



NLSC-106-11

106 年度擴充航遙測感應器系統

校正作業

工作總報告

主辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：財團法人工業技術研究院

自強工程顧問有限公司

國立臺灣大學

中 華 民 國 106 年 11 月 14 日

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，辦理「擴充航遙測感應器系統校正作業」工作，由工研技術研究院、自強工程顧問公司及台灣大學等三家聯合承攬，協助國土測繪中心「測量儀器校正實驗室」，建置完成「中像幅航空測量攝影機」及「空載光達系統」校正作業程序及其不確定度評估，以符合全國認證基金會（TAF）對校正實驗室認證之要求。

本文研提無人飛行載具小像幅攝影系統校正程序，首先輔以在計算機視覺領域運動恢復結構（SfM）之影像密匹配及方位計算技術，再進行嚴密空中三角測量，分析校正標三維方向器差值及均方根誤差（RMSE），作為建置校正系統之參考。

關鍵字：無人飛行載具、空載光達系統、小像幅航空測量攝影機系統、器差值、擴充不確定度、運動恢復結構

Abstract

In order to ensure the quality of surveying and mapping with airborne sensors, the National Land Surveying and Mapping Center(NLSC), Ministry of the Interior(MOI), has proceeded to the extended calibration work for the airborne sensors system. The project is commissioned to a join venture of ITRI, Strong Engineering Consulting Co. and Taiwan University to assist the **Survey** Instrument Calibration Laboratory of NLSC in completing the calibration procedures and uncertainties evaluation for medium-format airborne camera and LiDAR system. The whole work is to meet the requirement of laboratory accreditation by TAF.

In this report, the calibration procedure of the small-format airborne camera system for unmanned aerial vehicle has been developed. The procedure is firstly supplemented with the image dense matching software processing using the technology of computer vision of SfM. And then, the rigorous aerial triangulation is to be applied for adjustment. The differences of 3 D coordinates of signalized geometric targets are evaluated. The root mean square errors (RMSE) of them are also presented. The results will be as a reference for establishing calibration system in NLSC.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle - UAV, airborne Light Detection and Ranging-LiDAR system, Small-format airborne camera system, Difference, **Expanded** uncertainty, SfM (Structure-from-Motion)

目 錄

圖 目 錄.....	v
表 目 錄.....	vi
壹、前言.....	1
一、作業背景.....	1
二、作業規劃及特性分析.....	2
三、工作項目.....	3
貳、作業項目、時程與進度.....	4
一、作業項目.....	4
(一) 協助維持航空測量攝影機校正項目文件修正及內稽.....	4
(二) 無人飛行載具小像幅攝影系統校正飛行測試及分析.....	4
(三) 研擬符合 TAF 要求之中像幅航空測量攝影機校正作業程序及系 統評估文件.....	5
(四) 研擬符合 TAF 要求之空載光達校正作業程序及系統評估文件.....	6
(五) 輔導國土測繪中心辦理中像幅航空測量攝影機及空載光達校正 系統試營運作業.....	6
(六) 辦理教育訓練.....	7
(七) 投稿研討會或期刊論文.....	8
(八) 工作會議.....	9
(九) 各式報告書提送及重要行政事項收發文記錄.....	9
二、作業時程進度.....	9
參、協助維持航空測量攝影機校正項目文件修正及內稽.....	13
一、協助辦理文件修正.....	13
二、協助辦理內部稽核.....	16
肆、無人飛行載具小像幅攝影系統校正飛行測試及分析.....	29

一、彙整國內無人飛行載具小像幅攝影系統現況.....	29
二、設計無人飛行載具小像幅攝影系統校正程序.....	33
(一) 校正場適宜性.....	33
(二) 無人飛行載具小像幅攝影系統之校正程序.....	36
(三) 取得飛行航拍成果及分析作業.....	39
(四) 研擬無人飛行載具小像幅攝影系統校正程序.....	66
伍、研擬符合 TAF 要求之中像幅航空測量攝影機校正作業程序及系統評估文件.....	68
一、校正作業服務流程及程序.....	69
(一) 南崗校正場維護.....	69
(二) 顧客提出校正件申請及航拍作業.....	69
(三) 校正程序.....	70
二、中像幅航空測量攝影機之校正系統評估.....	71
(一) 分析量測不確定度來源.....	71
(二) 校正標參考值 L_r 之組合標準不確定度.....	71
(三) 校正標量測值 L_m 之標準不確定度.....	71
(四) 校正標量測值 L_m 之組合標準不確定度.....	73
(五) 校正結果器差值 $Diff_l$ 之擴充不確定度.....	74
三、量測品保設計.....	75
四、系統能量訂定.....	76
陸、研擬符合 TAF 要求之空載光達校正作業程序及系統評估文件.....	77
一、量測原理.....	78
二、校正作業流程及方法.....	82
(一) 空載光達校正件掃描飛航設計、飛航掃描及成果審查.....	82
(二) 校正方法.....	83

(三) 資料分析及報告	84
三、空載光達校正系統評估	85
(一) 系統能量的訂定	85
(二) 量測品保	86
(三) 協助參與能力試驗活動	88
柒、輔導國土測繪中心辦理中像幅航空測量攝影機及空載光達校正系統試營運作業	89
一、研提試營運輔導計畫	89
二、辦理推廣說明會	90
三、輔導實施試營運作業	92
捌、辦理教育訓練	94
玖、結論與建議	99
一、TAF 認證申請	99
二、中像幅航空測量攝影機校正作業程序及評估	99
三、空載光達校正作業程序及評估	99
四、無人飛行載具小像幅攝影系統校正飛行測試及分析	100
拾、參考文獻	101
拾壹、工作總報告審查意見與回應處理	102
附件一、研討會論文及期刊論文各乙篇	
附件二、歷次工作會議與追蹤辦理	
附件三、本案相關函文	
附件四、品質文件內稽查檢表	
附件五、航空測量攝影機校正作業程序（小像幅）	
附件六、校正申請表單（適用航空測量攝影機）	
附件七、航空測量攝影機校正作業程序	
附件八、航空測量攝影機校正系統評估	

附件九、校正申請表單（適用空載光達系統）

附件十、空載光達系統校正作業程序

附件十一、空載光達校正系統評估

附件十二、說明會出席簽到單及討論實況

附件十三、各次試營運輔導內容及處理建議

附件十四、2場教育訓練出席簽到單

圖 目 錄

圖 4-1 UAS 小像幅攝影系統校正場範圍（適用小校正場）	33
圖 4-2 小像幅校正航拍建議航線規劃（Sony A7+35mm）	34
圖 4-3 SfM 軟體功能對照 LPS/ORIMA 校正程序之差異性	36
圖 4-4 SfM 輔助小像幅攝影系統校正程序	38
圖 4-5 航拍資料組 1 (HAGL：200 m，8 * 9 航帶 630 片，GSD：4 cm)	40
圖 4-6 航拍資料組 2 (HAGL：300 m，6 * 6 航帶 399 片，GSD：6 cm)	41
圖 4-7 航拍資料組 3 (HAGL：650 m，3 * 3 航帶 27 片，GSD：15 cm)	41
圖 4-8 控制點及檢核點配置	49
圖 4-9 綜合案例比較-平面方向器差統計	63
圖 4-10 綜合案例比較-高程方向器差統計	63
圖 4-11 綜合案例比較-三維方向器差統計	64
圖 5-1 航空測量攝影機地面校正標	68
圖 5-2 航空測量攝影機小校正場地地面校正標分布（紅色方形）	69
圖 5-3 航空測量攝影機校正作業流程	70
圖 6-1 藍色方框為大校正場範圍，黃三角形為 GNSS 網形控制點，粉紅色方形 為光達校正物	78
圖 6-2 光達校正物之器差值示意	85
圖 6-3 光達校正物基線較差分布圖	87
圖 6-4 光達校正物基線較差管制圖	87
圖 6-5 參考實驗室 GNSS 觀測作業	88
圖 8-1 第 1 場教育訓練照片	96
圖 8-2 第 2 場教育訓練照片	98

表 目 錄

表 2-1 投稿研討會或期刊論文	8
表 2-2 歷次會議辦理情形	9
表 2-3 查核點項目及查核日期	10
表 2-4 各階段應交付項目及期限表	11
表 2-5 工作執行進度表	12
表 3-1 建議品質文件應調整及修訂項目	13
表 3-2 內部稽核查檢表(管理要求).....	16
表 3-3 內部稽核查檢表(技術要求).....	23
表 4-1 無人載具搭載小像幅攝影系統的組合案例	32
表 4-2 比較不同像幅之校正航拍影像	35
表 4-3 三軸六旋翼 ST-Y6 無人載具系統性能.....	39
表 4-4 規劃航拍參數 (ST-Y6 + Sony A7 + 35 mm)	39
表 4-5 定翼機 eBee RTK+ senseFLY S.O.D.A.無人載具系統性能.....	39
表 4-6 Sony A7 像機內方位參數及相關係數 (HAGL:200 m)	43
表 4-7 Sony A7 像機內方位參數及相關係數 (HAGL:300 m)	44
表 4-8 Sony A7 像機內方位參數及相關係數(Undistortion Image/HAGL:200 m)	45
表 4-9 eBee RTK 像機內方位參數及相關係數	46
表 4-10 eBee RTK 像機內方位參數及相關係數 (Undistortion Image)	47
表 4-11 實驗案例相關數據	50
表 4-12 校正器差成果(Case:A7_4cm_MAN).....	51
表 4-13 校正器差成果(Case:A7_4cm_MAN_SELF)	52
表 4-14 校正器差成果(Case:A7_4cm_SFM_SELF).....	53

表 4-15 校正器差成果(Case:A7_4cm_undisto)	54
表 4-16 校正器差成果(Case:A7_5.8cm_MAN).....	55
表 4-17 校正器差成果(Case: A7_5.8cm_MAN_SELF)	56
表 4-18 校正器差成果(Case:A7_5.8cm_undisto)	57
表 4-19 校正器差成果(Case:abee_15cm_undisto).....	58
表 4-20 器差分析統計表(Case:A7_4cm_MAN).....	59
表 4-21 器差分析統計表(Case:A7_4cm_MAN_SELF)	59
表 4-22 器差分析統計表(Case:A7_4cm_SFM_SELF).....	59
表 4-23 器差分析統計表(Case:A7_4cm_SFM_SELF).....	59
表 4-24 器差分析統計表(Case: A7_5.8cm_MAN).....	60
表 4-25 器差分析統計表(Case: A7_5.8cm_MAN_SELF)	60
表 4-26 器差分析統計表(Case:A7_5.8cm_undisto)	60
表 4-27 器差分析統計表(Case: abee_15cm_undisto).....	60
表 4-28 綜合案例器差分析統計表(單位:公尺)	61
表 4-29 綜合案例器差分析統計表(單位:像元)	62
表 5-1 中像幅航空測量攝影機量測不確定度來源分析表（平面）	73
表 5-2 中像幅航空測量攝影機量測不確定度來源分析表（高程）	73
表 5-3 校正標 GNSS 定位儀靜態測量成果較差（2016 & 2017）	76
表 5-4 校正結果之校正與量測能力	77
表 6-1 光達校正物 R01 三維坐標值.....	79
表 6-2 光達校正物 R02 三維坐標值.....	79
表 6-3 光達校正物 R03 三維坐標值.....	79
表 6-4 光達校正物 R04 三維坐標值.....	80
表 6-5 光達校正物 R05 三維坐標值.....	80
表 6-6 光達校正物 R06 三維坐標值.....	80

表 6-7 光達校正物頂面幾何中心與 4 次其橢球高算術平均值之高差	81
表 6-8 光達校正物校正參考值 L_{ac}	81
表 6-9 光達校正系統之校正能量與量測能力	85
表 7-1 試營運推廣說明會議議程	90
表 7-2 試營運推廣說明會議結論	91
表 7-3 試營運輔導項目及重點之規劃	92
表 7-4 各次試營運輔導內容及處理建議	93
表 8-1 實驗室試營運作業訓練講習	95
表 8-2 無人飛行載具小像幅攝影系統校正及實務操作	97

壹、前言

一、作業背景

內政部國土測繪中心(以下稱國土測繪中心)為提升測繪成果品質、落實測繪法令，於本年度辦理「106年度擴充航遙測感應器系統校正作業採購案」（以下簡稱本案），整體工作計畫目的係建置國家級航遙測感應器校正能量。國土測繪中心「測量儀器校正實驗室」(Survey Instrument Calibration Laboratory，以下稱SICL)業經全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation，以下稱TAF)認證合格的校正實驗室，符合國際認證規範ISO/IEC 17025之要求。

自100年度，國土測繪中心即積極發展航遙測感應器系統校正技術，至103年度完成南投縣南崗工業區內航空測量攝影機校正場建置，104年度將新增校正項目「航空測量攝影機」納入SICL，並於105年2月16日通過TAF評鑑與認證，確定其能力。

近年來，「空載光達系統」伴隨「中像幅航空測量攝影機」廣泛運用於數值地形模型及正射影像製作，「無人飛行載具搭載小像幅攝影機系統(Unmanned Aircraft System，以下稱UAS)」也運用於局部快速更新地形圖與正射影像。本年度(106)除辦理UAS校正飛行測試及分析作業外，並研擬符合TAF要求之中像幅航空測量攝影機及空載光達之校正系統，輔導國土測繪中心辦理該兩項校正系統試營運作業，落實建立航遙測感應器系統校正程序，確保測繪成果品質。

由工研院量測中心、自強工程顧問有限公司及國立臺灣大學之產學研單位，跨界整合建立團隊，聯合承攬本案。本團隊成員工研院量測中心，執行我國「國家度量衡標準實驗室」任務，建置及維持國家量測標準，多數同仁具有TAF合格登錄評審員資格，熟悉TAF認證評鑑運作要求。自強工程顧問有限公司擁有豐富航測與空載光達測量的實績履歷，於全案工作擔任扮演校正件模擬校正人員演練及模擬顧客的角色，有利

於校正程序檢討分析及校正成果應用的實用性，並支援教育訓練實務課程。臺灣大學土木系徐百輝助理教授，專長於航測、UAS航拍製圖與高光譜遙測分析，於本案進行UAS測試分析及校正程序研擬之工作。

二、作業規劃及特性分析

國土測繪中心於「建立航遙測感應器校正作業」之4年計畫（100年至103年），就國內航遙測感應器系統校正制度，已完成建立量測型航測攝影機之國家級校正場及擬定校正相關作業程序；104年至107年持續辦理「擴充航遙測感應器系統校正作業計畫」，除維持航測攝影機校正運作，且進行建置「中像幅航空測量攝影機」、「空載光達系統」及「UAS」等校正系統之校正能量，並能通過TAF評鑑與認證，強化公信力，以滿足相關測繪作業需求，提昇產業與國家競爭力。

國土測繪中心於105年已完成校正件（中像幅航空測量攝影機、空載光達系統）之校正方法，依程序執行校正作業，計算校正器差值（Differences），但不對校正件之內部零組件或參數設定，進行調整或判定。本年度作業將依據之前各年度完成的成果，依國際標準組織（ISO）建議「量測不確定度表示法指引」評估，分析校正件（中像幅航空測量攝影機及空載光達系統）於校正時之各項誤差來源，設計查核參數，繪製管制圖以監控校正系統，計算校正器差值之擴充不確定度（Expanded uncertainty），實施試營運作業，試行出具正式校正報告。

另外，分析UAS不同載具、感測器、航高及航帶重疊率之航拍規劃，取得UAS航拍成果，評估適當的校正方法。由於UAS搭載之非量測型攝影機型別繁多，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，考量地面取樣解析度和航拍像幅涵蓋範圍為原則。

三、工作項目

本案工作項目主要包括：(一)協助維持航空測量攝影機校正項目文件修正及內部稽核作業、(二)辦理無人飛行載具小像幅攝影系統校正飛行測試及分析作業、(三)研擬符合TAF要求之中像幅航空測量攝影機校正作業程序及系統評估文件、(四)研擬符合TAF要求之空載光達校正作業程序及系統評估文件、(五)輔導國土測繪中心辦理中像幅航空測量攝影機及空載光達校正系統試營運作業、(六)辦理教育訓練、(七)投稿研討會或期刊論文、(八)製作各式報告書。相關成果辦理及提送時程，詳第貳章。

貳、作業項目、時程與進度

一、作業項目

(一) 協助維持航空測量攝影機校正項目文件修正及內稽

為確保國土測繪中心SICL順利對外提供航空測量攝影機校正服務，由曾任或現任具TAF 合格評審員資格人員至少1人辦理下列各項作業：

1. 協助辦理文件修正

於契約期間（含保固期）協助國土測繪中心辦理校正作業相關文件之修正，並執行校閱及修訂完稿作業，以符合最新TAF實驗室能力認證要求及其相關規定。

辦理情形：修訂 SCIL 一至四階品質文件及內部稽核檢查表。

2. 協助辦理內部稽核

本案契約執行期間，提供至少具TAF合格評審員資格人員1人擔任SICL內部稽核作業之外部稽核員，協助稽核SICL各項作業之執行及記錄之保存均符合TAF、ISO/IEC 17025及校正實驗室等相關文件規定，並製作內部稽核檢查表。

辦理情形：106年8月22日工研院支援 2 位外部稽核員（TAF合格評審員），以實驗室稽核角度，協助準備內部稽核檢查表（技術要求）及內部稽核檢查表（品質要求），並執行內部稽核及內部稽核彙整報告。

(二) 無人飛行載具小像幅攝影系統校正飛行測試及分析

1. 彙整目前國內無人飛行載具小像幅攝影系統現況

蒐集、彙整無人飛行載具小像幅攝影系統之國內現況，並界定適用於校正作業之條件。

2. 設計無人飛行載具小像幅攝影系統校正程序

參照目前國土測繪中心航空測量攝影機校正作業程序，據以評估無人飛行載具小像幅攝影系統航拍飛行規劃、校正方法及校正場區適宜性之調整。倘因校正場設施變更，需辦理校正標設置及GNSS 測量作業，其GNSS 設備由國土測繪中心提供。

3. 取得飛行航拍成果及分析作業

依前章節評估調整之作業方式，本作業案取得至少 1 份飛行航拍資料，並辦理分析作業，並將分析成果（須含可行性分析、飛航參數調整方案、校正場調整方案、校正作業流程調整方案）詳列於期中及工作總報告。

4. 研擬無人飛行載具小像幅攝影系統校正程序

依前項分析結果，研提符合 TAF認證規範之校正程序及相關文件之調整內容，經SICL 討論會議通過後，完成符合TAF認證規範之實驗室相關文件之修訂。

辦理情形：完成航空測量攝影機校正作業程序（小像幅）。

(三) 研擬符合 TAF 要求之中像幅航空測量攝影機校正作業程序及系統評估文件

1. 持續修訂作業程序文件

參考「105 年度擴充航遙測感應器系統校正作業採購案」成果修訂本項作業程序。

辦理情形：完成航空測量攝影機校正作業程序及校正申請各項表單（適用航空測量攝影機）。

2. 研擬系統評估文件

檢視國土測繪中心航空測量攝影機校正系統評估文件內容，配合中像幅航空測量攝影機校正作業程序作必要之修訂及重新評估作業。評估

作業包含：依TAF「校正領域量測不確定度評估指引」(TAF-CNLA-G16)辦理不確定度評估(須辦理不確定度源重複性評估之測量作業)、品保設計及標準值管制機制(至少取得及分析4次以上之數據)建立。使用之測量儀器需檢附2年內經TAF認證校正實驗室出具之校正報告。

辦理情形：完成航空測量攝影機校正系統評估。

(四) 研擬符合 TAF 要求之空載光達校正作業程序及系統評估文件

1. 持續修正作業程序文件

參考「105 年度擴充航遙測感應器系統校正作業採購案」成果修訂本項作業程序。

辦理情形：完成空載光達系統校正作業程序及校正申請各項表單(適用空載光達系統)。

2. 研擬系統評估文件

依 TAF「校正領域量測不確定度評估指引」(TAF-CNLA-G16)辦理不確定度評估(須辦理不確定度源重複性評估之測量作業)、品保設計及標準值管制機制(至少取得及分析4次以上之數據)建立,並依其結果研擬系統評估文件。使用之測量儀器需檢附2年內經TAF認證校正實驗室出具之校正報告。

辦理情形：完成空載光達校正系統評估。

3. 協助參與能力試驗活動

依 TAF「能力試驗活動要求」(TAF-CNLA-R05)協助國土測繪中心辦理空載光達校正系統參與能力試驗活動。

辦理情形：協助執行量測稽核(編號：MA17054),參考實驗室(CMS)出具參考實驗試報告,送交TAF委託主辦稽核部門。另國土測繪中心“空載光達系統(KA1099)”試行出具校正報告也已送交主辦稽核部門。

(五) 輔導國土測繪中心辦理中像幅航空測量攝影機及空載光

達校正系統試營運作業

1. 研提試營運輔導計畫

提出包含輔導流程、所需時程、人力配置、儀具需求、輔導紀錄表等之輔導計畫。

2. 辦理推廣說明會

辦理 1 場次試營運推廣說明會，邀請產官學各界與會，介紹本次試營運相關設施、校正方式、校正資料公開機制規劃等事宜，並製作成會議紀錄，廠商應提出試營運推廣說明會規劃文件，含會議議程、會議資料、討論提案（如：申請流程、校正週期、收費方式等）、與會人員建議名單等，經國土測繪中心同意後辦理試營運推廣說明會，所需餐飲、場地、會議資料及相關費用均由廠商負責。

辦理情形：工研院於106年7月20日辦理完成，本推廣說明會地點：國土測繪中心第1會議室，請詳閱第柒章說明。

3. 輔導實施試營運作業

- (1)由廠商輔導國土測繪中心辦理校正場維護及校正分析工作，作業前應辦理相關講習，並於作業過程視國土測繪中心需求至實際作業地點輔導各項工作，確保人員熟習作業流程並具備作業能力。
- (2)本案試營運作業期間，廠商須無償提供於執行空載光達系統校正作業所需之軟硬體設備，供國土測繪中心使用。
- (3)本案執行期間廠商負責維護空載光達校正標之標準值，相關量測所需之工作標準件由國土測繪中心提供。

辦理情形：航空測量攝影機（中像幅）及空載光達校正系統試營運作業，輔導項目及內容重點如表7-3，總計輔導4次，各次試營運輔導辦理及處理建議如表7-4。

(六) 辦理教育訓練

辦理 2 場（含）以上教育訓練，每場次 3 員（含）以上參訓，每

場次訓練時數至少 6 小時。廠商應提出教育訓練課程配當表，含課程、時數、講師等，提供至少3 份書面教材，並製作簽到簿，其中訓練所需講師、教材、餐飲及場地費用均由廠商負責。訓練內容包含(1)中像幅航空測量攝影機及空載光達校正系統試營運作業相關講習；(2)無人飛行載具小像幅攝影系統校正原理方式說明及校正作業實務操作訓練。

第1場：航空測量攝影機(中像幅)及空載光達校正系統試運作講習。

辦理情形：工研院於106年6月19日辦理完成，教育訓練地點為自強工程顧問有限公司會議室，課程配當表、簽到單及辦理實況，請詳閱第捌章說明。

第2場：無人飛行載具小像幅攝影系統校正及實務操作。

辦理情形：工研院於106年9月25日辦理完成，教育訓練地點為自強工程顧問有限公司會議室，課程配當表、簽到單及辦理實況，請詳閱第捌章說明。

(七) 投稿研討會或期刊論文

擬撰 1 篇以上與本案執行內容相關之期刊或研討會論文，並投稿至期刊或研討會(得於契約期間完成稿件並於保固期內完成投稿)。目前已撰寫4篇研討會及期刊論文，如表2-1。

表 2-1 投稿研討會或期刊論文

No.	通訊作者	論文名稱	期刊名稱
1	徐百輝	UAS攝影測量之發展與應用	量測資訊 175 (經濟部，May 2017)
2	李瓊武	臺灣航遙測感應器系統校正：數位航空測量攝影機、空載光達系統及無人飛行載具系統攝影機（論文內容詳附件一）	量測資訊 175 (經濟部，May 2017)
3	李明軒	應用開源 GIS 軟體進行點雲資料分析	第 36 屆測量及空間資訊研討會論文 (31Aug,2017)
4	李瓊武	臺灣無人飛行載具小像幅攝影系統幾何校正之研究-以南崗校正場為例（論文內容詳附件一）	2017 Metrology Conference on Transport and Energy (完成投稿)

(八) 工作會議

國土測繪中心於作業期間定期召開工作會議，並以每 1 個月 1 次為原則，廠商應指派計畫主持人或主要參與作業人員參加，由國土測繪中心針對廠商各項工作辦理監督及檢查作業，並每月擇期召開工作會議，廠商應確實配合辦理，並依工作進度以書面通知國土測繪中心據以辦理監督及檢核作業。歷次工作會議辦理情形如表2-2，會議紀錄如附件二。

表 2-2 歷次會議辦理情形

次別	工作會議		會議紀錄
	會議日期	會議地點	文號
1	106.04.13	國土測繪中心	測形字第1060900211號
2	106.05.16	國土測繪中心	測形字第1060900291號
3	106.06.20	國土測繪中心	測形字第1060900368號
4	106.07.18	國土測繪中心	測形字第1060900423號
5	106.08.18	國土測繪中心	測形字第1060900466號
6	106.09.21	國土測繪中心	測形字第1060900539號
7	106.10.26	國土測繪中心	測形字第1060900600號

(九) 各式報告書提送及重要行政事項收發文記錄

其他各式報告書提送及重要行政事項收發文記錄，詳如附件三。

二、作業時程進度

本案作業期限為決標次日(106年2月18日)起 270 日曆天，本案分 3 階段辦理，查核點項目及查核日期如表2-3，每階段應交付項目及期限如表2-4，工作執行進度表如表2-5。

表 2-3 查核點項目及查核日期

查核點	工作項目	查核日期 決標次日 (106 年 2 月 18 日) 起算
C1	第 1 階段 作業計畫書	30 個日曆天 (106 年 3 月 19 日)
C2	第 2 階段 試營運輔導計畫	60 個日曆天 (106 年 4 月 18 日)
C3	第 2 階段 試營運推廣說明講習及期中報告	165 個日曆天 (106 年 8 月 01 日)
C4	第 3 階段 1. UAS 攝影系統校正飛行及分析 2. UAS 攝影系統校正作業訓練 3. 中像幅攝影機校正程序及評估 4. 空載光達校正程序及評估 5. UAS 攝影系統校正程序	270 個日曆天 (106 年 11 月 14 日)
C5	第 3 階段 工作總報告	270 個日曆天 (106 年 11 月 14 日)

表 2-4 各階段應交付項目及期限表

階段	成果交付項目	單位	數量		繳交 期限 (年.月.日)	實際 繳交日期 年.月.日	驗收 通過日期 年.月.日
			書面	電子 檔			
第 1 階段	作業計畫書	份	8	2	於決標次日起 30 個日曆天 (106.03.19)	106.03.17	106.04.26
第 2 階段	1.試營運輔導計畫	份	8	2	於決標次日起 60 個日曆天 (106.04.18)	106.04.17	106.05.16
	2.試營運推廣說明會(檢附會議簡報、簽到簿及會議照片)	式	-	2	於決標次日起 165 個日曆天 (106.08.01)	106.08.01	106.09.15
	3.中像幅航空測量攝影機及空載光達校正系統試營運作業相關講習簽到簿、訓練照片						
	4.期中報告	份	8	2			
第 3 階段	1.無人飛行載具小像幅攝影系統校正飛行測試及分析成果： (1)原始航拍影像及外方位資料 (2)相機率定報告 (3)拍攝中心展點圖（CAD 檔） (4)空中三角測量及平差解算成果及其解算軟體之專案資料夾 (5)相關分析成果計算檔案	式	-	2		106.11.14	
	2.無人飛行載具小像幅攝影系統校正作業教育訓練之簽到簿、訓練照片				於決標次日起 270 個日曆天 (106.11.14)		
	3.中像幅航空測量攝影機校正作業程序及系統評估文件	份	8	2		106.11.14	
	4.空載光達校正作業程序及系統評估文件						
	5.無人飛行載具小像幅攝影系統校正作業程序						
	6.工作總報告					106.11.14	
	7.投稿研討會或期刊論文	份	2	2		106.11.14	

表 2-5 工作執行進度表

工作項目	累積進度		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
一、協助維持航空測量攝影機校正項目文件修正及內稽 (權重 10%)	預定	5%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	實際	5%	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
二、無人飛行載具小像幅攝影系統校正飛行測試及分析(權重 20%)	預定	10%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	實際	10%	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
三、研擬符合 TAF 要求之中像幅航空測量攝影機校正作業程序及系統評估文件 (權重 16%)	預定	9%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	實際	9%	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
四、研擬符合 TAF 要求之空載光達校正作業程序及系評估文件 (權重 16%)	預定	8%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	實際	8%	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
五、輔導機關辦理中像幅航空測量攝影機及空載光達校正系統試營運作業 (權重 16%)	預定	8%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	實際	8%	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
六、辦理教育訓練(權重 10%)	預定	6%					■	■	■	■	■	■
	實際	6%					=====	=====	=====	=====	=====	=====
七、投稿研討會或期刊論文(權重 3%)	預定	2%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	實際	2%	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
八、各式報告書及系統程式運作 (權重 9%)	預定	4%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	實際	4%	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
每月工作會議進度報告			=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
預計工作累計進度%			6	17	28	38	45	52	66	80	92	100
實際工作累計進度%			6	17	28	38	45	52	66	80	92	100
106 年度當月投入人力(單位:人月)			0.8	2.0	2.0	2.2	3.5	3.0	3.2	3.5	3.6	2.0

預訂進度： ■ ■ ■ ■ ■

實際進度： =====

參、協助維持航空測量攝影機校正項目文件修正及內稽

一、協助辦理文件修正

最新ISO/IEC 17025改版於今年實施，ISO/IEC 17025:2005為對照ISO9001:2015相互一致。目前正草擬ISO/IEC：2017，其內容包括：一般要求、結構要求、資源要求、流程要求及管理要求。

本節工作重點除了協助持續維持航空測量攝影機校正項目的航測分析技術，本節工作亦包含實驗室管理活動的調整，校正能量擴充建置的活動歷程，亦需以專業實驗室輔導技術，同步調整受影響的品質文件修改、品質活動記錄履歷建立，有系統同步建置相關品質架構。有關品質與技術管理系統建議應調整及修訂項目之內容，詳如表3-1。

表 3-1 建議品質文件應調整及修訂項目

類別	文件編號	文件名稱	現行版本	修改版本	增/修訂內容
一階文件	SICL-1-01-0	品質手冊	V1.3	V1.4	Page3 三、實驗室主要服務增加(五)空載光達系統校正(KA1099)。 page15 表 3 增加三階文件[SICL-3-05-0 空載光達系統校正作業程序]與[空載光達系統校正系統評估]。
二階文件	SICL-2-08-0	實驗室管理程序	V1.4	V1.5	Page2(1)增加巡檢航測校正標，...。 (2)增加巡檢空載光達校正物，由技術主管指派專人每半年巡檢至少 1 次，並填寫『校正標點位調查表』。 原(2)改為(3)
二階文件	SICL-2-10-0	校正作業管理程序	V4.3	V4.4	Page5 圖 2 校正項目識別標籤增加空載光達標籤。
三階文件	SICL-3-04-0	航空測量攝影機校正作業程序	V2.2	V2.3	修訂文件，增加校正範圍相關資料
三階	SICL-3-04-1	航空測量攝	V2.2	V2.3	修訂文件，增加校正範圍相關資料

文件		影機校正系統評估			
三階文件	SICL-3-05-0	空載光達系統校正作業程序	無	V1.0	新增文件與相關表單
三階文件	SICL-3-05-1	空載光達系統校正系統評估	無	V1.0	新增文件與相關表單
四階文件	SICL-4-01-0	文件/表單清冊	V2.1	V2.1	1.增列三階文件[SICL-3-05-0 空載光達系統校正作業程序]與[空載光達系統校正系統評估]。 2.修改文件清冊所有文件之版次及發行日期，並完成簽核與發行。 3.修改所表單清冊所有表單之版次及發行日期，並完成簽核與發行。 4.確認修改外來文件資訊。
四階文件	SICL-4-02-0	密等文件清冊	V1.4	V1.4	確認密等文件是否需要更新
四階文件	SICL-4-03-0	銷毀文件 & 表單清冊	V1.2	V1.2	確認過時文件&表單是否需列表銷毀
四階文件	SICL-4-04-0	紀錄清冊	V1.5	V1.5	確認&更新紀錄清冊內容及保存年限，並完成簽核與發行。
四階文件	SICL-4-10-0	人員基本資料表	V1.3	V1.3	增加建立空載光達系統校正人員與報告簽署人員基本資料。
四階文件	SICL-4-11-0	人員能力評估紀錄表	V1.3	V1.3	增加建立空載光達系統校正人員與報告簽署人員資格鑑定資料並完成授權簽核。
四階文件	SICL-4-12-0	儀器設備及軟體總表	V1.2	V1.2	增列空載光達系統校正系統儀器、設備及軟體相關資訊
四階文件	SICL-4-13-0	儀器設備保管紀錄表	V1.3	V1.3	確認建立空載光達系統校正系統相關儀器設備與保管資訊。
四階文件	SICL-4-13-1	儀器設備保管紀錄表-校正紀錄	V1.4	V1.4	確認建立空載光達系統校正系統相關儀器設備校正紀錄資訊。
四階文件	SICL-4-13-2	儀器設備保管紀錄表-異動保養維修紀錄	V1.4	V1.4	確認建立空載光達系統校正系統相關儀器設備保養維修紀錄資訊。
四階	SICL-4-14-0	儀器設備年	V1.2	V1.2	建立空載光達系統校正系統相關儀器設備

