

內政部國土測繪中心
106 年度精進現代化 TWD97 國家
坐標系統變位模式

工作總報告書

計畫主持人：陳國華 副教授
委託單位：內政部國土測繪中心
執行單位：國立臺北大學

中 華 民 國 106 年 12 月 27 日

工作項目章節對照表

工作項目	工作總報告書章節	頁次
一、 持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略	第一章 前言 第二章 文獻回顧	P1-22 P23-52
二、 持續更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式	第三章	P53-128
三、 計算 e-GNSS[2017]坐標成果	第三章	P66-67
四、 擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體	第 4.1 節	P129-140
五、 更新變位模式應用軟體	第 4.2 節	P141-144
六、 提送國內期刊論文以及研討會發表	第 1.2 節	P10-15

摘要

本年(106)度工作計畫案於 106 年 04 月 08 日簽約，並於翌日開始執行各項工作項目，至繳交期末工作總報告書止，共計完成的工作項目為(1)持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略；(2)持續更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式；(3)計算 e-GNSS[2017]坐標成果；(4)擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體；(5)更新變位模式應用軟體，以及(6)提送國內期刊論文，並於學術研討會發表成果。

綜合完成的各項工作內容，得到的計畫執行結果為 1.持續分析歷年 GNSS 連續站資料解算成果、基本控制點檢測成果以及中央地質調查所 GPS 移動站觀測成果等，已達到有效精進本案水平變位模式精度之目的，同時亦藉此分析建直垂直變位模式的可行性，並提出大地及高程基準更新維護之建議；2.分析地表同震位移場的建置方式與更新時機，有助於國家坐標系統變位模式之更新與維護，本工作團隊已完成震源模型建置的分析，利用單一斷層滑移量模型可以有效獲得符合要求的地表同震位移模式，並探討地震的相關震源參數提出新增或更新同震位移模式之時機與建議；3.工作團隊已完成擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體之設計，並已作為本案 GNSS 觀測資料計算使用，獲得正確的成果；同時修正軟體的操作介面達到更簡易使用之目標，另一方面，本團隊亦已完成更新變位模式應用軟體的設計提供相關使用者操作應用；最後，本工作團隊陸續將本案相關成果發表於國內外期刊，以及相關的研討會論文發表，並且邀請紐西蘭訪問學者 Christopher Pearson 博士進行演講交流。綜合而論，本工作團隊完成本案各項工作項目，達到精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式之目的。

Abstract

This year, we finished six main tasks of this project titled “Improvement of the surface deformation model applying to the modern TWD97 national coordinate system” which was started on 8th April 2017. The main tasks includes: (1) continuously correcting the references of the renewing on geodetic and height datum; (2) continuously renewing the surface deformation model of the modern TWD97 national coordinate system; (3) estimating the coordinate of e-GNSS(2017) system; (4) extending the functions of the automatic procedures of Bernese 5.2 GNSS processing software; (5) renewing the deformation model software; (6) submitting the papers to journals and reporting the results of this project in the academic conferences.

The conclusions of this project are 1. achieving the goal of improving the accuracy of horizontal deformation model by analyzing the GNSS continuously observations and providing the suggestions of renewing on geodetic and height datum; 2. analyzing the suitably renewing time of the coseismic surface displacement model and providing the helpful suggestions; 3. developing the automatic procedures of Bernese 5.2 GNSS processing and the deformation model software. Finally, we submitted some papers and had some orals in several academic conferences and also invited Dr. Christopher Person who gave two speeches related to semi-dynamic datum.

目 錄

第一章 前言	1
1.1 作業目標與範圍	6
1.2 工作項目與作業進度	8
1.3 工作內容記實及相關資料	19
第二章 文獻回顧	23
2.1 國內外之國家大地基準更新與維護策略	23
2.2 各國與我國相關現行法規之對應探討	37
2.2.1 基本控制測量規範面探討	37
2.2.2 地籍測量規範面探討	43
2.3 高程基準之管理維護	50
第三章 持續更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式	53
3.1 GNSS 觀測資料解算與品質分析	55
3.2 GNSS 連續站坐標精度分析	67
3.2.1 GNSS 連續站時間序列分析	68
3.2.2 臺灣地區 GNSS 連續站坐標精度	70
3.3 內插模式探討分析	82
3.4 調整內插網格模式	92
3.5 同震格點位移模型之新增時機分析	94
3.5.1 地表同震位移場文獻資料蒐集與分析	95
3.5.2 斷層正演模型	98
3.6 縣市行政區採用坐標系統建議	114
3.6.1 現階段臺灣地區地表應變速率分析	114
3.6.2 依據測量作業規範之探討分析與使用建議	118
第四章 變形模式應用軟體設計	129
4.1 擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體	129
4.2 更新變位模式應用軟體	141
第五章 結論與建議	145

5.1 結論	145
5.2 建議及下一階段工作進程.....	149
參考文獻	155
附件一 採購評選會議評選委員意見及修正情形.....	165
附件二 功能需求訪談紀錄	175
附件三 作業計畫書審查意見及修正情形.....	177
附件四 工作會議紀錄	179
附件五 更新變位模式應用軟體系統規劃書.....	189
附件六 提送國內期刊論文出版刊載資訊.....	203
附件七 提送國際知名期刊論文出版刊載資訊.....	205
附件八 期中報告書審查委員意見及修正情形.....	207
附件九 基線解算(BERNESE 5.2)自動化處理軟體操作手冊	217
附件十 變位模式應用軟體操作手冊	243
附件十一 國內 16 個 TWD97 【2010.0】 基準站時間序列圖	253
附件十二 連續站 2016/10 ~ 2017/09 速度量估計成果	269
附件十三 工作總報告書審查委員意見及修正情形.....	281

圖目錄

圖 1.1 臺灣大地構造框架	5
圖 1.2 IAG-IASPEI 2017 日本神戶國際研討會議發表成果.....	11
圖 1.3 2017 中華民國測地學會年會暨學術研討會發表成果.....	11
圖 1.4 第 36 屆測量及空間資訊研討會發表成果(1).....	12
圖 1.5 第 36 屆測量及空間資訊研討會發表成果(2).....	12
圖 1.6 第 36 屆測量及空間資訊研討會發表成果(3).....	13
圖 1.7 Christopher Pearson 博士演講-臺南成大(1)	13
圖 1.8 Christopher Pearson 博士演講-臺南成大(2)	14
圖 1.9 Christopher Pearson 博士演講-臺中國土測繪中心	14
圖 1.10 Christopher Pearson 博士演講題目-臺南成大	15
圖 1.11 Christopher Pearson 博士演講題目-臺中國土測繪中心	15
圖 1.12 計畫執行作業流程圖	17
圖 2.1 紐西蘭 GNS 建置的水平速度場模型	26
圖 2.2 日本規則網格內插變位量成果	27
圖 2.3 紐西蘭界址點及經界線等級判斷示意圖	44
圖 2.4 我國與紐西蘭的精度規範比較.....	48
圖 2.5 利用內政部歷年一等水準觀測資料得到的垂直速度場.....	51
圖 3.1 經濟部中央地質調查所活動斷層分布圖	54
圖 3.2 本計畫蒐集的 GNSS 連續觀測站分布圖	57
圖 3.3 本計畫 GNSS 連續站觀測資料計算分區圖	58
圖 3.4 參與計算之鄰近國際 IGS 站	63
圖 3.5 Bernese 軟體計算流程圖	64
圖 3.6 金門站(KMNM)坐標時間序列分析結果圖	65
圖 3.7 國內共同聯測站分布圖	66
圖 3.8 高雄港測站(KASH)坐標時間序列擬合結果(1)	69
圖 3.9 高雄港測站(KASH)坐標時間序列擬合結果(2)	70
圖 3.10 臺灣地區 GNSS 連續站之坐標精度統計圖	71

圖 3.11 臺灣地區 GNSS 連續站坐標 E 分量之精度空間分布圖	72
圖 3.12 臺灣地區 GNSS 連續站坐標 N 分量之精度空間分布圖	73
圖 3.13 臺灣地區 GNSS 連續站平面坐標之精度空間分布圖	74
圖 3.14 臺灣地區 GNSS 連續站高程坐標之精度空間分布圖	75
圖 3.15 臺灣西南部地區 GNSS 連續站之坐標精度統計圖	76
圖 3.16 臺灣西南部地區 GNSS 連續站坐標 E 分量之精度空間分布圖	77
圖 3.17 臺灣西南部地區 GNSS 連續站坐標 N 分量之精度空間分布圖	77
圖 3.18 臺灣西南部地區 GNSS 連續站平面坐標之精度空間分布圖	78
圖 3.19 臺灣西南部地區 GNSS 連續站高程坐標之精度空間分布圖	78
圖 3.20 臺灣東部地區 GNSS 連續站之坐標精度統計圖	79
圖 3.21 臺灣東部地區 GNSS 連續站坐標 E 分量之精度空間分布圖	80
圖 3.22 臺灣東部地區 GNSS 連續站坐標 N 分量之精度空間分布圖	80
圖 3.23 臺灣東部地區 GNSS 連續站平面坐標之精度空間分布圖	81
圖 3.24 臺灣東部地區 GNSS 連續站高程坐標之精度空間分布圖	81
圖 3.25 2016 年美濃地震水平地表同震位移場	87
圖 3.26 2016 年美濃地震垂直地表同震位移場	87
圖 3.27 2016 年美濃地震斷層錯位模型推求之水平地表同震位移場	88
圖 3.28 2016 年美濃地震空間內插法推求之水平地表同震位移場	88
圖 3.29 2016 年美濃地震之全臺水平地表同震位移場	89
圖 3.30 2016 年美濃地震之全臺垂直地表同震位移場	89
圖 3.31 102 與 105 年度經速度模型修正之基本控制點坐標差異圖	90
圖 3.32 102 與 105 年度經速度模型修正之基本控制點坐標差異量統計	90
圖 3.33 102 與 105 年度經速度模型與同震模型修正之基本控制點坐標差異	91
圖 3.34 102 與 105 年度經速度模型與同震模型修正之基本控制點坐標差異	91
圖 3.35 臺灣 1900 年 1 月至 2017 年 5 月 $M_L > 4.0$ 之地震分布圖	96
圖 3.36 臺灣 $M_L > 4.0$ 之地震孕震帶深度分布圖	101
圖 3.37 臺灣 $M_L > 4.0$ 之地震孕震帶平滑深度分布圖	102
圖 3.38 斷層正演模型用於推求地表位移量之點位分布圖	106
圖 3.39 逆衝斷層正演模型測試成果	108

圖 3.40 正斷層正演模型測試成果.....	108
圖 3.41 左移斷層正演模型測試成果.....	109
圖 3.42 右移斷層正演模型測試成果.....	109
圖 3.43 各震源位置正演模擬估算之最小地震規模分布圖.....	112
圖 3.44 不同深度各震源位置正演模擬估算之最小地震規模分布圖(1).....	113
圖 3.45 不同深度各震源位置正演模擬估算之最小地震規模分布圖(2).....	113
圖 3.46 全臺地表水平速度場.....	115
圖 3.47 全臺地表應變速率場與測量控制點分布圖.....	116
圖 3.48 1/20,000 精度規範適用情形.....	122
圖 3.49 一等衛星控制點之精度規範適用情形.....	122
圖 3.50 二等衛星控制點之精度規範適用情形.....	122
圖 3.51 加密衛星控制點之精度規範適用情形.....	122
圖 3.52 TWD97 坐標成果適用圖.....	123
圖 3.53 TWD97[2010]坐標成果適用圖.....	123
圖 3.54 市地精度規範適用圖.....	125
圖 3.55 市地精度規範適用情形.....	127
圖 3.56 農地精度規範適用情形.....	127
圖 4.1 衛星觀測資料預處理修正程式畫面(1).....	130
圖 4.2 衛星觀測資料預處理修正程式畫面(2).....	130
圖 4.3 Bernese 5.2 自動批次解算程序畫面.....	131
圖 4.4 資料處理架構圖.....	132
圖 4.5 衛星資料修正流程圖.....	133
圖 4.6 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理解算流程圖.....	134
圖 4.7 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(1).....	137
圖 4.8 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(2).....	138
圖 4.9 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(3).....	138
圖 4.10 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(4).....	139
圖 4.11 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(5).....	139
圖 4.12 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(6).....	140

圖 4.13 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(7)	140
圖 4.14 變位模式應用軟體之設計頁面(1).....	143
圖 4.15 變位模式應用軟體之設計頁面(2).....	143
圖 5.1 半動態基準建置架構圖	150
圖 5.2 半動態基準應用及坐標修正示意圖	151
圖 5.3 速度場網格模型更新時機示意圖.....	154

表 目 錄

表 1.1 本計畫作業時程表.....	16
表 2.1 各國建置國家半動態基準方式.....	31
表 2.2 日本神戶 2017 國家參考基準建置實務會議主題整理.....	35
表 2.3 方位角閉合差比較表.....	39
表 2.4 位置閉合差或閉合比數比較表.....	39
表 2.5 我國衛星定位測量作業精度規範.....	40
表 2.6 美國衛星定位測量作業精度規範.....	41
表 2.7 紐西蘭衛星定位測量作業精度規範.....	42
表 2.8 日本衛星定位測量作業精度規範.....	42
表 2.9 各國衛星定位測量作業精度規範比較.....	43
表 2.10 宗地分類比較表.....	43
表 2.11 圖根點至界址點誤差範圍比較.....	46
表 2.12 數值法之界址點邊長誤差範圍比較.....	47
表 2.13 圖解法之界址點邊長誤差範圍比較.....	48
表 3.1 本計畫蒐集暨解算成功並使用的 GNSS 連續觀測站資料統計.....	56
表 3.2 本計畫使用的歷年 GNSS 觀測資料統計.....	56
表 3.3 本計畫 GNSS 連續站觀測資料計算分區統計.....	59
表 3.4 GPS 連續觀測站各單位提供與實際解算資料表.....	61
表 3.5 臺灣 1999 年集集地震以來之主要地震事件統計表.....	86
表 3.6 地震規模與地表位移對照表.....	99
表 3.7 臺灣各縣市衛星觀測站數量統計表.....	119
表 3.8 測量精度規範與地表應變速率對照表.....	121
表 3.9 縣市行政區控制測量坐標系統選擇建議.....	123
表 3.11 測量精度規範及地表應變速率.....	126
表 5.1 國家半動態基準建置之研究分析工作規劃進程表.....	152

第一章 前言

坐標系統為數值化描述地表位置之重要依據，亦為國家建設、測繪發展、學術研究的基礎。理論上，坐標系統不應隨著時間而產生變化。然而實務上，受到板塊相對運動的影響，使得國家控制點坐標產生長期近似穩定的相對位移，或因為瞬間特殊事件(如地震)衍生所致的相對地表錯動，造成坐標系統隨時間而漸失去其原有的相對精度而不敷各界使用。

全面推展國家測量控制點檢測作業為維持國家坐標系統精確性最簡單且最具體方式。然而，此項作業耗費龐大測繪經費，對於國家財政將是一項重大負擔，除非遇有如颱風、水災、地震等重大自然災害產生的顯著變位而必須全面檢測之外，否則不宜短期高頻率重覆辦理全面檢測工作。因此，有效應用現有測繪資源，例如運用 GNSS 觀測站建立區域性的半動態基準(semi-dynamic datum)即為一可行而且能夠有效率維護國家坐標系統之方式。

建置區域半動態基準的要件為必須具有一高品質的速度場模型，應用此模型可以推估給定時間下任意位置所對應的坐標值，使得在穩定的速度下，且未有重大的板塊瞬時運動或其他造成顯著位移事件發生時，得以維持國家坐標系統的精確性。簡言之，高精度的速度場模型對於區域性半動態基準之建立扮演重要角色。如何獲得一個高品質的速度場模型，進而建立區域性的半動態基準以維護國家坐標系統的精確度，為未來重要的課題與發展趨勢。

在國際上，日本、紐西蘭以及美國等位處板塊相對運動顯著的國家，均分別採用半動態基準維持其國家坐標系統的精確性，使用的半動態基準包含了靜態大地基準及地殼變形(*crustal deformation*)模型兩大部分，其中地殼變形模型包含了(1)震間速度場(*interseismic velocity field*)，即兩個主要地震之間的板塊長期穩定運動，一般而言，若無大地震發生，其速度值並不會有顯著改變；與(2)同震位移場(*coseismic displacement field*)，即主要地震發生當下的地表位移，多採用地震發生前後數天的坐標差異量作為同震位移場。震間速度場與同震位移場皆包含水平和垂直兩個分量，目前日本、紐西蘭及美國均先集中於水平分量的估計工作上。利用震間速度場與同震位移場即可以產生半動態基準所需要的地表變形模式，亦即「地表速度模型」與「同震地表位移模型」。

紐西蘭於 1998 年發展其新的大地基準(*New Zealand Geodetic Datum 2000, NZGD2000*)，為了延長 *NZGD2000* 的使用年限，紐西蘭利用境內的 GPS 觀測站資料建立區域速度場模型，以此推估各時刻的國家坐標系統，並反映區域內因板塊相對運動產生的點位變位量 ([Grant et al., 1995](#))。日本亦於 2002 年公布其大地基準(*Japanese Geodetic Datum 2000, JGD2000*)，由於位處西太平洋數個板塊的交界帶上，日本政府建置了高密度 GPS 連續站網用以監測國土區域內的板塊活動，藉此建立速度場模型作為坐標變位量之修正，以維護國家坐標系統的精度 ([Yoshiyuki et al., 2007](#))。

臺灣地區亦位於數個板塊邊界(Yu *et al.*, 1997; Yu *et al.*, 1999; Yu and Kuo, 2001) (如圖 1.1)，地殼的應變速率約為 0.1-1.0 $\mu\text{strain/yr}$ (Bos *et al.*, 2003; Chang *et al.*, 2003; Hsu *et al.*, 2009a)，特別在臺灣西南部旗山斷層至六甲-木屐寮斷層間有約 0.7-1.4 $\mu\text{strain/yr}$ 之最大壓縮量(Yu and Chen, 1994)，遠高於日本地區平均約為 0.1 $\mu\text{strain/yr}$ (Sagiya *et al.*, 2000)，以及美國南加州地區平均約為 0.1 $\mu\text{strain/yr}$ (Ward, 1994)。在震間時期(interseismic period)，臺灣東部地區的地表速率可達約 70 mm/yr。自有大地測量紀錄以來，臺灣因為大地震造成的同震位移量(coseismic displacement)，小則約 30 mm，如 2010 年 M_w 6.2 甲仙地震(Ching *et al.*, 2011)，大則可達約 10 m，例如 1999 年 M_w 7.6 集集地震(Yu *et al.*, 2001)。1999 年 M_w 7.6 的集集地震與 2003 年 M_w 6.8 的成功地震均有顯著的震後變形(Hsu *et al.*, 2002; 2007; 2009b; 2009c; Yu *et al.*, 2003; Chen *et al.*, 2006; Cheng *et al.*, 2009)。

內政部於 101 年 3 月 30 日公告新的國家坐標系統名為一九九七坐標系統 2010 年成果(簡稱 TWD97[2010])，由於未有點位的速度，因此，就本質言，TWD97[2010]仍屬於一「靜態」的坐標系統。隨著時間的增長，可預見將逐漸失去原成果的精度，因此，如何有效延續國家坐標系統的精確性乃為國家測繪工作的一項重要任務，而建立臺灣地區的半動態基準則扮演了相當重要角色。

近年來，內政部國土測繪中心(以下簡稱國土測繪中心)以及各相關測繪單位於臺灣地區陸續完成約 4 百餘座 GNSS 連續觀測站的建置工作，長期觀測蒐集衛星定位資料，國土測繪中心亦已於 101~105 年度完成約 1,400 個基本控制點的檢測工作，具有相當完整的地表變位監測數據。

臺灣地區 TWD97 國家坐標系統變位模式建置計畫，於 102 年度完成先期研究分析工作，為現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式之基礎。105 年度進一步執行變位模式的精進計畫，研提國土測繪基準更新及維護策略，並且辦理成果的推廣研討。在計畫執行期間亦設計解算軟體(Bernese 5.2)自動解算程序，提升 GNSS 資料解算效能。

本 106 年度基於 102、105 年的計畫成果，規劃三年的作業期程(自 106 至 108 年度)，針對大地及高程基準的更新與維護策略持續蒐集相關文獻，藉以分析其與歷年研究成果之異同以及與我國現行法規之對應，同時更新 e-GNSS[2017]坐標成果以及擴充相關資料處理軟體之設計；在接續的 107、108 年度計畫工作中，將持續精進更新 TWD97 國家坐標系統變位模式、相關 GNSS 觀測成果之分析以及相關處理軟體功能的擴充與調整。

本年度計畫持續結合了全臺分布的 GNSS 連續站、國土測繪中心基本控制點檢測成果以及經濟部中央地質調查所(以下簡稱地調所) GPS 移動站成果資料，考量震間以及同震的變形量以精進估計各地表觀測站的速度值，進一步建置含時間因子的內插網格模式，以精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式。國土測繪中心的基本控制點檢測成果與中央地質調查所 GPS 移動站的歷年成果，作為本計畫變位模式之驗證與精進使用；在工作執行過程中，本計畫提出臺灣地區精進內插網格模式時，點位檢測的優先順序與點數建議，同時分析衛星觀測站品質、坐標變化情形、精度與趨勢，並分析 e-GNSS 即時定位系統觀測站的定位成果，提供作為建置國家半動態基準的參考。

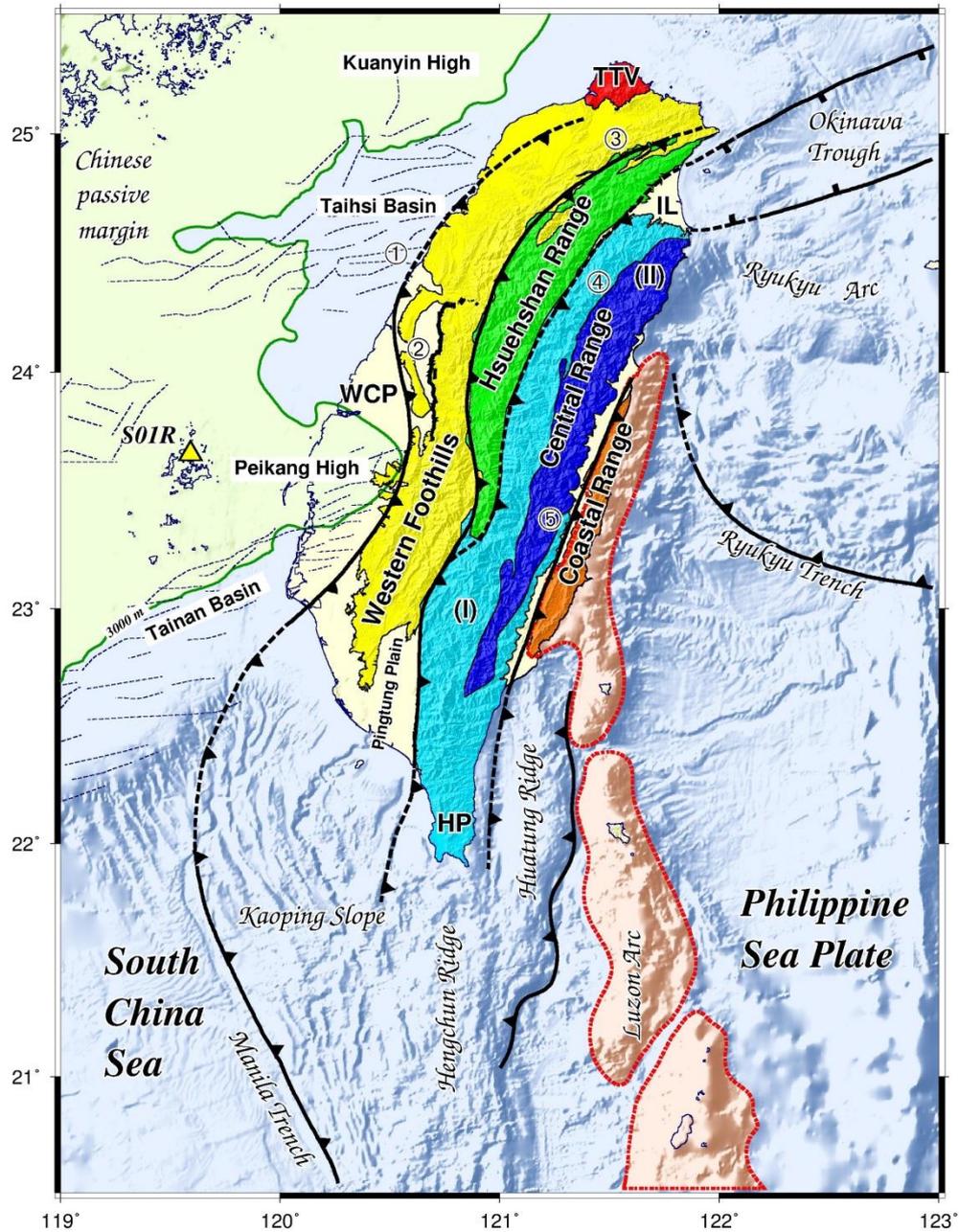


圖 1.1 臺灣大地構造框架

說明：綠色的大陸邊緣區域為先第三系基盤高區的位置(Lin *et al.*, 2003)。虛線為碰撞造山前所發育之正斷層。WCP 為西部海岸平原；TTV 為大屯火山；HP 為恆春半島；IL 為宜蘭平原。數字 1-5 分別代表變形前緣、車籠埔斷層、屈尺斷層、梨山斷層及縱谷斷層。I-II 分別代表中央山脈西翼板岩區及中央山脈東翼變質雜岩區。

1.1 作業目標與範圍

臺灣位處板塊運動的活躍區域，境內包含多個斷層且地震頻繁。可預期 TWD97[2010] 坐標成果經過數年後，部分地區的點位坐標將不敷測繪作業之精度需求，屆時將需要重新訂定公告。然而，僅局部檢測並重新公布坐標容易造成使用上以及管理維護上的困擾，因此，建立國家坐標系統變形修正模型，將原有「靜態」的坐標系統增加一定義的參考時間點，藉由時間序列的坐標位移修正，以進行成果與時間相關之擬合，可維持國家坐標系統於一定精度，有效節省測繪成本並兼顧各項應用之所需。

綜合而言，對於臺灣現今公告使用的 TWD97[2010]國家坐標系統，建置並精進現代化的變形模式為重要工作，其亦為本案預期達成的目標。本案的涵蓋範圍為臺灣本島之 TWD97[2010]成果，考量空間變位不連續的特性下，納入同震變位量以評估地震影響。

延續 105 年度的計畫，本案精進的變形模式包括震間的速度模式與因為地震引起的同震位移之變位模式。在速度模式方面，持續整合臺灣地區的 GNSS 的觀測站資料(包括連續站與移動站)，可藉以獲得更可靠的地表速度資訊，站數較密集的地調所移動站與國土測繪中心的基本控制點檢測成果，可以作為加密與成果檢核使用，提升速度模式的精度與可靠性。

在變位模式方面，針對觀測資料期間內的主要造成重大災害之大規模地震推估其變位量，作為精進變位模式的參考依據，同時參考國外現行作法，分析與我國現行法規或作業方式差異與對應之處，提出可供實務測繪應用的參考資訊。

因此，對於精進國家坐標系統變位模式之建議如下：

1. 持續整合計算臺灣地區的 GNSS 觀測站資料(包括連續站與移動站)，藉由各觀測站的每日坐標成果以及臺灣的地質特性，推算各站的地表速度，建立並精進震間速度模式。
2. 利用連續站獲得的速度場資訊，評估地表速度模式成果的品質優劣，探討分析利用站數較多的移動站觀測結果，進行加密與精進速度模式的測站位置與分布密度規劃，以達最佳效益。
3. 評估不同的同震變位模式推估方案以及不同類型星曆之適用性與可達精度，提供建立同震變位模式策略的參考。
4. 評估內插網格模式的精度與處理方案，提出精進全區變形模式之最佳方式，藉以達到維護國家坐標系統精度之目的。
5. 使用者操作介面的簡單化、單一化與更新維護的便利性為實務階段的主要考量因素，並影響其普及應用之程度，因此，設計一操作簡便、易於熟悉了解的工具程式，亦為發展的項目之一。

另外，就大地及高程基準之更新維護與未來發展而言，本年度持續解算國土測繪中心蒐集提供的 105 年 10 月 1 日至 106 年 9 月 30 日臺灣地區 GNSS 連續觀測站資料；並且持續分析由國土測繪中心提供的約 1,400 點之基本控制點檢測成果、91 年 1 月 1 日至 105 年 9 月

30 日約 365 站的臺灣地區連續觀測站資料解算成果、地調所 GPS 移動站歷年觀測成果約 850 點，及水利署彰雲嘉水準測量成果與國土測繪中心 103 至 104 年臺灣一等水準網水準測量成果等，有效掌握長期且高密度分布的地表三維變位量，為精進維護水平方向以及高程垂直方向的必需條件，本案以類似建立水平速度場之模式與方案，評估建立臺灣地區高程半動態框架的可行性。

藉由國土測繪中心提供的高程測量相關監測成果，將有助於建立臺灣地區可靠的垂直速度模型，降低維持國家高程系統的成本。然而，此項工作面臨非自然因素造成的地表位移(例如地層下陷)，其將導致垂直運動呈現非穩定之變化。因此在地層下陷區須要透過短周期、高頻率的速度場更新機制，以達到高程基準更新維護之目的；建議可評估應用下陷區域內的 GNSS 監測站橢球高變化速率資訊，以輔助維持區域內高程系統的精度。

1.2 工作項目與作業進度

本案的工作項目簡述如下：

(1) 持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略

本工作項目包括兩個部分：(1) 持續蒐集及分析包含日本、紐西蘭及美國「半動態基準」相關文獻，分析與歷年研究成果的差異，並藉由文獻之蒐集分析，比較對應於我國現行的相關法規；(2) 持續蒐集及分析國外有關高程基準管理維護相關文獻。

(2) 持續更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式

本工作項目將延續 102、105 年度工作計畫(內政部國土測繪中心, 2012; 2013; 2014; 2015; 2016), 持續辦理國土測繪中心提供的 GNSS 連續站資料解算工作, 同時運用國土測繪中心提供的基本控制點檢測成果與地調所 GPS 移動站觀測成果, 持續精進更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式並分析成果精度。

(3) 計算 e-GNSS[2017]坐標成果

本計畫已解算由國土測繪中心提供的 105 年 12 月 1 日至 106 年 1 月 31 日 GNSS 連續站觀測資料, 並加入鄰近 IGS 國際站資料進行聯合計算, 同時約制國土測繪中心頂樓觀測站 LSB0 之坐標, 計算 106 年 1 月 1 日 e-GNSS 各基準站的坐標值, 並進行精度分析, 以作為 e-GNSS[2017]更新依據。

(4) 擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體

為使衛星定位資料之解算更自動化, 提升計算工作效率與成果品質維護, 本工作項目擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體之功能設計, 並配合國土測繪中心進行實機測試。

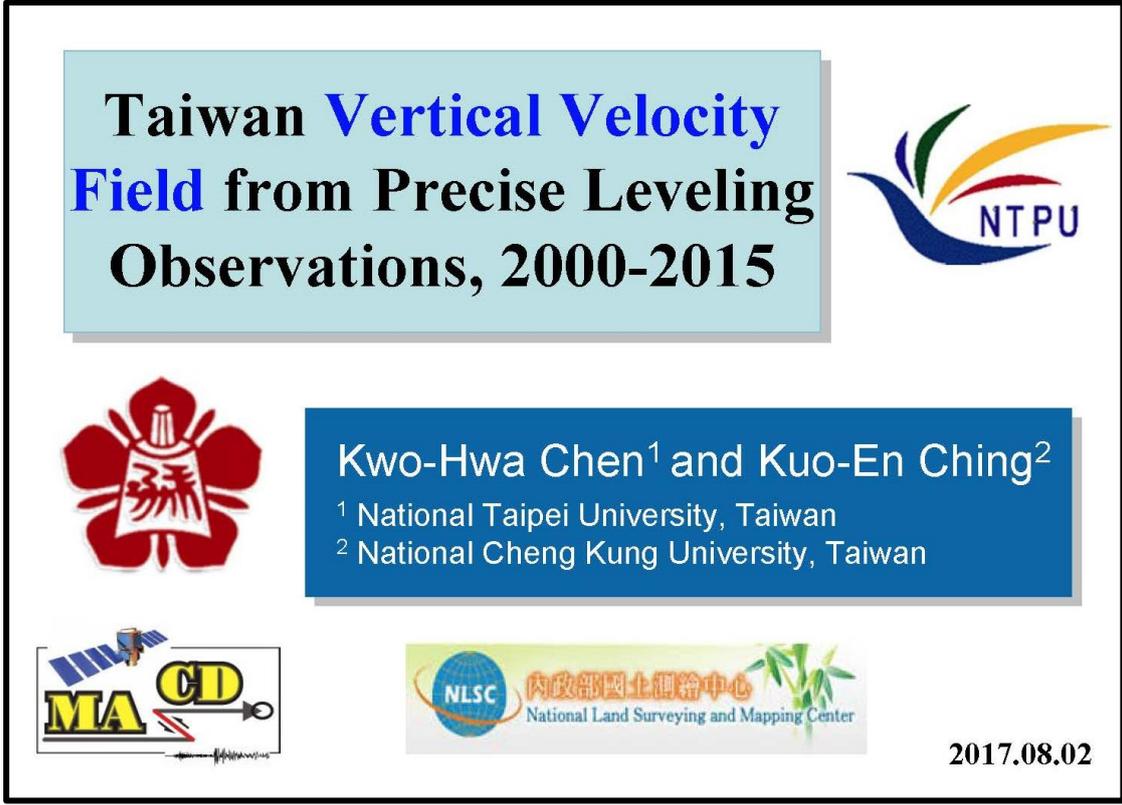
(5) 更新變位模式應用軟體

今年度的執行工作中, 除了增進更新 102 年度之變位模式應用軟體功能外, 亦涵蓋主要地震發生前之速度模式與地震發生時的變位模式, 配合國土測繪中心提供的測試資料, 進行轉換至 TWD97[2010] 結果之測試與轉換分析。

(6) 提送國內期刊論文

為提升本案工作的能見度，落實本計畫案變位模式成果之發展與應用，合約內容敘明須整理相關成果提送國內期刊論文 1 篇(含)以上，並於至少 1 場研討會發表。

本團隊已整理本案相關成果，分別投稿刊載於 106 年 7 月出版之「國土測繪與空間資訊」期刊第五卷第二期之中，出版刊載資訊如附件六所示；以及投稿並且已經線上刊載於 2017 年 7 月之 Journal of Asian Earth Sciences 之國際知名 SCI 期刊，線上刊載資訊如附件七。同時亦分別在 106 年 7 月 30 日~8 月 4 日於日本神戶舉辦之 IAG-IASPEI 2017 國際研討會議發表「Taiwan Vertical Velocity Field from Precise Leveling Observations, 2000-2015」(圖 1.2)，以及 106 年 8 月 16~18 日的 2017 中華民國測地學會年會暨學術研討會發表「臺灣水平半動態基準之建立」(圖 1.3)；另外，亦於 106 年 8 月 30 日~9 月 1 日於臺南成功大學舉辦的第 36 屆測量及空間資訊研討會發表「臺灣平面半動態基準(框架)之建立」(圖 1.4)、「臺灣動態垂直大地基準之建立」(圖 1.5)與「臺灣平面半動態基準之實務應用與規範探討」(圖 1.6)，總計共五篇研討會論文口頭報告。



Taiwan Vertical Velocity Field from Precise Leveling Observations, 2000-2015



Kwo-Hwa Chen¹ and Kuo-En Ching²
¹ National Taipei University, Taiwan
² National Cheng Kung University, Taiwan



2017.08.02

圖 1.2 IAG-IASPEI 2017 日本神戶國際研討會議發表成果



臺灣水平半動態基準之建立



陳國華、景國恩、楊名、
陳鶴欽、林文勇、梁旭文、
劉正倫



2017.08.17

圖 1.3 2017 中華民國測地學會年會暨學術研討會發表成果

臺灣平面半動態基準(框架)之建立

Establishment of Taiwan Horizontal Semi-dynamic Datum

靜態框架 v.s. 半動態框架 **(a) 均勻一致的塊體運動**

為何不直接建立動態框架？

陳國華
國立臺北大學 不動產與城鄉環境學系

景國恩
國立成功大學 測量及空間資訊學系

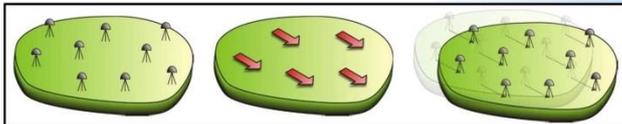
楊名
國立成功大學 測量及空間資訊學系

陳鶴欽
內政部 國土測繪中心

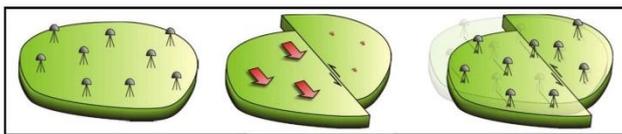
林文勇
內政部 國土測繪中心

梁旭文
內政部 國土測繪中心

劉正倫
內政部 國土測繪中心



(b) 具有相對運動的塊體運動



地殼變形

靜態國家坐標系統之「相對精度」必然會隨著時間增長而逐漸下降！




1

圖 1.4 第 36 屆測量及空間資訊研討會發表成果(1)

臺灣動態垂直大地基準之建立





陳國華¹ 景國恩²

¹ 國立臺北大學 ² 國立成功大學




2017.08.30

圖 1.5 第 36 屆測量及空間資訊研討會發表成果(2)

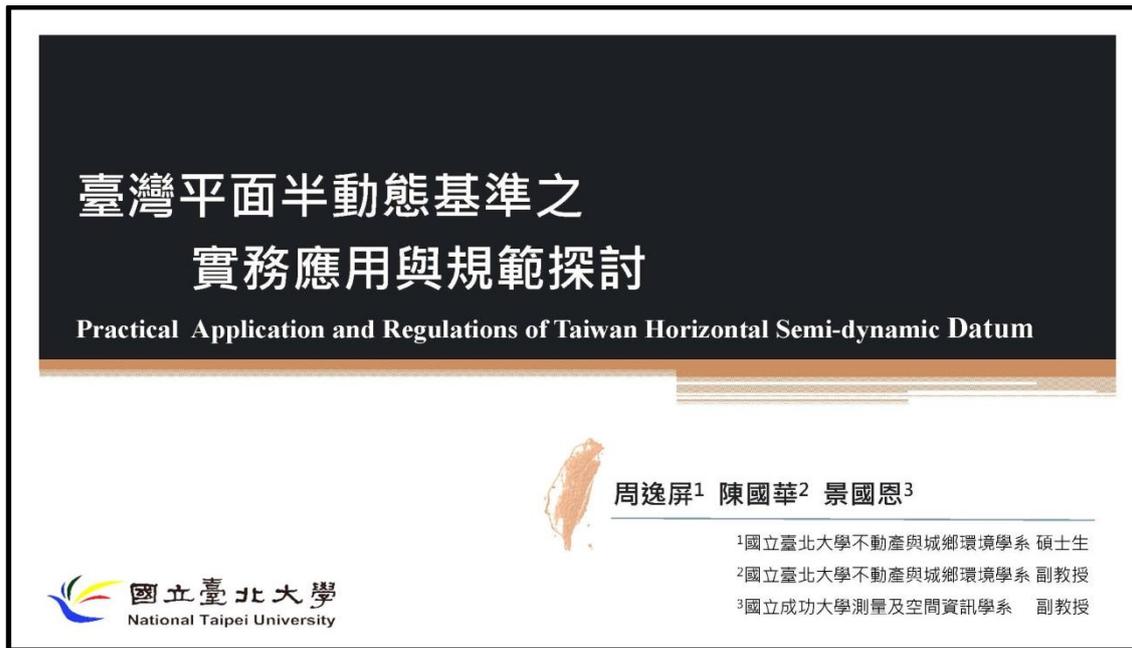


圖 1.6 第 36 屆測量及空間資訊研討會發表成果(3)

除此之外，本團隊亦於 106 年 11 月 06、07 日邀請紐西蘭學者 Christopher Pearson 博士來臺訪問，分別於臺南成功大學(11 月 06 日)以及臺中國土測繪中心(11 月 07 日)進行兩場演講，並相互經驗交流與座談。Christopher Pearson 博士分享他在美國 NGS(National Geodetic Survey)、紐西蘭 LINZ(Land Information New Zealand)與尼泊爾進行半動態基準研究與建置塊體模型的經驗，演講相關資訊如下。



圖 1.7 Christopher Pearson 博士演講 - 臺南成大(1)

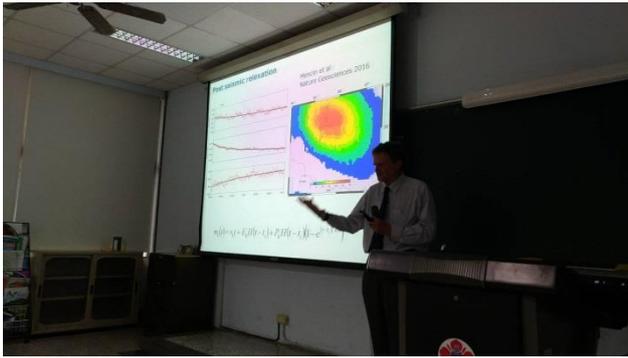


圖 1.8 Christopher Pearson 博士演講 - 臺南成大(2)



圖 1.9 Christopher Pearson 博士演講 - 臺中國土測繪中心



圖 1.10 Christopher Pearson 博士演講題目 - 臺南成大

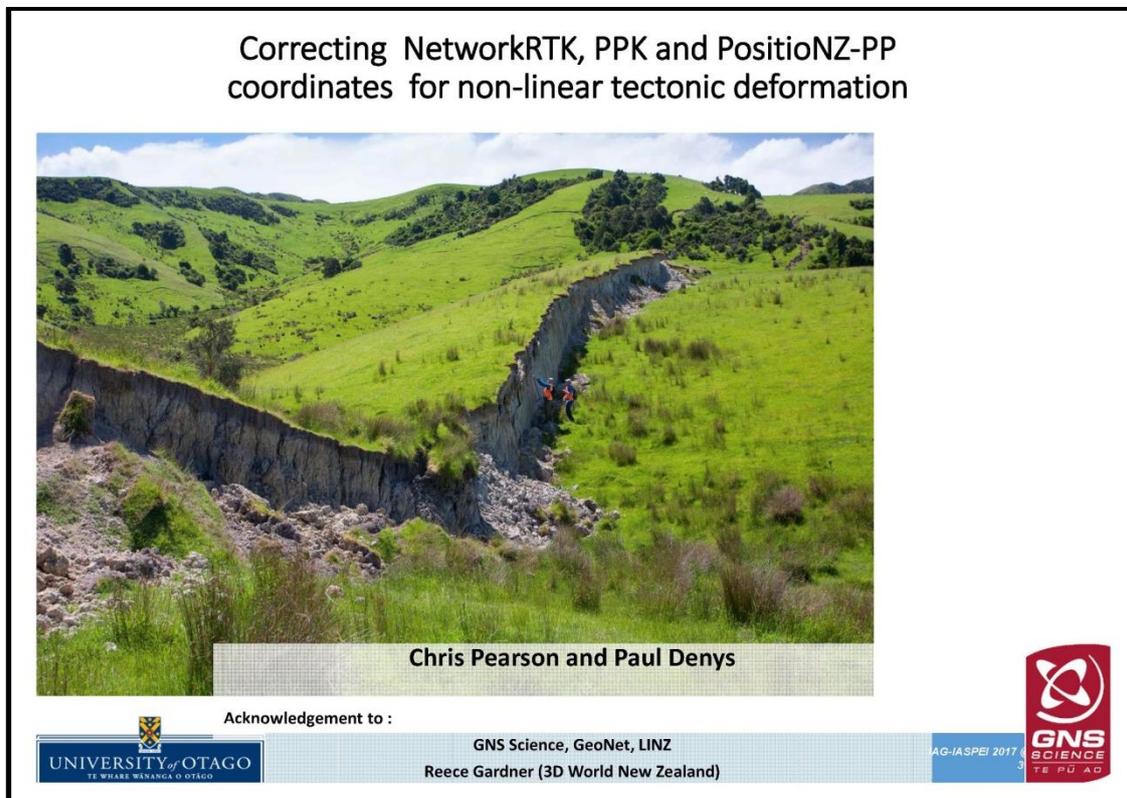


圖 1.11 Christopher Pearson 博士演講題目 - 臺中國土測繪中心

本計畫於 106 年 4 月 7 日決標，作業時程為 240 個日曆天，約 8 個月，作業進度如表 1.1 所示，黑色線段表示本計畫規劃之時程，下方淺色線段表示執行完成進度；本計畫執行作業流程如圖 1.12。

表 1.1 本計畫作業時程表

工作項目	起迄月/日	4/8	5/8	6/7	7/7	8/6	9/5	10/5	11/4
		5/7	6/6	7/6	8/5	9/4	10/4	11/3	12/3
持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略									
持續更新現代化TWD97國家坐標系統變位模式									
計算e-GNSS[2017]坐標成果									
擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體									
更新變位模式應用軟體									
提送國內期刊論文									
期中報告									
工作總報告									

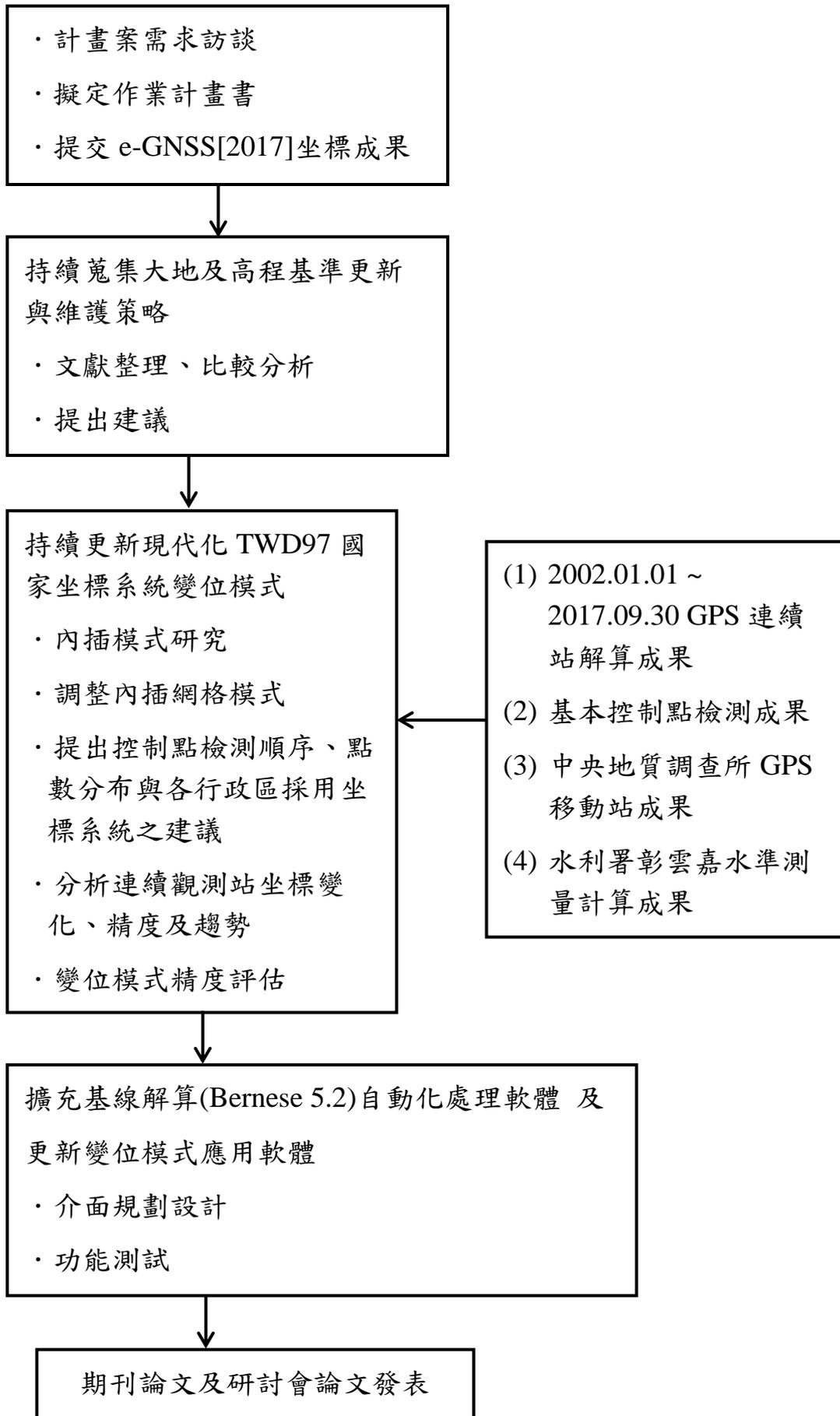


圖 1.12 計畫執行作業流程圖

本工作團隊分 3 個階段辦理本計畫各項工作，分述如下：

第一階段

於決標次日起 30 個日曆天內進行需求訪談(已於 106 年 4 月 13 日完成如附件二)，並根據本案工作項目、規格標評選與會人員意見(如附件一)及功能需求訪談紀錄，撰寫修正作業計畫書(如附件三)，內容包含作業目標與範圍、工作項目、工作方法及步驟、工作時程規劃、品質管制、對本案執行之建議事項等，併同 e-GNSS[2017]坐標成果，已於決標次日起 40 個日曆天內(106 年 5 月 17 日前)繳交。

第二階段

辦理本計畫案各項工作，並於決標次日起 140 個日曆天內(106 年 8 月 25 日前)繳交期中報告書，內容包含工作項目一(持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略)、二(持續更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式)之初步完成成果及其他各工作項目之作業進度，以及研究方法、蒐集之資料、文獻分析、初步研究發現、初步建議事項、參考資料及其他相關資料等。

第三階段

完成本案委託之工作項目，提供變位模式處理程式(含原始碼及安裝程式)、資料解算及分析成果、基線解算自動化處理模組(含原始碼及安裝程式)、工作總報告等，並於決標次日起 240 個日曆天內(106 年 12 月 3 日前)繳交。工作總報告內容包含前言、研究情形、執行成果及檢討與建議，建議事項包含變位模式維護方式及國家框架發展方向建議，圖表包含成果統計圖表及重要工作紀錄等，附件包含工作項目四及五、學術論文內容及提送證明(如附件六、附件七)等。

1.3 工作內容記實及相關資料

本工作團隊對於工作成果之品質管制與團隊分工，敘述如下：

- (1) 在持續蒐集相關文獻方面，本計畫持續蒐集近年的發表成果，以提供最新的參考資訊來源，並進行文獻內容比較分析、整理研究發現，透過團隊參與成員之討論提出相關建議。
- (2) 在 GNSS 連續站資料計算方面，依據作業計畫書成果品質管制及解算策略，以嚴謹的資料計算流程進行解算，確保成果的正確性，並經由各 GNSS 連續站的每日坐標時間序列分析，檢視每站的解算結果，透過定期的團隊內部會議以及配合國土測繪中心召開的工作會議，討論衛星定位資料計算之成果及分析探討，確保成果的精度與可用性。
- (3) 內插網格變位模式之分析研究，根據文獻的蒐集與比較，將本計畫案得到的地表監測資料進行網格變位模式研究，在分析過程中，以連續站、國土測繪中心基本控制點檢測成果及地調所移動站之觀測資料(包括速度、坐標值)進行本案變位模式可達精度的驗證，並將研究成果與國際相關成果比較，以確保成果品質，達到國際水準。
- (4) 擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體的開發，整理本計畫進行衛星定位資料計算之標準流程，提供軟體開發人員規劃設計的參考依據，並定期測試軟體功能以及配合委託單位的實機測試審查、透過討論修正以確保軟體之可用性，以符合工作目標。

- (5)更新變位模式應用軟體，依據本計畫研究之變位模式成果，以及產製的網格資料，提供軟體開發人員規劃設計之參考。使變位模式應用軟體具有網格資料輸出模組、待測點位成果輸出模組、成果統計分析模組以及轉換成果的分析測試，使其可提供使用者實務應用所需。工作團隊定期測試軟體，並配合委託單位提供的測試資料進行實機測試審查，以確保本軟體設計功能之完善。
- (6)團隊分工方面，由計畫主持人規劃指導計畫之執行並督導各項工作依照預定進度完成、繳交各項工作成果、期中、期末報告等；共同主持人協助計畫之執行與資料分析；工作人員方面，助理陳江鑫、石晶瑩、蘇冠臻、碩士生助理周逸屏、蕭詩涵、劉宣萱、林好宣等人負責 GNSS 連續站資料的計算，提出 e-GNSS[2017]坐標成果、分析 GNSS 連續站、移動站的變位量與速度以及變位模式的精進與更新(包含利用水準高程測量資料進行垂直速度場建立之評估)；呈豐科技有限公司負責「擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體」與「更新變位模式應用軟體」之開發；助理陳芊如、蔡宜真負責行政事務。

本工作團隊對於上述各項工作成果之品質管制，定期舉行工作團隊會議，針對各項目進行檢核討論，同時對於資料計算成果之統計與不合理結果進行問題檢視並提出解決方案，另外依據解算結果建立統計表提供檢核與量化管制指標之根據。在工作團隊會議期間，臺北與臺南團隊成員採網際網路連繫方式，進行成員之間的有效溝通，以確認工作執行與成果之妥善率。

本計畫目標為精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式，102 年度已完成先期分析工作，奠定變位模式的基礎，並於 105 年度進行精進計畫，研提國土測繪基準更新與維護策略、辦理成果推廣研討、設計解算軟體(Bernese 5.2)自動解算程式等。

本年度基於 102、105 年度的計畫執行成果，規劃 106 至 108 年度三年作業期程，持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略，藉以分析與歷年成果的異同並對應於我國現行的相關法規，同時亦完成 e-GNSS[2017]坐標之更新；在應用軟體設計方面，擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體功能，以及設計更新變位模式應用軟體，提供使用者實務作業之用。在接續的 107、108 年度裡，將持續更新精進 TWD97 國家坐標系統變位模式、相關 GNSS 觀測成果之研究分析，以及對應處理軟體功能的擴充與調整應用。

本年度計畫持續整合地調所 GPS 移動站歷年成果(約 850 站)，考量變位之不連續性以及同震變形量，以精進估算各 GNSS 觀測站的速度值，據此建置考慮時間因子的內插網格模式，達到精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式的目標。國土測繪中心 1,400 個基本控制點檢測成果與地調所 GPS 移動站的成果，亦作為本計畫變位模式的精進與驗證使用。同時，本計畫亦提出臺灣地區精進內插網格模式之點位檢測優先順序與點數建議，並分析衛星資料品質。

第二章 文獻回顧

本年度工作延續 102、105 年度 TWD97 國家坐標系統變位模式計畫(內政部國土測繪中心，2012; 2013; 2014; 2015; 2016)，內容計有兩個部分，首先，持續蒐集分析包含日本、紐西蘭及美國「半動態基準」相關文獻，並與我國現行的相關法規進行比較；其二，持續蒐集分析國外有關高程基準管理維護文獻，分別說明如下：

2.1 國內外之國家大地基準更新與維護策略

《歷年度文獻整理成果》

大地基準與國際坐標參考框架(International Terrestrial Reference Frame, ITRF)的相對關係可經由定義在某選定的參考時刻之相對位置而得，為保持兩者的相對位置不受到板塊運動影響，採用一個速度模型以推估因板塊運動引起的坐標變位量，進而推求特定時刻坐標值；或將其他時刻的坐標推算至參考時刻的對應值，並儘可能考慮區域內板塊運動的效應以進行相對時刻的位置修正，藉以維護國家坐標系統之精確性，即為半動態基準(semi-dynamic datum)的觀念。

2011 年 3 月 11 日發生於日本宮城外海的 M_w 9.0 地震不僅對日本東北以及關東地區帶來災害性的地表震動、建物損毀、海嘯侵襲、人員傷亡與核子災難等難以估算之危害；由另一個角度觀之，這次地震也將日本東北地區的國土向東推移最大約 5.3 m，沉陷約 1.2 m 的量值(Ozawa *et al.*, 2011)。如此短時間大規模、大面積的地表位移對於國家及區域測量控制網影響甚鉅。然而，板塊位移與斷層錯動所產生

的地表變形不僅侷限於地震造成之同震變形(coseismic deformation)；大地震發生前的震間變形(interseismic deformation)亦反映了板塊長時期的相對位移與斷層鎖定交互作用的結果(McCaffery, 2002)；而在大地震發生後，總會伴隨著持續且非線性的地表位移，其將延續近一年或是更長時間，這種位移形態稱之為震後變形(postseismic deformation)(Nur and Mavko, 1974; Thatcher and Rundle, 1984; Tse and Rice, 1986; Roeloffs, 1996; Peltzer *et al.*, 1996)。換言之，由於受到板塊運動與斷層特性的交互作用影響，須考量如何在節省測量經費下，建立不同時期的坐標轉換機制。在日本、紐西蘭、美西等地殼活躍地區，結合靜態坐標框架以及板塊運動特性的半動態大地基準作法，乃為維護國家坐標系統的新趨勢與重要議題之一(Blick *et al.*, 2005; Tanaka *et al.*, 2007; Pearson *et al.*, 2010; Pearson and Snay, 2012; Snay, 2012)。

美國國家大地測量局(National Geodetic Survey, NGS)於 1974 年至 1986 年間完成了數個國家量測計畫，依此決定了北美洲大地基準名為 NAD83(North American Datum of 1983)。由於美國本土跨越了北美板塊與太平洋板塊，NAD83 基準亦隨著時間而產生變位，使得精度下降。為維護 NAD83 基準的精度，NGS 於 1992 年公佈了點位平面坐標推估軟體(Horizontal Time-Dependent Position, HTDP)，提供使用者推估因板塊運動引起的坐標水平位移量，HTDP 軟體包含了用以推估長時間、相對穩定的常態水平板塊速度模型以及數個用來估計因地震引起的瞬間位移模型，並定期更新提供精確的板塊運動速度與地震引起的同震位移估計量(Pearson *et al.*, 2010)。

紐西蘭早期的國家大地基準(New Zealand Geodetic Datum 1949, NZGD49)也受到板塊運動影響,使得基準站之間的相對精度亦逐漸下降而不敷使用。為提供一個架構於國際參考框架之下且符合精度需求的國家坐標系統,紐西蘭土地資訊局(Land Information New Zealand, LINZ)自 1998 年開始建立新國家大地基準名為 New Zealand Geodetic Datum 2000 (NZGD2000) (Grant *et al.*, 1999)。由於紐西蘭地區跨越了澳大利亞板塊與太平洋板塊, NZGD2000 亦隨著板塊運動而改變。因此, NZGD2000 建立時即考慮板塊位移效應而採用半動態基準概念。其架構於 ITRF96 之下,參考時刻為 2000.0,並採用該國地質與核能科學研究所(Institute of Geological and Nuclear Sciences, GNS)建立的板塊模型,以點位的速度量來描述因板塊運動引起的長時期、相對穩定的常態變位量。GNS 首先計算區域內,相同坐標參考框架下的 GNSS 連續觀測站以及若干基本控制點的位移速度,並採用內插模組計算區域網格點的速度量,再依據網格點速度量以雙線性內插方式獲得任意位置的速度值,由於尚未有足夠的資料可精確估算垂直方向的速度,因此, GNS 建立的速度場模型僅考量水平方向如圖 2.1,速度值均相對於澳大利亞板塊(如圖上位於澳大利亞板塊的黑點位置,假設其速度量為零)。

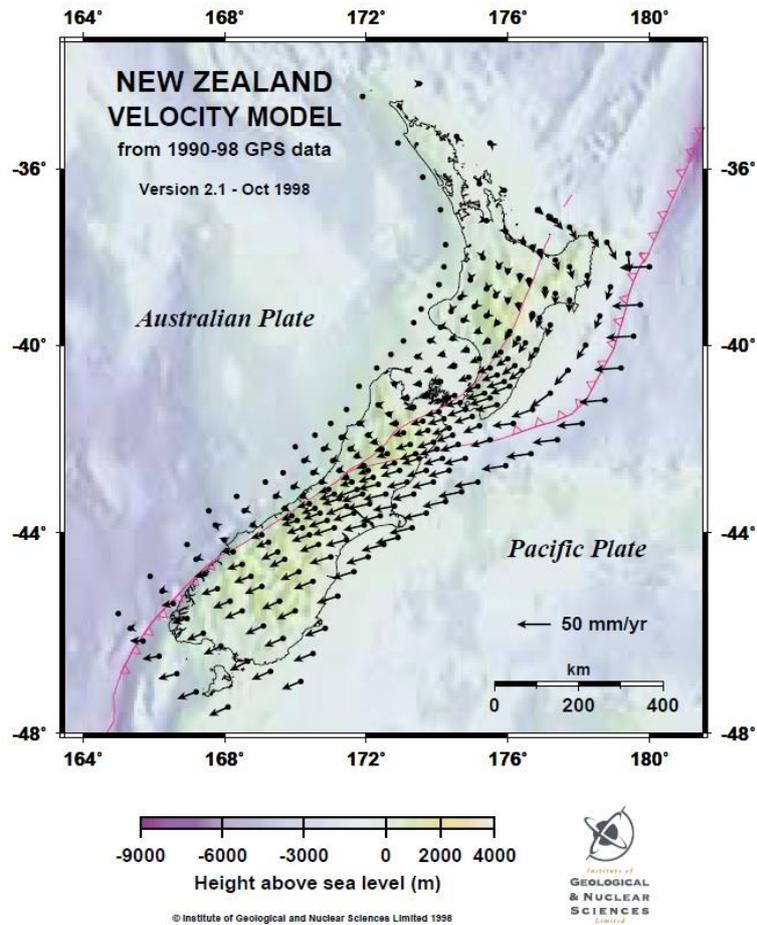


圖 2.1 紐西蘭 GNS 建置的水平速度場模型

為獲得更精確的速度模型，除了長時間常態的變位速度資料外，LINZ 亦加入了特殊事件(如地震)的影響，使能更有效的反映地表真實的位移變化情況(Blick *et al.*, 2005)。

日本國土地理院(Geospatial Information Authority, GSI)亦於 2002 年公告其新大地基準(Japanese Geodetic Datum 2000, JGD2000)。由於位於北美板塊、太平洋板塊，歐亞板塊以及菲律賓海板塊等 4 個板塊交界處，區域內的板塊運動亦非常活躍，也導致 JGD2000 基準受到重大影響，為維護 JGD2000 的精度，GSI 採用速度變位模型修正板塊運動影響(Tanaka *et al.*, 2007)。

JGD2000 採用的速度變位模型包括兩個部分，一為模擬因地震引起的板塊位移量，另一為模擬因板塊構造運動引起的長時期位移趨勢量。該變位模型採用內插地震前後的坐標變位量方式以模擬因地震引起的板塊位移，並應用克立金(Kriging)法內插推估得規則網格點的位移量(如圖 2.2)，再以雙線性內插模組獲得區域中任意位置的位移值，並開發一輔助計算軟體 "PatchJGD" 提供使用者計算修正位移量之後的點位坐標(Tanaka *et al.*, 2007)。

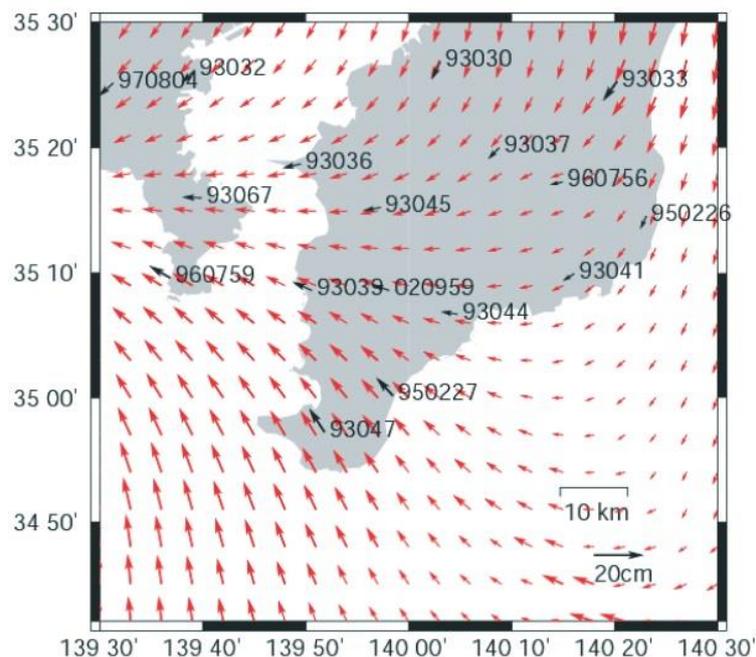


圖 2.2 日本規則網格內插變位量成果

臺灣地區為建立統一的國家坐標系統，內政部自 82 年度起陸續執行「應用全球定位系統實施臺閩地區基本控制點測量計畫」、「國家基本測量控制點建立及應用計畫」以及「國家基本測量發展計畫」等全國性測繪計畫，並於 1998 年 3 月 17 日訂定臺灣 1997 大地基準 (TWD97) 及參考坐標系統，公布 GNSS 連續觀測站(或稱衛星追蹤站) 8 站、一等衛星控制點 105 點以及 621 個二等衛星控制點等坐標。國土測繪中心接續將 1995 至 2003 年度測得的三等控制點歸算至 TWD97 坐標系統下，總計 4,710 點，以此建立全國統一且高精度的衛星控制點資料。

近年來，為因應並修正臺灣區域逐漸累積的板塊影響以及因地震、風災、水災所產生的位移量，內政部召開數次「大地基準及坐標系統更新維護機制」會議，最終決議現行的控制點坐標成果以及坐標基準框架仍繼續採用一九九七坐標系統(TWD97)，並命名為一九九七坐標系統 2010 年成果(簡稱 TWD97[2010])，於 101 年 3 月 30 日公告 18 個衛星追蹤站、並增選 219 個 GNSS 連續觀測站視為一等衛星控制點使用、併同原有 105 個一等衛星控制點、569 個二等衛星控制點，另再新加入 2,102 個三等衛星控制點，共計 3,013 點成果。

由臺灣地區長期的地表監測結果得知，東部蘭嶼地區相對於澎湖白沙站(S01R)的速度約為 82 mm/yr (Yu *et al.*, 1997)，故一般認為臺灣造山帶的生成源於歐亞板塊與菲律賓海板塊的相互擠壓作用(圖 1.1)。在臺灣造山帶的東北部，菲律賓海板塊沿著琉球海溝(琉球島弧隱沒系統)向北隱沒至歐亞板塊之下；相反地，菲律賓海板塊於臺灣南部沿著馬尼拉海溝(呂宋島弧隱沒系統)向西仰衝至歐亞板塊之上。

由於菲律賓海板塊相對於歐亞板塊向西北方向移動(Yu *et al.*, 1997), 發生在臺灣造山帶的弧陸碰撞即以 60-90 mm/yr 的速率向南傳遞, 使臺灣實質見證了一個全程—初期(南部)、中期(中部)及末期(北部)的造山運動(Suppe, 1981, 1984; Teng, 1996; Huang *et al.*, 1997; Lallemand and Tsien, 1997; Huang *et al.*, 2000)。

在臺灣附近的歐亞板塊上具有兩個主要的基盤高區(basement high), 北邊為觀音高區(Kuanyin high); 南邊則為北港高區(Peikang high) (圖 1.1)。這些構造高區相對於鄰近的造山帶具有高度的構造穩定性, 亦即具有較高之岩石強度(Yang *et al.*, 1991; Lin and Watt, 2002)。故歐亞板塊上南北二基盤高區的存在再加上向西北方向聚合的菲律賓海板塊, 此二者間之交互作用最終導致臺灣造山帶北北東走向主要構造, 呈現 S 形形態(Lu *et al.*, 1998; Lacombe *et al.*, 2003)。

基於岩石組成以及主要構造的差異, 臺灣大致上可以區分為五個北北東走向的主要地質分區, 各個地質分區間則由斷層相互區隔(圖 1.1)。由西向東, 此五個地質分區分別是西部海岸平原(Western Coastal Plain)、西部麓山帶(Western Foothills)、雪山山脈(Hsuehshan Range)、中央山脈(Central Range)及海岸山脈(Coastal Range)。

西部海岸平原由上新統至更新統之沖積扇沉積物所組成, 沉積物來源主要為西部麓山帶與中央山脈。西部麓山帶是由晚漸新統、中新統與早更新統之地層所組成。雪山山脈主要由始新統與漸新統之沉積物所組成, 並具有輕度變質。西部海岸平原、西部麓山帶與雪山山脈三者構造上是由一系列的褶皺與逆衝斷層所組成, 其構造位態主要為北至東北走向, 向東或東南傾斜(Suppe, 1980; Ho, 1986)。中央山脈

的主要特色是由一系列第三系之變質岩所組成。海岸山脈是由屬於北部呂宋島弧之晚第三系安山岩質火成岩與濁流岩相沉積物所組成。於中央山脈及海岸山脈間存在著一條重要的邊界－花東縱谷 (Longitudinal Valley)，此縱谷標示著以西為歐亞板塊與以東為菲律賓板塊的縫合帶(Angelier *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2001)。

除了上述五個主要的構造分區外，臺灣其他地區仍有一些值得注意的構造特性。過去一些研究認為，臺灣西南部的構造特徵被脫逸構造(escaping tectonics)所支配(Lu and Malavieille, 1994; Lu *et al.*, 1998; Lacombe *et al.*, 2001; Hu *et al.*, 2007; Ching *et al.*, 2007)。Lu and Malavieille (1994)與 Lu *et al.* (1998)首先指出因菲律賓板塊向西北方向擠壓且北港高區扮演一個地殼尺度的嵌入體(indenter)，使得介於北港高區與馬尼拉隱沒帶間的臺灣西南部地殼塊體(crustal block)朝西南西方向被擠出。Lacombe *et al.* (2001)則指出此西南向之脫逸行為主要可表現在位於臺南斷層(Tainan fault)、梅嶺斷層(Meilin fault)、旗山斷層(Chishan fault)上之右移斷層滑動分量與潮州斷層(Chaochou fault)上之左移斷層滑動分量。在臺灣的中西部，由於弧陸碰撞(arc-continent collision)的作用，導致具有數十公里累積滑移量之疊瓦狀逆衝岩片(thrust sheet)不斷地向西遞進而進入前陸地區(foreland) (Suppe, 1981; Teng, 1990; Shyu *et al.*, 2005)。此外，兩條現今正在活動、N140°E 走向的左移轉換斷層帶(transfer fault zone)－三義-埔里與嘉義轉換斷層帶－被較密集的地震活動帶所標示出來(Zhuang *et al.*, 2005)。

在臺灣北部地區，因菲律賓板塊隱沒反轉(subduction polarity reversal)的發生，使得臺灣北部逐漸由碰撞邊界轉變為琉球隱沒帶之應力環境(Suppe, 1984; Viallon *et al.*, 1986; Teng, 1996; Clift *et al.*, 2003; Rau *et al.*, 2008)。臺灣東北部介於雪山山脈與中央山脈之間的宜蘭平原則認為是具南北伸張環境之沖繩海槽(Okinawa trough)的向西延伸。

為精進 TWD97 國家坐標系統變位模式，本工作團隊蒐集了「半動態基準」相關文獻，並彙整、分析精進方式，包括內插網格模式建置方法的比較分析，同時考量空間不連續性與地質等特性。102、105 年度已蒐集彙整了相關的文獻內容，包含美國、紐西蘭、日本以及其他國家 - 加拿大、澳洲、韓國等關於震間變形模型與同震位移模型的建置方法，列如表 2.1。

表 2.1 各國建置國家半動態基準方式

	建置震間變形模型方法	建置同震位移模型方法
美國	根據塊體模型(包含塊體旋轉及斷層滑移)來估計地表速度場。	根據斷層錯位理論的方程式，據以估計同震位移的影響量。

紐西蘭	以雙三次樣條 (bicubic spline) 內插方程推估網格點的速度量，據以建立區域的速度模型。	先建置錯位模型，再以模型推估點位的位移量，依此建立三角網作為同震變形之模型。
日本	以克立金 (Kriging) 法內插推估網格點每年的位移量，據以建立區域的位移場模型。	以克立金 (Kriging) 法內插推估網格點在地震前後的坐標變位量，以估計同震位移的影響量。
加拿大	利用 GNSS 連續站及移動站推估的各站速度資料，以塊體模型以建立速度場模型。	根據 GNSS 連續站及移動站監測資料，以斷層錯位模型估計同震位移量。
澳洲	利用 GNSS 連續站及移動站推估的各站速度資料，以塊體模型以建立速度場模型。	根據 GNSS 連續站及移動站監測資料，以斷層錯位模型估計同震位移量。
韓國	利用 GNSS 連續站解算的各站坐標資料，以線性內插法推估建立變位模式。	以與距離相關的線性內插法估計地震前後的坐標變位量以推估同震位移量。

在震間變形方面，分為速度模型與位移模型。位移模型應用較簡單，但僅適合使用連續站資料得到合理可靠的訊號，否則位移量將包含非穩定構造運動之訊號，對其直接內插是有疑慮的，且各年間的位移場模型亦可能出現不連續型態；速度模型在使用上，具有方便推估任意時間間隔變位之優點，但當測站數不足或分布不均勻時，則無法獲得合理的速度模型，且在速度模式更新後，與原本的速度模型在相同時間間隔推估的變位量亦會存在差異。

就同震變形而言，由於地震影響是突發無法預估的，而且具有區域性，必須單獨考慮。當發生造成地表明顯位移之地震時，則必須建置對應的同震變形模型，如此才能正確推估點位之變位量。美國、紐西蘭及日本皆以事件的方式加入獨立模型來考慮地震造成測站突發的位移(同震變形)，因此，本計畫案亦探討重大地震同震變形模型之更新時機與方式。

在震後變形的估計方面，由於震後變形的型態是複雜的，需要較長時間的地表監測資訊以及對應的適合分析模式，而且與同震變形一樣具有區域性。因此，現階段本計畫所建立的變形模式僅先考慮震間速度與同震變位的影響，尚不包含震後變形。然而，震後變形的影響是重要的，將於下一階段之計畫納入變形模式的分析中。

《106 年度文獻整理成果》

除此之外，106 年 7 月 30 日至 8 月 4 日，本團隊成員前往日本神戶參加有關建立國家級參考基準的實務會議(Technical Seminar on References Frame in Practice)，這個會議由 FIG(International Federation

of Surveyors)主辦並由日本國土地院(GSI)承辦，是一個專門針對國家坐標框架建置工作所進行的討論與交流會議。在這個會議中，Geoffrey Blewitt 首先在「Geodetic reference frame theory and the practical benefits of data sharing」中簡介坐標框架的重要性與各產學界的框架精度需求，並提及不同測量技術對於框架建立之貢獻，最後提出觀測資料分享對於全球框架建立之重要性。

澳洲 John Dawson 在「Global to Regional to National: A practical approach to improving access to the ITRF」的演講中，提及澳洲政府花費許多心力與經費建立並維護 VLBI、SLR、GNSS 等系統，致力於提升澳洲在全球坐標框架系統精進中所扮演的角色；同時也提及澳洲將於 2020 年公告 Geocentric Datum of Australia 2020 (GDA2020)，其為一動態框架，並且提出其未來的國家坐標框架將命名為 Australian Terrestrial Reference Frame (ATRF)，其是一個與國際 ITRF 框架相互結合的框架系統。印尼的 Hasanuddin Z. Abidin 在「Semi-Dynamic Datum of Indonesia」說明印尼的半動態框架，雖然印尼的地表變形研究尚不足，然而印尼仍然決議建立其半動態框架。紐西蘭的 Matt Amos 在「Development of modern vertical reference frames」中，提及如何利用重力資料建立紐西蘭的現代高程系統。另一方面，在 Manabu Hashimoto「Crustal deformation modelling theory and examples」以及 Basara Miyahara 在「Case study of Japan crustal deformation monitoring with GNSS and InSAR」與 Chris Crook 在「Case study of New Zealand: the Kaikoura 2016 earthquake in New Zealand」的演講中，分別說明他們如何將地殼變形研究應用於坐標框架的建立之中，同時並提及 InSAR 資料在半動態框架建立的重要性，表 2.2 為會議內容之整理。

表 2.2 日本神戶 2017 國家參考基準建置實務會議主題整理

主題	講者&主題	內容
定義與介紹	<p>Prof. Geoffrey Blewitt, Geodetic reference frame theory and the practical benefits of data sharing 《大地參考框架理論與資料共享的實際益處》</p>	提供有關全球速度場測定的基本理論，並強調 GNSS 大地測量數據之獲得和共享的重要性，從科學、經濟與社會的角度，強調對參與國家的潛在好處。
三維參考框架	<p>Dr. John Dawson, Global to Regional to National: A practical approach to improving access to the ITRF 《從全球到區域再到國家：改善 ITRF 之方式》</p>	介紹國際地面參考框架 (ITRF) 的使用方法，並討論 APREF 框架，以及該框架如何改善亞太地區的 ITRF，最後介紹澳大利亞如何更新 APREF。
	<p>Dr. Anonius B. Wijanarto, Semi-Dynamic Datum of Indonesia 《印度尼西亞的半動態基準》</p>	印尼半動態基準的實現，包括垂直基準(大地水準面)。此外，由於印尼是個具有相對動態和地質構造背景的海洋群島，演講中介紹其新基準面建立的現狀、問題。
垂直參考框架	<p>Dr. Matt Amos, Development of modern vertical reference frames, a New Zealand Perspective 《紐西蘭現代化垂直參考框架的發展》</p>	<p>基於大地水準面的垂直基準是一個有效而準確的方法，可提供一致的高程參考基準，將一個地區目前或過去曾經使用的其他高程系統、幾何高與潮汐基準進行連結。</p> <p>本演講以紐西蘭垂直基準面的建立為例，展現如何達</p>

