

# 臺灣中部地區基本控制點變位監測之研究

內政部土地測量局自行研究報告

中華民國 94 年 12 月

094-301080000G-2003

# 臺灣中部地區基本控制點變位監測之研究

研究人員：陳鶴欽、曾耀賢、劉正倫

內政部土地測量局自行研究報告

中華民國 94 年 12 月

MINISTRY OF THE INTERIOR  
RESEARCH PROJECT REPORT

The Study of Displacements about the Basic Control  
Points in Taiwan Central Area

By

Chen, He-Chin

Tseng, Yao-Hsien

Liu, Jeng-Lun

December 30, 2005

# 臺灣中部地區基本控制點變位監測之研究

	目	次
第一章	緒論	1
第一節	研究緣起與背景	1
第二節	研究方法	4
第三節	研究進度	6
第四節	研究預期發現	6
第五節	研究人員編組	7
第二章	文獻回顧	8
第一節	前人研究	8
第二節	臺灣中部地區地質構造	12
第三節	GPS 衛星定位原理	17
第四節	GPS 誤差來源	19
第三章	資料蒐集及成果計算	25
第一節	外業蒐集	25
第二節	資料處理	29
第三節	成果計算	37
第四章	成果分析	40
第一節	連續追蹤站位移量	40
第二節	監測點位位移量	50
第三節	成果分析與討論	72
第五章	結論與建議	76
第一節	結論	76
第二節	建議	77
	參考文獻	78
	附錄	

# 臺灣中部地區基本控制點變位監測之研究

## 圖 目 次

圖 1-1	集集震後第二階段檢測成果圖	2
圖 1-2	集集地震之同震水平與垂直位移圖	3
圖 1-3	921 地震 GPS 位移場變形等值線圖	4
圖 2-1	臺灣地區相對於澎湖白沙速度場	9
圖 2-2	臺灣地區活動斷層分類圖	10
圖 2-3	GPS 觀測同震水平與垂直位移場	11
圖 2-4	I007 相對於 S01R 之三軸方向時間變化	11
圖 2-5	震後 15 個月 GPS 觀測地表變形	12
圖 2-6	臺灣地區地質分區圖與鄰近之地體構造	13
圖 2-7	全球板塊速度場圖	18
圖 3-1	集集震後臺灣中部地區監測點位分布圖	27
圖 3-2	監測點位遠景	28
圖 3-3	監測點位近照	28
圖 3-4	儀器高量測作業	29
圖 3-5	LIECA AT502 天線盤及 ARP 量測位置示意圖	30
圖 3-6	相位中心變動示意圖	31
圖 3-7	NGS 相位中心率定成果網頁	31
圖 3-8	GPS 衛星資料處理流程圖	36
圖 4-1	監測作業使用連續追蹤站分布圖	40
圖 4-2	FLNM 相對於 S01R 從 1994-2005 時間序列圖	41
圖 4-3	PKGM 相對於 S01R 從 1994-2005 時間序列圖	42
圖 4-4	TNML 相對於 S01R 從 2001-2005 時間序列圖	43
圖 4-5	FLNM 監測作業期間點位變化時間序列圖	44
圖 4-6	PKGM 監測作業期間點位變化時間序列圖	45
圖 4-7	S167 監測作業期間點位變化時間序列圖	46
圖 4-8	YUSN 監測作業期間點位變化時間序列圖	47
圖 4-9	GPS 連續追蹤站的年平均位移量	49
圖 4-10	1999-2000 年臺灣中部地區監測點位位移量	53
圖 4-11	2000-2002 年臺灣中部地區監測點位位移量	56

圖 4-12	2002-2003 年臺灣中部地區監測點位位移量	60
圖 4-13	2003-2004 年臺灣中部地區監測點位位移量	63
圖 4-14	1999-2004 年臺灣中部地區監測點位位移量	66
圖 4-15	大茅埔 - 雙冬斷層東側點位之時間序列	68
圖 4-16	大茅埔雙冬 - 車籠埔斷層間點位之時間序列	69
圖 4-17	車籠埔斷層下盤點位之時間序列	70
圖 4-18	過彰化、清水斷層東側點位之時間序列	71
圖 4-19	臺灣地區連續追蹤站分布圖	74
圖 4-20a	1999-2004 規模大於 5 地震震央分布圖	75
圖 4-20b	2002-2004 規模大於 5 地震震央分布圖	75

# 臺灣中部地區基本控制點變位監測之研究

## 目 次

表 1-1	研究進度表	6
表 1-2	研究人員編組表	7
表 2-1	最大垂直方向電離層誤差	21
表 3-1	2004 年臺灣中部地區監測作業 GPS 外業觀測紀錄表	26
表 3-2	IGS 提供各式星曆精度及資料比較表	32
表 3-3	由點位坐標反算成三維向量基線	37
表 3-4	歷次外業觀測整體觀測誤差及數量表	38
表 3-5	各追蹤站間相對精度比較表	39
表 4-1	2001-2004 年連續追蹤站相對於 S01R 位移量	48
表 4-2	2001-2004 年連續追蹤站相對於 S01R 平均速度場	48
表 4-3	1999-2000 年監測點位位移及方位角表	50
表 4-4	2000-2002 年監測點位位移及方位角表	54
表 4-5	2002-2003 年監測點位位移及方位角表	57
表 4-6	2003-2004 年監測點位位移及方位角表	61
表 4-7	1999-2004 年監測點位位移及方位角表	64

# 摘 要

關鍵字：集集地震、GPS、同震位移、震後

## 一、研究緣起與目的：

1999 年 9 月 21 日凌晨臺灣中部地區發生規模 7.3 的集集大地震，造成長達 100 公里的地面斷裂，此斷層帶大致是沿著已知的車籠埔斷層線，斷層線兩側瞬間數公尺的巨大錯動量，導致斷層沿線附近的建築物損毀、人命傷亡及地形地物的改變，致使測量根基之基本控制點遭到嚴重之損壞，部分點位間之相對關係已發生變化，相對精度已低於地籍測量實施規則之規定，原坐標成果已無法再使用，造成地籍測量上之不便。內政部土地測量局為快速了解震後各地基本控制點位移情形於 1999 年 10 月 1 日至 1999 年 10 月 31 日止共計派出 454 人次，檢測基本控制點計 1189 點之位移情形，水平方面最大位移量出現於卓蘭鎮約 9.23 公尺，垂直方向最大隆起值出現東勢鎮與石岡鄉交界處之 L064，高程上升約 8.45 公尺。

土地測量局為了解震後基本控制點之位移狀況，以作為後續控制測量及細部修正之參考，自 1999 年 12 月 13 日至 2000 年 12 月 15 日止共計辦理六次高精度之監測作業，主要涵蓋臺中縣市、彰化縣及南投縣，選取本區內中央研究院地球科學研究所、經濟部地質調查所及內政部衛星中心布設之點位計九十四點，並委請中央研究院地球科學研究所余水倍博士辦理後續 GPS 資料計算及點位速度場之推估，並比較內政部公布之 921 地震後一、二等衛星控制點成果與第 6 次觀測之 TWD97 成果之坐標差，研究顯示縱坐標平均差值為 2.6 公分、橫坐標平均差值為 5.7 公分、高程平均差值為 8.1 公分，其中車籠埔斷層上盤之點位橫坐標的差量約有 10-16 公分，此應是斷層上盤震後變形所造成的差量。其變形區域包括苗栗縣、臺中縣市、南投縣、彰化縣、雲林縣和嘉義縣市等地區，涵蓋範圍約為 7800km<sup>2</sup>(以震央為圓心，50km 為半徑之範圍)。

為持續了解中部地區基本控制點位移變化情形，本局於 2002 年 11 月 18 日至 2002 年 11 月 29 日、2003 年 11 月 18 日至 2003 年 11 月 29 日及 2004 年 12 月 01 日至 2004 年 12 月 15 日，對上開地區實施地區第七、八、九次監測作業，藉以了解臺灣中部地區自集集大地震後監測點位移變化情形，期提供後續各項細部測量修正計算之參考。

## 二、研究方法與過程

本次作業選取臺灣中部地區包含內政部一、二等衛星控制點、經濟部中央地質調查所在中部地區設置活動斷層監測點位及部分中央研究院地球科學研究所等單位設置點位，2002 年共計 105 點、2003 年 112 點及 2004 年 93 點，其中包含部分連續觀測追蹤站如中央研究院地球科學研究所於設置 S01R (白沙) PINT (坪林) S016 (頭嵙山) S167、S170 及 KZN1 (光榮)，內政部 YMSM、PKGM、KDNM、FLNM、TMAM、KMNM 及 MUZM，成功大學 CK01 (成大) DONS (東石) 及臺灣納入 IGS 國際追蹤站之 TNML (新竹，工研院) 及 TWTF (楊梅，國家標準時間研究室) 等。



使用瑞士伯恩大學開發之 BERNESE4.2 軟體為解算工具，並搭配 IGS 公佈之精密星曆軌道參數及相關地球參數修正相關系統誤差，輔以本局現有人力及雙頻全波長 GPS 衛星定位接收儀，包含 TRIMBLE 4000SSE/SSI、LEICA SR530 辦理外業觀測及內業解算作業。整體流程及步驟：包含外業觀測、資料下載、基線計算、資料平差及成果分析等步驟。

### 三、研究發現與建議

#### (一) 研究發現

依據土地測量局震後從 1999 年至 2004 年 5 年間 9 次的觀測資料及計算結果，獲得結論如下：

1. 臺灣中部地區震後的地表位移量仍較震前速度場來的大，但自 2002 年以後計算成果顯示，研究地區已漸趨穩定而達到另一個較接近線性變化的位移量，如位於南投霧社( 5396 )及石門山( 6389 )地區，震前位移速度分別約在 16.3 及 19.5 mm/yr，震後 2002-2004 年間每年平均位移量分別約為 45 及 36 mm/yr，另外位於臺中王田山( WNTS )震前每年位移速度約 0.2 mm/yr，震後自 2002-2004 年間為年位移量分別約 12 及 7 mm。
2. 震後 5 年間最大位移量出現在大茅埔斷層南段東側之 M509 ( 魚池鄉後尖山 )，位移量約 29 公分，方向約略為西北偏西。
3. 在大茅埔 - 雙冬斷層以東地區 ( 約為由合歡山向西南經巴蘭、埔里、桃米坑、明潭後尖山至信義郡坑 )，整體位移量約在 20-29 公分間，方向大約在西北方向約 283-314 度間。
4. 在大茅埔 - 雙冬斷層及車籠埔斷層間 ( 約為由新社、潭子、霧峰、太平、南投至南投藤湖山 )，在北段整體位移量約在 10-13 公分間，方向大約在西北方向約 272-297 度間，在南段震央附近整體位移量約在 15-21 公分間，方向大約在西北方向約 268-279 度間。
5. 過車籠埔斷層後 ( 約在臺中市西側、大里、霧峰、名間等斷層下盤地區 )，整體位移量下降至 5-10 公分間，在過彰化及清水斷層 ( 大安、清水、梧棲、彰化和美等地區 ) 則繼續下降至 5 公分以下，方向則由西北轉西，在向西南方向。
6. 從震後持續監測並分析震後 5 年成果顯示，對於集集地震規模 7.3 及所造成地表破裂帶達 100 公里的位移變形而言，至少 5 年以上的監測是必要的，以求得較為穩定的線性位移量，但此一週期並不一定適用於臺灣其他地區，不同的震前速度場、區域地質條件、地震規模及震後斷層滑移速度等等因素都將左右監測週期的長短。
7. 本研究外業觀測作業中，量測儀器高時採用數位相機拍攝儀器高量測位置及量測值，大幅減少儀器高量測錯誤或輸入錯誤的影響。

#### (二) 研究建議

1. 臺灣中部地區基本控制點集集地震震後超過數十公分的位移量，嚴重影響控制點坐標系統的精度，對後續各級應用已造成嚴重影響。

雖然震後 5 年成果顯示（至 2004 年）位移量已漸趨穩定，但仍建議應對此區域持續辦理監測作業，以了解變形狀況，提供後續管理維護參考。

2. 對於局部地區，倘遭受重大天然災害影響，應考量區域特性及破壞規模，訂定災後基本控制點監測作業計畫，以有效提供後續各界參考使用。
3. 土地測量局為臺灣地區最高測量機關，為維護長期臺灣地區基本控制點坐標系統框架，建議應以目前建立之電子基準站（VBS）為基準，整合分享其他單位連續站資料，架構出臺灣地區的連續追蹤站網，作為分析基本控制點變位的基本框架。
4. 臺灣地區擁有眾多連續追蹤站，如能由權責機關出面協調整合應用，除可符合各自業務需求應用外，更可建立一個臺灣地區高密度連續觀測網，作為維護國家基本控制框架之基礎，充分發揮 GPS 連續觀測站之效益。長期而言，臺灣地區應可研究減少辦理一、二等基本控制點的數量，改由連續追蹤站的資料來直接替代，除可提供平時觀測使用，更可獲得長期穩定且高精度的基本控制點資料，再藉此去維護其他控制點的成果。

## **ABSTRACT**

**KEYWORD** : Chi-Chi earthquake, Global Positioning System,  
Coseismic displacement, Postseismic

The 1999 Mw 7.6 Chi-Chi, Taiwan earthquake caused an approximately 100-km-long surface rupture and more than 2000 people death. The coseismic displacements are about 1.1-9.1 m on the hanging wall of the Chelunpu (CLP) and Tamaopu (TMP) fault. To maintain the national coordinate system and realize the post-Chi-Chi displacement, the Land Survey Bureau (LSB) of Taiwan deployed ten survey-mode GPS measurements in central Taiwan after the Chi-Chi earthquake between December 1999 and December 2004. 94 GPS stations were measured each time, each session lasted 7 hours. Bernese 4.2 software was used to process the GPS data. The precise orbits data were obtained from International GPS Service (IGS) data center. The observed data were constrained on the station S01R, located on the stable Chinese continental margin. Results show that the Chi-Chi source areas remain active even five years after the main shock. Post-seismic horizontal displacements show that most post-seismic deformations occur along the hanging-wall of the CLP fault and TMP fault. Displacement at east of TMP fault is nearly 130-20 mm from south to north. Between CLP fault and TMP fault the displacement is nearly 40-60 mm in NS direction and 100-130 mm in EW direction. Velocity in this region decreases from south to north. The post-seismic displacement of the foot-wall of CLP fault is not significant and is less than 20 mm. Post-seismic horizontal displacement of 2002-2004 at east of TMP fault is about 40-100 mm from south to north. From 2002 to 2004, displacement is about 29-50 mm between CLP fault and TMP fault and is about 2-20 mm on the west of the CLP fault. The five-year post-Chi-Chi deformation in central Taiwan provides us a great opportunity to examine how the tectonic stress changes in the source region after a large earthquake occurred.

## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

1999年9月21日凌晨臺灣中部地區發生規模7.3的集集大地震，造成長達100公里的地面斷裂，此斷層帶大致是沿著已知的車籠埔斷層線，斷層線兩側瞬間數公尺的巨大錯動量，導致斷層沿線附近的建築物損毀、人命傷亡及地形地物的改變，致使測量根基之基本控制點遭到嚴重之損壞，原坐標成果已無法再使用。事實上，自69年內政部公布臺灣地區三角點成果表（TWD67）以來，歷經20餘年未加以修正及維護該坐標系統，且因臺灣地區地殼板塊運動的頻繁，部分點位間之相對關係早已發生變化，相對精度已低於地籍測量實施規則之範圍，造成地籍測量上之不便（土地測量局，1997）（洪慶堂，2000）。內政部土地測量局（以下簡稱本局）為快速了解震後各地基本控制點位移情形於1999年10月1日至1999年10月31日止共計派出454人次，檢測基本控制點計1189點之位移情形，水平方面最大位移量出現於卓蘭鎮約9.23公尺，垂直方向最大隆起值出現東勢鎮與石岡鄉交界處之L064，高程上升約8.45公尺，圖1-1（土地測量局，2000）。

本局為了解震後基本控制點之位移狀況，以作為後續控制測量及細部修正之參考，自1999年12月13日至2000年12月15日止共計辦理6次高精度之監測作業，主要涵蓋臺中縣市、彰化縣及南投縣，選取本區內中央研究院地球科學研究所、經濟部地質調查所及內政部衛星中心布設之點位計94點，並委請中央研究院地球科學研究所余水倍博士辦理後續GPS資料計算及點位速度場之推估，所得結果如圖1-2，另比較內政部公布921地震後一、二等衛星控制點與第6次觀測之TWD97成果之坐標差，研究顯示縱坐標平均差值為2.6公分、橫坐標平均差值為5.7公分、高程平均差值為8.1公分，其中車籠埔斷層上盤之點位橫坐標的差量約有10-16公分，此應是斷層上盤震後變形所造成的差量。其變形

區域包括苗栗縣、臺中縣市、南投縣、彰化縣、雲林縣和嘉義縣市等地區，涵蓋範圍約為  $7800\text{km}^2$  (以震央為圓心， $50\text{km}$  為半徑之範圍)，如圖 1-3 所示。

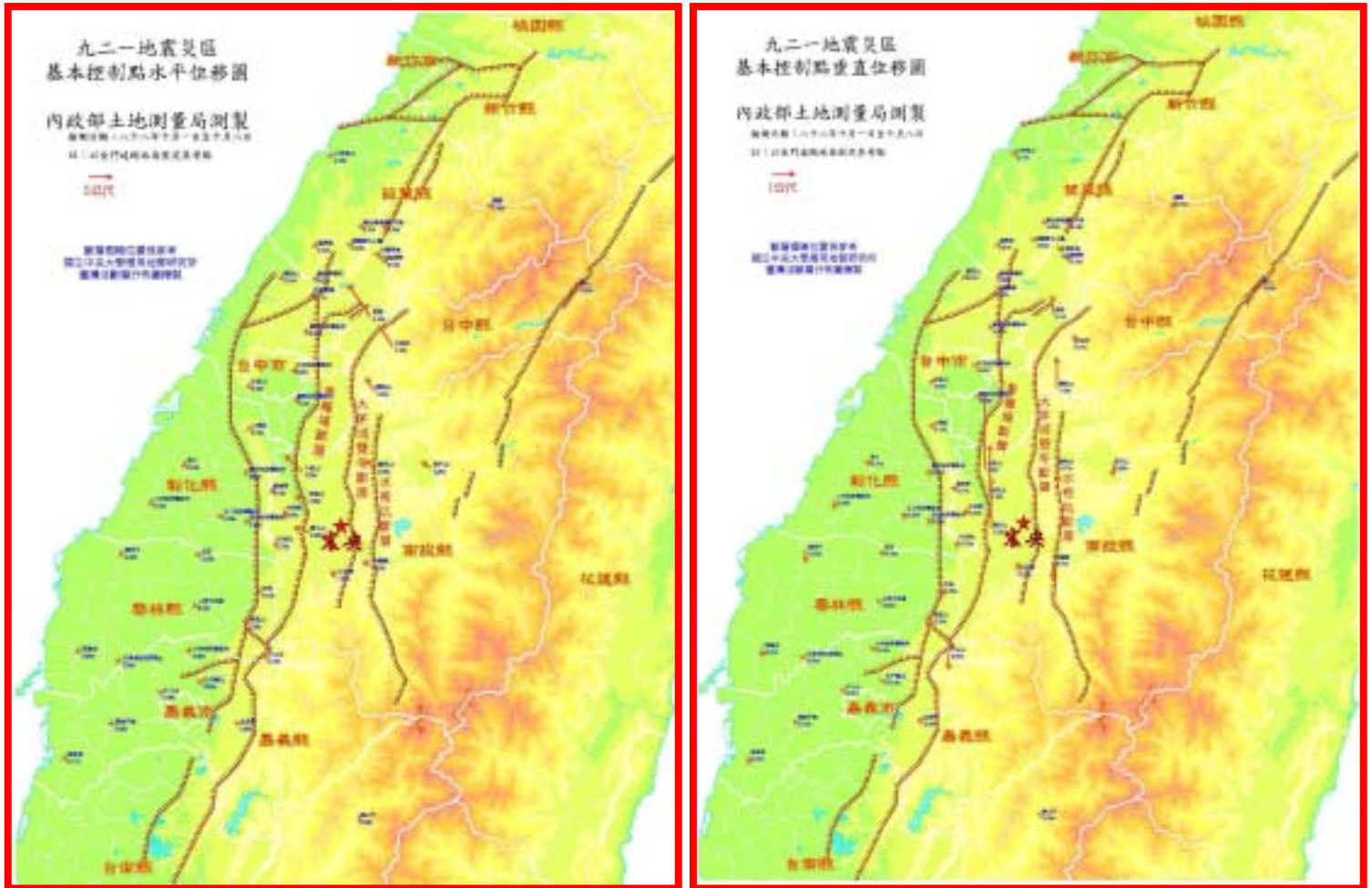


圖 1-1：土地測量局集集地震後第二階段檢測成果

(<http://www.lsb.gov.tw/>)

為持續了解中部地區基本控制點位移變化情形，本局於 2002 年 11 月 18 日至 2002 年 11 月 29 日、2003 年 11 月 18 日至 2003 年 11 月 29 日及 2004 年 12 月 01 日至 2004 年 12 月 15 日，對上開地區實施地區第 7、8、9 次監測作業，藉以了解臺灣中部地區自集集大地震後監測點位移變化情形，期提供後續各項細部測量修正計算之參考。

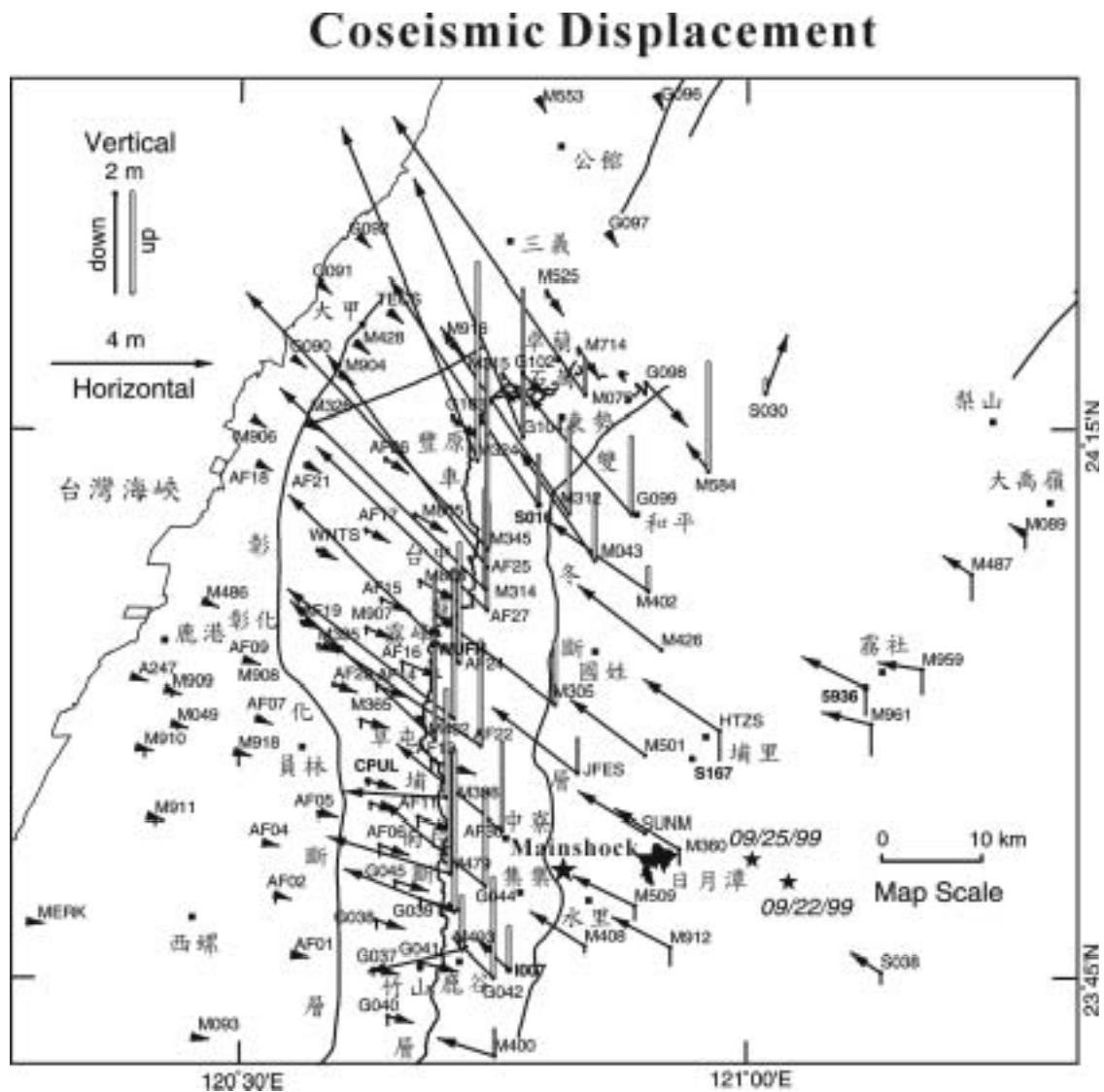


圖 1-2：集集地震之同震水平與垂直位移，箭頭表水平位移向量之大小與方向，空心條線表抬昇，實心條線表下陷。主震及兩較大餘震之震央以星形表示（余水倍，2000）

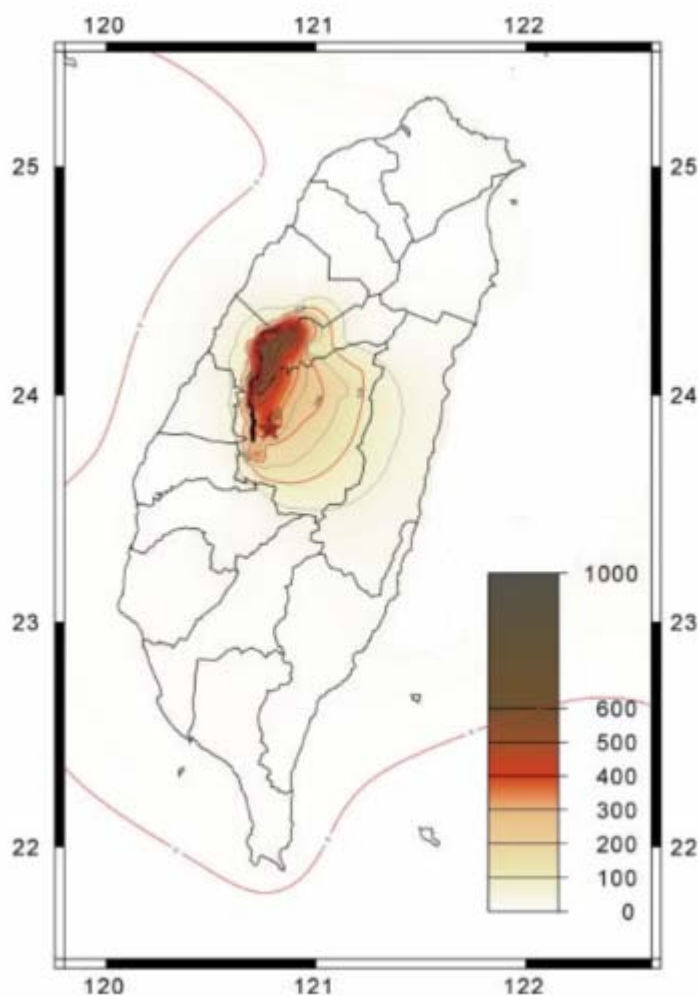


圖 1-3：921 地震 GPS 位移場變形等值線圖（何奇錫，2000）

## 第二節 研究方法

- 一、點位選取：本次作業選取臺灣中部地區包含內政部一、二等衛星控制點 經濟部中央地質調查所在中部地區設置活動斷層監測點位及部分中央研究院地球科學研究所等單位設置點位，2002 年共計 105 點、2003 年 112 點及 2004 年 93 點，其中包含部分連續觀測追蹤站如中央研究院地球科學研究所於設置 S01R（白沙）、PINT（坪林）、S016（頭嵙山）、S167、S170 及 KZN1（光榮），內政部 YMSM、PKGM、KDNM、FLNM、TMAM、KMNM

及 MUZM，成功大學 CK01（成大）、DONS（東石）及臺灣納入 IGS 國際追蹤站之 TNML（新竹，工研院）及 TWTF（楊梅，國家標準時間研究室）等。

- 二、資料蒐集：歷年外業測量作業除相關連續追蹤站資料向各原設置單位申請或上網下載外，餘歷次資料均由本局相關外業同仁辦理外業觀測作業，另中央研究院地球科學研究所並於本局作業期間於適當點位辦理夜間觀測。另相關衛星軌道、衛星健康資訊及地球自轉參數等等資料由瑞士伯恩大學所架設網站下載。
- 三、使用工具：歷年外業測量所使用儀器工具，本局雙頻全波長 GPS 衛星定位接收儀，包含 TRIMBLE 4000SSE/SSI、LEICA SR530 等等。計算軟體主要為瑞士伯恩大學所開發之 BERNESE4.2 版計算軟體。
- 四、作業流程及步驟：包含外業觀測（本局調派第三、四測量隊辦理）、資料下載、基線計算及資料平差等步驟。
- 五、成果分析：工作項目包含計算各年度點位成果及求取各年度點位變位情形。
- 六、問題研討：針對遠近斷層的變位情形、彰化斷層、車籠埔斷層、大茅埔雙冬斷層位移型態及各斷層應變情形加以討論。



### 第三節 研究進度

表 1 研究進度表(黑色虛線表預定進度；紅色實線表實際進度)

工作專案	94.01	94.02	94.03	94.04	94.05	94.06	94.07	94.08	94.09	94.10	94.11	
搜集資料	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■											
資料整理			■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■									
成果計算				■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■								
期中報告								■ ■ ■				
成果分析						■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■						
										■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■		

本研究期間自 94 年 1 月起至 11 月止，研究期間 11 個月時間，在研究人員積極辦理各項研究項目下，各工作項目均符合原計畫所訂進度，並如期完成。

#### 第四節 研究預期發現及效果：

- 一、 了解從 921 集集大地震後，臺灣中部地區基本控制點變化位移情形。
- 二、 了解國家坐標系統遭受到大地震破壞後，控制點坐標系統該如何維護，其監測週期如何？

## 第五節 研究人員編組

姓名	現職	職等	分工	備註
劉正倫	副局長	簡任 10 職等	督辦計畫執行相關事宜	
曾耀賢	課 長	薦任 9 職等	資料蒐集、公式推導、資料處理分析、督辦外業測量及研究報告。	
陳鶴欽	專 員	薦任 8 職等	資料蒐集、外業測量、資料處理分析、行政事務及撰寫研究報告	計畫連絡人

## 第二章 文獻回顧

### 第一節 前人研究

臺灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之接合處，這兩個板塊每年以 8.2 公分的顯著速度相互靠近(圖 2-1)，導致臺灣島上發生劇烈的變形縮短作用(Yu et al., 1997)。由於板塊聚合的速度非常快，臺灣島的地震活動頻繁，活動斷層與褶皺構造分布廣泛，在歷史的記錄上，地動與地裂帶來的自然災害，對島上人民之生命與財產造成嚴重的威脅，依據經濟部中央地質調查所公布，臺灣地區約有 42 條活斷層，如圖 2-2(林啟文等，2000)。

1999 年 9 月 21 日發生規模 7.3 之集集地震，造成人員傷亡及土地地表破裂，本局為快速了解震後各地基本控制點位移情形於 1999 年 10 月 1 日至 1999 年 10 月 31 日止共計派出 454 人次，檢測基本控制點計 1189 點之位移情形，水平方面最大位移量出現於卓蘭鎮約 9.23 公尺，垂直方向最大隆起值出現東勢鎮與石岡鄉交界處之 L064，高程上升約 8.45 公尺(本局，1999)，另依據何奇鋜研究顯示，地震後 295 個一、二等衛星控制點相對於金門追蹤站的地表同震變形如圖 2-3，水平位移在車籠埔斷層東側(上盤)均有向西北方向位移，在 15 公里以內為一約 1.5-9.0 公尺，15 公里外約 0.1-3 公尺，西側點位均有向東南方向位移，愈接近斷層愈大約 0-1.2 公尺，垂直方向在上盤約 0.2-4.0 公尺，愈靠近斷層抬升量愈大，斷層下盤普遍下降約 0-0.5 公尺(何奇鋜，2000)。

