

斷層活動性觀測研究-斷層監測與潛勢分析

胡植慶¹、劉啟清、饒瑞鈞²、李元希³、鄭錦桐⁴、張午龍⁵、陳卉瑄⁶、景國恩²、唐昭榮¹

主辦單位：經濟部中央地質調查所



¹國立台灣大學；²國立成功大學；³國立中正大學；⁴中興工程顧問社；⁵國立中央大學；⁶國立師範大學



摘要

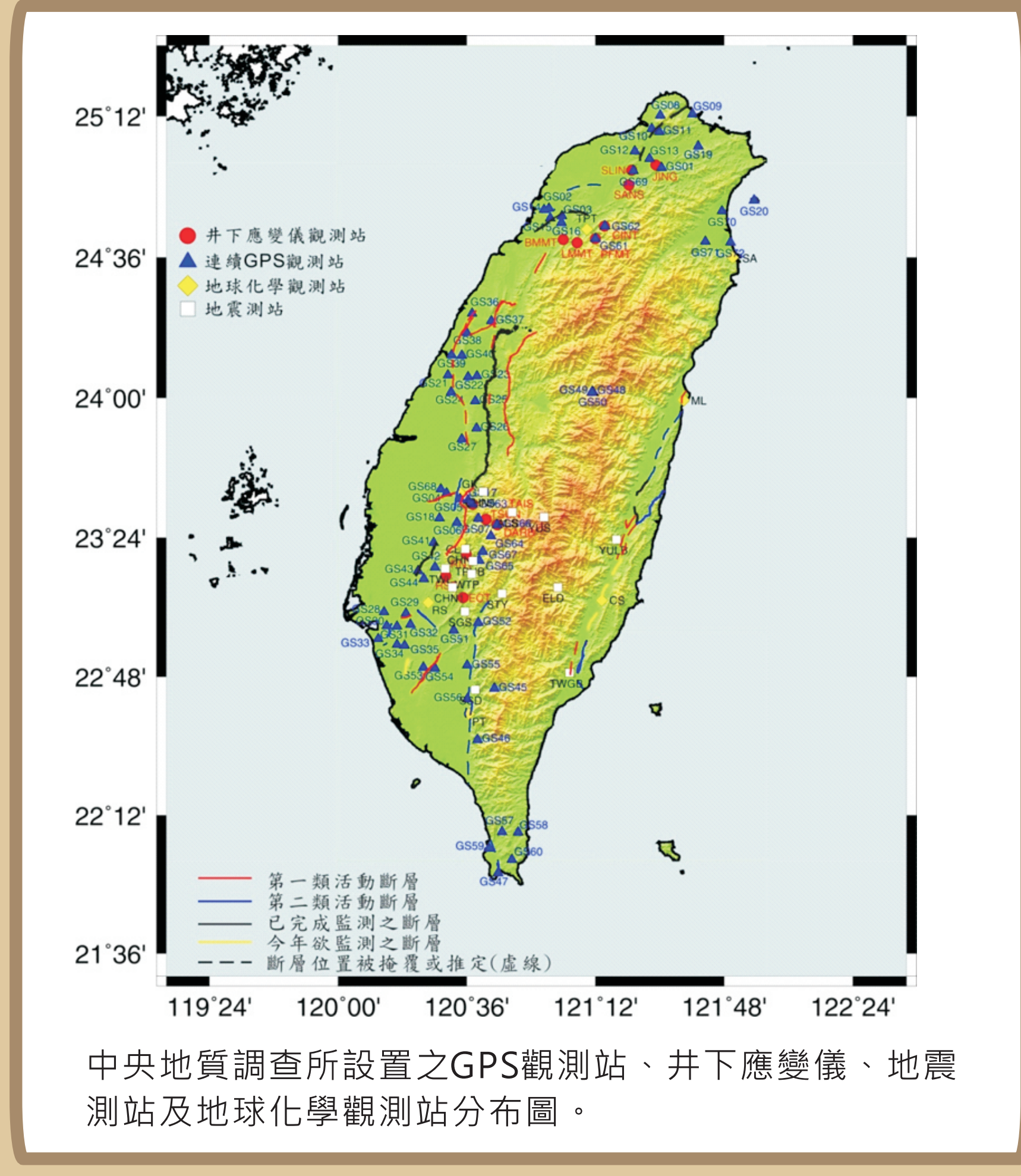
本計畫旨在應用GPS測量與井下應變儀觀測，結合地質構造、地震活動觀測、數值模擬和斷層活動度研究，提供近斷層活動性及其潛勢、發震構造、斷層力學和可能地震前兆的重要資訊。

GPS及精密水準測量部份，工作內容主要包含(1)已測GPS及精密水準資料計算結果及(2)南部地區地表變形分析。至10月31日止我們已進行台灣地區GPS及29條水準測線的資料解算分析。恆春地區GPS的速度場分布與2002-2011年一致。嘉南地區GPS觀測、精密水準測量及斷層模擬之結果指出六甲-木屐寮、觸口及竹頭崎斷層之斷層每年累積之能量及最大地震規模分別為 $1.44 \pm 0.46 \times 10^{23}$ dyne-cm ($M_w 6.66 \pm 0.28$)、 $0.41 \pm 0.17 \times 10^{23}$ dyne-cm ($M_w 6.76 \pm 0.19$)與 $2.10 \pm 0.22 \times 10^{24}$ dyne-cm ($M_w 6.71 \pm 0.28$)。

井下應變儀部份，本計畫除分析台北網、新竹網及嘉義網共十三個測站，並持續維護資料庫並提升其安全性，以未來時間序列分析之用。另外本計畫也建立並修正氣壓對井下應變儀觀測的影響模式，以移除環境影響因素，作為尋找與地震相關的應變異常。從2009年至2012年11月，台北網發現的應變異常事件有3次，新竹網13次，嘉義網15次，其中5次異常事件同時出現在新竹網及嘉義網。

