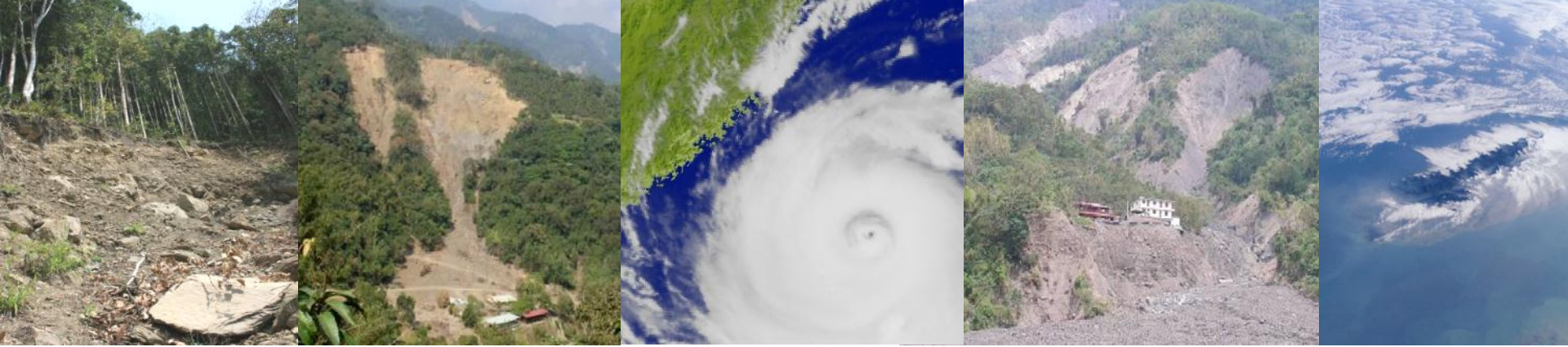




應用合成孔徑雷達影像進行 事件型崩塌地偵測

姜壽浩 助理教授

國立中央大學太空及遙測研究中心

Shou-Hao (Gilbert) Chiang

Center for Space and Remote Sensing Research

National Central University

Phone: +886-3-4227151 ext. 57667

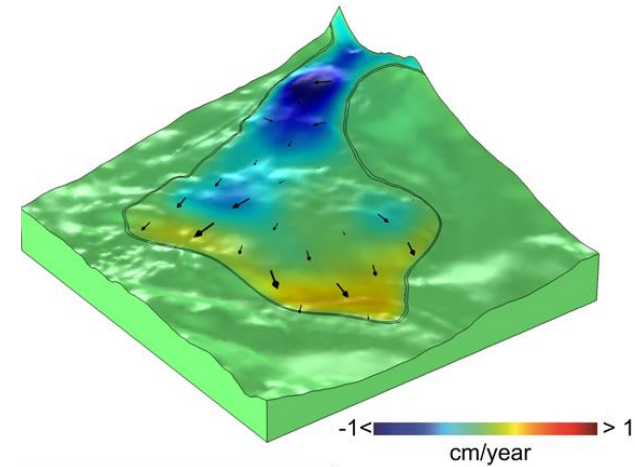
E-mail: gilbert@csrsr.ncu.edu.tw

遙測資料應用於崩塌判釋

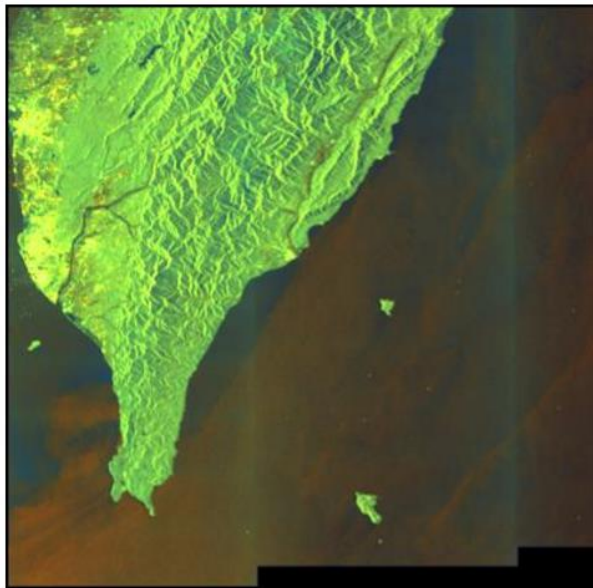
- 在崩塌災害的防治工作上，使用遙測資料，如衛星影像、航空照片等，對於快速擷取災害情資有極大的助益。
- 為快速取得大範圍的崩塌資訊，利用高解析度的遙測影像進行崩塌地判釋為現行的主流的方法，且自動化以及半自動化的快速判釋技術相當有助於進行緊急性的崩塌災情分析，且在遙測影像的應用上，**光學影像(optical imagery)**為較為普遍應用之影像資料。
 - **優點：**為具有多光譜資訊可供區判不同的地物特徵，能清楚界定出崩塌的輪廓。
 - **缺點：**受天候雲霧影響，有雲霧遮蔽時無法清楚觀測地表，此問題對於強降雨誘發之崩塌(如颱風有雲系覆蓋狀況)的即時判釋工作上極大的限制。

雷達資料的應用

- 近年來，合成孔徑雷達影像已經開始應用於山區崩塌之監測與預判工作。
- 我國的主要應用如利用地表變形資訊來對未發生之潛在崩塌風險進行評估(如陳柔妃等，2015)。
- 合成孔徑雷達相較於光學感測器，其波長較長可以穿透雲層，觀測較不受天候影響。



