

110年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究採購案

研究報告

Report on Regulation of Generating 1/1,000 Topographic Map by Small Format Airborne Camera in 2021

受委託單位：中華民國航空測量及遙感探測學會

研究主持人：陳昱芸

協同主持人：邱依屏

研究期程：中華民國110年1月至111年1月

研究經費：新臺幣145萬元

內政部國土測繪中心委託研究

中華民國111年2月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

摘要

為使一千分之一地形圖測製方式更多元完備，本研究針對無人機系統(Unmanned Aircraft System,UAS,以下簡稱 UAS)拍攝之小像幅航拍成果辦理一千分之一地形圖測製方式進行試辦研擬，除針對測製作業進行相關參數規範及成果規定外，亦針對成果檢查方式研訂一套適切可行的檢查方法，未來航測產製一千分之一地形圖的方式將不僅限於中、大像幅航測作業方式。除產製二維的一千分之一地形圖外，透過額外增加高重疊率及傾斜攝影，藉由影像自動匹配得到的三維網格模型(3D Mesh model)，將有助於測區現場的記錄與保存。本研究針對三維網格模型研擬出一套客觀可行的成果檢查方式。未來針對UAS一千分之一之航拍成果，除產製二維圖資外，其產製的三維網格模型也能有明確的品質標準。UAS具有高機動性、雲下作業，可補足航測資料獲取空隙，加速空間資料蒐集。內政部國土測繪中心(以下簡稱國土測繪中心)近年來亦致力於引進測繪新科技輔助圖資測製，並完成定翼型及旋翼型UAS之建置。

依據「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」等相關規定，其測製方法仍以中、大像幅航測作業方式為主，為納入更多元之航拍與測繪方式型態，使地形圖之測製方式更加快速與靈活，本研究案希藉由研究小像幅像機辦理地形圖之精度及限制，研提以該類像機辦理一千分之一數值航測地形圖之作業方法，並研擬「小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定」與「三維網格模型之成果檢查規定」提升一千分之一地形圖測製方法的靈活性與完整性。

本研究案成果包括：(1)研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定：納入「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」相關規定，以完備不同像幅之航測像機辦理一千分之一數值航測地形圖作業手冊。(2)研擬三維網格模型之成果檢查規定：近年來由於空間資訊三維化蓬勃發展，一千分之一地形圖仍以產製二維成果為主，因應各界需求而規劃加值產製三維模型成果，因此對於三維網格模型成果應有明確之品質標準，並建立一套客觀之檢查機制。

關鍵字：一千分之一地形圖、三維網格模型、無人機系統

Abstract

For generating 1/1,000 topographic map in various way, our research topic will mainly concentrate on generating 1/1,000 topographic map from the small format images captured by Unmanned Aircraft System (UAS) . Based on this study, it will be not only maintaining operation pinciples, but also setting up a suitable SOP to make sure the quality of products meat the acquirements. In the future, generating 1/1,000 topographic map will be no longer in the conventional photogrammetric ways. Besides generating 2D 1/1,000 topographic map, our research incudes producing 3D Mesh model by images matching from raising images overlaps and oblique photography as well. Sandards of producing 2D 1/1,000 topographic map and 3D mesh model and the overall supervising steps will be established in this project. Nowadays, the unmanned aerial System (UAS) has the advantages of better dynamic performance, low flight height, and the benefits lead to speed up data acquisition. In recent years, National Land Surveying Center (NLSC) has been dedicated to updating new technologies to support national data infrastructure, including the fixed-wing and rotary-wing UAS.

According to regulation of generating 1/1,000 topographic map of urban area, ways of producing are still limited in the medium and large frame images of photogrammetry. Considering of various approaches of capturing aerial images and measuring types, and generating topographic map more efficient and flexible, our research is expectd to standardize the process of producing 1/1,000 topographic map under the limitation of small format image.

Expectations include: (1) Develop countermeasures of producing 1/1,000 topographic map: Bring the countermeasure into the regulation of generating 1/1,000 topographic map of urban area to complete the regulation from several image size of aerial cameras. (2) Develop countermeasures of supervise 3D Mesh model: Geospatial information nowadays has turned into ternarized , but 1/1,000 topographic map still maintains 2D information. It is necessary to develop the standard of producing 3D data and the related supervised methodology.

Keyword: 1/1,000 topographic map, 3D Mesh model, UAS

目錄

第一章、研究主旨.....	1
壹、計畫緣起.....	1
貳、研究動機.....	1
參、計畫目標.....	3
第二章、文獻回顧.....	4
壹、國內外UAS搭載小像幅像機辦理千分之一地形圖之相關研究.....	4
貳、國內外三維網格模型(3D Mesh model)之相關研究.....	11
第三章、研究方法及工具介紹.....	14
壹、研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定相關.....	14
貳、研擬三維網格模型(3D Mesh model)之成果檢查規定相關.....	21
第四章、成果驗證.....	28
壹、研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定相關.....	28
貳、研擬三維網格模型(3D Mesh model)之成果檢查規定相關.....	50
第五章、本研究結果與草案修訂內容之連結.....	57
第六章、研究結論與建議.....	63
壹、「研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定」工作項目相關研究 成果.....	63
貳、「研擬三維網格模型(3D Mesh model)之成果檢查規定」工作項目相關 研究成果.....	73
參、研究對相關施政之助益.....	74
第七章、參考文獻.....	76
第八章、審查意見回覆.....	78
 附件一、一千分之一數值航測地形圖測製作業規定 100 年版、107 年版 及本案修訂小像幅版本之對照表.....	 I -1
附件二、歷次專家座談會紀錄.....	II -1

附件三、歷次工作會議紀錄.....	III-1
附件四、第 1 階段~第 3 階段成果審查意見及回覆	IV-1
附件五、有關附加參數的統計檢定實施程序及檢定標準.....	V-1

