

100-49-7534

MOTC-IOT-99-H1DB008

全球衛星定位與自動化監測系統 在坡地防災之應用(4/4)



交通部運輸研究所

中華民國 100 年 4 月

100-49-7534

MOTC-IOT-99-H1DB008

全球衛星定位與自動化監測系統 在坡地防災之應用(4/4)

著 者：謝明志、饒 正、林雅雯、洪本善
李秉乾、方耀民、蔡明璋

交通部運輸研究所

中華民國 100 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(4/4)

/謝明志等著.--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，

民 100.04

面 ； 公分

ISBN 978-986-02-7453-0 (平裝)

1. 防災工程 2. 山坡地 3. 衛星觀測

445.5

100005097

全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(4/4)

著 者：謝明志、饒正、林雅雯、洪本善、李秉乾、方耀民、蔡明璋

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 100 年 4 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站

定 價：200 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010000582

ISBN：978-986-02-7453-0 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用
(4/4)

交通部運輸研究所

GPN: 1010000582

定價 200 元

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(4/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-02-7453-0 (平裝)	政府出版品統一編號 1010000582	運輸研究所出版品編號 100-49-7534	計畫編號 99-H1DB008
主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：謝明志 研究人員：饒正、林雅雯 聯絡電話：04-26587118 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：逢甲大學 計畫主持人：洪本善 協同主持人：李秉乾 研究人員：方耀民、蔡明璋 地址：407 臺中市西屯區文華路 100 號 聯絡電話：04-24516669		研究期間 自 99 年 02 月 至 99 年 12 月
關鍵詞：多天線全球衛星定位系統、邊坡災害、監測系統			
摘要： 全球衛星定位系統（GPS）係以衛星為基礎的無線電定位系統，藉由地球軌道上之定位衛星，可提供全球具接收裝備之使用者極精確之三維定位、速度及時間資料。該系統不受天氣影響，並可提供全球統一之經緯度參考資料。前期計畫於阿里山公路 45K 第六彎處安裝先進的量測儀器和高效率傳輸系統組成之監測系統。對此邊坡路段進行降雨前、後之資料調查，同時蒐集調查期間的雨量記錄及過去的崩塌資料進行分析，以瞭解阿里山公路邊坡受震後的災害狀況與崩壞特性。 本計畫持續監測第六彎地滑現象，同時增設備援電力系統，在颱風豪雨期間提供不中斷之電力來源，持續接收傳輸觀測資料。另一方面，結合光纖計畫監測資料，以建立地表位移與地下滑動位移間之關係，並加以運算分析研判，構成完整之監測網絡，進一步研擬後續發展規劃方向，提供後續研究之參考。本計畫透過觀測設備及各項預警機制之建立，期能有效掌握地滑狀況，預先進行防範，達成國土保安及降低邊坡災損之計畫目標。 本計畫採用之一機多天線 GPS 系統自動化監測系統可大幅降低國內以一天線對應一主機之 GPS 儀器經費，並可瞭解坡地地滑位移速度及趨勢，提供公路總局第五區養護工程處瞭解坡地狀況，透過現場觀測監測可增加災前準備時間，防範災害發生。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
100 年 4 月	234	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 （解密條件：☐ 年 月 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密，☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密） ☒普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Application of Slopeland Calamity Mitigation by Using GPS Measurement and Automated Monitoring System (4/4)			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-02-7453-0 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010000582	IOT SERIAL NUMBER 100-49-7534	PROJECT NUMBER 99-H1DB008
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ming-Chih Hsieh PROJECT STAFF: Jao Cheng, Ya-Wen Lin PHONE: 04-26587118 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM February 2010 TO December 2010
RESEARCH AGENCY: Feng Chia University PRINCIPAL INVESTIGATOR: P. S. Hung PROJECT STAFF B..J. Lee. ADDRESS: 100, Wen-Hwa Rd., Taichung 407, Taiwan R.O.C PHONE: 886-4-24516669			
KEY WORDS: Multi-antenna GPS, Slopeland Calamity, Monitoring System.			
ABSTRACT: As an advanced navigation and measurement technology, GPS has been over the past two decades extensively applied to many fields and disciplines. One of the prominent applications of GPS is the precise monitoring of deformations of landslides. A multi-antenna GPS system has been developed and tested by the research team aiming at significantly reducing the cost of GPS when used for monitoring deformations of objects such as slopes. The system uses special hardware and software components to allow one GPS receiver to be connected to a number of GPS antennas. One set of such equipment can therefore be used to monitor a number of points. The advance instruments and automated monitoring system were installed at 45Km mark along Mt. Ali Highway in 2008. Then the before and after of rainfall values are collected and the landslide section data is investigate. We integrate the automatic monitoring and return systems, and finish the connection testing and demonstrating. We will process the analysis and judgment of the inspection data, and to draw up the management value. This project keeps monitoring the sixth bend on landslide, while aid equipment and power systems get more. Heavy rains caused by the typhoon don't stop providing uninterrupted power source to receive the observation data. On the other hand, optical monitoring data is combined to build underground slide surface displacement and the relationship between displacements. Data is judged to be operational analysis and we constitute the integrity of monitoring network and further develop the direction of the follow-up development planning to provide follow-up study in Taiwan. These projects ensure effective control in slippery conditions, advance prevention, homeland security and reduced slope to disaster damage of the projected target through observation equipment and the establishment of early warning mechanisms.			
DATE OF PUBLICATION April 2010	NUMBER OF PAGES 234	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

全球衛星定位與自動化監測系統在坡地 防災之應用(4/4)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
表目錄	VII
圖目錄	IX
第一章 緒論	1-1
1.1 計畫緣起與目的	1-1
1.2 研究範圍	1-2
1.3 計畫工作流程	1-3
1.4 國內外相關研究	1-4
第二章 研究背景概述	2-1
2.1 五彎仔自動化監測現況	2-1
2.2 全球衛星定位現況	2-3
2.3 緊急通報系統與防災應變系統開發成果	2-6
第三章 道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護	3-1
3.1 觀測設備位置調整	3-1
3.2 設備保養維護及管理	3-6
3.3 增設備援電力	3-12
第四章 利用參考站提升 GPS 量測精度	4-1

4.1 一機多天線系統概述.....	4-1
4.2 一機多天線硬體構成.....	4-3
4.3 資料處理和分析演算法和軟體.....	4-4
4.4 利用基準站修正精度.....	4-7
第五章 全球衛星定位系統監測結果與相關單位成果比對與分析	5-1
5.1 全球衛星定位監測系統測試.....	5-1
5.2 第四彎 GPS 位移量監測與分析	5-11
5.3 第六彎 GPS 位移量監測與分析	5-25
5.4 現地全球定位系統靜態監測.....	5-63
5.5 整合現有當地各單位監測儀器數據.....	5-80
第六章 全期計畫研究整合分析及後續發展規劃研擬.....	6-1
6.1 綜合分析研判.....	6-1
6.2 未來可行之研究方向與監測系統架構提升之建議.....	6-6
第七章 提出全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災應用之監測 準則	7-1
7.1 GPS 監測系統特色	7-1
7.2 GPS 定位原理.....	7-1
7.3 GPS 方法與傳統測量比較	7-4
第八章 工作執行進度說明.....	8-1
8.1 工作進度規劃.....	8-1
8.2 工作進度甘特圖	8-2
第九章 結論與建議.....	9-1
9.1 結論	9-1

9.2 建議	9-2
參考文獻	參-1
附錄一 期中報告審查意見處理情形表	附錄 1-1
附錄二 期末報告審查意見處理情形表	附錄 2-1
附錄三 歷次維護記錄表	附錄 3-1
附錄四 期末報告簡報資料	附錄 4-1

表 目 錄

表 1-1 梨山地區各自動監測站儀器配置表	1-9
表 1-2 位移速率與邊坡穩定性判斷建議表	1-14
表 1-3 地層滑動監測管理基準	1-14
表 1-4 各項監測儀器管理值	1-15
表 3-1 維護/檢查紀錄表	3-11
表 4-1 每兩星期基站平均坐標	4-8
表 5-1 靜態多天線 GPS 初始值坐標	5-2
表 5-2 雷射經緯儀量測坐標與多天線 GPS 結果比較	5-3
表 5-3 雷射經緯儀量測天線坐標	5-8
表 5-4 GPS 與經緯儀比對測試成果表	5-11
表 5-5 2007~2008 年颱風於阿里山地區帶來之降雨量統計表	5-19
表 5-6 2007 年 9 月至 2008 年 9 月之每月降雨量	5-20
表 5-7 多天線 GPS 量測數據	5-25
表 5-8 多天線 GPS 量測位移量 (2010/5/26~2009/10/21)	5-36
表 5-9 2010 年 9 月 16 日~2010 年 9 月 20 日凡那比颱風期間的動態即時監測相對位移結果	5-48
表 5-10 基站每月靜態測量坐標(m).....	5-66
表 5-11 2009 年 6 月 1 日至 6 月 6 日新基站的坐標(m).....	5-68
表 5-12 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 N 坐標(m)	5-69
表 5-13 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 N 坐標(m)	5-69
表 5-14 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 N 坐標(m)	5-69

表 5-15 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 E 坐標(m).....	5-69
表 5-16 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 E 坐標(m).....	5-69
表 5-17 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 E 坐標(m).....	5-70
表 5-18 靜態測量 2009 年及 2010 年各測站點位之 N 坐標(m)	5-70
表 5-19 靜態測量 2009 年及 2010 年各測站點位之 N 坐標(m)	5-70
表 5-20 靜態測量 2009 年及 2010 年各測站點位之 E 坐標(m).....	5-70
表 5-21 靜態測量 2009 年及 2010 年各測站點位之 E 坐標(m).....	5-70
表 5-22 舊 S2-3 點位 N、E 坐標(m).....	5-71
表 5-23 新 S2-3 點位 N、E 坐標(m).....	5-71
表 5-24 重新佈設 S2-3 點位 N、E 坐標(m).....	5-71
表 6-1 降雨強度與位移速率關係表	6-3
表 6-2 雨量管理準則.....	6-4
表 6-3 颱風期間位移模擬表	6-6
表 6-3 颱風期間位移模擬表	6-6
表 6-4 觀測儀器數量及說明	6-7
表 7-1 GPS 測量與傳統測量比較表.....	7-4

圖 目 錄

圖 1.1 阿里山公路五彎仔段.....	1-2
圖 1.2 計畫工作流程圖.....	1-3
圖 1.3 日本長野市地附山相關位置示意圖.....	1-5
圖 1.4 湯谷小區受損照片.....	1-5
圖 1.5 松壽莊受損照片.....	1-5
圖 1.6 整治工程配置示意圖.....	1-7
圖 1.7 整治工程前（1985/7/27）.....	1-7
圖 1.8 整治工程後（1988/4/23）.....	1-7
圖 1.9 GPS 監測儀器配置圖.....	1-8
圖 1.10 GPS 架設照片.....	1-8
圖 1.11 梨山地區各自動監測站分布位置圖.....	1-10
圖 2.1 原第 4 彎現地 GPS 天線儀器配置圖.....	2-1
圖 2.2 第 6 彎現地 GPS 天線儀器配置圖.....	2-2
圖 2.3 GPS 衛星.....	2-4
圖 2.4 系統主畫面開發成果.....	2-6
圖 2.5 GPS 展示開發成果.....	2-7
圖 2.6 靜態測量展示開發成果.....	2-8
圖 2.7 鄰近氣象局雨量站雨量資訊展示.....	2-9
圖 2.8 雨量組體圖展示畫面.....	2-9
圖 3.1 GPS8 基座崩塌.....	3-1
圖 3.2 GPS8 天線損毀.....	3-2

圖 3.3 GPS 監測區災前護坡工程	3-2
圖 3.4 GPS 監測區災後崩塌	3-3
圖 3.5 自立桿設計圖範例	3-4
圖 3.6 自立桿架設示意圖	3-4
圖 3.7 GPS 天線架設位置調整規劃圖	3-5
圖 3.8 GPS 位置調整作業成果圖	3-6
圖 3.9 觀測站資料接收報告表	3-9
圖 3.10 現勘段電力供應流程	3-12
圖 3.11 備源電力系統架構	3-13
圖 3.12 發電機房側視圖	3-14
圖 3.13 發電機房立體示意圖	3-15
圖 3.14 發電機房施工照片	3-16
圖 3.15 發電機房完工照片	3-16
圖 3.16 電源自動切換器(ATS)	3-17
圖 3.17 不斷電系統	3-18
圖 3.18 柴油發電機	3-19
圖 3.19 蓄電池組建置成果	3-20
圖 4.1 GPS 一機多天線開關 (GMS) 的設計	4-2
圖 4.2 新一代一機多天線系統的差分定位構造	4-3
圖 4.3 GPS 接收機、GMS 和資料通訊系統	4-4
圖 4.4 一機多天線硬體環境架構	4-4
圖 4.5 系統軟體的主功能表	4-5
圖 4.6 資料處理與管理軟體的結構	4-5

圖 4.7 一些系統參數的設置	4-6
圖 4.8 顯示系統操作狀態的螢幕	4-6
圖 4.9 監測點的位移顯示	4-7
圖 4.10 國土測繪中心衛星觀測資料服務申請介面	4-8
圖 5.1 多天線 GPS 試驗設備	5-1
圖 5.2 多天線 GPS 試驗配置圖	5-2
圖 5.3 靜態多天線 GPS 初始值量測結果	5-5
圖 5.4 雷射經緯儀量測與多天線 GPS 初始值量測結果比較	5-6
圖 5.5 修改後雷射經緯儀量測結果	5-7
圖 5.6 修改後多天線 GPS 位置配置圖	5-8
圖 5.7 多天線 GPS 移動測試點	5-9
圖 5.8 八個多天線 GPS 測試位置圖	5-10
圖 5.9 天線一之 N、E、H 坐標	5-12
圖 5.10 天線二之 N、E、H 坐標	5-13
圖 5.11 天線三之 N、E、H 坐標	5-14
圖 5.12 天線四之 N、E、H 坐標	5-15
圖 5.13 天線五之 N、E、H 坐標	5-16
圖 5.14 天線六之 N、E、H 坐標	5-17
圖 5.15 天線七之 N、E、H 坐標	5-18
圖 5.16 天線八之 N、E、H 坐標	5-19
圖 5.17 四根天線之 E 坐標滑動速度與雨量分析(2007/10/19~2008/2/14)	5-21
圖 5.18 天線一之 E 坐標滑動速度與雨量分析(2007/10/19~2008/2/14)...	

.....	5-22
圖 5.19 天線二之 E 坐標滑動速度與雨量分析(2007/10/19~2008/2/14)...	5-22
.....	5-23
圖 5.20 天線三之 E 坐標滑動速度與雨量分析(2007/10/19~2008/2/14)...	5-23
.....	5-23
圖 5.21 天線四之 E 坐標滑動速度與雨量分析(2007/10/19~2008/2/14)...	5-23
.....	5-23
圖 5.22 天線一之 E 坐標滑動速度擬合	5-24
圖 5.23 天線二之 E 坐標滑動速度擬合	5-24
圖 5.24 天線三之 E 坐標滑動速度擬合	5-24
圖 5.25 天線四之 E 坐標滑動速度擬合	5-24
圖 5.26 天線位置圖	5-25
圖 5.27 一號天線監測成果	5-26
圖 5.28 二號天線監測成果	5-27
圖 5.29 三號天線監測成果	5-28
圖 5.30 四號天線監測成果	5-29
圖 5.31 五號天線監測成果	5-30
圖 5.32 六號天線監測成果	5-31
圖 5.33 七號天線監測成果	5-32
圖 5.34 臺 18 線第六彎 GPS1 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)	5-33
圖 5.35 臺 18 線第六彎 GPS2 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)	5-33
圖 5.36 臺 18 線第六彎 GPS3 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)	5-34
圖 5.37 臺 18 線第六彎 GPS4 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)	5-34

圖 5.38 臺 18 線第六彎 GPS5 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2).....	5-35
圖 5.39 臺 18 線第六彎 GPS6 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2).....	5-35
圖 5.40 臺 18 線第六彎 GPS7 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2).....	5-36
圖 5.41 一號天線監測成果(2009/5/26~2009/10/21)	5-37
圖 5.42 二號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-38
圖 5.43 三號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-39
圖 5.44 四號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-40
圖 5.45 五號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-41
圖 5.46 六號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-42
圖 5.47 七號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-43
圖 5.48 八號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-44
圖 5.49 臺 18 線第六彎 GPS 測點相對位置圖	5-45
圖 5.50 臺 18 線第六彎 GPS1 測點位移方向圖	5-45
圖 5.51 臺 18 線第六彎 GPS2 測點位移方向圖	5-46
圖 5.52 臺 18 線第六彎 GPS3 測點位移方向圖	5-46
圖 5.53 臺 18 線第六彎 GPS4 測點位移方向圖	5-46
圖 5.54 臺 18 線第六彎 GPS5 測點位移方向圖	5-47
圖 5.55 臺 18 線第六彎 GPS6 測點位移方向圖	5-47
圖 5.56 臺 18 線第六彎 GPS8 測點位移方向圖	5-47
圖 5.57 凡那比颱風 GPS1 位移量(2010/9/19-9/20).....	5-49
圖 5.58 凡那比颱風 GPS2 位移量(2010/9/19-9/20).....	5-50
圖 5.59 凡那比颱風 GPS3 位移量(2010/9/19-9/20).....	5-51
圖 5.60 凡那比颱風 GPS4 位移量(2010/9/19-9/20).....	5-52

圖 5.61 凡那比颱風 GPS5 位移量(2010/9/19-9/20).....	5-53
圖 5.62 凡那比颱風 GPS6 位移量(2010/9/19-9/20).....	5-54
圖 5.63 凡那比颱風 GPS7 位移量(2010/9/19-9/20).....	5-55
圖 5.64 凡那比颱風 GPS1 位移量速度(2010/9/19-9/20).....	5-56
圖 5.65 凡那比颱風 GPS2 位移量速度(2010/9/19-9/20).....	5-57
圖 5.66 凡那比颱風 GPS3 位移量速度(2010/9/19-9/20).....	5-58
圖 5.67 凡那比颱風 GPS4 位移量速度(2010/9/19-9/20).....	5-59
圖 5.68 凡那比颱風 GPS5 位移量速度(2010/9/19-9/20).....	5-60
圖 5.69 凡那比颱風 GPS6 位移量速度(2010/9/19-9/20).....	5-61
圖 5.70 凡那比颱風 GPS7 位移量速度(2010/9/19-9/20).....	5-62
圖 5.71 臺 18 線第六彎 GPS 測點相對位置圖	5-63
圖 5.72 第二彎靜態測量位置標示	5-64
圖 5.73 第四彎靜態測量位置標示	5-64
圖 5.74 第六彎靜態測量位置標示	5-65
圖 5.75 每月基站之坐標	5-66
圖 5.76 2008 年測站點位	5-67
圖 5.77 2009 年及 2010 年測站點位	5-68
圖 5.78 S4-3(原測站七)坐標趨勢圖	5-72
圖 5.79 S6-1(原測站一)坐標趨勢圖	5-72
圖 5.80 S6-2(原測站二)坐標趨勢圖	5-72
圖 5.81 S4-1(原測站六-1)坐標趨勢圖	5-73
圖 5.82 S6-3 坐標趨勢圖	5-73
圖 5.83 S4-2 坐標趨勢圖	5-73

圖 5.84 S2-1 坐標趨勢圖	5-74
圖 5.85 S2-2 坐標趨勢圖	5-74
圖 5.86 S2-3 坐標趨勢圖	5-74
圖 5.87 S4-3(原測站七) 點位外業記錄照片	5-75
圖 5.88 S4-2 點位外業記錄照片	5-75
圖 5.89 S4-1(原測站六-1) 點位外業記錄照片	5-75
圖 5.90 S6-3 點位外業紀錄照片	5-76
圖 5.91 S6-2(原測站二) 點位外業紀錄照片	5-76
圖 5.92 S6-1(原測站一) 點位外業紀錄照片	5-76
圖 5.93 S2-1 點位外業紀錄照片	5-77
圖 5.94 S2-2 點位外業紀錄照片	5-77
圖 5.95 舊 S2-3 點位外業紀錄照片	5-77
圖 5.96 莫拉克颱風後遭到掩埋之點 S2-3	5-78
圖 5.97 新 S2-3 點位外業紀錄照片	5-78
圖 5.98 重新佈設之點 S2-3 外業紀錄照片	5-79
圖 5.99 為 2010 年 8 月 28 日所架設之 S6-3 點位	5-79
圖 5.100 為 2010 年 8 月 28 日點 S6-3 外業紀錄照片	5-79
圖 5.101 現場光纖佈置圖	5-81
圖 5.102 測站 1 靜態量測照片	5-81
圖 5.103 光纖量測與地表 GPS 量測結果(2008/3/14~2008/9/28)	5-82
圖 5.104 光纖 NCTU-01 量測與地表 GPS1 量測結果(2008 年 8 月 7 日 至 12 日)	5-82

圖 5.105 光纖 IHMT-01 量測與地表 GPS2 量測結果(2009 年 8 月 7 日至 12 日)	5-83
圖 5.106 地下水壓量測結果(2009 年 8 月 7 日至 12 日).....	5-83
圖 5.107 光纖 IHMT-01 量測結果(2010 年 5 月 21 日至 6 月 23 日)	5-84
圖 5.108 光纖 IHMT-01 量測結果(2010 年 6 月 23 日至 9 月 19 日)	5-84
圖 6.1 潛變現象中應變(ϵ)與時間(t)之關係曲線	6-1
圖 6.2 降雨強度與位移速率關係圖	6-3
圖 6.3 日累積降雨量	6-3
圖 6.4 天線三之 E 坐標滑動速度擬合	6-4
圖 6.5 天線四之 E 坐標滑動速度擬合	6-4
圖 6.6 降雨強度與 GPS1 之 E 坐標滑動位移比較圖	6-5
圖 6.7 降雨強度與 GPS2 之 E 坐標滑動位移比較圖	6-5
圖 6.8 儀器配置圖	6-7
圖 6.9 CCD 攝影機	6-8
圖 6.10 加裝保護罩之遙控攝影機	6-9
圖 6.11 地表位移計	6-9
圖 6.12 單頻道衛星定位接收儀	6-10

第一章 緒論

1.1 計畫緣起與目的

臺灣地區位於板塊擠壓處，地震頻繁，地質破碎，山地形勢陡峭，河流既短且陡急且降雨時空分配不均，若遭逢梅雨、颱風季節所帶來之集中性豪雨，常引發大規模之落石、土石流或地滑等邊坡崩坍災害，嚴重危害地區交通運輸及產業經濟之發展。山區道路往往是區域唯一聯外通道，而道路邊坡穩定性攸關居民之生命財產安全，因此如何在這些重要卻具有高邊坡災害潛勢區域導入各項先進科技之自動化監測系統、緊急通報系統及防災應變系統，將傳統的防災作業進化成災害管理，已成為近年來各界對於邊坡災害防治的重要發展方向。

全球衛星定位系統（GPS）係以衛星為基礎的無線電定位系統，藉由地球軌道上之定位衛星，可無限制地提供全球具接收裝備之使用者極精確之三維定位、速度及時間資料。該系統不受天氣影響，並可提供全球統一之經緯度參考資料，且應用層面非常廣泛，已屬成熟技術。GPS 監測系統除為累積足夠監測歷史資料提供後續各項學理研究發展外，亦希望可即時掌握邊坡災害發生前兆和發生時之動態反應，增加地區居民之應變時間，提供防災應變決策之參採，大幅降低災害所造成之傷害，因此即時有效之通訊傳輸將是整體監測系統重要環節之一。

本計畫整合地表位移量測及地下位移量測技術，將原第四彎一機多天線 GPS 量測儀器移至地下井光纖監測區，以取得同一地區之地表位移量測數據以及地下位移量測數據，並進行交叉比對分析，進一步求得研究區之整體位移趨勢，提供政府或相關工程、學術單位對於邊坡災害發生機制、預警及防治有實質性幫助，並可供工務單位進行邊坡整治及災害預警之參考。

另一方面，本計畫將開發專屬之緊急通報系統及防災應變系統，應用最新之網頁開發技術，並透過 Web Services 進行資料交換資訊，提供網際網路平台展示五彎仔地區各單位感測儀器量測成果，包含

GPS 量測成果、地下井光纖量測數據，以及 CCD 影像、雨量資料等，同時，結合邊坡地滑預警模組，縮短災害發生時道路維安之反應時間，進一步避免民眾生命財產之損失。

本計畫整合地表全球衛星定位與地下自動化監測系統在坡地防災之應用上深入探討，將可在有限建構成本下，因時因地制宜增加邊坡觀測之廣度，以期在最短時間內收集最多邊坡災害發生之相關資訊，提供學術機構未來坡地防災相關課題研究參酌之用。同時，觀測及研究資訊可作為政府相關單位進行邊坡整治、道路維安以及災時警戒之重要參考依據。期能減少邊坡災害對民眾生命財產之危害，進一步達到國土保安之目的。

1.2 研究範圍

本計畫因應阿里山公路五彎仔段第四彎改道，及結合地下井光纖監測系統，研究區域選定為阿里山公路五彎仔段（TWD67 橫坐標約為 212,507，縱坐標約為 2,592,115）地下井光纖監測區，詳細位置如下圖所示。

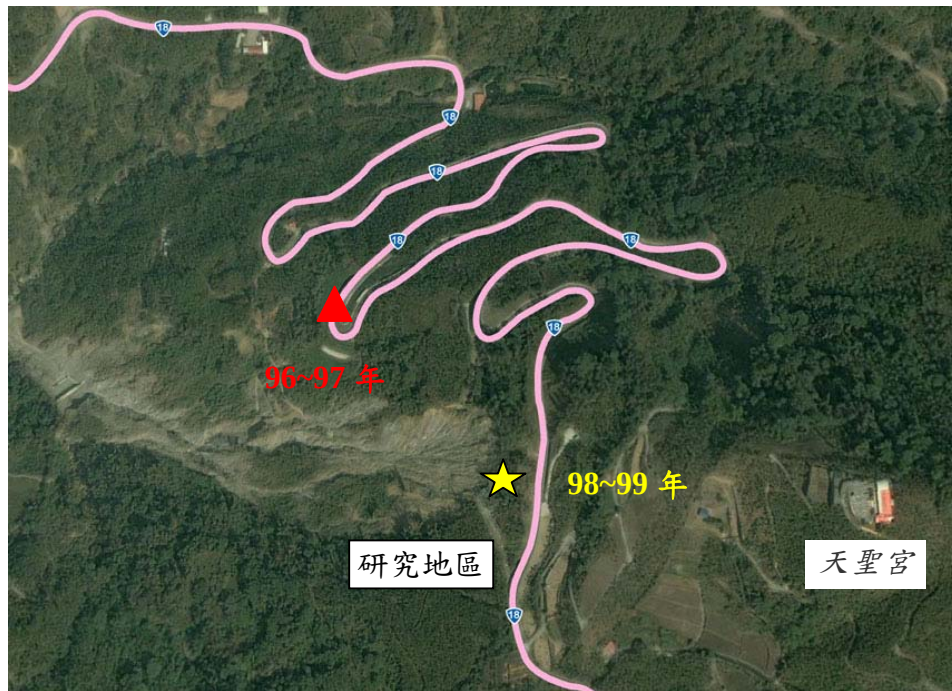


圖 1.1 阿里山公路五彎仔段

本案為第四年計畫，96 年至 97 年度研究區域為第四彎(如上圖△形區域)，後因車道受損及道路改變，故 98 年及 99 年遷移至另一處(上圖☆形區域)，繼續進行自動化監測研究。

1.3 計畫工作流程

依據交通部運輸研究所港灣技術研究中心計畫內容，茲以圖 1.2 說明全球衛星定位與自動化監測在道路邊坡地滑災害之應用的工作流程：

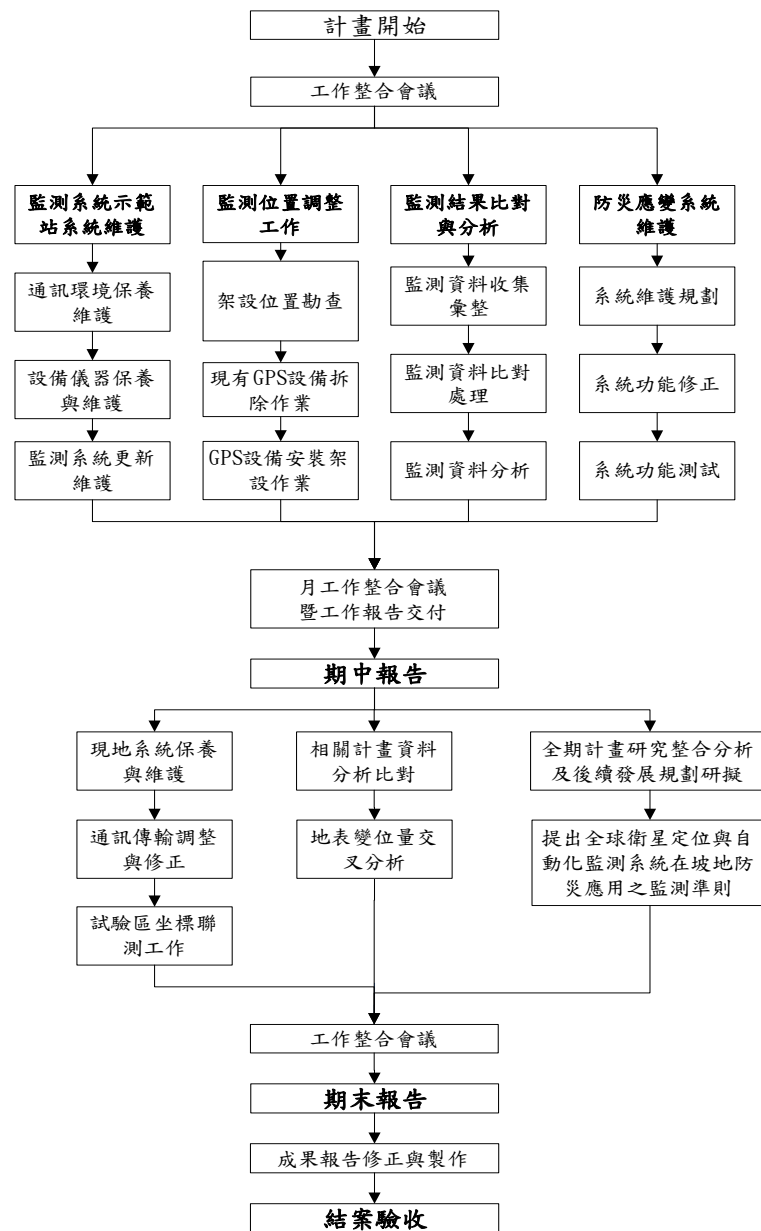


圖 1.2 計畫工作流程圖

1.4 國內外相關研究

近年衛星遙測發展形成環境監測工具，其中以衛星雷達之全天候特性，且具有重複觀測功能，可即時監測提供災害位置。洪浩倫^[3]建置衛星雷達影像自動化套疊與變遷分析，減少人為誤差及提昇效率，採用 Radarsat-1 高解析模式雷達影像(解析力約為 10 公尺)，以自動化套疊分析，減少人為誤差及提昇效率。並針對臺中縣境內山區的 2006 年 612 水災前後期 SAR 影像，即時偵測大甲溪上游的知馬漢山地區，崩塌面積約為 9 公頃。重大崩塌如 1999 年 921 地震，以 ERS-2 進行全臺航帶變遷判識分析，偵測出九份二山崩塌面積約為 174 公頃。隨著公尺級超高解析衛星雷達 Radarsat-2 與 TerraSAR-X 即將升空運作，將滿足全天候山區崩塌監測實務需求。

對雷達影像而言，其受本身側視感測成像系統的特性、地形效應影響，導致投影於地面上的解析力有一定的限制，而系統本身於運作時為移動狀態，在同調性處理(Coherent Processing)上會產生所謂的漣漪(fading)，使得處理後的雷達影像上會受到嚴重的斑駁雜訊干擾，影像的可識別的能力相當差，若以人眼於影像上尋找大量共軛點是相當困難且費時的。自動化匹配方法可減少人為操作時間與及降低匹配錯誤率(Chalermwat^[8])。引入階層匹配(Hierarchical matching)多重尺度的概念(Hiep^[9])，由粗而細對雷達影像進行特徵點的萃取與匹配。

另一方面全球衛星定位系統(GPS)已經廣泛應用於許多學科和領域，且被證明是用於監測人為和自然結構變形和邊坡位移的一個非常有力的工具，GPS 具有許多優於傳統測量技術的優點，簡單說來，GPS 更加精確、有效、高自動化和低勞動強度。

1.4.1 道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護與監測

日本地附山位於長野市西北方(善光寺北方)，海拔 733 公尺。1985 年 7 月 26 日下午 5 時剛過，其東南斜坡發生大規模滑坡。崩落土石湧入湯谷小區及松壽莊養老院一帶，造成 26 人死亡，64 戶房屋被全毀或

半毀。該滑坡寬約 500 公尺，從頂部到崩落土石の末端約長 700 公尺，崩落土石約 360 萬立方公尺，滑落面積約 25 萬頃。其地理位置如圖 1.3 所示。地滑發生的原因是因為地附山的地質以及 1985 年梅雨季節（4~7 月）發生歷史上第二高的豪雨（449.5mm），如圖 1.4~1.5 所示。



圖 1.3 日本長野市地附山相關位置示意圖

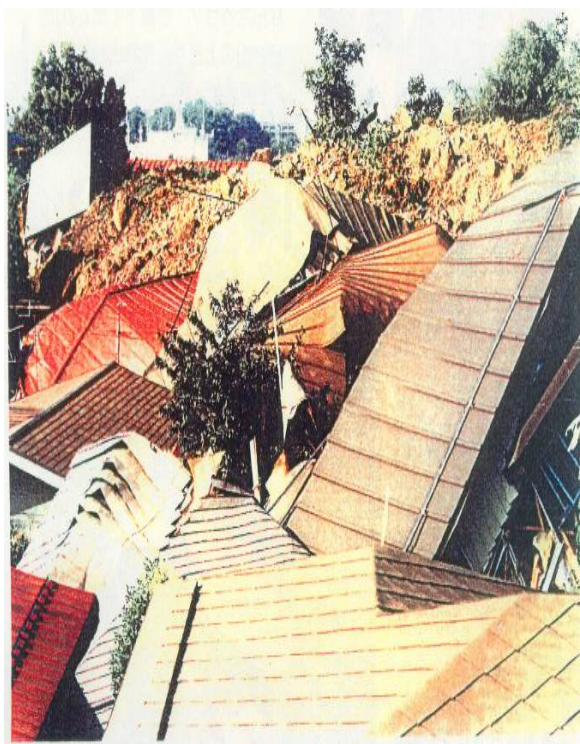


圖 1.4 湯谷小區受損照片

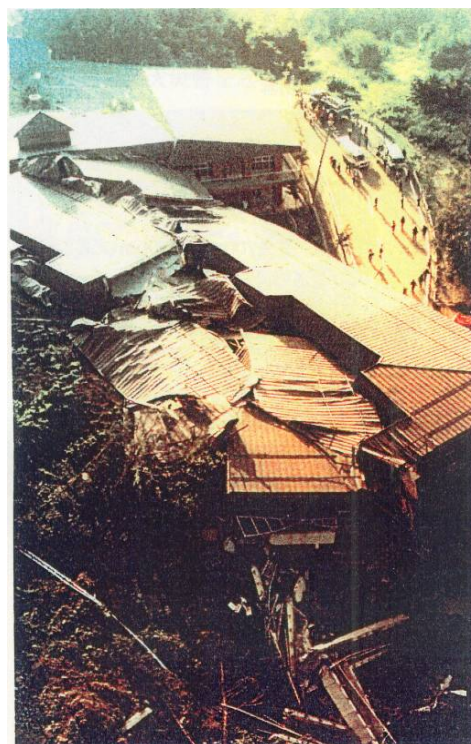


圖 1.5 松壽莊受損照片

地附山滑坡的治理工程包括大型灌注樁、錨、鋼管樁等阻止工程和集水井、排水隧道等預防工事，整體工程配置示意圖如圖 1.6 所示。工程於 1985 年開始到 1989 年竣工，整治工程前後照片如圖 1.7~1.8 所示。竣工後安裝即時監測系統，其測量儀器種類如下：

1. 地下水位計 38 個，目的在量測鑽孔中地下水位的變化，尋找與滑坡的關係。
2. 孔隙水壓計 2 個，目的在通過精確測量與土壤強度密切相關的孔隙水壓，尋找與滑坡的關係。
3. 地表面伸縮計 13 個，目的在測量地表面的變化以及龜裂的擴大等，以預測滑坡的動向。
4. 內孔伸縮計 13 個，目的在通過測量固定於滑坡面以下的鋼絲的伸縮，調查滑落土石의動向。
5. 地盤傾斜計 5 個，目的在測量地盤傾斜變化，及量測滑坡的擴及發生的時間。
6. 土壤水分計 8 個，目的在測量降水時土壤中的滲透情況，調查土壤強度降低的機制。
7. 雨量計 1 個，測量降水量，獲取警戒時的雨量情況，調查與其他變動的關係。
8. GPS 11 個，目的在測量地表面的變化以及預測滑坡的動向，其儀器配置圖與安裝位置照片如圖 1.9、圖 1.10 所示。

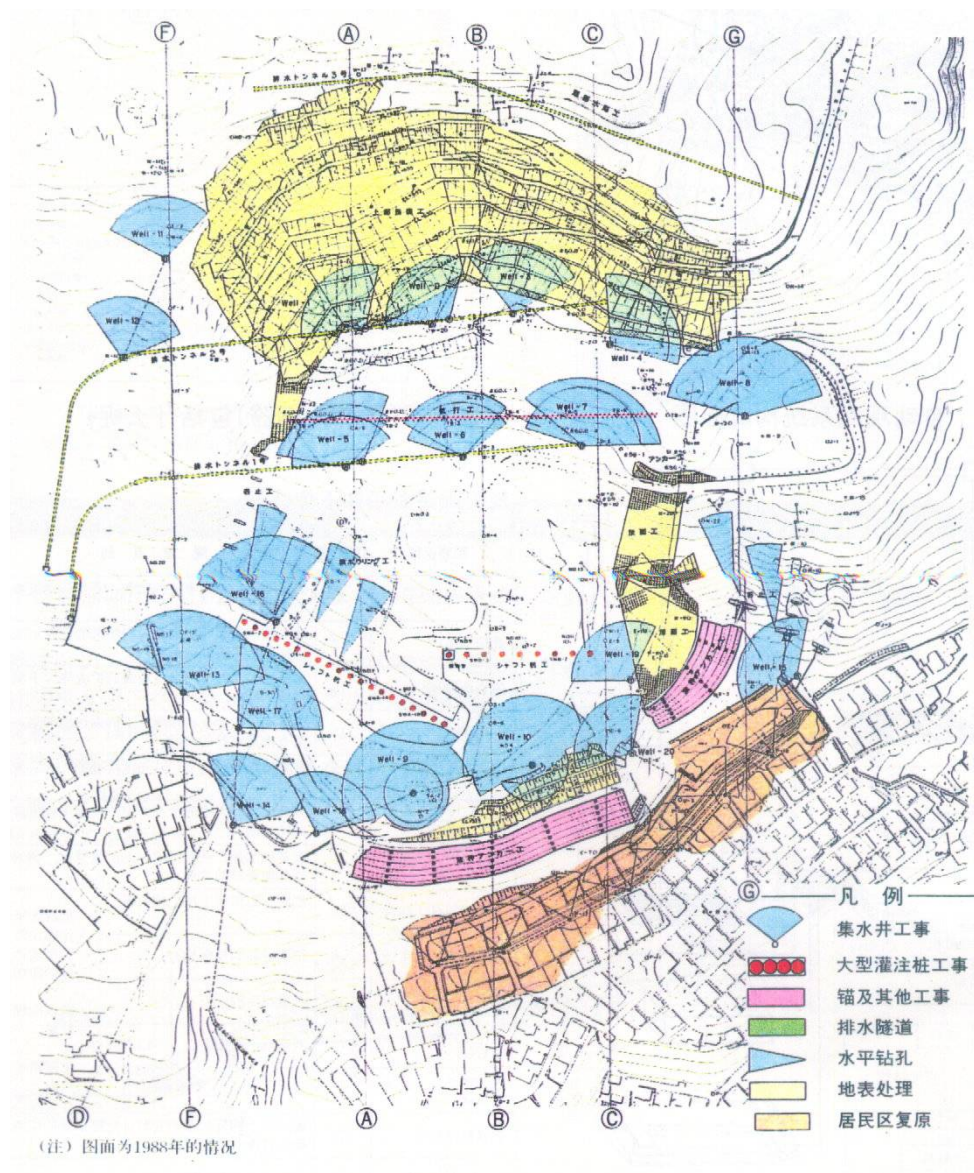


圖 1.6 整治工程配置示意圖

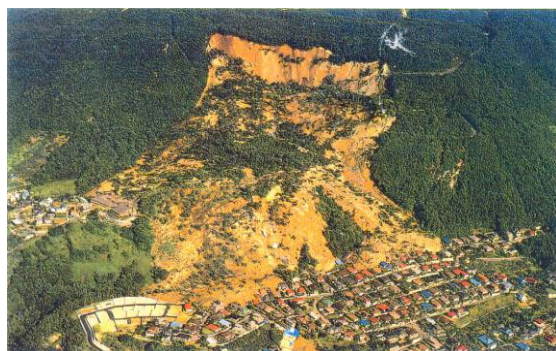


圖 1.7 整治工程前 (1985/7/27)



圖 1.8 整治工程後 (1988/4/23)

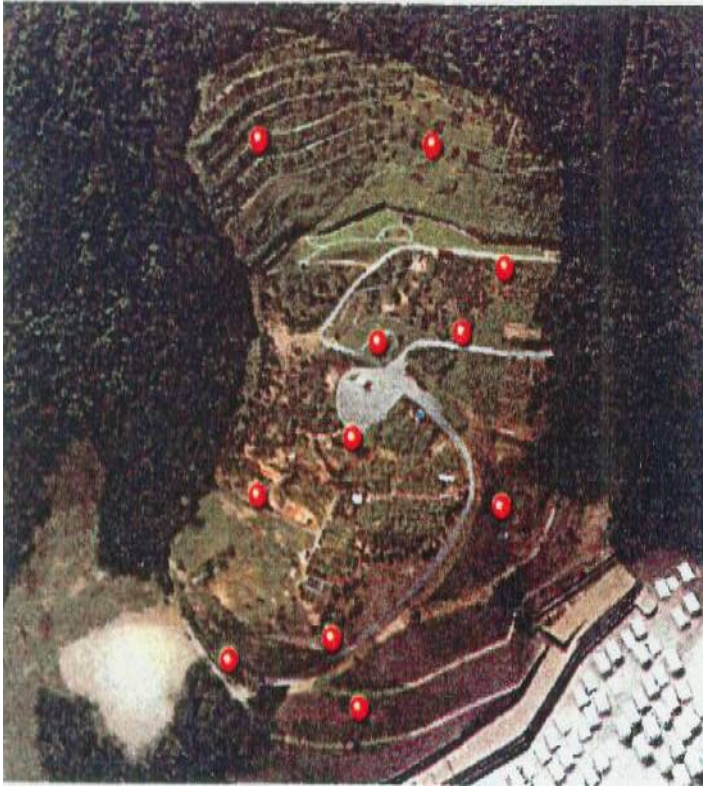


圖 1.9 GPS 監測儀器配置圖

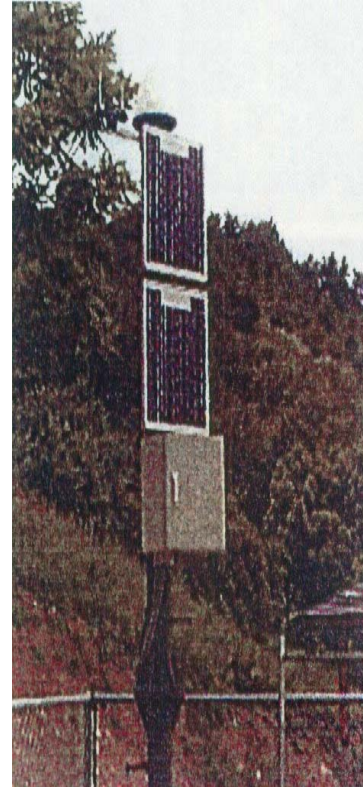


圖 1.10 GPS 架設照片

1.4.2 梨山地滑監測

梨山地區地滑範圍涵蓋遼闊，主要包含中橫公路臺 8 線與宜蘭支線臺 7 甲線交會處的梨山村一帶，此地區在 1990 年 4 月間發生大規模的地層滑動。為了防止地滑災害持續擴大以及維護居民安全與道路暢通，行政院農業委員會水土保持局自 1995 年度起實施梨山地區的「坡地災害整治」計畫。首先調查資料之收集與彙整，綜合梨山及松茂地區各處設立之自動監測站監測資料、集水井與排水廊道排出水量觀測及其他監測資料等，調查之結果作資料的彙整與研判，並隨時確認監測資料是否有異常。接下來就滑動觀測結果持續進行分析作業，並建立各項觀測值，包括降雨、水位高度、滑動量和滑動面深度等因子，進行其相互影響的迴歸關係。擬定管理基準值所需要之相關資料，並持續檢討與驗證長期現地監測系統的管理基準值，以作為預警之依據。最後設置 TDR 與 GPS 觀測系統，並預定持續建立設置梨山地滑預警中心，提供即時通報系統。

梨山地滑地區自動監測站為梨山預警系統之依據，其中地表伸縮儀為地滑發生與否為最重要的指標。另外採用全球衛星定位系統(Global Positioning System；GPS)高精度、大範圍且不易受影響的特性搭配地表伸縮儀為梨山發生地滑與否的重要指標。應用 GPS 分別針對即時動態與靜態進行量測，藉此找出精度與時間的關係，並判斷即時動態與靜態何者精度較適用於地滑監測。結果可知 GPS 靜態基線測量在接收衛星資料 3 個小時之精度適用於地滑監測。再利用 GPS 在不同日期靜態量測 3 個小時所得基線長度變化量與梨山地滑地區之地表伸縮儀之變位量行進滑動量的比對，得知可利用 GPS 靜態基線測量與地表伸縮計有相同的位移量，且可利用大範圍的基線測量，更能掌握大面積之滑動土體滑動的趨勢。最後再將 GPS 長期架設於梨山進行靜態長期監測。

沈鍵偉^[1]為確切掌握 GPS 長期監測地滑地之可行性，以梨山地滑地區進行可行性觀測，可知 GPS 長期監測地滑地系統適合的量測方法為 GPS 靜態基線測量，1 秒接收一筆衛星資料，3 個小時靜態基線解算每次移動 1 小時，此方法最適用於地滑地監測，且可得到公厘級的精度。最後利用 GPS 的精度及滑動的速度訂定出 GPS 長期監測地滑管理基準值，由監測的結果可知此管理基準值初步判斷是可行的。

梨山地區各自動監測站即時監測之項目配置表如表 1-1 所示，監測站之分布位置如圖 1.11。

表 1-1 梨山地區各自動監測站儀器配置表

滑動體	雨量計	地下水位計	地表傾斜儀	地表伸縮計
B01	×	○	○	○
B04	×	○	○	×
B05	×	○	○	○
B09	○	○	○	○
B11	○	○	○	×
B13	×	○	○	○
C01	○	○	○	○
C02	×	○	○	×
A01	○	○	○	×

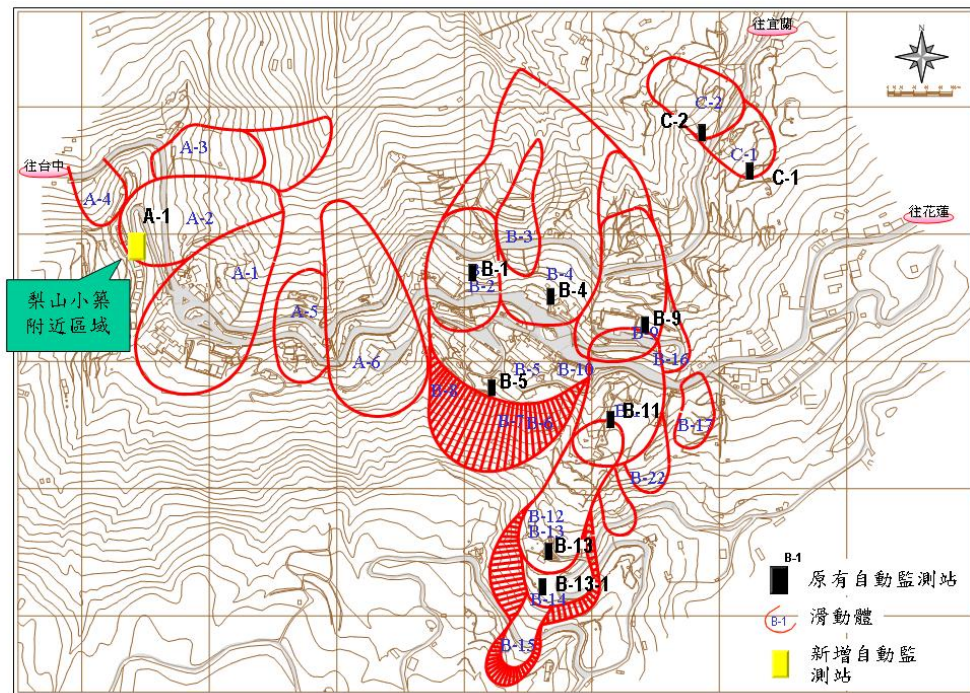


圖 1.11 梨山地區各自動監測站分布位置圖

1.4.3 九份二山崩塌地觀測計畫

南投縣國姓鄉南港村崁斗山東南山麓一帶，受 921 大地震的影響，發生大規模順向坡岩體滑動，即通稱的”九份二山崩塌地”，崩塌區與堆積區之總面積達 195 公頃，計 39 人慘遭活埋，崩塌土石堵塞北山坑溪（木屐欄溪）支流茱萸湖溪及澀子坑溪，分別形成茱萸湖溪及澀仔坑兩處堰塞湖。

由於崩塌範圍廣闊，堆積土石量遠超過以往經驗，為加速災區復舊，防範豪雨潰洪與土石流災害，遂由水保局委託中興大學針對該崩塌地堆積區，進行基本資料之調查研究、建立監測與通報系統、堆積區之整治工程對策規劃、堰塞湖破壞及可能之災害分析等工作。成果報告中建議以降雨量、堰塞湖水位、堆積區鑽孔地下水位及溢流水位等觀測項目，作為預警項目並設定基準值。

2002 年 11 月間，崩塌區順向坡址部，再度發生上拱及張口裂縫等異常現象，水保局為了瞭解九份二山崩塌地是否繼續滑動中，隨即辦

理「九份二山崩塌地觀測計畫」，進行地質鑽探、地表變動觀測、孔內傾斜及地下觀測等方法，以初步瞭解地表及地下變動行為，作為颱風豪雨來臨時，緊急應變之參考。

1.4.4 降雨入滲與邊坡破壞之相關研究

由於邊坡破壞常發生在暴雨過後，這使我們相信邊坡破壞與降雨有某種型式的關聯。事實上，Brand^[7], Lumb^[10], Slosson and Larson^[13] 等人，已經注意並證實邊坡破壞與降雨間的關聯性。但除了暴雨之外，引發邊坡破壞還需要某些臨前水文條件。前期降雨能讓邊坡表層充滿水分，使得水能在邊坡中更容易流動。亦即，土壤表層需要先飽和使得隨後的暴雨能啟動邊坡破壞的機制。而邊坡破壞所需要的前期降雨量是依據土壤表層的覆蓋、土壤之水力傳導性、滲透率、蒸發散和邊坡的水文情況來決定。

對於前期降雨對邊坡穩定的影響已經被研究很多年，Lumb 發現了前期降雨對邊坡破壞的影響，特別的是，他發現如果前期降雨量較高的話，將會伴隨著發生較多的邊坡破壞事件。他並區分降雨所造成的邊坡破壞事件為下列四類：

- 1.最嚴重的事件在一天中造成超過 50 起的邊坡破壞
- 2.嚴重的事件在一天中造成 10 到 50 起的邊坡破壞
- 3.次要的事件在一天中造成少於 10 起的邊坡破壞
- 4.獨立的事件在一天中僅造成 1 起邊坡破壞

根據所獲得的降雨資料，Lumb 訂定了不同等級事件的範圍，並以 15 天的前期降雨和 24 小時的暴雨來說明。最嚴重的事件發生在 24 小時的降雨量超過 100mm，而 15 天的前期降雨超過 350mm。嚴重的事件發生在 24 小時的暴雨超過 100mm，而前期降雨量達到 200mm。當降雨與邊坡破壞的關聯性被證實之後，便有許多針對何時達到邊坡破壞降雨門檻值的研究。在南加州降雨量超過平常(係指超過 100 年之記

錄資料的平均值)的 140%時，便會成功地啟發邊坡破壞的機制 (Slosson^[11], Slosson and Krohn^[12])。Wilson^[15]建議在舊金山引發邊坡不穩定的門檻值為降雨量達平常的 125%。Wieczorek^[14]也在舊金山得到相同結果。而 Auer 和 Shakoor 研究 1969 年美國中部 Nelson County 在 Camille 風災後的崩塌分布發現，由西向東行進的颶風，在西、西北、西南向邊坡造成較為嚴重的崩塌，因此崩塌地發生邊坡的坡向也可能與颶風行逕有關。雖然香港並沒有地震引起崩塌的記錄，但土力工程處曾進行研究，比較地震與雨水導致的人造斜坡崩塌的風險。研究結果顯示，地震導致人造斜坡崩塌的風險遠比因暴雨導致的風險為低。

Brand 使用下列三個步驟來調查香港的邊坡破壞：

1. 參考 Lumb 的資料，使用香港 46 個自動雨量記錄器收集的雨量資料。
2. 考慮降雨延時為 1 小時與 24 小時的暴雨，且搭配 30 天的前期降雨。
3. 藉消防署的報告確認邊坡破壞的時間。

由災害數目與降雨強度的關係，根據上述研究，Brand 提出以下結論：

1. 香港過半數的邊坡破壞，都是因為局部短暫的降雨所引起。
2. 當降雨強度超過 70mm/hr 便達到引發邊坡破壞的門檻值。

簡世杰^[6]藉現地量測資料探討各種因子對邊坡滑動機制之影響，研究區域在嘉義縣番路鄉公田村五彎仔附近公路沿線之山坡地(28K+900 至 31K+500)。該地區屬於舊地滑區，自公路開闢以來，長期遭受地層滑動之苦。自 2000 年初在該區設置若干監測儀器，針對當地地層、地表變形、地下水位及雨量等進行持續觀測；期間歷時約兩年。同時配合理論分析與室內試驗結果，做相關性之探討。觀察結果顯示，此區域處於極不穩定之狀態。發現此區之滑動行為和降雨量有密切之關係。由 2000 年監測資料顯示，邊坡產生加速滑動所需之累積雨量約為 80~270mm，相當於 3~5 天之累積降雨量所造成。

葉信富^[5]應用集水區水平衡概念，探討降雨入滲補注對坡地崩塌之影響性。(1)利用河川流量歷線法與基流推估模式來推估河川基流量，視基流量為地下水入滲補注量；(2)利用未飽和土壤水平衡法，考慮降雨、入滲、逕流、蒸發散及地下水補注的相互關聯系統。顯示兩種模式所求之結果相近。再利用 STEDWIN 進行敏感度分析探討對邊坡穩定之影響，顯示內摩擦角變異性對邊坡穩定影響最大，坡度變異性影響次之，再依次為地下水位抬升、凝聚力及單位重。推估該地區降雨量與安全係數關係圖，得知當坡度提昇至 35 度時，利用 Janbu 簡化法分析發現降雨量在 400 至 500 公厘時其安全係數即達到 1.0 而有達到臨界崩塌之虞。在實例探討上，清水溪流域曾發生崩塌之地點，與所推估出之降雨補注係數有相對的關係。

邱奕峰^[2]藉現地量測配合理論分析，探討相關因子對於邊坡滑動機制之影響。自 2000 年初即針對臺十八線五彎仔附近（29K+900～31K+500）地表及地層變位、降雨量、地下水位、地下水流量等項目，進行長期監測工作。2003 年 6 月 26 日發生嚴重破壞，造成 31K+340 路段路基流失約 150 公尺，公路中斷約 1 個半月。分析探討此案例造成邊坡破壞的原因，與現場監測結果對照，配合理論分析，並對破壞後殘坡之穩定性進行評估，最後提出可能之整治方案。高明仁^[4]研究臺 18 線公路五彎仔附近山坡地，2003 年 6 月 26 日於 31K+340 路段邊坡無預警的發生滑動破壞，造成整條公路中斷。利用 SLOPES/W 軟體，以地下水位變化來模擬邊坡的枯水期與雨季，並在雨季時外加载重輸入，使邊坡達到破壞條件，再加以整理分析其破壞模式與傾斜儀觀測數據比較。

根據日本地滑對策技術協會建議，採用位移速率對於不穩定邊坡之活動性加以分級，如表 1-2 所示，該分級法係由測得之地層位移量除以觀測時間求得位移速率，再以位移速率之大小及位移趨勢是否顯著做為分級之依據，由表中可知不穩定邊坡之活動性大致分為四級，其中第一級係為緊急變動，第二級為確定變動，第三級為準確定變動之邊坡，該三類邊坡均屬確定有問題且在活動中之邊坡，需儘速提出

有效因應對策加以處理。至於第四級之潛在變動邊坡，由於其位移速率每月僅有 0.5mm~2.0mm 之間，相當於每年位移量僅有 6mm~24mm，該變動之位移速率甚小，若其位移方向仍有一固定趨勢時，則這類型邊坡之穩定性，仍極具潛在危險；若是位移速率超過 0.5mm/月，但其位移方向卻沒有一定累積傾向時(即有時觀測向前位移，有時又向後位移)，則可能係儀器量測誤差，或傾斜觀測管安裝時四周回填不夠緊密所影響，此類邊坡之穩定性，有待後續量測加以確認。日本高速道路調查會有關預警方法及管理準則如表 1-3 所示，利用地表伸縮計和雨量計訂出警戒與避難管理值。

表 1-2 位移速率與邊坡穩定性判斷建議表

變動種類	日變動量 (mm)	月變動量 (mm)	一定方向的 累積傾向	活動性 判斷	摘要
緊急變動	20mm 以上	500mm 以上	非常的顯著	急速崩壞	崩壞型 泥流型
確定變動 (行動值)	1 以上	10 以上	顯著	活潑運動中	崩積土滑動 深層滑動
準確定變動 (警戒值)	0.1 以上	2.0 以上	略顯著	緩慢運動中	黏土滑動 回填土滑動
潛在變動 (預警值)	0.02 以上	0.5 以上	稍稍有	待繼續觀測	黏土滑動 崖錐滑動

表 1-3 地層滑動監測管理基準

監測方法	管理區分		
	注意	警戒	避難
地表伸縮計 降雨強度 累積降雨量	0.5-10mm/day	>10mm/day 10-20mm/hr 50mm	>50mm/day >20mm/hr 100mm

1.4.5 林內鄉坪頂村崩塌監測

素有小黃山之稱的雲林縣林內鄉坪頂溪上游坪頂村林北坑地區於 1999 年 921 大震後即有大崩塌情勢發生，其後於 2004 年敏督利、艾利颱風及 2006 年 69 連續豪雨期間皆持續發生邊坡崩塌情形，為監測上述地區崩塌災害狀況，水土保持局^[16]針對坪頂溪上游坪頂村林北坑地區進行現場邊坡水文地文資料蒐集與崩塌地變化監測，完成坪頂溪上游坪頂村林北坑地區進行現場邊坡水文地文資料蒐集、崩塌地變化監測及當地防災應變中心軟硬體強化等工作，期能於後續防汛期間即時掌握崩塌地活動狀況，提昇坡地防災應變能力及災情警戒通報效率，以保障當地眾多居民生命財產之安全。

由於國內目前沒有相關的管理值訂定規範，再加上還未有長期監測結果，且日本在此方面已有相當的經驗，所以先參考日本邊坡穩定性判斷的建議值與儀器可量測的精度，伸縮計行動值為警戒值的 5~10 倍，目前暫訂各項監測儀器行動值為警戒值的 5 倍，其監測管理值暫訂如表 1-4 所示。

表 1-4 各項監測儀器管理值

各項 監測儀器	雨量計降雨強度 and 累積雨量	伸縮計 (磁感式)	伸縮計 (拉線式)	GPS (水平)	傾度盤
行動值 (紅燈)	>20mm/hr and 100mm/day	>±50mm/day or ±5mm/min	>±250mm/day or ±25mm/min	±80mm/ min	±0.3°/min
警戒值 (黃燈)	10-20mm/hr and 50mm/day	>±10mm/day or ±1mm/min	>±50mm/day or ±5mm/min	±50mm/ min	±0.1°/min
精度	0.5 mm	0.1 mm	1mm	30mm	0.01°

第二章 研究背景概述

2.1 五彎仔自動化監測現況

2.1.1 全球衛星定位模組自動化監測

為將全球衛星定位模組 (GPS) 與無線電傳輸模組能實際應用於道路坡面滑動的監測，2007 年開始於嘉義縣阿里山鄉臺 18 線第四彎地區上進行 4 組 GPS 定位與無線電傳輸模組實際運作，其 4 組 GPS 天線訊號經由接收主機進行解算，其訊息經由第 4 彎無線網路傳回至資料接收中心的 IPC 主機上。

為擴大道路坡面滑動的監測範圍，2008 年擴新增另外四組 GPS 天線，合計共八組天線(GPS1~GPS8)，儀器位置配置如圖 2.1 所示，並將所有之 GPS 訊號線整合至儀器保護箱，經現場資料接收伺服器儲存、加值後，將即時監測資料經過中華電信之衛星服務傳送至網際網路。

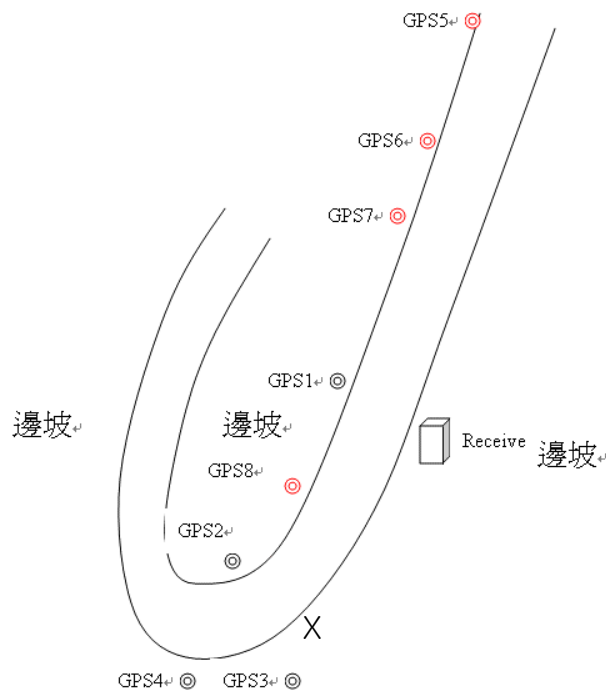


圖 2.1 原第 4 彎現地 GPS 天線儀器配置圖

2009 年計畫因應第四彎截彎取直工程，同時配合交通部運研所光纖計畫進行設置，將原第四彎之儀器設備遷移至光纖計畫監測區，以建立地表位移與地下滑動位移間之關係，並加以運算分析研判，構成完整之監測網絡，儀器相關位置如圖 2.2 所示。



圖 2.2 第 6 彎現地 GPS 天線儀器配置圖

2.1.2 地下光纖量測現況

交通部運輸研究所的光纖計畫於五彎仔地區進行地下位移量測作業，研究結果顯示表示地表未發生地滑現象，但地底下已發生位移，可能未來會造成地表的滑動，應持續監測此位移的變化，並建立地表位移與地下滑動位移之間的關係，進而探討觸發坡地災害發生原因與研擬警戒參考數值。

2.2 全球衛星定位現況

全球定位系統（Global Positioning System，通常簡稱 GPS），又稱全球衛星定位系統，是一個中距離圓型軌道衛星導航系統。它可以為地球表面絕大部分地區（98%）提供準確的定位、測速和高精度的時間標準。系統由美國國防部研製和維護，可滿足位於全球任何地方或近地空間的軍事用戶連續精確的確定三維位置、三維運動和時間的需要。該系統包括太空中的 24 顆 GPS 衛星；地面上的 1 個主控站、3 個數據注入站和 5 個監測站及作為用戶端的 GPS 接收機。最少只需其中 3 顆衛星，就能迅速確定用戶端在地球上所處的位置及海拔高度；所能收聯接到的衛星數越多，解碼出來的位置就越精確。

該系統由美國政府於 20 世紀 70 年代開始進行研製並於 1994 年全面建成。使用者只需擁有 GPS 接收機即可使用該服務，無需另外付費。GPS 信號分為民用的標準定位服務（SPS，Standard Positioning Service）和軍規的精確定位服務（PPS，Precise Positioning Service）兩類。由於 SPS 無須任何授權即可任意使用，原本美國因為擔心敵對國家或組織會利用 SPS 對美國發動攻擊，故在民用訊號中人為地加入誤差(即 SA 政策，Selective Availability)以降低其精確度，使其最終定位精確度大概在 100 米左右；軍規的精度在十米以下。2000 年以後，柯林頓政府決定取消對民用訊號的干擾。因此，現在民用 GPS 也可以達到十米左右的定位精度。

GPS 系統擁有如下多種優點：全天候，不受任何天氣的影響；全球覆蓋（高達 98%）；三維定速定時高精度；快速、省時、高效率；應用廣泛、多功能；可移動定位；不同於雙星定位系統，使用過程中接收機不需要發出任何信號增加了隱蔽性，提高了其軍事應用效能。



圖 2.3 GPS 衛星

衛星定位系統整體運作上可分成三部份：太空部分、地面部分以及訊號部分。

2.2.1 太空部分

目前 GPS 衛星已發展至 BlockII 型式的定位衛星，由 Rockwell International 製造，在軌道上重量約 1,900 磅，太陽能接收板長度約 17 呎，預期壽命為 7.5 年，於 1994 年完成第 24 顆衛星的發射，整個 GPS 系統正式宣告建構完成。因此目前太空中有 24 顆 GPS 衛星可供定位運用，它們平均分佈於 6 個軌道面，每個軌道面上各有 4 顆，距離地面高度約 10,900 海哩(大約 20,000 公里)，呈 55° 角傾斜繞行地球運轉，繞行地球一周需 12 恆星時，每日可繞行地球 2 周，這也就是說，不論任何時間，任何地點，包含北極,南極，至少有 4 顆以上的衛星出現在我們的上空。

2.2.2 訊號部分

GPS 衛星產生兩組隨機電碼，一組稱為 C/A 碼，一組稱為 P 碼。C/A 碼主要開放給民間使用，因此在精度上刻意降低，P 碼則是美國國防部保留為其軍事用途的電碼，精度比 C/A 碼高很多，因此設有密碼，一般民間使用者無法解讀。一般而言，GPS 衛星傳送兩種頻率的載波，L1 (Link 1) 載波的頻率為 1,575.42 MHz，L2 (Link 2) 載波的頻率為 1,227.60MHz。

2.2.3 地面部分

地面設施部分主要包含 GPS 監控站與使用者接收設備兩部份。

1. 監控站

包括一個主要控制站 (Master Control Station)、五個監測站 (Monitor Station) 一分佈於夏威夷、亞森欣島、迪亞哥加西亞、瓜加林島、科羅拉多州、三個地面控制站 (Ground Control Station) 等。監測站主要負責追蹤所有衛星的運行位置、時間、氣象資料及電離層資料等，將每 15 秒觀測到所有資料，計算出每 15 分鐘一組的平滑化數據 (Smoothed Data)，傳送到主控制站後，由主控制站加以統合，計算出衛星星曆、時錶修正量、電離層改正係數，再轉換成導航訊息，以維護衛星系統的精度與正常運作，此部份由美國國防部負責，使用者無從瞭解也毋需瞭解此部份的技術。

2. 使用者接收設備

主要是一個衛星訊號接收器，依照不同的目的而有不同的定位能力，基本的功能是接收 L1 載波，分離出 C/A 電碼，進行最簡單的虛擬距離定位，也是一般車輛定位所使用的機型。其中必須注意的是：GPS 衛星產生兩種不同的載波來承載所有電碼與訊息，其中 C/A 碼僅調置在 L1 載波上，P 碼則分別調置在 L1 與 L2 載波上，並區別為 P1 與 P2 電碼，但美國軍方目前僅開放 C/A 碼僅民間使用。而一般間使用之接收機可經由差分修正(DGPS 差分定位)達更加之準確度。

2.3 緊急通報系統與防災應變系統開發成果

2.3.1 系統首頁

前期計畫導入 Google Earth 3D 展示平台，系統主畫面以 3D 立體衛星影像圖做為底圖，讓使用者能清楚的了解目前阿里山公路五彎仔路段的儀器及其配置，Google Earth 3D 展示平台提供全方位 Web-GIS 展示介面，使用者可調整圖台之各種視角及方位角，取得最佳之展示畫面。

系統主畫面的左方為各項系統展示功能操作介面，使用者點選展示功能按鈕，便可以開啟 GPS 清單或其他展示資訊，使用者亦可直接點選天線或儀器之圖示，可直接開啟天線或儀器之量測資訊，系統主畫面規劃如圖 2.4 所示，各項 GPS 量測資訊之展示功能說明如後：



圖 2.4 系統主畫面開發成果

2.3.2 GPS 即時資料展示

前期計畫架設之 GPS 天線共有 8 組，系統主畫面以顯眼圖示呈現

各 GPS 天線監測點位之分佈，點選展示平台左方「GPS」功能可展開各天線編號清單，點選天線名稱或展示平台之 GPS 天線圖示，系統會以該天線為中心顯示地圖，同時可得到該 GPS 的 E 方向、N 方向、及高程等三軸位移滑動的分量資訊，如下圖所示。

另一方面，系統依現地資料接收的頻率定時自動更新畫面所呈現之資料。

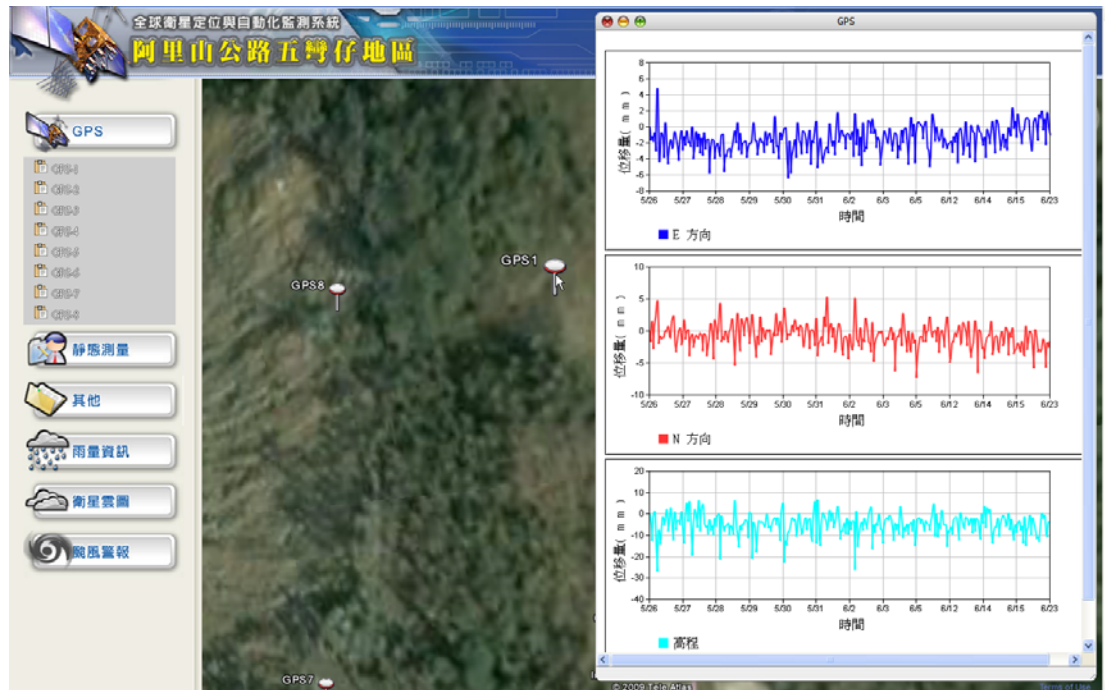


圖 2.5 GPS 展示開發成果

2.3.3 靜態測量資訊展示

前期計畫進行四次現地靜態測量作業，歷次靜態測量成果皆呈現於展示平台上。前期計畫靜態測量共有 9 個點位，分布於第二彎（點號 S2-1~S2-3）、第四彎（點號 S4-1~S4-3）及第六彎（點號 S6-1~S6-3），其中 S4-1、S4-3、S6-1、S6-2 四個監測點與 2008 年計畫靜態測量點位相同，前期量測成果可與本計畫量測成果進行分析比較。

系統主畫面以顯眼圖示呈現各 GPS 靜態測量監測點位之分佈，點選展示平台左方「靜態測量」功能可展開各靜態測量編號清單，點選

靜態測量編號或展示平台之靜態測量天線圖示，系統會以該靜態測量點位為中心顯示地圖，同時可得到該點位的 X 坐標、Y 坐標、及高程等量測成果，如該點位有前期量測成果，則除顯示量測資訊外，並以點位分布圖方式顯示不同時期之量測成果，如下圖所示。