IRPI-CNR (2016)



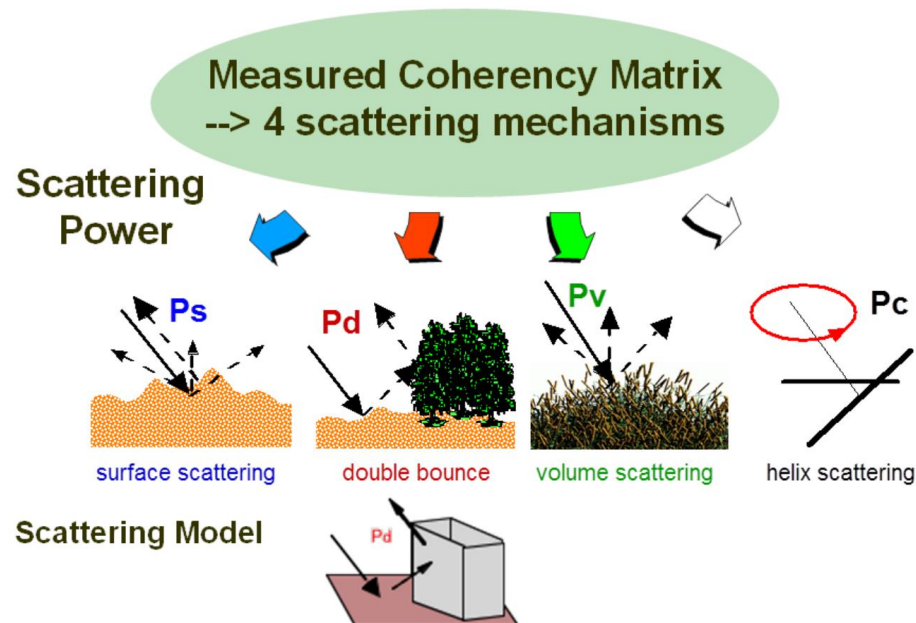
2017/1/15 Sentinel-1A SAR (left)



2017/1/16 Sentinel-2 optical (right)

利用雷達影像進行崩塌判釋

- 目前利用雷達影像進行崩塌判釋主要是分析雷達迴波訊號，如衛星接受後向散射(back scattering)的能量。
 - 表面散射surface scattering：裸露地、農地->崩塌
 - 兩次散射double bounce：建地、陡坡
 - 體散射volume scattering：林地、樹冠層
 - 螺旋散射helix scattering：複雜的都市結構、不見於自然環境的散射情形。

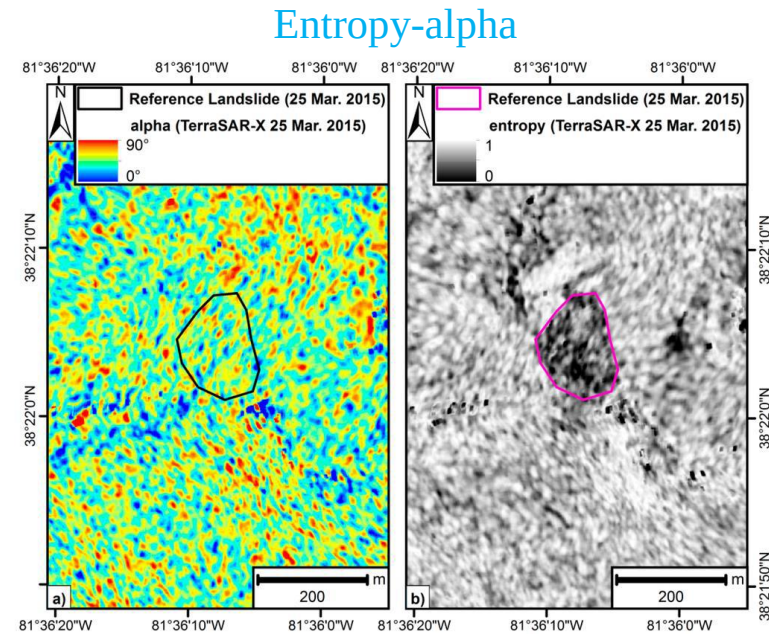


Takashi Shibayama et al. (2015)