圖目錄

圖1-1-1、高解析度UAS航拍正射影像扭曲案例.....	2
圖3-1-1、研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定之研究流程.....	15
圖3-1-2、ORIMA中提供使用者所需之像機率定參數及可調整是否加入平差	17
圖3-1-3、模擬資料產生流程.....	18
圖3-2-1、建物區塊三維網格模型成果範例.....	22
圖3-2-2、模型破碎範例.....	22
圖3-2-3、三維網格模型成果檢查流程.....	23
圖3-2-4、立測模型抽選查核目標.....	23
圖3-2-5、自動化萃取目標平面範例.....	24
圖3-2-6、去除不必要模型範例.....	24
圖3-2-7、建物邊緣線萃取與計算.....	25
圖3-2-8、不同透空度的房屋成果.....	26
圖3-2-9、計算點到空間中的直線之距離.....	27
圖4-1-1、試辦區地理環境示意.....	29
圖4-1-2、航測標示意圖.....	33
圖4-1-3、試辦區A航拍（GSD 7公分為例）及控制點實際分布.....	35
圖4-1-4、試辦區B航拍（GSD 7公分為例）及控制點實際分布.....	36
圖4-1-5、試辦區B(GSD 7公分)跳片處理之影像分布.....	36
圖4-1-6、試辦區B不同地控點配置.....	38
圖4-1-7、試辦區B進行影像重疊率及控制點分布密度實驗探討之實際結果趨勢.....	39
圖4-1-8、試辦區A跳片處理之影像分布.....	40
圖4-1-9、試辦區B實際及模擬控制點分布對照.....	42
圖4-1-10、試辦區B實際及模擬實驗結果趨勢對照.....	43
圖4-1-11、試辦區B擴大模擬控制點分布.....	45
圖4-1-12、試辦區B模擬實驗結果趨勢圖.....	47
圖4-1-13、試辦區B影像存有局部模糊的情況.....	49
圖4-2-1、既有模型資料展示.....	53
圖4-2-2、試辦區模型資料展示.....	54
圖4-2-3、立測方式選取參考面與模型差異.....	55
圖6-1-1、試辦區A及試辦區B之立測成果.....	66
圖6-1-2、試辦區A及試辦區B原始影像品質比較.....	67
圖6-1-3、試辦區A影像問題.....	68
圖6-1-4、小像幅像機影像組成立體模型範圍之案例.....	69

表目錄

表2-1-1、國內外UAS搭載小像幅像機辦理一千分之一地形圖之相關研究整理....	7
表2-1-2、近年全片幅非量測像機像元尺寸一覽表.....	10
表3-1-1、模擬資料輸入格式.....	19
表3-1-2、觀測量先驗精度輸入格式.....	19
表3-1-3、符合ORIMA輸入格式之模擬資料.....	19
表4-1-1、定翼機規格.....	29
表4-1-2、旋翼機規格.....	30
表4-1-3、UAS搭載之攝影機鏡頭及因應之對地航高及地面涵蓋.....	30
表4-1-4、VBS－RTK作業規範.....	33
表4-1-5、實驗規劃.....	34
表4-1-6、航拍及控制點實際取得情形.....	37
表4-1-7、影像重疊率及控制點分布密度之實驗設計.....	38
表4-1-8、試辦區B進行影像重疊率及控制點分布密度實驗探討之實際結果.....	39
表4-1-9、試辦區A使用不同GSD影像進行影像重疊率及控制點分布密度實驗探討之實際實驗結果.....	40
表4-1-10、試辦區B像機參數、航拍規劃及地控點分布模擬參數.....	40
表4-1-11、模擬實驗使用試辦區B像機之透鏡畸變差.....	41
表4-1-12、模擬實驗使用試辦區B觀測值精度預設.....	41
表4-1-13、試辦區B實際及模擬實驗結果對照(實驗1+2).....	43
表4-1-14、試辦區B像機參數、航拍規劃及地控點分布擴大模擬參數.....	44
表4-1-15、試辦區B擴大模擬實驗結果(實驗1+2).....	46
表4-1-16、試辦區B擴大模擬實驗結果(實驗3).....	48
表4-1-17、試辦區立測及地測之驗證比對結果.....	49
表4-2-1、既有模型資料一覽表.....	50
表4-2-2、試辦區模型資料一覽表.....	54
表4-2-3、模型幾何精度查核範例.....	56
表5-1、本研究結果與草案修訂內容之連結.....	57
表6-1-1、率定參數使用情形.....	65

第一章、研究主旨

壹、計畫緣起

為使一千分之一地形圖測製方式更多元完備，本研究將透過試辦方式針對UAS拍攝之小像幅影像辦理一千分之一地形圖測製進行研究，經由實際作業結果，對測製作業進行相關參數規範及成果做出規定，並針對成果檢查方式研訂一套適切可行的檢查方法，期望未來航測產製一千分之一地形圖的方式將不僅限於中、大像幅航測作業方式。

另外，小像幅航拍影像除產製二維的一千分之一地形圖外，透過額外增加高重疊率及傾斜攝影，藉由影像自動匹配還可得到三維網格模型(3D Mesh model)，有助於一般非空間資訊專業人員對測區三維立體現況獲得視覺直關的認知。為了保障三維網格模型的品質，本研究針對三維網格模型的建置研擬出一套客觀可行的成果檢查方式。UAS具有高機動性、雲下作業，可補足傳統大像幅航拍資料獲取的空隙，加速空間資料蒐集。國土測繪中心近年來亦致力於引進測繪新科技輔助圖資測製，並完成定翼型及旋翼型UAS之建置。

依據「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」等相關規定，其測製方法仍以中、大像幅航測作業方式為主，為納入更多元之航拍與測繪方式型態，使地形圖之測製方式更加快速與靈活，本研究案希藉由研究小像幅像機辦理地形圖之精度及限制，研提以該類像機辦理一千分之一數值航測地形圖之作業方法，並研擬「小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定」與「三維網格模型之成果檢查規定」提升一千分之一地形圖測製方法的靈活性與完整性。

貳、研究動機

「發展無人飛行載具系統(Unmanned Aircraft Systems, UAS)測繪作業」是「現代化測繪科技發展計畫(104-107年度)」之工作項目，並於「多元測繪科技整合應用計畫(108-111年度)」中將UAS相關技術蒐集空間資訊列入「發展空中及地面移動測繪技術項目」，作為輔助各項核心圖資更新，協助救災圖資快速提供之測繪技術。目前國內對於UAS影像的應用多為利用其快速、精確、自動化可安全取得大範圍影像等特性，應用於防救災、快速現場勘查之需求，

