內政部國土測繪中心

102 年度建立航遙測感應器系統校正作業案

(案號：NLSC-102-9)

工作總報告

中華民國航空測量及遙感探測學會

中華民國 102 年 12 月

摘要

內政部國土測繪中心(以下簡稱國土測繪中心)基於確保測繪成果品質、落實測繪法令，於研擬「測繪科技發展後續計畫」中程綱要計畫時，爭取經費辦理「建立航遙測感應器校正作業」工作，並委託中華民國航空測量及遙感探測學會(以下簡稱本學會)探究建立國內航遙測感應器系統校正制度，並規劃建置完整校正體制，建立具有公信力校正場及研擬校正相關作業程序。

本(102)年度為第 3 年作業，將持續了解國際校正相關發展，精進各項校正流程與成果分析，辦理航測攝影機系統校正整合作業、協助修訂 TAF 認證申請文件與能力試驗活動準備、規劃校正場更新維護與營運準備工作，並試辦空載光達校正測試分析，以作為未來發展參考。

關鍵詞：航測攝影機、校正場、校正、幾何校正、空間解析力校正、輻射校正、空載光達、無人飛行載具

Absrtract

In order to ensure the quality of surveying and mapping with airborne sensors, National Land Surveying and Mapping Center, Ministry of the Interior, has planned to establish a calibration field for calibration of airborne sensors intended for photogrammetric mapping purposes. The project was commissioned to CSPRS (Chinese Society of Photogrammetry and Remote Sensing) in 2012.

This document contains the entire work of this year. The main tasks of this year are collecting and analysis of current worldwide development of calibration method, refining and improving calibration processes developed in last year, carrying out further calibration experiment and analyzing the results, integrating the operation process. In addition to that, all documents required for application of the calibration lab certification have revised. A preliminary study of the feasibility of airborne LiDAR system is also include in this year.

Keyword：aerial camera calibration field, geometric calibration, spatial resolution calibration, radiometric calibration, airbone lidar, UAV

目錄

第一章　前言 1

1-1、緣起 1

1-2、目的 2

第二章　本年工作項目執行情形 4

2-1、工作內容 4

2-2、工作辦理期程及應交付成果 8

2-3、本年人力成本分析 10

第三章　校正場更新維護 12

3-1、校正標清理維護 12

3-2、重新辦理控制測量 20

3-3、重新實施校正航拍 25

3-4、規劃更新機制及營運準備作業 29

第四章　精進航測攝影機系統校正流程及成果分析 31

4-1、文獻翻譯與論文投稿 31

4-2、校正分析 32

第五章　航測攝影機系統校正作業整合 58

5-1、校正場資訊管理系統 59

5-2、校正程式開發 67

5-3、小結 70

第六章　空載光達系統校正測試分析作業 71

6-1、方法評估說明 71

6-2、校正分析流程 71

6-3、小結 78

第七章　發展其他感應器系統校正作業規劃 79

7-1、目的及效益 79

7-2、評估說明 79

7-3、國土測繪中心 UAS 影像測試分析 81

7-4、小結 83

第八章　TAF 認證準備工作.....85

8-1、能力試驗活動準備 85

8-2、設計坐標標準值品保管制程序 90

8-3、認證申請相關文件 93

8-4、小結 102

第九章　辦理教育訓練 103

第十章　結論、建議及後續工作 105

10-1、結論與建議 105

10-2、後續工作與成本分析 106

參考文獻.....110

審查意見回覆表 112

圖目錄

圖 3-1、幾何校正標樣式.....12

圖 3-2、102 年度幾何校正標清查情形.....13

圖 3-3、清查後校正標分布現況示意圖.....15

圖 3-4、空間解析力校正標樣式.....16

圖 3-5、空間解析力校正標清查現場照.....16

圖 3-6、101 年度空間解析力校正標影像示意.....17

圖 3-7、102 年度空間解析力校正標製作過程及成果.....17

圖 3-8、輻射校正標樣式.....18

圖 3-9、輻射校正標清查現場照.....18

圖 3-10、102 年度輻射校正標實品及影像示意.....19

圖 3-11、點位分布圖.....21

圖 3-12、DMC-I 航測攝影機.....26

圖 3-13、102 年度校正航拍航線規劃.....26

圖 3-14、102 年度校正航拍成果.....27

圖 3-15、102 年度正射影像成果示意.....28

圖 3-16、102 年度數值高程模型等高線成果示意(5M 間隔) 28

圖 3-17、校正場更新維護流程.....29

圖 3-18、校正場對外提供校正服務作業流程.....30

圖 4-1、蛙跳法實施網形測量示意(不同顏色表不同時段).....33

圖 4-2、GPS 網形平差流程圖.....35

圖 4-3、USGS 野外校正場數量與規範.....43

圖 4-4、建議維護點位分布示意(綠色為位於廠房內點位).....44

圖 4-5、航線規劃範例.....45

圖 4-6、DMC-I MTF 量測區域示意.....47

圖 4-7、沿西門子星半徑位置的切線方向之灰值示意圖.....48

圖 4-8、本年 DMC-I 航拍影像 MTF 量測成果.....48

圖 4-9、PSF 量測區域示意.....49

圖 4-10、模糊參數計算成果.....49

圖 4-11、101 年位於影像邊緣之空間解析力校正標.....50

圖 4-12、101 年空間解析力校正標位於影像邊緣 MTF 量測成果.....50

圖 4-13、101 年空間解析力校正標位於影像邊緣模糊參數計算成果.....50

圖 4-14、以點散函數量測空間解析力校正標標形.....52

圖 4-15、地面光譜儀與標準白板.....53

圖 4-16、本年輻射校正標航拍成果.....53

圖 4-17、量測光譜強度值.....53

圖 4-18、各階校正標(橫軸)在各波段之反射積分值(縱軸)關係圖.....55

圖 4-19、各波段光譜儀反射值(橫軸)與原始 12 位元影像灰度(縱軸)關係圖 56

圖 4-21、各波段獨立反應強度示意圖(DMC-I) 57

圖 5-1、校正作業系統雛型規劃示意 58

圖 5-2、作業系統規劃開發功能示意 60

圖 5-3、系統成果-校正標資料庫成果.....62

圖 5-4、系統成果-可批次編輯校正標內容、附件 63

圖 5-5、系統成果-校正標套疊介接圖台成果.....63

圖 5-6、系統成果-圖台介面可瀏覽、下載校正標資訊 64

圖 5-7、系統成果-圖台可使用簡易 GIS 分析功能 64

圖 5-8、系統成果-展示歡迎頁 65

圖 5-9、系統成果-英文版首頁 66

圖 5-10、系統成果-中文版首頁 66

圖 5-11、幾何校正程式-成果說明 1.....68

圖 5-12、幾何校正程式-成果說明 2.....68

圖 5-13、MTF 量測程式-成果說明 1 69

圖 5-14、MTF 量測程式-成果說明 2 69

圖 5-15、模糊參數量測程式-成果說明 1.....70

圖 5-16、模糊參數量測程式-成果說明 2.....70

圖 6-1、待測平屋頂正射示意圖 72

圖 6-2、平屋頂_A 點雲分布示意 73

圖 6-3、平屋頂_B 點雲分布示意 73

圖 6-4、平屋頂_C 點雲分布示意 73

圖 7-1、航測攝影機校正標點位分布現況示意圖 80

圖 7-2、影像網格平均殘差向量圖(未加入附加參數) 82

圖 7-3、影像網格平均殘差向量圖(加入附加參數) 82

圖 8-1、TAF 校正領域能力試驗活動判定流程圖 86

圖 8-2、五月中旬本學會至日本測量機構 PASCO 公司參訪 87

圖 8-3、南崗工業區附近已知控制點分布 91

圖 8-4、坐標殘差管制示意圖(橫軸為各幾何校正標) 93

圖 8-5、文件說明會議實況 97

圖 8-6、野外實驗室位置圖 98

圖 8-7、野外實驗室場地規格 99

圖 8-8、野外實驗室校正標配置圖 100

圖 8-9、內業實驗室位置圖 100

圖 9-1、外業訓練實況 103

圖 9-2、內業訓練實況 104

圖 10-1、102 年建議工作流程 109

表目錄

表 2-1、各階段繳交工作成果及期限.....9

表 2-2、全案工作進度及權重配置表.....10

表 2-3、本年工作執行人力、經費估算表.....11

表 3-1、幾何校正標清查統計表(一).....134

表 3-2、幾何校正標清查統計表(二).....14

表 3-3、幾何校正標清查統計表(三).....14

表 3-4、幾何校正標清查統計總表.....14

表 3-5、可攜式校正標使用材質比較表.....19

表 3-6、各級已知控制點在 95%信心區間下之相關檢測標準 ..22

表 3-7、已知控制點檢測-角度較差量.....22

表 3-8、已知控制點檢測-基線長度 L 較差量.....22

表 3-9、已知控制點檢測-坐標分量較差值.....23

表 3-10、幾何校正標觀測時段表.....24

表 3-11、101 年度、102 年度控制測量成果差值分析.....25

表 3-12、6 月 28 日航拍紀錄表.....27

表 4-1、文獻資訊摘要.....31

表 4-2、UltraCamXp 影像檢核點殘差統計.....41

表 4-3、DMC 影像檢核點殘差統計.....42

表 4-4、建議優先維護點位維護清單 44

表 4-5、光譜儀反射積分值 54

表 4-6、原始影像興趣區平均灰度值 55

表 5-1、校正標管理初步規劃應具備之欄位功能 61

表 5-2、展示首頁功能規劃 65

表 6-1、航帶參數表 74

表 6-2、待測平屋頂與航帶分布資訊 74

表 6-3、平屋頂_A 計算成果 75

表 6-4、平屋頂_B 計算成果 75

表 6-5、平屋頂_C 計算成果 75

表 6-6、點雲密度與坐標差值分析表 76

表 6-7、坐標差值對照表 77

表 8-1、能力試驗活動相關成本評估 90

表 8-2、申請校正領域認證內容表(部分) 94

表 8-3、所使用設備、參考物質總覽表(部分) 94

表 10-1、102 年工作期程及費用估算 108

第一章　前言

1-1、緣起

行政院於民國 96 年 7 月 9 日「院臺建字第 0960027673 號函」核定經建會國土資訊系統推動小組之「國家地理資訊系統建置及推動十年計畫」，將全國「核心圖資建置與基礎圖資建置」納為重點工作，並預定於民國 104 年完成，包括各比例尺之基本地形圖、數值地形模型、影像資料(含航照影像資料與衛星影像資料)、門牌位置資料、地籍圖與臺灣地區通用版電子地圖等建置作業。而相關作業極度仰賴航遙測技術，有必要對其使用之基礎作業設備加以校正之需求。另外，國土測繪法應用測量實施規則第 12 條中，規定「辦理應用測量使用之儀器裝備所為之校正，應依測量計畫目的及作業精度等需求辦理」。

內政部國土測繪中心(以下簡稱國土測繪中心)為國內相關測繪業務之執行機關，基於確保測繪成果品質及落實測繪法令，於研擬「測繪科技發展後續計畫」中程綱要計畫時，爭取經費辦理「建立航遙測感應器校正作業」工作，就國內航遙測感應器系統校正制度予以探究，建置完整體制，規劃建立國家級校正場及研擬校正相關作業程序，以利整體航遙測業發展與工作執行。並委託中華民國航空測量及遙感探測學會探究建立國內航遙測感應器系統校正制度，並規劃建置完整校正體制，建立具有公信力校正場及研擬校正相關作業程序。

中華民國航空測量及遙感探測學會(以下簡稱本學會)除了是航遙測專家學者們的社團法人組織，以促進我國航遙測學術活動為宗旨外，其服務委員會還為國內少數歷史悠久的實際從事航遙測業務的機構之一。累積有 30 多年的正射影像製作、立體測圖、地圖編繪經驗以及多年地理資訊系統(Geographic Information System，簡稱 GIS)數

值地形圖資料庫及地理資訊系統成果應用服務經驗。

經本學會的努力，前(101)年度於南崗工業區完成多達 183 個幾何校正標的設置，並完成空間解析力校正標與輻射校正標的製作，並透過校正測試飛行取得實驗資料，對規劃的校正項目進行測試分析。由於本校正計劃欲納入財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation，以下簡稱 TAF)校正領域的認證項目，經與 TAF 成員取得聯繫並交流後，對認證申請程序有了初步的理解及方向。本(102)年度為第 3 年作業，工作中點在於持續了解國際校正相關發展，精進校正流程與成果分析，並協助國土測繪中心辦理航測攝影機系統校正整合作業、規劃 TAF 認證申請準備工作、規劃校正場更新維護與營運準備工作，並試辦空載光達校正測試分析，以作為未來發展參考。

1-2、目的

本案之目的為確認執行測繪任務之航測數位攝影機其幾何精度、空間解析力及輻射特性等與原製造廠商所宣稱者是否相符，且需符合我國對航空攝影測量航拍所訂之規範需求。

航測攝影機即使在出廠時品質如原廠率定報告所宣稱，但隨執行各項業務長期，儀器可能產生衰退之情形，或因執行任務不同，於歷經多次裝卸中遭遇碰撞，致使儀器內方位改變產生誤差。截至目前為止國內卻無標準校正場地及流程，可供校正儀器了解是否有與出廠當時所率定參數不同之情形。

此外，目前市面上的航測數位攝影機所檢附之率定報告，多屬於原廠於實驗室內完成之率定報告、或廠商各自設計校正場自行校正之成果報告等。而廠商出具的報告或證明，則存在是否屬實或美化之疑慮，或於環境受控制的實驗室內所為之率定是否與實際高空飛行作業兩者間能共通等問題，卻尚未建立標準的校正流程及方法作公正的驗

證。

因此，本案之目的即為設計並建置一個標準的室外校正場，對實際飛行拍攝的成果做校正，檢驗其是否與當初設計規格相符以及是否合於我國測繪相關規定。所設計的校正流程僅作為規格之驗證，並不對儀器內部零組件或參數設定等進行調校或變更，因此校正成果不得取代任何原製造廠商要求的任何定期或臨時召回的回廠校正。

第二章　本年工作項目執行情形

2-1、工作內容

依據契約書規定，本年工作項目預計如下：

一、辦理需求訪談

於決標次日起 10 日曆天內派員至國土測繪中心辦理需求訪談，討論本案各工作項目，並於決標次日起 15 日曆天內將訪談紀錄送交國土測繪中心。

二、文獻蒐集及翻譯

蒐集 100 年度（含）以後航測攝影機與空載光達校正相關文獻各 2 篇，並完成中英對照翻譯。

三、精進航測攝影機系統校正流程及成果分析

依 101 年度規劃之校正作業程序與校正系統評估文件，辦理以下工作，各項工作必須作成紀錄。

（一）清理及維護各式校正標，必要時予以補建，補建完成需再重新以 GPS 聯測周遭點位，網形規劃需先與國土測繪中心討論後確定。

（二）實施校正場範圍校正飛行航拍作業。

去年（101 年）已經使用台灣地區使用最多的 UltraCamXp 攝影機測試完成本場校正能力及校正方法，已證明本場已經符合國際常見之校正場設置標準及校正能力（參考 101 年期末總報告書）。本年擬繼續以台灣地區亦常使用的 DMC 型攝影機繼續測試。DMC 型攝影機在台灣有二種類別，一類是舊型的 DMC，另一類是新型的 DMC II。前者的全色態影像係由 4 片

CCD 所拼接而成，目前在台灣有二台可用；後者係由單一成像面所拍攝，沒有拼接手續，故幾何精度較佳。在台灣原本有一台，但去年 9 月在一次航拍任務中因空難而毀損。因此本計畫預計仍然使用舊型的 DMC 測試。該型攝影機之焦距為 12 公分，全色態合成影像像元尺寸為 12 微米見方。

（三）分析 101 年度及本年拍攝之影像之幾何、空間解析力與輻射校正項目，具體描述分析方法、記錄數據分析過程與作業中遭遇問題，其中有關量測不確定度部分應依據 ISO GUM 程序及方法進行。分析項目如下：

1、幾何校正標 GPS 靜態測量成果部分包含網形平差偵錯及統計檢定，並提出坐標標準值品保管制程序與計算標準值不確定度。

2、幾何校正分析部分包含立體量測、空三、影像內分區改正數之偵錯、統計檢定及不確定度估值分析，具體評估各項不確定度值、提出空中三角網連結點最少光線數規範、辦理不同 GSD 幾何校正時所需幾何校正標最低數量。

3、空間解析力校正分析部分包含西門子星、輻射標影像之 MTF、PSF 測試分析，提出分析結果與比對標準。

4、輻射校正分析部分，設計輻射線性度與多譜波段間相對反應強度校正方法並實際測試分析，提出未來校正方向之規劃設計。

5、計算擴充不確定度，並出具模擬校正報告。

四、修訂 TAF 認證申請相關文件與能力試驗活動準備

（一）依據本年校正測試及分析結果，修訂 101 年度案校正作業程序、校正系統評估、校正報告（中、英版本）等文件，102 年度之修訂部分需提出修訂對照說明；協助國土測繪中心實驗室

向 TAF 辦理增項申請所需文件。

（二）參照 TAF 能力試驗活動要求，提出可行方案，以管制品質監控校正作業之有效性，包含作業期程、成本、具體方法、相關聯繫資訊等。

（三）參考 ISO 17025 規定，提出是否有其他待解決處理問題事項。

五、規劃校正場更新維護及營運準備作業

（一）研提校正場更新維護作業手冊，規劃各式校正標之清理維護、測設、回報等更新維護作業流程，列出各流程需辦理工作項目、使用資料與設備、作業人力、作業紀錄與相關表單等。

（二）研提營運作業手冊，設計對外提供校正服務作業流程，規劃提供受校單位資訊（如現地天候資訊、校正場範圍、地形、飛航注意事項）；場內各項軟硬體設備之保管、維修或量測追溯機制；辦理各項校正作業之校正人員需施以之訓練與能力評估、考評方式；規劃校正場開放期程、校正週期、收費標準、校正場相關資料公開機制，並設計各項作業所需之文件、標識或表單。

六、辦理航測攝影機系統校正作業整合工作

（一）提出國土測繪中心未來辦理校正場更新維護及成果分析作業便利之整合作業流程，並整合作業所需各項資料、文件、表單、程式或軟體。

（二）配合國土測繪中心作業需求辦理整合，包含航攝影像與校正標相關資料，可辦理幾何及空間解析力校正分析，研究設計具備資料橫向更新、歷史資料修改、更新資訊紀錄、查詢結果匯出、統計、成果匯入更新或套圖展示等功能。

（三）出具書面報告、撰擬航測攝影機系統校正作業整合作業手冊，

並附截圖說明。

七、發展其他感應器系統校正作業規劃

規劃中像幅攝影機、UAV 系統於現有校正場內可辦理之校正作業，各項具體工作規劃所需期程與成本，並分析發展效益。

八、試辦空載光達系統校正測試分析作業

依國土測繪中心所提供空載光達資料，提出空載光達系統校正項目、方法之規劃，並實際辦理空載光達系統校正標準值量測或測量、分析校正項目、提出分析流程、結果，以提供未來校正方向之規劃設計。

九、辦理教育訓練

依校正場更新維護作業手冊實施各式校正標之之清理、維護、測設等 6 小時實地演練訓練；另依航測攝影機校正作業整合手冊實施空中三角量測與計算及校正項目分析等 18 小時上機操作訓練。

辦理訓練前將提出教育訓練計畫，函送國土測繪中心同意後辦理。教育訓練所需講師、中文教材 10 份、餐飲及場地費用均由本學會負責。

十、工作進度報告、工作會議、投稿及宣導短片

（一）每月交付工作進度報告，相關進度應統計至當月月底，內容包含預定及實際執行工作進度、記載當月辦理之工作項目及作業人力與時間，並視需要提出工作協調事項及工作遭遇困難，於次月 2 日前函送至國土測繪中心。

（二）每月召開 1 次工作會議，必要時得調整之，並將工作執行情形及困難、或請國土測繪中心協助事項等，於會中提出報告，會議紀錄於會後 7 日內函送至國土測繪中心。

（三）撰擬 2 篇期刊或研討會論文摘要，其中 1 篇需為國外論文。

（四）配合本案各項作業過程之實錄成果，製作 5 分鐘以上之展示短片。

2-2、工作辦理期程及應交付成果

本節將說明本學會工作進度管控方法及對於整體工作之時程安排與規劃：

一、工作進度管控

為了確實掌握進度，本學會提出的進度控管從二方面著手，並積極與國土測繪中心協調溝通，使工作能互相配合順利進行。

(一)提報月進度報告

於簽約後次日每個月 2 日前提出工作執行書面報告交付國土測繪中心，內容包含預定及實際執行工作進度，視需要提出工作協調事項及工作遭遇困難，並於召開工作會議時提出報告。

(二)參與工作會議

本案之工作會議之召開以每個月一次為原則，如於作業中遭遇困難或臨時有疑義，將第一時間提報國土測繪中心，先作充分溝通，如仍無法解決才會提出臨時召開工作會議之要求。

每次工作會議議題與結論將均列入會議紀錄，並持續追蹤後續執行狀況，會議召開時將優先針對上次會議結論辦理情形進行檢討說明。所有工作會議紀錄將收錄於工作報告書中，作為本案執行過程中的詳實紀錄，本年之歷次會議紀錄如本報告書附件 1「歷次會議簽到簿及紀錄」。

二、各項工作時程進度及權重分配

本計畫自決標日 102 年 3 月 27 日次日起，依契約於 225 日曆天內，分 3 期完成所有工作項目。各階段計畫時程及交付成果如下表

2-1 所示：

表 2-1、各階段繳交工作成果及期限

	成果項目	數量	交付期限
第 1 期	需求訪談紀錄。	書面 5 份、電子檔 1 份	決標次日起 15 日曆天 **102.04.11**
	第 1 期成果報告。	書面 10 份、電子檔 1 份	決標次日起 60 日曆天 **102.05.26**
第 2 期	1. 航測攝影機校正作業整合展示說明會議簽到簿。 2. 各項作業過程之實錄成果原始影片。	1.書面 3 份、電子檔 1 份 2.電子檔 1 份	決標次日起 120 日曆天 **102.07.25**
	1. 校正飛行數位影像檔、航拍紀錄、導航資料、影像之空三量測與計算成果、DTM、正射影像、展示短片。 2. 校正作業程序（含修訂對照說明）、第 2 期成果報告。	1.電子檔 2 份 2.書面 10 份 電子檔 2 份	決標次日起 165 日曆天 **102.09.08**
第 3 期	1. 航測攝影機校正作業整合相關成果原始碼。 2. 校正系統評估（含修訂對照說明）、校正報告、更新維護作業手冊、營運作業手冊、航測攝影機校正整合作業測試報告書及校正整合作業手冊。 3. 工作總報告。	1.電子檔 2 份 2.書面 10 份、電子檔 2 份 3.書面 15 份 電子檔 2 份	決標次日起 225 日曆天 **102.11.07**

各工作項目之權重分配，為依據實際作業之經費與時間進行計算，得出各作業項目及每個月之工作進度百分比。

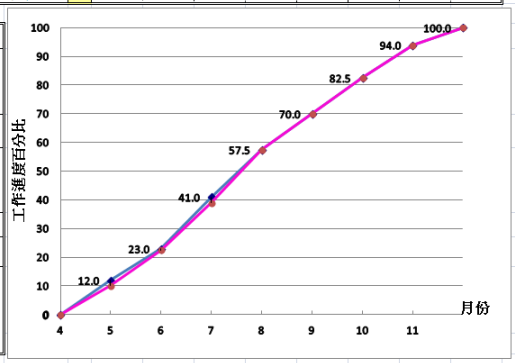
本學會根據以上原則，並依實際的決標日再訂定明確的作業期程，配合各作業分配權重，規劃出每個月之預定進度，藉由工作進度管制圖，清楚完整呈現本案執行之實際進度是否與預計進度相符。

截至本案作業至 11 月 7 日止，本案工作進度及權重配置如表 2-2 所示，天數的部分是以日曆天規劃。

表 2-2、全案工作進度及權重配置表

期別	工作項目	作業內容	權重	年度		決標	102							
				月份		3	4	5	6	7	8	9	10	11
				日曆天		27	34	65	95	126	157	187	218	248
一	前置作業	需求訪談紀錄	3.0%	預定	3.0%		決標+15天							
				實際	3.0%									
		文獻蒐集	3.0%	預定	3.0%				決標+60天					
				實際	3.0%									
二	精進航測攝影機校正流程分析	清標維護及控制測量	5.0%	預定	5.0%									
				實際	5.0%									
		校正飛行航拍	5.0%	預定	5.0%						決標+120天			
				實際	5.0%									
		精進各項校正分析	15.0%	預定	15.0%									
				實際	15.0%									
	TAF認證申請相關作業	協助辦理增項申請所需文件	3.0%	預定	3.0%									
				實際	3.0%									
		校正作業程序及校正作業系統評估文件修訂	8.0%	預定	8.0%									
				實際	8.0%									
		能力試驗活動規劃	5.0%	預定	5.0%									
				實際	5.0%									
	校正場更新維護及營運準備作業	研提校正場作業更新維護手冊	4.0%	預定	4.0%									
				實際	4.0%									
		研提校正場營運作業手冊	4.0%	預定	4.0%									
				實際	4.0%									
三	航測攝影機系統校正作業整合工作	系統處理流程及功能規劃	3.0%	預定	3.0%									
				實際	3.0%							決標+165天		
		作業系統整合及建置	12.0%	預定	12.0%									
				實際	12.0%									
		研提作業手冊	3.0%	預定	3.0%									
				實際	3.0%									
		作業過程實錄成果影片	2.0%	預定	2.0%									
				實際	2.0%									
	空載光達及其他感應器系統校正作業規劃	空載光達系統校正測試分析作業	8.0%	預定	8.0%									
				實際	8.0%									
		其他感應器系統校正作業規劃評估	4.0%	預定	4.0%									
				實際	4.0%									
	各期分項成果	辦理教育訓練	4.0%	預定	4.0%									
				實際	4.0%									
		撰擬論文摘要	4.0%	預定	4.0%									
				實際	4.0%									
		工作總報告書	5.0%	預定	5.0%									
				實際	5.0%									決標+225天
工作總累計進度（%）			100%	預定(%)		0	12.0	23.0	41.0	57.5	70.0	82.5	94.0	100.0
				實際(%)		0	10.0	22.5	39.0	57.5	70.0	82.5	94.0	100.0

進度說明	
本月執行工作項目	校正程式測試、校正系統評估修訂、完成更新維護作業手冊、完成營運作業手冊、完成整合作業手冊、提送工作總報告
本月進度	預定：100.0%；實際：100.0%
本月累計工作數量	校正程式測試、校正系統評估修訂、完成更新維護作業手冊、完成營運作業手冊、完成整合作業手冊、提送工作總報告
趕工計畫	無
待協調事項	無
來月進度說明	



2-3、本年人力成本分析

本年主要工作執行所需人力及經費估算如表 2-3，供國土測繪中心作為明年計畫執行以及未來校正場營運之參考。

表 2-3、本年工作執行人力、經費估算表

本年主要工作項目	人工天統計(人×天)	成本費用
清標維護及控制測量		
校正標清查	20	100,000
校正標維護油漆	50	210,000
控制測量	80	450,000
校正航拍與布標		
航拍費用(P65&DMC)	N/A	900,000
布標	10	100,000
校正分析		
校正研究分析	420	300,000
DEM、正射影像製作	20	10,000
文件設計與撰寫	150	120,000
TAF 認證相關準備		
國外尋找能力試驗活動機構	N/A	110,000
文件設計與撰寫	100	100,000
系統與程式開發		
校正標管理系統	320	480,000
校正程式開發整合	150	200,000
辦理教育訓練		120,000
其他工作成果、耗材、管銷、保險、雜費...)	N/A	140,000
總計		3,340,000

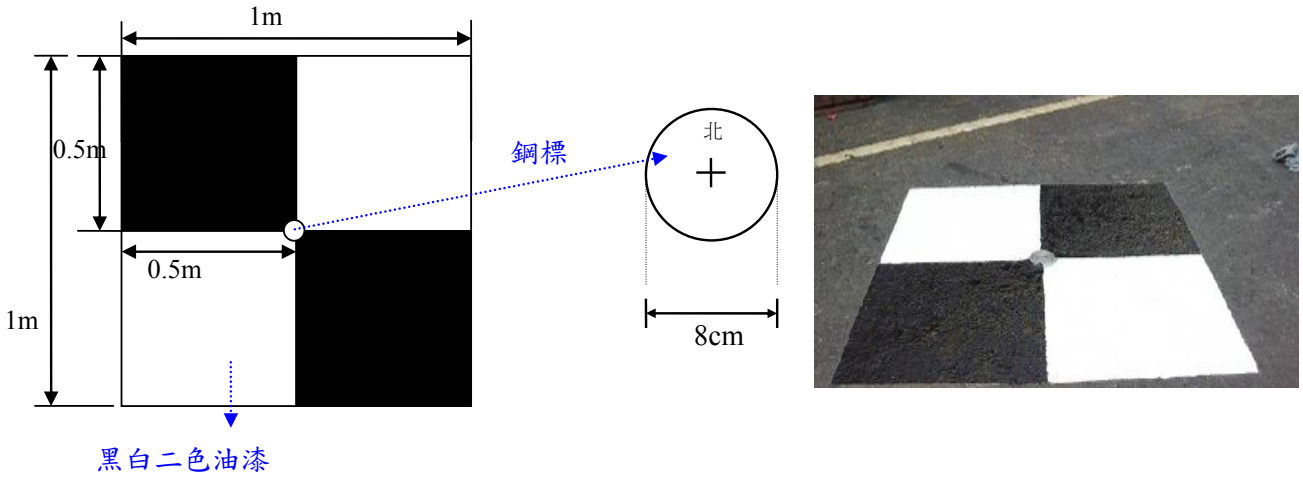
第三章　校正場更新維護

3-1、校正標清理維護

一、幾何校正標

幾何校正標可作為地面控制點或地面檢核點之用。目的為量測幾何校正標在地表(物空間)真實位置與由影像(像空間)推算所得位置間的差量，經適當統計分析即可作為幾何精度的指標，來判斷航測攝影機是否達到所宣稱之儀器精度。

幾何校正標需易於直接量測坐標，且於像片上容易清楚辨識。因此，校正場內採用之標翼形狀為邊長 1 公尺的黑白相間四正方形組成，黑白二色之設計使標處於淺色水泥地面或深色柏油路面皆可清楚辨認，且 25 公分至 5 公分間的 GSD 之影像皆可使用。並為使清楚定義點位位置，幾何校正標中心則需加設鋼標，幾何校正標樣式示意如圖 3-1 所示。



(1)設計樣式　　(2)實品

圖 3-1、幾何校正標樣式

101 年 6 月間本學會於南崗工業區共布設了 183 個幾何校正標，

本學會於本年 4 月上旬辦理清查作業，經統計共遺失 27 個校正標，剩餘 156 個校正標。推測校正標遺失的主要原因，可能是因工業區內時常進行道路維護重鋪、挖掘所導致。由於為了獲得足夠的對空視角，保持校正場內點位良好的幾何分布，使得許多校正標被迫布在較靠近車輛行駛車道上，易受碾壓導致標翼髒汙、破損。剩餘 156 個校正標中，判斷尚足以進行空三量測，保存良好的點位共計 92 個。而標翼因髒汙、破損，經判斷無法進行空三量測，油漆剝落需維護的點位共計 64 個，統計資訊如表 3-1~3-4。針對標翼油漆剝落的點位，已全面重新油漆，於本年 4 月下旬完成所有點位的清查及維護。所有點位清查更新的資訊及明細，請參閱「102 年度幾何校正標更新維護點之記」。

(1)保存良好點位示意

(2)油漆剝落需維護點位示意

圖 3-2、102 年度幾何校正標清查情形

表 3-1、幾何校正標清查統計表(一)

大校正場	保存良好點位	油漆剝落	遺失點位
第一象限	15	5	3
第二象限	10	17	3
第三象限	9	8	2
第四象限	14	11	3
總計	48	41	11

表 3-2、幾何校正標清查統計表(二)

小校正場	保存良好點位	油漆剝落	遺失點位
第一象限	20	4	1
第二象限	7	9	5
第三象限	3	5	9
第四象限	14	5	1
總計	44	23	16

表 3-3、幾何校正標清查統計表(三)

