

利用雷達影像偵測強降雨引致大型崩塌 與堰塞湖

胡植慶、肖晶晶、邱俊穎

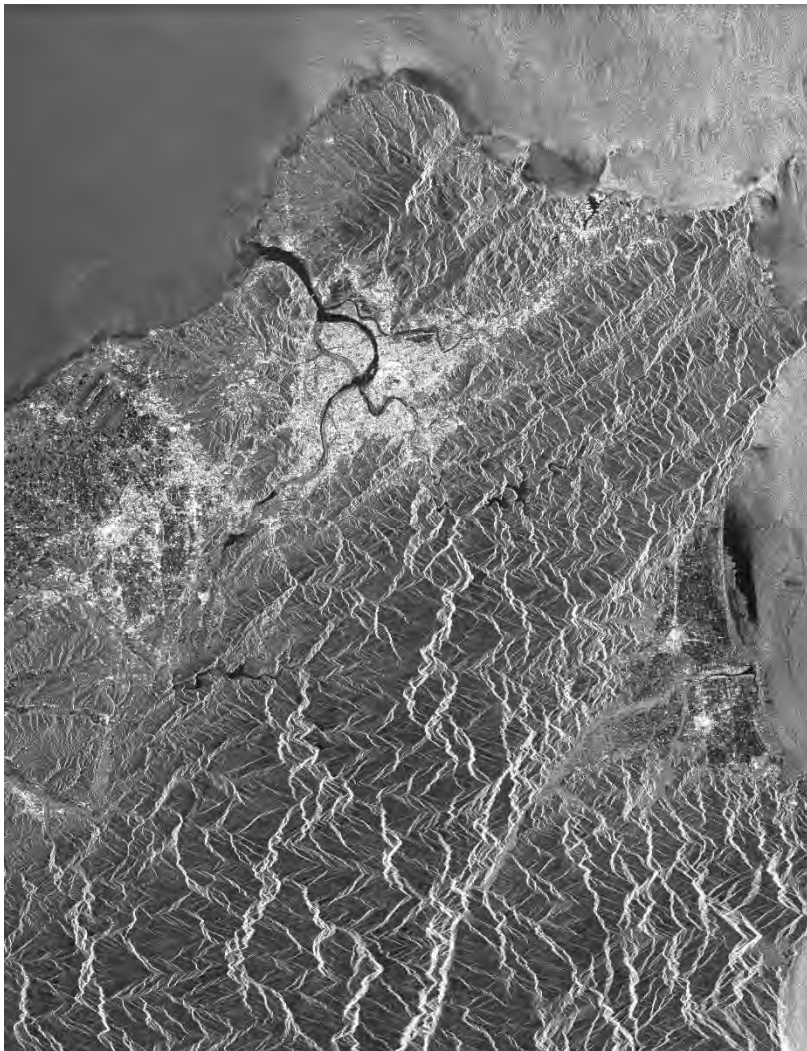
國立台灣大學地質科學研究所



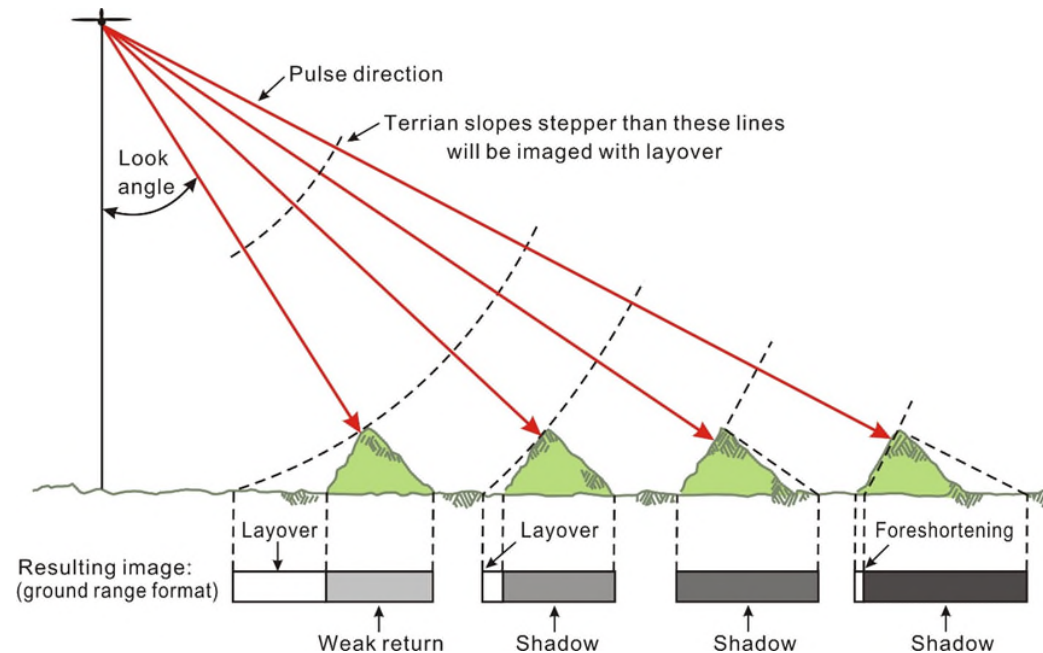
Acknowledgements: 行政院農業委員會水土保持局、ESA, JAXA

合成孔徑雷達(*SAR*) 和合成孔徑雷達干涉(*InSAR*)

➤ 側視空載雷達：SLAR, side looking airborne radar

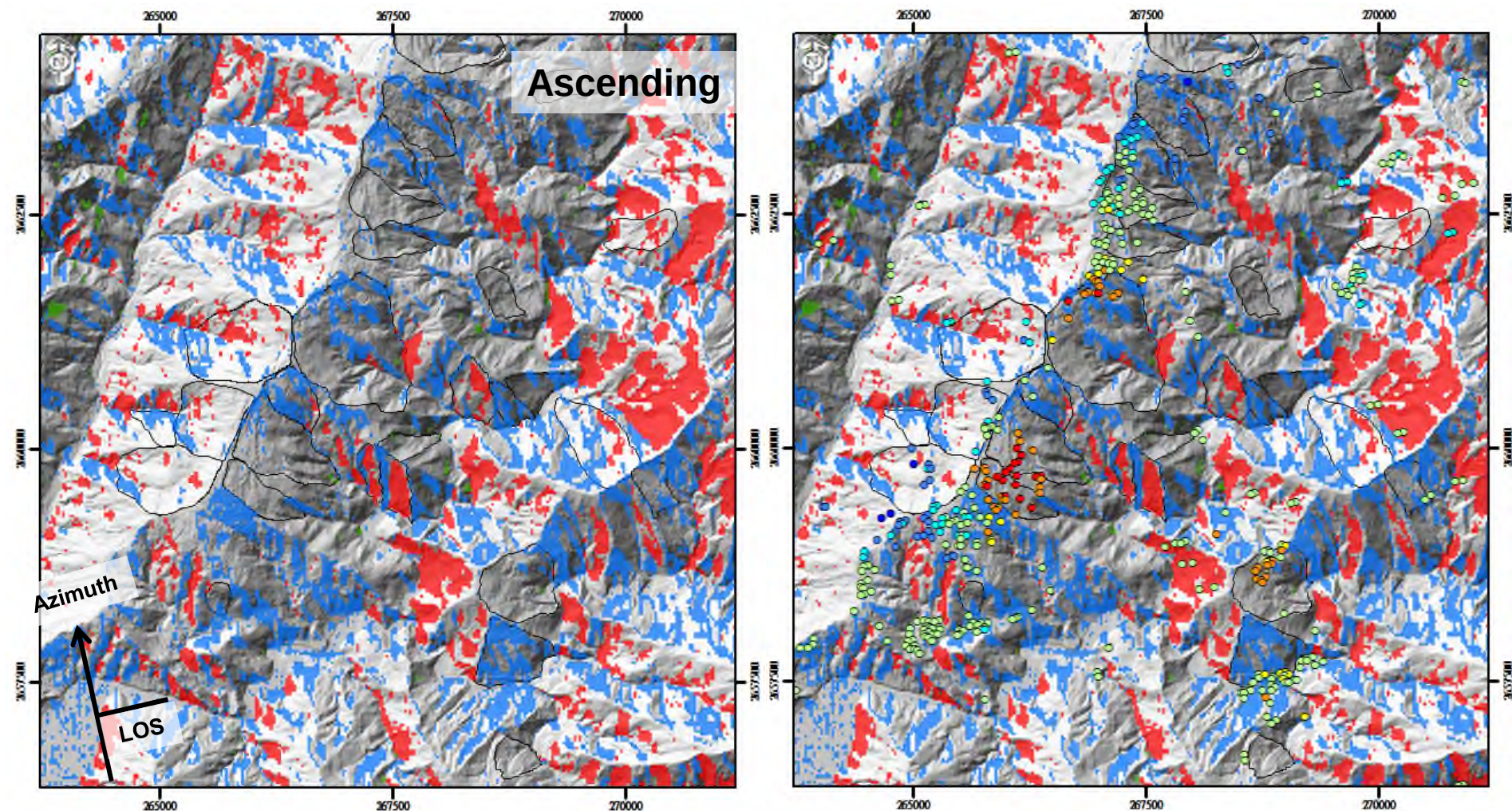


- 振幅強度和相位 (phase) 資訊
- 背向散射(backscatterer): 變遷偵測 (change detection)、像元偏移偵測 (pixel offset tracking)
- 前坡縮短(Foreshortening)、疊置效應 (layover effect) 和陰影區(shadow)



地形效應的可視區(feasibility analysis)分析

➤ 清境農場持久性散射體合成孔徑雷達干涉(PS-InSAR)



Sentinel-1



疊置效應



陰影區



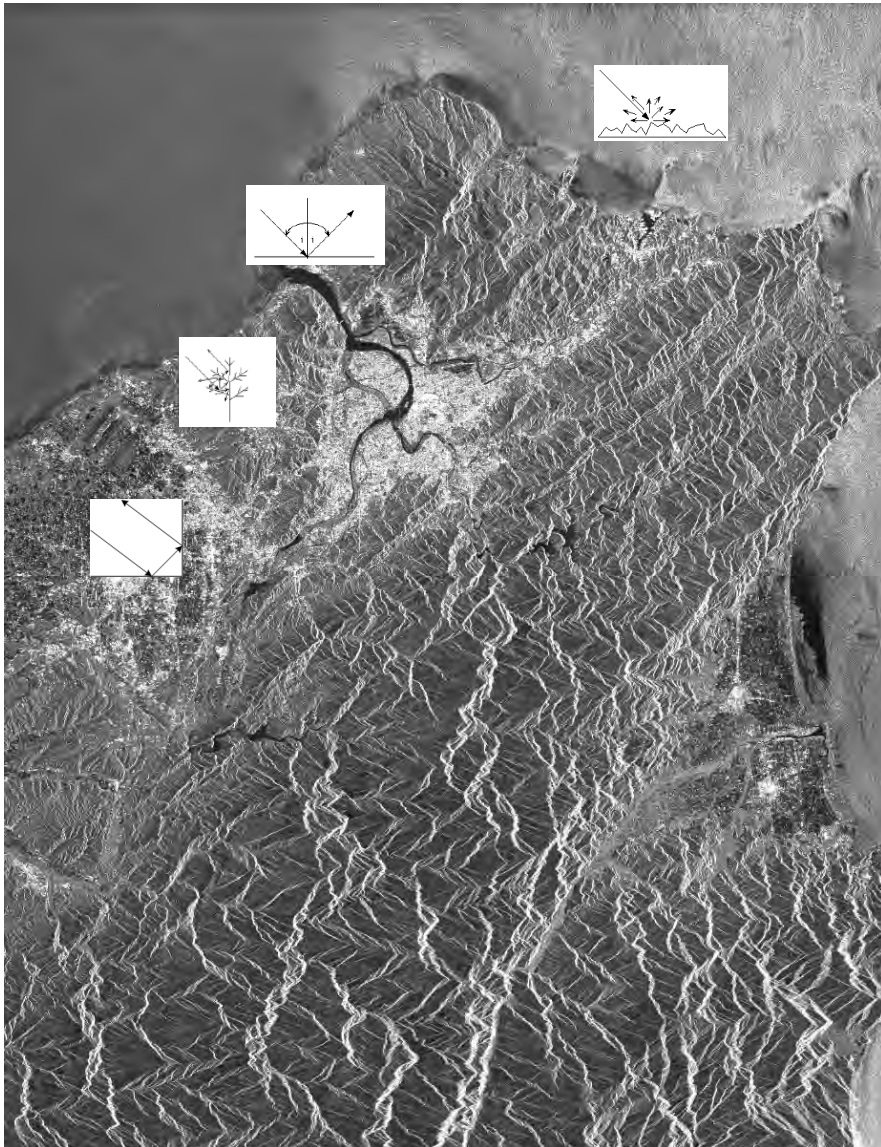
沿軌方向不敏感

Layove

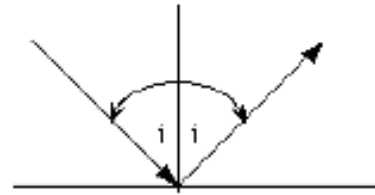
Shadowing

Low Sensitivity

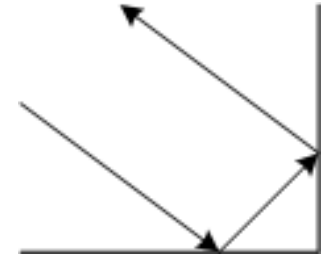
雷達效號：散射和反射



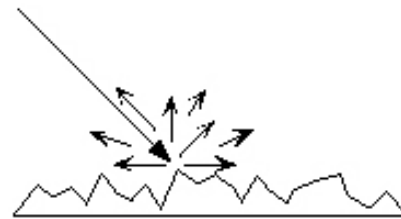
Mirror reflection
Specular reflection



Dihedral reflection
Corner reflector (角反射)



Surface reflection



Volume reflection



合成孔径雷達干涉觀測(*InSAR: Interferometric SAR*)

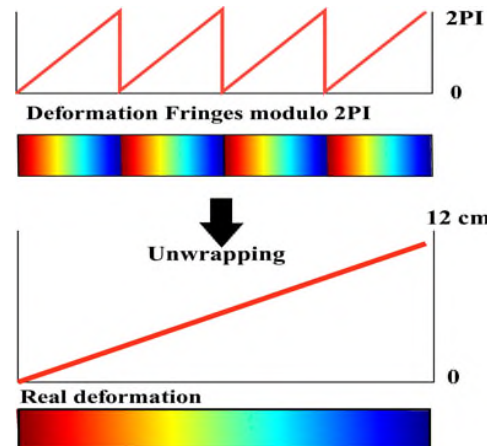
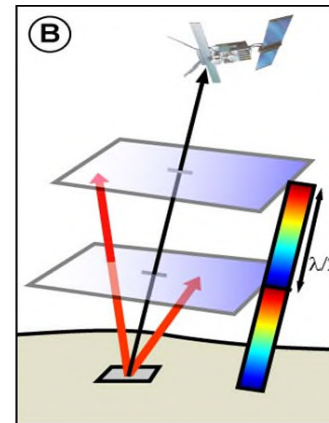
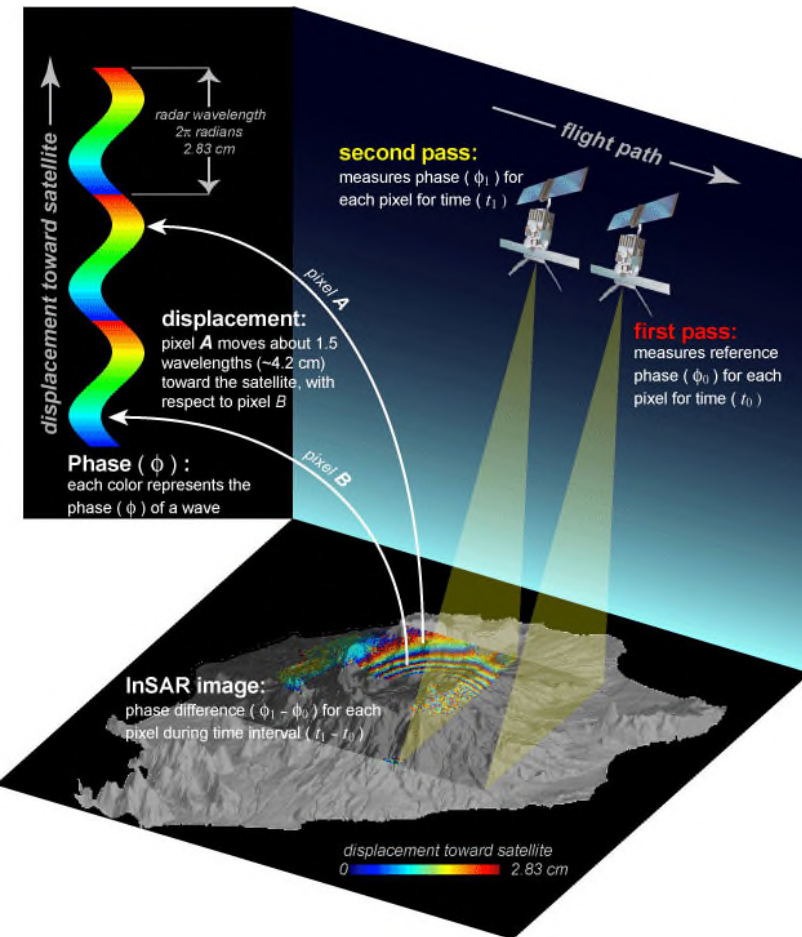


Image of an Earthquake
 1992 Landers $M=7.3$ earthquake at Mojave Desert of California



