

# 台灣中大型地震震源資訊之快速彙整與提供— 震源機制與地震破裂面之迅速判定

## Large earthquake mechanism interpreted from its source spatial-temporal slip distribution and other earthquake parameters: Rapid determination of earthquake focal mechanism and fault plane

主管單位：中央氣象局 計畫編號：MOTC-CWB-100-E-08 計畫主持人：趙里 中央研究院地球科學研究所

### [計劃摘要]

台灣位處環太平洋地震帶上，不僅地震活動頻繁，災害性地震也經常發生。因此，防震減災是地震學界必須持續加強的研究課題。快速且豐富的地震資訊，包括地震的位置，規模和震源機制，以及實際破裂面的判定，可以為地震防救災反應提供重要的科學依據，也能在震後迅速滿足社會大眾及新聞媒體對相關資訊的期待。比如2010年3月4日發生的甲仙地震，發震數日後地學界對實際的發震斷層仍無定論。過去三年在中央氣象局支持下我們建立了震源機制的即時確定系統，本計劃在此基礎上將該系統加以改進，以提高其成功率與穩定度。然後在該系統的基礎上增加對地震斷層面判定之能力。這些更加詳細的震源資訊可以為震後迅速研判地震發展趨勢，震害分佈的評估和救災應急反應提供可靠的科學依據。

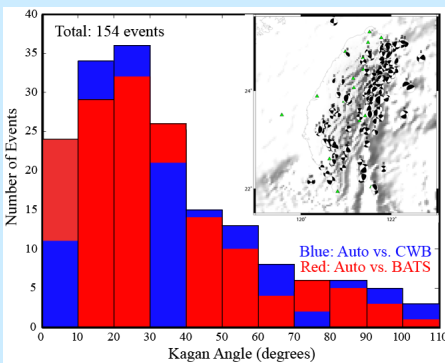
### [研究目的]

本研究之目標為當臺灣島內及近海海域有有感地震發生時，利用氣象局即時傳輸的波形記錄資料以及地震預警系統確定之震央位置，用波形擬合方法自動即時確定震源機制解。然後迅速自動計算臺灣島上任意位置的強地面運動並產生全島地面運動的shakemovie和shakemap。其結果一來用於判斷實際破裂面，以解決點震源斷層面的不可確定之難題，為震害評估及地震趨勢等必要的分析提供重要且及時的幫助；二來以科學的和形象化的結果展示迅速滿足公眾對地震資訊的需求，為社會服務。

### [主要研究步驟]

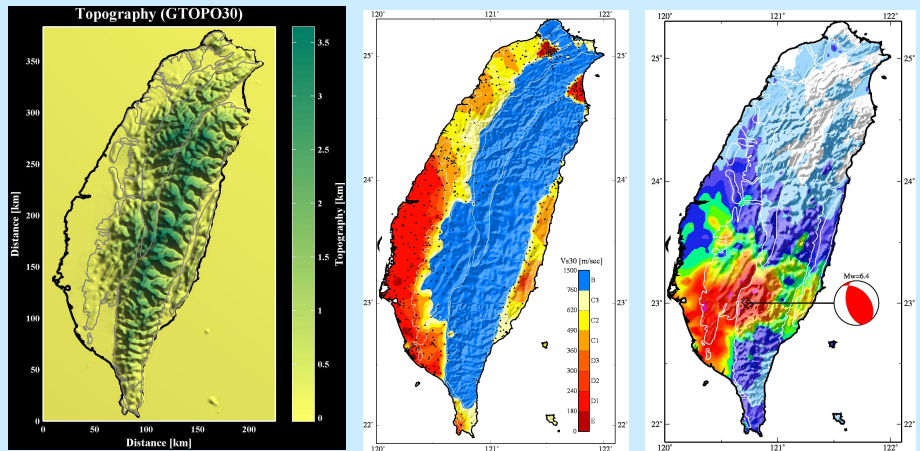
- 第一年：繼續改進完善已經建立之自動即時震源機制逆推系統，提高該系統之精確性和穩定性。
- 第二年：建立臺灣地區三維模型的格林函數庫，實現強地面運動計算的即時自動化，並以具體地震實例如甲仙地震研究並建立震源破裂面迅速判定方法。
- 第三年：持續改進自動震源機制逆推系統；實現震源破裂面判定系統的自動化，與地震預警系統接軌。

