

運用遙測技術落實防災監測與衝擊評估研發

Application of remote sensing technology for disaster prevention, monitoring, and impact assessment

國家災害防救科技中心 坡地洪旱組

國家災害防救科技中心 氣象組

Slopland and Hydrology Division, National Science and Technology Center for Disaster Reduction

Meteorology Division, National Science and Technology Center for Disaster Reduction

摘要

隨著遙測技術的進步與發展，讓我們更有效率的取得大範圍的環境特性、災害衝擊影響與更精細的氣象資訊。今年度，在衛星遙測技術應用的部分，利用光學 sentinel-2 影像進行高山堰塞湖追蹤流程與分析方法的建立，並透過多種類型之衛星影像於全球災害進行判釋與應用。無人機空載 Lidar 監測資料收集與防災應用的部分，不但優化了無人機光達點雲掃描的作業與資料處理流程，並透過高解析度數值高程模型(DEM)資料，進行更精細的崩塌徵兆、發生機制判釋及崩塌量體推估。並針對氣象署新雙偏極化雷達觀測資料進行接收、品管等工作，增加原有雷達資料觀測品質與能力，改善原有雷達估計降雨與資料同化技術的開發。氣象衛星技術落實部分，利用日本向日葵 8 號衛星所觀測的 16 頻帶遙測資料進行應用，透過與中研院合作進行 10 種反演雲參數產品的開發，強化原有災害預警所需的觀測、預報必要資訊。

關鍵字：遙測技術、衛星影像、無人機影像、光達點雲、雙偏極化雷達、日本向日葵氣象衛星

ABSTRACT

With advancements in remote sensing, we efficiently capture environmental features, assess disaster impacts, and access precise meteorological data. This year, we've established methods for tracking high-mountain barrier lakes using optical Sentinel-2 imagery and utilized various satellite images for global disaster assessment. In UAV-

based Lidar monitoring and disaster prevention, we streamlined workflows and conducted detailed analysis of landslide characteristics and volumes variation using high-resolution DEM data. Additionally, we focus on receiving and quality-controlling observational data from the new dual-polarized radar system deployed by the Central Weather Administration to enhance radar data quality and capabilities for improved precipitation estimation and early warning techniques. Through collaboration with Academia Sinica, we developed 10 cloud parameter retrievals to strengthen essential observational and forecasting information for disaster warnings.

Key Words: Remote sensing technology, satellite imagery, Unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, LiDAR point cloud, dual-polarized radar, Himawari Geostationary Meteorological Satellite

一、 前言 / 概述

遙測技術的進步與發展，無論是利用不同類別的衛星影像、雙偏極化雷達或無人機光學光達資料等，都可讓我們更有效率的取得大範圍的環境特性與災害衝擊影響。本專案於 2023 年度主要利用光學及中級解析度成像分光輻射度計 (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS) 影像，進行自然災害監測上之指標與分析方法的建立，並透過多期無人機高精度觀測資料的收集，利用不同來源點雲資料聯合運用，優化無人機光達資料分析成果，可用於崩塌徵兆、發生機制判釋及崩塌量體之推估。在雙偏極化雷達應用方面，利用雨滴譜儀觀測資料改善雙偏極化雷達降雨估計，開發雙偏極化雷達強降雨提前預警技術。並將「先進向日葵成像儀雲科學資料反演套件」(Advanced Himawari Imager (AHI) Cloud Science Data Retrieval Package) 進行加值應用，開發雲屬分布及飛行積冰風險指數，即時展示於天氣與氣候監測網系統。

二、 專案研究方法 / 專案重要性/

1. 透過 Google Earth Engine (GEE) 平台所提供之光學及中級解析度成像分光輻射度計 (MODIS)，建立高山堰塞湖追蹤與自然災害監測上之指標與分析方法 (蔡佳穎等，2023)
2. 重新擬定無人機光達點雲掃描的外業作業流程，透過聯合攝影測量的方式，

更有效率的獲得高精度的點雲成果(張志新等，2023)

3. 配合七股、墾丁及花蓮雷達升級為雙偏極化雷達，蒐整雷達資料，並完成建置自動化氣象雷達遙測資料品質管理流程，以確保即時獲取品質優良的雷達觀測資料（蔡直謙等，2023）。
4. 改寫「先進向日葵成像儀雲科學資料反演套件」，獲得多項雲物理反演資料，並以之推估雲屬分布，以及開發飛航積冰風險進階應用產品（陳御群等，2023）。