		到符合使用者需求和低成本的方式。
	<p>Mr. Kevin Kelly, Vertical Reference Frame and GIS 《垂直參考框架和 GIS》</p>	應用 GIS 系統進行垂直基準轉換,在 GIS 中進行 VRF 參考數據的管理與測繪數據的垂直轉換,並可提供兩個 IAG 服務:其中 IDEMS 為垂直地表數據的來源,以及 ISG 資料庫提供全球及區域大地水準面模型使用。
地殼變形模型	<p>Prof. Manabu Hashimoto, Modelling of crustal deformation 《地殼變形建模理論與 實例》</p>	利用 GNSS 和 SAR 等空間大地測量技術量測地球表面位移的理論。並應用錯位理論解釋位移,演講中以最近發生的地震和火山噴發作為例。
	<p>Mr. Basara Miyahara, Case study of Japan Crustal deformation monitoring with GNSS and InSAR 《日本案例研究》</p>	介紹日本地殼變形的監測和建模案例。日本地殼的變形持續利用 GNSS CORS 網絡(GEONET)和 SAR 干涉技術進行持續監測,開發連續變形模型呈現地殼變形和同震位移量。
	<p>Dr. Chris Crook, Case study of New Zealand: the Kaikoura 2016 earthquake in New Zealand 《紐西蘭案例研究》</p>	2016 年紐西蘭凱庫拉地震在紐西蘭南島造成了數公尺的變形,本演講解釋如何將此次地表變形納入紐西蘭大地測量基準之中。

2.2 各國與我國相關現行法規之對應探討

本節分別整理探討在(1)基本控制測量；與(2)地籍測量實務應用上對應的法規與規範，目前紐西蘭、日本及美國的法規與規範是在半動態基準下的靜態規範。由政府提供坐標半動態的轉換資訊，將坐標轉換為測繪當日之坐標，再進行坐標的測量與檢測，有關的法規與我國現行相關測繪法規進行分析比較如下：

2.2.1 基本控制測量規範面探討

依據基本測量實施規則第 15 條及第 16 條，基本控制測量可以衛星定位測量、三角測量、三邊測量、精密導線測量、水準測量及重力測量等為之，並依照作業方式及精度差異區分等級。此外，依據國土測繪法及其授權規範，基本測量的法定容許誤差，應分別參考基本測量實施規則與各級政府訂定之加密控制測量作業手冊為依據。本節針對平面基準之精度，蒐集精密導線測量及衛星定位測量等相關規範，進行彙整分析比較。

(一)基本控制點等級

在控制測量領域中，與平面基準相關之基本控制點，可依據基本測量實施規則，將其以測量技術區分為衛星控制點、三角點及精密導線點(圖根點、都市計畫樁、航測標)，並對控制點進行等級劃分。首先，在衛星控制點的等級上，分為一至三等衛星控制點及加密控制點；而在三角點及精密導線點上，可分為一等、二等甲級、二等乙級、三等及四等控制點，不同等級控制點依照不同的規範進行佈設，亦對應不同的精度規範要求。

美國在控制點等級劃分及使用規範上，與臺灣規範相似，在以衛星定位技術量測的控制點上，將其分為 AA、A、B、C-1、C-2-I、C-2-II 及 C-3，共六個等級，並對照應用於不同的測量範疇，在三角三邊及導線測量上，其控制點分為一等、二等一級、二等二級、三等一級及三等二級，並且亦有對應的不同規範。

日本依據《作業規程の準則》，控制點種類分別有電子基準點、一到四等三角點及 1 到 3 級基準點，電子基準點即為 GNSS 連續觀測站，三角點與基準點則是以全測站儀器或 GNSS 接收儀進行施測，對應不同的點位等級與測量方式，其精度的要求亦不一。

紐西蘭則以層級(Tier)與等級(Class)進行劃分，層級(Tier)應用於坐標與大地基準之間的控制網精度規範，其共劃分有 14 個層級；而等級(Class)則應用於區域坐標之間的相對精度，共有 16 個等級。紐西蘭在控制測量與地籍測量的精度劃分均以此原則辦理，針對不同的應用領域，對各級控制點設有層級(Tier)與等級(Class)的對應精度規範，較不同於前述美國、日本的點位等級劃分方式。

(二)精密導線測量

在精密導線測量的成果檢核部分，就國內外與精密導線測量有關的檢核精度規範彙整歸納，分別以方位角閉合差、位置閉合差及閉合比數進行比較。由表 2.3 及表 2.4 可以得知我國與美國在精密導線測量的作業規範上，其要求的精度等級具有一致性，然而日本則不盡相同，其在位置閉合差上，主要考量導線的邊數與總長度。

表 2.3 方位角閉合差比較表

等級	我國	等級	美國	區分方式	日本
一等	$1.0''\sqrt{N}$ 或 $2.0''\sqrt{N}$	一等	$1.7''\sqrt{N}$	結合多角· 單路線	$5'' + 8''\sqrt{N}$
二等甲級	$1.5''\sqrt{N}$ 或 $3.0''\sqrt{N}$	二等一級	$3.0''\sqrt{N}$	單位多角形	$8''\sqrt{N}$
二等乙級	$2.0''\sqrt{N}$ 或 $6.0''\sqrt{N}$	二等二級	$4.5''\sqrt{N}$		
加密控制 點	$3.0''\sqrt{N}$ 或 $10.0''\sqrt{N}$	三等一級	$10.0''\sqrt{N}$		
		三等二級	$12.0''\sqrt{N}$		

(N 為測站數)

表 2.4 位置閉合差或閉合比數比較表

我國		美國		日本		
等級	項目	等級	項目	等級	結合多角 · 單路線	單位 多角形
一等	$0.04\sqrt{K}$ 或 1/100,000	一等	$0.04\sqrt{K}$ 或 1/100,000	一級參 考點	$0.1 + 0.02\sqrt{N} \times K$	$0.01\sqrt{N} \times K$
二等 甲級	$0.08\sqrt{K}$ 或 1/50,000	二等 一級	$0.08\sqrt{K}$ 或 1/50,000	二級參 考點	$0.1 + 0.03\sqrt{N} \times K$	$0.015\sqrt{N} \times K$
二等 乙級	$0.2\sqrt{K}$ 或 1/20,000	二等 二級	$0.2\sqrt{K}$ 或 1/20,000	三級參 考點	$0.15 + 0.05\sqrt{N} \times K$	$0.025\sqrt{N} \times K$
加密 控制 點	$0.4\sqrt{K}$ 或 1/10,000	三等 一級	$0.4\sqrt{K}$ 或 1/10,000	四級參 考點	$0.15 + 0.1\sqrt{N} \times K$	$0.05\sqrt{N} \times K$
		三等 二級	$0.8\sqrt{K}$ 或 1/5,000			

(位置閉合差單位為公尺；K 為導線長度之公里數；N 為邊數)

(三) 衛星定位測量

依據我國相關之作業規範，應用衛星定位測量技術進行控制點檢測時，可採用公布坐標的反算結果與改正後控制點間的基線長度進行比較，利用基線成果以及角度的較差進行檢核，各級控制點須符合 95% 信心水準下的精度規範，如表 2.5。

表 2.5 我國衛星定位測量作業精度規範

項目	等級	精度規範	備註
基線長度較差	一等衛星控制點	10mm+2ppm*L	L:公里(KM) 基線長經過改正
	二等衛星控制點	20mm+4ppm*L	
	加密衛星控制點	30mm+6ppm*L	
	基線長與相應兩點坐標反算邊長，其較差小於 1/20000		
角度較差	基線方位角與相應坐標反算角度，較差在± 20"內		

將美國、紐西蘭及日本有關衛星定位測量之作業規範加以整理，獲得各國控制測量等級、精度規範與應用範圍等規範內容，其中，美國及紐西蘭在規範上採用相對精度表示，其相對精度(e)的計算公式如(2-1)式。

$$e = \sqrt{a^2 + (b \times L)^2} \quad (2-1)$$

其中，L 為距離(km)，e 及 a 的單位為公釐(mm)，b 則乘上 ppm 表示。

美國及紐西蘭採行的衛星定位測量作業規範如表 2.6、表 2.7 所示；而日本的作業規範上，則以觀測閉合差為指標如表 2.8，其與我國、美國、紐西蘭的方式不同，因此，本節僅就我國、美國與紐西蘭

之規範進行比較如表 2.9 及圖 2.3 所示。美國與紐西蘭在容許誤差值的規範及控制點等級劃分上較為接近，從全國性到區域性，再到製圖與地籍測量等分別進行規範。若以應用範圍進行比較，我國一等及二等衛星控制測量點相當於美國 A 級與 B 級，以及紐西蘭的等級 III 與 V，均為國家一級與二級控制網的範圍；但我國的作業精度規範則低於美國、紐西蘭的區域變形觀測作業精度規範。然而在加密控制點的規範上，我國的作業精度規範則高於美國、紐西蘭應用於製圖地籍測量及工程測量的精度規範。

表 2.6 美國衛星定位測量作業精度規範

等級	精度規範	應用範圍
AA	3 mm+0.01 ppm*L	全球區域性之地球動力及變形觀測 Global-regional geodynamics; deformation measurements
A	5 mm+0.10 ppm*L	NGRS 一級網及區域性變形觀測 National Geodetic Reference System, "primary" networks; regional-local geodynamics; deformation measurements
B	8 mm+1.0 ppm*L	NGRS 二級網、地方變形觀測 及高精度工程測量 National Geodetic Reference System, "secondary" networks; connections to the "primary" NGRS network; local geodynamics; deformation measurements; high-precision engineering surveys
C1 C2-I	10 mm+10 ppm*L 20 mm+20 ppm*L	製圖之控制網系、土地資訊應 用、地籍測量及工程測量

C2-II C3	30 mm+50 ppm*L 50 mm+100ppm*L	NGRS(Terrestrial based); dependent control surveys to meet mapping,land information, property, and engineering requirements
-------------	----------------------------------	---

表 2.7 紐西蘭衛星定位測量作業精度規範

編號	層級 (Tier)	等級 (Class)	精度規範 (Local accuracy)	應用範圍
0	A	II	3 mm+0.03 ppm*L	國家參考框架 National Reference Frame
1	A	III	3 mm+0.1 ppm*L	全國性變形監測 National Deformation Monitoring
2	B	V	3 mm+1.0 ppm*L	區域性變形監測 Regional Deformation Monitoring
4	C	VII	10 mm+10 ppm*L	地方變形監測 Local Deformation Monitoring
5	C	VIII	10 mm+50 ppm*L	地籍水平控制;基礎地理空間 Cadastral Horizontal Control ; Basic Geospatial

表 2.8 日本衛星定位測量作業精度規範

等級	精度規範	備註
1-4 級基準點測量	60 mm+20 mm \sqrt{N}	N 為邊數

表 2.9 各國衛星定位測量作業精度規範比較

我國		美國		紐西蘭	
等級	規範	等級	規範	等級	規範
一等衛星控制點	10mm+2ppm*L	B	8 mm+1.0 ppm*L	V	3 mm+1.0 ppm*L
二等衛星控制點	20mm+4ppm*L	C1	20 mm+20 ppm*L	VII	10 mm+10 ppm*L
加密衛星控制點	30mm+6ppm*L	C2-I	30 mm+50 ppm*L		

2.2.2 地籍測量規範面探討

(一) 宗地分類

依據我國地籍測量實施規則(中華民國 106 年 1 月 9 日台內地字第 1051310441 號令修正發布),將宗地分類為市地、農地及山地三類,根據宗地等級的不同,在測繪工作時即有不同的對應精度,因此本團隊整理我國與紐西蘭、日本有關宗地分類的相關規範如表 2.10 所示。

表 2.10 宗地分類比較表

我國	紐西蘭	日本
地籍測量實施規則	Rules for Cadastral Survey 2010	國土調查法施行令
市地	A 類：都市地區及非都市地區住宅、商業、工業的用途	甲 1：大型都市地區 甲 2：中型都市地區 甲 3：甲 1 及甲 2 外的市區、村落
農地	B 類：農地及 A、C、D 三類以外	乙 1：農業用地和周圍的區域

C 類：無法準確認定的特定農地 情形 e.g.水邊界或不規則 邊界	
山地	乙 2：森林荒野和周圍的區域 乙 3：森林荒野區
D 類：準確性未知或無法確定， 並且相關單位允許這些 不準確性保留時適用之 情形	

紐西蘭《Rules for Cadastral Survey 2010》(LINZ, 2017)第 3.2 條針對宗地經界線(boundaries)及界址點(boundaries points)之分類，共分為 A(Class A)、B(Class B)、C(Class C)及 D(Class D)四類。因此，同一筆宗地可能會有不同等級的經界線及界址點，其等級判斷的依據，如圖 2.3 所示；日本方面，則依照其《不動產登記規則》(日本法務省，2005)及《國土調查施行令》(國土地理院，2017)，將宗地分為六類。

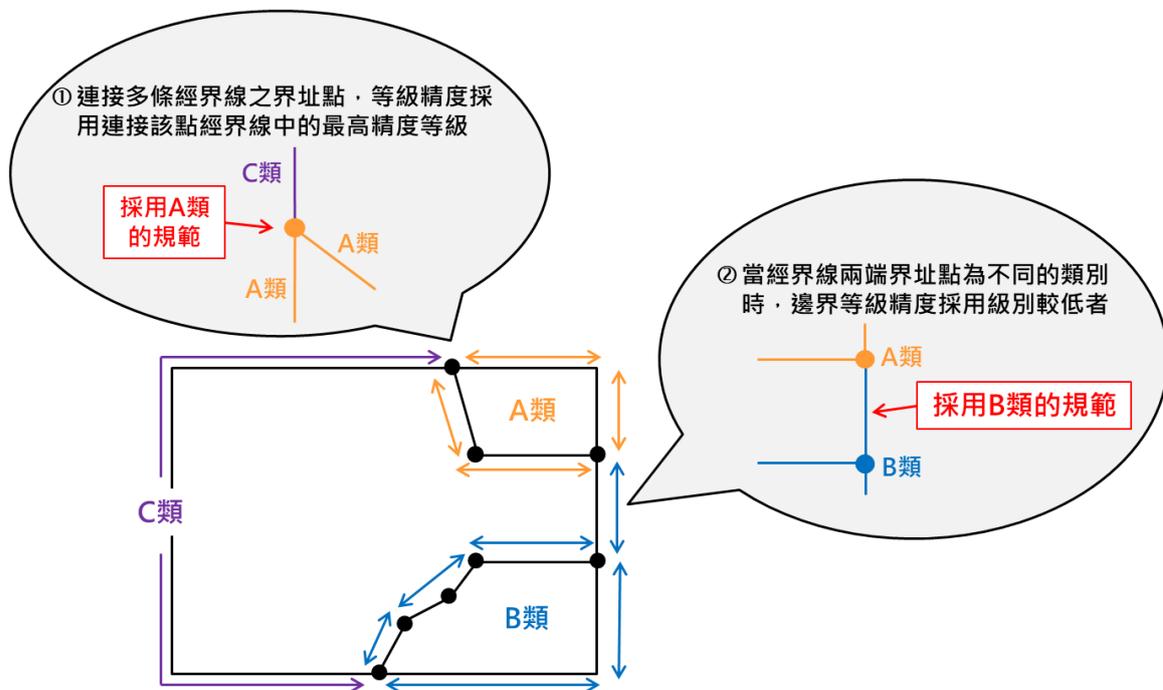


圖 2.3 紐西蘭界址點及經界線等級判斷示意圖

在宗地分類上，各國基本上大致以都市及農地進行劃分，但在劃分方式上有所差異。紐西蘭以土地利用方式作為分類依據，如密集的商业、工業或住宅用途，不侷限於宗地的空間位置，將需要採用較高精度的宗地類型劃入對應的較高等級之中，例如非都市地區住宅及商業等地區。

此外，紐西蘭針對無法準確認定的特定農業區情況，如水邊界、濱海地帶、易滑動的邊坡地區，或準確性未知且無法確定的經界線以及界址點等，在 B 類精度規範無法適用的情況下，允許使用 C、D 兩類的精度規範，但須經主管機關核定。若經界線以及界址點不符合 C、D 兩類的定義，則須重新列入 B 類精度之規範中，這些較為寬鬆的精度規範，在宗地劃分的認定上通常較無明確的使用依據。然而，臺灣地狹人稠，地籍測量成果攸關土地所有權人權益甚大，因此，需有更精確的規範以避免糾紛，所以，臺灣不適採用較寬鬆且模糊的規範。

日本宗地按其所需精確度進行分類，將市街地的精度等級依照都市大小進行區分，然而此作法對於臺灣都市範圍較小的情況，將增添地籍測量業務之困難，因此，建議可維持我國現行三等級之劃分方式（即市地、農地、山地），在地籍測量的應用上較為適宜。

(二) 精度規範

我國地籍測量實施規則規範測量作業之精度，作為提供登記更正的判斷時機，其誤差有 1.圖根點至界址點的位置誤差以及 2.界址點邊長的誤差兩項，並依測量的方式分為數值法以及圖解法，以下整理比較紐西蘭、日本以及我國對應的相關精度規範：

(1) 圖根點至界址點之位置誤差

表 2.11 為本團隊整理的圖根點至界址點之位置誤差規範，首先，紐西蘭在市地的精度等級上，採用較嚴格的規範值，界址點的位置誤差最大僅能 0.04 公尺，但其在農地部分，則與我國規範的容許誤差值較為接近。日本雖然宗地的分類與臺灣相近，但日本為圖解法之規範，精度限制較為寬鬆，例如其位置之誤差在乙 2 以及乙 3 等山區部分，最多可達 3.00 公尺，在市區、村落的圖解法位置誤差(甲 3)，則與我國在山地的數值法規範誤差值相同。

表 2.11 圖根點至界址點誤差範圍比較

我國(數值法)		紐西蘭(數值法)		日本(圖解法)	
界址點等級	最大誤差 (m)	等級	最大誤差 (m)	等級	最大誤差 (m)
市地	0.06	A	0.04	甲 1	0.06
				甲 2	0.2
				甲 3	0.45
農地	0.20	B	0.20	乙 1	0.75
		C	0.60		
山地	0.45			乙 2	1.50
				乙 3	3.00

※臺灣採圖解法測繪者，其圖根點至界址點之圖上位置誤差規定不得超過零點三毫米

(2) 界址點邊長之誤差

界址點間由坐標反算的邊長與實測邊長之誤差，經過整理計有數值法及圖解法等精度規範。在數值法規範中，如表 2.12，紐西蘭在界址點間的坐標反算邊長與實測邊長之誤差方面，定訂兩層精度規範，首先，紐西蘭針對測繪作業中新設的界址點有較嚴謹的精度要求，95%的新界址點間的測設邊長應該達到較嚴謹的精度規範，以確保新舊邊界之間不會有相交及重疊的情形發生；另外，在測繪作業中所使用

的界址點之間邊長的誤差，均須符合第二層的精度規範，而精度規範的要求，取決於界址點的等級。

我國與紐西蘭之精度規範比較如圖 2.4 所示，在市地等級的精度規範上，我國使用的規範值介於紐西蘭的兩層規範之間，較紐西蘭的新設界址點規範要求低，但紐西蘭的規範在整體測繪精度的要求上較為嚴謹；另外，在紐西蘭 B 類的農地部分，我國精度規範明顯較紐西蘭規範嚴謹。

其次，將日本的圖解法與我國圖解法，在界址點邊長誤差之規範上進行比較，如表 2.13 所示，日本除了在市地等級的甲 1 以及甲 2，相較臺灣有更嚴格的規範要求外；在農地以及山地的精度規範上，日本則較臺灣精度規範寬鬆，例如乙 1 的農地精度規範，即與我國的山地之精度規範相同。

表 2.12 數值法之界址點邊長誤差範圍比較

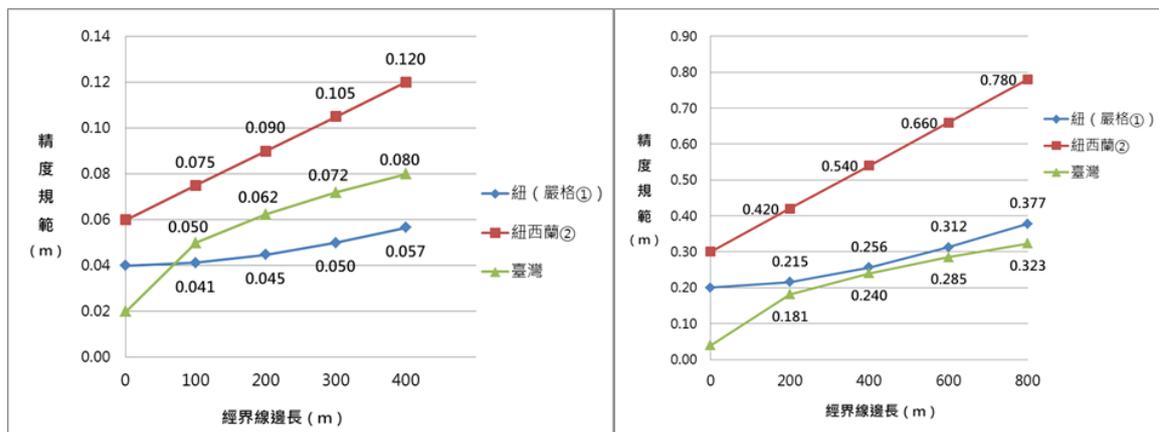
我國		紐西蘭	
等級	規範	等級	規範
市地	$0.02 \text{ m} + 0.003 \text{ m} \sqrt{S}$	A 類	1.95%的新點須符合 $\sqrt{0.04^2 \text{ m} + (0.0001 \text{ m} \times S)^2}$ 2.所有的點均須符合 $0.06 \text{ m} + 0.00015 \text{ m} \times S$
農地	$0.04 \text{ m} + 0.01 \text{ m} \sqrt{S}$	B 類	1.95%的新點須符合 $\sqrt{0.20^2 \text{ m} + (0.0004 \text{ m} \times S)^2}$ 2.所有的點均須符合 $0.30 \text{ m} + 0.0006 \text{ m} \times S$
		C 類	1.95%的新點須符合 $\sqrt{0.60^2 \text{ m} + (0.002 \text{ m} \times S)^2}$ 2.所有的點均須符合 $1.00 \text{ m} + 0.003 \text{ m} \times S$
山地	$0.08 \text{ m} + 0.02 \text{ m} \sqrt{S}$		

(S 係邊長，以公尺為單位)

表 2.13 圖解法之界址點邊長誤差範圍比較

我國		日本	
等級	規範	等級	規範
市地	0.04 m + 0.01 m \sqrt{S} + 0.0002 m $\times M$	甲 1	0.02 m + 0.003 m \sqrt{S} + α mm
		甲 2	0.04 m + 0.01 m \sqrt{S} + α mm
		甲 3	0.08 m + 0.02 m \sqrt{S} + α mm
農地	0.08 m + 0.02 m \sqrt{S} + 0.0002 m $\times M$	乙 1	0.13 m + 0.04 m \sqrt{S} + α mm
山地	0.13 m + 0.04 m \sqrt{S} + 0.0002 m $\times M$	乙 2	0.25 m + 0.07 m \sqrt{S} + α mm
		乙 3	0.50 m + 0.14 m \sqrt{S} + α mm

(S 係邊長，以公尺為單位；M 係地籍圖比例尺之分母)
 (α 係地籍圖比例尺之分母乘以 0.2 或 0.3，0.2 及 0.3 取決於地籍圖等級)



a. 市地等級之精度規範

b. 農地等級之精度規範

圖 2.4 我國與紐西蘭的精度規範比較

(三)控制點聯測規範

依照我國數值法地籍圖重測作業手冊(內政部，2014)，在控制點的聯測規範上，規定界址測量需以基本控制點、加密控制點及圖根點為依據，進行各宗土地界址點之測量。紐西蘭則進一步在測繪作業時，對於需聯測的控制點數量加以規範，首先，界址點的測設除了至少需要與兩個永久測量標(permanent reference mark)聯測外，並且至少需與規定數量的圖根點(witness mark)進行聯測，對於不同等級的界址點，亦有不同的對應規範，如表 2.14、表 2.15 所示。在圖根點聯測上，依界址點等級，有不同的對應數量規範，其中永久測量標亦可計入圖根點的數量計算之中。

表 2.14 界址點與永久測量標聯測之水平範圍

界址點等級	距離(m)
A	300
B	500
C	1000
D	x

表 2.15 界址點與圖根點聯測之水平範圍及數量

界址點等級	距離(m)	圖根點數量(個)
A	300	3
B	500	4
C	1000	4
D	x	1

2.3 高程基準之管理維護

由 105 年度蒐集的高程基準相關文獻得知，地表的垂直變形相較於水平變形複雜，除了如同水平變形會受到一般構造活動的影響外，人為的因素如地下水抽取或其他因素導致的地下水位改變，甚至大規模地表坡面崩塌的發生，均會對地表垂直變形產生顯著的變化，使得垂直方向的影響因素較多、亦較複雜。

因此，除了可以採用與水平方向概念類似的推估方法外，例如模式化板塊運動(或塊體運動)，以及鄰近地區的活動斷層滑移速率時空變化等，藉由運動模式進行地表變形的系統性估算與預測時，應再蒐集人為的影響因素(如地下水位的變化)，並依照區域性的地理特性予以修正，始能有效評估垂直方向的地表變形。

在國際發展趨勢上，美國、紐西蘭以及中國等，對於其國家高程基準建置與維護，均以建立其大多數區域具公分等級大地水準面模式為目標，作為各類高程系統(正高、正常高、橢球高)建立的基礎，以藉由 GNSS 的量測成果獲得公分等級的高程精度。有鑑於高程基準建置管理維護較為複雜，本工作團隊持續蒐集有關高程基準管理維護相關文獻，並彙整分析，提出具體的高程基準維護管理方式建議。

現階段本工作團隊利用內政部歷年一等水準點觀測資料，採用與水平速度場相同的建置策略，同時亦考慮地震事件的影響，並與 GNSS 連續站的每日監測結果進行比較(註：西南部地區，由於地層下陷速度較快，且人為因素較多，因此暫不列入分析範圍)，得到臺灣垂直速度場的初步成果如圖 2.5，並已於 2017 年 8 月 2 日於日本神戶

舉辦之 IAG-IASPEI 2017 國際研討會議發表，題目為”Taiwan Vertical Velocity Field from Precise Leveling Observations, 2000-2015”。

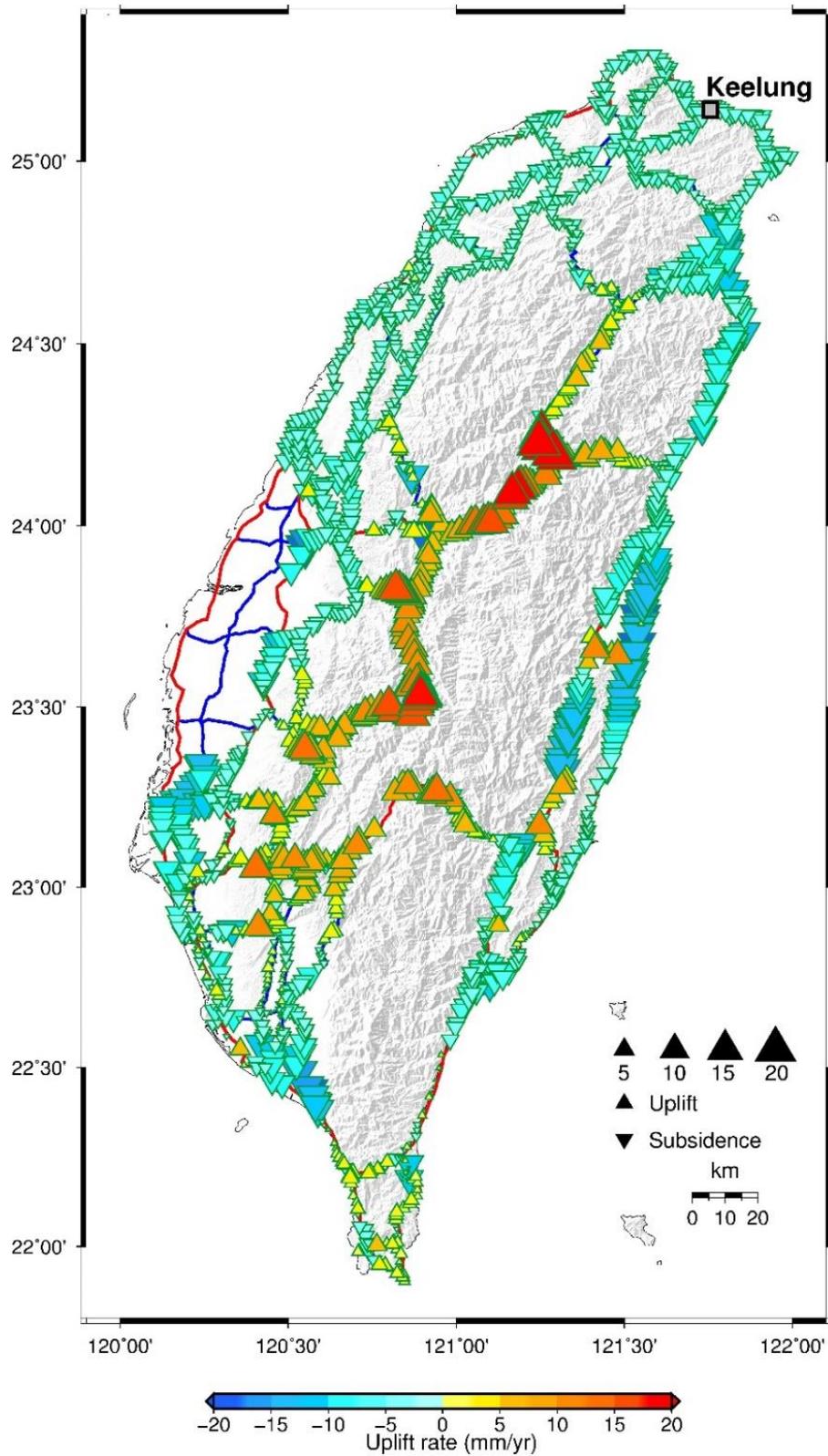


圖 2.5 利用內政部歷年一等水準觀測資料得到的垂直速度場

第三章 持續更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式

由圖 3.1 可以得知，臺灣地區活動斷層分布密集，為了解地表位移的變動情況，長期連續的地表位移監測為必要之工作。因此，本計畫延續 102、105 年度工作計畫(內政部國土測繪中心，2012; 2013; 2014; 2015; 2016)，持續蒐集並辦理 GNSS 連續站觀測資料的解算工作，包括國土測繪中心辦理的基本控制點檢測成果以及地調所 GPS 移動站觀測成果，以持續精進更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式，並分析成果精度。

由於地震之發生會造成地表在空間中不均勻的永久位移，使大地基準的精度隨著地震數目的增加而逐漸降低。然而各地區之地表永久位移受地震影響之程度不同而有所差異，影響程度會受到(1)坐標資料精度的好壞；以及(2)該地震造成之最大地表位移量所決定。換言之，只有當地震造成之同震最大地表位移量超過坐標精度時，才需要新增半動態基準中之同震格點位移模型。然而，如何根據中央氣象局即時公告之地震相關資訊，決定是否新建同震格點位移模型，目前並無一套既有標準可供依循。因此，本計畫工作之另一主要目的，即是利用中央氣象局即時公告的地震震央位置、震源深度與地震規模(M_L)，判斷同震格點位移模型之新增時機。因此，在本章節中，首先(1)先藉由 GNSS 連續坐標時間序列的分析工作，了解臺灣各地區 GNSS 測量之坐標最佳精度與平均精度。接著，(2)本計畫利用中央氣象局即時公告之地震震央位置、震源深度與地震規模(M_L)，判斷同震格點位移模型之新增時機。

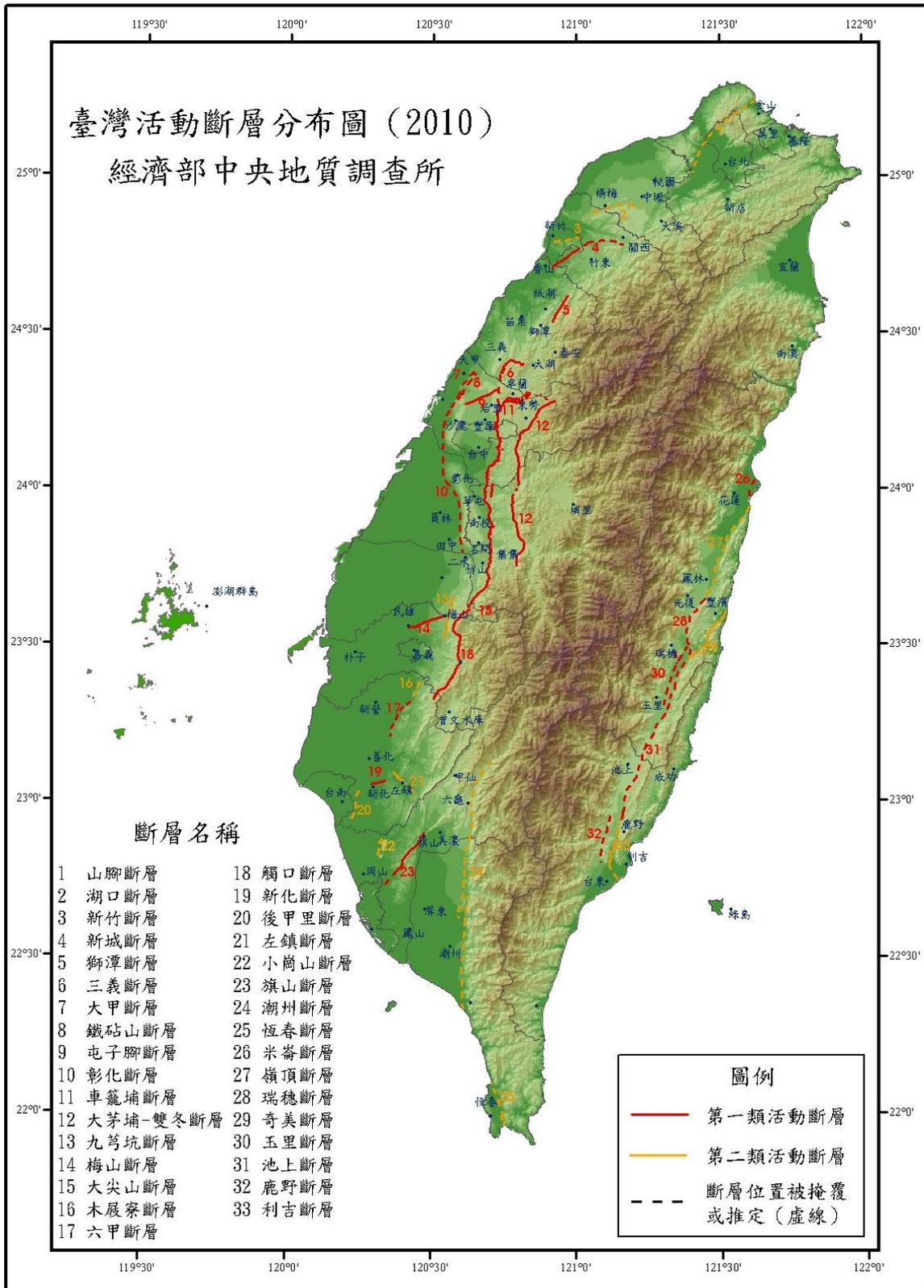


圖 3.1 經濟部中央地質調查所活動斷層分布圖

就資料解算而言，本團隊以 Bernese 5.2 軟體計算 105 年 10 月 1 日至 106 年 9 月 30 日之 GNSS 連續站觀測資料，得到各站每日的坐標計算成果，並整合「102 年度建置現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式」、「103 至 104 年度臺灣地區 GPS 連續觀測站資料解算工作」以及「105 年度精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式工作」等成果，進行 GNSS 連續站坐標時間序列的分析工作，以推算各 GNSS 連續站的速度，同時考量區域空間不連續的特性與同震變形量建立內插網格模式，進而更新精進 TWD97 國家坐標系統變位模式。本計畫並提出檢測控制點的優先順序之建議，亦呈現驗證與精度分析結果。在衛星連續站(追蹤站)方面，同時分析觀測站坐標變化情形、觀測品質、精度及趨勢等，並計算 e-GNSS[2017]坐標成果及精度分析，做為 e-GNSS 系統更新之依據，各項工作完成內容如下：

3.1 GNSS 觀測資料解算與品質分析

本團隊採用 Bernese 5.2 軟體計算 105 年 10 月 1 日至 106 年 9 月 30 日的 GNSS 連續站資料，資料計算之品質管制與解算策略如下：

(1)GNSS 觀測資料蒐集統計

本團隊蒐集暨解算成功並使用的各單位 GNSS 連續站資料統計以及計算分區如表 3.1~ 表 3.3 以及圖 3.2、圖 3.3 所示。本計畫資料解算時，均先將 GPS 連續站進行分網(分區)計算，分網(分區)之網型以方形且均勻分布為原則，如圖 3.3。但由於部分 GPS 連續觀測站資料取得時間較晚，故於後續加設分區進行解算(分區 Q、R、S、T、Y、Z)，分區站名如表 3.3 所列。

表 3.1 本計畫蒐集暨解算成功並使用的 GNSS 連續觀測站資料統計

設立/管理單位	單位縮寫	蒐集站數	解算成功並使用站數	差異站數
中正大學	CCU	5	5	0
地質調查所	CGS	80	79	1
中央氣象局	CWB	144	125	19
中研院地科所	IES	58	53	5
高雄市政府	KAO	10	10	0
國土測繪中心	NLSC	60	60	0
其他	OTHER	9	9	0
臺南市政府	TANAN	8	8	0
臺中市政府	TAICHUNG	11	0	11
經濟部水利署	WRA	16	10	6
總計		401	359	42

表 3.2 本計畫使用的歷年 GNSS 觀測資料統計

年度	時間/站數	GNSS 連續站	地調所移動站	國土測繪中心 基本控制點
102	觀測時間	2010~2013	2002~2013	2012~2013
	站數	341	823	約 1341
103	觀測時間	2010~2014	2014	X
	站數	368	884	
104	觀測時間	2010~2015	2002~2015	X
	站數	412	852	
105	觀測時間	2000~2016	2002~2016	2015~2016
	站數	437	852 (篩選後為 785)	約 1341
106	觀測時間	2016~2017	2016~2017	2016~2017
	站數	359	約 850	約 1350

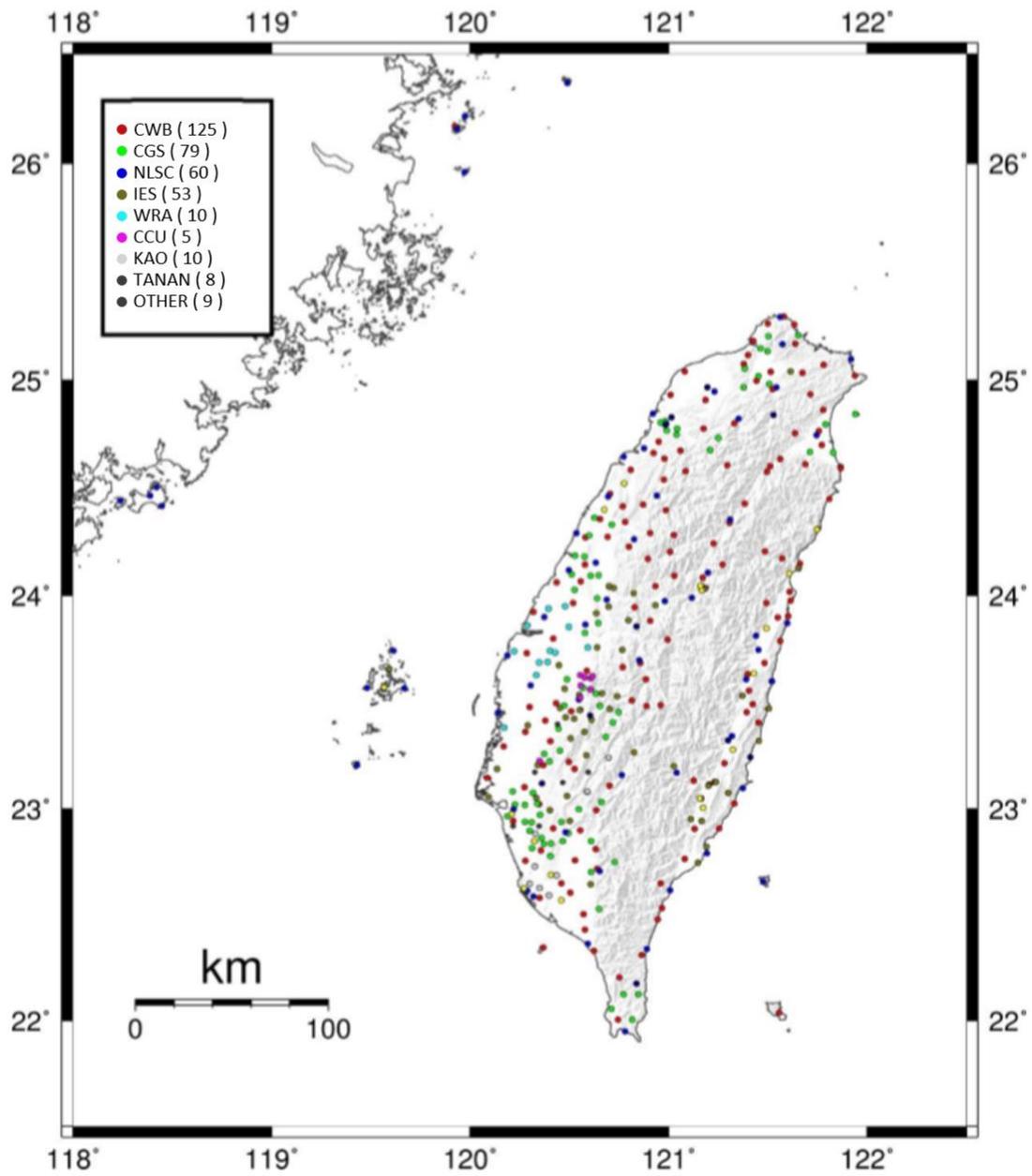


圖 3.2 本計畫蒐集的 GNSS 連續觀測站分布圖

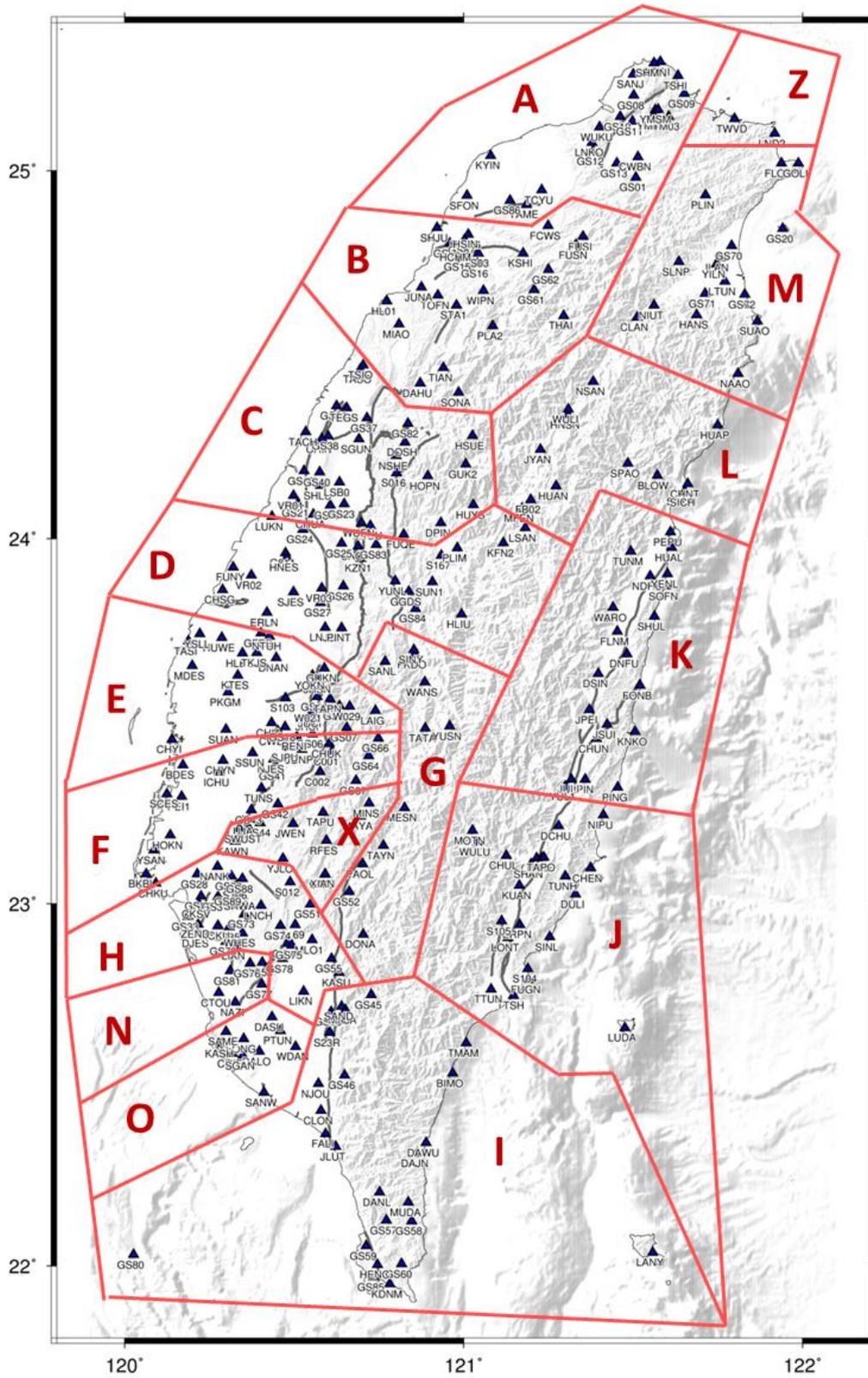


圖 3.3 本計畫 GNSS 連續站觀測資料計算分區圖

表 3.3 本計畫 GNSS 連續站觀測資料計算分區統計

A	ANKN、BANC、CKSV、FCWS、HENC、HERI、JUNA、KMNM、KYIN、LNKO、LSB0、S01R、SANJ、SFON、SHMN、TCYU、TNML、TSHI、WANL、WUKU、YAME、YM02、YM03
B	BALN、CKSV、DAHU、FUSI、FUSN、HCHM、HENC、HSIN、JUNA、KMNM、KSHI、LSB0、MIAO、S01R、SHJU、SONA、STA1、THAI、TIAN、TOFN、WIPN
C	CHIN、CHUA、CKSV、DOSH、DPIN、HENC、HOPN、HSUE、HUYS、JUNA、KMNM、LSB0、NSHE、S016、S01R、SGUN、TACH、TASO、TEGS、TSIO
D	CAOT、CHSG、CKSV、ERLN、FNGU、FUNY、FUQE、HENC、HLIU、HNES、KMNM、KZN1、LNJS、LSB0、LUKN、PINT、S01R、PLIM、S167、SUN1、VR02、VR03、WFEN、WUFN、JUNA
E	BDES、CHIA、CHYI、CKSV、CWEN、DNAN、GFES、GUK2、GUKN、HENC、HUWE、JHCI、JHSN、JNHU、JUCI、JUNA、KMNM、KTES、LSB0、PKGM、S01R、S103、SUAN、TAPN、TASI
F	8118、C001、C002、CHYN、CKSV、HENC、HOKN、ICHU、JONP、JUNA、KMNM、LSB0、LUJA、NANK、PEI1、RENI、S011、S01R、SJPU、SSUN、TAPU、TUNS、WUST、YOKN、YSAN
G	ALIS、CKSV、DONA、FKDO、GAIS、HENC、JUNA、KMNM、LSB0、MESN、MINS、PAOL、S01R、SANL、SINY、TATA、TAYN、W029、WANS、YUSN
H	AKND、CHKU、CISH、CKSV、CTOU、HENC、JUNA、KMNM、LIKN、LNCH、LSB0、MLO1、NCKU、S012、S01R、S106
I	CKSV、CLON、DAJN、DAWU、FALI、HENC、JLUT、JUNA、KASH、KASU、KDNM、KMNM、LANY、LSB0、MAJA、NJOU、PTUN、S01R、S23R、SAND、SGAN、TMAM、WDAN
J	CHEN、CHGO、CHIH、CHUL、DCHU、DULI、ERPN、FUGN、HENC、KMNM、KUAN、LONT、LUDA、MOTN、S01R、S104、S105、SHAN、SINL、TAPE、TAPO、TTSH、TTUN、TUNH、WULU、CKSV、LSB0、JUNA
K	CHUN、CKSV、DNFU、DSIN、FLNM、FONB、HENC、HUAL、

	JPIN、JSUI、JULI、KMNМ、KNKO、LSB0、NDHU、PEPU、PING、S01R、SHUL、SLIN、SOFN、TUNM、WARO、YENL、FENP、JUNA、JPEI、YUL1
L	BLOW、CHNT、CKSV、HENC、HNSN、HUAN、JUNA、KMNМ、LSAN、LSB0、MFEN、NSAN、S01R、S169、SCHN、SHWA、SICH、SPA0、TKJS、VR01、W021、WULI、YM05、YMSM、YSSL、YUNL、ZEND
M	CKSV、CLAN、FLON、GOLI、HANS、HENC、HUAP、ILAN、JUNA、KMNМ、LSB0、LTUN、NAAO、NIUT、PLIN、S01R、SLNP、SUAO、YILN
N	CKSV、HENC、HL01、HLES、HUSI、JIBE、JNSA、JUNA、JYAN、JYGU、KMNМ、LAIG、LEYU、LIAN、LSB0、MZUM、NAZI、PANG、S01R、SAME、SANW、SJES、WIAN
O	BEGN、CHIE、CIME、CKSV、CWBN、DALO、DANL、DASU、DONY、FONG、HENC、JUNA、KMNМ、LSB0、S01R
Q	CKSV、HENC、JUNA、KMNМ、LSB0、S01R、GS01、GS08、GS09、GS10、GS11、GS12、GS13、GS03、GS05、GS06、GS07、GS14、GS15、GS16、GS17、GS18、GS20、GS21、GS22、GS23、GS24、GS25、GS26、GS27
R	CKSV、HENC、JUNA、KMNМ、LSB0、S01R、GS28、GS29、GS30、GS31、GS32、GS33、GS34、GS35、GS36、GS37、GS38、GS39、GS40、GS41、GS42、GS43、GS44、GS45、GS46、GS51、GS52、GS53、GS55、GS56
S	CKSV、HENC、JUNA、KMNМ、LSB0、S01R、GS57、GS58、GS59、GS60、GS61、GS62、GS63、GS64、GS66、GS67、GS69、GS70、GS71、GS72、GS73、GS74、GS75、GS76、GS77、GS78、GS79、GS80、GS81
T	CKSV、HENC、JUNA、KMNМ、LSB0、S01R、GS82、GS83、GS84、GS85、GS86、GS87、GS88、GS89
X	BKBL、CKSV、DJES、FB02、GGDS、HCHG、HENC、JUNA、KAWN、KFN2、KMNМ、LSB0、MAYA、NJES、NTUH、RFES、S01R、SCES、WHES、XIAN、YJLO
Y	CHUK、CKSV、HENC、JUNA、KMNМ、LSB0、MDES、NIPU、PLA2、S01R
Z	BIMO、CKSV、G811、HENC、JUNA、JWEN、KMNМ、LND2、LSB0、LSBA、MUDA、S01R、SHLU、TWVD

今年各單位提供資料總共 401 站，相較 105 年度總共提供 437 站，各單位今年所提供站台數量大部分皆下降，如表所呈現，就今年所提供資料配合群組站台分區計算，其中 31 站台皆未被劃分在本次計算中，31 站分別為 DANI、DLIO、FKD2、FKNP、FRES、FUDN、JSAN、KHLZ、KIMN、KLAB、KLN2、KTIN、KUA2、LBJS、LGU2、LIU2、LOYE、MATZ、PAO2、PEI、PTDG、PUS2、S015、S101、SAN、SLES、SSES、SUC2、TAN2、YLSS、YWJS。另外台中市政府所提供資料，TC13、TC21、TC31、TC32、TC33、TC34、TC35、TC36、TC37、TC38、TC39 共 11 站，由於檔案過小無法作為有效解算的觀測資料，造成今年可解算站台數為 359 站。GPS 連續觀測站各單位提供與實際解算數如表 3.4 所示。

表 3.4 GPS 連續觀測站各單位提供與實際解算資料表

設立/管理單位	單位縮寫	提供站台數目	解算站台數目	差值
中正大學	CCU	5	5	0
中央地質調查所	CGS	80	79	1
中央氣象局	CWB	144	125	19
中研院地科所	IES	58	53	5
高雄市政府	KAO	10	10	0
國土測繪中心	NLSC	60	60	0
其他	OTHER	9	9	0
臺南市政府	TANAN	8	8	0
臺中市政府	TAICHUNG	11	0	11
經濟部水利署	WRA	16	10	6
總和		401	359	42

成果品質管制

包括工作品質管制與資料之檢核兩項。GNSS 連續觀測站資料載入 Bernese 軟體計算之前，應進行下列品質之管制與資料檢查：

1. 每日各站 RINEX 觀測資料的完整性與連續性是否正常。
2. 每日各站 RINEX 觀測資料的信噪比(S/N)是否正常。
3. 天線盤、儀器位置是否異動或更換。
4. 天線盤相位中心資訊、天線盤型式、天線高等資訊是否正確。
5. 雙頻(L1、L2)資料之成對比例是否偏低。

載入 Bernese 軟體計算後，則應檢視：

1. Bernese 各計算步驟之輸出結果的篩選指標是否正常。
2. 各二次差觀測量的整數週波未定值求解成功率是否偏低。
3. 每日坐標解之精度指標與誤差橢圓是否出現異常。
4. 週、月、季、年等時間序列成果是否出現異常跳動。
5. 每日是否能夠順利整合成相應的法方程式矩陣檔案。

凡出現觀測品質不佳、異動或計算成果異常之情況，將先分析該日成果異常之分區，刪除分區中不良觀測站後予以剔除，不參與分析使用，該分區再重新計算。透過各項檢查項目，可有效控制本工作項目的成果品質，提升內插網格變位模式之精度，確保品質的穩定與精確性。

除此之外，本計畫作業期間，除了團隊本身定期的內部工作會議外，亦配合 國土測繪中心召開的工作檢討會議，針對工作進度、工作遭遇困難、相關需協商事項以及前次會議執行情行進行討論，以有效管理本工作案之進行。

(2) 解算策略

Bernese 軟體的解算策略與 TWD97[2010]相同，首先，本團隊將金門站(KMNM)約制於鄰近臺灣的 IGS 國際站(計有 TSKB、GUAM、COCO 共 3 站，如圖 3.4)，並進行每日時段的網形平差計算，解算流程如圖 3.5 所示，以獲得每日的法方程式檔(*.NQ0)、SNX 檔進而得到金門站的每日坐標，接續進行金門站的坐標時間序列分析，結果如圖 3.6 所示。由圖 3.6 可以得知金門站為一水平速度穩定的觀測站，可以作為以最小約制網解算國內其他 GNSS 連續站的依據。

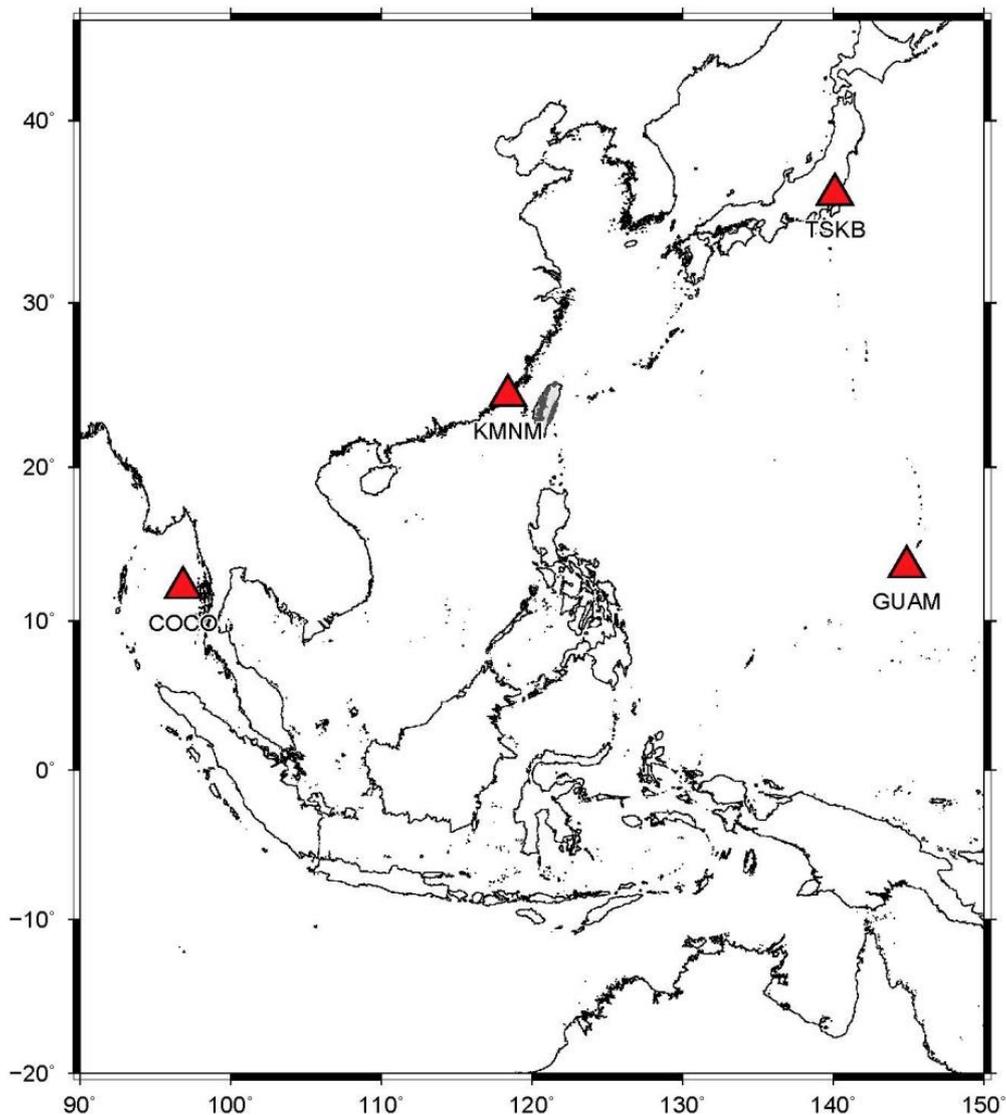


圖 3.4 參與計算之鄰近國際 IGS 站

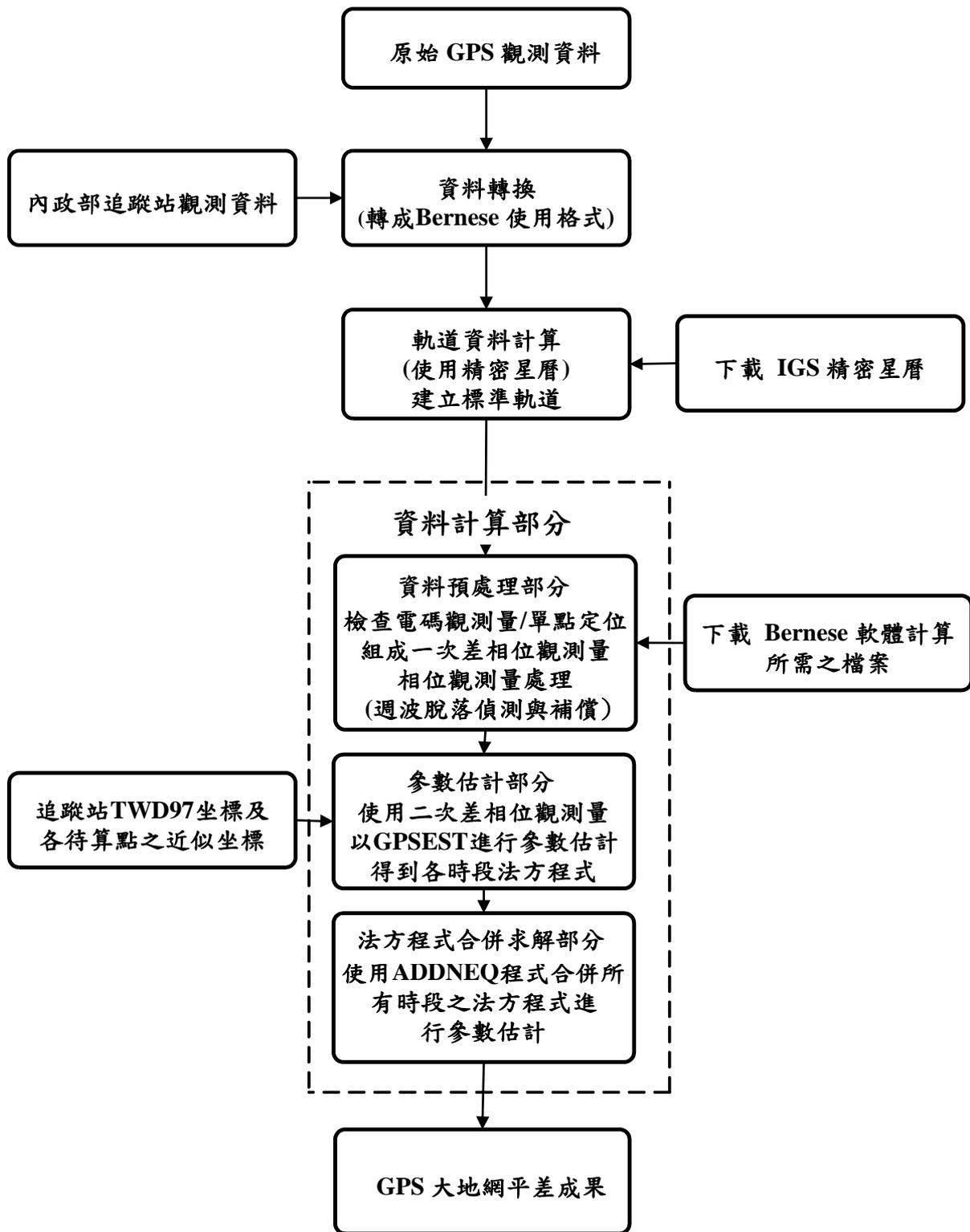


圖 3.5 Bernese 軟體計算流程圖

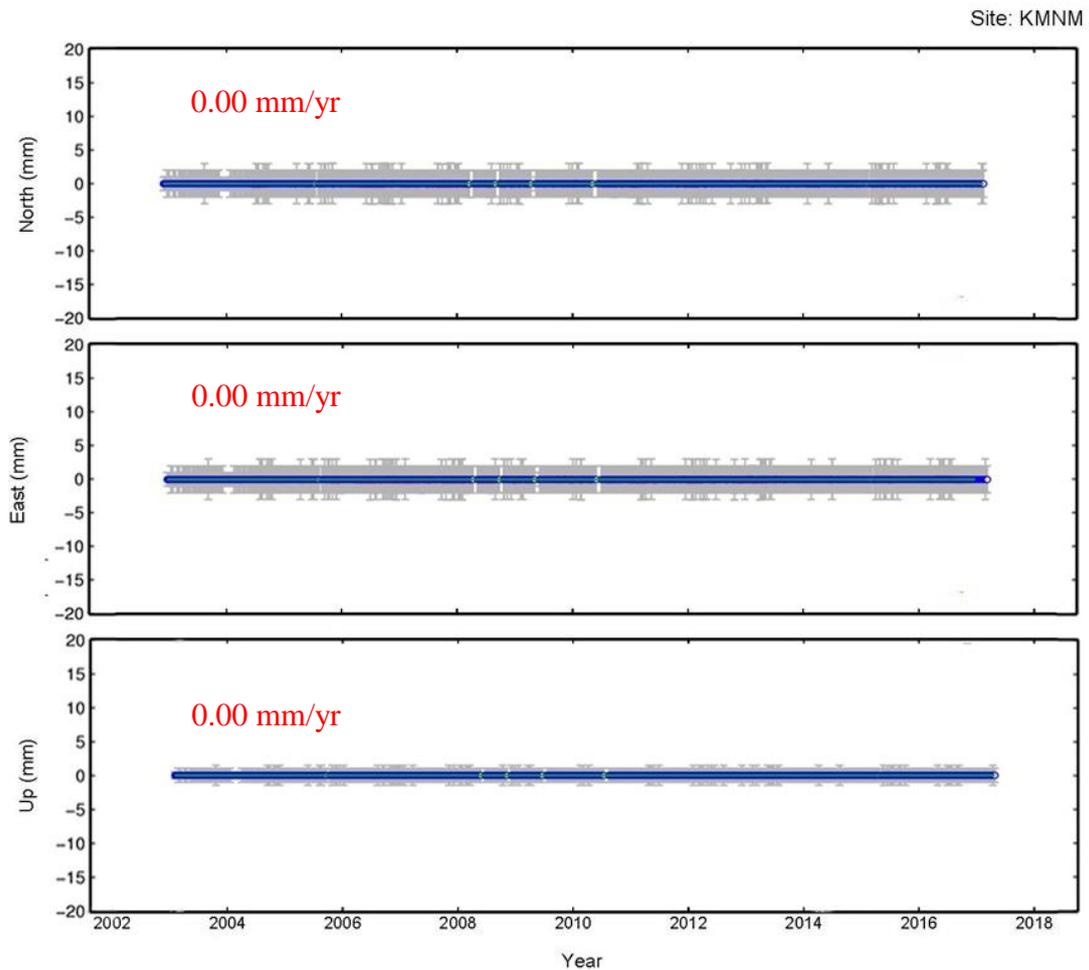


圖 3.6 金門站(KMNM)坐標時間序列分析結果圖

接續，本團隊最小約制於金門站的 TWD97[2010]公告坐標以解算國內各連續站的每日坐標成果，提供作為各連續站時間序列分析及網格內插變位模式使用。進行最小約制在金門站公告坐標解算臺灣區域內各 GNSS 連續站資料時，若當天沒有金門的觀測資料，則依據前一日最小約制於 KMNM 所獲得的 LSB0(國土測繪中心頂樓)坐標進行最小約制解算，若仍然沒有 LSB0 觀測資料，則依以類推，依序以圖 3.7 所示的 JUNA(竹南)、CKSV(成大測量系)、S01R(澎湖白沙)以及 HENC(恆春)等順序(如附件四的工作會議結論內容)，進行最小約制以求解當天的連續站坐標值。

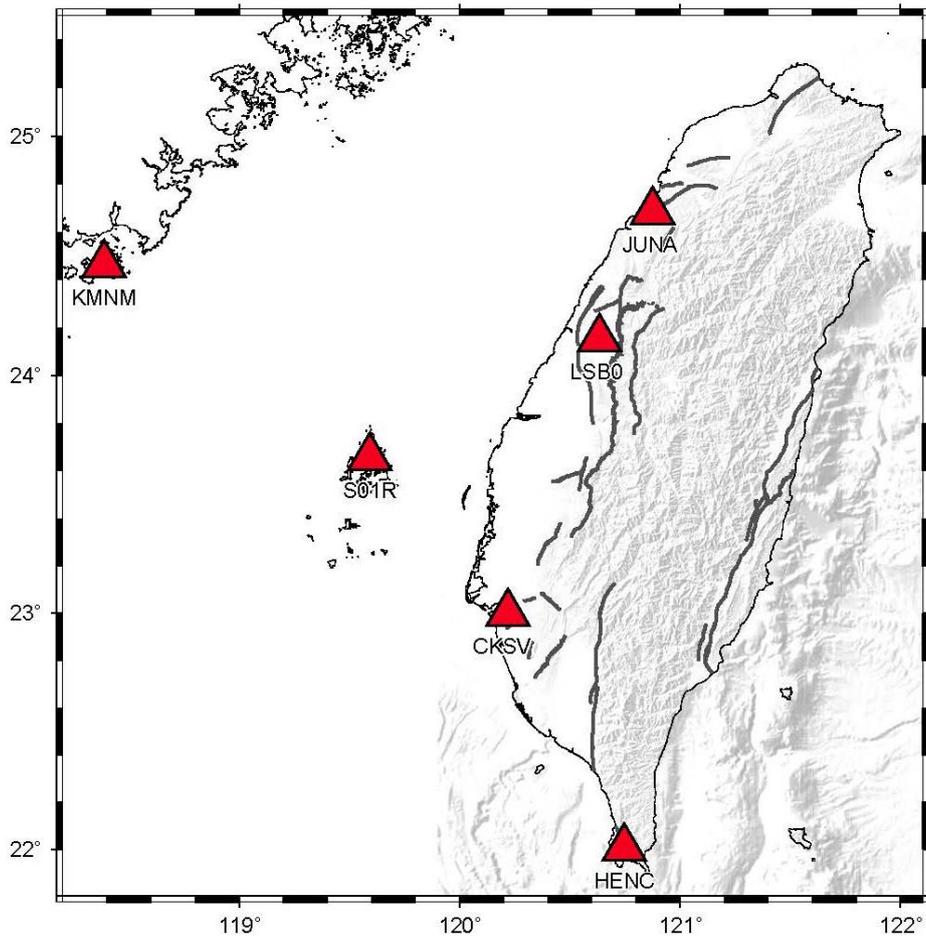


圖 3.7 國內共同聯測站分布圖

e-GNSS[2017]解算成果：

依據本節所述的資料解算策略，本團隊整合臺灣地區 GNSS 連續觀測站(如表 3.1 與圖 3.2 所示)自 105 年 12 月 1 日至 106 年 1 月 31 日共 62 天的觀測資料進行每天各分區的計算(如圖 3.3 及表 3.3)。首先，各時段仍是以金門站(KMNM)為最小約制站，如果沒有金門站的資料，則依前述的方式，依序採最小約制於 LSB0、JUNA、CKSV、S01R 以及 HENC 的原則，得到 62 天各分區的每日最小約制網的解算成果，並獲得對應的法方程式矩陣(*.NQ0)。

接續，將各分區每天的法方程式檔案(總共有 62 個)合併，而獲得各分區的 62 天總解算合併結果；第三個步驟為再合併每個分區的總合併法方程式(如圖 3.3 及表 3.3)，以獲得全區全部觀測時段合併的整體法方程式，並最小約制於國土測繪中心頂樓站 LSB0 的 e-GNSS[2015]三維坐標(X,Y,Z)，得到各 e-GNSS 基準站相對於 LSB0 站的 e-GNSS[2017]坐標成果，最後得到此最小約制網的後驗單位權中誤差為 ± 0.004 m，三維坐標估計值的平均標準差分別為 X 方向 ± 0.004 m、Y 方向 ± 0.006 m，以及 Z 方向 ± 0.004 m。

3.2 GNSS 連續站坐標精度分析

測站資料所能提供之精度，為半動態基準在建立時，最基本之誤差來源，後續在建立變形模型及外業測量上亦有其他不同之誤差，將經由誤差傳播擴大，降低最終坐標成果之精度。換言之，未來以 GNSS 資料所建立之半動態大地基準整體精度，不可能高於測站資料之精度，因此觀測資料的精度值則提供後續模型及法規建立作為重要的參考依據。由於 GNSS 連續站之設站特性，免除了定心定平所造成之人為測量誤差，所以一般認為 GNSS 連續站之坐標精度最能反映實際地殼變形之綜合特性。故在本章節中藉由 GNSS 連續站坐標時間序列之分析工作，了解臺灣各地區 GNSS 測量之坐標最佳精度與平均精度。經由 GNSS 連續站坐標精度之分析，可以提供本計畫(1)決定半動態基準的精度規範；(2)決定同震格點位移模型新增時機要素中之最大地表位移量標準。

3.2.1 GNSS 連續站時間序列分析

本計畫首先利用基線解算處理軟體 Bernese 5.2 求解各 GNSS 連續測站之坐標成果，各測站的解算坐標是採用最小約制金門站(KMNM)在 TWD97[2010]下之公告坐標。接著則參考 Nikolaidis (2002)提供之坐標時間序列擬合模式，進行地表運動速率以及地震瞬時位移等事件之擬合如下：

$$y(t_i) = a + bt_i + c \cos(2\pi t_i) + d \sin(2\pi t_i) + e \cos(4\pi t_i) + f \sin(4\pi t_i) + \sum_{j=1}^{n_g} g_j \cdot H(t_i - T_{eq}) + \sum_{j=1}^{n_h} h_j \cdot H(t_i - T_{eq}) \cdot t_i + \sum_{j=1}^{n_k} k_j \cdot H(t_i - T_{eq}) \cdot \exp^{-(t_i - T_{eq})/\tau_j} + v_i \quad (3-1)$$

其中，a 為初始坐標，b 為震間期(interseismic period)地殼運動速率，c、d 為年週期(annual period)變化之振幅，e、f 為半年週期(semi-annual period)變化之振幅，g 表示時間序列中的不連續跳動，可能為地震造成的同震位移或是人為天線更換，h 為震後線性速率改變量，k 為震後變形呈指數衰減的現象，最後 v 為殘差項。其中 H 為階梯函數(Heaviside step function)， τ 為鬆弛時間(relaxation time)，代表震後變形衰減至總變形量的 1/e 所需時間。不過為了符合後續實務上工作的需求，在本計畫的工作中僅擬合地表運動速率以及地震瞬時位移等事件，並利用不同時期之速度場改變來擬合震後變形，亦即會求解各個測站各個分量之係數 a、b、g、h (如圖 3.8)。圖 3.8 為高雄港測站(KASH)坐標之時間序列擬合結果，2002 至 2017 年其斜率呈現一致性，於 2016-2018 年期間之 N,E 及 U 方向有 GAP 產生，推測與地震事件相關。

完成臺灣地區各 GNSS 連續站 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之坐標時間序列擬合後，為了合理的評估 GNSS 測站之坐標精度，本計畫進一步移除坐標時間序列中之所有訊號後(如圖 3.9)，分析時間序列中殘差的離散程度來了解各測站 E、N、U 分量之精度。將所得各測站之坐標精度進行統計分析，可以此獲得臺灣整體測站水平與高程坐標精度之分布型態。各坐標分量精度值經由統計分析後獲得之標準差越小，則代表該地區之坐標精度具有接近的品質，反之則代表各測站精度之落差越大。圖 3.9E、N、U 分量之殘差的離散呈現隨機，標準差小，高雄港測站(KASH)之坐標精度具有品質。

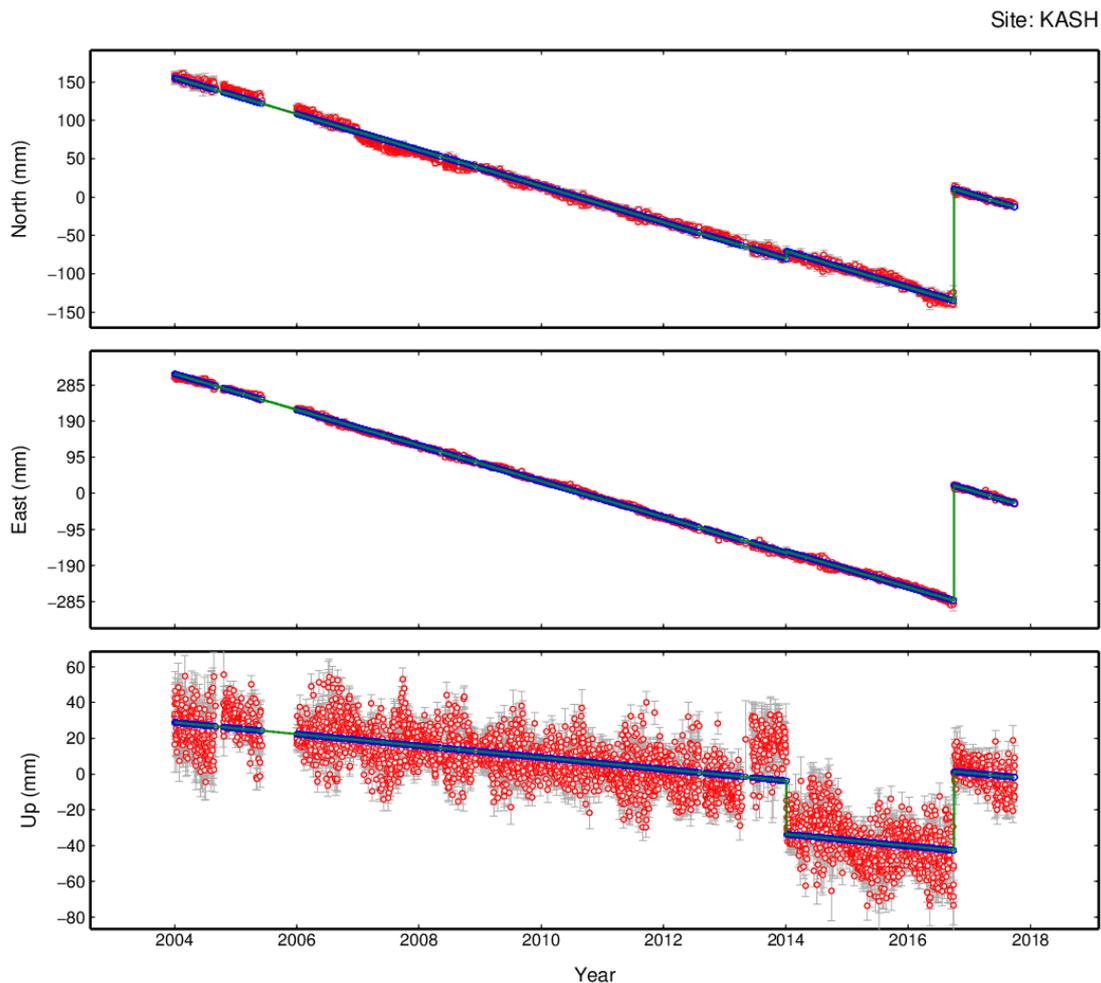


圖 3.8 高雄港測站(KASH)坐標時間序列擬合結果(1)
(紅色圓圈為原始坐標時間序列，藍色圓圈為擬合後之坐標計算值，
綠線為坐標時間序列之擬合曲線。)