在震後變形方面，余水倍等人研究顯示，臺灣中部地區在震後二百多天的連續觀測資料顯示，以鹿谷附近追蹤站 I007 相對於澎湖白沙(S01R)震後位移的結果為例，集集地震震後變形的鬆弛時間約 86 天(Yu etc, 2001)，且在震後 15 個月的觀測成果顯示在上盤朝西北方向位移最大至 252 mm，垂直方向抬升向約 229 mm(Yu etc, 2003)。

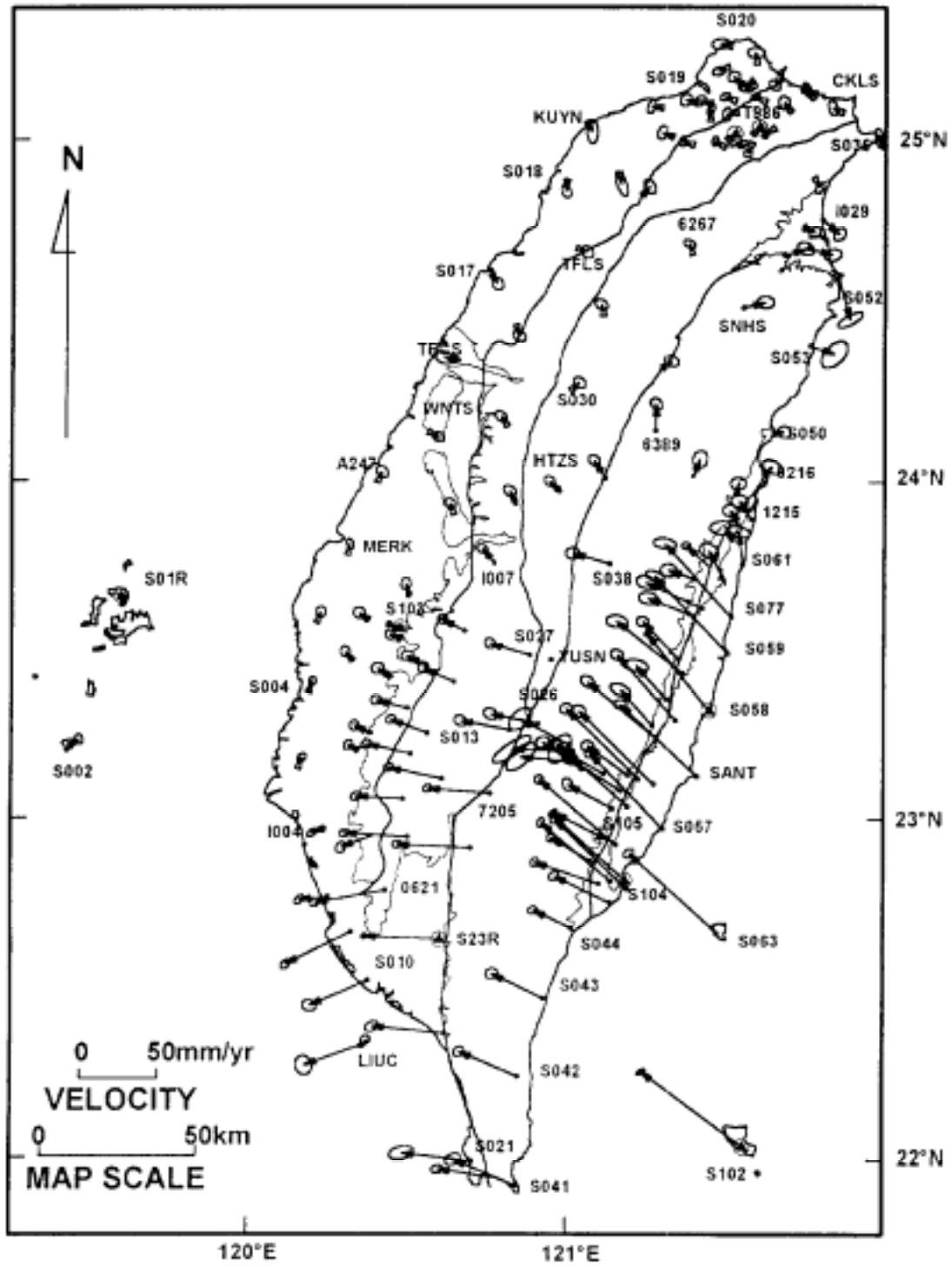


圖 2-1 臺灣地區相對於澎湖白沙 (S01R) 之速度場，橢圓形表示 95% 的可信區間 (Yu et al., 1997)

(

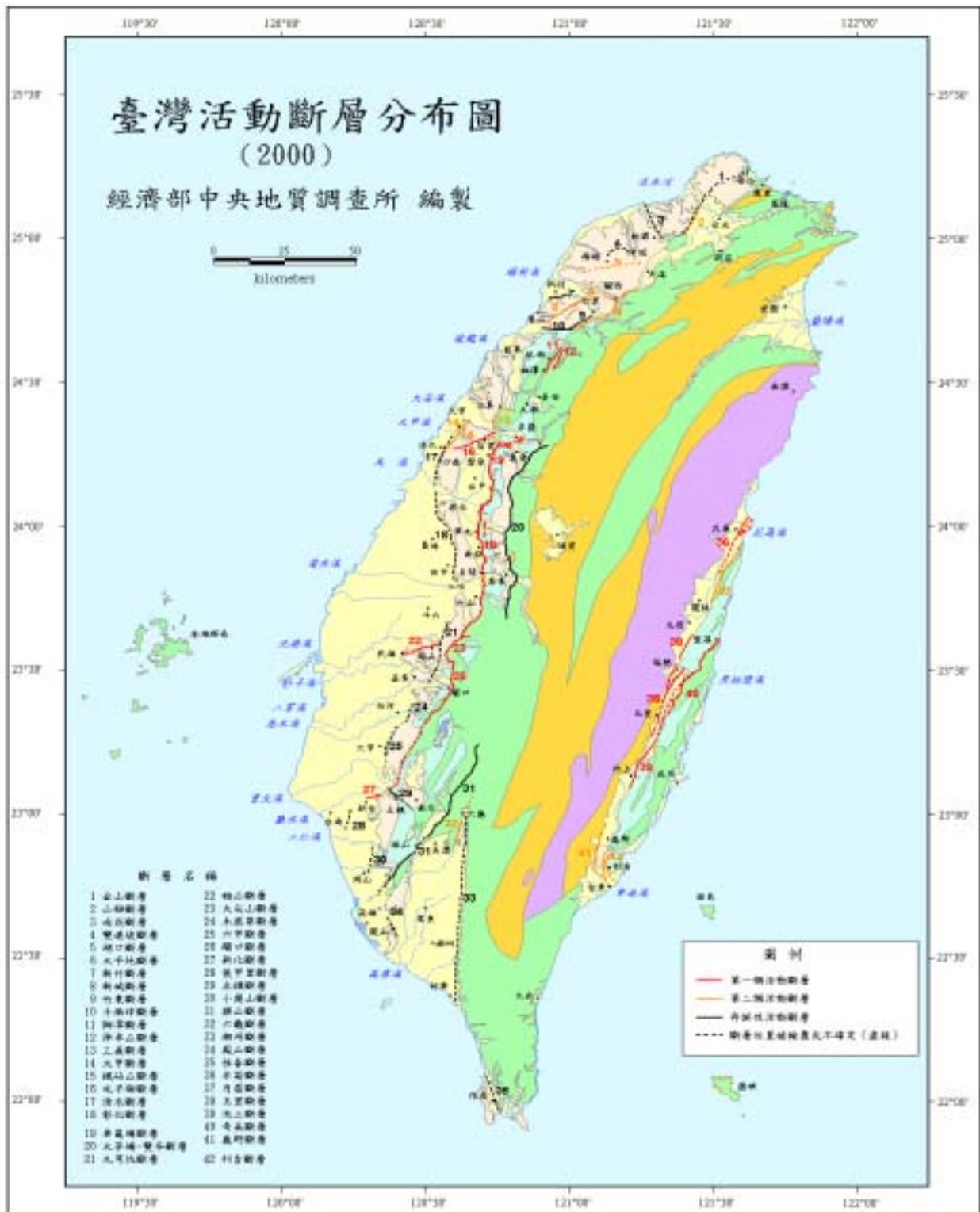


圖 2-2 臺灣活動斷層分類圖 (林啟文等, 2000)

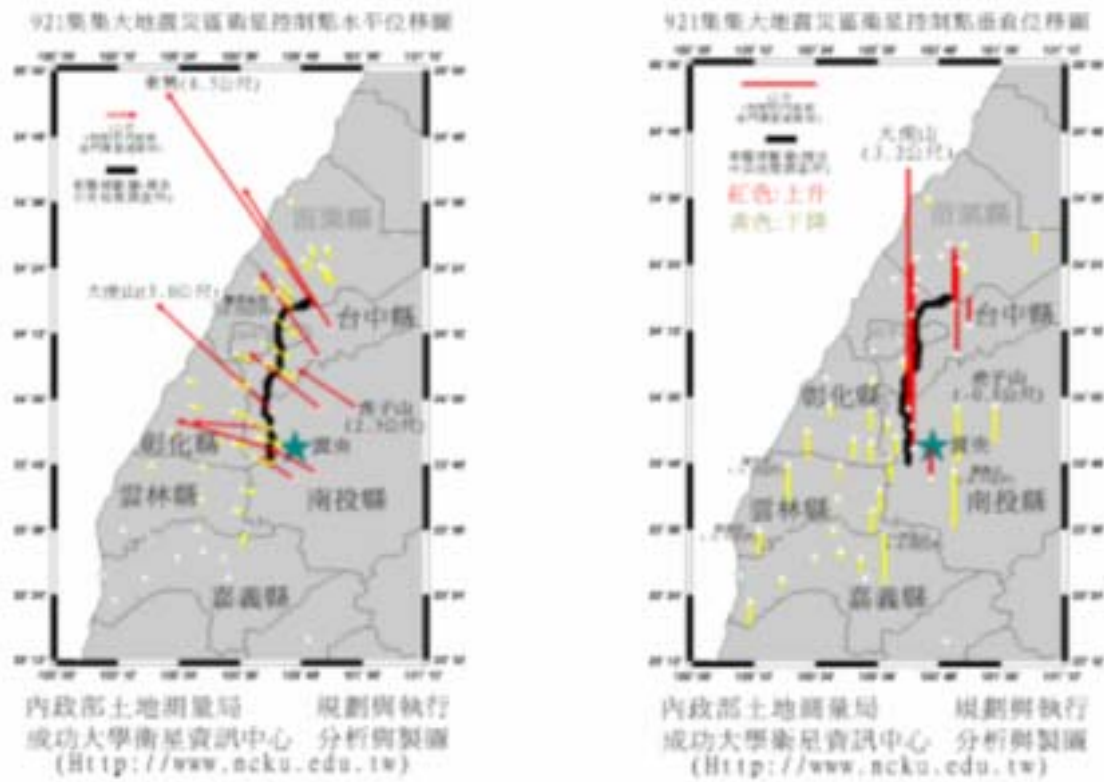


圖 2-3：GPS 觀測同震水平，水平位移場與垂直位移場（成功大學衛星資訊研究中心網頁）

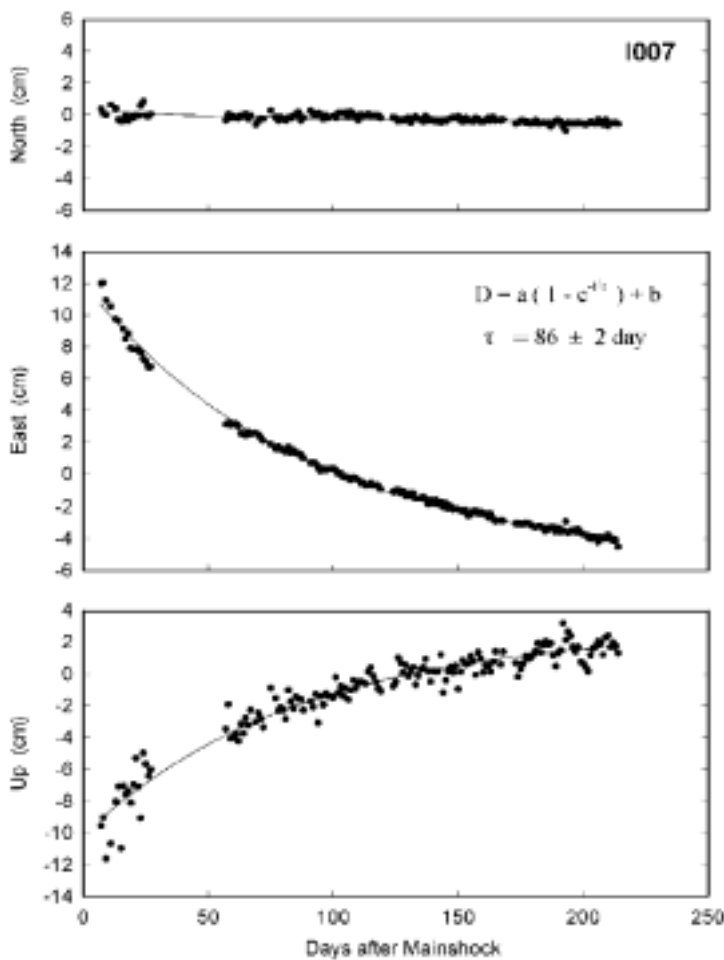


圖 2-4：連續追蹤站（I007）相對於白沙在東西、南北及垂直方向上隨時間變化之位移量（Yu et al., 2001）。

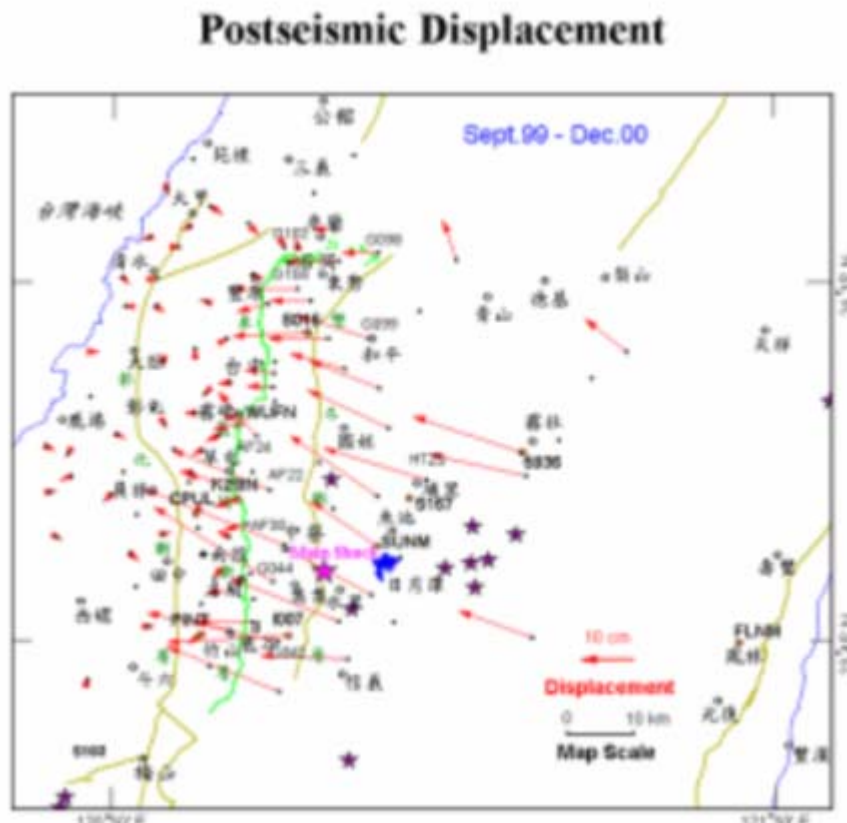


圖 2-5：震後 15 個月 GPS 觀測地表變形（余水倍，2002）

## 第二節 臺灣中部地區地質構造

### 一、 區域地質與地體動力概況

臺灣的地質分區由西而東可分為六區，分別為西部平原、西部麓山帶、雪山山脈、脊樑山脈、基盤變質岩及東部海岸山脈，其中雪山山脈、脊樑山脈、基盤變質岩統稱為中央山脈（何春蓀，1975）。臺灣本島主要地層都是呈現長而狹的帶狀分布，大致和臺灣島的長軸平行，所有地層的時代從中央的脊樑山脈開始，向西部麓山地帶逐漸變新。臺灣本島的所有主要構造線，包括地層的走向以及主要的斷層線和褶皺軸等，都和全島這個基本的弧形構造相一致如圖 2-6，（李建成，2000）

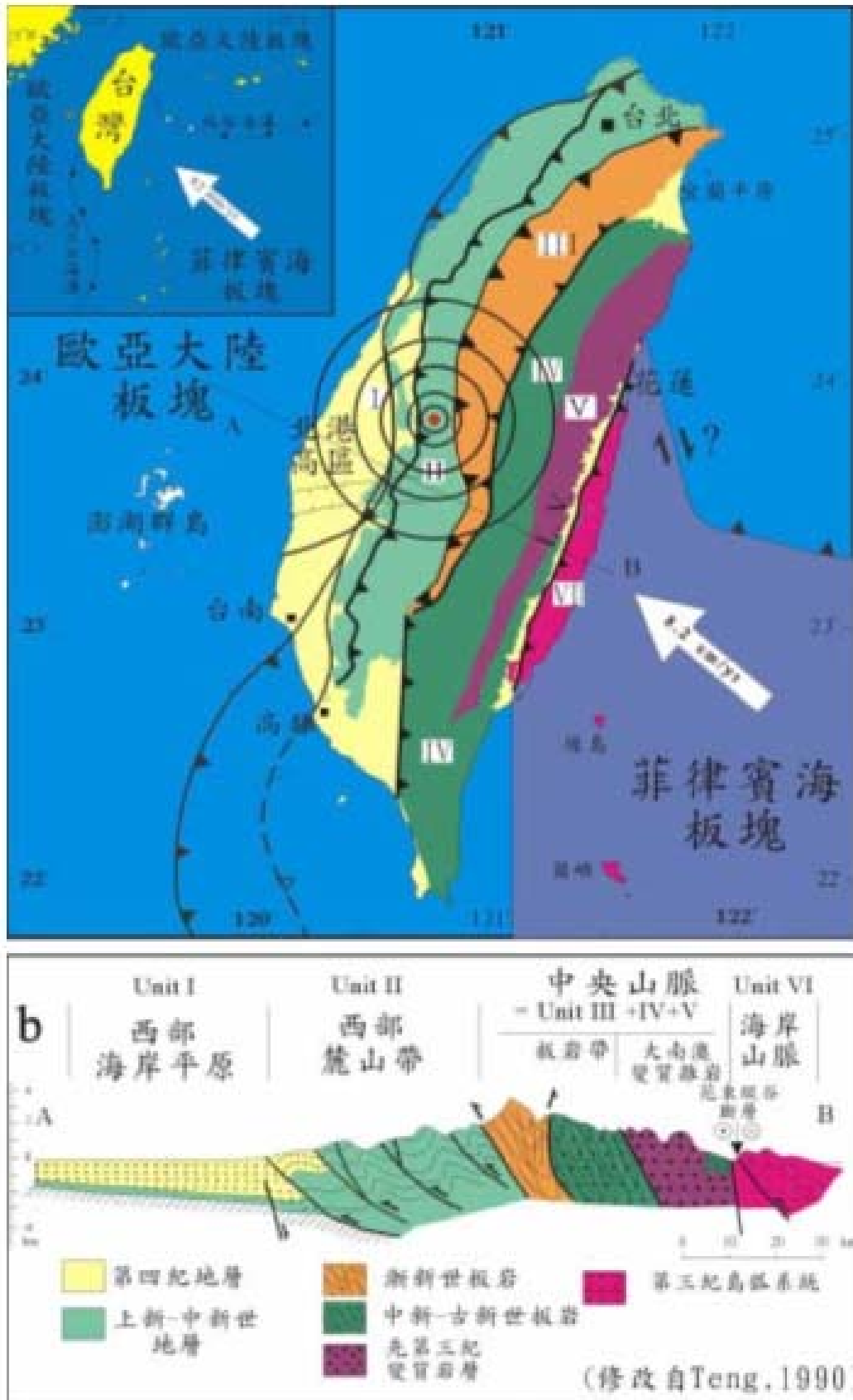


圖 2-6 臺灣地區地質分區圖與鄰近之地體構造 (李建成, 2000)



## 二、 中部地區活動斷層分布

臺灣中部地區屬於西部麓山帶地質區，在造山帶的屬性為褶皺逆衝斷層帶。本區有三條主要的第四紀逆斷層，約略皆呈南北走向，由西而東分別為彰化斷層、車籠埔斷層與雙冬斷層。雙冬斷層為麓山帶東側的一條逆斷層，這條斷層截切過第四紀中晚期的頭嵙山層上部的礫岩層，因此推測其最初的活動時間應該是相當於或晚於第四紀中晚期。雙冬斷層東側上盤地區，地質構造較複雜，多斷層與短波長褶皺構造，地層由漸新世晚期到中新世的岩層所組成；在西側下盤地區，構造較為單純，岩層的年紀屬於上新世到更新世。車籠埔斷層為向西的逆斷層，在斷層的上盤地層為錦水頁岩、卓蘭層與頭嵙山層，岩層向東傾斜成單斜構造。斷層的下盤為頭嵙山層與現代沖積層，依據沈積岩層的厚度與相對位置，本斷層的地層層位落差高達三公里以上。車籠埔斷層在淺層地表處產生數條覆瓦狀的分叉斷層，常集中分布於錦水頁岩中，岩層擾動帶可達數百公尺之寬。集集地震產生的地表破裂線應為車籠埔斷層目前的活動斷層線，此活動斷層線與地形的特徵有重要的關係，基本上活動斷層線皆位於沖積平地與山麓的交接處。彰化斷層的認定主要依據地形的特徵，且八卦山台地之褶皺構造應與彰化斷層的發育息息相關，然而該斷層在地表上缺乏明顯的斷層露頭，所以亦有可能屬於盲斷層，斷層面未穿出地表。

臺灣中部區域屬於典型的造山帶的褶皺逆衝斷層帶，其中褶皺與斷層關係一直是地質學研究的重點之一，因為良好的關係模式可以有效推論地下地質構造，這對瞭解構造發育機制、石油探勘、工程建設都有直接的幫助。目前已知基本的褶皺與斷層發展的模式包括斷層延展褶皺 (fault-propagation folding)、斷層彎曲褶皺 (fault-bend folding)、與基底滑動褶皺 (detachment folding)。另在集集地震過後，彰化斷層成為重要的討論焦點，因為就山脈發育的角度而言，彰化斷層為最年輕、最後發育的山脈變形前緣斷層，因此其活動性是不可輕忽的。由於彰化斷層的露頭並不清楚，推測斷層的幾何形態可能為：(1)彰化斷層已經穿出地表，但被現代沖積層所覆蓋，(2)彰化斷層屬於斷層延展褶皺作用下的盲斷

層，也就是說斷層尚未穿出地表，(3)彰化斷層屬於斷層彎曲褶皺作用下盲斷層，斷層前緣位於斷坪(flat)上，因此不會穿出地表，除非未來受到侵蝕作用而露出。這些可能的斷層形態在幾何與運動學上有其特徵，理論上可由地表岩層位態與斷層測線的水平位移與高程變化來分辨。

斷層的特性還包括滑移速率與潛移或鎖定，瞭解斷層的這些特性有助於評估特定斷層潛在的危險性，例如，台東的池上斷層目前每年收縮 2 至 3 公分，屬於潛移斷層，由於縮短作用集中在斷層面上進行，周遭地殼彈性應變的累積量也較小，使其產生大規模的地震機會減少。另根據約十年左右的 GPS 大地測量結果，臺灣地區相對於穩定歐亞板塊(澎湖)的位移量，南部地區較中北部地區來得高，然而這並不代表中北部地區，產生地震的危險性不高，相對的因為地殼應變未能及時釋放，導致彈性應變的累積，終致須以大地震釋放能量，例如 921 集集地震。基於中北部地區的位移量較不顯著，使用高精密度的水準與 GPS 位移測量，來增加測量結果的在空間上解析度，就顯得格外的重要。

依據經濟部中央地質調查所 2000 所公佈「臺灣活動斷層概論」調查報告顯示(林啟文等, 2000)，中部地區主要活動斷層說明如下：

大茅埔 - 雙冬斷層：為第一類存疑性活動斷層，為高角度逆斷層，呈南北走向。斷層位於豐原、南投兩丘陵東側，大茅埔—雙冬斷層起於臺中雙崎南方處，往西南延伸經三叉坑、麻竹坑、大茅埔，跨大甲溪後往南延經雙連潭、外茅埔、金瓜寮、風吹下、龜子頭，跨烏溪後向南延伸經雙冬、中寮至濁水溪以南之鹿谷東方，長約 55 公里(中國石油台探總隊, 1982)。以大甲溪為分界北段稱為大茅埔斷層，南段稱為雙冬斷層(何春蓀, 1959)。大體上，大茅埔斷層區隔東勢丘陵與出雲山山脈，而雙冬斷層則區隔豐原山地與大橫屏山山脈。

車籠埔斷層：為第一類活動斷層，車籠埔斷層大致呈南北走向，斷層為臺中盆地與豐原、南投兩丘陵的交界處，自臺中縣豐原沿丘陵西緣向南延伸經潭子、北屯、大里、太平、南投草屯、南投至名間，全長超

過 80 公里。位於臺灣中部西部麓山帶，北連三義斷層，南接觸口斷層（CPC, 1974, 1982, 1986）。本斷層在地質調查所臺灣活動斷層第一版原列為第二類活動斷層，因誘發九二一地震改列為第一類活動斷層。

清水斷層：為存疑性活動斷層，林朝榮（1957）指出清水斷層向北延伸接后里台地西緣之大甲斷層，向南延伸則連接八卦台地西緣的彰化斷層。本斷層在大肚台地的長度約為 22 公里，由甲南經清水到沙鹿的一段，呈東北走向，沙鹿以南為北北東走向，龍井以南呈北北西走向，斷層跡略呈弧形（楊貴三，1986）。

彰化斷層：為存疑性活動斷層，此因地表並未有斷層露頭證據，推測其在地表上的位置，仍具相當之不確定性。概略言之，彰化斷層位於八卦丘陵西緣，由大肚溪南方經彰化市、員林、出水、田中至濁水溪北岸；斷層由彰化附近之北北西走向，至員林以南約呈南北走向，長約 32 公里（中國石油公司臺灣油礦探勘總處，1982）。彰化斷層由大肚溪向南延伸至濁水溪，依地形特徵之不同，可將斷層分為三區段，由北而南，依次為彰化-花壇段，花壇-員林段（其東側有員林線形），員林-二水段（其東側有田中線形）。北段可能出露逆衝至地表淺部，但中南段應仍為盲斷層。

### 第三節 GPS 衛星定位原理

美國國防部於 1973 年 5 月開始為了軍事定時、定位與導航的目的而發展全球定位系統 (NAVSTAR/GPS, NAVigation Satellite Timing And Ranging/Global Positioning System, 以下簡稱 GPS), 希望以衛星導航為基礎的技術可構成主要的無線電導航系統, 未來並能滿足下一個世紀的應用。其前身是美國海軍開發的 TIMATION (TIME And navigaTION) 系統和美國空軍的 621B 的兩個專案合併而成, 美國國防部將兩者加以合併後並改命名為 NAVSTAR/GPS [Easton, 1980]。

全球定位系統所使用之衛星稱為 NAVSTAR, 第一顆 GPS 衛星於 1978 年 2 月 22 日發射。GPS 是美國繼阿波羅登月及太空梭發展計畫之後的第三大太空國防計畫, 此一系統係利用 GPS 人造衛星發射電波信號以提供定時、定位及導航之用, 其準確度極高, 且不受電波干擾及時間、地點和天候的影響, 給測量及其它使用者提供了全天全候、即時的位置及時間資訊, 所能達到的精度較以往任何導航及測量方法都高。(曾清涼, 1999)

在 1993 年 12 月 8 日第 24 顆 GPS 衛星進入太空軌道運行後, GPS 已達到初步操作能力 (Initial Operational Capability, IOC), 24 顆 GPS 衛星 (包含初期測試用的 Block I 與量產型 Block II/IIA) 提供全世界 24 小時全天候的定位與導航資訊 [Leick, 1995]。美國空軍太空司令部 (U.S. Air Force Space Command, AFSC) 於 1995 年 4 月 27 日宣佈 GPS 已達到完整操作能力 (Full Operational Capability, FOC), 將 IOC 中的 Block I 衛星加以汰換, 24 顆衛星全部為 Block II/IIA 衛星所組成。衛星距地球約 20200 公里, 分布在 6 個軌道面上, 成功地滿足軍事實務的操作。目前我們僅需利用 GPS 接收儀接收 GPS 衛星所發出的電波訊號即可於地球表面上任何時間、任何地點, 精確地計算出欲測點的時間、位置及其運動的速度。

在 GPS 系統設計之初, 美國國防部的主要目的是使 GPS 系統能夠在陸海空三個領域內提供蒐集、核爆監測及緊急通訊等軍事用途。然而,

經由 GPS 測試衛星之應用證明，GPS 系統不僅能夠達到上述用途，而且利用 GPS 衛星傳送的衛星導航定位信號(即 GPS 信號)能夠達到公分級甚至公厘級精度的靜態定位，公尺級甚至公寸級精度的動態定位，公寸級甚至公分級精度的速度測量和毫微秒( $10^{-9}$  秒)級精度的時間測量。因此，GPS 系統展現了廣泛的應用前景。

由於此技術的迅速發展，使得民間應用的需求與日俱增，對於傳統導航方式更有革命性的影響。且由於 GPS 操作簡便、迅速，成果精確，其用途甚為廣泛，除軍事國防用途外，更可用在民用航空、航海、車輛車隊控制、油源探測、大氣、地球科學等，特別是協助交通運輸、環境、生態、森林、地質等資訊之調查管理及土地測量等。例如在板塊監測的研究應用上，美國太空總署噴射實驗室使用 GPS 觀測資料計算出地球上各板塊的運動速度(如附圖 2-7)，這些陸地上的板塊運動情形與透過地質及地震調查估算的全球性 NEVEL-1 板塊模型相當，證明了 GPS 高精度的科學應用。