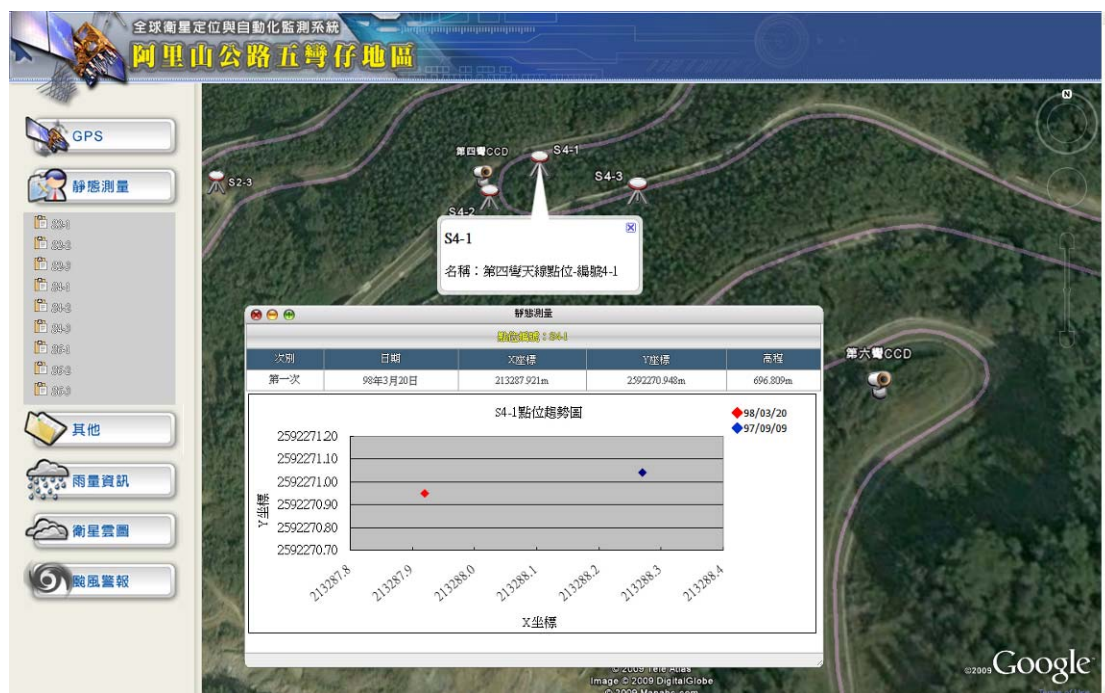


圖 2.6 靜態測量展示開發成果

2.3.4 雨量資料展示

1. 鄰近中央氣象局雨量站

本計畫透過 Web Services 取得中央氣象局提供之雨量站即時雨量資訊，篩選距計畫區最近之三個雨量站，分別為嘉義縣阿里山鄉瀨頭站、嘉義縣番路鄉大湖站及龍美站，點選展示平台左方「雨量資訊」，「鄰近氣象局雨量站」功能可開啟鄰近雨量站雨量資訊視窗（圖 2.7），顯示內容包含站名、時雨量、日雨量及更新時間等資訊。



圖 2.7 鄰近氣象局雨量站雨量資訊展示

2. 現地雨量資訊

前期計畫於資料接收中心前架設一自計式雨量計，記錄即時之雨量資訊，本系統將加值處理後的雨量資料展示於網頁上，點選展示平台左方「雨量資訊」「雨量組體圖」功能或點選展示平台之雨量計圖示，系統會以該雨量計點位為中心顯示地圖，並開啟雨量組體圖視窗顯示時雨量及有效累積雨量的最新數據，可得到二十四小時的降雨組體圖資訊，如下圖所示。

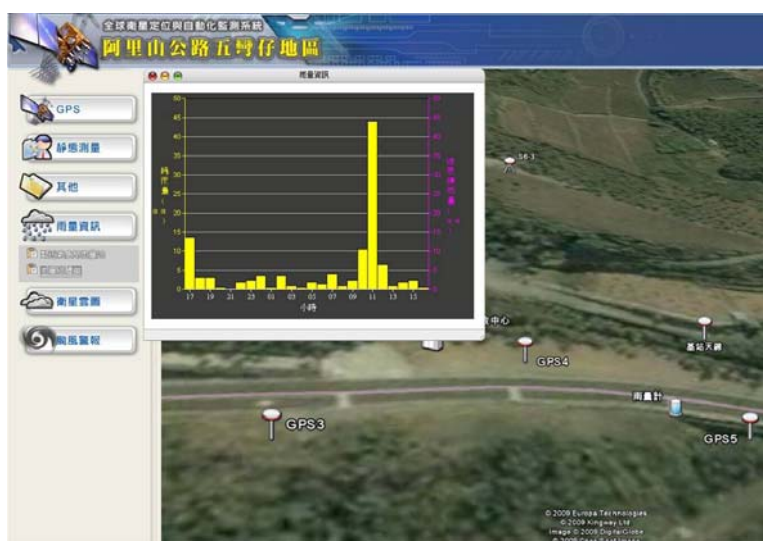


圖 2.8 雨量組體圖展示畫面

第三章 路邊坡自動化監測系統示範站系統維護

3.1 觀測設備位置調整

3.1.1 觀測設備位置現況說明

莫拉克颱風來襲造成臺 18 公路 39K 等多處坍方道路中斷。GPS8 天線基座已掏空崩塌造成天線損毀(圖 3.1、圖 3.2)，目前是由鋼纜拖住自立桿，由於當地為第六彎崩塌地滑之重點區(圖 3.3、圖 3.4)，本計畫擬將 GPS5 天線移到 GPS8 原有位置，持續監測崩塌地滑情形。



圖 3.1 GPS8 基座崩塌



圖 3.2 GPS8 天線損毀



圖 3.3 GPS 監測區災前護坡工程



圖 3.4 GPS 監測區災後崩塌

3.1.2 監測位置調整規劃

本計畫進行 GPS 監測位置調整作業，將 GPS5 天線移至原 GPS8 天線位置，GPS 遷移相關工作項目及內容如下說明：

1. GPS 接收天線自立桿架設規劃

設置之地點需自立電線桿或鉅管以提供 GPS 天線接收訊號之環境，電線桿或鉅管之架設應確保穩固，若表面地質鬆軟應挖除鬆軟之土層，改以澆置混凝土方式固定其自立桿，或以鋼繩補強，避免因末端搖晃而造成 GPS 天線接收之誤判，自立桿設計圖範例如圖 3.5，架設示意圖如圖 3.6。

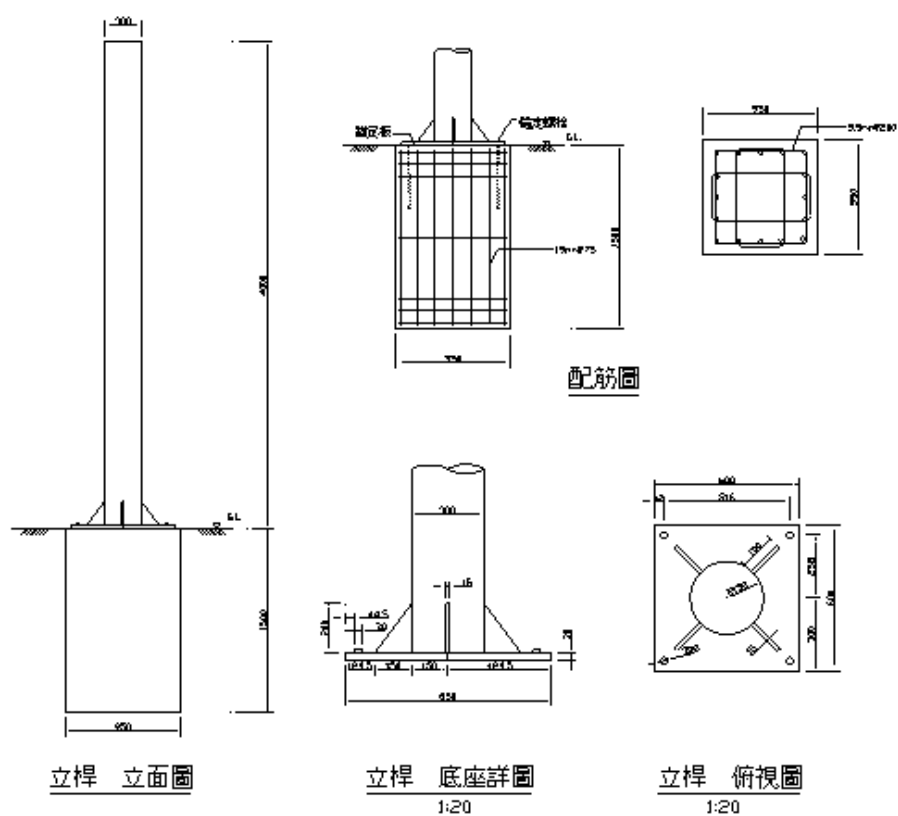


圖 3.5 自立桿設計圖範例

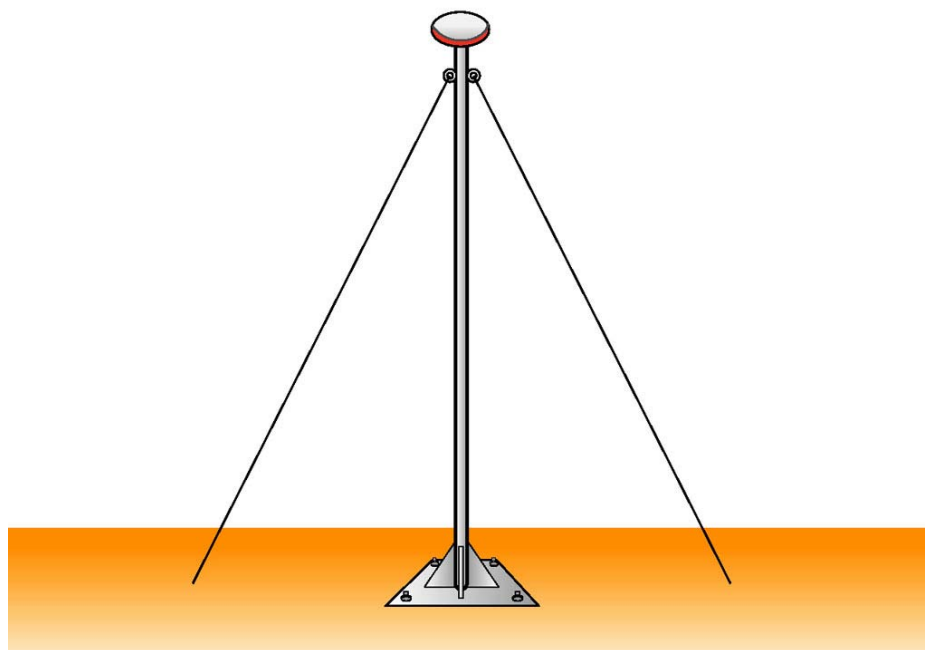


圖 3.6 自立桿架設示意圖



圖 3.7 GPS 天線架設位置調整規劃圖

2. GPS 接收天線架設

由於 GPS8 天線原址已崩落，無法架設自立桿，為避免再次崩落損毀天線，本團隊將原 GPS8 天線位置移至後方 5 公尺處，開挖基礎架設自立桿，並將原 GPS5 天線拆除移至新自立桿進行安裝架設，完成天線安裝後，重新拉設電源線、訊號線及固定鋼索，現地工作完成後並與後端進行連線測試，確認遷移安裝作業正確無誤，訊號可正常接收，並更名為 GPS7，原 GPS7 改為 GPS6，原 GPS6 改為 GPS5，原 GPS5 則撤銷，本項工作已於三月底完成，GPS 遷移作業成果如圖 3.8 所示。

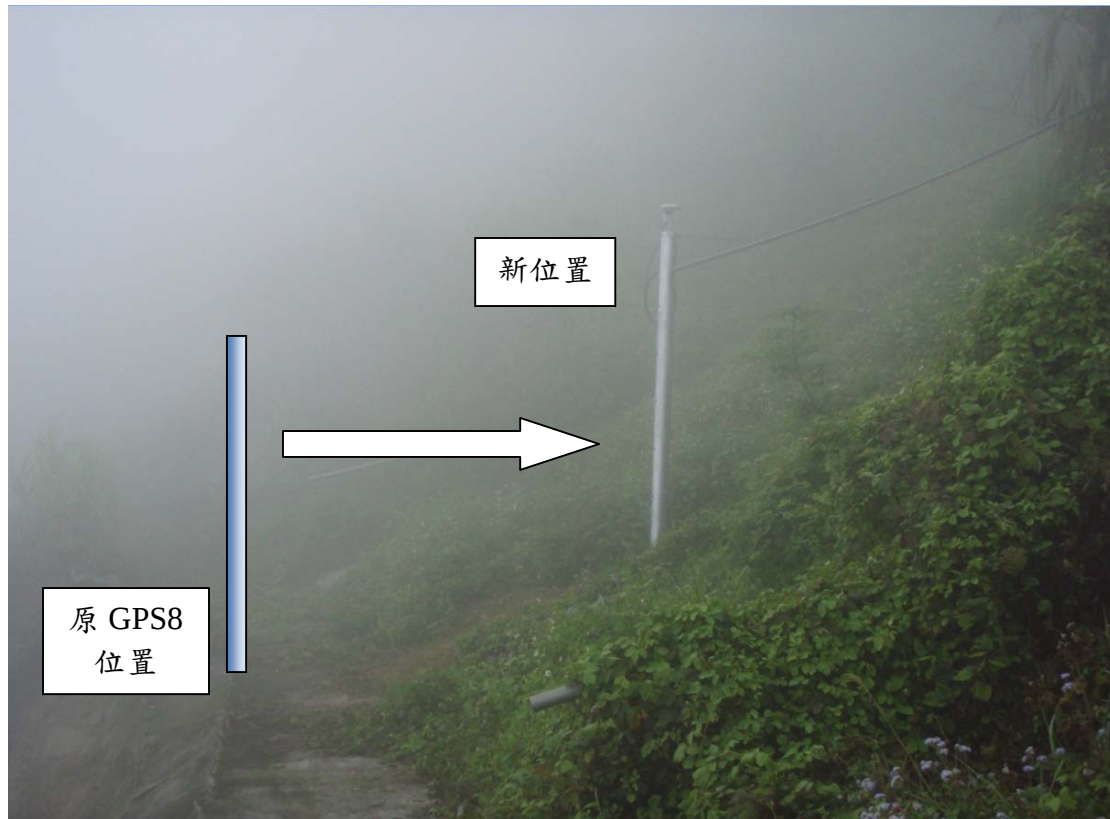


圖 3.8 GPS 位置調整作業成果圖

3.2 設備保養維護及管理

3.2.1 設備維護項目

本項工作內容規劃包含位於儀器屋機房內之工業電腦主機及相關線路、通訊、電力及多天線 GPS 觀測儀器；其維護對象說明如下：

1. 資料接收中心機房

- (1) 多天線 GPS 主機天線 (Base)：1 組。
- (2) 工業級電腦：1 組。
- (3) 多天線 GPS 解算軟體：1 組。
- (4) 衛星傳輸設備：1 組。

2. 前端 GPS 接收天線

- (1) 多天線 GPS 天線及線路：7 組。
- (2) 多天線 GPS 主機：1 組。
- (3) 多天線 GPS 類比數位轉換器：1 組。
- (4) 電源供應器：1 組。
- (5) 儀器設備機箱：1 組。

3.2.2 維護工作週期及內容

為使監測系統持續維持正常運作，對於觀測設備預知保養（Condition Based Maintenance）之流程是必須執行的，基於調查觀測儀器設備劣化、耗損狀況之點檢診斷進行的修復與更換動作，即是預知保養，所謂「預防勝於治療」，就是此道理，因此對觀測設備作定期之測試維護，除可延長設備之壽命，更重要的是當災害來臨之時更能發揮最大之監測效益。

本團隊規劃每月至少一次前往現場進行設備保養及管理維護工作，如發生特殊狀況則立即派員前往現場察看檢修，例行檢測與維護重點如下：

- 資訊系統病毒碼更新及網路安全性檢測工作。
- 檢視 GPS 儀器設備外觀及線路完整性檢視工作。
- 資料接收中心主體結構及儀器設置處所周邊環境清潔維護，對於影響觀測工作進行之相關問題，本團隊將會同相關單位進行溝通協調。
- 其他甲方臨時要求處理事項。

1. 系統維護

本團隊負責系統資訊安全相關工作，每二週進行系統維護、資料備份及填報資訊安全工作辦理情形，以確保系統正常運作，資訊安全及系統維護之作業內容包含三大類。

(1) 資料備份

本計畫每兩週定期備份系統資料，含應用系統(AP)程式及資料庫(Database)資料。同時，系統自動每日進行資料庫備份，若發生資料庫毀損之情事，可由最近備份之資料光碟進行資料庫回復作業，將資料損失降至最低限度。

(2) 系統維護

定期檢視系統運作狀況，包含硬體、軟體及網路狀況，發現異常即時排除。例行維護將以遠端連線方式進行，同時，本計畫於保固期間內免費提供網頁、程式及資料庫相關之維護諮詢。

(3) 定期更新

定期進行作業系統修補程式更新，及防毒軟體修補程式與病毒碼更新，確保系統處於最佳防護狀態，防止惡意入侵或破壞。本計畫於本案執行及保固期間內將提供程式除錯及修正服務，以使系統維持正常運作。包含上開程式除錯及修正服務含因系統之作業系統(OS)及資料庫(DB)升級，或為系統安全考量而作之元件更新及各項漏洞修補程式(如 Patch 等)更新。

(4) 監測系統維護

本團隊將開發監測資料接收報告，每 2 小時回報 1 次，後端工作人員可藉此掌握現地各觀測儀器運作情形，若有接收異常，則會顯示異常，工作人員可依此將有異常之觀測儀器登錄內部控制管理系統，以安排維修人員處理。

2010 年 11 月 02 日 13 時 12 分台 18 線資料接收報告

色塊說明: ■無資料傳回

台 18 線--<http://140.134.48.19/taiwan18/ge/index.html>

影像	雨量	GPS
1)11/02 13:12:04	氣象局： 現地：1mm(11/02 13:00:00)	1)(11/02 12:06:00)
2)11/02 13:12:08		2)(11/02 12:08:00)
3)11/02 13:12:11		3)(11/02 12:10:00)
4)11/02 13:12:14		4)(11/02 12:12:00)
		5)(11/02 12:14:00)
		6)(11/02 12:16:00)
		7)(11/02 12:20:00)
		8)lost(08/11 13:32:00)

台 18 線資料接收回報時間:

- 1) 星期一至五 早上 07:00~19:00 每二小時回報一次
- 2) 星期六日 06:00 12:00 18:00 回報一次

圖 3.9 觀測站資料接收報告表

2. GPS 儀器設備維護項目

針對各項儀器設備功能特點採取適當的保養工作，維持其應有之效能，並且透過維護測試程序儘早發現問題，以採取檢測及預防校正等相關工作。同時，由於各項儀器設備長時間放置野外作業，飽受日曬雨淋，相對於室內作業則較容易故障，因此在維護時須注意以下事項：

- (1) 檢視 GPS 接收天線支架有無鏽蝕情形，若鏽蝕情況嚴重，則需更換新品，並做適當之防鏽處理。
- (2) 檢視儀器外觀（如表面、設置角度、接頭防水狀況），進行必要之調整並予擦拭乾淨。
- (3) 檢視線路外皮有無異常破損等情形。
- (4) 儀器訊號收納箱常有昆蟲進入築巢，平時需將訊號箱內不需使用之出線口封死或放入除蟲劑，避免訊號箱內昆蟲滋生。

3. 資料接收中心（儀器屋）維護項目

資料接收中心負責所有監測資訊之集中傳輸，如資料接收中心任一設備發生異常，將導致監測資訊無法對外傳送。有鑑於此，需確實執行資料接收中心維護工作。本計畫擬定資料接收中心維護項目如下，並需填寫維護記錄表已落實資料接收中心日常維護作業。

- (1) 資訊系統：檢視 7 組 GPS 天線訊號擷取是否正常，擷取後之資料數據是否自動儲存，檢視並清潔工業級電腦及其它儀器系統之外觀灰塵。
- (2) 電力系統：關閉市電測試 UPS 自動切換情形，充電機是否正常運作，量測電瓶電壓是否在正常範圍。
- (3) 資料接收中心（儀器屋）：檢查清潔儀器屋各設施如通風口、窗戶、除濕機、風扇設施等；記錄市電電表度數（含日期、時間及度數）。
- (4) 撰寫相關維護紀錄表：於現場維護檢視時，填寫相關記錄表，並記錄其測試情形，維護記錄表樣式請參閱下表。歷次維護記錄表請參閱附件。

表 3-1 維護/檢查紀錄表

維護站名				維護日期	
維護廠商				維護人員	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述	
一、資訊設備	IIPC				
	N-POWER				
	KVM				
	Hub Switch				
	AP				
	衛星碟盤				
	IDU				
	ODU				
二、電力設備	UPS				
	充電機				
三、觀測儀器	Base 天線				
	GPS 天線#1				
	GPS 天線#2				
	GPS 天線#3				
	GPS 天線#4				
	GPS 天線#5				
	GPS 天線#6				
	GPS 天線#7				
	GPS 天線#8				
	GPS 主機				
四、系統功能	DataLogging				
	Magms				
	GPSget				
	衛星連線偵測				
	監測系統功能				

3.3 增設備援電力

3.3.1 現階段電力系統架構

本計畫現階段使用之儀器設備用電，均由臺灣電力公司提供。考量電力從發電廠輸出後，經過昇壓後藉由超高電壓系統傳輸，再透過幾次高低電壓轉換後輸送到用戶端。其中只要有一處環節發生錯誤，即有可能影響後端用電設備之正常運作。因此加裝不斷電系統，可以減少市電傳輸過程中，外在環境造成之電力不穩定情形。下圖為現勘段電力供應流程。



圖 3.10 現勘段電力供應流程

3.3.2 備援電力系統架構

考量本計畫執行地點位於阿里山山區，在颱風豪雨期間，臺電電力傳輸系統受到外在災害如路樹斷裂倒塌及山坡滑落掩埋等，直接影響山區電力供應之穩定度，間接影響本計畫儀器設備訊號接收及系統作業。

透過備源電力系統建置，可以在颱風豪雨期間，臺電電力供應長期間中斷情形下，仍能正常運作達 72 小時以上。該系統中需增設之設備包括發電機（含加大油箱）、電力自動切換系統（ATS）、UPS（可外加電池組）及蓄電池組。在市電供應停止初期，藉由蓄電池組儲存之直流電力供 UPS 轉換成交流電力供儀器設備使用。當蓄電池組電力下降到低電位時，UPS 啟動發電機，待發電機組啟動並穩定輸出電力時，透過 ATS 切換電力來源至發電機側，供電給儀器設備使用，並對蓄電池組進行快速充電。等發電機運轉達設定時間後，即自動關閉發電機組，UPS 透過蓄電池電力繼續供電給儀器設備使用，如此交互運轉至

臺電供電正常，ATS 即會自動切換電力來源至臺電側。藉由發電機與蓄電池組輪流供電，可以使備源電力系統供電時間延長。也能降低備源電力系統建置成本。

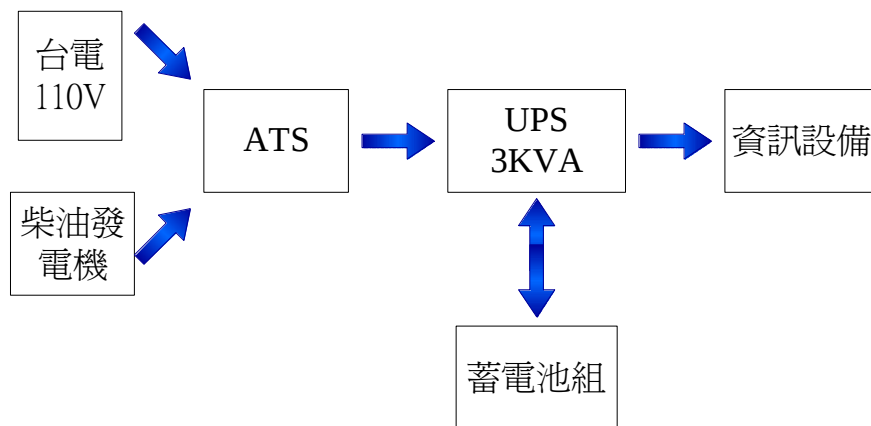


圖 3.11 備源電力系統架構

3.3.3 發電機房規劃設計

由於資料接收中心內部空間不足，因此本計畫之發電設備需另行建置機房進行架設發電設備，發電機房空間需能容納發電機、發電機油箱、電源自動切換器、UPS 等設備，同時需考量結構強度及通風問題，本團隊規劃採用槽鐵作為發電機房之桁架，支撐整個結構，並採用防鏽之鋁板製作屋頂、門及側面、背面牆壁，下方鋪設水泥地坪，將桁架固定於上，靠近資料接收中心之一側則不安裝鋁板，直接固定在資料接收中心牆面上，並做好接縫防水作業。發電機房設計圖說如下圖所示：

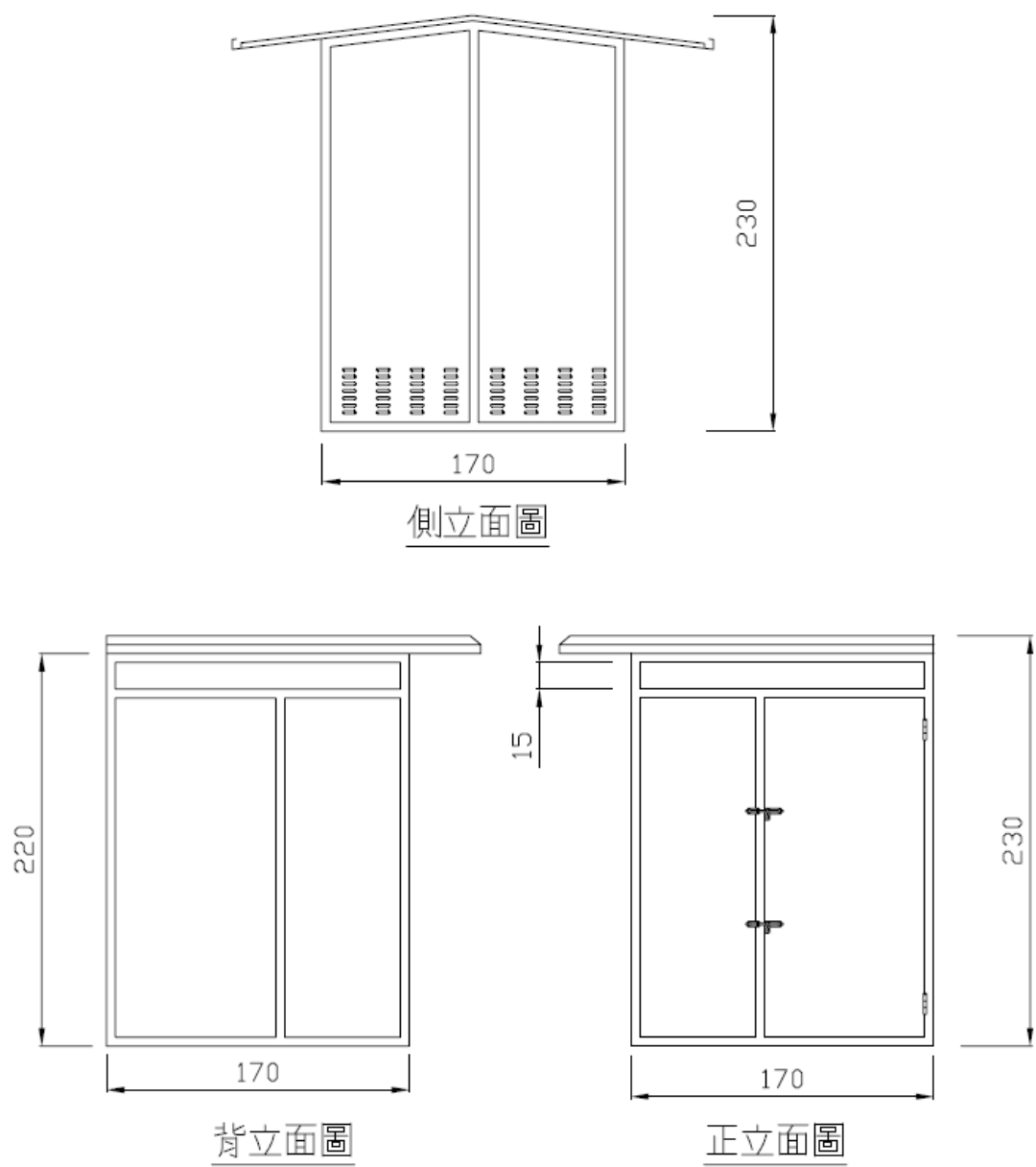
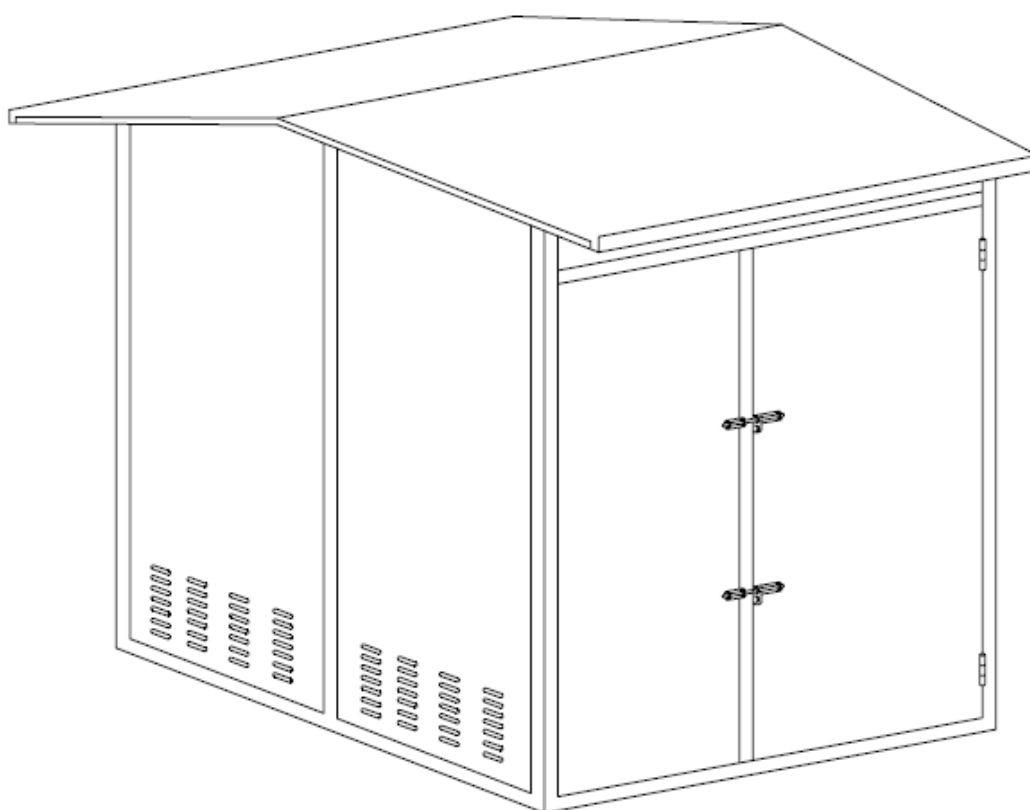


圖 3.12 發電機房側視圖



立體示意圖

圖 3.13 發電機房立體示意圖

3.3.4 發電機房建置作業

本計畫依據前述規劃於資料接收中心旁空地進行機房施工作業。

首先鋪設水泥地坪，其次，於地坪上方架設槽鐵骨架，做為機房之主結構（圖 3.14），完成主結構後再以鋁板鋪設屋頂及牆面，並需注意通風問題，最後安裝鋁板門完成發電機房建置作業，如圖 3.5 所示。



圖 3.14 發電機房施工照片



圖 3.15 發電機房完工照片

3.3.5 備援電力設備安裝架設

本計畫於發電機房內安裝電源自動切換器、不斷電系統、發電機及電池組，各項設備安裝成果及規格說明如下：

1. 電源自動切換器(ATS)

(1)設備架設成果

電源自動切換器已完成架設作業，並已測試完成，可自動進行備援電力及市電間之切換。



圖 3.16 電源自動切換器(ATS)

(2)規格

- a. 額定電流 15~100A，適用電壓 100~600VAC。
- b. 可自動切換市電端及備援端（發電機）。

2. 不斷電系統(UPS)

(1) 設備架設成果

不斷電系統已完成架設作業，與電源自動切換器連結測試完成。



圖 3.17 不斷電系統

(2) 規格

- a. 3KVA 在線式 UPS，真實在線式技術提供全方位電源保護
- b. 純正弦波輸出,總諧波失真(THD)小於 3%
- c. 全數位化 CPU 微處理控制
- d. UPS 輸出波形：正弦波

- e. UPS 型式：在線式
- f. UPS 市電正常時：具穩壓功能
- g. UPS 輸出電壓選擇：110V
- h. UPS 無市電開機：可以 DC(電池)啟動 UPS
- i. UPS 通訊介面：RS-232
- j. UPS 市電正常時：電壓穩定度 $\pm 2\%$
- k. UPS 濾波：防干擾
- l. UPS 省電裝置：停電時空載可自動關閉 UPS
- m. UPS 市電正常時：電壓穩定度 $\pm 2\%$
- n. UPS 停電轉換時間：零中斷

3. 柴油發電機

(1) 設備架設成果

柴油發電機與油箱組提供市電中斷時之電力來源，市電中斷後 ATS 切換到電池供電，電池電壓下降至一定程度後，發電機將自動，開始對電池進行充電。



圖 3.18 柴油發電機

(2)規格

- a. 輸出電力規格：AC 110V/220V。
- b. 輸出電力容量：5KVA 以上。
- c. 採用柴油燃料。
- d. 具有電力啟/閉裝置。
- e. 靜音型設計。

4. 蓄電池組

(1)設備架設成果

本計畫配置 16 顆 12V50AH 電池併聯使用，於市電中斷時提供電力，現已完成配置作業。



圖 3.19 蓄電池組建置成果

(2)規格

- a. 輸出電力規格：12V50AH。
- b. 電池種類：鉛酸電池。

第四章 利用參考站提升 GPS 量測精度

本計畫透過 GPS 參考基站全天候連續地接收衛星資料，再經由通訊線路傳送至控制計算中心，接著控制計算中心彙整參考基站接收之資料，計算出區域改正參數之資料，藉以計算出基站與任一移動站之相關資料，即可提高移動站坐標精度。

4.1 一機多天線系統概述

近二十年來，全球衛星定位系統（Global Positioning System；簡稱 GPS）已經廣泛應用於許多學科和領域，且被證明是用於監測人為和自然結構變形和位移的一個非常有力的工具，GPS 具有許多優於傳統測量技術的優點，簡單說來，GPS 更加精確、有效、高自動化和低勞動強度。但是，在這些應用中影響 GPS 大規模使用的一個限制因數就是它的硬體成本高。對於變形體的連續監測來說，每個被監測的點位元都需要配備一套高質量的大地型 GPS 接收機。這就使得設備費用投入太昂貴。為此我們提出了一機多天線 GPS 的構想，使用多根 GPS 天線和一台接收機相連，形成所謂的一機多天線 GPS 系統，特別適用於結構變形和位移監測（Tsakiri et al., 1998; Chen et al., 2000; Ding et al., 2000）。由本研究組研製的第一套系統是使用外接一台現成的、標準商業化 GPS 接收機和一個專門設計的 GPS 多天線開關（GMS：GPS multi-antenna switch），使得多個天線能和一台接收機連接在一起，所有天線所在的點位元都能監測（見圖 3.13）。這樣，每個監測點上的 GPS 硬體成本就得到成倍地減少，從而使得 GPS 在許多應用中成為可能，更加實用化。

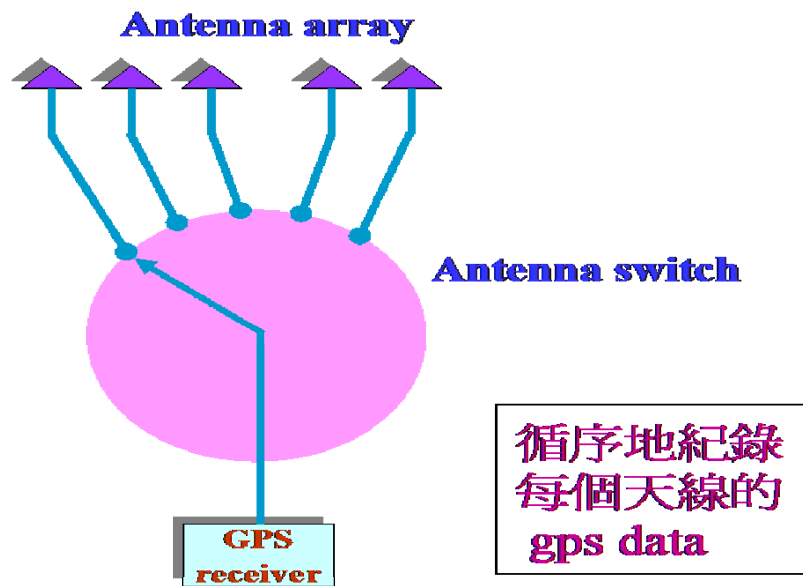


圖 4.1 GPS 一機多天線開關（GMS）的設計

對於一個標準的 GPS 系統而言，一台 GPS 接收機只有一根天線。所以，這種標準的 GPS 系統，一台接收機只能測量一個由天線位置確定的點位元。這些標準的 GPS 系統已被廣泛用於導航、測量及其它許多領域中。當使用標準 GPS 系統進行連續的變形監測時，無論是對於地球表面的變形（如邊坡等），還是對於各種工程結構變形（如壩體，橋樑等），每台 GPS 接收機只能用於監測一個點的位移情況。

多天線 GPS 系統，採用分時原理允許每個天線都能與接收機連接，按設定的時間順序採集 GPS 觀測資料。這個原理採用一個特別設計的 GPS 多天線開關（GMS）在一台工業 PC 的控制下來實現。每個天線所採集的資料都能用來計算回應天線的位置，或每個相應的天線的位移。使用差分定位模式，一套完整的多天線 GPS 系統的構造如圖 4.2 所示。這裏使用一台接收機安裝在已知站上，作為基準站，從而提高多天線 GPS 系統的定位精度。

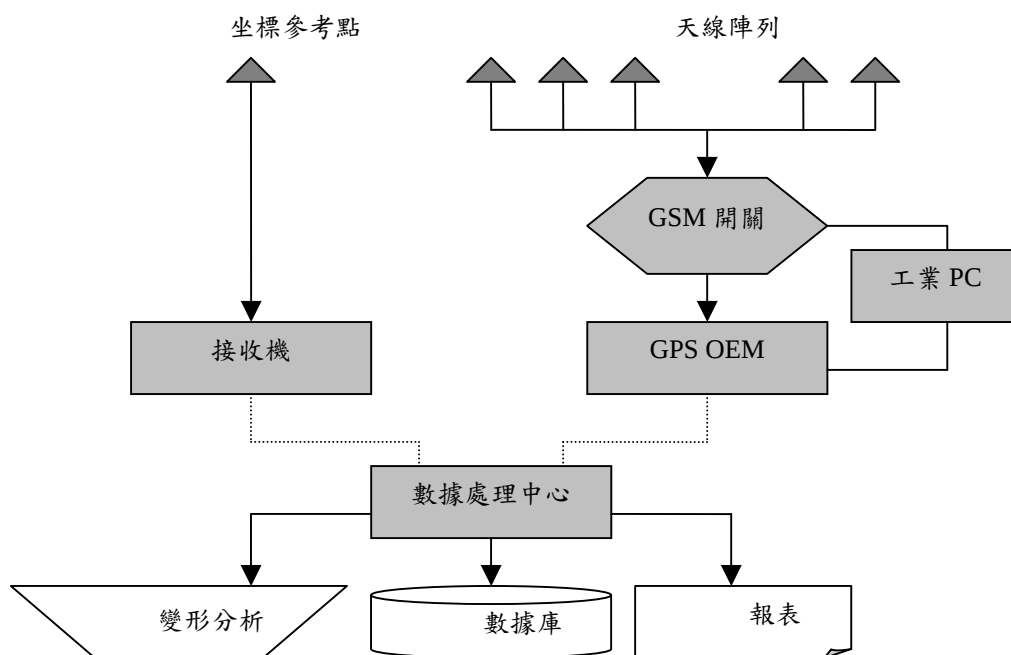


圖 4.2 新一代一機多天線系統的差分定位構造

4.2 一機多天線硬體構成

系統採用一台適於野外環境的工業電腦把 GPS/OEM 板、多天線開關（GMS）和資料通訊系統（目前採用 GSM900/1800），更加高度地集成在一起。用一塊 GPS/OEM 板代替外接大地型 GPS 接收機，這樣使得它更加容易與其他元件集成，同時進一步減少系統的成本。在市場上可用於這種系統的 GPS/OEM 板的選擇餘地比較大。選擇一塊 GPS/OEM 板主要考慮兩個因數：資料採樣率和它是單頻或是雙頻的接收板。

監控人員辦公室和 GPS 系統站之間的通訊連接將經由衛星傳遞至陽明山衛星接收站，再經固定的電話線或 T1 專線傳回，無線電發射器通常易於受環境條件的影響，或者有時需要使用中繼轉發站。圖 4.3(a) 所示的是單元的前端，它具有 8 通道天線連接器、一個軟碟驅動器和電話線插座。另外旁邊還有一個 GSM 數據機和一個連接在單元上的天線。(b) 所示的是用於控制的工業電腦的螢幕和鍵盤，在系統安置完畢後均可以取下。



(a)



(b)

圖 4.3 GPS 接收機、GMS 和資料通訊系統

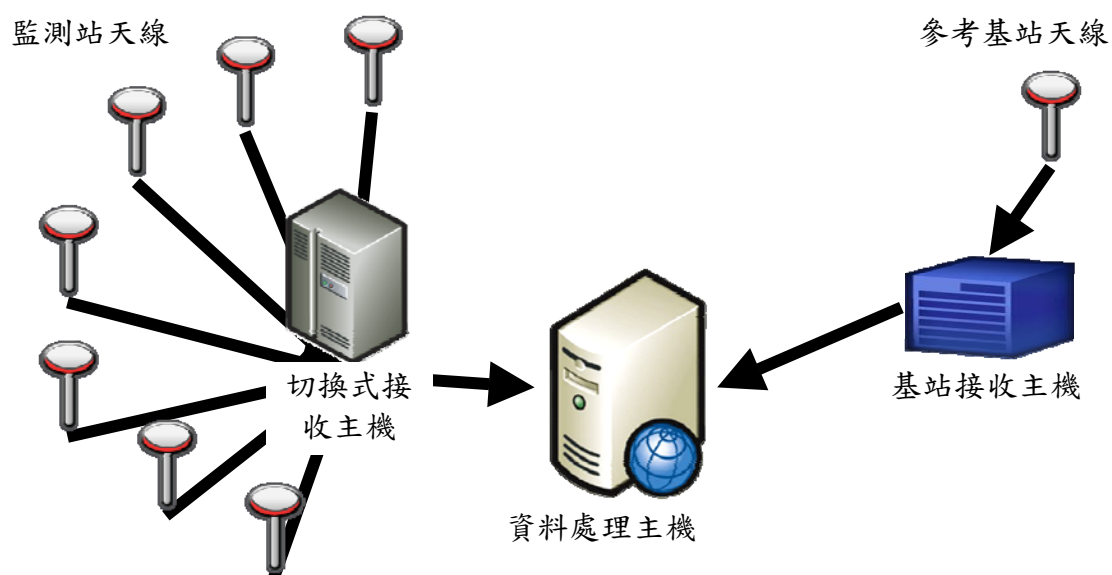


圖 4.4 一機多天線硬體環境架構

4.3 資料處理和分析演算法和軟體

系統所開發的套裝軟體是用來遙控系統的操作、計算多天線 GPS 系統上天線中心的位置和位移，從而來評估被監測物體所處的狀態。軟體的主功能表如圖 4.5 所示。

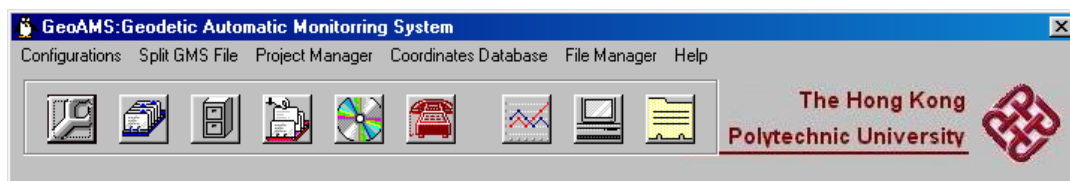


圖 4.5 系統軟體的主功能表

資料處理與管理軟體的結構如圖 4.1 資料處理與管理軟體的結構所示。一旦系統在初始化建立起來後，它的操作就可以通過資料通訊系統來遙控。決定系統操作的重要參數包括系統的資料採樣率、衛星接收截止角、接收機在 GMS 每掃描一圈中與每根天線連接的時間，以及資料是如何被傳輸到辦公室的方式（例如，以即時的方式或是以固定時間間隔的方式）。

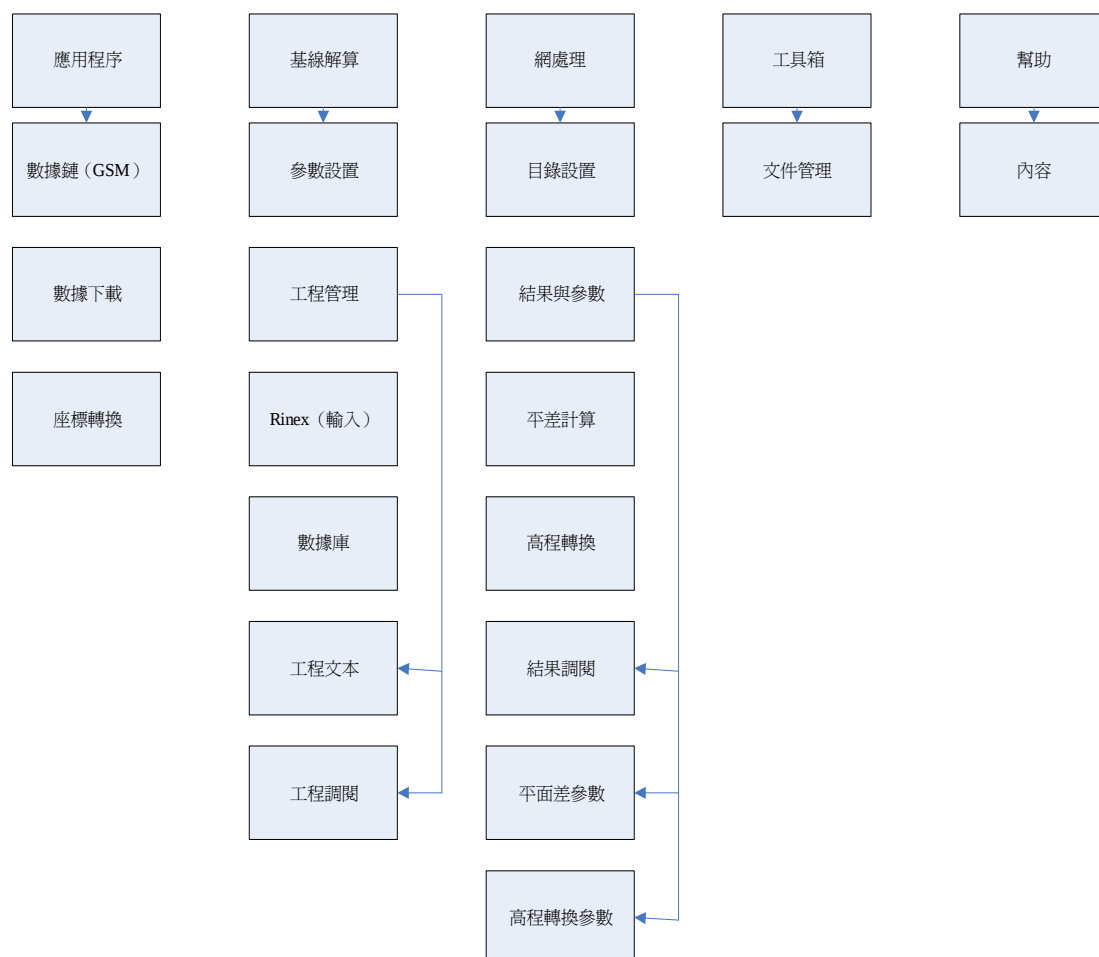


圖 4.1 資料處理與管理軟體的結構

圖 4.7 所示的是系統參數的設置視窗，它包括所要使用的天線通道選擇、資料的採樣間隔、衛星截止角、在掃描一圈中每個通道的時間間隔和所決定的資料傳輸形式。

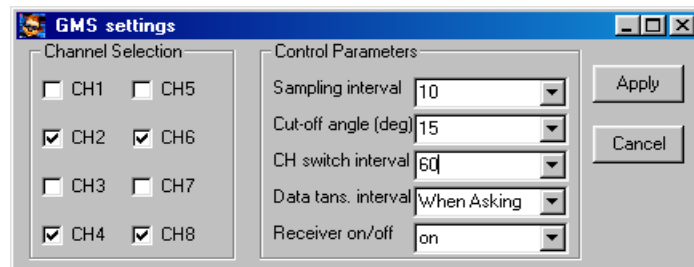


圖 4.2 一些系統參數的設置

圖 4.3 是系統所顯示的系統操作狀態視窗，包括每個通道的狀態、當前被追蹤的衛星數目和每顆衛星的方位角和高度角。

軟體接收資料採用通常所使用的標準 GPS 資料交換格式，如 RINEX 資料格式。軟體能進行 GPS 基線處理、進行 GPS 網平差和將大地高轉化為正常高等功能。系統可以有靜態或動態（RTK）兩種工作模式，其計算時間的長短會影響監測的精度。前者提供毫米級定位精度但需要較長的觀測時間，取決於當時的位置條件和基線的長度；後者提供釐米級的即時或準即時定位。

圖 4.4 是軟體所顯示的被監測點以三維坐標變化的形式所反映的各坐標的變化情況，和在水平面內點的的位移/或運動軌跡的情況，圖內上半部之白色細線條的間隔單位為公分，如此可明瞭此即時位移監控的能力可達公分精度。

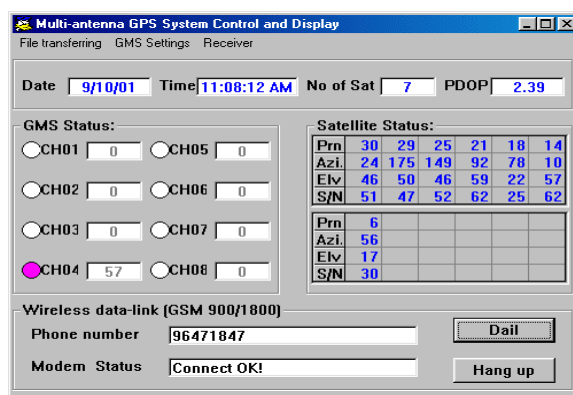


圖 4.3 顯示系統操作狀態的螢幕

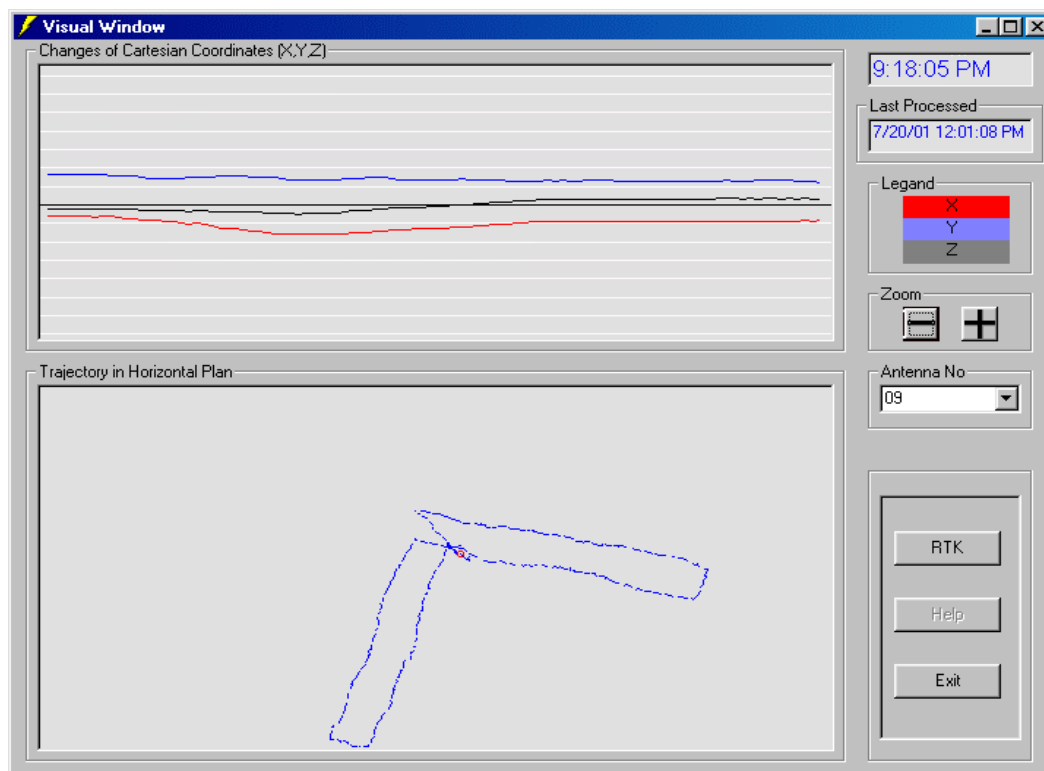


圖 4.4 監測點的位移顯示

4.4 利用基準站修正精度

本計畫利用架設於資料接收中心附近之基站天線接收之訊號修正各觀測天線之訊號，然基站天線與各觀測天線位於同一塊體，依據前期研究分析成果，基站天線亦有位移之狀況發生，因此本計畫擬每兩星期申請一次，取得國土測繪中心竹崎站之衛星觀測資料(圖 4.10，利用竹崎站之資料取得基站天線之位移量，進一步修正各天線之位移量。

The screenshot shows the 'e-GPS即時動態定位系統入口網站' (e-GPS Real-time Dynamic Positioning System Entry Website) of the National Land Surveying Center (NLSC). The main form is titled '衛星觀測資料電子檔供應服務申請' (Satellite Observation Data Electronic File Supply Service Application). It includes fields for '申請單位名稱' (Applicant Name), '專案名稱' (Project Name), '委託單位' (Commissioning Unit), and '作業範圍' (Work Area). There are also fields for '專案開始日期' (Project Start Date) and '專案終止日期' (Project End Date). A section for '作業目的及方法' (Purpose and Method) is present, followed by a table for '檢附證明文件項目' (Attached Proof Document Items) with checkboxes for various documents like '行政計畫摘要影本' (Administrative Plan Summary Copy), '業務計畫摘要影本' (Business Plan Summary Copy), '教學課程摘要影本' (Course Summary Copy), etc. At the bottom, there are fields for '申請期限' (Application Period) and '資料保管人姓名' (Data Custodian Name), along with '下一步' (Next Step) and '重印' (Reprint) buttons.

圖 4.5 國土測繪中心衛星觀測資料服務申請介面

本計畫擬每兩星期申請一次，取得內政部國土測繪中心竹崎站之衛星觀測資料，並利用竹崎站之資料與基站接收資料進行解算，進而得到基站坐標資料。下表為 2010 年 4 月 15 日起每兩星期基站平均坐標，10 月下旬之資料目前正計算中。

表 4-1 每兩星期基站平均坐標

日期	E 坐標	N 坐標
2010/4/15-2010/4/30	213,412.4452	2,591,864.344
2010/5/1-2010/5/15	213,412.4346	2,591,864.349
2010/5/16-2010/5/31	213,412.4241	2,591,864.355
2010/6/1-2010/6/15	213,412.4127	2,591,864.367
2010/7/1~2010/7/15	213,412.4265	2,591,864.369
2010/7/16~2010/7/31	213,412.4183	2,591,864.378
2010/8/1~2010/8/15	213,412.4227	2,591,864.364
2010/8/16~2010/8/31	213,412.4163	2,591,864.359
2010/9/1~2010/9/15	213,412.4217	2,591,864.362
2010/10/1~2010/10/15	213,412.4275	2,591,864.364

歷次計算結果，基站向北移動 1.9 公分，向西移動 1.8 公分，整體趨勢與前期計算成果相符。

第五章 全球衛星定位系統監測結果與相關單位 成果比對與分析

5.1 全球衛星定位監測系統測試

在確保全球衛星定位監測系統的精度與穩定性前，必須先進行實驗室測試完成後才能移至現地量測，故選擇逢甲大學商學館 13F 天台上進行測試。

5.1.1 實驗場地介紹

為了尋求試驗便利與對空通視的地方，故利用商學館頂樓進行測試。以現有的儲藏室做為儀器控制室，其中包含一台多天線 GPS 切換器 (Switch)、兩台 GPS 接收器 (Receiver) 和一台電腦主機，如圖 5.1 所示。並以現有的內政部 GPS 固定站作為此多天線 GPS 量測基站，整個多天線 GPS 佈設位置如圖 5.2 所示，其中包含一個基站和七個移動站。



圖 5.1 多天線 GPS 試驗設備



圖 5.2 多天線 GPS 試驗配置圖

5.1.2 靜態初始值量測

選擇七個移動站位置，均勻分布於頂樓空曠的地方。在進行多天線 GPS 動態位移量測時，必須先紀錄一段長時間（約 2~3 天）的靜態 GPS 初始值位置量測。其 GPS 資料擷取方式為每 5 秒接收一筆資料，連續記錄 30 分鐘後切換至另一個 channel，且每小時解算位置一次，將初始值位置量測結果整理如表 5-1 所示。其中 GPS0 代表內政部固定基站，且移動站 GPS1 至 GPS7 的坐標是相對於 GPS0 的坐標，將相對位置與基站之距離繪製如圖 5.3 所示。由於基站的高程較移動站為高，故垂直方向的高程坐標均為負值。

表 5-1 靜態多天線 GPS 初始值坐標

測站編號	N (cm)	E (cm)	Z (cm)
GPS0	0	0	0
GPS1	545.23	27.05	-514.92
GPS2	531.67	-327.14	-404.19
GPS3	1,020.38	139.09	-507.18
GPS4	1,146.76	-133.93	-491.37
GPS5	906.27	445.34	-479.36
GPS6	727.94	636.10	-475.67
GPS7	979.30	-336.95	-390.93

5.1.3 雷射經緯儀測量

為了確認全球定位系統量測的準確性，故另外利用雷射經緯儀針對 GPS0 至 GPS7 之固定站和移動站位置，進行水準與高程測量。由於水準測量必須以某依方向當作固定方向，其他待測點則是相對於此方向，故將 GPS0 和 GPS1 連線方向做為固定方向，並將所得結果與多天線 GPS 量測結果相互比較，整理坐標如表 5-2 所示。由表中可以發現在垂直方向的差異較大，此結果與 GPS 量測文獻相同，且在 GPS6 的水平方向出現誤差較大的結果。將相對位置與 GPS 天線之距離繪製如圖 5.4 所示。

討論結果發現多天線 GPS 準確性較差的原因，主要是在於 GPS 的天線距離地面太低，訊號有反射的現象，一般建議要距離地面約 50~100cm 以上，才不會有訊號干擾的現象。再加上因為頂樓屋凸（儀器屋）的位置剛好遮蔽大約一半的對空通視，產生多路徑的效應。另一方面在進行水準與高程測量時，因為不確定天線內部接收晶片的真實位置，故以天線頂部為量測目標，所以才會造成以下的結果。

表 5-2 雷射經緯儀量測坐標與多天線 GPS 結果比較

測站編號	N (cm)	E (cm)	Z (cm)	N (cm)	E (cm)	Z (cm)
GPS0	0	0	0	多天線 GPS 比較差異		
GPS1	544.98	27.04	-490.20	0.25	0.01	-24.72
GPS2	527.82	-328.62	-383.10	3.85	1.48	-21.09
GPS3	1,018.63	125.49	-492.80	1.75	13.6	-14.38
GPS4	1,142.66	-144.14	-491.00	4.1	10.21	-0.37
GPS5	913.28	460.69	-491.10	-7.01	-15.35	11.74
GPS6	694.56	637.05	-488.00	33.38	-0.95	12.33
GPS7	975.83	-339.66	-383.50	3.47	2.71	-7.43

5.1.4 移動多天線 GPS 位置量測

因為先前多天線 GPS 的位置距離地面太近，故重新選擇多天線 GPS 的位置，再加上為了測試動態移動的精度，特別將其中一個天線

換成放置在角架上，方便移動已知固定位移，現場配置如圖 5.6 所示。並在角架下方固定四個已知位移量的點，如圖 5.7 所示，每個移動量大約 1.5~2.0cm 左右。

實驗步驟同前兩項，由於改變了多天線 GPS 的位置，故還是必須要重新進行靜態長時間量測以確定初始值坐標，再利用雷射經緯儀確認 GPS 天線的位置，此次量測已注意到天線內部接收晶片的相關位置。接下來進行動態量測試驗，其 GPS 資料擷取方式為每 5 秒接收一筆資料，連續記錄 2 分鐘後切換至另一個 channel，且每小時解算位置一次。

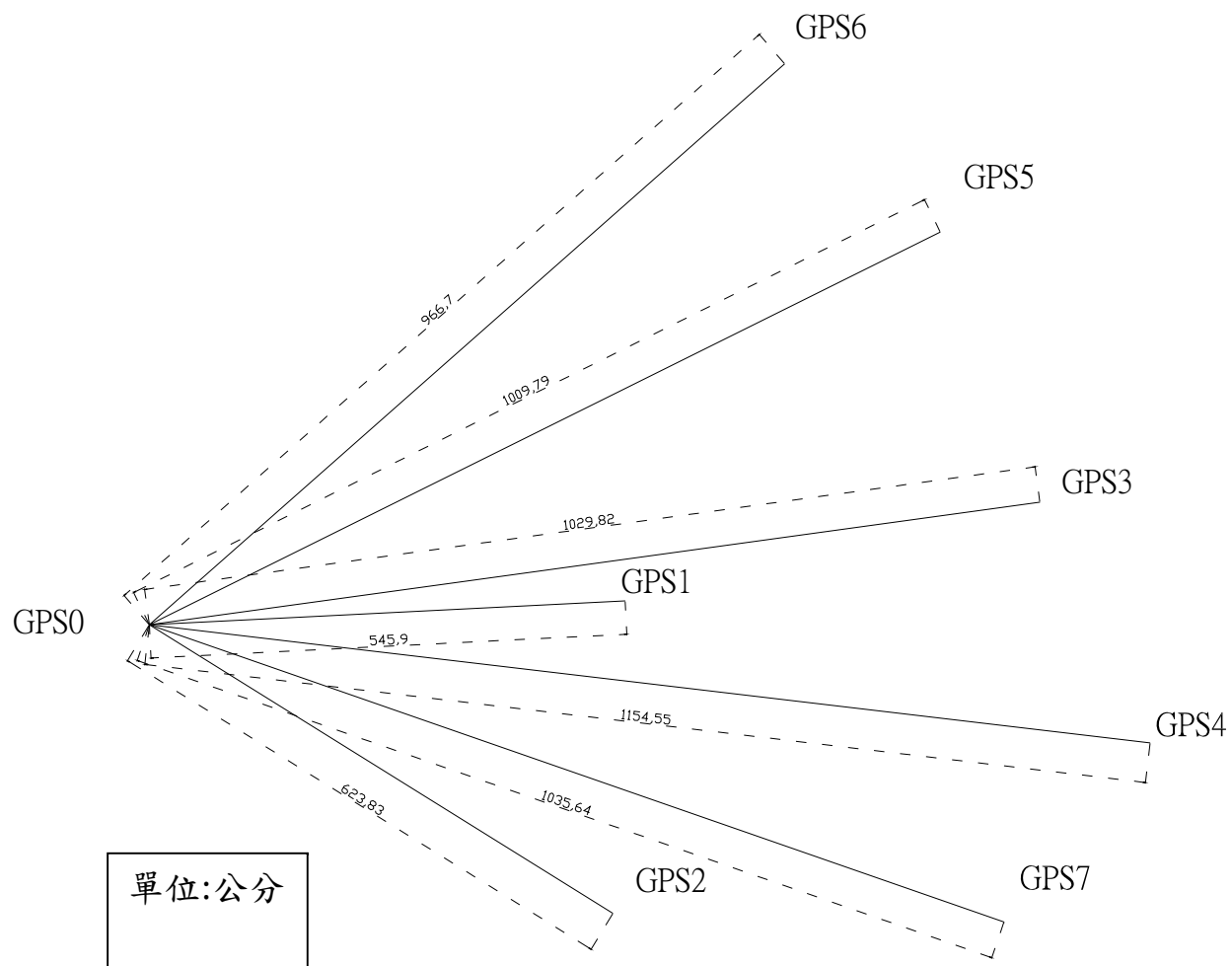


圖 5.3 靜態多天線 GPS 初始值量測結果

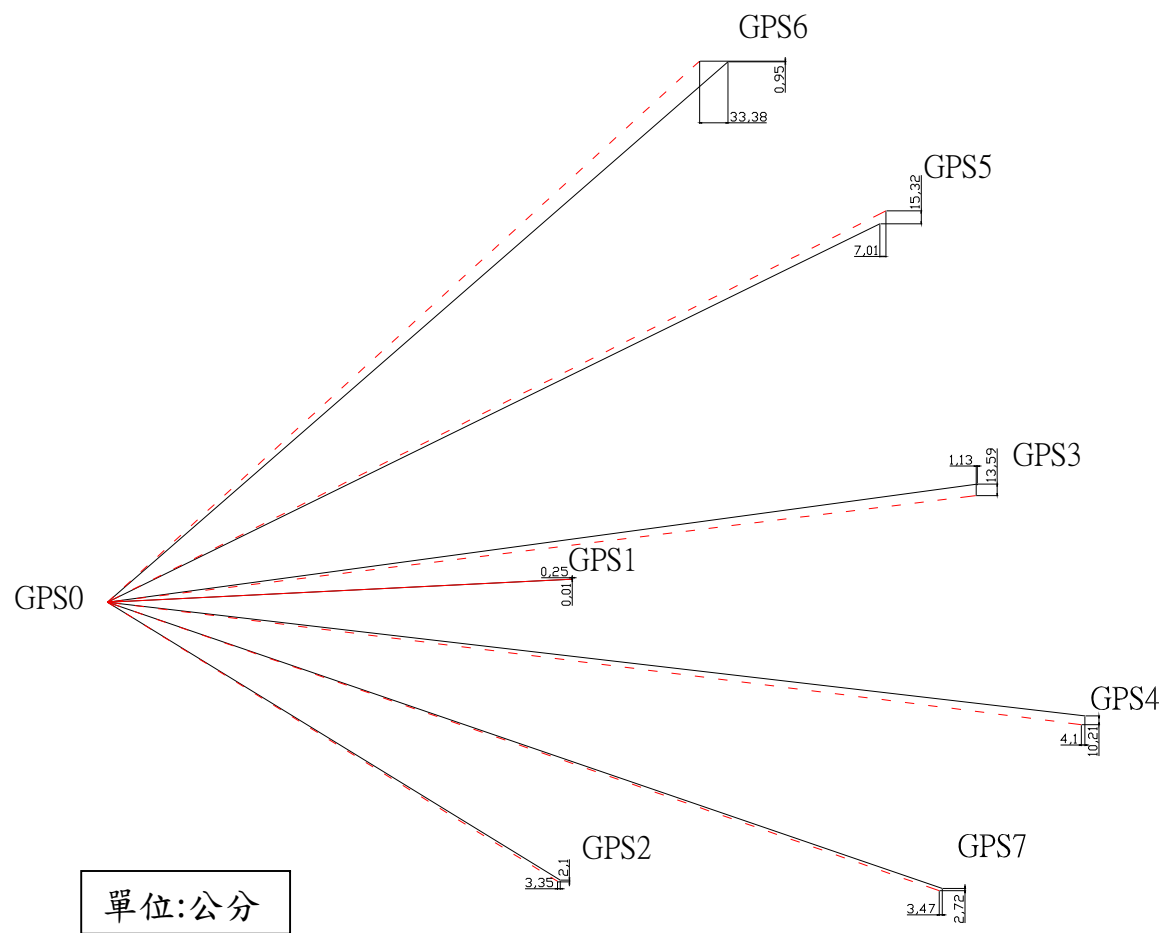


圖 5.4 雷射經緯儀量測與多天線 GPS 初始值量測結果比較

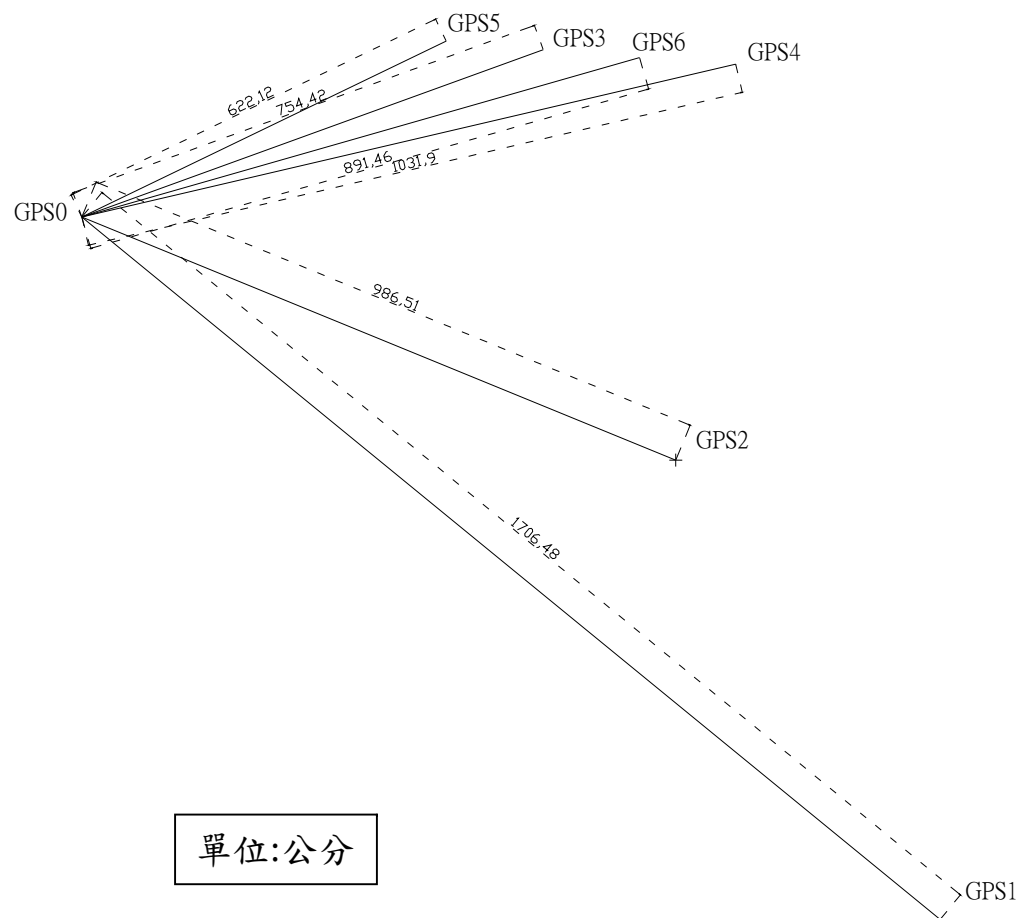


圖 5.5 修改後雷射經緯儀量測結果

表 5-3 雷射經緯儀量測天線坐標

測站編號	N (cm)	E (cm)	Z (cm)
GPS0	0	0	0
GPS1	559.9	271.2	-369.7
GPS2	708.9	258.1	-369.7
GPS3	856.9	245.8	-370.6
GPS4	1,004.6	235.8	-382.6
GPS5	1,318.7	-1,083.1	-355.6
GPS6	912.5	-374.9	-357



圖 5.6 修改後多天線 GPS 位置配置圖

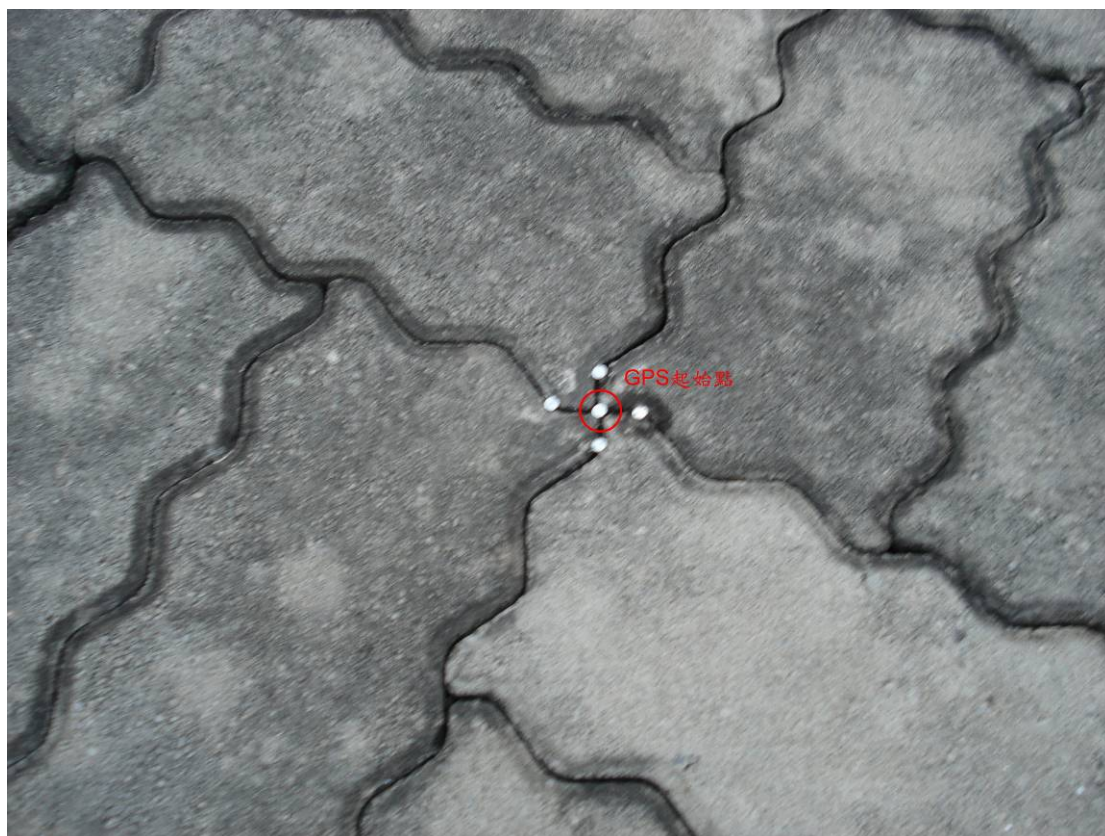


圖 5.7 多天線 GPS 移動測試點

接下來將進行 8 個多天線 GPS 測試與新式的 switch 接收器測試。多天線位置佈置後，同樣與雷射經緯儀作比對測試。發現除了第八個天線外，其他的精度都在容許範圍內(如表 5-4)。之後進一步確認後發現是因為 switch 的內部線路問題，修改後已恢復正常，並確認多天線 GPS 之穩定性與準確性。