其主要作業目的為產製全測區之鑲嵌正射影像，以快速提供現場相關訊息，供後續決策分析之用。

目前國內使用UAS航拍影像於測繪相關方面最多的應用是產製高解析度的正射影像（甚至以數化該正射影像方式產製二維向量圖資），透過控制點的量測及高重疊率影像的密點雲匹配提升產製正射影像的精度，惟其正射影像的品質受到匹配計算可靠度影響甚大，如圖1-1-1所示，該正射影像空間解析度雖達地面5公分（優於一千分之一地形圖正射成果之10公分空間解析度），但由於低航高的拍攝受到高差移位遮蔽(occlusion)的影響更為顯著，導致樹下、路口號誌的影像匹配發生粗差，以致在重要現特徵物上有抖動及扭曲變形的情形。使得由正射影像數化的二維向量的品質難以均勻一致，更遑論由正射影像上判釋的困難，例如：道路邊緣的白色水泥現狀地物是圍牆或側溝？可見以正射影像數化測製二維向量圖在現階段仍受到諸多限制。如未達到地形圖固有的品質標準，現階段仍以航測立體測繪為最可靠的方法。



由於正射影像的作業精度需求不似地形圖測製般的精密，相關作業方式與需考慮的作業因素也不若地形圖測製嚴謹，因此若欲以UAS相關技術進一步進行立體測繪地形圖，則需於航線規劃、控制點布設、空中三角測量(以下簡稱空三)等作業項目參考作業規定逐項加以訂定最低品質規範。期以透過本計畫之研究及試辦，確認以UAS辦理一千分之一地形圖測製之可行性，並研擬相關作業規定以供後續辦理作業遵循。

三維網格模型(3D Mesh model)為影像密匹配後產製多邊形網格，由三維坐標節點互相連接形成多邊形網格表現地表幾何，配合真實影像紋理貼模後，可表現地表真實形態的視覺效果。近年來航測影像除了傳統的二維平面成果外，利用影像密匹配技術產製的三維模型資料也如雨後春筍般在各個製圖應用中大量出現，例如：日照權、噪音擴散、天際線、三維景觀、視覺阻擋等之分析，為使UAS產製的三維網格模型成果有一定的品質，我們需要一個客觀可靠的流程、以及檢查的標準，才能對每一次的成果進行品質查核與驗證。

本研究將利用機關提供之三維網格模型成果案例，透過既有成果歸納分析評估方式，研擬評估指標，並藉由既有成果案例測試相關指標合適之品質通過標準，作為後續產製三維網格模型成果之成果驗收標準。

參、計畫目標

- 一、研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定：納入「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」相關規定，以完備不同像幅之航測像機辦理一千分之一數值航測地形圖作業手冊。
- 二、研擬三維網格模型(3D Mesh model)之成果檢查規定：近年來由於空間資訊三維化蓬勃發展，一千分之一地形圖仍以產製二維成果為主，因應各界需求而規劃增值產製三維模型成果，因此對於三維網格模型成果應有明確之品質標準，並建立一套客觀之檢查機制。

第二章、文獻回顧

壹、國內外UAS搭載小像幅像機辦理千分之一地形圖之相關研究

針對國內外以UAS進行測圖之相關案例，歸納彙整其使用硬體（載具、像機）、飛航參數、航線規劃、區域特性、控制點布設、空中三角測量及平差計算解算模式等相關資訊，如表2-1-1，作為擬定UAS測製一千分之一地形圖規範(草案)初稿之依據以及相關實驗規劃之參考。

UAS指無人駕駛之航空器及相關組件，具有高機動性且可於低空雲下飛行的特性，可執行自主飛行並拍攝航照影像，相關組件為衛星定位儀(GPS)及慣性導航儀(IMU)，以記錄UAS其外方位參數，可用於後續空間三角測量之解算。為滿足原一千分之一地形圖的測製規範，攝影軸傾斜角小於8度，航偏角小於10度，需使用具有一定抗風能力的UAS。UAS所搭載像機除了DJI Phantom多數使用內建的像機，其餘使用全片幅(36毫米*24毫米)的非量測型像機，其像元尺寸於案例中最大為6.41微米，另調查近年電商平台之熱銷機型，像元尺寸最大為6.6微米，如表2-1-2。

為使UAS航拍影像可用於測繪一千分之一地形圖，有二種方法。1.需產製高解析度之正射影像，甚至以其為參考圖資數化產製地形圖；2.或以航測立體測繪方式數化地形圖。為完成繪製地形圖的目的，因此需訂立最低的影像重疊率，以達成影像正射或組立體測圖模型之需求。由於使用非量測型像機，影像周圍之鏡頭畸變差仍存在且會影響立體測圖作業，因此嘗試以模型的有效測製範圍解決上述問題。所謂模型的有效測製範圍是由每兩相鄰影像以其中心70%涵蓋範圍所組成的模型(邱式鴻等人，2014)，分析案例中前後重疊率皆訂為80%，側向重疊率則從35%到80%。航線規劃，多數案例皆採取符合測區形狀並沿測區較長邊來進行航線規劃，以最高效率的獲取影像，但一千分之一地形圖是以600公尺*800公尺，約48公頃之方整範圍做為成果提送之單元，因此應維持以南北向或東西向之航線規劃為原則，但規定中亦不強迫廠商按照固定的航拍方向，可視任務特性彈性變動。

應用UAS測製地形圖的相關作業中，國內有邱式鴻等人(2014)以離地高200公尺航拍1公里*1公里的測區，地面解析度0.045公尺，採用19個航測控制點、空

三檢核點15、立測驗證點20點、平面精度查核點50點、高程精度查核點30點，內業查核時，除在本研究UAS拍攝影像所組的模型上進行量測外，並以同樣查核點位於航測量測型像機航拍取像測製一千分之一地形圖的立體模型（簡稱既有一千分之一立體模型）上進行重複量測，以UAS拍攝影像組成模型查核時，平面較差均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)為0.1公尺、高程較差RMSE為0.09公尺；以既有一千分之一立體模型上重複量測，平面較差RMSE為0.15公尺，高程較差RMSE為0.19公尺。此研究顯示，旋翼型UAS可以自率光束法空三平差取得航拍影像正確的拍攝位置與姿態，並解決以近景攝影測量率定所得像機參數不適用的問題，最後才能在模型的有效測製範圍內（目前是以每相鄰兩張影像中心70%之涵蓋範圍所組成）立製測得一千分之一地形圖。此外，由林世賢等人(2012)證實了空三的成果可符合基本地形圖測設精度要求。林耀宗等人(2015)；林迪詒、謝嘉聲(2018)，均分析地形圖的平面精度及高程精度，證實以旋翼機辦理局部中小區域一千分之一地形圖測製的方式是可行。