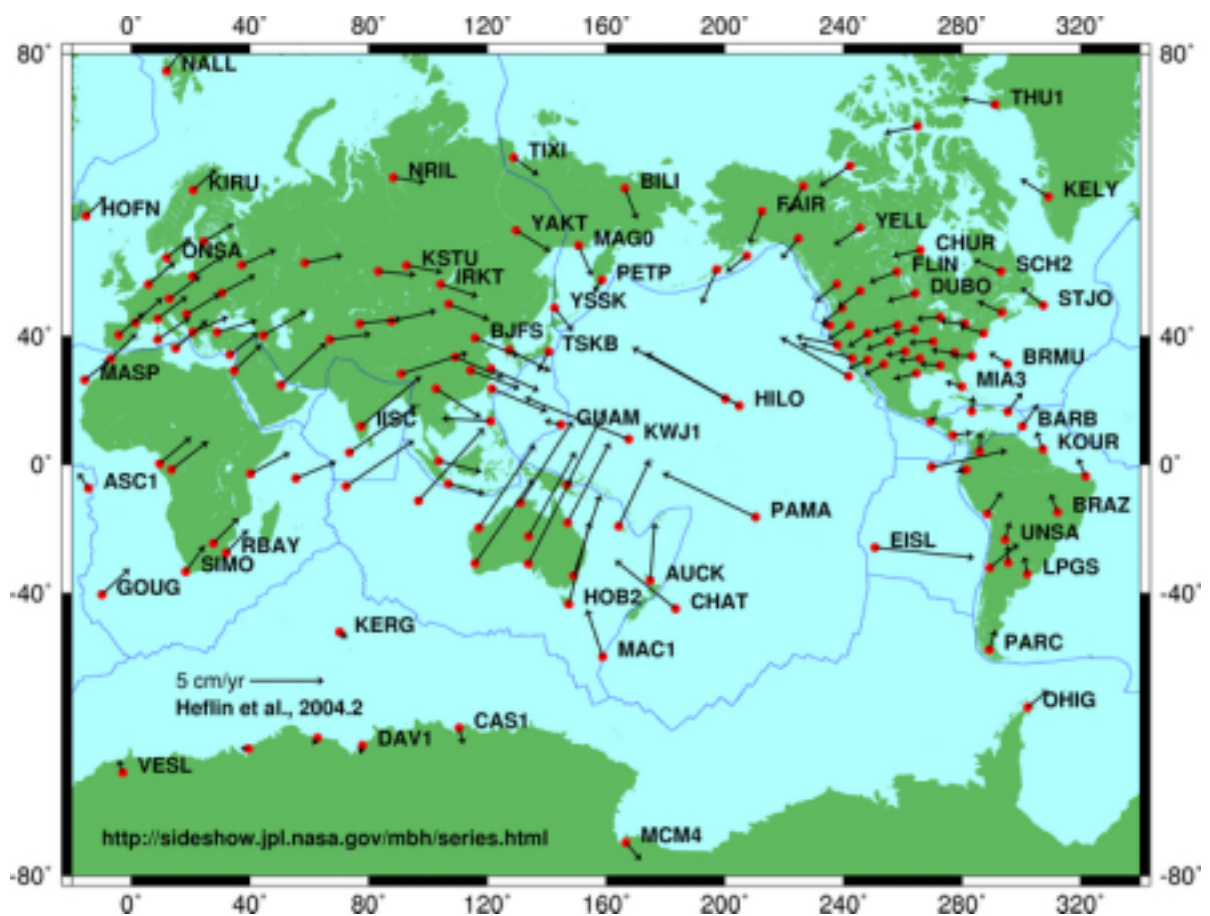


圖 2-7 全球性板塊速度場 (JPL 網頁)

## 第四節 GPS 誤差來源

GPS 衛星測量資料常含有多項誤差，如軌道誤差、測站坐標誤差、衛星和接收儀時錶誤差、對流層延遲誤差、電離層延遲誤差、跳週(cycle slip)、整數週波未定值(integer cycle ambiguity)、雜訊、多路徑效應及相位中心偏差等項，其中有些可利用差分方法(differential)消除或降低，有些可用模式有效地修正，有些則須率定才能得知，有些則無法預測也無法修正，只能儘量避免發生。因此對於 GPS 衛星資料的解算，如何消除或減少各種誤差是一項重要的課題。

### 2.4.1 軌道誤差

由於在進行導航和定位時，GPS衛星的位置視為已知，所以在進行絕對定位時，衛星軌道的任何誤差，都會直接影響測站位置的精度，而在相對定位時，雖然軌道誤差的影響會減弱，但當基線較長且精度要求較高時，這種影響也不可忽視。為了有效控制軌道誤差，解決之道有：使用精密軌道資料如IGS(International GPS Services)，或以區域性(Regional)追蹤站資料對軌道作微調(Orbit relaxation)，或以全球追蹤站作軌道之推算(Orbit determination)，再以此軌道資料作為計算之依據。而本所為改進衛星軌道誤差的影響，已自1991年6月起引用SIO(Scripps Institution of Oceanography, U.C. San Diego)所計算之精密星曆，1994年以後則採用IGS整合數個軌道計算中心成果而公布之精密星曆，依據目前IGS在網頁上公布結果顯示其軌道精度已達約5公分等級。

### 2.4.2 衛星及接收儀時錶誤差

原始相位觀測量在經過二次差分後，接收儀時錶誤差已被消除了；而衛星的時錶誤差項，只有在長基線(1000公里以上)或追蹤站及接收儀時錶穩定性甚差時才會顯著。可是自1990年3月25日起美國對衛星實施SA(Selective Availability)選擇性的降低衛星精度，即會使衛星的頻率穩定性降低，當其影響大時則衛星時錶誤差不能忽略，仍應保

留在模式中加以考慮並推求。一般而言，時錶誤差在二次差時是可忽略的。

### 2.4.3 固定站坐標誤差

一般固定站之絕對坐標常透過VLBI (Very Long Baseline Interferometry)或SLR(Satellite Laser Ranging)觀測方式求得；或以加入IGS方式得知固定站之坐標；或者以單點定位、或由已知點相對定位方式推求測站之絕對坐標。而固定站間相對的精度及其絕對坐標皆會影響基線之求解，以VLBI定出之基線約可在0.01~0.02ppm之間，而IGS長期觀測所得的精度亦與VLBI相當；一般而言，絕對坐標之誤差可在5公分以內，對測區的基線求解影響應不會太大，反而是固定站間相對的誤差對測區之影響才會顯著；因此，若在無法取得精確的固定站絕對坐標，則可用虛擬距離作單點定位以取得10公尺精度之絕對坐標，再以相對定位方式求各點相對於固定站之坐標分量。

### 2.4.4 對流層延遲誤差

GPS電磁波經過對流層會產生延遲效應，而對流層屬於非色散性(non-dispersive)，其影響量對 $L_1$ 及 $L_2$ 是相同的，吾人無法自觀測量直接消去此一影響量；只能利用差分方式降低其效應，或假設各站之效應是相同的，於差分方程式中捨棄之，即忽略其效應；或利用各種氣象模式，如Saastamoinan, Hopfield, Black, ...等，使用地面觀測的氣象資料，或以海平面標準大氣(15°C, 1013.25mb, 相對濕度 50%)來修正，或聯合氣象資料與附加參數，加以推求。對流層折射誤差在天頂方向大約2.3公尺，在仰角10度時其影響量約為20公尺，而對流層延遲可分為乾的部份及溼的部份；乾的部份約佔總延遲量的90%(Wells et al., 1986)。在經模式修正後，其中90%可獲得有效之修正，剩下的誤差，若能再配合其他氣象觀測，當可修正到最小，故修正後殘留的誤差對基線影響不大；若全不修正而忽略之，其影響水平坐標才約為 $10^{-6}$ 左右；但對高程的影響則會有 $dh=dr/\cos Z_{\max}$ 之關係，若衛星可觀測最大天頂距

取 $70^\circ$  (截角為 $20^\circ$ )則天頂方向的誤差對高程約有3倍的影響 (Beutler et al., 1988)。本研究所採取的方法為：利用取自中央氣象局之氣象資料以獲得較準確的模式值，再配合附加參數法，即引入一個天頂尺度因子，以允許對流層因時間變化產生的天頂延遲。經實際驗證，即使在高差大的區域亦可獲得良好的成果。

#### 2.4.5 電離層延遲誤差

由於GPS 電磁波經過電離層時會產生延遲現象，其延遲量大小，隨每日的、每年的、季節的、緯度的變化而變，也會隨地磁或太陽風大小而增減；且 $L_1$ 、 $L_2$ 的延遲大小並不相等，故吾人可利用雙頻觀測消除電離層對頻率的第一階效應。若係單頻觀測則可利用廣播的模式修正或使用測站間之差分法消除共同的電離層效應，在小區域差分後，大致上仍有1 ppm左右之誤差 (Wells et al., 1986)，然在大區域時則差分法效果不彰。若利用雙頻觀測所推求的全電子含量 (TEC) 來修正，應可得優於差分法之結果。其電離層影響量見表 2-1。

表 2-1 最大垂直向電離層誤差 (單位：m)

頻率	1 階影響量( $1/f^2$ )	2 階影響量( $1/f^3$ )	3 階影響量( $1/f^4$ )
$L_1$	32.5	0.036	0.002
$L_2$	53.5	0.076	0.007
$L_3$	0.0	0.026	0.006

#### 2.4.6 整數週波未定值求解誤差

只要接收儀在觀測時段內維持"鎖定狀態" (Lock on) 則未定值始終保持為一整數常數，對不同的衛星則有不同的未定值。對未定值之處理方式為：以實數來推求，視為實數或選最接近之整數並固定之，或聯合"相位"和"電碼"觀測量推求 (Blewitt, 1989; Dong and Bock, 1989)



或搜尋最佳之整數解( Gurtner et al. , 1985 )或用時間差分法( Between epoch difference ) 消去未定值 ; 各法皆有其長 , 在此不比較其優劣。在本研究中 , 採用 QIF ( Quasi Ionosphere-Free ) 進行L1及L2整數未定值 $n_1$ 及 $n_2$ 之搜尋 , 而 QIF 之作法就是將L1和L2作線性組合成無電離層效應之觀測量L3

$$L_3 = \rho + \beta_3 = \rho + \frac{c}{f_1^2 - f_2^2} (f_1 n_1 - f_2 n_2)$$

利用最小二乘法求解L1及L2之實數解未定值 $b_1$ 及 $b_2$ 並計算相應之 Ionosphere-free bias  $\tilde{\beta}_3$

$$\tilde{\beta}_3 = \frac{c}{f_1^2 - f_2^2} (f_1 b_1 - f_2 b_2)$$

此 bias  $\tilde{\beta}_3$  可表為所謂 “ narrow - lane ” 方式 , 整理後得

$$\begin{aligned} \tilde{b}_3 &= \frac{\tilde{\beta}_3}{\lambda_3} = \frac{\tilde{\beta}_3}{(c/(f_1 + f_2))} = \frac{f_1}{f_1 - f_2} b_1 - \frac{f_2}{f_1 - f_2} b_2 \\ &= \beta_1 b_1 + \beta_2 b_2 \end{aligned}$$

其中 ,  $\lambda_3 = \frac{c}{f_1 + f_2} \approx 11\text{cm}$

可將 “ 正確 ” 的整數未定值代入上式中

$$b_3 = \beta_1 n_1 + \beta_2 n_2$$

並與實數解  $\tilde{b}_3$  作比較 , 兩者相減之差值當作判定指標

$$d_3 = |\tilde{b}_3 - b_3|$$

由於可能很多組 $(n_1, n_2)$ 能滿足 $d_3$ 之門檻值( threshold ) , 這些 “ 可能的 ” 未定值解 , 將集中在一條很窄的帶中 , 此帶的線中心即

$$\beta_1 n_1 + \beta_2 n_2 = \tilde{b}_3$$

若能限制 $(n_1, n_2)$ 的搜尋帶寬( search range ) , 則唯一的正確解將可獲得。實際上 , 在搜尋時 , 配合wide-lane搜尋即 $(n_1, n_5)$ 將可大大地降低搜尋範圍 , 可有效地找到最佳的 $(n_1, n_2)$ 。在搜尋時 , 為了有效控制電離層效應 , 在本軟體中採用 “ 每一衛星及測站在每一時刻 ” 皆有一電離層效應  $I_r^s(t_j)$  , 再沒有任何約制下即等於 Ionosphere - free 觀

測。可是若吾人要求解整數未定值，則必須將  $I_r^s(t_j)$  控制在公分間，通常實際作法就是引入一虛擬觀測作條件約制，

$$I_r^s(t_j) - I_{r,apr}^s(t_j) = 0$$

真正的  $I_{r,apr}^s$  先驗值可自實求模型中獲得，一般經驗在大多數例子中（基線在500 km以內）， $I_{r,apr}^s(t_j) = 0$  就夠用了。由於每顆衛星每一時刻皆有一未知數，數量過於龐大，因此，利用預先消去法之技巧，把與時刻有關之  $I$  消去。對於基線若大於500km以上時，則先求得一個以球諧函數表示之電離層模型提供給QIF求解之條件約制量。再求得L1及L2之整數未定值  $n_1$  及  $n_2$  後，代入 Ionosphere - free 觀測方程式L3中，開始求解其餘各未知參數。

#### 2.4.7 跳週之影響

接收儀在觀測期間，持續維持"鎖定狀態"則稱無跳週，但有時因多路徑效應，或電離層變化劇烈，或因間歇性阻擋電波進入接收儀，或都卜勒效應或SA，或訊雜比（SNR）太小；停電中斷，以致發生跳週；有些跳週值很大，有些很小只有數個週波而已，對跳週值之處理有些軟體在前處理（pre-processing）時作跳週偵測並補償；有些軟體每遇一次跳週則增加一未定值參數來求解；在本研究中採用先行作前處理，作跳週之偵測並補償；若不能補償則新增一未定值參數於後級處理中再和其他參數一併求解。若跳週值偵測不出；或補償錯誤則會對未定值及基線解造成負面的效果。所以有效地消除跳週乃是提高精度的基本要項；而消除跳週最好的方法則是事前選用穩定性高、品質好的接收儀進行觀測，並慎選測站環境避免多路徑效應及阻擋，同時作業人員應避免在天線附近；讓可能發生的跳週降到最低，剩下的才以多項式密合(fitting)或微分法(一次微分,二次微分)或三次差等方式進行偵測與補償(Wells et al., 1986)。

---

#### 2.4.8 相位中心與多路徑

相位中心的移位只能以率定方式推求或天線觀測時每次皆固定同一方位，以降低其效應，雖然多路徑效應經長期（2~3 天以上）觀測可以用模式加以推求，但最好的方法則是選擇一良好的測站環境才是上策，或選用能有效降低多路徑效應的天線。

## 第三章 資料蒐集及成果計算

### 第一節 外業蒐集

為持續了解中部地區基本控制點位移變化情形，本局於 2002 年至 2004 年辦理 3 次外業觀測，點位分布如圖 3-1 所示，藉以了解臺灣中部地區自集集大地震後監測點位移變化情形，觀測時間及日期分述如下：

- (一) 2002年11月18日-2002年11月29日(DoY：322-333)實施，使用LEICA SR530型衛星測量儀同步施測，觀測時段為7小時，取樣間隔為15秒，記錄仰角15度以上之衛星資料，施測點數為105點（包含連續站資料）。
- (二) 2003年12月01日-2003年12月12日(DoY：335-346，GPS week：1247-1248)實施，使用LEICA SR530型衛星測量儀同步施測，觀測時段為7小時，取樣間隔為15秒，記錄仰角15度以上之衛星資料。施測點數為112點（包含連續站資料）。
- (三) 2004年12月13日-2004年12月24日(DoY：348-359)實施，使用LEICA SR530型衛星測量儀同步施測，觀測時段為7小時，取樣間隔為15秒，記錄仰角15度以上之衛星資料，施測點數為93點。

本局每年約辦理 10 工作天的外業觀測時間，使用 10 組儀器 20 觀測人力，原則上觀測點位以前 1 年觀測時段表為參考，惟因部分點位遭受破壞，如學校施工、公路開設等等因素，略有變化，但是儘量以每年度每個點位均有 2 次觀測為原則，不足部份則由中央研究院地球科學研究所於夜間辦理外業觀測彌補。本局 2004 年度外業觀測時段表如表 3-1。另為避免儀器高量測發生錯誤，每部儀器觀測時，均搭配數位相機，除拍攝點位遠、近景如圖 3-2、3-3，確認點位實際狀況外，也一併將儀器高量測的當時量測位置、方法及儀器高一併記錄下，以避免人為錯誤的發生如圖 3-4，讓往後內業資料計算人員如發現儀器高不正確時，可回溯查詢除錯。

表 3-1 2004 年 臺灣中部地區監測作業 GPS 外業紀錄觀測表

觀測人員	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組	第七組	第八組	第九組	第十組
93.12.13 10:00~17:00	G091	M904	M428	G092	M916	M044	G090	M906	001K	000K
量測高	1.161	0.86	0.887	1.209	1.178	0.983	1.138	0.887	0.000	0.000
垂高	1.521	1.22	1.247	1.569	1.538	1.343	1.498	1.247	0.000	0.000
93.12.14 09:00~16:00	M075	G098	AF17	G099	G103	AF26	G102	M324	M805	AF21
量測高	0.993	0.972	1.145	1.249	1.264	1.252	1.000	0.932	1.035	1.115
垂高	1.353	1.332	1.505	1.609	1.624	1.612	1.360	1.292	1.395	1.475
93.12.15 09:00~16:00	AF28	M043	AF16	M808	AF24	AF27	M402	M426	AF15	M075
量測高	1.122	0.637	1.201	1.006	1.353	1.185	0.911	1.061	1.235	0.685
垂高	1.482	0.997	1.561	1.366	1.713	1.545	1.271	1.421	1.595	1.045
93.12.16 09:00~16:00	AF06	AF11	M398	M085	AF05	AF13	M482	AF22	AF14	M912
量測高	1.105	1.024	0.886	0.955	1.208	1.165	0.934	1.042	1.28	0.707
垂高	1.465	1.384	1.246	1.315	1.568	1.525	1.294	1.402	1.64	1.067
93.12.17 09:00~16:00	M479	G037	M400	G038	M493	G044	G040	AF22	G041	013K
量測高	0.756	1.271	0.948	1.216	0.875	1.287	1.226	1.182	1.492	0.000
垂高	1.116	1.631	1.308	1.576	1.235	1.647	1.586	1.542	1.852	0.000

觀測說明 儀器高觀測開始時與結束時皆須量測一次

設定 1 秒收一筆資料，仰角高度 15 度，最少 4 顆星，連續觀測 7 小時

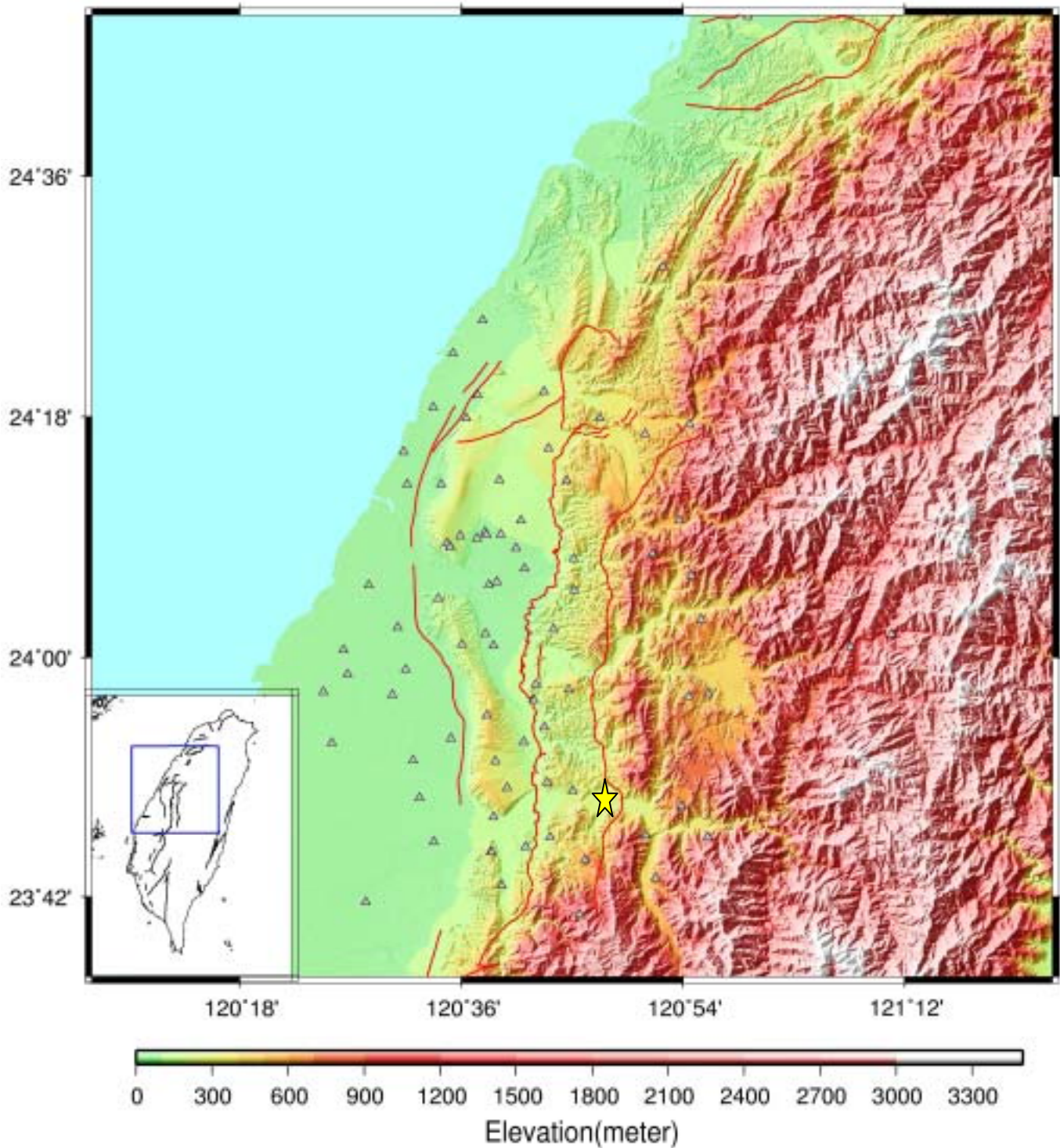


圖 3-1 集集震後臺灣中部地區監測點位分布圖（紅色線條表示斷層分布，由東至西分別為大茅埔-雙冬斷層、車籠埔斷層及彰化-清水斷層，星號表示震央位置）





圖 3-2 監測點位遠景 (清水 西岐國小 G092)



圖 3-3 : 點位近照 (潭子 聚興山 M324)



圖 3-4 儀器高量測作業（豐原 豊原體育場 G103）

## 第二節 資料處理

### 一、資料格式轉換

外業獲得點位觀測資料檔為 Binary 格式，須轉換為 GPS 標準交換檔（RINEX，The Receiver Independent Exchange Format）格式之檔案（簡稱為 O 檔）以便利後續資料處理。RINEX 格式最重要需注意的是儀器點名（MARK NMAE）、儀器高、天線盤型式及量測位置，雖然儀器實際計算過程中係以相位中心（Phase Center）為主，但實際上外業過程中無法量測此一位置，故通常以量測至天線盤半徑外緣或者天線盤鎖螺絲處平面（俗稱 ARP，Antenna Reference Plane）詳如圖 3-5，另真正計算過程中，相位中心亦並非真實位於物理中心詳如圖 3-6，會依據衛星訊號所在方向（高程角和方位角）不同而有所差別，各種儀器廠



牌天線盤改正值不一，故標準 O 檔中儀器高係以記載量測至 ARP 為主，而 ARP 至相位中心之改正參數則依美國國家大地測量局（NGS）網頁公佈資料為主，詳見網頁 <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/> 如圖 3-7。

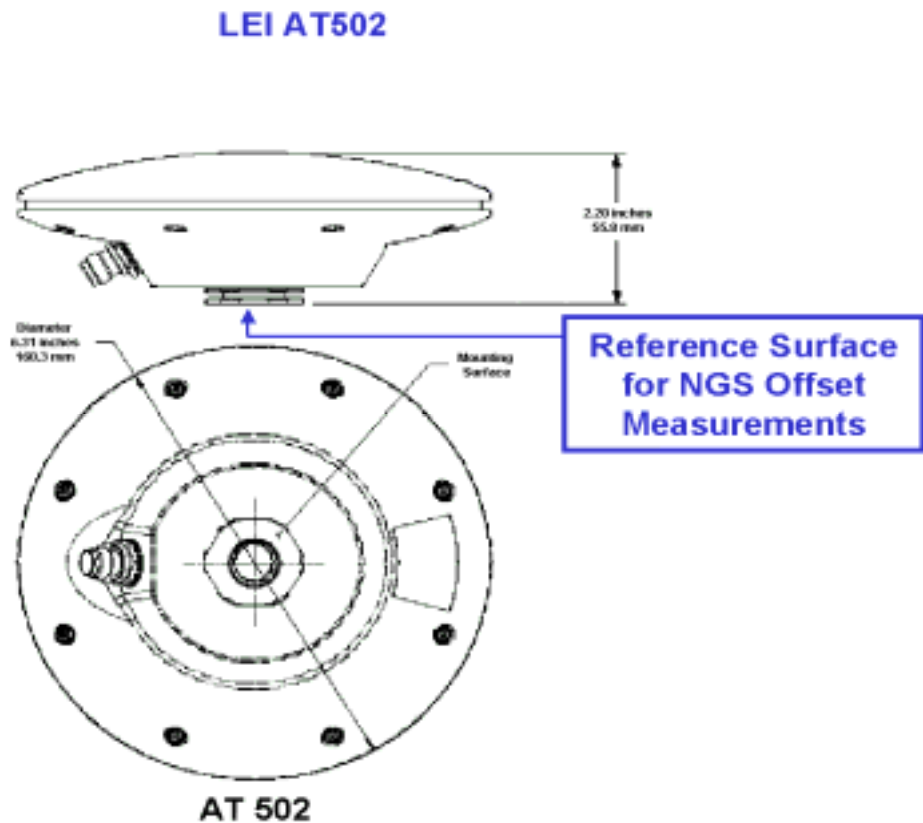


圖 3-5 : LEICA AT502 天線盤及 ARP 量測位置示意圖

### Phase Center Variation (mm)

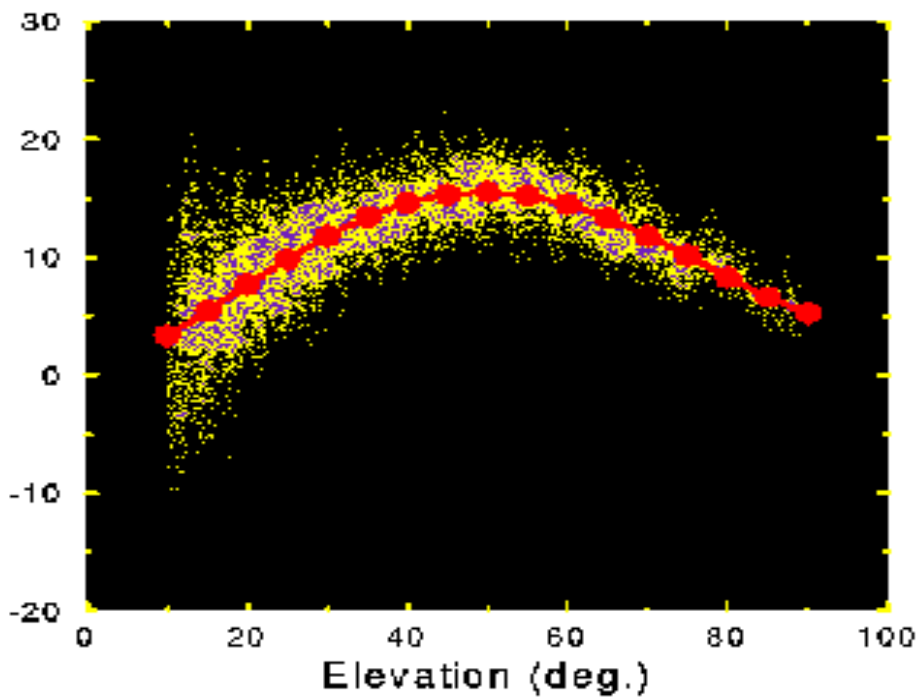


圖 3-6：相位中心變動示意圖（NGS 網頁）

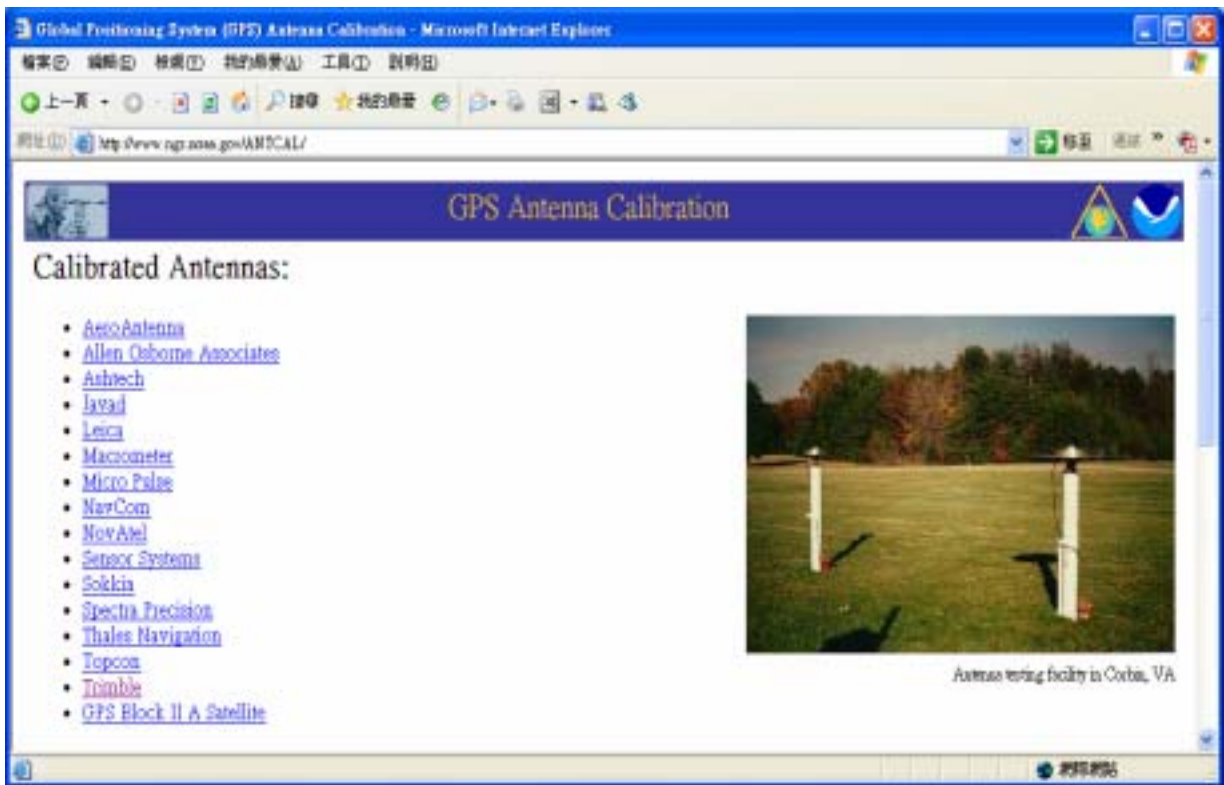


圖 3-7：NGS 相位中心率定成果網頁

## 二、精密星曆

衛星軌道的精度直接影響 GPS 定位成果的精度，目前隨儀器下載的資料為廣播星曆（預報星曆），是經由追蹤資料預估編算而來，而一般高精度測量則採用精密星曆（後處理星曆），是由已知地面坐標的衛星追蹤站，長期追蹤觀測衛星之數據整體推算所得，目前國際主要精密星曆資料由 IGS（International GNSS Service）彙整比對數個計算中心而成，提供產品包含廣播星曆、超快速星曆（2 種）、快速星曆及精密星曆等等，相關星曆資料精度如下表 3-2，本次作業採用最後精密星曆（igsXXXX#.sp3，其中 XXXX 表示 GPS Week，#表示星期內第幾天），至 IGS 所架設 FTP 站下載（<ftp://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/product/>）而得。

表 3-2 IGS 提供各式星曆精度及資料比較表（彙整自 IGS 網頁）

IGS GPS Product Table					
GPS 衛星星曆 /測站及衛星時鐘延遲		精度	發佈時間	更新頻率	取樣間隔
廣播星曆	軌道	~200 cm	real time	----	daily
	衛星時鐘	~7 ns			
超快速星曆[半預測] [igu]	軌道	~10 cm	real time	four times daily	15 min
	衛星時鐘	~5 ns			
超快速星曆[半預測] [igu]	軌道	<5 cm	3 hours	four times daily	15 min
	衛星時鐘	~0.2 ns			
快速星曆[igr]	軌道	<5 cm	17 hours	daily	15 min
	衛星時鐘	0.1 ns			5 min
精密星曆[igs]	軌道	<5 cm	~13 days	weekly	15 min
	衛星時鐘	<0.1 ns			5 min

