

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

苗栗台中都會區地震災害潛勢分析--子計畫：苗栗台中都會區地震震源潛勢分析(II) 研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 95-2625-Z-002-028-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：國立臺灣大學地質科學系暨研究所

計畫主持人：吳逸民
共同主持人：張建興
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：黃信樺、林秉延、林郁梅

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 96 年 08 月 31 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 ☒ 成果報告
☐ 期中進度報告

苗栗台中都會區地震災害潛勢分析--子計畫：苗栗台
中都會區地震震源潛勢分析(II)

計畫類別：☐ 個別型計畫 ☒ 整合型計畫
計畫編號：NSC 95 - 2625 - Z - 002 - 028 -
執行期間：95 年 8 月 1 日至 96 年 7 月 31 日

計畫主持人：吳逸民 博士
共同主持人：張建興 博士
計畫參與人員：黃信樺、林秉延、林郁梅

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：☐ 精簡報告 ☒ 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- ☐ 赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐ 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐ 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐ 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢
☐ 涉及專利或其他智慧財產權，☐ 一年☐ 二年後可公開查詢

執行單位：國立台灣大學地質科學系

中 華 民 國 96 年 08 月 31 日

苗栗台中都會區地震災害潛勢分析--子計畫：苗栗台中都會區地震震

源潛勢分析(II)

A study of earthquake potential sources in Miaoli-Taichung metropolitan area

計畫編號：NSC 95-2625-Z-002-028

計畫主持人：吳逸民 博士

計畫共同主持人：張建興 博士

計畫參與人員：黃信樺、林秉延、林郁梅

執行單位：國立台灣大學地質科學系

目錄

目錄.....	I
中文摘要.....	II
英文摘要.....	III
一、前言.....	1
二、資料及方法.....	1
三、結果與討論.....	2
四、結論.....	6
五、計劃結果自評.....	7
六、參考文獻.....	8

中文摘要

苗栗-台中地區位於台灣中西部褶皺逆衝帶之變形前緣，西南方有北港高區阻隔，地表之擡升與變形劇烈。此地區百年來曾發生兩次大規模的災害地震，分別是 1935 年的新竹-台中地震與 1999 年的集集地震，前者造成屯子腳斷層及獅潭斷層等兩處地表破裂；後者則發生於車籠埔斷層，並造成長達 80 多公里的破裂帶。苗栗-台中一帶是西部平原主要的都會人口密集區，確受震災潛在威脅，實為必要深入了解此地區之地震構造與活動潛勢。

本研究使用之三維速度構造、震源機制與重新定位的地震資料，均源自研究團隊先前既有之研究成果 (Wu et al., 2007a, b, c)。資料的處理概要為蒐集中央氣象局 (CWBSN) 自 1991 年至 2005 年發生在苗栗台中鄰近地區 (120.1°E - 121.4°E , 23.4°N - 24.9°N) 之地震紀錄共 46,698 筆，以三維速度模型合併測站修正進行重新定位 (Wu et al, 2003)，並結合強地動觀測網之 P 波初動資料，求得此區之震源機制解共計 777 筆 (Wu et al, 2007b)。

本研究經由地震及 V_p/V_s 比值分布之分析結果推斷，在苗栗-台中地區之下存在有基底滑脫構造，其深度約在 8-10 公里，車籠埔斷層和雙冬斷層可能共同沿此滑脫面運動。在鄰滑脫面之西另有一組地震密集帶，但其震源機制以正斷層為主，推測可能為早期大陸邊緣古張裂構造的再活動，而西邊彰化斷層之地震活動則不甚明顯。此外，1935 年新竹-台中地震所造成的屯子腳斷層與獅潭斷層，亦未觀察到顯著的地震活動，但在屯子腳斷層的東北延伸方向及其東南方有兩條呈東北-西南分布之走向滑移地震帶。由地形及震源機制型態判斷，北邊的走向滑移地震帶可能為屯子腳斷層在三義斷層下繼續延伸的右移滑動，被集集地震再度觸發。此兩條右移地震帶的發生可能代表前陸逆衝帶在向西推進時，受到西南方北港高區阻擋而沿其東北邊緣滑移的西北向分量所造成之運動機制。

總結而言，集集地震之後苗栗-台中地區仍屬地震活動度之高區，但彰化斷

層位於前陸褶皺逆衝帶的最前緣，卻仍未觀察到顯著的地震活動，可能為下一個累積能量之區域。另外，屯子腳斷層與獅潭斷層雖無再活動的跡象，但在其間的東北-西南向走向滑移地震帶，集集地震之後地震活動依舊活躍，未來會否牽動屯子腳斷層與獅潭斷層再活動值得關注。

英文摘要

Form seismic hazard mitigation, it is necessary to mapping the distribution of the active faults. The study area, Miaoli-Taichung had been heavy struck by two big earthquakes in last 100 years. Thus, it is very important to detail mapping the potential earthquake sources in this region. Base on our recently results on seismic velocity structures, focal mechanisms and earthquake relocation (Wu et al., 2007a, 2007b, 2007c), we found the Chelungpu and Shuang-Tung faults locate on the same detachment with seismicity activities. The Changhua fault may also locate on the same detachment. However, there is no seismicity activity directly relate to the Changhua fault in the study period (1991 to 2005). The 1935 earthquake surface ruptures, the Tuntzuchiaio Fault and the Shrtan Fault are also no seismicity activity directly relate to them. The Tuntzuchiaio Fault may extend to the northeastward, due to a sequence earthquakes with strike-slip focal mechanisms occurred after the Chi-Chi earthquake. It is worth to further analysis about this issue.