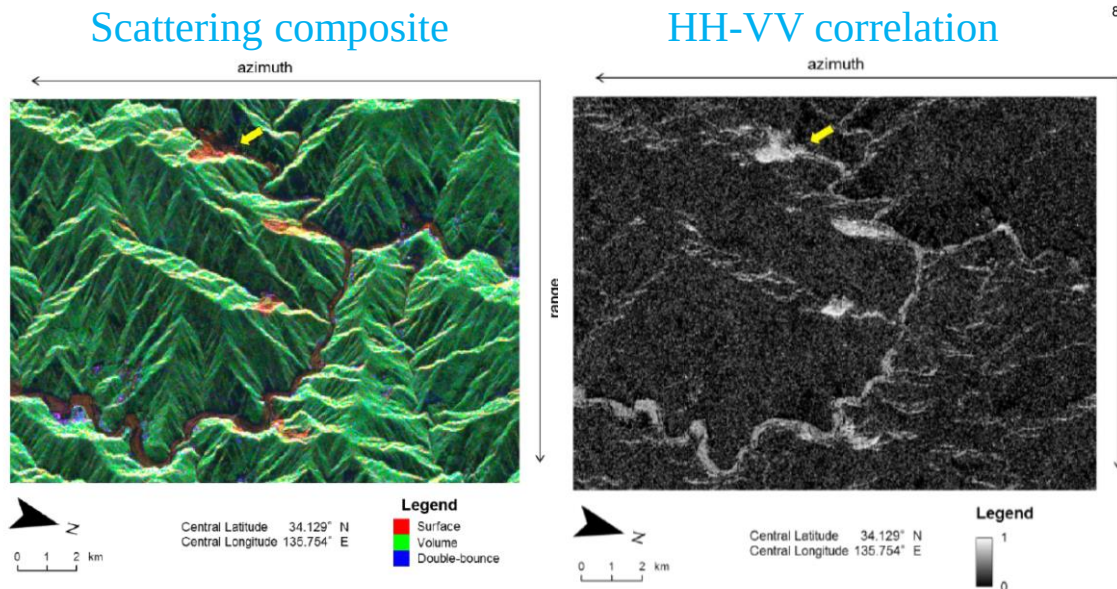
利用雷達影像判釋崩塌常見的方法

利用雷達影像判釋崩塌常見的方法(PolSAR)

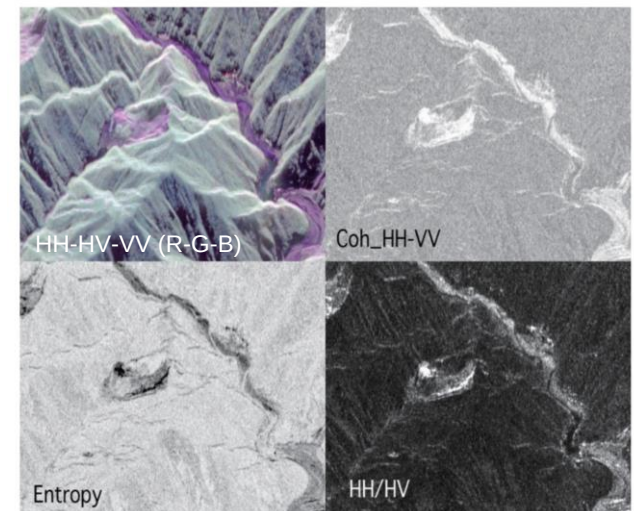
Parameters	Contents
Color composites	HH-HV-VV for R-G-B and visual interpretation
Correlation	Correlation of the HH-VV, HH-HV, HV-VH
Freeman decomposition	Decompose into the surface, double, and volume scatterings
Entropy Alpha	Randomness and the phase of the scattering target
Power ratio	HH/HV, HH/VV, VV/HV



Simon Plank et al. (2016)



Takashi Shibayama et al. (2015)



Masanobu Shimuda et al. (2013)

新方法的提出

- 目前傳統PolSAR (Polarimetric SAR)方法的問題在於雷達訊號之資訊處理、判讀不易，一般僅能掌握訊號變異的大致範圍，並無法界定出清楚之崩塌外貌輪廓，其成果較難應用。
- 針對事件型崩塌，可以應用變遷偵測方法
- 本計劃利用事件前後之SAR影像，以及NDSI指標 (Normalized Difference Sigma₀ Index)，建立一個新的事件型崩塌偵測方法

$$NDSI = \frac{\sigma_0^m - \sigma_0^s}{\sigma_0^m + \sigma_0^s}$$

σ_0^m = Master image backscatter value [dB] 事件後

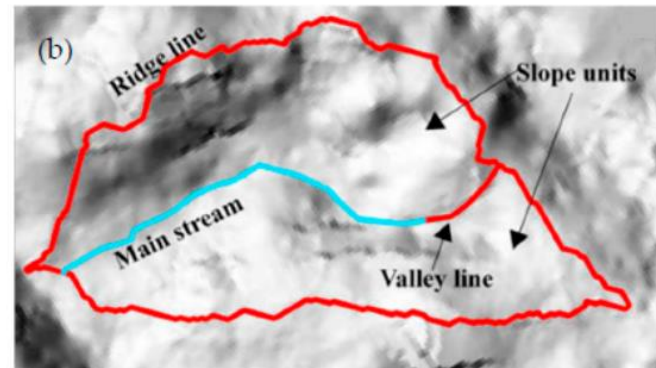
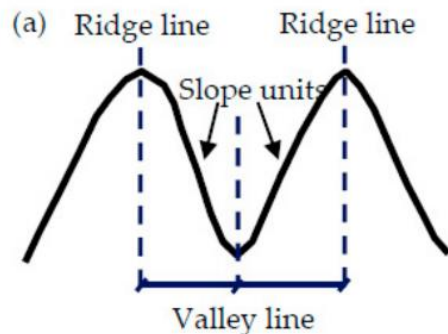
σ_0^s = Slave image backscatter value [dB] 事件前

分析影像紋理

- 近年相當多的研究使用光學影像進行**影像分割(segmentation)**，利用物件式影像分析(OBIA，Object-based Image Analysis)來進行地物判釋(Casagli et al., 2016)，其判釋結果往往較傳統以像元為基礎的判釋方法為佳。
- OBIA分析方法較適用於光學影像，原因為光學影像本質就較容易用於辨識邊界、物件等幾何資訊。
- 由於雷達影像反應在不同地物上的特徵僅為雷達反射訊號，因此應用上較為不易。
- 雷達訊號於山區坡面上的影像像元在空間對位上不甚精準，根據不同的觀測方向與地形的幾何關係常有前波縮短(Foreshortening)、疊置(layover)、陰影(Shadow)等問題，使得影像在幾何校正時，有時有外差取樣(extrapolation)的情形，這些使得自動化的影像分割應用在山區的雷達訊號上不甚有利。