文件		度校正計畫 管制表			與校正計畫資訊，並完成簽核。
四階 文件	SICL-4-15-2	校正申請表 (適用空載 光達系統)	無	V1.0	新增空載光達系統校正系統校正申請表。
四階 文件	SICL-4-37-0	實驗室人員 職務配置表	V1.1	V1.1	增加空載光達系統校正系統校正人員與報 告簽署人、代理人與授權相關資訊。
四階 文件	SICL-4-38-0	實驗室授備 校正、操作 人員表	V1.1	V1.1	增加空載光達系統校正系統相關授備校 正、操作人員資訊。
四階 文件	SICL-4-46-0	測量標校正 外業測量人 員清冊	V1.1	V1.1	人員若有增加須增列於[校正標外業測量 人員清冊]，並完成簽核。
					上列增/修訂之文件及表單均需完成簽核 發程序
					應修訂包含空載光達系統校正系統之能力 試驗計劃，並完成空載光達系統校正系統 能力試驗或量測稽核作業且取得比對合格 之報告。
					應至少增加 2 件空載光達系統之校正申請 表、校正數據與校正報告等實際運作相關 紀錄。
					應實施包含空載光達系統校正系統之內部 稽核並留存相關紀錄。
					應實施包含空載光達系統校正系統之管理 審查會議並留存相關紀錄。
					應規劃與實施包含空載光達系統校正系統 之「年度實驗室人員訓練計畫表」及「員 工教育訓練紀錄表」並留存相關紀錄。

二、協助辦理內部稽核

配合中心年度內稽作業，團隊支援 2 位外部稽核員 (TAF合格評審員)，以實驗室稽核角度，協助準備內部稽核檢查表（技術要求）及內部稽核檢查表(品質要求)，詳附件四，並執行內部稽核及內部稽核彙整報告如表3-2及表3-3，以使實驗室品質符合TAF認證要求。

表 3-2 內部稽核查檢表(管理要求)

受稽核系統：品質管理系統		稽核日期：2017.08.22		
稽核員：張國明				
稽核項目		符合要求		觀察發現 / 建議
條款	ISO/IEC 17025 摘要	是	否	
4.管理要求 4.1 組織實體 4.1.1	負法律責任的實體	✓		國土測繪中心為內政部下轄政府機構
實驗室要求 4.1.2	符合 TAF 規範要求，與滿足顧客、法規主管機關或提供承認的組織之需求	✓		實驗室依 ISO/IEC 17025：2005、TAF 相關規範要求制定品質手冊、相關管理程、校正作業程序、校正系統評估及相關表單/記錄等四階文件與品質/技術管理制度，據以提供電子測距儀、經緯儀、衛星定位儀與航空量測攝影機精度檢測服務。
管 理 範 圍 4.1.3	確保管理範圍涵蓋固定、現場、臨時或移動性設施之作業。	✓		實驗室範圍包含室內校正實驗室(包括經緯儀校正設備及航空測量攝影機校正設備)及戶外校正場地(包括至善樓前固定基座電子測距基線場、至善樓頂樓衛星定位儀校正場及位於南投縣南投市南崗工業區內之航空測量攝影機校正場)。
利益衝突 4.1.4	隸屬組織應明定實驗室主要人員之權責，以利鑑別潛在利益衝突。	✓		查驗實驗室為中心跨部門組織，實驗室主管林志清簡任技正經 TAF 認可並由中心主任授權派任，掌理與督導實驗室並直接對中心主任報告實驗室相關業務與各事業單位無直接潛在利益衝突。

管理與技術人員 4.1.5a	確保管理與技術人員具有足夠之權力及資源，以利執行職務，包括建立、維持及改進其管理系統，鑑別偏離管理系統或執行試驗與(或)校正程序之發生並防止及矯正管理系統或校正程序之偏離。	✓		實驗室訂定主要管理與技術人員之權責於[人員管理與訓練作業程序(文件編號：SICL-2-06-0)]，實驗室主管、技術主管及品質主管等主要管理人選都經中心主任核定，並經實驗室主管進行資格鑑定及授權執行相關職務，。
不當壓力 4.1.5b	確保所有人員免於不利作業品質之商務或財務等壓力。	✓		實驗室所有人員均經實驗室主管授權執行相關校正業務不受商務或財務等壓力影響。
客戶機密 4.1.5c	應訂定結果電子儲存與傳遞的程序，以確保顧客機密。	✓		實驗室[品質手冊(文件編號：SICL-1-01-0)]第一章(七)規範實驗室同仁對於顧客之所有資訊(包括電子儲存之結果)應予保密。
運作公正性 4.1.5d	避免捲入對實驗室能力、公正性及判斷性妥協之活動。	✓		實驗室品質手冊(文件編號：SICL-1-01-0)]第一章(五)規範實驗室管理階層及技術人員應避免涉及可能減低對其能力、公正性、判斷力或運作完整性之信心的任何活動。
組織圖 4.1.5e	明定組織與管理架構，說明品質管理技術作業、支援服務及與隸屬組織之相互關係。	✓		● 查證實驗室[組織與管理作業程序(文件編號：SICL-2-01-0)]明定組織與測量儀器校正實驗室組織架構及相互關係與權責。 ● 查證[品質手冊(文件編號：SICL-1-01-0)]第二章訂定實驗室主要管理與技術人員之權責。 ● 查證實驗室主管林志清具[中心量測儀器校正實驗室主管異動]簽呈，2015.5.11~13 接受 TAF[實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練]與 2015.12.1~2 接受[校正實驗室主管訓練]經測驗合格,2015.7.2 由實驗室主管以[人員能力評估紀錄表
責任及權限 4.1.5f	訂定管理、執行或查驗作業人員之權責。			
實驗室監督 4.1.5g	由適當人員監督所有校正/校正作業。			
技術管理 4.1.5h	技術主管全權負責技術作業及所需資源。			
品質主管 4.1.5i	品質主管全權負責品質相關之管理系統要求之實施與維持，並可與最高管理階層直接溝通。			

主管代理人 4.1.5j	指定主要管理人員之代理人。		(SICL-4-11-0)]進行資格鑑定與授權擔任實驗室主管職務，建議由其主管進行簽核。 ● 查證品質主管王敏雄具[中心量測儀器校正實驗室主管異動案]簽呈，2015.2.9~11 接受 TAF[實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練]與 2015.5.7~8 接受[實驗室內埔稽核訓練]經測驗合格，2015.6.2 由實驗室主管以[人員能力評估紀錄表(SICL-4-11-0)]進行資格鑑定與授權擔任實驗室品質主管職務。 ● 查證技術主管邱明泉具[中心量測儀器校正實驗室主管異動案]簽呈，2006.6.6~8 接受 TAF[實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練]與 2012.6.11~12 接受{實驗室內埔稽核訓練}與 2006.3.15~16 接受[量測不確定度研討會基礎班]經測驗合格，2010.4.27 由實驗室主管以[人員能力評估紀錄表(SICL-4-11-0)]進行資格鑑定與授權擔任電子測距儀 經緯儀 GPS 校正系統之技術主管職務。 ● 查證技術主管黃英婷具[中心量測儀器校正實驗室主管異動案]簽呈，2012.10.29~31 接受 TAF[實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練]與 2015.5.18~19 接受[校正實驗室主管訓練]與 2015.3.23~24 接受[量測不確定度研討會基礎班]經測驗合格，2015.1.16 由實驗室主管以[人員能力評估紀錄表(SICL-4-11-0)]進行資格鑑定與授權擔任航測攝影機校正系統技術主管職務。 ● 上述實驗室主要管理人員均登錄於[人員職務配置表(SICL-4-37-0)]中，符合自訂規定。
人員管理 4.1.5k	確保人員認知其從事之活動的關聯性及重要性，以及他們如何在管理系統之目標的達成有所貢獻。	✓	● 訪談品質主管熟悉其業務職掌。

溝通流程 4.1.6	應確保實驗室已建立適當的溝通流程，且此溝通的運作有助於管理系統的有效性。	✓		實驗室內部溝通以電子郵件、面談、技術會議等方式進行，查驗管理審查會議與 TAF 認證推動小組會議(最近一次 2017.4.13 由實驗室主管召開)會議紀錄保留完整。
4.2 管理系統政策與程序 4.2.1	管理系統書面化並付諸實施。	✓		● 實驗室管理系統訂定實驗室文件為實驗室品質手冊、實驗室程序書、校正作業程序、系統評估與表單及記錄等四階文件，並依據[文件與紀錄管制作業程序(文件編號：SICL-2-02-0)]規定進行文件制/修訂、簽核、發行與管理作業。 ● 實驗室訂定之品質政策：公正、專業、可靠、效率、親切與年度品質目標提報年度管理審查會議討論，並訂定次年度品質目標，訪談品質主管瞭解品質政策與年度品質目標。
品質政策 4.2.2	品質政策聲明內容包括校正/校正專業及整體目標(objectives)應建立，並應於管理審查中審查及持續改進管理系統有效性之承諾。			
持續改善 4.2.3, 4.2.4	高階管理階層應對管理系統的發展與實施，及其有效性的持續改進並提供承諾之證據及對符合顧客與法律及法規要求之重要性對組織進行溝通。			
品質手冊 4.2.5, 4.2.6, 4.2.7	品質手冊應描述用於管理系統的文件化架構，索引含技術程序之支援相關程序書，並應明訂技術管理階層與品質主管權責，當管理系統的變更經規劃與實施時，高階管理階層應確保維持管理系統的完整性。			
4.3 文件管制程序 4.3.1	應建立管理系統文件管制程序。	✓		實驗室依據自訂[文件與紀錄管制作業程序(文件編號：SICL-2-02-0)]進行文件與紀錄管制作業，查驗[品質手冊(文件編號：SICL-1-01-0)][組織與管理作業程序(文件編號：SICL-2-01-0)]、文件與紀錄管制作業程序(文件編號：[SICL-2-02-0])、[顧客服務與抱怨處理程序(文件編號：SICL-2-03-0)]、[不符合矯正及預防措施處理程序(文件編號：SICL-2-04-0)]、內部稽核程序(文件編號：[SICL-2-05-0])、[人員管理與訓練作業程序(文件編號：SICL-2-06-0)]、[校正方法與確認程序(文件編號：SICL-2-07-0)]、[實驗室管理程序(文件編號：SICL-2-08-0)]、[設備儀器管理及量測追溯程序(文件編號：SICL-2-09-0)]、[校正作業管理程
核准與發行 4.3.2.1	文件發行前需先經權責人員審核，且有一覽表以顯示修訂及分發狀況。			
有效性 4.3.2.2	確保品質文件易於取用，定期審查及適度修訂。			
過時文件 4.3.2.2	過時文件需移除或有保留必要時應予以適切標示。			
識別 4.3.2.3	管理系統文件應有發行 / 修訂日期、頁碼、頁數及發行人。			
文件變 4.3.3.1	文件變更時應由原審核者或指派人員審查及核准。			
修正或增訂 4.3.3.2	文件中修正或增訂部份應予以識別。			

手寫修正 4.3.3.3	規定手寫修正文件程序，包括權責、標示、簽署、日期及再版等。			序(文件編號：SICL-2-10-0)]與[校正報告管制程序(文件編號：SICL-2-11-0)]等文件之文件管制程序符合自訂規定。
電子文件 4.3.3.4	應建立電子文件變更及管制程序。			
4.4 需求、 標單與合約 審查 政策及程序 4.4.1，4.4.3	應建立需求、標單及合約審查程序包括顧客需求書面化、檢討實驗室能力，選用適當校正/校正方法及分包作業。	✓		實驗室接受顧客之委託案件時，顧客進入中心之[校正服務網]填寫申請資訊後系統自動產生[校正申請表]填寫「工業服務報價委託單(檢測專用)」，列印紙本經顧客與實驗室人員雙方確認後簽章即視同合約，抽閱 2017.8.8 高雄市政府地政局申請電子測距儀與經緯儀校正；2017.7.24 嘉義水上地政事務所申請電子測距儀與經緯儀校正之案號：2017080807 與 2017072401，內容完整。符合自訂[校正作業管理程序(文件編號：SICL-2-10-0)]規定。
審查紀錄 4.4.2	保存合約審查紀錄包括主要審查重點及變更事項。			
通知顧客 4.4.4	任何合約變更事項須知會顧客。			
合約變更 4.4.5	工作開始後之合約變更依合約審查程序進行審查並通知相關人員。			
4.5 試驗與 校正作業分 包能力 4.5.1，4.5.4	保存合約分包商供應記錄及能力證明。	✓		實驗室不執行外包作業，故本章暫不適用。
顧客核准 4.5.2	書面通知顧客並獲得核准。			
責任 4.5.3	除非顧客或法規主管機關指定分包商，實驗室應對分包作業負責。			
4.6 採購作 業政策及程 序 4.6.1	應訂定採購作業程序。	✓		實驗室自訂[設備儀器管理及量測追溯程序(文件編號：SICL-2-09-0)]及「政府採購法」及「中心辦理採購作業注意事項」進行實驗室儀器設備採購與供應商評估作業。
驗證 4.6.2	採購品使用前需先經品質驗證，確認符合規格要求，並保存驗證紀錄。			
採購文件 4.6.3	採購文件發佈前，影響校正/校正品質之要項，其技術內容應經審查及核准。			
合格供應商 4.6.4	保存合格供應商名單及評估紀錄。			
4.7 顧客服 務合作 4.7.1	提供顧客合作，以利顧客需求之澄清及實驗室作業監控，並確保顧客機密。	✓		實驗室自訂[顧客服務與抱怨處理程序(文件編號：SICL-2-03-0)]進行顧客服務與抱怨處理，每個顧客服務案件均以

回饋 4.7.2	實驗室應從其顧客尋求無論是正面的或負面的回饋。此種回饋應予運用與分析，以改進其管理系統、校正與校正活動及顧客服務。			[顧客滿意度問卷調查表(表單編號：SICL-4-06-0)]蒐集與瞭解顧客滿意度，並於年底完成當年度顧客滿意度統計分析，提報管理審查會議檢討，查閱105年度顧客滿意度統計分析表與管理審查會議紀錄，平均滿意度為93.3分，符合自訂年度品質目標顧客滿意度達90分以上規定。
4.8 抱怨政策、程序及記錄	應訂定顧客或其他機構抱怨之處理程序，並保存處理紀錄。			
4.9 不符合測試/校正作業之管制政策及程序 4.9.1	應訂定不符合測試/校正作業之管制程序，包括管理權責、不合作業重要性評估、矯正措施及不合作業接受性之決定等。	✓		實驗室自訂[不符合矯正及預防措施處理程序(文件編號：SICL-2-04-0)]進行不符合事項處理，填寫[不符合事項矯正及預防措施處理單(表單編號：SICL-4-26-0)]，查閱2016.8.3處理高雄市前鎮地政事務所來電反映校正報告中儀器精度標示錯誤事件；2015.12.22處理TAF現場評鑑缺失等矯正與預防措施，紀錄完整。
再發生 4.9.2	當評估顯示不合作業可能再發生，或對實驗室運作與其政策及程序之符合性存疑時，即必須依第4.11節執行矯正措施。			
4.10 改進	實驗室應運用品質政策、品質目標、稽核結果、數據分析、矯正及預防措施及管理審查，持續改進其管理系統的有效性。	✓		實驗室運用品質政策、品質目標、稽核結果、數據分析、矯正及預防措施及管理審查，持續改進其管理系統的有效性。
4.11 矯正措施政策及程序	應訂定矯正措施作業程序包括分析原因、研擬對策、執行矯正措施、監控結果及必要之稽核。			實驗室自訂[不符合矯正及預防措施處理程序(文件編號：SICL-2-04-0)]進行不符合事項處理，填寫[不符合事項矯正及預防措施處理單(表單編號：SICL-4-26-0)]，查閱2016.8.3處理高雄市前鎮地政事務所來電反映校正報告中儀器精度標示錯誤事件；2015.12.22處理TAF現場評鑑缺失等矯正與預防措施，紀錄完整。
4.12 預防措施鑑別及預防	不符合性之潛在來源及必須之改進應予以鑑別及採取預防措施。			
4.13 紀錄管制程序 4.13.1.1	實驗室應建立與維持程序，以鑑別、蒐集、索引、取閱、建檔、儲存、維護及銷毀品質與技術紀錄。			實驗室依據自訂[文件與紀錄管制作業程序(文件編號：SICL-2-02-0)]進行文件與紀錄管制作業，查驗[不符合事項矯正及預防措施處理單]、[顧客滿意度問卷調查表]、[校正申請表]、[內部稽核查檢表]、[不符合事項紀錄表]、[稽核建議事項處理表]、[105年度內部稽核報告]、[管理審查會議決議應辦事項彙整表]等紀錄保留完整，符合自訂規定。
紀錄完整性 4.13.1.2	紀錄須可清楚識別、便於查閱、妥當保存及保密			
技術紀錄 4.13.2.1	實驗室須妥當保存之技術紀錄包括原始數據、校正紀錄、校正/校正報告副本、人員紀錄及取樣者、校正/校正者、審核校正/校正結果者之記錄。校正/校正紀錄需有足夠資訊以供鑑別不確定度之影響因子及在原條件下複作。	✓		

記錄 4.13.2.2	校正/校正過程所擷取及運算之數據應即時記錄。			
紀錄修正 4.13.2.3	修正紀錄須清楚識別,即將錯誤處劃掉,於旁邊填上正確值並由修正人簽名。			
4.14 內部稽核要求 4.14.1	應訂定內部稽核作業程序並定期執行,品質主管應負責規劃,稽核員由經訓練且合格人員擔任並具有稽核之獨立性。	✓		查閱實驗室 2016 年度內部稽核於 2016.9.29 舉辦,查閱 105 年度內部稽核報告有 5 項建議事項均於 2016.12.19 完成追蹤處理,經實驗室主管簽核(2016.12.30),查證本次選派之稽核員張明偉 王炳雄先生為 TAF 登錄之評審員,『內部稽核查檢表』、『不符合事項紀錄表』、『稽核建議事項處理表』、[105 年度內部稽核報告]等相關紀錄完整,符合自訂[內部稽核程序(文件編號: SICL-2-05-0)]規定。 本內部稽核查檢表(管理要求與技術要求)與實驗次現行表單不一致,建議儘快修定及追認本表單。
矯正措施及通知顧客 4.14.2	稽核發現造成對校正/校正結果之正確性存疑時應立即採取矯正措施,若校正/校正結果已受影響者應書面通知顧客。			
紀錄 4.14.3	內稽紀錄包括稽核項目、稽核發現及矯正措施。			
追蹤稽核 4.14.4	追蹤稽核應查證矯正措施之執行及有效性。			
4.15 管理審查目的 4.15.1	應訂定管理審查作業程序及定期執行,針對管理系統及校正/校正作業,執行審查,以確保其適切性及有效性。	✓		查閱實驗室 2016 年度管理審查會議於 2016.12.20 召開,由簡任技正林志清主持,會議內容包含品質政策及程序之適切性、管理人員報告、內稽結果、矯正及預防措施、外部評鑑、能力試驗或實驗室內比對、作業能量變更、顧客回饋、抱怨事項、改進的建議、品質主管訂定及報告次年度內部稽核方案與主管交付等事項,會議決議事項以[管理審查會議決議應辦事項彙整表(表單編號: SICL-4-23-0)]進行追蹤,本次會議之 6 項決議事項已完成 5 項,仍有 1 項辦理中,預計完成日為 2017.10.31。
內容 4.15.1	審查內容包括政策及程序之適切性、管理人員報告、內稽結果、矯正及預防措施、外部評鑑、能力試驗或實驗室內比對、作業能量變更、顧客回饋、抱怨事項、改進的建議、其他事項(如品管活動、人員訓練等)。			
內容 4.15.1	審查內容包括政策及程序之適切性、管理人員報告、內稽結果、矯正及預防措施、外部評鑑、能力試驗或實驗室內比對、作業能量變更、顧客回饋、抱怨事項、改進的建議、其他事項(如品管活動、人員訓練等)。			
決議及記錄 4.15.2	決議事項須予記錄及執行。			

註：若該稽核項目有不符合事項，請另填「內部稽核缺失紀錄表」(表單編號：SICL-4-08-0)。

表 3-3 內部稽核查檢表(技術要求)

受稽核系統：				稽核日期：105. 8.22
■ 電子測距儀校正系統； ■ 經緯儀校正系統； ■ 衛星定位儀校正系統； ■ 航空測量攝影機校正系統； ■ 空載光達校正系統				
稽核員：蔡錦隆				
稽核項目		符合要求		觀察發現 / 建議
條款	ISO/IEC 17025 摘要	是	否	不符合事項編碼： <u>YYMM-5XX</u> （YY 西元年後兩碼 MM 月份，5XX 技術要求流水號）
5.技術要求 5.1 概述 決定因素 5.1.1.	許多因素決定著實驗室執行試驗與(或)校正的正確性與可靠性	✓		校正系統有校正程序與評估報告。
考量這些因素 5.1.2	這些因素對量測總不確定度的影響程度，在各種試驗(之各類型)之間與各種校正(之各類型)之間明顯不同。在方法及程序、在人員訓練與資格認定、以及在選擇與校正其使用的設備時，應將這些因素納入考量。	✓		校正系統之不確定度的影響接列於評估報告中。
能力 5.2.1	校正/校正人員須具有符合資格要求之學、經歷及訓練並能實作示範，接受訓練中之人員應予以監督。	✓		抽查許陽碧及鄒國鐵之人員基本資料表及人員能力評估紀錄表，符合相關要求。
訓練政策 5.2.2	應訂定人員訓練程序及採取適當措施以評估訓練的有效性。	✓		實驗室訂定 106 年度實驗室人員訓練規劃方案，列出規劃參加 TAF 相關訓練課程之人員及課程。

約僱人員 5.2.3	約僱人員須予以監督，確保可勝任工作及符合管理系統要求。	✓		實驗室人員皆為正式員工，並無使用約聘人員。
職務說明 5.2.4	應有所有人員之職務說明書。	✓		實驗室有”實驗室人員職務配置表”，內容記載人員、職位、代理人、授權日期。
授權人員 5.2.5	取樣、校正及校正人員應獲權責主管授權，所有技術人員之學、經歷、訓練、專業資格等均應予記錄及保存。	✓		抽查許陽碧及鄒國鐵之人員基本資料表及人員能力評估紀錄表，符合相關要求。
5.3 設施與環境設施 5.3.1	校正/校正結果之設施與環境條件應書面化。	✓		經緯儀校正系統之環境條件為16~26 /20~75%，並記載於校正程序中。
監控 5.3.2	監控及記錄校正/校正環境，發現環境異常時應停止校正/校正。	✓		實驗室於經緯儀校正系統使用溫溼度記錄器(Rotronic/HL-NT2-D/HC2A-S/61687035/20141045)進行環境記錄，該記錄器追溯單位:電檢中心(TAF0382)，報告編號為17-06-BCC-116-01L，報告日期:2017/06/08，校正週期:2年。當環境異常時則延指校正作業。
不相容作業 5.3.3	隔離不相容之作業。	✓		異常之送較件以退件處理。
出入管制 5.3.4	管制人員進出實驗室。	✓		實驗室依據”實驗室管理程序”對實驗室進出人員進行管制。
內務 5.3.5	維持良好內務管理。	✓		經緯儀校正系統之待校正件於實驗室分別存放並清楚標示。
5.4 校正方法與方法確認 方法及程序 5.4.1	應使用最新及適用之校正/校正方法及程序。	✓		校正系統皆使用最新及適用之校正方法。

方法差異 5.4.1	若校正/校正方法要求與實際執行有差異時應書面記載及技術評估並取得顧客同意。	✓		實驗室執行之校正皆依據校正程序所敘述之校正步驟進行校正。
方法選用 5.4.2	校正/校正方法應符合顧客要求或經顧客同意，盡量採用國際或國家標準。	✓		實驗室執行之校正皆依據校正程序所敘述之校正步驟進行校正。
方法不適用 5.4.2	顧客提供之方法不適用時需通知顧客。	✓		實驗室執行之校正皆依據校正程序所敘述之校正步驟進行校正。
實驗室自行開發及非標準方法 5.4.3，5.4.4	自行研發之方法應有規劃的導入及完善配合，如指派合格人員及運用足夠資源。使用非標準方法前應先實施確認及取得顧客同意。	✓		實驗室執行之校正皆依據校正程序所敘述之校正步驟進行校正。
方法確認 5.4.5.2	實驗室須對非標準方法，自行研發方法實施確認，包括校正/校正結果，校正/校正程序及適用說明。	✓		實驗室執行之校正程序包含校正步驟、適用說明及校正結果說明。
範圍和準確度 5.4.5.3	方法確認所待數值之範圍和準確度，應和顧客需求相關。	✓		實驗室執行之校正皆依據校正程序所敘述之校正範圍進行校正。
量測不確定度 5.4.6.1	校正實驗室和執行內校之校正實驗室要有執行校正之量測不確定度之評估程序。	✓		實驗室校正系統之評估報告包含量測不確定度之評估程序。
5.4.6.2	校正實驗室要有量測不確定度之執行及評估程序。	✓		校正系統之評估報告皆包含實驗室校正系統之評估報告包含量測不確定度之評估程序。
5.4.6.3	所有重要之不確定度因素皆能適當分析納入計算。	✓		實驗室之評估報告已將所有重要之不確定度因素皆能適當分析納入計算。。
計算和資料轉換 5.4.7.1	有系統查核計算及資料轉換。	✓		校正系統皆有定期查核，以確保校正系統是否正常。

電腦和自動化設備 5.4.7.2	當使用電腦及自動化設備應將下列情形考慮： 自行研發之軟體應確認。 建立執行及防護之程序。 維護功能正常。 適當的操作條件。	✓		使用自行開發之計算軟體皆已有軟體驗證之記錄，並有使用者及密碼之保護。
5.5 設備 5.5.1 至 5.5.4	確保校正和校正設備： • 可正常使用 • 達到所要之準確度 • 符合規範 • 具有校正方案(參照 5.6) • 新購及使用前校正或查核 • 授權者操作 • 最新使用及維護說明書 • 唯一識別。	✓		實驗室之儀器皆有其”儀器設備保管紀錄表”，符合相關之規定。
記錄 5.5.5	設備及軟體之記錄包括： • 識別 • 製造商名稱、型號和序號或唯一識別 • 符合規範之準確要求 • 現行位置 • 製造商說明書及放置處 • 校正履歷和下次校正日期 • 維護計及已進行之維護 • 異常情形。	✓		實驗室之儀器皆有其”儀器設備保管紀錄表”，其內容符合相關要求。實驗室有”106 年度儀器設備年度校正計畫管制表”列出下次校正日期。抽查本年度新添購之溫溼度記錄器有”儀器設備保管紀錄表”，提醒實驗室制定 107 年度校正計畫管制表時應將該儀器列入。
程序 5.5.6 , 5.5.11	量測設備應有安全處理、運輸、儲存、使用及有計畫維護之程序。任何修正係數之相關文件應正確更新。	✓		校正程序並無特別列出量測設備之運輸處理，。
超負荷使用 5.5.7	超負荷及異常使用之設備應： • 隔離、標識 • 查明對以往之試驗影響 • 執行 “ 不符合工作管制 ” 程序	✓		校正系統若有異常會停止校正作業，待系統恢復正常後再進行校正作業。
校正狀態 5.5.8 , 5.5.10	顯示校正狀態及有執行校正、查核之程序。	✓		儀器上貼有”校正標籤”可顯示儀器之校正狀態。
回復使用 5.5.9	歸回之設備必須查核功能及校正狀態。	✓		設備依允收標準判定是否可正常使用。
調整 5.5.12	設備及軟體會因調整而失效應予以防護。	✓		軟體設有使用者及密碼防護。
5.6 量測追溯性校正計畫 5.6.1	建立校正程序及校正計畫。	✓		實驗室有”106 年度儀器設備年度校正計畫管制表”列出下次校正日期。

校正實驗室 5.6.2.1	校正及量測可追溯至 SI 單位，並要求參加適宜之實驗室間比對。	✓		標準件皆可追溯至 TAF 認證實驗室。抽查電子測距儀校正系統之標準件為電子測距經緯儀 (Leica/TM30/365576) 追溯至國家度量衡標準實驗室 (TAF N0688)，報告編號：D160527A，報告日期：105/9/23，校正週期：一年。
校正實驗室 5.6.2.2	5.6.2.1 條中之要求需符合，除非已確定伴隨校正的相關貢獻對試驗結果的總不確定度影響很小。	✓		標準件皆可追溯至 TAF 認證實驗室。
參考標準 5.6.3.1	參考標準之校正程序及計畫 參考標準需符合 5.6.2.1 所述 參考標準祇可使用在校正 參考標準在調整前後皆要校正	✓		標準件皆可追溯至 TAF 認證實驗室。
中間查核 5.6.3.3	對參考、原級、傳遞和工作標準要有中間查核之程序及時程。	✓		經緯儀校正系統每半年實施中間查核。
運輸和儲存 5.6.3.4	應建立相關程序。	✓		
5.7 抽樣程序和計畫 5.7.1	應有抽樣的計畫和程序。	✓		無抽樣。
偏離 5.7.2	顧客要求與程序偏離，應記錄及溝通。	✓		僅依校正程序所敘述之程序實施。
記錄 5.7.3	記錄應包括： • 使用之抽樣程序 • 抽樣者 • 環境條件 • 抽樣地點圖示 • 抽樣程序之統計方法	✓		無抽樣。
5.8 試驗件的處理程序 5.8.1	建立試驗件/校正件處理之相關程序。	✓		實驗室依「校正作業管理程序」對校正件進行收件。
識別 5.8.2	建立試驗件/校正件之識別系統。	✓		校正件上有識別標籤。
偏離 5.8.3	記錄異常之試驗件/校正件及與顧客商談之指示。	✓		校正件異常時則以退件處理。
設施 5.8.4	確認驗件/校正件完整性之設施及程序，特定條件之維持與記錄。	✓		校正時依程序將相關數據紀錄於數據紀錄表中。
5.9 試驗結果的品質保證 品質管制 5.9.1	建立品質管制程序以監控執行試驗的有效性 • 定期使用參考物質 • 參加能力試驗等。此些結果必須分析和記錄。	✓		校正系統皆有實施定期查核，並有訂定「104-106 年度能力試驗參與計畫」，依據該計劃於 2015/09/11 進行 KA3007 經緯儀之量測稽核，其 En 值小於 1，符合 TAF 相關要求。

數據分析 5.9.2	品質管制數據應予分析，且若發現超出預定的準則時，應規劃及採取措施，以改正問題及預防不正確的結果被發出報告。	✓		校正系統皆有進行定期查核管制。
5.10 報告結果試驗/校正報告 5.10.1, 5.10.8	試驗/校正結果正確完整。報告中提供包括顧客所需之資訊。	✓		抽查報告編號:A201707270101 電子測距儀、C201707270101 經緯儀、D201706120101 衛星定位儀之校正報告內容符合 TAF 相關要求。電子測距儀報告內重複出現兩次涵蓋因子，建議可將其簡化成一個。不同系統之校正報告內對於參考資料之註腳及順序不一致，建議可以將其標註形式統一。
試驗/校正報告 5.10.2, 5.10.3,	試驗/校正報告要包括標準中 5.10.2 (a)至(k)之要求。 當需為試驗/校正結果做說明時，要包括 5.10.3.1(a)至(e)之要求。 包含有抽樣結果的試驗/校正報告，在需要對試驗/校正結果做解釋時，應再加上 5.10.3.2(a)至(f)之要求。	✓		
校正證書 5.10.4	若必要時，校正應包括標準中 5.10.4.1(a)至(c)。 應僅與數量及功能性試驗結果相關。 若做出符合規格之聲明時，應指出滿足或不滿足規格之節次；若做出符合規格性的聲明，其應考量量測不確定度。 當校正儀器已被調整或修理，其校正結果若可獲得，應列入報告。 除非顧客同意，應不包含任何校正週期之建議。此可被法規取代。	✓		校正報告中並無符合規格性之聲明亦無校正週期之建議。
意見與解釋 5.10.5	若包括意見與解釋時，其依據應予以書面化，並明確地標註於試驗報告中。	✓		目前未發生。
從分包商獲得校正結果 5.10.6	分包商執行之試驗/校正結果須識別。	✓		實驗室之校正作業無分包。
5.10.9 對試驗報告的修改	已發出之試驗/校正報告修改，要以進一步文件或資料轉換和包括參考原始報告符合標準要求。 當發出全新試驗/校正報告，必須能唯一識別及包括參考更換原來之報告。	✓		實驗室依據”校正報告管制程序”對於校正報告進行管制。近年則未對以發出之報告進行修改。

註：若該稽核項目有不符合事項，請另填「不符合事項紀錄表」(表單編號：SICL-4-08-0)。

肆、無人飛行載具小像幅攝影系統校正飛行測試及分析

一、彙整國內無人飛行載具小像幅攝影系統現況

使用UAS進行空拍調查及小範圍製圖目的等應用，已經在全球航遙測界快速蓬勃發展，應用案例特色包括有可採用輕型無人機（ $< 5\text{ kg}$ ）、可搭配消費級像機（欠缺精密穩定的像機內方位）、可以用較低的航高進行空拍（ $< 500\text{ m}$ ），無論國內外應用案例，UAS影像製圖技術逐漸普及。

相較於傳統航空攝影測量作業而言，利用無人飛行載具小像幅攝影系統之航拍作業具有高機動性、高效率、低成本及天候限制小等特性，由於其作業時間短、且因較低空飛行，故易取得高解析度影像，在國內外已多廣泛應用於環境監測、考古選址研究、工程進度管控等領域。國內也有將UAS運用於現地難以到達之災區勘查與災損評估、大範圍之現地調查(如：水稻田等農作調查、蚵架與魚塭養殖調查)、或進行特定重要區域之正射影像產製，進而更新相關圖資。

航空測量攝影機的像幅大小，目前普遍以感測器的面積區分：小於 $24\text{ mm} \times 36\text{ mm}$ 者歸類為「小像幅」；介於小像幅與 $60\text{ mm} \times 90\text{ mm}$ 之間者為「中像幅」；大於此者為「大像幅」（Luccio, 2010）。「小像幅」像機除了硬體規格、感測器面積、光學精密性等與「大像幅」像機差異，以往經典嚴密的航空測量製圖程序也不完全適用在無人飛行載具小像幅攝影系統，除了影像品質與片幅之落差外，既有的檢驗標準尚需檢討在小像幅資料處理上之適用性。

關於UAS處理軟體，目前市面上已有許多特別針對UAS影像進行後續解算處理並產製相關製圖應用產品的商業軟體，其多利用高重疊率的影像（基本要求為航帶內前後重疊80%、航帶間側向重疊60%），透過其關鍵的影像匹配技術，如尺度不變特徵轉換（Scale-Invariant Feature Transform, SIFT）取得大量的特徵匹配點建立影像連結關係進行方位解