Repeat pass interferometry

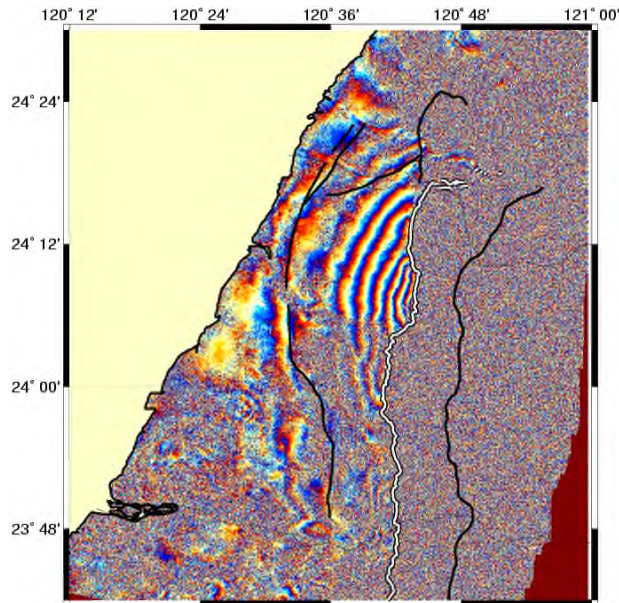
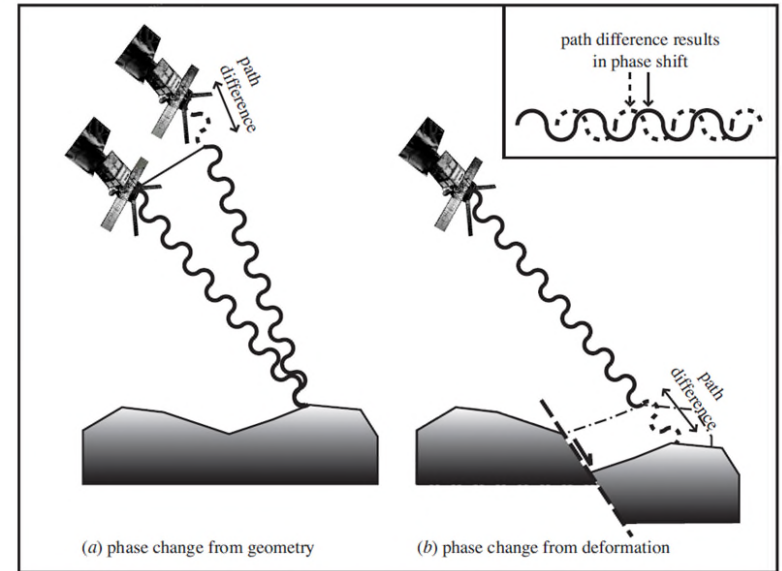
Massonnet et al., 1993,
 Nature

Schematic of radar interferometry

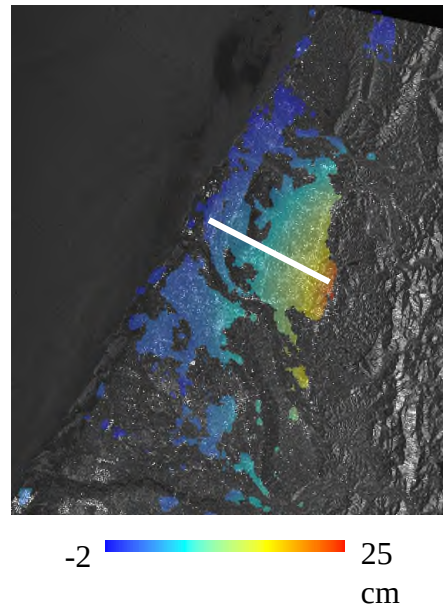
$$\delta\phi_{diff} = \delta\phi_{\varepsilon} + \delta\phi_{mov} + \delta\phi_{atm} + \delta\phi_{noise}$$

觀測的相位變化=地表高程+變形+大氣+噪訊的相位變化

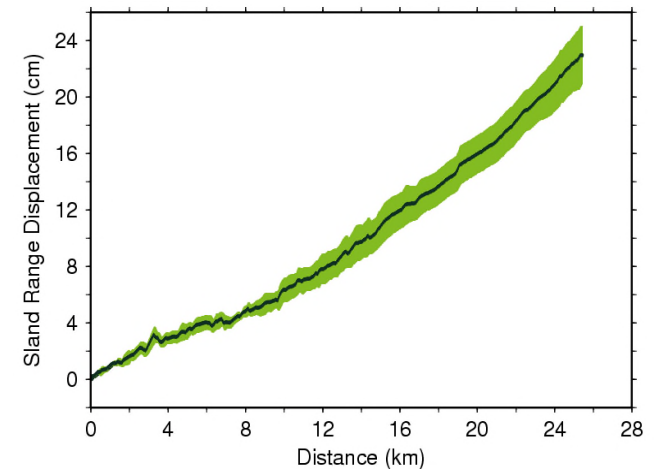
Coseismic deformation (同震變形)
1999 Chi-Chi Mw 7.6 earthquake



黃孟涵，2005



15/07/99 – 28/10/99 (105 days)



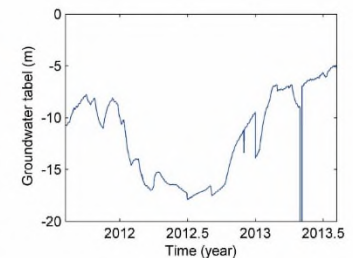
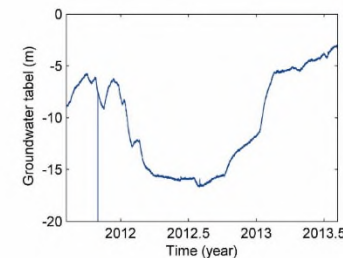
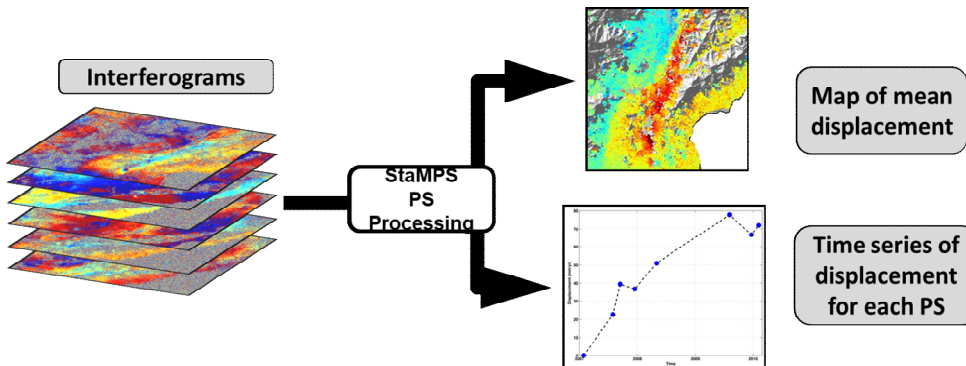
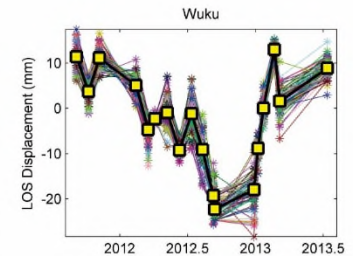
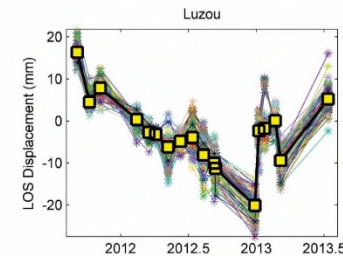
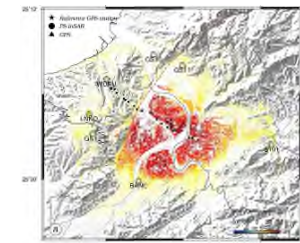
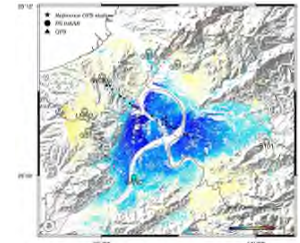
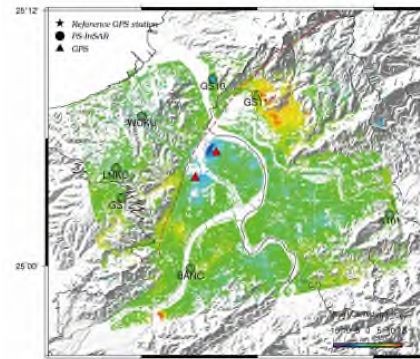
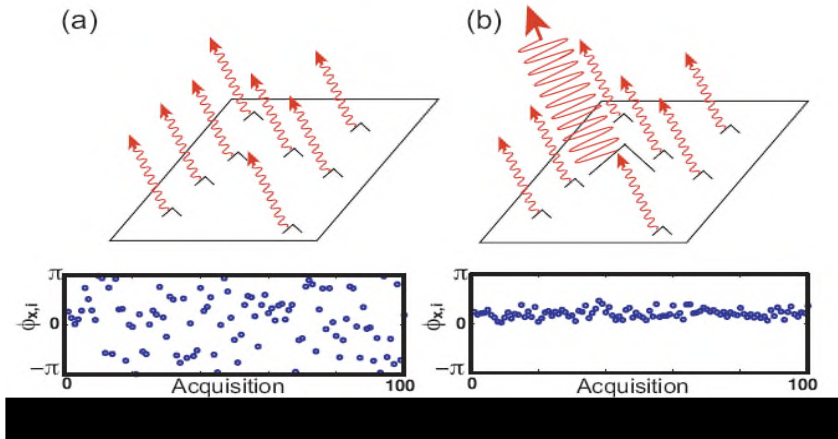
What is Persistent Scatterers InSAR

(PSInSAR: 持久性散射體合成孔徑雷達干涉)?



18 x-band COSMO-SkyMed radar images
(3m x 3m)

09/2011~07/2013

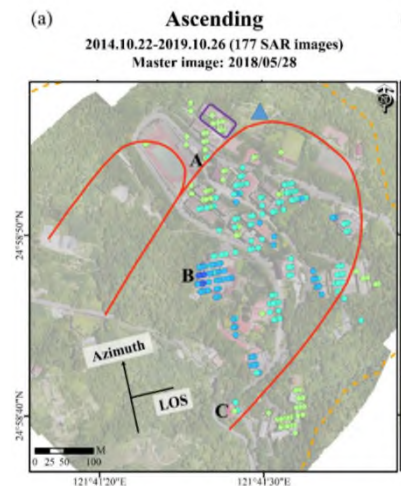
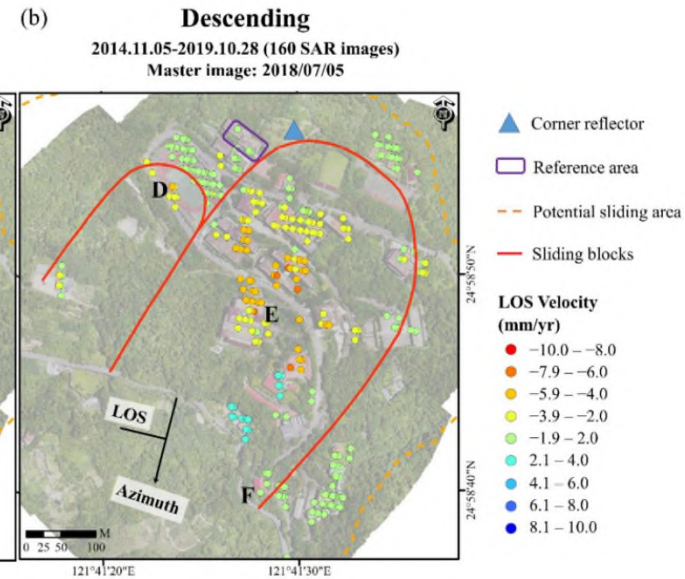
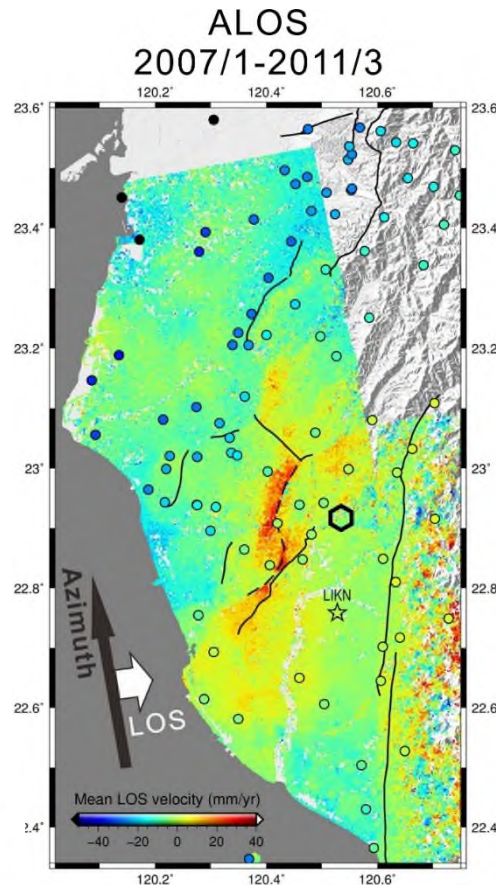
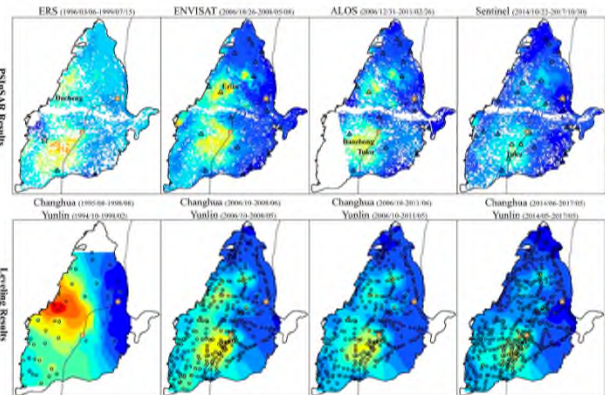
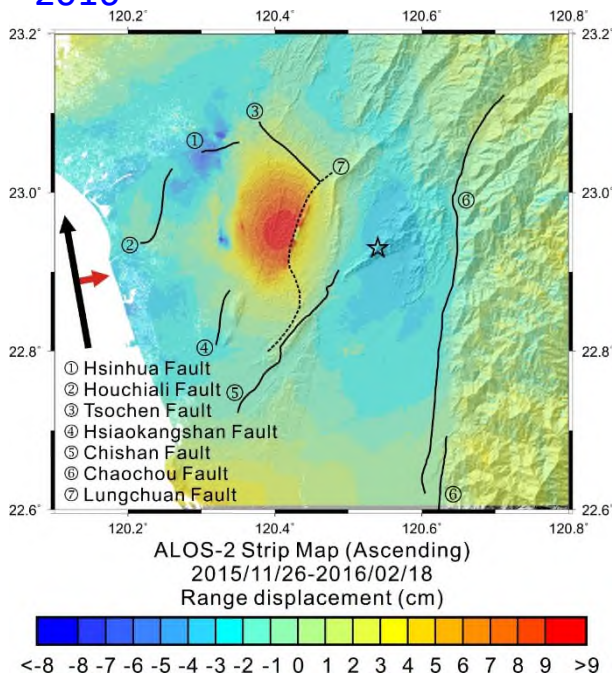


合成孔徑雷達差分干涉：次公分級精度

地震變形: Huang et al., GRL, 2016

活動構造: 郭鶯萍, 2016

山崩監測: Lu et al., Remote Sens., 2021



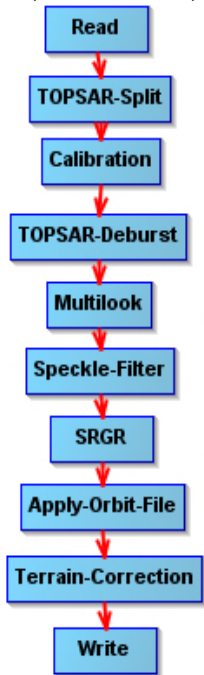
地層下陷: Lu et al., Remote Sens, 2020

軟體：SNAP (Sentinel Application Platform)

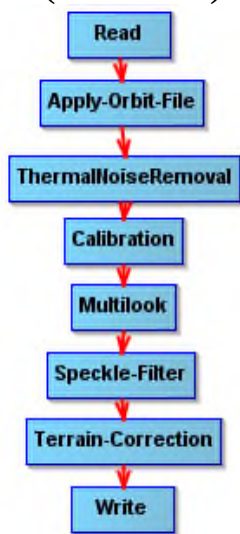
- SNAP：將複雜的開源碼處理流程，透過圖形化介面提供操作。
- 三種不同的工具箱：**Sentinel-1工具箱**，處理雷達影像；**Sentinel-2工具箱**，處理高解析光學影像；Sentinel-3工具箱，處理中等解析光學影像。
- 提供更多的處理方案可結合**Python**、**Java開發的套件**，擴充原本功能的使用性。
- 支援多種衛星影像格式，在開源的條件下，未來新衛星影像格式相容性更高。

視覺化且便易的前處理流程建立

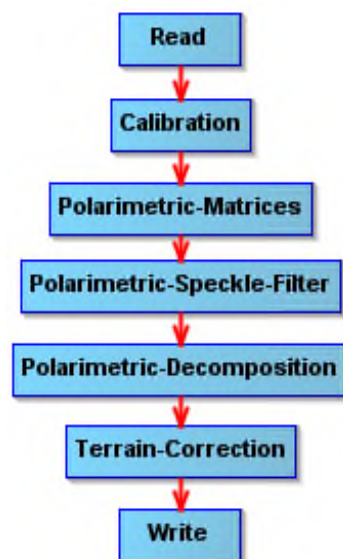
SLC前處理
(Sentinel-1)



GRD前處理
(Sentinel-1)



極化影像分類前
處理



極化影像分類

支援的雷達影像種類

SENTINEL-1, ENVISAT ASAR, ERS-1/2, RADARSAT-2, ALOS-1/2, Cosmo-Skymed, TerraSAR-X/TanDEM-X

功能種類

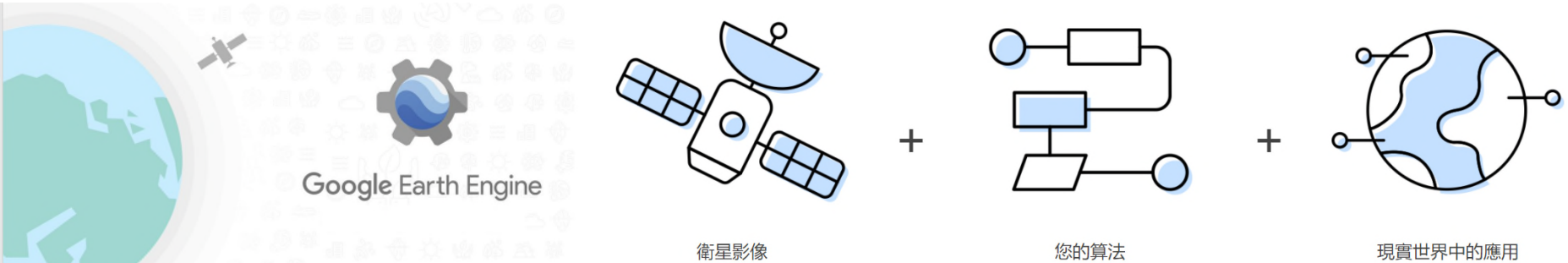
1. SNAP內包含所有一般性地球觀測資料處理（裁切、重新取樣影像計算）
2. 影像校正（SENTINEL-1, ENVISAT ASAR, ERS 1&2, ALOS, RADARSAT-2, TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed）
3. 多視處理與斑駁雜訊（單時與多時）濾波
4. 精確軌道處理（SENTINEL-1, Doris, Prare and Delft orb.）
5. 複數影像產品的套疊與偵測
6. **Sentinel-1 TOPS影像的干涉**、影像條帶（Burst）去除、切片影像（slice）合併
7. 都普勒地形校正
8. **地形校正期間的輻射標準化**
9. SAR模擬、疊置和陰影遮罩
10. SAR地形校正模擬
11. 橢球校正、地圖重新投影、鑲嵌
12. 海洋工具：基於SAR資料的基本程序：溢油偵測、船舶偵測和風場估計
13. 完全集成InSAR處理器（Jlinda）可用於條帶模式和零都普勒聚焦數據
14. **四波長和雙波長矩陣轉換，斑點濾波，分解和分類器**
15. 與PolSARpro工具箱兼容（讀取，輸出）

InSAR

Sigma0

處理平臺：GEE (Google Earth Engine)

- 專處理衛星影像和其他**地球觀測數據雲端運算平台**：存取衛星影像和其他地球觀測數據資料庫中的資料，並提供足夠的運算能力來處理這些數據。可用於商業用途，且可免費用於學術和研究用途。



GEE是一個“遙測大數據”析和呈現的平臺

- 面向科研人員而非程式師
- 免費使用google雲端伺服器的運算能力
- 使遙測處理更加便捷，促使大尺度空間分析研究變得簡單

GEE上超600多種數據集可調用配合應用程式介面(API)

Earth Engine Data Catalog

Home **View all datasets** Browse by tags Landsat MODIS Sentinel API Docs

A planetary-scale platform for Earth science data & analysis

Earth Engine's public data are years of historical imagery and expanded daily.