一、前言

臺灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的交界，東有琉球海溝，由菲律賓海板塊向北隱沒至歐亞大陸板塊之下；南有馬尼拉海溝，由南中國海板塊向東隱沒至菲律賓海板塊之下；西有北港及觀音兩個大陸邊緣的基盤高區阻擋。在此交相隱沒之板塊邊界的聚合作用下，造山運動劇烈且地震活動頻繁，為世界上抬升速度最快的地區之一。

台灣西部平原及麓山帶為主要都會人口活動區域，同時也是造山帶褶皺變形的前緣。尤其苗栗-台中地區位於北港高區之西北方，受其基盤高區的影響，褶皺變形前緣在此區呈現向東凹陷的彎曲，且沿其外緣有彰化斷層、車籠埔斷層及雙冬斷層等多條東北-西南走向之平行構造活動，在構造與地震特性上皆屬特殊。百年來已有兩次大地震的發生：分別是台灣地震史上第大的兩次災害性地震新竹-台中烈震與集集地震。1935 年的新竹-台中地震在苗栗地區造成屯子腳斷層及獅潭斷層等南北兩處地表破裂；1999 年的集集地震則發生於車籠埔斷層，並造成縱跨苗栗、台中、南投地區長達 80 多公里的破裂帶。自 1999 年迄今，集集地震是否已將褶皺變形前緣的累積應力釋盡，新竹-台中地震是否於近期再次重現，以及史上在陸地規模最大的集集地震發生之後，苗栗-台中地區之地震特性是否有所轉變，都是此區值得深入探討的議題。

苗栗-台中地區為西部平原主要的都會人口密集區，為對上述問題有更深入的了解，達到防患減災的目的，本研究將針對苗栗-台中地區進行震源潛勢分析，探討此區之地震與構造的活動特性。

二、資料及方法

本研究蒐集中央氣象局（CWBSN）自 1991 年至 2005 年發生在苗栗台中

鄰近地區（120.6°E, 24.7°N；121.3°E, 24.45°N；120.95°E, 23.5°N；120.25°E, 23.75°N）（圖 1）之地震資料，共 46,698 筆。為降低台灣中西部地下淺層速度構造對震源定位的影響，本研究以三維速度模型與測站修正重新定位（Wu et al, 2003）。使用之速度模型為 Wu et al. (2007a) 所發表的台灣地區三維速度模型，其結合強地動觀測網（TSMIP）大量的測站所接收之 S-P 走時差資料，大幅提升三維速度構造在逆推運算時所需之資料量與控制點，對於台灣地區複雜的地下構造提供了更細部的解析。另外，本研究並進一步配合強地動觀測網之 P 波初動到時資料，以基因演算法求取此區之震源機制解共計 777 筆（Wu et al, 2007b）。

三、結果與討論

苗栗-台中地區依斷層活動特性可概分為南北兩個區域（Shyu et al., 2005），南為逆斷層型態為主的台中區域，活動構造由西向東依次為彰化、車籠埔與雙冬斷層，在諸多前人的研究中，普遍認為這三個斷層是前陸褶皺逆衝帶的一部份，在深部接連一個角度低緩、向東傾的滑脫面（Suppe, 1985; Yang et al., 2007; Yu et al., 2005），其中，車籠埔與雙冬斷層皆有明顯的地表破裂，且因斷層截切過第四紀地層（更新統及全新桶）而列為第一類活動性斷層（林啟文，2000）；最西緣的彰化斷層則因未有出露地表之證據被歸類為存疑性活斷層，但一般認為其位置應位於八卦台地的西側。

北邊苗栗區域的活動構造，主要有低角度東傾的三義逆衝斷層，及其南北的屯子腳斷層與獅潭斷層，屯子腳斷層為右移斷層（Cheng, 1995），走向約 N60°E，截切過后里台地的東邊；獅潭斷層則為一個西傾的背衝斷層（back-thrust），出露於獅潭谷地，深度可延伸至 7.5 公里左右（Huang and Yeh, 1992; Lin, 2005）。而東邊的神卓山斷層依地形及地質調查顯示，可能僅為一背

斜軸部的伸張破裂 (Huang et al., 2000)。

針對苗栗-台中地區這些主要的活動構造，本研究以震源分布、震源機制及三維速度層析影像來做細部的檢視，與前人研究相比對，並進行各個斷層之地震潛勢分析：

3.1 獅潭斷層與神卓山斷層

在 A-A'剖面中 (圖 2)，地震主要分布於獅潭與神卓山斷層的東側，以高角度的走向滑移活動居多，相反的，在淺部及獅潭斷層西傾之延伸方向並無明顯的地震活動，但在 V_p/V_s 比值層析影像中，可以發現獅潭斷層西傾之延伸方向正好符合 V_p/V_s 比值的變化走勢，岩石材料由西向東從鬆軟過渡到堅硬的材質，許多前人研究 (Kato et al., 2004; Wu et al., 2007a) 皆指出，地震多易發生於岩性變化之交界處，因此，此區提供了西傾的背衝斷層一個良好的孕震環境。

從 V_p/V_s 比值層析影像的結果來看，與獅潭斷層西傾之幾何型態相吻合，但從震源分布的結果來看，獅潭斷層近年並無活動的跡象，表示其可能為一具有長地震再現週期 (long recurrence interval) 之活動構造 (Lin, 2005)。而神卓山斷層同樣地沒有觀察到任何顯著的地震活動。

3.2 屯子腳斷層及其東北延伸方向之走向滑移地震帶

屯子腳斷層為 1935 年 4 月 21 日新竹-台中地震所造成的主要地表破裂之一，被三義斷層所截切 (圖 1)。Lin (2005) 由此區之震測資料中發現，在屯子腳斷層往三義斷層下方的延伸方向有正斷層構造的存在，因此推論新竹-台中地震很可能肇因於舊有正斷層構造受到前陸造山擠壓之影響而以右移的型態再度活動。

C-C'剖面中 (圖 4)，與獅潭斷層的情形相同，屯子腳斷層在 1991-2005 年間雖無地震活動，但其斷層位態卻與 V_p 速度及 V_p/V_s 比值之變化帶相符，顯示此處也是一岩性變化交界帶。但相對於屯子腳斷層近年的沉寂，其東北延伸方向卻觀察到一組活躍的走向滑移地震帶，位於雙冬斷層北緣之西北方 (圖 1)，

此走向滑移地震帶與三義斷層下方之舊有正斷層構造位置相近 (Lin, 2005), 且從 B-B' 剖面的結果來看, 其近乎垂直的傾角與右移的震源機制皆與屯子腳斷層一致, 可能即代表屯子腳斷層延伸至三義斷層下方之右移斷層。

3.3 東北-西南向之雙走向滑移地震帶

相對於屯子腳斷層向東北延伸之地震帶 (Strike-slip Seismic zone, SSZ1), 其東南方亦有一與之平行的走向滑移地震帶 (SSZ2, 圖 1)。比較兩者的震源機制與分布 (B-B' 剖面, 圖 3), SSZ1 有清楚的線型集中現象, 且震源機制皆為右移, 有相當高的一致性, 故為右移斷層之可能性很高; 反之, SSZ2 之震源分布散亂, 震源機制雖以右移型態為主, 但亦夾雜逆斷層、斜向逆斷層等形態, 推測可能受到東傾之雙冬斷層的影響, 此區呈現較複雜的構造環境。