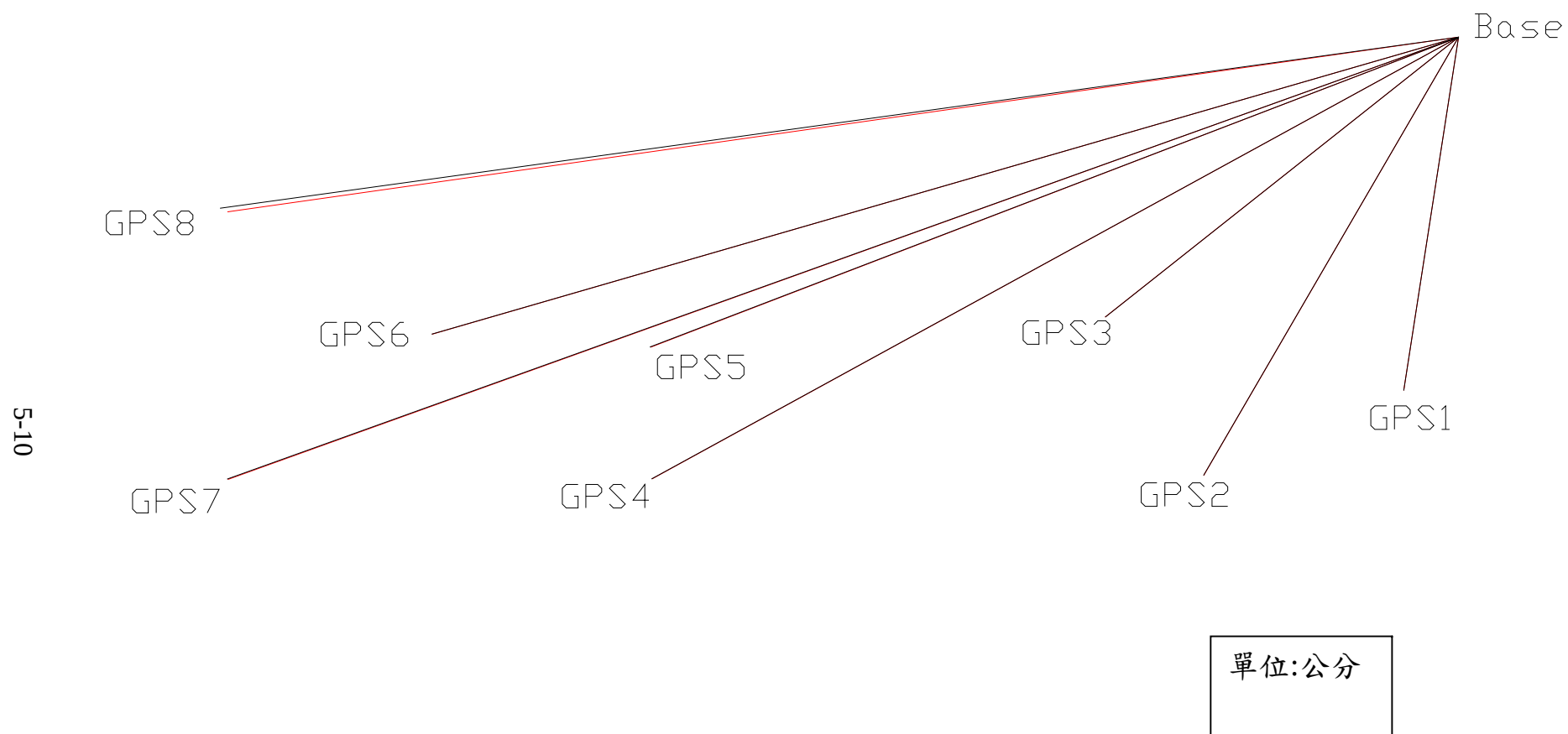


圖 5.8 八個多天線 GPS 測試位置圖

表 5-4 GPS 與經緯儀比對測試成果表

測站編號 (單位)		E	N	H
2 (cm)	經緯儀	109.3634	97.7714	11.6688
	GPS	109.37	97.772	11.664
	cm	-0.66	-0.06	0.48
3 (cm)	經緯儀	106.0288	103.147	11.3648
	GPS	106.025	103.147	11.351
	cm	0.38	0	1.38
4 (cm)	經緯儀	90.6461	97.655	11.5724
	GPS	90.66	97.652	11.391
	cm	-1.39	0.3	18.14
5 (cm)	經緯儀	90.5877	102.1316	11.3974
	GPS	90.612	102.126	11.386
	cm	-2.43	0.56	1.14
6 (cm)	經緯儀	83.1861	102.5695	11.3486
	GPS	83.208	102.57	11.336
	cm	-2.19	-0.05	1.26
7 (cm)	經緯儀	76.2541	97.6472	11.4703
	GPS	76.277	97.636	11.458
	cm	-2.29	1.12	1.23
8 (cm)	經緯儀	76.0137	106.8461	11.5876
	GPS	76.262	106.721	11.63
	cm	-24.83	12.51	-4.24

5.2 第四彎 GPS 位移量監測與分析

圖 5.9 至圖 5.12 分別為天線一至天線四之 N、E、H 坐標，於 2007 年 10 月 19 日至 2008 年 10 月 4 日期間所記錄之坐標值。圖 5.13 至圖 5.16 分別為天線五至天線八之 N、E、H 坐標，時間由 2008 年 7 月 4 日至 2008 年 10 月 4 日期間所記錄之坐標值，由於此路段第四彎改道工程施工導致時常斷電，其數據較不完整，且七、八、九月因數個颱風來襲，導致其變化量相當大。影響臺灣之颱風降雨量及阿里山平時之降雨量如表 5-5、表 5-6 所示(資料來源：中央氣象局全球資訊網下載，網址：<http://www.cwb.gov.tw/>)。

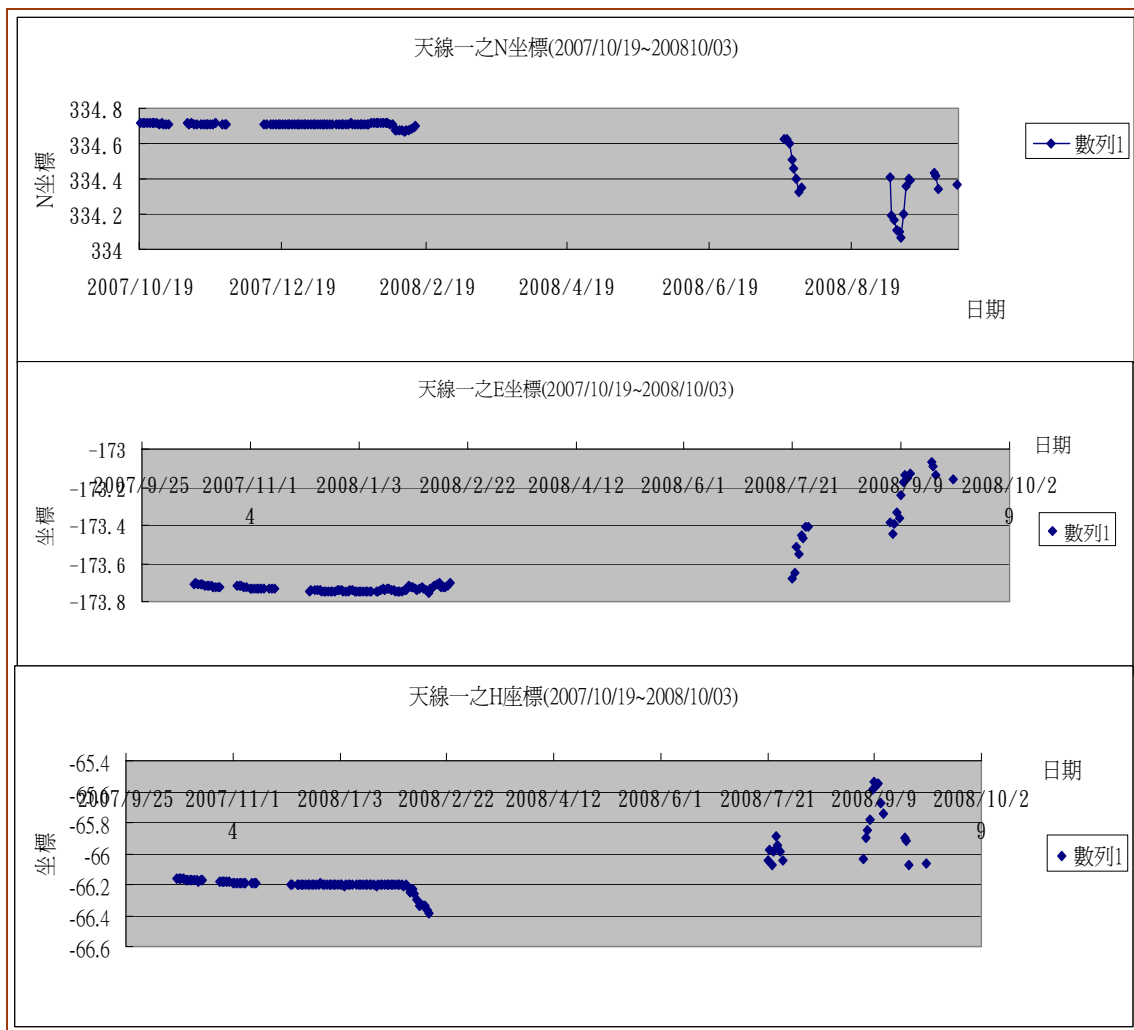


圖 5.9 天線一之 N、E、H 坐標

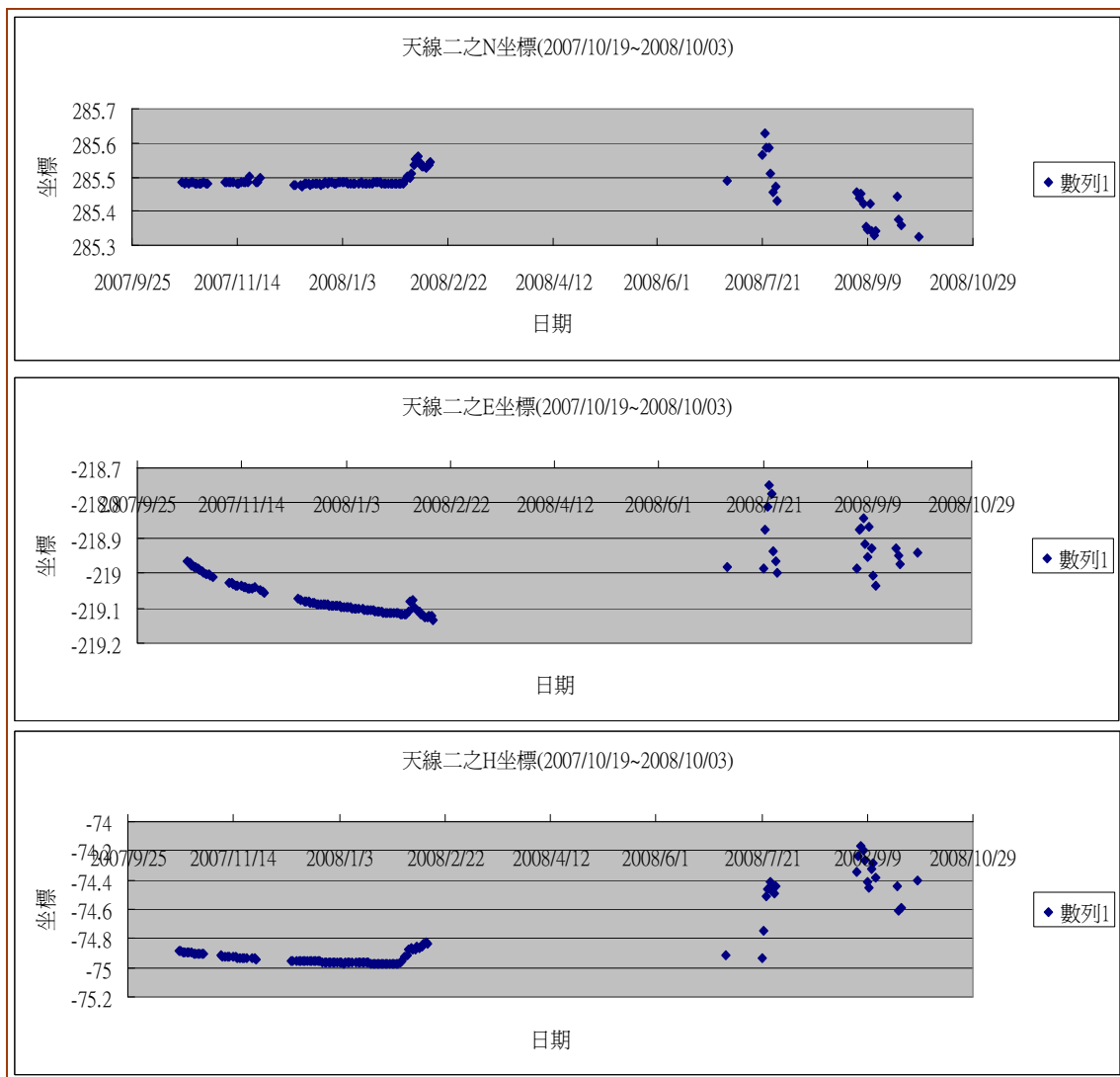


圖 5.10 天線二之 N、E、H 坐標

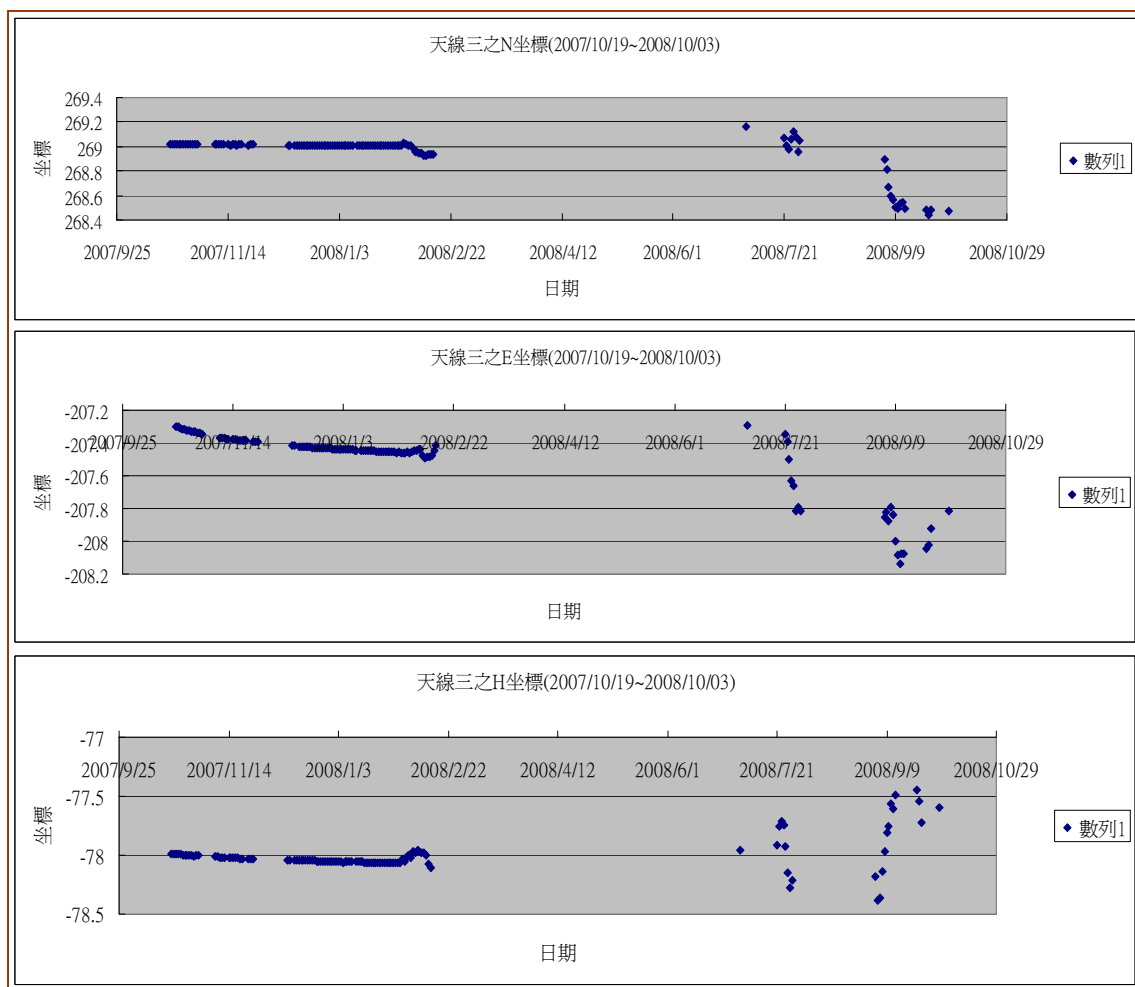


圖 5.11 天線三之 N、E、H 坐標

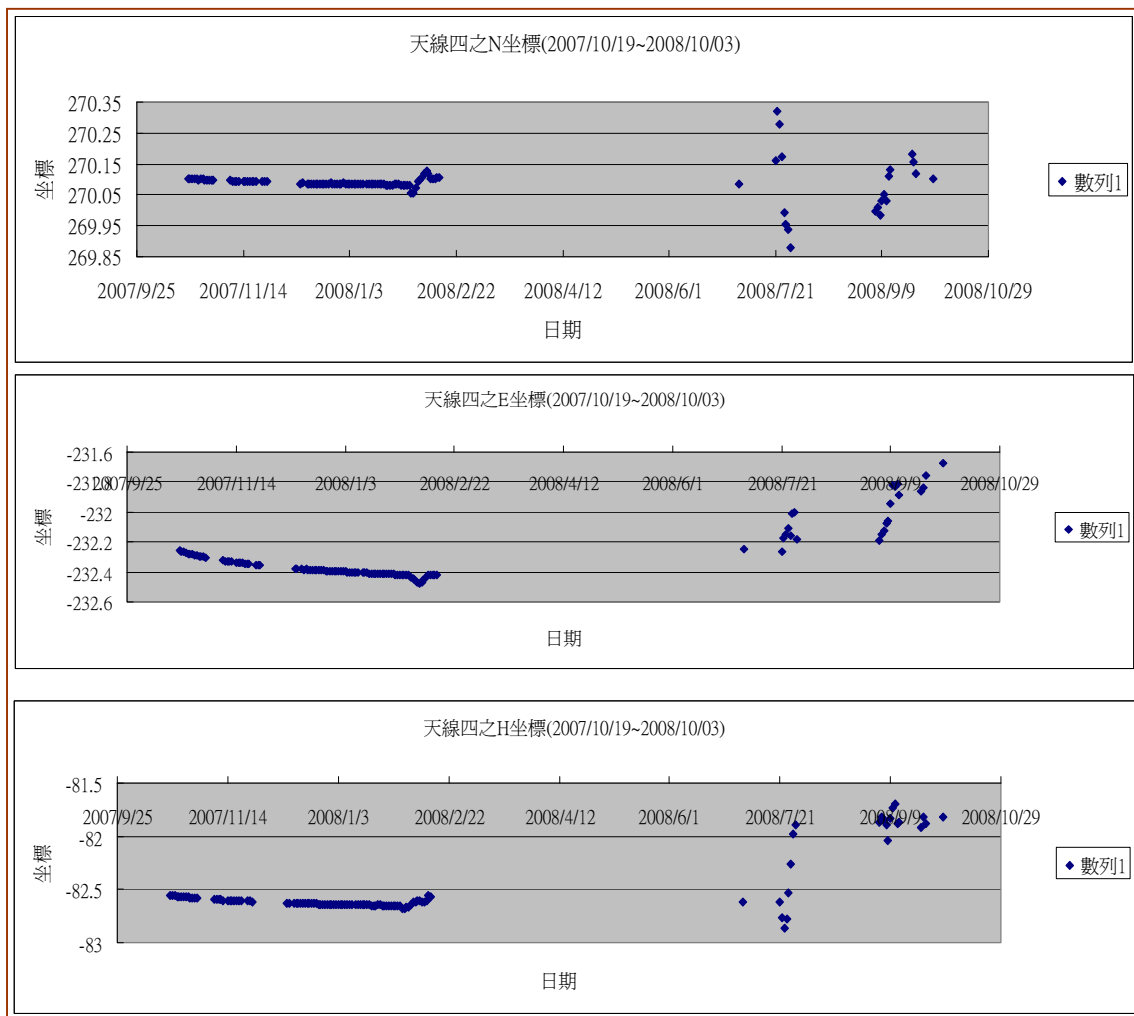


圖 5.12 天線四之 N、E、H 坐標

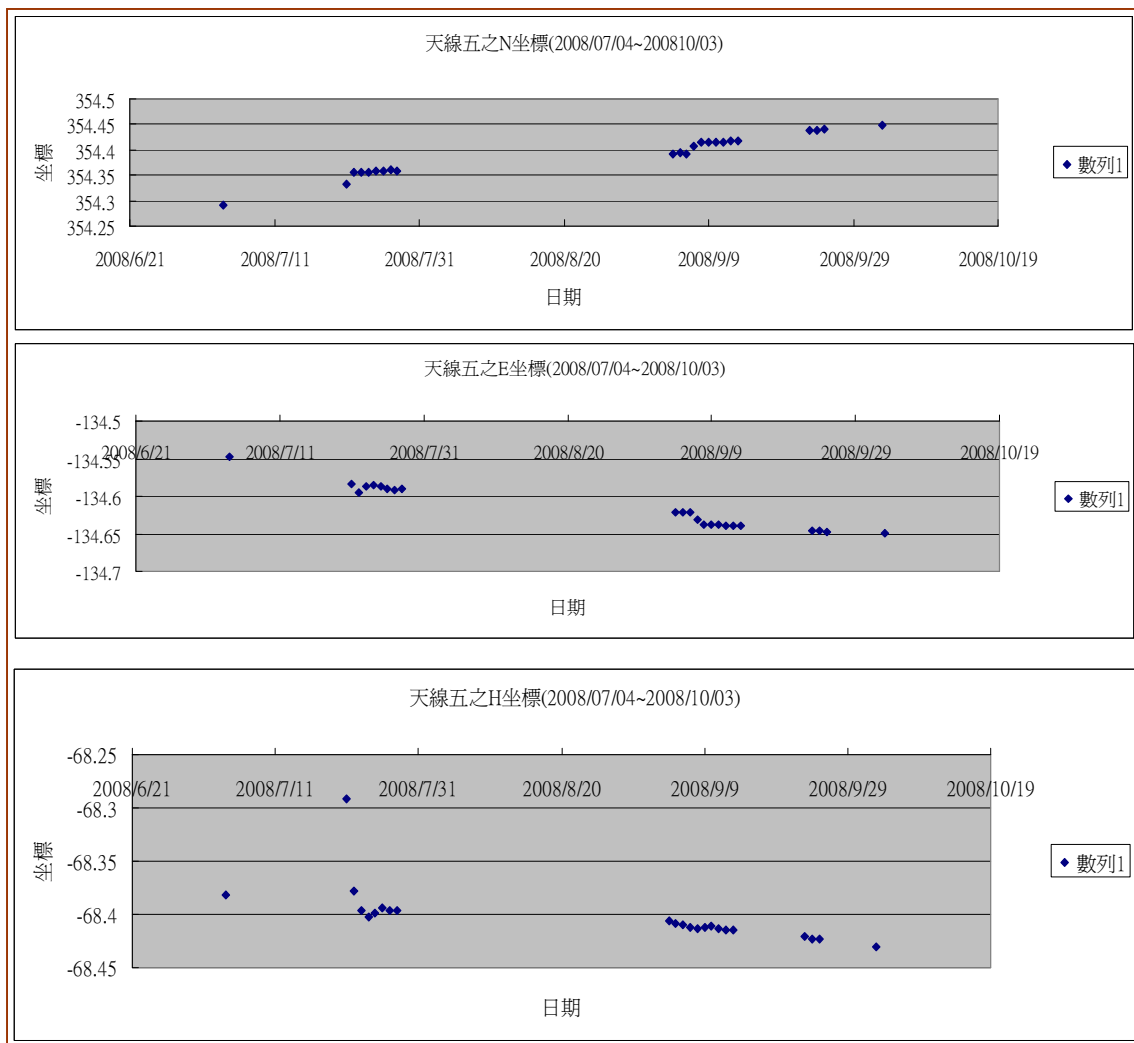


圖 5.13 天線五之 N、E、H 坐標

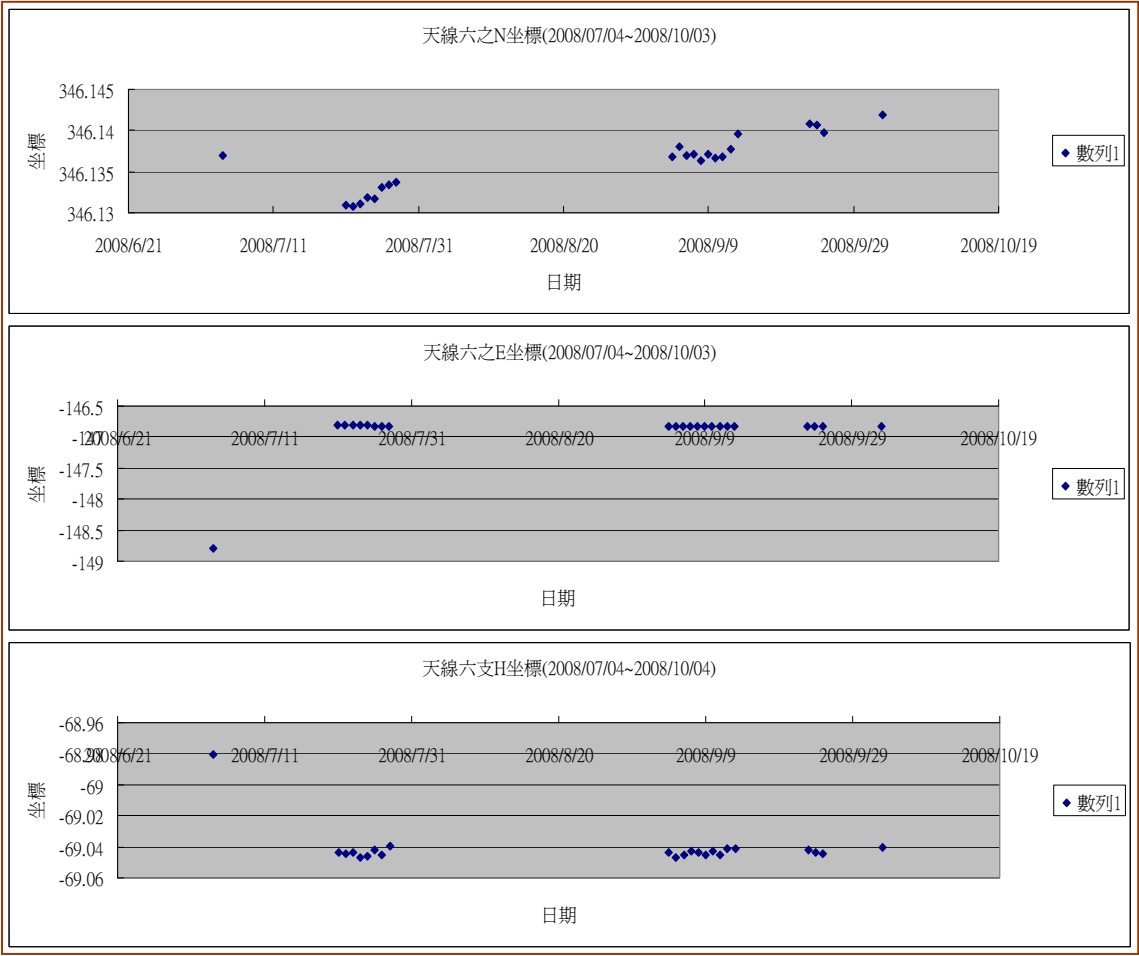


圖 5.14 天線六之 N、E、H 坐標

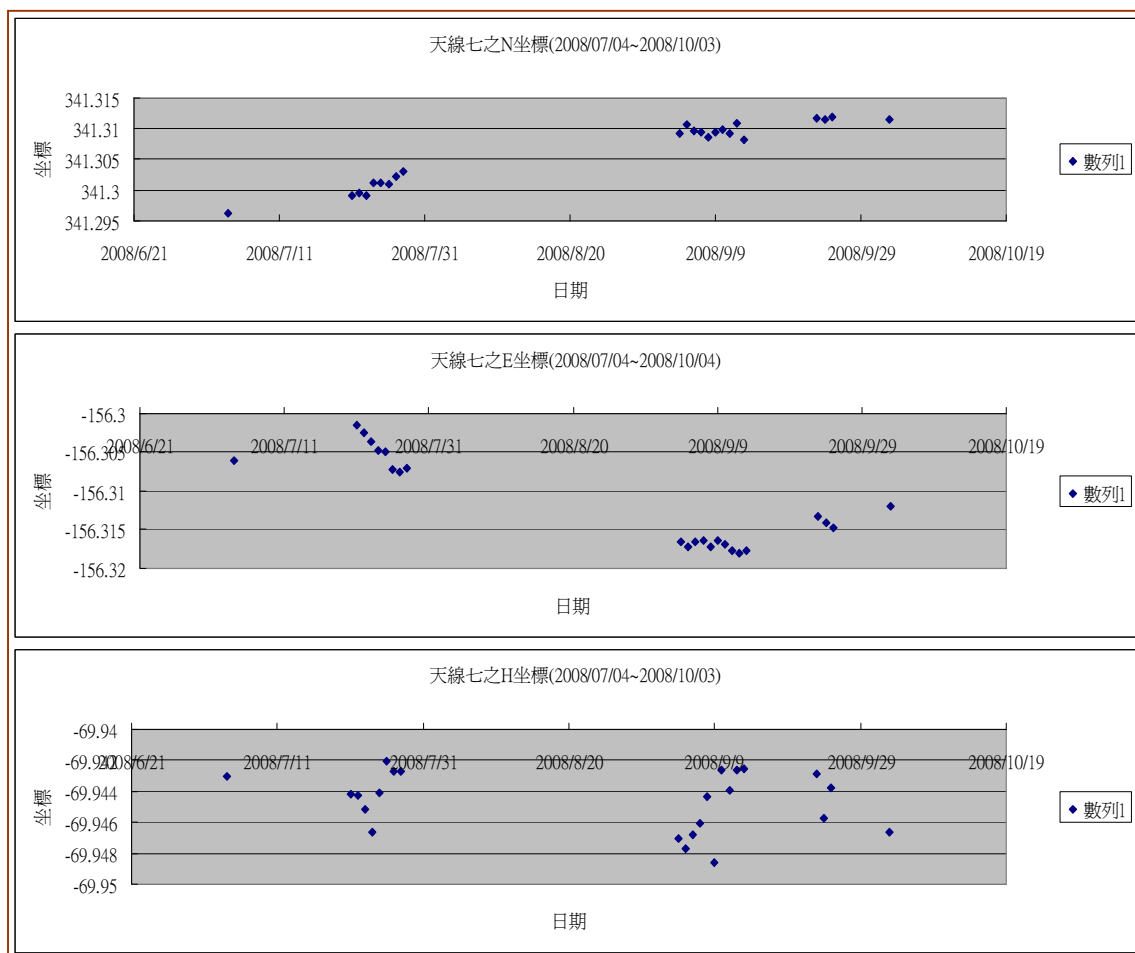


圖 5.15 天線七之 N、E、H 坐標

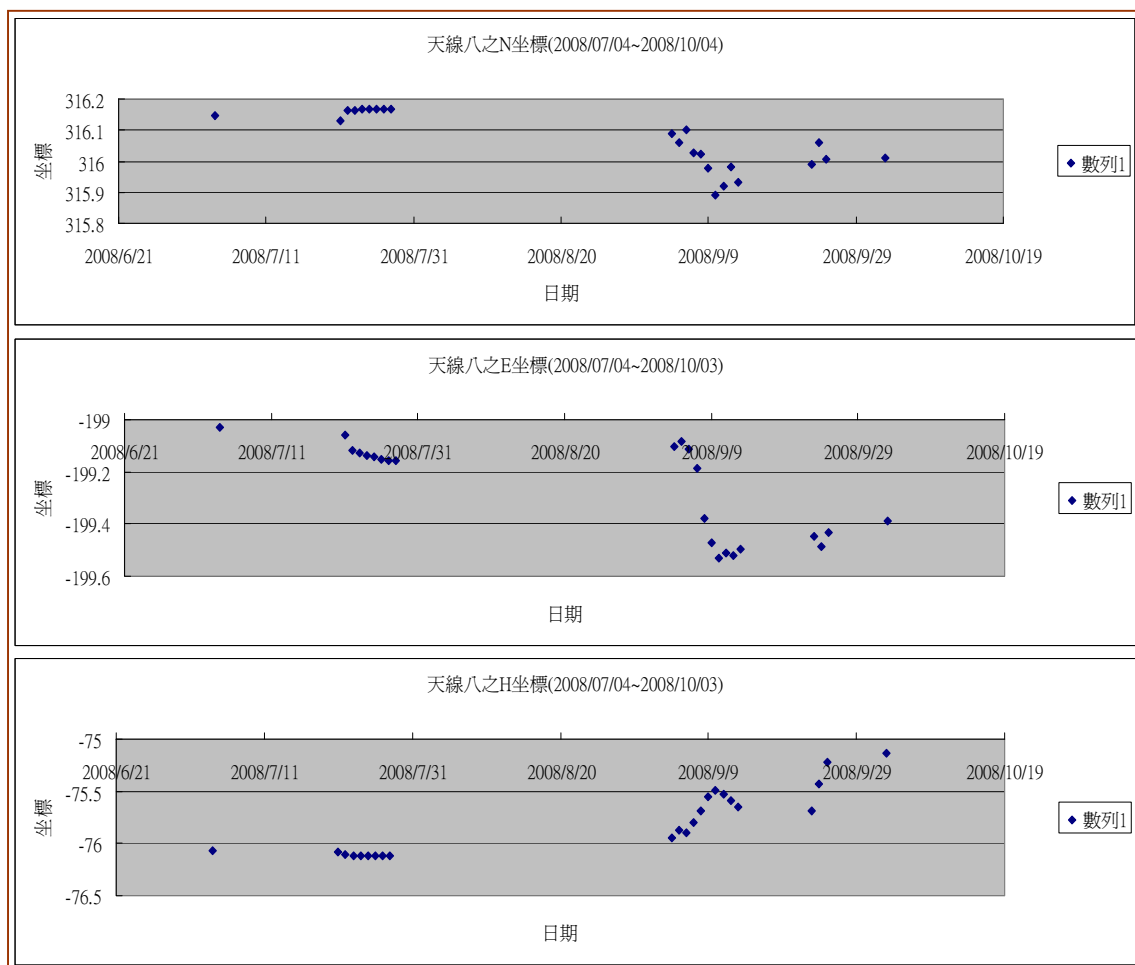


圖 5.16 天線八之 N、E、H 坐標

表 5-5 2007~2008 年颱風於阿里山地區帶來之降雨量統計表

颱風名稱	侵襲時間	雨量(mm)	強度
帕布	2007/8/6~8/8	31	輕
梧提	2007/8/8~8/9	21	輕
聖帕	2007/8/16~8/19	654.7	強
韋帕	2007/9/17~9/19	302	中
柯羅莎	2007/10/4~10/7	1,093	強
卡玫基	2008/7/16~7/18	619	中
鳳凰	2008/7/26~7/29	641.9	中
辛樂克	2008/9/11~9/16	1,470.5	強
薔蜜	2008/9/26~9/29	885.5	強

表 5-6 2007 年 9 月至 2008 年 9 月之每月降雨量

月份	2007 年月降雨量(mm)	月份	2008 年月降雨量(mm)
九月	539.4	一月	103.2
十月	1,157.6	二月	90.2
十一月	47.4	三月	64.8
十二月	5.1	四月	135.3
		五月	377.8
		六月	496.4
		七月	1,573.1
		八月	276.5
		九月	2,525.8

由 2007 年 10 月 19 日天線開始收集資料至今，由於 2008 年 2 月 15 日至 7 月 3 日期間都無資料，間斷時間太長，所以將分兩時期作分析與探討。圖 5.17 所示為時間 2007 年 10 月至 2008 年 2 月的地滑速度，其滑動速度之值是以 6 天的資料擬合得來，為能更加表示地滑之顯著性，以每 6 天的位移量為單位 (cm/6 天)，由於 2008 年 2 月份不穩定，因此 2008 年 2 月份資料將不列入分析。天線一、天線二、天線三、天線四是以東西方向的滑動較為嚴重，後三者的最大之向西地滑速度約每月 10 cm，其中南北向和高程之變化量不大，因此僅選擇東西方向進行分析與探討。

圖 5.18~圖 5.21 所示，其滑動速度以 cm/6 天為單位，亦加入 6 天累積的雨量一併呈現比較，2007 年 10 月 4 日至 7 日秋颱柯羅莎所帶來的累積雨量為 1,093mm，其他平時於年底前僅四次些許降雨量，相對比較影響不顯著。其滑動速度若為”負值”，表示向西滑動，若為”正值”，反之。由圖表可得知在颱風侵襲其降雨量暴增的同時，滑動速度明顯地最快，當雨量停歇，滑動速度漸漸緩和下來。

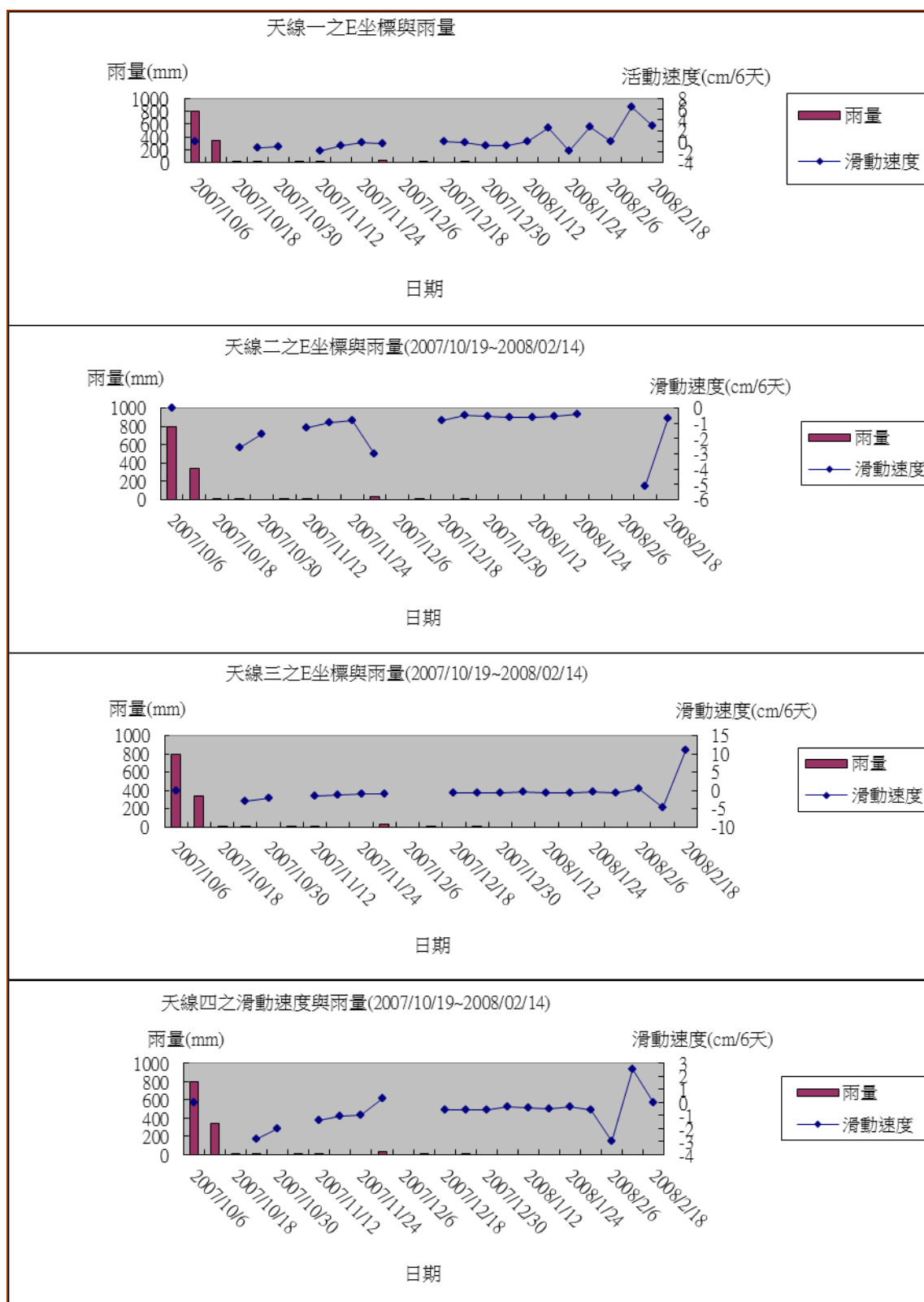


圖 5.17 四根天線之 E 坐標滑動速度與雨量分(2007/10/19~2008/2/14)

其滑動速度呈現一拋物線的趨勢，將其各點進行二元一次方程式之擬合，結果如圖 5.22~圖 5.25。如圖 5.22 成果顯示，天線一因滑動速之變化量不大，所以擬合出之趨勢線較差，但天線二、天線三及天線四擬合趨勢線之 R 平方值皆高達 0.9，表示此段期間的滑動速度有此趨勢---豪大降雨量後，此區域之地滑速度呈現以時間為變數之一元二次方程式的緩降數學關係，天線二、天線三、及天線四之擬合方程式相似度非常高，表示他們滑動的速度及走向是相同的，如圖 5.26 更加說明此三支天線皆位於 N2 滑動塊體上。

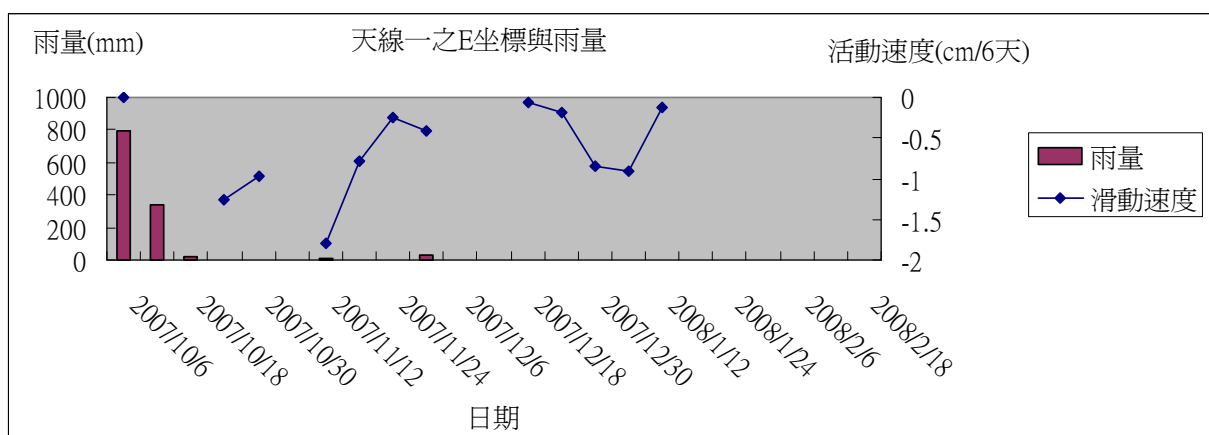


圖 5.18 天線一之 E 坐標滑動速度與雨量分析(2007/10/19~2008/2/14)

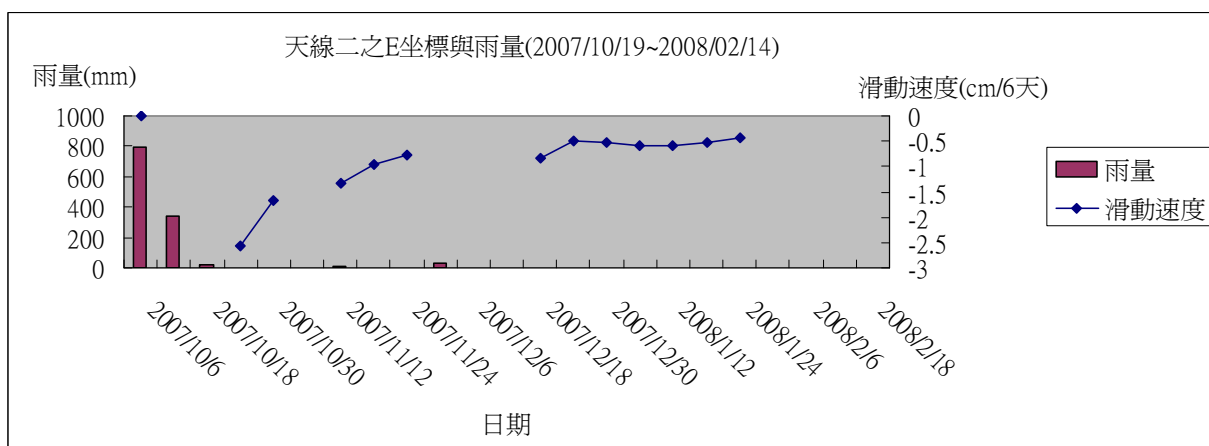


圖 5.19 天線二之 E 坐標滑動速度與雨量分析(2007/10/19~2008/2/14)

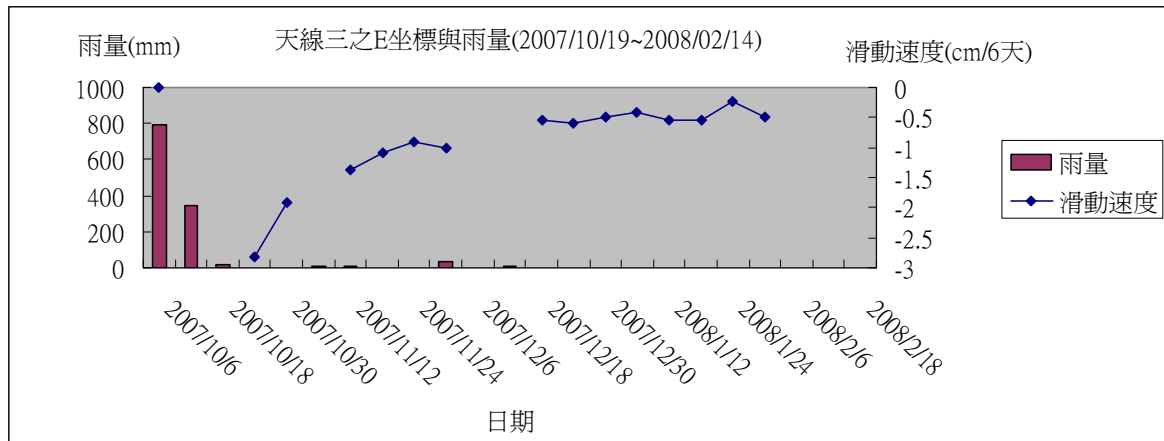


圖 5.20 天線三之 E 坐標滑動速度與雨量分析(2007/10/19~2008/2/14)

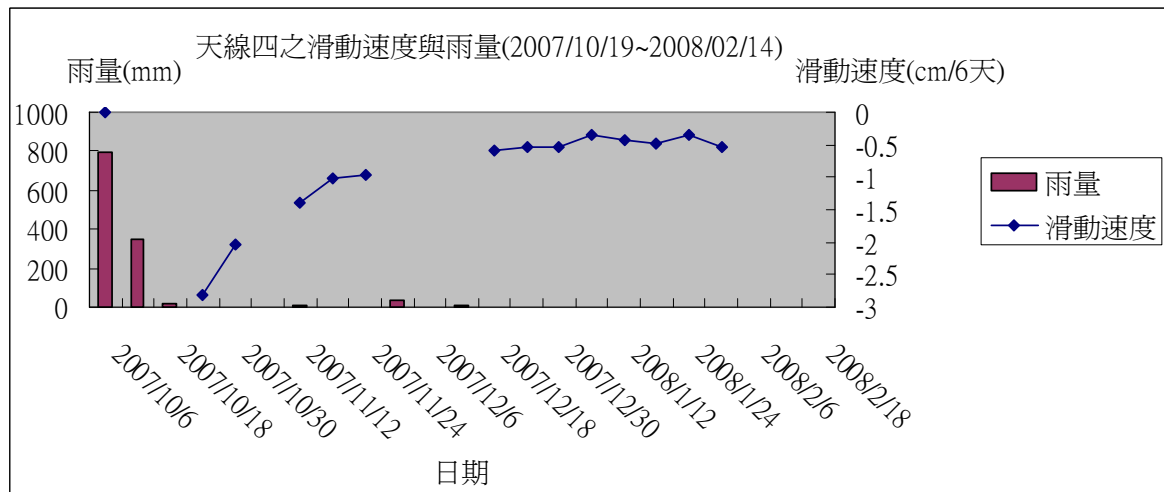


圖 5.21 天線四之 E 坐標滑動速度與雨量分析(2007/10/19~2008/2/14)

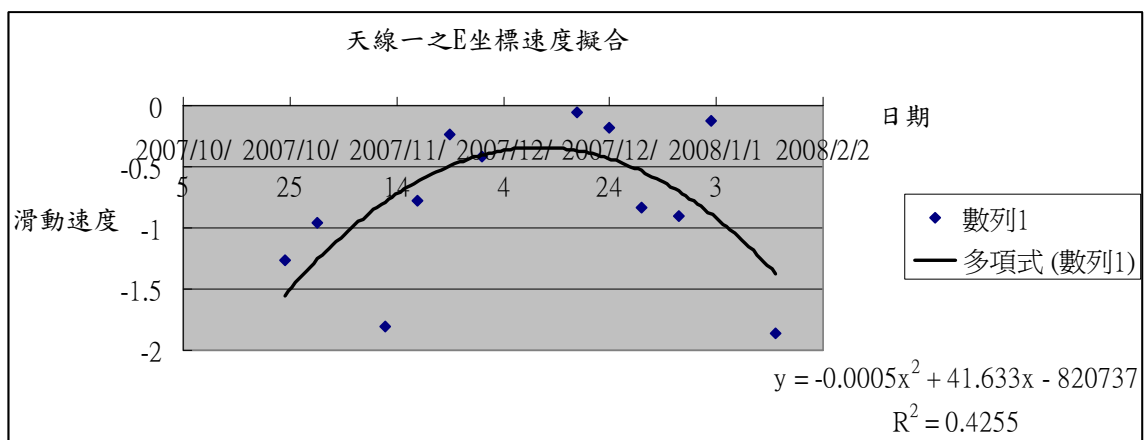


圖 5.22 天線一之 E 坐標滑動速度擬合

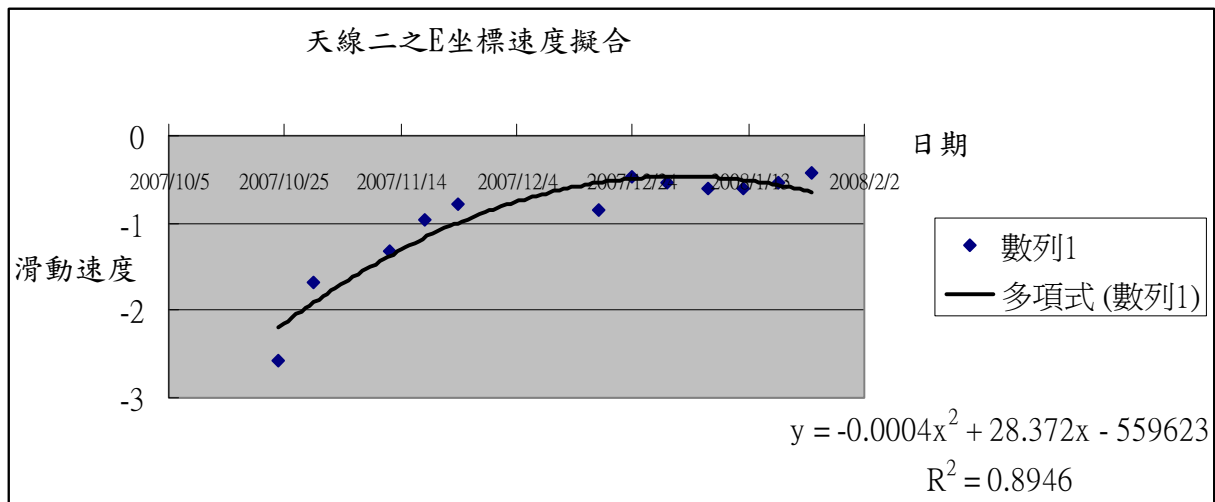


圖 5.23 天線二之 E 坐標滑動速度擬合

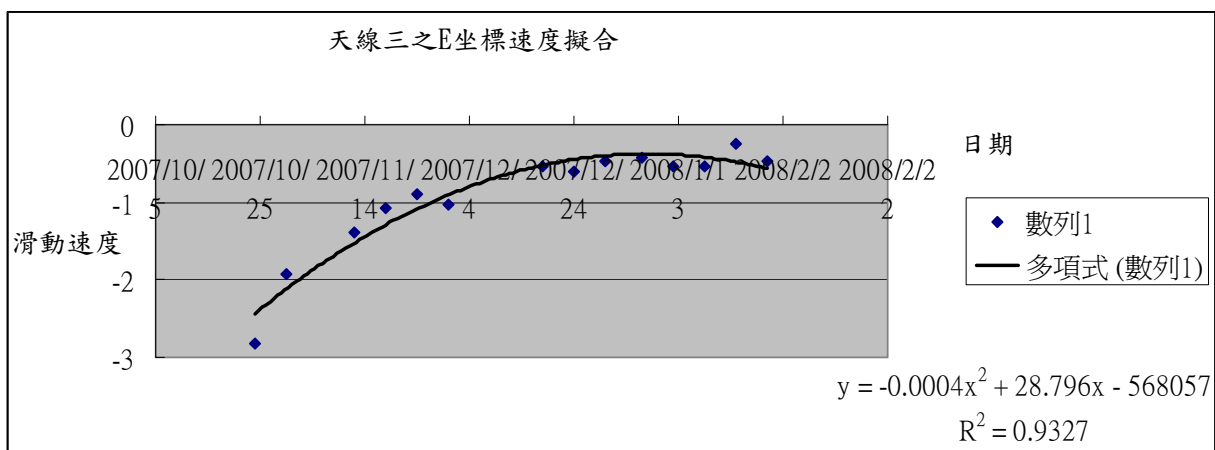


圖 5.24 天線三之 E 坐標滑動速度擬合

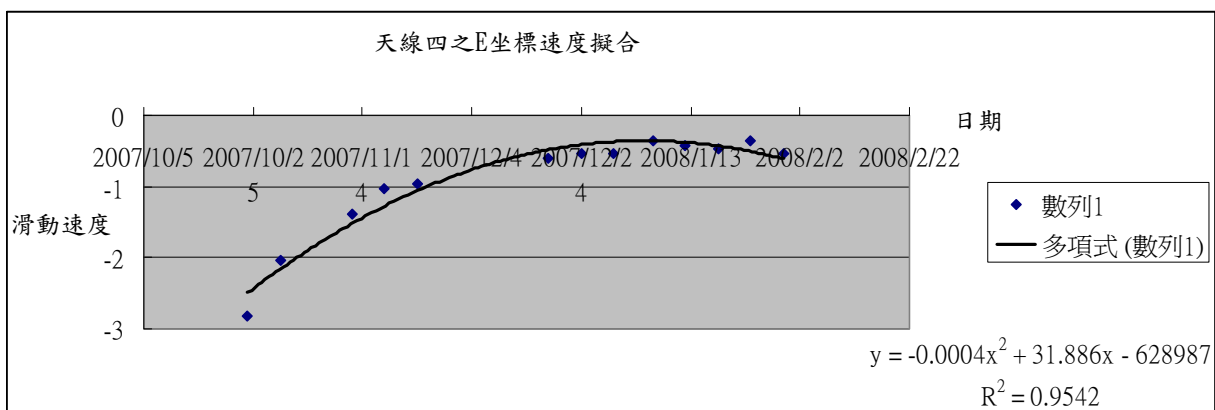


圖 5.25 天線四之 E 坐標滑動速度擬合

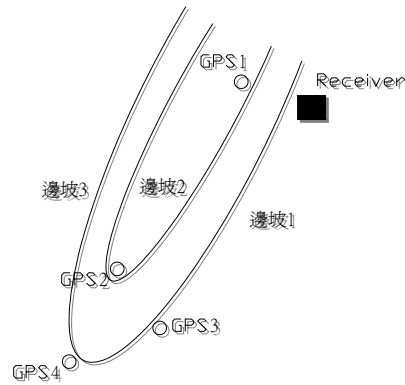


圖 5.26 天線位置圖

5.3 第六彎 GPS 位移量監測與分析

本團隊於 2009 年 5 月初完成 GPS 天線遷移及 2010 年 4 月完成備援電力建置作業，針對 2009 年 5 月 26 日~2010 年 10 月 31 日止的動態即時監測結果進行彙整，並將基站位移量加入計算，計算成果如表 5-7 所示。除了 GPS4 和 GPS7 外，未加入基站修正量前，各 GPS 天線並無明顯位移，加入基站移動量進行修正後。赴現地確認 GPS4 和 GPS7 異常的原因，可能是因為儀器安裝置現地以近 4 年，儀器開始發生損壞造成資料異常。各 GPS 天線約向西移動 1.8 公分，向北約移動 1.9 公分。七個 GPS 天線位移量如圖 5.27 至圖 5.33 所示。

表 5-7 多天線 GPS 量測數據

測站	E (cm)	N (cm)	修正 E (cm)	修正 N (cm)
GPS1	-3.7	11.8	-1.9	13.7
GPS2	-4.6	11.6	-2.8	13.5
GPS3	-8.5	6.3	-6.7	8.2
GPS4	-6.0	4.5	-4.2	6.4
GPS5	-4.4	1.2	-2.6	3.1
GPS6	-6.0	1.4	-4.2	3.3
GPS7	-7.0	15.8	-5.2	17.7

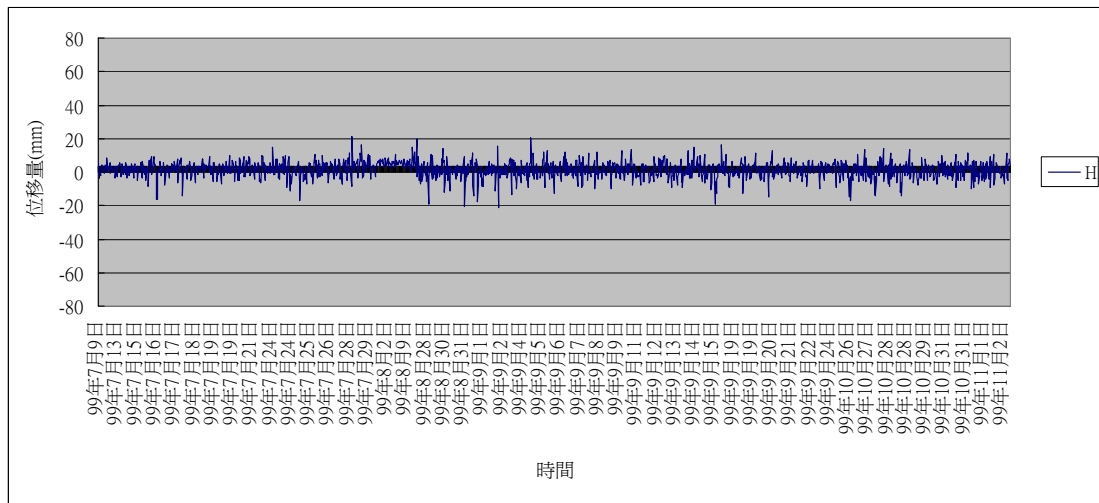
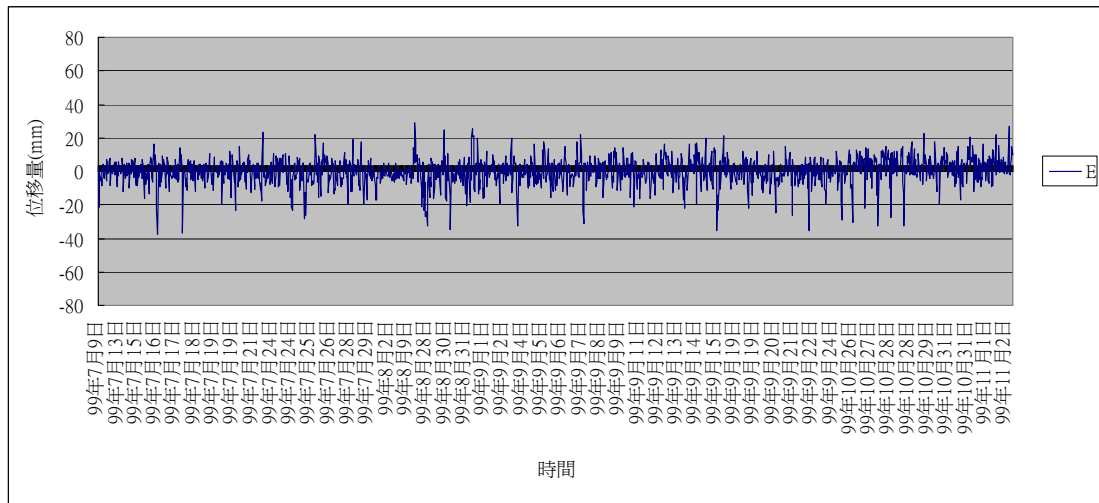
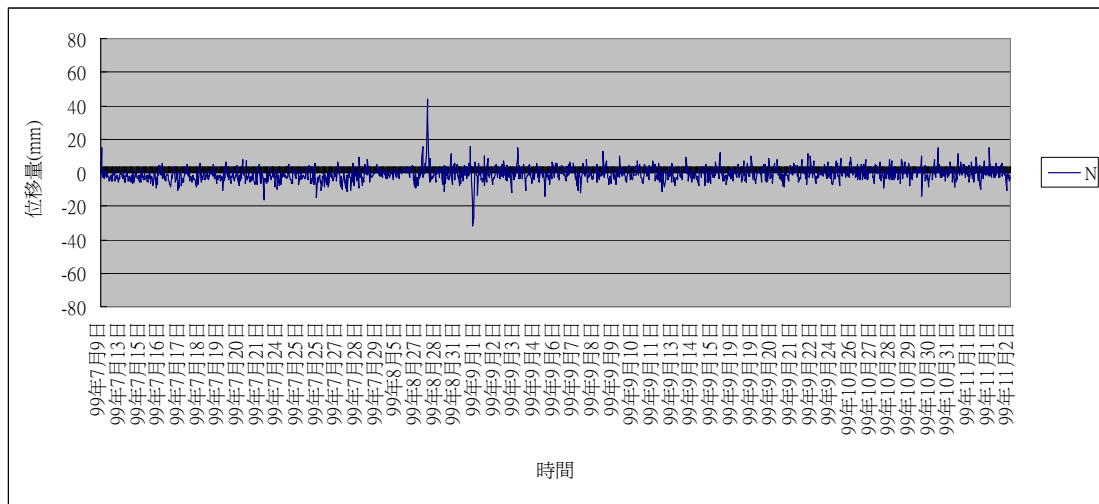