總計	保存良好點位	油漆剝落	遺失點位
第一象限	35	9	4
第二象限	17	26	8
第三象限	12	13	11
第四象限	28	16	4
總計	92	64	27

表 3-4、幾何校正標清查統計總表

兩校正場合併計算	可用點位		不可用點位	
	保存良好	油漆剝落需補漆	鋼標遺失	點位滅失
第一象限	35	9	1	3
第二象限	17	26	1	7
第三象限	12	13	0	11
第四象限	28	16	1	3
小計	92	64	3	24
比例	50%	35%	2%	13%
總計	156		27	

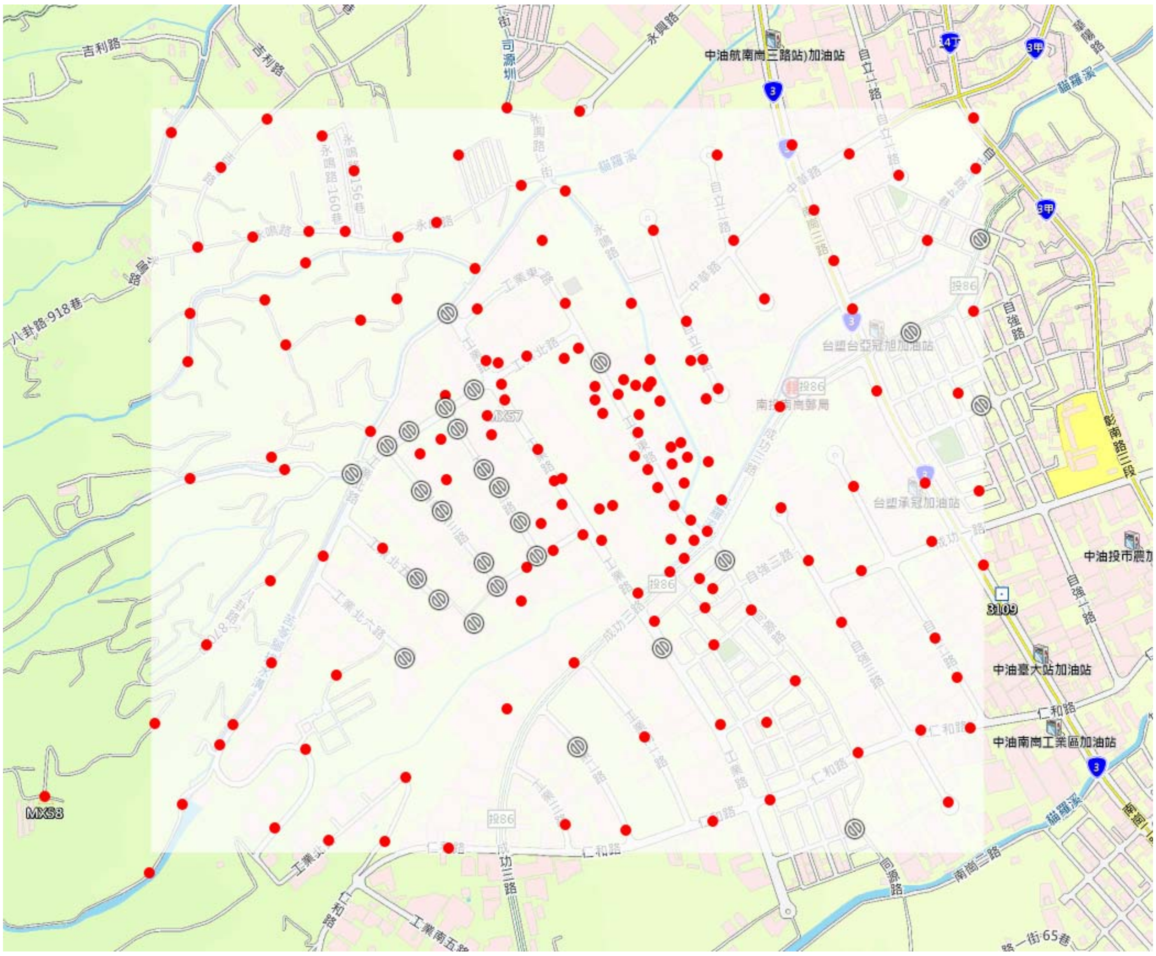


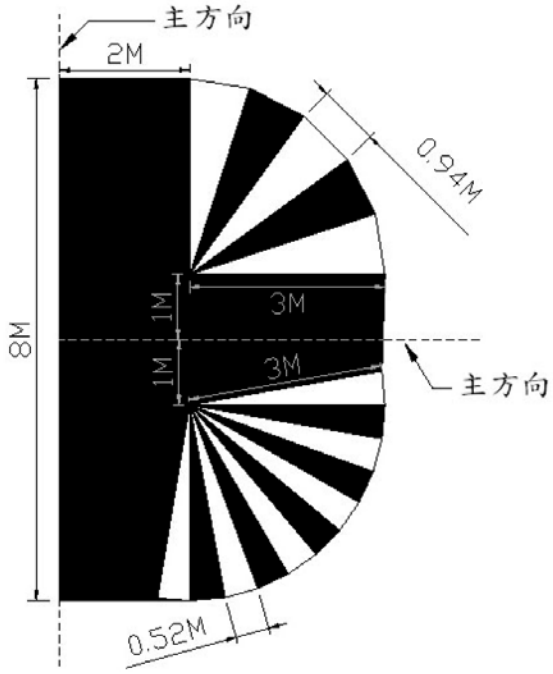
圖 3-3、清查後校正標分布現況示意圖

(表可用之點位； 表鋼標遺失、點位滅失不可用之點位)

二、空間解析力校正標

本場目前空間解析力校正方式是推估受校正影像實際之調制轉換函數(Modulation Transfer Function，以下簡稱 MTF)。以此函數在空間解析力為 20 lp/mm 時是否能達到基本圖測製規範所定之 0.4 的調制轉換能力判定其精度是否滿足國土測繪之需求。

空間解析力校正標是參考美國之經驗(USGS, 2008a)作改良，將原來 360 度對稱的完整星形校正標，由中心等分為四，僅取其一個象限製成改良後之西門子星（Siemens Star），黑底白標，如圖 3-4。



(1)設計樣式　　(2)實品

圖 3-4、空間解析力校正標樣式

本年 5 月份對收存於國土測繪中心的空間解析力校正標進行清查，保存狀況良好。

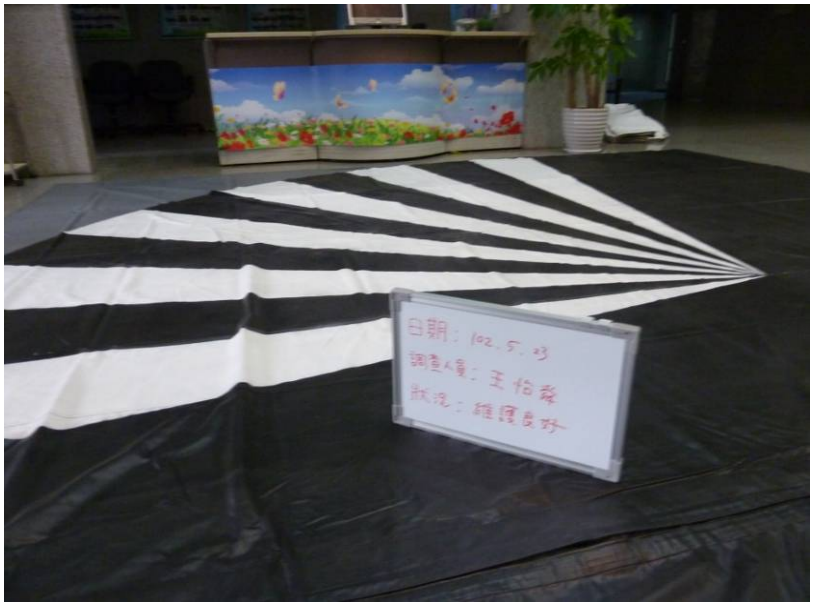


圖 3-5、空間解析力校正標清查現場照

由於以帆布製作的空間解析力校正標面積龐大，收存或布標擺放

時難免產生折痕。經 101 年校正航拍後證實，拍攝所得帆布標影像因折痕產生反光導致顏色不均，如圖 3-6 所示。

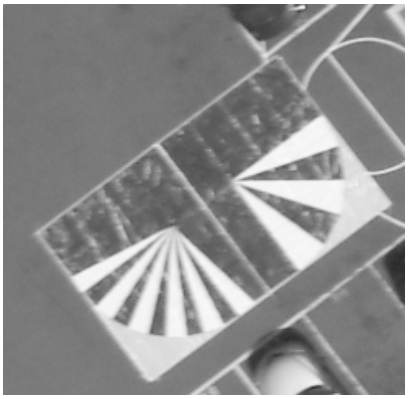
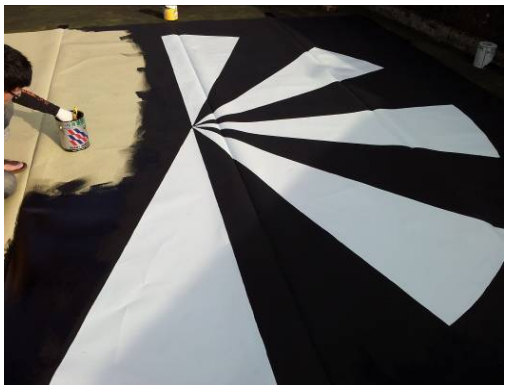


圖 3-6、101 年度空間解析力校正標影像示意

空間解析力量測 MTF 的基礎是以標形半徑的改變，沿著圓周方向量測黑白頻率變化。若影像顏色不均，將使量測值產生偏差，因此本年參考芬蘭以礫石為材料之經驗，改良以粗砂布配合平光漆重新製作校正標，設計成 4 張長寬各為 1m、5m，粒度 40 之矩形砂布組成近似藍勃特散射面的校正標，成果如圖 3-7。標形為長方型，尺寸為 5m×4m，每個扇形半徑為 2m，夾角為 22.5 度。此標形設計亦考量到以點散函數（Point Spread Function，以下簡稱 PSF）方式間接評估影像解析力，因此白色扇形並未 360 度完全對稱，留半側黑底，透過黑白區塊交界以計算 σ_{PSF} (模糊參數)。



(1)砂布、平光漆製作過程

(2)本年製作空間解析力校正標影像示意

圖 3-7、102 年度空間解析力校正標製作過程及成果

100 年與本年所製作之空間解析力校正標型均參考 USGS 野外校正場建議規格所設計，因應拍攝 GSD、縮短製作時程及減輕可攜式校正標重量等考量，本年所製作標型之半徑及角度均略有調整。經實際以航拍影像進行解析力計算後確認，100 年所製作之標型尺寸(含 2 種不同角度扇形)可適用於 GSD5cm 與 GSD20cm 之校正航拍；而本年所製作之標型尺寸可適用於 GSD10cm 之校正航拍。

三、輻射校正標

輻射校正之構想為配合標準白板以地面光譜儀(Spectral Radiometer) 量取校正標各灰階在各波段的輻射值(Radiance)化算為反射值(Reflectance)的相對比值，以供比對受校正影像中所拍攝校正標實際各波段相對比值，進行輻射校正。

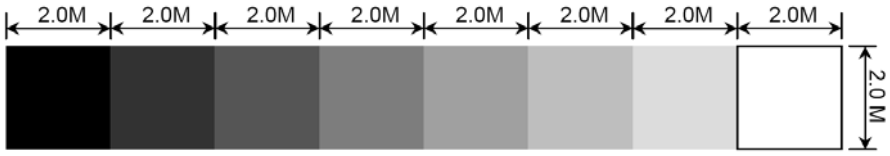


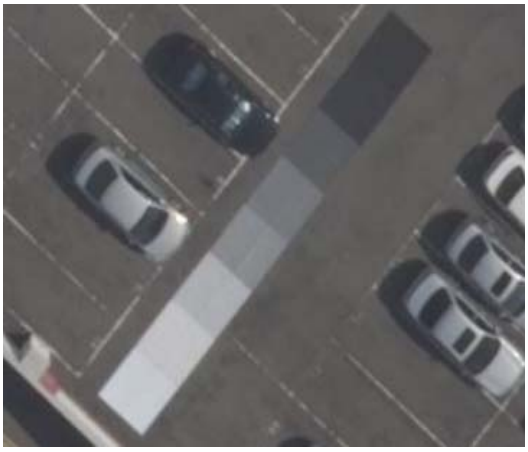
圖 3-8、輻射校正標樣式

本年 5 月份對收存於國土測繪中心的輻射校正標進行清查，保存狀況良好。

圖 3-9、輻射校正標清查現場照

同樣考量以帆布所製作的校正標可能因折痕導致影像上顏色不均，因此也以粗砂布及平光漆重新製作，設計成以 16 張長寬各為 1 公尺、2 公尺粒度 40 之矩形砂布組成近似藍勃特散射面的校正標，並於砂布上平光漆由黑至白共八色階，每色階由兩張同色之砂布拼接成長寬各為 2 公尺之正方形，如圖 3-10。

(1)實品



(2)102 年度輻射校正標影像示意

圖 3-10、102 年度輻射校正標實品及影像示意

四、小結

經 101 年與本年測試後，砂布搭配平光漆所製作之空間解析力校正標與輻射校正標，於航拍影像上顏色較帆布所製作的校正標均勻，且不易產生局部反光的情形，因此建議日後可以砂布與平光漆作為可攜式校正標所使用的主要材質。表 3-5 列出帆布標與砂布標製作之各項資訊，供國土測繪中心參考。

表 3-5、可攜式校正標使用材質比較表

可攜式校正標製作選用材質比較		
	帆布	砂布
製作成本	每平方米約 700 元	每平方米約 1200 元
製作時程	約 7~10 天	約 3~5 天
重量	較重	較輕
防水性	防水	不防水

3-2、重新辦理 GPS 靜態測量

本年亦再次對全場幾何校正標實施 GPS 靜態測量，除了作為對去年控制測量成果的驗證外，也藉由再次測量的成果確認點位是否有明顯位移變化。

一、準備項目

(一)作業方法

採靜態測量方式辦理，並使用雙頻或單頻衛星定位儀（GPS）。

(二)儀器設備

使用的 GPS 精度優於 5mm±1ppm，並於 1 年內通過 TAF 認證實驗室校正合格。

(三)作業要求

外業觀測採用靜態測量方法，最少連續且同步觀測時間大於(含)45 分鐘，衛星訊號資料紀錄間隔為 5 秒，不同時段最少共同測站數 2 個，不同時段最少基線重複觀測率 5%，重複觀測基線水平分量之差值不得超過 30 毫米，重複觀測基線垂直分量之差值不得超過 75 毫米，點位坐標平面中誤差小於 2 公分、高程中誤差小於 5 公分。

二、實際作業情形

(一)已知點檢測

於場區周圍選擇 5 個三等控制點同時聯測，聯測之三等衛星控制點以同時具有 TWD97、TWD97[2010]兩種坐標基準者為優先，分別為 MX34、MX57、MX58、MX60 及 MX64，點位分布如圖 3-11 所示。

圖 3-11、點位分布圖

選定合適控制點後，即進行檢測。檢測方式以 GPS 靜態測量檢測相鄰各點間之角度及距離為原則，檢測之程序如下：

1. 利用 GPS 於所有已知控制點間進行靜態測量，觀測量平差計算得到已知控制點間之基線長及方位角。
2. 所得之基線長經過傾斜改正、化歸至平均海水面改正及尺度比改正化算後與相應兩點坐標反算之邊長相較，其較差小於二萬分之一者，視為未變動。
3. 每一條基線可反算得一方位角，此角度值與相應坐標反算所得角度相較，其較差在±20 秒以內者，視為未變動。
4. 檢測標準以強制附合網形平差計算相應點位間之基線長、方位角及坐標差分量為準，各級已知控制點在 95%信心區間下之相關檢測標準如表 3-6 所示。

表 3-6、各級已知控制點在 95%信心區間下之相關檢測標準

項目＼等級	一等衛星控制點	二等衛星控制點	加密基本控制點
角度較差量	20″	20″	20″
基線長度L較差量	10mm+2ppm・L	20mm+4ppm・L	30mm+6ppm・L
坐標分量較差值	24mm	50mm	98mm

本年 GPS 靜態測量使用之已知控制點為三等衛星控制點，其角度、基線長度及坐標分量差量之檢測結果如表 3-7、表 3-8 及表 3-9 所示。

表 3-7、已知控制點檢測-角度較差量

測站	測站	檢測方位角(度-分-秒)	反算方位角(度-分-秒)	較差(秒)	合格（Y/N）
MX57	MX58	229-45-34.39	229-45-34.02	0.38	Y
MX57	MX34	356-57-33.93	356-57-34.12	-0.19	Y
MX57	MX64	138-21-25.48	138-21-25.77	-0.29	Y
MX57	MX60	85-54-39.07	85-54-39.43	-0.36	Y
MX58	MX34	16- 1-41.81	16- 1-42.28	-0.47	Y
MX58	MX64	117- 4-54.78	117- 4-54.85	-0.07	Y
MX58	MX60	75-28- 8.87	75-28- 8.93	-0.05	Y
MX34	MX64	153-40-35.73	153-40-35.6	0.03	Y
MX34	MX60	121-38-20.86	121-38-20.55	0.31	Y
MX64	MX60	18-37-14.90	18-37-14.82	0.08	Y

表 3-8、已知控制點檢測-基線長度 L 較差量

序號	測站	測站	檢測距離 (m)	反算距離 (m)	較差 (m)	精度	容許誤差	合格（Y/N）
1	MX57	MX58	1459.356	1459.364	-0.008	1/ 188237	0.073	Y
2	MX57	MX34	2462.678	2462.665	0.013	1/ 185196	0.123	Y
3	MX57	MX64	3682.272	3682.281	-0.009	1/ 419397	0.184	Y
4	MX57	MX60	3466.678	3466.680	-0.002	1/1857824	0.173	Y
5	MX58	MX34	3540.920	3540.917	0.003	1/1068232	0.177	Y
6	MX58	MX64	3997.145	3997.152	-0.007	1/ 568168	0.200	Y

7	MX58	MX60	4720.635	4720.641	-0.006	1/ 755893	0.236	Y
8	MX34	MX64	5811.106	5811.102	0.004	1/1473968	0.291	Y
9	MX34	MX60	4213.330	4213.325	0.005	1/ 835858	0.211	Y
10	MX64	MX60	3163.995	3163.999	-0.004	1/ 818551	0.158	Y

表 3-9、已知控制點檢測-坐標分量較差值

序號	點號	自由網		已知點		差值			合格
		N-坐標(m)	E-坐標(m)	N-坐標(m)	E-坐標(m)	dN(m)	dE(m)	差值(m)	(Y/N)
1	MX34	2649726.904	215141.836	2649726.890	215141.839	-0.014	0.003	0.014	Y
2	MX57	2647269.617	215272.362	2647269.617	215272.362	0.000	0.000	0.000	Y
3	MX58	2646334.370	214167.230	2646334.364	214167.227	-0.006	-0.003	0.007	Y
4	MX64	2644518.419	217718.678	2644518.409	217718.680	-0.010	0.002	0.010	Y
5	MX60	2647516.729	218728.933	2647516.723	218728.935	-0.006	0.002	0.006	Y

(二)GPS 靜態測量

進行施測前需進行施測規劃，規劃點位觀測順序、觀測時間、基線重複率、兩不同時段間之共同測站點號及人員編組安排等。

實際作業時，每時段觀測時間達 55 分鐘以上，相鄰時段間至少觀測 2 個共同點位，相鄰時段之共同點，需重新架站觀測，不同時段間基線重複率至少 5%，網形觀測順序則先從校正場之東北方開始，由北至南、由東向西觀測，並將已知控制點與幾何校正標聯測，附合至坐標系統。

施測時共使用 9 台 GPS，分別為 7 部 Trimble4000 及 2 部 Trimble5700。據前述選點原則及 GPS 儀器數量，進行 GPS 測量網形規劃，並於 102 年 4 月 15 日起至 102 年 4 月 20 日止進行 6 天共 39 個測段之 GPS 靜態觀測，觀測時段如表 3-10。

表 3-10、幾何校正標觀測時段表

	#5700		#5700-1		4000#11		4000#12		4000#22		4000#7		4000#8		4000#9		4000#10	
時段	點號	儀器高	點號	儀器高	點號	儀器高	點號	儀器高	點號	儀器高	點號	儀器高	點號	儀器高	點號	儀器高	點號	儀器高
1	B001	1.499	B011	1.537	B009	1.513	B010	1.646	B027	1.575	B028	1.561	B029	1.620	B026	1.513	B025	1.565
2	B007	1.528	B011	1.593	B009	1.553	B006	1.471	B013	1.604	B024	1.562	B023	1.624	B014	1.519	B025	1.595
3	B005	1.536	B015	1.608	B004	1.501	B006	1.669	B016	1.529	B022	1.575	B023	1.637	B014	1.519	B021	1.588
4	B034	1.522	B020	1.557	B004	1.478	B018	1.598	B016	1.601	B002	1.572	B003	1.621	B017	1.560	B021	1.619
5	A056	1.662	A031	1.602	B069	1.560	B066	1.616	A009	1.615	MX57	1.424	B083	1.693	B057	1.498	A074	1.604
6	A034	1.579	A031	1.475	A033	1.504	A015	1.474	A009	1.739	MX57	1.435	A014	1.645	A032	1.601	A035	1.563
7	B066	1.569	B064	1.462	A006	1.565	A015	1.623	A009	1.465	B084	1.535	A014	1.672	B075	1.564	B083	1.512
8	A043	1.607	B064	1.494	A061	1.463	A050	1.518	A057	1.597	A067	1.515	A014	1.630	A059	1.735	A035	1.588
9	B057	1.618	A032	1.628	A031	1.523	A053	1.533	A054	1.569	A075	1.587	B056	1.678	A073	1.493	B052	1.567
10	A034	1.620	A032	1.548	A033	1.506	A053	1.654	A054	1.488	A099	1.570	A068	1.714	A050	1.521	A035	1.579
11	A043	1.560	B047	1.575	B051	1.552	B048	1.260	A049	1.593	B059	1.521	B064	1.623	B062	1.512	A141	1.529
12	A057	1.629	A059	1.556	A096	1.503	A065	1.614	A089	1.635	A067	1.567	A068	1.700	A108	1.589	A088	1.591
13	B030	1.621	B042	1.583	B041	1.604	B043	1.552	B040	1.660	B045	1.535	B031	1.665	B054	1.679	A144	1.584
14	A145	1.552	B044	1.558	A124	1.619	A103	1.586	B040	1.608	B045	1.635	B031	1.672	A121	1.512	A125	1.656
15	A128	1.578	B044	1.501	A127	1.575	A140	1.574	B032	1.662	A139	1.577	B031	1.599	A121	1.516	A125	1.593
16	A128	1.592	A117	1.544	A129	1.587	A140	1.656	A045	1.559	A139	1.529	A108	1.619	A130	1.554	A118	1.561
17	A128	1.618	A107	1.518	A127	1.571	A119	1.552	A106	1.621	A105	1.464	A108	1.640	A121	1.563	A118	1.577
18	B047	1.611	A112	1.630	B051	1.555	A132	1.495	A111	1.668	A114	1.580	B039	1.595	A134	1.516	A133	1.608
19	A043	1.559	A061	1.564	B051	1.505	A132	1.303	A111	1.553	A114	1.519	A089	1.615	A094	1.531	A065	1.575
20	A096	1.612	A117	1.540	A088	1.566	A132	1.518	A045	1.618	A130	1.540	A089	1.627	A094	1.544	A115	1.609
21	A099	1.602	A109	1.541	A106	1.623	A103	1.537	A101	1.632	A126	1.633	A102	1.591	A121	1.534	A122	1.578
22	A099	1.581	A075	1.515	A076	1.533	A103	1.724	A101	1.464	B045	1.552	A102	1.607	A073	1.527	B052	1.584
23	B054	1.542	B099	1.580	B102	1.578	B055	1.476	B043	1.495	B045	1.610	B056	1.576	B053	1.531	B052	1.592
24	B056	1.593	B099	1.517	B102	1.564	B071	1.545	B098	1.675	B097	1.595	B087	1.571	B068	1.519	B100	1.591
25	B069	1.620	B086	1.547	A004	1.567	B071	1.684	B072	1.570	B070	1.590	A056	1.538	B068	1.552	A074	1.576
26	B075	1.489	B077	1.556	B076	1.624	B079	1.571	B078	1.479	A104	1.513	B064	1.618	B062	1.561	A141	1.601
27	B080	1.631	B077	1.447	B076	1.638	B079	1.722	B095	1.527	B096	1.590	B092	1.623	MX58	1.560	B093	1.594
28	B080	1.664	B081	1.495	B076	1.627	B094	1.607	B082	1.575	B075	1.582	B084	1.622	B085	1.486	B093	1.585
29	B086	1.591	A004	1.593	B089	1.510	B090	1.573	B069	1.612	B091	1.547	B084	1.645	B085	1.451	B083	1.584
30	B086	1.638	B070	1.514	B089	1.501	B071	1.481	B098	1.613	B097	1.550	B087	1.640	B074	1.549	B088	1.610
31	B102	1.617	B090	1.571	B089	1.501	B091	1.549	MX34	1.589	B097	1.636	B087	1.620	B074	1.557	B088	1.594
32	B079	1.629	B048	1.518	B085	1.550	B094	1.448	B078	1.531	A141	1.560	B092	1.618	MX58	1.484	B093	1.597
33	A130	1.595	A131	1.495	A138	1.571	A132	1.614	B032	1.639	A139	1.596	A135	1.610	A134	1.589	A133	1.619
34	B004	1.590	B048	1.485	B003	1.585	B002	1.532	B037	1.637	B018	1.470	B020	1.584	MX64	1.387	B036	1.602
35	B028	1.555	B027	1.521	B011	1.606	B010	1.558	B007	1.638	B006	1.517	B009	1.575	MX60	1.340	B001	1.578
36	B030	1.575	A144	1.494	B041	1.626	B026	1.594	B024	1.571	B025	1.540	B031	1.629	B029	1.582	B028	1.576
37	A135	1.605	B032	1.496	A134	1.508	B033	1.610	B024	1.672	B023	1.533	B031	1.607	B101	1.475	B039	1.600
38	B034	1.582	B021	1.528	B035	1.508	B033	1.746	B038	1.619	B022	1.527	B023	1.616	B101	1.501	B039	1.607
39	B034	1.613	B020	1.514	B035	1.534	B018	1.680	B038	1.574	B047	1.544	B048	1.634	B037	1.545	B036	1.585

三、平差計算及成果比對

(一)觀測成果及平差計算方式

經外業觀測後，將所接收的觀測資料註明儀器編號及日期存放，並使用「TURBO-NET®」軟體進行基線計算。

單條基線計算為假設其中一個測站的坐標為已知，由兩個測站所接收的原始觀測數據，常用最小二乘法平差方式來計算基線分量及整數週波未定值，進而求得兩點間的坐標分量差。

基線計算成果只是坐標差，並沒有坐標基準的意義，就如同常規測量所測得的角度、距離和高差一樣，必須經過網形的連結，並賦予坐標基準的約制條件，以求得測站坐標位置。因此本場以「蛙跳式」之測量方式承轉不同觀測時段點位間相對坐標關係，以組成局部測區坐標系，再以聯測三等衛星控制點之方式導入坐標系統框架。

成果計算時，首先進行自由網平差，以了解相對於坐標起算點位

之相對精度，是否能達到本場之精度要求，並由自由網平差計算過程中剔除含有粗差之基線觀測量，此外，亦可得到各點位誤差橢圓之傳播情形，確認各點位相對精度皆符合本場之要求。

經自由網平差後，再進一步以已知之三等衛星控制點 MX34、MX57、MX58、MX60 及 MX64 為基準，進行全網之強制附合平差計算。

(二)坐標成果比對

個別獨立觀測之間，兩次成果必然有差異，在不含錯誤觀測量的前提下，其差異應相當微小。由表 3-11 可知，不同年度控制測量成果間，平面殘差均方根小於 0.01m，高程殘差均方根值小於 0.02m，可判斷校正標中心位置應無明顯變化。

表 3-11、101 年度、102 年度控制測量成果差值分析

	E	N	EN	H
殘差平均值(m)	0.001	-0.003	0.007	0.001
殘差均方根值(m)	0.006	0.006	0.005	0.017
最大殘差絕對值(m)	0.023	0.028	0.031	0.068

3-3、重新實施校正航拍

一、航拍作業說明

101 年辦理國內最常用的 UltraCamXp 航測攝影機系統校正飛行測試，驗證本場應符合國際常見之校正場設置標準及校正能力(可參考 101 年期末總報告書)，及完成校正方法規劃，本年繼續以國內常用的 DMC 型攝影機繼續測試。所使用 DMC 型攝影機型號為 DMC-I，其全色態影像由 4 片 CCD 所拼接而成；焦距為 12 公分；全色態合成影像像元尺寸為 12 微米見方，如圖 3-12。

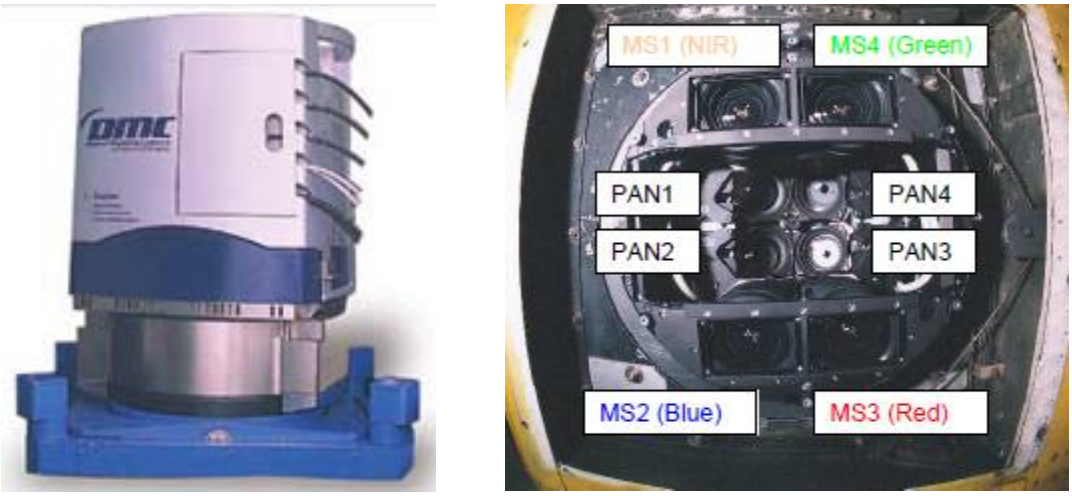


圖 3-12、DMC-I 航測攝影機

二、飛航規劃

未來本場校正規劃不對受校航測攝影機航線規劃做限制，僅告知場地範圍，於航拍結束後由受校廠商提出自認最佳的航拍影像供校正使用。而本年校正航拍於 102 年 6 月 28 日下午 14 時進行，由詮華國土測繪有限公司自行規劃航線進行拍攝，航線規劃如圖 3-13 所示。航拍紀錄表如表 3-12 所示。