但此兩條右移地震帶的發生, 可能意味著前陸逆衝帶在向西推進時, 受到西南方北港高區阻擋而沿其東北邊緣滑移的西北向分量所造成之運動機制。

3.4 車籠埔斷層及雙冬斷層

在台中區域裡, 由西向東以彰化、車籠埔與雙冬斷層為主要活動構造, 其中, 彰化斷層到目前為止由於缺乏地表出露的證據仍歸類為存疑性斷層, 但一般仍認為它是造成台中盆地西緣八卦台地抬升的主因, 此點在前人研究中較無爭議, 反倒是東邊車籠埔與雙冬斷層在深部如何連結及地震活動與滑脫面之關係較有分歧。

雙冬斷層為一高角度逆斷層, 向下與車籠埔斷層延伸至同一滑脫面 (Yue et al., 2005); 而 Yang et al. (2007) 根據地形與地層的資料認為雙冬斷層應沿著北寮層的底部錯動, 為一淺部的逆斷層, 並不與車籠埔斷層共同發育於同一滑脫面上。儘管雙冬斷層的發育型態沒有定論, 近年來許多結合震測資料所建立之前陸平衡剖面模型的滑脫面依舊太淺, 與多發生於 10 公里深之地震活動不符, 因此, 許多學者皆主張在車籠埔斷層滑脫面的底部應有一更深的滑脫面存在

(Lacombe et al., 2002; Yue et al., 2005)。

比對本研究之 D-D' (圖 5) 與 E-E' (圖 6) 剖面，依震源分布、震源機制與 V_p/V_s 比值變化的結果，D-D' 剖面中與地震活動相關之滑脫面應在深度 10-12 公里的位置，且其下方可能存在一個西傾的高角度逆斷層構造，而東邊呈走向滑移運動的地震活動，從地理位置及其震源分布的走勢 (圖 1)，應為西北-東南向之三義-埔里地震帶的左移活動 (辛在勤與張建興，1992)。

往南到 E-E' 剖面，可以發現 D-D' 剖面中位於 10-12 公里之滑脫面在此上移至 8 公里左右，並且在水平距離 28 公里處出現 ramp 的構造，往更深處銜接逆斷層型態的地震活動，而其下有一清楚的西傾逆斷層存在，此構造可能是早期深部的背衝構造受到後來發育較淺的滑脫面截切的結果 (Yue et al., 2005)，也可能代表著基盤舊有之張裂構造以逆斷層型態再度活動的結果。

由 D-D' (圖 5) 與 E-E' (圖 6) 兩剖面的觀察結果顯露，台灣西部前陸褶皺逆衝帶之滑脫面的構造並不單純，有待更多其他方面資料的整合。而就目前地震活動的分布而言，在 D-D' 剖面水平距離 50 公里、E-E' 剖面水平距離 30 公里，兩剖面深度皆 10-15 公里處應有 ramp 型態或其他構造的存在，為主要地震發生及能量累積的地方。

3.5 彰化斷層與舊有基盤張裂構造

D-D' 剖面中 (圖 5)，雖然在滑脫面向西延伸的方向有密集的地震活動，但從震源機制為走向斷層與正斷層型態的結果來看，應不屬於彰化斷層之活動，而可能是早期大陸邊緣舊有之張裂構造受前陸造山擠壓而帶有走向分量活動，此張裂構造在 E-E' 剖面 (圖 6) 更能清楚的由其震源分布的趨勢辨識為一西傾之正斷層。

反之，並無觀察到彰化斷層之活動，這也許表示彰化斷層在早期曾有過地震的發生，進而造成八卦台地的抬升，而今屬於累積能量的震間期 (inter-seismic interval)，又或者彰化斷層是以潛移 (creep) 的方式活動，此論點可由其切入

鬆軟的岩石材料中得到支持（D-D'剖面 V_p/V_s 比值層析影像）。

3.6 集集地震前後之地震活動特性

本研究進一步將地震資料分成集集地震震前、期間、震後三個時間區段（圖 7），用以觀察探討上述各斷層活動與集集地震的關係。結果顯示，不管是東北-西南向之雙走向滑移地震帶，還是 D-D' 與 E-E' 剖面的正斷層及深部高角度逆斷層活動，皆是在集集地震發生之後才出現的，且獅潭斷層附近之地震活動也有明顯的增加（圖 7b），此結果正支持了本文前述之舊有構造受集集地震觸發而再度活動的觀點，而雙走向滑移地震帶很可能即反映了集集地震後，基盤低區向西推進的滑移機制。

而從集集地震震後的情形來看（圖 7c），大部分地區皆已恢復到震前的地震活動特性，惟屯子腳斷層東北延伸方向之走向滑移地震帶，其活動頻率仍相當活躍，是否牽動西南邊的屯子腳斷層及北邊的獅潭斷層再度活動，將是值得關切的重點。

四、結論

就地震潛勢而言，集集地震之後苗栗-台中地區仍屬地震活動度之高區，但彰化斷層位於前陸褶皺逆衝帶的最前緣，卻仍未觀察到顯著的地震活動，其斷層若非以潛移的方式活動，則可能為下一個累積能量之區域。而屯子腳斷層與獅潭斷層雖無再活動的跡象，但在其間的東北-西南向走向滑移地震帶，一來可能是兩斷層構造上的延伸，二來因受到前陸逆衝帶沿北港高區邊緣變形的擠壓，地震活動開始有升高的現象，未來會否牽動屯子腳斷層與獅潭斷層再活動是另一個需要注意的地方。

此外，在本研究的觀察中，苗栗-台中地區之滑脫面深度往南有變淺的趨

勢，且可能有 ramp 型態構造及深部高角度逆斷層等構造存在其中，台灣西部滑脫面構造確切的幾何分布與構造系統仍有待更多資料的整合。

而東北-西南向之雙走向滑移地震帶之右移機制，與三義-埔里地震帶之左移機制很可能反映了前陸褶皺逆衝帶在北港高區的阻擋下，東北緣之基盤低區向西突進的滑移機制。

五、計劃結果自評

目前如期完成第一年之進度及成果，此計畫成果可提供整合計畫中所需之資料，在本計畫部分支持之下完成的論文如下：

Chang, C. H., **Y. W. Wu***, L. Zhao, and F. T. Wu (2007). Aftershocks of the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake: The first hour, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **97**, 1245–1258, doi: 10.1785/0120060184.

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

Wu, Y. M., L. Zhao, C. H. Chang, and Y. J. Hsu (2007b). A study on first-motion focal mechanism determination in Taiwan, *Bull. Seism. Soc. Am.* (in revision).