算，甚至繼而進行後端的密點雲匹配（Dense Matching），提供三維建模（3D Model Reconstruction）的參考資訊來源，這方面軟體多歸屬採用 SfM（Structure from Motion）技術為基礎的軟體工具。這類針對UAS影像解算處理特色，在於對內方位(焦距、鏡頭畸變)的精密性並不敏感，對於拍攝旋角、亮度變化以及像比例尺變化也較不敏感，並且大量重疊的攝影像片可自動化匹配影像，無需藉由人力量取所有像片中的同名點，製圖程序有別於以往航測製程，使得以UAS影像製圖為目的作業程序，更需要藉由國土測繪中心校正場的驗證功能，評估UAS影像製圖作業方法與精度。

小像幅攝影系統之定義以感測器的面積小於36 mm x 24 mm者，即為一般消費級像機採用的感測器之片幅大小均可歸類在此，依照常見片幅大小可區分全片幅（Full Frame, 36mm x 24mm）、APS-C（Nikon等品牌採用23.6 mm x 15.7 mm；Canon等品牌採用22.2 mm x 14.8 mm）、M43（Micro Four Thirds, 17.3 mm x 13 mm），以及其他整合於無人機系統中的攝影系統亦有採用片幅小於 6.17 mm x 4.55 mm 的感測器，顯示不同於中大像幅的航測像機的專業應用，無人飛行載具採用小像幅像機除了風險及經濟效益考量外，整合的感測器同時為符合消費級需求如變焦、錄影、自動追焦、避震功能，均可能影響其適用於測繪應用的條件，是故針對可符合校正條件之感測器的規格門檻須有一定的標準，考量航測製圖在實務的應用需求上，建議可針對片幅大小、焦距是否可調整（定焦與否）、是否為全域快門（Global Shutter）等條件進行探討。

目前小像幅感測器採用的鏡頭之等校焦距多落在 20 mm至 50 mm 之間的廣角到標準焦段，少數應用會採用到小於 14 mm 的超廣角，無人飛行載具搭配小像幅攝影系統組合案例整理如表4-1。小像幅像機由於攝影系統的內方位性能是綜合感測器與鏡頭的光學條件的結果，因此校正作業誤差源探討，必須同時考量感測器與鏡頭的組合；同時，為界定適用於校正作業之條件，可針對鏡頭之光學性能（透鏡畸變量）、快門機制或片幅大小來進行限制，以光學性能門檻為例，一般在等校焦距小於 14~16 mm者又可稱為魚眼鏡頭（Fisheye），其具備非常廣的視角（Field

of view; FOV)，但同時也伴隨較大的透鏡畸變量，然現有 SfM 軟體已具備其透鏡畸變附加參數之數學模型，可透過進一步分析討論其適用性。摘要綜整前述適用於校正作業之評估條件如下：

1. 光學性能：一般常用調制轉換函數(Modulation Transfer Function, MTF)描述像機之解像力性能，惟小像幅是否能適用於校正程序之主要關鍵仍是其透鏡畸變量的處理，雖然不易求解得到穩定的內方位參數，但透過處理仍可達到一定程度的應用需求，經驗上長焦距鏡頭的透鏡畸變量會小於廣角焦段，但小像幅受限於片幅大小，實務上仍需考慮航拍的重疊率需求，故必須在畸變量與效率間取得平衡；另一方面，是否可調整焦距（變焦）亦可作為光學性能之參考，相較於定焦鏡頭，為了達到變焦的目的，變焦鏡需要更多組鏡片來構成，亦使得其硬體組成較不穩定，在航拍過程中的震動均更易影響其內方位的穩定程度。消費級像機中常見可交換式鏡頭的設計，屬於較專業的功能，提供了無人飛行載具搭配小像幅攝影系統在焦段選擇上的作業彈性，卻也成為內方位穩定性的限制條件之一，一旦鏡頭與機身分離再重新組裝，即代表著內方位必須重新求定，反之如低階之消費級像機更多採用不可交換式鏡頭的設計，其內方位亦不一定較可交換式鏡頭來得穩定，因其對焦模式可能以數位方式自動進行，更無法在航拍過程中確保以穩定的相同拍攝參數進行作業。
2. 片幅大小：消費型感測器的成本價格分界約在1吋左右大小（12.75 x 8.5 mm），片幅愈大者一般可提供較佳的影像品質，而片幅小於1吋者則可能存在非常大的性能落差，且小像幅多利用數位內差方式提供較高的畫素，而非實際具備非常小的像元尺寸，即使搭配上較佳光學性能的鏡頭也無法彌補在空間解像力上的落差。
3. 快門機制：現有航空測量攝影機之校正程序之設計原則上以適用框幅式（Frame）像機為主，成像機制為全域快門（Global Shutter），而現行消費級感測器如採用滾動式快門（Rolling Shutter，或稱捲簾式快門）易造成航拍影像之拖曳變形（俗稱果凍效應），不適合航空攝影測量應用。

表 4-1 無人載具搭載小像幅攝影系統的組合案例

廠牌與型號	片幅大小 (mm x mm)	像元尺寸 (microns)	等校焦距 (mm)	搭配之無人載具系統
Canon 5D Mark II	36 x 24 (全片幅)	7	20 mm 24 mm 50 mm	國土測繪一號定翼型 UAS 經緯 Sky Arrow 55 UAS Microdrone MD4-1000(旋翼機)
Sony A7R	35.9 x 24 (全片幅)	5	35 mm	Topcon Falcon-8
Sony A7	35.8 x 23.9 (全片幅)	6	35 mm	Seagull #MAP2(飛控系統) DJI ZENMUSE Z15-A7(雲台) ST-Y6
Sony A5100 Sony A6000	23.5 x 15.6 (APS-C)	4	32 mm	Trimble UX5 UASER Avian-RTK
senseFLY S.O.D.A.	12.75 x 8.5 (1-inch)	2.33	28 mm	senseFLY eBee RTK
Canon S120	7.44 x 5.58	2	5.2 mm	senseFLY eBee
GoPro Hero 4	6.17 x 4.56	2	2.5 mm	DJI Phantom Series

二、設計無人飛行載具小像幅攝影系統校正程序

參照目前國土測繪中心「航空測量攝影機校正作業程序」，據以評估無人飛行載具小像幅攝影系統航拍飛行規劃、校正方法及校正場區適宜性之調整。

(一) 校正場適宜性

航測攝影機校正場位於南投市南崗工業區場址，校正場設計已經規劃具備多重解析度/多元感測器共用的校正場，校正場長邊約 2 km，短邊約1.75 km。

無人飛行載具小像幅攝影系統校正可採用場內小型矩形校正場。如圖4-1，小型校正場東西距離約 620 m，南北距離約 660 m，可供低空飛行（GSD數值小者）之校正用。目前地面校正標分布密度，達到空中三角測量 2 - 4 基線有分布校正標，小校正場校正標規劃配置超過 47 個，大校正場校正標同樣超過 50 個。

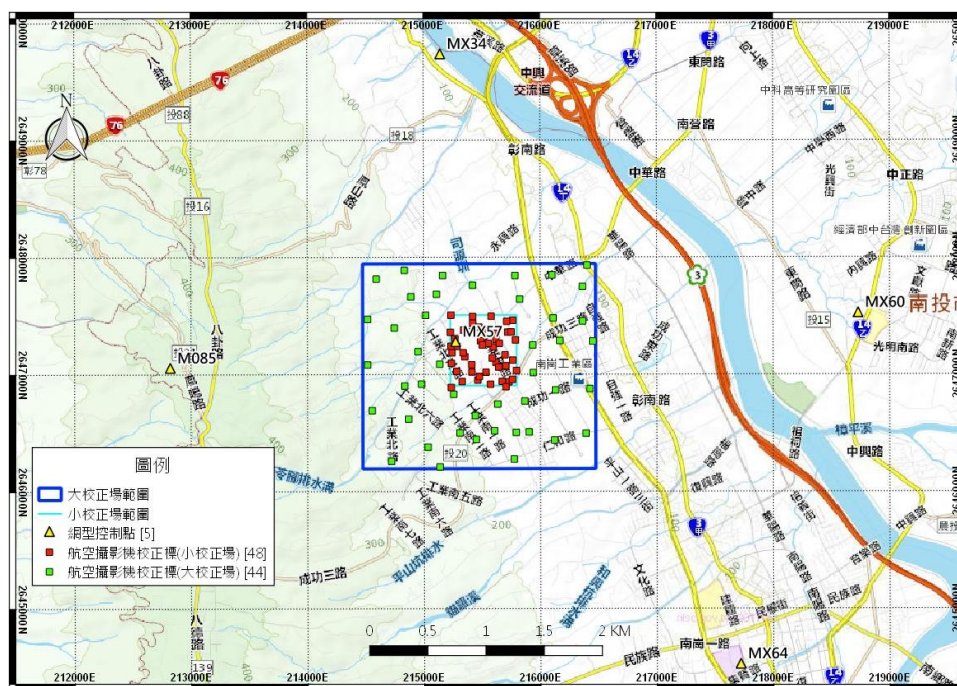


圖 4-1 UAS 小像幅攝影系統校正場範圍（適用小校正場）

參考中像幅攝影系統之航拍規劃，小像幅航拍重疊度建議同樣採前後80%側向60%之交叉航線，如圖4-3所示，以Sony A7全片幅(搭配35mm) 設計GSD為6公分之航拍規劃為東西向及南北向各6條航線，對地高約為300公尺HAGL(Height Above Ground Level)。



圖 4-2 小像幅校正航拍建議航線規劃 (Sony A7+35mm)

因無人飛行載具之不同動力型式（旋翼式或定翼式），可能直接限制了航拍作業高度，一般旋翼式之有效航拍高度通常不會超過500公尺對地高，而旋翼式亦很少執行低於100公尺對地高之航拍，且搭載不同像機焦距視角差異甚大，故航拍規劃應綜合考量無人飛行載具小像幅攝影系統之航拍性能(片幅與焦距)，建議控制航拍影像地面像素解析度(GSD) 在6 ~ 15公分之間，據以設計航拍高度與航線。

實務上自攝影涵蓋範圍探討小像幅之校正程序，最主要的差異為，中、大像幅可設計單張影像能拍攝至少50%以上之校正場範圍，而小像

幅如規劃拍攝較低航高以取得較高GSD，則攝影涵蓋地面範圍會小於小校正場尺寸（620 m x 660 m），如表4-2比較不同像幅之校正航拍影像資料所示，由像幅尺寸或影像解析度及GSD可推得單張影像攝影涵蓋地面範圍，在中/大像幅案的案例均大於校正場尺寸，而以Sony A7全片幅（搭配35 mm）進行GSD為6 cm之校正航拍（HAGL: 300 m），其單張影像攝影涵蓋地面範圍僅為360 m x 240 m，尚不及小校正場面積之四分之一。

另一方面，表4-2比較以Sony A7全片幅（搭配35mm）及 senseFLY S.O.D.A. (28mm)與中像幅（PhaseOne）、大像幅（UltraCam Xp）校正航拍資料為例，因實際進行校正程序需進行大量之校正標像坐標量測，故參考中/大像幅之像坐標量測總數量，可發現Sony A7案例規劃GSD在4 cm、6 cm的案例中，其量測校正標之工作量約為1.2~1.5倍，由此可以預期一旦片幅過小，加上校正航拍之GSD太低，將顯著增加校正程序之像坐標量測數量，且因校正標適用之最小地面解析度為5 cm，優於此GSD之航拍對校正程序並無助益。

表 4-2 比較不同像幅之校正航拍影像

校正航拍範圍	大校正場		小校正場		
片幅	大像幅	中像幅	小像幅		
航空攝影機	Ultra Cam Xp	PhaseOne iXA-180	Sony A7	Sony A7	senseFLY S.O.D.A.
等校焦距(mm)	100.5	55	35	35	28
影像解析度(像元)	11310 x 17310	7760 x 10328	6000 x 4000	6000 x 4000	5472 x 3748
航高(AGL:m)	2200	800	300	200	600
GSD(cm)	14	8	6	4	15
像元尺寸(um)	6	5.2	6	6	2.33
單張影像攝影涵蓋地面範圍(m)	1583.4 x 2423.4	620.8 x 826.2	360 x 240	240 x 160	820.8 x 521.7
像坐標量測總數量(點)	1,641	1,533	2,404	1,974	617
校正航拍影像張數(張)	74	78	399	630	27
平均像坐標量測數(點/張)	22	20	6	3	23

(二) 無人飛行載具小像幅攝影系統之校正程序

實務上小像幅攝影系統因其內方位參數（透鏡畸變）不穩定及攝影涵蓋範圍較小，並不適用現行校正程序採用之航測空中三角測量軟體 LPS/ORIMA 進行處理，而 SfM 技術軟體則具備可取得大量的特徵匹配點建立影像方位關係之能力，同時以自率法附加參數方式求解內方位參數，可作為輔助工具來進行校正程序中之空中三角平差。

參考現行航空測量攝影機採用 LPS/ORIMA 之校正程序與現行 SfM 軟體具備功能之差異性對照如圖 4-3 所示，其中應用 SfM 軟體於小像幅資料處理較為優勢的關鍵性能包含(1)自率法附加參數像機率定（Camera Calibration）、(2)高效能影像匹配（Image Matching）及(3)透鏡畸變修正之影像重新取樣（Image Undistortion），分別說明其效益如下：

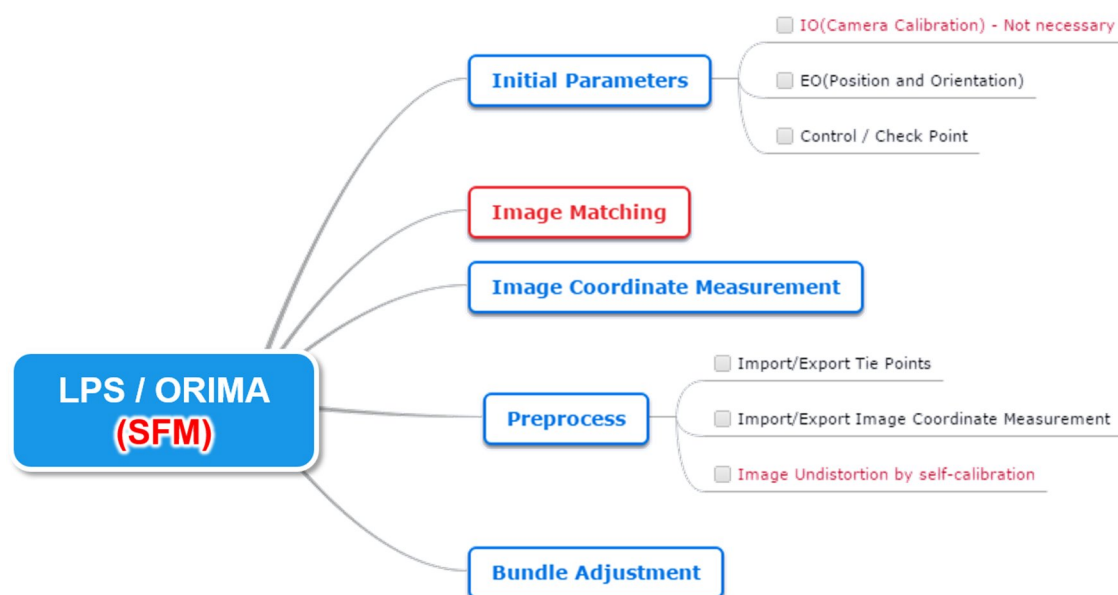


圖 4-3 SfM 軟體功能對照 LPS/ORIMA 校正程序之差異性

1. 自率法附加參數像機率定：因校正場範圍內具備良好辨識度及幾何特徵之廠房屋頂，不需預先給定精確之初始內方位參數，而自數位影像之 EXIF 資訊（Exchangeable Image File）取得影像之基本參數（如焦距、解析度、ISO、快門及光圈等），即可由 SfM 軟體進行自率法求定像機透鏡畸變附加參數；在 SfM 的解算模式中，一般可以依照實際

狀況以航帶或拍攝日期進行群組（Group），計算群組各自的內方位參數及透鏡畸變量，並據以進行後續的方位處理或資料產製流程。承前述提到小像幅一般在實務應用並無法經常性確保內方位穩固的保持在實驗室精密率定完成的狀態，故在校正程序中，以SfM技術計算求得適用於該次校正航拍之內方位作為初始值使用，是為輔助空中三角平差之一大關鍵。

2. 高效能影像匹配：小像幅攝影系統搭載於無人飛行系統，依現行主流商用系統多無紀錄高精度之曝光點外方位參數（ $X/Y/Z/Roll/Pitch/Yaw$ ），通常僅有約十公尺級之自動導航點坐標（ $X/Y/Z$ ），無法提供經典航測空中三角測量軟體作為初始值使用，且因小像幅攝影系統之校正航拍伴隨著大量影像，LPS/ORIMA所採用的區域影像匹配（Area-Based Image Matching）方法並不適用，故在外方位計算之計算上也必須導入SfM方法來輔助連結點（Tie Point）之產製；SfM技術之特色其一即在於不需給定初始外方位，即可進行快速且大量的高效能影像匹配，同時結合自率光束法平差一併求得校正航拍影像之內方位（含透鏡畸變附加參數）、外方位（ $X/Y/Z/Roll/Pitch/Yaw$ ）成果，並可提供後續校正程序作為初始值使用。
3. 透鏡畸變修正之影像重新取樣（Image Undistortion）：小像幅攝影系統一般具有較大之透鏡畸變量，內方位參數較不穩定且複雜，而現行SfM軟體對於透鏡畸變之描述多可採用Brown's附加參數（Brown, 1966）進行解算，其亦為LPS/ORIMA所支援的其中一種主要相機檔格式，並常見於如Photometrix Australis軟體利用編碼標（Coded Target）進行像機率定之輸出成果；但由於現行校正程序採用之LPS/ORIMA在進行空三平差時僅能使用輻射方向分量，而一組內方位參數除了包含焦距 F 、像主點偏移量（ C_x, C_y ）外，採用Brown's自率法附加參數（Self-calibration Additional Parameters）尚包含仿射及非正交（ B_1, B_2 ）、輻射（ K_1, K_2, K_3 ）及切向（ P_1, P_2 ）分量，若不進行前述附加參數之改正將會對校正成果有顯著影響，故在小像幅攝影系統之透鏡畸變處理上，建議可以重新取樣方式將其消除後再進行校正程序。

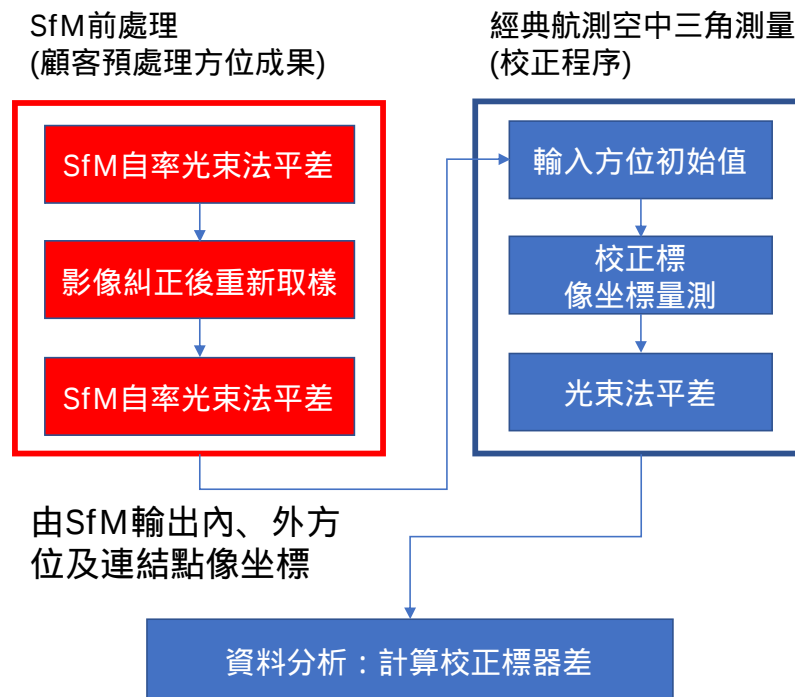


圖 4-4 SfM 輔助小像幅攝影系統校正程序

本研究提出以結合SfM技術與傳統航測空中三角平差之流程如圖4-4所示，由顧客在已知的校正場控制點（校正標）坐標系統下，先進行SfM方位預處理，以SfM自率光束法平差求定透鏡畸變差附加參數，根據自率法附加參數進行透鏡畸變修正之影像重新取樣，消除畸變量之影響後，輔以SfM計算求得之內、外方位及連結點，進行校正程序之空中三角測量平差。以SfM方法進行前處理，一方面可解決小像幅之透鏡畸變量過大，無法在LPS/ORIMA中穩定收斂空三結果的問題，另一方面亦可由SfM提供自率法解算後之影像內、外方位，作為經典航測空中三角測量方法較佳之初始值，同時，因片幅過小可能需要額外進行量測之連結點，亦可由方位預處理之成果提供SfM產製連結點坐標來輔助平差，相關經典航測空中三角測量方法與品管機制，則可沿用現行航空測量攝影機（採用LPS/ORIMA）既有之校正程序，如像坐標量測及連結點之偵錯等；在這樣的設計下，因校正程序不涉及SfM處理，顧客應用小像幅攝影系統(校正件為整體系統而非單一之UAS組成元件)於測繪用途，應具備SfM資料處理及內外方位預解算及品管之專業能力，方能申請校正

。

(三) 取得飛行航拍成果及分析作業

1.取得飛行航拍成果

本研究實驗共取得兩組不同航高（HAGL：200 m 及 300 m）之旋翼機航拍資料（ST-Y6 + Sony A7/35mm），載具性能及航拍規劃參數如表4-3及表4-4所示，實際航拍成果曝光點位置如圖4-5及圖4-6所示；為確認校正程序之可行性，另取得一組定翼機的航拍資料（eBee RTK），載具性能如表4-5所示，實際航拍成果曝光點位置如圖4-7所示。

表 4-3 三軸六旋翼 ST-Y6 無人載具系統性能

每架次作業時間	15~20 分鐘	
酬載能力	3.0 公斤	
爬升速率	7.5 m/s	
巡航速度	15.0 m/s	
抗環境風力	13 m/s	
飛行高度	最大 1000 m	
工作半徑	數據傳輸 10 km	

表 4-4 規劃航拍參數（ST-Y6 + Sony A7 + 35 mm）

Camera	Sensor Size (mm x mm)	Focal Length (mm)	Altitude (HAGL, meter)	GSD (cm)	Footprint (m x m)	Pictures (est.)	Flight Time est. (mins.)
Sony A7	35.8 x 23.9	35	200	4	204 x 136	580	44
		35	300	6	307 x 205	360	40

*兩組航拍資料各區分為 4 個架次完成

表 4-5 定翼機 eBee RTK+ senseFLY S.O.D.A.無人載具系統性能

每架次作業時間	40 分鐘	
酬載能力	0.3 公斤	
巡航速度	30.0 m/s	
抗環境風力	12 m/s	

工作半徑	數據傳輸 8 km	
------	--------------	--

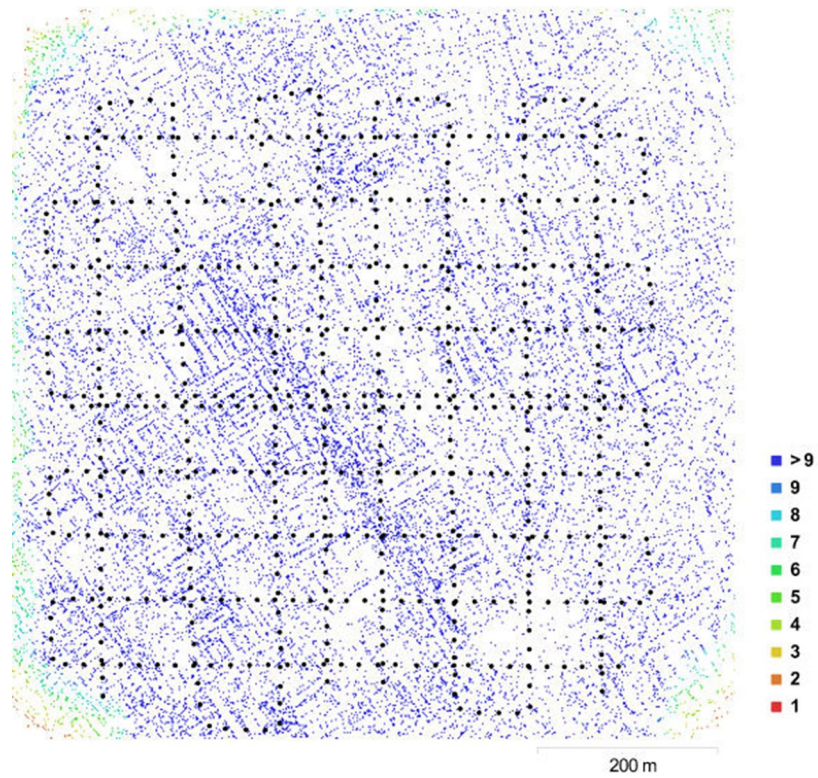


圖 4-5 航拍資料組 1 (HAGL : 200 m , 8 * 9 航帶 630 片 , GSD : 4 cm)

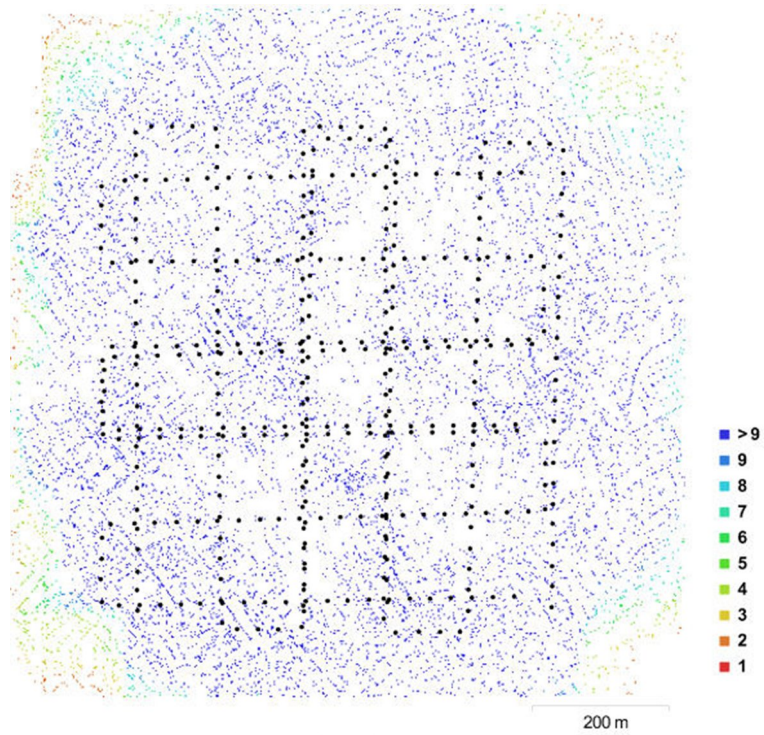


圖 4-6 航拍資料組 2 (HAGL : 300 m , 6 * 6 航帶 399 片 , GSD : 6 cm)

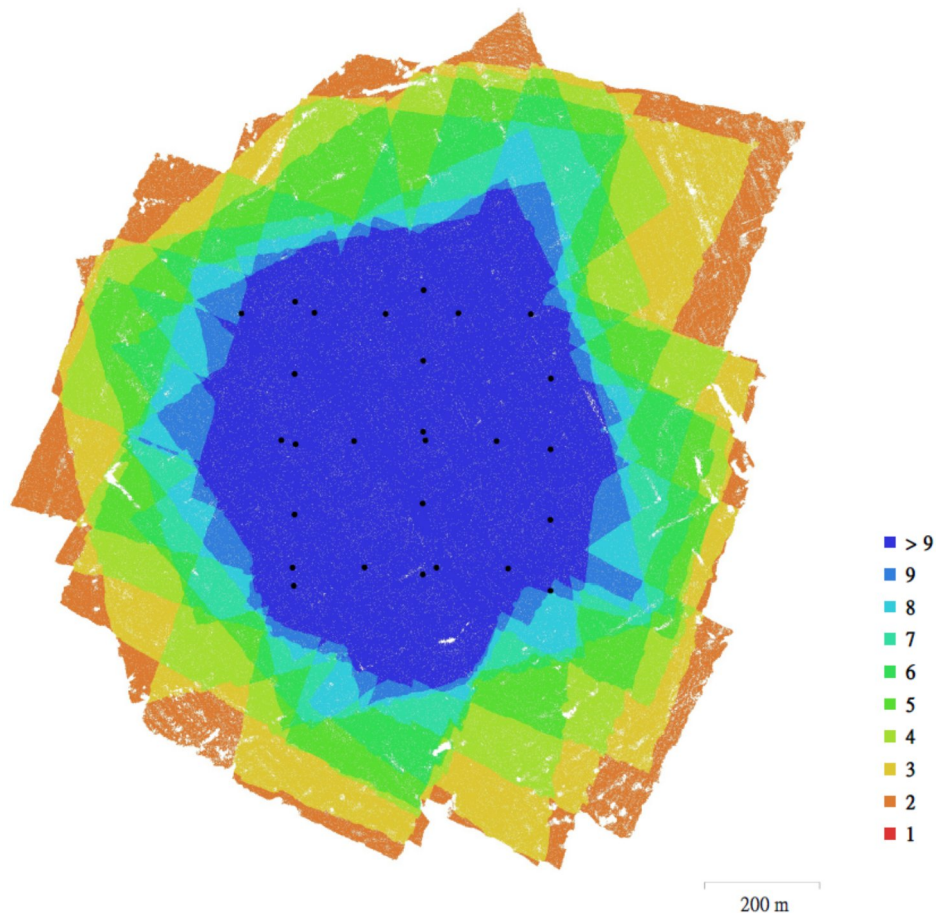


圖 4-7 航拍資料組 3 (HAGL : 650 m , 3 * 3 航帶 27 片 , GSD : 15 cm)

2. SfM自率法附加參數像機率定

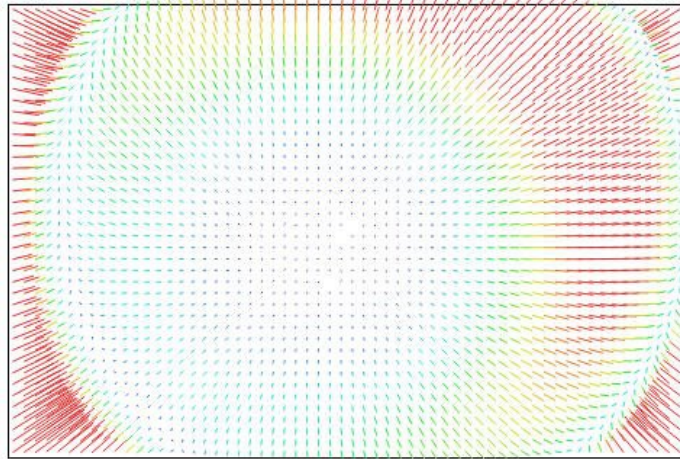
依照圖4-4之SfM輔助小像幅攝影系統校正程序，校正航拍資料需先經過SfM方位前處理，表4-6~表4-10為各組影像經由SfM方法求定之像機內方位參數及相關係數、透鏡畸變向量與殘差，透鏡畸變係採用Brown's附加參數 (Brown, 1966)，描述包含包含焦距 F 、像主點偏移量 (C_x , C_y) 及Brown模型包含仿射及非正交(B_1 、 B_2)、輻射(K_1 、 K_2 、 K_3)及切向

(P1、P2)分向，其中焦距及像主點偏移量的單位為像素，其他描述透鏡畸變量的項次(B,K,P)之數學模型參考自Brown模型並無單位，Error則表示各參數之後驗中誤差（RMSE）。

表 4-6 Sony A7 像機內方位參數及相關係數 (HAGL:200 m)

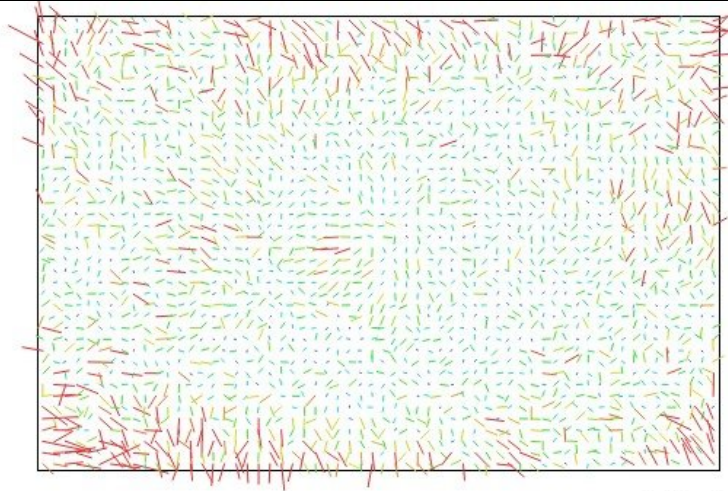
	Value	Error(RMSE)	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	6073.06000000	0.29383300	1.00	-0.12	0.58	0.22	0.11	-0.05	0.03	-0.08	0.07	-0.08
Cx	-14.71430000	0.08482450		1.00	-0.08	-0.02	-0.28	-0.04	0.04	-0.03	0.68	0.01
Cy	-32.95870000	0.08928040			1.00	0.38	0.11	0.02	-0.02	-0.01	0.02	0.43
B1	-0.83687300	0.01240640				1.00	0.02	0.04	-0.08	0.07	-0.02	-0.02
B2	-0.77103900	0.01238060					1.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
K1	0.04910150	0.00011425						1.00	-0.97	0.92	-0.03	-0.01
K2	-0.22697300	0.00076428							1.00	-0.98	0.03	0.02
K3	0.00377281	0.00151664								1.00	-0.04	-0.02
P1	0.00132586	0.00000409									1.00	-0.02
P2	-0.00111809	0.00000350										1.00