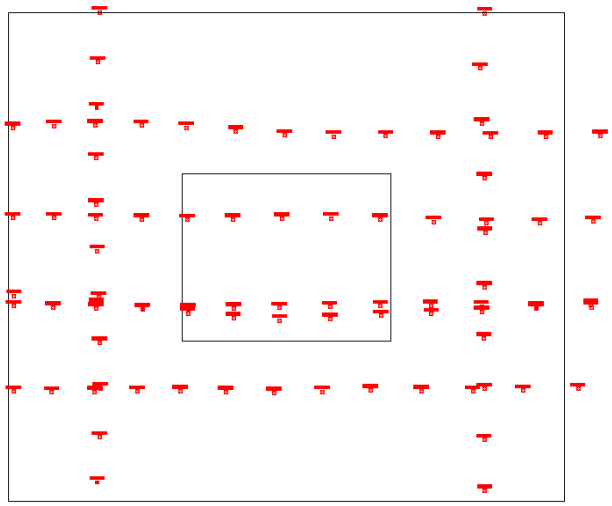


圖 3-13、102 年度校正航拍航線規劃

表 3-12、6 月 28 日航拍紀錄表

航拍攝影記錄表

二級編號：		作業區域：					訂約日期：						
二級名稱：							測二日期：						
委託單位：							先二日期：						
承辦單位：							繳交日期：						
工作內容：							繳交人員：						
任務：		執行公司：			攝影日期：								
正駕駛：		副駕駛：			領航攝影：			機型：					
機型：		機號：			鏡比尺：			鏡頭：					
序號	航線編號	攝影時間			前後重疊	航高(m)	片號		張數	是否使用	耗時	相機	
		日期	開始	結束			開始	結束					
1	1	102.06.28	15:34:39	15:35:14	80%	800	75	87	13	Y	0:00:35	DMC	
2	2	102.06.28	15:30:20	15:30:59	80%	800	62	74	13	Y	0:00:39	DMC	
3	3	102.06.28	15:26:01	15:26:33	80%	800	50	61	12	Y	0:00:32	DMC	
4	3	102.06.28	15:40:38	15:44:11	80%	800	88	100	13	Y	0:03:33	DMC	
5	4	102.06.28	15:22:14	15:22:51	80%	800	37	49	13	Y	0:00:37	DMC	
6	5	102.06.28	15:13:47	15:14:16	80%	800	16	26	11	Y	0:00:29	DMC	
7	6	102.06.28	15:18:05	15:18:37	80%	800	27	36	10	Y	0:00:32	DMC	
備註							合計：						

三、飛航成果

本年校正航拍共拍攝 6 條航線，前後重疊約 80%，側向重疊約 60%，地元尺寸約為 10 cm，航拍成果如圖 3-14。

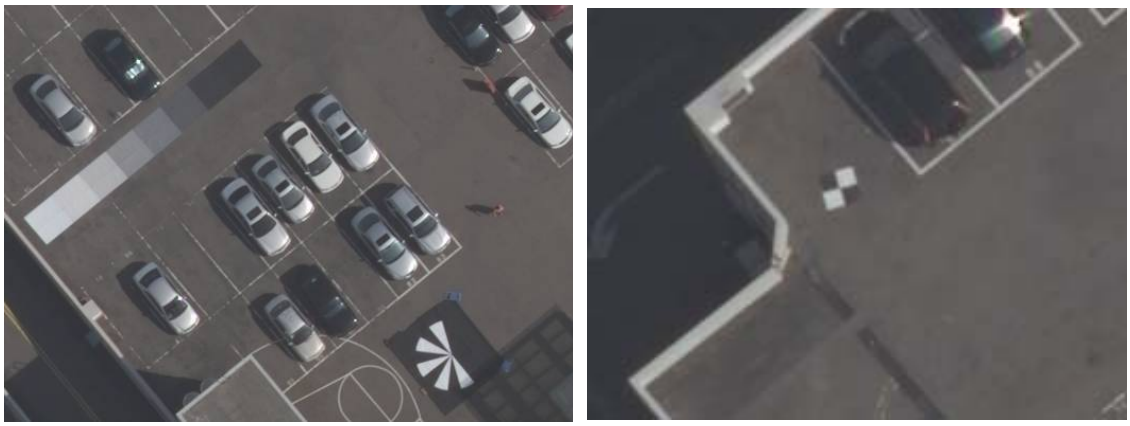


圖 3-14、102 年度校正航拍成果

而本年拍攝影像經過調色、空中三角量測計算及其它適當程序處理後，製作出涵蓋本場範圍之正射影像(解析度 10cm)與數值地形模型(5m 網格)，成果示意如圖 3-15、3-16。

圖 3-15、102 年度正射影像成果示意

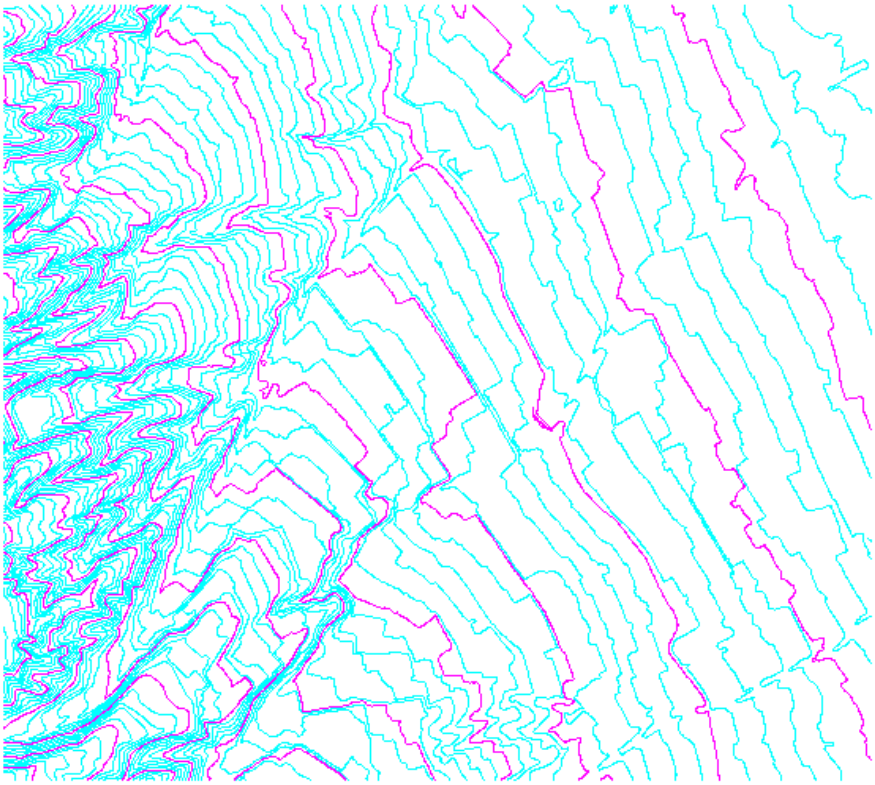


圖 3-16、102 年度數值高程模型等高線成果示意(5m 間隔)

後續章節將說明本年幾何、空間解析力與輻射校正相關分析，檢視以不同航測攝影機航拍影像所得校正成果之差異，藉以調整並精進現有規劃之校正方式。

3-4、規劃更新機制及營運準備作業

國土測繪中心日後應為辦理校正作業之機關，並且負責校正場整體營運，未來將實際對外提供各項校正服務。更新維護及對外提供服務原則，與國土測繪中心經多次討論後已確認方向，流程規劃如圖 3-17、3-18 所示。

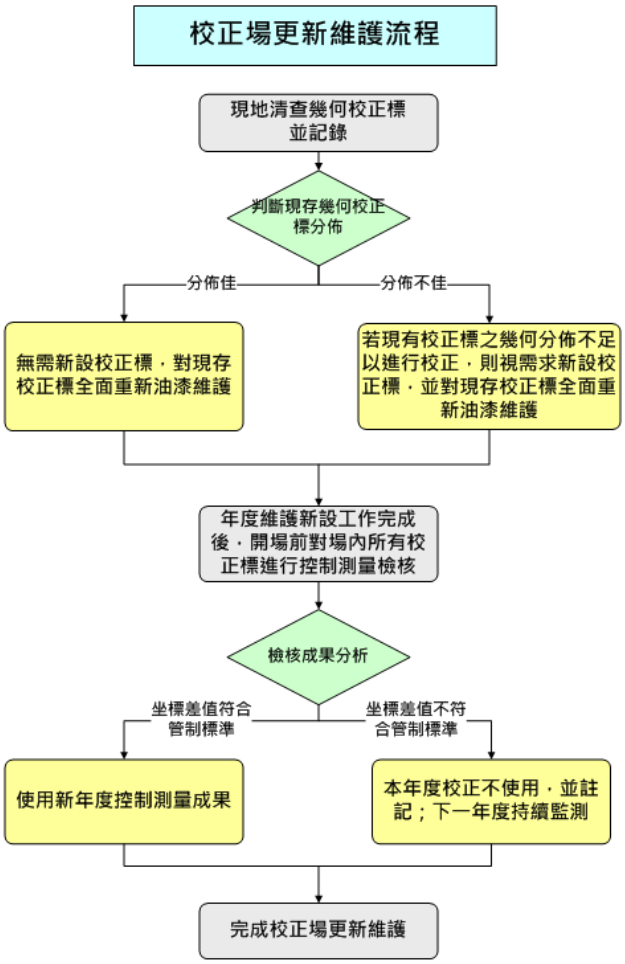


圖 3-17、校正場更新維護流程

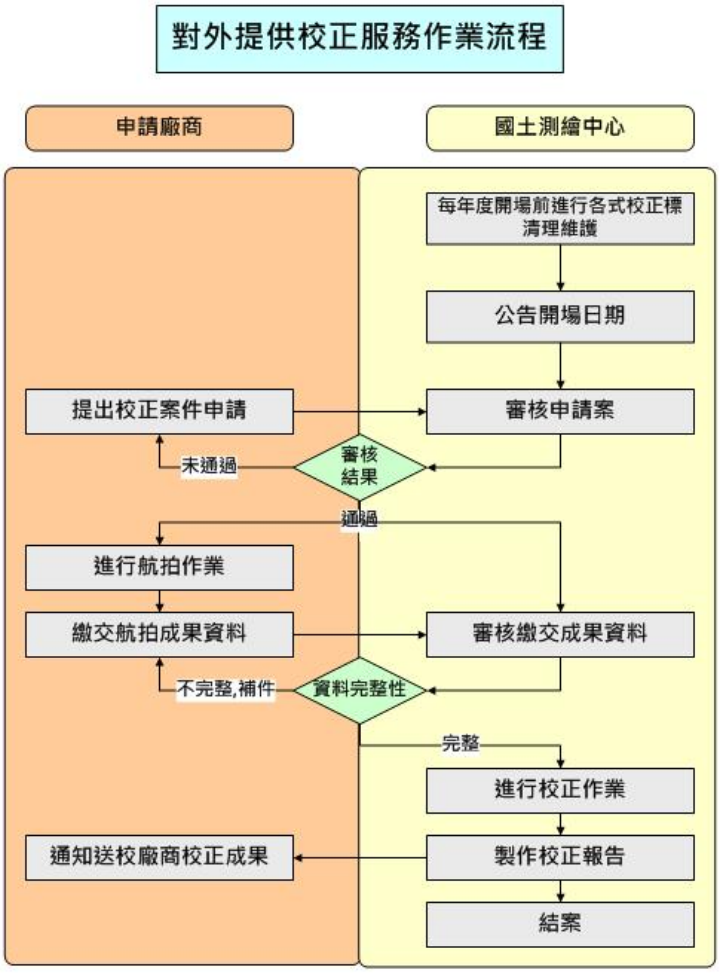


圖 3-18、校正場對外提供校正服務作業流程

本年所研提更新維護作業手冊，內容包含各式校正標之清理維護、測設、等更新維護作業流程，並記錄各流程需辦理工作項目、使用資料與設備、作業人力…等資料。營運作業手冊內容，包含公開資訊規劃、場內軟硬體設備之保管、維修或量測追溯機制、校正人員訓練之考評與能力評估、以及營運準備內容。有關詳細更新維護作業細節以及營運規劃，請參考「更新維護作業手冊」與「營運作業手冊」。

第四章　精進航測攝影機系統校正流程及成果分析

4-1、文獻翻譯與論文投稿

本年為持續了解國際間航、遙測感應器校正相關資訊，特別蒐集了 100 年度以後航測攝影機與空載光達校正相關文獻共 4 篇並進行翻譯，希望藉由這 4 篇文獻所提出的方法及概念，在日後辦理校正作業或執行其它測繪相關業務時，能以這些經驗作為參考並加以運用。

航測攝影機校正相關文獻第一篇為「Digital Camera Calibration Using Images Taken From An Unmanned Aerial Vehicle」，針對 UAV 野外校正與室內校正，說明此二種率定方法及所得精度比較；第二篇為「Camera Calibration for UAV Ground Feature Localization」，說明以影像特徵點對攝影機率定的方法以及成果評估。空載光達校正相關文獻第一篇為「Boresight Calibration of Airborne LiDAR System Without Ground Control Points」，以不需地面布標的方式來進行視準率定；第二篇為「Absolute Radiometric Calibration of ALS Intensity Data: Effects on Accuracy and Target Classification」，探討輻射校正對於光達資料其幾何精度以及目標分類的影響。有關完整中、英文翻譯內容，請參閱第一期成果報告「附件一、文獻翻譯」。

表 4-1、文獻資訊摘要

文獻主題	相關領域	年份/出處
Digital Camera Calibration Using Images Taken From An Unmanned Aerial Vehicle	航測攝影機校正	2011/ISPRS
Camera Calibration for UAV Ground Feature Localization	航測攝影機校正	2011/IEEE

Boresight Calibration of Airborne LiDAR System Without Ground Control Points	光達校正	2012/IEEE
Absolute Radiometric Calibration of ALS Intensity Data: Effects on Accuracy and Target Classification	光達校正	2011/MDPI

而本年按契約規定所撰擬 2 篇之論文摘要，均已於國際研討會 ISRS 投稿。第 1 篇為「Image distortion assessment of an UltraCamXp camera with calibration field」，說明本案至今幾何校正相關研究心得；第 2 篇為「Aerial Mapping Camera Spatial Resolution Assessment with Calibration Targets」，說明本案至今空間解析力校正相關研究心得。

4-2、校正分析

101 年實際辦理幾何、空間解析力與輻射校正測試分析，各實驗項目的結果與預期初步相符，原則上已可對目前國內現有的航測攝影機進行校正。本年以不同型航測攝影機再次辦理校正航拍，藉由更多資料來驗證 101 年研究成果，對特定校正細節進一步做分析，連帶檢視 101 年所設計各項校正作業程序是否需調整。以下將說明本年分析成果。

一、幾何校正

(一) GPS 網形平差偵錯及統計估計分析方法

1.GPS 觀測成果品質分析

本校正場內布設之幾何校正標其控制測量是採靜態測量方式辦理，並使用雙頻或單頻衛星定位儀，且所使用的衛星定位儀精度優於 5mm±1ppm，並於 1 年內通過 TAF 認證實驗室校正合格。於施測時，採用「蛙跳法」或稱「逐步推移法」，如圖 4-1 所示，使基線向量形成閉合之幾何圖形，以增加成果的可靠度和精度。

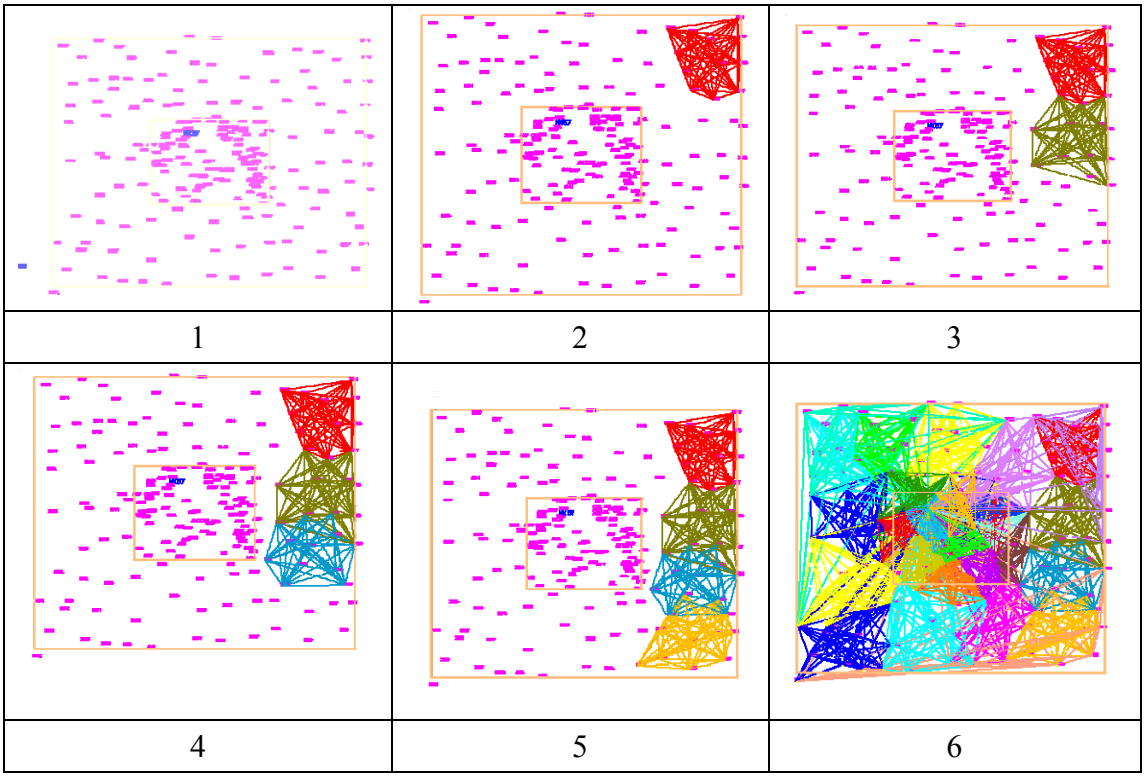


圖 4-1、蛙跳法實施網形測量示意(不同顏色表不同時段)

一般而言，GPS 靜態測量觀測成果品質的好壞，和下列幾項因素有關：

(1) GPS 觀測數據（衛星分布、接收狀況）。

(2) 人為錯誤（定心、定平及量測天線高等）。

(3) GPS 網形設計及規劃。

(4) GPS 數據處理。

採用蛙跳法施測其優點為對各基線進行長時間、多時段觀測，不同時段觀測可以降低衛星分布或某一段接收狀況不好的影響，且由於限制最低重複觀測點位數量（如兩時段間至少要有 2 個重複觀測點），重複點位在每一時段觀測前亦須重複定心、定平及量測天線高，也可以減少人為因素影響。

另外，在 GPS 網形中，由於各點位之位置和可靠度無關，而是和該點位的獨立基線數有關，因此該點位上觀測的獨立基線越多，則

點位可靠度越高，故作業時應該盡可能保持每個點位都有 3 個以上的獨立觀測基線。

至於 GPS 網形的可靠度指標，可以區分為內可靠度和外可靠度。內可靠度指的是該 GPS 網形發現粗差的能力，即可以偵測出最小粗差的大小；而外可靠度則是指粗差對 GPS 網形平差造成影響的大小。整體來看可以用簡單的指標，稱為平均可靠度指標η。

$\eta = B_R / B_L$ ，B_R：多餘基線數，B_L：獨立基線總數

而 GPS 網的精度指標可從 GPS 網的設計矩陣 B，得到協因數矩陣 Q=($B^T PB$)，其精度指標可以用 tr(Q)作為衡量 GPS 網在設計階段整體精度的指標。

2.資料收集

GPS 觀測結束之後，應於每日工作結束之後對接收之觀測數據作預處理以進行初步檢核，透過觀測數據預處理的結果評估成果好壞，及決定需不需要補測。觀測成果預處理的要點如下：

(1) 傳輸及整理觀測數據（統一檔案格式、剔除無效觀測等）。

(2) 剔除無效觀測後是否網形有缺漏之情形。

(3) 觀測當時衛星幾何強度，可觀測衛星顆數是否不小於 4 且分布均勻，PDOP 值小於 6 等。

(4) 初步基線解算是否合乎精度指標。

3.GPS 網形平差

GPS 網形平差之流程如圖 4-2 所示。

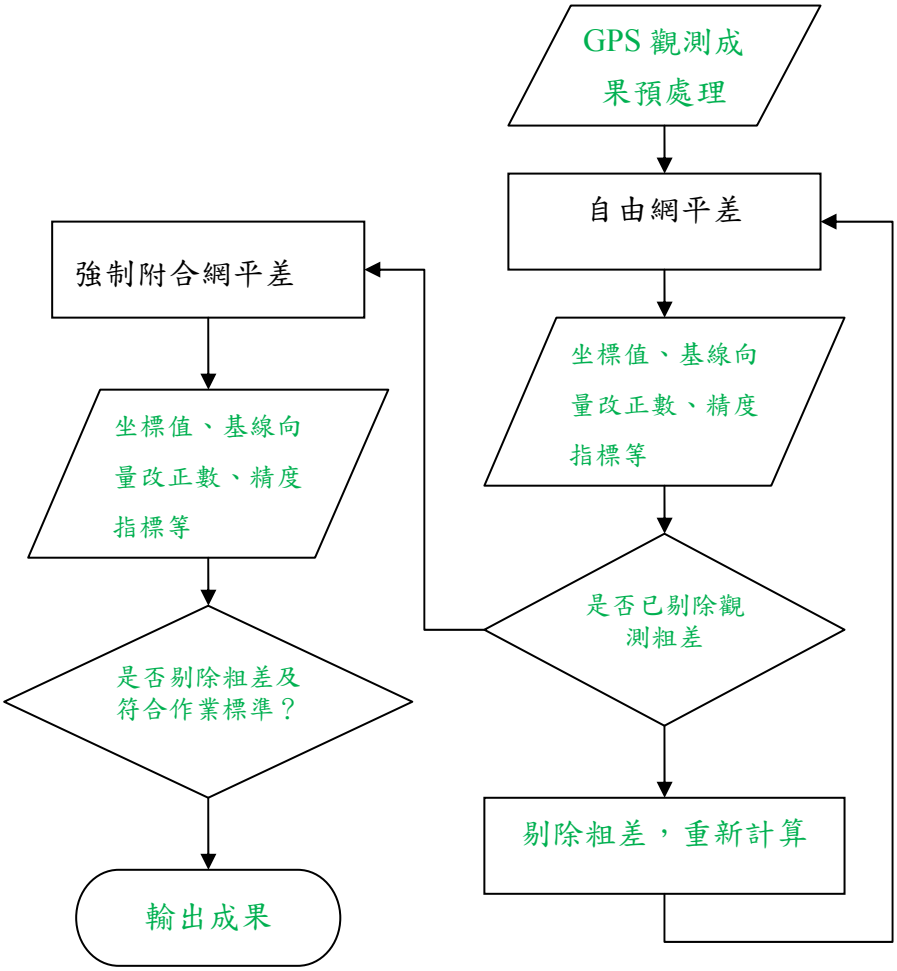


圖 4-2、GPS 網形平差流程圖

4.GPS 網形平差偵錯

(1)自由網平差

在自由網平差時，GPS 網的幾何形狀和 GPS 基線向量有關，而和坐標起算數據無關，因此自由網平差結果顯現 GPS 觀測值品質優劣。依據自由網的平差結果，可以作為判斷粗差或調整觀測基線權重及進行後續處理的依據。其判斷方式如下：

A、單位權方差檢驗

平差完成後，利用卡方檢定（Chi-square test）對單位權方差 $\hat{\sigma}_0^2$ 作檢定，判斷先驗和後驗單位權方差是否一致。

假設 $H_0:\hat{\sigma}_0^{\,2}=\sigma_0^2$ ，$H_1:\hat{\sigma}_0^{\,2}\neq\sigma_0^2$

若 $\dfrac{V^TPV}{\chi^2_{\alpha/2}}<\sigma_0^2<\dfrac{V^TPV}{\chi^2_{1-\alpha/2}}$ ，則 α 為顯著水準下 H_0 通過，反之則檢驗未通過。

單位權方差檢定的目的如下：

（a）檢驗觀測值的先驗單位權方差是否合適。

（b）各觀測值間的權重是否合適。

若未通過檢驗，則表示：

（a）先驗單位權方差不合適。

（b）各觀測值間的權重不合適。

（c）觀測值間可能存有粗差。

B、GPS 觀測基線的改正數

根據 GPS 觀測基線的改正數大小判斷是否隱含誤差，判斷標準為：

當 $|v_i|<\hat{\sigma}_0\cdot\sqrt{q_i}\cdot t_{1-a/2}$ 時，則認為不含有粗差。

其中 v_i 為觀測值改正數，$\hat{\sigma}_0$ 為單位權中誤差，q_i 為第 i 個觀測值的協因數，$t_{1-a/2}$ 為顯著水準 α 下 t 分布的區間。

C、相鄰點位的中誤差

檢核 GPS 網形中相鄰點位的中誤差和其 GPS 基線之相對中誤差是否符合精度要求？

D、網形內獨立基線構成之封閉幾何圖形閉合差

針對欲檢核之區域，選取網形內互相獨立之基線（即非同步觀測

之基線）以組成閉合幾何圖形，檢核其閉合差是否滿足要求。

E、重複基線較差或不同一時段同基線之分量差值

不同時段同一基線的長度較差或其各分量較差，是否滿足要求？

(2)強制附合網平差

原則上 GPS 觀測量的粗差及錯誤應在自由網平差時發現並作相應處理，如剔除、補測、調整權重等。進入強制附合網平差時，主要是希望依據給予的控制點坐標，將成果附合於國家定義之坐標基準上。因此，此階段的偵錯是針對給予的控制點坐標是否存有粗差。

強制附合網平差完成後，其檢核順序如下：

A、單位權方差檢驗

和自由網相同，平差完成後先對單位權方差作檢驗，這裡檢驗的目的是為了解給予的控制點坐標（起算基準）和 GPS 觀測成果是否一致？計算方式如前所述。

B、殘差檢驗

GPS 強制附合網平差後其基線分量改正數與同一組經粗差剔錯後之自由網基線分量改正數，兩者較差是否滿足要求？如較差是否小於 2σ。如不滿足，則表示給予的控制點坐標中可能隱含粗差。

C、控制點坐標檢驗

平差計算時，不是一次固定所有的控制點，可逐一加以固定，第一次固定 1 個控制點，第二次再增加固定 1 個控制點，即共 2 個控制點，以此類推。將未約制的控制點每次平差所得的值與已知值作比較，如差異過大，即可確定是已知點坐標有誤，並可依此方法找出有問題的控制點。

(二)幾何校正分析與空中三角量測相關統計分析

1.平差分析

一般來說，空中三角測量平差中的未知數理論精度是以平差獲得的未知數協方差矩陣表示:

D(X)=σ_0^2•Q

其中第 i 個未知數理論精度為

$$m_i = \sigma_0 \cdot \sqrt{Q_{ii}}$$

σ_0是驗後權單位中誤差，可用像點坐標觀測值得驗後中誤差表示，Q_{ii}為協方差矩陣對角線元素。

故以本校正場來說，假設空三網形中有 n 個檢核點，則 i 代表X_j、Y_j、Z_j(j=1、2、3…..n)，則檢核點位的理論平均平面精度為

$$m_{XY} = \sigma_0 \cdot \sqrt{\Sigma(Q_{X_jX_j} + Q_{Y_jY_j})/n}$$

平均高程理論精度則為

$$m_Z = \sigma_0 \cdot \sqrt{\Sigma Q_{Z_jZ_j}/n}$$

理論上實際精度可視為理論精度的無偏估值，故當多餘檢核點夠多時，理論精度和實際精度應達一致。

因此，實務評估精度時，常以多個多餘的已知地面點坐標(即檢核點)之已知值與平差之不符值(ΔX，ΔY，ΔZ)計算整體的平面精度與高程精度，作為評估空三結果的依據。

$$\mu_{XY} = \sqrt{\Sigma(\Delta X_j^2 + \Delta Y_j^2)/n}$$

$$\mu_z = \sqrt{\Sigma \Delta Z_j^2 / n}$$

以校正作業來說，本場布設相當數量的幾何校正標，再以這些幾何校正標用來當成控制點或檢核點用。

檢核點所計算出來結果，除了量測誤差影響外，也受系統誤差綜合影響，故為了盡量減少量測誤差的影響，盡可能以呈現系統誤差為主，故應盡可能連結出現在各像片的同名點，9 個標準點位均須有連結點，以提高量測點位的精度和可靠度。

而評估觀測值結果的好壞，則可以內可靠度和外可靠度來表現。內可靠度指的是可發現系統誤差和粗差的能力，外可靠度則表示隱含粗差對平差結果的影響。

由 Baarda 的可靠度理論可知，可發現粗差最小值即內可靠度為:

$$\nabla_0 l_i = \frac{\delta_o}{\sqrt{r_i}} \sigma_{li} = \delta'_{0,i} \sigma_{li}$$

σ_{li}為觀測值l_i的均方差，r_i是l_i的多餘觀測分量，δ_o為非中心化參數，當取顯著水準α=0.1%，檢驗功效β=80%時，δ_o為 4.13，則內可靠度為

$$\delta'_{0,i} = \frac{\delta_o}{\sqrt{r_i}}$$

外可靠度則以$\overline{\delta_{0,i}}$表示，其定義為未發現粗差對平差結果的影響，數學式如下:

$$\overline{\delta_{0,i}} = \delta_a \sqrt{\frac{1-r_i}{r_i}}$$

又

$$\overline{\delta_{0,i}} = \delta_a \sqrt{\frac{1-r_i}{r_i}} = \delta'_{0,i}\sqrt{1-r_i} \leq \delta'_{0,i}$$

2.連結點光線數規範

本年校正航拍前後重疊約 80%，側向重疊約 60%，以影像自動化匹配量測空中三角連結點，其 6 重光線以上連結點點數除以總點數應大於等於 0.3，且相鄰航帶影像間，每一基線距離內應至少有一 4 重光線以上連結點做連結。

空中三角作業中，連結點的數量及位置決定了空中三角網的形狀，也決定所建立空中三角模型的品質。空中三角測量初步會以影像自動化匹配得到數量龐大的連結點，基本上標準點位位置應有相當數量連結點，但分布較少區域需再以人工補量，且該區域可能是因為紋理接近造成匹配困難，因此粗差偵測時應特別留意。

3.校正方法與評估校正標最低數量

南崗校正場位於工業區，空地比例雖較一般住宅地區為多，但經聯繫最終有意願配合布設校正標的廠區僅占少數，致幾何校正標有 75%是布設於路面上。為了獲得足夠的對空視角，需被迫較靠近車輛行駛車道上，易受碾壓移位；道路挖掘或維護重鋪面時，亦容易使校正標受破損、髒汙、甚至滅失。校正場於 101 年度共布設多達 183 個幾何校正標，於該年度測試分析，校正標數量足以供所設計的校正作業程序所使用。102 年度辦理清查維護作業時，統計保存良好點位共 92 個、油漆剝落需維護點位共 64 個、遺失點位共 27 個，保存良好點位比例僅 50%。待維護校正標數量眾多，則需投入相當人力、時間

及金錢方能完成維護工作。因此本年也著手研究幾何校正標數量與分析成果的關聯，若以較少的校正標數量就能達到高精度的幾何校正成果，不僅降低維護成本，亦縮短校正過程中立體量測時間，提高整體作業程序的效率。

執行幾何校正初步以影像自動匹配得到連結點後，使用航測影像工作站進行空中三角測量影像立體量測，量測連結點以及所有航線影像內出現之校正標，隨後進行連結點粗差偵測。連結點粗差偵測完畢後，將全部校正標以衛星定位儀量測的精度作為驗後中誤差，將校正標依其 GPS 網形平差後獲得的平均中誤差配賦適當權值，進行校正標粗差偵測用之平差計算。校正標粗差偵測完畢，選擇單一航線進行校正平差。平差時以該航線涵蓋區周圍校正標作為控制點，其餘校正標作為檢核點，進行空中三角測量平差計算。以平差後檢核點坐標與標準值器差，進行幾何精度校正分析。

實際以不同年度影像進行測試，欲選取作為控制點的校正標需適當分布於測試範圍周圍，於此前提下分別使用 4 個、16 個、32 個校正標賦予適當權值作為控制點，於單一航線範圍內校正標權值為零作為檢核點，進行空中三角測量平差計算。平差完成後，計算檢核點殘差平均值、均方根值。101 年度所拍攝 UltraCamXp 影像(GSD20cm)測試結果如表 4-2，102 年度所拍攝 DMC(GSD10cm)影像測試結果如表 4-3。

表 4-2、UltraCamXp 影像檢核點殘差統計

控制點數量	殘差平均值(m)				殘差均方根值(m)			
	E	N	EN	H	E	N	EN	H
4	0.053	-0.001	0.053	0.016	0.058	0.041	0.071	0.114
16	0.041	0.012	0.043	-0.030	0.050	0.042	0.065	0.103
32	0.027	0.014	0.030	-0.021	0.049	0.043	0.065	0.086

表 4-3、DMC 影像檢核點殘差統計

控制點數量	殘差平均值(m)				殘差均方根值(m)			
	E	N	EN	H	E	N	EN	H
4	0.013	-0.012	0.018	0.179	0.015	0.030	0.034	0.074
16	-0.002	0.009	0.009	0.056	0.013	0.023	0.026	0.044
32	-0.006	0.010	0.012	0.050	0.010	0.012	0.015	0.037