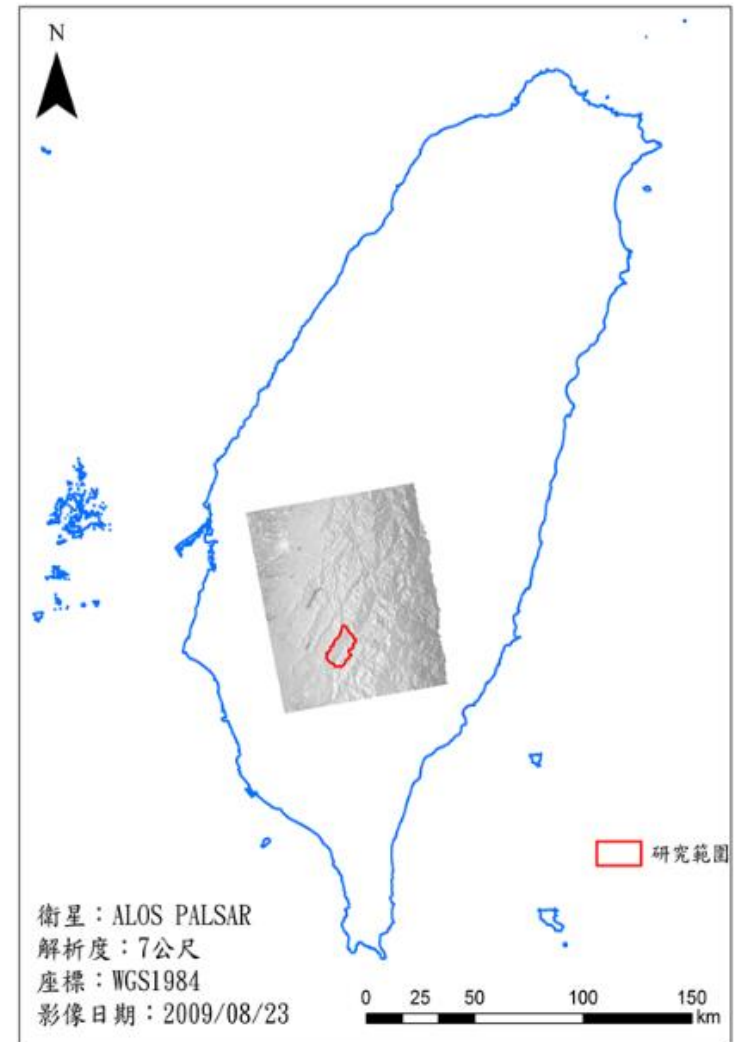
以子集水區作為雷達影像紋理分析單元

- 本研究不依賴自動化的影像分割技術，而考量邊坡分析常使用的兩種自然地形單元：**邊坡單元以及子集水區單元**。
 - 邊坡單元(slope unit)為一由稜線(ridge line)以及谷線(valley line)交互切割而成的坡面小單元
 - 子集水區單元(sub-watershed)則為由稜線包圍而成的單元。
- 在操作上，本研究將採取**子集水區單元**作為分析單元；原因乃是崩塌造成的地表變動不僅發生在坡面上，崩落的物質往往會進入谷線(河道)中，使用雷達資料進行偵測時，掌握這些變動都有利於邊坡變動的偵測，若僅考慮邊坡單元，則可能低估崩塌的崩落物質移動到谷線上的變動，本研究認為此過程對土石流的災害預警相當重要，因此認為對於谷線變動的偵測需加以重視。



研究區與影像資料

- 研究事件: 2009年莫拉克颱風事件 (8月 8-10日)
- 使用影像ALOS PALSAR
 - L band, 極化mode: HH
 - 影像日期:
 - 2009/07/08 (事件前期)
 - 2009/08/23 (事件後期)
 - 地面解析度 8 m (resampled from 7m)



