

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

強地動紀錄於大地震觀測之運用

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2119-M-002-030-

執行期間：93年08月01日至94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

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 25 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

強地動紀錄於大地震觀測之運用

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 93-2119-M-002-030-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

計畫主持人：吳逸民

共同主持人：張建興

計畫參與人員：

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暨研究所

中華民國 93年10月22日

強地動紀錄於大地震觀測之運用

Application of strong motion records for large earthquakes observation

中文摘要

中央氣象局地震監測網 (CWBSN) 為維持在高放大倍率之記錄狀態下，對於規模大且近震源的地動訊號，則會有超出記錄範圍而呈現滿格之現象。這種情形會使得系統無法提供近距離的 S 波到時及規模讀值。因此，對於規模大的地震之觀測有其限制。然而，當規模大的地震發生之後，會觸發強地動觀測網 (TSMIP) 之強震儀留下紀錄，所記錄的地震訊號，就可被用來加強地震之觀測。因此，本計畫的主要工作就是利用 CWBSN 及 TSMIP 之資料，求取三維速度構造，進而改進例行地震定位。

關鍵詞：地震定位、三維地下構造、規模、震源機制。

英文摘要

The Central Weather Bureau Seismic Network (CWBSN) is maintained under the high-gain and limited recording range for monitoring Taiwan regional earthquakes. For large earthquakes, near source ground shakings will be over the recording range of this system. It has a great effect on large events magnitude determination and hypocenter location. (system can not pick near source S wave arrivals). However, when a large event occurred, the Taiwan Instrument Strong Motion Program (TSMIP) accelerometers will be triggered and record it. These records can be used for enhancing large events monitoring. For this above reason, we used the CWBSN and TSMIP records to determine the 3D velocity structures and to improve the precision of earthquakes location.

Keywords: earthquake location, three-dimensional crust structures, magnitude, focal mechanism.

一、前言

地震定位為地震研究之基礎，地震定位之精度取決於地震波到時資料之數量及品質、觀測站之分布、地震定位方法及對於地下震波速度構造之瞭解。台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之相互隱沒地帶，地下震波速度構造側向變化相當大，影響例行地震觀測之品質。

台灣地區例行地震觀測的工作由中央氣象局地震測報中心負責，中央氣象局目前於台灣地區設置有 73 個即時地震站 (Central Weather Bureau Seismic Network, 縮寫為 CWBSN)，監測台灣地區之地震活動。圖一實心四方形標示 CWBSN 測站分佈，即時測站的間距約 30 公里，此測站密度已相當高，然而，對於地震定位精度及細部震波速度構造之解析，仍有限制。

中央氣象局自 1993 開始推動強地動觀測計畫 (Taiwan Strong Motion Instrumentation Program, 縮寫為 TSMIP; Shin et al., 2003)，於台灣地區設置有約 680

座強地動觀測站，這些測站雖然未能安裝統一的時間系統（部份測站配置 GPS 提供時間基準）。然而，這些紀錄可以讀出 P 波及 S 波到時之時間差，可以用於地震定位及推求震波速度構造。本研究的目的即是結合即時地震觀測網及強地動觀測網之紀錄進行地震定位及推求震波速度構造。強地動測站之間距約 5 公里，將有助於地震定位精度之提升及淺層細部速度構造之解析。

二、資料與方法

本研究的步驟首先為同時推求地震定位及三維速度構造，然後針對大地震以三維速度構造重新定位及求取初動震源機制。為了推算三維速度構造，我們設計 28*32 的格點水平分布於台灣地區（圖二），垂直分布於 16 個深度位置。採同時逆推 Vp 速度及 Vp/Vs 比值。採用 Thurber and Eberhart-Phillips (1999) 所發展之 SIMULPS12 程式。

台灣擁有豐富的地震紀錄，為了考慮地震分佈的均勻性，本研究首先於每一個經緯度 0.1° 乘 0.1° 及深度 10 公里的範圍內僅選取 3 個 CWBSN 測站到時最多的地震，共有 11,133 個地震（第一組資料），再結合 10,717 個包含 TSMIP 測站 S-P 讀值之地震（第二組資料），兩組地震有許多重複，且於資料處理過程中移除部分品質不佳之地震，共計選取 17,032 個地震，圖三所示為所有使用地震之震央分佈圖。共使用 740 各測站資料、371,921 個 P 波到時讀值及 258,664 個 S-P 時間差讀值，推算 28,672 個速度參數。