### 自動震源機制系統結果與人工結果比較



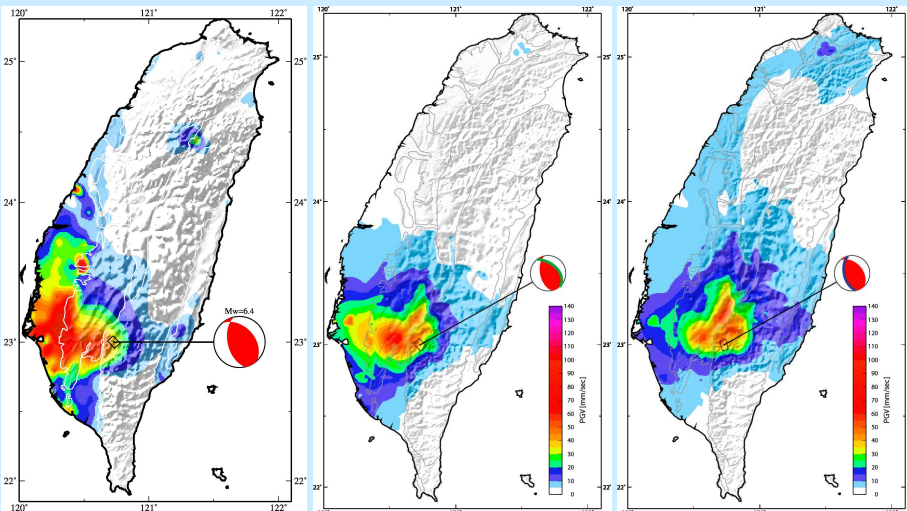
圖一、即時自動震源機制確定系統結果與人工計算結果的比較。內嵌地圖顯示所有自動震源機制確定系統得到的震源機制解，紅藍色帶狀圖顯示自動系統震源機制結果與氣象局台網CWBSN和中研院地球所台網BATS的人工計算結果之間的Kagan角度的統計。若兩解之Kagan角度小於40度即可視為結果一致。從2010年7月截止至2011年11月17日，共有154個地震三種方法均給出結果。

### 接近真實之強地面運動模擬



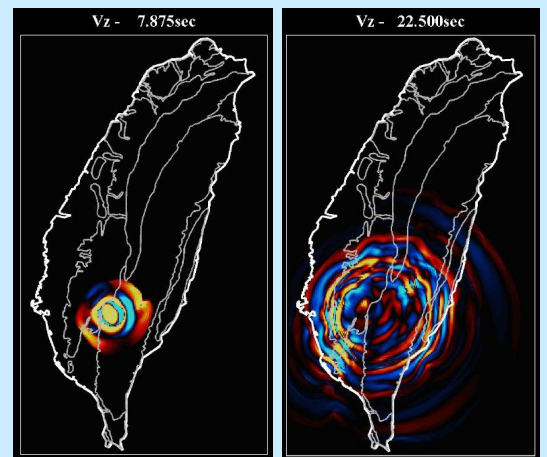
圖二、2010年3月4日甲仙地震PGV模擬結果。左圖為所使用的ETOPO30臺灣地形圖，中圖為地表場地類型及臺灣強震台網（TSMIP）測站（黑色三角）分佈圖。右圖為模擬得到的PGV（周期長於3秒）分佈圖。模擬震源為點源，計算中使用了Wu et al. (2007)的臺灣地區三維速度結構，並考慮了如左圖所示之地形變化以及中國之近地表場地引起的隨頻率及地表運動強度變化的非線性放大效應。