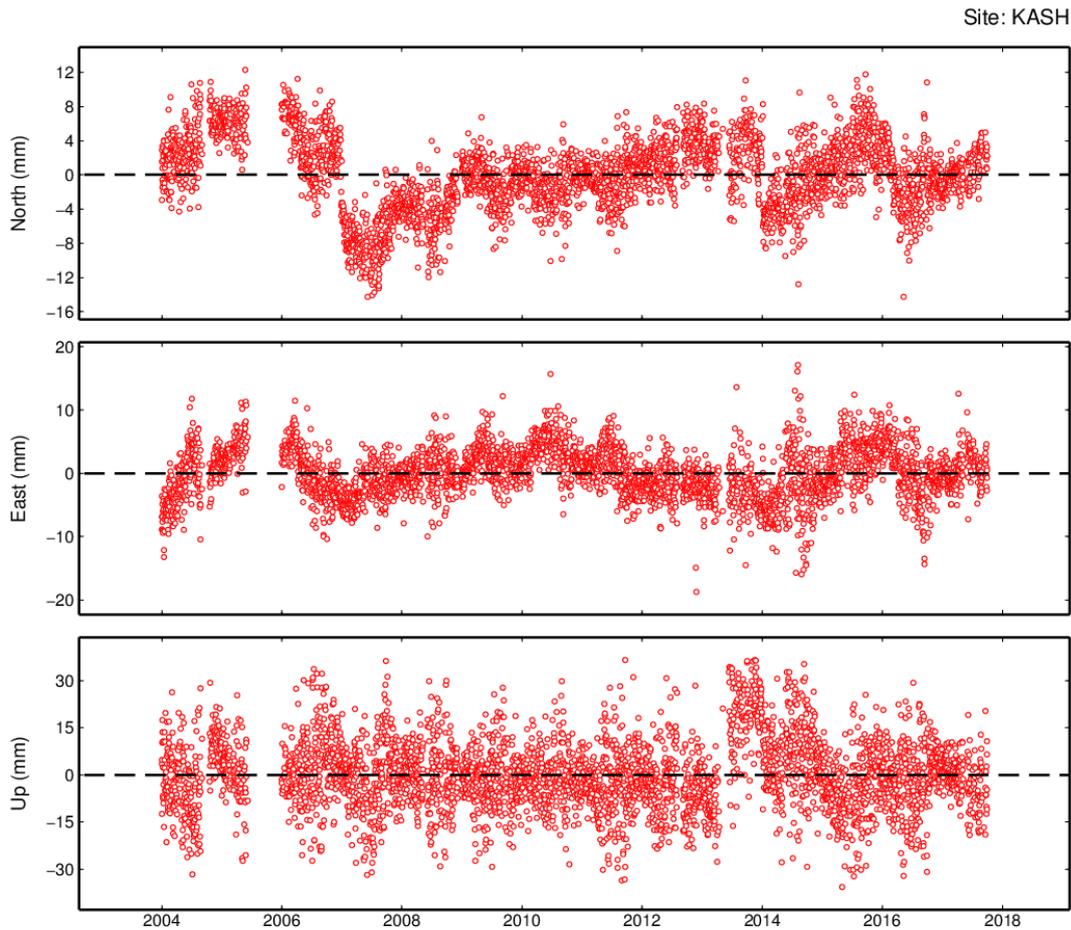


圖 3.9 高雄港測站(KASH)坐標時間序列擬合結果(2)
(紅色圓圈為移除地表運動速率及地震瞬時位移等事件後之殘差值。)

3.2.2 臺灣地區 GNSS 連續站坐標精度

根據各 GNSS 連續站之坐標時間序列擬合結果並經由統計分析指出(圖 3.10),臺灣 GNSS 連續站整體平均精度,在 E 方向為 ± 4.8 mm, N 方向為 ± 3.4 mm, 水平方向的整體平均精度為 ± 6.6 mm, 高程方向則為 ± 13 mm。若取三倍標準差作為各坐標分量之精度值,則全臺各 GNSS 連續站在水平方向之精度約為 ± 18 mm, 高程方向上則約為 ± 39 mm。依據臺灣地區各 GNSS 連續站坐標精度之空間分布型態可見(圖 3.11 至圖 3.14),在 N 方向的坐標精度,明顯優於 E 方向精度。在水平方向的精度值部分(圖 3.13),可以見到在花東縱谷地區與西南部

山麓地區變化量較大。在高程方向上(圖 3.14)，臺灣各地 GNSS 連續站精度值變化大，多數大於 ± 30 mm，最高可至 ± 100 mm，特別在西南部沿海地區有較高的精度落差，其形態與水平方向並不一致。

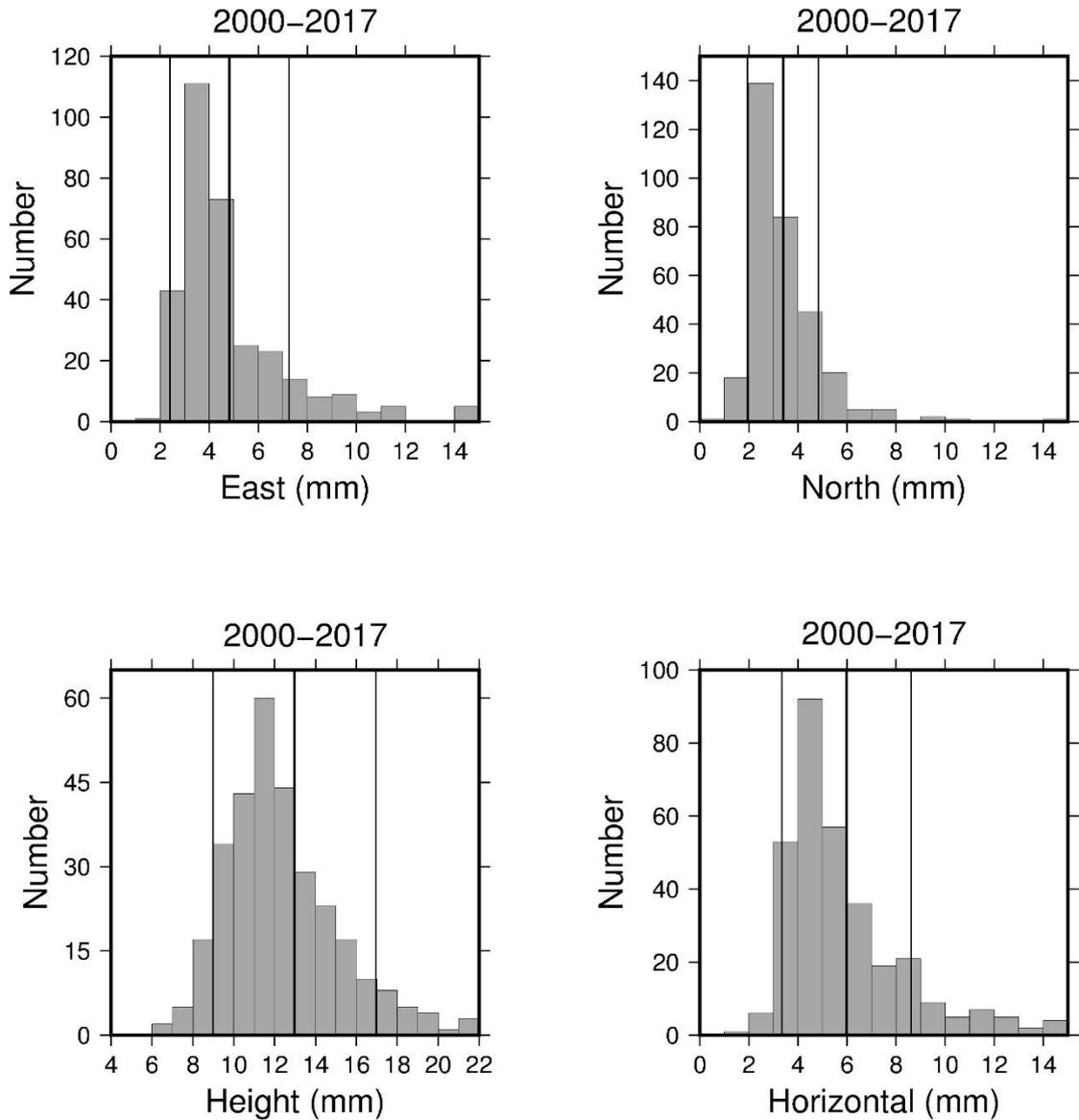


圖 3.10 臺灣地區 GNSS 連續站之坐標精度統計圖

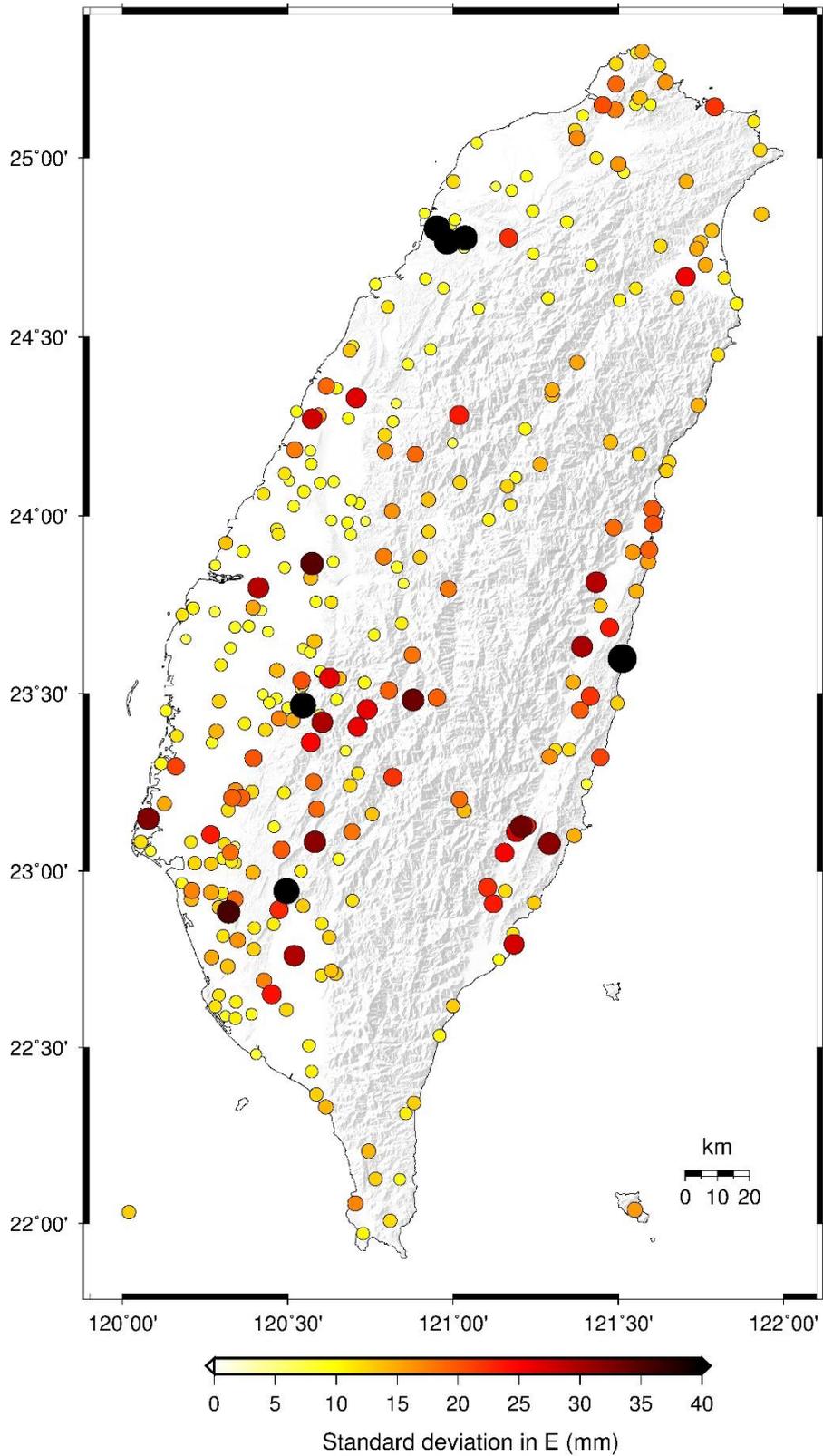


圖 3.11 臺灣地區 GNSS 連續站坐標 E 分量之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

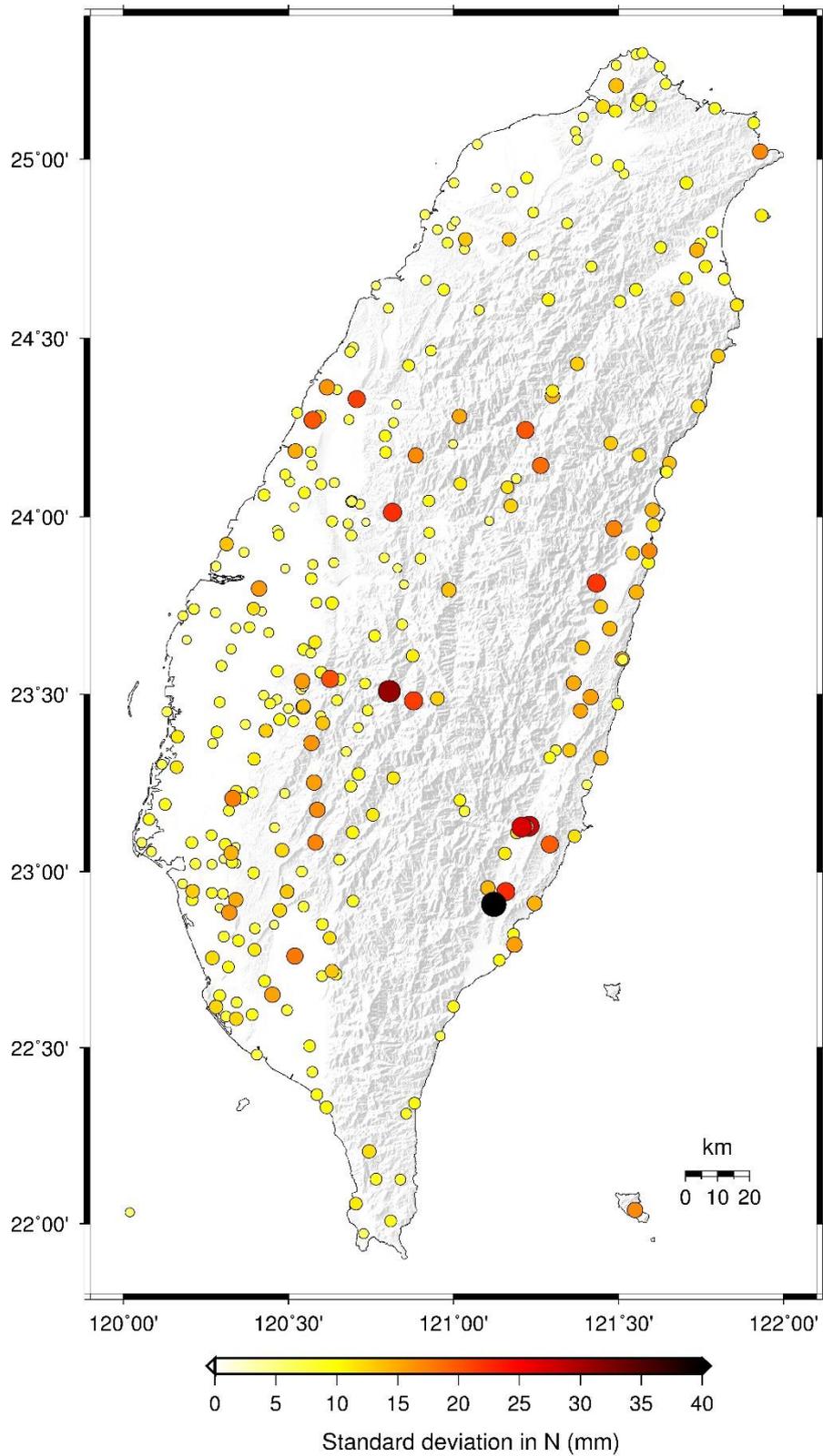


圖 3.12 臺灣地區 GNSS 連續站坐標 N 分量之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

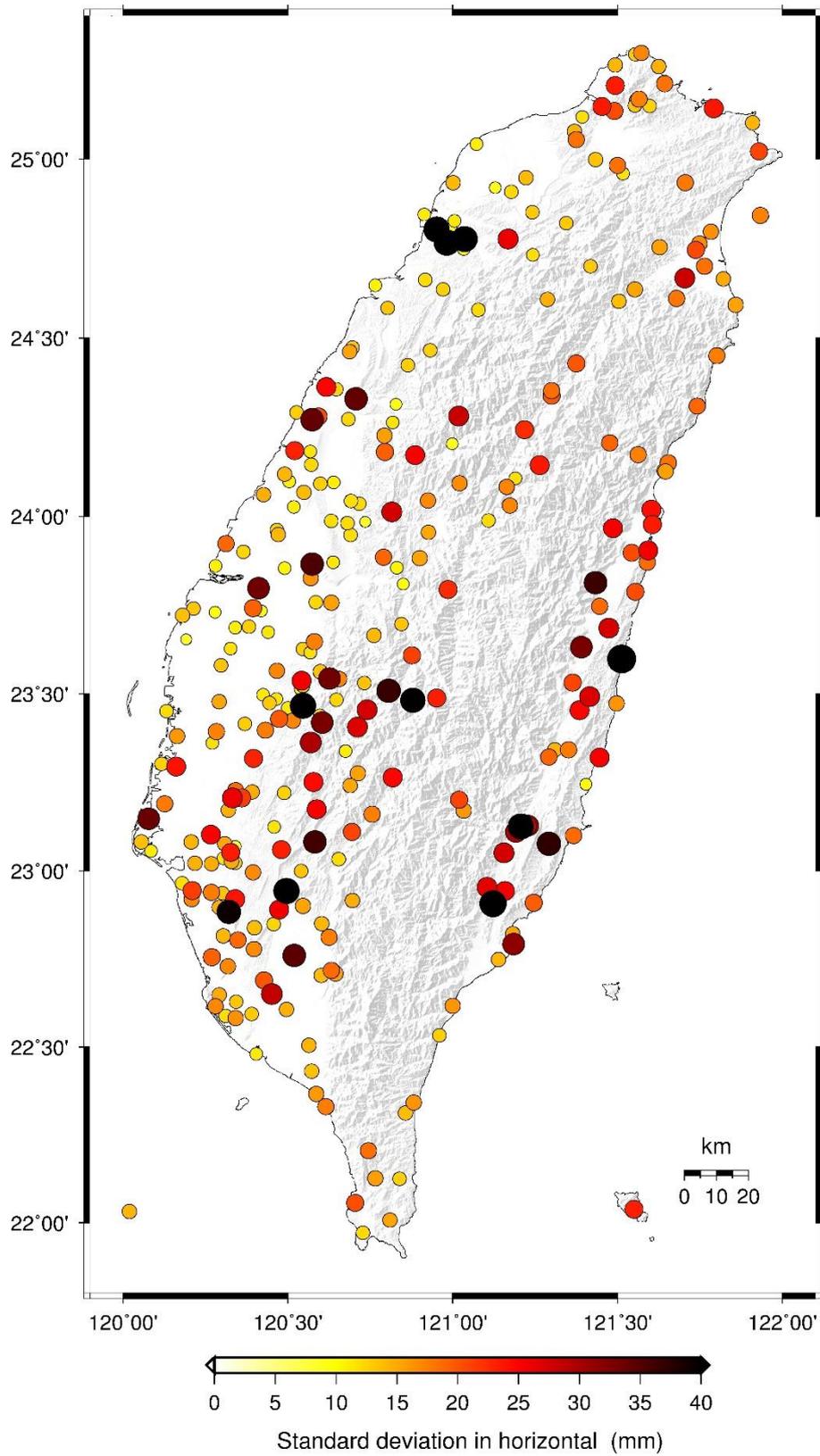


圖 3.13 臺灣地區 GNSS 連續站平面坐標之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

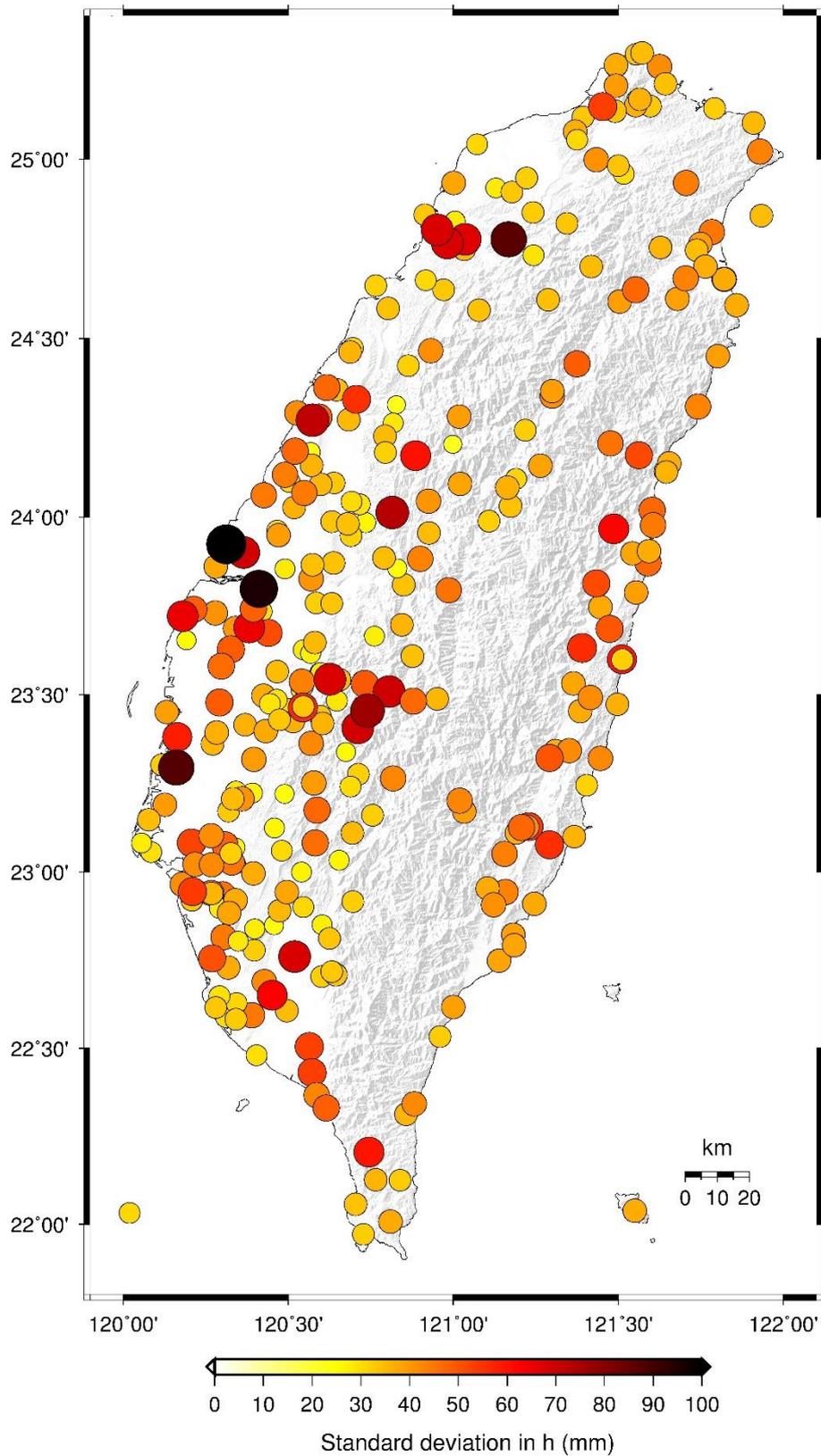


圖 3.14 臺灣地區 GNSS 連續站高程坐標之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

由於臺灣西南部地區與東部地區之坐標精度看起來較差(圖 3.11 至圖 3.14)，為了進一步釐清，本計畫首先針對臺灣西南部地區 GNSS 連續站坐標精度進行統計(圖 3.15)，得到 E 方向平均精度為 ± 4.9 mm，N 方向為 ± 3.3 mm，水平方向的整體平均精度為 ± 5.9 mm，高程方向為 ± 12.5 mm。由此結果得知，臺灣西南部地區 GNSS 連續站觀測資料的整體平均精度與全臺整體平均精度相近，且精度的離散程度較低(圖 3.16 至圖 3.19)。

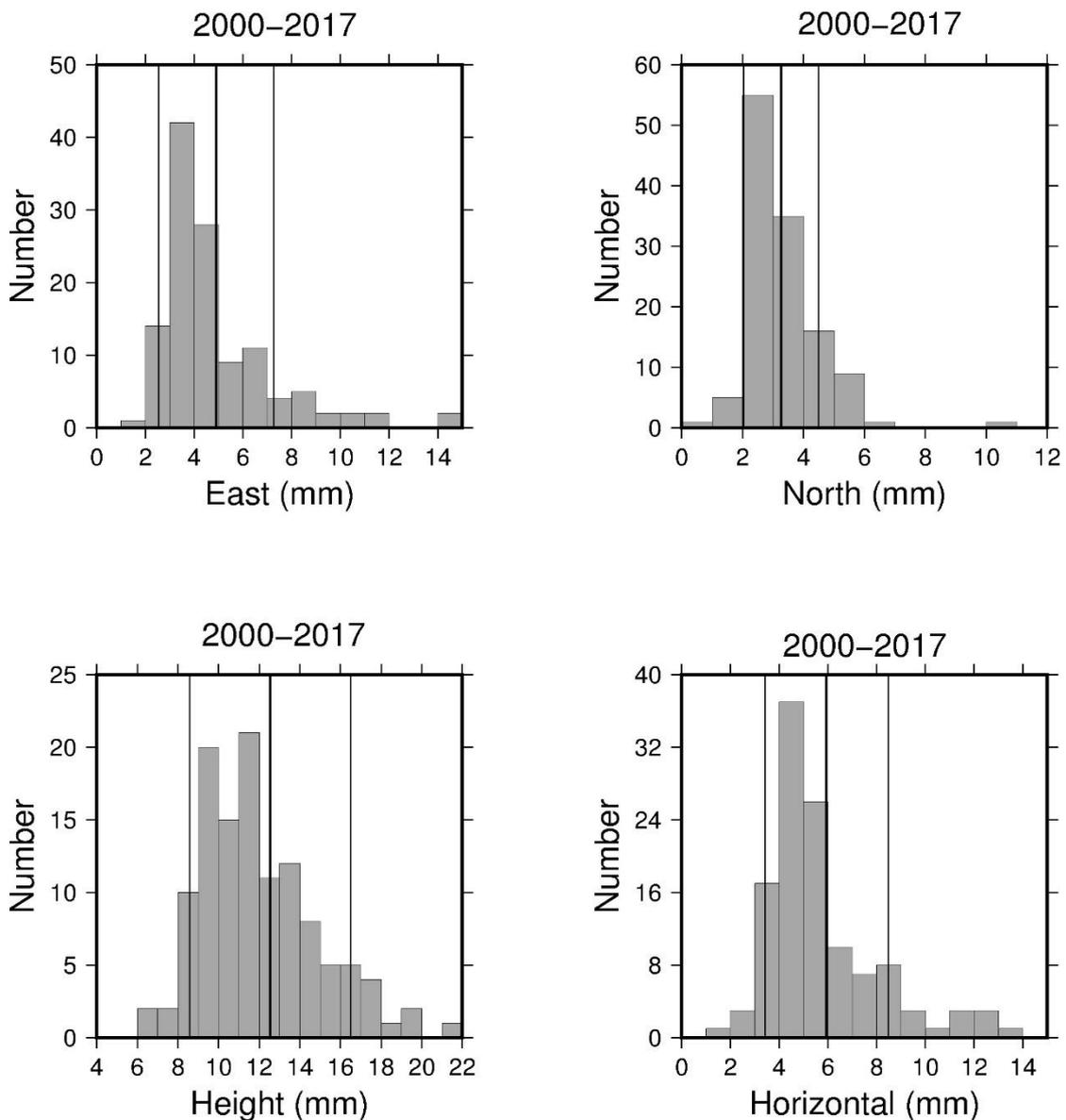


圖 3.15 臺灣西南部地區 GNSS 連續站之坐標精度統計圖

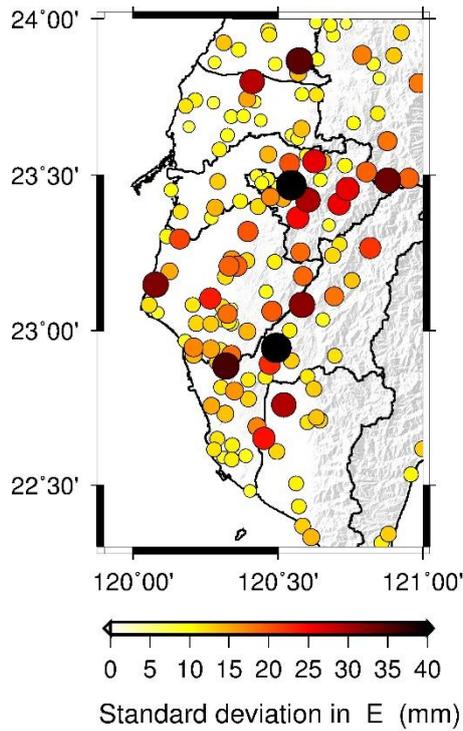


圖 3.16 臺灣西南部地區 GNSS 連續站坐標 E 分量之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

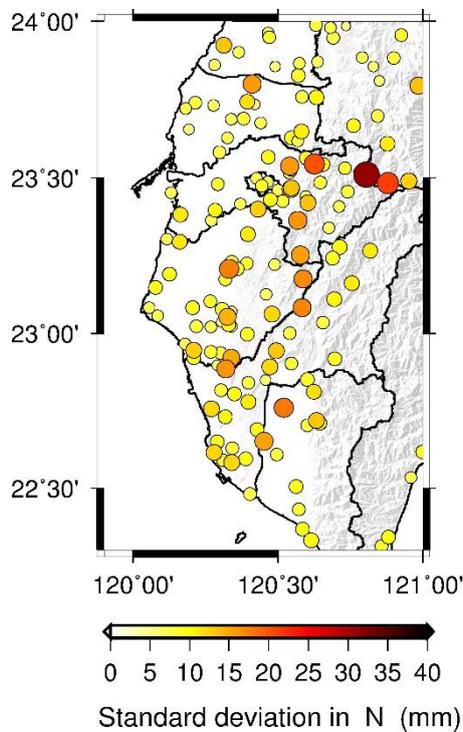


圖 3.17 臺灣西南部地區 GNSS 連續站坐標 N 分量之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

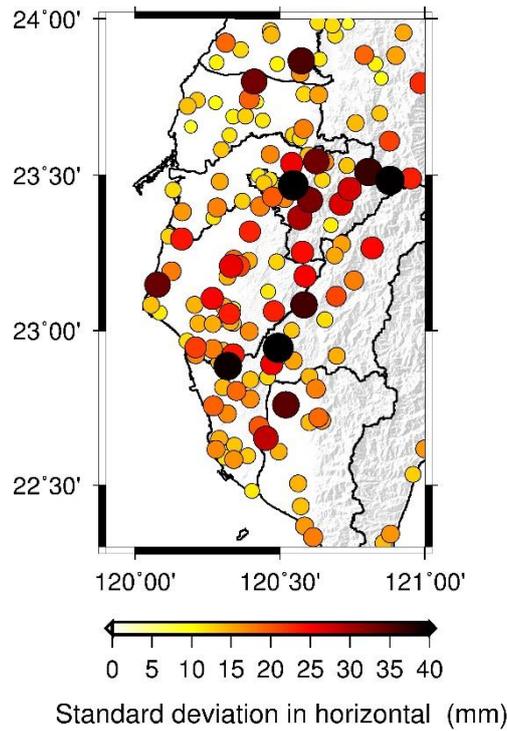


圖 3.18 臺灣西南部地區 GNSS 連續站平面坐標之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

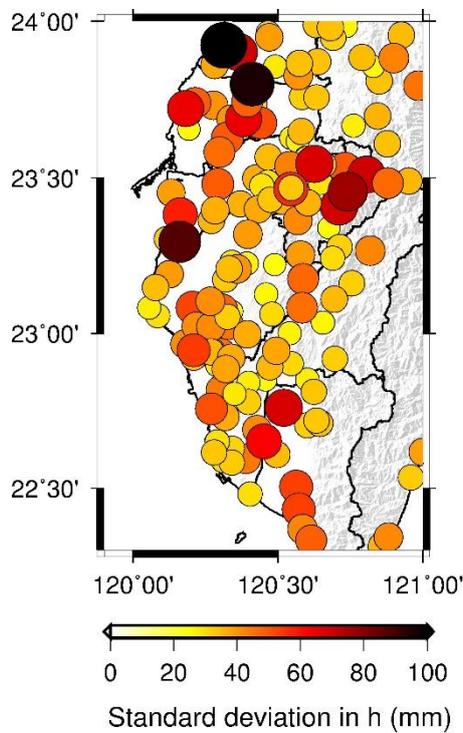


圖 3.19 臺灣西南部地區 GNSS 連續站高程坐標之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

接著，就臺灣東部地區 GNSS 連續站坐標精度進行統計(圖 3.20)，得到平均精度在 E 方向為 ± 6.1 mm，N 方向為 ± 4.5 mm，水平方向的整體平均精度為 ± 7.6 mm，高程方向為 ± 13.9 mm。此結果顯示，臺灣東部地區 GNSS 連續站整體觀測資料的平均精度低於全臺整體平均精度(圖 3.21 至圖 3.24)。

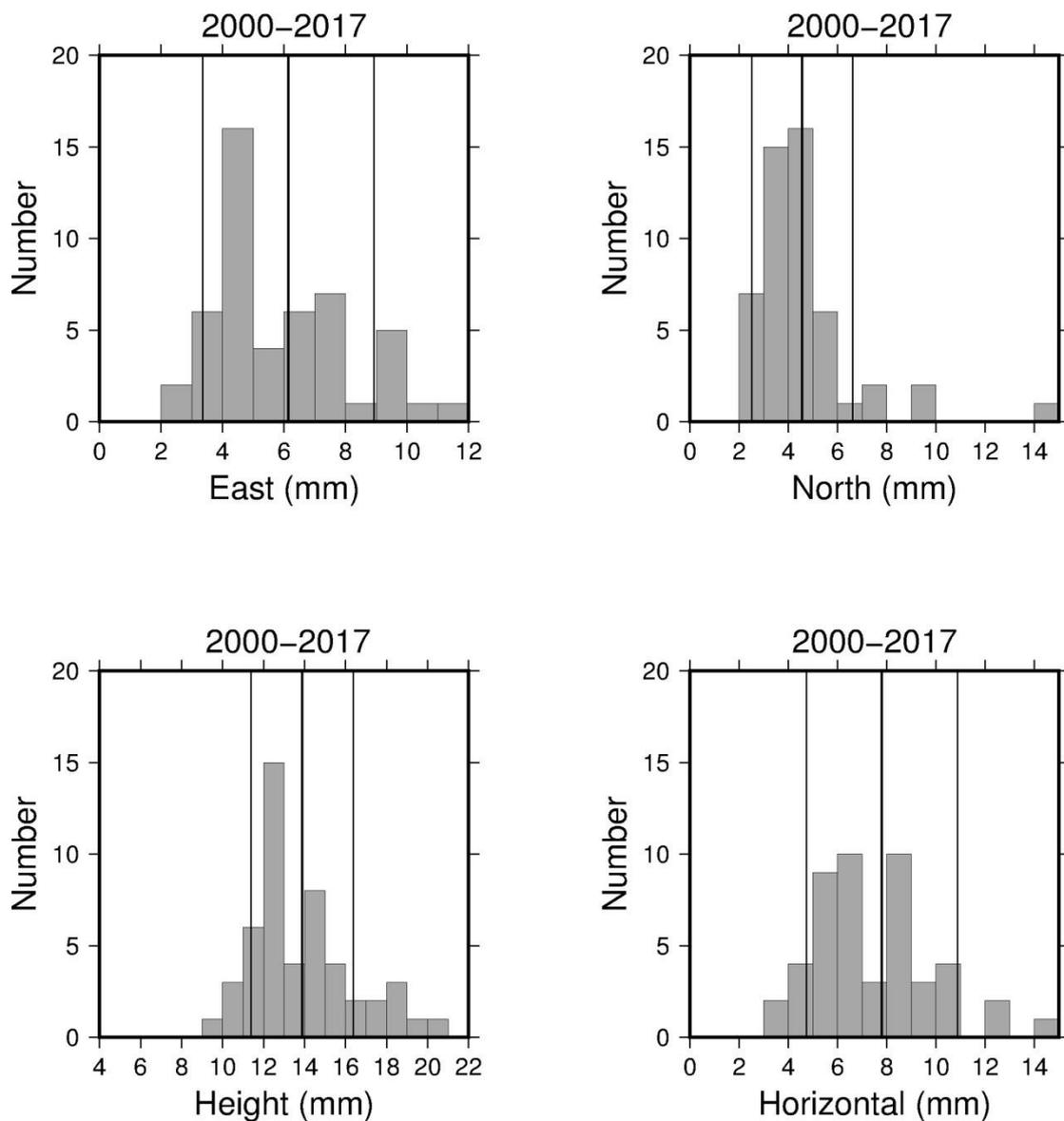


圖 3.20 臺灣東部地區 GNSS 連續站之坐標精度統計圖

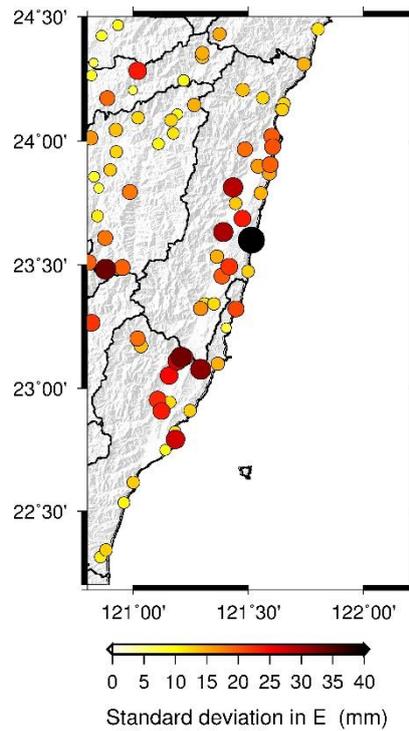


圖 3.21 臺灣東部地區 GNSS 連續站坐標 E 分量之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

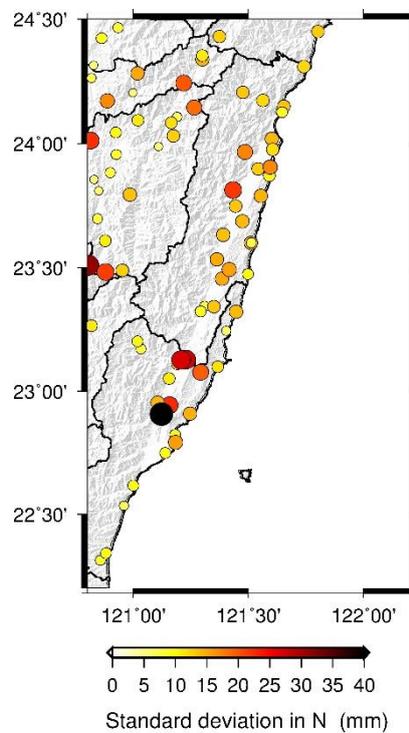


圖 3.22 臺灣東部地區 GNSS 連續站坐標 N 分量之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

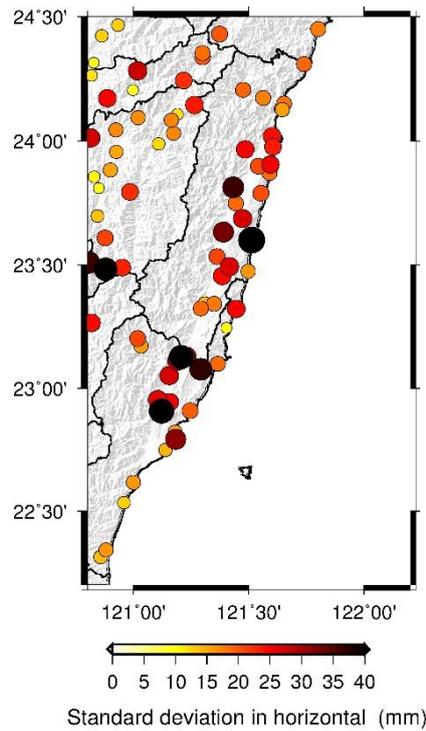


圖 3.23 臺灣東部地區 GNSS 連續站平面坐標之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

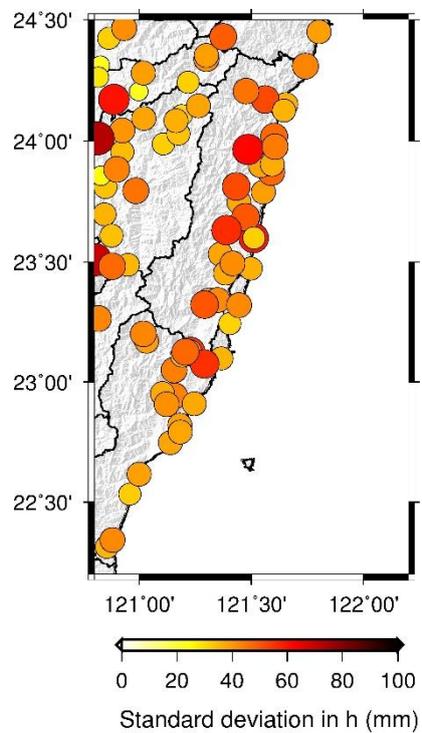


圖 3.24 臺灣東部地區 GNSS 連續站高程坐標之精度空間分布圖
(圓圈為 GNSS 連續站之位置，圓圈之大小及顏色代表 2000 年 1 月至 2017 年 9 月之測站精度值的大小。)

3.3 內插模式探討分析

本計畫持續評估地震影響，提出同震變形時更新變位模式的時機與使用方式，在 105 年度計畫中，利用 2016 年美濃地震同震位移資料為範例，進行地表同震位移模型之建立分析，探討超快速星曆(Ultra rapid orbits; IGU)、快速星曆(Rapid orbits; IGR)以及最終精密星曆(Final orbits; IGS)對於同震位移量解算成果的影響；並探討在半動態基準之建立中，斷層錯位模型(Dislocation model)與內插法，哪一個方法是產生地表同震位移模型的最佳方法？

就不同星曆對於同震位移量解算成果的影響分析，105 年度之計畫分別採用超快速星曆、快速星曆以及最終精密星曆來求解全臺 320 個 GNSS 連續站之同震位移量(圖 3.25 與圖 3.26)。圖中黑色箭頭為超快速星曆之地表同震位移成果、藍色箭頭為快速星曆之地表同震位移成果、紅色箭頭為最終精密星曆之地表同震位移成果。由此三個不同顏色的箭頭比較可以注意到，2016 年美濃地震造成之地表水平位移量約在 20-30 mm 間，垂直位移量同樣也約在 20-30 mm 間，然而超快速星曆所獲得之水平及垂直地表位移量與最終精密星曆之結果近乎一致，差異量幾乎皆在 2 mm 以下，換言之，利用超快速星曆可以獲得有效而且即時的地表同震位移場。

就同震位移模型建立之測試分析，105 年度之計畫先採用斷層錯位模型進行地表同震位移模型之推求(圖 3.27)，再利用內插法進行空間內插，以推求各個網格點的水平地表同震位移場(圖 3.28)。比較斷層模型(圖 3.27)與空間內插(圖 3.28)的結果可以發現，雖然採用斷層

模型來建立地表同震位移模型較不容易，然而，由於利用空間內插法建立之地表同震位移模型容易受到錯誤的資料而建立錯誤之模型，因此 105 年度之計畫建議仍以斷層模型為主要之地表同震位移模型。最後，由於同震位移場並不涉及分區問題，只與地震震源特性有關，故 105 年度之計畫採用與速度模型一致的格點，建立全臺美濃地震的水平方向地表同震位移場模型(圖 3.29)與垂直向同震位移場模型(圖 3.30)。

隨後，由於國土測繪中心於 102 年度與 105 年度分別針對約 1,400 個基本控制點進行檢測，故 105 年度之計畫利用這兩次檢測之基本控制點坐標，針對該計畫建立之地表變形模型進行驗證與精度分析。其結果顯示，以 102 年度之基本控制點坐標為起算值，考慮各測站於 102 年度至 105 年度間之速度場，推算 105 年度的基本控制點坐標，再與 105 年度實際觀測的坐標成果進行差異計算(圖 3.31)。結果發現，即使在臺灣的南部與東部地區，其坐標差異均有相當顯著之改善。坐標差值顯示有 680 個測站(約 51 %)的坐標差異量在 2 公分以內，有 1,219 個測站(約 91 %)之坐標差異量在 6 公分以內(圖 3.32)。

由於 2016 年臺灣西南部發生規模 6.6 之美濃地震，故 105 年度計畫進一步將美濃地震造成之同震位移場加入計算，推求該年度的基本控制點坐標，再與 105 年度實際觀測之坐標成果進行差異計算(圖 3.33)。105 年度計畫成果發現，雖然 2016 年美濃地震造成之同震位移量並不顯著，但是對於臺灣西南部測站的坐標差異仍有進一步之改善效果。坐標差值顯示有 686 個測站(約 51 %)坐標差異量在 2 公分以內，有 1,221 個測站(約 91 %)坐標差異量在 6 公分以內(圖 3.34)。

由 105 年度計畫的執行成果得知，地表同震位移模型的建立可以有效提高國家坐標變形系統之精度，然而在該計畫的執行中，並沒有針對地表同震變形模型的建立時機進行闡述，因此，在本年度的計畫針對地表同震變形模型的建立時機及使用方式進行更進一步的研究分析工作。

分析探討地表同震變形模型的建立時機及使用方式的目的，在於判斷臺灣地區發生地震後，是否要啟動地表同震變形模型的建立？因此，地表同震變形模型建立時機的理念為，首先必須要考慮現今 GNSS 連續站對於水平位移與垂直位移的解析能力有多高？接著，再根據其解析能力的極限，判斷該地震是否能造成足以被現今 GNSS 連續站解析出來的地表位移量。由於在地震發生後，中央氣象局將提供地震的各項主要資訊，包含地震發生之時間、地點、深度與規模，因此本計畫將會根據這些資訊，設定一系列斷層模型來測試在不同的地點、深度與規模中，不同斷層型態所造成的最大地表同震位移量是多少？是否能達到現今 GNSS 連續站的解析範圍？從而訂定地表同震變形模型的建立時機及使用方式，進一步可提供國土測繪中心於地震後進行基本控制點檢測之範圍建議。

在現今 GNSS 連續站對於水平位移與垂直位移的解析能力分析方面，國際的研究指出 GNSS 連續站在水平分量上可達 ± 0.5 到 1.5 mm，垂直分量則可達 ± 3.5 到 6.5 mm 的位移解析能力，而 GNSS 移動站在水平分量上約為 ± 3 到 5 mm，垂直分量上則約在 ± 10 mm 左右的精度(Blewitt *et al.*, 2006; Dzurisin, 2007; Williams *et al.*, 2004)。然而根據過去分析臺灣地區的 GNSS 坐標時間序列經驗指出，臺灣地區之 GNSS 連續站在水平分量上只能達到約 ± 10 mm 的位移解析能

力，垂直分量達到約 $\pm 20-30$ mm。為了更加瞭解臺灣地區 GNSS 連續站之位移解析能力，本計畫將對 GNSS 連續站之坐標時間序列進行 E、N、U 三個分量的統計分析，了解各分量坐標時間序列的離散程度，並了解臺灣地區不同地區的位移解析能力是否不同，釐清是否有空間分布之特性存在。

在進一步研究訂定地表同震變形模型建立時機的工作中，本計畫首先蒐集過往主要地震的研究文獻(e.g., [Cheng et al., 2009](#), [Ching et al., 2011](#))，通過這些文獻蒐集，可以先初步瞭解臺灣各地主要地震造成之地表同震位移量之大小，判定透過 GNSS 連續站所能解析位移量之可能最小地震規模及其相關參數。隨後，蒐集過往有震源機制解之地震目錄，並逐一根據震源機制解提供包含斷層走向、傾角、滑移角之等震源參數，再由經驗式([Wells and Coppersmith, 1994](#))從地震規模來推求斷層長度、斷層寬度與平均斷層滑移量，採用斷層錯位模型([Okada, 1985; 1992](#))進行地表位移場之推求。在藉由一系列之模型測試與文獻蒐集分析後，比較臺灣地區 GNSS 連續站之位移解析能力，本計畫可提出地表同震變形模型的建立時機及使用方式。

表 3.5 為自 1999 年集集地震至 2016 年美濃地震 - 臺灣近 20 年主要重大地震統計資訊，可作為分析提出地表同震變形模型的建立時機及方式之使用。本工作團隊透過資料的分析以瞭解臺灣各主要地震造成的地表同震位移量大小，決定 GNSS 連續站所能解析位移量的可能最小值與相關參數。隨後提出包含斷層走向、傾角、滑移角之等震源參數，再依此推求斷層長度、寬度與平均斷層滑移量以及地表位移場。

表 3.5 臺灣 1999 年集集地震以來之主要地震事件統計表

地震事件	時間	規模 (M_L)	震央 (°)	深度 (km)	地表最大 水平位移 量 (cm)	地表最大 垂直位移 量 (cm)	參考文獻
1999 年集集 地震	1999/09/21 01:47:05.9	7.3	23.85 N, 120.82 E	8	890	323.8	Yang et al. [2001]
2002 年花蓮 外海地震	2002/03/31 14:52:50.0	6.8	24.14 N, 122.19 E	13.8	5.50	—	Chen et al. [2004]
2003 年成功 地震	2003/12/10 12:38:13.5	6.4	23.07 N, 121.40 E	17.7	12.6	26.3	Chen et al. [2006]
2006 年卑南 地震	2006/04/01 18:02:19.5	6.2	22.88 N, 121.08 E	7.2	3.51	-2.70	Chen et al. [2009]
2006 年恆春 地震	2006/12/26 20:26:21.0	7.0	21.89 N, 120.56 E	44.1	2.54	3.23	Chen et al. [2008]
2006 年恆春 地震	2006/12/26 20:34:51.0	7.0	21.97 N, 120.42 E	50.2	2.83	-2.54	Chen et al. [2008]
2010 年甲仙 地震	2010/03/04 08:18:52.1	6.4	22.97 N, 120.71 E	22.6	2.74	2.5	Ching et al. [2011]
2013 年 3 月南 投地震	2013/03/27 10:03:19.6	6.2	23.90 N, 121.05 E	19.4	1.08	—	Chuang et al. [2013]
2013 年 6 月南 投地震	2013/06/02 13:43:03.2	6.5	23.86 N, 120.97 E	14.5	4.98	—	Chuang et al. [2013]
2013 年瑞穗 地震	2013/10/31 20:02:09.5	6.4	23.57 N, 121.35 E	15.0	6.2	—	Chuang et al. [2014]
2016 年美濃 地震	2016/ 2/6 03:57:26.1	6.6	22.92 N, 120.54 E	14.6	7.3	12.2	This study

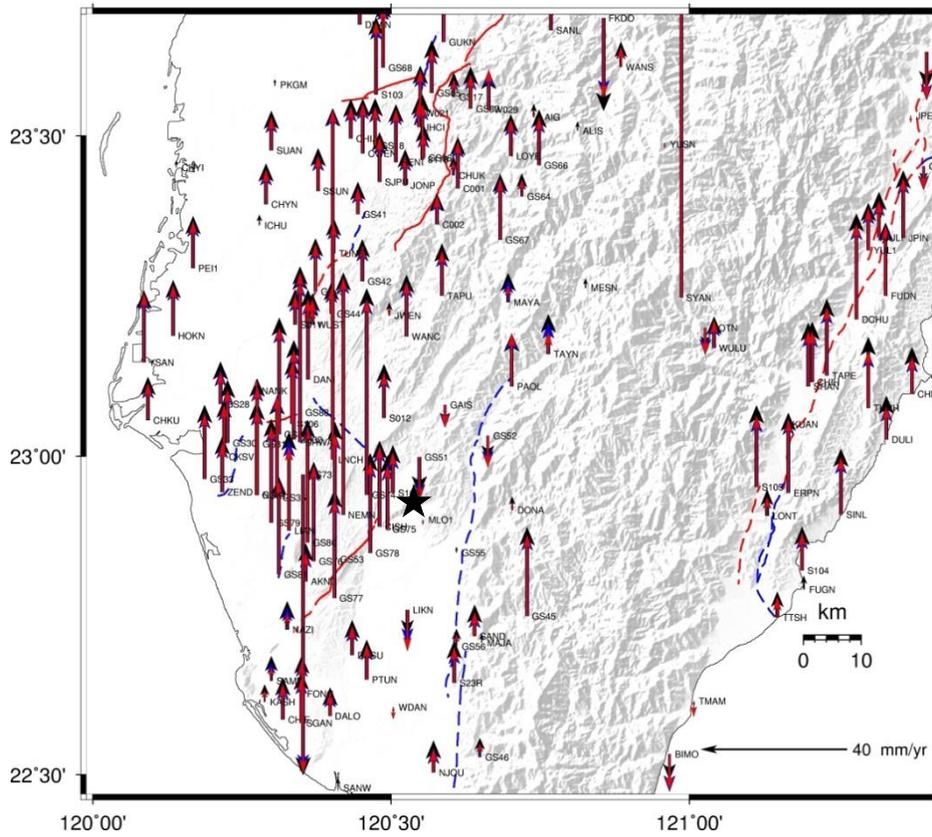


圖 3.25 2016 年美濃地震水平地表同震位移場

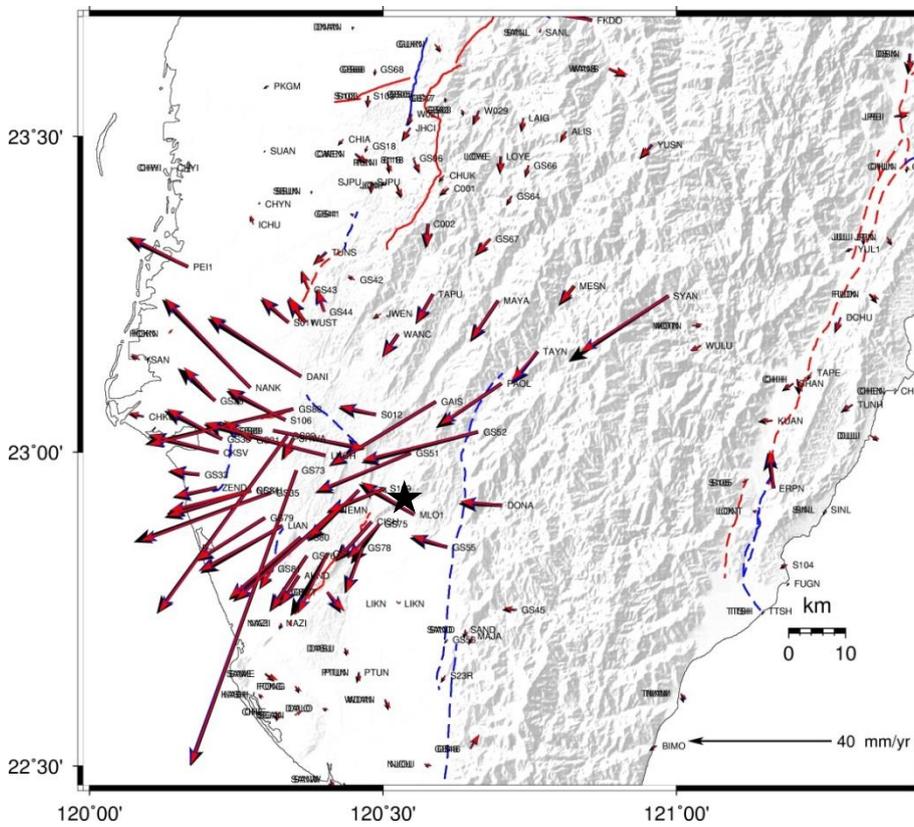


圖 3.26 2016 年美濃地震垂直地表同震位移場

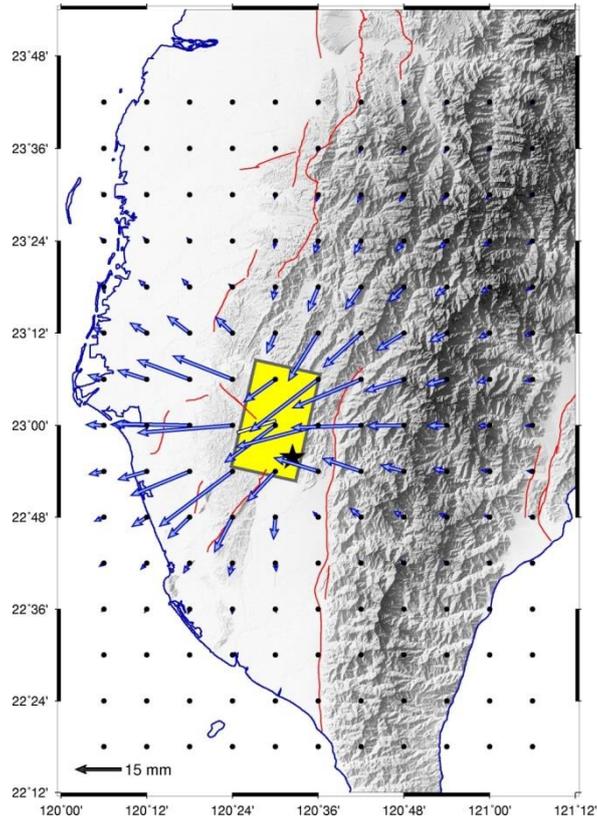


圖 3.27 2016 年美濃地震斷層錯位模型推求之水平地表同震位移場

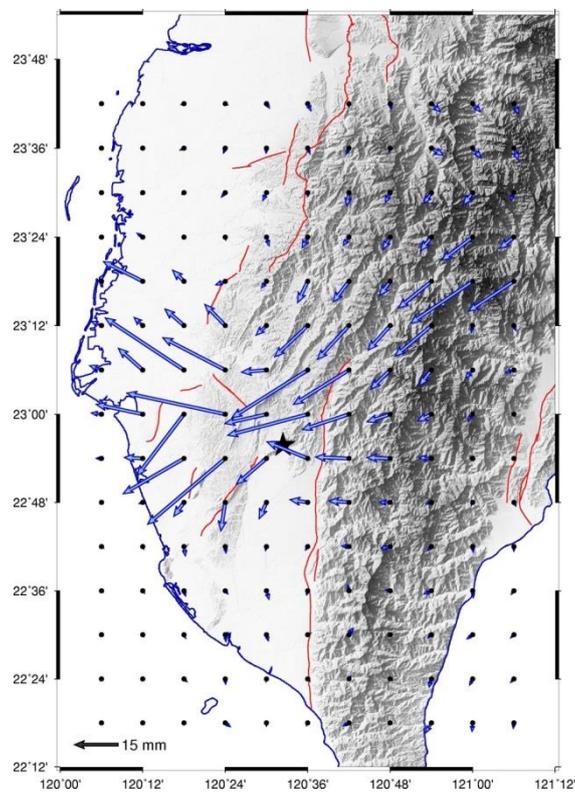


圖 3.28 2016 年美濃地震空間內插法推求之水平地表同震位移場

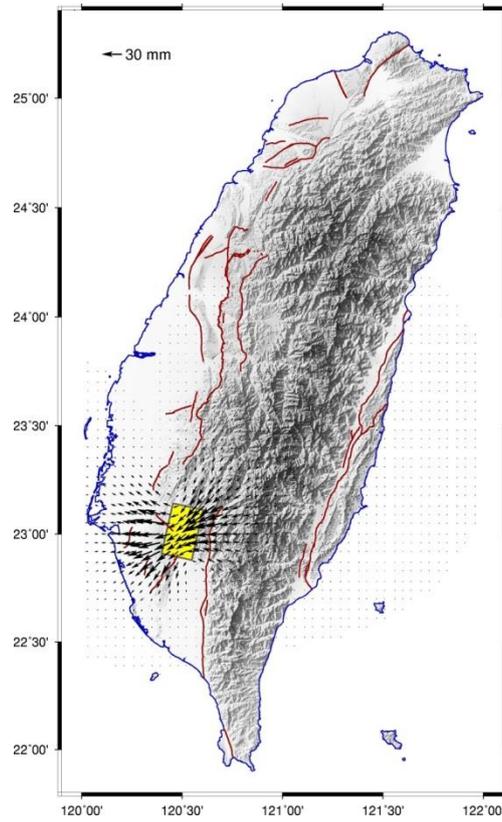


圖 3.29 2016 年美濃地震之全臺水平地表同震位移場

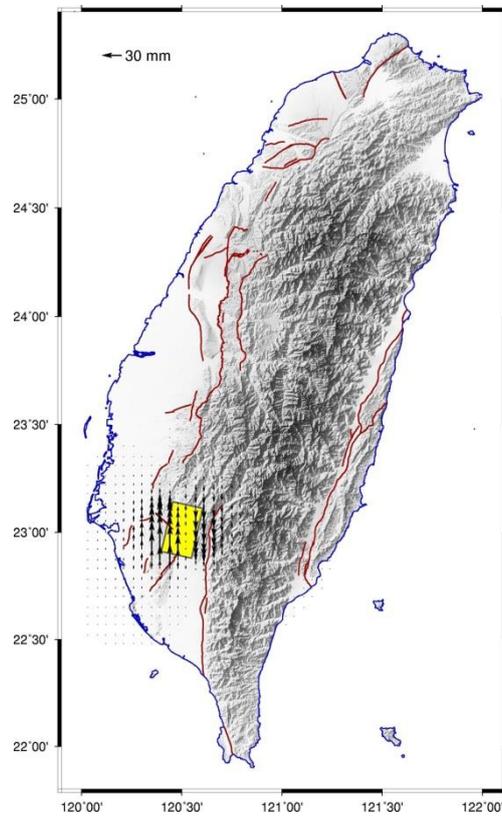


圖 3.30 2016 年美濃地震之全臺垂直地表同震位移場

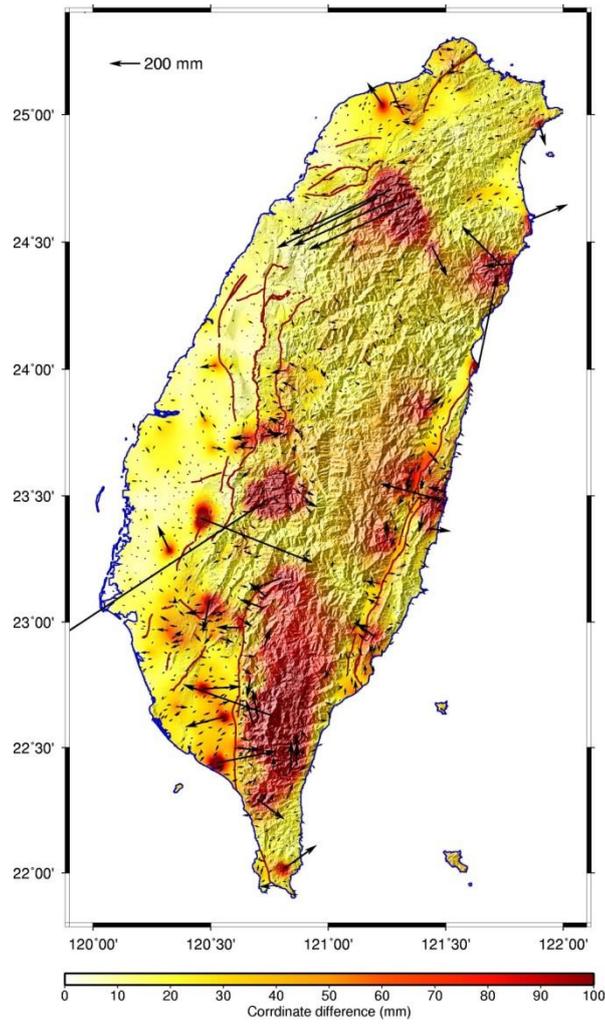


圖 3.31 102 與 105 年度經速度模型修正之基本控制點坐標差異圖

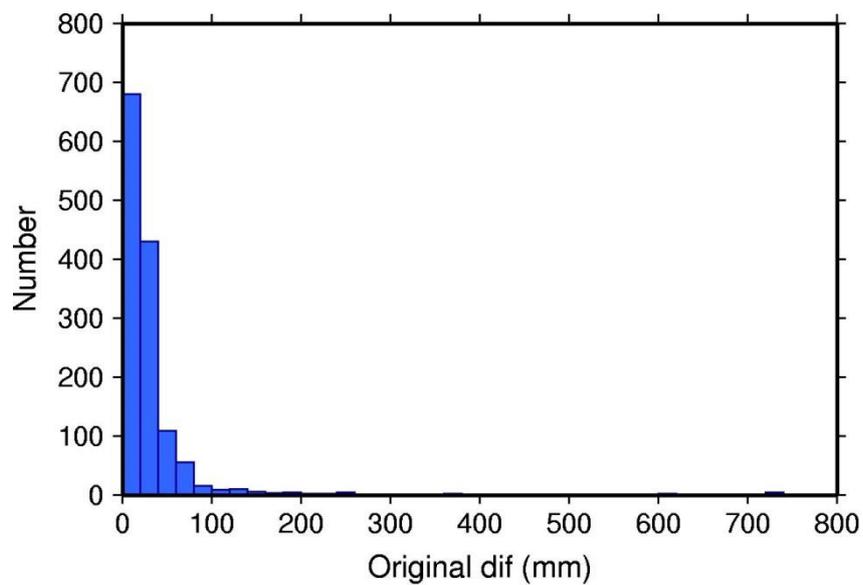


圖 3.32 102 與 105 年度經速度模型修正之基本控制點坐標差異量統計

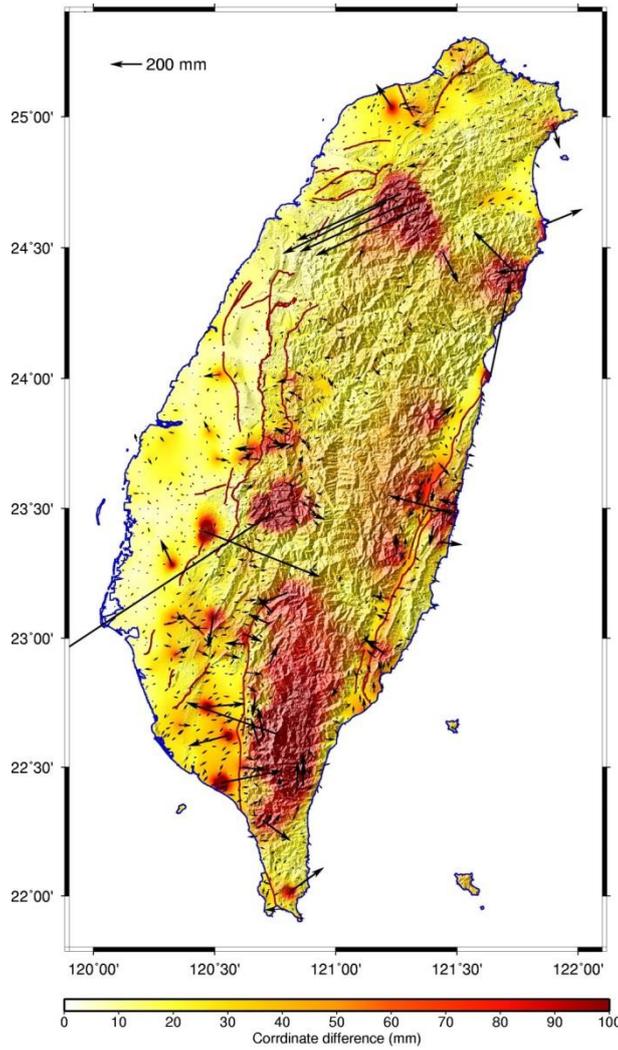


圖 3.33 102 與 105 年度經速度模型與同震模型修正之基本控制點坐標差異

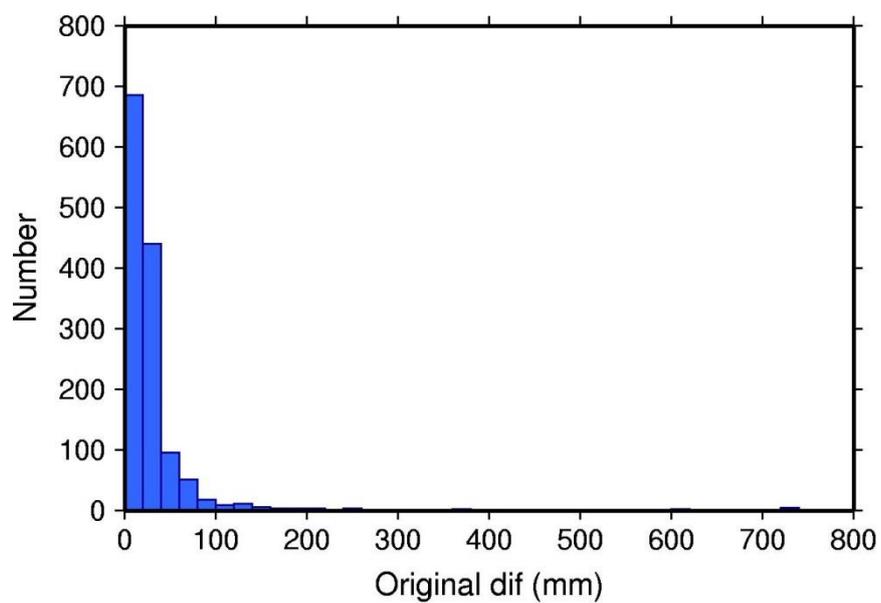


圖 3.34 102 與 105 年度經速度模型與同震模型修正之基本控制點坐標差異

3.4 調整內插網格模式

本計畫延續 102、105 年度工作計畫(內政部國土測繪中心, 2012; 2013; 2014; 2015; 2016), 並進行(1)蒐集解算 105 年 10 月 1 日至 106 年 9 月 30 日 GNSS 連續站觀測資料; (2)蒐集約 1,400 個 106 年度基本控制點檢測成果(由國土測繪中心按觀測時段最小約制至金門 TWD97[2010]公告坐標); (3)蒐集國土測繪中心的 91 年 1 月 1 日至 105 年 9 月 30 日之臺灣地區連續觀測站解算成果; (4)蒐集中央地質調查所 GPS 移動站歷年觀測成果約 850 點, 以及(5)水利署彰雲嘉水準測量計算成果與國土測繪中心 103 至 104 年臺灣一等水準網水準測量成果等, 建立臺灣水平速度場並進行垂直速度場的初步分析。整合各項地表觀測成果, 可以估計各站的速度, 同時考量由於斷層潛移可能造成空間變位不連續特性, 以評估地震產生的同震變形量。

本計畫將透過各 GNSS 觀測站的坐標時間序列分析推算各站的速度及同震位移場。藉由常用的迴歸公式, 針對各測站之 E、N、U 三個分量分別以(3-1)式進行時間序列擬合。在地表速度模型方面, 依據 105 年度計畫結果, 本計畫以克利金(Kriging)內插法建立地表速度模型, 地震造成的同震位移則以斷層錯位模型建立不同地震之地表同震位移模型, 結合兩個地表變位資訊, 建立包含時間因子的內插網格速度模式。

克利金法(Kriging)：

Kriging 法是由 Mathron 學者於 1963 年所提出，最早應用於礦脈在空間上分布的推測，是一種由已知點群推測特定區域範圍內未知點對應值的內插方法。當散布於特定空間中的某種現象具有空間結構性時，可採用 $Z(x)$ 來表示此現象的觀測值， x 則表示為空間中的位置，其可以為一個坐標，或是區域，甚至是一個面或一個立體的區塊。利用不同觀測點得到的觀測值，可以計算出不同距離的半變異數平均值，搭配適當的半變異元模式即可擬合出半變異元函數，其表示隨著距離的不同，相關程度也隨之改變，在滿足最佳線性無偏估的條件下，半變異元模式的值經過適當之轉換後可成為權重係數，用以推估未知點之值。半變異模式定義如下：

$$\text{Var}[Z(x+h) - Z(x)] = E[Z(x+h) - E(x)]^2 = 2r(h) \quad (3-2)$$

式中， x 為空間中某一點的位置， $Z(x)$ 為該點位置的隨機函數， $r(h)$ 為半變異函數(semivariogram)，代表配對的均方差隨著距離 h 增加而建立之函數關係。

Kriging 主要目的為利用已知值推估任一未知隨機變量 $Z(x)$ 之最佳線性無偏估方法(Best Linear Unbiased Estimator, BLUE)。由已知樣本點資料利用線性組合方式推測未知點位：

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (3-3)$$

並以最佳化法則(Optimization Theorem)計算每個已知資料的權重 λ_i ，該最佳化之目的是將所有預測值誤差的變異數最小化：

$$\text{Minimizing } \text{Var}[Z^*(x) - Z(x)] \quad (3-4)$$

透過(3-4)式使得該空間內的預測不會出現過高或是過低現象，所有的偏差值較有一致性。

現階段本團隊已完成 GNSS 連續站的資料解算，並與國土測繪中心提供的 91 年 1 月 1 日至 105 年 9 月 30 日之臺灣地區連續觀測站解算成果進行整合彙整，以(3-1)式以及表 3.4 的重大地震資訊，進行各 GNSS 連續站每日坐標解之時間序列擬合。

3.5 同震格點位移模型之新增時機分析

本章節在探討如何利用中央氣象局即時公告之地震震央位置(經緯度)、震源深度(km)與地震規模(M_L)，判斷同震格點位移模型之新增時機。具體操作概念為，當地震發生後，即可利用中央氣象局即時公告之地震震央位置(經緯度)、震源深度(km)與地震規模(M_L)，初步判斷該地震在臺灣陸地造成之最大地表位移量，是否有可能超過 GNSS 測量之坐標精度。如果有可能的話，將啟動後續之新增同震格點位移模型工作。

為了達成上述之工作目的，本計畫採用兩種方法來進行分析。(1) 文獻資料蒐集，藉由蒐集過去已發表和臺灣地區地表同震位移場相關的文章，了解臺灣及其鄰近地區會對臺灣陸地造成顯著地表位移之主要地震分布位置與規模；(2)然而，由於自然界之地震活動週期相當長，因此並不是每個可能的孕震帶都有地震的活動紀錄，所以本計畫還搭

配斷層正演模型，提供其最大地表同震位移量可能超過 GNSS 測量坐標精度之地震的震源位置、深度與規模。

3.5.1 地表同震位移場文獻資料蒐集與分析

由 3.2.2 節之臺灣各地區 GNSS 連續站坐標精度成果指出，水平方向的整體平均精度約為 ± 18 mm，高程方向則約為 ± 39 mm。換言之，當地震造成的地表最大水平位移量超過 18 mm 時，便有啟動新增同震網格點位移模型工作之必要。

臺灣自 1999 年 9 月 21 日，芮氏規模 7.3 之集集地震發生後，便有學者開始針對臺灣地區顯著地震進行研究，自集集地震後，臺灣地區之顯著地震便即有同震位移場的相關紀錄，而這些同震位移場之紀錄，即能夠反映實際地震震源位置與規模，在不同條件下所造成之最大地表同震位移量。故本計畫在此先統整目前已發表和臺灣地區地表同震位移場相關的文章，歸納分析臺灣及其鄰近地區，會對臺灣陸地造成顯著地表位移之主要地震分布位置與規模(表 3.4；圖 3.35 為自 1900 年 1 月開始統計至 2017 年 5 月的結果)。

1999 年區域地震規模(M_L) 7.3 集集地震之震源深度約 8 km，其所造成之地表水平位移量高達近 9 m，垂直位移則高達 3.2 m，為臺灣地區有科學儀器紀錄以來造成地表位移量最大之地震(表 3.4)。其餘大部分地震事件所造成之地表最大水平位移量約介於 10.8 mm 至 126 mm 間(表 3.4)。

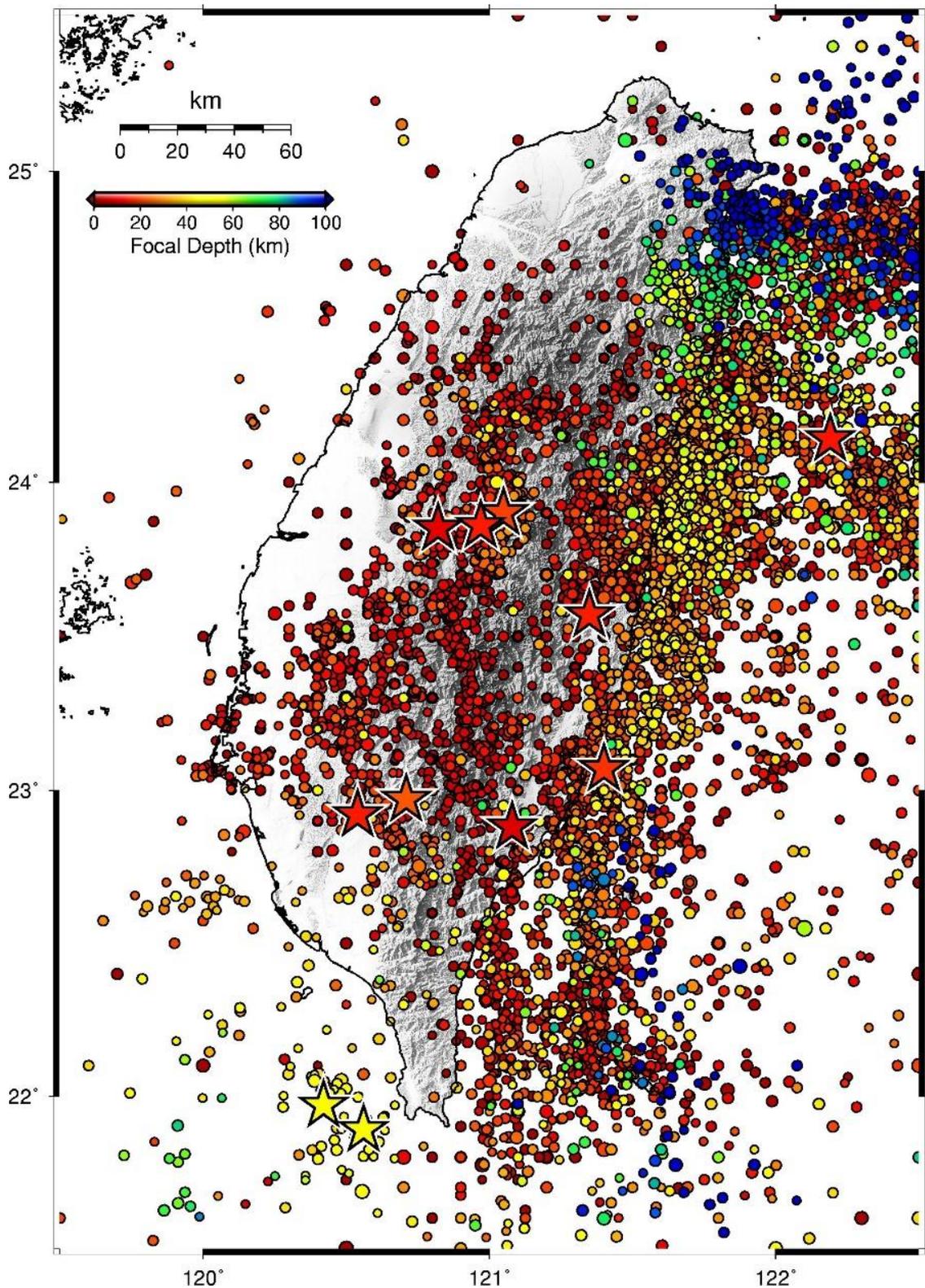


圖 3.35 臺灣 1900 年 1 月至 2017 年 5 月 $M_L > 4.0$ 之地震分布圖
(星號為 11 個臺灣及其鄰近地區會對臺灣陸地造成顯著地表位移之主要地震
分布位置。)