圖 5.27 一號天線監測成果

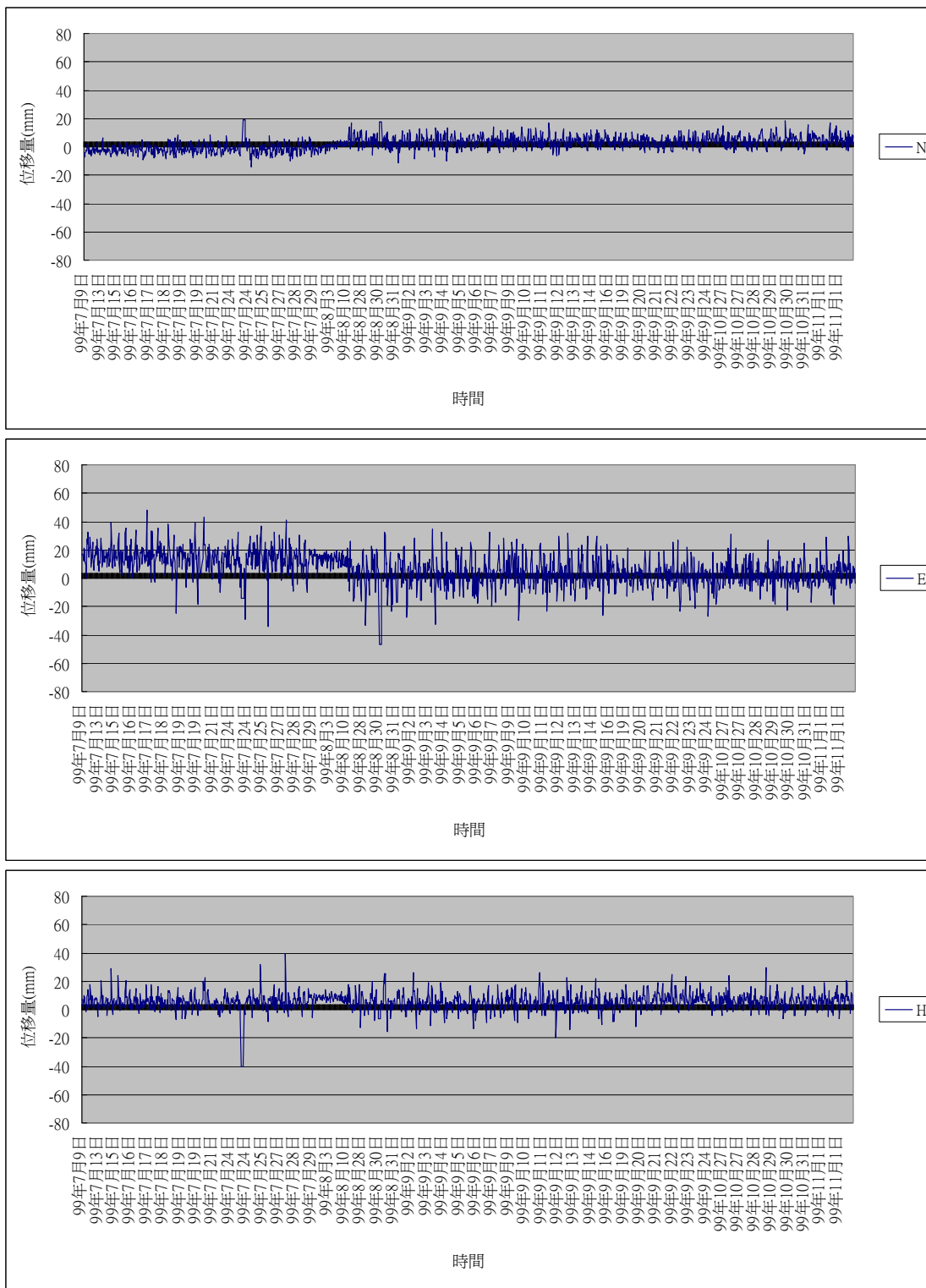


圖 5.28 二號天線監測成果

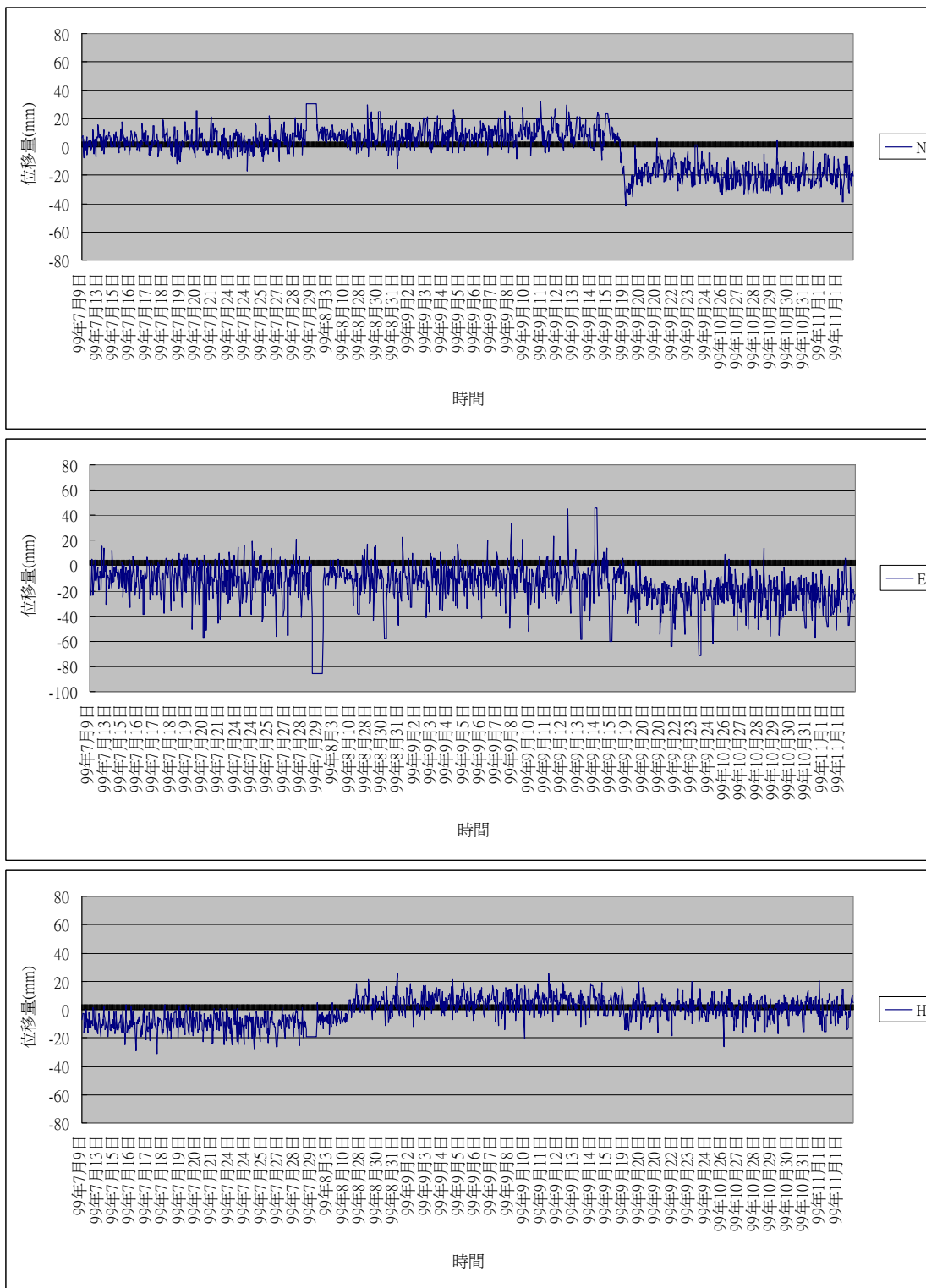


圖 5.29 三號天線監測成果

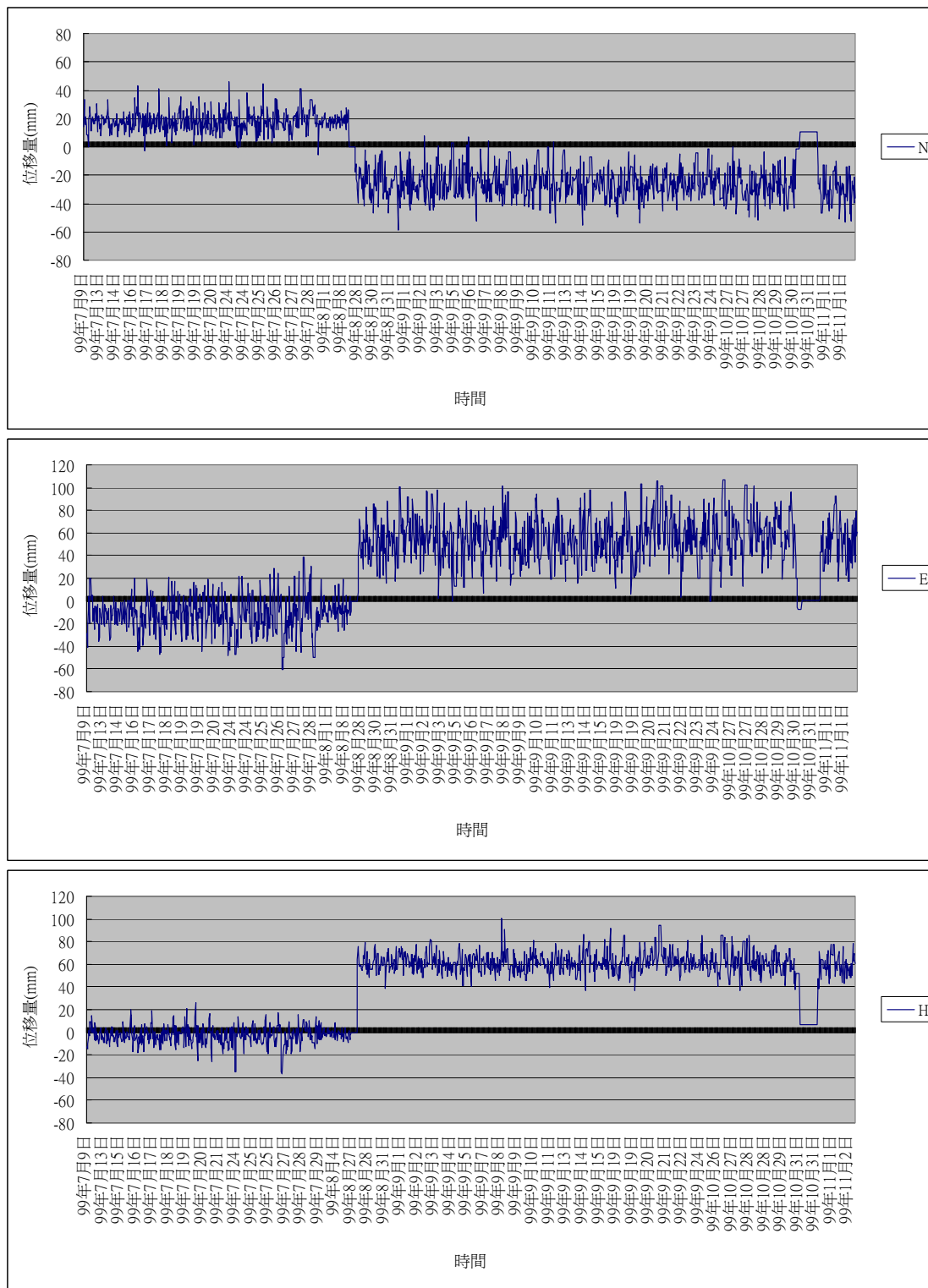


圖 5.30 四號天線監測成果

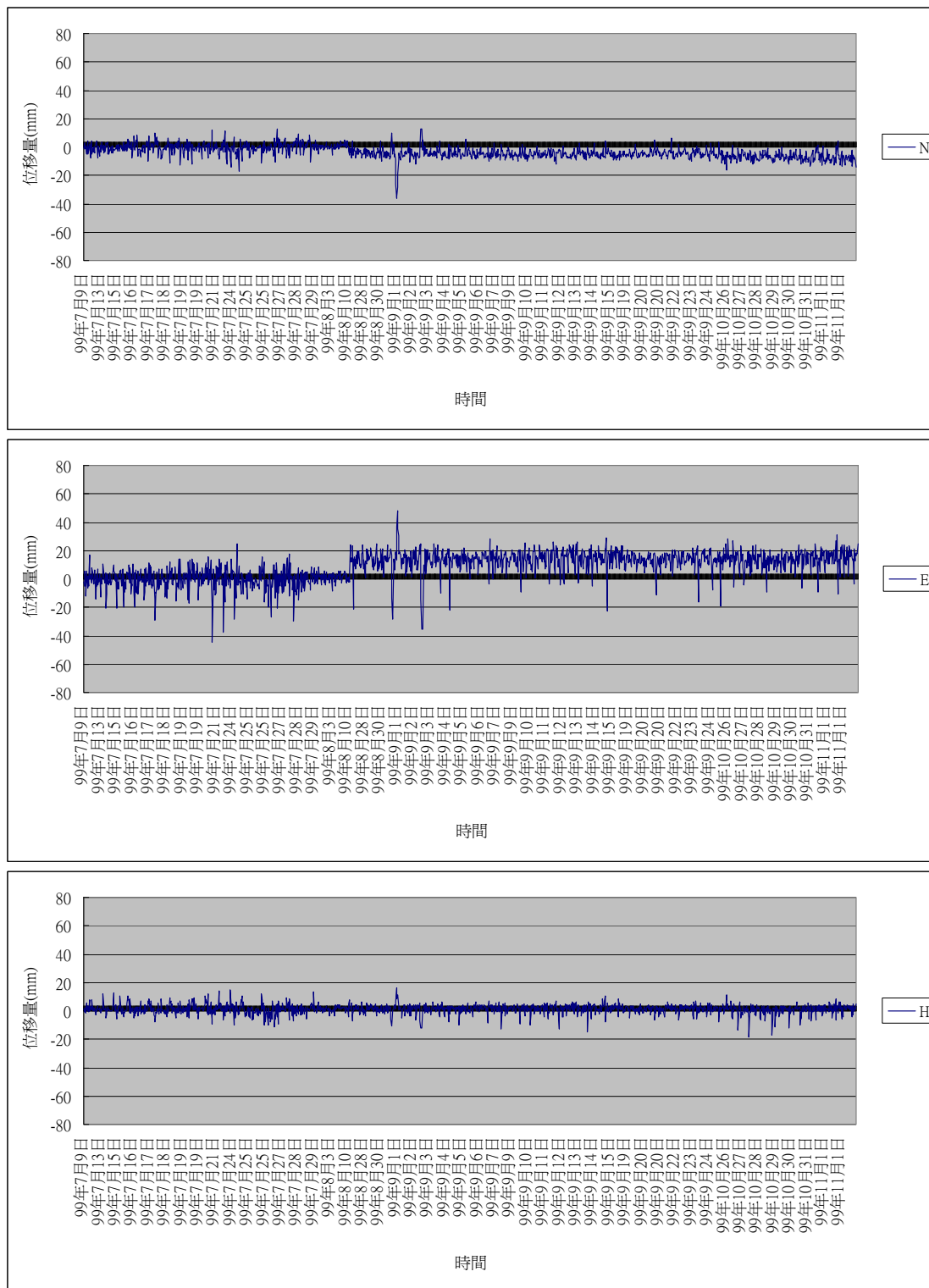


圖 5.31 五號天線監測成果

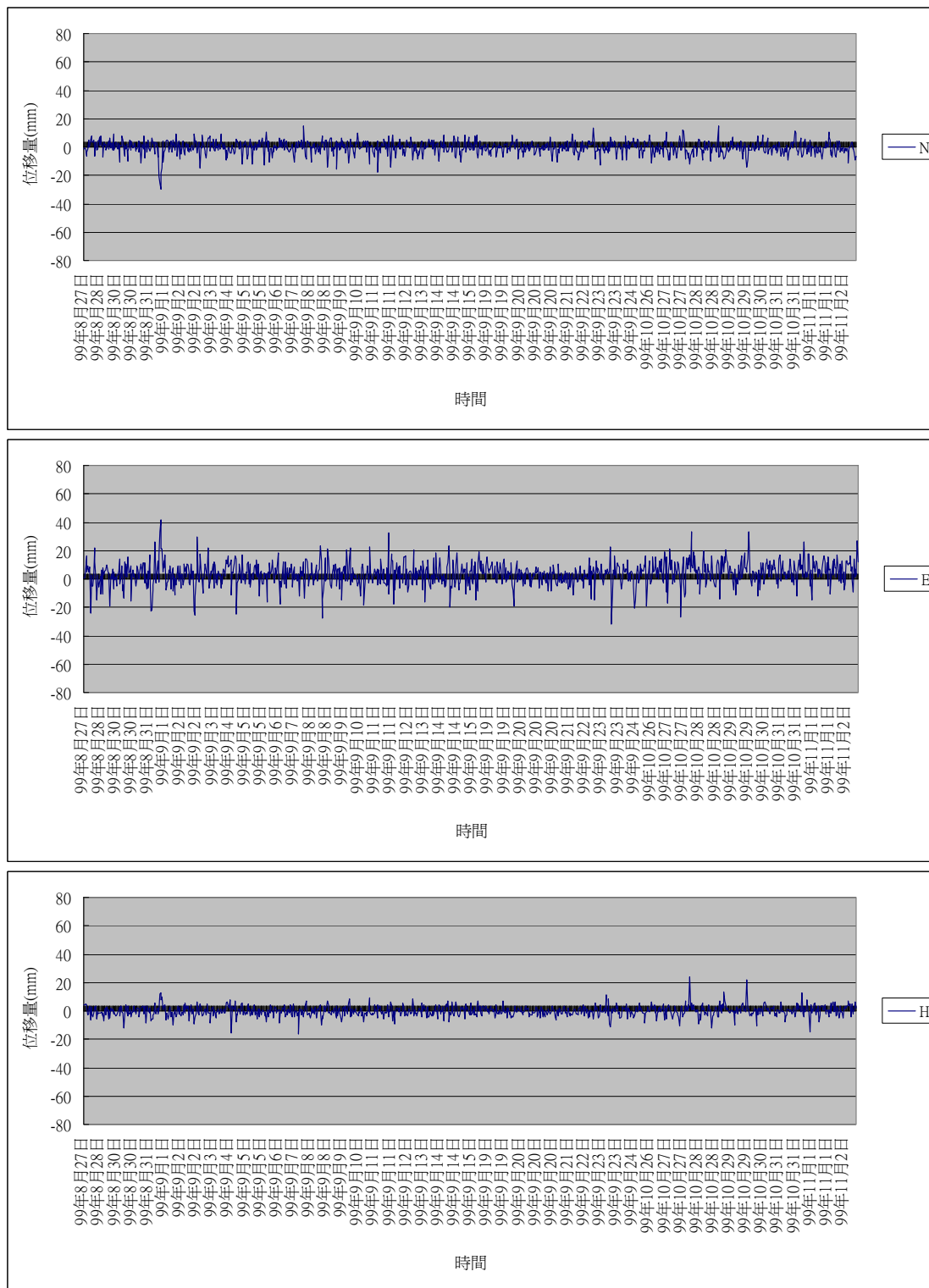


圖 5.32 六號天線監測成果

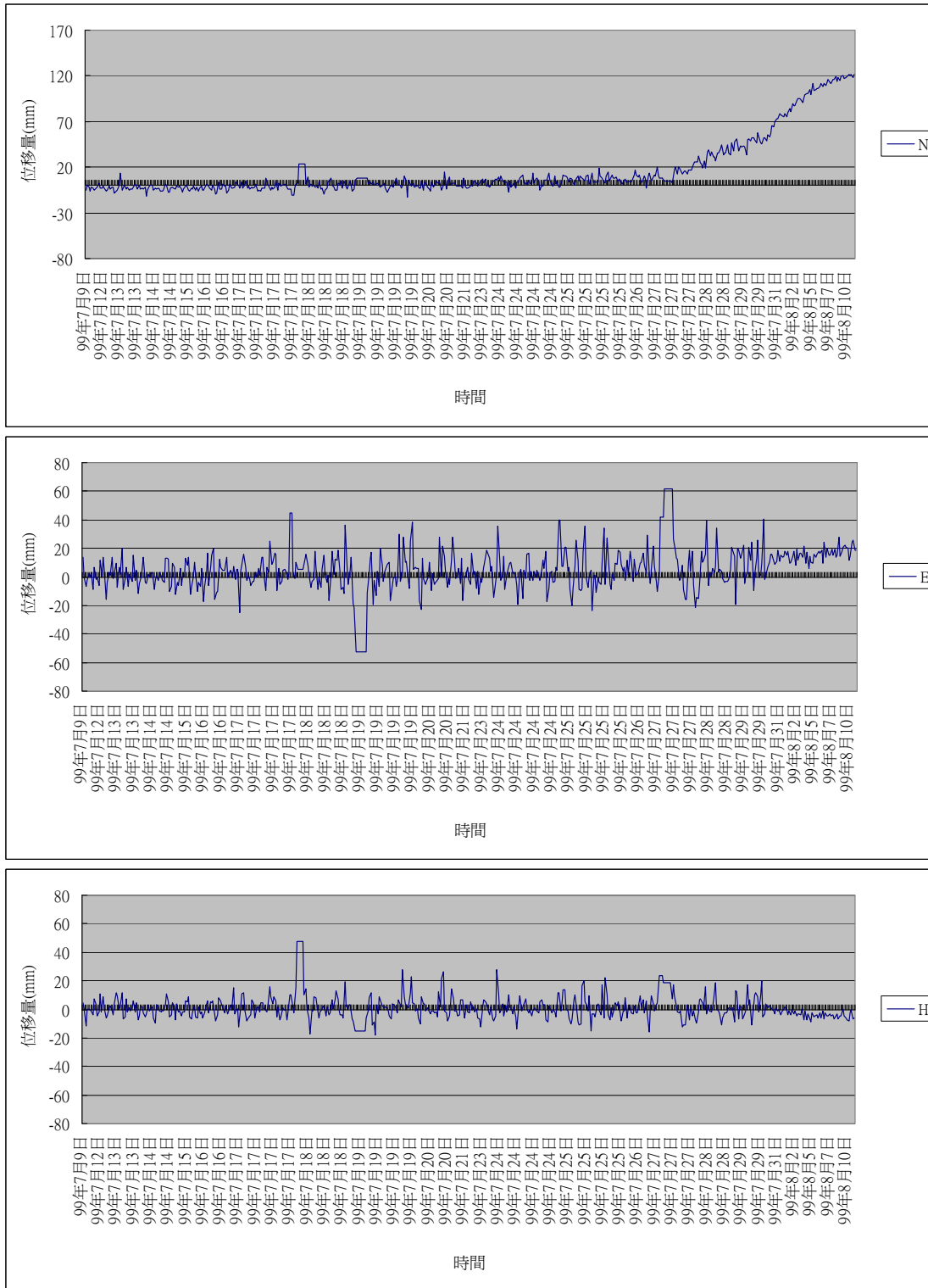


圖 5.33 七號天線監測成果

將上述七組 GPS 從 2010 年 7 月 9 日至 11 月 2 日的位移方向繪製如圖 5.34 至圖 5.40 所示。

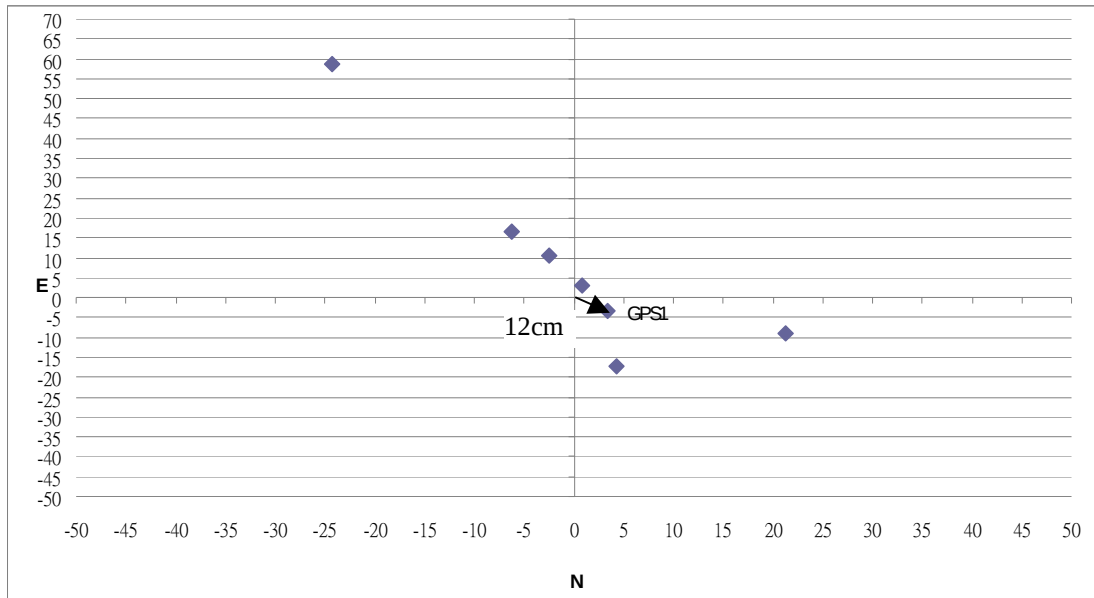


圖 5.34 臺 18 線第六彎 GPS1 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)

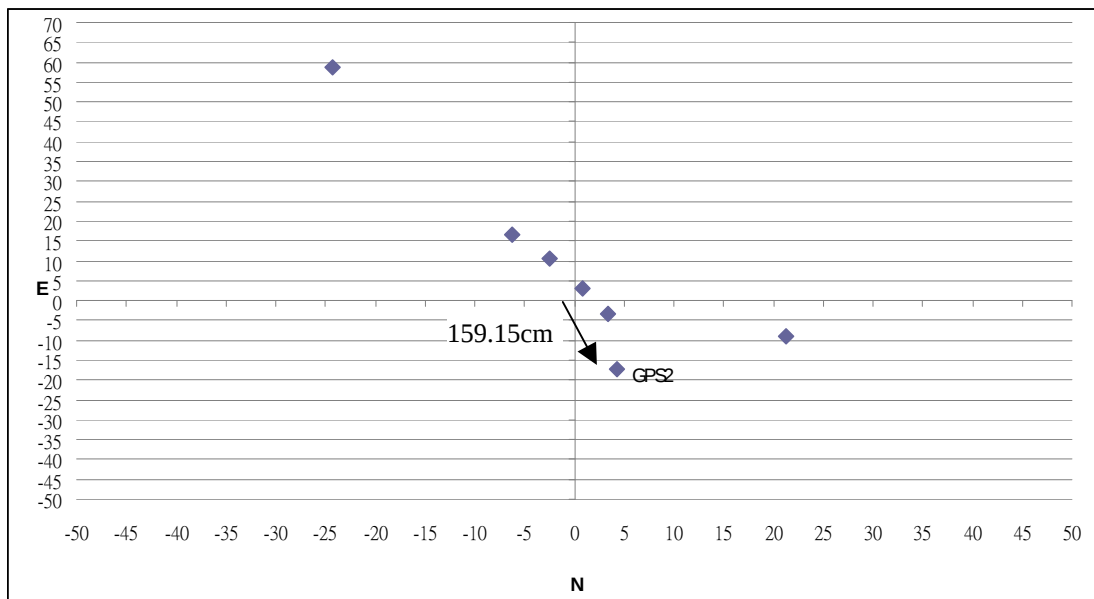


圖 5.35 臺 18 線第六彎 GPS2 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)

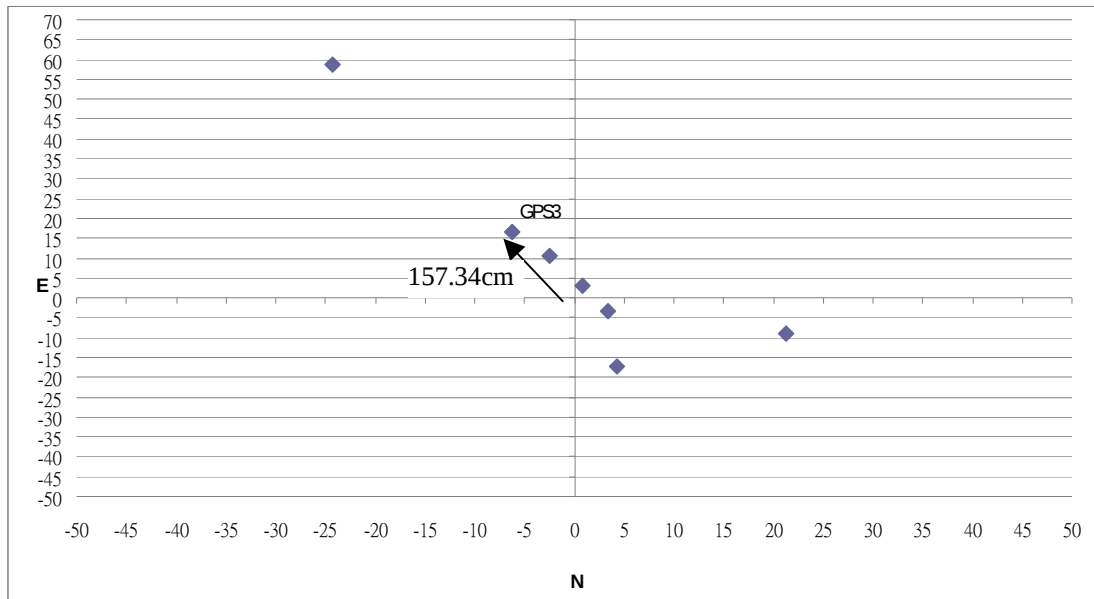


圖 5.36 臺 18 線第六彎 GPS3 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)

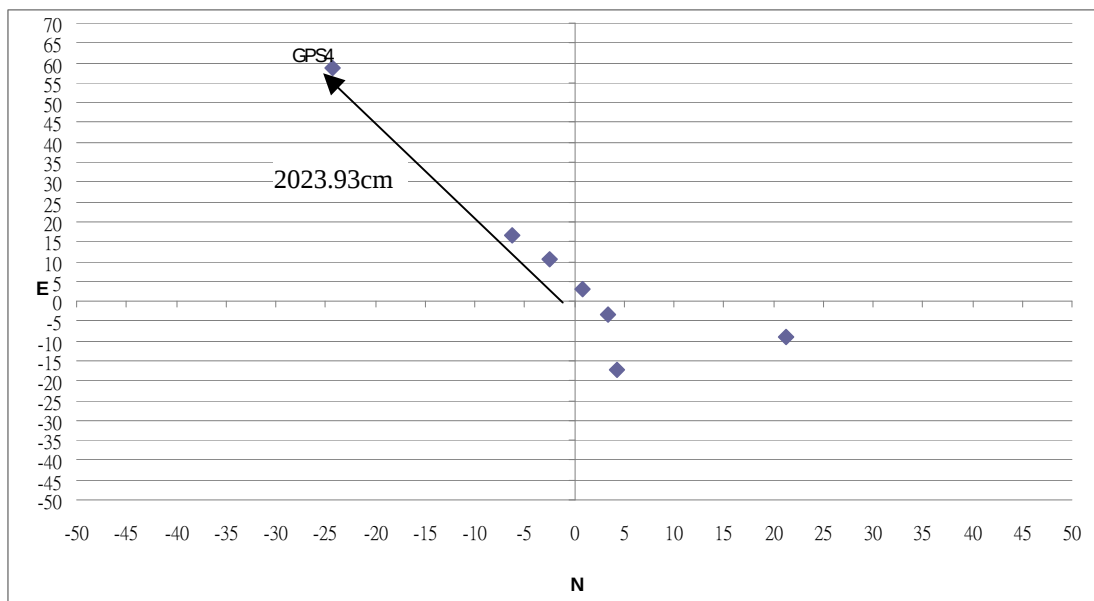


圖 5.37 臺 18 線第六彎 GPS4 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)

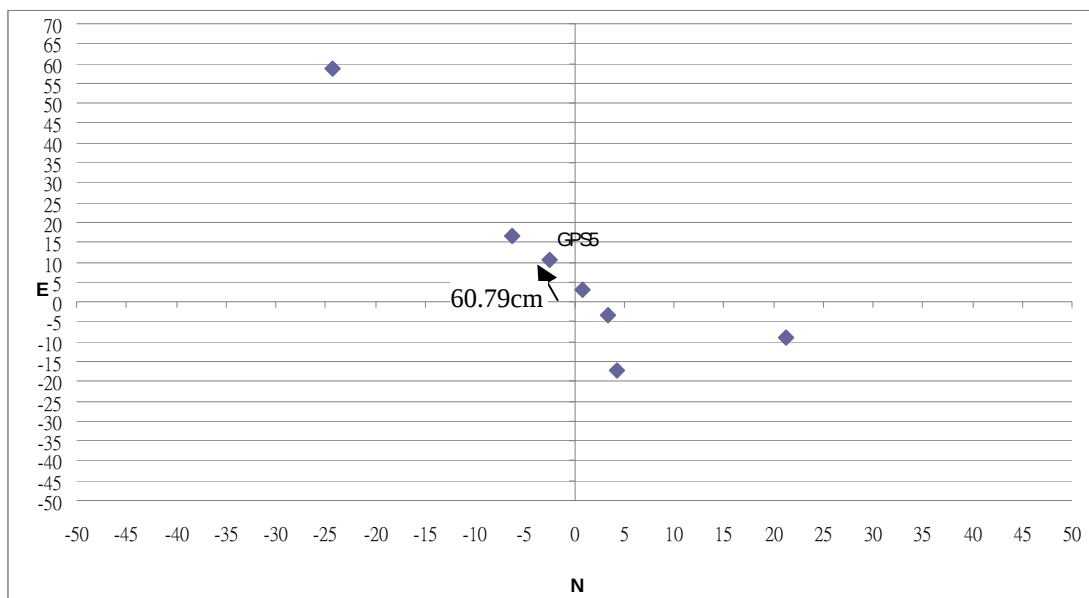


圖 5.38 臺 18 線第六彎 GPS5 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)

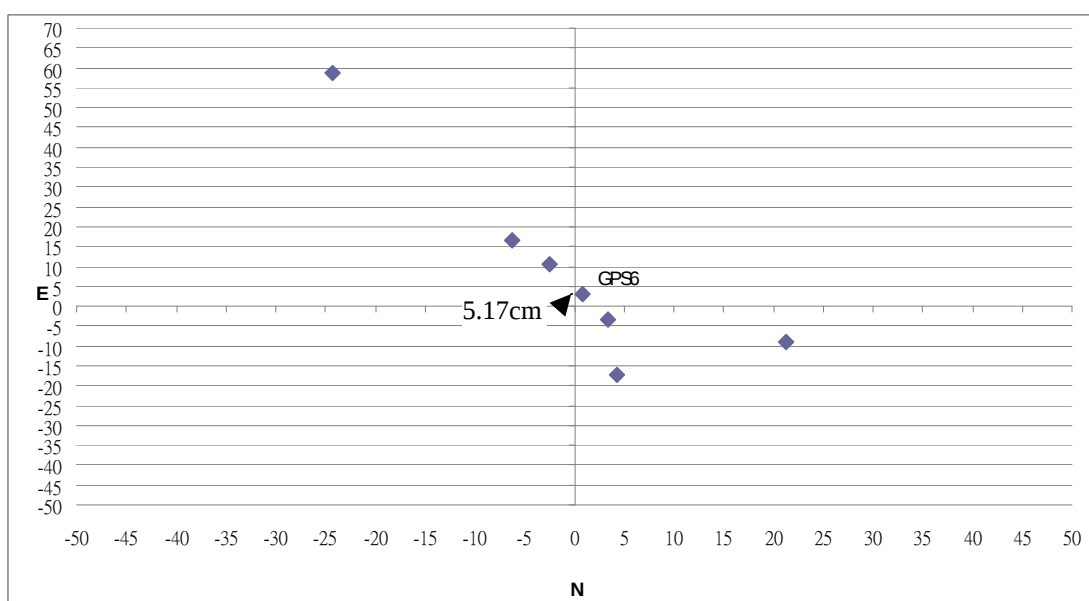


圖 5.39 臺 18 線第六彎 GPS6 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)

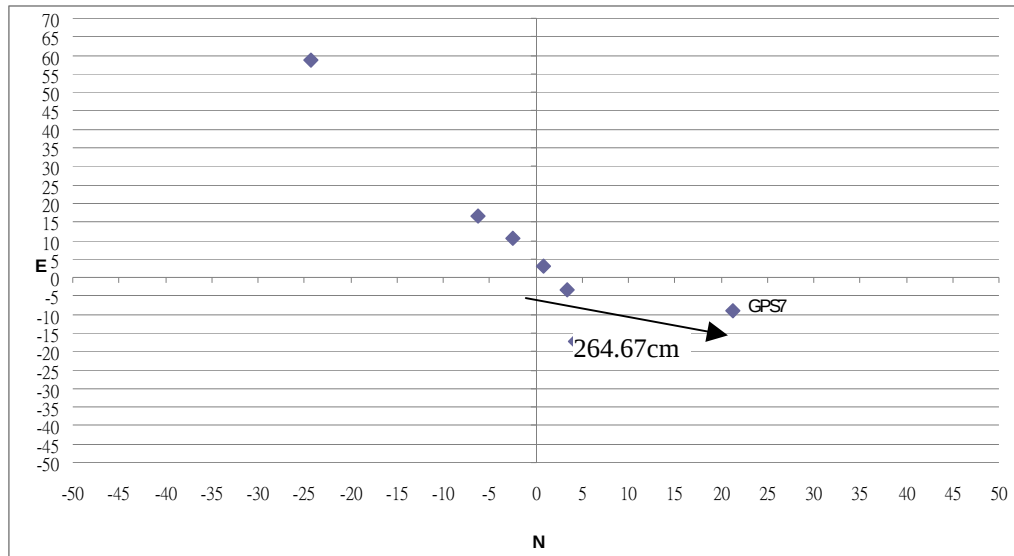


圖 5.40 臺 18 線第六彎 GPS7 測點位移方向圖(2010/7/9~11/2)

針對 2009 年 5 月 26 日~2009 年 10 月 21 日 148 天的動態即時監測相對位移結果繪製如圖 5.49 所示。其中 8 月 7 日莫拉克颱風造成現地電力中斷，又因為 8 月 8 日到 8 月 9 日三天的豪雨，造成第六彎嚴重的地滑崩塌所產生的位移量。而 GPS8 因此嚴重受損，分析與 GPS8 同一個斷面的 GPS1 和 GPS 同時量測到明顯往西的位移量。其中除了 GPS7 有位移量異常外，其餘有明顯的地滑位移，顯示本系統能真實反應地表位移量。而 GPS7 於 2009 年 6 月 16 日赴現場確認未有明顯位移或固定桿晃動等，之後並與 GPS6 對調後，發現還是異常，故研判可能為 Switch 第 7 個 channel 故障的問題。所有動態即時位移量如圖 5.41 至圖 5.48 所示。但由於基站天線本身因為整個第六彎都在滑動，經由比對內政部參考站所計算出向北位移 35mm，向西位移 61mm，所以 GPS1 至 GPS8 的位移量必須加上基站的位移量，得到絕對位移量，如表 5-8 所示。

表 5-8 多天線 GPS 量測位移量 (2010/5/26~2009/10/21)

測站	N(mm)	E(mm)	修正 N(mm)	修正 E(mm)
GPS1	6.9	-17.7	8.7	-15.8
GPS2	8.6	-14.4	10.4	-12.5
GPS3	7.4	-44.5	9.2	-42.6
GPS4	-9	13.5	-7.2	15.4
GPS5	0.3	-2.9	2.1	-1
GPS6	5.7	-13.7	7.5	-11.8
GPS7	53.5	-14.9	55.3	-13

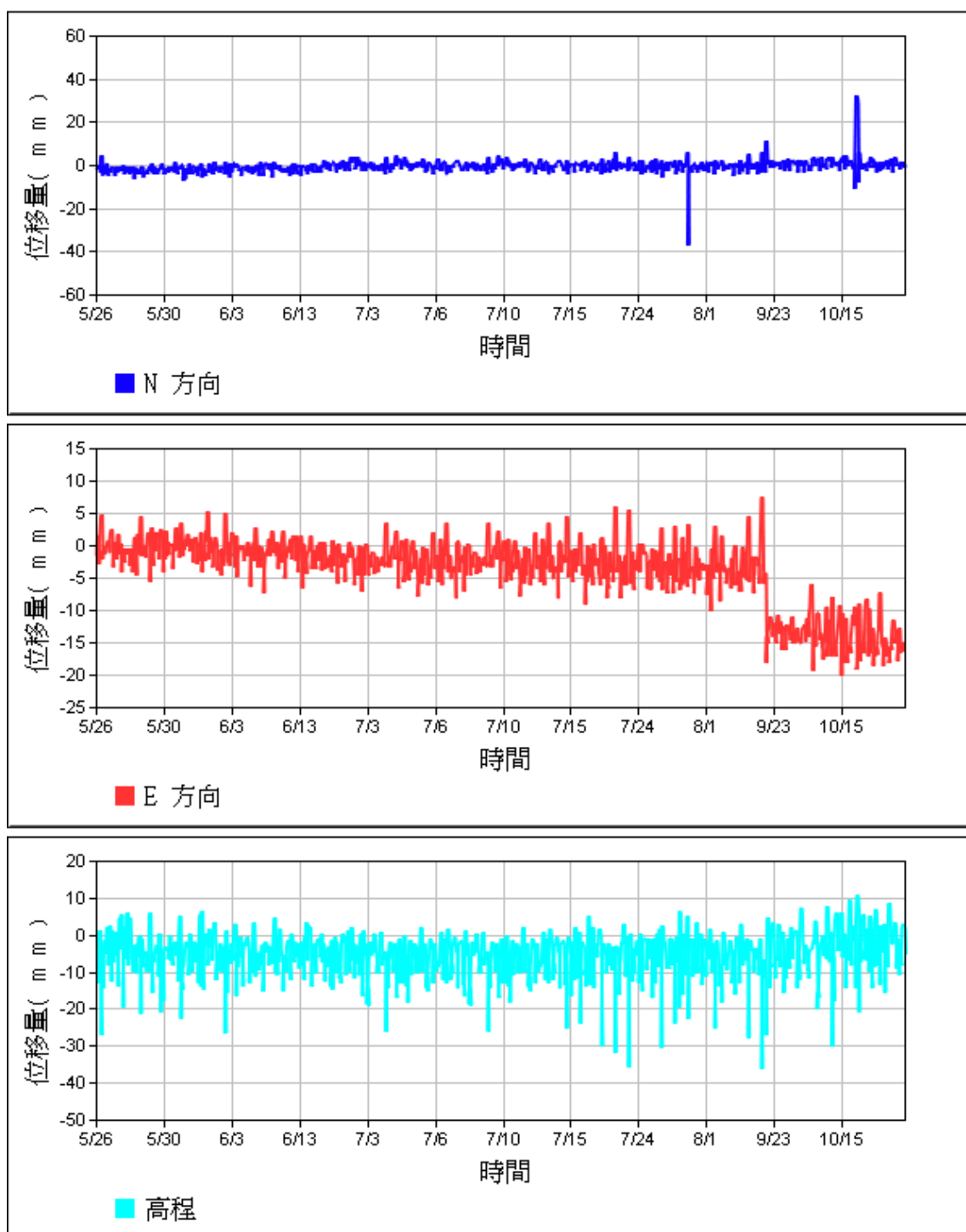


圖 5.41 一號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)

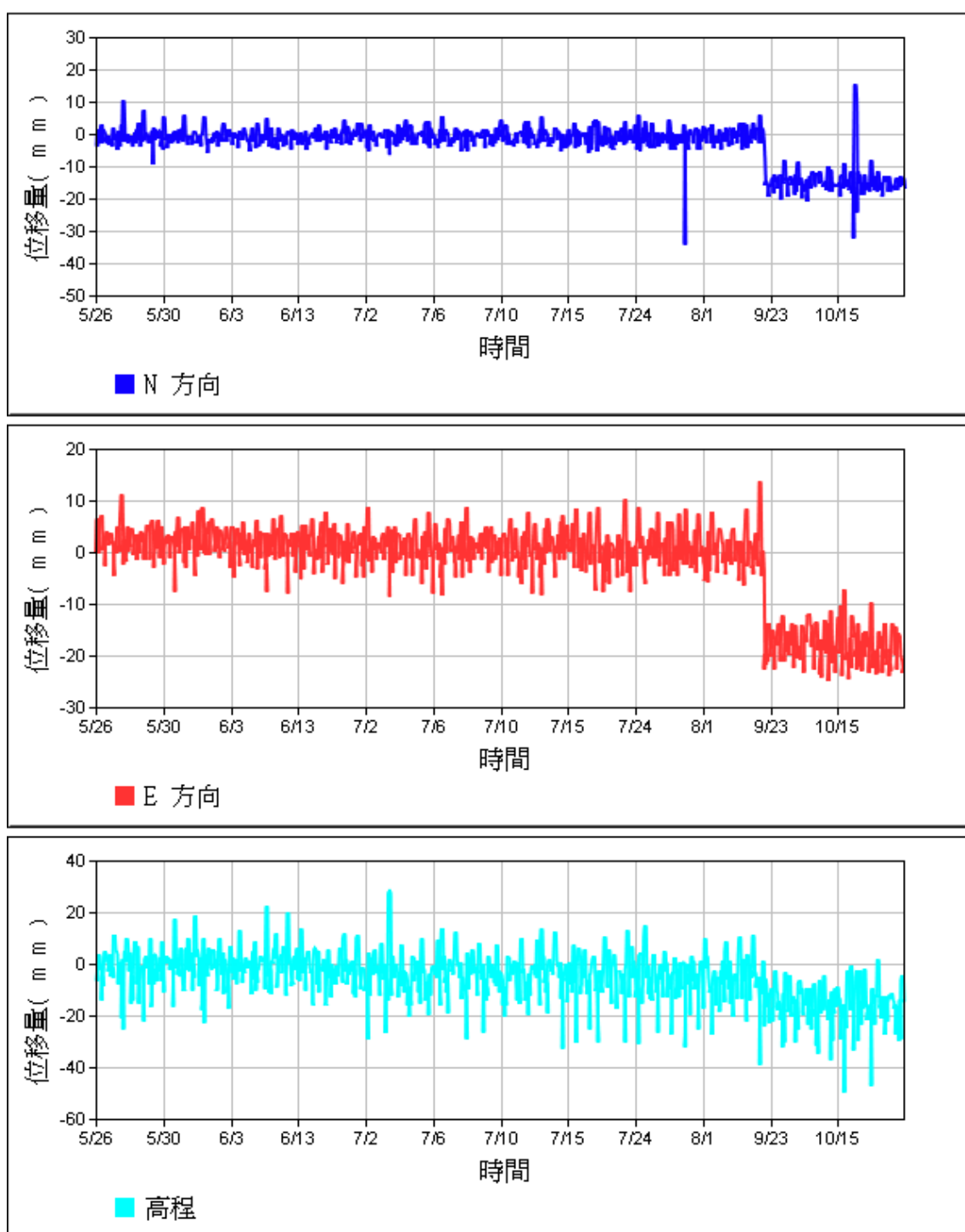


圖 5.42 二號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)

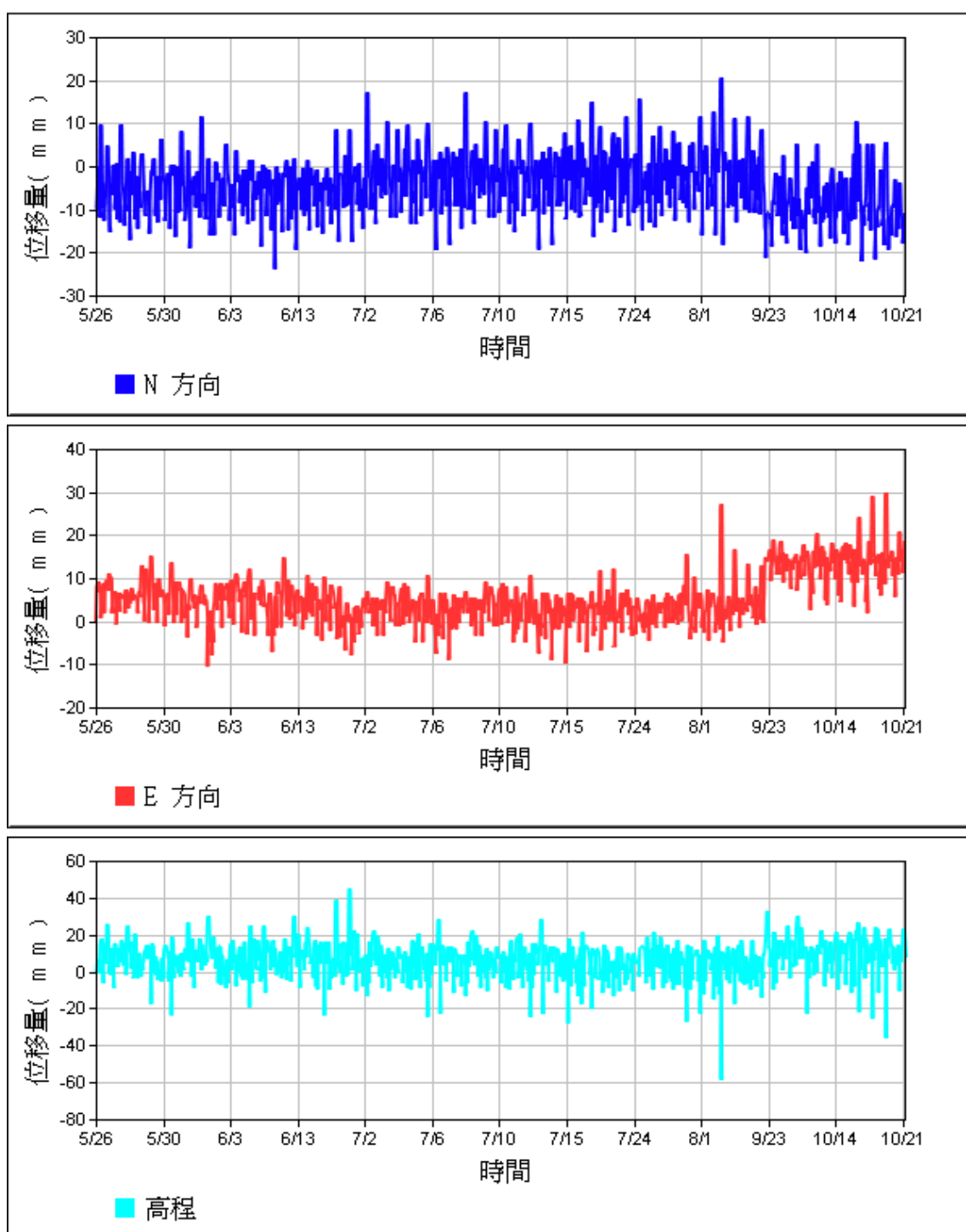


圖 5.43 三號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)

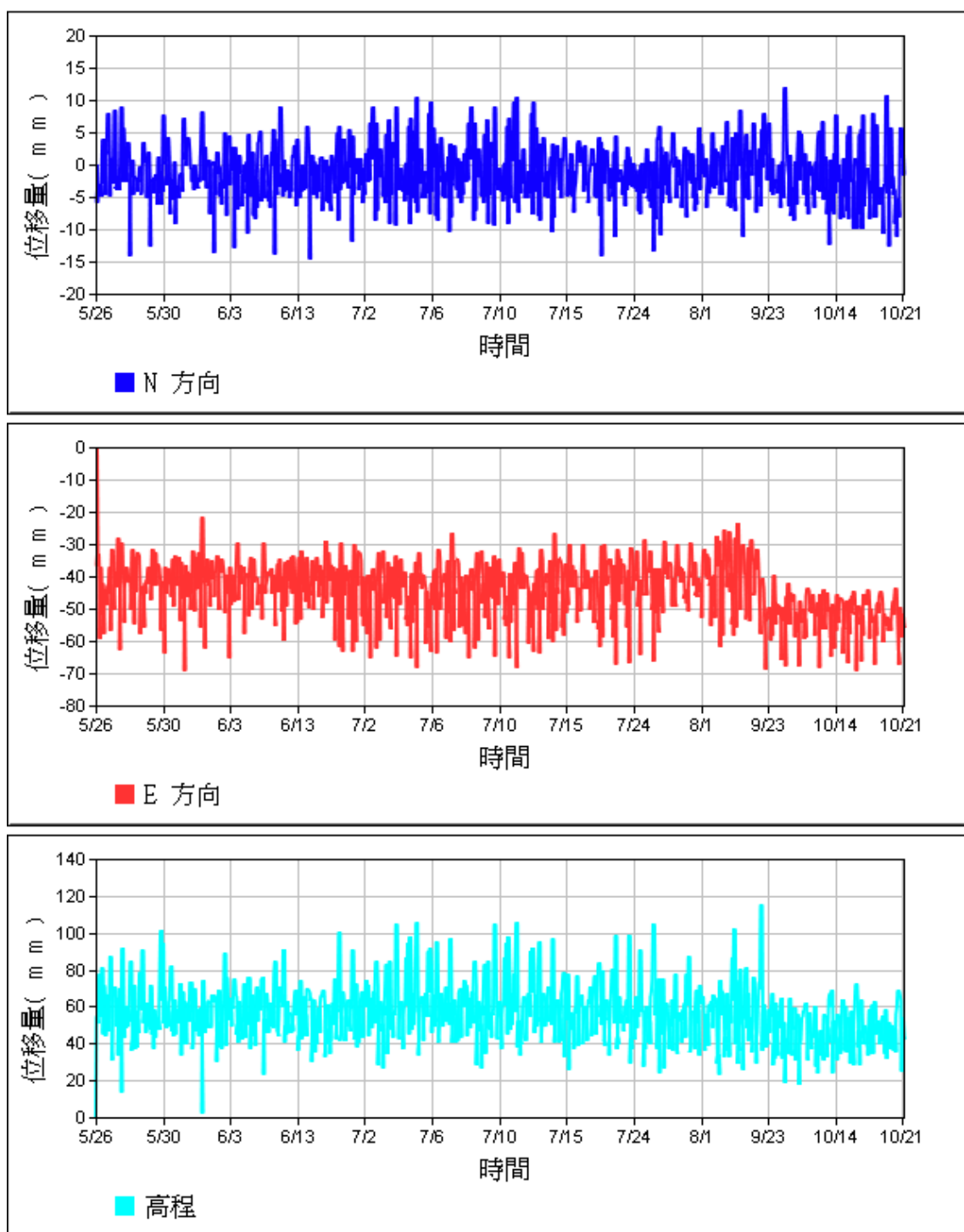


圖 5.44 四號天線監測成果（2009/5/26~2009/10/21）

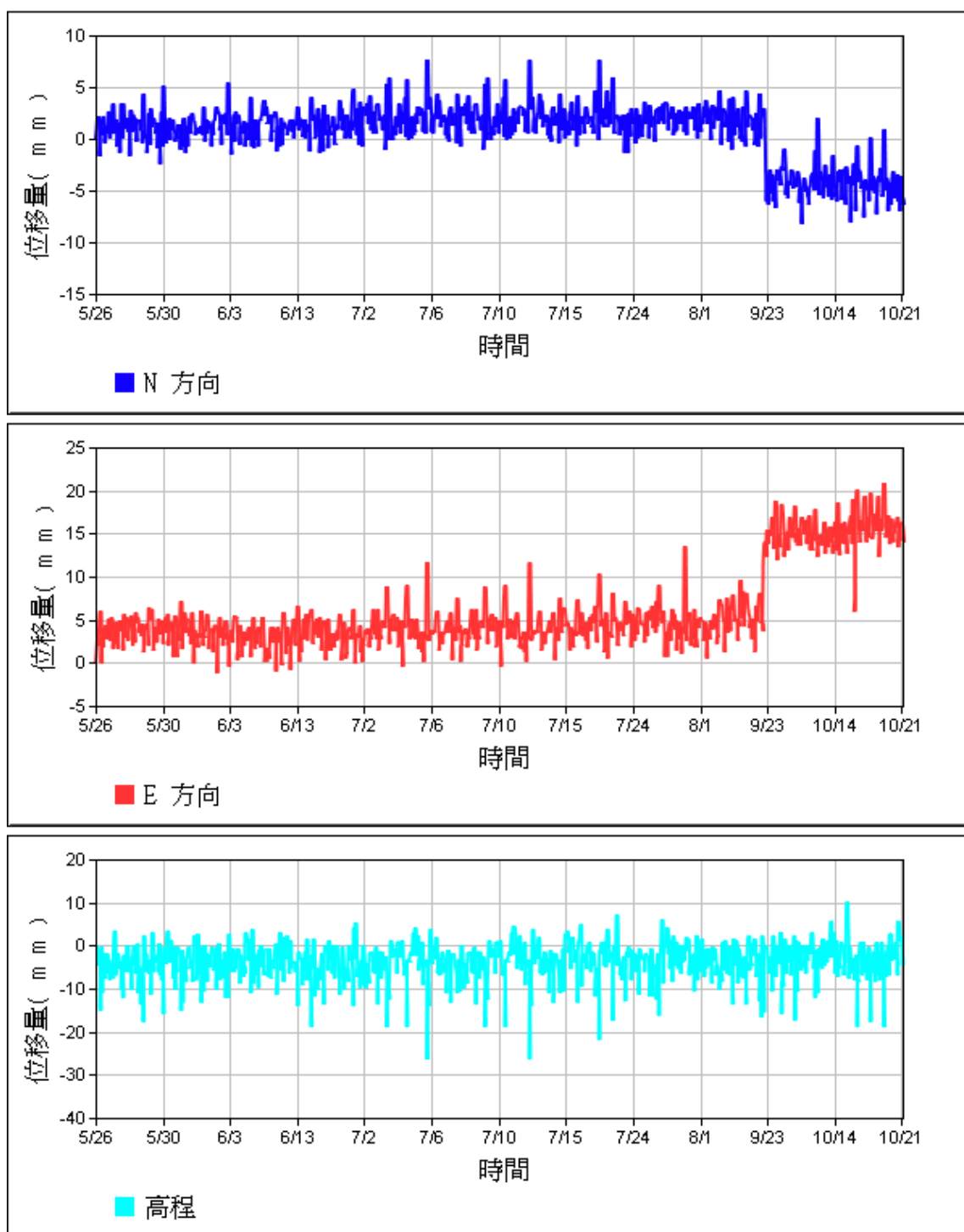


圖 5.45 五號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)

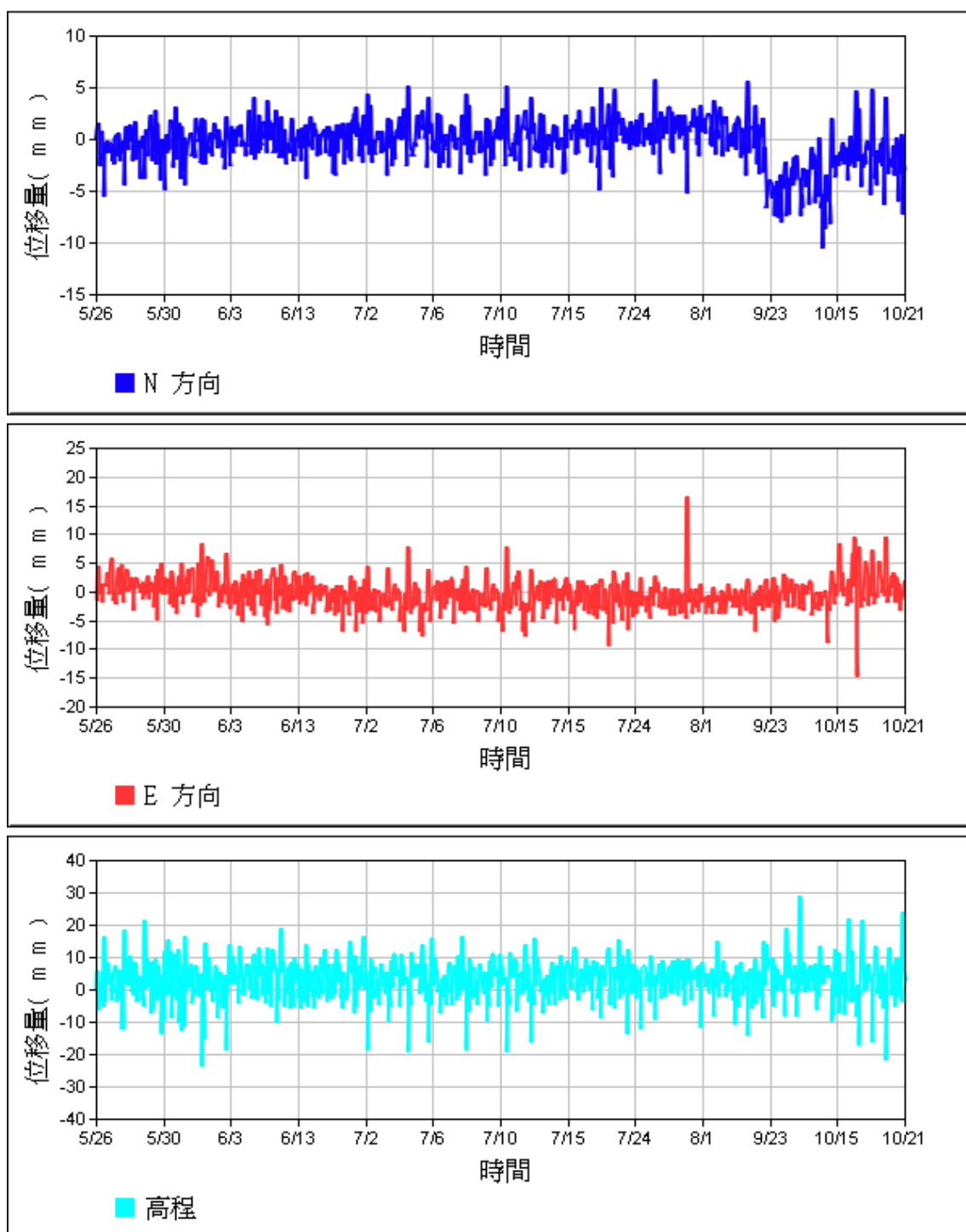


圖 5.46 六號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)

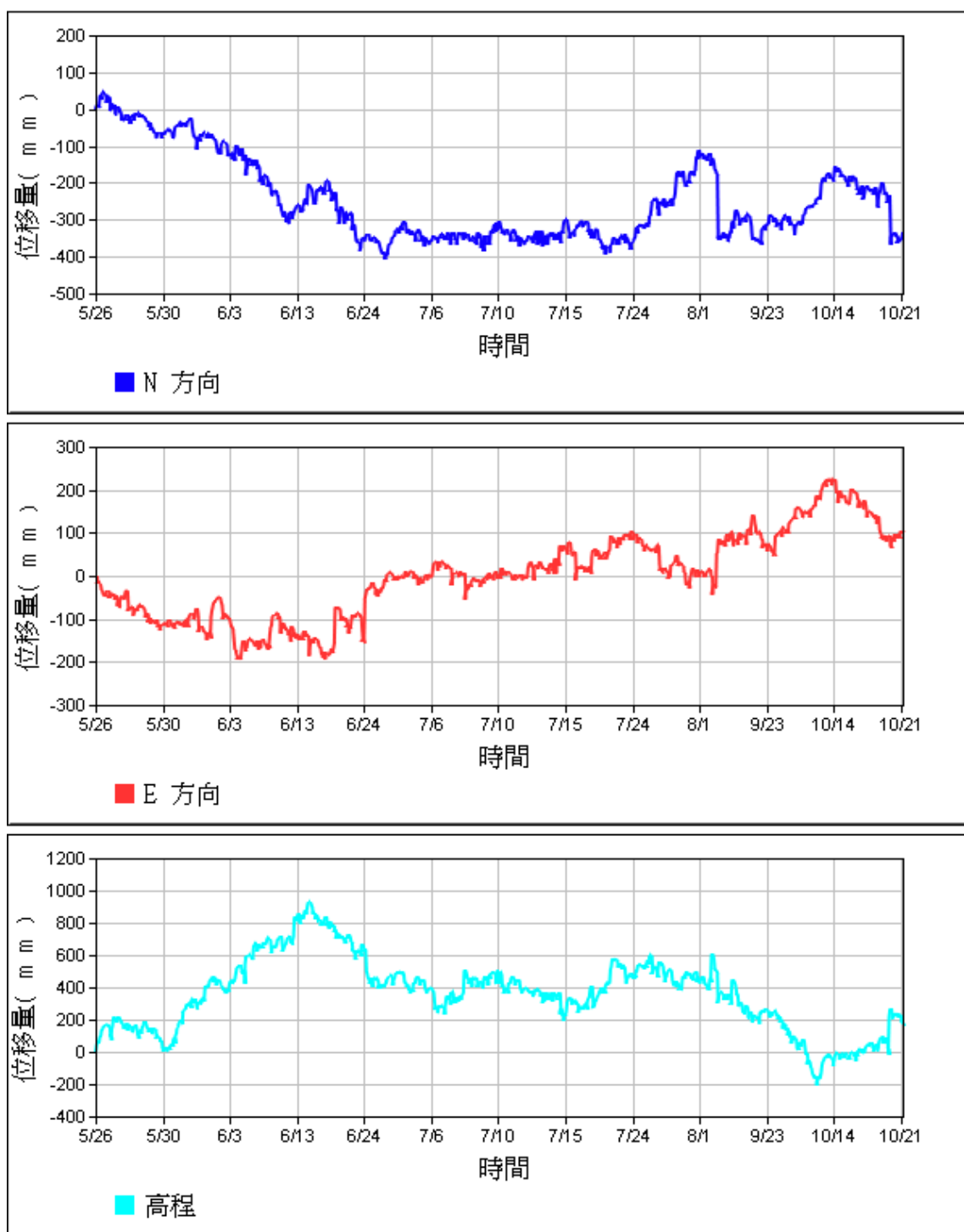


圖 5.47 七號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)

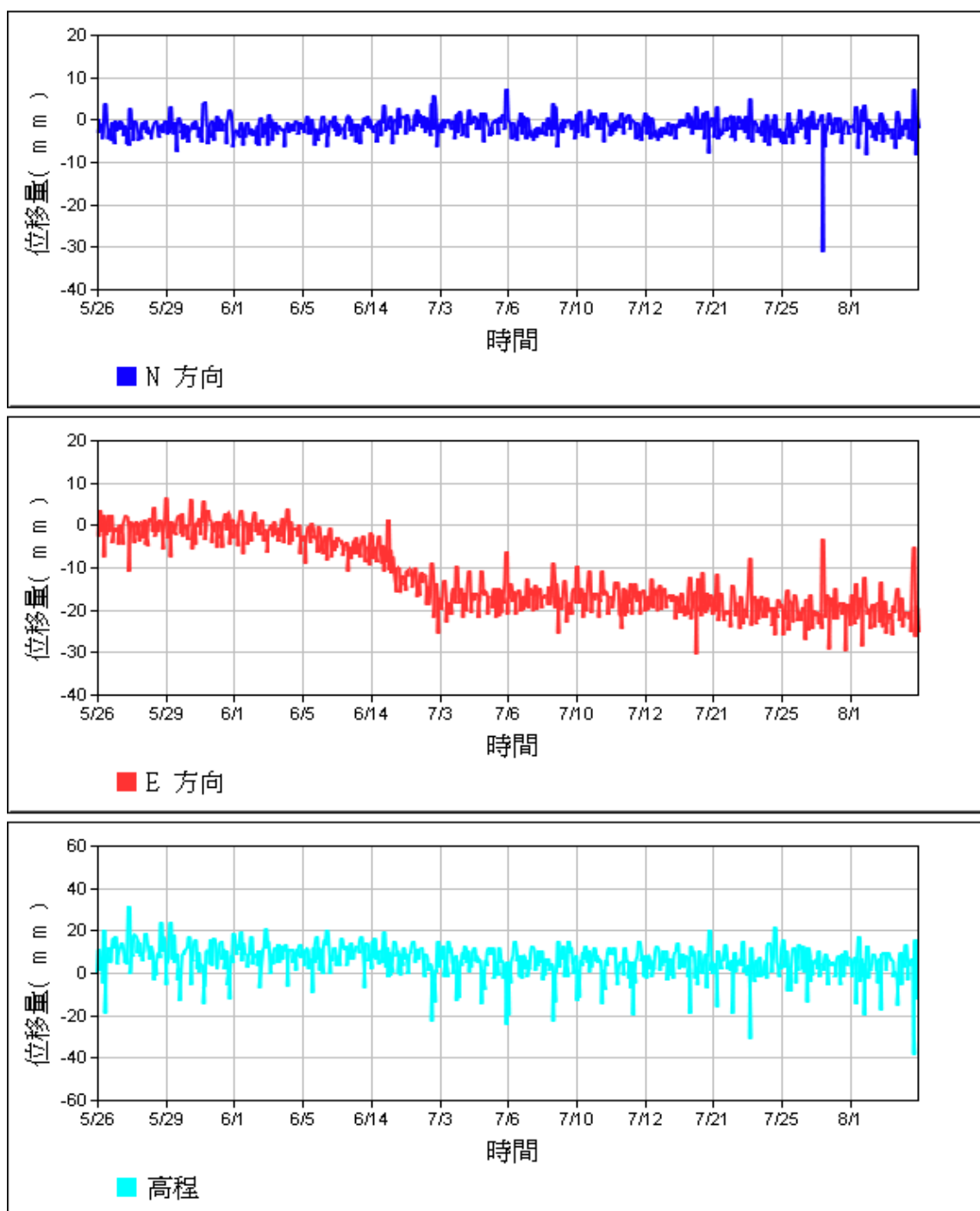


圖 5.48 八號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)

將上述八組 GPS 所量測的結果之起始靜態坐標，繪製出空間關係，如圖 5.49 所示。並將 GPS1 至 GPS8 除了受損的 GPS7 外，每個 GPS 從 5 月 26 日至 10 月 21 日的位移方向繪製如圖 5.50 至圖 5.56 所示。



圖 5.49 臺 18 線第六彎 GPS 測點相對位置圖

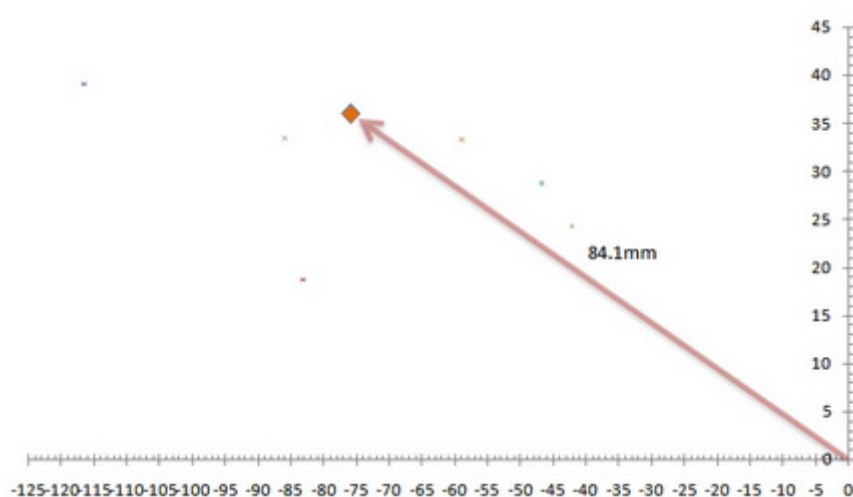


圖 5.50 臺 18 線第六彎 GPS1 測點位移方向圖

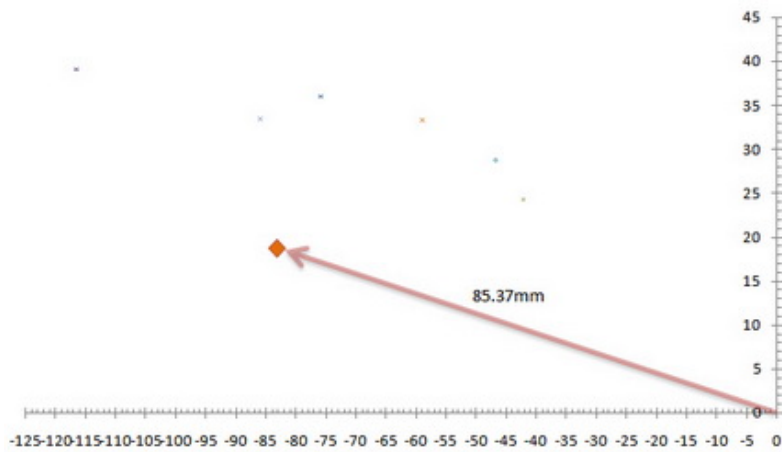


圖 5.51 臺 18 線第六彎 GPS2 測點位移方向圖

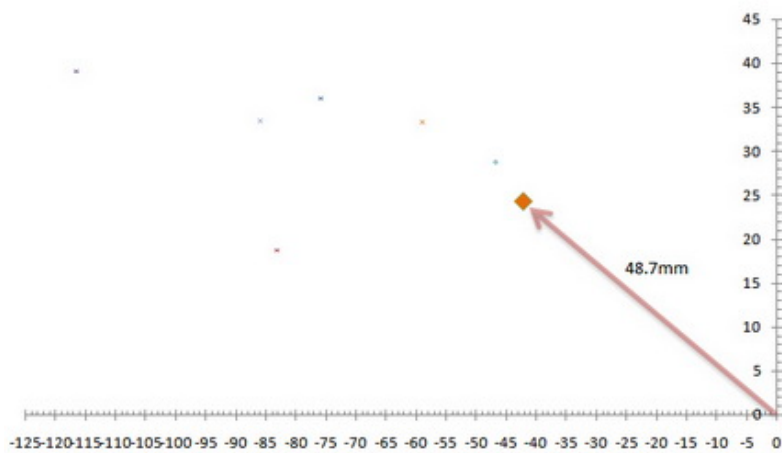


圖 5.52 臺 18 線第六彎 GPS3 測點位移方向圖

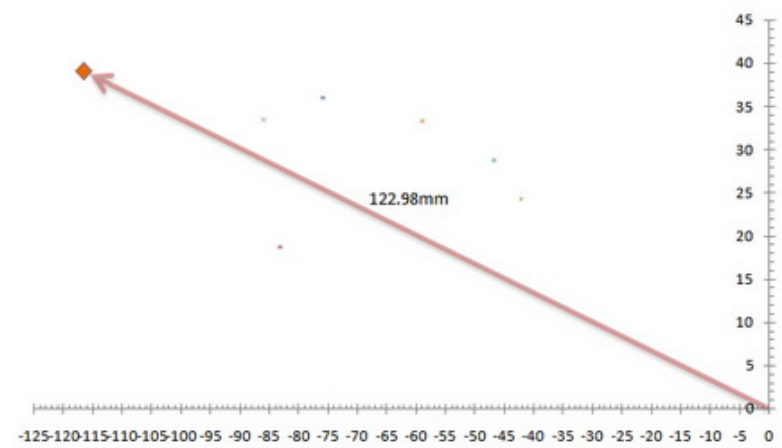


圖 5.53 臺 18 線第六彎 GPS4 測點位移方向圖

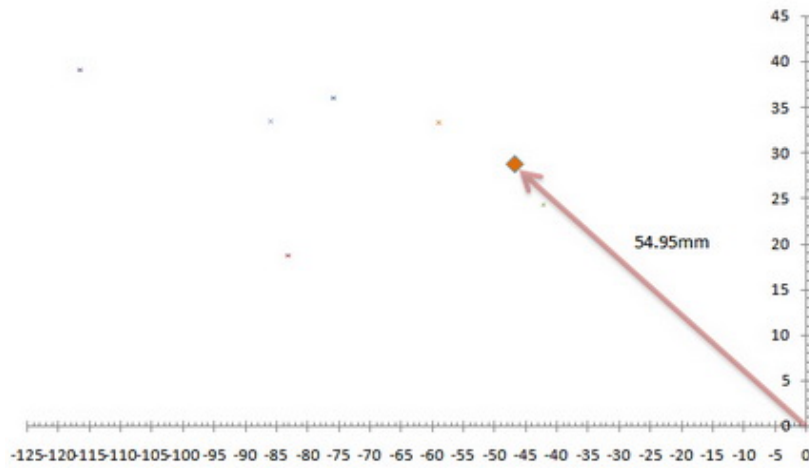


圖 5.54 臺 18 線第六彎 GPS5 測點位移方向圖

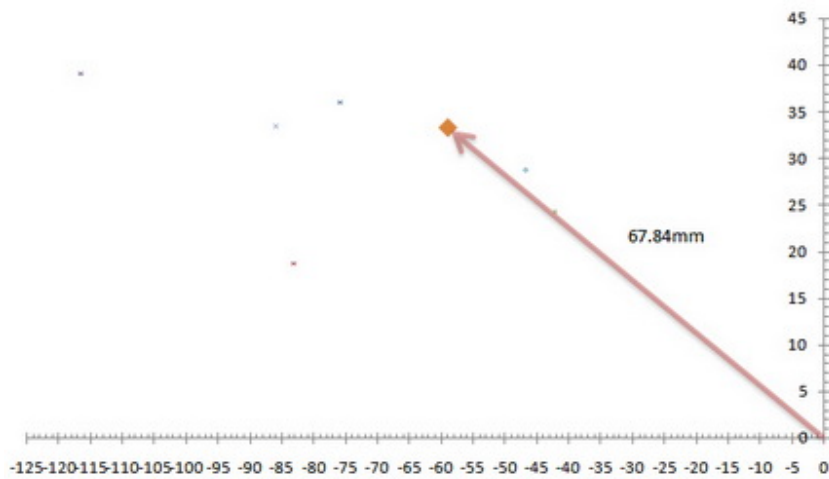


圖 5.55 臺 18 線第六彎 GPS6 測點位移方向圖

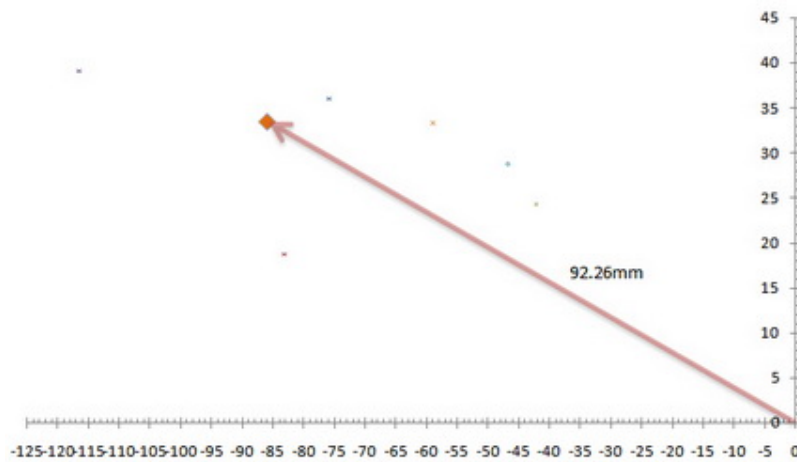


圖 5.56 臺 18 線第六彎 GPS8 測點位移方向圖

針對 2010 年 9 月 16 日~2010 年 9 月 20 日凡那比颱風期間的動態即時監測相對位移結果繪製如表 5-9 所示。其中除了 GPS 4 有位移量異常外，其餘並無明顯的地滑位移，並將各 GPS 位移和移動速度與颱風期間降雨強度比對，所有動態即時位移量如圖 5.57 至圖 5.63 所示，所有動態即時速度量如圖 5.64 至圖 5.70 所示。由圖中可以發現颱風豪雨並未造成地表的位移變化。

表 5-9 2010 年 9 月 16 日~2010 年 9 月 20 日凡那比颱風期間的動態即時監測相對位移結果

測站	N (mm)	E (mm)	修正 N (mm)	修正 E (mm)
GPS1	1	-15	36	-76
GPS2	-16.3	-22.3	18.7	-83.3
GPS3	-10.7	18.8	24.3	-42.2
GPS4	4.1	-55.6	39.1	-116.6
GPS5	-6.2	14.2	28.8	-46.8
GPS6	-1.7	1.9	33.3	-59.1
GPS7	-333.3	103.5	-	-
GPS8	-1.6	-25	33.4	-86

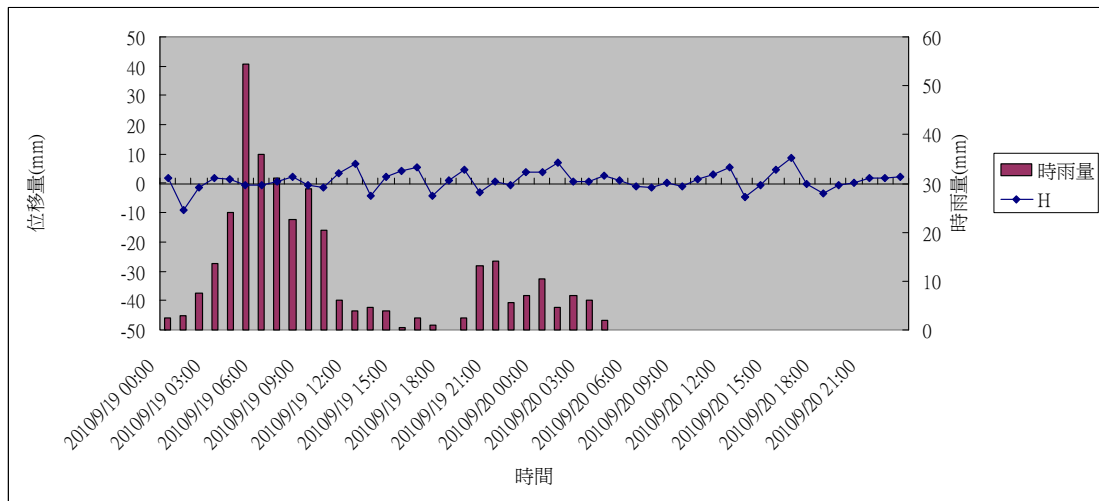
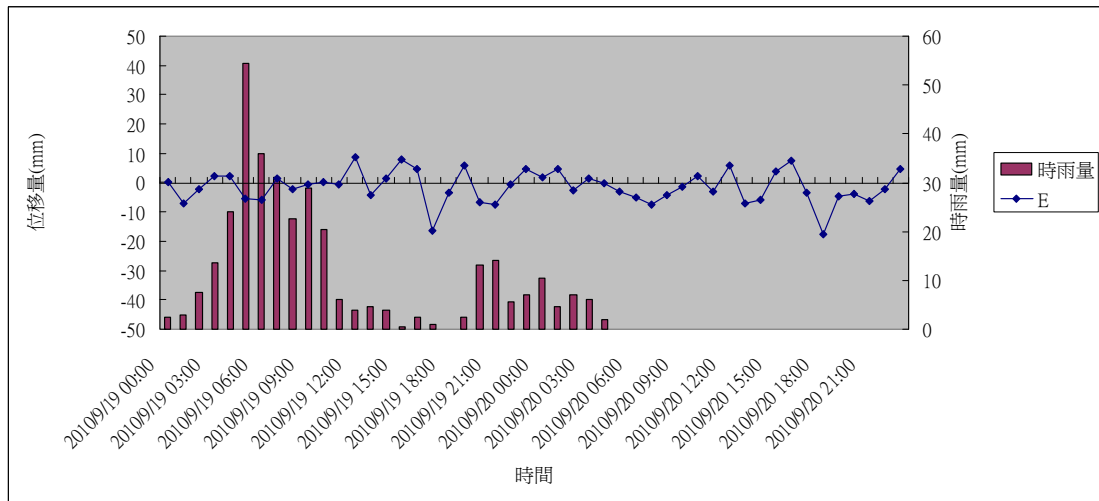
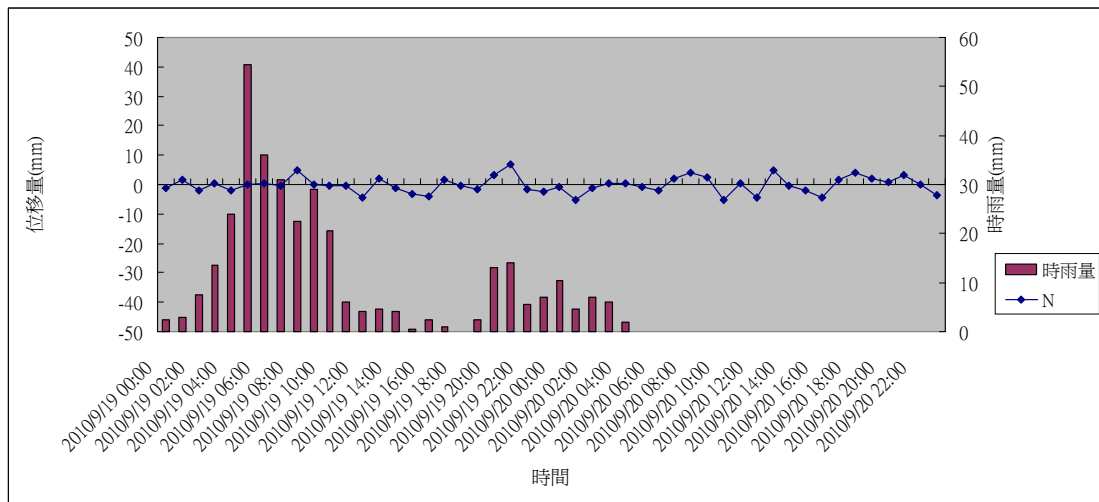