### 利用PGV分佈圖對地震實際破裂面的判定



圖三、2010年3月4日臺灣南部甲仙地震PGV分佈圖對比（周期長於3秒）。左圖為即時強地面運動台網觀測結果；中圖為以西北走向及傾向東北的共軛平面（震源機制球中綠色大圓弧所示）為有限震源斷層面模擬得到的結果；右圖則為以東南走向及傾向西南的共軛平面（震源機制球中藍色大圓弧所示）為有限震源斷層面模擬得到的結果。模擬中考慮了三維速度結構和地形變化。與觀測的對比PGV分佈圖顯示兩個共軛平面中西北走向及傾向東北的共軛面（中圖）更有可能是甲仙地震中實際發生滑動的斷層面。

### ShakeMovie



圖四、甲仙地震地表震動動畫(shakemovie)的兩幅畫面。左圖為發震後7.875秒，右圖為發震後22.5秒。模擬震源為點源，考慮了地形變化。

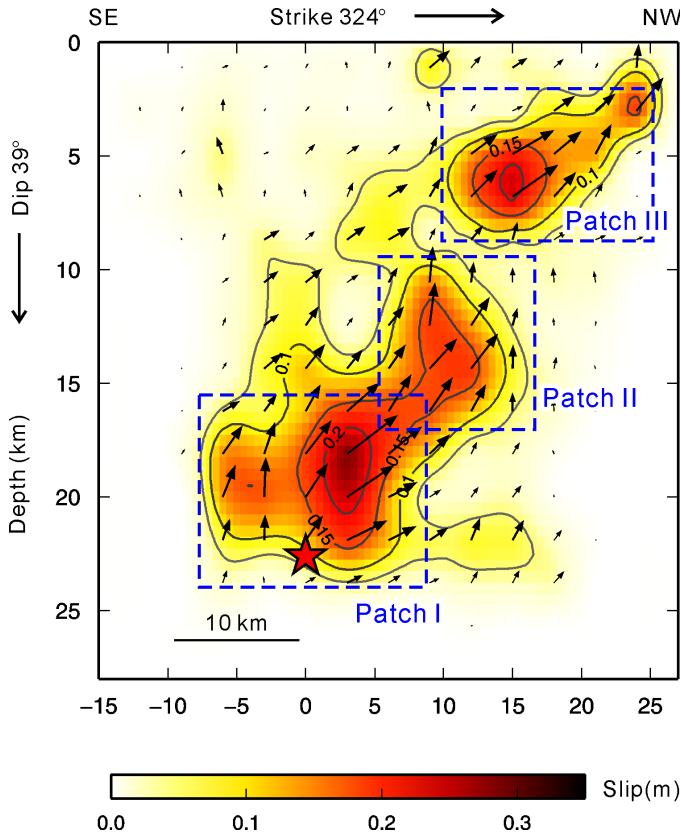
### 參考文獻

Wu, Y.-M., Chang, C.-H., Zhao, L., Shyu, J. B. H., Chen, Y.-G., Sieh, K., and Avouac, J.-P. 2007. Seismic tomography of Taiwan: Improved constraints from a dense network of strong-motion stations, *J. Geophys. Res.*, **112**, B08312, doi:10.1029/2007JB004983.

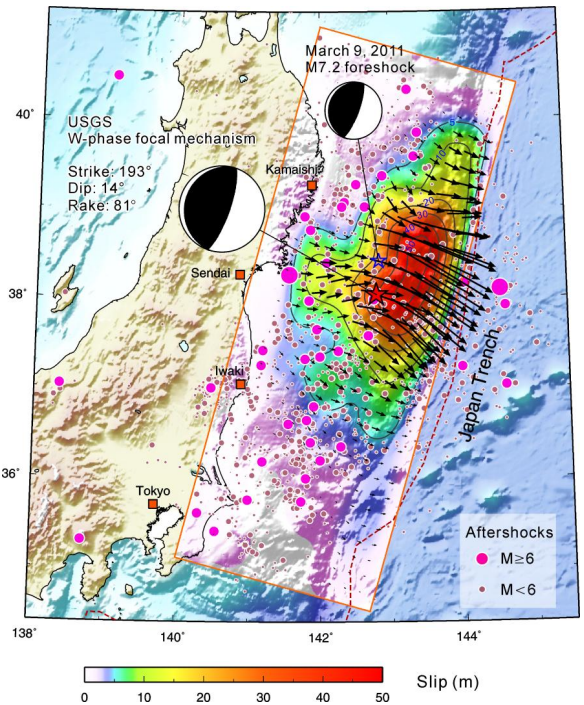
# 地震震源資訊成果彙整與孕震成因研判及震源破裂時空模擬

林正洪、李憲忠(中央研究院地球科學研究所) 呂佩玲、蕭文啓(中央氣象局地震測報中心)