## 三、GPS 衛星參數下載

在 Bernese 計算過程中，除需外業觀測資料檔及精密星曆資料外，至少還需要四個 GPS 衛星參數檔，包含 SATELLITE.TTT（記錄每顆衛星的重量 第幾代衛星 天線偏移量 啟用及結束時間等等）C04\_2005.ERP

(紀錄每天的極運動量、UT1-UTC 時間差及每天潤秒等等) 及 SAT\_2005.CRX (紀錄各顆衛星資料品質不佳的原因、處置方式及期程) 等等資訊, 相關資料檔案可至瑞士伯恩大學所架設網站下載 (<ftp://ftp.unibe.ch/aiub/BSWUSER/>)。

#### 四、作業流程

GPS 資料的處理是採用 Bernese 4.2 版, 此軟體是由瑞士伯恩大學天文研究所 (Institute of Astronomy, University of Berne) 所開發的。除一般性 GPS 處理功能外, 另有計算軌道參數、極運動 (Polar motion) 參數、電離層模式推求、對流層折射附加參數與模擬 GPS 資料之功能 [Rothacher and Mervart, 1996]。「土地測量局 GPS 監測網」之 GPS 衛星測量資料計算處理流程是以同時段觀測量一併求解, 如圖 3-8 所示。在本研究中, 對 GPS 資料之處理可分為前處理 (Pre-Processing) 與後處理 (Post-Processing)。前處理之概略流程如下:

- (1) 將原始資料轉成 RINEX 格式, 再轉成 Bernese 格式。
- (2) 自精密星曆中萃取出各衛星之時錶修正量以供後續處理之用。
- (3) 將精密星曆轉成表列型式, 再組成 Bernese 格式之軌道。  
其中組軌道之原則: 利用每天之精密星曆, 組成 24 小時之軌道, 包括 6 個刻卜勒軌道元素與 2 個 ROCK4/42 模式之太陽輻射參數。作為資料修編與後處理之用。
- (4) 進行電碼資料之檢查, 剔除錯誤觀測量。
- (5) 利用電碼資料進行單點定位, 計算測點坐標及接收儀時間誤差量, 並將時間修正於相位資料中, 以便接收儀之時間能準確至  $10^{-6} \sim 10^{-7}$  秒左右。
- (6) 組成獨立的基線網一次差觀測量, 即將所有測站依最短基線與最多觀測量之原則, 組成線性獨立的一次差觀測量。

(7) 利用精密星曆與衛星時錶資料進行資料之修編、跳週之補正(Cycle slip editing)、時錶差修正、錯誤觀測量或觀測量不能使用之標示(Mark)。對於跳週之處理，採自動偵測與補償。

而後處理之流程與採用的模式敘述如下：

- (1) 軌道部份：採用 IGS 精密星曆。所有軌道參數視為已知，固定之而不加以求解。
- (2) 極運動改正：採用 IERS (International Earth Rotation Service) Bulitine B 公佈值，將 UTC 與 UT1 之差值加以修正之，並將坐標值由瞬間極之坐標系修正至 2000 平均極(CIO)坐標系上。
- (3) 引力位模式：採用 GEM-T 3(8×8)，其中； $C_{21} = -0.17 \times 10^{-9}$ ， $S_{21} = 1.19 \times 10^{-9}$ ， $GM = 398600.4415 \text{ km}^3 / \text{s}^2$ ，日、月引力及地球固體潮(Solid earth tide)也加以考慮。
- (4) 座標系以中研院地球所所佈設之澎湖固定站S01R，其在1997.1年 ITRF97的座標位置作為計算依據，其座標值為 $X = -2886619.3759\text{m}$ ， $Y = 5082945.0943\text{m}$ ， $Z = 2543377.5668\text{m}$ ，將來亦可透過ADDNEQ處理，將監測網固定於任何座標框架上，S01R的座標，於參數求解時，採先驗權值(A Priori Information)方式，加權參數在估算中比重，亦即對S01R座標並不給予固定，而是在三個座標分量給予極大之等量權作為約制，亦即利用先驗標準偏差 $\sigma_0 = 0.0001\text{m}$ 加以約制，俾便將來透過ADDNEQ作調整或轉算。
- (5) 對流層折射修正：採用Saastamoinan模式以該月份海平面平均氣象值推算至測點，再加以修正；並利用附加參數，以各測站每2小時增加1個參數之方式，加以吸收殘留的對流層折射誤差。
- (6) 觀測資料選定仰角15度以上部份才用之於計算，此乃為避

免在低仰角度觀測時伴隨的較大雜訊 (Noise及multipath) 所造成之影響。

- (7) 相位未定值求解之過程，乃先利用實數解求得一精確之坐標（或利用以前計算過之坐標值），然後採用 QIF（Quasi Ionosphere-Free）方法，求得 $L_1$ 和 $L_2$ 的整數週波未定值，再組成 "ionosphere free"  $L_3$ ，並將解得 $L_1$ 和 $L_2$ 的整數週波未定值代入無電離層效應之觀測方程式中 ( $L_3$ )，開始求解其餘各未知參數。

吾人在計算測站坐標時，是採每天資料計算成一組坐標；再將每天坐標彙整，進一步分析坐標隨時間之變化。

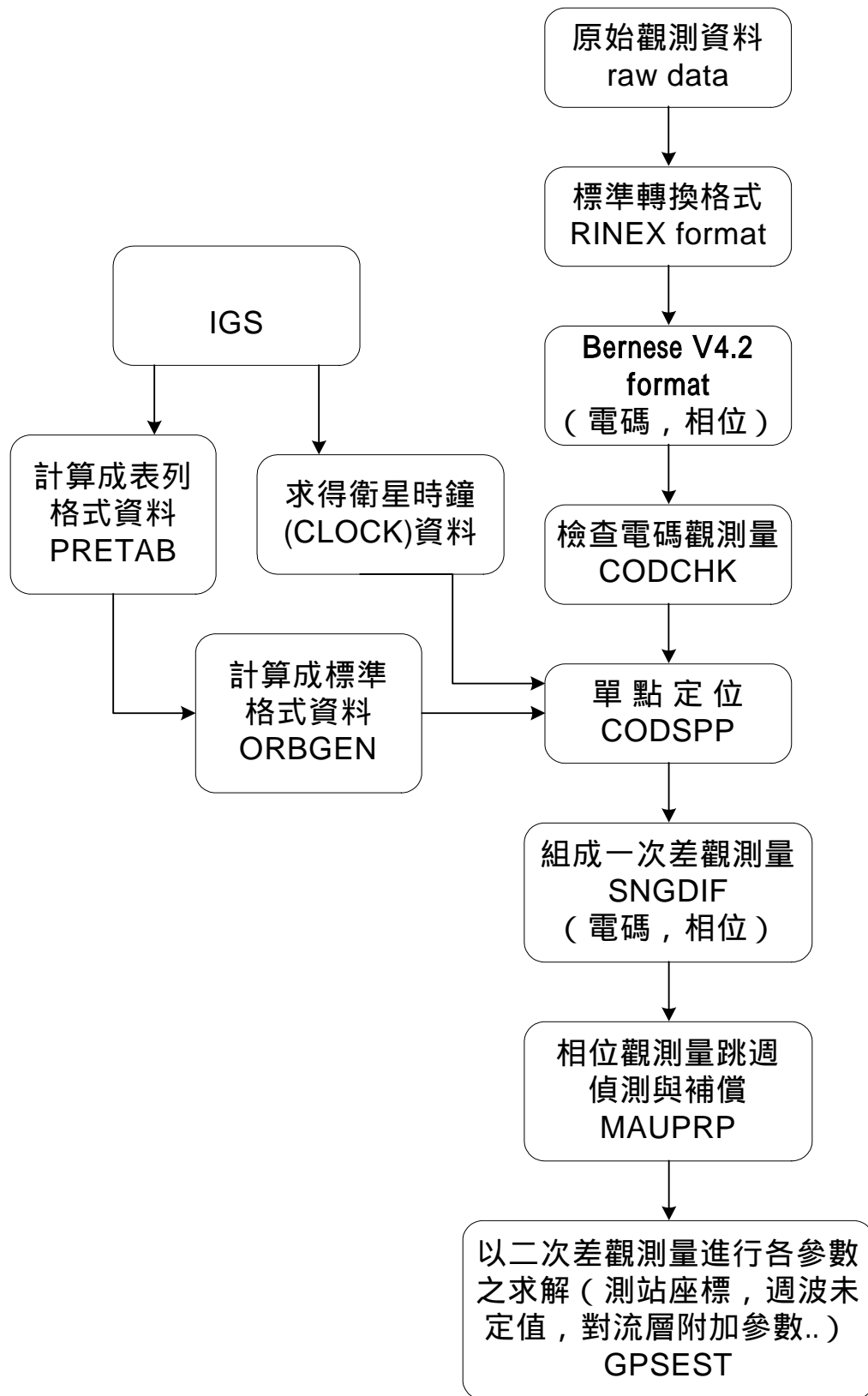


圖 3-8: GPS 衛星資料之處理流程

### 第三節 成果計算

經由 Bernese 求解出每日觀測解後，再將每日觀測坐標檔 ( crd 檔，每年約 10 天 ) 成果反算成基線解 ( 如表 3-3 )，將每日觀測作業基線成果解，以固定澎湖白沙 S01R 的坐標獨立作一坐標平差，經偵錯無誤後，彙整成每年度成果檔，經整理各年度成果中誤差如下：

( 1 ) 2002 年成果：總共求解 168 條獨立基線，觀測 105 個點位，  
 $N=0.0035m$ ， $E=0.0044m$ ， $h=0.0220m$ 。

( 2 ) 2003 年成果：總共求解 340 條獨立基線，觀測 105 個點位，  
 $N=0.0050m$ ， $E=0.0052m$ ， $h=0.0203m$ 。

( 3 ) 2004 年成果：總共求解 220 條獨立基線，觀測 93 個點位，  
 $N=0.0037m$ ， $E=0.0117m$ ， $h=0.0098m$ 。

上述中誤差顯示，觀測精度良好，且多於觀測數夠多，故上述觀測量具代表意義。另比對 1999-2000 年成果顯示，歷次觀測精度平面約在 0.002m - 0.009m，高程方向約在 0.012 - 0.028m，歷年成果應可一併比對 ( 表 3-4 )。

表 3-3 由點位坐標檔反算成三維向量基線範例

#### 坐標表

Pt_name	X	Y	Z
11 S01R	-2886619.3785	5082945.0249	2543377.5671
12 PINT	-2976963.4117	5025645.9150	2553711.1163

#### 三維基線向量

STATION	FORWARD	VECTOR	COMPONENT	WEIGHT	RESIDUAL	RI	SIGV
911116K.CRD							
S01R	PINT	* B *	362.8563	1.000	0.00045	0.933	0.0034 .
S01R	PINT	* L *	3773.5058	1.000	-0.00122	0.933	0.0042 .
S01R	PINT	* h *	278.3259	1.000	0.00300	0.933	0.0212 .



表 3-4 歷次外業整體觀測精度及數量表

Time	N(mm)	E(mm)	h(mm)	Numberof station
1999/12	0.0027	0.0055	0.0129	94
2000/02	0.0057	0.0257	0.0285	47
2000/03	0.0054	0.0098	0.0153	44
2000/04	0.0065	0.0086	0.0189	84
2000/07	0.0048	0.0063	0.00183	54
2000/12	0.0043	0.0040	0.0123	90
2002/11	0.0035	0.0044	0.0220	105
2003/12	0.0050	0.0052	0.0203	112
2004/12	0.0037	0.0117	0.0098	93

經以 2004 年最小約制成果檢核臺灣本島 YMSM (陽明山) PKGM (北港) KDNM(墾丁) TMAM(太麻里) FLNM(鳳林)及 KMMN(金門)及 MUZM(馬祖)等成果之 921 地震後公佈之 TWD97 坐標 (1999 年版成果), 發現 YMSM - MUZM 基線較差約 0.2CM 及 KMMN - MUZM 較差約 0.9CM 小於 1CM, 相對精度甚佳, 而與 FLNM 相關基線較差均較大, 各點間相對精度比較如表 3-5, 其中 KMMN - FLNM 較差甚至達 67CM, 相對精度僅約 20 萬分之 1, 顯示 FLNM 點位變動情形嚴重, 其於 1999 年公佈之成果是乎已不再滿足國家坐標系統的基本精度要求, 依照美國 GPS 衛星測量精等級表規定, 一個 "A" 級的 NGRS 一級網或局部地殼變動偵測, 間距約在 50-100KM, 要求數量級等級應為  $10^{-6}$ , 另依據大陸要求局域網精度亦為  $10^{-6}$ , 成果顯示, FLNM 在震後變形劇烈, 不適合當固定站強制套合。依此原則, 將 FLNM 後續計畫中並不給予固定。最後將的精度甚至無法滿足另將 2002、2003 及 2004 年強制套合在 KMMN、MZUM、YMSM 及 PKGM 等衛星追蹤站成果上, 至可得到各年度監測

點位 TWD97 成果，詳如附錄 1，雖然都是約制在內政部追蹤站成果上，但是均已特定時間上的 TWD97 成果，應用上已相對有所差異。

表 3-5 各追蹤站間相對精度比較表

FROM	TO	GPS	GROUND	DIFFERENCE	1/ PPM
KMNM	PKGM	98262.4449	98262.4791	-0.0342	-2870863
KMNM	MZUM	243648.4849	243648.4760	0.0089	27448526
KMNM	YMSM	142848.7389	142848.7183	0.0206	6922766
KMNM	KDNM	281337.5481	281337.6797	-0.1317	-2136834
KMNM	FLNM	134281.5785	134282.2435	-0.6650	-201927
KMNM	TMAM	214157.2285	214157.4025	-0.1739	-1231434
PKGM	MZUM	329443.0566	329443.1005	-0.0439	-7503808
PKGM	YMSM	217734.3397	217734.3818	-0.0420	-5179192
PKGM	KDNM	187060.0557	187060.2187	-0.1629	-1148121
PKGM	FLNM	118529.5270	118530.1004	-0.5734	-206716
PKGM	TMAM	128694.0277	128694.2712	-0.2436	-528367
MZUM	YMSM	115593.3797	115593.3779	0.0019	62269707
MZUM	KDNM	480478.4590	480478.4283	0.0307	15658614
MZUM	FLNM	271399.4909	271399.7193	-0.2284	-1188096
MZUM	TMAM	403272.5828	403272.6007	-0.0179	-22529196
YMSM	KDNM	365237.5020	365237.4839	0.0180	20236880
YMSM	FLNM	157685.5685	157685.8657	-0.2972	-530491
YMSM	TMAM	288197.0530	288197.0849	-0.0319	-9029420
KDNM	FLNM	210560.9472	210560.7536	0.1936	1087681
KDNM	TMAM	77384.1554	77384.1039	0.0515	1502086
FLNM	TMAM	133221.0034	133220.8697	0.1338	995898

## 第四章 成果分析

### 第一節 連續追蹤站位移量

對於研究連續追蹤站的時間序列而言，最佳的狀況應該是從震後開始每天連續觀測求解每日解（daily solution），惟在本次觀測過程中本局於震後開始架設連續追蹤站，故僅能從內政部及工研院的資料公開共享的單位，獲取每日資料來看每日求解的趨勢，相關追蹤站分布如圖 4-1，故選取可涵蓋整個測區的三個連續追蹤站 TNML（新竹，工研院） PKGM（嘉義，北港地政事務所）及 FLNM（花蓮，鳳林地政事務所）由 1994-2004 年間（因設站時間不一，故計算時間略不相同）的震後時間序列如圖 4-2、4-3、4-4，可得知在此鳳林站受地震影響同震變形在南北方向約 10 公分，東西約 36 公分，往西北方向移動。而震後至 2005 年，位移方向仍是向西北方向仍穩定位移趨勢，高程方向持續向下。對北港測站而言，同震的變形在南北方向不明顯，東西約 3-4 公分，往西北方向移動，震後至 2005 年，位移方向仍是向西北方向仍穩定位移趨勢，高程方向持續向下。而工研院 TNML 該點於震後才設置，故無同震變形，但震後該點位移趨勢尚不明顯。

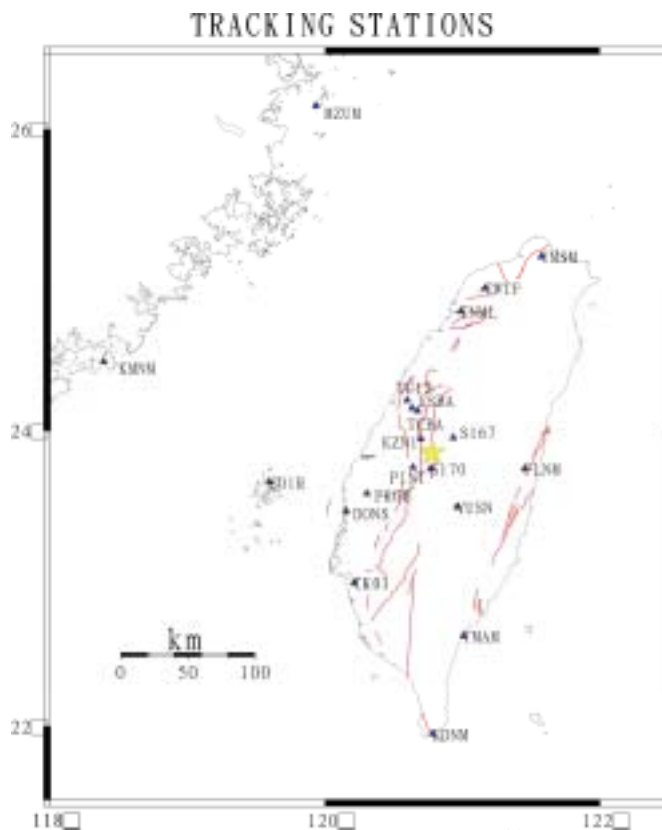


圖 4-1 監測作業使用  
連續追蹤站分布圖

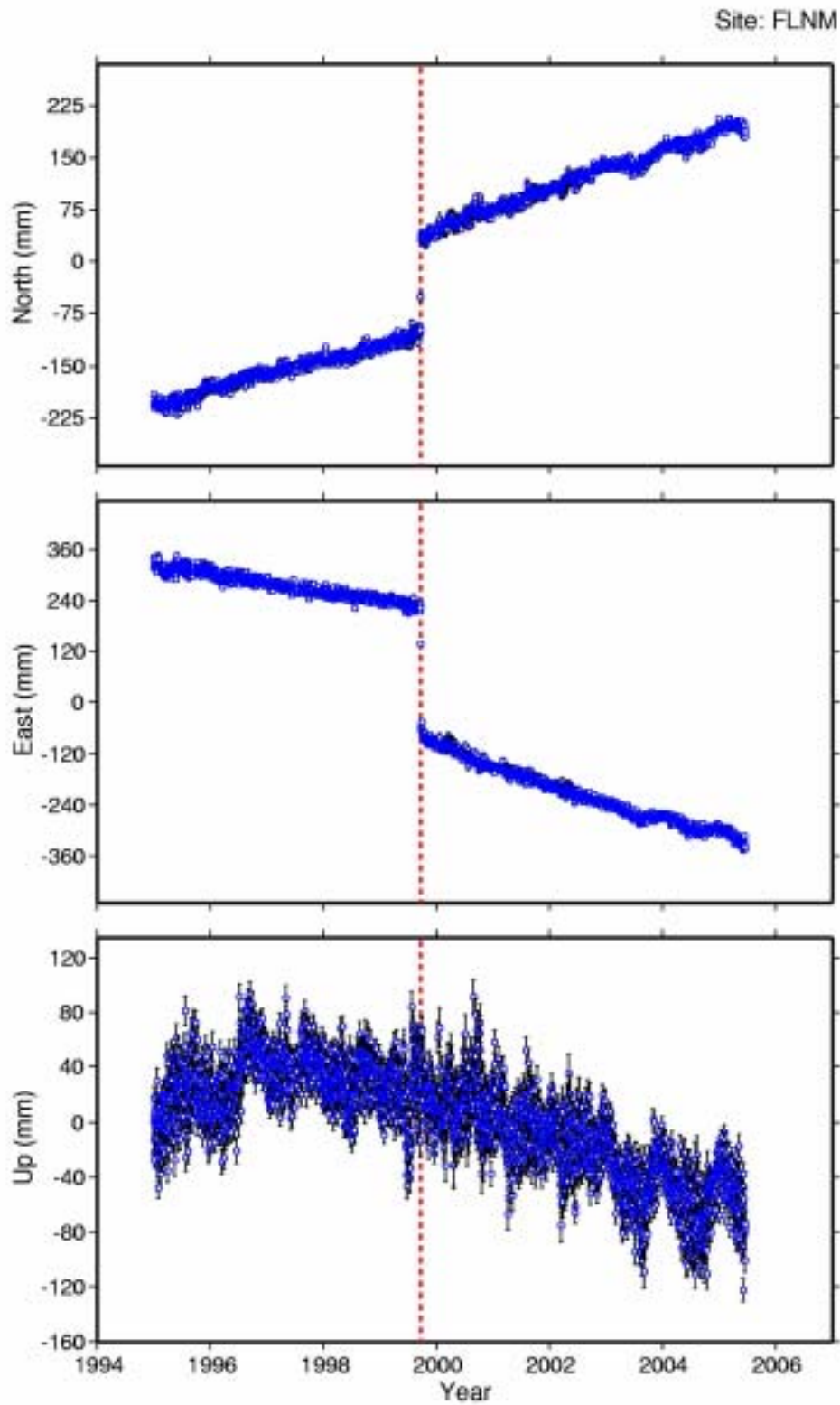


圖 4-2 花蓮鳳林連續追蹤站(FLNM)相對於澎湖白沙(S01R)從 1994 年至 2005 年的時間序列圖

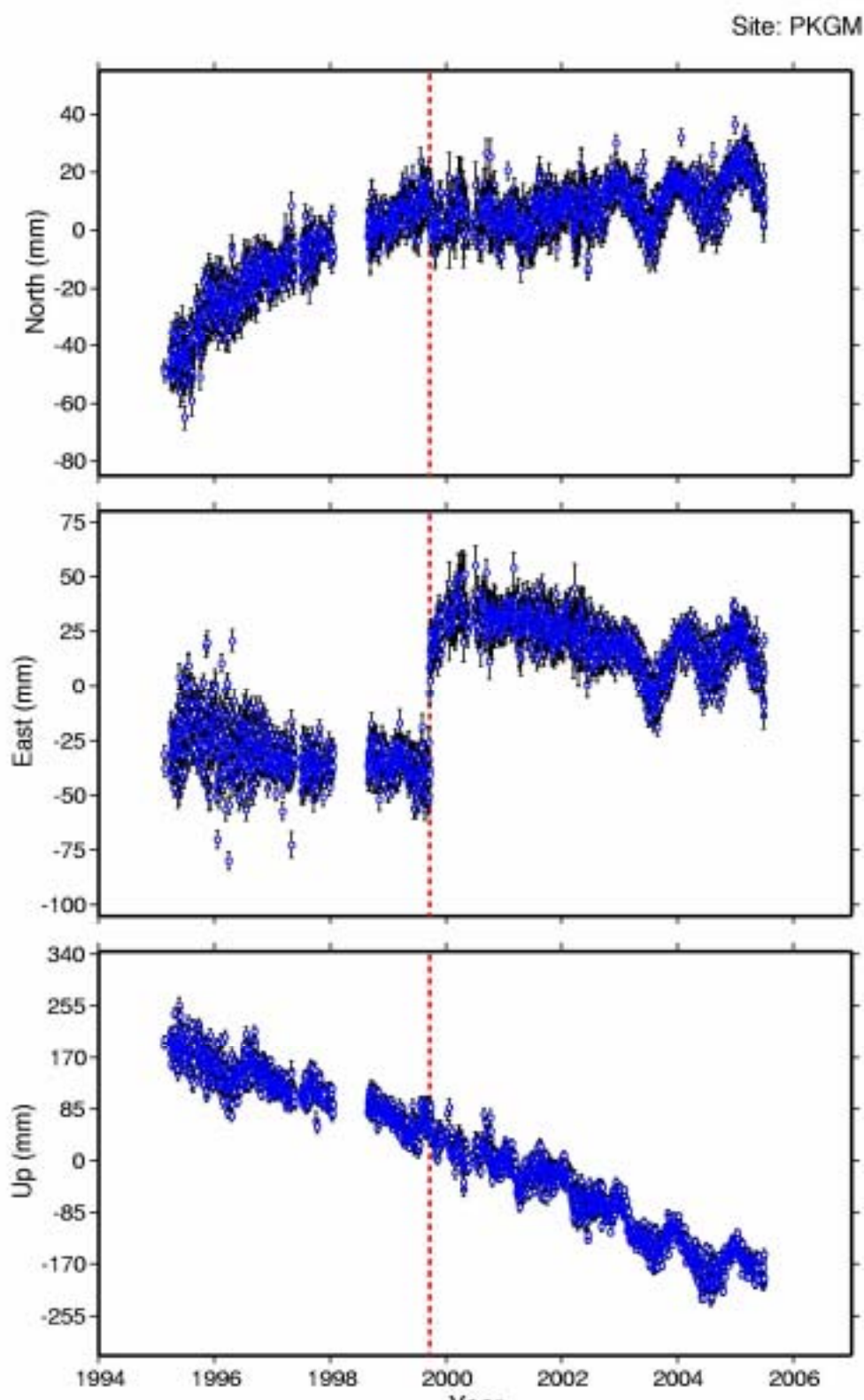


圖 4-3 嘉義北港連續追蹤站( PKGM )相對於澎湖白沙( S01R )從 1994 年至 2005 年的時間序列圖



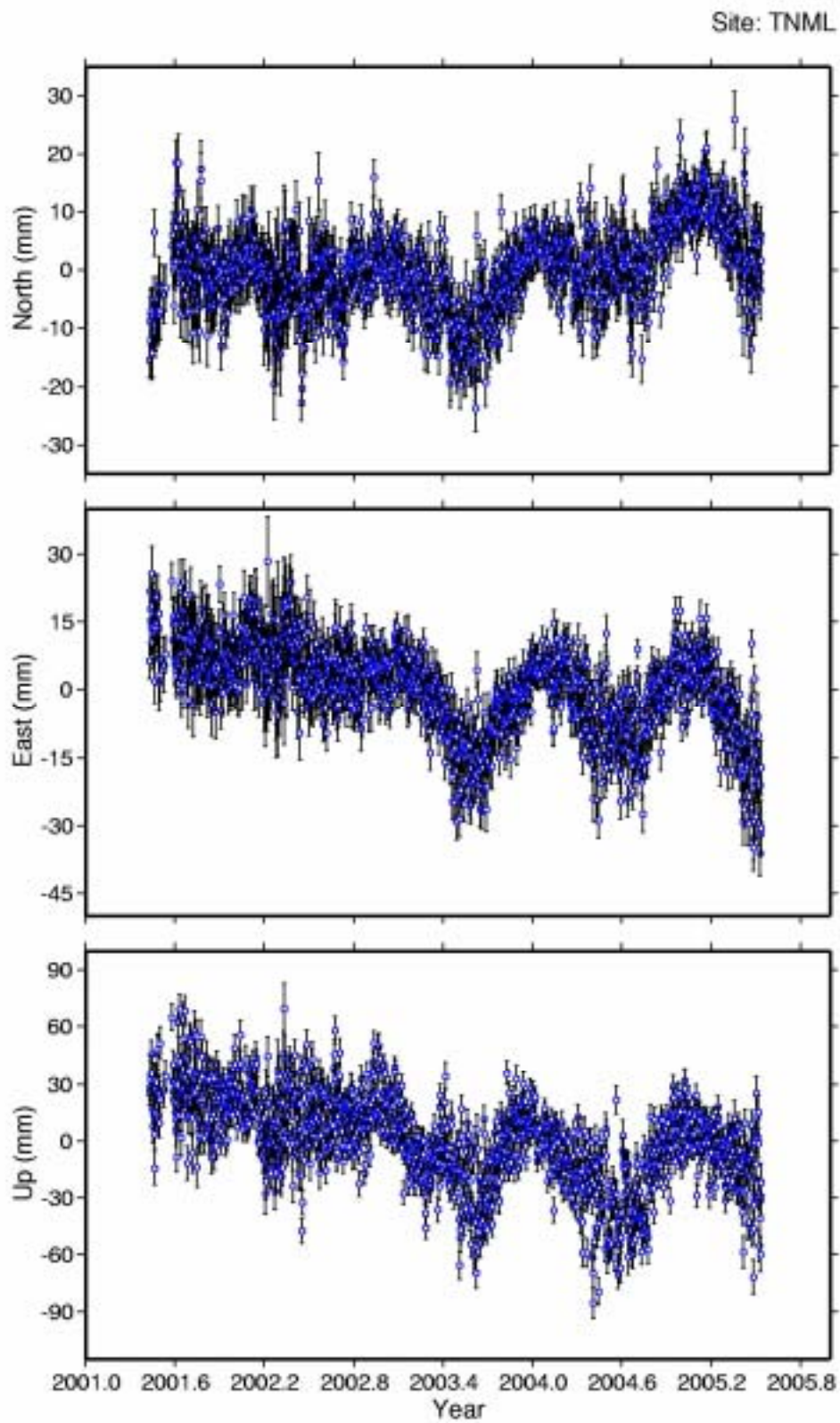


圖 4-4 新竹工研院連續追蹤站 (TNML) 相對於澎湖白沙 (S01R) 從 2001 年至 2005 年的時間序列圖

另外吾人選取這每年監測作業過程中的連續站（每年約 12-14 天）資料求解成果，經分析 2001、2002、2003 及 2004 年成果，因每年僅 12-14 個每日解，故繪製成時間序列圖後較不明顯如圖 4-5 - 4-8，惟整體位移量及方向趨勢與圖 4-2-4-4 等連續資料站計算成果相符。經重新以每年為一單位平差獲得每年的平均解（相對於 S01R），製表如 4-1、4-2。

