



多時相 衛星遙測技術 於 水資源 防災產業 發展芻議

王禹翔／興創知能股份有限公司 三課課長

沈哲緯／興創知能股份有限公司 技術研發部部長

張淵翔、吳笙緯／興創知能股份有限公司 產品分析師

面對劇烈的氣候變遷，水資源問題如臨大敵，長久以來考驗著各國經營管理與災害因應的能力。隨著太空科技的普及，多時相遙測是為現代衛星技術應用的重要課題，全球太空機構、企業龍頭的積極投入，造就許多有別過去的跨領域應用，當然也包含水資源防災的相關工作。從趨勢上來看，如何快速、正確且有效的整合包含遙測在內的各項資源，將勢必成為引領下一個世代的領先者。因此，本文將從多時相衛星遙測技術發展開始，透過時事案例引導，釐清技術本質與躍進；帶入水資源的防災產業議題，探討民生、農業、保險與空品等相關情境下的技術因應與產業案例；最終，從太空科技的新突破與新議題，設想水資源相關議題應用的潛在價值。人造衛星的發明成就了人類對這個世界無盡的好奇心，企圖更客觀的理解發生在地球上的一切。如今，撰文發現那些看似遙不可及的科學議題也不再只是國家級研究機構的唯一目標，商用衛星帶動的產業需求不斷擴大，也在資料搜集的過程中意外的發現許多值得分享借鏡的應用案例。

前言

人類從第一顆衛星發射升空至今已超過 60 餘年，累計超過 2,500 顆以上的衛星日以繼夜的繞行著地球進行觀測，不同的軌道高度、不同的設備搭載，拼湊出截然不同的工作任務，從地球觀測、網路通訊、導航定位、氣象預報、天文科學到軍事戰略，伴隨著太空科技的大躍進，遙測的技術應用可說是五花八門、無所不在。談及衛星的地球觀測任務，跨足農林漁牧、自然資源、災害評估、都市計畫與財務金融，歷經數十年的影像資源累積與軟硬技術成長，如何以多時相 (Multi-Temporal) 遙測的觀念，整合各項衛星資源，必然成為創造優勢、提升效率的重要課題。因此本文將以衛星遙測技術為核心，從時事案例中談論與分析潛藏於生活周遭的水資源防災產業，是如何善用衛星遙測資源，開拓眼下的下一片藍海。

多時相衛星遙測技術發展

2021 年 3 月 23 日，遠在埃及蘇伊士運河 (Suez Canal) 的長賜輪 (Ever Given) 阻塞事件^[1]，在全球經濟備受矚目的同時，意外掀起一場全球關注的衛星攝影展。透過多顆衛星高效率的輔助追蹤，掌握受影響的船舶位置、可用的脫困資源 (拖曳船和挖土機)，以及經濟衝擊與脫困時程的估計。像這樣為了掌握發生在地球地表上的大小事件，人類發射人造衛星持續性的執行地球觀測任務，隨著軟硬體技術的進步，運行的衛星數量不斷地在增加，而快速累積的遙測資源，也說明了產業上跨衛星的資料整合需求，因此除了大家熟知的國家級太空機構 (NASA、ESA、JAXA ... 等)，越來越多像是 MAXAR (1969 年成立的太空技術服務商，總公司位於美國) 的商業遙測公司嶄露頭角，基於自家或開源的衛星影像資源，從事著多時相衛星遙測與智慧空間資訊之服務。

衛星種類與硬體發展

衛星種類繁多歸咎於不同的軌道與載體的設計。受到地球地心引力（向心力）的牽引，衛星能夠沿著一條看不見的軌道飛行，只要符合軌道的力學需求就能夠長時間的重複繞行。如圖 1，若以軌道形狀來區分，有所謂的圓形軌道與橢圓軌道；若以軌道傾角來區分，則包含赤道軌道、繞極軌道和傾斜軌道；若以軌道高度來區分，又包含高地球軌道（HEO）、中地球軌道（MEO）與近地球軌道（LEO）；而若以太陽和地球運行特性來區分，則涵蓋了比較熟知的地球同步軌道（GSO）、地球靜止軌道（GEO）與太陽同步軌道（SSO）。在衛星載體的設計，隨著 IC 製程技術的進步，規格的選擇也越來越豐富，載體尺寸越變越小、越變越輕，模組化設計降低成本的同時也提升了不同載體部屬設計的彈性，甚至應用衛星陣列的形式物理性的提升觀測即時性與觀測精準度。相比於重達 2,300 公斤的重量級的 Radarsat-2（2007 年升空的加拿大雷達衛星），2021 年初剛發射成功的玉山衛星 YUSAT（由臺灣研製的船用衛星）只有 2 公斤（1.5U）左右，足足有兩千倍的差距。

拜太空科技之賜，現在運行在外太空的衛星已經琳瑯滿目難以細數，而地球觀測資源的應用也不再遙不可及，摸不著邊，人們對於衛星種類的認知與硬體

技術的發展決定了衛星資源的豐富性，也掌握了多時相衛星遙測技術的應用彈性。從觀測任務的設定到衛星軌道部屬、載體設計與設備搭載，已可發展出更具彈性的地球觀測任務。如同長賜輪的案例所見，事發不到 24 小時 Planet Labs（2010 年成立的地球觀測服務商，總公司位於美國）的衛星 Dove 就以公尺的解析度成功獲取貨輪擱淺的影像（圖 2），突顯現代地球觀測衛星的高度應變能力。

