

「98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作」

工作總報告書



委託單位： 內政部國土測繪中心

建置單位： 中興測量有限公司

合約編號： NLSC-98-49

中華民國九十九年十二月十六日

計畫名稱：98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作

簽證技師：鄭鼎耀

技師執業執照號碼：技執字第 005684 號

執業機關名稱：中興測量有限公司

技師科別證書字號：測量科 台工登字第 014428 號

法令依據：依技師法第十二條第三項規定訂定之。

委託單位：內政部國土測繪中心

地址：40873 台中市黎明路 2 段 497 號 4 樓

委託事項：1.控制測量 2.光達測量

3.數值高程模型 4.成果報告

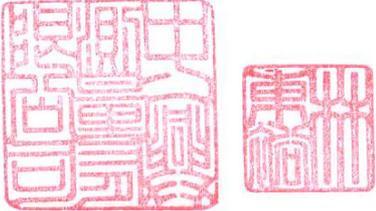
測量單位：中興測量有限公司

地址：台中市西區忠仁街 159 號

簽證範圍、內容及項目：依『委託事項』辦理之相關測量成果，其詳細內容如本測量成果報告書內文所載。

簽證意見：所有簽證項目均符合合約工作規範說明書之各項要求。

簽證日期：99 年 09 月 24 日

承辦廠商簽章	測量技師簽章
	 

摘 要

臺灣地區地處西太平洋，屬高山海島形態，地形陡峻、河川多短促而湍急、降雨強度集中，每年侵襲颱風平均約 3.5 次，豪大雨數十次。尤其在受到 921 集集大地震的衝擊後，使得土壤岩層變得更加鬆散脆弱，鬆散的地表岩土受到雨水沖刷而塌落於河道中，形成土石流災害，因此山區每遇颱風豪雨便經常一夕成災。為建立完善的防災機制而執行之各項研究規劃，均需要詳盡精確之地文資料，如高精度及高解析度的地球表面自然地貌起伏之數值高程模型（Digital Elevation Model，簡稱 DEM）及包含地表最上層人工構造與植被等覆蓋物之數值地表模型（Digital Surface Model，簡稱 DSM），作為各項研究規劃工作的基礎。內政部於 93 年依據臺灣地區密切需求，研擬「高精度及高解析度數值地形模型測製計畫」，並考量推廣空載光達雷射掃描新科技，改善航空攝影測量技術於植被濃密地區無法精確獲取真實地貌資訊的缺點，於子計畫中推動「辦理 LiDAR 測區之高精度及高解析度數值地形測繪、資料庫建置與應用推廣工作案」，應用空載雷射掃描技術（Airborne Laser Scanning）完成臺灣西部平原丘陵地區近 6,000 平方公里掃描作業及 DEM、DSM 製作，並提出「應用空載光達生產數值地形模型之製作規範及標準作業程序」，供未來執行相關類型計畫參考。內政部及內政部國土測繪中心為建立國內各地區完整之高精度高解析度數值地表模型與數值高程模型，爰廣續推動「以空載光達技術辦理河川及洪氾溢淹地區及中高海拔山區數值地形測製與研究」、「96 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作」、「97 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作」及本案「98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作」，期以空載光達技術建立國內高精度及高解析度數值地形模型測製作業。

本次作業共完成小琉球地區 6 幅、綠島地區 6 幅及大、小蘭嶼地區 19 幅共 31 幅數值地表模型 DSM 及數值高程模型 DEM 製作。並以 VRS-RTK 搭配傳統經緯儀進行地面檢核點高程(橢球高)實測作業，共計檢核 421 點，其中，在小琉球共檢核了 171 點，包含裸露地檢核 25 點，

均方根差為 0.078 公尺；矮植被區檢核 25 點，均方根差 0.067 公尺；植生地檢核 21 點，均方根差 0.223 公尺；林地檢核 23 點，均方根差 0.216 公尺；剖面檢核 10 點，均方根差 0.119 公尺；溼地檢核 25 點，均方根差 0.081 公尺；都會區檢核 22 點，均方根差 0.105 公尺；正高點檢核 20 點，均方根差為 0.548 公尺，標準偏差則為 0.049 公尺。在綠島共檢核了 65 點，包含裸露地檢核 8 點，均方根差為 0.079 公尺；矮植被區檢核 7 點，均方根差 0.058 公尺；植生地檢核 7 點，均方根差 0.251 公尺；林地檢核 6 點，均方根差 0.086 公尺；剖面檢核 13 點，均方根差 0.113 公尺；溼地檢核 8 點，均方根差 0.093 公尺；都會區檢核 8 點，均方根差 0.082 公尺；正高點檢核 8 點，均方根差為 0.851 公尺，標準偏差則為 0.035 公尺。在蘭嶼共檢核了 184 點，包含裸露地檢核 21 點，均方根差為 0.086 公尺；矮植被區檢核 20 點，均方根差 0.046 公尺；植生地檢核 22 點，均方根差 0.200 公尺；林地檢核 24 點，均方根差 0.197 公尺；剖面檢核 35 點，均方根差 0.066 公尺；溼地檢核 20 點，均方根差 0.158 公尺；都會區檢核 22 點，均方根差 0.096 公尺；正高點檢核 21 點，均方根差為 1.478 公尺，標準偏差則為 0.117 公尺。

正高點檢測成果存在一個約莫 55 公分~1.48 公尺之系統差，由於三個區域裸露地及橫斷面等區域之成果均無明顯之系統差，因此可推論使用之 2005 大地起伏模式與實際高程控制點引測之高程點間存在大地起伏不符狀況，經統計小琉球、綠島及蘭嶼區域已知點位置之控制測量橢球高減去正高值與其同點 2005 年大地起伏值之比較後，可發現存在系統誤差依序為 0.53、0.80 及 1.59 公尺。因此進一步的分析三個離島之 2005 大地起伏值之系統差有其必要性。

以本案測製經驗，於檢測成果獲致相當符合規範之精度，以之與內政部公布之 5 公尺網格數值高程模型精度比較，本案測製成果應優於該 5 公尺網格數值高程模型精度要求，而兩者存在之精度差異緣由，應是：一為內政部 5 公尺 DEM 製作之特徵點選取有無法穿透樹林之虞，二為其內插取樣有錯誤。另也須加上現況變遷及離島存在之正高系統誤差。

目 錄

摘 要	i
目 錄	i
壹、前言	1
一、計畫背景	1
二、計畫範圍及目的	3
(一) 小琉球地區	7
(二) 綠島地區	7
(三) 蘭嶼地區	8
三、計畫內容	10
貳、作業流程及工作執行成果	15
一、作業流程	15
二、飛航計畫	17
(一) 飛航申請	17
(二) 航線規劃	17
(三) GPS 基站規劃	20
三、空載光達系統率定	21
(一) 空載雷射掃描儀系統描述	21
(二) 率定場設置介紹	22
(三) 率定成果與報告	31
四、地面控制測量	35
(一) 小琉球地區	35
(二) 綠島地區	47
(三) 蘭嶼地區	58
五、飛航成果	68
(一) 掃描資料處理計算	68
(二) 下載 LIDAR 資料	68
(三) 動態差分 GPS 處理與 POS 數據處理	68

(四) 雷射點雲計算	69
(五) 掃描點雲計算及說明	69
(六) 點雲涵蓋圖	79
(七) 點雲密度計算	81
六、 航帶平差及誤差分析	83
(一) 作業標準	83
(二) 航帶精度分析及平差處理	83
七、 光達資料處理、分類及成果產製	99
(一) 點雲資料處理	99
(二) 點雲資料分類後地面測點與非地面測點數據統計	101
(三) DEM 及 DSM 成果產製	103
(四) 正高改算	105
參、 DSM 及 DEM 精度評估	106
一、 分析方法	106
二、 DEM 精度評估作業項目	107
三、 檢核點分布圖	108
四、 精度檢核成果	111
肆、 DEM 與現有成果之比較	120
一、 分析方法	120
二、 研究位置	120
三、 比較結果	122
四、 結果分析	127
伍、 檢討與建議	128
陸、 參考文獻	130
附件一 執行實況照片	
附件二 測區天氣及潮汐資料	
附件三 系統率定報告	
附件四 點雲產出紀錄表	
附件五 控制測量外業驗收成果	

附件六 DEM 檢核點外業驗收成果

附件七 期末審查意見表

圖 目 錄

圖 1-1 小琉球現況圖 (資料來源：屏東縣政府網站)	4
圖 1-2 小琉球作業區 (Google Earth, 2010)	4
圖 1-3 綠島現況 (資料來源：臺東縣綠島鄉公所網站)	5
圖 1-4 綠島作業區 (Google Earth, 2010)	5
圖 1-5 蘭嶼現況 (資料來源：台東縣蘭嶼鄉公所網站)	6
圖 1-6 大、小蘭嶼作業區 (Google Earth, 2010)	7
圖 1-7 實際作業區域範圍(紅色區域為基本圖機密圖幅).....	9
圖 2-1 作業執行流程	15
圖 2-2 作業區之航線規劃圖	19
圖 2-3 地面 GPS 基站點分布圖	20
圖 2-4 POS/AV510 系統照片	22
圖 2-5 率定場位置與現況示意圖	23
圖 2-6 率定場位置圖	24
圖 2-7 經緯儀量測感測器與 GPS 天線的偏心率量率定圖	24
圖 2-8 ALTM 系統之雷射掃描感應箱上	25
圖 2-9 ALTM 掃描器與 GPS 天線間之相對位置關係	25
圖 2-10 PITCH 偏差量示意圖	27
圖 2-11 PITCH 率定方式示意圖	27
圖 2-12 ROLL 偏差量示意圖	28
圖 2-13 ROLL 率定方式示意圖	28
圖 2-14 雷射點之足跡分布圖一	29
圖 2-15 雷射點之足跡分布圖二	29
圖 2-16 99 年 3 月 15 日 (左) Profile 式掃描建築物屋頂面示意圖 (右) Scan 式掃描建築物屋頂面示意圖	32

圖 2-17 平面精度分析表(99 年 3 月 15 日).....	33
圖 2-18 99 年 6 月 9 日 (左) Profile 式掃描建築物屋頂面示意圖 (右) Scan 式掃描建築物屋頂面示意圖	33
圖 2-19 平面精度分析表(99 年 6 月 9 日).....	33
圖 2-20 雷射點比對馬路之高程精度直方圖.....	34
圖 2-21 小琉球地區 GPS 基站分布圖.....	36
圖 2-22 小琉球區平面控制點分布圖.....	37
圖 2-23 小琉球區地面 GPS 基站現場照片.....	38
圖 2-24 小琉球地區 GPS 檢測網形平差圖.....	40
圖 2-25 小琉球區高程控制點分布圖.....	46
圖 2-26 小琉球地區水準觀測現場照片.....	46
圖 2-27 綠島地區 GPS 基站分布圖.....	47
圖 2-28 綠島地區平面控制點分布圖.....	48
圖 2-29 綠島地區地面 GPS 基站現場照片 1.....	49
圖 2-30 綠島地區地面 GPS 基站現場照片 2.....	50
圖 2-31 綠島地區 GPS 檢測網形平差圖.....	53
圖 2-32 綠島地區水準檢測施測照片.....	55
圖 2-33 綠島地區水準檢測分布圖.....	55
圖 2-34 蘭嶼地區 GPS 基站分布圖.....	58
圖 2-35 蘭嶼地區平面控制點分布圖.....	59
圖 2-36 蘭嶼地區地面 GPS 基站現場照片 1.....	60
圖 2-37 蘭嶼地區地面 GPS 基站現場照片 2.....	61
圖 2-38 蘭嶼地區 GPS 檢測網形平差圖.....	64
圖 2-39 蘭嶼地區水準檢測施測照片.....	66
圖 2-40 蘭嶼地區水準檢測分布圖.....	66
圖 2-41 點雲產製處理流程.....	68
圖 2-42 POSPAC 解算成果之示意圖.....	69
圖 2-43 99 年 03 月 17 日小琉球飛航軌跡成果解算圖.....	71
圖 2-44 99 年 05 月 23 日綠島飛航軌跡成果解算圖.....	72

圖 2-45	99 年 06 月 08 日蘭嶼飛航軌跡成果解算圖	73
圖 2-46	99 年 07 月 14 日蘭嶼飛航軌跡成果解算圖	74
圖 2-47	99 年 03 月 17 日小琉球地區航線圖(ALTM30/70)	75
圖 2-48	99 年 05 月 23 日綠島地區航線圖(ALTM30/70)	75
圖 2-49	99 年 06 月 08 日蘭嶼地區航線圖(ALTM30/70)	76
圖 2-50	99 年 07 月 14 日蘭嶼地區航線圖(ALTM30/70)	76
圖 2-51	小琉球地區掃描成果點雲涵蓋圖(ALTM30/70)	79
圖 2-52	綠島地區掃描成果點雲涵蓋圖(ALTM 30/70)	79
圖 2-53	蘭嶼地區掃描成果點雲涵蓋圖(ALTM30/70)	80
圖 2-54	(a)雷射點套疊向量圖顯示平面偏移(b)航帶間差異量形成斑駁	86
圖 2-55	Measure Match 之比對原理	86
圖 2-56	測區之交叉航線處誤差分析圖	88
圖 2-57	測區之重疊航線處誤差分析圖	89
圖 2-58	三維側視圖(a)含地上物 (b)濾除非地面點成果	91
圖 2-59	小琉球匹配區塊選取成果圖(紫色區塊處)	92
圖 2-60	綠島匹配區塊選取成果圖(紫色點處)	92
圖 2-61	蘭嶼匹配區塊選取成果圖(紅色點處)	93
圖 2-62	平差作業流程圖	94
圖 2-63	測區之航線重疊處平差前後平均絕對誤差差量分析	97
圖 2-64	測區之航線重疊處平差前後平均誤差差量分析	98
圖 2-65	小琉球分幅處理示意圖	99
圖 2-66	綠島分幅處理示意圖	100
圖 2-67	蘭嶼分幅處理示意圖	100
圖 2-68	點雲分類成果示意圖	101
圖 2-69	小琉球數值地形成果圖	104
圖 2-70	綠島數值地形成果圖	104
圖 2-71	蘭嶼數值地形成果圖	105
圖 2-72	內政部大地起伏模式圖	105
圖 3-1	點位精度分析設定例	107

圖 3-2 小琉球 DEM 檢核點分布圖	108
圖 3-3 綠島 DEM 檢核點分布圖	109
圖 3-4 蘭嶼 DEM 檢核點分布圖	109
圖 3-5 各種土地分類檢核點現場照片	110
圖 3-6 小琉球地區高程較差直方圖	117
圖 3-7 綠島地區高程較差直方圖	118
圖 3-8 蘭嶼地區高程較差直方圖	119
圖 4-1 現有 DEM 檢核圖幅選擇分布圖	121

表 目 錄

表 1-1 各作業區 1/5000 圖幅號及數量統計表	8
表 1-2 地形類別及其調整參數對照表	12
表 1-3 地表植被覆蓋類別及其調整參數對照表	13
表 2-1 工作進度管控表	16
表 2-2 空載雷射掃描儀儀器規格	22
表 2-3 POS/AV 系統誤差精度表	22
表 2-4 偏心常數值計算表例	26
表 2-5 率定場航線設計表	29
表 2-6 99 年 3 月 15 日 GPS 處理成果	31
表 2-7 99 年 3 月 15 日 GPS 基站資訊	31
表 2-8 99 年 6 月 9 日 GPS 處理成果	31
表 2-9 99 年 6 月 9 日 GPS 基站資訊	31
表 2-10 率定過程中 PITCH、ROLL 值變化表(99 年 3 月 15 日)	32
表 2-11 率定過程中 PITCH、ROLL 值變化表(99 年 6 月 9 日)	32
表 2-12 系統率定高程分析統計表	34
表 2-13 99 年 3 月 15 日率定成果參數表	35
表 2-14 99 年 6 月 9 日率定成果參數表	35
表 2-15 小琉球地區 GPS 檢測觀測時段表	37
表 2-16 小琉球地區控制點坐標成果比較表	39
表 2-17 小琉球地區已知控制點精度檢核表	39
表 2-18 小琉球地區平差後新測點坐標值	40
表 2-19 小琉球地區平面控制最小約制平差後各基線分量值	40
表 2-20 小琉球地區水準檢測計算表	42
表 2-21 小琉球地區水準檢測成果精度表	47
表 2-22 小琉球地區平差後新測點 TWVD2001 高程坐標	47
表 2-23 綠島地區 GPS 檢測觀測時段表	51
表 2-24 綠島地區控制點坐標成果比較表	52

表 2-25 綠島地區已知控制點精度檢核表	52
表 2-26 綠島地區平差後新測點坐標值	53
表 2-27 綠島地區平面控制最小約制平差後各基線分量值	54
表 2-28 綠島地區水準檢測計算成果表-測線一	56
表 2-29 綠島地區水準檢測計算成果表-測線二	57
表 2-30 蘭嶼地區 GPS 觀測時段表	62
表 2-31 蘭嶼地區控制點坐標成果比較表	63
表 2-32 蘭嶼地區已知控制點精度檢核表	63
表 2-33 蘭嶼地區平差後新測點坐標值	64
表 2-34 蘭嶼地區平面控制最小約制平差後各基線分量值	64
表 2-35 蘭嶼地區水準檢測計算成果表	67
表 2-36 各飛航架次作業時間及地點	70
表 2-37 基站資訊	70
表 2-38 飛航軌跡解算成果	70
表 2-39 各作業區之各條航線掃描參數	77
表 2-40 各航線點雲密度分析表	81
表 2-41 小琉球測區之重疊航線處誤差分析表(粗體航線為交叉航帶)....	87
表 2-42 綠島測區之重疊航線處誤差分析表(粗體航線為交叉航帶).....	87
表 2-43 蘭嶼測區之重疊航線處誤差分析表(粗體航線為交叉航帶).....	87
表 2-44 小琉球測區航線重疊處平差前後差量統計表	95
表 2-45 綠島測區航線重疊處平差前後差量統計表	95
表 2-46 蘭嶼測區航線重疊處平差前後差量統計表	96
表 2-47 小琉球各圖幅點雲統計	101
表 2-48 綠島各圖幅點雲統計	101
表 2-49 蘭嶼各圖幅點雲統計	102
表 2-50 小琉球點雲密度統計	102
表 2-51 綠島點雲密度統計	103
表 2-52 蘭嶼點雲密度統計	103
表 3-1 土地分類檢核點實際數量及圖例參照表	108

表 3-2 裸露地地面檢測成果	111
表 3-3 矮植被地面檢測成果	112
表 3-4 植生地地面檢測成果	112
表 3-5 林地地面檢測成果	113
表 3-6 都會區地面檢測成果	114
表 3-7 溼地地面檢測成果	114
表 3-8 橫斷面地面檢測成果	115
表 3-9 正高點地面檢測成果	116
表 3-10 大地起伏值比對表	116

壹、前言

一、計畫背景

由於全球氣候異常，溫室效應使得氣候驟變，水文明顯與過往迥異，近年來許多地區遭受前所未見的災變，在歐洲、中南美洲及美國，如 2005 年侵襲美國紐奧良的卡翠娜颶風，均受大洪水的侵襲；而臺灣則如 2008 年卡玫基颱風，造成 20 人死亡外，還有 6 人失蹤，農業損失逾 12 億元，而 2009 年莫拉克颱風引起的 88 水災更是對中南部地區造成永無抹滅之傷痛，小林村之滅村更加據國人對於國土保育之重視。為建立完善的防災機制而執行之各項研究規劃，諸如水文模擬、逕流模式推估、環境變位監測等工作，均需要詳盡精確之地文資料，如高精度及高解析度的地球表面自然地貌起伏之數值高程模型（Digital Elevation Model，簡稱 DEM）及包含地表最上層人工構造與植被等覆蓋物之數值地表模型（Digital Surface Model，簡稱 DSM），作為各項研究規劃工作的基礎。

內政部於 93 年依據臺灣地區密切需求，研擬「高精度及高解析度數值地形模型測製計畫」，採用航空攝影測量技術製作臺灣地區網格間距為 5 公尺之數值地形模型，並考量推廣空載光達雷射掃描新科技，改善航空攝影測量技術於植被濃密地區無法精確獲取真實地表資訊的缺點，於子計畫中推動「辦理 LiDAR 測區之高精度及高解析度數值地形測繪、資料庫建置與應用推廣工作案」，應用空載光達技術（Airborne Laser Scanning）完成臺灣西部平原丘陵地區近 6,000 平方公里掃描作業及 DEM、DSM 製作，並就執行經驗提出「應用空載光達生產數值地形模型之製作規範及標準作業程序」，供未來執行相關類型計畫參考。惟前述辦理區域以臺灣西部平原丘陵地區為主，內政部及內政部國土測繪中心為建立國內各地區完整之高精度高解析度數值地表模型與數值高程模型，爰廣續推動「以空載光達技術辦理河川及洪氾溢淹地區及中高海拔山區數值地形測製與研究」、「96 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作」、「97 年度以空載

光達技術建立數值地形模型工作」及本案「98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作」，期以空載光達技術建立國內高精度及高解析度數值地形模型測製作業。

空載雷射掃描技術又稱光達 (Light Detection And Ranging, 簡稱 LiDAR) 是以航空器作為雷射掃描儀的載台, 結合雷射掃描系統、掃描儀、GPS 及慣性量測單元(IMU, Inertial Measurement Unit), 掃描測繪地表三維坐標, 使地形測量作業迅速、經濟且準確。目前商業化的技術, 在平坦無植被覆蓋理想的測區, 15 公分高程精度為典型成果。同時, 在森林覆蓋地區具有相當的穿透特性, 可有效同時獲得樹表面高度以及地面高程, 這個特性相較於以往的地形測繪技術(最常用航空攝影測量)在植生覆蓋區受遮蔽而無法測量, 提供了補充測量的優點。空載雷射掃描儀的作業受天候條件之影響亦較航空攝影測量為小, 在少霾及夜間亦可進行作業, 這個特性對於位處亞熱帶多雲的臺灣, 實為重要, 相較於航空攝影或衛星遙測影像而言, 數據獲取更具彈性與效率。由於空載雷射掃描儀使用 GPS、IMU 及全面數值化之特色, 隔日可處理完前一天的數據, 這樣的效能深具救災製圖提供派遣規劃的潛力。國外對空載雷射掃描技術應用已推廣至各項工作, 如地表地形測繪、礦業開發、森林監測、海岸線監控、災害測量、環境景觀回復等多目標應用 (Davenport, 2000; St-Onge and Achaichia, 2001; Utkin et al, 2002); 而國內除內政部積極推動空載雷射掃描應用外, 另有農委會 90-91 年度計畫, 委由國立交通大學於九二一災區等地區掃描數據進行分析, 並提供學術單位進行相關研究 (史天元等, 2002; 邵怡誠、陳良建, 2003; 陳良建等, 2003); 水利署 95 年度辦理外傘頂洲地形變遷研究 (水利署, 2006); 中央地質調查所於 94 年度起辦理「大臺北地區特殊地質災害調查與監測—高精度空載雷射掃描(LiDAR) 地形測製與構造地形分析」等大型空載雷射掃描地形建置研究案。

為引進空載光達測繪技術, 針對不同地形及地貌進行測量、分析及應用推廣等工作, 以評估其精度及適用之區域, 作為將來應用之依據, 內政

部於民國 93 年起辦理「LiDAR 測區之高精度及高解析度數值地形測繪、資料庫建置與應用推廣工作」，此計畫之主要目標為：

- (一) 引進空載光達測繪技術，針對不同地形及地貌進行測量、分析及應用推廣等工作
- (二) 建立 LiDAR 雷射地形測繪系統測製數值高程模型及數值地表模型作業標準程序。
- (三) 三維房屋模型(3D Building Model)的建置可行性分析及測試。

內政部已於完成 93 年度『LiDAR 測區之高精度及高解析度數值地形測繪、資料庫建置與應用推廣工作』案後制定「LiDAR 雷射地形測繪系統測製數值高程模型及數值地表模型作業標準程序」草案，但當初計畫區域於 93 年度掃描了高屏地區，94 年度掃描桃竹地區、臺南、高雄部份區域與外傘頂洲等地區，這些地區之地形特徵多為平原地區，僅有部分為低海拔山區，對 LiDAR 精度規範及其後以之測製數值高程模型及數值地表模型作業標準程序之適用性有待擴充。內政部國土測繪中心於 95 年度辦理「以空載光達技術辦理河川及洪氾溢淹地區及中高海拔山區數值地形測製與研究」案便針對不同地形特徵之「河川及洪氾溢淹區」與「中高海拔山區」進行 LiDAR 飛航掃描，進行「應用空載光達生產數值地形模型之製作規範及標準作業程序」之修訂，以符合實際作業需求。

二、計畫範圍及目的

琉球嶼位於高屏溪口之西南，東經 120 度 21 分 55 秒，北緯 22 度 19 分 48 秒，即東港鎮西南海面約 8 哩，高雄市南南西方約 18 哩之海上，孤懸海中狀似一隻飄浮於台灣海峽之鞋子，為台灣本島附近 14 屬島中唯一珊瑚礁島嶼。琉球嶼為一丘陸地，地形最高處稱為龜仔路山，海拔 87 公尺，素為航海者之指標。形勢東西狹窄，東西最寬處僅 2 公里，南北長 4.1 公里，北部稍寬，南部較狹，係由珊瑚礁石構成之一地壘台地。島之

長軸從東北伸向西南，周圍 13 公里，面積僅有 6.8 平方公里，全島被兩條交叉地塹切割成為四塊台地，一條走向東北至西南形成中央地溝，為島中主要交通孔道（由白沙至海子口）；另一條走向西北至東南，通過島之中央，外形較不明顯，為名符其實之剖腹山，故俗稱「剖腹山嶼」。琉球嶼是台灣屬島中，唯一的珊瑚島，表面被珊瑚石灰岩覆蓋，海岸被隆起的珊瑚礁圍繞，石灰岩洞地形及珊瑚礁海岸地形遍佈全島，琉球嶼之四塊台地表面，均被紅土質土壤所覆蓋，而呈紅土台地。（資料來源：屏東縣政府琉球鄉公所網站、行政院環境保護署網站）



厚石裙礁

花瓶石

圖 1-1 小琉球現況圖（資料來源：屏東縣政府網站）

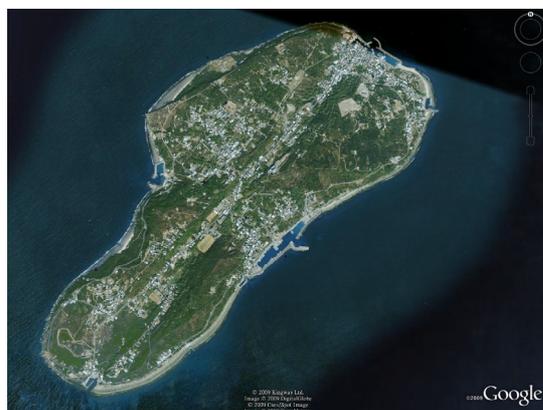


圖 1-2 小琉球作業區（Google Earth, 2010）

綠島位於台東東方約 33 公里的太平洋上，東經 121 度 27 分 59 秒，北緯 22 度 40 分 25 秒，島身呈不等邊四角形，南北長約 4 公里，東西寬約 3 公里，面積約 15.1 平方公里，為台灣第四大附屬島。島內山丘縱橫，全島環海四周幾全為珊瑚裙礁所圍繞，沿岸怪石嶙峋；外圍成不正整四角形，全島丘陵縱橫，坡度 30% 以上之土地約占 60%。最高點火燒山（281

公尺)、阿眉山 (276 公尺) 居於島之中部。本區為菲律賓海板塊前緣之火山島，熱帶之北限，有台灣最典型的熱帶雨林與珊瑚礁生態。又是歐亞大陸與南洋群島生物區系的交匯過渡帶。本島為一矩形之火山島，四周海岸為裾狀珊瑚礁所圍繞，潮線以下全無沙灘。入陸則層巒深谷，臨海之地，僅在西北區有沖積之帶狀平地外，餘均為起伏不平之丘陵，環島台地多在 50 公尺以上，宛如一座突出海面之岩堡。三峰環拱之東北部構成一小平原，為全島最主要之耕地，南部峰巒聳峙，斷崖峭壁，狀極險峻，西北部逐漸傾斜，為沖積之帶狀平原海灣。本島海岸狀況不一，西海岸為一海灣，西南隅為砂質堆積平地，東南方則多海崖。東南臨海處多為斷崖，西南角是長達十多公里的平原沙灘。西北近海岸區地勢低緩，為全島主要聚落所在。(資料來源：台東縣政府網站、臺東縣綠島鄉公所網站、維基百科網站)



圖 1-3 綠島現況 (資料來源：臺東縣綠島鄉公所網站)



圖 1-4 綠島作業區 (Google Earth, 2010)

蘭嶼舊稱紅頭嶼，位於東經 121.3 度，北緯 22 度。離台東南方 49 哩

西距台灣本島最南端的鵝鑾鼻僅 41 哩，北方隔海距離 40 哩處與綠島互為犄角、南臨巴士海峽與菲律賓巴丹島遙遙相望，東為一望無際太平洋。島嶼呈掌腕由東南向東北，面積滿潮時 45.74 平方公里，周圍全長 38.45 公里，環島全長為 36.5 公里，僅次於澎湖島，而成為台灣第二大島，另在本島東南方 3 哩處，有一小島稱為小蘭嶼，面積為 1.6 平方公里，環島全長 4.3 公里，海岸多為懸崖。蘭嶼島主要的火山活動以大森山為可能噴發中心的火山噴發物，在蘭嶼島的南部堆積。繼而以青蛇山、紅頭山為可能的噴發中心的火山噴發物，在蘭嶼島的東北部、中部堆積。其後，以尖禿山、殺蛇山為可能噴發中心的火山噴發物，在蘭嶼島北端的東半部和西半部堆積。至此，蘭嶼島的主體大致形成。從更新世晚期(約 10 萬年前)到現在，蘭嶼島平均以每年 3.2mm 的速率上升。再由最近全球衛星定位系統(GPS)的研究，顯示蘭嶼島正以每年 82mm 的速率，向西北聚合之中。地質則以安山集塊岩為主，四周海岸海拔 50~70 公尺之台地為隆起之珊瑚礁所包圍，因而形成峰巒聳峙，呈現群礁的地形景觀。山稜多呈起伏面，但山坡、河谷則非常陡峭，由其山地周圍之隆起海岸，特為雄偉壯觀，有時海岸垂直竟高達 200 公尺，形成蔚為奇觀之天然奇景。蘭嶼全島山脈連互，芬蘭峰(舊稱紅頭山)突起全島中央，海拔 548 公尺，為全島最高峰。環島由山麓至海濱 200~300 公尺之斜坡地，為本島人民居住及耕作之精華地。本島海岸曲折，天然港灣有八代灣、東清灣、椰油灣等，與山巒相得益彰，構成美不勝收的奇幻島嶼。



圖 1-5 蘭嶼現況 (資料來源：台東縣蘭嶼鄉公所網站)



圖 1-6 大、小蘭嶼作業區 (Google Earth, 2010)

本計畫作業區域分別位於小琉球、綠島及蘭嶼地區，以現行 1/5000 像片基本圖分幅為依據，圖幅涵蓋範圍計約 31 幅(已扣除基本圖機密圖幅 4 幅)，各區域涵蓋情形如下：

(一)小琉球地區

位於高屏溪口之西南方，離東港鎮西南海面約 15 公里，高雄市南南西方約 33 公里之海上，主要地形為丘陵地，整體地勢東西狹窄、南北較長，為台灣本島附近十四屬島中唯一珊瑚礁島嶼。向內政部申請飛航掃描許可時，因部分區域禁止光達掃描作業如圖 1-7(a)紅色區塊，故其區域圖幅涵蓋範圍由原規格需求書所訂之 7 幅減量為 6 幅圖(如圖 1-7(a)與表 1-1)。

(二)綠島地區

位於臺東縣東方太平洋約 33 公里處，主要地形為丘陵地，島形約呈現不等邊四角形，南北長約 4 公里、東西寬約 3 公里，為台灣第四大附屬島，向內政部申請飛航掃描許可時，因部分區域禁止光達掃描作業

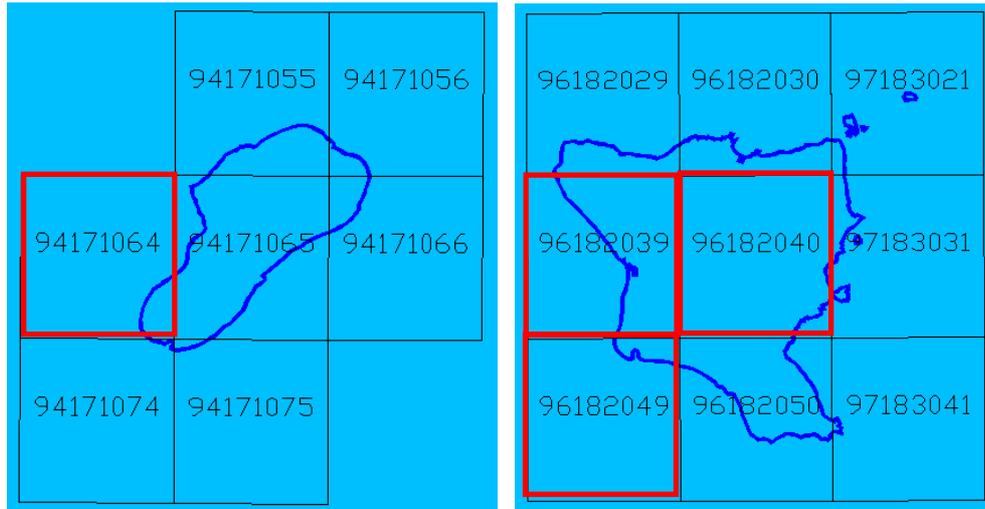
如圖 1-7(b)紅色區塊，故其區域圖幅涵蓋範圍由原規格需求書所訂之 9 幅減量為 6 幅圖(如圖 1-7(b)與表 1-1)。

(三)蘭嶼地區

位於臺東縣南方 88 公里，西距台灣本島最南端的鵝鑾鼻僅 74 公里，北方隔海距離 72 公里處與綠島互為犄角，地形為丘陵起伏的島嶼，島嶼呈掌腕由東南向東北，另在本島東南方 6 公里處，有一小島稱為小蘭嶼，其為台灣第二大離島(僅次於澎湖島)，全區圖幅涵蓋範圍共計 19 幅(如圖 1-7(c)與表 1-1)。

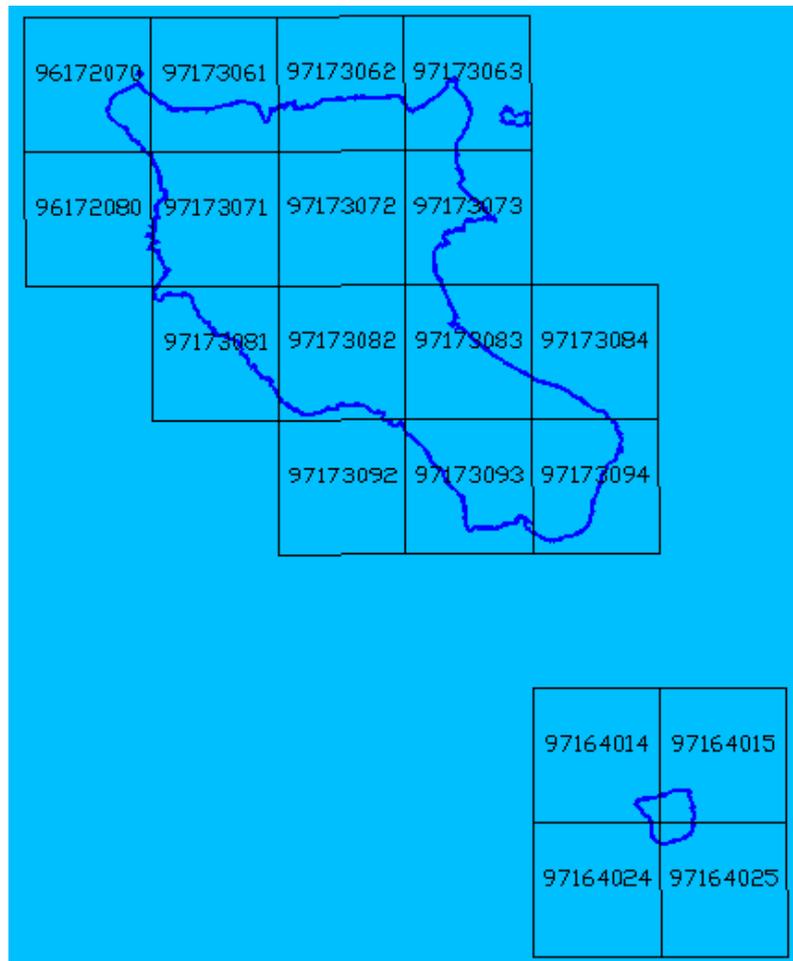
表 1-1 各作業區 1/5000 圖幅號及數量統計表

縣市	1/5000 圖幅號				數量(幅)
屏東縣 琉球鄉	9417-I-055	9417-I-056	9417-I-065	9417-I-066	6
	9417-I-074	9417-I-075			
臺東縣 綠島鄉	9618-II-029	9618-II-030	9618-II-050	9718-III-021	6
	9718-III-031	9718-III-041			
臺東縣 蘭嶼鄉	9617-II-070	9617-II-080	9717-III-061	9717-III-062	19
	9717-III-063	9717-III-071	9717-III-072	9717-III-073	
	9717-III-081	9717-III-082	9717-III-083	9717-III-084	
	9717-III-092	9717-III-093	9717-III-094	9716-IV-014	
	9716-IV-015	9716-IV-024	9716-IV-025		



(a) 小琉球地區

(b) 綠島地區



(c) 蘭嶼地區

圖 1-7 實際作業區域範圍(紅色區域為基本圖機密圖幅)

三、計畫內容

(一)飛航計畫及申請：包括航線及地面控制規劃、飛航申請等。規劃重點如下：

1. 本案首次飛航前及儀器經拆卸後之首次飛航前均須進行光達系統率定，率定報告至少需含系統率定方法、日期、地點、原始率定資料、計算過程紀錄（含關鍵之軟體處理畫面）、率定結果及成果精度說明等相關資料。
2. 飛機換航線之轉彎掃描資料不得使用於後續航帶平差及 DSM、DEM 製作。
3. 雷射測點密度：各航帶原始數據之第一或最後回波之平均密度應高於每平方公尺 1 點。
4. 航帶重疊比例：航帶左右至少各需 40%重疊。
5. 每條航線至少應有二 GPS 基站同步接收 GPS 觀測量，基站與航線範圍應小於 20 公里。飛航時定位光達掃描成果之 GPS 之原始 PDOP 值不得大於 4。
6. 交叉飛航數據(Cross Flight)：航線起點、終點及中間每隔 20 公里應進行垂直各航線之交叉飛航掃描。

(二)地面控制測量：平面採用 TWD97 坐標系統，高程採用小琉球、綠島及蘭嶼各離島地區之正高系統；正高轉換計算使用內政部公告之大地起伏模式為之。

1. 已知點檢測：包含內政部基本控制點及一等水準點所有已知點引用前需進行檢測，並於檢測合格後方可引用。衛星控制點檢測應達「基本測量實施規則」所規定之加密控制測量施測標準；水準點檢測應以直接水準往返觀測，每測段往返閉合差精度應優於（含） $8mm\sqrt{K}$ （K 為測段距離，以公里計）。
2. 已知點檢測合格後可作為 GPS 基站，如需新設立點位作為基站，其測設標準應符合「基本測量實施規則」所規定之加密控制測量施測標準。

(三)資料獲取：實際飛航結合 GPS、IMU 與雷射數據取得原始數據。繳

交成果除所有原始數據外應包含下列資料：

1. 航線掃描 GPS 數據 PDOP 圖形：展示 GPS 數據 PDOP 圖形，用以說明每條掃描航線掃描當時 GPS 幾何條件。
2. LIDAR 系統率定報告：報告內容至少包括系統率定方法、日期、地點、成果精度說明。率定方式可參照各硬體設備製造商之標準程序進行，惟率定後之高程中誤差不得大於 10 公分。
3. 海岸地區原則上於飛航當日低潮位前後 2 小時進行資料蒐集，以蒐集最大面積海岸沙洲及潮間帶資料。
4. 除水體外，應統計原始飛航掃描中因地形起伏變化及雲霧遮蔽導致無數據之面積。

(四)資料後處理

1. 應用航帶重疊數據進行誤差分析：依據航帶間重疊數據進行誤差分析評估，提出重疊數據內部精度與誤差分析評估報告。
2. 應進行航帶平差並以航帶平差之成果進行精度分析，以及資料之整合。
3. 交叉飛航數據(Cross Flight)誤差分析報告：利用與航線交叉之飛航掃描重疊數據進行誤差分析評估，提出重疊數據內部誤差分析評估報告。
4. 資料整合後之坐標系統：平面採用 TWD97 坐標系統，高程採用小琉球、綠島及蘭嶼各離島地區正高系統。

(五)數值地表模型 (DSM)、數值高程模型 (DEM) 製作及精度評估：

1. 製作程序：應於航帶平差工作完成經檢核通過後方可進行 DSM 及 DEM 製作之工作，可採自動化過濾方法製作 DSM 及 DEM，但最後的成果應經過人工的檢核及編修程序。
2. 網格間距：整數 1 公尺網格。
3. 圖幅：原則上以現行 1/5000 像片基本圖之圖幅為分幅之依據，實際涵蓋範圍應較基本圖略大，以能包括 4 個圖隅點並向外擴大到 1 公尺整倍數坐標值之網格點所連接之矩形為準，各圖幅間得重疊，重疊區資料應重複且相同。
4. 資料格式：數據以公尺為單位，雷射掃描如遇水體無反射資料，

致沒有水體面高程數據是可接受，規則網格 DEM 及 DSM 在水體面無高程數據者，可用識別碼識別「無數據」，並於詮釋資料中說明。

- (1)原始光達數據：WGS84 坐標系統，屬不規則離散測點，資料格式為純文字檔，資料欄位包括 x,y,z 三維坐標、雷射反應值(intensity)，多重回波之數據紀錄及分類後類別代碼。
 - (2)分類後地面測點與非地面測點數據：WGS84 坐標系統，屬不規則離散測點，資料格式為純文字檔，資料欄位包括 x,y,z 三維坐標、測點雷射反應值(intensity)。
 - (3)1 公尺解析度規則網格 DEM 及 DSM：資料格式依內政部「高精度及高解析度數值地形模型測製規範」草案規定辦理。
5. 資料精度：DEM 之品質依地形類別及地表植被覆蓋情形而定，如下：高程精度標準以基本精度加上地形類別及地表植被覆蓋情形之精度調整參數而得，計算公式如下：

$$\sigma = a + b + c \cdot t$$

式中 a 為基本精度； b 為地形類別調整參數； c 為地表植被覆蓋情形調整參數； t 為地表植被平均高度。

本案定義 a 為 0.3 公尺。

地形類別調整參數 b (單位 m) 如表 1-2；地表植被覆蓋情形調整參數 c (無單位) 如表 1-3：

表 1-2 地形類別及其調整參數對照表

地形類別	b
平地	0.0
丘陵	0.2
山地	0.5
陡峭山地	1.0

表 1-3 地表植被覆蓋類別及其調整參數對照表

植被覆蓋類別	<i>c</i>
裸露地	0.0
植生地	0.2
林地	0.3
密林地	0.5

地形類別分為平地、丘陵地、山地、及陡峭山地，其定義如下：

平地—地表坡度在 5° 以下的地區。

丘陵地—地表坡度在 5°~15° 之間的地區。

山地—地表坡度在 15°~30° 之間的地區。

陡峭山地—地表坡度在 30° 以上的地區。

地表植被覆蓋情形分為裸露地、植生地、林地及密林地等類別：

裸露地—以任一點為中心，半徑在 10 個網格間距的範圍內其受植被覆蓋之面積少於 25% 者，則該範圍內視為裸露地。

植生地—以任一點為中心，半徑在 10 個網格間距的範圍內其受植被覆蓋之面積介於 25%~50% 者，則該範圍內視為植生地。

林地—以任一點為中心，半徑在 10 個網格間距的範圍內其受樹木覆蓋之面積介於 50%~75% 者，則該範圍內視為林地。

密林地—以任一點為中心，半徑在 10 個網格間距的範圍內其受植被覆蓋之面積大於 75%，且範圍內樹冠平均高度達 DEM 或 DSM 規範中誤差之 4 倍以上者，則視為密林地。

6. DEM 之精度評估：

- (1) 依據不同土地覆蓋分區進行檢核：檢核作業需至少有土地覆蓋分區為：

- A. 裸露地。
- B. 矮植被(周圍為高度不超過 1 公尺之草生地、矮樹群、茶區等)。
- C. 植生地。
- D. 林地。
- E. 都會區。
- F. 濕地。

小琉球、綠島及蘭嶼各地區每種土地覆蓋分區至少各有 19、6、20 個地面測量檢核點，且應盡可能均勻分布於各圖幅。矮植被之地表植被覆蓋情形調整參數 c 比照密林地；都會區及濕地之地表植被覆蓋情形調整參數 c 比照裸露地。並依不同土地覆蓋分區之 LIDAR 精度，地面檢核點允許在平坦坡度，且避開(離開)地形斷線特徵處 5 公尺以上。利用 GPS 或全測站儀器實地檢測，以分析不同土地覆蓋分區之精度評估，提出精度評估報告。

(2) 橫斷面 (cross section) 檢核測量：

需施行橫互航線的地面檢核剖面，小琉球、綠島及蘭嶼地區總計至少 50 個檢核點，並依面積比例分配於各地區，剖面長度總和需超過 12.5 公里。且須依據橫互航線地面檢核剖面測量數據，進行剖面 LIDAR 數據精度評估報告。剖面檢核測量點允許選擇透空平坦地進行大剖面檢核。

(3) 與轉換至正高系統後之高程作比較：

利用小琉球、綠島及蘭嶼地區水準點檢測平坦地區正高值(各地區至少各有檢測 19、6、20 個點，並儘可能分布於各圖幅)，與轉換至正高系統後之高程作比較，並分析其結果。

貳、作業流程及工作執行成果

一、作業流程

為完成「98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作」案，本公司依據作業規範及作業內容研訂相關作業流程，如圖 2-1 所示，茲分別說明如后，本次計畫之各工作項目與作業期程詳如表 2-1 所列。

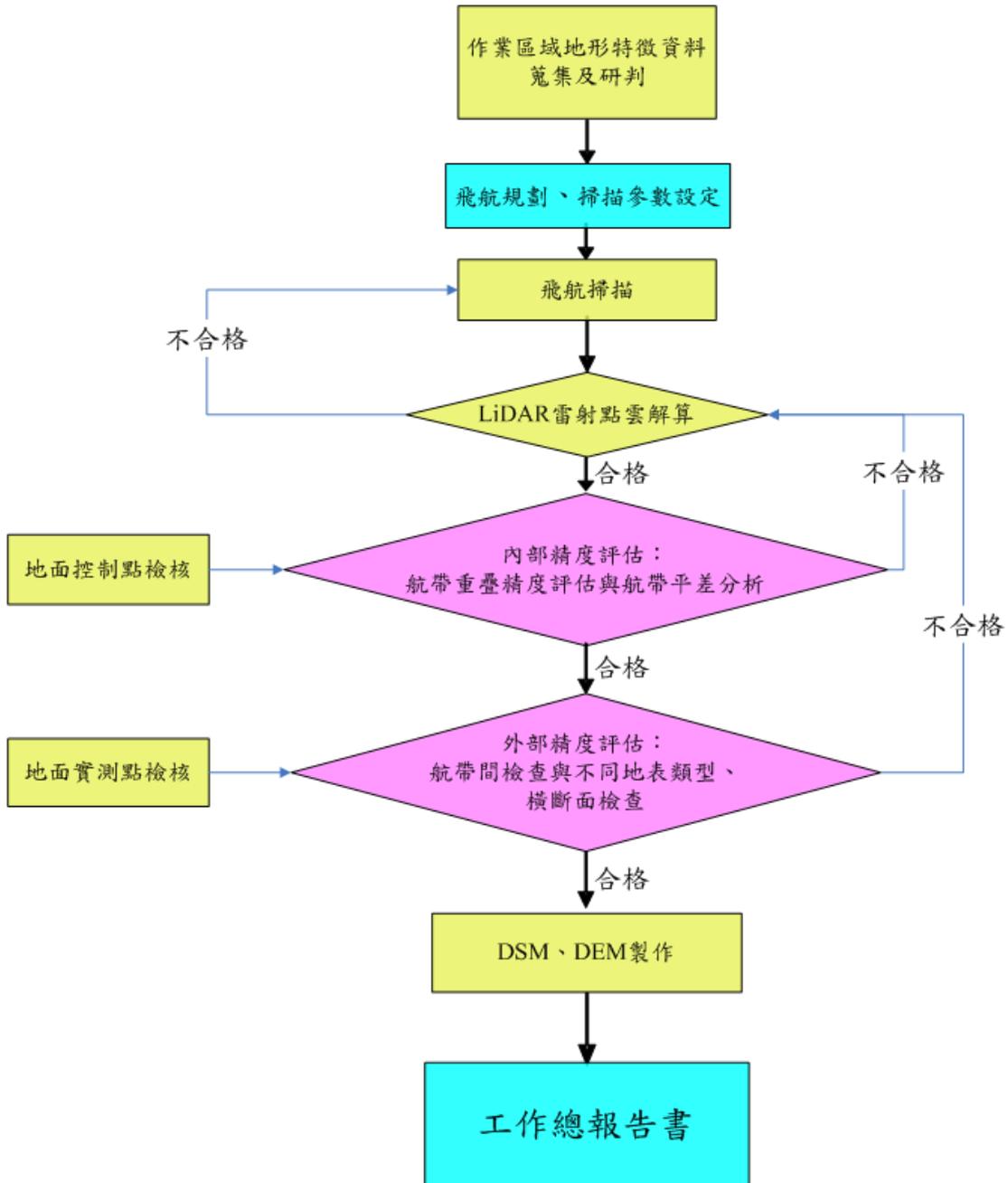


圖 2-1 作業執行流程

表 2-1 工作進度管控表

工作項目	98												99				16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
月次	98												99				
年別	98												99				
月份	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
地面控制測量 (10%)	0	3	3	4													
飛航及資料獲取(30%)	2	2	2	2	2	2	1	3	4	4	4	2					
資料後處理(20%)	2	0	1	1	1	0	1	0	0	9	7	4	4				
期中工作報告(5%)									4	6	6	4					
數值覆蓋面模型、數值高程模型製作(20%)									7	7	3	3					
數值高程模型精度評估(10%)	1	3	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1		
工作總報告書 (5%)															1	4	
預定進度累計百分比	2%	7%	12%	18%	20%	22%	23%	26%	34%	45%	57%	71%	76%	85%	96%	100%	
實際進度累計百分比	7%	13%	19%	21%	22%	22%	23%	23%	23%	41%	58%	73%	84%	89%	96%	100%	

■ 預定進度 ■ 實際進度

二、飛航計畫

(一)飛航申請

本計畫為符合內政部「航空攝影與遙感探測管理實施規則」相關規定，特於飛航掃描前向民航局主管單位及內政部提出飛航計畫申請。本公司於 98 年 7 月 2 日檢送內政部航攝實施計畫書((98)中興測字第 238 號函)，並依內政部 98 年 10 月 12 日台內地字第 0980183116 號函修訂航攝範圍後，於 98 年 10 月 22 日檢送航攝實施計畫書修訂版((98)中興測字第 360 號函)，並經內政部 98 年 12 月 28 日台內地字第 0980240112 號函同意。

(二)航線規劃

本案飛航規劃以涵蓋整個測區(部分地區禁止飛航掃描)及當日低潮位時刻前後 2 小時之最大蒐集面積為原則，本計畫採用 ALTM 30/70 雷射掃描儀進行作業，而在進行飛航規劃時，需依據規範要求，如雷射點雲密度、航帶重疊比例等，進行設定與計算，重點包括：

1. 航高限制：與訊號分析處理速度及雷射器發射能量等因素有關，最低 200 公尺，最高 3000 公尺，慣用 500-1500 公尺(離地面高度)。
2. 載具飛行速度：依據選用載具而定，一般為 216km/hr。
3. 雷射回波觀測數目：每個雷射脈衝，記錄第一回波、第二、第三及最後回波四個回波觀測數。
4. 掃描旋角視域 (Field of View, FOV)：從 0 度，最大到 50 度 (± 25 度)，一般作業採 $\pm 7 \sim \pm 20$ 度。
5. 掃描鏡轉動頻率：每秒掃描線的次數，與掃描速度、掃描旋角視域有關，若以 Z 字型軌跡雙向掃描方式而言，雙向來回掃描算一次，最小約 20 Hz，最高達 70 Hz
6. 雷射脈衝率：雷射每秒量測的點數，本儀器 70 kHz。
7. GPS 資料率：1 Hz 數據量最常使用。

8. 掃描帶寬 (Swath width)：與掃描旋角視域 FOV、航高限制有關。本儀器最寬掃描帶寬為 $0.93 \times$ 航高。

$$SW = 2 h \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (2-1)$$

式中 SW 帶寬，h 離地表起算航高， θ 掃描旋角視域

9. Across-track spacing：垂直飛行方向測點取樣間距，本案設定為小於 1 m。

$$dx_{\text{across}} = 2 SW (f_{sc}/F) \quad (2-2)$$

式中 dx_{across} 垂直飛行方向測點取樣間距，SW 帶寬， f_{sc} 為掃描鏡轉動頻率（來回雙向算一次），F 為雷射脈衝率。

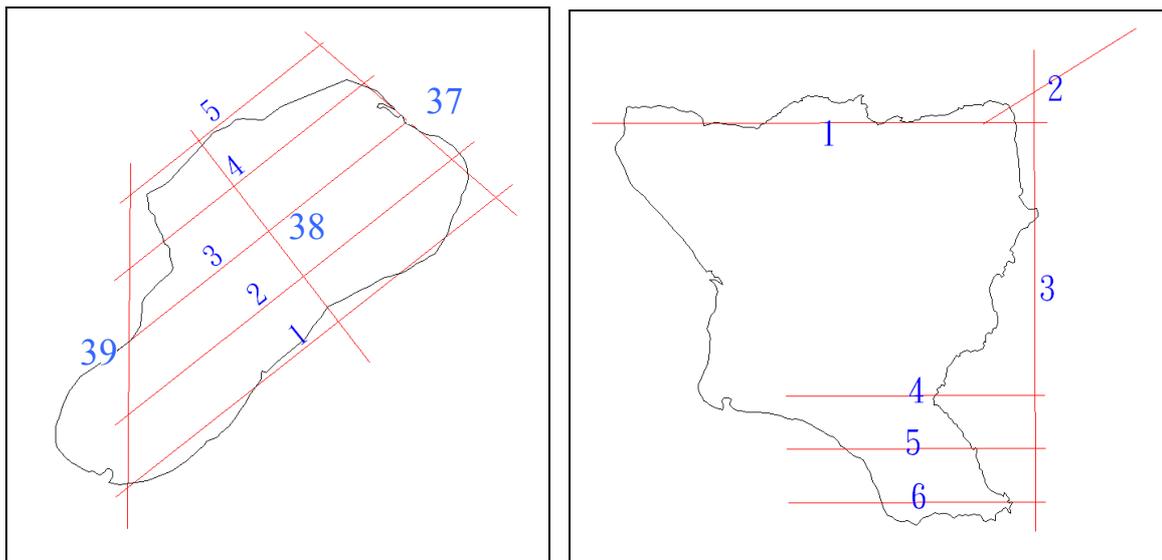
10. Along-track spacing：飛行方向測點取樣間距，本案設定為小於 1 m。

$$dx_{\text{along}} = v/2 f_{sc} \quad (2-3)$$

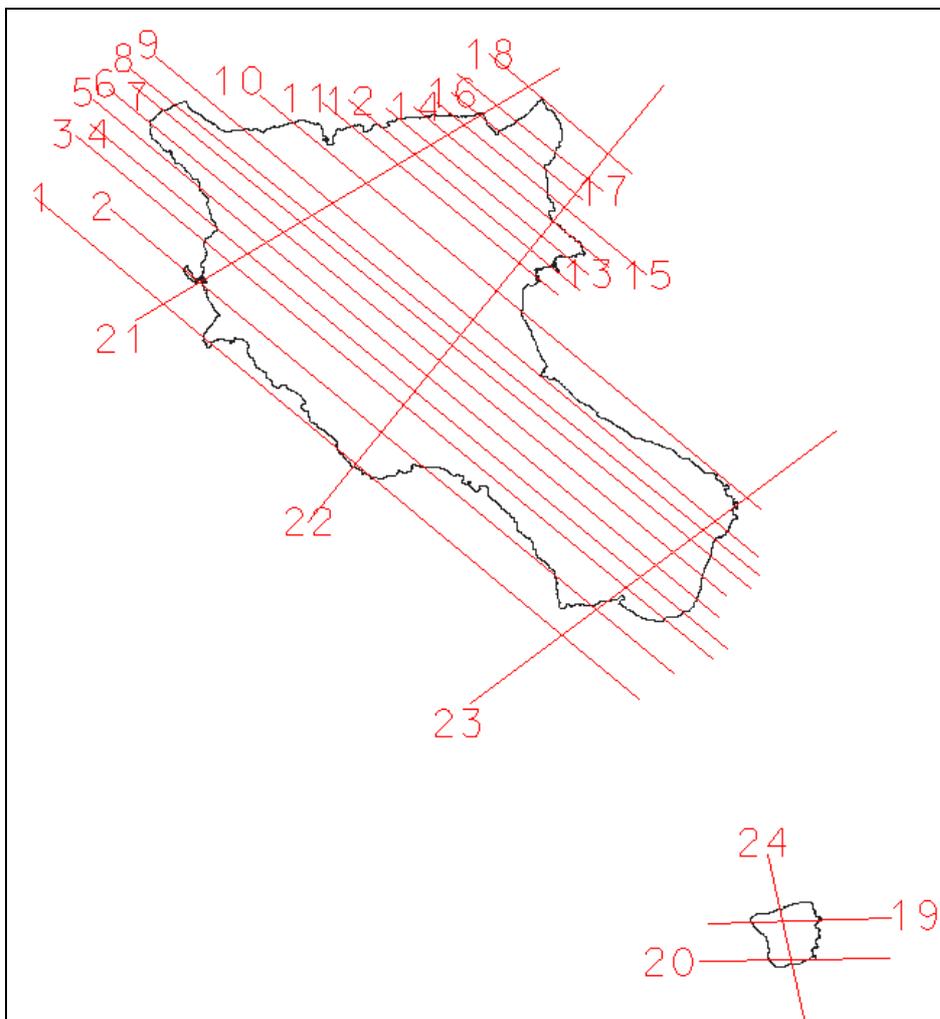
式中 dx_{along} 垂直飛行方向測點取樣間距，v 航速， f_{sc} 為掃描鏡轉動頻率。

各測區飛航規劃結果如下：

其測區分別為小琉球地區規劃 8 條航線；綠島地區規劃 6 條航線；蘭嶼地區規劃 24 條航線，各區之航線規劃如圖 2-2 所示。



(a) Optech ALTM 30/70 系統之航線規劃(小琉球與綠島地區)

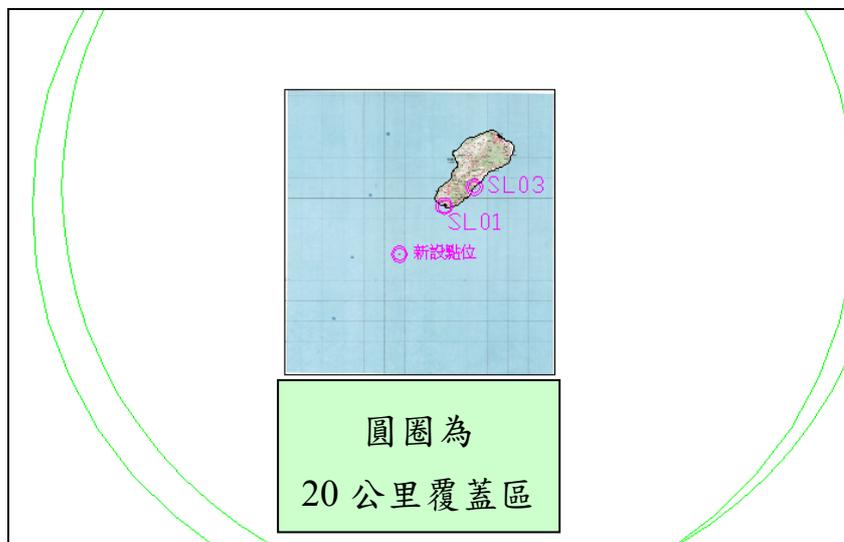


(b) Optech ALTM 30/70 系統之航線規劃(蘭嶼地區)

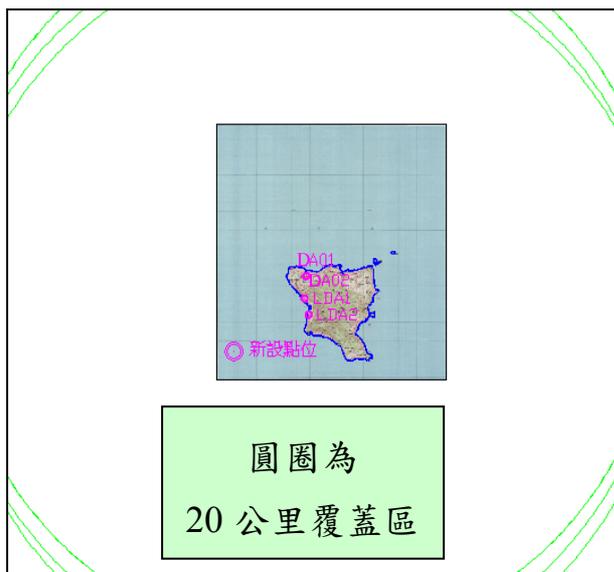
圖 2-2 作業區之航線規劃圖

(三)GPS 基站規劃

測區皆使用 BN-2-1B 定翼機進行飛航任務，於小琉球地區規劃 2 個地面 GPS 基站(SL01、SL03)；綠島地區規劃 4 個地面 GPS 基站(LDA1、LDA2、DA01 及 DA02 皆為新設點位)；蘭嶼地區規劃 4 個地面 GPS 基站(LY04、LY05、LA01 及 LA02 皆為新設點位)，每條航線至少有 2 個 GPS 基站同步接收 GPS 觀測量進行動態解算，且基站與航線範圍應小於 20 公里，其基站分布如圖 2-3。



(a)小琉球地區



(b)綠島地區



(c)蘭嶼地區

圖 2-3 地面 GPS 基站點分布圖

三、空載光達系統率定

雷射掃描器坐標系與機身坐標系之間，常因安置上或時間上的影響，造成不平行之偏差量，適時的修正偏差量方可得到較正確的結果。

Thiel 和 Wehr (1999) 中提出，以重覆漸進的方式來求解雷射掃描器的安置角。在每一次迭代過程中依序分別針對俯仰角、航偏角和側向傾斜角進行率定，並且每求得一個角度，即需重新計算所有點位資料，再以新的資料進行下一次的計算。當三個角度的改正值都收斂到可接受的範圍內時，即代表完成率定的工作，本計畫採用之儀器在原廠建議與規定下，以此方式進行實際飛行，以完成確實率定作業。

Optech ALTM30/70 系統於 99 年 03 月 15 日與 99 年 06 月 09 日以大鵬航空 BN-2B 型固定翼載具執行率定計畫來修正偏差量，以確保雷射點雲的精確度。此率定報告，乃參照加拿大原廠 Optech 公司建議與規定參考而記錄，相關執行過程與統計結果，如后紀錄與說明。

(一)空載雷射掃描儀系統描述

空載雷射掃描整體系統包括雷射掃描系統硬體元件、飛行載台(固定翼飛機或直昇機)、GPS 與 IMU 元件及數據處理軟體等整合構成作業系統。本公司所用空載雷射掃描儀為加拿大 Optech 公司生產型號 ALTM 30/70 雷射掃描儀，其規格如表 2-2 所列。雷射掃描系統結合雷射測距、光學掃描、GPS 及 IMU 等技術，能快速獲得掃描點三維坐標及反射強度。

本次計畫所採用的 ALTM30/70 所搭配之導航系統為 POS/AV510 系統並且 IMU 為 LN200 型號之規格(圖 2-4)。POS/AV510 系統誤差精度 Roll、Pitch (RMS)精度 0.005° ；Heading (RMS)精度 0.008° (詳如表 2-3)。

表 2-2 空載雷射掃描儀儀器規格

<p style="text-align: center;">空載雷射掃描儀</p>  <p>Optech 100 Wildcat Road Toronto, Ontario M3J 2Z9 Canada</p> <p>Assembly: ALTM 30/70 Serial No.: 04SEN152 Manufactured: March 2004 Complies with 21 CFR 1040.10 & 1040.11</p> <p style="text-align: right;">30-10-2004</p>	<p>Optech ALTM 30/70(SN:04SEN152/ 04CON149)</p> <ul style="list-style-type: none"> · 掃描旋角視域 FOV：0~50 度 · 脈衝率 PRF：33~70kHz · 掃描鏡頻率:0~70Hz, (50 Hz at 40° FOV) · 掃描形式：Oscillating, Mirror, Z-shaped · 高程精度：15cm (1σ, 航高 1,200m) 35cm (1σ, 航高 3,000m) · 水平精度：1/2,000 航高 · 斜距解析度：1 cm · 最大掃描帶寬：0~0.93 航高 · GPS：Trimble · Position Orientation System：Applanix POS 510 · 作業用途：獲取高精度密佈於地表之三維點位
---	---

表 2-3 POS/AV 系統誤差精度表 (POS AV 510 V5 Specifications,2003)

Parameter Accuracy(RMS)	POS/AV210	POS/AV310	POS/AV410	POS/AV510
Position(m)	0.05-0.30	0.05-0.30	0.05-0.30	0.05-0.30
Velocity(m)	0.010	0.010	0.005	0.005
Roll&Pitch(deg)	0.040	0.013	0.008	0.005
Heading(deg)	0.080	0.035	0.015	0.008



圖 2-4 POS/AV510 系統照片

(二)率定場設置介紹

1. 率定場地與規格

完整 ALTM 系統之率定需要兩個分別的控制場，分別為率定建築物及控制場。**建築物**須至少一直且無遮蔽邊大於 80m 長，高度需高於 5m 且屋頂應儘量平坦；須於屋頂邊緣及角落測設控制點，用於率定 ROLL 及 PITCH。另一理想之率定控制場需包含大量、已知精確坐標且方格狀排列於一大且平坦之區域，至少如**跑道**般 1000m 長及 20~50m 寬，方格點之分佈趨於 5~10m，用於率定全掃描時之相對及絕對高程雷射點資料。此次擇定之率定場地位於彰濱工業區內，詳如圖 2-5。

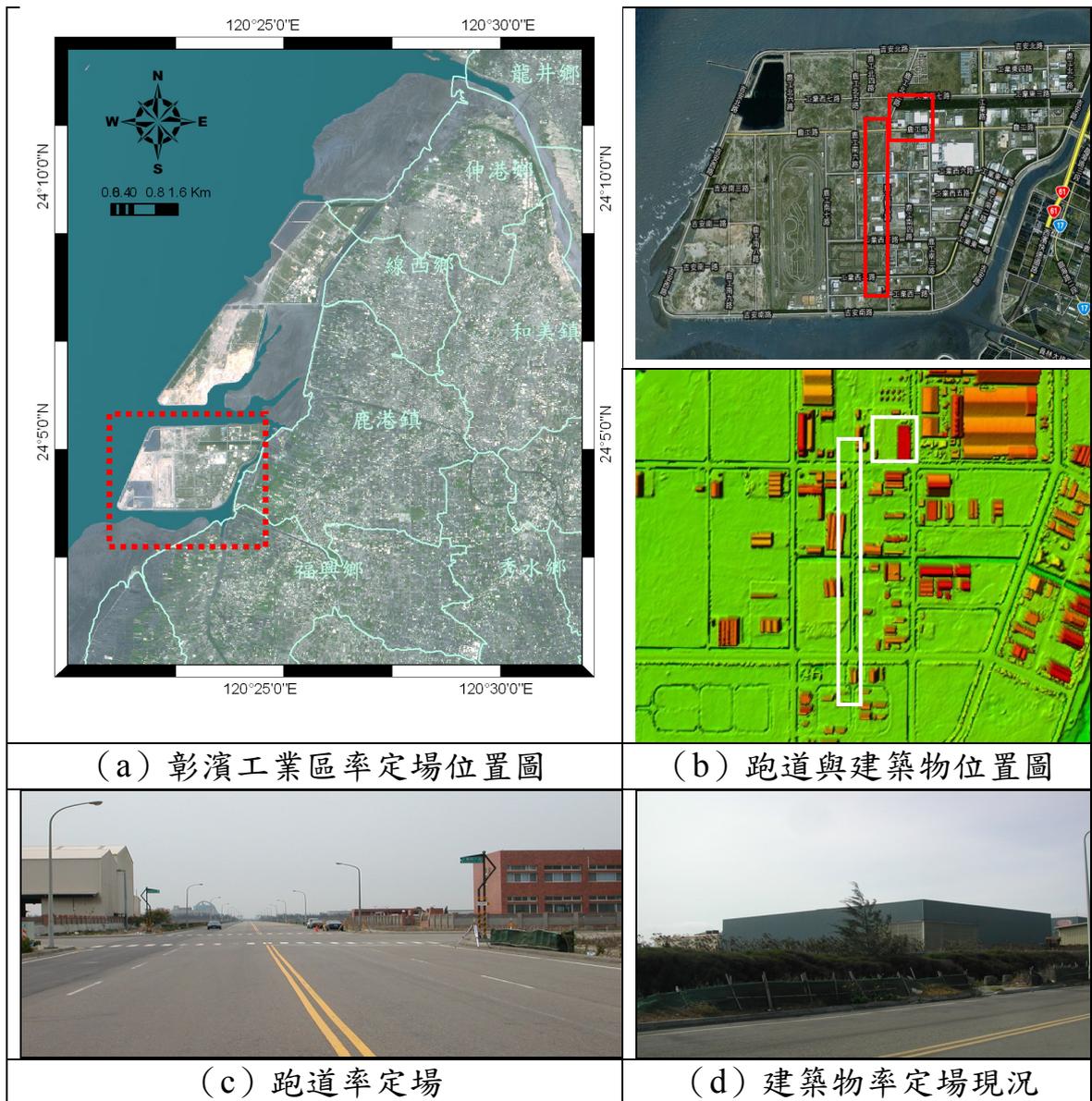


圖 2-5 率定場位置與現況示意圖

平原地區的彰濱工業區具有容易辨識之大型建物(平頂、斜頂)及道路標線等明顯特徵外，且率定場內之地表坡度平緩小於 10 度且極少植被覆蓋，可達小於 10%之覆蓋率，如圖 2-6，故此位置為符合本儀器率定之作業地區。

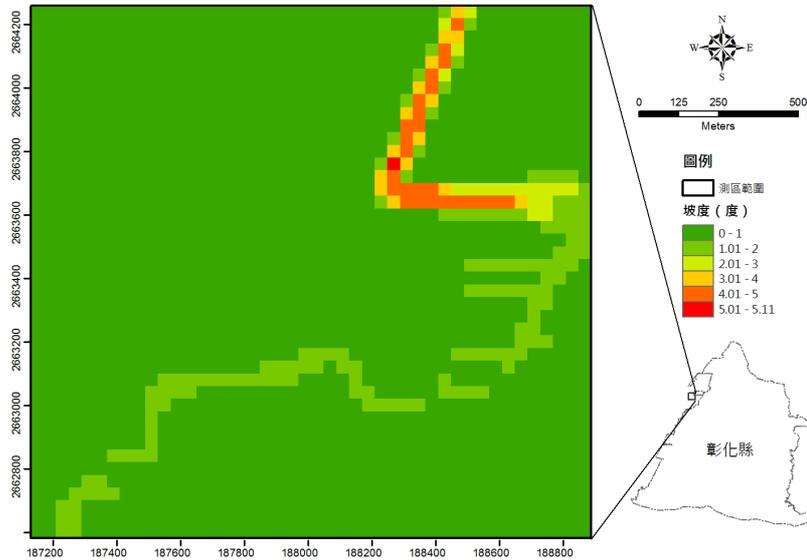


圖 2-6 率定場位置圖

2. 率定參數與作業

感測器率定分為兩部分，第一部分乃感測器與 GPS 天線的偏心率率定，以經緯儀測量而求定（如圖 2-7）。第二部分是實際以飛行掃描率定場，以求定感測器與 IMU 及 GPS 的偏心率。



(a)GPS 天線

(b)經緯儀測量偏心率

圖 2-7 經緯儀量測感測器與 GPS 天線的偏心率率定圖

為獲取穩定及可靠之 LiDAR 掃描成果，首先須求得 ALTM 30/70 雷射掃描儀之儀器偏心常數（即 ALTM 掃描器與 GPS 天線間之偏心常數）及飛機姿態角（IMU 記錄之 PITCH、ROLL 及 HEADING）與儀器本身之 OFFSET（掃描鏡轉動角度之誤差，亦即儀器記錄之掃描鏡角度與實際獲得之資料有角度誤差存在）、SCALE（掃描獲得之雷射點資料與實際地面獲得之資料間有比例問題存在）與 ELEVATION（掃描獲得之雷射點資料與實際地面獲得之資料間有固定高程差之問題存在）之率定常數。

(1) 儀器偏心常數之求得

此處所指之偏心常數係介於 GPS 接收天線之中心與 ALTM 系統之雷射掃描感應箱上參考位置（如圖 2-8 a）之偏心常數。

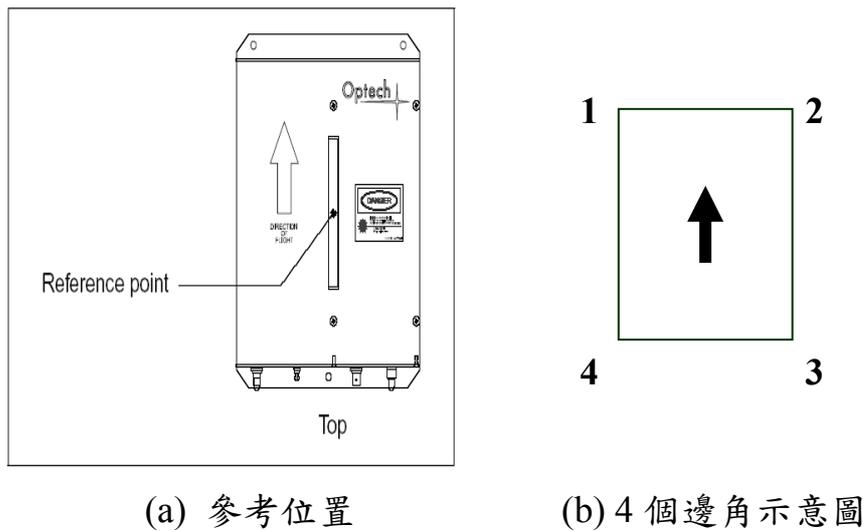


圖 2-8 ALTM 系統之雷射掃描感應箱上

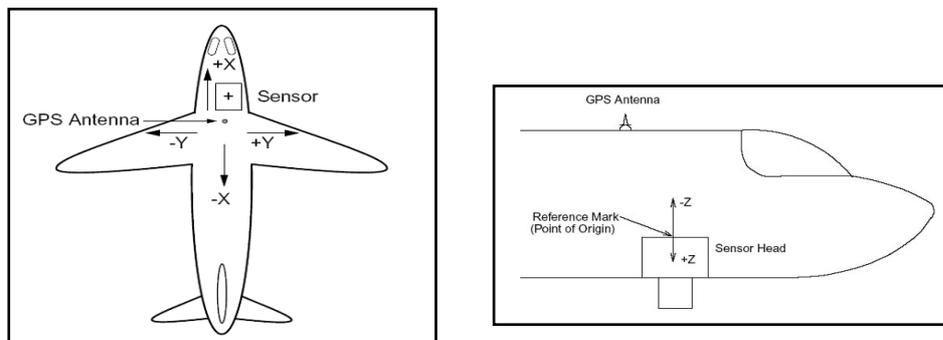


圖 2-9 ALTM 掃描器與 GPS 天線間之相對位置關係

施測方式係以經緯儀分別測得機鼻、機尾、雷射掃描感應頭之參考位置、GPS 天線中心點及雷射掃描感應箱上之 4 個邊角(如圖 2-8b)，此 OFFSET 值係為相對位置關係(如圖 2-9)；因此，測機鼻及機尾以獲得 X 軸，並依右手定則決定相對應之 Y 及 Z 軸，藉以計算偏心常數值(如表 2-4)。

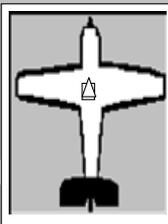
表 2-4 偏心常數值計算表例

LEVERARM SURVEY	Aircraft Type : BN2	Call No.: B-68802	Survey Date: 4-Dec-07
	ALTM Type: 30/70	Serial No.: 04SEN149	

SURVEY ASSUMPTIONS & METHODS:

- 1) Aircraft is supported in typical inflight attitude
- 2) Prism height is constant for all observables
- 3) All observables can be obtained from single occupied site
- 4) Zenith angle must be 0 degrees (i.e. horizon is 90 or 270)
- 5) Instrument azimuth is set to increase clockwise
- 6) Total horizontal travel of 360 degrees (not 400!)
- 7) Sensor angle can be recorded from pitch reading when sensor turned on and POS aligned

GPS Antenna & Sensor Head Location
Drag and drop icons to illustrate antenna position relative to sensor



△ GPS antenna
□ Sensor Head

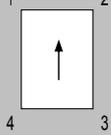
Comments:
Sensor to under of the antenna.

