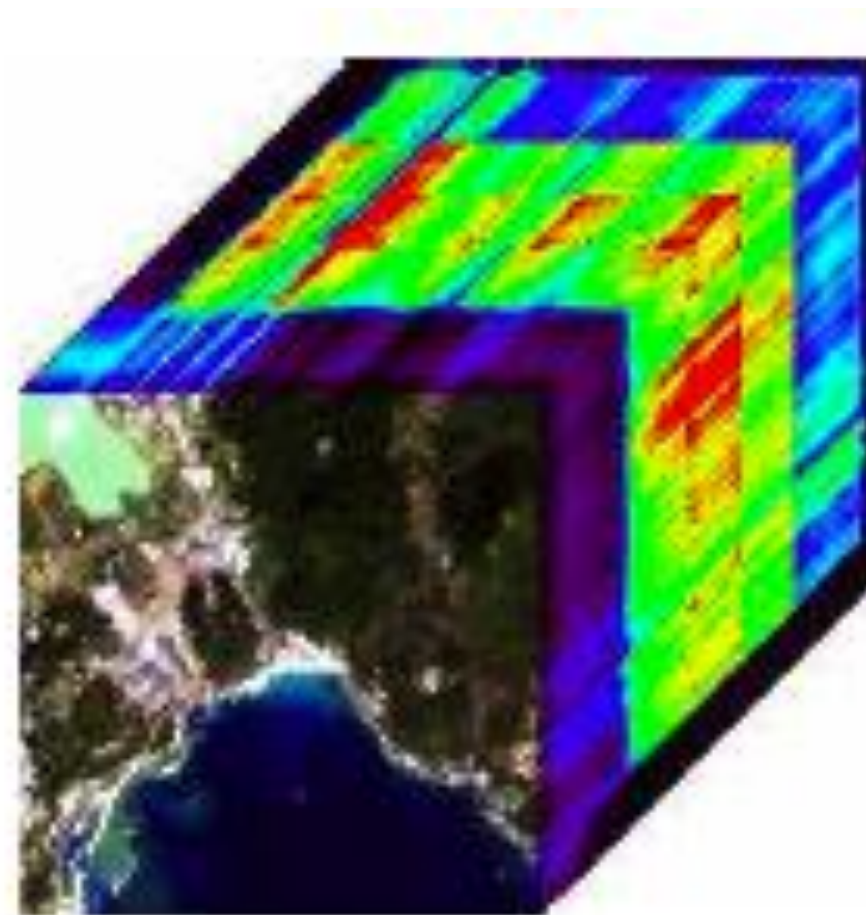
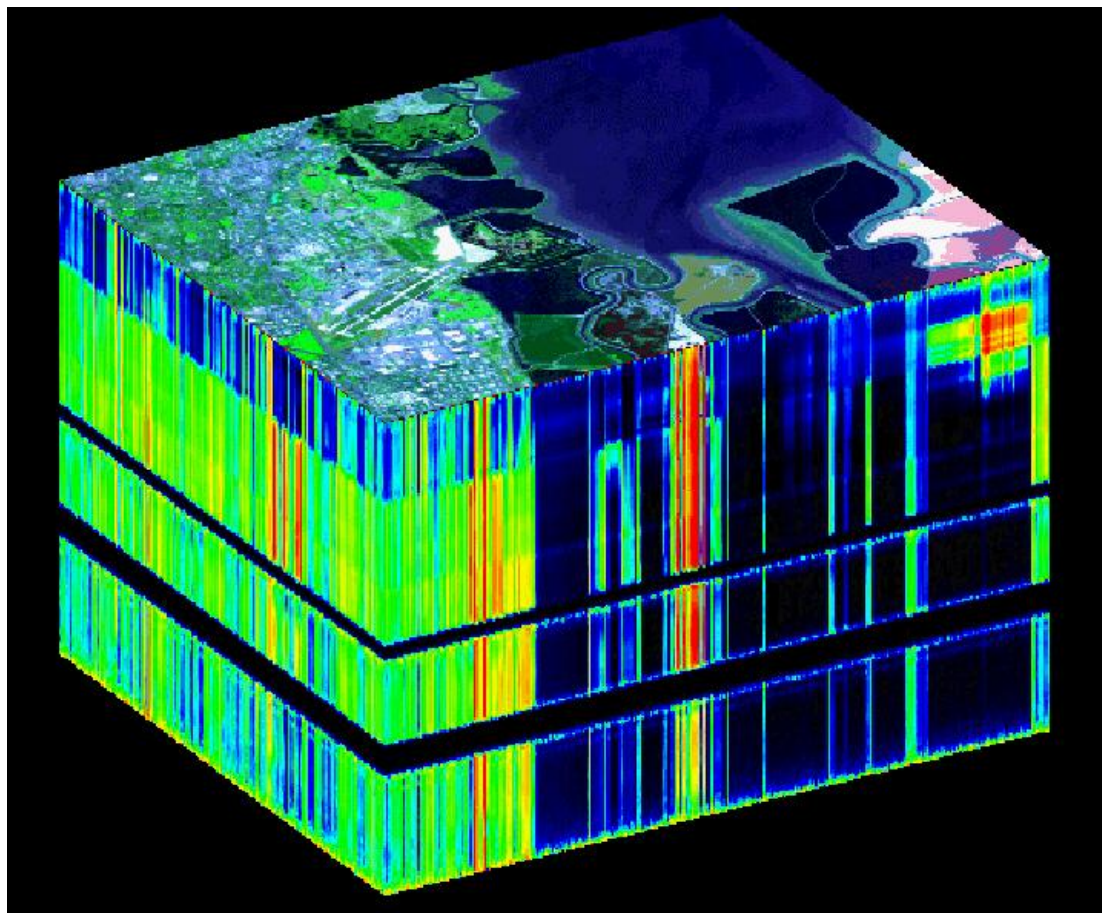


大氣窗





Hyperspectral Image cube





輻射解析度



- 較高的輻射解析度有利陰影區資訊之判釋





時間解析度



- 與軌道設計有關
- 與探測器之傾斜觀測範圍有關
- 與天候有關
- 新型衛星多以星系模式運轉以提升時間解析度

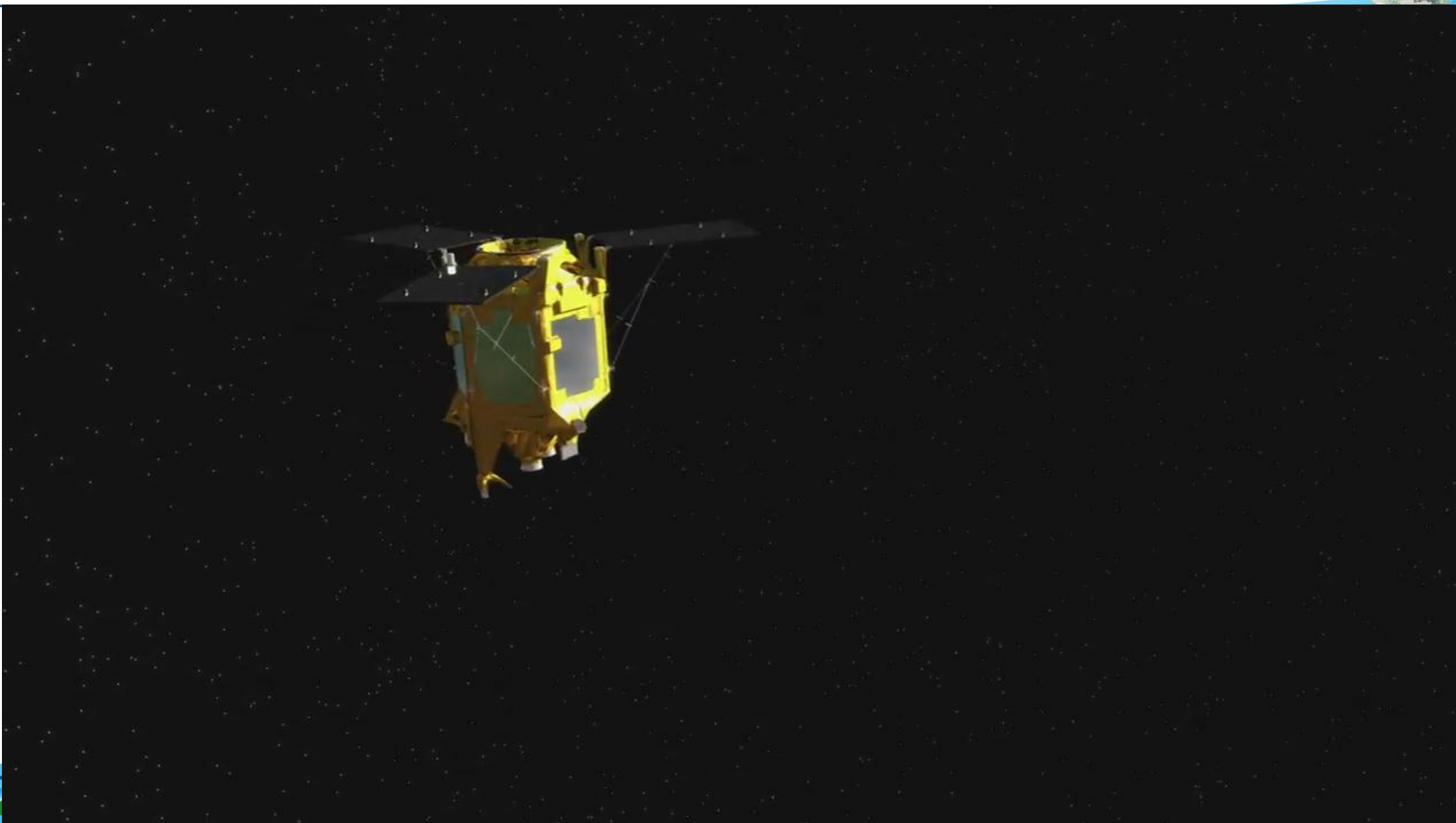


繞極太陽同步衛星





SPOT-7衛星





重要的里程碑



■ 1972 Landsat-1

- 全球首顆資源衛星
- 多光譜資料
- 空間解析度:80公尺

■ 1984 SPOT-1

- 全球首顆可傾斜觀測之資源衛星
- 全色態及多光譜
- 空間解析度: 10m/20m

■ 1999 IKONOS

- 首顆商用高解析度資源衛星
- 全色態及多光譜
- 空間解析度優於1m (0.8m/3.2m)

■ 2014 WorldView-3

- 商用超高解析度資源衛星
- 全色態及多光譜
- 8個短紅外線波段
- 空間解析度優於0.5m (0.31m/1.24m)



衛星小型化



- WorldView-3
 - 解析度0.3m
 - 重量約2800kg



- Pelican-2
 - 解析度0.4m
 - 重量約200kg
 - 預計發射32顆



- Dove
 - 解析度3m
 - 重量約5kg
 - 目前運轉中180餘顆

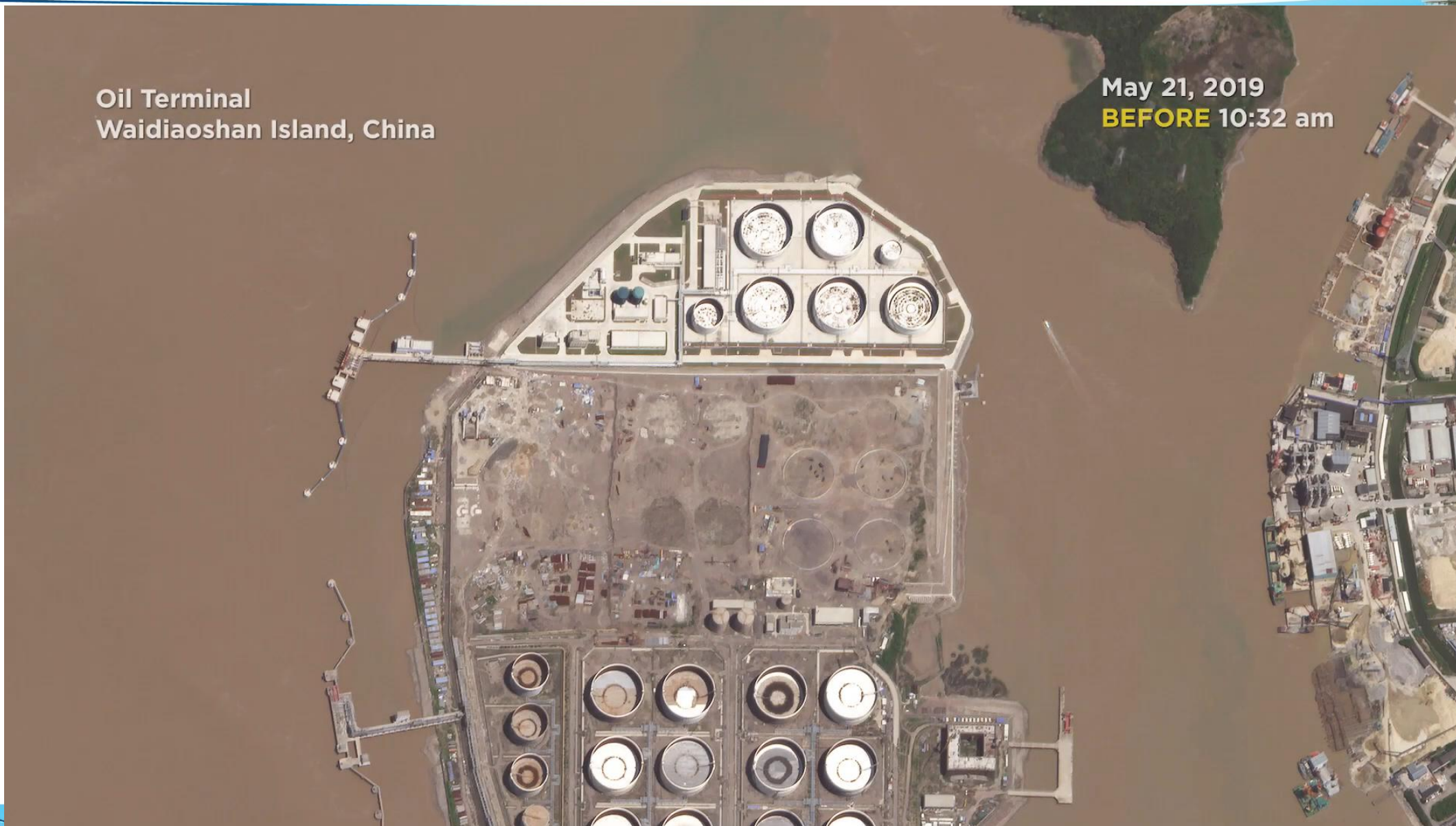


星系運轉



Oil Terminal
Waidiaoshan Island, China

May 21, 2019
BEFORE 10:32 am





■ TASA

- 1991年行政院核定「太空科技發展長程(15年)計畫(1991~2006年)」，成立國家太空計畫室籌備處 (2005年更名為國家太空中心)
- 1999年中華衛星一號發射昇空，開始執行科學任務
- 2002年國科會正式通過「第二期國家太空科技發展長程計畫(2004~2018年)」
- 2004年年中華衛星（福衛）二號發射成功並開始供應影像資料
- 2006年福衛三號發射成功
- 2017年福衛五號發射升空並於2018年正式營運銷售
- 2019年行政院核定第三期太空科技長程發展計畫(2019~2028年)，福衛七號發射升空
- 福衛八號已於2025年底發射

中央大學太空及遙測研究中心資源衛星接收站

- 1993年正式運作
- 科技部與中央大學補助持續維持營運

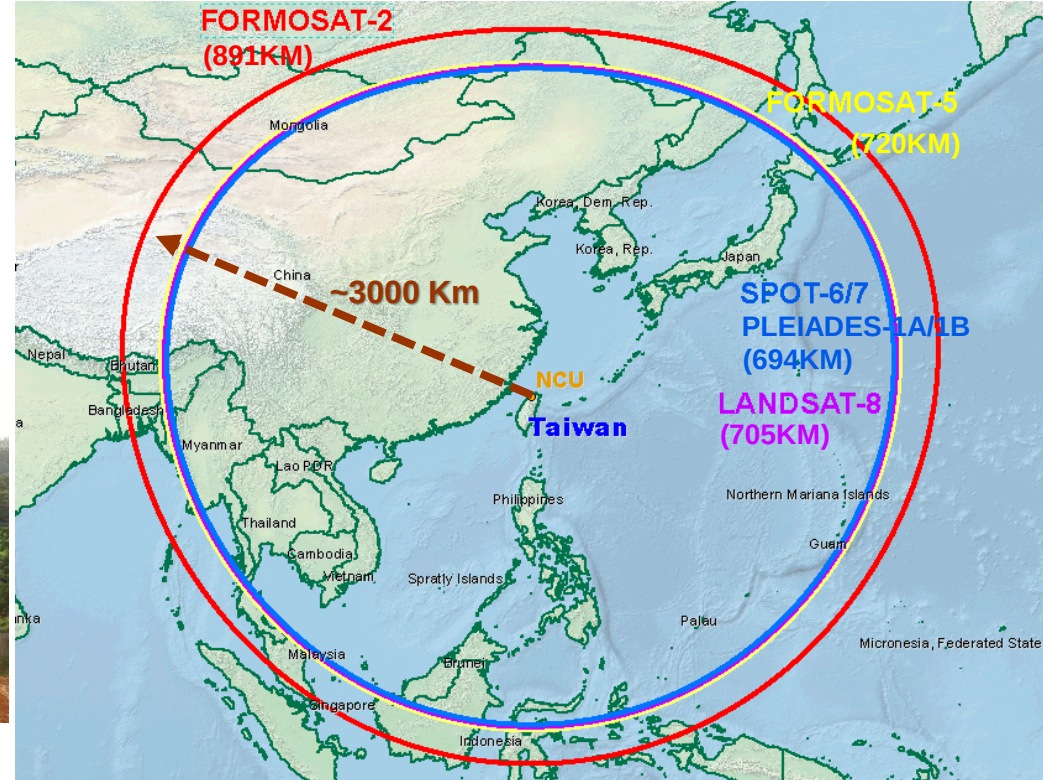


13m antenna (Jun ,1993)



6.1m antenna (Oct , 2003)