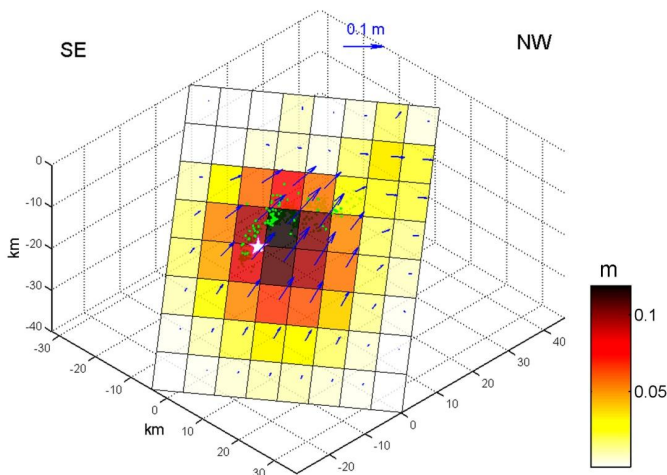
台灣位處於環太平洋地震帶上，地震發生非常頻繁。過去無數次的大地震，均曾經對臺灣地區造成嚴重之衝擊與災害。為了減少未來大地震之衝擊，本計畫首先針對台灣地區中大規模地震進行震源破裂過程的時間-空間分佈分析。透過高解析與高精確度的聯合震源逆推，以311日本東北大地震為例，結果發現的破裂過程是由大尺度的重複破裂所構成。此重複破裂行為造成異常大的最大滑移量於最大破裂集中區中，最大滑移量甚至超過50公尺。其次本計畫彙整其他三項研究分析結果，包括(1)震源機制與地震破裂面之迅速判定、(2)庫倫應力變化之推演、(3)震源區域地質與孕震構造之分析，對臺灣地區中大型地震發生後進行快速研判其發生之原因及地質構造關係，以提供政府單位及所有民眾正確之地震資訊，進行有效之防救災工作。