解析度決定服務型態

解析度往往是決定地球觀測任務的重要指標（圖 3），時間解析度（Temporal Resolution）用以定義衛星再訪同一地點的最短時間差距；空間解析度（Spatial Resolution）則說明衛星影像像素（pixel）所代表的實際地面大小；輻射解析度（Radiometric Resolution）係表示感測設備在灰階範圍裡的數值解析能力；而光譜解析度（Spectral Resolution）則用來說明感測設備偵測電磁波頻譜的波段和範圍。以 WorldView-4（2016 年升空的美國商用光學衛星）為例，時間解析度為 4.5 天、空間解析度最佳可達 0.3 公尺、輻射解析度達 11-bits，以及四個波段的輻射解析度（Red、Green、Blue、NIR）；相比於 TERRA/AQUA（1999 年 /2000 年升空的 NASA 光學衛星）多光譜衛星，時間解析度最多 2 天、感測設備 MODIS（中尺度影像光譜儀）的空間解析度最佳可

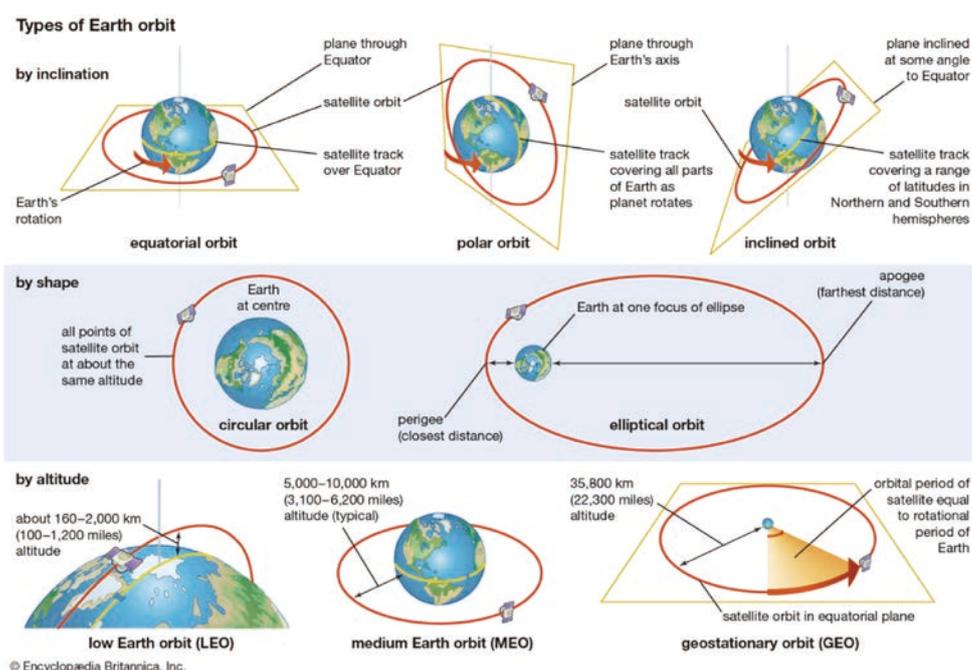


圖 1 人造衛星軌道型態分類^[2]

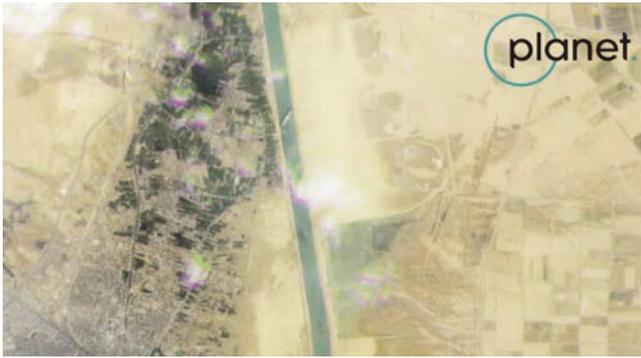


圖 2 Dove 衛星拍下的長賜輪影像 (2021 年 3 月 23 日)

達 250 公尺、輻射解析度達 12-bits，以及 36 個波段的輻射解析度。光是如此兩者在任務的設定就有相當巨大的差異，前者拍攝精度高、範圍小，除了應用於事件型的監測或也包含許多製圖與工程上的應用；後者拍攝波段多拍攝、範圍大，肩負著大環境的各種變遷，例如氣候、海洋、森林、土地、冰川等。

也因此，解析度決定服務目標與服務型態，不同需求選擇不同的觀測資源，甚至選擇多顆衛星搭配觀測，即是多時相遙測技術所強調的價值。回過頭來看長賜輪的案例，在微觀尺度上特定目標的監控，衛星

遙測也同樣有相當優異的表現，包含美國在內的許多衛星強國，紛紛釋出高空間解析度的貨輪相片 (圖 4)，精細到船上的貨櫃都可以一一的被計算出來。就連過去較為珍稀、再訪率較低的雷達衛星，也都沒有放過這場火力展示的大好機會。

影像分析技術之躍進

除了硬體的變革，影像分析的技術也不斷推陳出新，超過 30 餘年的地球資源衛星觀測歷史，高達十兆平方公里的影像資訊 (地球表面積約五億平方公里)，衍伸出各式各樣的影像產品，包含基本的原始資料 (L0)、經過官方校正的資料 (L1)，或是官方加值處理的資料 (L2/L3)。以最具代表性的 MODIS 來舉例，官網產品的羅列就超過 30 多種主題，和近百種的影像產品，橫跨大氣、陸地、海洋和冰凍圈。伴隨著科學研究的結晶，人工智慧 (AI, Artificial Intelligence) 的應用也在近十年快速升溫，根據一篇由 Thorsten Hoerer 等人 (2020) 在地球觀測數據應用的文獻回顧中指出，與遙測影像有關的 AI 資料庫服務全球就至少 14 種，包含影像辨識、像元分割、資料融合、特徵萃取