透鏡畸變向量



37 pix

透鏡畸變向量殘差(Residuals)

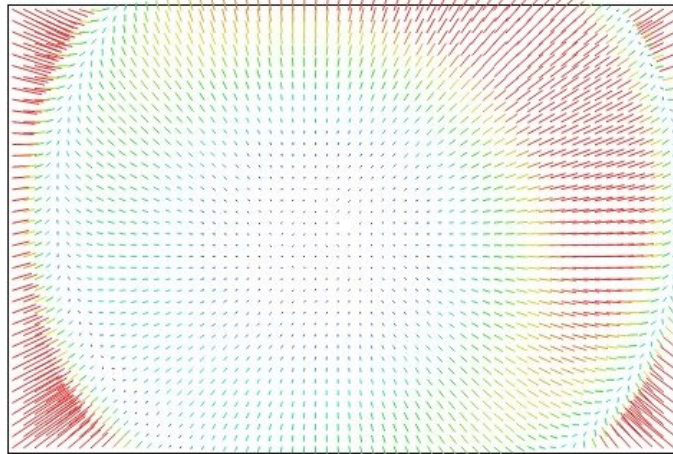


1 pix

表 4-7 Sony A7 像機內方位參數及相關係數 (HAGL:300 m)

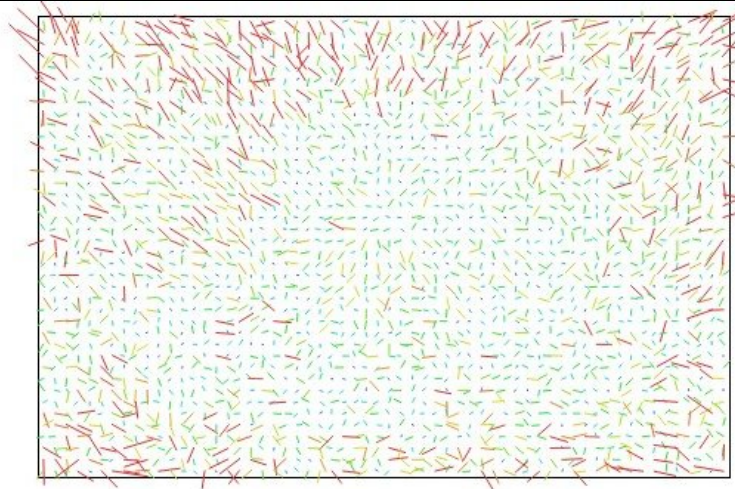
	Value	Error(RMSE)	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	6078.31000000	0.50833300	1.00	-0.12	0.84	0.63	0.19	-0.03	0.01	-0.08	0.07	-0.25
Cx	-15.96940000	0.11507700		1.00	-0.10	-0.03	-0.54	-0.01	0.02	-0.01	0.58	0.03
Cy	-32.29110000	0.20611900			1.00	0.80	0.18	0.03	-0.05	-0.02	0.05	-0.01
B1	-0.60266700	0.02837180				1.00	0.12	0.04	-0.08	0.03	0.05	-0.24
B2	-1.31734000	0.02187230					1.00	0.02	-0.03	0.02	0.10	-0.06
K1	0.05020230	0.00014937						1.00	-0.97	0.92	0.00	-0.05
K2	-0.23648800	0.00099840							1.00	-0.98	0.00	0.07
K3	0.02599290	0.00197896								1.00	0.00	-0.05
P1	0.00123909	0.00000519									1.00	-0.03
P2	-0.00112654	0.00000454										1.00

透鏡畸變向量



37 pix

透鏡畸變向量殘差(Residuals)

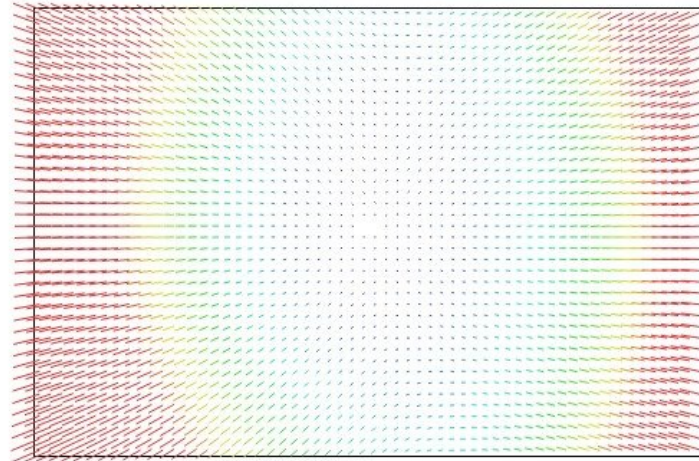


1 pix

表 4-8 Sony A7 像機內方位參數及相關係數 (Undistortion
Image/HAGL:200 m)

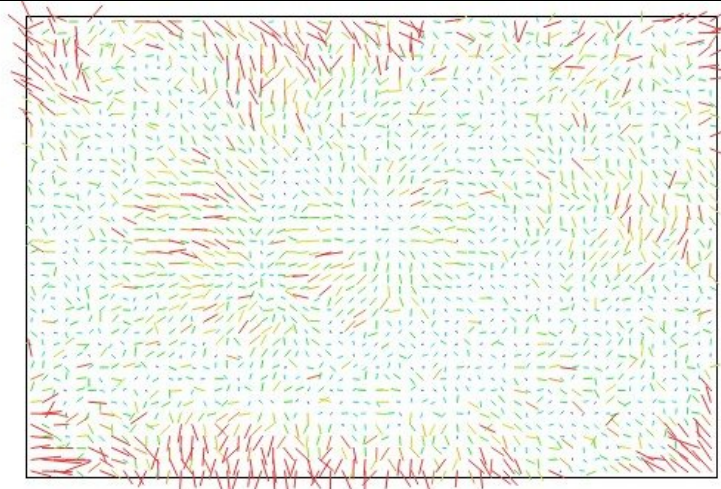
	Value	Error(RMSE)	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	6072.26000000	0.17033400	1.00	-0.15	0.62	0.22	0.06	-0.06	0.07	0.07	-0.06	0.08
Cx	-2.39733000	0.04825440		1.00	-0.08	-0.07	-0.25	-0.01	-0.01	-0.01	0.79	0.01
Cy	-0.22334900	0.04933940			1.00	0.32	0.04	0.02	0.00	0.00	-0.01	0.57
B1	0.01436240	0.00636975				1.00	0.01	0.02	-0.06	0.07	-0.06	-0.03
B2	-0.03616990	0.00617915					1.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.02
K1	0.00043702	0.00005660						1.00	-0.97	0.91	-0.02	0.03
K2	-0.00222502	0.00037732							1.00	-0.98	0.01	0.01
K3	0.00328741	0.00075462								1.00	-0.01	0.00
P1	-0.00011837	0.00000255									1.00	0.01
P2	0.00000909	0.00000208										1.00

透鏡畸變向量



1 pix

透鏡畸變向量殘差(Residuals)

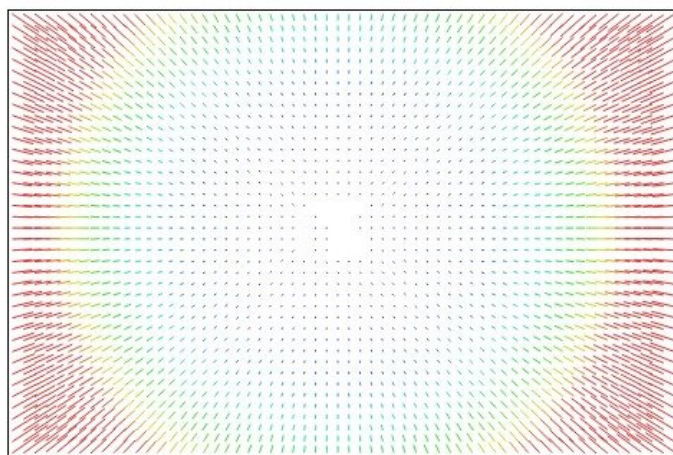


1 pix

表 4-9 eBee RTK 像機內方位參數及相關係數

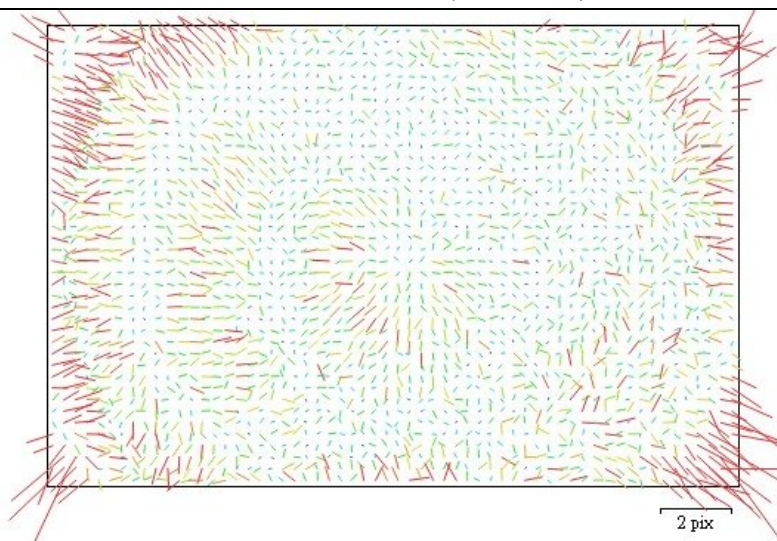
	Value	Error(RMSE)	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	4414.59000000	0.11048900	1.00	0.03	-0.57	0.16	0.02	-0.28	0.16	-0.09	-0.04	0.33
Cx	-35.52720000	0.06959390		1.00	-0.03	0.11	0.03	-0.04	0.04	-0.04	0.77	0.00
Cy	-15.93390000	0.06544590			1.00	-0.18	-0.01	0.00	0.06	-0.08	0.00	0.13
B1	1.92065000	0.01230550				1.00	-0.01	0.01	-0.08	0.10	0.10	0.20
B2	-0.93582500	0.01143800					1.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.13
K1	-0.12168000	0.00008530						1.00	-0.96	0.91	-0.02	-0.03
K2	-0.20671300	0.00034361							1.00	-0.98	0.04	-0.02
K3	0.28583100	0.00040875								1.00	-0.05	0.04
P1	-0.00056696	0.00000260									1.00	-0.02
P2	-0.00048874	0.00000274										1.00

透鏡畸變向量



584 pix

透鏡畸變向量殘差(Residuals)

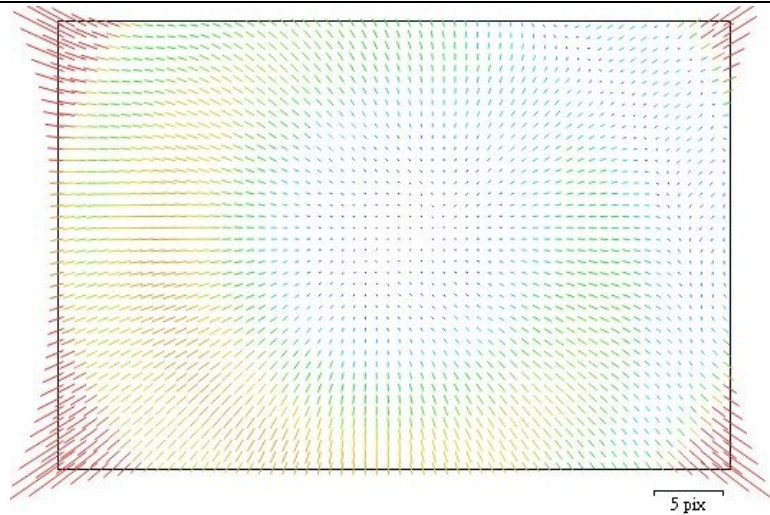


2 pix

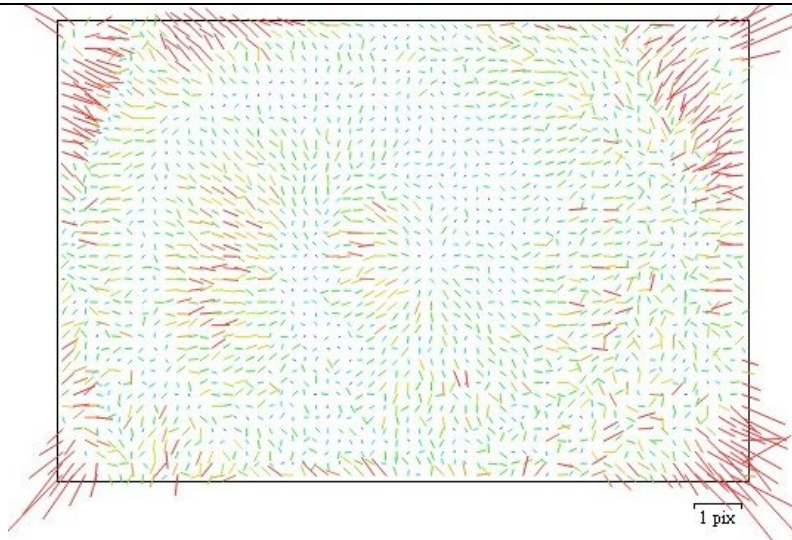
表 4-10 eBee RTK 像機內方位參數及相關係數 (Undistortion Image)

	Value	Error(RMSE)	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	4411.92000000	0.40332900	1.00	0.26	-0.86	0.48	0.15	0.16	0.00	0.03	0.09	-0.45
Cx	-0.25591900	0.09039540		1.00	-0.22	0.14	0.59	0.05	-0.01	0.02	0.61	-0.10
Cy	0.70285000	0.16318100			1.00	-0.64	-0.13	-0.23	0.05	-0.07	-0.10	0.58
B1	0.06517770	0.01803610				1.00	0.11	0.01	-0.06	0.08	0.07	0.03
B2	0.33432200	0.01498710					1.00	-0.02	0.00	0.01	-0.01	0.08
K1	0.00731499	0.00009180						1.00	-0.90	0.86	0.08	-0.36
K2	-0.04109200	0.00037995							1.00	-0.98	-0.01	0.04
K3	0.06044650	0.00051470								1.00	0.01	-0.06
P1	-0.00008917	0.00000500									1.00	-0.17
P2	0.00008956	0.00000722										1.00

透鏡畸變向量



透鏡畸變向量殘差(Residuals)



由表4-6及4-7中，ST-Y6+Sony A7兩種不同航高之成果進行比較，可以看到焦距差異較大，約5個像元，但像主點偏移之趨勢相近，透鏡畸變向量亦呈現相近趨勢，透鏡畸變向量殘差則顯示隨機性；表4-8顯示為ST-Y6+Sony A7航拍對地高 200 m 之案例經表4-6之透鏡畸變參數修正後重新取樣之成果，再重新以SfM方法進行內方位求解，可顯見透鏡畸變向量標註之量級自37個像元 (pix) 降低至1個像元，表示透鏡畸變量已經大幅度修正，且像主點偏移量 (C_x, C_y) 也自約 (-15, -32) 修正為約 (-2.4, -0.2)；同樣的程序，表4-9及表4-10顯示為 eBee RTK案例之重新取樣前後之內方位比較，其透鏡畸變向量標註之量級自584個像元降低至5個像元，像主點偏移量也修正至接近 (-0.3, 0.7)。

因小像幅攝影系統之組合具高度多樣性，且校正程序不涉及SfM處理，顧客應具備SfM自率法附加參數像機率定及品管之專業能力，包含如何選擇合適的透鏡畸變參數項及外方位、連結點除錯等程序。

3.空三中角平差

依照圖4-4之SfM輔助小像幅攝影系統校正程序，SfM方位前處理完成後，可提供既有校正程序中必要之內方位（焦距、像主點偏移及透鏡畸變量）、外方位（影像曝光點坐標及姿態角， $X/Y/Z/Roll/Pitch/Yaw$ ）及連結點像坐標（應經過SfM初步除錯），其中內、外方位可作為空三平差之初始值，而連結點則是在當校正標觀測量（量測值）不足以進行空三平差時，可導入作為觀測量使用，如表4-2所列之比較，ST-Y6+Sony A7兩種不同航高之校正標像坐標量測數量，平均每張影像僅有6及3個校正標，如以人工手動進行連結點量測勢必曠日廢時，故以SfM技術產製連結點亦是輔助校正程序的一環；為確保方位成果符合已知的校正場控制點（校正標）坐標系統，應提供顧客至少5個控制點進行SfM方位預解算，本文實驗選取位於小校正場四個角落及中心各一點作為約制資料，如圖4-8中所示之A169、A153、A164、A138及A156，並根據SfM自率法附加參數進行透鏡畸變修正之影像重新取樣，再使用重新取樣後的影像（Undistortion Image）計算一次SfM內、外方位之預解算；依據既有

LPS/ORIMA校正程序之操作步驟，導入SfM技術產製的畸變修正後影像、SfM內/外方位及連結點後，即可採用圖4-8之控制點與檢核點配置計算及分析器差值。

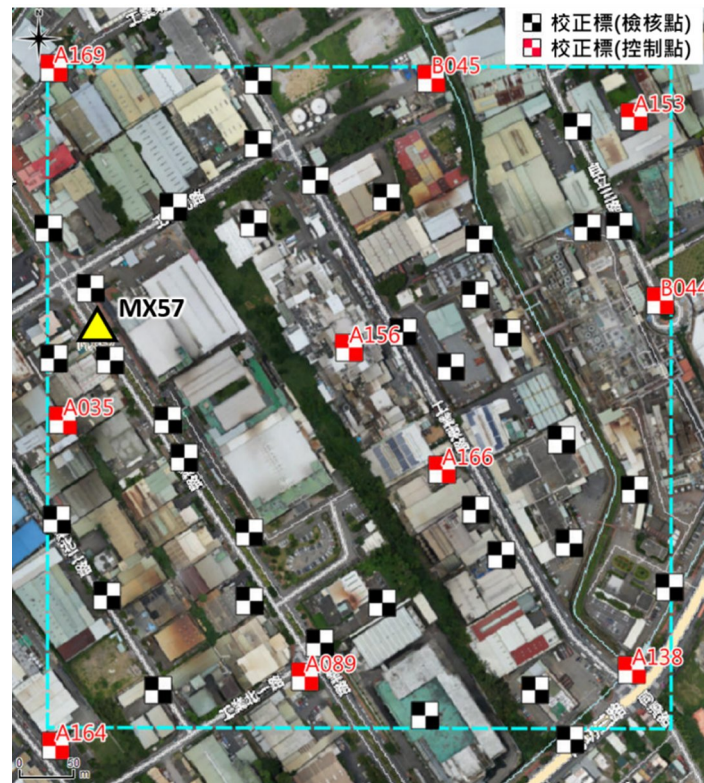


圖 4-8 控制點及檢核點配置

在經典航測空中三角測量方法中，導入經控制點約制之SfM平差後內、外方位可有效提升像坐標量測效率，同時對於空三平差之收斂品質有所幫助，以一般常見之UAS及感測器規格而言，必然優於UAS即時記錄的導航GPS坐標及室內率定成果（率定焦距與拍攝物距高相關）；另一方面，依照現行1/1000比例尺航測地形圖製圖規範之空三收斂標準，未有效處理透鏡畸變的小像幅航拍影像空三則一般均無法收斂sigma0在10 um以內。因此，結合SfM方法預處理不僅可以沿用現有中/大像幅的校正程序，亦可確保小像幅校正航拍影像在經典航測空中三角測量程序中的品管流程，如經過數次除錯並刪除粗差後仍無法收斂並計算出合理器差，則可視為方位預處理之瑕疵，無法進行校正並予以退件。

4.校正程序實驗數據

根據前述SfM輔助小像幅攝影系統校正程序，共設計8個實驗案例進行比較，相關數據如表4-11所示，主要變數包含連結點模式（LPS手動量測/SfM自動影像匹配）、LPS/ORIMA平差是否開啟自率法（是O/否X）及影像來源（原始影像/經SfM修正透鏡畸變後重新取樣），所有案例的初始內、外方位均來自SfM光束法平差之成果，並依照既有中/大像幅之校正程序步驟操作，進行校正標像坐標量測及空三平差，檢核點與控制點配置均參考自圖4-8，經迭代收斂計算得到檢核點坐標與已知標準值相減，即可得到校正器差($dX/dY/dZ/d2D/d3D$)成果列如表4-12至表4-19，其中Sig_X/Sig_Y/Sig_Z表示LPS/ORIMA平差報表中的標準差(Standard Deviation)、ER_X/ER_Y/ER_Z則表示外可靠度(External Reliability)，器差值之單位以公尺表示。

表4-12至表4-19之統計量以器差分析統計表顯示如表4-20至表4-29，分別計算均方根誤差（RMSE）、絕對平均誤差（MAE）、平均誤差（MEAN Error）、標準差（STDEV）、最小值（Min）及最大值（Max）；分別就Z、d2D及d3D分量繪製長條圖以利後續進行分析比較如圖4-9至圖4-11。

表 4-11 實驗案例相關數據

Case	A7_4cm _MAN	A7_4cm _MAN_SELF	A7_4cm _SfM_SELF	A7_4cm _undisto	A7_5.8cm _MAN	A7_5.8cm _MAN_SELF	A7_5.8cm _undisto	ebee_15cm _undisto
感測器系統	ST-Y6 + Sony A7 + 35mm							eBee RTK+ S.O.D.A
航高(對地高：公尺)	200				300			650
GSD(公分)	4	4	4	4	5.8	5.8	5.8	15
內方位群組數	1	1	1	1	1	1	1	1
校正航拍影像數量	630	630	630	630	399	399	399	27
連結點數量	176	176	9087	12528	190	190	7360	45
多餘觀測數(自由度)	888	888	1914	1926	1218	1218	1233	114
連結點模式	LPS手動量測		SfM	SfM	LPS手動量測		SfM	不需連結點
LPS/ORIMA自率法	X	O	O	X	X	O	X	X
IO/EO初始值來源	SfM自率光束法平差							
影像來源	原始影像	原始影像	原始影像	SfM 重新取樣	原始影像	原始影像	SfM 重新取樣	SfM 重新取樣
空三迭代次數	26	22	19	15	18	19	16	10
空三收斂後像坐標觀測值(連結點)之殘餘誤差均方根值($\sigma_{0,m}$)	0.0112	0.0052	0.0050	0.0042	0.0120	0.0054	0.0041	0.0011

表 4-12 校正器差成果(Case:A7_4cm_MAN)

ID	Sig_X	Sig_Y	Sig_Z	ER_X	ER_Y	ER_Z	dX	dY	dZ	d2D	d3D
A031	0.0501	0.0659	0.2967	0.063	0.146	0.562	-0.061	0.120	0.177	0.135	0.223
A033	0.0406	0.0512	0.2114	0.034	0.037	0.118	-0.124	-0.006	0.208	0.125	0.242
A050	0.2858	0.1018	0.777	2.394	0.839	6.088	0.454	-0.270	1.895	0.528	1.968
A054	0.038	0.0383	0.1659	0.023	0.028	0.094	-0.214	0.022	-0.593	0.215	0.631
A067	0.0376	0.039	0.1341	0.039	0.059	0.165	-0.169	0.012	-0.489	0.170	0.518
A068	0.0471	0.0481	0.1962	0.043	0.044	0.179	-0.230	0.054	-0.503	0.236	0.555
A088	0.0521	0.0382	0.0079	0.085	0.068	0	-0.118	0.052	-0.609	0.129	0.623
A105	0.0393	0.0319	0.1221	0.085	0.035	0.218	-0.014	0.126	0.347	0.126	0.370
A108	0.0431	0.036	0.1122	0.061	0.043	0.173	-0.059	-0.091	0.470	0.109	0.482
A109	0.0286	0.0294	0.0112	0.038	0.042	0.002	-0.116	0.067	1.255	0.135	1.262
A115	0.0479	0.0463	0.12	0.053	0.041	0.134	-0.207	0.191	-0.285	0.281	0.401
A117	0.0421	0.0411	0.1511	0.038	0.051	0.161	-0.191	0.085	-0.187	0.209	0.280
A121	0.0312	0.0313	0.0858	0.038	0.033	0.119	0.030	0.132	0.713	0.136	0.726
A124	0.0341	0.0276	0.1268	0.038	0.034	0.168	-0.210	0.019	0.260	0.211	0.335
A127	0.0513	0.0509	0.2043	0.094	0.074	0.461	-0.016	0.038	0.388	0.041	0.391
A129	0.0449	0.0446	0.1514	0.055	0.07	0.18	-0.075	0.020	-0.107	0.078	0.133
A139	0.05	0.0475	0.1881	0.078	0.064	0.181	0.061	-0.066	0.249	0.090	0.265
A140	0.0551	0.0527	0.2481	0.047	0.064	0.226	0.262	-0.022	0.037	0.263	0.266
A145	0.0344	0.029	0.1345	0.04	0.031	0.218	-0.070	0.027	-0.042	0.075	0.085
A148	0.0358	0.0368	0.1736	0.028	0.03	0.135	-0.112	-0.020	-1.037	0.113	1.043
A149	0.0397	0.0401	0.1934	0.049	0.035	0.24	-0.150	-0.018	-0.369	0.151	0.399
A150	0.0378	0.0337	0.1667	0.029	0.03	0.187	-0.121	0.018	-0.425	0.122	0.442
A151	0.0423	0.0299	0.1508	0.078	0.036	0.14	-0.125	-0.025	-0.040	0.128	0.134
A152	0.0035	0.0035	0.0035	0	0	0	-0.146	-0.043	0.750	0.152	0.765
A155	0.035	0.0317	0.1264	0.037	0.032	0.183	-0.165	0.093	0.195	0.190	0.272
A158	0.0592	0.0581	0.2676	0.098	0.097	0.574	-0.159	-0.057	-0.066	0.169	0.182
A159	0.0422	0.0505	0.2295	0.048	0.078	0.193	-0.215	0.016	0.157	0.216	0.267
A160	0.0433	0.0571	0.3039	0.09	0.191	1.111	-0.132	0.098	0.156	0.164	0.226
A161	0.0701	0.1171	0.5067	0.2	0.335	1.599	-0.168	0.139	1.730	0.218	1.743
A162	0.0606	0.0717	0.2526	0.106	0.076	0.301	-0.011	-0.153	0.245	0.154	0.289
A163	0.0519	0.0447	0.2398	0.049	0.054	0.205	-0.051	-0.106	-0.095	0.117	0.151
A167	0.0314	0.0305	0.1205	0.038	0.033	0.177	-0.086	0.042	-0.139	0.095	0.169
A168	0.0736	0.0678	0.0112	0.141	0.094	0.001	-0.164	0.493	1.413	0.520	1.506
B040	0.0331	0.0323	0.1005	0.04	0.046	0.153	-0.280	0.095	-0.595	0.296	0.665
B052	0.039	0.0409	0.1817	0.022	0.027	0.094	-0.111	-0.089	-0.928	0.142	0.939

表 4-13 校正器差成果(Case:A7_4cm_MAN_SELF)

ID	Sig_X	Sig_Y	Sig_Z	ER_X	ER_Y	ER_Z	dX	dY	dZ	d2D	d3D
A031	0.0206	0.0239	0.0907	0.027	0.07	0.253	0.014	0.010	0.050	0.017	0.053
A033	0.0161	0.0175	0.0453	0.015	0.014	0.051	-0.001	-0.004	-0.062	0.004	0.062
A050	0.0726	0.0389	0.1793	0.435	0.192	1.149	0.124	0.038	0.301	0.130	0.328
A054	0.0119	0.0126	0.0313	0.009	0.01	0.024	0.027	-0.001	-0.072	0.027	0.077
A067	0.0125	0.0122	0.0308	0.012	0.012	0.035	0.007	0.035	0.013	0.035	0.037
A068	0.0155	0.0137	0.0378	0.012	0.013	0.037	0.035	0.023	0.072	0.042	0.083
A088	0.0155	0.0133	0.0439	0.025	0.014	0.058	0.028	-0.001	-0.067	0.028	0.073
A105	0.0148	0.0122	0.038	0.028	0.013	0.062	0.013	0.017	-0.060	0.021	0.064
A108	0.0122	0.0112	0.0285	0.018	0.012	0.043	0.032	0.005	0.021	0.032	0.038
A109	0.0103	0.0104	0.0051	0.01	0.012	0.001	0.025	-0.033	0.052	0.041	0.067
A115	0.0143	0.0154	0.0423	0.016	0.019	0.069	0.021	-0.001	-0.145	0.021	0.147
A117	0.0128	0.0131	0.0327	0.012	0.014	0.032	0.038	0.017	0.000	0.041	0.041
A121	0.0109	0.0109	0.0254	0.011	0.01	0.027	0.006	-0.008	-0.030	0.010	0.032
A124	0.011	0.0106	0.0276	0.01	0.011	0.028	0.013	-0.018	-0.067	0.022	0.071
A127	0.0153	0.0161	0.0489	0.021	0.029	0.096	0.006	0.039	-0.066	0.039	0.076
A129	0.0138	0.0135	0.0335	0.012	0.016	0.048	-0.002	0.013	-0.063	0.013	0.064
A139	0.019	0.0162	0.0455	0.023	0.018	0.056	0.005	-0.021	-0.069	0.022	0.073
A140	0.0194	0.0155	0.047	0.016	0.014	0.059	0.014	0.013	-0.094	0.019	0.096
A145	0.0122	0.0116	0.033	0.012	0.012	0.04	0.007	-0.010	-0.015	0.012	0.019
A148	0.0118	0.0134	0.0324	0.009	0.01	0.025	0.032	0.012	-0.056	0.034	0.066
A149	0.0137	0.0141	0.0357	0.015	0.012	0.042	0.013	0.046	-0.038	0.048	0.062
A150	0.012	0.0127	0.0388	0.011	0.012	0.055	0.008	0.028	-0.075	0.029	0.081
A151	0.0113	0.0115	0.031	0.014	0.011	0.038	0.047	0.021	-0.114	0.051	0.125
A152	0.0016	0.0016	0.0017	0	0	0	0.005	-0.054	0.065	0.054	0.084
A155	0.0118	0.0114	0.0315	0.013	0.01	0.039	0.005	0.022	-0.036	0.022	0.043
A158	0.0168	0.019	0.0495	0.04	0.028	0.148	0.040	0.041	-0.090	0.057	0.107
A159	0.0157	0.0174	0.0482	0.017	0.026	0.068	0.022	0.010	-0.044	0.024	0.050
A160	0.0191	0.0236	0.1202	0.037	0.092	0.502	0.041	0.000	0.022	0.041	0.047
A161	0.0268	0.0285	0.1124	0.039	0.118	0.401	0.019	0.002	0.262	0.019	0.263
A162	0.0188	0.0238	0.0587	0.028	0.022	0.069	0.011	0.016	-0.221	0.019	0.221
A163	0.0163	0.0175	0.0506	0.021	0.016	0.058	0.016	0.036	-0.066	0.039	0.077
A167	0.012	0.0122	0.04	0.011	0.013	0.058	0.001	0.001	-0.072	0.001	0.072
A168	0.0145	0.0209	0.0391	0.02	0.039	0.054	0.013	0.028	0.036	0.031	0.047
B040	0.013	0.014	0.0375	0.016	0.02	0.05	0.016	-0.012	-0.062	0.020	0.065
B052	0.0127	0.0152	0.0381	0.009	0.01	0.031	0.018	-0.006	-0.040	0.019	0.044

表 4-14 校正器差成果(Case:A7_4cm_SFM_SELF)

ID	Sig_X	Sig_Y	Sig_Z	ER_X	ER_Y	ER_Z	dX	dY	dZ	d2D	d3D
A031	0.0263	0.0571	0.4784	0.41	1.529	10.13	-0.042	0.015	0.085	0.044	0.096
A033	0.012	0.0155	0.0443	0.022	0.031	0.068	-0.022	0.013	-0.070	0.025	0.074
A054	0.0104	0.0104	0.039	0.018	0.017	0.059	-0.042	0.031	-0.147	0.052	0.155
A067	0.0072	0.0073	0.0197	0.005	0.005	0.021	-0.028	-0.002	-0.044	0.028	0.052
A068	0.0094	0.0091	0.0369	0.016	0.012	0.067	-0.009	-0.007	-0.025	0.011	0.028
A088	0.0072	0.0072	0.0191	0.006	0.005	0.019	-0.046	-0.004	-0.018	0.047	0.050
A108	0.0116	0.0107	0.0563	0.024	0.018	0.114	-0.045	-0.027	0.013	0.053	0.054
A109	0.018	0.0161	0.2087	0.072	0.069	1.068	0.009	-0.027	-0.079	0.029	0.085
A117	0.0077	0.0078	0.0203	0.006	0.006	0.02	-0.053	-0.029	-0.005	0.060	0.060
A121	0.0151	0.0161	0.1394	0.066	0.065	0.663	0.015	-0.014	-0.039	0.021	0.044
A124	0.0069	0.007	0.0179	0.004	0.004	0.015	0.021	-0.005	-0.045	0.022	0.050
A127	0.0087	0.0088	0.0367	0.011	0.012	0.055	-0.027	-0.014	-0.089	0.031	0.094
A129	0.0073	0.0073	0.0193	0.005	0.005	0.02	-0.038	-0.022	-0.020	0.044	0.048
A132	0.0099	0.0103	0.0332	0.012	0.012	0.061	-0.016	0.007	0.017	0.018	0.025
A139	0.0252	0.0474	0.5687	0.231	1.286	12.301	-0.039	-0.053	0.108	0.066	0.126
A140	0.007	0.0068	0.0166	0.004	0.003	0.011	-0.034	-0.021	0.043	0.040	0.059
A145	0.007	0.0071	0.0183	0.004	0.004	0.015	0.018	-0.019	0.021	0.027	0.034
A148	0.0074	0.0075	0.0188	0.004	0.004	0.015	-0.008	0.059	-0.112	0.060	0.127
A149	0.008	0.0078	0.0199	0.007	0.006	0.019	-0.032	0.063	-0.062	0.071	0.094
A150	0.0084	0.0082	0.0307	0.009	0.007	0.037	0.014	0.065	0.000	0.067	0.067
A151	0.0104	0.0104	0.0505	0.016	0.017	0.098	0.011	0.043	-0.054	0.044	0.070
A152	0.0134	0.0127	0.1003	0.038	0.024	0.399	0.012	-0.008	-0.020	0.015	0.025
A155	0.0153	0.0205	0.2078	0.049	0.112	0.928	-0.027	0.009	-0.238	0.029	0.239
A158	0.0107	0.0104	0.0476	0.025	0.02	0.137	-0.024	0.021	-0.115	0.031	0.119
A159	0.0075	0.0072	0.0191	0.004	0.005	0.018	-0.051	0.024	-0.046	0.056	0.073
A161	0.1143	0.0696	0.4091	4.578	2.18	14.041	0.048	-0.001	0.228	0.048	0.233
A162	0.096	0.0529	0.368	2.939	2.214	11.82	-0.106	-0.080	-0.485	0.133	0.503
A167	0.0071	0.0073	0.0197	0.004	0.005	0.018	-0.030	-0.014	-0.011	0.033	0.035
B032	0.0331	0.0154	0.0618	0.092	0.041	0.175	-0.066	0.032	0.130	0.073	0.149
B040	0.0233	0.0211	0.107	0.115	0.089	0.73	0.034	-0.018	-0.213	0.039	0.217
B052	0.0158	0.0147	0.1547	0.044	0.044	0.63	-0.032	0.063	0.002	0.071	0.071