GPS ANTENNA PHASE CENTER (m): (righthand rule)	X = 0	Y = 0	Z = -0.004
OCCUPIED SITE COORDINATE (m):	X = 0	Y = 0	Z = 0

OBSERVABLES	HORIZONTAL ANGLE			VERTICAL ANGLE			SLOPE DISTANCE		
	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	(meters)		
NOSE	75	50	23.5	1.32	89	42	29	15.7	17.056
TAIL	113	23	19.5	1.98	87	48	3	1.53	14.018
SENSOR R.P.	88	55	27.5	1.55	90	31	3	1.58	15.085
GPS ANTENNA	88	15	23	1.54	86	39	42	1.51	15.163
SENSOR CORNER 1	88	14	54.5	1.54	90	46	18	1.58	15.021
SENSOR CORNER 2	88	36	24	1.55	90	45	22	1.58	15.251
SENSOR CORNER 3	89	34	26	1.56	90	45	9.5	1.58	15.142
SENSOR CORNER 4	89	14	2.5	1.56	90	46	16	1.58	14.912

Azimuth of Aircraft Direction : 20.7157 degrees
Length of Aircraft (nose to tail) : 10.406 meters

OFFSET TO FLIGHT LINE:	Nose to - (meters)	Sensor Orientation	
		X (Easting: meters)	Y (Northing: meters)
SENSOR	20.5220	4.153	-0.014
GPS ANTENNA	20.7636	3.970	0.003
SENSOR CORNER 1	22.3262	4.014	0.113
SENSOR CORNER 2	18.7760	4.015	-0.136
SENSOR CORNER 3	18.9921	4.294	-0.129
SENSOR CORNER 4	22.2847	4.294	0.118



(Flight Direction indicated by arrow on sensor head)

OFFSET FROM	X (In Flight) (meters)	Y (Cross Flight) (meters)	Elevation/Z (meters)	Dimension Check (meters)	Azimuth (degrees)	Pitch Angle (degrees)	Roll Angle (degrees clock-wise)
SENSOR R.P. TO:							
GPS ANTENNA	0.183	-0.017	-1.015	(corners)			
SENSOR CORNER 1	0.140	-0.127	0.066	1 - 2 =			-0.2402
SENSOR CORNER 2	0.140	0.122	0.065	2 - 3 =	22.1078	0.2143	
SENSOR CORNER 3	-0.139	0.115	0.063	3 - 4 =			0.4148
SENSOR CORNER 4	-0.139	-0.132	0.064	4 - 1 =	21.6880	-0.3305	

based on corner measurements

SENSOR ANGLE (pitched forward +) **0** degrees

CORRECTED OFFSET	X (In Flight) (meters)	Y (Cross Flight) (meters)	Elevation/Z (meters)
R.P. to GPS:	0.183	-0.017	-1.015
Ref to R.P.	-0.051	-0.030	-0.488
Ref to GPS:	0.132	-0.047	-1.503

(2) 率定飛行作業程序

a. PITCH 值修正：

在雷射掃描坐標系第一軸 (X^S) 與載體坐標系第一軸 (X^b) 之間的偏差量，也就是兩個坐標系之間第二軸的旋轉角，便是俯仰安置角，如圖 2-10 所示。

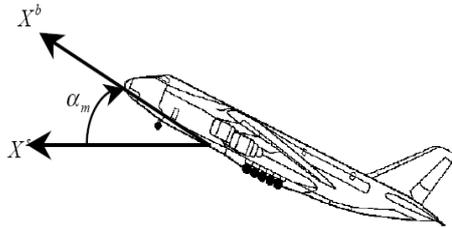


圖 2-10 PITCH 偏差量示意圖

利用飛行高度為離地高 1200m，ALTM 系統之設定掃描頻率為 70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為 0Hz，掃描視角之角度為 0 度。飛行之方式為垂直於率定建築物測定屋線之方向，由於儀器本身之設定值為 0 度、0Hz，故如存在此 PITCH 值，掃得之雷射點之足跡分布圖如圖 2-11 所示。由於雷射點(圖 2-11 中，紅色點處)計算得之高程已相當於屋頂實測得之屋頂平面高程，是故求出平均誤差值 X ，則 PITCH 常數為 $\text{TAN}^{-1}(X/H)$ ，其中 H 為飛航高度。

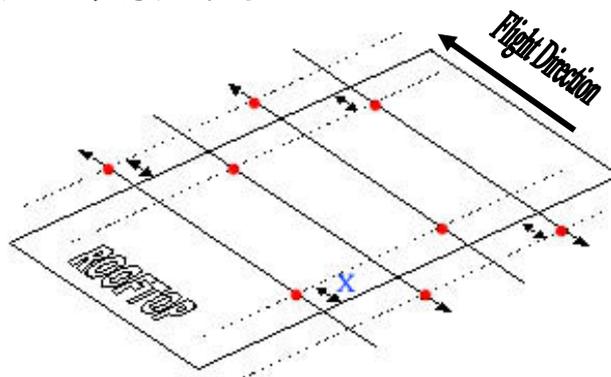


圖 2-11 PITCH 率定方式示意圖。利用固有建物坐標比對雷射點資料，將不符合者(即將過偏右或偏左者矯正回來)重複修正下，直到兩者偏差量降為最小，而達到率定結果。

b. ROLL值修正：

所謂的側向傾斜安置角是指雷射掃描坐標系第二軸（ Y^S ）與載體坐標系第二軸（ Y^b ）之間的偏差量，也就是兩個坐標系之間第一軸的旋轉角，如圖2-12所示。

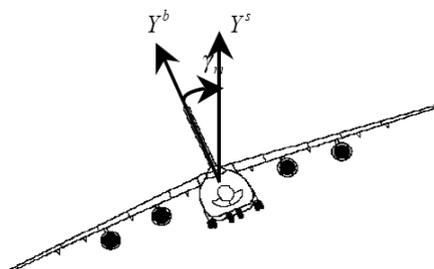


圖 2-12 ROLL 偏差量示意圖

飛行高度為離地高 1200m，ALTM 系統之設定掃描頻率為 70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為 20Hz，掃描視角之角度為 25 度。飛行之方式為平行於率定建築物測定屋線之方向，由於儀器本身之設定值為 25 度、20Hz，故如存在此 ROLL 值，掃得之雷射點之足跡分布圖如圖 2-13 所示。由於雷射點(圖 2-13 中，紅色點處)計算得之高程已相當於屋頂實測得之屋頂平面高程，是故求出平均誤差值 X ，則 ROLL 常數為 $TAN^{-1}(X/H)$ ，其中 H 為飛航高度。

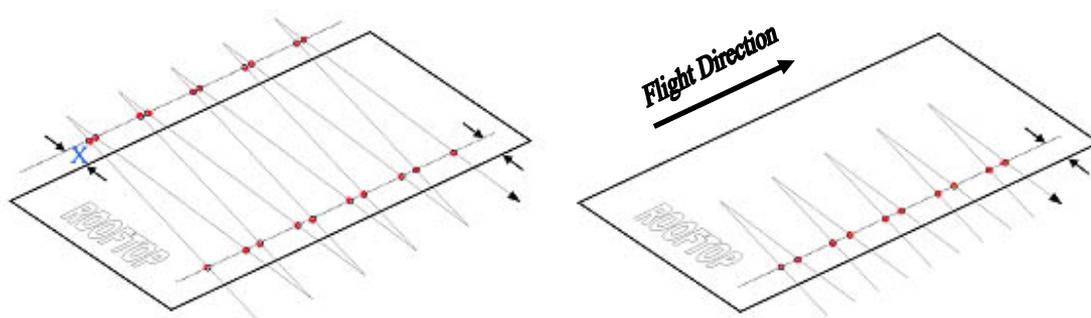


圖2-13 ROLL率定方式示意圖。利用Scan方式掃描建物，在相對其建物邊緣呈現出偏移的現象，作ROLL的修正。

c. SCALE值修正：

將飛行高度設為離地高 1200m，ALTM 系統之設定掃描頻率為 70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為 50Hz，掃描視角為 25 度。飛行之方式為垂直於率定跑道之方向，故如存在此 SCALE 值，掃得之雷射點之足

跡分布圖如圖 2-14 所示。利用實測現地之剖面線與掃描獲取之雷射點所構成之剖面線進行比較，以獲得 SCALE 常數值，並以此常數輸入計算改正之。

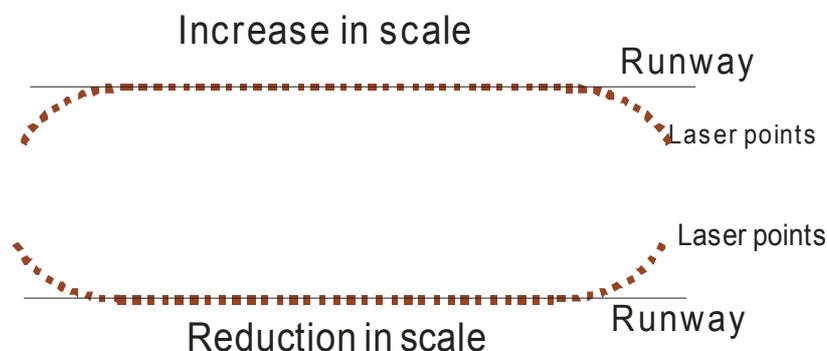


圖 2-14 雷射點之足跡分布圖一

d. Elevation 值修正:

將飛行高度設為離地高 1200 公尺，ALTM 系統之設定掃描頻率為 70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為 50Hz，掃描視角為 25 度。飛行之方式為垂直於率定跑道之方向，利用馬路實測高程與雷射點雲做比對而修正之(圖 2-15)。

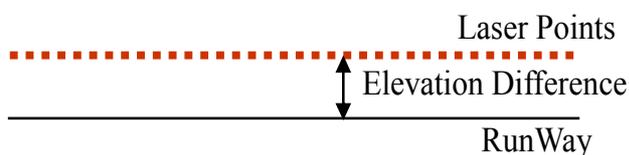


圖 2-15 雷射點之足跡分布圖二

表 2-5 率定場航線設計表

項目	飛航目標	離地高 (m)	雷射脈衝率 (KHz)	掃描角度 (deg.)	掃描頻率 (Hz)	航線數
1	建物	1200	70	±4	35	4
2	建物	1200	70	±0	0	4
3	跑道	1200	70	±25	35	2

3. 精度評估

精度評估部分則針對 GPS 精度、水平精度與高程精度進行評估：

(1) GPS 精度評估

獲取好的雷射點雲資料，首先必須接收到的 GPS 資料是有良好品質的。大致而言，影響 GPS 資料的因子諸如下列所示：

- A. 每次接收的衛星數至少 4 顆以上。
- B. 接收的衛星高度需高於地面 15° 。
- C. 衛星的幾何分佈需是良好的（如： $PDOP < 4$ ）。
- D. 地面站與飛機飛行軌道距離不能超過 20 公里。

而上述幾個因子中，若有一個或更多的因子不符合條件時，便會影響所接收的 GPS 精度，繼而影響到 ALTM 拍攝的結果。

(2) 水平精度

雷射點雲比對地面的水平精度，在率定過程中是利用掃描建物的邊緣獲得建物邊緣坐標，再將之比對真實建物坐標，其中 PITCH 值可偵測 x 方向精度，故反覆測試 PITCH 值變化量達收斂理論精度約為 0.004° 範圍內時，即代表完成率定的工作。

而 ROLL 值可偵測 y 方向精度，故利用掃描過一條平坦和堅硬的地表(如：馬路)，將雷射點雲資料坐標比對馬路的真實坐標，反覆測試直到 ROLL 值變化量可收斂到理論精度約為 0.004° 範圍內時，即代表高程偏差量已修正完成達率定的工作。

(3) 高程精度

雷射點雲的高程精度，是將率定後的 PITCH、ROLL 新值帶入計算出新的成果，比對一條平坦和堅硬的地表(如馬路)，將雷射點分布軌跡比對此對馬路，作高程精度分析。求得之率定參數解算確認飛行之點雲資料，確認不同航帶間之點雲無明顯偏移後，並再次與地面實測點比較，其高程差值亦應小於 10 公分。

(三)率定成果與報告

以下為本次率定作業之成果，表 2-6 為 99 年 3 月 15 日之 GPS 處理成果，表 2-7 則為當日之 GPS 基站資料；表 2-8 為 99 年 6 月 9 日之 GPS 處理成果，表 2-9 則為當日之 GPS 基站資料

表 2-6 99 年 3 月 15 日 GPS 處理成果

Flight	Average Baseline Length (km)	Maximum Baseline Length (km)	Avg. PDOP	Max. PDOP	Processing Mask Angle (degrees)	Ambiguities Fixed both directions	GPS Jam-min g	L2 used for Ion. Correction	Average Standard Deviations (m)		
									X	Y	Z
990315	3.5	7.3	1.95	2.45	8	Yes*	no	yes	0.01	0.01	0.04

表 2-7 99 年 3 月 15 日 GPS 基站資訊

Monument Description:									
GPS Receiver Type: Trimble 5700					Epoch Interval: 1 Hz				
Antenna Type: Trimble					Elevation Mask: 10 degrees				
Observation Type: Static									
Station1:									
R003	N	24	4	35.50462	E	120	23	34.19405	h 22.943
R002	N	24	4	35.51666	E	120	23	34.87590	h 22.954

表 2-8 99 年 6 月 9 日 GPS 處理成果

Flight	Average Baseline Length (km)	Maximum Baseline Length (km)	Avg. PDOP	Max. PDOP	Processing Mask Angle (degrees)	Ambiguities Fixed both directions	GPS Jam-min g	L2 used for Ion. Correction	Average Standard Deviations (m)		
									X	Y	Z
990609	2.5	8.3	1.65	1.75	8	Yes*	no	yes	0.01	0.01	0.04

表 2-9 99 年 6 月 9 日 GPS 基站資訊

Monument Description:									
GPS Receiver Type: Trimble 5700					Epoch Interval: 1 Hz				
Antenna Type: Trimble					Elevation Mask: 10 degrees				
Observation Type: Static									
Station1:									
R003	N	24	4	35.50462	E	120	23	34.19405	h 22.943
R002	N	24	4	35.51666	E	120	23	34.87590	h 22.954

水平精度成果利用 PITCH、ROLL 值變化量達收斂理論精度約為 0.004°範圍內時，即代表完成率定的，故下方針對 PITCH、ROLL 變化作統計與列表（如表 2-10 及表 2-11 為 99 年 3 月 15 日及 6 月 9 日之變化值），且將新的率定值結果針對真實地面坐標作水平上的分析（如圖

2-17、圖 2-19)。成果顯示收斂精度皆已符合 0.004°內。

表 2-10 率定過程中 PITCH、ROLL 值變化表(99 年 3 月 15 日)

率定計算次數	1	2	3	4
PITCH	-0.0743	-0.040	-0.045	-0.044
收斂值	0.034			
	0.005			
	0.001			
率定計算次數	1	2	3	4
ROLL	0.1104	-0.011	-0.021	-0.022
收斂值	0.10			
	0.01			
	0.001			

表 2-11 率定過程中 PITCH、ROLL 值變化表(99 年 6 月 9 日)

率定計算次數	1	2	3	4
PITCH	-0.0440	-0.0600	-0.0606	-0.0606
收斂值	0.016			
	-0.0060			
	0.0000			
率定計算次數	1	2	3	4
ROLL	-0.0220	-0.0270	-0.0272	-0.0272
收斂值	0.005			
	0.0002			
	0.0000			

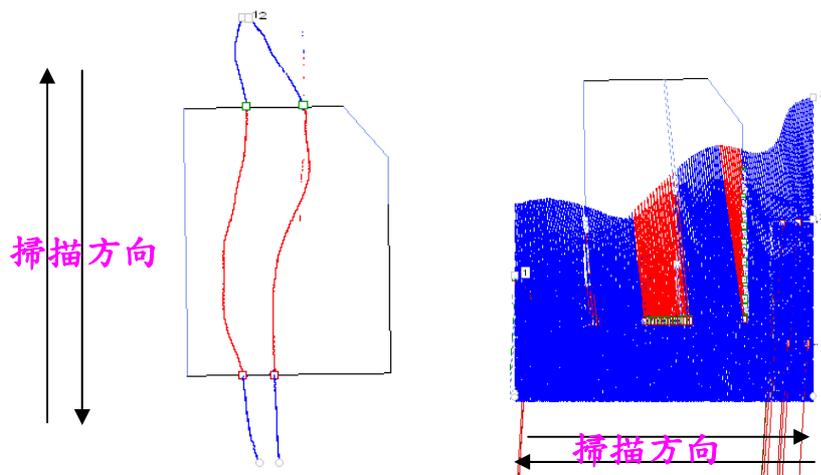


圖 2-16 99 年 3 月 15 日 (左) Profile 式掃描建築物屋頂面成果示意圖
(右) Scan 式掃描建築物屋頂面成果示意圖

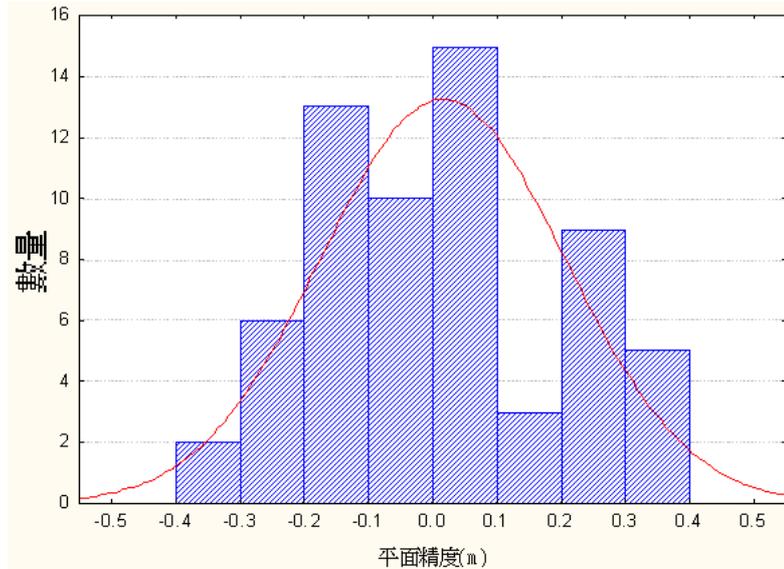


圖 2-17 平面精度分析(99 年 3 月 15 日)

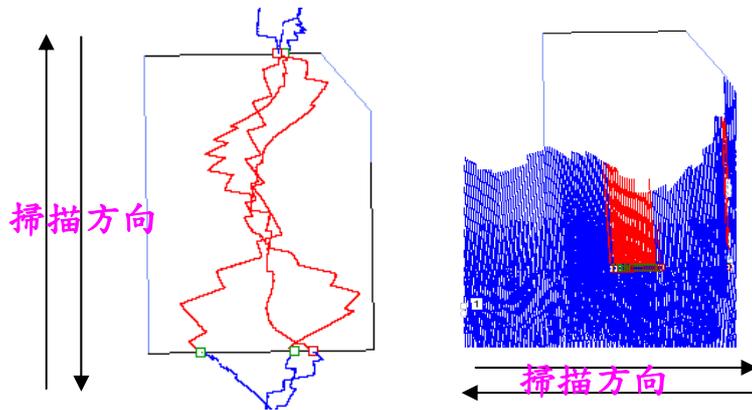


圖 2-18 99 年 6 月 9 日 (左) Profile 式掃描建築物屋頂面示意圖
(右) Scan 式掃描建築物屋頂面示意圖

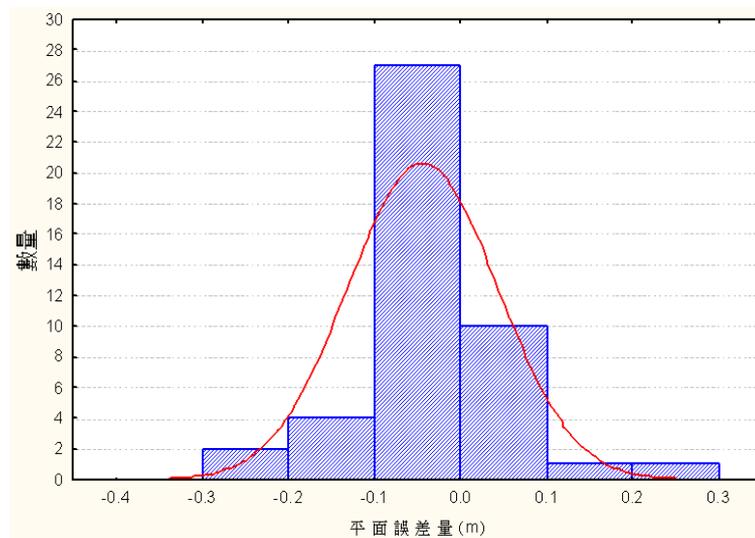


圖 2-19 平面精度分析(99 年 6 月 9 日)

雷射點雲的高程精度，是將率定後的 PITCH、ROLL 新值代入軟體重新計算出新的雷射點三維坐標成果後，再比對道路率定場控制點高程資料，而比較之方式為將落於道路率定場範圍內之雷射點雲資料與高程控制點進行比對，再分析任一斷面之高程變化情形，下列為其統計成果。

表 2-12 系統率定高程分析統計表

統計量日期	最大差異量	最小差異量	平均差異量
99.03.15	0.09m	0m	-0.02m
99.06.09	0.09m	0m	-0.03m

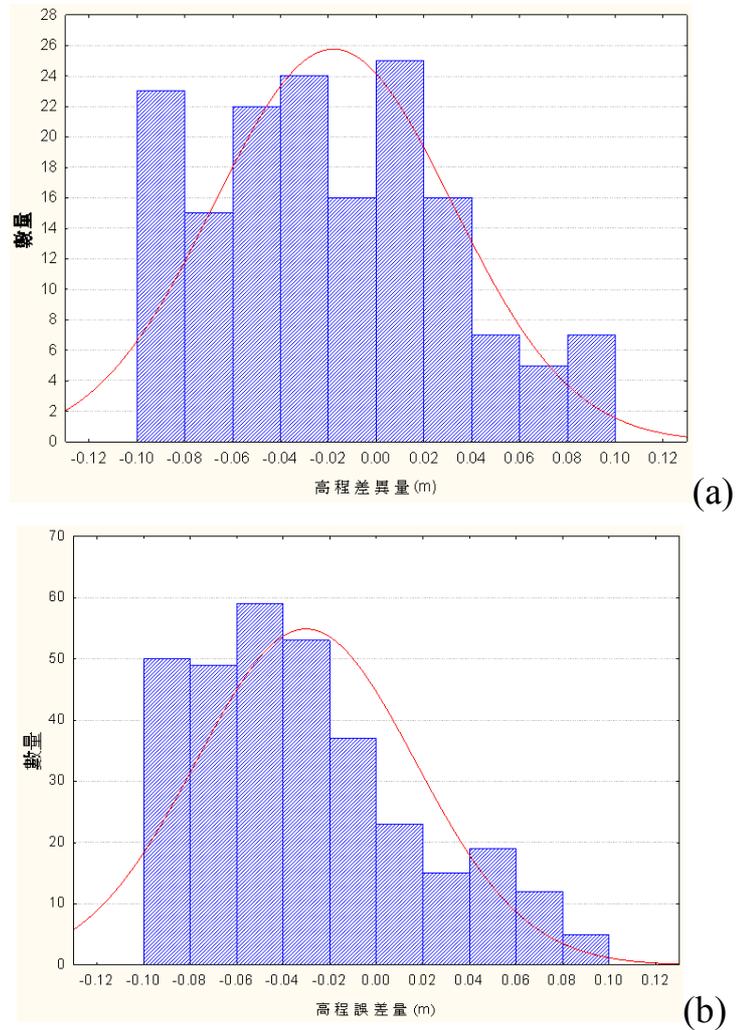


圖 2-20 雷射點比對馬路之高程精度直方圖(a)99 年 3 月 15 日(b)99 年 6 月 9 日

利用上述的處理程序，計算出新的一組率定參數，將偏差量修正完成，表 2-13 為 99 年 3 月 15 日率定後的參數，表 2-14 則為 99 年 6 月 9 日率定後的參數：

表 2-13 99 年 3 月 15 日率定成果參數表

Parameter	Final Field Calibration Values
TIM	
Pulse Offset (meters)	-2.630
Elevation Block Adjustment	
Cross-flight Scanner	
Offset (degrees)	-0.0124
Scale (no units)	1.0157
Lag (seconds) –	0.0001765
IMU Corrections	
Pitch (degrees)	-0.044
Roll (degrees)	-0.022
Heading (degrees)	0.250

表 2-14 99 年 6 月 9 日率定成果參數表

Parameter	Final Field Calibration Values
TIM	
Pulse Offset (meters)	-2.630
Elevation Block Adjustment	
Cross-flight Scanner	
Offset (degrees)	-0.0124
Scale (no units)	1.0157
Lag (seconds) –	0.0001765
IMU Corrections	
Pitch (degrees)	-0.0606
Roll (degrees)	-0.0276
Heading (degrees)	0.250

四、地面控制測量

依據合約書有關地面控制測量相關規定內容辦理，平面採用 TWD97 坐標系統，高程採用小琉球、綠島及蘭嶼各離島地區之正高系統；正高轉換計算使用內政部公告之大地起伏模式為之，以下將針對各作業區域之地面控制測量進行說明。

(一)小琉球地區

1. 地面 GPS 基站規劃

此作業區域位於台灣西南部之離島地區，因考量透空度、交通、天候及潮位等因素，因此於地面控制 GPS 基站之規劃採新設立之點位、其測設標準應符合「基本測量實施規則」所規定之加密控制測量施測標準。於此新設點位之平面檢測採衛星定位測量施測，高程檢測採水準測量施測，其設立 SL01 與 SL03 兩點，其控制點分布如圖 2-21。

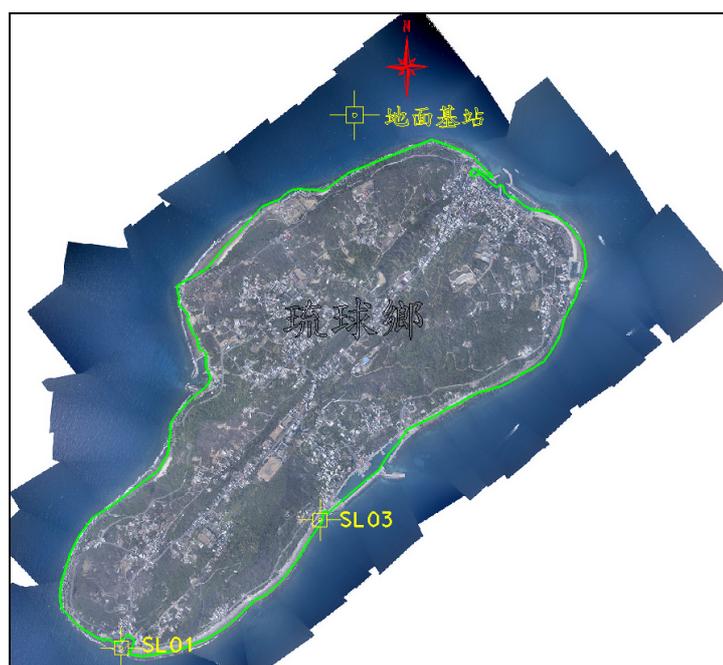


圖 2-21 小琉球地區 GPS 基站分布圖

2. 平面控制

於 98 年 7 月 28 日及 99 年 3 月 15 日於小琉球地區進行 GPS 檢測及新設點控制作業，規劃 S041(衛星控制點)、T294(三等控制點)、LC05、LC06 與 LC07(一等水準點)等已知點檢測及與新設點位 SL01 與 SL03 之新設點控制作業，所有基線觀測資料一併進行自由網及強制附合平差解算，其控制點分布如圖 2-22、現場施測照片如圖 2-23 及觀測時段如表 2-15。

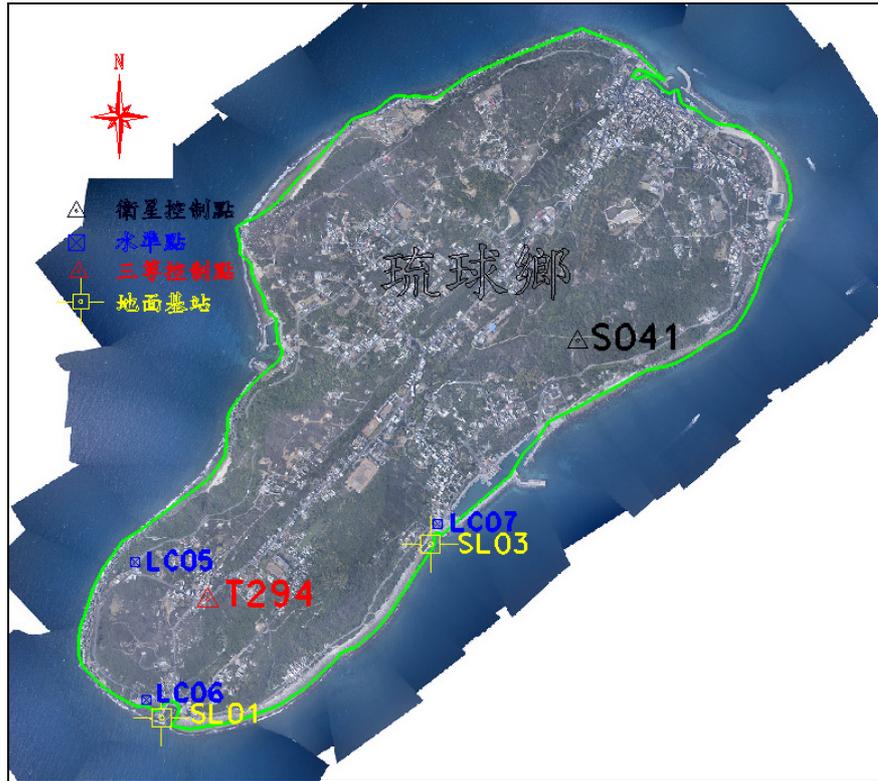


圖 2-22 小琉球區平面控制點分布圖

表 2-15 小琉球地區 GPS 檢測觀測時段表

日期		98.07.28		觀測時間		06:30~08:00	
組別	點名	點號	接收儀型式	天線盤型式	天線高 (m)	備註	
1	琉球嶼	S041	Trimble 5700	Trimble Zephyr Geodetic	1.447		
2	二龍宮	LC06	Trimble 5700	Trimble Zephyr Geodetic	1.653		
3	烏鬼洞	LC05	Trimble 5700	Trimble Zephyr Geodetic	1.654		
4	天福	T294	Trimble 5700	Trimble Zephyr Geodetic	1.631		
5	大福亭	LC07	Trimble 5700	Trimble Zephyr Geodetic	1.757		
日期		99.03.15		觀測時間		05:10~07:17	
組別	點名	點號	接收儀型式	天線盤型式	天線高 (m)	備註	
1	天福	T294	Trimble 4000SSI	Trimble Zephyr Geodetic	1.565		
2	大福亭	LC07	Trimble 5700	Trimble Zephyr Geodetic	1.896		
3		SL03	Trimble 5800	Trimble Zephyr Geodetic	1.691	新設點	
4		SL01	Trimble 4000SSI	Trimble Zephyr Geodetic	1.703	新設點	
5	二龍宮	LC06	Trimble 4000SSE	Trimble Zephyr Geodetic	1.889		

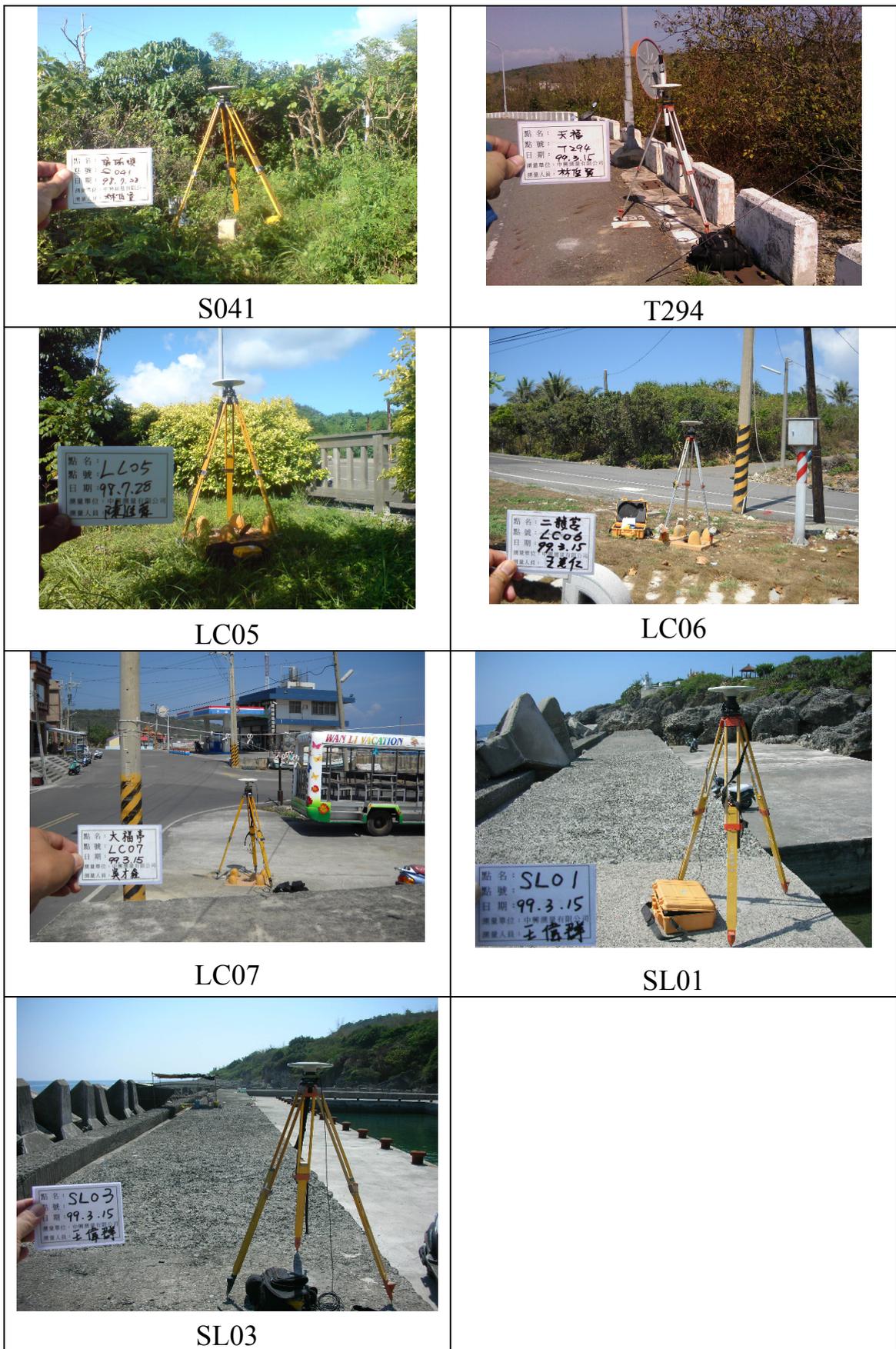


圖 2-23 小琉球區地面 GPS 基站現場照片

網形解算以固定一點 T294 進行平差解算，經平差後之控制點坐標成果比較如表 2-16 所示，利用平差後之坐標反算基線長與公告之坐標反算基線長相比較如表 2-17，GPS 檢測網形圖如圖 2-24，其各基線僅 LC07→S041 之精度未能符合規範 $30\text{mm}+6\text{Lppm}$ (L 為基線長)之要求，其餘反算之基線長皆能符合規範要求。因此，確認已知點無誤後，重新固定各已知點坐標平差求取 SL01 及 SL03 坐標如表 2-18。最小約制平差後各基線成果分量如表 2-19。

表 2-16 小琉球地區控制點坐標成果比較表(單位：公尺)

點號	公告坐標		平差後坐標		差值	
	E	N	E	N	E	N
LC05	183624.836	2470234.818	183624.835	2470234.837	0.001	-0.019
LC06	183683.277	2469489.023	183683.278	2469489.047	-0.001	-0.024
LC07	185251.948	2470443.134	185251.916	2470443.140	0.032	-0.006
S041	186004.882	2471437.008	186004.846	2471437.093	0.036	-0.085
T294	184013.884	2470035.253	184013.884	2470035.253	0.000	0.000

表 2-17 小琉球地區已知控制點精度檢核表(單位：公尺)

基線名稱	實測基線長	坐標反算基線長	長度較差	規範標準	合格
LC05-->LC06	748.461	748.456	0.005	0.034	☑
LC05-->LC07	1640.764	1640.731	0.032	0.040	☑
LC05-->S041	2667.091	2667.087	0.004	0.046	☑
LC05-->T294	437.399	437.408	-0.009	0.033	☑
LC06-->LC07	1836.155	1836.118	0.037	0.041	☑
LC06-->S041	3031.672	3031.680	-0.008	0.048	☑
LC06-->T294	639.384	639.363	0.021	0.034	☑
LC07-->S041	1249.628	1249.682	-0.054	0.037	☒
LC07-->T294	1304.242	1304.213	0.028	0.038	☑
S041-->T294	2435.443	2435.460	-0.017	0.045	☑

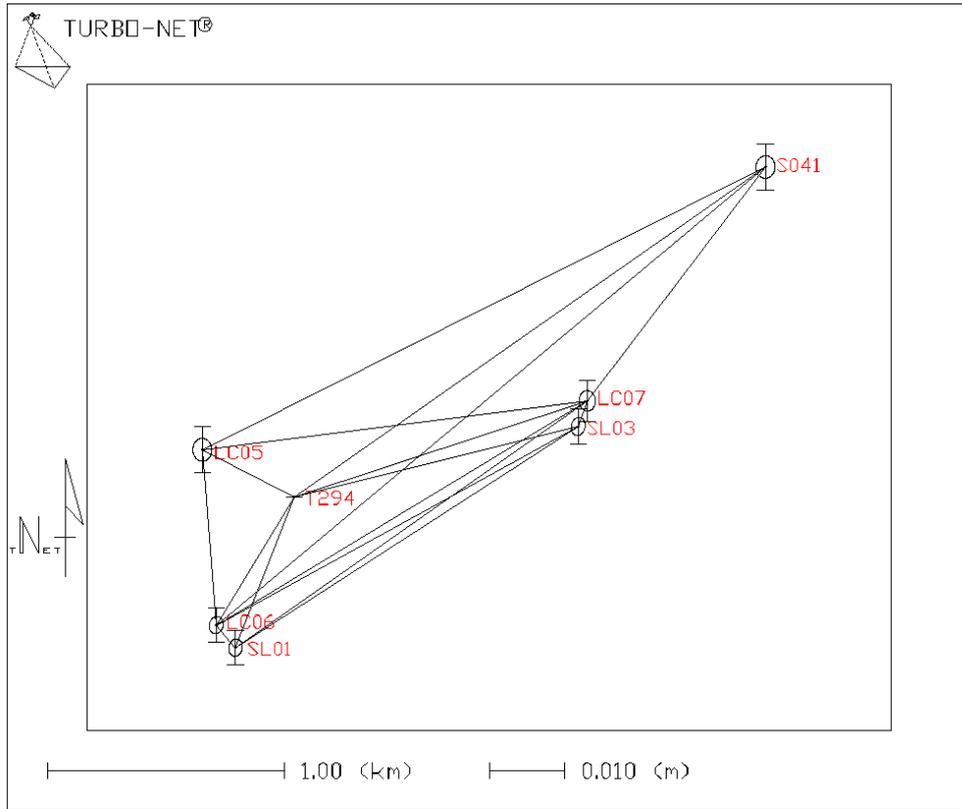


圖 2-24 小琉球地區 GPS 檢測網形平差圖

表 2-18 小琉球地區平差後新測點坐標值(單位：公尺)

點號	平差後坐標	
	E	N
SL01	183765.290	2469393.299
SL03	185213.038	2470333.742

表 2-19 小琉球地區平面控制最小約制平差後各基線分量值(單位：公尺)

序號	起始測站	結束測站	基線長	坐標反算成果		較差合格標準	
				水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量
1	LC05	LC06	748.460	748.079	-22.567	0.034	0.086
2	LC05	LC07	1640.763	1640.392	-30.470	0.040	0.100
3	LC05	S041	2667.090	2666.436	51.306	0.046	0.115
4	LC05	SL01	853.846	853.163	-33.019	0.035	0.088
5	LC05	SL03	1591.714	1591.278	-33.420	0.040	0.099
6	LC05	T294	437.400	437.247	10.615	0.033	0.082

序號	起始測站	結束測站	基線長	坐標反算成果		較差合格標準	
				水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量
7	LC06	LC07	1836.154	1836.043	-7.903	0.041	0.103
8	LC06	S041	3031.669	3030.591	73.873	0.048	0.120
9	LC06	SL01	126.493	126.055	-10.452	0.031	0.077
10	LC06	SL03	1747.608	1747.484	-10.853	0.040	0.101
11	LC06	T294	639.377	638.482	33.182	0.034	0.085
12	LC07	S041	1249.625	1246.872	81.776	0.037	0.094
13	LC07	SL01	1820.073	1819.979	-2.549	0.041	0.102
14	LC07	SL03	116.157	116.113	-2.950	0.031	0.077
15	LC07	T294	1304.245	1303.525	41.085	0.038	0.095
16	S041	SL01	3033.269	3031.921	-84.325	0.048	0.120
17	S041	SL03	1360.743	1358.022	-84.726	0.038	0.095
18	S041	T294	2435.447	2434.956	-40.691	0.045	0.112
19	SL01	SL03	1726.474	1726.386	-0.401	0.040	0.101
20	SL01	T294	689.823	688.407	43.634	0.034	0.085
21	SL03	T294	1236.598	1235.745	44.035	0.037	0.094

3. 高程控制

於 98 年 7 月 28 日及 99 年 3 月 15 日於小琉球地區進行水準作業檢測及新設點水準測量作業，規劃 LC05、LC06 與 LC07(一等水準點)等已知高程點檢測及與新設點位 SL01 與 SL03 之新設點高程控制作業，所有觀測資料一併進行平差解算，其高程控制點分布如圖 2-25 及觀測紀錄表 2-20。水準點檢測應以直接水準往返觀測，每測段往返閉合差精度應優於(含) $8mm\sqrt{K}$ (K 為測段距離，以公里計) 如表 2-21。確認已知點無誤後，重新固定已知點坐標(LC05、LC06)平差求取 SL01 及 SL03 坐標如表 2-22。

表 2-20 小琉球地區水準檢測計算表(1/5)

工程名稱：98年度以空載光達技術建立數值地形模型工作 測量人員：林俊賢								
工程編號：A980038 測量期間：980728 測量儀器：DINI-12								
點 號	距 離		標 尺 讀 數			配賦值 (mm)	高 程 (m)	備 註 (平均值)
	後視	前視	後 視	間 視	前 視			
LC06	24.13	0.00	2.63623		往程觀測		13.03517	
	72.91	26.79	3.34776		0.63537	-0.08	15.03595	
	54.56	68.69	0.42138		1.91206	-0.21	16.47144	
	44.42	35.67	2.50653		1.16244	-0.13	15.73025	
	39.77	44.68	2.43925		0.89297	-0.13	17.34368	
	50.82	34.21	2.61528		0.64874	-0.11	19.13408	
	53.78	38.12	2.60482		0.73776	-0.13	21.01147	
	57.74	40.77	3.18458		0.61090	-0.14	23.00524	
	63.22	39.65	3.37084		0.29311	-0.14	25.89657	
	35.69	41.98	2.80693		0.12831	-0.16	29.13894	
	26.25	23.38	3.36596		0.37486	-0.09	31.57093	
	10.53	27.89	1.88738		0.24067	-0.08	34.69614	
	6.62	8.14	1.79712		1.13694	-0.03	35.44655	
LC05	0.00	5.37	0.00000		1.63919	-0.02	35.60446	
LC05	5.37	0.00	1.65097		返程觀測		35.60446	
	33.17	6.60	0.26295		1.80893	-0.03	35.44647	
	21.07	33.36	0.32551		3.62171	-0.15	32.08756	
	27.29	45.47	0.57799		3.28149	-0.15	29.13143	
	30.34	50.89	0.51293		2.88118	-0.18	26.82806	
	39.88	41.77	0.16856		2.81511	-0.16	24.52572	
	50.28	39.77	0.57239		2.28498	-0.18	22.40912	
	50.41	46.67	0.45972		2.54528	-0.22	20.43601	
	36.69	49.73	0.76194		2.86300	-0.23	18.03251	
	53.87	51.48	0.30896		2.24389	-0.20	16.55036	
	54.04	51.40	2.23587		0.79241	-0.24	16.06667	
	30.85	51.53	0.50906		1.42976	-0.24	16.87254	
	12.11	49.46	1.11804		3.06372	-0.18	14.31770	
LC06	0.00	17.26	0.00000		2.40050	-0.07	13.03517	
往程觀測高差= 22.57074m 返程觀測高差= -22.56707m 平均觀測高差= 22.56891m								
觀測平均距離= 0.98 Km 觀測精度= 3.71 mm \sqrt{k} 已知點高程差= 22.56929m								
閉合差= -0.38mm 閉合精度= 0.39 mm \sqrt{k}								

表 2-20 小琉球地區水準檢測計算表(2/5)

工程名稱：98年度以空載光達技術建立數值地形模型工作 測量人員：林俊賢								
工程編號：A980038 測量期間：980728 測量儀器：DINI-12								
點 號	距 離		標 尺 讀 數			配賦值 (mm)	高 程 (m)	備 註 (平均值)
	後視	前視	後 視	間 視	前 視			
LC06	22.12	0.00	0.90859		往程觀測		13.03517	
	12.03	36.23	0.46751		3.17526	-0.35	10.76815	
	23.87	32.95	1.31860		3.04967	-0.27	8.18572	
	8.03	22.07	0.32924		4.02748	-0.27	5.47657	
	47.87	16.10	3.19411		3.86419	-0.14	1.94148	
	47.61	50.33	1.81986		0.66484	-0.59	4.47016	
	64.13	66.73	2.14029		1.52560	-0.68	4.76374	
	57.55	61.05	1.00446		1.08117	-0.75	5.82211	
	58.77	67.89	2.35734		1.39361	-0.75	5.43221	
	64.35	66.00	1.37041		1.37255	-0.74	6.41626	
	67.98	71.01	1.14138		1.55537	-0.81	6.23049	
	68.35	69.00	1.61813		1.40966	-0.82	5.96140	
	60.75	64.54	1.76150		1.19680	-0.79	6.38193	
	59.99	64.31	1.22221		1.79710	-0.75	6.34559	
	21.17	40.92	3.06023		0.26321	-0.60	7.30399	
	21.03	12.97	3.24614		0.41569	-0.20	9.94832	
	22.78	16.29	3.40570		0.11599	-0.22	13.07825	
	31.11	13.70	3.67894		0.31910	-0.22	16.16463	
	44.34	30.73	2.59168		0.22912	-0.37	19.61409	
	32.41	55.84	1.34124		0.34482	-0.60	21.86035	
	25.00	38.82	0.51504		2.88685	-0.42	20.31431	
	22.73	39.67	0.38271		3.03792	-0.39	17.79105	
	43.96	45.57	0.53865		3.24541	-0.41	14.92794	
	14.67	53.01	0.24418		3.80087	-0.58	11.66514	
	10.20	18.94	0.26853		3.72228	-0.20	8.18684	
	15.87	18.04	1.05283		2.55223	-0.17	5.90297	
LC07	0.00	13.24	0.00000		1.88612	-0.17	5.06951	
LC07	28.02	0.00	2.33090		返程觀測		5.06951	
	19.40	19.78	4.05016		0.10434	0.31	7.29638	
	38.11	11.41	4.01754		0.37965	0.20	10.96709	
	50.72	36.01	2.89621		0.74491	0.48	14.24021	
	44.07	27.66	3.48183		0.28880	0.51	16.84813	
	60.28	33.82	3.33112		0.19388	0.51	20.13659	
	27.32	51.92	0.86211		2.32365	0.73	21.14479	
	28.52	43.59	0.13251		2.40571	0.46	19.60165	
	16.19	37.53	0.11896		4.30388	0.43	15.43071	
	12.61	29.16	0.46035		3.94281	0.30	11.60716	
	20.34	29.34	0.25569		3.91171	0.27	8.15607	
	51.60	54.09	1.64191		2.12210	0.49	6.29015	
	51.13	60.84	1.17839		1.24813	0.73	6.68466	
	56.02	59.12	1.35958		1.75141	0.72	6.11236	

表 2-20 小琉球地區水準檢測計算表(3/5)

工程名稱：98年度以空載光達技術建立數值地形模型工作 測量人員：林俊賢								
工程編號：A980038 測量期間：980728 測量儀器：DINI-12								
點 號	距 離		標 尺 讀 數			配賦值 (mm)	高 程 (m)	備 註 (平均值)
	後視	前視	後視	間視	前視			
	53.72	62.19	1.46209		1.56064	0.77	5.91207	
	53.95	56.80	1.44398		0.99963	0.72	6.37525	
	56.64	62.12	1.50362		1.42185	0.76	6.39814	
	43.49	71.43	1.69778		2.48462	0.84	5.41797	
	57.48	51.73	1.81248		1.67697	0.62	5.43940	
	49.57	57.97	0.97100		2.08264	0.75	5.17000	
	46.43	63.30	0.98426		1.29826	0.74	4.84347	
	24.88	19.61	0.98996		1.78152	0.43	4.04664	
	10.11	49.83	2.96635		2.67938	0.49	2.35771	
	23.91	8.47	4.54463		0.18951	0.12	5.13467	
	28.79	41.91	3.55758		1.21021	0.43	8.46952	
	15.55	28.07	2.21579		0.10611	0.37	11.92136	
LC06	0.00	18.03	0.00000		1.10220	0.22	13.03517	
往程觀測高差= -7.95341m 返程觀測高差= 7.95226m 平均觀測高差= -7.95284m								
觀測平均距離= 2.05 Km 觀測精度= 0.80 mm√k 已知點高程差= -7.96566m								
閉合差= 12.83mm 閉合精度= 8.95 mm√k								

表 2-20 小琉球地區水準檢測計算表(4/5)

工程名稱：98年度以空載光達技術建立數值地形模型工作 測量人員：林俊賢								
工程編號：A980038 測量期間：980728 測量儀器：DINI-12								
點 號	距 離		標 尺 讀 數			配賦值 (mm)	高 程 (m)	備 註 (平均值)
	後視	前視	後視	間視	前視			
LC07	17.66	0.00	1.96096		往程觀測		5.06951	
	9.69	19.23	0.38060		2.79145	0.00	4.23902	
	41.06	10.67	0.23983		1.55692	0.00	3.06270	
SL03	0.00	40.92	0.00000		1.18150	0.00	2.12104	
SL03	40.89	0.00	1.22529		返程觀測		2.12104	
	11.18	41.11	1.63466		0.28642	0.00	3.05991	
	15.75	10.37	1.90460		0.34870	0.00	4.34587	
LC07	0.00	16.59	0.00000		1.18096	0.00	5.06951	
往程觀測高差= -2.94848m 返程觀測高差= 2.94847m 平均觀測高差= -2.94848m								
觀測平均距離= 0.14 Km 觀測精度= 0.03 mm√k 已知點高程差= -2.94848m								
閉合差= 0.00mm 閉合精度= 0.00 mm√k								

表 2-20 小琉球地區水準檢測計算表(5/5)

工程名稱：98年度以空載光達技術建立數值地形模型工作		測量人員：林俊賢						
工程編號：A980038		測量期間：980728						
測量儀器：DINI-12								
點 號	距 離		標 尺 讀 數			配賦值 (mm)	高 程 (m)	備 註 (平均值)
	後視	前視	後 視	間 視	前 視			
LC06	31.40	0.00	0.37142		往程觀測		13.03517	
	26.90	29.28	0.09333		2.77522	0.06	10.63143	
	16.04	29.53	0.43780		2.67693	0.05	8.04788	
	12.81	15.28	0.20555		2.79046	0.03	5.69524	
	13.72	10.71	0.22332		2.62544	0.02	3.27538	
	55.74	14.75	2.40493		1.94182	0.03	1.55690	
SL01	0.00	52.74	0.00000		1.38147	0.10	2.58046	
SL01	60.86	0.00	1.52329		返程觀測		2.58046	
LPJ11	0.00	70.29		1.59708			2.50667	
LPJ12	0.00	60.72		2.32679			1.77696	
LPJ13	0.00	56.79		1.56720			2.53655	
LPJ14	0.00	26.45		2.98512			1.11863	
LPJ15	0.00	64.68		2.75702			1.34673	
	9.70	65.93	2.96292		2.10125	0.12	2.00262	
	9.08	8.26	2.57093		0.47433	0.02	4.49123	
	23.24	7.56	2.49404		0.48614	0.02	6.57603	
	15.52	25.62	2.40644		0.41056	0.05	8.65956	
	17.17	15.85	1.99116		0.06760	0.03	10.99843	
	10.36	17.00	1.71995		0.54101	0.03	12.44861	
LC06	0.00	11.67	0.00000		1.13341	0.02	13.03517	
往程觀測高差= -10.45499m 返程觀測高差= 10.45443m 平均觀測高差= -10.45471m								
觀測平均距離= 0.30 Km 觀測精度= 1.02 mm√K 已知點高程差= -10.45471m								
閉合差= 0.00mm 閉合精度= 0.00 mm√K								

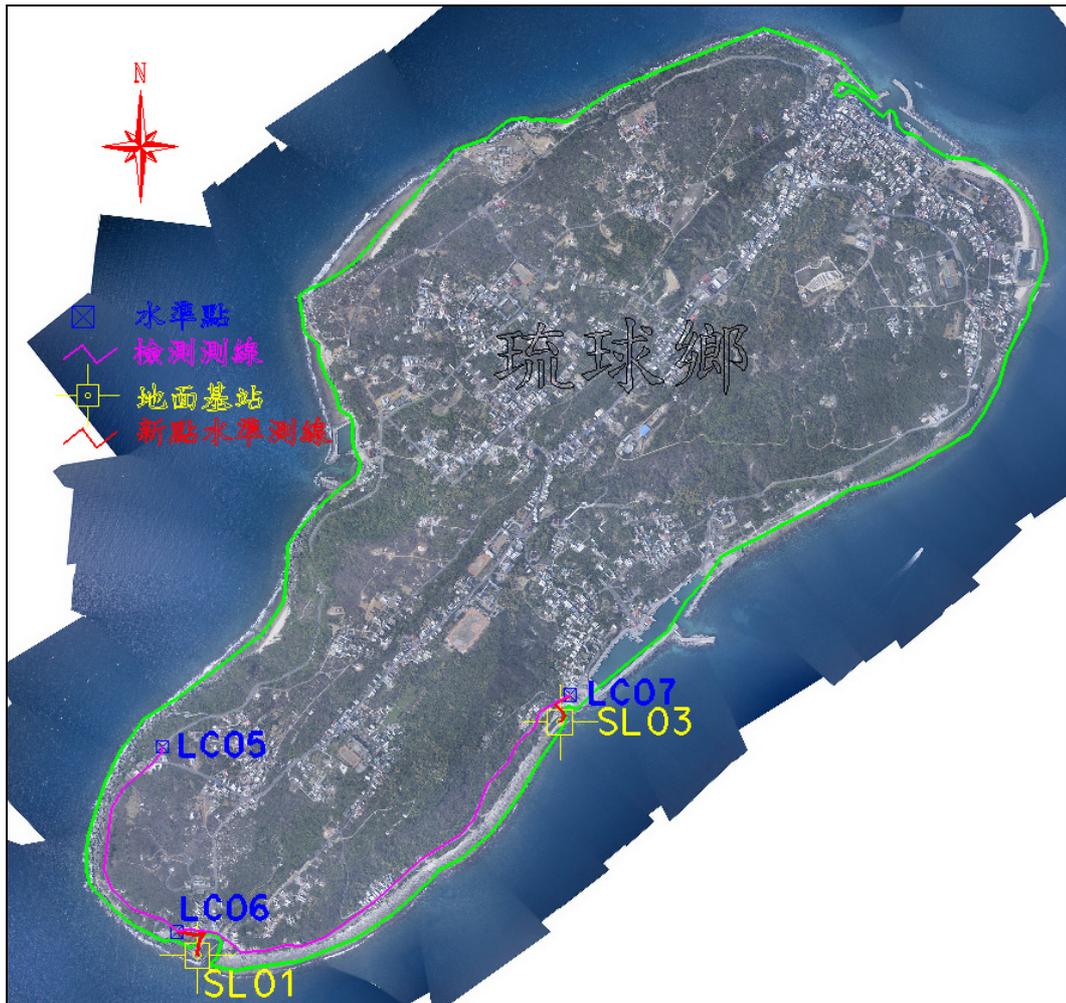


圖 2-25 小琉球區高程控制點分布圖



圖 2-26 小琉球地區水準觀測現場照片

表 2-21 小琉球地區水準檢測成果精度表

起點		終點		資料高差	檢測高差	較差	測段距離	精度
點號	高程值(M)	點號	高程值(M)	(M)	(M)	(mm)	(KM)	mm \sqrt{K}
LC06	13.03517	LC05	35.60446	22.56929	22.56891	0.39	0.98	0.39
LC06	13.03517	LC07	5.06951	-7.96566	-7.95284	-12.83	2.05	8.95

表 2-22 小琉球地區平差後新測點 TWVD2001 高程坐標(單位：公尺)

點號	平差後高程坐標
	H
SL01	2.580
SL03	2.121

(二)綠島地區

1. 地面 GPS 基站規劃

此作業區域位於台灣東部之離島地區，GPS 基站規劃兩點新設點分別為 LDA1、LDA2，並於 98 年 08 月 26 日進行檢測；之後因考量交通、天候及潮位等因素，因此地面控制 GPS 基站之重新規劃採常駐之衛星觀測站 DA01 與 DA02 兩點，以 24 小時連續方式進行觀測，並於 99 年 05 月 13 日進行檢測，其兩次規劃之控制點分布如圖 2-27。

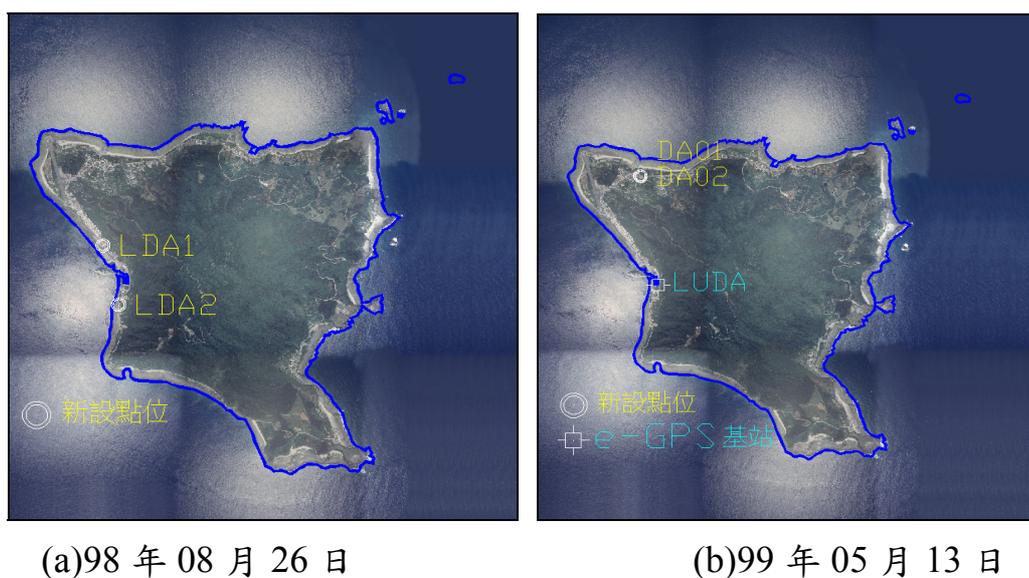


圖 2-27 綠島地區 GPS 基站分布圖

2. 平面控制

依合約規範新設點位作為基站，其測設標準應符合「基本測量實施規則」所規定之加密控制測量施測標準。本公司於 98 年 8 月 26 日進行靜態 GPS 檢測作業，規劃 V215、V227、V243、V245(三等控制點)與新設點位 LDA1 與 LDA2 同步觀測至少 1 小時資料；於 99 年 5 月 13 日再進行靜態 GPS 檢測作業，規劃 V243(三等控制點)、LD07、LD08 與 LD09(一等水準點)與新設點位 DA01 與 DA02 同步觀測至少 1 小時資料，並輔以 e-GPS 追縱站 LUDA 之資料(1 秒 1 筆)同步觀測進行最小約制及強制附合平差解算，其控制點分布及現場施測照片如圖 2-28 至圖 2-30、觀測時段如表 2-23。

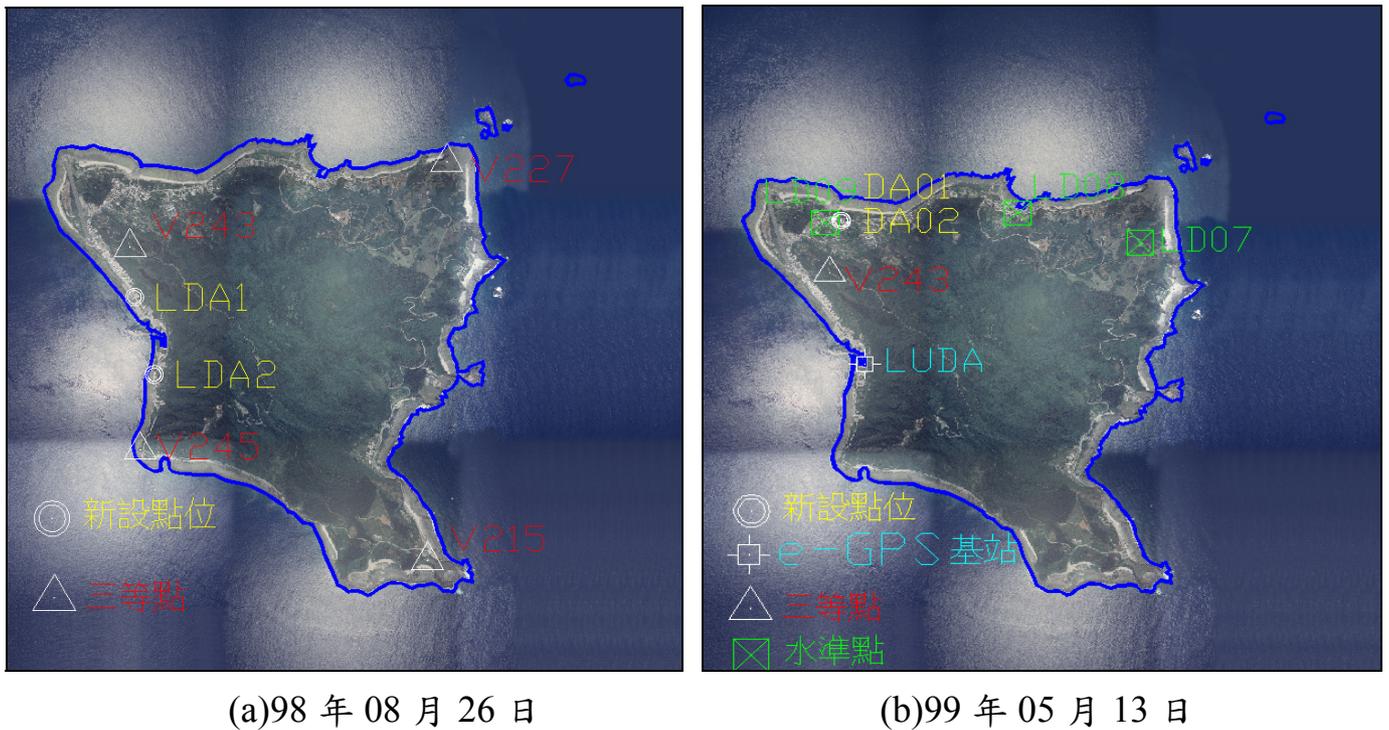


圖 2-28 綠島地區平面控制點分布圖

98 年 08 月 26 日



V215



V227



V243



V245



LDA1



LDA2

圖 2-29 綠島地區地面 GPS 基站現場照片 1

99 年 05 月 13 日



V243



LD07



LD08



LD09



DA01



DA02

圖 2-30 綠島地區地面 GPS 基站現場照片 2

表 2-23 綠島地區 GPS 檢測觀測時段表

日期		98.08.26		觀測時間	15:40~17:30	
組別	點名	點號	接收儀型式	天線盤型式	天線高(m)	備註
1	旭海	V215	Trimble 5700	TRM39105.00	1.212	
2	牛仔山	V227	Topcon GR-3	4421339(儀器序號)	1.208	
3	南寮	V243	ASHTECH	GeodeticIV	1.022	
4	龜灣鼻	V245	Topcon GR-3	4421345(儀器序號)	1.445	
5	---	LDA1	Trimble 5700	TRM41249.00	1.339	新設點
6	---	LDA2	Trimble 5700	TRM41249.00	1.378	新設點
日期		99.05.13		觀測時間	13:08~14:12	
組別	點名	點號	接收儀型式	天線盤型式	天線高(m)	備註
1	南寮	V243	Trimble 4000SSI	TRM14532.00	1.1448	
2	觀音洞	LD07	Trimble 5700	TRM14532.00	1.4831	
3	公館國小	LD08	Trimble 5800	TRM5800	1.3225	
4	綠島國小	LD09	Trimble 4000SSI	TRM33429.00+GP	1.4289	
5	---	DA01	Trimble 4000SSE	4000SST/SSE L1/L2 Geodetic	0.0692	新設點
6	---	DA02	Trimble 4000SSE	Micro-centered L1/L2 Permanent	0.0665	新設點
7	綠島	LUDA	Trimble 5700	Trimble Zephyr Geodetic	0.000	e-GPS

兩次檢測之網形解算分別以固定 V227 及 V243 各一點進行平差解算，經平差後之控制點坐標成果比較如表 2-24 所示，利用平差後之坐標反算基線長與公告之坐標反算基線長相比較如表 2-25，GPS 檢測網形圖如圖 2-31，其各基線之精度均能符合規範 $30\text{mm}+6\text{Lppm}$ (L 為基線長) 之要求。因此，確認表 2-24 與表 2-25 已知點檢測無誤後，重新固定各已知點坐標平差求取 LDA1、LDA2、DA01 及 DA02 坐標如表 2-26。最小約制平差後各基線成果分量如表 2-27。

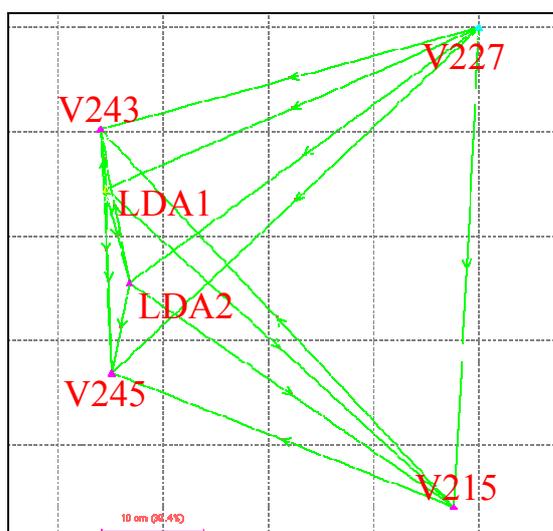
表 2-24 綠島地區控制點坐標成果比較表(單位：公尺)

98 年 08 月 26 日						
點號	公告坐標		平差後坐標		差值	
	E	N	E	N	E	N
V215	301863.717	2504061.443	301863.718	2504061.466	-0.001	-0.022
V227	302080.956	2508604.993	302080.956	2508604.993	0.000	0.000
V243	298505.552	2507632.085	298505.556	2507632.081	-0.004	0.004
V245	298622.419	2505322.332	298622.422	2505322.338	-0.003	-0.006
99 年 05 月 13 日						
點號	公告坐標		平差後坐標		差值	
	E	N	E	N	E	N
V243	298505.552	2507632.085	298505.552	2507632.085	0.000	0.000
LD07	302020.322	2507999.863	302020.322	2507999.863	0.015	0.004
LD08	300633.758	2508367.261	300633.758	2508367.261	0.038	-0.005
LD09	298285.235	2508179.452	298285.235	2508179.452	0.006	-0.003

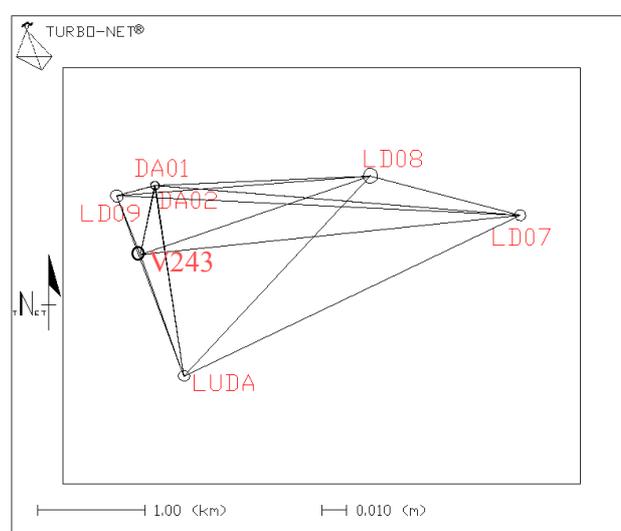
表 2-25 綠島地區已知控制點精度檢核表(單位：公尺)

98 年 08 月 26 日					
基線名稱	實測基線長	坐標反算基線長	長度較差	規範標準	合格
V215-->V243	4901.859	4901.880	-0.021	0.059	<input checked="" type="checkbox"/>
V215-->V245	3477.923	3477.931	-0.008	0.051	<input checked="" type="checkbox"/>
V215-->V227	4548.952	4548.974	-0.022	0.057	<input checked="" type="checkbox"/>
V243-->V245	2313.308	2313.318	-0.010	0.044	<input checked="" type="checkbox"/>
V243-->V227	3705.411	3705.414	-0.003	0.052	<input checked="" type="checkbox"/>
V245-->V227	4768.719	4768.725	-0.006	0.059	<input checked="" type="checkbox"/>
99 年 05 月 13 日					
基線名稱	實測基線長	坐標反算基線長	長度較差	規範標準	合格
V243-->LD07	3533.944	3533.959	-0.015	0.051	<input checked="" type="checkbox"/>

V243-->LD08	2251.575	2251.609	-0.034	0.044	☑
V243-->LD09	590.048	590.043	0.005	0.034	☑
LD07-->LD08	1434.438	1434.413	0.025	0.039	☑
LD07-->LD09	3739.393	3739.402	-0.009	0.052	☑
LD08-->LD09	2355.989	2356.020	-0.032	0.044	☑



(a)98 年 08 月 26 日



(b)99 年 05 月 13 日

圖 2-31 綠島地區 GPS 檢測網形平差圖

表 2-26 綠島地區平差後新測點坐標值(單位：公尺)

點號	平差後坐標		
	E	N	橢球高 h
LDA1	298558.111	2507060.593	31.912
LDA2	298780.361	2506177.700	28.518
DA01	298634.369	2508277.863	41.807
DA02	298639.786	2508275.273	41.816

表 2-27 綠島地區平面控制最小約制平差後各基線分量值(單位：公尺)

98 年 08 月 26 日							
序號	起始測站	結束測站	基線長	坐標反算成果		較差合格標準	
				水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量
1	V215	V227	4549.313	4548.718	46.118	0.057	0.143
2	V215	V243	4902.257	4901.688	40.902	0.059	0.149
3	V215	V245	3478.191	3477.901	-12.185	0.051	0.127
4	V215	LDA1	4463.802	4463.385	-26.546	0.057	0.142
5	V215	LDA2	3740.127	3739.725	-29.940	0.052	0.131
6	V227	V243	3705.725	3705.407	-5.216	0.052	0.131
7	V227	V245	4769.103	4768.363	-58.303	0.059	0.147
8	V227	LDA1	3847.498	3846.506	-72.664	0.053	0.133
9	V227	LDA2	4098.063	4097.033	-76.058	0.055	0.136
10	V243	V245	2313.498	2312.698	-53.087	0.044	0.110
11	V243	LDA1	577.896	573.900	-67.448	0.033	0.084
12	V243	LDA2	1481.929	1480.116	-70.842	0.039	0.097
13	V245	LDA1	1739.637	1739.444	-14.361	0.040	0.101
14	V245	LDA2	870.070	869.822	-17.755	0.035	0.088
15	LDA1	LDA2	910.511	910.436	-3.394	0.035	0.089
99 年 05 月 13 日							
序號	起始測站	結束測站	基線長	坐標反算成果		較差合格標準	
				水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量
1	DA01	DA02	6.005	6.005	0.009	0.030	0.075
2	DA01	LD07	3397.779	3397.342	34.249	0.050	0.126
3	DA01	LD08	2001.532	2001.359	-9.556	0.042	0.105
4	DA01	LD09	362.872	362.734	-8.946	0.032	0.080
5	DA01	LUDA	1796.776	1796.600	-11.906	0.041	0.102
6	DA01	V243	661.066	658.499	57.586	0.034	0.085
7	DA02	LD07	3392.168	3391.731	34.240	0.050	0.126
8	DA02	LD08	1996.238	1996.064	-9.565	0.042	0.105
9	DA02	LD09	367.405	367.267	-8.955	0.032	0.081
10	DA02	LUDA	1793.400	1793.224	-11.915	0.041	0.102
11	DA02	V243	659.616	657.044	57.577	0.034	0.085
12	LD07	LD08	1435.216	1434.438	-43.805	0.039	0.097

13	LD07	LD09	3739.932	3739.393	-43.195	0.052	0.131
14	LD07	LUDA	3455.153	3454.579	-46.155	0.051	0.127
15	LD07	V243	3534.312	3533.944	23.337	0.051	0.128
16	LD08	LD09	2356.165	2355.989	0.610	0.044	0.110
17	LD08	LUDA	2541.715	2541.526	-2.350	0.045	0.113
18	LD08	V243	2252.755	2251.575	67.142	0.044	0.109
19	LD09	LUDA	1789.111	1788.974	-2.960	0.041	0.102
20	LD09	V243	593.835	590.048	66.532	0.034	0.084
21	LUDA	V243	1201.367	1199.260	69.492	0.037	0.093

3. 高程控制

依合約規範新設點位作為基準，其測設標準應符合「基本測量實施規則」所規定之加密控制測量施測標準，其高程成果如表 2-26。

水準檢測選擇兩條測線分別為 LD09 -> LDA1 -> LD01 與 LD01->LDA2 -> LD02 進行檢測作業如圖 2-32，其分布位置如圖 2-33，於 98 年 8 月 27 日~28 日完成往返之水準線觀測，其檢測精度均符合 $8\text{mm}\sqrt{k}$ ，如表 2-28 與表 2-29 所示。



圖 2-32 綠島地區水準檢測施測照片

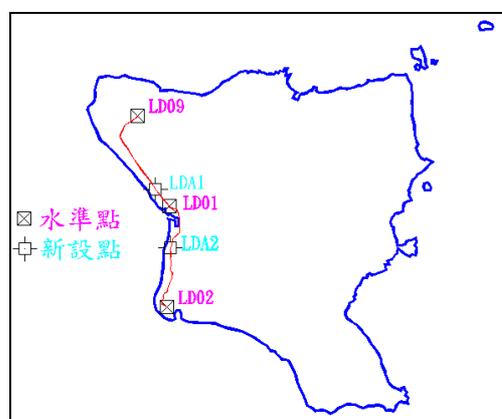


圖 2-33 綠島地區水準檢測分布圖

表 2-28 綠島地區水準檢測計算成果表-測線一

點 號	距 離		標 尺 讀 數			配賦值 (mm)	高 程 (m)	備 註 (平均值)
	後視	前視	後 視	間 視	前 視			
LD09	27.09	0.00	1.55916		往程觀測		7.87487	
	59.12	45.43	1.46534		1.49263	-0.12	7.94128	
	42.85	42.71	0.76060		2.73375	-0.17	6.67270	
	50.29	30.88	1.70365		1.50073	-0.12	5.93245	
	45.63	34.97	1.56311		0.99761	-0.14	6.63834	
	43.34	47.55	0.90663		2.11166	-0.16	6.08964	
	59.44	45.08	1.45924		1.69035	-0.15	5.30577	
	44.34	61.89	1.73843		1.37022	-0.20	5.39459	
	50.11	44.71	1.45055		1.27993	-0.15	5.85294	
	53.58	38.95	1.52888		1.12464	-0.15	6.17870	
	57.53	67.12	1.11742		0.86413	-0.20	6.84325	
	57.72	55.49	1.04556		1.58131	-0.19	6.37917	
	45.68	66.16	1.32784		1.77641	-0.21	5.64811	
	62.80	79.25	2.60958		1.34145	-0.21	5.63429	
LDA1	14.14	46.63	0.32115		1.24059	-0.18	7.00310	
	76.35	11.34	1.98325		1.66194	-0.04	5.66227	
	30.98	70.56	1.02367		1.85617	-0.25	5.78910	
	41.94	48.62	1.02487		1.91455	-0.13	4.89809	
LD01	0.00	40.71	0.00000		2.08262	-0.14	3.84020	
LD01	29.08	0.00	1.80791		返程觀測		3.84020	
	56.17	31.96	1.97987		1.00518	0.05	4.64298	
	51.42	36.69	2.04032		0.92168	0.07	5.70124	
	37.19	51.24	0.97273		1.55537	0.08	6.18627	
LDA1	42.11	38.00	0.52346		0.15772	0.06	7.00134	7.00222
	65.76	47.84	1.30538		1.92656	0.07	5.59831	
	49.00	61.84	1.40901		1.26601	0.10	5.63778	
	62.26	41.11	1.78673		0.98450	0.07	6.06237	
	43.85	57.10	1.63935		1.25485	0.09	6.59434	
	59.99	47.33	1.07875		1.74780	0.07	6.48596	
	54.83	51.47	1.34937		1.62893	0.09	5.93587	
	62.89	53.73	1.12542		1.64043	0.09	5.64490	
	52.49	59.74	1.37129		1.37297	0.10	5.39744	
	55.62	57.16	1.97689		0.56124	0.09	6.20758	
	55.06	47.28	0.96741		1.60300	0.08	6.58155	
	47.37	38.97	2.30855		1.53284	0.07	6.01620	
	52.39	43.67	1.36527		0.28852	0.07	8.03630	
	26.22	43.37	1.51552		1.46195	0.08	7.93969	
LD09	0.00	19.19	0.00000		1.58038	0.04	7.87487	
往程觀測高差= -4.03176m 返程觀測高差= 4.03330m 平均觀測高差= -4.03253m 觀測平均距離= 1.74 Km 觀測精度= 1.17 mm √K 已知點高程差= -4.03467m 閉合差= 2.14mm 閉合精度= 1.62 mm √K								