三、專案亮點成果

1. 衛星遙測技術應用與落實

(1) 高山堰塞湖追蹤

堰塞湖水體之分布及位置，可以利用常態化差異水勢指標(Normalized Difference Water Index, NDWI)來進行判釋，以 2021 年臺東縣卑南鄉大南溪堰塞湖為例(圖 1(a))，透過 GEE 使用 Sentinel-2 光學影像來進行分析，可以獲得堰塞湖從 2021 年 2 月形成至 2021 年 8 月後逐漸消退的完整過程。

(2) 衛星影像於全球災害判釋之應用

由火災資訊管理系統(Fire Information for Resource Management System, FIRMS)提供之影像產品，分析 2023 年智利野火事件(圖 1(b))，可知 2 月 1 日至 2 日只有些許零星野火點分布，3 日至 4 日之野火已明顯密集分布於中部的 XVI 紐布萊大區(Región de Ñuble)及 VIII 比奧比奧大區(Región del Bío-Bío)等大區。

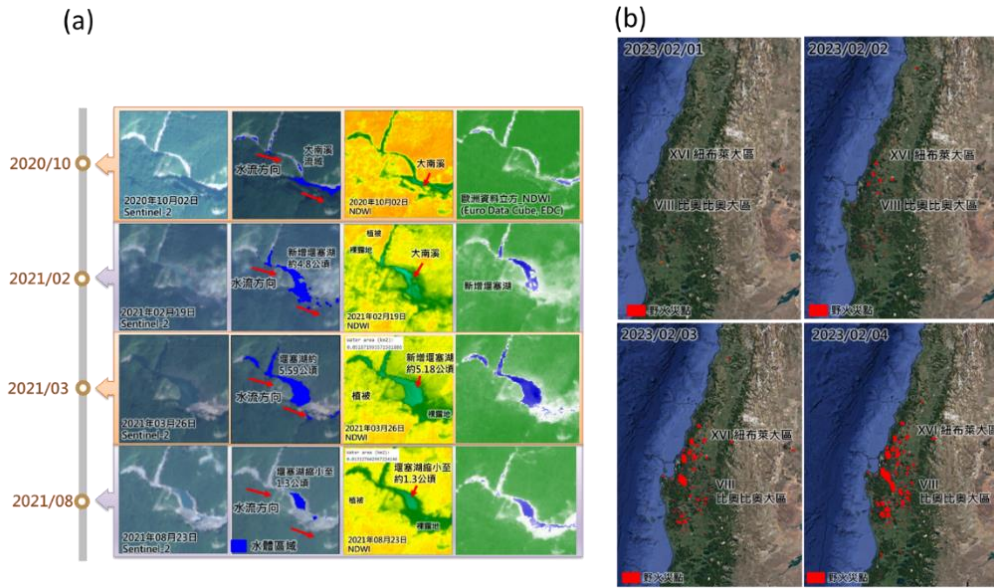


圖 1. (a) 臺東大南溪堰塞湖之光學影像判釋成果，藍色範圍為新增水體(堰塞湖)。(b) 以 GEE 平台利用 FIRMS 影像分析 2023 年 2 月 1 日至 4 日之智利野火災點。

2. 無人機空載 Lidar 監測資料收集與防災應用

(1) 無人機光達點雲掃描外業作業流程擬定

本年度重新擬定無人機光達點雲掃描的外業作業流程，先利用無人機攝影測量的方式，得到高精度的攝影測量點雲成果，作為分區分段測繪之光達點雲成果的基準，便可拼接出整個區域的光達點雲，如此聯合運用的方式，在外業測繪及內業資料分析上，可節省大量的人物力投入。

(2) 崩塌徵兆、發生機制判釋及崩塌量體推估

以新竹縣秀巒及新北市鶯鶯崙大規模崩塌潛勢區為例，透過高解析度數值高程模型(DEM)資料，可進行崩塌區微地形地表特徵的圈繪，並檢視崩塌潛勢區的類型、崩塌發生的時間等，進行發生機制的研判，並透過不同時期的 DEM 資料進行地表高程的分析及土方量的計算(圖 2)。