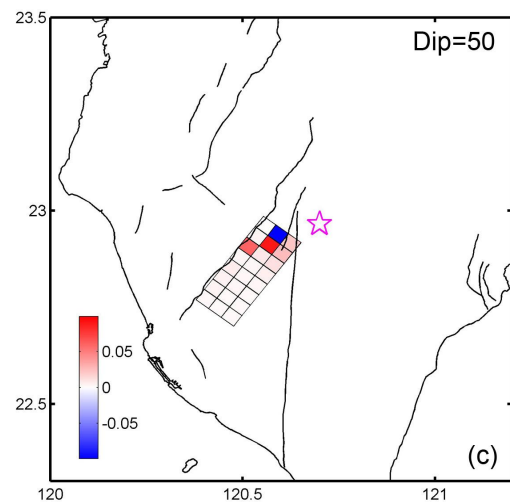
甲仙地震錯動量空間分佈。



日本311地震錯動量空間分佈：(a)錯動量分佈水平投影，(b)錯動量分佈斷層面投影。



甲仙地震同震滑移分佈與斷層幾何形貌。



甲仙地震對其他斷層系統的庫倫應力變化

誌謝：感謝中央氣象局地震測報中心地震資料之提供。



# 震源區域地質與孕震構造之分析

## Regional geology and earthquake potential structure of the near-epicenter area

主管單位：交通部中央氣象局

計畫編號：MOTC-CWB-100-E-08

承辦單位：國立中央大學太空及遙測中心

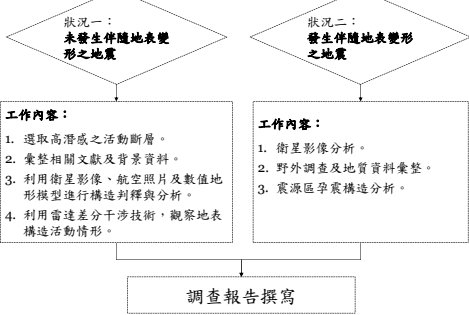
計畫主持人：張中白 副教授

### 摘要

台灣位處於非常活躍的造山帶，菲律賓海板塊每年以82mm/yr的速率向歐亞板塊聚合，使得台灣島地殼變動劇烈，活動斷層遍布且地震活動頻繁，過去幾年已發生許多災情慘重的大地震。為更了解台灣活動斷層之分布，以進行災後之規劃及降低未來地震發生的損傷，於大型地震發生後震央區域的地質調查工作實為重要。本研究擬於大型地震發生後，先利用衛星影像初步判釋地表破裂情形，並規劃至震央附近進行地質調查，以提供斷層活動資訊。由於活動斷層發生地震的可能性很高，本研究在地震未發生時，亦會針對活動斷層附近，利用地形資料，加上已有的構造地質資料進行孕震構造之分析。

本年度工作重點為新城、獅潭、梅山、大尖山、六甲及觸口等斷層。利用地形計量分析推估各斷層之活動性，得知流經斗煥坪斷層之頭前溪及中港溪之相對構造抬升率較高。此外，利用永久散射體干涉量測技術，針對西部平原及麓山帶區域進行活動斷層變形分析，由分析結果顯示新城斷層、新化斷層及左鎮斷層兩側地表的變形量較大。

### 研究方法及進行步驟



### 孕震構造分析

#### 水力基盤侵蝕模型

$$dz/dt = U - E = U - KA^m S^n$$

$$\text{Steady-state landscape}; dz/dt = 0$$

$$U = KA^m S^n$$

$$S = (U/K) / (A^m)^{1/n}$$

$$S = k_s \cdot A^{-\theta}$$

- U：抬升速率
- E：侵蝕速率
- K：因次侵蝕係數(反應岩石抗侵蝕強度與河流侵蝕能力)
- S：河流坡度
- A：河流流域面積
- $\theta = m/n$ ; 河流凹曲度
- $k_s = (U/K)^{1/n}$ ; 平衡剖面陡峭度

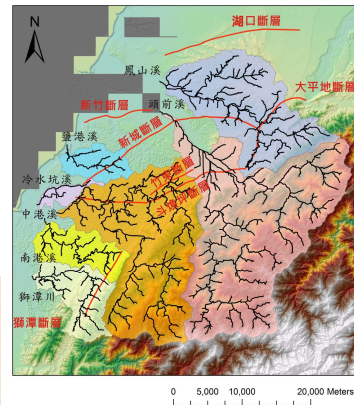


圖3、新城、獅潭斷層區域之水系分布圖。

圖4、大尖山、觸口、梅山及六甲斷層區域之水系分布圖。

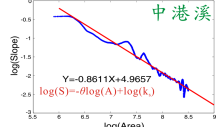


圖5、河流之坡度-流域面積對數圖(以中港溪為例)。

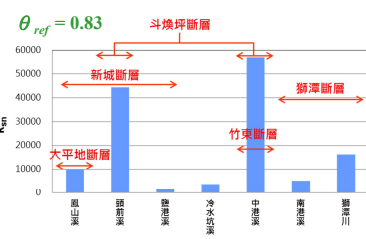


圖6、新竹-苗栗地區河流之陡峭程度參數值( $k_{sn}$ )。

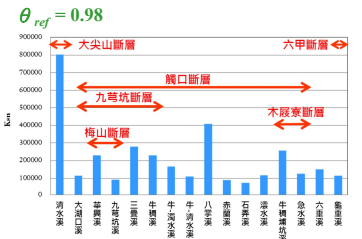


圖7、雲林-嘉義地區河流之陡峭程度參數值( $k_{sn}$ )。

$$k_{sn} = k_s A_{cent}^{(\theta_{ref} - \theta)}$$

$$A_{cent} = 10^{(\log A_{max} + \log A_{min})/2}$$

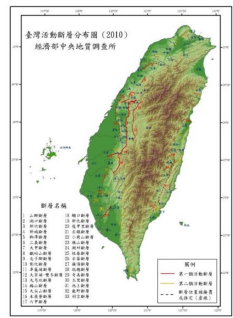


圖1、台灣活動斷層分布圖。(經濟部中央地質調查所, 2010)