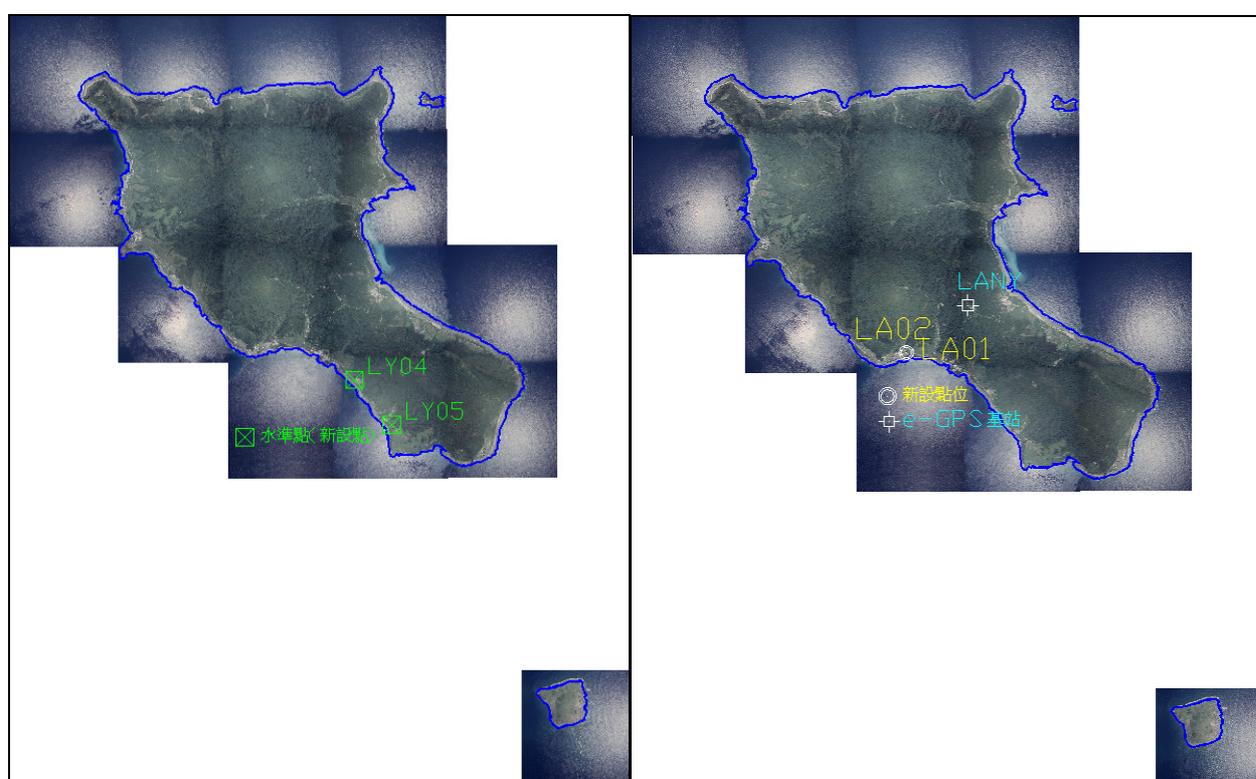
表 2-29 綠島地區水準檢測計算成果表-測線二

點 號	距 離		標 尺 讀 數			配賦值 (mm)	高 程 (m)	備 註 (平均值)
	後視	前視	後 視	間 視	前 視			
LD01	39.94	0.00	1.44947		往程觀測		3.84020	
	34.22	64.57	1.39352		1.87823	-0.26	3.41118	
	38.38	54.35	1.27290		1.67627	-0.22	3.12822	
	54.78	53.84	1.41450		1.68357	-0.23	2.71732	
	55.60	53.38	1.71497		1.44835	-0.27	2.68320	
	43.82	46.83	1.46749		0.75284	-0.25	3.64508	
	52.04	59.04	1.48795		1.34095	-0.25	3.77137	
	29.29	59.47	1.56917		1.64626	-0.27	3.61279	
LDA2	31.81	30.23	1.91648		1.55158	-0.15	3.63023	
	45.79	34.89	1.51253		1.17315	-0.16	4.37340	
	53.62	40.39	1.26247		1.61182	-0.21	4.27390	
	40.27	59.94	1.59832		1.42824	-0.28	4.10785	
	22.50	21.36	2.33386		0.97285	-0.15	4.73317	
	25.96	28.00	2.39990		0.63781	-0.12	6.42909	
	36.80	28.18	2.01526		0.68364	-0.13	8.14522	
	27.36	34.75	2.82843		0.84816	-0.18	9.31214	
	25.84	24.95	2.72544		0.15021	-0.13	11.99024	
	23.46	20.93	2.83185		0.25000	-0.11	14.46556	
	27.15	16.55	2.57598		0.42859	-0.10	16.86872	
	47.74	29.73	0.49924		0.11501	-0.14	19.32955	
	19.72	19.92	0.57755		2.67700	-0.17	17.15163	
	23.00	25.38	0.82139		2.32006	-0.11	15.40901	
	45.28	27.17	0.65508		1.71175	-0.12	14.51852	
	10.27	12.71	0.08518		2.50544	-0.14	12.66802	
	11.99	8.36	0.48946		2.32398	-0.05	10.42918	
	23.33	13.66	0.65446		2.15353	-0.06	8.76504	
LD02	0.00	26.64	0.00000		2.09783	-0.12	7.32155	
LD02	29.66	0.00	2.22024		返程觀測		7.32155	
	17.72	27.32	2.65996		0.42012	0.08	9.12175	
	11.26	9.33	2.81340		0.49830	0.04	11.28345	
	47.06	13.24	2.06218		0.27074	0.04	13.82615	
	30.68	34.28	2.58861		0.85073	0.12	15.03771	
	23.10	28.80	2.74644		0.41113	0.09	17.21528	
	16.51	39.38	0.78785		0.52451	0.09	19.43730	
	13.53	20.62	0.77509		2.32396	0.05	17.90124	
	18.95	22.46	0.26637		2.49008	0.05	16.18630	
	19.21	18.56	0.28258		2.35515	0.05	14.09757	
	15.19	26.29	0.56078		2.53663	0.07	11.84359	
	47.71	25.85	0.61896		2.91299	0.06	9.49144	
	24.10	29.16	0.77276		1.97421	0.11	8.13630	
	27.20	21.65	0.66201		2.24260	0.07	6.66652	
	38.18	29.52	0.77171		2.46669	0.08	4.86192	
	60.66	28.09	1.41767		1.53728	0.09	4.09645	
	56.49	53.59	1.65018		1.15935	0.16	4.35493	
	14.45	63.49	1.14030		1.91259	0.17	4.09269	
LDA2	26.14	20.89	1.46008		1.60220	0.05	3.63084	3.63054
	50.85	31.74	1.38196		1.48525	0.08	3.60576	
	51.46	58.05	1.88817		1.15741	0.16	3.83046	
	54.98	73.68	0.65067		2.23360	0.18	3.48521	
	53.81	57.65	1.51676		1.58071	0.16	2.55533	
	53.21	77.41	1.70006		1.22846	0.19	2.84382	
	49.73	47.27	1.51283		1.15450	0.14	3.38952	
	18.69	55.03	1.51745		1.01883	0.15	3.88367	
LD01	0.00	13.53	0.00000		1.56097	0.05	3.84020	
往程觀測高差= 3.48573m 返程觀測高差= -3.48392m 平均觀測高差= 3.48483m								
觀測平均距離= 1.79 Km 觀測精度= 1.35 mm √K 已知點高程差= 3.48135m								
閉合差= 3.47mm 閉合精度= 2.60 mm √K								

(三) 蘭嶼地區

1. 地面 GPS 基站規劃

蘭嶼地區位於台灣東部之離島地區，GPS 基站共規劃兩點新設點位分別 LY04、LY05(一等水準點)，並於 98 年 10 月 01 日進行檢測；之後因考量交通、天候及潮位等因素，因此於地面控制 GPS 基站之規劃採常駐之衛星觀測站 LA01 與 LA02 兩點，以 24 小時連續方式進行觀測，並於 99 年 05 月 17 日進行檢測，其兩次規劃之控制點分布如圖 2-34。



(a) 98 年 10 月 01 日

(b) 99 年 05 月 17 日

圖 2-34 蘭嶼地區 GPS 基站分布圖

2. 平面控制

依合約規範新設點位作為基站，其測設標準應符合「基本測量實施規則」所規定之加密控制測量施測標準。本公司於 98 年 10 月 01 日進行靜態 GPS 檢測作業，規劃 V007、V010、V012(三等控制點)與新設點位 LY04、LY05(一等水準點)同步觀測至少 1 小時資料；於 99 年 5 月

17 日於蘭嶼地區進行靜態 GPS 檢測作業，規劃 V010 與 V012(三等控制點)、LY01 與 LY05(一等水準點)與新設點位 LA01 與 LA02 同步觀測至少 1 小時資料，並輔以 e-GPS 追縱站 LANY 之資料(1 秒 1 筆)同步觀測進行最小約制及強制附合平差解算，其控制點分布及現場施測照片如圖 2-35 至圖 2-37、觀測時段如表 2-30。

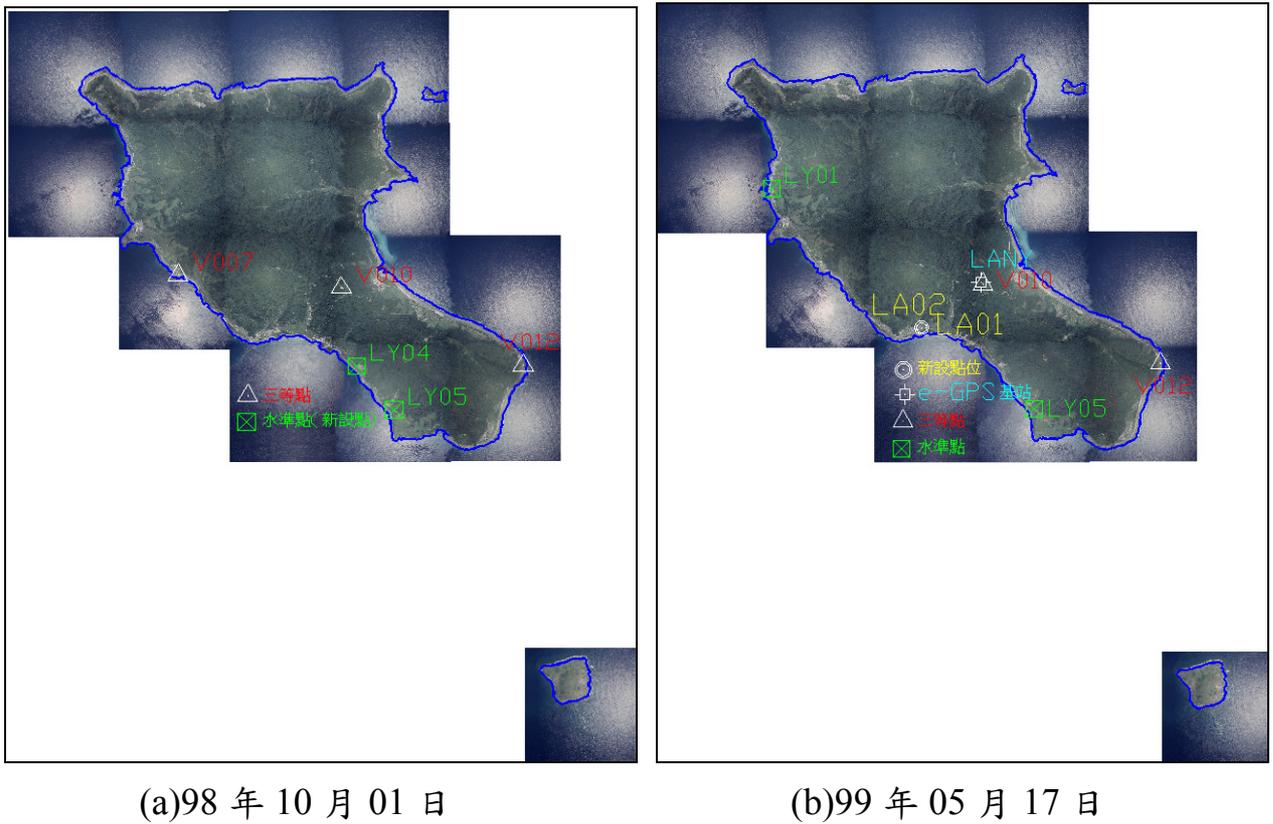


圖 2-35 蘭嶼地區平面控制點分布圖

98 年 10 月 01 日



V007



V010



V012



LY04



LY05

圖 2-36 蘭嶼地區地面 GPS 基站現場照片 1

99 年 05 月 17 日



V010



V012



LY01



LY05



LA01



LA02

圖 2-37 蘭嶼地區地面 GPS 基站現場照片 2

表 2-30 蘭嶼地區 GPS 觀測時段表

日期		98.10.01		觀測時間	09:35~11:05	
組別	點名	點號	接收儀型式	天線盤型式	天線高(m)	備註
1	虎頭坡	V007	ASHTECH	GeodeticIV	1.418	
2	氣象站	V010	Trimble 5700	TRM41249.00	1.241	
3	鋼盔岩	V012	Trimble 5700	TRM41249.00	1.196	
4	蘭嶼國小	LY04	Trimble 5700	TRM41249.00	1.500	新設點
5	忠愛橋	LY05	Topcon GR-3	4421345(儀器序號)	1.421	新設點
日期		99.05.17		觀測時間	09:20~11:00	
組別	點名	點號	接收儀型式	天線盤型式	天線高(m)	備註
1	氣象站	V010	Trimble 4000SSI	TRM22020.00+GP	1.3562	
2	鋼盔岩	V012	Trimble 4000SSI	TRM33429.00+GP	1.1561	
3	開元港	LY01	Trimble 4000SSI	TRM22020.00+GP	1.3846	
4	忠愛橋	LY05	Trimble 4000SSI	TRM22020.00+GP	1.3218	
5	---	LA01	Trimble 4000SSI	TRM33429.00+GP	0.0625	新設點
6	---	LA02	Trimble 4000SSI	TRM33429.00+GP	0.0625	新設點
7	蘭嶼	LANY	Trimble 5700	Trimble Zephyr Geodetic	0.000	e-GPS

兩次檢測之網形解算分別以固定 V012 及 V010 各一點進行平差解算，經平差後之控制點坐標成果比較如表 2-31 所示，利用平差後之坐標反算基線長與公告之坐標反算基線長相比較如表 2-32，GPS 檢測網形圖如圖 2-38，其各基線之精度均能符合規範 $30\text{mm}+6\text{Lppm}$ (L 為基線長) 之要求。因此，確認表 2-31 與表 2-32 已知點檢測無誤後，重新固定各已知點坐標平差求取 LA01 及 LA02 坐標如表 2-33。最小約制平差後各基線成果分量如表 2-34。

表 2-31 蘭嶼地區控制點坐標成果比較表(單位：公尺)

98 年 10 月 01 日						
點號	公告坐標		平差後坐標		差值	
	E	N	E	N	E	N
V007	303842.267	2438055.115	303842.293	2438055.112	-0.026	0.003
V010	307664.197	2437745.872	307664.215	2437745.865	-0.018	0.007
V012	311921.468	2435835.712	311921.468	2435835.712	0.000	0.000
99 年 05 月 17 日						
點號	公告坐標		平差後坐標		差值	
	E	N	E	N	E	N
V010	307664.197	2437745.872	307664.197	2437745.872	0.000	0.000
V012	311921.468	2435835.712	311921.462	2435835.721	0.006	-0.009
LY01	302593.467	2440044.070	302593.450	2440044.076	0.017	-0.006
LY05	308897.910	2434741.203	308897.891	2434741.192	0.019	0.011

表 2-32 蘭嶼地區已知控制點精度檢核表(單位：公尺)

98 年 10 月 01 日					
基線名稱	實測基線長	坐標反算基線長	長度較差	規範標準	合格
V007-->V010	3846.056	3846.068	-0.012	0.053	<input checked="" type="checkbox"/>
V007-->V012	8378.486	8378.511	-0.026	0.080	<input checked="" type="checkbox"/>
V010-->V012	4674.805	4674.829	-0.024	0.058	<input checked="" type="checkbox"/>
99 年 05 月 17 日					
基線名稱	實測基線長	坐標反算基線長	長度較差	規範標準	合格
V010-->V012	4674.818	4674.829	-0.011	0.058	<input checked="" type="checkbox"/>
V010-->LY01	5575.598	5575.579	0.019	0.063	<input checked="" type="checkbox"/>
V010-->LY05	3259.926	3259.922	0.004	0.050	<input checked="" type="checkbox"/>
V012-->LY01	10233.400	10233.391	0.009	0.091	<input checked="" type="checkbox"/>
V012-->LY05	3215.591	3215.572	0.019	0.049	<input checked="" type="checkbox"/>
LY01-->LY05	8238.162132	8238.153	0.009	0.079	<input checked="" type="checkbox"/>

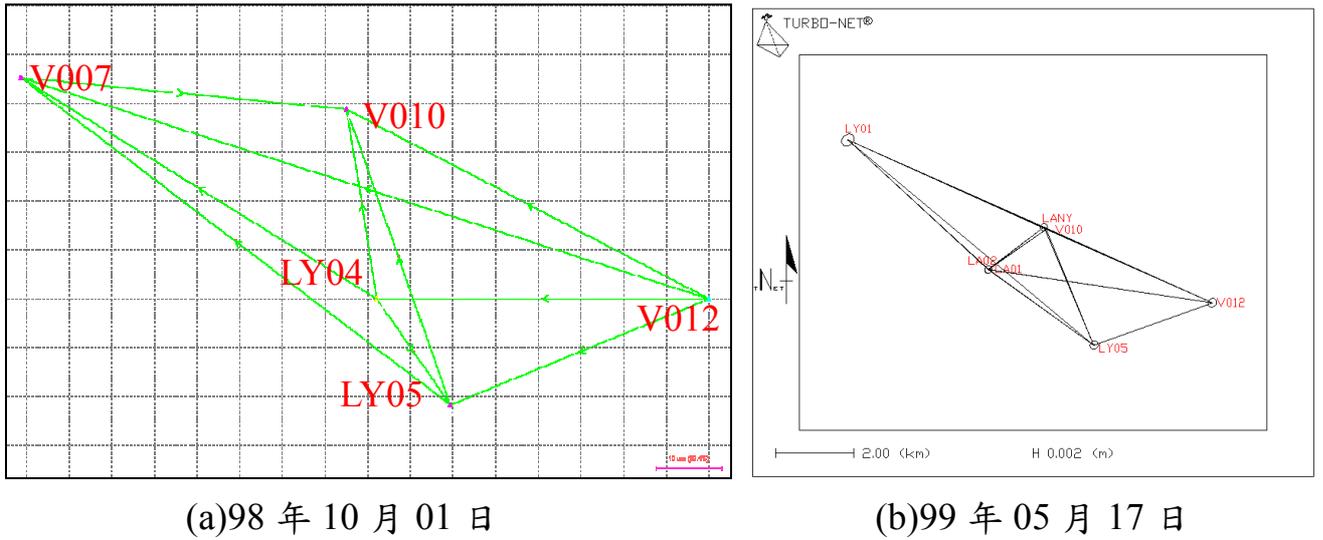


圖 2-38 蘭嶼地區 GPS 檢測網形平差圖

表 2-33 蘭嶼地區平差後新測點坐標值(單位：公尺)

點號	平差後坐標		
	E	N	h
LY04	308026.914	2435816.627	43.008
LY05	308897.910	2434741.187	68.525
LA01	306191.674	2436696.907	49.633
LA02	306186.863	2436695.588	49.629

表 2-34 蘭嶼地區平面控制最小約制平差後各基線分量值(單位：公尺)

98 年 10 月 01 日							
序號	起始測站	結束測站	基線長	坐標反算成果		較差合格標準	
				水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量
1	LY04	LY05	1384.237	1383.910	25.517	0.038	0.096
2	LY04	V007	4746.047	4745.721	3.912	0.058	0.146
3	LY04	V010	1986.447	1963.036	302.944	0.042	0.105
4	LY04	V012	3894.893	3894.601	18.479	0.053	0.133
5	LY05	V007	6045.406	6044.946	-21.605	0.066	0.166
6	LY05	V010	3260.211	3248.091	277.427	0.050	0.124
7	LY05	V012	3215.787	3215.569	-7.038	0.049	0.123

序號	起始測站	結束測站	基線長	坐標反算成果		較差合格標準	
				水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量
8	V007	V010	3846.409	3834.413	299.032	0.053	0.133
9	V007	V012	8379.047	8378.473	14.567	0.080	0.201
10	V010	V012	4675.214	4666.143	-284.465	0.058	0.145
99 年 05 月 17 日							
序號	起始測站	結束測站	基線長	坐標反算成果		較差合格標準	
				水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量
1	LA01	LA02	4.989	4.988	-0.004	0.030	0.075
2	LA01	LANY	1818.426	1793.603	298.451	0.041	0.102
3	LA01	LY05	3339.215	3338.934	18.881	0.050	0.125
4	LA01	V010	1832.246	1807.949	296.399	0.041	0.102
5	LA01	V012	5794.545	5794.154	11.896	0.065	0.162
6	LA01	LANY	1818.426	1793.603	298.451	0.041	0.102
7	LA02	LANY	1822.979	1798.217	298.455	0.041	0.102
8	LA02	LY01	4912.067	4911.714	-8.688	0.059	0.149
9	LA02	LY05	3342.345	3342.062	18.885	0.050	0.125
10	LA02	V010	1836.870	1812.632	296.403	0.041	0.103
11	LA02	V012	5799.108	5798.714	11.900	0.065	0.162
12	LANY	LY01	5508.048	5498.966	-307.143	0.063	0.158
13	LANY	LY05	3324.801	3312.726	-279.570	0.050	0.125
14	LANY	V010	71.668	71.631	-2.052	0.030	0.076
15	LANY	V012	4743.522	4734.442	-286.555	0.058	0.146
16	LY01	LY05	8238.740	8238.116	27.573	0.079	0.199
17	LY01	V010	5576.114	5567.245	305.091	0.063	0.159
18	LY01	V012	10234.090	10233.380	20.588	0.091	0.229
19	LY05	V010	3260.220	3248.092	277.518	0.050	0.124
20	LY05	V012	3215.800	3215.583	-6.985	0.049	0.123
21	V010	V012	4675.227	4666.153	-284.503	0.058	0.145

3. 高程控制

依合約規範新設點位作為基站，其測設標準應符合「基本測量實施規則」所規定之加密控制測量施測標準，其高程成果如表 2-35。

水準檢測選擇 LY04 -> LY05 進行檢測作業如圖 2-39，其分布位

置如圖 2-40，於 98 年 10 月 01 日完成往返之水準線觀測，其檢測閉合精度為 $6.00\text{mm}\sqrt{k}$ (符合合約規範 $8\text{mm}\sqrt{k}$)如表 2-35。



圖 2-39 蘭嶼地區水準檢測施測照片

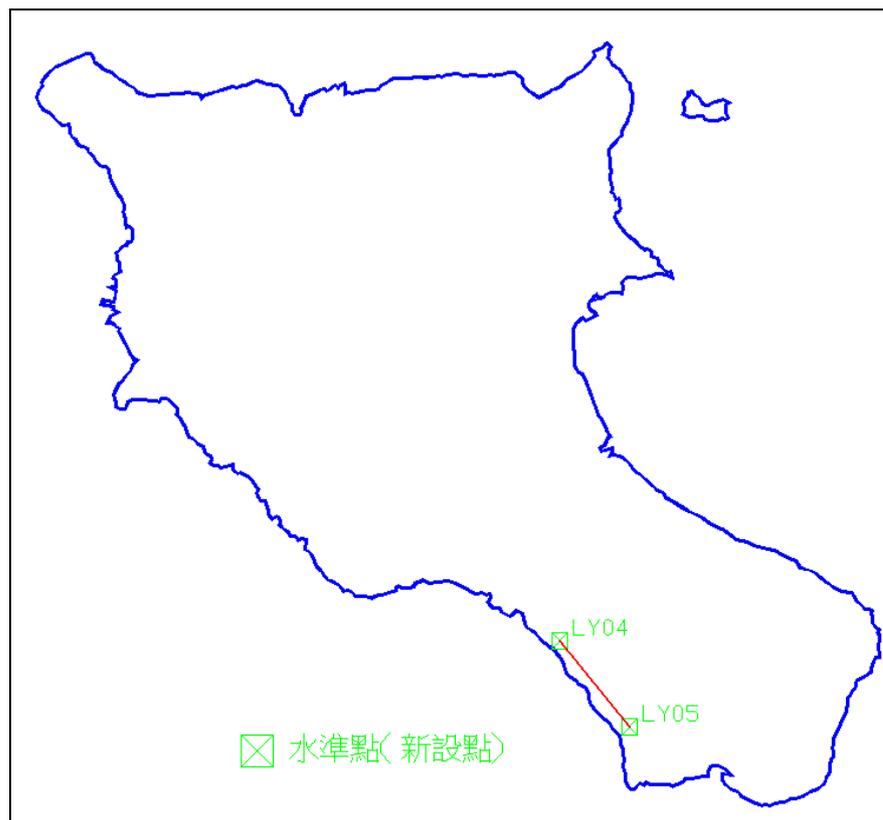


圖 2-40 蘭嶼地區水準檢測分布圖

表 2-35 蘭嶼地區水準檢測計算成果表

點 號	距 離		標 尺 讀 數			配賦值 (mm)	高 程 (m)	備 註 (平均值)
	後視	前視	後 視	間 視	前 視			
LY04	14.89	0.00	1.71258		往程觀測		17.00100	
	5.98	12.22	0.17640		2.70388	0.08	16.00978	
	9.10	10.49	0.54266		2.63529	0.05	13.55094	
	22.58	24.42	0.52009		1.82743	0.10	12.26626	
	39.13	58.22	0.19281		2.79394	0.23	9.99264	
	35.48	58.18	1.44787		2.54218	0.28	7.64355	
	29.62	68.73	2.13101		1.81473	0.30	7.27700	
	41.06	25.96	1.11658		0.60166	0.16	8.80651	
	48.21	32.63	1.02975		2.39475	0.21	7.52855	
	36.09	42.26	1.50253		1.76700	0.26	6.79156	
	36.61	51.72	1.45040		1.67862	0.25	6.61572	
	50.22	55.32	2.32084		0.79199	0.26	7.27440	
	42.46	54.53	2.42009		1.01192	0.30	8.58362	
	24.81	36.38	2.68851		0.10771	0.23	10.89622	
	15.65	15.16	2.76107		0.17108	0.12	13.41377	
	15.18	9.62	2.89363		0.36434	0.07	15.81057	
	10.45	9.37	2.64745		0.15096	0.07	18.55331	
	12.36	11.41	2.68334		0.06086	0.06	21.13997	
	11.70	8.52	2.98251		0.23675	0.06	23.58662	
	18.26	12.27	2.88308		0.07486	0.07	26.49433	
	27.83	18.49	2.70021		0.25978	0.11	29.11774	
	20.09	17.66	2.92294		0.56633	0.13	31.25175	
	14.41	14.55	2.95976		0.18080	0.10	33.99399	
	15.81	7.85	2.88821		0.49158	0.06	36.46224	
	15.80	16.55	2.89735		0.36344	0.09	38.98710	
	32.92	16.02	2.53220		0.16606	0.09	41.71848	
	49.09	38.69	1.45917		1.73660	0.21	42.51429	
	27.78	40.57	1.72210		1.36658	0.26	42.60713	
LY05	0.00	22.58	0.00000		1.85538	0.15	42.47400	
LY05	41.22	0.00	1.57456		返程觀測		42.47400	
	52.40	57.75	1.68676		1.62379	-0.68	42.42409	
	14.81	40.62	0.70921		1.66386	-0.64	42.44636	
	9.55	20.96	0.27526		2.70054	-0.24	40.45478	
	16.01	12.80	0.09711		2.15460	-0.15	38.57529	
	9.92	14.39	0.19258		2.75814	-0.21	35.91405	
	7.61	8.64	0.48624		2.17030	-0.13	33.93621	
	18.01	19.17	0.24840		2.69983	-0.18	31.72243	
	13.70	30.93	0.64860		2.63082	-0.33	29.33968	
	9.73	17.67	0.31284		2.57265	-0.21	27.41541	
	9.73	7.74	0.09876		2.18907	-0.12	25.53906	
	10.24	10.98	0.12300		2.73666	-0.14	22.90102	
	7.59	11.72	0.31672		2.53297	-0.15	20.49090	
	9.23	11.79	0.19302		2.59814	-0.13	18.20935	
	9.60	14.02	0.39137		2.80554	-0.16	15.59667	
	11.87	17.19	0.49064		2.83397	-0.18	13.15389	
	15.86	13.73	0.71774		2.16339	-0.17	11.48096	
	31.03	26.81	0.70700		2.49797	-0.29	9.70044	
	48.18	32.46	1.22849		2.02195	-0.43	8.38506	
	67.88	39.68	0.80266		2.33489	-0.60	7.27806	
	58.09	35.93	1.60098		1.40025	-0.71	6.67976	
	52.93	79.99	2.23324		0.92510	-0.94	7.35469	
	32.69	71.36	0.24534		0.98770	-0.85	8.59938	
	88.71	57.52	2.32316		1.18479	-0.62	7.65932	
	49.66	45.94	2.74079		0.33392	-0.92	9.64764	
	34.08	35.17	2.20676		0.37511	-0.58	12.01274	
	9.18	10.60	2.58314		0.43476	-0.31	13.78443	
	9.15	4.60	2.53309		0.46636	-0.09	15.90112	
	5.73	11.02	0.98930		1.02120	-0.14	17.41287	
LY04	0.00	10.40	0.00000		1.40106	-0.11	17.00100	
往程觀測高差= 25.46864m 返程觀測高差= -25.46257m 平均觀測高差= 25.46561m 觀測平均距離= 1.52 Km 觀測精度= 4.92 mm √K 已知點高差= 25.47300m 閉合差= -7.39mm 閉合精度= 6.00 mm √K								

五、飛航成果

(一)掃描資料處理計算

當取得雷射掃描資料後，首先需進行資料的前處理工作。程序包括了資料下載與整理、POS 資料解算、雷射點雲解算。點雲產製處理流程如圖 2-41。

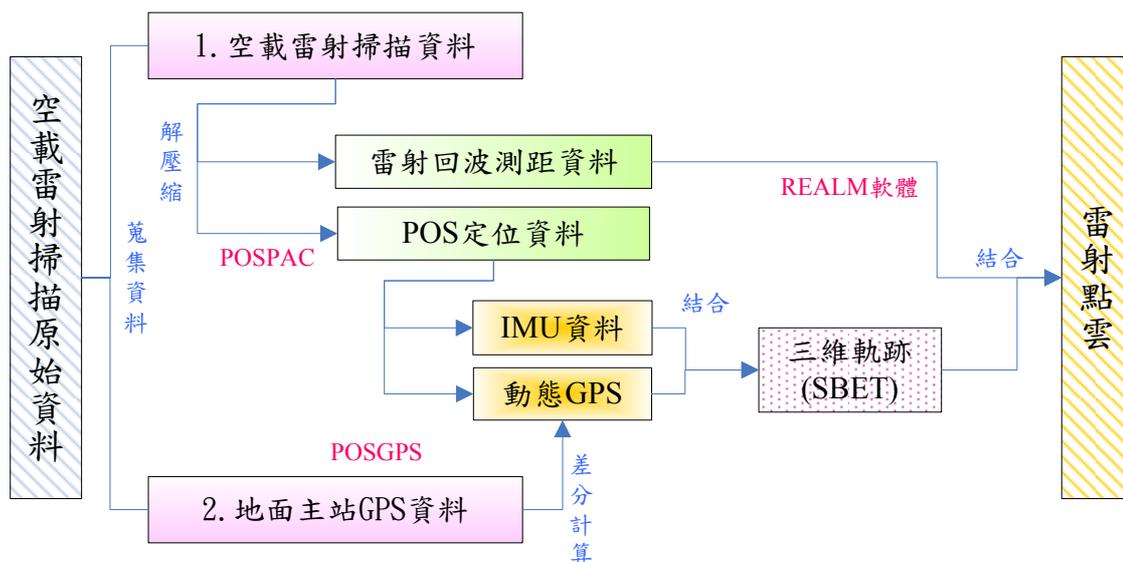


圖 2-41 點雲產製處理流程

(二)下載 LIDAR 資料

執行飛航掃描時，雷射點雲資料與導航資訊是壓縮於硬碟裡，故處理資料的第一步驟便是將資料匯出且解壓縮出來。目前所使用的軟體為 Optech 所提供的 Realm Survey3.5.3 軟體。

(三)動態差分 GPS 處理與 POS 數據處理

利用 POSPAC 將 ALTM 系統的 GPS 資料輸出且進行解壓縮，以利後續軟體計算。所解壓的結果將含解壓縮紀錄(Extract Log)，可用來確認飛行之 GPS 時間、導航過程好壞及資料量是否有縫隙(Gaps)等資訊。

利用 POSGPS 將地面 GPS 主站資料及 ALTM 系統之 GPS 資料進行結合，過程中需輸入地面 GPS 主站之坐標值，並設定相關參數應用

如 C/A Code、L1 相位值及是否利用 L2 載波處理電離層效應後，即可進行解算，並顯示軌跡圖，且可檢視航行時 PDOP 值，並將輸出最後成果供 POSPROC 計算 IMU 定位計算。衛星的幾何分佈情況在解算 GPS 訊號時，視為很重要的品質依據 (圖 2-42)。

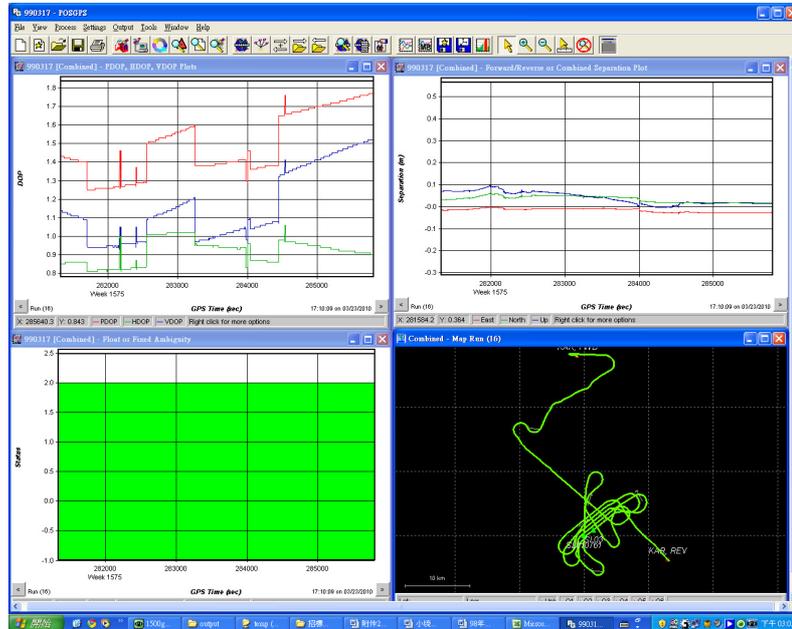


圖 2-42 POSPAC 解算成果之示意圖

(四)雷射點雲計算

REALM軟體中，可將計算後的軌跡資訊輸入，分別計算出每一條航帶所掃描的雷射點雲資料。

(五)掃描點雲計算及說明

小琉球地區於 99 年 03 月 17 日完成飛航掃描任務；綠島地區於 05 月 23 日完成飛航掃描任務；蘭嶼地區因天候因素不佳及潮汐時間不易掌控，於 99 年 06 月 08 日一天完成大、小蘭嶼地區之飛航掃描任務後，為增加蘭嶼樹林茂密處之點雲密度、故蘭嶼地區另於 99 年 07 月 14 日完成點雲加密之掃描作業，各架次之作業區域及時間如表 2-36，基站統計資訊如表 2-37，飛航軌跡解算成果統計如表 2-38；本次飛航掃描資料獲取過程中每日飛航之軌跡及 GPS 解算成果如圖 2-43 至圖 2-46，顯示此 GPS 解算時的 DOP 值狀況，而飛航軌道差異圖可表現 GPS 訊

號在時間上的精度，一般而言，在 20 公分內為允許值。

表 2-36 各飛航架次作業時間及地點

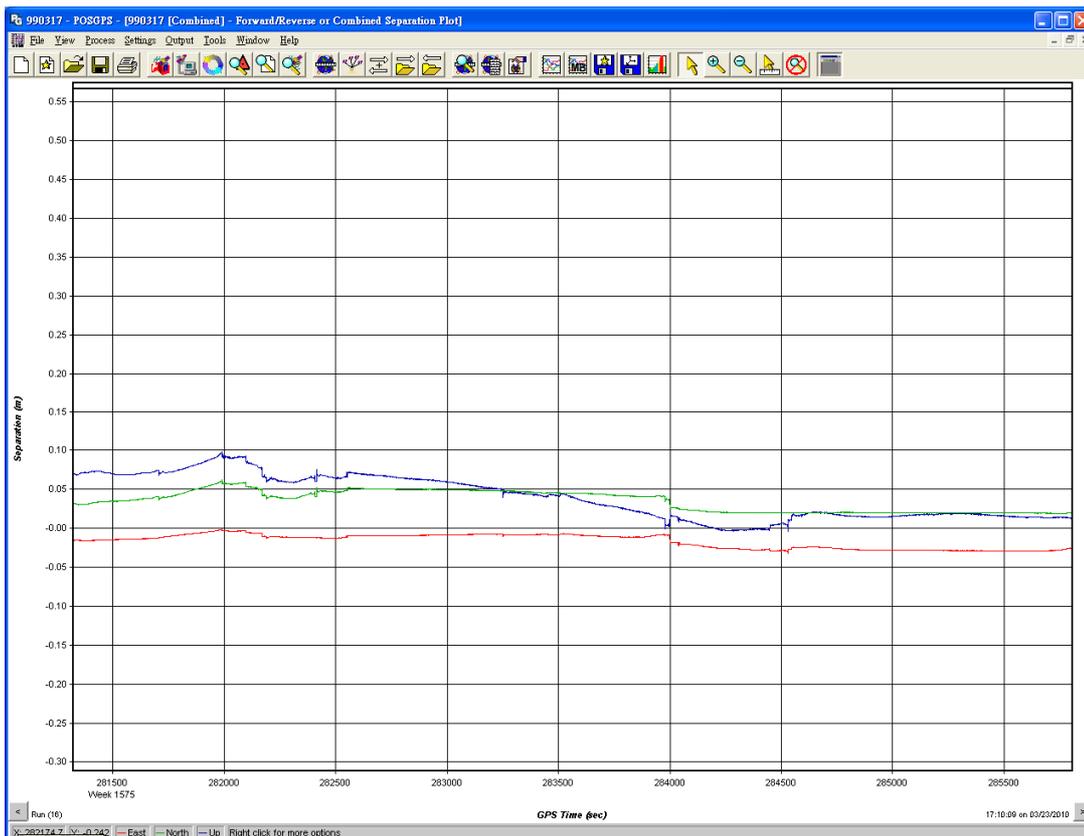
日期	飛航線數	作業地點	飛航時間	低潮位時間	使用儀器
99.03.17	8	小琉球	14:35~15:16	14:31	ALTM30/70
99.05.23	6	綠島	08:17~09:03	08:13	ALTM30/70
99.06.08	24	蘭嶼、小蘭嶼	08:30~10:42	09:16	ALTM30/70
99.07.14	6	蘭嶼	10:00~11:00	14:20	ALTM30/70
備註	99 年 07 月 14 日於蘭嶼地區為進行點雲加密航線，因其非低潮位時間前後 2 小時內所掃描，此部分僅採用陸域之掃描資料。				

表 2-37 基站資訊

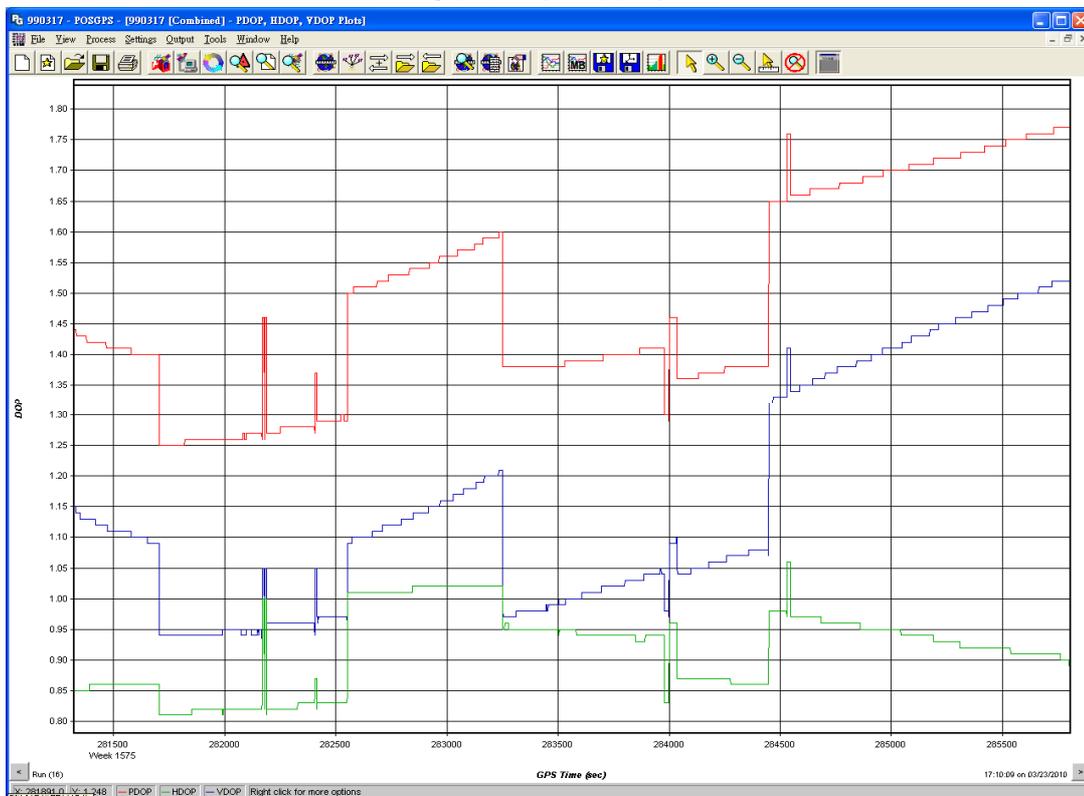
執行日期	執行地點	基站點號	最遠距離 (km)	平均距離 (km)
990317	小琉球	SL01、SL02	20	11.4
990523	綠島	DA01、DA02	20	12
990608	蘭嶼	LA01、LA02	20	10
990714	蘭嶼	LA01、LA02	20	10

表 2-38 飛航軌跡解算成果

日期	PDOP (Max./Avg)	飛航軌道平均差異量(m)	位置標準誤差 (m)
990317	1.82/1.43	N:0.03	N:0.01
		E:0.01	E:0.03
		H:0.03	H:0.04
990523	1.65/1.42	N:0.03	N:0.01
		E:0.04	E:0.01
		H:0.04	H:0.04
990608	2.09/1.63	N:0.02	N:0.02
		E:0.02	E:0.02
		H:0.03	H:0.04
990714	1.57/1.45	N:0.01	N:0.01
		E:0.01	E:0.01
		H:0.02	H:0.02



GPS 之飛航軌道差異圖 <10 公分

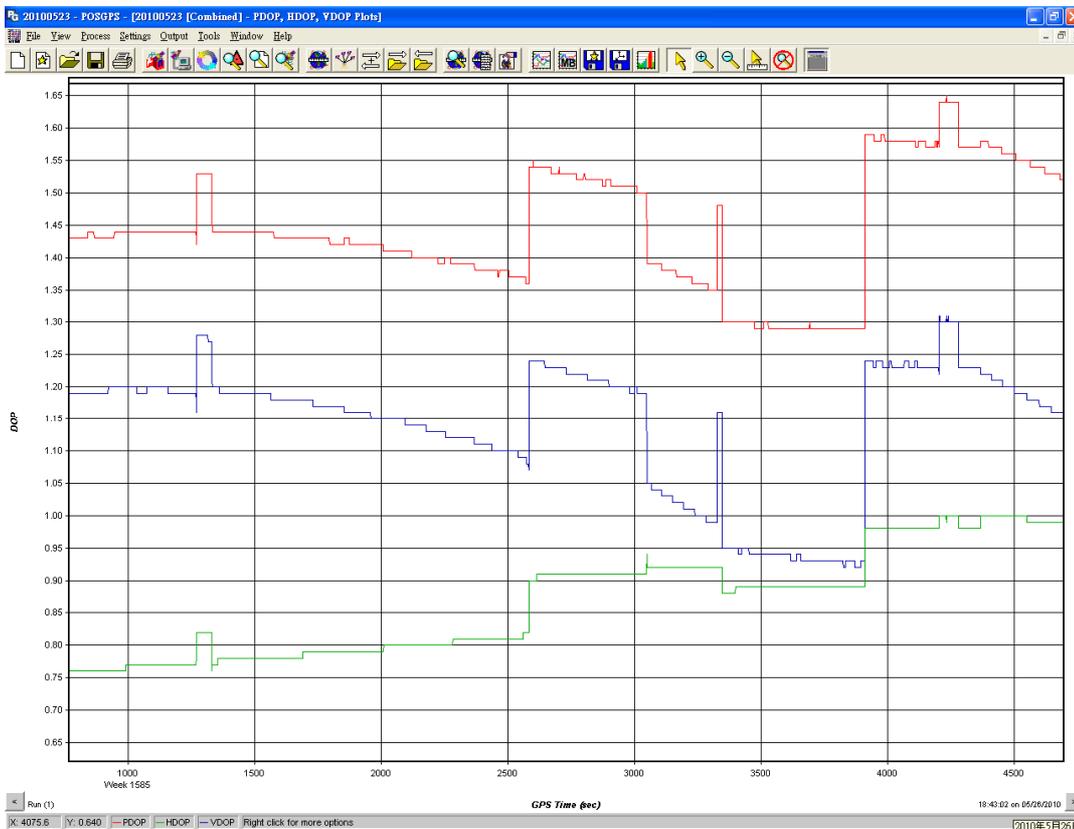


PDOP < 2

圖 2-43 99 年 03 月 17 日小琉球飛航軌跡成果解算圖

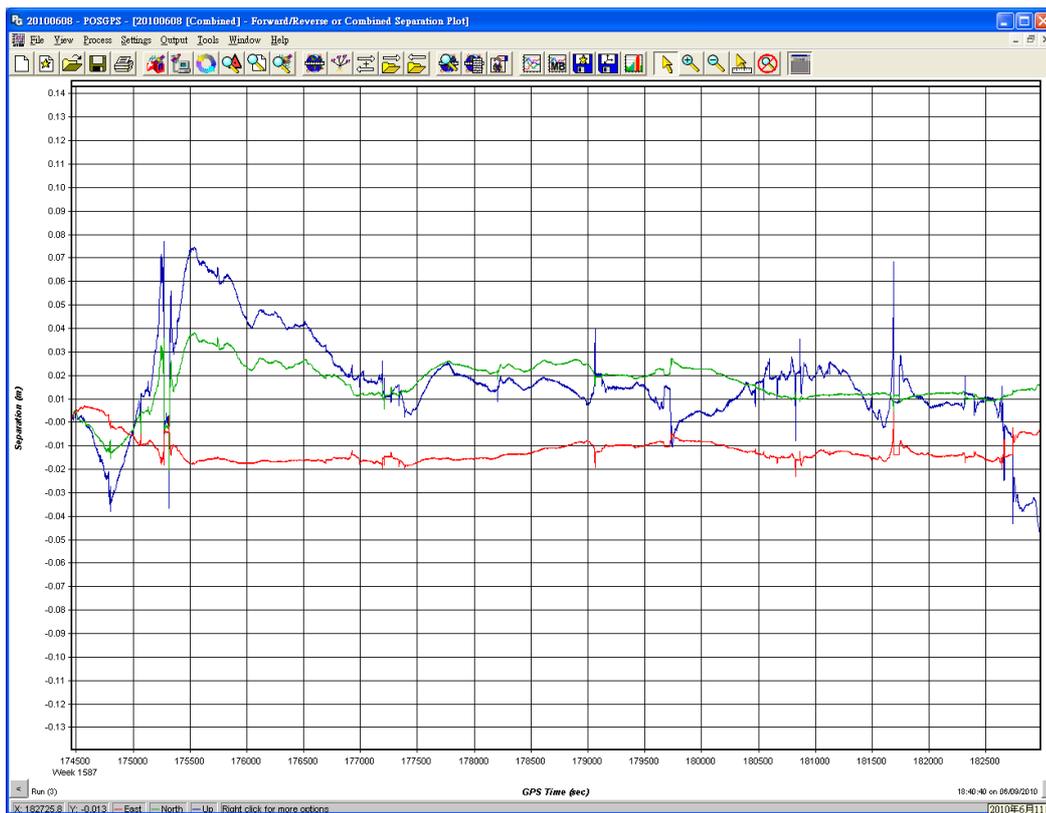


GPS 之飛航軌道差異圖<10 公分

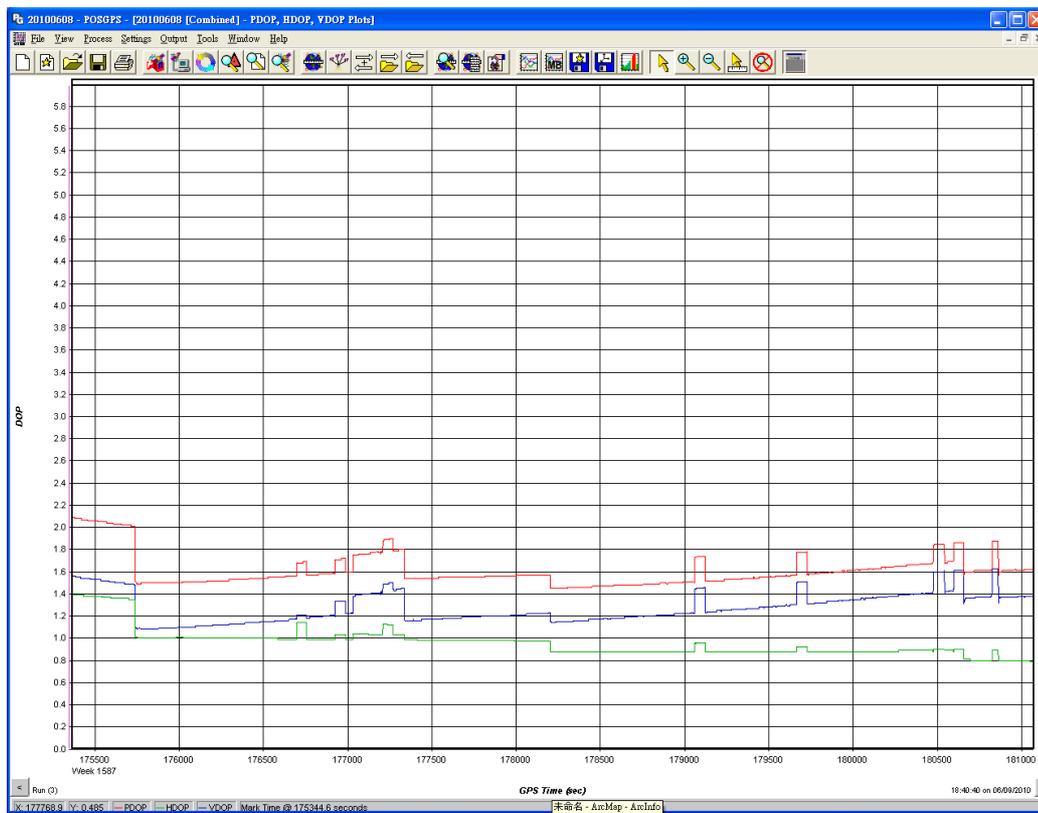


PDOP<2

圖 2-44 99 年 05 月 23 日綠島飛航軌跡成果解算圖

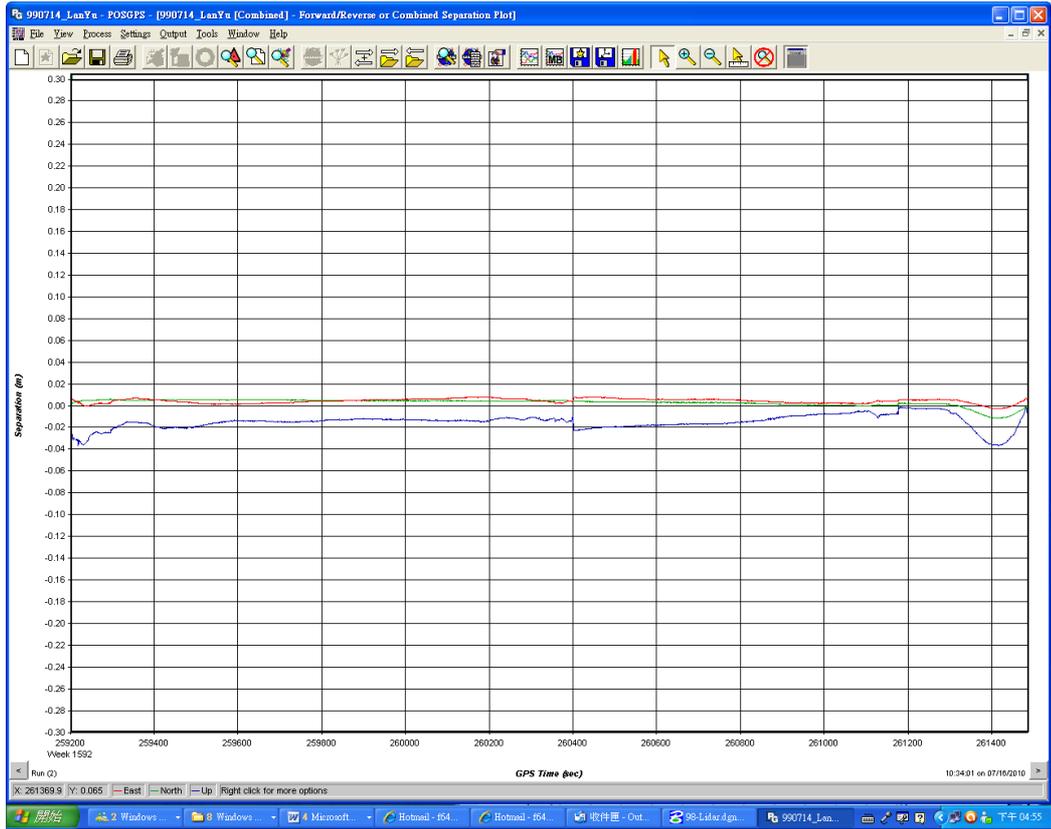


GPS 之飛航軌道差異圖 <10 公分

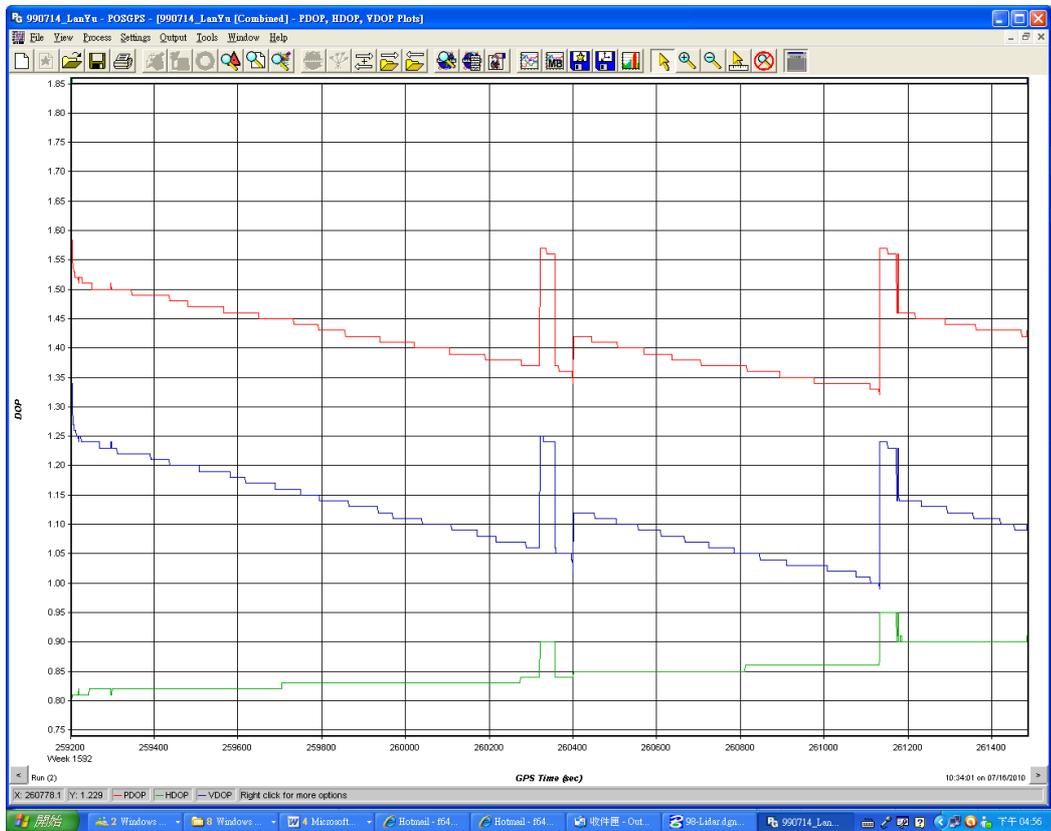


PDOP < 3

圖 2-45 99 年 06 月 08 日蘭嶼飛航軌跡成果解算圖



GPS 之飛航軌道差異圖<10 公分



PDOP<2

圖 2-46 99 年 07 月 14 日蘭嶼飛航軌跡成果解算圖

依不同測區任務及日期掃描之航線圖(如圖 2-47 至圖 2-50)及每條航線之日期、掃描角度、掃描頻率、雷射脈衝頻率、航高、航速、航向、地面控制點及使用儀器說明如表 2-39。

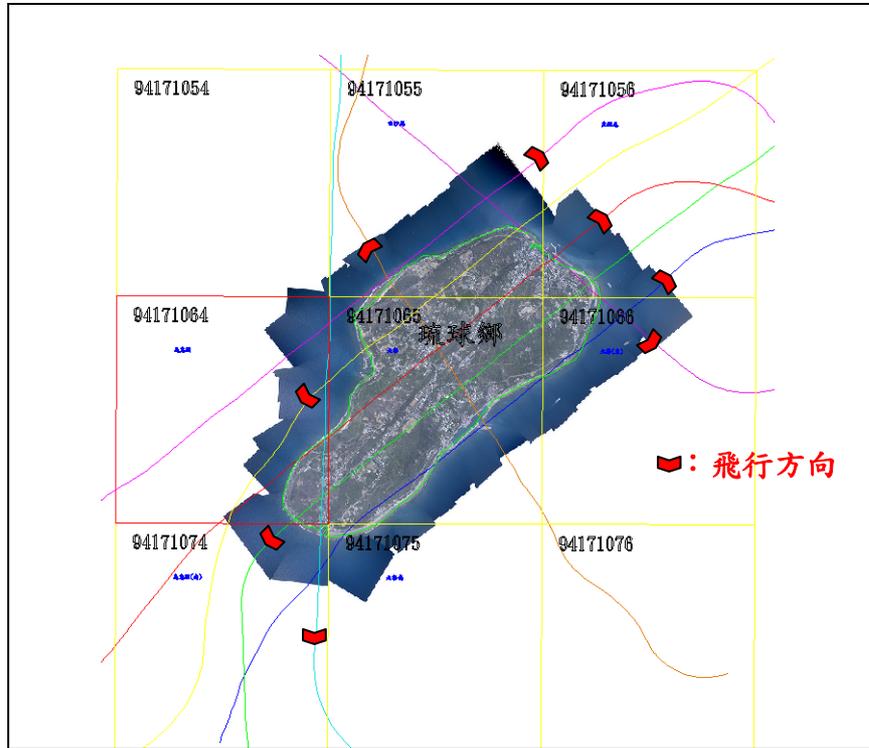


圖 2-47 99 年 03 月 17 日小琉球地區航線圖(ALTM30/70)

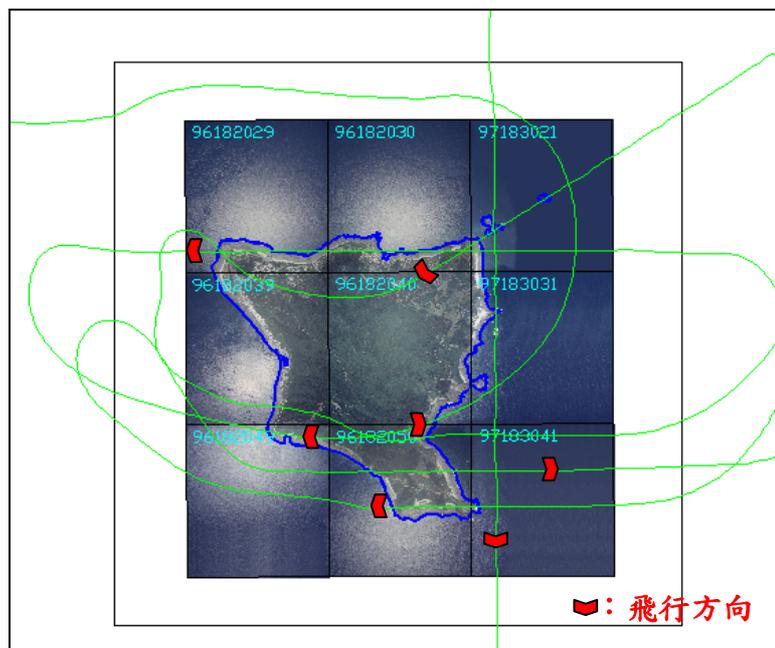


圖 2-48 99 年 05 月 23 日綠島地區航線圖(ALTM30/70)

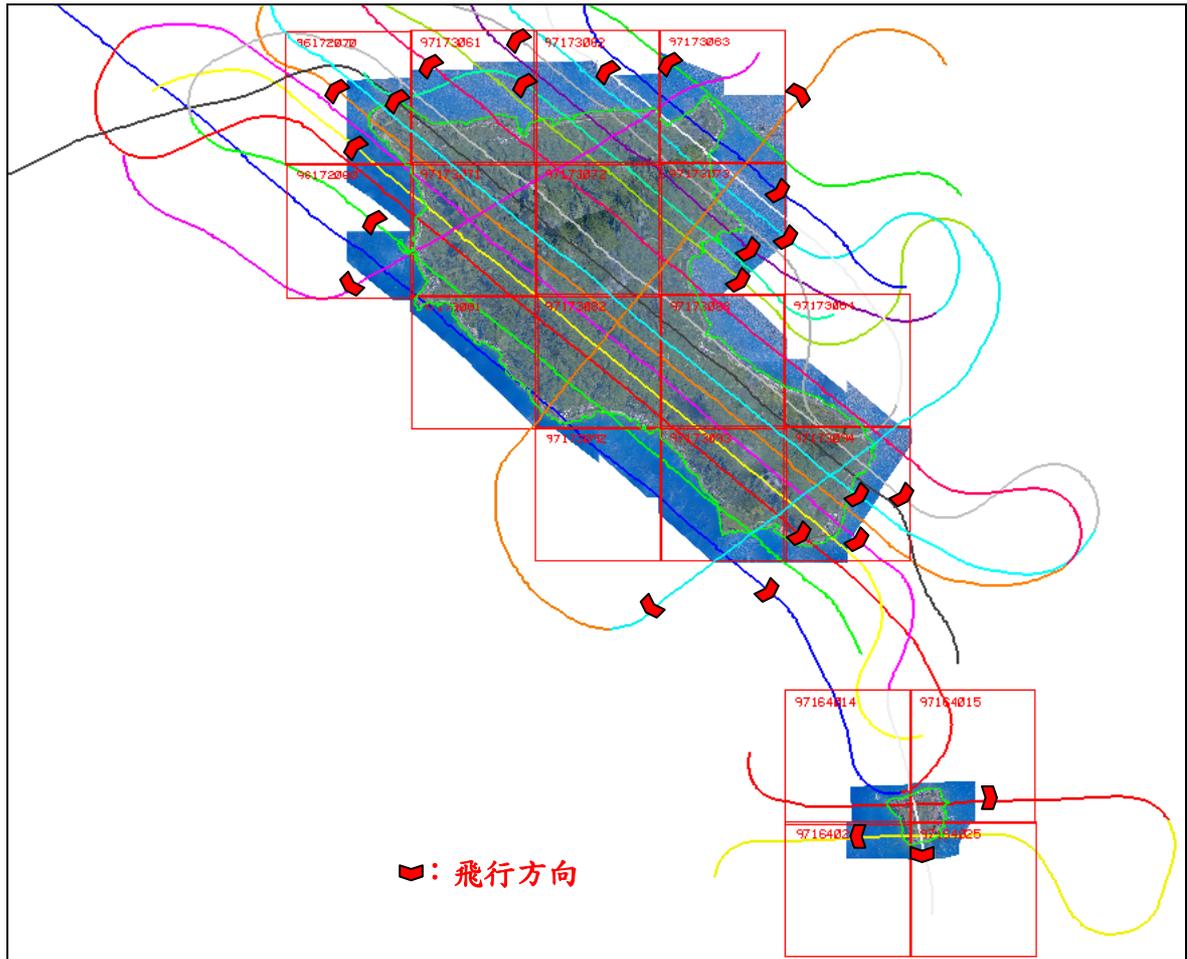


圖 2-49 99 年 06 月 08 日蘭嶼地區航線圖(ALT30/70)

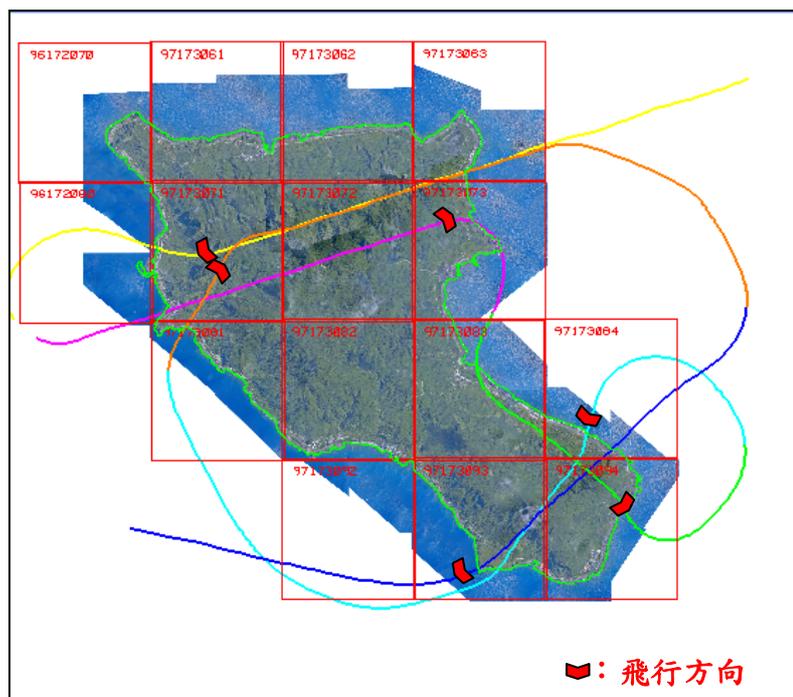


圖 2-50 99 年 07 月 14 日蘭嶼地區航線圖(ALT30/70)

表 2-39 各作業區之各條航線掃描參數

日期	航線編號	掃描角度(deg.)	實際FOV(deg.)	掃描頻率(Hz)	雷射脈衝頻率(Hz)	航高(m)	航向(deg.)	航速(Knots)	GPS地面控制點	使用儀器
小琉球地區										
99.03.17	1	18	18	33	70	1430	51	105	SL01,SL03	ALTM 30/70
99.03.17	2	18	18	33	70	1429	231	104		
99.03.17	3	18	18	33	70	1431	51	97		
99.03.17	4	18	18	33	70	1430	231	106		
99.03.17	5	18	18	33	70	1428	51	108		
99.03.17	37	18	18	33	70	1431	131.3	98		
99.03.17	38	18	18	33	70	1429	328.3	107		
99.03.17	39	18	18	33	70	1432	180	59		
綠島地區(低潮位)										
99.05.23	1	20	20	30	70	1454	270	110	DA01,DA02	ALTM 30/70
99.05.23	2	20	20	30	70	1453	233	65		
99.05.23	3	20	20	30	70	1452	360	104		
99.05.23	4	20	20	30	70	1455	113	121		
99.05.23	5	20	20	30	70	1453	270	73		
99.05.23	6	20	20	30	70	1455	90	123		
99.05.23	7	20	20	30	70	1455	270	100		
蘭嶼地區										
99.06.08	1	18	18	33	70	1454	121	110	LA01、LA02	ALTM 30/70
99.06.08	2	18	18	33	70	1453	273	121		
99.06.08	3	18	18	33	70	1452	120	101		
99.06.08	4	18	18	33	70	1455	272	101		
99.06.08	5	18	18	33	70	1453	121	110		
99.06.08	6	18	18	33	70	1455	273	111		
99.06.08	7	18	18	33	70	1455	119	121		
99.06.08	8	18	18	33	70	1466	278	106		
99.06.08	9	18	18	33	70	1454	122	108		
99.06.08	10	18	18	33	70	1453	275	110		
99.06.08	11	18	18	33	70	1454	121	111		
99.06.08	12	18	18	33	70	1453	269	112		
99.06.08	13	18	18	33	70	1452	120	112		
99.06.08	14	18	18	33	70	1455	270	101		
99.06.08	15	18	18	33	70	1453	122	120		

98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作工作總報告書

日期	航線 編號	掃描 角度 (deg.)	實際 FOV (deg.)	掃描 頻率 (Hz)	雷射脈 衝頻率 (Hz)	航高 (m)	航向 (deg.)	航速 (Knots)	GPS 地面 控制點	使用儀器
99.06.08	16	18	18	33	70	1455	272	114		
99.06.08	17	18	18	33	70	1454	121	114		
99.06.08	18	18	18	33	70	1453	273	110		
99.06.08	19	18	18	33	70	1452	90	112		
99.06.08	20	18	18	33	70	1455	270	108		
99.06.08	21	18	18	33	70	1453	203	109		
99.06.08	22	18	18	33	70	1455	23	114		
99.06.08	23	18	18	33	70	1455	203	112		
99.06.08	24	18	18	33	70	1454	180	111		
蘭嶼地區										
99.07.14	25	20	20	30	70	1454	23	101	LA01、LA02	ALTM 30/70
99.07.14	26	20	20	30	70	1453	210	110		
99.07.14	27	20	20	30	70	1452	33	103		
99.07.14	28	20	20	30	70	1455	180	106		
99.07.14	29	20	20	30	70	1453	120	105		
99.07.14	30	20	20	30	70	1455	210	108		

(六)點雲涵蓋圖

將全部雷射點雲掃描成果展套繪本案 1/5000 圖幅如圖 2-51 至圖 2-53。

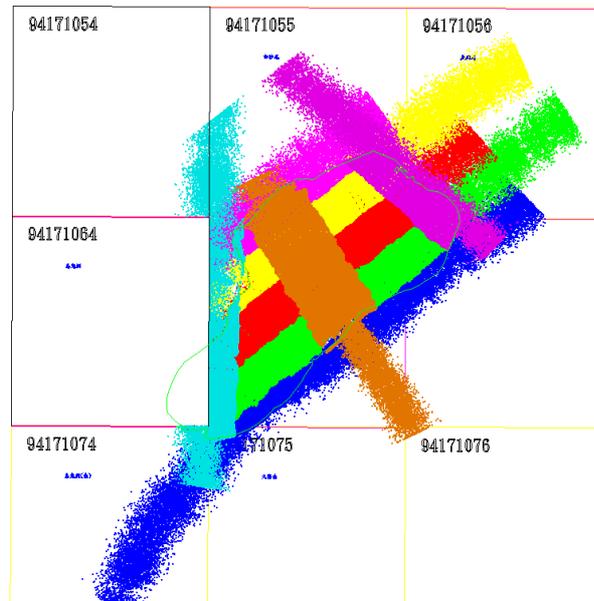


圖 2-51 小琉球地區掃描成果點雲涵蓋圖(ALTM30/70)

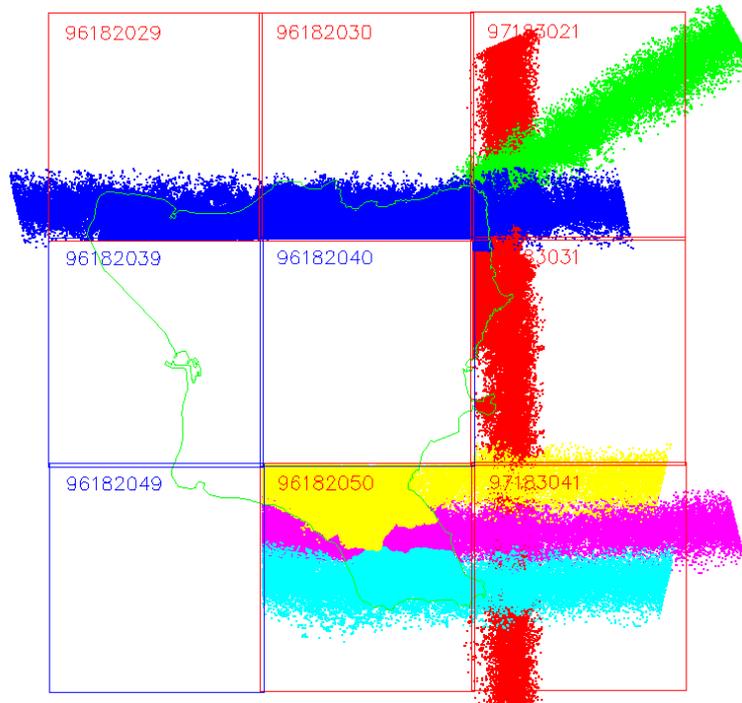


圖 2-52 綠島地區掃描成果點雲涵蓋圖(ALTM 30/70)

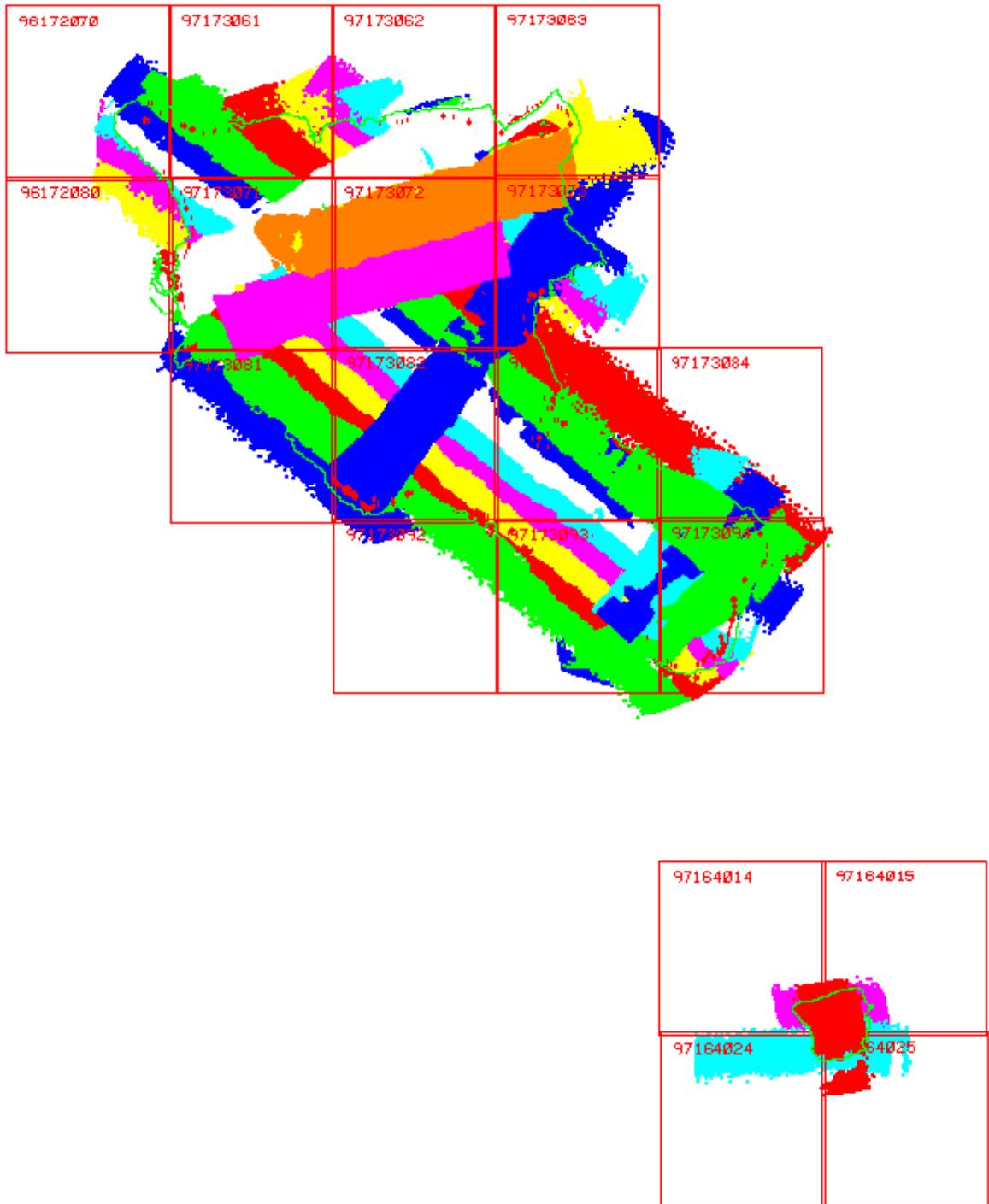


圖 2-53 蘭嶼地區掃描成果點雲涵蓋圖(ALTM30/70)

(七)點雲密度計算

航線點雲密度係利用各航帶掃描面積 A 及該面積內所包含之第一回波雷射點數 N，將 N/A 即求得點雲密度。各掃描航線之點雲密度如表 2-40 所示，整體掃描航線之點雲密度均符合合約要求應大於 $1pt/m^2$ 。

表 2-40 各航線點雲密度分析表

航線編號	雷射點數	航帶面積	點雲密度	使用儀器
小琉球地區				
1	3001581	2934097	1.023	ALTM30/70
2	4791923	4470077	1.072	ALTM30/70
3	6665066	4512570	1.477	ALTM30/70
4	8147081	5769887	1.412	ALTM30/70
5	8147081	5769887	1.412	ALTM30/70
37	5818496	5140014	1.132	ALTM30/70
38	3408599	2847618	1.197	ALTM30/70
39	3080949	2793245	1.103	ALTM30/70
綠島地區				
1	7279442	5861064	1.242	ALTM30/70
2	9660064	7346056	1.315	ALTM30/70
3	2393374	2059702	1.162	ALTM30/70
4	3418915	2890038	1.183	ALTM30/70
5	3957578	3268025	1.211	ALTM30/70
6	1554727	1192275	1.304	ALTM30/70
蘭嶼地區				
1	2424668	1809454	1.34	ALTM30/70
2	8591734	6136953	1.40	ALTM30/70
3	13667856	9051560	1.51	ALTM30/70
4	16161056	13139070	1.23	ALTM30/70
5	6701784	5983736	1.12	ALTM30/70
6	4371889	3613131	1.21	ALTM30/70
7	2654084	2140390	1.24	ALTM30/70
8	1026946	862979.8	1.19	ALTM30/70
9	1006810	757000	1.33	ALTM30/70
10	6793942	5266622	1.29	ALTM30/70
11	1026946	862979.8	1.19	ALTM30/70
12	6594321	5192379	1.27	ALTM30/70
13	3323770	2967652	1.12	ALTM30/70
14	2997838	2584343	1.16	ALTM30/70

航線編號	雷射點數	航帶面積	點雲密度	使用儀器
蘭嶼地區				
15	13947480	10180642	1.37	ALTM30/70
16	9986503	8463138	1.18	ALTM30/70
17	1325301	1215872	1.09	ALTM30/70
18	16263871	12047312	1.35	ALTM30/70
19	14868495	9470379	1.57	ALTM30/70
20	11585249	10437161	1.11	ALTM30/70
21	4732019	4150894	1.14	ALTM30/70
22	347996	276187.3	1.26	ALTM30/70
23	612317	493804	1.24	ALTM30/70
24	4018260	2829761	1.42	ALTM30/70
蘭嶼地區				
25	3224302	3130390	1.03	ALTM30/70
26	5909121	4409792	1.34	ALTM30/70
27	3018374	2494524	1.21	ALTM30/70
28	6420666	4827568	1.33	ALTM30/70
29	3306984	1567291	2.11	ALTM30/70
30	2578542	1968353	1.31	ALTM30/70