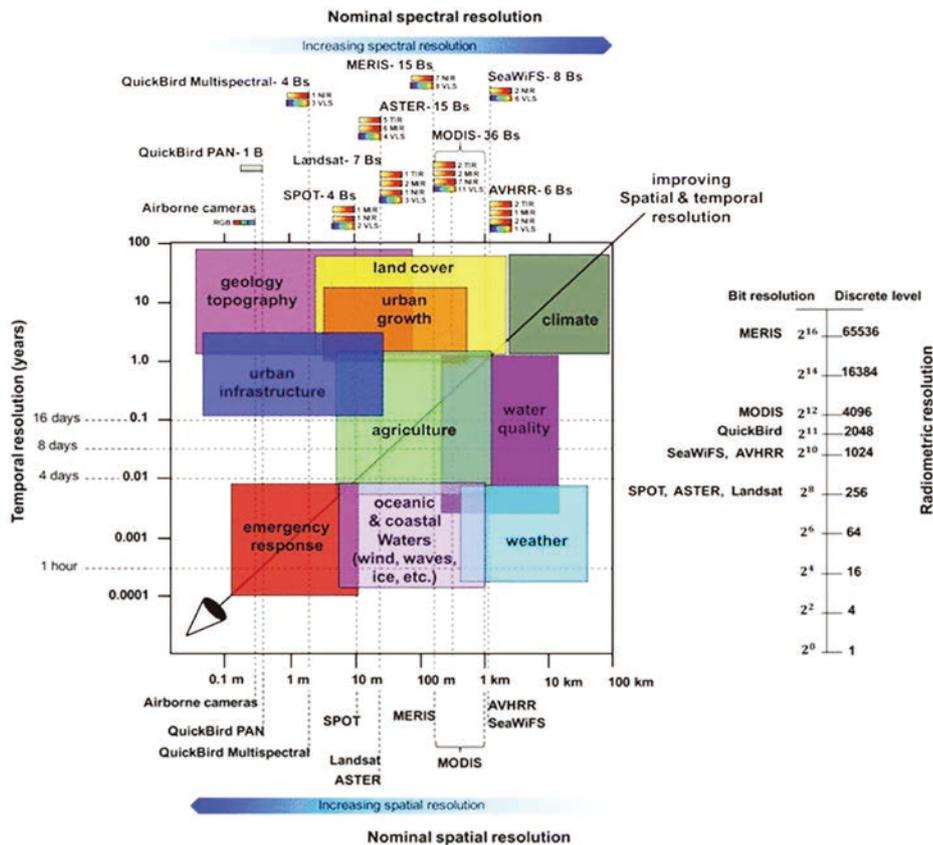


圖 3 衛星解析度特徵與應用場景圖譜 [3]

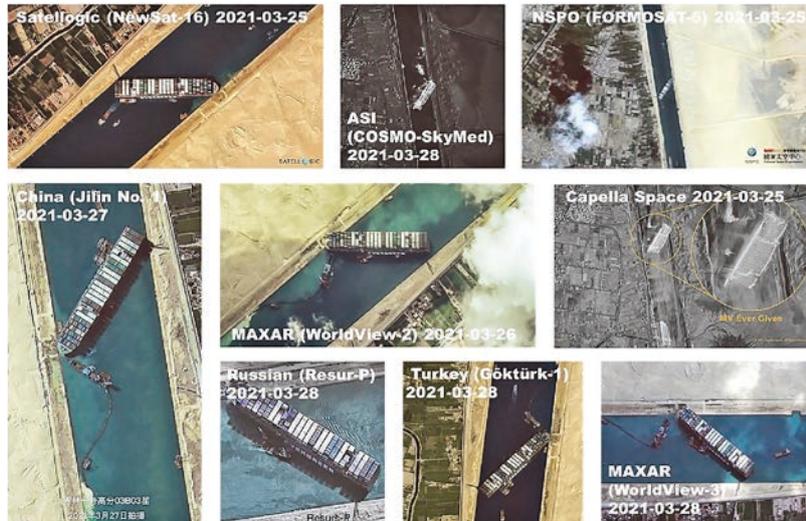


圖 4 各國高解析地球觀測資源衛星捕捉長賜輪之擱淺影像

等技術，開始被大量使用在衛星遙測領域。倚著豐富的歷史標記影像訓練、硬體資源的運算效率提升，以及跨領域專家科研技術的輔助，AI 的出現快速顛覆了人類在遙測資料分析上的限制。SpaceNet 一間位於美國的衛星數據服務公司，就與 AWS 合作開啟了遙測影像資料集的商业服務，含括了都市發展、環境氣候、道路建物等應用議題。

因此，人造衛星自太空高頻率的重複拍攝地球，完整記錄了地球的自然現象與人為動態，藉由人工智慧方法實現大量數據採集的需求，最終達成數位地球的理想（圖 5）。務實面對全球衛星遙測影像爆炸性的成長，資料立方（ODC, Open Data Cube）的倉儲架構也就此誕生（圖 6），在國際遙測衛星委員會（CEOS, Committee on Earth Observation Satellites）的極力推廣下，包含我國太空中心（NSPO, National Space Organization）在內已超過 43 個國家開始使用，透過雲端存取、收納各國可被開放的衛星遙測資料。特殊的倉儲設計讓使用者能夠自由選擇特定時間、特定範圍

內的衛星影像，進行相應的需求分析與使用，使用者不僅可以省去巨量資料存取的空間，也因為可控的影像範圍，提升了影像資料處理的效率，也助長了多時相衛星遙測技術在不同觀測議題的活用性。