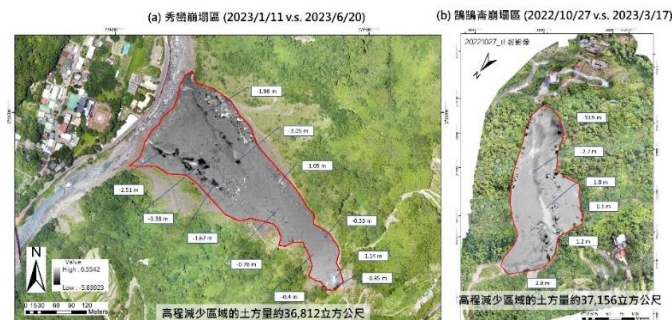


圖 2. 秀巒及鶯鶯崙大規模崩塌潛勢區地表高程變化及土方量分析

3. 防災降雨雷達運用與預警技術研發

(1) 雙偏極化雷達定量降雨估計參數研發

利用雨滴譜儀資料，分別針對台灣地區汛期與非汛期的不同降雨類型，來模擬 S 波段的 $R(K_{DP})$ 降雨估計公式。汛期的定量降雨估計，為利用 5 年南部的雨滴譜儀資料，擬合梅雨與颱風兩種天氣類型的 S 波段 $R(K_{DP})$ 降雨估計公式，加入雙偏極化雷達定量降雨估計的自動化作業流程。非汛期的定量降雨估計，則是利用 2016 至 2022 年共 7 年非汛期的雨滴譜儀資料，分別針對基隆、臺北、新北及宜蘭的鋒面、颱風與東北季風共伴、東北季風及颱風四種天氣類型，來擬合雙偏極化雷達降雨估計公式。

(2) 研發雙偏極化雷達強降雨提前預警技術

利用 2022 年 5、6 月間午後對流劇烈降雨事件，分析強降雨發生前，在 2–6 公里低對流層的回波因子(reflectivity factor, Z_H)、差異反射率(differential reflectivity, Z_{DR})及比差異相位差(specific differential phase shift, K_{DP})觀測表現，結果顯示，在劇烈降雨發生前 30 分鐘， Z_H 、 Z_{DR} 及 K_{DP} 極值分別在 40 dBZ、2 dB 及 $1.5^\circ/\text{km}$ 以上。以此做為今年的午後對流劇烈降雨事件預警門檻值，命中率與誤報率表現如圖 3 所示，歸納各種達成門檻值設定的表現可發現，符合兩種以上條件即啟動預警為最佳，30 分鐘前的命中率達 50%，20 分鐘前的命中率達 70%，且誤報率小於 3%。

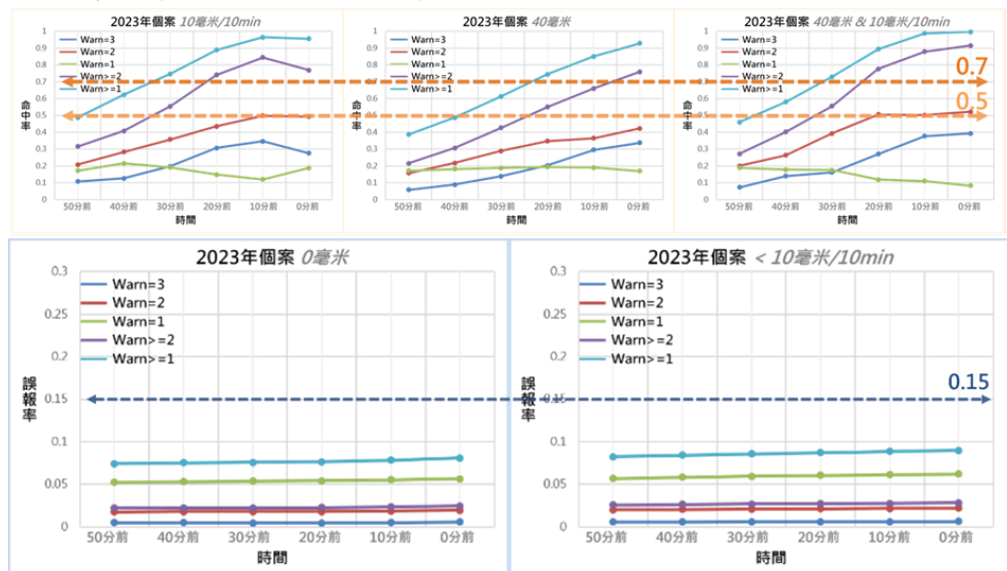


圖 3. 2023 年午後對流降雨事件，雙偏極化雷達強降雨提前預警技術(上)命中率與(下)誤報率表現。

4. 運用氣象衛星遙測研發災害預警技術

藉由改寫「先進向日葵成像儀雲科學資料反演套件」，使之可在災防科技中心進行作業，進而將衛星反演雲物理技術落實於災防應用，獲得多項雲物理反演資料，並參考「國際衛星雲氣候學專案」(International Satellite Cloud Climatology Project, 簡稱 ISCCP)之定義完成雲屬分布，及參考 Smith 等 (2012)的研究開發飛行積冰風險進階應用產品(如圖 2)。可於天氣與氣候監測網系統中查詢「向日葵衛星」的頁籤進入查看各種衛星資料產品。