六、航帶平差及誤差分析

(一)作業標準

需應用航帶重疊數據並以航帶平差之成果進行精度分析，以及資料之整合。誤差分析應依據航帶間重疊數據進行誤差分析評估，提出重疊數據內部精度與誤差分析評估報告。

1. 選擇合適航帶平差模式

可利用如最小二乘法或其他平差模式進行之。解算方式可分為無地面控制點與含地面控制點二部分(只針對 dz,dr,dp,dh 計算)。

2. 航線重疊區內部精度分析

- (1). 點雲資料地面點自動與人工分類
- (2). 航帶由地面點所組成之高程模型
- (3). 相鄰航帶之高程模型比對，計算高程值差異

3. 航帶平差解算

- (1). 收斂參數設定，包括地面控制點與航跡檔輸入。
- (2). 解算殘餘系統誤差修正參數，包括 dz,dr,dp 與 dh 等資料。
- (3). 逐航帶誤差修正參數解算
- (4). 依據修正參數逐航帶修正點雲坐標

4. 重新進行內部精度檢核，確保精度在 20 公分以內。平差過程需留下紀錄。

(二)航帶精度分析及平差處理

由於雷射掃描(Laser Scanning)為一門相當新的地形量測技術，其原理主要利用高精度的 GPS 及 INS 進行三維坐標之解算，與傳統的航空攝影測量相較而言，雷射掃描不需大量的地面控制網以進行方位求定(空中三角)，施測時只須於測區範圍擺設二個地面 GPS 觀測站，原則上，飛航掃描時地面觀測站不應超過掃描區 20km。由於雷射掃描較不

受氣候狀況限制且可於晚上施測(但無法進行地面攝影)，加上航帶與航帶間不需太多重疊，因此在效率上能比傳統測量更高(Baltsavias, 1999b; 史天元、彭森祥，2003)。然而空載雷射掃描儀的架構使用相當多的輔助單元，在將掃描的坐標轉換到通用的地面坐標系統過程中涉及多項量測步驟，使得其含有許有誤差來源：GPS、INS、Lever Arm、安置角、掃描鏡曲率以及雷射光束測距誤差等，因此其定位精度將受到各種量測值與設定值的影響。

空載雷射掃描三維資料的獲取實際上就是應用測距、測角(姿態及掃描角)定位，因此雷射掃描光束之空間方位誤差(Orientation Error)將直接影響雷射點之精度，造成不同航帶在重疊區域同一點之平面坐標和高程有差異。為使得後續數值高程模型能具有高精度之特性，將利用航帶間同一地物之不符值(Discrepancy)建立之數學模式進行航帶平差，平差之觀測量為同一地物之高程值，通過最小二乘法平差後將可求得航帶間參數模型之參數值，進而改正每條航帶之雷射點坐標。

為獲得高精度之雷射掃描成果，必須儘可能將這些誤差模組化以降低各種誤差的影響，最普遍之方式為利用飛行掃描率定場以求定安置角(感測器與 IMU 之偏心量)、掃描鏡曲率以及雷射光束測距誤差等。然而這樣的檢校忽略了其他如 GPS、INS 等之誤差，且每次率定飛行必定會增加成本，因此，若能將這些誤差以平差模式之數學模型模組化，則將提供更精確及可靠之雷射掃描測點資料(Kilian et al., 1996; Burman, 2000; Vosselman et al., 2001)。

1. 雷射掃描誤差來源及精度分析

- (1). 空載雷射掃描資料處理：ALTM 系統需利用 Optech 公司的 Dashmap 軟體進行雷射點資料解算得三維坐標值。此三維坐標之雷射點雲即可進行後續應用處理。ALTM 利用多回波(Multiple Echoes)的觀測值，可同時測得地表及地表上方之覆蓋物，所得掃描點將分布於覆蓋物頂層及地表間，原始雷射測點數據為不規則

離散測點，製作數值地表模型(DSM)時可採用第一個回波反射數據組成 DSM 規則網格，至於數值高程模型(DEM)的製作，則採用最後的回波值，然而此回波值不一定是地表測點，需處理濾除與分類的步驟，將測點分類成地面點與非地面測點。本公司目前使用商業軟體 TerraScan 處理雷射測點數據的濾除與分類，並輔以後處理與品管之工具，進行檢核與視覺製圖檢視等品管流程。然而就高精度的 DEM 等製作而言，若是兩航帶間存在有不符值將影響其成果，為使全區之成果一致必須利用航帶平差方式進行修正。

(2). 雷射點誤差分析

- GPS 誤差—GPS 定位誤差。
- 雷射掃描測距誤差—掃描測距誤差、大氣折射誤差、掃描鏡曲率誤差等。
- INS 誤差—陀螺儀漂移誤差、重力模型誤差、大地水準面誤差等。
- 系統整合誤差—動態延遲誤差、GPS 天線設置誤差、安置角誤差、地面參考站位置誤差等。

一般而言，誤差對平面位置之精度影響較大，實際評估之誤差值在平面誤差多大於 50cm，高程誤差也達 20cm(Baltsavias, 1999b)，通常藉由 CAD 圖檔套疊雷射點資料可檢視平面偏移量，如圖 2-54(a)所示。而高程上之偏移亦可由兩相鄰航帶之斑駁看出其存在差異，如圖 2-54(b)所示。所以在雷射點雲解算後，需經資料檢核的方式來確定資料的正確性。主要分為內部精度分析與外部精度分析。內部精度分析採用航帶間重疊區之資料，利用彼此高程之差異量來檢視；而外部精度分析則是將已知的地面控制點比對雷射點資料所表現的地形趨勢面，視其兩者間之差異。

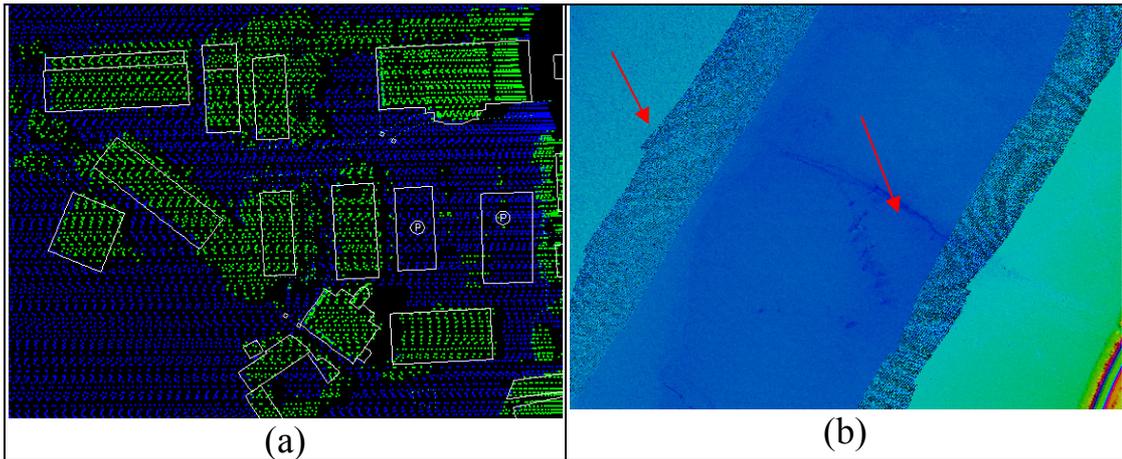


圖 2-54 (a)雷射點套疊向量圖顯示平面偏移(b)航帶間差異量形成斑駁

(3). 交叉飛航數據分析及航帶重疊數據分析

內部精度即代表航帶間精度。其利用多條航帶重疊處組成之 TIN 進行高程差異的比對，以獲取航帶間的差異性。本分析目的為獲致航帶間是否存在有未率定之系統誤差以確保資料之精度，並需進行重疊航帶誤差分析與交叉航帶誤差分析。實際作業上，為更精確的獲得航線間之精度分析結果，利用 TerraMatch 軟體之 Measure Match 功能進行航線重疊處高程差異比對，其比對原理如圖 2-55 所示，利用航線點雲在重疊處與另一條航線中最近點作搜尋，比對兩者的差異量。本案測區之成果如表 2-41~表 2-43、圖 2-56~圖 2-57 所示。

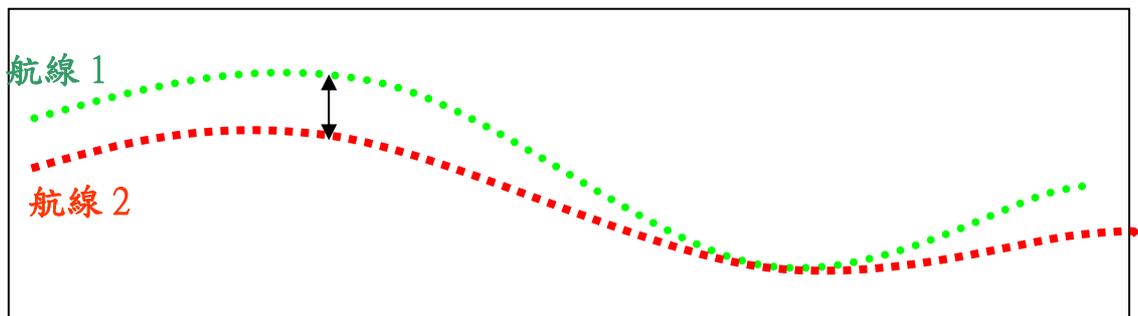


圖 2-55 Measure Match 之比對原理

表 2-41 小琉球測區之重疊航線處誤差分析表(粗體航線為交叉航帶)

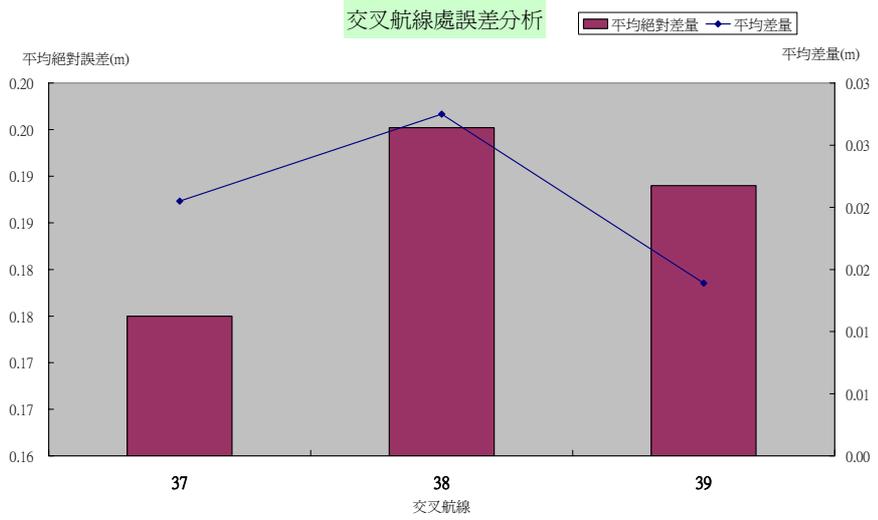
航線	點數	平均絕對差量 (m)	平均差量 (m)	航線	點數	平均絕對差量 (m)	平均差量 (m)
1	2114095	0.1405	-0.0157	5	1404273	-0.0560	0.1550
2	3987533	0.1180	0.0080	37	1635099	0.0393	0.1410
3	3617636	0.1247	-0.0235	38	2607811	0.0402	0.1209
4	2512569	0.1396	-0.0255	39	2330879	0.0257	0.1467
最大平均絕對差量(m)						0.1550	
最小平均絕對差量(m)						0.1180	
整體平均絕對差量(m)						0.1324	
平均絕對差量之標準偏差(m)						0.0132	

表 2-42 綠島測區之重疊航線處誤差分析表(粗體航線為交叉航帶)

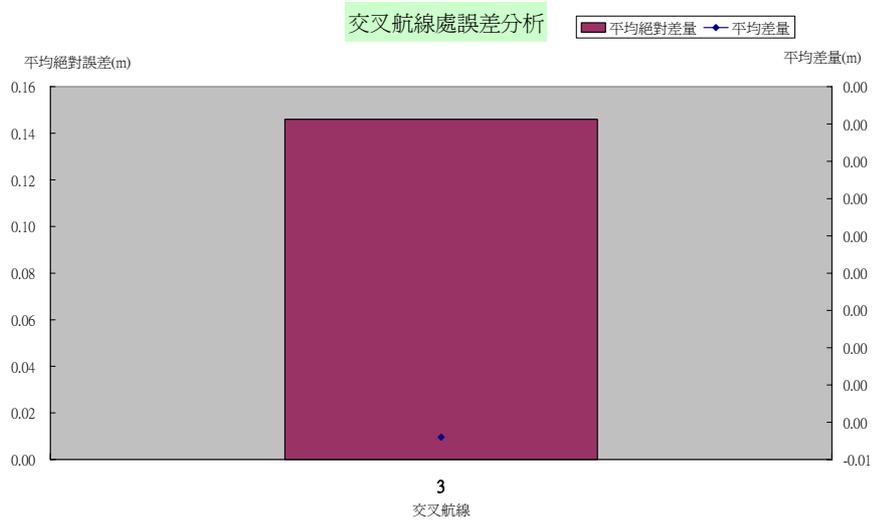
航線	點數	平均絕對差量 (m)	平均差量 (m)	航線	點數	平均絕對差量 (m)	平均差量 (m)
1	1312034	0.1011	0.0023	5	357274	0.1538	-0.0002
2	1308345	0.1014	-0.0029	6	342872	0.1529	0.0189
3	882933	0.1460	-0.0047	7	184191	0.1316	0.0507
4	458674	0.1445	-0.0236				
最大平均絕對差量(m)						0.1538	
最小平均絕對差量(m)						0.1011	
整體平均絕對差量(m)						0.1222	
平均絕對差量之標準偏差(m)						0.0229	

表 2-43 蘭嶼測區之重疊航線處誤差分析表(粗體航線為交叉航帶)

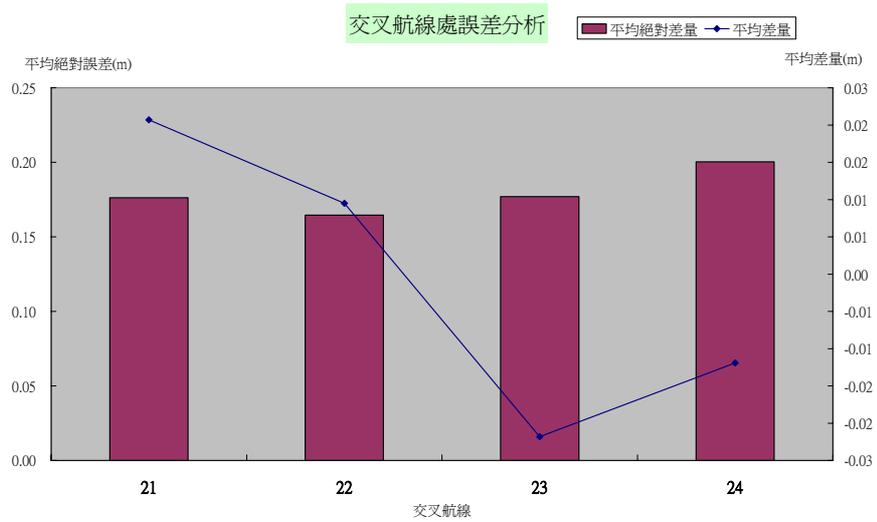
航線	點數	平均絕對差量 (m)	平均差量 (m)	航線	點數	平均絕對差量 (m)	平均差量 (m)
1	1335594	0.1599	0.0404	13	4421197	0.1613	0.0006
2	2495435	0.1662	0.0030	14	4209829	0.1635	-0.0261
3	3831160	0.1679	-0.0034	15	3747836	0.1644	0.0112
4	5624693	0.1752	-0.0138	16	2696966	0.1780	-0.0205
5	4605859	0.1943	0.0154	17	1857537	0.1757	0.0039
6	6576805	0.1985	-0.0020	18	754321	0.1780	0.0148
7	7545080	0.1845	-0.0166	19	705593	0.1958	0.0396
8	6105716	0.1733	0.0257	20	470212	0.2268	-0.0049
9	5048572	0.1637	0.0064	21	5312080	0.1762	0.0207
10	2097280	0.1741	-0.0057	22	4023207	0.1646	0.0095
11	2219050	0.1830	-0.0405	23	2426074	0.1770	-0.0218
12	3189076	0.1702	0.0002	24	896561	0.2003	-0.0119
最大平均絕對差量(m)						0.2268	
最小平均絕對差量(m)						0.1599	
整體平均絕對差量(m)						0.1759	
平均絕對差量之標準偏差(m)						0.0157	



(a)小琉球



(b)綠島



(c)蘭嶼

圖 2-56 測區之交叉航線處誤差分析圖

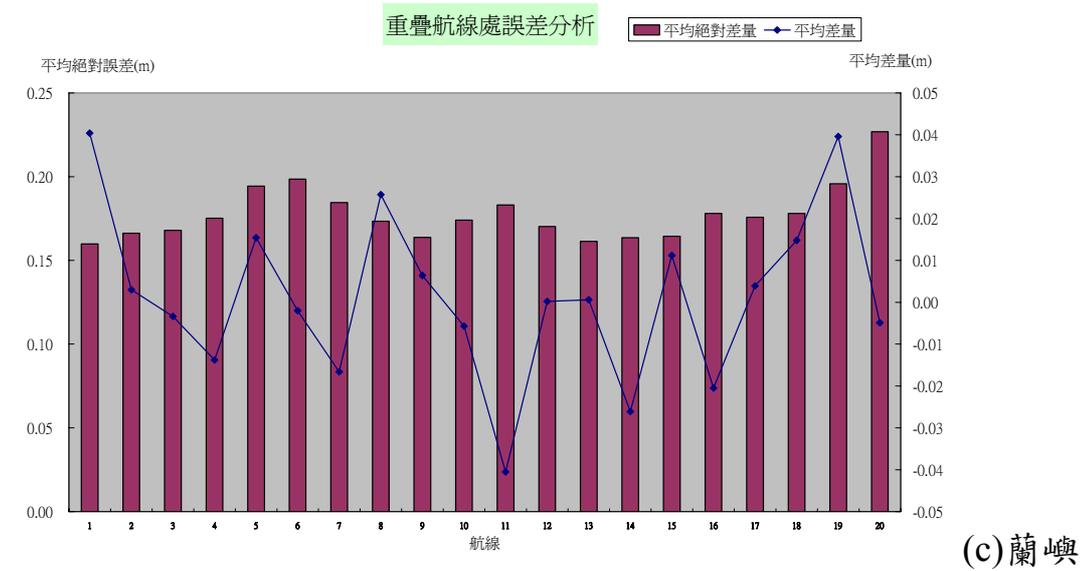
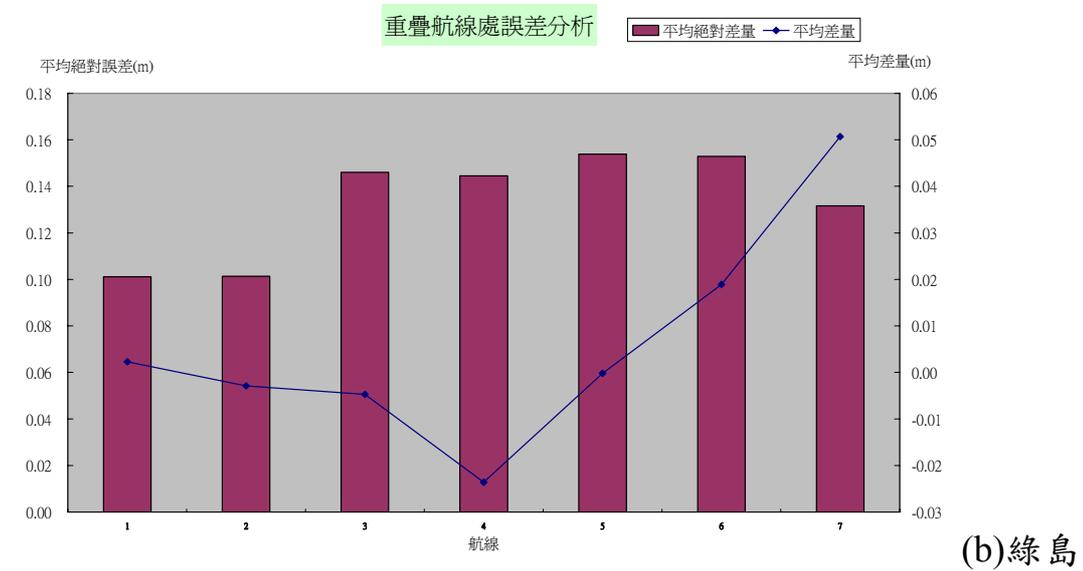
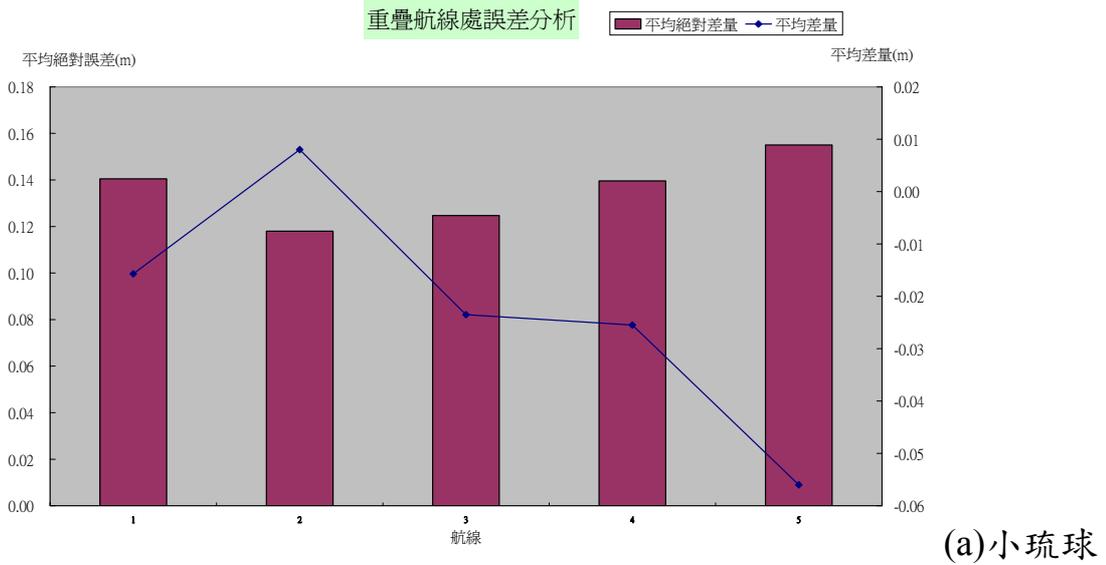


圖 2-57 測區之重疊航線處誤差分析圖

2. 航帶平差模式

航帶間存在誤差將影響後續應用，上述誤差可經由率定飛行及良好的飛行計畫控管整個雷射掃描之精度，也就是說，大部分的誤差都可以被界定出來加以檢定，然而即使如此，實務經驗上仍無法解決資料存在之誤差量，因此應用航帶平差理論提高資料品質是必要之手段。

空載雷射掃描儀的架構都是由 GPS 及 INS 結合，使掃描的坐標能轉換到通用的地面坐標系統，因此其定位精度將受到各種量測值與設定值的影響，若系統率定不完整，GPS 與 INS 系統誤差會傳播到解算雷射測點三維坐標的精度，為了檢驗並減少系統誤差，本工作採用商業軟體 TerraMatch 進行雷射掃描航帶平差，利用航帶重疊數據連結點的高程進行連結點的量測，以評估重疊航帶的內部精度不符值，並進一步改正系統誤差。(TerraSolid,2006)。

實際上計算所得的掃描點坐標之誤差來源可能受到相當多因素之影響，包含系統性及偶然性之誤差，系統性之誤差只能將航帶轉換參數所能描述的誤差量帶入予以糾正，剩餘之誤差量則視為偶然誤差利用最小二乘方式平差之，因此進行航帶平差時須先界定所謂的航帶間幾何轉換參數，才能藉以發展航帶平差之數學模式。

TerraMatch 雷射航帶平差的演算法可參考 Burman(2000)，觀測方程式如下：

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{GPS} (t) - R_{INS}(t) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{antenna} + R_{INS}(t) \cdot R_{LRF} \cdot R_{Mirror} \begin{pmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{pmatrix}$$

式中 $(X \ Y \ Z)^T$ ：雷射測點在 WGS84 地面坐標

$(X \ Y \ Z)^T_{GPS}$ ：GPS 天線在 WGS84 坐標

$(x \ y \ z)^T_{antenna}$ ：天線到 INS 平移量

$(l_x \ l_y \ l_z)^T$ ：雷射定位分量

R_{LRF} ：從雷射掃描鏡到 INS 轉換參數

R_{INS} : INS 獲取姿態角度

R_{Mirror} : 掃描鏡旋轉矩陣

平差未知數包括平移參數、旋轉參數、平移參數線性漂移量、旋轉參數線性漂移量，應用上由於掃描幾何條件的未知參數之間存在參數高相關，可加入地面已知控制點作為平移量之約制；另一方面為減少未知參數量，在隨機模式高相關參數對應組的某一組，優先選取姿態參數求定，加權值效果如同去掉平移參數線性漂移量的未知數，會有較穩健 (Robust) 的求解成果。未知參數需要輸入先驗精度，如角度量先驗標準差依 Heading、Roll、Pitch 依序為 0.008 度、0.005 度、0.005 度(本儀器使用慣性導航儀 LN200 之理論精度)，長度相關向量 0.01m。航帶平差輸入資料包括：(1)時間序列的航跡三維坐標，(2)時間序列的點雲三維坐標，或(3)地面已知點三維坐標(本作業未加入)。利用航帶重疊數據，進行航帶平差與平差成果評估，可獲得航帶之間的內部精度，並可進行系統性誤差的改正。(林志交等，2004)

平差作業流程包括：

- (1). 處理雲點資料，重點在濾除非地面點，如圖 2-58。

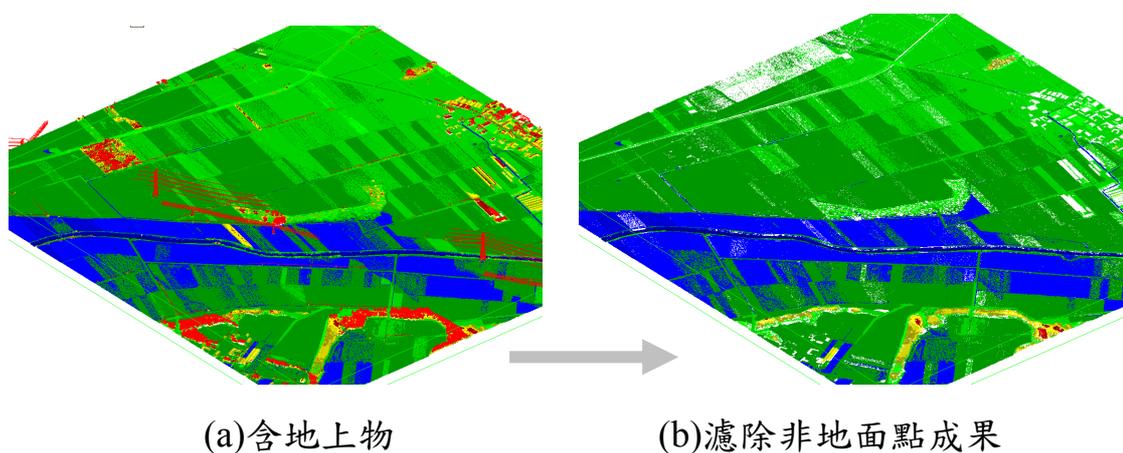


圖 2-58 三維側視圖

- (2). TerraScan 軟體進行航帶之間重疊數據特徵點匹配連結點的量測，由於航帶重疊區域之點數達千萬之多，無法將所有重疊測點視為觀測量進行平差處理，因此實務上將選取均勻分佈於航帶間之平差用觀測點，並依據以下原則均勻選擇匹配區塊之大小及位置。

◎避免複雜的地表(如水稻田、河溝及水池等)

◎平坦之斜坡面(道路)及屋頂面

(3). 將選擇之區塊視為航帶間連結之重疊區塊(Tie Surface)，利用重疊區塊所有之地面對應點為匹配點如圖 2-59~圖 2-61 所示。

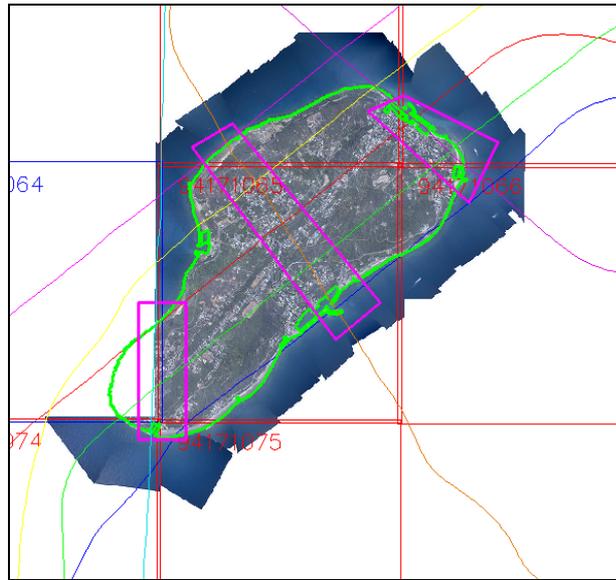


圖 2-59 小琉球匹配區塊選取成果圖(紫色區塊處)

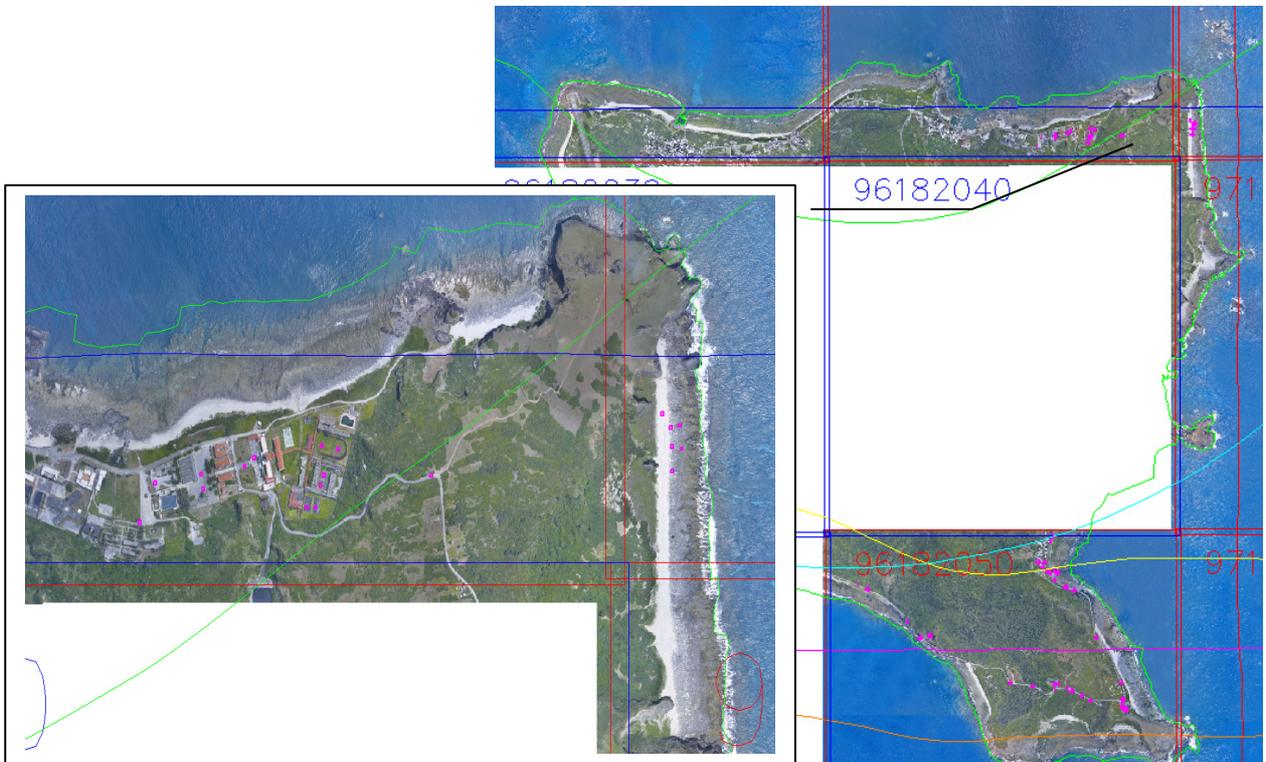


圖 2-60 綠島匹配區塊選取成果圖(紫色點處)

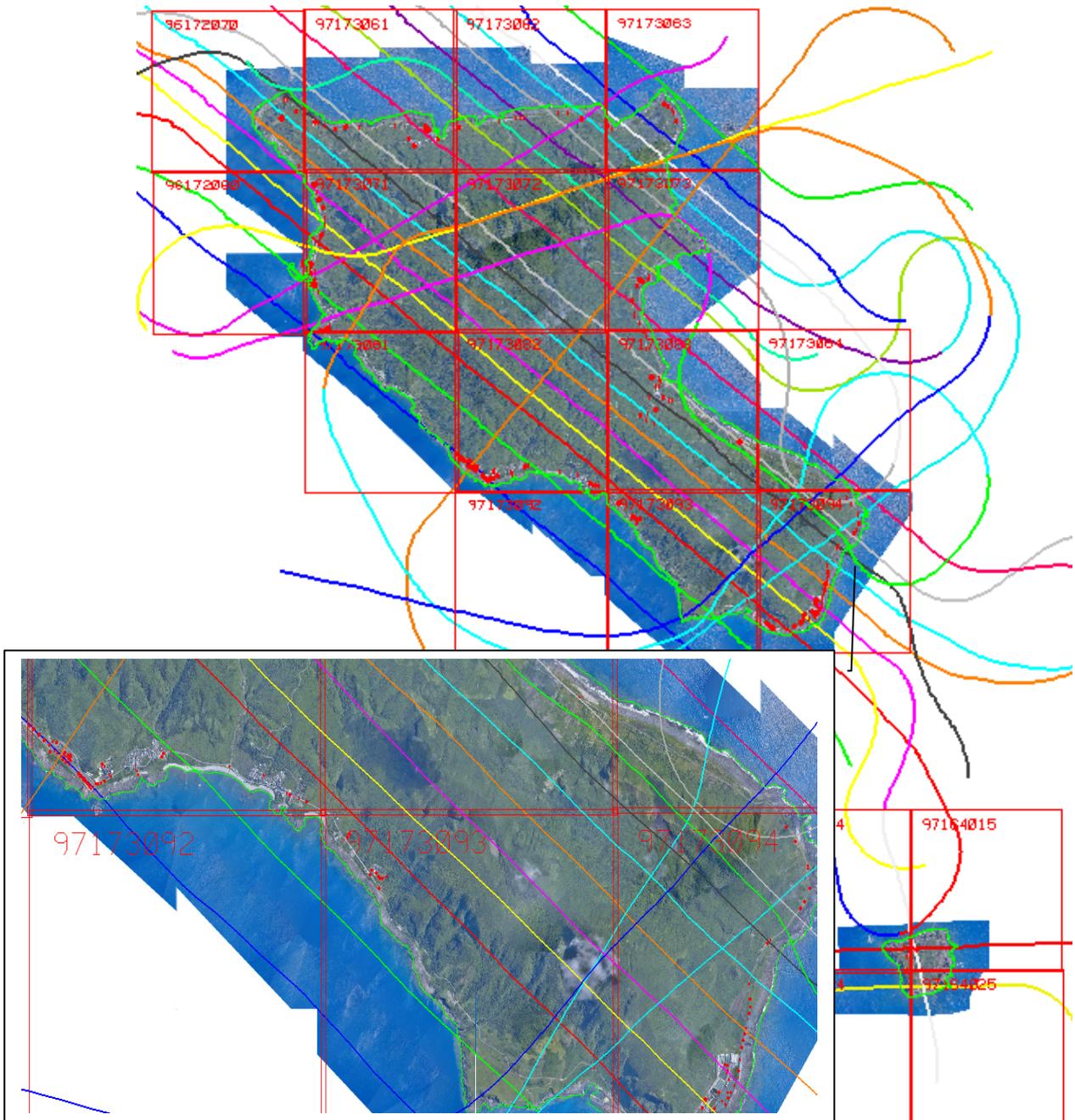


圖 2-61 蘭嶼匹配區塊選取成果圖(紅色點處)

- (4). 以 TerraMatch 軟體之 Find Match 功能決定欲求解之參數進行航帶平差計算與改正。
- (5). 航帶平差成果評估。

3. 航帶平差及應用軟體

平差作業流程之應用程式為 TerraScan 及 TerraMatch 商用軟體，整

個作業的環境是架構在 MicroStation 下，由於平差觀測量必須是針對相同地面或地物在不同航帶之雷射點結果，為確保航帶間具有高程差值為相同地面，因此在進行平差作業前，應用 TerraScan 的雷射點分類能力及互動式分類工具列進行各種地物點之前期分類作業，後利用 TerraMatch 進行相關航帶平差作業。

TerraMatch 為 TerraSolid 與瑞典 Digpro AB 公司合作研發軟體，具有雷射掃描航帶平差之功用，其核心平差理論已於前段所述，藉由比對航帶重疊區之差量以進行掃描時方位參數(Roll、Pitch、Heading 及 dZ 等)之改正藉以求得系統誤差以增加雷射點精度。其作業程序如圖 2-62 所示。

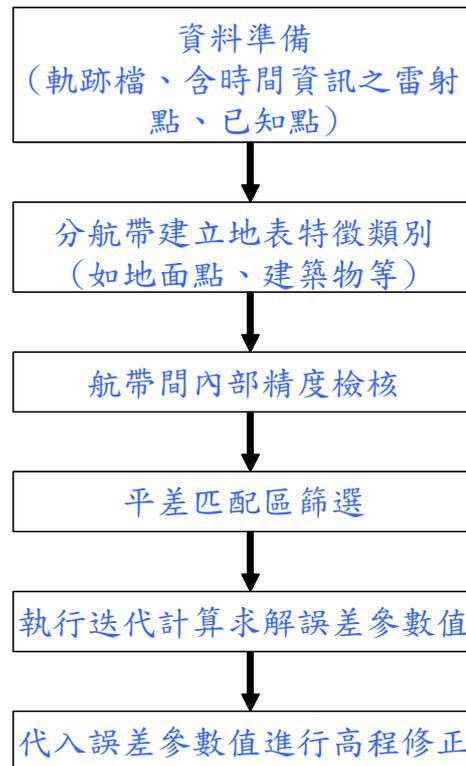


圖 2-62 平差作業流程圖

4. 航帶平差及資料整合成果

由重疊處誤差分析結果可知原始測點之精度已符合雷射掃描測高精度，然可知若不消除航帶間之尚存偏移量，則製作 DEM 時在重疊區將產生混淆。因此利用航帶平差以獲得更準確及可靠之成果。以下各圖

表為本案航帶平差前後之成果評估：

表 2-44 小琉球測區航線重疊處平差前後差量統計表

(粗體航線為交叉航帶)

航線	點數	平差前 (單位:m)		平差後 (單位:m)	
		平均絕對差量	平均差量	平均絕對差量	平均差量
1	2114095	0.1405	-0.0157	0.1185	-0.0089
2	3987533	0.1180	0.0080	0.0983	0.0056
3	3617636	0.1247	-0.0235	0.1049	-0.0077
4	2512569	0.1396	-0.0255	0.1279	-0.0134
5	1404273	0.1550	-0.0560	0.1517	-0.0404
37	1635099	0.1410	0.0393	0.1315	0.0245
38	2607811	0.1209	0.0402	0.1012	0.0162
39	2330879	0.1467	0.0257	0.1350	0.0084
最大平均絕對差量(m)			0.1550		0.1517
最小平均絕對差量(m)			0.1180		0.0983
平均絕對差量(m)			0.1324		0.1159
平均絕對差量之標準偏差(m)			0.0132		0.0188

表 2-45 綠島測區航線重疊處平差前後差量統計表

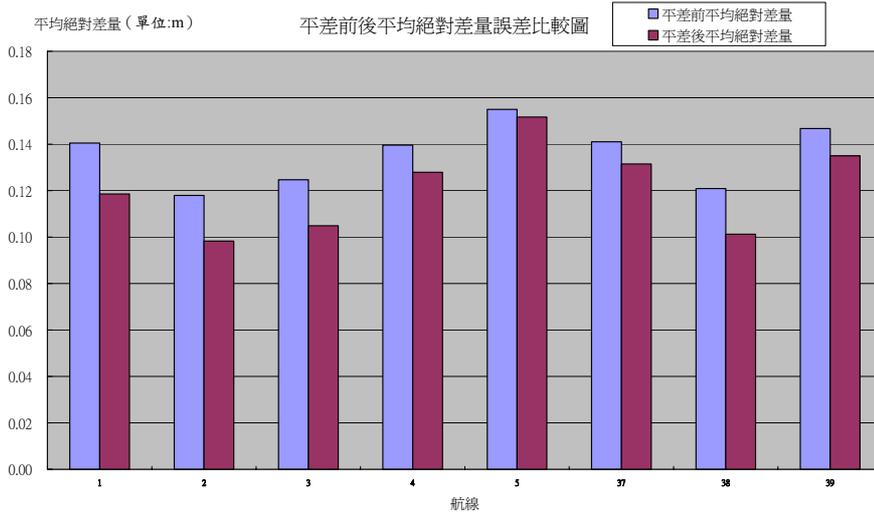
(粗體航線為交叉航帶)

航線	點數	平差前 (單位:m)		平差後 (單位:m)	
		平均絕對差量	平均差量	平均絕對差量	平均差量
1	1312034	0.1011	0.0023	0.0964	-0.0314
2	1308345	0.1014	-0.0029	0.0972	0.0209
3	882933	0.1460	-0.0047	0.1220	0.0109
4	458674	0.1445	-0.0236	0.1563	0.0255
5	357274	0.1538	-0.0002	0.1522	-0.0188
6	342872	0.1529	0.0189	0.1392	-0.0185
7	184191	0.1316	0.0507	0.1288	0.0514
最大平均絕對差量(m)			0.1538		0.1563
最小平均絕對差量(m)			0.1011		0.0964
平均絕對差量(m)			0.1222		0.1141
平均絕對差量之標準偏差(m)			0.0229		0.0241

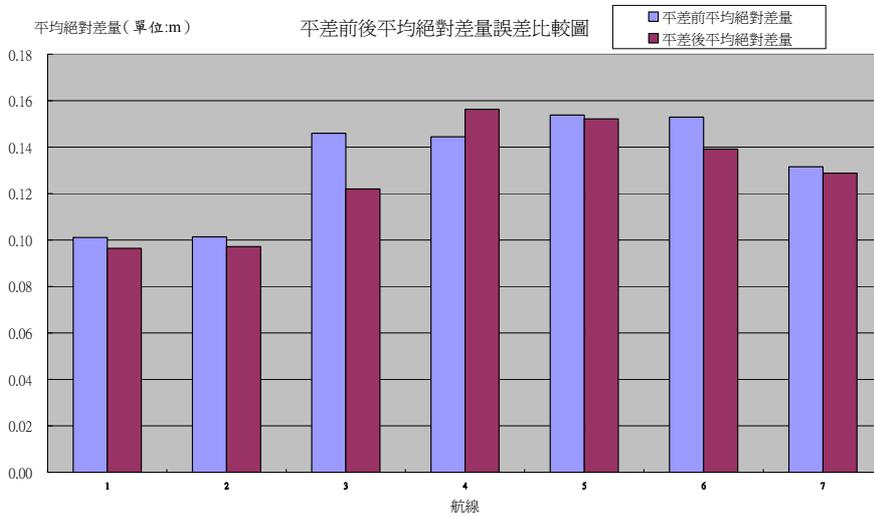
表 2-46 蘭嶼測區航線重疊處平差前後差量統計表

(粗體航線為交叉航帶)

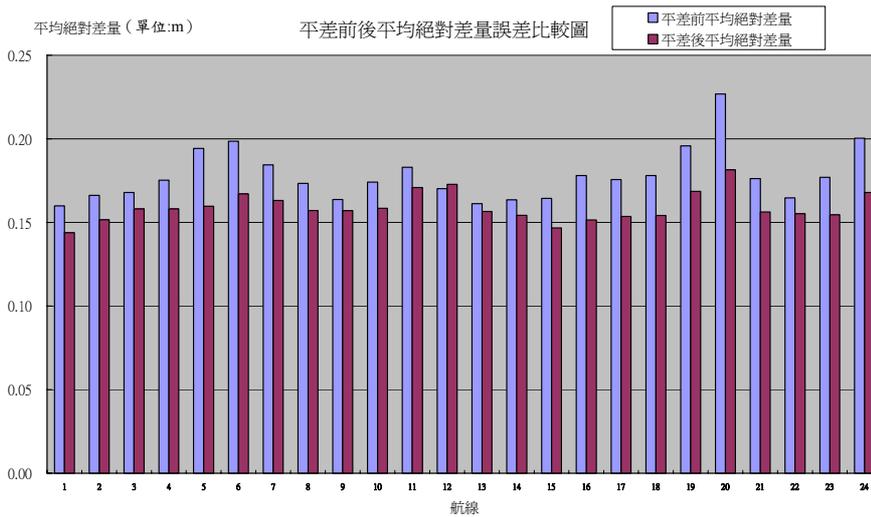
航線	點數	平差前 (單位:m)		平差後 (單位:m)	
		平均絕對差 量	平均差量	平均絕對差 量	平均差量
1	1335594	0.1599	0.0404	0.1438	-0.0375
2	2495435	0.1662	0.0030	0.1516	0.0202
3	3831160	0.1679	-0.0034	0.1581	-0.0322
4	5624693	0.1752	-0.0138	0.1581	0.0335
5	4605859	0.1943	0.0154	0.1597	-0.0164
6	6576805	0.1985	-0.0020	0.1670	0.0165
7	7545080	0.1845	-0.0166	0.1632	-0.0250
8	6105716	0.1733	0.0257	0.1571	0.0393
9	5048572	0.1637	0.0064	0.1570	-0.0288
10	2097280	0.1741	-0.0057	0.1584	-0.0304
11	2219050	0.1830	-0.0405	0.1708	0.0801
12	3189076	0.1702	0.0002	0.1728	-0.0873
13	4421197	0.1613	0.0006	0.1565	-0.0206
14	4209829	0.1635	-0.0261	0.1543	-0.0287
15	3747836	0.1644	0.0112	0.1467	0.0214
16	2696966	0.1780	-0.0205	0.1515	0.0036
17	1857537	0.1757	0.0039	0.1536	-0.0072
18	754321	0.1780	0.0148	0.1542	0.0239
19	705593	0.1958	0.0396	0.1686	-0.0248
20	470212	0.2268	-0.0049	0.1814	0.0482
21	5312080	0.1762	0.0207	0.1563	0.0168
22	4023207	0.1646	0.0095	0.1552	0.0337
23	2426074	0.1770	-0.0218	0.1545	0.0143
24	896561	0.2003	-0.0119	0.1679	-0.0014
最大平均絕對差量(m)			0.2268		0.1814
最小平均絕對差量(m)			0.1599		0.1438
平均絕對差量(m)			0.1759		0.1586
平均絕對差量之標準偏 差(m)			0.0157		0.0086



(a)小琉球

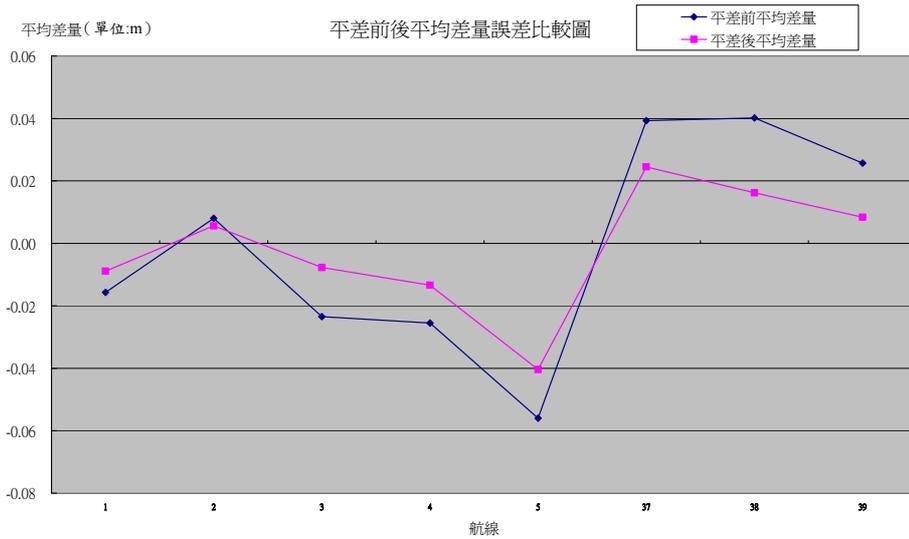


(b)綠島

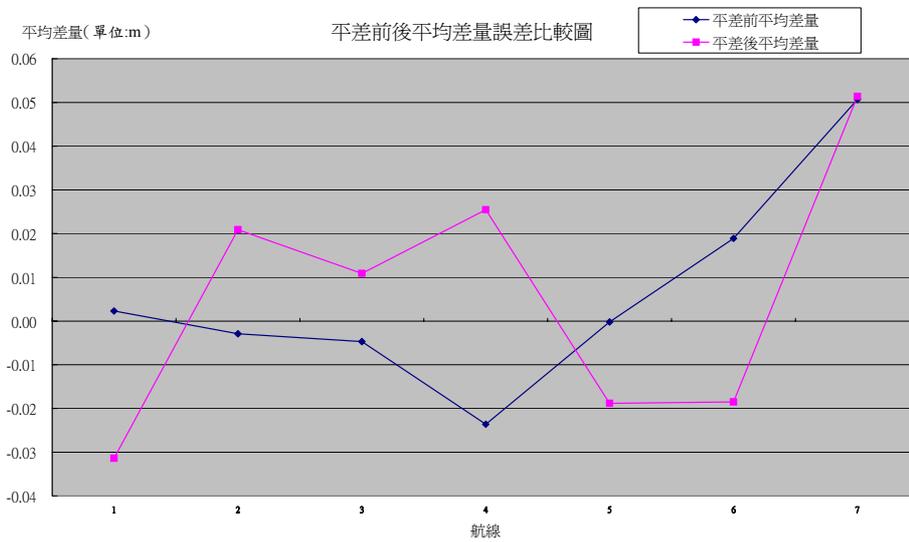


(c)蘭嶼

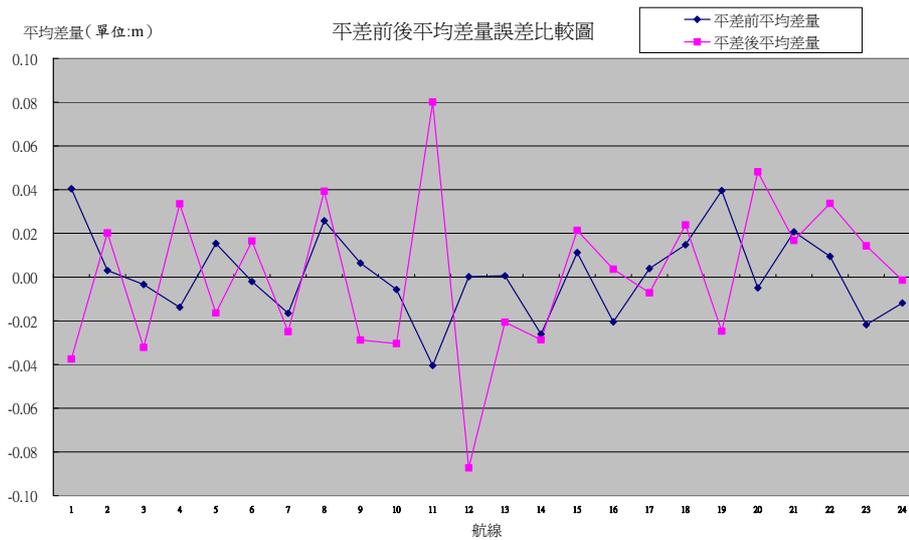
圖 2-63 測區之航線重疊處平差前後平均絕對誤差差量分析



(a)小琉球



(b)綠島



(c)蘭嶼

圖 2-64 測區之航線重疊處平差前後平均誤差差量分析

七、光達資料處理、分類及成果產製

(一)點雲資料處理

完成航帶平差後，將小琉球、綠島和蘭嶼兩區之航帶之點雲分別合併後，分割為 1 公里*1 公里之小區域。小琉球扣除機密區域後，涵蓋 6 幅 1/5000 基本圖幅，分為 39 個 1 公里*1 公里區域進行處理；綠島扣除機密區域後，涵蓋 6 幅 1/5000 基本圖幅，分為 54 幅 1 公里*1 公里區域進行處理；蘭嶼涵蓋 19 幅 1/5000 基本圖幅，分為 97 幅 1 公里*1 公里區域進行處理。分幅狀況分別如圖 2-65~圖 2-67 所示，並以 TerraScan 及 TerraModeler 軟體進行地面點過濾，包括自動分類與人工編修，並將點雲成果儲存為 ASPRS 之 LAS 格式，分類成果示意圖如圖 2-68 所示。

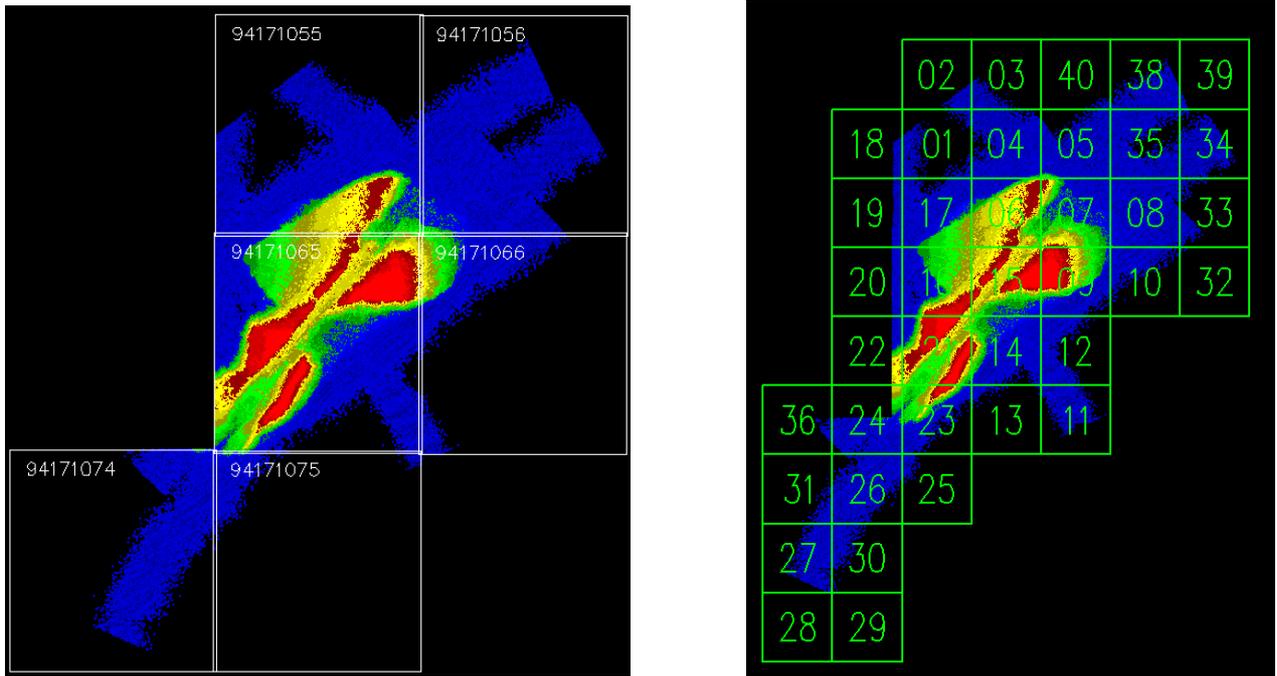


圖 2-65 小琉球分幅處理示意圖

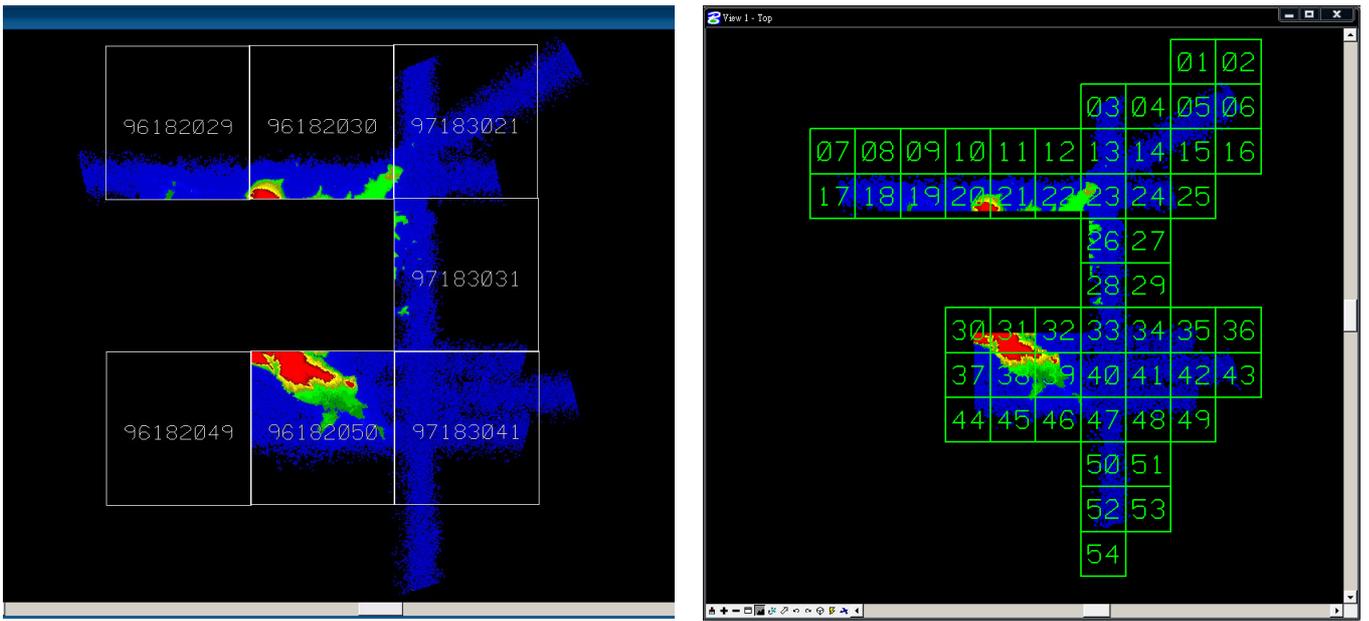


圖 2-66 綠島分幅處理示意圖

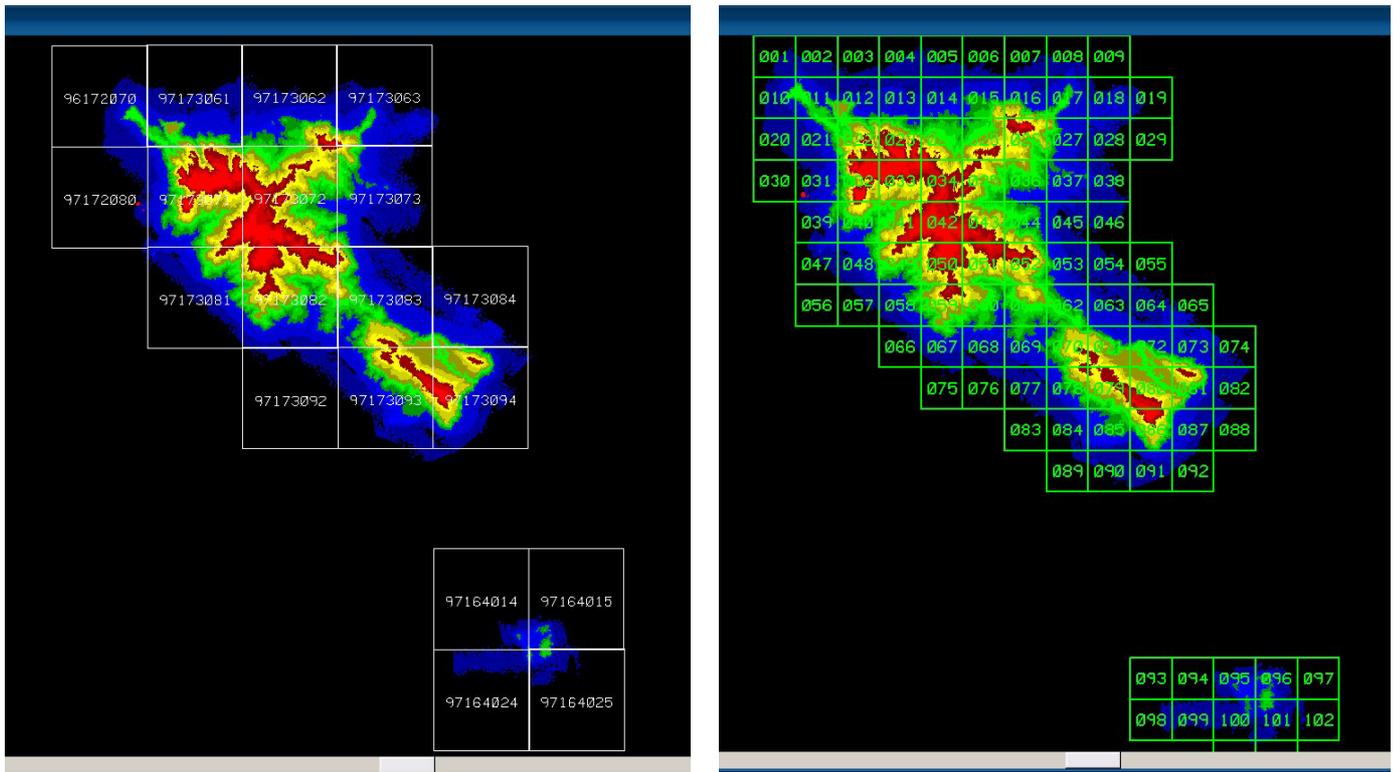
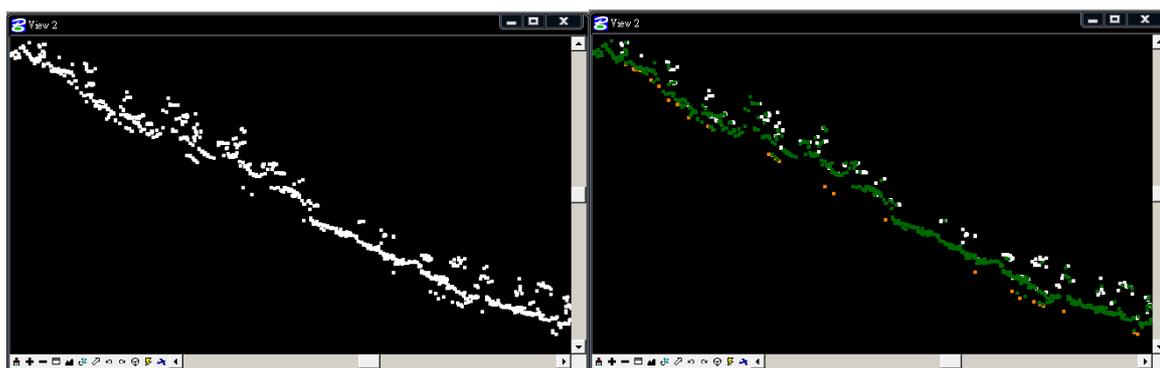


圖 2-67 蘭嶼分幅處理示意圖



(a) 原始點雲 (b) 分類後點雲(橘色為地面點)

圖 2-68 點雲分類成果示意圖

(二)點雲資料分類後地面測點與非地面測點數據統計

地面點過濾完成後，對各圖幅進行地面點與非地面點點數統計。計算範圍是以 1/5000 基本圖為依據，外擴到 1 公尺整倍數坐標值之網格點所連接之矩形，小琉球各圖幅統計資料如表 2-47 所示；綠島各圖幅統計資料如表 2-48 所示；蘭嶼各圖幅則如表 2-49 所示。

表 2-47 小琉球各圖幅點雲統計

圖號	地面點點數	雲點數	非地面點點數
94171055	2046683	0	4493218
94171056	603374	0	3072940
94171065	7750489	0	11822288
94171066	678047	0	1841071
94171074	69036	0	1408098
94171075	138839	0	384644

表 2-48 綠島各圖幅點雲統計

圖號	地面點點數	雲點數	非地面點點數
96182029	917009	0	1207874
96182030	1185694	0	3306594
96182050	1656375	0	4696466
97183021	973139	12	1223913
97183031	555518	0	512669
97183041	742298	6	409854

表 2-49 蘭嶼各圖幅點雲統計

圖號	地面點點數	雲點數	非地面點點數
96172070	1094164	63	2993599
96172080	372301	5941	532795
97173061	1512673	0	6331873
97173062	1303597	0	10996456
97173063	1174464	0	6424264
97173071	1329089	949	30294443
97173072	215659	8856	24772263
97173073	544930	0	12464461
97173081	441215	0	6054887
97173082	555654	2390	25307162
97173083	677788	1466	16858263
97173084	226094	0	3876314
97173092	93049	0	536629
97173093	555236	43821	15669977
97173094	453265	51546	17413384
96164014	161848	0	528071
96164015	499787	0	969648
96164024	381116	0	624310
96164025	518115	0	552250

對於過濾後之點雲成果，以 1/5000 基本圖幅為依據，計算各圖幅點雲密度，點雲密度統計表如表 2-50、表 2-51、表 2-52 所示。

表 2-50 小琉球點雲密度統計

圖號	點雲密度(pts/m ²)	地面點密度(pts/m ²)
94171055	3.55	1.11
94171056	4.64	0.76
94171065	3.72	1.47
94171066	3.27	0.88
94171074	3.16	0.15
94171075	2.51	0.67

表 2-51 綠島點雲密度統計

圖號	點雲密度(pts/m ²)	地面點密度(pts/m ²)
96182029	2.201	0.95
96182030	3.225	0.85
96182050	2.159	0.56
97183021	4.671	2.07
97183031	1.445	0.75
97183041	1.79	1.15

表 2-52 蘭嶼點雲密度統計

圖號	點雲密度(pts/m ²)	地面點密度(pts/m ²)
96172070	3.747	1.00
96172080	1.717	0.71
97173061	2.783	0.54
97173062	4.157	0.44
97173063	4.19	0.65
97173071	4.599	0.19
97173072	3.469	0.03
97173073	3.812	0.16
97173081	2.225	0.15
97173082	3.797	0.08
97173083	3.403	0.13
97173084	3.739	0.21
97173092	1.889	0.28
97173093	3.606	0.12
97173094	4.723	0.12
96164014	2.552	0.60
96164015	2.816	0.96
96164024	2.695	1.02
96164025	2.842	1.38

(三)DEM 及 DSM 成果產製

而過濾後之點雲成果，以 IDW 法內插為 1 公尺網格 DEM：

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{d_i^p}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^p}} ; \quad w(d) = \frac{1}{d^p} \quad (3-1)$$

Z 為未知數， Z_i 為已知高程值， N 為用於內插已知值個數， $w(d)$ 為已知值之權， d 為已知值與未知值之距離， p 則為一正實數，權參數與被內插點之距離與權值成反比， P 值越大，則對越靠近內插點之影響越大，其值通常為 2。而 DSM 則直接以最鄰近法內插組成。

完成之 DEM 及 DSM 另需將整個作業區進行鑲嵌，並以等高線及坡度方式檢核其正確性，再利用圈繪出之海岸線切除海洋部分，小琉球、綠島、蘭嶼成果分別如圖 2-69、圖 2-70 及圖 2-71 所示。

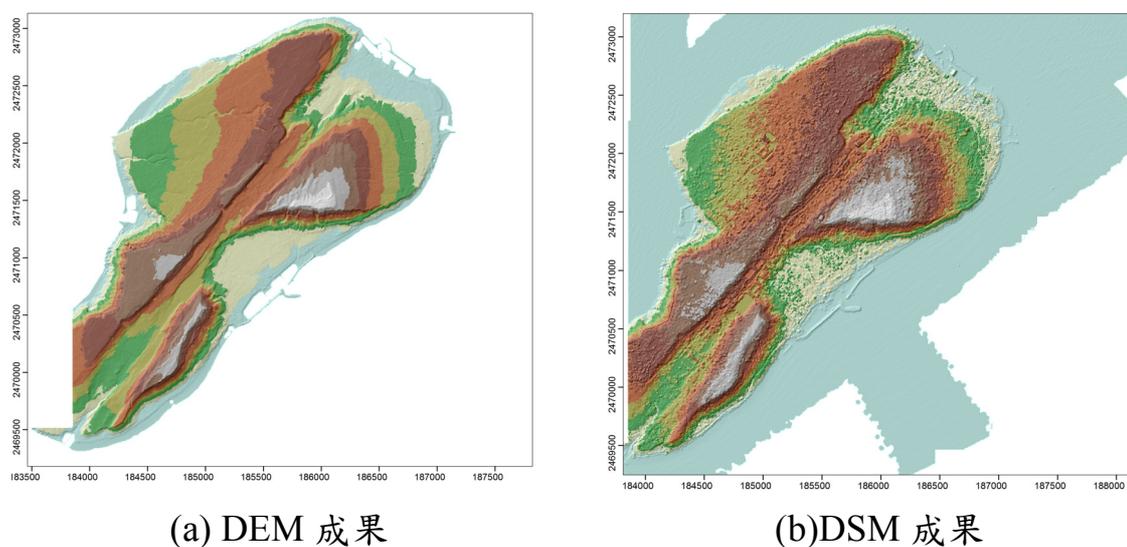


圖 2-69 小琉球數值地形成果圖

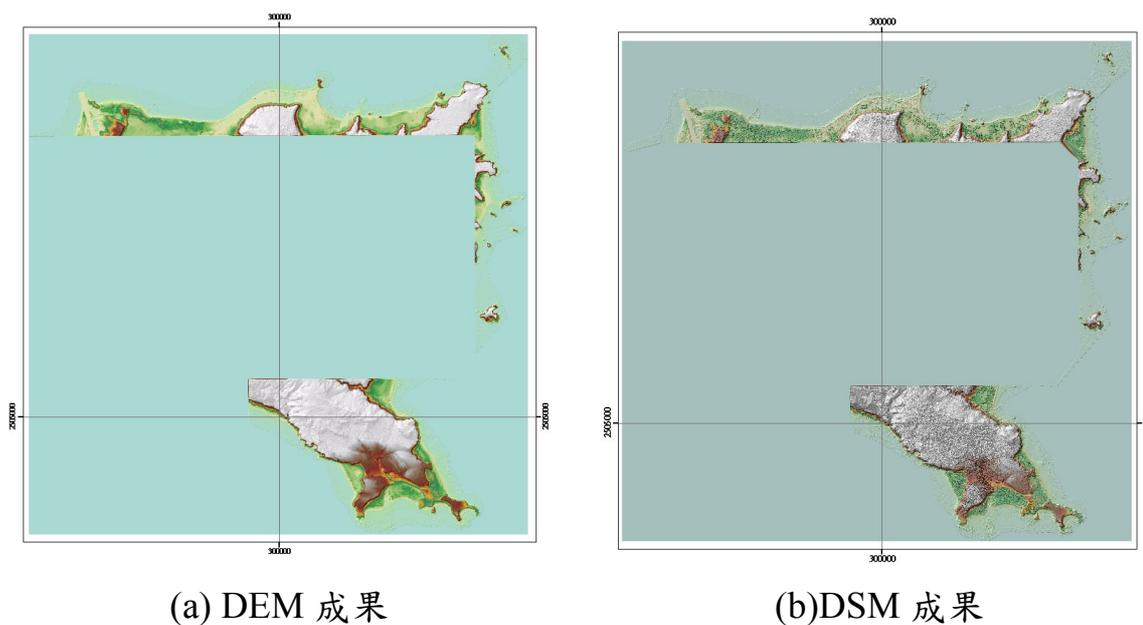
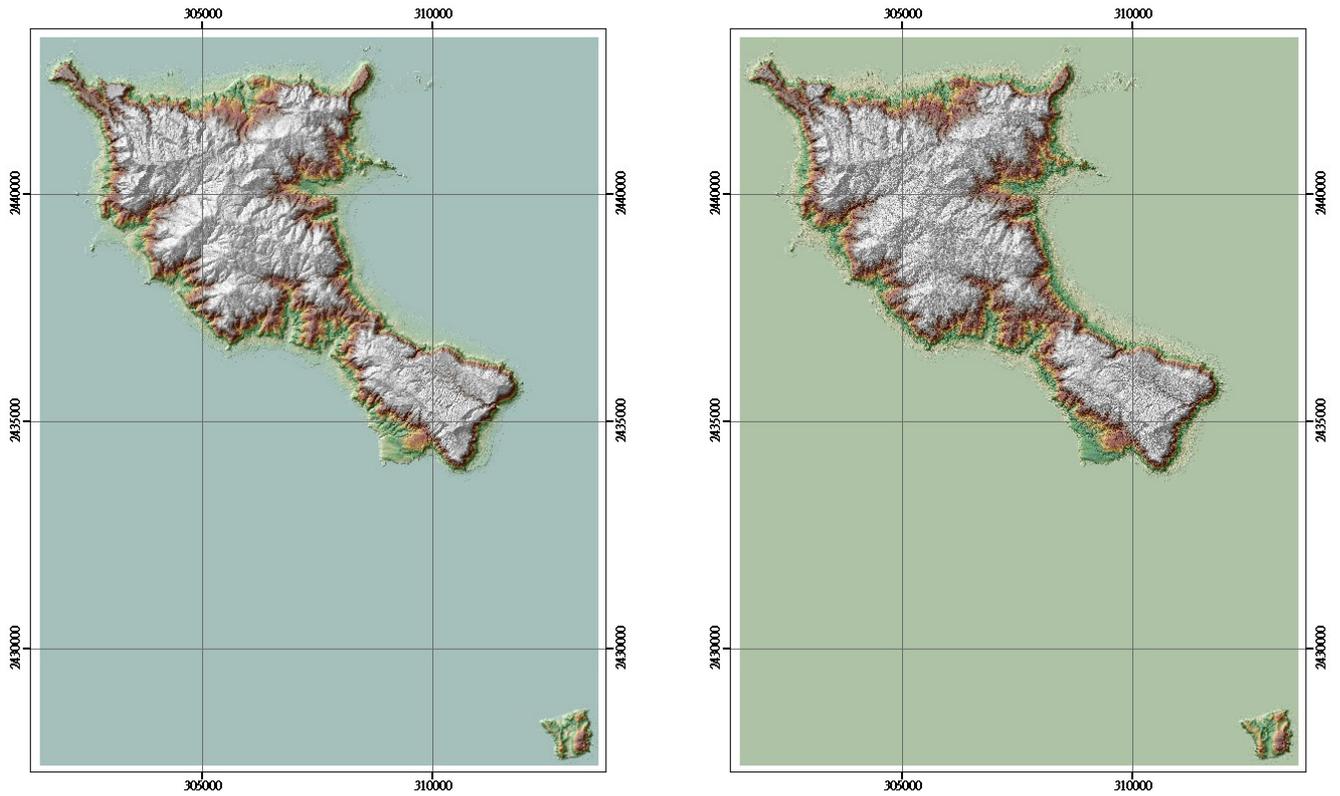


圖 2-70 綠島數值地形成果圖



(a) DEM 成果

(b) DSM 成果

圖 2-71 蘭嶼數值地形成果圖

(四)正高改算

空載光達之作業使用 GPS 為主要之定位與解算，因此資料處理過程中之高程值均為橢球高系統，然而後續之使用均需轉換至正高系統。本案之要求為採用各離島地區正高系統，因此使用內政部公告之 2005 大地起伏模式(圖 2-72)，將高程值由橢球高轉換為正高。

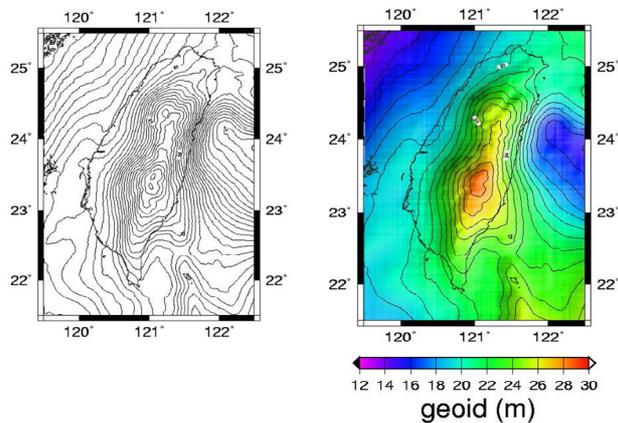


圖 2-72 內政部大地起伏模式圖

參、DSM 及 DEM 精度評估

應用空載光達產製 DEM，其誤差來源可包括幾個類別群組的誤差源，包括 LiDAR 儀器系統群組的誤差源、飛機載台特性、數據處理方法所引入的誤差源、測區地形坡度與植被覆蓋等環境條件所引起測高精度的差異性。相應於這些誤差源，光達測量品質的重點，包括儀器系統率定，降低儀器系統群組的誤差源，藉由飛航參數的設計，獲取較高精度的數據。檢討數據處理作業流程以改進數據分析的品質，最後以獨立的檢核數據檢核驗證 DEM 品質。

一、分析方法

由於本次區域位於其手機接收訊號均佳，因此採用 VRS 進行地面檢核點之實測作業；並於林地等收透空不佳處輔以利用經緯儀進行施測作業。VRS 基本觀念係以多個 GPS 基準站全天候連續地接收衛星資料，透過網際網路或其它通訊設備傳輸至控制及計算中心後，將各基準站觀測資料加以處理，建立區域性系統誤差模型。施測時於移動站附近虛擬一個基準站(一般採用移動站單點定位坐標)，並就區域性系統誤差模型進行即時內插處理，組成虛擬基準站觀測資料。虛擬基準站觀測數據與移動站觀測資料進行「超短基線」RTK 定位解算後，即可獲得移動站公分級定位精度；然測區之三等點與 VRS 存在系統差，因此本作業之 VRS 系統測點以轉換後之三等點系統成果進行比對作業。

點位精度檢核係利用 Terrascan 內之「Output Control Report」功能，利用檢核點附近之三個最鄰近地面網格點內插其高程後與此檢核點之高程比較而得出其較差值；其中 Known points 為所有欲比較之檢核點檔案，Class 為欲比較之點位所在之層(一般為地面點或 DEM)，Max triangle 為檢核點附近之搜尋半徑 10 公尺，Max slope 為用以計算比較高差之最大地形坡度 60 度，Z tolerance 則為計算時預設之高差精度；各種地表分類地面檢測成果表中，「取樣點數」指用以進行計算分析之總點數，高差量為由 DEM 於已知點附近三個最鄰近網格點內插出之雷