在逆推的過程中，我們先以第一組資料求取初步模型，再用全部的資料進行一次推算，以加強 Vp/Vs 之解析。速度逆推所用的阻尼常數 P 及 S 波分別為 35 及 40，我們是經過不同阻尼測試，採取走時殘差降低最大之結果（圖四）。

三、結果

圖五及圖六分別顯示為地下 4 公里處及 21 公里處 S 波及 P 波速度的變化，結果顯示台灣地區速度變化非常大，淺部之速度變化主要受地質構造影響，西部平原區為主要的低速帶，高速區則於山脈地區。於 21 公里處之震波速度變化則反應板塊之接觸狀態，東邊的高速區，反應了菲律賓海板塊之範圍，西側的高速區則顯示大陸地殼之分佈，中間低速區為兩板塊擠壓之造山區。

四、結論

結合 TSMIP 測站 S-P 讀值之地震記錄，可有效增加地震波線之覆蓋率，進而提高速度逆推之可信度，因此，本研究得出的速度構造充分反映出地質及板塊構造之訊息。我們也利用此模型進行地震定位之測試，我們從地震目錄中由空間中平均選取 1405 個地震進行三維地震定位，圖七所示為一維及三維地震定位之震央分佈，圖八所示為一維及三維地震定位走時殘差對距離之分布圖。結果顯示，三維定位可以有效改進地震定位，P 波及 S 波之走時殘差分別可以縮短 0.21 秒及 0.12 秒。我們建議此速度模型可以運用於例行之地震定位中，相關的地震定位程式也於本研究中完成。

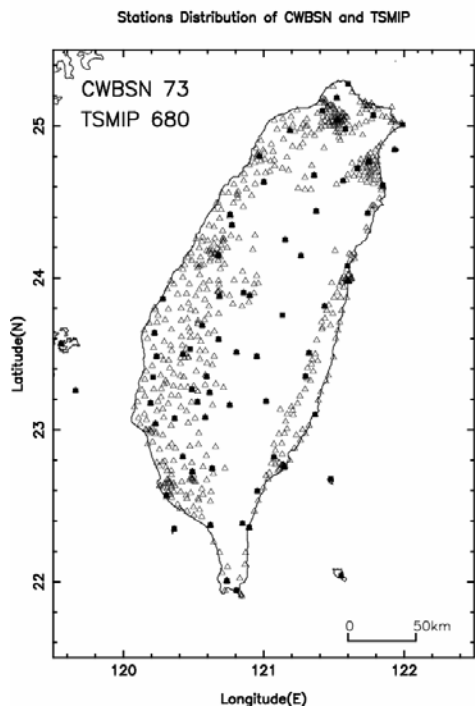
五、計畫成果自評

本計畫按原訂的規劃完成預期成果，在本計畫的部分支援下完成下列受審文章：
Wu, Y. M. and H. Kanamori (2005). Experiment on an onsite early warning method for the Taiwan early warning system, Bull. Seism. Soc. Am., 95, 347-353.

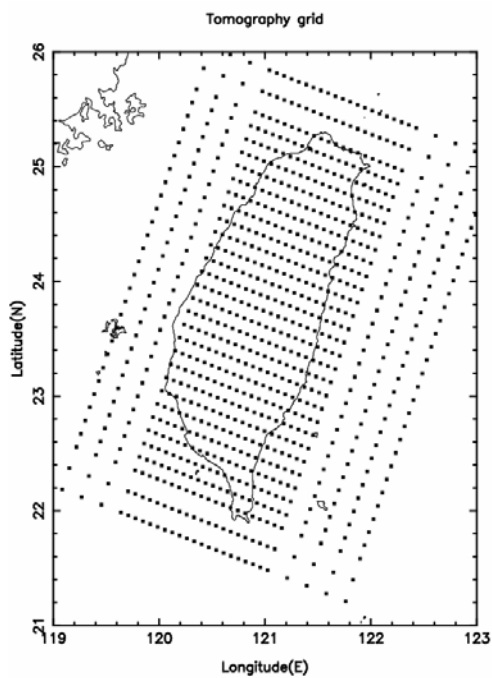
- Wu, Y. M. and H. Kanamori (2005). Rapid Assessment of Damaging Potential of Earthquakes in Taiwan from the Beginning of P Waves, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 95, 1181-1185.
- Wu, Y. M., R. M. Allen, and C. F. Wu (2005). Revised M_L determination for crustal earthquakes in Taiwan, *Bull. Seism. Soc. Am.* in press.
- Wu, Y. M. and L. Y. Chiao (2005). Seismic quiescence before the 1999 Chi-Chi, Taiwan Mw7.6 earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.* in press.
- Wu, Y. M., H. Kanamori, R. M. Allen, and E. Hauksson (2005). An onsite earthquake early warning method for the Southern California Seismic Network, submitted to *Bull. Seism. Soc. Am.*.
- Wu, Y. M. and C. F. Wu (2005). Recovery of coseismic deformation from strong-motion records, submitted to *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*.
- Wu, Y. M., Y. G. Chen, T. C. Shin, H. Kuochen, C. S. Hou, C. H. Chang, C. F. Wu and T. L. Teng (2005). Coseismic vs. interseismic ground deformations, faults rupture inversion and segmentation revealed by 2003 Mw 6.8 Chengkung earthquake in eastern Taiwan. submitted to *Geophysical Research Letters*.
- Wu, Y. M., N. C. Hsiao, W. H. K. Lee, T. L. Teng, and T. C. Shin (2005). State of the art and progresses of early warning system in Taiwan, submitted to a book of 'Seismic Early Warning' edit by Paolo Gasparini, Gaetano Manfredi, and Jochen Zschau, will be published by Springer.