比對表 3.4 中規模最小且類似規模之地震事件，如 2006 年卑南地震與 2013 年 3 月南投地震，比較其震源深度及其所分別造成之最大地表位移量，可發現地震規模(M_L) 6.2，震源深度在 19 公里左右時，其所造成之最大地表水平位移量約為 11 mm，屬於不易偵測之精度範圍；但當震源深度在 7 公里左右時，其所造成之最大地表位移達 35 mm，已明顯超過坐標精度，可以順利被偵測到。

由上述比對分析可推測，當地震規模為 6.2 之地震，震源深度低於 13 km 左右，便可能造成超過坐標精度最大容許值 18 mm 之地表最大水平位移量，而有啟動新增同震網格點位移模型工作之必要。觀察震源深度介於 14 km 到 25 km 間，地震規模(M_L)達 6.4 以上之地震事件，其地表最大水平位移量由最小約 27 mm 至最大約 126 mm，皆造成水平位移量超過坐標精度最大容許值 18 mm。另外，在表 3.4 統整之資料中，規模達 7.0 之地震在震源深度 50 km 以內，皆能造成 25 mm 以上之水平位移量，可推測規模達 7.0 以上，震源深度若落在 50 km 以內，便有新增同震網格點位移模型工作之必要。

另外，根據造成顯著地表位移之主要地震震央分布情形及其震源深度指出，這些地震事件並非完整分布在整個孕震帶中，故需綜合各地震參數值加以比對分析，結合分析臺灣歷史地震分布情形與下一章節將提到之斷層正演模型，始能提供較合理之造成顯著地表位移之主要地震可能分布的位置、深度與規模。

3.5.2 斷層正演模型

為了合理建立斷層正演模型，本計畫首先須了解臺灣地區之地震空間分布特性。接著，依據此空間分布特性，建立斷層正演模型，搜尋出適當之震央位置(經緯度)、震源深度(km)與地震規模(M_L)等地震參數。

(一) 臺灣地區之地震空間分布特性

當地震發生時，中央氣象局將會在第一時間取得觀測資料、計算並公布以下資訊：(1)地震發生之日期與時間。日期公告格式為年、月、日、時、分、秒；(2)震央位置。震源投影至地表點之經緯度坐標；(3)震源深度。震源至地面之垂直距離，以公里(km)表示；(4)地震規模。地震所釋放的能量，臺灣地區採芮氏規模(M_L)。

在彙整歷年地震事件之上述所有資料，可以得到一個完整的歷史地震目錄，而究竟該挑選規模多大的地震事件來觀察其分布情形？由前述 GNSS 資料精度分析，可知在水平分量之地表位移，必須超過 18 mm 才能被偵測到，並進行下一步做新增同震網格點位移模型的工作以維持大地基準之精度。而為了求得會造成最大地表位移量超過 18 mm 之地震規模，首先透過 [Wu et al. \(2001\)](#) 提供之關係式 $M_L = 4.533 \times \ln(M_w) - 2.091$ 將區域規模(M_L)轉換成地震矩規模(M_w)。再利用下列 [Wells and Coppersmith \(1994\)](#) 的關係式計算最大地表位移量(MD)與平均地表位移量(AD)。

$$\log(\text{MD}) = -5.46 + 0.82M_w \quad (3-5)$$

$$\log(\text{AD}) = -4.08 + 0.69M_w \quad (3-6)$$

由於 Wu *et al.* (2001) 提供之關係式僅適用於區域規模(M_L) 5.0 至 7.1 之間；Wells and Coppersmith (1994) 的 MD 與 M_w 關係式僅適用於地震矩規模(M_w) 介於 5.2 至 8.1 間；AD 與 M_w 關係式僅適用於地震矩規模(M_w) 介於 5.6 至 8.1 時，其所計算之數值才較符合實際情況，故透過計算得表 3.6，可知區域地震規模 1.0 到 4.0 之地表位移量皆未達 18 mm，且其地震規模範圍亦不符合參考值，僅供參考。在區域地震規模(M_L) 5.0 與 8.0 之部分，雖地表位移量計算結果超過 18 mm，為可被偵測之值，但其相應之地震矩規模(M_w) 不在適用範圍內，故亦提供參考。由於目前仍無法精確地評估地殼運動情形，故採用謹慎的作法，取區域地震規模(M_L) 4.0 以上之地震事件來檢視其分布情形。

表 3.6 地震規模與地表位移對照表

M_L	M_w	AD (mm)	MD (mm)
1.00	1.98	0.4	0.1
2.00	2.47	0.8	0.4
3.00	3.07	2.1	1.1
4.00	3.83	7.0	4.8
5.00	4.78	31.5	28.8
6.00	5.96	205.3	267.4
7.00	7.43	2121.8	4291.4
8.00	9.26	38850.8	135893.9

在確定採取區域規模(M_L) 4.0 之地震事件以檢視其孕震帶空間分布後，由中央氣象局之地震目錄中挑選出符合之地震事件並繪製出臺灣地區 1900 年 1 月至 2017 年 5 月 $M_L > 4.0$ 之地震分布圖(圖 3.35)。為了利於後續斷層正演模型進行測試，下一步便將該地震分布情形進行網格化，本階段分別在經緯度各採 0.1° 為一個格點，搜尋各格點 10 km 半徑範圍內是否有地震存在，若有地震事件存在，則計算出該格點範圍內震源深度最深之地震事件 (圖 3.36)。為利於斷層正演模型之演算及測試，並了解區域孕震帶之空間分布型態，本計畫利用移動平均的方法，搜尋各個格點半徑 30 km 範圍內之數值進行平均，且搜尋範圍內之格點數須大於 5 點，才取其格點數值作平均計算取代原始數值，將孕震帶深度平滑化(圖 3.37)，最後進行後續斷層正演模型之測試。

雖然臺灣 $M_L > 4.0$ 之孕震帶深度分布型態較為複雜 (圖 3.35 與圖 3.36)，但仍可看出臺灣東半部地震事件分布較密集且震源深度較西半部來的深，尤以東北角及其外海與東南外海地區之地震事件震源深度最深，可達 100 km 以上。西半部地區則以西南部地震事件較密集，震源深度亦較東半部地區淺，其中又以西北部地區之震源深度最淺，約只有 0 到 30 km。進一步觀察平滑化後之格點分布圖(圖 3.37)，可以很明顯的看到西北外海地區地震事件分布較少，致使該區無格點分布，且東、西半部地區兩側的震源深度有明顯差異，臺灣東北部及其外海地區與東南外海地區之地震事件震源深度最深，深度約由 80 至 100 km；西半部地區在此圖中更可明顯看出除了西南部外海地區深度可達 50 至 80 km 左右外，整體西半部地區之地震事件震源深度分布約在 0 到 40 km 區間，大多屬於震源深度較淺之地震事件。

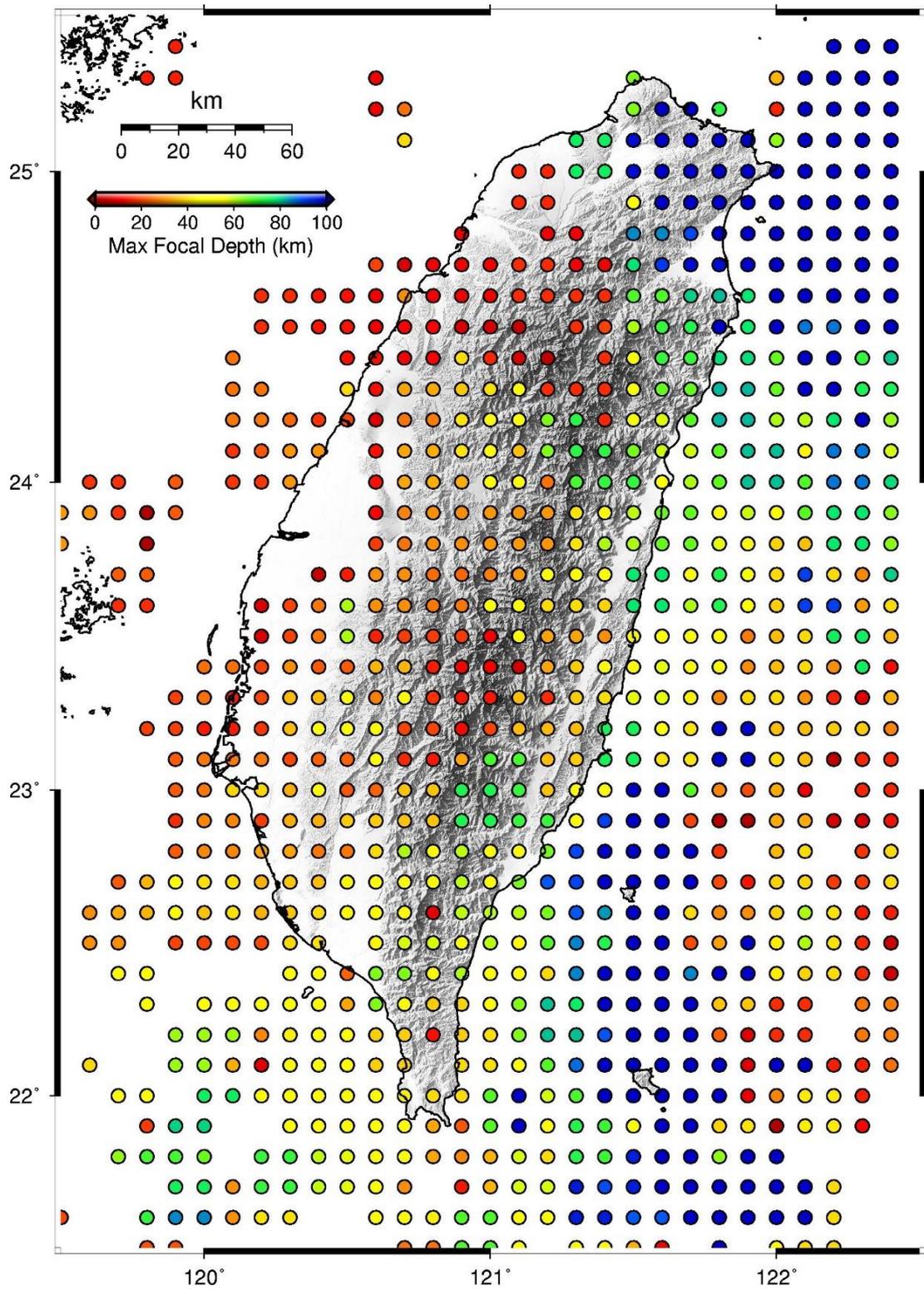


圖 3.36 臺灣 $M_L > 4.0$ 之地震孕震帶深度分布圖

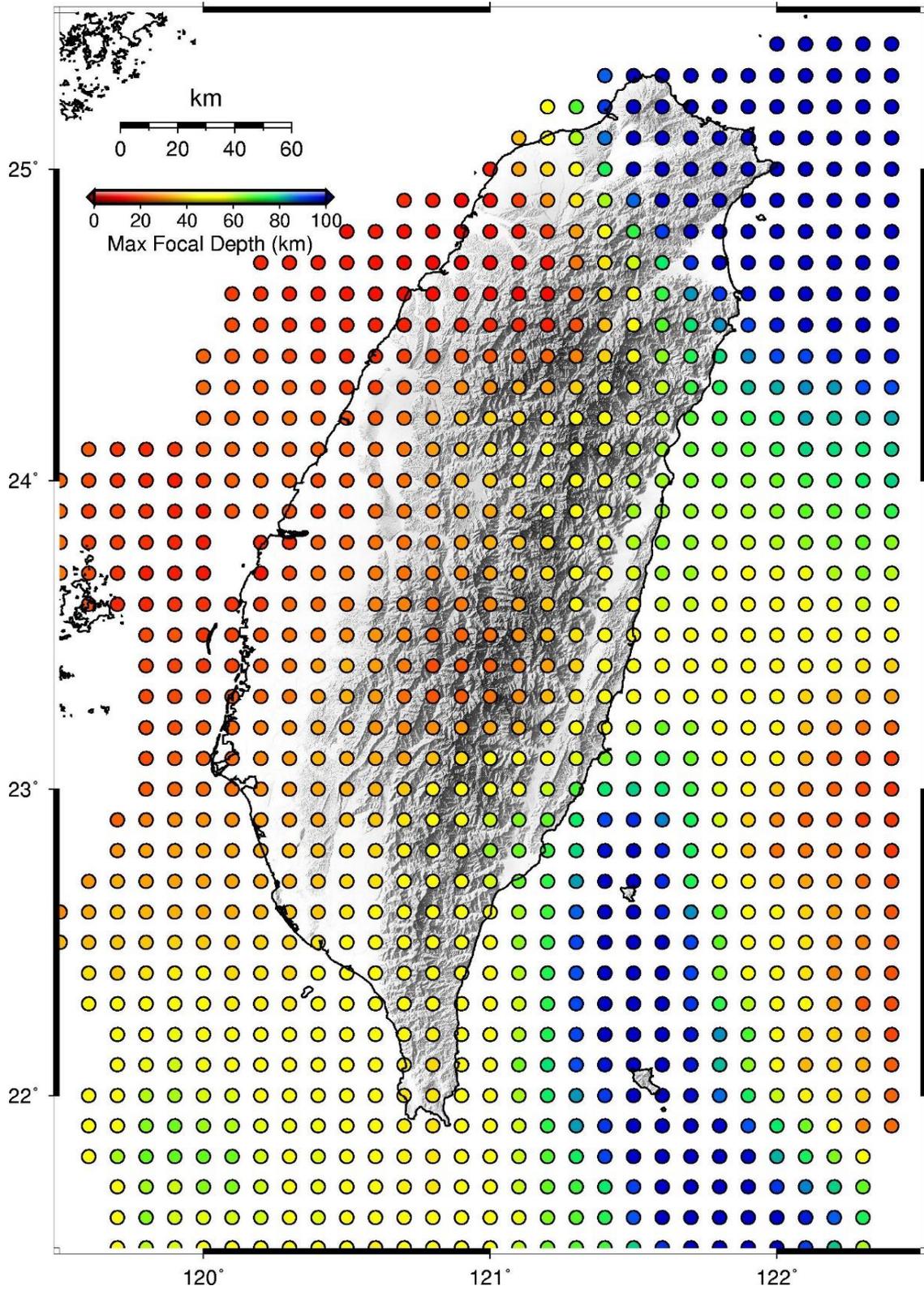


圖 3.37 臺灣 $M_L > 4.0$ 之地震孕震帶平滑深度分布圖

(二) 斷層錯位模型

本計畫的斷層正演模型是採用根據彈性錯動理論(Okada, 1985; 1992)所建立之斷層錯位模型，其理論是利用斷層滑移量計算地表特定位點之位移量。假設地球為表面平坦、垂直方向無限延伸的彈性半空間(half space)，介質特性為具有蒲松比 0.25 的蒲松固體(Poisson solid)，即彈性模量(λ)等於剪切模量(μ)之彈性體。沿著斷層元素(fault patch/fault element)的斷層滑移量 Δu_j (ξ_1, ξ_2, ξ_3) 會使均質均向的彈性體表面產生位移場 Δu_i (x_1, x_2, x_3)，其關係如(3-7)式所列。其中， δ_{jk} 為克羅內克函數； v_k 為正交於地表元素 $d\Sigma$ 之餘弦函數方向；F 為施力點之力量大小。

$$u_i = \frac{1}{F} \iint_{\Sigma} \Delta u_j \left[\lambda \delta_{jk} \frac{\partial u_i^n}{\partial \xi_n} + \mu \left(\frac{\partial u_i^j}{\partial \xi_k} + \frac{\partial u_i^k}{\partial \xi_j} \right) \right] v_k d\Sigma \quad (3-7)$$

為了更加釐清斷層幾何、斷層滑移量與地表位移量間的關係，在此重新定義個個參數之使用符號。斷層幾何參數包括：斷層平面位置(km)、深度(km)、長度(km)、寬度(km)、走向($^\circ$)、傾角($^\circ$)。其中，斷層平面位置是指斷層面下緣中間的位置；斷層深度是指斷層斷層面下緣的深度。斷層滑移量(fault slip)包含三個方向的分量[S1, S2, S3]，分別以左移(left-lateral strike slip)、逆衝(reverse dip slip)及伸張(tensile slip)為正方向。在進行對雙偶合震源之斷層活動分析時，一般只會考慮走向滑移量(S1, strike slip)與傾向滑移量(S2, dip slip)；在進行火山之岩漿沿岩脈運動分析時，才會採用伸張滑移量(S3)。斷層滑移角(rake)指示斷層上盤相對於下盤之運動方向，其和斷層滑移量之關係為 $\tan(\text{rake}) = S2 / S1$ 。地表位移量(displacement) 同樣也包含三個方向的分量[U1, U2,

U3]，分別以東(East)、北(North)與上(Up)為正方向。水平位移量(horizontal displacement)則為 $\sqrt{U1^2+U2^2}$ 。

(三)斷層正演模型基礎參數設定與測試

本計畫之斷層正演模型採用單一斷層面(one fault patch)，斷層幾何參數之設定與假設主要是基於地震規模(M_w)和斷層幾何之經驗式。一般常見之經驗式是採用 Wells and Coppersmith (1994)的統計結果，然而由於此文獻是早期針對全球主要地震進行統計分析的結果，因此本計畫採用近期針對臺灣地區之地震活動進行統計分析所得的經驗式來推求斷層幾何參數(Yen and Ma, 2011)。由於中央氣象局即時公告之地震規模為區域地震規模(M_L)，所以需先透過下列關係式(Wu *et al.*, 2001)：

$$M_L = 4.533 \times \ln(M_w) - 2.091 \quad (3-8)$$

將區域地震規模(M_L)轉換成地震矩規模(M_w)。再根據下列關係式(Kanamori, 1977)

$$M_w = 2/3 \log M_0 - 10.7 \quad (3-9)$$

將地震矩規模(M_w)轉換成地震矩(M_0)。根據 Yen and Ma (2011)提出之經驗式，如果地震矩(M_0)小於等於 1020 N-m，則斷層長度(L)、寬度(W)與地震矩(M_0)的關係如下：

$$\log L = 1/2 \log M_0 - 8.08 \quad (3-10)$$

$$\log W = 1/2 \log M_0 - 8.08 \quad (3-11)$$

如果地震矩(M_0)大於 1020 N-m，則斷層長度(L)、寬度(W)與地震矩(M_0)的關係如下：

$$\log L = 1/3 \log M_0 - 4.84 \quad (3-12)$$

$$\log W = 1/3 \log M_0 - 5.27 \quad (3-13)$$

震源的平面位置與深度，則是假設為斷層面下緣中間的位置與對應深度。斷層走向與傾角之釐定將於下一個章節中討論。因此，根據上述說明，本計畫完成單一震源的斷層幾何參數(斷層位置、深度、長度、寬度、走向、傾角)之給定。在斷層滑移量(fault slip)的給定過程中，本計畫根據 Kanamori (1977) 提出地震矩(M_0)、斷層滑移量(D)和斷層面積(A)關係式：

$$M_0 = \mu AD \quad (3-14)$$

其中， μ 為剪切模量(rigidity)，其值為 $3 \times 10^{11} \text{ N-m}^{-2}$ ；斷層面積(A)可以由斷層長度(L)與寬度(W)的乘積求得。最終可以推估出斷層正演模型和規模(M_L)對應之斷層滑移量(D)。

由於本項工作在於判斷任一地震在臺灣陸地造成之最大地表位移量是否超過 GNSS 測站之坐標精度，因此在使用斷層正演模型計算地表位移量時，僅計算臺灣本島陸域之地表同震位移量(圖 3.38)。

常見的斷層型態有逆衝斷層(reverse fault)、正斷層(normal fault)與走向滑移斷層(strike-slip fault)，其中走向滑移斷層又分為左移斷層(left-lateral fault)與右移斷層(right-lateral fault)。因為在本計畫地表同震位移量推求的目的中，方向並不重要，因此只要確認相同斷層幾何與地震規模之逆衝斷層和正斷層，以及左移斷層和右移斷層能產生近乎一致的地表位移量，本計畫即可以減少地震震源參數之搜尋。

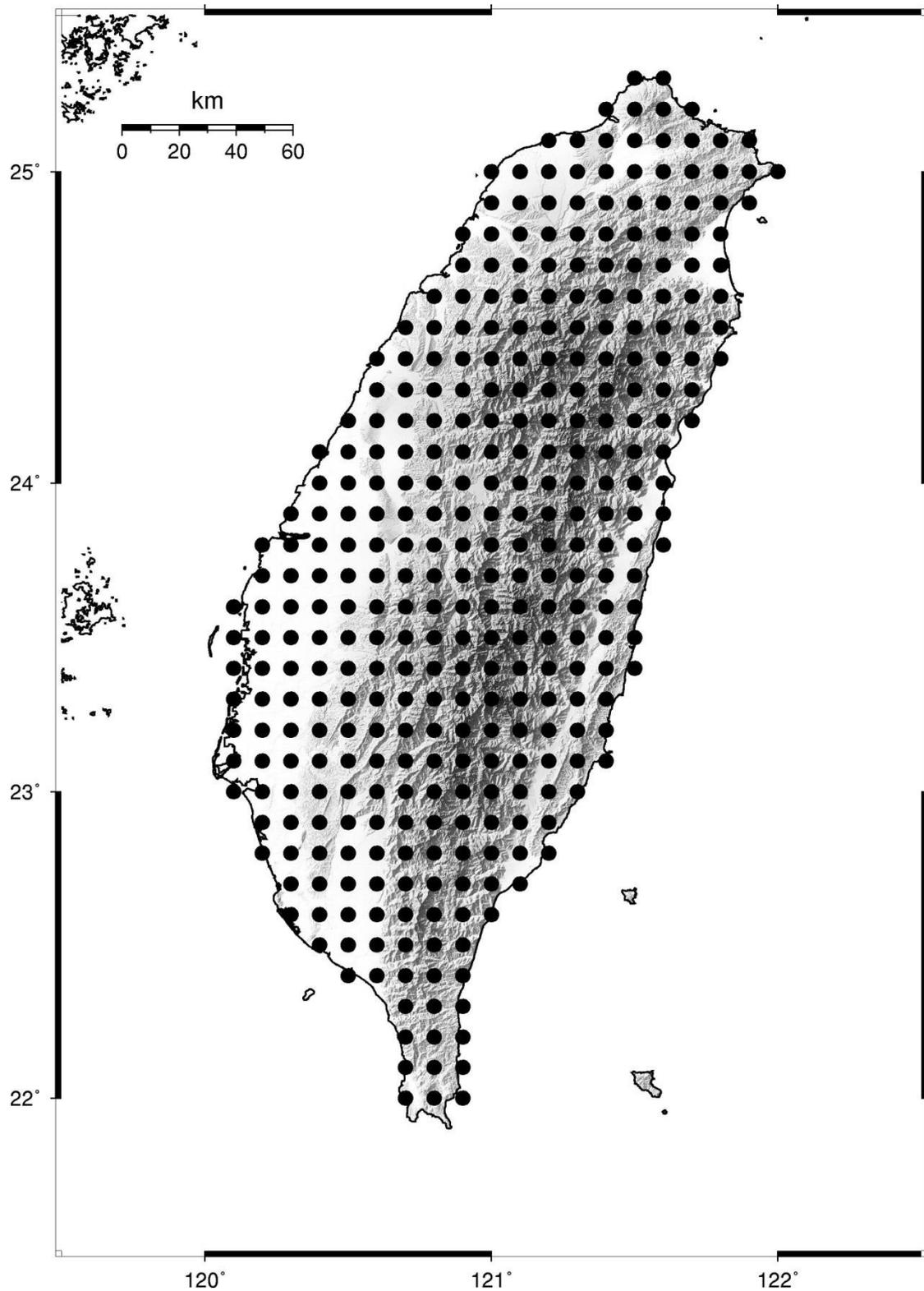


圖 3.38 斷層正演模型用於推求地表位移量之點位分布圖
(黑色圓點即為斷層正演模型使用之點位。)

本計畫首先比較逆衝斷層和正斷層所造成之地表位移量差異。假設地震規模 M_L 為 6.6，震源位置位於(23.60,120.70)，震源深度 18 km，斷層走向 30° ，斷層傾角 30° 。設定逆衝斷層之斷層滑移角為 90° (純逆衝斷層)，正斷層則為 -90° (純正斷層)。比較相同斷層幾何與地震規模之逆衝斷層和正斷層所造成之地表位移量(圖 3.39 與圖 3.40)，指出兩者不論在水平位移場或是垂直位移場之絕對值近乎無差異。

接著再比較左移斷層和右移斷層所造成之地表位移量差異。同樣假設地震規模 M_L 為 6.6，震源位置位於(23.65,120.70)，震源深度 36 km，斷層走向 90° ，斷層傾角 90° 。設定左移斷層之斷層滑移角為 0° (純左移斷層)，正斷層則為 180° (純右移斷層)。比較相同斷層幾何與地震規模之逆衝斷層和正斷層所造成之地表位移量(圖 3.41 與圖 3.42)，指出兩者不論在水平位移場或是垂直位移場之絕對值同樣也近乎無差異。

因此，根據以上的模型測試結果，本計畫減少斷層正演模型中地震震源參數之搜尋，僅針對逆衝斷層與左移走向滑移斷層進行後續之正演工作。

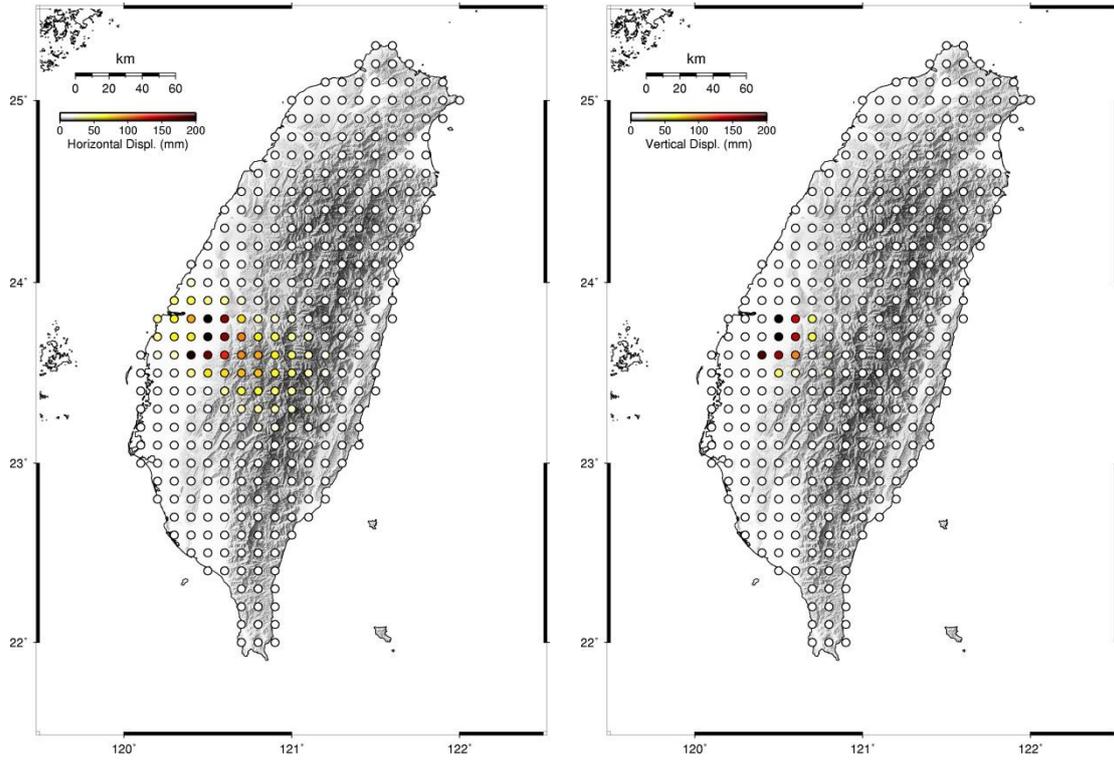


圖 3.39 逆衝斷層正演模型測試成果
(左圖為水平位移量；右圖為垂直位移量。)

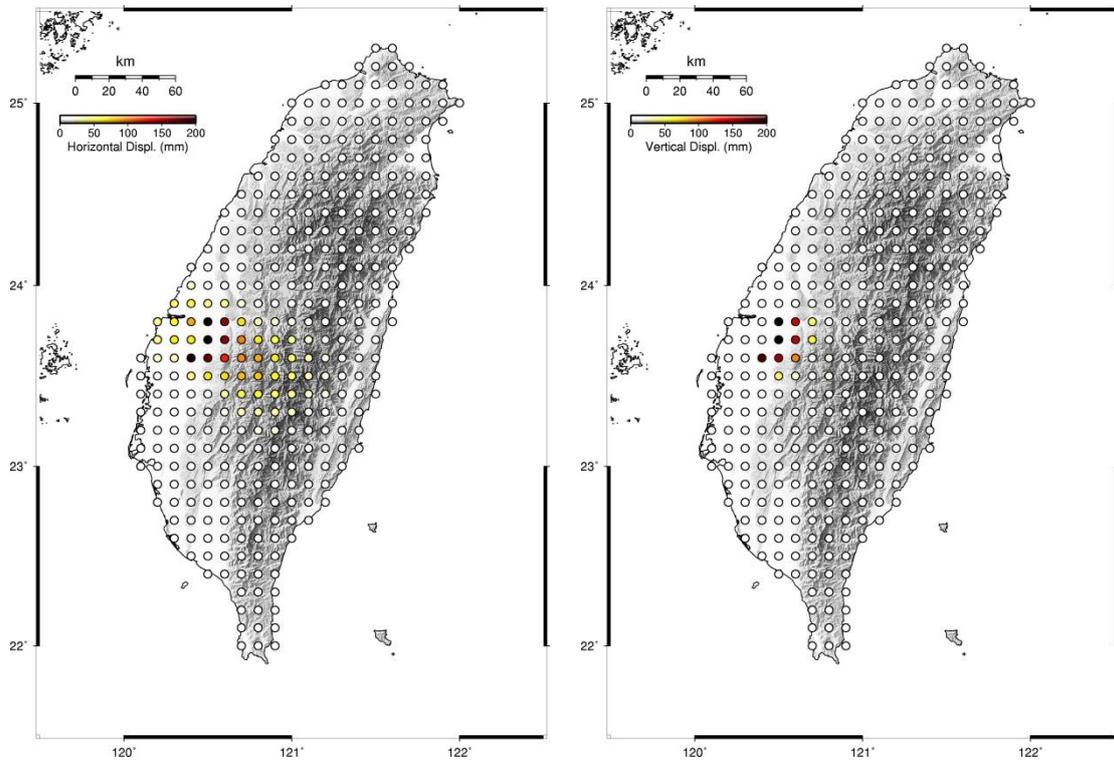


圖 3.40 正斷層正演模型測試成果
(左圖為水平位移量；右圖為垂直位移量。)

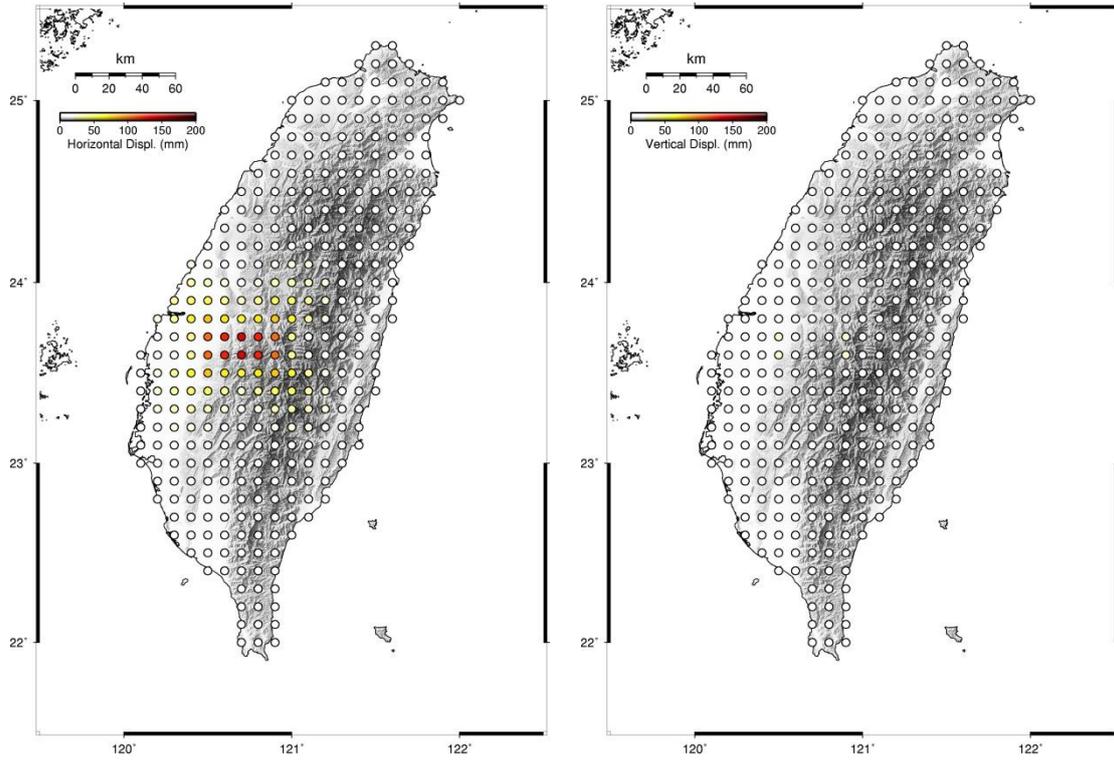


圖 3.41 左移斷層正演模型測試成果
(左圖為水平位移量；右圖為垂直位移量。)

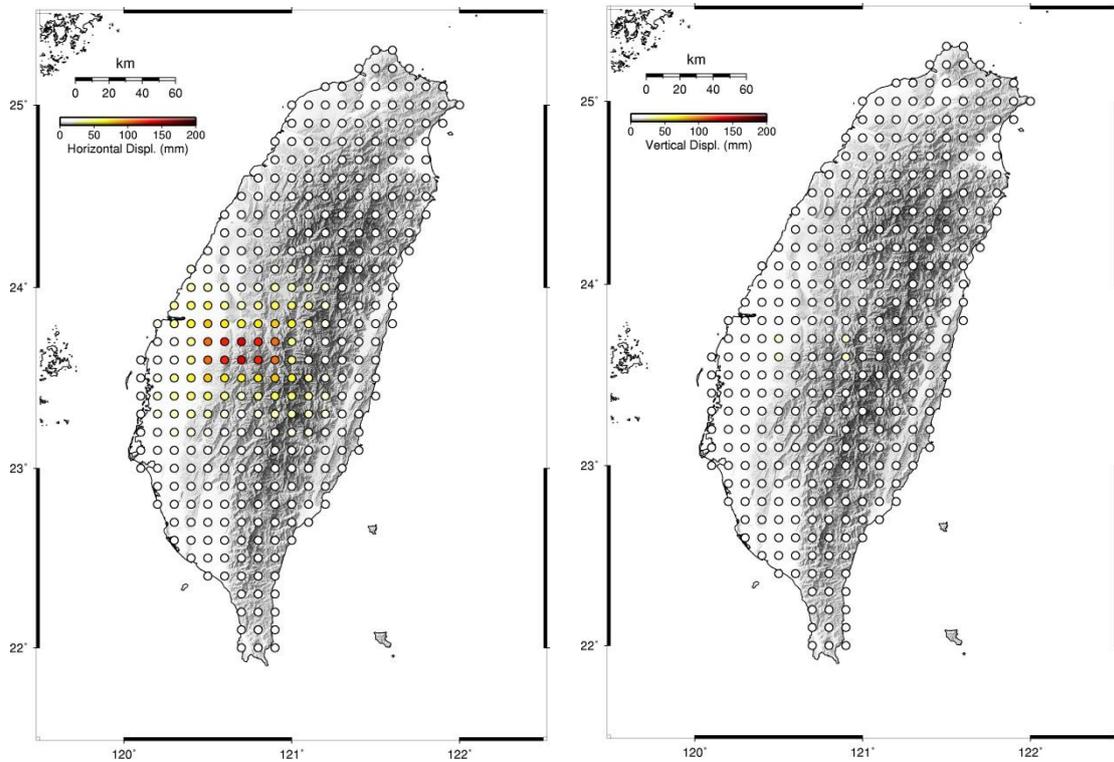


圖 3.42 右移斷層正演模型測試成果
(左圖為水平位移量；右圖為垂直位移量。)

(四) 斷層參數搜尋結果

根據 3.2.2 節 GNSS 連續站的精度分析結果指出，水平方向的整體平均精度約為 ± 18 mm，高程方向則約為 39 mm；又由於臺灣的大地構造環境以擠壓為主，構造多發育成低角度逆衝斷層，所以同震水平位移量通常均比較容易超過水平方向的平均精度。因此，本計畫斷層正演模型工作之最大地表位移量門檻即設定為水平位移 20 mm。

在斷層正演模型之參數設定方面，斷層位置是依據臺灣 $M_L > 4$ 之地震孕震帶平滑深度分布格點(圖 3.37)來設定，如果最終不會有任何地震對臺灣陸域造成超過最大地表位移量標準之位移值，將不會留存任何搜尋紀錄。斷層深度的搜尋範圍是由圖 3.37 中各個格點的深度四捨五入取整數後，往地表方向每 1 公里設定一個震源。斷層面的長度和寬度，則由地震規模(M_L)進行設定，由規模 4 往規模 8，規模間隔為 0.1。由於斷層面不可能超過地表，亦即：

$$\text{Dep} < W \times \sin\theta \quad (3-15)$$

其中，Dep 為斷層深度，W 為斷層寬度， θ 為斷層傾角。所以斷層面是不允許超過地表面，若超過則停止該深度及更大地震規模的搜尋。又如果某一地震規模所產生的地表位移量，有 4 個以上的點位超過設定之最大地表位移量標準，則停止該深度更大地震規模的搜尋並儲存其記錄。換言之，只要該位置及深度發生更大規模之地震，則臺灣陸域一定能記錄到明確之地表同震位移場。

就斷層的走向與傾角設定，由於臺灣主要的構造走向為東北東－西南西走向(圖 1.1)，而此走向之構造多為逆衝斷層，雖然臺灣有不少

高角度逆衝斷層(Dip > 45°), 然而考慮到常見傾角之逆衝斷層比較容易造成更大的水平地表位移量, 所以在斷層正演模型中的第一組走向、傾角與斷層滑移角的設定為走向 30°、傾角 30°與滑移角 90°。又臺灣西部平原、麓山帶及臺灣海峽還有另一組近乎東西走向的構造(圖 1.1), 而此走向之構造多為右移走向斷層, 所以在本模型中的第二組走向、傾角與斷層滑移角的設定為走向 90°、傾角 90°與滑移角 180°。最後在臺灣東北部地區有近乎東西走向的琉球隱沒系統發育(圖 1.1), 因此根據臺灣背景地震的空間分布型態, 在經度 121.3°以東與緯度 23.6°以北的區域, 本模型又增加第三組走向、傾角與斷層滑移角的設定, 該設定為走向 90°、傾角 30°與滑移角 90°。

根據斷層正演模型之搜尋計算結果指出, 要在臺灣陸域產生同震水平位移量大於 20 mm 之地震規模至少要超過 M_L 6.1 (如圖 3.43)。此結果同時指出, 在臺灣陸域地區大約需要 M_L 6.1 的地震始會造成大於 20 mm 的水平位移, 並且, 越遠離臺灣陸域, 需要的地震規模就越大, 才會產生大於 20 mm 的地表水平位移。若擷取 10 km、15 km、20 km 與 25 km 的震源深度來看(圖 3.44 至圖 3.45), 顯示隨著深度的增加, 在臺灣陸域會產生大於 20 mm 地表水平位移的地震規模, 也將由 M_L 6.1 增加至約 M_L 6.4。

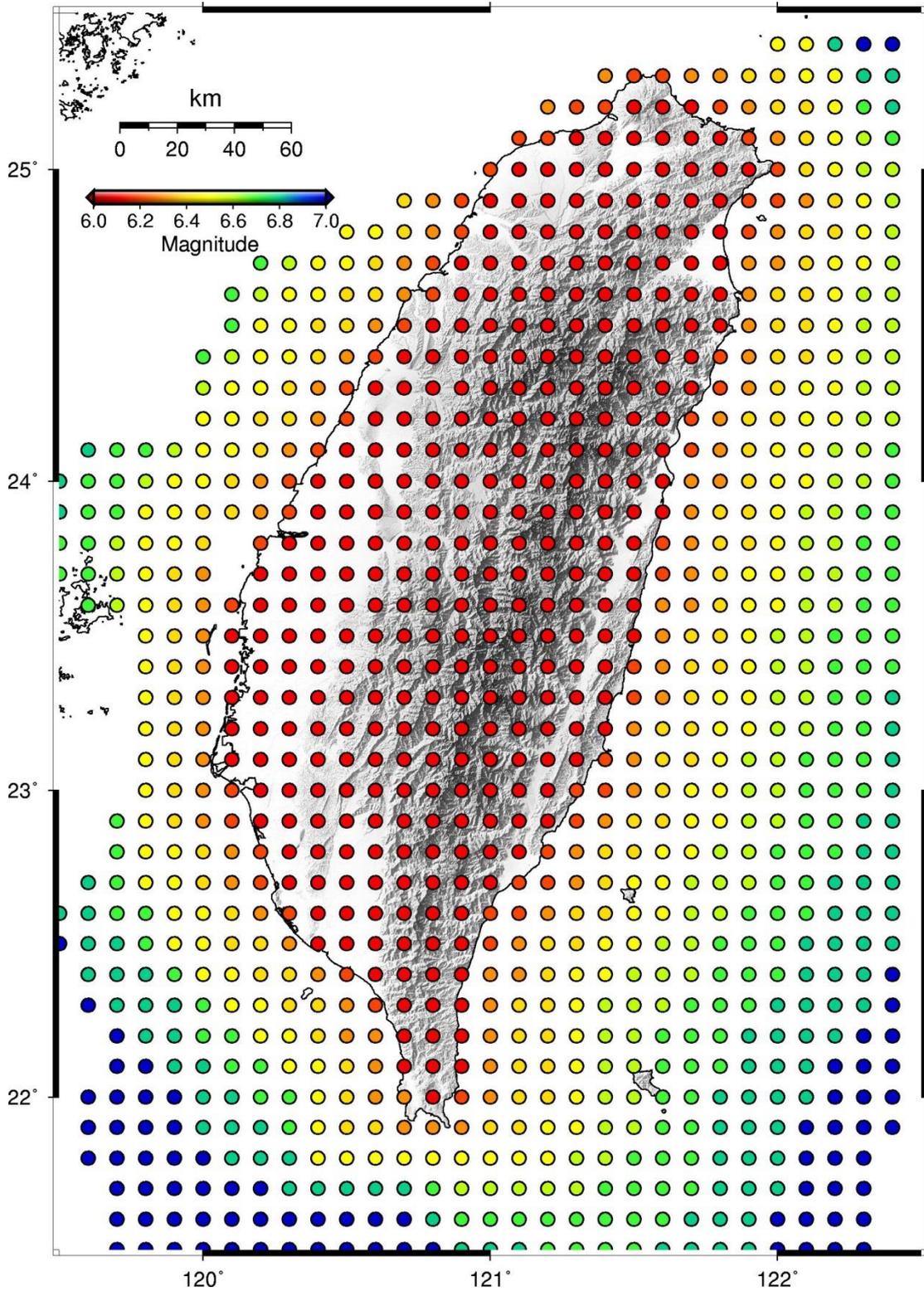


圖 3.43 各震源位置正演模擬估算之最小地震規模分布圖

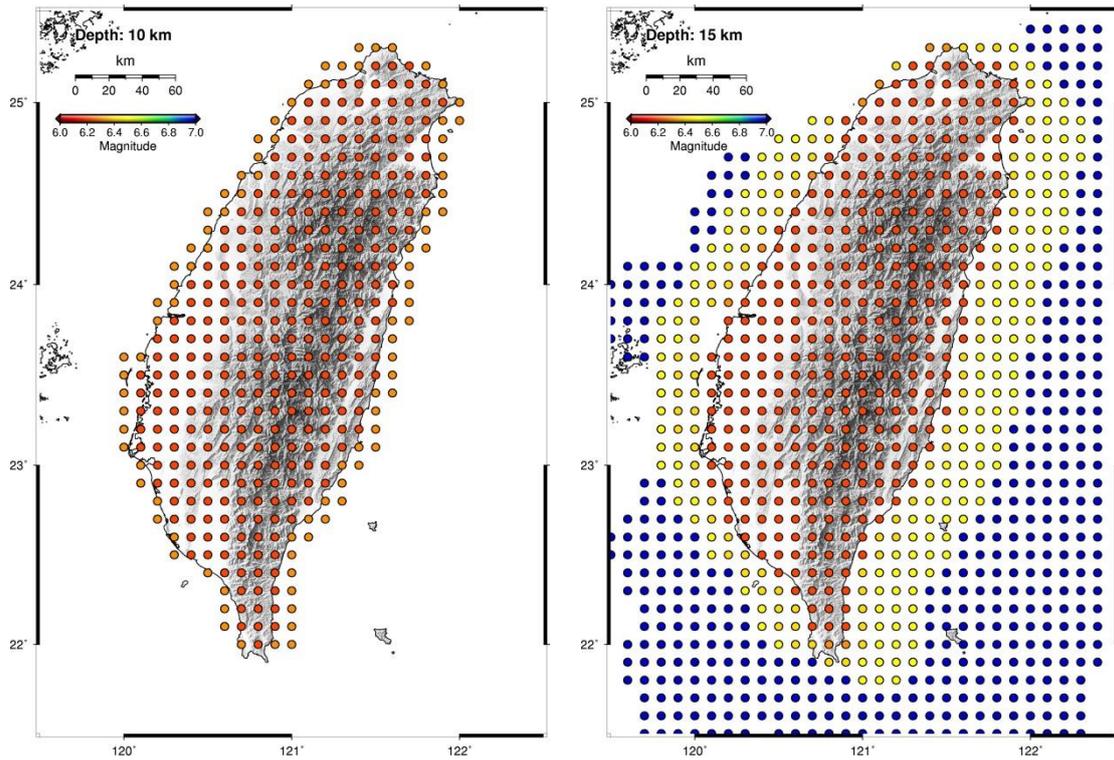


圖 3.44 不同深度各震源位置正演模擬估算之最小地震規模分布圖(1)
(左圖為深度 10 km 之結果；右圖為深度 15 km 之結果。)

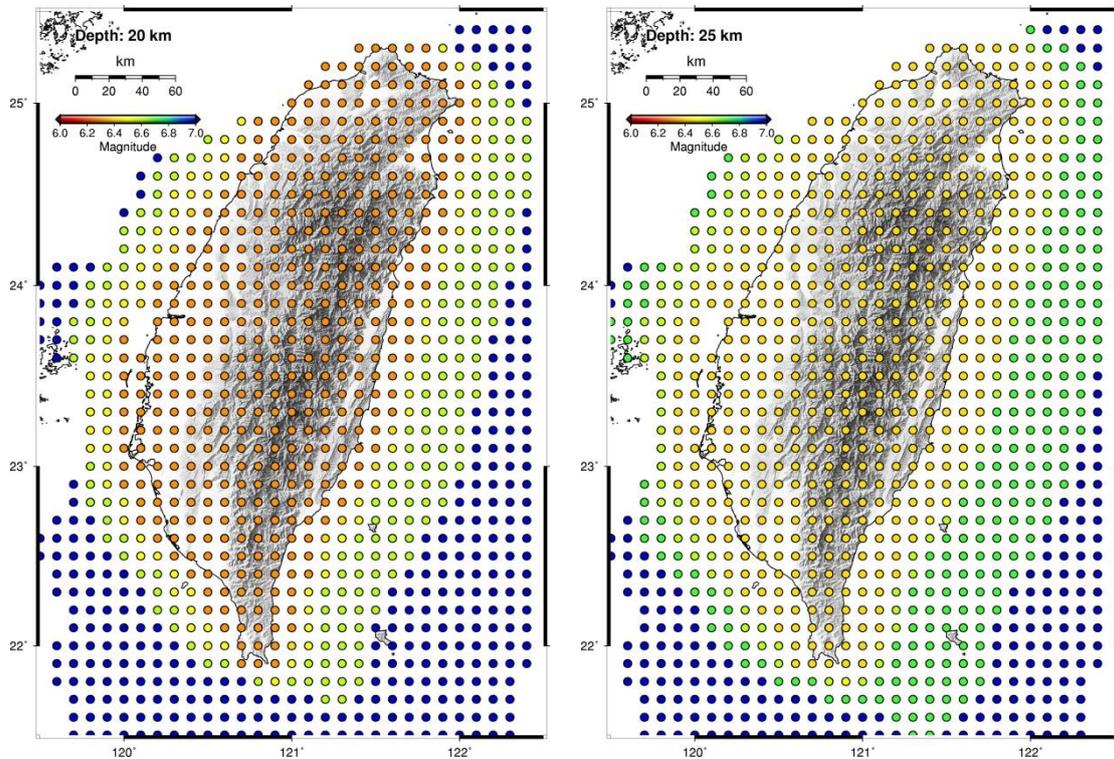


圖 3.45 不同深度各震源位置正演模擬估算之最小地震規模分布圖(2)
(左圖為深度 20 km 之結果；右圖為深度 25 km 之結果。)

3.6 縣市行政區採用坐標系統建議

由於臺灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊之邊界上，導致臺灣各地的地表變形速率與型態並不一致(Yu *et al.*, 1997; 1999; 2001)，由東部約 50-60 mm/yr 到北部小於 5 mm/yr 的速率。因此，這種高度不均勻的地表變形分布特徵，將對於基本控制點的檢測頻率與各行政區坐標系統之採用選擇將造成影響。

3.6.1 現階段臺灣地區地表應變速率分析

由 105 年度計畫提出的地表速度模型(圖 3.46)，可以得知全臺地表應變速率分布之資訊(圖 3.47)。根據分析結果指出，目前已知臺灣地區最大應變速率可達 2-5 $\mu\text{strain/yr}$ (圖 3.47)。若以坐標精度要求為 2-6 公分之間為例，如果地表的應變速率達 2 $\mu\text{strain/yr}$ ，則其大約 10 年即會產生約 2 公分的差異。換言之，在實施現行靜態大地基準的情況下，大約 10 年，臺灣就需要進行大地基準的更新維護。

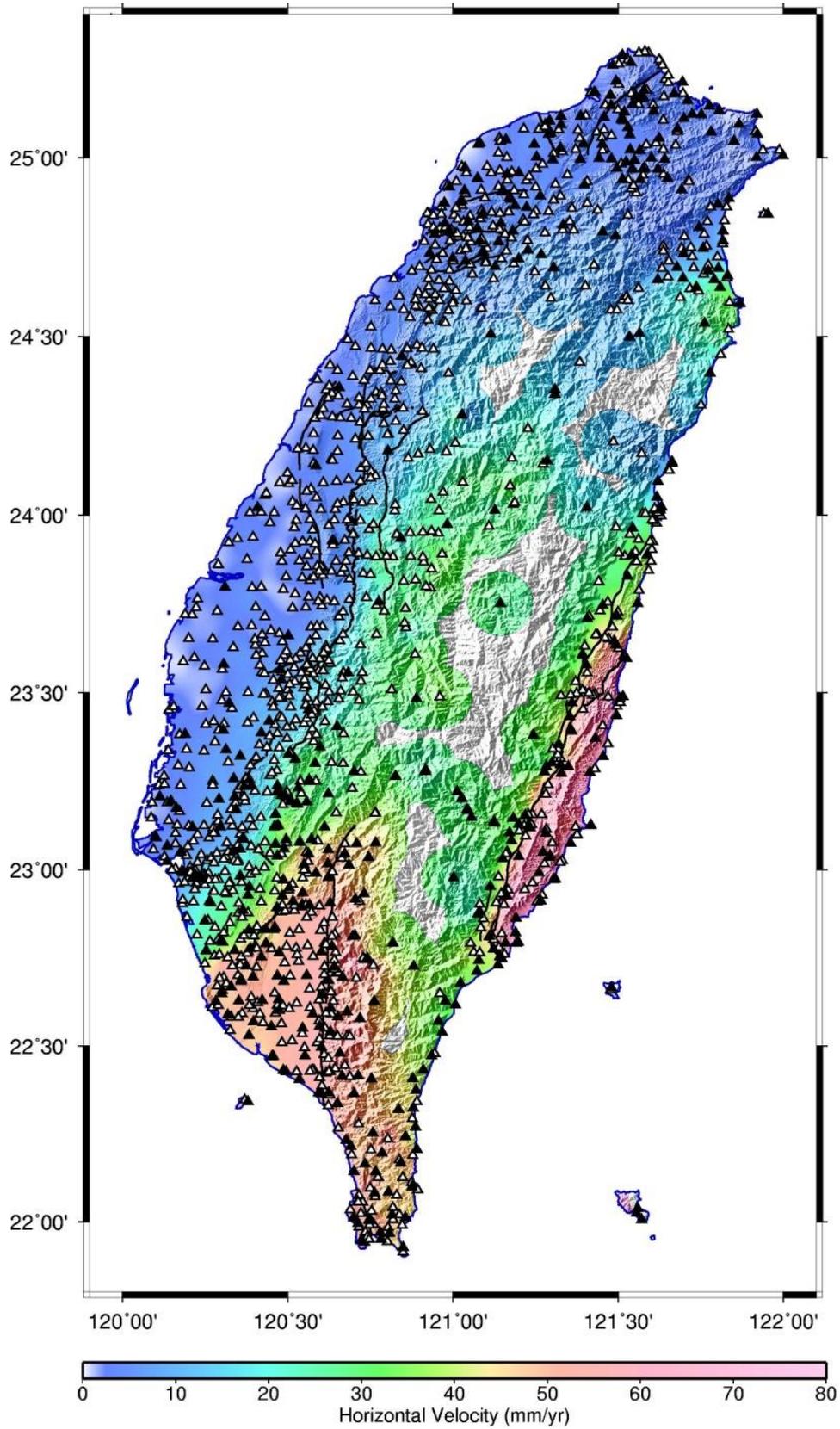


圖 3.46 全臺地表水平速度場

(白色三角形代表 GNSS 連續站之位置，黑色三角形代表 GNSS 移動站之位置。)

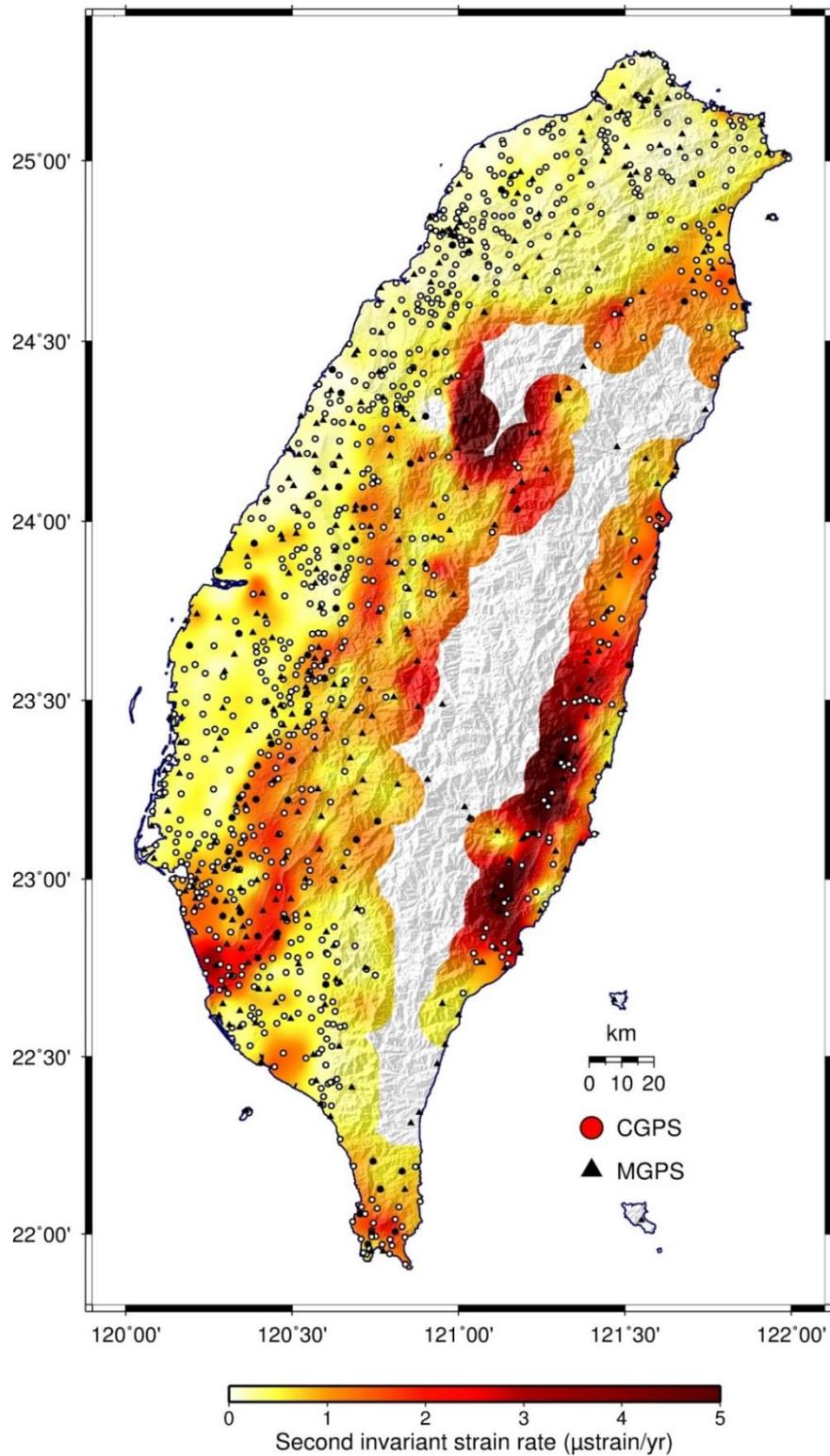


圖 3.47 全臺地表應變速率場與測量控制點分布圖
(紅色圓圈代表 GNSS 連續站之位置，黑色三角形代表 GNSS 移動站之位置。)

此外，由地籍測量的角度觀之，只要施測地區並未跨越顯著的應變速率帶，則其施測結果將不受到斷層運動的影響，因此一張詳細的全臺地表應變速率分布資訊，對於地籍測量規劃相當有用。然而既有的全臺地表應變速率分布資訊並不細緻，在應用上有其侷限，故 105 年度計畫即建議可以引用國土測繪中心約 1,400 個測量控制點的測量資料(圖 3.47)，針對應變速率大於 $2 \mu\text{strain/yr}$ 之高應變速率地區(包含西部山麓地區、宜蘭地區與花東地區)進行加密測量與分析，以能獲得詳細可用的全臺地表應變速率分布資訊，協助縣市政府進行地籍測量施測之區塊劃分。

為了達成 105 年度計畫的建議想法，本計畫依據更新的地表速度場進行地表應變速率推算，考慮在不同應變速率的環境下，調配基本控制點之檢測順序、頻率與點數分布。例如，高應變速率地區，需要較多的基本控制點，以獲得更精確之應變速率空間分布；低應變速率地區，需要較高的測量頻率以提升速度值之可信度。藉由這些條件之考量，可以提出不同年度建議的基本控制點位置與點數。

此外，透過地表應變速率的分布情形，結合現行市地籍測量的坐標精度要求為 2-6 公分之間，本計畫對於各個縣市提出坐標系統的選擇建議。例如，應變速率偏低的沿海地帶行政區，平面坐標採用 TWD97 即可，但是在東部縱谷及海岸山脈的行政區則建議須採用 TWD97[2010]。

臺灣現行公告坐標 TWD97[2010]自公告起已使用 6 年以上，而 1998 年公告之 TWD97 坐標系統，至今使用亦達 19 年以上，就地籍測量的作業規範而言，只要坐標間的相對位置保持一致，亦即地表運動的方向相同，則地籍測量的結果便較不易受到地表運動的影響，故現階段在地籍測量實務上，TWD97[2010]與 TWD97[1997]兩種坐標系統均有採用。但部分地區控制點坐標的變化，隨著兩個坐標系統使用年限之增長，實際上已超過誤差規範值而需要進行坐標系統的更新維護，因此，本計畫以地表應變速率配合精度規範進行分析，針對目前各行政區在坐標系統的應用上，提供坐標系統之選擇建議。

3.6.2 依據測量作業規範之探討分析與使用建議

本計畫利用 2000 年 01 月至 2016 年 09 月之 436 個 GNSS 連續站，以及 2000 年 1 月至 2016 年 10 月的 785 個 GPS 移動站，共計 1,221 站，計算獲得各 GNSS 測站的水平速度成果及精度，以及估算得臺灣地區地表應變速率及其測站分布位置圖(圖 3.47)，各縣市的衛星觀測站數整理如表 3.7 所示。

本工作團隊藉由地表應變速率分布情形，以坐標系統的使用期間，配合相關的精度規範，提供坐標系統應用與更新時機之判斷依據。在坐標系統使用年限上，將 TWD97(時間點為 1997)及 TWD97[2010] 坐標系統的使用年限上，將 TWD97(時間點為 1997)及 TWD97[2010] 坐標系統的公告坐標推算至 2020 年，此時 TWD97 坐標系統的使用期間已達 23 年，而 TWD97[2010]坐標系統使用期間則達 10 年，分別就控制測量及地籍測量等角度，進行坐標系統應用精度之探討如下。

表 3.7 臺灣各縣市衛星觀測站數量統計表

縣市	連續站 站數	移動站 站數	合計	縣市	連續站 站數	移動站 站數	合計
基隆市	0	2	2	雲林縣	19	32	51
臺北市	8	14	22	嘉義縣	33	59	92
新北市	28	60	88	嘉義市	3	3	6
桃園市	11	42	53	臺南市	46	96	142
新竹縣	15	42	57	高雄市	45	56	101
新竹市	8	14	22	屏東縣	29	86	115
苗栗縣	17	63	80	宜蘭縣	17	32	49
臺中市	40	44	84	花蓮縣	33	40	73
彰化縣	18	32	50	臺東縣	34	27	61
南投縣	32	41	73	總計	436	785	1221

(一) 控制測量應用方面

首先，依據各縣市政府辦理加密控制點測量作業手冊規範(桃園市，2015；台南市，2014)，應用衛星定位測量及電子測距經緯儀進行已知控制點之檢測時，所測得的基線長或邊長的平均值經過相關改正後，應與其相應坐標反算之邊長較差小於 $1/20,000$ 。因此，就 TWD97[2010] 使用至 2020 年的情況而言，凡地表之應變速率達 $5 \mu\text{strain/yr}$ 以上的高應變速率地區，其控制點的變位量便不會符合規範的檢測標準；另一方面，就 TWD97[1997] 至 2020 年的使用年限分析，凡是落在大於 $2.1 \mu\text{strain/yr}$ 的應變速率地區，即需要進行基準的更新維護。圖 3.48 可以得知各縣市現況，以 $1/20,000$ 的精度規範來說，除了花東地區至 2020 年時，已不適用 TWD97[1997] 坐標系統外，其餘行政區之坐標成果差異影響並不大。

除前述控制點檢測規範，另外可依基本測量實施規則，以衛星測量技術測設控制點時，其對應的基線長度較差規範，檢視坐標系統成果之適用情形。將基線長度較量差規範公式配合地表應變速率圖所提供之每公里應變速率資訊，假定 L 以 1 公里進行計算，可獲得各級控制點基線長度較量差之容許誤差值，再進一步利用容許誤差值，以坐標系統使用時間進行反算，瞭解每年多少地表應變速率的地區，坐標系統成果會在 2020 年時不合精度規範，需要進行基準的更新維護。據此推得各測量精度規範與地表應變速率的對照表如表 3.8，以及對應的圖 3.49 至圖 3.53 成果。可以得知就各級控制點之精度規範而言，至 2020 年時，TWD97[1997]及 TWD97[2010] 坐標不符合規範之地區，在一等衛星控制測量方面(圖 3.49)，至 2020 年時，凡是地表應變速率大於 $0.5 \mu \text{ strain/yr}$ 的地區，其 TWD97[1997]坐標成果均會不敷使用；而在地表應變速率大於 $1.2 \mu \text{ strain/yr}$ 的地區，TWD97[2010]坐標系統僅能使用 10 年，之後便不符合精度規範的要求，例如：臺灣花東及西南部地區，其在坐標系統使用約達 10 年以上時，即需要重新檢視坐標成果的精度，並進行坐標的更新與維護；而對於 TWD97 坐標系統而言，至 2020 年的時候，大多數縣市行政區的 TWD97 坐標已不符合一等衛星控制測量的規範。

為對各行政區提出坐標系統選擇建議，整理 TWD97 及 TWD97[2010] 各等級控制點精度規範在 2020 年之適用情形，獲得圖 3.52 及圖 3.53 之成果圖，並依圖示針對各縣市逐一判斷。首先在基隆市、臺北市及新北市等地區，在圖 3.52 及圖 3.53 中明顯看出至 2020 年，TWD97 及 TWD97[2010]之坐標成果仍符合各等級控制點精度規範，故在坐標系統上仍可使用 TWD97 坐標系統之成果。在苗栗縣、臺中市

及南投縣等地區，圖 3.52 顯示 TWD97 坐標成果在各等級控制點精度規範上，已有不敷使用的情況產生，但從圖 3.53 可知 TWD97[2010]坐標成果在這幾個行政區仍符合精度規範，因此在 2020 年時建議使用 TWD97[2010]坐標成果。而在花東地區上，從圖 3.52 及圖 3.53 之成果圖資訊中，可瞭解在 2020 年時 TWD97 及 TWD97[2010]坐標成果應用上，均已不符合精度規範，建議重新檢視 TWD97[2010]坐標系統之坐標成果。綜合前述分析，本計畫提出行政區坐標系統的選擇建議，整理如表 3.9，協助各縣市政府辦理測繪相關作業之規劃。

表 3.8 測量精度規範與地表應變速率對照表

項目	基線長度較量差	容許誤差	精度不符合區域之地表應變速率	
			TWD97	TWD97[2010]
一等衛星控制點	10mm+2ppm*L	12 mm	< 0.5 μ strain/yr	< 1.2 μ strain/yr
二等衛星控制點	20mm+4ppm*L	24 mm	< 1.0 μ strain/yr	< 2.4 μ strain/yr
加密衛星控制點	30mm+6ppm*L	36 mm	< 1.6 μ strain/yr	< 3.6 μ strain/yr

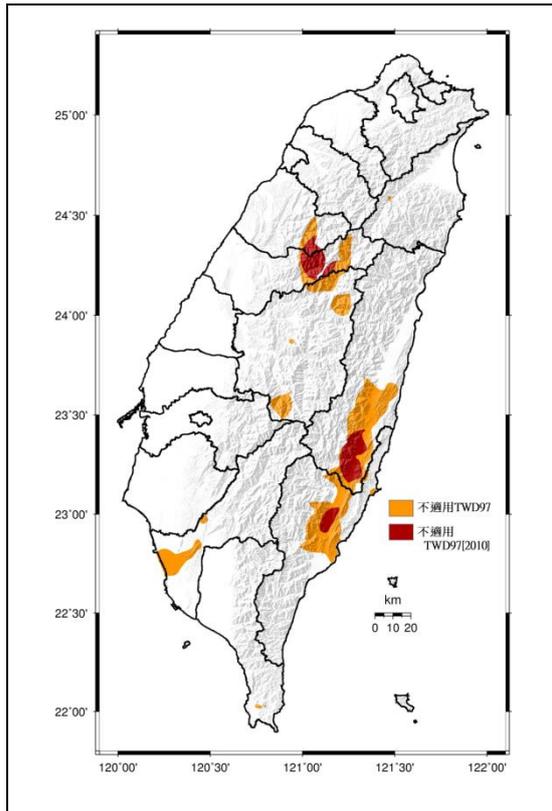


圖 3.48 1/20,000 精度規範適用情形

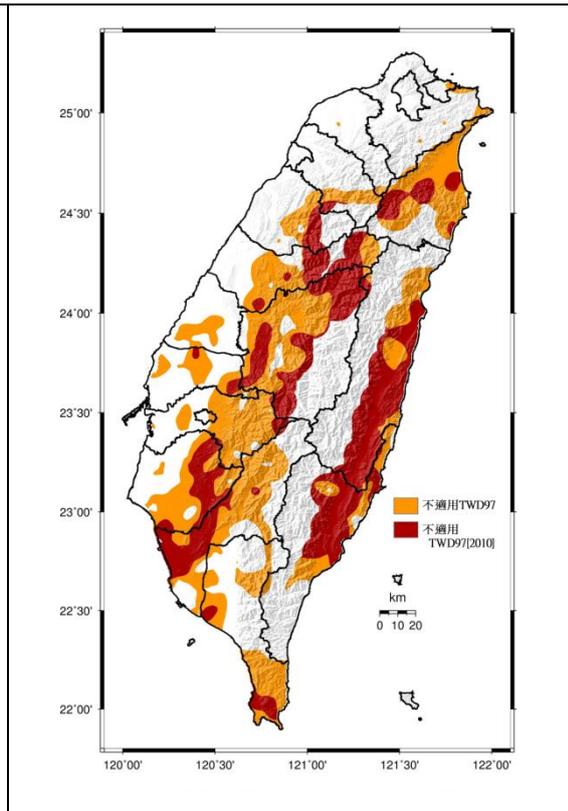


圖 3.49 一等衛星控制點之精度規範適用情形

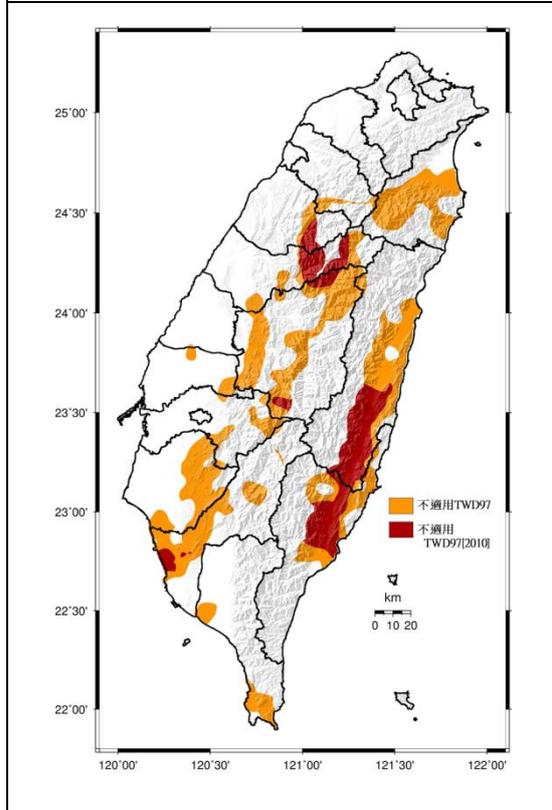


圖 3.50 二等衛星控制點之精度規範適用情形

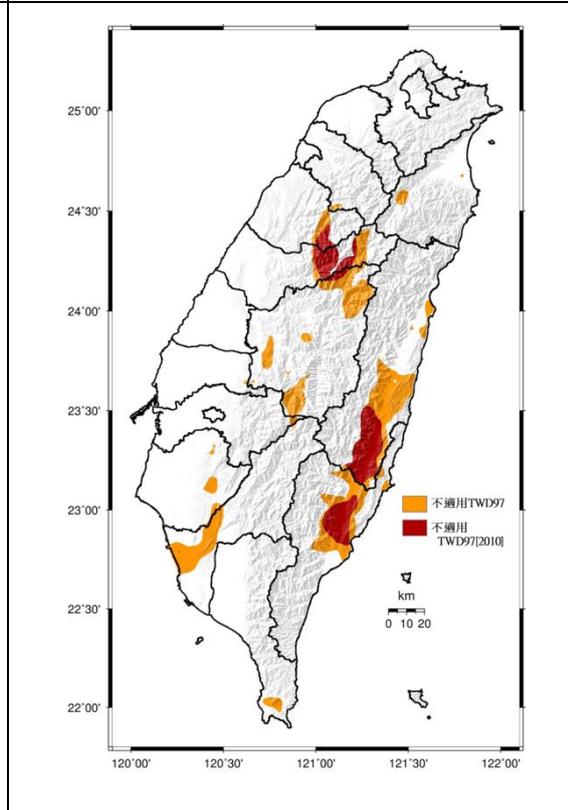


圖 3.51 加密衛星控制點之精度規範適用情形

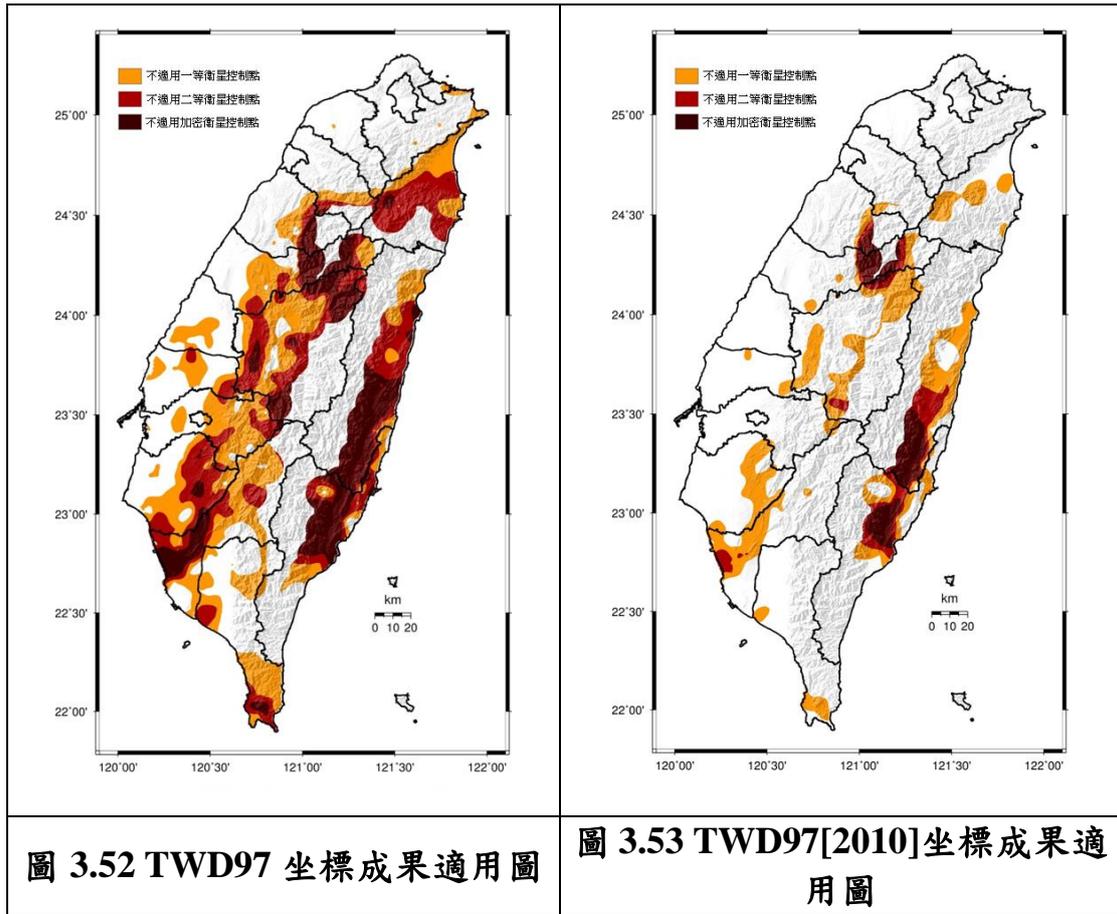


表 3.9 縣市行政區控制測量坐標系統選擇建議

行政區	適用之坐標系統	行政區	適用之坐標系統
基隆市	TWD97	雲林縣	TWD97[2010]
臺北市	TWD97	嘉義縣	TWD97[2010]
新北市	TWD97	嘉義市	TWD97[2010]
桃園市	TWD97	臺南市	TWD97[2010]
新竹縣	TWD97	高雄市	TWD97[2010]
新竹市	TWD97	屏東縣	TWD97[2010]
苗栗縣	TWD97[2010]	宜蘭縣	TWD97[2010]
臺中市	TWD97[2010]	花蓮縣	需更新維護 TWD97[2010]
彰化縣	TWD97	臺東縣	需更新維護 TWD97[2010]
南投縣	TWD97[2010]		

(二)地籍測量應用方向

依據現行地籍測量法規之規定，各行政區座標系統適用情形上，以界址點間施測邊長與坐標反算邊長之規範進行檢視。在做法上為配合地表應變速率圖所提供之每公里應變速率資訊，假定邊長距離為 1 公里，依我國地籍測量實施規則第 74 條之規範，可獲得各等級之宗地在界址點間施測邊長與坐標反算邊長之容許誤差，接著將容許誤差值，利用坐標系統使用時間進行反算，瞭解地表應變速率每年在多少毫米的地區，坐標變動值便會在 2020 年時不符合檢測的規範，需要進行基準的更新維護。在宗地等級為市地方面，至 2020 年時，地表的應變速率高於 $4 \mu \text{ strain/yr}$ 之應變速率地區，其 TWD97[1997]坐標成果會不敷使用；而在地表應變速率大於 $11 \mu \text{ strain/yr}$ 之應變速率地區，TWD97[2010]坐標系統在使用 10 年後，便會不符合精度規範的要求，需要進行坐標成果的更新維護，以此概念推算農地與山地等級的相關資訊，獲得表 3.10 之成果，並繪製圖 3.54 市地等級精度規範適用情形。