Wu, Y. M., C. H. Chang, L. Zhao, T. L. Teng and M. Nakamura (2007c). A Comprehensive Relocation of Earthquakes in Taiwan from 1991 to 2005, *Bull. Seism. Soc. Am.* (submitted).

Wu, Y. M., H. Kanamori, R. Allen, and E. Hauksson (2007). Determination of earthquake early warning parameters, τ_c and P_d , for southern California, *Geophys. J. Int.*, **170**, 711-717.

Shih, D. C. F., **Y. M. Wu**, G. F. Lin, J. C. Hu, Y. G. Chen, and C. H. Chang (2007). Assessment of long-term variation in displacement for a GPS site adjacent to a transition zone between collision and subduction, accepted by *STOCHASTIC ENVIRONMENTAL RESEARCH AND RISK ASSESSMENT*. (SCI)

Wu, Y. M. and H. Kanamori (2007). Exploring the feasibility of on-site earthquake early warning using close-in records of the 2007 Noto Hanto earthquake, *Earth, Planets and Space* (in revision).

Wu, Y. M., C. C. Chen, L. Zhao, and C. H. Chang (2007). Seismicity characteristics

before the 2003 Chengkung, Taiwan Mw6.8 earthquake, *Geophys. Res. Lett.* (submitted).

六、參考文獻

- Cheng, S.-N. (1995). The study of stress distribution in and around Taiwan. *Doctoral Thesis, National Central University*, 215p.
- Huang, B.-S. and Y.-T. Yeh (1992). Source geometry and slip distribution of the April 21, 1935 Hsinchu-Taichung, Taiwan earthquake. *Tectonophysics*, 210, 77-90.
- Huang, W.-C., C.-W. Lin, Y.-H. Lin, W.-Y. Wu, C.-Y. Chen, and S.-Y. Liu (2000). Survey report of active faults – the Shihtan and Shenchoshan Fault. Central Geological Survey Project Report, Ministry of Economic Affairs. (in Chinese, on website <http://cgswweb.moeacgs.gov.tw/result/Fault/web/index-1.htm>)
- Kato, A., E. Kurashimo, N. Hirata, S. Sakai, T. Iwasaki, and T. Kanazawa (2005). Imaging the source region of the 2004 mid-Niigata prefecture earthquake and the evolution of a seismogenic thrust-related fold. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L07307, doi: 10.1029/2005GL022366.
- Lacombe O. and F. Mouthereau (2002). Basement-involved shortening and deep detachment tectonics in forelands of orogens: Insights from recent collision belts (Taiwan, Western Alps, Pyrenees). *Tectonics*, 21, 4, 1030, 10.1029/2001TC901018.
- Lin, Y. N. (2005) Surface deformation and seismogenic structure model of the 1935 Hsinchu-Taichung Earthquake (MGR=7.1), in Miaoli, northwestern Taiwan. M.S. Thesis, 77p.
- Shyu, J. B. H., K. Sieh, Y.-G. Chen, and C.-S. Liu (2005). Neotectonic architecture of Taiwan and its implications for future large earthquakes. *J. Geophys. Res.*, 110, B08402, doi:10.1029/2004JB003251.

- Suppe, J. (1985). Principles of structural geology. *Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey*. 537p.
- Wu, Y.-M., C.-H. Chang, N.-C. Hsiao, and F.-T. Wu (2003). Relocation of the 1998 Rueyli, Taiwan, earthquake sequence using three-dimensions velocity structure with stations corrections. *Terre. Atmos. Oceanic Sci.*, 14, 421-430.
- Wu, Y. M., C. H. Chang, L. Zhao, J. B. H. Shyu, Y. G. Chen, K. Sieh, and J. P. Avouac (2007a). Seismic tomography of Taiwan: Improved constraints from a dense network of strong-motion stations. *Journal of Geophysical Research*, **112**, B08312, doi:10.1029/2007JB004983.
- Wu, Y. M., L. Zhao, C. H. Chang, and Y. J. Hsu (2007b). A study on first-motion focal mechanism determination in Taiwan, *Bull. Seism. Soc. Am.* (in revision).
- Wu, Y. M., C. H. Chang, L. Zhao, T. L. Teng and M. Nakamura (2007c). A Comprehensive Relocation of Earthquakes in Taiwan from 1991 to 2005, *Bull. Seism. Soc. Am.* (submitted).
- Yang, K.-M., S.-T. Huang, J.-C. Wu, H.-H. Ting, W.-W. Mei, M. Lee, H.-H. Hsu, and C.-J. Lee (2007). 3D Geometry of the Chelungpu Thrust System in Central Taiwan: Its Implications for Active Tectonics. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 18, 2, 143-181.
- Yue L.-F., J. Suppe, and J.-H. Hung (2005). Structural geology of a classic thrust belt earthquake: the 1999 Chi-Chi earthquake Taiwan ($M_w=7.6$). *J. Structural Geol.*, 27, 2058-2083.
- 辛在勤、張建興，1992，1992年地震回顧，氣象學報，第三十八卷，第三期，第218-232頁。
- 林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文生，2000，台灣活動斷層概論（第二版）：中央地質調查所特刊，第十三號，經濟部中央地質調查所發行，共122頁。