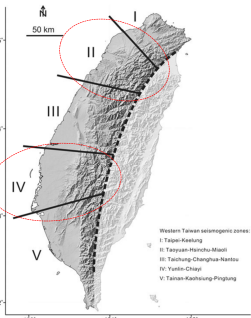


圖2、台灣西部的五個地震區域(I-V) (Sin Mei Ng, 2009)

### 永久散射體差分干涉分析

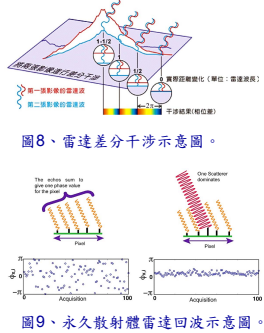


圖8、永久散射體干涉示意圖。

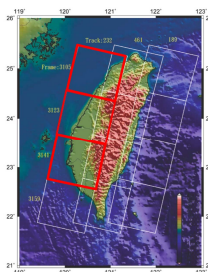


圖9、永久散射體雷達回波示意圖。

圖10、Envisat衛星的軌道示意圖。紅色方框為本計畫所選取之圖幅。

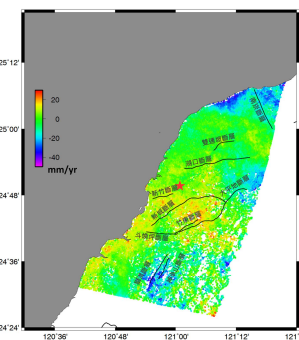


圖11、桃竹苗(T232\_3105)區域Envisat衛星影像的平均地表位移變化量圖。

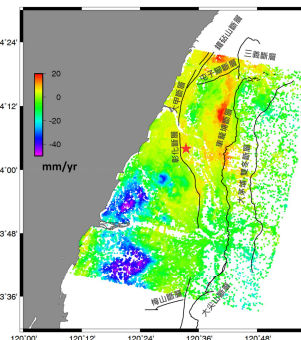


圖12、中彰雲(T232\_3123)區域Envisat衛星影像的平均地表位移變化量圖。

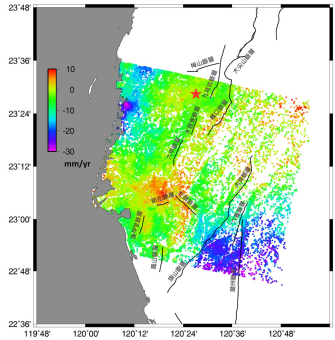


圖13、嘉南(T232\_3141)區域Envisat衛星影像的平均地表位移變化量圖。

### 結果分析與討論

1. 藉由分析水系之地形計測指標，計算各流域之正規化陡峭度指標( $k_{sn}$ )，得知各水系的相對構造抬升速率。由分析結果顯示，流經斗煥坪斷層之頭前溪及中港溪相對構造抬升速率較高，可能反應斗煥坪斷層之活動性。
2. 針對西部平原與麓山帶地區進行衛星雷達差分干涉測量，觀測近活動斷層區的地表變形情形，由PSInSAR的分析結果顯示，新城斷層、新化斷層及左鎮斷層兩側有較明顯的地表變形，初步判斷可能與斷層活動有關。而部分下陷區域，如濁水溪沖積平原，其原因主要為過度抽取地下水造成之地層下陷，和構造活動無關。

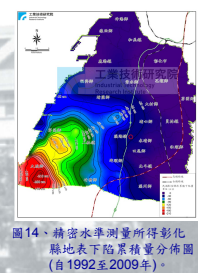


圖14、精密水準測量所得彰化縣地下水層儲量分布圖(自1992至2009年)。