衛星接收範圍



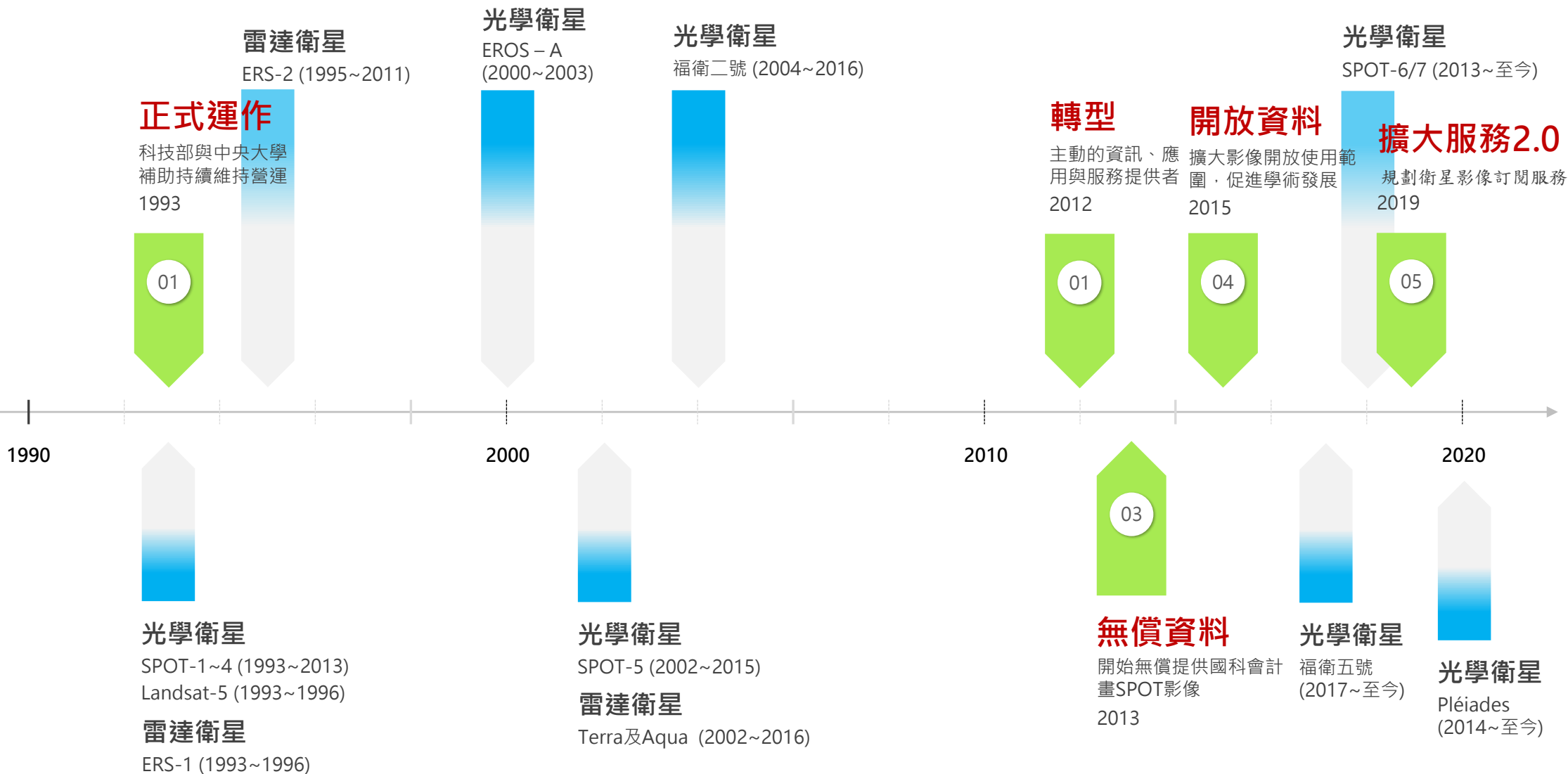
中央大學太空及遙測研究中心資源衛星接收站



本站未接收但
可提供之資料

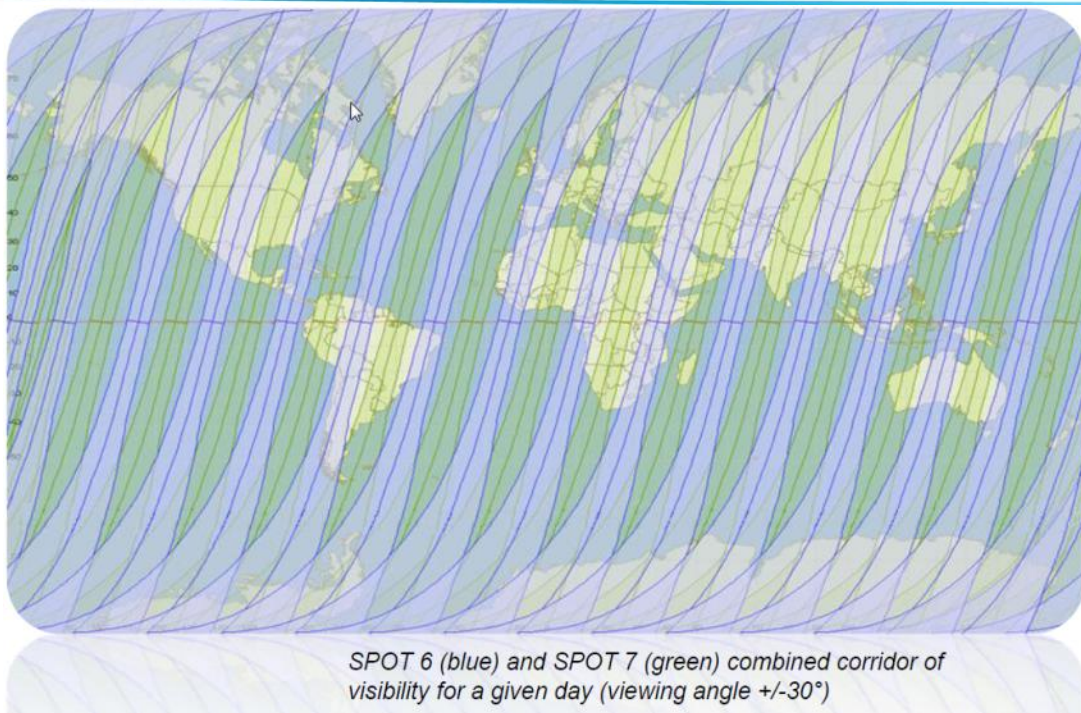
光學衛星
Landsat-8
Pleiades Neo

雷達衛星
TerraSAR_X
COSMO-SkyMed
ALOS 1/PRISM
ALOS 2/PALSAR
Sentinel 1
Capella





資源衛星接收站直接接收



預約排程

影像拍攝

簡式影像

正射影像



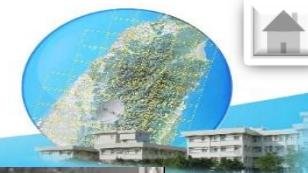


衛星訊號接收





衛星訊號處理



File Tools

Active Tasks

Next task: record 05:10

Ident	Type	State

IRIG: 343 02:22:49

Disk Space

Free: 61.3 GB

Recoverable: 50.7 GB

Busy: 6.1 GB

Acquisition State

Record 0:04:5

Format: SPOT LOCK Data rate: z

ID: (none) AOS:

File: (none) LOS:

BER: .0e-10 Timeouts: 30

MB: Overruns: 0

rs: 533 Free: 527 Disk: 0 Format

Replay State

Replay Rate: 49.4 MHz

File: Output: 346 MB

Type: Raw Time: 02:22:49

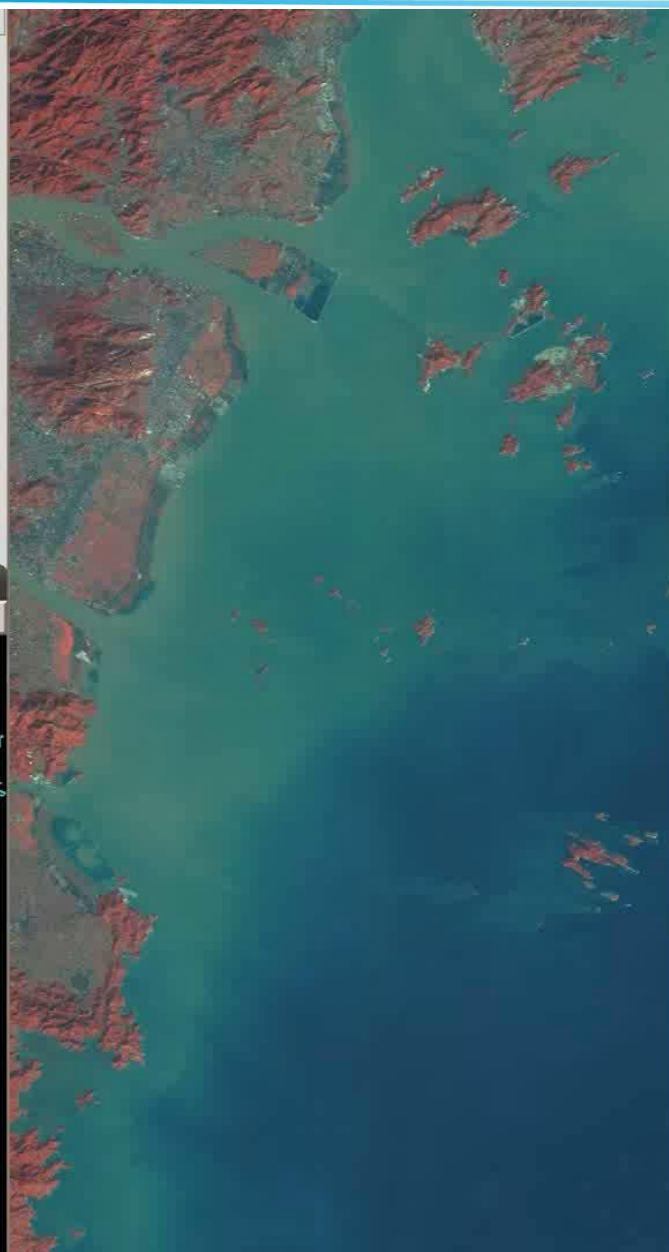
Size: 3024.1 MB Underruns: 0

Recorded 02:17:50 to 02:25:

rs: 160 Free: 0 Queued: 154 Out:

MWD Map (on DIS_2)

Layers





系統特色



自動化影像正射處理系統



自動化

工作單產生、控制點自動匹配、影像正射化、自動檢核、產品上架及交貨等



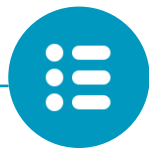
雲端處理

網頁介面控管、雲端運算



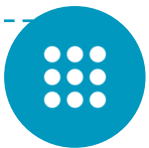
高效率

多伺服器架構、多核心運算、高速網路儲存設備



多元感測器

SPOT-6/7、福衛二號、福衛五號、Pleiades-1A/1B



多元產品處理

正射、融合、切割、轉檔等

自動化影像正射處理整合應用平台

工作流程監控與管理介面



網頁介面

提供各工單、各階段處理時間及狀態查詢

問題回報及提供處理建議

光學影像自動化處理看板

← → ↻ 🏠 ⓘ 不安全 | 140.115.109.136/DPMS/MSGPS_JOB.aspx

Automatic Multi-Sensor Geometrical Processing System

工單號碼	工作站	衛星	影像日期	處理進度	狀態	開始處理時間	結束處理時間	參考碼	處理
M0001478	SRSL_145	SP7	20180926	3:控制點匹配	pending	2018/9/27 上午 09:22:31	2018/9/27 上午 09:24:46	2203	🌐 G Q 🔄 📁 🔌
M0001476	SRSL_145	FS5	20180801	1:產生工單	pending	2018/9/27 上午 08:42:43	2018/9/27 上午 08:56:37	1200	🌐 G G Q 🔄 📁 🔌
M0001474	SRSL_145	P1B	20180525	1:產生工單	pending	2018/9/27 上午 08:44:31	2018/9/27 上午 08:45:16	1600	🌐 G Q 🔄 📁 🔌
M0001472	SRSL_147	FS5	20180720	6:產品包裝	影像處理完成	2018/9/26 下午 02:20:39	2018/9/26 下午 04:18:13	0	🌐 G G Q 🔄 📁 🔌
M0001469	SRSL_147	FS5	20180730	6:產品包裝	影像處理完成	2018/9/26 上午 11:58:39	2018/9/26 下午 12:57:04	0	🌐 G G Q 🔄 📁 🔌
M0001468	SRSL_147	FS5	20180728	6:產品包裝					
M0001463	SRSL_147	SP7	20180926	1:產生工單					
M0001461	SRSL_145	FS5	20180718	6:產品包裝					
M0001452	SRSL_145	FS5	20180710	6:產品包裝					
M0001450	SRSL_145	FS5	20180505	6:產品包裝					

問題說明

參考碼: 2203

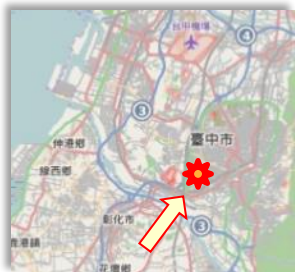
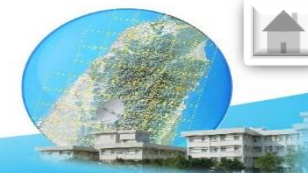
問題描述: 控制點匹配失敗

處理方式: 請人工量測初始點位

下個步驟: 重新執行本處理步驟

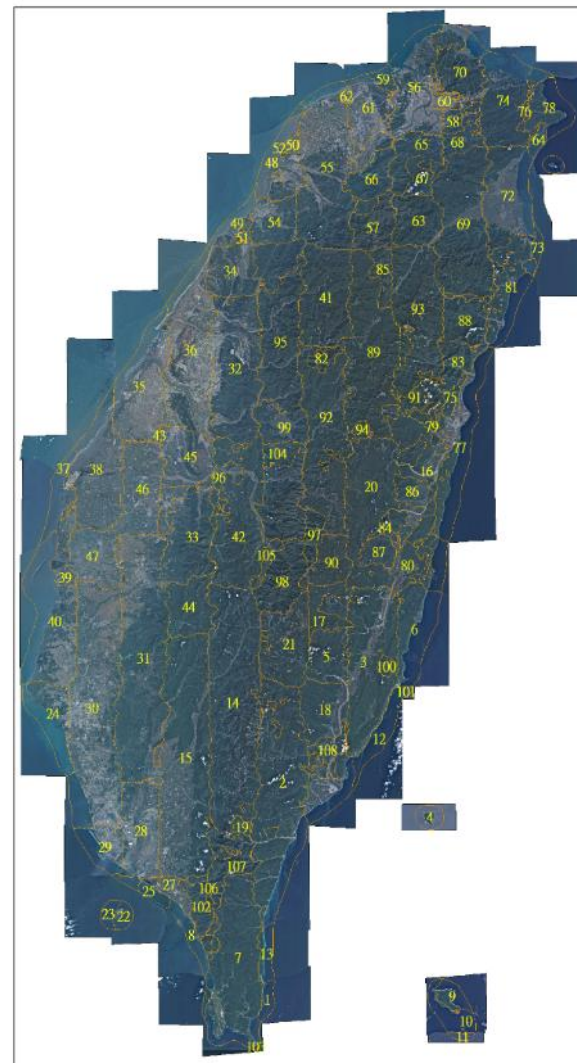
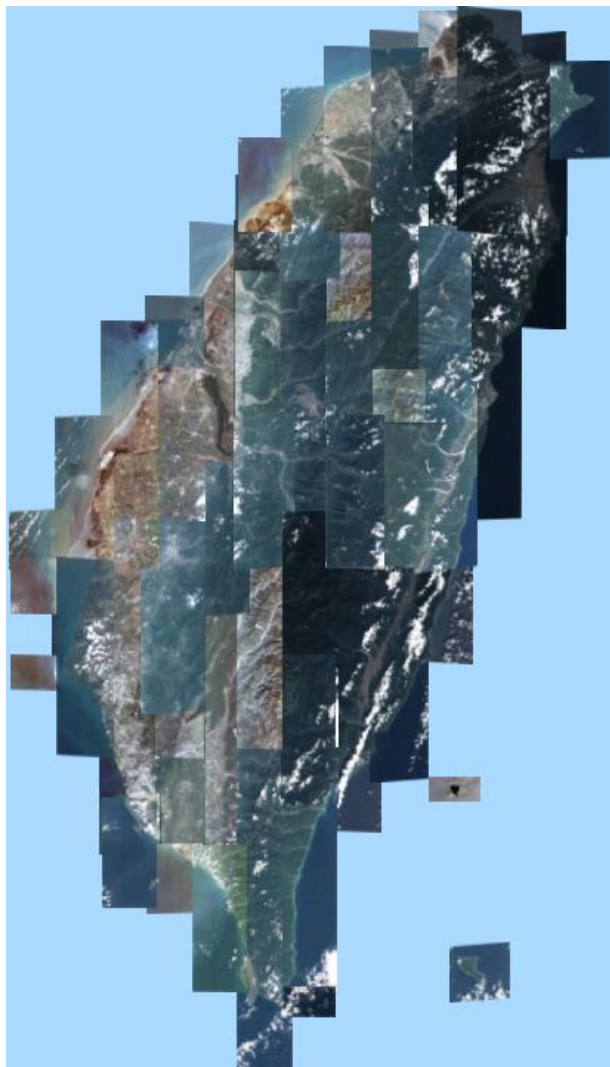
工單號碼	程序代號	狀態	開始處理時間	結束處理時間	參考碼
M0001472	1:產生工單	completed	2018/9/26 下午 02:20:38	2018/9/26 下午 02:33:12	0
M0001472	2:1A 匹配	completed			
M0001472	3:控制點匹配	completed	2018/9/26 下午 02:33:12	2018/9/26 下午 03:32:19	0
M0001472	4:正射處理	completed	2018/9/26 下午 03:32:21	2018/9/26 下午 04:04:23	0
M0001472	5:品質檢驗	completed	2018/9/26 下午 04:04:25	2018/9/26 下午 04:16:18	0

Pléiades-1A影像融合(2014/02/21)





2020至2021 Pleiades全島影像鑲嵌



GRIDCODE	ImageDate	GRIDCODE	ImageDate
1	2020/08/08	60	2020/09/23
2	2020/08/08	61	2020/10/25
3	2020/08/08	62	2020/10/25
4	2020/08/08	63	2021/02/06
5	2020/08/08	64	2021/02/06
6	2020/08/08	65	2020/11/01
7	2020/08/08	66	2020/10/26
8	2020/08/08	67	2020/09/04
9	2020/01/31	68	2020/10/04
10	2020/09/23	69	2021/02/01
11	2020/07/20	70	2021/02/06
12	2020/11/26	72	2021/01/31
13	2020/11/01	73	2021/01/31
14	2020/09/16	74	2021/01/31
15	2020/09/16	75	2021/01/31
16	2020/08/09	76	2020/07/21
17	2020/08/09	77	2020/07/21
18	2020/08/09	78	2020/07/21
19	2020/08/09	79	2020/07/21
20	2020/08/09	80	2020/07/21
21	2020/08/09	81	2020/08/16
22	2020/11/27	82	2021/01/04
23	2020/11/27	83	2021/02/06
24	2020/01/18	84	2021/02/06
25	2020/10/26	85	2021/03/16
27	2020/09/21	86	2021/02/01
28	2020/09/17	87	2021/02/01
29	2020/11/28	88	2021/02/07
30	2020/11/19	89	2020/10/13
31	2020/11/19	90	2020/10/13
32	2020/11/19	91	2020/10/13
33	2020/11/19	92	2020/10/12
34	2020/11/12	93	2020/11/01
35	2020/11/12	94	2020/11/01
36	2020/11/12	95	2020/11/02
37	2020/10/30	96	2020/11/02
38	2020/10/30	97	2020/11/20
39	2020/07/19	98	2020/11/20
40	2020/10/19	99	2020/11/22
41	2020/10/11	100	2021/01/04
42	2020/10/11	101	2021/01/04
43	2020/10/04	102	2021/01/04
44	2020/10/04	103	2021/01/04
45	2020/10/06	104	2020/10/20
46	2020/10/26	105	2020/10/11
47	2020/10/26	106	2020/11/27
48	2020/10/19	107	2020/11/27
49	2020/10/21	108	2020/09/16
50	2020/11/01		
51	2020/10/19		
52	2020/11/20		
54	2020/11/25		
55	2020/11/25		
56	2021/01/30		
57	2021/01/30		
58	2021/01/30		
59	2020/08/21		