空三階段粗差偵測完成後，已將校正標及其它連結點錯誤的觀測量剔除，影像的品質將可由檢核點的殘差統計值推估。由表 4-2、4-3 可看出，當控制點數量為 4 個僅分布於影像範圍四角時，其檢核點殘差均方根值與控制點數量為 32 個時相當接近，證明依然有一定的檢核能力。但為提升控制點可靠度，避免所使用位於校正場四角的控制點含有粗差影響校正結果，且考量點位分布且能達互相檢核的目的，日後進行不同 GSD 影像進行校正作業時，均採單一航線涵蓋校正場區內之四角及四邊中央位置，以點對方式選擇控制點；即於單一航線涵蓋校正場區內之四角、四邊各選 2 個校正標，共 16 個校正標做控制點使用。

本年度以上述研究之方法對 101、102 年校正航拍所得影像進行成像幾何精度評估，校正過程中實施空中三角測量，均按目前地形圖測製規範要求執行。詳細評估結果請參考本期成果「模擬校正報告」。

4.維護原則與建議

USGS 所設計野外校正場規格，校正標數量至少應達 50 個，各象限校正標數量至少應達總數的 20%，相鄰校正標間距長度不應超過 290m，如圖 4-3 所示。

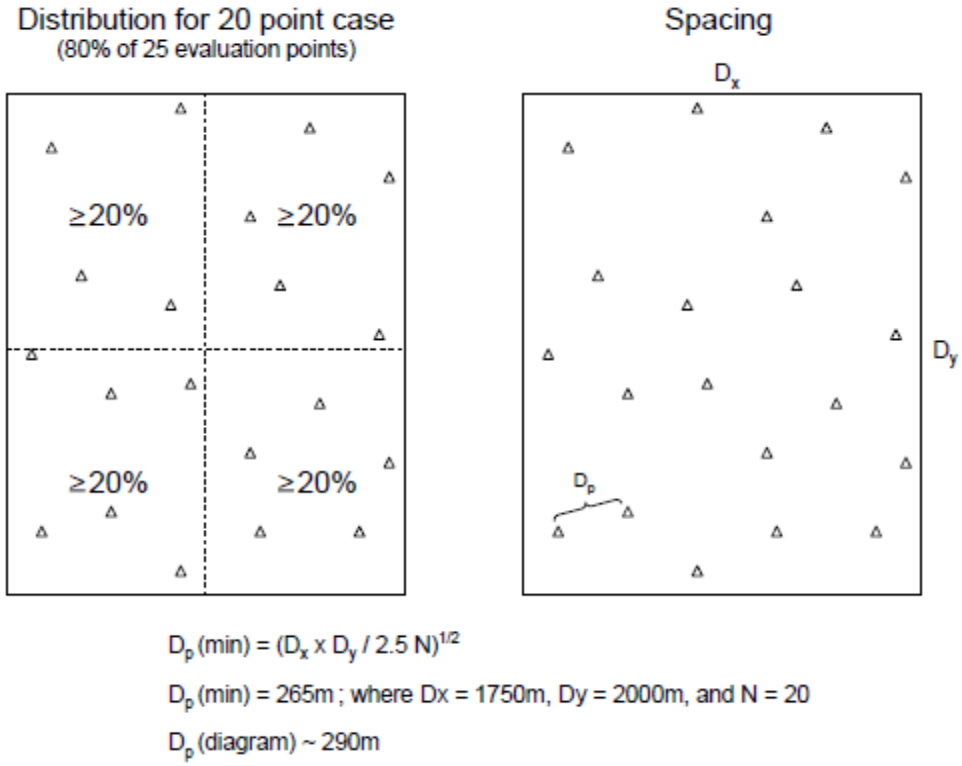


圖 4-3、USGS 野外校正場數量與規範

南崗校正場經本年清查後剩餘 156 個校正標，對照 USGS 野外校正場規格，數量上多出 106 個，經本年辦理校正作業證實此數量已足夠辦理校正作業，暫時不需增加校正標數量；而相鄰校正標間距清查後均無超過 290m，亦符合 USGS 點位均勻分布的規範。

本場校正能力為 GSD5cm~GSD25cm，101 年與本年實際辦理各種不同 GSD 校正航拍，航空公司均以場地整體範圍作為航線規劃依據，因此建議未來可不必以拍攝 GSD 細分場地範圍。而場地維護則參考 USGS 規範，將場地整體範圍區分四個象限，清查時校正標總數應達 50 個，各象限校正標數量應達 50x20%=10 個，相鄰校正標間距應不超過 290m，以確保點位數量足夠及均勻分布。為確保以全區影像進行空中三角平差及第二階段單航線平差校正擁有足夠控制點數量，場區四象限角落區塊及場區中央需有一定數量的校正標分布。表 4-4 為建議優先維護點位維護清單，圖 4-4 為點位分布示意。

表 4-4、建議優先維護點位維護清單

場區四象限角落區塊		數量
第一象限	B001,B009,B010,B027	4
第二象限	B074,B087,B088	3
第三象限	B077,B079,B095,B096	4
第四象限	B002,B017,B018,B020	4
場區中央		數量
第一象限	A144,B028,B029,B030,B042	5
第二象限	A056,B043,B052,B053,B057,B071,B097,B098,B099,B100	10
第三象限	A141,B049,B059,B062,B076,B078	6
第四象限	B034,B036,B037,B039,B047,B051	6
中央範圍	A009,A014,A015,A033,A035,A043,A057,A059,A112 B031,B032,B033,B064,B066,B075	15
中央範圍(廠房內)	A054,A075,A088,A099,A105,A105,A107,A108,A109A119,A122,A124,A125,A126,A128,A129,A131,A140	18

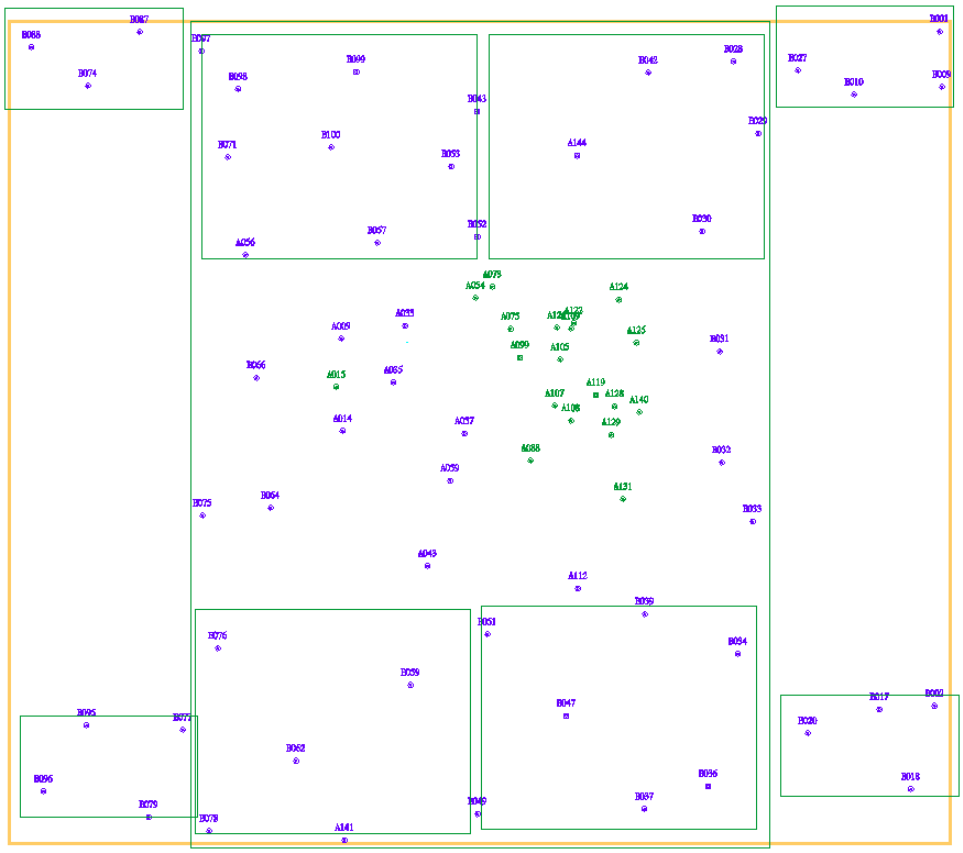


圖 4-4、建議維護點位分布示意(綠色為位於廠房內點位)

廠商執行校正航拍時得依其攝影機特性設計航線，惟需注意所提交航拍影像應滿足縱向 80%、側向 60%之重疊率，且航線規劃時中央航線須通過校正場中軸線，航線頭尾均採交叉航帶，且東西或南北向航線皆應朝相同方向飛行，如圖 4-5，使不同張航拍影像所涵蓋像幅的各位置均有校正標分布，以利後續校正作業。

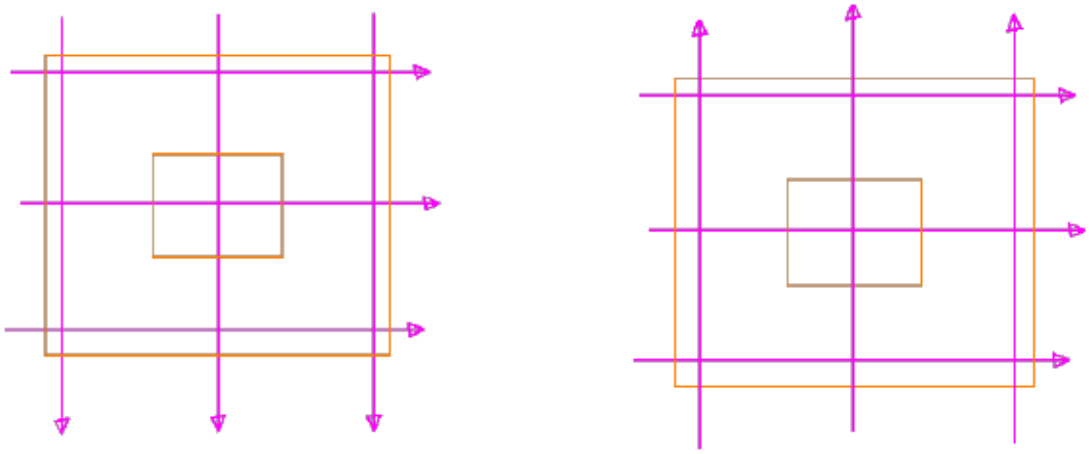


圖 4-5、航線規劃範例

(三)設計校正標準

以幾何精度分析的成果，估計該次校正立體量測的觀測精度 σ，作為不確定度估計的基礎。立體量測的精度係由全部像坐標觀測值在平差時所獲得的改正數依據校正領域量測不確定度評估指引（TAF-CNLA-G16(1)）4.3 節公式（4）計算而得。一般空中三角測量平差時預設像坐標觀測值之權為 1，則不確定度之值可由平差報表內的驗後權單位中誤差（σ_0）直接引用，無須另外計算。

由粗差偵測後之單一航帶空中三角測量平差後全部檢核點坐標與標準值之差異進行校正結果分析：

檢核點空中三角測量平差後坐標為（X、Y、Z），

而檢核點標準值為（E、N、H），兩者差值記為 ΔE、ΔN、ΔH，

依據下式計算偏差向量：

（1）平面：$d_i=(\triangle E_i^2+\triangle N_i^2)^{1/2}$

（2）高程：$d_i=(\triangle H_i^2)^{1/2}$　　$i=1\ldots n$　n 為檢核點個數

由全部偏差向量值計算器差。

（3）器差 $\sigma_d=\left(\frac{\sum d_i^2}{n}\right)^{1/2}$

器差一詞原定義為量測值與標準值之差值，因影像畸變是面狀函數，無法用個別離散點的偏差來表示，因此幾何校正項目便以數量均勻分布的檢核點（校正標）得到的標準差來代表。

擴充不確定度，按不確定度指引此份文件定義為標準不確定度與涵蓋因子之乘積：U = k *uc(y)。當信賴水準約為 95 %，且自由度大於 30，通常可採用涵蓋因子 k = 2 來計算擴充不確定度。

由上述計算得到 σ_d，若其值不超過【$\pm[(\text{擴充不確定度})^2+(2\text{倍儀器規格})^2]^{1/2}$】此範圍，則判定該航測攝影機無顯著之幾何畸變。

如果 σ_d 超過【$\pm[(\text{擴充不確定度})^2+(2\text{倍儀器規格})^2]^{1/2}$】此範圍，則判定該航測攝影機有顯著之幾何畸變，畸變量則以上述之器差代表之。

二、空間解析力校正

(一)校正原理

西門子星為一空間頻率連續變化的校正標。由於西門子星之每一片扇形由圓心起逐漸向外發散，亦即以扇形中心為原點的同心圓之周長隨著半徑的增加而增加，因此沿著圓周方向量測黑白頻率變化時，隨著半徑的增加頻率會逐漸降低，可以得到連續的頻率變化。依據影像處理學可知，由於成像捲積(convolution)作用，越靠近扇形圓心部分的黑白信號調制能力越差。做相對調制能力檢定時，是以與扇形最寬處中央位置量得之白黑 DN 值視為未經干擾的 100%調制，以此值作為基準。其它各頻率所量得之調制值與此基準值相比，得到對應於

各該不同頻的調制能力。以各頻率為橫軸，調制力為縱軸可擬合得到一個曲線即為 MTF。

(二)校正分析

1.MTF 量測

為了解本年度改善空間解析力校正標材質是否符合校正需要，挑選校正標位於像幅邊緣之影像進行測試。配合本年空間解析力校正標於影像上的尺寸，首先由扇形外側沿半徑方向向內退縮約 3 個像元處，而且離黑白交界邊緣也退縮約 3 個像元處的局部梯形區塊內黑白灰值的平均值，作為 100%調制的相對參考基準值，如圖 4-6。

圖 4-6、DMC-I MTF 量測區域示意

量測時係由半徑為一個像元處開始，以每次增加固定像元為步階（increment）的半徑長度，沿切線方向，量測等半徑上黑白相間條紋的灰值，將其用 100%調制參考值除之，則得到相對調制百分比值。

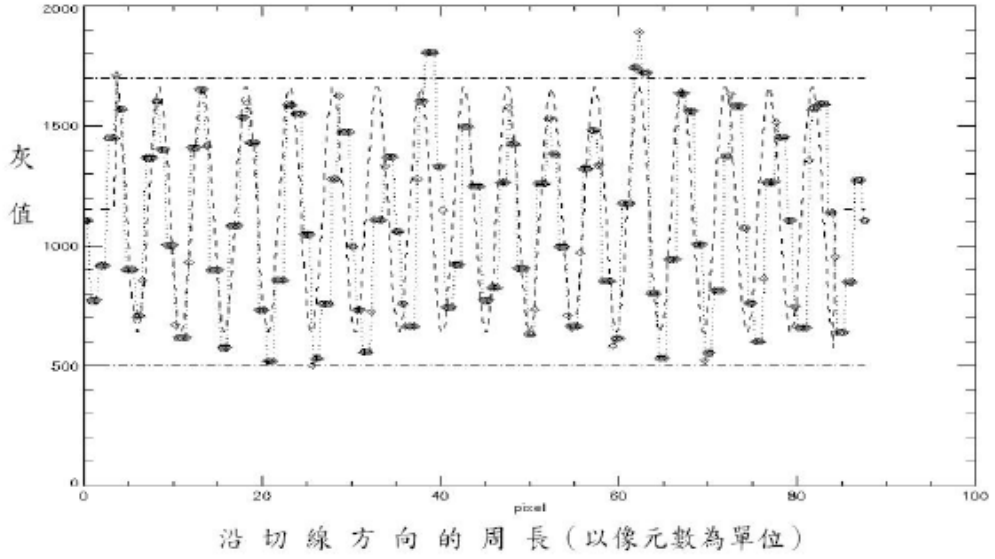


圖 4-7、沿西門子星半徑位置的切線方向之灰值示意圖

由於雜訊的影響，實際量測得到的變化並不均勻。得到各個頻率的調制代表值後，以橫軸為頻率縱軸為調制值，配合本年度所開發程式計算出 σ_{MTF} 後擬合一高斯型 MTF 曲線。圖 4-8 為本年量測所展繪之 MTF 曲線，於每毫米 20 線對(0.24cycle/pixels)處，符合調製能力大於 0.4 的規範。

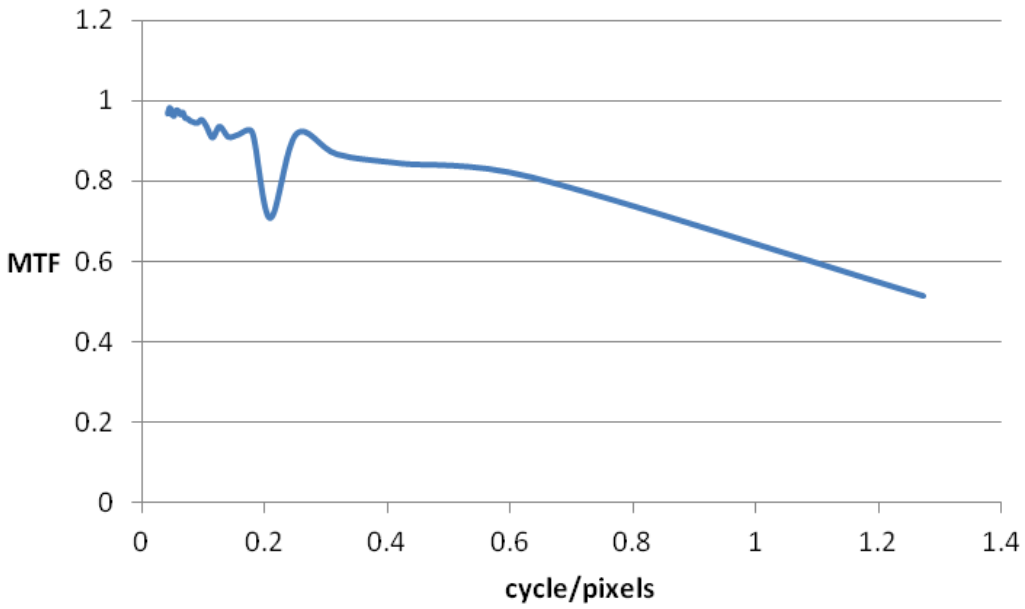


圖 4-8、本年 DMC-I 航拍影像 MTF 量測成果

2.模糊參數量測

本年亦開發模糊參數量測程式，此為第二種評估空間解析力的方式。依據影像處理學內的影像退化（degradation）模式，藉由量測影像內邊緣退化的情形，可導出所謂的點散函數（point spread function）後，間接推斷對應的 MTF 值。σ_{PSF} 與 MTF 可藉由數學模式做轉換，意即求得 σ_{PSF} 則也等於得到 MTF 函數。由影像處理學來看，MTF 量測是直接在像空間內進行，模糊參數量測則是在頻率域內做影像退化模式估計，然後再做轉換計算。配合本年空間解析力校正標於影像上的尺寸，沿標形最外側扇形的邊緣線取一黑白至約 7 個像元寬(總寬約 14 像元)的長方形為計算區(如圖 4-9 紅色矩形)，沿邊緣線計算垂直方向的梯度代入模糊參數量測程式計算 σ_{PSF}：

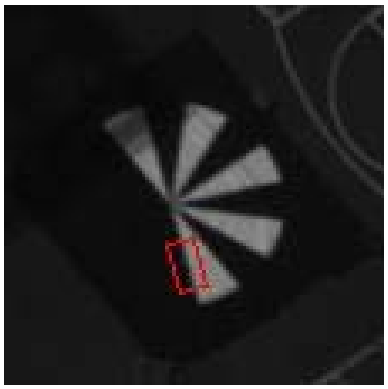


圖 4-9、PSF 量測區域示意

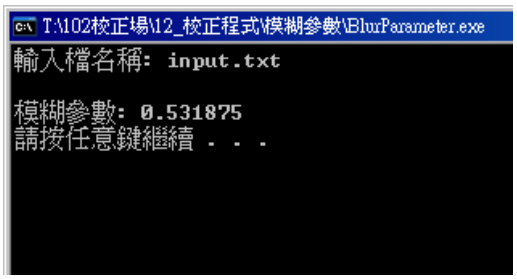
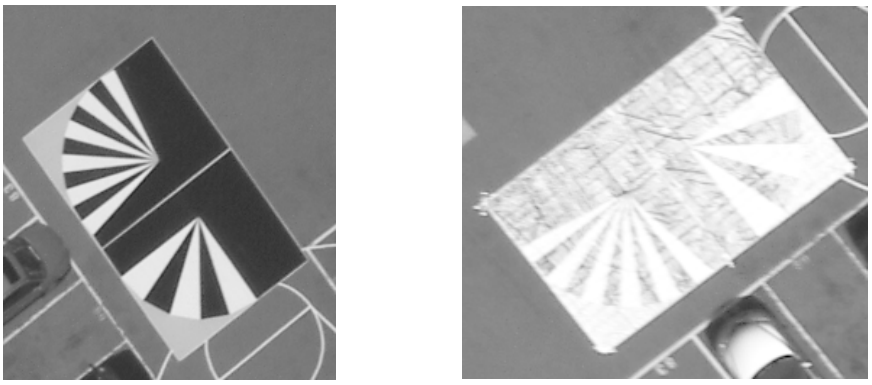


圖 4-10、模糊參數計算成果

計算後所得模糊參數值為 0.51875，原則上符合基本地形圖作業規範，對於影像品質要所提及的「模糊參數（blur parameter）不得大於 1 個像素尺寸」之規定。

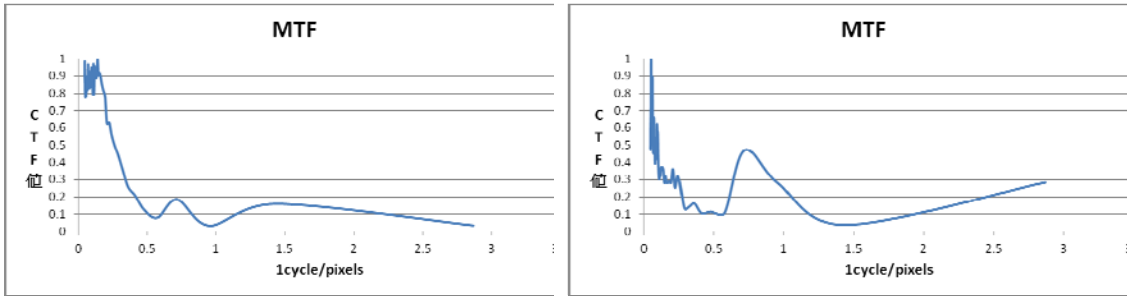
(三)101 年航拍影像校正分析

101 年研究進行時，空間解析力校正標材質尚維持原先帆布之設計，因此本次實驗亦挑選該年度校正標位於像幅邊緣之影像(圖 4-11)進行測試，以程式計算出σ_{MTF}後擬合高斯型 MTF 曲線，並代入模糊參數量測程式計算σ_{PSF}，結果如圖 4-12、4-13 所示。



(a) (b)

圖 4-11、101 年位於影像邊緣之空間解析力校正標



(a) (b)

圖 4-12、101 年空間解析力校正標位於影像邊緣 MTF 量測成果

(a) (b)

圖 4-13、101 年空間解析力校正標位於影像邊緣模糊參數計算成果

由結果可知，同雖挑選空間解析力校正標位於像幅邊緣之影像，但因校正標材質之影響，校正標出現反光情形，使得校正結果產生偏差。

(四)小結

101 年空間解析力校正標所使用之材質為帆布，其表面屬於亮面材質，油漆時雖加入消光劑但效果有限。又因其面積龐大收存時難免產生摺痕，於特定日光照射角度下便有亮斑情形產生，使校正結果出現偏差，不宜作為空間解析力校正使用。經本年度改善測試標型材質，可得知所使用校正標材質如能近似完全散射(Lambertian scattering)之特性，就算選擇校正標位於像幅邊緣之影像，幾乎不會產生所謂亮斑與暗影之情形。因此空間解析力校正日後若採以砂布材質所製作之校正標，則校正過程中所使用之影像無論空間解析力校正標出現於像幅中任意位置，校正成果均須符合目前所設定之標準

影像空間解析力標準，目前是以基本圖測製說明（內政部,2013）內所規定「調制轉換函數（MTF）在 20lp/mm 時不得低於 0.4」為校正標準。101 年以 Ultracam XP 攝影機與本年以 DMC-I 攝影機的測試結果，調制能力均達此規範，顯示數位攝影機的空間解析力比起以往傳統底片式攝影機高出許多。目前空間解析力校正方式，本學會設計可採 MTF 量測或模糊參數量測二種方法進行，而兩種方法都為國際標準組織（ISO）採納作為判定數位攝影機解析力之用（ISO12233）。航測基本地形圖作業規範除了 MTF 的規定以外，影像品質要求亦有提及「模糊參數（blur parameter）不得大於 1 個像素尺寸」。考量目前校正標尺寸龐大，需多片砂布方能拼湊而成，攜帶較為不便，且西門子星標形製作相對耗時，因此建議可採模糊參數小於 1 作為空間解析力校正標準。日後可於校正場內尋找適宜地點，油漆 2m ×2m(或以上)的黑白對半標形(如圖 4-14)，以現地布設方式，作為模糊參數量測使用

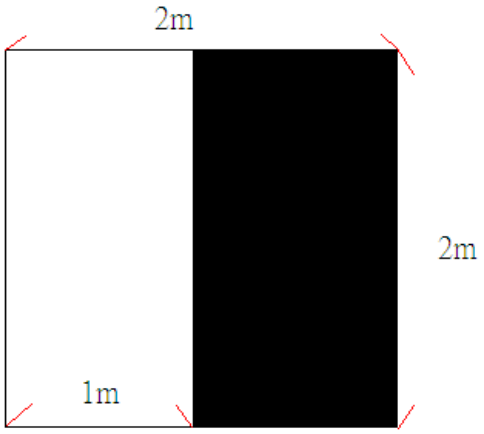


圖 4-14、以點散函數量測空間解析力校正標標形

三、輻射校正

(一)輻射線性度校正

1.校正原理

由於目前各廠牌的航測攝影機出廠率定書內雖都列有在實驗室內完成之輻射線性度率定資訊，但實際航拍時，由於未知的大氣干擾因素，所拍得影像不可能如實驗室般理想，故本校正截至目前研究僅為相對校正。比對 8 階已知反射率的標準與影像中實際量測到的 DN 值是否成線性關係，而不探討其與校正標絕對反射率之關係是否正確。

2.校正分析

本年實驗使用航測攝影機為 DMC-I，於民國 102 年 6 月 28 日下午 14 時至 16 時間對場內對八階輻射校正標進行拍攝。結束後先量取標準白板之光譜強度值，再依序量取輻射標之光譜強度值。如圖內 4-16 所示，輻射校正標分別對應由白至黑共八階。橫軸為光譜波長，縱軸為光譜強度值。

(a)光譜儀

(b)標準白板

圖 4-15、地面光譜儀與標準白板

圖 4-16、本年輻射校正標航拍成果

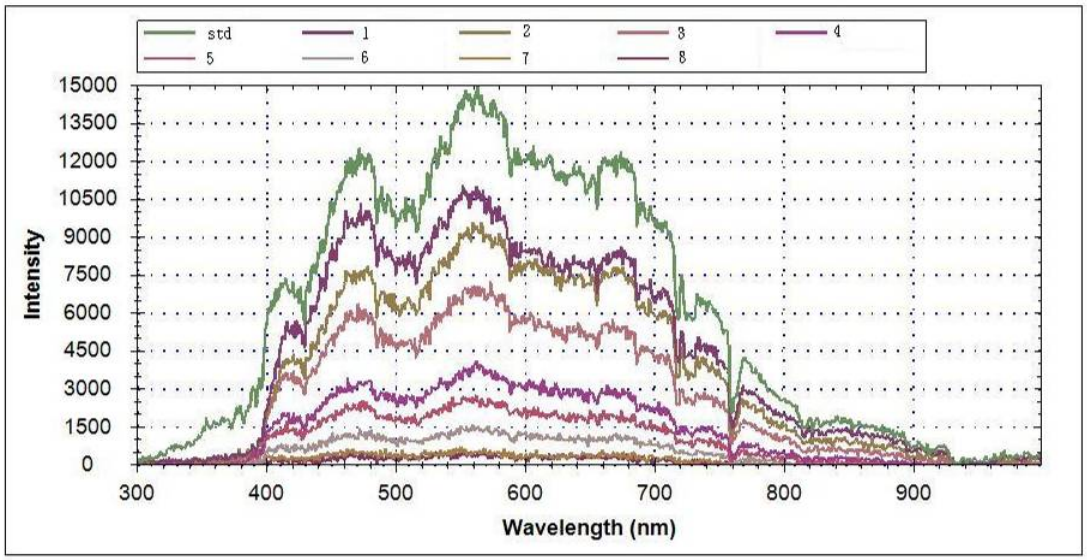


圖 4-17、量測光譜強度值

由圖 4-17 可知，光譜儀之感應範圍在波長 300-1000nm，一共 892 個量測值，各校正標之亮度間距並非一致，可能是因塗料的選用的緣故。校正標之塗料採自行調配顏色，要使調和後達成均勻間距分布有相當難度。光譜之峰谷對應之波長，各標形均幾乎相同，因為所有標之量測為在同一大氣狀況下進行，除各波長對應之峰谷外，各個波譜中不同波長之強度值近乎相同，可佐證本研究所設計之標形已盡力符合白色之要求。

輻射校正標藉由光譜儀所量測的光譜強度值，以標準白板之光譜強度值作為分母，則可得反射值。本次分析取可見光波段資料進行計算，如表 4-5，以差分方式進行積分，所計算之值為反射積分值。各階輻射校正標以光譜儀量測，在各多光譜波段之反射積分值如圖 4-19 所示。

表 4-5、光譜儀反射積分值

	波長(nm)		
標形	藍(399.67-499.63)	綠(500.37-599.34)	紅(600.13-699.37)
白 1	77.454	74.987	69.058
2	59.594	63.436	63.725
3	48.032	47.392	45.503
4	26.114	25.490	24.204
5	18.897	17.409	16.132
6	9.598	9.330	8.732
7	3.752	3.296	2.864
黑 8	2.234	2.456	2.379
標準白板	100.700	99.760	100.070

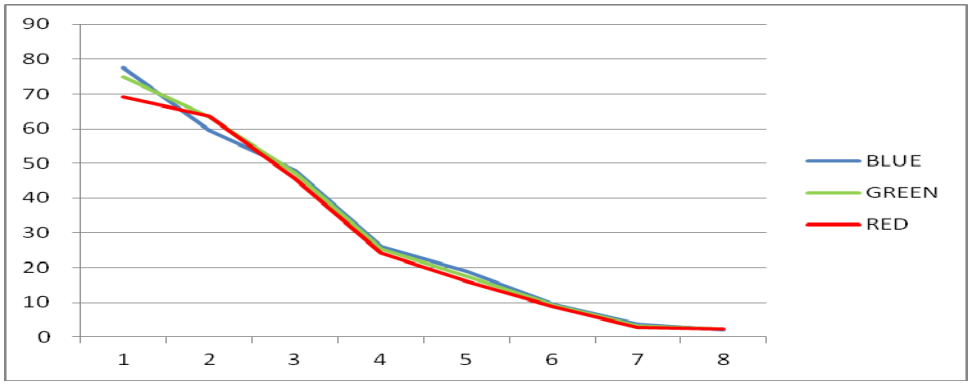


圖 4-18、各階校正標(橫軸)在各波段之反射積分值(縱軸)關係圖

本年研究使用之影像 GSD 約為 8cm，原始影像為 12 位元，灰度值值域介於 0 至 4096。各個輻射校正標在影像上約為 25x25 各像元。本次量取範圍選擇內縮約 2 像元，興趣區約為 21x21 像元。由於興趣區為人工在影像上選取操作，每次選取的位置較難一致，但經試驗選取像元數達數百個，對統計值結果影響不大。內縮像元數愈多，受邊界雜訊影響愈小，但是能參與計算的像元數亦會減少。本次使用校正標雖以砂布作為材料，與去年所製作帆布標於影像上相比反射情形已改善很多，但實際量取標內灰度值仍有些微不均勻現象。