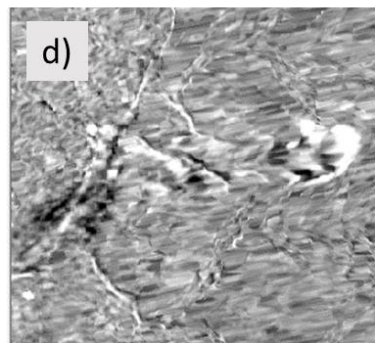
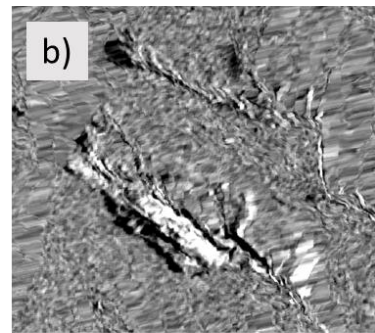
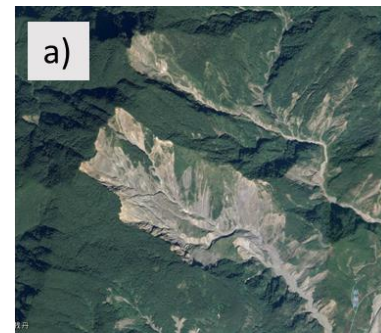
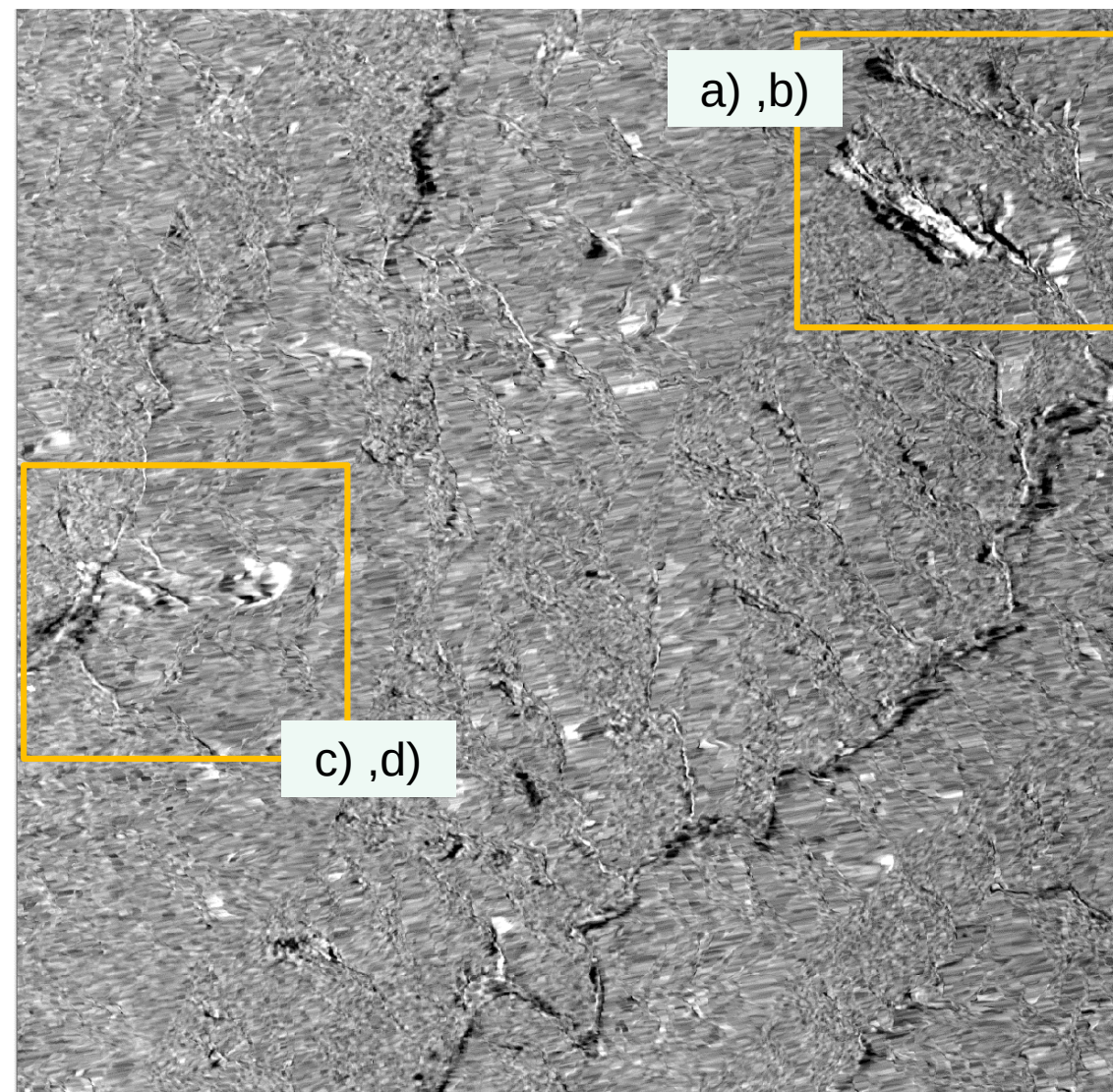
研究區與影像資料 莫拉克颱風事件前(Formosat-2 5/9, 2009)



研究區與影像資料 莫拉克颱風事件後(Formosat-2 9/12, 2009)

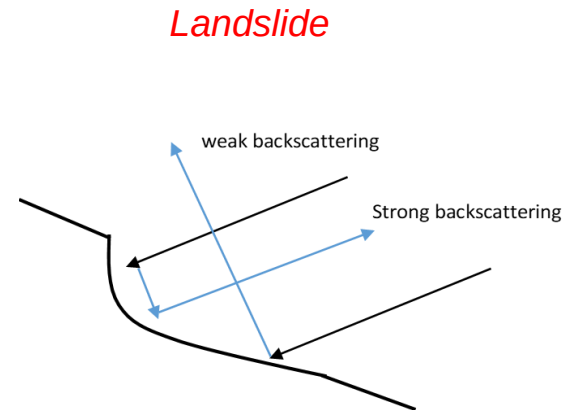
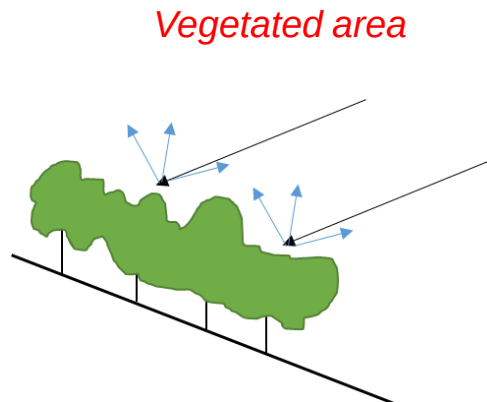


NDSI之崩塌地紋理



NDSI之崩塌地紋理

- 於植生地區，紋理較為隨機、均值，無明顯的亮、暗(高、低值)分布，以體散射主導(volume scattering)。
- 於崩塌地區，高、低值有集中的情形(特別是大的崩塌地)、且均出現在崩塌面上，NDSI在崩塌面上的數值分布差異較大，表面散射(surface scattering)、兩次散射(double bounce)都可以觀察到。
- 初步假設：
 - 植生地區：NDSI紋理較均值
 - 崩塌裸露面：NDSI紋理較不均值