國外方面相關文獻則有M. Kedzierski et al.(2016)，以定翼機進行航拍，航拍高度為75公尺~750公尺，地面解析度為0.024公尺~0.24公尺，並佈設16點地面控制點和5點空三檢核點，惟此作業未提供正射二維驗證點數。檢核點之N坐標較差RMSE為0.06公尺、E坐標較差RMSE為0.15公尺、高程坐標較差RMSE為0.16公尺；作者利用UAS影像經過空三產製的正射，比對既有的地形圖，分別針對建物、道路邊線等地物之平面較差RMSE值介於9公分~23公分，其中驗證點的最大較差RMSE發生在道路邊線之0.23m，符合波蘭中小比例尺製圖之精度等級，亦符合臺灣之一千分之一地形圖精度需求。S.Rhee a & T. Kim(2017)提及以UAS拍攝影像組成模型製圖的困難點，由於UAS搭載之小像幅像機涵蓋範圍小，且飛行時易受氣流影響造成姿態不穩定，因此像對重疊區域會更小。像是千分之一單幅面積為0.25平方公里，組成像對的模型大小約只剩0.02平方公里。因此在繪製大範圍的城區或是等高線時，須一直換模。然而換模的時候，不同模型高程會有差異，導致等高線就連續性或是建物高程而言會有繪製上的困難。此外，該文獻有以相鄰模型繪製相同地物，比較其差異。由實驗結果得知，高程較差最大可達40公分。然而，UAS影像仍是需要經過光束法平差解算得到方位參數，方可增加模型間的穩定性，並消除y視差才能進行後續組模製圖。

精度驗證方法，統整有下列方法1.控制點空三解算後精度2.以空中三角測量檢核點與地測坐標較差分析3.正射二維驗證點與既有地形圖較差分析4.立體測繪驗證點與現有向量圖層較差分析。多數文獻並未採用到第4點立體測繪之方法，然而目前影像自動匹配技術在同調區（如瀝青和礫石）的品質較差(A. Gressin et al., 2020)，在重要線特徵物上有抖動及扭曲變形的情形。使得由正射影像數化的二維向量的品質難以均勻一致，更遑論由正射影像上判釋的困難，可見以正射影像數化測製二維向量圖在現階段仍受到諸多限制。如未達到地形圖固有的品質標準，現階段仍以立體測繪為最可靠的方法。因此本研究案將綜合上述四點方式擬定精度驗證方法。

表 2-1-1、國內外 UAS 搭載小像幅像機辦理一千分之一地形圖之相關研究整理

編號	參考文獻	載具	像機	像元尺寸(微米)	地面解析度(公尺)	航拍方式	航拍面積(公頃)	重疊率(%)		控制點數量	檢核點、驗證點數量	精度驗證方法	精度
								前後	側向				
1	林世賢等人(2012)	定翼機(國土測繪1號)、旋翼機	Cannon 5D Mark II	6.41	0.13	垂直攝影, 單一航向, 沿著道路方向	1,375	80	40	39	29(空三檢核點) 45(立測驗證點)	1.空三檢核點與地測坐標較差分析; 2.立體測繪驗證點與電子地圖較差分析	1.N 坐標較差最大為 0.36 公尺、E 坐標較差最大為 0.24 公尺, 高程坐標坐標較差較差最大為 1.12 公尺, 平面位置平均較差為 0.15 公尺, 平面位置較差 RMSE 為 0.1 公尺, 高程平均較差為 0.50 公尺, 高程較差 RMSE 為 0.31 公尺。 2.各點重複量測較差皆優於 1.25 公尺
2	邱式鴻等人(2014)	AI-RIDER YJ-1000-HC 多旋翼機	Canon EOS 5D Mark II	6.41	0.045	垂直攝影, 單一航向, 南北向	100	80	40	19	15(空三檢核點) 20(立測驗證點) 50(平面精度內業查核點)+30(高程精度內業查核點)	1.空三檢核點與地測坐標較差分析; 2.立體測繪相鄰模型之驗證點較差分析; 3.立體測繪驗證點與既有地形圖較差分析	1.N 坐標較差 RMSE 為 0.11 公尺、E 坐標較差 RMSE 為 0.09 公尺、高程坐標較差 RMSE 為 0.31 公尺。2.較差絕對值之 RMSE 誤差為 0.04 公尺。3.平面較差 RMSE 為 0.1 公尺、高程較差 RMSE 為 0.09 公尺
3	林耀宗等人(2015)	AI-RIDER YJ-1000-HC 多旋翼機	Canon EOS 5D Mark II	6.41	0.1	垂直攝影, 單一航向, 沿著河床方向	138	80	50	35	內文未提及空三檢核點點數	1.空三檢核點與地測坐標較差分析; 2.立體測繪驗證點與既有地形圖較差分析	1.N 坐標較差 RMSE 為 0.04 公尺、E 坐標較差 RMSE 為 0.04 公尺、高程坐標較差 RMSE 為 0.10 公尺。2.平面較差