表 3.10 測量精度規範及地表應變速率

項目	反算邊長	容許誤差	精度不符合區域之地表應變速率	
			TWD97	TWD97[2010]
市地	$0.02 \text{ m} + 0.003 \text{ m} \sqrt{S}$	110 mm	$< 4.7 \mu \text{ strain/yr}$	$< 11 \mu \text{ strain/yr}$
農地	$0.04 \text{ m} + 0.01 \text{ m} \sqrt{S}$	350 mm	$< 15.2 \mu \text{ strain/yr}$	$< 35 \mu \text{ strain/yr}$
山地	$0.08 \text{ m} + 0.02 \text{ m} \sqrt{S}$	712 mm	$< 40 \mu \text{ strain/yr}$	$< 70 \mu \text{ strain/yr}$

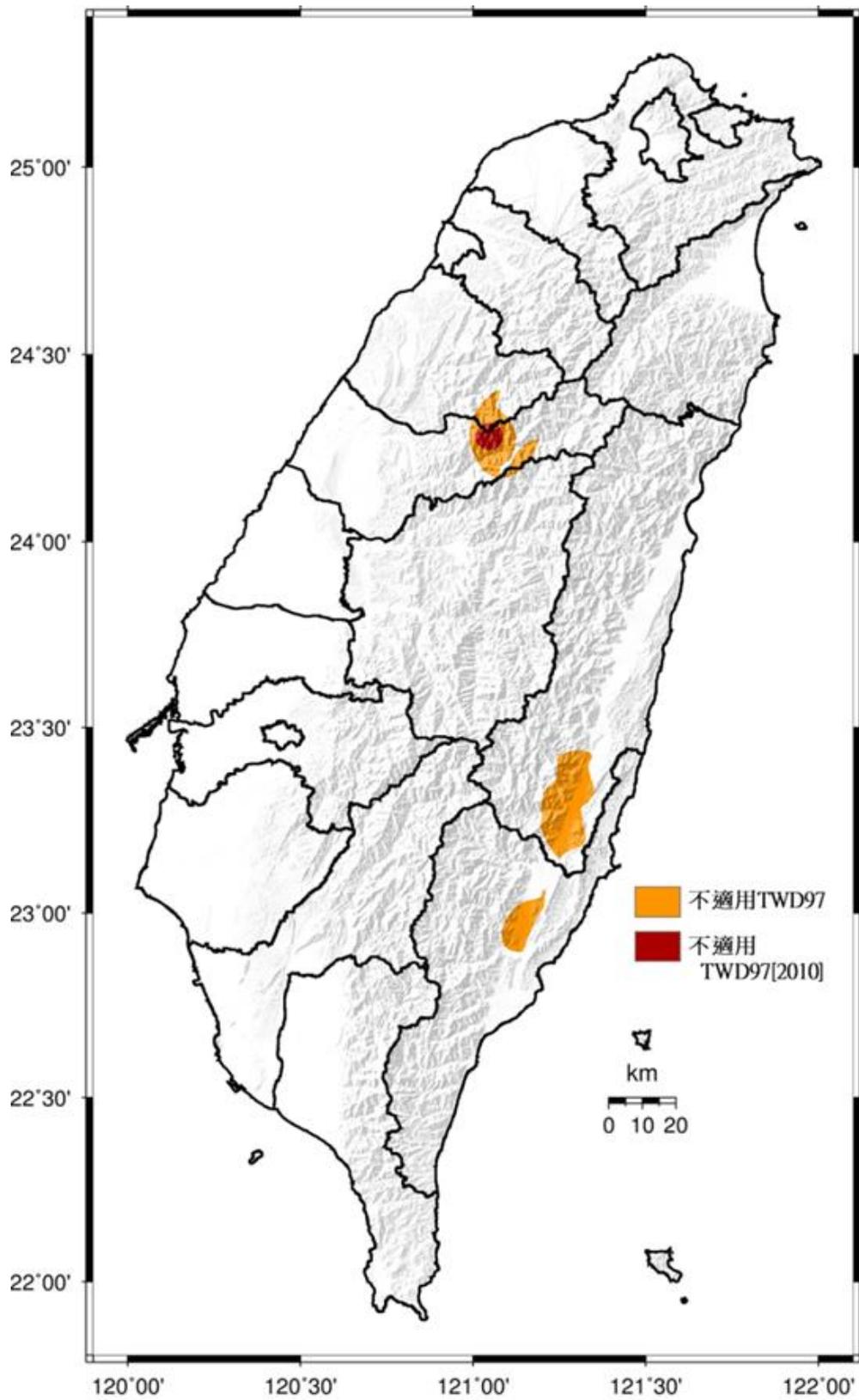


圖 3.54 市地精度規範適用圖

此外依據現行地籍測量法規第 73 條，有關圖根點至界址點之位置誤差相關規範，搭配地表應變速率圖，可推測在市地最大誤差規範為 6 公分的情況下，在 TWD97[2010]至 2020 年，坐標使用期限為 10 年的情況下，地表的應變速率高於 $6 \mu \text{ strain/yr}$ 之應變速率地區，至 2020 年時，TWD97[2010]之坐標成果精度便可能不符合規範要求，另以 TWD97 至 2020 年的使用時間 23 年進行分析，則顯示在大於 $2.6 \mu \text{ strain/yr}$ 之應變速率地區，便有可能在 2020 年即需要進行 TWD97 坐標成果的更新維護。以此概念推算農地與山地等級的相關資訊，獲得表 3.11 之成果，並以圖 3.55 及圖 3.56 表示有關全台在市地及農地等級精度規範適用情形，而山地部分依我國地表應變速率情形，並未有每年超過 $19.6 \mu \text{ strain}$ 之地區，顯示至 2020 年時，TWD97 及 TWD97[2010] 坐標系統之坐標成果在山地部分之應用仍符合規範。

表 3.11 測量精度規範及地表應變速率

項目	最大誤差(mm)	精度不符合區域之地表應變速率	
		TWD97	TWD97[2010]
市地	60	$< 2.6 \mu \text{ strain/yr}$	$< 6.0 \mu \text{ strain/yr}$
農地	200	$< 8.7 \mu \text{ strain/yr}$	$< 20 \mu \text{ strain/yr}$
山地	450	$< 19.6 \mu \text{ strain/yr}$	$< 45 \mu \text{ strain/yr}$

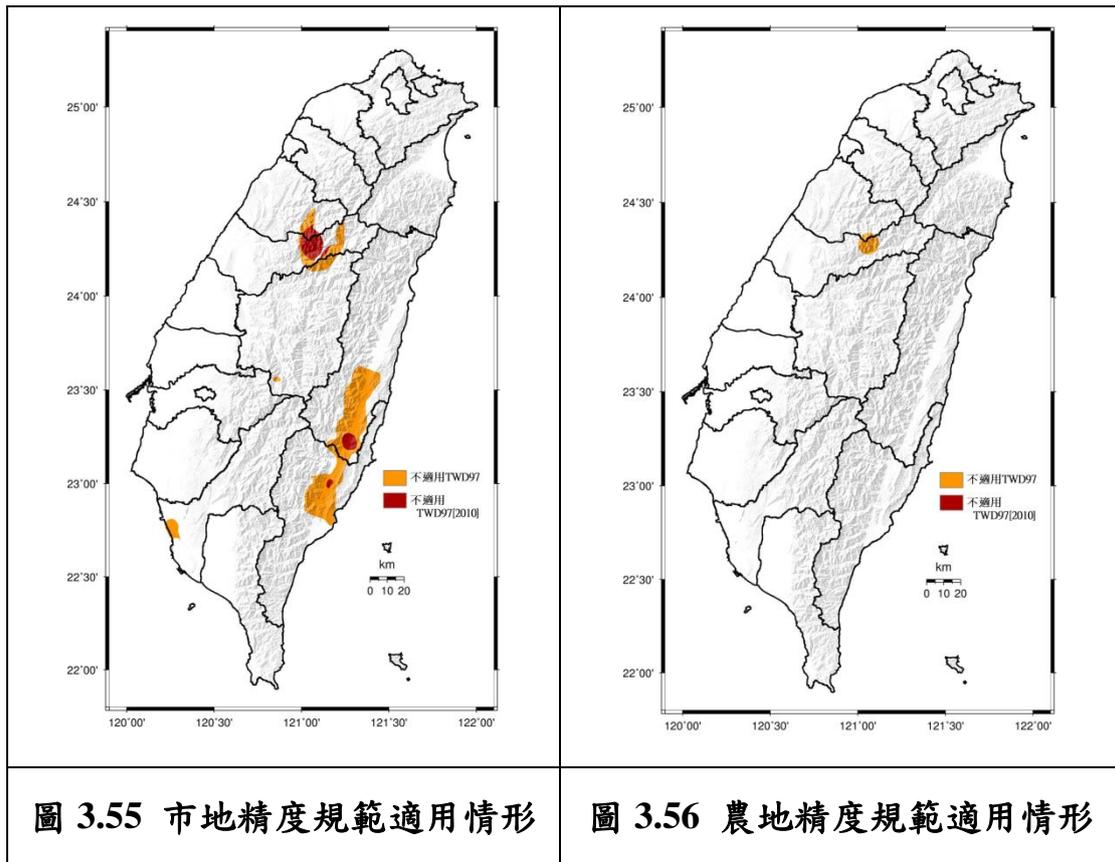


圖 3.55 市地精度規範適用情形

圖 3.56 農地精度規範適用情形

第四章 變形模式應用軟體設計

為使衛星定位資料之解算更自動化，提升計算工作效率與成果品質維護，在 105 年度的計畫中，已進行 GNSS 基線解算軟體(Bernese 5.2) 自動化處理之程式開發工作，完成自動化處理軟體的基礎架構與功能。今年度計畫針對基線解算軟體的功能進行擴充設計，同時為提供使用者進行坐標變位分析計算之便利性，本年度亦設計更新變位模式應用軟體，並配合國土測繪中心的測試，分述如下。

4.1 擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體

本年度本計畫辦理之擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體的功能設計頁面如圖 4.1 ~ 圖 4.3 所示，軟體的主要功能項目如下：

- (1) 自動取得星曆及極運動檔(.ERP)等基線計算所需資訊，若資料不存在時，程式具有提出警訊的功能。
- (2) 依規劃衛星追蹤站觀測成果存放方式，建立自動化解算流程，並可針對計算錯誤訊息提供修正建議。
- (3) 至少可以輸出每日的坐標成果檔、法方程式檔(*.NQ0)以及標準成果交換檔(*.SNX)，提供資料分析使用。
- (4) 可以提供 RINEX 檔頭整理功能，可依文字檔(如 GAMIT 的 station.info)修正相關內容。
- (5) 可以提供每日解成果合併功能。
- (6) 可以設定選取 IGS 國際站之坐標、框架及其速度場，計算連續觀測站之固定坐標值。

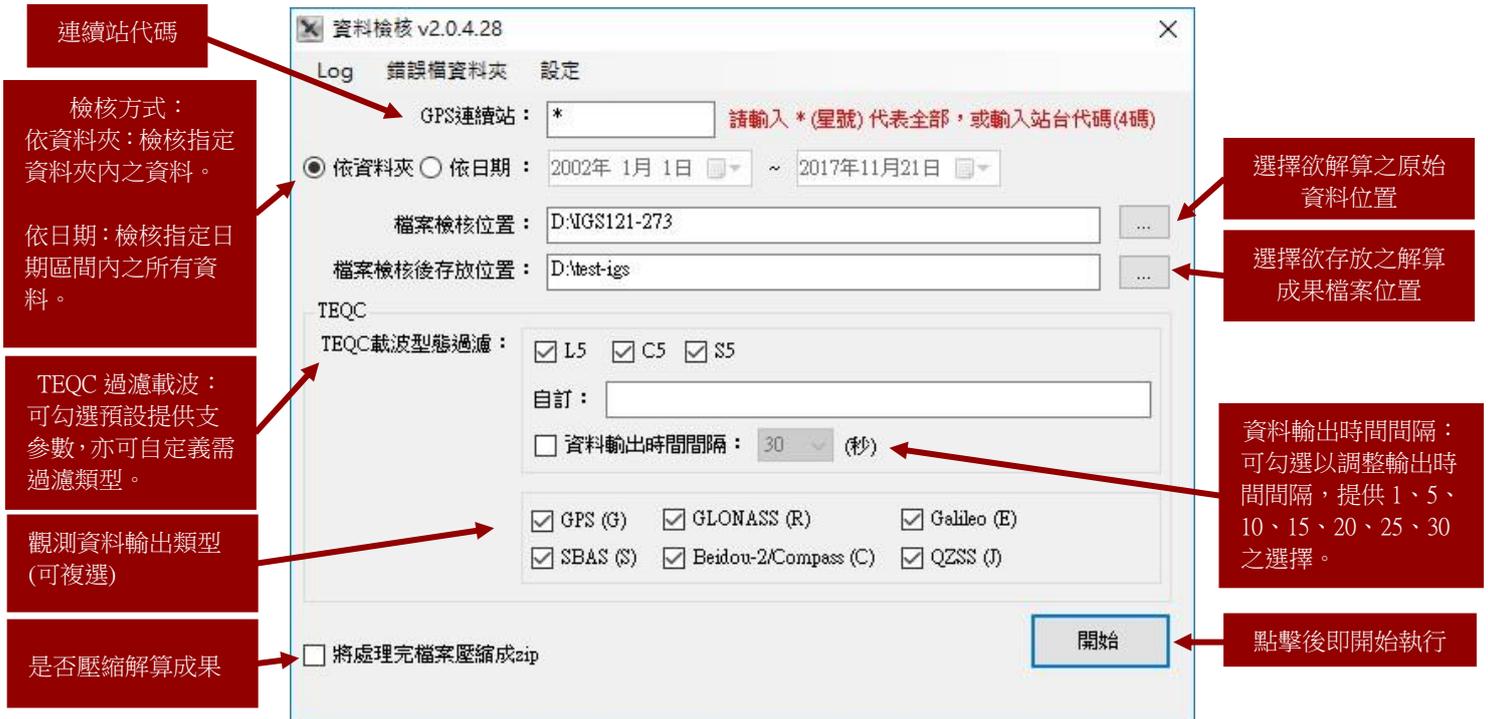


圖 4.1 衛星觀測資料預處理修正程式畫面(1)

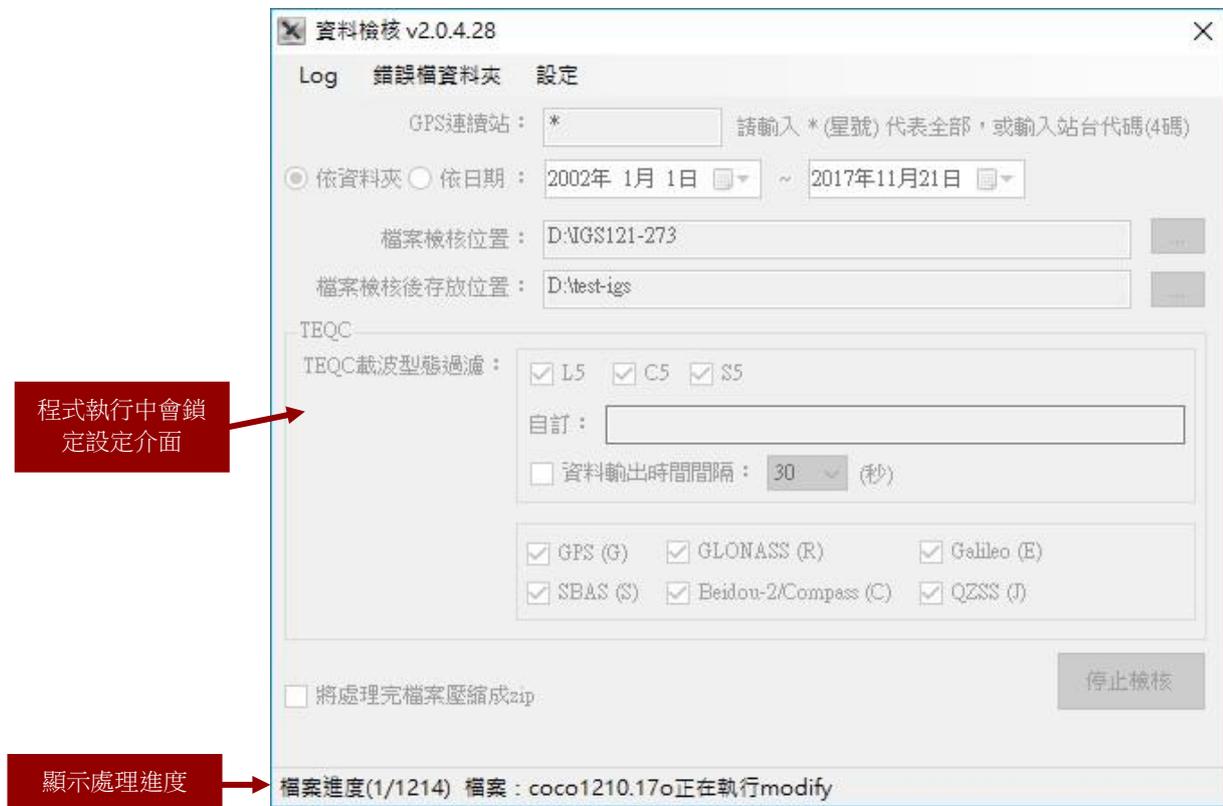


圖 4.2 衛星觀測資料預處理修正程式畫面(2)

FTP設定 資料來源設定
(詳見頁4、5) (詳見頁7)

站台群組設定
(詳見頁3)

設定起迄日期

資料來源：
按照資料來源設定來進行原始檔的提取，或是以指定資料夾的模式進行提取原始檔

星曆檔：
選取需要一併進行運算的星曆檔，開始執行時系統會依照FTP設定(詳見圖二)來進行該星曆檔的下載

其他設定：
結果為失敗時重新執行之次數與是否將OUT檔轉存到另外指定至資料夾

參數設定：
選擇讓系統執行連續站或移動站模式
固定站：
輸入站台名稱以一併計算

群組：
按照站台群組列表選擇需要進行運算的站台

結果檔存放：
將系統最後輸出的結果檔另外存放到指定資料夾

開始：
開始執行程序

產生執行記錄：
將執行過程的LOG轉存成文字檔案

編輯LST：
預先將LST產出後讓使用者進行編輯
(詳見頁8)

圖 4.3 Bernese 5.2 自動批次解算程序畫面

系統架構：

本計畫案開發的基線解算處理程序包括(1)衛星觀測資料修正軟體，以及(2)基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體，採取單機操作，資料處理的架構與作業流程如圖 4.4 ~ 圖 4.6，分述如下：

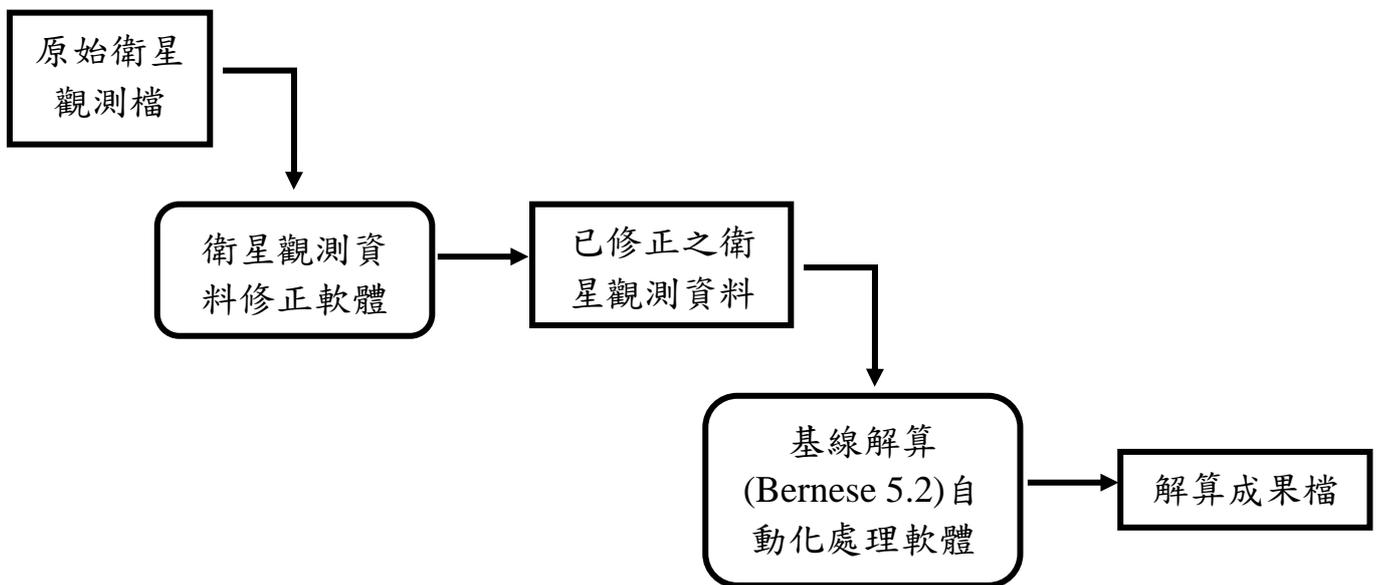


圖 4.4 資料處理架構圖

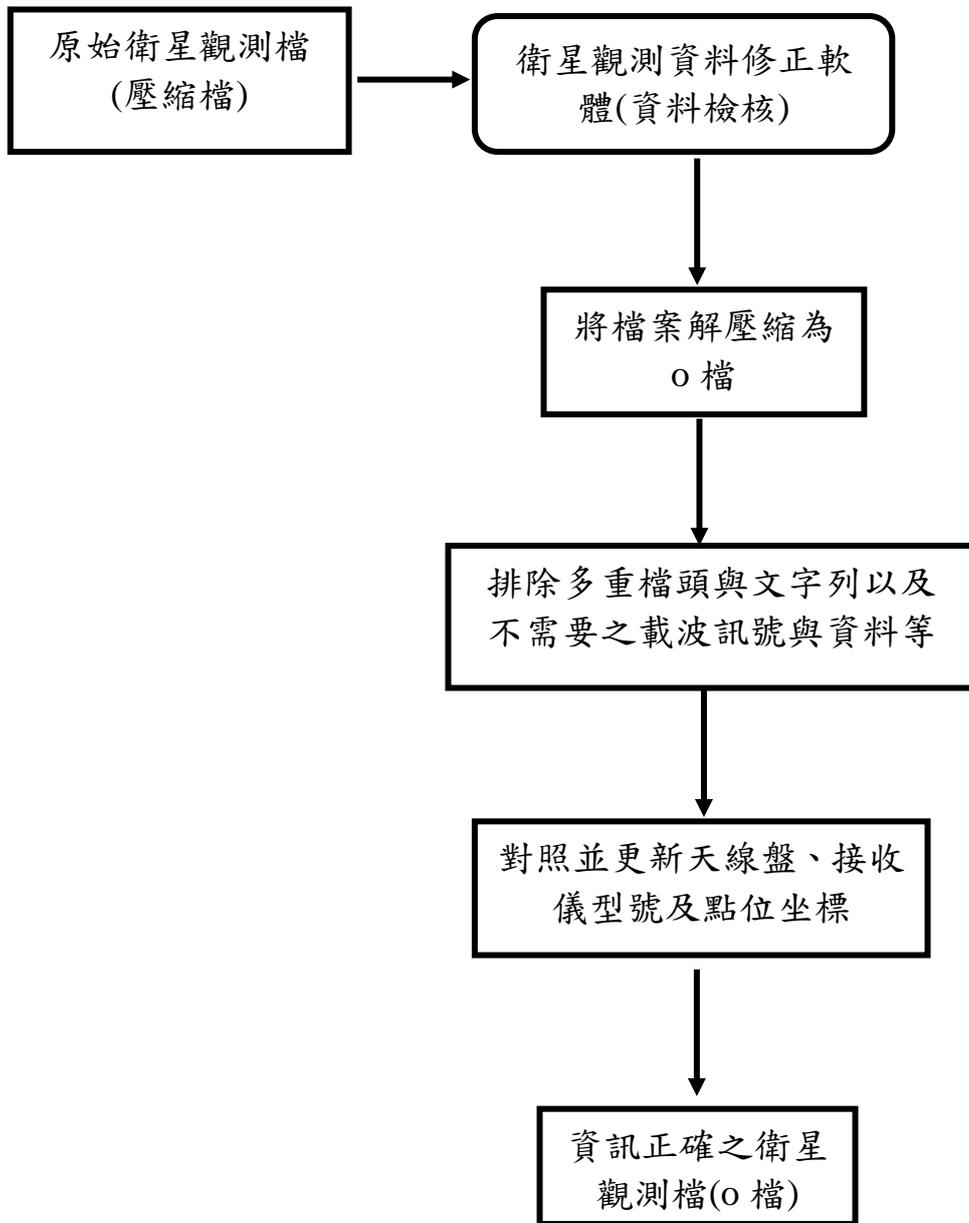


圖 4.5 衛星資料修正流程圖

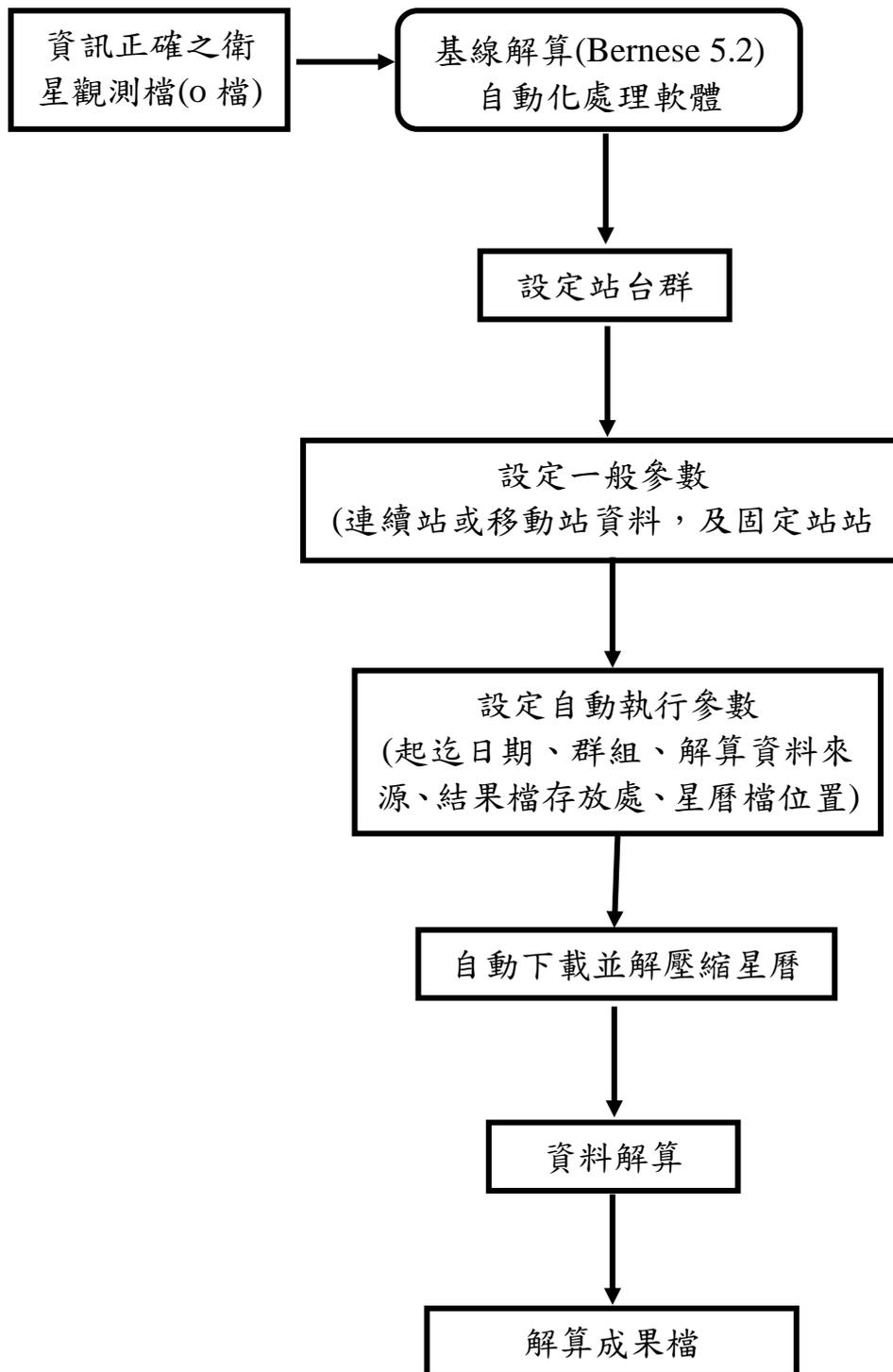


圖 4.6 基線解算(Bernese 5.2)自動化解算流程圖

衛星觀測資料修正軟體 (資料檢核)說明：

此程式之目的為篩選有問題無法提供 Bernese 軟體計算的衛星觀測資料，確保具有正確的天線盤、接收儀型號、點位坐標等資訊之後，再將其提供至 Bernese 計算軟體進行自動批次解算，功能包括：

- (一) 自動解壓縮觀測資料至指定之資料夾，程式可以處理*.z、*.gz、*.tar、*.zip、*.ra、*.7z等壓縮格式，解壓縮後的觀測檔案需整理為ABCD0010.14o、ABCD0010.14d以及ABC0010.14e等型式。
- (二) 將指定資料夾內的d檔及e檔，轉換為o檔格式。
- (三) 將指定資料夾內的o檔格式由UNIX型式轉為DOS型式。
- (四) 排除 o檔多重檔頭。
- (五) 排除o檔多餘COMMENT文字列。
- (六) 排除 o檔內容坐標時間序錯誤的情況。
- (七) 使用TEQC軟體功能排除o檔內不需要的載波資料。
- (八) 使用TEQC軟體功能排除o檔內不需要的衛星觀測資料。
- (九) 輸出資料的時間間隔可調整為1秒、5秒、15秒、20秒、25秒、30秒等取樣間距。
- (十) 將TEQC 軟體執行的指令顯示於使用者介面上。
- (十一) 程式內需有執行範例說明資訊。

基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體解算程序說明：

軟體之目的為簡化 GNSS 觀測資料的自動批次解算流程，並管理各觀測檔案，在各觀測站每日的坐標解算完成後，可以進行各測站速度、時間序列之判讀處理，以有效率管理及資源分配，功能包括：

- (一) 軟體介面可以提供計算之起迄日期(西元年月日)，並在運行解算時能夠自動存取觀測資料(o檔)。
- (二) 解算群組功能：解算前，使用者可指定解算分區群組以提供 Bernese 軟體解算時所需之觀測站站台名稱。
- (三) 需提供FTP 下載星曆資料功能。程式執行解算前，使用者可以自行設定自動下載星曆檔或執行已準備好的星曆檔。
- (四) 星曆檔需提三選一(IGU、IGR、IGS)及自行勾選是否加入 GLONASS星曆進行解算。
- (五) 解算進行中將提供進度資料視窗，以利使用者查詢偵錯。
- (六) 解算完成後，可以另存執行進度記錄。
- (七) 提供解算完成後另存out 結果檔之功能。

系統效能需求：

現今電腦軟硬體技術與配備套件均已成熟完善，本工作團隊設計的基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體不需要特定的系統環境，在一般的 Windows 7 及 Windows 10 作業系統電腦環境下都可以順利執行(以 64 位元之平台為主)，並且可以確保系統效能之正常運作，不致產生效能低落的情況。

現階段本工作團隊依據各次工作會議的討論內容(如附件四)，進行基線解算自動化處理軟體功能的擴充設計，目前已完成軟體設計，各相關操作畫面如圖 4.7 ~ 圖 4.13 所示，詳細操作手冊如附件九。

Bern 自動解算程式

站台群組設定 FTP 設定 資料來源設定

一般參數設定

群組： 連續站 移動站 固定站： S01R

auto.exe 參數設定：

啟迄日期： 2016年 4月 9日 ~ 2016年 4月 9日

群組： 群組A,群組B

資料來源： 全域設定 指定資料夾：

結果檔存放： C:\BERN

星曆檔位置：

IGU IGR IGS Glonass

其它設定

結果失敗是否重新執行： 1

是否轉存OUT檔：

產生執行記錄(未勾選將不再產生任何記錄)

編輯LST 開始

圖 4.7 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(1)



圖 4.8 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(2)



圖 4.9 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(3)



站台代碼：igs星曆檔 唯一值
 FTP下載路徑：ftp://eoddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products/[GPSWEEK]/
 FTP帳號： FTP密碼：
 下載檔名：igs[GPSWEEKNUMBER].sp3.Z
 解壓縮後檔名：igs[GPSWEEKNUMBER].sp3 需解壓縮
 最後存檔檔名：igs[GPSWEEKNUMBER].sp3

下載位置預設參數說明：
 [SITENAME]：站台代碼 [YYYY]：西元年4碼 [YY]：西元年後2碼
 [MM]：月份2碼 [DD]：日期2碼 [DDD]：當年度的第幾天
 [GPSWEEK]：以1980/1/6起算的週數
 [GPSWEEKNUMBER]：以1980/1/6起算的週數 + 禮拜幾

範例：(以GPS1為例)
 輸入站台代碼為 GPS1，下載日期為 2011/12/31，下載路徑：ftp://geotech-science.com/GPS
 檔名為GPS-2011-365.zip，解壓縮後檔名為GPS13650.110，另存為GPS13651.110
 設定FTP下載路徑應為：ftp://geotech-science.com/GPS
 檔名為GPS-[YYYY]-[DDD].Zip，解壓縮後檔名為[SITENAME][DDD]0.[YY]0
 另存為[SITENAME][DDD]1.[YY]0

確認檔案是否存在 測試下載並解壓縮 更新 取消

圖 4.10 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(4)



類型	處理檔案	狀態
FTP下載--取得檔案大小	igs19176.sp3.Z	檔案大小：0 kB
FTP下載--開始下載	igs19176.sp3.Z	下載進度：100%，下載結束。
解壓縮	igs19176.sp3	待處理
另存檔名	igs19176.sp3	待處理

訊息欄：
 14:56:50 確認檔案：igs19176.sp3.Z，是否存在..
 14:56:51 檔案大小：0 kB
 14:56:51 準備下載

圖 4.11 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(5)

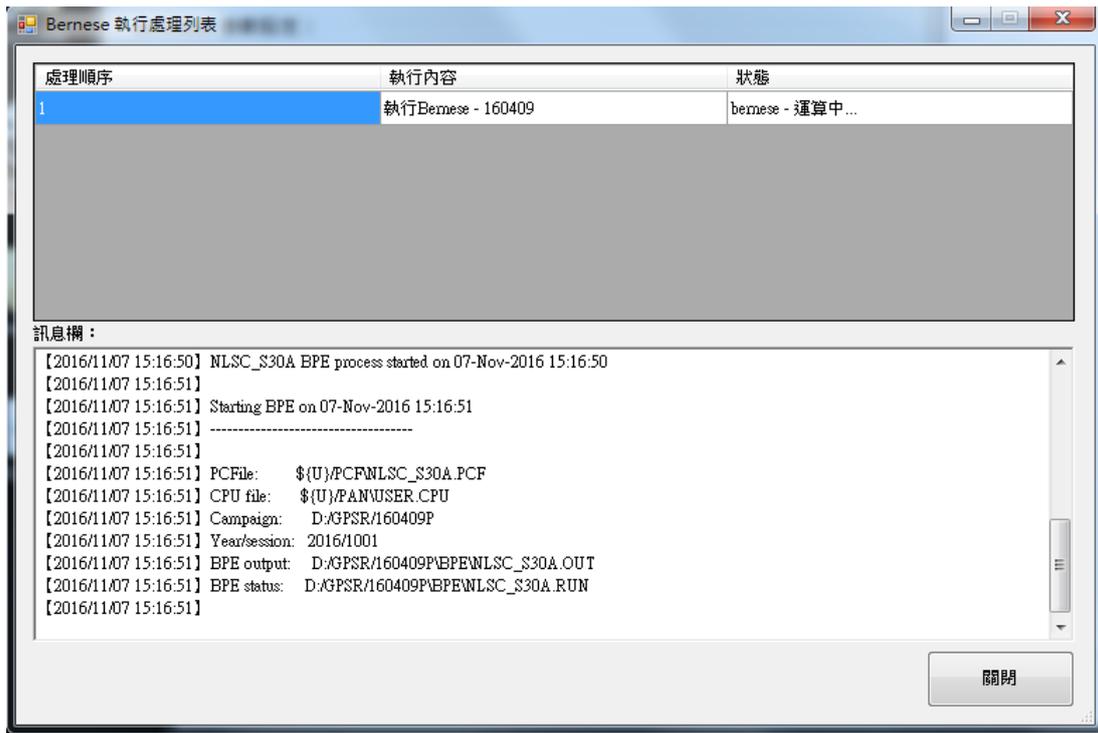


圖 4.12 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(6)

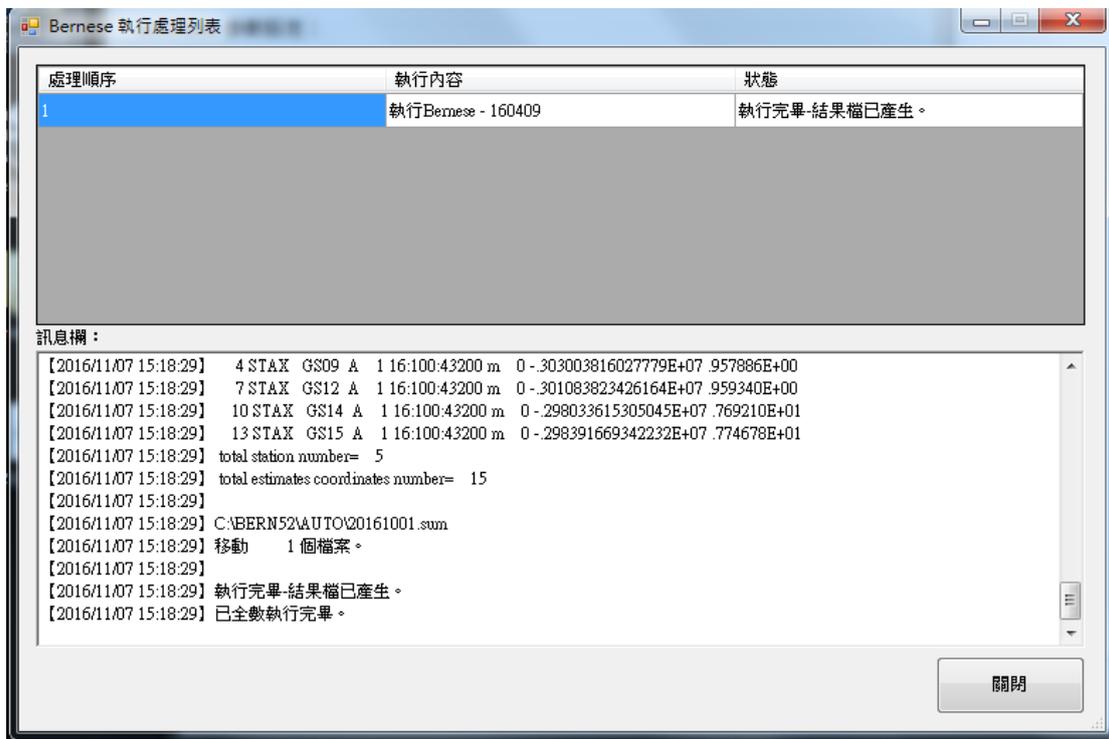


圖 4.13 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作畫面(7)

4.2 更新變位模式應用軟體

為能於 Windows 7 及 Windows 10 作業系統之個人電腦執行現代化 TWD97 國家坐標系統變位模組，在「102 年度建置現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式」計畫中，即以 C 程式開發語言完成變位模組應用軟體基本架構之設計，本計畫將增進應用軟體之基本功能包括：

- (一) 網格資料建置及更新模組：可以依照網格設定密度建置規則網格點，並於新增資料時，能夠進行網格資料庫之更新。
- (二) 網格資料輸出模組：可以顯示網格資料，並依據需求輸出網格點坐標、坐標對應時刻及其變化量與精度等。
- (三) 待測點位成果輸出模組：
 1. 輸入參數：可以提供使用者進行單點或附加檔形式之輸入格式，輸入內容可包含點位的坐標及點位的時間，以及輸出的指定對應時刻。
 2. 輸出項目：可以文字檔的形式輸出，內容包含點位坐標、點位的對應時刻及其變化量與精度等相關資料。
- (四) 成果統計分析模組：可以進行網格點位的精度分析、點數密度、空間區域分布、適當的更新時間等統計成果之評估。

然而，在「105 年度精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式」的計畫成果中指出，變位(displacement)模式只是地表變形的一種形式，主要用來呈現如地震、大規模崩塌或地層下陷等突發性事件所造成的地表變形型態。若要完整呈現整個地表變形行為，還需要考慮板塊運動等大規模構造事件造成的地表速度場形式。

因此，本年度的執行計畫中，除了增進更新 102 年度計畫之變位模式應用軟體的功能之外，亦將涵蓋主要地震發生前之速度模式與地震發生時的變位模式。為了避免用詞意義之混淆，本計畫將提出建議，將「變位模式應用軟體」更名為「變形模式應用軟體」。

據此，本年度計畫完成「變形模式應用軟體」之功能包含：

- (一)除了將依本計畫案的研究成果進行網格資料更新之外，亦將新增地震事件之變位模組，並更新坐標變化量解算函式。
- (二)網格資料輸出模組：可以依據需求輸出網格點坐標、坐標對應時刻、坐標變化量及其相關精度等。(精進使用者互動介面)
- (三)待測點位成果輸出模組：(精進成果呈現介面之完善性)
 1. 輸入參數：可以提供單點或附加檔形式之輸入格式，內容至少包含點位坐標及點位資料時間，與設定輸出時刻。
 2. 輸出項目：可輸出文字檔，內容至少包含點位坐標、點位對應時刻、坐標變化量及精度相關數據。
- (四)成果統計分析模組：提供建立網格資料時之精度分析、點數及空間分布等統計成果。(精進成果分析統計功能)

最後，配合國土測繪中心提供的測試資料，進行點位坐標轉換至 TWD97[2010]成果之轉換分析工作。附件五為本計畫於期中階段對於「更新變位模式應用軟體」之系統規劃書。目前本工作團隊已完成本項軟體之設計，軟體規劃之設計頁面如圖 4.14、圖 4.15 所示，詳細操作手冊如附件十。

Online Conversions - BASIC

本線上坐標轉換器已升級為新西蘭的構造運動，這意味著使用全球化系統如WGS84或ITRF轉換到新西蘭的坐標系統時需要一個轉換日期，最後結果與之前較不準確的版本的坐標轉換系統是不同的。

針對系統的變更，LINZ 的網頁上有 [更多詳情](#)

前一個版本的轉換器 會持續提供直到2016年結束。

在 **大地測量基準s** 與 **大地投影單位** 之間使用默認輸入和輸出參數進行轉換。

使用 **垂直基準轉換** 在新西蘭垂直基準之間進行轉換 - 詳情請見 [執行高度轉換的說明](#)。

使用 **更詳細的線上轉換器** 來選擇更廣域的 **基準**、**投影單位**和**高度** 系統。它還允許許多種輸入和輸出格式（包括批量選項），更適合用戶了解坐標和高度的轉換。

輸入之座標系統

New Zealand Geodetic Datum 1949

輸出坐標之系統

Amuri Circuit 1949

轉換之選項

指定轉換的日期，有許多的轉換如NZGD2000 到 ITRF2008是取決於日期的，日期可以以十進制年份的方式輸入（例如2000年、2013.5年）、日/月/年的方式（22 8 2012, 5 Jan 1995）、或是 "now" 這個單字來代表今天。

圖 4.14 變位模式應用軟體之設計頁面(1)

Online Conversions - ADVANCE

本線上坐標轉換器已升級為新西蘭的構造運動，這意味著使用全球化系統如WGS84或ITRF轉換到新西蘭的坐標系統時需要一個轉換日期，最後結果與之前較不準確的版本的坐標轉換系統是不同的。

針對系統的變更，LINZ 的網頁上有 [更多詳情](#)

前一個版本的轉換器 會持續提供直到2016年結束。

在 **大地測量基準s** 與 **大地投影單位** 之間使用默認輸入和輸出參數進行轉換。

使用 **基本線上轉換系統** 於大地測量基準與大地投影單位並使用預設輸入、輸出。

Input coordinate system

New Zealand Geodetic Datum 1949

Coordinate order North/East East/North
選擇輸入的坐標是以 北方 (LATITUDE) 為起始或是由 東方 (LONGITUDE) 為起始。

Coordinate format Degrees/minutes/seconds Degrees/minutes Decimal degrees
選擇輸入坐標之格式：度、分、秒(eg 41 30 25.3 S)、度、分 (eg 41 30.42 S) 或是十進制 (eg -41.50703)。(此選項會忽略大地投影坐標)

Height coordinate system
選擇被輸入的高程值 - none, ellipsoidal, 或 orthometric system。注意：Ellipsoidal 之高程值只適用於 ellipsoid 的輸入坐標。

Output coordinate system

New Zealand Geodetic Datum 2000 (version 20160701)

Coordinate order North/East East/North
選擇輸出的坐標是以 北方 (LATITUDE) 為起始或是由 東方 (LONGITUDE) 為起始。

圖 4.15 變位模式應用軟體之設計頁面(2)

第五章 結論與建議

本年度本案的主要工作項目為(1)持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略；(2)持續更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式；(3)計算 e-GNSS[2017]坐標成果；(4)擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體；(5)更新變位模式應用軟體，以及(6)提送國內期刊論文，並於學術研討會發表成果等。本工作團隊已完成上述各項工作，達到本年度計畫工作之目的，據此，提出結論與建議如下：

5.1 結論

1. 持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略

本案主要分析並精進地表水平變形造成的平面坐標變化，並提出於實務應用面上的具體做法與對應規範之適用性。針對此項水平方向模式的精進工作而言，全臺灣地區的 GNSS 連續站觀測資料與歷年的解算成果，扮演了主要角色；除此之外，歷年 GNSS 連續站資料解算成果、基本控制點檢測成果以及地調所 GPS 移動站觀測成果等，為本計畫案精進變位模式的主要資料分析重點工作，本年度亦已完成各項地表觀測資料的計算與分析，提出相關成果。

在垂直變形方面，本案初步評估建置垂直速度場之可行性。然而，在水平變形模式的建置工作中，由於控制地表變形的機制主要來自於構造活動，諸如板塊運動或是塊體運動，以及活動斷層滑移速率之時空變化，因此其運動模式較可以進行系統性之估算與預期，至於大規模崩塌或其他因素，可思考評估將影響因素納入模式中；然而，對於臺灣地區的地表垂直變形模式而言，除了如同水平變形會受到構造活

動的控制之外，其他例如人為作用之地下水抽取，或是氣候變化導致的地下水位改變，亦或大規模崩塌的發生等，均會顯著影響地表垂直變形的時空變化，因此如何納入地表垂直變形以建置高程基準，為建立高程半動態基準的重要工作。

另外，本工作團隊蒐集整理紐西蘭、日本與美國之相關測量作業應用規範，並與我國對應的測繪規範進行比較，分析得到其間的異同處，可以作為臺灣地區大地、高程基準更新與維護策略擬訂，以及基本控制測量、地籍測量作業之參考。

2. 持續更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式

本工作案首先解算 2016.10.01 ~ 2017.09.30 之全臺約 359 個 GNSS 連續站觀測資料，經由衛星定位資料的解算以及時間序列資料的分析，本工作團隊獲得 e-GNSS[2017]坐標成果的最小約制網後驗單位權中誤差為 ± 0.004 m，三維坐標估計值的整體平均標準差為 X 方向 ± 0.004 m、Y 方向 ± 0.006 m，以及 Z 方向 ± 0.004 m。同時亦得到，臺灣地區 GNSS 連續觀測站之 E 方向整體坐標精度為 ± 4.8 mm，N 方向為 ± 3.4 mm，水平方向的整體精度值為 ± 6.6 mm，高程方向則為 ± 13 mm。

在本計畫案中，除了考慮如何處理不同時期的水平速度場並評估震後位移的影響外，地表同震位移場之估算為本年度的工作項目。在本年度的工作中，完成比較不同精度星曆獲得之同震位移場差異，並進一步評估最短時間內產生符合精度需求的地表同震位移場之效益與適用的地震規模大小。

在震源模型的建立上，單一斷層滑移量模型可快速提供地表同震位移場模型，但在理論上其精度相對較差，因此本工作團隊比較單一斷層與多斷層滑移量模型所提供之同震位移場精度，並完成測試，結果顯示單一斷層模型可以符合近即時且達到精度要求的目的。

本工作計畫亦完成同震網格點位移模型之新增時機分析，就斷層正演模型進行地震基礎參數之設定與測試，提出相關的分析結果，亦即在臺灣陸域產生同震水平位移量大於 20 mm 之地震，其規模至少要超過 M_L 6.1。此結果亦指出，在臺灣陸域地區大約需要 M_L 6.1 以上的地震始會產生地表大於 20 mm 的水平位移；且越遠離臺灣陸域，地震規模就需越大才會產生等量的水平位移量。並由擷取 10 km、15 km、20 km 與 25 km 的震源深度來看，隨著深度的增加，在臺灣陸域所需的最小地震規模也跟著由 M_L 6.1 增加至約 M_L 6.4。

另一方面，本工作團隊提出縣市行政區採用坐標系統之參考使用建議，由分析資料得知，當 TWD97[1997]坐標系統使用至 2020 年時，約有 1,102 個測站(90 %)測站的變動量超過 6 公分，其精度不敷使用的情況偏高。而就最新公告的 TWD97[2010]的精度變化情況，當此坐標系統使用至 2020 年時，則約有 787 個測站(65 %)坐標變動量超過 6 公分，其中以花蓮縣、台東縣、嘉義市以及屏東縣變動量超過 6 公分的比例較高。

3. 擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理與更新變位模式應用軟體

本團隊已完成基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體與更新變位模式應用軟體之功能設計，操作效能穩定，並且順利應用於今年度的 GNSS 資料解算工作上；本項設計軟體能夠於 Windows 7 與 Win10 等

平台上操作使用，並且能更彈性的應用於不同目的需求之計算方案中；另外，就更新變位模式應用軟體設計而言，本軟體的使用者操作介面簡單、具單一化以及更新維護的便易性。有效提供使用者便利操作之介面與資料分析使用。

4. 計畫工作內容成果之發表與交流

本團隊已將本案相關成果分別投稿刊載於「國土測繪與空間資訊」期刊與 Journal of Asian Earth Sciences 國際知名 SCI 期刊之中，同時亦分別於 106 年 7 月 30 日~8 月 4 日於日本神戶舉辦之 IAG-IASPEI 2017 國際研討會議發表” Taiwan Vertical Velocity Field from Precise Leveling Observations, 2000-2015” 以及 106 年 8 月 16~18 日的 2017 中華民國測地學會年會暨學術研討會發表「臺灣水平半動態基準之建立」；另外，亦於 106 年 8 月 30 日~9 月 1 日於臺南成功大學舉辦的第 36 屆測量及空間資訊研討會發表「臺灣平面半動態基準(框架)之建立」、「臺灣動態垂直大地基準之建立」與「臺灣平面半動態基準之實務應用與規範探討」，總計共五篇研討會論文口頭報告。

除此之外，本團隊亦於 106 年 11 月 06、07 日邀請紐西蘭學者 Christopher Pearson 博士來臺訪問，分別於臺南成功大學(11 月 06 日)以及臺中國土測繪中心(11 月 07 日)進行兩場演講，並相互經驗交流與座談。Christopher Pearson 博士分享其在美國 NGS(National Geodetic Survey)、紐西蘭 LINZ(Land Information New Zealand)與尼泊爾進行半動態基準研究與建置塊體模型的經驗，使得本工作案相關團隊與相關產官學界獲益許多，作為日後推動本案相關延續工作規劃與執行的有效參考。

5.2 建議及下一階段工作進程

1. TWD97 國家坐標系統變位模式之更新與維護

針對本案「水平方向」模式的精進工作，全臺灣的 GNSS 連續站觀測資料、國土測繪中心基本控制點檢測成果以及地調所歷年 GPS 移動站資料計算成果等，為精進變位模式的主要資料來源，因此建議上述地表位移監測工作應持續進行，以有效維護國家基準。

在「垂直方向」的模式建置方面，建議可以結合國內與高程基準或系統有關之成果，例如：大地起伏模式、潮位站資料分析成果、衛星影像、大地測量(含衛星定位測量及水準測量)成果等，考慮自然及人為因素之影響，以探討國家高程基準之維護與更新機制。在下一階段的工作中，可以先利用現階段蒐集得的地表垂直速度資訊建立高程坐標框架，來源主要可為各 GNSS 連續站的垂直向資訊、水準測量資料等。除了 GNSS 觀測成果之外，亦可以整合國土測繪中心提供的彰雲嘉以及歷年臺灣一等水準網資料、地調所、水利署等水準監測資料，以強化垂直方向模式的精度。未來，在地層下陷區則可以透過短周期高頻率的垂直速度場更新，分析區域內的 GNSS 連續站橢球高變化速率與水準測量等結果，以維持區域高程系統的精度。

2. 下一階段工作進程

精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式為一長年而且延續性的研究分析工作，自 102 年度開始，國土測繪中心陸續辦理各相關計畫，提出半動態基準的概念與各項分析成果。圖 5.1 為半動態基準建置之架構，藉由 GNSS 觀測站的坐標時間序列分析(coordinate time

series analysis), 可以獲得地表位移速度場(secular surface velocity field) 以及同震變形位移場(coseismic surface displacement field), 並透過內插方法(例如: 克利金 Kriging interpolation 空間內插法)以及斷層錯位模式(dislocation model), 可以分別建立地表速度網格模型(secular surface velocity grid model)以及地表同震位移修正網格模型(coseismic surface displacement grid model), 據以組成地表變形模式(surface deformation model), 結合大地靜態基準(geodetic static datum)而整合為大地半動態基準(geodetic semi-dynamic datum)。

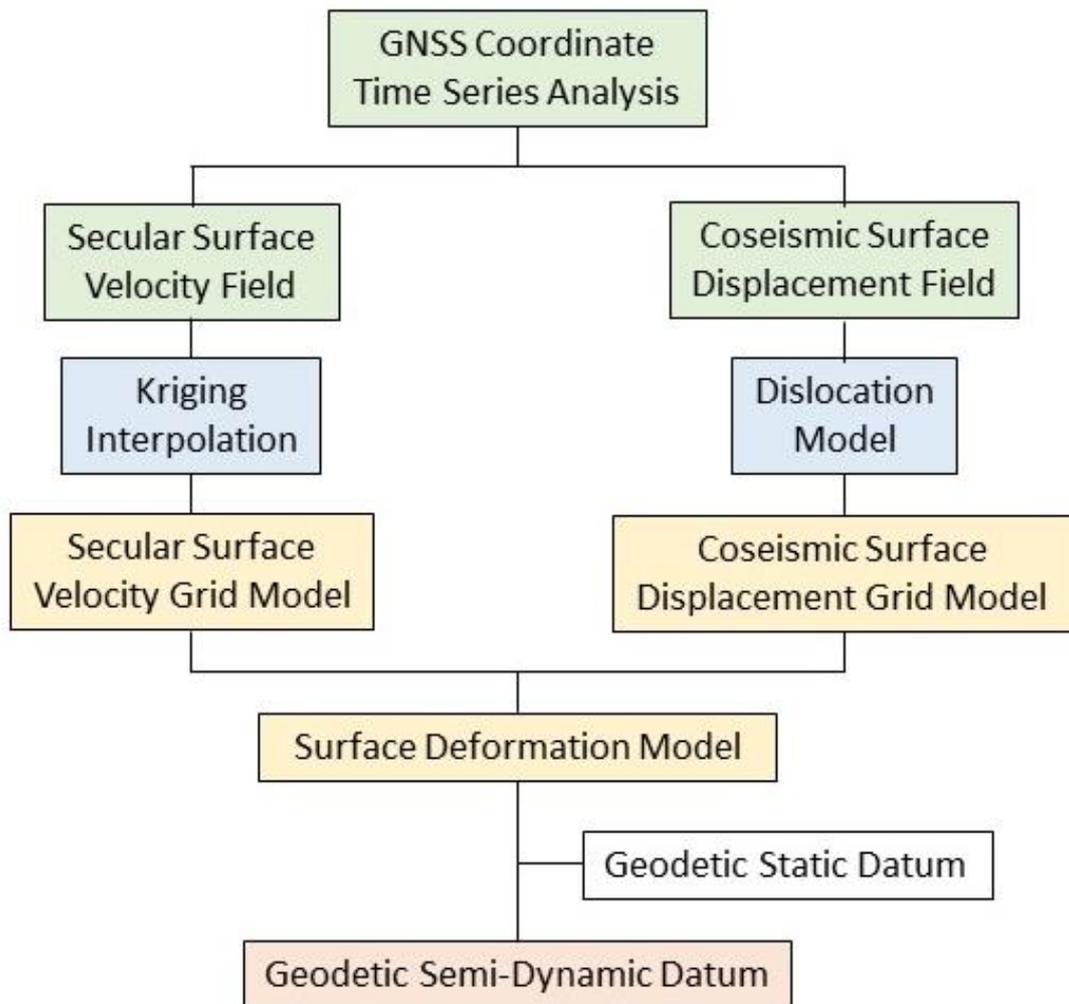


圖 5.1 半動態基準建置架構圖

半動態基準的應用以及坐標修正概念如圖 5.2 所示，各時期有其對應的地表速度場(如圖 5.2 的 V_0 、 V_1 、 V_2)，期間經歷因為地震引起的同震變形位移(如圖 5.2 的 D_1 、 D_2)，將各時期的速度場與同震變形位移場分別建置成對應的各個修正網格資訊，並納入地表變形修正模式之中，可以取代傳統的坐標轉換(coordinate-transformation)修正方式，有效維護國家坐標系統的精度。

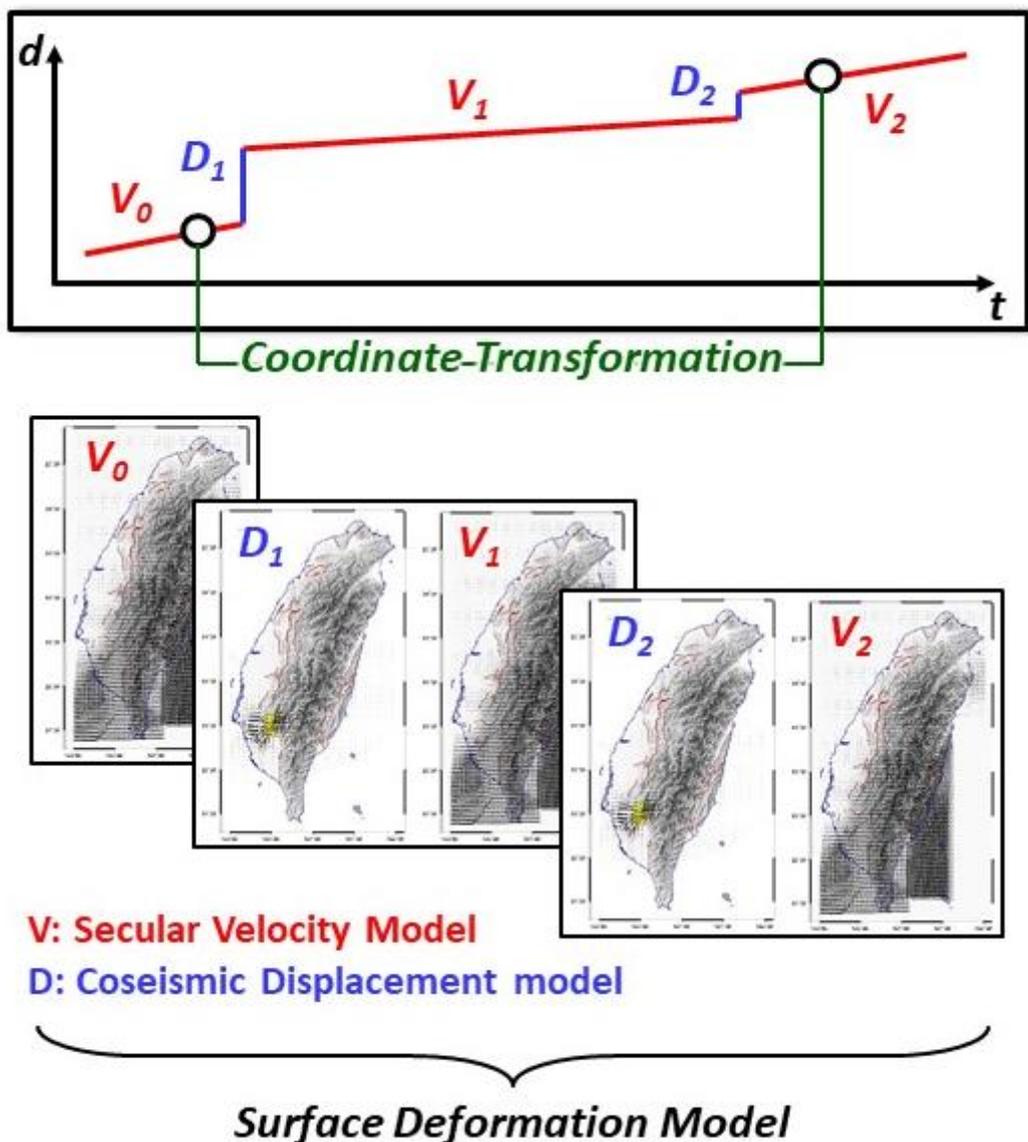


圖 5.2 半動態基準應用及坐標修正示意圖

縱觀本案歷年完成的相關成果，可以歸納已完成以及須持續辦理的工作項目如表 5.1 所列，提供下一階段工作進程規劃之參考。

表 5.1 國家半動態基準建置之研究分析工作規劃進程表

序號	工作內容	現階段情況	擬辦理年度
1	半動態基準相關文獻回顧	已有成果，持續蒐集整理。	107、108
2	地質及斷層活動相關文獻回顧	已有成果，持續蒐集整理。	107、108
3	GNSS 連續站資料蒐集與計算	已有成果(2010.1 ~ 2017.9)，須持續蒐集解算。	107、108
4	地表 GNSS 移動站、水準監測資料蒐集(包括：國土測繪中心基本控制點、地調所、水利署等)	已有成果，須持續蒐集。	107、108
5	高程垂直向資料的分析處理(包括內政部、水利署水準資料)，須納入地層下陷區的處理策略。	已有初步成果，但主要項目尚未進行。	107、108 (待評估)
6	地表水平速度場網格模型建置	已有成果，仍須持續精進，並另須考慮地滑、地層下陷與週期性的影響。	107、108
7	地表水平速度場網格模型之更新時機研究	主要技術已有，但尚未進行。	107
8	主要地震之水平同震位移模型建立	目前僅有 2016 年美濃地震之模型，須持續建立需要納入修正的其他主要地震之水平同震網格修正模型。	107、108
9	水平同震位移模型更新時機研究	已有成果，須持續分析。	107
10	水平變形模式之建立與精度檢核	已有成果，須持續精進。	107、108

11	地表垂直速度場網格模型建置	主要技術已有，但尚未進行。	視規劃
12	地表垂直速度場網格模型之更新時機研究	主要技術已有，但尚未進行。	視規劃
13	主要地震之垂直同震位移模型建立	主要技術已有，但尚未進行。	視規劃
14	垂直同震位移模型更新時機研究	主要技術已有，但尚未進行。	視規劃
15	垂直變形模式之建立與精度檢核	主要技術已有，但尚未進行。	視規劃
16	國家半動態框架與 eGNSS 系統整合之研究	主要技術已有，但尚未進行。	107、108
17	GNSS 自動解算軟體	已有成果，可持續精進。	107
18	變位模式應用軟體	已有成果，可持續精進。	107

因此，就水平方向變形模式之建立而言，下一階段可以就表 5.1 中的第 1~4、6~10、16~18 項持續辦理，尤其第 7 項－水平速度場網格模型之更新時機，可以列為下一階段的重點工作項目。目前均假設地表的水平速度為穩定值，然而實際上(如圖 5.2)，各時期均會有不同的對應速度，如何獲得地表水平速度值更新時機的判斷門檻(如圖 5.3)，為未來必須探討分析的工作項目。

依照表 5.1 所列之未來 2 年度工作項目，預期至 108 年度計畫工作完成之時，將可以提供水平方向之地表變形修正模式(包括地表震間速度模式以及地表同震位移修正模式)，整合公布的國家靜態大地坐標框架，即能建立國家半動態基準，並依據各年度的分析成果，提出各地區是否納入速度模式之坐標精度評估及適用範圍。

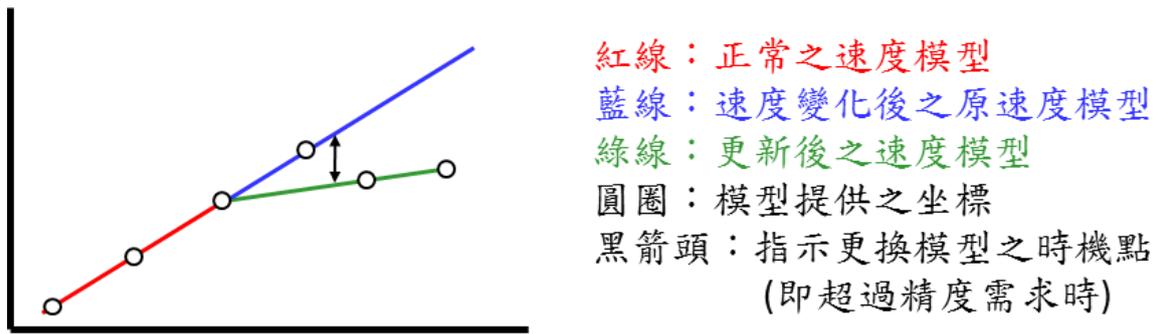


圖 5.3 速度場網格模型更新時機示意圖

參考文獻

- 內政部，2007，基本測量實施規則
- 內政部，2014，數值法地籍圖重測作業手冊
- 內政部，2014，數值法地籍圖重測作業手冊(103 年增修本)。
- 內政部，2017，地籍測量實施規則
- 內政部國土測繪中心，2011，100 年度臺灣地區發展高程現代化作業技術先期研究期末報告。
- 內政部國土測繪中心，2012，101 年大地基準及一九九七坐標系統 2010 成果工作總報告。
- 內政部國土測繪中心，2013，102 年度建置現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式工作總報告。
- 內政部國土測繪中心，2014，103 年度臺灣地區 GPS 連續觀測站資料解算工作採購案期末報告。
- 內政部國土測繪中心，2015，104 年度臺灣地區 GPS 連續觀測站資料解算工作採購案期末報告。
- 內政部國土測繪中心，2016，105 年度精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式工作總報告書。
- 日本法務省，2005，不動產登記規則
- 国土交通省国土地理院，2008，作業規程の準則
- 国土交通省国土地理院，2017，国土調査法施行令
- 桃園市，2015，桃園市加密控制點衛星定位測量作業手冊
- 臺南市，2014，台南市加密控制點衛星定位測量作業手冊
- Amos, M.J. and Featherstone, W.E., 2009, Unification of New Zealand's local vertical datums: iterative gravimetric quasigeoid computations, *Journal of Geodesy* 83(1): 57-68, doi: 10.1007/s00190-008-0232-y
- Angelier, J., H.-C. Chu, J.-C. Lee, and J.-C. Hu (2000), Active faulting and earthquake hazard: The case study of the Chihshang fault, Taiwan, *J. Geodyn.*, 29, 151-185. Blick, G., C. Crook, D. Grant, and J. Beavan (2005), Implementation of a Semi-Dynamic Datum for New Zealand,

- Int. Assoc. Geod. Symposia, 128, 38-43.
- Bos, A. G., W. Spakman, and M. C. J. Nyst (2003), Surface deformation and tectonic setting of Taiwan inferred from a GPS velocity field, *J. Geophys. Res.*, 108, 2458, doi:10.1028/2002JB002336.
- Chang, C.-P., T.-Y. Chang, J. Angelier, H. Kao, J.-C. Lee, and S.-B. Yu (2003), Strain and stress field in Taiwan oblique convergent system: Constraints from GPS observations and tectonic data, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 214, 115-127.
- Chen H.-Y., S.-B. Yu, L.-C. Kuo, and C.-C. Liu (2006), Coseismic and postseismic displacements of the 10 December 2003 (MW 6.5) Chengkung, eastern Taiwan, earthquake, *Earth Planets Space*, 58, 5-21.
- Cheng, L.-W., J.-C. Lee, J.-C. Hu, and H.-Y. Chen (2009), Coseismic and postseismic slip distribution of the 2003 Mw = 6.5 Chengkung earthquake in eastern Taiwan: Elastic modeling from inversion of GPS data, *Tectonophysics*, 466, 335-343.
- Ching, K.-E., K. M. Johnson, R.-J. Rau, R. Y. Chuang, L.-C. Kuo, and P.-L. Leu (2011), Inferred fault geometry and slip distribution of the 2010 Jiashian, Taiwan, earthquake is consistent with a thick-skinned deformation model, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 301, 78-86.
- Ching, K.-E., R.-J. Rau, J.-C. Lee, and J.-C. Hu (2007), Contemporary deformation of tectonic escape in SW Taiwan from GPS observations, 1995-2005, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 262, 601-619.
- Clift, P. D., H. Schouten, and A. E. Draut (2003), A general model of arc-continent collision and subduction polarity reversal from Taiwan and the Irish Caledonides, in *Intra-Oceanic Subduction Systems: Tectonic and Magmatic Processes*, Spec. Publ., Geol. Soc. London, vol. 219, edited by R. D. Larter and P. T. Leat, pp. 81-98, The Geological Society of London, London, UK.
- FGCC, 1984, Standards and Specifications for Geodetic Control Networks, Federal Geodetic Control Committee, USA.
- FGCC, 1988, Geometric Geodetic Accuracy Standards and Specifications for Using GPS Relative Positioning Techniques, Federal Geodetic

Control Committee, USA.

Grant, D. B. and M. B. Pearse (1995), Proposal for a dynamic national geodetic datum for New Zealand, IUGG XXI General Assembly Boulder Colorado, 2-14.

Grant, D. B., G. H. Blick, M. B. Pearse, R. J. Beavan, P. J. Morgan (1999), The development and implementation of New Zealand Geodetic Datum 2000, IUGG99 General Assembly, Birmingham UK, 18-30.

Han, J. Y. (2010), Noniterative approach for solving the indirect problems of linear reference frame transformations, *Journal of Surveying Engineering.*, 136(4), 150-156.

Han, J. Y., Yu, S. W., and van Gelder, B. H. W. (2011), Time-variant reference frame transformations in a deforming area, *Survey Review*, 43(321), 284-295.

Ho, C.-S. (1986), A synthesis of the geologic evolution of Taiwan, *Tectonophysics*, 125, 1-16.

Hsu, Y.-J., J.-P. Avouac, S.-B. Yu, C.-H. Chang, Y.-M. Wu, and J. Woessner (2009b), Spatio-temporal Slip, and Stress Level on the Faults within the Western Foothills of Taiwan: Implications for Fault Frictional Properties, *Pure Appl. Geophys.*, doi:10.1007/s00024-009-0510-5.

Hsu, Y.-J., N. Bechor, P. Segall, S.-B. Yu, L.-C. Kuo, and K.-F. Ma (2002), Rapid afterslip following the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 29, 10.1029/2002GL014967.

Hsu, Y.-J., P. Segall, S.-B. Yu, L.-C. Kuo, and C. A. Williams (2007), Temporal and spatial variations of postseismic deformation following the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake, *Geophys. J. Int.*, 169, 367-379.

Hsu, Y.-J., S.-B. Yu, and H.-Y. Chen (2009c), Coseismic and postseismic deformation associated with the 2003 Chengkung, Taiwan earthquake, *Geophys. J. Int.*, 176, 420-430.

Hsu, Y.-J., S.-B. Yu, M. Simons, L.-C. Kuo, and H.-Y. Chen (2009a), Interseismic crustal deformation in the Taiwan plate boundary zone revealed by GPS observations, seismicity, and earthquake focal mechanisms, *Tectonophysics*, 479, 4-18.

- Hu, J.-C., C.-S. Hou, L.-C. Shen, Y.-C. Chan, R.-F. Chen, C. Huang, R.-J. Rau, K.-H. Chen, C.-W. Lin, M.-H. Huang, and P. F. Nien (2007), Fault activity and lateral extrusion inferred from velocity field revealed by GPS measurements in the Pingtung area of southwestern Taiwan. *J. Asian Earth Sci.*, 31, 287-302.
- Huang, C.-Y., P.-B. Yuan, C.-W. Lin, T.-K. Wang, and C.-P. Chang (2000), Geodynamic processes of Taiwan arc-continent collision and comparison with analogs in Timor, Papua New Guinea, Urals and Corsica, *Tectonophysics*, 325, 1-21.
- Huang, C.-Y., W.-Y. Wu, C.-P. Chang, S. Tsao, P.-B. Yuan, C.-W. Lin, and K.-Y. Xia (1997), Tectonic evolution of accretionary prism in the arc-continent collision terrane of Taiwan, *Tectonophysics*, 281, 31-51.
- Kanamori, H. (1977), The energy release in great earthquake, *J. Geophys. Res.*, 82, 2981-2987.
- Kraus K. and E. M. Mikhail (1972), Linear Least-squares interpolation. paper presented at the Twelfth Congress of the International Society of Photogrammetry, Canada.
- Lacombe, O., F. Mouthereau, J. Angelier, and B. Deffontaines (2001), Structural, geodetic and seismological evidence for tectonic escape in SW Taiwan, *Tectonophysics*, 333, 323-345.
- Lacombe, O., F. Mouthereau, J. Angelier, H.-T. Chu, and J.-C. Lee (2003), Frontal belt curvature and oblique ramp development at an obliquely collided irregular margin: Geometry and kinematics of the NW Taiwan fold-thrust belt, *Tectonics*, 22, 1025, doi:10.1029/2002TC001436.
- Lallemand, S. E., and H. Tsien (1997), An introduction to active collision in Taiwan *Tectonophysics*, 274, 1-4.
- Lee, J.-C., J. Angelier, H.-T. Chu, J.-C. Hu, and F.-S. Jeng (2001), Continuous monitoring of an active fault in a plate suture zone a creepmeter study of the Chihshang Fault, eastern Taiwan, *Tectonophysics*, 333, 219-240.
- Lin, A.-T., A. B. Watts, and S. P. Hesselbo (2003), Cenozoic stratigraphy and subsidence history of the South China Seamargin in the Taiwan

- region, *Basin Res.*, 15, 453-478.
- Lin, A.-T., and A. B. Watts (2002), Origin of the West Taiwan Basin by orogenic loading and flexure of a rifted continental margin, *J. Geophys. Res.*, 107, 2185, doi:10.1029/2001JB000669.
- LINZ (Land Information New Zealand), 2017, Rules for Cadastral Survey 2010, website: <http://www.linz.govt.nz/regulatory/tbc>
- LINZ, 2009, LINZG25703:Standard for the New Zealand survey control system, LINZ, Wellington.
- LINZ, 2010, LINZG25706:Coordinate accuracy, LINZ, Wellington.
- Lu C.-Y., and Malavieille J (1994), Oblique convergence, indentation and rotation tectonic in the Taiwan mountain belt: insights from experimental modeling, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 121, 477-494.
- Lu, C.-Y., K.-J. Chang, F.-S. Jeng, and W.-T. Jian (1998), Impact of basement high on the structure and kinematics of the western Taiwan thrust wedge: insights from sandbox models, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 9, 533-550.
- McCaffrey, R. (2002), Crustal block rotations and plate coupling, in *Plate Boundary Zones*, *Geodyn. Ser.*, vol. 30, edited by S. Stein and J. Freymueller, pp. 101-122, AGU, Washington, D. C.
- Mikhail M., and F. Ackermann (1976), *Observations and Least-squares*. Harper and Row, New York.
- Moritz, H. (1978), Least-squares collocation. *Reviews of Geophysics and Space Physics* 16 (3):421-430.
- Moritz, H. (1989), *Advanced physical geodesy*. Second ed. Herbert Wichmann, Karlsruhe.
- New Zealand Legislation, 2010, Rules for Cadastral Survey, from http://www.legislation.govt.nz/regulation/public/2010/0492/latest/DLM7127676.html?search=ts_act%40bill%40regulation%40deemedreg_cadastral_resele_25_a&p=1
- Nikolaidis, R. (2002), Observation of Geodetic and Seismic Deformation with the Global Positioning System, Ph.D. Thesis, University of California, San Diego.