六、參考文獻

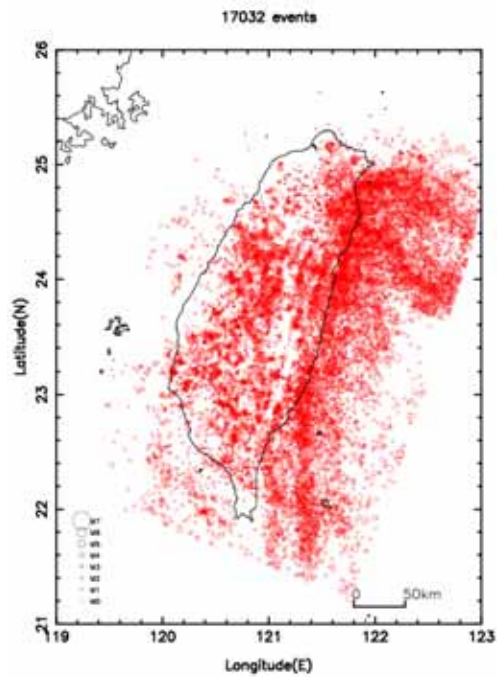
- Shin, T. C., Y. B. Tsai, Y. T. Yeh, C. C. Liu, and Y. M. Wu (2003). Strong-Motion Instrumentation Programs in Taiwan, in "Handbook of Earthquake and Engineering Seismology" edited by W. H. K. Lee, H. Kanamori, and P. C. Jennings, Academic Press, p. 1057-1602.
- Thurber, C. and D. Eberhart-Phillips, 1999: Local earthquake tomography with flexible gridding. *Comp. Geosci.*, 25, 809-818.