影像拍攝日期為：2020-07-19至2021-03-16，共使用108組影像



影像應用





生痕—人類活動痕跡



屏東內埔老埤農場



今日農業多元種植才是王道，許多深淺黃綠交錯的方格圖案，是各種作物不同的生長期及收割期所造成。

高雄港區



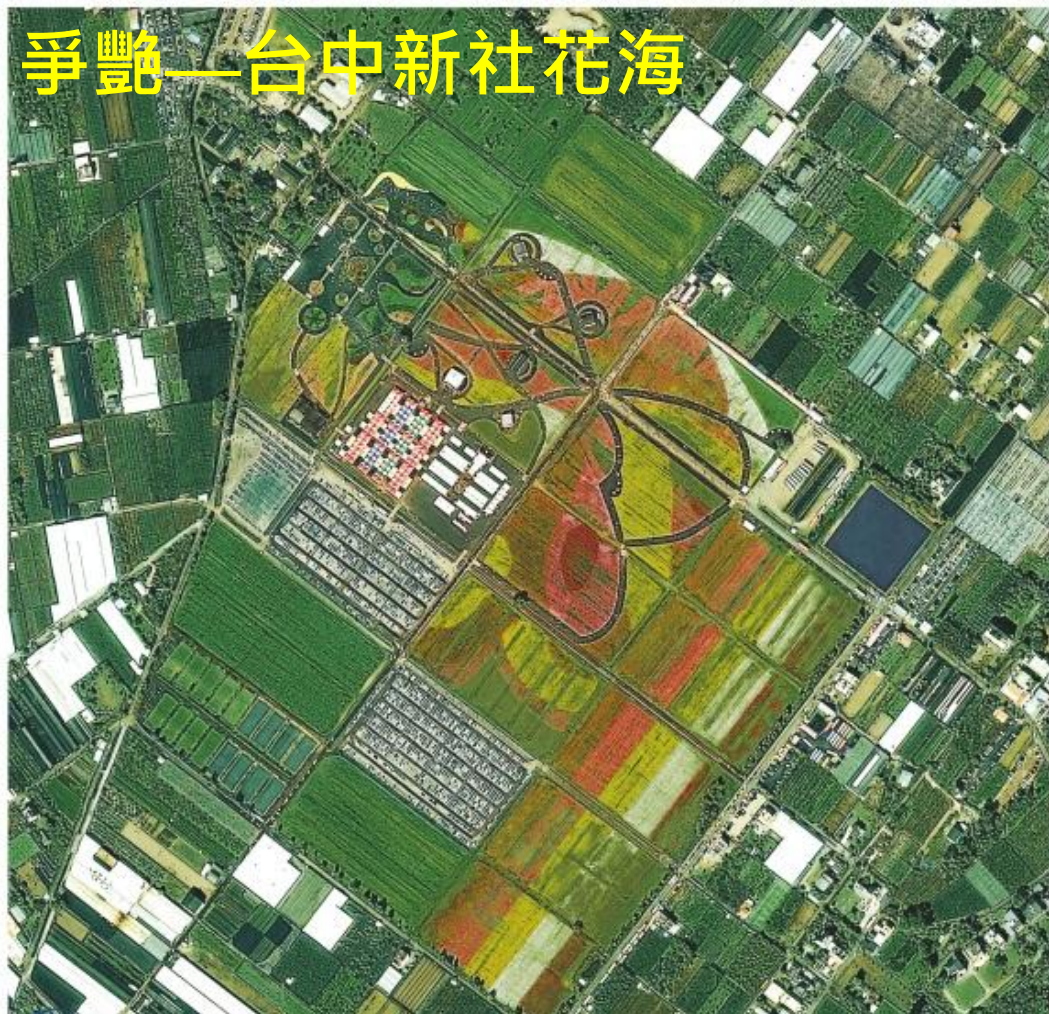
昔日的勞動碼頭，今日的藝文口岸，高雄港區近年的發展，正是最佳的見證。



生痕—人類活動痕跡

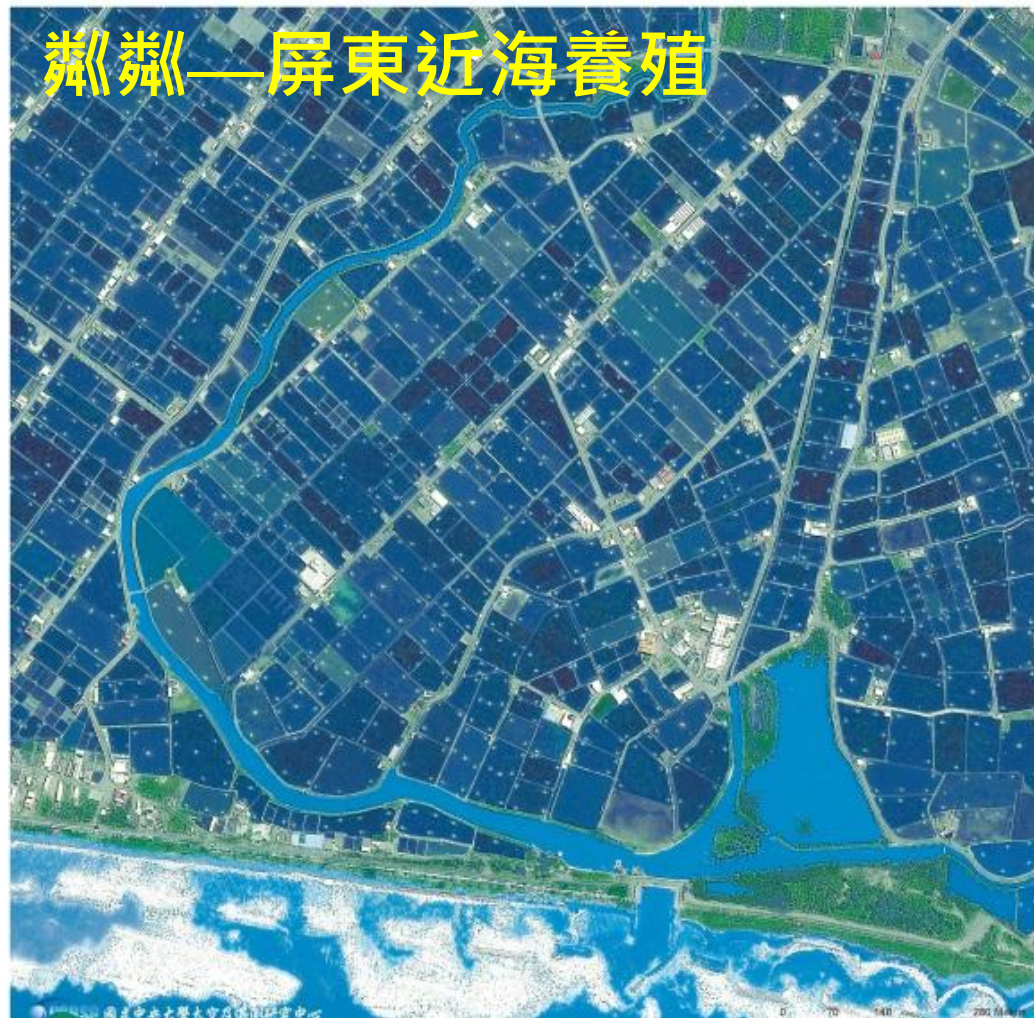


爭艷——台中新社花海



從高空鳥瞰各式花種色彩，由深至淺、由近至遠，層層堆疊，百花爭艷。

粼粼——屏東近海養殖



濱海及近海養殖提供尚青的各式水產，隨著水車拍打與陽光照耀，南台灣沿海養殖池顯得波光粼粼。



麥寮工業區1972-2010年變遷



Landsat-MSS 1972



Landsat-TM 1988

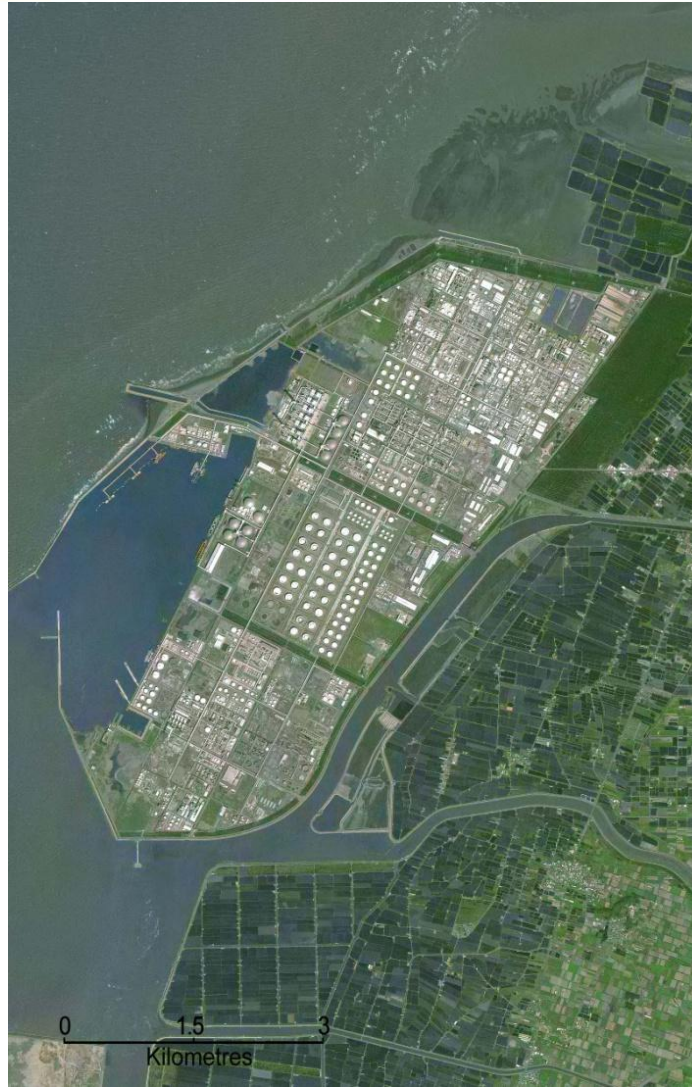


Landsat-TM 1995

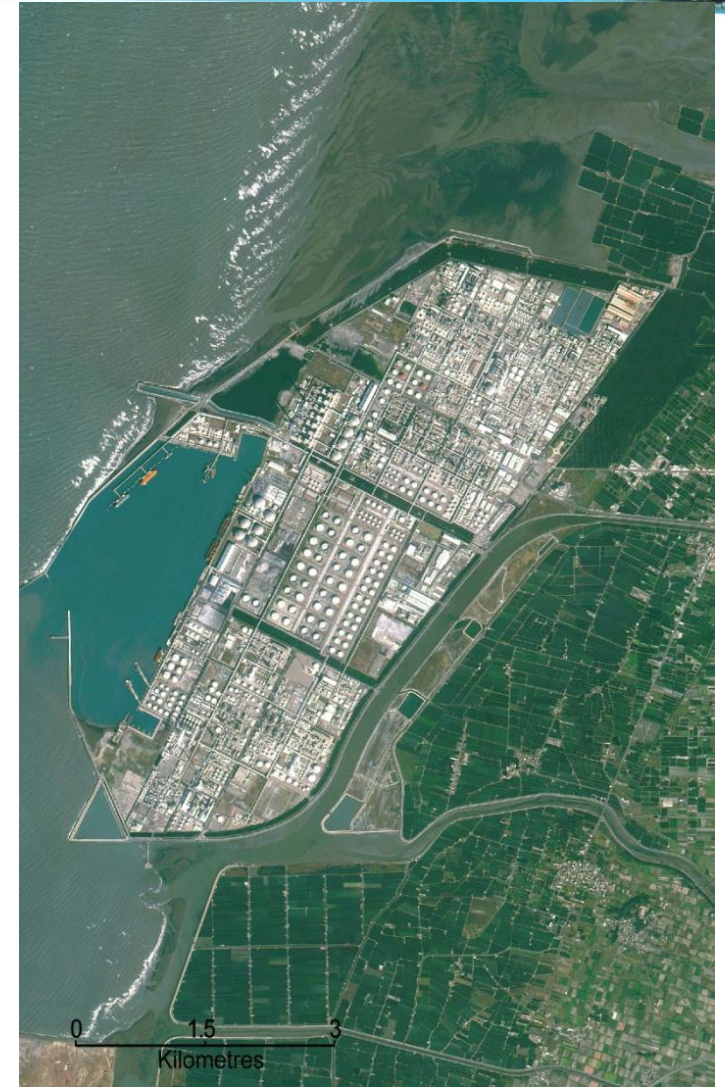
麥寮工業區1972-2010年變遷



SPOT-1 2000



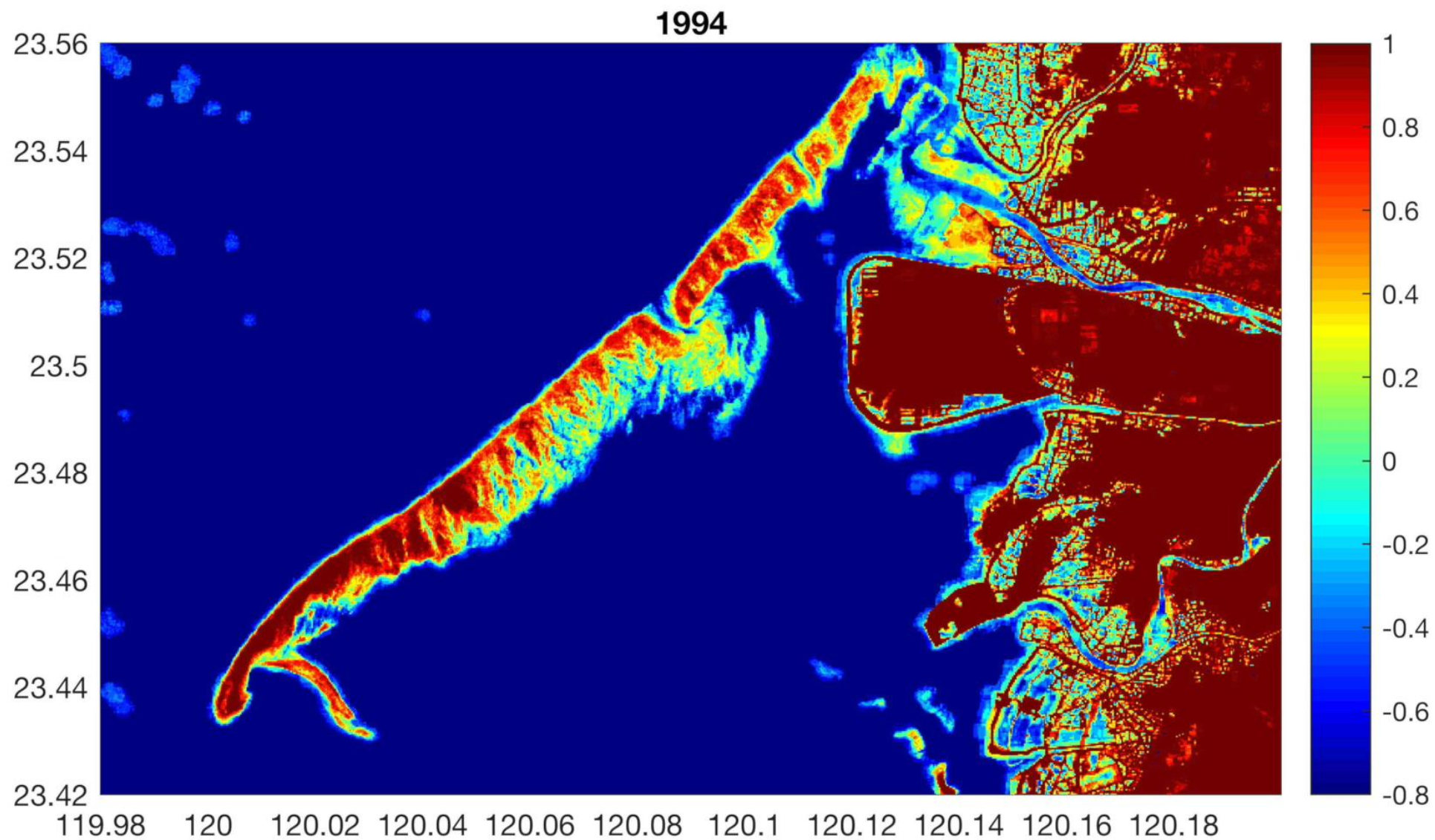
SPOT-5 2005



Formosat-2 2010



外傘頂洲濕地變化





國土利用變遷監測



台中精密機械科技園區



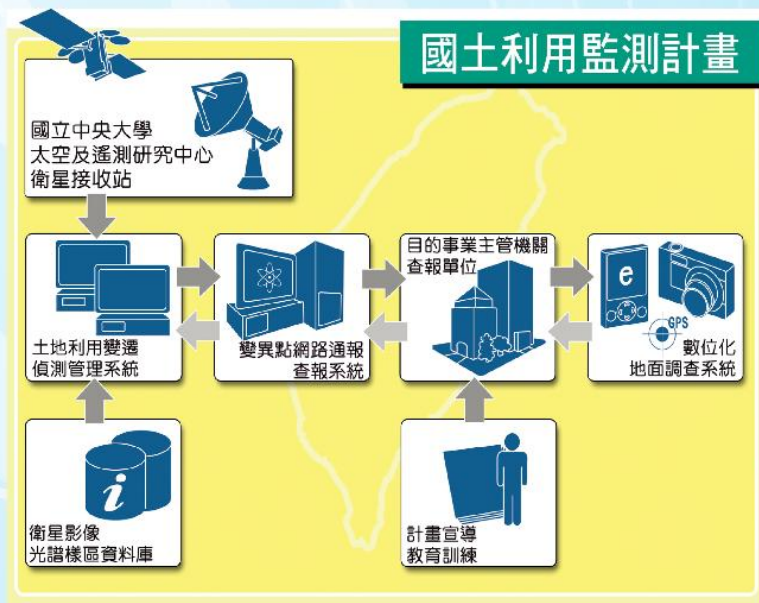
Pléiades-1A衛星影像
影像獲取時間：2014/02/21



Pléiades-1A衛星影像
影像獲取時間：2016/01/31



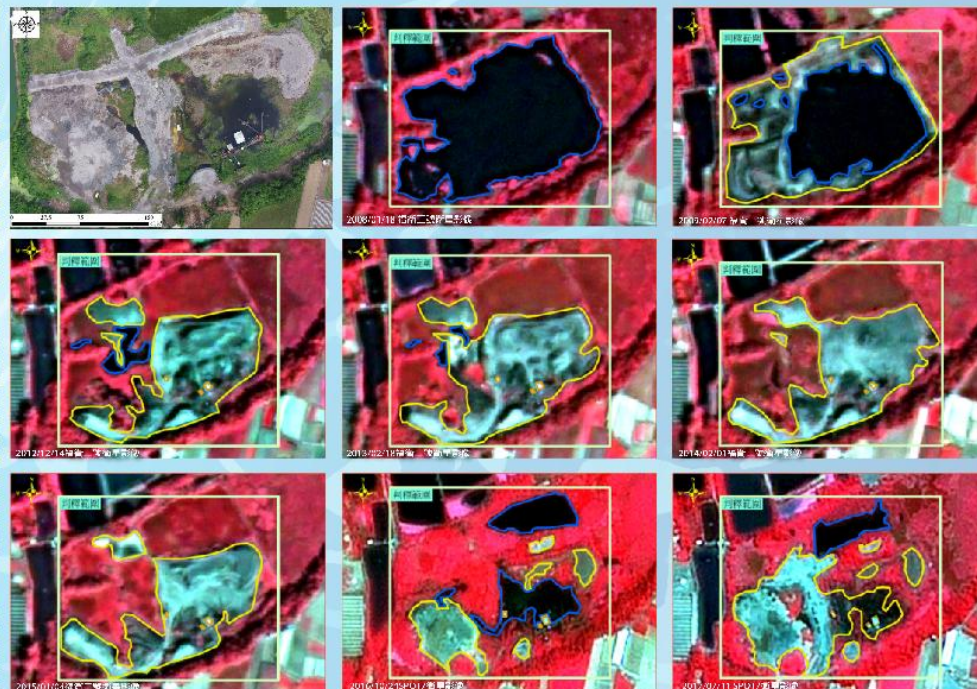
衛星影像國土利用監測



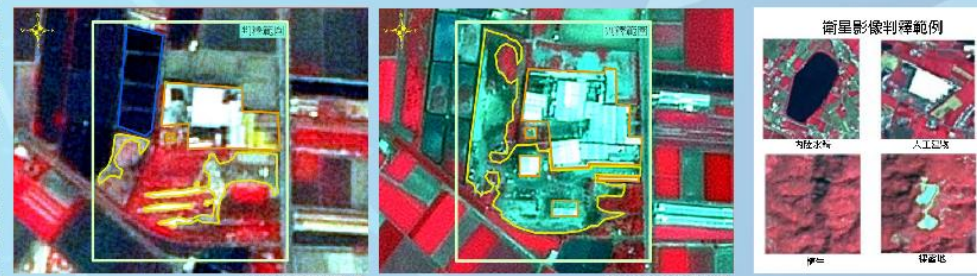
國土利用監測系統



非法棄置案



疑掩埋廢棄物案





禽流感疫情追蹤支援



疑似已荒廢



航照 2016年11月

實際仍有鴨鵝活動



Pleiades 2016年12月

桃園市平鎮區農廢燃燒偵測

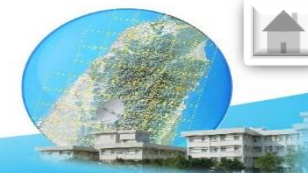


拍攝衛星：SPOT-7
日期：2017-07-23
空間解析度：1.5公尺
燃燒面積：1.3公頃

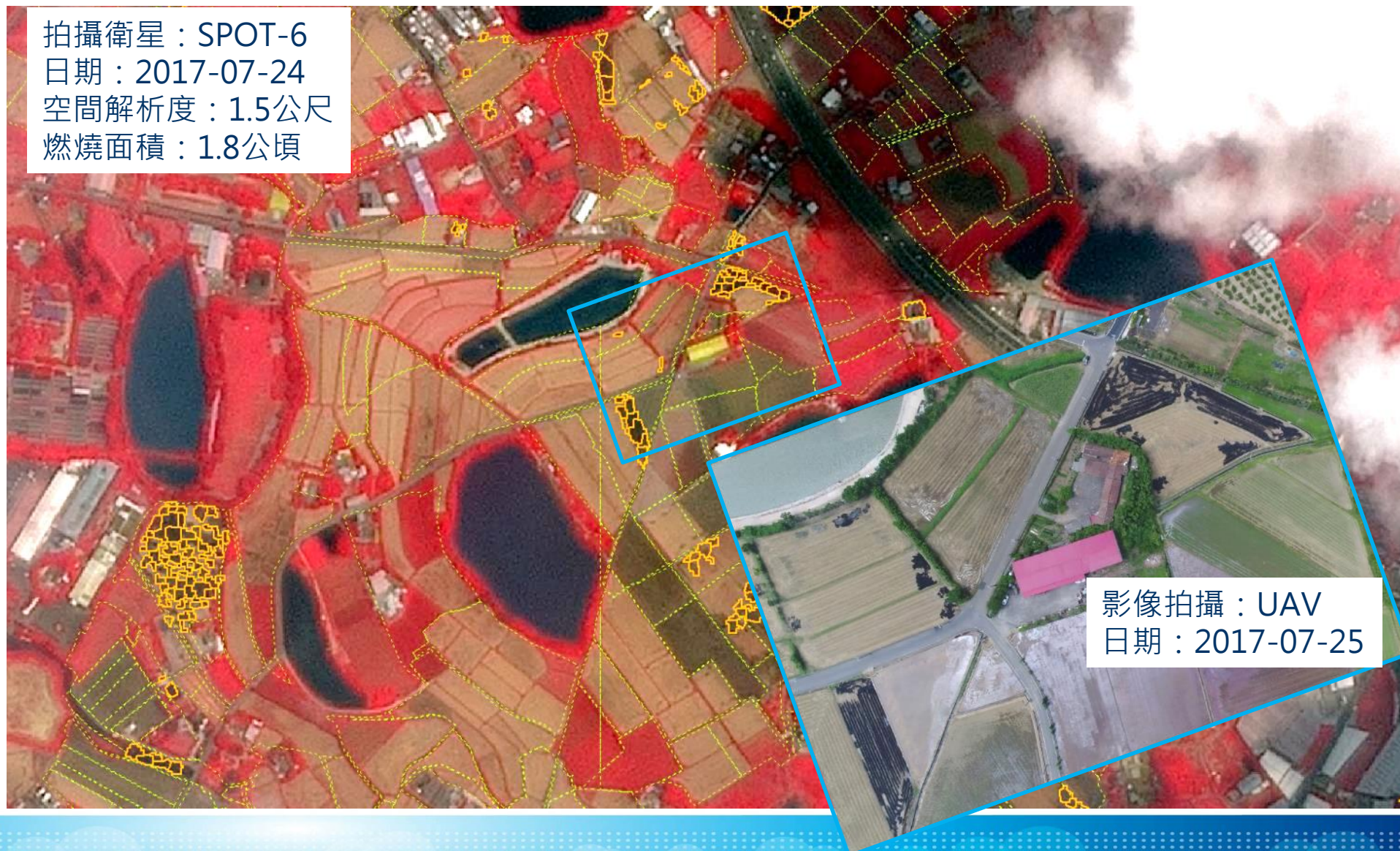


影像拍攝：UAV
日期：2017-07-25

桃園市平鎮區農廢燃燒偵測



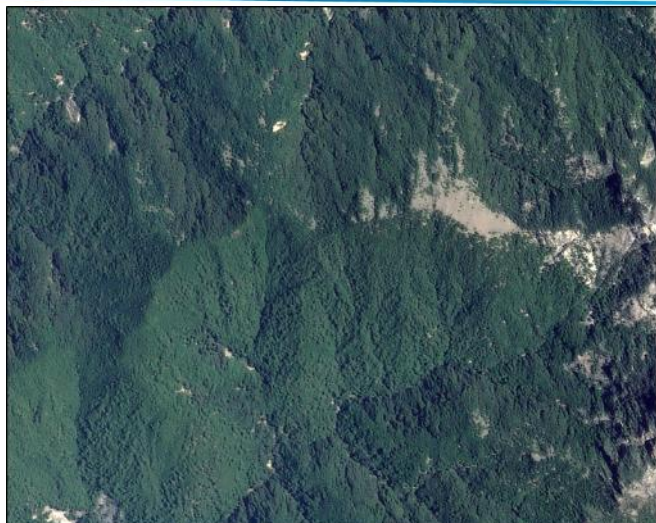
拍攝衛星：SPOT-6
日期：2017-07-24
空間解析度：1.5公尺
燃燒面積：1.8公頃