射點高程減已知高程(地面檢核點高程)之差量，「平均高差」為所有用以計算點之高差量平均值，「最小、最大高差」分別指所有用以計算點中高差量最小與最大值，「平均絕對高差」為用以計算點高差絕對值平均值，「均方根誤差量」為所有高差量平方平均值之均方根，「標準偏差」為所有高差量減高差量平均值平方和除以自由度(取樣點數減1)後之均方根。圖 3-1 為精度分析設定詳情。

而正高檢核方式則與各類別檢核點之檢核方式相同，惟正高點之正高值為由本案檢測之水準點以直接水準引測而得，並於作業時與地上註記正高點位置後，再以 VRS 方式量測其平面坐標資訊。

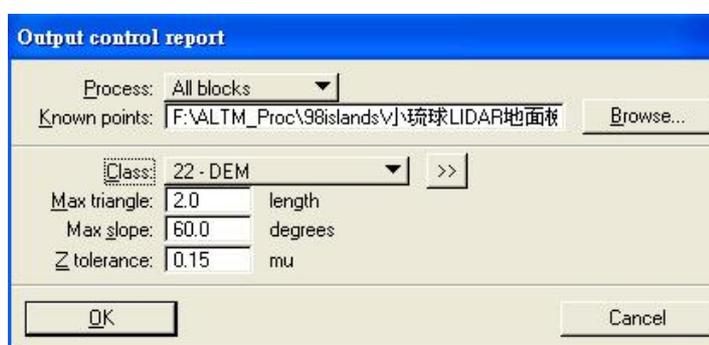


圖 3-1 點位精度分析設定例

二、DEM 精度評估作業項目

各土地分類檢核點之施測作業，其檢核點數量如表 3-1，實際作業照片範例請見附錄。各地面檢核點及橫斷面剖面需求說明如下

1. 小琉球、綠島及蘭嶼各地區每種土地覆蓋分區至少要有 19、6 及 20 個地面測量檢核點。
2. 小琉球、綠島及蘭嶼地區橫互航線的地面檢核剖面總計至少 50 個檢核點，並依面積比例分配於各地區，剖面長度總和需超過 12.5 公里。
3. 利用小琉球、綠島及蘭嶼地區水準點檢測平坦地區正高值，各地區分別至少檢測 19、6 及 20 個點，並儘可能分布於各圖幅。

表 3-1 土地分類檢核點實際數量及圖例參照表

土地分類(編碼)	蘭嶼施測數量	小琉球施測數量	綠島施測數量	圖例形式
裸露地(B)	21	25	9	橘色
矮植被(L)	20	25	8	亮綠色
植生地(V)	22	21	7	紫色
林地(F)	24	23	7	深綠色
都會區(U)	22	22	10	紅色
溼地(W)	20	25	11	藍色
正高點(LP)	20	20	7	紫色
橫斷面(PS)	35	10	13	黃色

三、檢核點分布圖

圖 3-2~圖 3-4 為小琉球、綠島及蘭嶼之各類地面檢核點分布情形，其中裸露地為橘色點、矮植被為亮綠色點、植生地為紫色點、林地為深綠色點、都會區為紅色點、濕地為藍色點，而橫斷面檢核點則為黃色點及正高檢核點為紫色點。

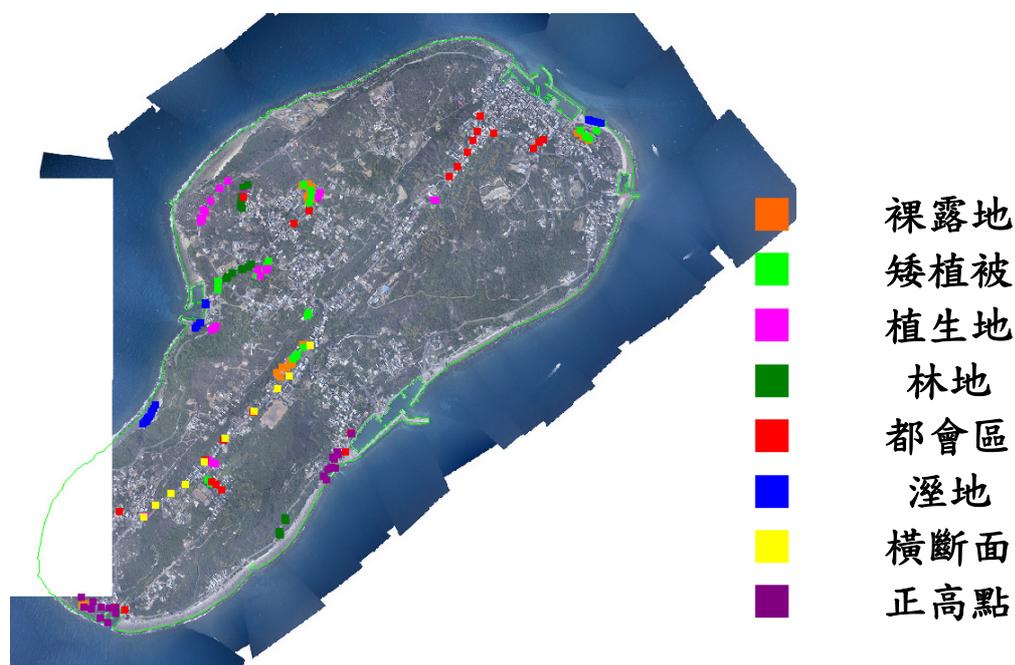


圖 3-2 小琉球 DEM 檢核點分布圖

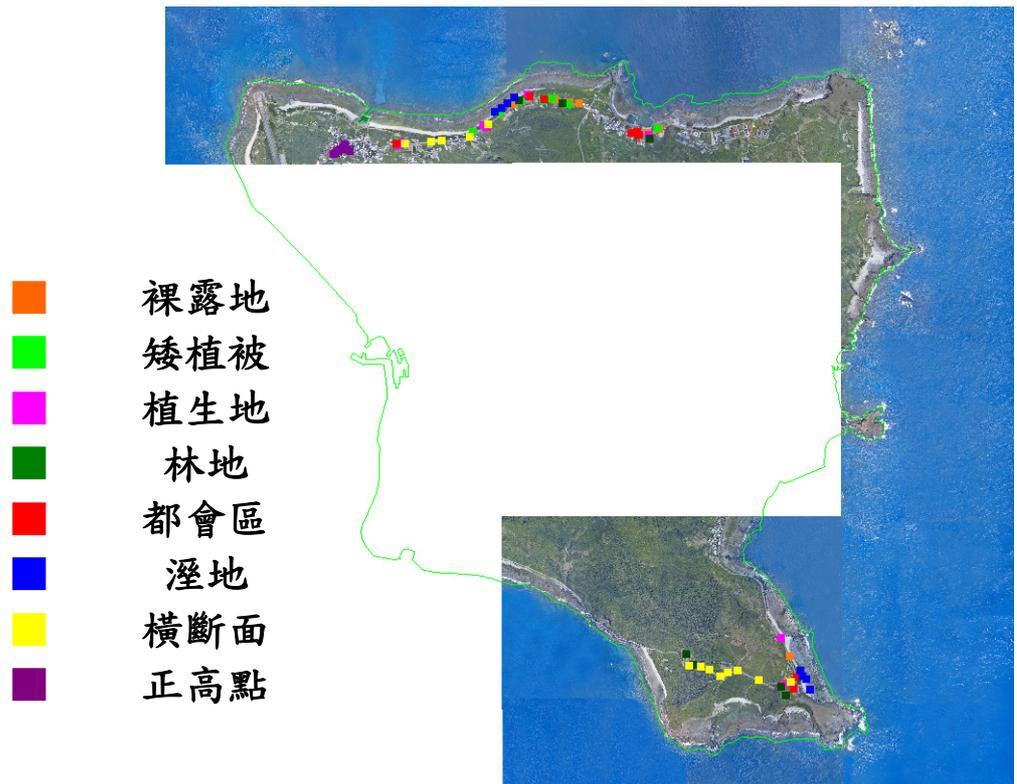


圖 3-3 綠島 DEM 檢核點分布圖

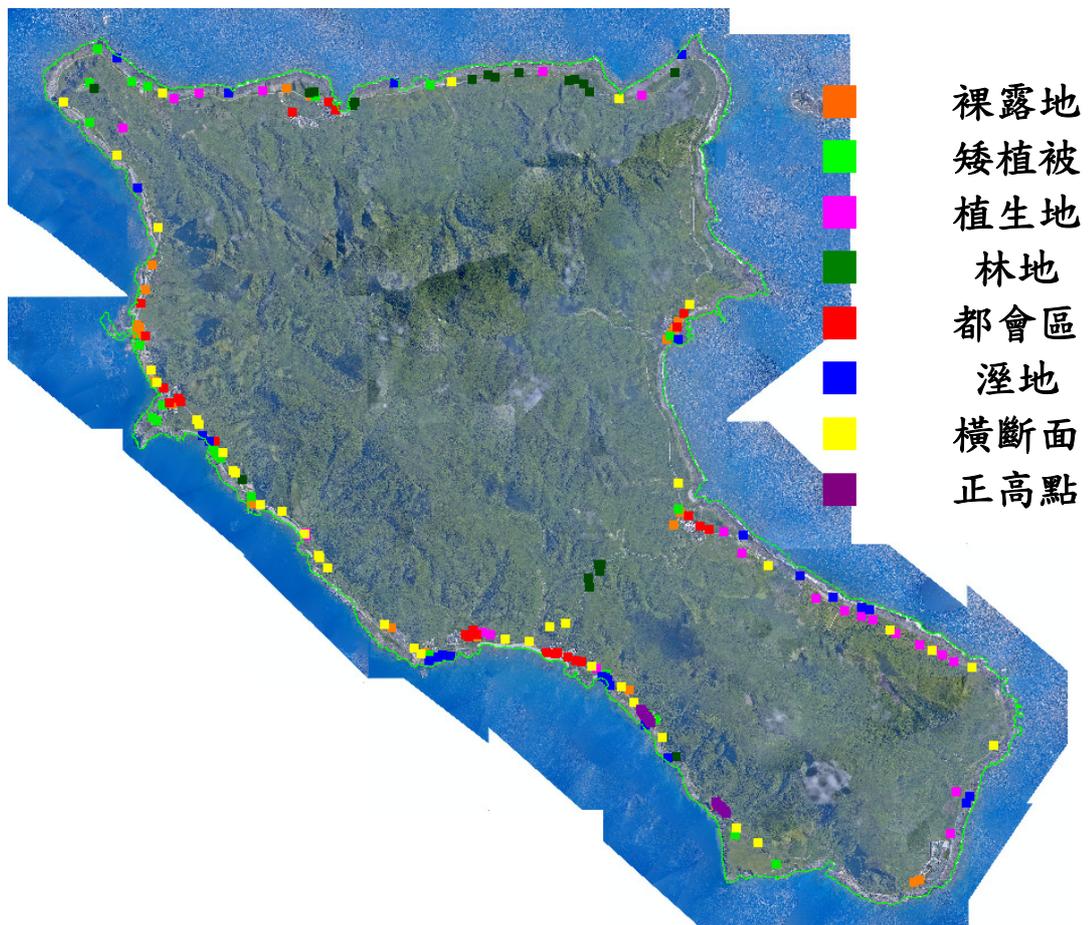


圖 3-4 蘭嶼 DEM 檢核點分布圖



圖 3-5 各種土地分類檢核點現場照片

四、精度檢核成果

1. 裸露地地面檢核情形

由表 3-2 可知在小琉球區域之平均高差為-0.004 公尺，平均絕對高差量則為 0.069 公尺；其中之最小高差量為-0.130 公尺，最大高差量為 0.151 公尺，點位之均方根差為 0.078 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-6。在綠島區域之平均高差為 0.070 公尺，平均絕對高差量則為 0.071 公尺；其中之最小高差量為-0.003 公尺，最大高差量為 0.117 公尺，點位之均方根差為 0.079 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-7。在蘭嶼區域之平均高差為-0.065 公尺，平均絕對高差量則為 0.074 公尺；其中之最小高差量為-0.142 公尺，最大高差量為 0.085 公尺，點位之均方根差為 0.086 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-8。

表 3-2 裸露地地面檢測成果

裸露地	小琉球	綠島	蘭嶼
取樣點數	25	8	21
平均高差(公尺)	-0.004	0.070	-0.065
最小高差(公尺)	-0.130	-0.003	-0.142
最大高差(公尺)	0.151	0.117	0.085
平均絕對高差(公尺)	0.069	0.071	0.074
均方根差(公尺)	0.078	0.079	0.086
標準偏差(公尺)	0.080	0.040	0.057

2. 矮植被地面檢核情形

由表 3-3 可知在小琉球區域之平均高差為 0.031 公尺，平均絕對高差量則為 0.050 公尺；其中之最小高差量為-0.096 公尺，最大高差量為 0.211 公尺，點位之均方根差為 0.067 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-6。在綠島區域之平均高差為 0.045 公尺，平均絕對高差量則為 0.048 公尺；其中之最小高差量為-0.011 公尺，最大高差量為 0.115 公尺，點位之均方根差為 0.058 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-7。在蘭嶼區域之平均高差為 0.014 公尺，平均絕對高差量則為 0.036

公尺；其中之最小高差量為-0.096 公尺，最大高差量為 0.131 公尺，點位之均方根差為 0.046 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-8。

表 3-3 矮植被地面檢測成果

矮植被	小琉球	綠島	蘭嶼
取樣點數	25	7	20
平均高差(公尺)	0.031	0.045	0.014
最小高差(公尺)	-0.096	-0.011	-0.096
最大高差(公尺)	0.211	0.115	0.131
平均絕對高差(公尺)	0.050	0.048	0.036
均方根差(公尺)	0.067	0.058	0.046
標準偏差(公尺)	0.061	0.040	0.045

3. 植生地地面檢核情形

由表 3-4 可知在小琉球區域之平均高差為 0.197 公尺，平均絕對高差量則為 0.197 公尺；其中之最小高差量為 0.008 公尺，最大高差量為 0.372 公尺，點位之均方根差為 0.223 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-6。在綠島區域之平均高差為 0.233 公尺，平均絕對高差量則為 0.233 公尺；其中之最小高差量為 0.147 公尺，最大高差量為 0.380 公尺，點位之均方根差為 0.251 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-7。在蘭嶼區域之平均高差為 0.043 公尺，平均絕對高差量則為 0.165 公尺；其中之最小高差量為-0.365 公尺，最大高差量為 0.354 公尺，點位之均方根差為 0.200 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-8。

表3-4 植生地地面檢測成果

植生地	小琉球	綠島	蘭嶼
取樣點數	21	7	22
平均高差(公尺)	0.197	0.233	0.043
最小高差(公尺)	0.008	0.147	-0.365
最大高差(公尺)	0.372	0.380	0.354
平均絕對高差(公尺)	0.197	0.233	0.165
均方根差(公尺)	0.223	0.251	0.200
標準偏差(公尺)	0.107	0.100	0.199

4. 林地地面檢核情形

由表 3-5 可知在小琉球區域之平均高差為 0.191 公尺，平均絕對高差量則為 0.196 公尺；其中之最小高差量為-0.064 公尺，最大高差量為 0.329 公尺，點位之均方根差為 0.216 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-6。在綠島區域之平均高差為 0.072 公尺，平均絕對高差量則為 0.072 公尺；其中之最小高差量為 0.016 公尺，最大高差量為 0.150 公尺，點位之均方根差為 0.086 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-7。在蘭嶼區域之平均高差為 0.066 公尺，平均絕對高差量則為 0.162 公尺；其中之最小高差量為-0.419 公尺，最大高差量為 0.340 公尺，點位之均方根差為 0.197 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-8。

表3-5 林地地面檢測成果

林地	小琉球	綠島	蘭嶼
取樣點數	23	6	24
平均高差(公尺)	0.191	0.072	0.066
最小高差(公尺)	-0.064	0.016	-0.419
最大高差(公尺)	0.329	0.150	0.340
平均絕對高差(公尺)	0.196	0.072	0.162
均方根差(公尺)	0.216	0.086	0.197
標準偏差(公尺)	0.104	0.051	0.189

5. 都會區地面檢核情形

由表 3-6 可知在小琉球區域之平均高差為 0.088 公尺，平均絕對高差量則為 0.091 公尺；其中之最小高差量為-0.032 公尺，最大高差量為 0.210 公尺，點位之均方根差為 0.105 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-6。在綠島區域之平均高差為 0.074 公尺，平均絕對高差量則為 0.074 公尺；其中之最小高差量為 0.033 公尺，最大高差量為 0.129 公尺，點位之均方根差為 0.082 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-7。在蘭嶼區域之平均高差為-0.070 公尺，平均絕對高差量則為 0.078 公尺；其中之最小高差量為-0.182 公尺，最大高差量為 0.040 公尺，點位之均方根差為 0.096 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-8。

表3-6 都會區地面檢測成果

都會區	小琉球	綠島	蘭嶼
取樣點數	22	8	22
平均高差(公尺)	0.088	0.074	-0.070
最小高差(公尺)	-0.032	0.033	-0.182
最大高差(公尺)	0.210	0.129	0.040
平均絕對高差(公尺)	0.091	0.074	0.078
均方根差(公尺)	0.105	0.082	0.096
標準偏差(公尺)	0.059	0.038	0.068

6. 溼地地面檢核情形

由表 3-7 可知在小琉球區域之平均高差為 0.010 公尺，平均絕對高差量則為 0.061 公尺；其中之最小高差量為-0.149 公尺，最大高差量為 0.238 公尺，點位之均方根差為 0.081 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-6。在綠島區域之平均高差為 0.056 公尺，平均絕對高差量則為 0.079 公尺；其中之最小高差量為-0.059 公尺，最大高差量為 0.172 公尺，點位之均方根差為 0.093 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-7。在蘭嶼區域之平均高差為-0.046 公尺，平均絕對高差量則為 0.121 公尺；其中之最小高差量為-0.358 公尺，最大高差量為 0.197 公尺，點位之均方根差為 0.158 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-8。

表3-7 溼地地面檢測成果

溼地	小琉球	綠島	蘭嶼
取樣點數	25	8	20
平均高差(公尺)	0.010	0.056	-0.046
最小高差(公尺)	-0.149	-0.059	-0.358
最大高差(公尺)	0.238	0.172	0.197
平均絕對高差(公尺)	0.061	0.079	0.121
均方根差(公尺)	0.081	0.093	0.158
標準偏差(公尺)	0.082	0.080	0.155

7. 橫斷面地面檢核情形

由表 3-8 可知在小琉球區域之平均高差為 0.110 公尺，平均絕對高差量則為 0.110 公尺；其中之最小高差量為 0.068 公尺，最大高差量為

0.182 公尺，點位之均方根差為 0.119 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-6。在綠島區域之平均高差為 0.105 公尺，平均絕對高差量則為 0.105 公尺；其中之最小高差量為 0.024 公尺，最大高差量為 0.177 公尺，點位之均方根差為 0.113 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-7。在蘭嶼區域之平均高差為-0.036 公尺，平均絕對高差量則為 0.051 公尺；其中之最小高差量為-0.179 公尺，最大高差量為 0.100 公尺，點位之均方根差為 0.066 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-8。

表3-8 橫斷面地面檢測成果

橫斷面	小琉球	綠島	蘭嶼
取樣點數	10	13	35
平均高差(公尺)	0.110	0.105	-0.036
最小高差(公尺)	0.068	0.024	-0.179
最大高差(公尺)	0.182	0.177	0.100
平均絕對高差(公尺)	0.110	0.105	0.051
均方根差(公尺)	0.119	0.113	0.066
標準偏差(公尺)	0.047	0.044	0.056

8. 正高點地面檢核情形

由表 3-9 可知在小琉球區域之平均高差為 0.546 公尺，平均絕對高差量則為 0.546 公尺；其中之最小高差量為 0.428 公尺，最大高差量為 0.619 公尺，點位之均方根差為 0.548 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-6。在綠島區域之平均高差為 0.850 公尺，平均絕對高差量則為 0.850 公尺；其中之最小高差量為 0.800 公尺，最大高差量為 0.910 公尺，點位之均方根差為 0.851 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-7。在蘭嶼區域之平均高差為 1.473 公尺，平均絕對高差量則為 1.473 公尺；其中之最小高差量為 1.150 公尺，最大高差量為 1.610 公尺，點位之均方根差為 1.478 公尺。地面檢測高程較差直方圖成果如圖 3-8。

表 3-9 正高點地面檢測成果

正高點	小琉球	綠島	蘭嶼
取樣點數	20	8	21
平均高差(公尺)	0.546	0.850	1.473
最小高差(公尺)	0.428	0.800	1.150
最大高差(公尺)	0.619	0.910	1.610
平均絕對高差(公尺)	0.546	0.850	1.473
均方根差(公尺)	0.548	0.851	1.478
標準偏差(公尺)	0.049	0.035	0.117

由表 3-9 可知在正高點之部分，檢測點之正高成果與光達資料經大地起伏轉換之正高成果存在一個約莫 55 公分~1.48 公尺之系統差，由於三個區域裸露地及橫斷面等區域之成果均無明顯之大系統差，因此可推論使用之 2005 大地起伏模式與實際高程控制點引測之高程點間存在大地起伏不符狀況，進一步統計小琉球、綠島及蘭嶼區域已知點位置之控制測量橢球高減去正高值與其同點 2005 年大地起伏值之比較後，可發現存在系統誤差依序為 0.53、0.80 及 1.59 公尺，如表 3-10 所示。因此進一步的分析三個離島之 2005 大地起伏值之系統差有其必要性，由於本案繳交之 DEM 為橢球高及正高均須繳交，然正高之結果是否須再利用離島之已知點進行區域大地起伏網之處理，為可探討之重點。由於本 DEM 成果亦須與內政部現有 DEM 成果進行分析，此 53~159 公分之系統誤差需一併於誤差分析時考量。

表 3-10 大地起伏值比對表

區域	點號	縱坐標	橫坐標	橢球高	正高	正高-橢球高(N')	2005大地起伏值(N'')	dN=N''-N'
小琉球	SL01	2469393.299	183765.290	23.442	2.580	-20.862	-20.335	0.527
	SL03	2470333.742	185213.038	23.041	2.121	-20.920	-20.393	0.527
綠島	LDA1	2507060.593	298558.111	31.912	7.002	-24.910	-24.120	0.790
	LDA2	2506177.700	298780.361	28.518	3.631	-24.887	-24.090	0.797
蘭嶼	LY04	2435816.627	308026.914	43.008	17.001	-26.007	-24.420	1.587
	LY05	2434741.187	308897.910	68.525	42.474	-26.051	-24.460	1.591

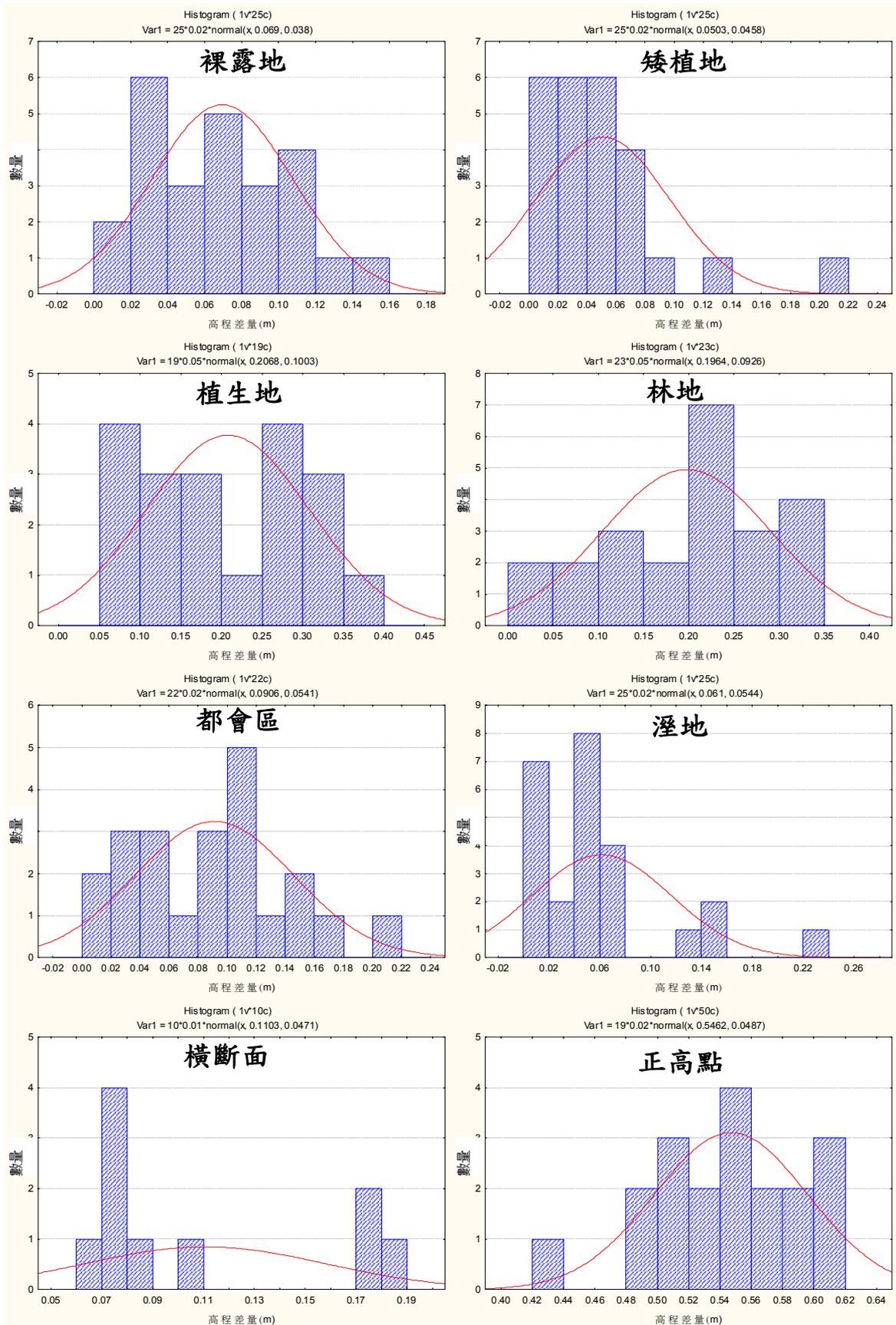


圖 3-6 小琉球地區高程較差直方圖

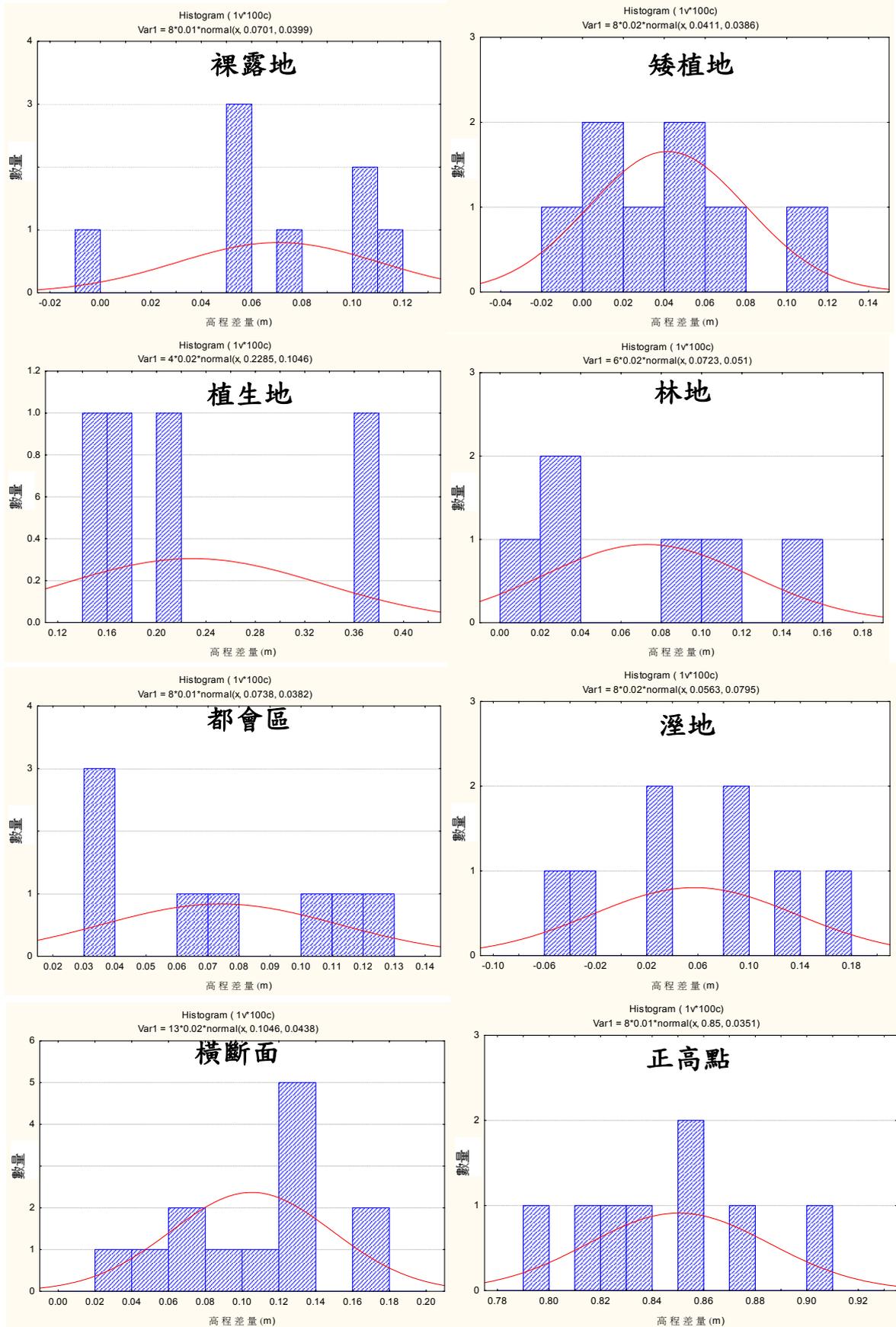


圖 3-7 綠島地區高程較差直方圖

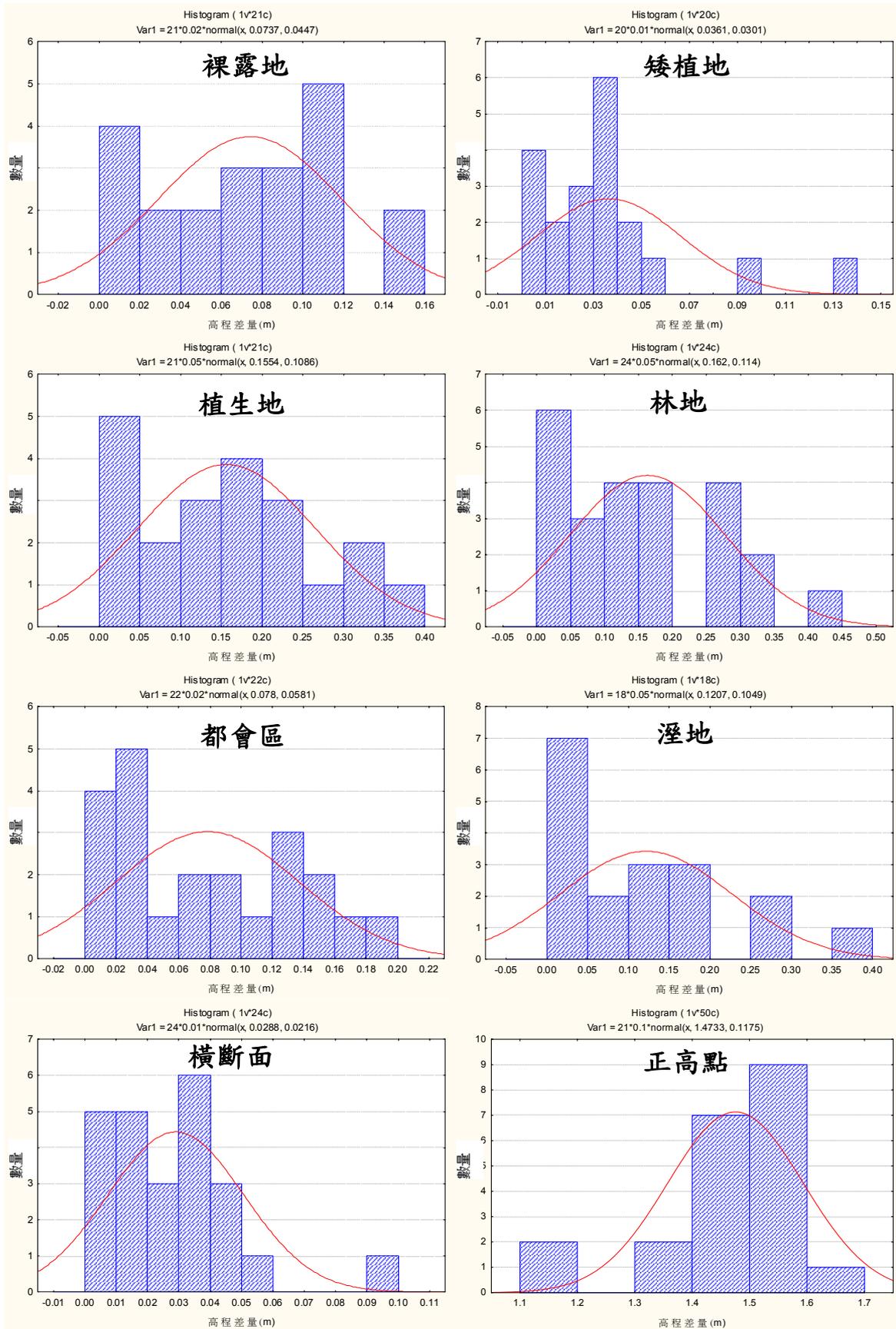


圖 3-8 蘭嶼地區高程較差直方圖

肆、DEM 與現有成果之比較

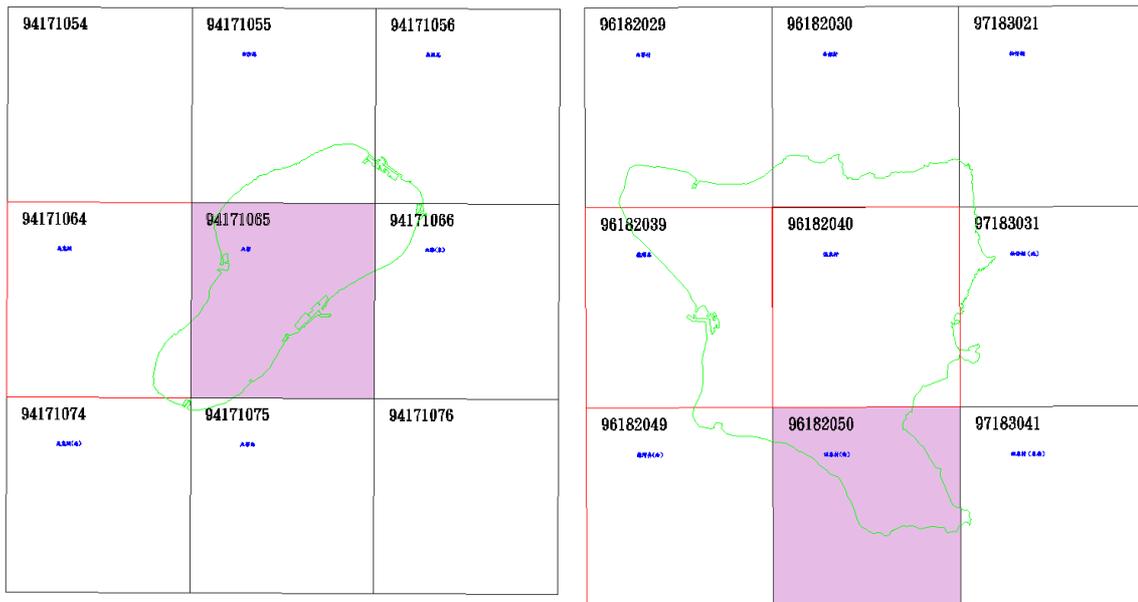
一、分析方法

本案以空載光達 (LiDAR) 飛航掃描本案作業區，以進行 1 公尺網格之高精度、高解析度數值高程模型製作，在精度評估部分已於第參章內探討。為研究本案產製 DEM 成果與國內現有最新之 5 公尺網格 DEM 成果之差異，依照自國土測繪中心取得內政部最新 5 公尺網格 DEM 之範圍，將本案產製之 DEM 直接約化為 5 公尺網格 DEM，以進行比較作業。

比較方法則是利用 Surfer 內部之 Grid Math 功能，以「內政部現有 5 公尺網格 DEM」減去「本案產製 DEM 依上法約化之 5 公尺網格 DEM」而獲得一新 5 公尺網格比對成果，由於兩者之網格點均位於整數五公尺網格，故比對計算僅需以兩者同一網格坐標之高程值相減，計算可較快速。

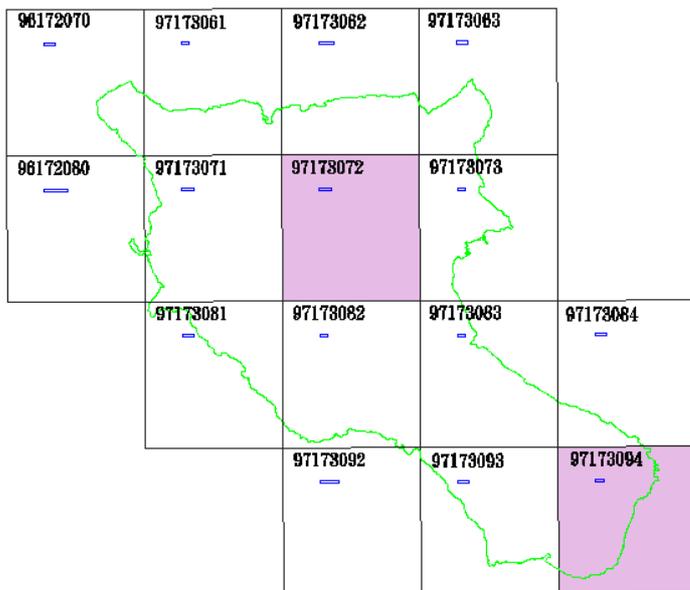
二、研究位置

以本案飛航掃描小琉球、綠島與蘭嶼及小蘭嶼區域範圍中，各選取 1、1、3 幅 5000 圖幅產製數值高程模型 (DEM) 成果進行比較；在小琉球選擇 94171065 圖幅，綠島選擇 96182050 圖幅，在蘭嶼選擇 97173072、97173094 及小蘭嶼選擇 971640115 圖幅，選擇分布圖如圖 4-1。現有 DEM 為 2002~2004 拍攝之航攝相片，並於 2005 年以航測方式產製，其平面坐標成果為 TWD97，高程成果為 TWVD2001 離島正高系統。



小琉球

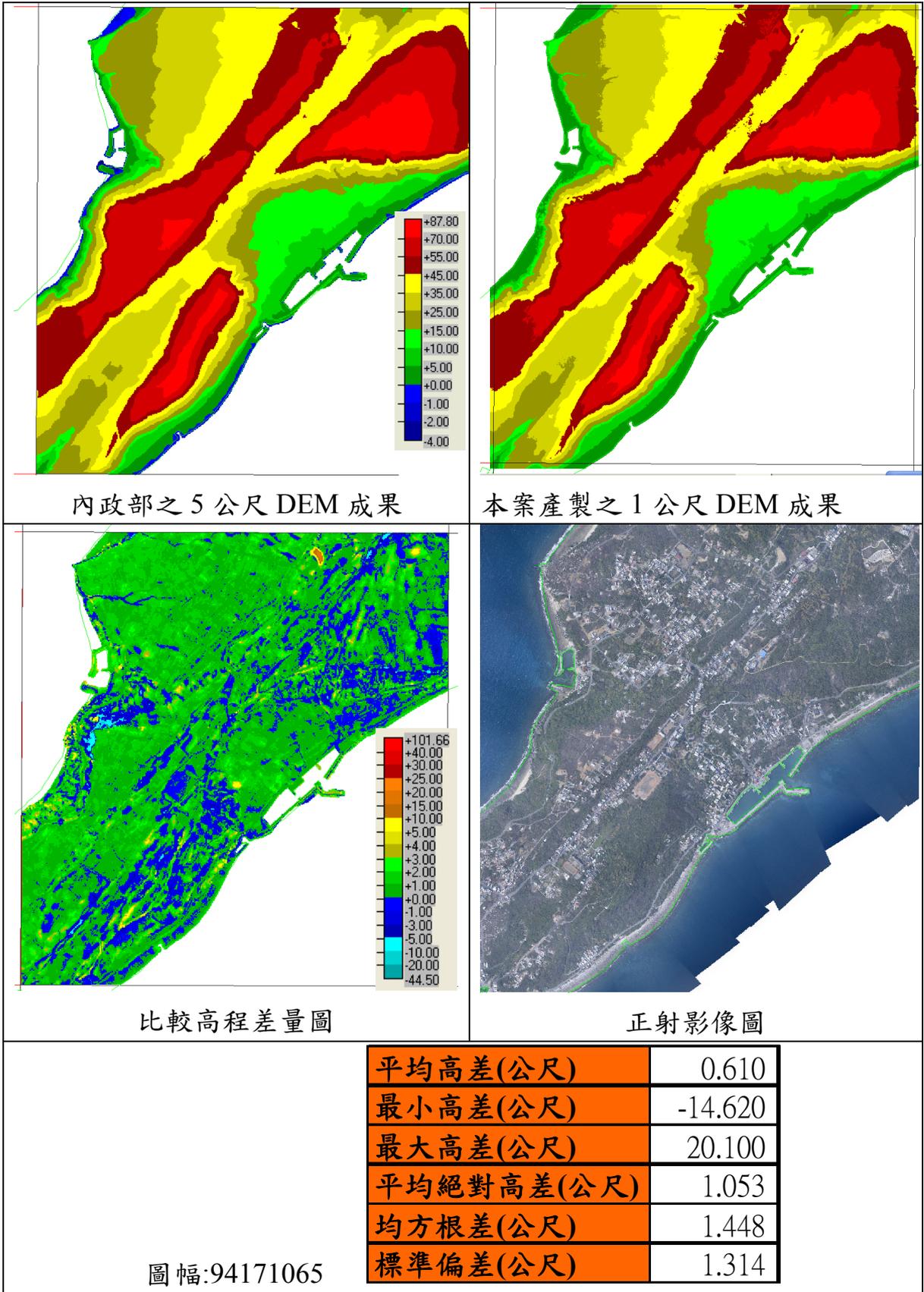
綠島

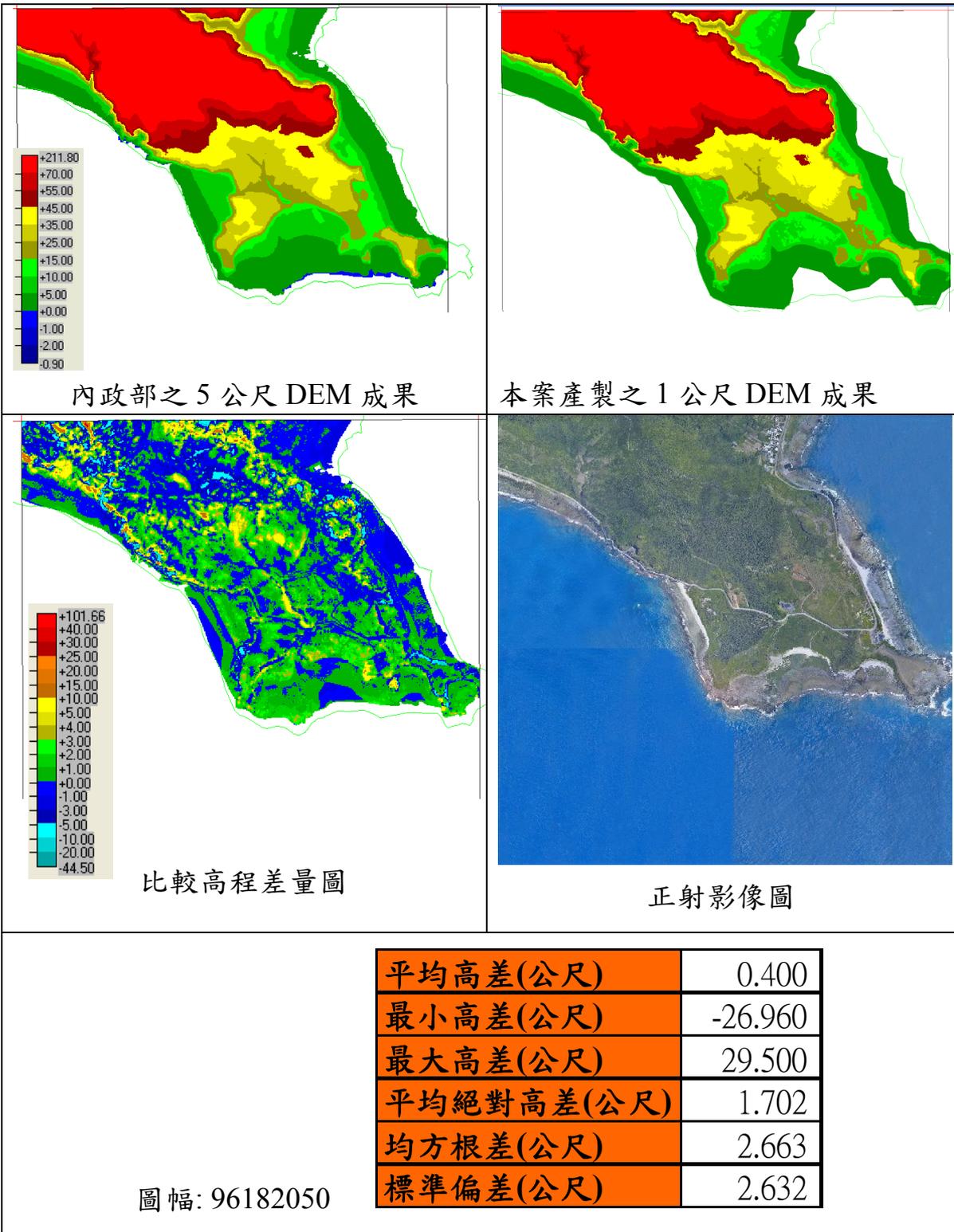


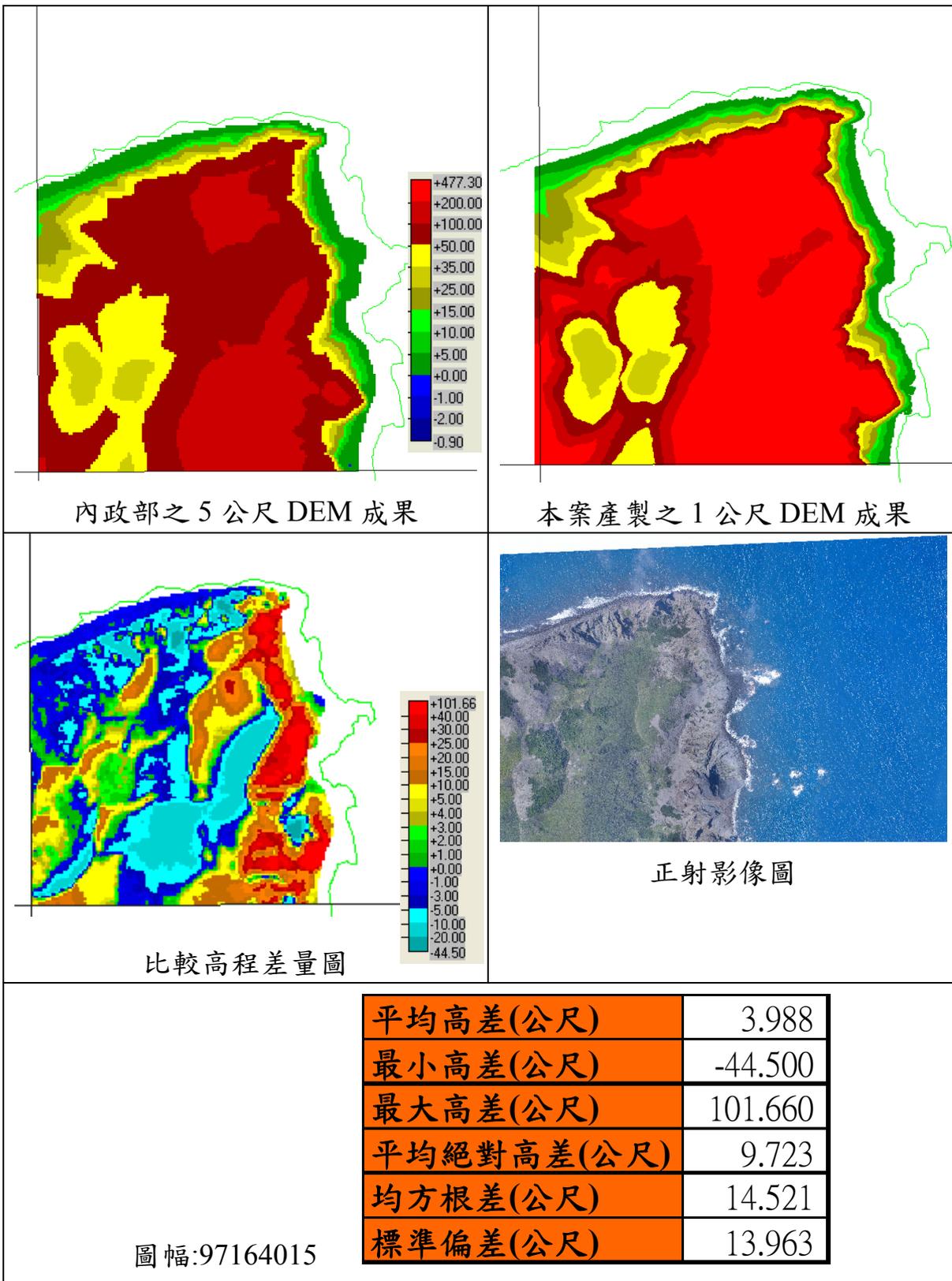
蘭嶼

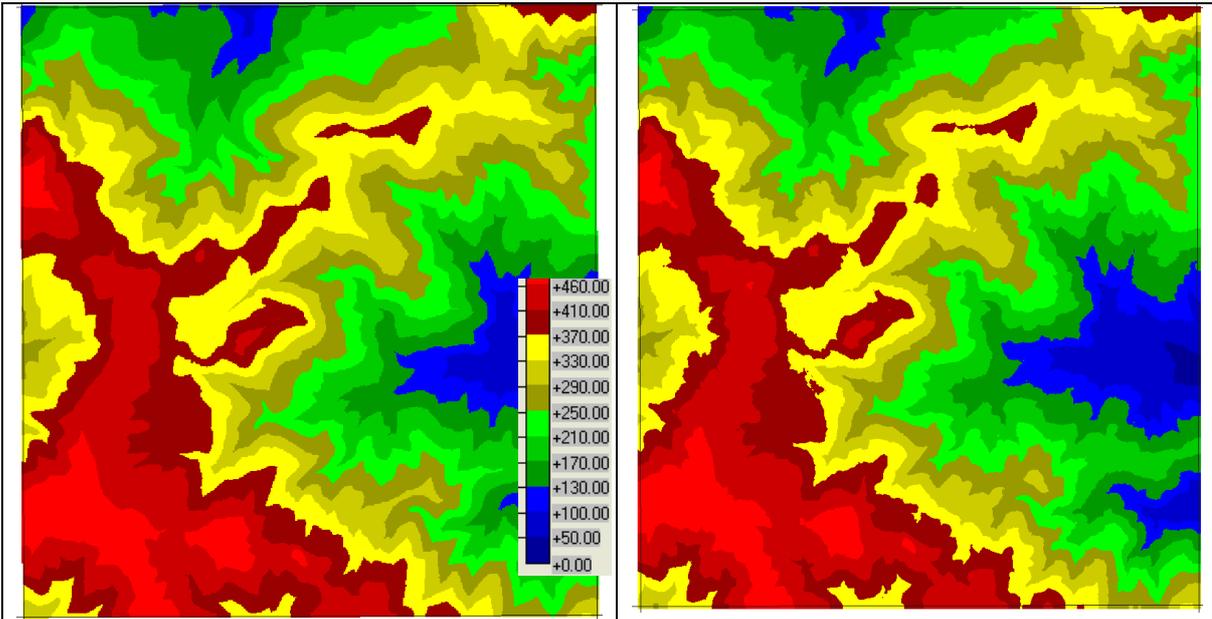
圖 4-1 現有 DEM 檢核圖幅選擇分布圖

三、比較結果



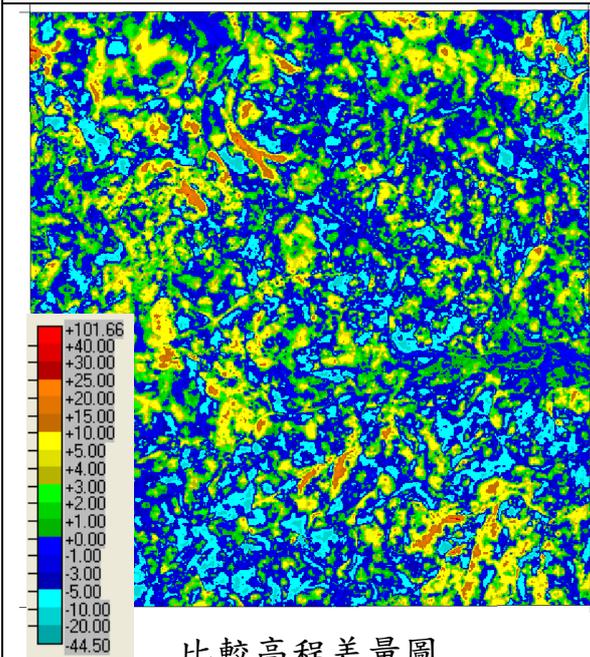




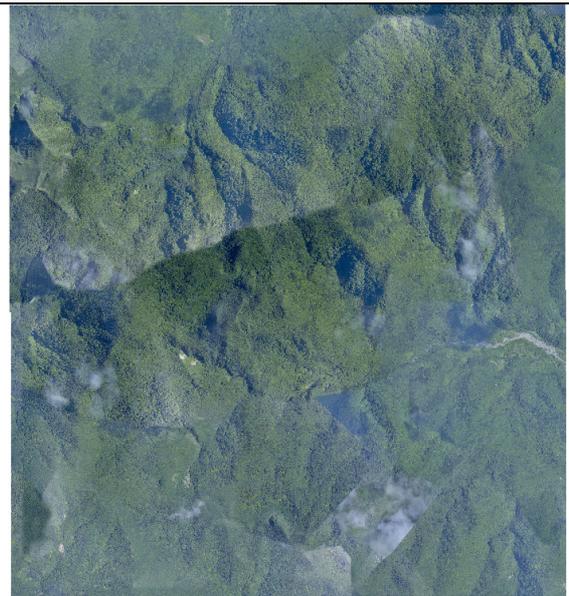


內政部之 5 公尺 DEM 成果

本案產製之 1 公尺 DEM 成果



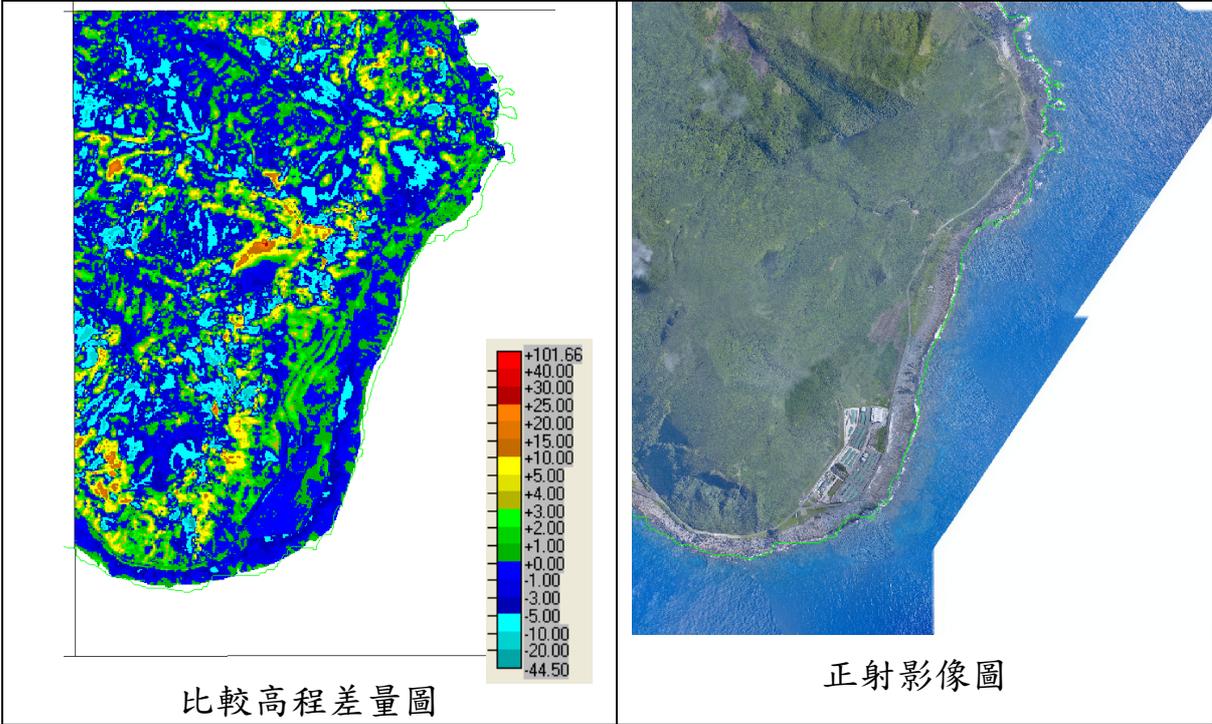
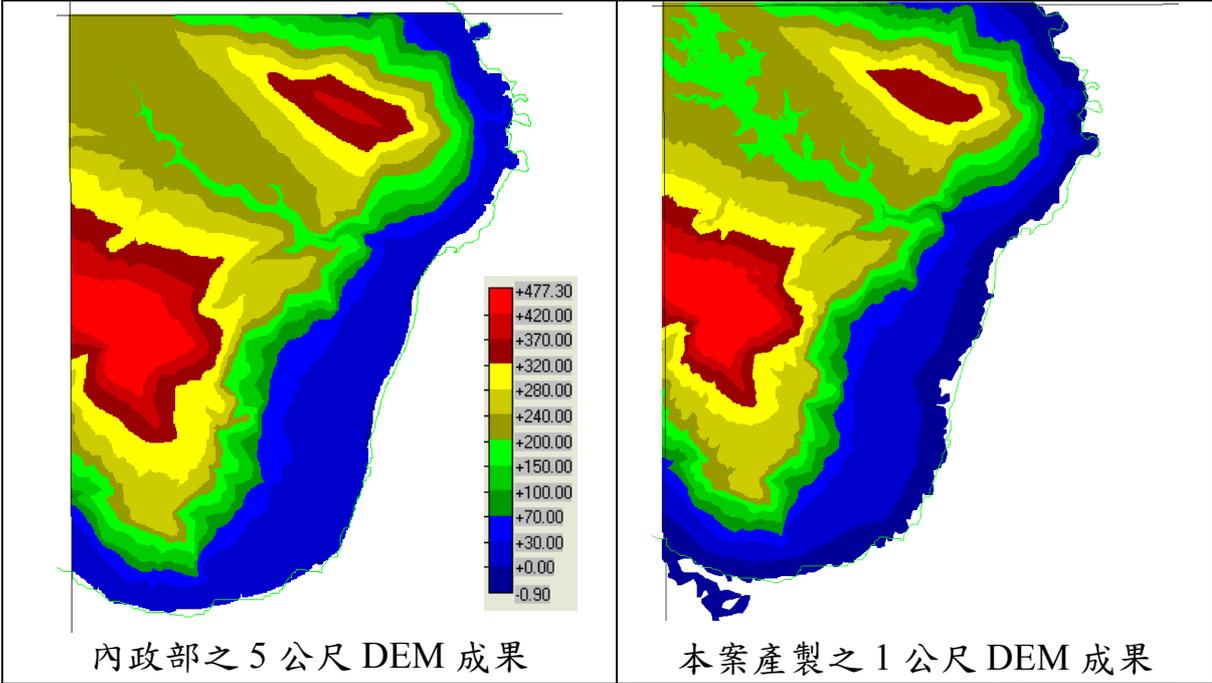
比較高程差量圖



正射影像圖

平均高差(公尺)	-0.178
最小高差(公尺)	-21.900
最大高差(公尺)	33.410
平均絕對高差(公尺)	3.339
均方根差(公尺)	4.411
標準偏差(公尺)	4.407

圖幅:97173072



平均高差(公尺)	-0.881
最小高差(公尺)	-36.120
最大高差(公尺)	33.980
平均絕對高差(公尺)	2.685
均方根差(公尺)	3.755
標準偏差(公尺)	3.651

圖幅:97173094

四、結果分析

由選擇之 DEM 成果及檢視其正射影像圖可知，由於 5 公尺 DEM 成果較為粗糙，且傳統航測方法於樹林區並無法有效消除因樹高而造成之 DEM 高差量，因此常造成植被區之 DEM 精度不佳。

經由以上之分析圖表可知，於較裸露地處，兩者約有 1~2 公尺之誤差，此應還加入上章節關於大地起伏系統差(55 公分~1.48 公尺)之量，因此，尚屬合理。而植被區其大誤差之原因有二：一為內政部 5 公尺 DEM 製作之特徵點選取有無法穿透樹林之虞，二為其內插取樣有錯誤。另也須加上離島存在之正高系統誤差，因此，產生本次結果之誤差量。

而關於小蘭嶼 97104015 圖幅之大系統差量，除上述原因外，也可能由於本次蘭嶼作業之基站架設於大蘭嶼島，而小蘭嶼之控制系統可能與大蘭嶼島存在大差量，也或許小蘭嶼島已經有所地形變遷而造成差量過大。

伍、檢討與建議

本案作業主要完成項目為雷射點雲之精度評估與數值高程模型 DEM 與數值地表模型 DSM 之製作，獲致以下之結論並提出幾點建議：

- 一、本次作業共完成小琉球區 6 幅、綠島區 6 幅及大、小蘭嶼 19 幅共 31 幅數值地表模型 DSM 及數值高程模型 DEM 製作。
- 二、地面實地檢核在小琉球共檢核了 171 點，其中，裸露地檢核 25 點，均方根差為 0.078 公尺；矮植被區檢核 25 點，均方根差 0.067 公尺；植生地檢核 21 點，均方根差 0.223 公尺；林地檢核 23 點，均方根差 0.216 公尺；剖面檢核 10 點，均方根差 0.119 公尺；溼地檢核 25 點，均方根差 0.081 公尺；都會區檢核 22 點，均方根差 0.105 公尺；正高點檢核 20 點，均方根差為 0.548 公尺，標準偏差則為 0.049 公尺。
- 三、地面實地檢核在綠島共檢核了 65 點，其中，裸露地檢核 8 點，均方根差為 0.070 公尺；矮植被區檢核 7 點，均方根差 0.058 公尺；植生地檢核 7 點，均方根差 0.251 公尺；林地檢核 6 點，均方根差 0.086 公尺；剖面檢核 13 點，均方根差 0.113 公尺；溼地檢核 8 點，均方根差 0.093 公尺；都會區檢核 8 點，均方根差 0.082 公尺；正高點檢核 8 點，均方根差為 0.851 公尺，標準偏差則為 0.035 公尺。
- 四、地面實地檢核在蘭嶼共檢核了 184 點，其中，裸露地檢核 21 點，均方根差為 0.086 公尺；矮植被區檢核 20 點，均方根差 0.046 公尺；植生地檢核 22 點，均方根差 0.200 公尺；林地檢核 24 點，均方根差 0.197 公尺；剖面檢核 35 點，均方根差 0.066 公尺；溼地檢核 20 點，均方根差 0.158 公尺；都會區檢核 22 點，均方根差 0.096 公尺；正高點檢核 21 點，均方根差為 1.478 公尺，標準偏差則為 0.117 公尺。
- 五、以 VRS 進行地面實測點之檢測方式並改算至三等點系統成果，經過本次作業之比較，其與 LiDAR 飛航掃描獲取之雷射點高程頗為吻合，可以此方式作為往後大量檢核地面之參考。
- 六、正高點檢測成果存在一個約莫 55 公分~1.48 公尺之系統差，由於三

個區域裸露地及橫斷面等區域之成果均無明顯之大系統差，因此可推論使用之 2005 大地起伏模式與實際高程控制點引測之高程點間存在大地起伏不符狀況，經統計小琉球、綠島及蘭嶼區域已知點位置之控制測量橢球高減去正高值與其同點 2005 年大地起伏值之比較後，可發現存在系統誤差依序為 0.53、0.80 及 1.59 公尺。因此進一步的分析三個離島之 2005 大地起伏值之系統差有其必要性。

- 七、「LiDAR 測製數值高程模型及數值地表模型標準作業程序」中，針對航帶平差作業要求以每 5m*5m 方格為共軌區塊，並於每 5000 公尺選擇一排共軌區塊進行航帶平差作業；但以 LiDAR 掃描獲得之高密度點雲（至少每 0.7 公尺一點），5m*5m 方格亦僅有 50 個點，以此 50 個點組成解算 Pitch、Heading、Roll、Dz 等參數似嫌不足以代表該條航帶在這些參數誤差量之情形，且 Terrasolid 軟體設計之建議取樣區塊點數在 1 百萬至 2 百萬間可獲致可靠結果，因此建議往後選用共軌區塊時，可以較大之方格進行，依現行軟體功能，可採用 100m*100m 之方格，並應考量此方格內的植被覆蓋狀況，若因植被覆蓋造成地面點數過少，則應捨去此區塊。另亦建議透過以與 LiDAR 飛航掃描同步拍攝之影像組成正射影像後，再進行共軌區塊選擇，以獲得較佳之成果。
- 八、以 LiDAR 飛航掃描成果產製 DEM 與 DSM，由於其獲得之點雲密度極高，因此對於 LiDAR 產製成果之精度評估，除以原規範設定 DEM 高程精度之標準計算公式評估其基本精度外，亦可直接進行地面實測點之精度評估，以符合實際需求。
- 九、以本案測製經驗，於檢測成果獲致相當符合規範之精度，以之與內政部公布之 5 公尺網格數值高程模型精度比較，本案測製成果應優於該 5 公尺網格數值高程模型精度要求，而兩者存在之精度差異，應是：一為 DEM 製作之特徵點選取有無法穿透樹林之虞，二為內插取樣有錯誤。另也須加上現況變遷及離島正高系統誤差。
- 十、主管機關應對 LiDAR 產製測量成果邀集各相關單位研訂標準的成果規範，供各界於採用時之參據。

陸、參考文獻

1. 史天元、彭淼祥、徐偉城，2002，應用空載雷射掃描儀進行地震災區變形研究，農委會 91-農科-5.1.1-林-R1(8)計畫報告，共 13 頁。
2. 林志交、張坤樹、鄭鼎耀，2004，雷射掃描資料於潮間帶地形及城市區航帶平差之初探，第六屆 GPS 衛星科技研討會，台南國立成功大學。
3. 邵怡誠、陳良健，利用光達資料於 DEM 生產及房屋偵測之研究，航測及遙測學刊，第十卷，第一期，第 71~87 頁。
4. 陳良健、賴彥中、饒見有，2003，結合光達資料與數位空照影像建立三維建物區塊，第二十二屆測量學術及應用研討會，第 273~279 頁，國防大學中正理工學院
5. 水利署(2006)，雲嘉沿海地區地層下陷與外傘頂洲沙洲地形變遷調查研究
6. 曾清涼，2002，虛擬衛星即時動態擴增系統 e-GPS 研究，國立成功大學 90 年度休假研究報告。
7. 內政部土地測量局，2003.12，台灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析期中報告，台中；執行單位：財團法人成大研究發展基金會，計畫主持人：曾清涼教授。
8. 內政部土地測量局，2004.4，台灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析期末報告，台中；執行單位：財團法人成大研究發展基金會，計畫主持人：曾清涼教授。
9. Axelsson, P., 2000, "DEM Generation from Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models", International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXIII (Pt. B4/1), pp.110– 117.
10. Burman, H., 2000. Adjustment of laser scanner data for correction of orientation errors. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B3, Amsterdam. CDROM
11. Davenport, I.J., R.B Bradbury, G.Q. Anderson, G.R. Hayman, J.R. Kerbs, D.C.Mason, J.D.Wilson, and N.J.Veck, 2000. Improving bird pollution models using airborne remote sensing, International Journal of Remote

- Sening, 21:2705-2717.
12. Moritz, H., 1980, Advanced Physical Geodesy, Herbert Wichmann, Karlsruhe, 500pages.
 13. St-Onge, B.A. and N. Achaichia. 2001. Measuring forest canopy height using a combination of LiDAR and aerial photography data, Workshop on Land Surface Mapping and Characterization Using Laser Altimetry, Annapolis, Maryland, USA, October 22-24, 2001.
 14. Utkin, A.B., A.V.Lavrov, L. Costa, F.Simoes, and R. Vilar,2002.Detection of small forest fires by LiDAR, Applied Physics B, 74:77-83.
 15. <http://www.usgs.gov/>
 16. <http://www.lidar.org.tw/>
 17. FEMA, 2003, Guidelines and Specifications for Flood Hazard Mapping Partners, Appendix A: Guidelines for Aerial Mapping and Surveying, URL: http://www.fema.gov/pdf/fhm/frm_gsaa.pdf
 18. Maune, D.F (editor), 2001. Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual, The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, 539 p.
 19. NCFPM (North Carolina Floodplain Mapping Program), 2002. URL: <http://ww.ncfloodmaps.com/>
 20. NCFPM (North Carolina Floodplain Mapping Program), 2003. Issue 37: Quality Control of Light Detection and Ranging Elevation Data in North Carolina for Phase II of the North Carolina Floodplain Mapping Program, [URL:www.ncfloodmaps.com/pubrocs/issuepapers.htm](http://www.ncfloodmaps.com/pubrocs/issuepapers.htm)
 21. NGS, 2003. Light Detection And Ranging (LiDAR) requirements, scope of work for shoreline mapping under the NOAA Aeronautical Survey Program, National Geodetic Survey, U.S.A.