編號	參考文獻	載具	像機	像元尺寸(微米)	地面解析度(公尺)	航拍方式	航拍面積(公頃)	重疊率(%)		控制點數量	檢核點、驗證點數量	精度驗證方法	精度
								前後	側向				
													均值为 0.167 公尺、高程較差均值为 0.18 公尺
4	侯洸伍 (2017)	DJI Phantom 3 Professional 旋翼機	Phantom 3 Professional 內建像機	1.54	0.068	垂直攝影，單一航向，東西向	6	80	80	14	0	控制點空三解算後精度	高程精度誤差最大 0.1 公尺平均 0.05 公尺，平面位置誤差最大為 0.07 公尺平均 0.05 公尺
5	林迪詒、謝嘉聲 (2018)	自組四旋翼機	Canon EOS M	4.38	0.01	垂直攝影，單一航向，南北向	36	85	75	6	6(SFM 法檢核點)+50(正射平面坐標及 DSM 高程坐標)+6(全站儀測繪地形圖與正射影像比較)	檢核點較差分析	1.N 坐標較差 RMSE 為 0.01 公尺、E 坐標較差 RMSE 為 0.01 公尺、高程坐標較差 RMSE 為 0.26 公尺。2.平面絕對精度為 0.04 公尺，高程的絕對精度為 0.039 公尺。3.較差均值約 0.02 公尺
6	林敬樺等人(2018)	DJI Phantom4 四旋翼機	DJI Phantom 4 Pro 內建像機+SONY Exmor R CMOS	2.5	0.03	垂直攝影，單一航向，沿著測試區	21.8	80	75	5	0	控制點空三解算後精度	最大水平誤差為 0.013 公尺，最大垂直誤差為 -0.006 公尺
7	M. Kedzierski et al.(2016)	Trimble UX-5 定翼機	Sony NEX-5R	4.8	0.024~0.24	未提供	未提供	未提供	未提供	16	5(空三檢核點)+未提供點數(正射二維驗證點)	1.空三檢核點與地測坐標較差分析； 2.正射二維驗證點與既有地形圖較差分析	1.N 坐標較差 RMSE 為 0.06 公尺、E 坐標較差 RMSE 為 0.15 公尺、高程坐標較差 RMSE 為 0.16 公尺。2.正射二維驗證點與既有地形圖之

編號	參考文獻	載具	像機	像元尺寸(微米)	地面解析度(公尺)	航拍方式	航拍面積(公頃)	重疊率(%)		控制點數量	檢核點、驗證點數量	精度驗證方法	精度
								前後	側向				
													最大較差 RMSE 發生在路邊線之 0.23 公尺
8	S.Rhee a & T. Kim(2017)	Sensefly Albris 四旋翼機	Sensefly Albris 內建像機	2.41	0.045	垂直攝影，單一航向，南北向	80	未提供	未提供	12	5(立測驗證點)	1.Y 視差確認； 2.立體測繪相鄰模型之驗證點較差分析；	針對五處驗證點以不同模型上機採點，平面方向平均誤差為 0.073 公尺，高程方向平均誤差為 0.110 公尺
9	A. Gressin et al.(2020)	Wingtra VTOL 定翼機	Sony RX1RII、Sony QX1	4.52/4.4	0.019/0.026	未提供	40	80	70	11	8(空三檢核點)	空三檢核點與地測坐標較差分析	檢核點： 1.Sony RX1RII (1)Agisoft: 平面較差均值 0.031 公尺，高程較差均值 0.12 公尺 (2)Pix4D: 平面較差均值 0.164 公尺，高程較差均值 0.42 公尺 (3)MicMac: 平面較差均值 0.032 公尺，高程較差均值 0.201 公尺 2.Sony QX1 (1)Agisoft: 平面較差均值 0.06 公尺，高程較差均值 0.042 公尺 (2)Pix4D: 平面較差均值 0.106 公尺，高程較差均值 0.295 公尺 (3)MicMac: 平面較差均值 0.099 公尺，高程較差均值 0.874 公尺

表 2-1-2、近年全片幅非量測像機像元尺寸一覽表

像機廠牌：CANON			
機型	影像尺寸(像素)	像元尺寸(微米)	備註
EOS 5DSR	8688x5792	4.1	本案所使用的測繪中心定翼機 搭載像機
EOS R5	8192x5464	4.4	
EOS R	6720x4480	5.4	
EOS 5D Mark IV	6720x4480	5.4	
EOS RP	6240x4160	5.8	
EOS 5D Mark II	5616x3744	6.4	
EOS 1DX Mark III	5472x3648	6.6	
EOS R6	5472x3648	6.6	
EOS 1D X Mark II	5472x3648	6.6	
像機廠牌：NIKON			
機型	影像大小(像素)	像元大小(微米)	備註
D850	8256x5504	4.3	
D780	6048x4024	5.9	
D750	6016x4016	6.0	
D6	5568x3712	6.4	
像機廠牌：SONY			
機型	影像大小(像素)	像元大小(微米)	備註
Alpha 7R IV	9504x6336	3.8	
Alpha 1	8640x5760	4.2	
Alpha 7R III	7952x5304	4.5	
Alpha 7R II E	7952x5304	4.5	
DSC-RX1R II	7952x5304	4.5	
Alpha 9 II	6000x4000	5.9	
Alpha 9	6000x4000	5.9	
Alpha 7 III	6000x4000	5.9	本案所使用的測繪中心旋翼機 搭載像機
Alpha 7 E	6000x4000	6.0	

貳、國內外三維網格模型(3D Mesh model)之相關研究

國內外文獻均有提及多種萃取建物邊線及角點的方法。洪曉竹等人(2013)從空載光達點雲中結合反射回訊與建物邊界點進行邊界線之自動化萃取，萃取以第一與中間回訊點為輔，應用霍夫轉換分離屬於不同邊界支點群，以達到自動化萃取隱含的房屋線，主要發展出一套自動化演算法，欲從空載光達點雲資料自動化萃取建物邊緣線，並評估演算法的可行性，其評估量化指標有二：(I)應有的地形圖邊界線，被成功萃取取得之線條數，及沒被萃取出之線條數，(II)屋頂面附屬結構物之邊界線，被成功萃取之線條數，及沒被萃取出之線條數。在含有屋脊之建物部分，第I類邊界線之平均正確率約為71%，在多層結構之平頂建物部分，第I類邊界線正確率60%，部分達80%以上，第II類邊界線之正確率都在85%以上，甚至可達90%。張立穎(2017)利用凹殼演算法(Concave hull algorithm)搭配道格拉斯演算法(Ramer Douglas Peucker)，簡稱為CRDP，與使用商業軟體VRMesh萃取而得的建物邊界線跟地形圖套疊比較所得知較差RMSE，並萃取邊界線成果與地形圖之完整度驗證真正射影像精度，再利用真正射影像結合稠密點雲做單像立體建物繪圖替代立體製圖，並將所萃取出之邊界線建置三維數值城市模型查詢平台。其研究成果顯示無論建物高低，CRDP與VRMesh萃取邊界線與地形圖進行套疊分析，CRDP完成度52.7%，而VRMesh僅有33.9%，CRDP其RMSE成果介於2~3公分，VRMesh RMSE成果約4公分，經換算後，解析度幾乎小於1公分/像素，CRDP於建物取線部分，經由優化成果與現地建物邊界相似吻合，成果較VRMesh對於曲線萃取來的優異，實驗成果顯示學者自行提出之CRDP方式所萃取邊界線完整度有其成效並足以應用於建構三維城市模型。