[View all datasets](#)

Google Earth Engine

Search DEM

Scripts Docs Assets

More than 600 kinds datasets, including vector and raster data

- AAFC_ACI
- ACA_reef_habitat_v1_0
- AHN_AHN2_05M_INT
- AHN_AHN2_05M_NON
- AHN_AHN2_05M_RUW
- ASTER_AST_L1T_003
- AU_GA_AUSTRALIA_5M_DEM
- AU_GA_DEM_1SEC_v10_DEM-H
- AU_GA_DEM_1SEC_v10_DEM-S
- BIOPAMA_GlobalOilPalm_v1
- BLM_AIM_v1_TerrAdat_TerrestrialAIM
- BLM_AIM_v1_TerrAdat_TerrestrialAIM_FeatureView
- BLM_USGS_BLM_V2

Climate and Weather

Surface Temperature

Thermal satellite sensors can provide surface temperature and emissivity information. The Earth Engine data catalog includes both land and sea surface temperature products derived from several spacecraft sensors, including MODIS, ASTER, and AVHRR, in addition to raw Landsat thermal data.

Climate

Climate models generate both long-term climate predictions and historical interpolations of surface variables. The Earth Engine catalog includes historical reanalysis data from NCEP/NCAR, gridded meteorological datasets like NLDAS-2, and GridMET, and climate model outputs like the University of Idaho MACAv2-METDATA and the NASA Earth Exchange's Downscaled Climate Projections.

at 8 Collection 1 Tier 2

ance

Jeospatial-Intelligence

tal Science

private initiative to

high-resolution, high-

del (DSM) of the

o imagery, high-

and open source

ction 1 Tier 2 calibrated top-of-

3A) reflectance. Calibration

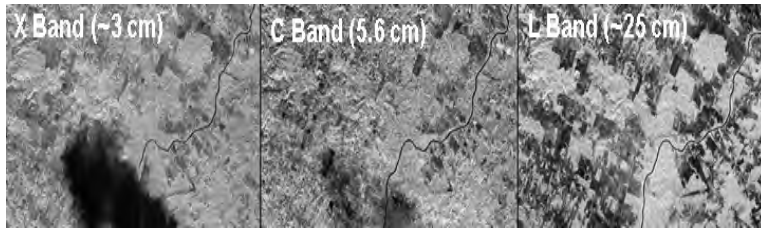
extracted from the image

Chander et al. (2009) for details

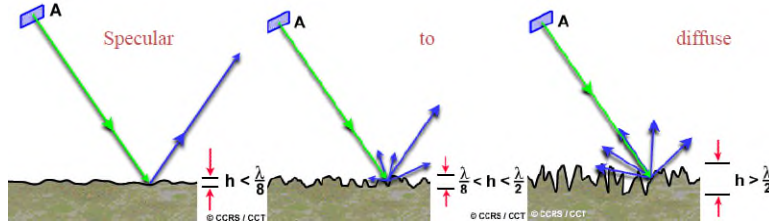
reputation.

雷達影像應用於堰塞湖與洪水溢淹分析之功能評估

➤ 不同波長雷達影像在雲與水氣干擾



- 反射面起伏程度對於不同雷達波長的反應。 h 為反射面起伏高度， λ 為雷達波長



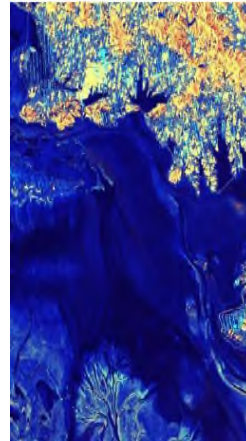
- 颱風豪雨後之堰塞湖與洪水溢淹辨識：雷達影像，以**L波段優先**，**C波段次之**，**X波段最後**，而使用的極化影像則以**平行極化HH與VV優先**。

- 水體辨識：雷達影像的背向散射值，無需相位資訊，在影像處理等級的選擇上，可選擇**多觀點振幅影像**，或**正射振幅影像**。

➤ 不同波長之雷達影像對於水體與泥濘的分辨率

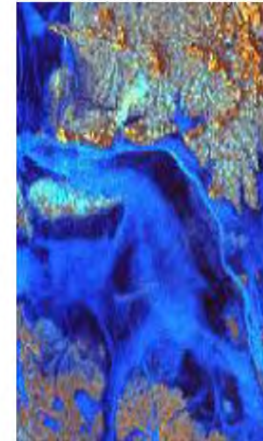
PALSAR bande L HH/HV

Low level of water
Commission between mud
banks and open water



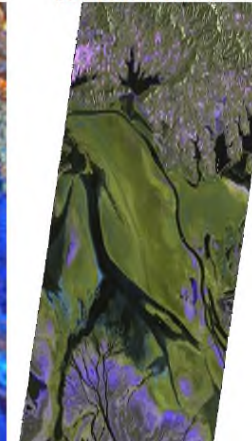
ASAR bande C HH/HV

Intermediate level of water



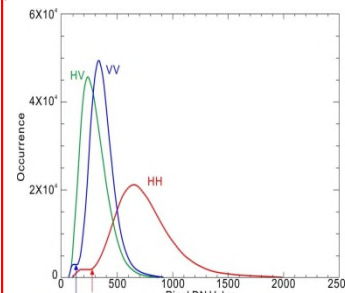
TerraSar bande X HH/HV

Low level of water
Good differentiation
between mud/water

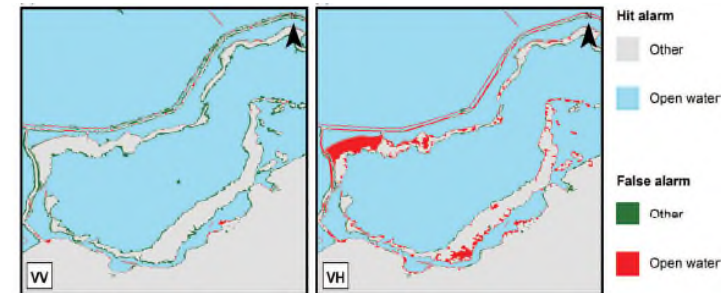


(資料來源：ESA Advanced training course)

➤ 不同極化之雷達影像對於水體的分辨率



雷達影像偏極模式與地物辨識的適用性
(Henry et al., 2006)

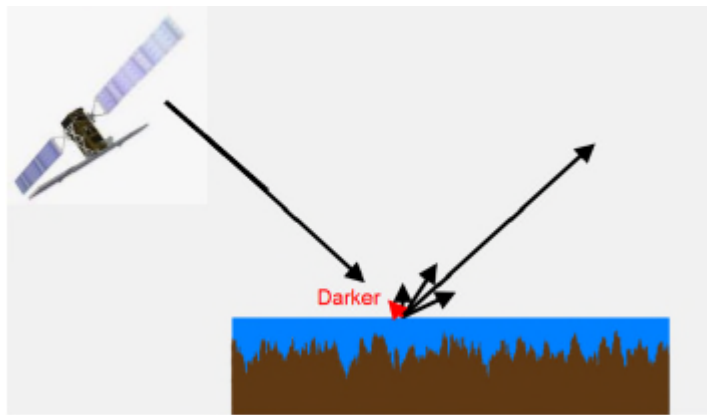


Sentinel 1a VV與VH極化在水體辨識的差異
(Twele et al., 2016)

雷達影像的背向散射(Backscatter coefficients: σ^0)適合於區分水體或淹水範圍

背向散射值 (Sigma Naught : σ^0):

1. 從地表返回天線的單位面積訊號強度
2. 在雷達影像中水體具有很低的背向散射值

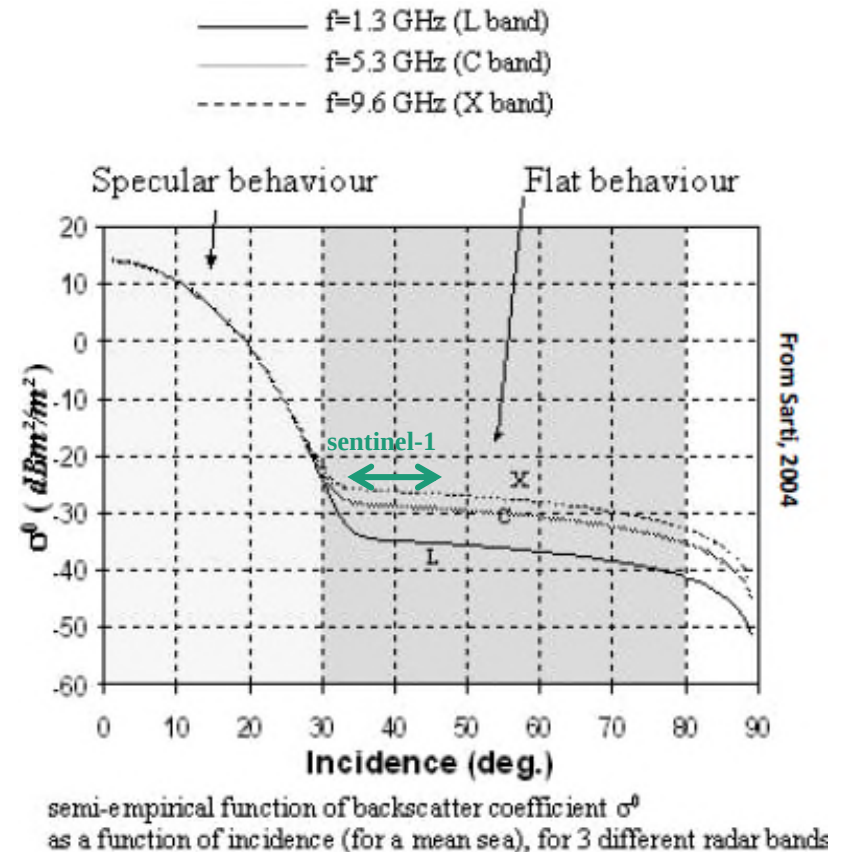


適用於水體區分的極化影像

Table 2. Adequation between polarization and land-use mapping.

	HH	HV	VV
Forest	+	+++	++
Fields	++	+++	++
Urban areas	+++	-	++
Water bodies	+++	++	+

Henry et al., 2006

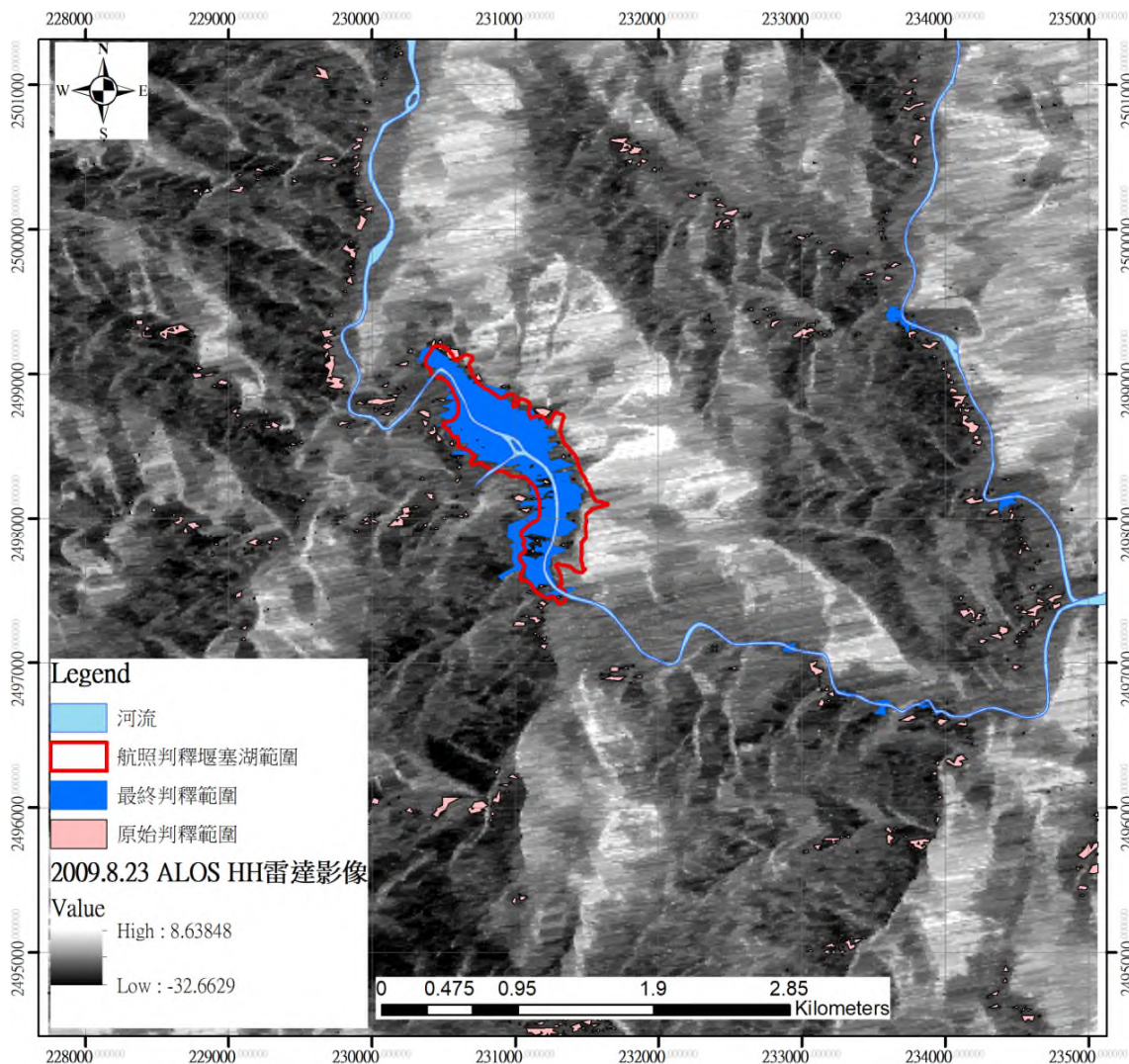


Sarti, 2004

- 藉由計算前後期雷達影像的背向散射(Backscatter coefficients: σ^0)是否有明顯變化，可做為洪水溢淹或堰塞湖範圍判斷的一種方式。

案例分析：2009年莫拉克颱風於臺東太麻里溪之堰塞湖

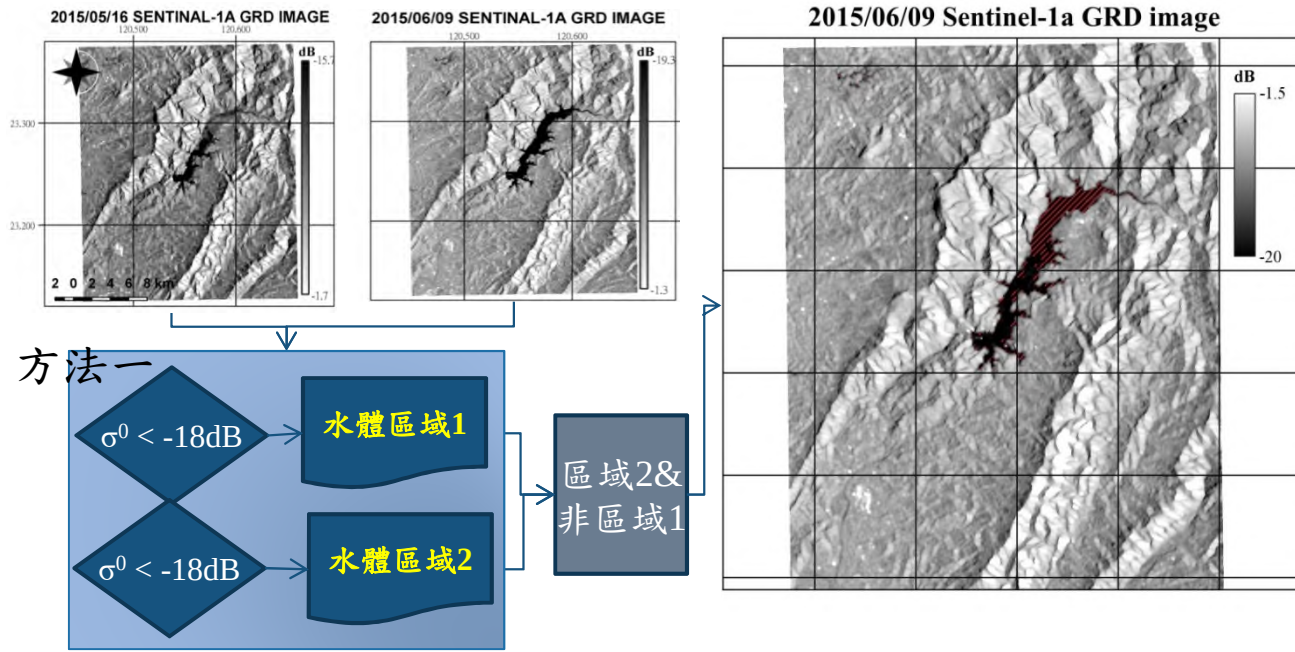
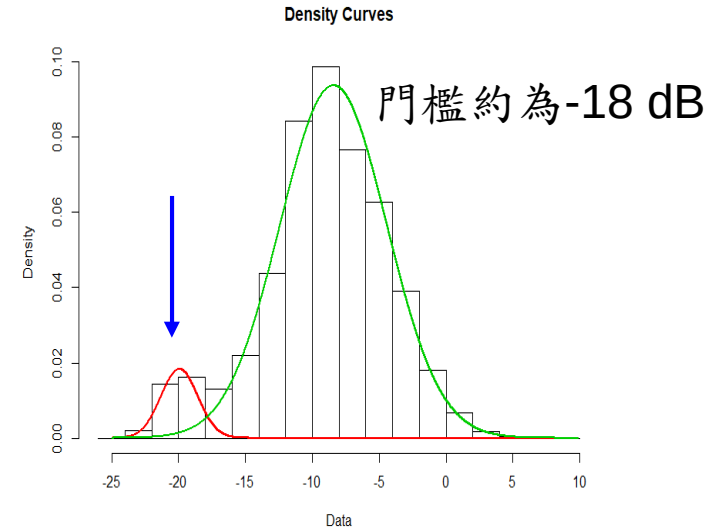
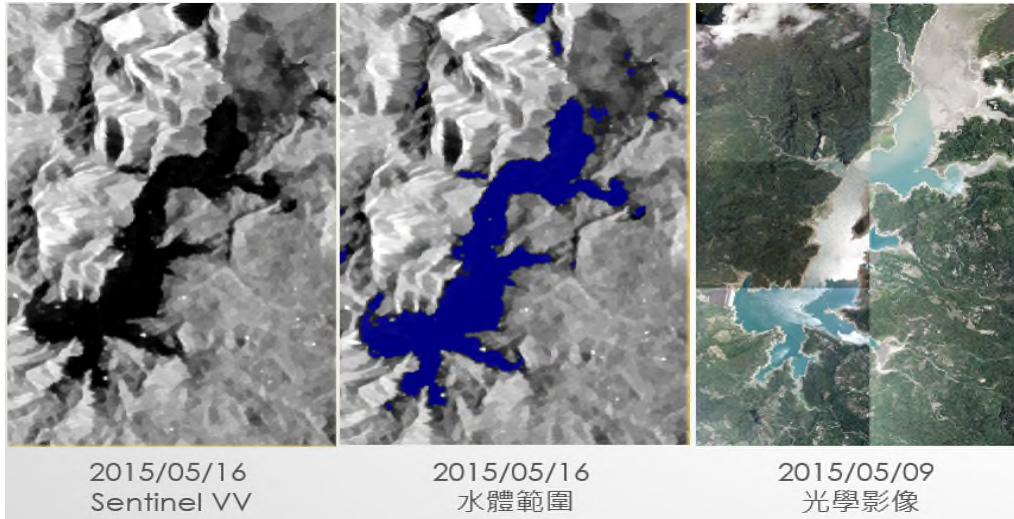
➤ 使用**SNAP**及L波段**ALOS SLC HH**極化雷達影像：2009/07/08、2009/08/23