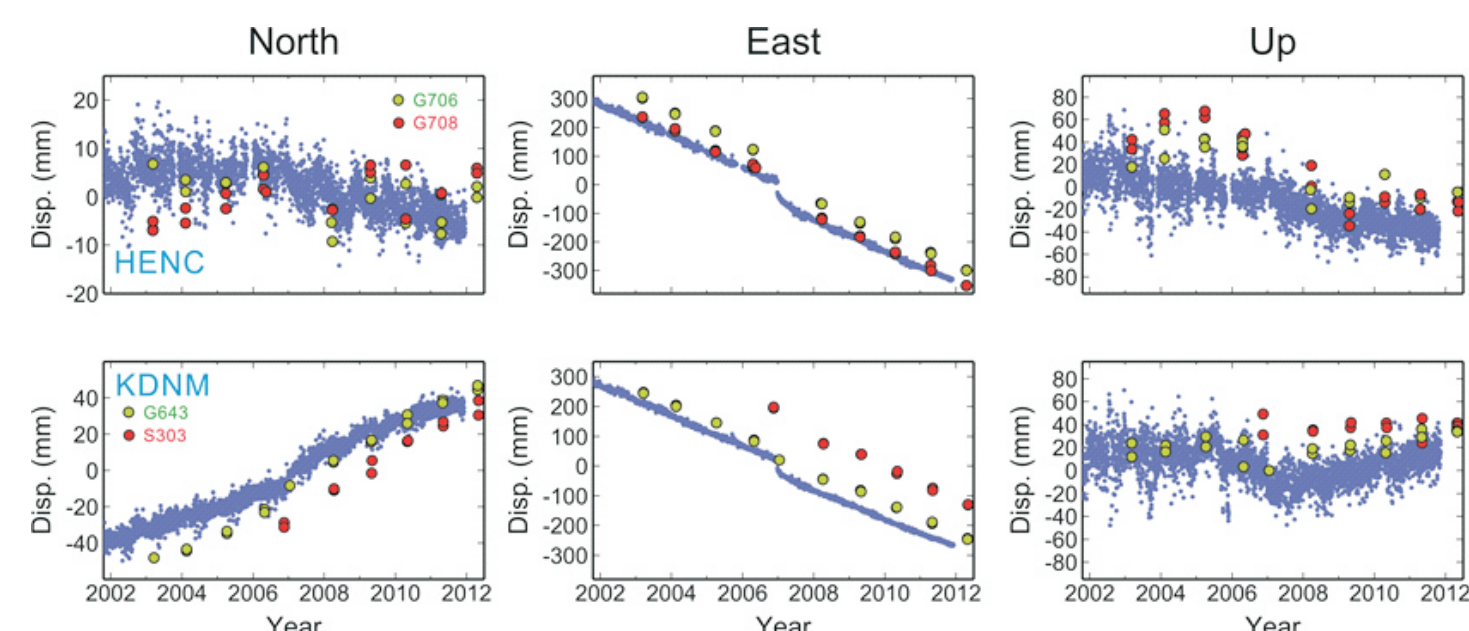
斷層活動潛勢分析部分，在參數不確定性以及邏輯樹建立規劃上，101年共召開了三次專家諮詢會議。建立池上斷層及小崗山斷層之參數表：池上斷層以BPT模式評估未來30年、50年及100年發生規模 $M_w 6.7 \sim 7.4$ 地震之機率為36.3%、46.3%、61.5%；小崗山斷層發生規模 $M_w 6.7 \sim 6.8$ 地震之機率則為6.0%、9.8%、18.5%。

整合分析部分，包括(1)地下水異常、(2)地化異常、(3)井下應變異常、(4)地震訊號異常之整合。整合期間含括2009年整年到2012年11月間規模大於5的112個地震事件。其中在2009年12月19日 $M 6.9$ 的花蓮地震和2011年3月20日 $M 5.8$ 的台東外海地震中，顯現地下水位、井下應變儀、地化氣體的同步異常。同天並伴隨著長微震事件，顯示異常觀測和長微震可能具有相同機制。這兩個地震皆在嘉義網和新竹網觀察到異常，但震央位在東部外海，非鄰近觀測網。對於規模小於6的地震亦對應到異常，顯示異常反應的空間分布(廣度)和地震規模、震央距離可能不相關，抑或是目前統計資料仍不足。