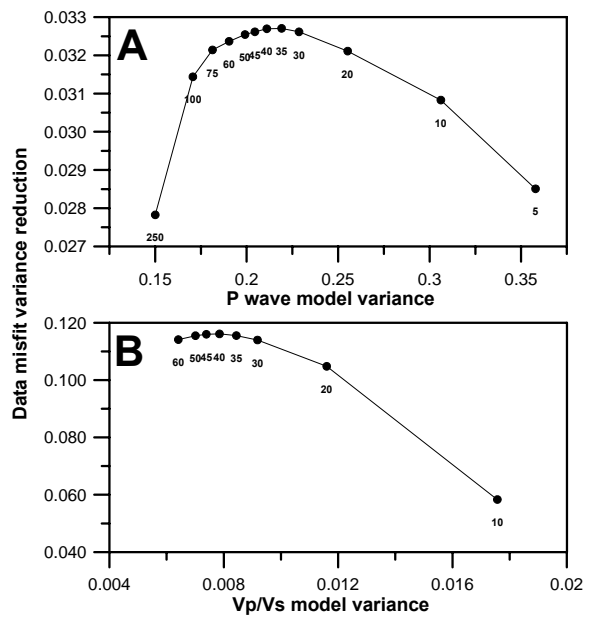
圖一、CWBSN 及 TSMIP 測站之分圖。



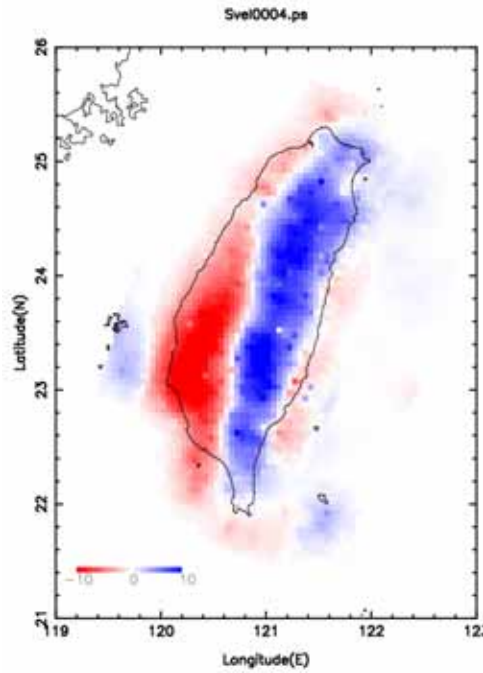
圖二、本研究於震波速度逆推所設定之格點分佈。



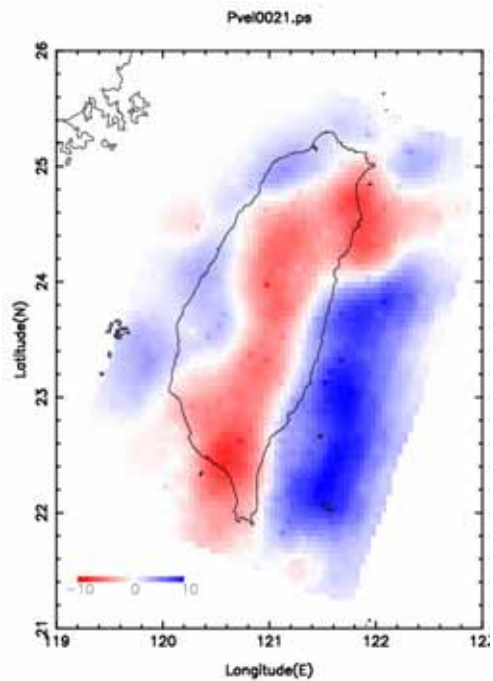
圖三、本研究所選用 17,032 個地震之震央分佈圖



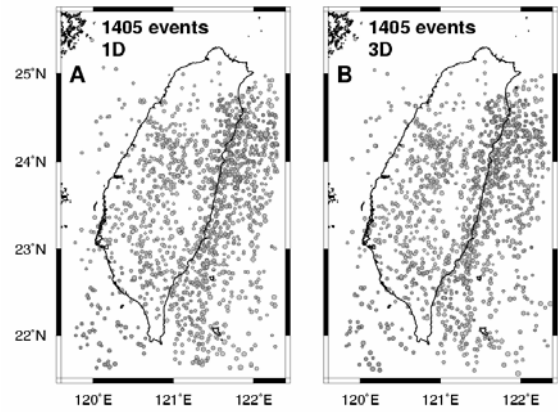
圖四、逆推過程中不同阻尼測試，速度模型變化與走時殘差降低值對應圖。



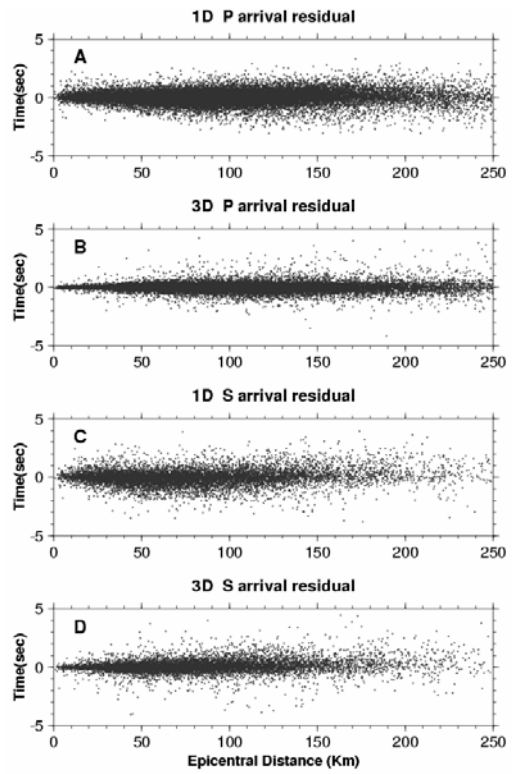
圖五、地下 4 公里處及 21 公里處 S 波速度的變化分佈圖。



圖六、21 公里處 P 波速度的變化分佈圖。



圖七、從地震目錄中由空間中平均選取 1405 個地震一維及三維地震定位之震央分佈。



圖八、一維及三維地震定位走時殘差對距離之分部圖。