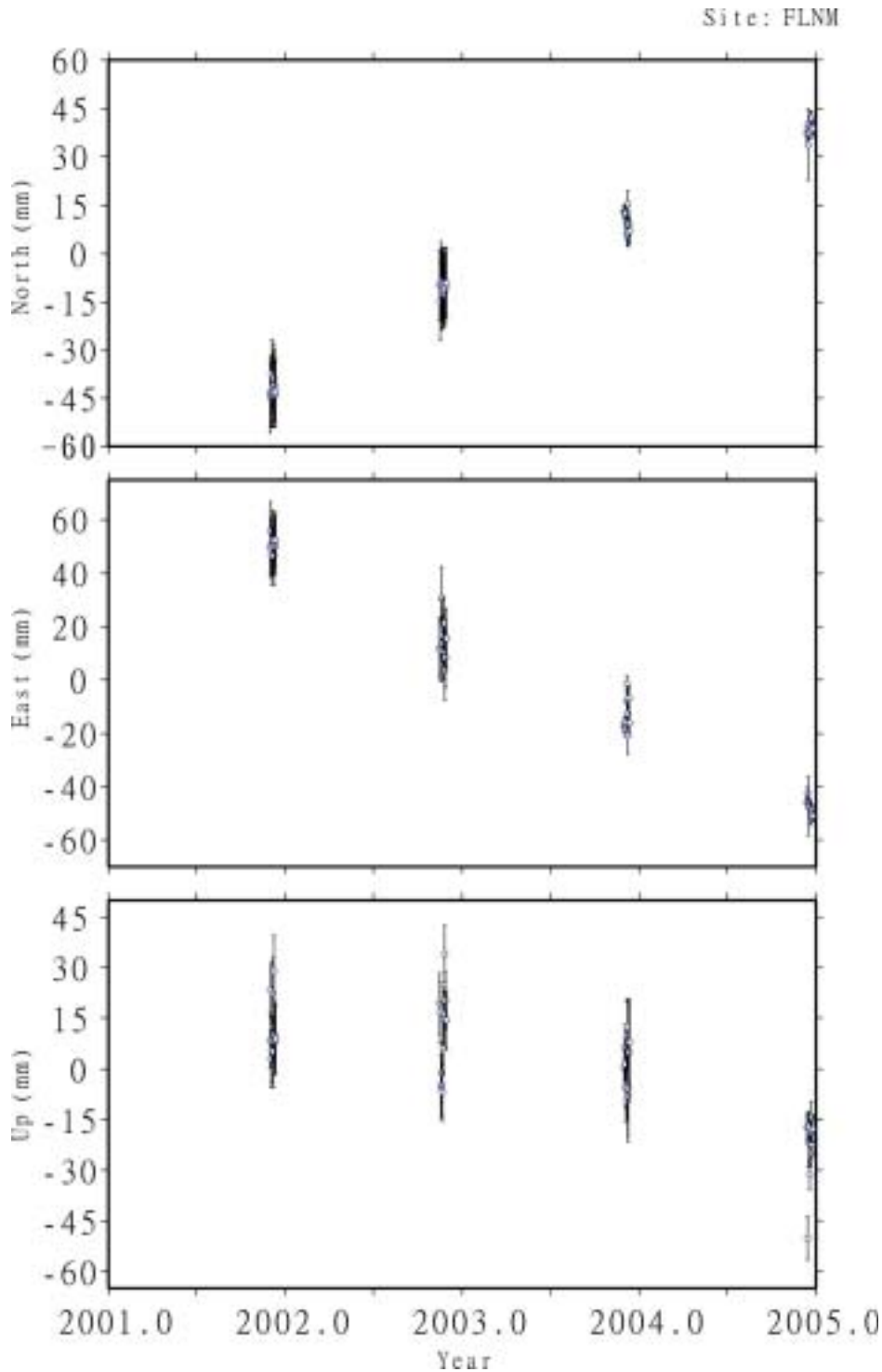


圖 4-5 FLNM(鳳林站) 監測作業期間的點位變化時間序列圖

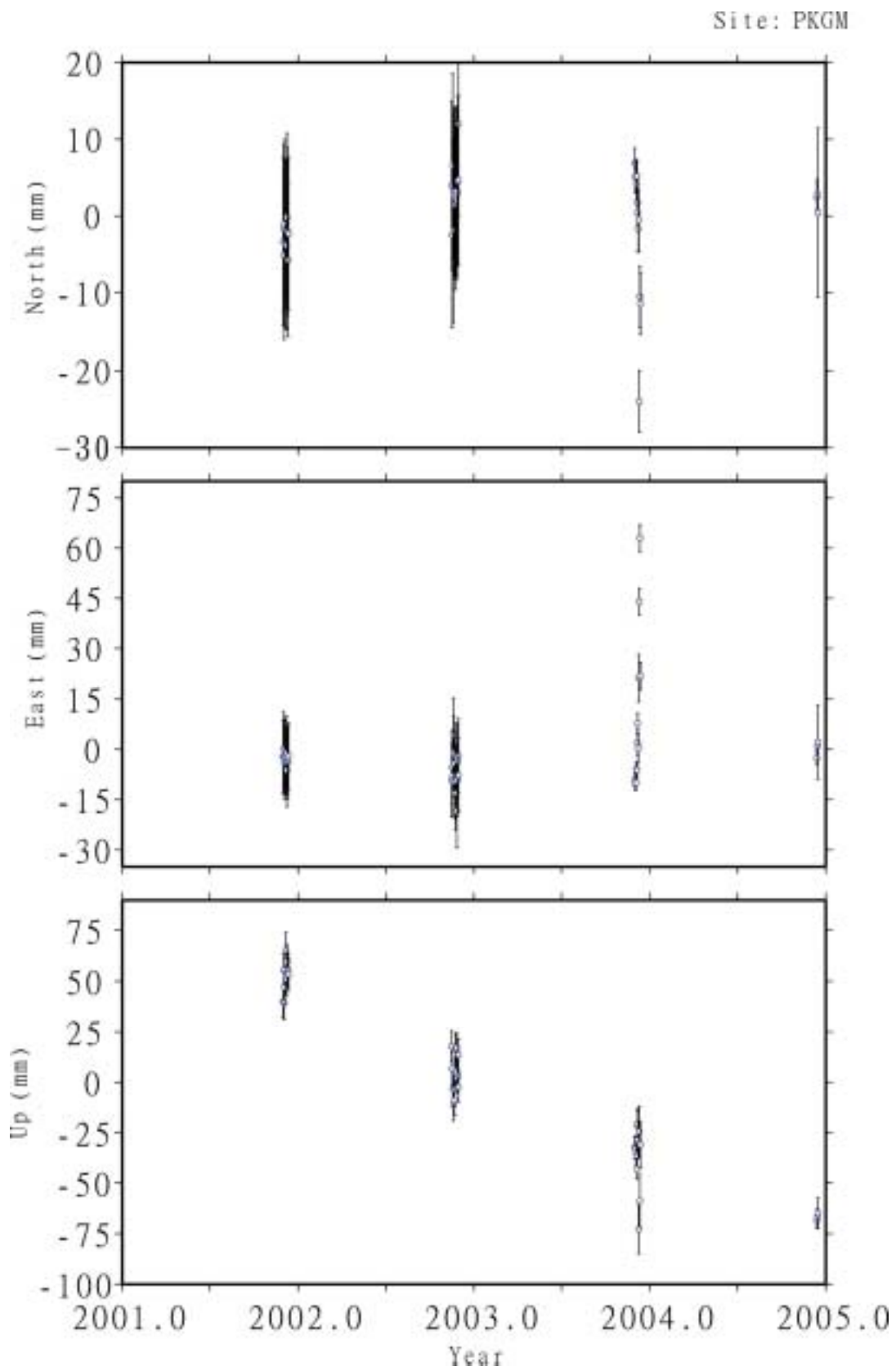


圖 4-6 PKGM (北港站) 監測作業期間的點位變化時間序列圖



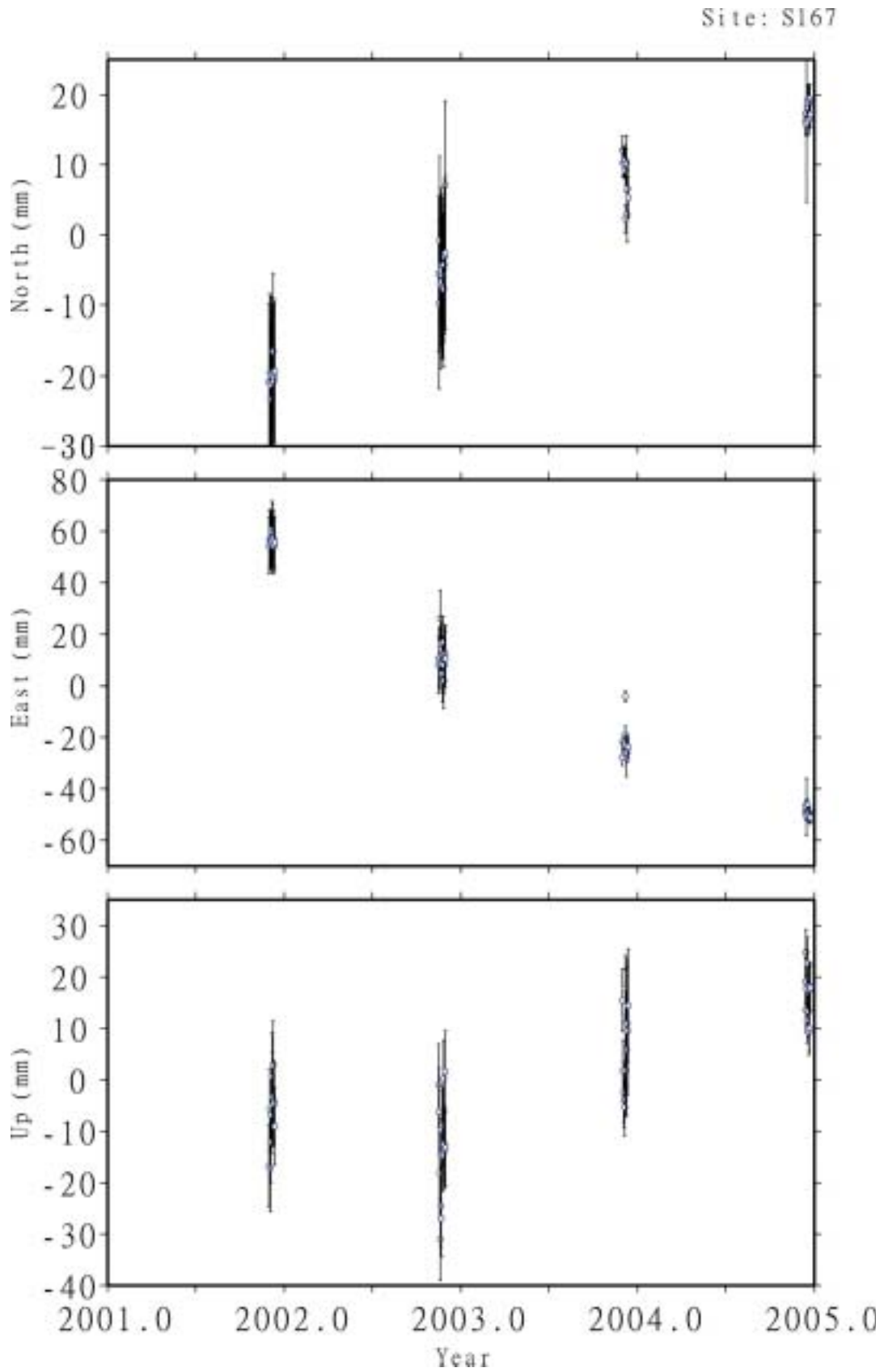


圖 4-7 S167 ( 埔里 ) 監測作業期間的點位變化時間序列圖

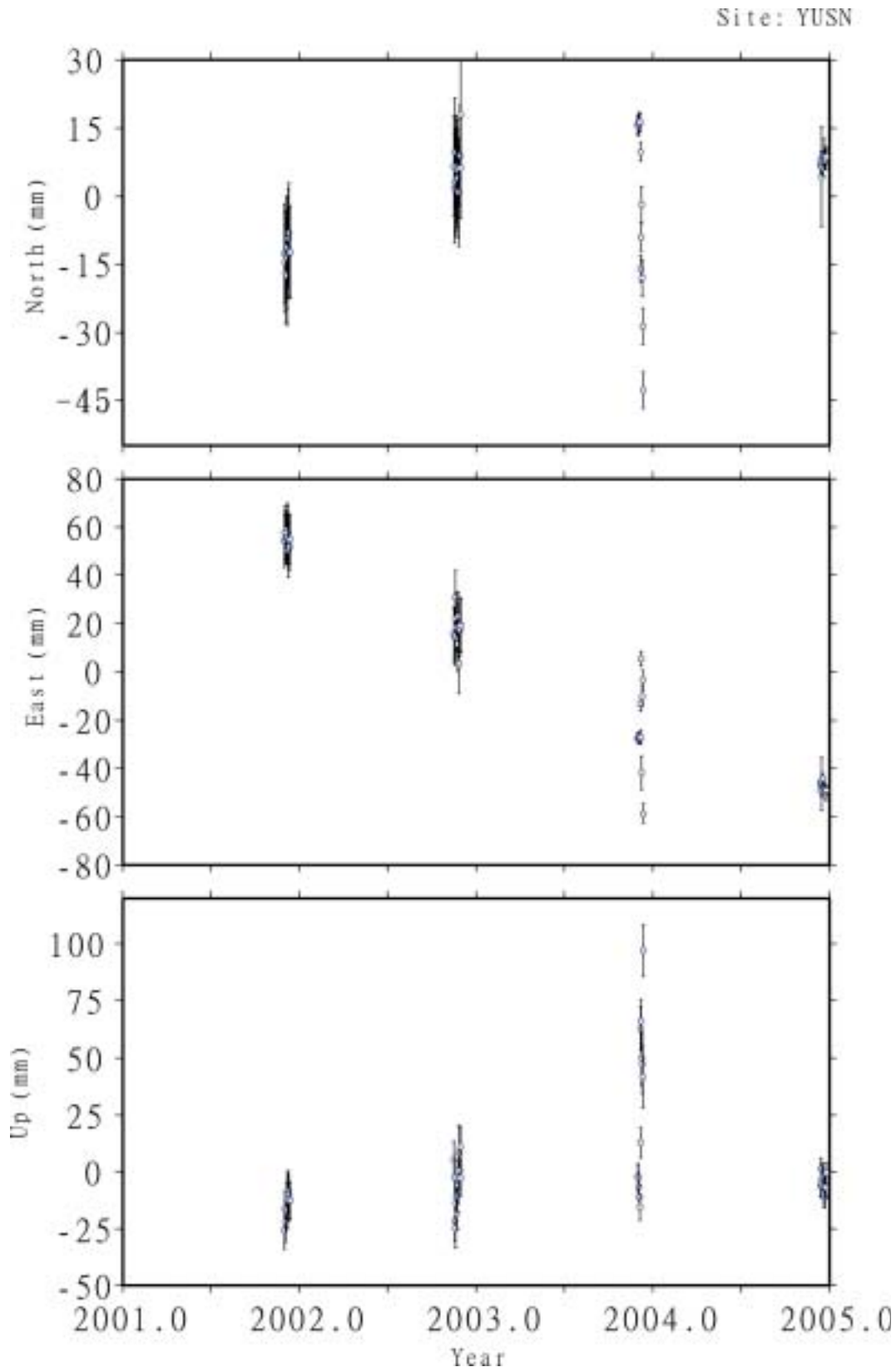


圖 4-8 YUSN (玉山北峰) 監測作業期間的點位變化時間序列圖

表 4-1 2001 - 2004 年連續追蹤站相對於 S01R 位移量

單位：mm

PTNAME	dN(02-01)	dE(02-01)	dh(02-01)	dN(03-01)	dE(03-01)	dh(03-01)	dN(04-01)	dE(04-01)	dh(04-01)
CK01	2.0	-15.0	8.8	0.0	-24.0	46.2	-5.0	-31.0	44.1
DONS	0.0	-3.0	-45.5	-10.0	6.0	-33.4	-16.0	3.0	-62.1
FLNM	32.0	-37.0	-1.3	53.0	-62.0	-11.6	82.0	-97.0	-34.9
KDNM	8.0	-48.0	12.0	9.0	-89.0	15.0	20.0	-146.0	7.0
KZON	3.0	-12.0	-9.7	03 年後無資料					
PKGM	7.0	-4.0	-47.4	2.0	15.0	-88.9	6.0	4.0	-118.7
S016	4.0	-34.0	-1.4	0.0	-58.0	-1.1	04 年後無資料		
S01R	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S167	17.0	-46.0	-5.3	30.0	-77.0	13.3	39.0	-104.0	23.2
TMAM	16.0	-35.0	-4.9	22.0	-65.0	-5.4	21.0	-87.0	-30.5
TNML	3.0	1.0	0.2	0.0	7.0	-3.6	6.0	4.0	-10.6
WUFN	4.0	-13.0	4.2	6.0	-23.0	-8.9	04 年後無資料		
YMSM	01 年無資料			-17.0	24.0	-7.9	-17.0	24.0	-12.3
YUSN	20.0	-39.0	9.0	12.0	-78.0	42.8	22.0	-102.0	9.0

表 4-2 2001 - 2004 年連續追蹤站相對於 S01R 平均速度場

單位：mm

PTNAME	dN/yr(02-01)	dE/yr(02-01)	dh/yr(02-01)	dN/yr(03-01)	dE/yr(03-01)	dh/yr(03-01)	dN/yr(04-01)	dE/yr(04-01)	dh/yr(04-01)
CK01	1.9	-14.3	8.4	0.0	-12.0	23.1	-1.7	-10.3	14.7
DONS	0.0	-2.9	-43.3	-5.0	3.0	-16.7	-5.3	1.0	-20.7
FLNM	30.5	-35.2	-1.2	26.5	-31.0	-5.8	27.3	-32.3	-11.6
KDNM	7.6	-45.7	11.4	4.5	-44.5	7.5	6.7	-48.7	2.3
KZON	2.9	-11.4	-9.2	03 年後無資料					
PKGM	6.7	-3.8	-45.1	1.0	7.5	-44.5	2.0	1.3	-39.6
S016	3.8	-32.4	-1.3	0.0	-29.0	-0.6	04 年後無資料		
S01R	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S167	16.2	-43.8	-5.0	15.0	-38.5	6.7	13.0	-34.7	7.7
TMAM	15.2	-33.3	-4.7	11.0	-32.5	-2.7	7.0	-29.0	-10.2
TNML	2.9	1.0	0.2	0.0	3.5	-1.8	2.0	1.3	-3.5
WUFN	3.8	-12.4	4.0	3.0	-11.5	-4.4	04 年後無資料		
YMSM	01 年無資料			-8.5	12.0	-3.9	-5.7	8.0	-4.1
YUSN	19.0	-37.1	8.6	6.0	-39.0	21.4	7.3	-34.0	3.0

由表 4-1 得知，上開連續追蹤站在 2001-2004 年間，相對於 S01R 位移量在南北方向約由-16mm—82mm（向北為正），東西方向約由-146mm—24mm（向東為正），整體而言在中部地區（含花蓮鳳林）整體位移方向為朝西北方向移動，而北部陽明山追蹤站則朝東南方向位移，至新竹（TNML）位移方向轉向東北，而南部地區台南（CK01）往西南方向位移，至墾丁又轉向西北偏西方向（詳見圖 4-9）。至高程方向，除台南（CK01）較明顯有上升趨勢外（3 年間約 44mm），其餘點位大多為下降，其中又以東石（DONS）及北港（PKGM）下降明顯（3 年間分別約為 62 及 118mm）。另外對於玉山北峰（YUSN）3 年間的高程平均變化量則較不明顯。另將各點位移視為線性變化，依  $V=ds/dt$ ， $ds$  表示各軸位移量， $dt$  表示各量測間隔時間計算出表 4-2，得到各追蹤站點位各軸的平均位移速度。

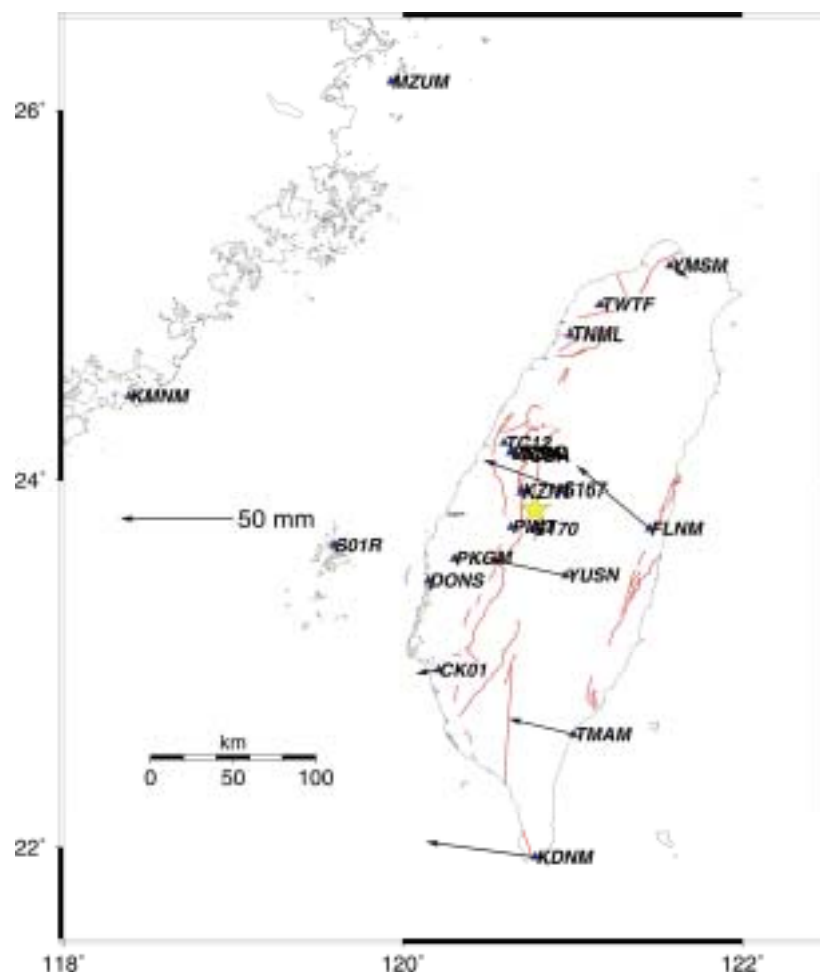


圖 4-9 GPS 追蹤站的年平均位移量

## 第二節 監測點位位移量

對於各監測點位，依照前開第二章計算方式，可得 2002、2003 及 2004 年間的點位坐標並求取位移量，另彙整 1999 及 2000 年資料，分析各年間及 1999-2004 年點位位移的情形如下。

### 一、1999-2000 年間位移情形

1999-2000 年位移情形經整理，其位移量如附表 4-3 及圖 4-10，由上述圖表顯示，最大位移量出現在震央附近的 AF30，位移量約 14.5 公分方向約略為西北偏西(約 288 度) 整體而言，位移方向與同震位移方向雷同，位移量較大者均出現在大茅埔 - 雙冬斷層以東，而過車籠埔斷層後，除位移量減少外，方向有向西南之趨勢，再過彰化、清水斷層後，位移量更見減少，方向愈趨向南。

表 4-3 1999-2000 年間監測點位位移及方位角表 (距離：mm)

PTname	dE(00-99)	dN(00-99)	dh(00-99)	ds(00_99)	Azimuth
6389	-46.0	46.0	-22.7	65.1	315.0
AF01	-2.0	-3.0	36.9	3.6	213.7
AF04	0.0	-17.0	-89.4	17.0	0.0
AF05	-6.0	6.0	11.9	8.5	315.0
AF06	-9.0	3.0	-26.8	9.5	288.4
AF09	-5.0	0.0	18.6	5.0	270.0
AF11	-21.0	3.0	46.8	21.2	278.1
AF12	-6.0	-4.0	46.4	7.2	236.3
AF13	-17.0	-8.0	9.5	18.8	244.8
AF14	-19.0	-7.0	10.4	20.2	249.8
AF15	-25.0	-6.0	-9.5	25.7	256.5
AF16	-18.0	-2.0	21.6	18.1	263.7
AF17	2.0	1.0	19.9	2.2	63.4
AF18	4.0	-4.0	7.9	5.7	135.0
AF21	18.0	-16.0	12.4	24.1	131.6
AF22	-93.0	22.0	30.6	95.6	283.3
AF24	-44.0	28.0	29.1	52.2	302.5

PTname	dE(00-99)	dN(00-99)	dh(00-99)	ds(00_99)	Azimuth
AF25	-24.0	7.0	46.1	25.0	286.3
AF26	-6.0	-1.0	46.7	6.1	260.5
AF27	-34.0	12.0	28.9	36.1	289.4
AF30	-138.0	46.0	94.5	145.5	288.4
G039	-27.0	-9.0	3.6	28.5	251.6
G040	-16.0	1.0	13.5	16.0	273.6
G041	-32.0	1.0	27.9	32.0	271.8
G042	-127.0	16.0	111.1	128.0	277.2
G044	-115.0	62.0	56.7	130.6	298.3
G045	-31.0	3.0	51.7	31.1	275.5
G090	4.0	0.0	7.8	4.0	90.0
G091	18.0	-5.0	38.6	18.7	105.5
G098	-32.0	1.0	13.1	32.0	271.8
G099	-77.0	22.0	42.3	80.1	285.9
G102	-1.0	13.0	33.1	13.0	355.6
M043	-61.0	16.0	4.3	63.1	284.7
M049	0.0	4.0	-30.9	4.0	360.0
M093	-5.0	-12.0	-13.3	13.0	202.6
M300	-12.0	2.0	38.0	12.2	279.5
M314	-40.0	20.0	29.3	44.7	296.6
M315	-10.0	12.0	10.4	15.6	320.2
M324	-47.0	7.0	8.3	47.5	278.5
M345	-77.0	-76.0	-91.7	108.2	225.4
M360	-111.0	39.0	104.7	117.7	289.4
M365	-6.0	-9.0	-14.5	10.8	213.7
M395	-7.0	-6.0	-3.0	9.2	229.4
M398	-44.0	-11.0	47.8	45.4	256.0
M400	-113.0	45.0	30.6	121.6	291.7
M402	-94.0	34.0	59.2	100.0	289.9
M408	-115.0	36.0	121.8	120.5	287.4
M426	-92.0	46.0	75.4	102.9	296.6
M428	-3.0	-9.0	12.5	9.5	198.4
M482	-56.0	18.0	23.0	58.8	287.8
M487	-64.0	18.0	8.6	66.5	285.7
M493	-47.0	-1.0	1.0	47.0	268.8

---

PTname	dE(00-99)	dN(00-99)	dh(00-99)	ds(00_99)	Azimuth
M501	-92.0	62.0	102.4	110.9	304.0
M509	-115.0	49.0	65.3	125.0	293.1
M805	-19.0	-3.0	26.1	19.2	261.0
M808	-17.0	7.0	1.5	18.4	292.4
M906	-4.0	-10.0	-5.2	10.8	201.8
M907	-10.0	0.0	8.8	10.0	270.0
M909	5.0	-12.0	0.1	13.0	157.4
M910	-1.0	0.0	29.7	1.0	270.0
M911	11.0	-3.0	-45.9	11.4	105.3
M916	5.0	-9.0	41.8	10.3	150.9
M918	-5.0	-15.0	-57.2	15.8	198.4
M959	-101.0	17.0	23.2	102.4	279.6
M961	-94.0	13.0	50.0	94.9	277.9
S01R	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0
S030	-13.0	62.0	-12.7	63.3	348.2
S038	-135.0	48.0	52.0	143.3	289.6
S164	-19.0	-12.0	33.1	22.5	237.7
S165	-15.0	1.0	34.1	15.0	273.8
WTNS	-3.0	-11.0	-11.2	11.4	195.3
WUFN	-24.0	-2.0	5.6	24.1	265.2

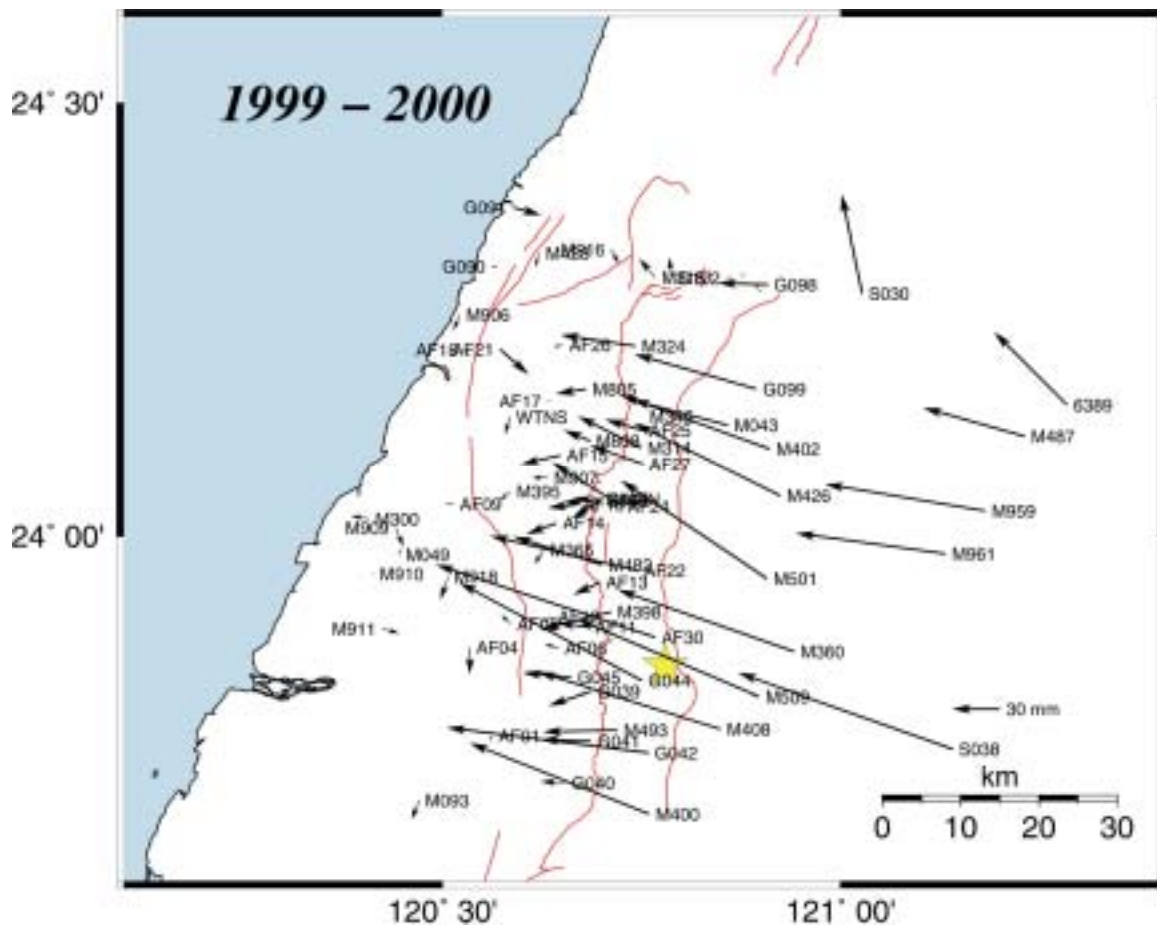


圖 4-10 1999-2000 年中部監測點位移量（相對於澎湖白沙 S01R）

## 二、2000-2002 年間位移情形

2000-2002 年位移情形經整理（2001 年未測量），其位移量如附表 4-4 及圖 4-11，由上述圖表顯示，最大位移量出現在車籠埔與大茅埔斷層間之 AF27，位移量約 14.6 公分，方向約略為西北偏西（約 287 度），相較於 1999-2000 的位移量，最大位移量有減少的趨勢，顯示斷層間的活動可能較為趨緩。整體而言，位移方向與同震位移方向雷同，較大位移量者均出現在大茅埔 - 雙冬斷層以東，而過車籠埔斷層後，除位移量減少外，方向有向西南之趨勢，再過彰化、清水斷層後，位移量更趨減少，但是方向較無一致性。



表 4-4 2000-2002 年間監測點位位移及方位角表 (距離：mm)

PTname	dE(02-00)	dN(02-00)	dh(02-00)	ds(02-00)	Azimuth
0125	-2.0	10.0	-49.0	10.2	348.7
6389	-55.0	56.0	-52.6	78.5	315.5
AF01	0.0	4.0	-82.6	4.0	0.0
AF04	-5.0	6.0	39.4	7.8	320.2
AF06	-12.0	3.0	-32.5	12.4	284.0
AF09	-4.0	0.0	-69.3	4.0	270.0
AF11	-17.0	3.0	-50.2	17.3	280.0
AF13	-29.0	6.0	-34.1	29.6	281.7
AF14	-7.0	12.0	-40.1	13.9	329.7
AF15	-10.0	22.0	-1.5	24.2	335.6
AF16	-18.0	11.0	-48.8	21.1	301.4
AF17	-9.0	7.0	-50.5	11.4	307.9
AF18	-1.0	6.0	-11.3	6.1	350.5
AF21	-7.0	19.0	13.4	20.2	339.8
AF22	-63.0	13.0	-11.0	64.3	281.7
AF24	-37.0	23.0	-41.1	43.6	301.9
AF25	-36.0	16.0	-15.1	39.4	294.0
AF26	1.0	5.0	-53.6	5.1	348.7
AF27	-140.0	44.0	-106.3	146.8	287.4
AF28	-13.0	20.0	-36.8	23.9	327.0
CPUL	-8.0	3.0	-25.6	8.5	290.6
G039	-25.0	16.0	-16.1	29.7	302.6
G040	-11.0	7.0	-75.6	13.0	302.5
G041	-26.0	14.0	-37.9	29.5	298.3
G044	-75.0	40.0	-41.8	85.0	298.1
G045	-5.0	19.0	-104.3	19.6	345.3
G090	-2.0	3.0	-54.7	3.6	326.3
G091	-12.0	8.0	-79.2	14.4	303.7
G098	-29.0	12.0	-35.9	31.4	292.5
G099	-59.0	26.0	-28.8	64.5	293.8
G102	-15.0	18.0	-21.3	23.4	320.2
M043	-39.0	18.0	-20.1	43.0	294.8
M093	11.0	9.0	-57.7	14.2	309.3
M324	-27.0	5.0	-49.2	27.5	280.5