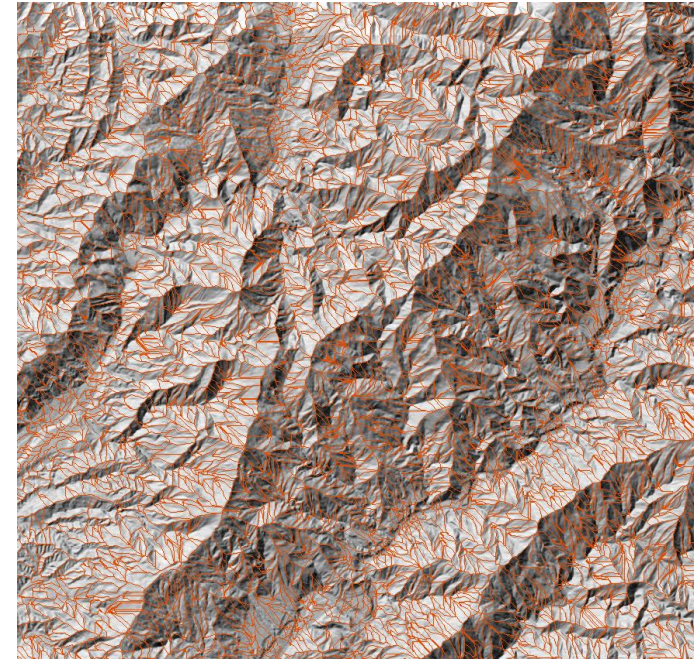


NDSI紋理分析方法

- 採用子集水單元作為NDSI影像的紋理分析單元，用以偵測坡面的變動。
- 方法為使用ArcGIS軟體，依據全台20公尺(內政部)之DEM資料，使用水文分析模組(hydrological analyst)取得最小集水區單元。
- 規範各單元之最小面積為0.2公頃(2000平方公尺)，考量ALOS影像地面解析度為8公尺，則各子集水區單元內可擷取足夠的觀察樣本>30個像元進行紋理計算。

影像紋理	說明	計算公式
Contrast	量化單元內訊號對比程度	$\sum_i \sum_j (i - j)^2 P[i, j]$
Homogeneity	量化單元內訊號的均質程度	$\sum_i \sum_j \frac{P[i, j]}{1 + i - j }$
Entropy	量化單元內訊號的隨機程度	$- \sum_i \sum_j P[i, j] \log P[i, j]$
Energy	量化單元內訊號能量變化強度	$\sum_i \sum_j P^2[i, j]$

