

空間分析期末報告

地理三 江秉宸、地理二 鄭力豪

主題：

了解美濃震後變形是否有發生與其發生的區域。

動機：

地震發生之後，該區域在數月到數年之間內會有和長期地表加速度不一致的現象，稱之為震後變形¹。本研究欲透過使用PSInSAR（永久散射體差分干涉雷達）技術和空間分析的方法來協助判斷美濃地震的震後變形發生的地區。

資料說明：

1. GPS：由 [中研院GPS LAB](#) 所解算的GPS每日解資料。GPS資料由於其長期觀察和穩定的特性，在觀測地表變化時常被視為校正的參考資料。但GPS在z軸方向有相對多的誤差，在使用資料時要多加注意。使用時需先 fitting GPS 結果，透過方程式擬合GPS資料，以減少儀器觀測誤差。
2. PSInSAR：由 [esa scihub](#) 下載的Sentinel-1雷達影像²，先建立起干涉對影像，再篩選出較高反射度且穩定的點位（永久散射體）來判斷地表變形的量（LOS方向）。透過PSInSAR速度場可以提供大面積的資料，不需經過大範圍內差等預估的方式獲得大範圍的地表變形，是與GPS最大的不同之處。（速度場圖請參見附錄圖二）

使用原理：

1. 在觀測地表變形的論文中，都是藉由GPS來修正資料和確立資料的正確性。一般來說，只要GPS和其他資料有相同的移動模式，就能將其它的資料視為正確的資料。選擇的選取範圍係因考量到PSInSAR點位的密集程度而定。
2. 地震前有較大速度的位置會出現在斷層沿線附近，而震後變形發生在同震變形發生處和其周邊區域。地震的起因是累積在斷層兩旁

的位移量超出斷層所能承受的量，因而產生錯動。震後變形則是則是下部地殼和上部地涵中處於有黏滯性（Viscosity $10^{17}\sim 10^{20}$ Pa·s）的狀態，會因要趕上斷層短時間位移而產生相對應的位移，因此在同震位移較大之處會有較多的震後變形。在下部地殼和上部地涵的 Viscosity 為 10^{18} Pa·s 時，震後變形所需要的應變時間根據流體力學的計算需約200天左右，黏滯性還會隨時間增加，在將來的數年之內都會有其影響。而由於黏滯性的作用，速度較高的地區會發生區域擴散，所以只要得出較高速度有擴散到較低速度的區域，就可以推論出有震後變形的發生。

3. LISA Cluster Map 能判斷面量圖數值群集與否。在本次研究之中，面量圖的資料為地表形變量，依照前後的速度差值進行分類，也就是將地表的運動速度模式進行分類，而在速度值增加的地方就能視為有受到震後變形影響的可能區域。

執行步驟：

1. 輸出PSInSAR的震前、震後速度場結果。
2. 使用函數對GPS資料進行曲線擬合，將點位資訊轉換成LOS方向。
3. 將處理過後的資料校正。校正的方法為：首先是GPS時間序列校正：將GPS和PSInSAR的時間序列觀測值³依照時間畫出，觀察其值的變化模式是否一致。再來是GPS加速度點位校正：挑選一個較穩定的GPS點位，將PSInSAR加速度場值平移至與該點一致。
4. 校正後的前後加速度場相減：透過RANN套件中的nn2找尋震前影像中和震後影像最鄰近的點位，再將震後的z值和震前的z值相減。由於點位一年只會移動40mm/yr，前後的時距為4年，而Sentinel-1的空間解析度為5m*20m，遠大於四年之內會位移的距離，故直接以最鄰近的點位為同個點位，計算他們變化的加速度差。
5. 相減後的速度場在經由kriging法進行內插後設置400m*400m網格進行分析方法，估計和圈繪出有震後變形的範圍，以利後續的研究。

¹震後變形會在使用原理2中介紹。

²為LOS方向：衛星視角方向(line of sight)。由於雷達衛星採用主動性觀測，獲得的資料會將三維的變形量投影到單一衛星方向。

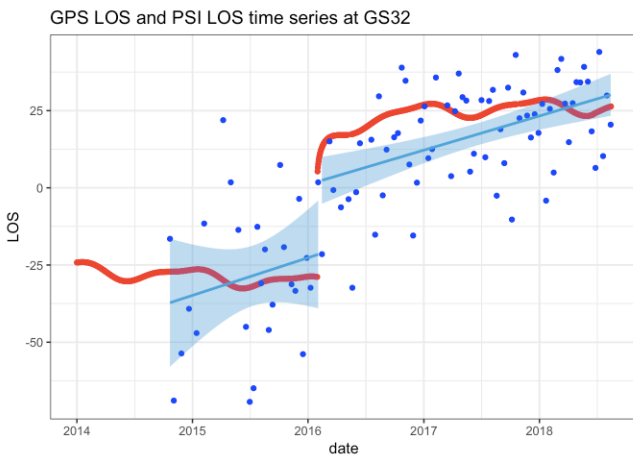
³計算PSInSAR時間序列的觀測值是使用gWithinDistance圈繪出半徑500m計算每幅之間的變化量。