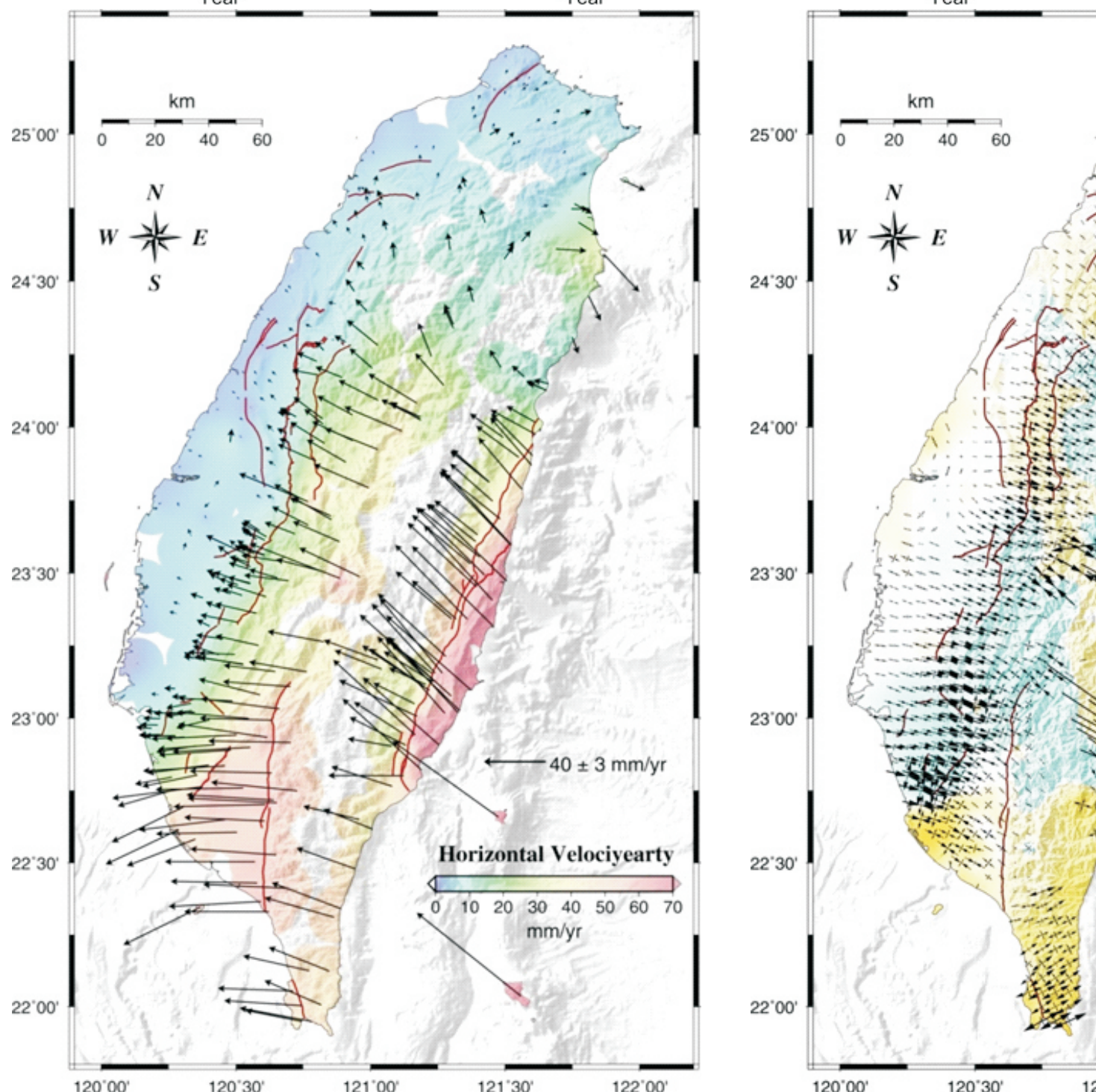


中央地質調查所設置之GPS觀測站、井下應變儀、地震測站及地球化學觀測站分布圖。

GPS及精密水準測量



◀ 2002-2012年恆春地區GPS連續及移動測站相對於澎湖白沙站(S01R)之位移-時間序列圖，藍色點位代表HENC及KDNM兩連續站，黃色點位分別為移動站G706及G643，紅色點位則為G708及S303之位移-時間序列分布情形。



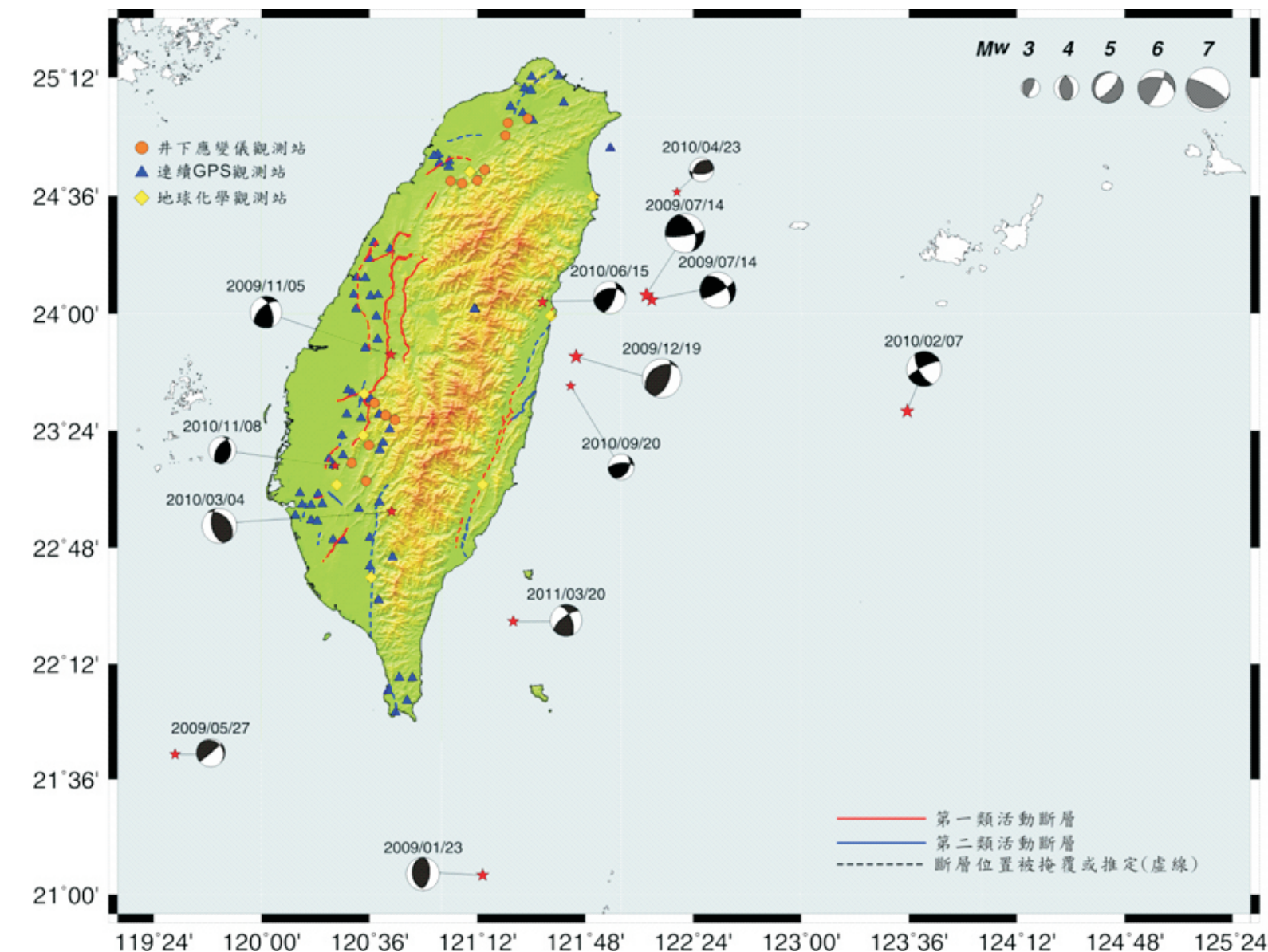
2002-2012年全臺灣相對於澎湖白沙站(S01R)之GPS連續站水平方向速度場。