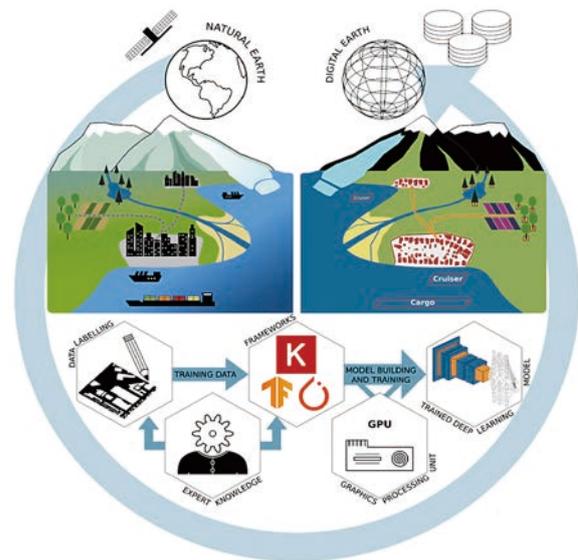


圖 5 人工智慧技術建構數位地球之藍圖 [4]

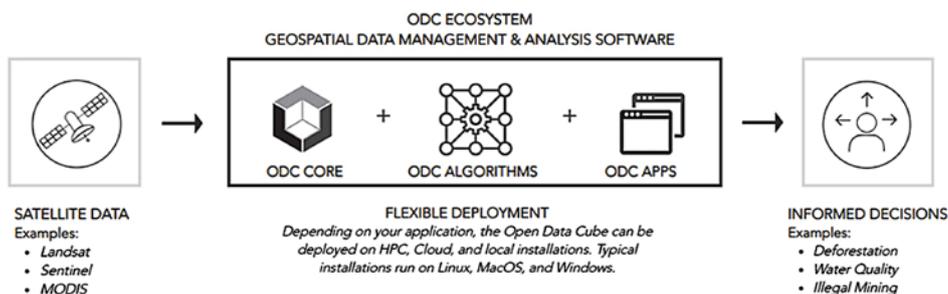


圖 6 ODC 資料服務架構 [5]

水資源議題下的防災產業

水是地球環境資源中維繫所有生態體系運作的必要物質。而就人類的角度而言，水資源指的是一切用於人類生產或生活之地表與地下水源。面對全球僅 0.8% 的可用淡水，以及全球氣候變遷的大哉問，水資源的經營管理與災害防救一直是考驗各國永續發展的重要課題。包含臺灣在內，2021 年上半年更面臨了 56 年來最嚴重的降雨不足（綠色和平^[6]），導致全臺 21 座水庫紛紛陷入缺水危機。而有感於全球衛星資源的普及，甚至到了百花齊放的地步，這也不禁令人好奇，眼下的多時相衛星遙測技術如何在這波全球性的水資源危機中運作發酵。承接著對資源衛星的基本認識，以下將深入探討遙測技術的水資源應用，借鏡成功的產業應用案例，尋找問題的解法與新興的產業價值。

民生水資源洩漏檢測

合成孔徑雷達（SAR, Synthetic Aperture Radar）是近代衛星觀測應用的一項重要技術，係藉由重複接收由衛星主動發射的電磁波反射訊號（後向散射係數，backscattering coefficient）來成像，因此反射訊號的解像除了取決於電磁波能量入射角（Incidence angle）、頻率波長（Wavelength）、極化狀態（Polarization）之外，更包含了複雜的物理現象與地貌特徵，透過表面粗糙度（Roughness）與電氣特性（Electrical characteristic），能加強特徵物的判斷。實際上如圖 7，反射訊號的強弱能清楚反映目標特性，例如垂直地面的基礎結構容易造成強反射現象；植被覆蓋可視為粗糙表面，均勻的散射現象減弱了反射訊號，亦反映出特定的紋理特徵；漫淹的水體能視為光滑表面使電磁波出現完全反射。

2013 年發跡於以色列的 Utilis 公司，善用了 L-band（波長 ~ 23 公分）的雷達衛星（例如日本 ALOS 衛星、阿根廷 SAOCOM 衛星），並基於相對介電常數（DC, Dielectric Constant）的解算與應用，取得水體反射訊號特徵。在電磁學裏，相對介電常數又稱相對電容率其定義為電容率（Permittivity）與真空電容率（Relative permittivity）的比例，以地球表面的乾燥材料而言 DC 大約位於 1 ~ 8 之間，而水體的 DC 則高達 80 左右。因此水份的存在的多寡將大幅度的影響地表材料的 DC 數值。Utilis 成功的應用了水體的特徵表現，為全球多個國家施行至少 250 項的地下水洩漏檢

測商業化應用服務，依據衛星的再訪週期以月為單位產出調查報告，透過大面積的遙測影像（圖 8）來節省傳統人力聽音調查的高額成本，甚至提升水源洩漏篩檢效率，近幾年更逐步推行土壤濕度調查與管線汰舊建議等服務。臺灣水資源環境面臨長期的旱澇交替，用水檢漏應成為最大化利用的重要課題，如何善用遙測工具強化監測效率，值得與自來水檢測產業一同突破。

農業水資源風險管理

從民生用水到農業用水，灌溉水資源的運籌帷幄又是另一門學問。緊扣著環境變遷衝擊下的糧食安全的議題，從作物種進土裡的那一刻開始，包含灌溉用水、氣候環境與自然災害，都密切影響著收成期間的產量和定價。隨著農耕人力結構老化，企業化經營擴大栽種面積，遙測技術必然成為傳統田間調查的重要幫手。實際上，農業衛星遙測技術發展甚早，從大面積的作物辨識、土壤含水量估計、風災作物倒伏、旱澇災損監控，與生長健康評估早已都是相當成熟的技術，也包含臺灣在內，許多國家均已應用多光譜光學特性了解作物分布與產量預估等工作。