建物模型資料品質標準，以CityGML對模型的規範為主要參考，新北市政府城鄉發展局(2018)，針對影像自動密匹配的成果做使用及規範，以CityGML對模型的規範為基礎，訂定兩種品質標準：一種是僅適用於全自動化匹配的低標準，另一種是經過人工編修，使房屋破損或增生較少的高標準。文中利用網格單元與真實表面的差異計算3種誤差量度；並利用4個地物結構面參數計算其遮蔽等情形，將地物重要性等級分為4級，制定相關的查核方式及標準。內政部國土測繪中心、台灣世曦工程顧問股份有限公司(2019)，以一千分之一地形圖及臺灣通用電子地圖的建物外框，整合DEM/DSM資料取得建物樓高資訊後，自動產

製模型精細度為OGC CityGML所定義之LOD1之三維灰階建物模型，再透過自動化/半自動化作業流程給予建物屋頂及牆面紋理材質，另建置92棟符合LOD3等級房屋模型。針對LOD3規範細緻度進行編修，此成果也經由本研究驗證相對精度成果，最大RMSE為21公分，最小為7公分，符合CityGML之建議精度規範50公分，可展現UAS航測密匹配技術建置模型的精度成果。

目前主要有三款建模軟體可使用，徐一文(2019)比較三種軟體之效益。以三維建模軟體(Pix4D、Agisoft Metashape、Context Capture)對取得航攝之資料，探討重建之三維模型之精度，提供利後續應用參考控制點平面誤差以Context Capture 1.66公分最佳，Pix4Dmapper 2.13公分次之，Agisoft Metashape 3.25公分最差。高程誤差部分以Pix4Dmapper 0.65公分最佳，Context Capture 1.36公分，Agisoft Metashape 11.52公分最差。檢核點平面誤差以Context Capture 2.66公分為最佳，Agisoft Metashape 6.36公分次之，Pix4Dmapper 7.52公分最差。高程誤差以Pix4Dmapper 3.13公分最佳，Agisoft Metashape 高程誤差4.45公分次之，Context Capture 38.85公分最差。此實驗證實這三種建模軟體的建模成果皆可符合一千分之一製圖標準。

F.Remondino et al.(2011)敘述當今UAS應用已成為監測、測繪與3D建模的重要數據來源，UAS是傳統有人機航空攝影測量低成本替代品，其領域應用廣泛，諸如農業、考古學、3D重建等，並設計實驗4種不同的航拍區域及不同產製的需求，分別探討拍攝成果，並且驗證其理論精度及RMSE，概述UAS可應用的領域，其成果都有達到各作業需求。M. Li et al.(2016)利用安裝在UAS上的像機所航拍的影像自動重建大規模城市場景，使用先進的運動結構和多視圖立體法，透過航空影像中生成密集點雲，基於建物足跡網格的統計分析，將點雲分類成建物、地面、樹木等不同類別，利用Markov Random Field (MRF)方法選取每個建物的屋頂結構，提出一種基於軸心點檢測的輪廓優化方法，對輪廓進行優化，最後從優化的輪廓中選取多邊形網格模型，在各種場景上的實驗與現有重建方法的比較，證明該方法的有效性與穩定性。

綜合以上文獻蒐集可得以下重點資訊：

一、以UAS航拍時，可增加兩種不同航高或用井字型航線，增加重疊率，三維模型在細部表現上會較細緻。

二、國內外皆有對於多種三維建模軟體進行比較的研究，以市面上常見的商業軟體MicMac、Agisoft、Pix4D進行分析，研究區域有建物密集區域及農村地區，研究成果表示這兩種區域的高程誤差表現最好皆是Pix4D，在森林區域的表現Agisoft及Pix4D皆呈現出不同的優勢，Agisoft找到足夠的特徵點以進行精確的光束法平差，Pix4D則是給出夠多的3D點雲，但Pix4D在均質區域(如瀝青和礫石)的三維模型表現較差。不過上述三種軟體，皆缺少空三結果的可靠度指標。

三、目前市面上的三維建模的商業軟體較多人使用的是Pix4D、Agisoft Metashape、Context Capture，這三種處理軟體皆可產製出三維模型，但因處理軟體內部運算模式的不同，三維模型之精度也會有所不同，可取其每個處理軟體之優勢，依照作業需求的不同而選擇。

第三章、研究方法及工具介紹

壹、研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定相關

為達成研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定之目標，將透過以下4種方式逐步達成：**1. 蒐集國內外相關文獻**(如第二章)：透過文獻蒐集國內外以UAS進行測圖之相關案例，了解若依據目前普遍民間業者所使用之設備及技術，在可達到一千分之一地形圖製圖精度前提下，使用小像幅像機製圖之最低要求。本研究透過蒐集得到的相關參數作為後續實驗規劃及驗證方式之參考；**2. 蒐集專家意見**(詳如附件二)：為蒐集各界對於本研究案所訂定規範(草案)之意見，本研究計畫總共辦理3次專家座談會，蒐集各界建議作為規劃相關研究事項、成果驗證及作業規定草案修正之參考；**3. 實際資料驗證**：本研究計畫於不同地區特性之2幅一千分之一地形圖圖幅範圍，以實際資料進行試辦，驗證本研究計畫中所擬定之小像幅像機測製一千分之一地形圖作業規定之可行性；**4. 模擬資料驗證**：由於2幅一千分之一地形圖圖幅之試辦區範圍有限，且實際資料難免受到現實因素干擾導致與規劃情形不盡相同，使得能討論的實驗配置有限。為能充分討論各參數配置之解算成果，額外以模擬資料補充。

因應UAS搭載小像幅像機之特性，針對原一千分之一地形圖作業規定勢必進行部分規格參數及作業方式之調整。透過文獻及專家意見蒐集，規畫實際資料實驗及補充實際實驗不足處之模擬實驗，根據實驗數據得到滿足規範最小需求之相關參數，以實驗結果作為擬定草案之參考。