1. 初步判釋區域：包括山域低窪集流區，但此區仍可能為莫拉克颱風過後地表含水的區域(粉紅)。
2. 藉由與主要河川圖層可萃取出最可能為堰塞湖的區域。
3. 雷達影像判釋的堰塞湖面積約為0.55平方公里
4. 與航照判釋的堰塞湖之精確指標：準確率 (Accuracy) = 99.3%、精確率 (Precision) = 63.2%、召回率 (Recall) = 81.1%、F1-Measure = 71.0% 和 Kappa = 70.7%。

案例分析：2015年曾文水庫梅雨前後的水體範圍變化

➤ 使用C波段 **Sentinel-1 GRD VV**極化雷達影像：2015/05/16、2015/06/09



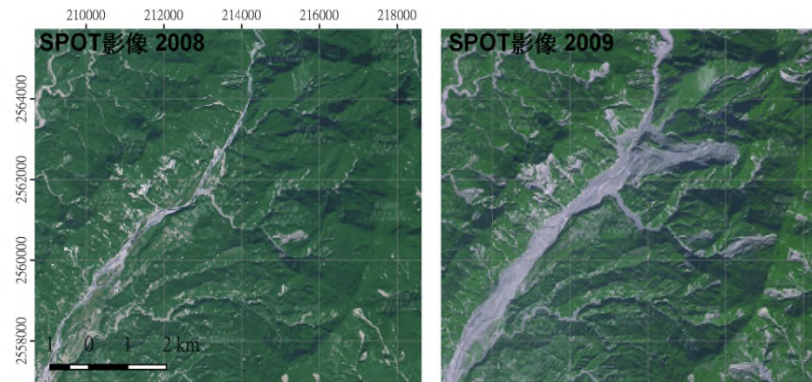
➤ 本研究簡化的分析結果與Bioresita et al. (2018)結果：準確性略為下降，但差異並不明顯，並且處理時間可以縮短至4小時內，在防災應變上仍有相當之價值。

山崩偵測: 獻肚山山崩(小林村)

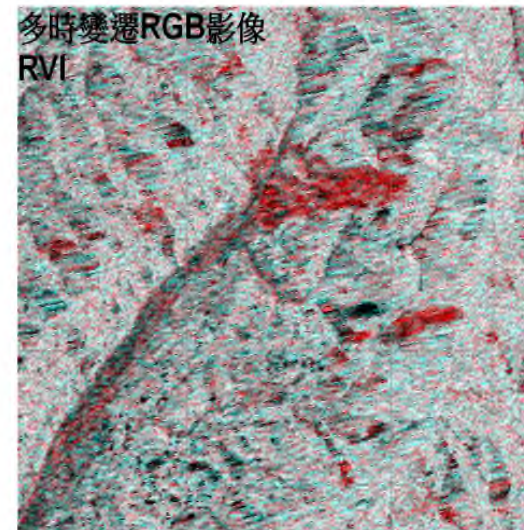
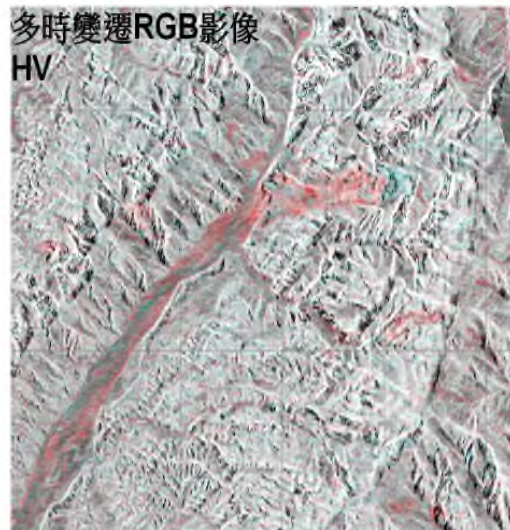
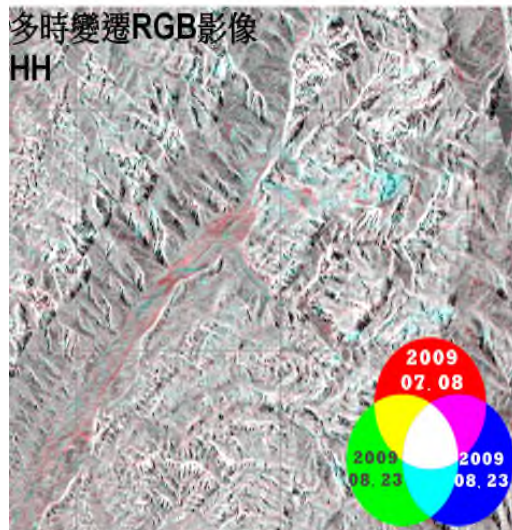
雷達植生指標 (Radar Vegetation Index, RVI)

$$RVI = 8 \sigma^{\circ} HV / (\sigma^{\circ} HH + \sigma^{\circ} VV + \sigma^{\circ} HV) \quad (\text{Lee and Pottier, 2009})$$

$$RVI = 20 \log(\sigma^{\circ} HV / \sigma^{\circ} HH) \quad (\text{Kao et al., 2010})$$



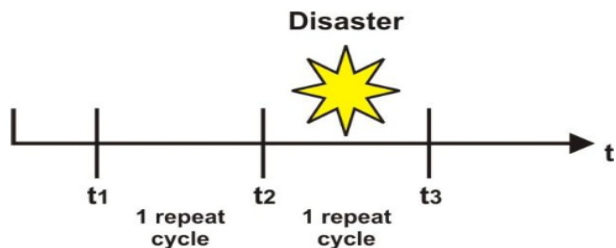
胡植慶等，2019



雷達影像多時變遷偵測:山崩

- 利用災害前後**多時序影像**的**強度相關性(Intensity correlation)**，比單純災害前後影像差異更適合於災害的變遷偵測

多期影像災害偵測影像需求



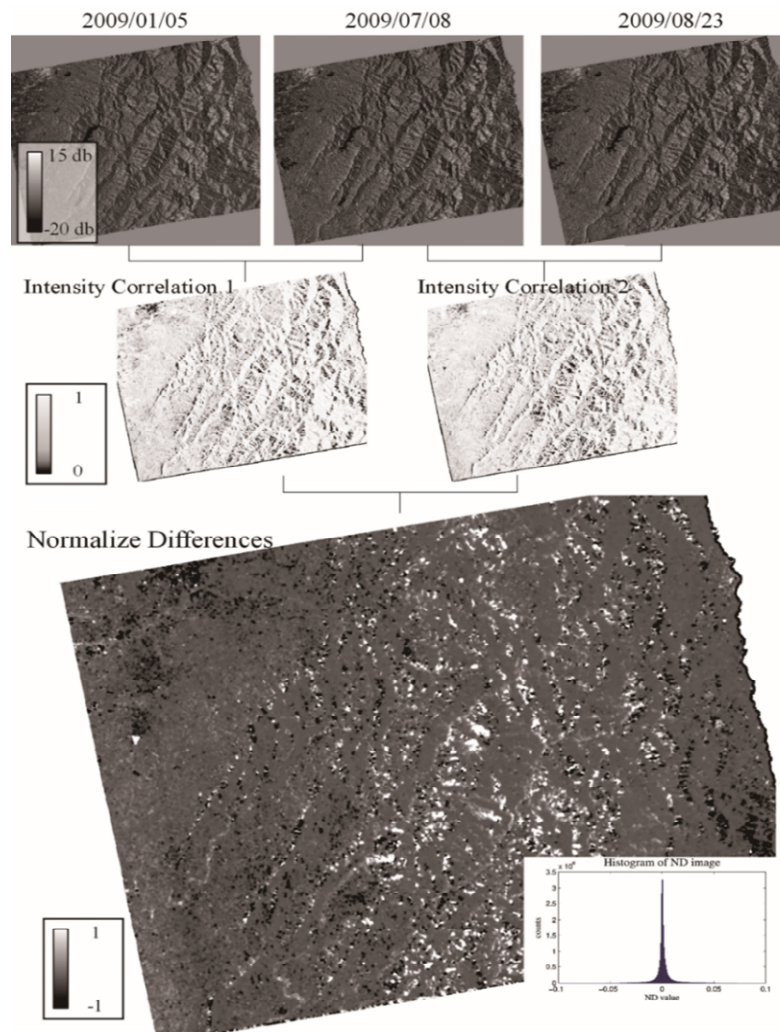
強度相關性
(Intensity correlation)

$$\rho = \frac{E\langle I_1 I_2 \rangle}{\sqrt{E\langle I_1^2 \rangle E\langle I_2^2 \rangle}}$$

正規化差異指標
(Normalized differences)

$$ND = \frac{X_{pre} - X_{co}}{X_{pre} + X_{co}}$$

災損評估正規化指標處理流程圖

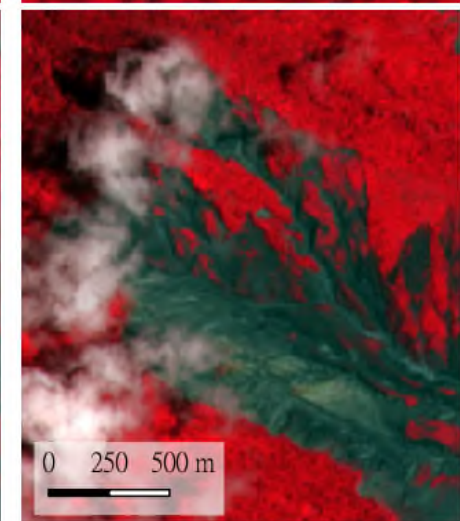
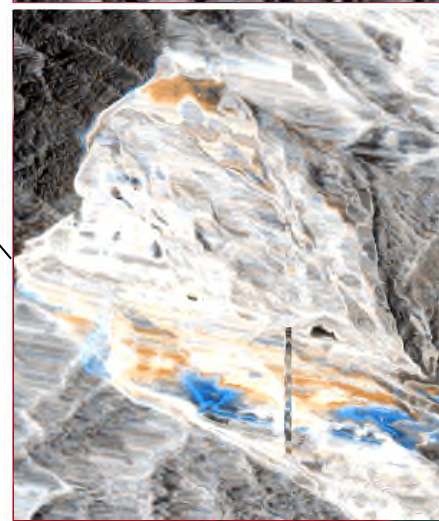
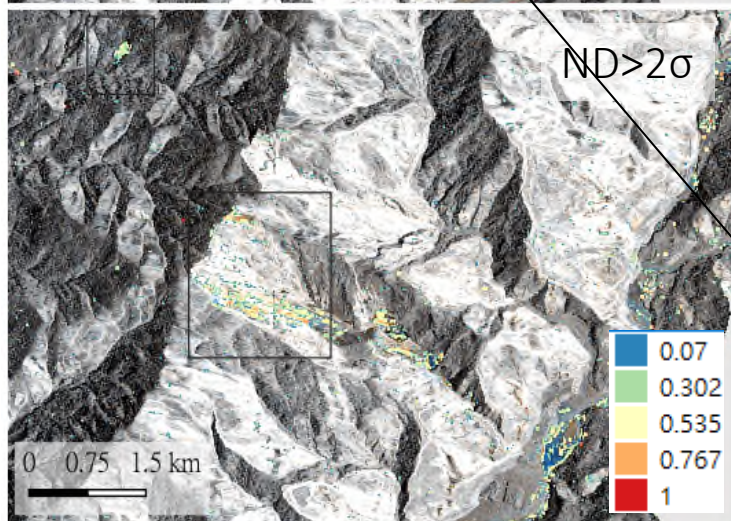
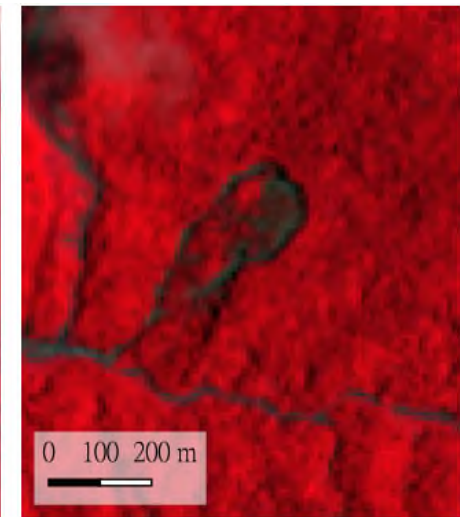
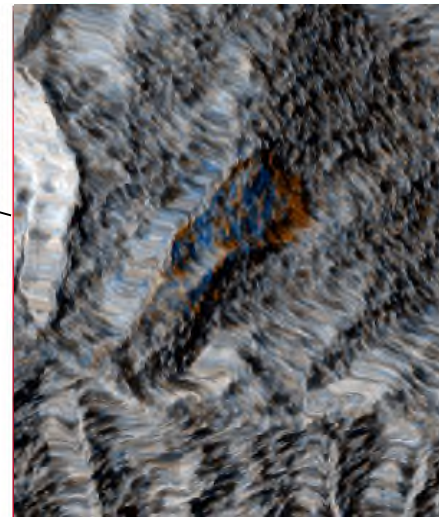
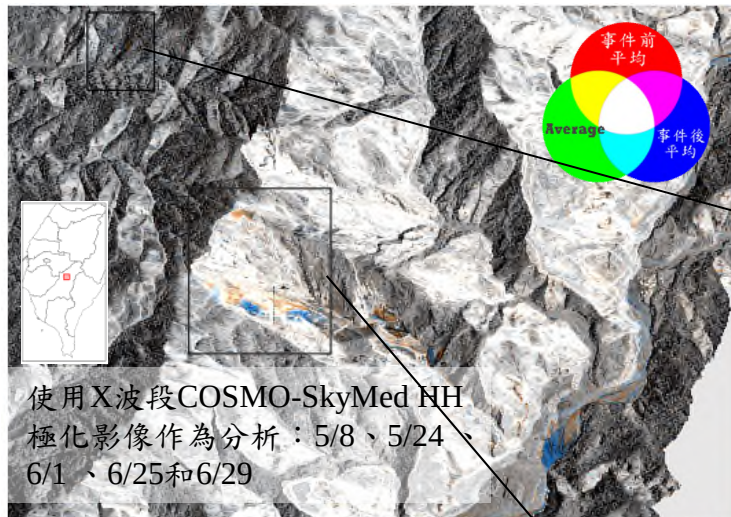