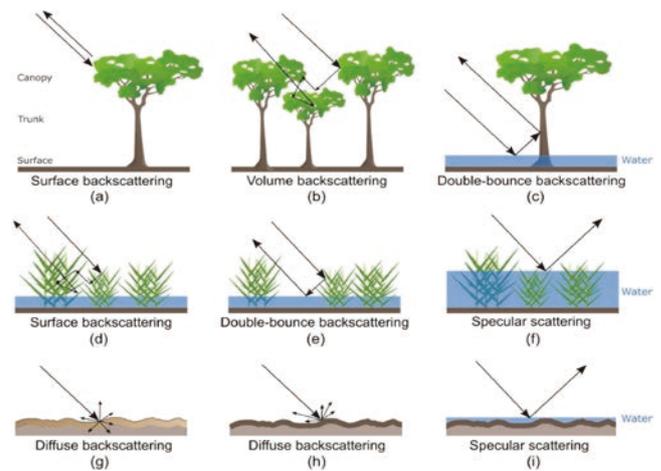


圖 7 電磁波反射機制與特徵訊號差異^[7]

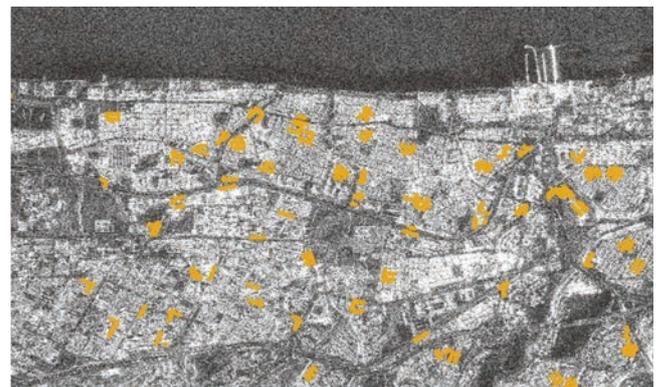


圖 8 雷達影像漏水檢測熱區圖^[8]

技術上來看，最常應用衛星遙測的常態化差異植生指數（NDVI, Normalized Difference Vegetation Index）來進行作物健康度分析，透過紅光與近紅外光（NIR, Near Infrared）的反射訊號，可反映出不同農作物葉片中的葉綠素含量多寡，指數一般介於 $-1 \sim 1$ 之間，數值愈大大致表示作物生長愈茂密、越健康。類似的指標相當多樣，舉例還包含強化型植生指數（EVI, Enhance Vegetation Index）、地表水指數（LSWI, Land Surface Water Index）等。面對乾旱問題，近年來更有研究應用短波紅外光（SWIR, Short Wave Infrared）來建立缺水指標（SPSI, Shortwave Infrared Perpendicular Water Stress Index），以評估作物含水情形，一系列的指標若加入多時相的遙測數據與氣候變化關係，時序上的作物生長情況和特性便一覽無遺（圖 9）。看準巨大的農業商用需求大地量子 TerraQuanta（2017 年成立的衛星資源應用服務商，總公司位於中國）即善用這些指標參數，發展精緻農業遙測與災害風險管理。

水資源衝擊產業保險

隨著全球氣候變遷加劇，與水有關的自然災害造成的生命財產損失與糧食供應危機接踵而來，包含颱風洪水、乾旱水荒、地震海嘯等議題。實際上，衛星遙測一直是環境災害監測的必要手段之一，例如在 2011 年 311 東日本大地震發生之後，海嘯與核災的襲擊造成難以估計的重大損失，得透過遙測快速比對了解大範圍災損情況。諸如類似的案例迫使保險產業亦逐步擴大使用衛星遙測數據，開始更敏捷的因應災前風險評估、災中損害監控，以及災後再保分析，保障客戶權益精準處理索賠問題的同時，也為產業降低調查成本創造更好的獲利空間，以洪水為例（圖 10），ICEYE（芬蘭微衛星製造商）與 Swiss Re（瑞士再保險

公司）的跨界合作說明了遙測應用的潛在需求，而農業保險問題也不例外，包含農作物種植面積掌握、區域旱澇損失、健康生長評估，鏈結至最終農作物收成產量的影響，都是業者和保戶相當關心的議題。

當遙測資源日漸豐富，再訪率、解析度均大幅度提升的同時，傳統的影像分類技術也有許多技術性的突破。在近幾年討論熱烈的電腦視覺（Computer vision），卷積神經網路（CNN, Convolutional Neural Network）的出現，成為最為人熟知的一個經典的影像辨識框架，由卷積層（Convolutional）、池化層（Pooling）與全連接層（Fully-connected）組成的架構，能夠有效萃取目標物的紋理特徵，以作為影像辨識的依據。伴隨著其他進階網路框架的推進，例如全卷積網路（FCN, Fully Convolutional Networks）、U-Net 的出現，使得影像的尺寸限制與訓練效率得以有更廣泛的應用，面對動則數百 GB（Gigabyte）的衛星影像，能夠更有效率的完成農作物面積、淹水災損範圍…等影像辨識（圖 11）。

河川揚塵與空氣品質

水與空氣息息相關密不可分，水氣在高空凝結降水，河川水由陸地流入海洋，透過蒸散作用水再度從海上回到空中，在整個水循環過程可能非常短暫，也可能緩慢進行影響人類珍貴的水資源。因此當我們談論空氣污染時，對於水資源的影響也是不可忽視的。大氣中的主要污染源懸浮微粒（PM, Particulate Matter），在大氣遙測領域以氣膠（Aerosol）做別稱，其粒徑大小介於 $0.01 \sim 10 \mu\text{m}$ 之間。因為粒徑與降水需要的凝結核（CCN, Cloud Condensation Nuclei）相仿，當過高的污染源散佈於大氣之中，間接影響了水滴的凝結，增加降水的困難度，國內的研究團隊更曾證實，2021 年受到空氣污染的影響，桃園地區的降水特徵因而改變，降雨