為研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定，研究流程如圖3-1-1，包括試辦規劃、實驗資料獲取、實驗分析與驗證及擬定草案。說明如下：

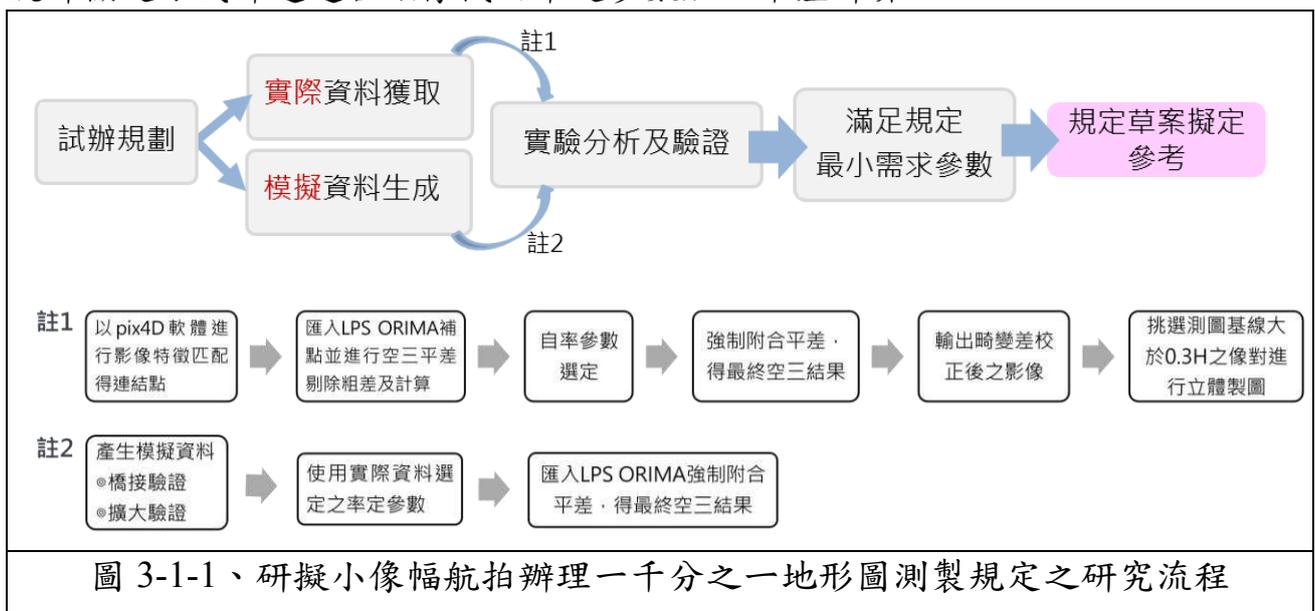
一、試辦規劃：研究初期，蒐集文獻及專家學者意見則可知以小像幅像機航拍並用以辦理製圖時需掌握的重點，並檢視原一千分之一規範，將需要探討或調整的要素設計成實驗，包括：設計不同航高以獲取不同地面解析度之影像、不同影像前後及測向重疊率以了解以小像幅像機航拍並符合製圖精度的情況下所需之最低重疊率、有無使用定位及定向系統輔助空中三角測量，對於影像控制點需求之多寡及分布之關係。因此在執行實驗前須擬定航拍及控制點規劃，相關實驗設計及規劃將於第四章說明。

二、實驗資料獲取：按照試辦規劃進行實際資料獲取，包括影像及控制點資料

(布標點及驗證使用之建物屋角點)，實際取得情形將於第四章說明。雖然本研究計畫已滿足契約要求，即試辦範圍至少涵蓋2幅千分之一地形圖圖框面積，但站在擬定草案的角度，需以更大試辦範圍進行實驗，使得參考實驗結果而引用在草案規定中的數據更具說服力。

三、使用工具及研究方法：如圖3-1-1之註1及註2所述，為擬定小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定所辦理之試辦作業，使用到的工具及研究方法介紹如下：

1.空中三角測量平差解算軟體：數值攝影測量工作站軟體 ERDAS LPS(Leica Photogrammetry Suite, LPS) 模組ORIMA為業界普遍使用之空三解算軟體，且小像幅像機鏡頭特性則是存有畸變差，除於航拍前可藉由室內率定場獲知像機畸變差之方法，本研究計畫則是在航拍後使用ORIMA自率光束法平差解算，並以統計檢定方式篩選適合該像機之率定參數加入平差計算。



2.研究方法：

針對空中三角測量平差解算軟體中所使用的自率光束法及其內建之自率模式說明如下：

(1)傳統空中三角測量

傳統空中三角測量建構於共線方程式(Collinearity Equations)為基礎之物像對應，根據中心透視投影(Central Perspective Projection)原理，將攝影瞬間之像機投影中心(L)、物點(A)及其對應像點(a)約制在同一條光線上，其數學關係如式(3-

1)(Mikhail et al., 2001)。

$$\begin{aligned} x - x_0 + dx &= -f \frac{r_{11}(X - X_L) + r_{12}(Y - Y_L) + r_{13}(Z - Z_L)}{r_{31}(X - X_L) + r_{32}(Y - Y_L) + r_{33}(Z - Z_L)} \\ y - y_0 + dy &= -f \frac{r_{21}(X - X_L) + r_{22}(Y - Y_L) + r_{23}(Z - Z_L)}{r_{31}(X - X_L) + r_{32}(Y - Y_L) + r_{33}(Z - Z_L)} \end{aligned} \quad (3-1)$$

(2)自率光束法模式

相對於理想中透視中心、像點與物點係以共線條件描述成像幾何，在現實中成像路徑會受到大氣折光差、透鏡畸變差、像主點位移及成像面變形等系統誤差影響而使像點產生偏移。上述誤差常藉由大氣模式(針對大氣折光差)及率定方式來修正，其中，將系統誤差以參數型態整合入空中三角解算之方式稱為附加參數自率光束法平差或簡稱自率光束法平差(Mikhail et al., 2001)。然而，小像幅像機之使用時機多是以低航高針對局部地區拍攝，因此本研究暫不考慮大氣折光差之影響。