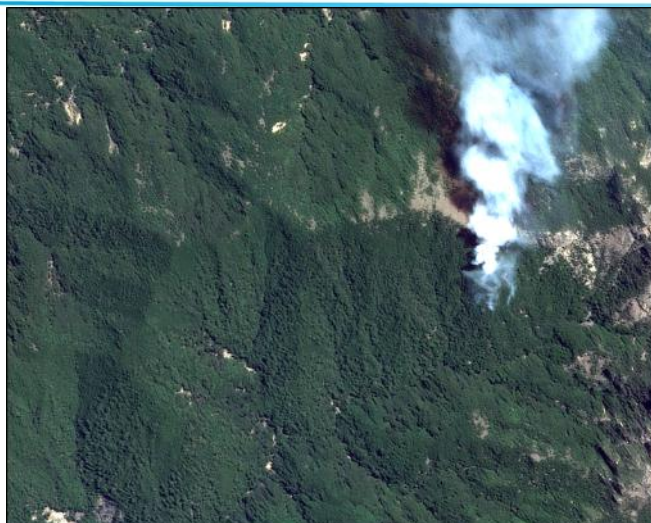
影像拍攝：UAV
日期：2017-07-25



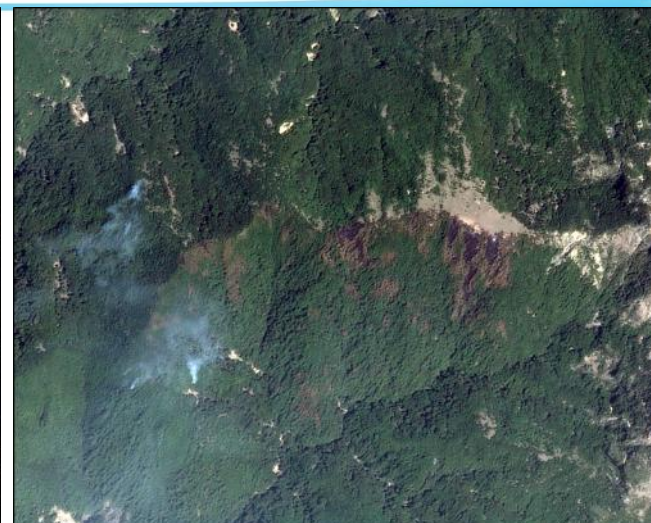
八通關森林火災多時序衛星拍攝



SPOT 2021-04-13



SPOT 2021-05-16



SPOT 2021-05-22



SPOT 2021-06-11



SPOT 2021-06-17



Pleiades 2021-06-17

110年5月16日 八通關森林火災事件

八通關森林火災杜鵑營區被害面積偵測



資料說明

拍攝衛星：SPOT6

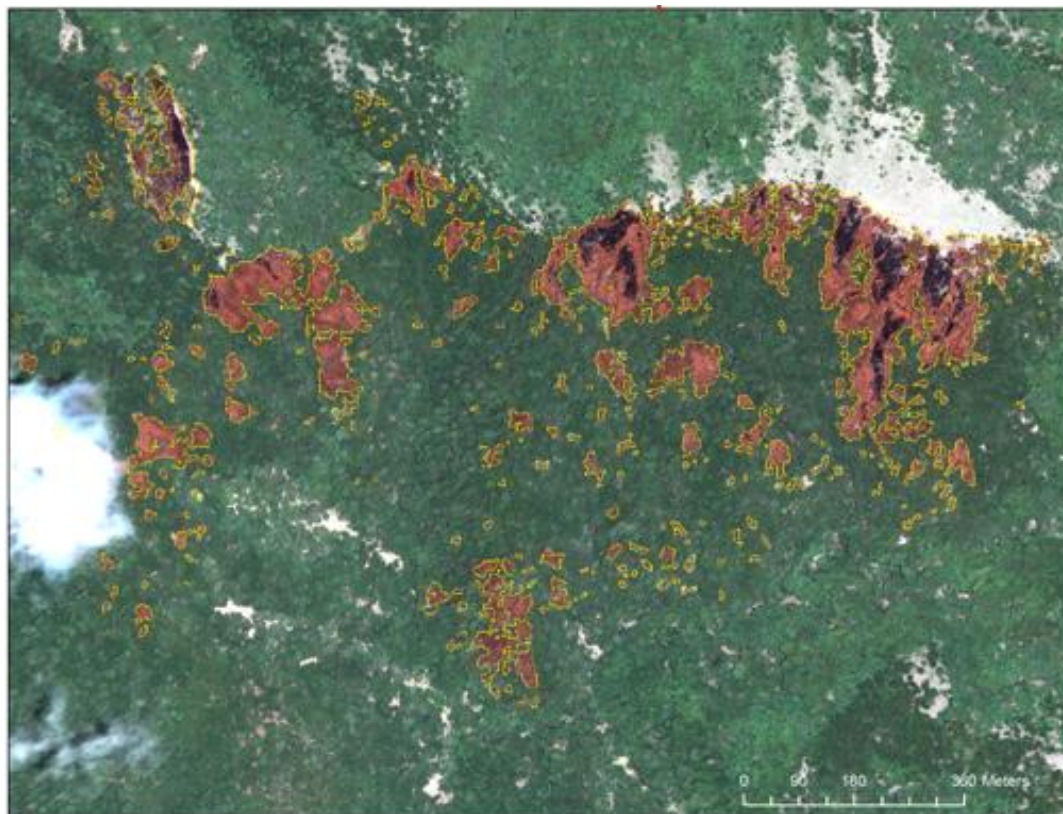
拍攝日期：110年4月13日

空間解析度：1.5公尺

說明

110年4月13日所拍攝影像為火災發生前之森林狀況，並套疊燃燒區域

判釋燃燒區域



資料說明

拍攝衛星：Pleiades 1A

拍攝日期：110年6月17日

空間解析度：0.5公尺

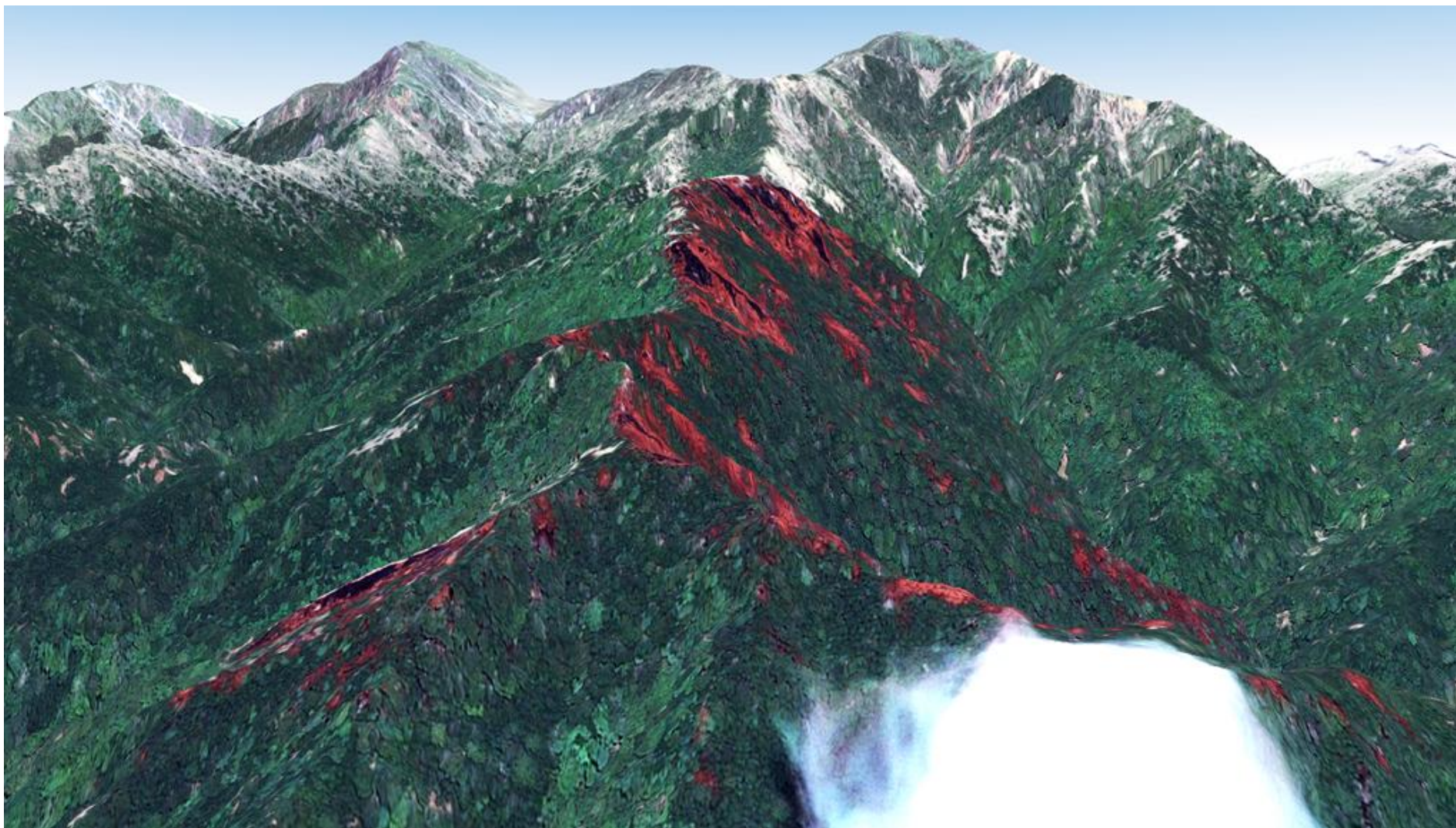
成果說明

由110年6月17日所拍攝影像判釋燃燒面積約22公頃

判釋燃燒區域



災後Pleiades影像套疊地形之三維模擬影像

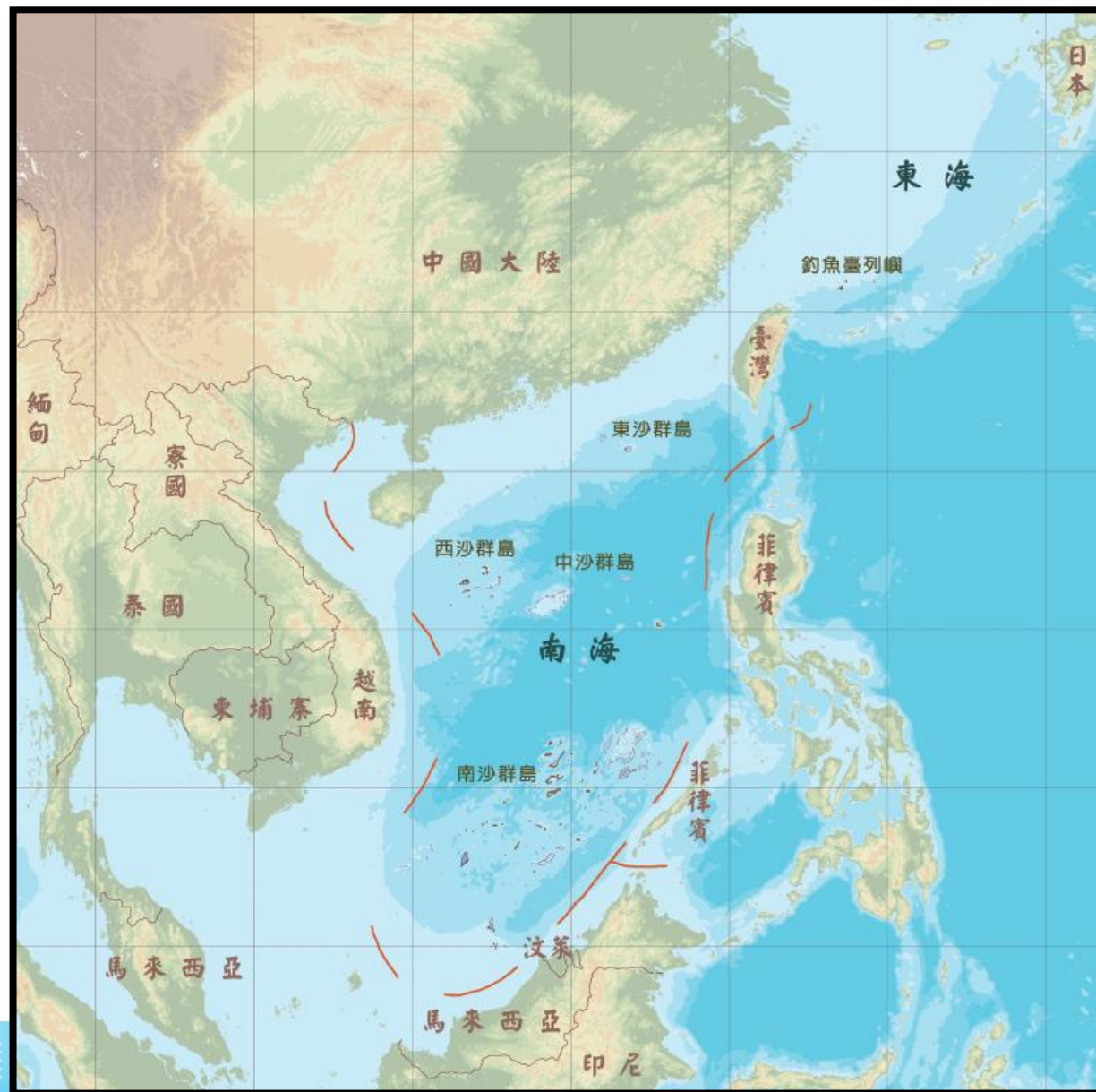




東海與南海島礁



- 東海島礁數：8
- 南海島礁數：267



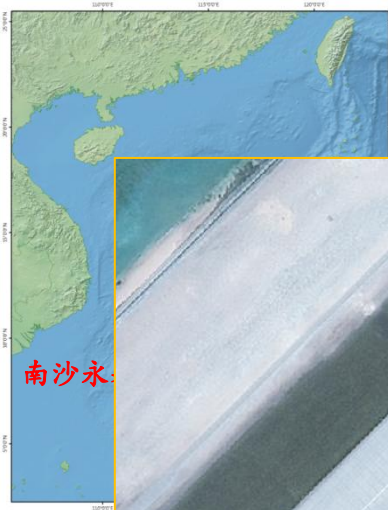


東沙環礁