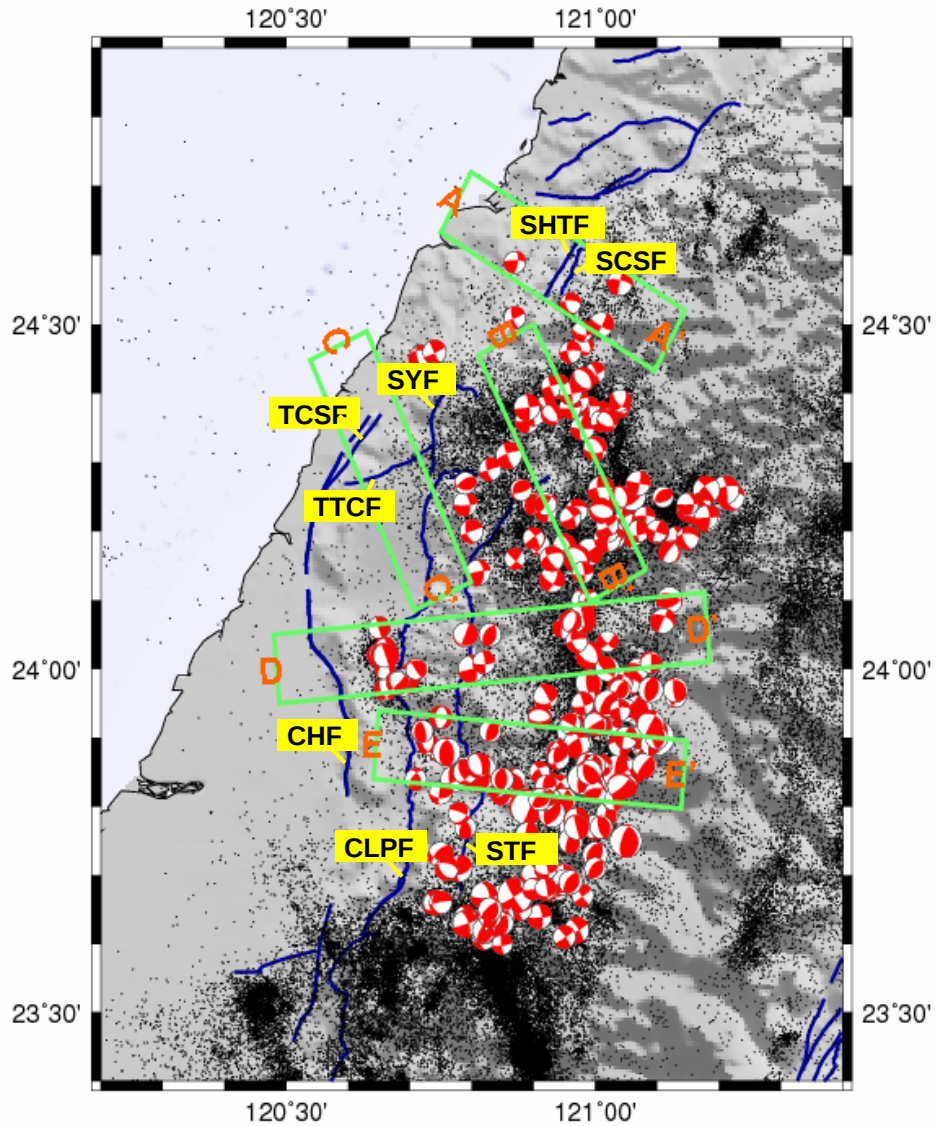


圖 1 苗栗-台中地區地震及震源機制 ($M_L > 4$) 分布圖。深藍色為此區之活動構造位置、淺綠色則為各剖面投影範圍。SHTF：獅潭斷層、SCSF：神卓山斷層、SYF：三義斷層、TCSF：鐵砧山斷層、TTCF：屯子腳斷層、CLPF：車籠埔斷層、CHF：彰化斷層、STF：雙冬斷層。