應變率場分布圖。色階反映地表變形情形，暖色系為壓縮、冷色系為伸張。

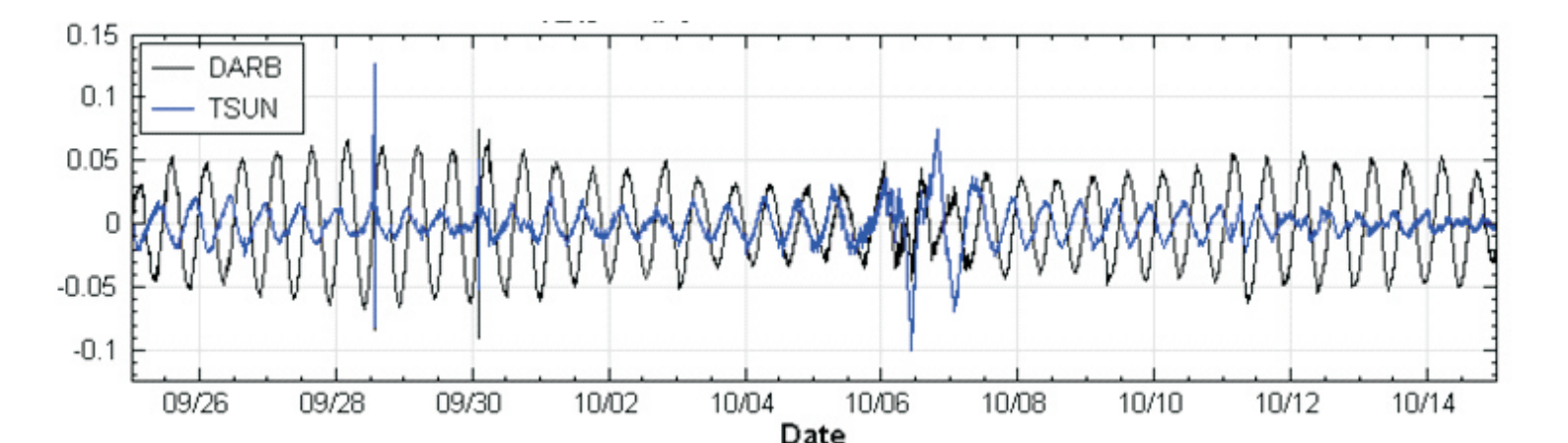
由GPS測量所得臺灣現今垂直速度場(參考點:S01R)。

由水準測量所得臺灣現今垂直速度場(參考點:S01R)。

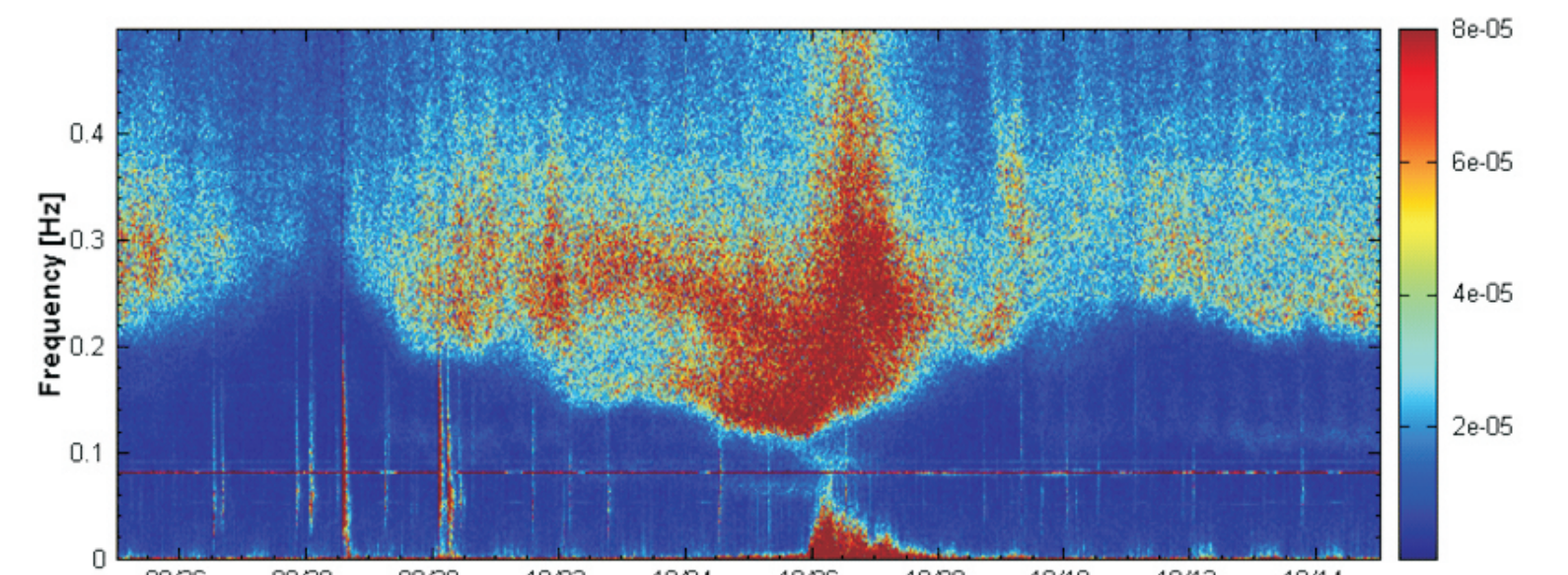
井下應變儀資料檢核與分析



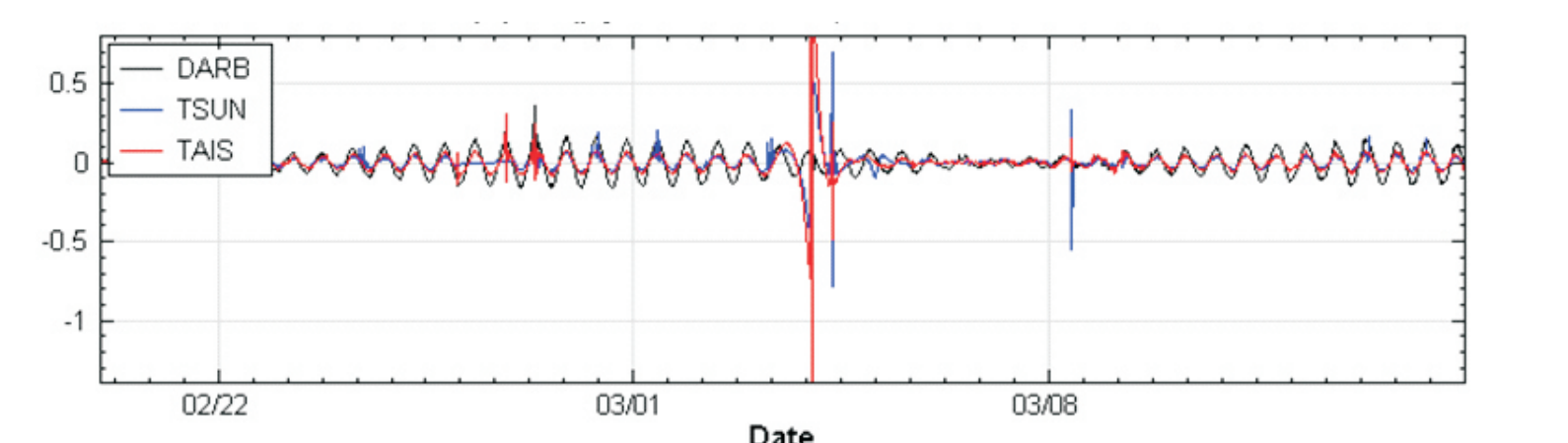
2009年至2012年11月井下應變儀地震前兆相關之地震。