表 4-6、原始影像興趣區平均灰度值

標型	藍	綠	紅
白 1	1644.077	2332.948	2543.188
2	1521.193	2014.898	2108.086
3	1105.311	1486.880	1574.499
4	655.900	885.0522	952.222
5	479.242	660.780	733.728
6	307.111	420.725	463.746
7	181.3741	250.185	289.415
黑 8	168.362	227.587	257.692

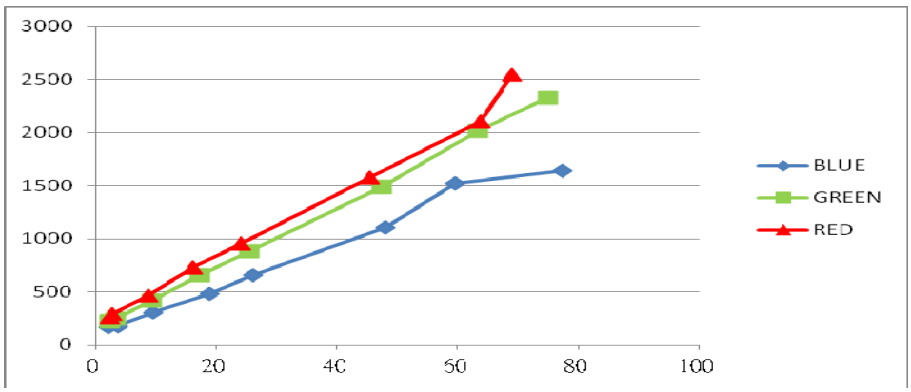


圖 4-19、各波段光譜儀反射值(橫軸)與原始 12 位元影像灰度(縱軸)關係圖

(二)多譜波段間相對反應強度校正

校正方法為量測八階校正標中於多波段影像中反射率最強的輻射強度。量測峰值後，將各波段峰值與原廠校正書內峰值相除所得的商值，其最大者與最小者之間的差異應在一定的百分比以內。

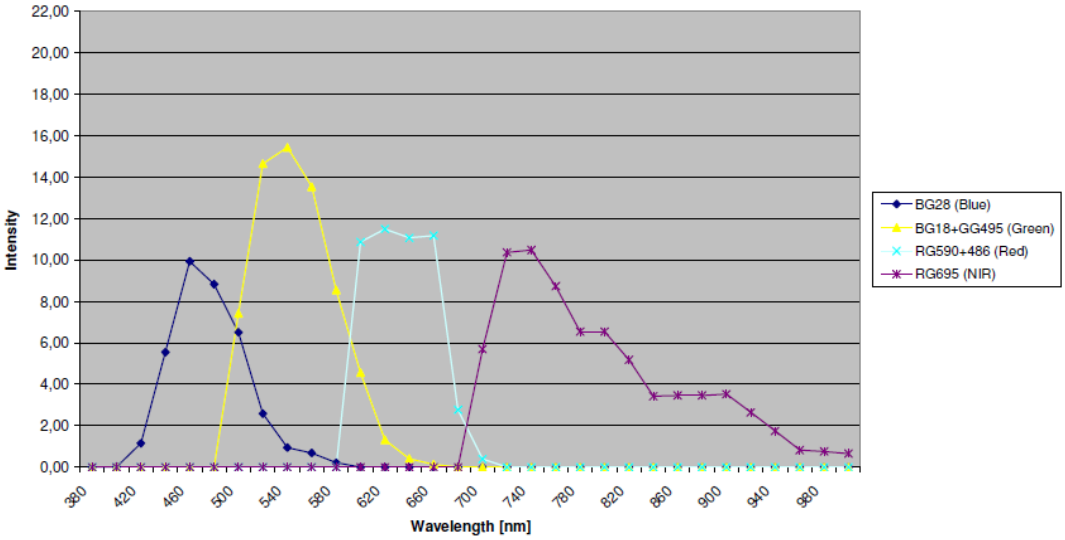


圖 4-20、多譜波段相對反應強度示意圖(UltraCamXp)

101 年校正航拍使用的 UltraCamXp 攝影機，其出廠率定報告書內附有各波段的波譜反應曲線圖（圖 4-20），可以針對實際拍攝的結果是否與原廠率定書內所載相符進行校正。DMC-I 攝影機的出廠率定報告書內雖附有各波段獨立的相對反應曲線(圖 4-21)，但是並沒有敘明波段之間的相對比值，因此無法進行此項校正。

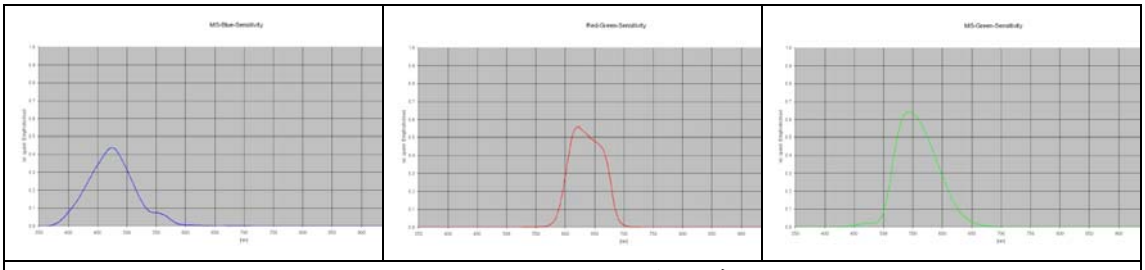


圖 4-21、各波段獨立反應強度示意圖(DMC-I)

多譜波段間相對反應強度校正目前評估較為困難，因各廠牌所用感光元件（CCD）不同，對於紅、綠、藍以及近紅外光波段的敏感度不同，其間並無優劣之分，僅是所呈現的各個色彩有所不同，原則上沒有標準可供校正參考。而各廠牌攝影機出廠報告內所載資訊不盡相同，且率定成果皆為實驗室率定所得，因此要以本場校正結果與出廠報告進行比對，其比對標準亦難定義。

(三)小結

截至目前分析結果，以砂布作為輻射校正標所得之航拍成果，進行輻射線性度校正已符合目前之預期。目前各廠牌的航測攝影機出廠率定書內都列有在實驗室內完成之輻射線性度率定，因此輻射線性度可以針對此部分進行校正。本場目前所規劃的輻射線性度校正為使用地面布設之不同亮度輻射校正標，觀察影像中相對反射率與地面校正標反射率間是否為線性。此一作業，受到影像後處理，如：由 12 位元轉 8 位元方式…等影響，適合作為最後影像產品之管制使用。如何納入校正場營運項目，及擬定合格標準，需再詳加研議。

不同廠牌航測攝影機所用的多光譜（紅、綠、藍及近紅外光）濾鏡，因用途與遙測判釋不同，其頻域及頻寬等尚無標準化規範。各廠牌攝影機出廠報告格式不同，且感光元件亦多未提供絕對校正，故影像所得強度值(Grayscale, intensity)不易化算為輻射值(Radiance)，亦不易進一步經大氣修正等過程進而化算為絕對反射值(Reflectivity)，因此目前難於建立校正標準。是否執行多譜波段間相對反應強度之校正，建議參考未來國際發展狀況，再做評估。

第五章　航測攝影機系統校正作業整合

航測攝影機校正作業，包含了校正場維運相關行政作業、校正案件管理及校正分析技術。經考量國土測繪中心對外需提供的服務，以及內部辦理校正分析作業的需求，本年預先依行政、技術此二層面將整體校正作業服務的工作內容適當地分類，如圖 5-1，規劃將不同工作內容需要的功能與流程進行連結整合，以輔助國土測繪中心校正工作辦理。

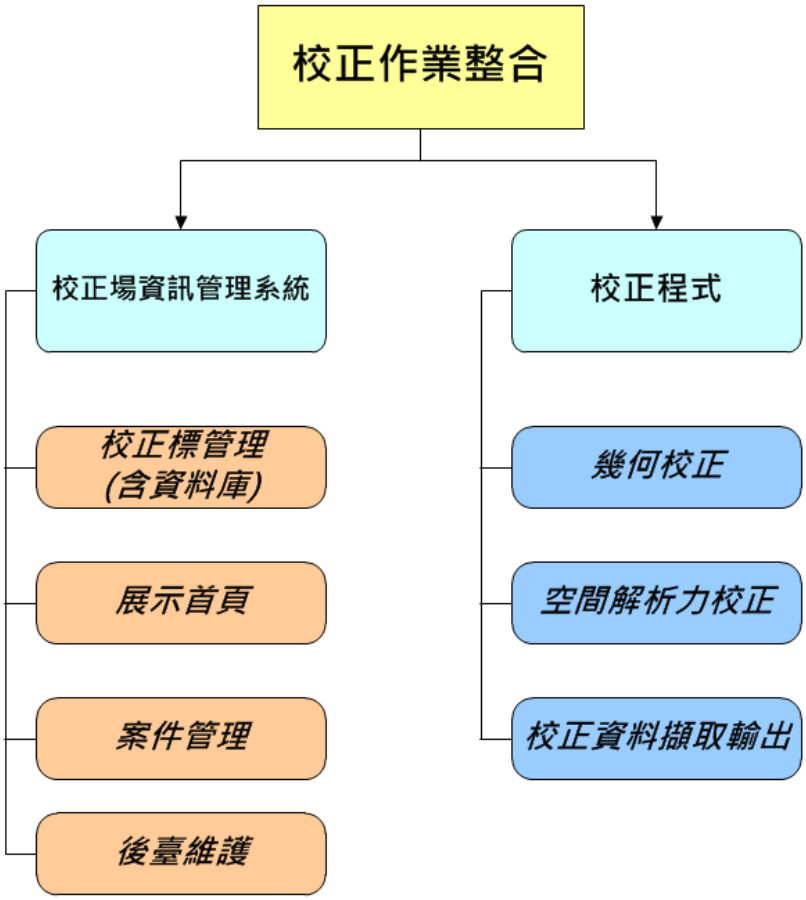


圖 5-1、校正作業系統雛型規劃示意

因應營運時將產生一般行政及校正案件管理的需求，因此規劃開發一作業系統，協助一般行政事務處理，並能整合校正分析作業所產

生的報表、文件，使分析作業更為便利。

5-1、校正場資訊管理系統雛形

一、主系統規劃

初期與國土測繪中心經多次討論，決定作業系統以網際網路系統模式建置。本年開發暫以本學會現有之伺服器及硬體進行測試，待系統完成可供校正作業使用時，再將相關技術移轉至國土測繪中心。系統架構初步規劃為前台及後台，前台預計展示校正場相關資訊，和基本提供受校廠商的服務說明；後台規劃可供內部人員管理維護伺服器及資料庫，辦理校正作業。

校正作業系統應以長遠且宏觀的角度，納入未來營運相關業務考量，因此本案執行初期預先以不同角度思考對應的使用者需求，規劃整理出相關介面及功能，整體架構如圖 5-2 所示：

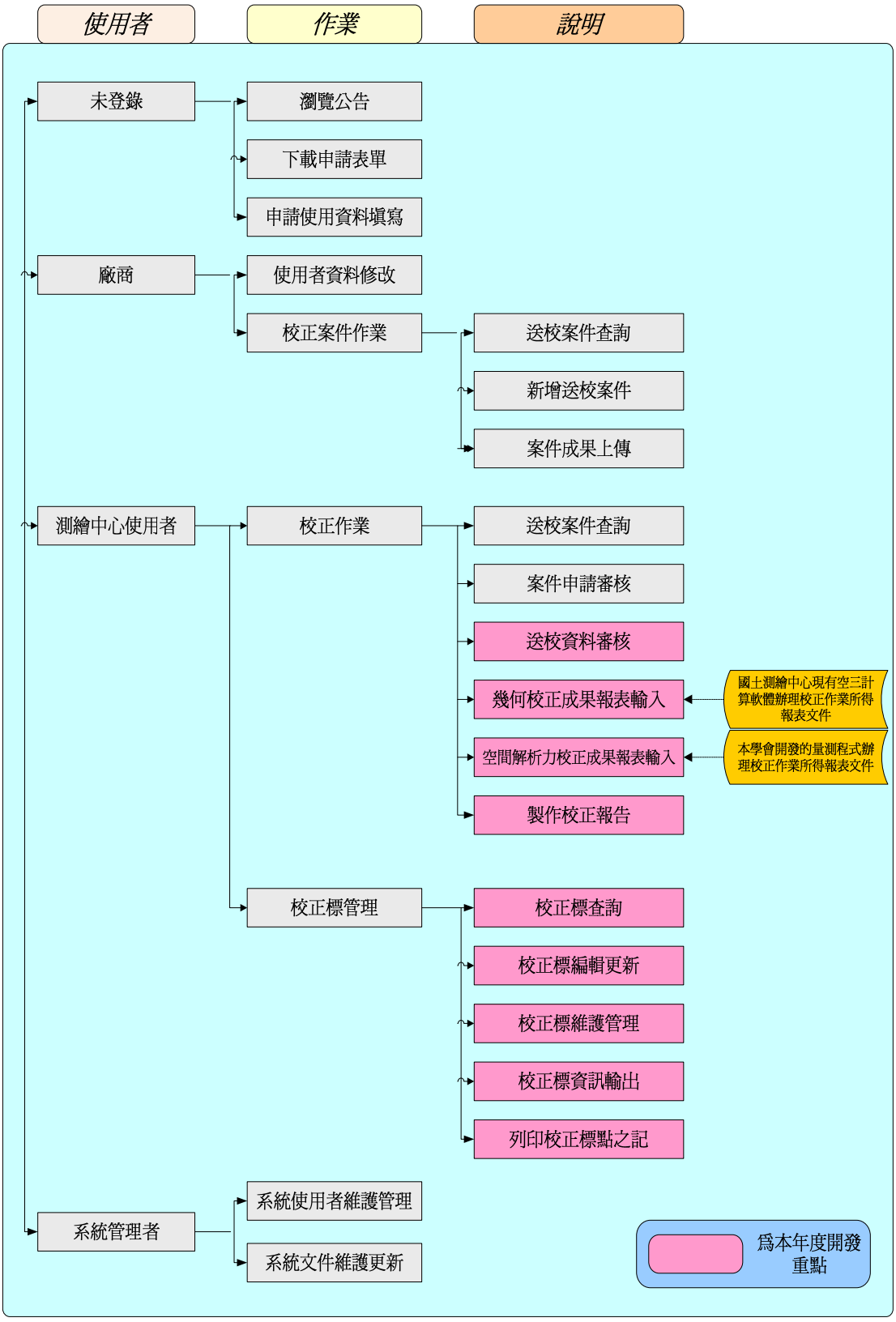


圖 5-2、作業系統規劃開發功能示意

為提高未來營運時之行政效率，校正作業系統架構規劃以網際網路系統之型態建置為主，透過網際網路之快速與便捷，輔助行政作業程序，並透過系統達到管理之功效。因應行政項目，規劃系統功能計有：

(一)公開資訊如常態性或週期性之公告事項、下載使用申請表單檔案等，不需登入系統即可查閱或操作。

(二)校正案件管理，有效整合送校廠商申請校正作業案的各項資料，廠商也可透過登入系統做查詢及資料的登錄。

(三)幾何校正標資料維護。

由於未來本場規劃於每年開場前，需要對幾何校正標實施控制測量，如此將產生相當數量的 GPS 控制測量資料，且部分幾何校正標資料亦須更新或修改。經討論後，幾何校正標維護管理列為本年系統開發首要目標之一。具備功能如下，詳如表 5-1：

(一)校正標資訊查詢、成果維護等。

(二)為利於迅速了解幾何校正標空間概略位置及分布情形，展示所需之底圖資料，擬以介接方式將國土測繪中心網路地圖服務導入系統，避免系統底圖重複建置，達到資源共享之目的。

(三)在校正標管理功能圖台上，設置簡單套疊分析之功能。

(四)歷史 GPS 控制測量成果查詢。

表 5-1、校正標管理初步規劃應具備之欄位功能

主功能	次功能	內容	說明
校正標管理	校正標查詢	校正標點號、坐標值、關鍵字查詢、套圖顯示、統計、簡單量距	查詢校正標資料
	校正標維護管理	點號、校正場類別、土地產權測設機關、測設日期、測設地點、中心點規格、最近清查日期、清查情形、維護方式、維護後狀況、坐標控制測量年	校正標資料編輯

主功能	次功能	內容	說明
		份、點位坐標、點位到達方式說明、點位到達方式說明（圖）、是否需事先聯絡、受文單位、受文地址、聯絡人、聯絡電話、位置示意圖、點位現場照 1、四方向照片（東）、四方向照片(南）、四方向照片(西）、四方向照片(北)、點位透空圖、航拍照片…等	
	校正標資訊輸出	匯出所需項目	匯出所需欄位 EXCEL 或 TXT 檔
	校正標點之記輸出	校正標點之記	列印校正標點之記

建置成果如圖 5-3~5-7。

圖 5-3、系統成果-校正標資料庫成果

圖 5-4、系統成果-可批次編輯校正標內容、附件

圖 5-5、系統成果-校正標套疊介接圖台成果

圖 5-6、系統成果-圖台介面可瀏覽、下載校正標資訊

圖 5-7、系統成果-圖台可使用簡易 GIS 分析功能

二、展示首頁

建置展示首頁，利於各界使用者對於本校正計畫能有所了解。展示首頁之版面配置參考國土測繪中心「通用版電子地圖」入口網站首頁，內容包含各項校正場資訊介紹，並有中、英文兩種不同語言類型

的入口網站，各項功能按表 5-2 規劃建置：

表 5-2、展示首頁功能規劃

功能資訊列	內容	說明
訊息公告		訊息公告
關於航測攝影機校正	計畫緣起、 計畫目標	校正服務介紹
校正項目說明	幾何校正、空間解析力校正、輻射校正	校正項目簡介
校正場地介紹	地理資訊、場內現況、交通方式	校正場相關資訊說明
服務流程說明	服務流程	服務流程介紹
檔案下載		提供相關文件表格下載
人數統計器		統計網站當日、當月瀏覽總人數
關鍵字搜尋		列出輸入關鍵字的頁面
服務信箱		使用者可以電子郵件方式提問
相關連結		相關領域網站連結
管理者專區		登入校正場資訊管理系統

首頁成果如圖 5-8~5-10 所示。

圖 5-8、系統成果-展示歡迎頁

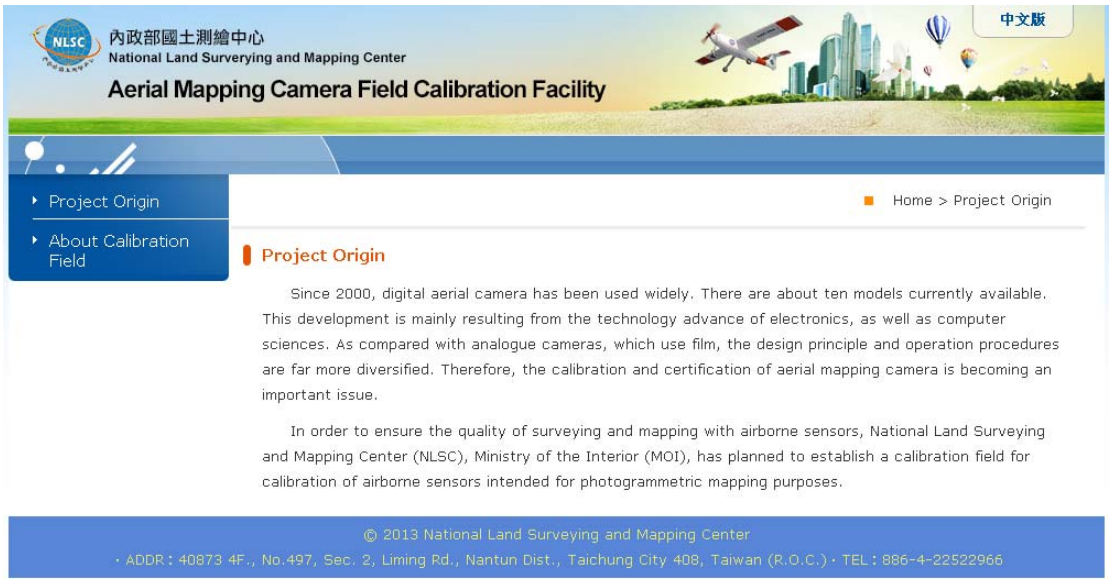


圖 5-9、系統成果-英文版首頁

圖 5-10、系統成果-中文版首頁

其它有關校正場資訊管理系統的詳細內容，請參閱「校正整合作業手冊」。

5-2、校正程式開發

一、程式規劃

考量各校正項目分析環節是各自獨立，均於單機環境下現有的軟體或程式執行，不與管理系統直接連結，因此採個別開發程式來進行不同校正項目的分析。

日後辦理校正作業前，應先對送校廠商所提送的待校資料進行檢核。校正作業過程中，牽涉專業之幾何校正、空間解析力校正等作業，實際辦理時設定為內部專業人員介入進行操作及適當判斷，部分資訊目前規劃不對外提供。

(一)幾何校正

幾何校正規劃於單機作業環境執行，所使用軟體為國土測繪中心現有的空中三角計算軟體。當幾何校正辦理完畢後，將產生的報表以匯入或其它方式搭配所開發的程式，展示校正報告所需的數據及資訊。

(二)空間解析力校正

規劃開發 MTF、模糊參數量測程式供國土測繪中心辦理校正使用，此程式亦是在單機作業環境執行。校正程序辦理完畢後，將產生的報表以匯入或其它方式搭配所開發的程式，展示校正報告所需的數據及資訊。

表 5-3、校正程式規劃說明

項目	說明	表單導入	成果
幾何校正	以現有空三計算軟體執行校正作業	校正作業完畢後匯入報表或以其他方式導入	展示所需校正資訊
空間解析力校正	以另行開發的程式執行校正作業	校正作業完畢後將所產生的報表匯入	展示所需校正資訊

二、開發成果

(一)幾何校正程式

使用檔案說明：程式執行檔、ORIMA 空三報表、空三控制點檔。

執行說明：將上述檔案置於相同路徑資料夾內，點選主程式，即產生成果報表。

圖 5-11、幾何校正程式-成果說明 1

B032	215938.295	2647015.199	140.707	215938.285	2647015.185	140.654
B034	215972.660	2646608.086	154.298	215972.658	2646608.093	154.275
B035	215902.165	2646508.785	161.342	215902.167	2646508.771	161.287
B039	215774.979	2646692.682	160.385	215775.002	2646692.681	160.402
B044	215786.608	2647294.347	140.221	215786.595	2647294.345	140.195
B101	215866.328	2646773.096	150.622	215866.356	2646773.064	150.577

x差值最大殘差值: ± 0.053, y差值最大殘差值: ± 0.058, xy差值最大殘差值: ± 0.063, z差值最大殘差值: ± 0.135
x差值平均值: 0.006, y差值平均值: 0.005, xy差值平均值: 0.026, z差值平均值: 0.025
x差值均方根值: 0.021, y差值均方根值: 0.020, xy差值均方根值: 0.029, z差值均方根值: 0.058

圖 5-12、幾何校正程式-成果說明 2

(二)MTF 量測程式

使用檔案說明：主程式、輸入資料檔、含空間解析力校正標之影像檔。

執行說明：將上述檔案置於相同路徑資料夾內，輸入資料檔編輯後，點選主程式，即產生成果報表。

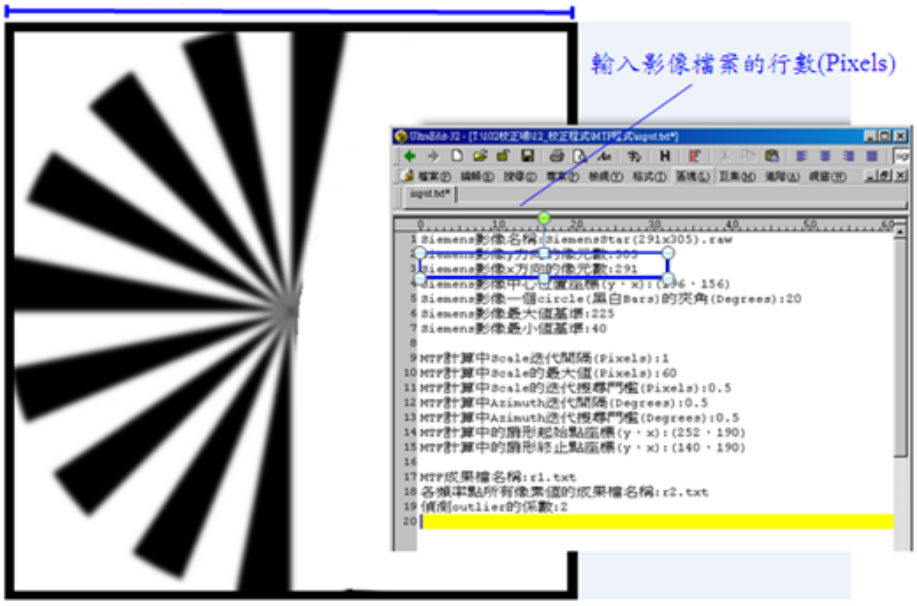


圖 5-13、MTF 量測程式-成果說明 1

頻率	MTF值	平均Scale	最大強度值	Scale	x	y
0.042453	0.968889	29.991655	122.000000	30.016662	60	97
0.043801	0.977143	29.068884	127.000000	29.068884	61	96
0.045401	0.983333	28.044595	131.000000	28.071338	61	95
0.047125	0.981818	27.018512	130.000000	27.018512	60	94
0.048971	0.966667	26.000000	130.000000	26.000000	59	93
0.050828	0.965035	25.049932	129.000000	25.019992	60	92
0.052914	0.963380	24.062410	128.000000	24.041631	66	90
0.055228	0.976000	23.054261	136.000000	23.021729	78	80
0.058025	0.977483	21.943105	137.000000	21.954498	78	78
0.060562	0.974497	21.023796	135.000000	21.023796	78	76
0.063504	0.966667	20.049876	130.000000	20.000000	75	79
0.067013	0.972152	18.999982	143.000000	18.973666	77	73
0.070627	0.958389	18.027756	134.000000	18.027756	76	73
0.074767	0.956757	17.029386	133.000000	17.029386	58	84
0.079423	0.950649	16.031220	138.000000	16.031220	58	83
0.084789	0.947368	15.016648	136.000000	15.000000	59	82
0.090946	0.945695	14.000000	135.000000	14.000000	59	81

圖 5-14、MTF 量測程式-成果說明 2

(三)模糊參數量測程式

使用檔案說明：主程式、輸入資料檔、含空間解析力校正標之影像檔。

執行說明：將上述檔案置於相同路徑資料夾內，輸入資料檔編輯後，點選主程式，即產生成果報表。

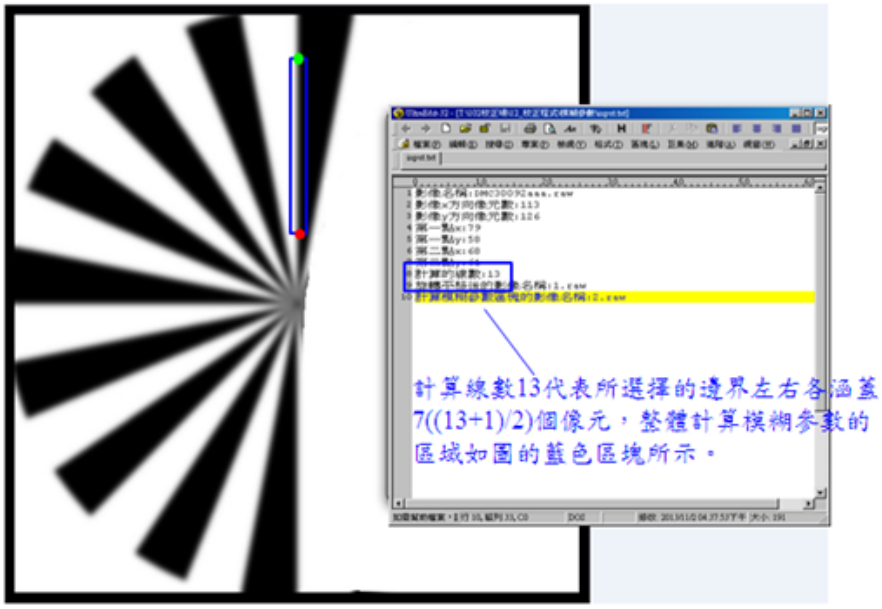


圖 5-15、模糊參數量測程式-成果說明 1

圖 5-16、模糊參數量測程式-成果說明 2

5-3、小結

考量作業系統的完整度，本學會亦將多項功能提前預做構思，納入系統規劃，利於擴充。本年設計時亦同時考量操作效能，視實際建置情形對細部功能做合適的調整篩選。總結本年作業整合之目標在於：透過系統所設計之校正標管理功能協助校正場更新維護工作，及藉由整合校正作業功能輔助使用者整合、擷取幾何、空間解析力校正作業之報告數據或過程檔案…等，助於校正工作執行及推展，並提升作業效率。

有關「幾何校正程式」、「MTF 量測程式」、「模糊參數量測程式」詳細使用說明，請參閱「校正整合作業手冊」。

第六章　空載光達系統校正測試分析作業

空載光達校正目標係針對廠商所使用、且已完成各項原廠要求必須執行之率定後之系統，用於實際測量時，所能達到的精度為何。亦即本校正之目的不在為廠商解決 IMU/GPS 與掃瞄器間的安置問題，即不進行視準率定（Boresight Calibration），而僅在評估待校件所得到的最終成果品質如何。至於經本場校正而發現之誤差來源及如何解決等，為送校廠商之責任，非本校正作業規劃之任務，本場不對儀器做任何參數改正。

6-1、方法評估說明

本案於 100 年度參考俄亥俄大學所設計空載光達校正方式，提出之校正標尺寸相當龐大(可參考 100 年工作總報告書)，實際製作有困難，因此本學會於本年提出以既有平頂建物代替特製之校正標來進行平面與高程精度校正測試。研究初期僅在驗證方法的可行性，數據來源不限定為校正場掃瞄所得，因此暫先以本學會以往執行監審計畫時檢核所用的現成點雲資料進行可行性研究。選擇若干平屋頂，將落於平屋頂的點雲資料經過適當篩選剔除粗差後，由剩餘點雲資料計算出形心坐標，將此坐標與在航測立體模型內依據 4 個屋角交點推得之坐標相比，由二者之差異作為判定空載光達掃瞄點雲的精度，以評估此校正方式是否可達目的。

6-2、校正分析流程

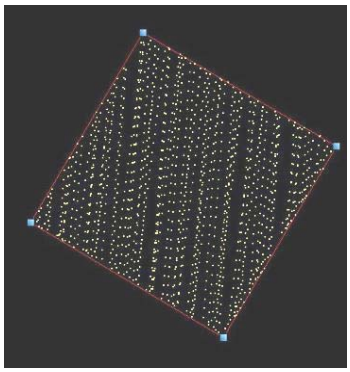
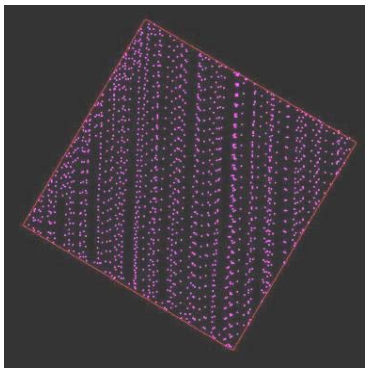
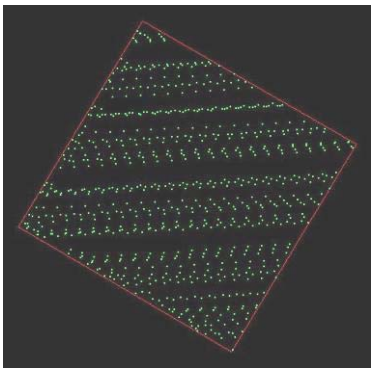
一、選擇適當參考位置

為使本次校正分析評估更具有可靠度，共選取三個位置不同、面

積不相同的方形平屋頂進行測試。選取時，已由立體模型內確認頂面無突出物，確定點雲均落在相同平面上。平屋頂位於不同的位置，便能使用不同航帶的資料進行計算，不至於因特定航帶的誤差影響分析結果；而面積不相同的屋頂則能評估點雲數量及密度與計算成果的關聯，可作為校正規劃的依據；採方形的平屋頂的目的是使重心位置的誤差橢圓能接近圓形。