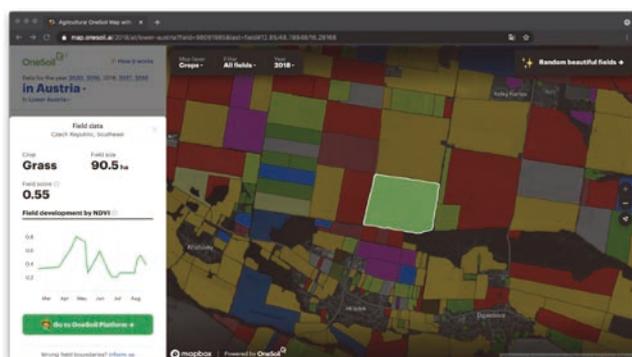


圖 9 One Soil 基於遙測與人工智慧技術所提供的智慧農業資訊平台^[9]

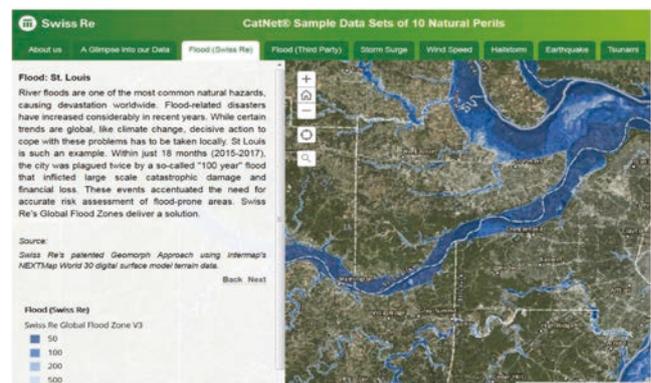


圖 10 Swiss Re 所提供的 CatNet® 災害風險資訊地圖服務^[10]

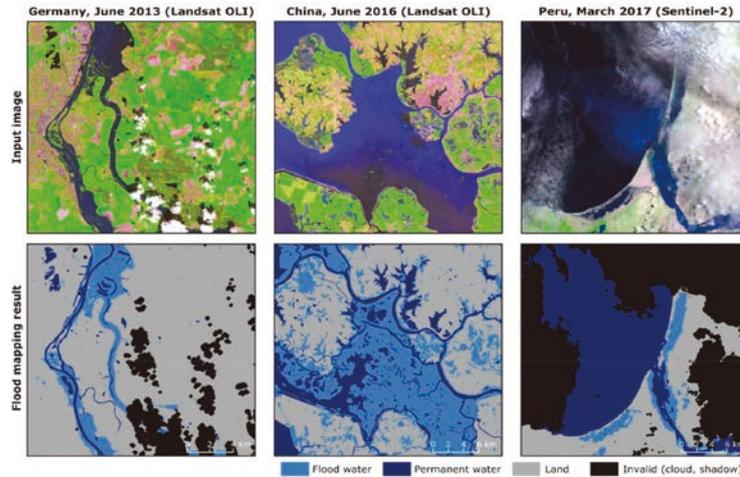


圖 11 使用人工智慧方法偵測淹水區域^[11]

變得困難，進而影響整體石門水庫蓄水與水源供應。同樣在臺灣，另一個與之相關的空污議題，河川揚塵也是氣膠污染的一種，也正困擾著管轄單位與居民生活，由入冬後的乾涸河川遭逢強勁的東北季風所造成，其他像是中國的沙塵暴、日本的櫻島火山火山灰或東南亞的生質燃燒，也都氣膠污染研究關注的議題。

氣膠光學厚度 (AOD, Aerosol Optical Depth) 是空氣污染的研究中重要的遙測指標，一般 AOD 低於 0.2 代表大氣狀況良好乾淨，如果 AOD 大於 0.6 代表大氣已受到空氣污染。物理意義上代表著大氣介質的消光係數在垂直地表方向上的積分，用來描述氣膠對光造成的衰減現象。在技術上善用氣膠的散射特性，可由光學衛星的可見光波段 (波長 ~ 550nm) 進行萃取，包含國際上的許多研究機構 AOD 的解讀與應用已相當豐富，以 Himawari-8 (國家級氣象衛星由 JAXA 於 2014 年發射) 而言，十分鐘一張的光學影像 (圖 12)，拍攝

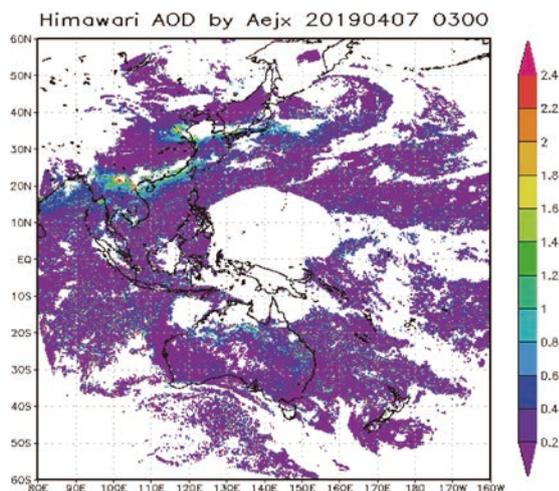


圖 12 透過 Himawari-8 光學影像反演的 AOD 數值^[12]

面積涵蓋半個地球之大，空間解析度大約 1 公里，所設定的就是一系列與大氣相關的監測與預報。儘管在商業上，要清楚掌握消長快速的空氣污染其實還是不太容易，但著眼於多時相遙測技術的成熟，或許有機會成為下個階段爭先發展的服務模式。