表 4-15 校正器差成果(Case:A7_4cm_undisto)

Sig_X	Sig_Y	Sig_Z	ER_X	ER_Y	ER_Z	dX	dY	dZ	d2D	d3D
0.0059	0.0059	0.0176	0.005	0.006	0.023	0.030	0.004	-0.005	0.031	0.031
0.0049	0.0049	0.0124	0.003	0.004	0.012	0.026	0.008	0.002	0.027	0.027
0.0047	0.0047	0.0125	0.003	0.004	0.011	0.009	-0.008	-0.016	0.012	0.020
0.0047	0.0048	0.0121	0.003	0.004	0.012	-0.014	0.026	-0.025	0.030	0.039
0.005	0.005	0.0141	0.004	0.004	0.018	0.020	0.028	-0.013	0.034	0.036
0.0051	0.0049	0.0132	0.005	0.004	0.016	-0.028	0.010	0.066	0.029	0.072
0.0045	0.0045	0.0119	0.004	0.004	0.012	-0.011	-0.001	-0.070	0.011	0.071
0.0047	0.0047	0.0113	0.004	0.004	0.01	-0.019	0.013	-0.041	0.023	0.047
0.0044	0.0044	0.0109	0.003	0.003	0.01	-0.005	-0.013	-0.043	0.014	0.045
0.0055	0.0056	0.0144	0.005	0.005	0.017	-0.016	0.010	0.049	0.019	0.052
0.0052	0.0052	0.013	0.004	0.004	0.015	-0.022	0.000	-0.020	0.022	0.029
0.0043	0.0043	0.0109	0.003	0.003	0.009	0.002	0.001	-0.061	0.002	0.061
0.0049	0.005	0.0126	0.004	0.004	0.013	0.000	-0.020	-0.048	0.020	0.052
0.0048	0.0047	0.0125	0.004	0.004	0.012	-0.012	0.001	-0.081	0.012	0.082
0.005	0.005	0.0129	0.004	0.004	0.014	-0.012	-0.005	-0.035	0.013	0.038
0.0066	0.0071	0.0205	0.008	0.01	0.033	-0.014	0.004	0.108	0.015	0.109
0.0056	0.0054	0.0132	0.005	0.005	0.013	-0.004	-0.007	-0.070	0.008	0.071
0.0047	0.0045	0.0107	0.003	0.003	0.008	-0.010	-0.004	-0.066	0.011	0.067
0.005	0.005	0.0129	0.003	0.004	0.012	-0.001	-0.011	-0.002	0.011	0.011
0.0127	0.0097	0.0292	0.038	0.023	0.105	0.000	-0.029	-0.048	0.029	0.056
0.0049	0.005	0.0133	0.004	0.004	0.014	0.012	-0.003	0.006	0.013	0.014
0.0051	0.0051	0.0129	0.004	0.004	0.014	0.022	0.005	0.025	0.022	0.033
0.0046	0.0047	0.0123	0.003	0.003	0.012	0.028	0.017	0.050	0.033	0.060
0.0047	0.0047	0.0125	0.004	0.003	0.012	0.022	-0.007	0.002	0.023	0.023
0.0047	0.0047	0.0119	0.003	0.003	0.012	0.005	-0.015	-0.002	0.016	0.016
0.0043	0.0043	0.0111	0.003	0.003	0.01	0.001	-0.002	-0.013	0.002	0.013
0.0051	0.0049	0.0147	0.006	0.004	0.022	0.020	0.016	0.000	0.026	0.026
0.0049	0.0049	0.0137	0.004	0.004	0.015	0.017	0.019	-0.001	0.025	0.025
0.0055	0.0057	0.0172	0.005	0.007	0.025	0.005	0.019	-0.031	0.019	0.036
0.0056	0.0059	0.0163	0.005	0.007	0.021	0.020	0.003	-0.042	0.021	0.047
0.0074	0.0074	0.022	0.011	0.011	0.046	0.015	-0.010	-0.040	0.018	0.044
0.0061	0.0059	0.017	0.007	0.006	0.024	0.011	0.000	-0.016	0.011	0.019
0.0047	0.0048	0.0128	0.003	0.004	0.015	-0.016	0.007	0.013	0.018	0.022
0.0053	0.0054	0.0133	0.006	0.005	0.018	-0.007	0.041	0.069	0.042	0.081
0.0216	0.0111	0.042	0.05	0.03	0.114	-0.039	-0.034	0.016	0.052	0.054
0.0272	0.012	0.0507	0.079	0.035	0.149	0.030	0.031	-0.143	0.043	0.149
0.0059	0.0066	0.0166	0.005	0.007	0.023	-0.011	0.005	0.010	0.012	0.015
0.0054	0.0056	0.0166	0.004	0.005	0.021	0.014	-0.025	0.054	0.028	0.061
0.0101	0.0152	0.0345	0.02	0.098	0.22	0.004	-0.016	0.098	0.016	0.099

表 4-16 校正器差成果(Case:A7_5.8cm_MAN)

ID	Sig_X	Sig_Y	Sig_Z	ER_X	ER_Y	ER_Z	dX	dY	dZ	d2D	d3D
A031	0.0357	0.038	0.1378	0.029	0.038	0.111	-0.109	-0.044	-0.328	0.118	0.349
A033	0.0327	0.0346	0.1295	0.035	0.029	0.131	-0.034	0.033	-0.625	0.047	0.627
A050	0.052	0.051	0.2088	0.095	0.091	0.482	-0.047	-0.075	-0.025	0.089	0.093
A054	0.0333	0.0338	0.1341	0.026	0.027	0.106	0.092	-0.071	-0.494	0.116	0.508
A067	0.0298	0.0303	0.1027	0.022	0.028	0.093	0.122	-0.024	-0.383	0.124	0.403
A068	0.0301	0.03	0.1202	0.025	0.025	0.112	0.131	0.024	-0.401	0.134	0.423
A088	0.03	0.0305	0.1046	0.026	0.032	0.137	0.078	-0.061	-0.220	0.099	0.241
A105	0.0287	0.0278	0.1043	0.024	0.023	0.109	-0.014	0.021	-0.161	0.025	0.163
A108	0.0297	0.0275	0.0844	0.029	0.023	0.081	-0.043	-0.063	-0.209	0.076	0.223
A109	0.0314	0.0291	0.1171	0.023	0.021	0.085	0.016	-0.015	-0.039	0.022	0.045
A115	0.0345	0.0331	0.1097	0.03	0.028	0.144	0.004	0.074	-0.060	0.074	0.095
A117	0.0326	0.0293	0.1035	0.035	0.028	0.101	0.043	-0.071	0.127	0.083	0.152
A121	0.0308	0.0287	0.1146	0.027	0.022	0.106	0.019	-0.025	0.385	0.031	0.386
A124	0.0403	0.035	0.12	0.071	0.038	0.224	-0.230	-0.079	0.036	0.243	0.246
A127	0.0308	0.0312	0.1077	0.024	0.028	0.106	-0.039	-0.010	-0.137	0.041	0.143
A129	0.0304	0.0293	0.1001	0.024	0.024	0.082	-0.033	-0.086	0.065	0.092	0.113
A139	0.0383	0.0375	0.1488	0.032	0.032	0.118	0.021	-0.056	-0.178	0.060	0.188
A140	0.0372	0.0335	0.1269	0.035	0.026	0.098	0.028	-0.088	0.288	0.092	0.302
A145	0.0352	0.0318	0.1024	0.047	0.027	0.136	-0.012	-0.038	-0.533	0.040	0.534
A148	0.0357	0.037	0.1539	0.026	0.033	0.108	0.135	-0.064	-0.200	0.149	0.249
A149	0.0354	0.0342	0.1415	0.033	0.03	0.123	-0.050	-0.042	-0.555	0.065	0.558
A150	0.0338	0.0339	0.1437	0.025	0.033	0.137	0.043	-0.059	-0.106	0.073	0.129
A151	0.0321	0.032	0.136	0.025	0.028	0.122	0.081	-0.034	-0.201	0.088	0.220
A152	0.0334	0.0308	0.1311	0.031	0.025	0.126	0.010	-0.029	-0.200	0.030	0.202
A155	0.0301	0.03	0.1302	0.022	0.025	0.116	0.051	0.005	-0.096	0.052	0.109
A158	0.0321	0.0275	0.108	0.03	0.021	0.127	-0.018	0.056	-0.163	0.059	0.174
A159	0.0284	0.0295	0.1047	0.019	0.023	0.088	-0.003	0.009	-0.538	0.009	0.538
A160	0.0284	0.0313	0.1048	0.024	0.025	0.102	-0.093	-0.013	0.018	0.094	0.096
A161	0.0327	0.0348	0.1182	0.025	0.028	0.106	-0.106	0.074	0.123	0.129	0.178
A162	0.0397	0.0467	0.158	0.049	0.065	0.226	-0.159	-0.054	0.803	0.168	0.820
A163	0.0353	0.0347	0.1177	0.037	0.043	0.129	-0.011	0.063	-0.610	0.064	0.613
A167	0.0288	0.0291	0.0917	0.024	0.025	0.104	0.014	-0.005	0.163	0.015	0.163
A168	0.039	0.0421	0.1039	0.04	0.045	0.091	-0.076	0.143	-0.178	0.162	0.241
B040	0.0468	0.0362	0.1629	0.081	0.044	0.235	-0.110	-0.057	-0.096	0.123	0.156
B052	0.0447	0.0451	0.1929	0.051	0.048	0.209	0.049	-0.069	-0.173	0.085	0.193

表 4-17 校正器差成果(Case: A7_5.8cm_MAN_SELF)

ID	Sig_X	Sig_Y	Sig_Z	ER_X	ER_Y	ER_Z	dX	dY	dZ	d2D	d3D
A031	0.0135	0.0132	0.0393	0.012	0.014	0.042	-0.025	-0.016	-0.049	0.029	0.057
A033	0.0126	0.0125	0.0458	0.014	0.014	0.063	-0.001	-0.019	-0.129	0.019	0.130
A050	0.0202	0.0192	0.0659	0.038	0.033	0.174	-0.049	-0.007	0.013	0.050	0.051
A054	0.0123	0.0131	0.0392	0.01	0.011	0.039	0.010	0.004	-0.048	0.010	0.050
A067	0.0113	0.0116	0.0332	0.009	0.01	0.033	0.005	0.007	0.008	0.009	0.012
A068	0.0113	0.0113	0.036	0.009	0.009	0.033	-0.015	0.016	0.003	0.022	0.022
A088	0.0117	0.0124	0.0381	0.01	0.013	0.054	0.002	-0.034	0.001	0.034	0.034
A105	0.0114	0.0109	0.0343	0.009	0.009	0.039	0.039	0.010	-0.073	0.041	0.084
A108	0.0122	0.0112	0.0329	0.012	0.009	0.034	0.004	0.006	-0.036	0.007	0.037
A109	0.0125	0.0114	0.036	0.011	0.008	0.035	0.035	0.008	-0.079	0.036	0.087
A115	0.0139	0.0137	0.0421	0.012	0.011	0.051	-0.023	0.025	-0.007	0.034	0.035
A117	0.0138	0.0121	0.0374	0.017	0.011	0.045	0.002	0.003	0.003	0.003	0.005
A121	0.0123	0.0111	0.0341	0.012	0.008	0.032	0.033	0.003	-0.023	0.033	0.040
A124	0.016	0.0149	0.0464	0.026	0.016	0.083	0.020	0.006	-0.044	0.021	0.049
A127	0.0122	0.0113	0.033	0.009	0.009	0.033	0.012	-0.009	-0.080	0.015	0.082
A129	0.0126	0.0116	0.0336	0.01	0.009	0.031	0.019	-0.018	-0.014	0.026	0.030
A139	0.0159	0.0148	0.0473	0.013	0.012	0.046	-0.025	-0.005	0.011	0.026	0.028
A140	0.0153	0.0131	0.0393	0.013	0.01	0.039	0.008	-0.019	0.039	0.020	0.044
A145	0.0149	0.0129	0.0383	0.02	0.01	0.049	0.008	0.013	-0.011	0.015	0.019
A148	0.0132	0.015	0.0407	0.011	0.013	0.036	0.019	0.008	-0.031	0.021	0.038
A149	0.0133	0.0133	0.039	0.015	0.012	0.048	0.003	-0.004	-0.133	0.005	0.133
A150	0.0125	0.0137	0.0384	0.01	0.013	0.034	0.045	0.008	0.018	0.046	0.049
A151	0.0123	0.0128	0.0428	0.009	0.011	0.042	0.045	0.026	-0.036	0.052	0.063
A152	0.0133	0.012	0.0428	0.013	0.01	0.041	0.030	0.023	-0.069	0.038	0.078
A155	0.0118	0.0116	0.0408	0.009	0.009	0.046	0.032	0.018	-0.036	0.037	0.051
A158	0.0116	0.0106	0.0327	0.013	0.008	0.037	0.003	-0.005	-0.066	0.006	0.067
A159	0.0106	0.0108	0.0345	0.008	0.009	0.039	0.023	-0.015	-0.063	0.027	0.068
A160	0.0112	0.0109	0.0377	0.011	0.01	0.041	0.002	-0.019	0.011	0.019	0.022
A161	0.013	0.0124	0.0375	0.01	0.011	0.036	-0.008	0.009	-0.088	0.012	0.089
A162	0.016	0.015	0.0437	0.02	0.017	0.058	-0.007	-0.021	0.081	0.022	0.084
A163	0.0137	0.014	0.0439	0.014	0.015	0.058	-0.012	0.000	-0.061	0.012	0.062
A167	0.0117	0.0123	0.0335	0.01	0.01	0.035	-0.008	-0.030	0.083	0.031	0.088
A168	0.0132	0.0145	0.0363	0.011	0.013	0.035	-0.006	0.025	0.029	0.026	0.039
B040	0.0204	0.0158	0.0712	0.036	0.02	0.106	-0.001	-0.014	-0.005	0.014	0.014
B052	0.0165	0.0183	0.0589	0.021	0.019	0.08	0.000	0.017	-0.029	0.017	0.034

表 4-18 校正器差成果(Case:A7_5.8cm_undisto)

ID	Sig_X	Sig_Y	Sig_Z	ER_X	ER_Y	ER_Z	dX	dY	dZ	d2D	d3D
A031	0.0078	0.0075	0.0195	0.008	0.008	0.025	0.004	-0.017	-0.048	0.017	0.051
A033	0.007	0.0069	0.0197	0.007	0.006	0.025	0.002	-0.016	-0.053	0.016	0.055
A050	0.0074	0.0073	0.0195	0.009	0.008	0.028	0.014	-0.021	-0.076	0.025	0.080
A054	0.0061	0.0063	0.0157	0.004	0.005	0.016	0.014	-0.025	-0.029	0.029	0.041
A067	0.0058	0.0059	0.0139	0.004	0.004	0.012	-0.014	-0.024	0.001	0.028	0.028
A068	0.0068	0.0068	0.0194	0.006	0.006	0.026	-0.018	-0.016	0.008	0.024	0.025
A088	0.0055	0.0057	0.0133	0.004	0.004	0.012	-0.022	-0.044	0.047	0.050	0.068
A105	0.0053	0.0053	0.0138	0.003	0.003	0.011	0.008	0.012	-0.007	0.014	0.016
A108	0.0058	0.0057	0.0154	0.005	0.004	0.015	0.006	0.013	-0.061	0.015	0.063
A109	0.0053	0.0053	0.0131	0.003	0.003	0.01	-0.003	0.015	-0.024	0.015	0.028
A112	0.0119	0.0185	0.038	0.023	0.033	0.075	0.027	-0.001	0.054	0.104	0.117
A115	0.0074	0.0073	0.0219	0.007	0.006	0.027	-0.003	-0.003	-0.021	0.004	0.021
A117	0.006	0.0057	0.0144	0.005	0.004	0.013	0.006	0.010	-0.055	0.012	0.057
A121	0.0054	0.0052	0.0131	0.003	0.003	0.01	0.011	0.019	-0.019	0.022	0.029
A124	0.0061	0.0062	0.0159	0.004	0.004	0.015	-0.005	0.005	-0.056	0.008	0.056
A127	0.0058	0.0057	0.0156	0.004	0.004	0.014	0.017	0.000	-0.065	0.018	0.067
A129	0.0062	0.006	0.0146	0.005	0.004	0.013	0.001	0.008	-0.022	0.008	0.023
A132	0.0105	0.0105	0.0362	0.016	0.017	0.066	0.010	0.006	0.020	0.012	0.024
A139	0.0073	0.0067	0.0166	0.007	0.005	0.015	0.001	0.025	0.006	0.025	0.026
A140	0.0068	0.0063	0.0173	0.006	0.005	0.017	0.005	0.007	-0.022	0.008	0.023
A145	0.0064	0.0064	0.0172	0.005	0.005	0.016	0.005	0.021	-0.048	0.021	0.052
A146	0.0111	0.0091	0.0244	0.014	0.013	0.045	0.010	0.039	-0.021	0.041	0.127
A148	0.006	0.0062	0.0139	0.004	0.005	0.011	0.017	-0.022	-0.009	0.028	0.030
A149	0.0066	0.0068	0.017	0.005	0.006	0.016	0.016	-0.029	-0.016	0.033	0.037
A150	0.0058	0.006	0.0147	0.004	0.005	0.012	0.037	-0.003	0.062	0.038	0.072
A151	0.0058	0.006	0.0153	0.004	0.005	0.014	0.015	-0.009	0.031	0.017	0.035
A152	0.0057	0.0057	0.0148	0.004	0.004	0.012	-0.007	0.000	0.029	0.007	0.030
A155	0.0053	0.0053	0.0136	0.003	0.003	0.01	0.021	0.013	0.000	0.025	0.025
A158	0.0057	0.0056	0.0135	0.004	0.004	0.011	0.017	-0.010	-0.044	0.019	0.048
A159	0.0062	0.0061	0.0176	0.005	0.005	0.022	0.019	-0.020	-0.028	0.027	0.039
A160	0.0066	0.0063	0.0175	0.006	0.006	0.023	0.009	-0.007	-0.029	0.011	0.031
A161	0.0073	0.0071	0.0194	0.007	0.007	0.026	-0.007	0.026	-0.033	0.027	0.043
A162	0.0075	0.0075	0.0192	0.007	0.007	0.025	-0.025	0.014	0.097	0.029	0.101
A163	0.0076	0.0078	0.0204	0.008	0.008	0.028	-0.057	-0.016	0.017	0.059	0.062
A167	0.0059	0.006	0.0145	0.005	0.004	0.013	-0.012	-0.045	0.033	0.046	0.057
A168	0.0062	0.0064	0.0156	0.005	0.005	0.016	-0.005	0.000	0.044	0.005	0.044
B031	0.0148	0.0106	0.0316	0.019	0.015	0.057	0.057	0.070	-0.081	0.091	0.202
B032	0.0173	0.0116	0.039	0.024	0.016	0.073	0.021	0.048	0.005	0.052	0.053
B040	0.0074	0.0092	0.0205	0.007	0.011	0.027	-0.016	0.004	-0.032	0.017	0.036
B043	0.0143	0.025	0.0391	0.024	0.056	0.102	-0.066	-0.017	0.122	0.068	0.140
B052	0.0069	0.0072	0.018	0.006	0.006	0.018	0.009	-0.029	0.031	0.030	0.043
B101	0.0546	0.0555	0.1393	0.232	0.199	0.518	0.002	-0.045	0.040	0.045	0.060
B106	0.011	0.0143	0.0339	0.019	0.027	0.056	-0.068	0.019	0.048	0.070	0.085

表 4-19 校正器差成果(Case:abee_15cm_undisto)

ID	Sig_X	Sig_Y	Sig_Z	ER_X	ER_Y	ER_Z	dX	dY	dZ	d2D	d3D
A031	0.0359	0.0264	0.0937	0.098	0.044	0.205	0.048	0.025	-0.029	0.055	0.062
A033	0.0288	0.0216	0.0799	0.063	0.028	0.15	0.000	0.048	-0.008	0.048	0.049
A050	0.0191	0.017	0.0513	0.026	0.02	0.072	0.032	0.016	0.043	0.036	0.056
A054	0.0203	0.0207	0.0695	0.029	0.025	0.11	0.028	0.048	-0.181	0.055	0.189
A067	0.018	0.0209	0.0583	0.02	0.035	0.082	0.021	0.035	0.000	0.041	0.041
A068	0.0198	0.0186	0.0586	0.03	0.024	0.099	-0.035	0.014	-0.061	0.038	0.072
A074	0.3386	0.2951	0.5781	12.274	8.752	17.711	0.073	-0.231	0.372	0.242	0.444
A088	0.0169	0.0191	0.0479	0.02	0.026	0.066	0.029	-0.005	0.036	0.029	0.047
A105	0.0169	0.0163	0.0469	0.02	0.017	0.057	0.035	0.026	-0.061	0.044	0.075
A108	0.0187	0.0189	0.0562	0.022	0.025	0.104	0.033	0.000	-0.084	0.033	0.090
A109	0.0181	0.018	0.0526	0.022	0.02	0.07	0.013	0.030	-0.072	0.032	0.079
A112	0.0404	0.0545	0.1101	0.147	0.171	0.338	0.053	-0.034	-0.091	0.063	0.111
A115	0.0236	0.0262	0.0821	0.034	0.041	0.152	0.023	-0.001	-0.181	0.023	0.182
A117	0.0186	0.0193	0.055	0.021	0.025	0.078	0.030	0.025	-0.022	0.039	0.045
A121	0.0179	0.017	0.0485	0.021	0.017	0.057	0.016	0.040	-0.031	0.043	0.053
A124	0.0232	0.0214	0.0629	0.036	0.028	0.102	0.009	0.018	-0.115	0.020	0.117
A127	0.019	0.0177	0.0534	0.023	0.018	0.073	0.027	0.017	-0.076	0.032	0.083
A129	0.02	0.0198	0.0559	0.026	0.026	0.074	-0.002	-0.003	0.019	0.003	0.020
A132	0.0269	0.0332	0.087	0.045	0.056	0.207	0.015	-0.051	-0.052	0.053	0.075
A140	0.0235	0.0207	0.0628	0.034	0.026	0.094	0.054	-0.017	-0.048	0.057	0.074
A145	0.0275	0.0259	0.0847	0.051	0.043	0.182	-0.003	0.014	-0.095	0.014	0.096
A146	0.0498	0.0258	0.095	0.098	0.045	0.224	-0.061	0.036	-0.159	0.071	0.174
A148	0.0212	0.026	0.079	0.028	0.04	0.144	0.030	0.075	-0.170	0.081	0.188
A149	0.0247	0.0233	0.0775	0.047	0.035	0.142	-0.018	0.053	-0.117	0.056	0.130
A150	0.0199	0.0218	0.0628	0.028	0.024	0.111	0.017	0.041	0.008	0.044	0.045
A151	0.0186	0.0207	0.0614	0.023	0.025	0.095	0.030	0.051	-0.137	0.059	0.150
A152	0.0199	0.0192	0.0624	0.031	0.021	0.112	0.040	0.020	-0.140	0.045	0.147
A155	0.016	0.0163	0.0469	0.016	0.016	0.057	0.024	0.063	-0.003	0.068	0.068
A158	0.0203	0.0179	0.0575	0.029	0.022	0.086	0.032	0.012	-0.066	0.034	0.074
A159	0.0243	0.0195	0.064	0.043	0.021	0.11	0.044	0.051	0.021	0.067	0.070
A160	0.0293	0.0202	0.0721	0.06	0.027	0.122	0.016	0.054	0.064	0.057	0.086
A161	0.0325	0.0219	0.0812	0.051	0.032	0.145	0.028	0.003	0.043	0.028	0.051
A162	0.0279	0.0238	0.0777	0.043	0.046	0.135	0.006	0.044	0.014	0.044	0.046
A163	0.0261	0.0295	0.0898	0.043	0.062	0.164	0.038	0.058	0.174	0.069	0.188
A167	0.018	0.0213	0.0583	0.019	0.032	0.104	0.027	-0.015	-0.009	0.031	0.032
A168	0.0237	0.0273	0.0754	0.047	0.046	0.159	0.031	0.006	-0.080	0.032	0.086
B031	0.0522	0.0347	0.1366	0.147	0.08	0.592	0.025	-0.014	-0.290	0.028	0.292
B032	0.0457	0.0407	0.1103	0.081	0.117	0.254	-0.057	-0.007	0.074	0.057	0.094
B040	0.0271	0.0275	0.0724	0.051	0.041	0.113	-0.008	0.030	-0.137	0.031	0.140
B041	0.0763	0.0658	0.1571	0.285	0.189	0.472	-0.092	-0.232	0.140	0.249	0.286
B043	0.0474	0.1257	0.2317	0.191	0.633	0.995	0.051	0.151	-0.670	0.160	0.689
B052	0.0252	0.0332	0.0992	0.047	0.064	0.221	-0.001	0.096	-0.180	0.096	0.204
B106	0.0423	0.0538	0.1355	0.107	0.22	0.46	0.012	0.022	0.128	0.025	0.131

表 4-20 器差分析統計表(Case:A7_4cm_MAN)

統計量	X	Y	Z	d2D	d3D
MAX	0.454	0.493	1.895	0.528	1.968
MIN	-0.280	-0.270	-1.037	0.041	0.085
MAE	0.166	0.082	0.487	0.178	0.541
MEAN	-0.093	0.028	0.118	0.178	0.541
STDEV	0.138	0.122	0.677	0.104	0.463
RMSE	0.165	0.123	0.677	0.206	0.708

表 4-21 器差分析統計表(Case:A7_4cm_MAN_SELF)

統計量	X	Y	Z	d2D	d3D
MAX	0.124	0.046	0.301	0.130	0.328
MIN	-0.041	-0.054	-0.221	0.001	0.019
MAE	0.021	0.017	0.077	0.031	0.084
MEAN	0.001	0.009	-0.024	0.031	0.084
STDEV	0.030	0.022	0.097	0.022	0.064
RMSE	0.030	0.023	0.099	0.038	0.106

表 4-22 器差分析統計表(Case:A7_4cm_SFM_SELF)

統計量	X	Y	Z	d2D	d3D
MAX	0.048	0.065	0.228	0.133	0.503
MIN	-0.106	-0.080	-0.485	0.011	0.025
MAE	0.029	0.027	0.080	0.045	0.102
MEAN	-0.020	0.003	-0.042	0.045	0.102
STDEV	0.032	0.034	0.123	0.024	0.095
RMSE	0.038	0.034	0.128	0.051	0.138

表 4-23 器差分析統計表(Case:A7_4cm_SFM_SELF)

統計量	X	Y	Z	d2D	d3D
MAX	0.030	0.041	0.108	0.052	0.149
MIN	-0.039	-0.034	-0.143	0.002	0.011
MAE	0.014	0.012	0.039	0.021	0.048
MEAN	0.002	0.001	-0.009	0.021	0.048
STDEV	0.017	0.016	0.050	0.011	0.029
RMSE	0.017	0.016	0.051	0.023	0.056

表 4-24 器差分析統計表(Case: A7_5.8cm_MAN)

統計量	X	Y	Z	d2D	d3D
MAX	0.135	0.143	0.803	0.243	0.820
MIN	-0.230	-0.088	-0.625	0.009	0.045
MAE	0.061	0.050	0.244	0.085	0.282
MEAN	-0.007	-0.021	-0.140	0.085	0.282
STDEV	0.080	0.054	0.295	0.050	0.189
RMSE	0.080	0.058	0.323	0.098	0.338

表 4-25 器差分析統計表(Case: A7_5.8cm_MAN_SELF)

統計量	X	Y	Z	d2D	d3D
MAX	0.045	0.026	0.083	0.052	0.133
MIN	-0.049	-0.034	-0.133	0.003	0.005
MAE	0.016	0.013	0.039	0.024	0.054
MEAN	0.006	0.000	-0.026	0.024	0.054
STDEV	0.021	0.016	0.049	0.013	0.031
RMSE	0.022	0.016	0.055	0.027	0.061

表 4-26 器差分析統計表(Case:A7_5.8cm_undisto)

統計量	X	Y	Z	d2D	d3D
MAX	0.057	0.070	0.122	0.104	0.202
MIN	-0.068	-0.101	-0.181	0.004	0.016
MAE	0.018	0.021	0.041	0.029	0.055
MEAN	0.001	-0.003	-0.009	0.029	0.055
STDEV	0.024	0.028	0.054	0.022	0.037
RMSE	0.019	0.028	0.053	0.034	0.063

表 4-27 器差分析統計表(Case: ebee_15cm_undisto)

統計量	X	Y	Z	d2D	d3D
MAX	0.073	0.151	0.372	0.249	0.689
MIN	-0.092	-0.232	-0.670	0.003	0.020
MAE	0.029	0.047	0.100	0.057	0.126
MEAN	0.014	0.014	-0.052	0.057	0.126
STDEV	0.033	0.065	0.149	0.049	0.120
RMSE	0.033	0.051	0.117	0.060	0.132

表 4-28 綜合案例器差分析統計表(單位:公尺)

器差分量	統計量	A7_4cm _MAN	A7_4cm _MAN_SELF	A7_4cm _SFM_SELF	A7_4cm _undisto	A7_5.8cm _MAN	A7_5.8cm _MAN_SELF	A7_5.8cm _undisto	ebee_15cm _undisto
d3D	MAX	1.968	0.328	0.503	0.149	0.820	0.133	0.202	0.689
	MIN	0.085	0.019	0.025	0.011	0.045	0.005	0.016	0.020
	MAE	0.541	0.084	0.102	0.048	0.282	0.054	0.055	0.126
	MEAN	0.541	0.084	0.102	0.048	0.282	0.054	0.055	0.126
	STDEV	0.463	0.064	0.095	0.029	0.189	0.031	0.037	0.120
	RMSE	0.708	0.106	0.138	0.056	0.338	0.061	0.063	0.132
d2D	MAX	0.528	0.130	0.133	0.052	0.243	0.052	0.104	0.249
	MIN	0.041	0.001	0.011	0.002	0.009	0.003	0.004	0.003
	MAE	0.178	0.031	0.045	0.021	0.085	0.024	0.029	0.057
	MEAN	0.178	0.031	0.045	0.021	0.085	0.024	0.029	0.057
	STDEV	0.104	0.022	0.024	0.011	0.050	0.013	0.022	0.049
	RMSE	0.206	0.038	0.051	0.023	0.098	0.027	0.034	0.060
Z	MAX	1.895	0.301	0.228	0.108	0.803	0.083	0.122	0.372
	MIN	-1.037	-0.221	-0.485	-0.143	-0.625	-0.133	-0.181	-0.670
	MAE	0.487	0.077	0.080	0.039	0.244	0.039	0.041	0.100
	MEAN	0.118	-0.024	-0.042	-0.009	-0.140	-0.026	-0.009	-0.052
	STDEV	0.677	0.097	0.123	0.050	0.295	0.049	0.054	0.149
	RMSE	0.677	0.099	0.128	0.051	0.323	0.055	0.053	0.117

表 4-29 綜合案例器差分析統計表(單位:像元)

器差分量	統計量	A7_4cm _MAN	A7_4cm _MAN_SELF	A7_4cm _SFM_SELF	A7_4cm _undisto	A7_5.8cm _MAN	A7_5.8cm _MAN_SELF	A7_5.8cm _undisto	ebee_15cm _undisto
d3D	MAX	49.188	8.195	12.573	3.727	14.142	2.292	3.488	4.590
	MIN	2.133	0.480	0.617	0.277	0.768	0.082	0.280	0.132
	MAE	13.531	2.111	2.544	1.189	4.863	0.923	0.943	0.842
	MEAN	13.531	2.111	2.544	1.189	4.863	0.923	0.943	0.842
	STDEV	11.573	1.611	2.365	0.736	3.251	0.527	0.633	0.800
	RMSE	17.697	2.641	3.448	1.393	5.823	1.060	1.081	0.877
d2D	MAX	13.196	3.245	3.336	1.297	4.197	0.892	1.799	1.661
	MIN	1.031	0.037	0.287	0.045	0.159	0.060	0.071	0.021
	MAE	4.455	0.776	1.117	0.519	1.464	0.411	0.506	0.377
	MEAN	4.455	0.776	1.117	0.519	1.464	0.411	0.506	0.377
	STDEV	2.610	0.550	0.605	0.273	0.862	0.221	0.384	0.328
	RMSE	5.145	0.947	1.266	0.585	1.692	0.465	0.588	0.402
Z	MAX	47.385	7.525	5.703	2.703	13.843	1.429	2.110	2.479
	MIN	-25.913	-5.515	-12.123	-3.565	-10.781	-2.290	-3.119	-4.465
	MAE	12.178	1.915	1.999	0.972	4.214	0.670	0.710	0.666
	MEAN	2.954	-0.595	-1.038	-0.233	-2.415	-0.448	-0.161	-0.345
	STDEV	16.916	2.428	3.084	1.259	5.095	0.853	0.936	0.995
	RMSE	16.933	2.466	3.207	1.264	5.572	0.952	0.906	0.780