雲屬 2024-03-11 13:30

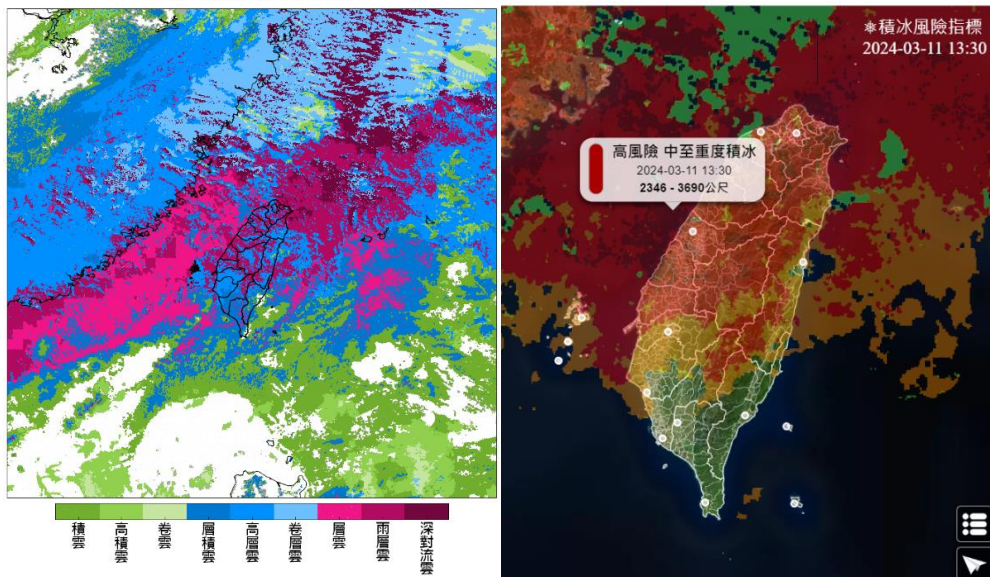


圖 4. WATCH 即時展示的 (左) 雲屬分布，及 (右) 飛行積冰風險一例。

四、 結論與建議 / 未來執行與規劃

今年度利用多樣衛星影像產品，已逐步建立各類災害之衝擊影響評估方式，包含淹水、崩塌、高溫、野火等災害類別，後續將持續探討不同判釋指標的效能，克服目前所遇到的困難與不足之處，以獲得更好之分析成果。並已建置完成無人機的軟硬體設備、無人機攝影測量及光達系統等無人機測繪工作的相關流程，由於無人機光達所採集到的點雲具有數量多及密度高的特性，未來可針對崩塌區的植生類型，進行有效的分類及判釋，為崩塌潛勢區提供相關的植被指標，以進行後續的分析與參考。遙測技術在氣象方面的應用，隨著對雙偏極化雷達以及地球同步衛星觀測的應用技術提升，不僅利用雙偏極化雷達觀測提高降雨估計的準確度並進而應用於強降雨提前預警，且在將向日葵衛星輻射觀測反演成雲物理參數後進一步加值產製雲屬分布及飛航

積冰風險監控。上述遙測應用均開始逐步落實於災防面相，未來將更廣泛參考國內外先進技術，開發實際應用於災防監控與預警的產品。

五、 參考文獻

1. 蔡佳穎、呂喬茵、張志新 (2023)。112 年應用 Google Earth Engine 進行災害事件分析，國家災害防救科技中心。
2. 張志新、呂喬茵、劉哲欣、李士強、陳珮琦 (2023)。無人機光達作業流程擬定與應用，國家災害防救科技中心。
3. 蔡直謙、廖信豪、劉嘉騏、李宗融、黃紹欽、林欣弘、于宜強 (2023)。雙偏極化雷達於高衝擊降水系統提前判識之技術發展，國家災害防救科技中心。
4. 陳御群、于宜強 (2023)。日本向日葵衛星觀測反演雲科學參數技術開發，國家災害防救科技中心。
5. Smith, W. L., P. Minnis, C. Fleeger, D. Spangenberg, R. Palikonda, & L. Nguyen (2012). Determining the Flight Icing Threat to Aircraft with Single-Layer Cloud Parameters Derived from Operational Satellite Data. *J. Appl. Meteor. & Clim.*, 51, pp. 1794-1810.