圖 5.57 凡那比颱風 GPS1 位移量(2010/9/19-9/20)

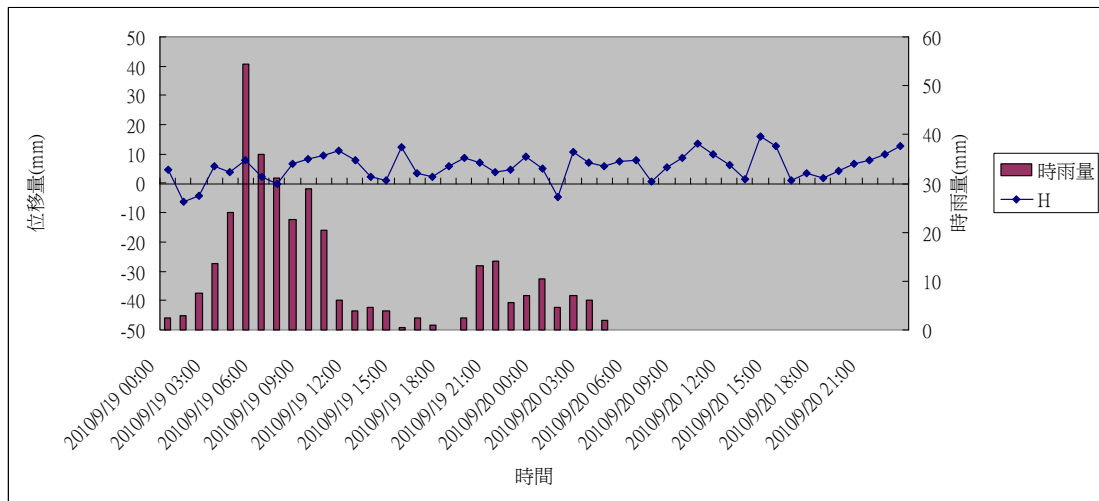
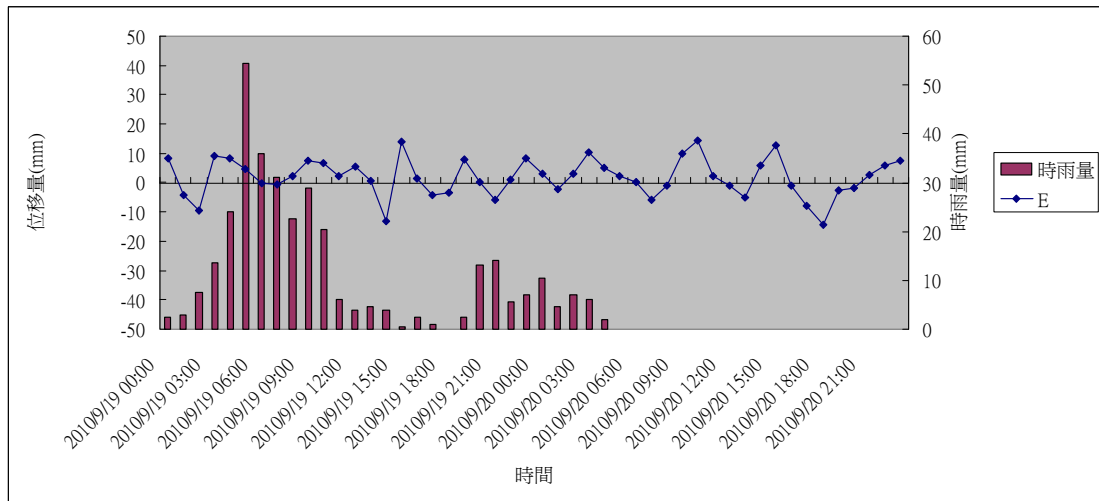
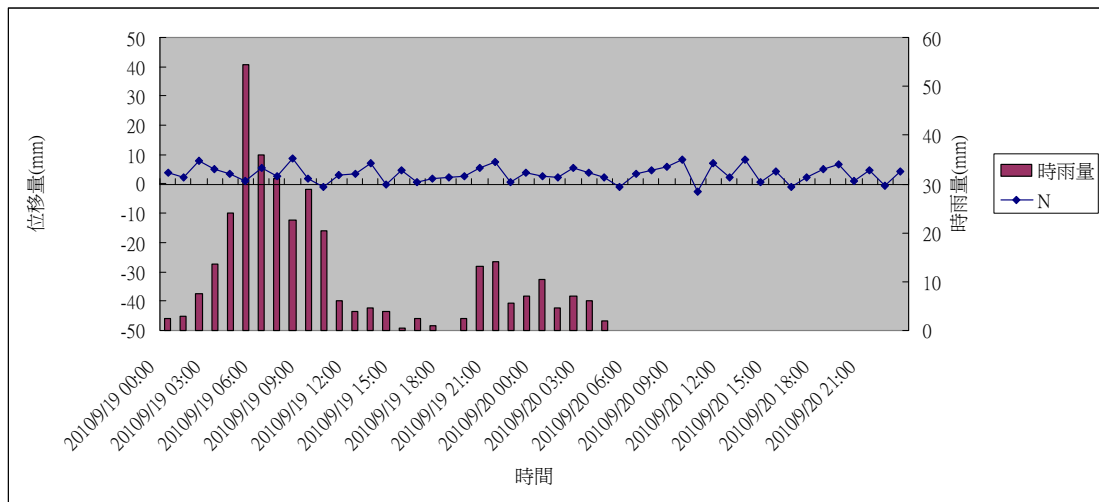


圖 5.58 凡那比颱風 GPS2 位移量(2010/9/19-9/20)

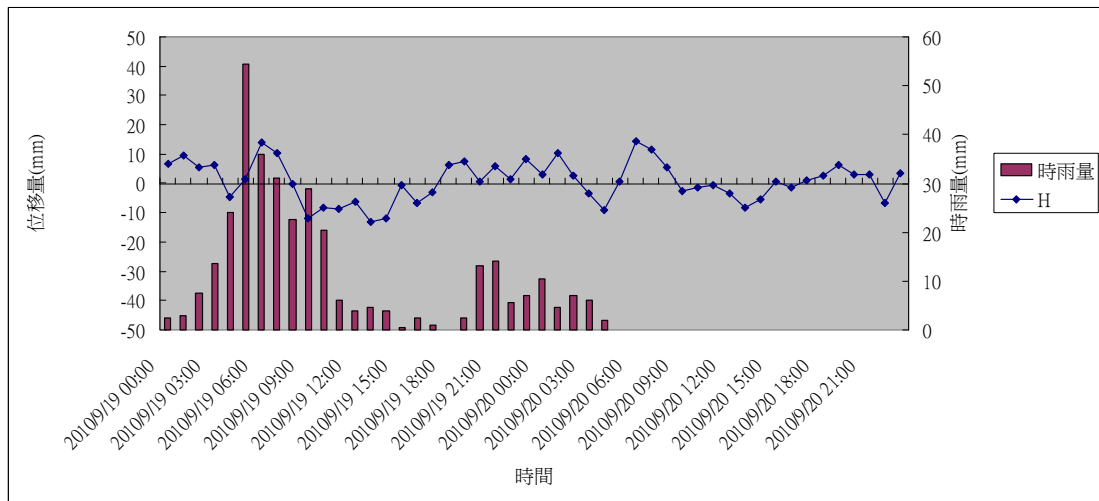
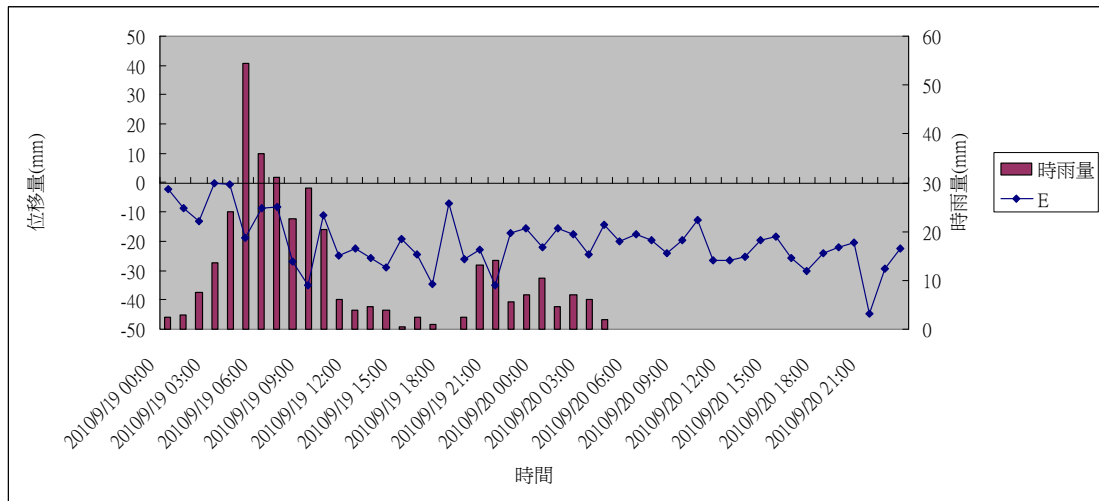
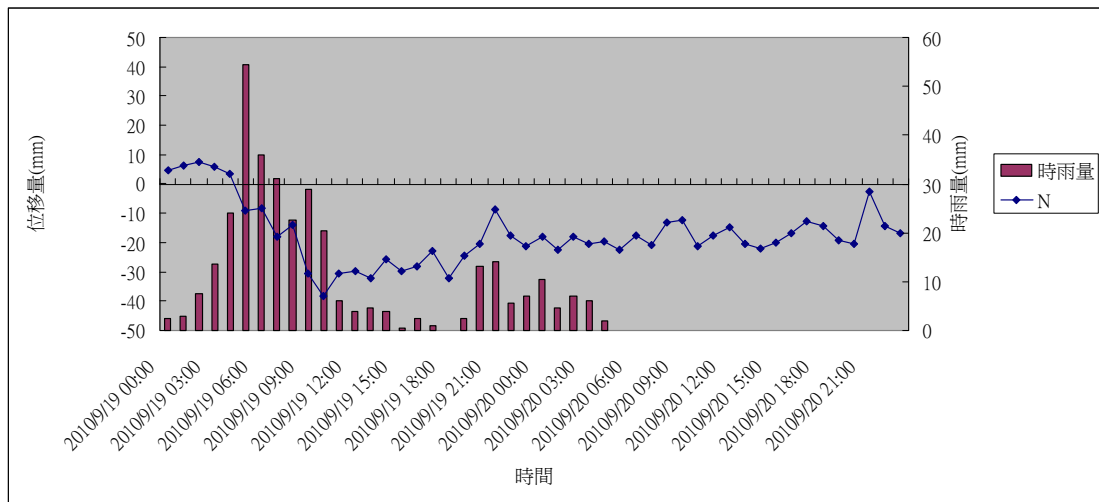


圖 5.59 凡那比颱風 GPS3 位移量(2010/9/19-9/20)

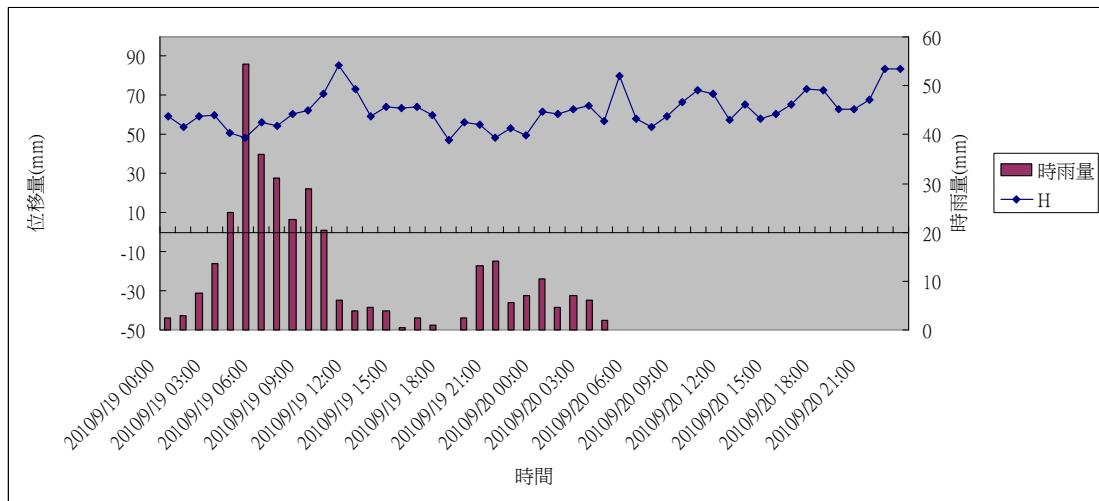
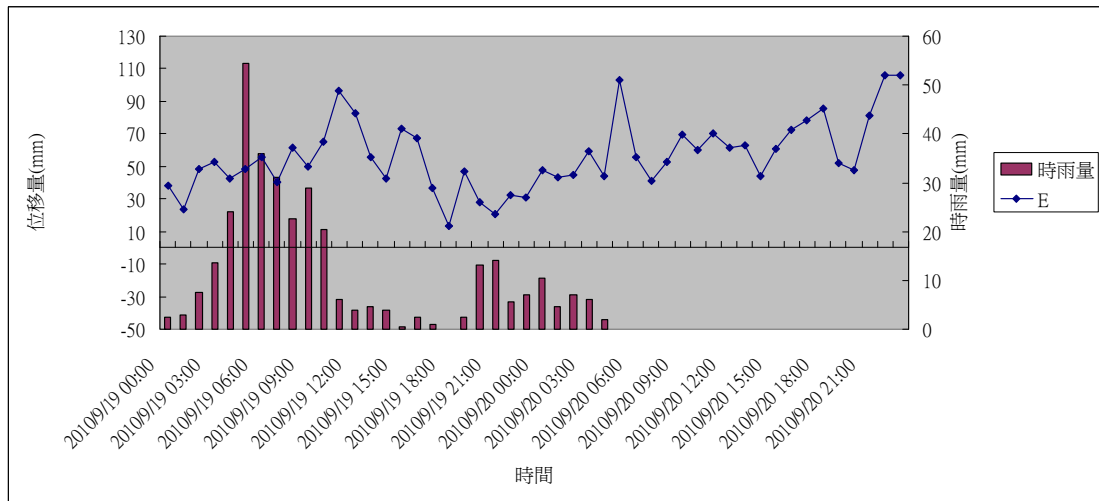
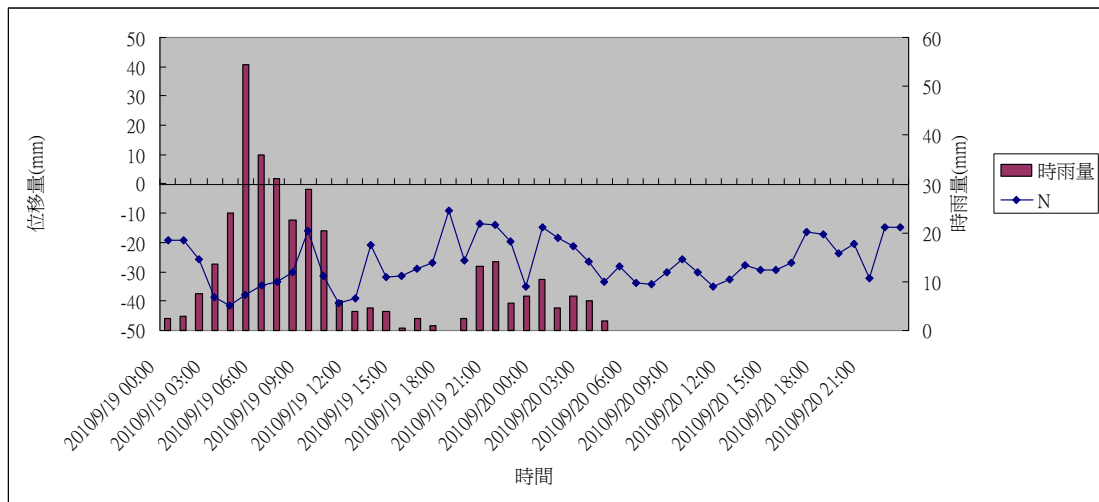


圖 5.60 凡那比颱風 GPS4 位移量(2010/9/19-9/20)

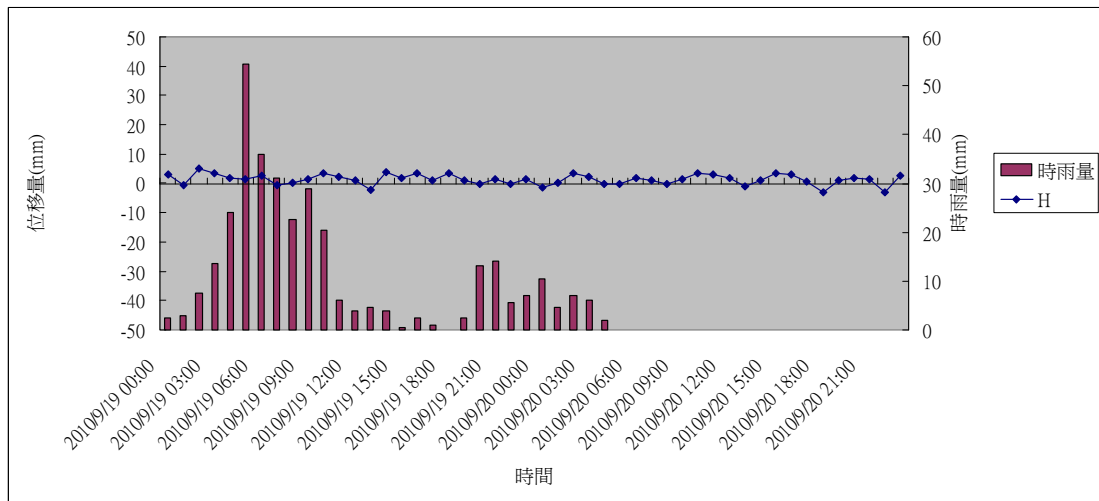
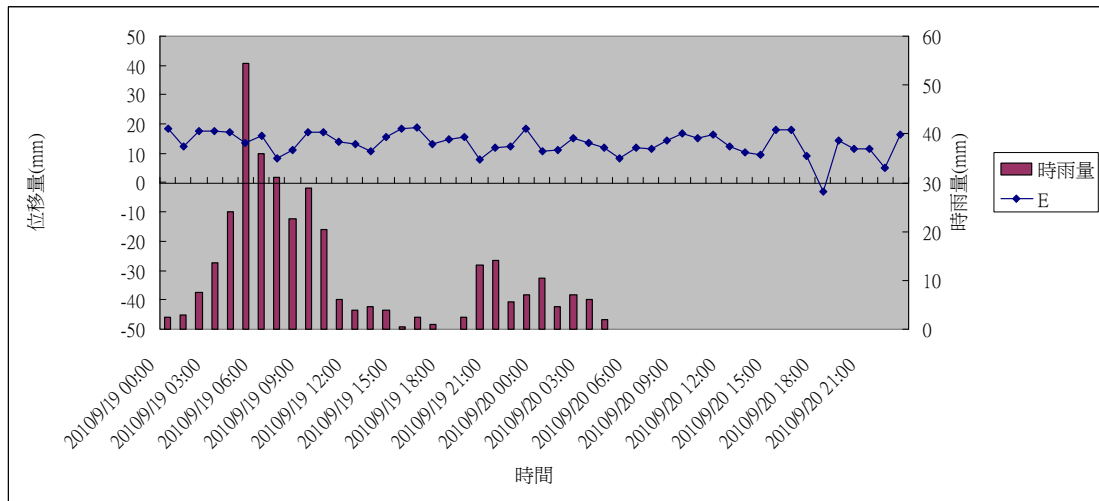
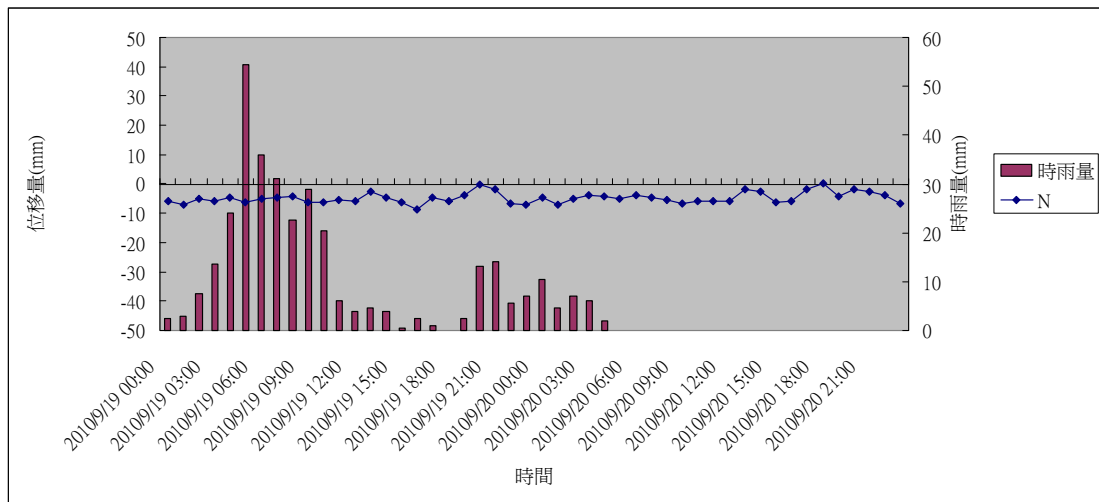


圖 5.61 凡那比颱風 GPS5 位移量(2010/9/19-9/20)

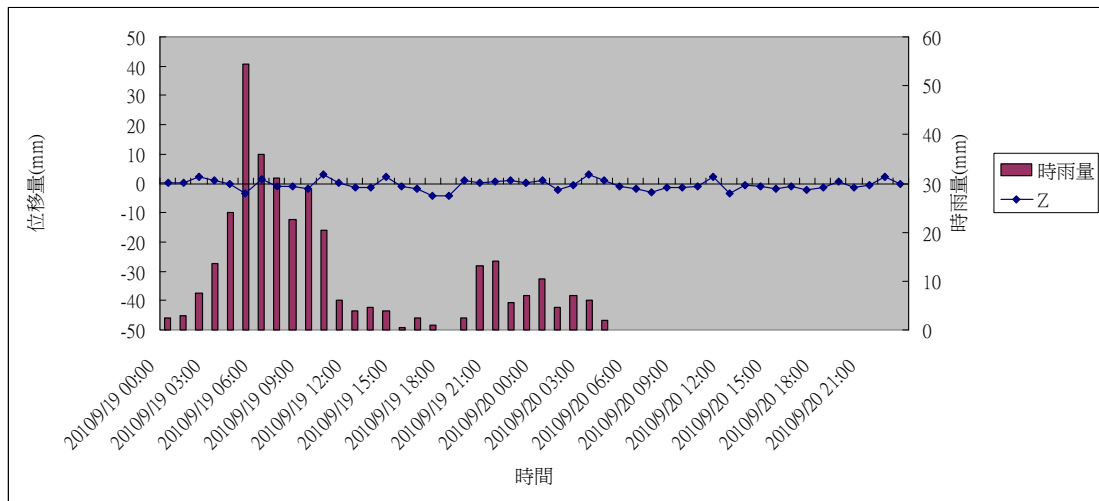
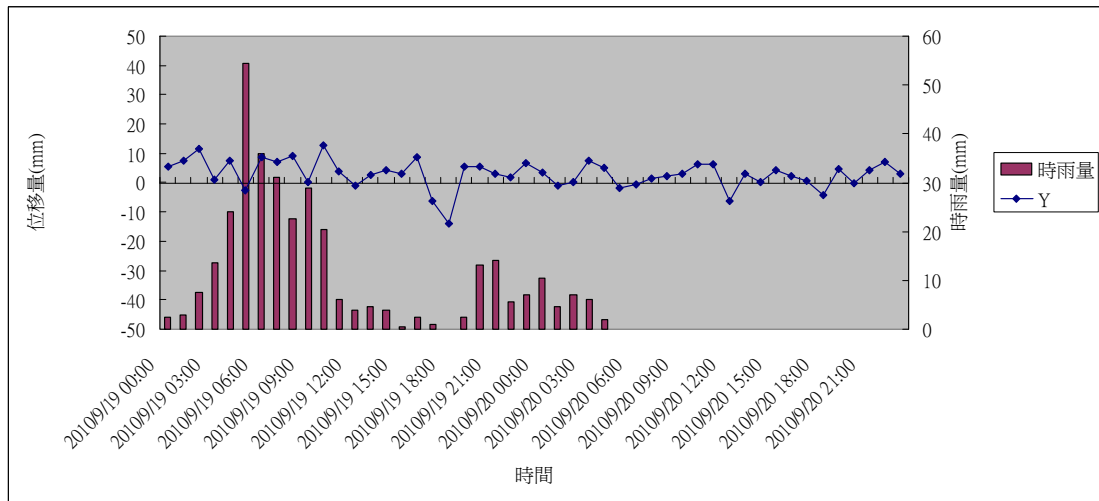
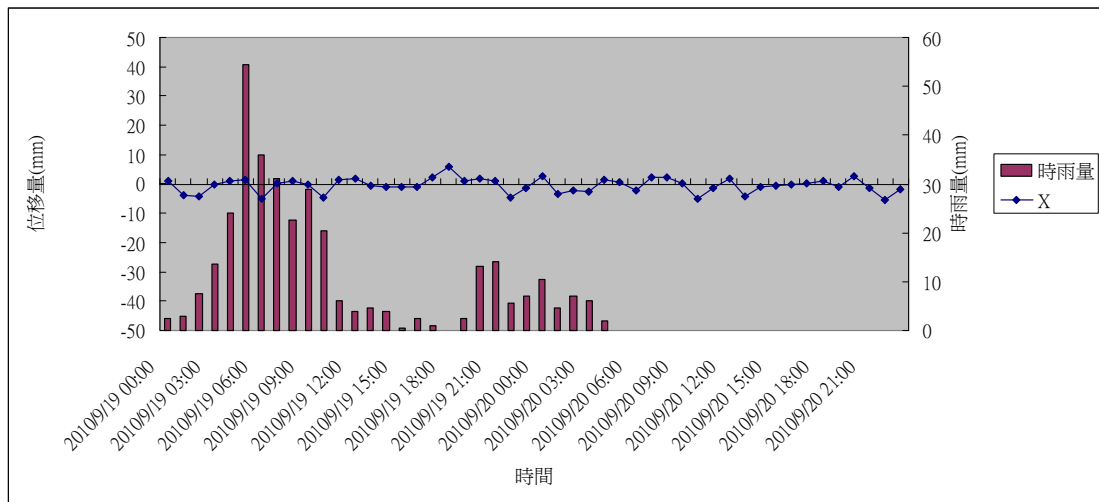


圖 5.62 凡那比颱風 GPS6 位移量(2010/9/19-9/20)

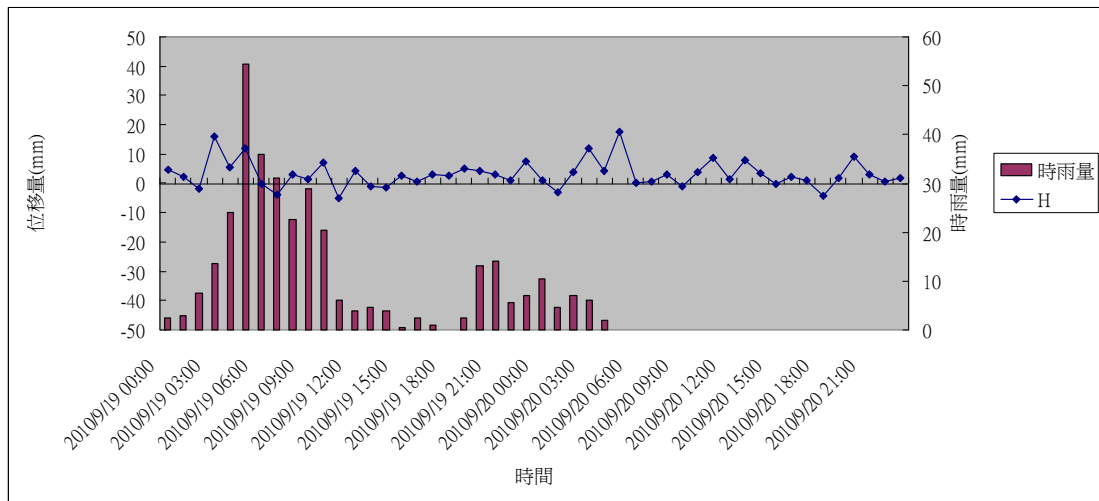
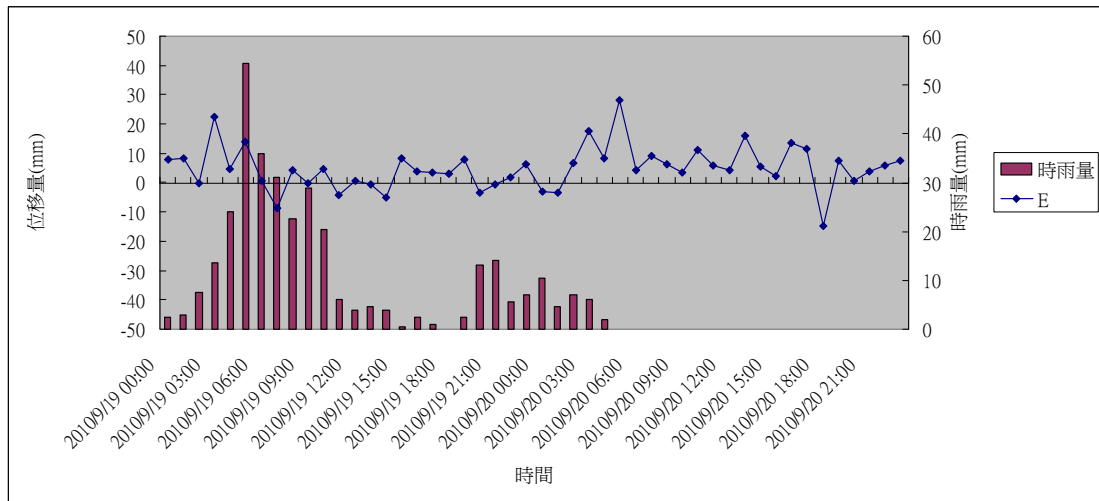
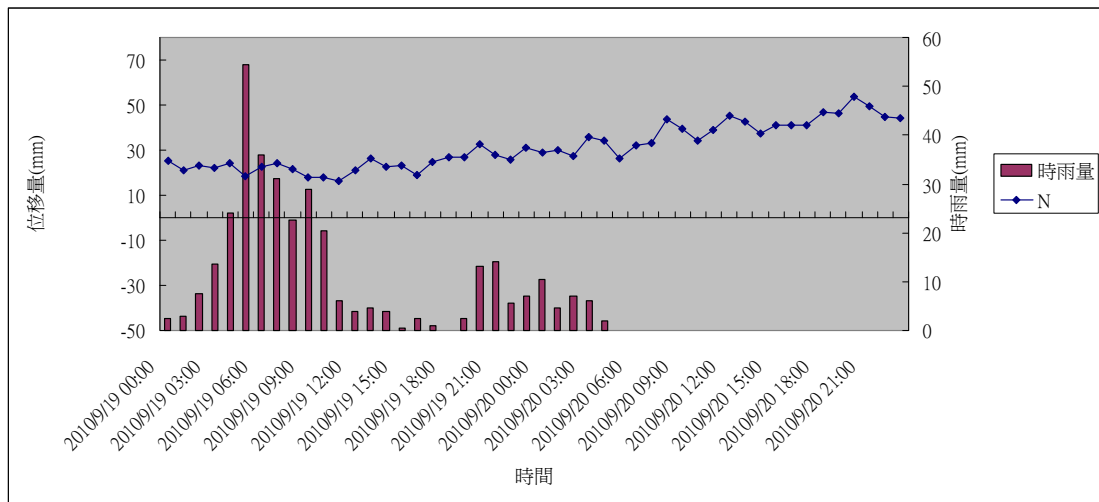


圖 5.63 凡那比颱風 GPS7 位移量(2010/9/19-9/20)

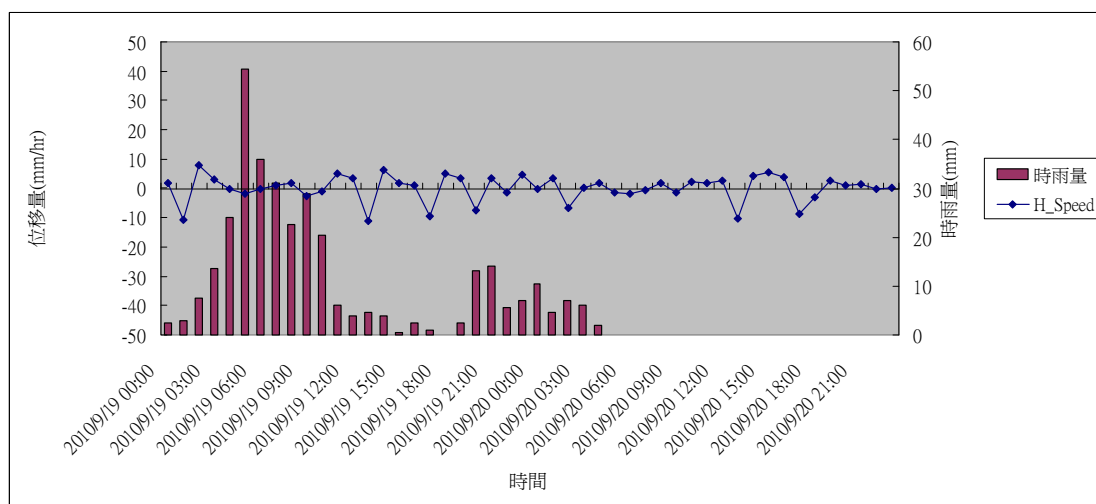
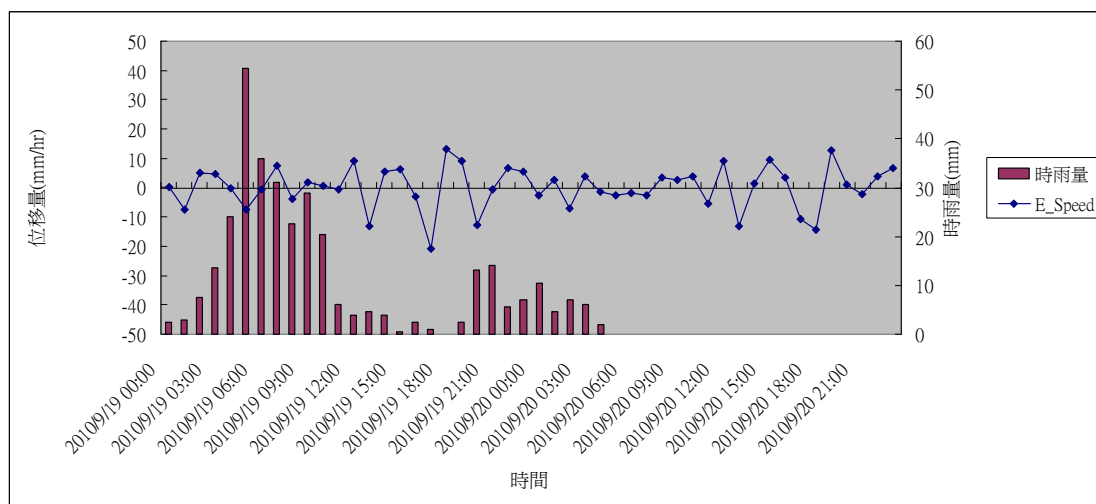
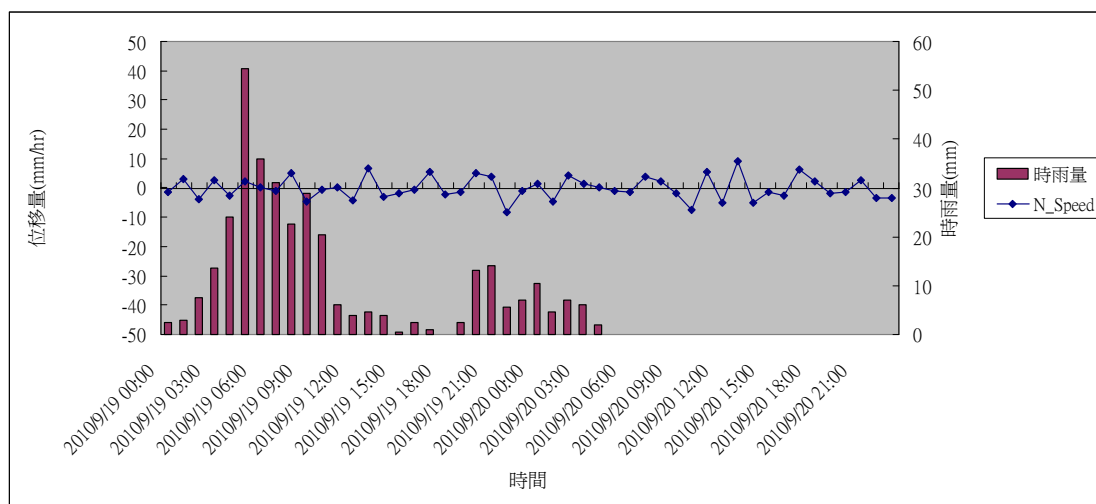


圖 5.64 凡那比颱風 GPS1 位移量速度(2010/9/19-9/20)

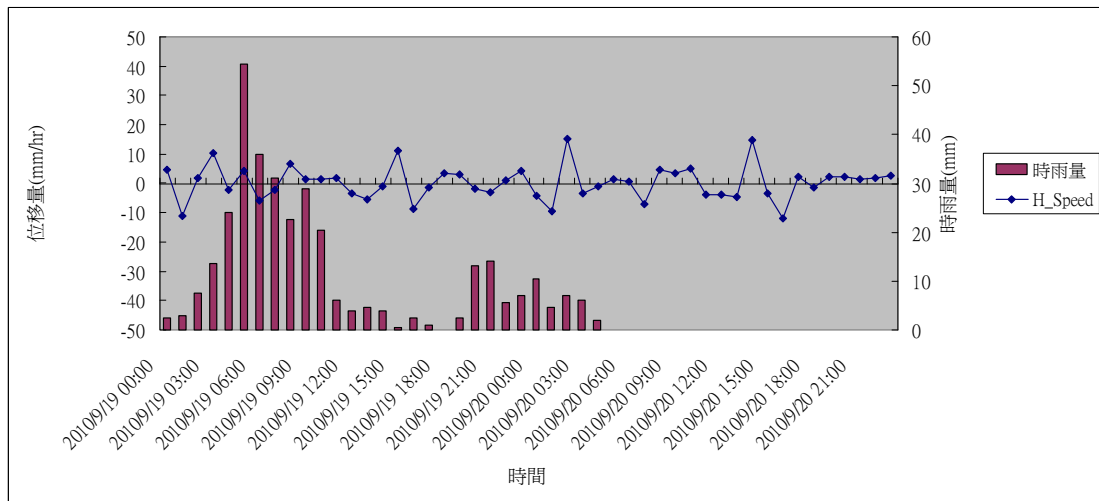
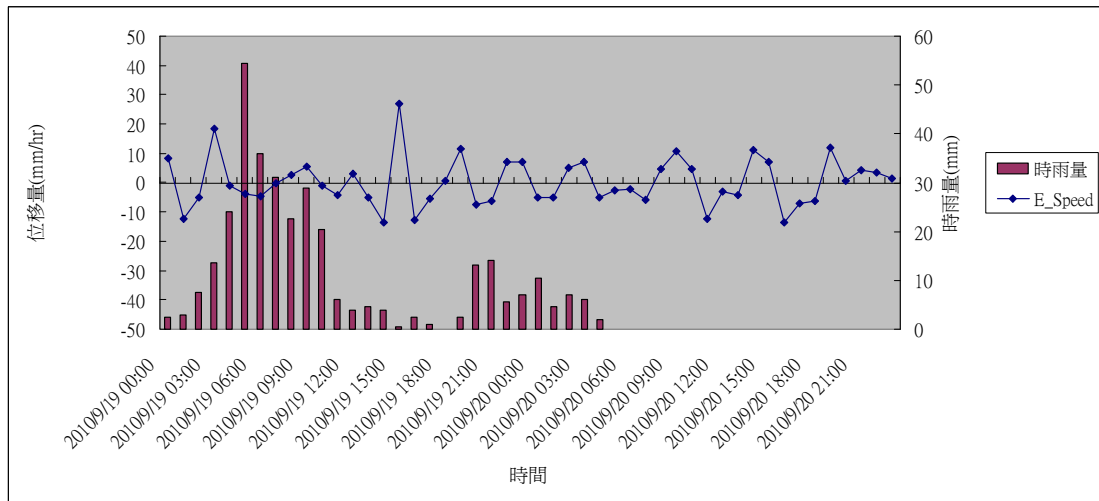
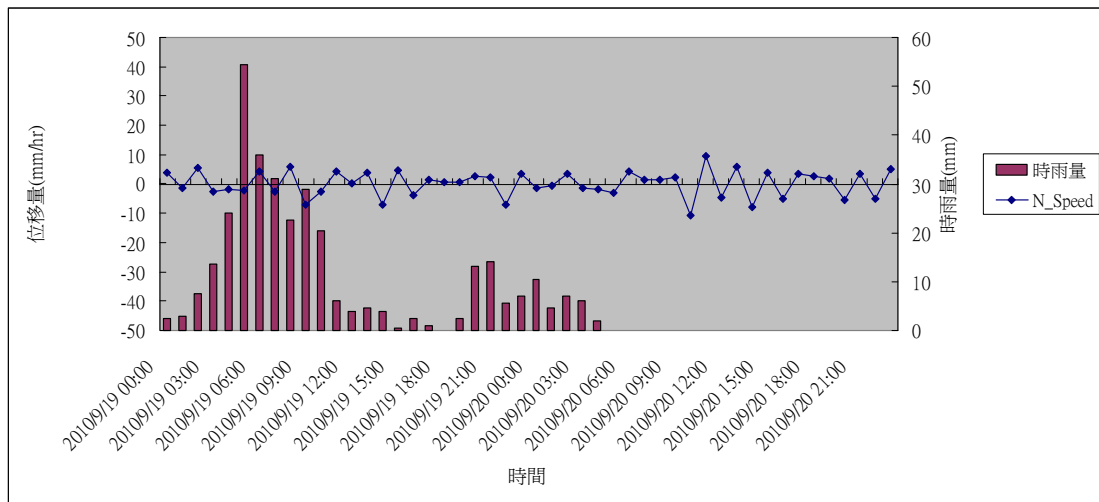


圖 5.65 凡那比颱風 GPS2 位移量速度(2010/9/19-9/20)

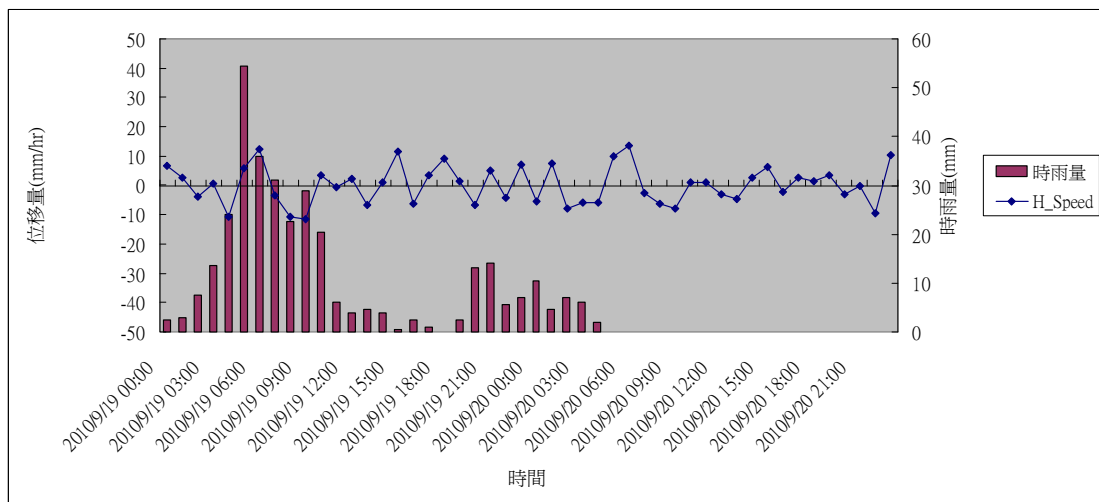
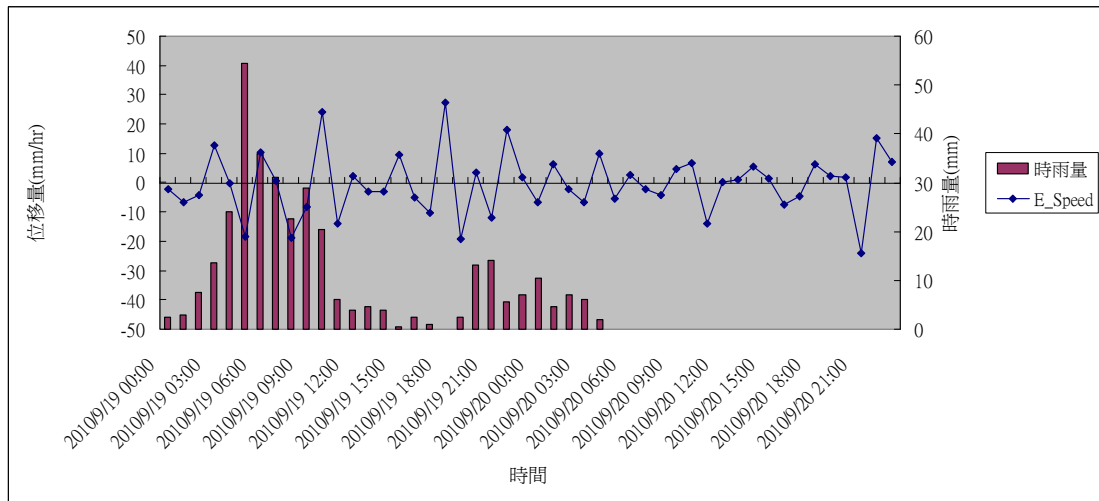
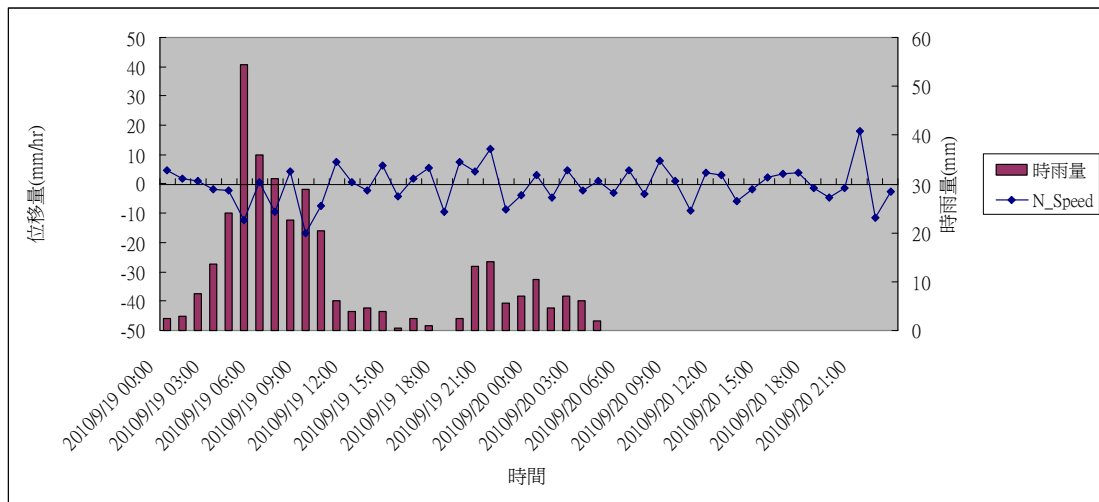


圖 5.66 凡那比颱風 GPS3 位移量速度(2010/9/19-9/20)

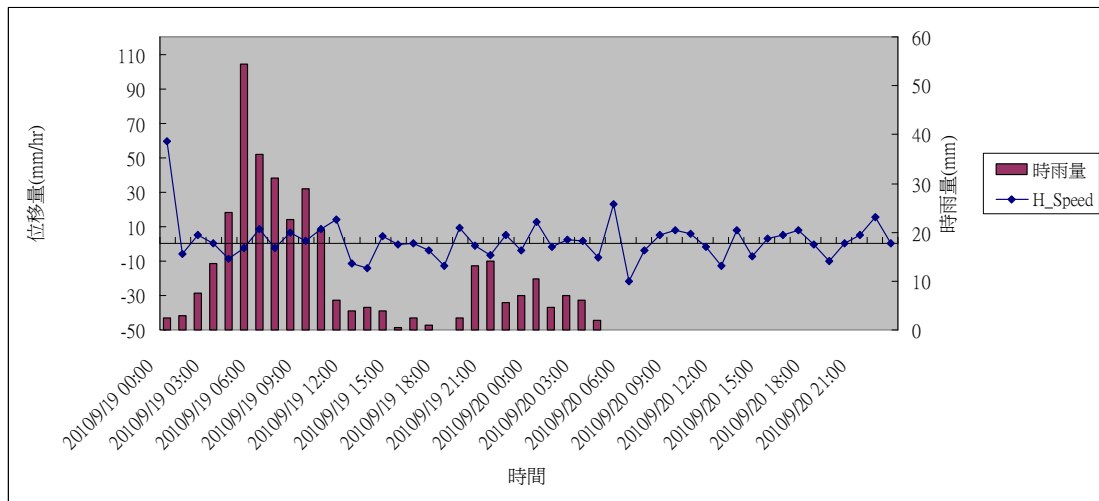
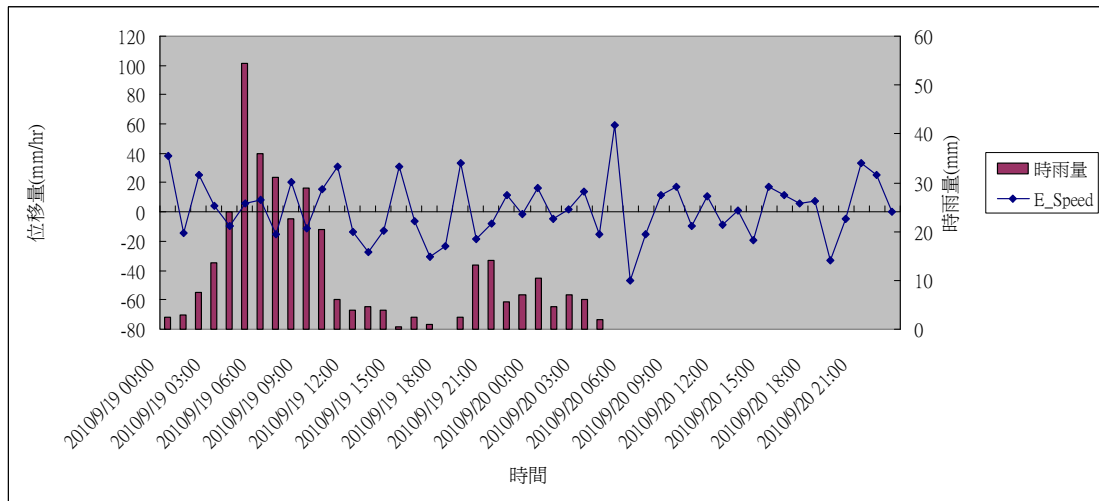
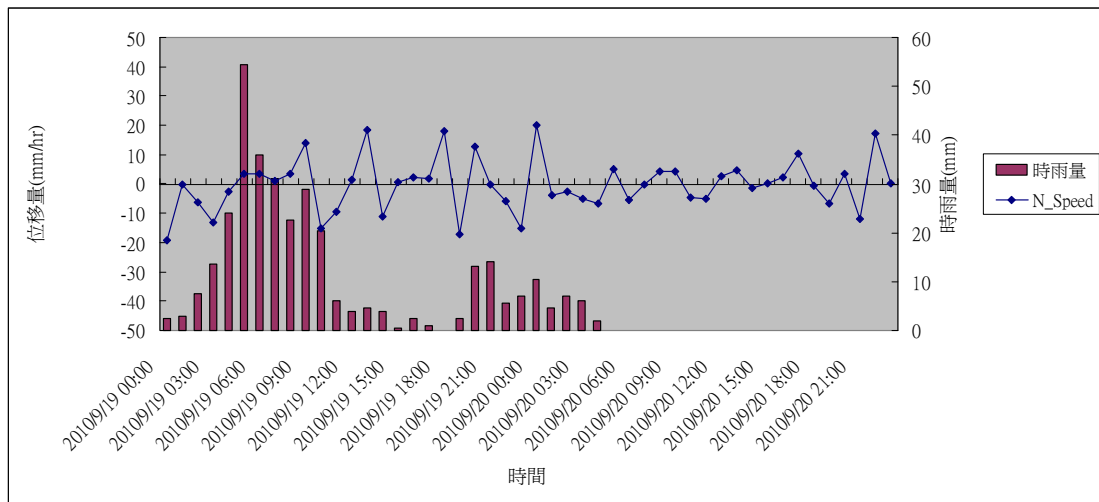


圖 5.67 凡那比颱風 GPS4 位移量速度(2010/9/19-9/20)

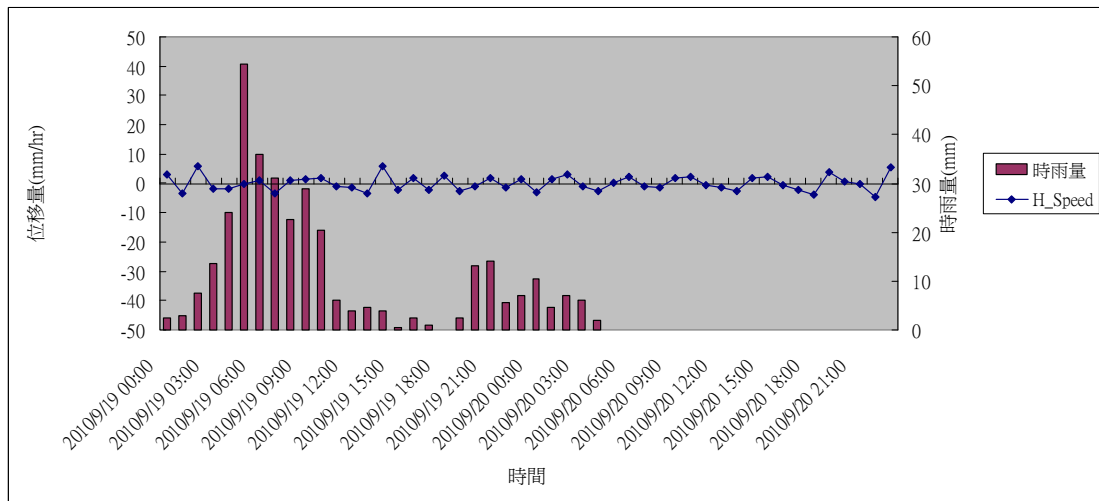
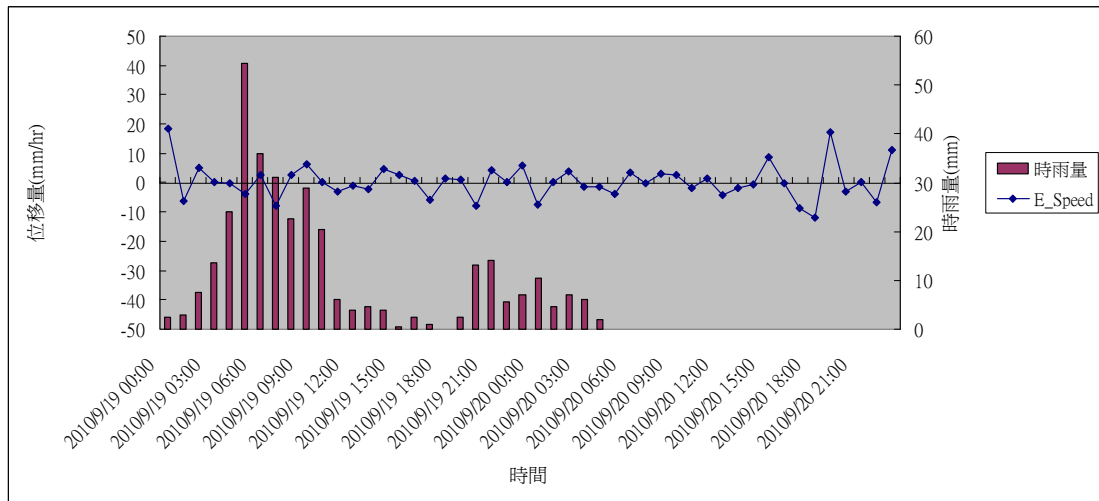
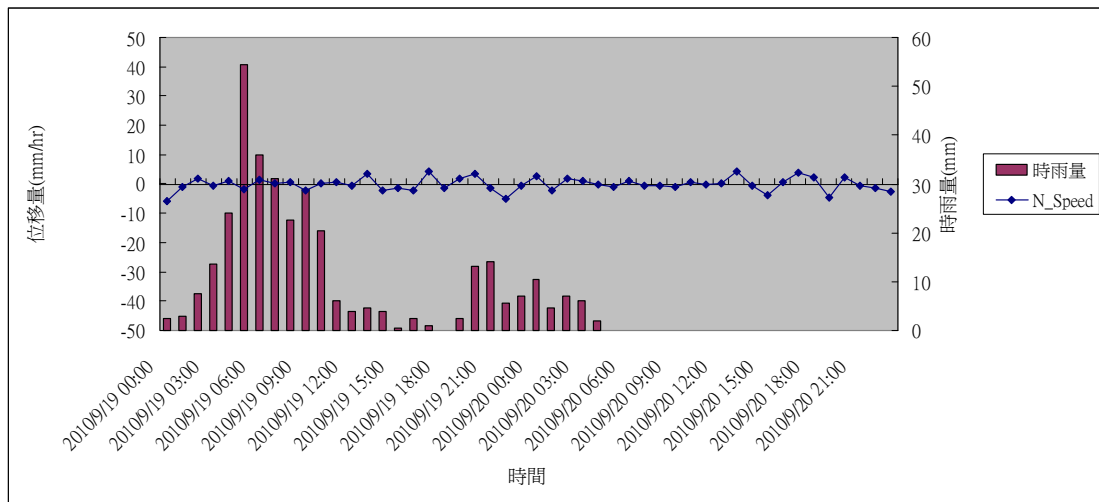


圖 5.68 凡那比颱風 GPS5 位移量速度(2010/9/19-9/20)

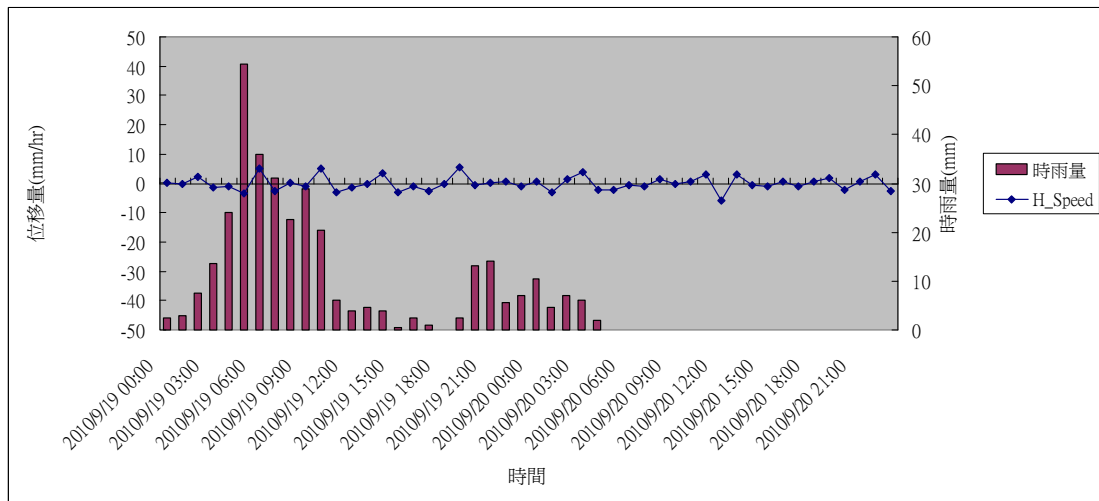
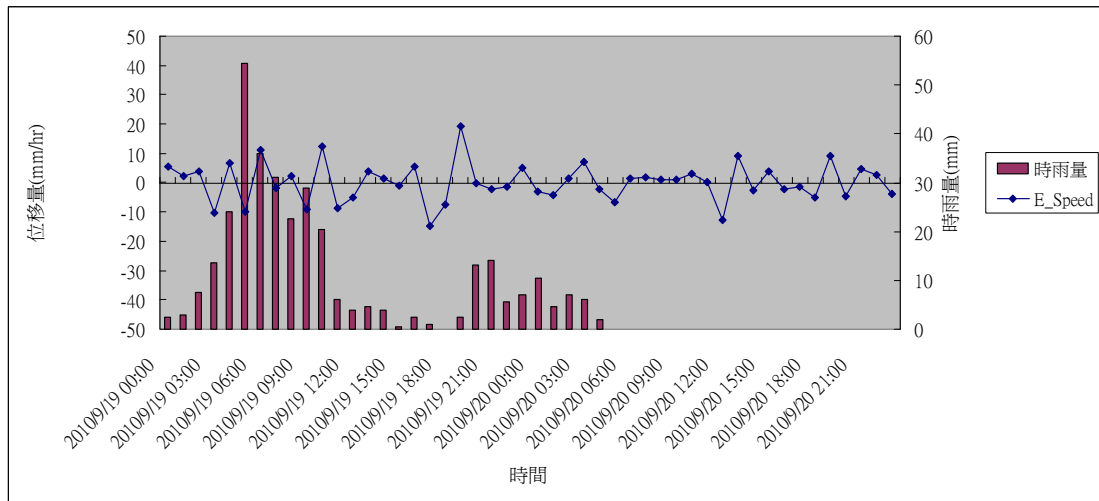
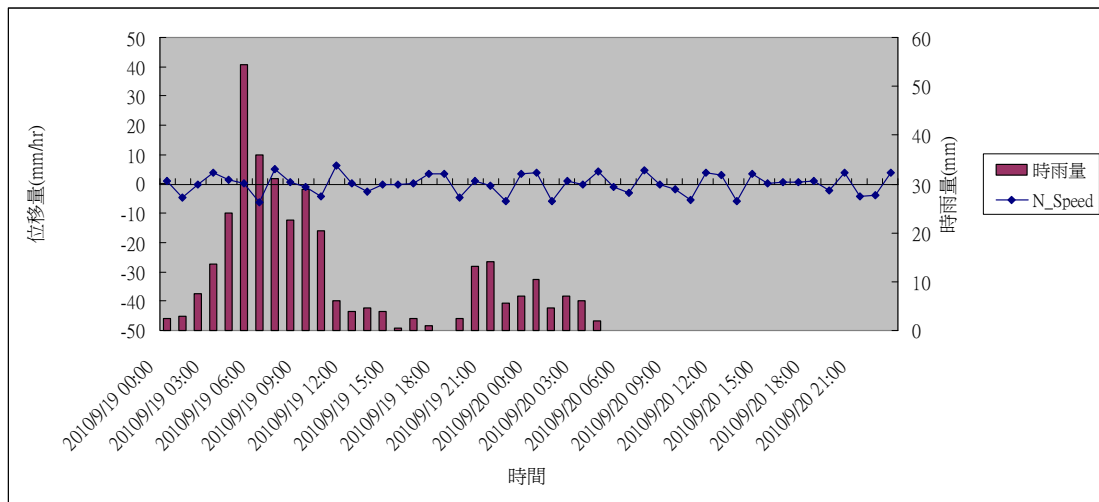


圖 5.69 凡那比颱風 GPS6 位移量速度(2010/9/19-9/20)

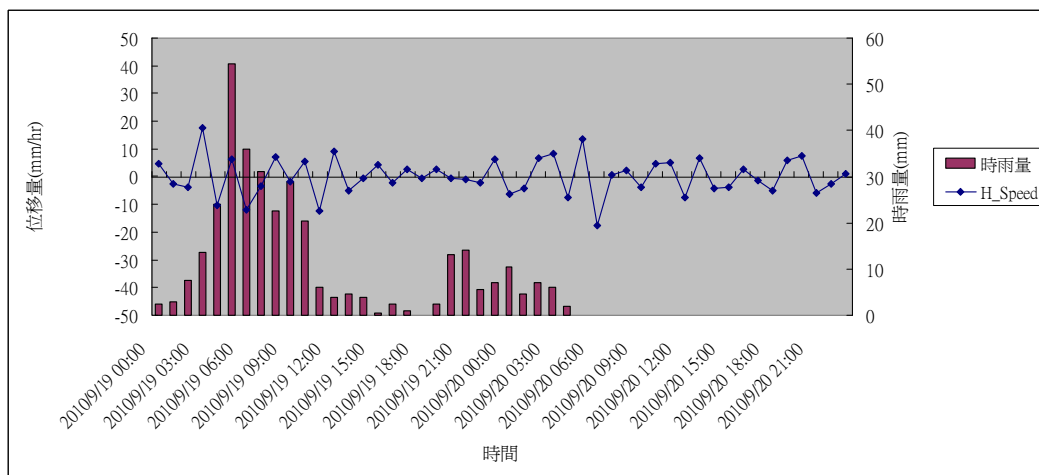
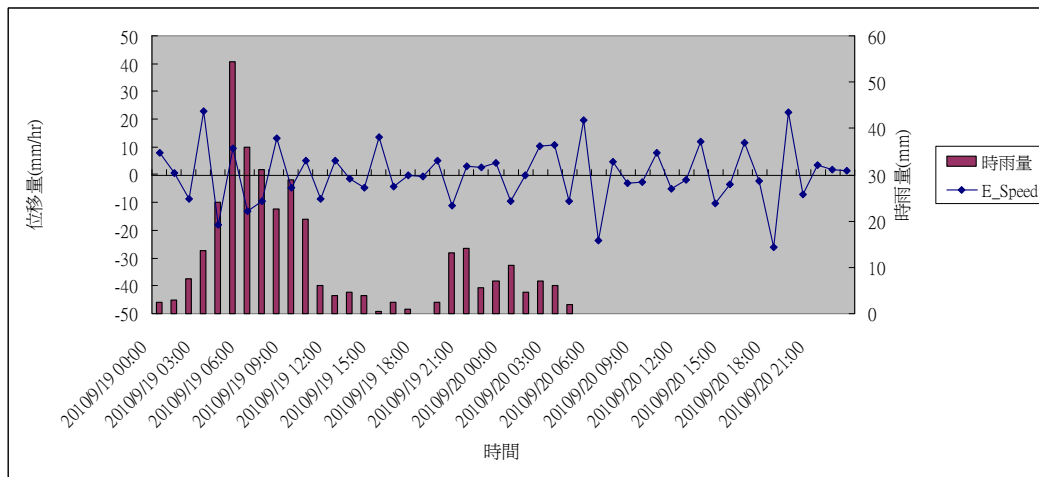
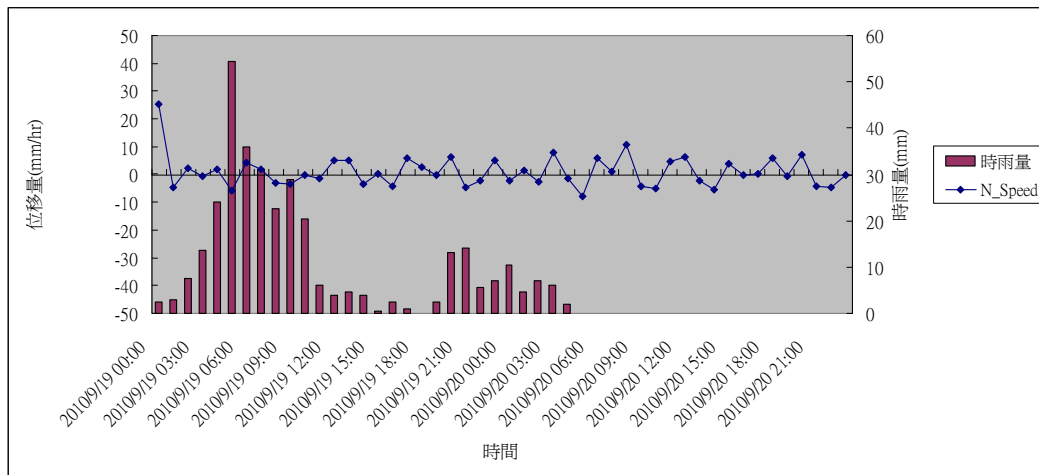


圖 5.70 凡那比颱風 GPS7 位移量速度(2010/9/19-9/20)

將上述 7 組 GPS 所量測的結果之起始靜態坐標，繪製出空間關係圖 5.71。



圖 5.71 臺 18 線第六彎 GPS 測點相對位置圖

5.4 現地全球定位系統靜態監測

5.4.1 各靜態監測位置

為取得第二彎邊坡實際側滑數據，前期計畫於第二彎新增三處靜態測量點位，編號分別為 S2-1、S2-2、S2-3，其中 S2-1 與現地傾斜計量測點位共點，如圖 5.72。



圖 5.72 第二彎靜態測量位置標示

前期計畫為量測新第四彎邊坡是否穩固，於新第四彎選定三個靜態測量點位，編號分別為 S4-1、S4-2、S4-3，其中 S4-1 及 S4-3 兩點與 2008 年計畫之靜態測量點位共點，可分析不同時期第四彎地區之位移量，靜態量測點位如圖 5.73。



圖 5.73 第四彎靜態測量位置標示

臺 18 五彎仔地區第六彎為本計畫主要研究地區，前期計畫於第六彎選定三個靜態測量點位，編號分別為 S6-1、S6-2、S6-3，如圖 5.74，其中 S6-1 及 S6-2 兩點與 2008 年計畫之靜態測量點位共點，可分析不同時期第六彎地區塊體之位移量。

同時，S6-1 測量點位於 GPS1 天線及地下井光纖附近，S6-2 測量點位於 GPS2 天線及交大地下水位測量點 NCTU-01、NCTU-02 附近，S6-3 測量點位於交大地下水位測量點 NCTU-03。於本地區設置靜態測量點位，可將相關靜態量測成果與一機多天線量測成果進行分析比對，作為一機多天線監測成效之重要分析基準。



圖 5.74 第六彎靜態測量位置標示

本年度規劃定期赴現地進行四次全球衛星定位系統靜態測量工作，規劃監測位置與前期計畫相同，主要是針對第二彎、新的第四彎和第六彎地滑位移量進行量測。其中第六彎靜態 GPS 量測結果可以與動態 GPS 量測結果進行比對，以確認其地滑位移量的正確性。並將每月 GPS 基站天線所接收的全球定位系統資料，各取七天觀測資料，分別以內政部地政司國土測繪中心之嘉義縣竹崎 e-GPS 固定站為基準進行基線運算(本站約距離實驗區 13.4 公里)，求其平均值作為基站之坐標。

5.4.2 全球定位系統靜態監測成果

本計畫前期曾於 2007 年 10 月至 2008 年 2 月，每月各取七天 GPS 基站天線所接收的全球定位系統資料，分別以內政部國土測繪中心之嘉義縣竹崎 e-GPS 固定站為基準(本站約距離實驗區 13.4 公里)，進行基線運算。經由分析上述五個月的數據發現，基站坐標並無太大變化，約在 $\pm 1\sim 2\text{cm}$ 範圍內。因此，視為偶然誤差特性，故求其平均值作為基站之坐標。