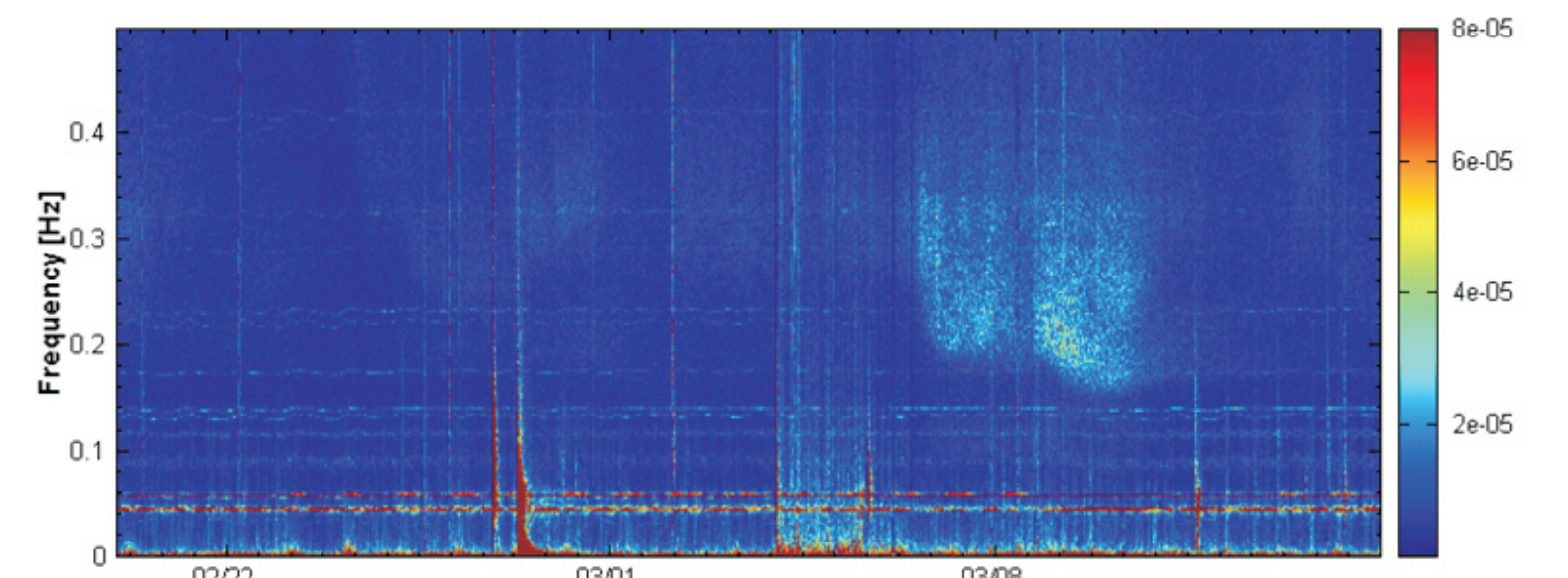
科羅莎颱風前後DARB與TSUN站應變的時間序列。



科羅莎颱風前後TSUN站應變時頻圖。

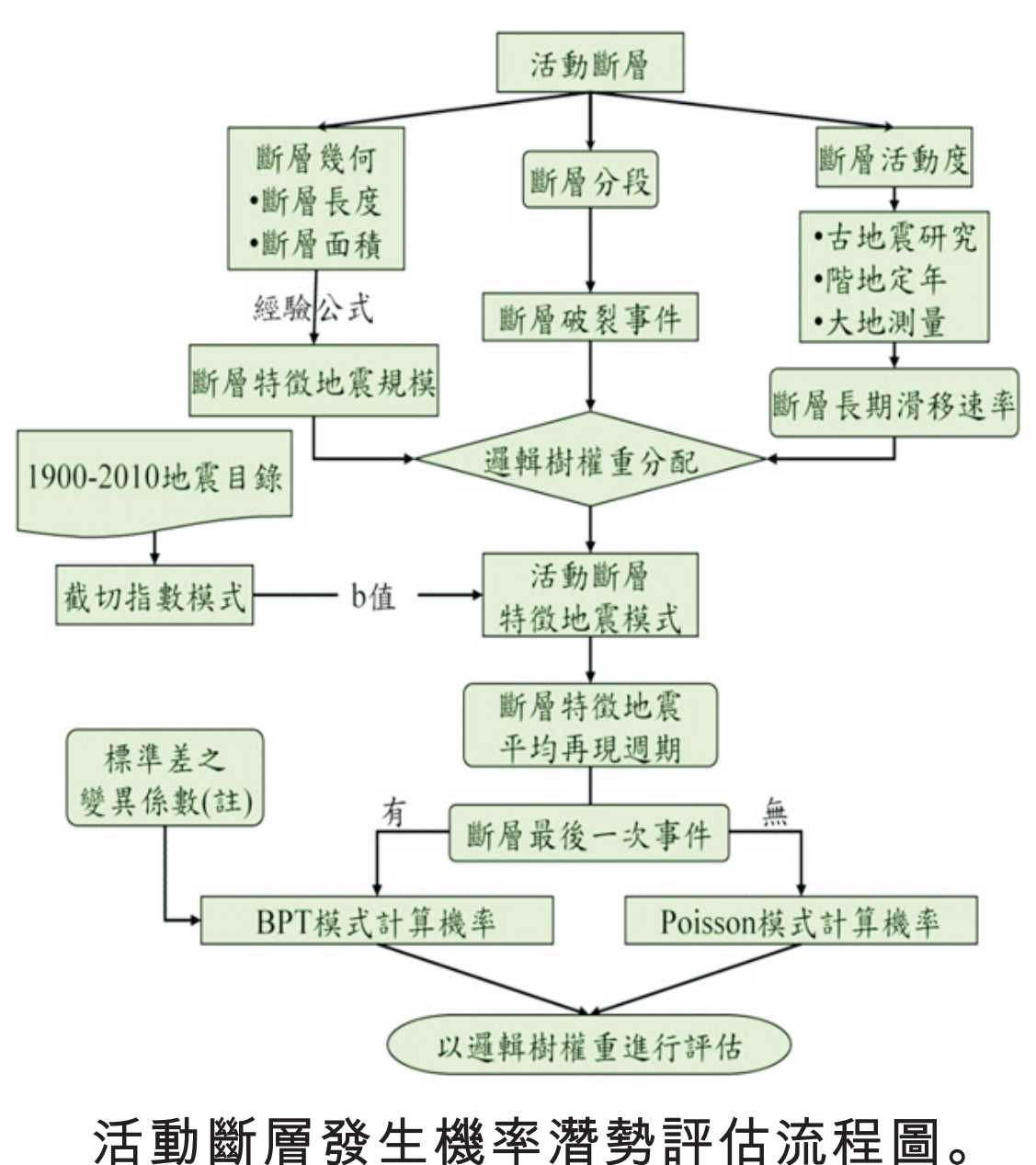


甲仙地震前後DARB、TSUN與TAIS站應變的時間序列。

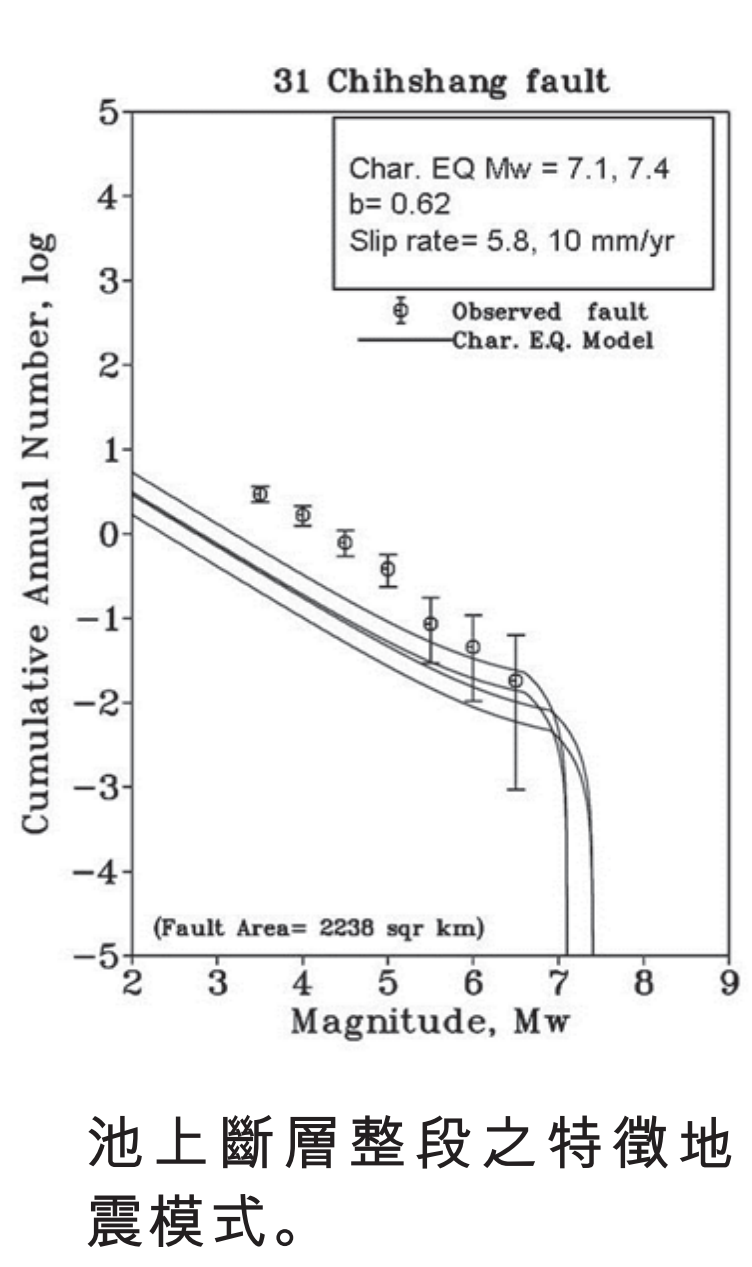


甲仙地震前後DARB站應變時頻圖。

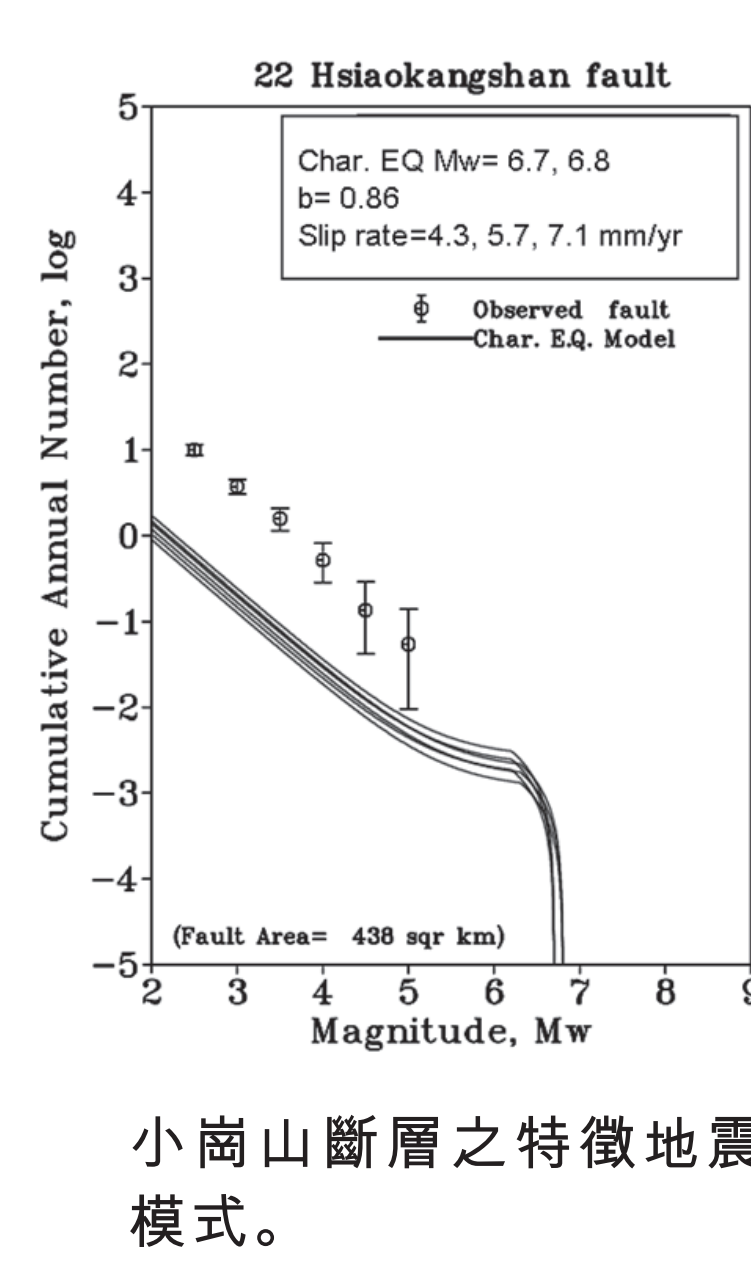
斷層潛能分析模式之評估