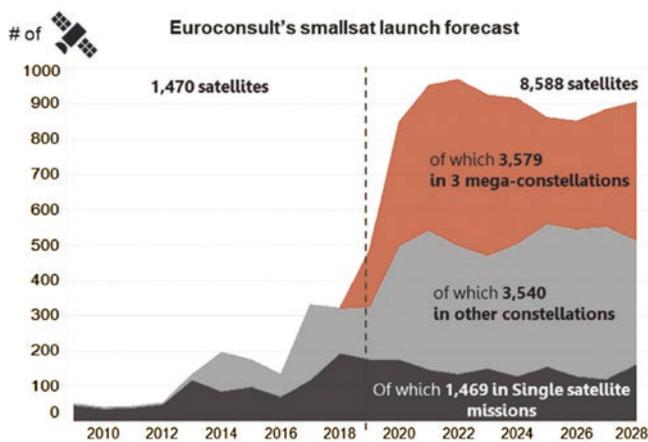
本節已嘗試從幾個重要的水資源防災議題切入，探討多時相遙測技術扮演的角色與價值，的確除了空氣污染在水環境上的商業應用較為匱乏外，其實包含民生用水、農業用水和自然災害在國際上早有許多成功的應用案例能夠借鏡，對比於臺灣的跨域應用，包含自來水偵漏檢測、田間智慧灌溉，以及農業物產保險，都將有機會導入商業化的遙測服務，串起臺灣水資源防災產業網絡，撰文團隊也嘗試從不同領域尋找多時相遙測應用的新契機 (表 1)。

更上一層樓的衛星黑科技

其實衛星遙測並不是什麼遙不可及的黑科技，隨著航太工程技術的提升，小型衛星 (重量 < 500 kg) 的籌組與應用已成為全球爭先發展的國際趨勢，除了重量變輕、體積變小意味著運載火箭可同時搭載更多衛星，降低燃料成本、提升發射效率，機構零件的模組化，也讓衛星製程更加快速精準，並能大規模生產。一份根據 Euroconsult (2020) 的小型衛星市場前景研究報告指出，地球觀測 (Earth observation) 與寬頻通訊 (Broadband communications) 將是引領未來 10 年間 (2018 ~ 2028) 衛星發展的兩大議題，平均每年將會有超過 800 顆的小型衛星發射升空，高達 83% 的衛星將組成星群 (或星系, constellations)，以提供更高密度與更完善的應用服務 (圖 13)。

表 1 撰文團隊遙測技術應用工作之推動

服務案例	技術應用
議題：水資源 地點：泰國 資料屬性：雷達衛星 Sentinel-1 主題：河道水生植物淤積監控 合作：臺灣大學地理系	利用雷達衛星 (Sentinel-1) 後向散射係數，萃取河道與水生植物的反射訊號特徵，藉由定義好的訊號門檻進行辨識，監測水生植物過度繁殖的情況。排除天氣的影響，雷達衛星得穿透雲層直接偵測目標物，以取得高頻率 (每週一張) 的河道影像，除了即時的面積擴散掌控，由歷史的觀測數據也能夠協助了解淤積熱區，加強清除或預防改善。
議題：農業 地點：臺灣 資料屬性：光學衛星 Sentinel-2 主題：農糧署水稻田影像辨識 合作：航遙測學會	善用太空中心的 ODC 資源，該計劃以光學衛星 (Sentinel-2) 影像與舊有水稻田標記資料，建立人工智慧水稻辨識模型 (CNN & LightGBM)，藉由訓練好的模型來偵測其他區域的水稻分布情況，加上 Web GIS 的圖台整合大幅降低模型操作的使用門檻，只要有衛星影像就能給模型做辨識，如此一來便能有效加速管理單位在水稻種植清查之效率。
議題：林業 地點：臺灣 資料屬性：航攝光學影像 主題：農航所森林樹種分類 合作：農航所	樹種辨識一直是森林資源調查的重要作業，過去極高度仰賴專業人事進行圍繪，但判斷效率不佳、標準容易制定，容易影響調查成果。因此，該計劃以臺灣的重要樹種為辨識目標，基於航空飛機空拍影像、波段因子與地文因子，建立人工智慧 (CNN) 樹種分類模型。以模型的辨識結果為輔助，提供樹種辨識建議，並優化實務的製圖流程。

圖 13 微衛星星群發展趨勢^[13]

走向商業應用的微衛星服務

Axelspace (2008 年成立，總公司位於日本) 一家日本的微衛星新創公司，除了具備客製化商用微衛星生產的能力，更在 2018 年以自家的微衛星星群展開地球觀測資料服務計畫 AxelGlobe，持續發射的衛星星群，預計包含 50 顆 GRUS 微衛星 (尺寸 600 × 600 × 800 mm，重量 100 kg)，搭載 5 個光學波段，57 公里寬的條帶影像，最佳空間解析度為 2.5 公尺，完成所有的太陽同步軌道 (Sun-synchronous) 衛星發射計畫，AxelGlobe 預計將可提供高解析度的每日全球影像，鎖定在水資源、農業、林業與基礎建設的監控服務，展現令人期待的多時相商業遙測應用。實際上，這樣的微衛星地球觀測資料服務並不稀奇，包含 Axelspace 在內，其他像是 Planet Labs、Satellogic (2010 年成立的地球觀測服務商，總公司位於烏拉圭)，與 Spaceflight Industries (2010 年成立的微衛星營運商，總公司位於美國) 也同樣在這全球市場中佔據重要地位。

突破物聯網想像的通訊衛星

SpaceX (2002 年成立，總公司位於美國) 旗下的衛星連網服務「星鏈」(Starlink)，日前正式宣布開放申請服務，包含美國在內共計八個國家已可開放申請。做為一間太空服務公司 SpaceX，2015 年開始，藉由低軌道衛星群的布局，提供覆蓋全球的高速網際網路存取服務。在 400 公里高空，預計部屬 12,000 顆低軌道衛星 (現已成功發射 1,445 顆)。預估通訊延遲在 50 ms 以內，傳輸速度則是 100 Mbps/20 Mbps。這樣的新型態網路服務，對於都市地區並無顯著的差異，畢竟固網骨幹可到的地方速度快、資費便宜，但是對於無 4G 訊號的深山或海上，Starlink 顯然是個吸引人的解決方案，「水資源物聯網」下，那些為了掌握水資源而大量廣布的物聯網設備，遍及整個集水區，包含河川、防洪、農灌、結構物…。數以千計的設備位在人煙稀少的艱困環境，該如何保持網路暢通，使大數據分析得以順利，真正發揮水資源供需調度最大效益，將是下一個物聯網時代的關鍵課題。