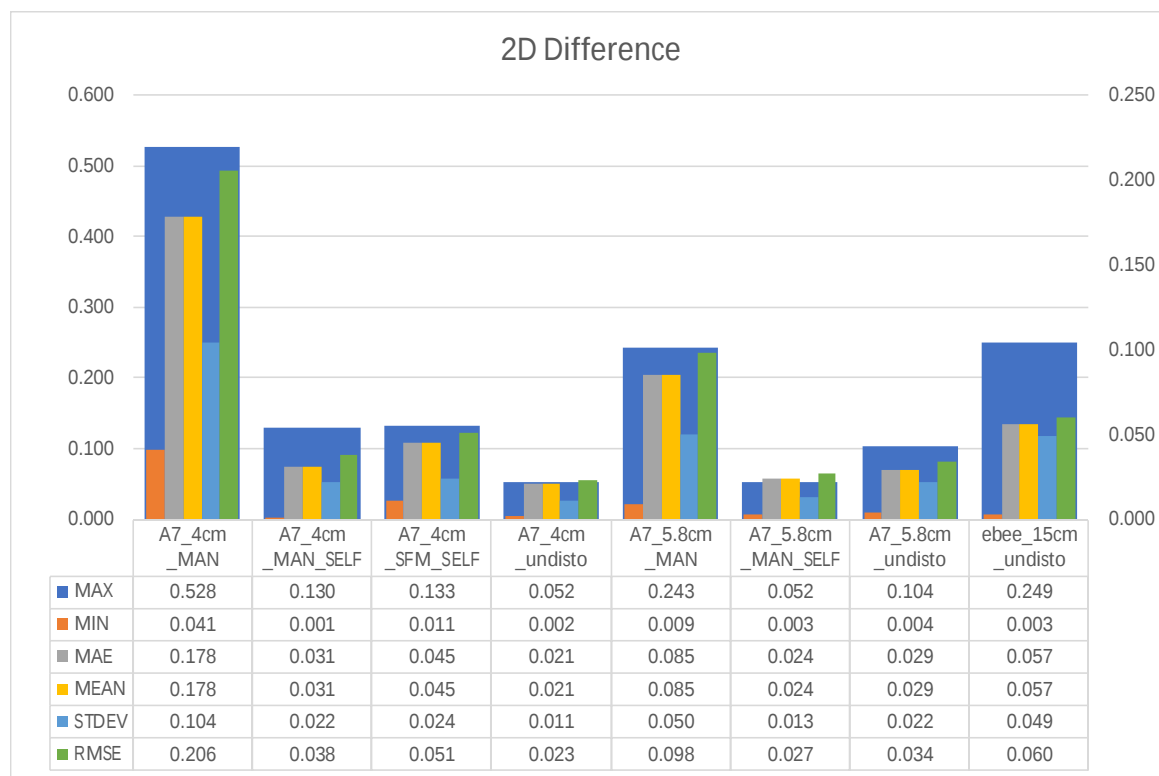


圖 4-9 綜合案例比較-平面方向器差統計

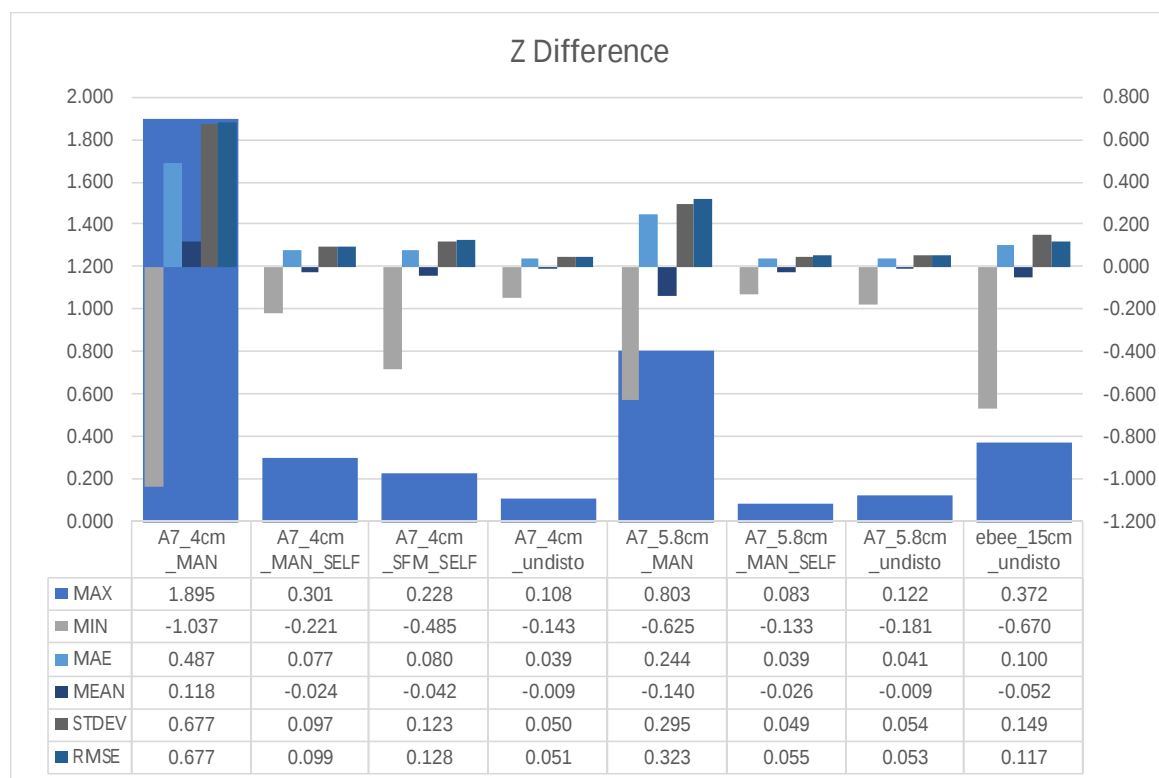


圖 4-10 綜合案例比較-高程方向器差統計

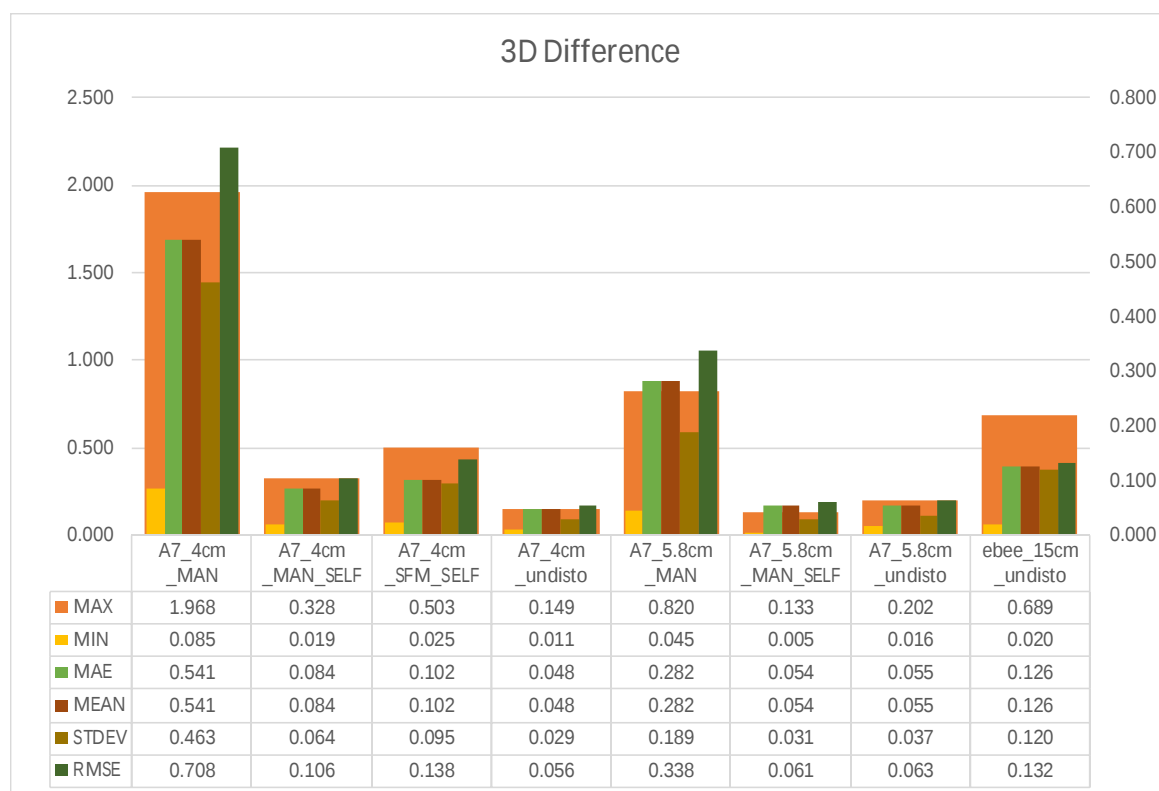


圖 4-11 綜合案例比較-三維方向器差統計

5.數據分析與結論

根據表4-12所列之實驗案例與對應校正器差數據成果進行分析，可得到下列3點結論。

- (1) LPS手動連結點之效益：由採用LPS手動連結點之四個案例比較可以發現，即使都在LPS/ORIMA下使用人工進行連結點量測，小像幅之畸變量在無有效自率法附加參數描述，其器差成果並不理想，且不開啟LPS/ORIMA自率法則有觀測量收斂品質之問題，A7_4cm_MAN與A7_5.8cm_MAN之空三收斂後像坐標觀測值（連結點）之殘餘誤差均方根值分別為11及12微米；如與SfM連結點進行比較，由A7_4cm_MAN_SELF與A7_4cm_SFm_SELF兩個案例之，手動連結點確實在成果品質上略較SfM自動匹配連結點來的穩定，但因量測費時費工，並不適用於校正航拍影像數量較多的案例（如Sony A7之案例）。

- (2) 影像經過重新取樣後之校正器差可有效改善:影像經過透鏡畸變修正後重新取樣之案例 (A7_4 cm_undisto、 A7_5.8 cm_undisto與ebee_15 cm_undisto) ,其不需要開啟LPS/ORIMA自率法,空三收斂後像坐標觀測值(連結點)之殘餘誤差均方根值即均在10微米以內,成果較使用原始影像之器差成果來得穩定。
- (3) 不同航高之器差成果比較:由表4-29 綜合案例器差分析統計表中 A7_4cm_undisto、 A7_5.8cm_undisto與ebee_15cm_undisto進行比較,將器差除以GSD後可消除影像比例尺之影響,顯示A7在平面方向(d2D) 器差之均方根誤差(RMSE) 約為0.6個像元,而eBee則可達約0.4個像元,其中ebee因僅量測校正標即足以進行空三平差,故未使用SfM連結點。

綜合而言,小像幅之透鏡畸變量遠較中/大像幅來的大,且包含切線方性之特性,故經由SfM自率法重新取樣之影像可以自率法附加參數消除透鏡畸變之影響,是為進行校正程序之最重要關鍵;在影像張數不多的情況下,可以評估使用手動量測連結點,但一般原則建議可由SfM自動匹配之連結點來輔助空三計算;由於校正程序並不接受開啟LPS/ORIMA之自率法,因此為確保空三解算器差成果之品質與執行效率間之平衡,以SfM(重新取樣)輔助小像幅攝影系統校正應是操作程序上較為可行之校正方法,以Sony A7 在200 m/300 m航高為例,如僅以LPS/ORIMA進行校正程序,LPS手動量測約為SfM自動匹配之100倍工作量以上,而導入SfM連結點雖然會增加計算及除錯上的時間,約1~3倍工作量不等,但如小像幅影像未經方位預處理或未修正影像畸變,則校正標將不易進行量測,且空三計算更加難以達到收斂門檻。

(四) 研擬無人飛行載具小像幅攝影系統校正程序

參考本研究成果，無人飛行載具小像幅攝影系統校正程序原則可依照SICL-3-04-0文件說明之航空測量攝影機校正作業程序(適用中/大像幅)，包含適用範圍、管理項目(校正儀具需求、校正標坐標參考值量測及分析、完成校正後應有步驟及資料分析)及校正報告等，以下說明旨在補充適用於小像幅航空測量攝影機之建議增/修訂內容。

1.校正前準備：需針對小像幅航空測量攝影機搭載於UAS其適用之校正條件進行補充，包含需提顧客控制點資料進行方位資料預解算、顧客繳交資料增列連結點等項目。

(1) 需提顧客控制點資料進行方位資料預解算：小像幅航空測量攝影機多搭載於無人飛行載具系統(UAS)，因其初始之內、外方位多不穩定，為確保顧客具備一定程度之航空測量專業知識及技術以應用於校正航拍作業，建議須提供5個最新之校正標參考值(分別位於小校正場四個角落及中心，需與校正程序採用之坐標一致)，由顧客預先進內、外方位之預解算，以作為後續校正程序採用之初始值。

(2) 顧客繳交資料：由顧客進行方位資料預解算後，可提供校正程序所採用的內、外方位初始值，其過程亦同時需產製連結點，建議增列要求顧客一併繳交該次預解算之連結點坐標成果，以利後續空三平差處理與偵錯。

(3) 顧客進行方位資料預解算時，得採用重新取樣方式進行影像透鏡畸變糾正，並繳交影像透鏡畸變糾正後之航拍影像及對應之內、外方位與連結點坐標成果。

2.航線規劃及航拍成果審核：原則參考「中像幅航空測量攝影機校正航拍作業須知」辦理，航拍規劃應綜合考量無人飛行載具小像幅攝影系統之航拍性能(片幅與焦距)，建議控制航拍影像地面像素解析度(GSD)在6~15 cm之間，據以設計航拍高度與航線。校正系統為小校正場

內之校正標，航拍成果檢查結果記錄於『航空測量攝影機校正航拍成果表』。

3.校正件校正步驟：

- (1)建立案件專案檔：原則參考既有校正件校正步驟，包含將顧客航拍影像及校正件對應之各項參數正確引入專案內，其中內、外方位應使用由顧客進行方位資料預解算後之成果，內方位之像機檔描述建議可採用Brown's附加參數（Brown, 1966）。
- (2)空中三角測量及粗差偵測：進行連結點匹配時，得使用顧客繳交之連結點坐標進行平差；如校正標像坐標量測完成後即已符合每張影像的9個標準點位都有量測像坐標與同航帶及鄰航帶之鄰片相連結，則不須使用顧客繳交之連結點坐標進行平差。
- (3)校正標初步查核及空中三角平差：空中三角測量所獲得之校正標投影坐標值，與參考值之坐標較差，可能超過平面4 cm、高程10 cm，經查核引用坐標之正確性，則該校正標不應剔除。
- (4)資料分析：原則參考既有校正件校正步驟。

伍、研擬符合 TAF 要求之中像幅航空測量攝影機校正作業程序及系統評估文件

依國土測繪中心「105年度擴充航遙測感應器系統校正作業」工作總報告(內政部，2016)，修訂既有「航空測量攝影機校正作業程序」，研擬校正件(中像幅航空測量攝影機)之校正系統評估，並符合ISO/IEC 17025：2005之要求，完成校正作業程序及校正系統評估。

本校正系統在南投南崗工業區小校正場，設置地面校正標如圖5-1，分布如圖5-2。以GNSS定位儀靜態相對定位，計算校正標之三維坐標(E_r, N_r, h_r)，當作校正參考值 L_r 。

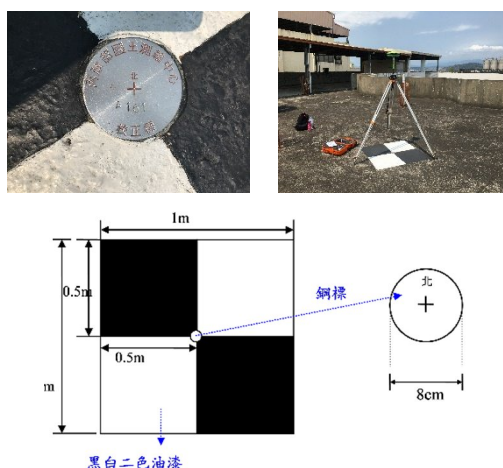


圖 5-1 航空測量攝影機地面校正標

以校正件(航空測量攝影機)進行航拍攝像，於影像工作站量測並計算校正標之三維坐標(E_m, N_m, h_m)，當作校正量測值 L_m 。

計算校正參考值 L_r 與校正量測值 L_m 之器差值 $Diff_1 = L_m - L_r$ ，並出具器差值 $Diff_1$ 有不確定度值之校正報告。

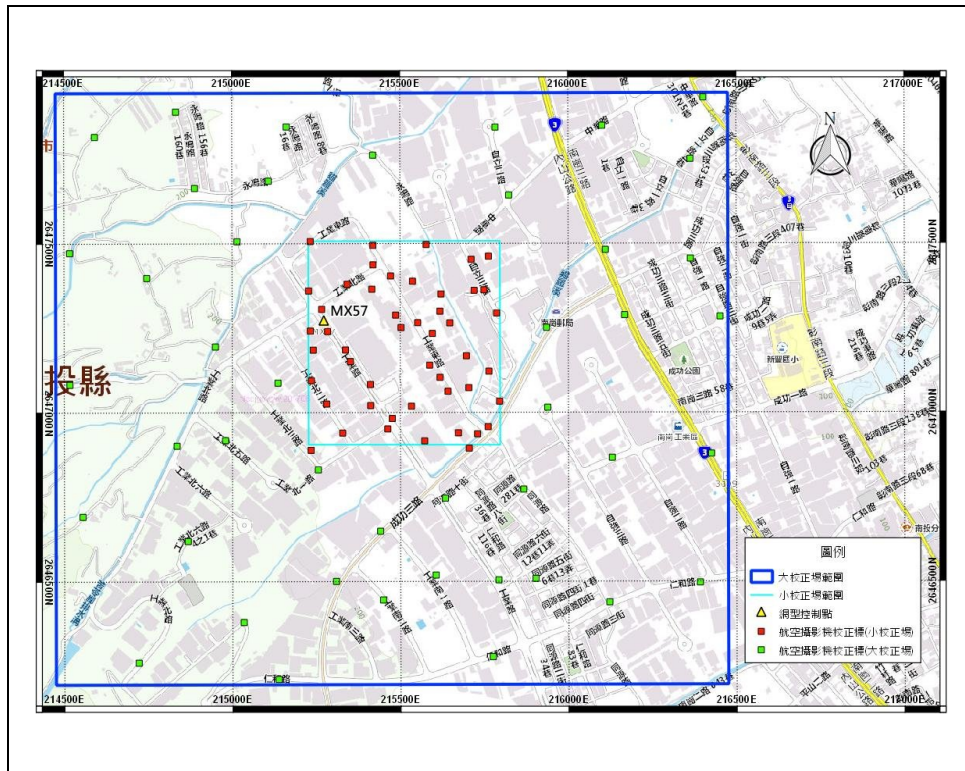


圖 5-2 航空測量攝影機小校正場地地面校正標分布（紅色方形）

一、校正作業服務流程及程序

「校正作業服務流程及程序」應符合顧客需求，並適用於所執行之校正方法，有關說明如下：

(一) 南崗校正場維護

SICL航空測量攝影機校正場包含大校正場（大像幅航空測量攝影機校正使用）、小校正場（中像幅航空測量攝影機校正使用），航拍地面校正標樣式如圖5-1。使用已校正GNSS定位儀，採靜態衛星定位觀測方式接收衛星資料，並以場區附近共5個網形控制點，作為強制附合平差之控制，計算校正場內各校正標參考值 L_0 。每年至少辦理量測1次，展繪至管制圖，確保參考值穩定在管制上下限內。同時，辦理維護補漆作業。

(二) 顧客提出校正件申請及航拍作業

SICL辦理航空測量攝影機校正流程如圖5-3，各項文件及表格已採線上申請，說明如下：

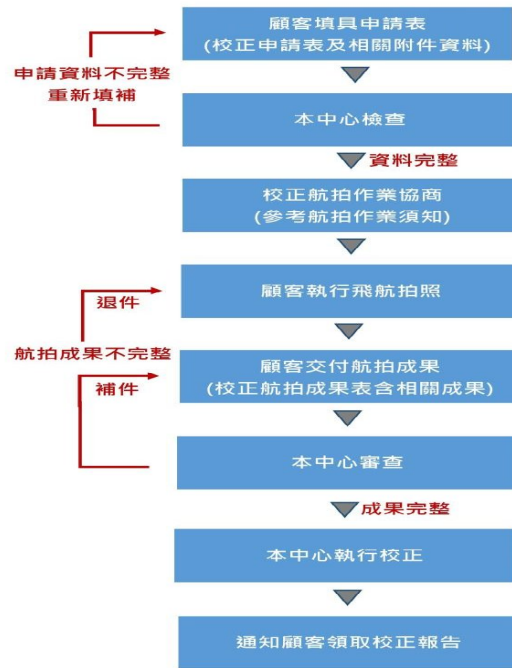


圖 5-3 航空測量攝影機校正作業流程

- 1.顧客須至SICL網頁(<http://sicl.nlsc.gov.tw>)登錄成為會員，線上填具「校正申請表（適用航空測量攝影機）」，詳附件六-A，辦理申請事宜。
- 2.申請案經審查通過後，參照『航空測量攝影機校正航拍作業須知』，詳附件六-B，辦理航線規劃，並自行指派航空測量攝影機操作人員，其作業能力須經顧客自行評估及授權後，繳交『航空測量攝影機校正航拍作業紀錄表』，詳附件六-C，於預定航拍期間完成航拍作業。
- 3.顧客繳交航拍成果時，須自行完成影像品質檢核，並填寫『航空測量攝影機校正航拍影像檢核紀錄表』，詳附件六-D，及『航空測量攝影機校正航拍成果表』，詳附件六-E。

(三) 校正程序

依國土測繪中心「105年度擴充航遙測感應器系統校正作業」工作總報告(內政部,2016),SICL使用航測影像工作站 ERDAS IMAGINE LPS 2010及空中三角測量平差軟體 ORIMA，執行顧客航拍影像之空中三角

測量及平差計算，獲得非控制用之校正標量測值（平面投影坐標及橢球高） L_m 。校正結果以器差值 $Diff_l$ 表示，其值係校正標量測值 L_m 減校正標參考值 L_r ， $Diff_l = L_m - L_r$ ，校正報告範本，詳附件六-F。

二、中像幅航空測量攝影機之校正系統評估

（一）分析量測不確定度來源

依TAF「校正領域量測不確定度評估指引」（TAF-CNLA-G16）評估，將各項量測誤差來源分為A類及B類不確定度，並予以量化。其中，A類以統計方法評估，B類用其他方法評估，兩者皆以假設性機率分布為基礎，估得各標準不確定度，依特定信賴水準與有效自由度，決定涵蓋因子，計算擴充不確定度。

（二）校正標參考值 L_r 之組合標準不確定度

沿用航空測量攝影機校正系統評估（SICL-3-04-1，內政部），採用GNSS定位儀測量技術，以強制附合平差計算小校正場之各校正標參考值 L_r ，其坐標系為TWD97[2010]，高程WGS-84橢球體之橢球高。估計在平面方向，組合標準不確定度 $u_c(C_{rNE}) = 17 \text{ mm}$ ，自由度76；在高程方向，組合標準不確定度 $u_c(C_{rh}) = 29 \text{ mm}$ ，自由度85。

（三）校正標量測值 L_m 之標準不確定度

校正件量測不確定度來源有三：一是校正件航拍成果經空中三角測量軟體ORIMA處理，分析校正標量測值 L_m 之量測定位重複性 $u(x_1)$ ，二是鏡頭畸變量 $u(x_2)$ ，三係校正件拍攝地面像素解析度（GSD） $u(x_3)$ ，其不確定度分析如下：

1. 量測定位重複性 $u(x_1)$ ：

校正件案例，中像幅航空測量攝影機廠牌：Phase one，型號：IXA 180

，焦距 55.043 mm，感測器像元尺寸 5.2 μm ，攝影日期：2017年7月，絕對航高 1080 m，離地航高 900 m，拍攝的影像 GSD 約 8.5 cm。由空中三角測量計算連結點與校正標的大地坐標，平差報表後驗點位中誤差（SigE, SigN, Sigh），計算RMSE統計量，引用成果分別為E: 39.8 mm，N: 42.5 mm，h: 122.8 mm。在68.3%信賴水準下，計算平面組合標準差 $\sigma_{NE} = [(39.8^2 + 42.5^2) / 2]^{1/2} = 41.172 \text{ mm}$ ，作為中像幅航空測量攝影機平面坐標重複性單向度組合標準不確定度，則量測定位重複性不確定度 $u(x_{INE}) = 41.172 \text{ mm}$ ，高程重複性單向度標準不確定度 $u(x_{Ih}) = 122.8 \text{ mm}$ ，估算其相對不確定性為15%，則自由度 $\nu = (1/2) \times (15 / 100)^{-2} = 22.2$ 。

2. 攝影地面像素解析度規格 $u(x_2)$

中像幅航空測量攝影拍攝 GSD，以量測範圍 5 cm 至 20 cm，取最小 50 mm估計，假設為矩形分布，則標準不確定度 $u(x_2) = 50 \text{ mm} / 3^{1/2} = 29 \text{ mm}$ ，估算其相對不確定性為15%，則自由度 $\nu_2 = (1/2) \times (15 / 100)^{-2} = 22.2$ 。

綜整上述校正件量測不確定度來源分析，平面如表5-1，高程如表5-2。

表 5-1 中像幅航空測量攝影機量測不確定度來源分析表（平面）

不確定度源	估計量 (a)	除數 (b)	標準不確定度 (c)=(a)÷(b)	靈敏係 數(d)	不確定度分量 (e)= (c)× (d)	自由度
校正件量測定位 重複性 $u(x_{INE})$	41.172 mm	1	41.172 mm	1	41.172 mm	22.2
校正件儀器精度 規格 $u(x_2)$	50.000 mm	$\sqrt{3}$	28.868 mm	1	28.868 mm	22.2

表 5-2 中像幅航空測量攝影機量測不確定度來源分析表（高程）

不確定度源	估計量 (a)	除數 (b)	標準不確定度 (c)=(a)÷(b)	靈敏係 數(d)	不確定度分量 (e)= (c)× (d)	自由度
校正件量測定位 重複性 $u(x_{Ih})$	122.8 mm	1	122.8 mm	1	122.8 mm	22.2
校正件儀器 精度規格 $u(x_2)$	50.000 mm	$\sqrt{3}$	28.868 mm	1	28.868 mm	22.2

(四) 校正標量測值 L_m 之組合標準不確定度

校正件量測值在平面方向之組合標準不確定度

$$\begin{aligned}
 u_c(C_{INE}) &= [u(x_{INE})^2 + u(x_2)^2]^{1/2} \\
 &= (41.172^2 + 28.868^2)^{1/2} \\
 &= 50.284 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

自由度

$$\begin{aligned}
 &= 50.284^4 / [(41.172^4 / 22.2) + (28.868^4 / 22.2)] \\
 &= 39.7
 \end{aligned}$$

校正件量測值在高程方向之組合標準不確定度

$$\begin{aligned}u_c(C_{1h}) &= [u(x_{1h})^2 + u(x_2)^2]^{1/2} \\&= (122.8^2 + 28.868^2)^{1/2} \\&= 126.147 \text{ mm}\end{aligned}$$

自由度

$$\begin{aligned}&= 129.288^4 / [(122.8^4 / 22.2) + (28.868^4 / 22.2)] \\&= 24.6\end{aligned}$$

(五) 校正結果器差值 $Diff_1$ 之擴充不確定度

校正結果器差值 $Diff_1$ 在平面方向之組合標準不確定度 $u_c(C_{CNE})$

$$\begin{aligned}u_c(C_{CNE}) &= [u_c(C_{1NE})^2 + u_c(C_{rNE})^2]^{1/2} \\&= [(50.284 \text{ mm})^2 + (16.739 \text{ mm})^2]^{1/2} = 52.997 \text{ mm}\end{aligned}$$

有效自由度 $v_{eff(CNE)}$

$$\begin{aligned}&= 52.997^4 / [(50.284^4 / 39.7) + (16.739^4 / 76)] \\&= 48.6\end{aligned}$$

校正結果器差值 $Diff_1$ 在高程方向之組合標準不確定度 $u_c(C_{Ch})$

$$\begin{aligned}u_c(C_{Ch}) &= [u_c(C_{1h})^2 + u_c(C_{rh})^2]^{1/2} = [(126.147 \text{ mm})^2 + (28.872 \text{ mm})^2]^{1/2} \\&= 129.41 \text{ mm}\end{aligned}$$

有效自由度 $v_{eff(Ch)}$

$$\begin{aligned}&= 129.41^4 / [(126.147^4 / 24.6) + (28.872^4 / 85)] \\&= 27.2\end{aligned}$$

中像幅航測攝影機校正結果器差,在平面方向之擴充不確定度 U_{NE} ,取有效自由度 $\nu_{eff(CNE)} = 48$,在95%信賴水準,由單向度標準不確定度估計,得 t 分布值為 2.01,涵蓋因子 $k_{NE} = 2.01$ 。本校正系統採95%信賴水準,故校正結果平面之擴充不確定度 $U_{NE} = k_{NE} \times u_c(C_{CNE})$,則

$$U_{NE} = 2.01 \times 52.997 \text{ mm} = 106.52 \text{ mm} \quad 107 \text{ mm}$$

中像幅航測攝影機校正結果器差,在高程方向之擴充不確定度 U_h ,取有效自由度 $\nu_{eff(CNE)} = 27$,在95%信賴水準,由單向度標準不確定度估計,得 t 分布值為2.055,涵蓋因子 $k_h = 2.055$ 。本校正系統採95%信賴水準,故校正結果高程之擴充不確定度 $U_h = k_h \times u_c(C_{Ch})$,則

$$U_h = 2.055 \times 129.41 \text{ mm} = 265.94 \text{ mm} \quad 266 \text{ mm}$$

三、量測品保設計

為監控校正標於校正期間之有效性,依105年度航空測量攝影機校正標維護作業方式辦理,對42個校正標,實施GNSS定位儀靜態測量,進行中間查核作業。表5-3列出本年度4月(Apr2017)及6月(June2017),以GNSS定位儀靜態全區平差測量南崗校正場校正標之TWD97[2010]坐標及WGS-84橢球高,分別減去2016年7月(July2016)GNSS定位儀靜態測量成果,分析校正標平面坐標之兩次較差值,最大值0.012 m,最小值-0.016 m;另橢球高之兩次較差值,最大值0.040 m,最小值-0.068 m。

取3倍校正標參考值 L_r 之組合標準不確定度,作為中間查核3D坐標管制界限,其值在平面方向為 $\pm 0.051 \text{ m}$,高程方向為 $\pm 0.087 \text{ m}$,顯示表5-3之三維坐標較差,皆在中間查核之管制界限內。

表 5-3 校正標 GNSS 定位儀靜態測量成果較差 (2016 & 2017)

南崗校正場 小校正標 點名	<i>Apr2017 - July2016</i>			<i>June2017 - July2016</i>		
	縱坐標差	橫坐標差	橢球高差	縱坐標差	橫坐標差	橢球高差
	$\Delta N(m)$	$\Delta E(m)$	$\Delta h(m)$	$\Delta N(m)$	$\Delta E(m)$	$\Delta h(m)$
A031	0.004	0.001	0.025	-0.004	0.004	0.036
A033	0.001	0.006	0.023	-0.001	0.006	0.013
A035	0.007	0.002	0.03	0.003	0	0.015
A050	-0.001	0.005	0.004	0.001	0.005	0.022
A054	0.002	-0.009	0.021	0.002	0.002	0.025
A067	-0.004	-0.001	0.008	-0.002	0.004	0.002
A068	-0.005	0.006	-0.028	-0.001	0.004	0.019
A089	0.006	-0.006	-0.001	0	0.002	0.011
A105	-0.002	0.005	-0.017	0.001	0.002	0.015
A108	-0.007	0	-0.042	-0.002	0	0.014
A109	0.005	-0.004	0.029	-0.001	-0.002	0.040
A115	-0.007	-0.005	0.001	-0.003	0.004	0.021
A117	-0.004	0.001	0.025	-0.002	0.005	0.030
A121	-0.003	0.001	0.003	-0.003	-0.001	0.024
A124	0.001	-0.005	0.005	0.002	0.004	0.033
A127	-0.001	-0.006	0.004	-0.001	0	0.018
A129	0.001	-0.002	-0.003	0.001	0.003	0.020
A132	-0.006	0	0.009			
A138	-0.004	0	-0.049	-0.007	0.008	0.027
A139	0.001	-0.003	0.017	0.001	0	0.009
A140	0.001	0	0.016	0.004	-0.001	0.025
A145	-0.006	0.001	-0.041	-0.002	-0.005	-0.013
A148	0.001	-0.004	0.038	-0.004	0.003	0.026
A149	-0.001	-0.011	0.031	-0.008	0	0.007
A150	-0.009	-0.012	-0.011	-0.016	-0.01	-0.013
A152	0.007	0	-0.01	0.003	0.001	-0.025
A153	0.002	-0.002	0.011	0.001	0.004	0.025
A155	-0.002	-0.002	-0.037	-0.002	0.005	0.021
A158	0	-0.002	0.036	-0.002	0.002	0.002
A159	0.002	0.008	0.023	-0.003	0	0.024
A160	0.006	-0.002	0.029	-0.001	0.003	0.029
A161	0.004	0.003	0.029	-0.001	0	0.004
A162	0	-0.003	-0.053	-0.008	-0.006	-0.017
A163	0.007	0.001	-0.03	-0.003	0.001	-0.004
A164	0.011	-0.002	-0.002	0.003	0.004	-0.054
A166	0	0.002	0.024	0	0.006	0.005
A167	0.002	-0.004	0.014	-0.001	0.006	-0.004
A168	0.002	-0.005	-0.068	0.004	0.003	0.003
A169	0.003	-0.01	-0.003	0.002	0.003	-0.011
B040	0.011	0.012	0.02	0.002	-0.016	0.001
B044	-0.006	-0.004	0.022	-0.004	0.005	0.012
B052	-0.001	0.002	-0.028	-0.007	0.001	0.006