另外，於 2008 年 7 月至 10 月，依相同方式求基站坐標，以確認基站經過幾個月後是否有偏移狀況。每月坐標值如表 5-10 所示。圖 5.75 為五次基站坐標值，發現 2 月至 7 月間有向西移約 4cm，7 月、8 月、9 月幾乎沒有移動，而 9 月至 10 月又向西移動了約 2.4cm。

表 5-10 基站每月靜態測量坐標(m)

基站坐標	N	E	高程
2007/11~2008/2 平均	2,591,861.416	213,379.657	775.019
7 月	2,591,861.427	213,379.6178	774.9985
8 月	2,591,861.419	213,379.6243	774.9828
9 月	2,591,861.395	213,379.622	774.901
10 月	2,591,861.414	213,379.598	775.0038

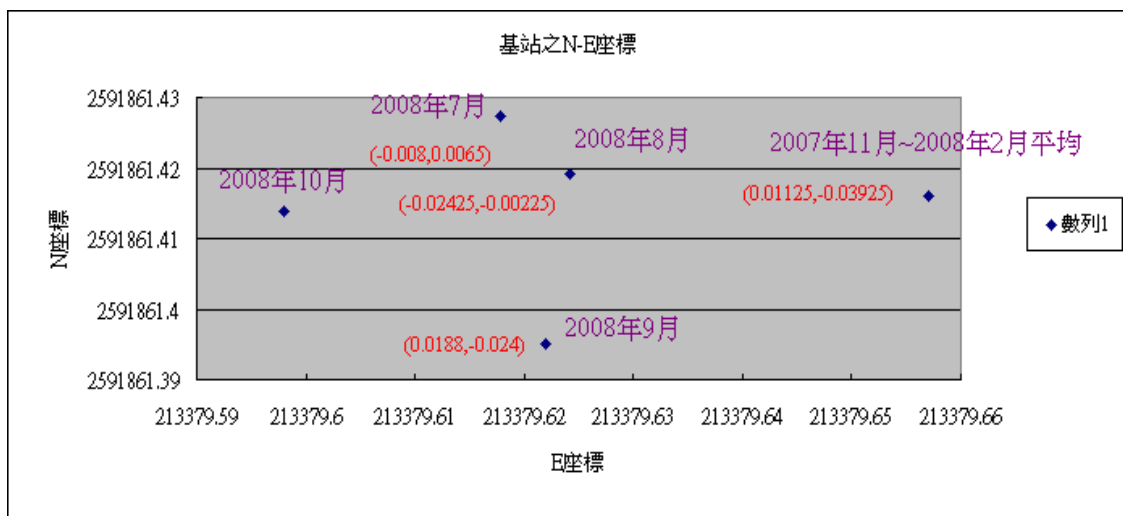


圖 5.75 每月基站之坐標

據阿里山公路段，表示第二彎的地滑現象亦十分明顯，因此 2009 年計畫將靜態定位監測站分別設置第二彎、第四彎、及第六彎等三處（每處 3 點），點位編號為分別 S2-1、S2-2、S2-3（第二彎），S4-1、S4-2、S4-3（第四彎），S6-1、S6-2、S6-3（第六彎）等九點。2009 年三月初，本計畫前往阿里山臺 18 線佈設新點位，其中原測站點位置因現場施工，點位遭破壞，新佈設 S4-1 點位，與 2008 年所設的測站 6-1 點位僅差距一公分，測點 S4-3 與去年的測站 7 相同，點號 S6-1、S6-2 與昔日測站一、測站二相同，另於基站附近新設點位 S6-3，故今年 2009 年所佈設的靜態測量測站點位為九個點。2008 年 9 月 9 日測站分布如圖 5.76。所示，而 2009 年 3 月初所佈設的測站點如圖 5.77 所示。

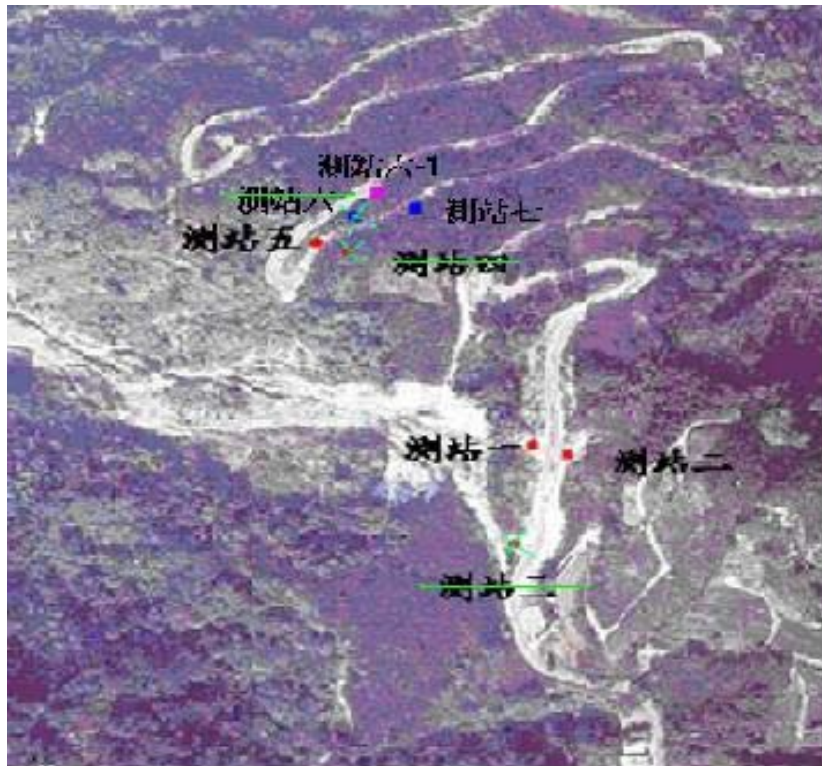


圖 5.76 2008 年測站點位



圖 5.77 2009 年及 2010 年測站點位

由於 2009 年 GPS 即時動態監測站重新布設於第六彎處，因此基站位置更換，基站遷移後於 2009 年 5 月 26 日開始接收觀測資料，故新基站坐標仍須以竹崎站為基準站進行坐標計算，坐標成果如表 5-11。

表 5-11 2009 年 6 月 1 日至 6 月 6 日新基站的坐標(m)

基站坐標	N	E	高程
2009 年 6 月 1 日	2,591,864.339	213,412.562	785.459
2009 年 6 月 2 日	2,591,864.338	213,412.558	785.670
2009 年 6 月 3 日	2,591,864.346	213,412.551	785.853
2009 年 6 月 4 日	2,591,864.339	213,412.558	786.540
2009 年 6 月 5 日	2,591,864.341	213,412.554	785.728
2009 年 6 月 6 日	2,591,864.339	213,412.562	785.459

今年度第一次前往阿里山施行靜態觀測時期為 2010 年 4 月 30 日。而從去年 2009 年 10 月 25 日第四次施行靜態測量至今年第一次 2010 年 4 月 30 日實施靜態測量，已時隔半年之久。而今年四期前往阿里山實施靜態測量的時間為 2010 年 4 月 30 日、6 月 23 日、8 月 28 日及 10 月 26 日。

於 2010 年 10 月 26 日前往阿里山五彎仔施行靜態測量，下面表 5-12 至表 5-17 為 2008 年 9 月 9 日、2009 年四期、及 2010 年四期前往阿里山五彎仔靜態測量相同測站點位坐標。

表 5-12 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 N 坐標(m)

N 坐標	2008 年 9 月 9 日	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日
S6-1(原測站一)	2,591,979.953	2,591,979.952	2,591,979.956
S6-2(原測站二)	2,591,986.768	2,591,986.779	2,591,986.775
S4-1(原測站六-1)	2,592,271.040	2,592,270.992	2,592,270.994
S4-3(原測站七)	2,592,261.241	2,592,261.238	2,592,261.238

表 5-13 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 N 坐標(m)

N 坐標	2009 年 9 月 1 日	2009 年 10 月 25 日	2010 年 4 月 30 日
S6-1(原測站一)	2,591,980.001	2,591,979.989	2,591,980.037
S6-2(原測站二)	2,591,986.829	2,591,986.819	2,591,986.870
S4-1(原測站六-1)	2,592,271.071	2,592,271.028	2,592,271.038
S4-3(原測站七)	2,592,261.280	2,592,261.272	2,592,261.319

表 5-14 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 N 坐標(m)

N 坐標	2010 年 6 月 23 日	2010 年 8 月 28 日	2010 年 10 月 26 日
S6-1(原測站一)	2,591,980.018	2,591,980.034	2,591,980.033
S6-2(原測站二)	2,591,986.849	2,591,986.866	2,591,986.864
S4-1(原測站六-1)	2,592,271.019	2,592,271.033	2,592,271.032
S4-3(原測站七)	2,592,261.288	2,592,261.317	2,592,261.315

表 5-15 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 E 坐標(m)

E 坐標	2008 年 9 月 9 日	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日
S6-1(原測站一)	213,388.192	213,388.081	213,388.076
S6-2(原測站二)	213,415.584	213,415.466	213,415.470
S4-1(原測站六-1)	213,288.271	213,288.182	213,288.189
S4-3(原測站七)	213,368.089	213,368.013	213,368.013

表 5-16 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 E 坐標(m)

E 坐標	2009 年 9 月 1 日	2009 年 10 月 25 日	2010 年 4 月 30 日
S6-1(原測站一)	213,387.998	213,387.995	213,387.894
S6-2(原測站二)	213,415.392	213,415.390	213,415.320
S4-1(原測站六-1)	213,288.117	213,288.157	213,288.147
S4-3(原測站七)	213,367.982	213,367.986	213,367.971

表 5-17 靜態測量 2008 年~2010 年相同測站點位 E 坐標(m)

E 坐標	2010 年 6 月 23 日	2010 年 8 月 28 日	2010 年 10 月 26 日
S6-1(原測站一)	213,387.924	213,387.893	213,387.889
S6-2(原測站二)	213,415.341	213,415.308	213,415.305
S4-1(原測站六-1)	213,288.175	213,288.145	213,288.136
S4-3(原測站七)	213,368.002	213,367.967	213,367.960

而其它各測站點位於 2009 年四期及 2010 年四期施行靜態測量的坐標如下面表 5-18 至表 5-21 所示。其中 S6-3 的點位因為於 2010 年 8 月 28 日前往測量時，點位鋼釘已遭破壞，而當時有在點位相似位置附近重設 S6-3。故 2010 年 10 月 26 日施行靜態測量之 S6-3 點與 2010 年 8 月 28 日相同。

表 5-18 靜態測量 2009 年及 2010 年各測站點位之 N 坐標(m)

N 坐標	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日	2009 年 10 月 25 日
S6-3	2,591,874.139	2,591,874.134	2,591,874.169	2,591,874.169
S4-2	2,592,258.956	2,592,258.954	2,592,259.012	2,592,259.020
S2-1	2,592,308.671	2,592,308.683	2,592,308.747	2,592,308.743
S2-2	2,592,241.171	2,592,241.178	2,592,241.240	2,592,241.234

表 5-19 靜態測量 2009 年及 2010 年各測站點位之 N 坐標(m)

N 坐標	2010 年 4 月 30 日	2010 年 6 月 23 日	2010 年 8 月 28 日	2010 年 10 月 26 日
S6-3	2,591,874.216	2,591,874.195	2,591,874.187	2,591,874.185
S4-2	2,592,259.069	2,592,259.037	2,592,259.073	2,592,259.070
S2-1	2,592,308.788	2,592,308.759	2,592,308.794	2,592,308.895
S2-2	2,592,241.275	2,592,241.252	2,592,241.279	2,592,241.277

表 5-20 靜態測量 2009 年及 2010 年各測站點位之 E 坐標(m)

E 坐標	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日	2009 年 10 月 25 日
S6-3	213,495.615	213,495.617	213,495.556	213,495.556
S4-2	213,265.833	213,265.825	213,265.788	213,265.796
S2-1	213,090.301	213,090.296	213,090.220	213,090.223
S2-2	213,063.276	213,063.262	213,063.174	213,063.172

表 5-21 靜態測量 2009 年及 2010 年各測站點位之 E 坐標(m)

E 坐標	2010 年 4 月 30 日	2010 年 6 月 23 日	2010 年 8 月 28 日	2010 年 10 月 26 日
S6-3	213,495.501	213,495.541	213,495.522	213,495.518
S4-2	213,265.768	213,265.801	213,265.765	213,265.755
S2-1	213,090.179	213,090.208	213,090.175	213,090.143
S2-2	213,063.104	213,063.134	213,063.094	213,063.086

下面表 5-22 至表 5-24 為點 S2-3 各時期的坐標資料，2009 年 3 月 20 日和 2009 年 6 月 6 日為舊 S2-3 點，2009 年 9 月 1 日和 2009 年 10 月 25 日為新 S2-3 點，2010 年 4 月 30 日為新 S2-3 點附近所重新佈設的點 S2-3。

表 5-22 舊 S2-3 點位 N、E 坐標(m)

S2-3	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日
N 坐標	2,592,275.011	2,592,275.026
E 坐標	213,096.522	213,096.514

表 5-23 新 S2-3 點位 N、E 坐標(m)

S2-3	2009 年 9 月 1 日	2009 年 10 月 25 日
N 坐標	2,592,271.557	2,592,271.550
E 坐標	213,104.853	213,104.859

表 5-24 重新佈設 S2-3 點位 N、E 坐標(m)

S2-3	2010 年 4 月 30 日	2010 年 6 月 23 日	2010 年 8 月 28 日	2010 年 10 月 26 日
N 坐標	2,592,271.611	2,592,271.586	2,592,271.612	2,592,271.611
E 坐標	213,104.798	213,104.831	213,104.796	213,104.789

下面圖 5.78 製圖 5.86 為各測站點位趨勢圖，而從前期 2010 年 8 月 28 日至 2010 年 10 月 26 日，已時隔兩個月的時間，點 S2-2、S2-3、S4-1、S4-2、S4-3、S6-1 及 S6-2 這八個測站點位其南北方向歷時兩個月的時間，其變化量相當的小，皆在 1-2mm 之間。而東西方向，S2-2 向西移動 0.8cm，S2-3 向西移動 0.7cm，S4-1 向西移動 0.9cm，S4-2 向西位移 1cm，S4-3 向西移動 0.7cm，S6-1 向西移動 0.4cm，S6-2 向西移動 0.3cm，S6-3 向西移動 0.4cm。然而 S2-1 的變化量相當的大，其向北位移約 10cm，向西位移 3.2cm。

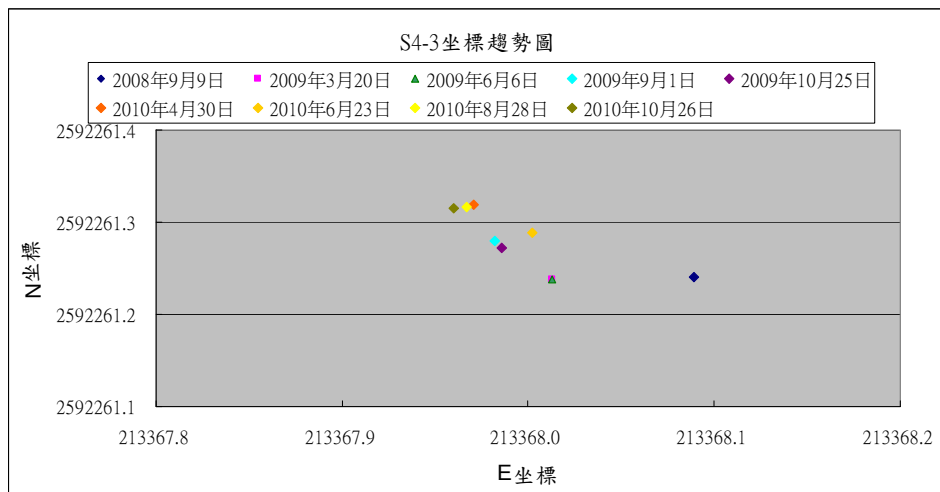


圖 5.78 S4-3(原測站七)坐標趨勢圖

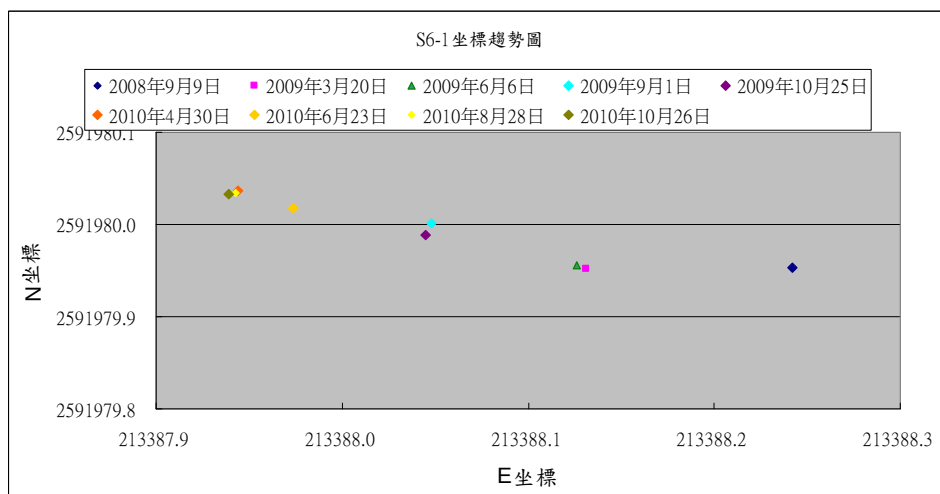


圖 5.79 S6-1(原測站一)坐標趨勢圖

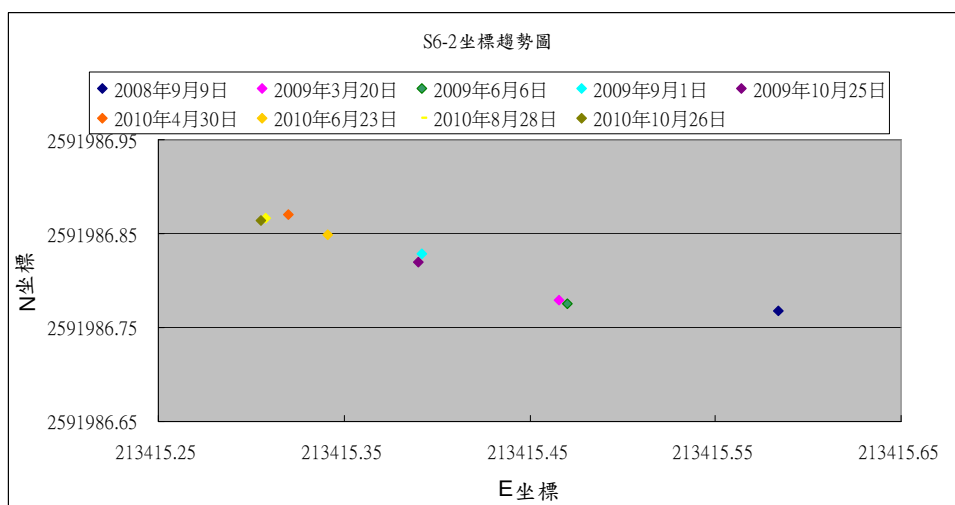


圖 5.80 S6-2(原測站二)坐標趨勢圖

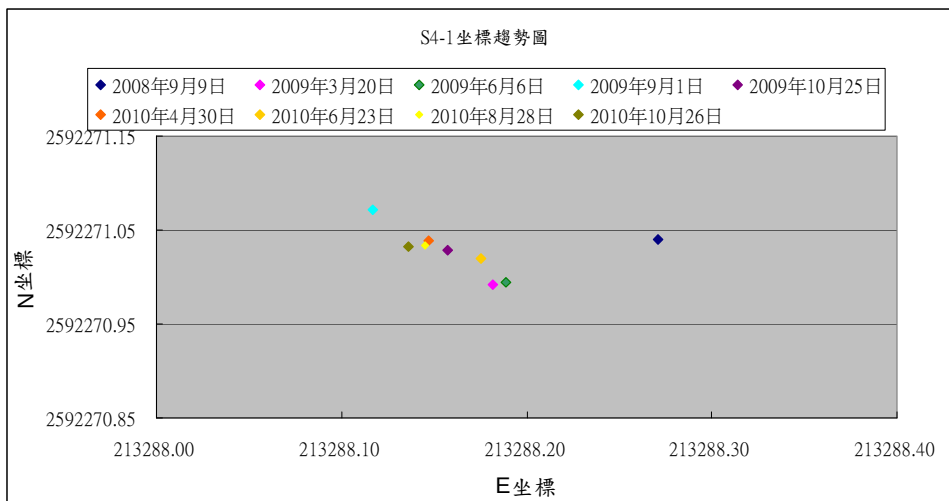


圖 5.81 S4-1(原測站六-1)坐標趨勢圖

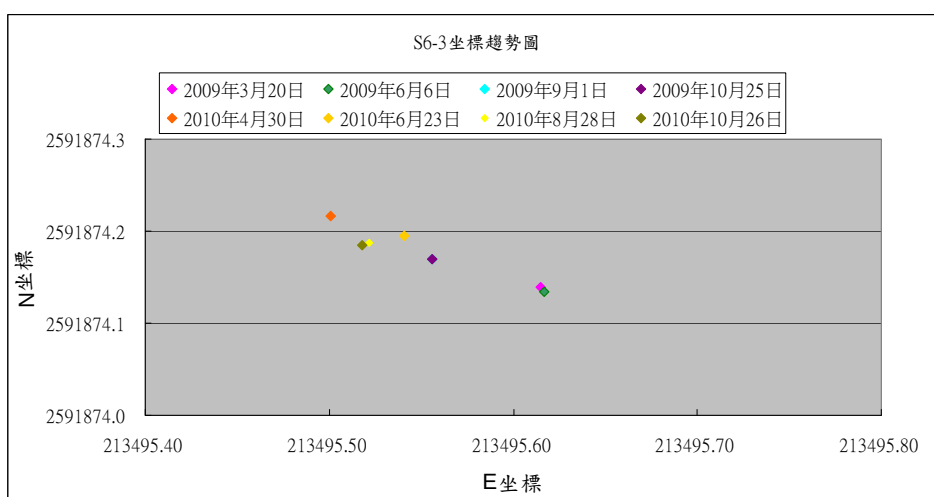


圖 5.82 S6-3 坐標趨勢圖

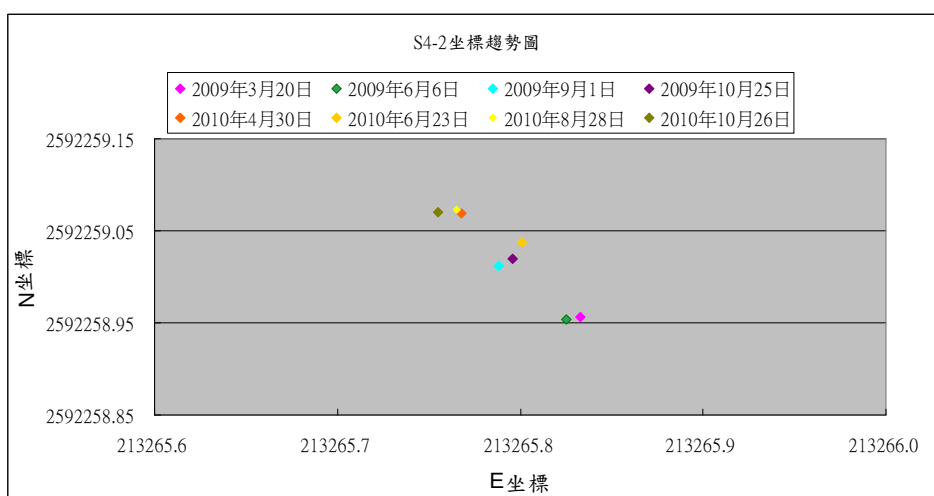


圖 5.83 S4-2 坐標趨勢圖

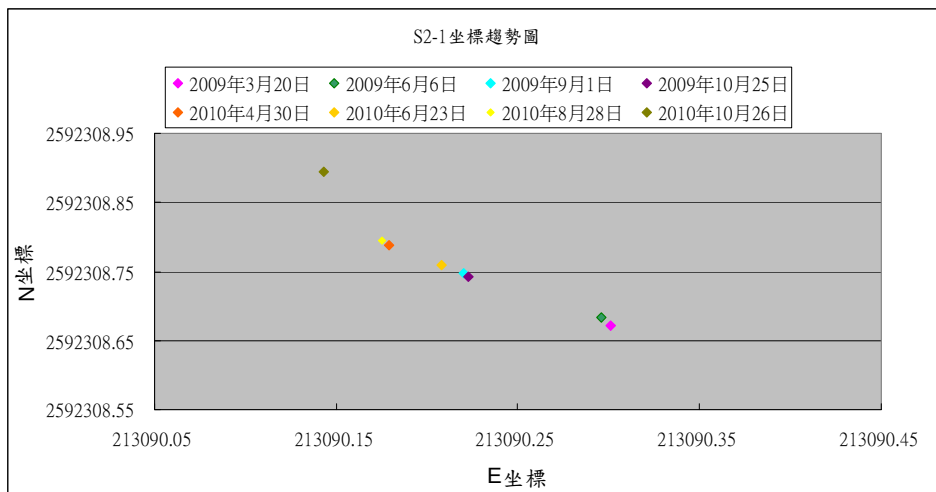


圖 5.84 S2-1 坐標趨勢圖

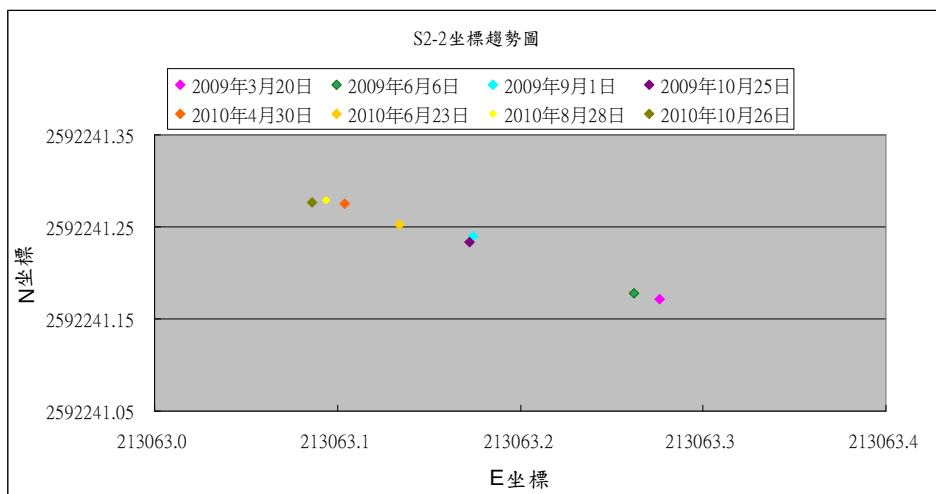


圖 5.85 S2-2 坐標趨勢圖

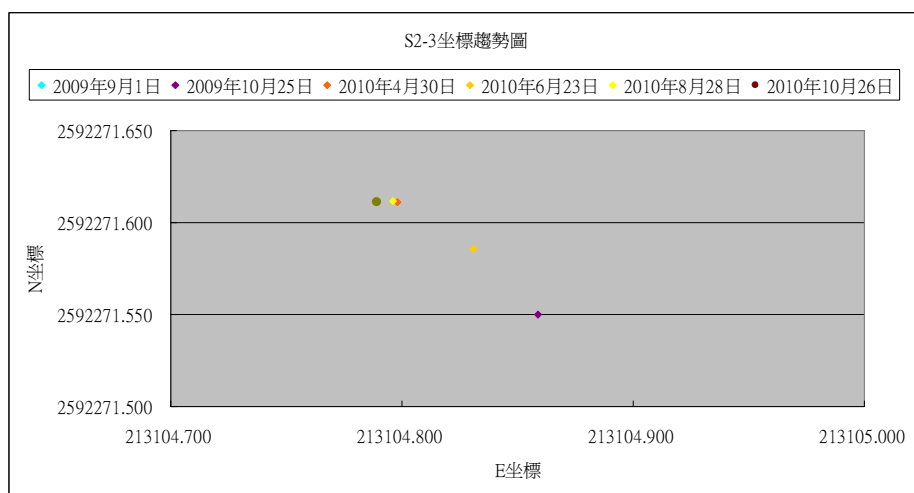


圖 5.86 S2-3 坐標趨勢圖

下圖 5.87 至圖 5.95 為現地靜態測量各測站點位之外業紀錄照片。



圖 5.87 S4-3(原測站七)點位外業記錄照片



圖 5.88 S4-2 點位外業記錄照片



圖 5.89 S4-1(原測站六-1) 點位外業記錄照片

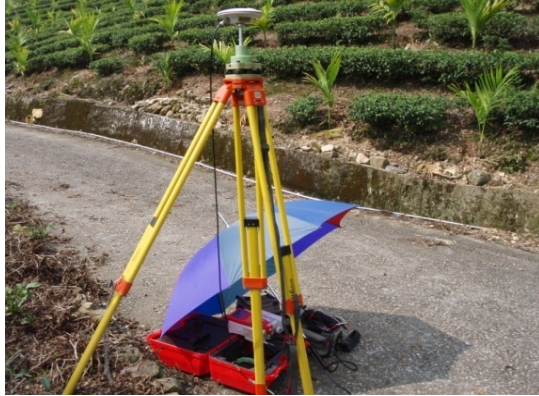


圖 5.90 S6-3 點位外業紀錄照片



圖 5.91 S6-2(原測站二) 點位外業紀錄照片



圖 5.92 S6-1(原測站一) 點位外業紀錄照片



圖 5.93 S2-1 點位外業紀錄照片



圖 5.94 S2-2 點位外業紀錄照片



圖 5.95 舊 S2-3 點位外業紀錄照片

圖 5.96 為莫拉克颱風後點 S2-3 遭掩埋的照片。圖 5.97 為新 S2-3 點位照片。新 S2-3 點遭破壞後，於附近重新佈設之點 S2-3(圖 5.99)。



圖 5.96 莫拉克颱風後遭到掩埋之點 S2-3



圖 5.97 新 S2-3 點位外業紀錄照片



圖 5.98 重新佈設之點 S2-3 外業紀錄照片



圖 5.99 為 2010 年 8 月 28 日所架設之 S6-3 點位



圖 5.100 為 2010 年 8 月 28 日點 S6-3 外業紀錄照片

5.5 整合現有當地各單位監測儀器數據

阿里山公路五彎仔段於第四彎處有其他單位進行監測作業，其中包含交通部公路總局第五區養護工程處的地滑區調查、整治規劃及安全評估和交通部運輸研究所的地下光纖量測量測計畫。

圖 5.101、圖 5.102 為其他單位進行的監測位置圖，其中 IHTM-01 為 200m 深的光纖位移計，監測範圍為地下 35m 至 65m 深。NCTU-01 為 40m 深的光纖位移計，監測範圍為地下 0m 至 20m 深，NCTU-03 為量測地下水壓。將 2008 年 3 月 14 日與 2008 年 5 月 23 日兩次 GPS 靜態量測結果中，測站 1 為最靠近其他單位所放置的監測位置，由下圖結果顯示，2008 年 3 月 14 日到 2008 年 9 月 28 日地下約 35m 深處位移量為-1.5mm，而地表上 GPS 量測結果為 0.2mm。此結果表示地表未發生地滑現象，但地底下已發生位移，可能未來會造成地表的滑動。GPS 靜態測量於 2008 年 5 月 23 日至 2008 年 7 月 25 日間 GPS1 及 GPS2 的位置向西位移了達 35cm 之多。

圖 5.103、圖 5.104 與圖 5.105 為分析 2009 年 8 月 7 日至 8 月 12 日莫拉克颱風期間與 IHTM-01 位置最接近的 GPS1 位移量，發現地表下從 35m 至 65m 深的位移量皆沒有超過 1mm，但是地表位移量為 15mm。接下來比較與 NCTU-01 位置最接近的 GPS2 位移量，由圖中可以發現地表下從 0m 至 20m 深的位移量皆沒有超過 1mm，但是地表位移量為 22.3mm。最後從圖 5.106 中可以發現地下水壓在颱風前後有明顯的增加，由此顯示當地下水壓急速增加時，會造成地表的位移。目前已收集 IHTM-01 光纖位移計資料，如圖 5.107 所示。

分析 2010 年 5 月 21 日至 9 月 19 日期間與 IHTM-01 位置最接近的 GPS1 位移量，發現地表下從 35m 至 65m 深的位移量有明顯的變化，但是地表位移量為 1.2mm，如圖 5.108 所示。其餘的資料並無提供給本計畫。

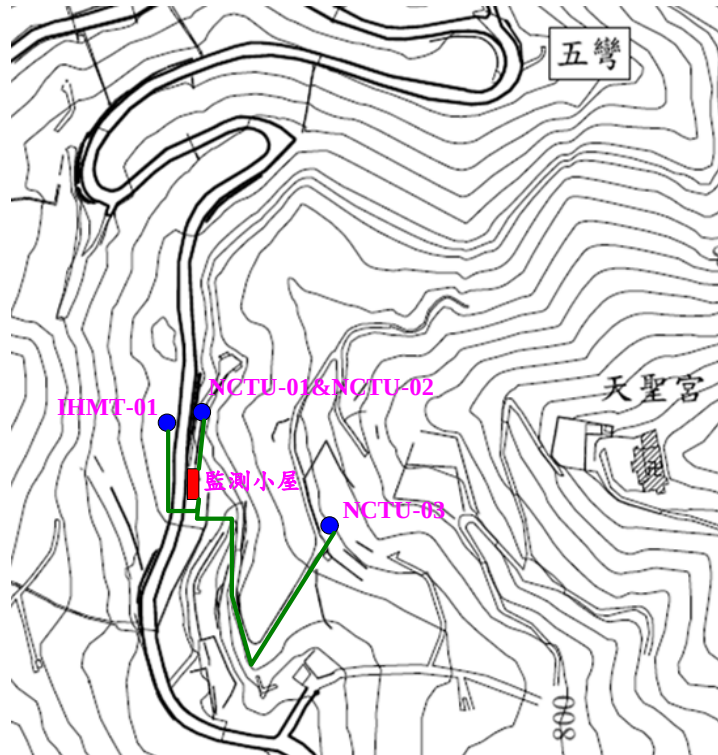


圖 5.101 現場光纖佈置圖



圖 5.102 測站 1 靜態量測照片

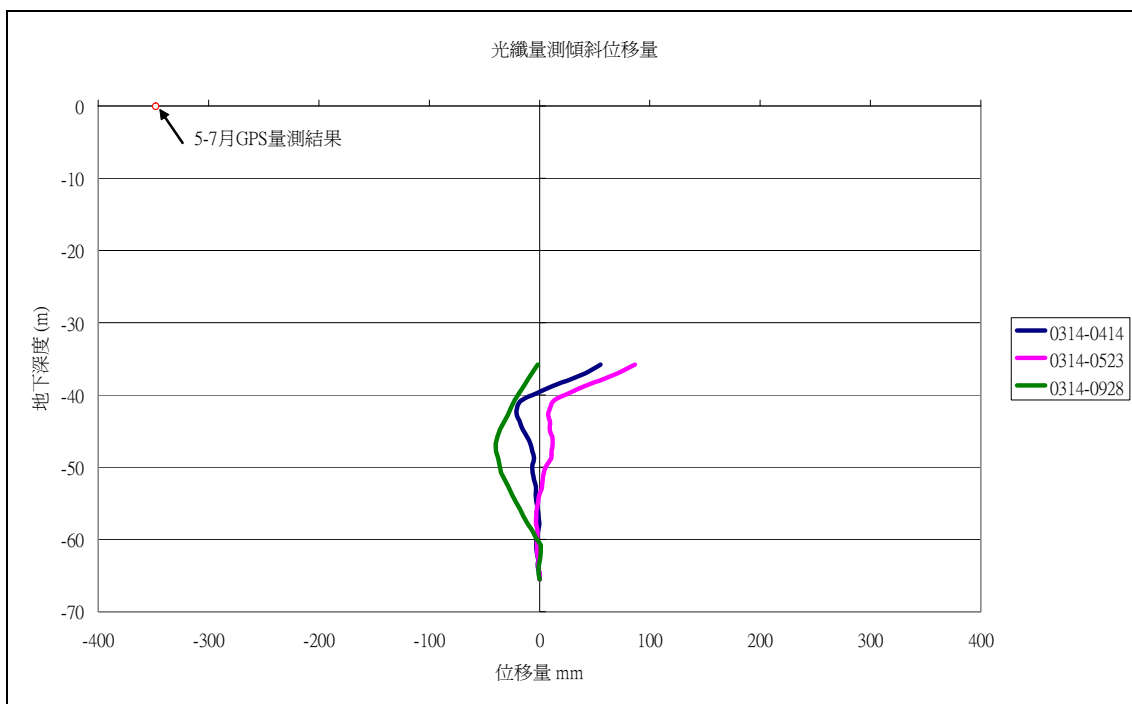


圖 5.103 光纖量測與地表 GPS 量測結果(2008/3/14~2008/9/28)

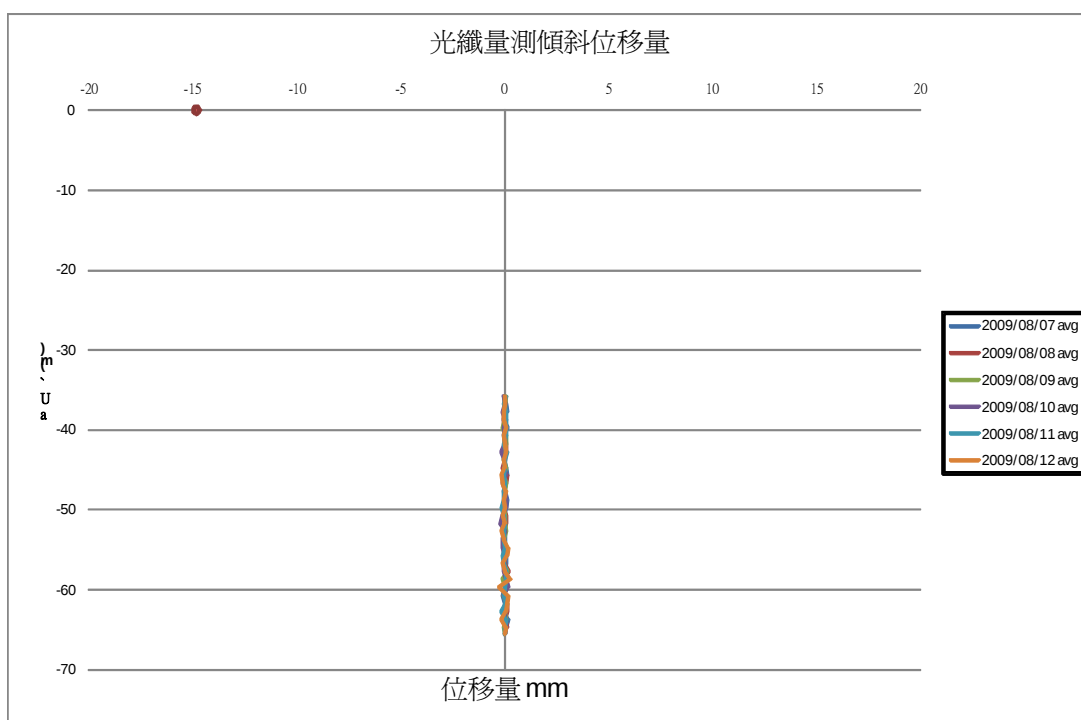


圖 5.104 光纖 NCTU-01 量測與地表 GPS1 量測結果
(2008 年 8 月 7 日至 12 日)

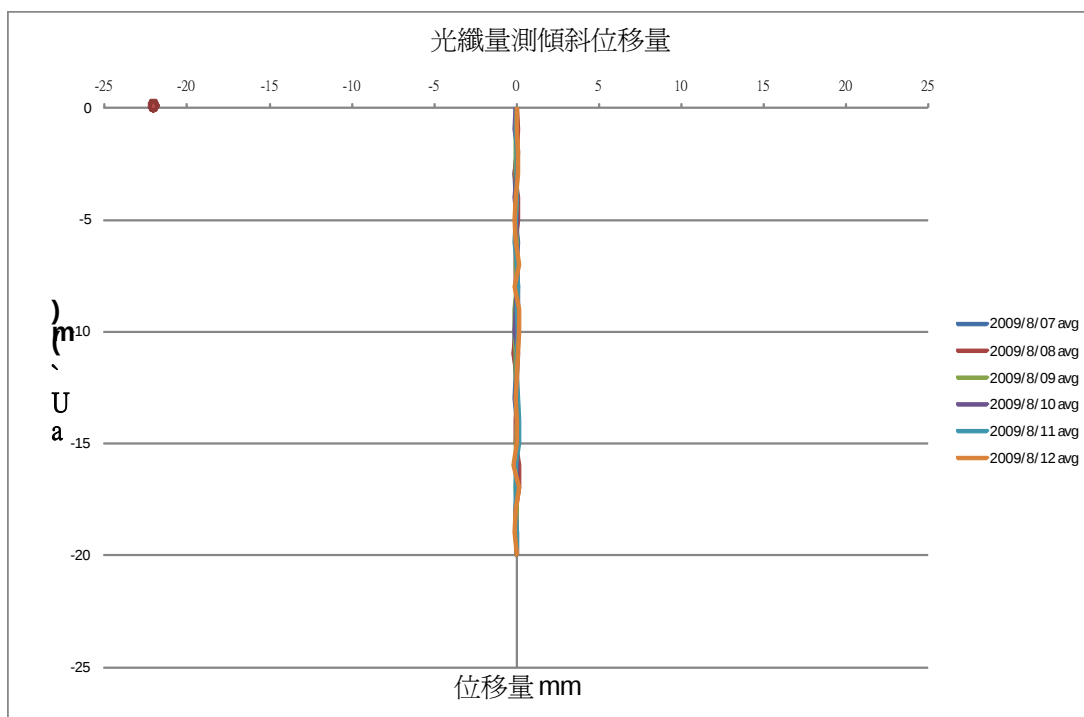


圖 5.105 光纖 IHMT-01 量測與地表 GPS2 量測結果
(2009 年 8 月 7 日至 12 日)

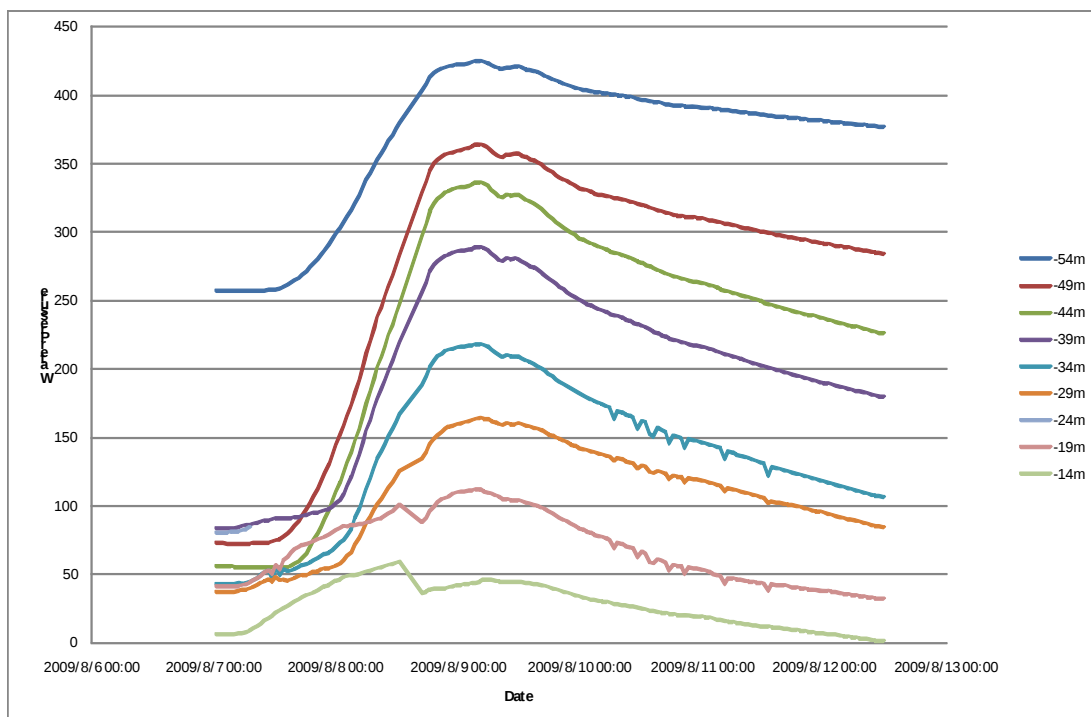


圖 5.106 地下水壓量測結果(2009 年 8 月 7 日至 12 日)

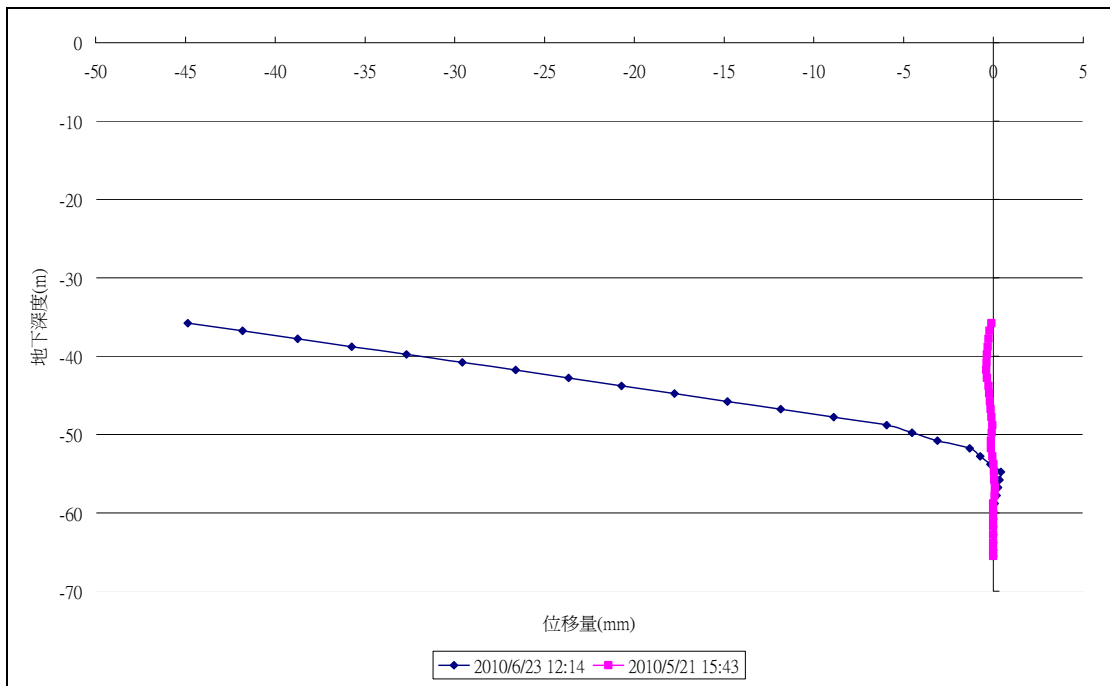


圖 5.107 光纖 IHMT-01 量測結果(2010 年 5 月 21 日至 6 月 23 日)

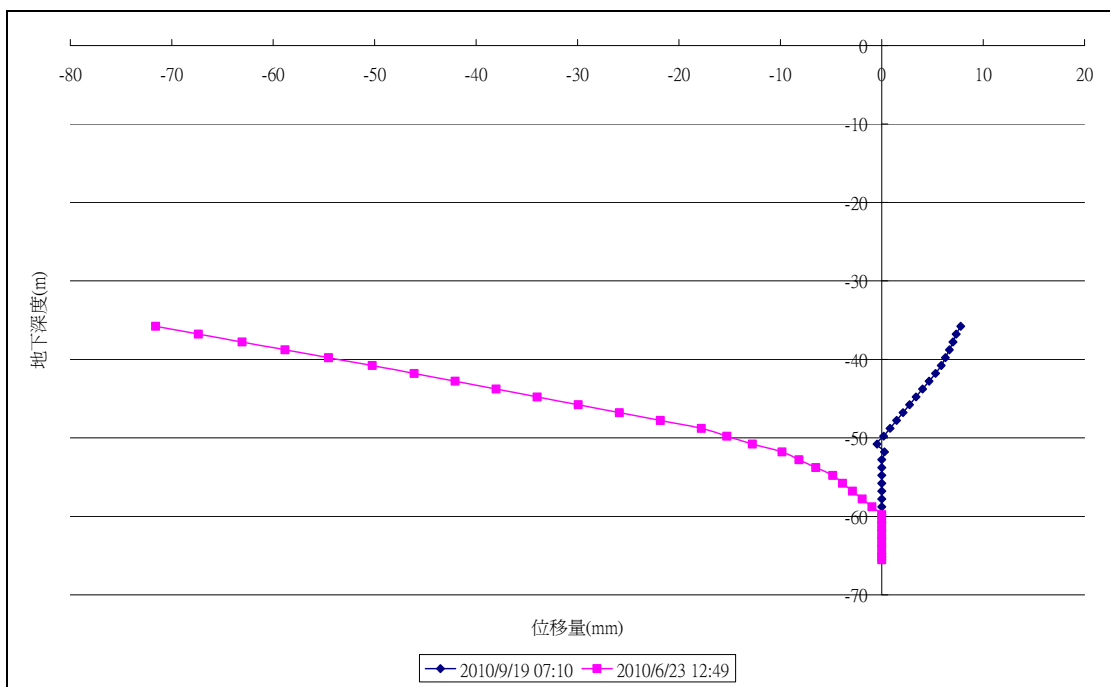


圖 5.108 光纖 IHMT-01 量測結果(2010 年 6 月 23 日至 9 月 19 日)

第六章 全期計畫研究整合分析及後續發展規劃研擬

整合全期四年度計畫之成果，提出本計畫之監測技術之綜合分析研判。同時，以全期研究成果為基礎，研擬未來可行之研究方向及監測系統架構提升之建議。

6.1 綜合分析研判

由於大部份的地滑地之管理基準值均以某一段時間之累積滑動量判定是否為注意、警戒或避難之滑動量。但是由於地表滑動屬於潛變行為，當土體發生潛變後，其應變和時間之關係可化分成三個階段，如圖 6.1 所示，此三階段即為(1)一次潛變(Primary Creep)：在此階段內，應變速率逐漸降低。(2)二次潛變(Secondary Creep)：應變速率在此階段中保持定值。(3)三次潛變(Tertiary Creep) 應變速率在此階段中逐漸增加直到破壞。由此可知當地表滑動發生至破壞，其滑動的速度是逐漸加快，若以某一段時間之累積滑動量判定地滑，並不符合地滑情形。所以本研究須訂定適用於 GPS 長期監測地滑地之管理基準值，以滑動的速度為依據判定是否為注意、警戒或避難之警報。

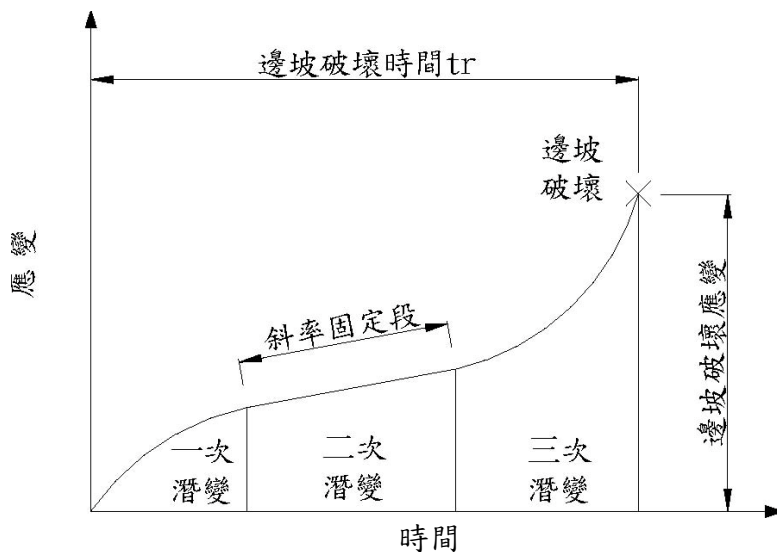


圖 6.1 潛變現象中應變(ε)與時間(t)之關係曲線

雨量為地表位移及地下水位上升的主因之一，每逢豪大雨或颱風之後，臺 18 線五彎仔地滑地區即產生地滑現象、道路變形或下陷，因此對於雨量管理方面，本研究利用林勝義(2005)所分析的結果，並配合日本地滑對策技術協會的地滑管理值及現地降雨資料，訂定各種分級制度下降雨強度。

依據日本地滑對策技術協會初步分級，由雙曲線回歸的結果，對當位移速率達 20mm/day，降雨強度為 555mm/day (表 6-1)，並利用位移速率與降雨強度回歸出線性方程式 (圖 6.2)。並根據真實現地監測降雨資料 (圖 6.3 所示) 顯示過去並無達到此降雨強度，而位移速率達 10mm/day，降雨強度為 278mm/day，只有在 2001 年 7 月 30 日 (桃芝颱風)、2001 年 9 月 17 日和 9 月 18 日 (納利颱風)、2004 年 7 月 2 日和 7 月 3 日 (敏督利颱風)，共五天達到次降雨強度，此時邊坡變形的位移速率也急遽上升。本研究考慮參考日本地滑協會管理值建議之雙曲線回歸分析結果，並配合現地資料，初步訂定五彎仔南邊坡 6-26 事件地滑區雨量管理準則如表 6-2 所示，邱奕峰(2004)。其中注意值的移動量每日 3.6mm 乘上 6 日的移量動為 2.16cm/6 天，與去年度第四彎第三天線與第四天線量測到的移動速度接近，這表示所訂的管理值具有一定的參考，如圖 6.4 與圖 6.5 所示，其中負值所代表的意思為向西方向。

比較去年莫拉克颱風期間距離第六彎最近的中央氣象局瀨頭雨量站雨量資料與 GPS1 和 GPS2 的位移歷程，當 8 月 8 日雨量強度達到 465mm 時，帶入到上述所回歸出來的公式，預估所產生的位移量為 16.7mm，而地表真實位移分別達到 15mm 與 22.3mm。由這次的颱風事件再次驗證第六彎管理值的可信度。接下來將所有 GPS 於颱風期間實際量測絕對位移量取平均約為 79.5mm，與利用降雨強度與位移速率的關係式模擬出來的位移量 84mm 接近，如表 6-3 所示。今年度將持續分析第六彎地滑位移量，並與前期所制定的警戒值相互比對，驗證警戒值的可行性。

表 6-1 降雨強度與位移速率關係表

管理值	位移速率 (mm/day)			
	0.1	1	10	20
降雨強度 (mm/day)	2	28	278	555

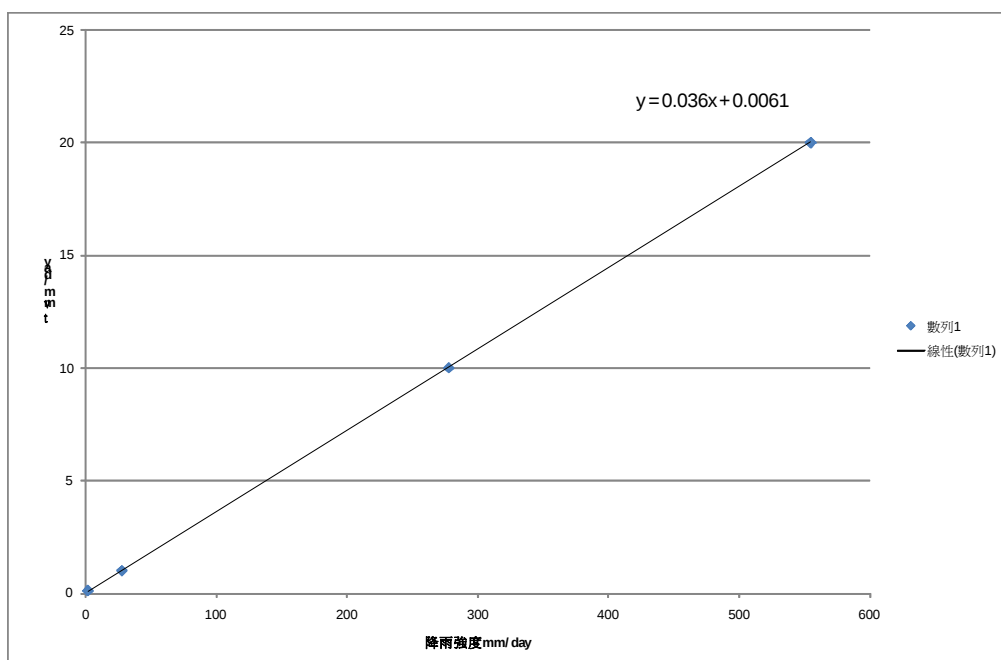


圖 6.2 降雨強度與位移速率關係圖

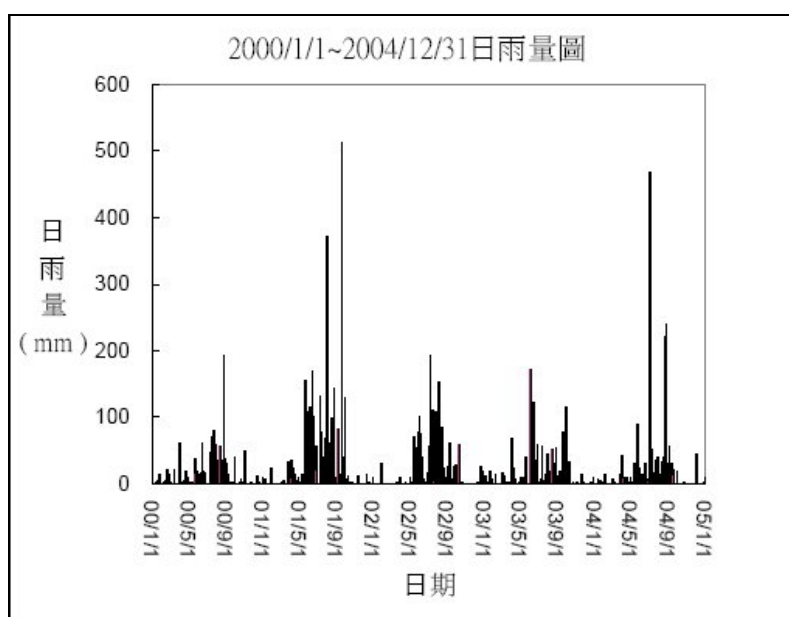


圖 6.3 日累積降雨量

表 6-2 雨量管理準則

管理等級	注意	警戒	疏散
降雨強度 (mm/day)	100	200	300
位移速率 (mm/day)	3.6	7.2	10.8

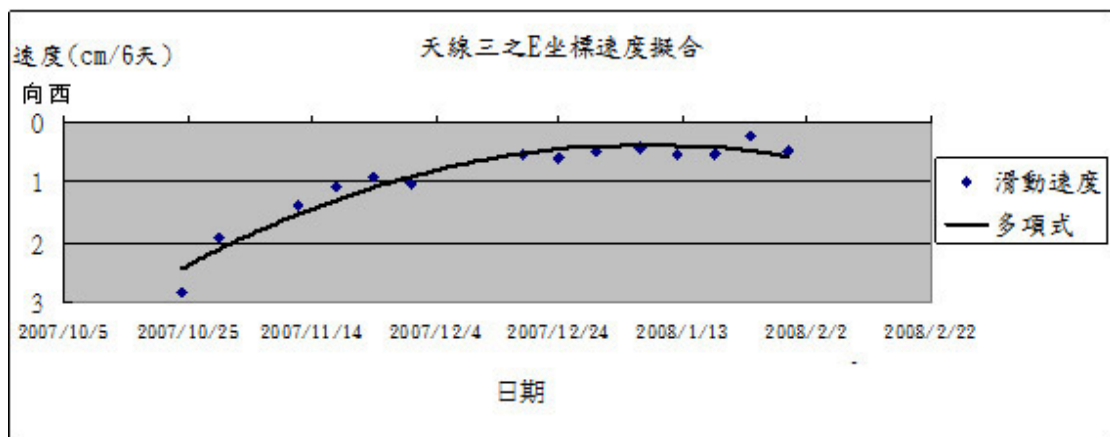


圖 6.4 天線三之 E 坐標滑動速度擬合

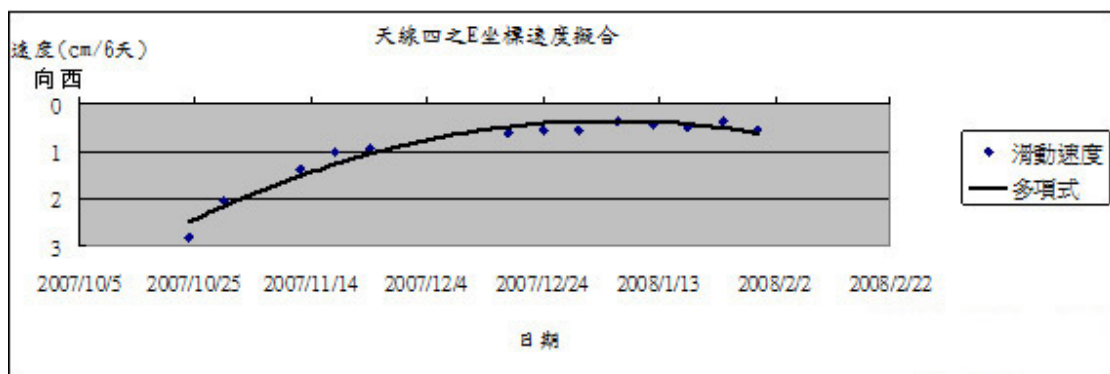


圖 6.5 天線四之 E 坐標滑動速度擬合

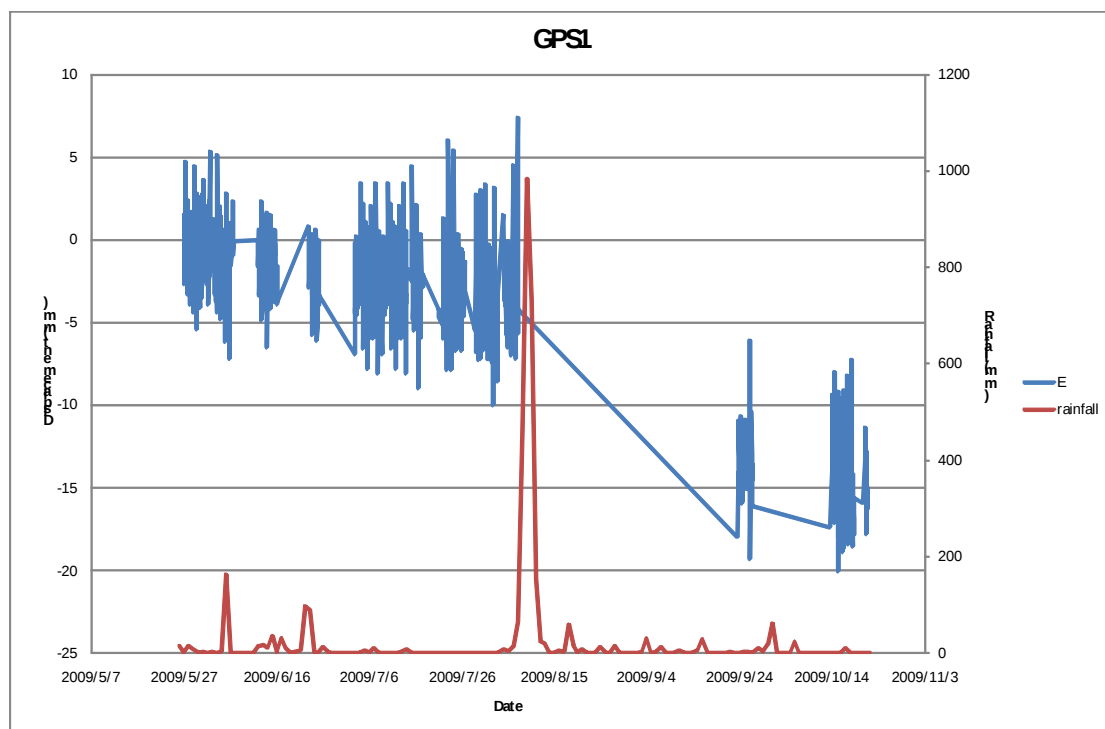


圖 6.6 降雨強度與 GPS1 之 E 坐標滑動位移比較圖

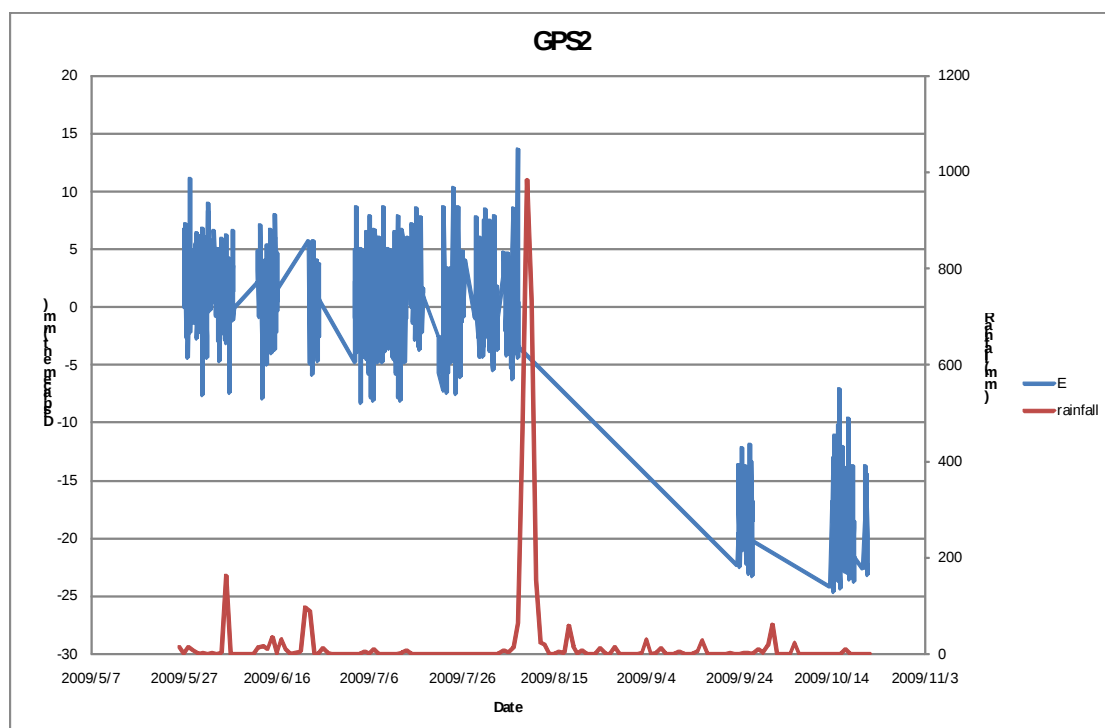


圖 6.7 降雨強度與 GPS2 之 E 坐標滑動位移比較圖

表 6-3 颱風期間位移模擬表

	降雨強度	模擬位移量
2009/8/8	465mm	16.8mm
2009/8/9	982.5mm	35.4mm
2009/8/10	731.5mm	26.3mm
2009/8/11	153.5mm	5.5mm
	累積位移量	84mm

6.2 未來可行之研究方向與監測系統架構提升之建議

6.2.1 未來研究方向

未來可行之研究方向主要分以下四部分：

1. GPS 長期監測地滑系統若要達到即時監測，可將移動的時間縮短，並利用取移動平均及依照管理基準值發撰寫佈警報程式，可即時得知現地滑動的情形。
2. 可由 GPS 後續監測地滑資料，將本研究所訂定的 GPS 長期監測地滑管理基準值修正，且可將影響地滑的因素，如：地下水與降雨量等，與 GPS 監測地滑資料一併考慮，完善的擬定出地滑警報系統。
3. 將現地所架設的 GPS 監測儀器所接收的衛星資料定期與距離最近之衛星追蹤站解算，求得實際的坐標，可作為現地進行大範圍快速靜態測量的參考點，使得欲求點與參考點距離接近，增加快速靜態測量的準確性。
4. 於滑動區域內可多架設幾台 GPS 監測儀器，更可準確的掌握出大範圍滑動區內地滑的情形及趨勢。

一機多天線由於先天上的限制，無法每分鐘即時解算移動站的位移量，未來建議改用多機多天線 GPS，針對該地區進行崩塌地變化監測，建置邊坡崩塌監測系統，以利防汛期間即時掌握崩塌地活動狀況。可以規劃建置相關監測設備，包含攝影機及地表變形觀測相關儀器設

備，並包含上述設備之監測資料記錄、儲存、傳輸與展示系統。依據前期研究成果，在新的第四彎與第六彎滑動面上埋設 GPS 與地表位移計，並在有明顯裂縫且可能持續位移地表位移計，詳細監測儀器數量如表 6-4 所示，儀器配置圖如圖 6.8 所示。其中全球衛星定位坡地變形監測系統 1 組。包含全球衛星定位系統接收基站 1 台，全球衛星定位系統移動接收站 6 台。即時解算坐標精度可達 3 公分以內，解算速度每 3 秒 1 筆（含）以上。

表 6-4 觀測儀器數量及說明

儀器名稱	數量	儀器功效
CCD 攝影機	2 組	觀測當地坡面狀況，並即時回傳當地影像
高壓探照燈	2 組	輔助 CCD 攝影機夜間觀測
遙控攝影機	1 組	可於前進指揮所中進行遙控，以利瞭解現場狀況
地表位移計	1 組	監測地表裂隙變化，提供緊急疏散參考
全球衛星定位坡地變形監測系統	1 組 (6 個)	透過全球衛星定位系統監測坡面空間 3 維變異情形，提供緊急疏散參考



圖 6.8 儀器配置圖

6.2.2 儀器規劃

1. CCD 攝影機

- (1) CCD 鏡頭，具光學變焦功能達 22x（含）以上。
- (2) 可搭配室外型專用防護罩。
- (3) 使用標準 BNC-BNC 同軸訊號線。
- (4) 具夜視功能。
- (5) 適用於現場惡劣環境。
- (6) 最低照度 1.5 Lux（含）以下。



圖 6.9 CCD 攝影機

2. 遙控攝影機：1 台

- (1) CCD 鏡頭，具光學變焦功能達 18x（含）以上。
- (2) 可搭配室外型專用防護罩與戶外使用。
- (3) 解析度 704×480 畫素時，每秒可傳送 30 幅影像（NTSC）。
- (4) 水平旋轉範圍 320 度，垂直旋轉範圍 90 度。
- (5) 支援全雙工模式。
- (6) 最低照度 1.5 Lux（含）以下。
- (7) 具備 PTZ 排隊功能控制。



圖 6.10 加裝保護罩之遙控攝影機

3. 伸縮計：10 組

- (1)磁桿式量測範圍：0~750mm。
- (2)精度：1mm。
- (3)拉線式量測範圍：0~6,000mm。
- (4)精度：1mm。

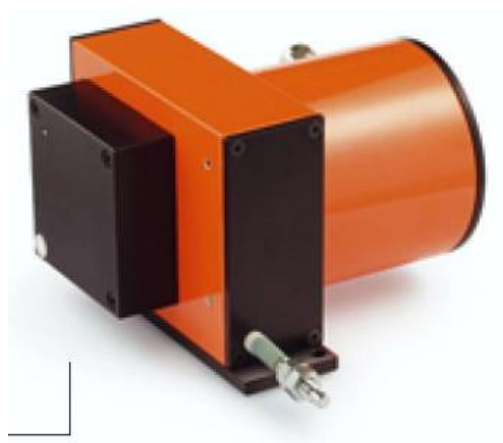


圖 6.11 地表位移計

4. 多機多天線全球衛星定位坡地變形監測系統

- (1)全球衛星定位系統接收基站：1 台。
- (2)全球衛星定位系統移動接收站：6 台。

(3)即時解算坐標精度可達3公分以內。

(4)解算速度：每3秒1筆（含）以上。



圖 6.12 單頻道衛星定位接收儀

第七章 提出全球衛星定位與自動化監測系統在 坡地防災應用之監測準則

7.1 GPS 監測系統特色

- 資料精度佳，精度高（可達公分及公分以下等級）。
- 全天候作業，不受天候及環境（溫度、濕度、壓力及亮度）的影響。
- 可跨大範圍、跨地形及長距離及大型結構的監測。
- 可監測三維方向變位值。
- 可自動的、連續性、自發及獨立的運作。
- 抗干擾性好，保密性強。
- 安裝容易，操作簡便。
- 經濟效益高，可重複性使用。

7.2 GPS 定位原理

GPS 的基本定位原理為由 GPS 接收儀接收紀錄來自太空軌道衛星的載波相位信號，一般我們使用的接收儀就是依上述原理來計算出所在位置的坐標資料，每接收到一顆衛星就可列出一個相關的方程式（以一次差分資料處理而言），再經由比對衛星時鐘與接收機內的時鐘計算，將此時間差值乘以電波傳送速度，就可計算出衛星與使用者接收儀間的距離。因此在至少收到三衛星後，即可依三角向量關係來列出一組相關的方程式，決定移動點相對於參考點之空間變位，固考慮此項誤差必須至少四顆以上衛星。

7.2.1 GPS 監測系統架構

GPS 監測系統架構可分為三大部分，包括 1.衛星部分、2.基站部分 3.監測點，茲說明如下：

1. 衛星部分

一組分佈於 6 個軌道面上運轉，軌道與赤道面約呈 55 度傾角，衛星距離地面高度約 20,183 公里，繞地球一周需 12 恆星時(11 時 58 分太陽時)。衛星發生射出的訊號內容包括：時間訊號，以便計算距離；其他資料，如軌道位置、電離層資料、以及各系統的健康情形。由衛星所傳來的發射時間與接收器的接收時間相比較，即可知傳播時間，即傳播時間＝接收時間－發射時間而衛星與接收器間的直線距離可用下式計算：距離＝傳播時間×光速