- Nur, A., and G. Mavko (1974), Post-seismic viscoelastic rebound, *Science*, 183, 204-206.
- Okada, Y. (1985), Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 75, 1135-1154.
- Okada, Y. (1992), Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 82, 1018-1040.
- Ozawa, S., T. Nishimura, H. Suito, T. Kobayashi, M. Tobita, and T. Imakiire (2011), Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake, *Nature*, 475, 373-376.
- Pearson, C., and R. Snay (2012), Introducing HTDP 3.1 to transform coordinates across time and spatial reference frames, *GPS Solut.*, doi:10.1007/s10291-012-0255-y.
- Pearson, C., R. McCaffrey, J. Elliott, and R. Snay (2010), HTDP 3.0: Software for Coping with the Coordinate Changes Associated with Crustal Motion, *J. Surv. Eng.*, 136, 80-90.
- Peltzer, G., P. Rosen, F. Rogez, and K. Hudnut (1996), Postseismic rebound in fault step-overs caused by pore fluid flow, *Science*, 273, 1202-1206.
- Rau, R.-J., K.-E. Ching, J.-C. Hu, and J.-C. Lee (2008), Crustal deformation and block kinematics in transition from collision to subduction: GPS measurements in northern Taiwan, 1995-2005, *J. Geophys. Res.*, 113, B09404, doi:10.1029/2007JB005414.
- Roeloffs, E. (1996), Poroelastic techniques in the study of earthquake-related hydrological phenomena, *Advances in geophysics*, 37, 135-195.
- Sagiya, T., S. Miyazaki, and T. Tada (2000), Continuous GPS array and present-day crustal deformation of Japan, *PAGEOPH*, 157, 2303-2322.
- 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.
- Snay, R. A. (2012), Evolution of NAD 83 in the United States: Journey

- from 2D toward 4D, *J. Surv. Eng.*, 138, 161-171.
- Suppe, J. (1980), Imbricated structure of western foothills belt, south-central Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 17, 1-16.
- Suppe, J. (1981), Mechanics of mountain building and metamorphism in Taiwan, *Mem. Geol. Soc. China*, 4, 67-89.
- Suppe, J. (1984), Kinematics of arc-continent collision, flipping of subduction, and back-arc spreading near Taiwan, *Mem. Geol. Soc. China*, 6, 21-33.
- Tanaka, Y., H. Saita, J. Sugawara, K. Iwata, T. Toyoda, H. Hirai, T. Kawaguchi, and S. Matsuzaka (2007), Efficient maintenance of the Japanese geodetic datum 2000 using crustal deformation models – PatchJGD & semi-dynamic datum, *Bull. Geogr. Surv. Inst.*, 54, 49-59.
- Teng, L. S. (1990), Geotectonic evolution of late Cenozoic arc continent collision in Taiwan, *Tectonophysics*, 183, 57-76.
- Teng, L. S. (1996), Extensional collapse of the northern Taiwan mountain belt, *Geology*, 24, 949-952.
- Thatcher, W., and J. B. Rundle (1984), A viscoelastic coupling model for the cyclic deformation due to periodically repeated earthquakes at subduction zones, *J. Geophys. Res.*, 89, 7631-7640.
- Tse, S.-T., and J. R. Rice (1986), Crustal earthquake instability in relation to the depth variation of frictional slip properties, *J. Geophys. Res.*, 91, 9452-9472.
- Viallon, C., P. Huchon, and E. Barrier (1986), Opening of the Okinawa basin and collision in Taiwan: A retreating trench model with lateral anchoring, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 80, 145-155.
- Ward, S. N. (1994), A multidisciplinary approach to seismic hazard in southern California, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84, 1293-1309.
- Wells, D. L., and K. J. Coppersmith (1994), New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84, 974-1002.
- Wu, Y.-M., T.-C. Shin, and C.-H. Chang (2001), Near real-time mapping of peak ground acceleration and peak ground velocity following a

- strong earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91, 1218-1228.
- Yang, K.-M., H.-H. Ting, and J. Yuan (1991), Structural styles and tectonic modes of Neogene extensional tectonics in southwestern Taiwan: implications for hydrocarbon exploration, *Petrol. Geol. Taiwan*, 26, 1-31.
- Yen, Y.-T., and K.-F. Ma (2011), Source-scaling relationship for M 4.6–8.9 earthquakes, specifically for earthquakes in the collision zone of Taiwan, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 101, 464-481.
- Yoshiyuki T., S. Hiroaki, S. Jun, I. Kazumi, T. Tomoo, H. Hideaki, K. Tamotsu, M. Shigeru, H. Yuki, T. Miki, K. Yuki, and I. Tetsuro (2007), Efficient maintenance of the Japanese geodetic datum 2000 using crustal deformation models – PatchJGD & semi-dynamic datum, *Bulletin of the Geographical Survey Institute*, 54.
- Yu, S.-B., and H.-Y. Chen (1994), Global positioning system measurements of crustal deformation in the Taiwan arc-continent collision zone, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 5, 477-498.
- Yu, S.-B., and L.-C. Kuo (2001), Present-day crustal motion along the Longitudinal Valley Fault, eastern Taiwan, *Tectonophysics*, 333, 199-217.
- Yu, S.-B., H.-Y. Chen, and L.-C. Kuo (1997), Velocity field of GPS Stations in the Taiwan area, *Tectonophysics*, 274, 41-59.
- Yu, S.-B., L.-C. Kuo, R.-S. Punongbayan, and E.-G. Ramos (1999), GPS observation of crustal motion in the Taiwan-Luzon region, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 923-926.
- Yu, S.-B., L.-C. Kuo, Y.-J. Hsu, H.-H. Su, C.-C. Liu, C.-S. Hou, J.-F. Lee, T.-C. Lai, C.-C. Liu, C.-L. Liu, T.-F. Tseng, C.-S. Tsai, and T.-C. Shin (2001), Preseismic deformation and coseismic displacements associated with the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91, 995-1012.
- Yu, S.-B., Y.-J. Hsu, L.-C. Kuo, H.-Y. Chen, and C.-C. Liu (2003), GPS measurement of postseismic deformation following the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake, *J. Geophys. Res.*, 108, 10.1029/2003JB002396.
- Zhuang, J., C.-P. Chang, Y. Ogata, and Y.-I. Chen (2005), A study on the

background and clustering seismicity in the Taiwan region by using point process models, *J. Geophys. Res.*, 110, B05S18, doi:10.1029/2004JB003157.

附件一 採購評選會議評選委員意見及修正情形

審查委員	審查意見	廠商修正辦理情形
白委員敏思	1. 地調所 850 個移動站如何取得?取得後如何使用?	感謝委員之意見。將由測繪中心協助取得地調所計算完成之地表速度場資料，以提供本計畫後續速度模型建立之用，其扮演之角色為補強加密既有連續站分布密度使用。
	2. 本案各項作業中，團隊分工方式為何?請補充說明。	感謝委員之意見。已補充於第 3.2 節之中。
高委員書屏	1. 本案係精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式之研究(此係 2D 之系統變位模式)，能否說明倘臺灣欲採用 3D 坐標系統，有何可預期或不易執行之因素?或認為未來可採 3D 動態定位坐標系統之窒礙難行或須先具備之條件?請說明貴團隊之做法及想法、策略為何?	感謝委員之意見。在後續的工作項目中，本計畫將嘗試利用地表垂直速度場資訊，主要的蒐集來源有各 GNSS 站的垂直向資訊、水準監測資料等，並以類似本案建立水平速度場之模式與方案，建立高程半動態框架。然而，可預期將會面臨非自然因素造成的地表位移，如地層下陷。此項因素導致的垂直運動為非穩定之變化，因此在地層下陷區將需要透過短周期高頻率的速度場更新機制，並評估應用區域內的橢球高變化速率的監測資訊，以輔助維持該區域高程系統之精度。
	2. 請問本案解算策略中的 7 個 IGS 國際站之筑波站(TSKB)，既然在仙臺地震後已有 10 公分以上之位移，為何貴團隊考量在計算時放鬆	感謝委員之意見。由於 IGS 筑波站(TSKB)為建立更新 TWD97[2010]之聯測站，為與 TWD97[2010]之解算策略一致，本計畫仍將 TSKB 站納入參與計算，唯作法是將其坐標

	<p>TSKB 的坐標與速度約制，而不考慮剔除該站或選擇其它 IGS 測站？</p>	<p>及速度的約制資訊放鬆；對於本計畫後續計算之約制條件考量，本案將評估更換至其他 IGS 測站（目前暫定考慮更換至北京站 BJFS）或採用 TSKB 新公告的測站資訊進行約制之可行性。</p>
<p>韓 委 員 仁 毓</p>	<p>1. 請說明時變基準模型之內插模式為何？其參數選擇以及影響有多大（空間內插 VS 時間內插）？</p>	<p>感謝委員之意見。在時間的內插計算中，將採用 $y=a+bt$ 之線性方程式進行迴歸計算與內插推估，若遇到地震造成的永久地表位移情況，則會加入階層函數進行內插計算之擬合；空間內插部分，則是採用克立金法進行推估計算，所以本案的時間和空間內插是相互獨立進行，各參數選擇（或克立金法內插使用的半變異數函數）的差異將於本案成果中呈現。</p>
	<p>2. P19: 高程基準著重在文獻蒐集，今年（或明年）具體目標為何？</p>	<p>感謝委員之意見。今年高程基準的具體工作目標為採用垂直速度場資訊，進行初步的垂直速度模型建置，並了解其可達到的精度；而下一年度之具體工作目標將以解決地層下陷區之問題為主要項目。</p>
	<p>3. P46: 國內期刊與研討會論文預計發表主題為何？（是否發表至國際期刊）</p>	<p>感謝委員之意見。國內期刊與研討會論文預計發表主題將和本計畫工作相關，亦即與臺灣半動態基準建立有關的文章，且預計會發表至國際期刊。</p>
	<p>4. 我國要實施動態基準，在實務及法規層面有什麼困難？預計如何克服？（尤其在地籍</p>	<p>感謝委員之意見。今年度計畫的工作項目之一，即是藉由蒐集國外現行做法，並比較與我國現行法規之</p>

	<p>管理上)</p>	<p>差異與對應之處，以提出半動態基準於實務及法規層面的實施方案，尤其在地籍測量的應用方面，如何讓第一線測量人員可以建立相關之概念，以取代傳統的參數轉換與套圖方式，實為一項需探討而且具有挑戰的工作項目。預計在期末報告提出相關之資訊提供參考。</p>
	<p>5. P35:同震位移有考慮，但震後之速度場行為是否有加以模式?</p>	<p>感謝委員之意見。震後的速度場若發生變化，將會利用階層函數以考慮速度場在地震後的速度改變量。故地震後之地表變形模型仍能維持其精度。</p>
	<p>6. 過去幾年之分析，變位模式之精度提升多少?是否越來越好?(效益評估)</p>	<p>感謝委員之意見。此工作亦是今年的工作重點之一，本計畫將會在期末報告中提出。</p>
<p>侯 委 員 進 雄</p>	<p>1. P18:本案變位模式之建立，在震後變形方面敘述其影響量較小，因此不考慮震後變形的影響，然舉凡較具規模的震後變形，於震後數年仍影響甚巨，例如 921 集集地震於震後 10 年來仍有震後壓密的作用尚未迴歸震間變形的型態，故不宜在此做如此表示。不然就要以規模大小來區分，在哪個規模下，因震後變形影響較小，其影響量在測量精度範圍之內，故不列入考慮，並且引用相關之參考文獻。</p>	<p>感謝委員之意見。震後變形一般是非線性之變形型態，本計畫目前規劃以不同時期的速度場變化進行模式化，以維持震後非線性變形型態之精度。在下一階段的工作中，建議可直接利用坐標時間序列資料，擬合地震之震後變形，或採用震後物理模型以進行震後地表變形模型之建立。</p>

	<p>2. P23:102 與 105 年度之坐標差異，顯示 680 點(51%)在 2CM 以內，1219 點(91%)在 6CM 以內，然應該說明這樣的差異量是否足夠應用到相關測量(地籍、工程、航測、LiDAR)使用，請補充之。</p>	<p>感謝委員之意見。去年度計畫案之成果中，比較 102 與 105 年度之坐標差異，主要目的為呈現採用精進之後的國家坐標系統變位模式之效益，至於是否足夠因應於相關的測量業務之中，可以藉由我國現行相關的測量作業規範(例如：地籍、工程、航測、LiDAR 等)進行對應與探討，此項工作為今年度的工作項目之一，本案將蒐集國外現行做法，並比較與我國現行法規之差異與對應之處，以提出半動態基準於實務及法規層面的實施方案，預計在期末報告提出相關之資訊提供參考。</p>
邱委員元宏	<p>1. P24 下方提到臺灣 GNSS 連續站水平、垂直精度均較國際研究成果不佳，可達 5-10 位，請敘明參考文獻。</p>	<p>感謝委員之意見。目前主要是根據歷年的資料分析經驗提出此項論述，本計畫將於今年的工作中持續蒐集相關的參考文獻以補充說明。</p>
	<p>2. e-GNSS[2017] 的解算工作應該是在 IGS 提供的星曆框架上進行，再轉換回法定框架 ITRF94，並經由轉換參數將移動站成果轉換至 TWD97[2010]或 TWD97 給使用者使用。因此 e-GNSS[2017]成果只是中間產物和提供計算之需。既然如此，是否考慮直接採用 ITRF2008 或更新之 ITRF2014(current ITRF)?</p>	<p>感謝委員之意見。GNSS 資料的計算均是以當下最新的星曆進行未知數(例如點位坐標)的解算，通常可先行採以最小約制網平差的方式獲得各時段的最小約制結果，並藉以評估網形內的觀測量品質，接續即可套合於欲約制的框架之下，進行約制網平差計算，不論是 TWD97[2010]或是 e-GNSS[2017]均可採取這樣的方式。所以，本案解算各時段的觀測資料時，即是直接採用最新的星曆進行計算。</p>

	<p>3. 速度模式之計算，其資料取樣區間如何決定？若取樣區間不同，造成計算結果差異，該如何取捨、決定？</p>	<p>感謝委員之意見。基於速度場在大地震發生之間的常態地表變動下是穩定不變的假設，因此，約 2.5-3.0 年以上之 GNSS 連續資料蒐集，即能獲得穩定之速度場。</p>
	<p>4. P37 提到臺灣最大應變速率可達 2-5 μ strain/yr，及市地地籍測量精度需求，但其敘述方式不是很恰當，地籍測量注重的是小區域內的相對性，這部分論述方式請加以修改。</p>	<p>感謝委員之意見。已修正相關的敘述於第 2.2.4 節中。</p>
<p>王委員敏雄</p>	<p>1. 主要工作的第 2 項為「持續更新現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式」，在本人閱讀服務建議書的內容當中，發現「建立臺灣區域速度模型(或者變位模式)」這樣的語句一直不段重複地出現，請問所謂的「地質特性」指的是那方面的考量？本案是否已規劃將地質特性具體納入考量？</p>	<p>感謝委員之意見。由於影響速度場特性主要的地質特性為活動斷層之運動行為，若斷層為潛移斷層，則斷層兩側會有明顯之速度差異，而本計畫案已將此特性納入考量，故將臺灣以東部縱谷為界，劃分為縱谷以東與以西兩大塊體以推求震間速度模型。</p>
	<p>2. 據服務建議書 P18 表示本研究因震後變形的型態較為複雜，且影響量通常比較小，所以現階段並沒有把震後變形的影響考慮進去，但在 P41 又敘明要以 P35 的 2.1 式來進行 GPS 觀測站坐標時間序列來分析，看起來 2.1 式</p>	<p>感謝委員之意見。以臺灣為例，一般而言，地震規模大於 7 的地震比較容易有顯著的震後變形。而震後變形一般視為非線性之變形型態。本計畫將規劃以不同時期之速度場變化進行模式化擬合，以維持震後非線性變形型態之精度。在下一階段的工作中，建議可直接利用</p>

<p>是含有震後變形的部分，是否有誤解，請說明。</p>	<p>坐標時間序列結果擬合地震之震後變形，或採用震後物理模型以建立震後地表變形模型。</p>
<p>3. 在服務建議書 P22-P25 之 2.2.1 有關「研究內插模式」的論述中提到有關在 105 年度計畫進行美濃地震之同震位移模型的相關研究當中，有幾個問題請教：</p> <p>(1) 為何要特別使用 IGU 來解算同震位移量？因 IGU 是為預估性的精密星曆，具有即時應用的方便性，不知貴團隊利用 IGU 來進行解算分析的原意為何？</p> <p>(2) P23 比較了地表變形模型的精度驗證與分析，但從加入美濃同震位移場(平面及高程均為 20-30mm)的比較，看起來似乎沒有顯著的差異，這是否與國內 GNSS 連續站位移的解析能力(平面 10mm，高程 20-30mm)有關？這意謂著位移的解析能力會限縮使用同震變形模型的有效性；另外一個問題是未來要如何精進，才能達</p>	<p>感謝委員之意見。</p> <p>(1) 利用 IGU 星曆進行資料解算分析之主要目的為可以提供近即時地震位移資訊，作為協助各單位進行搶救災工作的參考，以提升救災作業之時效性與災區資訊正確性的目的。</p> <p>(2) 由於美濃地震之地震規模較小，所以其同震位移場的影響範圍僅侷限在台南、高雄地區，且位移量約在 2 公分以下。因此，其修正量主要集中在台南、高雄地區。國內 GNSS 連續站地表位移的解析能力與國際解算成果，由歷年的資料分析經驗得知，兩者似有存在差異，本計畫將探討可能的影響因素，並研擬相關的精進對策，例如進行臺灣地區的大氣層修正模式精進，以提升計算成果的精度等。</p>

	到國際的水準(平面 3.5-6.5mm , 高程 10mm)。	
內政部 國土測繪中心	1. P13-14:精進國家坐標系之建議與 105 年度工作總報告相同, 是否有進一步規劃細節? 請補充說明。	感謝工作小組之意見。已補充修正於第 1.2 節之中。
	2. P14: 如何運用高程測量資料(水準成果)及預期可達到效果, 請補充說明。	感謝工作小組之意見。本計畫將嘗試利用蒐集得的地表垂直速度場資訊建立高程半動態框架, 主要的蒐集來源為各 GNSS 站的垂直向觀測解算資訊、水準監測資料等, 並以類似本案建立水平速度場之模式與方法, 建立高程半動態基準。然而, 可以預期將會面臨非自然因素造成的地表位移, 如地層下陷。由於此項因素導致的垂直運動為非穩定之變化, 因此在地層下陷區將需要透過短周期高頻率的速度場更新機制, 並評估應用區域內的橢球高變化速率等監測資訊, 以維持該區域高程系統之精度。
	3. P17: 本案已執行多年, 表 2.1 中本案之採用策略為何? 請補充說明。	感謝工作小組之意見。對於震間變形模型, 本案以歷年的 GNSS 連續站、移動站坐標時間序列資料所推求的各站速度量, 利用克立金空間內插法建立臺灣全區的網格式震間變形模型; 並以斷層錯位理論推估因為地震引起的同震位移量, 據以精進變形模式。相關作法如第 2.2.1 節所述。

<p>4. P19：高程基準於國際上均以建立全區公分級大地水準面方式為目標，我國是否有相對應之處理方式？達成精度為何？又人為因素如何於模式中反應？請補充說明。</p>	<p>感謝工作小組之意見。本計畫將嘗試利用蒐集得的地表垂直速度場資訊建立高程半動態框架，主要的蒐集來源為各 GNSS 站的垂直向觀測解算資訊、水準監測資料等，並以類似本案建立水平速度場之模式與方法，建立高程半動態基準，同時將利用內政部現在公告提供使用的混合型大地起伏模式進行重力法與幾何法大地起伏推算成果的比較，以探討精進高程半動態基準的方案。然而，在此過程中，可以預期將會面臨非自然因素造成的地表位移，如地層下陷。由於此項因素導致的垂直運動為非穩定之變化，因此在地層下陷區將需要透過短周期高頻率的的速度場更新機制，並評估應用區域內的橢球高變化速率等監測資訊，以維持該區域高程系統之精度。</p>
<p>5. P22：以超快速星曆 (IGU) 可獲得可靠且即時之地表位移場，對於建立變位模式是否有助益？請補充說明。</p>	<p>感謝工作小組之意見。由於以超快速星曆 (IGU) 即可以獲得可靠且即時之地表位移場。因此在地震發生後可以快速建立經過同震位移修正後的變位模式，對於變位模式的更新作業與各項應用具有助益。</p>
<p>6. P23 提及，改進變位模式可達到 91% 坐標差異在 6 公分以內，P24 指出國際解算精度水平方向可達 3 至 5 mm，臺灣地區水平精度約 10 mm，本</p>	<p>感謝工作小組之意見。對於是否能進一步優化改善整個變形模式，將是本計畫案今年度的工作重點。另一方面，本計畫亦將透過空間內插法以分析不同地區之空間位移解</p>

<p>案如何進一步優化改善?P26 中，如何分析不同地區之位移解析能力?請補充說明。</p>	<p>析能力。</p>
<p>7. P30：基本控制點計 1400 點是否納入變位模式使用?或僅用於成果檢核?請補充說明。</p>	<p>感謝工作小組之意見。以地調所每年施測一次連續 6 小時之 GNSS 觀測資料經驗而言，要獲得穩定的速度場，南部地區約需要約 3-4 年以上的時間，北部地區則需要約 10 年以上的時間。因此，就目前國土測繪中心 1400 點基本控制點約 3-4 年之資料蒐集時間而言，現階段暫時僅能作為成果檢核之用。</p>
<p>8. P37：所述臺灣地區約 10 年需進行大地基準更新，國外相關作為為何?請補充說明。</p>	<p>感謝工作小組之意見。內文所述臺灣地區約 10 年即需進行大地基準更新，乃是就大範圍區域的一般性考量；各地區的變動量仍以區域內的地表速度值為參考依據，本案持續計算推估各地表速度量並精進地表變形模式，其目的即為更有效掌握區域的地表速度情況，藉以評估各地區的維護與更新時機。目前國外，如紐西蘭，其亦採相同的相關作為，亦即建立高精度的變形模式，作為各地區坐標基準更新與維護時的參考與實務之應用。</p>
<p>9. P48：第一階段成果應包含 e-GNSS[2017]計算成果，請於工作時程安排中掌握進度。</p>	<p>感謝工作小組之意見。已修正於第 3.1 節之中，並併同第一階段之成果繳交。</p>
<p>10. 品質管制中，是否有分批成果檢核、分析不合理性之項</p>	<p>感謝工作小組之意見。相關的工作成果品質管制規劃已補充於第 3.2</p>

	目及量化管制指標?請補充說明。	節之中。
	11. 工作人員部分未詳述分工情形，請補充溝通方式、確認達成執行成果之策略。	感謝工作小組之意見。感謝工作小組之意見。工作人員的分工與溝通方式已補充於第 3.2 節之中。

附件二 功能需求訪談紀錄

一、時間：106 年 4 月 13 日(星期四)下午 15 時 00 分

二、地點：國土測繪中心

三、記錄：陳國華、景國恩

四、出席及列席人員：

國土測繪中心-梁旭文、林文勇、陳鶴欽

國立臺北大學-陳國華

國立成功大學-景國恩

五、訪談結論：

1. 持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略

- (1) 依服務建議書規劃內容辦理。
- (2) 就大地及高程基準方面，持續蒐集參考國外現行各項基準更新、維護策略以及實施現況，分析整理國外現階段使用的平台、規範與執行面等相關門檻，並與國內現行程序、相關規範對應比較，提出相關管理及更新週期等建議與策略。

2. 持續調整現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式

- (1) 依服務建議書規劃內容辦理。
- (2) 在持續評估地震影響方面，提出規模或災損較大之地震發生後(例如集集地震震後)的同震變形量估算方式與更新、使用時機。
- (3) 蒐集國外相關文獻，整理彙集相關做法以進行垂直方向變位模式之可行性分析。
- (4) 持續辦理臺灣地區連續觀測站資料解算工作方面，105 年 10 月 1 日至 106 年 9 月 30 日約 365 站的連續觀測站觀測資料由國土測繪中心提供，本案以 Bernese 5.2 軟體辦理相關的資料解算工作，並建立計算站數、站名檢查表，以確認資料計算之完整性與正確性；另分析國土測繪中心提供 106 年度基本控制點約 1400 點基線成果檔、

91 年 1 月 1 日至 105 年 9 月 30 日連續站資料解算成果、中央地質調查所 GPS 移動站歷年觀測成果，以及水利署彰雲嘉水準測量計算成果、國土測繪中心 103 至 104 年水準測量成果等，以提供本案內插網格模式之調整、精進與分析使用。

- (5) 依據本案變位模式成果，分析基本控制點檢測順序、點數分布與各直轄市、縣(市)行政區採用國家坐標系統之建議。

3. 提出 e-GNSS[2017]坐標計算成果

依服務建議書規劃內容辦理，納入鄰近 IGS 國際站資料，並以 LSB0 為最小約制參考基準進行坐標成果及精度分析，以做為更新 e-GNSS[2017]之依據。

4. 擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體

- (1) 依服務建議書規劃內容辦理。
- (2) 資料自動化解算介面及解算流程請擴充規劃，並使得各項程序之執行與銜接完善，達到自動化處理的目的，各階段之設計成果於工作會議時提出討論。

5. 更新變位模式應用軟體

- (1) 依服務建議書規劃內容辦理。
- (2) 依本案需求，規劃設計相關的網格資料更新模組與坐標推估處理模組，以提供使用者實務應用。
- (3) 由國土測繪中心提供測試資料進行 TWD97[2010]坐標轉換之成果分析。

6. 本案各項工作之執行，請注意時程規劃時間辦理。

六、散會：下午 17 時 00 分。

附件三 作業計畫書審查意見及修正情形

審查意見	廠商修正辦理情形
一、P15:1.3 工作項目內各子項敘述內容後，請補充加入預期產出結果及其量化指標。	感謝寶貴審查意見。已修正於第 1.3 節的相關內容之中。
二、P15: 高程監測點數的增加來源為何? 為本案提供之資料或另有建議蒐集內容? 請補充說明。	感謝寶貴審查意見。本案分析的高程監測點資料均由國土測繪中心蒐集提供，並未另外增加蒐集其他來源的監測資料，已修正於 P15 的相關內容之中。
三、P20: 以單一事件納作重大地震的同震變形模式，若屬本年度精進變位模式之方案，請予以補充說明使用時機及納入方式，若僅屬建議應改置於第 5 章之執行建議。	感謝寶貴審查意見。本案將分析探討我國加入重大地震同震變形模型之時機與方式，已修正相關文字敘述於 P22，其評估作法如第 2.2.1 節所述。
四、P34: 採用鄰近 IGS 站加入計算，是否分析金門參考站坐標之變動情形? 另 P43 分析點位坐標變化情形，若無金門參考站之觀測資料時如何因應? 請補充說明。	感謝寶貴審查意見。本案將藉由加入鄰近 IGS 站之聯合解算成果，分析包括金門、白沙、工研院以及恆春等連續站的坐標變動情形；如果當日沒有金門站的觀測資料，則會以最小約制金門 TWD97[2010]得到的白沙、工研院恆春站之坐標，擇其一進行最小約制，並會以白沙站(S01R)為優先，接續是工研院(TNML)與恆春站(HENC)。(修正內容如第 2.2.2 節)

<p>五、P59:執行建議應納入需本中心協助事項，或本年度未能完成需納入明、後年工作項目，屬本年度工作內容應併入計畫書其他章節。</p>	<p>感謝寶貴審查意見。已補充修正於第五章相關內容之中。</p>
--	----------------------------------

附件四 工作會議紀錄

(第 1 次會議)

一、時間：106 年 6 月 5 日(星期一)下午 15 時 00 分

二、地點：內政部國土測繪中心 第三會議室

三、記錄：陳國華

四、出席人員(如簽到簿)：

國土測繪中心 - 梁旭文、陳鶴欽、林文勇

國立臺北大學 - 陳國華

五、會議結論：

1. 持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略

- (a) 依作業計畫書內容辦理。
- (b) 目前整理的紐西蘭現行相關法規或規範，其與國內相關法規之比較，預定於下次工作會議報告。
- (c) 接續蒐集日本、美國、印尼等國家的相關資料。

2. 持續調整現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式

- (a) 依作業計畫書內容辦理。
- (b) 完整的連續站觀測資料可於觀測日的一個月內提供，其餘分析資料配合執行進度提供。
- (c) 最小約制固定站的順序為 KMMN(金門)、LSB0(測繪中心頂樓)、JUNA(竹南)、CKSV(成大測量系)、S01R(澎湖白沙)、HENC(恆春)。
- (d) 若解算當日沒有 KMMN 觀測資料而有 LSB0 觀測資料，則採用前一日固定 KMMN 的 TWD97[2010]坐標所計算得的 LSB0 坐標，進行最小約制計算當日其餘觀測站的坐標成果，依此類推。
- (e) 針對有問題無法順利解算的觀測站資料，例如 TCxx 等站，獨立為一個計算分區進行解算。

3. 擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體

- (a) 依作業計畫書內容辦理。
- (b) 依第 2 項會議決議調整最小約制固定站之選用設計。
- (c) 規劃自動化檢查解算成果之設計。
- (d) 其他操作介面細項之設計調整。

4. 更新變位模式應用軟體

- (a) 依作業計畫書內容辦理。
- (b) 預定辦理功能細項之設計與規劃。

5. 本案各項工作之執行，請注意時程規劃時間辦理

下次工作會議預定 6/27(二)於成大舉行，報告與討論內容包含變形模式之分析討論、程式軟體開發設計及工作進度報告。

六、散會：下午 17 時 00 分。

106 年度精進現代化 TWD97 國家坐標系統
變位模式案工作會議簽到簿

一、時間：106 年 6 月 5 日(星期一)下午 15 時 00 分

二、地點：內政部國土測繪中心 第三會議室

三、主席：



四、出席人員：

內政部國土測繪中心



國立臺北大學



國立成功大學

(第 2 次會議)

一、時間：106 年 6 月 27 日(星期二)上午 10 時 00 分

二、地點：國立成功大學測量及空間資訊學系二樓系圖書室

三、記錄：陳國華

四、出席人員(如簽到簿)：

國土測繪中心 - 林文勇

國立臺北大學 - 陳國華、周逸屏、蕭詩涵

國立成功大學 - 景國恩

呈豐科技公司 - 林士敏

五、會議結論：

1. 持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略

- (a) 依作業計畫書內容辦理。
- (b) 依照會議討論與建議整理紐西蘭現行相關法規，並與國內相關法規比較分析於下次工作會議報告。
- (c) 持續蒐集日本及其他國家之相關資料。

2. 持續調整現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式

- (a) 依作業計畫書內容辦理。
- (b) 確保連續站觀測資料天線盤資訊之正確性，作為後續分析比較的依據。
- (c) 分區規劃以及最小約制固定站順序之自動計算軟體選項設計進行調整。

3. 擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體

- (a) 依作業計畫書內容辦理。
- (b) 自動化檢查解算成果設計之精進調整。
- (c) 操作介面細項進行順暢性調整。

4. 更新變位模式應用軟體

- (a) 依作業計畫書內容辦理。
- (b) 整理功能細項之設計與規劃內容呈現。

5. 本案各項工作之執行，請注意時程規劃時間辦理

下次工作會議預定八月前於台中國土測繪中心舉行，報告與討論內容包含變形模式之分析、軟體開發設計及工作進度報告。

六、散會：下午 14 時 00 分。

106 年度精進現代化 TWD97 國家坐標系統
變位模式案工作會議簽到簿

一、時間：106 年 6 月 27 日(星期二)上午 10 時 00 分

二、地點：國立成功大學測量及空間資訊學系二樓系圖書室

三、主席：林文勇

四、出席人員：

內政部國土測繪中心

林文勇

國立臺北大學

周逸屏

蕭鈞涵

陳國華

國立成功大學

李國恩

呈豐科技有限公司

林士敏

(第 3 次會議)

一、時間：106 年 7 月 14 日(星期五)下午 16 時 00 分

二、地點：內政部國土測繪中心第三會議室

三、記錄：陳國華

四、出席人員(如簽到簿)：

國土測繪中心 - 梁旭文、林文勇、陳鶴欽

國立臺北大學 - 陳國華

國立成功大學 - 景國恩

五、會議結論：

1. 持續蒐集大地及高程基準更新與維護策略

(a) 依作業計畫書內容辦理。

(b) 整理紐西蘭、日本現行相關法規與規範，並與國內相關法規比較呈現於期中報告內容之中。

2. 持續調整現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式

(a) 依作業計畫書內容辦理。

(b) 依照前次會議結論，自動計算軟體設定每日觀測資料解算之最小約制固定站順序為 KMNM(金門)、LSB0(測繪中心頂樓)、JUNA(竹南)、CKSV(成大測量系)、S01R(澎湖白沙)、HENC(恆春)。

(c) 按照軟體解算之限制進行分區調整，以確保自動計算過程順暢與成果的正确性。

3. 擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體

(a) 依作業計畫書內容辦理。

(b) 自動化檢查解算成果設計之精進。

(c) 操作介面順暢之細項設計以及 Win10 平台調整。

4. 更新變位模式應用軟體

- (a) 依作業計畫書內容辦理。
- (b) 功能細項之設計與規劃於期中報告呈現。

5. 本案各項工作之執行，請注意時程規劃時間辦理

下次工作會議預定於台中國土測繪中心舉行(期中報告工作會議)，依據期中報告成果繳交規格撰寫提交。

六、散會：下午 17 時 30 分。

106 年度精進現代化 TWD97 國家坐標系統
變位模式案工作會議簽到簿

一、時間：106 年 7 月 14 日(星期五)下午 16 時 00 分

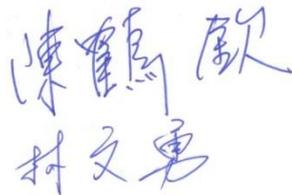
二、地點：內政部國土測繪中心 第三會議室

三、主席：



四、出席人員：

內政部國土測繪中心



國立臺北大學

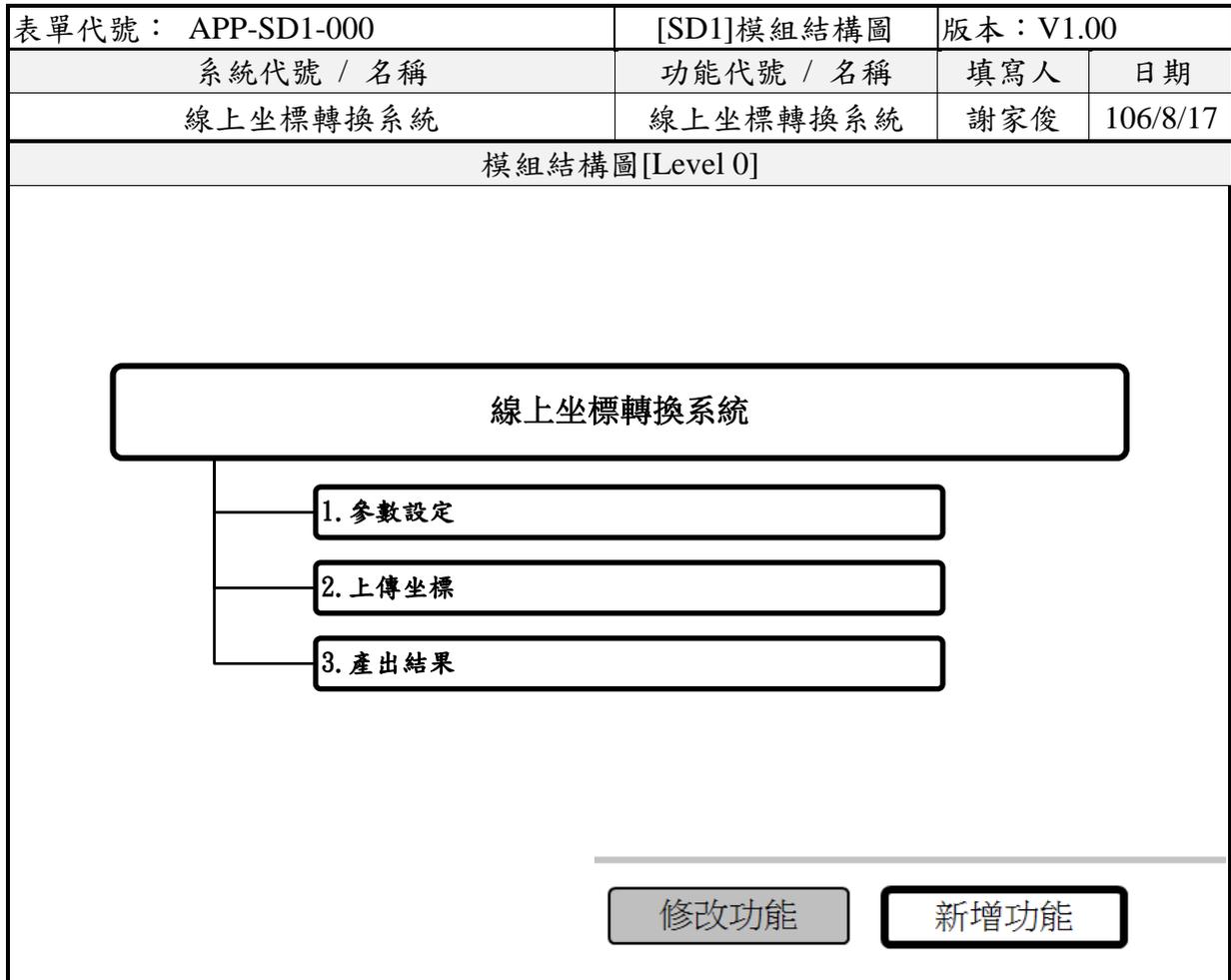


國立成功大學



附件五 更新變位模式應用軟體系統規劃書

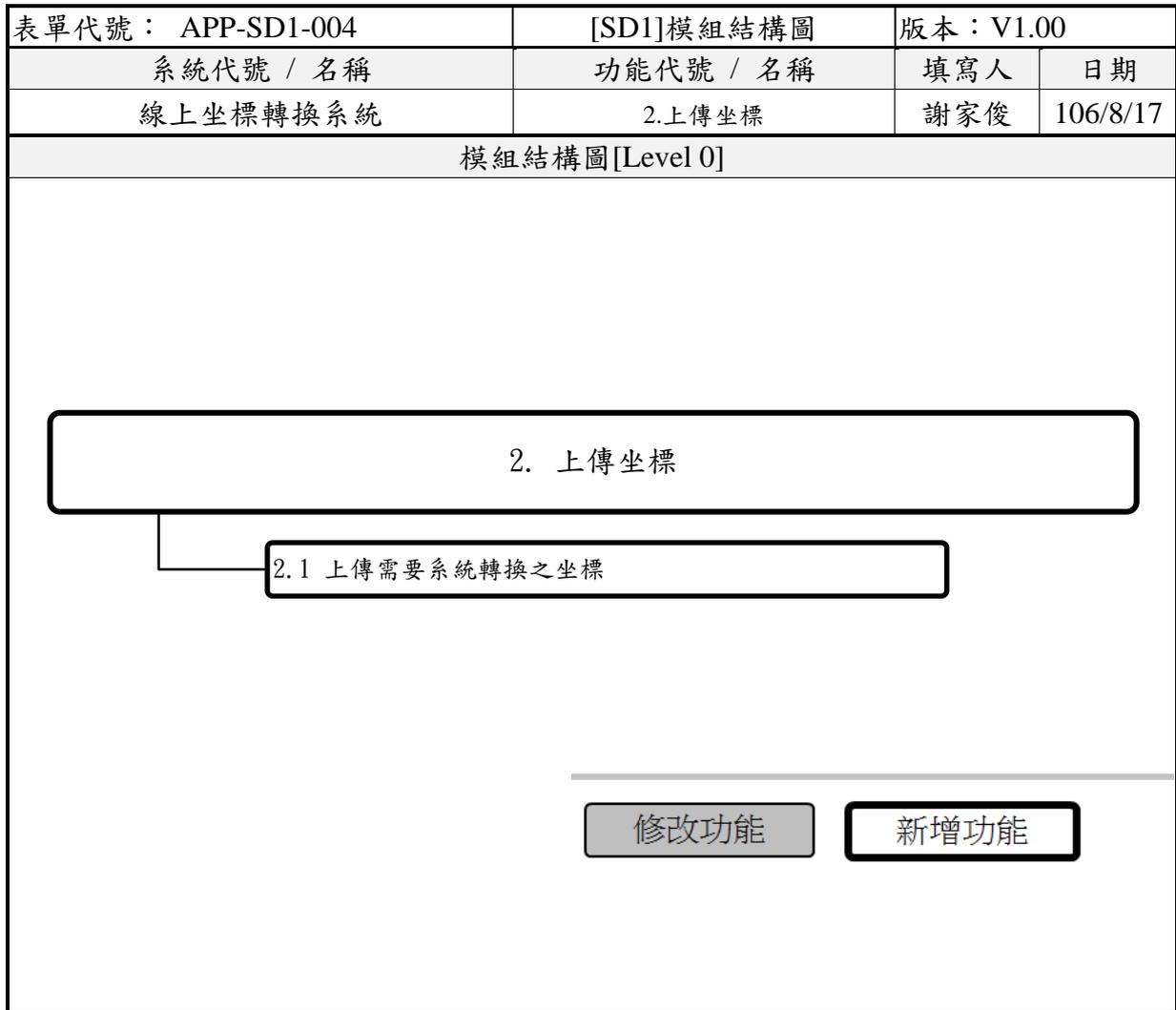
模組結構圖



參數設定

表單代號： APP-SD1-003	[SD1]模組結構圖	版本：V1.00	
系統代號 / 名稱	功能代號 / 名稱	填寫人	日期
線上坐標轉換系統	1.參數設定	謝家俊	106/8/17
模組結構圖			
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">1. 參數設定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">1.1 基本設定 <li style="border: 1px solid black; padding: 5px;">1.2 進階設定 </div>			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px 15px; background-color: #e0e0e0;">修改功能</div> <div style="border: 2px solid black; padding: 5px 15px;">新增功能</div> </div>			

上傳坐標



產出結果

表單代號： APP-SD1-005	[SD1]模組結構圖	版本：V1.00	
系統代號 / 名稱	功能代號 / 名稱	填寫人	日期
線上坐標轉換系統	3.產出結果	謝家俊	106/8/17
模組結構圖[Level 0]			
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 20px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">3. 產出結果</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0 10px 20px; width: 60%;"> <p>3.1 顯示或下載系統產出之結果</p> </div> </div>			
<hr style="border: 0.5px solid gray;"/> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px 15px; background-color: #f0f0f0;">修改功能</div> <div style="border: 2px solid black; padding: 5px 15px;">新增功能</div> </div>			

程式處理功能表

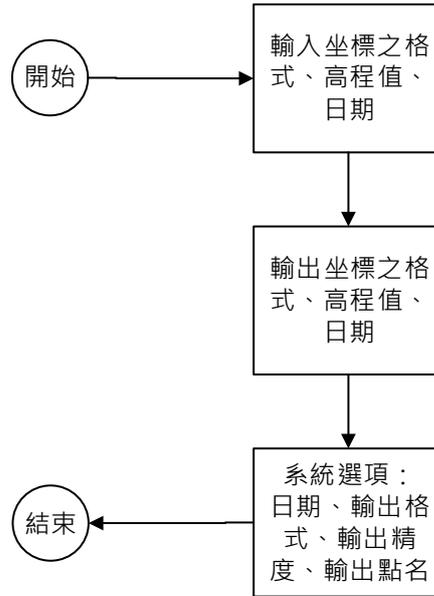
表單編號: APP-SD2-001		[SD2]程式處理功能表		版本: V2.00		
系統代號 / 名稱		功能代號 / 名稱		填寫人	日期	
線上坐標轉換系統				謝家俊	106/8/17	
程式處理功能彙整						
項次	程式編號	程式名稱	處理功能	系統處理設計 編號	輸入/輸出 介面編號	處理模組 編號
1		參數設定	-		-	-
	1.1	基本設定	針對需要轉換之坐標進行較基本的設定如輸入、輸出格式與日期等	APP-SD3-001	APP-SD4-001	
	1.2	進階設定	針對需要轉換之坐標進行較進階的設定如輸入、輸出坐標之順序、格式、高程值與日期等	APP-SD3-002	APP-SD4-002	
2		上傳坐標	-			
	2.1	上傳需要系統轉換之坐標	上傳需要系統轉換之坐標	APP-SD3-003	APP-SD4-003	
3		產出結果				
	3.1	顯示或下載結果	顯示或下載系統產出之結果	APP-SD3-004	APP-SD4-004	

線上坐標轉換系統

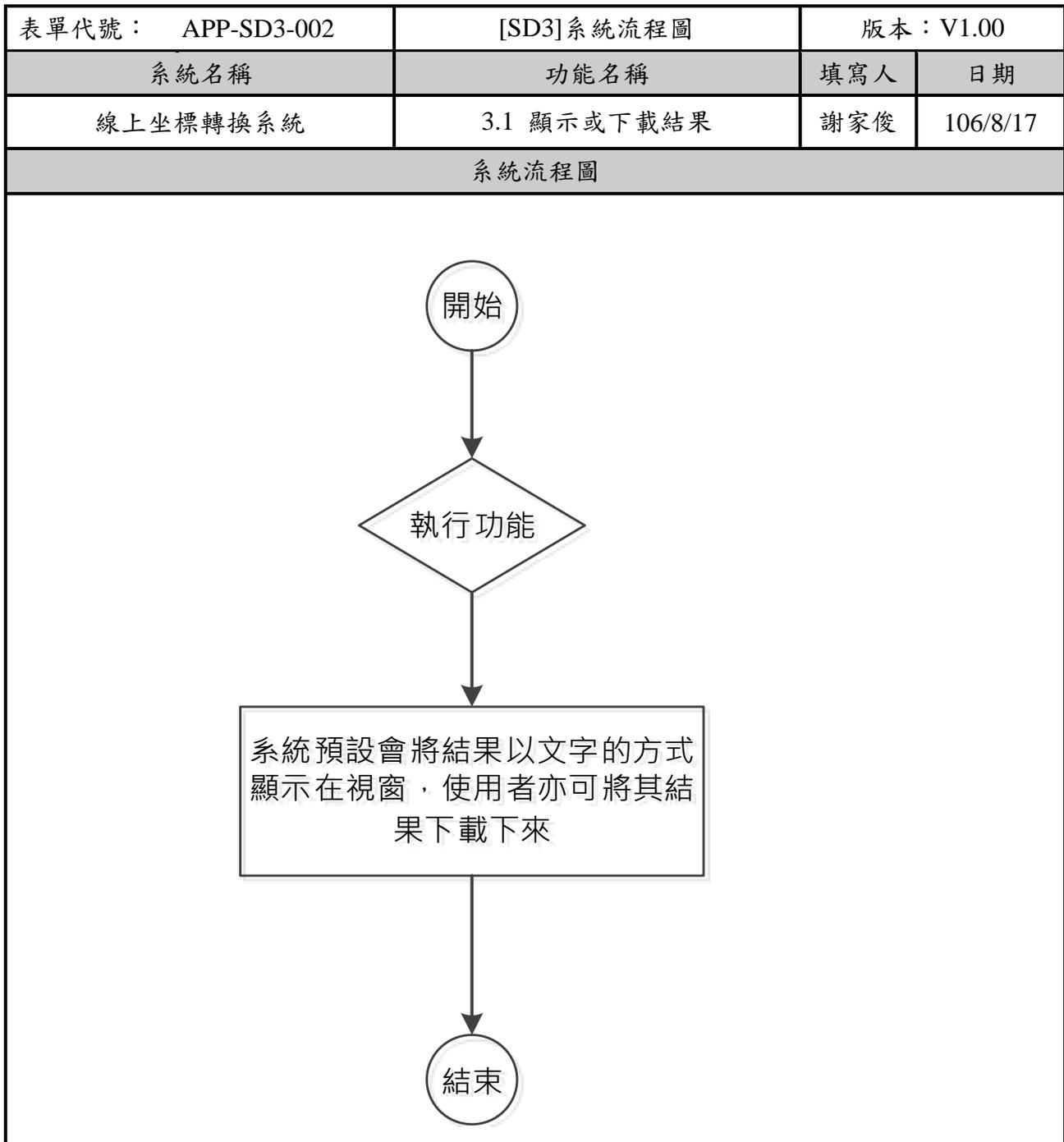
表單代號： APP-SD3-001	[SD3]系統流程圖	版本：V1.00	
系統名稱	功能名稱	填寫人	日期
線上坐標轉換系統	1.1 基本設定	謝家俊	106/8/17
系統流程圖			
<pre> graph TD Start((開始)) --> Process[選擇輸入、輸出與日期] Process --> End((結束)) </pre>			

表單代號： APP-SD3-002	[SD3]系統流程圖	版本：V1.00	
系統名稱	功能名稱	填寫人	日期
線上坐標轉換系統	1.2 進階設定	謝家俊	106/8/17

系統流程圖



表單代號： PP-SD3-001	[SD3]系統流程圖	版本：V1.00	
系統名稱	功能名稱	填寫人	日期
線上坐標轉換系統	2.1 上傳坐標	謝家俊	106/8/17
系統流程圖			
<pre> graph TD Start((開始)) --> Function{執行功能} Function --> Process[上傳需要系統轉換之指定坐標，預設分隔符號為空白，若有其他的需求則需透過進階設定頁面來進行設定] Process --> End((結束)) </pre>			



應用程式

表單編號： APP-SD4-001		[SD4]使用者介面設計		版本：V1.00	
系統代號 / 名稱		功能代號 / 名稱		填寫人	日期
線上坐標轉換系統		1.1 基本設定		謝家俊	106/8/17
使用檔案				操作時機	
處理描述	讓使用者透過該界面進行系統之基本設定				
畫面格式					
<p>Online Conversions - BASIC</p> <div style="border: 1px solid yellow; padding: 5px;"> <p>本線上坐標轉換器已升級為新西蘭的構造運動，這意味著使用全球化系統如WGS84或ITRF轉換到新西蘭的坐標系統時需要一個轉換日期，最後結果與之前較不準確的版本的坐標轉換系統是不同的。 針對系統的變更，LINZ 的網頁上有 更多詳情 前一個版本的轉換器 會持續提供直到2016年結束。</p> </div> <p>在 大地測量基準s 與 大地投影單位 之間使用默認輸入和輸出參數進行轉換。 使用 垂直基準轉換 在新西蘭垂直基準之間進行轉換 - 詳情請見 執行高度轉換的說明。 使用 更詳細的線上轉換器 來選擇更廣域的 基準, 投影單位和高度 系統, 它還允許多種輸入和輸出格式 (包括批量選項), 更適合用戶了解坐標和高度的轉換。</p> <p>輸入之座標系統</p> <p>New Zealand Geodetic Datum 1949 <input type="button" value="詳細資料"/></p> <p>輸出坐標之系統</p> <p>Amuri Circuit 1949 <input type="button" value="詳細資料"/></p> <p>轉換之選項</p> <p>指定轉換的日期，有許多的轉換如NZGD2000 到 ITRF2008是取決於日期的，日期可以以十進制年份的方式輸入 (例如2000年、2013.5年)、日/月/年的方式 (22 8 2012, 5 Jan 1995) 、或是 "now" 這個單字來代表今天。</p> <p><input type="text"/> <input type="button" value="輸入座標"/> <input type="button" value="進階"/></p>					

表單編號： APP-SD4-001		[SD4]使用者介面設計		版本：V1.00	
系統代號 / 名稱		功能代號 / 名稱		填寫人	日期
線上坐標轉換系統		1.2 進階設定		謝家俊	106/8/17
使用檔案				操作時機	
處理描述	讓使用者透過該界面進行系統之進階設定				
畫面格式					
<p>Online Conversions - ADVANCE</p> <div style="border: 1px solid yellow; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>本線上坐標轉換器已升級為新西蘭的構造運動，這意味著使用全球化系統如WGS84或ITRF轉換到新西蘭的坐標系統時需要一個轉換日期，最後結果與之前較不準確的版本的坐標轉換系統是不同的。 針對系統的變更，LINZ 的網頁上有 更多詳情 前一個版本的轉換器 會持續提供直到2016年結束。</p> </div> <p>在 大地測量基準s 與 大地投影單位 之間使用默認輸入和輸出參數進行轉換。 使用 基本線上轉換系統 於大地測量基準與大地投影單位並使用預設輸入、輸出。</p> <p>Input coordinate system</p> <p>New Zealand Geodetic Datum 1949 詳細資料</p> <p>Coordinate order 選擇輸入的坐標是以 北方 (LATITUDE) 為起始或是由 東方 (LONGITUDE) 為起始。</p> <p><input checked="" type="radio"/> North/East <input type="radio"/> East/North</p> <p>Coordinate format 選擇輸入坐標之格式：度、分、秒(eg 41 30 25.3 S)、度、分 (eg 41 30.42 S) 或是十進制 (eg -41.50703)。(此選項會忽略大地投影坐標)</p> <p><input checked="" type="radio"/> Degrees/minutes/seconds <input type="radio"/> Degrees/minutes <input type="radio"/> Decimal degrees</p> <p>Height coordinate system 選擇被輸入的高程值 - none, ellipsoidal, 或 orthometric system。注意：Ellipsoidal 之高程值只適用於 ellipsoid 的輸入坐標。</p> <p>None</p> <p>Output coordinate system</p> <p>New Zealand Geodetic Datum 2000 (version 20160701) 詳細資料</p> <p>Coordinate order 選擇輸出的坐標是以 北方 (LATITUDE) 為起始或是由 東方 (LONGITUDE) 為起始。</p> <p><input checked="" type="radio"/> North/East</p>					

表單編號： APP-SD4-002		[SD4]使用者介面設計		版本：V1.00	
系統代號 / 名稱		功能代號 / 名稱		填寫人	日期
線上坐標轉換系統		2.1 上傳坐標		謝家俊	106/8/17
使用檔案				操作時機	
處理描述	使用者透過該界面將需要轉換的坐標上傳到系統內進行運算，預設的分隔符號為空白，若有需要進行其他的設定，可以透過進階設定來操作				
畫面格式					
 <p>Input coordinates: NZGD1949 Output coordinates: AMURTM1949</p> <hr/> <p>Note: Enter coordinates one per line then press "Convert coordinates" Example: 41 25 38.2 S 172 08 47.1 E</p> <p>進行轉換 下載結果 更換選項</p> <p>Hint: Bookmark this page if you need to do this conversion often.</p>					

表單編號： APP-SD4-003		[SD4]使用者介面設計		版本：V1.00	
系統代號 / 名稱		功能代號 / 名稱		填寫人	日期
線上坐標轉換系統		3.1 顯示或下載結果		謝家俊	106/8/17
使用檔案				操作時機	
處理描述	使用者透過該界面查看由系統轉出之結果，使用者亦可透過該界面將結果下載下來				
畫面格式					
<p>Note: The transformation of NZGD1949 coordinates uses a grid transformation</p> <p>There are no coordinates available to convert.</p> <p><input type="button" value="Enter more coordinates"/> <input type="button" value="Change options"/></p>					

附件六 提送國內期刊論文出版刊載資訊

國土測繪與空間資訊 民國一〇六年七月
第五卷 第二期 第 83 頁至第 109 頁
Taiwan Journal of Geoinformatics
Vol. 5, No. 2, pp. 83 ~ 109

臺灣半動態基準之建立與展望

景國恩^{1*}、楊名²、陳鶴欽³、林文勇³、梁旭文⁴、劉正倫⁵

論文收件日期：106.06.02

論文修改日期：106.06.19

論文接受日期：106.06.25

摘要

臺灣位於板塊邊界的區域，會因板塊間的相對運動使得靜態國家坐標系統隨時間的推進而漸失去其原有的精度。然而，臺灣現行的TWD97[2010]仍屬於靜態的坐標系統，故如何有效延續此國家坐標系統的精確性乃為國家測繪工作的一項重要任務，而建立臺灣地區的半動態基準則扮演了相當重要的角色。半動態基準包含了靜態大地基準(即TWD97[2010])與地表變形。地表變形模式則包含了「速度網格模型」和「位移網格模型」。在建立速度網格模型方面，本研究完成全臺 2000 年 01 月至 2016 年 09 月 437 個GPS連續站資料之計算，獲得全臺的水平速度場，並結合 785 個經濟部中央地質調查所 2002 年至 2015 年之GPS水平速度場，利用克立金空間內插法建立臺灣地區的水平速度網格模型。在建立位移網格模型方面，本研究藉由比較利用不同精度星曆計算得到的同震位移場，顯示所有計算結果近乎一致，亦即利用超快速星曆求解GPS資料即可在最短時間內建立高精度的近即時地表同震位移場。同時在建置震源模型方面，亦指出單一斷層滑移量模型所獲得的位移網格模型較空間內插模型所得到的結果更加合理。本研究進一步利用半動態基準的地表變形模型檢核內政部國土測繪中心 2013 年與 2016 年基本控制點檢測成果。採用半動態基準可將 2013 年之坐標轉換至 2016 年的計算坐標，再將其與 2016 年實際觀測的檢測坐標成果進行差異比較發現，兩者有相當高的一致性，有 91%的測站坐標差異量在 6 公分以內。而剩餘未能被適當估算的基本控制點多分布在山區，可能是由大規模崩塌等區域活動所造成。本研究也建議半動態基準可以配合內政部國土測繪中心現行之e-GNSS系統，利用e-GNSS基準站的坐標時間序列協助檢驗地表變形模式之速度模型精度變化，幫助決定地表速度場更新時機之判斷。最後，就高程半動態基準的發展而言，除了解析長期穩定的震間垂直速度場之外，未來還需要掌握例如地層下陷等非自然因素造成的地表垂直位移，以達到高程基準更新維護之目的。

關鍵詞：半動態基準、地表變形模式、克立金空間內插、斷層錯位模型、電子化全球衛星即時動態定位系統

¹ 副教授，國立成功大學測量及空間資訊學系。

² 教授，國立成功大學測量及空間資訊學系。

³ 技正，內政部國土測繪中心控制測量課。

⁴ 課長，內政部國土測繪中心控制測量課。

⁵ 主任，內政部國土測繪中心。

* 通訊作者，TEL：(06) 2757575 轉 63840，E-mail：jingkuen@mail.ncku.edu.tw。

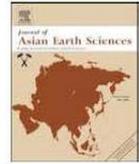
附件七 提送國際知名期刊論文出版刊載資訊

Journal of Asian Earth Sciences 149 (2017) 29–40



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Asian Earth Sciences

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jseaes

Full length article

Kinematics of the tectonic blocks and active faults at the post-orogenic stage: Northern Taiwan

Ashraf Rateb^{a,b}, Kuo-En Ching^{a,*}, Chung-Yen Kuo^a, Ruey-Juin Rau^c, Chien-Liang Chen^d^a Department of Geomatics, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan^b National Authority for Remote Sensing and Space Sciences, Cairo, Egypt^c Department of Earth Sciences, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan^d Central Geological Survey, Ministry of Economic Affairs, Taiwan

ARTICLE INFO

Keywords:

Interseismic deformation
3-D block model
Block rotation
Fault slip rate

ABSTRACT

Northern Taiwan offers a rare opportunity to quantify the rate and style of deformation in the transition zone, from the collision in the southeast, subduction, rifting, to orogenic collapsing in the northwest. The updated GPS velocity field collected from 2002 to 2014 and leveling vertical velocity field from 2004 to 2010 were inverted by a 3-D block model in this study to infer the tectonic block rotations and fault slip rates in reference to the Eurasian plate. Our optimized modeling results show that the clockwise rotation rate of $20.8' \pm 2.8' / \text{Myr}$ in the Hualien block is caused by the coupling of the waning arc-continent collision between the Luzon volcanic arc and the Eurasian plate, and the northeastward migration of the block toward the Ryukyu trench. In Ilan domain, the rapid clockwise motion was derived at a rate of $34.9' \pm 65.9' / \text{Myr}$ in southern part of the plain. We proposed that the rapid clockwise rotation results from the asymmetry rifting at the southwestward extension of the Okinawa trough. An another new key finding is highlighted in the capability of maximum magnitude ~ 6.2 is indicated on the Suao and the Choshui faults in the Ilan plain.

1. Introduction

The northern Taiwan is the particular place in the world to experience the different tectonic environments from the waning collision (Taoyuan domain) in the west, post-collision collapse (Taipei domain), backarc extension (Ilan domain), and subduction (Hualien domain which is the northernmost part of the Coastal Range and Longitudinal Valley) in the east (Fig. 1). Therefore, it represents a rare opportunity to quantify the rate and style of deformation in the transition among different tectonic environments.

Based on the analyses of geophysical data and numerical experiments (Angelier et al., 1990; Clift et al., 2008; Kang et al., 2015; Yu et al., 1997), the crustal deformation in northern Taiwan includes: (1) The arc-continent collision between the Luzon arc of Philippine Sea plate (PSP) and the Eurasian plate (EP) in a rate of 82 mm/yr (Yu et al., 1999); (2) Ryukyu subduction system, where the EP overrides the PSP along the Ryukyu trench with a rate of approximately 40 mm/yr (Lallemant and Liu, 1998; Nakamura, 2004); (3) Active rifting of the Okinawa trough behind the Ryukyu arc in N170° E-N180° E direction with the rate of 50 mm/yr (Nishimura et al., 2004; Sibuet et al., 1987); (4) The post-orogenic collapse in northernmost Taiwan (Teng, 1996;

Teng et al., 2000). However, the mechanisms of these tectonic process and their interactions are still debated. For example, the northern Taiwan has been proposed as the post-orogenic collapse due to the westward propagation of the southern Okinawa trough (Sibuet et al., 1987) or as a result of the flipping of subduction polarity (Suppe, 1984; Teng, 1996). Teng et al. (2000) further suggested that the flipping of the subduction polarity is caused by the slab break off. Nonetheless, the analysis of seismicity and P-wave tomography indicates that the NW moving PSP is still colliding with the EP at the deep depth north of latitude 23.7°N under the northern Taiwan (Wu et al., 2009). These different interpretations vary with seismic and geodetic observations which allow different descriptions of local deformation and could lead to the misunderstanding of regional tectonics and the relation with the local crustal deformation.

Previous block model studies in northern Taiwan have inferred the tectonic block motions and low elastic deformation on faults in Ilan and Taipei domains (Ching et al., 2011b; Rau et al., 2008). The coupling of the rifting, trench retreat and the arc-continent collision have been suggested as a mechanism to lead the first-order crustal deformation pattern in northern Taiwan. However, the occurrences of recent moderate-sized earthquakes (e.g., 2005 M_w 5.4, 2015 M_w 5.7, and 2016 M_w

* Corresponding author.

E-mail address: jingkuen@mail.ncku.edu.tw (K.-E. Ching).<http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2017.07.055>Received 24 January 2017; Received in revised form 21 July 2017; Accepted 27 July 2017
Available online 28 July 2017

1367-9120/© 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved.

附件八 期中報告書審查委員意見及修正情形

審查委員	問題與意見	廠商修正辦理情形
鄭副主任彩堂	1. 請補充加入摘要，並於期末報告納入中、英文摘要。	感謝委員之意見。已補充中文摘要，並於期末工作總報告納入中、英文摘要。
	2. 部分內容係引用前(105)年度工作總報告，請針對今年度新增部分另以專節方式區隔。	感謝委員之意見。此部分將併同本案接續辦理的工作項目及各項成果說明，於期末工作總報告中一併調整辦理呈現。
	3. 參考文獻請補充 106 年度期中報告內所引用之內容。	感謝委員之意見。已補充新增引用的文獻內容。
	4. 軟體更新後，請配合修改使用手冊。	感謝委員之意見。本計畫案設計的軟體更新完成之後，將同步修改使用手冊繳交。
	5. 本案契約書所列工作項目，請再詳加檢視後，納入期末報告書。	感謝委員之意見。工作團隊將詳加檢視契約書所列之工作項目並納入期末報告書中。
高委員書屏	1. 本案執行成果截至期中均有符合合約要求之進度，且本次期中告成果豐富。	感謝委員的肯定。本團隊將持續努力完成本案各項工作內容。
	2. 由於臺灣位處歐亞板塊及菲律賓海板塊交會之處，致造成臺灣東部根據臺灣及日本之專家均有提出平面 5cm/yr 及 7cm/yr 向西北方向之移動速率，此項變動應對臺灣東部點位坐標造成一定之影響，針對此點貴團隊有何見解及解決方案？另能否於期末階段另闢專章或節予以說	感謝委員之意見。造成臺灣東部 5 cm/yr 及 7 cm/yr 之移動速率差異，是因為參考點選擇的差異所造成的，內部應變速率的差異兩方的研究是一致的。此外，本計畫的地表變形速率計算成果也與過去的研究成果是一致的。已修正相關內容於第 3.4 節中，並於期末工作總報告中補充分析說明。

	明，此項變動之分析結果及可能之解決之道(請參照簡報第 9 頁 2013 與 2016 基本控制點之原始坐標差異量及簡報第 22 頁 2012-2020 臺東差異值)	
史 委 員 天 元	1. 本案學術與實務之價值均高，執行現有成果豐碩，符合期望。	感謝委員的肯定。本團隊將持續努力完成本案各項工作內容。
	2. 轉換模式除由過去往前外，由現在逆向轉換之機制亦屬重要，相信執行團隊對此已有規劃，謹此加強提醒。此外，轉換模式應除估值外，不確定度亦宜包含在內。	感謝委員之意見。是的，不確定度也有在轉換的計算中，本團隊將會測試適合的圖表呈現方式並在期末報告中提出。
	3. 就所知，除紐西蘭已應用半動態基準於地籍，日本、美國並未實施於地籍。其未實施及所考量之原因，尤其是日本，對我國應更具有參考價值。	感謝委員之意見。是的，目前的了解確實是日本、美國與澳洲並未將半動態基準應用於地籍測量中。由於這些細節並沒有發表成具體的文獻，因此將在未來透過國際會議的舉辦與討論以獲取相關經驗。
李 委 員 振 燾	1. P28:請說明地籍測量法規是否受到大地半動態基準影響?範圍為何?	感謝委員之意見。根據目前的工作成果指出，半動態基準扮演著傳統坐標轉換的角色，所以目前現行的地籍測量法規並未受到影響。
	2. P41:請研析臺灣地區 GNSS 連續站之位置精度不及國際 GNSS 連續站成果之原因為何?如何精進?	感謝委員之意見。目前臺灣地區相較國際 GNSS 連續站網時間序列精度不佳的原因並不清楚，推測可能與臺灣本身的地體構造環境與氣候條件有關。要確實釐清這個問題將需要大量的測試工作，因此預期並無法在這個計畫中完成。

	3. P58、P60:請說明本案建議坐標系統選擇，沿海地帶採 TWD97、東部縱谷及海岸山脈採 TWD97[2010]之依據為何?與推算至 2020 年坐標成果是否有關連?	感謝委員之意見。已修正文字說明於相關章節處，並更新修正圖 3.19、圖 3.20 以及表 3.2 作為分析的依據，其與推算至 2020 年坐標成果之分析內容相同。
	4. 請說明更新變位模式應用軟體測試之進度為何?	感謝委員之意見。目前更新變位模式應用軟體尚在規劃設計階段，因此尚未有測試的進度，將於期末工作總報告中說明本軟體的測試結果。
	5. 請說明將變位模式名稱更換為變形模式有何影響?	感謝委員之意見。由於變位的英文為 displacement，但是在整個模式的建立中，是同時採用速度 velocity 模式和變位模式，所以本計畫建議在未來能將變位模式更換為變形模式，以免造成使用者的誤會。
張 委 員 嘉 強	1. 基準更新維護策略宜增加國際上相關現狀及作法之最新文獻簡要說明。	感謝委員之意見。本團隊將持續蒐集現今最新的國際相關文獻，於期末工作總報告中補述說明。
	2. 紐日兩國現行地籍法規分析比較與本案基準更新關連內容之論述，仍宜再求清晰。	感謝委員之意見。工作團隊將持續整理紐西蘭、日本相關的地籍法規並分析比較其與本計畫案半動態基準的關連，於期末工作總報告中說明。
	3. 高程基準維護策略之說明僅著重在現有水準點資料之分析，相關可與國際接軌之推動策略宜再求明確。	感謝委員之意見。本案高程基準維護策略著重於建置垂直速度場的可行性探討與分析，相關與國際接軌之推動策略，可於下一階段的工作中規劃辦理。
	4. 變位模式已發展多年，本年	感謝委員之意見。建議的工作要點

	度之工作要點宜著重在資料擴充、模型精進、分區劃分與成果驗證等項目之改善說明(相對於前期成果之不同宜予以強調)。	以及內容將於期末工作總報告中分項敘述說明本案成果，以清晰呈現各項改善部分。
	5. e-GNSS[2017] 成果計算部分，仍應補充相關之作法與成果特性之基本說明（報告書也未列專章）。	感謝委員之意見。已補充相關說明於第 3.2 節中。
	6. 基線解算自動化處理之工作成果亦應採適當呈現方式，說明其完成度及相關成效。	感謝委員之意見。本工作團隊將配合實機操作方式呈現此工作項目之辦理成效。
	7. 變位模式應用軟體之更新也應強調所精進之內容及成效，並應在期末時進行實機操作(或影片)，以利委員可予提出相關之改善建議(報告書只列示紐西蘭之程式)。	感謝委員之意見。本團隊將在期末時進行實機操作，以利委員可予提出相關之改善建議。
侯 委 員 進 雄	1. 期中報告書本應將期中前完成的工作項目內容及百分比並於摘要中呈現，故建議於往後的期中及期末報告應用摘要的呈現於摘要中。	感謝委員之意見。已補充中文摘要以呈現本案工作項目內容與完成的百分比。
	2. P37:以圖 3.1 來說區域內空間不連續性，請再詳加說明，如何用圖 3.1 斷層線分布圖來說明空間不連續性。	感謝委員之意見。圖 3.1 確實無法明確說明空間之不連續性，已修正相關的文字敘述於第三章引言內容中。
	3. 規劃獨立檢驗觀測站資料(P21)，請說明如何規劃?其實已有兩個觀測站資料可供檢驗，其一為連續站，其二為	感謝委員之意見。已修正相關文字說明於第 1.3 節中。

	<p>臨時站，任何一點均可作為檢驗。</p>	
	<p>4. 臺灣有不同的地質分區，地質構造在大地測量結果顯現臺灣有很多不同位移場分布分區，也使得本計畫在實施方法與成效有很大的困難度，尤其活斷層分布全臺，東臺灣又屬板塊交接處，各有不同的地質構造，造成很難有一套一體適用的模式可供使用，才能得到比較適宜的模式(含分為不同分區之模式)。</p>	<p>感謝委員之意見。由於活斷層分布全臺，東臺灣又屬板塊交接處，各有不同的地質構造，造成很難有一套一體適用的模式可供使用，所以本計畫才會採用速度模式與同震位移模式來應對空間變形差異的影響。</p>
	<p>5. 本計畫在階段性結束前，應有變位模式適用於領域的應用。</p>	<p>感謝委員之意見。本案期末將提出變位模式於臺灣各區域的使用精度分析以提供各應用領域的應用參考。</p>
白簡任技正敏思	<p>1. 簡報中有關甘特圖部分，規劃時程與實際執行內容不一致，請予以修正。</p>	<p>感謝委員之意見。已修正簡報中的甘特圖與實際執行內容相符。</p>
	<p>2. P72:變形模式操作介面參考紐西蘭，變形模式是否亦採用紐西蘭之機制，請補充說明採用原因。</p>	<p>感謝委員之意見。此處敘明初步以紐西蘭現行使用的介面為本案軟體操作畫面設計的參考，並非採用紐西蘭坐標轉換之機制，已修正相關文字於內容之中。</p>
王課長敏雄	<p>1. P19 有關表 1-1 之「更新變位模式應用軟體」之工作進度部分顯示為完全沒有實際執行進度，但據期中報告書第五章(P71-P73)及附件五所</p>	<p>感謝課長之意見。「更新變位模式應用軟體」已有實際的工作進度，已修正表 1.1 的內容。</p>

<p>擬資料，在此一工作項應已有相關規劃與實際作為，請查明修正。</p>	
<p>2. 本案針對「蒐集及分析國外半動態基準相關文獻資料」工作項，雖早期已蒐集了紐西蘭、日本、美國及後續有加拿大、澳洲及韓國等 6 個國家之相關文獻資料，亦已進行相關的分析工作。惟在期中報告書中僅做較為零散式的文字描述，建議於期末報告書中，可就各國現階段對於建立半動態基準的發展過程、環境條件、策略方法、成果應用等，究有哪些異同之處？有哪些是可以提供國內借鏡的部分，可以再做有系統的整理。</p>	<p>感謝課長之意見。本團隊將於期末報告中，將各國與半動態基準相關的文獻資料，就各項內容進行整理、比較，以提供清晰的參考。</p>
<p>3. P41-P42 重複提到了貴團隊在本案服務建書曾指出的：「國內在 GNSS 連續站位移解析能力不及國外」，並提出要針對測站坐標時間序列的 N、E、U 等 3 個分量進行統計分析，希望可以了解到是否有空間分布的特性存在」，針對這樣的規劃，其具體的想法為何？另有無其他不同分析方法可茲提升解析能力？</p>	<p>感謝課長之意見。本計畫將會在期末報告時，利用 GPNSS 連續站的坐標時間序列分析，在移除時間變化趨勢以後，計算出 N、E、U 等 3 個分量之殘差並進行統計分析，如此將可以了解到是否有空間分布的特性存在。另外，目前臺灣地區相較國際 GNSS 連續站網時間序列精度不佳的原因並不清楚，推測可能和臺灣本身的地體構造環境與氣候條件有關。要確實釐清這個問題將需要大量的測試工作，因此預期並無法在這個計畫中完成。</p>

	<p>4. P52 有關在「調整現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式」工作項中，於臺灣區域內進行 GPS 連續站網形平差計算之最小約制策略，經查期中報告書本文所述文意，與附件四所列第 1 次及第 3 次工作會議結論事項不一，請查明後修正。</p>	<p>感謝課長之意見。已修正並補充說明相關內容於第 3.2 節對應之段落中。</p>
	<p>5. P61-P63 由圖 3.18 所示，為何新北市地區之點位速度量看似不大。但據圖 3.19 及圖 3.20 分析 TWD97 及 TWD97【2010】為何顯示該地區在 2020 年時之坐標變動量卻相較其他地區大，其發生原因為何，請說明。</p>	<p>感謝課長之意見。已修正文字說明於第 3.4 節中，並更新修正圖 3.19、圖 3.20 以及表 3.2 的分析內容。</p>
<p>工作小組審查意見</p>	<p>1. P26:表 2.1 各國是否均採用 GPS 連續站進行計算？若是，請修正文字，若否請補充採用計算之資料來源。</p>	<p>感謝工作小組之意見。表 2.1 主要敘述各國建置半動態基準的方式，已修正標題文字。</p>
	<p>2. P35:對於高程基準建置，各國均採建立全區公分級大地水準面模式為目標，依此做為高程系統基礎，其精度可應用之範圍為何？請補充說明。</p>	<p>感謝工作小組之意見。已補充修正於對應的第 2.3 節中。</p>
	<p>3. P40:”同震位移場不涉及分區問題”，是指 BERNESE 計算時之分區策略，或是以模型建立之網格？請補充說明。</p>	<p>感謝工作小組之意見。同震位移場不涉及分區問題，是指建立模型之網格並不涉及分區問題。</p>

<p>4. P41:本案會依中央氣象局即時提供的地震資訊，分析斷層模型，未來可能採用自動化機制，協助災防相關單位，提供地表震區影響範圍？</p>	<p>感謝工作小組之意見。已修正相關的文字敘述於對應內容中，此段文意為本案將依據中央氣象局提供的地震資訊分析探討斷層模型的建置方式與時機。</p>
<p>5. P43:表 3.1 所列之地震，是否依美濃地震方式進行分析？</p>	<p>感謝工作小組之意見。本團隊將透過資料的分析瞭解表 3.1 所列地震之各項相關參數的關連性，以分析推求地震之震源參數，藉以探討建置斷層模型的方式與更新時機。</p>
<p>6. P50-51:日本 TSKB 因地震影響已有位移，未來可再納入約制已知點之條件為何？</p>	<p>感謝工作小組之意見。本案仍先將日本 TSKB 的坐標與速度放鬆約制，藉以持續估計並分析其位置的變化情況是否已達穩定，再視結果決定是否在未來的計算中進行約制。</p>
<p>7. P52:考量 KMNM 若無成果時，採用其他點位當參考站，其考量順序為何？請補充說明。</p>	<p>感謝工作小組之意見。已補充說明於第 3.2 節的對應段落文字中。</p>
<p>8. P60: (1) 文中建議 TWD97[2010]使用到 2020 年需進行更新與維護，似乎是以每個點位坐標之較差值超過 2 公分之方式判斷，可否增加相對精度分析，用以輔助判斷哪些地區到了 2020 年，相對精度無法滿足 30mm+6ppm。 (2) 整理各縣市行政區的變動量統計結果如表 3.2，但報</p>	<p>感謝工作小組之意見。(1)工作團隊將研議各縣市地區點位之相對精度的分析呈現方式，於期末報告中敘述說明；(2)已補充表 3.2 於第 3.4 節中。</p>

	告內容遺漏該表。	
	9. P75: 在垂直變形方面敘述已初步評估建置垂直速度場之可行性，請補充說明具體作法及未來採用策略。	感謝工作小組之意見。此處所敘述已初步評估建置垂直速度場之可行性，乃指第 2.3 節利用內政部一等水準測量資料所獲得的初步成果，其採用的策略與水平速度場一致，並已初步納入地震事件的影響。

附件九 基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體操作手冊

基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體

操作手冊

委託單位：內政部國土測繪中心

執行單位：國立臺北大學

呈豐科技有限公司

中華民國 106 年 11 月

目錄

第一章、	系統說明.....	1
第二章、	安裝.....	2
一、	系統需求.....	2
二、	系統架構.....	2
三、	系統安裝.....	3
第三章、	服務.....	8
第四章、	主介面.....	9
第五章、	設定.....	11
一、	系統設定.....	12
二、	群組設定.....	14
三、	自動解算設定.....	17
第六章、	圖表.....	19
一、	時間序列、速度場報表.....	19
二、	速度場圖.....	20
第七章、	問題排除.....	22
一、	執行報表.....	22
二、	Log 紀錄.....	22

第一章、 系統說明

本系統為簡化 Bernese 全球衛星定位系統觀測資料解算軟體 5.2 版，非自動化解算時需要許多人為操作及設定，而進行之專案系統開發

1. 系統以 Bernese 5.2 軟體為解算核心
2. 系統可依使用者設定之時間自行至 IGSCB 下載精密星曆 (IGU, IGR, IGS) 及解算時所需的一般參數檔案 (衛星資訊、衛星健康資訊、地球自轉參數等資料)
3. 系統可依使用者設定之 GPS 存放目錄，將解算資料複製、解壓縮、轉換，使資料成為 Bernese 5.2 可用格式以供後續解算
4. 系統可將所需之 GPS 精密星曆、地球自轉參數等相關檔案格式轉換成 Bernese 5.2 軟體可用之格式以供後續解算
5. 系統可依使用者設定回算之天數，每日定時進行解算需要處理的資料，並判斷解算結果，於每日重算時間重新解算須再處理的資料
6. 系統可依使用者設定之解算群組，於解算時自動呼叫 Bernese 5.2 進行資料解算，並產生每日 GPS 資料進行各獨立測網(各個子網)的平差
7. 系統可依 Bernese 5.2 解算結果產製 (連續追蹤站) 之座標時序資料
8. 系統可依 Bernese 5.2 解算結果產製 GPS 測站之迴歸速度及誤差報表
9. 系統可依 Bernese 5.2 解算結果繪製測站之速度場
10. 系統可依使用者設定將解算結果，儲存至指定位置

第二章、 安裝

一. 系統需求

1. Windows 7 或以上作業系統
2. .Net Framework 版本 4.5.2
3. Bernese 5.2 版與其相關程式
4. GMT 軟體：<http://gmt.soest.hawaii.edu/>
5. PostScript View 軟體(非必要)