熱點監測應用



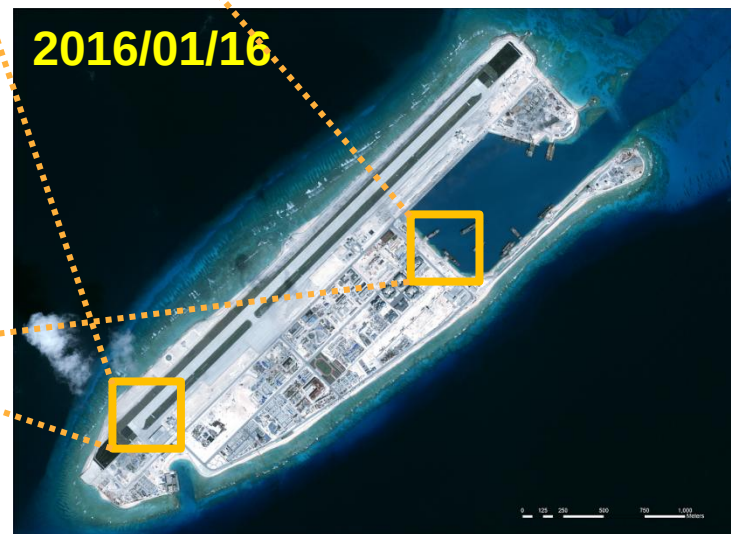
2014/07/25



2015/03/23



2016/01/16



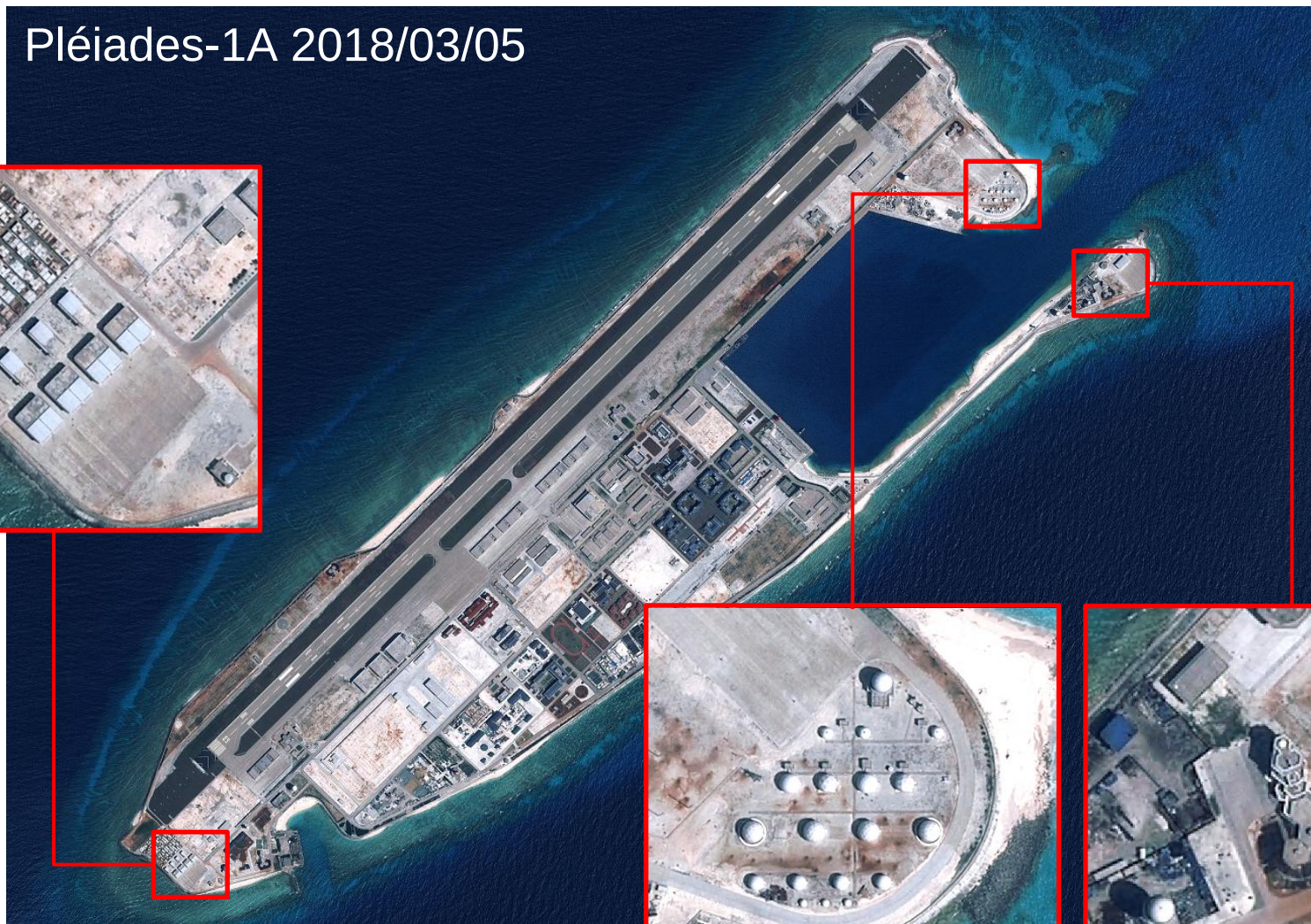
Pléiades衛星影像
島礁監測



永暑礁變遷監測



Pléiades-1A 2018/03/05





島礁監測





立體影像應用

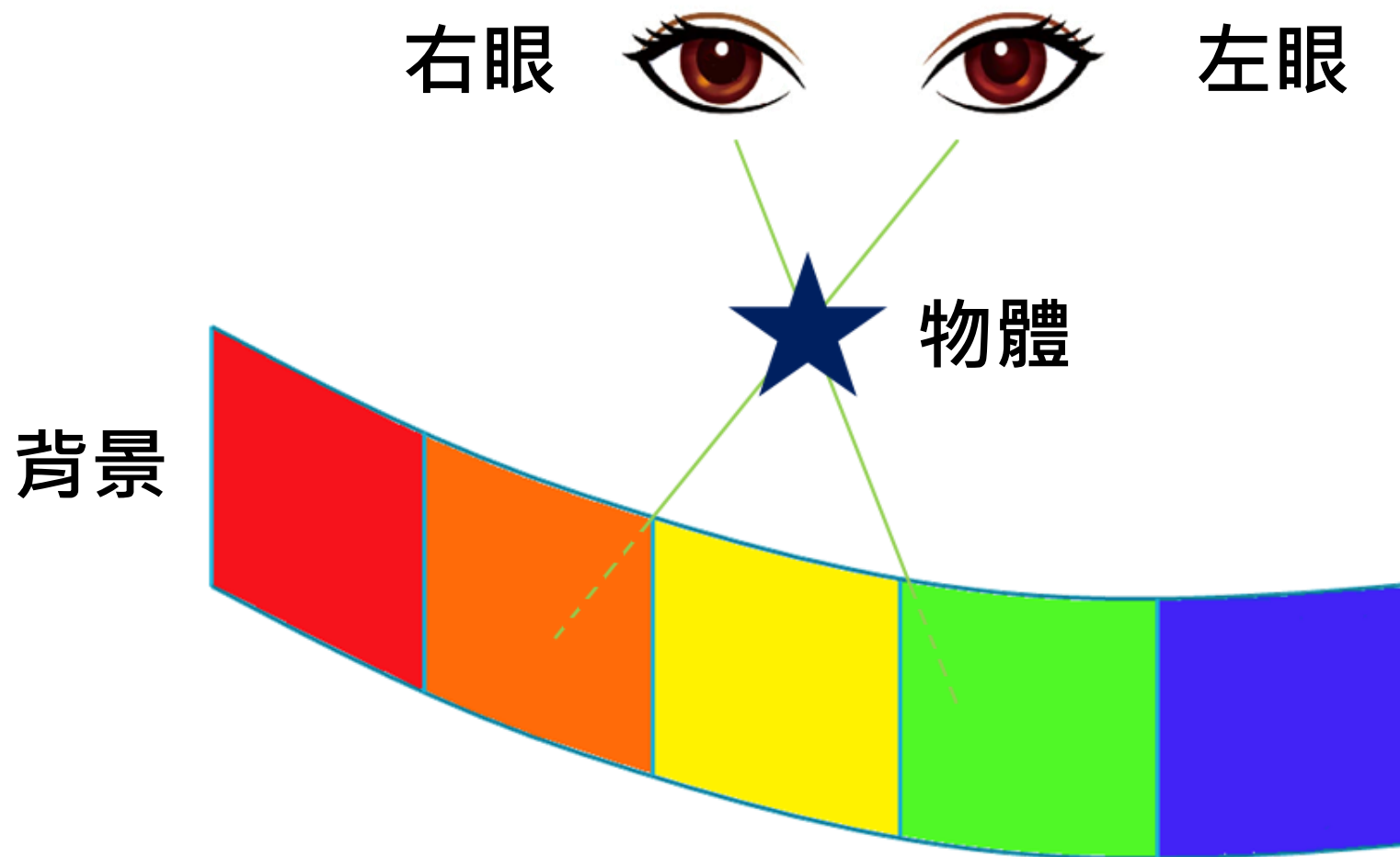




立體觀察原理



■ 雙眼視覺





立體觀察原理



左眼所見



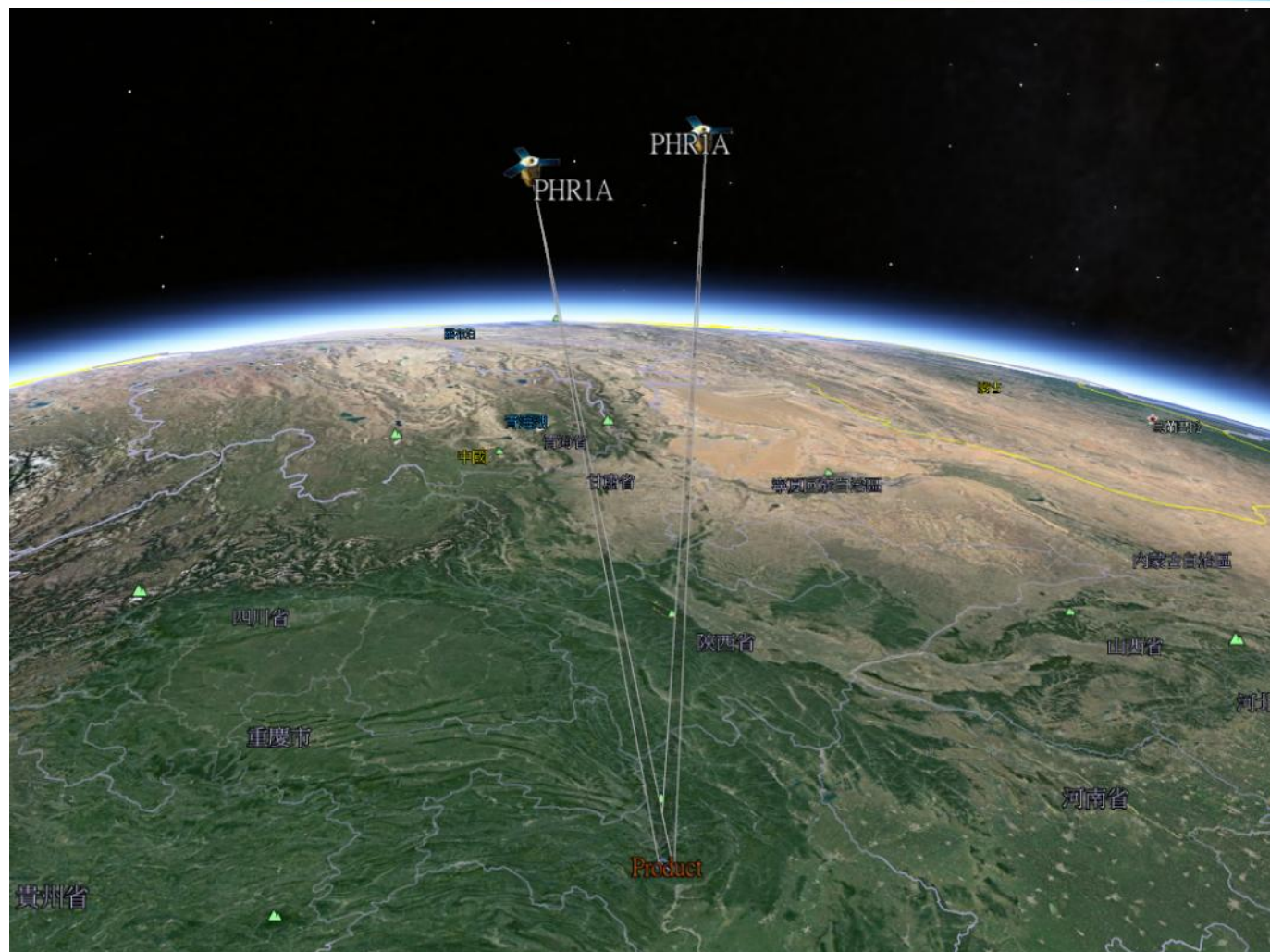
右眼所見



立體成像



三峽大壩-Pléiades立體對拍攝



拍攝日期：2020.08.01

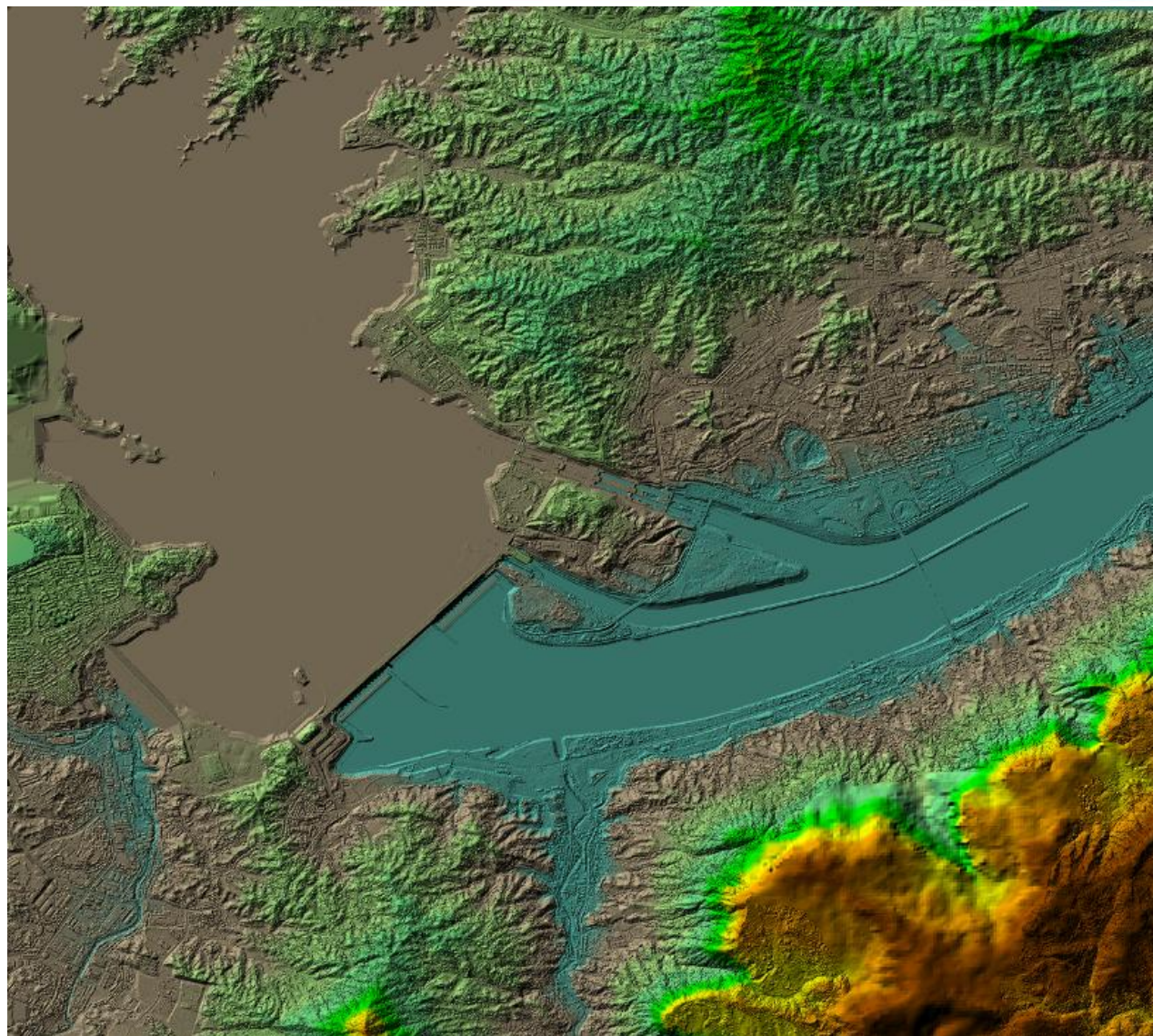


三峽大壩-Pléiades立體對影像





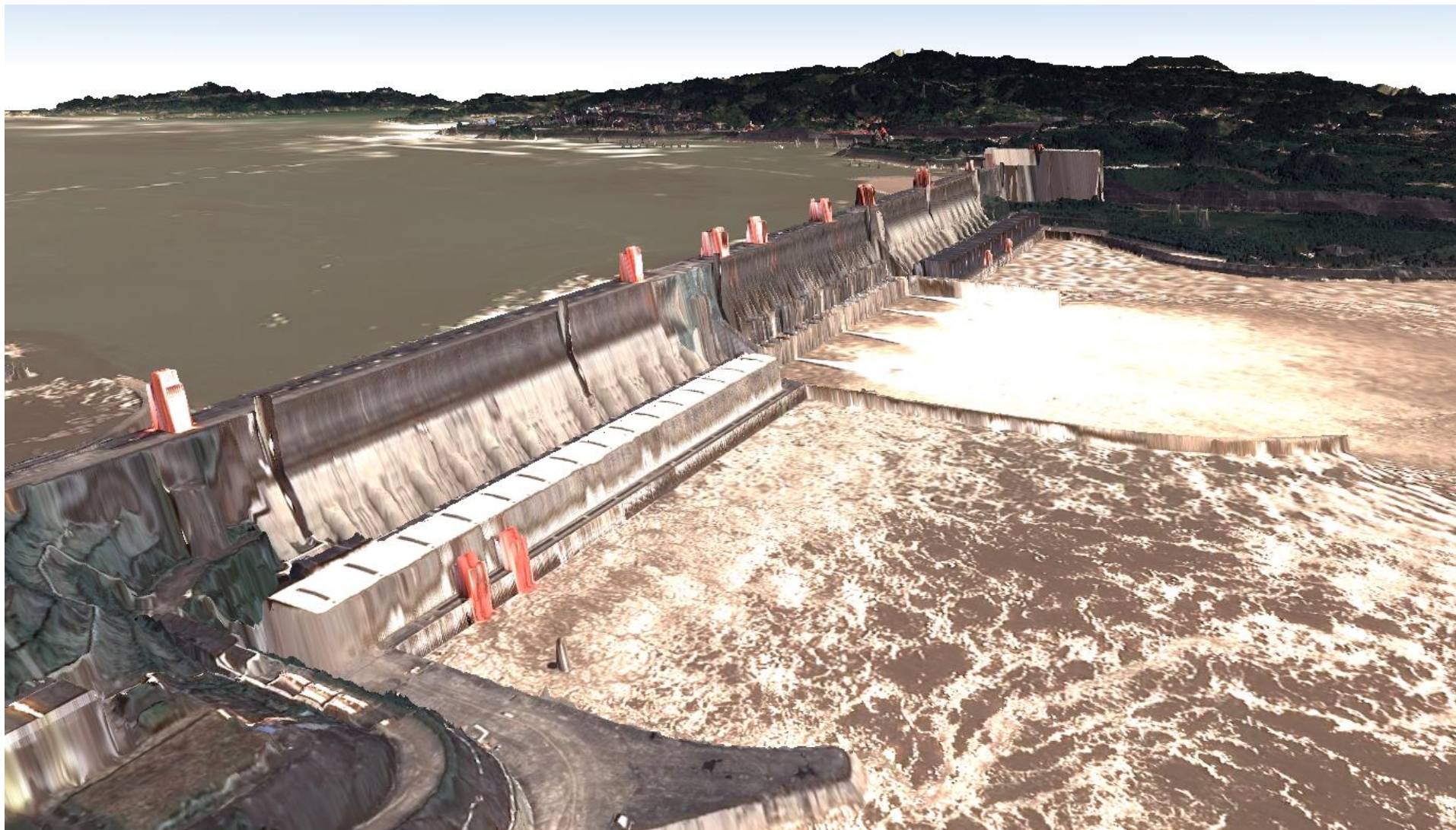
三峽大壩-數值地表模型



Min >=	Color	< Max
1,000	Red	and up
900	Pink	1,000
800	Brown	900
700	Orange	800
600	Yellow	700
500	Light Green	600
400	Green	500
300	Light Green	400
200	Light Green	300
100	Light Green	200
and below	Cyan	100