斷層名稱	斷層破裂事件	斷層面積 (km ²)	特徵地震規模 (M _w)	斷層滑移速率 (mm/yr)	統計模式
池上斷層	南段 (0.1)~2238 (1.0)	7.4 (0.6)	5.8 (0.5)	5.8 (0.5)	統計模式
	中段 (0.2)~2238 (1.0)	7.1 (0.4)	5.8 (0.5)	5.8 (0.5)	統計模式
	北段 (0.3)~1102 (1.0)	7.1 (0.4)	5.8 (0.5)	5.8 (0.5)	統計模式
	北段 (0.3)~1102 (1.0)	6.7 (0.4)	5.8 (0.5)	5.8 (0.5)	BPT模式
	南段 (0.3)~1136 (1.0)	7.1 (0.4)	5.8 (0.5)	5.8 (0.5)	統計模式
	南段 (0.3)~1136 (1.0)	6.7 (0.4)	5.8 (0.5)	5.8 (0.5)	統計模式
小崗山斷層	南段 (1.0)~438 (1.0)	6.8 (0.6)	5.7 (0.6)	4.3 (0.2)	Poisson模式
	北段 (1.0)~438 (1.0)	6.7 (0.4)	5.7 (0.6)	4.3 (0.2)	Poisson模式
	北段 (1.0)~438 (1.0)	6.7 (0.4)	5.7 (0.6)	7.1 (0.2)	Poisson模式