二. 系統架構

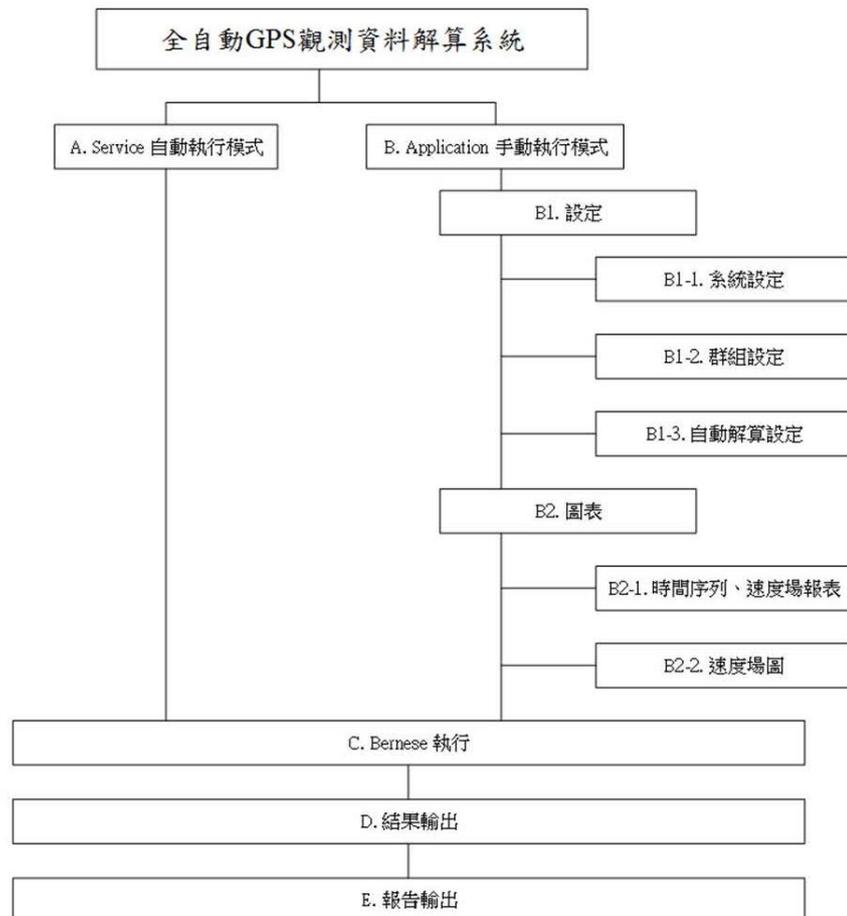


圖 1：系統架構圖

- A. Service 自動執行模式：Windows Service 自動執行模式
- B. Application 手動執行模式：透過應用程式獨立執行功能
 - B1. 設定：利用界面進行本程式之執行設定
 - B1-1. 系統設定：設定本系統主要功能
 - B1-2. 群組設定：設定群組內容
 - B1-3. 自動解算設定：為 Service 自動執行模式進行其設定
 - B2. 圖表：進行本系統產生的時序列圖、表與速度場圖、表
 - B2-1. 時間序列、速度場報表：產生時間序列與速度場之報表
 - B2-2. 速度場圖：進行展示速度場圖
- C. Bernese 執行：執行 Bernese 解算任務
- D. 結果輸出：將結果輸出至執行路徑
- E. 報告輸出：輸出系統 Log 與其執行報告

三. 系統安裝

1. GMT 安裝

可由 GMT 網站下載軟體，建議安裝製圖程式開發時所使用之 v4.5.6 版，安裝最新版所產製之向量圖雖然資料相同，但 v4.5.6 版產製之圖檔較為美觀，檔案可由底下官網 ftp 連結下載

<ftp://ftp.soest.hawaii.edu/gmt/legacy/bin/gmt-4.5.6-win32.exe>
<ftp://ftp.soest.hawaii.edu/gmt/legacy/bin/gmt-4.5.6-win64.exe>

Wiki » Documentation » Installing »

GMT release Files

File	Date
dcw-gmt-1.1.2.tar.gz	2015-09-02 02:35:24 UTC
gmt-5.4.2-darwin-x86_64.dmg	2017-06-26 20:18:48 UTC
gmt-5.4.2-src.tar.gz	2017-06-26 20:18:49 UTC
gmt-5.4.2-src.tar.xz	2017-06-26 20:18:49 UTC
gmt-5.4.2-win32.exe	2017-06-26 20:18:49 UTC
gmt-5.4.2-win64.exe	2017-06-26 20:18:50 UTC
gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz	2017-06-15 20:41:58 UTC

圖 2：GMT 軟體下載

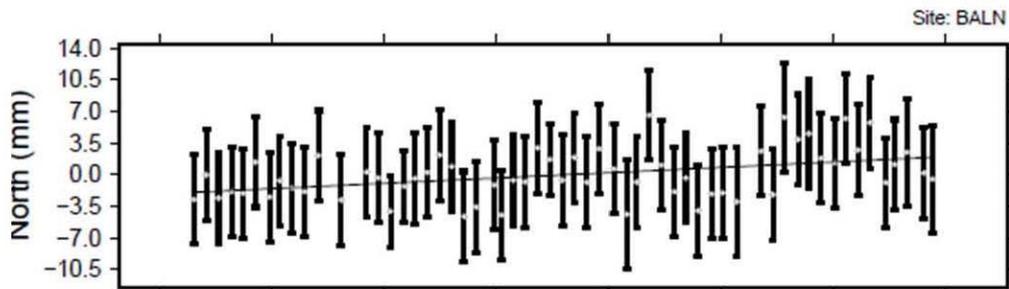


圖 3：GMT-5.4.2 產製圖檔

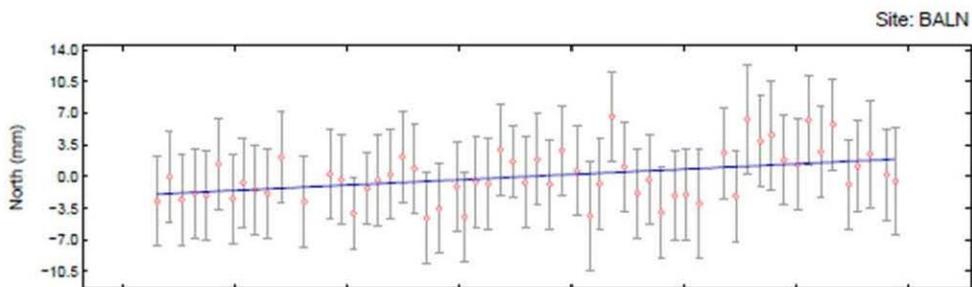


圖 4：GMT-4.5.6 產製圖檔

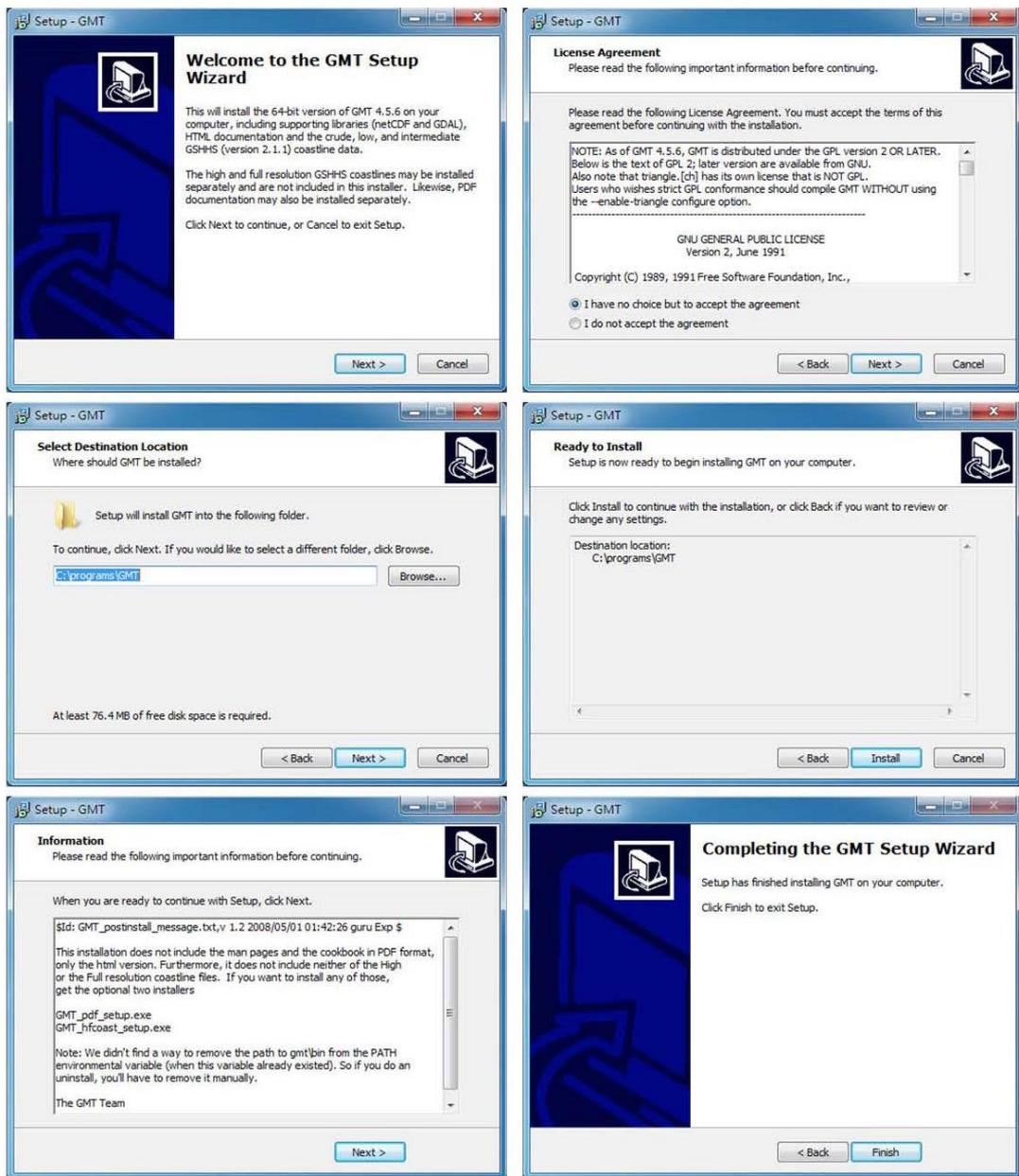
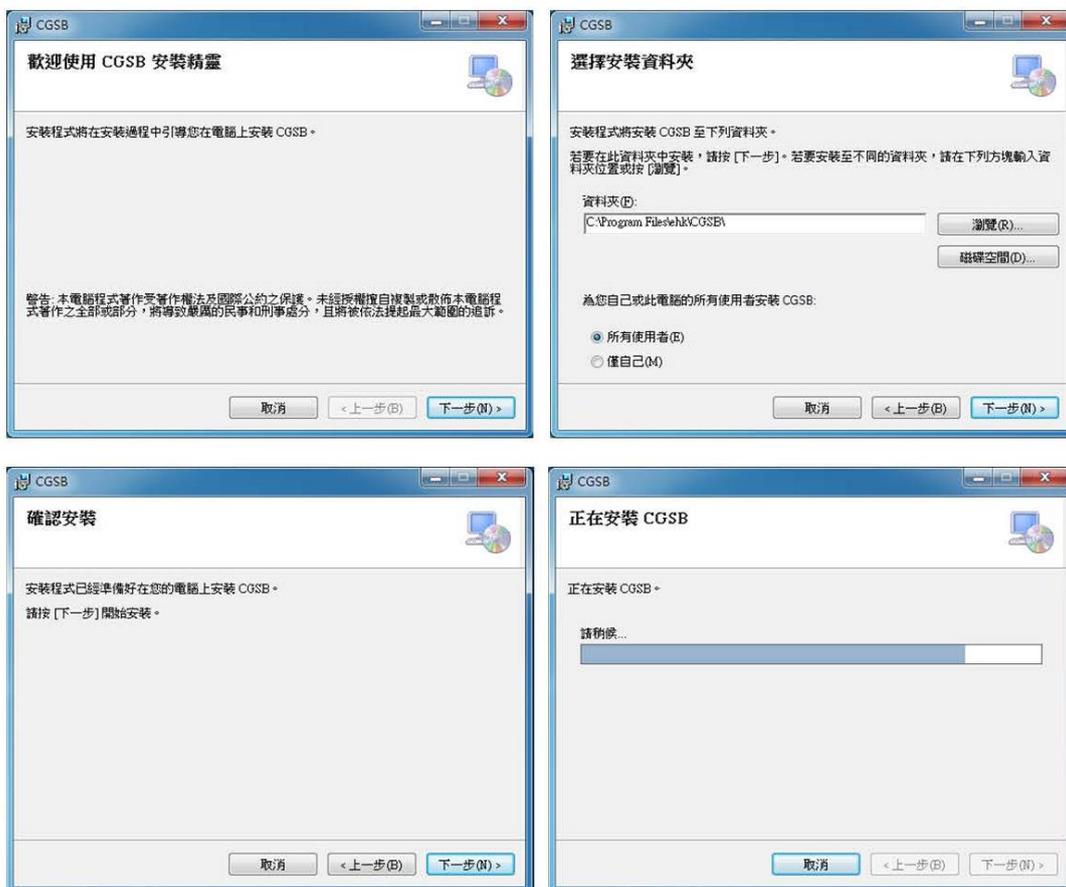


圖 5：GMT 軟體安裝

2. 主程式安裝

系統於自動執行模式時，會透過 Windows Service 呼叫 Bernese 5.2 進行解算，為能夠順利呼叫執行於安裝時系統會出現「設定服務登入」視窗，必須賦予 Windows Service 一組可正常執行 Bernese 5.2 之 Windows 使用者帳號，才能使系統正常執行；如為作業系統本機帳號，於帳號前須加入 `.\`，例如帳號 ban 則於帳號欄位輸入 `.\ban`



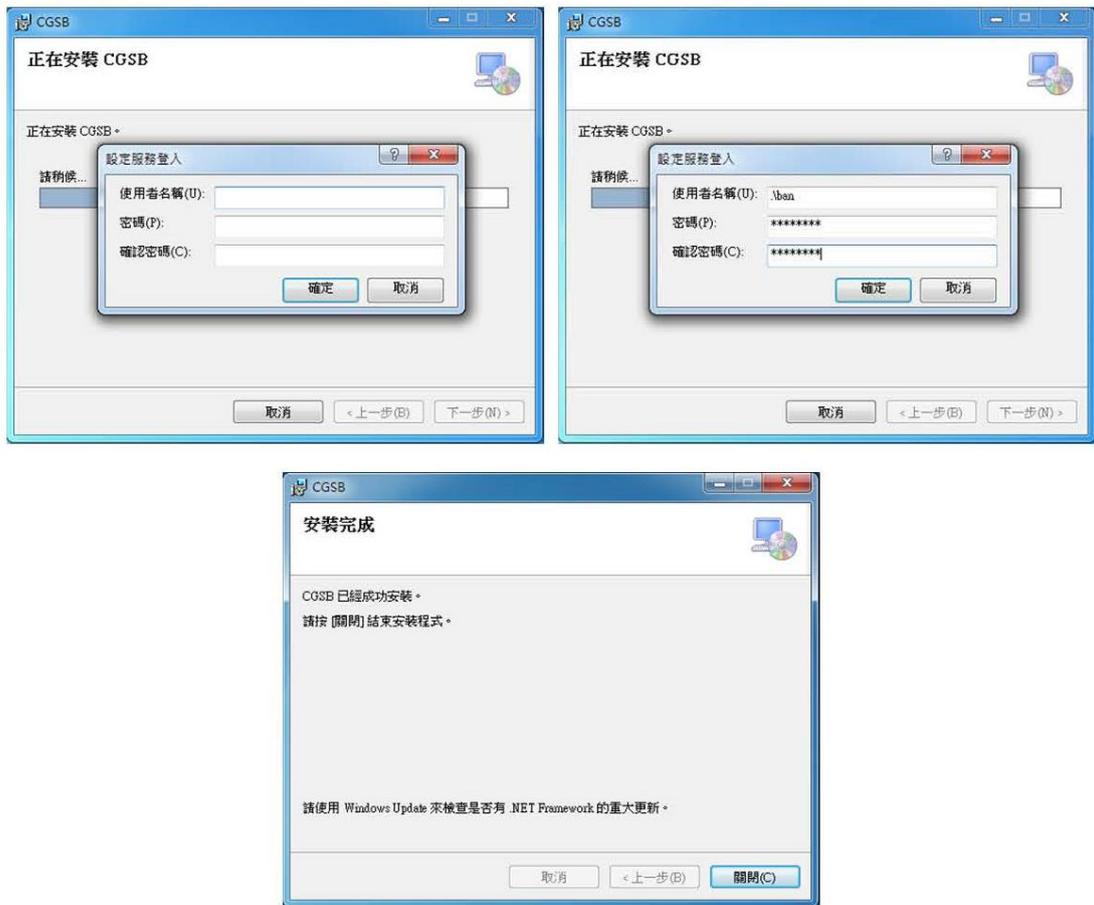


圖 6：主程式安裝

第三章、 服務

本系統是一隻 Windows Service 與 Windows Form 應用系統互相配合之專案，**請務必開啟執行系統來進行路徑參數等設定**，並從系統管理工具→服務中找到 CGSBService 檢查該服務狀態為「已啟動」、登入身分為安裝時設定之帳號，以確保 Windows Service 能正常運作；該服務設定為開機後自動延時啟動，如第一次安裝後未從新開機則須手動啟動服務

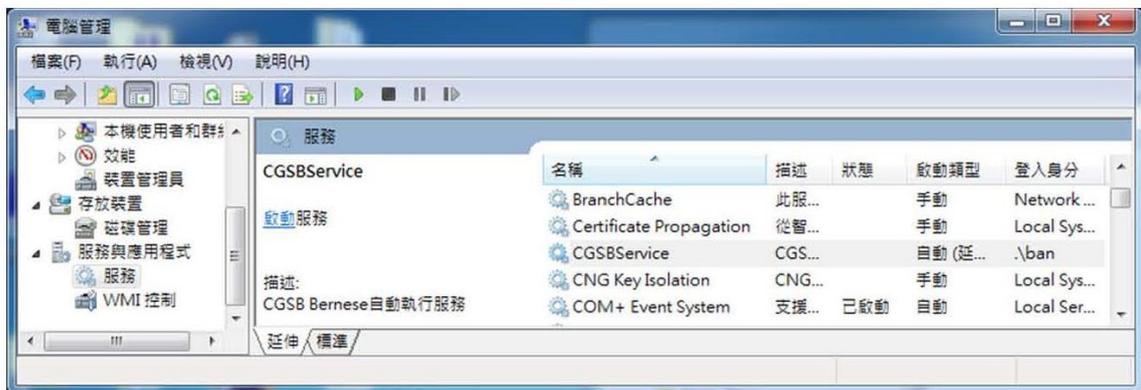


圖 7：服務確認

第四章、主介面

主介面提供使用者手動解算功能，於使用者手動解算需求時可設定各項條件進行一次解算，此處所作之設定、解算不影響自動解算之設定、運作，唯一需注意的事項是須避免於自動解算運作時進行手動解算

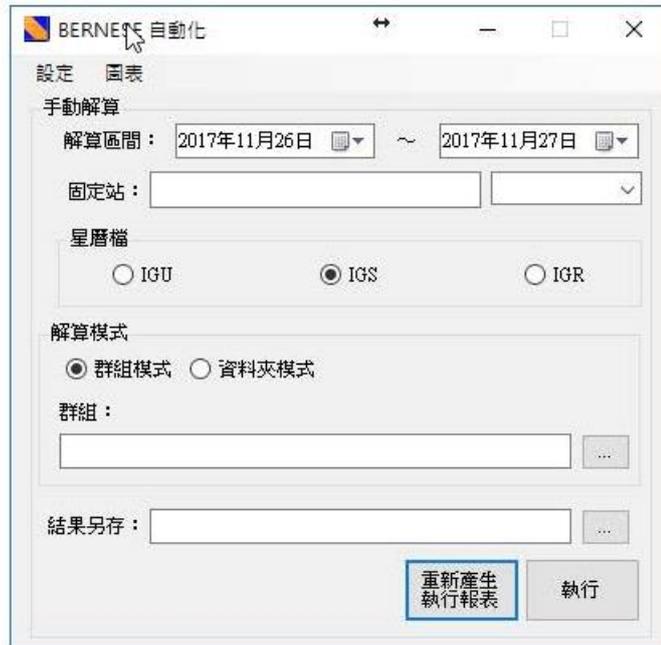


圖 8：系統主畫面

1. 固定站：設定 Bernese 在執行時需附上的固定站站名，系統亦提供下拉式選單進行選擇；固定站如設定多個站台，系統將依序檢查固定站是否存在於來源資料內，如存在則進行解算，反之則檢查下一固定站資料
2. 星曆檔：執行時會下載當天的星曆檔，此處可以設定需要使用 IGS、IGU 或是 IGR，三種星曆檔 ftp 下載路徑可以在系統設定進行設定
3. 解算區間：設定本次執行解算的日期區間
4. 解算模式：可選擇進行運算時的模式：

- a、群組模式：依照「設定→群組設定」所設定的群組，來選擇需要進行運算的群組，系統會依照選擇的群組設定的站台，由「解算資料來源」內之資料進行解算
 - b、資料夾模式：依照「設定→系統設定」的「解算資料來源」進行分組解算，系統將會取出該資料夾所有的站台資料，並自行進行站台分組，將該資料夾所有站台進行分組解算
5. 重新產生執行報表：依照輸出後系統設定另存的完整資料路徑、輸出檔案格式，資料夾內的檔案進行解算結果報表的重新產製
6. 執行：依本次設定執行一次解算

第五章、設定

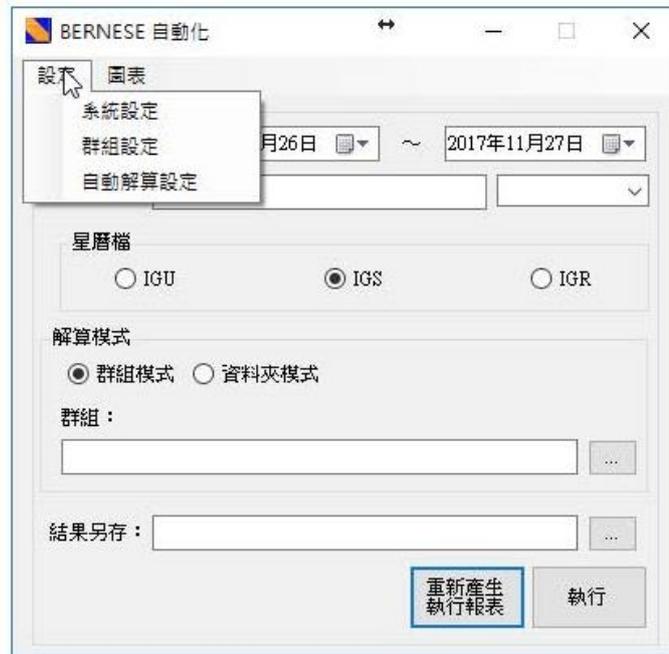


圖 9：設定參數

1. 系統設定：系統基本參數資料設定，如解算資料來源、每日定時解算排程時間、解算結果另存、星曆檔、系統參考檔等資料設定
2. 群組設定：系統解算群組編輯、設定
3. 自動解算設定：自動解算之固定站、回算天數、解算模式等資料設定

一. 系統設定

圖 10：系統設定畫面

1. 解算資料來源：設定資料來源路徑，點擊「？」按鈕則可以查看路徑設定格式說明
 - a、本機磁碟：解算資料存放於本機實體磁碟槽
 - b、網路磁碟：解算資料存放於網路磁碟槽，需另外設定並填寫帳號、密碼資料，選擇網路磁碟時系統會彈出「網路磁碟設定」視窗，路徑必須填寫完整網路位置格式，並填寫可登入該網路磁碟之帳號、密碼



圖 11：網路磁碟設定

2. 每日執行時間：此處為 Service 於每日定時第一次的執行時間
3. 第二次執行時間：此處為 Service 於每日定時第二次的執行時間
4. 解算結果另存：將解算後的結果檔案複製一份到該處指定目錄
5. 系統報告另存：每次解算開始與結束時，系統會依照 Bernese 輸出目錄
D:\GPSR 進行掃描後產生 csv 報表，報表會儲存到該目錄指定的位置
6. 時間序列表：時間序列表在產生後會自行存放到該指定目錄
7. 時間序列圖：時間序列圖在產生後會自行存放到該指定目錄
8. 速度場表：速度場表產生後會自行存放到該指定目錄
9. 星曆檔下載：設定星曆檔的下載 FTP 來源網路位置
10. 系統參考檔下載：系統在每次執行運算時都會到指定 FTP 來源網路位置下載
路徑來更新系統檔案 SATELLIT、CODI14、C04_ERP 與 SAT 檔
11. 儲存：儲存該界面的所作的變更設定；請注意必須儲存「系統設定」所做之
變更才會完成儲存
12. 取消：放棄「系統設定」所作之任何修改

二. 群組設定



圖 12：群組設定畫面

1. 輸入路徑：由右邊「...」的按鈕進行選擇存放來源 O 檔或 Z 檔之資料夾，系統會分析該資料夾內檔案名稱後將站台加入站台來源
2. 更新：點擊更新會依照輸入路徑來進行站台來源的更新
3. 站台來源：將曾經匯入的站台表列於此，支援單一與多重選擇，配合新增或加入鍵來進行群組的設定
4. 群組：目前群組列表，雙擊選擇的群組即可進行該群組的設定

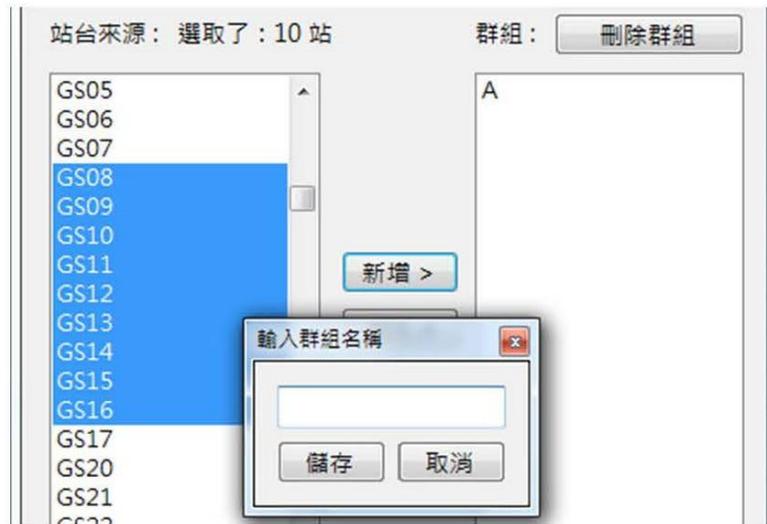


圖 13：新增群組畫面

5. 新增：單選或多選站台來源的站台，並點擊新增來新增群組
 - a、群組只能輸入單一大寫英文單字如：A
 - b、因 Bernese 限制，目前單一組最多 30 個站台

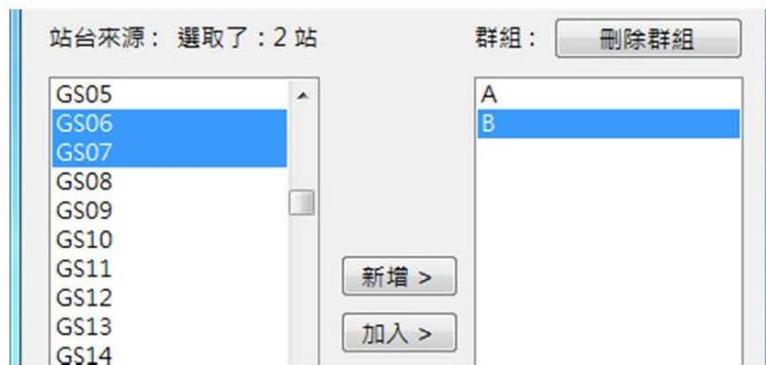


圖 14：加入群組畫面

6. 加入：單選或多選來自站台來源的站台、欲加入的群組，點擊加入將選擇的站台加入該群組內

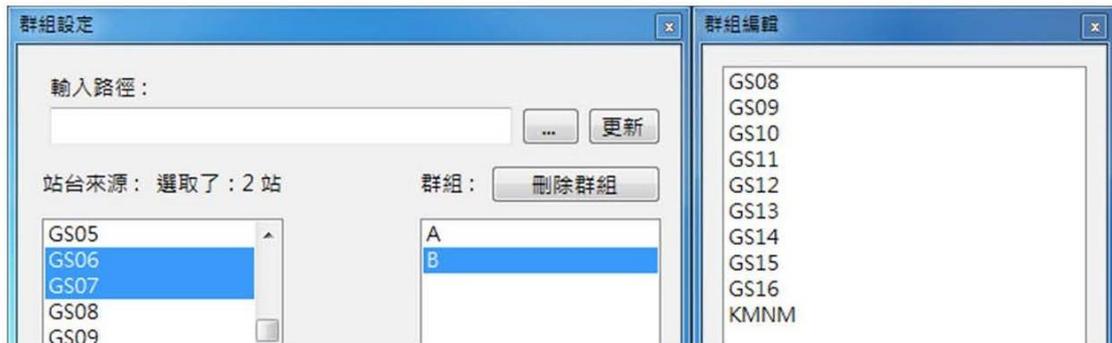


圖 15：編輯群組

7. 群組編輯：雙擊選擇的群組可開啟群組編輯界面，由該介面可以刪除群組內站台，點擊確定修改，或點擊取消放棄修改
8. 刪除選取群組：支援單一或多重選擇，將選取的群組從列表中刪除
9. 儲存：儲存該界面的所作的變更設定；請注意必須儲存「群組設定」所做之變更才會完成儲存
10. 取消：放棄「群組設定」所作之任何修改

三. 自動解算設定

自動解算設定提供使用者設定後，依使用者所設定之回算天數，系統自動於每日兩次之執行時間，以背景服務啟動解算，該解算將檢查回算天數至啟動時之日期區間內，所有設定之群組資料；來源資料內之站台資料如為未曾解算之資料則執行解算，如為曾經解算過，但站台檔案有異動則重新解算

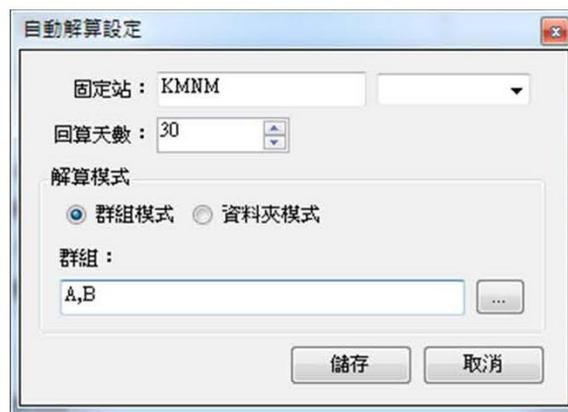


圖 16：自動解算設定

1. 固定站：設定 Bernese 在執行時需附上的固定站站名，系統亦提供下拉式選單進行選擇；固定站如設定多個站台，系統將依序檢查固定站是否存在於來源資料內，如存在則進行解算，反之則檢查下一固定站資料
2. 回算天數：背景服務自動啟動解算時，由啟動時間往回推天數，系統將檢查回推日至本日之區間資料
3. 解算模式：可選擇進行運算時的模式：
 - a、群組模式：依照「設定→群組設定」所設定的群組，來選擇需要進行運算的群組，系統會依照選擇的群組設定的站台，由「解算資料來源」內之資料進行解算

- b、資料夾模式：依照「設定→系統設定」的「解算資料來源」進行分組解算，系統將會取出該資料夾所有的站台資料，並自行進行站台分組，將該資料夾所有站台進行分組解算
- 4. 儲存：儲存該界面的所作的變更設定；請注意必須儲存「自動解算設定」所做之變更才會完成儲存
- 5. 取消：放棄「自動解算設定」所作之任何修改

第六章、 圖表

一.時間序列、速度場報表

該界面可以讓使用者依需求產生時間序列圖、表與速度場報表，透過設定所需日期區隔與資料來源，在系統自動取得需要的檔案之後進行產制，待完成之後將輸出到由先前於「設定→系統設定」的時間序列圖表存放目錄與速度場表存放目錄



圖 17：時間序列、速度場報表

1. 執行日期：挑選需要進行產製時間序列圖、表與速度場表的時間區隔
2. 資料來源：挑選資料的來源，資料來源必須是由 Bernese 輸出後系統設定另存的完整資料路徑、輸出檔案格式，以便系統能判斷並抓取資料
3. 執行：執行產製時間序列圖、表與速度場報表
4. 取消：關閉視窗

二. 速度場圖

該界面可以透過利用系統產生的速度場表(*.fout)檔來進行繪製速度場圖，透過

界面也可以查看速度場表內的資料

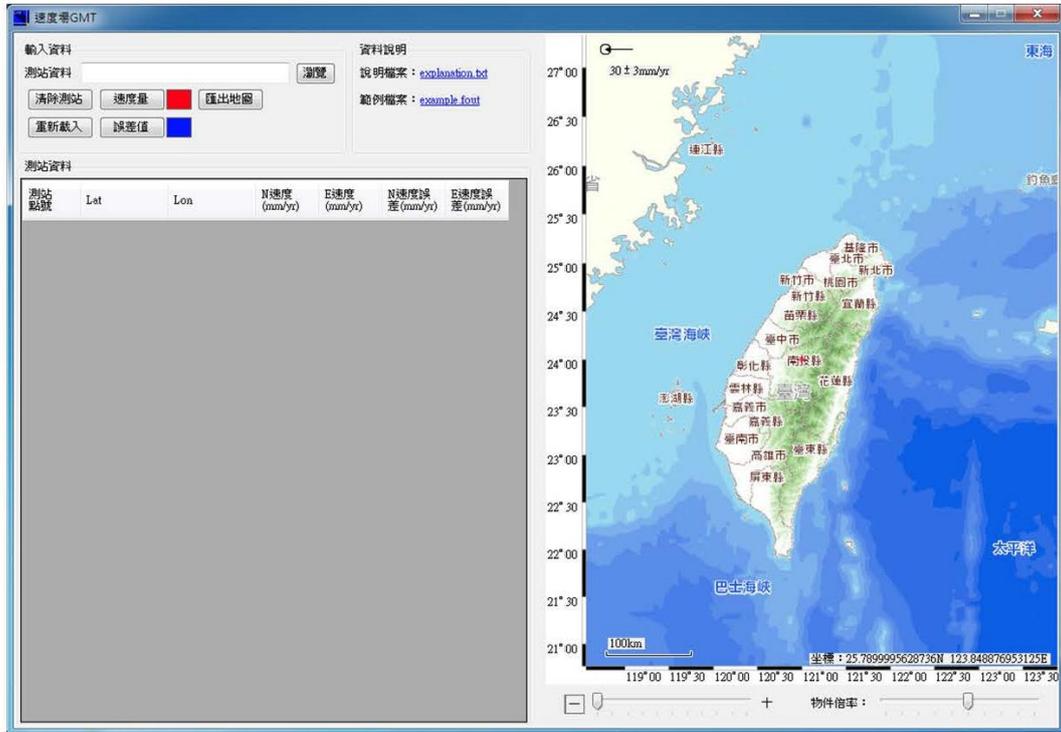


圖 18：速度場

1. 瀏覽：選取匯入的速度場表(*.fout)
2. 清除測點：清除測站資料列表
3. 重新載入：重新載入由上方測站資料來源的內容，並顯示再下方
4. 速度量、誤差值：透過設定來更改地圖中顯示的顏色
5. 匯出地圖：點擊後將會匯出右方地圖
6. 測站資料：顯示速度場內容，單擊可將選取的站台以青色箭頭標記在地圖上
7. 地圖操作：

- a、使用滑鼠左鍵來進行移動
- b、使用滑鼠滾輪或下方第一個滾動條來使地圖進行放大或縮小
- c、使用物件倍率滾動條來讓系統繪製出的速度量與誤差值變大或變小

第七章、 問題排除

一. 執行報表

於「設定→系統設定」內所設定的「系統報告另存」資料夾內，或於安裝路徑「\CGSB\SystemReport」資料夾內，存有每次執行前、後的 csv 記錄檔，可由記錄檔查閱每次執行結果

	A	B	BD	BE	BF	BG	BH	BI
1		流水編號	54	55	56	57	58	59
2	流水編號	日期(年份-該年第幾天)\站名	GS07	GS08	GS09	GS10	GS11	GS12
3		分區		A	A	A	A	A
4	1	2017-001		#V	#V	#V	#V	#V
5	2	2017-002		#V	#V	#V	#V	#V
6	3	2017-003		#V	#V	#V	#V	#V
7	4	2017-004		#V	#V	#V	#V	#V
8	5	2017-005		#V	#V	#V	#V	#V
9	6	2017-006		#V	#V	#V	#V	#V
10	7	2017-007		#V	#V	#V	#V	#V
11	8	2017-008		#V	#V	#V	#V	#V
12	9	2017-009		#V	#V	#V	#V	#V

圖 19：執行報表

1. 分區：為該站台於解算時所設定的分區
2. 日期：資料解算日期
3. 欄位內「#」：此站台、該日之資料存在
4. 欄位內「V」：此站台、該日之資料解算成功
5. 欄位內「F」：此站台、該日之資料解算失敗

二. Log 紀錄

Log 紀錄用於系統有問題時進行簡單問題排除，或提供給工程師進行進一步問題確認與排除，檔案存放於安裝路徑「\CGSB\Log」資料夾內，依執行日期存放該日 Log 紀錄

1. 解算流程

- a、系統參考檔下載
- b、星曆檔下載、解壓縮
- c、解算資料檢查、複製、解壓縮
- d、如計算天數為多日則會重複 b、c 步驟處理不同日資料
- e、呼叫 Bernese 進行解算
- f、產生記錄檔、複製結果

2. 星曆檔是否下載成功？

檔案存在，進入下載程序：ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps.
 FTP下載完成。
 FTP下載完成，準備進行解壓縮。
 解壓縮完成。
 下載完畢，進行移動檔案之動作。

3. 解算資料是否存在？

```

*** station.info.cwb.dat 內尚無 [ GS90 ]此測站資料 !!
*** station.info.cwb.dat 內尚無 [ GS91 ]此測站資料 !!
檔案：gs010010.17d
檔案：gs030010.17d
檔案：gs080010.17d
檔案：gs090010.17d
檔案：gs100010.17d
檔案：gs110010.17d
檔案：gs120010.17d
檔案：gs130010.17d
檔案：gs140010.17d
檔案：gs150010.17d
檔案：gs160010.17d
檔案：gs690010.17d
檔案：gs860010.17d
檔案：gs870010.17d
檔案：kmm0010.17d
資料夾:C:\Program Files\ehk\CGSB\zoneTmp --檔案總數:15 已處理完畢

```

4. 問題原因為 AutoBernese 或 Bernese ？

產生LST完成，執行Bernese中
 C:\BERN52\AUTO\CGS52-30.exe

附件十 變位模式應用軟體操作手冊

變位模式應用軟體

操作手冊

委託機關：內政部國土測繪中心

執行單位：國立臺北大學

呈豐科技有限公司

中華民國 106 年 11 月

目錄

第一章、	系統說明.....	3
第二章、	系統概述.....	4
二、	系統架構.....	5
三、	軟體環境.....	5
四、	系統架構.....	6
第三章、	系統操作說明.....	7
一、	主界面.....	7
二、	管理界面.....	9

第一章、 系統說明

本系統利用網際網路之便利為提供使用者做坐標錯位量計算，進而得到較準確之坐標值，而進行之專案系統開發

1. 系統以網頁為界面，並提供卡式坐標、經緯度、2 度 TM 作為輸入與輸出之選項。
2. 系統可依照使用者設定之坐標格式，進行計算與輸出，並提供下載之功能
3. 系統亦提供界面使系統管理者可上傳不同時段之網格資料

第二章、 系統概述

一、 系統需求

甲、網頁、資料庫伺服器環境

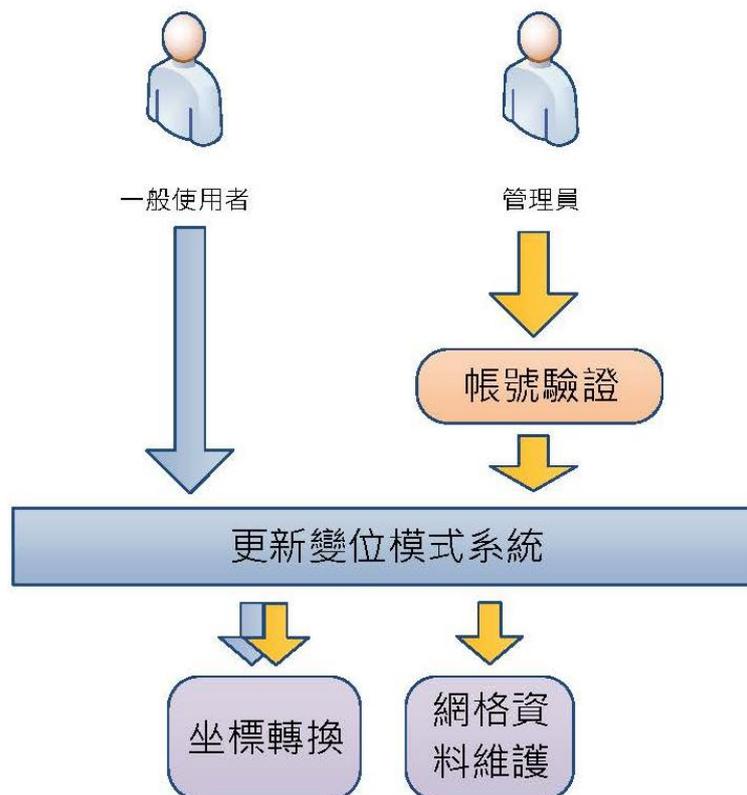
品名	內容描述/規格
中央處理器	Intel® x64 相容處理器 2.0GHz 以上
記憶體	2G 以上
硬碟	80GB 以上
螢幕	LCD or CRT，建議解析度 1024 * 768 以上
作業系統	Windows Server 2008 R2 中文版
資料庫	Microsoft SQL Server 2008
區域網路	10/100Mbps，建議 1000Mbps 以上
Framework	Microsoft .NET Framework 4.5
網頁平臺	IIS 7.5

乙、使用者環境：

品名	內容描述/規格
中央處理器	Intel® x86 / x64 相容處理器 1.0GHz 以上
記憶體	1GB，建議 2G 以上
硬碟	80GB
螢幕	LCD or CRT，建議解析度 1024 * 768 以上
作業系統	Windows VISTA / WIN7 / WIN8
網路	10/100Mbps 以上
瀏覽器	建議 Internet Explorer 10 以上

二、 系統架構

本系統採用網際網路資料系統開發，基本架構如圖一，一般使用者僅能使用系統所提供的坐標轉換功能，而使用者則除了能正常使用一般使用者之功能以外，還提供了帳號密碼驗證與維護網格資料之系統操作。

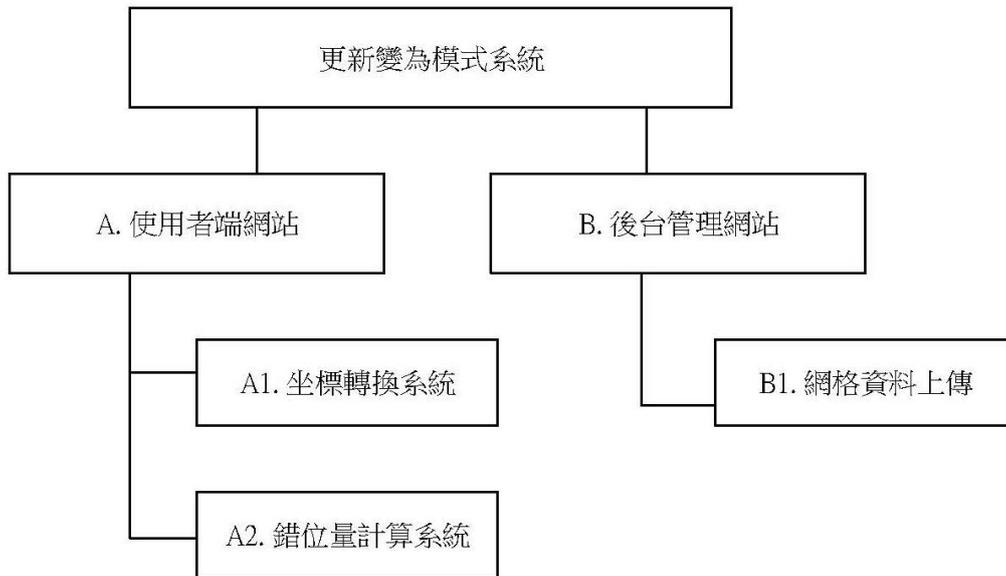


圖表 1 基本系統架構

三、 軟體環境

1. 採 Three-Tier(三層式)架構。
2. 以 Microsoft SQL Server 2008 為關聯式資料庫管理系統。
3. IIS(Microsoft Internet Information Server)為網頁管理系統。

四、 系統架構



圖表 2 網頁架構

A.使用者端網頁：提供使用者之操作系統的界面

A1.坐標轉換系統：由使用者選擇輸入、輸出坐標之格式，並將其轉換之

A2.錯位量計算系統：計算坐標之錯位量，並將其輸出之

B.後台管理網站：提供網格資料維護之操作界面

B1.網格資料上傳：上傳並維護網格資料

第三章、系統操作說明

一、主界面

Online Conversions - BASIC

本線上坐標轉換器已升級為新西蘭的構造運動，這意味著使用全球化系統如 WGS84 或 ITRF 轉換到新西蘭的坐標系統時需要一個轉換日期，最後結果與之前較不準確的版本的坐標轉換系統是不同的。
針對系統的變更，LINZ 的網頁上有 [更多詳情](#)。
前一個版本的轉換器 會持續提供直到 2016 年結束。

在 大地測量基準^s 與 大地投影單位 之間使用數值輸入和輸出參數進行轉換。
使用 [垂直基準轉換](#) 在新西蘭垂直基準之間進行轉換 - 詳情請見 [執行高度轉換的說明](#)。
使用 [更詳細的線上轉換器](#) 來選擇更廣域的 基準、投影單位和高度 系統。它還允許多種輸入和輸出格式 (包括批量選項)，更適合用戶了解坐標和高度的轉換。

輸入之座標系統

輸出坐標之系統

轉換之選項
 指定轉換的日期，有許多的轉換如 NZGD2000 到 ITRF2008 是取決於日期的，日期可以以十進制年份的方式輸入 (例如 2000 年、2013.5 年)、日/月/年的方式 (22 8 2012, 5 Jan 1995)、或是 "now" 這個單字來代表今天。

圖表 3 系統坐標格式設定

1. 輸入之坐標格式:輸入資料之坐標格式,可供使用者選擇卡式坐標、經緯度、2 度 TM 等坐標格式
2. 輸出坐標之格式:輸出資料之坐標格式,可供使用者選擇卡式坐標、經緯度、2 度 TM 等坐標格式
3. 轉換之選項:進行運算之時間點

注意：
輸入坐標，以"行"作為分隔
例如：
120.69392 24.20326
120.78332 24.17898

坐標輸入：

I

坐標輸出：

圖表 4 系統輸入、輸出之文字區塊

1. 坐標輸入：輸出需要進行轉換的坐標，坐標以“行”作為區隔
2. 坐標輸出：結果輸出
3. 下載結果：儲存下載結果並以 txt 檔供使用者進行下載

二、 管理界面

網格資料維護

總筆數 1 / 每頁顯示筆數 50

序號	網格日期	網格標題	上傳者	全選單
1	2016/2/6 上午 12:00:00	臺灣地圖	Jason	<input type="checkbox"/>

第一頁 上一頁 / 1 下一頁 最後一頁

圖表 5 網格資料列表

1. 列表展示所有記錄在系統內的網格資料
2. 新增：設定網格日期、標題與上傳網格之界面 (如圖 6、7)，上傳可以使用壓縮檔，壓縮檔內需附上 txt 檔
3. 刪除：在列表內與選取格選取欲刪除的項目，點擊即可刪除
4. 進階查詢：以網格名稱、網格日期進行查詢

日期 網格標題

新增

* 網格名稱：

* 網格日期：

網格上傳：

圖表 6 新增界面

檔案上傳

可拖曳至此，自動上傳檔案

可上傳檔案類型：
txt

(最大上傳數量：1；單檔大小：5 MB)

圖表 7 上傳網格界面

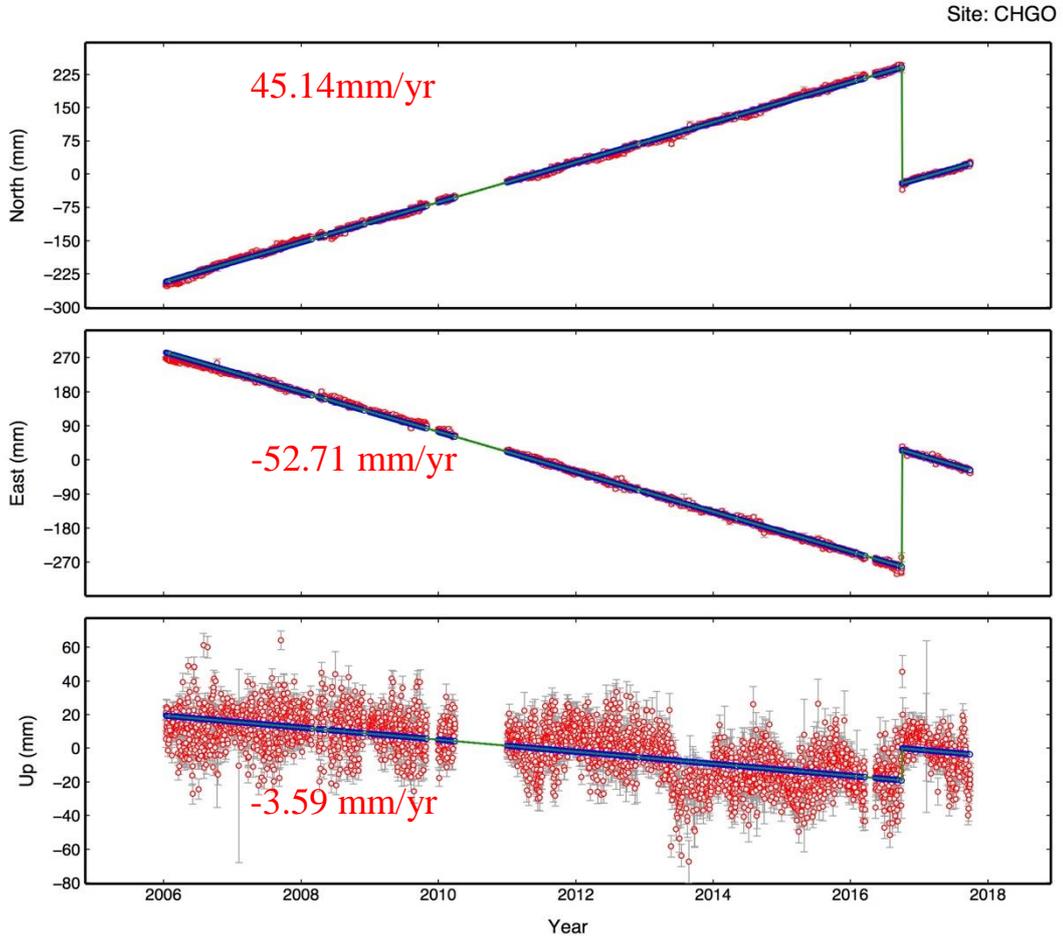
5. 上傳的格式必須如下：Lon、Lat、Vn、Ve、Sn、Se

120.0800	21.9000	1.1609	7.588842	-0.8423	3.494194
120.0800	21.9400	1.1609	7.588842	-0.8423	3.494194
120.0800	21.9800	1.1719	7.596914	-1.0721	3.494194
120.0800	22.0200	1.6840	7.581557	-0.8953	3.494194
120.0800	22.0600	1.5275	7.580670	-1.1046	3.494194
120.0800	22.1000	1.4651	7.566315	-1.2272	3.494194
120.0800	22.1400	1.0243	7.561792	-1.1922	3.494194
120.0800	22.1800	1.0505	7.609427	-1.2314	3.494194
120.0800	22.2200	1.0505	7.609427	-1.2314	3.494194
120.0800	22.2600	1.0505	7.609427	-1.2314	3.494194
120.0800	22.3000	1.0505	7.609427	-1.2314	3.494194
120.0800	22.3400	0.8035	7.589201	-1.5479	3.494194