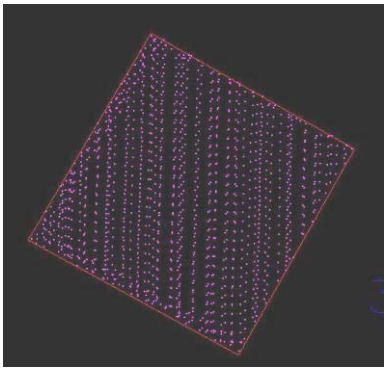
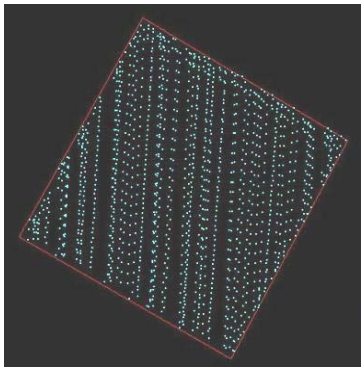
	平屋頂_A
	平屋頂_B
	平屋頂_C

圖 6-1、待測平屋頂正射示意圖

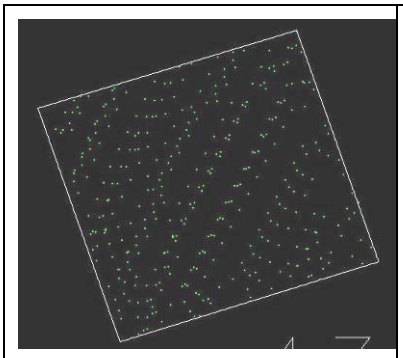
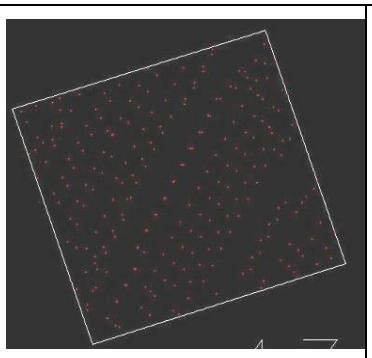
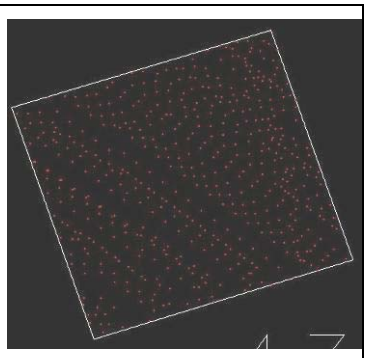
第 1 航帶	第 2 航帶	第 27 航帶

圖 6-2、平屋頂_A 點雲分布示意

第 2 航帶	第 3 航帶

圖 6-3、平屋頂_B 點雲分布示意

第 13 航帶	第 14 航帶	第 28 航帶

圖 6-4、平屋頂_C 點雲分布示意

二、點雲篩選

以所選平屋頂範圍外擴約 10cm，將此區域內點雲資料取出。首

先以回波類型對點雲資料做第一次分類，再以立體模型內所量測之平屋頂高程作為參考，將高程值差異過大的點雲剔除做第二次分類。分類完畢後剩餘點雲判定落於所選取平屋頂，以剩餘點雲計算一形心坐標，與立體模型所量測屋角坐標所計算之重心坐標相比較，進行統計。

表 6-1、航帶參數表

航帶序號	航高(m)	航速(kTS)	航向(deg.)	掃瞄角(deg.)	雷射脈衝率(KHz)	掃瞄頻率(Hz)
1	1600	100	90	22	150	31
2	1600	100	90	22	150	31
3	1600	100	270	22	150	31
13	2000	100	135	22	150	31
14	2000	100	315	22	150	31
27	1600	100	180	22	150	31
28	1600	100	45	22	150	31

表 6-2、待測平屋頂與航帶分布資訊

選取範圍	面積(m^2)	航帶序號	掃瞄角(度)	平屋頂視角(度)	點雲密度(pt/ m^2)	使用點數量
平屋頂 A	195.580	1	22	-7	6.269	1226
		2	22	-7	7.716	1509
		27	22	-6	3.456	676
平屋頂 B	194.255	2	22	0	5.565	1081
		3	22	+9	5.755	1118
平屋頂 C	26.283	13	22	+7	5.174	136
		14	22	-2	3.348	88
		28	22	+2	7.039	185

三、校正分析

表 6-3~表 6-5 為立體模型內平屋頂重心與光達點雲形心的坐標差值分析，參與計算點雲高程標準差均不超過 0.1m，顯示應無過高、過低、或不屬於該平屋頂的點雲同時參與計算。平面坐標差值最小為 0.007m，差值最大為 0.240m；高程差值最小為 0.003m，差值最大為 0.266m。本次分析所使用的點雲資料已經過航帶平差處理，且計算坐標差值並不隨平屋頂視角變化，暫時排除航帶掃瞄角位置對於計算成果的影響。

表 6-3、平屋頂_A 計算成果

航帶序號	平屋頂視角(度)	點雲密度 (pt/m^2)	坐標差 (m)（立體模型重心-光達點雲形心）			點雲高程標準差
			E	N	H	
1	-7	6.269	0.167	0.139	-0.133	0.061
2	-7	7.716	-0.240	-0.022	-0.179	0.073
27	-6	3.456	-0.153	0.287	-0.131	0.063

表 6-4、平屋頂_B 計算成果

航帶序號	平屋頂視角(度)	點雲密度 (pt/m^2)	坐標差 (m)（立體模型重心-光達點雲形心）			點雲高程標準差
			E	N	H	
2	0	5.565	0.149	0.007	-0.251	0.065
3	+9	5.755	0.082	0.042	-0.266	0.066

表 6-5、平屋頂_C 計算成果

航帶序號	平屋頂視角(度)	點雲密度 (pt/m^2)	坐標差 (m)（立體模型重心-光達點雲形心）			點雲高程標準差
			E	N	H	
13	+7	5.174	0.184	-0.189	0.003	0.047
14	-2	3.348	0.131	-0.240	0.030	0.041
28	+2	7.039	-0.054	-0.220	0.051	0.038

本研究亦試著逐次減少參與計算點雲數量，希望能得知點雲密度與坐標偏差量之關係。將參與計算點雲資料依坐標值大小排列後，逐漸加大間隔方式抽樣，使得參與計算的點數逐次減少，直至點雲密度達 1 平方米約 1 個點為止，計算成果如表 6-6。從計算成果可初步判斷，各航帶點雲密度在逐次減少至 1 平方米約 1 個點時，點雲形心與立體模型重心的坐標差值並無明顯劇烈變化。唯有平屋頂_A 所使用的 27 號航帶在減少點雲數量後，其與立體模型重心的坐標差值有顯著增加的趨勢，顯示計算的光達點雲形心有偏移情形。由圖 6-2 可看出，27 號航帶點雲掃瞄間距可能是因為飛機俯仰角抖動緣故有較明顯的疏密不勻現象以致落於屋頂面北方的點雲較稀少，在分布不平均的情況下，降低點雲密度計算時可能造成屋頂面北方參與的點雲過少，因此所得形心位置逐漸向南方偏移。

表 6-6、點雲密度與坐標差值分析表

選取範圍	航帶序號	參與計算點數量	點雲密度	坐標差(m)（立測重心-光達點雲形心）		
				E	N	H
平屋頂 A	**1**	**1226**	**6.269**	**0.167**	**0.139**	**-0.133**
		613	3.134	0.161	0.206	-0.133
		306	1.565	0.160	0.073	-0.132
		153	0.782	0.128	-0.102	-0.135
	2	**1509**	**7.716**	**-0.240**	**-0.022**	**-0.179**
		754	3.855	-0.240	-0.044	-0.179
		377	1.928	-0.252	0.059	-0.176
		188	0.961	-0.254	-0.083	-0.176
	27	**676**	**3.456**	**-0.153**	**0.287**	**-0.131**
		338	1.728	-0.167	0.434	-0.138
		169	0.864	-0.198	0.511	-0.139
平屋頂 B	**2**	**1081**	**5.565**	**0.149**	**0.007**	**-0.251**
		540	2.780	0.148	0.011	-0.252
		270	1.390	0.131	0.034	-0.253
		135	0.695	0.101	0.172	-0.251
	3	**1118**	**5.755**	**0.082**	**0.042**	**-0.266**
		559	2.878	0.073	0.132	-0.262

		279	1.436	0.071	0.013	-0.262
		139	0.716	0.076	-0.094	-0.264
平屋頂 C	**13**	**136**	**5.174**	**0.184**	**-0.189**	**0.003**
		68	2.587	0.160	-0.012	0.001
		34	1.294	0.115	0.032	-0.009
		17	0.647	0.049	-0.105	0.002
	14	**88**	**3.348**	**0.131**	**-0.240**	**0.030**
		44	1.674	0.098	-0.182	0.035
		22	0.837	0.040	-0.299	0.031
	28	**185**	**7.039**	**-0.054**	**-0.220**	**0.051**
		92	3.500	-0.126	-0.221	0.050
		46	1.750	-0.020	-0.191	0.050
		23	0.875	0.069	-0.125	0.051

考量立體模型內可能包含測圖人員的量測誤差，不同測圖人員所量測之坐標值也會略有不同，因此也由第二位測圖人員以相同立體模型量測屋角坐標推算平屋頂重心，與光達點雲形心比較，對照如表 6-6。由表可知不同測圖人員其立體量測能力應相當接近，光達點雲形心的坐標差值並無明顯變化，驗證本次所選之立體模型平屋頂作為中心參考基準位置具有一定精度與可靠度。

表 6-7、坐標差值對照表

選取範圍	航帶序號	坐標差 (m)（立體模型重心-光達點雲形心）			坐標差(m)（重複上機量測重心-光達點雲形心）		
		E	N	H	E	N	H
平屋頂 A	1	0.167	0.139	-0.133	0.140	0.032	-0.074
	2	-0.240	-0.022	-0.179	-0.268	-0.130	-0.120
	27	-0.153	0.287	-0.131	-0.180	0.179	-0.072
平屋頂 B	2	0.149	0.007	-0.251	0.115	0.052	-0.142
	3	0.082	0.042	-0.266	0.048	0.086	-0.156
平屋頂 C	13	0.184	-0.189	0.003	0.016	-0.126	-0.130
	14	0.131	-0.240	0.030	0.098	-0.261	-0.102
	28	-0.054	-0.220	0.051	-0.086	-0.242	-0.081

6-3、小結

經本年校正測試分析，可得知點雲密度即使不及 1 pt/m^2，光達點雲形心位置與推估的屋頂中心點參考基準位置依然與密度較高時所得成果無太大差異，是因為屋頂面積應符合校正需求，即使點雲密度低，依然有足夠點雲資料進行推估。日後評估光達點雲平面、高程精度如使用此方法，所挑選平屋頂面積至少應達本次試驗所使用最小面積約 25m^2。而目前以立體模型計算重心作為中心點參考基準位置，在本次實驗中所能偵測的點雲精度平面約為 0.3m、高程約為 0.2m，證明本法在一定條件下確實可以用於空載光達測量系統校正。而未來值得更進一步精進研究，如於校正前以篩選航帶方式剔除光達點雲在校正平面上分布不均的航帶（如圖 6-2 第 27 號航帶），或增加重複掃瞄航帶，提高篩選成功率。

第七章　發展其他感應器系統校正作業規劃

7-1、目的及效益

當自然災害發生時，傳統衛星遙測與航拍飛機易受天候(雲遮)影響及起飛限制，無法及時取得災區影像資訊，供救災及災後重建所使用。近年來發展出以無人飛行載具(UAV)搭載非傳統航測專用攝影機組成的無人飛行系統（UAS），以其機動快速及低空作業等特性，快速獲取地面空間的資訊。隨著此技術的發展，不少業者亦宣稱中、小像幅攝影機以及 UAS 搭載之非量測型攝影機可用於航測製圖。但一般中、小像幅攝影機及非量測型攝影機因為生產價位低，設計時多未考量測量所需之高品質內方位。未來若在未經具有公信力的校正前即宣稱此種攝影機具有執行國土測繪的能力，則可能使一般人誤解中、小像幅攝影機及非量測型攝影機所能達到的精度，進而影響到測繪成果的品質。因此本團隊對中、小像幅攝影機及 UAV 校正工作進行相關評估，評估成果將可作為國土測繪中心執行相關校正工作參考之依據。

7-2、評估說明

一、使用場地

校正方式係採野外現場校正（In-Situ Calibration）方式，由廠商依據校正作業規範進行航拍，就其拍攝所得之影像，進行幾何精度校正、空間解析力校正。

中、小像幅攝影機及 UAV 校正得與航測攝影機合用校正場，原則上儘量採相同校正標之分布，不另外增設點位。但是由於中、小像

幅攝影機型別繁多，各型的像幅、焦距、像元尺寸、航高等差異很大，因此校正航拍時考慮不對航高及航線做強制性的規定，僅以其像幅涵蓋且地元尺寸在原航測攝影機校正場規格所定之範圍內為原則。

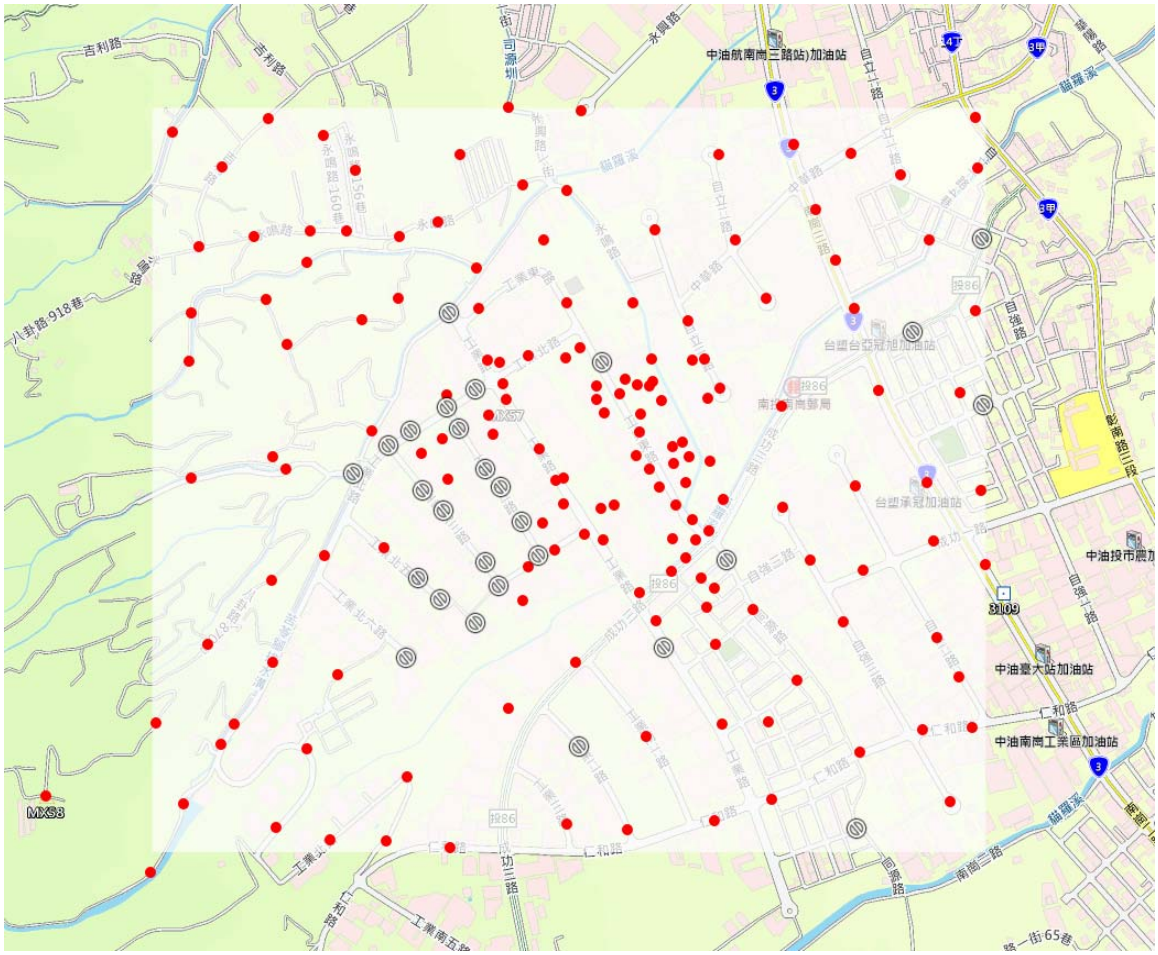


圖 7-1、航測攝影機校正標點位分布現況示意圖

(● 表可用之點位；⊘ 表鋼標遺失、點位滅失不可用之點位)

二、校正評估

目前航測攝影機之幾何精度校正與空間解析力校正之方式已大致擬定，中、小像幅攝影機及 UAV 的組合均可採相同之作業程序執行校正工作。但兩者差異在於，航測攝影機之內方位係經過精密率定而且保持穩定，基本上經過測試，證明其不受高空環境低溫、氣壓、濕度等急遽變化而有顯著的變化。有別於航測攝影機，中、小像幅攝影機之內方位一般是未知且並較不穩定，即使經過事後率定，可能也

無法證明其在日後使用時，不同的溫度、氣壓、濕度等環境下仍然保持不變。航測攝影機的像元幾何精度均經過實驗室率定以及出廠時空中三角測量驗證過(burn-in flight)，並附有率定報告，說明幾何精度的檢定結果數據。而非量測型攝影機生產原廠並不做此方面的率定及檢核。

航測攝影機的彩色(包含近紅外光)部分，是由多鏡頭同步拍攝的多譜影像融合至高解析力的全色態影像而成；而非量測型攝影機所使用的感光元件大多採用拜爾過濾(Bayer's Filter)原理內插得到彩色影像。因此航測攝影機所拍攝得到的全色態影像各像元顯示的為真實解析力，而非量測攝影機則沒有全色態影像，而是直接拍攝彩色影像。但是由於涵蓋波譜的不完整，原始的一個像元只有紅、藍、綠其中的一個波段，其餘二個波段是由相鄰像元內插而得，亦即其影像真實色彩解析力要較總像元數換算出的解析力為低。

一般航測規範內除了對於航測攝影機本身品質進行規範外，為了維持立體量測的精度，還會對航帶內的前後重疊率、航帶間的側向重疊率、影像的航偏角及傾斜角…等做出規範。但對於無人駕駛的飛行載具而言，因載具重量較輕，飛行狀態易受天氣影響，較不容易達到上述規範要求。因此非航測專用攝影機若搭載於 UAV 上，除了直接引用目前的航測攝影機校正程序外，對於影像的重疊率、航偏角以及航傾角的標準要求需研究後加以擬定。

7-3、國土測繪中心 UAS 影像測試分析

國土測繪中心本年度以自有 UAS 系統拍攝南崗校正場，本學會亦嘗試以拍攝影像進行校正測試分析。為了觀察非航測型攝影機影像畸變的情形，將所有校正標作為控制之用賦予適當權值(中誤差約 1mm)後進行空中三角平差。完成平差計算後，於影像坐標系中將全幅影像畫分規則的棋盤網格，將所有的影像疊加後，視每網格為一個

單元並統計出現在各單元內殘差的個數，並計算各單元內殘差之平均值，即為該單元內系統誤差分量之估值。

加入附加參數前，影像幾何畸變的情形十分嚴重，除了影像邊緣外，其他位置亦有變形的情形，如圖 7-2 所示。而透過加入平差系統所提供的附加參數，消除了大部分系統誤差，得到良好的影像成果，如圖 7-3 所示。

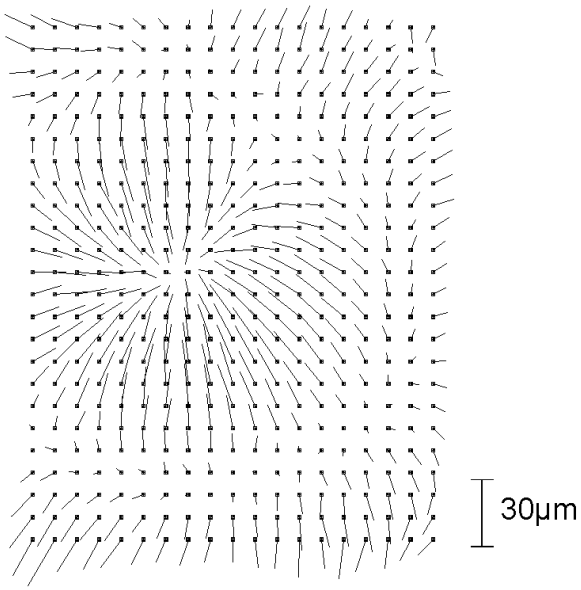


圖 7-2、影像網格平均殘差向量圖(未加入附加參數)

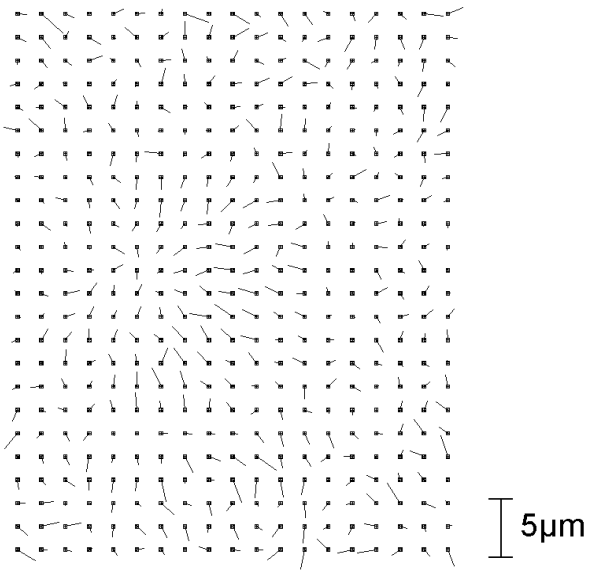


圖 7-3、影像網格平均殘差向量圖(加入附加參數)

由於內方位穩定性及成像方式的不同，使得航測攝影機與其它型攝影機所能達到的成像精度與解析力有一定差異，所得測繪成果的品質亦不在相同水平。中、小像幅攝影機以及非量測型攝影機的校正工作在於評估其整體綜合性能是否符合任務規劃需求，並不針對該系統個別組成原件或配置做校正。如經幾何校正後，顯示檢核點上所呈現的幾何精度不佳，廠商亦可使用其他參數或校正結果自行反推原因，進行改善。未來校正場若開放非航測專用攝影機進場校正，是否允許送校廠商視其所執行任務及其成果需要對影像進行改正，應再詳加研議。

7-4、小結

近年來漸漸以 UAS 代替傳統航測做資源調查及探勘，飛航次數日趨頻繁，於本場校正後可能難以追蹤攝影機使用狀況。若校正完畢後發生攝影機不慎撞擊卻持續使用，或是以其它攝影機替代使用，恐對本場校正公信力產生影響。且透過附加參數改正，可消除大部分非量測型攝影機影像畸變的情形。考量上述情形，未來尚需研擬合理的送校程序與校正標準的判定。

中、小像幅攝影機及非量測型攝影機與航測攝影機最大的差異在於內方位的穩定性，若校正航拍前後的內方位並不一致，縱使校正後合乎標準，有可能是透過後處理達成，亦無法掌握攝影機真實情況。目前多見以實驗室內近景攝影測量的率定方式取得非量測型攝影機的內方位參數，若能於校正航拍前先得知待校件的內方位參數，確認航拍前後內方位的一致性，才能使校正成果具有意義。因此未來可考慮增設近景攝影測量實驗室，於校正航拍前先行計算內方位，但應考量：1.實驗室建置需額外經費；2.實驗室環境與航拍環境不盡相同。近景攝影測量實驗室軟、硬體設備普遍昂貴，需評估校正場實際營運及其它經費來源是否能支持此預先檢核的構想。而航拍時攝影機與拍攝物體的距離與近景攝影測量所拍攝物體的距離相差甚遠，於室內率

定所得參數未必適用於航拍，因此航拍前後參數的比對是否適合納入未來送校程序內，尚待商議。

第八章　TAF 認證準備工作

由於測繪之基礎在使用正確的設備，而設備正確與否若能經由認證機構來評定，可使之更具有公信力。由於國土測繪中心已經取得財團法人全國認證基金會（Taiwan Accreditation Foundation，以下簡稱 TAF）量測實驗室的認證，如校正場也能申請得到認證，亦具有導入品保觀念，進行自我品保要求的意義。鑑於本場內容與一般工業實驗室不同，全世界沒有類似的校正場有過申請認證的案例，全國認證基金會在執行評鑑時可能會有無法以經過認證的相同實驗室進行比對的困難。為了符合 TAF 認證需求，本學會於 101 年也撰寫了航測攝影機校正系統評估，分析本案校正系統之不確定度與其來源。本年除了修訂增項申請所需的文件外，亦積極協助國土測繪中心辦理認證相關準備，包含設計各項品保措施、提出各種可能能力試驗活動方案，希望能於後續工作中協助取得校正場認證。

8-1、能力試驗活動準備

一、認證概念說明

ISO17025 5.9 節提到有關試驗與校正結果品質之保證：「實驗室應有品質管制程序，以監控試驗與校正作業之有效性」。由於國際實驗室認證聯盟採用實驗室間比對或能力試驗為簽署相互承認之認證機構應展現其認可實驗室技術能力的主要且重要方式，因此 TAF 對於認證對象均要求規劃設計能力試驗參與計畫，且須參與並發佈結果。校正領域中能力試驗活動判定的流程如圖 8-5 所示：

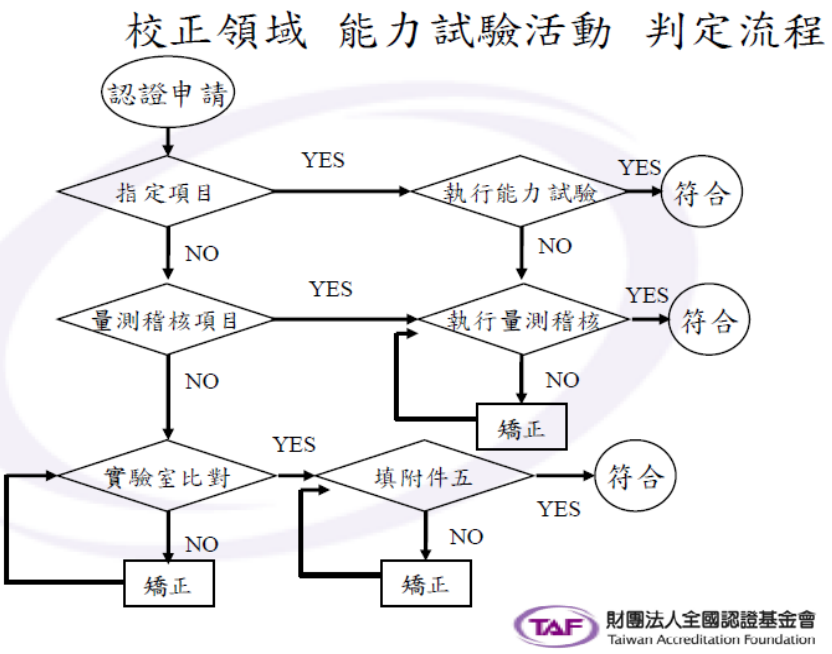


圖 8-1、TAF 校正領域能力試驗活動判定流程圖

本學會依此原則提出了數項能力試驗活動方案，將在下節說明各方案構想以及可行性評估。

二、能力試驗活動具體可行性方案

(一)執行校正件比對

本學會於 101 年工作執行時，前往新竹 TAF 分會，與認證實驗室經理進行訪談，提出問題釋疑，整理相關資訊，並參考 ISO17025，提出以作為校正件的航測攝影機執行比對的方案規劃：

1. 取得目前台灣正在使用的航測攝影機於國外出廠時，曾做過的 burn-in flight 成果，與本場的報告相比，證明本場校正能力。此方案幾乎不需要額外的成本，只要對該攝影機再以本場進行一次校正，即可達到能力比對的目的。此方案是否可行，繫於目前在台灣使用中的攝影機在出廠時是否曾經做過野外現場校正，以及如果攝影機出廠已有一段時日的話，其出廠時的校正結果是否還能為 TAF 能力比對所接受。

2. 將航測攝影機送至國外校正場，或由國外租借航測攝影機於

本場拍攝，於校正飛行後比對本場與國外所出具之校正報告，以證明本場之校正能力。此方案涉及運輸費用以及校正期間無法執行任務之損失，估計成本較高。

與工作小組多次討論後，以上述第 2 項方案概念較為直觀，因此優先作為校正件比對方案，進行可行性評估。本學會於五月中旬派員前往日本，至該國測量機構 PASCO 公司參訪，與該公司成員會面，就雙方於航測實務上的經驗做分享交流。於訪談中，本學會亦藉此機會向該公司提及本研究案執行現況，並對本國 TAF 認證制度中能力試驗項目作簡單說明。

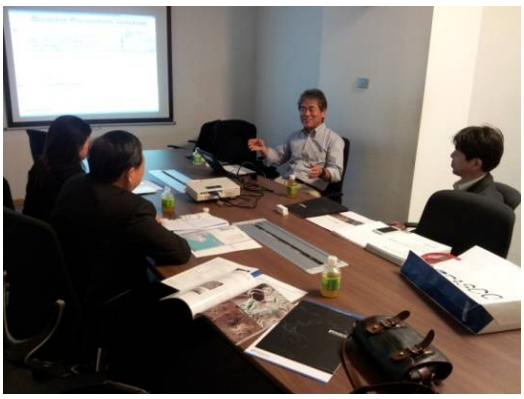


圖 8-2、五月中旬本學會至日本測量機構 PASCO 公司參訪

PASCO 公司表示，日本國內執行空拍的航測攝影機均要向政府申請使用執照，申請時間需數月；國外航測攝影機如要引進日本當地航拍，同樣也要申請使用執照，且欲執行的飛航計畫也要由政府機關審核，行政流程所需時間可能遠比日本國內公司提出申請的時間還要更長。而 PASCO 公司到目前為止並無租借航測攝影機至國外執行非公司業務的航拍任務，且租借至國外也必定將無法執行業務的損失轉嫁至租金上，因此 PASCO 公司評估租借費用可能會在數百萬元台幣以上。

(二)執行實驗室比對

考量本校正項目之獨特性與不確定度的來源，邀請國際間卓有信

譽的航測機構，執行本校正項目的校正作業程序，比較雙方校正成果，以符合 ISO17025 之 5.9 節要求之品管概念。國土測繪中心測量儀器校正實驗室將與比對機構以相同的航測影像，執行本校正項目的校正作業程序，以量測值與標準值的差異，比較實驗室間校正成果，並會以「TAF-CNLA-R05」此份文件中，附件五「能力試驗活動適當性查檢表」來評估此次能力試驗活動的適當性。比對機構需與國土測繪中心測量儀器校正實驗室使用相同的空中三角測量軟體，執行本校正項目的校正作業程序。

本校正項目進行不確定度評估時，發現最主要的不確定度，來自於空中三角測量影像立體量測。校正作業程序結束後，軟體會產生結果報表，由於規劃與比對機構使用相同影像、相同軟體、進行相同的校正作業程序，所得成果精度理論上應趨近一致，因此可針對彼此所產生結果報表內的量測精度誤差標準值進行比較。其差異應符合實驗室所訂規範，以此證明實驗室人員立體量測能力與國際航測機構相同，擁有相當校正品質水準。

(三)以不同商業軟體進行量測比對成果

執行實驗室比對雖在校正領域能力試驗活動判定流程內，但因本校正項目之獨特性，未來所尋找之比對機構絕大多數未獲得 ISO/IEC 17043:2010 認證。考量不同的評審員對於比對機構的資格認定可能有不同標準，因此提出此品保方式作為能力試驗活動替代方案。

本校正系統組成架構可視為二階段：第一階段為校正場地的建置與校正標標準值量測；第二階段為待校件完成校正航拍後，以空中三角測量軟體執行幾何精度校正。本校正項目進行不確定度評估時，發現最主要的不確定度，便是來自於空中三角測量影像立體量測，即為系統組成架構之第二階段。若能證明實驗室已將校正過程中主要影響結果的不確定度排除，則更能證明實驗室校正結果的品質。ISO17025 中 5.4.7.2 節備註中提到：「一般用途之市售商用軟體，在其設計運用