2017年6月豪雨布唐布納斯溪集水區山崩的偵測

CSK SAR多時變遷偵測

Sentinel-2 4/16

Sentinel-2 7/5



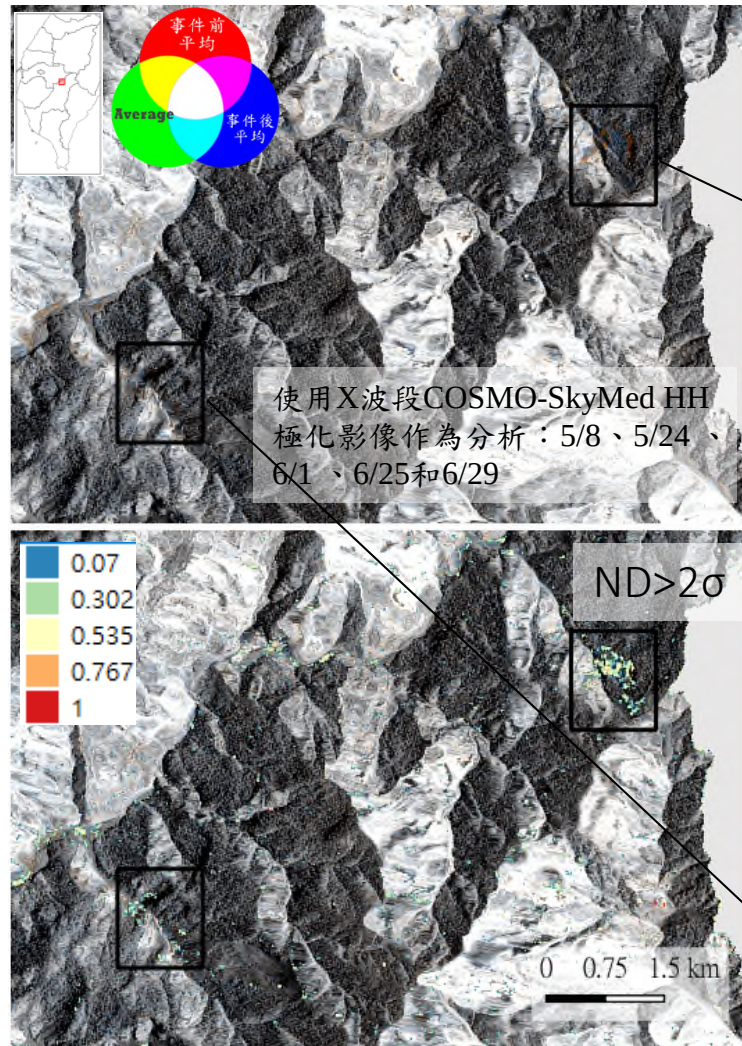
事件前:5/8、5/24、6/1；事件後:6/25、6/29

胡植慶等，2019

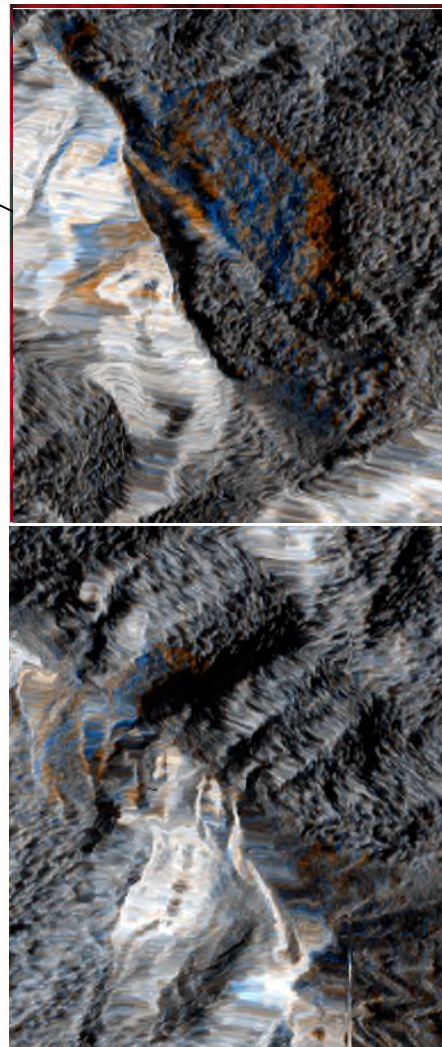
|ND|數值大於2個標準差(約0.07)的區域大多能與山崩的範圍匹配

2017年6月豪雨布唐布納斯溪集水區山崩的偵測

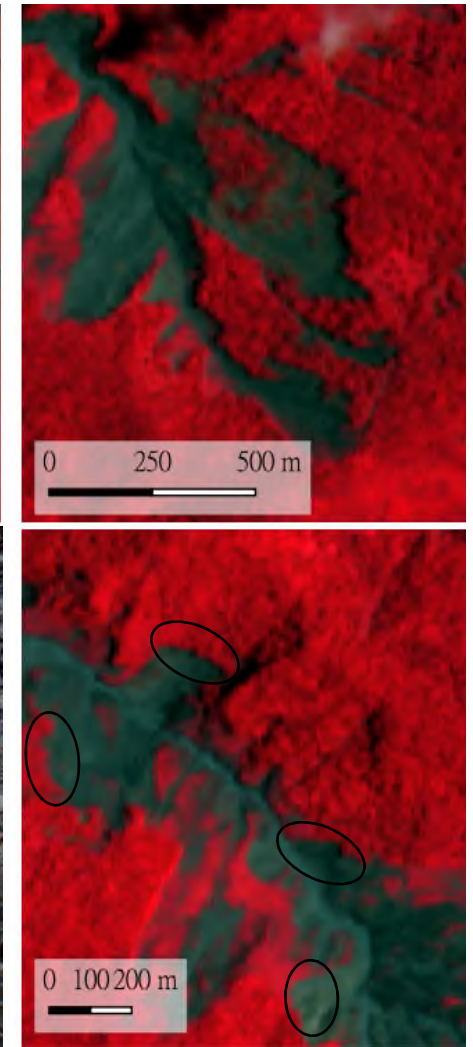
CSK SAR多時變遷偵測



Sentinel-2 4/16



Sentinel-2 7/5

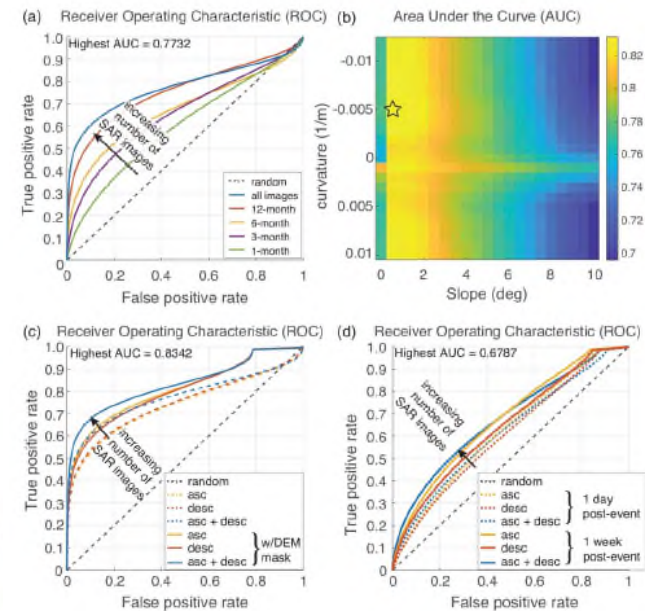
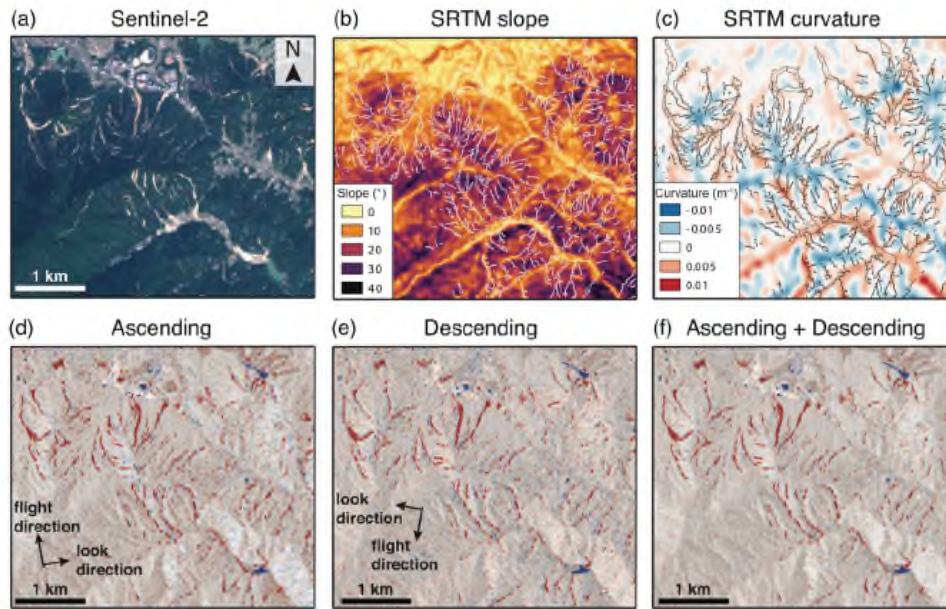


事件前:5/8、5/24、6/1；事件後:6/25、6/29

胡植慶等，2019

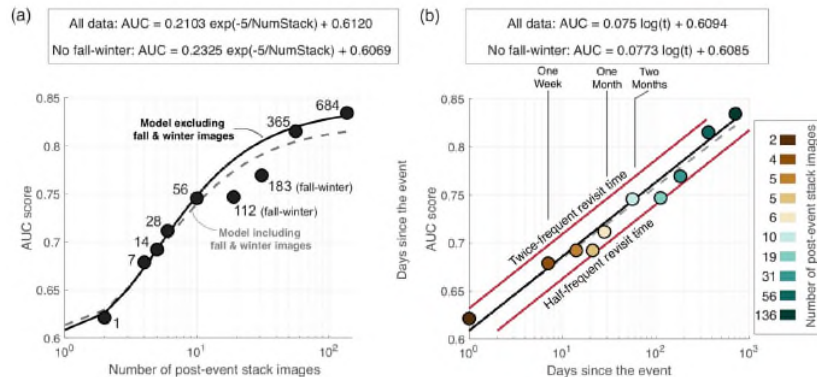
|ND|數值大於2個標準差(約0.07)的區域大多能與山崩的範圍匹配

雷達影像應用於崩塌地之功能評估



➤ 2018年的降雨事件引發廣島部分區域山崩。(d-f) 為Sentinel-1事件前後VH極化所得振幅值變化

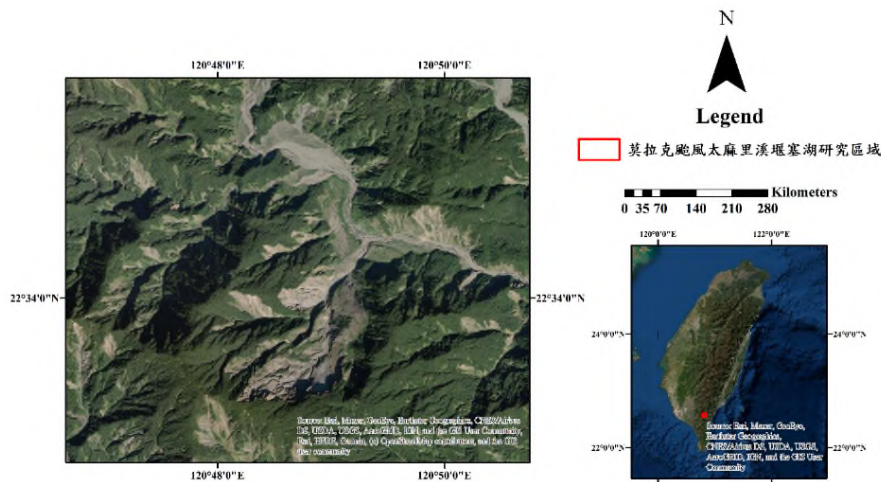
➤ 接受者工作特徵(ROC)和曲線下面積(AUC)分析圖



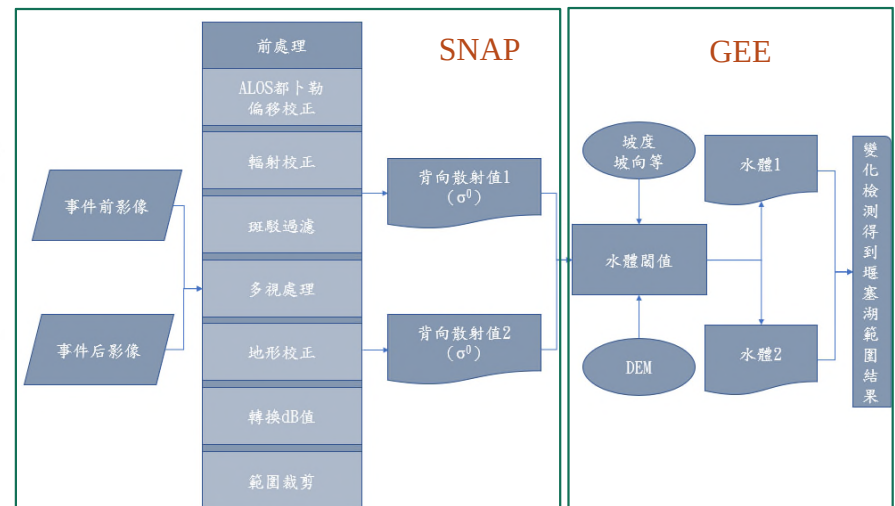
- (1) Sentinel-1VH極化：增加事件前後的SAR影像總數可以改善山崩檢測精度。通過應用DEM遮罩去除不太可能發生滑坡的區域，進一步提高了檢測性能。
- (2) 山崩檢測的精度：亦與植被的季節變化有關。
- (3) 升軌和下軌幾何SAR數據合併使用可以改進滑坡檢測精度。

➤ 曲線下面積(Area Under the Curve, AUC) 隨山崩事件發生後天數和SAR影像的增加而增加。

案例分析：Google Earth Engine偵測2009年莫拉克颱風於臺東太麻里溪之堰塞湖



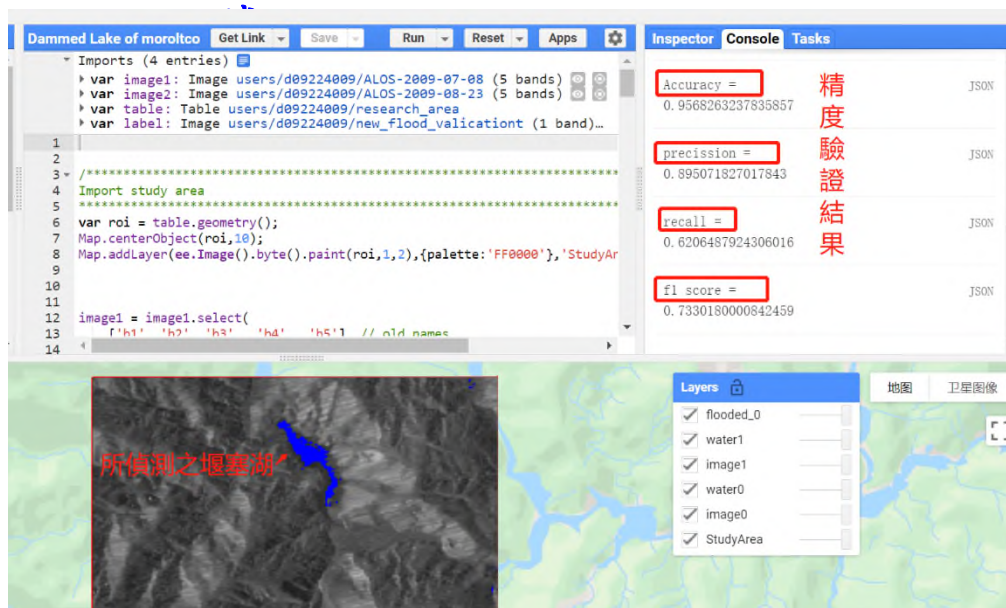
莫拉克颱風太麻里溪堰塞湖研究區



莫拉克颱風太麻里溪堰塞湖辨識處理流程

➤ 基於Google Earth Engine的2009年莫拉克颱風於臺東太麻里溪之堰塞湖雷達影像辨識成果

➤ **優勢**：突破了**硬體的設備的限制**，能更快速的得到堰塞湖偵測結果，且**人工修改閾值**更為直觀方便，能立馬顯示閾值調整後所得影像結果。

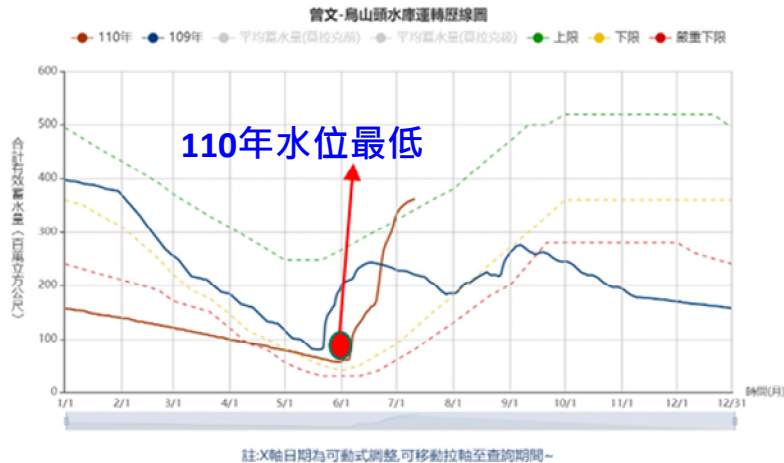


案例分析：2021年曾文水庫梅雨前後的水體範圍變化

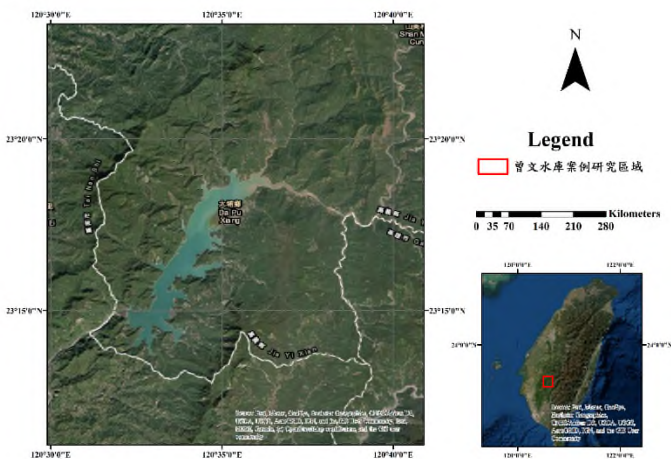


曾文水庫2021年五月下旬水位達到這一年中最低值

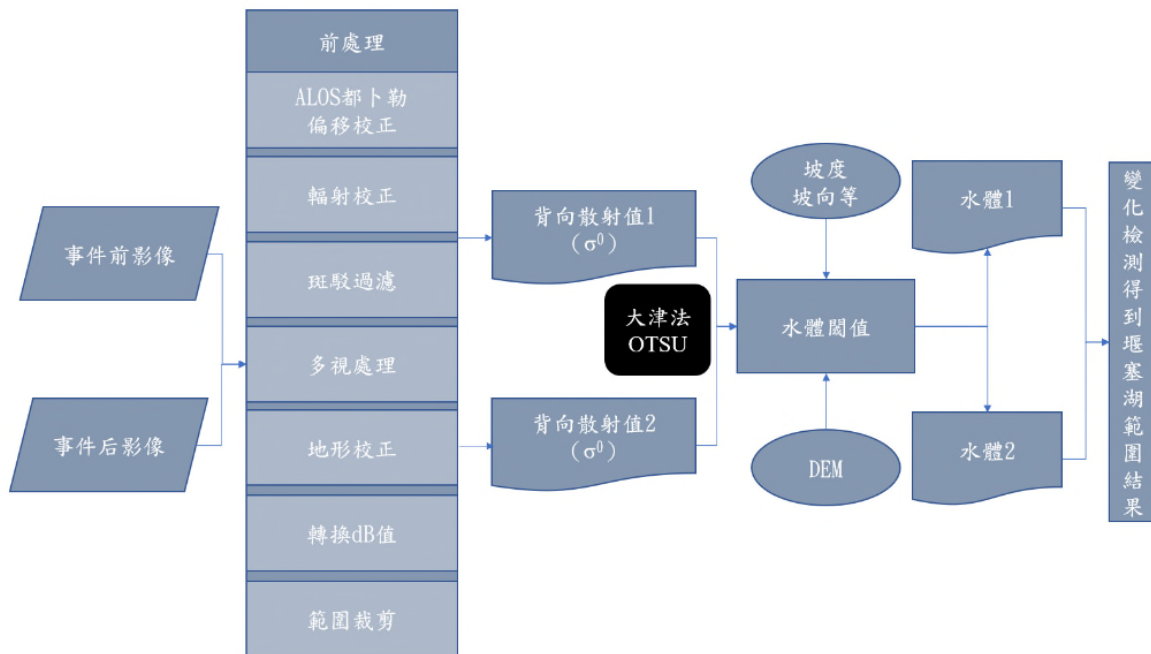
2021年6月的梅雨，讓曾文水庫上升200多萬立方公尺的進水量。



2021年曾文水庫運轉歷線圖

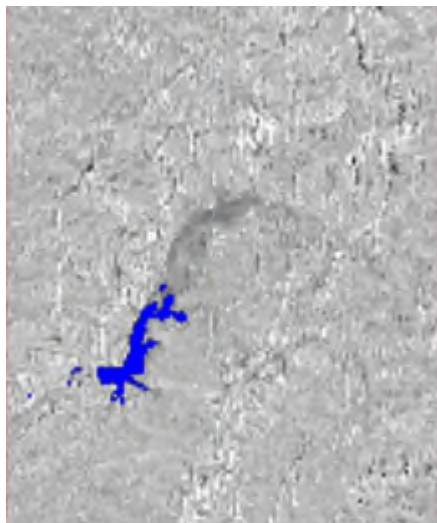


曾文水庫案例研究區域



Otsu (大津) 法 (求類間方差最大)