小琉球飛航裝機 99.03.17



小琉球飛航實況(一)99.03.17



小琉球飛航實況(二)99.03.17



小琉球飛航實況(三)99.03.17



綠島飛航實況(一)99.05.23



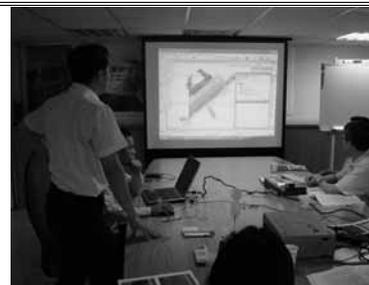
綠島飛航實況(二)99.05.23



綠島飛航實況(三)99.05.23



綠島飛航實況(四)99.05.23



內業驗收實況(一)99.06.15



內業驗收實況(二)99.06.15



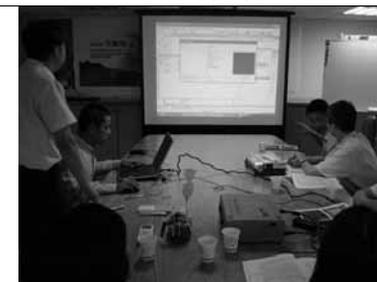
內業驗收實況(三)99.06.15



內業驗收實況(四)99.06.15



內業驗收實況(五)99.06.15



內業驗收實況(六)99.06.15



內業驗收實況(七)99.06.15



內業驗收實況(八)99.06.15



小琉球控制驗收 99.07.06



小琉球控制驗收 99.07.06



小琉球控制驗收 99.07.06



小琉球控制驗收 99.07.06



小琉球控制驗收 99.07.06



小琉球控制驗收 99.07.06



小琉球控制驗收 99.07.06



小琉球控制驗收 99.07.06



綠島控制驗收 99.07.06



綠島控制驗收 99.07.06



綠島控制驗收 99.07.06



綠島控制驗收 99.07.06



綠島控制驗收 99.07.06



綠島控制驗收 99.07.06



綠島控制驗收 99.07.06



綠島控制驗收 99.07.06



蘭嶼控制驗收 99.07.07



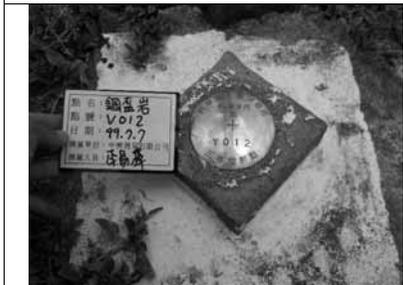
蘭嶼控制驗收 99.07.07



蘭嶼控制驗收 99.07.07



蘭嶼控制驗收 99.07.07



蘭嶼控制驗收 99.07.07



蘭嶼控制驗收 99.07.07



蘭嶼控制驗收 99.07.07



蘭嶼控制驗收 99.07.07



BJ01



BJ02



BJ03



BJ04



BJ05



BJ06



BJ07



BJ08



BJ09



BJ10



BJ11



BJ12



BJ13



BJ14



BJ15



BJ16



BJ17



BJ18



BJ19



BJ20



BJ21



BJ22



BJ23



BJ24



BJ25



FJ01



FJ02



FJ03



FJ04



FJ05



FJ06



FJ07



FJ08



FJ09



FJ10



FJ11



FJ12



FJ13



FJ14



FJ15



FJ16



FJ17



FJ18



FJ19



FJ20



FJ21



FJ22



FJ23



FJ24



FJ25



LJ01



LJ02



LJ03



LJ04



LJ05



LJ06



LJ07



LJ08



LJ09



LJ10



LJ11



LJ12



LJ13



LJ14



LJ15



LJ16



LJ17



LJ18



LJ19



LJ20



LJ21



LJ22



LJ23



LJ24



LJ25



LPJ01



LPJ02



LPJ03



LPJ04



LPJ05



LPJ06



LPJ07



LPJ08



LPJ09



LPJ10



LPJ11



LPJ12



LPJ13



LPJ14



LPJ15



LPJ16



LPJ17



LPJ18



LPJ19



LPJ20



PS01



PS02



PS03



PS04



PS05



PS06



PS07



PS08



PS09



PS10



UJ01



UJ02



UJ03



UJ04



UJ05



UJ06



UJ07



UJ08



UJ09



UJ10



UJ01



UJ12



UJ13



UJ14



UJ15



UJ16



UJ17



UJ18



UJ19



UJ20



UJ21



UJ22



UJ23



UJ24



UJ25



VJ01



VJ02



VJ03



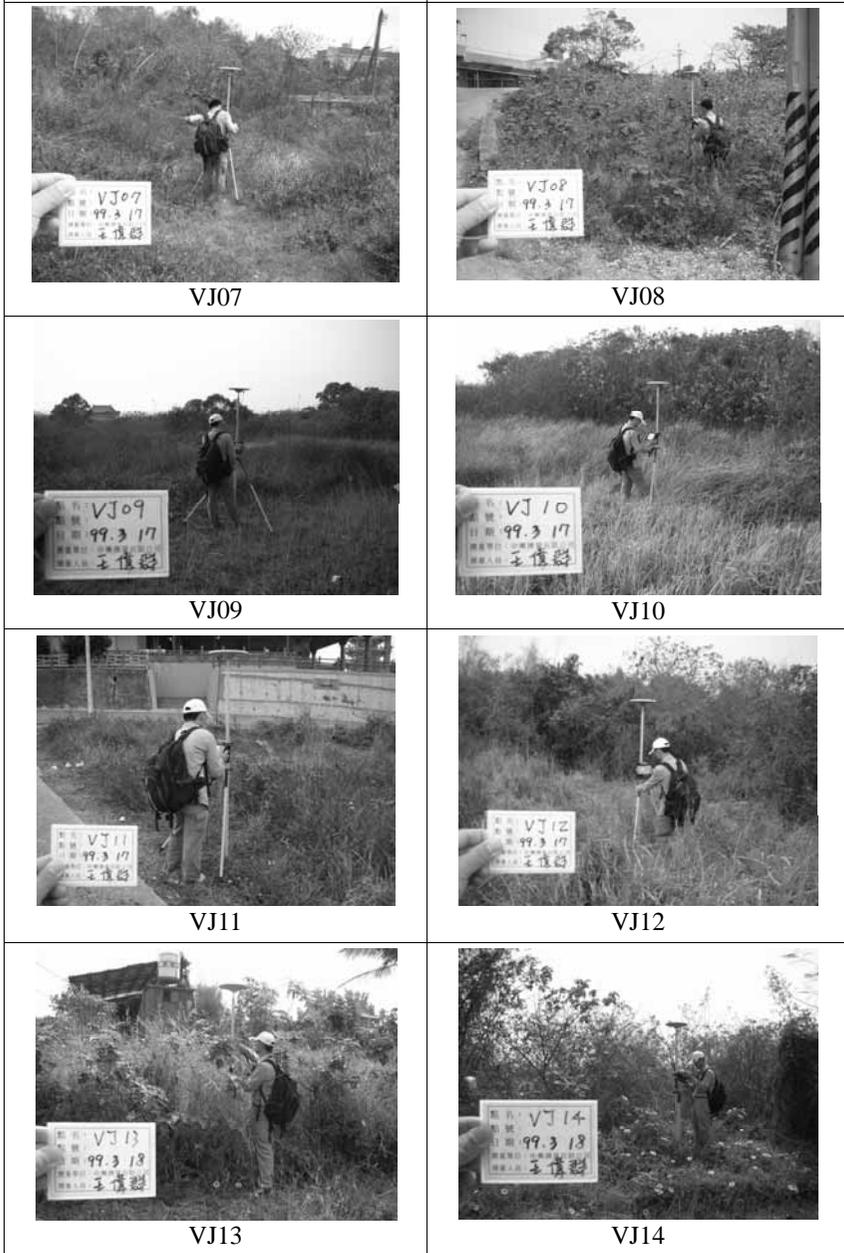
VJ04



VJ05



VJ06





VJ23



VJ24



VJ25



WJ01



WJ02



WJ03



WJ04



WJ05



WJ06



WJ07



WJ08



WJ09



WJ10



WJ11



WJ12



WJ13



WJ14



WJ15



WJ16



WJ17



WJ18



WJ19



WJ20



WJ21



WJ22



WJ23



WJ24



WJ25



BP01



BP02



BP03



BP04



BP05



BP06



BP07



BP08



FP01



FP02



FP03



FP04



FP05



FP06



FP07



FP08



LP01



LP02



LP03



LP04



LP05



LP06



LP07



LP08



UP01



UP02



UP03



UP04



UP05



UP06



UP07



UP08



VP01



VP02



VP03



VP04



VP05



VP06



VP07



VP08



WP01



WP02



WP03



WP04



WP05



WP06



WP07



WP08



PS01



PS02



PS03



PS04



PS05



PS06



PS07



PS08



PS09



PS10



PS11



PS12



PS13



LP01



LP02



LP03



LP04



LP05



LP06



LP07



LP08



BP01



BP02



BP03



BP04



BP05



BP06



BP07



BP08



BP09



BP10



BP11



BP12



BP13



BP14



BP15



BP16



BP17



BP18



BP19



BP20



BP21



BP22



BP23



BP24



FP01



GP02



FP03



FP04



FP05



FP06



FP07



FP08



FP09



FP10



FP11



FP12



FP13



FP14



FP15



FP16



FP17



FP18



FP19



FP20



FP21



FP22



FP23



FP24



JP01



JP02



JP03



JP04



JP05



JP06



JP07



JP08



JP09



JP10



JP11



JP12



JP13



JP14



JP15



JP16



JP17



JP18



JP19



JP20



JP21



JP22



LP01



LP02



LP03



LP04



LP05



LP06



LP07



LP08



LP09



LP10



LP11



LP12



LP13



LP14



LP15



LP16



LP17



LP18



LP19



LP20



LP21



LP22



LP23



SP01



SP02



SP03



SP04



SP05



SP06



SP07



SP08



SP09



SP10



SP11



SP12



SP13



SP14



SP15



SP16



SP17



SP18



SP19



SP20



SP21



SP22



SP23



SP24



SP25



SP26



SP27



SP29



SP30



SP31



SP32



SP33



SP34



SP35



SP36



SP37



SP38



SP39



SP40



UP01



UP02



UP03



UP04



UP05



UP06



UP07



UP08



UP09



UP10



UP11



UP12



UP13



UP14



UP15



UP16



UP17



UP18



UP19



UP20



UP21



UP22



UP23



UP24



UP25



VP01



VP02



VP03



VP04



VP05



VP06



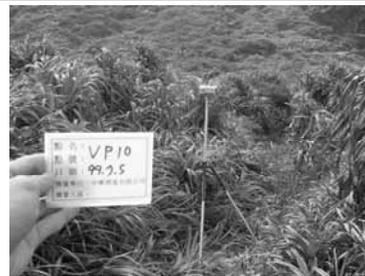
VP07



VP08



VP09



VP10



VP11



VP12



VP13



VP14



VP15



VP16



VP17



VP18





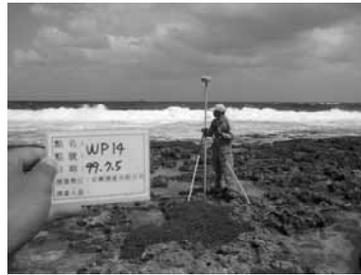
WP11



WP12



WP13



WP14



WP15



WP16



WP17



WP18



WP19



WP20



WP21



WP22



WP23



WP24



WP25

天氣資料

溫度單位:℃

發佈時間: 2009/12/27 16:30
有效時間: 2009/12/28~2010/01/03

	12/28 星期一	12/29 星期二	12/30 星期三	12/31 星期四	01/01 星期五	01/02 星期六	01/03 星期日
玉山	-4 ~ 0	-3 ~ 1	-2 ~ 1	-1 ~ 2	0 ~ 6	0 ~ 5	0 ~ 5
墾丁	19 ~ 22	20 ~ 24	20 ~ 24	20 ~ 25	22 ~ 27	22 ~ 27	22 ~ 27
小琉球	17 ~ 23	18 ~ 25	17 ~ 23	17 ~ 24	19 ~ 26	19 ~ 26	19 ~ 26
龍洞	12 ~ 16	15 ~ 20	14 ~ 18	14 ~ 19	16 ~ 20	16 ~ 20	16 ~ 20
太魯閣	15 ~ 18	16 ~ 22	15 ~ 19	15 ~ 19	16 ~ 21	16 ~ 21	16 ~ 21
三仙台	17 ~ 20	18 ~ 23	17 ~ 21	17 ~ 22	18 ~ 24	18 ~ 24	18 ~ 24
綠島	16 ~ 19	18 ~ 22	17 ~ 20	17 ~ 20	18 ~ 21	18 ~ 21	18 ~ 21
蘭嶼	17 ~ 20	18 ~ 22	17 ~ 21	17 ~ 21	18 ~ 21	18 ~ 21	18 ~ 21

溫度單位:℃

發佈時間: 2010/01/03 16:30
有效時間: 2010/01/04~2010/01/10

	01/04 星期一	01/05 星期二	01/06 星期三	01/07 星期四	01/08 星期五	01/09 星期六	01/10 星期日
玉山	-5 ~ 1	-6 ~ -1	-8 ~ -2	-9 ~ -3	-9 ~ -3	-8 ~ -2	-7 ~ -1
墾丁	20 ~ 25	19 ~ 24	18 ~ 23	17 ~ 22	17 ~ 22	18 ~ 25	19 ~ 26
小琉球	16 ~ 23	15 ~ 22	14 ~ 21	13 ~ 20	13 ~ 20	14 ~ 23	15 ~ 24
龍洞	14 ~ 19	13 ~ 16	12 ~ 15	11 ~ 13	10 ~ 14	10 ~ 15	12 ~ 16
太魯閣	15 ~ 20	14 ~ 19	13 ~ 17	12 ~ 16	12 ~ 16	12 ~ 17	14 ~ 19
三仙台	15 ~ 20	14 ~ 19	13 ~ 17	12 ~ 16	12 ~ 16	12 ~ 19	14 ~ 21
綠島	17 ~ 23	16 ~ 21	15 ~ 19	14 ~ 19	14 ~ 19	14 ~ 21	16 ~ 23
蘭嶼	17 ~ 23	16 ~ 21	15 ~ 19	14 ~ 19	14 ~ 19	14 ~ 21	16 ~ 23

附件 2-1

溫度單位:℃

發佈時間: 2010/01/10 16:30
有效時間: 2010/01/11~2010/01/17

	01/11 星期一	01/12 星期二	01/13 星期三	01/14 星期四	01/15 星期五	01/16 星期六	01/17 星期日
玉山	-4 ~ 1	-5 ~ -1	-7 ~ -2	-7 ~ -1	-5 ~ 1	-4 ~ 2	-4 ~ 2
墾丁	17 ~ 25	15 ~ 22	14 ~ 21	13 ~ 22	15 ~ 26	17 ~ 27	17 ~ 27
小琉球	15 ~ 24	13 ~ 21	12 ~ 20	11 ~ 21	14 ~ 25	15 ~ 26	15 ~ 26
龍洞	14 ~ 20	11 ~ 15	10 ~ 14	10 ~ 19	13 ~ 20	14 ~ 20	15 ~ 21
太魯閣	14 ~ 20	12 ~ 17	11 ~ 17	11 ~ 20	13 ~ 22	14 ~ 23	14 ~ 23
三仙台	15 ~ 23	13 ~ 20	12 ~ 20	12 ~ 22	14 ~ 23	15 ~ 24	15 ~ 24
綠島	16 ~ 24	14 ~ 21	13 ~ 21	13 ~ 23	15 ~ 24	16 ~ 25	16 ~ 25
蘭嶼	16 ~ 24	14 ~ 21	13 ~ 21	13 ~ 23	15 ~ 24	16 ~ 25	16 ~ 25

溫度單位:℃

發佈時間: 2010/01/17 16:30
有效時間: 2010/01/18~2010/01/24

	01/18 星期一	01/19 星期二	01/20 星期三	01/21 星期四	01/22 星期五	01/23 星期六	01/24 星期日
玉山	2 ~ 9	2 ~ 9	2 ~ 9	2 ~ 9	0 ~ 6	0 ~ 6	1 ~ 7
墾丁	20 ~ 25	20 ~ 26	21 ~ 27	21 ~ 27	19 ~ 24	19 ~ 24	20 ~ 25
小琉球	16 ~ 25	16 ~ 26	16 ~ 26	15 ~ 26	14 ~ 24	14 ~ 24	15 ~ 25
龍洞	15 ~ 21	17 ~ 24	17 ~ 24	16 ~ 24	14 ~ 18	14 ~ 19	15 ~ 20
太魯閣	16 ~ 22	17 ~ 25	18 ~ 25	17 ~ 25	16 ~ 22	16 ~ 22	17 ~ 23
三仙台	17 ~ 24	18 ~ 26	18 ~ 26	17 ~ 25	16 ~ 22	16 ~ 22	17 ~ 23
綠島	18 ~ 23	19 ~ 26	19 ~ 26	18 ~ 26	16 ~ 22	16 ~ 22	17 ~ 23
蘭嶼	18 ~ 23	19 ~ 26	19 ~ 26	18 ~ 26	16 ~ 22	16 ~ 22	17 ~ 23

附件 2-2

溫度單位:℃ 發佈時間:2010/01/24 16:30
有效時間:2010/01/25~2010/01/31

	01/25 星期一	01/26 星期二	01/27 星期三	01/28 星期四	01/29 星期五	01/30 星期六	01/31 星期日
玉山	0 ~ 7	0 ~ 7	1 ~ 9	1 ~ 9	0 ~ 8	0 ~ 8	0 ~ 9
墾丁	20 ~ 24	20 ~ 24	22 ~ 27	22 ~ 27	21 ~ 26	21 ~ 26	21 ~ 27
小琉球	19 ~ 24	20 ~ 26	20 ~ 27	19 ~ 27	18 ~ 26	18 ~ 26	18 ~ 27
龍洞	14 ~ 18	14 ~ 23	16 ~ 25	16 ~ 24	15 ~ 20	14 ~ 19	14 ~ 20
太魯閣	17 ~ 21	16 ~ 24	17 ~ 26	16 ~ 25	15 ~ 23	15 ~ 22	15 ~ 23
三仙台	18 ~ 22	17 ~ 25	18 ~ 27	17 ~ 26	16 ~ 24	16 ~ 23	16 ~ 24
綠島	18 ~ 21	17 ~ 23	18 ~ 24	18 ~ 24	17 ~ 22	17 ~ 22	17 ~ 23
蘭嶼	18 ~ 21	17 ~ 23	18 ~ 24	18 ~ 24	17 ~ 22	17 ~ 22	17 ~ 23

溫度單位:℃ 發佈時間:2010/01/31 16:30
有效時間:2010/02/01~2010/02/07

	02/01 星期一	02/02 星期二	02/03 星期三	02/04 星期四	02/05 星期五	02/06 星期六	02/07 星期日
玉山	-1 ~ 10	-2 ~ 8	-4 ~ 4	-4 ~ 4	-2 ~ 9	0 ~ 11	1 ~ 13
墾丁	21 ~ 28	20 ~ 26	19 ~ 23	19 ~ 23	20 ~ 24	21 ~ 26	22 ~ 28
小琉球	21 ~ 27	19 ~ 26	18 ~ 24	18 ~ 24	19 ~ 25	20 ~ 27	21 ~ 28
龍洞	15 ~ 22	15 ~ 20	14 ~ 19	14 ~ 20	16 ~ 21	17 ~ 23	18 ~ 25
太魯閣	18 ~ 23	17 ~ 21	16 ~ 20	16 ~ 20	18 ~ 22	19 ~ 24	20 ~ 25
三仙台	19 ~ 24	18 ~ 22	17 ~ 21	17 ~ 22	19 ~ 23	20 ~ 25	21 ~ 27
綠島	19 ~ 26	18 ~ 24	17 ~ 20	17 ~ 21	18 ~ 22	19 ~ 24	21 ~ 26
蘭嶼	19 ~ 26	18 ~ 24	17 ~ 20	17 ~ 21	18 ~ 22	19 ~ 24	21 ~ 26

溫度單位:℃ 發佈時間:2010/02/07 16:30
有效時間:2010/02/08~2010/02/14

	02/08 星期一	02/09 星期二	02/10 星期三	02/11 星期四	02/12 星期五	02/13 星期六	02/14 星期日
玉山	0 ~ 6	-2 ~ 9	-3 ~ 10	-3 ~ 10	-1 ~ 7	-1 ~ 7	-1 ~ 8
墾丁	22 ~ 27	23 ~ 28	23 ~ 28	23 ~ 28	22 ~ 27	21 ~ 27	21 ~ 28
小琉球	20 ~ 28	21 ~ 29	21 ~ 29	21 ~ 29	20 ~ 29	19 ~ 29	19 ~ 29
龍洞	16 ~ 20	18 ~ 22	18 ~ 23	18 ~ 23	14 ~ 18	14 ~ 17	14 ~ 18
太魯閣	19 ~ 25	20 ~ 26	20 ~ 27	20 ~ 27	18 ~ 23	17 ~ 22	17 ~ 23
三仙台	20 ~ 27	21 ~ 26	21 ~ 27	21 ~ 27	20 ~ 25	19 ~ 24	19 ~ 25
綠島	21 ~ 25	22 ~ 25	22 ~ 25	22 ~ 25	20 ~ 24	20 ~ 23	20 ~ 24
蘭嶼	21 ~ 25	22 ~ 25	22 ~ 25	22 ~ 25	20 ~ 24	20 ~ 23	20 ~ 24

溫度單位:℃ 發佈時間:2010/02/17 16:30
有效時間:2010/02/18~2010/02/24

	02/18 星期四	02/19 星期五	02/20 星期六	02/21 星期日	02/22 星期一	02/23 星期二	02/24 星期三
玉山	-3 ~ -1	-4 ~ -1	-3 ~ 0	-2 ~ 2	0 ~ 4	1 ~ 4	1 ~ 5
墾丁	18 ~ 23	17 ~ 22	18 ~ 24	19 ~ 26	20 ~ 27	21 ~ 27	22 ~ 28
小琉球	17 ~ 21	17 ~ 21	18 ~ 23	19 ~ 25	20 ~ 27	21 ~ 27	21 ~ 27
龍洞	10 ~ 13	10 ~ 13	12 ~ 16	14 ~ 20	15 ~ 21	16 ~ 21	16 ~ 22
太魯閣	14 ~ 17	13 ~ 17	13 ~ 19	16 ~ 21	17 ~ 22	17 ~ 22	18 ~ 22
三仙台	16 ~ 19	15 ~ 19	15 ~ 19	15 ~ 22	17 ~ 23	18 ~ 23	18 ~ 24
綠島	16 ~ 19	16 ~ 19	17 ~ 21	18 ~ 23	19 ~ 24	19 ~ 24	19 ~ 24
蘭嶼	16 ~ 19	16 ~ 19	17 ~ 21	18 ~ 23	19 ~ 24	19 ~ 24	19 ~ 24

溫度單位:℃ 發佈時間:2010/03/07 16:30
有效時間:2010/03/08~2010/03/14

	03/08 星期一	03/09 星期二	03/10 星期三	03/11 星期四	03/12 星期五	03/13 星期六	03/14 星期日
玉山	-4 ~ 2	-7 ~ -2	-8 ~ -1	-8 ~ 0	-1 ~ 5	2 ~ 6	3 ~ 7
墾丁	17 ~ 26	14 ~ 21	12 ~ 21	14 ~ 24	16 ~ 26	18 ~ 28	19 ~ 29
小琉球	17 ~ 25	14 ~ 20	13 ~ 22	16 ~ 24	18 ~ 26	19 ~ 29	20 ~ 29
龍洞	13 ~ 17	10 ~ 13	9 ~ 13	9 ~ 17	12 ~ 21	13 ~ 22	14 ~ 23
太魯閣	14 ~ 20	11 ~ 19	11 ~ 19	12 ~ 21	13 ~ 22	14 ~ 23	15 ~ 24
三仙台	15 ~ 20	14 ~ 18	14 ~ 18	15 ~ 21	16 ~ 23	17 ~ 24	18 ~ 25
綠島	17 ~ 24	15 ~ 20	15 ~ 21	16 ~ 23	17 ~ 25	18 ~ 27	19 ~ 28
蘭嶼	17 ~ 24	15 ~ 20	15 ~ 21	17 ~ 23	18 ~ 25	19 ~ 27	20 ~ 28

溫度單位:℃ 發佈時間:2010/03/14 16:30
有效時間:2010/03/15~2010/03/21

	03/15 星期一	03/16 星期二	03/17 星期三	03/18 星期四	03/19 星期五	03/20 星期六	03/21 星期日
玉山	-1 ~ 8	-2 ~ 4	-1 ~ 5	0 ~ 6	1 ~ 8	1 ~ 8	0 ~ 7
墾丁	24 ~ 30	21 ~ 28	21 ~ 28	22 ~ 29	24 ~ 30	24 ~ 30	24 ~ 30
小琉球	23 ~ 30	21 ~ 28	21 ~ 28	22 ~ 29	23 ~ 30	23 ~ 30	23 ~ 30
龍洞	18 ~ 27	13 ~ 18	13 ~ 21	15 ~ 23	17 ~ 27	18 ~ 27	17 ~ 25
太魯閣	20 ~ 27	16 ~ 22	16 ~ 22	17 ~ 25	20 ~ 27	20 ~ 27	19 ~ 26
三仙台	21 ~ 28	17 ~ 24	17 ~ 24	18 ~ 26	20 ~ 28	20 ~ 28	19 ~ 26
綠島	20 ~ 27	17 ~ 23	17 ~ 23	18 ~ 25	20 ~ 26	20 ~ 27	20 ~ 27
蘭嶼	21 ~ 27	18 ~ 24	18 ~ 24	19 ~ 26	20 ~ 27	20 ~ 27	20 ~ 27

溫度單位:℃ 發佈時間:2010/03/21 16:30
有效時間:2010/03/22~2010/03/28

	03/22 星期一	03/23 星期二	03/24 星期三	03/25 星期四	03/26 星期五	03/27 星期六	03/28 星期日
玉山	0 ~ 11	2 ~ 12	1 ~ 11	0 ~ 4	-5 ~ 4	-5 ~ 5	-4 ~ 6
墾丁	23 ~ 31	24 ~ 31	23 ~ 30	19 ~ 26	19 ~ 25	20 ~ 26	21 ~ 27
小琉球	21 ~ 28	22 ~ 29	21 ~ 28	18 ~ 25	18 ~ 24	19 ~ 25	20 ~ 26
龍洞	18 ~ 26	17 ~ 26	15 ~ 25	13 ~ 17	12 ~ 17	12 ~ 18	14 ~ 19
太魯閣	19 ~ 26	19 ~ 26	16 ~ 24	14 ~ 20	14 ~ 20	14 ~ 21	15 ~ 22
三仙台	20 ~ 27	20 ~ 27	18 ~ 26	15 ~ 21	15 ~ 21	15 ~ 22	16 ~ 23
綠島	21 ~ 26	21 ~ 27	19 ~ 26	18 ~ 24	18 ~ 24	18 ~ 25	19 ~ 26
蘭嶼	21 ~ 26	21 ~ 27	19 ~ 26	18 ~ 24	18 ~ 24	18 ~ 25	19 ~ 26

溫度單位:℃ 發佈時間:2010/03/28 16:30
有效時間:2010/03/29~2010/04/04

	03/29 星期一	03/30 星期二	03/31 星期三	04/01 星期四	04/02 星期五	04/03 星期六	04/04 星期日
玉山	-1 ~ 10	1 ~ 12	1 ~ 13	2 ~ 13	1 ~ 10	0 ~ 9	1 ~ 11
墾丁	20 ~ 26	21 ~ 28	22 ~ 30	23 ~ 30	22 ~ 28	21 ~ 27	22 ~ 29
小琉球	19 ~ 26	21 ~ 28	22 ~ 29	23 ~ 29	22 ~ 28	21 ~ 27	22 ~ 28
龍洞	13 ~ 21	15 ~ 24	18 ~ 27	19 ~ 28	16 ~ 22	15 ~ 20	16 ~ 22
太魯閣	15 ~ 23	17 ~ 25	18 ~ 27	19 ~ 27	17 ~ 25	16 ~ 24	17 ~ 25
三仙台	17 ~ 25	18 ~ 28	20 ~ 29	21 ~ 29	19 ~ 27	18 ~ 26	19 ~ 27
綠島	17 ~ 26	18 ~ 27	20 ~ 28	21 ~ 28	19 ~ 26	18 ~ 26	19 ~ 27
蘭嶼	17 ~ 26	18 ~ 27	20 ~ 28	21 ~ 28	19 ~ 26	18 ~ 26	19 ~ 27

溫度單位:℃
 發佈時間: 2010/04/05 16:30
 有效時間: 2010/04/06~2010/04/12

	04/06 星期二	04/07 星期三	04/08 星期四	04/09 星期五	04/10 星期六	04/11 星期日	04/12 星期一
玉山	3 ~ 6	1 ~ 6	1 ~ 6	1 ~ 9	2 ~ 11	3 ~ 12	3 ~ 12
墾丁	21 ~ 29	18 ~ 26	18 ~ 27	19 ~ 28	20 ~ 29	21 ~ 30	21 ~ 30
小琉球	19 ~ 27	18 ~ 26	18 ~ 25	19 ~ 26	21 ~ 28	22 ~ 29	22 ~ 29
龍洞	16 ~ 22	15 ~ 19	15 ~ 20	15 ~ 21	17 ~ 27	19 ~ 28	19 ~ 27
太魯閣	20 ~ 24	18 ~ 22	17 ~ 22	18 ~ 24	19 ~ 26	20 ~ 28	20 ~ 27
三仙台	19 ~ 26	17 ~ 24	16 ~ 25	17 ~ 26	19 ~ 27	20 ~ 29	20 ~ 29
綠島	20 ~ 28	18 ~ 25	18 ~ 24	19 ~ 26	20 ~ 28	21 ~ 29	21 ~ 29
蘭嶼	20 ~ 28	18 ~ 25	18 ~ 24	19 ~ 26	20 ~ 28	21 ~ 29	21 ~ 29

溫度單位:℃
 發佈時間: 2010/04/11 16:30
 有效時間: 2010/04/12~2010/04/18

	04/12 星期一	04/13 星期二	04/14 星期三	04/15 星期四	04/16 星期五	04/17 星期六	04/18 星期日
玉山	4 ~ 13	3 ~ 10	1 ~ 8	1 ~ 10	1 ~ 12	3 ~ 13	3 ~ 13
墾丁	24 ~ 30	22 ~ 28	20 ~ 27	21 ~ 28	21 ~ 29	21 ~ 29	22 ~ 30
小琉球	24 ~ 30	22 ~ 28	20 ~ 27	21 ~ 28	21 ~ 29	21 ~ 29	22 ~ 30
龍洞	20 ~ 29	15 ~ 21	15 ~ 22	15 ~ 21	15 ~ 21	17 ~ 24	18 ~ 24
太魯閣	20 ~ 29	17 ~ 24	16 ~ 23	17 ~ 24	18 ~ 26	18 ~ 26	19 ~ 27
三仙台	19 ~ 29	17 ~ 25	16 ~ 24	17 ~ 25	18 ~ 26	18 ~ 26	19 ~ 27
綠島	22 ~ 28	19 ~ 24	19 ~ 23	19 ~ 24	20 ~ 25	20 ~ 25	21 ~ 27
蘭嶼	22 ~ 28	19 ~ 24	19 ~ 23	19 ~ 24	20 ~ 25	20 ~ 25	21 ~ 26

溫度單位:℃
 發佈時間: 2010/04/18 16:30
 有效時間: 2010/04/19~2010/04/25

	04/19 星期一	04/20 星期二	04/21 星期三	04/22 星期四	04/23 星期五	04/24 星期六	04/25 星期日
玉山	4 ~ 13	4 ~ 14	5 ~ 15	4 ~ 14	2 ~ 11	2 ~ 11	2 ~ 11
墾丁	23 ~ 30	24 ~ 31	24 ~ 32	23 ~ 32	20 ~ 26	20 ~ 26	20 ~ 26
小琉球	23 ~ 28	24 ~ 30	24 ~ 32	22 ~ 31	20 ~ 26	20 ~ 26	20 ~ 26
龍洞	20 ~ 29	20 ~ 30	20 ~ 30	18 ~ 28	15 ~ 19	15 ~ 19	15 ~ 19
太魯閣	20 ~ 26	20 ~ 27	21 ~ 28	21 ~ 27	17 ~ 20	17 ~ 20	17 ~ 20
三仙台	21 ~ 27	22 ~ 28	22 ~ 29	21 ~ 28	18 ~ 22	18 ~ 22	18 ~ 22
綠島	21 ~ 27	22 ~ 28	22 ~ 28	20 ~ 27	18 ~ 24	18 ~ 24	18 ~ 24
蘭嶼	21 ~ 27	22 ~ 28	22 ~ 28	20 ~ 27	18 ~ 24	18 ~ 24	18 ~ 24

溫度單位:℃
 發佈時間: 2010/05/02 16:30
 有效時間: 2010/05/03~2010/05/09

	05/03 星期一	05/04 星期二	05/05 星期三	05/06 星期四	05/07 星期五	05/08 星期六	05/09 星期日
玉山	0 ~ 8	1 ~ 10	2 ~ 11	1 ~ 9	0 ~ 8	0 ~ 8	2 ~ 10
墾丁	23 ~ 29	24 ~ 30	24 ~ 31	22 ~ 28	21 ~ 27	21 ~ 27	23 ~ 29
小琉球	23 ~ 29	24 ~ 30	24 ~ 30	22 ~ 28	21 ~ 27	21 ~ 27	23 ~ 29
龍洞	20 ~ 27	22 ~ 30	23 ~ 31	22 ~ 29	19 ~ 26	19 ~ 26	20 ~ 28
太魯閣	20 ~ 27	21 ~ 29	22 ~ 30	23 ~ 30	19 ~ 27	19 ~ 26	21 ~ 28
三仙台	21 ~ 29	22 ~ 30	22 ~ 31	23 ~ 31	21 ~ 27	21 ~ 26	22 ~ 28
綠島	22 ~ 25	23 ~ 26	24 ~ 27	22 ~ 25	21 ~ 24	21 ~ 23	23 ~ 25
蘭嶼	21 ~ 24	21 ~ 25	21 ~ 26	21 ~ 25	20 ~ 24	20 ~ 23	21 ~ 25

發佈時間: 2010/05/16 16:30
有效時間: 2010/05/17~2010/05/23

溫度單位:℃

	05/17 星期一	05/18 星期二	05/19 星期三	05/20 星期四	05/21 星期五	05/22 星期六	05/23 星期日
玉山	4 ~ 13	5 ~ 14	5 ~ 14	4 ~ 13	4 ~ 13	4 ~ 13	4 ~ 13
墾丁	25 ~ 33	26 ~ 33	26 ~ 33	25 ~ 32	25 ~ 32	25 ~ 32	25 ~ 32
小琉球	25 ~ 30	26 ~ 31	26 ~ 31	25 ~ 30	25 ~ 30	25 ~ 30	24 ~ 30
龍洞	24 ~ 30	25 ~ 32	25 ~ 32	25 ~ 31	25 ~ 31	25 ~ 31	24 ~ 31
太魯閣	24 ~ 31	24 ~ 31	24 ~ 31	23 ~ 30	23 ~ 30	23 ~ 30	23 ~ 30
三仙台	24 ~ 32	24 ~ 32	24 ~ 32	23 ~ 31	23 ~ 31	23 ~ 31	23 ~ 31
綠島	26 ~ 31	26 ~ 31	26 ~ 31	25 ~ 30	25 ~ 30	25 ~ 30	25 ~ 30
蘭嶼	26 ~ 31	26 ~ 31	26 ~ 31	25 ~ 30	25 ~ 30	25 ~ 30	25 ~ 30

發佈時間: 2010/05/24 16:30
有效時間: 2010/05/25~2010/05/31

溫度單位:℃

	05/25 星期二	05/26 星期三	05/27 星期四	05/28 星期五	05/29 星期六	05/30 星期日	05/31 星期一
玉山	3 ~ 11	5 ~ 11	5 ~ 11	4 ~ 9	4 ~ 9	5 ~ 8	5 ~ 10
墾丁	25 ~ 28	26 ~ 31	25 ~ 31	25 ~ 30	24 ~ 29	24 ~ 29	25 ~ 30
小琉球	25 ~ 31	26 ~ 32	26 ~ 31	25 ~ 31	24 ~ 30	24 ~ 30	25 ~ 31
龍洞	23 ~ 27	25 ~ 29	25 ~ 29	24 ~ 28	24 ~ 28	25 ~ 29	25 ~ 29
太魯閣	23 ~ 27	25 ~ 29	25 ~ 29	24 ~ 28	24 ~ 28	24 ~ 28	25 ~ 29
三仙台	23 ~ 28	25 ~ 30	25 ~ 30	24 ~ 29	24 ~ 29	24 ~ 29	25 ~ 30
綠島	24 ~ 27	25 ~ 28	25 ~ 28	25 ~ 27	24 ~ 27	24 ~ 27	25 ~ 28
蘭嶼	23 ~ 26	24 ~ 27	24 ~ 27	24 ~ 26	23 ~ 26	23 ~ 26	24 ~ 27

潮汐資料

小琉球潮汐預報表
Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Xiao Liuqiu

GMT + 8:00
22°21'13"N 120°22'52"E

一月 JAN			二月 FEB			三月 MAR		
潮時 Time	潮高 Height	潮時 Time	潮高 Height	潮時 Time	潮高 Height	潮時 Time	潮高 Height	潮時 Time
1 02:47 -07 T L	03:30 -04 14 L	1 03:44 -07 11 L	03:32 -04 28 L	1 02:28 -01 17 L	02:15 -04 34 L	1 02:47 -07 T L	03:30 -04 14 L	1 02:28 -01 17 L
06:27 -00 48 H	09:00 -09 49 H	06:17 -05 43 H	09:08 -11 67 H	06:04 -06 74 H	08:02 12 80 H	06:27 -00 48 H	09:00 -09 49 H	06:17 -05 43 H
11:46 -03 36 L	12:31 -01 37 L	11:44 -04 38 L	14:16 -05 33 L	11:29 -03 31 L	13:47 -06 32 L	11:46 -03 36 L	12:31 -01 37 L	11:44 -04 38 L
19:44 02 140 H	20:15 06 114 H	19:18 02 120 H	21:03 06 94 H	19:19 02 116 H	20:14 03 91 H	19:44 02 140 H	20:15 06 114 H	19:18 02 120 H
03:31 -08 0 L	03:56 -01 17 L	2 04:18 -09 19 L	03:47 -07 31 L	2 02:57 -04 24 L	02:27 -01 37 L	03:31 -08 0 L	03:56 -01 17 L	2 04:18 -09 19 L
09:10 -19 49 H	09:25 -07 51 H	09:56 03 71 H	09:35 04 72 H	09:38 06 84 H	08:25 18 86 H	09:10 -19 49 H	09:25 -07 51 H	09:56 03 71 H
12:40 -04 34 L	13:14 -02 36 L	15:13 -08 30 L	15:04 -04 34 L	14:29 -05 23 L	14:31 -08 30 L	12:40 -04 34 L	13:14 -02 36 L	15:13 -08 30 L
20:34 00 138 H	20:15 06 114 H	22:06 07 105 H	21:33 08 86 H	21:06 06 104 H	20:46 07 85 H	20:34 00 138 H	20:15 06 114 H	22:06 07 105 H
04:16 -04 0 L	04:21 -07 31 L	3 04:48 -01 27 L	03:57 -03 35 L	3 03:22 -06 32 L	02:33 -08 40 L	04:16 -04 0 L	04:21 -07 31 L	3 04:48 -01 27 L
09:53 -16 82 H	09:54 -14 54 H	10:40 10 78 H	10:05 9 77 H	10:05 24 92 H	08:50 28 92 H	09:53 -16 82 H	09:54 -14 54 H	10:40 10 78 H
13:37 -03 33 L	13:59 -01 37 L	16:31 -04 34 L	15:58 -02 36 L	15:35 -04 34 L	15:19 -09 29 L	13:37 -03 33 L	13:59 -01 37 L	16:31 -04 34 L
21:28 03 131 H	21:18 05 103 H	22:57 00 88 H	22:04 00 97 H	21:53 01 89 H	21:19 10 78 H	21:28 03 131 H	21:18 05 103 H	22:57 00 88 H
04:58 -09 18 L	04:45 -04 24 L	4 05:14 -04 34 L	04:30 -01 37 L	4 04:00 -01 37 L	02:36 -06 42 L	04:58 -09 18 L	04:45 -04 24 L	4 05:14 -04 34 L
10:39 -11 37 H	10:26 -00 58 H	11:29 07 85 H	10:59 14 82 H	11:29 20 98 H	09:19 29 97 H	10:39 -11 37 H	10:26 -00 58 H	11:29 07 85 H
14:42 -01 37 L	14:47 -08 40 L	18:00 -00 38 L	17:02 -00 38 L	17:02 -00 38 L	16:10 -09 29 L	14:42 -01 37 L	14:47 -08 40 L	18:00 -00 38 L
22:18 01 119 H	21:49 07 95 H	23:53 03 71 H	22:40 -01 67 H	22:43 05 74 H	21:56 01 69 H	22:18 01 119 H	21:49 07 95 H	23:53 03 71 H
05:40 -00 18 L	05:07 -00 28 L	5 05:32 -08 40 L	04:03 -09 39 L	5 03:51 -06 42 L	02:42 -06 42 L	05:40 -00 18 L	05:07 -00 28 L	5 05:32 -08 40 L
11:28 -05 63 H	11:02 -05 63 H	12:27 03 91 H	11:21 09 87 H	11:21 09 87 H	10:42 34 102 H	11:28 -05 63 H	11:02 -05 63 H	12:27 03 91 H
18:01 -06 42 L	15:43 -05 43 L	19:51 -09 39 L	18:24 -09 39 L	18:01 -07 31 L	17:11 -08 30 L	18:01 -06 42 L	15:43 -05 43 L	19:51 -09 39 L
23:12 05 103 H	22:21 18 86 H	25:02 -02 56 H	23:29 -12 56 H	23:41 -08 50 H	22:42 -08 50 H	23:12 05 103 H	22:21 18 86 H	25:02 -02 56 H
06:19 -02 26 L	05:26 -06 32 L	6 01:05 -12 56 H	01:11 -09 39 L	6 03:51 -03 45 L	02:53 -05 43 L	06:19 -02 26 L	05:26 -06 32 L	6 01:05 -12 56 H
12:22 03 71 H	11:44 00 68 H	05:35 -05 43 L	12:14 24 92 H	11:35 34 103 H	10:35 36 104 H	12:22 03 71 H	11:44 00 68 H	05:35 -05 43 L
17:45 -01 47 L	16:53 -02 46 L	13:32 -02 46 L	20:08 -01 37 L	19:40 -05 33 L	19:24 -07 31 L	17:45 -01 47 L	16:53 -02 46 L	13:32 -02 46 L
	22:56 03 76 H	22:07 04 34 L					22:56 03 76 H	22:07 04 34 L
00:11 19 87 H	00:38 -03 35 L	7 14:43 02 100 H	01:00 -02 46 H	7 12:38 34 103 H	03:07 -05 43 L	00:11 19 87 H	00:38 -03 35 L	7 14:43 02 100 H
06:55 -05 33 L	12:30 06 74 H	22 04:21 -08 40 L	04:21 -08 40 L	7 21:41 -08 30 L	22 11:30 38 106 H	06:55 -05 33 L	12:30 06 74 H	22 04:21 -08 40 L
13:22 13 81 H	18:29 -00 48 L	13:21 29 97 H	13:21 29 97 H	13:21 29 97 H	19:55 -08 30 L	13:22 13 81 H	18:29 -00 48 L	13:21 29 97 H
19:46 -01 47 L	23:41 -03 65 H	22:02 -08 30 L				19:46 -01 47 L	23:41 -03 65 H	22:02 -08 30 L
01:21 02 70 H	05:46 -00 38 L	8 15:50 36 104 H	14:33 36 104 H	8 13:52 33 101 H	12:43 39 107 H	01:21 02 70 H	05:46 -00 38 L	8 15:50 36 104 H
07:26 -09 39 L	13:22 14 82 H	23 23:17 47 21 L	23:17 47 21 L	8 22:59 43 25 L	23 21:31 43 25 L	07:26 -09 39 L	13:22 14 82 H	23 23:17 47 21 L
14:24 22 90 H	20:23 -02 46 L					14:24 22 90 H	20:23 -02 46 L	
21:55 -06 42 L						21:55 -06 42 L		
02:50 -11 57 H	00:56 -14 54 H	9 00:25 -09 19 L	15:43 44 112 H	9 15:08 33 101 H	14:05 42 110 H	02:50 -11 57 H	00:56 -14 54 H	9 00:25 -09 19 L
07:52 -05 43 L	06:58 -09 39 L	16:49 40 108 H		9 23:48 -06 22 L	24 22:39 -08 20 L	07:52 -05 43 L	06:58 -09 39 L	16:49 40 108 H
15:24 31 99 H	14:17 22 90 H					15:24 31 99 H	14:17 22 90 H	
23:31 -06 32 L	22:17 00 38 L					23:31 -06 32 L	22:17 00 38 L	
04:38 -18 50 H	02:50 -02 46 H	10 01:04 -03 15 L	00:05 -05 13 L	10 18:18 34 102 H	15:22 45 113 H	04:38 -18 50 H	02:50 -02 46 H	10 01:04 -03 15 L
08:13 -04 44 L	08:18 -08 40 L	17:38 42 110 H	16:47 52 130 H	10 23:26 -05 18 L	25 23:26 -05 18 L	08:13 -04 44 L	08:18 -08 40 L	17:38 42 110 H
16:18 19 107 H	15:13 32 100 H					16:18 19 107 H	15:13 32 100 H	
	23:34 -02 26 L						23:34 -02 26 L	
00:32 -05 23 L	16:08 43 111 H	11 01:37 -04 14 L	00:45 -09 9 L	11 00:26 -08 30 L	05:45 -10 58 H	00:32 -05 23 L	16:08 43 111 H	11 01:37 -04 14 L
17:07 45 133 H		07:33 -19 49 H	08:43 -17 51 H	11 17:12 35 103 H	26 09:03 -16 52 L	17:07 45 133 H		07:33 -19 49 H
		10:23 -04 44 L	10:05 -06 42 L		16:31 48 116 H			10:23 -04 44 L
		18:21 43 111 H	17:46 57 125 H					18:21 43 111 H
12 01:18 -02 16 L	27 00:25 -02 16 L	12 02:06 -05 15 L	01:22 -06 8 L	12 00:56 -07 31 L	27 00:05 -05 18 L	12 01:18 -02 16 L	27 00:25 -02 16 L	12 02:06 -05 15 L
17:51 49 117 H	17:02 53 121 H	07:50 -07 51 H	07:05 -11 57 H	12 06:57 -00 58 H	06:01 -03 65 H	17:51 49 117 H	17:02 53 121 H	07:50 -07 51 H
		11:17 -07 41 L	11:19 -03 35 L	10:36 -00 48 L	10:33 -04 44 L			11:17 -07 41 L
		18:58 43 111 H	18:40 59 127 H	17:58 35 103 H	17:33 50 118 H			18:58 43 111 H
13 01:56 -05 13 L	28 01:09 -01 7 L	13 02:32 -01 17 L	01:56 -07 11 L	13 01:22 -05 23 L	28 00:38 -06 22 L	13 01:56 -05 13 L	28 01:09 -01 7 L	13 02:32 -01 17 L
07:44 -02 46 H	07:01 -04 44 H	08:06 -04 54 H	07:33 -03 65 H	13 07:10 -06 62 H	28 06:26 07 75 H	07:44 -02 46 H	07:01 -04 44 H	08:06 -04 54 H
10:15 -06 42 L	09:47 -08 40 L	12:03 -01 37 L	12:23 -09 29 L	11:32 25 43 L	11:42 -02 36 L	10:15 -06 42 L	09:47 -08 40 L	12:03 -01 37 L
18:31 01 119 H	17:56 01 129 H	19:32 41 109 H	19:31 57 125 H	18:36 34 103 H	18:28 47 115 H	18:31 01 119 H	17:56 01 129 H	19:32 41 109 H
02:30 -07 11 L	01:50 06 2 L	14 02:54 -08 20 L	02:54 -08 20 L	14 01:43 -01 27 L	29 01:08 -01 27 L	02:30 -07 11 L	01:50 06 2 L	14 02:54 -08 20 L
08:12 -02 46 H	07:34 -01 47 H	08:24 -11 57 H	08:24 -11 57 H	14 07:25 06 68 H	29 06:56 19 87 H	08:12 -02 46 H	07:34 -01 47 H	08:24 -11 57 H
11:02 -08 40 L	10:56 -02 36 L	12:48 -03 39 L	12:48 -03 39 L	12:19 -09 39 L	12:44 -09 29 L	11:02 -08 40 L	10:56 -02 36 L	12:48 -03 39 L
19:08 01 119 H	18:48 06 134 H	20:03 07 105 H		19:11 32 100 H	19:18 41 109 H	19:08 01 119 H	18:48 06 134 H	20:03 07 105 H
03:01 -06 12 L	02:30 07 1 L	15 03:14 -04 24 L	03:14 -04 24 L	15 02:01 -07 31 L	30 01:33 -04 34 L	03:01 -06 12 L	02:30 07 1 L	15 03:14 -04 24 L
0								

綠島潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Ludao

GMT + 8:00

民國99年(2010)

22°39'44"N 121°27'53"E

Table with columns for month (一月 JAN, 二月 FEB, 三月 MAR) and time/height for high and low tides. Includes symbols for moon phases.

潮高：前者以當地當年中潮位為基準，後者以當年最低低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
Height: The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
H:高潮 High tide L:低潮 Low tide 上弦 1st quarter 滿月 Full moon 下弦 3rd quarter 新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
Marine Meteorology Center, CWB

綠島潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Ludao

GMT + 8:00

民國99年(2010)

22°39'44"N 121°27'53"E

Table with columns for month (四月 APR, 五月 MAY, 六月 JUN) and time/height for high and low tides. Includes symbols for moon phases.

潮高：前者以當地當年中潮位為基準，後者以當年最低低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
Height: The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
H:高潮 High tide L:低潮 Low tide 上弦 1st quarter 滿月 Full moon 下弦 3rd quarter 新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
Marine Meteorology Center, CWB

綠島潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Ludao

GMT + 8:00

民國99年(2010)

22°39'44"N 121°27'53"E

Table with columns for months (July, August, September) and days, listing high and low tide times and heights.

潮高：前者以當地當年中等潮位為基準，後者以當年最低低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
Height: The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
H:高潮 High tide L:低潮 Low tide

中央氣象局海象測報中心
Marine Meteorology Center, CWB

蘭嶼潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Lanyu

GMT + 8:00

民國99年(2010)

22°03'35"N 121°29'59"E

Table with columns for months (January, February, March) and days, listing high and low tide times and heights.

潮高：前者以當地當年中等潮位為基準，後者以當年最低低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
Height: The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
H:高潮 High tide L:低潮 Low tide

中央氣象局海象測報中心
Marine Meteorology Center, CWB

蘭嶼潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Lanyu

GMT + 8:00

民國99年(2010)

22°03'35"N 121°29'59"E

Table with columns for months APR, MAY, JUN, JUL, AUG, and SEP. Each month has sub-columns for Time and Height of High and Low Waters. Includes lunar phase symbols like ☉, ☽, ☾, ☽, ☉.

潮高：前者以當地當年年中等潮位為基準，後者以當年年最低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
Height: The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
H:高潮 High tide L:低潮 Low tide ☉上弦 1st quarter ☽滿月 Full moon ☾下弦 3rd quarter ●新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
Marine Meteorology Center, CWB

蘭嶼潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Lanyu

GMT + 8:00

民國99年(2010)

22°03'35"N 121°29'59"E

Table with columns for months APR, MAY, JUN, JUL, AUG, and SEP. Each month has sub-columns for Time and Height of High and Low Waters. Includes lunar phase symbols like ☉, ☽, ☾, ☽, ☉.

潮高：前者以當地當年年中等潮位為基準，後者以當年年最低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
Height: The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
H:高潮 High tide L:低潮 Low tide ☉上弦 1st quarter ☽滿月 Full moon ☾下弦 3rd quarter ●新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
Marine Meteorology Center, CWB

一、介紹

雷射掃瞄器坐標系與機身坐標系之間，常因安置上或時間上的影響，造成不平行之偏差量，適時的修正偏差量方可得到較正確的結果。

99年03月15日以大鵬航空BN-2b固定翼執行率定計畫來修正偏差量，以確保雷射點雲的精確度。此率定報告，乃參照原廠建議與規定參考而記錄，相關執行過程與統計結果，如后紀錄與說明。

二、空載雷射掃描儀系統描述

空載雷射掃描整體系統包括雷射掃描系統硬體元件、飛行載台（固定翼飛機或直昇機）、GPS 與 IMU 元件及數據處理軟體等整合構成作業系統。本公司所用空載雷射掃描儀為加拿大 Optech 公司生產型號 ALTM 3070 雷射掃描儀，其規格如表 2-1 所列。雷射掃描系統結合雷射測距、光學掃瞄、GPS 及 IMU 等技術，能快速獲得掃描點三維坐標及反射強度。空載雷射掃描作業在飛行前應進行詳細的飛行計畫安排，包括飛行航線、航帶重疊度、飛行高度等之規劃及確定，此外須針對目的需求設計掃描參數，掃描後之數據需進行後續資料處理及相關應用，目前大多以生產數值高程模型為主要目的。

表 2-1：ALTM 30/70 空載雷射掃描儀儀器規格

System Type	ALTM 30/70
Serial numbers	Sensor Head 04SEN152 Control Rack 04CON149
Operating altitude	80 – 3000 m nominal
Horizontal accuracy	1/2000 x altitude; 1 σ
Elevation accuracy	< 15 cm @ 1200 m; 1 σ < 25 cm @ 2000 m; 1 σ < 35 cm @ 3000 m; 1 σ
Range capture	4 range measurements for each pulse including last
Intensity capture	12 bit dynamic range for each measurement
Scan frequency	Variable; maximum 70 Hz
Scan angle	Variable from 0 to $\pm 25^\circ$, in increments of $\pm 1^\circ$
Scanner Product	Scan Angle x Scan Frequency ≤ 1000
Roll compensation	Nominal $\pm 5^\circ$, depending on scan setting (e.g. $\pm 20^\circ$ allows $\pm 5^\circ$ compensation; $\pm 15^\circ$ allows $\pm 10^\circ$ compensation)
Swath width	Variable; 0 to 0.93 x altitude m
Position Orientation System	Applanix – Optech custom POS including internal 12 channel dual frequency 2 Hz GPS receiver
Laser repetition rate	33 kHz (maximum AGL 3 km) 50 kHz (maximum AGL 2.5 km) 70 kHz (maximum AGL 1.5 km)
Data storage hard drive	Ruggedized removable hard drive
Beam divergence	Dual 0.31 mrad (1/e) or 0.83mrad (1/e)
Eye safe range	80 - wide, unaided 400 - wide, aided and narrow unaided 500 - narrow profiling unaided 1300 - narrow aided.
Laser classification	Class IV (FDA CFR 21)
Power requirements	28 V, 35 A
Operating temperature	Control rack: 10 – 35° C Sensor head: -20 – 35° C
Humidity	1 – 95% non-condensing

三、率定程序

3-1 率定場地地點

完整 ALTM 系統之率定需要兩個分別的控制場，分別為率定建築物及控制場。建築物須至少一直且無遮蔽邊大於 80m 長，高度需高於 5m 且屋頂應儘量平坦；須於屋頂邊緣及角落測設控制點，用於率定 ROLL 及 PITCH。另一理想之率定控制場需包含大量、已知精確坐標且方格狀排列於一大且平坦之區域，至少如跑道般 1000m 長及 20~50m 寬，方格點之分佈趨於 5~10m，用於率定全掃描時之相對及絕對高程雷射點資料。此次擇定之率定場地位於彰濱工業區內，率定建築物及點位分布如圖 3-1。而擇定之控制場地及施測後之概略點位分布詳如圖 3-2：



圖 3-1：建築物率定場現況



圖 3-2：跑道率定場點位分布圖

3-2 率定參數與作業

感測器率定分為兩部分，第一部分乃感測器與 GPS 天線的偏心率率定，以經緯儀測量而求定（如圖 3-3）。第二部分是實際以飛行掃描率定場，以求定感測器與 IMU 及 GPS 的偏心率。

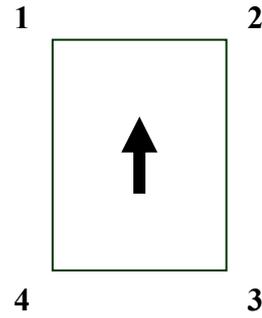
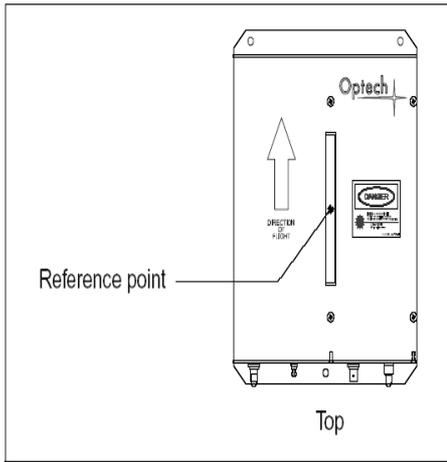


(a) (b)
圖 3-3：經緯儀量測感測器與 GPS 天線的偏心率率定圖
(a) GPS 天線 (b) 經緯儀測量偏心率

為獲取穩定及可靠之 LIDAR 掃描成果，首先須求得 ALTM 3070 雷射掃描儀之儀器偏心率常數（即 ALTM 掃描器與 GPS 天線間之偏心率常數）及飛機姿態角（IMU 紀錄之 PITCH、ROLL 及 HEADING）與儀器本身之 OFFSET（掃描鏡轉動角度之誤差，亦即儀器紀錄之掃描鏡角度與實際獲得之資料有角度誤差存在）、SCALE（掃描獲得之雷射點資料與實際地面獲得之資料間有比例問題存在）與 ELEVATION（掃描獲得之雷射點資料與實際地面獲得之資料間有固定高程差之問題存在）之率定常數。

1. 儀器偏心率常數之求得：

此處所指之偏心率常數係介於 GPS 接收天線之中心與 ALTM 系統之雷射掃描感應箱上參考位置（如圖 3-4 a）之偏心率常數。



(a)

(b)

圖 3-4：ALTM 系統之雷射掃描感應箱上
(a)參考位置(b)4個邊角示意圖

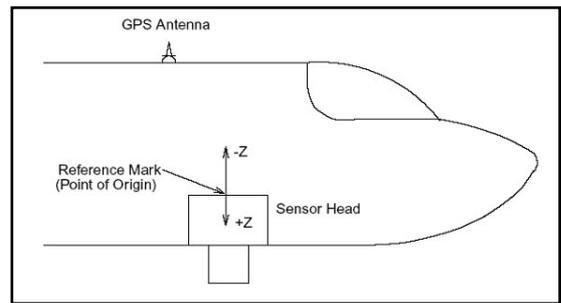
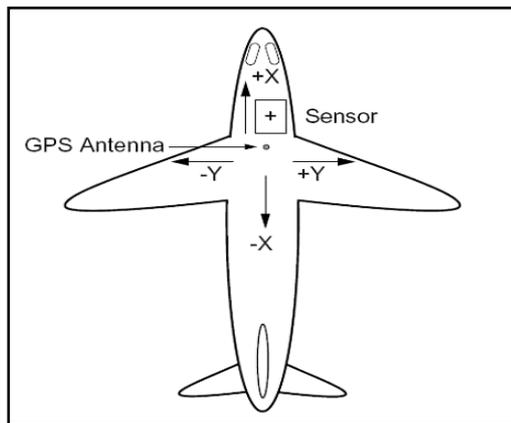


圖 3-5：ALTM 掃描器與 GPS 天線間之相對位置關係

施測方式係以經緯儀分別測得機鼻、機尾、雷射掃描感應頭之參考位置、GPS 天線中心點及雷射掃描感應箱上之 4 個邊角(如圖 3-4b)，此 OFFSET 值係為相對位置關係(如圖 3-5)；因此，測機鼻及機尾以獲得 X 軸，並依右手定則決定相對應之 Y 及 Z 軸，藉以計算偏心常數值（如表 3-3）。

表 3-3：偏心常數值計算表例

LEVERARM SURVEY		Aircraft Type: BN2	Call No.: B-68802	Survey Date: 4-Dec-07
		ALTM Type: 30/70	Serial No.: 04SEN149	

SURVEY ASSUMPTIONS & METHODS:

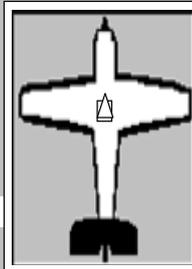
- 1) Aircraft is supported in typical inflight attitude
- 2) Prizm height is constant for all observables
- 3) All observables can be obtained from single occupied site
- 4) Zenith angle must be 0 degrees (i.e. horizon is 90 or 270)
- 5) Instrument azimuth is set to increase clockwise
- 6) Total horizontal travel of 360 degrees (not 400!)
- 7) Sensor angle can be recorded from pitch reading when sensor turned on and POS aligned

GPS ANTENNA PHASE CENTER (m): X = Y = Z =
(righthand rule)

OCCUPIED SITE COORDINATE (m): X = Y = Z =

GPS Antenna & Sensor Head Location

Drag and drop icons to illustrate antenna position relative to sensor



△ GPS antenna

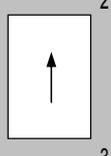
□ Sensor Head

Comments:

Sensor to under of the antenna.

OBSERVABLES	HORIZONTAL ANGLE			VERTICAL ANGLE			SLOPE DISTANCE		
	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	(meters)		
NOSE	75	50	23.5	1.32	89	42	29	1.57	17.056
TAIL	113	23	19.5	1.98	87	48	3	1.53	14.018
SENSOR R.P.	88	55	27.5	1.55	90	31	3	1.58	15.085
GPS ANTENNA	88	15	23	1.54	86	39	42	1.51	15.163
SENSOR CORNER 1	88	14	54.5	1.54	90	46	18	1.58	15.021
SENSOR CORNER 2	88	36	24	1.55	90	45	22	1.58	15.251
SENSOR CORNER 3	89	34	26	1.56	90	45	9.5	1.58	15.142
SENSOR CORNER 4	89	14	2.5	1.56	90	46	16	1.58	14.912

Azimuth of Aircraft Direction : 20.7157 degrees
 Length of Aircraft (nose to tail) : 10.406 meters

OFFSET TO FLIGHT LINE:	Nose to -		X	Y	Sensor Orientation
	(meters)	(meters)			
SENSOR	20.5220	4.153	-0.014	4.153	<div style="text-align: center;"> <p>(Flight Direction indicated by arrow on sensor head)</p>  </div>
GPS ANTENNA	20.7636	3.970	0.003	3.970	
SENSOR CORNER 1	22.3262	4.014	0.113	4.013	
SENSOR CORNER 2	18.7760	4.015	-0.136	4.013	
SENSOR CORNER 3	18.9921	4.294	-0.129	4.292	
SENSOR CORNER 4	22.2847	4.294	0.118	4.292	

OFFSET FROM	X (In Flight)	Y (Cross Flight)	Elevation/Z	Dimension Check	Azimuth	Pitch Angle	Roll Angle
SENSOR R.P. TO:	(meters)	(meters)	(meters)	(meters)	(degrees)	(degrees)	(degrees clock-wise)
GPS ANTENNA	0.183	-0.017	-1.015	(corners)			
SENSOR CORNER 1	0.140	-0.127	0.066	1 - 2 =			-0.2402
SENSOR CORNER 2	0.140	0.122	0.065	2 - 3 =	22.1078	0.2143	
SENSOR CORNER 3	-0.139	0.115	0.063	3 - 4 =			0.4148
SENSOR CORNER 4	-0.139	-0.132	0.064	4 - 1 =	21.6880	-0.3305	

based on corner measurements

SENSOR ANGLE (pitched forward +) degrees

CORRECTED OFFSET	X (In Flight)	Y (Cross Flight)	Elevation/Z
	(meters)	(meters)	(meters)
R.P. to GPS:	0.183	-0.017	-1.015
Ref to R.P.	-0.051	-0.030	-0.488
Ref to GPS:	0.132	-0.047	-1.503

➤ 率定飛行作業程序：

a. PITCH值修正：

在雷射掃描坐標系第一軸 (X^S) 與載體坐標系第一軸 (X^b) 之間的偏差量，也就是兩個坐標系之間第二軸的旋轉角，便是俯仰安置角，如圖2-6所示。

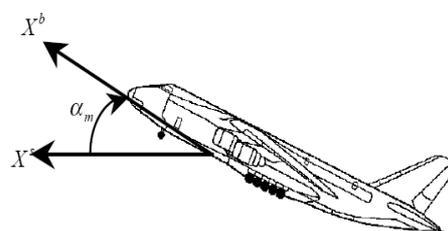


圖3-6：PITCH偏差量示意圖

利用飛行高度為離地高800m，ALTM系統之設定掃描頻率為70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為0Hz，掃描視角之角度為0度。飛行之方式為垂直於率定建築物測定屋線之方向，由於儀器本身之設定值為0度、0Hz，故如存在此PITCH值，掃得之雷射點之足跡分布圖如圖3-7所示。由於雷射點(圖3-7中，紅色點處)計算得之高程已相當於屋頂實測得之屋頂平面高程，是故求出平均誤差值X，則PITCH常數為 $TAN^{-1}(X/H)$ ，其中H為飛航高度。

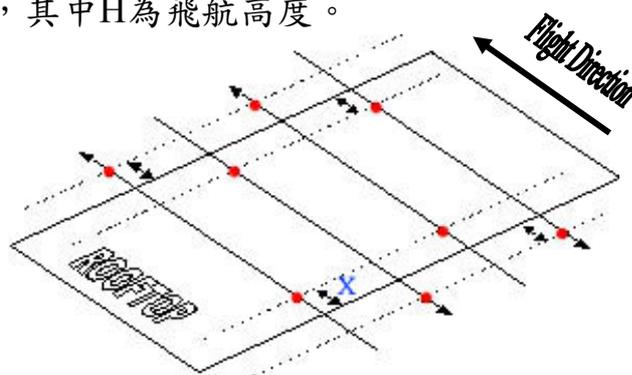


圖3-7：PITCH率定方式示意圖。利用固有建物坐標比對雷射點資料，將不符合者(即將過偏右或偏左者矯正回來)重複修正下，直到兩者偏差量降為最小，而達到率定結果。

b. ROLL值修正：

所謂的側向傾斜安置角是指雷射掃描坐標系第二軸 (Y^S) 與載體坐標系第二軸 (Y^b) 之間的偏差量，也就是兩個坐標系之間第一軸的旋轉角，如圖8所示。

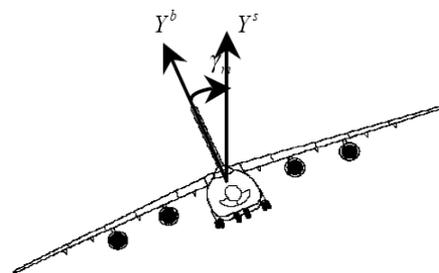


圖 3-8：ROLL 偏差量示意圖

飛行高度為離地高 800m，ALTM 系統之設定掃描頻率為 70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為 20Hz，掃描視角之角度為 25 度。飛行之方式為平行於率定建築物測定屋線之方向，由於儀器本身之設定值為 25 度、20Hz，故如存在此 ROLL 值，掃得之雷射點之足跡分布圖如圖 3-9 所示。由於雷射點(圖 3-9 中，紅色點處)計算得之高程已相當於屋頂實測得之屋頂平面高程，是故求出平均誤差值 X，則 ROLL 常數為 $TAN^{-1}(X/H)$ ，其中 H 為飛航高度。

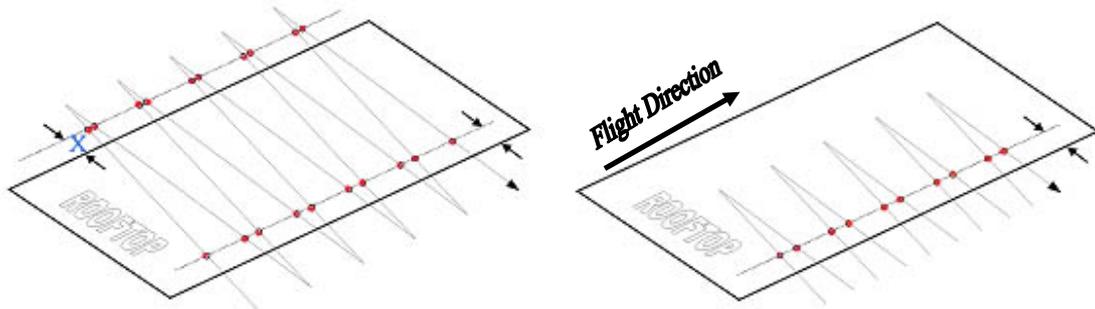


圖 3-9：ROLL 率定方式示意圖。利用 Scan 方式掃描建物，在相對其建物邊緣呈現出偏移的現象，作 ROLL 的修正。

c. SCALE 值修正:

將飛行高度設為離地高 800m，ALTM 系統之設定掃描頻率為 70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為 50Hz，掃描視角為 25 度。飛行之方式為垂直於率定跑道之方向，故如存在此 SCALE 值，掃得之雷射點之足跡分布圖如圖 3-10 所示。利用實測現地之剖面線與掃描獲取之雷射點所構成之剖面線進行比較，以獲得 SCALE 常數值，並以此常數輸入計算改正之。

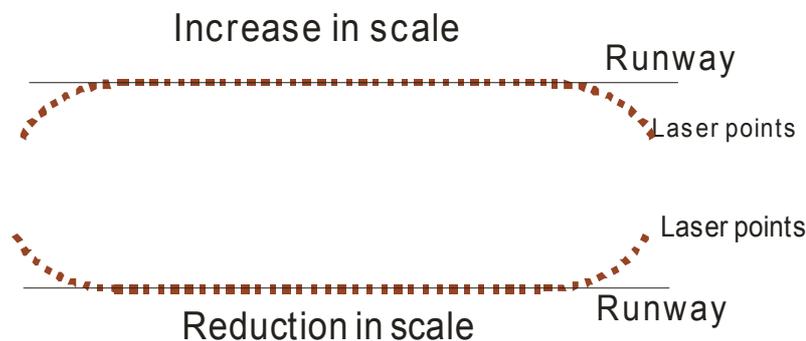


圖 3-10：雷射點之足跡分布圖

d. Elevation值修正:

將飛行高度設為離地高 800 公尺，ALTM 系統之設定掃描頻率為 70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為 50Hz，掃描視角為 25 度。飛行之方式為垂直於率定跑道之方向，利用馬路實測高程與雷射點雲做比對而修正之。

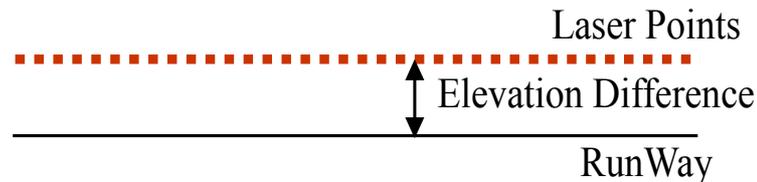


圖 3-10：雷射點之足跡分布圖

3-3 精度評估

3.3.1 GPS 精度評估

獲取好的雷射點雲資料，首先必須接收到的 GPS 資料是有良好品質的。大致而言，影響 GPS 資料的因子諸如下列所示：

1. 每次接收的衛星數至少 4 顆以上。
2. 衛星的幾何分佈需是良好的（如：PDOP < 3）。
3. 地面站與飛機飛行軌道距離不能超過 20 公里。

而上述幾個因子中，若有一個或更多的因子不符合條件時，便會影響所接收的 GPS 精度，繼而影響到 ALTM 拍攝的結果。

3.3.2 水平精度

雷射點雲比對地面的水平精度，在率定過程中是利用掃描建物的邊緣獲得建物邊緣坐標，再將之比對真實建物坐標，其中 PITCH 值可偵測 x 方向精度，故反覆測試 PITCH 值變化量達收斂理論精度約為 0.004° 範圍內時，即代表完成率定的工作。

而 ROLL 值可偵測 y 方向精度，故利用掃描過一條平坦和堅硬的地表(如：馬路)，將雷射點雲資料坐標比對馬路的真實坐標，反覆測試直到 ROLL 值變化量可收斂到理論精度約為 0.004° 範圍內時，即代表高程偏差量已修正完成達率定的工作。

3.3.3 高程精度

雷射點雲的高程精度，是將率定後的 PITCH、ROLL 新值帶入計算出新的成果，比對一條平坦和堅硬的地表(如：馬路)，將雷射點分布軌跡比對此對馬路，作高程精度分析。求得之率定參數解算確認飛行之點雲資料，確認不同航帶間之點雲無明顯偏移後，並再次與地面實測點比較，其高程差值亦應小於 10 公分。

四、率定成果與報告

4.1 GPS 成果

本次率定於 99 年 3 月 15 日下午 2 點半至 4 點進行率定作業，此時段之接收衛星數與 PDOP 等資訊與處理 GPS 過程結果表列於表 4-1、表 4-2 與附錄 D 所示：

表 4-1 GPS 處理成果

Flight	Average Baseline Length (km)	Maximum Baseline Length (km)	Avg. PDOP	Max. PDOP	Processing Mask Angle (degrees)	Ambiguities Fixed both directions	GPS Jamming	L2 used for Ion. Correction	Average Standard Deviations (m)		
									X	Y	Z
990315	3.5	7.3	1.95	2.45	8	Yes*	no	yes	0.01	0.01	0.04

表 4-2 GPS 基站資訊

Monument Description:			
GPS Receiver Type: Trimble 4000ssi		Epoch Interval: 1 Hz	
Antenna Type: Trimble		Elevation Mask: 10 degrees	
Observation Type: Static			
Station1:			
R003	N 24 4 35.50462	E 120 23 34.19405	h 22.943
R002	N 24 4 35.51666	E 120 23 34.87590	h 22.954

4.2 水平精度成果

利用 PITCH、ROLL 值變化量達收斂理論精度約為 0.004°範圍內時，即代表完成率定的，下方針對 PITCH、ROLL 變化作統計與列表，且將新的率定值結果針對真實地面坐標作水平上的分析。成果顯示：收斂精度皆已符合 0.004°內。

表 4-3 率定過程中 PITCH 值變化表

率定計算次數	1	2	3	4
PITCH	-0.0743	-0.040	-0.045	-0.044

表 4-4 率定過程中 ROLL 值變化表

率定計算次數	1	2	3	4
ROLL	0.1104	-0.011	-0.021	-0.022

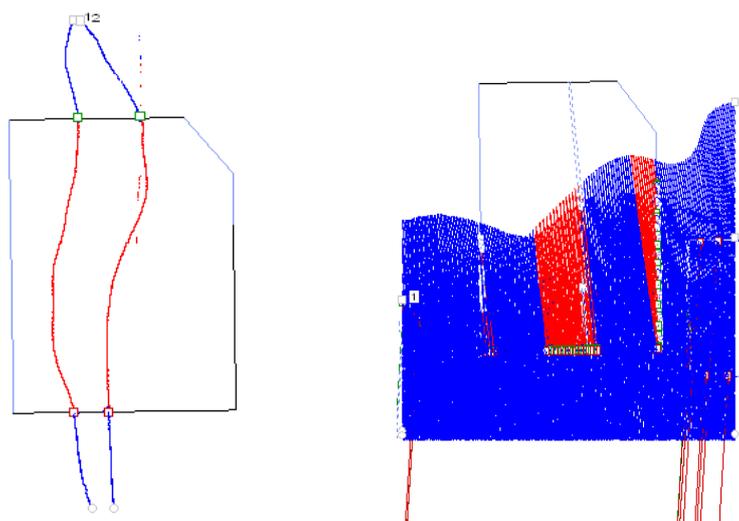


圖 4-1：(a) Profile 式掃描建築物屋頂面示意圖 (b) Scan 式掃描建築物屋頂面示意圖

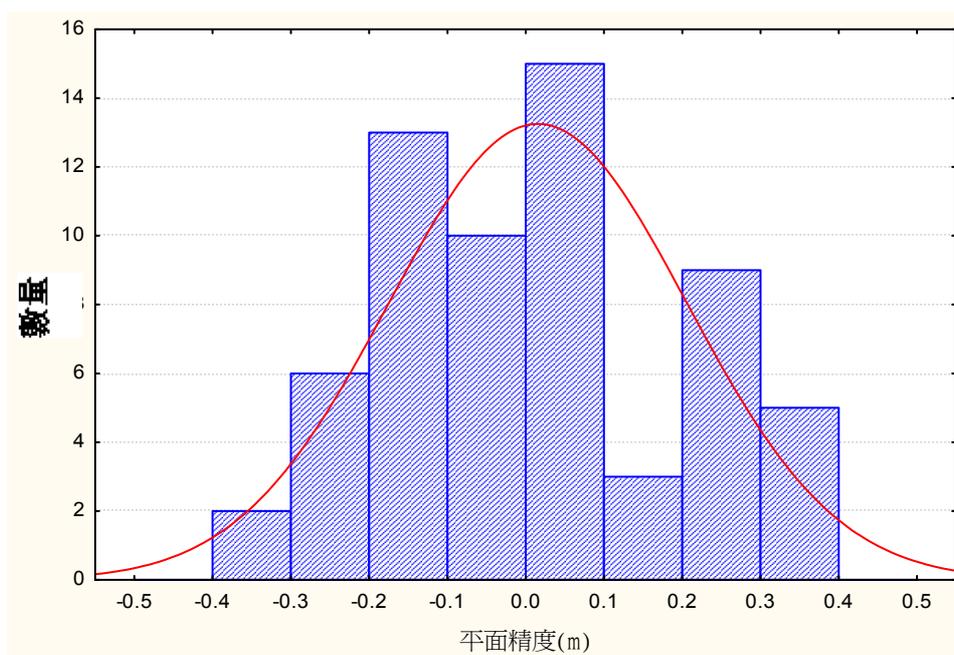


圖 4-2：平面精度分析表

4.3 高程精度成果

將率定後的 PITCH、ROLL 新值算出新的成果，比對一條平坦和堅硬的地表(如：馬路)。下列為其統計成果：

表 4-5：高程分析統計表

統計量	最大差異量	最小差異量	平均差異量
雷射點雲比對馬路成果	0.98m	0m	-0.02m

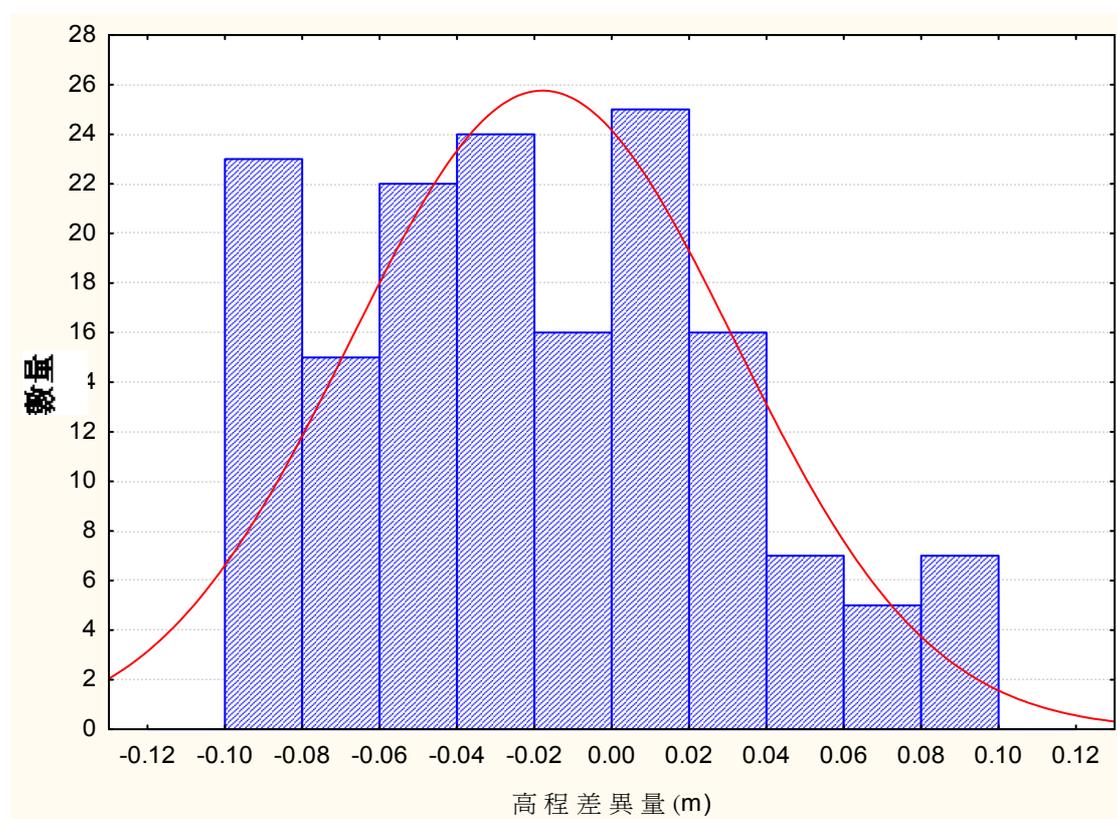


圖 4-2：雷射點比對馬路之高程精度分析表

4.4 最後率定參數

利用上述的處理程序，計算出新的一組率定參數，將偏差量修正完成，下表為率定後的新的參數：

表 4-6：率定成果參數表

Parameter	Final Field Calibration Values
<i>TIM</i>	
Pulse Offset (meters)	-2.630
<i>Elevation Block Adjustment</i>	0.00
<i>Cross-flight Scanner</i>	
Offset (degrees)	-0.0124
Scale (no units)	1.0157
Lag (seconds) –	0.0001765
<i>IMU Corrections</i>	
Pitch (degrees)	-0.044
Roll (degrees)	-0.022
Heading (degrees)	0.250

附錄 A

下列參數是由 OPTECH 公司內部所量測結果：

Reference (scanner mirror) to IMU Misalignment (PosAV)	
X	0.000 °
Y	- 0.045 °
Z	0.000 °

Reference to IMU Lever Arm (PosAV)	
X	- 0.090 m
Y	- 0.008 m
Z	- 0.096 m

Reference to Reference Point (top of sensor handle)	
X	- 0.051 m
Y	- 0.030 m
Z	- 0.488 m

下列數據利用經緯儀所量測結果：

Reference Point (ALTM) to GPS Antenna	
X	- 0.715 m
Y	-0.375 m
Z	- 0.899 m

Reference to GPS Antenna (PosAV)	
X	0.132 m
Y	-0.047m
Z	-1.503 m

附錄 B

1. 率定參數檔：

AltmSerialNo= 04SEN152;
ImuType= LN200A1;
ImuRate= 200;
ScannerScale= 1.0157;
ScannerOffset= -0.0124;
FirstPulseRange= -2.630;
SecondPulseRange= -2.630;
ThirdPulseRange= -2.630;
LastPulseRange= -2.630;
IMURoll= -0.022;
IMUPitch= -0.044;
IMUHeading= 0.250;
UserToImuEx= 0.000;
UserToImuEy= -0.045;
UserToImuEz= 0.000;
UserToImuDx= -0.090;
UserToImuDy= -0.008;
UserToImuDz= -0.096;
UserToRefDx= -0.051;
UserToRefDy= -0.030;
UserToRefDz= -0.488;
TimeLag= 0.0001765;
IntensityGainFor3070= 20;

2. 硬體參數：

IntensityK= 20.0
LastPulseConstant= 260092
ScannerCounts= 4096
ScannerMaxAngle= 50
SkippedLaserSecs= 0
TimestampIncrement= 10
Tim1NomClockFreqOs= 0.0
Tim1ClockFreqTempDep= 0.0
Tim2NomClockFreqOs= 0.0
Tim2ClockFreqTempDep= 0.0

3. 強度表

70 KHz

0 1 -0.34
2 2 -0.27
3 3 -0.24
4 4 -0.20
5 5 -0.17
6 6 -0.15

7 8 -0.13
9 11 -0.12
12 13 -0.11
14 19 -0.10
20 21 -0.08
22 31 -0.07
32 36 -0.06
37 44 -0.05
45 57 -0.04
58 72 -0.03
73 86 -0.00
87 102 -0.01
103 121 0.00
122 136 0.00
137 170 -0.01
171 179 -0.03
180 182 -0.04
200 279 -0.06
280 339 -0.05
340 399 -0.04
400 499 -0.03
500 639 -0.02
640 719 -0.01
720 919 0.00
920 1059 0.01
1060 1259 0.02
1260 1459 0.03
1460 1699 0.04
1700 1939 0.05
1940 2159 0.06
2160 2379 0.07
2380 2619 0.08
2620 2799 0.09
2800 2959 0.10
2960 3199 0.11
3200 3459 0.12
3460 3839 0.13
3840 4079 0.14
4080 4599 0.15
4600 4939 0.16
4940 5100 0.17

50KHz

0 1 -0.21
2 3 -0.17
4 4 -0.16
5 5 -0.15
6 7 -0.14

8 9 -0.13
10 12 -0.12
13 14 -0.11
15 20 -0.10
21 24 -0.09
25 37 -0.06
38 42 -0.05
43 54 -0.04
55 67 -0.02
68 86 -0.01
87 102 0
103 120 -0.05
121 151 -0.08
152 176 -0.10
177 359 -0.09
360 459 -0.08
460 619 -0.07
620 779 -0.06
780 959 -0.05
960 1139 -0.04
1140 1359 -0.03
1360 1639 -0.02
1640 1899 -0.01
1900 2159 0.08
2160 2399 0.09
2400 2639 0.10
2640 2899 0.11
2900 3179 0.12
3180 3439 0.13
3440 3779 0.14
3780 4479 0.15
4480 4999 0.16
5000 5100 0.17

33 KHz

0 1 -0.05
2 2 -0.04
3 3 -0.02
4 4 -0.01
5 5 -0.01
6 7 0
8 8 0.01
9 14 0.02
15 18 0.03
19 23 0.04
24 28 0.06
29 38 0.07
39 50 0.07
51 67 0.08

68 84 0.09
85 95 0.10
96 126 0.05
127 153 0.01
154 200 0.02
220 299 0.03
300 419 0.04
420 539 0.05
540 679 0.06
680 859 0.07
860 1099 0.08
1100 1319 0.09
1320 1639 0.1
1640 1919 0.11
1920 2179 0.12
2180 2399 0.13
2400 2659 0.14
2660 3039 0.15
3040 3459 0.16
3460 3939 0.17
3940 4399 0.18
4400 5100 0.19

附錄 C

處理採用的地圖投影系統：

由於計算時需利用地圖投影資訊，而 TWD97 為適合台灣的坐標系統，此處將其參數表述如下圖：

Edit Map Projection Parameters

Description

Name: Taiwan2deg

Projection: Gauss Conform

Scale at C.M.: 0.999900

Origin

Latitude: N 0° 0' 0.00000"

Longitude: E 0° 0' 0.00000"

Easting: 250,000.000 m

Northing: 0.000 m

Grid Zones

Define central meridian for grid zone no. 1:

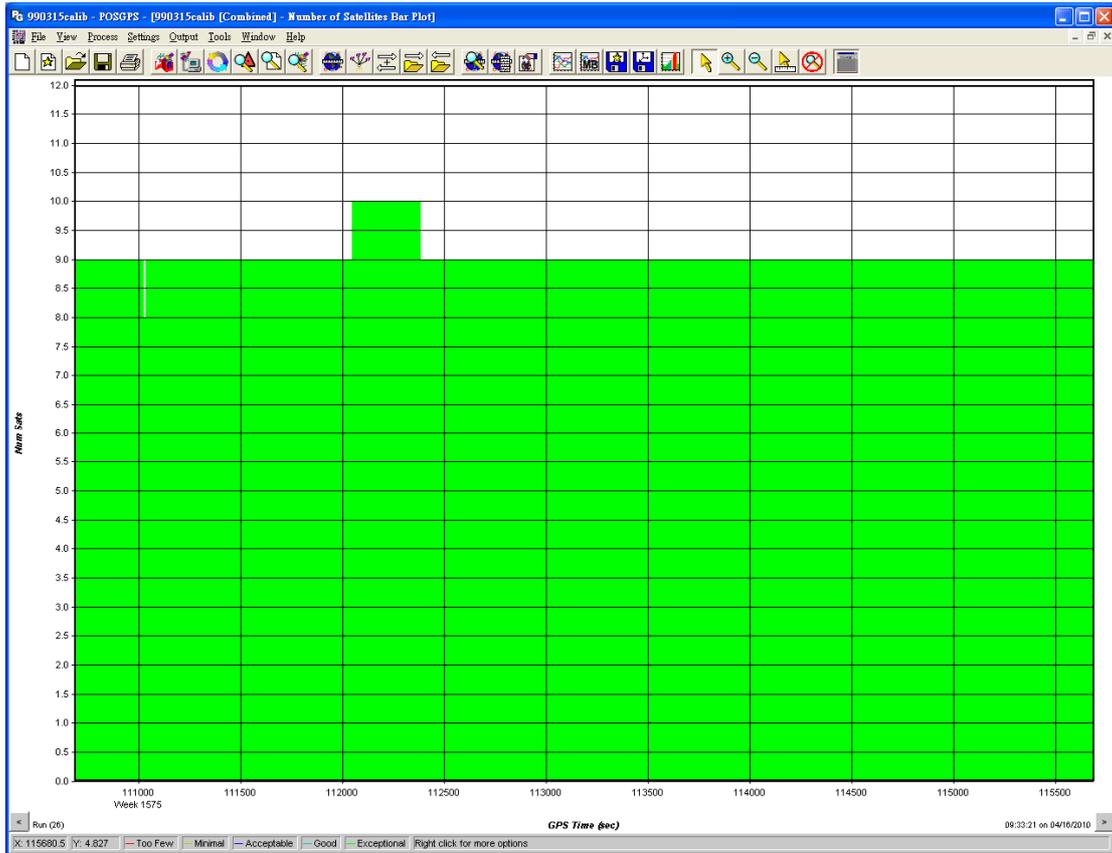
Longitude: E 121° 0' 0.00000"

Grid width: 2° 0' 0.00000"

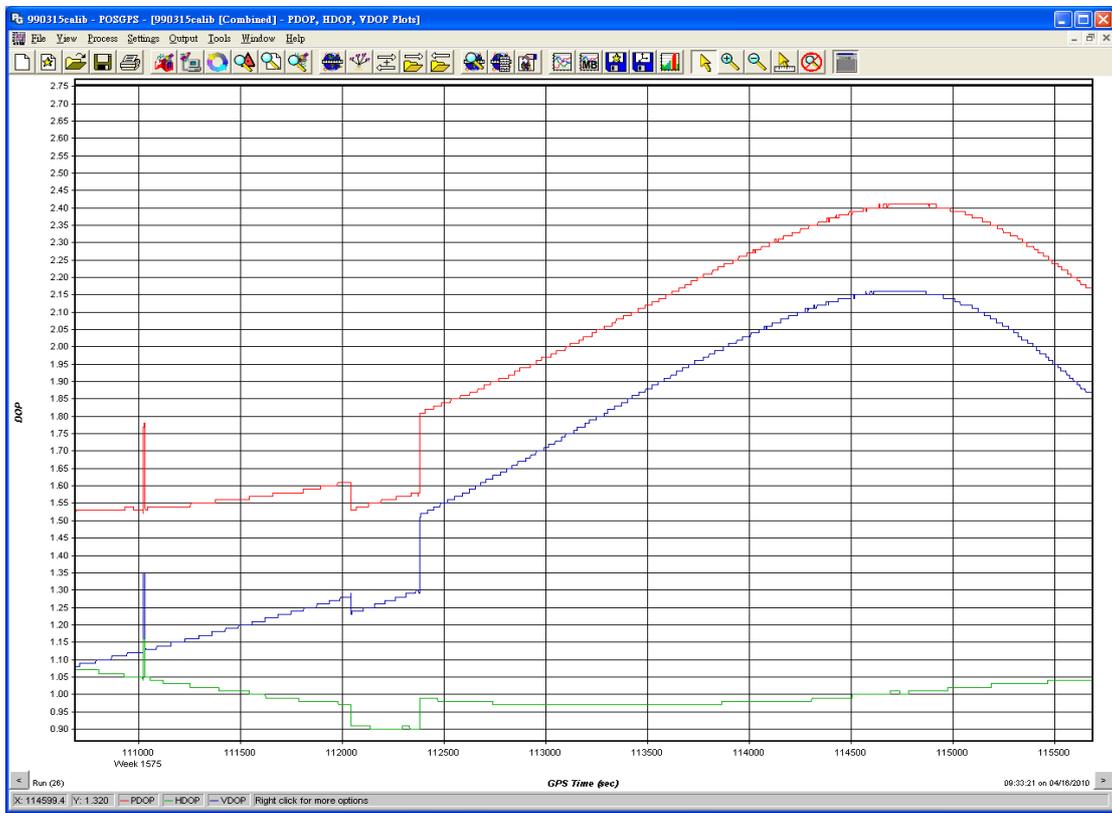
OK Cancel

圖 C-1：REALM 軟體下使用的投影參數畫面圖

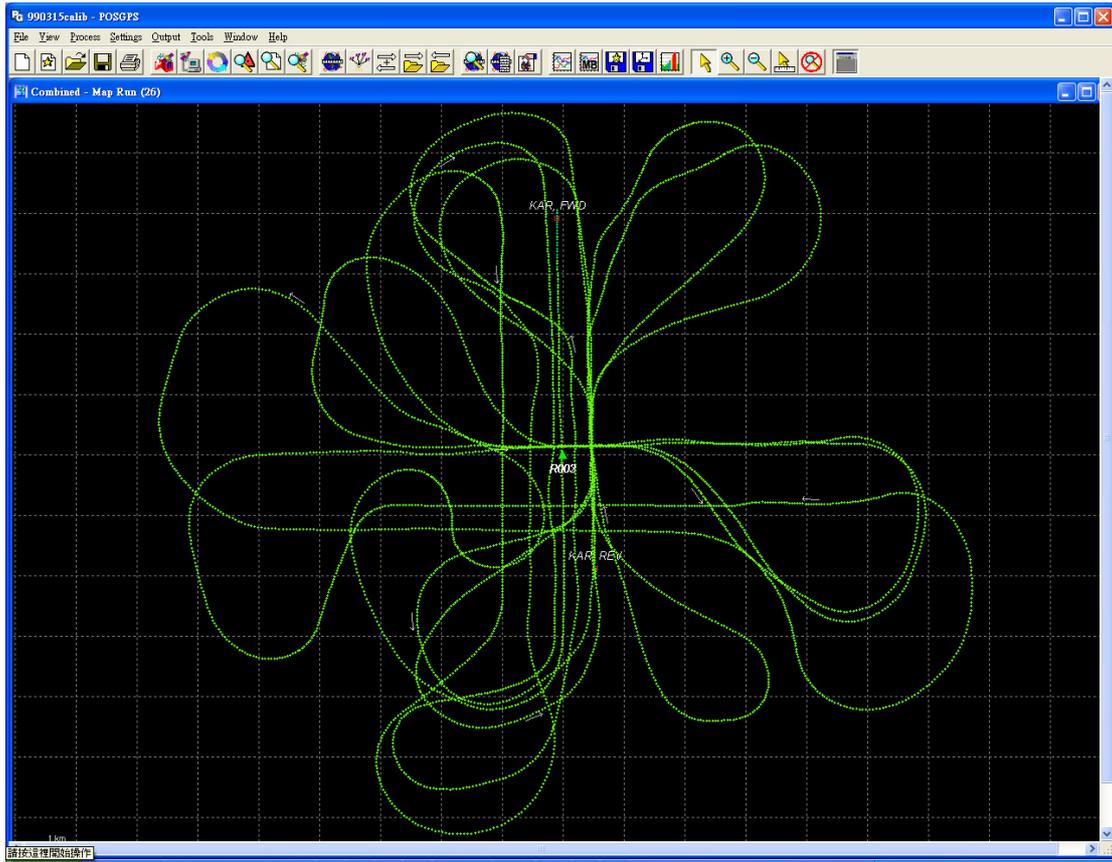
附錄 D



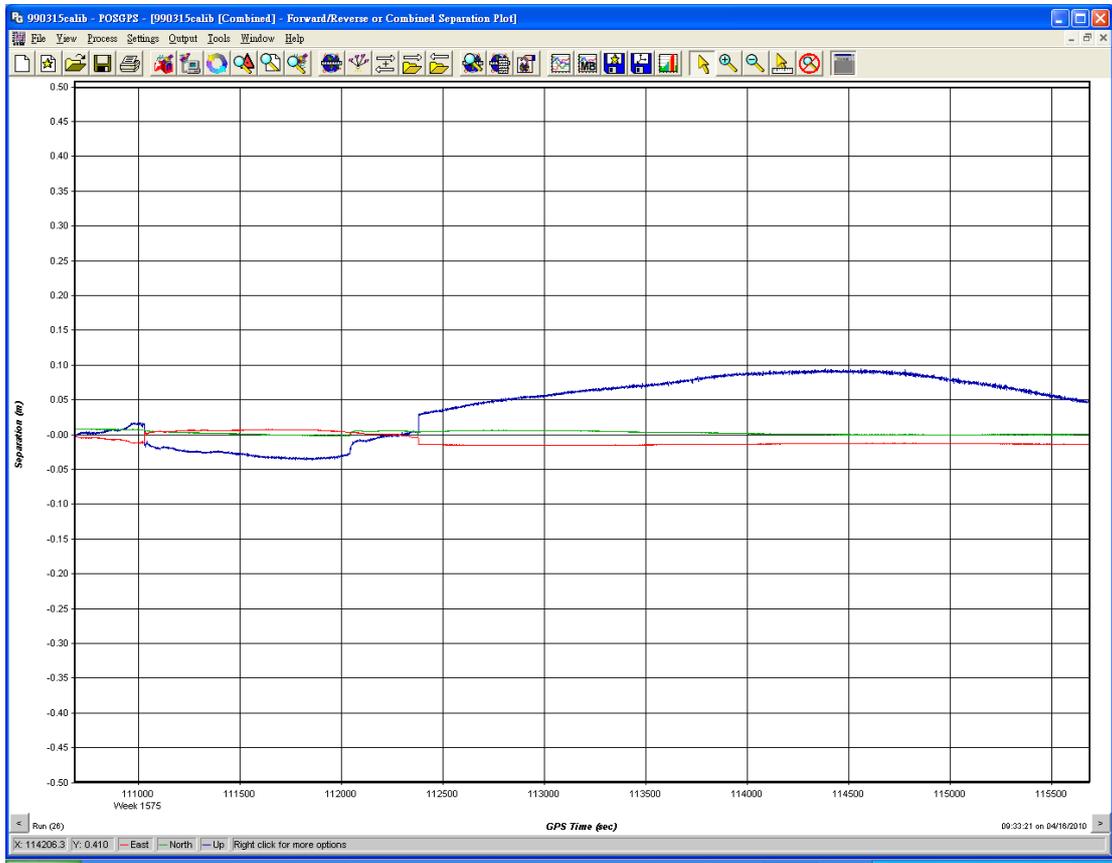
衛星顆數示意圖



PDOP 值



飛航軌跡與基站示意圖



Combined Separation 值成果圖

一、介紹

雷射掃瞄器坐標系與機身坐標系之間，常因安置上或時間上的影響，造成不平行之偏差量，適時的修正偏差量方可得到較正確的結果。

Thiel 和 Wehr (1999) 中提出，以重覆漸進的方式來求解雷射掃瞄器的安置角。在每一次迭代過程中依序分別針對俯仰角、航偏角和側向傾斜角進行率定，並且每求得一個角度，即需重新計算所有點位資料，再以新的資料進行下一次的計算。當三個角度的改正值都收斂到可接受的範圍內時，即代表完成率定的工作，本計畫採用之儀器在原廠建議與規定下，以此方式進行實際飛行，以完成確實率定作業。

Optech ALTM3070系統於 99年06月09日以大鵬航空BN-2B型固定翼載具執行率定計畫來修正偏差量，以確保雷射點雲的精確度。此率定報告，乃參照加拿大原廠Optech公司建議與規定參考而記錄，相關執行過程與統計結果，如后紀錄與說明。

二、空載雷射掃描儀系統描述

空載雷射掃描整體系統包括雷射掃描系統硬體元件、飛行載台（固定翼飛機或直昇機）、GPS 與 IMU 元件及數據處理軟體等整合構成作業系統。本公司所用空載雷射掃描儀為加拿大 Optech 公司生產型號 ALTM 3070 雷射掃描儀，其規格如表 2-1 所列。雷射掃描系統結合雷射測距、光學掃描、GPS 及 IMU 等技術，能快速獲得掃描點三維坐標及反射強度。

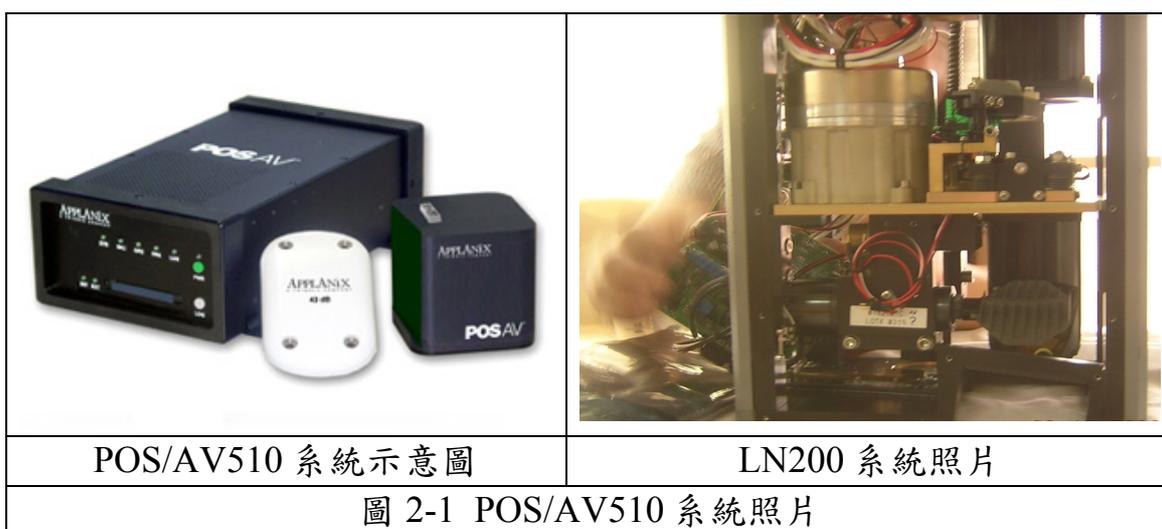
表 2-1 空載雷射掃描儀儀器規格

空載雷射掃描儀	Optech ALTM 3070(SN:04SEN152/04CON149)
	<ul style="list-style-type: none"> · 掃描旋角視域 FOV：0~50 度 · 脈衝率 PRF：33~70kHz · 掃描鏡頻率:0~70Hz, (50 Hz at 40° FOV) · 掃描形式：Oscillating, Mirror, Z-shaped · 高程精度：15cm (1 σ, 航高 1,200m) 35cm (1 σ, 航高 3,000m) · 水平精度：1/2,000 航高 · 斜距解析度：1 cm · 最大掃描帶寬：0~0.93 航高 · GPS：Trimble · Position Orientation System：Applanix POS 510 · 作業用途：獲取高精度密佈於地表之三維點位

本次計畫所採用的 ALTM3070 所搭配之導航系統為 POS/AV510 系統並且 IMU 為 LN200 型號之規格(圖 2-1)。POS/AV510 系統誤差精度 Roll、Pitch (RMS)精度 0.005°；Heading (RMS)精度 0.008°(詳如表 2-2)。

表 2-2 POS/AV 系統誤差精度表 (POS AV 510 V5 Specifications,2003)

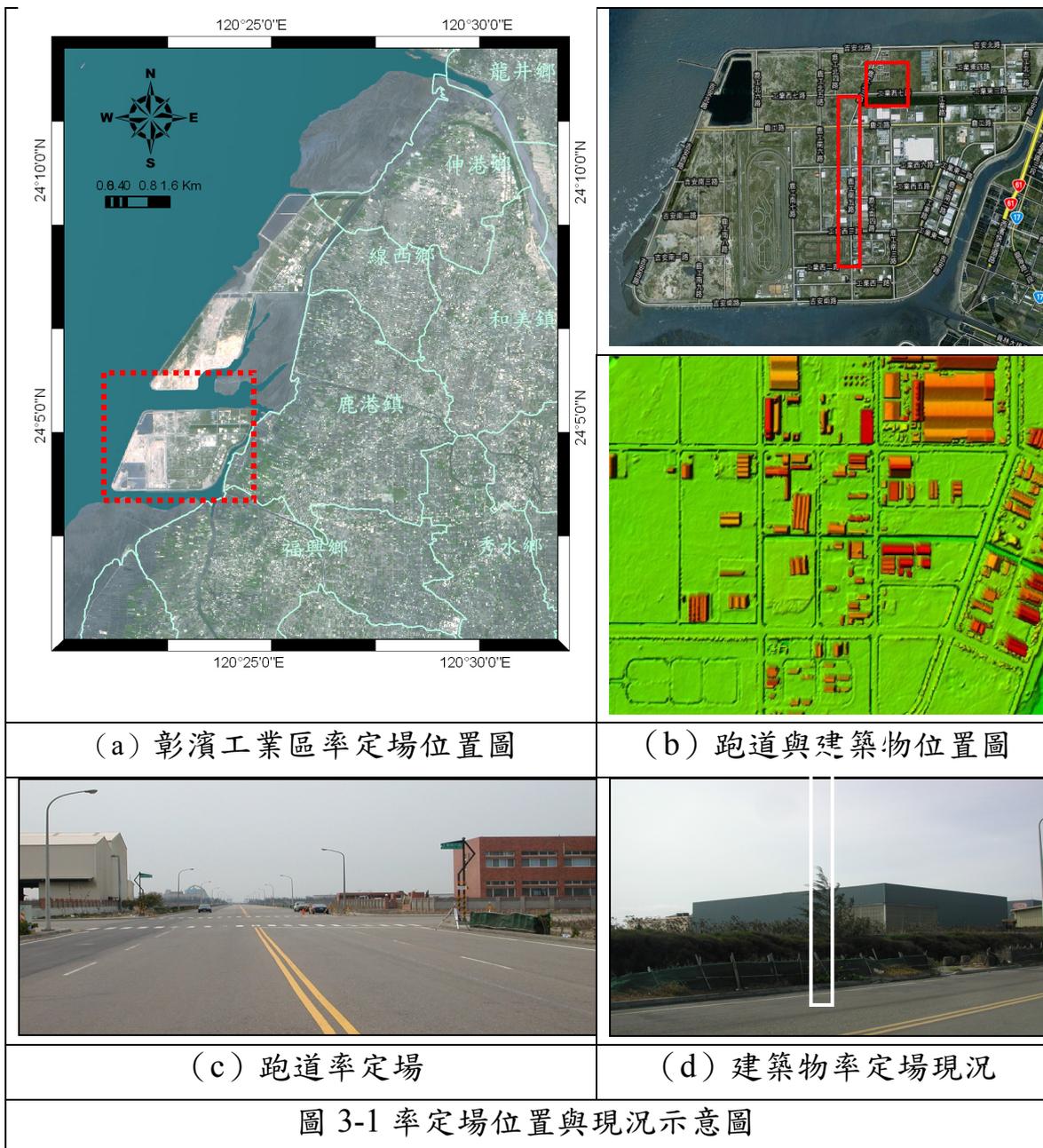
Parameter Accuracy(RMS)	POS/AV210	POS/AV310	POS/AV410	POS/AV510
Position(m)	0.05-0.30	0.05-0.30	0.05-0.30	0.05-0.30
Velocity(m)	0.010	0.010	0.005	0.005
Roll&Pitch(deg)	0.040	0.013	0.008	0.005
Heading(deg)	0.080	0.035	0.015	0.008



三、率定場設置介紹

3-1 率定場地地點與規格

完整 ALTM 系統之率定需要兩個分別的控制場，分別為率定建築物及控制場。建築物須至少一直且無遮蔽邊大於 80m 長，高度需高於 5m 且屋頂應儘量平坦；須於屋頂邊緣及角落測設控制點，用於率定 ROLL 及 PITCH。另一理想之率定控制場需包含大量、已知精確坐標且方格狀排列於一大且平坦之區域，至少如跑道般 1000m 長及 20~50m 寬，方格點之分佈趨於 5~10m，用於率定全掃描時之相對及絕對高程雷射點資料。此次擇定之率定場地位於彰濱工業區內，詳如圖 3-1：



平原地區的彰濱工業區具有容易辨識之大型建物(平頂、斜頂)及道路標線等明顯特徵外，且率定場內之地表坡度平緩小於 10 度且極少植被覆蓋，可達小於 10%之覆蓋率，如圖 3-2，故此位置為符合本儀器率定之作業地區。

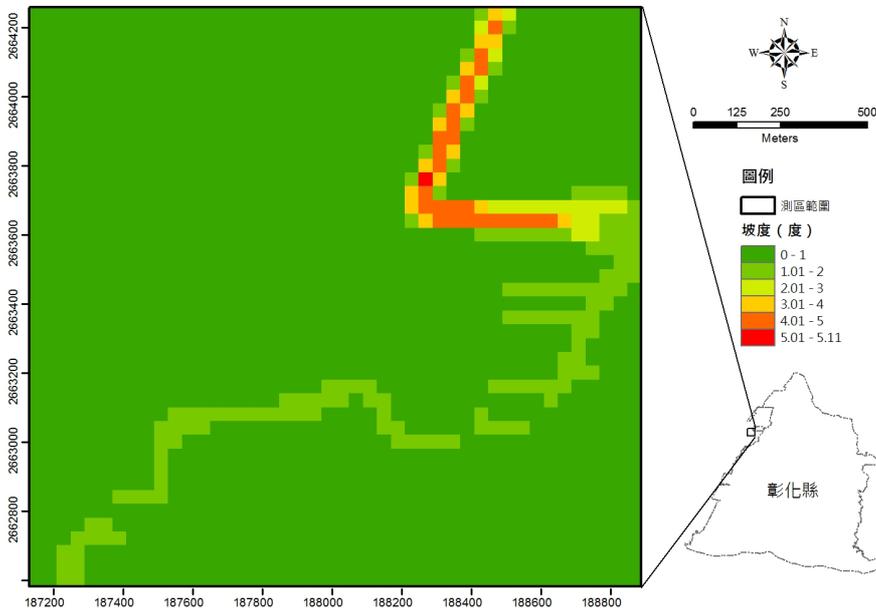


圖 3-2 率定場位置圖

3-2 率定參數與作業

感測器率定分為兩部分，第一部分乃感測器與 GPS 天線的偏心率率定，以經緯儀測量而求定（如圖 3-3）。第二部分是實際以飛行掃描率定場，以求定感測器與 IMU 及 GPS 的偏心率。



(a)

(b)

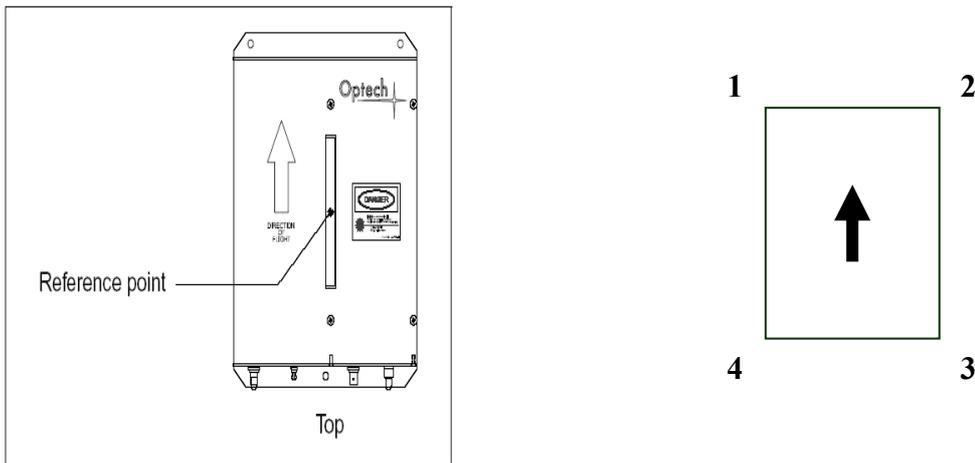
圖 3-3：經緯儀量測感測器與 GPS 天線的偏心率率定圖

(a) GPS 天線 (b) 經緯儀測量偏心率

為獲取穩定及可靠之 LiDAR 掃描成果，首先須求得 ALTM 3070 雷射掃描儀之儀器偏心常數（即 ALTM 掃描器與 GPS 天線間之偏心常數）及飛機姿態角（IMU 紀錄之 PITCH、ROLL 及 HEADING）與儀器本身之 OFFSET（掃描鏡轉動角度之誤差，亦即儀器紀錄之掃描鏡角度與實際獲得之資料有角度誤差存在）、SCALE（掃描獲得之雷射點資料與實際地面獲得之資料間有比例問題存在）與 ELEVATION（掃描獲得之雷射點資料與實際地面獲得之資料間有固定高程差之問題存在）之率定常數。

1. 儀器偏心常數之求得：

此處所指之偏心常數係介於 GPS 接收天線之中心與 ALTM 系統之雷射掃描感應箱上參考位置（如圖 3-4 a）之偏心常數。



(a) (b)
圖 3-4：ALTM 系統之雷射掃描感應箱上
(a)參考位置(b) 4 個邊角示意圖

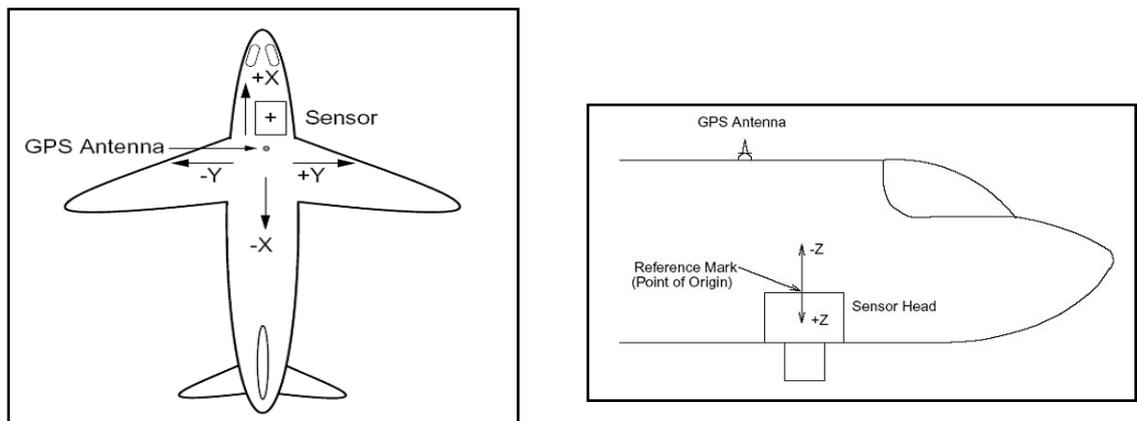
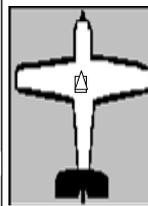


圖 3-5：ALTM 掃描器與 GPS 天線間之相對位置關係

施測方式係以經緯儀分別測得機鼻、機尾、雷射掃描感應頭之參考位置、GPS 天線中心點及雷射掃描感應箱上之 4 個邊角(如圖 3-4b)，此 OFFSET 值係為相對位置關係(如圖 3-5)；因此，測機鼻及機尾以獲得 X 軸，並依右手定則決定相對應之 Y 及 Z 軸，藉以計算偏心常數值（如表 3-1）。

表 3-1：偏心常數值計算表例

LEVERARM SURVEY		Aircraft Type: BN2	Call No.: B-68802	Survey Date: 4-Dec-07																																																																																																	
		ALTM Type: 30/70	Serial No.: 04SEN149																																																																																																		
SURVEY ASSUMPTIONS & METHODS:																																																																																																					
1) Aircraft is supported in typical inflight attitude 2) Prizm height is constant for all observables 3) All observables can be obtained from single occupied site 4) Zenith angle must be 0 degrees (i.e. horizon is 90 or 270) 5) Instrument azimuth is set to increase clockwise 6) Total horizontal travel of 360 degrees (not 400!) 7) Sensor angle can be recorded from pitch reading when sensor turned on and POS aligned																																																																																																					
			GPS Antenna & Sensor Head Location																																																																																																		
			Drag and drop icons to illustrate antenna position relative to sensor																																																																																																		
																																																																																																					
			△ GPS antenna □ Sensor Head Comments: Sensor is under of the antenna.																																																																																																		
GPS ANTENNA PHASE CENTER (m): (righthand rule)		X = 0	Y = 0	Z = -0.004																																																																																																	
OCCUPIED SITE COORDINATE (m):		X = 0	Y = 0	Z = 0																																																																																																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">OBSERVABLES</th> <th colspan="3">HORIZONTAL ANGLE</th> <th colspan="3">VERTICAL ANGLE</th> <th colspan="2">SLOPE DISTANCE</th> </tr> <tr> <th>Degrees</th> <th>Minutes</th> <th>Seconds</th> <th>Degrees</th> <th>Minutes</th> <th>Seconds</th> <th colspan="2">(meters)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NOSE</td> <td>75</td> <td>50</td> <td>23.5</td> <td>1.32</td> <td>89</td> <td>42</td> <td>29</td> <td>1.57</td> <td>17.056</td> </tr> <tr> <td>TAIL</td> <td>113</td> <td>23</td> <td>19.5</td> <td>1.98</td> <td>87</td> <td>48</td> <td>3</td> <td>1.53</td> <td>14.018</td> </tr> <tr> <td>SENSOR R.P.</td> <td>88</td> <td>55</td> <td>27.5</td> <td>1.55</td> <td>90</td> <td>31</td> <td>3</td> <td>1.58</td> <td>15.085</td> </tr> <tr> <td>GPS ANTENNA</td> <td>88</td> <td>15</td> <td>23</td> <td>1.54</td> <td>86</td> <td>39</td> <td>42</td> <td>1.51</td> <td>15.163</td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 1</td> <td>88</td> <td>14</td> <td>54.5</td> <td>1.54</td> <td>90</td> <td>46</td> <td>18</td> <td>1.58</td> <td>15.021</td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 2</td> <td>88</td> <td>36</td> <td>24</td> <td>1.55</td> <td>90</td> <td>45</td> <td>22</td> <td>1.58</td> <td>15.251</td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 3</td> <td>89</td> <td>34</td> <td>26</td> <td>1.56</td> <td>90</td> <td>45</td> <td>9.5</td> <td>1.58</td> <td>15.142</td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 4</td> <td>89</td> <td>14</td> <td>2.5</td> <td>1.56</td> <td>90</td> <td>46</td> <td>16</td> <td>1.58</td> <td>14.912</td> </tr> </tbody> </table>			OBSERVABLES	HORIZONTAL ANGLE			VERTICAL ANGLE			SLOPE DISTANCE		Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	(meters)		NOSE	75	50	23.5	1.32	89	42	29	1.57	17.056	TAIL	113	23	19.5	1.98	87	48	3	1.53	14.018	SENSOR R.P.	88	55	27.5	1.55	90	31	3	1.58	15.085	GPS ANTENNA	88	15	23	1.54	86	39	42	1.51	15.163	SENSOR CORNER 1	88	14	54.5	1.54	90	46	18	1.58	15.021	SENSOR CORNER 2	88	36	24	1.55	90	45	22	1.58	15.251	SENSOR CORNER 3	89	34	26	1.56	90	45	9.5	1.58	15.142	SENSOR CORNER 4	89	14	2.5	1.56	90	46	16	1.58	14.912
OBSERVABLES	HORIZONTAL ANGLE			VERTICAL ANGLE			SLOPE DISTANCE																																																																																														
	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	(meters)																																																																																														
NOSE	75	50	23.5	1.32	89	42	29	1.57	17.056																																																																																												
TAIL	113	23	19.5	1.98	87	48	3	1.53	14.018																																																																																												
SENSOR R.P.	88	55	27.5	1.55	90	31	3	1.58	15.085																																																																																												
GPS ANTENNA	88	15	23	1.54	86	39	42	1.51	15.163																																																																																												
SENSOR CORNER 1	88	14	54.5	1.54	90	46	18	1.58	15.021																																																																																												
SENSOR CORNER 2	88	36	24	1.55	90	45	22	1.58	15.251																																																																																												
SENSOR CORNER 3	89	34	26	1.56	90	45	9.5	1.58	15.142																																																																																												
SENSOR CORNER 4	89	14	2.5	1.56	90	46	16	1.58	14.912																																																																																												
Azimuth of Aircraft Direction :		20.7157 degrees																																																																																																			
Length of Aircraft (nose to tail) :		10.406 meters																																																																																																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">OFFSET TO FLIGHT LINE:</th> <th>Nose to -</th> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>(meters)</th> <th>(Easting: meters)</th> <th>(Northing: meters)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SENSOR</td> <td>20.5220</td> <td>4.153</td> <td>-0.014</td> <td>4.153</td> </tr> <tr> <td>GPS ANTENNA</td> <td>20.7636</td> <td>3.970</td> <td>0.003</td> <td>3.970</td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 1</td> <td>22.3262</td> <td>4.014</td> <td>0.113</td> <td>4.013</td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 2</td> <td>18.7760</td> <td>4.015</td> <td>-0.136</td> <td>4.013</td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 3</td> <td>18.9921</td> <td>4.294</td> <td>-0.129</td> <td>4.292</td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 4</td> <td>22.2847</td> <td>4.294</td> <td>0.118</td> <td>4.292</td> </tr> </tbody> </table>			OFFSET TO FLIGHT LINE:		Nose to -	X	Y			(meters)	(Easting: meters)	(Northing: meters)	SENSOR	20.5220	4.153	-0.014	4.153	GPS ANTENNA	20.7636	3.970	0.003	3.970	SENSOR CORNER 1	22.3262	4.014	0.113	4.013	SENSOR CORNER 2	18.7760	4.015	-0.136	4.013	SENSOR CORNER 3	18.9921	4.294	-0.129	4.292	SENSOR CORNER 4	22.2847	4.294	0.118	4.292																																																									
OFFSET TO FLIGHT LINE:		Nose to -	X	Y																																																																																																	
		(meters)	(Easting: meters)	(Northing: meters)																																																																																																	
SENSOR	20.5220	4.153	-0.014	4.153																																																																																																	
GPS ANTENNA	20.7636	3.970	0.003	3.970																																																																																																	
SENSOR CORNER 1	22.3262	4.014	0.113	4.013																																																																																																	
SENSOR CORNER 2	18.7760	4.015	-0.136	4.013																																																																																																	
SENSOR CORNER 3	18.9921	4.294	-0.129	4.292																																																																																																	
SENSOR CORNER 4	22.2847	4.294	0.118	4.292																																																																																																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">OFFSET FROM</th> <th>X (In Flight)</th> <th>Y (Cross Flight)</th> <th>Elevation/Z</th> <th>Dimension Check</th> <th>Azimuth</th> <th>Pitch Angle</th> <th>Roll Angle</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>(meters)</th> <th>(meters)</th> <th>(meters)</th> <th>(meters)</th> <th>(degrees)</th> <th>(degrees)</th> <th>(degrees clock-wise)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SENSOR R.P. TO:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GPS ANTENNA</td> <td></td> <td>0.183</td> <td>-0.017</td> <td>-1.015</td> <td>(corners)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 1</td> <td></td> <td>0.140</td> <td>-0.127</td> <td>0.066</td> <td>1 - 2 =</td> <td></td> <td></td> <td>-0.2402</td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 2</td> <td></td> <td>0.140</td> <td>0.122</td> <td>0.065</td> <td>2 - 3 =</td> <td>22.1078</td> <td>0.2143</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 3</td> <td></td> <td>-0.139</td> <td>0.115</td> <td>0.063</td> <td>3 - 4 =</td> <td></td> <td></td> <td>0.4148</td> </tr> <tr> <td>SENSOR CORNER 4</td> <td></td> <td>-0.139</td> <td>-0.132</td> <td>0.064</td> <td>4 - 1 =</td> <td>21.6880</td> <td>-0.3305</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">based on corner measurements</p>			OFFSET FROM		X (In Flight)	Y (Cross Flight)	Elevation/Z	Dimension Check	Azimuth	Pitch Angle	Roll Angle			(meters)	(meters)	(meters)	(meters)	(degrees)	(degrees)	(degrees clock-wise)	SENSOR R.P. TO:									GPS ANTENNA		0.183	-0.017	-1.015	(corners)				SENSOR CORNER 1		0.140	-0.127	0.066	1 - 2 =			-0.2402	SENSOR CORNER 2		0.140	0.122	0.065	2 - 3 =	22.1078	0.2143		SENSOR CORNER 3		-0.139	0.115	0.063	3 - 4 =			0.4148	SENSOR CORNER 4		-0.139	-0.132	0.064	4 - 1 =	21.6880	-0.3305																										
OFFSET FROM		X (In Flight)	Y (Cross Flight)	Elevation/Z	Dimension Check	Azimuth	Pitch Angle	Roll Angle																																																																																													
		(meters)	(meters)	(meters)	(meters)	(degrees)	(degrees)	(degrees clock-wise)																																																																																													
SENSOR R.P. TO:																																																																																																					
GPS ANTENNA		0.183	-0.017	-1.015	(corners)																																																																																																
SENSOR CORNER 1		0.140	-0.127	0.066	1 - 2 =			-0.2402																																																																																													
SENSOR CORNER 2		0.140	0.122	0.065	2 - 3 =	22.1078	0.2143																																																																																														
SENSOR CORNER 3		-0.139	0.115	0.063	3 - 4 =			0.4148																																																																																													
SENSOR CORNER 4		-0.139	-0.132	0.064	4 - 1 =	21.6880	-0.3305																																																																																														
SENSOR ANGLE (pitched forward +)		0 degrees																																																																																																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CORRECTED OFFSET</th> <th>X (In Flight)</th> <th>Y (Cross Flight)</th> <th>Elevation/Z</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>(meters)</th> <th>(meters)</th> <th>(meters)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R.P. to GPS:</td> <td></td> <td>0.183</td> <td>-0.017</td> <td>-1.015</td> </tr> <tr> <td>Ref to R.P.</td> <td></td> <td>-0.051</td> <td>-0.030</td> <td>-0.488</td> </tr> <tr> <td>Ref to GPS:</td> <td></td> <td>0.132</td> <td>-0.047</td> <td>-1.503</td> </tr> </tbody> </table>			CORRECTED OFFSET		X (In Flight)	Y (Cross Flight)	Elevation/Z			(meters)	(meters)	(meters)	R.P. to GPS:		0.183	-0.017	-1.015	Ref to R.P.		-0.051	-0.030	-0.488	Ref to GPS:		0.132	-0.047	-1.503																																																																								
CORRECTED OFFSET		X (In Flight)	Y (Cross Flight)	Elevation/Z																																																																																																	
		(meters)	(meters)	(meters)																																																																																																	
R.P. to GPS:		0.183	-0.017	-1.015																																																																																																	
Ref to R.P.		-0.051	-0.030	-0.488																																																																																																	
Ref to GPS:		0.132	-0.047	-1.503																																																																																																	

➤ 率定飛行作業程序：

a. PITCH值修正：

在雷射掃描坐標系第一軸 (X^S) 與載體坐標系第一軸 (X^b) 之間的偏差量，也就是兩個坐標系之間第二軸的旋轉角，便是俯仰安置角，如圖3-6所示。

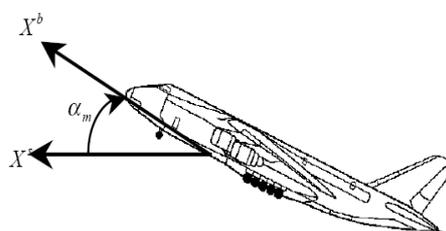


圖3-6：PITCH偏差量示意圖

利用飛行高度為離地高1200m，ALTM系統之設定掃描頻率為70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為0Hz，掃描視角之角度為0度。飛行之方式為垂直於率定建築物測定屋線之方向，由於儀器本身之設定值為0度、0Hz，故如存在此PITCH值，掃得之雷射點之足跡分布圖如圖3-7所示。由於雷射點(圖3-7中，紅色點處)計算得之高程已相當於屋頂實測得之屋頂平面高程，是故求出平均誤差值X，則PITCH常數為 $TAN^{-1}(X/H)$ ，其中H為飛航高度。

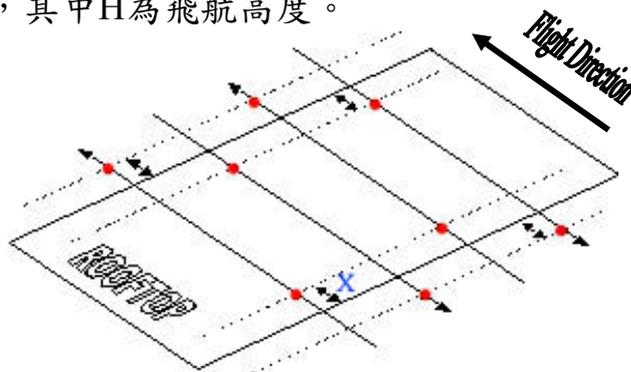


圖3-7：PITCH率定方式示意圖。利用固有建物坐標比對雷射點資料，將不符合者(即將過偏右或偏左者矯正回來)重複修正下，直到兩者偏差量降為最小，而達到率定結果。

b. ROLL值修正：

所謂的側向傾斜安置角是指雷射掃描坐標系第二軸 (Y^S) 與載體坐標系第二軸 (Y^b) 之間的偏差量，也就是兩個坐標系之間第一軸的旋轉角，如圖3-8所示。

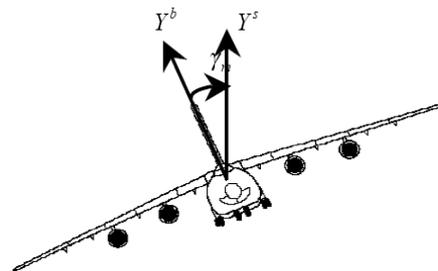


圖 3-8：ROLL 偏差量示意圖

飛行高度為離地高1200m，ALTM系統之設定掃描頻率為70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為20Hz，掃描視角之角度為25度。飛行之方式為平行於率定建築物測定屋線之方向，由於儀器本身之設定值為25度、20Hz，故如存在此ROLL值，掃得之雷射點之足跡分布圖如圖3-9所示。由於雷射點(圖3-9中，紅色點處)計算得之高程已相當於屋頂實測得之屋頂平面高程，是故求出平均誤差值X，則ROLL常數為 $TAN^{-1}(X/H)$ ，其中H為飛航高度。

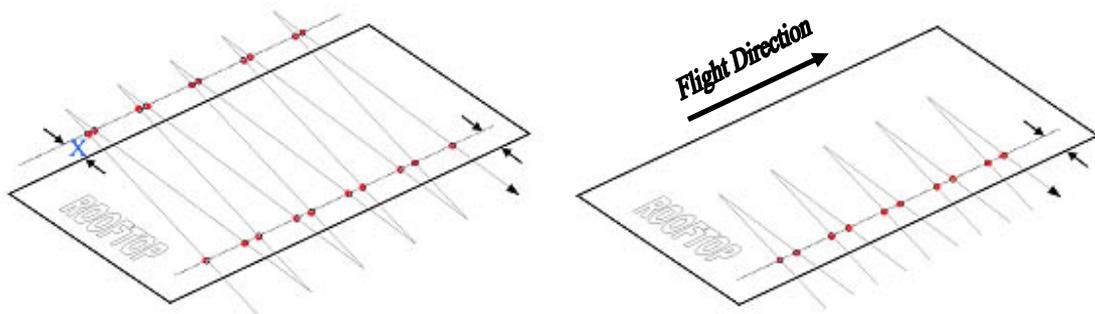


圖3-9：ROLL率定方式示意圖。利用Scan方式掃描建物，在相對其建物邊緣呈現出偏移的現象，作ROLL的修正。

c. SCALE值修正:

將飛行高度設為離地高1200m，ALTM系統之設定掃描頻率為70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為50Hz，掃描視角為25度。飛行之方式為垂直於率定跑道之方向，故如存在此SCALE值，掃得之雷射點之足跡分布圖如圖3-10所示。利用實測現地之剖面線與掃描獲取之雷射點所構成之剖面線進行比較，以獲得SCALE常數值，並以此常數輸入計算改正之。

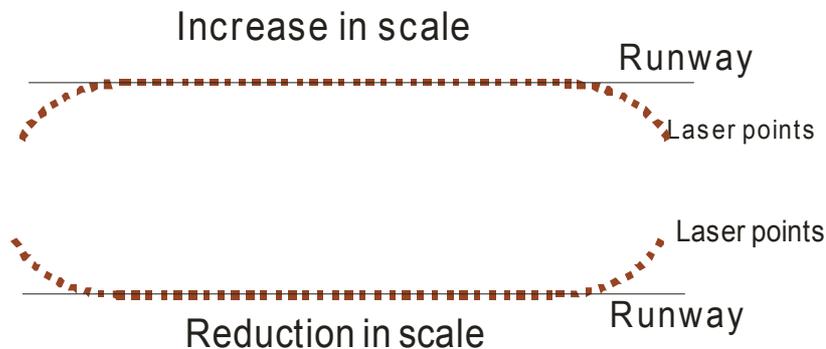


圖 3-10：雷射點之足跡分布圖

d. Elevation值修正:

將飛行高度設為離地高 1200 公尺，ALTM 系統之設定掃描頻率為 70KHz，掃描鏡面之擺動頻率為 50Hz，掃描視角為 25 度。飛行之方式為垂直於率定跑道之方向，利用馬路實測高程坐標與雷射點雲做比對而修正之(圖 3-11)。

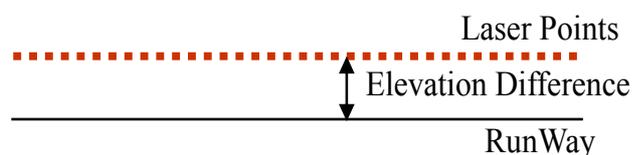


圖 3-11 雷射點之足跡分布圖

表 3-2 率定場航線設計表

項目	飛航目標	離地高(m)	雷射脈衝率(KHz)	掃瞄角度(deg.)	掃描頻率(Hz)	航線數
1	建物	1200	70	±4	35	4
	建物	1200	70	±0	0	4
2	跑道	1200	70	±25	35	2

3-3 精度評估

3.3.1 GPS 精度評估

獲取好的雷射點雲資料，首先必須接收到的 GPS 資料是有良好品質的。大致而言，影響 GPS 資料的因子諸如下列所示：

1. 每次接收的衛星數至少 6 顆以上。
2. 衛星的幾何分佈需是良好的（如：PDOP < 3）。
3. 地面站與飛機飛行軌道距離不能超過 20 公里。

而上述幾個因子中，若有一個或更多的因子不符合條件時，便會影響所接收的 GPS 精度，繼而影響到 ALTM 拍攝的結果。

3.3.2 水平精度

雷射點雲比對地面的水平精度，在率定過程中是利用掃描建物的邊緣獲得建物邊緣坐標，再將之比對真實建物坐標，其中 PITCH 值可偵測水平方向精度，故反覆測試 PITCH 值變化量達收斂理論精度約為 0.004° 範圍內時，即代表完成率定的工作。

而 ROLL 值可偵測水平方向精度，故利用掃描過一條平坦和堅硬的地表(如：馬路)，將雷射點雲資料坐標比對馬路的真實坐標，反覆測試直到 ROLL 值變化量可收斂到理論精度約為 0.004° 範圍內時，即代表高程偏差量已修正完成達率定的工作。

3.3.3 高程精度

雷射點雲的高程精度，是將率定後的 PITCH、ROLL 新值帶入計算出新的成果，比對一條平坦和堅硬的地表(如：馬路)，將雷射點分布軌跡比對此對馬路，作高程精度分析。求得之率定參數解算確認飛行之點雲資料，確認不同航帶間之點雲無明顯偏移後，並再次與地面實測點比較，其高程差值亦應小於 10 公分。

四、率定成果與報告

4.1 GPS 成果

本次率定於 99 年 6 月 9 日下午 10 點至 2 點進行率定作業，此時段之接收衛星數與 PDOP 等資訊與處理 GPS 過程結果表列於表 4-1、表 4-2 與附錄 D 所示：

表 4-1 GPS 處理成果

Flight	Average Baseline Length (km)	Maximum Baseline Length (km)	Avg. PDOP	Max. PDOP	Processing Mask Angle (degrees)	Ambiguities Fixed both directions	GPS Jamming	L2 used for Ion. Correction	Average Standard Deviations (m)		
									X	Y	Z
990609	2.5	8.3	1.65	1.75	8	Yes*	no	yes	0.01	0.01	0.04

表 4-2 GPS 基站資訊

Monument Description:			
GPS Receiver Type: Trimble 4000ssi		Epoch Interval: 1 Hz	
Antenna Type: Trimble		Elevation Mask: 10 degrees	
Observation Type: Static			
Station1:			
R003	N 24 4	35.50462	E 120 23 34.19405 h 22.943
R002	N 24 4	35.51666	E 120 23 34.87590 h 22.954

4.2 水平精度成果

利用 PITCH、ROLL 值變化量達收斂理論精度約為 0.004° 範圍內時，即代表完成率定的，下方針對 PITCH、ROLL 變化作統計與列表，且將新的率定值結果針對真實地面坐標作水平上的分析。成果顯示：收斂精度皆已符合 0.004° 內。

表 4-3 率定過程中 PITCH 值變化表

率定計算次數	1	2	3	4
PITCH	-0.0440	-0.0600	-0.0606	-0.0606
收斂值	0.016			
		-0.0060		
			0.0000	

表 4-4 率定過程中 ROLL 值變化表

率定計算次數	1	2	3	4
ROLL	-0.0220	-0.0270	-0.0272	-0.0272
收斂值	0.005			
		0.0002		
			0.0000	

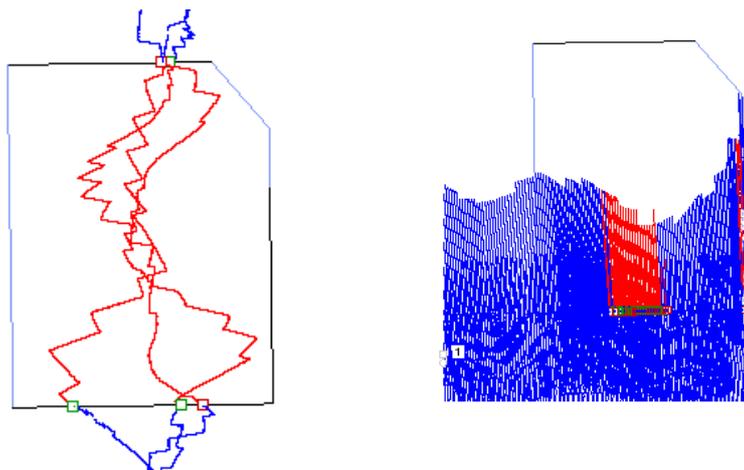


圖 4-1：(a) Profile 式掃描建築物屋頂面示意圖 (b) Scan 式掃描建築物屋頂面示意圖

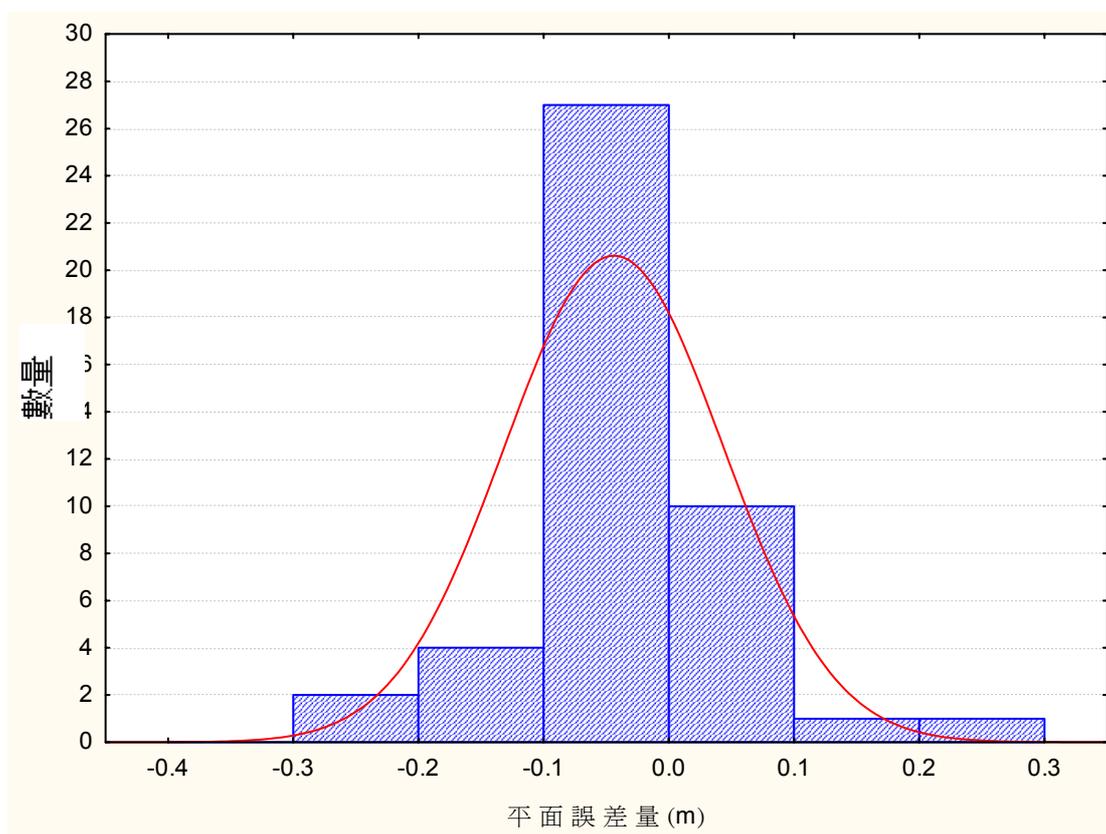


圖 4-2：平面精度分析表

4.3 高程精度成果

將率定後的 PITCH、ROLL 新值算出新的成果，比對一條平坦和堅硬的地表(如：馬路)。下列為其統計成果：

表 4-5：高程分析統計表

統計量	最大差異量	最小差異量	平均差異量
雷射點雲比對馬路成果	0.098m	0m	-0.030m

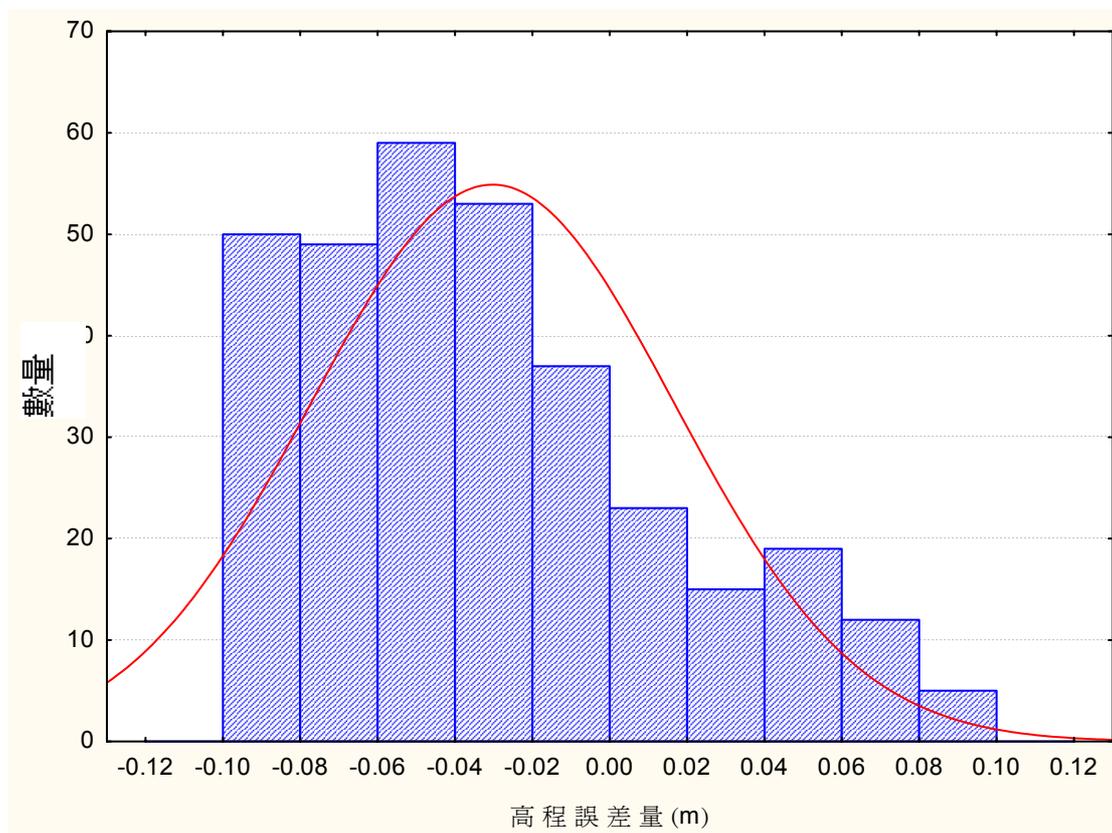


圖 4-2：雷射點比對馬路之高程精度分析表

4.4 最後率定參數

利用上述的處理程序，計算出新的一組率定參數，將偏差量修正完成，下表為率定後的新的參數：

表 4-6：率定成果參數表

Parameter	Final Field Calibration Values
<i>TIM</i>	
Pulse Offset (meters)	-2.630
<i>Elevation Block Adjustment</i>	
	0.00
<i>Cross-flight Scanner</i>	
Offset (degrees)	-0.0124
Scale (no units)	1.0157
Lag (seconds) –	0.0001765
<i>IMU Corrections</i>	
Pitch (degrees)	-0.0606
Roll (degrees)	-0.0276
Heading (degrees)	0.250

附錄 A

下列參數是由 OPTECH 公司內部所量測結果：

Reference (scanner mirror) to IMU Misalignment (PosAV)	
X	0.000 °
Y	- 0.045 °
Z	0.000 °

Reference to IMU Lever Arm (PosAV)	
X	- 0.090 m
Y	- 0.008 m
Z	- 0.096 m

Reference to Reference Point (top of sensor handle)	
X	- 0.051 m
Y	- 0.030 m
Z	- 0.488 m

下列數據利用經緯儀所量測結果：

Reference Point (ALTM) to GPS Antenna	
X	- 0.715 m
Y	-0.375 m
Z	- 0.899 m

Reference to GPS Antenna (PosAV)	
X	0.132 m
Y	-0.047m
Z	-1.503 m

附錄 B

1. 率定參數檔：

AltmSerialNo= 04SEN152;
 ImuType= LN200A1;
 ImuRate= 200;
 ScannerScale= 1.015567;
 ScannerOffset= -0.0124;
 FirstPulseRange= -2.630;
 SecondPulseRange= -2.630;
 ThirdPulseRange= -2.630;
 LastPulseRange= -2.630;
 IMURoll= -0.0276;
 IMUPitch= -0.0606;
 IMUHeading= 0.250;
 UserToImuEx= 0.000;
 UserToImuEy= -0.045;
 UserToImuEz= 0.000;
 UserToImuDx= -0.090;
 UserToImuDy= -0.008;
 UserToImuDz= -0.096;
 UserToRefDx= -0.051;
 UserToRefDy= -0.030;
 UserToRefDz= -0.488;
 TimeLag= 0.0001765;
 IntensityGainFor3070= 20;

2. 硬體參數：

IntensityK= 20.0
 LastPulseConstant= 260092
 ScannerCounts= 4096
 ScannerMaxAngle= 40
 SkippedLaserSecs= 0
 TimestampIncrement= 10
 Tim1NomClockFreqOs= 0.0
 Tim1ClockFreqTempDep= 0.0
 Tim2NomClockFreqOs= 0.0
 Tim2ClockFreqTempDep= 0.0

3. 強度表

70 KHz

0 1 -0.34
 2 2 -0.27
 3 3 -0.24
 4 4 -0.20
 5 5 -0.17

6 6 -0.15
7 8 -0.13
9 11 -0.12
12 13 -0.11
14 19 -0.10
20 21 -0.08
22 31 -0.07
32 36 -0.06
37 44 -0.05
45 57 -0.04
58 72 -0.03
73 86 -0.00
87 102 -0.01
103 121 0.00
122 136 0.00
137 170 -0.01
171 179 -0.03
180 182 -0.04
200 279 -0.06
280 339 -0.05
340 399 -0.04
400 499 -0.03
500 639 -0.02
640 719 -0.01
720 919 0.00
920 1059 0.01
1060 1259 0.02
1260 1459 0.03
1460 1699 0.04
1700 1939 0.05
1940 2159 0.06
2160 2379 0.07
2380 2619 0.08
2620 2799 0.09
2800 2959 0.10
2960 3199 0.11
3200 3459 0.12
3460 3839 0.13
3840 4079 0.14
4080 4599 0.15
4600 4939 0.16
4940 5100 0.17

50KHz

0 1 -0.21
2 3 -0.17
4 4 -0.16
5 5 -0.15

6 7 -0.14
8 9 -0.13
10 12 -0.12
13 14 -0.11
15 20 -0.10
21 24 -0.09
25 37 -0.06
38 42 -0.05
43 54 -0.04
55 67 -0.02
68 86 -0.01
87 102 0
103 120 -0.05
121 151 -0.08
152 176 -0.10
177 359 -0.09
360 459 -0.08
460 619 -0.07
620 779 -0.06
780 959 -0.05
960 1139 -0.04
1140 1359 -0.03
1360 1639 -0.02
1640 1899 -0.01
1900 2159 0.08
2160 2399 0.09
2400 2639 0.10
2640 2899 0.11
2900 3179 0.12
3180 3439 0.13
3440 3779 0.14
3780 4479 0.15
4480 4999 0.16
5000 5100 0.17

33 KHz

0 1 -0.05
2 2 -0.04
3 3 -0.02
4 4 -0.01
5 5 -0.01
6 7 0
8 8 0.01
9 14 0.02
15 18 0.03
19 23 0.04
24 28 0.06
29 38 0.07
39 50 0.07

51 67 0.08
68 84 0.09
85 95 0.10
96 126 0.05
127 153 0.01
154 200 0.02
220 299 0.03
300 419 0.04
420 539 0.05
540 679 0.06
680 859 0.07
860 1099 0.08
1100 1319 0.09
1320 1639 0.1
1640 1919 0.11
1920 2179 0.12
2180 2399 0.13
2400 2659 0.14
2660 3039 0.15
3040 3459 0.16
3460 3939 0.17
3940 4399 0.18

附錄 C

1. 處理採用的地圖投影系統：

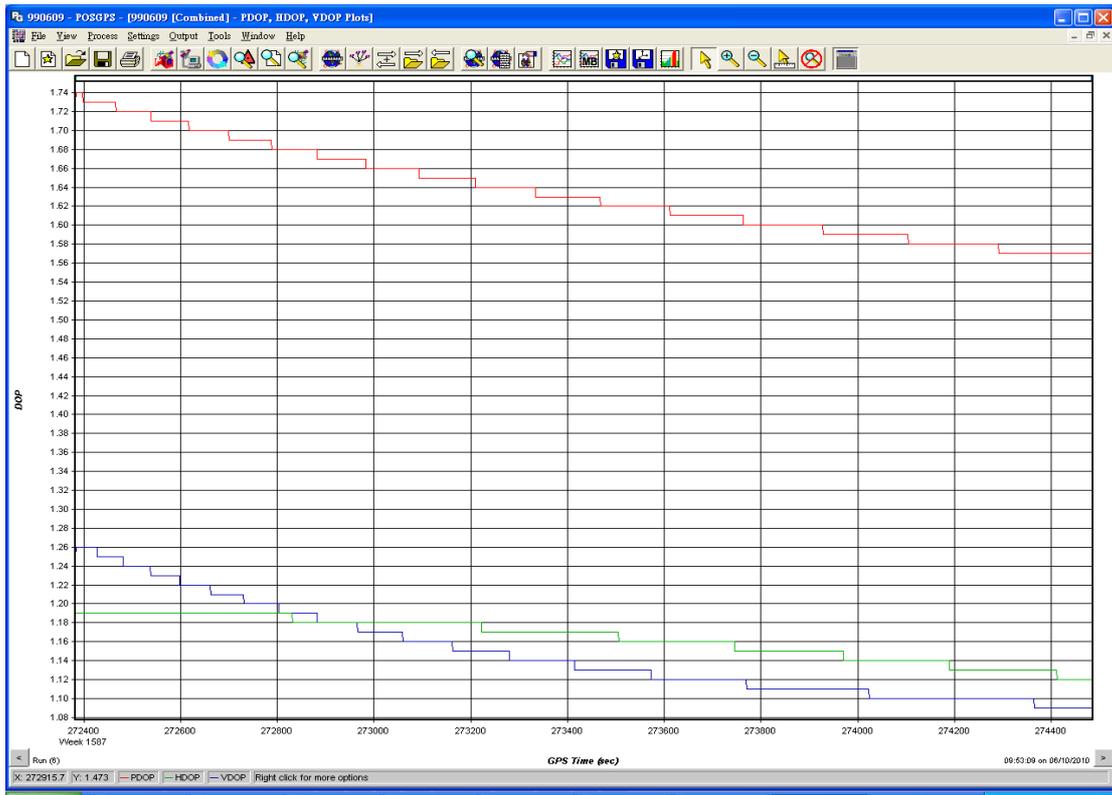
由於計算時需利用地圖投影資訊，而 TWD97 為適合台灣的坐標系統，此處將其參數表述如下圖：

The screenshot shows the 'Projection Definition' dialog box with the following settings:

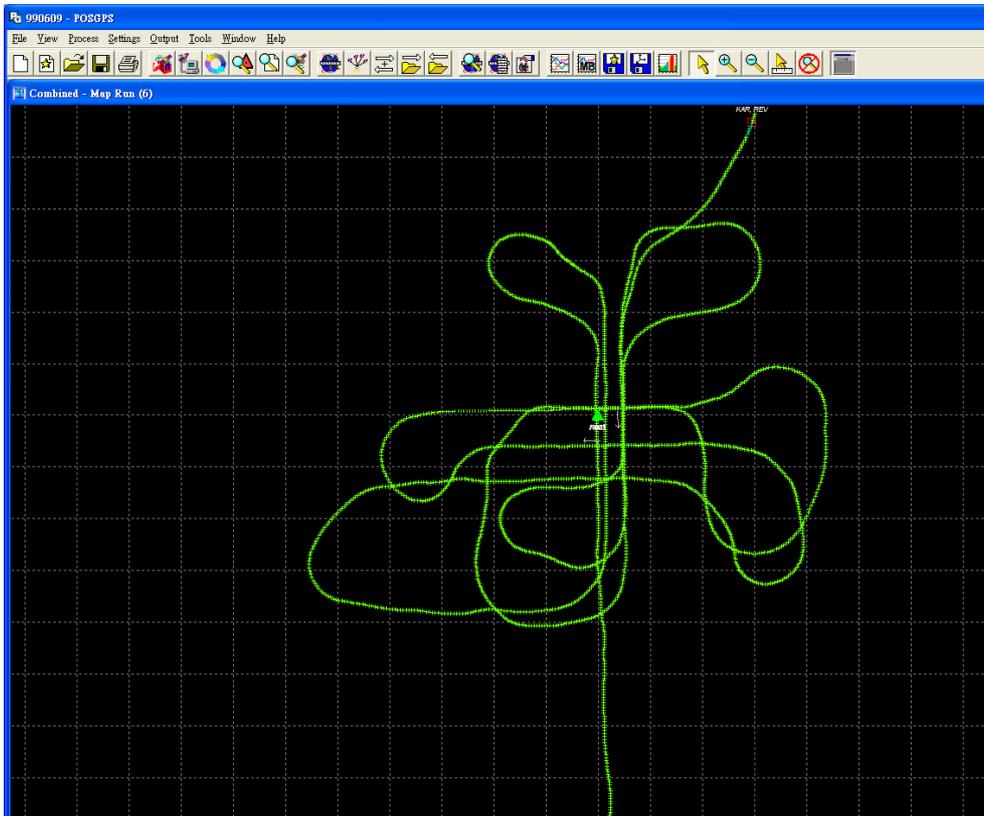
- User Defined Projections: TWD97
- Name: TWD97
- Projection Type: Transverse Mercator (EPSG:9807)
- Linear Unit: Meter
- Angular Unit: DMS
- Origin:
 - Latitude: 0° 0' 0.0 " N
 - Longitude: 121° 0' 0.0 " E
 - False Easting: 250000 m
 - False Northing: m
- Projection dependent properties:
 - Scale: 0.9999

圖 C-1：DashMap 軟體下使用的投影參數畫面圖

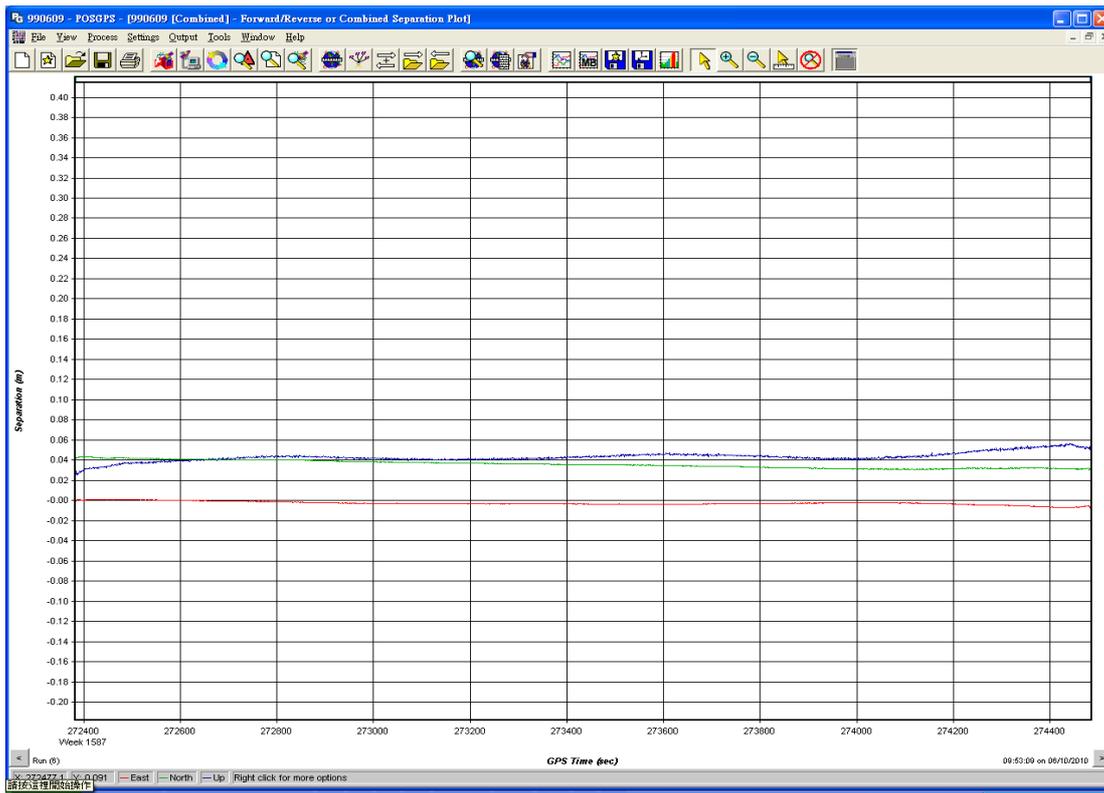
附錄 D



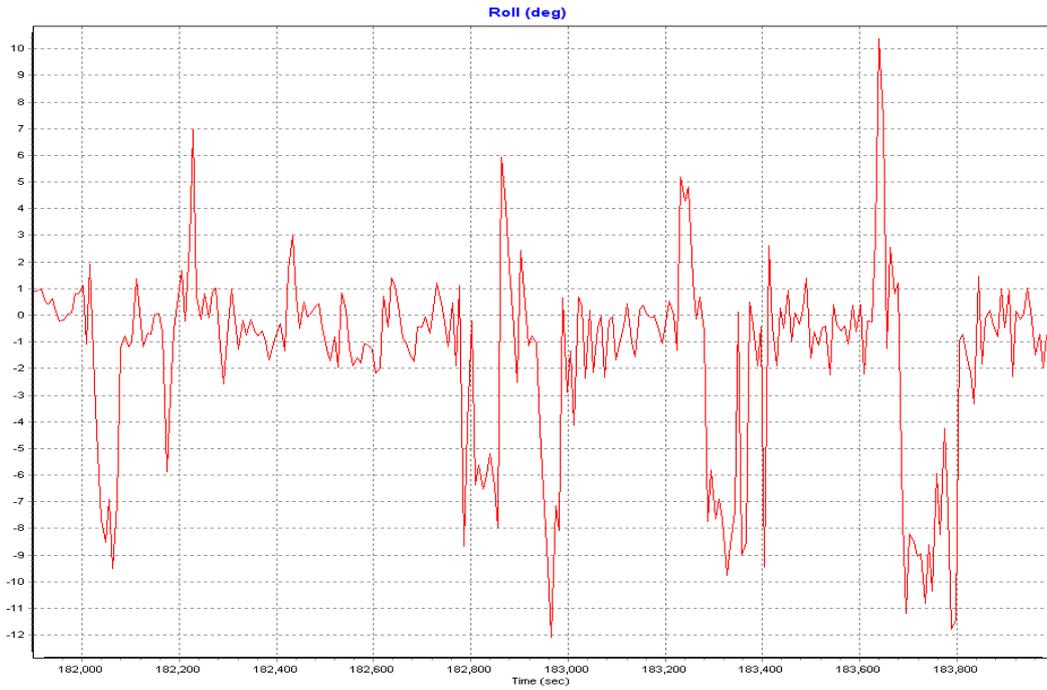
DPOD 值



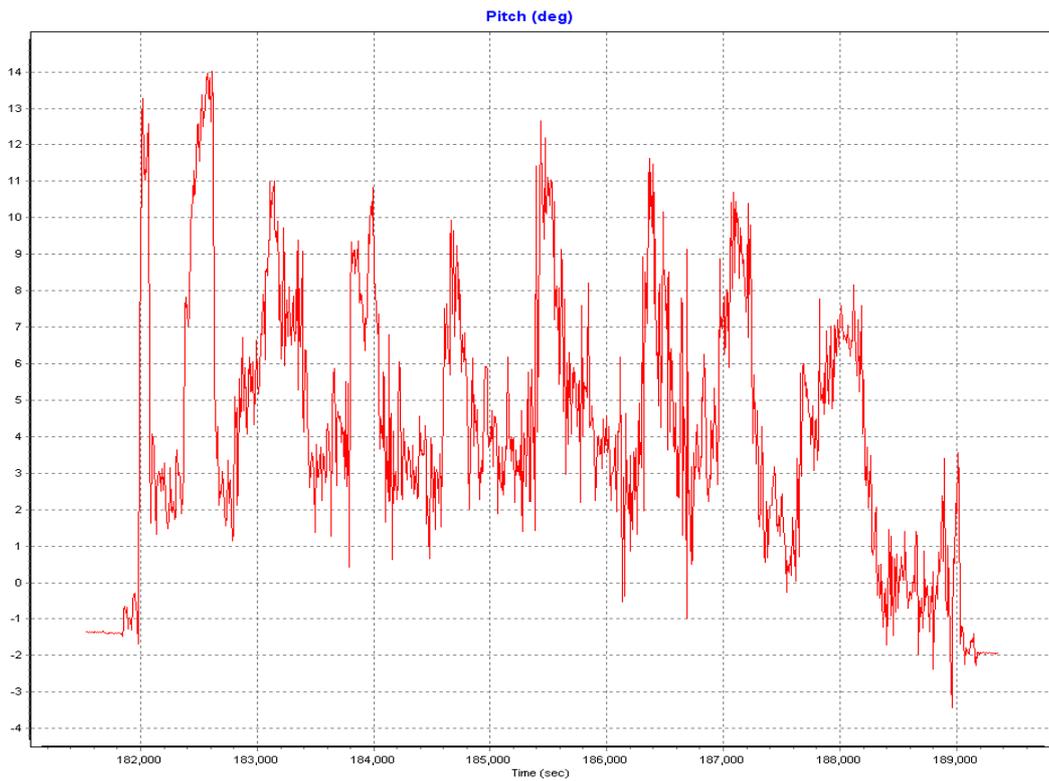
飛航軌跡與基站示意圖



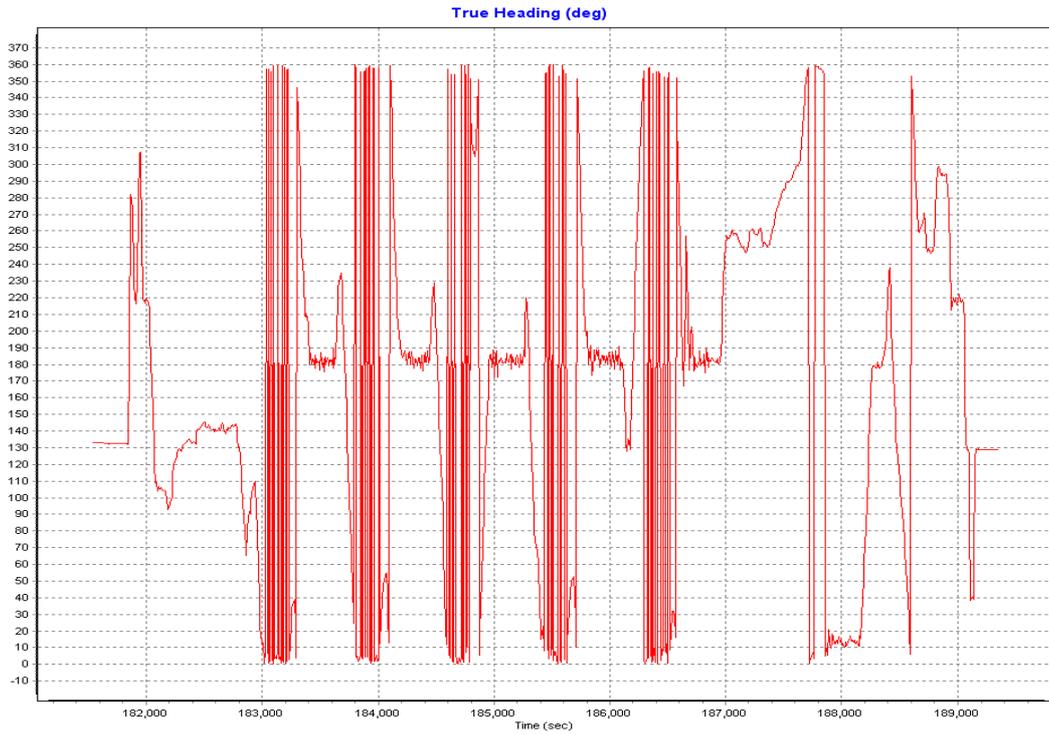
Combined Separation 值成果圖



航線掃描姿態顛簸(pitch)傾角



航線掃描姿態滾動(roll)傾角

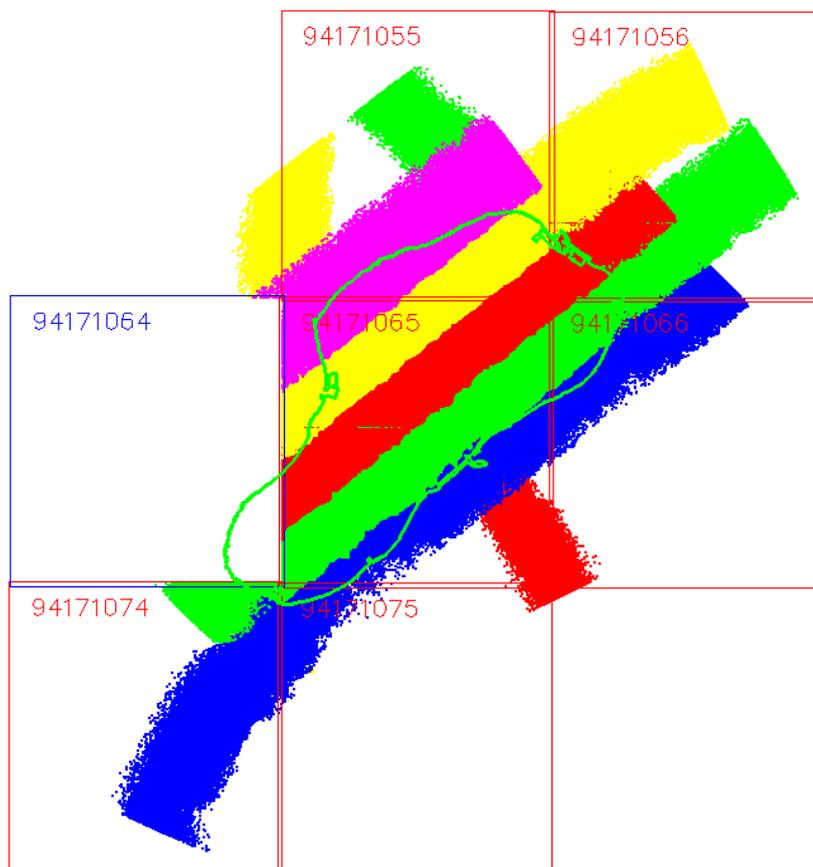


航線掃描姿態偏航(Heading)角

空載 LiDAR 原始點雲產出紀錄表

基本資料						
資料來源： <u>ALTM3070</u>			處理軟體： <u>Realm</u>			
掃描地區： <u>小琉球</u>			掃描日期： <u>99.03.17</u>			
GPS 基站數：2			航帶條數： <u>8</u>			
轉換參數檔： <u>altm_5106.res</u>			航跡檔： <u>Sbet_990317.out</u>			
飛航環境參數						
Altitude		1400m		Temperature		25 · C
Pressure		1013mBr		Flight Heigh		1454m
率定參數						
ScannerScale		1.01570		Heading		0.250 deg
Roll		-0.022 deg		Pitch		-0.0630 deg
雷射測距參數						
Max. Range		5000 m		Min. Range		80 m
Max. Angle		20 deg		Min. Angle		-20 deg
Max. elevation		9999.0 m		Min. elevation		-999.0 m
點雲成果						
編號	長度 (Km)	寬度 (m)	點雲數	密度(點)/m ²	檔 名	雲 Gap Error
Str001	5.1	1072	3001581	1.414	Str001_990317.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str002	5.8	1076	4791923	1.318	Str002_990317.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str003	5.5	1046	6665066	1.479	Str003_990317.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str004	7.1	1048	8147081	1.354	Str004_990317.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str005	7.6	1048	8147081	1.507	Str005_990317.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str006	3.7	769	5818496	1.595	Str006_990317.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str007	4.3	1051	3408599	1.483	Str007_990317.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str008	4.7	1037	3080949	1.315	Str008_990317.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