範圍內(如文字處理、資料庫及統計程式)，可認定為業經充分地確認」。近年來如「BAE SYSTEM」、「INTERGRAPH」兩家公司均為航測軟體知名的開發商，軟體使用上應符合 TAF 對於軟體驗證的規定。而兩家公司旗下所代理之「SOCET SET」、「ORIMA」，均為一般航測普遍所使用之空中三角測量軟體。因此在第二階段執行幾何精度校正時，可分別使用兩套不同的空中三角測量軟體進行相同的校正作業程序，比較所得成果報表。

三、可行性評估

將航測攝影機送至國外校正場、或租借國外航測攝影機，執行校正飛行後所出具的校正報告，與本場做比對證明本場之校正能力，此方案經本學會實際與國外公司洽談後，證實需耗費大量時間、金錢。有鑒於上述方案成本過高，因此也提出實驗室比對方式作為申請時的依據，於 PASCO 公司時本學會亦提出此構想。此概念所需的各項成本與租借航測攝影機相比大幅地降低，惟尋求實驗室比對的對象若為國外機構，則需注意相關國安保密規定。

而以不同商業軟體進行量測比對成果，則已跳脫 TAF 規定的能力試驗活動架構。TAF 目前也體認到目前能力比對的設計，對於具有屬全世界初創性且稀少性的實驗室確有其執行上的困難，實務上，有許多校正或測試項目之合適的能力試驗是不存在或不可行，當現實可行的能力試驗活動不足以支持實驗室所有校正或測試品質保證時，實驗室可研究發展其它品質保證方案，以取得或維持 TAF 認證。此比對方案建立在若校正成果差異能在實驗室所訂精度規範內，則可視為實驗室所判斷影響校正成果最主要的不確定度已降至最小。此比對方案可視為對實驗室內部品質的保證，作為能力試驗活動的備案。

表 8-1 將列出辦理以上所提各項能力試驗活動相關成本評估供國土測繪中心參考，惟是否能通過 TAF 認證能力試驗活動評鑑，須待實際辦理後方能確認。

表 8-1、能力試驗活動相關成本評估

	預估辦理期程	預估成本	聯絡資訊
1.校正件比對(租借國外航測攝影機至國內或將航測攝影機送至國外)	120~180 工作天	高 (約 300 萬台幣以上)	公司： 日本 PASCO CORPORATION 聯絡人： 總經理 橘菊生 先生 Kikuo TACHIBANA 電子郵件： kainka9209pasco.co.jp
2.實驗室比對(與比對機構進行相同作業程序，比對校正成果)	90~150 工作天	中 (約 150 萬台幣以內)	公司： 日本 PASCO CORPORATION 聯絡人： 總經理 橘菊生 先生 Kikuo TACHIBANA 電子郵件： kainka9209pasco.co.jp
3.量測品保(以不同商業軟體量測，比對校正成果)	60~100 工作天	低 (約 100 萬台幣以內)	暫無

8-2、設計坐標標準值品保管制程序

TAF 文件 ISO17025 5.9 節提到，可使用相同或不同方法重複試驗或校正，作為試驗與校正結果品質之保證。本場幾何校正作業程序，為布設足夠數量的校正標，經 TAF 認證實驗室校正合格之衛星定位儀量測得到校正標於國家坐標系統內之三維坐標作為標準值。而受校正之航測攝影機對校正場進行航拍後，藉由空中三角測量推算影像中校正標於國家坐標系統內之三維坐標作為量測值。由量測值與標準值間之差值，以統計分析的方法計算出各項品質指標。量測值與標準值比對的概念，該以坐標間相對位置關係(長度)、或是以單點坐標值差異來作為比對基礎，本年與工作小組經多次討論後，最終選擇以

坐標值差異作為判斷待校件成果的依據。坐標值精度間接代表了本場的校正能力，因此規劃定期對作為標準值的校正標坐標值實施檢測保證其精度，應可滿足「使用相同或不同方法重複試驗或校正」此原則，作為本場量測品保方式。

一、定期檢核三等衛星控制點

南崗工業區周圍之已知一、二、三等衛星控制點及一、二等水準控制點分布如圖 8-3 所示。本案依目前自訂控制測量規範，使用三等衛星控制點作為控制測量使用，選擇場區周圍 MX34、MX57、MX58、MX60 及 MX64 等 5 個三等衛星控制點，為本校正場區基準控制之用。

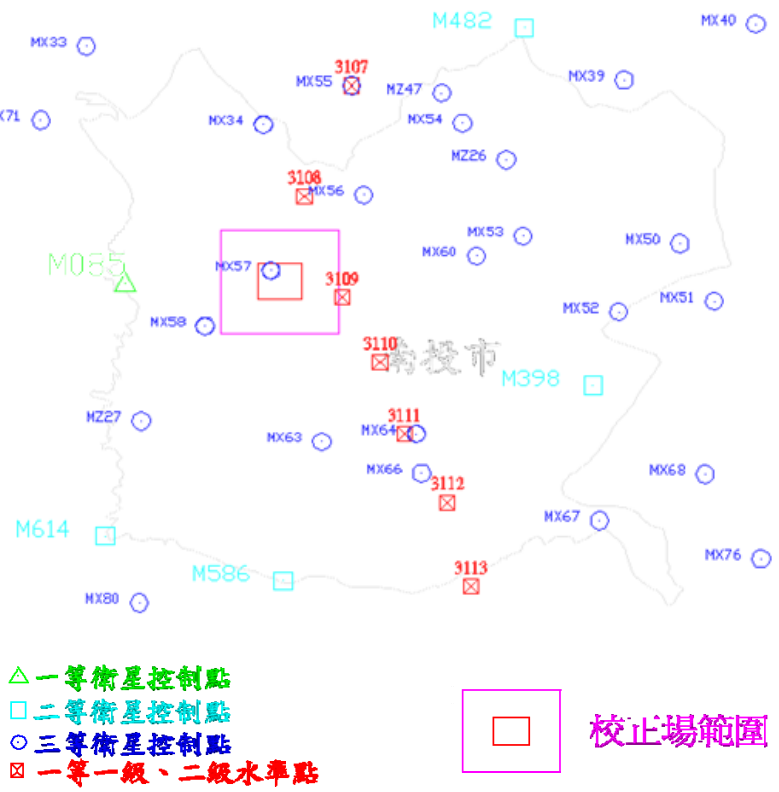


圖 8-3、南崗工業區附近已知控制點分布

校正場以衛星定位儀作為控制測量使用之設備，規定需於一年內通過 TAF 認證實驗室校正合格。校正標之坐標值係以符合長度標準定義的衛星定位儀測量而得，故定義衛星定位儀為本場幾何長度的追溯標準。有鑒於校正標坐標值是由 GPS 靜態測量所引用的三等衛星

控制點化算而來，於適當週期對本場地引用的三等衛星控制點 MX34、MX57、MX58、MX60 及 MX64 進行監測，確認點位間基線(長度)的穩定性。若其變動在實驗室所規定管制容許值內，點位間的相對關係可視為不變，其坐標值亦可視為不變，連帶可證明以經過 TAF 認證的衛星定位儀所測得校正標點位間基線的正確性，推算的坐標值是和三等衛星控制點具有相同精度。

二、開放校正服務前實施 GPS 靜態測量

本場幾何校正係藉由空中三角測量推算影像中校正標於國家坐標系統之坐標值與開場前控制測量所得標準值相比較，因此為確保校正航拍所攝得校正標間相對幾何位置，與開場前維護時一致，規劃於開場前實施控制測量，與前一年度開場前 GPS 靜態測量所測得坐標值相比較，若其差值在實驗室所規定容許值內，則校正標間相對幾何位置可視為沒有變動，以重複量測的概念驗證標準件於校正期間的正確性。

三、標準值品質監控

品質監控程序設計將 ISO17025 中的品保概念引入，以確保其正確性。經與工作小組討論後，決定日後實際營運，每年開場前對校正場內校正標進行 GPS 靜態測量，確認點位間基線的穩定性。若其變動在規定管制容許值內，點位間的相對關係可視為不變，則校正標直接使用新年度控制測量成果。

品保方式說明：

1、 取統計 95%信賴水準，當做系統管制標準，繪製管制圖，作為本系統例行監控之依據。

2、 查核參數：U 為當次控制測量坐標值，A_c 為歷次查核坐標值的平均值 (不包含當次)。

3、 標準差參數為 S_c，引用本場標準值量測作業手冊內所規定

「控制測量精度：坐標平面中誤差小於 2cm、高程中誤差小於 5cm」。

4、 管制標準：U- $A_c \leqq \pm 2S_c$ (△X、△Y、△Z 分開計算)。

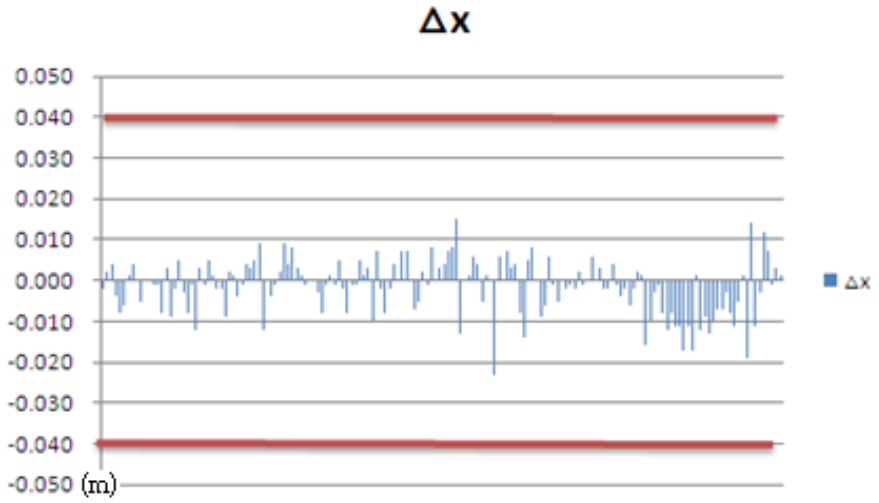


圖 8-4、坐標殘差管制示意圖(橫軸為各幾何校正標)

8-3、認證申請相關文件

一、增項申請文件說明

經本學會與 TAF 聯繫，以及與國土測繪中心研商，確認提出增項申請基本所需文件共七項：

1、 實驗室資訊表。
2、 實驗室品質手冊。
3、 品質系統作業程序。
4、 申請項目之標準作業程序。
5、 量測不確定度評估數據資料。
6、 參加能力試驗活動結果。
7、 實驗室位址圖及實驗室配置簡圖。

上述七項文件，尚區分各式子文件，部分單位資訊及行政資料尚需申請單位自行填寫。本學會將提出上述七項文件內所撰寫技術相關

資訊及建議供國土測繪中心日後申請認證作為參考。

(一)實驗室資訊表

1、申請校正領域認證內容。

表 8-2、申請校正領域認證內容表(部分)

申請認證		校正方法	校正範圍(中/英並列)	最小不確定度(中/英並列)
代碼/項目(中/英並列)	校正件(中/英並列)	標準名稱/編號及自定程序名稱/編號/最高執行工作標準件/廠牌/型號(中/英並列)		
KA4099 航測攝影機系統	航測攝影機系統 (Airbone PhotogramMetric Mapping System)	自訂航測攝影機幾何精度校正作業程序 /SICL-X-XX-X/ TOPCON/ NET-G3/401-01629	地元尺寸（ground sampling distance，GSD）5 至 25cm 的航拍影像。	2/3 像元(暫定)

2、所使用設備、參考物質總覽。

表 8-3、所使用設備、參考物質總覽表(部分)

儀器設備名稱	廠牌與型號	此儀器設備可量測的範圍	對應申請的校正/測試項目	校正情形
衛星定位儀含環形天線	TOPCON/ NETG3 CR.G3 TPSH	靜態 平面： 3mm + 5ppm 垂直： 5mm + 5ppm	KA1021 衛星定位接收儀	□無需校正，請說明： ■需校正，請填下列資料 校正週期： (依國土測繪中心測量儀器校正實驗室辦理情形填寫) 最近校正日期： 此報告編號： 此校正報告 □有 □無 認證標誌 執行校正者： □本實驗室內部校正， 校正人員： □外部校正，機構名稱：_____
PC 電腦設備	(依設備型號填寫)	N/A	N/A	■無需校正，請說明：一般商用設備 □需校正，請填下列資料 校正週期： 最近校正日期：

				此報告編號： 此校正報告 □有 □無 認證標誌 執行校正者： □本實驗室內部校正， 校正人員： □外部校正，機構名稱：_____
液晶立體觀測螢幕	(依設備型號填寫)	N/A	N/A	■無需校正，請說明：一般商用設備 □需校正，請填下列資料 校正週期： 最近校正日期： 此報告編號： 此校正報告 □有 □無 認證標誌 執行校正者： □本實驗室內部校正， 校正人員： □外部校正，機構名稱：_____
3D 手控器	(依設備型號填寫)	N/A	N/A	■無需校正，請說明：一般商用設備 □需校正，請填下列資料 校正週期： 最近校正日期： 此報告編號： 此校正報告 □有 □無 認證標誌 執行校正者： □本實驗室內部校正， 校正人員： □外部校正，機構名稱：_____

(二)實驗室品質手冊、品質系統作業程序

「實驗室品質手冊」與「實驗室程序書」做為實驗室運作與品保遵循的依據與準則，因此未來航測攝影機系統校正項目納入測量儀器校正實驗室後，依其對現有管理及技術要求之適用性，對此二份文件進行微幅調整。以下將對此二份文件之修訂建議做出說明。

1.實驗室品質手冊

(1) P.3「三、實驗室主要服務介紹」建議新增「航測攝影機系統校正」項目。

(2) P.14「三、設施與環境條件」建議新增「航測攝影機系統校正」場地說明。

(3) P.15「表 3 測量儀器校正實驗室三階文件一覽表」建議新增「航測攝影機系統校正」技術文件。

2.實驗室程序書-組織與管理作業程序

暫無。

3.實驗室程序書-文件與記錄管制作業程序

(1) P.1「一、測量儀器」建議新增「航測攝影機系統校正」項目。

(2) P.1「二、校正實驗室」建議新增「航測攝影機系統校正」場地說明。

4.實驗室程序書-顧客服務與抱怨處理程序

暫無。

5.實驗室程序書-不符合事項矯正措施及預防程序

暫無。

6.實驗室程序書-內部稽核程序

暫無。

7.實驗室程序書-人員管理與訓練作業程序

暫無。

8.實驗室程序書-校正方法與確認程序

暫無。

9.實驗室程序書-實驗室管理程序。

P.1「參、定義」建議新增「航測攝影機系統校正」環境說明。

10.實驗室程序書-設備儀器管理及量測追溯程序

P.1「參、定義」建議新增「航測攝影機系統校正」使用儀器、設備說明。

11.實驗室程序書-校正作業管理程序

暫無。

12.實驗室程序書-校正報告管制程序

暫無。

(三)標準作業程序、量測不確定度評估數據資料

101 年已針對「幾何校正」此項目進行了作業程序及系統評估二份文件的撰寫，撰寫方式參考了「TAF-CNLA-R05」、「TAF-CNLA-R06」等文件。本年國土測繪中心提供所屬 TAF 認證實驗室內的技術文件供本學會作為修訂參考，文件修訂除了按每月工作會議所討論決議外，於階段性完成修訂後，便召開文件說明會議，邀請工作小組與企劃課同仁對文件修訂情形給予建議。本學會彙整各項意見後，再對文件進行調整，目的是希望此二份文件更為完備，未來申請時能符合 TAF 評鑑人員對實驗室技術文件的規範。有關詳細文件內容，請參閱「航測攝影機系統幾何精度校正作業程序」、「航測攝影機幾何精度校正系統評估」二份文件。

圖 8-5、文件說明會議實況

(四)參加能力試驗活動結果

由於能力試驗活動初步規劃完成，尚未進行，建議可待 103 年實

際進行能力試驗活動後，再行撰寫此份文件。

(五) 實驗室位址圖及實驗室配置簡圖

1.野外實驗室

(1)位置

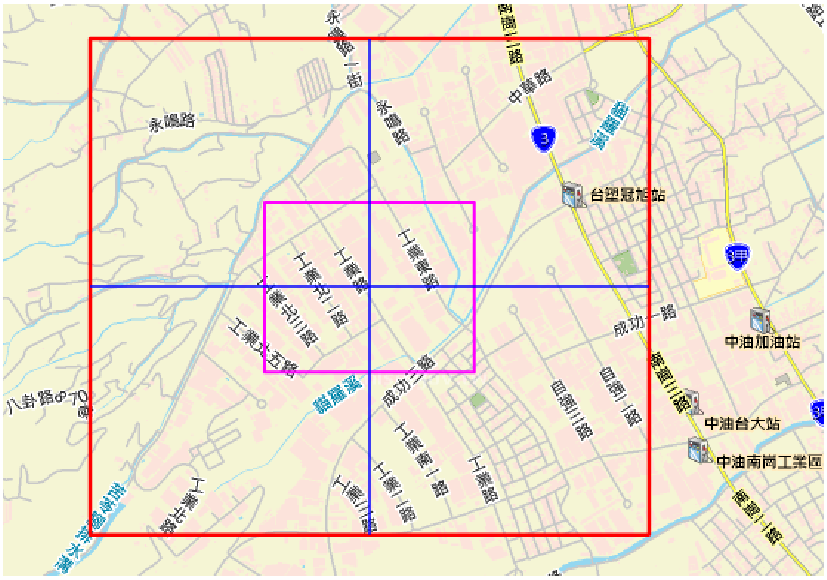


圖 8-6、野外實驗室位置圖

野外實驗室為航測攝影機系統執行校正航拍時，所規劃之拍攝場地。地點於南崗工業區，位於南投市西北方，交通有省道台三線貫穿本區，北經草屯到台中市約 25 公里，到台中港約 47 公里，向西可達員林、彰化，至中山高速公路王田交流道約 21 公里，距離第二高速公路南投交流道約 1 公里。

(2)交通方式

行駛國道 3 號，於「中興交流道」出口下交流道，朝「南投/中興新村」前進，出聯絡道後左轉「貓羅溪橋」，下橋後沿著南崗三路行駛便可進入場地範圍。

鄰近交叉路口：南崗三路、成功三路、工業路。

鄰近地標：南投南崗郵局、台塑台亞冠旭加油站。

(3)配置規劃

校正場場地設計為矩形，矩形之長、短邊分別平行東西及南北方向。完整場地長邊為 2,000 公尺，短邊為 1,750 公尺；內部再劃分一較小的矩形場地，長邊為 750 公尺，短邊為 600 公尺，供低空飛行之校正用。為使場地能共用所有的控制點，故較小的矩形場地安排於中央位置。

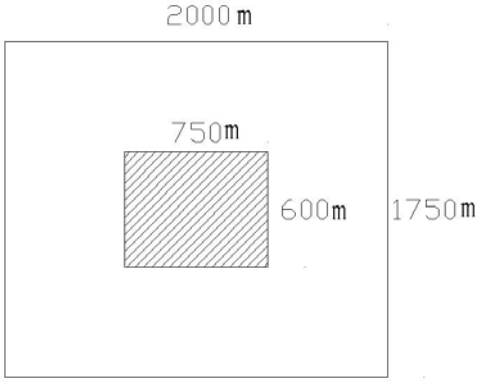


圖 8-7、野外實驗室場地規格

目前場內共布設 156 個固定式的幾何校正標，均勻分布於場地內的道路以及平頂樓房。日後維護若發現有滅失、損壞等情形，則於適當的位置新設幾何校正標。

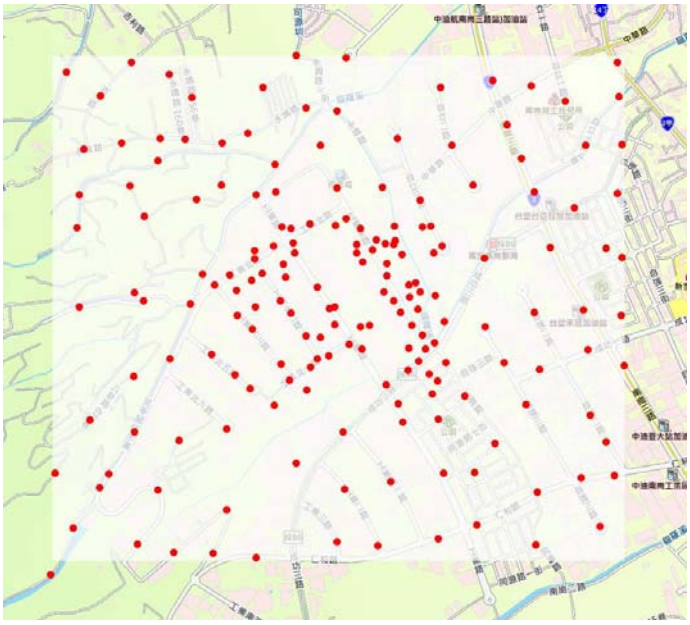


圖 8-8、野外實驗室校正標配置圖

2.內業實驗室

(1)位置

圖 8-9、內業實驗室位置圖

內業實驗室為航測攝影機系統校正航拍完畢後，執行資料計算與

校正分析之場地。內業實驗室設置於內政部國土測繪中心本部，地址為臺中市南屯區黎明路二段 497 號 4 樓。距中山高速公路台中交流道約 2.5 公里、南屯交流道約 2 公里，距台 74 線快速公路南屯二交流道約 1.7 公里。

(2)交通方式

行駛中山高速公路，於「台中交流道」出口下交流道，朝「沙鹿/台中港路」前進，出聯絡道後直行約 500 公尺左轉「黎明路二段」，直行約 2 公里後即可抵達。

鄰近交叉路口：黎明路、大業路。

鄰近地標：台中黎明郵局、經濟部水利署。

(3)配置規劃

按國土測繪中心未來實際配置。

以下說明辦理航測攝影機系統校正作業所使用儀器設備、軟體。

硬體

A. 衛星定位儀

B. PC 電腦設備

C. 液晶立體觀測螢幕

D. 3D 手控器

軟體

A. GP Survey 基線解算軟體

B. TurboNet 網形平差軟體

C. Leica Photogrammetry Suite 航測空三測圖軟體

D. 幾何校正程式

辦理校正作業所使用儀器設備、軟體，大部份均為航測商用產品，均可定期洽詢供應商進行硬體維護及軟體更新。自行開發的程式為幾何校正程式，隨校正服務次數的提升，視需要進行維護或改寫。

8-4、小結

本年與工作小組投入大量時間籌備各項 TAF 認證準備工作，包含討論、修訂多項技術文件，設計多項能試驗活動方案，並實際與國外航測機構接洽，做好多方面準備以面對 TAF 認證申請及各項評鑑需要。明年度除了協助國土測繪中心備齊相關認證文件外，將優先對實驗室比對方案進行可行性評估，再次與國際間知名航測機構接洽，釐清執行上的各項需求。而工作執行初期即可邀請 TAF 輔導人員，協助檢視截至目前的工作準備是否符合認證需求，以便及早改善並做加強，希望申請評鑑時能符合認證要求。

第九章　辦理教育訓練

於校正場內選點、布標、維護，到校正航拍完畢取得影像，辦理各項校正，均為校正場營運所需辦理作業內容。為了讓日後實際執行校正的作業人員能更熟悉校正場如何運作，本學會規劃辦理二階段教育訓練課程。

第一階段外業訓練課程安排於 102 年 10 月 22 日，一天共 6 小時，於南崗校正場現地辦理。課程內容包含校正標之清查、油漆維護、測設，受訓人員均實際操作各訓練項目，了解場地維護及航拍布標之作業要點。

圖 9-1、外業訓練實況

第二階段內業訓練課程安排於 102 年 10 月 24 日、25 日、28 日，三天共 18 小時，於本學會辦理。本次訓練特別聘請國立成功大學測量與空間資訊學系航測組組長王靖雯小姐授課，講述空中三角測量方法與作業流程外，實際讓受訓人員進行立體量測訓練，準備教材安排

受訓人員獨力完成空中三角測量專案，以了解實際作業各項環節。除了空中三角測量訓練，本學會也安排校正程式操作訓練，讓受訓人員實際以本年所開發的校正程式模擬校正分析。

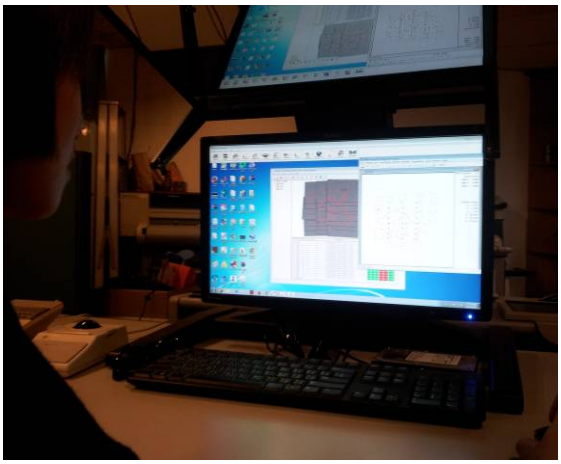


圖 9-2、內業訓練實況

第十章　結論、建議及後續工作

10-1、結論與建議

一、幾何校正系統除了參考國際間先進國家著名校正場設計規格與作法，也設計了較多的幾何校正標數量，經研究證實本場校正標數量已足夠辦理現行規劃之校正作業，確定本場校正能力。目前不同廠牌航測攝影機率定報告格式均不相同，為確保校正公平性，建議日後由廠商提供該次送校攝影機之相關精度資訊，作為校正標準中儀器規格之依據。

二、經本年精進研究分析結果，幾何校正方法已調整為二階段辦理：以全區影像完成空中三角測量平差後，選擇單一航線進行校正平差。平差時以該航線涵蓋區周圍校正標作為控制點，其餘校正標作為檢核點，進行空中三角測量平差計算，最終以檢核點坐標與標準值的器差，進行幾何精度校正標準判定。

三、本年所開發 MTF 量測程式與模糊參數量測程式經測試後皆可用於空間解析力校正，但考量目前空間解析力校正標尺寸龐大，布設時易受場地限制，因此建議未來可直接現地布設不同於西門子星標的標形，改以點散函數評估模糊參數的方法，判斷解析力是否符合製圖需求。

四、本場目前可校正的地元尺寸在 5～25cm 範圍內，對於成像幾何精度的校正能力上限約為地元尺寸的 1/3。由 101、102 年空中三角測量及 MTF 計算結果可發現，數位航測攝影機的幾何精度以及空間解析力應都比以往底片式攝影機為佳。

五、有關輻射線性度研究已證實一般數位航測攝影機在正常情

形下，光譜間相對反射率對 8 階輻射校正標反射率的反應成線性。如何納入校正場營運項目，及擬定合格標準，需再詳加研議。是否執行多譜波段間相對反應強度之校正，建議參考未來國際發展狀況，再做評估。

六、近年來中、小像幅攝影機、無人載具也更廣泛地在航測業務運用，與測繪型攝影機相比，因重量較輕，搭乘的載具有多種樣式可選擇。載具體積小，起飛的限制也遠比傳統大飛機少，易於機動性地支援各式各樣的時間、地點執行飛航任務。中、小像幅攝影機普遍能透過附加參數消除系統誤差改正影像，因此若試辦中、小像幅攝影機校正，本場定位在僅告知合格與否，或是提供參數改正服務，需再進一步評估。建議待測繪型攝影機校正系統穩定營運時，再設計規劃中、小像幅攝影機的校正制度。

10-2、後續工作與成本分析

一、作業項目與流程

以下謹對明年度工作項目、流程進行評估及建議，供國土測繪中心作為規劃 103 年本案工作之參考。

(一)持續辦理 TAF 認證相關工作

TAF 認證相關工作，經本年與國外公司實際接洽，並於工作會議與工作小組多次討論後，目前研擬出實驗室比對方案及內部品質保證方案作為能力試驗活動依據。明年度除了協助國土測繪中心備齊相關認證文件外，將優先對實驗室比對方案進行可行性評估，再次與國際間知名航測機構接洽，釐清執行上的各項需求。倘若該機構非本國公司，則認證準備成本將隨之提高。明年度工作執行初期即可邀請 TAF 輔導人員，協助檢視截至目前的工作準備是否符合認證需求，以便及早改善並做加強，希望日後申請評鑑時能符合認證要求。

(二)教育訓練

未來開放試營運後，將由國土測繪中心實際負責各項校正業務，明年度工作建議可提早對未來各項校正負責人員辦理訓練，完整操練各校正項目，至試營運時由本學會從旁提供技術協助，使負責人員儘快熟悉所屬業務，讓校正場作業能更快對外提供服務。

(三)校正場維護更新

校正場經本年清查後剩餘 156 個校正標，數量已足夠辦理所設計幾何校正作業，暫時不需增加校正標數量。明年度維護作業建議除了維持場內各象限校正標均勻分布外，應對所有校正標維護油漆，使各種飛行高度、像幅大小及不同航線規劃的校正航拍影像，都能有良好分布、明顯可辨識的校正標供校正使用。

(四)校正場營運準備與推廣說明

本年已再次對各項校正進行研究分析，校正方法已大致擬定，也撰寫了多項手冊供國土測繪中心參考，明年度待實際試營運，可確認目前所規劃各項執行細節及營運方法是否符合實際需求。原則上由於場地維護不易，每年度建議於場地維護及 GPS 靜態測量完成後選定一段時間對外開放校正服務，開場期間機動配合校正航拍需求清理幾何校正標，校正場開放期間需於網站提前公告。考量年中開始為航空攝影業務量高峰期，秋天開始後較不易受颱風、下雨天候的影響，配合南崗地區天候因素與各機關下一年度計畫期程，建議開放期間為下半年 9 月~12 月擇一期間辦理。

而本年所建置的展示首頁，內容包含各項校正場資訊介紹，並有中、英文兩種不同語言類型的入口網站，利於各界使用者對於本校正計畫能有所了解。除了舉辦推廣說明會外，也建議國土測繪中心能於各式公開場合多加宣導此項校正服務，使更多測繪界工作者知悉此訊息。

(五)校正作業系統功能增修

校正場資訊管理系統已按本年規劃完整開發，經測試後功能均可正常使用。考量系統彈性，本年於設計整體系統架構時已預留多項欄位，日後可進行功能擴充，明年度待試營運後進一步了解各項營運需求，視需要擴充系統。

(六)空載光達校正測試分析

光達校正測試分析，本年實驗結果與預期尚初步相符，所偵測點雲精度平面約可達 0.3m、高程約可達 0.2m，證明本年實驗方法於一定精度下確實可做空載光達測量系統校正，明年度研究目標可實際辦理校正飛行掃瞄，以平屋頂作為校正標的，實際測定平屋頂角點坐標，評估此方法是否能再提升校正之精度。

二、成本評估

以下對 103 年度規劃主要工作所需期程、費用進行概估，作為國土測繪中心計畫執行之參考。

表 10-1、102 年工作期程及費用估算

工作項目	辦理工作天	預估費用
辦理教育訓練	7~10 天	約 30 萬
校正場 GPS 靜態測量	7~12 天	約 50 萬
校正場維護更新	15~20 天	約 40 萬
空載光達校正分析	90~120 天	約 80 萬
校正場營運準備	120~150 天	約 50 萬
作業系統擴充	120~150 天	約 50 萬
TAF 認證相關工作	120~180 天	約 80 萬~120 萬 (視能力比對機構而定)

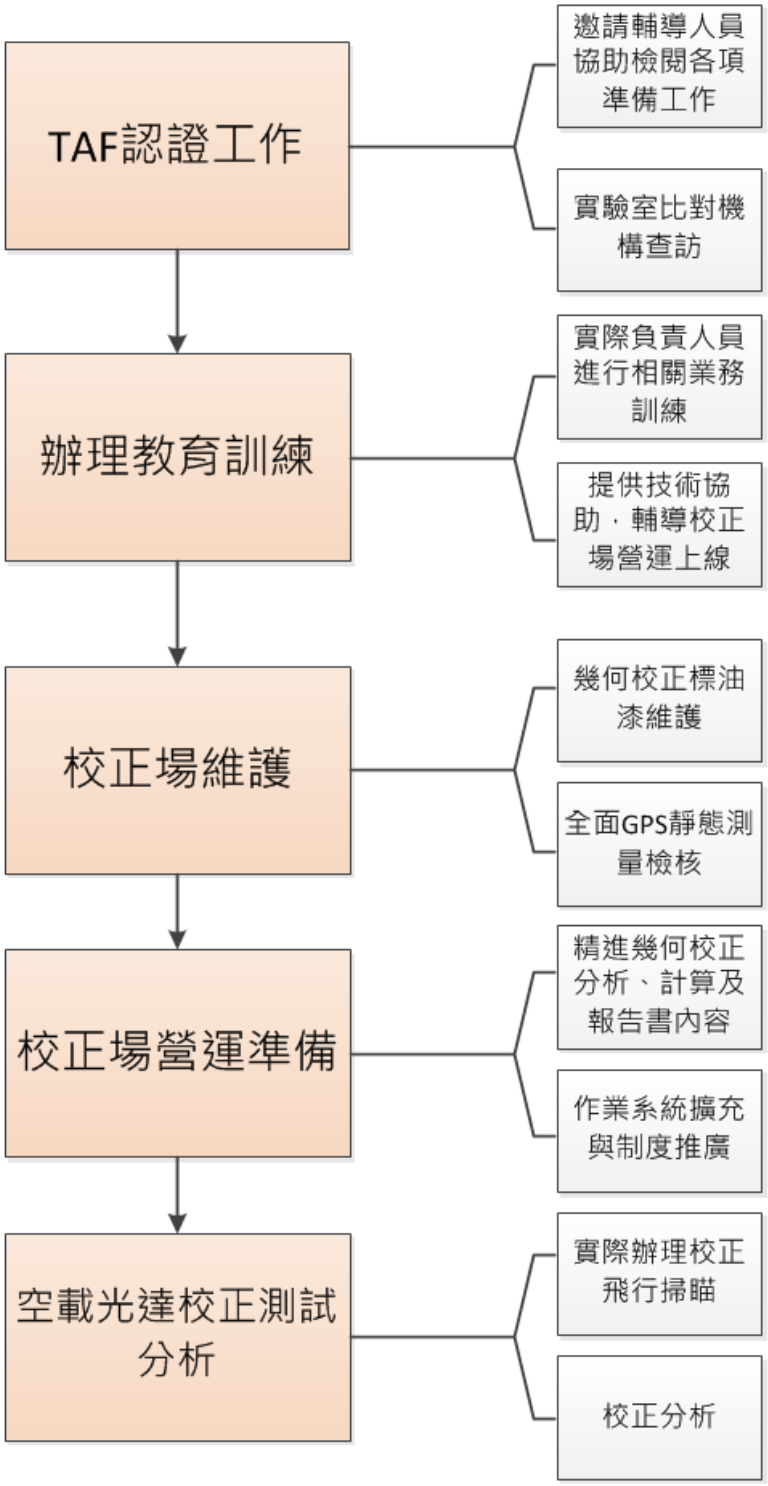


圖 10-1、102 年建議工作流程

參考文獻

一、 USGS, 2008a. Digital Aerial Imagery Calibration Range Requirements Version 0.2,EROS Remote Sensing Technology Project.