* $P[i, j]$ 由 gray-level co-occurrence matrices 決定



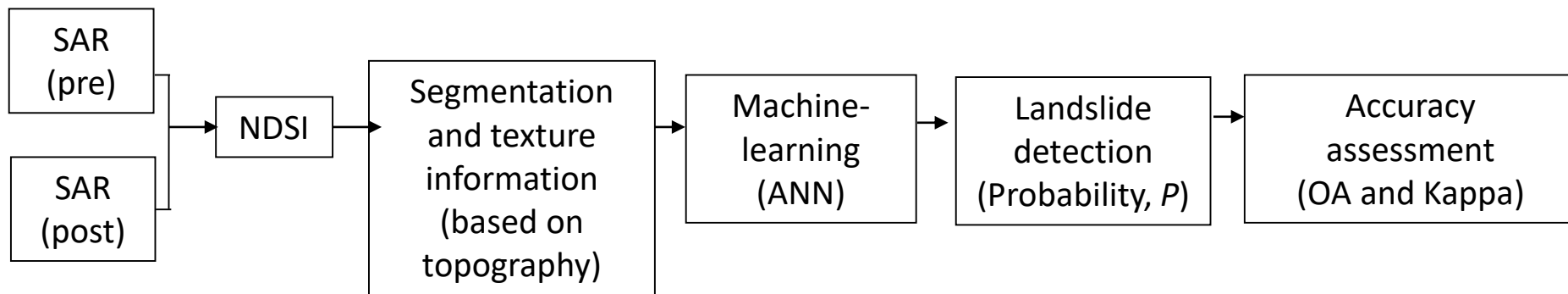
使用內政部20公尺DEM產生之子集水區圖層

崩塌偵測方法的建立

- 本研究目前嘗試人工類神經網路(Artificial Neuro Network, ANN)作為分類器
- 分類器輸入變量

Mean, STD, Contrast, Entropy, Homogeneity, Energy

方法流程

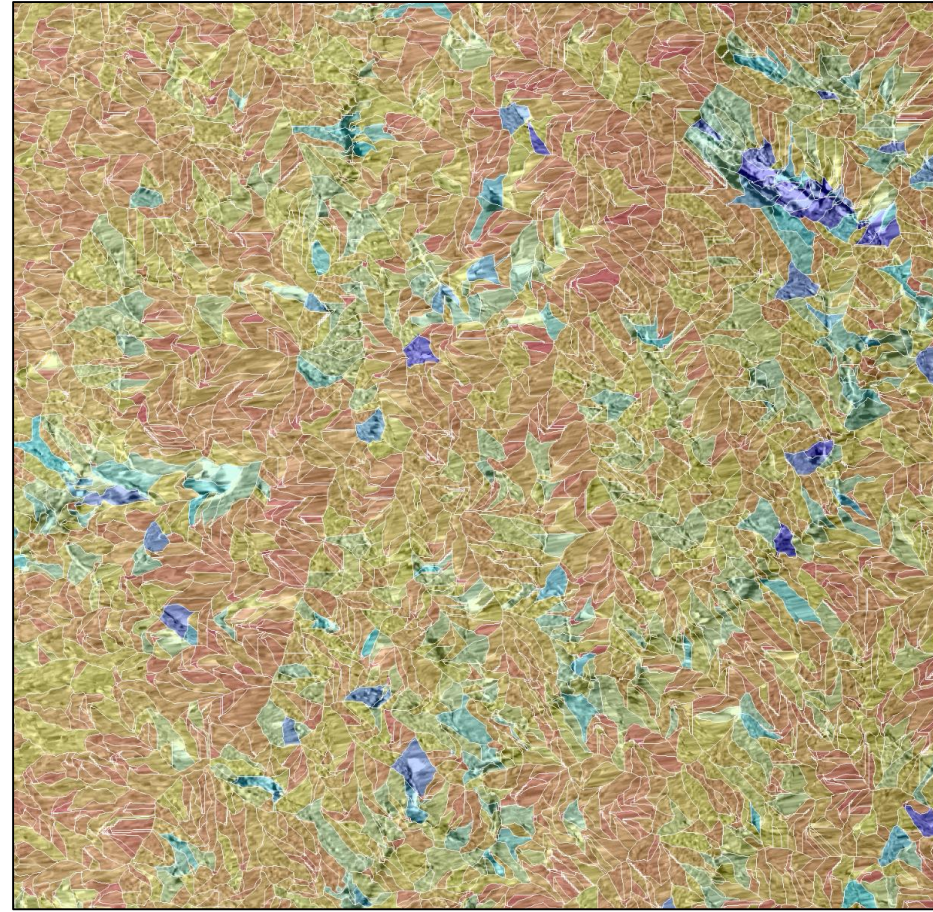


- 訓練:
 - 隨機選取包含崩塌的單元以及非崩塌的子集水區單元各30個用以訓練ANN分類器.
- 正確性評估(accuracy assessment):
 - 總體正確性overall accuracy (OA)以及kappa coefficient (Kappa)

崩塌判釋成果

Formosat-2 (2009/09/12)

崩塌分類機率



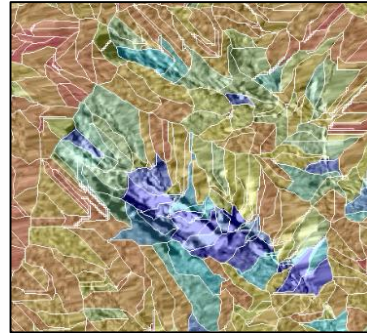
Blue: $p > 0.5$ Red $p < 0.5$

- 總體正確性: 71%
- Kappa: 0.36
- 崩塌單元正確分類classified: 230/501 (46%)
- 非崩塌單元正確分類: 790/932 (85%)

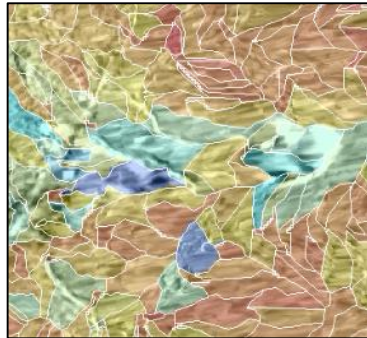
崩塌判釋分析

Formosat-2 (2009/09/12)

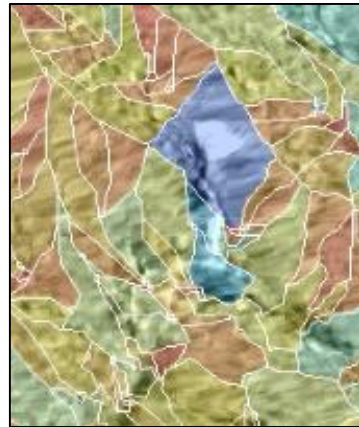
崩塌分類機率



面向衛星的坡面：面積大的崩塌反應較強



背向衛星的坡面：面積大的崩塌但反應相對弱



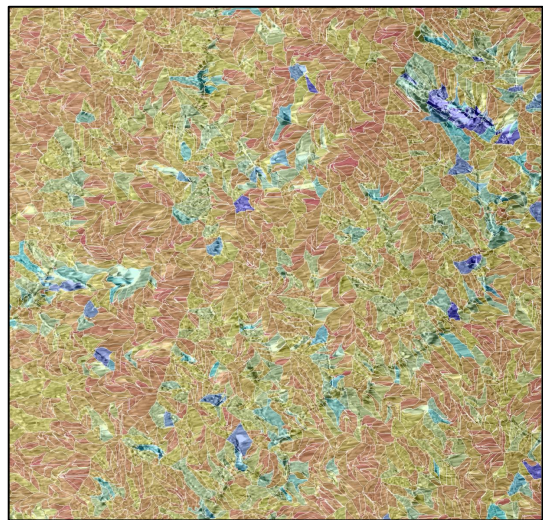
新增崩塌反應較強，小面積崩塌反應弱，也與單元切割方式有關。

判釋成果分析

Formosat-2 (2009/09/12)