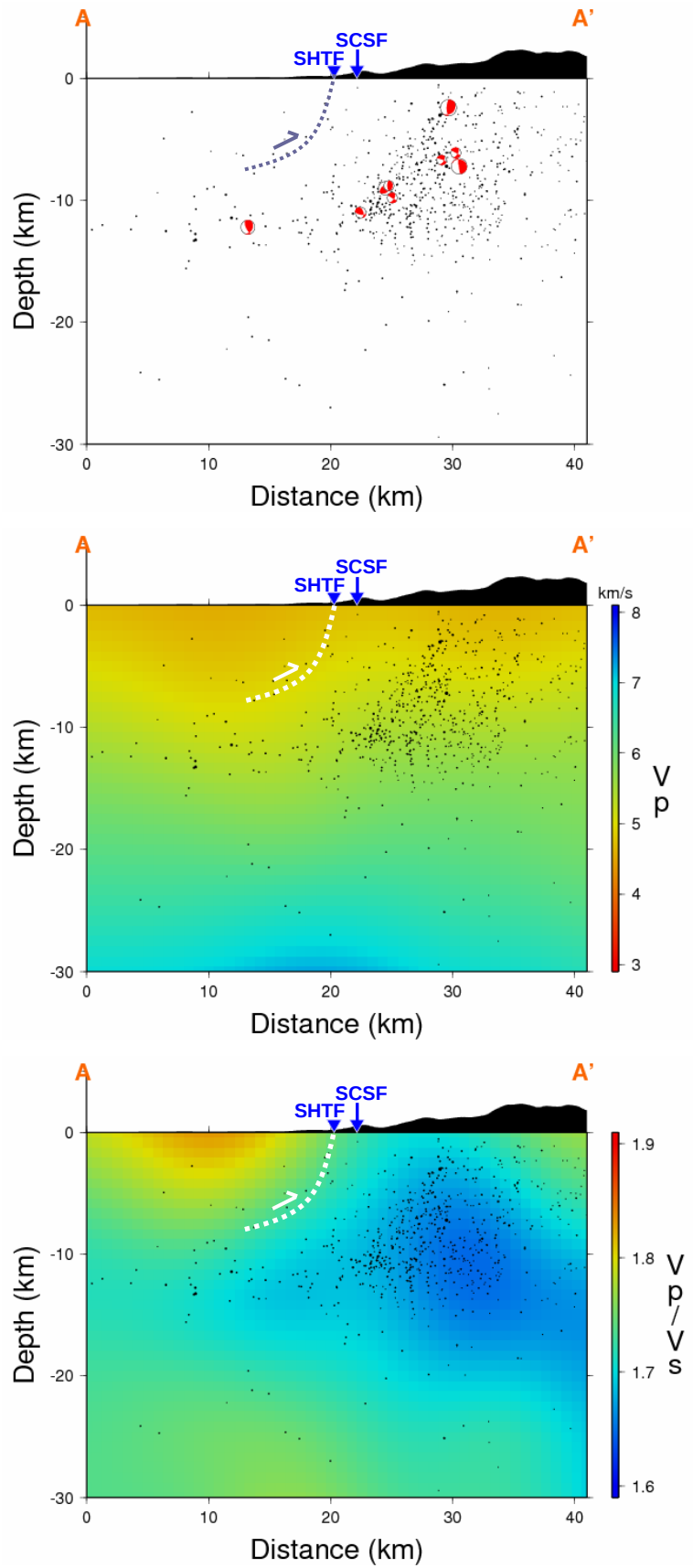


圖 2 A-A'剖面（對照圖 1）。（上）地震與震源機制分布圖。（中） V_p 速度層析影像。（下） V_p/V_s 比值層析影像。

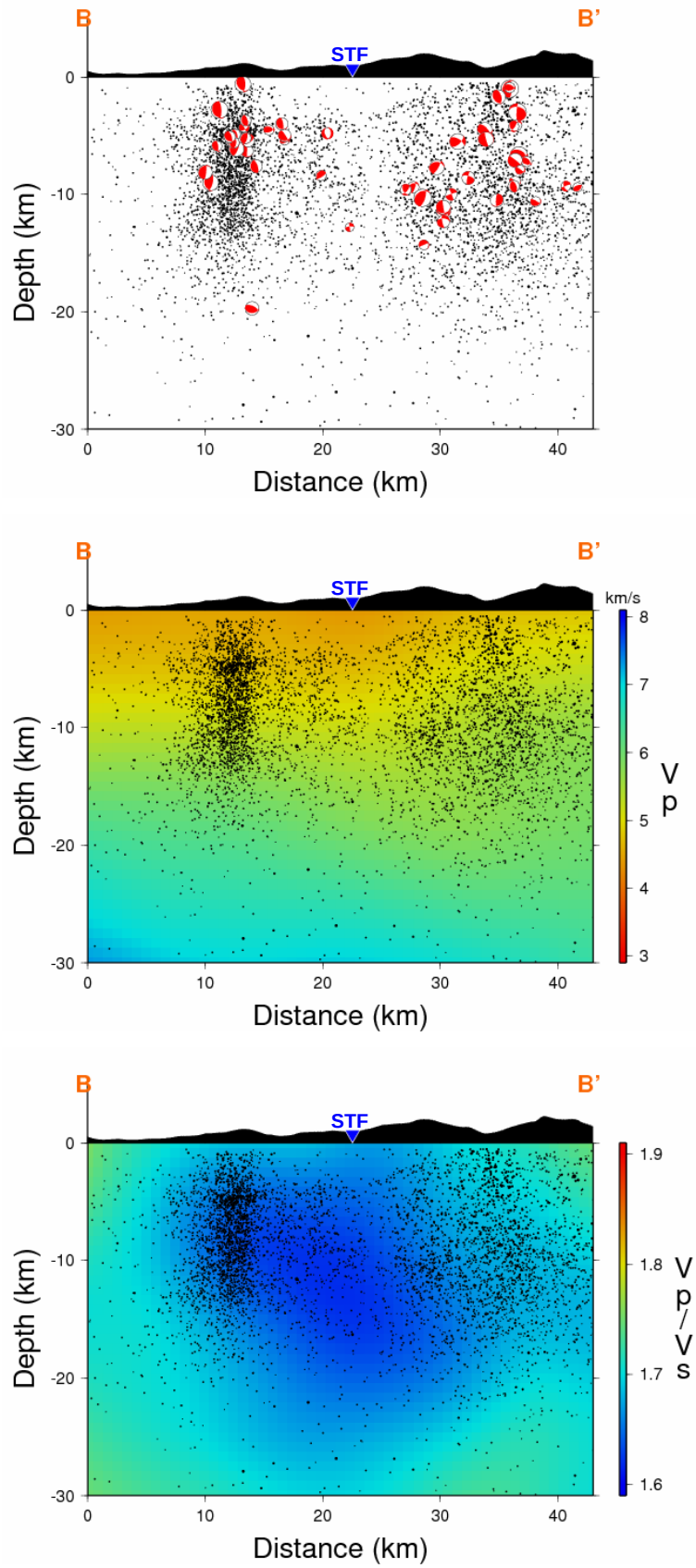


圖 3 B-B'剖面（對照圖 1）。（上）地震與震源機制分布圖。（中） V_p 速度層析影像。（下） V_p/V_s 比值層析影像。

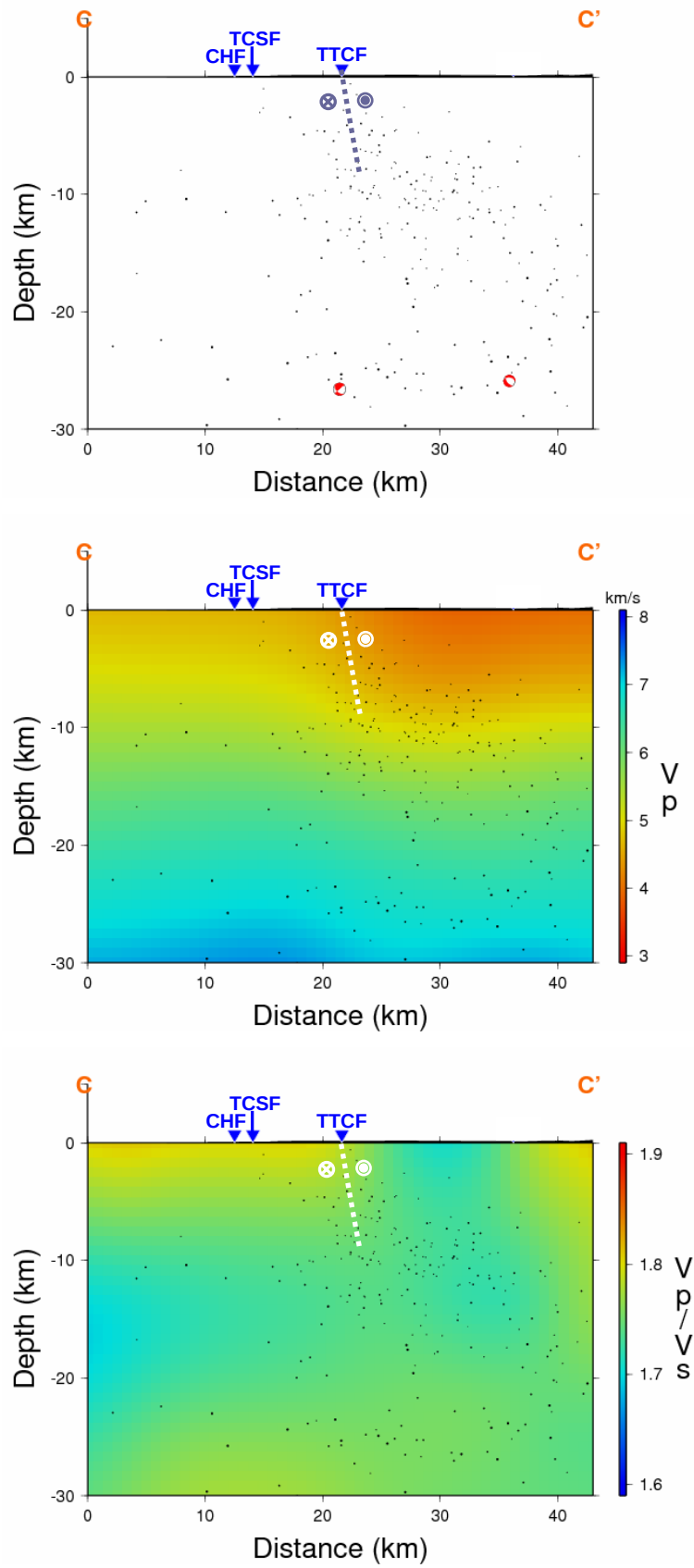