PTname	dE(02-00)	dN(02-00)	dh(02-00)	ds(02-00)	Azimuth
M326	-3.0	5.0	-11.0	5.8	329.0
M360	-109.0	44.0	-25.0	117.5	292.0
M398	-32.0	5.0	-47.1	32.4	278.9
M400	-87.0	47.0	62.4	98.9	298.4
M402	-56.0	28.0	-38.6	62.6	296.6
M408	-89.0	41.0	49.9	98.0	294.7
M426	-65.0	46.0	-52.8	79.6	305.3
M428	-5.0	8.0	-40.7	9.4	328.0
M482	-32.0	19.0	-53.9	37.2	300.7
M487	-72.0	33.0	-21.1	79.2	294.6
M493	-58.0	5.0	64.3	58.2	274.9
M501	-78.0	57.0	0.8	96.6	306.2
M507	-100.0	40.0	6.0	107.7	291.8
M509	-90.0	49.0	21.5	102.5	298.6
M805	-8.0	10.0	39.9	12.8	321.3
M808	-12.0	8.0	-38.1	14.4	303.7
M904	-5.0	7.0	-45.5	8.6	324.5
M906	1.0	13.0	-53.4	13.0	4.4
M909	-3.0	5.0	-66.8	5.8	329.0
M918	-19.0	18.0	-246.7	26.2	313.5
M959	-89.0	33.0	-4.7	94.9	290.3
MERK	11.0	10.0	-159.9	14.9	47.7
S01R	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
S030	-40.0	54.0	-48.7	67.2	323.5
S038	-133.0	48.0	2.3	141.4	289.8
S164	-16.0	16.0	-43.2	22.6	315.0
S165	-16.0	2.0	-38.1	16.1	277.1
TECS	-5.0	17.0	-30.3	17.7	343.6
WNTS	4.0	14.0	-87.2	14.6	15.9

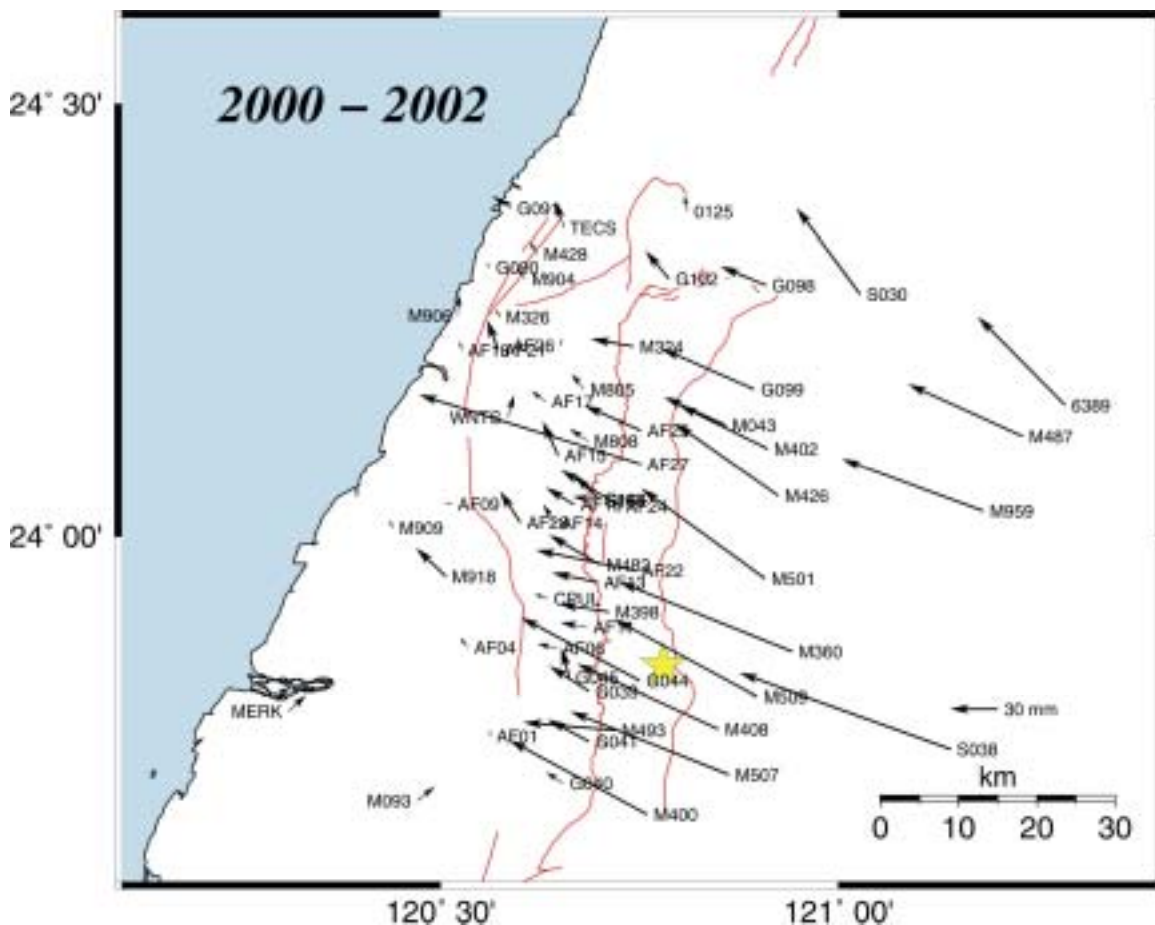


圖 4-11 2000-2002 年中部監測點位移量（相對於澎湖白沙 S01R）

### 三、2002-2003 年間位移情形

2002-2003 年位移情形經整理，其位移量如附表 4-5 及圖 4-12，由上述圖表顯示，最大位移量出現在大茅埔斷層南段之東側間之 M912，位移量約 7.5 公分，方向約略為西北偏西（約 276 度），相較於 2000-2002 的位移量，最大位移量有增加的趨勢，但是除 M912 外其他點位間並無大於 7 公分者，大多數較大位移量約在 5.6 公分以下。整體而言，位移方向與同震位移方向雷同，較大位移量者均出現在大茅埔 - 雙冬斷層以東，而過車籠埔斷層後，除位移量減少外，方向有向西南之趨勢，再過彰化、清水斷層後，位移量更見減少，但是方向上斷層北段為往東南方向，南段大多數往西南方向。

表 4-5 2002-2003 年間監測點位位移及方位角表 (距離：mm)

PTNAME	dN(03-02)	dE(03-02)	dh(03-02)	dS(03-02)	Azimuth
S01R	0.0	0.0	0.0	0.0	0
PINT	-3.0	-8.0	-16.2	8.5	249.4
0125	12.0	-4.0	-9.5	12.6	341.6
104R	13.0	-23.0	1.5	26.4	299.5
5936	28.0	-43.0	2.3	51.3	303.1
6389	26.0	-25.0	-12.0	36.1	316.1
A247	-4.0	-6.0	-21.4	7.2	236.3
AF01	-10.0	-4.0	14.9	10.8	201.8
AF02	-11.0	0.0	-2.8	11.0	180.0
AF04	-8.0	-7.0	6.2	10.6	221.2
AF06	4.0	-2.0	-10.4	4.5	333.4
AF07	-4.0	4.0	-5.0	5.7	135.0
AF09	4.0	-13.0	-28.6	13.6	287.1
AF11	2.0	-9.0	-7.3	9.2	282.5
AF13	-3.0	-11.0	1.8	11.4	254.7
AF14	-8.0	-10.0	7.2	12.8	231.3
AF15	-17.0	-6.0	-17.0	18.0	199.4
AF16	-4.0	-5.0	3.6	6.4	231.3
AF17	-4.0	-8.0	7.5	8.9	243.4
AF18	4.0	-10.0	-24.8	10.8	291.8
AF19	-10.0	-9.0	2.2	13.5	222.0
AF21	-4.0	-9.0	-40.9	9.8	246.0
AF22	4.0	-27.0	15.5	27.3	278.4
AF24	2.0	-12.0	8.7	12.2	279.5
AF25	9.0	-13.0	-20.9	15.8	304.7
AF26	4.0	-6.0	-168.5	7.2	303.7
AF28	-9.0	-6.0	28.7	10.8	213.7
CPUL	7.0	-3.0	-15.9	7.6	336.8
G037	-10.0	-12.0	25.5	15.6	230.2
G038	-8.0	-7.0	-0.9	10.6	221.2
G040	2.0	-12.0	31.9	12.2	279.5
G041	-8.0	-16.0	24.3	17.9	243.4
G044	10.0	-40.0	16.7	41.2	284.0
G045	-16.0	-9.0	6.6	18.4	209.4

PTNAME	dN(03-02)	dE(03-02)	dh(03-02)	dS(03-02)	Azimuth
G090	-7.0	8.0	52.0	10.6	131.2
G091	-9.0	5.0	63.6	10.3	150.9
G092	-5.0	12.0	9.5	13.0	112.6
G098	8.0	-13.0	3.4	15.3	301.6
G099	-1.0	-26.0	48.2	26.0	267.8
G102	7.0	-9.0	13.5	11.4	307.9
I007	3.0	-37.0	-5.5	37.1	274.6
M043	1.0	-21.0	15.3	21.0	272.7
M075	-4.0	49.0	43.5	49.2	274.7
M085	-14.0	-4.0	9.7	14.6	195.9
M093	-10.0	-1.0	12.3	10.0	185.7
M312	3.0	-14.0	-0.8	14.3	282.1
M324	15.0	-26.0	-19.8	30.0	300.0
M380	-8.0	3.0	-0.9	8.5	159.4
M398	-11.0	-14.0	0.4	17.8	231.8
M400	5.0	-38.0	-36.5	38.3	277.5
M402	7.0	-39.0	11.6	39.6	280.2
M408	19.0	-27.0	5.2	33.0	305.1
M426	17.0	-29.0	42.8	33.6	300.4
M428	-8.0	9.0	32.4	12.0	131.6
M479	1.0	-9.0	-6.7	9.1	276.3
M482	12.0	-18.0	1.5	21.6	303.7
M486	-12.0	0.0	-14.4	12.0	180.0
M493	3.0	-30.0	-51.1	30.1	275.7
M501	17.0	-31.0	11.5	35.4	298.7
M507	15.0	-41.0	9.4	43.7	290.1
M509	13.0	-33.0	16.3	35.5	291.5
M805	1.0	-6.0	-76.0	6.1	279.5
M808	-1.0	-5.0	4.1	5.1	258.7
M904	-4.0	5.0	11.3	6.4	128.7
M906	-11.0	0.0	32.0	11.0	180.0
M909	-1.0	-1.0	9.5	1.4	225.0
M912	9.0	-75.0	-9.2	75.5	276.8
M918	-12.0	-9.0	-105.7	15.0	216.9
M959	20.0	-36.0	22.8	41.2	299.1

---

PTNAME	dN(03-02)	dE(03-02)	dh(03-02)	dS(03-02)	Azimuth
MERK	-4.0	-8.0	-110.6	8.9	243.4
S038	28.0	-49.0	-15.0	56.4	299.7
S094	3.0	1.0	-2.9	3.2	18.4
S165	7.0	-14.0	-5.8	15.7	296.6
S182	21.0	-44.0	-12.9	48.8	295.5
S183	21.0	-39.0	2.1	44.3	298.3
S184	25.0	-44.0	-1.5	50.6	299.6
S185	15.0	-40.0	-14.0	42.7	290.6
S186	11.0	-42.0	15.2	43.4	284.7
S187	17.0	-33.0	19.3	37.1	297.3
S188	18.0	-15.0	-2.3	23.4	320.2
S189	14.0	-16.0	-24.3	21.3	311.2
S190	15.0	-47.0	-17.7	49.3	287.7
S191	19.0	-20.0	-18.4	27.6	313.5
WNTS	4.0	-12.0	34.9	12.6	288.4

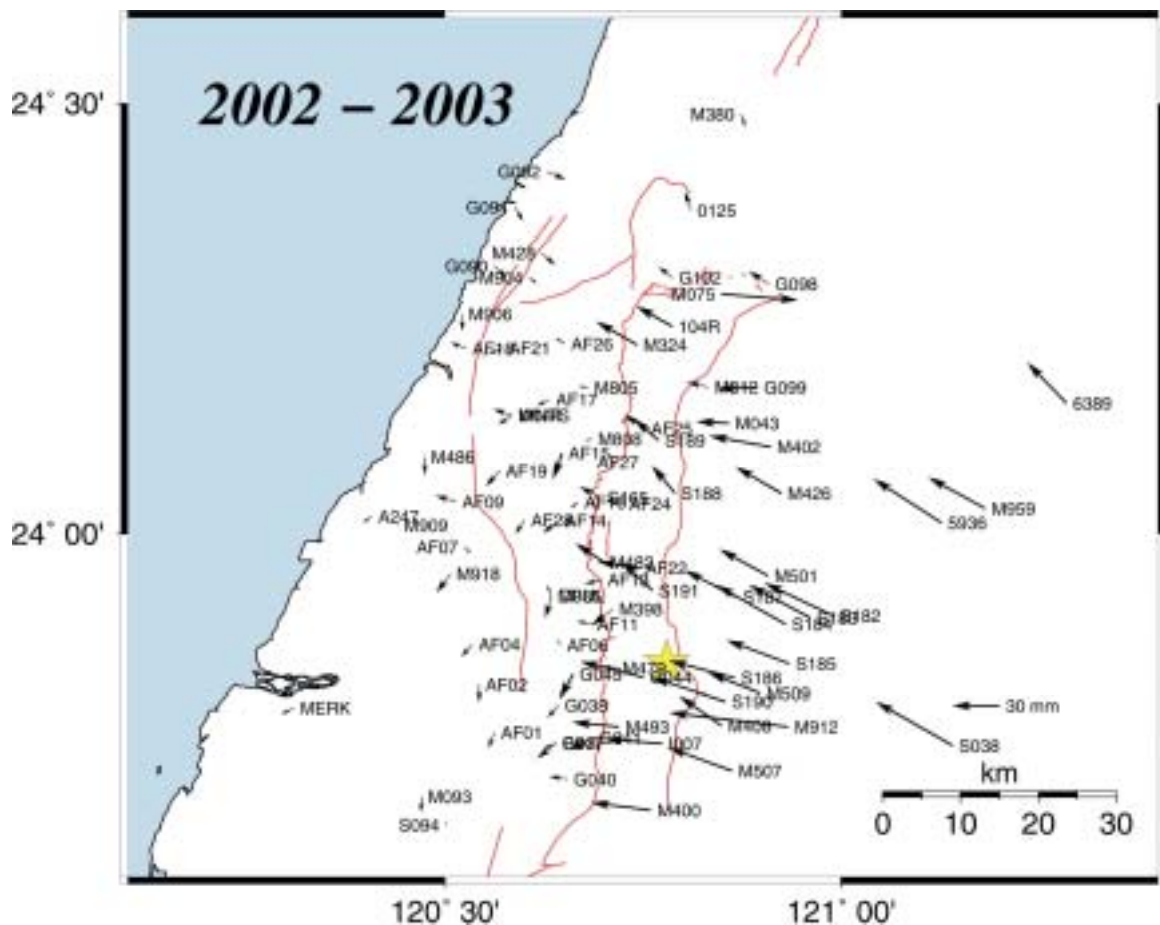


圖 4-12 2002-2003 年中部監測點位移量 (相對於澎湖白沙 S01R)

#### 四、2003-2004 年間位移情形

2003-2004 年位移情形經整理，其位移量如附表 4-6 及圖 4-13，由上述圖表顯示，最大位移量出現在大茅埔斷層北段之東側間之 5936(巴蘭)，位移量約 4.5 公分，方向約略為西北偏西(約 348 度)，相較於 2002-2003 的位移量，最大位移量有減少的趨勢(7.5 -> 4.5 公分)，且除 2002-2003 年間之點位 M912 位移量大於 7.5 公分外，其他上盤點位 2002-2004 各年間，位移量約在 4.5-3 公分間，顯示地殼活動已漸趨緩。整體而言，位移方向與同震位移方向不相同，已漸趨向西，但較大位移量者均出現在大茅埔 - 雙冬斷層以東，而過車籠埔斷層後，除位移量減少外，方向有向西南之趨勢，再過彰化、清水斷層後，位移量及方向卻顯凌亂，較無一致性。

表 4-6 2003-2004 年間監測點位位移及方位角表 (距離：mm)

PTNAME	dE(04-03)	dN(04-03)	dh(04-03)	dS(04-03)	Azimuth
S01R	0.0	0.0	0.0	0.0	0
PINT	-3.0	-4.0	0.4	5.0	233.1
5936	-45.0	9.0	39.1	45.9	348.7
6389	-27.0	20.0	15.2	33.6	323.5
AF01	-5.0	5.0	6.2	7.1	315.0
AF02	-6.0	-5.0	-1.4	7.8	219.8
AF04	13.0	-2.0	-5.9	13.2	171.3
AF05	-4.0	-9.0	-13.2	9.8	246.0
AF06	-6.0	-11.0	-8.0	12.5	241.4
AF07	-1.0	2.0	-23.2	2.2	296.6
AF09	5.0	-20.0	3.8	20.6	104.0
AF11	-8.0	-8.0	-3.6	11.3	225.0
AF13	-6.0	-8.0	-3.1	10.0	233.1
AF14	-3.0	-5.0	0.2	5.8	239.0
AF15	-10.0	8.0	11.4	12.8	321.3
AF17	-6.0	-3.0	6.8	6.7	206.6
AF18	11.0	-21.0	6.3	23.7	117.6
AF19	-6.0	-3.0	25.8	6.7	206.6
AF21	15.0	-2.0	-0.2	15.1	172.4
AF22	-25.0	-5.0	-10.1	25.5	191.3
AF24	-22.0	8.0	18.6	23.4	340.0
AF25	-20.0	-5.0	23.6	20.6	194.0
AF26	-2.0	-6.0	168.5	6.3	251.6
AF27	-22.0	0.0	-12.2	22.0	270.0
AF28	6.0	5.0	2.3	7.8	39.8
G037	0.0	-8.0	-32.3	8.0	180.0
G038	-10.0	-4.0	19.2	10.8	201.8
G040	-8.0	-3.0	8.6	8.5	200.6
G041	-9.0	-2.0	0.2	9.2	192.5
G044	-14.0	1.0	6.4	14.0	355.9
G045	-13.0	5.0	21.2	13.9	339.0
G090	-3.0	-1.0	-12.9	3.2	198.4
G091	-7.0	1.0	-23.9	7.1	351.9
G092	-12.0	-7.0	9.3	13.9	210.3



PTNAME	dE(04-03)	dN(04-03)	dh(04-03)	dS(04-03)	Azimuth
G098	-21.0	-9.0	15.6	22.8	203.2
G099	-26.0	3.0	-12.5	26.2	353.4
G102	-10.0	-6.0	2.3	11.7	211.0
G103	-14.0	-9.0	-1.0	16.6	212.7
L209	-42.0	4.0	22.1	42.2	354.6
M043	-19.0	-1.0	2.2	19.0	183.0
M049	-1.0	-2.0	-65.8	2.2	243.4
M075	-10.0	-6.0	-8.3	11.7	211.0
M085	-8.0	-2.0	-24.4	8.2	194.0
M093	-4.0	-2.0	-20.9	4.5	206.6
M324	-2.0	-7.0	30.9	7.3	254.1
M380	-18.0	7.0	-22.1	19.3	338.7
M398	-15.0	8.0	-21.4	17.0	331.9
M400	-24.0	3.0	16.5	24.2	352.9
M402	-26.0	4.0	27.3	26.3	351.3
M408	-23.0	-9.0	-21.9	24.7	201.4
M426	45.0	1.0	65.9	45.0	1.3
M428	-7.0	1.0	-7.7	7.1	351.9
M479	-6.0	-12.0	25.3	13.4	243.4
M482	-7.0	-15.0	32.4	16.6	245.0
M486	4.0	-3.0	14.2	5.0	143.1
M493	-15.0	-10.0	-4.2	18.0	213.7
M501	-39.0	5.0	8.7	39.3	352.7
M507	-31.0	0.0	20.2	31.0	360.0
M509	-30.0	3.0	-1.5	30.1	354.3
M805	-5.0	-11.0	30.3	12.1	245.6
M808	0.0	-1.0	29.2	1.0	180.0
M904	-13.0	0.0	28.5	13.0	270.0
M906	1.0	-1.0	-13.2	1.4	135.0
M909	-22.0	-1.0	-37.1	22.0	182.6
M910	-2.0	-4.0	-24.4	4.5	243.4
M911	1.0	3.0	-90.5	3.2	71.6
M912	-22.0	23.0	20.5	31.8	313.7
M916	-6.0	3.0	15.5	6.7	333.4
M918	-13.0	8.0	-142.3	15.3	328.4

PTNAME	dE(04-03)	dN(04-03)	dh(04-03)	dS(04-03)	Azimuth
M959	-38.0	-3.0	12.0	38.1	184.5
WTNS	7.0	-3.0	-21.3	7.6	156.8

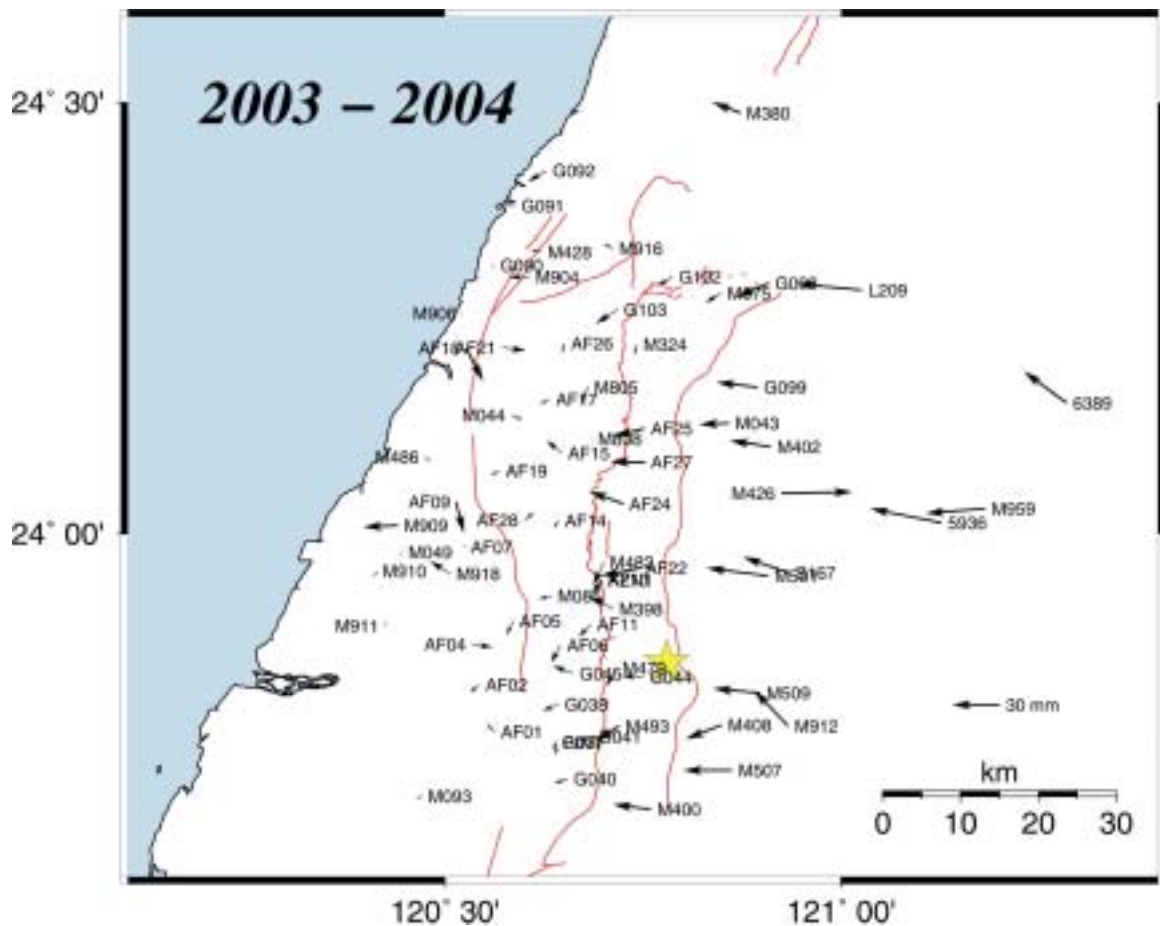


圖 4-13 2003-2004 年中部監測點位移量（相對於澎湖白沙 S01R）

#### 四、1999-2004 年間位移情形

1999-2004 年位移情形經整理，其位移量如附表 4-6 及圖 4-13，由上述圖表顯示，5 年間最大位移量出現在大茅埔斷層南段東側間之 M509，位移量約 29 公分，方向約略為西北偏西（約 293 度）。對各斷層間位移情形分述如下：

(1) 大茅埔 - 雙冬斷層以東地區，整體位移量約在 20-29 公分間，方

向大約在西北方向約 283-314 度。

(2) 大茅埔 - 雙冬斷層及車籠埔斷層間，在北段整體位移量約在 10-13 公分，方向大約在西北方向約 272-297 度，在南段震央附近整體位移量約在 15-21 公分，方向大約在西北方向約 268-279 度，惟其中最靠近震央之 G044 位移量達 26.8 公分。

(3) 過車籠埔斷層後，整體位移量下降至 5-10 公分間，在過彰化及清水斷層則繼續下降至 5 公分以下，方向則由西北轉西，再向西南方向。

表 4-7 1999-2004 年間監測點位位移及方位角表 (距離：mm)

PT_99	dE(04-99)	dN(04-99)	dh(04-99)	ds(04-99)	Azimuth
S01R	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6389	-153.0	148.0	-72.1	212.9	314.0
AF01	-11.0	-4.0	-24.6	11.7	250.0
AF04	1.0	-21.0	-49.7	21.0	177.3
AF06	-29.0	-1.0	-77.7	29.0	268.0
AF09	-17.0	-16.0	-75.5	23.3	226.7
AF11	-55.0	0.0	-14.3	55.0	270.0
AF13	-63.0	-13.0	-25.9	64.3	258.3
AF14	-39.0	-8.0	-22.3	39.8	258.4
AF15	-51.0	7.0	-16.6	51.5	277.8
AF17	-21.0	1.0	-16.3	21.0	272.7
AF18	4.0	-15.0	-21.9	15.5	165.1
AF21	17.0	-3.0	-15.3	17.3	100.0
AF22	-208.0	34.0	25.0	210.8	279.3
AF24	-115.0	61.0	15.3	130.2	297.9
AF25	-93.0	27.0	33.7	96.8	286.2
AF26	-13.0	2.0	-6.9	13.2	278.7
AF27	-127.0	6.0	-13.4	127.1	272.7
G040	-47.0	7.0	-21.6	47.5	278.5
G041	-83.0	5.0	14.5	83.2	273.4
G044	-244.0	113.0	38.0	268.9	294.8
G045	-58.0	11.0	-24.8	59.0	280.7
G090	7.0	-5.0	-7.8	8.6	125.5
G091	4.0	-5.0	-0.9	6.4	141.3

PT_99	dE(04-99)	dN(04-99)	dh(04-99)	ds(04-99)	Azimuth
G098	-95.0	12.0	-3.8	95.8	277.2
G099	-188.0	50.0	49.2	194.5	284.9
G102	-35.0	32.0	27.6	47.4	312.4
M043	-140.0	34.0	1.7	144.1	283.6
M093	1.0	-15.0	-79.6	15.0	176.2
M324	-102.0	20.0	-29.8	103.9	281.1
M398	-105.0	-9.0	-20.3	105.4	265.1
M400	-262.0	100.0	73.0	280.4	290.9
M402	-215.0	73.0	59.5	227.1	288.8
M408	-254.0	87.0	155.0	268.5	288.9
M426	-141.0	110.0	131.3	178.8	308.0
M428	-6.0	-8.0	-3.5	10.0	216.9
M482	-113.0	34.0	3.0	118.0	286.7
M493	-150.0	-3.0	10.0	150.0	268.9
M501	-240.0	141.0	123.4	278.4	300.4
M509	-268.0	114.0	101.6	291.2	293.0
M805	-38.0	-3.0	20.3	38.1	265.5
M808	-34.0	13.0	-3.3	36.4	290.9
M906	-2.0	-9.0	-39.8	9.2	192.5
M909	-21.0	-9.0	-94.3	22.8	246.8
M918	-46.0	-1.0	-551.9	46.0	268.8
M959	-264.0	67.0	53.3	272.4	284.2
WTNS	-6.0	-4.0	-39.6	7.2	236.3

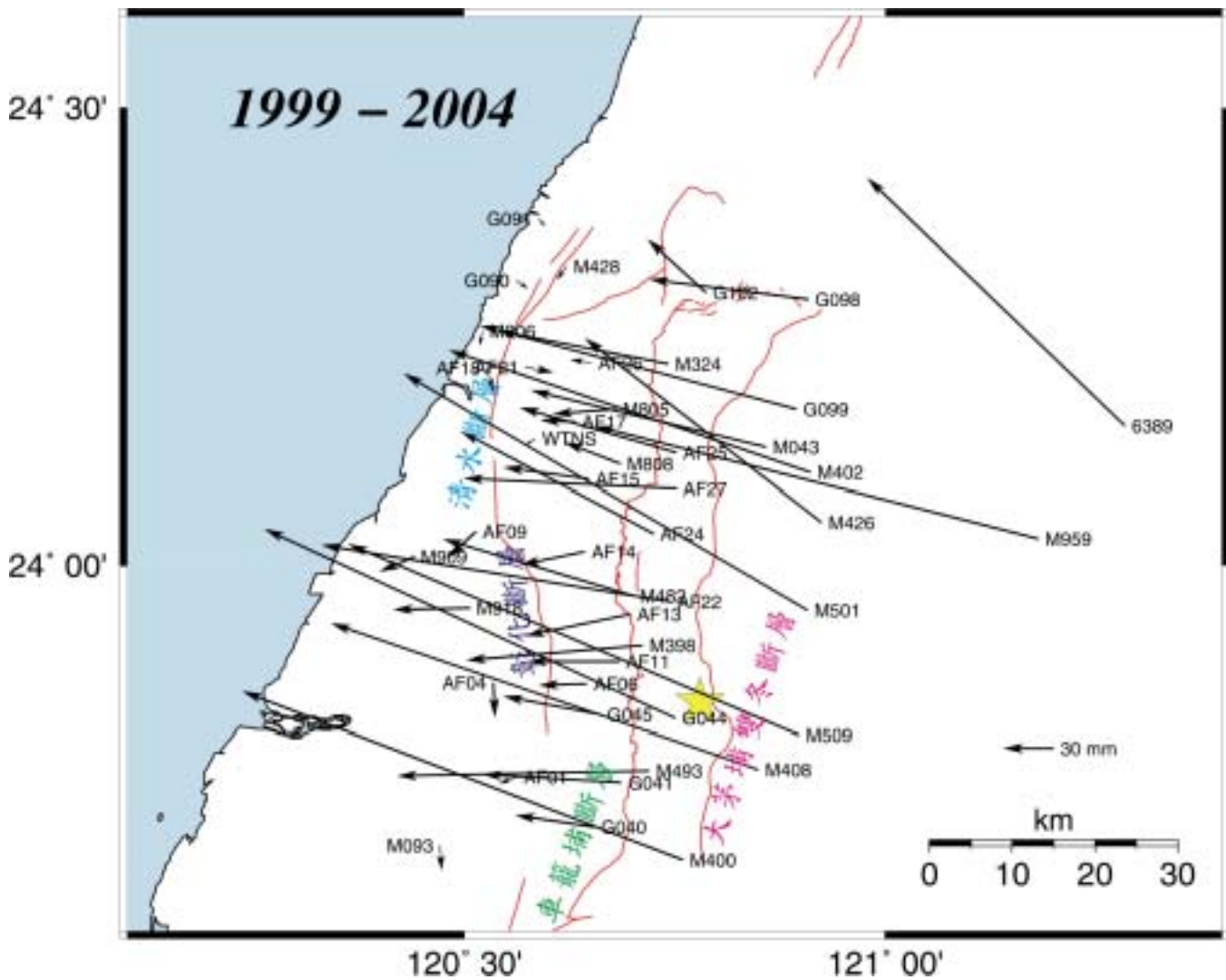


圖 4-14 1999-2004 年 5 年中部監測點總位移量 (相對於 S01R) ,  
星號表示震央位置。

## 五、點位時間序列

另外可由點位的位移可由時間序列更明白看出各地體間變化情形，分別由最東側上盤、斷層間、下盤及過彰化及清水斷層地區分析其 5 年來的變化情形。

### (1) 大茅埔 - 雙冬斷層東側

此地區 5 年來總位移方向均為向西北方向，但是 2002 年位移情形轉趨另一較穩定線性狀態。整體而言，南北方向由震後持續向北位移，而東西方向則持續向西，但是在高程方向，北段有向上抬昇的趨勢。惟靠近斷層北側的 M043 在 2002 年後，南北方向位移情形較不明顯，詳如附圖 4-15。