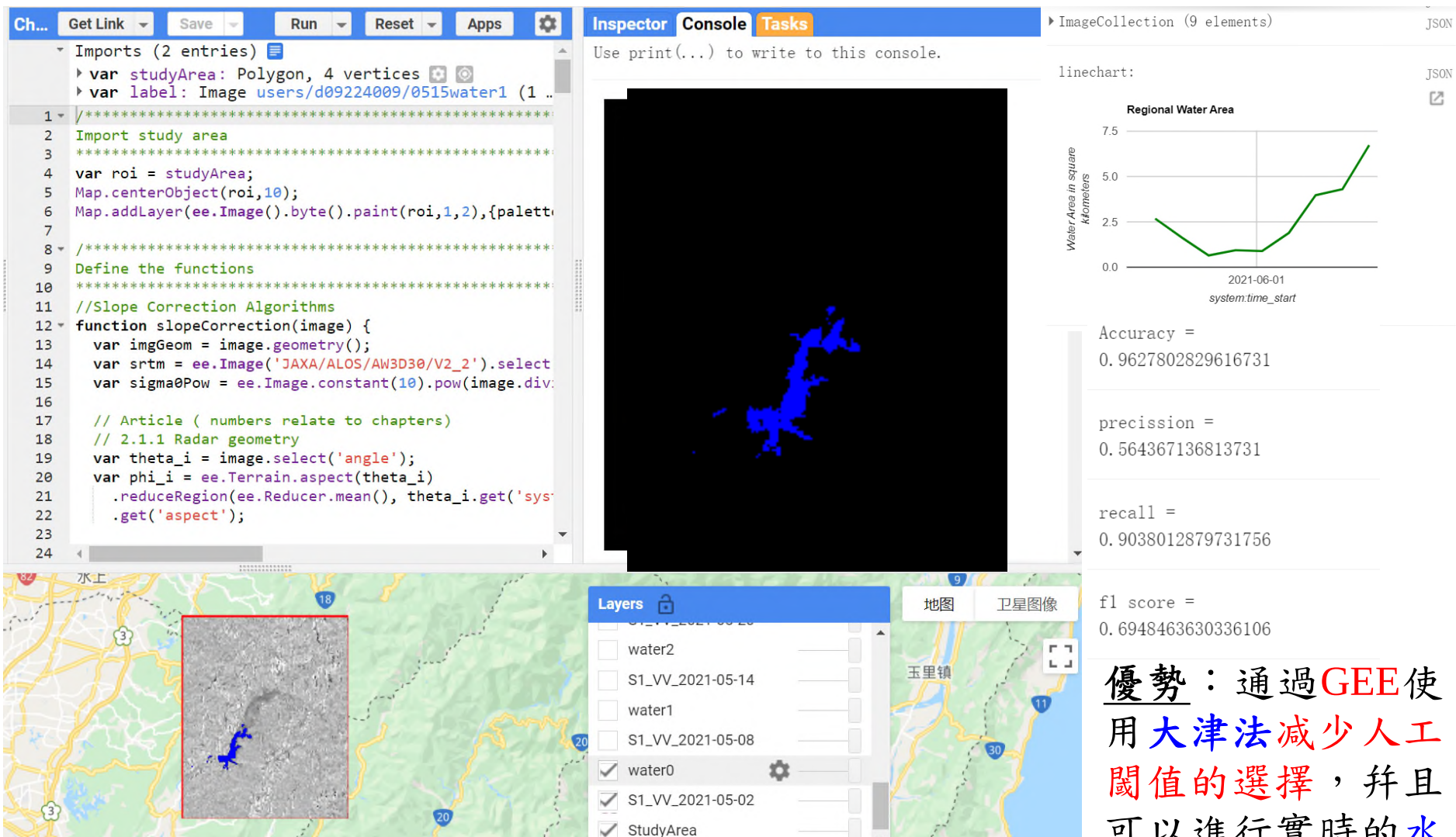
- Otsu算法是一種**確定閾值**的算法，也叫**最大類間方差法**，是由日本學者大津于1979年提出。



Water or not water
前景 背景

- 設**灰度圖像灰度級**是**L**，則灰度範圍為 $[0, L-1]$ ，利用OTSU算法計算圖像的最佳閾值為：
- $t = \text{Max}[w_0(t) * (u_0(t) - u)^2 + w_1(t) * (u_1(t) - u)^2]$
- 變量說明：當分割的**閾值**為**t**時，**w₀**為**背景比例**，**u₀**為**背景均值**，**w₁**為**前景比例**，**u₁**為**前景均值**，**u**為整幅圖像的均值。
- 使以上表達式值**最大的t**，即為**分割圖像的最佳閾值**。

案例分析：2021年曾文水庫梅雨前後的水體範圍變化



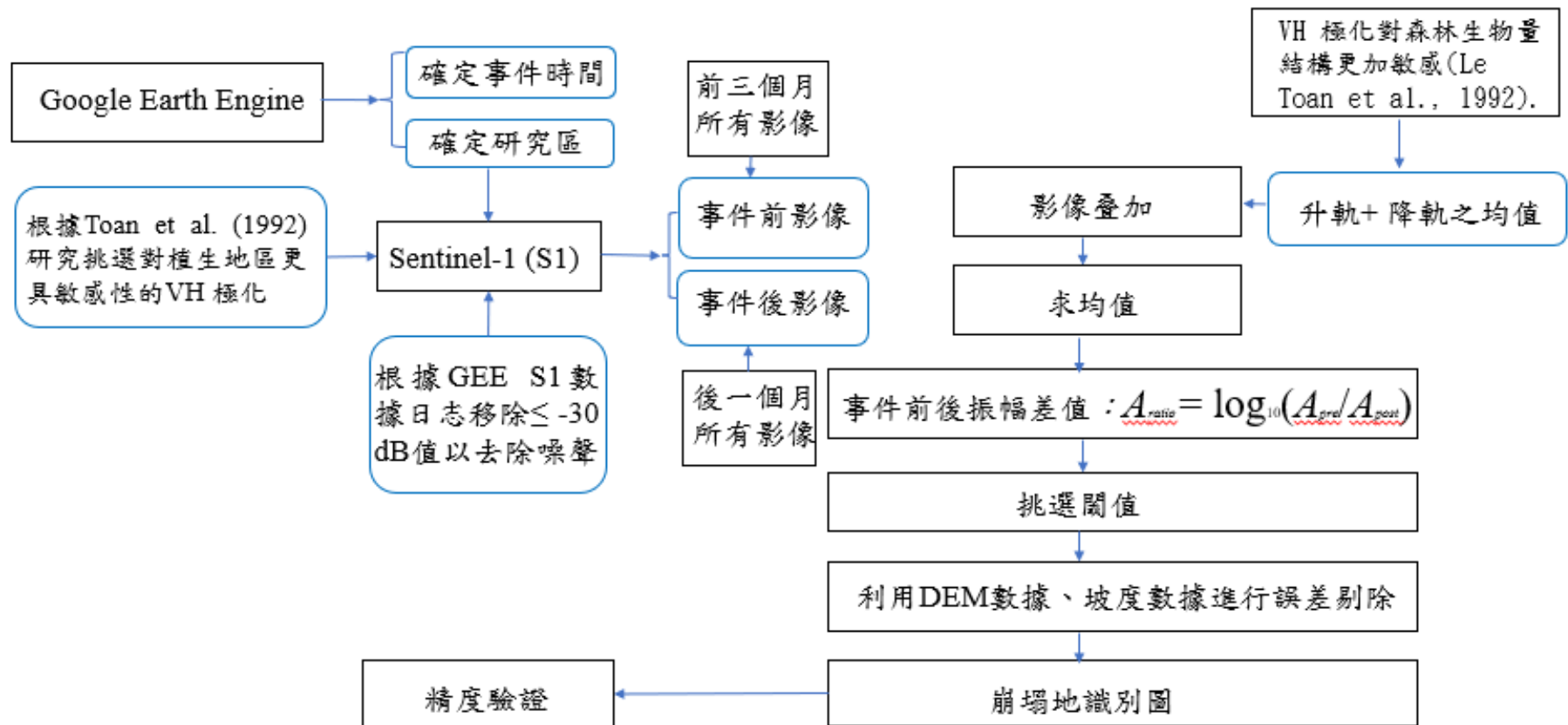
優勢：通過**GEE**使用**大津法**減少人工閾值的選擇，並且可以進行實時的水體範圍變化動態監測

<https://code.earthengine.google.com/f988a8579ca86dcfd33ff693a85a7c69>

雷達衛星影像於強降雨後大型崩塌之偵測實作

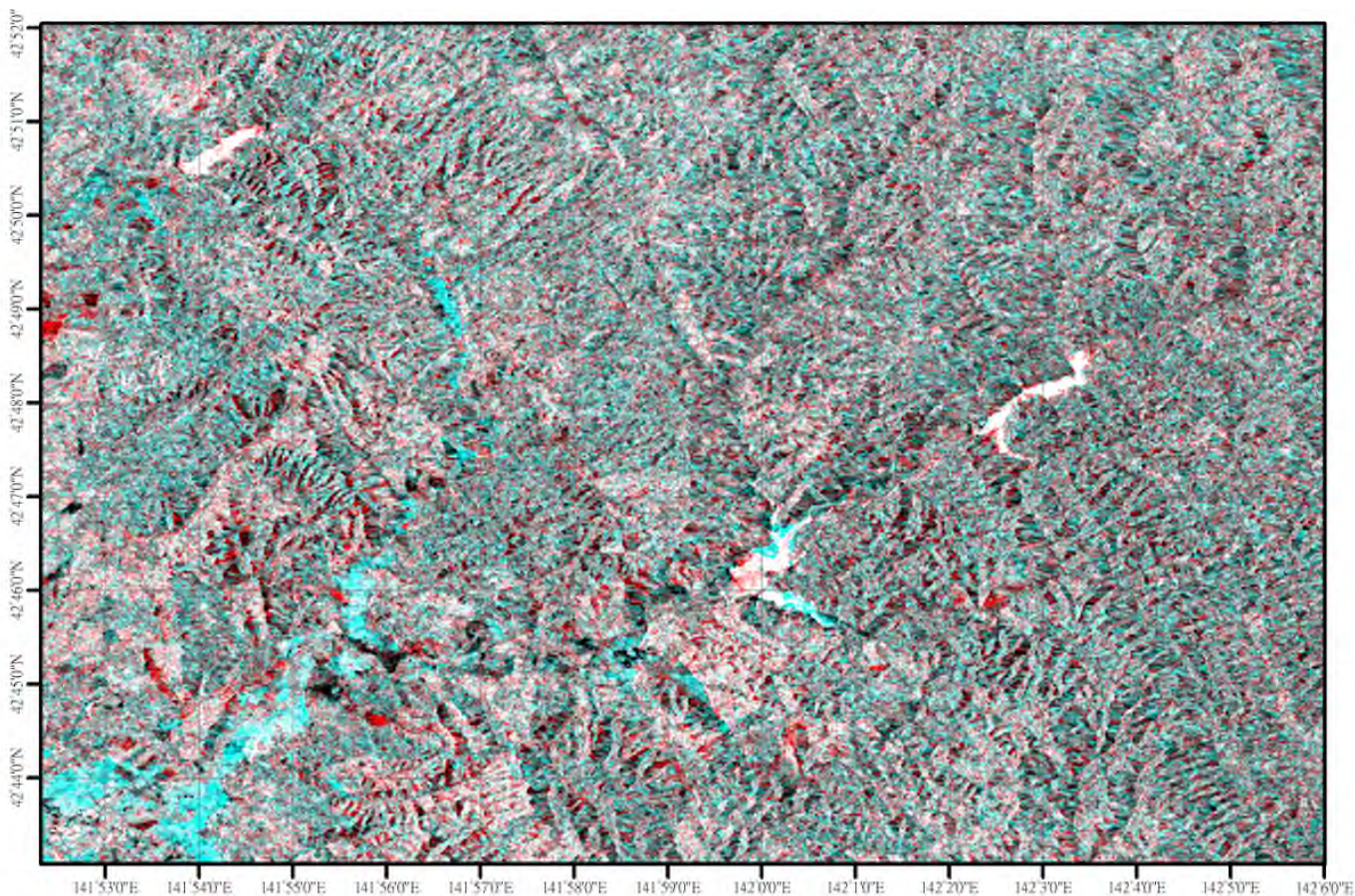
- 在災害如崩塌事件發生前後，當地表性質(如反射率、粗糙度、介電性質)發生變化時，**振幅**和**相關性**就會發生變化，但植生密度高的地區相干性總是低，對於本計劃研究的山崩區域不適用，所以本計劃研究大型山崩偵測的原理是基於事件前後雷達影像振幅變化。

GEE偵測崩塌方法流程圖



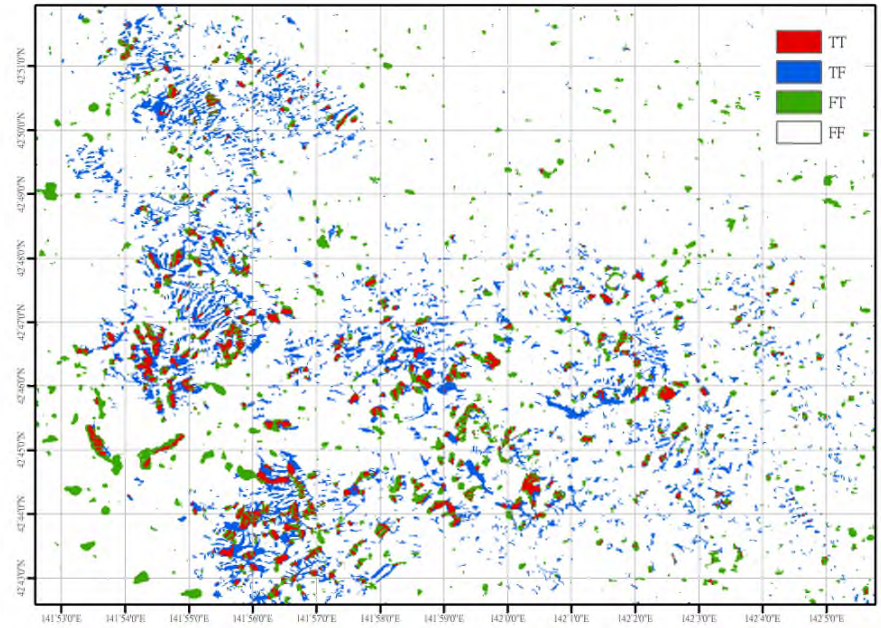
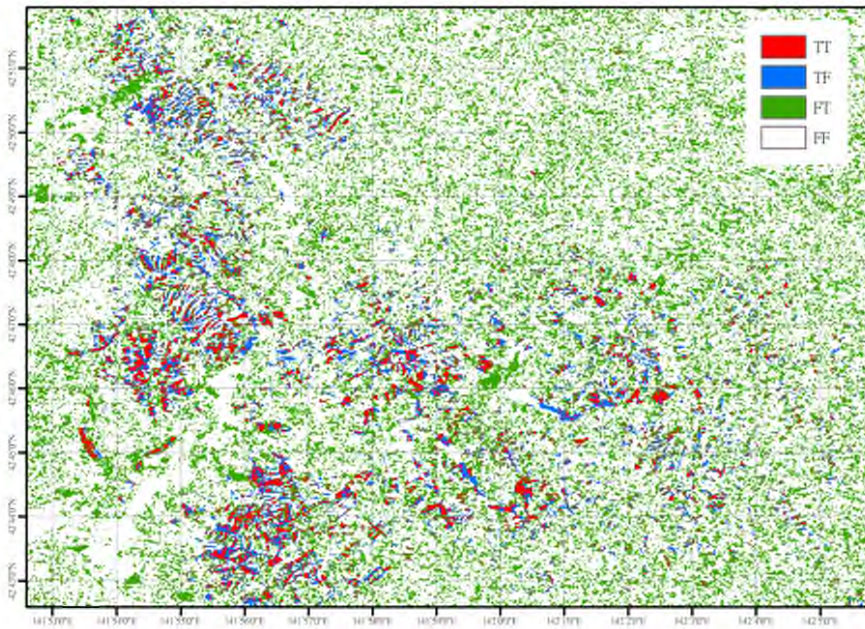
案例分析：2018年日本北海道地震山崩

- 使用C波段**Sentinel-1** 雙極化雷達影像(VV,VH)：2018/08/25、2018/09/06
- Sentinel 1，只具有VV與VH極化。參考Kao et al. (2010)的研究使用山崩偵測指標 **$RVI=20*\log(VH/VV)$**



- 日本北海道厚真町山崩多時變遷雷達影像(紅色：地震前平均RVI; 綠色與藍色：地震後平均RVI)。顏色越偏紅色，表示事件前後植被指數RVI差異越大???