點雲分佈圖：



全區點雲密度： 1.4 點 /m²

資料產出人： 高玉惠

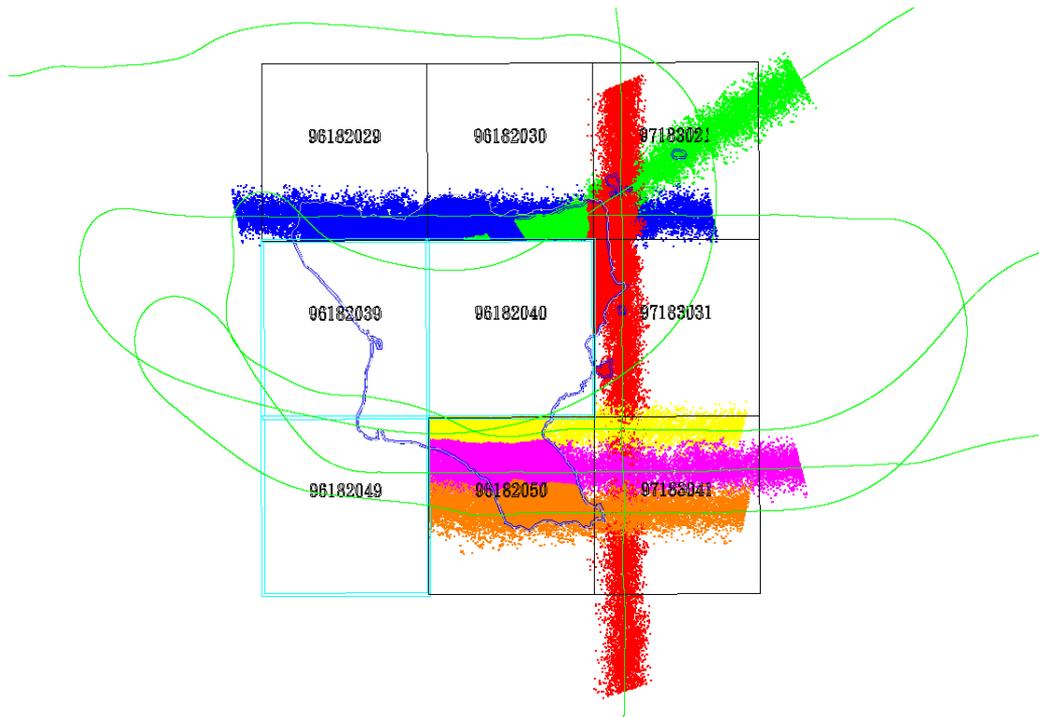
審查人： 林志交

空載 LiDAR 原始點雲產出紀錄表

基本資料						
資料來源： <u>ALTM3070</u>			處理軟體： <u>Realm</u>			
掃描地區： <u>綠島</u>			掃描日期： <u>99.05.23</u>			
GPS 基站數：2			航帶條數： <u>6</u>			
轉換參數檔： <u>altm_5106.res</u>			航跡檔： <u>Sbet_990523.out</u>			
飛航環境參數						
Altitude		1453 m		Temperature		25 · C
Pressure		1013mBr		Flight Heigh		1500 m
率定參數						
ScannerScale		1.01570		Heading		0.250 deg
Roll		-0.022 deg		Pitch		-0.0630 deg
雷射測距參數						
Max. Range		5000 m		Min. Range		80 m
Max. Angle		25 deg		Min. Angle		-25 deg
Max. elevation		9999.0 m		Min. elevation		-999.0 m
點雲成果						
編號	長度 (Km)	寬度 (m)	點雲數	密度(點)/m ²	檔 名	雲 Gap Error
Str001	7.4	753	7279442	1.242	Str001_990523.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str002	4.9	999	9660064	1.315	Str002_990523.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str003	9.5	831	2393374	1.162	Str003_990523.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str004	4.9	954	3418915	1.183	Str004_990523.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str005	5.8	1057	3957578	1.211	Str005_990523.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str006	5.1	995	1554727	1.304	Str006_990523.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

備註：

點雲分佈圖：



全區點雲密度： 1.2 點 /m²

資料產出人： 康哲銓

審查人： 高玉惠

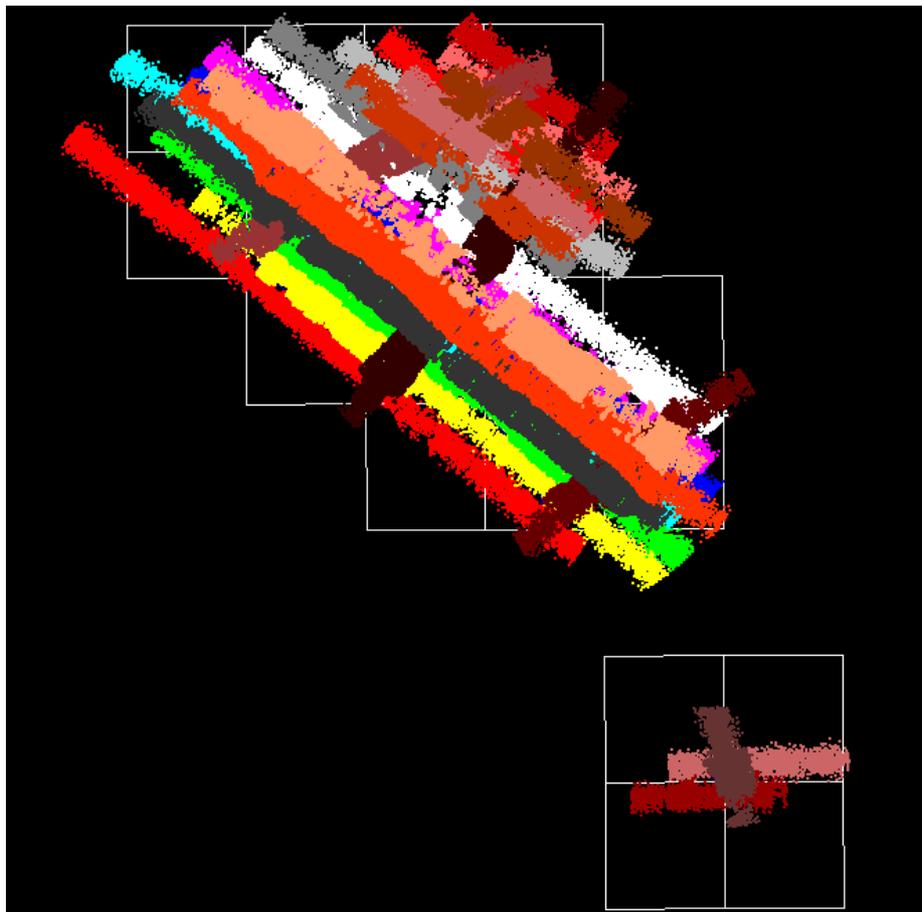
空載 LiDAR 原始點雲產出紀錄表

基本資料						
資料來源： <u>ALTM3070</u>			處理軟體： <u>Realm</u>			
掃描地區： <u>蘭嶼</u>			掃描日期： <u>99.06.08</u>			
GPS 基站數：2			航帶條數： <u>24</u>			
轉換參數檔： <u>altm_5106.res</u>			航跡檔： <u>Sbet_990608.out</u>			
飛航環境參數						
Altitude		1350 m		Temperature		25 · C
Pressure		1013mBr		Flight Heigh		1350m
率定參數						
ScannerScale		1.01570		Heading		0.250 deg
Roll		-0.022 deg		Pitch		-0.0630 deg
雷射測距參數						
Max. Range		5000 m		Min. Range		80 m
Max. Angle		20 deg		Min. Angle		-20 deg
Max. elevation		9999.0 m		Min. elevation		-999.0 m
點雲成果						
編號	長度 (Km)	寬度 (m)	點雲數	密度(點)/m ²	檔 名	雲 Gap Error
Str001	4.6	960	2424668	1.34	Str001_990608.las	□ □ □
Str002	10.6	957	8591734	1.40	Str002_990608.las	□ □ □
Str003	11.6	739	13667856	1.51	Str003_990608.las	□ □ □
Str004	13.9	807	16161056	1.23	Str004_990608.las	□ □ □
Str005	13.5	946	6701784	1.12	Str005_990608.las	■ □ □
Str006	13.2	962	4371889	1.21	Str006_990608.las	■ □ □
Str007	6.8	1021	2654084	1.24	Str007_990608.las	■ □ □
Str008	6.1	1042	1026946	1.19	Str008_990608.las	■ □ □
Str009	5.6	1045	1006810	1.33	Str009_990608.las	■ □ □
Str010	4.2	947	6793942	1.29	Str010_990608.las	■ □ □
Str011	2.1	1046	1026946	1.19	Str011_990608.las	■ □ □
Str012	1.6	1022	6594321	1.27	Str012_990608.las	□ □ □
Str013	1.5	946	3323770	1.12	Str013_990608.las	□ □ □
Str014	1.0	869	2997838	1.16	Str014_990608.las	□ □ □
Str015	8.2	1021	13947480	1.37	Str015_990608.las	□ □ □

Str016	4.0	965	9986503	1.18	Str016_990608.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str017	1.2	858	1325301	1.09	Str017_990608.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str018	6.8	1081	16263871	1.35	Str018_990608.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str019	12.1	1023	14868495	1.57	Str019_990608.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str020	13.7	1026	11585249	1.11	Str020_990608.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str021	13.4	1005	4732019	1.14	Str021_990608.las	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str022	5.4	1108	347996	1.26	Str022_990608.las	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str023	5.0	1043	612317	1.24	Str023_990608.las	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Str024	2.6	956	4018260	1.42	Str024_990608.las	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

備註：

點雲分佈圖：



全區點雲密度： 1.3 點 /m²

資料產出人： 康哲銓

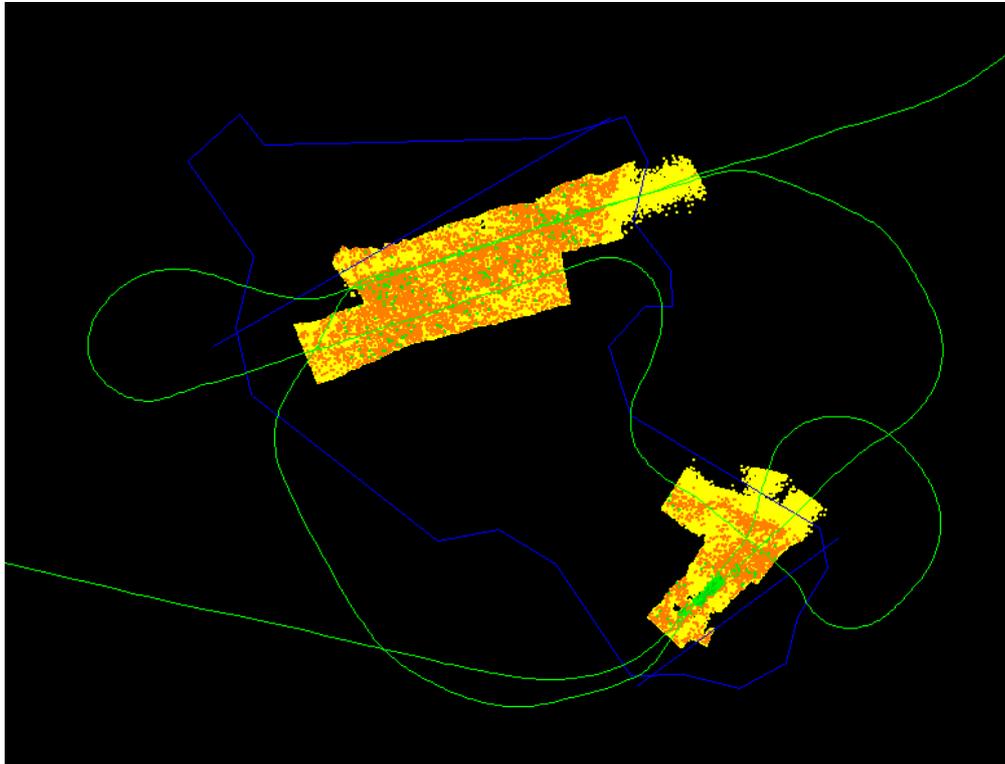
審查人： 林志交

空載 LiDAR 原始點雲產出紀錄表

基本資料						
資料來源： <u>ALTM3070</u>			處理軟體： <u>Realm</u>			
掃描地區： <u>蘭嶼</u>			掃描日期： <u>99.07.14</u>			
GPS 基站數：2			航帶條數： <u>6</u>			
轉換參數檔： <u>altm_5106.res</u>			航跡檔： <u>Sbet_990714.out</u>			
飛航環境參數						
Altitude		1350 m		Temperature		25 · C
Pressure		1013mBr		Flight Heigh		1350m
率定參數						
ScannerScale		1.01570		Heading		0.250 deg
Roll		-0.022 deg		Pitch		-0.0630 deg
雷射測距參數						
Max. Range		5000 m		Min. Range		80 m
Max. Angle		20 deg		Min. Angle		-20 deg
Max. elevation		9999.0 m		Min. elevation		-999.0 m
點雲成果						
編號	長度 (Km)	寬度 (m)	點雲數	密度(點)/m ²	檔 名	雲 Gap Error
Str025	6.3	1100	3224302	1.03	Str001_990608.las	■ □ □
Str026	4.6	885	5909121	1.34	Str002_990608.las	□ □ □
Str027	3.6	1054	3018374	1.21	Str003_990608.las	■ □ □
Str028	5.0	1004	6420666	1.33	Str001_990608.las	□ □ □
Str029	3.3	658	3306984	2.11	Str002_990608.las	■ □ □
Str030	2.1	1119	2578542	1.31	Str003_990608.las	■ □ □
						□ □ □
						□ □ □
						□ □ □
						□ □ □
						□ □ □
						□ □ □
						□ □ □
						□ □ □
						□ □ □

備註：

點雲分佈圖：



全區點雲密度： 1.2 點 /m²

資料產出人： 康哲銓

審查人： 林志交

99 年 7 月 6 日及 7 月 7 日辦理第二期成果外業驗收，依合約書規格需求書第捌項驗收辦法，其方式及標準如下：

實地抽驗地面控制測量成果：小琉球、綠島及蘭嶼地區平面及高程控制點每區各抽取 10% 以上，且每區不少於 4 點（含新設控制點位），以原測量方式進行實地檢測，平面控制點部分以其最小約制平差成果與廠商交付最小約制平差成果作基線全組合比較，基線重複性之水平分量與垂直分量之差值應分別符合 30mm+6PPM（水平）及 75mm+15PPM（垂直）之要求。高程控制點部分以檢測之測段往返平均值與廠商交付之往返平均值相比較，其較差應不大於（K 為測段距離，單位為公里，不足 0.2 公里以 0.2 公里計）。全部抽驗之基線或測段需皆符合規定才算合格。

一、GPS 驗收成果

(一) 小琉球:GPS 檢測及新設點控制作業計檢測 S041(衛星控制點)、T294(三等控制點)、LC05、LC06 與 LC07(一等水準點)等 5 點已知點及新設點位 SL01 與 SL03 等 2 點新設點控制作業。依據驗收規定於 99 年 7 月 6 日實地驗收 T294、SL01、LC07 與 SL03 等 4 點，如表 1 小琉球觀測時段表，觀測網形如圖 1 所示，觀測照片如圖 2 所示。以最小約制平差成果進行比對結果如表 2 所示。均符合驗收規範。

表 1 小琉球 GPS 驗收實際觀測時段表

時段	2010187B	日期	99.07.06	觀測時間	04:30~06:30	
組別	點名	點號	接收儀型式	天線盤型式	斜距(m)	垂距(m)
1	天福	T294	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	1.624	1.624
2		SL01	Trimble 5700	Zephyr GNSS Geodetic Model 2	1.619	1.651
3	大福亭	LC07	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	1.463	1.462
4		SL03	Trimble 5700	Zephyr GNSS Geodetic Model 2	1.018	1.045

表 2 小琉球 GPS 驗收成果比對表

序號	時段代碼	起始測站	結束測站	基線長	驗收實測成果		坐標反算成果		較差絕對值		較差合格標準		合格否
					水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量	
1	2010187B	LC07	SL01	1820.073	1819.981	-2.563	1819.979	-2.549	0.003	0.014	0.041	0.102	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
2	2010187B	LC07	SL03	116.157	116.116	-2.962	116.113	-2.950	0.003	0.012	0.031	0.077	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
3	2010187B	LC07	T294	1304.245	1303.532	41.084	1303.525	41.085	0.007	0.001	0.038	0.095	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
4	2010187B	SL01	SL03	1726.474	1726.387	-0.399	1726.386	-0.401	0.001	0.002	0.040	0.101	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
5	2010187B	T294	SL01	689.823	688.400	-43.647	688.407	-43.634	0.007	0.013	0.034	0.085	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
6	2010187B	T294	SL03	1236.598	1235.751	-44.046	1235.745	-44.035	0.006	0.011	0.037	0.094	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

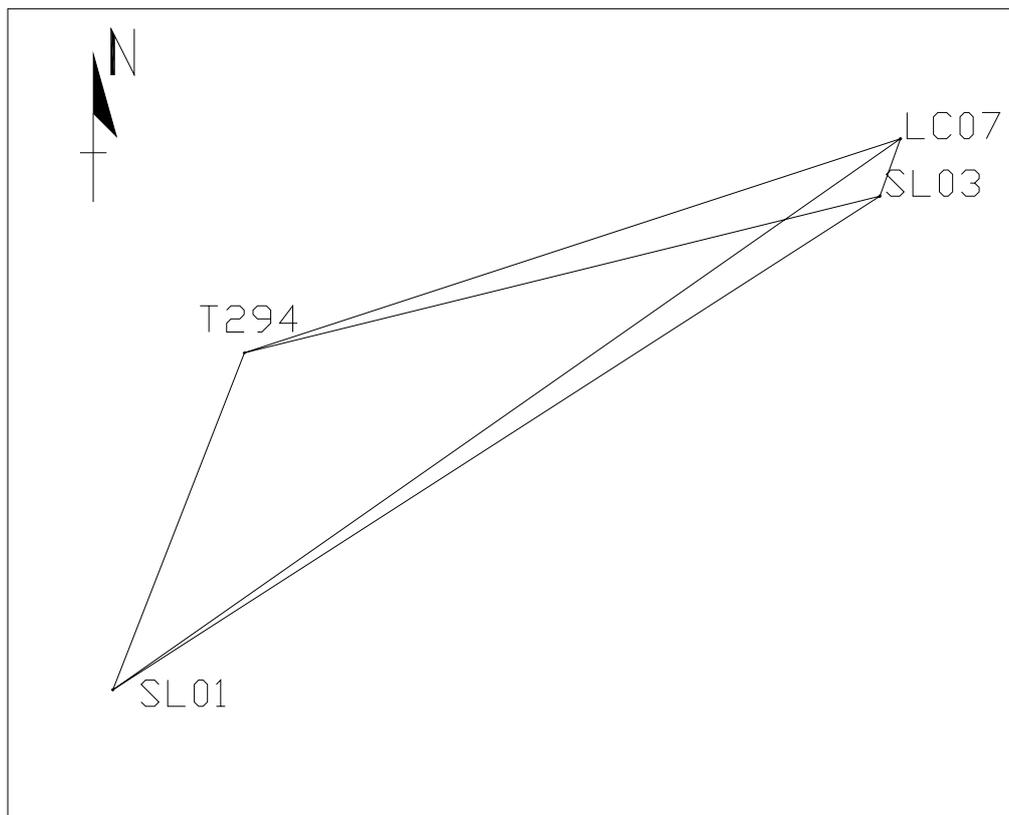


圖 1 小琉球 GPS 驗收實際觀測網形圖



圖 2 小琉球 GPS 驗收實際觀測照片圖

(二) 綠島：GPS 檢測及新設點控制作業計檢測規劃 V215、V227、V243、V245(三等控制點)、LD07、LD08 與 LD09(一等水準點)等 7 點已知點及新設點位 LDA1、LDA2、DA01 與 DA02 等 4 點新設點控制作業。依據驗收規定於 99 年 7 月 6 日實地驗收 V243、LD08、LD07 與 DA01 等 4 點，如表 3 綠島觀測時段表，觀測網形如圖 3 所示，觀測照片如圖 4 所示。以最小約制平差成果進行比對結果如表 4 所示。均符合驗收規範。

表 3 綠島 GPS 驗收實際觀測時段表

時段	2010187A	日期	99.07.06	觀測時間	01:30~03:30	
組別	點名	點號	接收儀型式	天線盤型式	斜距(m)	垂距(m)
1	南寮	V243	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	1.470	1.469
2	公館國小	LD08	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	1.461	1.460
3	觀音洞	LD07	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	1.526	1.525
4		DA01	Trimble 4000SSE	4000SST/SSE L1/L2+GP		0.000

表 4 綠島 GPS 驗收成果比對表

序號	時段代碼	起始測站	結束測站	基線長	驗收實測成果		坐標反算成果		較差絕對值		較差合格標準		合格否
					水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量	
1	2010187A	DA01	LD07	3397.779	3397.350	34.258	3397.342	34.249	0.008	0.009	0.050	0.126	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
2	2010187A	DA01	V243	661.066	658.493	57.626	658.499	57.586	0.006	0.040	0.034	0.085	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
3	2010187A	LD08	DA01	2001.532	2001.397	9.539	2001.359	9.556	0.038	0.017	0.042	0.105	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
4	2010187A	LD08	LD07	1435.216	1434.408	43.797	1434.438	43.805	0.030	0.008	0.039	0.097	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
5	2010187A	LD08	V243	2252.755	2251.618	67.165	2251.575	67.142	0.042	0.023	0.044	0.109	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
6	2010187A	V243	LD07	3534.312	3533.962	-23.368	3533.944	-23.337	0.018	0.031	0.051	0.128	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

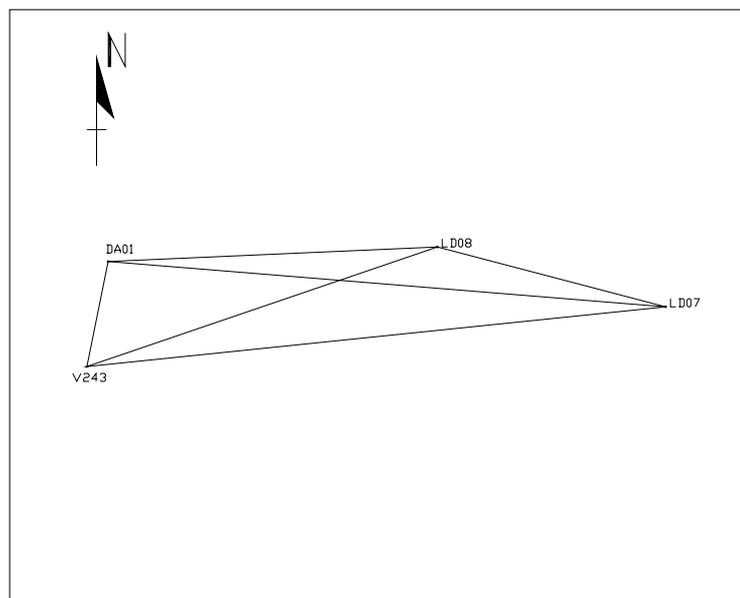


圖 3 綠島 GPS 驗收實際觀測網形圖



圖 4 綠島 GPS 驗收實際觀測照片圖

(三) 蘭嶼：GPS 檢測及新設點控制作業計檢測規劃 V007、V010、V012(三等控制點)、LY01、LY04 與 LY05(一等水準點)等 6 點已知點及新設點位 LA01 與 LA02 等 2 點新設點控制作業。依據驗收規定於 99 年 7 月 7 日實地驗收 V010、LY05、V012 與 LA01 等 4 點，如表 5 蘭嶼觀測時段表，觀測網形如圖 5 所示，觀測照片如圖 6 所示。以最小約制平差成果進行比對結果如表 6 所示。均符合驗收規範。

表 5 蘭嶼 GPS 驗收實際觀測時段表

時段	2010188A	日期	99.07.07	觀測時間	02:30~04:30	
組別	點名	點號	接收儀型式	天線盤型式	斜距(m)	垂距(m)
1	氣象站	V010	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	1.483	1.482
2	忠愛橋	LY05	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	1.593	1.593
3	鋼盔岩	V012	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	1.361	1.359
4		LA01	Trimble 4000SSI	Micro-Centered L1/L2+GP		0.063

表 6 蘭嶼 GPS 驗收成果比對表

序號	時段代碼	起始測站	結束測站	基線長	驗收實測成果		坐標反算成果		較差絕對值		較差合格標準		合格否
					水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量	
1	2010188A	LA01	LY05	3339.215	3338.927	18.920	3338.934	18.881	0.007	0.039	0.050	0.125	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
2	2010188A	LA01	V010	1832.246	1807.970	296.395	1807.949	296.399	0.022	0.004	0.041	0.102	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
3	2010188A	LA01	V012	5794.545	5794.148	11.922	5794.154	11.896	0.006	0.026	0.065	0.162	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
4	2010188A	LY05	V012	3215.800	3215.593	-6.998	3215.583	-6.985	0.010	0.013	0.049	0.123	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
5	2010188A	V010	LY05	3260.220	3248.096	-277.475	3248.092	-277.518	0.004	0.043	0.050	0.124	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
6	2010188A	V010	V012	4675.227	4666.135	-284.473	4666.153	-284.503	0.018	0.030	0.058	0.145	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

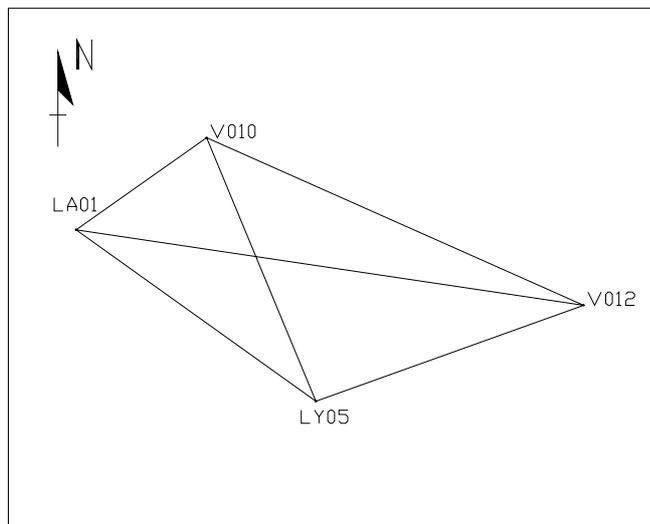


圖 5 蘭嶼 GPS 驗收實際觀測網形圖



圖 6 蘭嶼 GPS 驗收實際觀測照片圖

二、水準驗收成果

(一) 小琉球：計檢測 LC05→LC06 與 LC06→LC07(一等水準點)等 3 點已知高程點及與新設點位 LC06→SL01 與 LC07→SL03 等 2 點新設點高程控制作業。依據驗收規定於 99 年 7 月 6 日實地驗收 LC07→SL03 與 LC06→SL01 等 2 段。成果進行比對結果如表 7 所示，觀測計算成果如表 8 所示，外業觀測照片如圖 7 所示。均符合驗收規範。



圖 7 小琉球水準驗收照片圖

表 7 小琉球水準驗收成果比對表

序號	起始測站	結束測站	距離(km)	驗收高程差(m)	成果高程差(m)	高程差較差絕對值(mm)	較差合格標準(8mm \sqrt{K})	合格否	備註
1	LC07	SL03	0.157	-2.94703	-2.94848	1.450	3.169	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	小琉球
2	LC06	SL01	0.311	-10.45139	-10.45471	3.320	4.462	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	小琉球

(二) 綠島：計檢測 LD09→LDA1→LD01 與 LD01→LDA2→LD02 等測段高程測量作業。依據驗收規定於 99 年 7 月 6 日實地驗收 LD01→LD09 測段。成果進行比對結果如表 9 所示，觀測計算成果

如表 10 所示，外業觀測照片如圖 8 所示。均符合驗收規範。

表 8 小琉球水準驗收成果計算表

工程名稱：98年度以空載光達技術建立數值地形模型工作驗收測量人員：粘廷菘								
工程編號：小琉球		測量期間：990706			測量儀器：DINI-12			
點號	距離		標尺讀數			配賦值 (mm)	高程 (m)	備註 (平均值)
	後視	前視	後視	間視	前視			
LC07	28.62	0.00	1.33556		往程觀測		5.06951	
	11.23	9.39	0.34432		2.39759	-0.51	4.00697	
	29.45	21.09	0.56437		1.97718	-0.43	2.37368	
	14.24	23.03	1.26164		1.30078	-0.70	1.63656	
SL03	0.00	26.13	0.00000		0.77666	-0.54	2.12100	
SL03	26.36	0.00	0.78641		返程觀測		2.12100	
	23.96	24.28	1.80332		1.26463	0.26	1.64304	
	9.28	24.18	2.69418		0.90774	0.25	2.53886	
	13.94	11.11	2.44607		0.51159	0.10	4.72156	
LC07	0.00	17.57	0.00000		2.09828	0.16	5.06951	
往程觀測高差= -2.94632m 返程觀測高差= 2.94774m 平均觀測高差= -2.94703m								
觀測平均距離= 0.16 Km 觀測精度= 3.58 mm vK 已知點高程差= -2.94851m								
閉合差= 1.48mm 閉合精度= 3.74 mm vK								
LC06	21.97	0.00	0.92802		往程觀測		13.03517	
	16.94	28.38	0.34776		2.66654	-0.74	11.29591	
	27.42	14.07	0.62461		2.63657	-0.45	9.00665	
	7.05	27.30	0.33111		2.62912	-0.80	7.00134	
	7.41	5.46	0.35451		2.32279	-0.18	5.00948	
	6.70	7.46	0.54386		2.64625	-0.22	2.71752	
	28.05	8.52	1.36129		1.92696	-0.22	1.33420	
	28.47	25.33	1.58385		1.49326	-0.78	1.20144	
	4.67	24.04	1.54040		1.50238	-0.77	1.28215	
	7.34	7.12	2.35192		1.50703	-0.17	1.31534	
SL01	0.00	8.67	0.00000		1.08703	-0.23	2.58000	
SL01	8.36	0.00	1.08447		返程觀測		2.58000	
	6.29	7.51	1.48036		2.34957	0.15	1.31505	
	31.09	5.14	1.48498		1.51346	0.11	1.28206	
	24.23	27.43	1.49464		1.57663	0.56	1.19098	
	10.57	21.90	2.21938		1.34504	0.45	1.34102	
	7.05	6.89	2.66858		0.68917	0.17	2.87140	
	6.91	8.06	2.69072		0.31534	0.15	5.22479	
	25.76	6.72	2.21317		0.45936	0.13	7.45628	
	11.11	23.94	2.35855		0.71725	0.48	8.95268	
	23.54	14.32	2.55115		0.36621	0.25	10.94526	
LC06	0.00	33.06	0.00000		0.46179	0.55	13.03517	
往程觀測高差= -10.45060m 返程觀測高差= 10.45218m 平均觀測高差= -10.45139m								
觀測平均距離= 0.31 Km 觀測精度= 2.83 mm vK 已知點高程差= -10.45517m								
閉合差= 3.78mm 閉合精度= 6.78 mm vK								

表 9 綠島水準驗收成果比對表

序號	起始測站	結束測站	距離(km)	驗收高程差(m)	成果高程差(m)	高程差較差絕對值 (mm)	較差合格標準 (8mm/√K)	合格否	備註
1	LD01	LD09	1.741	4.03040	4.03253	2.130	10.555	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	綠島

表 10 綠島水準驗收成果計算表

工程編號：綠島		測量期間：990706				測量儀器：DINI-12		
點號	距離		標尺讀數			配賦值 (mm)	高程 (m)	備註 (平均值)
	後視	前視	後視	間視	前視			
LD01	6.63	0.00	1.69684		往程觀測		3.84020	
	53.55	18.99	2.03291		1.41049	0.00	4.12655	
	51.70	48.44	2.08298		0.89526	0.02	5.26422	
	45.74	52.95	0.91538		1.01963	0.02	6.32759	
	49.16	50.63	1.74893		1.51496	0.02	5.72803	
	49.57	51.33	1.38498		1.86862	0.02	5.60836	
	53.82	60.69	1.44443		1.42721	0.02	5.56615	
	45.37	55.88	1.58103		0.91850	0.02	6.09210	
	45.15	42.21	1.39842		0.98532	0.02	6.68783	
	44.42	47.79	1.04990		1.41755	0.02	6.66871	
	46.39	46.80	1.24978		1.55003	0.02	6.16860	
	54.55	43.24	1.22857		1.48226	0.02	5.93614	
	44.86	50.58	1.36132		1.75953	0.02	5.40519	
	44.41	43.79	1.49077		1.43550	0.02	5.33103	
	40.92	42.12	1.78019		1.03778	0.02	5.78404	
	51.32	35.99	1.09809		0.77343	0.01	6.79081	
	42.32	56.27	1.17223		1.63221	0.02	6.25671	
	22.64	42.90	2.12974		0.82890	0.02	6.60006	
	53.14	27.58	1.20668		0.60047	0.01	8.12934	
	14.72	46.86	1.48991		1.34095	0.02	7.99508	
LD09	0.00	17.38	0.00000		1.61013	0.01	7.87487	
LD09	17.45	0.00	1.59130		返程觀測		7.87487	
	48.10	23.61	1.46513		1.52634	-0.19	7.93964	
	23.24	47.25	0.55392		1.29325	-0.45	8.11107	
	39.77	31.81	0.90738		2.21025	-0.26	6.45447	
	38.14	36.19	1.48357		1.22513	-0.36	6.13637	
	43.14	35.08	1.59152		1.05079	-0.35	6.56880	
	43.93	36.36	0.74598		1.87435	-0.38	6.28559	
	50.28	43.05	1.44874		1.63537	-0.41	5.39579	
	40.02	45.58	1.50781		1.54402	-0.45	5.30006	
	48.76	42.83	1.38545		0.94820	-0.39	5.85928	
	49.19	38.90	1.67039		1.33305	-0.41	5.91126	
	57.07	44.21	1.82493		1.25059	-0.44	6.33062	
	59.48	39.73	1.20928		1.34217	-0.46	6.81292	
	57.43	46.86	0.93567		1.75331	-0.50	6.26839	
	51.81	49.91	1.23157		1.50942	-0.51	5.69413	
	64.41	55.84	1.75285		1.25842	-0.51	5.66677	
	56.17	48.67	1.18137		1.46303	-0.53	5.95606	
	52.02	48.30	1.30596		0.91483	-0.49	6.22211	
	52.73	47.25	0.87318		2.15089	-0.47	5.37671	
	22.87	38.10	1.17287		1.90646	-0.43	4.34300	
LD01	0.00	23.08	0.00000		1.67545	-0.22	3.84020	
往程觀測高差= 4.03435m 返程觀測高差= -4.02645m 平均觀測高差= 4.03040m 觀測平均距離= 1.74 Km 觀測精度= 5.99 mm vK 已知點高程差= 4.03467m 閉合差= -4.27mm 閉合精度= 3.24 mm vK								



圖 8 綠島水準驗收照片圖

(三) 蘭嶼：計檢測 LY04→LY05 測段高程測量作業。依據驗收規定於 99 年 7 月 7 日實地驗收 LY04→LY05 測段。成果進行比對結果如表 11 所示，觀測計算成果如表 12 及表 13 所示，外業觀測照片如圖 9 所示。均符合驗收規範。

表 11 蘭嶼水準驗收成果比對表

序號	起始測站	結束測站	距離(km)	驗收高程差(m)	成果高程差(m)	高程差較差絕對值(mm)	較差合格標準(8mm/√K)	合格否	備註
1	LY04	LY05	1.507	25.46962	25.46561	4.010	9.819	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	蘭嶼



圖 9 蘭嶼水準驗收照片圖

表 12 蘭嶼水準驗收成果計算表

工程名稱：98年度以空載光達技術建立數值地形模型工作驗收測量人員：李易樺								
工程編號：蘭嶼 測量期間：990707 測量儀器：DINI-12								
點 號	距 離		標 尺 讀 數			配賦值 (mm)	高 程 (m)	備 註 (平均值)
	後視	前視	後視	間視	前視			
LY04	15.15	0.00	1.84559		往程觀測		17.00100	
	7.12	11.58	0.28072		2.82232	0.07	16.02434	
	23.87	9.74	0.37236		2.75005	0.04	13.55505	
	21.50	45.59	0.79554		2.92175	0.18	11.00584	
	31.89	27.51	0.50494		2.09753	0.12	9.70397	
	43.87	30.08	0.94175		2.24712	0.16	7.96195	
	40.24	44.85	1.26667		1.57506	0.22	7.32886	
	19.15	26.39	2.09601		0.71912	0.17	7.87658	
	46.65	58.63	0.52117		1.65551	0.20	8.31728	
	55.65	47.12	1.24486		1.96745	0.24	6.87123	
	44.09	51.32	1.31222		1.54608	0.27	6.57029	
	46.24	49.06	1.98692		0.64425	0.24	7.23849	
	50.15	52.03	2.39978		0.76218	0.25	8.46348	
	23.55	34.20	2.57005		0.14913	0.21	10.71434	
	14.41	15.41	2.69456		0.24948	0.10	13.03501	
	12.08	11.25	2.66975		0.32004	0.06	15.40960	
	12.35	9.41	2.68609		0.20291	0.05	17.87649	
	12.01	9.28	2.66585		0.13927	0.05	20.42337	
	10.90	9.31	2.75047		0.29752	0.05	22.79175	
	11.06	9.84	2.61152		0.11750	0.05	25.42477	
	22.84	12.61	2.67876		0.18469	0.06	27.85166	
	23.88	24.07	2.69290		0.26614	0.12	30.26440	
	15.24	16.36	2.80888		0.17901	0.10	32.77839	
	13.16	9.37	2.81418		0.28851	0.06	35.29883	
	14.19	14.57	2.31123		0.15364	0.07	37.95944	
	13.19	11.99	2.65042		0.31272	0.07	39.95801	
	33.28	14.83	2.06990		0.57977	0.07	42.02873	
	55.30	44.93	1.57875		1.65029	0.20	42.44854	
	20.35	34.84	1.38446		1.21802	0.23	42.80950	
LY05	0.00	15.72	0.00000		1.72039	0.09	42.47366	
觀測距離= 1.51Km 觀測高差= 25.46885m 已知點高程差= 25.47266m								
閉合差= 3.81mm 閉合精度= 3.11 mm vK								

表 13 蘭嶼水準驗收成果計算表

工程名稱：98年度以空載光達技術建立數值地形模型工作驗收測量人員：李易樺								
工程編號：蘭嶼 測量期間：990707 測量儀器：DINI-12								
點 號	距 離		標 尺 讀 數			配賦值 (mm)	高 程 (m)	備 註 (平均值)
	後視	前視	後視	間視	前視			
LY05	15.52	0.00	1.79628		往程觀測		42.47366	
	38.52	20.54	1.21102		1.45989	-0.05	42.81000	
	33.20	37.19	1.55457		1.60322	-0.11	42.41768	
	19.62	33.46	0.76931		1.16257	-0.10	42.80958	
	10.13	20.07	0.50235		2.23893	-0.06	41.33990	
	12.44	9.48	0.50546		2.33117	-0.03	39.51105	
	12.29	18.28	0.09757		2.81479	-0.05	37.20168	
	11.18	12.65	0.20535		2.77435	-0.04	34.52486	
	13.02	13.89	0.44882		2.45478	-0.04	32.27539	
	22.76	17.78	0.47515		2.28666	-0.05	30.43750	
	11.27	23.30	0.47078		2.64659	-0.07	28.26599	
	8.65	12.15	0.35460		2.61720	-0.04	26.11954	
	8.94	12.35	0.20701		2.95145	-0.03	23.52266	
	8.56	11.68	0.39849		2.64538	-0.03	21.08426	
	9.72	11.71	0.28529		2.81334	-0.03	18.66938	
	10.46	10.49	0.25234		2.60072	-0.03	16.35392	
	12.97	13.49	0.33975		2.62798	-0.04	13.97824	
	20.75	12.96	0.21793		2.29009	-0.04	12.02786	
	31.13	18.68	0.45484		2.14432	-0.06	10.10141	
	41.68	44.04	1.16137		2.16963	-0.11	8.38651	
	25.30	37.73	0.60963		1.92348	-0.12	7.62428	
	43.70	38.26	1.37405		1.63707	-0.10	6.59674	
	48.10	42.44	1.43556		1.18106	-0.13	6.78960	
	47.05	38.18	1.75471		1.01648	-0.13	7.20855	
	44.82	25.73	1.50912		0.54807	-0.11	8.41508	
	13.74	23.92	0.67408		1.63672	-0.10	8.28738	
	57.00	25.66	1.97564		1.73908	-0.06	7.22232	
	29.88	51.82	2.32668		1.45673	-0.16	7.74107	
	33.76	22.85	2.22589		0.78753	-0.08	9.28014	
	36.18	35.26	2.49484		0.50196	-0.10	11.00396	
	13.65	27.24	2.47207		0.55238	-0.10	12.94633	
	7.93	7.05	2.67200		0.32075	-0.03	15.09762	
	7.79	7.91	1.19255		0.35412	-0.02	17.41547	
LY04	0.00	7.98	0.00000		1.60700	-0.02	17.00100	
觀測距離= 1.51Km 觀測高差= -25.47039m 已知點高程差= -25.47266m								
閉合差= -2.27mm 閉合精度= 1.85 mm vK								

99 年 10 月 26 日至 10 月 29 日辦理第三期成果外業驗收，依合約書規格需求書第捌項驗收辦法，其方式及標準如下：

實地抽驗地面檢核點位：小琉球、綠島及蘭嶼地區至少各抽取 50 個地面檢核點位，儘可能分布於各圖幅及不同覆蓋分區，利用 GPS 儀器或全測站經緯儀至實地測量坐標及高程，並與所繳交之 DEM 成果作比較，精度應符合本規格需求書規定才算合格。

高程精度標準以基本精度加上地形類別及地表植被覆蓋情形之精度調整參數而得，計算公式如下：

$$\sigma = a + b + c \cdot t$$

式中 a 為基本精度；

b 為地形類別調整參數；

c 為地表植被覆蓋情形調整參數；

t 為地表植被平均高度。

本案定義 a 為 0.3 公尺。

地形類別調整參數 b (單位 m) 如表 1：

表 1：地形類別及其調整參數對照表

地形類別	b
平地	0.0
丘陵	0.2
山地	0.5
陡峭山地	1.0

地表植被覆蓋情形調整參數 c (無單位)：

表 2：地表植被覆蓋類別及其調整參數對照表

植被覆蓋類別	c
裸露地	0.0
植生地	0.2
林地	0.3
密林地	0.5

一、小琉球：實地抽驗地面檢核點位計抽驗都會區 10 點、溼地 4 點、裸露

地 14 點、矮植被 5 點、植生地 9 點、林地 6 點、高程點 8 點，合計共 56 點，統計比對成果如表 3 所示，觀測照片如圖 1 所示。均符合驗收規範。

表 3 小琉球實地抽驗地面檢核點位驗收成果比對表

點位	檢核E坐標(m)	檢核N坐標(m)	檢核高程Z1(m)	成果高程Z2(m)	高程較差 Dz=Z2-Z1(m)	植被覆蓋	地形類別	a	b	c	t	精度規範σm
都會區												
U002	186136.743	2472502.252	32.014	32.097	0.083	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U003	186127.114	2472484.240	32.738	32.848	0.110	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U004	186362.611	2472494.917	32.456	32.487	0.031	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U005	186556.643	2472461.246	29.058	29.161	0.103	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U006	186781.392	2472398.721	27.380	27.385	0.005	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U007	183940.728	2470043.468	69.053	69.072	0.019	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U008	183948.602	2470092.102	69.589	69.597	0.008	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U010	184959.287	2471934.123	55.914	55.980	0.066	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U011	185426.570	2472793.497	46.518	46.628	0.110	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U012	186234.851	2472839.502	36.830	36.859	0.029	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	10	平均值	0.056	RMSE	0.070							合格
溼地												
W001	186917.839	2472529.140	24.163	24.150	-0.013	溼地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
W002	184706.631	2469764.220	22.578	22.639	0.061	溼地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
W003	184673.235	2469731.171	22.471	22.535	0.064	溼地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
W004	184655.514	2469722.312	22.674	22.890	0.216	溼地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	4	平均值	0.088	RMSE	0.117							合格
裸露地												
B001	186819.431	2472466.875	26.397	26.399	0.002	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B002	185024.393	2471148.716	64.696	64.931	0.235	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B003	185794.326	2470958.440	22.927	22.948	0.021	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B005	185290.884	2470498.668	27.028	27.115	0.087	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B006	185002.954	2471119.059	65.256	65.086	-0.170	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B007	185066.239	2472076.384	58.632	58.658	0.026	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B007A	184978.111	2471085.903	64.898	65.134	0.236	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B008	185071.828	2472132.440	58.648	58.620	-0.028	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B009	184885.276	2472403.486	53.558	53.598	0.040	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B010	185168.366	2472677.722	37.619	37.628	0.009	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B011	185129.569	2472664.707	36.888	36.928	0.040	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B012	185793.733	2472972.336	44.823	44.816	-0.007	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B013	185843.274	2472128.001	61.395	61.426	0.031	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B014	185776.620	2472090.733	63.256	63.393	0.137	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	14	平均值	0.076	RMSE	0.111							合格
矮植被												
L001	185824.441	2470944.309	22.723	22.791	0.068	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L002	185805.905	2470994.499	23.485	23.695	0.210	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L003	184653.549	2469785.933	27.685	27.709	0.024	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L004	184691.216	2469782.575	26.381	26.422	0.041	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L009	185167.228	2471424.105	70.352	70.472	0.120	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	5	平均值	0.093	RMSE	0.114							合格
植生地												
V002	186775.264	2472367.728	27.110	27.416	0.306	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	1.0	0.5
V003	185758.193	2471001.312	27.617	27.954	0.337	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	1.0	0.5
V004	185284.461	2470523.220	27.299	27.435	0.136	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	1.0	0.5
V005	185124.492	2470367.532	36.183	36.335	0.152	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	1.0	0.5
V007	183930.571	2470019.283	69.061	69.203	0.142	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	1.0	0.5
V010	185056.094	2471171.855	63.308	63.521	0.213	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	2.0	0.7
V013	185015.626	2471911.825	57.303	57.396	0.093	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	2.0	0.7
V014	185091.022	2472095.253	60.121	60.046	-0.075	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	2.0	0.7
V015	184931.249	2472407.253	55.379	55.567	0.188	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	2.0	0.7
點數	9	平均值	0.182	RMSE	0.201							合格
林地												
F001	186327.876	2472709.719	28.968	28.894	-0.074	林地	平地	0.3	0.0	0.2	1.5	0.6
F002	186355.803	2472473.215	33.105	33.201	0.096	林地	平地	0.3	0.0	0.2	2.0	0.7
F003	186943.877	2472502.983	26.313	26.383	0.070	林地	平地	0.3	0.0	0.2	4.0	1.1
F004	185030.199	2471183.424	66.113	66.358	0.245	林地	平地	0.3	0.0	0.2	4.0	1.1
F005	184361.850	2470156.280	45.888	46.242	0.354	林地	平地	0.3	0.0	0.2	7.0	1.7
F008	185142.508	2471451.190	73.547	73.738	0.191	林地	平地	0.3	0.0	0.2	3.0	0.9
點數	6	平均值	0.172	RMSE	0.201							合格
高程點												
LP01	185275.119	2470464.285	26.422	26.498	0.076	高程點	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP02	185275.568	2470438.692	24.808	24.944	0.136	高程點	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP03	185248.330	2470461.310	27.085	27.042	-0.043	高程點	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP04	185230.241	2470433.911	26.564	26.508	-0.056	高程點	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP05	185231.397	2470420.030	25.502	25.530	0.028	高程點	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP07	185132.457	2471432.794	69.914	69.949	0.035	高程點	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP08	185148.859	2471412.775	67.852	67.924	0.072	高程點	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP09	185167.228	2471424.105	70.352	70.472	0.120	高程點	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	8	平均值	0.071	RMSE	0.080							合格
總點數	56											



圖 1 小琉球實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖



圖 1 小琉球實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 1 小琉球實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 1 小琉球實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 1 小琉球實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 1 小琉球實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 1 小琉球實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)

二、綠島：實地抽驗地面檢核點位計抽驗都會區 9 點、溼地 5 點、裸露地 29 點、矮植被 11 點、植生地 12 點，合計共 66 點，統計比對成果如表 4 所示，觀測照片如圖 2 所示。均符合驗收規範。

表 4 綠島實地抽驗地面檢核點位驗收成果比對表

點位	檢核E坐標(m)	檢核N坐標(m)	檢核高程Z1(m)	成果高程Z2(m)	高程較差 Dz=Z2-Z1(m)	植被覆 蓋	地形類 別	a	b	c	t	精度規範cm
都會區												
U10	298476.199	2508305.237	32.566	32.582	0.016	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U12	298560.517	2508309.722	33.645	33.716	0.071	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U23	299153.725	2508310.654	34.037	34.075	0.038	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U25	299202.613	2508306.632	33.352	33.399	0.047	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U29	299392.877	2508348.225	29.381	29.375	-0.006	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U35	299651.698	2508545.603	30.598	30.581	-0.017	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U42	299927.563	2508619.301	29.694	29.687	-0.007	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U50	300204.728	2508586.400	29.844	29.949	0.105	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
U59	301799.907	2504189.430	35.323	35.485	0.162	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	9	平均值	0.052	RMSE	0.072							合格
溼地												
W54	301900.295	2504213.175	27.244	27.354	0.110	溼地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
W55	301923.790	2504147.057	26.555	26.830	0.275	溼地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
W56	301871.930	2504236.334	27.281	27.358	0.077	溼地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
W57	301858.300	2504274.963	27.027	27.303	0.096	溼地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
W58	301846.603	2504305.309	27.097	27.176	0.079	溼地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	5	平均值	0.127	RMSE	0.148							合格
裸露地												
B01	301800.070	2504166.560	34.469	34.676	0.207	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B02	301804.399	2504144.266	34.128	34.267	0.139	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B03	301805.182	2504119.101	34.104	34.165	0.061	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B04	301781.115	2504194.670	35.829	35.891	0.062	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B06	301713.278	2504195.774	36.726	36.830	0.104	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B07	301827.646	2504233.110	31.834	31.937	0.103	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B11	298510.419	2508309.362	32.997	33.061	0.064	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B13	298610.619	2508288.835	33.402	33.441	0.039	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B14	298645.989	2508265.482	33.553	33.620	0.067	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B15	298751.846	2508276.296	36.024	36.078	0.054	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B17	298848.321	2508286.783	34.923	34.934	0.011	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B19	298930.419	2508292.014	35.343	35.389	0.046	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B22	299087.001	2508306.074	36.330	36.340	0.010	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B28	299325.722	2508330.922	30.768	30.861	0.093	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B31	299455.241	2508401.376	29.583	29.602	0.019	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B34	299584.460	2508496.492	30.336	30.274	-0.062	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B37	299692.804	2508586.014	30.172	30.158	-0.014	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B39	299744.660	2508614.713	30.302	30.268	-0.034	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B40	299811.608	2508645.155	30.261	30.239	-0.022	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B43	299933.709	2508629.073	29.037	29.049	0.012	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B46	300011.068	2508622.145	28.816	28.804	-0.012	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B48	300096.732	2508601.688	29.136	29.115	-0.021	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B52	301804.072	2504142.190	34.101	34.262	0.161	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B53	301835.981	2504152.930	33.818	34.027	0.209	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B61	301720.932	2504196.306	36.619	36.732	0.113	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B62	301826.900	2504222.106	32.189	32.274	0.085	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B65	301780.158	2504373.602	31.571	31.644	0.073	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B68	301753.738	2504440.109	31.267	31.344	0.077	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
B70	301725.560	2504511.380	30.956	30.965	0.009	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	29	平均值	0.068	RMSE	0.088							合格
矮植被												
L20	299021.388	2508292.726	35.173	35.333	0.160	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L21	299081.456	2508293.956	36.172	36.182	0.010	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L24	299185.532	2508305.315	33.114	33.229	0.115	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L26	299238.059	2508330.190	32.207	32.439	0.232	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L27	299277.212	2508331.596	31.764	31.804	0.040	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L38	299754.601	2508607.119	29.706	29.788	0.082	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L41	299887.154	2508625.243	30.154	30.191	0.037	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L44	299980.175	2508628.445	28.563	28.561	-0.002	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L47	300038.874	2508617.900	29.078	29.140	0.062	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L49	300180.225	2508583.288	29.066	29.257	0.191	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
L51	300215.229	2508577.318	29.929	30.015	0.086	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	11	平均值	0.092	RMSE	0.117							合格
植生地												
V08	301808.701	2504276.933	31.320	31.598	0.278	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	1.0	0.5
V09	301784.280	2504344.232	31.609	31.905	0.296	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	1.0	0.5
V18	298888.388	2508295.553	35.036	35.156	0.120	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.5	0.4
V30	299449.088	2508385.394	29.585	29.574	-0.011	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.3	0.36
V32	299496.251	2508420.011	29.427	29.632	0.205	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.3	0.36
V45	299972.498	2508614.624	28.841	28.849	0.008	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.1	0.32
V60	301743.933	2504178.426	36.606	36.975	0.369	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.3	0.36
V63	301803.742	2504293.382	31.296	31.602	0.306	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.3	0.36
V64	301787.863	2504326.836	31.650	31.862	0.212	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.3	0.36
V66	301761.912	2504392.578	31.319	31.611	0.292	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.5	0.4
V67	301755.816	2504413.526	31.248	31.397	0.149	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	1.0	0.5
V69	301729.145	2504482.786	31.182	31.334	0.152	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	1.0	0.5
點數	12	平均值	0.200	RMSE	0.229							合格
總點數	66											



圖 2 綠島實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖



圖 2 綠島實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 2 綠島實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 2 綠島實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)

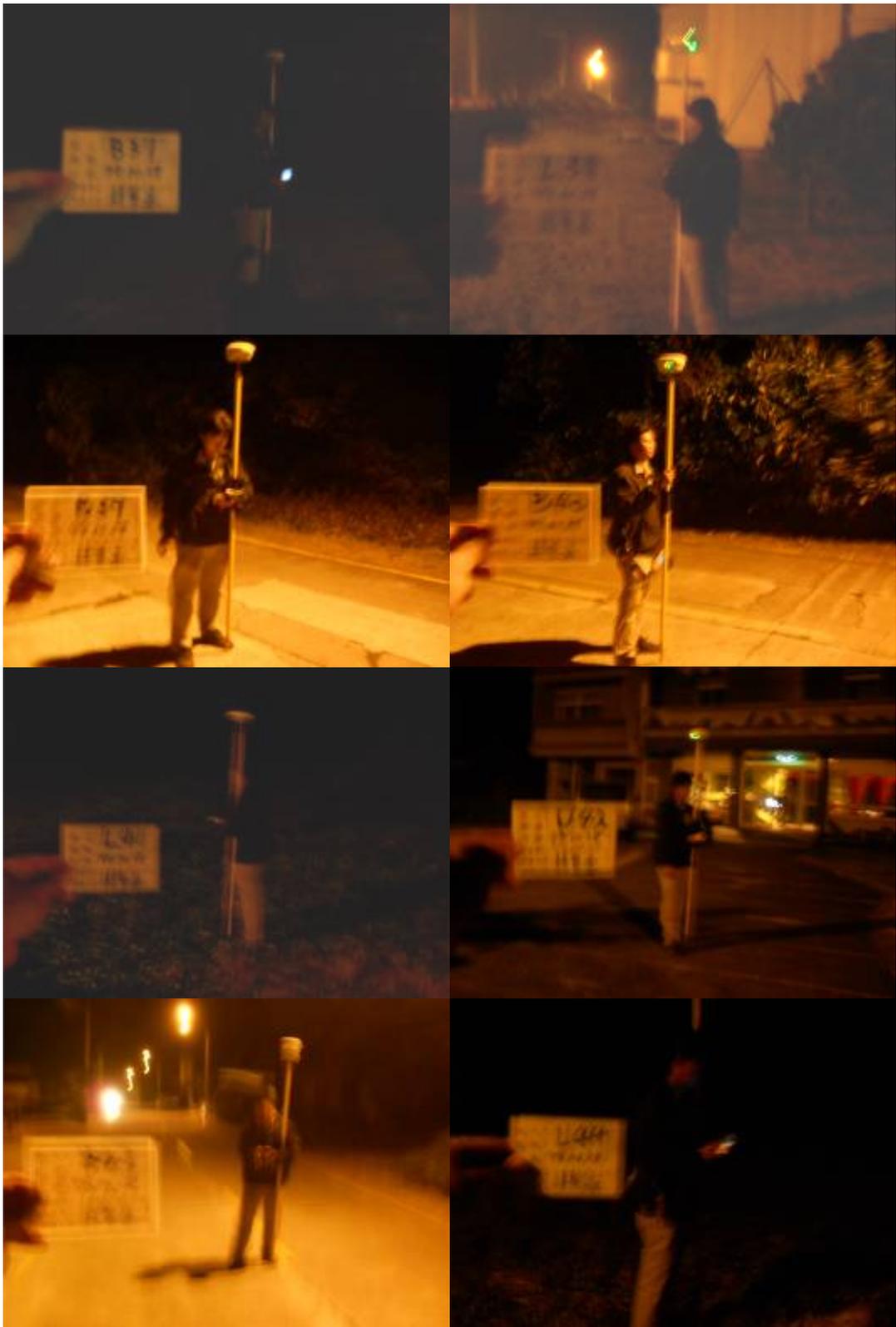


圖 2 綠島實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 2 綠島實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 2 綠島實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 2 綠島實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)

三、蘭嶼：實地抽驗地面檢核點位計抽驗都會區 9 點、裸露地 8 點、矮植被 17 點、植生地 6 點、林地 3 點、橫斷面 10 點，合計共 53 點，統計比對成果如表 5 所示，觀測照片如圖 3 所示。均符合驗收規範。

表 5 蘭嶼實地抽驗地面檢核點位驗收成果比對表

點位	檢核E坐標(m)	檢核N坐標(m)	檢核高程Z1(m)	成果高程Z2(m)	高程較差 D _Z =Z2-Z1(m)	植被覆 蓋	地形類 別	a	b	c	t	精度規範σ _n
都會區												
UP01	308074.129	2435831.056	45.640	45.612	-0.028	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
UP02	307074.204	2436477.351	37.874	37.881	0.007	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
UP03	307131.803	2436451.826	34.645	34.514	-0.131	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
UP04	306986.579	2436475.473	34.187	34.046	-0.141	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
UP05	306944.718	2436487.882	33.028	32.991	-0.037	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
UP06	306184.035	2436675.480	42.087	42.156	0.069	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
UP08	305911.318	2436593.639	37.957	37.986	0.029	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
UP09	305752.813	2436520.795	33.136	33.166	0.030	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
UP10	307363.012	2436363.786	37.121	37.081	-0.040	都會區	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	9	平均值	0.057	RMSE	0.073							合格
裸露地												
BP01	308801.908	2434845.516	68.993	69.083	0.090	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
BP02	308769.865	2434827.804	68.374	68.369	-0.005	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
BP04	308112.173	2435679.624	34.313	34.283	-0.030	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
BP05	306194.718	2436656.327	41.784	41.817	0.033	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
BP06A	305650.282	2436485.811	33.207	33.212	0.005	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
BP07A	307739.590	2436053.890	29.652	29.619	-0.033	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
BP08	307843.474	2436075.616	34.738	34.631	-0.107	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
BP09	308297.486	2435386.184	30.914	30.965	0.051	裸露地	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	8	平均值	0.044	RMSE	0.056							合格
矮植被												
LP01	308978.049	2434595.526	68.158	68.208	0.050	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP02	308967.379	2434566.180	68.302	68.481	0.179	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP04	308037.904	2435807.420	43.119	43.047	-0.072	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP05	306862.469	2436550.305	32.472	32.348	-0.124	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP06	305682.312	2436459.621	32.616	32.648	0.032	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP07	305667.279	2436486.269	33.167	33.221	0.054	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP08	307410.676	2436290.425	35.846	35.944	0.098	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP09	307374.307	2436311.635	35.385	35.354	-0.031	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP10	307596.578	2436249.209	32.180	32.333	0.153	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP11	307681.327	2436210.277	33.134	33.128	-0.006	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP12	308175.670	2435631.293	35.496	35.579	0.083	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP13	309409.266	2434188.087	71.714	71.958	0.244	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP14	309481.456	2434197.804	74.332	74.387	0.055	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP15	308977.782	2434504.633	65.493	65.638	0.145	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP16	308972.088	2434461.871	68.873	69.027	0.154	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP17	308971.527	2434404.330	67.228	67.312	0.084	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
LP18	308948.940	2434328.669	66.234	66.412	0.178	矮植被	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	17	平均值	0.102	RMSE	0.120							合格
植生地												
VP01	308826.123	2434795.796	67.681	67.927	0.246	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.5	0.4
VP03	306636.584	2436624.502	34.880	35.117	0.237	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.3	0.36
VP04	306500.590	2436626.051	37.619	37.878	0.259	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.3	0.36
VP06	307666.874	2436315.889	33.195	33.565	0.370	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.5	0.4
VP07	307681.266	2436378.747	35.098	34.982	-0.116	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.3	0.36
VP08	309383.440	2434224.826	70.966	71.018	0.052	植生地	平地	0.3	0.0	0.2	0.3	0.36
點數	6	平均值	0.213	RMSE	0.237							合格
林地												
FP01	308855.568	2434774.093	68.378	68.251	-0.127	林地	平地	0.3	0.0	0.2	4.0	1.1
FP03	306281.950	2436694.372	41.382	41.093	-0.289	林地	平地	0.3	0.0	0.2	2.0	0.7
FP04	308203.979	2435567.930	34.002	34.158	0.156	林地	平地	0.3	0.0	0.2	4.0	1.1
點數	3	平均值	0.191	RMSE	0.203							合格
橫斷面												
SP01	307730.567	2436150.916	34.352	34.227	-0.125	橫斷面	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
SP02	307855.601	2435996.225	35.158	35.074	-0.084	橫斷面	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
SP03	307941.048	2435892.777	36.598	36.546	-0.052	橫斷面	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
SP04	308032.367	2435781.548	37.904	37.890	-0.014	橫斷面	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
SP05	309267.372	2434353.055	73.429	73.385	-0.044	橫斷面	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
SP06	309231.206	2434422.031	72.484	72.342	-0.142	橫斷面	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
SP07	309051.468	2434531.933	70.186	70.171	-0.015	橫斷面	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
SP09	307393.535	2436461.381	45.675	45.755	0.080	橫斷面	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
SP10	306982.696	2436760.169	102.768	102.696	-0.072	橫斷面	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
SP11	307153.480	2436849.925	142.431	142.454	0.023	橫斷面	平地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
點數	10	平均值	0.102	RMSE	0.120							合格
總點數	53											



圖 3 蘭嶼實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖



圖 3 蘭嶼實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 3 蘭嶼實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 3 蘭嶼實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 3 蘭嶼實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 3 蘭嶼實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)



圖 3 蘭嶼實地抽驗地面檢核點位實際觀測照片圖(續)

會議名稱 98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作工作成果總報告審查會議			
次序	審查意見	說明	備註
史教授天元			
(1)	航線圖建議標示飛行方向。	已於圖 2-47~圖 2-50 加入標示。	
(2)	建議增加 DEM 原始離散點之「點計數 Point Count」圖層，以顯示點密度與覆蓋情形。	相關資訊見表 2-47~表 2-52。	
徐教授百輝			
(1)	離島正高系統與台灣本島似有所不同，貴公司水準測量以何者為準？請補充說明。	水準測量乃直接參考離島一等水準點之成果，故直接引用之系統為離島正高系統。	
(2)	大地起伏值係以內政部大地起伏模式計算，或以水準點正高與 GPS 橢球高的差值作為換算基準？請補充說明。	由於光達施測為橢球高成果，為有一正高結果，均為利用內政部大地起伏模式計算，而此值經檢查與離島大地起伏值確有系統差，然由於若直接以水準點正高與 GPS 橢球高的差值作為換算基準，將有參考點數不足及外差問題，故此階段不適宜直接使用此差值。	
(3)	報告書第 95 頁表 2-44 至表 2-46 平均絕對差量之標準偏差，在小琉球及綠島部分，平差後反而變大；另外第 98 頁圖 2-64 中，平差前平均差量（藍色曲線）反而比平差後平均差量（紅色曲線）平穩，是何原因？請補充說明。	由於本次測區為籬島地區，其地貌多為樹林覆蓋，且地勢起伏、礁岩地形繁多，故平差參考之區塊選擇有其難處，在本次作業僅能針對各島外圍較平坦處選取匹配區塊，然比對平差前後之地面差量乃為全區重疊區域均進行比對，故平差成果無法完全反應應修正之各航線高差值，使得樹林覆蓋之各航線地面間有較大高差產生，然由於平差前後均已符合要求精度，故變大情形僅為微量之變化，其資料品質仍無太大精度損失。	

98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作工作成果總報告審查會議			
會議 名稱			
次序	審查意見	說 明	備註
(4)	報告書第 103 頁中提到以 Surfer 軟體內插 DTM 網格，並未說明內插的方法，請補充說明。	已補充於第 103 頁說明。	
(5)	報告書第 103 頁中提到「...虛擬基準站觀測數據與移動站觀測資料進行「超短基線」RTK 定位解算後，即可獲得移動站公分級定位精度；其平面精度控制於 $10mm \pm 2ppm$ ，高程控制部分 $25mm \pm 5ppm$ ，...」，定位精度不等於基線精度，此段敘述容易混淆，應作修正。	其代表超短基線之基線精度，非為點位定位精度，故已修正敘述。	
趙教授鍵哲			
(1)	簡報中提到內插方法係採 IDW 方式，為何採用這個方式？是否比較過其他方式？請補充說明。	本團隊已於多年作業經驗中比對過 IDW、Kriking 及最鄰近法等內插方式，再考量內插時間及成效後，均建議採用 IDW 內插方式。	
(2)	本案 LIDAR 所測製 1 公尺網格 DEM 與內政部利用航測方式所測製 5 公尺 DEM 成果比較，為何不直接比較同一平面坐標之高程值，而係重新內插組成新 5m 網格 DEM 以進行比較作業？請補充說明。	本部分為誤植，本案作業係將 1 公尺網格 DEM 直接約化為整數格網之 5 公尺 DEM 成果，以直接比較內政部 5 公尺 DEM 同一平面坐標之高程差值。並已於文中修改相關說明。	
(3)	水準測量作業有些前後視距離達 6、70 公尺以上，以目前電子水準儀能力而言，是否超出建議的距離外？另水準檢測計算表中觀測精度其意義為何？如何計算出來？請補充說明。	由於本案要求之精度不若一、二等水準測量高、且本案採用為電子水準儀，其自動多次量測取平均值之能力，已使其可測視距能力大大提升，故部份因地形因素造成之較大前後視距離，仍可使精度符合需求。而水準檢測計算表中觀測精度乃為該測段往返閉合差，而閉合精度為已知點閉合差。	

會議 名稱 次序	98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作工作成果總報告審查會議		
	審查意見	說 明	備註
(4)	報告書內文建議意義相同部分名詞應一致，意義有差異部分，避免用相同的名詞，以免混淆。另有些部分語意不甚精確，可再加強改進。	已針對委員意見修改於報告中。	
(5)	IMU (Inertial Measurement Unit)，文中稱為慣性量測系統，應改為慣性量測單元較符合英文的原意。	已針對委員意見修改於報告中 P.2。	
國土測繪中心出席人員意見			
(1)	P1「如先前卡玫基颱風」請修正為「如 2008 年卡玫基颱風」；另損失數據與中央氣象局網站公布不一致，請查明；「而去年莫拉克颱風」請修正為「2009 年莫拉克颱風」。	已依委員意見修正。	
(2)	P2「以航空器做為雷射掃瞄儀的載台」請修正為「以航空器作為雷射掃描儀的載台」。	已依委員意見修正。	
(3)	P3「琉球本嶼為一丘陵地」請修正為「琉球嶼為一丘陵地」。	已依委員意見修正。	
(4)	P4「面積僅有 6.801 平方公里」請修正為「面積僅有 6.8 平方公里」；「本嶼是台灣屬島中，唯一的...」請修正為「琉球嶼是台灣屬島中，唯一的...」。	已依委員意見修正。	
(5)	P5「土地約佔 60%」請修正為「土地約佔 60%」；「三峰環拱之東北那構成...，南那峰巒聳峙...，西北那逐漸傾協」請修正為「三峰環拱之東北部構成...，南部峰巒聳峙...，西北部逐漸傾協」。	已依委員意見修正。	

會議 名稱 次序	98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作工作成果總報告審查會議		
	審查意見	說 明	備註
(6)	P6「海湮」請修正為「海里」或「湮」；「面積滿潮時 45.74 公里」請修正為「面積滿潮時 45.74 平方公里」。	已依委員意見修正。	
(7)	P7「位於臺東縣太平洋約 33 公里處」請修正為「位於臺東縣東方太平洋約 33 公里處」。	已依委員意見修正。	
(8)	P8「島嶼呈掌腕由東南向西北，另在本島東南 6 公里處，有一小島稱為小蘭嶼，其為臺灣第二大島(僅次於澎湖島)，其為臺灣第二大島(僅次於澎湖島)全區圖幅涵蓋...」請修正為「島嶼呈掌腕由東南向西北，為臺灣第二大離島(僅次於澎湖島)，另在本島東南 6 公里處，有一小島稱為小蘭嶼，全區圖幅涵蓋...」。	已依委員意見修正。	
(9)	P16 表 2-1 工作進度管控表，請補充紅色與藍色條 bar 的意義。	已依委員意見修正。	
(10)	P17「最小約 20Hz，高達 70Hz」請修正為「最小約 20Hz，最高達 70Hz」。	已依委員意見修正。	
(11)	P18「...小琉球地區為 <u>Optech ALTМ 30/70 系統</u> ，航線規劃有 8 條航線；綠島地區為 <u>Optech ALTМ 30/70 系統</u> ，其航線規劃為 6 條航線；大、小蘭嶼為 <u>Optech ALTМ 30/70 系統</u> ，其航線規劃為 24 條航線，各系統之航線規劃如...」請修正為「...小琉球地區規劃 8 條航線；綠島地區規劃 6 條航線；蘭嶼地區規劃 24 條航線，各區航線規劃如...」。	已依委員意見修正。	

會議 名稱 次序	98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作工作成果總報告審查會議	說 明	備註
	審查意見		
(12)	P21 「本計劃採用之儀器」請修正為「本計畫採用之儀器」。	已依委員意見修正。	
(13)	P24 「第一部份乃...」請修正為「第一部分乃...」。	已依委員意見修正。	
(14)	P28 「掃描鏡面之擺動頻率均為 50Hz，掃描視角均為 25 度」請修正為「掃描鏡面之擺動頻率為 50Hz，掃描視角為 25 度」。	已依委員意見修正。	
(15)	P29 「馬路實測高程座標與...」請修正為「馬路實測高程與...」；P30「其高程座標差值...」請修正為「其高程差值...」。	已依委員意見修正。	
(16)	P32 圖 2-16 及 P33 圖 2-18 掃描建築物示意圖，光達可穿透建築物似有爭議？	已依委員意見修正說明，其非為穿透建築物，而是掃描建物屋頂面成果。	
(17)	P42~P45 表 2-20 觀測精度及閉合精度 \sqrt{K} 誤差為 $?K$ 。	已依委員意見修正。	
(18)	P36、P48、P58 「加密控制點施測標準」請修正為「加密控制測量施測標準」。	已依委員意見修正。	
(19)	P37 表 2-15 垂距欄與 P51 表 2-23、P62 表 2-30 斜距欄，是否應標為天線高？	已依委員意見修正。	
(20)	P68 「壓縮記錄」請修正為「壓縮紀錄」、P83 「留下記錄」請修正為「留下紀錄」，名詞用「紀錄」；動詞用「記錄」。「座標」請修正為「坐標」。	已依委員意見修正。	
(21)	P70 表 2-36 「大蘭嶼」請修正為「蘭嶼」。	已依委員意見修正。	
(22)	P85... 雷射掃描測距誤差—掃描測距誤差、大氣折射誤差、掃描鏡曲 率誤差等...，字串未銜接。	已依委員意見修正。	

98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作工作成果總報告審查會議			
會議 名稱 次序	審查意見	說 明	備註
(23)	P106 「測區之三等點與 VRS 存在系統誤差」請修正為「測區之三等點與 VRS 存在系統差」。	已依委員意見修正。	
(24)	P112 表 3-2 矮植被地面檢測成果，顯示小琉球及蘭嶼均方根值分別為 0.061 及 0.045 公尺，比裸露地地面檢測成果還小，請分析其原因。	矮植被通常為不超過一公尺植被之區域，其不若植生地般具有濃密覆蓋之植生，故其可能有類比裸露地之精度，而精度比裸露地好可能為所在區域之坡度較平緩。	
(25)	P112~P115 表 3-2 至表 3-8 顯示，綠島地面檢核成果平均高差與平均絕對高差值相當一致，是否存在系統誤差？請說明。	部分資料未經系統轉換至三等系統，故已重新檢視並修正於 p112~115 中。	
(26)	P116；...由於三個區域裸露地及橫斷面等區域之成果均無明顯之大系統差，...。文字有誤，請修正。	已依委員意見修正。	
(27)	P116 蘭嶼、綠島、小琉球之一等水準網均為獨立系統，表 3-10 顯示內政部 2005 大地起伏模式與小琉球一等水準網正高系統間存在約 50 公分之系統差，綠島及蘭嶼未予分析，是否有類似情形？其差值為何？請於報告內補充。	已依委員意見修正，並補充於 P.116 及表 3-10。	
(28)	P120 「在精度評估部份」請修正為「在精度評估部分」；「權值呈反比」請修正為「權值成反比」；「大蘭嶼島」請修正為「蘭嶼島」。	已依委員意見修正。	
(29)	P129 七、...因此建議往後選用共軛區塊時，可以較大之方格進行，...，就本案而言方格建議值應為多少較為妥適，請補充說明。	已依委員意見修正，並補充於 P.129。	

98 年度以空載光達技術建立數值地形模型工作工作成果總報告審查會議			
會議 名稱			
次序	審查意見	說 明	備註
(30)	P129 九、...本案測製成果應優於該 5 公尺網格數值地形模型精度要求，而兩者存在之系統差之精度差異，...，兩者成果差異是否純為系統差，請再斟酌。	已依委員意見修正。	
(31)	附錄三相關文字請配合 P21~P35 相關修正意見修正。	已依委員意見修正。	