### (2) 大茅埔雙冬 - 車籠埔斷層間

此地區 5 年來總位移方向均為向西北西方向，但是自 2002 年後，東西方向位移情形轉趨另一較穩定線性狀態。整體而言，南北方向由震後持續向北位移，惟北段至 2003 年後有向南趨勢 ( M324 及 AF25 )，南段則較不明顯，而東西方向則持續向西，南北一致。在高程方向，北段有向上抬昇的趨勢，南段則較不明顯，詳如附圖 4-16。

### (3) 車籠埔斷層下盤

此地區 5 年來總位移方向均為向西偏南，但是自 2002 年後，東西方向位移情形轉趨另一較穩定線性狀態。整體而言，南北方向由震後持續向北位移，惟 2003 年後有向南趨勢，而東西方向則持續向西，南北一致。在高程方向震後先下降，至 2002 年後漸趨穩定，詳如附圖 4-17。

### (4) 過彰化及清水斷層地區

此地區 5 年總位移量趨勢並不明顯，因南北及東西位移變化量均約在 2 公分內，在高程方向震後先下降在些微抬昇，惟較無明顯趨勢，詳如附圖 4-17。

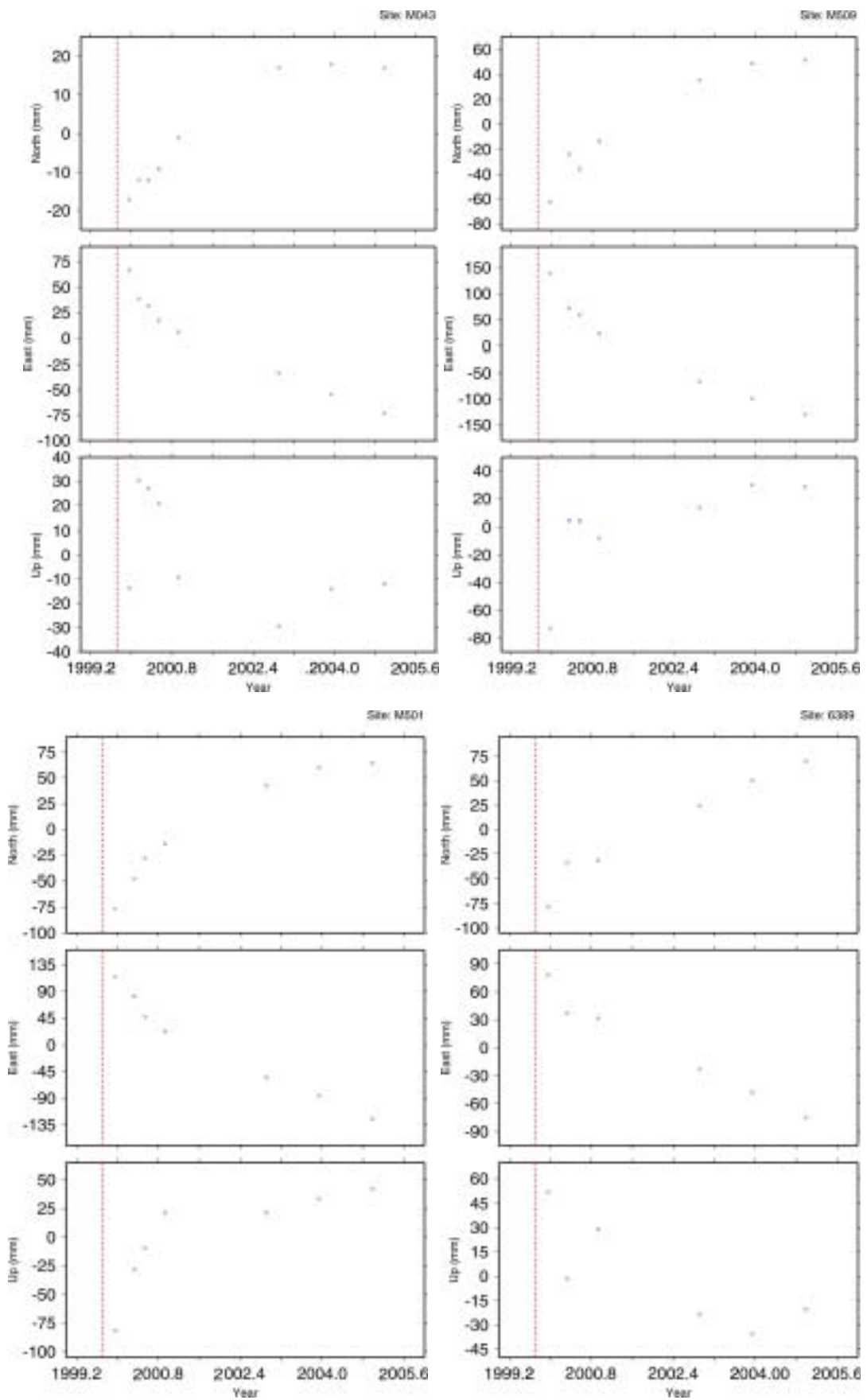


圖 4-15 大茅埔 - 雙冬斷層東側 M043、M509、M501 及 6389 點位之時間序列

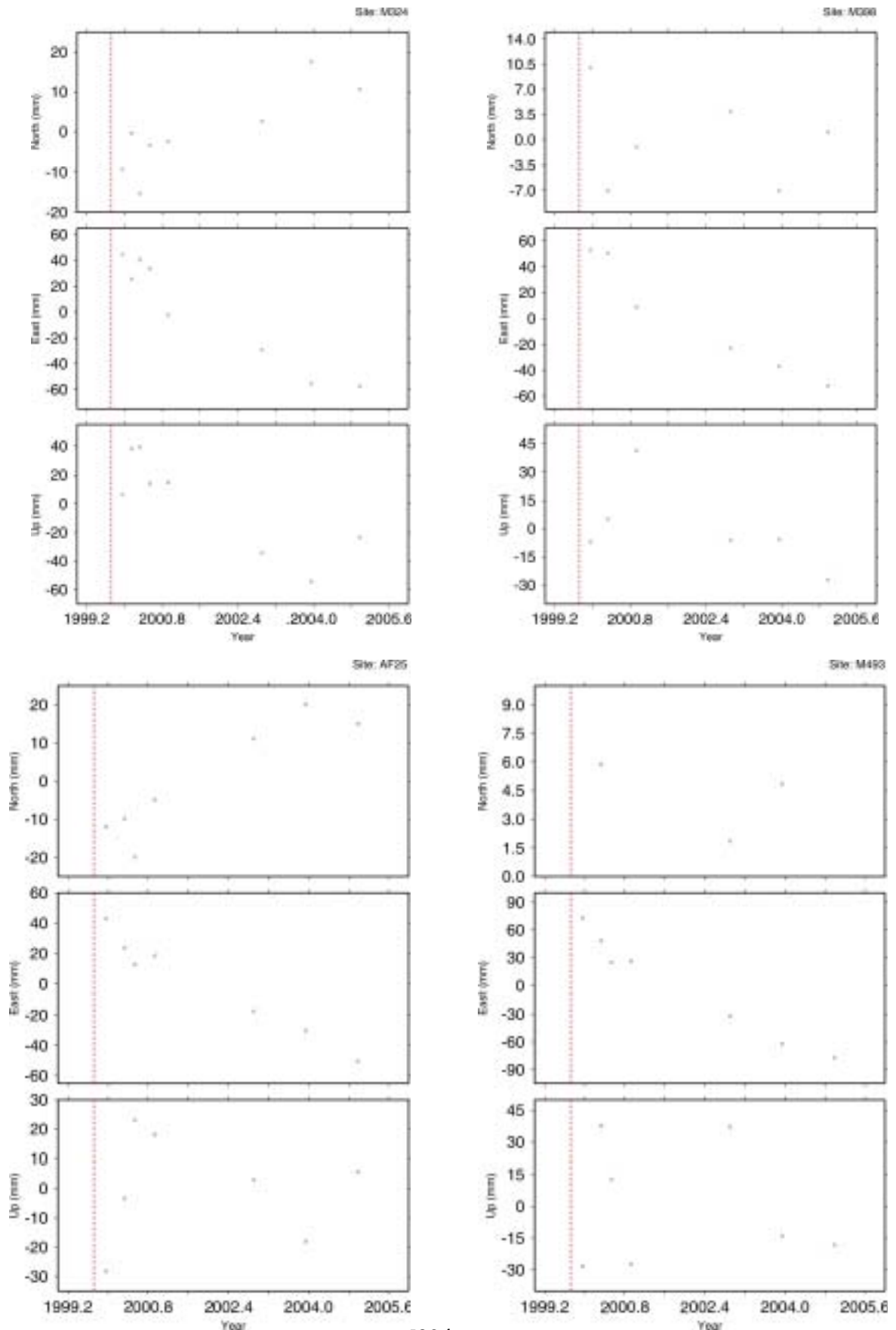


圖 4-16 大茅埔雙冬 - 卑龍埔斷層間 M324、AF25、M398 及 M493 點位之時間序列



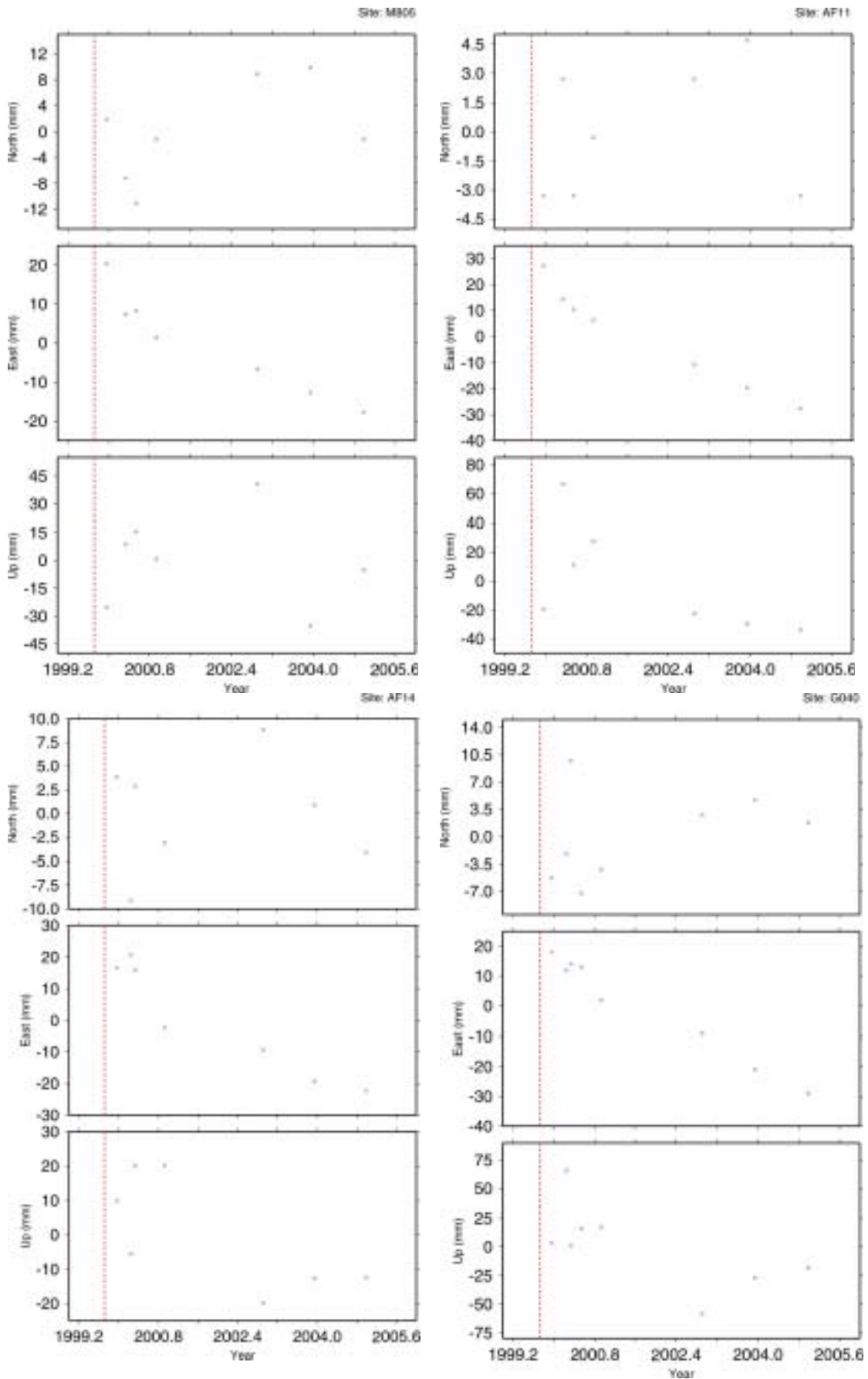


圖 4-17 車籠埔斷層下盤 M805、AF14、AF11 及 G040 點位之時間序列

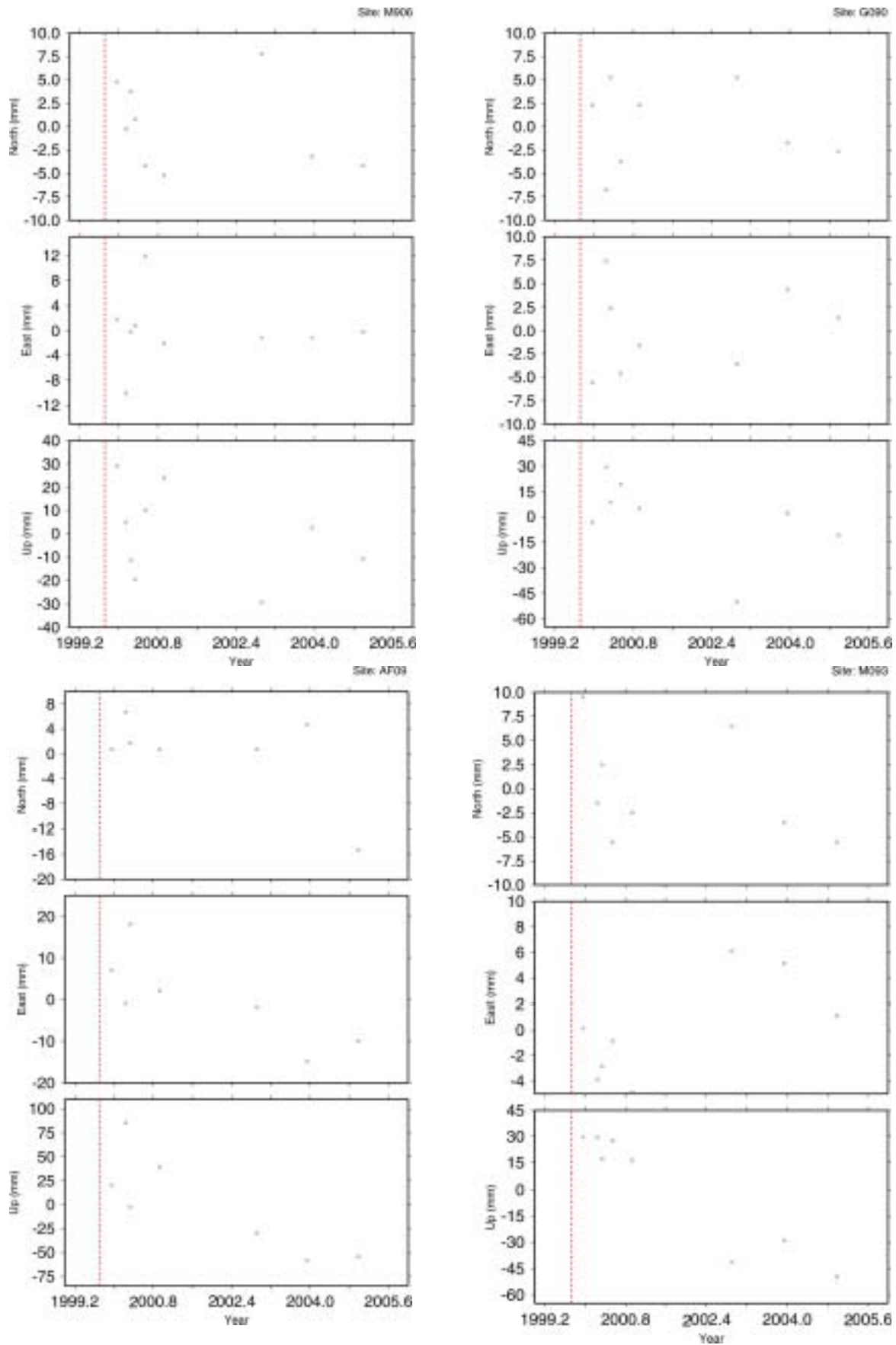


圖 4-18 過彰化、清水斷層 G090、M906、AF09 及 M093 點位之時間序列

### 第三節 成果分析與討論

臺灣位處地震活躍地區，對於地殼快速位移所造成地表的位移將危害測量工程賴以為根基的控制點坐標系統，以集集地震而言，即使在震後 5 年後所量測成果，相較於余水倍等人在集集地震前 (1990-1995) 研究顯示如圖 2-1，在臺灣中部地區的震前 5936(霧社巴蘭)的位移速度為  $16.3 \pm 1.8$  mm/yr，震後從 2002-2004 年兩年位移量約 96.9mm，而 6389 (仁愛鄉石門山) 震前的位移速度為  $19.5 \pm 1.9$  mm/yr，而震後 5 年內該點總位移量約為 213mm，在 WNTS (王田山) 震前的位移速度為  $0.2 \pm 1.7$  mm/yr，而震後 5 年內該點總位移量約為 7.2mm，均顯示中部地區仍未回到震前的速度，但由連續連續追蹤站及監測點位的成果及時間序列分析，2002 年後無論在車籠埔上盤或者沿海地區，位移量均以明顯減少且位移量漸趨線性，或許對本地區而言，經過集集地震後將產生一個新的位移速度場，而非全數回到震前的速度場。以一個規模 7.3 的地震且造成地表達 100 公里破裂帶而言，測量機構在第一時間公佈一全新的坐標系統有其實務上的必要性，但對後續坐標系統維護而言，需長時間觀測該地區點位成果，在位移量 (或速度場) 漸趨穩定後將可重新辦理該地區控制點坐標系統重新觀測及成果的重新計算。以本研究地區而言，5 年以上的觀測時間間隔應該是必要的一個觀測間隔。而對於臺灣其他地區倘遭受同樣地震規模的災害後，是否仍為如此觀測間隔，則非必然如此。

為維護基本控制測量成果，應該長期觀測 (或蒐集) 臺灣地區適當密度的監測點位之穩定速度場，在此一方面，可考量以本局自 2004 年起陸續佈設的電子基準站為基本框架 (點位密度間隔 50 公里)，再輔以其他單位所設置連續站資料，將可使連續站點位密度降至 20-30 公里，有助於後續加密點位的速度估算。以臺灣地區目前約有 300 站以上 (中央研究院約 40 站、中央氣象局約 200 站、中央地質調查所約 20 站，土地測量局約 40 站，另國內各土木測量地科等相關科系大多數均設置 GPS 追蹤站，目前 TWD97 一等控制點約 105 點) 的連續觀測站資料如圖 4-19，如能由權責機關出面

協調整合應用，除各單位符合各自業務需求應用外，更可建立一個台灣地區高密度連續觀測網，作為維護國家基本控制框架之基礎，充分發揮 GPS 連續觀測站之效益。

從位移量觀點而言，依據本局委託張嘉強教授辦理「基本控制點檢測作業規範」所述，一等衛星控制點坐標分量較差值不得大於 2.4 公分（平面最大距離約為 3.4 公分），二等衛星控制點坐標分量較差值不得大於 5.0 公分（平面最大距離約為 7.1 公分），三、四等衛星控制點坐標分量較差值不得大於 9.8 公分（平面最大距離約為 13.8 公分），倘以此觀點，臺灣中部地區的基本控制點所須更新公布坐標的頻率將更為頻繁。

另由震後地震發生的頻率及位置，我們蒐集中央氣象局由 1999-2004 年間地震規模大於  $M_L > 5.0$  的地震，並以 2002 年為界發現（如圖 4-20），震後主要餘震均分佈於上盤且偏大茅埔 - 雙冬斷層的東側，而 2002 年後有 3 次規模大於 5.0 的事件，或許這樣的應力釋放也涉及到地表位移及震後斷層的滑移量，這些現象與地表位移、斷層滑移等因素間的關係都值得吾人再進一步深入研討。

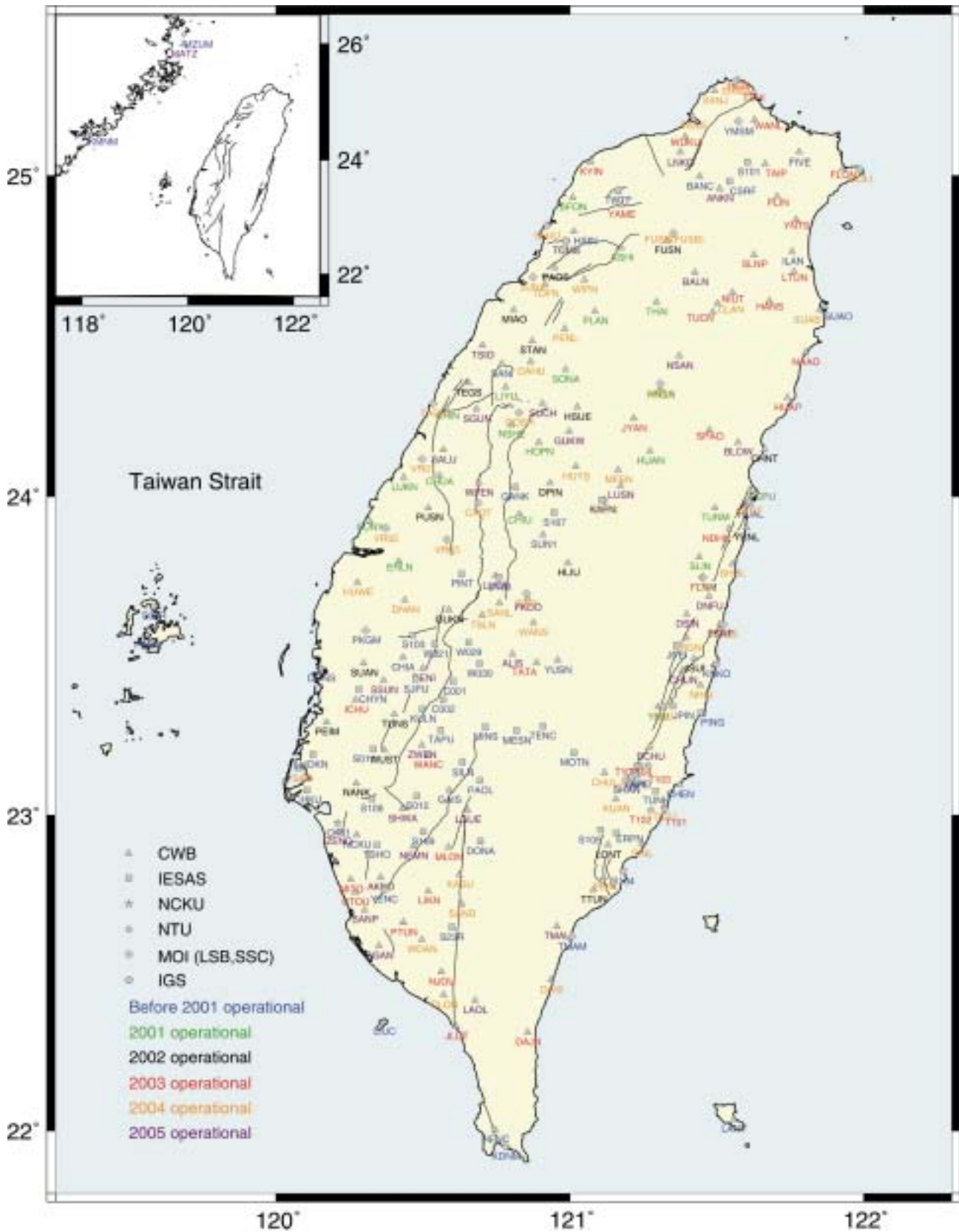


圖 4-19 臺灣地區各機關連續追蹤站分布圖 (林冠全, 私人通訊)

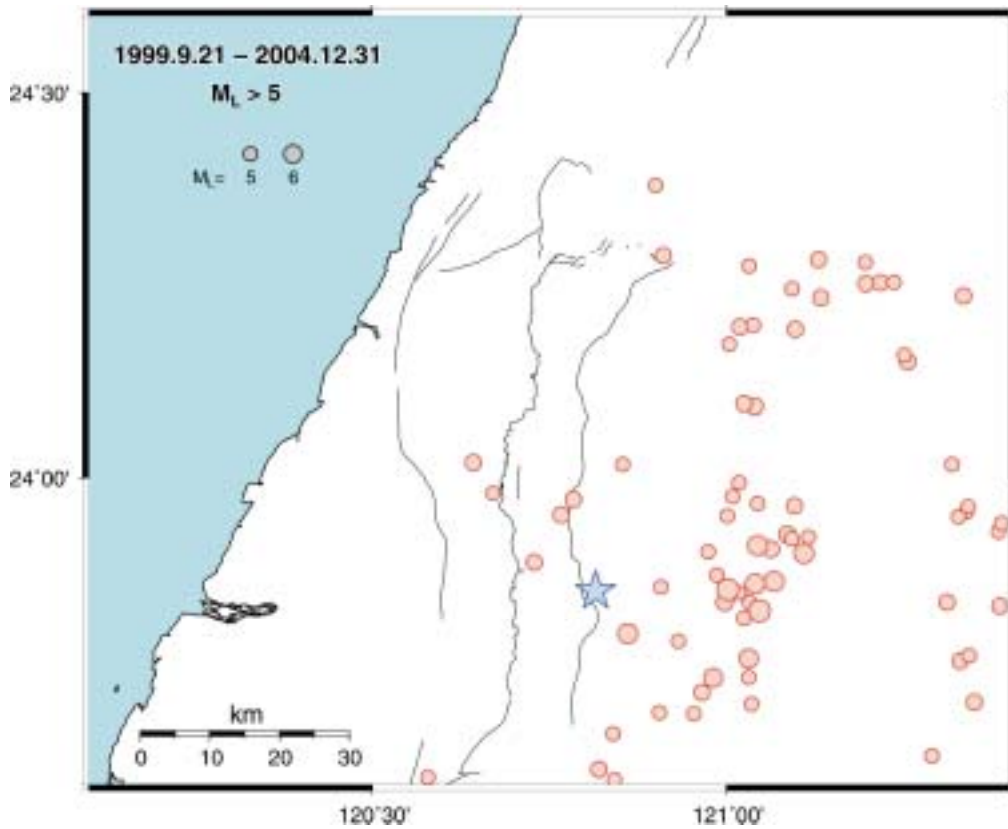


圖 4-20a 1999.-2004.間臺灣中部地區地震規模大於 5.0 之地震震央分布圖，星號代表主震位置。

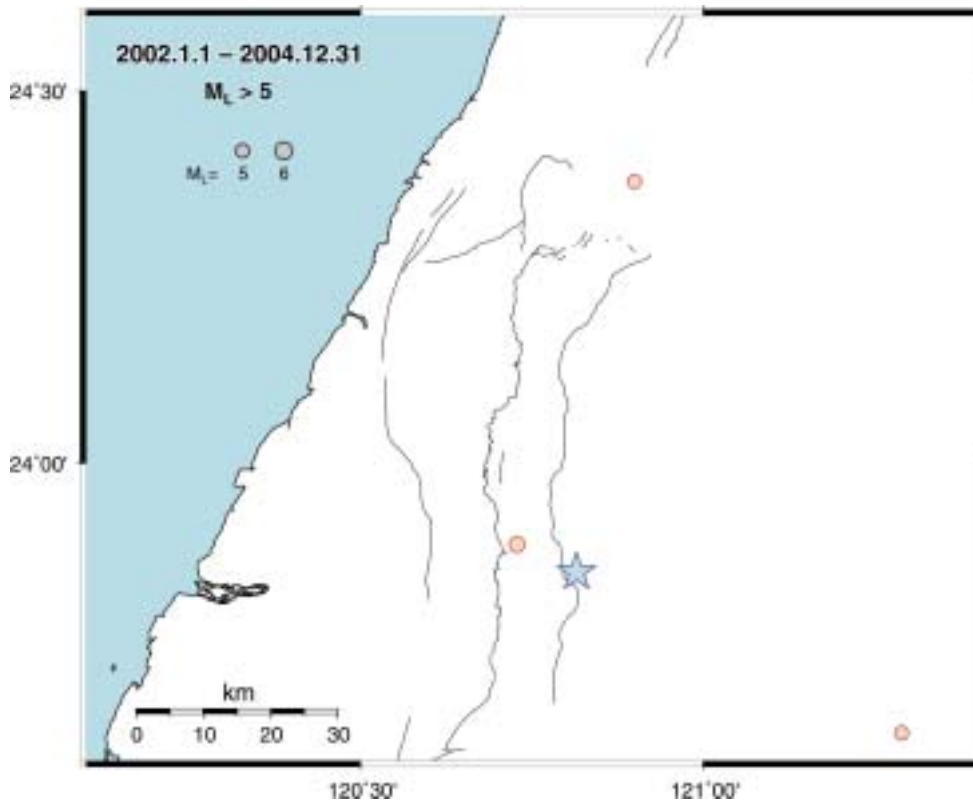


圖 4-20b 2002.-2004.間臺灣中部地區地震規模大於 5.0 之地震震央分布圖，星號代表主震位置。

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

依據土地測量局震後從 1999 年至 2004 年 5 年間 9 次的觀測資料計算及分析結果，獲得結論如下：

- 一、臺灣中部地區震後的地表位移量仍較震前速度場來的大，但自 2002 年以後計算成果顯示，研究地區已漸趨穩定而達到另一個較接近線性變化的位移量，如位於南投霧社巴蘭（5396）及仁愛石門山（6389）地區，震前位移速度分別約在 16.3 及 19.5 mm/yr，震後 2002-2004 年間每年平均位移量分別約為 45 及 36 mm/yr，另外位於臺中王田山（WNTS）震前每年位移速度約 0.2 mm/yr，震後自 2002-2004 年間為年位移量分別約 12 mm 及 7 mm。
- 二、震後 5 年間最大位移量出現在大茅埔斷層南段東側之 M509（魚池鄉後尖山），位移量約 29 公分，方向約略為西北偏西。
- 三、在大茅埔 - 雙冬斷層以東地區（約為由石門山向西南經巴蘭、埔里、桃米坑、明潭後尖山至信義郡坑），整體位移量約在 20-29 公分，方向大約在西北方向約 283-314 度。
- 四、在大茅埔 - 雙冬斷層及車籠埔斷層間（約為由新社、潭子、霧峰、太平、南投至南投藤湖山），在北段整體位移量約在 10-13 公分，方向大約在西北方向約 272-297 度；在南段震央附近整體位移量約在 15-21 公分，方向大約在西北方向約 268-279 度。
- 五、過車籠埔斷層後（約在臺中市西側、大里、霧峰、名間等斷層下盤地區），整體位移量下降至 5-10 公分，在過彰化及清水斷層（大安、清水、梧棲、彰化和美等地區）則繼續下降至 5 公分以下，方向則由西北轉西，再向西南方向。