GPS 監測系統構架是由一或多個參考點與多個移動點及基地站所構成之監測網。所有的接收點與基地站皆為模組化之系統，模組系統與模組系統之間的聯繫可以電纜、無線電或是 GSM 進行資料傳輸。參考點及多個移動點內 GPS 接收儀接收來自太空軌道衛星的載波相位資料並進行處理。於地面控制部分我們可將監測系統分為基站與監測點。

2. 基站部分

基地站的功能為資料收集、後處理分析及監控整個網路是否正常運作。當接收點累積一定量的資料時，此時由基地站依次收集各接收點資料進行後處理分析，決定移動點相對於參考點之三維空間變位。

3. 監測點

在 GPS 監測系統架構中，參考點與移動點皆為衛星訊號的接收點，所不同的是，參考點為固定於地表面不動的位置，而移動點則是設置於待測的位置上，量測兩者所構成的基準線變化。一個接收點的模組系統包括 GPS 接收儀、中央處理器、訊號傳輸器、資料擷取單元及電力管理單元。GPS 接收儀為接受衛星訊號的主要元件，是個低耗電高精度單頻接收單元。接收儀內的時鐘是影響載波相位精度的重要因素，所以需要高品質穩定度佳的時鐘。中央處理器監

控整體的正常運作、管理擷取資料及傳輸的工作。中央處理器大部分的時間都是處於待命的狀態，只有當進行量測及傳輸時才會真正運作，所以耗電量低。接收點也可附加其他監測儀器，如加速度計、傾斜計、水壓計及雷射測距儀等，量測資料可經由傳輸系統回傳基地站。

GPS 監測系統對於受天候及環境（溫度、濕度、壓力及亮度）的影響程度低，且量測點間也無通視的限制，非常適合戶外大規模的範圍及結構物使用。橋梁、地滑、高樓、大壩之大型及大範圍結構行為監測，需要快速及精確的變形資料，使工程人員能藉以判定結構行為的各項應變數據是否仍符合安全範圍內之容許值。

7.2.2 GPS 測量方法

1. GPS 衛星定位選點要點：

- (1)對空通視良好(接收儀仰角 15 度以上不可有障礙物)。
- (2)於基站部分之地質在監測期間要確保穩固。
- (3)遠離大功率無線電或電磁波發射源。
- (4)避免位於大型結構物或大面積水域旁，以減少多路徑效應。

2. GPS 衛星測量方法：

GPS 衛星測量方法可歸納為靜態測量與動態測量兩種，根據觀測理論、觀測時間長短，而有不同解法以及其定位精度，其方法歸納如下：

- (1)靜態基線測量適用高精度控制網測量。如地殼變動監測，大區域之大地控制網等。接收儀於待測點靜止至少半小時以上。本研究擬採用靜態基線測量法進行地滑監測。
- (2)快速靜態測量適用於控制測量，加密測量及導線測量。細部點位測量及界址測量亦可應用，觀測時間為 5-30 分鐘(視衛星幾何狀況及基線長短而定)。
- (3)半動態測量適用於空曠地區，點與點距離在數十公尺以內者。且

點位密集之小規模測量，如地形測量，地籍界址測量等。每個測站停留時間少於 10 秒鐘。

(4) 虛擬動態快速測量適用對象與快速測量類似。但每一測點需重複擺站一次，間隔 1 小時，每次停留 3-5 分鐘。

(5) 即時動態測量適用於移動物體之軌跡定位，道路中心線測量，界址測量等。每個測站停留時間少於 5 秒。

7.3 GPS 方法與傳統測量比較

以往傳統性的監測方法可分為目視監測及儀器監測兩大類，一但這些傳統的方法套用到山地監測方面，易受環境、氣候、侵蝕、磁場、地形等因素影響，無法蒐集正確與即時之坡地災害資訊，落實監測預警系統機制，這些都是一般傳統性監測儀器運用坡地監測的缺點。隨 GPS 定位技術成熟及精度提昇，整合無線通訊系統設備元件之遠端監測系統變為可行。GPS 具有主動接收、全天候觀測及高精度等特性。對於具潛變之區域可透過遠距離連續接收進行監測。表 7-1 為一般傳統監測方法與 GPS 測量之優缺點比較表。

表 7-1 GPS 測量與傳統測量比較表

項目	傳統測量方法	GPS 方法
測量位置	優先考慮山頂以得良好通視	觀測站間無需通視，可選交通方便、最接近所要觀測測區之處
通視要求	現場勘查必要時得進行通視計算	沒有測站互相間通視問題，但需考慮測站間透空良好
觀測時間	需持續較長久時間	時間短，甚至可動態即時觀測
儀器保護	需防太陽直射	不需要
天候狀況	黑夜、雨天無法觀測	可全天候觀測
操作人員	必須為熟練之測量人員	無須熟練人員即可操作
數據處理	需為測量專業人員進行控制網平差計算	可用模組式自動計算，不一定需為專業人員才可進行
所得數據	平面 (N, E) 與高程 (H) 分測	三維 (N, E, H) 一次完成

第八章 工作執行進度說明

本團隊依據雙方合約工作要求，擬定本計畫各項工作進度規劃，相關規劃與執行狀況詳如下列各節所述。

8.1 工作進度規劃

本契約履約期限自簽約日起至契約規定修正稿完成之提送日期止，須依雙方契約之規定提送工作執行計畫書、期中報告書及期末報告書，並舉行簡報，另雙方得現實際需要，召開工作會報；各階段成果如下列期程進行：

8.1.1 期中簡報

於民國 99 年 6 月 25 日以前提送期中報告初稿。

8.1.2 期末審查會議

於民國 99 年 11 月 4 日以前提送期末報告初稿。

8.1.3 於履約期限屆滿前提送計畫正式成果報告及相關資料

於期末報告審查結束，由港研中心函送審查意見後 30 個日曆天內或審查會議主持人裁示之日期內，完成修正定稿之提送。

8.2 工作進度甘特圖

工作月 工作項目	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月
啟動會議										
文獻回顧										
道路邊坡自動化監測系統										
利用參考站提升 GPS 量測精度										
全球衛星定位系統監測結果與 相關單位成果比對與分析										
靜態測量										
期中報告						◎				
全期計畫研究整合分析及後續 發展規劃研擬										
提出全球衛星定位與自動化監測 系統在坡地防災應用之監測準則										
期末報告										◎
工作進度估計百分比		20	30	40	55	65	75	85	95	100
預定查核點	第一季:99/3(期初工作會議) 第二季:99/7(期中報告) 第三季:99/11(期末報告)									

第九章 結論與建議

9.1 結論

本計畫持續監測第六彎地滑現象，同時增設備援電力系統，在颱風豪雨期間提供不中斷之電力來源，持續接收傳輸觀測資料。另一方面，結合光纖計畫監測資料，以建立地表位移與地下滑動位移間之關係，並加以運算分析研判，構成完整之監測網絡，進一步研擬後續發展規劃方向，提供後續研究之參考。本計畫透過觀測設備及各項預警機制之建立，已能有效掌握地滑狀況，預先進行防範，達成國土保安及降低邊坡災損之計畫目標。本計畫獲致下列結論：

9.1.1 道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護

本計畫針對前期所安裝之設備以及緊急通報系統及防災應變系統進行保養與維護工作，以維持實驗工作正常進行無虞。另一方面，本期計畫增設備援電力機制，在市電中斷期間仍能持續接收資料，能有效偵測崩塌地滑現象。

9.1.2 利用參考站提升 GPS 量測精度

透過 GPS 參考基站全天候連續地接收衛星資料，再經由網路或其他通訊設備傳送至控制計算中心，接著控制計算中心彙整參考基站接收之資料，計算出區域改正參數之資料，藉以計算出基站與任一移動站之相關資料，即可提高移動站坐標精度。

9.1.3 全球衛星定位系統監測結果與相關單位成果比對與分析

持續進行全球衛星定位系統監測工作，並定期進行 4 次現場全球衛星定位系統靜態測量工作，同時依據本計畫監測成果，並整合現有當地各單位監測儀器數據，進行交叉統計分析，探討可能觸發坡地災害發生原因與研擬警戒參考數值。

9.1.4 全期計畫研究整合分析及後續發展規劃研擬

整合全期四年度計畫之成果，提出本計畫之監測技術之綜合分析研判。同時，以全期研究成果為基礎，研擬未來可行之研究方向及監測系統架構提升之建議。

9.1.5 提出全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災應用之監測準則

本計畫提出提出全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災應用之監測準則，研擬各項建置自動化監測系統重要工作內容及注意事項，可供後續相關計畫參考。

9.2 建議

9.2.1 推廣自動化坡地防災監測系統

透過本計畫之監測系統執行經驗，可提供國內坡地防災監測主管機關參考應用，如水土保持局梨山地滑地監測、公路機關如公路總局、高速公路局等邊坡災害監測參考應用依據，建議推廣自動化坡地防災監測系統，達到國土保安及提升防災應變能量之計畫目標。

9.2.2 持續辦理自動化坡地防災監測系統維護工作

依據相關研究，阿里山公路五彎仔地區有持續滑動之趨勢，建議持續辦理自動化坡地防災監測系統維護工作，長期監測現地坡地地滑狀況，提供防災應變單位參考。

9.2.3 研究防災監測新科技

本研究區已有基礎電力及通訊環境，建議可在此地區增設新式觀測儀器，如拉伸應變計、全測站經緯儀等，以提供更全面更即時之坡地地滑狀況觀測資料。

參考文獻

1. Brand, E. W., J. Permchitt, and H. B. Phillipson, (1984).“Relationship between rainfall and landslides in Hong Kong,” Proceedings 4th international symposium on landslides, Toronto, Canadian Geotechnical Society, Vol.1, pp.377-384.
2. Chalermwat, P., “High Performance Automatic Image Registration for Remote Sensing”, Phd thesis, George Mason University, Virginia, USA, 1999.
3. Hiep, Q. L., S. Gautama, and W. Philips, “Automatic Registration of Synthetic Aperture Radar (SAR) Images”, Geoscience and Remote Sensing Symposium, (IGARSS'04), Vol. 6, pp. 3864-3867, 2004.
4. Lumb, P., (1975), “Slope failures in Hong Kong,”Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol. 8, pp.31-65.
5. Slosson, J. E., (1969), “The role of engineering geology in urban planning,” The Governor’s Conference on Environmental Geology, Colorado Geological Survey, Denver, Colorado, pp.8-15.
6. Slosson, J. E., and J. P. Krohn, (1982),“Southern California landslides of 1978 and 1980,” Proceedings of a Symposium, September 17-18. Washington, DC: National Academy Press, pp.291-319.
7. Slosson, J. E., and R. A. Larson, (1995), “Slope failures in southern California: Rainfall threshold, prediction, and human causes,” Environmental & Engineering GeoScience, Vol. I, No. 4, winter, pp.393-401.
8. Wieczorek, G. F., (1987),“Effect of rainfall intensity and duration on debris flows in central Santa Cruz mountains, California,” Debris Flow/Avalanches: Process,Recognition and /mitigation: Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, J.E. Costa and G. F. Wieczorek, Eds. Vol. 7, pp.93-104.

9. Wilson, R. C., R. K. Mark, and G. Barbato, (1993), "Operation of a real-time warning system for debris flows in the San Francisco bay area, California," American Society of Civil Engineers, Proceedings Volumes.
10. 沈鍵偉 (2004), "應用 GPS 作地滑地地表變位長期監測之可行性研究", 國立中興大學土木工程研究所碩士論文。
11. 邱奕峰(2004), "阿里山五彎仔 626 坡滑事件機制之探討", 國立雲林科技大學營建工程系碩士論文。
12. 洪浩倫、王志添、陳錕山(2007), "利用多尺度匹配自動套疊衛星雷達影像", 航測及遙測學刊, 12(4), pp381-401。
13. 高明仁(2006), "山坡地邊坡滑動之研究－五彎仔崩塌地為例", 國立成功大學土木工程研究所碩士論文。
14. 葉信富(2004), "降雨入滲對坡地穩定影響之研究-以清水溪流域為例", 國立成功大學資源工程學系碩士論文。
15. 簡世杰(2002), "阿里山五彎仔地滑區滑動機制與穩定性之研究", 國立雲林科技大學營建工程系碩士論文。
16. 行政院農業委會水土保持局(2008), "坪頂溪上游坡地監測系統建置計畫~成果報告", 逢甲大學。

附錄一

期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

期中報告審查意見處理情形表

計畫名稱：全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(4/4)

執行單位：逢甲大學

參與審查人員及所提之意見	合作研究單位處理情形
南榮技術學院林校長義宗	
1. 計畫執行報告格式，建議委託單位宜做適度檢討。	1. 遵照辦理，將與委託單位討論報告格式是否需作調整。
2. 本計畫應用新科技建置自動化監測系統，做為防災運用，殊屬可貴，計畫執行團隊亦表現出執行力，值得肯定。	2. 感謝委員肯定。
3. 計畫執行包括硬體建置、系統管理及資料處理，特別是系統管理部份，任何細微環節之疏忽，皆可能影響後端的研判分析和決策，例如：惡劣天候下 GPS 天線桿發生偏移、系統組件之失效等，會造成何種影響，應該更做進一步的風險評估。	3. 觀測現地環境惡劣，各種風險發生之機率相對提高，前期觀測最主要的風險即為市電中斷，導致無法進行連續性之觀測，今年度則增設備援電力克服市電供應不穩之問題，其次則為觀測位置不穩之問題，目前則已調整觀測位置因應，本計畫後續將提出未來可行之研究方向與監測系統架構提升之建議，會加入類似風險評估之說明。
4. 本計畫執行結束案後，律定是以報告做為結案依據，或是必要將所建置之監測系統移交委託單位，繼續進行監測，如屬後者，則計畫應進行教育訓練、技術移轉，並建立系統操作及維護等相關技術報告，協同計畫結案時一併移交，以利後續監測工作。	4. 本計畫使用之各項硬體設備，部分屬於阿里山工務段所有，部分屬於逢甲大學所有，計畫結束後將視阿里山工務段是否有延續性之監測計畫，以進行持續監測作業。

參與審查人員及所提之意見	合作研究單位處理情形
5. 報告內容有部份誤植，請修正，例如：P.52 倒數第二行，圖 3.14，P.56 第 4 行，圖 3.17，P.62 倒數第 2 行，八個 GPS 應是七個。	5.遵照辦理，將修正相關內容。
6. 基站天線坐標修正，以兩個星期為週期，若是天候不良的時候，在此兩個星期內，若系統發生失效情事，將造成無法研判，而天候不良的兩個星期，可能是決策之關鍵，如何因應？請進一步說明。	6.基站天線坐標修正之目的為提升定位精度，移動站與基站相對位移量仍存在，並不影響觀測作業，另一方面，國土測繪中心提供之資料需透過申請作業方能取得，取得後需再進行分析運算，目前尚無法進行即時坐標修正。
立德大學營建與物業學系林教授宏明	
1. 利用一機多天線 GPS 天線的量測數據，其精度僅達公分級，且其相對基站的位移量似乎不明顯。且研究中每二星期才申請基站資料進行差分計算，能否提供即時預測及預警，值得討論，似應再加強改善精度問題。	1. 基站天線坐標修正之目的為提升定位精度，移動站與基站相對位移量仍存在，並不影響觀測作業，另一方面，國土測繪中心提供之資料需透過申請作業方能取得，取得後需再進行分析運算，目前尚無法進行即時坐標修正。
2. 目前臺灣的異常氣候的降雨量，是否能針對日本的經驗值提出修正的經驗公式。	2. 本計畫所推導出來的經驗公式，是利用國內學者針對臺 18 的歷史災害分析的結果，和配合日本地滑對策技術協會的地滑管理值及現地降雨資料所訂定的，並非只參考日本的經驗公式。
3. 本計畫已執行四年了，能否針對所量測的地表變動和交大地表下滑動的情況進行比對，探討該區域地滑的特性，以做為公路局參考之依據。	3. 遵照辦理，會持續蒐集交大地表下滑動的情況進行比對，探討該區域地滑的特性，以做為公路局參考之依據。

參與審查人員及所提之意見	合作研究單位處理情形
4. 能否針對前三年的資料，提供該地區地表地滑速率和降雨量的關係綜合整理（包含雨季、乾季），做為使用單位之參考。	4. 遵照辦理，會分析雨季與乾季不同情況下，臺 18 的地滑速度與降雨的關係。
5. 參考文獻不完整，建議重新整理。	5. 遵照辦理，本計畫將補充相關參考文獻內容。
清雲科技大學張教授嘉強	
1. 各監測站之位移量估測值宜轉為”速度場”等，以利運用。	1. 遵照辦理，會將位移量轉為速度場。
2. 地表位移與降雨之回歸函數為具有效應之預測函數，建議擴大資料數段進以有效擬合，並於報告中明確列示其函數式。	2. 遵照辦理，會視今年資料蒐集情況與事件發生的期間，擴大資料數段進行有效的擬合，並於報告中明確列示其函數式。
3. 一機多天線之切換時間宜提供 1 小時及 10 分鐘二種等級，以利靜態與動變位成果之交互參考。	3. 一機多天線觀測系統為避免因接收資料不足造成定位精度之問題，每支衛星天線接收時間建議不少於 3 分鐘，全部接收解算一個循環的時間約需 30 分鐘，本計畫將原來一個小時的時間間距縮短至 30 分鐘。
4. 竹崎基站本身之位移速度場可加以估測，以利基站坐標修正之用。	4. 會持續每兩星期蒐集竹崎站的 GPS 資料，計算位移速度資料，並找出位移速度的關係式，方便作為基站坐標修正之用。
5. 坡地之地形坡度似可納為水平向位移之一項估測參數。	5. 感謝委員的建議，會納入分析之參考。

參與審查人員及所提之意見	合作研究單位處理情形
中國鋼鐵公司新材料研發處劉組長宏義	
1. 本計畫採用一機多天線 GPS 系統，自動化監測坡地滑移速度及趨勢，且建立參考的雨量管理準則，有不錯的應用成效，值得大力推廣在順向坡或有潛在滑移之路段。	1. 感謝委員肯定。
2. 本系統已有良好的精度，應整合 4 年的研究成果，提出相關監測準則，並大力複製成功經驗，讓天災的危害降到最低。	2. 遵照辦理，本計畫後續將提出未來可行之研究方向與監測系統架構提升之建議。
交通部科技顧問室許技正書王	
1. 本案為 4/4，研究單位宜於期末報告前提出監測模式（包含器材、軟體、成果維運等），以利它單位參用。	1. 遵照辦理，本計畫後續將提出未來可行之研究方向與監測系統架構提升之建議。
2. 本計畫似包含各項預警機制之建立，並期望能預先進行防範，因此對於地滑現象應量化到有警戒值、行動值之可行應用。	2. 感謝委員的建議，會持續修正警戒值與行動值，以期能作為預先防範的參考。
3. 本研究是否已與公路總局阿里山工務段做資料連結，若無，建議連結。	3. 本計畫已提供觀測網站連結給阿里山工務段，可隨時上網查閱資料。
4. 監測作業在天候愈惡劣愈形重要，對於監測設備可在惡劣天候下存活，宜提出建議（並提出可能失敗之原因及對策）。	4. 觀測現地最重要工作的即為確保電力及通訊系統之穩定與持續運作，本計畫在通訊方面使用衛星通訊，不受地面通訊線路中斷之影響，電力則增設備援電力系統，以確保在市電中斷時可持續供應電力。本計畫將於監測系統架構提升之建議中強化相關說明。

參與審查人員及所提之意見	合作研究單位處理情形
5. 防汛期監測密度，建議修正，不宜過長時間回傳一次。	5. 一機多天線觀測系統為避免因接收資料不足造成定位精度之問題，每支衛星天線接收時間建議不少於 3 分鐘，全部接收解算一個循環的時間約需 30 分鐘，本計畫將原來一個小時的時間間距縮短至 30 分鐘。
6. 植被狀況的探討，是否宜列入考量。	6. 根據文獻臺 18 的地滑屬於塊體的滑動，與植被狀況並無直接的關係，故本計畫暫不考慮此項因子。
交通部公路總局第五區養護工程處阿里山工務段	
如何有效、簡單提供警戒標準，於颱風或豪雨期間，能使阿里山工務段留守人員即時發佈消息，以便使災害降至最低。	本計畫已研擬警戒值，現已在網頁上提供相關警戒資訊展示，後續計畫可評估如何透過簡訊等方式即時提供訊息。
本所港研中心謝科長明志	
1. 簡報第 11 頁有展示情況警戒值、疏散值，其位移速率是用 mm/day，而同一頁下方的監測點位移速度，單位是用 cm/6 天，如果這些資料都同時提供在災情網頁上，單位應予一致，好讓瀏覽或使用人，能有直接的判斷反應。	1. 遵照辦理，本計畫將單位統一為 mm/day，以利後續分析研判。
2. 現場監測儀器運作正常化，是很重要也是很困難的工作，目前 4 年期計畫已近尾聲，希望針對這幾年來儀器的維護運作，資料如何更快速有效的傳送發佈，能做一整合性的檢討，提出改善方案。	2. 遵照辦理，本計畫後續將提出未來可行之研究方向與監測系統架構提升之建議。

參與審查人員及所提之意見	合作研究單位處理情形
本所港研中心林副研究員雅雯	
1. 本計畫已累積 3 年多的監測成果，建議建立阿里山第 2、4、6 彎雨季及早季之單位時間位移量及方向，以了解位移的速度及趨勢。	1. 遵照辦理，會分析雨季與乾季不同情況下，臺 18 的地滑速度與降雨的關係。
2. 報告第 92 頁圖 5.40 交大光纖 IHMT-01 於 2010 年 6 月 23 日量測結果為位移約 45mm，與第六彎靜態測量 S6-1 之測量結果是否相符，本計畫之監測成果應與交大光纖監測成果互相比較分析。	2. 因光纖量測位置於地下 35 公尺處，與地表位移量會有所差異，本計畫將持續接收交大光纖成果進行成果互相比較分析。
3. GPS 監測應儘量達到即時監測資料更新並即時預警之功能，請研究團隊研擬於颱風期即時更新監測資料之方案。	4. 一機多天線觀測系統為避免因接收資料不足造成定位精度之問題，每支衛星天線接收時間建議不少於 3 分鐘，全部接收解算一個循環的時間約需 30 分鐘，本計畫將原來一個小時的時間間距縮短至 30 分鐘。

附錄二

期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(4/4)

執行單位：逢甲大學

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
南榮技術學院林義宗校長		
1. P.5-3、P.5-11、P.5-69、P.5-72 等坐標之數據表示，有效 數字應統一。	1.遵照辦理，將統一有效數字至 小數點下兩位。	同意辦理
2.計畫報告說明部份測試點 遭破壞或靜態測量時間僅 二、三小時，或是部份資 料無法獲得等，對計畫監 測地滑地之管理基準值之 準確性、可靠性如何？	2.點位 S2-3 因屢次遭受破壞，因 此不亦進行前後其之比較，再 者，該點位為第二彎處靠內側 較不易崩塌處，歷次量測皆無 太大變化，對管理基準值之研 擬影響不大，另外 6 月份靜態 測量因基站維修，因此僅能用 竹崎站資料進行解算，精度受 到影響，此次資料亦未納入管 理基準值之分析內。	同意辦理
3.P.6-1、P.6-2、P.6-3 表之降 雨強度與位移速率關係， 以絕對數值做為標準是否 適當？	3.GPS 所量測的位移量是相對於 參考站(固定點)，本文中的絕 對數值是將參考站坐標帶入 到每個移動點，所以並無不適 當。	同意辦理
4.P.8-1 工作項目貳利用參考 站提升 GPS 量測精度，在 本計畫內提升多少精度？ 請說明。工作項目參之第	4.本計畫執行參考站提升量測進 度作業分析結果顯示今年度 基站位置移動量皆在誤差範 圍內，因此修正幅度較小，另	同意辦理

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
四次靜態應儘速完成分析 加入報告內。	外，第四次靜態測量成果已納 入成果報告書內。	
5. 本計畫有什麼 Know How 可移轉委託單位日後建 置?	5.請參閱第七章相關說明	同意辦理
立德大學營建與物業學系林教授宏明		
1. 本計畫之成果具有實用 性，值得肯定。	1.感謝委員肯定	同意辦理
2. 針對文中降雨強度的單位 建議要統一。	2.遵照辦理，會參考中央氣象局 降雨強度單位，其中包含每日 降雨(mm/day)、每小時降雨 (mm/hr)和每十分鐘降雨 (mm/10mins)。	同意辦理
3. 在文中進行預警的研究 中，地層乾、溼季滑動的 速率，建議應分開討論。	3.遵照辦理，將針對乾濕季滑動 速率進行討論。但是於計畫執 行期間，乾季並不量測到位移 量，只由於颱風期間(濕季)， 大雨事件量測到滑動的位移 量，所以本文只針對溼季滑動 的速率進行分析，未來建議須 持續蒐集乾季資料，進行分析 比對。	同意辦理
4. 五彎仔地區的滑動到底是 整體地滑或局部性地滑， 建議能否利用四年的成果 做一討論，做為預警的研 究參考。	4.根據國內文獻，五彎仔地區主 要是五個滑動塊體在移動，本 計畫期間監測結果發現第四 彎是一個塊體，第六彎是另一 個塊體。與文獻結果一致，可 以做為預警的參考。	同意辦理

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
5. 本研究的成果若要運用動態量測結果進行預警似乎精度上無法配合，建議應配合其他量測設備，才能提高預警的精度。	5. 本計畫已提出利用全測站經緯儀及拉伸應變計等儀器強化預警能力並提升精度。	同意辦理
中國鋼鐵公司新材料研發處劉組長宏義		
1. 本報告已經是整個「全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用」計畫的 4/4，除了提出綜合分析研判、制定警戒值外，應該確認目前的軟、硬體是否可以標準化，並平行移轉使用於全臺灣類似危險地帶，擴大應用之成效。若仍有精進空間，可再持續改善。	1. 利用全球衛星定位與自動化監測系統是能平行轉移使用於其他類似的危險地帶，只要能符合 GPS 建置與監測準則，即可使用。但是在警戒值訂定方面，必須因地制宜，需要蒐集當地長時間的降雨與位移關係，和地質等相關的條件，另外定義警戒管理較為適合。可以參考本文所提供制定警戒值的方式。	同意辦理
2. 監測系統的硬體長期穩定性及數據處理方便性是一個系統能被使用者接受的關鍵，目前系統更換 UPS 後穩定運轉的時間並不長，仍有持續驗證系統可靠性的必要。	2. 公路養護單位如有後續計畫，可進行維護保養工作以確保本系統持續運作。	同意辦理

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
交通部科技顧問室許技正書王		
1. 本計畫為四年期之第四年計畫期末報告，建議增加一章節簡述四年來本研究之經過其成果概述供作應用。	1.遵照辦理，將於結論與建議乙章說明成果。	同意辦理
2. 本期末報告歷經多年始完成，成果應極豐碩，惟未見結論與建議殊為可惜，建議考量加入以供閱者參，並可提供未來有待研究之方向建議。	2.遵照辦理，將增加結論與建議章節。	同意辦理
3. 附件一歷次維護紀錄表部分表報文字不清楚，請加以改善。	3.遵照辦理，將改善相關內容。	同意辦理
4. 對於本研究結果有關監測儀器部分請研究單位探討，提出較佳之監測方案或監測設備組合等，並對於未來在國內山區應用之適合條件，一應需求以及金額需求概算以利應用者參考。	4.遵照辦理，請參閱第七章相關說明。	同意辦理
5. 若衛星定位系統故障或其他原因無法傳訊時，其備源設備為何，緊急重大災害無法應用之建	5.因山區通訊環境惡劣，如衛星通訊系統故障，僅能透過 3G 網卡傳輸重要資訊。	同意辦理

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
議事項。		
交通部公路總局第五區養護工程處		
1. 本計畫研究成果是否可直接應用於公路防災管理，目前本局公路橋梁防災均以「雨量」作為警戒及行動參考，本次 GPS 觀測值與雨量關係不甚明顯，研擬出降雨量與警戒、疏散值可否直接應用。	1. 本計畫目前警戒主要是以每小時降雨強度為主，這是因為降雨是造成地滑或崩塌的重要因子之一，而且當降雨達到警戒時，到災害發生還有一段緩衝的時間，所以目前政府單位還是以「雨量」作為警戒及行動參考。本年度降雨強度並不大，所以沒有造成嚴重的災害，但是去年莫拉克颱風期間，降雨與位移量的確有明顯的關係。所以本計畫所研擬的警戒值具有參考性。	同意辦理
本所港研中心第一科謝科長明志		
1. 依日本的分析，每天位移大於 1.08cm 就應疏散，但儀器容許誤差是 2cm，如何在這類設備下，來符合警戒需求，請考慮對策。	1. 由於本計畫是研究型計畫，所使用的儀器是由本團隊自行採購的單頻 GPS，由於經費的關係，所以經度較大，本計畫的目的是要確認全球定位系統應用於坡地災害監測的可行性。根據四年量測結果顯示，利用 GPS 監測地滑位移是可行的，未來如果要提高監測精度，只需要選購精度較高的雙頻 GPS 即可。	同意辦理

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
2. 研究團隊有提到用雨量推估位移的開發模式，此雨量是否為累積雨量？目前推估成果可達90%以上的準確率，是個不錯的成果。目前用GPS量測，且當地有雨量站，是否能發展成即時雨量的推估模式，採10min或1hr的降雨強度推算，可更符合防災預警的需求。	2. 目前利用即時監測時雨量來做警戒是可行的，但是未來要提高到10min雨量，還需要更多相關監測資料。因為如果只要利用幾場降雨事件所發展的推估模式，會因為幾次例外事件給民眾不信任。所以建議還需要更多的監測資料來持續修正警戒模式。	同意辦理
3. 提議可採全測站經緯儀來做後續監測的使用，但儀器費用超過200萬，若長期設置於現地，而不遺失，有否對策？另此儀器是否防雨，在防水設施上也應考慮。	3. 全測站經緯儀本身並不防水，架設時需同時裝配防水及防盜箱，以避免儀器被盜或受損。	同意辦理
本所港研中心第一科張研究員道光		
1. 請檢核該報告之格式是否符合本所之要求。	1. 遵照辦理，將依據制式格式修改	同意辦理
2. 請補充報告之結論與建議的章節，並請於結論與建議依規定先簡述研究目的與問題，再提出具體之結論與建議。	2. 遵照辦理，請參閱結論與建議乙章	同意辦理

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
3. 請加強第七章之準則內容。	3.遵照辦理，請參閱第七章相關說明。	同意辦理
本所港研中心第一科林副研究員雅雯		
1. 報告 P.5-28~P.5-35 GPS 天線資訊於99年3月26日後有明顯的位移，之後又有較大的劇烈的移動，請在報告中補充說明原因。	1.因衛星相關設備已於野外運作四年，本年度有幾次的維修，重新觀測其基準值需重新設定，如以延續性的資料來看，會有較大的變動。	同意辦理
2. 報告 P.5-27 紀錄 2009 年 5 月 26 日~2010 年 10 月 31 日、P.5-48 紀錄 2010 年 9 月 16 日至 20 日凡那比颱風及 P.5-45~5-47 圖 5-44~5-50 之多天線 GPS 量測數據，請利用如圖 5-43 GPS 測點相對位置圖加上位移向量箭頭並標示位移量或位移速率，箭頭長度應配合位移量之大小，並於圖名後標示資訊的起迄期間。	2.遵照辦理，將於測點相對位置圖加上向量箭頭及速率資料。	同意辦理
3. 報告 P.5-48 第二行指出 GPS4 有位移異常，請補充其異常原因。	3.GPS4 因線路老舊受潮嚴重，其觀測資料雜訊較多，因此產生異常資訊。	同意辦理
4. 請於報告中補充第 2、4、6 彎降雨強度與位移方向、速率之關係。	4.遵照辦理，請參閱第五章相關說明。	同意辦理

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
5. 請加強第七章之準測內容。	5. 遵照辦理，其中 GPS 原理已於前面章節說明，第七章不在贅述，請參閱第七章相關說明。	同意辦理

附錄三

歷次維護紀錄表

附錄三 歷次維護記錄表

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期		99.3.20		維護人員	黃文鋒
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述	
一、資訊設備	IPC	✓			
	N-POWER	✓			
	KVM	✓			
	Hub Switch	✓			
	衛星碟盤	✓			
	IDU	✓			
	ODU	✓			
二、電力設備	機房 UPS	✓			
	接收器 UPS	✓			
三、觀測儀器	Base 天線				
	GPS 天線#1	✓			
	GPS 天線#2	✓			
	GPS 天線#3	✓			
	GPS 天線#4	✓			
	GPS 天線#5	✓			
	GPS 天線#6	✓			
	GPS 天線#7	✓			
	GPS 天線#8	✓			
	GPS 主機	✓			
四、系統功能	DataLogging	✓			
	Magms	✓			
	GPSget	✓			
	衛星連線偵測	✓			
	監測系統功能	✓			

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期		99.4.5		維護人員	黃文鋒
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述	
一、資訊設備	IPC	✓			
	N-POWER	✓			
	KVM	✓			
	Hub Switch	✓			
	衛星碟盤	✓			
	IDU	✓			
	ODU	✓			
二、電力設備	機房 UPS	✓			
	接收器 UPS	✓			
三、觀測儀器	Base 天線			(天線已拆除)另外一座小型系統偵測無電源、	
	GPS 天線#1	✓			
	GPS 天線#2	✓			
	GPS 天線#3	✓			
	GPS 天線#4	✓			
	GPS 天線#5		✓		
	GPS 天線#6	✓			
	GPS 天線#7	✓			
	GPS 天線#8	✓			
	GPS 主機	✓			
四、系統功能	DataLogging	✓			
	Magms	✓			
	GPSget	✓			
	衛星連線偵測	✓			
	監測系統功能	✓			

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文輝		維護日期		99.4.27	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	Magms	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____公升	
	電池組電壓	✓		第一組 _____(v)		第二組 _____(v)	
	發電機	✓		輸出電壓：_____ (v) · 啟動控制正常： ☒ 是			
四、觀測儀器	GPS_BASE	✓					
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☐ 是 · 傾倒次數：_____ 資料接收次數：_____			
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔			

備註：(附上維護照片)

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文鋒		維護日期		99.5.16	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	Magms	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組 _____ (v)		第二組 _____ (v)	
	發電機	✓		輸出電壓：_____ (v)、啟動控制正常： ☐ 是			
四、觀測儀器	GPS_BASE						
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☐ 是，傾倒次數：_____ 資料接收次數：_____			
其它	儀器庫	✓		內外周圍環境清潔			

備註：(附上維護照片)

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文鋒		維護日期		99.5.28	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	Magms	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組 108.2 (v)		第二組 _____ (v)	
	發電機	✓		輸出電壓：_____ (v)；啟動控制正常： ☒ 是			
四、監測儀器	GPS_BASE						
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☐ 是，傾倒次數：_____ 資料接收次數：_____			
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔			

備註：(附上維護照片)

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文鋒		維護日期		99.6.6	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	Magms	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組_____ (v)		第二組_____ (v)	
	發電機	✓		輸出電壓：108.7 (v) · 啟閉控制正常： ☒ 是			
				手動測試無法使用。			
四、觀測儀器	GPS_BASE						
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☐ 是 · 傾倒次數：_____ 資料接收次數：_____			
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔			

備註：(附上維護照片)

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文輝		維護日期		99.6.21	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	Magms	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	換收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組 108.6 (v)		第二組 _____ (v)	
	發電機	✓		輸出電壓：_____ (v)；啟動控制正常： ☒ 是			
四、觀測儀器	GPS_BASE						
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5						
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☐ 是、傾倒次數：_____ 資料接收次數：_____			
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔			

備註：(附上維護照片)

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文祥		維護日期		99.7.5	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	Magms	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組 106.8 (V)		第二組 _____ (V)	
	發電機	✓		輸出電壓：_____ (V)；啟閉控制正常： ☒ 是			
四、觀測儀器	GPS_BASE	✓					
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☐ 是，傾倒次數：_____ 資料接收次數：_____			
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔			

備註：(附上維護照片)

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文輝		維護日期		99.7.26	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	Magms	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組：/// (v)		第二組：_____ (v)	
	發電機	✓		輸出電壓：_____ (v)；啟動控制正常： ☒ 是			
四、監測儀器	GPS_BASE						
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☐ 是，傾倒次數：_____ 資料接收次數：_____			
其它	儀器室	✓		內外周圍環境清潔			

備註：(附上維護照片)

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文鋒		維護日期		99.8.10	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	Magms	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組 110 (v)		第二組 _____ (v)	
	發電機	✓		輸出電壓：_____ (v)；啟閉控制正常： ☒ 是			
四、觀測儀器	GPS_BASE						
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✗					
	GPS_8	✓		檢查無異常現象			
	雨量計	✓		雨斗清理： ☐ 是，傾倒次數：_____ 資料接收次數：_____			
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔			
				屋內積水已清除			

備註：(附上維護照片)

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文輝		維護日期		99.8.21	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	Magms	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組 107.1 (v)		第二組 _____ (v)	
	發電機	✓		輸出電壓：_____ (v)；啟動控制正常： ☒ 是			
四、觀測儀器	GPS_BASE	✓					
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☐ 是，傾倒次數：_____ 資料接收次數：_____			
	攝影機	✓					
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔			
				屋內積水、雜物已清除			

備註：(附上維護照片)

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文輝		維護日期		99.9.8	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	GPS_解算程式	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組 107.5 (v)		第二組 _____ (v)	
	發電機	✓		輸出電壓：440 (v) · 啟閉控制正常： ☒ 是			
四、觀測儀器	GPS_BASE	✓					
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☒ 是 · 傾倒次數： 5 資料接收次數： 5			
	新四彎 CCD	✓					
	舊四彎 CCD	✓					
	第六灣 CCD	✓					
	小公田 CCD	✓					
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔			

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文峰		維護日期		99.9.23	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	GPS_解算程式	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿	加油量：_____公升		
	電池組電壓	✓		第一組 107.6 (v)	第二組 _____ (v)		
	發電機	✓		輸出電壓：110 (v)，啟閉控制正常： ☒ 是			
四、觀測儀器	GPS_BASE	✓					
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☒ 是，傾倒次數： 5 資料接收次數： 5			
	新四彎 CCD	✓					
	舊四彎 CCD	✓					
	第六灣 CCD	✓					
	小公田 CCD	✓					
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔			

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員		黃文輝		維護日期		99.10.9	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述			
一、 資訊設備	Server	✓					
	GPS_PC	✓					
	Switch	✓					
	N-POWER	✓		Web 介面測試			
	衛星通訊	✓		連外網路測試			
二、 監測程式	雨量接收程式	✓					
	衛星連線偵測	✓					
	Magms	✓					
	GPS_Base	✓					
	GPS_Rove	✓					
三、 電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____			
	機房 UPS	✓					
	接收器 UPS	✓					
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿		加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組 107.1 (v)		第二組 _____ (v)	
	發電機	✓		輸出電壓：_____ (v)；啟閉控制正常： ☐ 是			
四、 觀測儀器	GPS_BASE	✓					
	GPS_1	✓					
	GPS_2	✓					
	GPS_3	✓					
	GPS_4	✓					
	GPS_5	✓					
	GPS_6	✓					
	GPS_7	✓					
	GPS_8	✓					
	雨量計	✓		雨斗清理： ☐ 是 · 傾倒次數：_____ 資料接收次數：_____			
	攝影機	✓					
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔			
				室內積水			

備註：(附上維護照片)

台 18 五彎仔監測站維護記錄表

維護人員	黃文鋒			維護日期	99.10.27	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述		
一、資訊設備	Server	✓				
	GPS_PC	✓				
	Switch	✓				
	N-POWER	✓		Web 介面測試		
	衛星通訊	✓		連外網路測試		
二、監測程式	雨量接收程式	✓				
	衛星連線偵測	✓				
	GPS_解算程式	✓				
	GPS_Base	✓				
	GPS_Rove	✓				
三、電力設備	市電電表	✓		上次度數：_____、本次度數：_____		
	機房 UPS	✓				
	接收器 UPS	✓				
	油箱	✓		油量： ☒ 全滿	加油量：_____ 公升	
	電池組電壓	✓		第一組 107.6 (v)	第二組 _____ (v)	
	發電機	✓		輸出電壓：110 (v)，啟閉控制正常： ☒ 是		
四、觀測儀器	GPS_BASE	✓				
	GPS_1	✓				
	GPS_2	✓				
	GPS_3	✓				
	GPS_4	✓				
	GPS_5	✓				
	GPS_6	✓				
	GPS_7	✓				
	GPS_8	✓				
	雨量計	✓		雨斗清理： ☒ 是，傾倒次數： 5 資料接收次數： 5		
	新四彎 CCD	✓				
	舊四彎 CCD	✓				
	第六灣 CCD	✓				
	小公田 CCD	✓				
其它	儀器屋	✓		內外周圍環境清潔		

附錄四

期末報告簡報資料

全球衛星定位與自動化監測系統 在坡地防災之應用 (4/4)

期末簡報

逢甲大學地理資訊系統研究中心

簡報人：洪本善 博士

民國99年11月17日



GIS RESEARCH CENTER, FCU

簡報大綱



計畫目的與研究範圍



研究背景概述



道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護



利用參考站提升GPS量測精度



全球衛星定位系統監測結果與相關單位成果比對與分析



全期計畫研究整合分析及後續發展規劃研擬



提出全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災應用之監測準則



計畫效益與未來應用

2

計畫目的與研究範圍

3

計畫目的

- 針對前期所安裝之設備以及緊急通報系統及防災應變系統進行保養與維護工作，並增設備援電力，在市電中斷期間仍能持續接收資料，能有效偵測崩場地滑現象。
- 透過GPS參考基站全天候連續地接收衛星資料，計算出區域改正參數之資料，計算出基站與任一移動站之相關資料，以提高移動站坐標精度。
- 持續進行全球衛星定位系統監測工作，並定期進行4次現場全球衛星定位系統靜態測量工作，同時依據本計畫監測成果，並整合現有當地各單位監測儀器數據，進行交叉統計分析，並檢核修正前期提出之警戒參考數值
- 整合全期四年度計畫之成果，提出本計畫之監測技術之綜合分析研判。同時，以全期研究成果為基礎，研擬未來可行之研究方向及監測系統架構提升之建議
- 提出全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災應用之監測準則

4

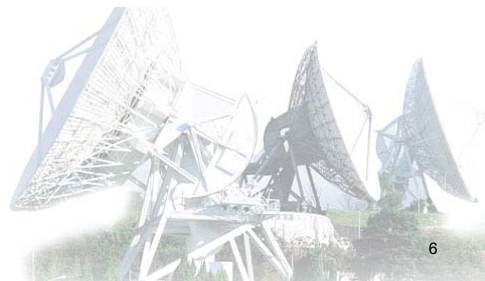
研究範圍

阿里山公路五彎仔段地下井光纖監測區



5

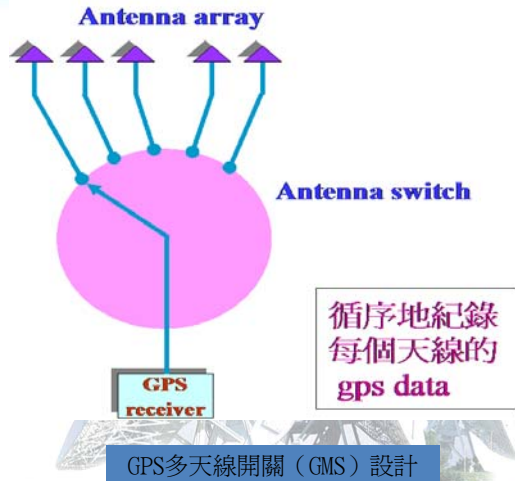
研究背景概述



6

全球衛星定位現況

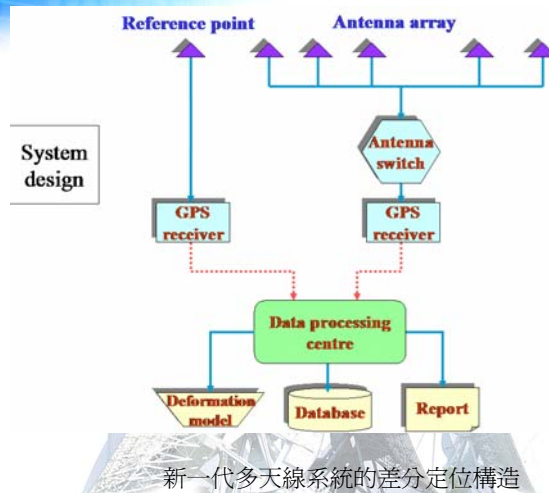
- 規劃利用標準商業化GPS接收機和一個專門設計的GPS多天線開關（switch），使得多個天線能和一台接收機連接在一起，所有天線所在的點位元都能監測。



7

新一代多天線系統

- 採用分時原理允許每個天線都能與接收機連接，並用一個特別設計的GPS多天線開關，在一台工業PC的控制下來實現。每個天線所採集的資料都能用來計算回應天線的位置，或每個相應的天線的位移。



8

多天線GPS測試-靜態 (第一年)

測試場地: 逢甲大學商學館13F



室內儀器設備



室外GPS天線組

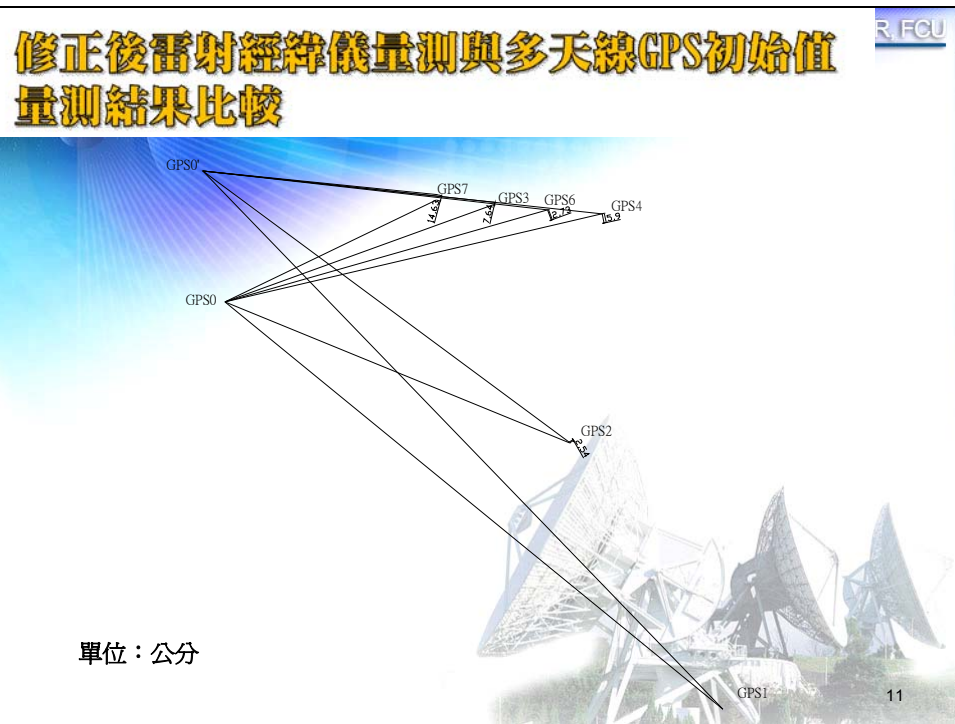
9

多天線GPS測試-動態 (第一年)

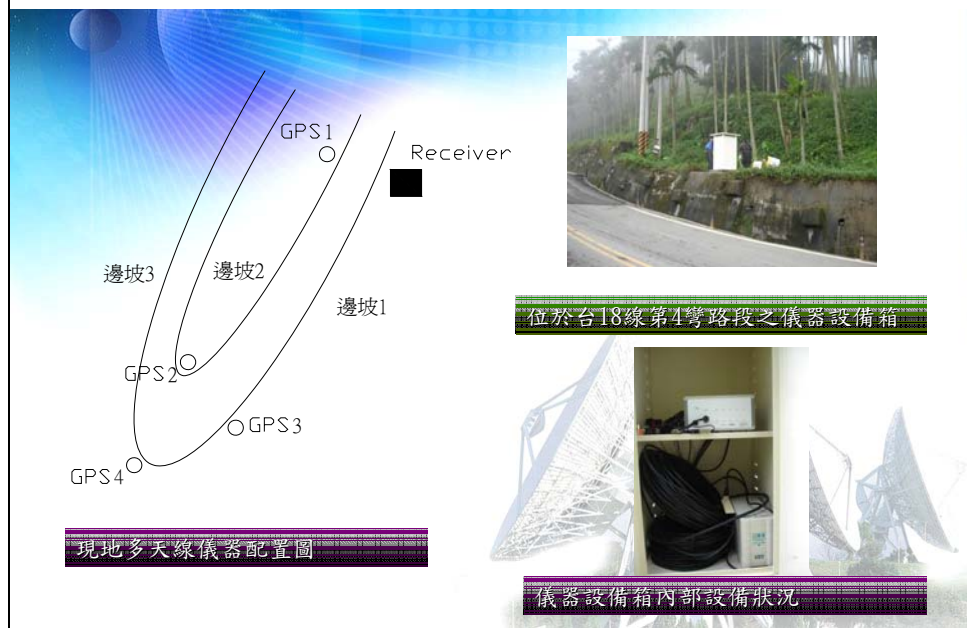


修改後多天線GPS位置配置圖

10



全球衛星定位監測系統實地測試（第一年）

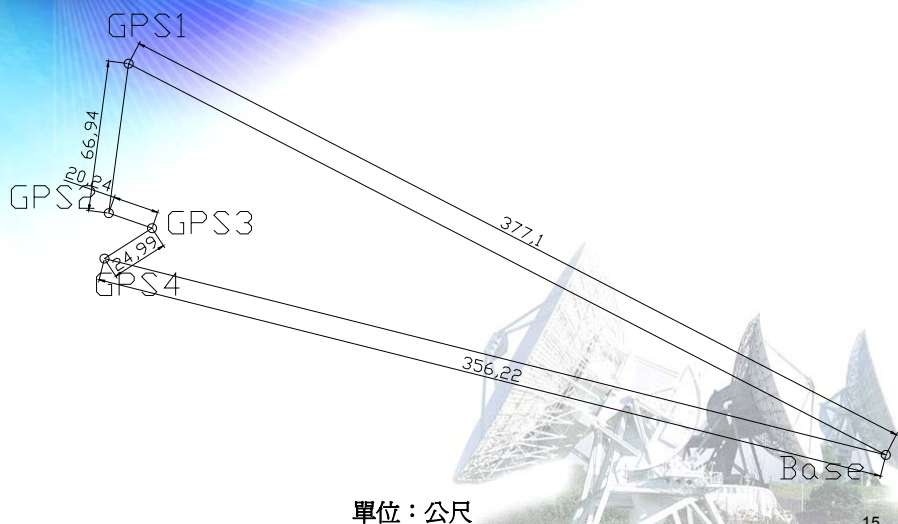


接收天線安裝位置（第一年）

R.FCU



台18線GPS測點相對位置（第一年）



15

測試數據（第一年）

2007,10,17~18

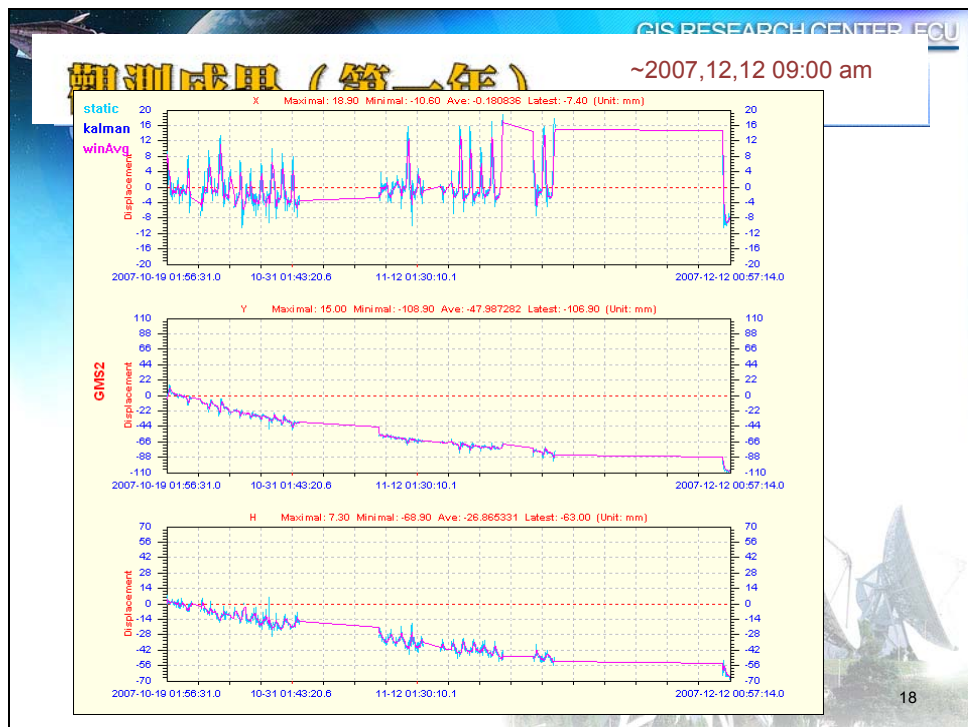
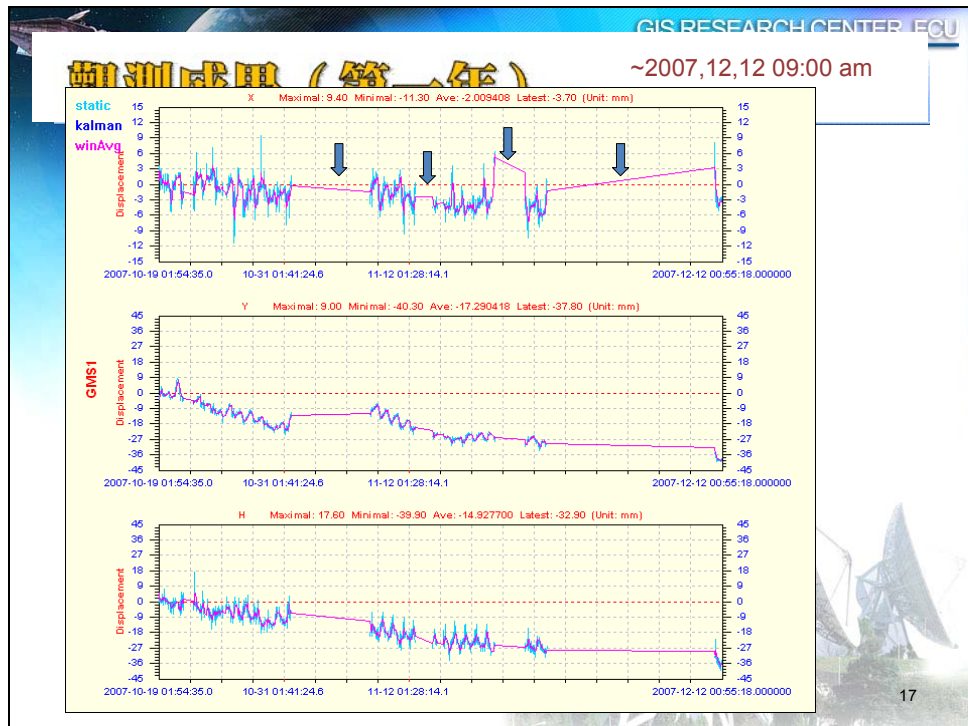
2007,10,19~21

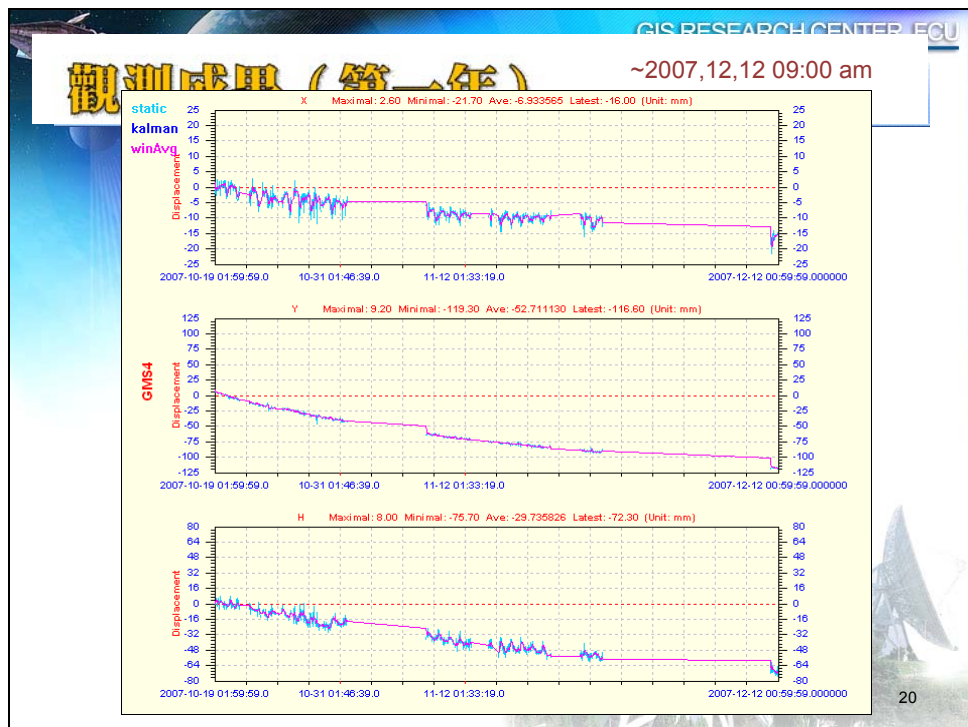
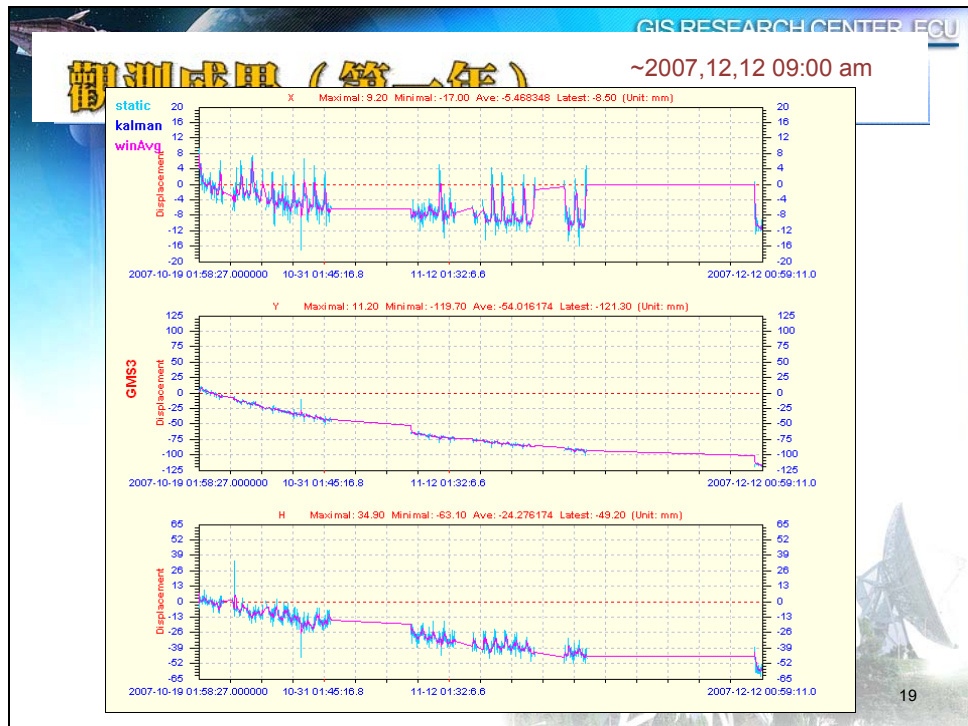
測站	靜態座標 (m)			3天動態座標 (m)			3天位移量 (cm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	dX	dY	dZ
GPS1	334.7169	-173.6945	-66.1253	334.7145	-173.7077	-66.1578	-0.24	-1.32	-3.25
GPS2	285.491	-218.9558	-75.3336	285.4819	-218.9744	-74.8855	-0.91	-1.86	-2.76
GPS3	269.0273	-207.2832	-77.9727	269.0205	-207.3074	-77.9852	-0.68	-2.42	-1.25
GPS4	270.1067	-232.2456	-82.5404	270.1033	-232.2671	-82.5615	-0.34	-2.15	-2.11

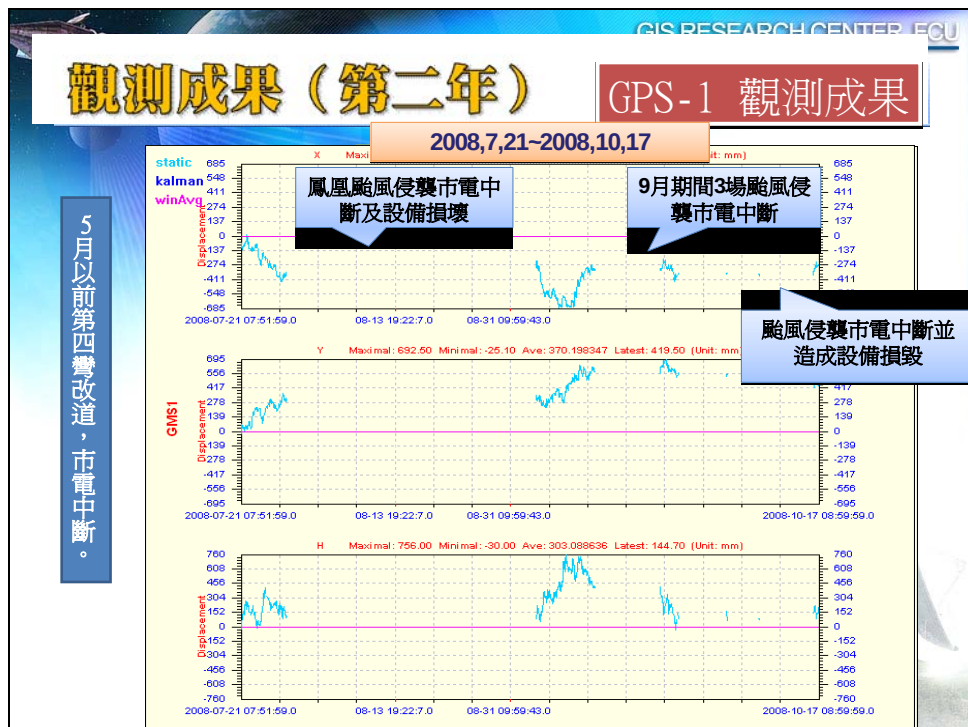
2007,10,19~11,12

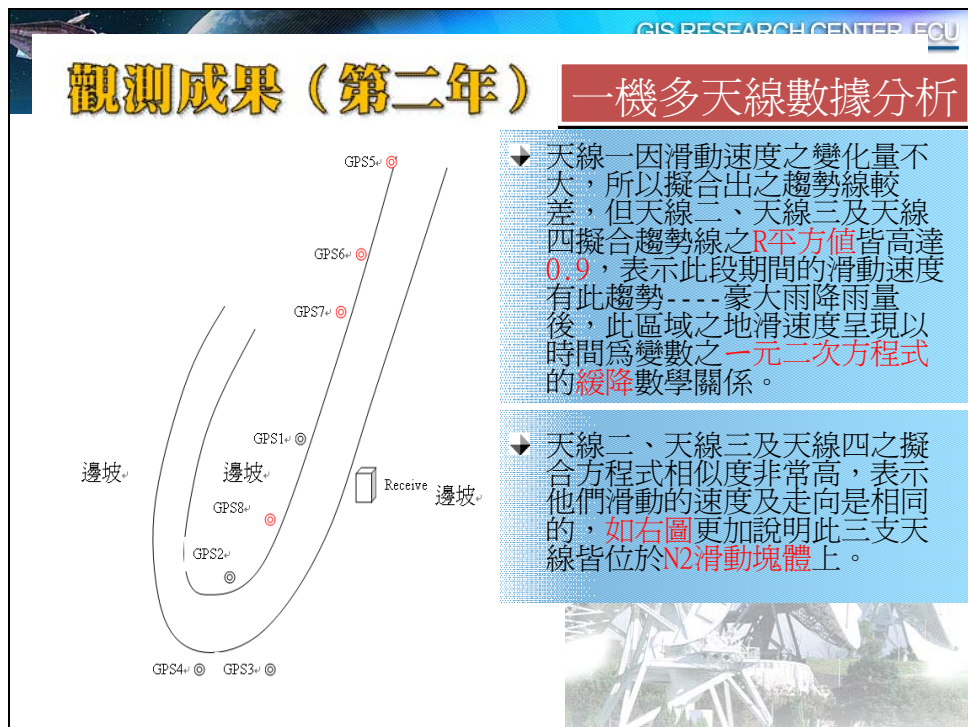
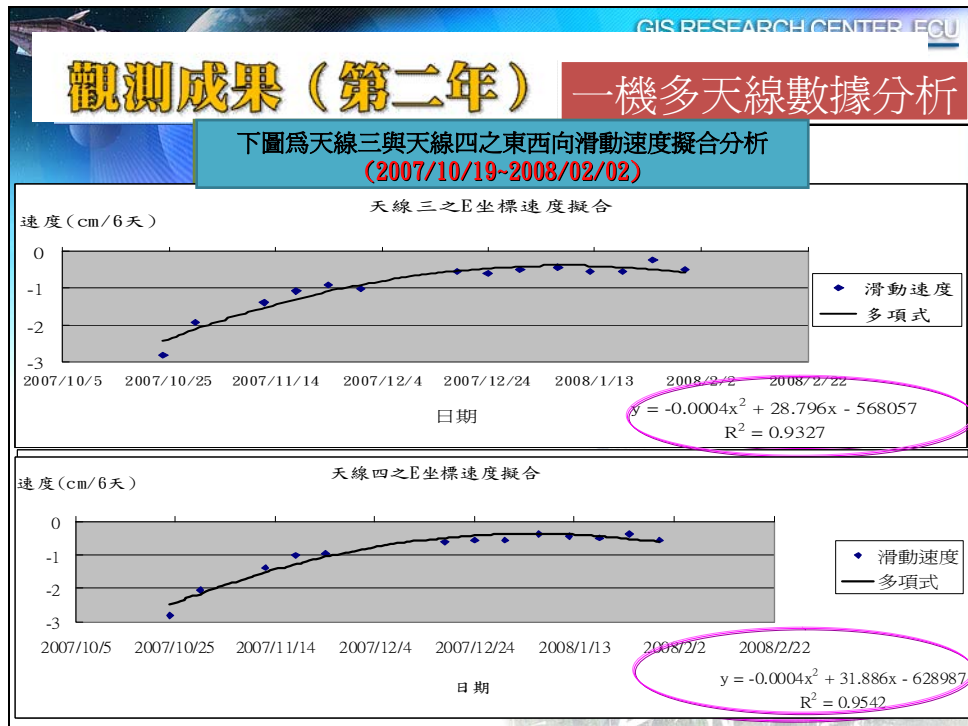
20天動態座標 (m)			20天位移量 (cm)		
X	Y	Z	dX	dY	dZ
334.7129	-173.7236	-66.191	-0.4	-2.91	-6.57
285.4887	-218.0387	-74.9328	-0.23	-8.29	-7.49
269.0205	-207.3808	-77.0147	-0.68	-9.76	-4.2
270.0954	-232.3301	-82.605	-1.13	-8.45	-6.46

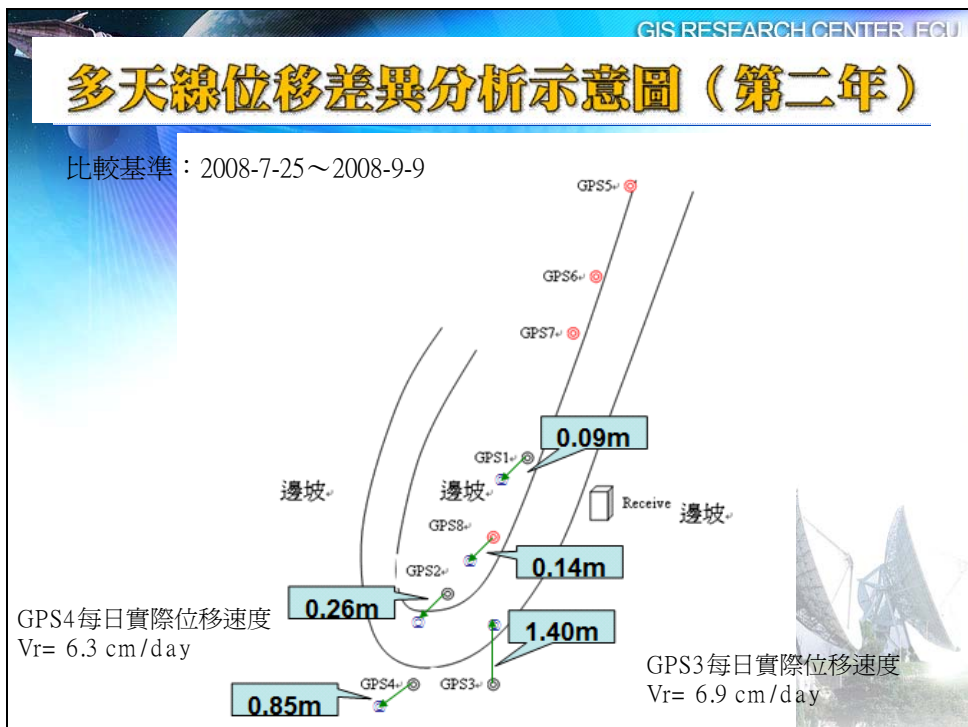
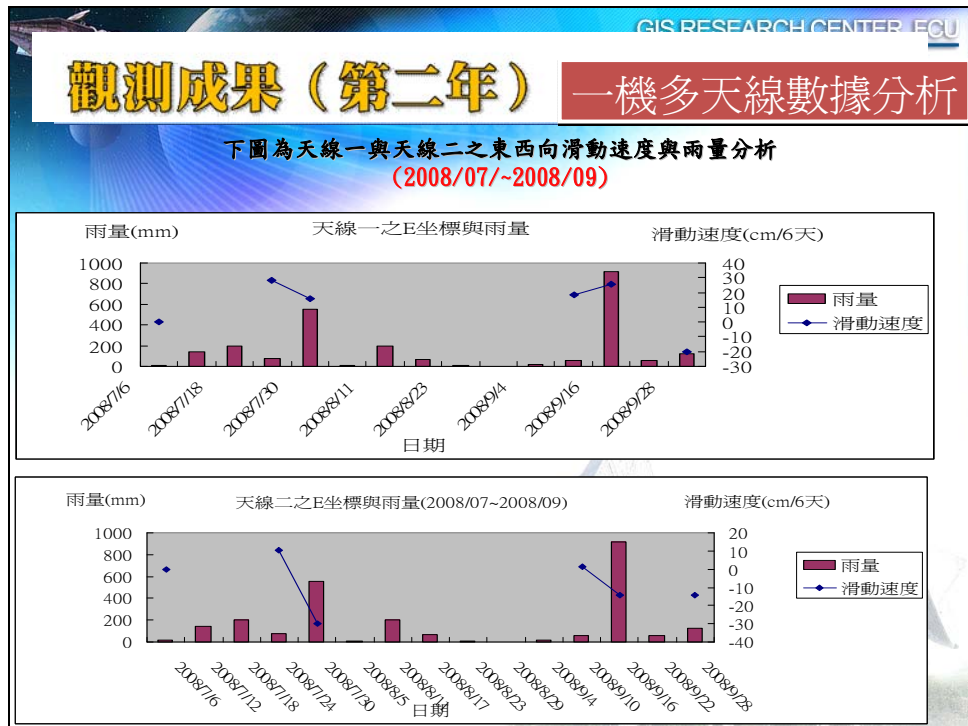
16