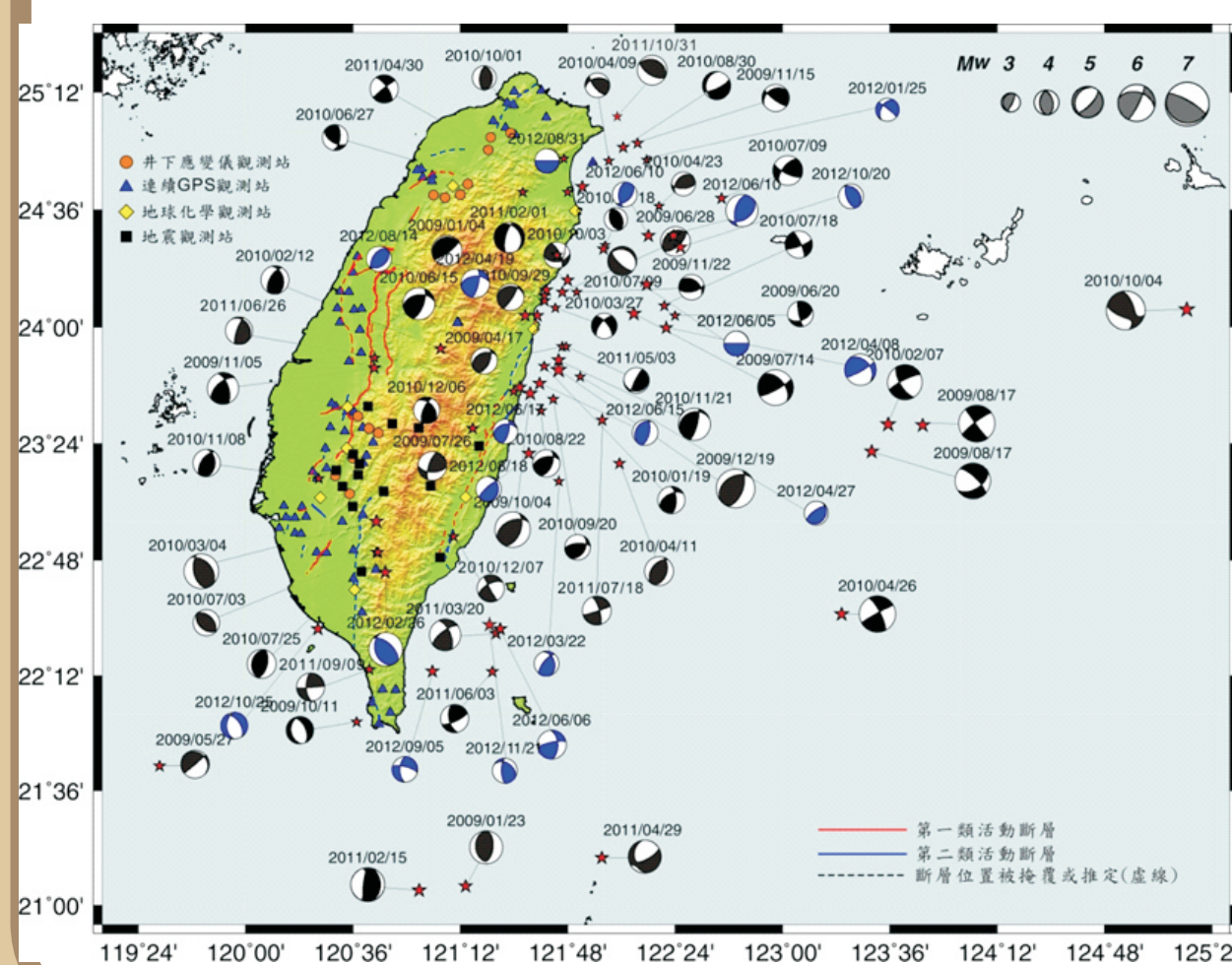


池上斷層整段之特徵地震模式。



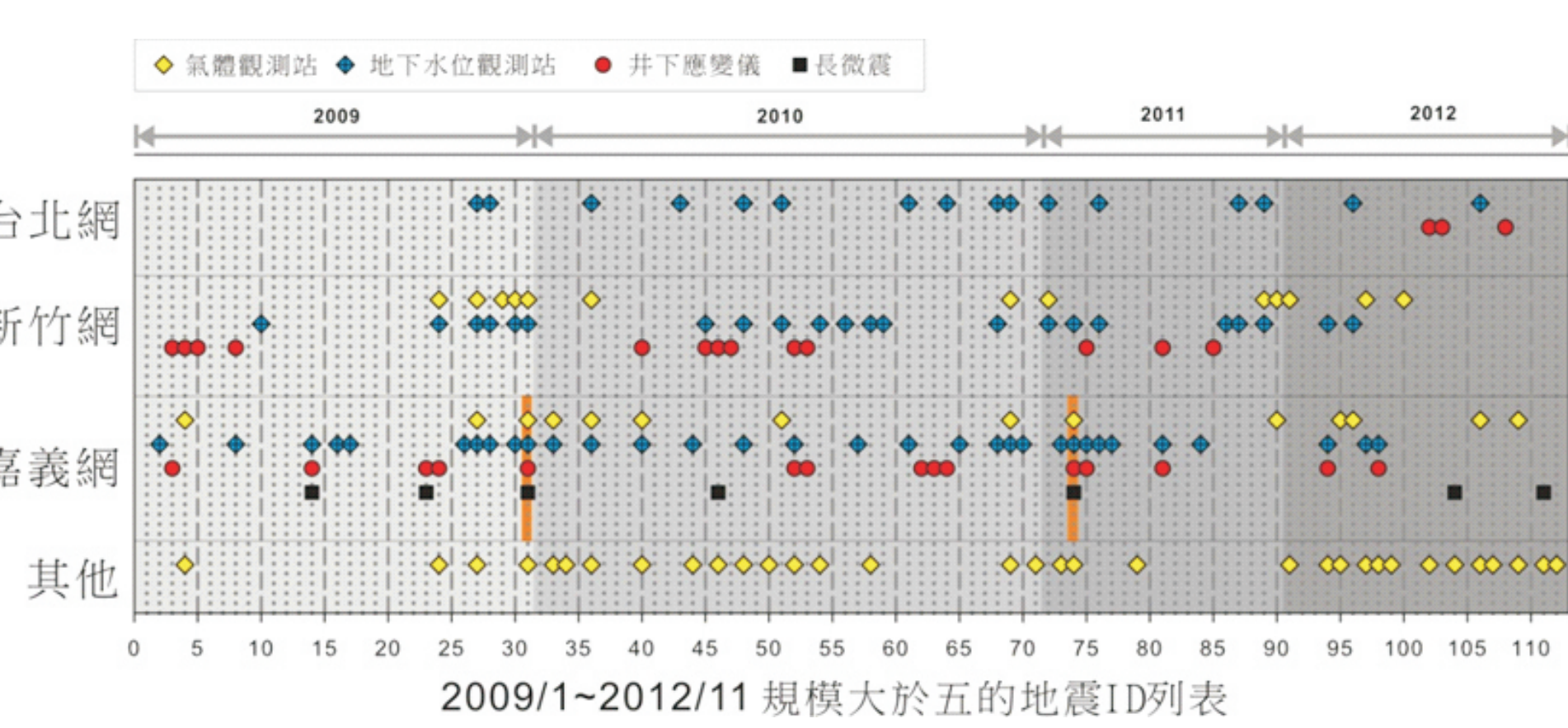
小崗山斷層之特徵地震模式。

整合觀測資料分析



◀ 2009年至2012年11月規模大於5地震之位置及震源機制圖。藍色海濠球為規模大於5之地震事件。

▶ 2009年至2012年11月規模大於5地震之異常記錄對應比較圖。水平軸的數字代表事件ID，垂直橋樑則代表同一觀測網有三個或以上的同步異常觀測。



參考文獻

胡植慶、劉啟清、饒瑞鈞 (2012) 斷層活動性觀測研究第二階段：斷層監測與潛勢分析研究(4/4)。經濟部中央地質調查所報告，共366頁。
 林冠全、胡植慶、董忻、辛在勤、余水倍、郭隆程、侯進雄 (2009) GPS及InSAR技術觀測的台灣地表變形。經濟部中央地質調查所，地質，第28卷，第3期，第44-49頁。
 陳致言 (2007) 臺灣西南部井下應變研究。95年度研究發展報告，經濟部中央地質調查所，共51頁。
 Gladwin, M.T. (1982) Ultrasonic stress monitoring in underground mining, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 19, 221-228.