四、系統能量訂定

校正結果不確定度係參考國際標準組織(ISO)出版的量測不確定度表示方式指引，經評估「中像幅航空測量攝影機」的校正能量如表5-4。

由於「中像幅航空測量攝影機」為現有航空測量攝影機（大像幅航空測量攝影機）校正項目之擴充，經實際評估中像幅攝影機之校正與量測能力，未優於大像幅攝影機之校正與量測能力。且原有航空測量攝影機校正項目可完整涵蓋中像幅攝影機之量測範圍及量測能力，因此綜整後，有關航空測量攝影機之校正與量測能力，採現有大像幅攝影機評估之校正與量測能力如表5-4。

大、中像幅航空測量攝影機，以感測器面積大於 60 cm × 90 cm 為大像幅航空測量攝影機，感測器面積介於 24 cm × 36 cm 與 60 cm × 90 cm 之間，則稱中像幅航空測量攝影機（Luccio, 2010）。本校正場全範圍（2000 m × 1750 m）稱之大校正場，內設小校正場（620 m × 660 m）如圖 5-2，大校正場供大像幅航空測量攝影機校正使用，小校正場位於大校正場內，供中像幅航空測量攝影機校正使用。各校正標坐標係經 SICL 校正合格之衛星定位儀，以強制附合平差技術計算測得，據以供航空測量攝影機校正使用。

相關校正作業程序詳附件七，系統評估詳附件八。

表 5-4 校正結果之校正與量測能力

校正項目	量測範圍	擴充不確定度 U	涵蓋因子 k	信賴水準 p%	有效 自由度
航空測量 攝影機	航攝影像 地面像素解析度 介於 (5 to 25) cm 絕對航高 > 800 m	大像幅 平面：83 mm 高程：150 mm	大像幅 平面：2.00 高程：2.02	大像幅 平面：95 % 高程：95 %	大像幅 平面：60 高程：44
		中像幅 平面：121 mm 高程：271 mm	中像幅 平面：2.00 高程：2.05	中像幅 平面：95 % 高程：95 %	中像幅 平面：68 高程：29

陸、研擬符合 TAF 要求之空載光達校正作業程序及系統評估文件

依國土測繪中心「105年度擴充航遙測感應器系統校正作業」工作總

報告（內政部，2016），修訂「空載光達校正作業程序」，研擬校正系統評估，並符合ISO/IEC 17025：2005之要求。

一、量測原理

本校正系統以自設校正場，位於南投縣南崗工業區內，範圍如圖6-1藍色方框所示。使用GNSS定位儀以靜態相對定位取得校正場內校正標之三維坐標 (E_r, N_r, h_r) ，再以電子測距經緯儀引測至可通視矩形「建物平頂面」校正物6個，編號R01、R02、R03、R04、R05及R06，相關資訊詳前期研究成果（內政部，2016）之地面控制點，測量每個光達校正物4屋角點三維坐標後，取其算術平均值，作為每次測量光達校正物之三維坐標 (E_c, N_c, h_c) 。

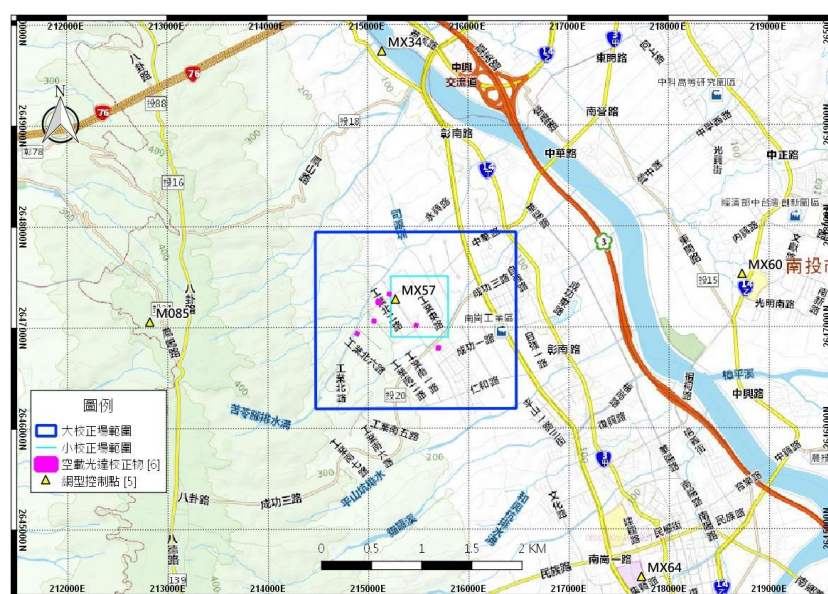


圖 6-1 藍色方框為大校正場範圍，黃三角形為 GNSS 網形控制點，粉紅色方形為光達校正物

本年度觀測 6 個光達校正物各 4 屋角點三維坐標，總計有 4 次，第 1 次 106 年 4 月、第 2 次 106 年 7 月、第 3 次 106 年 9 月及第 4 次 106 年 10 月，6 個光達校正物三維坐標及其 4 次算術平均值如表 6-1 至表 6-6。

表 6-1 光達校正物 R01 三維坐標值

南崗校正場	地測	投影平面坐標		橢球高
光達校正物	年.月	N (m) 2647251 +	E(m) 215105 +	h (m) 213 +
編號 R01	106.04	0.048	0.471	0.911
	106.07	0.048	0.461	0.942
	106.09	0.044	0.469	0.934
	106.10	0.043	0.464	0.924
	平均值 (N _{ac} , E _{ac} , h _{ac})	0.046	0.466	0.928

表 6-2 光達校正物 R02 三維坐標值

南崗校正場	地測	投影平面坐標		橢球高
光達校正物	年.月	N (m) 2647330 +	E(m) 215209 +	h (m) 201 +
編號 R02	106.04	0.163	0.695	0.866
	106.07	0.159	0.693	0.861
	106.09	0.162	0.692	0.889
	106.10	0.152	0.692	0.888
	平均值 (N _{ac} , E _{ac} , h _{ac})	0.159	0.693	0.876

表 6-3 光達校正物 R03 三維坐標值

南崗校正場	地測	投影平面坐標		橢球高
光達校正物	年.月	N (m) 2647063 +	E(m) 215057 +	h (m) 224 +

南崗校正場	地測	投影平面坐標		橢球高
編號 R03	106.04	0.446	0.965	0.902
	106.07	0.455	0.966	0.899
	106.09	0.457	0.968	0.944
	106.10	0.452	0.965	0.943
	平均值 (N _{ac} , E _{ac} , h _{ac})	0.453	0.966	0.922

表 6-4 光達校正物 R04 三維坐標值

南崗校正場	地測	投影平面坐標		橢球高
光達校正物	年.月	N (m) 2646938 +	E(m) 214890 +	h (m) 244 +
編號 R04	106.04	0.705	0.077	0.162
	106.07	0.686	0.071	0.141
	106.09	0.690	0.076	0.175
	106.10	0.690	0.075	0.175
	平均值 (N _{ac} , E _{ac} , h _{ac})	0.693	0.075	0.163

表 6-5 光達校正物 R05 三維坐標值

南崗校正場	地測	投影平面坐標		橢球高
光達校正物	年.月	N (m) 2647021 +	E(m) 215478 +	h (m) 200 +
編號 R05	106.04	0.448	0.813	0.362
	106.07	0.455	0.819	0.397
	106.09	0.454	0.818	0.41
	106.10	0.454	0.813	0.41
	平均值 (N _{ac} , E _{ac} , h _{ac})	0.453	0.816	0.395

表 6-6 光達校正物 R06 三維坐標值

南崗校正場	地測	投影平面坐標		橢球高
光達校正物	年.月	N (m)	E(m)	h (m)

		2646795 +	215700 +	196 +
編號 R06	106.04	0.486	0.055	0.098
	106.07	0.463	0.065	0.097
	106.09	0.475	0.069	0.104
	106.10	0.468	0.072	0.103
	平均值 (N_{ac}, E_{ac}, h_{ac})	0.473	0.065	0.101

由於R02、R03、R04及 R05其頂面可整置反射稜鏡，直接觀測光達校正物頂面幾何中心之橢球高 (h_c^*)，分別減去表6-2、表6-3、表6-4及表6-5對應之橢球高平均值 (h_{ac})，得高差 $h_{\Delta} (= h_c^* - h_{ac})$ ，如表6-7。所以，光達校正物 R02、R03、R04及 R05之橢球高，其4次算術平均值 (h_{ac}) 須加上表6-7所列高差 h_{Δ} 之半，補償頂面坡度高差量。

表6-8係光達校正物三維坐標，作為校正參考值 L_{ac} ，據以評估空載光達系統幾何定位成果。

表 6-7 光達校正物頂面幾何中心與 4 次其橢球高算術平均值之高差

南崗校正場 光達校正物編號	頂面幾何中心 橢球高 h_c^* (m)	橢球高平均值 h_{ac} (m)	高差 $h_{\Delta} = h_c^* - h_{ac}$ (m)
R01	--	213.928	--
R02	201.948	201.876	0.072
R03	224.938	224.922	0.016
R04	244.147	244.163	-0.016
R05	200.439	200.395	0.044
R06	--	196.101	--

表 6-8 光達校正物校正參考值 L_{ac}

南崗校正場 光達校正物 編號	校正參考值 L_{ac}		
	N_{ac} (m)	E_{ac} (m)	$h_{ac} + h_{\Delta}/2$ (m)
R01	2647251.046	215105.466	213.928
R02	2647330.159	215209.693	201.912
R03	2647063.453	215057.966	224.930
R04	2646938.693	214890.075	244.155
R05	2647021.453	215478.816	200.417
R06	2646795.473	215700.065	196.101

另校正件（空載光達系統）依校正程序進行點雲掃描，利用點雲處理軟體，萃取光達校正物上點雲三維坐標（ E_p , N_p , h_p ），求其算術平均值（ E_{ap} , N_{ap} , h_{ap} ），作為校正量測值 L_{ap} 。

比較校正量測值 L_{ap} 及校正參考值 L_{ac} ，出具有不確定度值之空載光達校正報告。

二、校正作業流程及方法

「校正作業流程及方法」應符合顧客需求，並適用於所執行之校正方法，有關說明如下：

（一）空載光達校正件掃描飛航設計、飛航掃描及成果審查

- 顧客須至國土測繪中心實驗室網頁登錄成為會員，並至 <http://sicl.nlsc.gov.tw/Download> 網址，下載填具「校正申請表（適用空載光達系統）」，併同相關附件送單至本中心辦理申請事宜。
- 申請案經審查通過後，參照「空載光達系統校正場掃描作業須知」如附件九-A，辦理航線規劃，並自行指派空載光達系統操作人員，操作人員作業能力須經顧客自行評估及授權後，繳交「空載光達系統校正掃描作業記錄表」如附件九-B，並於預定航拍期間完成光達掃描作業。

3. 於校正場執行掃描作業，掃描飛行之同時，顧客應於現場架設地面 GNSS 參考站，且應架設於本場設置之網形控制點(建議為 MX57)上，以利光達掃描坐標系統與本場坐標系統之一致性。
4. 顧客繳交光達掃描成果時，須自行完成掃描成果品質檢核，繳交『空載光達系統校正掃描影像檢核記錄表』如附件九-C，並填寫『空載光達系統校正掃描成果表』如附件九-D，並確認表格記錄正確。另校正報告範例如附件九-E。

目前空載光達系統搭配中像幅攝影機作業已為趨勢，為能服務顧客，空載光達校正件掃描飛航可隨同中像幅航空攝影機，進行校正航拍掃描作業。

(二) 校正方法

1、校正場GNSS網形控制點

使用衛星定位儀，連續且同步觀測5個網形控制點，每天不間斷觀測至少3小時，衛星訊號記錄間隔為5秒，共連續3天。以MX57投影平面坐標及橢球高 ($E_0 = 215272.362 \text{ m}$, $N_0 = 2647269.617 \text{ m}$, $h_0 = 201.201 \text{ m}$) 為坐標起算點，計算網形 4 個控制點之投影平面坐標 (E_{0i} , N_{0i}) 及橢球高坐標 h_{0i} , $i = 1, 2, 3, 4$ ，作為衛星定位測量資料處理計算依據。

2、大校正場校正標

使用多組衛星定位儀，連續且同步觀測校正標，每個時段連續觀測至少60分鐘，衛星訊號記錄間隔為5秒，觀測衛星顆數應大於 4，PDOP值需在 6 以下。採用衛星定位測量資料處理軟體(Topcon Tools) 計算各時段基線 (Baseline) 成果，以最小約制平差技術進行網形初步平差，並辦理基線成果品質分析，包括基線重複性分析、觀測數據偵錯、離群值數據剔除及觀測網形閉合差分析等處理。然後，以強制附合平差技術，計算各校正標之投影平面坐標 (E_{rj} , N_{rj}) 及橢球高

h_{rj} , $j = 1, 2, \dots, n$, n 為校正標數。

3、光達校正物測量

採用電子測距經緯儀自校正標引測導線補點，起始點坐標與後視目標為鄰近幾何校正標，測量各導線補點坐標，再以導線及前方交會測得 6 個光達校正物各 4 個屋角點之三維坐標，計算各 4 個屋角點坐標之算術平均值 (E_c, N_c, h_c)。經取本年度 4 次成果，再加上坡度補償量，求得光達校正物三維坐標，作為校正參考值 L_{ac} 。

4、空載光達點雲數據分析

係利用 Terrascan 軟體進行處理，計算流程說明如下：

- (1) 設定案件專案檔，確認軟體系統各項作業參數：包括坐標系統、圖層設定、建立軌跡資料的連結，依序將光達航線掃描點雲 (.LAS 數據) 依次匯入軟體系統，並賦予正確航線編號。
- (2) 檢核空載光達點雲數據，依序檢查：(a) 查核各單一航線點雲總雷射點數，確認沒有重複匯入；(b) 查核各單一航線數據，沒有因為雲量遮蔽掃描，雷射無法穿透雲區造成數據空洞區域；(c) 查核相鄰航線數據重疊的完整性，數據重疊沒有空隙，數據覆蓋完整涵蓋校正場。
- (3) 使用 Terrascan 軟體以人工判釋，萃取分類小校正場 6 處光達校正物之掃描點雲，將點雲分類成僅含平屋頂點雲及非平屋頂點雲，並匯出分類僅含平屋頂點雲成果之雷射點三維坐標檔案。
- (4) 分析光達校正物點雲，依序計算 6 處分類後平屋頂點雲坐標之算術平均值 (E_{ap}, N_{ap}, h_{ap})，以獲取其光達校正物之投影平面坐標及橢球高，作為校正量測值 L_{ap} 。

(三) 資料分析及報告

比較電子測距經緯儀引測 6 處光達校正物之校正參考值 L_{ac} ，與光達校正物點雲之校正量測值 L_{ap} ，計算校正器差值 $Diff_2$ ，其式 $Diff_2 = L_{ap} - L_{ac}$ ，示意如圖 6-2，詳細作業程序內容詳附件十。

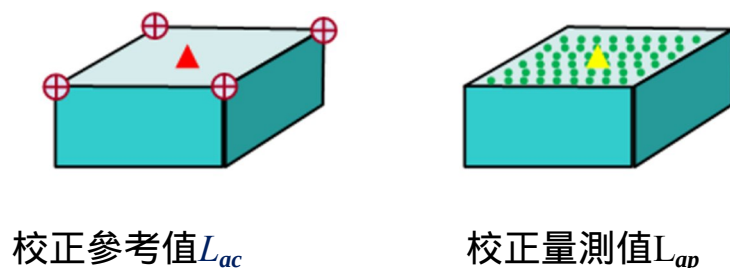


圖 6-2 光達校正物之器差值示意

三、空載光達校正系統評估

依 ISO/IEC 17025 : 2005之要求，完成系統能量評估，詳附件十一，重點摘要如下：

(一) 系統能量的訂定

- 1.量測項目：空載光達系統。
- 2.量測範圍：單航線點雲密度 > 4 點 / m^2 ，絕對航高 > 800 m。
- 3.標準追溯：使用經TAF認可實驗室於3年內校正，並符合允收標準之衛星定位儀及電子測距經緯儀（工作標準件）。
- 4.量測不確定度：評估校正能量，表達校正與量測能力（Calibration and Measurement Capability; CMC）如表6-1。

表 6-9 光達校正系統之校正能量與量測能力

校正項目	量測範圍	擴充 不確定度 U	涵蓋因子 k	信賴水 準 $p\%$	有效 自由度
空載光達 系統	1.單航線點雲密度 > 4 點 / m^2	平面 $U_1 = 311$ mm	平面 $k_1 = 2.45$	平面：95 %	平面：61
	2.絕對航高 > 800 m	高程 $U_2 = 176$ mm	高程 $k_2 = 2.00$	高程：95 %	高程：60

(二) 量測品保

為監控及確保校正作業之有效性，分析品質管制數據，實施量測品保設計，依矩形「建物平頂面」校正物 6 個，編號 R01、R02、R03、R04、R05及 R06，繪製管制圖，作為本系統監控之依據。

1. 品保設計

每次以 6 個校正物對網形控制點 MX57 之直線距離（基線長），總計15條，與前一次查核所得之基線長相減得其較差 D_s ，計算106年度4月、7月、9月及10月測量6個光達校正物三維坐標如表6-1至表6-6，分析7月減4月、9月減7月及10月減9月等3次之基線長較差 D_s ，總計45，展繪如圖6-3所示。取其基線長較差最大值 D_{max} 、最小值 D_{min} 及平均值 D_{av} ，作為查核參數，查核週期至少每年1次。

2. 管制圖

本系統校正參考值 L_{ac} 於執行校正期間，評估基線長較差 D_s 分布結果，以量測日期順序為橫軸，對應查核參數為縱軸，計算 45 基線長較差 D_s 之平均值 A_v 及標準差 S_c ，依隨機誤差理論，基線長較差 D_s 之平均值 $A_v = 0$ ，並將校正物在平面方向之組合標準不確定度 $u_c(C_{4NE}) = 0.029\text{ m}$ ，詳附件十一，併入管制上限 UCL 及管制下限 LCL，其計算式如下：

$$A_v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_{s_i} \approx 0.000, n = 45 \quad (6-1)$$

$$S_c = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_{s_i} - A_v)^2 \right]^{1/2} = 0.0103 \quad (6-2)$$

$$UCL = A_v + 3S_c + u_c(C_{4NE}) = 0.000 + 0.031 + 0.029 = 0.060 \quad (6-3)$$

$$LCL = A_v - 3S_c - u_c(C_{4NE}) = 0.000 - 0.031 - 0.029 = -0.060 \quad (6-4)$$

取統計 99.7 % 信賴水準，當作系統管制上下限， $UCL = 0.06\text{ m}$ 、管制下限 $LCL = -0.06\text{ m}$ ，繪製管制圖，作為本系統例行監控之依據。此管制圖至少每年應更新一次，若有異常，視需要增加查核次數。

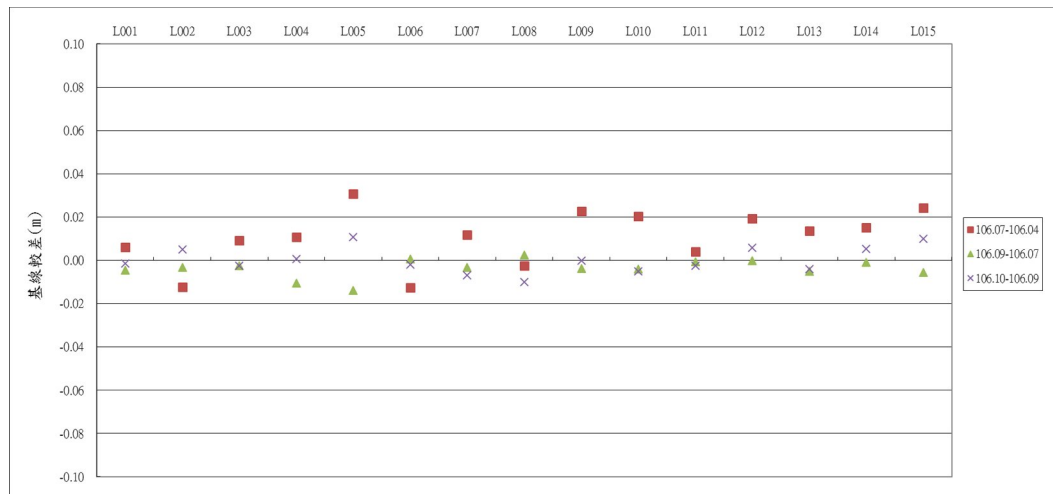


圖 6-3 光達校正物基線較差分布圖

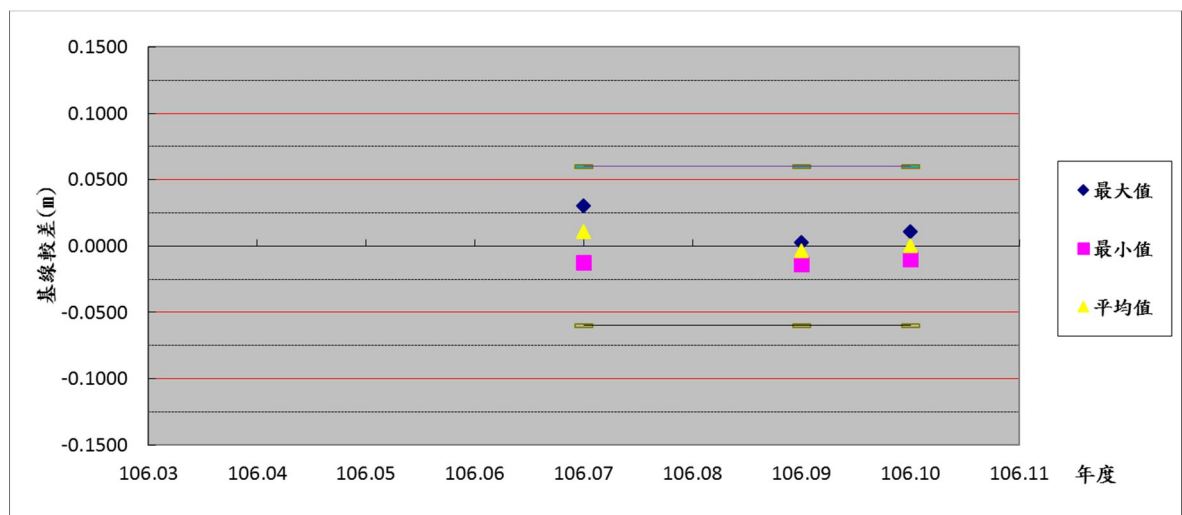


圖 6-4 光達校正物基線較差管制圖

(三) 協助參與能力試驗活動

依 TAF 「能力試驗活動要求」(TAF-CNLA-R05(5)) 協助辦理空載光達校正系統之能力試驗活動 (Proficiency testing activity) , 以量測稽核 (Measurement Audit) 用來評鑑實驗室的校正技術。由於校正領域量測稽核的良好表現, 係指經辦理機構評估為無異常, 如 $|E_n|$ 小於或等於1。國家度量衡標準實驗室運作機構 (工研院量測中心, CMS) 可擔任辦理機構, 評估且出具 E_n 值報告, 其計算如下:

$$E_n = (V_{\text{lab}} - V_{\text{ref}}) / [(U_{\text{lab}})^2 + (U_{\text{ref}})^2]^{0.5} \quad (6-5)$$

V_{lab} = 實驗室SICL提供之校正參考值

V_{ref} = 參考實驗室 (CMS) 量測之稽核參考值

U_{lab} = 實驗室SICL提供之量測不確定度 (95%信賴水準)

U_{ref} = 參考實驗室 (CMS) 之量測不確定度 (95%信賴水準)

此項量測稽核 (編號: MA17054) 執行進度, 參考實驗室 (CMS) 使用已校正合格GNSS定位儀, 以校正標MX57為主站, 實施靜態相對定位觀測如圖6-5, 完成評估 3 個光達校正物 R02、R03 及 R05 之GNSS三維坐標, 並出具參考實驗試報告, 已送交TAF委託主辦稽核部門。另國土測繪中心 “空載光達系統 (KA1099)” 試行出具校正報告也已送交主辦稽核部門。



圖 6-5 參考實驗室 GNSS 觀測作業

柒、輔導國土測繪中心辦理中像幅航空測量攝影機及空載光達校正系統試營運作業

一、研提試營運輔導計畫

為利後續對外提供「中像幅航空測量攝影機」及「空載光達系統」之校正服務，依ISO 17025:2005要求，提出試營運輔導計畫以辦理人員教育訓練及完備內部校正人員考核機制，並預先實際操作演練，作為日後實際營運所需辦理各項準備工作內容參考之依據。

試營運輔導計畫於（106年04月18日）提出，試營運輔導活動期間，量測中心人員擔任實驗室評審員，展開模擬評鑑，檢討缺失及改善；自強工程公司人員協助中心校正人員，試作及檢討校正流程，確認校正作業所需求的軟硬體設備，而全程試營運輔導作業與期限，包括：

1. 校正作業服務流程：校正場維護與開場、校正案件申請審核、執行校正作業、製作校正報告、通知結案及異常處理。
2. 作業流程品管：校正資料檢核、人員品管、校正標坐標品管及校正作業品管。
3. 中像幅航空測量攝影機航拍及空載光達系統校正場掃描作業須知。
4. 校正服務量測工作：幾何校正標清查維護與坐標確認、中像幅航空測量攝影機航拍及空載光達系統校量測工作演練 校正件量測值分析與結果判定評估。
5. 校正服務工作綜整：時程估算、人力配置、儀器需求、技術文件及工作成果確認。
6. 作業人員能力訓練與考核記錄：人員完成相關訓練達成所訂定之要求，具備該工作項目之作業資格；且特定工作項目需定期接受技術考核後，填寫輔導訓練紀錄表。

二、辦理推廣說明會

國土測繪中心函邀國內測繪相關單位派員與會，並附本試營運推廣說明會議資料1份，會議時間：106年7月20日上午9時30分，地點：國土測繪中心第1會議室，議程如表7-1，就未來執行校正作業之申請流程、校正週期、收費方式等進行討論，廣納各界意見，會議結論如表7-2，出席簽到單及討論實況詳如附件十二。

表 7-1 試營運推廣說明會議議程

時間		活動內容	報告者
起	迄		
09:20	09:30	報到	
09:30	09:40	主持人引言	主持人（徐助理教授百輝）
09:40	10:00	校正系統概述及試營運服務說明	內政部國土測繪中心 （許技士展祥）
10:00	10:20	校正服務申請流程說明 （申請流程、航拍規劃、提送資料）	工業技術研究院、 自強工程顧問有限公司 （模擬顧客提送資料說明）
10:20	10:30	中場休息	
10:30	12:00	座談與討論	主持人（徐百輝）
12:00	13:00	午餐及交流時間	

表 7-2 試營運推廣說明會議結論

項次	會議提案	會議結論
一	中像幅航空測量攝影機及空載光達系統校正週期，目前建議週期訂為 2 年，是否妥適，提請討論。	有關中像幅航空測量攝影機及空載光達系統校正週期，經參考美國、德國對於航測攝影機校正週期，以及本中心大像幅航空測量攝影機校正週期及與會人員意見，訂為每 2 年至少校正 1 次。
二	空載光達系統校正服務，每部收費規劃訂為 10 萬元，是否妥適，提請討論。	有關空載光達系統校正服務收費，將由本中心依實際校正作業所需人力、物料、設備及其他等成本進行精算，每部校正收費將以不超過 10 萬元為原則。
三	有關本次航空測量攝影機及空載光達校正系統試營運優惠方案，提請討論。	為推廣航空測量攝影機及空載光達系統校正服務，試營運期間提供優惠方案，即送校航空測量攝影機（大像幅、中像幅），將贈送免費校正空載光達系統 1 部；為擴大推廣成效優惠方案將延長至 107 年 6 月。
四	中像幅航空測量攝影機校正時，顧客繳交之航拍影像方式有繳交自行糾正鏡頭畸變差之影像及繳交原始影像（含 ORIMA 格式之 CAM 檔第 2 頁，共 2 頁及原廠率定報告）2 種，應採下列哪種方式？提請討論。	有關中像幅航空測量攝影機校正服務之顧客繳交航拍影像方式，將採繳交原始影像、ORIMA 格式之像機參數檔（CAM 檔）及原廠率定報告（含鏡頭畸變差改正參數）方式辦理，顧客並應確保像機參數檔輸入正確。

三、輔導實施試營運作業

實施航空測量攝影機（中像幅）及空載光達校正系統試營運作業，輔導項目及內容重點如表7-3，總計輔導4次，各次試營運輔導內容及處理建議如表7-4，每次填寫輔導及簽名紀錄如附件十三。

表 7-3 試營運輔導項目及重點之規劃

項目	輔導重點	備註
修訂品質文件	✧ 協助 1~4 階文件內容修訂。	
填報表單紀錄	✧ 檢視表單及填報 ✧ 人員、標準件或工作件納編 ✧ 新增修訂文件及表單納編	
能力試驗活動	✧ 申請及執行能力試驗活動	申請時程及實施。
標準件追溯	✧ 標準件查核及送校規劃 ✧ 校正服務追溯鏈	
擴充不確定度	✧ 擴充不確定度計算式各分項 ✧ 擴充不確定度計算式求值	驗證不確定度值計算正確性。
標準值	✧ 標準值測量評估 ✧ 執执行程序方法	空載光達標準值評估及品保設計
標準值管制圖	✧ 繪製管制圖方法及品保設計	
系統評估作業	✧ 評估方法及擴充不確定度表達	
校正申請及航拍掃瞄	✧ 審查顧客繳交申請表及相關附件	
校正件申請審核	✧ 顧客繳交校正件成果及相關附件	
執行校正	✧ 熟悉校正方法 ✧ 有能力執行校正作業	
出具報告	✧ 校正報告結果及校正資訊一致 ✧ 計算校正件量測值之不確定度 ✧ 能正確填具校正報告各項內容	試出具2份校正報告。
客戶服務	✧ 接單聯繫之注意事項 ✧ 抱怨處理流程之注意事項	

表 7-4 各次試營運輔導內容及處理建議

次數 (時間)	輔導內容	處理建議
第 1 次 (106 年 7 月 20 日)	1. 修訂一至四階品質及技術文件 2. 修訂內部稽核檢查表	申請 TAF 增列認證前應完成： a. 出具兩案件校正報告 b. 完成能力試驗或量測稽核 c. 出完成內稽及管理審查
第 2 次 (106 年 8 月 18 日)	1. 校正申請及航拍掃描 2. 校正件申請審核 3. 執行校正程序(TerraScan 軟體操作實務)	模擬課互送件範例說明： a. 審核表格討論 b. 航拍規劃 c. 演練校正程序
第 3 次 (106 年 8 月 21 日)	1. 校正申請及航拍掃描 2. 校正件申請審核 3. 執行校正程序(TerraScan 軟體操作實務)	中像幅航測攝影機： a. 審像機率定及相機檔 b. 軟體自動產出檔及操作 c. 校正成果說明
第 4 次 (106 年 9 月 8 日)	1. 空載光達校正及成果 2. 校出具校正報告 3. 不確定度評估與計算	空載光達校正作業演練： a. 不確定度 Excel 操作 b. 軟體 TerraScan 操作及檢核 c. 討論不確定度及誤差來源 d. 試出具校正報告

捌、辦理教育訓練

本項目教育訓練分為2場次，第1場次4員參訓，第2場次5員參訓，每場次訓練時數6小時。教育訓練課程配當表含課程、時數、講師等，教育訓練提供至書面教材，並製作簽到簿。

一、第 1 場：中像幅航空測量攝影機及空載光達校正系統試營運作業相關講習訓練課程配當表如表 8-1，教育訓練照片如圖 8-1，出席簽到單詳如附件十四，書面教材(略)。

二、第 2 場：訓練內容為無人飛行載具小像幅攝影系統校正及實務操作，課程配當表如表 8-2，教育訓練照片如圖 8-2，出席簽到單詳如附件十四，書面教材(略)。

表 8-1 實驗室試營運作業訓練講習

中像幅航空測量攝影機及空載光達校正系統試營運作業講習
課程配當表

日期 時間	106 年 6 月 19 日 (星期一)
09：20～09：30	報到
09：30～10：20	航空測量攝影機(中像幅)校正實務 ✓ LPS 校正作業步驟 ✓ Orima校正作業步驟 ✓ 學員實機操作
10：30～11：20	
11：30～12：30	
12：30～13：00	午 餐
13：00～13：50	空載光達系統分析軟體實務 ✓ 點雲處理 ✓ 校正成果分析 ✓ 學員實機操作
14：00～14：50	
15：00～16：00	TAF 校正實驗室運作及問題討論 ✓ 申請流程 ✓ 廠商提交資料 ✓ 報告產出流程與不確定度分析 ✓ 問題討論 講師：彭森祥
16：00	賦 歸
備註	訓練場地：自強工程顧問有限公司 新北市 中和區 新民街 112 號 5 樓 02-22252200



圖 8-1 第 1 場教育訓練照片

表 8-2 無人飛行載具小像幅攝影系統校正及實務操作

日期 時間	106 年 9 月 25 日 (星期一)
08：30～08：40	報到
08：40～09：40	無人飛行載具小像幅攝影系統總論 徐百輝
09：50～10：50	無人飛行載具小像幅攝影系統校正程序(1) 徐百輝
11：00～12：00	無人飛行載具小像幅攝影系統校正程序(2) 李明軒
12：00～13：00	午 餐
13：00～14：00	無人飛行載具小像幅攝影系統校正實務 徐百輝、李明軒
14：10～15：10	實做演練(1) 李明軒
15：20～16：20	實做演練(2) 李明軒
16：20	賦 歸
備註	訓練場地：自強工程顧問有限公司 新北市 中和區 新民街 112 號 5 樓 02-22252200



圖 8-2 第 2 場教育訓練照片

玖、結論與建議

一、TAF 認證申請

新版 ISO/IEC 17025:2017 測試與校正實驗室能力一般要求，已正式公告，國際實驗室認證聯盟相互承認協議（International Laboratory Accreditation Cooperation Mutual Recognition Arrangement, ILAC MRA）之簽署認證組織（例如：TAF），自發布日起三年（即 2020 年 11 月）內，其認證組織之認可實驗室（例如：SCIL）應完成轉換工作。所以，SCIL 人員對新版 17025: 2017 規範，於未來三年要確時瞭解系統運作，使用適當標準產出最佳量測結果，以滿足顧客需求。

二、中像幅航空測量攝影機校正作業程序及評估

SICL 新增校正項目「航空測量攝影機」已於 105 年 2 月 16 日通過 TAF 評鑑與認證，本年度依 ISO/IEC 17025：2005 要求，已完成「中像幅航空測量攝影機」校正評估，由於「中像幅航空測量攝影機」為現有航空測量攝影機（大像幅航空測量攝影機）校正項目之擴充，經評估中像幅攝影機之校正與量測能力如表 5-4，已併入校正項目「航空測量攝影機」，提供校正服務。

三、空載光達校正作業程序及評估

SICL 新增校正項目「空載光達系統」，以南崗校正場內 6 個平屋頂矩形校正物，作為校正標，使用 GNSS 定位儀及電子測距經緯儀，量得 6 個光達校正物幾何中心之具追溯性三維坐標，並取 106 年度所量測 4 次成果之平均值，作為校正參考值。同時，輔導熟悉校正程序及方法，有效表達及評估空載光達系統不確定度，試行出具校正報告，其校正結果在 95% 信賴水準，平面涵蓋因子 $k_1 = 2.45$ ，平面擴充不確定度 $U_1 = 311 \text{ mm}$ ；高程涵蓋因子 $k_2 = 2.00$ ，高程擴充不確定度 $U_2 = 176 \text{ mm}$ 。並協助辦理申請量測稽核比對，以符 TAF 校正實驗室認證要求。

四、無人飛行載具小像幅攝影系統校正飛行測試及分析

目前使用SfM軟體及其自率法求定附加參數為目前實務應用小像幅影像資料的主流處理程序，而本研究提出結合SfM預處理方位成果結合經典航測空三方法之校正程序，一方面解決小像幅之透鏡畸變量過大，無法在經典航測方法中穩定收斂空三結果的問題，另一方面亦可由SfM提供自率法解算後之影像內、外方位，作為經典航測空中三角測量方法較佳之初始值，同時，因小像幅片幅過小，可能需要額外進行量測之連結點，亦可由方位預處理之成果提供SfM產製連結點坐標，減少校正程序非必要之工作量。

小像幅校正程序採用之相關經典航測空中三角測量方法，可直接沿用現行航空測量攝影機(採用LPS/ORIMA)之校正程序。

現行商用 SfM 軟體均能提供自率法方位重建及影像畸變修正後重新取樣，是否適用於本研究小像幅校正程序，應進一步驗證，確認符合預期功能需求。另針對小像幅校正對象，應以具備測繪製圖應用目的為主，如一定片幅以上(如eBee 1英吋片幅)或一定焦段範圍(如等校 20mm 以上之廣角範圍)等，以符合預定應用或應用領域之需求。

拾、參考文獻

- 航空測量及遙感探測學會，2016。105 年度擴充航遙測感應器系統校正作業工作總報告。內政部國土測繪中心。
- 工研院量測技術發展中心，2015。104 年度擴充航遙測感應器系統校正作業工作總報告。內政部國土測繪中心。
- 航空測量及遙感探測學會，2014。建立航遙測感應器系統校正作業 4 年總報告。內政部國土測繪中心。
- 內政部國土測繪中心，航空測量攝影機校正作業程序，SICL-3-04-0，2.2，105 年 12 月。
- 財團法人全國認證基金會，能力試驗要求，TAF-CNLA-R05(3)。
- 財團法人全國認證基金會，校正領域量測不確定度評估指引，TAF-CNLA-G16。
- 財團法人全國認證基金會，ISO/IEC 17025: 2005 測試與校正實驗室能力一般要求，TAF-CNLA-R01(3)。
- 航營運作業講習教育訓練，2017。中像幅航空測量攝影機及空載光達校正系統，內政部國土測繪中心。
- ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement-Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement, ISO, 2008.
- ISO Guide 99:1993 - International vocabulary of basic and general terms in metrology.
- ISO/TS 19159-1:2014 – Part 1: Optical sensors.
- ISO/TS 19159-2: – Part 2: Lidar.
- Brown, Duane C., "Decentering distortion of lenses". Photogrammetric Engineering. 32 (3), pp 444–462, 1966.
- Luccio, Matteo, 2010. Aerial Cameras, Focus Shifts to Productivity, Imaging Notes, 25(4).
- Mikhail, E. M., Observations and Least Squares, Harper & Row, Publishers, 1976.