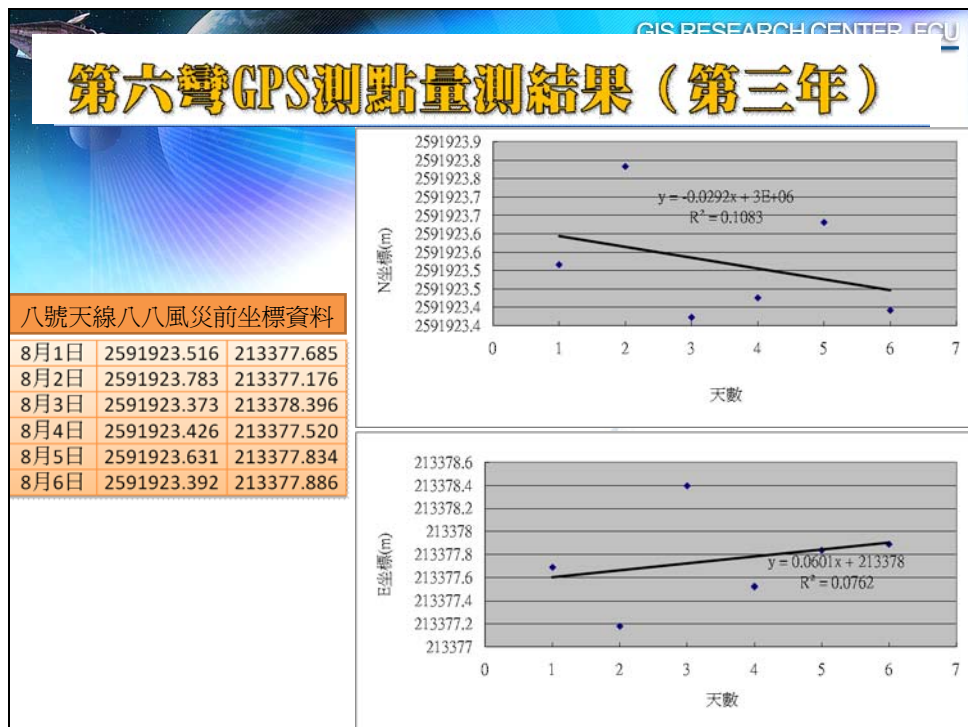
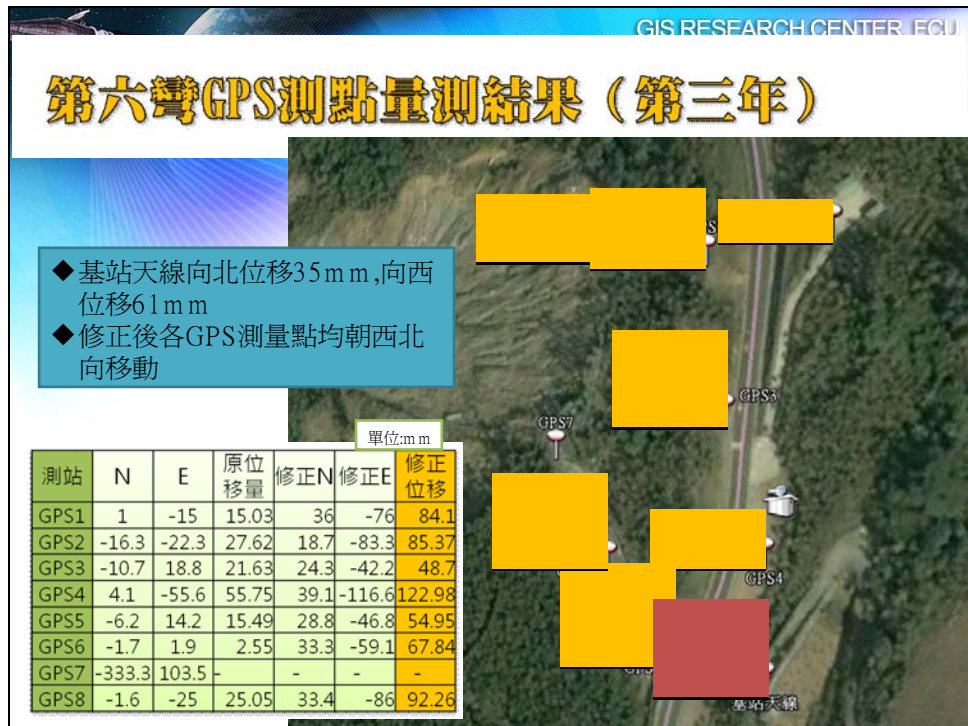




多天線位移分析（第二年）

- 由於GPS3、GPS4位移量偏大(相對其它各點)，得知此地區的偏移量甚大異常情形，如此於10月中發生位移破壞。

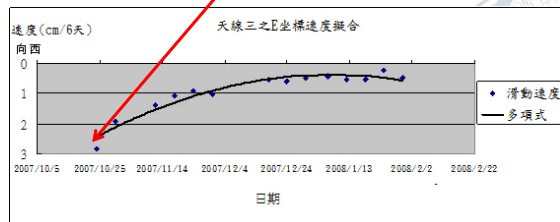




前期研擬警戒參考數值（第三年）

- 根據日本地滑對策技術學會初步分級，並利用現地量測位移速度與降雨強度回歸出線性方程

管理等級	注意	警戒	疏散
降雨強度 (mm/day)	100	200	300
位移速率 (mm/day)	3.6	7.2	10.8



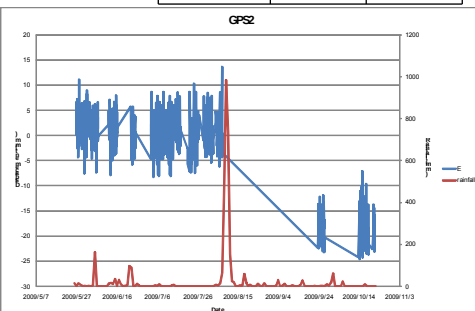
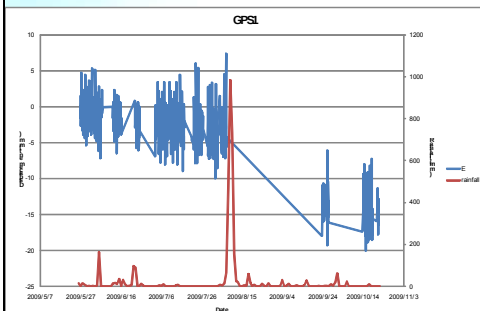
去年度第四彎天線三的滑動速度

31

前期研擬警戒參考數值（第三年）

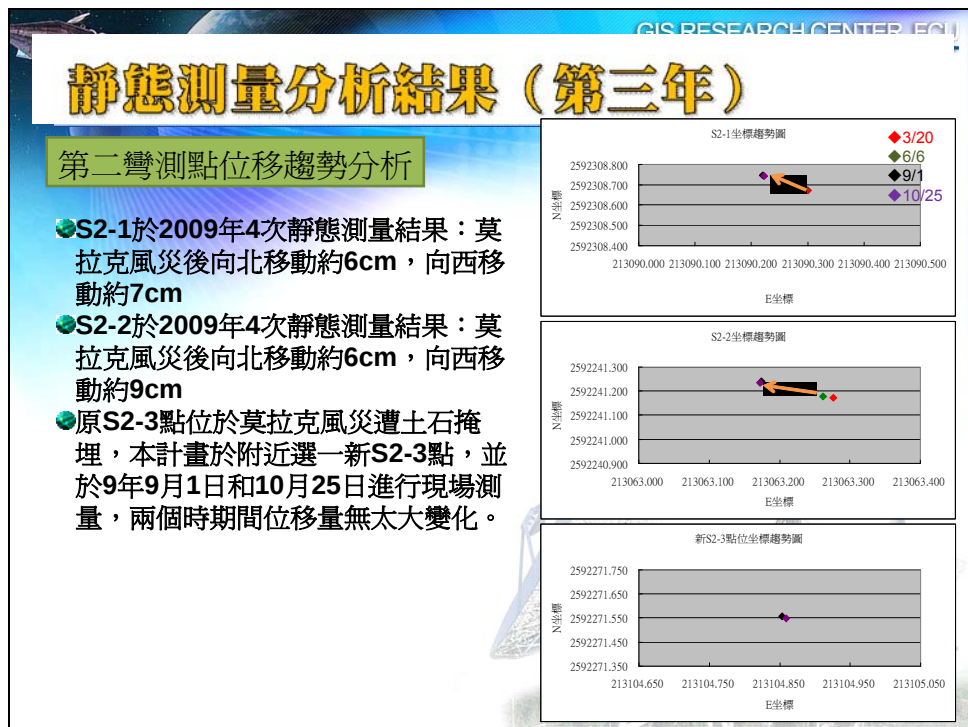
- 所有GPS於颱風期間實際量測位移量取平均79.5mm，與模擬位移量84mm接近。表示所研擬的警戒值具有參考的價值。

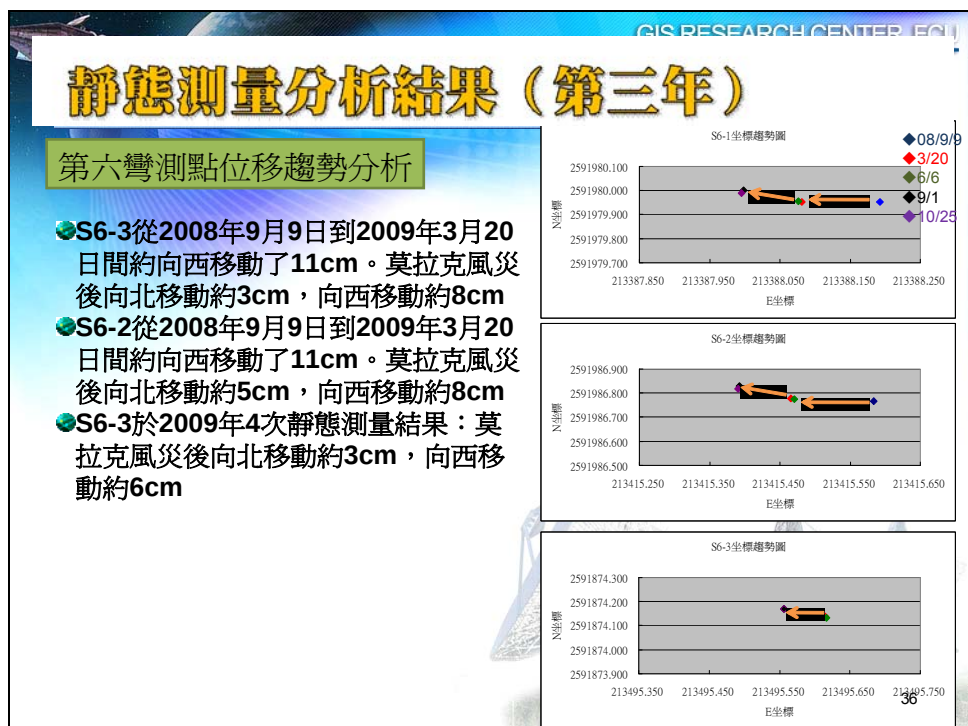
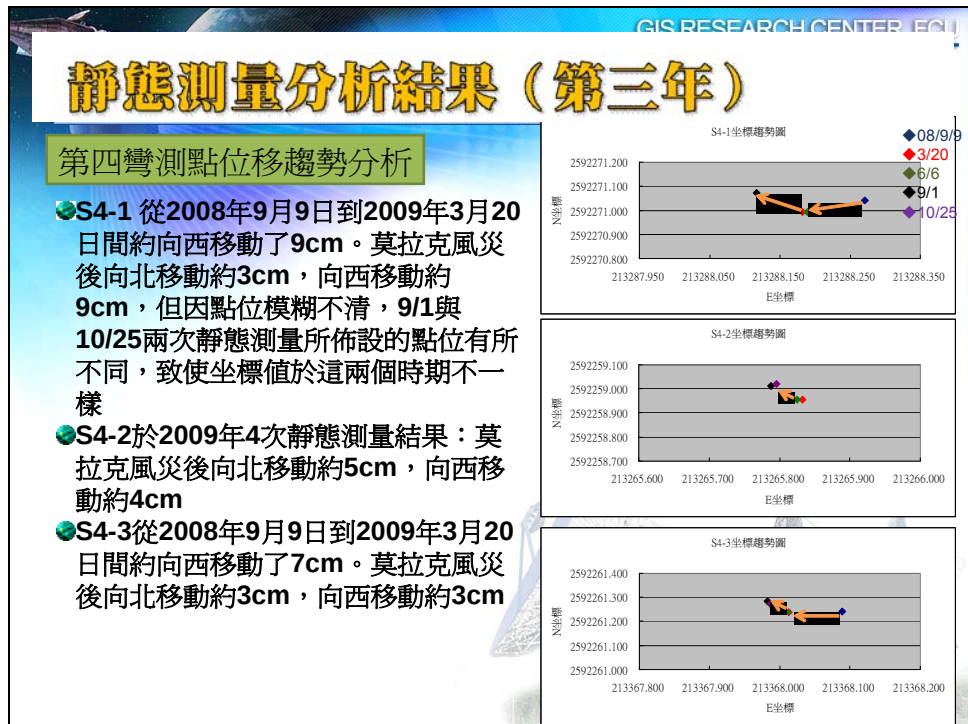
日期	降雨強度	模擬位移量
2009/8/8	465mm	16.8mm
2009/8/9	982.5mm	35.4mm
2009/8/10	731.5mm	26.3mm
2009/8/11	153.5mm	5.5mm
	累積位移量	84mm



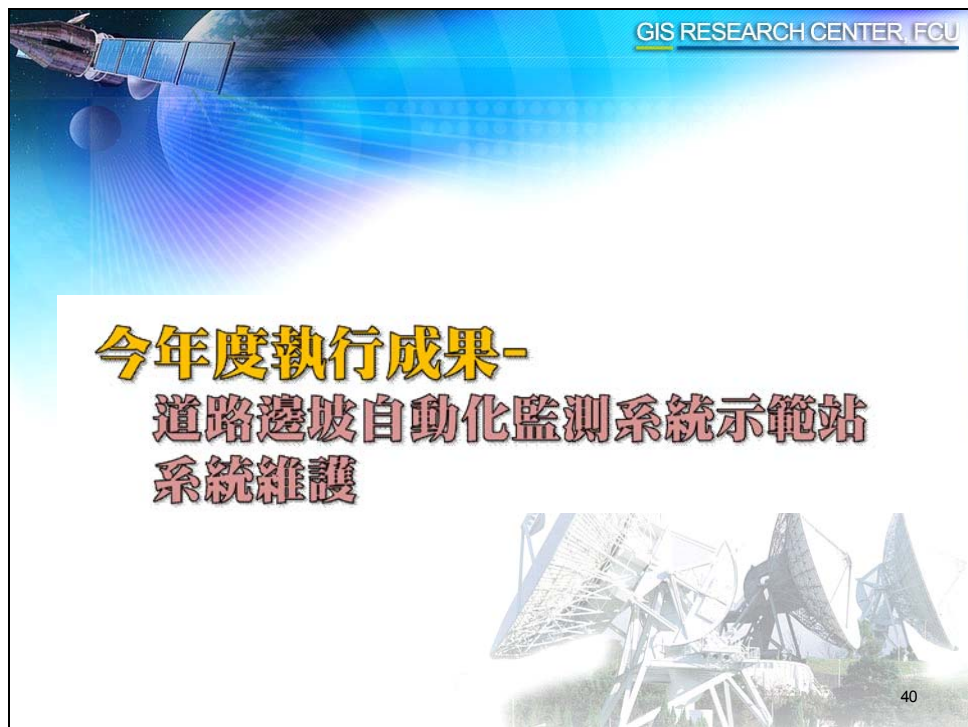
降雨強度與GPS1之E坐標滑動位移比較圖

降雨強度與GPS2之E坐標滑動位移比較圖









自動化監測系統示範站系統維護

監測位置調整作業

- 莫拉克風災造成原GPS8天線毀損
- 該處為重點觀測區，本計畫將GPS5天線移至GPS8位置持續進行觀測

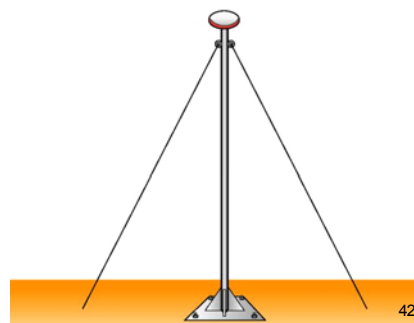
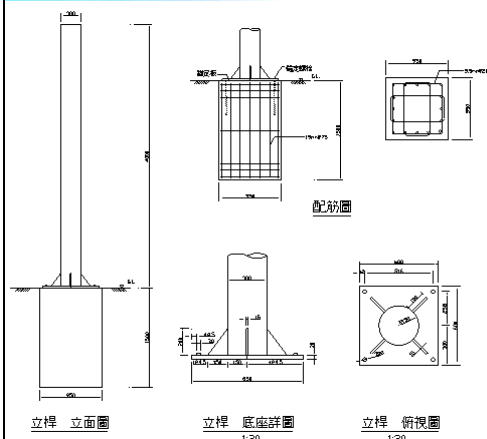


41

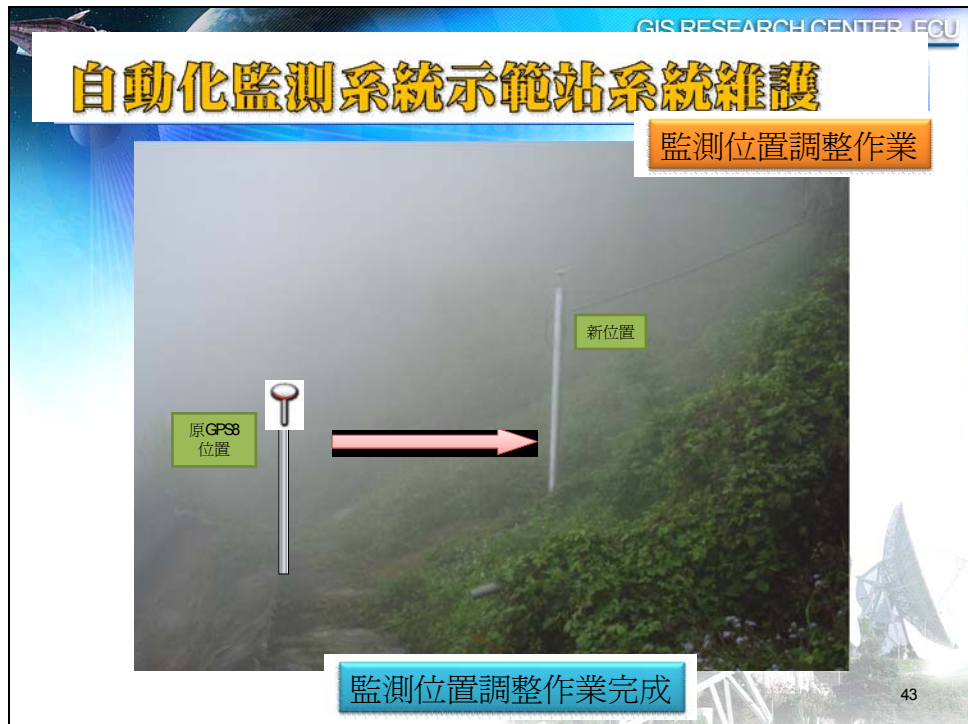
自動化監測系統示範站系統維護

監測位置調整規劃

- 現有設備拆除遷移
- 自立桿架設
- 線路配置



42



GIS RESEARCH CENTER, ECU

自動化監測系統示範站系統維護

➡ 資料接收中心機房

- GPS基站天線 (Base) : 1組
- 工業級電腦 : 1組
- 多天線GPS解算軟體 : 1組
- 衛星傳輸設備 : 1組

➡ 前端GPS接收天線

- 多天線GPS天線及線路 : 7組
- 多天線GPS主機 : 1組
- 多天線GPS類比數位轉換器 : 1組
- 電源供應器 : 1組
- 儀器設備機箱 : 1組

44

自動化監測系統示範站系統維護

- ▣ 每月至少一次維護作業
- ▣ 監測系統及資料庫更新維護
- ▣ 伺服器系統病毒碼更新及資安檢測工作
- ▣ 檢視GPS儀器設備外觀及線路完整性檢視工作
- ▣ 資料接收中心主體結構及儀器設置處所周邊環境清潔維護
- ▣ 其他甲方臨時要求處理事項

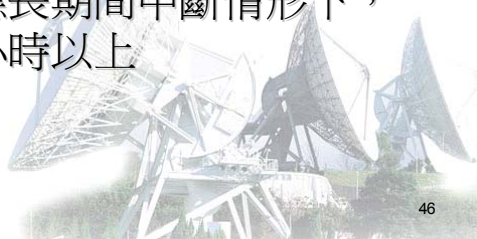
現已完成14次維護作業



45

自動化監測系統示範站系統維護

- ▣ 颱風期間為觀測作業最重要的時刻，但颱風豪雨期間卻時常發生電力中斷，觀測資料無法順利接收處理的問題，造成觀測資料不連續
- ▣ 透過備源電力系統建置，可以在颱風豪雨期間，台電電力供應長期間中斷情形下，仍能正常運作達72小時以上



46

自動化監測系統示範站系統維護

增設備援電力



發電機房已架設完成

47

自動化監測系統示範站系統維護

增設備援電力

- ▣ 電源自動切換器(ATS)*1
- ▣ 柴油發電機*1
- ▣ UPS*1
- ▣ 50AH電池*16



柴油發電機



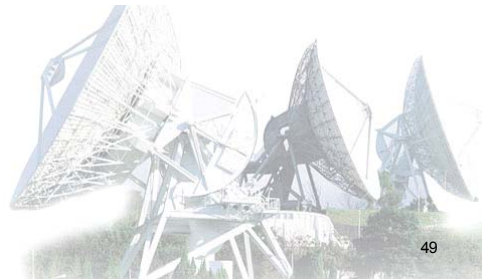
電源自動切換器(ATS)



電池組

48

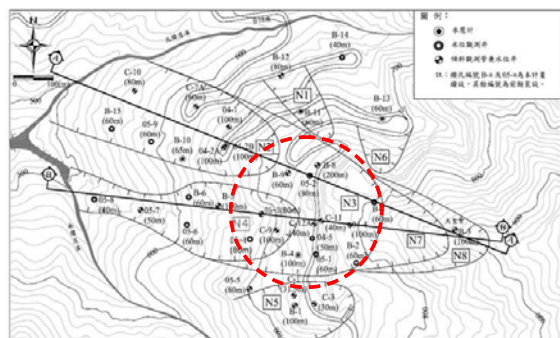
利用參考站提升GPS量測精度

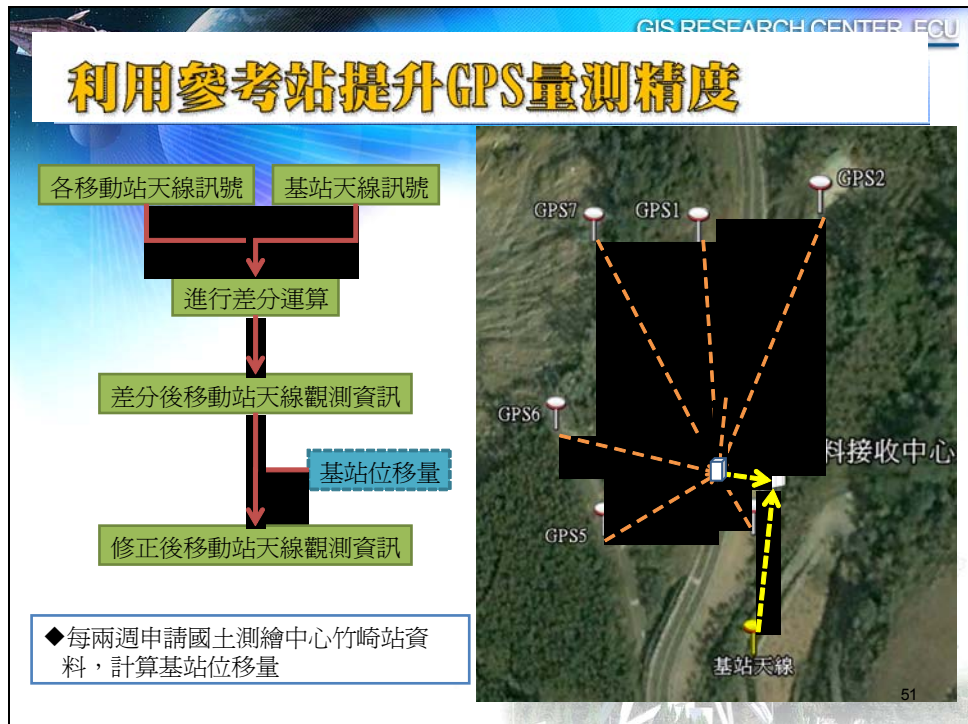


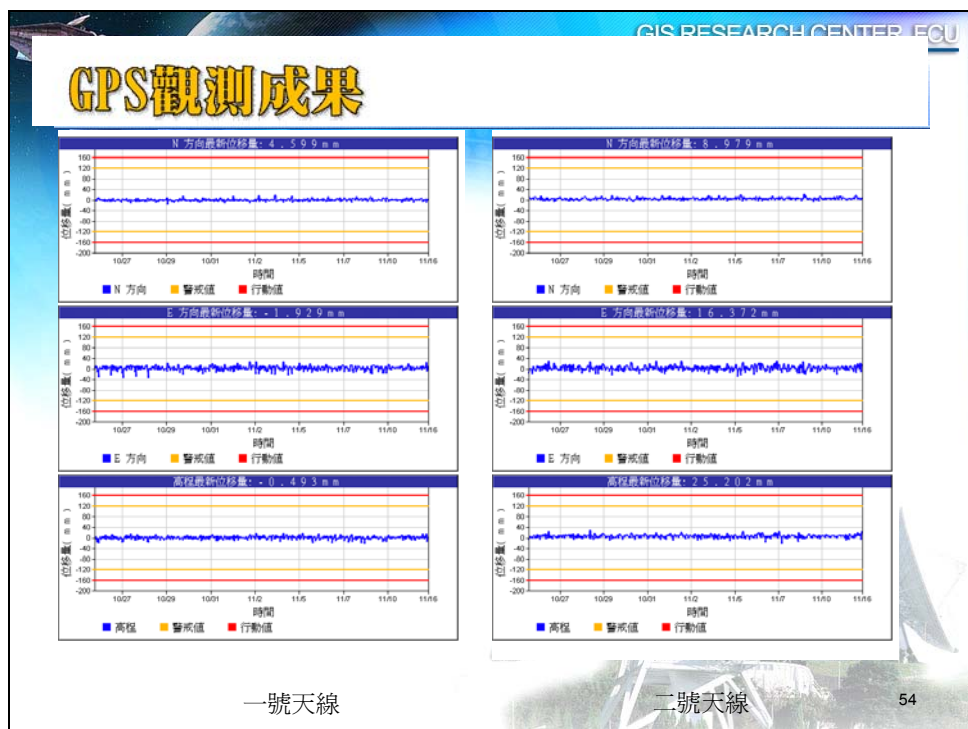
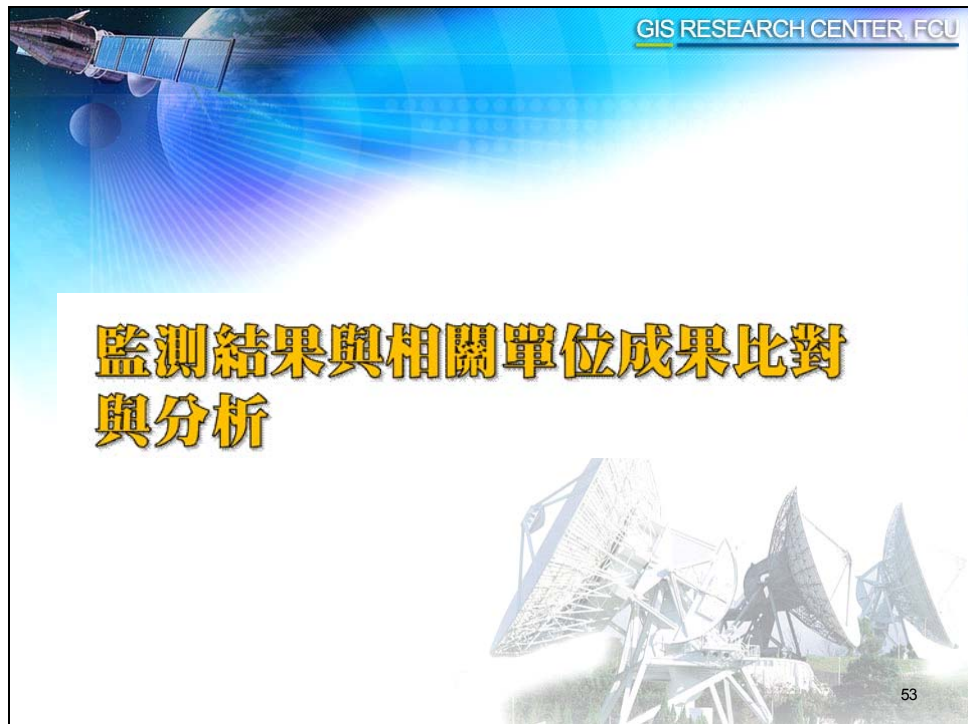
49

利用參考站提升GPS量測精度

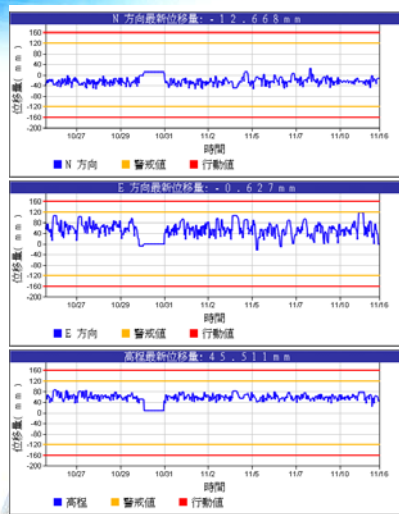
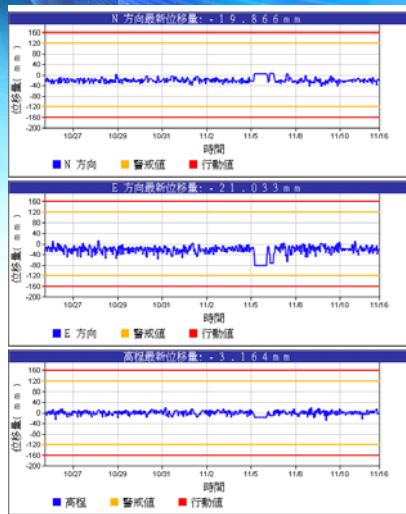
- 本計畫利用架設於資料接收中心附近之基站天線接收之訊號修正各觀測天線之訊號
- 基站天線與各觀測天線位於同一塊體，基站天線亦有位移之狀況發生
- 本計畫每兩星期申請一次，取得國土測繪中心竹崎站之衛星觀測資料，利用竹崎站之資料取得基站天線之位移量，進一步修正各天線之位移量。





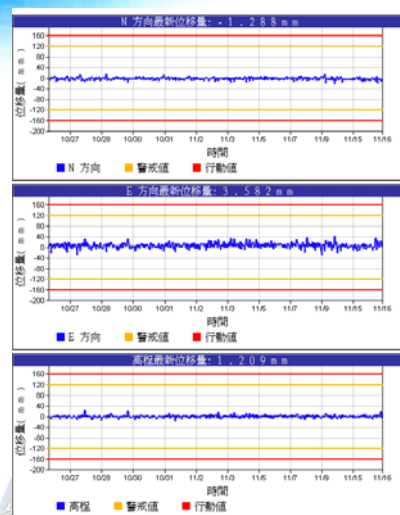
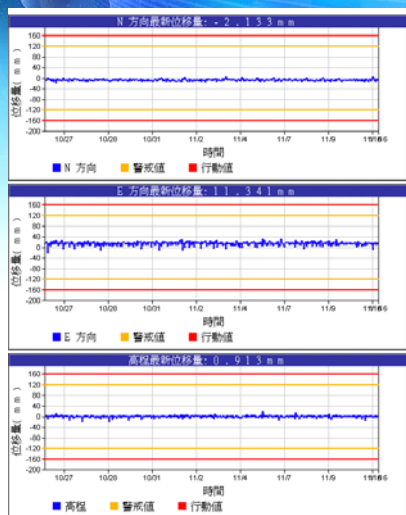


GPS觀測成果



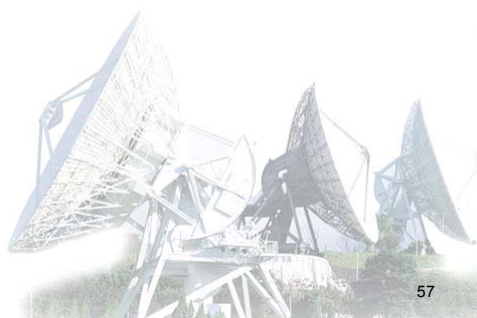
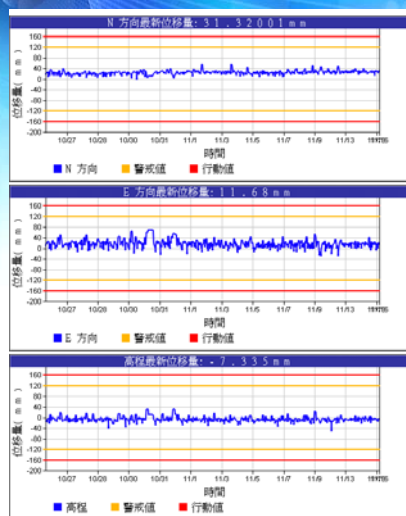
55

GPS觀測成果



56

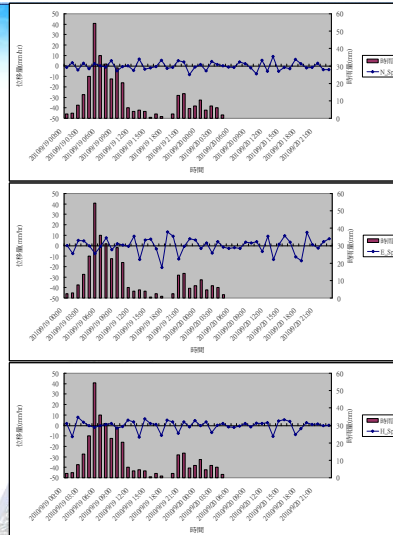
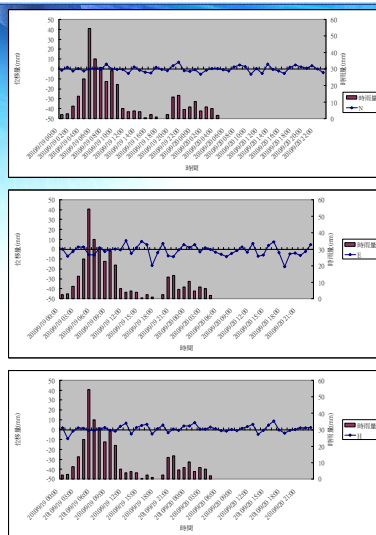
GPS觀測成果



57

觀測成果

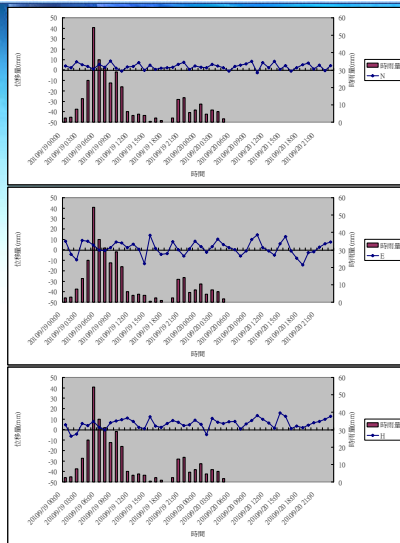
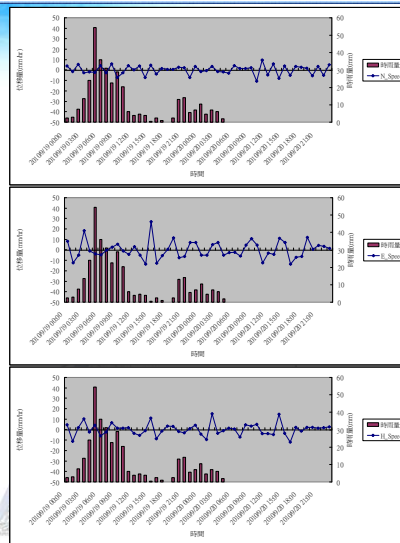
2010年9月19日~2010年9月20日凡那比颱風期間



58

觀測成果

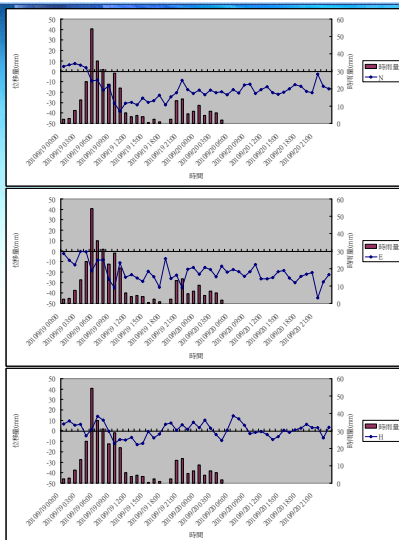
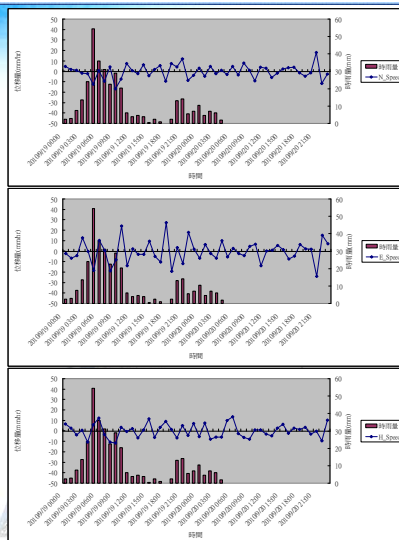
2010年9月19日~2010年9月20日凡那比颱風期間

二號天線
位移量二號天線
速度量

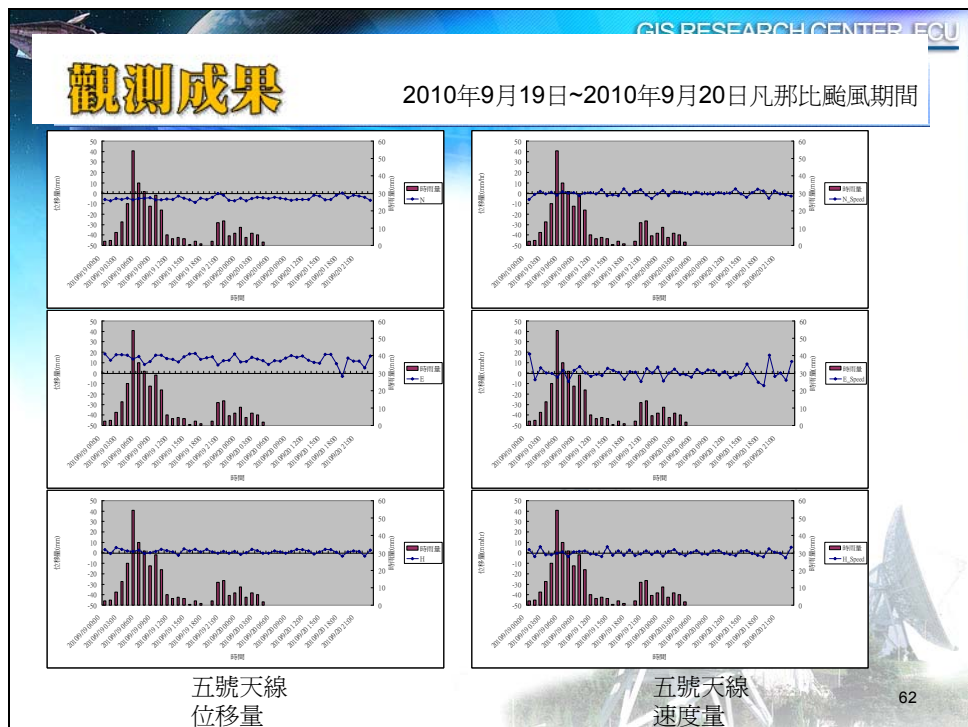
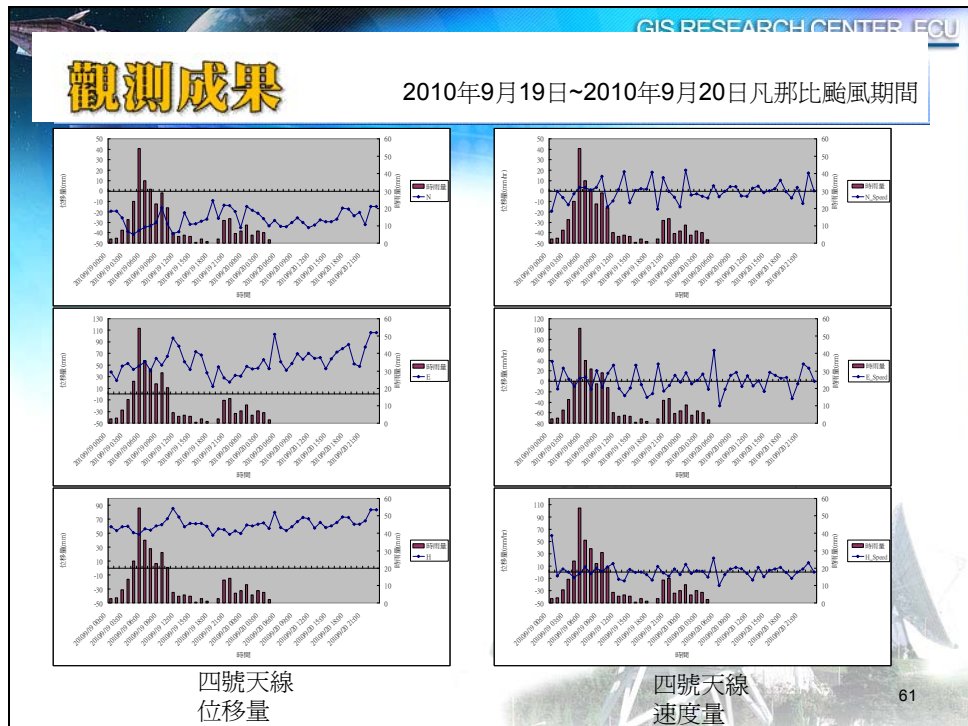
59

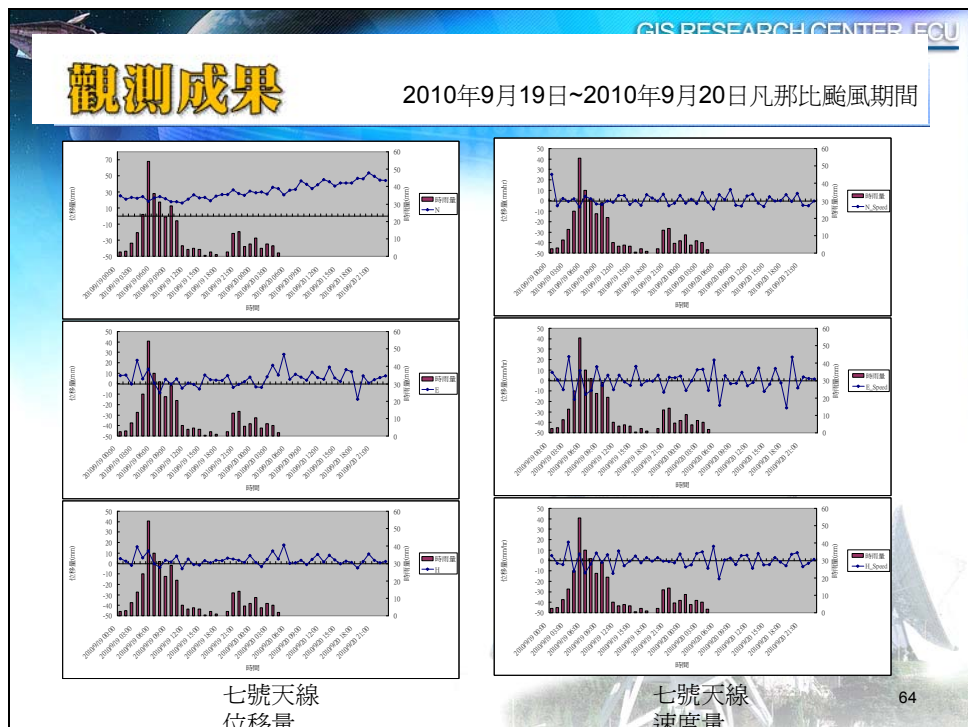
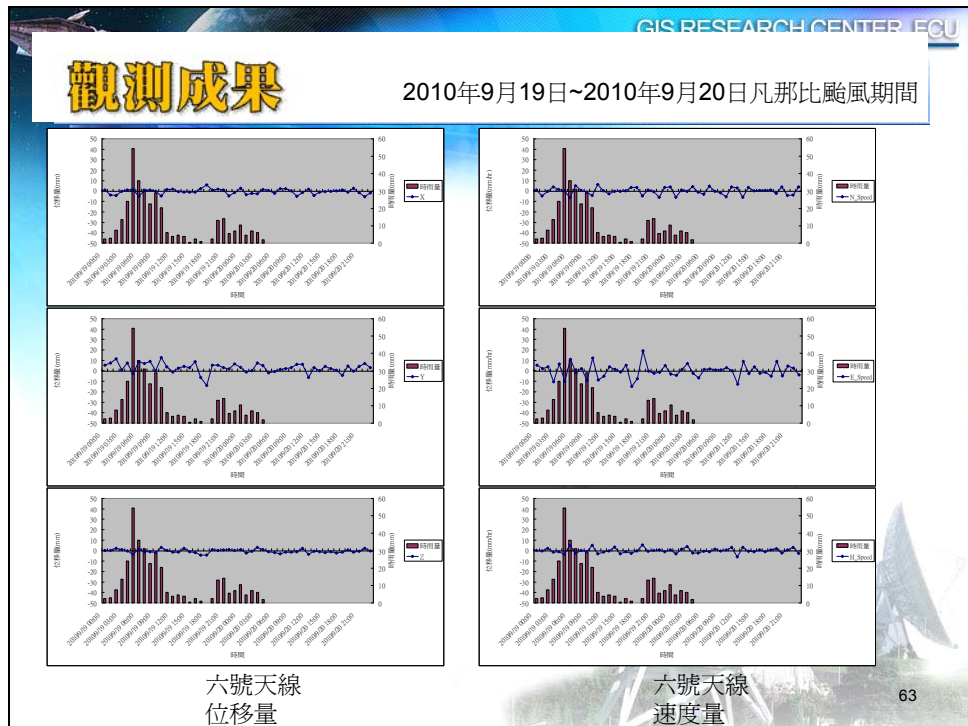
觀測成果

2010年9月19日~2010年9月20日凡那比颱風期間

三號天線
位移量三號天線
速度量

60





台18線第六彎GPS測點量測結果

- ◆ 基站天線向北位移3cm,向西位移1.96cm
- ◆ 修正後各GPS測量點均朝西北向移動
- ◆ 各站已透過Web Services, 提供資料



65

監測結果與相關單位成果比對與分析

現地全球定位系統靜態監測

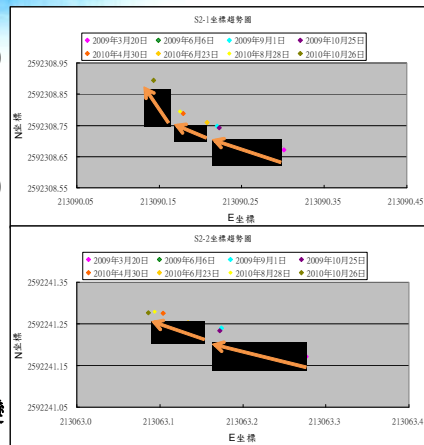
- 確認裝上於自立桿上之位移量與地表位移量之關係，並藉由現場量測工作，建立天線端與地表之化算關係式
- 量測第二彎、新第四彎及第六彎之地表位移量
- 本計畫預定進行四次現場測量工作
 - 第二、四、六、八月各進行一次量測工作



監測結果與相關單位成果比對與分析

第二彎測點位移趨勢分析

- **S2-1**從2009年10月25日到2010年10月26日間約向北移動了17.7cm，向西移動約10.6cm，平均每月向西北方向移動1.72cm
- **S2-2**從2009年10月25日到2010年10月26日間約向北移動了6cm，向西移動約11.8cm，平均每月向西北方向移動1.1cm
- 原**S2-3**點位於莫拉克風災遭土石掩埋，本計畫於附近選一新**S2-3**點，並於去年9月1日和10月25日進行現場測量，兩個時期間位移量無太大變化，今年4月30日靜態測量發現新**S2-3**再遭受破壞，於附近重新佈設新點**S2-3**施測，之後進行3次測量，亦無太大變化，平均每月向西北方向移動1cm

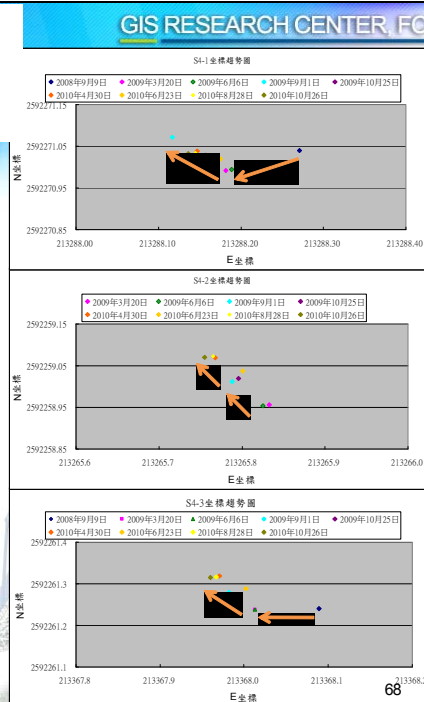


67

監測結果與相關單位成果比對與分析

第四彎測點位移趨勢分析

- **S4-1**從2009年10月25日到2010年10月26日間約向南移動了2cm，向西移動約0.9cm，平均每月向西北方向移動0.18cm
- **S4-2**從2009年10月25日到2010年10月26日間約向北移動約9cm，向西移動約6.6cm，平均每月向西北方向移動0.93cm
- **S4-3**從2009年10月25日到2010年10月26日間約向北移動約6.6cm，向西移動約5.3cm，平均每月向西北方向移動0.71cm

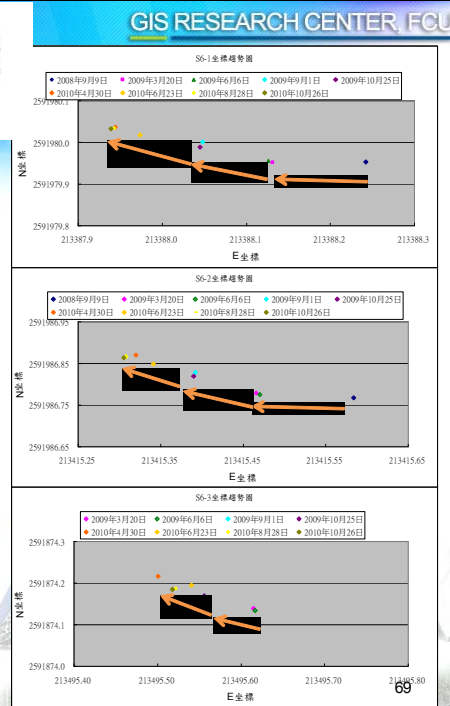


68

監測結果與相關單位 成果比對與分析

第六彎測點位移趨勢分析

- S6-1從2009年10月25日到2010年10月26日間約向北移動了5.1cm，向西移動約13.9cm，平均每月向西北方向移動1.23cm
- S6-2從2009年10月25日到2010年10月26日間約向北移動了5.6cm，向西移動約10.8cm，平均每月向西北方向移動1.01cm
- S6-3從2009年10月25日到2010年10月26日間約向北移動了3.7cm，向西移動約7.8cm，平均每月向西北方向移動0.72cm



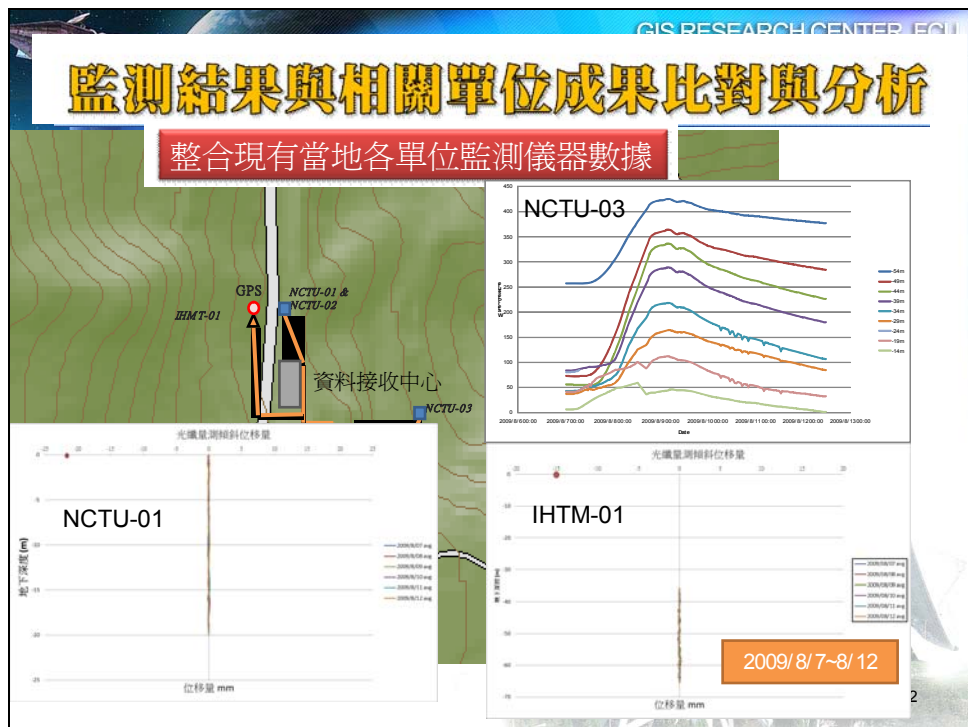
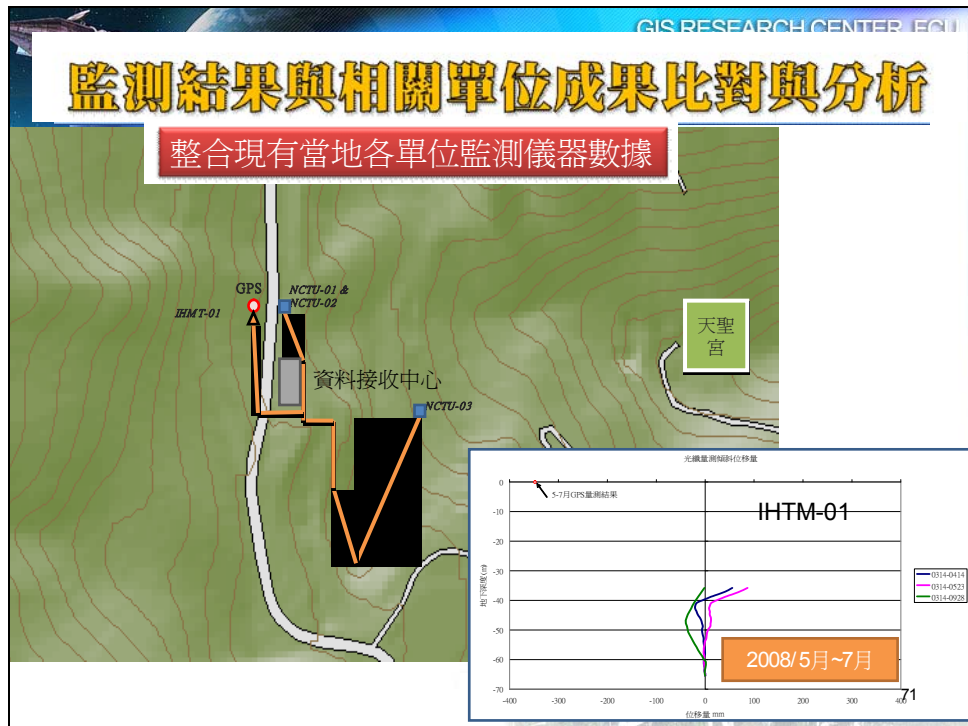
監測結果與相關單位成果比對與分析

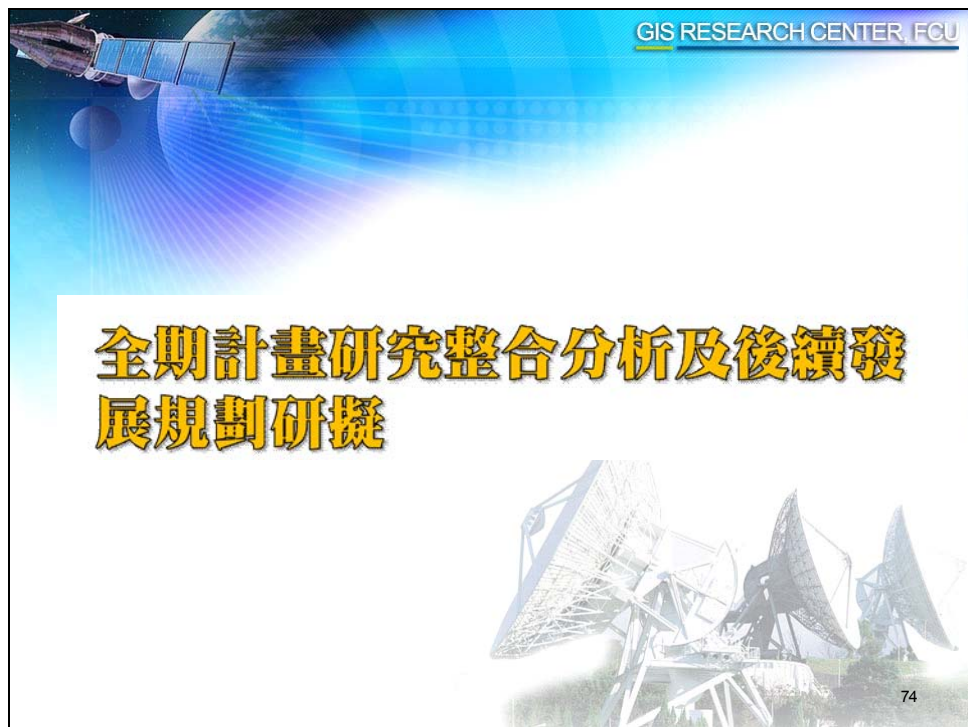
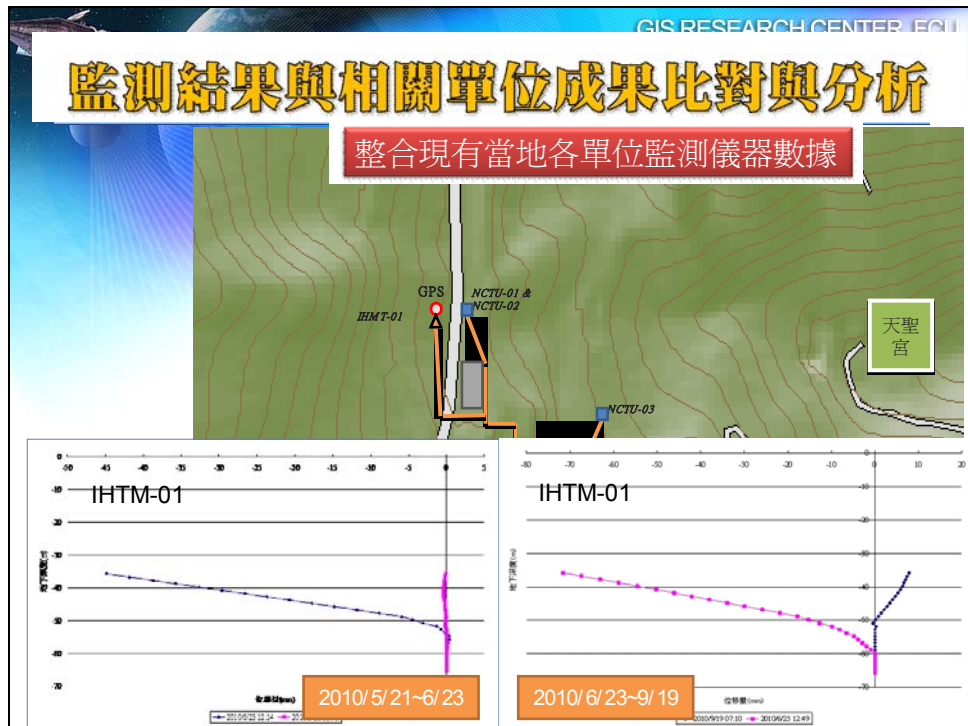
歷次靜態測量成果

現地全球定位系統靜態監測

N座標	2008/9/9	2009/3/20	2009/6/6	2009/9/1	2009/10/25	2010/4/30	2010/6/23	2010/8/28	2010/10/26
S2-1		2592308.671	2592308.683	2592308.747	2592308.743	2592308.788	2592308.759	2592308.794	2592308.895
S2-2		2592241.171	2592241.178	2592241.24	2592241.234	2592241.275	2592241.252	2592241.279	2592241.277
S2-3		2592275.011	2592275.026	2592271.557	2592271.55	2592271.611	2592271.586	2592271.612	2592271.611
S4-1(原測站六-1)	2592271.04	2592270.992	2592270.994	2592271.071	2592271.028	2592271.038	2592271.019	2592271.033	2592271.032
S4-2		2592258.956	2592258.954	2592259.012	2592259.02	2592259.069	2592259.037	2592259.073	2592259.07
S4-3(原測站七)	2592261.241	2592261.238	2592261.238	2592261.28	2592261.272	2592261.319	2592261.288	2592261.317	2592261.315
S6-1(原測站一)	2591979.953	2591979.952	2591979.956	2591980.001	2591979.989	2591980.037	2591980.018	2591980.034	2591980.033
S6-2(原測站二)	2591986.768	2591986.779	2591986.775	2591986.829	2591986.819	2591986.87	2591986.849	2591986.866	2591986.864
S6-3		2591874.139	2591874.134	2591874.169	2591874.169	2591874.216	2591874.195	2591874.187	2591874.185
E座標	2008/9/9	2009/3/20	2009/6/6	2009/9/1	2009/10/25	2010/4/30	2010/6/23	2010/8/28	2010/10/26
S2-1		213090.301	213090.296	213090.22	213090.223	213090.179	213090.208	213090.175	213090.143
S2-2		213063.276	213063.262	213063.174	213063.172	213063.104	213063.134	213063.094	213063.086
S2-3		213096.522	213096.514	213104.853	213104.859	213104.798	213104.831	213104.796	213104.789
S4-1(原測站六-1)	213288.271	213288.182	213288.189	213288.117	213288.157	213288.147	213288.175	213288.145	213288.136
S4-2		213265.833	213265.825	213265.788	213265.796	213265.768	213265.801	213265.765	213265.755
S4-3(原測站七)	213368.089	213368.013	213368.013	213367.982	213367.986	213367.971	213368.002	213367.967	213367.96
S6-1(原測站一)	213388.192	213388.081	213388.076	213387.998	213387.995	213387.894	213387.924	213387.893	213387.889
S6-2(原測站二)	213415.584	213415.466	213415.47	213415.392	213415.39	213415.32	213415.341	213415.308	213415.305
S6-3		213495.615	213495.617	213495.556	213495.556	213495.501	213495.541	213495.522	213495.518

●各點位於莫拉克風災後均有明顯位移



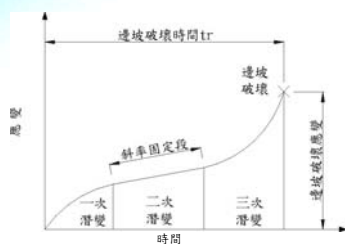


全期計畫研究整合分析及後續發展規劃研擬

綜合分析研判

事前型指標：雨量

地表上事發型指標：GPS位移



管理等級	注意	警戒	疏散
降雨強度 (mm/day)	100	200	300
位移速率 (mm/day)	3.6	7.2	10.8

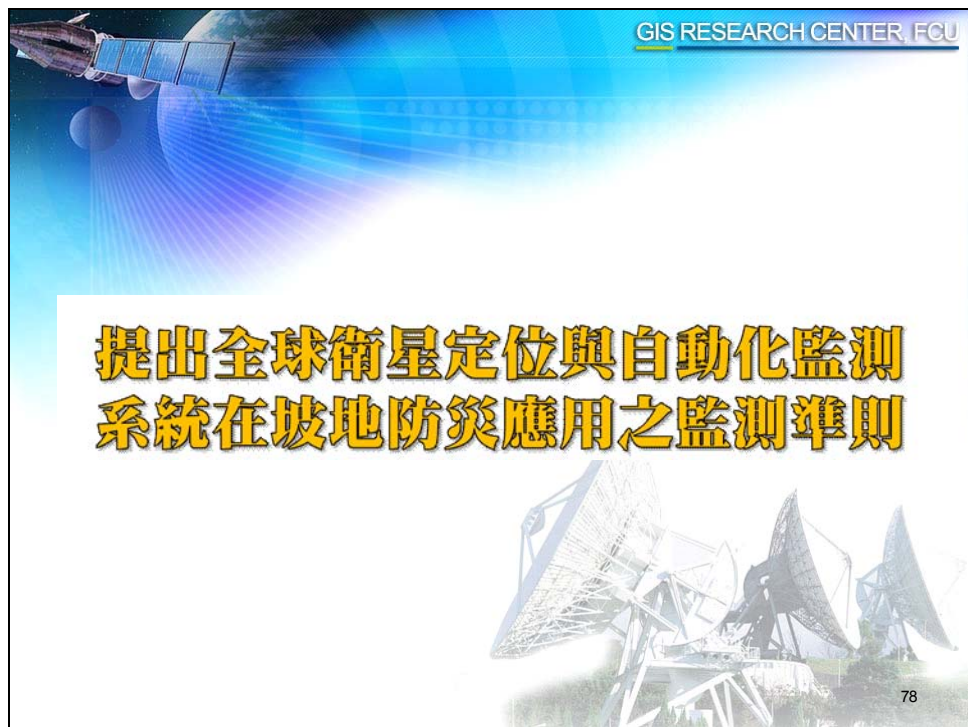
75

全期計畫研究整合分析及後續發展規劃研擬

未來可行之研究方向

- GPS長期監測地滑系統若要達到即時監測，可將移動的時間縮短，並利用取移動平均及依照管理基準值發撰寫佈警報程式，可即時得知現地滑動的情形。
- 可由GPS後續監測地滑資料，將本研究所訂定的GPS長期監測地滑管理基準值修正，且可將影響地滑的因素，如：地下水與降雨量等，與GPS監測地滑資料一併考慮，完善的擬定出地滑警報系統。
- 將現地所架設的GPS監測儀器所接收的衛星資料定期與距離最近之衛星追蹤站解算，求得實際的座標，可作為現地進行大範圍快速靜態測量的參考點，使得欲求點與參考點距離接近，增加快速靜態測量的準確性。
- 於滑動區域內可多架設幾台GPS監測儀器，更可準確的掌握出大範圍滑動區內地滑的情形及趨勢。

76



提出全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災應用之監測準則

GPS衛星定位選點要點

- ➡ 對空通視良好(接收儀仰角 15度以上不可有障礙物)
- ➡ 於基站部分之地質在監測期間要確保穩固。
- ➡ 遠離大功率無線電或電磁波發射源。
- ➡ 避免位於大型結構物或大面積水域旁，以減少多路徑效應。
- ➡ 爲了印證一機多天線的結果，靜態基線測量適用高精度控制網測量。如地殼變動監測，大區域之大地控制網等。接收儀於待測點靜止至少一小時以上。

79

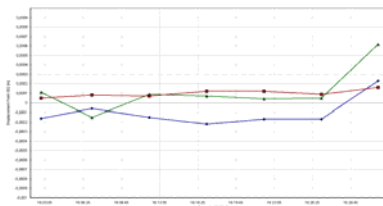
提出全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災應用之監測準則

GPS方法與傳統測量比較

項目	傳統測量方法	GPS方法
測量位置	優先考慮山頂以得良好通視	觀測站間無需通視，可選交通方便、最接近所要觀測測區之處
通視要求	現場勘查必要時得進行通視計算	沒有測站互相間通視問題，但需考慮測站間透空良好。
觀測時間	需持續較長久時間	時間短，甚至可動態即時觀測。
儀器保護	需防太陽直射	不需要
天候狀況	黑夜、雨天無法觀測	可全天候觀測
操作人員	必須爲熟練之測量人員	無須熟練人員即可操作
數據處理	需爲測量專業人員進行控制網平差計算。	可用模組式自動計算，不一定需爲專業人員才可進行
所得數據	平面 (N , E) 與高程 (H) 分測	三維 (N , E , H) 一次完成 ⁸⁰

全測站遠端即時監測系統 (1/3)

全測站經緯儀



- 硬體概述：
 - 測角精度：0.5" or 1"
 - 測距精度：0.8 mm + 1 ppm
 - FineLock 精度：<1 mm at 300 m
 - MagDrive™、SurePoint™
 - 可選用長距離LongRange FineLock™
 - 精度：<10 mm at 2,500 m
- 軟體概述：
 - 可靠的自動連續持續性監測測量作業
 - 全自動警報告知系統
 - 完善的圖形化形變分析
 - 遠端WEB版的即時監測
 - 可結合GPS即時解算提供完整的監測功能

全測站遠端即時監測系統 (2/3)



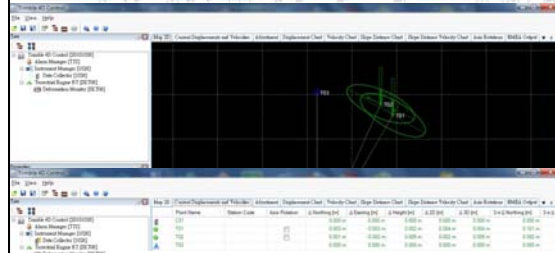
五灣仔現地實測

- 現場天氣狀況：有霧氣、無雨
- 觀測時間：三小時
- 方法：派員現場架站(C01)
- 觀測點位：1校正點(T03)及2監測點(T01, T02)
- 觀測距離：650M~750M
- 自動觀測時間間距：5分鐘



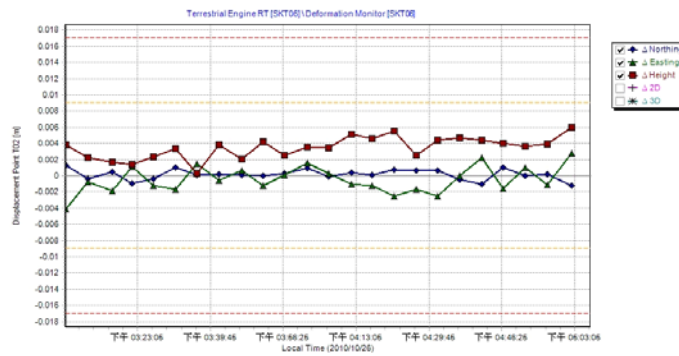
全測站遠端即時監測系統 (3/3)

FCU



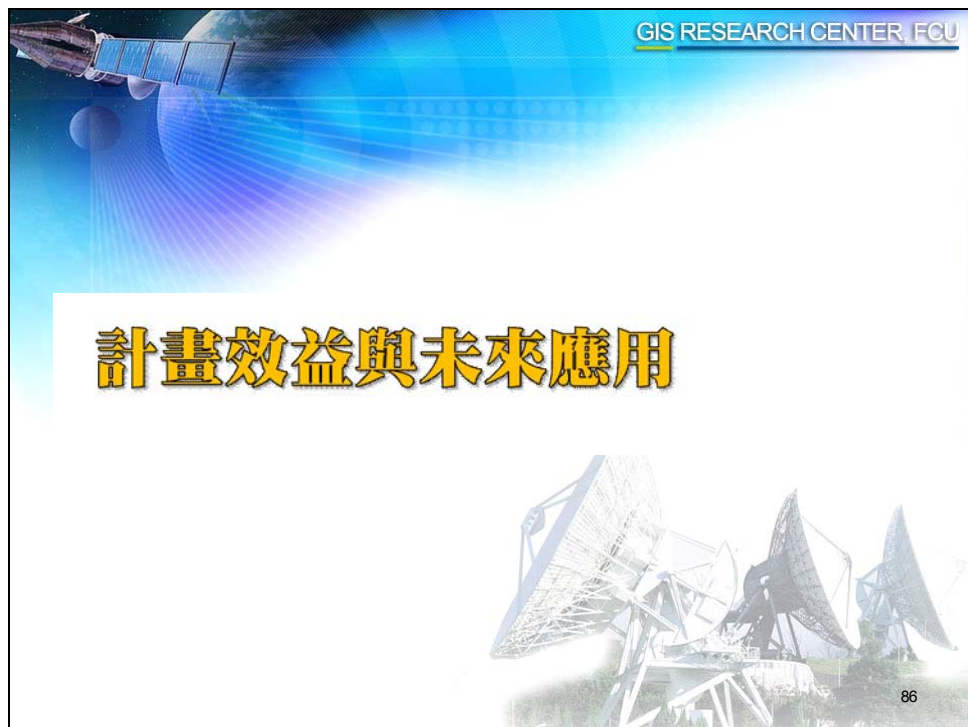
• 監測分析報告

- 平面誤差小於0.004m 高程誤差小於0.006m
- 距離誤差小於0.002m
- 排程施測並無因有霧而無法施測
- 可提供有效的自動監測及預警功能



GIS RESEARCH CENTER, FCU

專案時程及執行成果



計畫效益與未來應用

計畫效益

- ➔ 本計畫自動化監測系統可瞭解坡地地滑位移速度及趨勢，提供公路單位瞭解坡地狀況，以設計有效之道路邊坡穩定工程，避免工程設施重覆建設，節省公帑。
- ➔ 本計畫所採用之一機多天線GPS系統，大幅降低國內以一天線對應一主機之GPS儀器經費，有效降低監測系統儀器成本達35%。
- ➔ 本計畫已完成邊坡地滑警戒值之研擬，可供相關單位參考。
- ➔ 本計畫所建置之系統網站，可提供公路總局第五區工程處第六彎地區即時降雨資料與地滑災害資訊，可作為道路通阻管制之依據，降低用路人傷亡情事發生。
- ➔ 透過本計畫系統監測成果可瞭解坡地滑動趨勢，透過現場觀測監測可增加災前準備時間，事先防範災害發生。

87

計畫效益與未來應用

未來應用

- ➔ 透過本計畫之監測系統執行經驗，可提供國內坡地防災監測主管機關參考應用，如公路總局、高速公路局等邊坡災害監測參考應用依據。
- ➔ 本計畫所建置之系統網站，可提供各單位上網查閱第六彎地區即時降雨資料與地滑災害資訊。
- ➔ 研究成果顯示，從第二彎到第六彎處五彎仔地區仍持續地滑中，建議持續進行監測作業，並將監測範圍擴展到第二彎處。
- ➔ 本計畫已執行四年，一機多天線主機、資訊網路等設備已屆使用年限，現地環境惡劣內部線路亦多鏽蝕，建議相關單位可考慮採購相關設備以利系統持續順利運作。

88