三峽大壩3D模型





曾文水庫水位變化

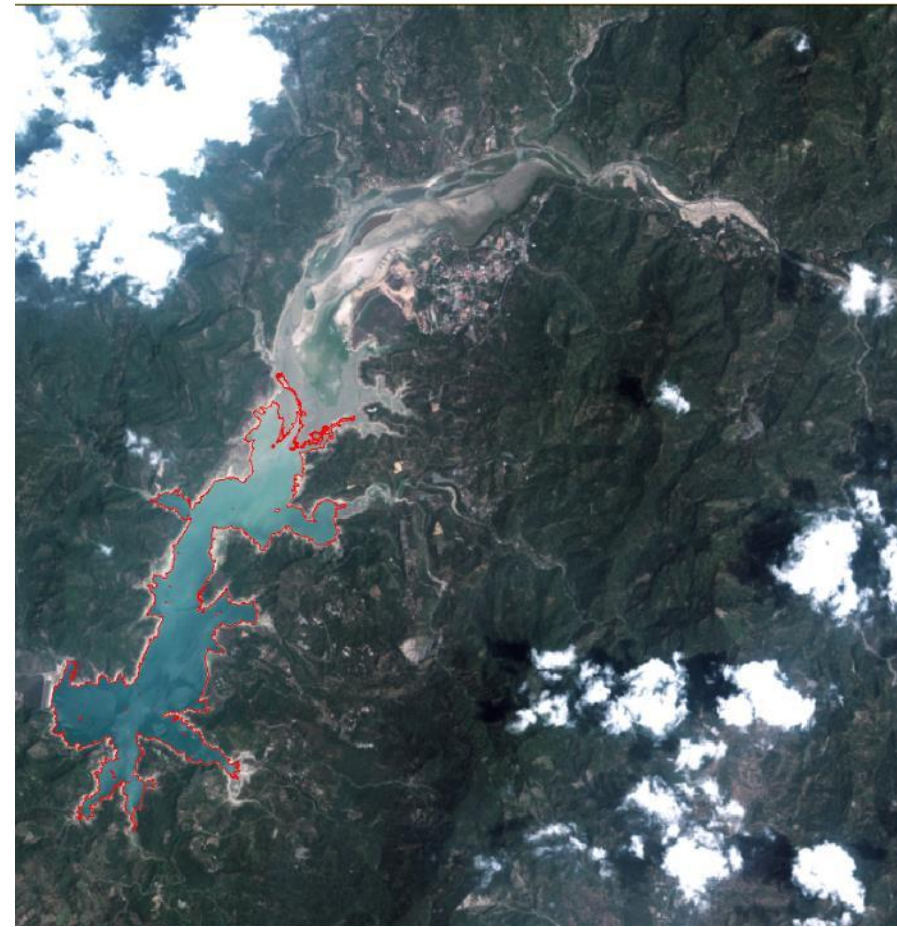
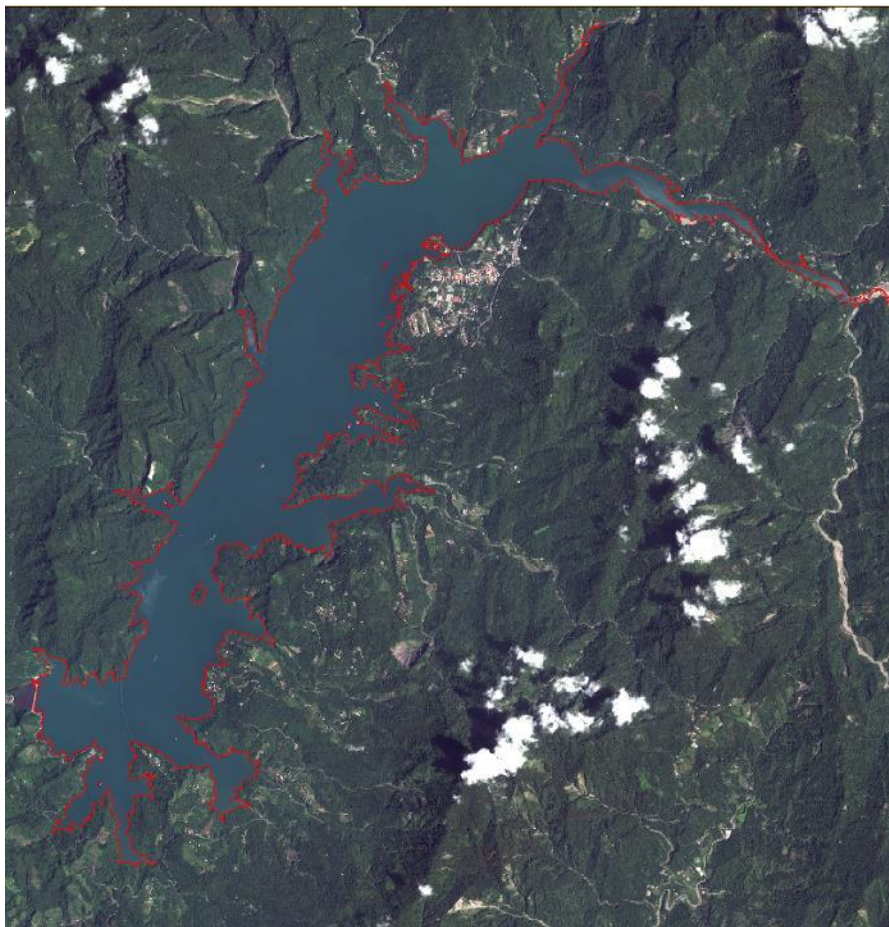


拍攝衛星及日期：SP7- 2019-09-11

拍攝衛星及日期：P1B- 2021-04-11

水體面積：1714公頃 水位高度：229公尺

水體面積：556公頃 水位高度：196公尺



曾文水庫歷史豐水期2019/09/11水位高度229公尺，本年度枯水期2021/04/11水位高度196公尺

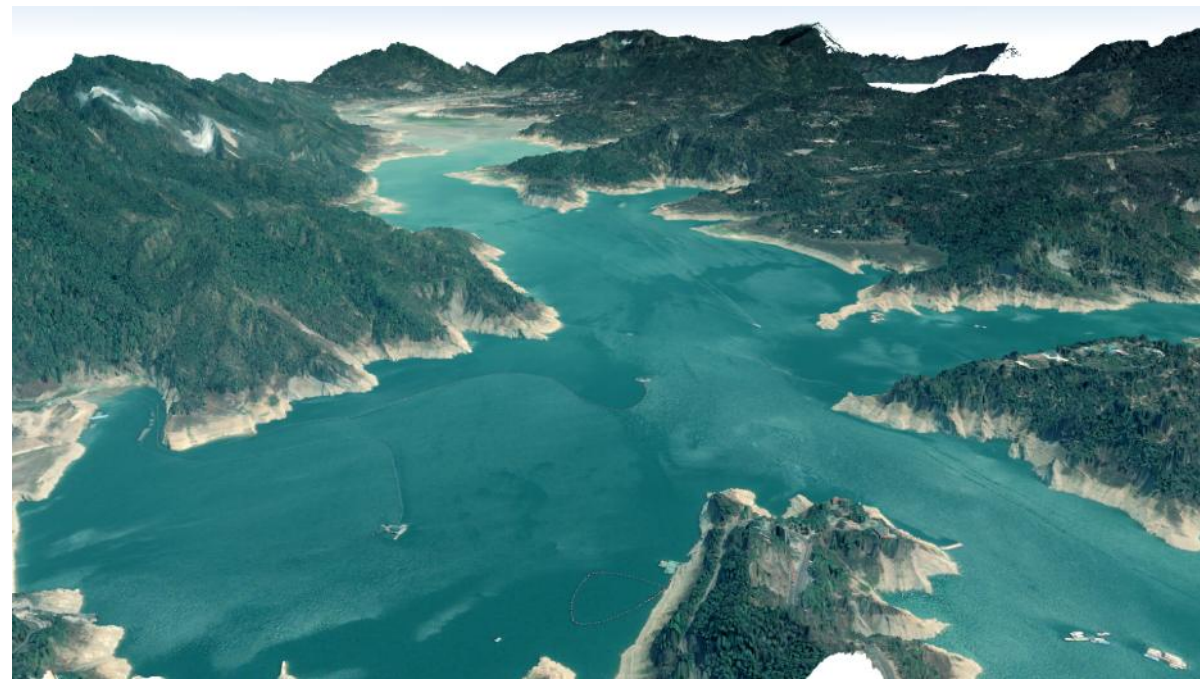


曾文水庫水位變化



影像日期：2019-09-11

水位高度：229公尺



影像日期：2021-04-11

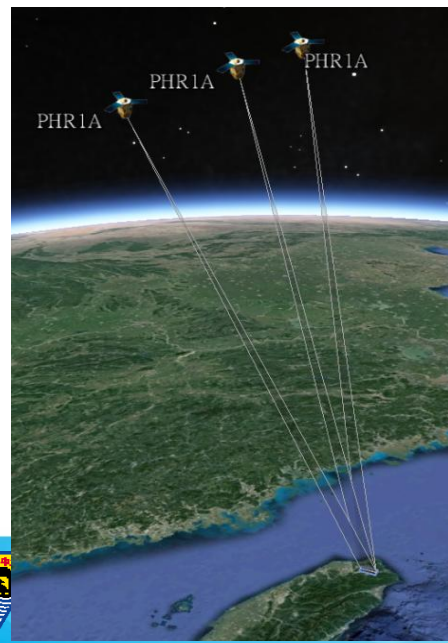
水位高度：196公尺



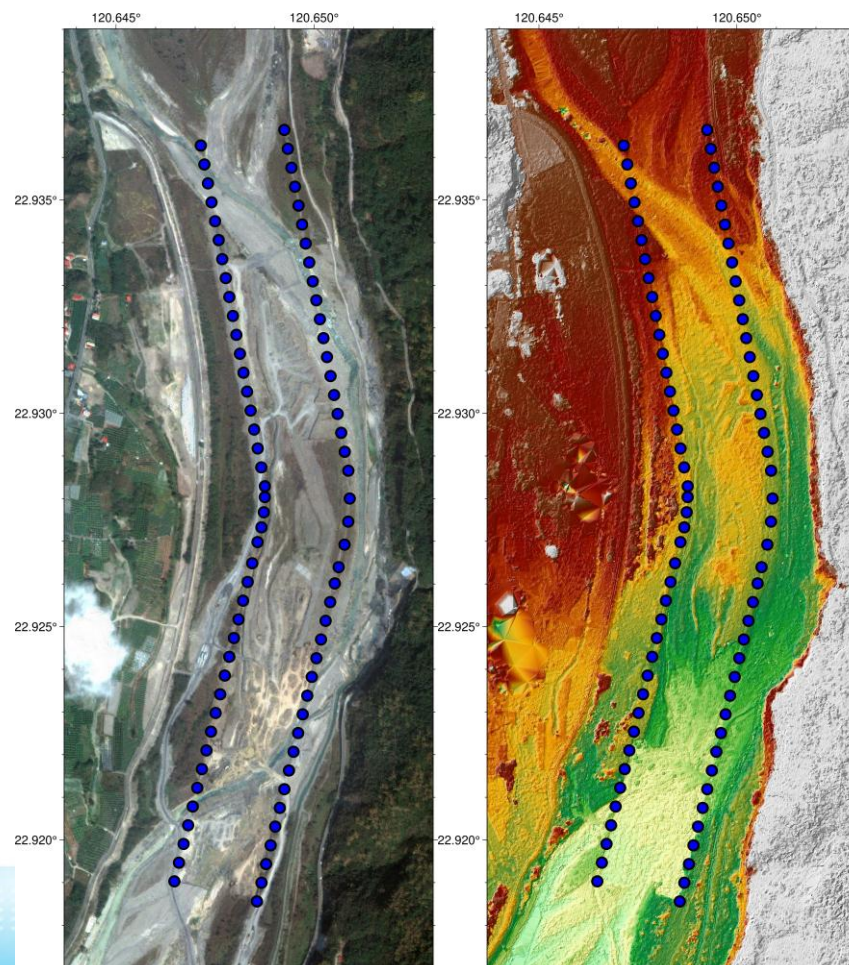
河川疏濬高程監測



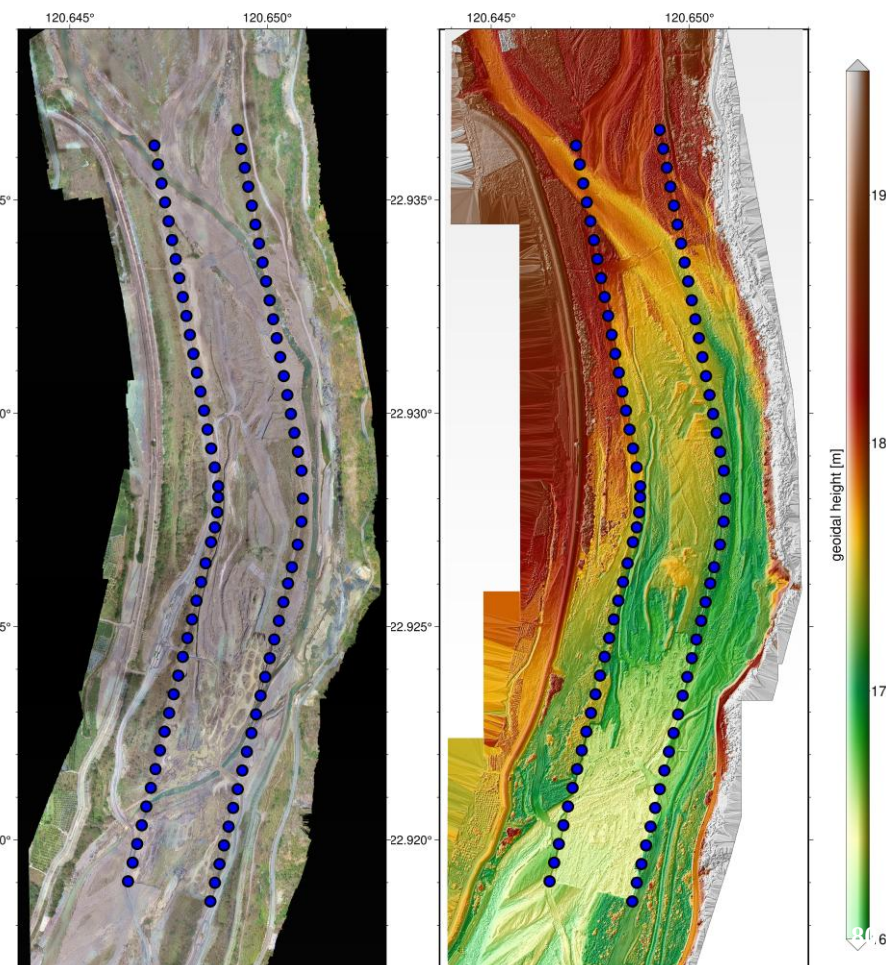
臺灣河川中下游土石堆積快速，須疏濬河道以保障週邊安全，然而疏濬工程中產生的有價土石常有違法的情事發生。為杜絕超深越界越區與超挖等情形，主管機關以地面監測作為輔助資料。利用超高解析度衛星立體像對產製地表模型，可解決傳統現地測量點狀施測需耗費較高的時間及人力成本



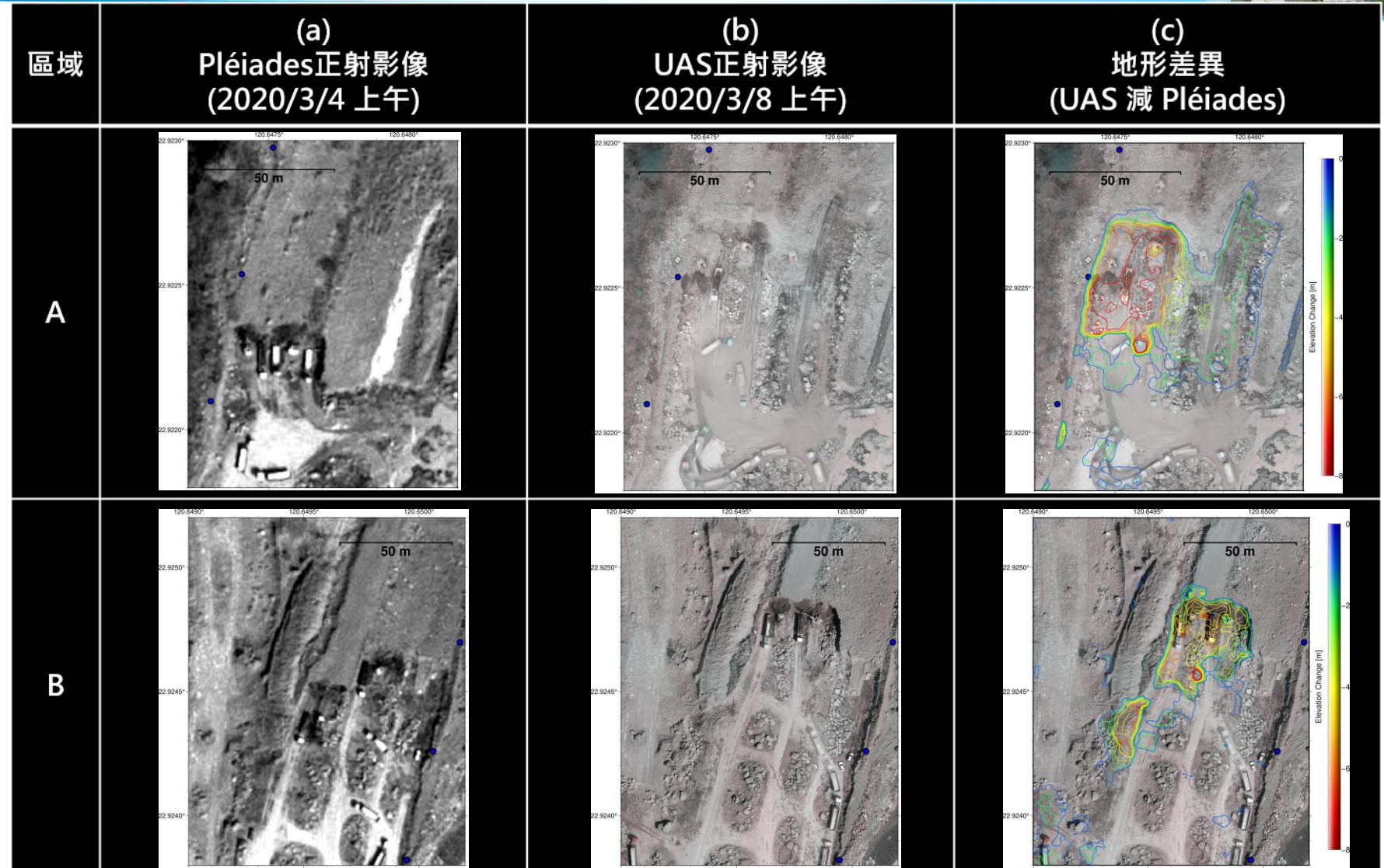
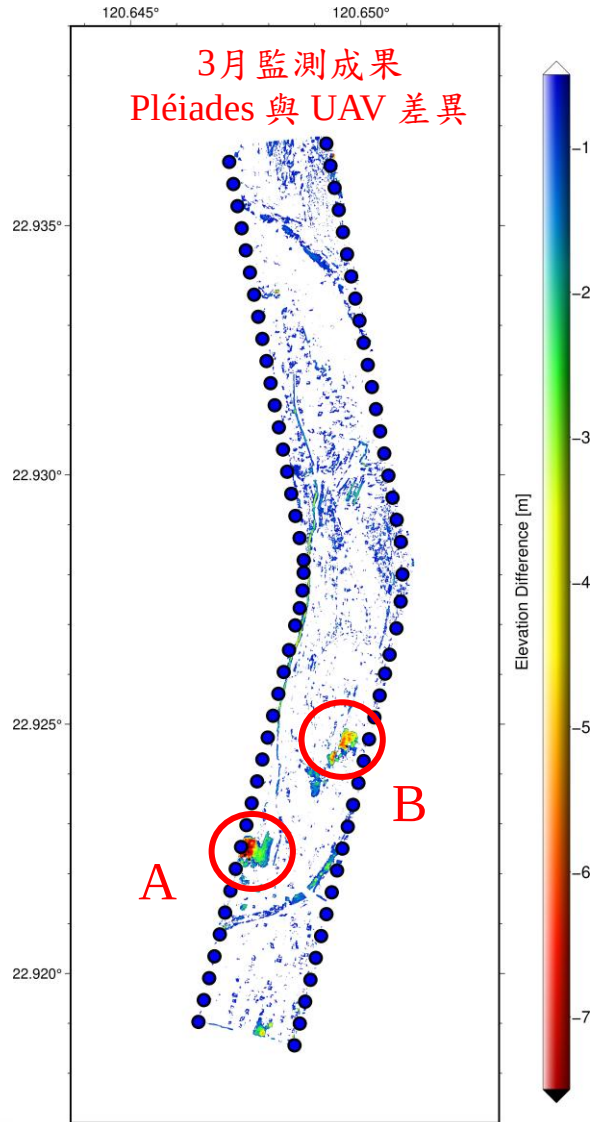
Pléiades 109年3月4日