案例分析：2018年日本北海道地震山崩

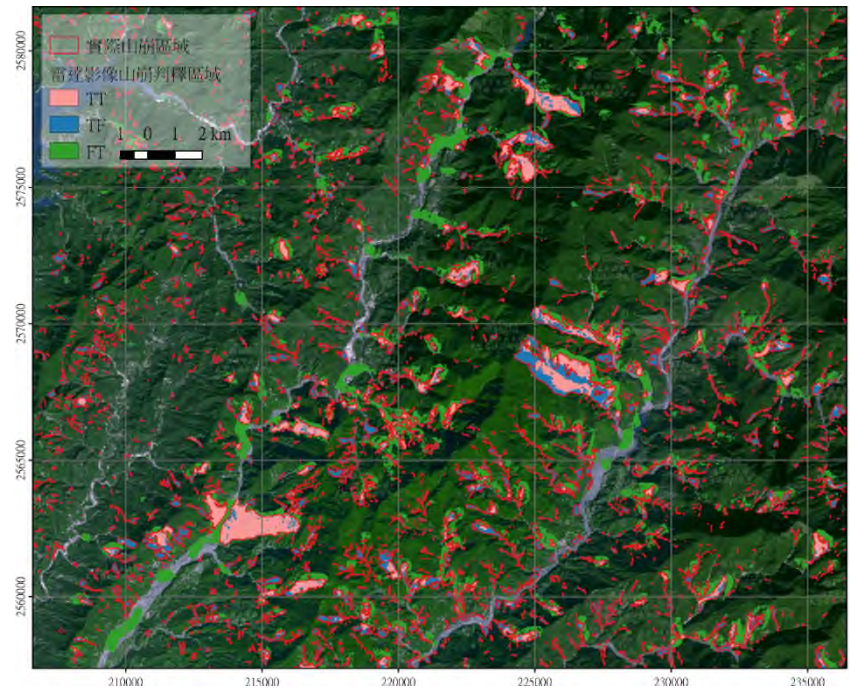
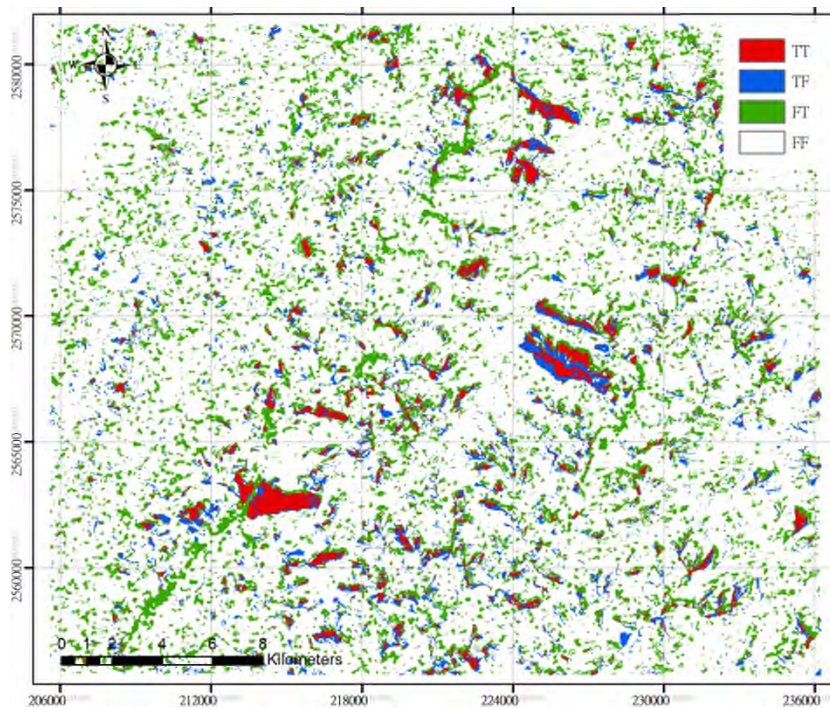


➤ **RVI**變化大於**2dB**作為**門檻**判釋山崩

➤ **Backscattering coefficient difference**判釋山崩

1. 90%面積大於0.06平方公里，無法辨識的山崩面積較小，90%面積小於0.012平方公里。
2. 準確率= 91.3%, 精確率= 22.3% ,召回率 = 26.5% , F1-Measure = 24.2% 和Kappa= 19.7%。
3. **Backscattering coefficient difference**進行山崩判釋，非山崩被辨識為山崩的範圍已經大幅減少，但此分析方法提高了辨識準確性，卻使得較小區域的山崩無法被辨識。
4. 與Konishi and Suga(2018)研究的結果相比，精確性較小，大約一半左右而已，這可能是由於Konishi and Suga (2018)研究所採用的**COSMO-SkyMed StripMap**影像解析度高達**1-2公尺**，而本案例採用的Sentinel 1 IW GRD影像解析度為20公尺的所造成的差異。

案例分析：2009年莫拉克颱風臺灣西南部山崩

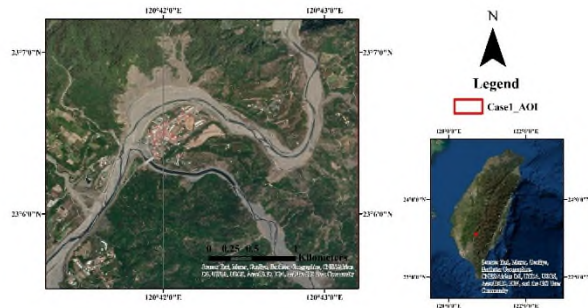


➤ RVI變化大於2dB作為門檻判釋山崩

➤ Backscattering coefficient difference判釋山崩

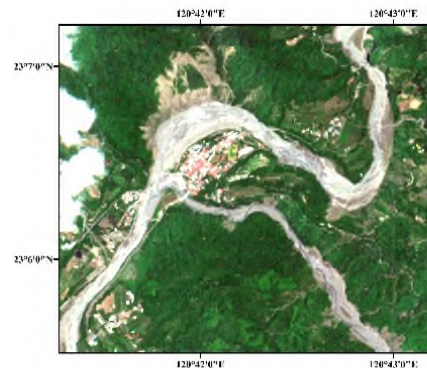
1. 成功辨識的山崩：90%面積大於0.13平方公里，而無法辨識的山崩面積較小，90%面積小於0.016平方公里。
2. 準確率= 89.9%, 精確率= 32.1%, 召回率= 31.9%, F1-Measure= 32.0% 和Kappa= 26.6%。
3. Backscattering coefficient difference進行山崩判釋：非山崩被辨識為山崩的範圍已經大幅減少。此分析方法雖提高辨識準確性，卻使得較小區域的山崩無法被辨識出來。
4. 在河道區域有些較大區域被判釋出來，這些地方並非實際山崩區域，而是屬於莫拉克颱風過後，河道明顯有變化的區域。

案列一：基於多期雷達影像偵測盧碧颱風之寶來崩塌地



寶來一橋上游右岸國有林班地邊坡崩塌研究範圍

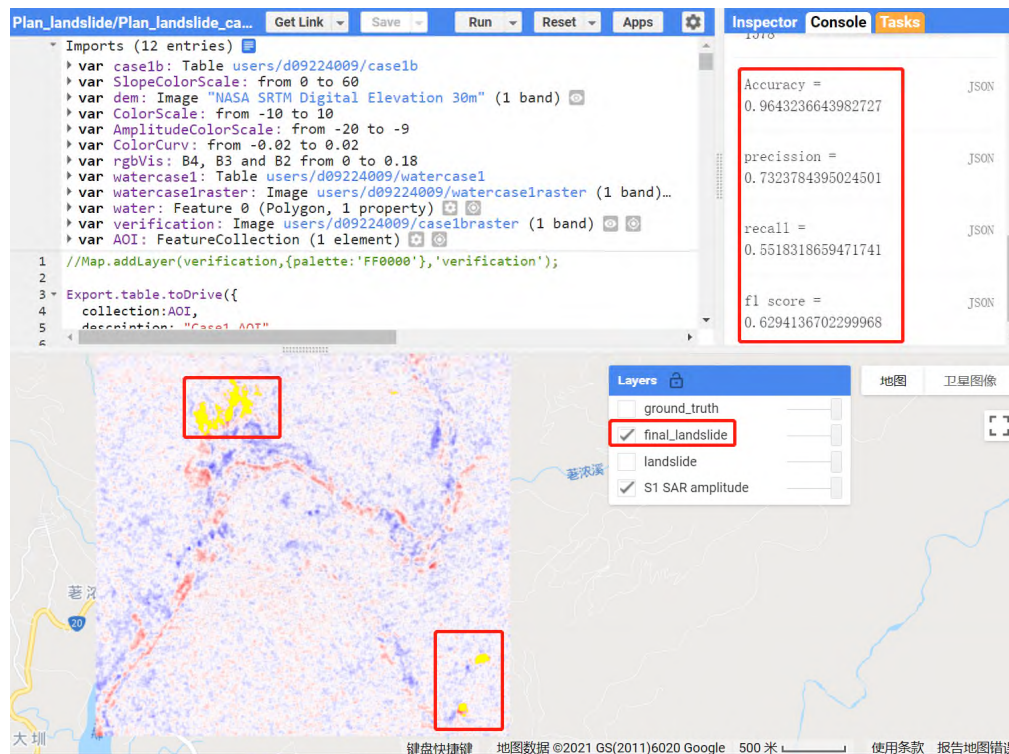
2021年7月9日寶來地區Sentinel-2衛星影像圖



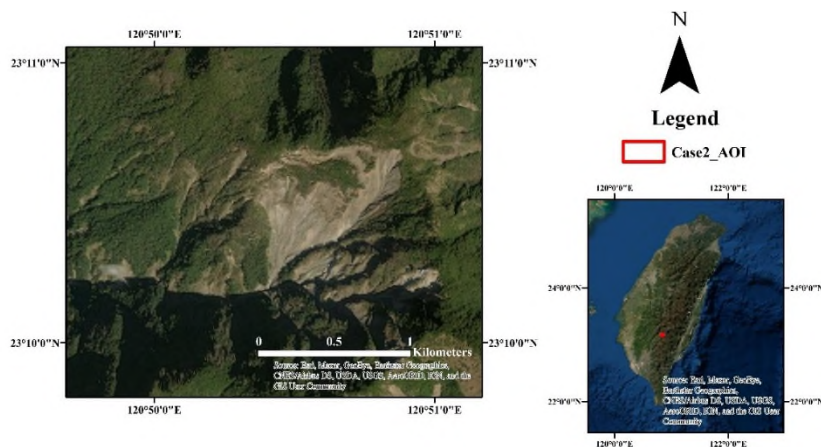
2021年8月28日寶來地區Sentinel-2衛星影像圖



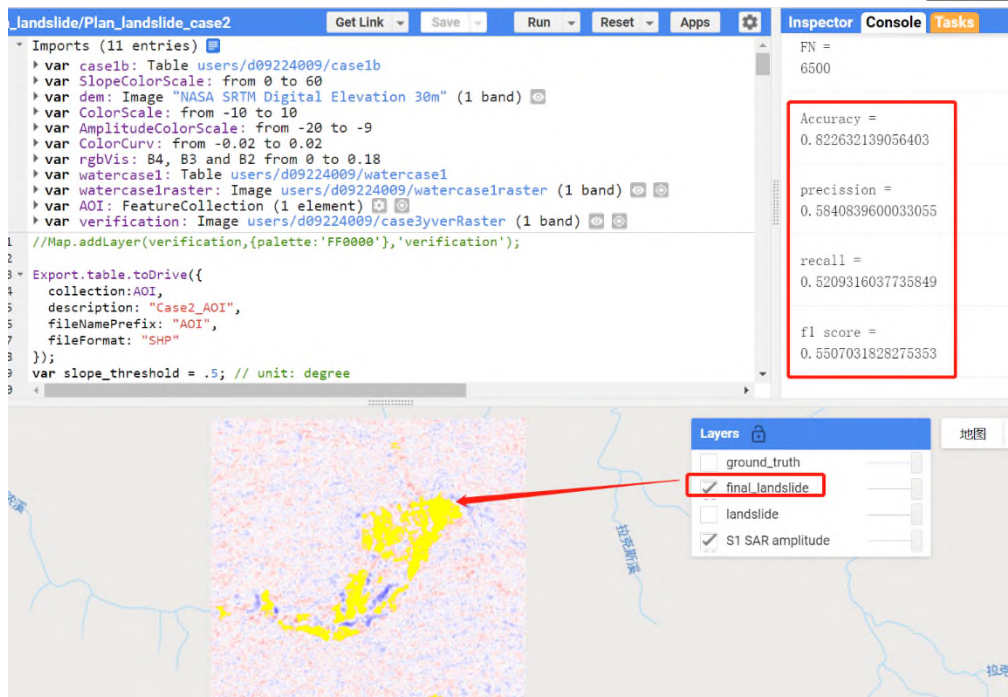
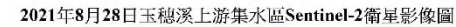
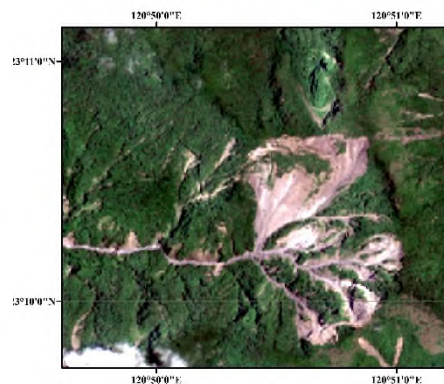
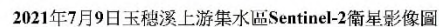
➤ GEE的寶來一橋上游右岸國有林班地邊坡崩塌識別。黃色為識別崩塌地範圍。



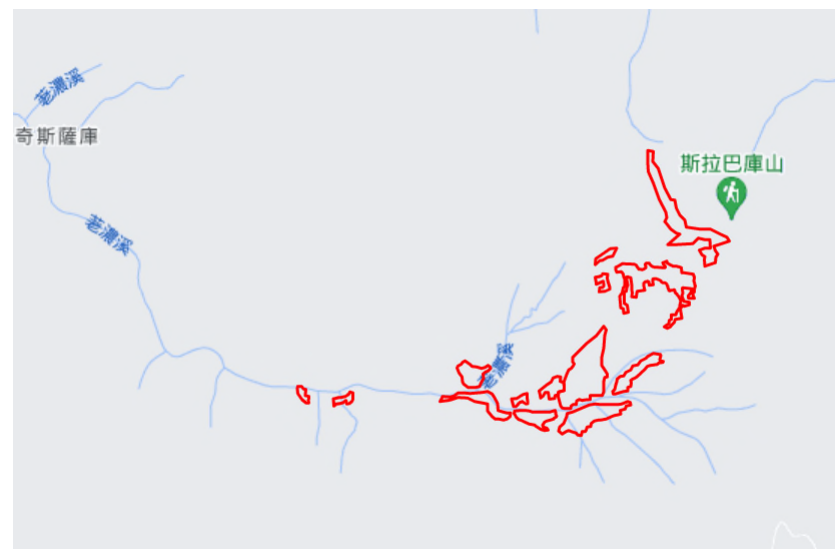
案列二：多期雷達影像於盧碧颱風之玉穗溪上游集水區
崩塌地辨識



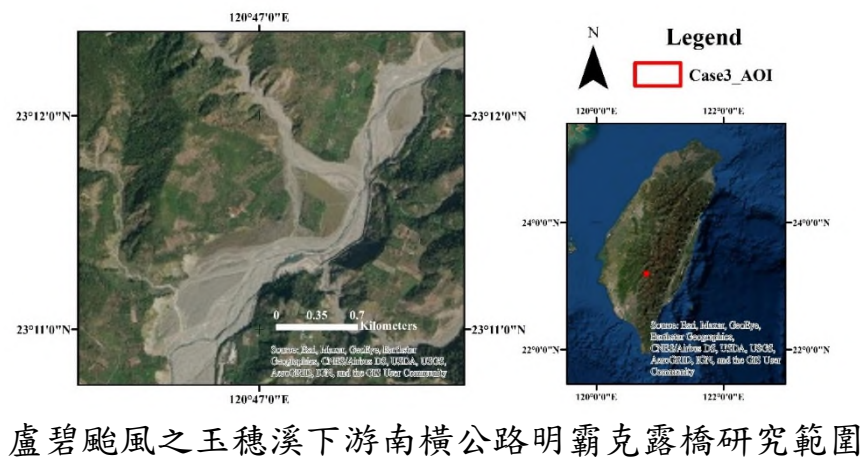
盧碧颱風之玉穗溪上游集水區崩塌地研究範圍



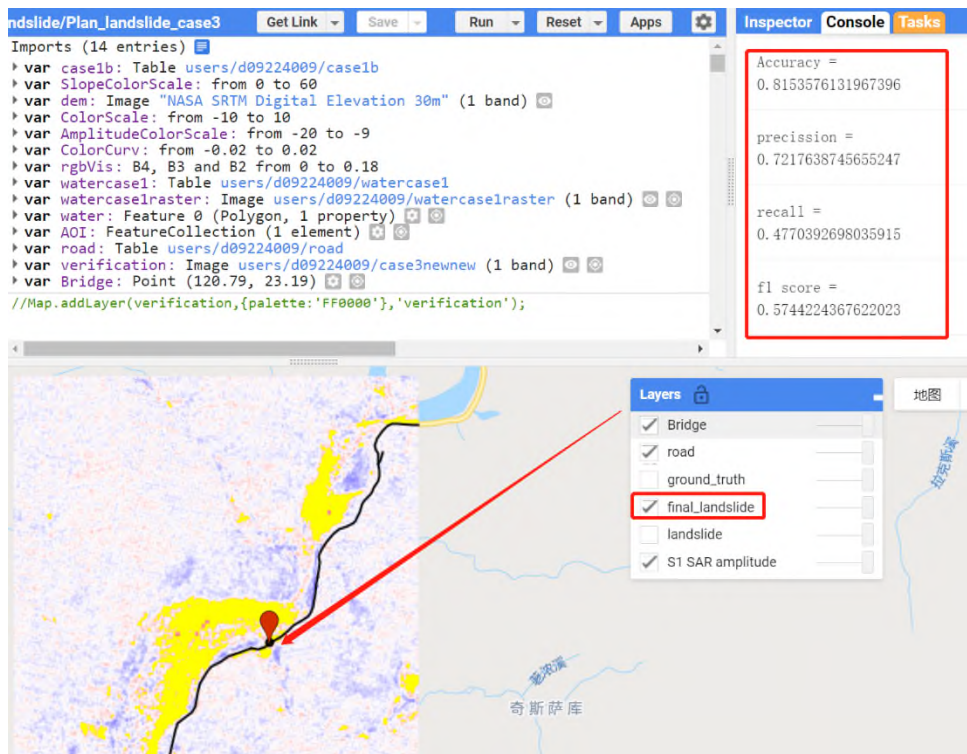
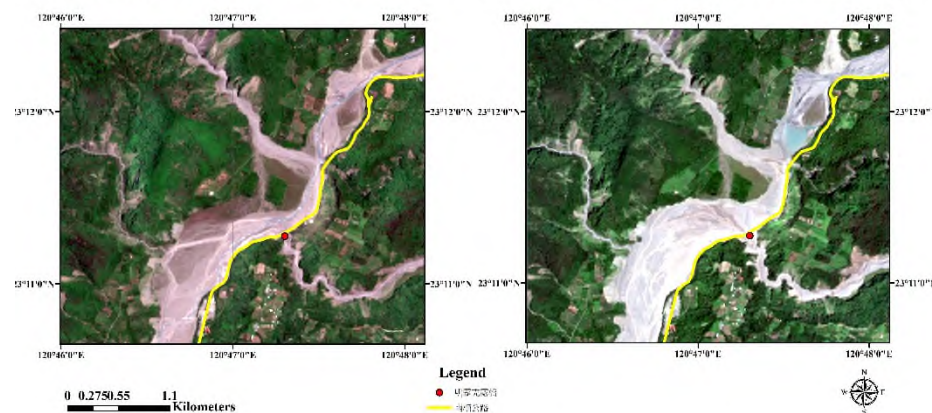
GEE的**玉穗溪**上游集水區崩塌地識別結果。**黃色**為識別**崩塌地範圍**。