- 六、 從震後持續監測並分析震後 5 年成果顯示，對於集集地震規模 7.3 及所造成地表破裂帶達 100 公里的位移變形而言，至少 5 年以上的監測是必要的，以求得較為穩定的線性位移量；但此一週期並不一定適用於臺灣其他地區，不同的震前速度場、區域地質條件、地震規模及震後斷層滑移速度等等因素都將左右監測週期的長短。
- 七、 本研究外業觀測作業中，量測儀器高時採用數位相機拍攝儀器高量測位置及量測值，大幅減少儀器高量測錯誤或輸入錯誤的影響。

## 第二節 建議

- 一、 臺灣中部地區基本控制點 921 地震震後超過數十公分的位移量，嚴重影響控制點坐標系統的精度，對後續各級應用已造成嚴重影響，雖然震後 5 年成果顯示（至 2004 年）位移量已漸趨穩定，但仍建議應對此區域持續辦理監測作業，以了解變形狀況，提供後續管理維護參考。
- 二、 對於局部地區，倘遭受重大天然災害影響，應考量區域特性及破壞規模，訂定災後基本控制點監測作業計畫，以有效提供後續各界參考使用。
- 三、 土地測量局為臺灣地區最高測量機關，為維護長期臺灣地區基本控制點坐標系統框架，建議應以目前建立之電子基準站（VBS）為基準，整合分享其他單位連續站資料，架構出臺灣地區的連續追蹤站網，作為分析基本控制點變位的基本框架。
- 四、 臺灣地區擁有眾多連續追蹤站，如能由權責機關出面協調整合應用，除可符合各自業務需求應用外，更可建立一個臺灣地區高密度連續觀測網，作為維護國家基本控制框架之基礎，充分發揮 GPS 連續觀測站之效益。長期而言，臺灣地區



應可減少辦理一、二等基本控制點的數量，改由連續追蹤站的資料來直接替代，除可提供平時觀測使用，更可獲得長期穩定且高精度的基本控制點資料，再藉此去維護其他控制點的成果。

## 參考文獻

- 內政部土地測量局, 2000, 九二一集集大地震檢測報告, <http://www.lsb.gov.tw/>。
- 內政部土地測量局, 2001, 臺灣中部地區基本控制點變位監測, 土地測量局委託研究報告, 121 頁。
- 中國石油公司台探總處, 1982, 台灣地質圖 (1:100,000), 中國石油公司出版。
- 台灣省地政處土地測量局, 1997, 台灣省八十六年三等控制點補建、新建工作總報告。
- 何奇錫, 由衛星大地測量方法探討 921 集集大地震位移場, 國立成功大學測量工程研究所碩士論文, 70 頁, 2000 年。
- 林冠全, 應用數值模擬與全球衛星定位系統觀測資料探討集集地震震後位移場模式, 國立成功大學地球科學研究所碩士論文, 99 頁, 2003 年。
- 許雅儒, 集集地震之震前、同震及震後變形模式研究, 國立中央大學地球物理研究所博士論文, 148 頁, 2004 年。
- 林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正編著, 2000, 台灣活動斷層概論第二版, 經濟部中央地質調查所發行。
- 林朝榮, 1957, 臺灣地形, 臺灣省文獻委員會, 共 424 頁。
- 李建成、朱傲祖、詹瑜璋、胡植慶, 集集地震及台灣西部前緣變形帶之地表變形、構造地質學與地震地體構造學研究之探討, 集集地震系列研討會-地震活動與地殼變形論文集第 30-32 頁, 2000。
- 余水倍, 透視台灣變臉的大地, 科學發展, 350 期, 第 38-42 頁, 2002。
- 何春蓀, 1975, 台灣地質概論, 台灣地質圖說明書, 中華民國經濟部, 共 110 頁。
- 何春蓀, 1959, 台灣中部台中與南投間之逆衝斷層構造, 台灣省地質調查所彙刊, 第 11 號, 13-20 頁。
- 洪慶堂, 2000, 九二一地震後地籍測量之探討, 地籍測量第十九卷第一期, P75-P82。
- 楊貴三, 臺灣活動斷層的地形學研究 - 特論活動斷層與地形面的關係, 私立中國文化大學地學研究所博士論文, 共 178 頁。
- 曾清涼、儲慶美, 1999, GPS 衛星測量原理與應用, 國立成功大學衛星資訊研究中心。
- Hugentobler, U., S. Schaer, and P. Fridez, (Eds.), 2001, Bernese GPS Software Version 4.2, Astronomical Institute, University of Berne, 515 pp.
- Yu, S. B, H.Y. Chen, and L.C. Kuo, Velocity field of GPS stations in the Taiwan area. Tectonophysics, 274, 41-59, 1997.
- Yu, S. B, L.C. Kuo, Y.J. Hus, H.H. Su, C.C. Liu, C.S. Hou, J.F. Lee, T.C. Lai, C.C. Liu, T.F. Tseng, C.S. Tsai, T.C. Shin, 2001, Preseismic

deformation and coseismic displacements associated with the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, area. *Tectonophysics*, 274, 41-59, 1997.

Yu, S.-B., Y.-J. Hsu, L.-C. Chen, and H.-Y. Chen, and C.-C. Liu, GPS measurement of postseismic deformation following the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake, *J. Geophys. Res.*, 108(B11), 2520, doi:10.11029/2003JB002396, 2003.

JPL homepage: <http://www.jpl.noaa.gov/>

NGS homepage: <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>

IGS FTP site: <ftp://igs.cb.jpl.nasa.gov/igs.cb/product/>

BERNESE FTP site : <ftp://ftp.unibe.ch/aiub/BSWUSER/>

## 附錄 1

附錄表 1 2002 年強制套合追蹤站之 TWD97 成果

Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
0107	2704246.892	234212.919	675.182	5.9	11.2	38.1
0125	2696607.866	230807.729	908.809	5.9	11.2	38.1
0991	2767672.915	283365.346	271.046	5.9	11.2	38.1
104R	2681815.117	228382.418	581.982	5.9	11.2	38.1
5936	2656462.529	262896.238	1267.572	5.9	11.2	38.1
6389	2671934.908	278920.044	3262.238	5.9	11.2	38.1
A247	2657413.809	189755.157	27.881	5.9	11.2	38.1
AF01	2629491.598	205437.330	75.811	5.9	11.2	38.1
AF02	2635600.743	203498.181	65.014	4.2	8.0	27.3
AF04	2640863.719	202599.461	54.448	5.9	11.2	38.1
AF06	2640676.409	213966.310	285.429	5.9	11.2	38.1
AF07	2653430.055	201646.652	36.463	5.9	11.2	38.1
AF09	2659240.373	200596.355	30.202	4.2	8.0	27.3
AF11	2643366.489	217868.700	128.549	4.2	8.0	27.3
AF13	2649134.549	219227.334	119.711	4.2	8.0	27.3
AF14	2656732.873	213706.921	75.753	4.2	8.0	27.3
AF15	2665507.769	214187.735	50.630	4.2	8.0	27.3
AF16	2659097.856	216265.122	81.258	4.2	8.0	27.3
AF17	2672414.142	212589.411	87.498	4.2	8.0	27.3
AF18	2679026.754	201946.896	21.921	5.9	11.2	38.1
AF19	2663218.773	206176.469	124.909	4.2	8.0	27.3
AF21	2679060.580	206581.981	66.199	5.9	11.2	38.1
AF22	2650602.280	224121.400	426.916	3.0	5.8	19.7
AF24	2658928.668	222031.777	160.062	5.9	11.2	38.1
AF25	2668687.517	224786.682	163.096	5.9	11.2	38.1
AF26	2679620.384	214593.616	155.796	4.2	8.0	27.3
AF27	2664331.600	224824.383	185.855	5.9	11.2	38.1
AF28	2656852.450	209373.448	271.588	5.9	11.2	38.1
CK01	2541831.214	169046.954	43.540	1.7	3.3	11.4
CPUL	2647047.880	212821.919	443.992	3.5	6.6	22.5
DONS	2595530.832	163546.851	23.004	1.7	3.3	11.4
FLNM	2627001.421	296215.264	138.602	1.9	3.6	12.4

Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
G037	2628108.337	213338.849	319.659	5.9	11.2	38.1
G038	2632973.358	213663.998	125.917	5.9	11.2	38.1
G039	2635164.525	218087.527	162.786	5.9	11.2	38.1
G040	2623431.243	214804.056	190.113	4.2	8.0	27.3
G041	2628814.484	218041.225	171.940	5.9	11.2	38.1
G044	2636502.325	224586.618	233.559	4.2	8.0	27.3
G045	2636973.821	215551.123	305.568	4.2	8.0	27.3
G090	2689639.348	205538.882	30.638	5.9	11.2	38.1
G091	2697105.919	208288.978	23.216	5.9	11.2	38.1
G092	2701676.501	212313.454	32.148	5.9	11.2	38.1
G098	2687258.390	240766.231	569.937	4.2	8.0	27.3
G099	2673964.854	239302.474	561.235	4.2	8.0	27.3
G102	2688124.183	228439.239	433.992	4.2	8.0	27.3
G258	2642116.766	226288.220	210.680	5.9	11.2	38.1
I007	2628040.892	227004.722	766.350	3.0	5.8	19.7
KDNM	2427973.587	227485.266	58.361	1.8	3.4	11.7
KLUN	2765366.941	288780.532	424.736	5.9	11.2	38.1
KMNM	2706528.904	188016.642	49.116	0.0	0.0	0.0
KZON	2649041.638	219210.306	127.386	1.7	3.3	11.4
M036	2656462.528	262896.240	1267.579	5.9	11.2	38.1
M043	2669348.115	235646.119	1149.733	3.5	6.6	22.5
M044	2670383.238	207767.320	249.125	5.9	11.2	38.1
M075	2685963.934	234659.148	549.755	5.9	11.2	38.1
M085	2647047.888	212821.925	444.010	4.2	8.0	27.3
M093	2621208.752	196054.905	49.250	4.2	8.0	27.3
M312	2674004.246	233023.861	616.251	4.2	8.0	27.3
M324	2679436.740	223867.147	524.184	4.2	8.0	27.3
M326	2683237.493	206854.790	115.442	4.2	8.0	27.3
M360	2640221.249	244126.542	979.061	5.9	11.2	38.1
M380	2709018.769	237132.856	771.262	5.9	11.2	38.1
M398	2645333.319	220686.208	323.881	4.2	8.0	27.3
M400	2619419.267	225509.790	1543.296	4.2	8.0	27.3
M402	2666269.661	241012.593	1025.195	3.5	6.6	22.5
M408	2630328.989	234628.059	781.874	4.2	8.0	27.3
M426	2660233.109	242350.819	721.585	3.5	6.6	22.5

Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
M428	2691339.879	211640.172	203.360	5.9	11.2	38.1
M479	2637726.482	221055.828	431.971	4.2	8.0	27.3
M482	2651354.368	219534.147	348.957	4.2	8.0	27.3
M486	2665113.717	196612.571	28.378	5.9	11.2	38.1
M487	2667948.633	273536.194	2804.850	5.9	11.2	38.1
M493	2630180.735	221458.594	344.006	4.2	8.0	27.3
M501	2649616.944	240662.979	794.324	3.5	6.6	22.5
M507	2624497.647	236020.513	851.781	3.5	6.6	22.5
M509	2634430.659	239625.747	1030.510	4.2	8.0	27.3
M805	2673979.797	217542.073	150.635	5.9	11.2	38.1
M808	2667304.450	218045.473	94.927	5.9	11.2	38.1
M904	2688134.679	210085.894	212.770	5.9	11.2	38.1
M906	2683481.785	201497.397	23.202	5.9	11.2	38.1
M909	2656187.665	193127.591	30.608	5.9	11.2	38.1
M912	2630152.921	243194.084	1117.013	5.9	11.2	38.1
M918	2649916.553	199823.629	38.583	4.2	8.0	27.3
M959	2658252.921	268546.045	1499.274	4.2	8.0	27.3
MERK	2632754.082	179619.513	36.415	5.9	11.2	38.1
MZUM	2894286.030	343296.522	60.225	0.0	0.0	0.0
N091	2765964.389	275447.624	107.449	5.9	11.2	38.1
PINT	2628055.189	213361.771	328.244	1.4	2.7	9.1
PKGM	2608670.763	179111.641	43.098	0.0	0.0	0.0
S016	2674922.287	229971.193	854.276	1.7	3.3	11.4
S017	2721627.796	226147.432	132.147	4.2	8.0	27.3
S018	2752843.488	250015.104	111.154	4.2	8.0	27.3
S019	2777122.380	279388.486	167.840	4.2	8.0	27.3
S01R	2616972.076	310428.784	49.918	0.9	1.7	5.9
S030	2686111.022	252792.797	2633.405	5.9	11.2	38.1
S031	2692459.713	281259.712	2001.146	5.9	11.2	38.1
S032	2711124.310	261550.841	2130.286	5.9	11.2	38.1
S038	2627747.728	264382.112	2574.643	4.2	8.0	27.3
S094	2617535.140	199151.272	63.640	5.9	11.2	38.1
S164	2659701.359	219489.119	100.708	5.9	11.2	38.1
S165	2659732.177	219237.804	94.542	5.9	11.2	38.1
S167	2649977.202	243292.752	580.839	1.7	3.3	11.4

---

Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
S182	2644425.659	249064.777	696.166	4.2	8.0	27.3
S183	2644180.185	246081.863	655.088	5.9	11.2	38.1
S184	2643319.932	242896.839	699.272	5.9	11.2	38.1
S185	2638233.870	243364.435	808.163	5.9	11.2	38.1
S186	2636412.252	236354.331	345.166	5.9	11.2	38.1
S187	2646914.167	236547.491	529.886	4.2	8.0	27.3
S188	2660239.427	228681.973	531.164	4.2	8.0	27.3
S189	2667091.586	226590.091	294.045	5.9	11.2	38.1
S190	2633427.421	235134.858	302.363	5.9	11.2	38.1
S191	2647679.198	225776.518	239.049	4.2	8.0	27.3
TECS	2694530.817	215008.456	255.216	5.9	11.2	38.1
TFLS	2730384.426	255061.256	355.504	5.9	11.2	38.1
TMAM	2501771.791	250768.980	58.846	1.8	3.5	12.0
TNML	2743399.118	248720.220	77.511	1.8	3.5	12.0
TWTF	2760644.574	266610.672	201.541	1.8	3.5	12.0
WNST	2670383.236	207767.325	249.077	5.9	11.2	38.1
WUFN	2659794.232	219425.270	109.772	2.0	3.8	12.8
YUSN	2598246.143	245826.653	3877.864	1.8	3.4	11.7

附錄表 2 2003 年強制套合追蹤站之 TWD97 成果

Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
0125	2696607.884	230807.718	908.790	7.8	14.0	50.7
104R	2681815.136	228382.389	581.974	7.8	14.0	50.7
5936	2656462.563	262896.189	1267.565	2.7	4.9	17.6
6389	2671934.939	278920.013	3262.217	7.8	14.0	50.7
A247	2657413.811	189755.144	27.851	7.8	14.0	50.7
AF01	2629491.593	205437.320	75.817	7.8	14.0	50.7
AF02	2635600.739	203498.174	65.002	4.5	8.2	29.6
AF04	2640863.718	202599.449	54.445	7.8	14.0	50.7
AF05	2643841.723	207829.922	57.516	7.8	14.0	50.7
AF06	2640676.418	213966.302	285.410	7.8	14.0	50.7
AF07	2653430.057	201646.651	36.449	7.8	14.0	50.7
AF09	2659240.383	200596.335	30.164	5.5	10.0	36.0
AF11	2643366.496	217868.684	128.533	5.5	10.0	36.0
AF13	2649134.551	219227.317	119.704	7.8	14.0	50.7
AF14	2656732.871	213706.905	75.751	4.5	8.2	29.6
AF15	2665507.758	214187.723	50.604	5.5	10.0	36.0
AF16	2659097.858	216265.110	81.253	5.5	10.0	36.0
AF17	2672414.144	212589.397	87.497	7.8	14.0	50.7
AF18	2679026.763	201946.881	21.887	7.8	14.0	50.7
AF19	2663218.769	206176.453	124.902	5.5	10.0	36.0
AF21	2679060.582	206581.965	66.150	4.5	8.2	29.6
AF22	2650602.289	224121.367	426.923	3.9	7.1	25.7
AF24	2658928.676	222031.759	160.062	5.5	10.0	36.0
AF25	2668687.532	224786.663	163.066	7.8	14.0	50.7
AF26	2679620.394	214593.603	155.619	5.5	10.0	36.0
AF27	2664331.556	224824.446	185.922	5.5	10.0	36.0
AF28	2656852.446	209373.436	271.608	7.8	14.0	50.7
CK01	2541831.221	169046.936	43.569	1.9	3.4	12.4
CPUL	2647047.891	212821.909	443.972	7.8	14.0	50.7
DONS	2595530.829	163546.853	23.007	1.8	3.3	11.9
FLNM	2627001.449	296215.231	138.581	1.8	3.2	11.5
G037	2628108.333	213338.830	319.675	7.8	14.0	50.7
G038	2632973.356	213663.984	125.907	5.5	10.0	36.0
G040	2623431.251	214804.038	190.136	4.5	8.2	29.6



Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
G041	2628814.482	218041.202	171.956	7.8	14.0	50.7
G044	2636502.340	224586.572	233.567	4.5	8.2	29.6
G045	2636973.811	215551.108	305.566	5.5	10.0	36.0
G090	2689639.347	205538.885	30.681	7.8	14.0	50.7
G091	2697105.916	208288.978	23.271	7.8	14.0	50.7
G092	2701676.502	212313.461	32.149	5.5	10.0	36.0
G098	2687258.404	240766.211	569.932	5.5	10.0	36.0
G099	2673964.859	239302.441	561.274	7.8	14.0	50.7
G102	2688124.196	228439.223	433.997	5.5	10.0	36.0
G103	2683907.859	221376.270	226.645	5.5	10.0	36.0
G260	2681806.813	228410.813	578.211	7.8	14.0	50.7
I007	2628040.899	227004.683	766.342	2.6	4.6	16.8
KDNM	2427973.597	227485.214	58.354	1.8	3.2	11.5
KMNM	2706528.904	188016.642	49.116	0.0	0.0	0.0
KZN1	2649104.261	219259.094	130.908	1.9	3.4	12.4
L209	2686355.030	252729.452	2635.433	7.8	14.0	50.7
M043	2669348.123	235646.091	1149.740	4.5	8.2	29.6
M044	2670383.238	207767.304	249.148	7.8	14.0	50.7
M049	2652765.332	193640.860	35.961	7.8	14.0	50.7
M075	2685963.936	234659.191	549.789	7.8	14.0	50.7
M085	2647047.880	212821.914	444.011	5.5	10.0	36.0
M093	2621208.749	196054.898	49.253	5.5	10.0	36.0
M312	2674004.255	233023.841	616.241	5.5	10.0	36.0
M324	2679436.760	223867.115	524.155	5.5	10.0	36.0
M380	2709018.767	237132.853	771.252	7.8	14.0	50.7
M398	2645333.314	220686.187	323.873	5.5	10.0	36.0
M400	2619419.277	225509.746	1543.251	4.5	8.2	29.6
M402	2666269.674	241012.548	1025.198	4.5	8.2	29.6
M408	2630329.013	234628.025	781.871	5.5	10.0	36.0
M426	2660233.132	242350.784	721.619	4.5	8.2	29.6
M428	2691339.877	211640.176	203.384	7.8	14.0	50.7
M479	2637726.488	221055.812	431.955	5.5	10.0	36.0
M482	2651354.387	219534.123	348.949	5.5	10.0	36.0
M486	2665113.711	196612.565	28.355	7.8	14.0	50.7
M493	2630180.744	221458.558	343.946	4.5	8.2	29.6

Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
M501	2649616.967	240662.942	794.326	4.5	8.2	29.6
M507	2624497.668	236020.466	851.782	4.5	8.2	29.6
M509	2634430.677	239625.708	1030.517	5.5	10.0	36.0
M714	2690968.041	233158.981	544.016	7.8	14.0	50.7
M805	2673979.804	217542.060	150.551	5.5	10.0	36.0
M808	2667304.456	218045.462	94.922	5.5	10.0	36.0
M904	2688134.681	210085.893	212.773	7.8	14.0	50.7
M906	2683481.780	201497.392	23.225	5.5	10.0	36.0
M909	2656187.669	193127.585	30.609	7.8	14.0	50.7
M910	2650313.790	190333.003	29.025	7.8	14.0	50.7
M911	2643284.757	191408.417	38.749	7.8	14.0	50.7
M912	2630152.935	243194.003	1116.995	7.8	14.0	50.7
M916	2691765.194	220765.594	244.212	5.5	10.0	36.0
M918	2649916.548	199823.615	38.468	5.5	10.0	36.0
M959	2658252.946	268546.003	1499.288	5.5	10.0	36.0
MERK	2632754.083	179619.498	36.295	7.8	14.0	50.7
MZUM	2894286.030	343296.522	60.225	0.0	0.0	0.0
PINT	2628055.192	213361.760	328.221	2.4	4.3	15.5
PKGM	2608670.763	179111.641	43.098	0.0	0.0	0.0
S015	2605782.260	217479.208	1319.956	7.8	14.0	50.7
S016	2674922.289	229971.163	854.265	1.8	3.2	11.7
S01R	2616972.081	310428.777	49.909	0.8	1.4	5.2
S038	2627747.761	264382.056	2574.619	7.8	14.0	50.7
S094	2617535.148	199151.266	63.628	7.8	14.0	50.7
S165	2659732.189	219237.784	94.527	7.8	14.0	50.7
S167	2649977.221	243292.715	580.849	1.8	3.2	11.5
S182	2644425.686	249064.727	696.144	7.8	14.0	50.7
S183	2644180.213	246081.818	655.081	5.5	10.0	36.0
S184	2643319.963	242896.789	699.261	7.8	14.0	50.7
S185	2638233.890	243364.388	808.140	7.8	14.0	50.7
S186	2636412.269	236354.283	345.172	7.8	14.0	50.7
S187	2646914.190	236547.452	529.896	7.8	14.0	50.7
S188	2660239.451	228681.951	531.152	7.8	14.0	50.7
S189	2667091.606	226590.069	294.012	7.8	14.0	50.7
S190	2633427.443	235134.805	302.336	7.8	14.0	50.7

---

Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
S191	2647679.222	225776.491	239.021	7.8	14.0	50.7
S901	2610374.961	184794.930	38.310	7.8	14.0	50.7
TC12	2678064.437	209159.109	328.226	2.5	4.5	16.1
TCBA	2670155.756	216843.180	141.928	2.5	4.5	16.1
TCBC	2672093.425	214761.952	134.371	2.6	4.6	16.8
TJSN	2609669.972	211536.869	1325.742	7.8	14.0	50.7
TMAM	2501771.803	250768.943	58.834	1.8	3.3	11.9
TNML	2743399.122	248720.218	75.920	1.8	3.2	11.5
TWTF	2760644.579	266610.674	201.519	2.4	4.3	15.5
WNST	2670383.246	207767.307	249.103	7.8	14.0	50.7
WUFN	2659794.240	219425.251	109.747	1.8	3.2	11.7
YMSM	2784255.922	307867.662	784.081	0.0	0.0	0.0
YUSN	2598246.141	245826.608	3877.888	2.4	4.3	15.5

附錄表 3 2004 年 強制套合追蹤站之 TWD97 成果

Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
000K	2670388.727	207759.986	251.007	4.8	10.5	25.1
001K	2670891.443	207384.541	282.666	4.8	10.5	25.1
002K	2671931.147	209245.511	183.597	4.8	10.5	25.1
004K	2671587.726	211544.720	81.151	4.8	10.5	25.1
007K	2665141.246	213150.269	54.722	4.8	10.5	25.1
013K	2658361.028	212631.047	73.051	4.8	10.5	25.1
5936	2656462.576	262896.155	1267.567	3.4	7.5	18.0
6389	2671934.963	278919.998	3262.195	3.4	7.5	18.0
AF01	2629491.602	205437.326	75.787	4.8	10.5	25.1
AF02	2635600.737	203498.180	64.964	3.4	7.5	18.0
AF04	2640863.718	202599.473	54.402	4.8	10.5	25.1
AF05	2643841.718	207829.930	57.466	4.8	10.5	25.1
AF06	2640676.411	213966.308	285.365	4.8	10.5	25.1
AF07	2653430.062	201646.661	36.389	4.8	10.5	25.1
AF09	2659240.366	200596.352	30.131	4.8	10.5	25.1
AF11	2643366.492	217868.687	128.492	4.8	10.5	25.1
AF13	2649134.547	219227.323	119.664	4.8	10.5	25.1
AF14	2656732.870	213706.913	75.715	3.4	7.5	18.0
AF15	2665507.769	214187.724	50.579	3.4	7.5	18.0
AF17	2672414.145	212589.403	87.467	4.8	10.5	25.1
AF18	2679026.745	201946.903	21.857	4.8	10.5	25.1
AF19	2663218.770	206176.459	124.891	3.4	7.5	18.0
AF21	2679060.584	206581.992	66.113	3.4	7.5	18.0
AF22	2650602.288	224121.353	426.876	3.4	7.5	18.0
AF24	2658928.686	222031.748	160.043	4.8	10.5	25.1
AF25	2668687.531	224786.655	163.053	4.8	10.5	25.1
AF26	2679620.391	214593.612	155.751	4.8	10.5	25.1
AF27	2664331.560	224824.436	185.873	3.4	7.5	18.0
AF28	2656852.455	209373.454	271.573	4.8	10.5	25.1
CK01	2541831.216	169046.942	43.530	1.5	3.2	7.6
DONS	2595530.825	163546.863	22.942	1.5	3.3	7.9
FLNM	2627001.479	296215.209	138.523	1.5	3.3	7.9
G037	2628108.328	213338.841	319.606	4.8	10.5	25.1
G038	2632973.356	213663.986	125.889	4.8	10.5	25.1

Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
G040	2623431.251	214804.041	190.108	3.4	7.5	18.0
G041	2628814.484	218041.205	171.919	4.8	10.5	25.1
G044	2636502.345	224586.570	233.537	3.4	7.5	18.0
G045	2636973.819	215551.107	305.550	3.4	7.5	18.0
G090	2689639.350	205538.892	30.631	4.8	10.5	25.1
G091	2697105.921	208288.982	23.210	4.8	10.5	25.1
G092	2701676.499	212313.460	32.121	4.8	10.5	25.1
G098	2687258.399	240766.202	569.910	4.8	10.5	25.1
G099	2673964.866	239302.428	561.225	3.4	7.5	18.0
G102	2688124.193	228439.225	433.962	3.4	7.5	18.0
G103	2683907.854	221376.268	226.607	4.8	10.5	25.1
KDNM	2427973.606	227485.173	58.310	3.4	7.5	18.0
KMNM	2706528.904	188016.642	49.116	0.0	0.0	0.0
KZN1	2649104.260	219259.097	130.871	1.2	2.6	6.3
L209	2686355.037	252729.421	2635.418	3.4	7.5	18.0
LSBA	2672050.084	212816.617	118.978	1.5	3.2	7.6
LSBB	2672050.532	212829.481	120.113	1.2	2.6	6.2
LSBC	2672058.173	212829.291	120.149	1.7	3.8	9.1
M043	2669348.125	235646.084	1149.705	3.4	7.5	18.0
M044	2670383.239	207767.323	249.090	3.4	7.5	18.0
M049	2652765.334	193640.871	35.858	4.8	10.5	25.1
M075	2685963.933	234659.193	549.744	3.4	7.5	18.0
M085	2647047.881	212821.918	443.950	3.4	7.5	18.0
M093	2621208.750	196054.906	49.196	3.4	7.5	18.0
M324	2679436.757	223867.124	524.149	4.8	10.5	25.1
M380	2709018.777	237132.847	771.193	3.4	7.5	18.0
M398	2645333.326	220686.183	323.815	4.8	10.5	25.1
M400	2619419.284	225509.734	1543.230	3.4	7.5	18.0
M402	2666269.682	241012.533	1025.188	3.4	7.5	18.0
M408	2630329.008	234628.014	781.812	4.8	10.5	25.1
M426	2660233.137	242350.841	721.648	3.4	7.5	18.0
M428	2691339.881	211640.180	203.339	4.8	10.5	25.1
M479	2637726.480	221055.818	431.944	4.8	10.5	25.1
M482	2651354.375	219534.127	348.945	4.8	10.5	25.1
M486	2665113.711	196612.579	28.332	4.8	10.5	25.1

Pt_NAME	N	E	h	N	E	h
M493	2630180.737	221458.555	343.905	3.4	7.5	18.0
M501	2649616.976	240662.914	794.298	3.4	7.5	18.0
M507	2624497.672	236020.447	851.765	3.4	7.5	18.0
M509	2634430.684	239625.689	1030.479	3.4	7.5	18.0
M805	2673979.797	217542.066	150.544	4.8	10.5	25.1
M808	2667304.458	218045.474	94.914	4.8	10.5	25.1
M904	2688134.685	210085.891	212.764	4.8	10.5	25.1
M906	2683481.783	201497.403	23.175	3.4	7.5	18.0
M909	2656187.672	193127.574	30.535	4.8	10.5	25.1
M910	2650313.790	190333.012	28.964	4.8	10.5	25.1
M911	2643284.764	191408.430	38.622	4.8	10.5	25.1
M912	2630152.962	243193.992	1116.979	3.4	7.5	18.0
M916	2691765.201	220765.599	244.191	4.8	10.5	25.1
M918	2649916.559	199823.612	38.289	3.4	7.5	18.0
M959	2658252.947	268545.977	1499.263	4.8	10.5	25.1
MZUM	2894286.030	343296.522	60.225	0.0	0.0	0.0
PINT	2628055.192	213361.770	328.182	1.2	2.7	6.4
PKGM	2608670.763	179111.641	43.098	0.0	0.0	0.0
S01R	2616972.085	310428.788	49.872	0.7	1.6	3.8
S167	2649977.234	243292.699	580.822	1.2	2.6	6.3
S170	2626909.035	226312.014	753.774	1.2	2.6	6.3
TC12	2678064.436	209159.122	328.236	1.5	3.3	7.9
TCBA	2670155.761	216843.187	141.884	1.2	2.6	6.2
TCBC	2672093.425	214761.967	134.331	1.2	2.6	6.2
TMAM	2501771.804	250768.934	58.775	1.5	3.2	7.6
TNML	2743399.130	248720.227	75.875	1.2	2.6	6.3
TWTF	2760644.581	266610.675	201.505	1.6	3.5	8.4
YMSM	2784255.922	307867.662	784.081	0.0	0.0	0.0
YUSN	2598246.154	245826.595	3877.818	1.5	3.3	7.9