圖 4 C-C'剖面（對照圖 1）。（上）地震與震源機制分布圖。（中） V_p 速度層析影像。（下） V_p/V_s 比值層析影像。

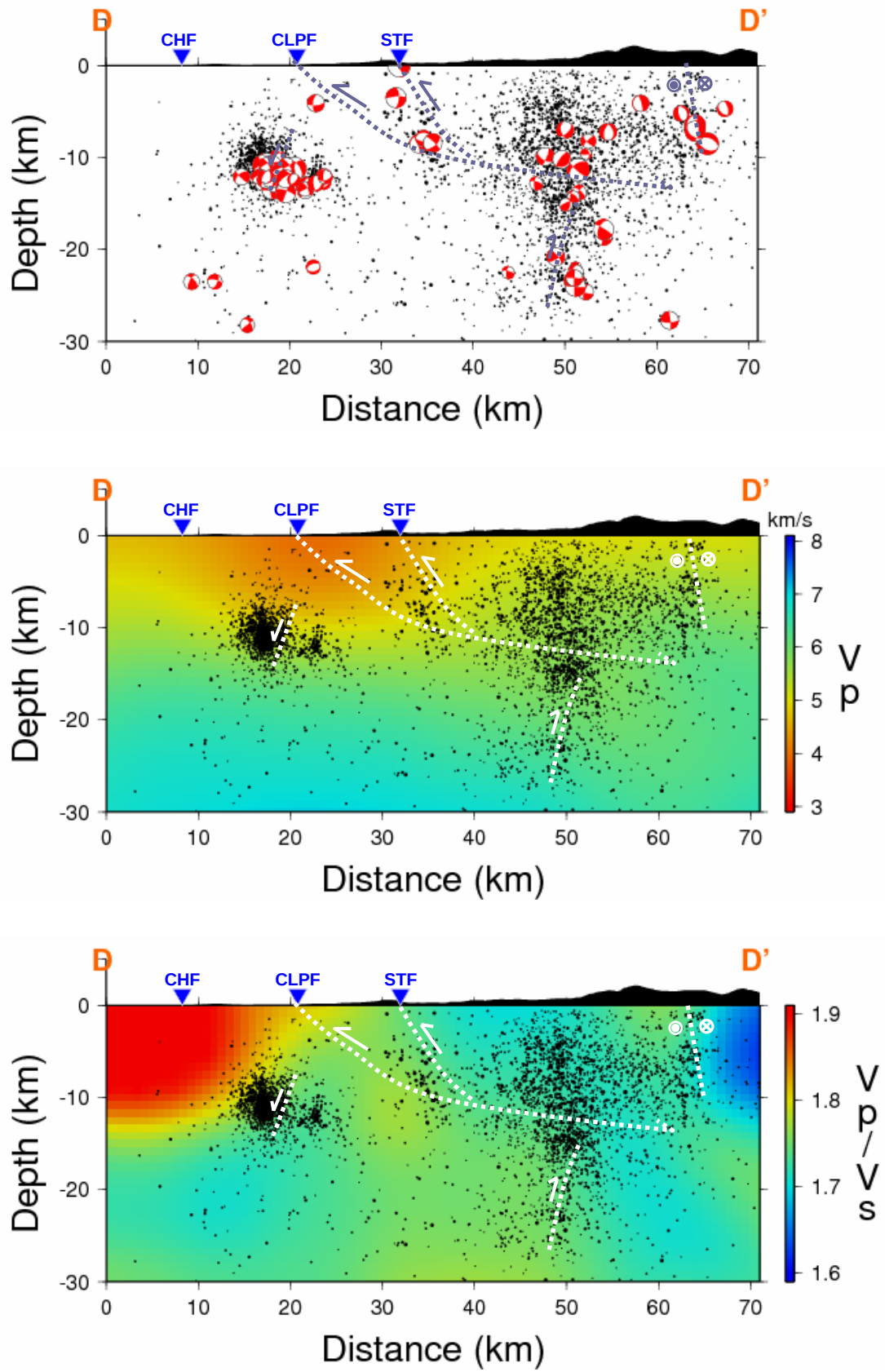


圖 5 D-D'剖面（對照圖 1）。（上）地震與震源機制分布圖。（中） V_p 速度層析影像。（下） V_p/V_s 比值層析影像。

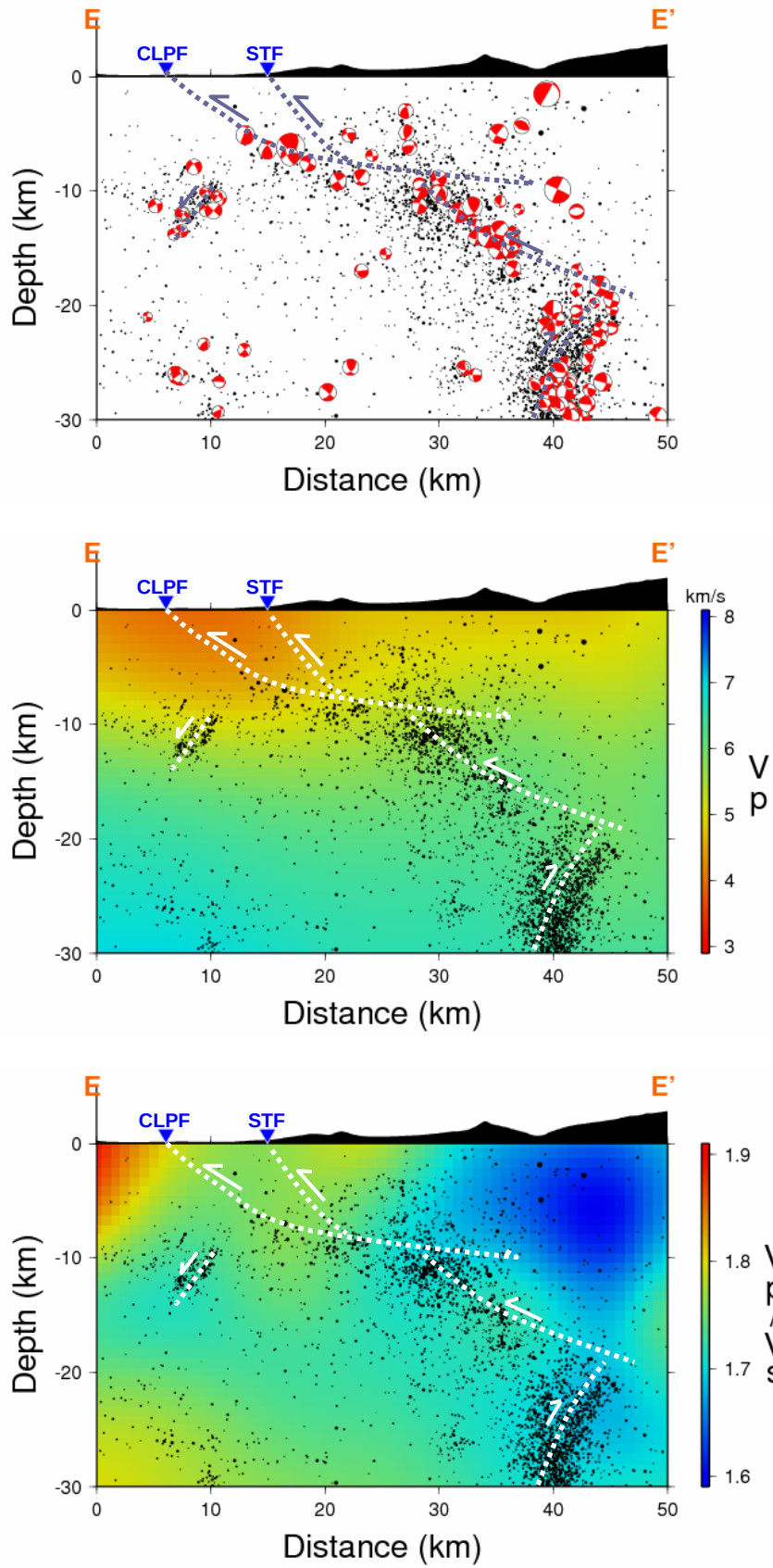