分析方法：

1. 先確認PSInSAR的結果在和與GPS進行比較，確認兩者結果是否符合。
2. 將步驟3的檔案以震央為起點計算Gi(d)值觀測其距離和距離加總的Gi(d)圖形判斷是否有速度場擴散。
3. 將步驟4的檔案化為400m*400m的網格，分別繪製出LISA Cluster Map。

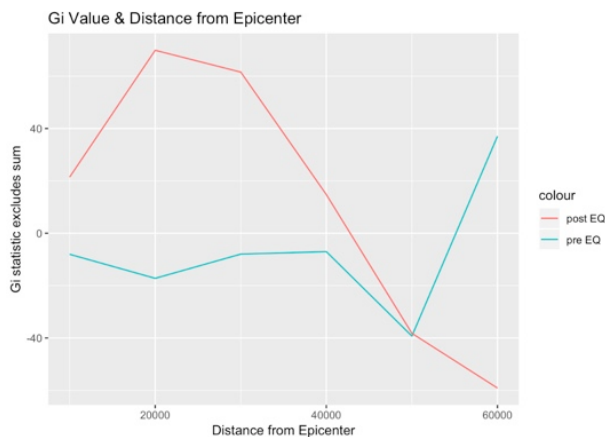
研究結果：

1. 在GPS和PSInSAR的時間序列比較結果（圖一）中可以看到兩者有相當大的相關性，進一步地確認PSInSAR的速度場的可信度。（所有圖請見附檔：分析方法一）



圖一：GPS測站GS32與PSI的時間序列

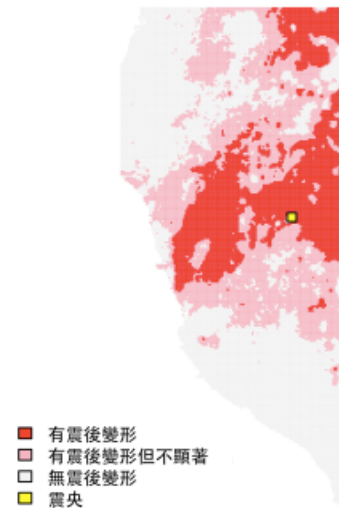
2. 根據繪製出的圖形可以看出變化量最大的地區位於距離震央20~30km處（圖一）。根據測地資料，美濃地震最大的同震變形位置是在距離震央20~30km的台南地區（附錄圖一），倒塌了的維冠大樓正是落在該範圍之內，和使用原理中提及的理論有著高度的一致性。



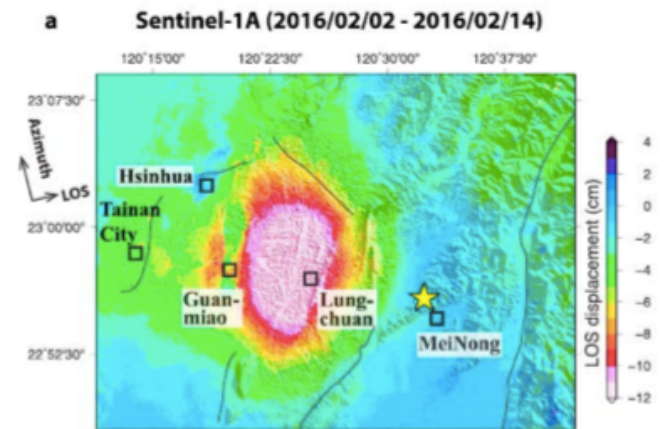
圖二：從震央開始計算的周圍的gi值加總

3. 在本研究中的LISA Cluster Map可作為真實的震後變形發生區域的參考資料（圖三）。在將來做地表變形三維模型時能提供相當程度的參考。另外，震後變形實為造山運動，故速度差為負的地區不在本次的研究範圍中，該地區下降可能是源自於地層下陷。

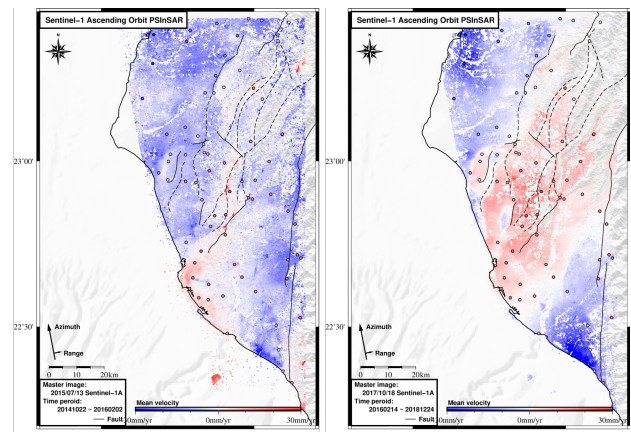
LISA Cluster Map: 震後變形發生區域



圖三：震後變形可能發生區域與其顯著性



附錄圖一：美濃地震同震區域（饒瑞鈞,2016）



附錄圖二：震前震後PSInSAR速度場