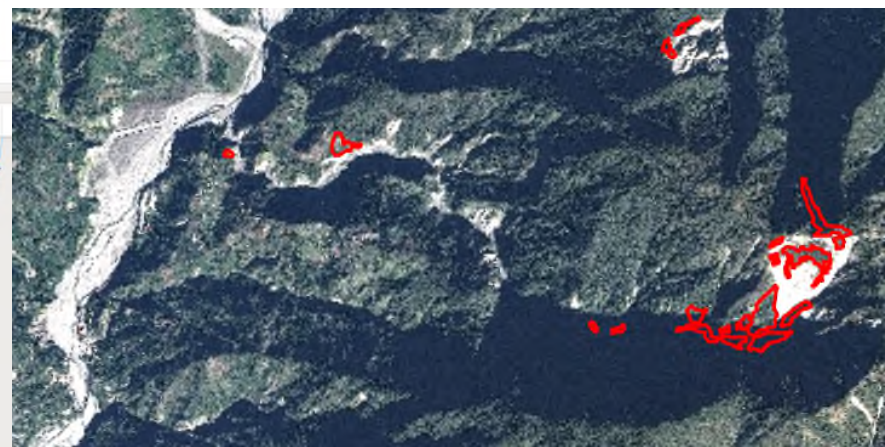
案列三：多期雷達影像偵測盧碧颱風之玉穗溪下游明霸克露橋沖毀事件



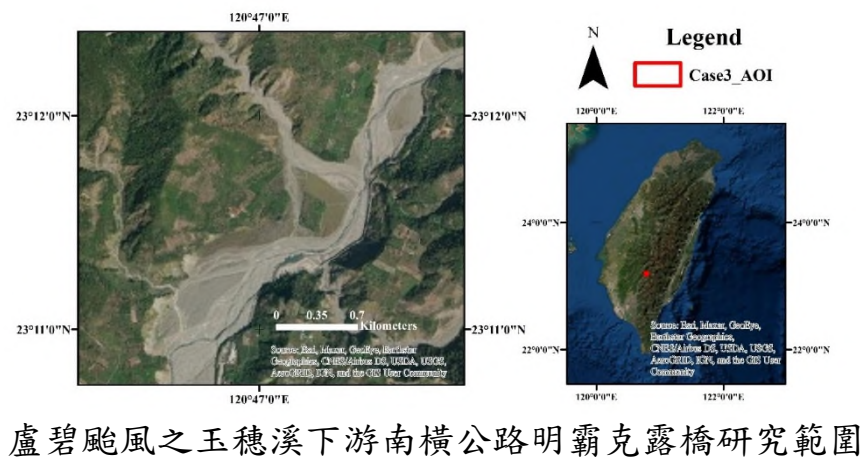
2021年7月9日玉穗溪下游南橫公路明霸克露橋Sentinel-2衛星影像圖 2021年8月28日玉穗溪下游南橫公路明霸克露橋Sentinel-2衛星影像圖



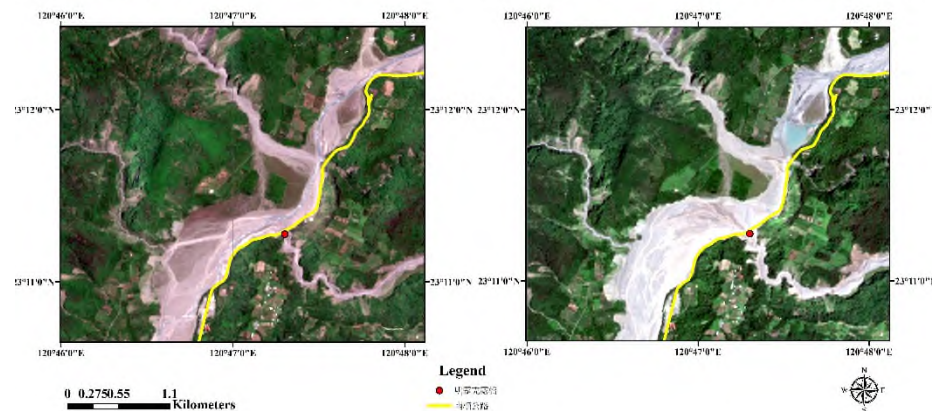
盧碧颱風之玉穗溪下游南橫公路明霸克露橋沖毀研究結果。黃色為識別河道堆積變異或崩塌地範圍。黑色線段為南橫公路部分區域，紅點定位為明霸克露橋。



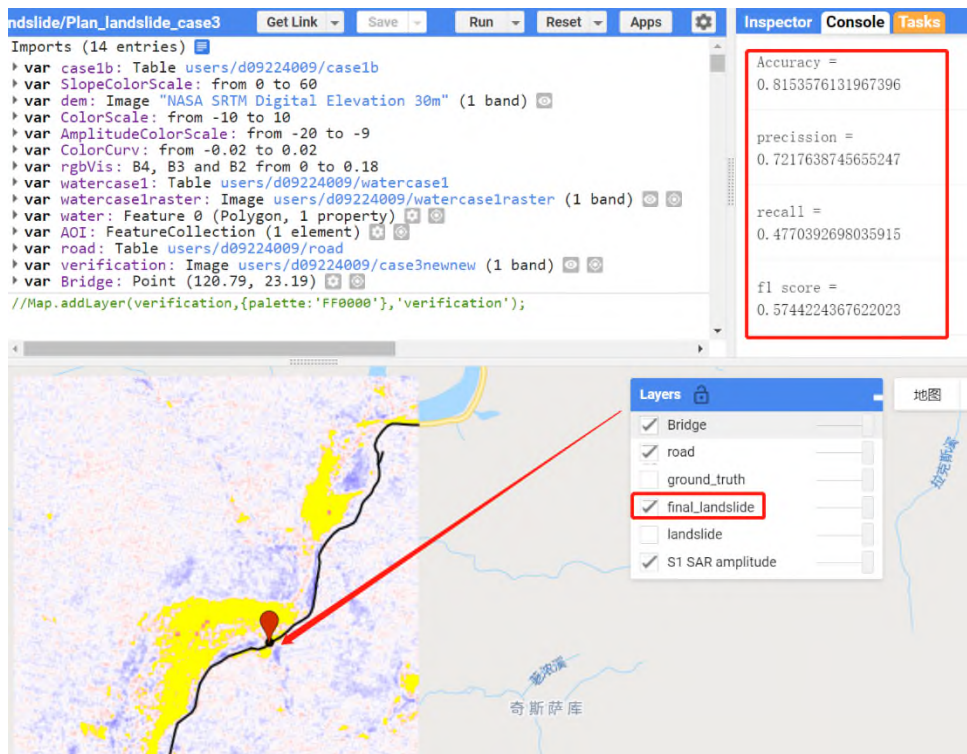
案列三：多期雷達影像偵測盧碧颱風之玉穗溪下游明霸克露橋沖毀事件



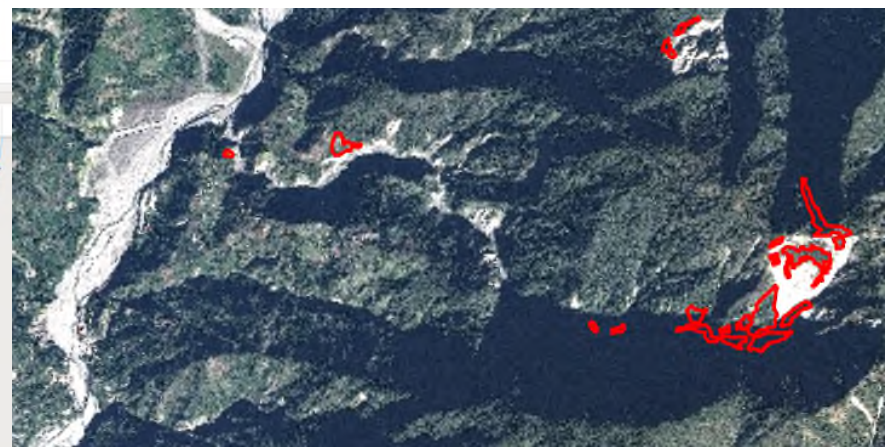
2021年7月9日玉穗溪下游南橫公路明霸克露橋Sentinel-2衛星影像圖 2021年8月28日玉穗溪下游南橫公路明霸克露橋Sentinel-2衛星影像圖



盧碧颱風之玉穗溪下游南橫公路明霸克露橋研究範圍



盧碧颱風之玉穗溪下游南橫公路明霸克露橋沖毀研究結果。黃色為識別河道堆積變異或崩塌地範圍。黑色線段為南橫公路部分區域，紅點定位為明霸克露橋。



總結

- 應急反應(Quick Response)：針對堰塞湖、溢淹、崩塌地變遷偵測和判釋，蒐集並整理目前常用的雷達衛星資訊，就其波長、解析度、穿透特性、偏極特性、再訪週期、影像取得、費用等，評估其於不同災害所需之規格（包含處理等級）及可行性。
- 現有雷達衛星影像處理開源軟體之評估與測試中，經過比較Google Earth Engine (GEE)開源雲端平臺和SNAP軟體優缺點，本計劃建議使用的最佳研究平臺為Google Earth Engine開源雲端平臺。
- 本計劃堰塞湖研究部分主要基於雷達影像發生堰塞湖事件前後背散射係數會發生變化的原理，通過開源雲端平臺GEE採用閾值法進行堰塞湖偵測，偵測的精確指標準確率y 基本大於90%，精確率、recall、f1 score 大約高於55%，甚至更高。
- 通過開源雲端平臺GEE基於山崩事件前後雷達影像振幅變化對堰塞湖與崩塌地偵測識別進行快速流程化自動處理，結果顯示偵測的精確指標準確率基本大於80%，精確率、recall、f1 score 大約高於50% 甚至更高。

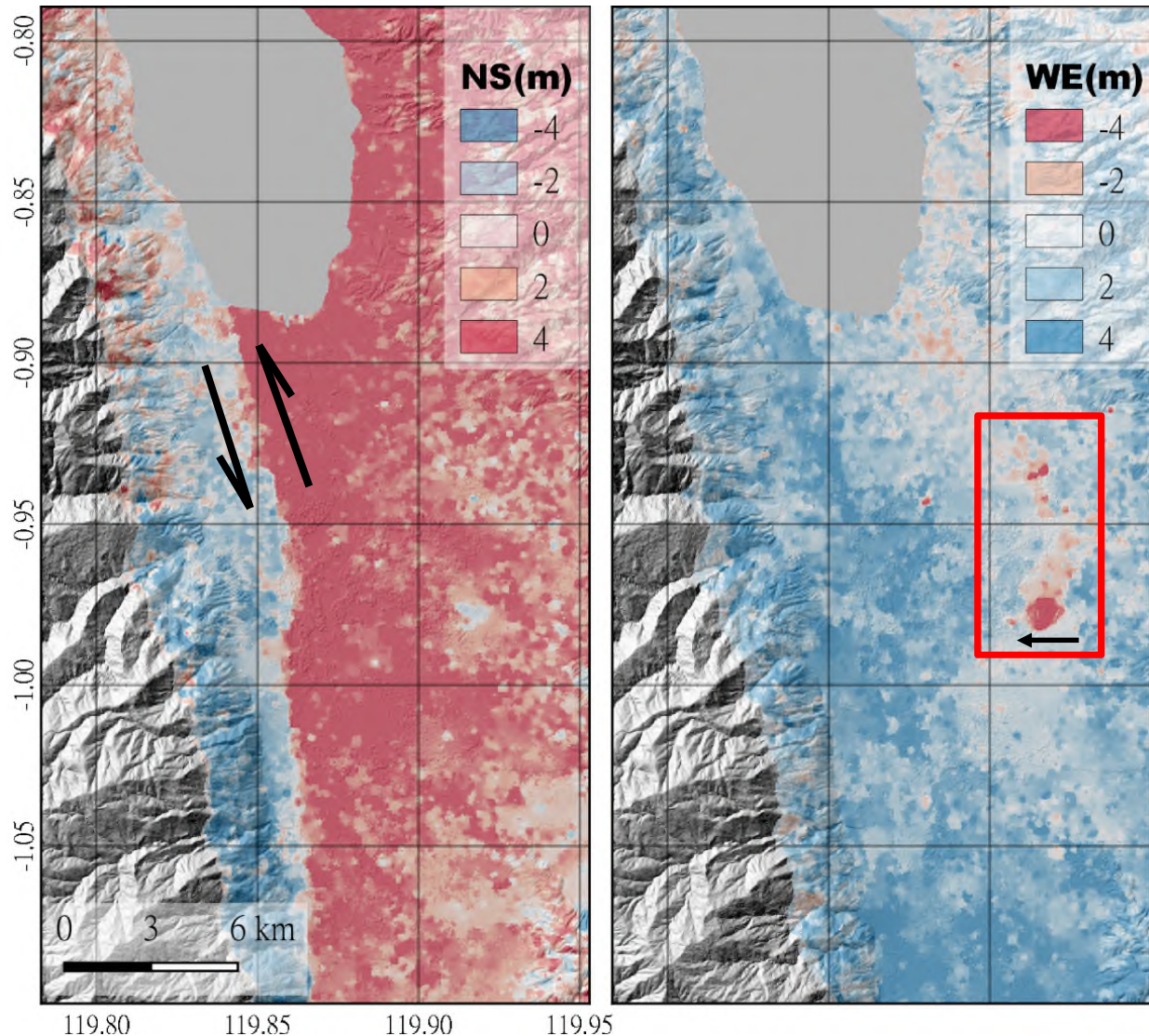
展望：分析判讀準則建立

災害類型	分析方法	使用波段	建議使用衛星	使用指標	判釋原則	使用之軟體
淹水 (無風浪)	水體區域變化	L>C>X	Sentinel-1	HH, VV	1) 將事件前設為藍色，事件後設為綠色與紅色之 RGB 影像中藍色系之區域。 2) 水體門檻數值約-10 dB	SNAP, GRASS- GIS
淹水 (有風浪)	水體區域變化	L>C>X	Sentinel-1	HV, VH	1) 將事件前設為藍色，事件後設為綠色與紅色之 RGB 影像中藍色系之區域。 2) 水體門檻數值約-10 dB	SNAP, GRASS- GIS
山崩	背向散射係數差異法	L>X>C	ALOS、 COSMO- SkyMed	$\begin{matrix} RVI > \\ (HV, VH) \\ > \\ (HH, VV) \end{matrix}$	1) 將事件前 RVI 設為紅色，事件後 RVI 設為綠色與藍色之 RGB 影像中紅色系之區域。 2) 將事件前影像設為紅色，事件後影像設為藍色，影像平均設為綠色之 RGB 影像中偏紅與偏藍系之區域。 3) 式 2-4 的 Moving Windows:19*19~25*25, 式 2-5 的門檻參數:1.5~2	SNAP, R-Language
山崩	常態化差異指標 (ND)	L>X>C	ALOS、 COSMO- SkyMed	HH, VV	ND>2 個標準差	SNAP, R-Language
山崩	偏移偵測	L>X>C	ALOS、 COSMO- SkyMed	HH, VV	低相關性與高位移的區域	SNAP, MicMac, R-Language

像元偏移偵測法在雷達影像上的應用

案例：2018年9月28日印尼蘇拉威西規模7.5地震

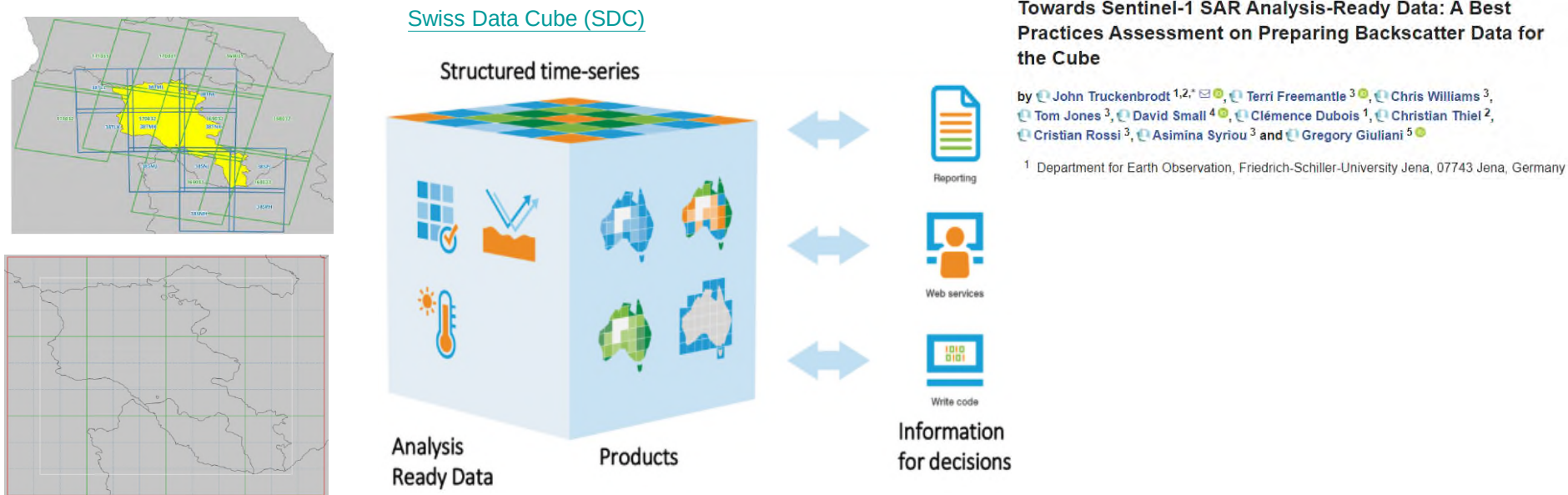
影像為ALOS 2 SAR影像，影像時間為9/17與10/12。



- 偏移偵測的結果除了顯示了斷層兩側的相對位移，東西向位移場指出有局部地區有相當大的位移場，這些區域可以與山崩發生的地點做為比對。
- 偏移偵測可提供沿軌方向(走向滑移分量)變形特徵，克服D-InSAR同震變形沿軌方向變形不敏感的問題

展望：結合巨量空間資訊系統(BigGIS)及GEE

- 遙感**地球觀測 (EO)**數據可從許多自由訪問的**開放性儲存庫**中獲得，但**用戶需要執行一系列複雜的預處理**步驟，否則無法實現對數據的有效利用。
- 透過EO數據的**多維數據集(Data Cube, DC)**的概念，建構可方便存儲和分析大量**柵格數據**的**地理數據**基礎結構，能降低由這些大數據挑戰引起的障礙，並以分析就緒形式提供對大型時空數據的訪問。
- 建立**台灣地區**的**Sentinel-1 SAR**與**Sentinel-2光學影像**的**多維數據集(Data Cube)**，提供經過**輻射校正**與**地形校正 (RTC)**的”**分析就緒數據**”(Analysis Ready Data, ARD)，有利於山崩及淹水的**監測訊息** (時間與空間)與**防災緊急應變時的災害資訊提供**。



感謝聆聽，歡迎指正
Merci de votre attention
Thank you for listening