二、 USGS, 2008b. The USGS Plan for Quality Assurance of Digital Aerial Imagery. http://calval.cr.usgs.gov/digital_aerial_imaging_quality_assurance.php。

三、 ISO，2000, Photography -- Electronic still-picture cameras -- Resolution measurements,ISO 12233:2000，2008-8-31.

四、 Luxen, M., Foerstner, W. 2002: Characterizing Image Quality: Blind Estimation of the Point Spread Function from a Single Image. ISPRS Comm. III, Vol.34, Part 3A, Graz, Austria

五、 Gonzale and Wintz, 1987，Digital Image Processing，ISBN-13: 9780201110265，1987.

六、 Baarda, W. ,1968,"A Test Procedure for use in Geodetic Networks.", Netherland Geodetic Commission, Vol.2, No.5, 1968.

七、 李德仁，1988，「誤差處理與可靠度理論」，測繪出版社。

八、 李征航，2010，「GPS 測量與數據處理」，武漢大學出版社。

九、 內政部，2013，基本圖測製說明，民國 102 年。

十、 財團法人全國認證基金會，2005，「測試與校正實驗室能

力一般要求」，文件編號 TAF-CNLA-R01(2)，民國 94 年。

十一、財團法人全國認證基金會，2008，「校正領域量測不確定度評估指引」，文件編號 TAF-CNLA-G16(1)，民國 98 年。

十二、財團法人全國認證基金會，2012，「能力試驗活動要求」，文件編號 TAF-CNLA-R05(4)，民國 101 年。

十三、工研院量測技術發展中心，2009，「GPS 靜態及動態定位校正系統評估報告」，文件編號 07-3-91-0043，民國 98 年。

審查意見回覆表

審查意見	回覆
曾委員義星	
工作總報告書	
1. 曾多次參與本案前期會議，同意校正場建立及成果。	感謝委員肯定。
2. 校正場相關資料是否將公告，並允許公開使用？若可公開，使用者是否需付費？	資料公開需考量廠商是否會濫用資料影響校正公信力，建議國土測繪中心評估後再做決定。
3. 未來校正場的維護及維持後續校正業務的運作，所需的經費是否有完整的估算表？而目前所建議的收費標準為新臺幣 10 萬元，是否有每年業務量的估計？如此才能幫助國土測繪中心，估算校正場維護營運的成本。	國內目前航測攝影機總數不到十台，由於每台攝影機校正頻率尚未決定，因此業務量尚未定。但是無論頻率為何，如要收支平衡，則遠超過 10 萬元。對業者而言將是大筆額外負擔，因建議本場以為民服務、提升航測品質為考量。衡量目前攝影機送國外原廠校正費用（包含運費、停用期間業務損失）超過 10 萬元，故暫估此數，看業界接受程度。
4. 校正報告的格式規劃似乎太簡略，尤其是校正結果以及校正報告使用說明，報告格式中也未提及空間解析度及輻射校正的結果。	校正場目前規劃主要營運項目為航測攝影機幾何校正，因此校正報告針對幾何校正項目所設計。此項目未來將優先申請 TAF 認證項目，因此格式與內容目前均參考 TAF 認證規範與國土測繪中心測量儀器校正實驗室之校正報告所設計。未來將視使用需要酌以增減報告內容。
5. 校正場資訊管理系統的使用說明應該有整體性的文字說明，而不是螢幕畫面方式的展現而已。	已全面檢視並修正。

蔡副教授展榮	
工作總報告書	
1. 本案作業成果豐富，報告內容詳細。	感謝委員肯定。
2. 文字疏漏請訂正，含(1)英文摘要文法有誤(include、fulfill)、(2)多餘空格(p5、9、21)、(3)錯漏字(p5、37、44、45、46、47、48、53、55、78)、(4)格式不統一(p5、28、32、61、64)、(5)字體陰影（表 3-5）、(6)專有名詞使用不夠嚴謹(如解析力應寫明為空間解析力)、(7)累贅字（如：之的、蛙跳法方式、p34、35、36、37、45、55、56、81、83、85）、(8)公式有多餘符號或定義（如 p39、41、42、43）。	已全面檢視並修正。
3. p12 提及「此差量可作為幾何精度指標」，請補充遺漏文字(如：這些差量的 RMSD)，且不適用於一般低品質點位。	已調整，p12。
4. p13 南崗校正場有 75%校正標位於道路面上，易遭汙損遺失，國內是否可覓得專用校正場場址？另請補充校正場地質穩定性（斷層表層土質），校正標檢測頻率。	國內農地以水田為主，不易做為布標之用，再加上多數地區均為受空域管制區域，又無法徵用大面積旱地做為校正場之用，經過多方研究分析，方選定本址。受限於經費，未做地質調查，但區內廠房林立，推估建廠時應評估過地質穩定性。此外，本場校正標均訂有品保措施，即使發生位移，亦可察覺，不致影響校正。
5. 參考文獻 USGS,2008 與 p94 列出參考文獻無法對應，請以 2008a、2008b 表示。p46 引用之參考文獻請補列於 p94 中。p94-95 部分列出的文獻未被引用，宜從文獻清單中移除。	已修正，參考文獻 p110、111。
6. 請問 p17 解析力標面約 1m*5m，收納時是否有折痕影響校正品質？	因帆布校正標面積龐大且有相當重量，致有摺痕導致影像上顏色不均。

7. 請補充表 3-7 精度 ppm:1/188237? 表示 1/188237 (ppm)嗎? 1/188237 單位是 ppm 嗎? 請檢查其欄位之單位是否合理。	已修正，p22，表 3-8。
8. p38 Q 為”法方程式係數矩陣”之”第 i 個對角線元素”之”逆矩陣”，文字說明請調整其順序。	已調整，p38。
9. p41、42 表 4-2、4-3 內 EN 欄位數值比 E(或 N)小，似乎不合理，宜檢查並說明 EN 欄位數值之意義。	已檢視並修正。p41、42。
10. p43 建議對「器差」一詞之來源做一扼要說明。	已補充，p46。
11. p50 末 2 行提及進一步研究部分，宜扼要說明擬研究的內容或構想。	已補充至(三)小結，p57。
12. p51 圖 4-11 之圖名未完整。	已修正，p56 圖 4-19。
13. p69 表 6-2、p71 表 6-6 名詞「點雲數量」，建議修改為「點數量」，請確認。	已修正。表 6-2，p74。表 6-6，p76。
14. p77 提及實際作業以未受校攝影機取代可能性，請問如何確定廠商使用送校攝影機進行航拍作業？如儀器烙印？	日後為避免業者取得認證後卻使用未經校正之攝影機執行拍攝，除老師所提供建議外，飛航文件也應有記載相關拍攝資訊。
15. p78 第 1 段末行、p88「…等」宜修正俾使文字具體明確。	已修正，p85、103。
16. p84 圖 8-3 圖例目前所用淡黃色不清晰，宜使用恰當顏色以容易閱讀。	已調整，p91，圖 8-3。
17. p85 公式宜以絕對值表示：U-Ac≦±2Sc 改為 |U-Ac|≦2Sc。	為分析點位變動的方向性，因此暫時不以絕對值代入管制標準公式計算。
18. p90 第四點之結論 3-4 行，宜斟酌用字。	已調整，p105。

19. p91 請描述「開場」、「關場」所需辦理的作業為何？	已補充，p107。
20. p93 表 10-1 TAF 認證工作，請將可能能力比對機構列出，並對應列出費用。	相關能力比對機構資訊比較已補充於 p90 表 8-1。
21. 專業術語如攝影機與相機、標準差與標準偏差(p70)、率定與調校及校正等宜另闢小節定義清楚，以利閱讀。	已全面檢視統一各項專業術語名詞，避免誤解。 p38 第二段、p75 表 6-3~6-5、系統評估 p12 第四段。
第三期成果	
1. 校正系統評估 p4 表 1 規格 5mm+5ppm 似不夠嚴謹，建議改為 5mm+5ppm*L。	已修正，p4 表 1。
2. p5 表 1 備註「…得以其他同等商用軟體替代使用」，請說明如何判定為同等商用軟體？	目前市面上常用之 PATB、ORIMA、ISAT 軟體解算之差異遠小於量測中誤差之一個量級，因判斷這些軟體具有相同平差計算能力。
3. p6 有關 gps 資料觀測、解算參數要求，宜載明。	系統評估文件主要目的為分析校正系統內各項不確定度，因此僅概略說明量測資料處理方式。
4. p7 參考文獻應備註為 Honkavaara, “et al.”, 2008。倒數第 2 段末”連”結點。	已修正，p7。
5. p8 為何量測儀具、空中三角計算不會有不確定度？第 2 段文字請修為”個”人。	在電腦螢幕上對於影像點坐標進行量測時只有人眼對點位判釋的不確定度，電腦顯示的數字本身是不具有散布性的。以影像匹配為例，如不改變控制參數，重複進行匹配計算，像坐標還是一樣的。 第 2 段文字已修正,p8。
6. p13 方程式 $\sigma_1 = \sigma_0 \sqrt{Q_{xx}}$ 符號說明疏漏錯誤請訂正。	已補充，p12，「σ_0 為基線平差計算的驗後權單位中誤差」
7. p14 說明「物點數 3228」應修	已修正，p13。

正為「物點坐標未知數之數量3228」。	
8. p14提及像坐標量測精度可達像元尺寸的1/3，然一般經驗上人工量測精度並無法達如此高精度，請修訂或補充說明。	由於校正測量關係受校者權益，故要求量測者必須受過訓練，具有經驗方可執行本業務，故訂定此標準。由於本場地表紋理豐富，校正攝影天候狀況良好，目前本學會有經驗者量測精度便可達此程度。
9. 校正報告內對器差、器差均方根似有混用，請修訂。校正報告2.11 公式有誤，請修訂。各校正報告請區分獨立編號。	已全面檢視修正。
10. 更新維護作業手冊內多處圖號與內文不一致或編列有誤、p6圖點號宜一致且圖應放大。p13末行有關解析力校正影像選取，似不宜任意一兩幅影像，請明訂影像選取原則與明確數量。p14引用參考文獻應彙整條列於手冊內。p15 提及砂紙或其他類似材質，請明確說明其他建議材質。p16 提及乾糙室內保存校正標，請定義何謂乾糙室內；請定義遙測影像。文獻引用格式如使用(John, 2008)或[2]，宜統一。	更新維護手冊已全面檢查圖號與內文對應情形。 p6 為表示不同等級控制點，因此使用不同圖示；已將圖片放大。 p13 已修正敘述。 因手冊目的僅敘述做法與原則，且總報告內已有交代構想及參考文獻出處，故刪除 p14 及手冊內相關參考文獻敘述。 目前砂布所製作之校正標測試結果已符合校正預期，目前暫無測試過其他材質，故將手冊內 p15 此段文字刪除。 因目前校正標以平光漆製作不具防水性，將其收存於室內避免室外下雨影響漆面，暫時不對室內溼度、溫度等因子做控管，故將此段文字刪除。
11. 文字修訂：累贅字或錯漏字（校正系統評估 p8、11、13；更新維護手冊 p4、11）；格式不統一(校正場開放、校正場開場)；「座標」請改正為「坐標」。	已全面檢視修正。

趙委員鍵哲	
1. 空載光達測試，屋頂面的粗糙度是否影響高程精度評定結果？	屋頂面的確不可能完全平坦。此不平坦程度即為本校正不確定度來源之一，未來將依實際情形估計其大小。
2. 請補充說明器差計算是以平面及高程分開考量或合併考量？	古典航測攝影機校正均以像面上畸變量表示，但本場目前以 GPS 測得之校正標坐標做為 TAF 認證所需之標準件，故以地面坐標做為器差計算依據。由於航測平面與高程精度不同，未來擬建議採「平面及高程分列」來表示。
3. 請問影像量測之擴充不確定性如何對應至建議器差？	由於只有影像橫視差的不確定度會影響高程，而此影響程度又與點位在影像內位置有關，故擬依據視差公式推導一代表性之均方根值做為高程器差。而平面器差則以影像比例尺簡單化算之。
4. 請問使用不同商用空中三角軟體解算結果會否有顯著差異？倘有，如何裁決何者正確？	目前市面上常用之 PATB、ORIMA、ISAT 等解算之差異遠小於量測中誤差之一個量級，故對於本場校正沒有影響。
5. 請檢視並修潤校正系統評估 p7 共線式及其描述。	此式引用自王之卓「攝影測量原理」一書第 4 頁(1-8)式。已在文中加上引用出處，並新增參考文獻。
請白委員敏思	
1. 航測攝影機系統校正朝 TAF 認證目標，包含作業機制設計、文件準備等，具相當困難度與挑戰性。	本學會將盡力完成各項研究工作。
2. 為利本中心後續營運同時維持校正能力，請考慮未來點位遺失時，提出補建作業必要機制與標準。	已提出後續維護建議，p42~45。
3. p13-14 請將表 3-1、3-2、3-3	已修正，p13、14。

之第 2 與 3 欄對調，以利與表 3-4 對應閱讀。	
4. 請說明 p16 圖 3-5 與 p17 圖 3-6 解析力校正標實體與航拍影像之色彩差異原因。	由於 101 年解析力校正標以帆布製作，因其材質特性與收存時產生的摺痕，航拍時於特定攝影角度產生反光，致使影像產生色彩差異。
5. 請對應 p52 圖 5-1 就系統前、後台描述與 5-1、5-2 節說明。	圖 5-1 已修正，p58 與 59、67 標題對應。
6. 請將圖 5-3~5-10 置放於表 5-1、5-2 之後對應展示。	已修正，p61-66。
7. 請於第 7 章內增加有關測試分析 UAS 拍攝校正場影像之結果說明。	已修正，p81-83。
8. 請區分主要步驟描述系統測試流程。	已全面檢視並修正。
9. 請承諾於本案保固期間提供本中心擴充校正作業整合成果含網站、系統或程式之系統分析與設計相關資訊，必要時應派員協助。	本學會於契約保固範圍內將盡力提供國土測繪中心各項協助。
鄭委員彩堂	
工作總報告書	
1. 本文中並未提及 P27 圖 3-14，請增加相關說明。	已增加，p27。
2. 請增加契約規定「撰擬之 2 篇投稿文章之摘要，其中 1 篇為國外論文，並於保固期間完成論文提送」之辦理情形說明。	已增加，p31-32。
3. 各附錄名稱及頁碼，請於目錄中條列出。	遵照辦理。
4. p87、P88 所附簽到簿字體太小，且在附錄中已有檢附，可刪除。	已刪除。
5. 報告中多處提到「做為」，請修正為「作為」。	已全面檢視並修正。

6. 提及單位名稱時，請在第 1 次出現時加括弧（以下簡稱....），如 p1 航遙測學會。	已全面檢視並修正。
7. 各章節所作結論，建議修正為小結，以與第十章結論與建議區隔。	已全面檢視並修正。 小節 p19、51、57、70、78、83、102。
8. 簡報中所補充內容及本次審查會各委員意見，請一併列入修正後報告書。	遵照辦理。
第 3 期成果	
1. 未來將作為申辦 TAF 文件者，請於各文件封面內頁增列「制／修訂履歷(或紀錄)」表格。	遵照辦理。
2. 請於校正系統評估文件中補列修訂對照說明。	已增加附錄一，p19-20。
3. 幾何校正系統評估報告中，p6 圖 1 呈現內容與標題似有不符，且依工作總報告 p15 圖 3-3 幾何校正標實地已有遺失，其並未在圖 1 中呈現。	已置換位置示意圖，p6 圖 1。
4. 航測攝影機校正整合作業測試報告書，僅呈現系統操作畫面，宜針對各項測試結果增列文字說明。	已全面檢視並修正。
工作小組意見	
工作總報告書	
1. 請補充 102 年各項作業辦理期程、人力與成本分析；103 年規劃作業流程；附件 3 請增列校正作業程序說明會議簽到簿。	已補充，p11、p109。 附件 3 將增列校正作業程序說明會議簽到簿。
2-1.本年清查後校正標遺失比例 27/183=15%(p14 表 3-4)，遺失率算高，是否有解決或改善方法？遺失區域集中(p15 圖 3-3)，如何評估不補建？	101 年度布設校正標即考量點位易於遺失，因此布設多達 183 個校正標。本年度清查後剩餘 156 個校正標，仍超過 USGS 規範(50 個)許多，且是否均勻分布亦在 USGS 規範(點位間距不超過

	290m)內，因此評估不需補建。日後若需補建，則點位選擇儘量以屋頂為主，減少因工業區道路重鋪、挖掘以致遺失。
2-2. 報告說明未來校正場維護時應確保校正標均勻分佈(p42 第 2 段)，請提出本年遺失後仍判斷分佈均勻的具體準則？	已補充，p42~43。
2-3. 結論(p92)所提目前校正標數量已足夠辦理校正，請提出本場”最佳”或”至少”應維護之校正標點號、位置、分佈圖，以利本中心辦理後續維護。	已補充，p42~45。
2-4. 校正場遺失點位補建工作，涉及送校廠商航線規劃，並與僅使用單一中央航線方式進行幾何校正分析相關，請綜合評估相關影響因素，妥善規劃。	已補充，p45，圖 4-5。
3. p15-19 請補充說明比較解析力與輻射校正標以帆布和砂布標之製作時程、成本、材質、重量、規格等；請補充 100、102 年製作之解析力標之半徑、角度與 GSD 適用情形；請補充砂紙標拼接方式。	已補充 p18-20。
4. 請調整 p41、42 表 4-2、4-3 欄位表頭為一致，並應與 p43 所用符號相對應;請補充 101 與 102 年幾何校正分析結果，說明分析結果是否符合目前國內相關航測製圖規範，及與該攝影機率定報告比對狀況或問題。	已調整 p41、42。 本場幾何校正目前僅規劃驗證攝影機與廠商宣稱是否相符，未來是否依不同製圖需求而訂定不同的校正標準，需再研議。 有關校正結果與攝影機率定報告比對情形之建議，補充於 p104 第一段。
5. p43-46 空間解析力校正小節，請補充 101、102 年分別測試之 UltraCam 與 DMC 攝影機之解	已增加段落(三)101 年航拍影像校正分析，補充說明於 p47、48、50-52。

析力校正分析結果，並依企劃書趙鍵哲委員及工作小組意見第 1 點，說明 2 年度量測解析力標所在位置影像取樣與航測攝影機像幅關係、此分析結果為完整像幅分區計算之最差或最佳成果？是否符合高精度極高解析度數值地形模型測製規範—影像解析力在相片邊緣區域（離影像邊緣約 1/10 像幅處）不得低於 20lp/mm 或 MTF 在 20lp/mm 不得低於 0.4（含沿飛行方向與垂直飛行方向的邊緣區）之規定？	
6. 請增加圖示展示 p44 末段 1-2 行文字所述之量測方式，以利直觀瞭解。	已增加，圖 4-8，p49。
7. p45 末行請完整描述程式全名，另本段文意似未完整？請補充。	已增加，p49。
8. 請將 p46 末行尺寸適度註記於圖 4-7，以利瞭解。	已增加，圖 4-14，p52。
9. p47 末段請補充光譜儀量測標準白板作為標準值之文字及圖片。	已補充，圖 4-15，p53。
10. 請於圖 4-8 八階輻射標標註 p48-50 使用數字 1-8，以利對應閱讀。	已補充，圖 4-16，p53。
11. p51 請簡要描述 UltraCam 與 DMC 之率定報告之合格標準。	目前攝影機率定報告內並無任何有關標準之敘述。
12. 試辦空載光達作業章節內提到「暫時排除…影響」(P70 文字末 2 行)，此影響後續作業時是否卻可排除？請說明。	於本次分析所使用點雲資料已經過航帶平差處理，計算成果並未因航帶掃瞄角位置而有明顯差異，故暫時排除。日後實驗所使用的點雲資料如未經過航帶平差處理，則可進一步作探討。
13. p 73 第 3、4 行，請對空載光	已補充，p78。

達校正所需屋頂面積，提出具體結論。	
14. p 74 末 2 行，請直述說明「中、小像幅攝影機、UAV 要共用航測攝影機校正場與校正標」即可。	已修正，p79。
15. p 75 首段，報告提到「校正航拍…像幅能涵蓋最多控制點」，請具體列出需要控制點數量及分佈。	已修正敘述，p80 首段。目前校正場內控制點數量及分布符合 USGS 建議做法，且校正作業為使用航線中所有影像而非單張影像，因此無須對控制點數量及分布做硬性規定。
16. p 76 第 3 段末 2 行，報告提到「UAV…尚要額外增加對於影像重疊率、航偏角、航傾角的標準要求」，請問增加標準為？	已修正敘述，p81。目前基本地形圖測製規範對航測攝影機攝影方式均有規定，至於是否適用於中、小像幅攝影機或非量測型攝影機，需研究後再擬定。
17. 第 8 章請增加「8-4 認證申請相關文件」，並依照第 1 期成果審查意見第 5 點，補充實驗室資訊表、實驗室位址圖及實驗室配置簡圖、品質文件等作業辦理結果。	p93，將 8-3 節名稱調整為「認證申請相關文件」，包含原內容以及新增實驗室資訊表、實驗室位址圖及實驗室配置簡圖、品質文件等作業辦理結果。
18. p78 第 8-1 小節，請依照第 2 期成果審查意見第 6 點，補充能力試驗計畫需辦理期程、成本、相關聯繫資訊等。	已增加，p90 表 8-1。
19. p79 二（一）提到 1.2.共兩種方案，然 P80 末段則突然提出第 3 種方案的作法可行性評估，應在二（一）增加第 3 方案內涵說明。	P86，二（一）已調整敘述避免誤解突然提出第 3 種方案。
20. 第 10 章(p90)的結論，應與前面各章節結論對應，另請補列第 6、8 章的結論。	已檢視並調整。第 6 章小結 p78、第 8 章小結 p102。
21. 校正場已規劃每年辦理 gps 測	已修正，p105。

量，報告 P92(三)段 2 建議明年度辦理控制測量部分，請刪除。	
22. p8 提到三方面進度管控，內文只提到 2 種作法，請修訂。	已修正文字，p8。
23. 文字修訂： （1）用詞應一致。如：GPS 測量(p5)、控制測量(p19)、GPS 靜態測量，請擇較為明確者。 （2）p 8 2-2 第 1 行，本會改為本學會。 （3）p 9 第 3 行，歷屆改為歷次。 （4）本年度改為本年、去年度改為 101 年，如 p13 第 1 行。 （5）p 29 圖片請放大。 （6）p57 三 第 1 句話可刪除。 （7）p66 第 5 行，致於改為至於。 （8）圖表請確認有適當註記圖例、單位、註解等。	已全面檢視並修正。 P29、30、71
第 3 期成果	
校正系統評估	
(1). p10 請補列標準值的量測方程式。	標準值量測涉及衛星單點定位、基線解算、網型平差及坐標系轉換，需一連串方程式方能清楚標達，建議維持原敘述避免文件複雜化。
(2). p11-13，請問如何評估第 1、2、3、3-1 項分項誤差量值 5mm、1mm、10mm、6mm 為可忽略的？另 p13 第 4 項係綜合 1-3 項及其他任何可能的誤差，所計算得的量值僅為 2mm，較第 1、3、3-1 分項誤差小，請說明原因。	不確定度來源分析章節已改寫，p11~14。
(3). 校正標基線網平差不確定度(p12-13)，是否每年需評估？是否受不同年度校正標數量變動影響？	4。

(4). 請參考「不確定度評估指引」p15 中 3.40 節，以表格方式彙整呈現標準值各誤差影像量，表格欄位原則包含：不確定度來源、不確定度值、誤差為 A 或 B 類、機率分佈、標準不確定度、自由度…等欄位。	不確定度來源分析章節已改寫 p11~14。
(5). p15 請具體呈現 GSD 5 ~ 25 cm 的校正量測能力量值。	都以 2/3 像元為範圍，見 p14 末段說明。
(6). p15-16 圖 4-6，請清楚呈現所有點號，另請說明隨標準值測量次數增加時，差量如何呈現？	圖 4-6 已修正，因校正標數量眾多，所有點號列出將佔據相當版面，建議將點號移除。p16 末二段提到「A_c 為歷次查核坐標值的平均值 (不包含當次)」
(7). 報告 P17 末段第 5 行說明「校正標毀損在少數 1、2 個內，可於空三內偵測出來」，此段文字實質意義不大，如 3 個點以上是否可偵測？	已刪除此段文字，p17。
(8). 請補列 p12、14、17 引用之參考文獻。	已補充。
模擬校正報告	
(1). 請補充 UltraCam 攝影機拍攝 GSD 5cm 之校正報告。	已補充校正報告（a）。
(2). 各校正報告均請列出校正結果擴充不確定度、2 倍儀器規格及建議器差計算數據。	已補充。
(3). UltraCam 攝影機 20cm 校正報告使用 23 個校正標作為檢核點，而 DMC 攝影機 8cm 校正報告使用 32 個校正標作為檢核點，請說明選取檢核點數量與分布之原則。	如報告中所述，檢核點數目在 16 個以上時，數量上差異均在器差範圍內，對於校正結果沒有實質上影響。因此在量測時，所有品質良好、定義清楚的點均可量測，沒有上限的限制。
(4). 請於校正結果表格增列是否大於建議器差欄位。另，請說明建議器差超過比例對校正結果	如報告 p41-42 中所述，影像畸變是面狀函數，欲以少數校正標結果描述面狀品質宜以均方根值表

影響。	示，個別超過器差比例不宜列出。此與用經緯儀等對同一目標進行重複量測不同，即使只有 1、2 個超出器差，即代表量測有問題。
(5). 請修正二、校正說明 2.11 之偏差向量公式。	已修正。
(6). 請列出航空測量攝影機系統作業時包含的相關設備，含載具、攝影機、GPS、IMU 等。	總報告 p27、營運手冊 p4 有關航拍申請文件已載明拍攝時載具、設備相關資訊，建議不需納入校正報告內。
更新維護作業手冊	
(1). 目前總報告 p25 二與本手冊 p7 四 3 各描述提供受校廠商辦理校正飛航規定之部分面向，請整併之。	已重新調整使之符合總報告所敘述原則，p7。
(2). 請以東西南北方向描述 p2 貳背景資料中周遭地理座落位置。	已修正，p2。
(3). 請標註 p5 圖片內紅、黃框代表意義。	已替換圖片，黃框代表校正場範圍，p5。
(4). P17 末行，提及之附錄 5 未見於手冊內，請修正。	本手冊所提各項場地資訊，請參考 101 年所製作之校正場規格書附錄。
(5). p23 表內欄位 4 贅字”三、”，請刪除。	已修正，p22。
(6). p25 末段內容已列於 p22，該段文字請刪除。	已刪除，p25。
(7). 文字修訂：p11 紀錄改為記錄、p29 表 7-1 空間解析力補建改為空間解析力校正標補建	已修正，p11、29。
營運作業手冊	
(1). 請補充針對企劃書審查會吳水吉委員意見第 1 點之相關辦理情形說明。	目前營運作業手冊即以 101、102 年實際校正分析後之經驗撰寫，供國土測繪中心做為參考。
(2). p14-15 請補充校正作業相	國內目前航測攝影機總數不到十

關維運成本、收費標準估算之人力、物料分項數據，並說明針對企劃書審查會李旭志委員審查意見第 2 點之分析結果。另請估計每年可有多少校正量？	台，由於每台攝影機校正頻率尚未決定，因此業務量尚未定。無論頻率為何，如要收支平衡，則遠超過 10 萬元。對業者而言將是大筆額外負擔，因建議本場以為民服務、提升航測品質為考量。衡量目前攝影機送國外原廠校正費用（包含運費、停用期間業務損失）超過 10 萬元，故暫估此數，評估業界接受程度。
(3). 請補充航線涵蓋圖應包含資訊（如航帶編號、建議格式）、導航資料應包含的內容、數位影像相關資料應包含項目，如航拍影像的建議格式與容量、像機參數檔應包含的參數內容。	已補充，p4。
(4). 請提出航拍紀錄表單、影像檢查紀錄表單。	航拍紀錄表與影像檢核紀錄表均為廠商自行提出，證明已先行自我檢核，並無規定統一格式。
(5). 文字修訂：p7 四 2 末行，校正”場”。	已修正，p7。
(6). p3、14 建議開場時間為 10 月或 11 月，然總報告 p91 建議開場時間為 1 至 4 月，請提出較妥適之開場期間。	已修正，p3、14。總報告 p107。
(7). 文字修訂：三第 2 行，請寫出服務單位名稱。請將 p4 末 2 段「本案校正作業程序」之程序全名列出。	已將文件內服務單位調整為國土測繪中心。 p4 末二段已更正為「航測攝影機系統幾何精度校正作業程序」。
校正整合作業測試報告書	
(1). 請將 102 年度控制測量成果補建至校正標資訊管理系統內。	已上傳。
(2). 請補充校正資訊網、幾何校正、解析力校正（MTF、模糊參數）測試報告。	已補充，p85~p97。

校正整合作業手冊	
(1). 請補充校正資訊網操作手冊。	已補充，p28。
(2). 請補充幾何校正、MTF 量測、模糊參數量測測試結果說明。	已補充，p30、39、44。
文字修訂	
1. 均請編頁次。	遵照辦理。
2. 相機、像機均請修訂為攝影機。	已全面檢視並修正。
3. 名詞請統一：如航測攝影機、航空測量攝影機。	已全面檢視並修正。
4. 請全面確認圖、表編號與內容敘述對應性。	已全面檢視並確認。
5. 請確認報告內有關本場可校正區間為 GSD 為 25 至 5 公分間。	已全面檢視並確認。
6. 封面所列「內政部國土測繪中心」，請以一列呈現即可，不需換列。	已全面檢視並修正。