拾壹、工作總報告審查意見與回應處理

項次	審查意見	回應處理
蔡委員展榮		
1	P.18「建議由顧客進行方位資料預解算，並提供相關成果與重新取樣後之影像來進行校正程序。」，無人飛行載具小像幅攝影系統經顧客進行空中三角平差程序並偵錯後，其成果是否具重複性？且不因人(廠商)而異？其校正結果是否也因時而異？是否具一般性？例如僅適用於本案 eBee 測試案例？	目前建議小像幅之校正程序，其校正結果會因時、人(廠商)而異，主要係無人飛行載具小像幅攝影系統之內、外方位資料多需後處理解算求得適用於該次航拍之較穩定成果，而既有航空測量攝影機之校正程序並未包含替顧客進行此預解算，故建議由顧客自行處理，主要目的是檢測作為校正件(整體系統而非單一之 UAS 組成元件)應用於測繪用途之專業門檻，而非檢測感測器本身一般性之量測性能。
2	附件十四 P.2/7，第 12 項「校正成果提供品保確認，未提供使用者進行實務航測作業需要的內方位參數。」使用者(廠商)不同作業方式，其成果品質與校正報告一致？品保可重複出現於廠商作業成果中？	設備校正作業係在特定條件及程序下實施，已符品保及追溯要求。未提供相關參數率定結果。
3	P.24-25 表 4-6 和表 4-7: (1) Error 代表對應的 Sony A7 像機內方位參數之後驗中誤差嗎？請使用適當的有效位數。 (2)各影像都有一個相同的焦距 f 嗎？ (3)請標示每一個 Sony A7 像機內方位參數數據之度量衡單位。	(1)表 4-6 及表 4-7 之內方位參數中，焦距 F 及像主點偏移量(C_x , C_y)的單位為像素，其他描述透鏡畸變量的項次(B, K, P)之數學模型參考自 Brown 模型並無單位，Error 表示各參數之後驗中誤差(RMSE)。 (2)在 SfM 軟體中一般可以依照航帶或拍攝日期進行群組(Group)，計算各自的內方位參數(包含焦距)，但在本文研究的實驗中均將整個校正航拍架次的解算視為單一個群組，因此各影像均使用同一組內方位參數

項次	審查意見	回應處理
		進行重新取樣。 (3)表 4-6 及表 4-7 之內方位參數中，焦距 F 及像主點偏移量(Cx,Cy)的單位為像素，其他描述透鏡畸變量的項次(B,K,P)之數學模型參考自 Brown 模型並無單位，Error 表示各參數之後驗中誤差(RMSE)。
4	全文有部分內容語意不明，請修訂之。 (1) P.5「不確定度源重複性評估之測量作業」內容為何？請補充說明。 (2) P.13「以往經典嚴密的航空測量製圖程序也不完全適用在無人飛行載具小像幅攝影系統」：宜補充說明那些航空測量製圖程序也不完全適用在無人飛行載具小像幅攝影系統。 (3) P.14「針對可符合校正條件之感測器的規格門檻須有一定的標準」：那些校正條件？ (4) P.17 表 4-2:「像坐標量測數量(點)」÷「影像張數(張)」=「平均像坐標量測數(點/張)」？像坐標量測數量(點)之意義不明：每一個物點在影像上的像點為多重點，此處的像坐標量測點數是指其物點個數？還是各張影像的像點數之總和呢？ (5) P.20-22「實際航拍成果曝光點位置如圖 4-4 及圖 4-5 所示」：圖 4-4 及圖 4-5 用 10 種顏色標示 1~9 和>9，其意義為何？是標示不同像片的像幅嗎？ (6) P.25「其內方位參數顯示的透鏡畸變已大部分被消除」：請量化說明之。 (7) P.35「管制上、下限」：其值為何？如何決定？ (8) P.41「管制上、下限為±30mm」：為什麼？	(1)參考附件之校正系統評估。 (2)主要是因為目前廣泛應用的光束法區域網平差對於數據獲取有著嚴格的要求：相機要事先經過幾何定標，獲取影像的同時得到影像的 POS 數據，地面要有一定數量分布合理的控制點。但是目前廣泛使用的無人飛行載具小像幅攝影系統卻難以滿足上述條件，所以常規的光束法區域網平差無法適用處理。 (3)因無人飛行載具小像幅攝影系統無人機之感測器性能規格具高度多樣性，雖以校正程序之方法論而言可適用絕大多數案例，但考量航測製圖在實務的應用需求上，仍建議可針對片幅大小、焦距是否可調整(定焦與否)、是否為全域快門(Global Shutter)等條件，進行後續之校正門檻探討。 (4)表 4-2 表示的像坐標量測數量(點)係指各張影像上量測的像點數總和。 (5)圖 4-4 及圖 4-5 除標示航拍成果曝光點之外，另以 10 種顏色標示連結點/特徵點之多重點數量，以顯示航拍影像之有效重疊範圍。 (6)由表 4-6 及表 4-7 內方位參數對應的透鏡畸變量圖示，可以顯見變形

項次	審查意見	回應處理
		量之單位長度由 37 個像元降低至 1 個像元，表示透鏡畸變已大部分被消除。 (7)取 3 倍校正標參考值 L_r 組合標準不確定度，其平面方向為 ± 0.051 m，高程方向為 ± 0.087 m。 (8)已修正管制內容，結果同上(7)。
5	P.18「並不適用經典航測空中三角測量軟體（如 LPS/ORIMA）」將 LPS/ORIMA 做為經典航測空中三角測量軟體之例子，不妥當，它不及其它軟體，例如 PAT-B、BINGO。那些空中三角測量軟體或像片三角測量軟體可以處理姿態角(w、f、k)趨近於 0 的計算、也可以用來處理姿態角(w、f、k)遠大於 0 的計算呢？	受限於目前國土測繪中心之航空測量攝影機校正程序為採用 LPS/ORIMA 軟體來進行，本文研究亦主要以該軟體之空三平差模式來進行。
6	「可由 SfM 自率法求定像機透鏡畸變附加參數」： (1)如何檢查其成果已無系統偏差了呢？已無顯著的函數模式或隨機模式的錯誤呢？ (2)若經檢查，發現仍有系統偏差、或有函數模式或隨機模式的錯誤，但是其成果符合製圖規範許可的誤差範圍，因此逕自使用其成果供後續製圖或其他應用，會不會有問題呢？此時，其地面點位置精度對應於像平面是多少個像元呢？	(1)目前實務上以 SfM 軟體之自率法求定像機透鏡畸變附加參數，多可採用如同南崗校正場具穩定特徵且有地面控制點可供檢核之航拍影像成果來進行，除了檢核點誤差外，還可參考如表 4-7 及表 4-7 中的內方位參數後驗中誤差。 (2)由於無人飛行載具小像幅攝影系統無人機之感測器性能規格具高度多樣性，其系統偏差如未消除勢必對製圖及其他應用造成影響，其精度亦無法以單純器差或像元方式進行估計。
7	P.13「利用無人飛行載具小像幅攝影系統之航拍作業具有 高安全性 等特性」：在台灣的某些地區有瞬間強風亂流，未必安全。	已調整內文敘述。
8	P.19 圖 4-3-2 SfM 輔助小像幅攝影系統校正程序： (1)左邊紅色標示的 SfM 前處理的兩個 SfM 自率光束法平差，它們的未知數個數分別	(1)第一次 SfM 自率光束法平差主要目標係以大量連結點/特徵點求解影像之內方位參數，並以已知控制點約制求得影像之外方位，其內方位

項次	審查意見	回應處理
	為多少呢？這些未知數包括那些呢？ (2)右邊藍色標示經典航測空中三角測量的第一步驟「輸入方位初始值」：不少空三軟體不需要「輸入」方位初始值，而是自動計算方位初始值。	未知數個數與內方位的群組數量及選擇使用的 Brown 模型的項次有關，以表 4-6 及 4-7 為例，所有輸入影像(Sony A7 AGL:200m)共求解一組內方位參數，包含焦距 F、像主點偏移量(Cx,Cy)及 Brown 模型包含仿射及非正交(B1、B2)、輻射(K1、K2、K3)及切向(P1、P2)分向，外方位則為各影像之物空間坐標(X/Y/Z)及姿態角(Omega/Phi/Kappa)。 (2)受限於目前國土測繪中心之航空測量攝影機校正程序為採用 LPS/ORIMA 軟體來進行，在標準程序中即必須先匯入影像之內方位及外方位初始值。
9	P.19-20「以傳統航測空中三角測量方法進行無人飛行載具搭載小像幅攝影系統之校正，在實務上會受到幾個在軟體先天設計上之條件限制，如影像片幅太小不支援處理、方位初始值要求較嚴謹、透鏡畸變差過大以至於附加參數描述無法導入等」這一段敘述不妥當。	已調整內文敘述。
10	作業項目：P.4「界定適用於校正作業之條件」、P.5「可行性分析」宜補充說明之。	已增加補充說明。
11	P.7「廠商須無償提供於執行空載光達系統校正作業所需之軟硬體設備，供國土測繪中心使用」：有那些軟硬體呢？	主要為一套影像工作站及軟體 Terrascan。
12	P.26「ref_表示參考值？」參考值為何？檢核點(31 個)？如何取得參考值？其精度為何？	參考值即為檢核點(校正標)，小像幅之校正程序建議採用與中像幅相同之小校正場範圍與校正標，採用 GNSS 靜態測量方式進行觀測，精度經量測品保優於 5 公分。
13	P.26「採用原始影像之器差成果如表 4-8 所示」：原始影像各像內方位不同？	表 4-8 各組實驗數據均採用各自流程產製之內方位參數，各組實驗中各像之內方位參數相同。

項次	審查意見	回應處理
14	P.26, ORIMA 報表進行那些檢查？	參考 1/1000 數值航測地形圖測製作業規定中，空中三角成果檢查之像坐標觀測值(連結點)之殘餘誤差均方根值不得大於 10 微米(um)。
15	表 4-8~表 4-10： (1)請繪出 向量場。 (2)STD 或 RMSD 或 STDEV？ (3)依表 4-9 和表 4-10，請在表 4-8 加列 MEAN 值。 (4)未知數個數=? 包含哪些未知數？ (5)影像數量=? (6)自由度 n-u=? (7)器差值除以 m(由像比例尺決定)表示外，請增列 pixel 單位之數值。	(1)已辦理。 (2)統一標示標準差(STDEV)及中誤差(RMSE)。 (3)已辦理。 (4)每組空三平差需求解各張影像外方位參數(物空間坐標 X/Y/Z 及姿態角 Omega/Phi/Kappa)、連結點/控制點/檢核點/物空間坐標，補充觀測量個數與未知數個數之對照。 (5)已補充各組影像數量如後。 (6)已補充各組平差之自由度。 (7)已照辦理。
16	P.32「由顧客進行方位資料預解算後，可提供校正程序所採用的內、外方位初始值」：非觀測值，而是初始值，則由初始值(收斂半徑小)良劣決定收斂否？計算正確否？顯示求解條件不佳、影像品質不佳、函數模式不佳、隨機模式不佳。	目前建議小像幅之校正程序係旨在要求顧客應具備自行處理方位資料預解算之能力，而後由校正程序計算求得器差值並出具報告，如經除錯後仍無法在校正程序中收斂，則該校正件應被退件，不予進行校正。
17	P.32 重新取樣後的各張影像之內方位相同嗎？	目前建議小像幅之校正程序係假設該次校正航拍影像之各張影像的內方位均相同。
18	受限於軟體(例：LPS/ORIMA) Terrascan、技術(例：SfM)不妥。新軟體、新技術不斷推陳出新。非 ORIMA、SfM 不可？	本文研究仍以目前國土測繪中心之既有之校正程序所採用的軟硬體為主，惟隨著技術進步，亦有規劃更新及採購的可能性。
19	P.37「每張影像的 9 個標準點」：適用於非(近似)正方形像幅之影像嗎？	9 個標準點位係參考既有校正程序之定義，依目前校正能量應主要目標在框幅式航空測量攝影機，多為近似正方形之像幅。
20	附件六-D 供 P.36 影像品質檢核用，此附件所示的檢核紀錄表的清晰度(Y/N)相關的	附件六-D 表單係送校客戶自行查核，修正表單為"是否清晰(Y/N)"，以

項次	審查意見	回應處理
	MTF 和模糊參數值及全黑(0~10) 全白(250~255)宜增列於此表中。	利作業。
21	空載光達校正：只針對 echo 式光達，不考慮 wave form 光達嗎？王正楷的小波偵測 wave form 光達，找出樹下更多接近地面的多重回波。	有考量到 wave form 光達設備，產製點雲數據後，繳交數據，依校正程序實施。
22	SfM 自率光束法改正一般各式小像幅影像畸變量，允許的殘留畸變量多大？若超過此門檻如何處理？	依實務經驗，UAS 小像幅經 SfM 處理改正之殘餘透鏡畸變量在理想情況如南崗校正場的案例，能約制在 1~2 個像元大小以內，而依照一千分之一數值航測地形圖測製作業規定，率定焦距、像主點偏移量之中誤差不得大於 10 微米；原則在本文研究建議之小像幅校正程序中並不去探討內方位改正是否妥善，而是將其影響統括在器差(與檢核點之較差)中呈現。
23	小像幅像機校正：因其內方位不穩，故其校正物是「像機」？還是此像機拍得的「某一張影像」？	根據本文研究執行小像幅像機校正之測試案例，校正件應包含整個無人飛行載具小像幅攝影系統。
24	其他勘誤： (1)摘要：「影像密匹配軟體 SfM」？SfM 是 Structure from Motion 方法的名稱，不是軟體名稱。 (2)Abstract 內容有錯字、英文語法錯誤，請訂正。 (3)Abstract 的「Expand uncertainty」與 p.2 的「Expanded uncertainty」不一致。全文請統一用詞。 (4)中英文摘要的部分內容未對應相同，請訂正。 (5).1「無人飛行載具搭載小像幅攝影機系統(Unmanned Aircraft System，以下稱 UAS)」。 (6)P.1「Survey Instrument Calibration	已勘誤如下： (1)已修正摘要內容。 (2)已修正 Abstract 內容。 (3)修正 Abstract 的「Expanded uncertainty」 (4)已訂正中英文摘要對應內容。 (5)已修正。 (6)已修正 Abstract 的「Survey Instrument Calibration Laboratory」 (7)已訂正中英文摘要對應內容。 (8)已修正。 (9)已刪除累贅的文字。 (10)「內部稽核檢查表」係品質系統一般用語。 (11)已訂正。

項次	審查意見	回應處理
	Laboratory」宜與 Abstract 的「Surveying Instrument Calibration Laboratory」一致。 (7)P.1「本年度(106)除辦理 UAS 校正飛行測試及分析作業，」宜訂正為「本年度(106)除辦理 UAS 校正飛行測試及分析作業外，」 (8)P.1「本團隊成員量測中心」宜訂正為「本團隊成員工研院量測中心」。 (9)全文有一些累贅字，請刪除累贅的文字，例如:P.1「，並研擬符合 TAF 要求之中像幅航空測量攝影機及空載光達之校正系統，並輔導國土測繪中心」宜訂正為「，並研擬符合 TAF 要求之中像幅航空測量攝影機及空載光達之校正系統，輔導國土測繪中心」。 (10)全文有部分內容疑似文字順序不對，請確認俾做合適的修訂、例如 P.4「內部稽核檢表」是否改為「內部稽核檢查表」較妥當？ (11)P.8 表 2-1 的 No.2 論文名稱末「系統攝影機」宜補充文字修訂為「系統攝影機(論文內容詳附件一)」。 (12)P.13「透過其關鍵的影像匹配技術 (Scale-Invariant Feature Transform, SIFT)」 (13) P.14「甚至其感測器的快門機制上也是需注意的環節 (Global Shutter/Rolling Shutter)」 (14) P.14「在於對於內方位(焦距、鏡頭畸變)的精密性並不敏感」宜訂正為「在於對內方位(焦距、鏡頭畸變)的精密性並不敏感」 (15)全文的部分內容有錯字，請訂正。例如:P.16-17「自片幅大小計算約相差 4 倍」。 P.30「較理像」 (16) P.18「自率法附加參數進行透鏡畸變修	(12)已修正：透過其關鍵的影像匹配技術，如尺度不變特徵轉換 (Scale-Invariant Feature Transform, SIFT)。 (13)補充說明全域快門 (Global Shutter) 與滾動式快門 (Rolling Shutter)之差別，一般框幅式航空測量攝影機均為全域快門，而消費級較低階的感測器則可能使用滾動式快門，造成影像中各像元的曝光時間並非一致而可能產生俗稱果凍效應的影像扭曲變形，此一特性已非目前校正程序可評估消除的誤差量，建議可以排除該種感測器進行校正。 (14)已修正。 (15)已修正。 (16)修正為「自率法附加參數 (Self-calibration additional parameters)進行透鏡畸變修正之影像重新取樣(Image Undistortion)」。 (17)已調整辦理。 (18)已訂正。 (19)已修正圖 4-7 中 A169。 (20)已訂正。 (21)已訂正。 (22)表達自由度取整數。120.18mm 121mm？(保守進位)，266.265 mm 267 mm。 (23)以公尺 (m) 為單位，取小數點 3 位。 (24)已修正。 (25)詳參考文獻校正領域量測不確定度評估指引，TAF-CNLA-G16。 (26)沿用 NLSC 技術文件「地面像素解析度(GSD)」。

項次	審查意見	回應處理
	正之影像重新取樣(Image Undistortion by self-calibration)」 (17) P.19 , 圖 4-3-1 和圖 4-3-2 宜分別改為圖 4-3 和圖 4-4 , 原圖 4-4 及其後續各圖的圖編號宜依序遞增為圖 4-5 等。 (18) P.21-22 圖 4-4 和圖 4-5 「AGL」宜訂正為「HAGL」。 (19) P.23「如圖 4-7 中 A160」圖 4-7 無 A160 , 似乎應該是「如圖 4-7 中 A169」。 (20) P.36-37 , 「附件六(A)」應為「附件六-A」, 其它同此。 (21) P.37 , 「附件七」應為「附件六-F」 (22) P.38-40 : 自由度(22、22.5、50.45)的有效位數不一致。120.18mm 125mm ? (非四捨五入) 266.265 270mm(漏單位)。 (23) P.41 表 5-3 各 E、N 的有效位數宜統一。 (24) P.41 , 「2016 年 7 月(July 2017)」應為(July 2016) , 「表 5-1 列出」應為「表 5-3 列出」。 (25)相關的專業術語(例如 TAF、Computer Vision)宜另闢小節說明之, 例如: 器差、擴充不確定度、等校焦距、涵蓋因子、組合標準不確定度、靈敏係數、不確定度分量、有效自由度。 (26)部分英文專業術語的中文翻譯不是很妥當, 請考慮訂正之, 例如「像素解析度 (GSD)」。 (27)文引用文獻的(作者, 年份)與 P.63 的文獻者不一致, 不少 P.63 的文獻清單裡的文獻未被引用, 或者本文引用的文獻未列入 P.63 的文獻清單裡, 請訂正前述三個類型的文獻錯誤。 (28)附件十四: 請將「回應處理」答覆內容標示出在工作總報告的頁碼位置。	(27)已訂正。 (28)「回應處理」內容標示出在工作總報告: 拾壹。

項次	審查意見	回應處理
崔委員國強		
1	請說明有關航空測量攝影機及空載光達校正系統試營運情形，後續如何規劃推廣落實應用。	辦理推廣說明會，增列表 7-4，試營運紀錄納入附件十三。後續使用適當標準產出最佳量測結果，已滿足顧客需求。
2	驗證不同的 SfM 軟體應用於校正程序之一致性情形，是建議 UAS 小像幅部分後續研究方向之一，本案是否有測試結合不同的 SfM 軟體呢？請說明。	本案最終成果數據係採 PhotoScan 之 SfM 處理成果，惟研究初期亦有導入 Pix4D 進行測試，在方位預處理的需求上亦能提供相同的功能。
吳委員水吉		
1	P.23，圖 4-7 中無點號 A160，與第 2 行敘述內容不同。	已修正圖 4-7 中 A169。
2	P.51，表 6-9 標題僅 R06，依表中內容顯示應為 R01 至 R06。	已修正。
梁委員旭文		
1	貳、一、作業項目有(一)~(九)等 9 個項目，其中(五)~(九)的項目有簡略說明辦理情形，請(一)~(四)的項目也補充說明。	已補充說明辦理情形。
2	P.12，參、有簡略說明辦理情形，大部分實際內容都在附件四，可是附件四內容並不多，建議移到本文，尤其可以說明一到四階文件修改重點為何？	已增列表 3-1、3-2 及 3-3 說明辦理情形。
3	第伍、陸章都有提到 GNSS 靜態測量或 GNSS 定位儀，惟附件七作業程序中稱為衛星定位儀，請修改一致。	已將「衛星定位儀」修正為「GNSS 定位儀」。
4	P.18、33，提到 Brown's 附加參數(Brown, 1966)，惟參考文獻並沒有列出，請補充。	已列入參考文獻。
5	光達校正物依前期研究成果採用「建物平頂面」6 處，是否符合 TAF 作業需求？未來若變少，團隊爾後有什麼建議呢？	採用「建物平頂面」6 處，辦理量測稽核，符合 TAF 認證要求。未來，採用暨有航測校正標，參照 104 工作總報告校正方法，應是可行。

項次	審查意見	回應處理
林委員志清		
1	本書撰寫方式之建議，將作業項目重點或部分結論予以摘要到本文內，讓讀者可以直接了解內容重點，而不需要翻閱附件後才能了解內容，例如協助修正校正文件可以增加修正重點及原因，又例如辦理教育訓練章節可以將相片納入等增加本文內容。	已照辦增加修正重點及原因，辦理教育訓練章節將相片納入。
2	第九章名為討論與建議，按章節內容似乎沒有討論性質，建議另訂合適章名；另章節內計有三項內容，其中第一、二項內容只有一點結論或建議，建議請將其內容摘要作成標題（例如一、中像幅 評估，修正為中像幅 併入大像幅航測相機校正作業），方便閱讀。	已調整為「結論與建議」，並就全案執行情形簡要列出相關結論與建議事項。
3	無人飛行載具小像幅攝影系統校正作業會利用 SfM 來協助計算，惟 SfM 版本很多，其精度是如何計算，是否以檢核點實測坐標（利用 GNSS 方式施測）來作比對參考？請說明清楚。	目前建議小像幅之校正程序在操作步驟上大部分與既有中/大像幅航空測量攝影機相同，均是與採用 GNSS 定位儀靜態觀測的檢核點/校正標來進行比對；以 SfM 方法輔助小像幅航拍影像之方位預處理，係針對其感測器與系統特性而提出的輔助流程。
地形及海洋測量課		
1	P.12，有關協助辦理文件修正章節請補充辦理情形。	已增列表 3-1 說明辦理情形。
2	P.12，有關協助辦理內部稽核章節請補充辦理日期及情形。	已增列表 3-2 及 3-3 說明辦理情形。
3	P.13，倒數第 3 行影像匹配技術與英文不符，請釐清。	補充訂正為「透過其關鍵的影像匹配技術，如尺度不變特徵轉換（Scale-Invariant Feature Transform, SIFT）」。
4	P.14，第 18 行所謂符合校正條件之感測器，「符合校正條件」所指為何？請補充。	因無人飛行載具小像幅攝影系統無人機之感測器性能規格具高度多樣

項次	審查意見	回應處理
		性，雖以校正程序之方法論而言可適用絕大多數案例，但考量航測製圖在實務的應用需求上，仍建議可針對片幅大小、焦距是否可調整(定焦與否)、是否為全域快門(Global Shutter)等條件，進行後續之校正門檻探討。
5	P.16，第 5 行「2-4 基線」所指為何？	2 至 4 個空中攝影基線。
6	P.16，表 4-2 所列不同像幅需時測校正標數量，應為陳述 P.18 結論事項，請適當調整順序，以利閱讀。	遵照辦理。
7	P.17，第 1 行，所謂加上地面解析度差異更為顯著，請輔以實際計算範例說明。	遵照辦理。
8	P.18，目前提出建議小像幅攝影系統航拍規劃設計參照「中像幅航空測量攝影機航拍須知」，因前開文件航高建議為 1000 m，是否妥適，請再評估修正。	補充建議仍應參考感測器性能，規劃合適航拍地面像素解析度(GSD)介於 6 cm ~15cm 之作業航高。
9	P.24，結合 SfM 方法預處理，如何確保小像幅在空三程序中的品管流程，請補充說明。	結合 SfM 方法預先處理小像幅航拍影像之內、外方位成果，在後續校正程序之空三品管流程仍需按照同樣的步驟進行，如經過數次除錯並刪除粗差後仍無法收斂並計算出合理器差，則可視為方位預處理之瑕疵，無法進行校正，並予以退件。
10	P.36，目前航空測量攝影機申請方式均已採用線上申請，請更正。	本文已修正。
11	P.37，(二)倒數 2、3 行，係說明組合標準不確定度之結果，惟僅列涵蓋因子而非呈現自由度，與一般呈現方式不同，請說明。	已修正列出自由度，刪除涵蓋因子。
12	P.37，(三)本項已述明為沿用現在航空測量攝影機校正系統評估方式，對於新增加鏡頭畸變差部分，因原評估方式不同，請刪除，並配合調整相關數據及表格。	已刪除，並配合調整相關數據及表格。
13	P.38，鏡頭畸變量規格，如何估計為 $3\ \mu\text{m}$ ？	經空三平差改正後，鏡頭畸變量剩

項次	審查意見	回應處理
	又如何換算成地面坐標影響量？請說明。	餘誤差影響量約達 $3\ \mu\text{m}$ ，換算成地面坐標影響量 $= (\text{離地航高 } 900\text{ m} / \text{焦距 } 55.043\text{ mm}) \times 3\ \mu\text{m} = 49.053\text{ mm}$ 。
14	P.38，攝影地面像素解析度規格，以 50 mm 估計，與同頁第 4 行，拍攝地面像素解析度 8.5 cm 不同，請查明修正。	以量測範圍 5 cm 至 20 cm，取最小 50 mm 估計。
15	P.40，有關本頁有效自由度之計算內容，請完整呈現。	已列出計算內容。
16	P.41，倒數第 2 行，有關量測品保設計採點為間基線長較差，惟表 5-3 為坐標較差值，請查明修正。	已修正。校正標間基線長較差，參照系統評估管制上限 $UCL = 0.03\text{ m}$ 、管制下限 $UCL = -0.03\text{ m}$ 。
17	P.41，倒數第 1 行，為何訂定管制上、下限為 $\pm 30\text{ mm}$ ，請說明。	已修正，取 3 倍校正標參考值 L_r 組合標準不確定度，其平面方向為 $\pm 0.051\text{ m}$ ，高程方向為 $\pm 0.087\text{ m}$ ，作為後續標準值 3D 坐標之管制上下線。
18	P.42，倒數第 1 行，中像幅航空測量攝影機校正系統，係航空測量攝影機之擴充，由於原航空測量攝影機項目（大像幅攝影機）可完整涵蓋中像幅攝影機之校正與量測能力，因此採現有文件部分調整擴充方式，以納入適用中像幅攝影機，請簡要說明前後文件差異部分，方便了解。	說明大、中像幅航空測量攝影機，以感測器面積區分，大校正場(2000 m × 1750 m)供大像幅航空測量攝影機校正使用，小校正場(620 m × 660 m)位於大校正場內，供中像幅航空測量攝影機校正使用。各校正標坐標係經 SICL 校正合格之衛星定位儀，以強制附合平差技術計算測得，據以供航空測量攝影機校正使用。
19	P.48-51，所述內容為光達校正物參考值量測方式，非品保設計，請調整至適當章節，並請補充品保設計方式內容。	以調整章節，併補充品保設計方式。
20	P.51，倒數第 2 行，有關管制上、下限的選定方式說明過於簡略，請補充。	增列公式(6-1) ~ (6-4)。
21	P.53，請補充量測稽核辦理進度及辦理情形。	此項量測稽核（編號：MA17054）執行進度，參考實驗室（CMS）出具參考實驗試報告，已送交 TAF 委

項次	審查意見	回應處理
		託主辦稽核部門。另國土測繪中心“空載光達系統 (KA1099)”試行出具校正報告也已送交主辦稽核部門。
22	P.57, 請補充各次試營運輔導辦理情形及處理方式, 並將試營運紀錄納入附件參考。	增列表 7-4, 試營運紀錄納入附件十三。
23	P.62, 第玖章, 請調整為「結論與建議」, 並就全案執行情形簡要列出相關結論與建議事項; 另有目前所列建議後續研究方向, 因部分已於今年度完成測試, 請調整寫法, 先就本年度已完成測試方式及結果摘要說明, 再就可再加強部分進行說明。	已調整, 並就全案執行情形簡要列出相關結論與建議事項。
24	附件十一, 有關不確定度計算所需資料, 如: IMU 儀器角度規格精度、GPS 主站與飛機基線長, 未於申請表或掃描紀錄表中設計紀錄欄位, 請修正。	校正申請表 (適用空載光達系統) 及校正掃描成果表, 增列規格精度 (arcsec)。 校正掃描成果表, 增列 GPS 主站與飛機基線長(km)。
25	其他勘誤: (1) P.16, 小校正場尺寸有誤, 請查明更正。 (2) P.19, 頁尾單獨一行, 請排版到下一頁。 (3) P.36, 第 3 行, 多一個逗號。 (4) P.44, 第 10 行, 報告中文字為「本中心」者, 請代換為「國土測繪中心」。 (5) P.44, (一) 第 3 點, 第 2 句, 參考站「得」架設於本場, 請改為「應」架設於本場。 (6) P.45, (二) 第 2 點, 「大」校正場校正標, 應改為校正場校正標。 (7) P.45, 倒數第 3 行, 參考附件六與內容敘述不符, 請修正。	已修正。



內政部國土測繪中心

地址：臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

網址：www.nlsc.gov.tw

總機：(04) 22522966

傳真：(04) 22592533