圖 6 E-E'剖面（對照圖 1）。（上）地震與震源機制分布圖。（中） V_p 速度層析影像。（下） V_p/V_s 比值層析影像。

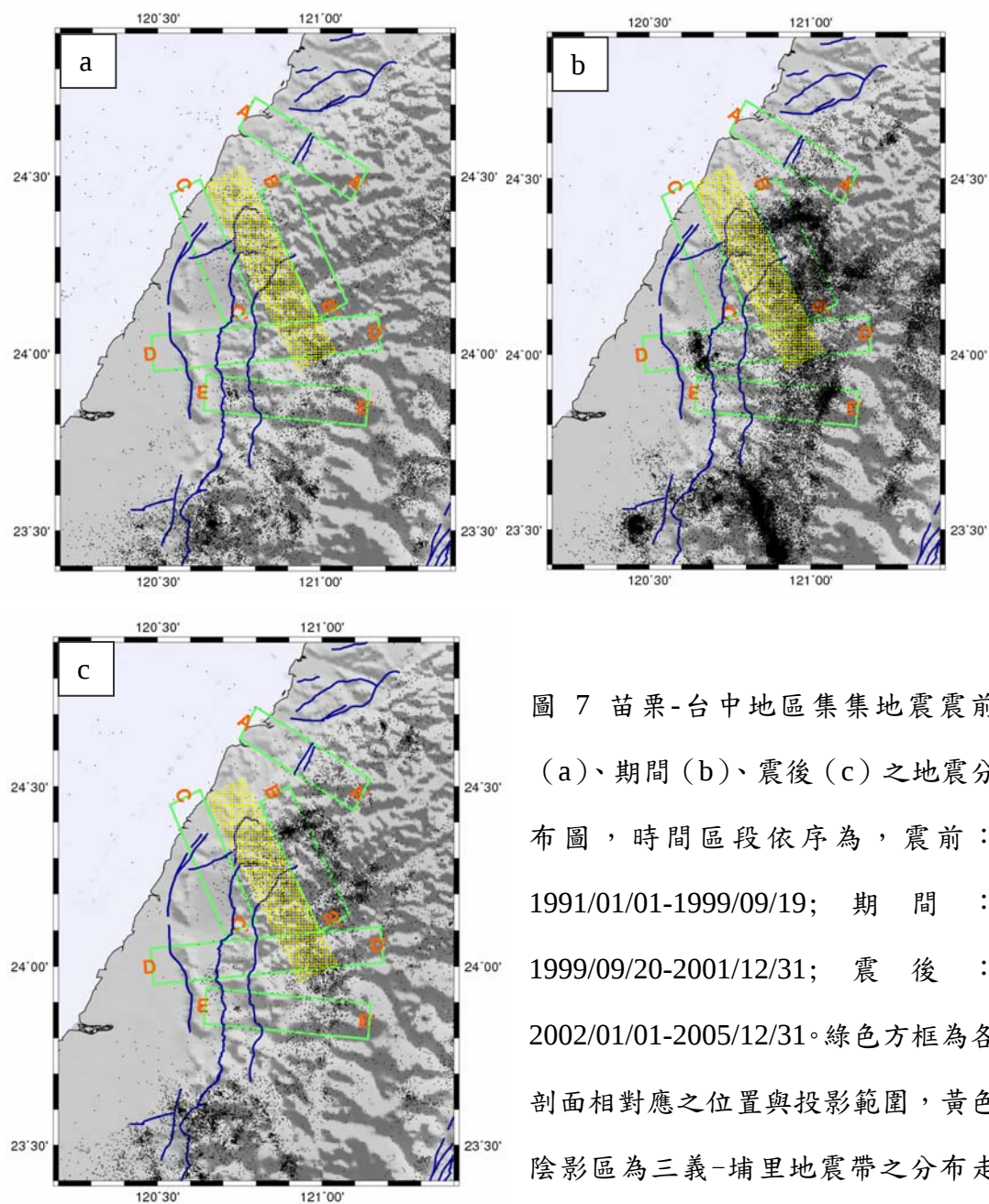


圖 7 苗栗-台中地區集集地震震前 (a)、期間 (b)、震後 (c) 之地震分布圖，時間區段依序為，震前：1991/01/01-1999/09/19；期間：1999/09/20-2001/12/31；震後：2002/01/01-2005/12/31。綠色方框為各剖面相對應之位置與投影範圍，黃色陰影區為三義-埔里地震帶之分布走勢。