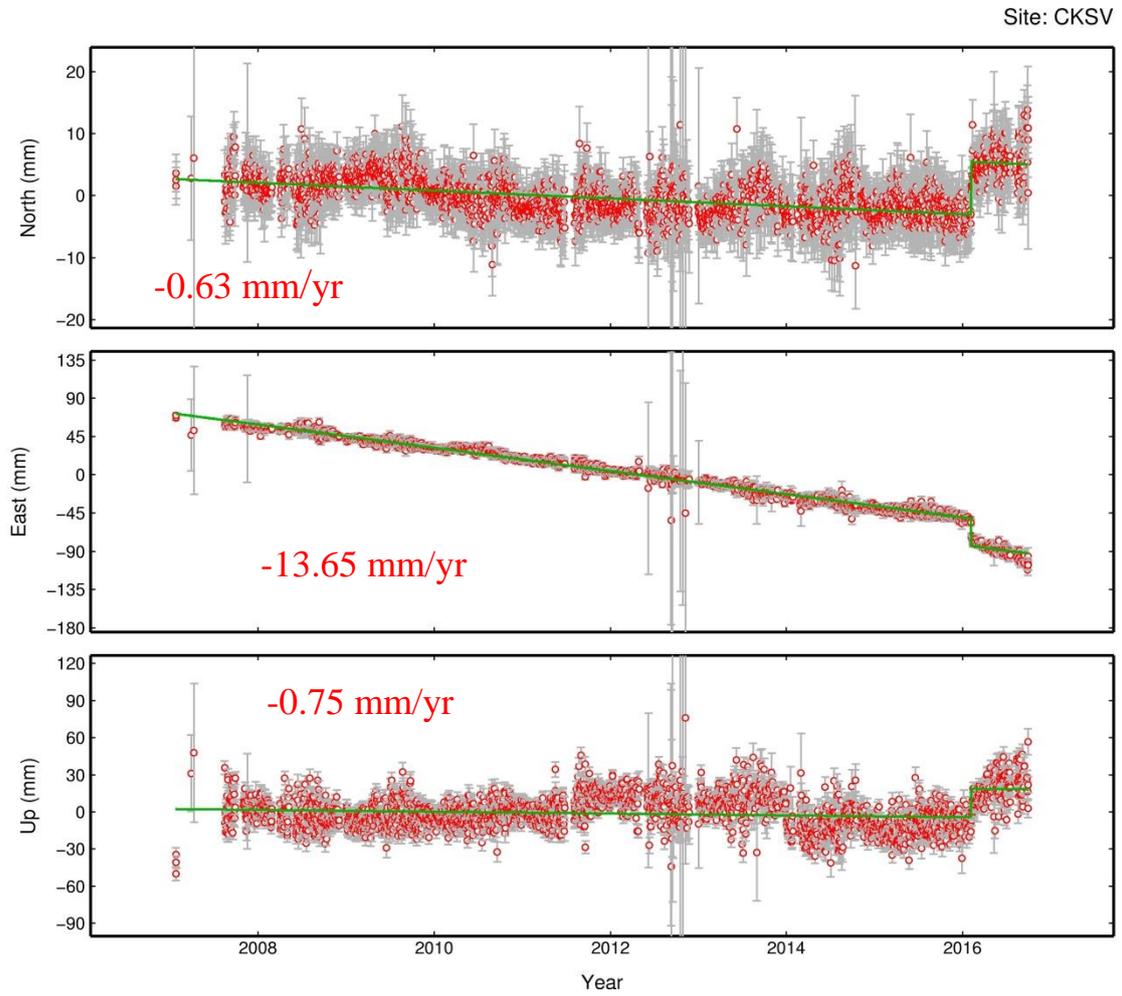
圖表 8 上傳的網格資料格式

附件十一 國內 16 個 TWD97 【2010.0】 基準站時間序列圖

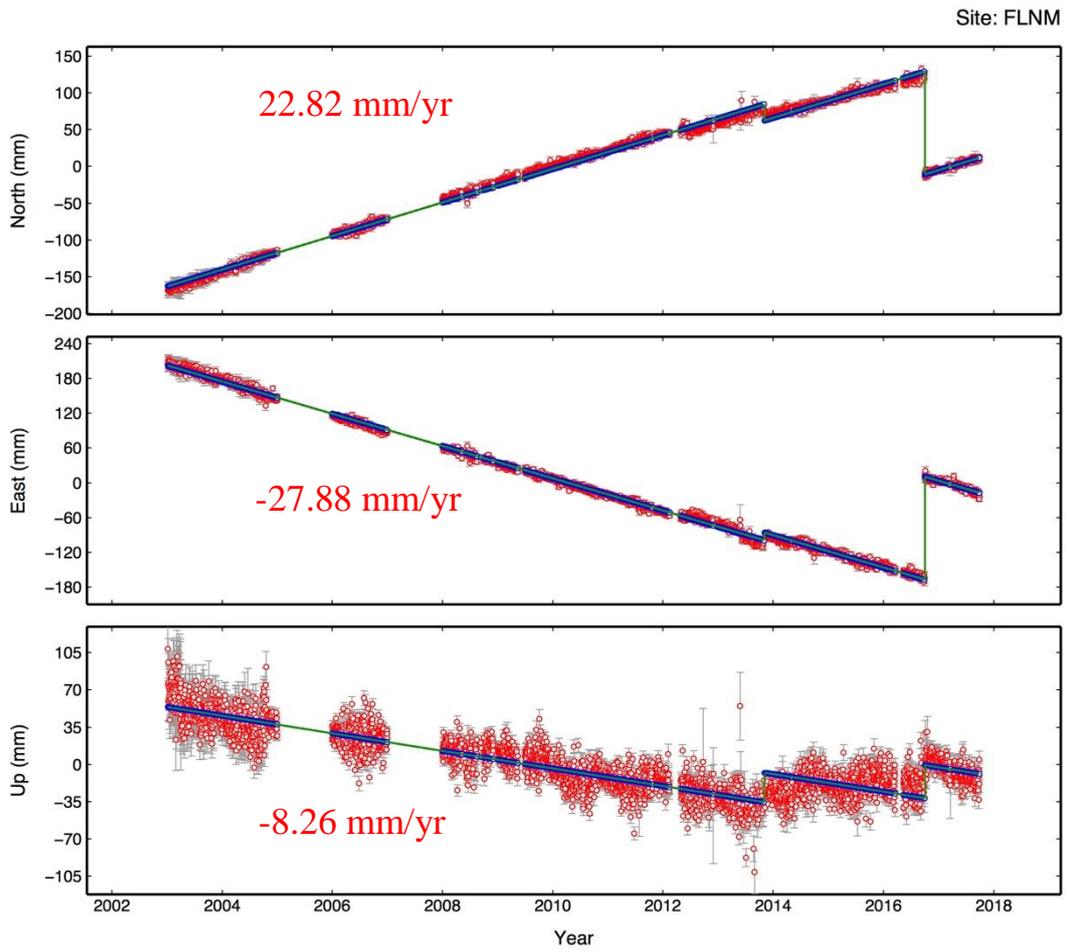
相對於 KMNM 站



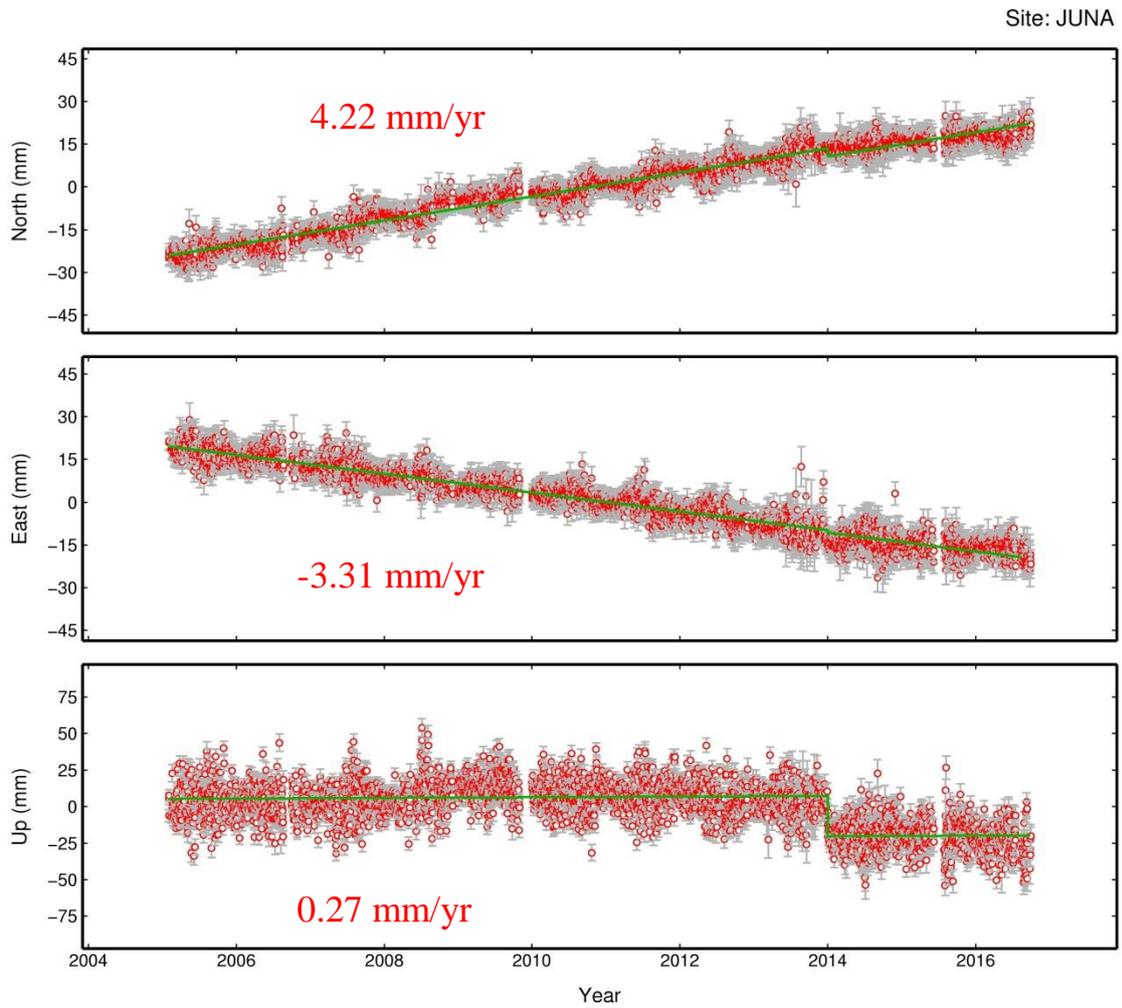
CKSV 相對於 KMNM 站



FLNM 相對於 KMNM 站

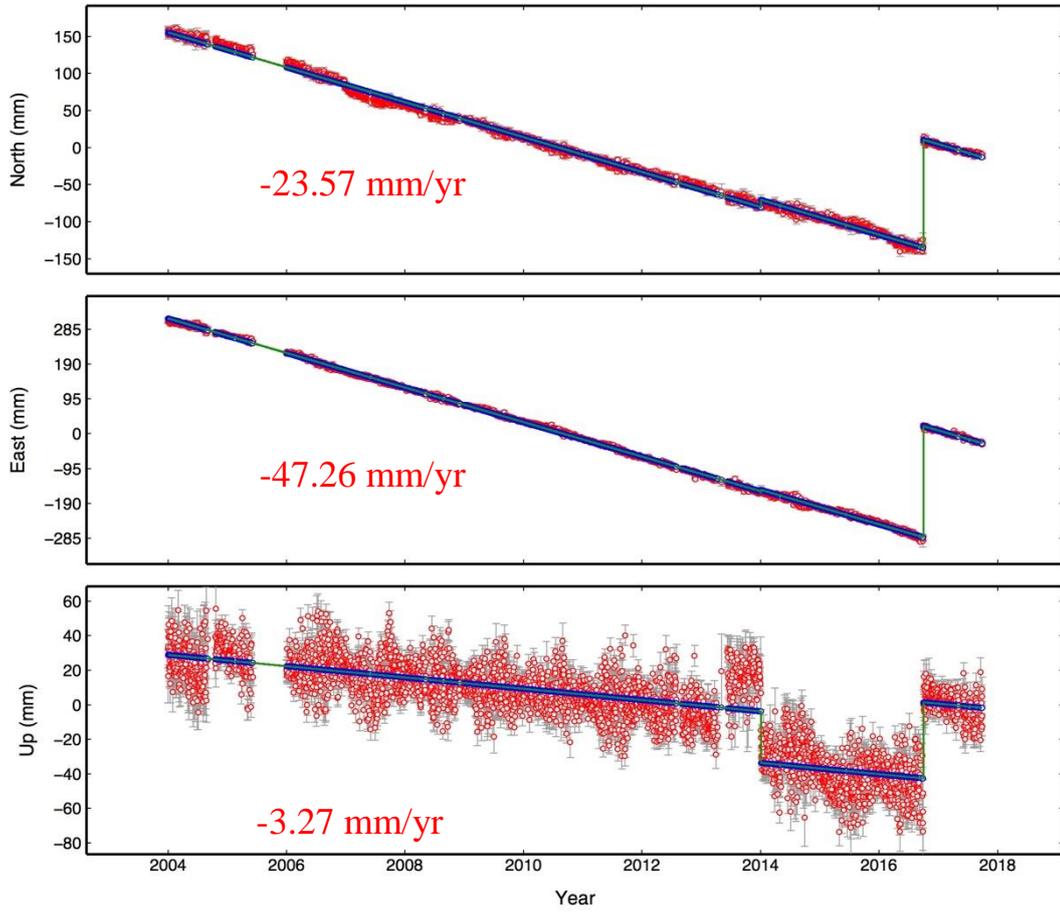


JUNA 相對於 KMNM 站



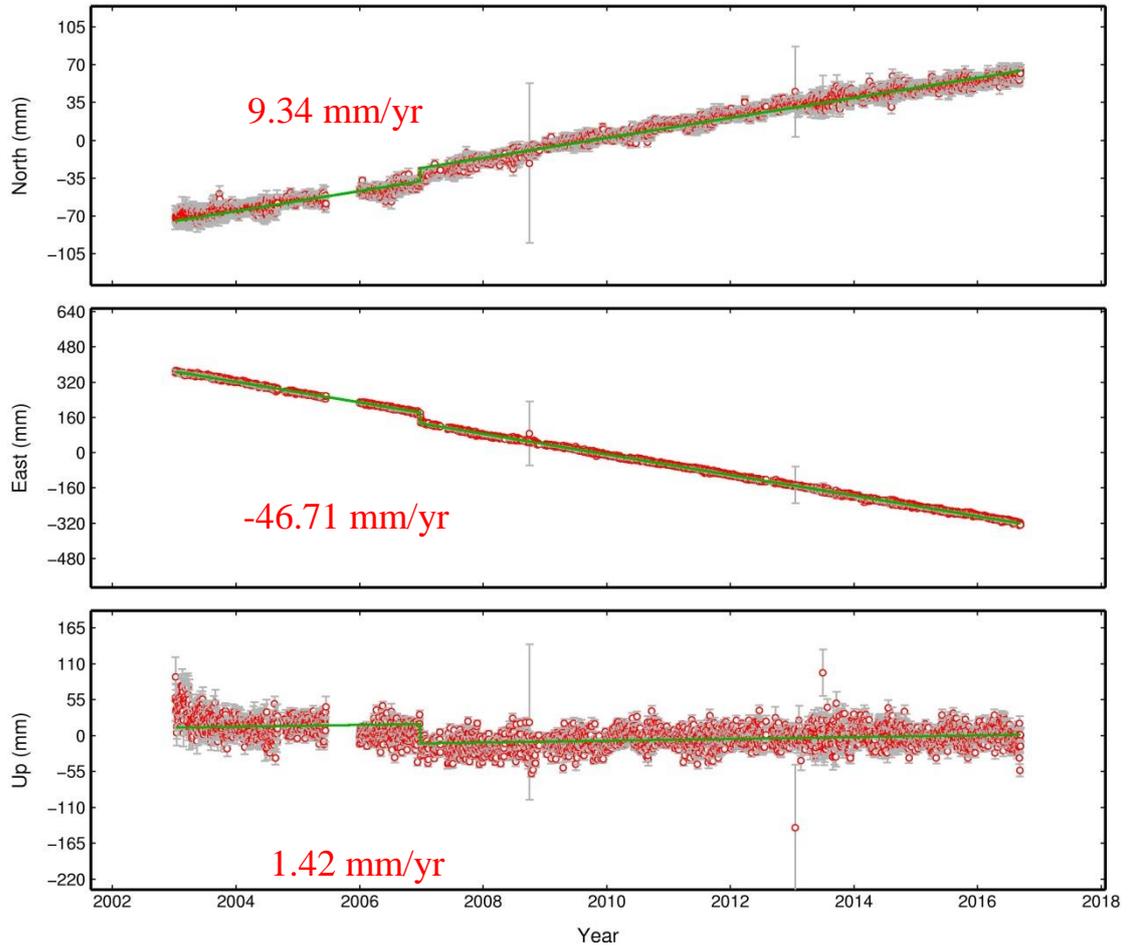
KASH 相對於 KMNM 站

Site: KASH

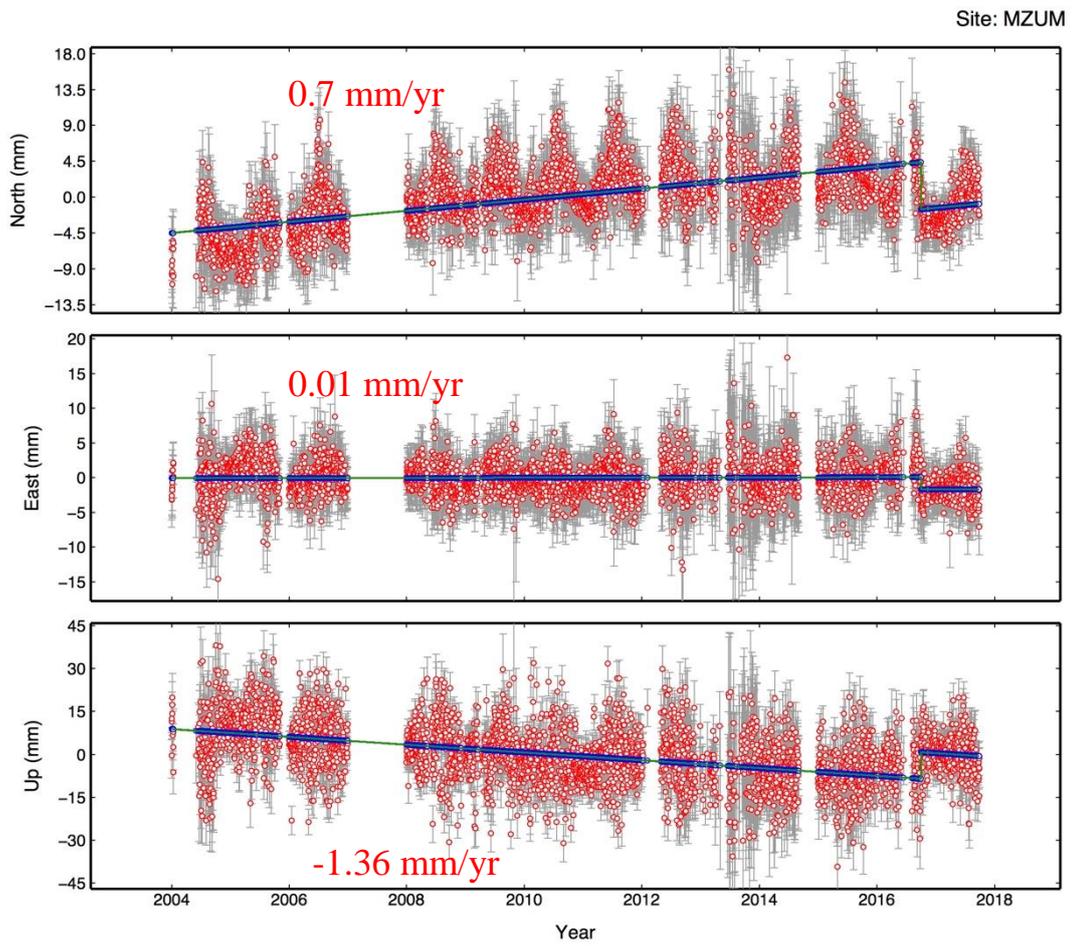


KDNM 相對於 KMNM 站

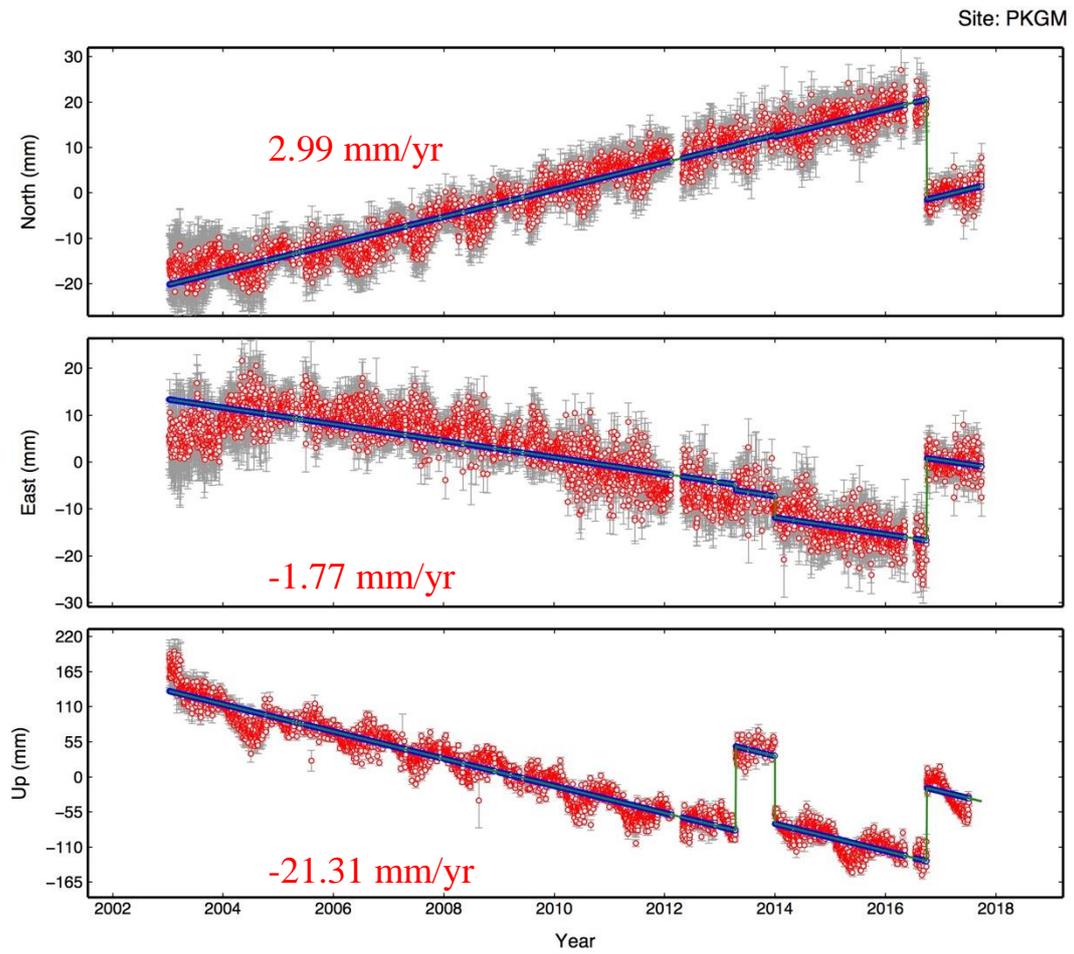
Site: KDNM



MZUM 相對於 KMNM 站

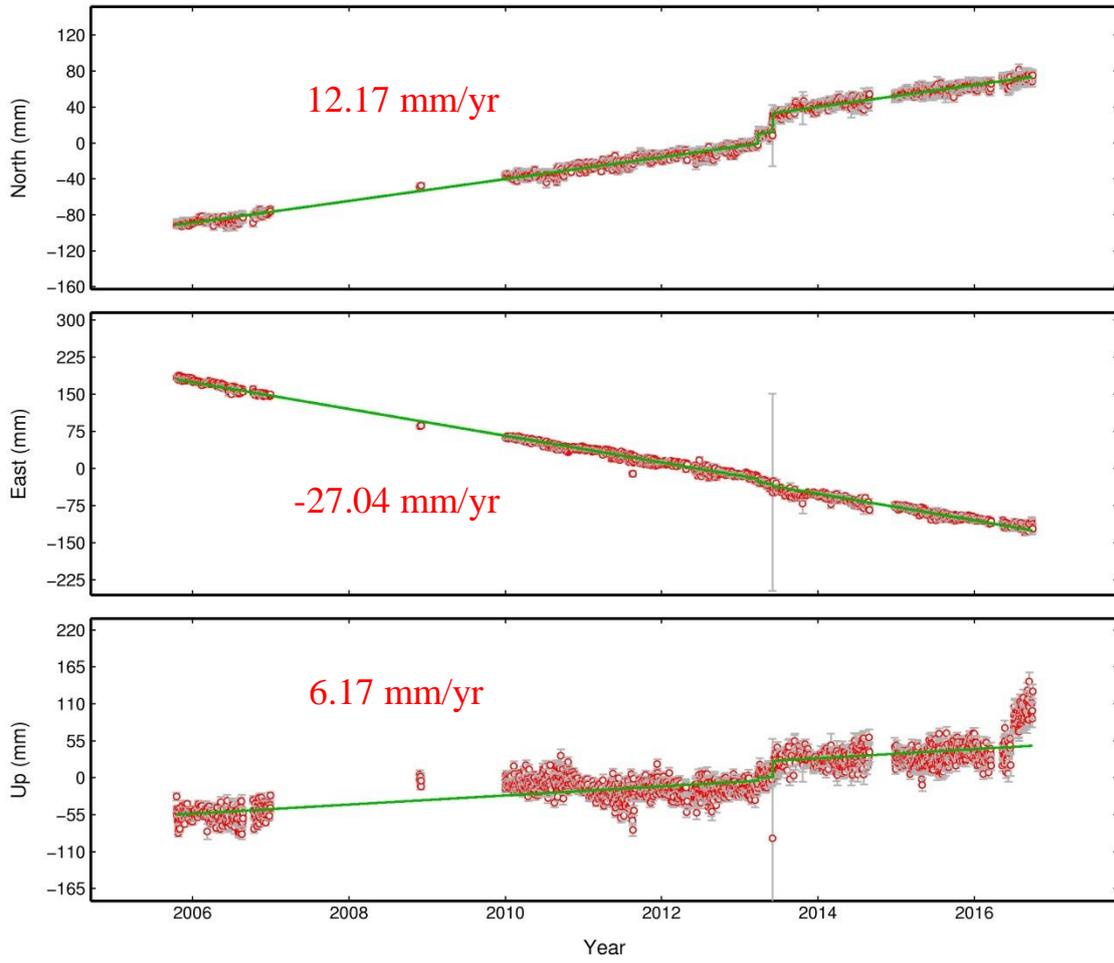


PKGM 相對於 KMNM 站

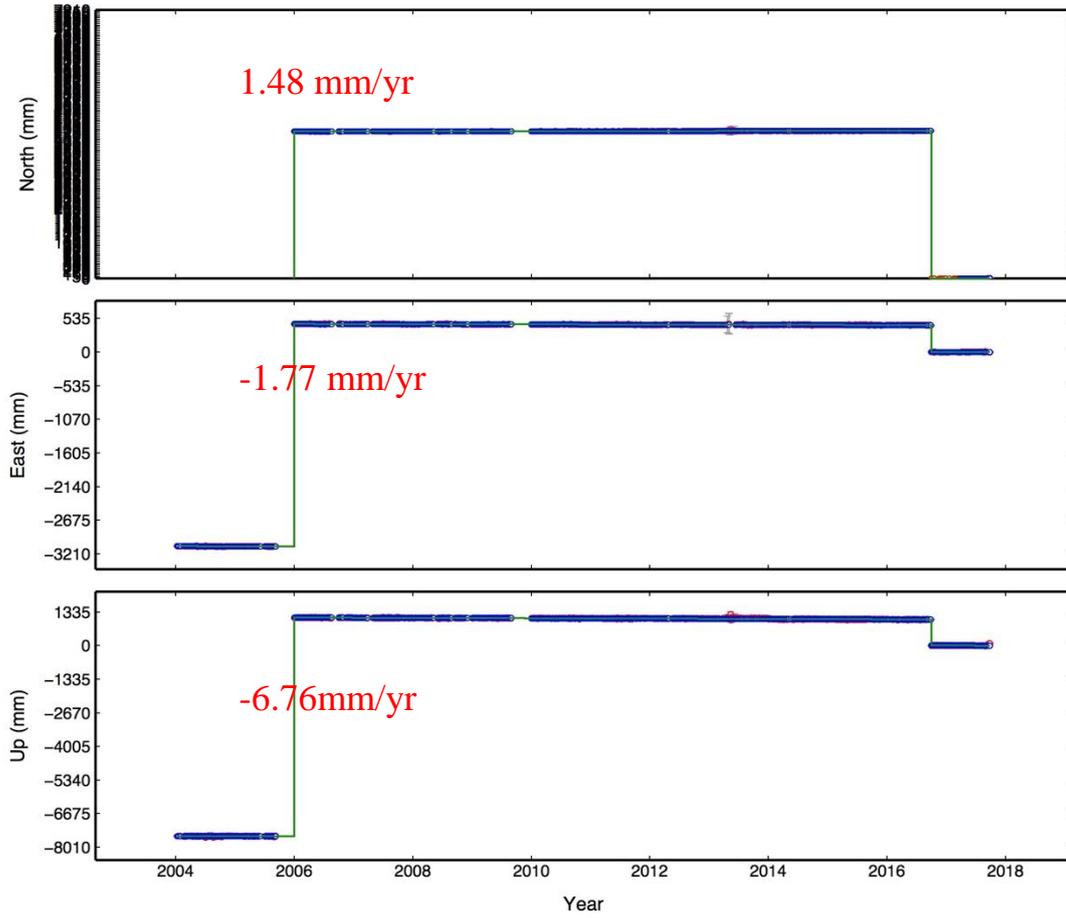


PLIM 相對於 KMNM 站

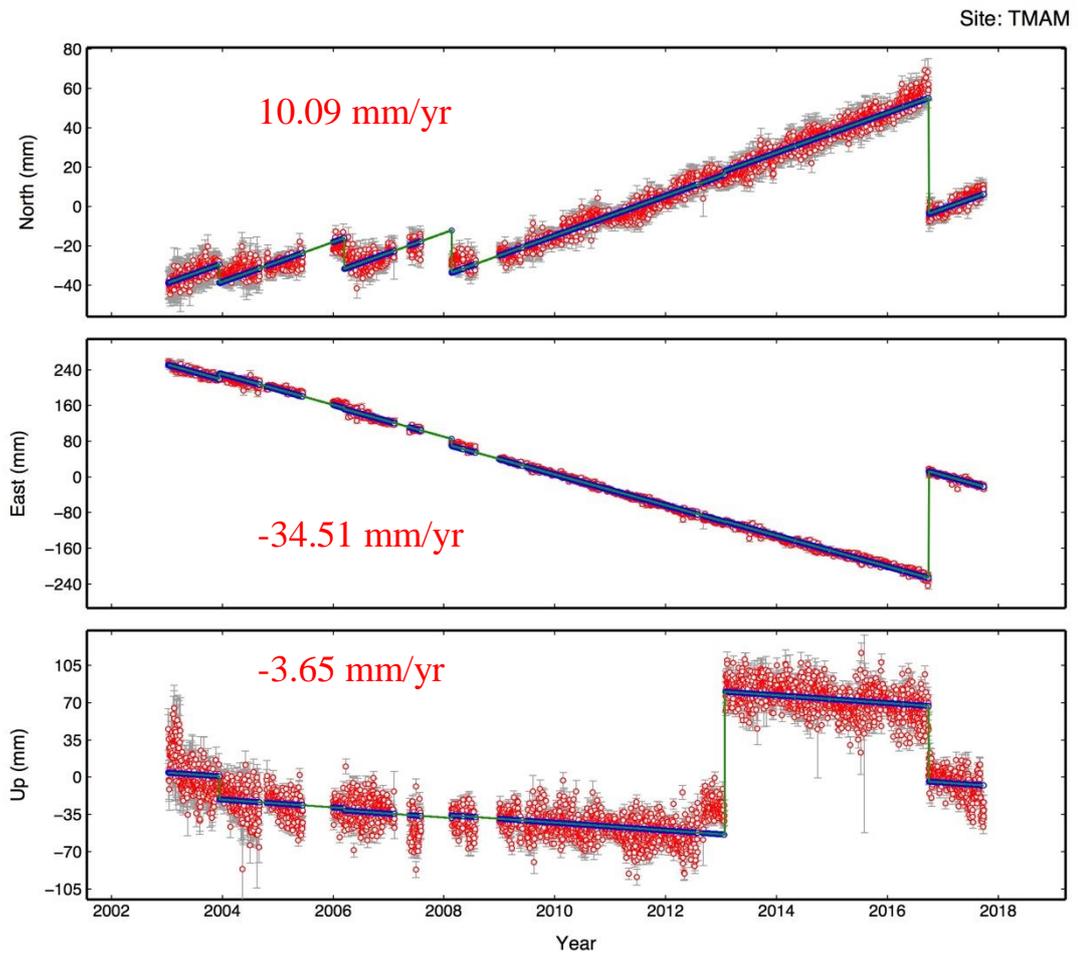
Site: PLIM



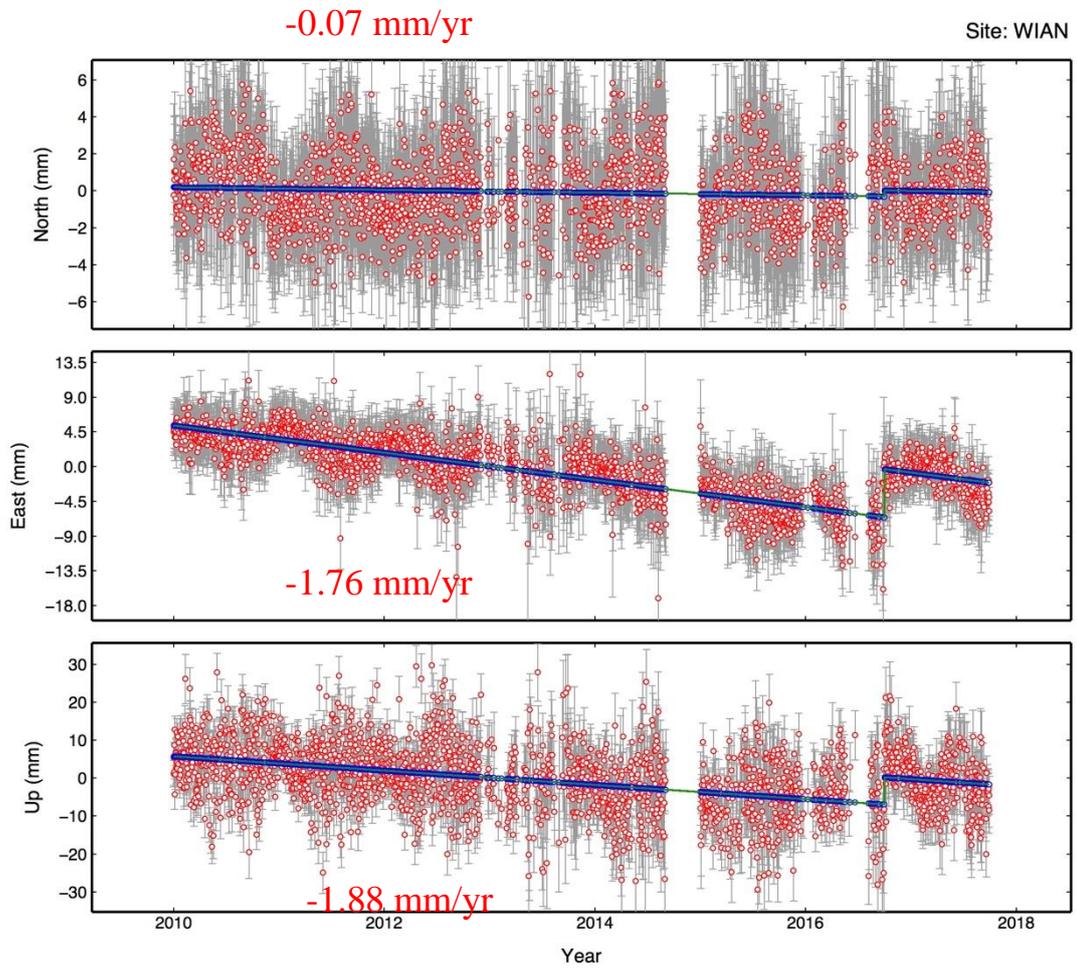
TACH 相對於 KMNM 站



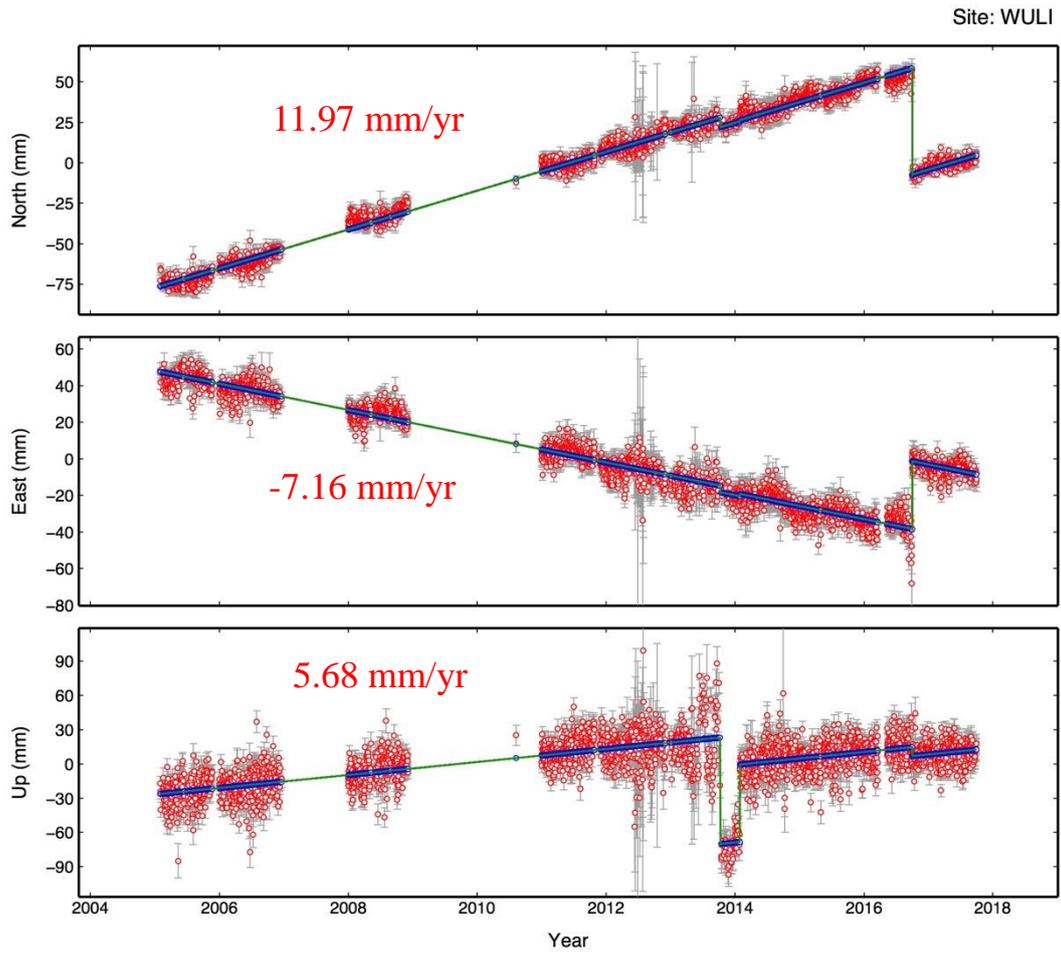
TMAM 相對於 KMNM 站



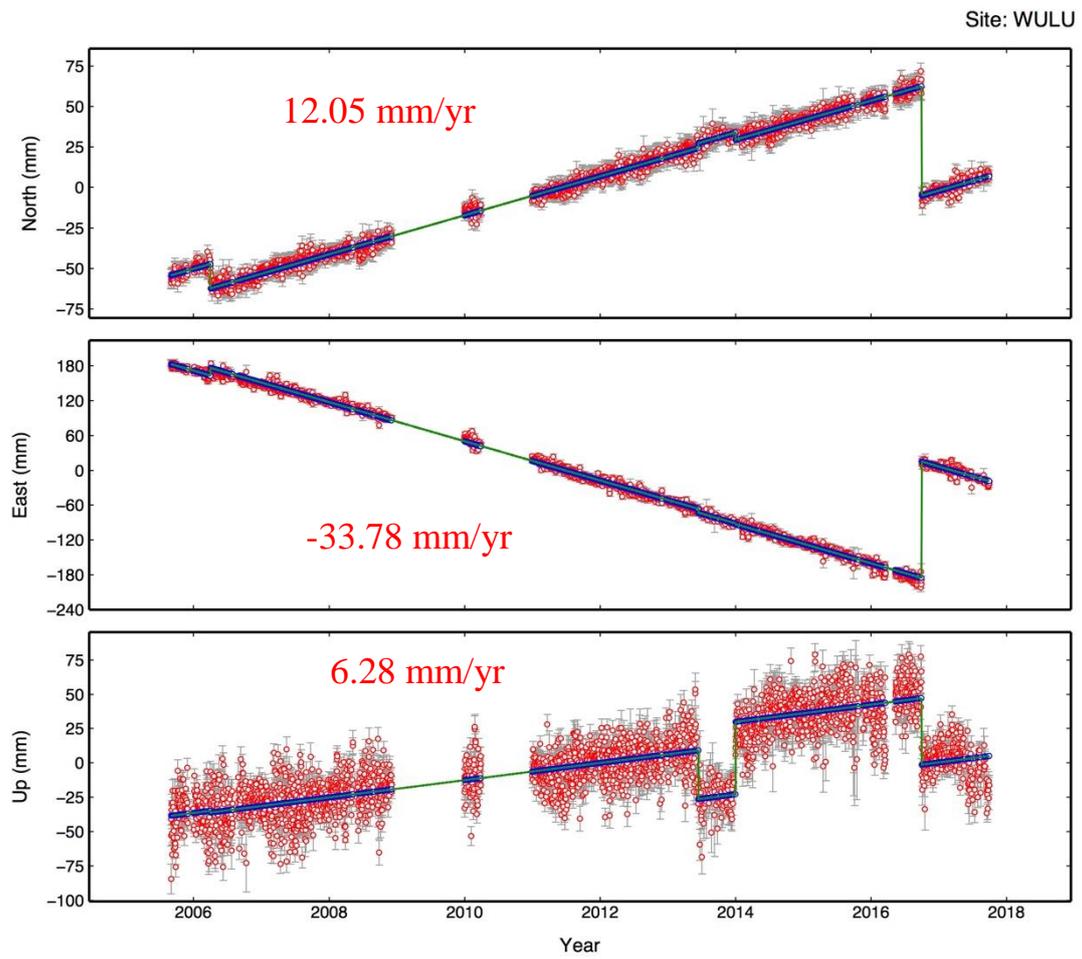
WIAN 相對於 KMNM 站



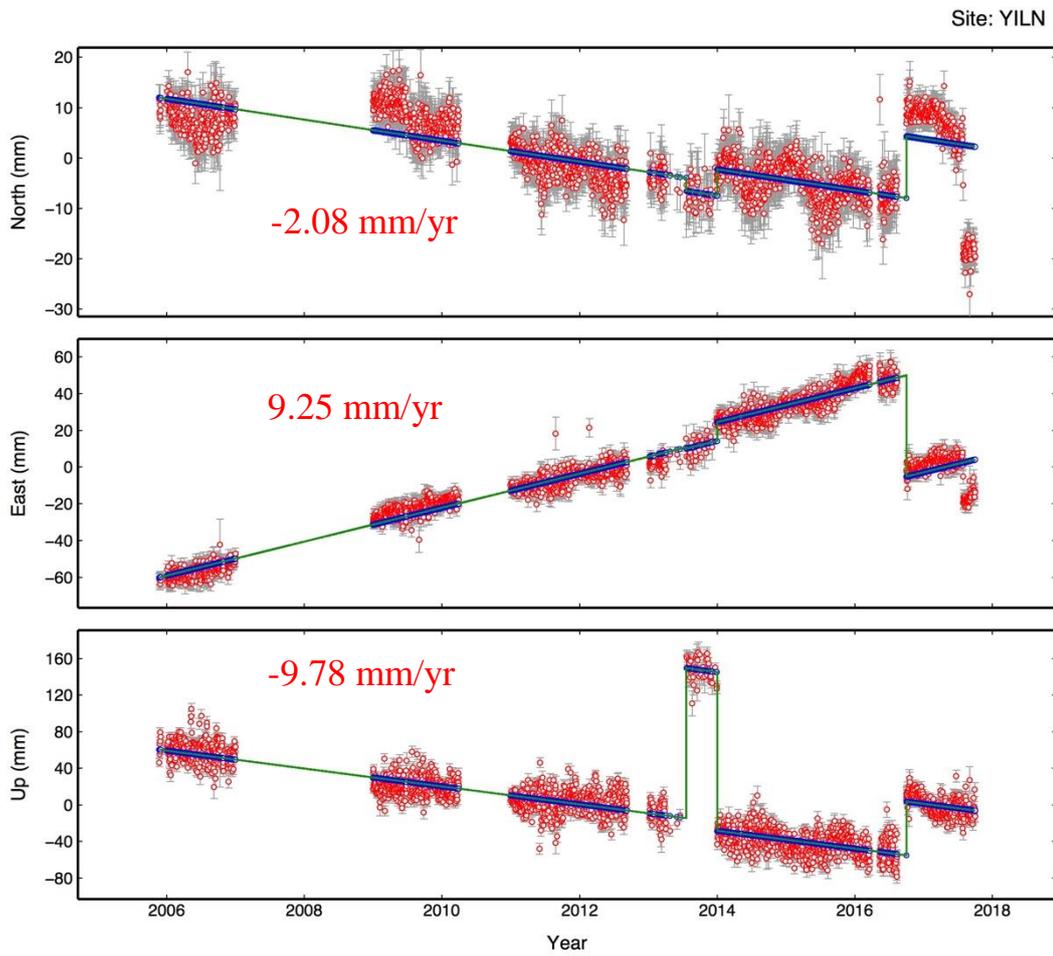
WULI 相對於 KMNM 站



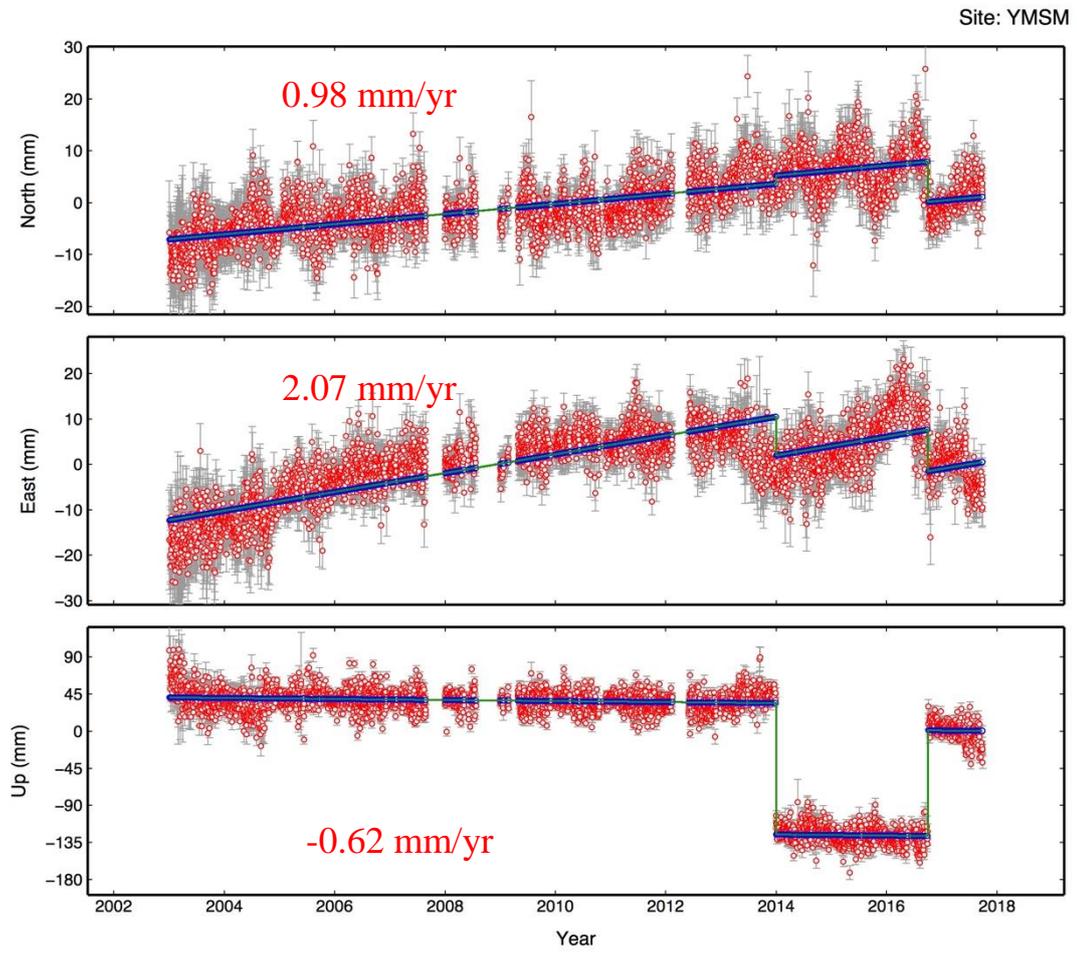
WULU 相對於 KMNM 站



YLIN 相對於 KMNM 站



YMSM 相對於 KMNM 站



附件十二 連續站 2016/10 ~ 2017/09 速度量估計成果

序號	點號	經度	緯度	E	N	U	Se	Sn	Su
				(mm/yr)	(mm/yr)	(mm/yr)	(±mm/yr)	(±mm/yr)	(±mm/yr)
1	8118	120.553	23.463	-15.52	3.38	0.3	0.07	0.02	0.16
2	AKND	120.3573	22.8033	-39.99	-8.79	1.01	0.04	0.02	0.09
3	ALIS	120.8133	23.5082	-30.22	4.16	-1.63	0.05	0.08	0.25
4	ANKN	121.5247	24.9591	1.21	3.24	-3.16	0.02	0.01	0.08
5	BALN	121.4261	24.6995	-3.58	8.47	-0.35	0.03	0.02	0.12
6	BANC	121.4421	24.9977	0.76	2.58	-0.91	0.02	0.02	0.12
7	BDES	120.1719	23.3806	-3.11	1.01	-26.35	0.04	0.05	0.29
8	BEGN	119.9746	26.2156	0.03	0.29	-0.78	0.03	0.03	0.14
9	BIMO	120.9674	22.5328	-31.07	9.02	-1.65	0.21	0.14	0.87
10	BKBL	120.0634	23.0814	-1.94	-0.83	-7.13	0.25	0.14	0.74
11	BLOW	121.5712	24.1718	-9	6.34	3.35	0.04	0.04	0.27
12	C001	120.6124	23.4179	-24.44	5.68	0.12	0.09	0.04	0.15
13	C002	120.5772	23.3617	-25.55	4.98	3.01	0.05	0.03	0.1
14	CAOT	120.6887	23.9794	-7.25	3.08	-6.42	0.02	0.01	0.07
15	CHGO	121.3745	23.0983	-52.71	45.14	-3.59	0.03	0.02	0.08
16	CHIA	120.4332	23.496	-9.71	3.23	-1.05	0.02	0.02	0.1
17	CHIE	120.3187	22.5872	-45.97	-21.66	-1.59	0.19	0.17	0.84
18	CHIH	121.2151	23.1249	-34.52	18.83	-8.67	0.07	0.05	0.14
19	CHIN	120.5822	24.271	-3.08	2.09	-4.67	0.04	0.03	0.16
20	CHKU	120.0928	23.0558	-2.6	-0.69	-5.36	0.03	0.02	0.12
21	CHNT	121.6619	24.1492	-10.34	2.14	-4.79	0.02	0.02	0.07
22	CHSG	120.2891	23.8603	-1.56	0.88	-5.34	0.02	0.01	0.11
23	CHUA	120.5573	24.0661	-1.93	1.17	-5.17	0.02	0.01	0.09
24	CHUN	121.3931	23.4529	-47.11	39.8	-9.22	0.04	0.03	0.11
25	CHYI	120.1402	23.4508	-0.49	-2.86	-32.85	0.02	0.02	0.13
26	CHYN	120.2908	23.3933	-5.31	1.49	-3.41	0.02	0.01	0.07
27	CIME	119.43	23.2046	-0.78	-0.13	-2.21	0.03	0.02	0.12
28	CISH	120.4812	22.8896	-53.73	-6.3	1.9	0.06	0.03	0.12
29	CLAN	121.512	24.6023	2.5	5.99	1.85	0.03	0.02	0.14
30	CLON	120.5796	22.4301	-57.07	-0.54	-17.93	0.03	0.02	0.2
31	CTOU	120.2778	22.7547	-40.12	-12.25	-0.92	0.02	0.02	0.1
32	CWEN	120.4528	23.473	-10.47	4.47	-2.79	0.02	0.02	0.06

33	DAHU	120.8718	24.4229	-6.19	1.96	-3.26	0.02	0.02	0.09
34	DAJN	120.865	22.3113	-44.34	14.32	-1.89	0.03	0.02	0.11
35	DALO	120.3978	22.5926	-46.59	-17.6	6.76	0.1	0.1	0.61
36	DANL	120.7519	22.2041	-48.09	6.46	4.39	0.1	0.08	0.57
37	DASU	120.4354	22.6879	-55	-10.06	-5.98	0.32	0.19	1.03
38	DAWU	120.89	22.3406	-44.04	15.6	-2.17	0.04	0.03	0.15
39	DJES	120.2168	22.9188	-19.33	-6.58	-2.31	0.31	0.21	0.95
40	DNAN	120.448	23.6738	-3.83	3.5	-12.62	0.01	0.01	0.11
41	DNFU	121.4823	23.6851	-37.55	26.49	-8.69	0.11	0.06	0.3
42	DONA	120.7035	22.9156	-54.86	1.49	4.7	0.03	0.02	0.1
43	DONY	120.4897	26.3677	0.01	0.14	-2.19	0.03	0.02	0.14
44	DOSH	120.8269	24.2627	-6.4	5.29	0.69	0.02	0.02	0.09
45	DPIN	120.9328	24.0431	-21.43	11.35	1.97	0.03	0.02	0.13
46	DSIN	121.398	23.6312	-30.61	21.66	-11.45	0.11	0.05	0.27
47	ERLN	120.4196	23.7976	0.08	0.96	-13.88	0.05	0.03	0.26
48	ERPN	121.1661	22.9422	-55.39	46.22	9.86	0.08	0.14	0.36
49	FALI	120.5936	22.3653	-56.45	0.78	-11.59	0.02	0.02	0.1
50	FB02	121.1982	24.1062	-20.3	12.17	11.09	0.17	0.12	0.72
51	FCWS	121.2498	24.8507	-0.47	4.42	-0.87	0.03	0.02	0.15
52	FENP	121.5194	23.5985	-47.85	45.71	-8.86	0.08	0.05	0.27
53	FKDO	120.8563	23.6836	-27.76	8.02	-3.53	0.32	0.16	1.19
54	FLNM	121.4534	23.7463	-27.88	22.82	-8.26	0.03	0.03	0.12
55	FLON	121.9375	25.0204	3.69	-1.29	-3.71	0.02	0.03	0.1
56	FNGU	120.7245	24.0352	-11.65	5.25	-4.12	0.02	0.01	0.06
57	FONB	121.5209	23.5982	-46.23	49.2	-16.37	0.65	0.09	0.47
58	FONG	120.3511	22.6278	-50.1	-19.98	-8.93	0.21	0.15	0.77
59	FUGN	121.1922	22.7908	-60.96	43.22	-1.16	0.07	0.04	0.13
60	FUNY	120.3202	23.9223	0.4	-0.21	-21.94	0.02	0.02	0.2
61	FUQE	120.8233	24.0112	-16.3	12.53	-2.66	0.06	0.08	0.37
62	FUSI	121.3529	24.8212	-2.24	5.91	-3.75	0.06	0.04	0.23
63	G811	120.4747	23.9612	0.94	2.11	-26.59	0.46	0.27	1.67
64	GAIS	120.5906	23.0803	-44.06	2.85	12.23	0.1	0.05	0.21
65	GFES	120.4025	23.7414	-4.24	-3.15	-39.78	0.05	0.04	0.21
66	GGDS	120.8381	23.8549	-25.76	11.6	6.9	0.18	0.12	0.65
67	GS01	121.5082	24.982	2.29	3.95	-1.37	0.05	0.03	0.16
68	GS03	121.0441	24.7766	-2.43	4.32	-2.47	0.07	0.02	0.14

69	GS05	120.5683	23.5672	-1422.52	1463.16	-320.12	18.19	18.5	5.39
70	GS06	120.5542	23.4656	-16.23	3.37	0.17	0.07	0.02	0.07
71	GS07	120.6548	23.4829	-20.22	5.28	3.45	0.02	0.02	0.08
72	GS08	121.5015	25.2037	0.4	2.8	-3.2	0.03	0.02	0.09
73	GS09	121.6519	25.2086	2.41	1.42	-2.12	0.03	0.01	0.08
74	GS10	121.4616	25.1462	-1.78	3.27	-8.02	0.04	0.02	0.14
75	GS11	121.4988	25.1336	-0.37	2.39	-4.57	0.03	0.02	0.08
76	GS12	121.3828	25.053	0.47	3.3	-2.47	0.03	0.01	0.07
77	GS13	121.4522	25.0201	-1077.86	1385.16	-13.97	13.21	16.35	0.15
78	GS14	120.9595	24.8032	-1.55	3.21	-3.22	0.08	0.01	0.16
79	GS15	120.9905	24.7666	-2.05	3.73	-1.58	0.08	0.01	0.16
80	GS16	121.0416	24.7479	-2.54	4.62	-1.67	0.02	0.01	0.09
81	GS17	120.6058	23.5612	-17.96	5.63	1.33	0.02	0.02	0.08
82	GS18	120.4738	23.485	-11.67	3.18	-2.16	0.02	0.01	0.07
83	GS20	121.9411	24.8427	12.24	-7.65	-21.34	0.05	0.04	0.17
84	GS21	120.5124	24.0973	-2.42	0.93	-4.12	0.02	0.01	0.08
85	GS22	120.6063	24.0909	-3.93	1.78	-5.44	0.02	0.02	0.09
86	GS23	120.6477	24.0946	-4.24	2.55	-2.93	0.03	0.02	0.15
87	GS24	120.5261	24.0252	-3.1	0.67	-7.6	0.02	0.01	0.1
88	GS25	120.6402	23.9865	-5.37	3.08	-3.82	0.02	0.02	0.1
89	GS26	120.646	23.8698	-5.69	2.4	-3.87	0.03	0.02	0.14
90	GS27	120.5779	23.8248	-5.31	2.55	-2.25	0.03	0.02	0.13
91	GS28	120.2144	23.081	-7.25	-0.23	-4.53	0.02	0.02	0.15
92	GS29	120.3158	23.0751	-11.96	-0.93	1.09	0.03	0.02	0.13
93	GS30	120.2263	23.0205	-12.59	0.43	0.26	0.04	0.02	0.17
94	GS31	120.2758	23.0189	-17.22	-0.97	-3.39	0.03	0.01	0.11
95	GS32	120.3371	23.0258	-21.1	-3.29	1.05	0.04	0.04	0.22
96	GS33	120.1878	22.9644	-11.7	-0.08	-3.56	0.02	0.02	0.12
97	GS34	120.2751	22.9392	-24.36	-0.96	2	0.03	0.01	0.12
98	GS35	120.3094	22.9355	-24.77	-1.9	1.57	0.02	0.02	0.13
99	GS36	120.6253	24.362	-2.69	1.49	-3.37	0.04	0.03	0.12
100	GS37	120.7154	24.3286	-2.89	3.42	-2.3	0.06	0.04	0.15
101	GS38	120.6006	24.2798	-2.75	1.18	-4.29	0.03	0.02	0.12
102	GS39	120.5296	24.1844	-2.22	1.16	-3.8	0.04	0.03	0.12
103	GS40	120.5763	24.1812	-2.8	1.89	-4.19	0.02	0.02	0.06
104	GS41	120.4449	23.3776	-11.9	3.08	-6	0.29	0.16	0.18

105	GS42	120.452	23.2732	-20.07	2.9	3.77	0.37	0.2	0.19
106	GS43	120.3736	23.2572	-10.26	1.89	-2.28	0.43	0.23	0.22
107	GS44	120.4004	23.2222	-17.32	1.65	6.21	0.04	0.02	0.1
108	GS51	120.5481	22.9985	-48.21	-3.28	4.54	0.05	0.03	0.15
109	GS52	120.6628	23.0323	-50.72	0.2	5.95	0.04	0.03	0.16
110	GS53	120.4064	22.8382	-41.12	-6.99	7.09	0.05	0.03	0.16
111	GS55	120.6103	22.8489	-56.94	-0.57	0.22	0.05	0.04	0.15
112	GS56	120.6098	22.7021	-57.12	0.61	-1.77	0.04	0.03	0.16
113	GS57	120.7729	22.1258	-47.25	7.84	0.36	0.1	0.07	0.38
114	GS58	120.847	22.1246	-42.95	14.38	-4.92	0.07	0.06	0.31
115	GS59	120.7124	22.0556	-49.28	0.61	-2.76	0.06	0.04	0.16
116	GS60	120.8178	22.0058	-42.57	13.12	-0.21	0.04	0.03	0.17
117	GS61	121.2087	24.6768	-2.69	7.78	-1.98	0.36	0.24	1.35
118	GS62	121.2506	24.7318	-1.88	7.08	-0.77	0.06	0.04	0.25
119	GS63	120.634	23.5425	-19.32	4.48	2.87	0.13	0.1	0.45
120	GS64	120.7199	23.4055	-31.48	4.53	3.88	0.15	0.04	0.55
121	GS66	120.7486	23.4542	-30.59	4.88	3.85	0.15	0.05	0.57
122	GS67	120.6832	23.338	-32.08	6.67	2.83	0.07	0.05	0.28
123	GS69	121.8291	24.6647	2.84	1.92	2.95	0.07	0.05	0.39
124	GS70	121.791	24.7963	5.43	-3.25	-9.76	0.08	0.06	0.38
125	GS71	121.7126	24.6669	15.68	-3.28	-8.03	0.2	0.08	0.44
126	GS72	121.8294	24.6644	20.03	-16.26	-8.81	0.07	0.06	0.27
127	GS73	120.353	22.9711	-41.85	-3.35	23.44	0.61	0.15	1.99
128	GS77	120.4053	22.7776	-56.53	-9.98	-1.07	0.15	0.13	0.49
129	GUK2	121.0069	24.203	-15.29	8.67	1.53	0.79	0.56	3.26
130	GUKN	120.5888	23.6459	-8.06	4.85	-2.14	0.02	0.02	0.07
131	HANS	121.6871	24.6095	19.71	-1.42	-0.99	0.02	0.02	0.09
132	HCHG	121.014	24.8273	-0.71	3.67	-1.34	0.2	0.12	0.74
133	HERI	121.5809	25.2944	0.64	1.79	-1.99	0.04	0.02	0.13
134	HL01	120.7741	24.6464	-2.41	2.58	-1.94	0.06	0.04	0.28
135	HLES	120.3478	23.6866	-2.09	2.61	-49.17	0.09	0.07	0.54
136	HLIU	120.9942	23.793	-34.95	14.93	4	0.04	0.03	0.16
137	HNES	120.4791	23.9484	-0.37	6.89	-29.21	0.14	0.1	0.61
138	HNSN	121.3081	24.3377	-6.93	11.94	4.85	0.02	0.02	0.08
139	HOKN	120.1349	23.1884	-2.14	-1.06	-6.79	0.03	0.02	0.12
140	HOPN	120.8949	24.1708	-17.86	7.58	-8.61	0.06	0.05	0.26

141	HSUE	121.0265	24.2806	-18.25	13.4	-6.71	0.05	0.03	0.12
142	HUAL	121.6135	23.9754	-25.73	14.4	-8.1	0.06	0.03	0.16
143	HUAN	121.2726	24.1435	-17.67	18.36	0.59	0.04	0.04	0.14
144	HUAP	121.7495	24.309	3.16	-12.38	-3.94	0.08	0.06	0.31
145	HUSI	119.6694	23.5664	-0.66	0.1	-1.63	0.05	0.02	0.11
146	HUWE	120.2866	23.7294	-1.78	1.87	-30.63	0.02	0.02	0.14
147	HUYS	121.0294	24.0923	-24.05	12.5	4.98	0.03	0.02	0.11
148	ICHU	120.2793	23.3607	-5.66	1.09	-10.04	0.01	0.01	0.07
149	ILAN	121.7566	24.764	6.88	-4.55	-9.63	0.04	0.03	0.16
150	JHCI	120.5474	23.5137	-14.26	4.35	-0.15	0.02	0.02	0.1
151	JHSN	120.5767	23.6153	-10.74	4.46	-1.79	0.04	0.03	0.17
152	JIBE	119.6134	23.7414	-1.05	-0.01	-2.85	0.03	0.02	0.13
153	JLUT	120.6228	22.33	-55.16	1.04	-0.01	0.02	0.02	0.1
154	JNSA	118.4218	24.5037	0.18	-0.12	0.04	0.03	0.02	0.09
155	JONP	120.524	23.423	-14.55	4.24	3.25	0.04	0.02	0.11
156	JPEI	121.3714	23.5316	-31.14	25.1	-11.84	0.03	0.03	0.12
157	JPIN	121.3589	23.3411	-42	46.73	5.27	0.03	0.03	0.14
158	JSUI	121.4239	23.492	-45.91	42.47	-3.46	0.04	0.03	0.11
159	JUCI	120.5542	23.5224	-14.67	4.56	-1.58	0.02	0.02	0.09
160	JULI	121.3182	23.3417	-31.44	24.43	-13.91	0.05	0.03	0.19
161	JWEN	120.4973	23.2197	-24.56	-2.81	10.39	0.34	0.19	1.02
162	JYAN	121.2263	24.2425	-9.82	18.61	0.61	0.02	0.04	0.09
163	JYGU	119.971	25.9597	-0.31	0.55	-1.15	0.03	0.03	0.13
164	KASH	120.2883	22.6145	-47.26	-23.57	-3.27	0.03	0.03	0.1
165	KASU	120.633	22.8102	-58.06	0.12	-0.26	0.06	0.05	0.2
166	KAWN	120.327	23.1712	-11.26	-1	5.09	0.19	0.13	0.65
167	KFN2	121.1168	23.9877	-28.13	10.44	-3.55	0.24	0.13	0.94
168	KMNM	118.3886	24.4638	30.74	-12.49	-1.13	0.02	0.02	0.16
169	KNKO	121.5057	23.4722	-47.91	49.54	-8.47	0.03	0.02	0.12
170	KSHI	121.176	24.7767	-2.15	5.19	-4.29	0.05	0.03	0.25
171	KTES	120.3343	23.6266	-3.45	4.12	-47.28	0.02	0.02	0.15
172	KUAN	121.1643	23.0497	-29.63	15.02	-8.55	0.08	0.03	0.17
173	KYIN	121.0804	25.0411	-1.41	2.15	-0.26	0.02	0.02	0.1
174	KZN1	120.698	23.9463	-7.29	2.83	-3.2	0.02	0.02	0.1
175	LAIG	120.7399	23.5294	-29.08	3.78	13.37	0.09	0.07	0.53
176	LANY	121.5581	22.0373	-69.76	48.26	-2.7	0.07	0.07	0.2

177	LEYU	118.2393	24.4407	-0.44	-0.85	-0.1	0.02	0.02	0.1
178	LIAN	120.3292	22.8833	-42.54	-12.79	9.7	0.56	0.25	0.78
179	LIKN	120.5279	22.7586	-57.22	-3.77	0.39	0.05	0.03	0.17
180	LNCH	120.4026	22.9946	-23.81	-6.47	12.32	0.02	0.01	0.08
181	LND2	121.9178	25.1003	6.06	-0.3	-2.36	0.31	0.24	1.37
182	LNJS	120.5922	23.7574	-4.61	2.26	-6.01	0.02	0.02	0.1
183	LNKO	121.3782	25.0764	1.45	3.62	-4.38	0.02	0.01	0.1
184	LONT	121.1306	22.9063	-38.38	18.28	1.75	0.04	0.06	0.09
185	LSAN	121.1822	24.0294	-24.18	10.74	4.1	0.03	0.03	0.11
186	LSBA	120.6342	24.1534	14.7	11.99	2.55	8.36	4.83	4.23
187	LTUN	121.7716	24.7	11.47	-5.62	-7.6	0.04	0.02	0.11
188	LUJA	120.3497	23.2257	-9.6	2.25	-1.9	0.06	0.04	0.14
189	LUKN	120.4351	24.06	-2.42	-0.05	-7.06	0.03	0.02	0.17
190	MAJA	120.6521	22.7076	-59.82	1.41	-1.96	0.04	0.03	0.14
191	MAYA	120.6967	23.2404	-38.35	4.24	4.03	0.55	0.36	1.8
192	MESN	120.8263	23.2636	-37.19	4.25	6.59	0.06	0.02	0.16
193	MFEN	121.1725	24.0822	-28.93	15.59	3.81	0.02	0.02	0.09
194	MIAO	120.8103	24.5835	-4.06	2.34	-3.16	0.02	0.01	0.07
195	MINS	120.7209	23.2754	-32.49	4.47	3.22	0.04	0.04	0.16
196	MLO1	120.5538	22.9	-53.47	-2.29	-1.37	0.06	0.03	0.18
197	MOTN	121.0269	23.2005	-33.99	7.31	3.89	0.04	0.02	0.1
198	MZUM	119.9332	26.1571	0.01	0.7	-1.36	0.01	0.02	0.06
199	NAAO	121.8102	24.4493	8.03	-17.02	-8.67	0.04	0.04	0.17
200	NANK	120.2744	23.102	-7.54	-0.62	-1.07	0.06	0.02	0.14
201	NAZI	120.3263	22.7282	-54.12	-15.3	8.75	0.15	0.11	0.55
202	NCKU	120.2758	22.9385	-24.4	-1.06	1.54	0.04	0.02	0.11
203	NDHU	121.5508	23.8972	-28.97	18.6	-8.65	0.05	0.04	0.14
204	NIUT	121.5616	24.6348	5.28	6.11	0.68	0.02	0.02	0.12
205	NJES	120.4403	23.397	-8.25	-2.98	-6.79	0.19	0.2	0.76
206	NJOU	120.5714	22.5039	-58.27	-0.53	-9.44	0.02	0.01	0.11
207	NSAN	121.3828	24.4282	-4.66	10.15	7.72	0.04	0.03	0.19
208	NSHE	120.8009	24.2258	-12.36	5.15	-0.04	0.03	0.03	0.14
209	NTUH	120.4276	23.733	-2.26	0.87	-35.1	0.13	0.09	0.62
210	PANG	119.5637	23.5652	-0.42	-0.41	0.03	0.02	0.02	0.14
211	PAOL	120.7029	23.1086	-42.34	2.38	12.06	0.06	0.03	0.15
212	PEI1	120.1686	23.2938	-5.41	-1.06	-21.92	0.1	0.05	0.63

213	PEPU	121.6103	24.0179	-18.25	10.01	-3.21	0.06	0.04	0.2
214	PING	121.4543	23.3195	-47.91	50.85	-2.71	0.04	0.02	0.1
215	PINT	120.6406	23.7561	-5.52	2.55	-6.57	0.02	0.01	0.06
216	PKGM	120.3055	23.5799	-1.77	2.99	-21.31	0.02	0.02	0.14
217	PLIN	121.714	24.9336	1.29	1.34	-1.13	0.04	0.03	0.16
218	PTUN	120.4597	22.6499	-57.04	-8.48	1.96	0.06	0.03	0.21
219	RENI	120.5086	23.4589	-13.91	3.61	-0.42	0.02	0.02	0.1
220	RFES	120.5956	23.1731	-32.71	3.05	7.59	0.48	0.41	1.66
221	S011	120.3395	23.2054	-9.08	2.27	-1.89	0.03	0.03	0.07
222	S012	120.4883	23.0595	-33.23	1.9	2.88	0.06	0.03	0.12
223	S016	120.8029	24.1795	-14.96	3.24	-2.41	0.03	0.02	0.07
224	S103	120.4752	23.5644	-7.04	3.83	-0.14	0.02	0.01	0.07
225	S104	121.1894	22.8208	-55.34	42.22	-0.94	0.03	0.02	0.12
226	S105	121.1129	22.9517	-31.41	11.55	-3.47	0.04	0.03	0.09
227	S106	120.3341	23.0508	-16.18	-3.47	0.5	0.03	0.02	0.07
228	S167	120.9341	23.9544	-24.45	11.64	2.6	0.03	0.02	0.11
229	S169	120.5033	22.9423	-50.32	-2.5	2.11	0.07	0.02	0.08
230	SAME	120.2995	22.6476	-43.06	-23.59	3.55	0.19	0.15	0.62
231	SAND	120.6406	22.7173	-58.71	1.47	0.4	0.04	0.04	0.13
232	SANJ	121.5009	25.2608	-0.23	1.6	-2.85	0.02	0.01	0.08
233	SANL	120.7686	23.6645	-24.45	11.49	0.89	0.03	0.03	0.12
234	SANW	120.4118	22.4795	-42.98	-19.07	-4.64	0.13	0.12	0.61
235	SCES	120.1247	23.3014	-4.01	-0.11	-13.69	0.22	0.14	0.88
236	SCHN	121.6516	24.1278	-13.46	3.22	-6.44	0.04	0.03	0.14
237	SFON	121.0102	24.9329	-0.61	1.82	-4.87	0.02	0.01	0.07
238	SGAN	120.3497	22.5813	-46.94	-19.31	-3.65	0.03	0.04	0.13
239	SGUN	120.6919	24.2716	-4.35	2.23	-5.56	0.03	0.02	0.13
240	SHAN	121.1995	23.1089	-28.19	17.75	-10.15	0.07	0.03	0.12
241	SHJU	120.922	24.8451	-1.18	2.67	-2.98	0.02	0.01	0.09
242	SHLU	120.5783	24.1445	-3.12	2.23	-10.9	0.31	0.21	1.46
243	SHMN	121.5622	25.2915	0.07	2.38	-2.8	0.03	0.02	0.1
244	SHUL	121.5627	23.7876	-28.34	31.2	-16.22	0.03	0.03	0.11
245	SHWA	120.3478	23.0214	-21.42	-3.37	1.12	0.05	0.03	0.16
246	SICH	121.6544	24.1257	-13.25	4.86	-5.41	0.06	0.04	0.19
247	SINL	121.2546	22.9083	-51.26	44.3	-1.01	0.02	0.02	0.08
248	SINY	120.8532	23.6965	-26.96	11.41	4.88	0.04	0.02	0.15

249	SJES	120.4982	23.8538	-4.54	-1.92	-26.75	0.1	0.06	0.42
250	SJPU	120.4813	23.4285	-10.85	2.39	-0.49	0.06	0.03	0.15
251	SLIN	121.4414	23.8119	-24.97	18.74	-2.95	0.08	0.06	0.21
252	SLNP	121.6356	24.7531	3.04	1.3	-2.88	0.03	0.02	0.1
253	SOFN	121.5982	23.8703	-26.3	29.52	-13.73	0.04	0.03	0.16
254	SPAO	121.4849	24.205	-8.45	9.35	9.87	0.03	0.02	0.11
255	SSUN	120.3778	23.4142	-9.29	2.1	-0.79	0.02	0.01	0.09
256	STA1	120.9793	24.6356	-2.28	5.19	-2.32	0.02	0.02	0.12
257	SUAN	120.2999	23.4776	-4.02	0.62	-5.56	0.02	0.01	0.1
258	SUAO	121.8671	24.5924	18.75	-24.55	-6.84	0.03	0.03	0.13
259	SUN1	120.9083	23.8812	-23.59	12.26	2	0.05	0.03	0.19
260	TACH	120.5351	24.2908	-1.77	1.48	-6.76	0.02	0.01	0.1
261	TAPE	121.2309	23.1256	-34.35	19.6	-12.91	0.05	0.02	0.11
262	TAPN	120.6069	23.5613	-18.62	4.98	0.67	0.03	0.02	0.1
263	TAPO	121.2374	23.1271	-46.06	44.13	9.75	0.02	0.04	0.11
264	TAPU	120.5854	23.2508	-29.19	7.59	6.66	0.05	0.04	0.13
265	TASI	120.1888	23.7203	0.94	0.19	-15.84	0.03	0.02	0.2
266	TASO	120.6951	24.4613	-4.62	1.24	-2.38	0.03	0.02	0.12
267	TATA	120.887	23.4814	-54.39	19.34	-8.09	0.09	0.05	0.18
268	TAYN	120.7642	23.1593	-39.16	5.27	8.45	0.05	0.04	0.14
269	TCYU	121.2308	24.9474	-0.75	2.85	-2.6	0.02	0.02	0.09
270	TEGS	120.655	24.3562	-2.12	1.25	-2.76	0.02	0.02	0.11
271	THAI	121.2956	24.6071	-1.74	10.12	0.21	0.02	0.02	0.09
272	TIAN	120.9407	24.465	-6.89	7.58	-4.09	0.04	0.04	0.25
273	TKJS	120.3898	23.688	-1.58	0.54	-58.81	0.05	0.04	0.41
274	TMAM	121.0075	22.6161	-34.51	10.09	-3.65	0.07	0.05	0.25
275	TOFN	120.9248	24.662	-3.4	3.84	-1.49	0.02	0.01	0.08
276	TSHI	121.6328	25.2569	1.11	1.82	-1.38	0.02	0.01	0.09
277	TSIO	120.7041	24.4728	-2.71	2.15	-2.11	0.03	0.02	0.1
278	TTSH	121.1476	22.7471	-44.19	12.58	-10.05	0.05	0.05	0.25
279	TUNH	121.3002	23.0752	-43.65	43.54	0.59	0.05	0.03	0.12
280	TUNM	121.4936	23.9652	-21.65	15.39	-1	0.04	0.03	0.18
281	TUNS	120.404	23.3172	-7.54	1.46	-3.96	0.08	0.04	0.22
282	TWVD	121.7998	25.1405	18.34	-0.39	-7.47	1.52	0.53	2.93
283	VR01	120.4982	24.1172	-2.32	1.24	-4.71	0.04	0.02	0.16
284	VR02	120.3735	23.8999	-2.73	0.97	-49.92	0.03	0.02	0.22

285	VR03	120.5817	23.8645	-3.19	1.83	-3.86	0.17	0.03	0.2
286	W021	120.5495	23.5357	-13.39	3.35	-1.63	0.03	0.02	0.09
287	W029	120.6643	23.5408	-20.4	3.89	1.14	0.02	0.02	0.08
288	WANS	120.8852	23.6075	-32.92	12.08	7.79	0.04	0.02	0.09
289	WARO	121.4409	23.812	-25.14	19.35	-6.97	0.12	0.05	0.18
290	WDAN	120.5043	22.6061	-53.74	-2.46	-4.81	0.03	0.02	0.12
291	WFEN	120.6995	24.0419	-7.61	3.48	-5.06	0.03	0.02	0.11
292	WHES	120.3477	22.9192	-21.64	-7.75	4.04	0.41	0.31	1.12
293	WIAN	119.4808	23.5675	-1.76	-0.07	-1.88	0.03	0.02	0.11
294	WUFN	120.6994	24.0428	-7.85	2.54	-4.67	0.01	0.01	0.06
295	WUKU	121.4007	25.1173	0.55	2.78	-3.78	0.02	0.01	0.09
296	WULI	121.3085	24.3523	-7.16	11.97	5.68	0.05	0.03	0.17
297	WULU	121.0415	23.1693	-33.78	12.05	6.28	0.05	0.03	0.18
298	WUST	120.3682	23.2052	-11.9	0.98	0.93	0.05	0.02	0.14
299	YAME	121.1853	24.9085	-0.74	4.05	0.05	0.02	0.01	0.09
300	YENL	121.6018	23.9035	-26.09	27.02	-11.02	0.03	0.03	0.08
301	YILN	121.7457	24.7461	9.25	-2.08	-9.78	0.06	0.05	0.16
302	YJLO	120.4668	23.1236	-31.74	3.04	3.93	0.24	0.17	0.88
303	YM02	121.5607	25.1484	2.19	2.06	-3.3	0.05	0.04	0.21
304	YM03	121.6049	25.1466	2.92	1.48	-3.46	0.05	0.03	0.2
305	YM05	121.5655	25.164	1.25	1.98	-3.71	0.06	0.05	0.21
306	YMSM	121.5741	25.1657	2.07	0.98	-0.62	0.03	0.02	0.1
307	YOKN	120.5542	23.6261	-7.82	4.9	-2.85	0.02	0.02	0.09
308	YSAN	120.086	23.1466	-1.2	-1.41	-7.29	0.07	0.02	0.09
309	YSSL	120.2223	23.7392	-2.24	-0.61	-27.03	0.03	0.02	0.16
310	YUL1	121.3002	23.3214	-36.07	21.13	-12.84	0.14	0.07	0.58
311	YUNL	120.7986	23.8839	-22.82	10.03	5.05	0.04	0.01	0.11
312	YUSN	120.9591	23.4873	-39.26	8.68	5.42	0.16	0.1	0.36
313	ZEND	120.2176	22.9433	-15.09	-1.2	3.04	0.06	0.04	0.24
314	CHUK	120.6047	23.4387	-18.35	1.12	7.88	0.27	0.23	1.39
315	GS78	120.4656	22.8478	-49.52	-3.48	3.08	0.53	0.29	1.59
316	GS79	120.2996	22.8958	-31.71	-5.07	6.58	0.65	0.3	1.86
317	GS80	120.0271	22.0308	-37.02	-7.43	1.6	0.68	0.3	2.22
318	GS81	120.3121	22.8148	-55.35	-1.06	-45.72	1.17	0.79	6.24
319	GS82	120.8355	24.3132	-7.45	1.27	-1.68	0.21	0.17	0.87
320	GS83	120.7424	23.9834	-13.54	7.18	-2.01	0.21	0.14	1.03

321	GS84	120.8581	23.8088	-26.7	10.5	6.34	0.24	0.18	1.44
322	GS85	120.7353	21.9694	-51.58	1.22	-3.26	0.31	0.19	1.26
323	GS86	121.1377	24.9197	-0.98	6.27	-5.32	0.47	0.37	2.48
324	GS87	121.0026	24.8126	-4.83	2.21	-5.76	0.55	0.35	2.15
325	GS88	120.348	23.0685	-15.15	10.4	19.68	0.82	0.72	4.07
326	GS89	120.3127	23.034	-41.64	0.56	17.94	1.26	0.63	3.81
327	KLAB	118.334	24.4505	-1.52	0.58	2.05	0.15	0.1	0.73
328	MDES	120.1999	23.6526	-2.67	4.58	-58.17	0.86	0.66	4.16
329	NIPU	121.4121	23.2433	-49.51	46.43	-2.86	0.24	0.18	1.24
330	PLA2	121.0864	24.5788	-5.31	9.5	-2.01	0.4	0.3	1.93
331	CHEN	121.3736	23.0974	-53.29	44.65	-2.26	0.04	0.03	0.12
332	CHUL	121.1257	23.1324	-32.7	14.95	-0.47	0.04	0.03	0.16
333	CKSV	120.22	22.9989	-13.7	-0.5	-1.07	0.03	0.02	0.14
334	CWBN	121.5139	25.0377	1.5	4.38	6.19	0.14	0.11	0.6
335	DCHU	121.2806	23.2132	-46.2	39.69	1.75	0.03	0.02	0.11
336	DULI	121.3306	23.0257	-49.3	45.46	1.25	0.05	0.04	0.16
337	FUSN	121.3315	24.799	-0.77	6.09	-1.25	0.02	0.01	0.09
338	GOLI	121.9874	25.0204	2.47	1.88	-0.5	0.02	0.02	0.11
339	GS45	120.7282	22.7491	-57.8	2.37	5.13	0.04	0.03	0.16
340	GS46	120.6495	22.5275	-57.74	1.7	0.17	0.04	0.03	0.2
341	GS74	120.4598	22.9392	-40.91	-4.93	0.58	0.22	0.12	0.63
342	GS75	120.4941	22.8856	-52.84	-3.93	-3.74	0.15	0.1	0.56
343	GS76	120.3707	22.8353	-38.86	-9.03	8.71	0.14	0.1	0.56
344	HCHM	120.9846	24.7925	-2.19	3.53	-3.92	0.04	0.03	0.18
345	HENC	120.7465	22.0039	-52.87	1.46	-7.45	0.04	0.03	0.14
346	HSIN	121.0143	24.8278	-1.6	2.85	-1.93	0.02	0.02	0.11
347	JNHU	118.4474	24.4171	-0.42	0	-1.08	0.1	0.05	0.25
348	JUNA	120.8754	24.684	-3.33	4.25	0.3	0.02	0.02	0.09
349	KDNM	120.782	21.9494	-46.72	9.36	1.37	0.03	0.03	0.13
350	LSB0	120.6342	24.1534	-4.85	1.7	-7.87	0.03	0.02	0.13
351	LUDA	121.4759	22.6581	-68.53	48.63	-0.42	0.04	0.02	0.16
352	MUDA	120.8372	22.1762	-48.17	12.02	7.18	0.96	0.6	4.33
353	PLIM	120.982	23.9739	-27.07	12.19	6.04	0.05	0.03	0.19
354	S01R	119.5924	23.6553	0.28	-2.52	-5.13	0.61	1.17	3.74
355	S23R	120.6062	22.645	-54.09	1.62	-1.88	0.05	0.03	0.19
356	SONA	120.9858	24.3978	-9.23	8.14	-0.77	0.03	0.02	0.17

357	TTUN	121.0807	22.7645	-42.84	9.24	-6.86	0.04	0.08	0.14
358	WIPN	121.0586	24.6746	-3.19	5.95	0	0.02	0.01	0.1
359	XIAN	120.5915	23.0814	-34.59	-2.36	-1.93	0.35	0.38	1.47

附件十三 工作總報告書審查委員意見及修正情形

審查委員	問題與意見	廠商修正辦理情形
鄭副主任彩堂	1. 請加英文摘要。	感謝委員之意見。已補充於英文摘要內。
	2. 結論與建議請分開敘述。	感謝委員之意見。已修正於第五章內容之中。
	3. 請預擬本案 107 及 108 年度規劃執行重要工作項目及預期達成目標，及配合國內約每十年檢討大地坐標基準機制，研擬可公布本案半動態基準研究成果之期程，以供本中心參考。另請評估若依目前研究累積變形移位量結果(至 2020 年)，倘未加入速度模型之地區，其是否仍可適用未來新修正坐標基準及其期間(如至 2030 前是否仍適用?)。	感謝委員之意見。已補充相關內容於第五章內容中。
史委員天元	1. 本計畫具有時代性價值與意義，國家坐標系統的概念在近三十年間已有相當大的演進。執行團隊工作內容面向多，內容豐富。	感謝委員之意見。我們將持續努力。
	2. 3.3 中內插模式之探討，在第 1 段明列兩項目標:(1)IGU、IGR、IGS 對位移解算之影響。(2)斷層錯位模型與內插法何者較佳?第 1 項結論為 IGU 與 IGS 一樣或許為個案，IGU、IGR、IGS 之差異，相關討論已多，若欲建立 IGU 可取代 IGS，可能需累積更多案例。第 2 項目標，在報告中似乎未有	感謝委員之意見。是的，我們將累積更多案例以獲得更具代表性的結果；第 2 項目標已於 105 年度的本案相關總報告書探討，其結論為採用斷層模型而非內插法，相關敘述請詳第 82、83 頁內容。

	明確探討過程，而直接採”內插”，建議增加相關描述。	
	3. P91:”本計畫以克立金(Kriging)... 建立包含時間因子內插網格速度模式”不易理解，建議以較多文字敘明。”地表速度模型”與”地表同震位移模型”是如何建構，又如何結合?	感謝委員之意見。已修正相關文字內容，並於第五章亦有補充說明。
高 委 員 書 屏	1. 報告書第 9 頁有關擴充基線解算(Bernese 5.2)自動化處理軟體，請說明是否有獲得原廠授權及 Source Code 才能修改?或是採附加程序的所謂自動化處理軟體?	感謝委員之意見。本案之軟體均有原廠授權以及 source code，並且本案設計之軟體主要為操作視窗頁面的自動化。
	2. 報告書第 58 頁的 GPS 資料計算分區圖之區分依據?另如 A、Z、M 區，Z 區僅 2 點而未與 A 或 M 合併之理由?	感謝委員之意見。已補充分區圖之區分依據，並補充內容於相關章節之中(55 頁)。
	3. 報告書第 79 頁及 80 頁之圖 3.21、3.22、3.23、3.24 中，英文 uncertainty in e, n, u，皆請配合中文圖名修正匹配，e->E, n->N, u->H?	感謝委員之意見。已完成修正於 72-81 頁。
	4. 另據圖 3.24 顯示高程坐標皆為上升約 30mm-70mm/yr，但根據他人研究已公布資料，2003-2010 年臺灣地層平均升降情形，花蓮-臺東有些地區是下陷的?與本報告成果不相一致，請釐清並說明之?	感謝委員之意見。其為連續站高程坐標的精度分析圖，精度分析無關於坐標值的上升或沉降，僅只表示量測值與實際值的接近程度，並以此計算各區整體平均精度及精度的離散程度。
	5. 報告第 123 頁圖 3.54，標示▲●-> 黑色與顯示圖紅色不相一致，請修正。	感謝委員之意見。圖例代表每年的速度變動量，累積 23 年後的總變量會以 color bar 表示，有些變動量在 20-40

		mm/yr 之站點，會在累積 23 年後變動量達到 color bar 紅色範圍，因此造成紅色區塊三角形及圓圈大小不一至的情況產生。
	6. 報告書第 125 頁表 3.9，根據表內花蓮縣及臺東縣，1997-2020 期間及 2010-2020 期間，以最大變動量來看，花蓮均為 8.615cm/yr，臺東均為 8.481 cm/yr，此點顯為不合理，請查明並請告知點位為何?	感謝委員之意見。已刪除原表 3.9，並已補充點位資料於附件十二。
韓 委 員 仁 毓	1. 參考文獻中太偏重地球科學與地表變形，但針對坐標系統方面之文獻較少，建議多加補充。	感謝委員之意見。本年度已補充非地球科學相關之文獻，下一階段將持續補充。
	2. 目前資料之自動化處理，是否有自動檢核機制？還是必須人工進行偵錯判斷？統計報表？	感謝委員之意見。資料之自動化處理均有檢核機制，並且輸出相關統計表格，詳軟體操作手冊內容。
	3. P11-P15 成果發表很不錯，是否有收集到相關的 feedback?	感謝委員之意見。本團隊將持續蒐集相關的回饋意見。
	4. P37:列出各國法規比較，但缺乏動態坐標基準之實現，各國在法規上如何將動態坐標的概念融入執行?	感謝委員之意見。已修正結論的相關內容，並補充於相關章節之中。(37、38 頁)
	5. P62:固定金門站是每日固定或固定於金門的 TWD97 坐標?請補充說明(P64 平移)?	感謝委員之意見。本案是固定金門站的公告坐標進行計算。金門站的平移值，尚待更多後續解算資料之蒐集以進一步評估。
	6. P71-P72:圖中某些點的精度特別差，理由為何?	感謝委員之意見。將釐清問題點位的情況於下一階段分析成果中呈現。
	7. P113:2 μ strain/yr，10 年 2 公分，請說明計算的基線長度依據?而最大值	感謝委員之意見。本案基線長度之計算以 1 km 為參考值。而確實在 5

	為 5 μ strain/yr，故 4 年就必須更新？	μ strain/yr 的地區，4 年後即會超過部分規範值而有更新的考慮。
侯 委 員 進 雄	1. GPS 連續站資料之計算分區如圖 3.3，為何做如此分區？請就其分區之背景作說明，並附圖。表 3.3 之分區統計似無必要。	感謝委員之意見。已修正結論的相關內容，並補充於相關章節之中。(55 頁)
	2. 從圖 3.6、3.8 (P64-P68) GPS 連續站之資料不連續，文中並未說明原因，建議補充說明。	感謝委員之意見。已修正結論的相關內容，並補充於相關章節之中。
	3. P31:圖 3.11 至圖 3.24，空間精度分布圖，圖說應加入時間起迄年度。	感謝委員之意見。已修正結論的相關內容，並補充於相關章節之中。(72-81 頁)
	4. P81:進行地表同震位移模式之建立分析，分別以 IGU、IGR、IGS 做解算，請問其目的何在？	感謝委員之意見。分別以 IGU、IGR、IGS 做解算，主要目的為探討運用不同獲得時間的星曆，其計算成果的一致性，以評估地表同震位移的提出時間性。
	5. P86 圖 3.25-3.26，請加註主震位置。	感謝委員之意見。已修正加註。
	6. 圖 3.31、圖 3.33 坐標差異異常，請解釋其原因，如非正常之差異，請剔除之。	感謝委員之意見。坐標差異異常點，尚有待釐清發生的原因，將待後續分析探討。
	7. P146:至 2020 年坐標變動量超過 6 公分，且以花東嘉屏的比例較高，建議補充可能的原因。	感謝委員之意見。由本案獲得的坐標估計成果，在花東嘉屏地區變動量超過 6 公分的點位確實較多，將持續分析探討。
白 簡 任 技 正	1. P8 第 2 行:歷年觀測成果約 850 站，P21 第 3 段第 2 行敘述的 800 站，建議若是隸屬同一站、點，請統一寫法。	感謝委員之意見。已修正。(21 頁)
	2. P55 最後 1 行文字，圖 3.3，在 P58	感謝委員之意見。已修正結論的相

敏 思	為該圖展現，請就如何分區之原則或分區標準之考量(若有)多做著墨。	關內容，並補充於相關章節之中。(55 頁)
	3. 圖 3.6 在 2015-2016 無資料之原因可否分析原因，另圖上顯示 2017 年度資料似與 2014-2015 年間差異很大的可能因素，請略敘可能原因？	感謝委員之意見。金門站的平移值，尚待更多後續解算資料之蒐集以進一步評估。
	4. P68:顯然是高雄港(KASH)，請於圖名加寫點名，而非僅寫英文代號。	感謝委員之意見。已修正。(69、70 頁)
	5. P115 圖 3.47 分布圖，中央山脈偏東缺控制點區域，就花東地區及竹苗地區顯示較大量，但白色區域是否無控制點之關係而無資料?建議略予說明，否則對 P43 3.6.1 之標題”臺灣地區地表應變速率分析”則顯然不完整，或有無提出建議事項？	感謝委員之意見。是的，此分布圖乃是以有資料點的有效範圍內進行作圖，因此在中央山脈地區，由於沒有資料，所以圖面上即以白色呈現。
王 課 長 敏 雄	1. 本計畫係延續 102 年-105 年計畫工作成果，規劃自 106 年至 108 年針對國內未來大地及高程基準的更新與維護策略，進行為期 3 年之相關延續行研究工作。為讓讀者能夠快速了解本計畫一系列的執行過程與歷年研究成果，建議於工作總報告書中增就歷年初步的研究成果及未來年度所規劃的研究重點工作，增列一個章(或節)進行時序及系統性的彙整，提高本報告書的易讀性。	感謝委員之意見。已補充相關內容於第五章內容中。

<p>2. 工作總報告書 P67-P69 有關第 3.2.1 節「GNSS 連續站時間序列分析」中，係引用圖 3.8 及圖 3.9 高雄港站(KASH)坐標時間序列擬合結果，惟文中並未具體描述呈現上述 2 個擬合成果所傳遞的訊息與意義，請補充說明。另圖 3.8 及 P64 圖 3.6 有關金門站(KMNM)坐標時間序列分析結果圖中，其在 2016-2018 年期間之 N,E 及 U 方向均有即大的 GAP 產生，其發生原因為何?併請說明。</p>	<p>感謝委員之意見。已修正相關內容，並補充於相關章節之中。 (69、70 頁)</p>
<p>3. 工作報告書 P69-P80 有關第 3.2.2 節針對「臺灣地區 GNSS 連續站坐標精度」中，初步提出臺灣在西南部地區及東部地區之坐標精度看起來較差，而其中西南部地區與全臺灣整體精度相近，且精度離散程度較低；東部地區的整體平均精度則低於全臺灣整體精度，此結論隱含了那些潛在的訊息與意義?另外，其他地區之精度又如何?以上這些資訊對未來的研究工作造成了哪些影響?</p>	<p>感謝委員之意見。資料精度可協助理解臺灣地區不同地區之位移解析能力，東部地區的整體平均精度低於全臺灣整體精度，則未來東部地區在適用變形模型時，整體應用精度較低，較容易超過法規規範值，也是未來在測站更新上，需要首先檢視之區域。</p>
<p>4. 工作報告書 P116 第 2 段文字針對基本控制點的檢測順序，建議「高應變速率地區，需要有較多的基本控制點，以獲得更精確之應變速率空間分布」，此段文字可理解；但建議「低地表速率場地區，需要較高之測量頻率以提升速度</p>	<p>感謝委員之意見。端視坐標成果可以獲得的地表速度解析精度而定，若地表位移量大於儀器坐標量測成果的解析度，即高地表變動速度的地區，則低頻率觀測即可得到確切的結果；然而在低地表速率，則須累積較長的時間始能探測得</p>

	<p>值的可信度」，此段文字之理由為何?且高應變速率地區難道不用較高之測量頻率嗎?(邏輯問題)</p>	<p>地表位移量，如此，可以藉由高頻率的觀測，透過統計的方法以獲得可靠的結果。</p>
	<p>5. 工作報告書 P121 表 3.8 「控制測量之臺灣行政區坐標系統選擇建議」，係貴團隊針對全國各縣市辦理控制測量時，可依地區適(採)用 TWD97[1997]或 TWD97[2010]或須搭配速度場模型所提供之建議，惟就未來實務應用上應如何操作?又對於未來國內地籍測量成果管理上，是否可預期會造成那些層面之影響?</p>	<p>感謝委員之意見。目前應用臺灣地表應變速率，判斷各行政區至某一年度的適用情形，瞭解現行坐標系統是否需要進行更新維護，以此檢視臺灣地區坐標系統是否需要頻繁更新，以符合精度需求，各行政區仍以現有之坐標系統做應用之選擇，因此並未有實務上應用操作之問題。</p>
	<p>6. 工作報告書 P125 表 3.9 臺灣各縣市行政區坐標變動量統計結果表中，其中「台南市」最大的變動量高達 90.99cm，且疑似僅此 1 處點位有如此大的變動量，而該行政區範圍內之平均變動量僅為 16.03cm，是否會令人合理懷疑該點位在坐標估算上是否有誤，【嘉義縣也似有類似問題】，請查處說明。</p>	<p>感謝委員之意見。後續會再針對較大變動量的站點進行檢視，但各行政區沿海變動量普遍較低，但靠近中央山脈之區域變動量較高，在坐標變動量上沿海與山區差異較大，且沿海測站數較多，因此會造成最大變動量與平均變動量有所差異。</p>
<p>工作小組審查意</p>	<p>1. 第二章文獻回顧 (1) 請依國家區分小節，另標出 106 年度不同部分。至加拿大、韓國是否本年度新增?請補充說明。 (2) P31 表 2.1:加拿大、澳洲及韓國建置震間變形模型採用 GPS 連續站及移動站推估，</p>	<p>感謝委員之意見。已修正文字敘述於相關章節之中。</p>

見	<p>其他國家未述明之理由為何? (3) P50:國家高程基準建置與維護之概念，參考美國、紐西蘭及中國等國家，請補充相關文獻資料。</p>	
	<p>2. P56 表 3.2:106 年度僅列出計算站數為 359 站，與 105 年度計算 437 站數有明顯差異，請說明其中差異原因及其站名列表。</p>	<p>感謝委員之意見。已修正結論的相關內容，並補充於相關章節之中。 (61 頁)</p>
	<p>3. P61:品質管制中所述，品質不佳、異動或計算成果異常將予以剔除，請補充是 BERNESE 分區該日全數剔除，或分析刪除不良觀測站後，該分區再重新計算?。</p>	<p>感謝委員之意見。已修正結論的相關內容，並補充於相關章節之中。 (62 頁)</p>
	<p>4. P64 圖 3.6:金門時間序列分析圖中，資料於 2014 至 2017 年間有中斷現象，其原因為何?是否影響解算成果?請補充說明。</p>	<p>感謝委員之意見。已修正結論的相關內容，並補充於相關章節之中。 (66 頁)</p>
	<p>5. P67:計算過程會解算各測站分量之係數，是否提供相關數據? 是否有明顯改變?是否與地震相關?請補充說明。</p>	<p>感謝委員之意見。新增內容於附件十一、十二</p>
	<p>6. P69:成果精度本處應只是數據呈現，分析成果之精度，與歷年結果比較是否有明顯改善?請補充說明。另取 3 倍標準差分析之立論基礎及相關應用，應改列後續章節採用。</p>	<p>感謝委員之意見。今年度的計算成果與歷年結果之精度趨於一致。而 3 倍標準差之意為誤差的最大可能量，相對於統計測試為 99.7 % 的門檻，其意為最保守的精度評估邊界之意。</p>
	<p>7. P71:GNSS 連續站 E 及 N 分量精度空間分布不甚相同，是否能提出原因說明?</p>	<p>感謝委員之意見。影響連續站坐標精度在空間中分佈不均的原因可能相當多，這需要另外的研究工作來探討這個問題。在本計畫中，坐</p>

		標精度的分析工作，是為了後續進行變形模式更新時機所執行的工作。亦即當坐標變化不再能被既有之變形模式所預測，且坐標變化量超過連續站的精度時，就是變形模式需要進行更新的時機點。
8. P71~74,圖 3.11~3.14 臺灣地區 GNSS 連續站精度空間分布圖,圖形中橫軸為 uncertainty,文中卻未敘明 uncertainty 如何計算?請補充說明。		感謝委員之意見。本案之 uncertainty 即為標準差，其計算公式如一般統計學的計算式。
9. P81:採用不同星曆對成果之影響，前已於 105 年度工作總報告中提出相關分析，列於此處是否針對內插模式探討時再予以細分其差異，對於高精度變位模式採用不同星曆是否合適?請補充說明。		感謝委員之意見。本案僅先就不同星曆的成果進行比較，下一階段將持續探討不同星曆成果的客觀差異。
10. P83:臺灣地區 GNSS 連續站水平及垂直位移解析力與國際研究成果有明顯差異，本計畫歷年分析成果是否已有改善?可採用精進之策略為何?請補充說明。		感謝委員之意見。目前正持續分析此項坐標成果的解析力，尚未有具體的佐證資訊，將持續探討分析
11. P114 圖 3.46:請補充圖示之圖例及中文說明。		感謝委員之意見。已修正相關內容，並補充於相關章節之中(114 頁)。
12. P115 圖 3.47:請補充圖示之中文說明。		感謝委員之意見。已修正相關內容，並補充於相關章節之中。(117 頁)
13. P116:高密度的原則?是否由現有未納入 6 小時觀測之基本控制點		感謝委員之意見。目前尚未納入基本控制點成果。未來將評估納入的

加入? 範圍及數量?	時機、範圍與數量。
14. P125 表 3.9 之測站數目與表 3.6 表示方式請採用相同方式，俾利分析比較。	感謝委員之意見。已修正於相關內容之中(124-127 頁)。
15. P140:請依本中心提供資料，補充測試結果。	感謝委員之意見。如繳交的成果內容，並待進一步整理釐清問題所在。
16. 分析內容中，多採用地質調查所移動站，本中心基本控制點引入時機為何? 成果分析時採用及未採用之原因為何?請補充說明。	感謝委員之意見。目前尚未納入基本控制點成果，待釐清歷年的相關果果後，將評估納入的時機、範圍與數量。
<p>17. 文字修正</p> <p>(1) GPS、GNSS 移動站等相關名詞，除因時間性及文件特殊性外，請統一表示方式。</p> <p>(2) 各機關全名及其簡稱請一致化，如經濟部中央地質調查所(以下簡稱地質調查所)。</p> <p>(3) P10 工作內容簡述之記實及相關資料，請改列附件或另以專章(節)說明。</p>	感謝委員之意見。已修正相關內容，工作內容簡述之記實及相關資料並補充於相關章節之中(1.3 節)