UAV 109年3月8日

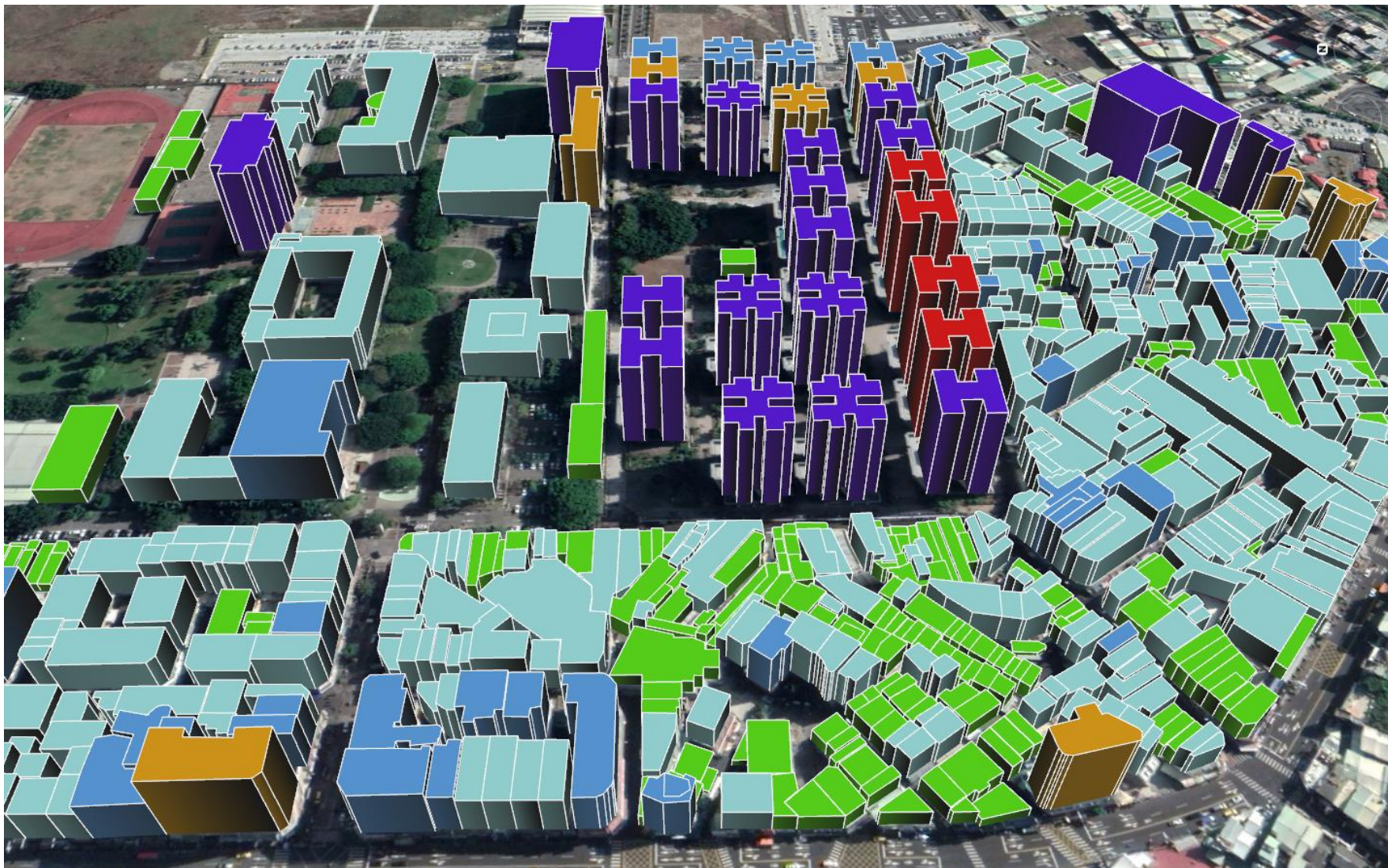


河川疏濬高程監測





三維數位城市模型





三維數位城市模型





雷達衛星影像應用

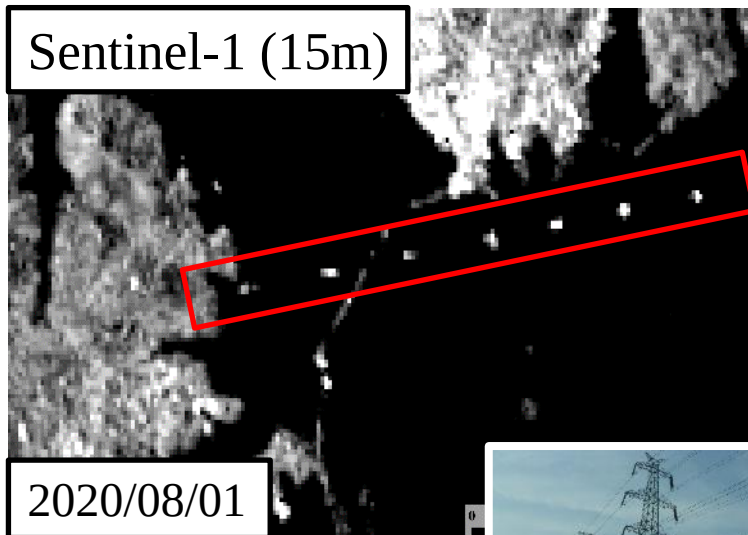




TerraSAR-X災害観測

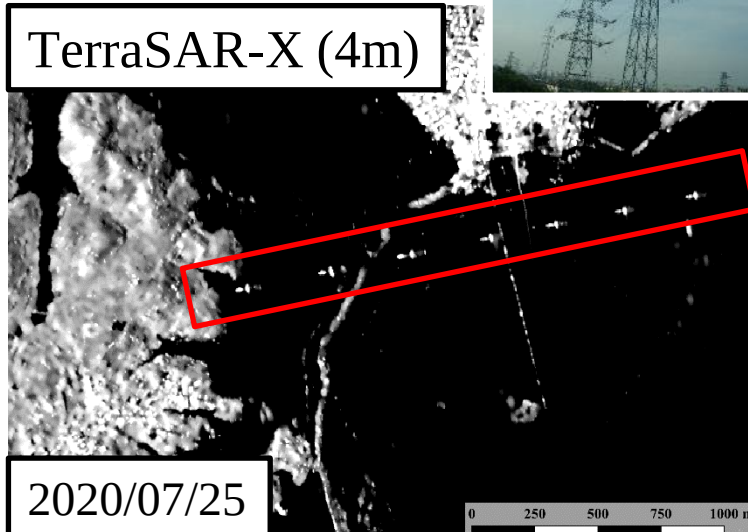


Sentinel-1 (15m)



2020/08/01

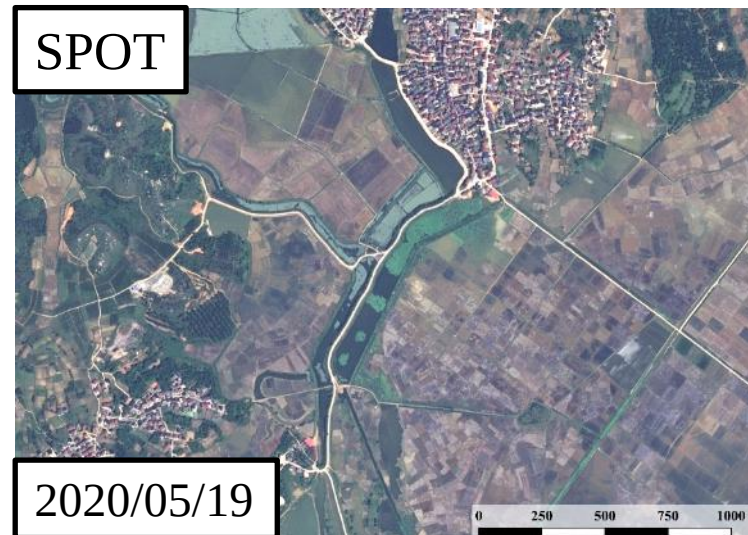
TerraSAR-X (4m)



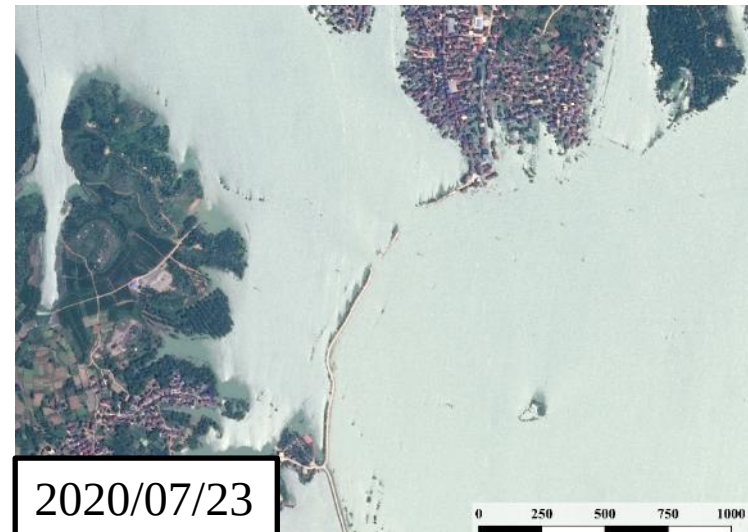
2020/07/25



SPOT



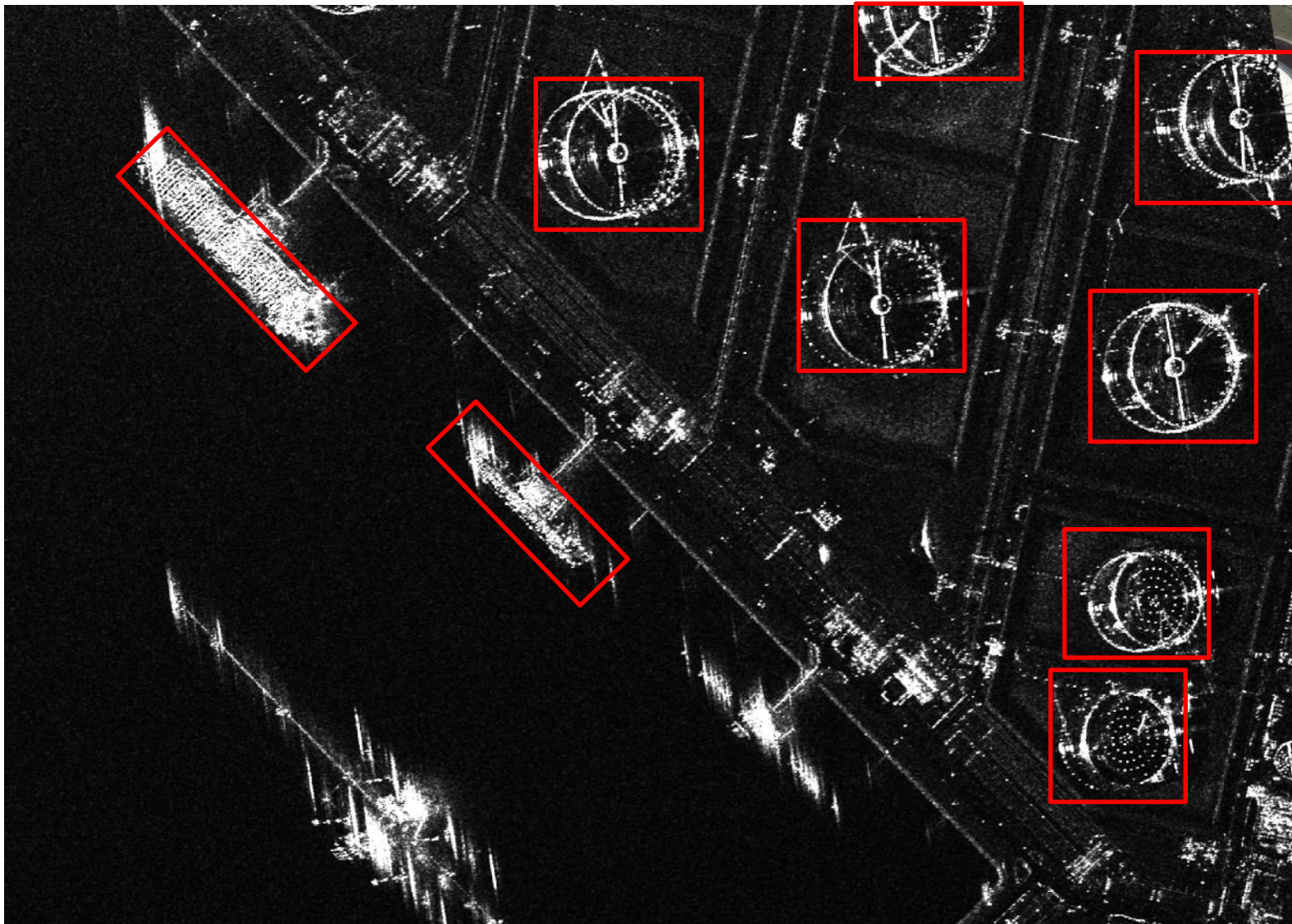
2020/05/19



2020/07/23

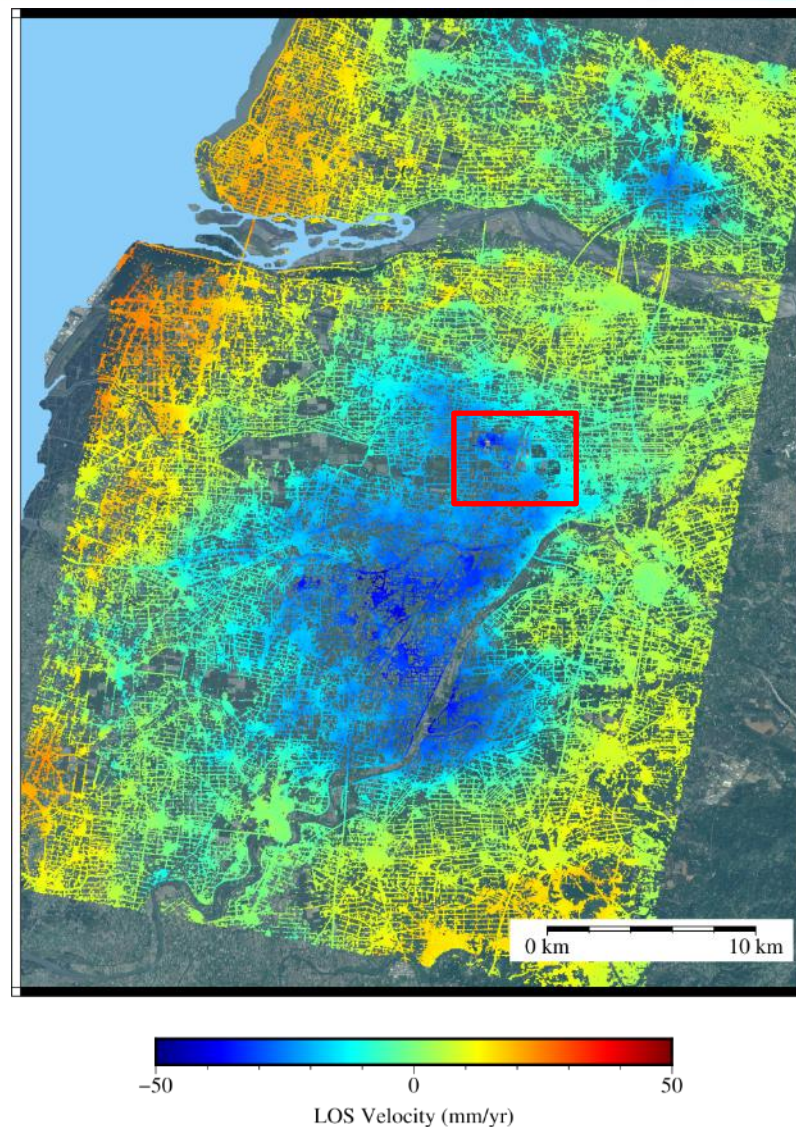
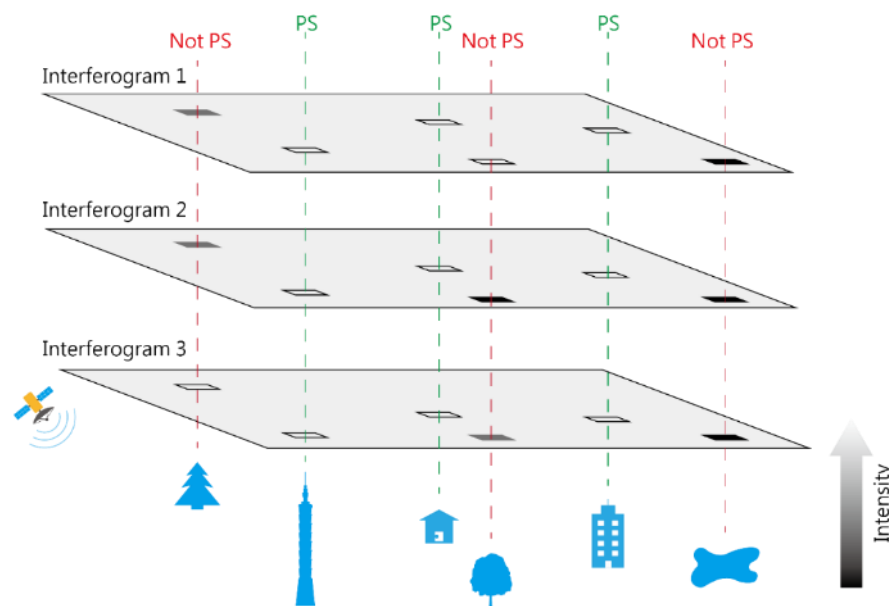