從太空發展法看防災產業化

2021 年二月行政院通過太空發展法草案，明定科技部為主管機關，同時規劃專責法人協助推動太空發展相關業務，展現國家太空發展的決心。併同 2019 年正式啟動的第三期「太空科技長程發展計畫」，太空中心身負重任結合國內產學界能量，發展高成本效益且具競爭力的太空計畫。繼福衛七號 (2019 年升空的氣象衛星衛星群) 之後，蓄勢待發的獵風者衛星 TRITON (氣象衛星) 與福衛八號 (高解析度光學衛星星群) 都將相繼升空，持續創造屬於臺灣的地球觀測資源。有感於全球乃至於臺灣多時相衛星遙測技術的躍進，衛星遙測不再只是一種工具，空間數據整合的彈性與跨域應用的敏捷

度，也包含快速、精準的解讀數據才可能真正達到災前風險評估、災中損害監控，以及災後重建復原的目標。

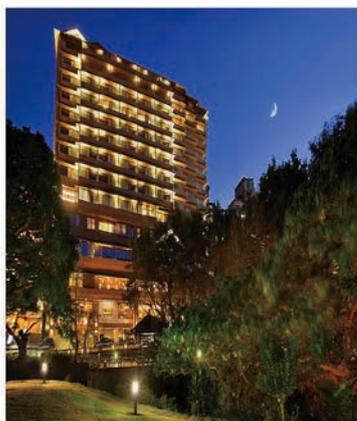
結語

人造衛星的發明成就了人類對這個世界無盡的好奇心，地球資源衛星肩負著資訊採集到數位地球的過程。企圖更客觀的理解發生在生活周遭的一切，小至一艘卡在運河的貨輪，大至全球尺度的氣候變遷課題。觀測解析度不斷升級，涉及許多軟硬技術與 AI 的應用發展，包含透過 IC 技術讓感測元件的性能得以提升，增加輻射解析度與光譜解析度；以同規格、同軌道的衛星星群縮短時間解析度；甚至善用影像融合 (Image fusion) 技術截長補短提升空間解析度。眼看全球共生的遙測生態系日漸壯大，那些看似遙不可及的科學議題也不再只是國家級研究機構的唯一目標，商用衛星帶動的產業需求不斷擴大，也在此次撰文中意外的發現許多值得分享借鏡的應用案例。

參考資料

1. BBC 中文網站 (2021)，台灣巨輪「長賜號」擱淺卡死蘇伊士 運河 歐亞航道癱瘓。https://www.bbc.com/zhongwen/simp

2. Encyclopædia Britannica, Inc. (2021) "Space applications," https://www.britannica.com/science/space-exploration/Space-applications.
3. Kasampalis, D.A., Alexandridis, T.K., Deva, C., Challinor, A., Moshou, D., and Zalidis, G. (2018), "Contribution of Remote Sensing on Crop Models: A Review," J. Imaging 2018, 4, 52. https://doi.org/10.3390/jimaging4040052
4. Hoerer, T., Bachofer, F., and Kuenzer, C. (2020), "Object Detection and Image Segmentation with Deep Learning on Earth Observation Data: A Review—Part II: Applic," Remote Sens. 2020, 12(18), 3053. https://doi.org/10.3390/rs12183053
5. Open Data Cube Website. (2020), "An Open Source Geospatial Data Management & Analysis Platform," https://www.opendatacube.org/
6. 綠色和平網站 (2021)，氣候緊急！臺灣面臨 50 年來最嚴重乾旱，可能與「它」有關。https://www.greenpeace.org/taiwan/
7. Ottinger, M. and Kuenzer, C. (2020), "Spaceborne L-Band Synthetic Aperture Radar Data for Geoscientific Analyses in Coastal Land Applications: A Review," Remote Sens. 2020, 12(14), 2228. https://doi.org/10.3390/rs12142228
8. Warner, B. (2021), "Water tech that's out of this world. Atlas of the Future," https://atlasofthefuture.org/project/utilis/
9. One Soil Website. (2021), "Free apps for precision farming," https://onesoil.ai/en/
10. Swiss Re Website. (2021), "Swiss Re announces strategic partnership with radar satellite-based flood monitoring provider ICEYE," https://www.swissre.com/media/news-releases
11. Wieland, M. and Martinis, S. (2019), "A Modular Processing Chain for Automated Flood Monitoring from Multi-Spectral Satellite Data," Remote Sens. 2019, 11(19), 2330. https://doi.org/10.3390/rs11192330
12. MSC JMA Website. (2019), "Aerosol Optical Thickness (AOT)," https://www.data.jma.go.jp/mcscweb/en/product/product_AOT.html
13. Najjar, A. (2020), "Euroconsult's View: An assessment and forecast for the smallsat market," http://www.satmagazine.com/story.php?number=1435526317#



百年精神 榮耀無限
日式建築 和風之美
管家文化 細膩體貼
會席料理 食之雅韻

日勝生加賀屋國際溫泉飯店

時尚 科技 環保 引領潮流
結合趣味與創意 多元生活
品味時尚與生活 喜悅樂活

京站實業股份有限公司

日勝生活 幸福共生
榮獲全國第一座
雙鑽石綠建築
聯合國理想生態宜居社區
創造台灣另一個宜居城
日勝生-浮洲案 4000 戶

轉運台北 首權國際
智慧化管理 卓爾不群
獨一無二
首都國門空中巴士站
臺北轉運站