崩塌判釋機率



Blue: $p > 0.5$ Red $p < 0.5$

- 對新生、具明顯變化(擴張)的崩塌地有較強的反應，對於舊的崩塌地，若無明顯變化，則不容易正確偵測。
- 面向衛星偵測方向有較強的反應。
- 主要誤判多為面積較小的崩塌地，不同於大崩塌地有較不均勻的NDSI紋理，這些崩塌地的NDSI紋理多為均勻的低值。
- 判釋成果也與子集水區單元切割情形有關。

崩塌面積A(ha)	正確預測/總數	正確預測率
1>A>=0.5	230/501	0.46
3>A>=1	180/335	0.54
5>A>=3	86/118	0.73
10>A>=5	41/43	0.95
A>=10	5/5	1.0

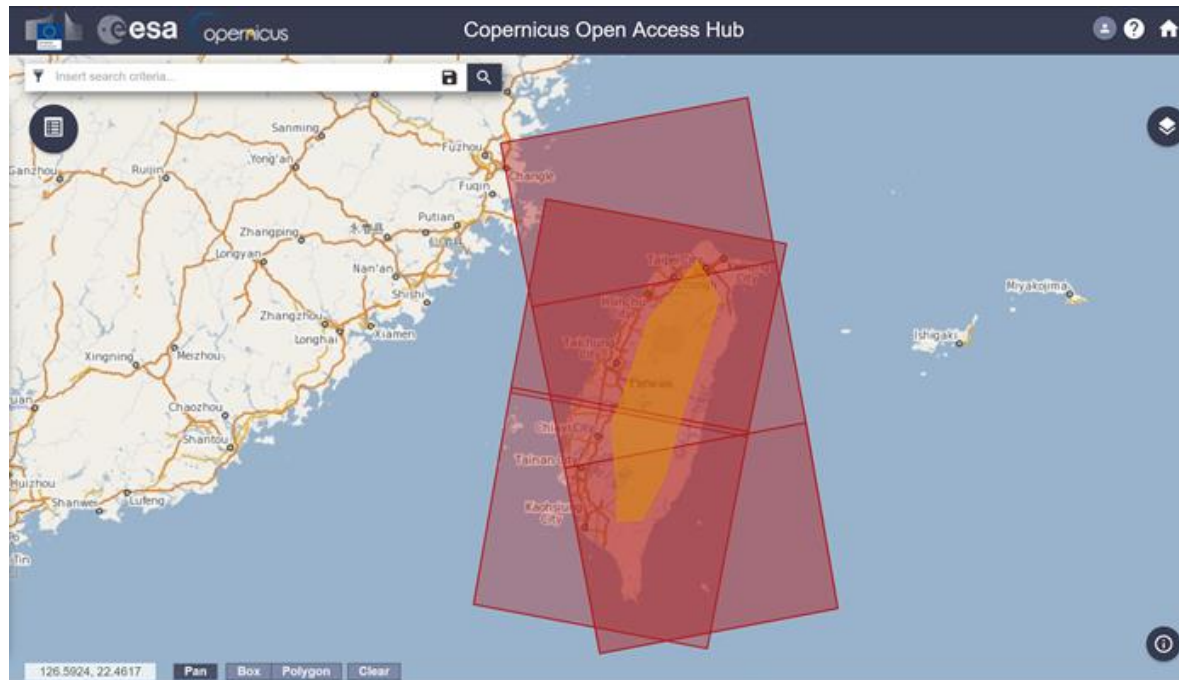
*當偵測崩塌坡面與實際崩塌面有交疊時為正確預測崩塌

結論與建議

- **NDSI**作為雷達影像變遷偵測有不錯的效果，可用於山區事件型崩塌地的偵測，特別是面積較大的崩塌地。
- 就目前的分析發現，崩塌地的大小影響後向散射的機制，在分類時必續考慮此因素。
- 衛星取像姿態-坡面關係同樣影響崩塌地的判釋成果；判釋成果與子集水區單元切割情形有關。
- 目前試驗為利用人工類神經網路作為分類器，但目前有其他機器學習之分類器亦可嘗試比較，如支持向量機(Support Vector Machine, SVM)、隨機森林(Random Forest)等。
- 此崩塌判釋方法為使用**ALOS L-band-HH**資料，後續將持續試驗不同波長、以及不同極化之雷達資料。
- 此方法主要是將崩塌地發生的坡面位置進行偵測，並不能確切界定出崩塌的外貌、範圍，但在多雲霧的狀況下，可取代光學影像進行緊急偵測。
- 未來可以嘗試結合**PolSAR**方法來增進崩塌判釋的精度。

免費雷達資料EAS Sentinel-1的應用潛力

- 臺灣地區的Sentinel-1影像空間解析度約為10公尺，再返週期為12天。
- EAS Sentinel-1為C-band資料，有VV及VH兩種極化模式。有升軌(ascending)及降軌(descending)兩種姿態。
- 迄今為止，台灣地區可取得之VV及VH極化資料均超過300幅，就涵蓋範圍來說，Sentinel-1A的升軌模式僅需三幅影像，降軌模式(descending)則僅需二幅影像來涵蓋台灣全島範圍。



EAS Open Hub影像下載頁面：<https://scihub.copernicus.eu/dhus>

An aerial photograph showing a large-scale landslide in a mountainous region. A road runs horizontally across the upper middle of the image, with a suspension bridge extending to the right. The area below the road is heavily eroded, with exposed brown soil and numerous channels of runoff. The foreground is dominated by a large, chaotic pile of debris, including logs and branches, interspersed with muddy water. The surrounding hills are covered in dense green forest. A semi-transparent dark box with the text '謝謝指教!' is centered in the middle of the image.

謝謝指教!