TerraSAR-X目標物監測



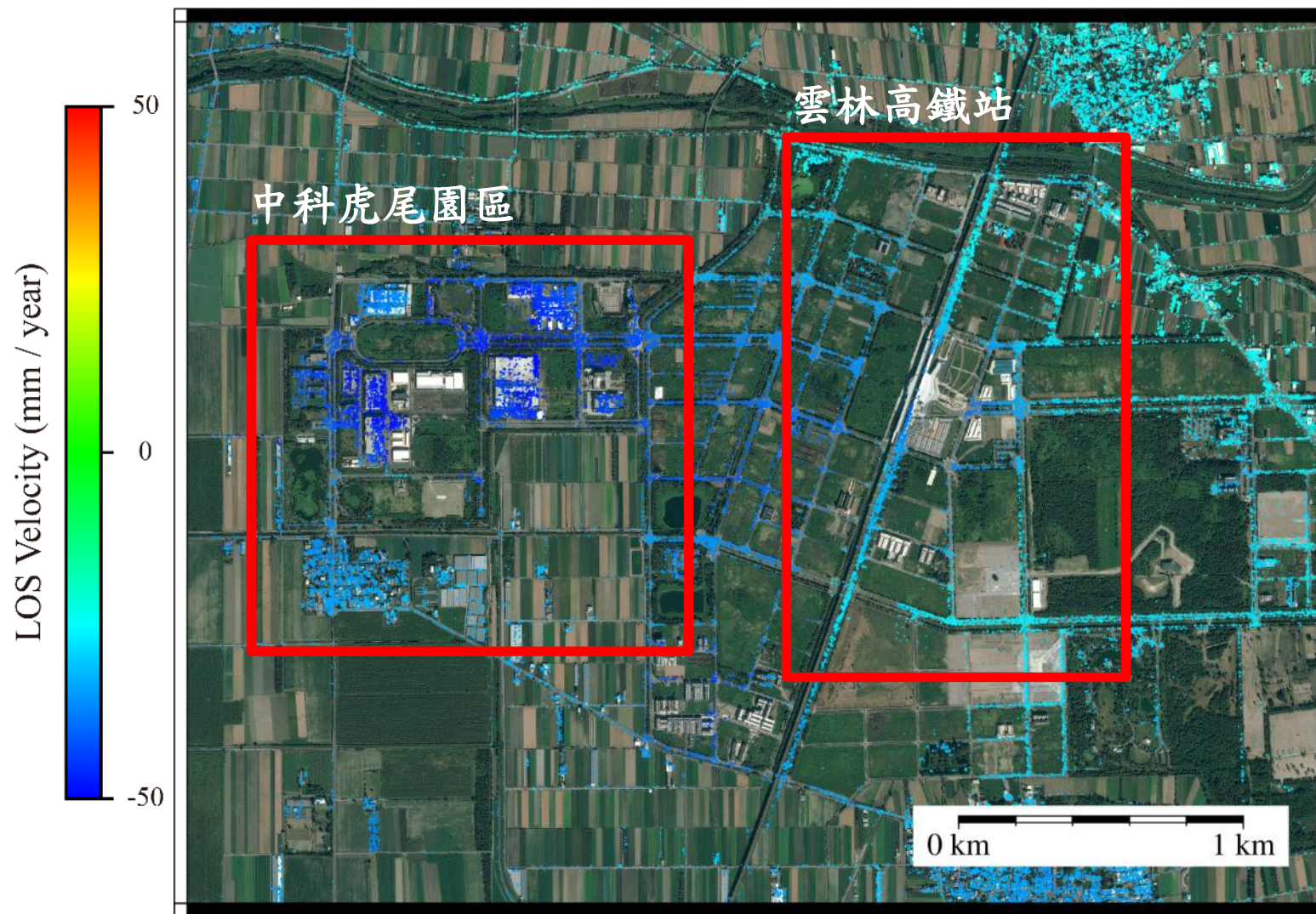
TerraSAR-X地層下陷區長期監測

- TerraSAR-X 解析度2.2m
- 時間：2014-2016年
- 使用PSInSAR技術進行長時間多影像分析與變形計算





基礎設施監測

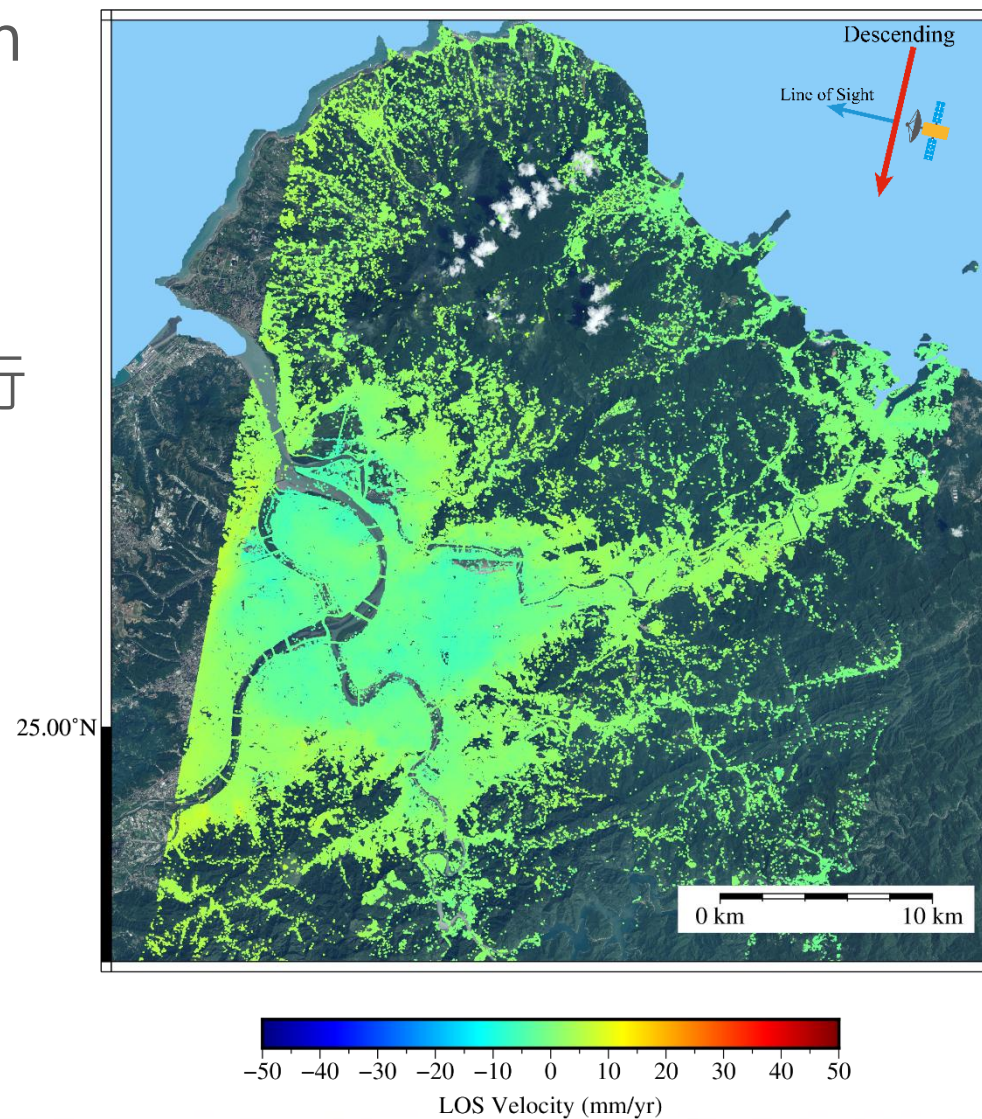




台北地區長期監測

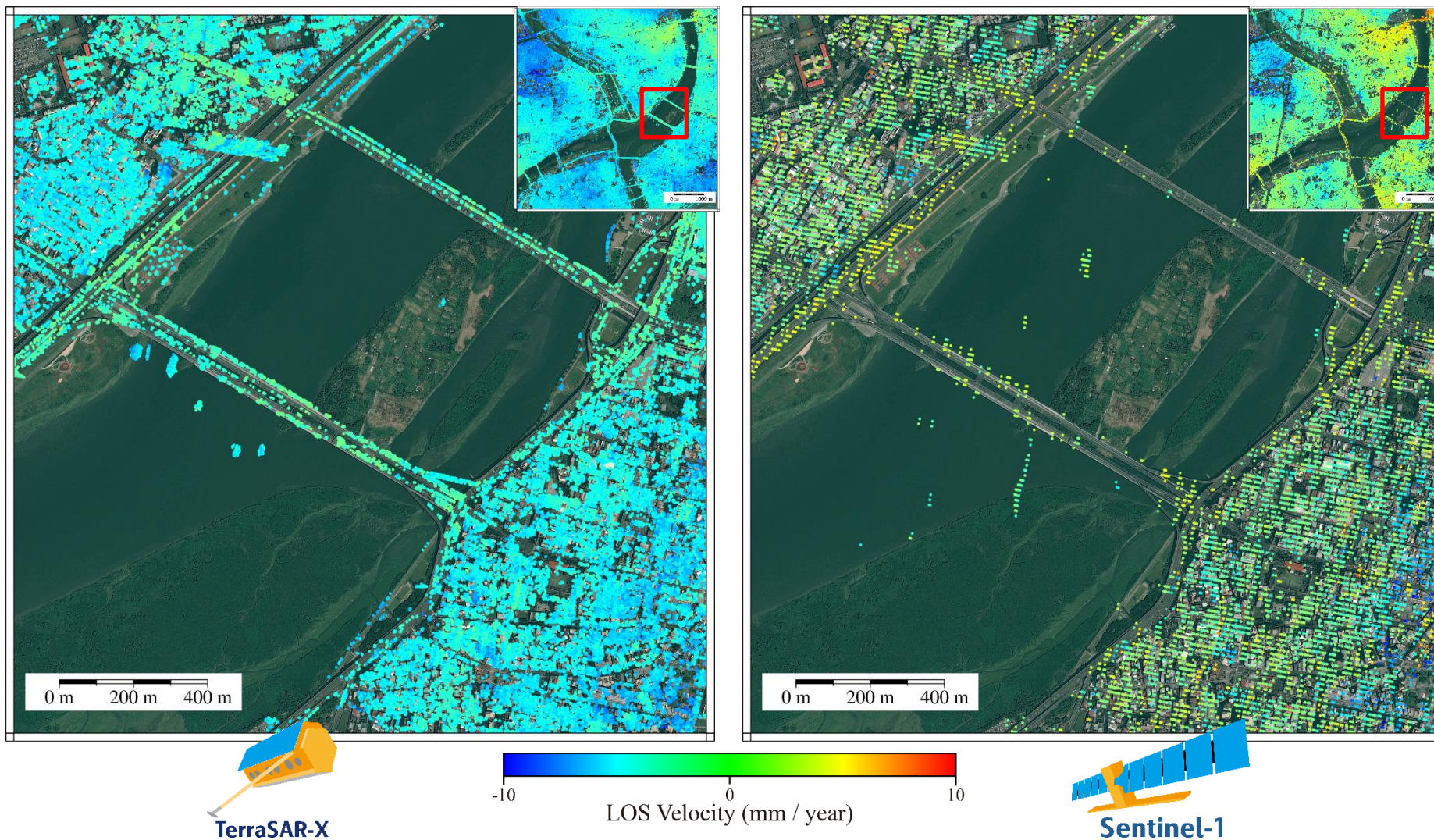


- TerraSAR-X 解析度 2m
- 時間：2017 - 2020年
- 影像數量：46期
- 使用 PSInSAR 技術進行長時間多影像分析與變形計算



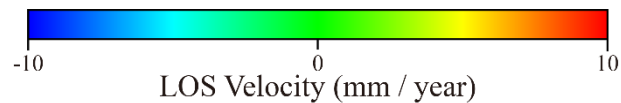
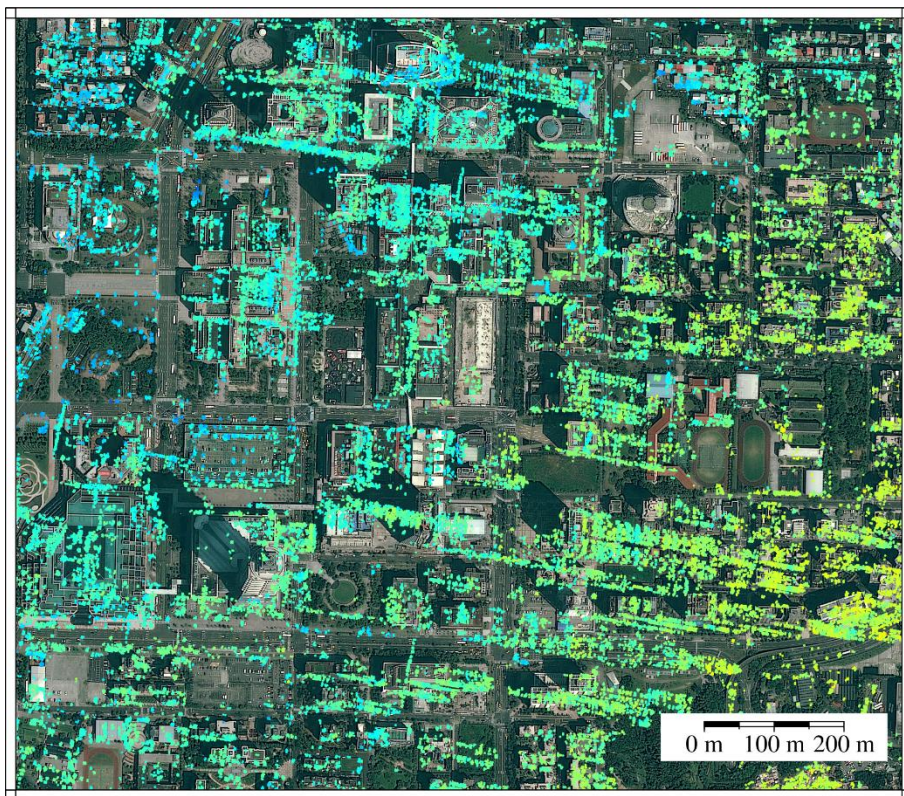


淡水河橋梁監測成果



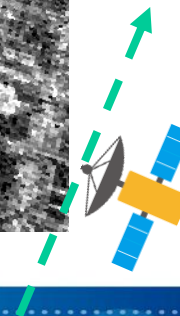
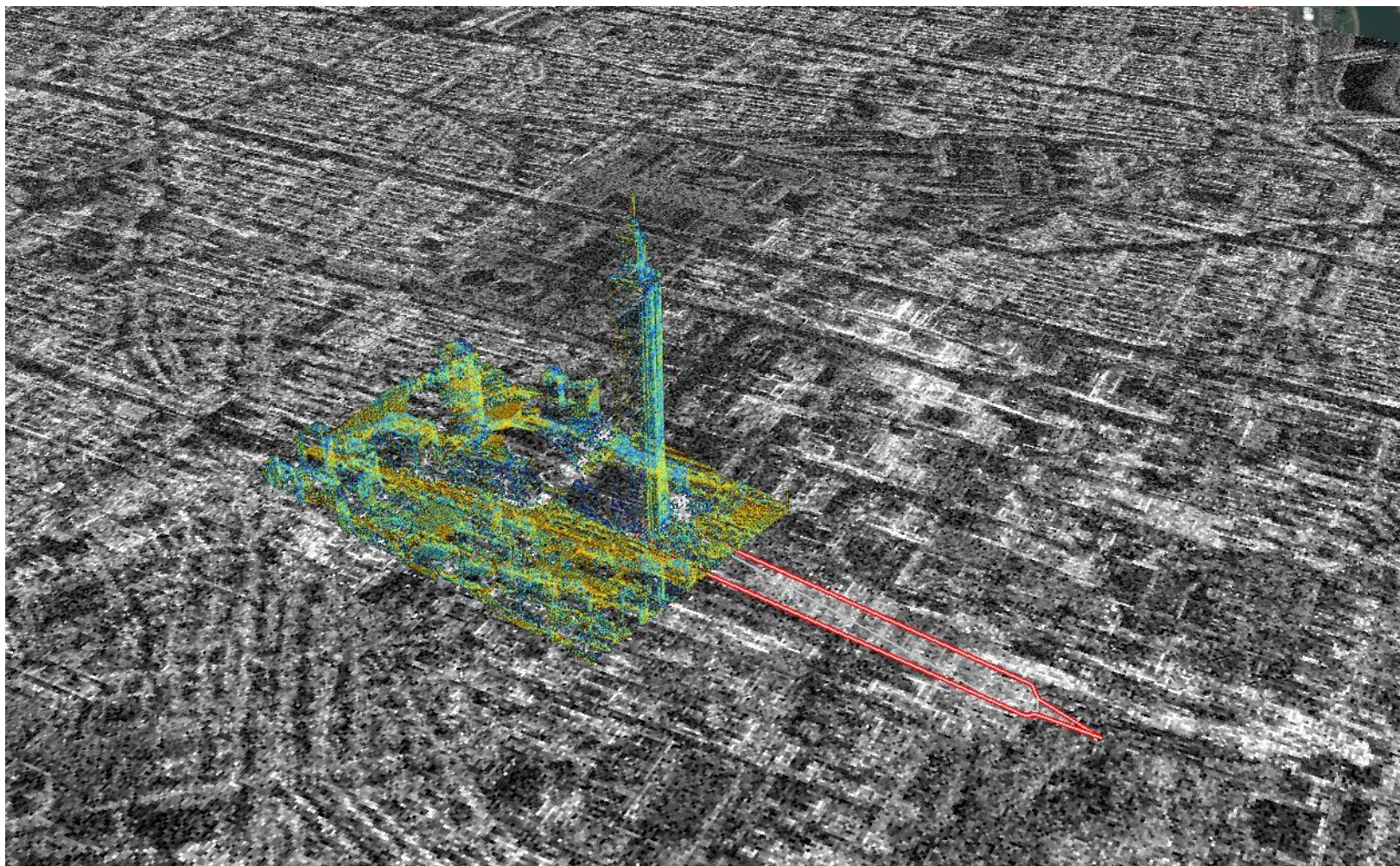


東區建築物監測成果



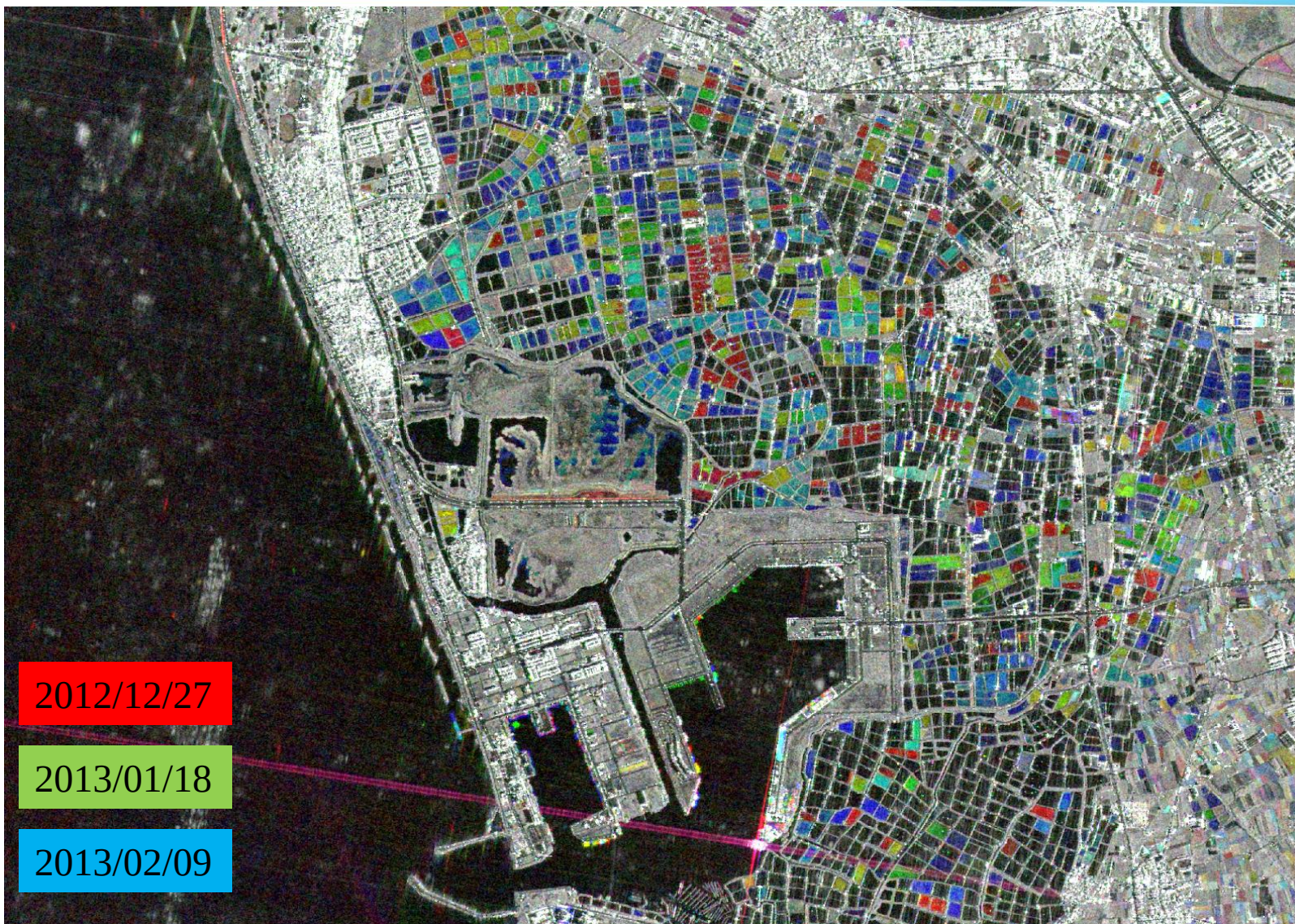


雷達影像三維幾何校正及反演





魚塭監測



2012/12/27

2013/01/18

2013/02/09

敬請指教

曾國欣 教授

khtseng@csrsr.ncu.edu.tw