在使用ORIMA中，本研究選用的是由Brown(1976)所提出的自率光束法模式(CAP-A, 1996)，將其引入到式(3-1)，數學關係如式(3-2)。

$$\begin{aligned} x - x_0 + dx + \Delta x &= -f \frac{r_{11}(X - X_L) + r_{12}(Y - Y_L) + r_{13}(Z - Z_L)}{r_{31}(X - X_L) + r_{32}(Y - Y_L) + r_{33}(Z - Z_L)} \\ y - y_0 + \Delta y + \Delta y &= -f \frac{r_{21}(X - X_L) + r_{22}(Y - Y_L) + r_{23}(Z - Z_L)}{r_{31}(X - X_L) + r_{32}(Y - Y_L) + r_{33}(Z - Z_L)} \end{aligned} \quad (3-2)$$

Δx 、 Δy 為透鏡畸變差改正量，如式(3-3)：

$$\begin{aligned} \Delta x &= a_1(r^2 - r_0^2)x + a_2(r^4 - r_0^4)x + a_3(r^6 - r_0^6)x + b_1x + b_1y \\ &\quad + (c_1(x^2 - y^2) + c_2x^2y^2 + c_3(x^4 - y^4))x/f + d_1xy + d_2y^2 + d_3x^2y \\ &\quad + d_4xy^2 + d_5x^2y^2 \\ \Delta y &= a_1(r^2 - r_0^2)y + a_2(r^4 - r_0^4)y + a_3(r^6 - r_0^6)y \\ &\quad + (c_1(x^2 - y^2) + c_2x^2y^2 + c_3(x^4 - y^4))y/f + d_6xy + d_7x^2 + d_8x^2y \\ &\quad + d_9xy^2 + d_{10}x^2y^2 \end{aligned} \quad (3-3)$$

其中 x, y 為像點量測值； x_0, y_0 為像主點偏移； f 為焦距； dx, dy 為偏離共線之變形修正量； X, Y, Z 為物點坐標； X_L, Y_L, Z_L 為像機投影中心位置； $r_{11} \sim r_{33}$ 為旋轉矩陣組成元素，且姿態角由像機投影中心 ω 、 φ 、 κ 所構成，分別對物空間坐

標系X、Y、Z軸旋轉； a_1 、 a_2 、 a_3 為輻射畸變差的係數； b_1 、 b_2 為仿射及非正交的係數； c_1 、 c_2 、 c_3 為成像面不平坦的係數； $d_1 \sim d_{10}$ 為底片拉伸變形或CCD扭曲的係數。圖3-1-2為ORIMA中提供選擇的像機率定參數之介面，並可自行選擇各參數是否加入平差計算。

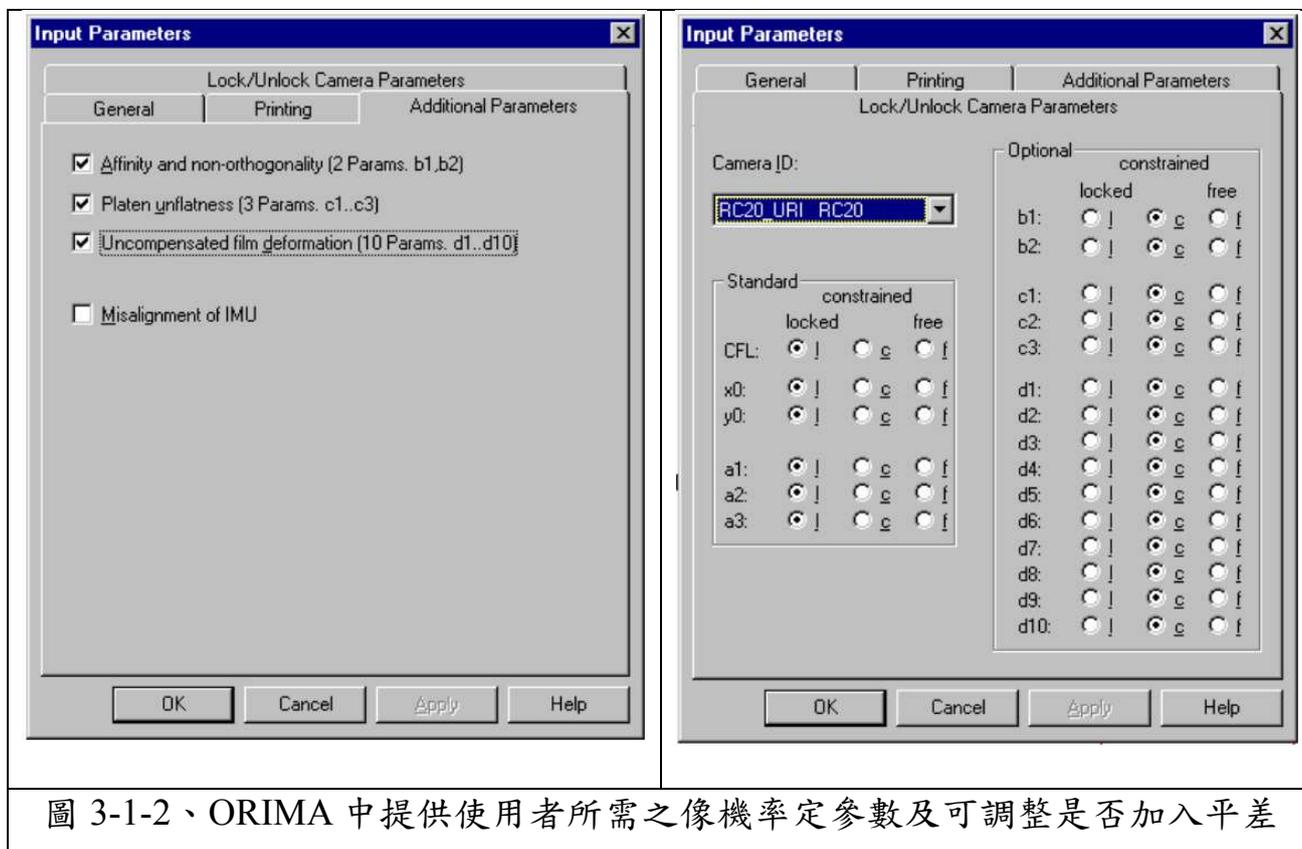


圖 3-1-2、ORIMA 中提供使用者所需之像機率定參數及可調整是否加入平差

3. 自率參數篩選方式

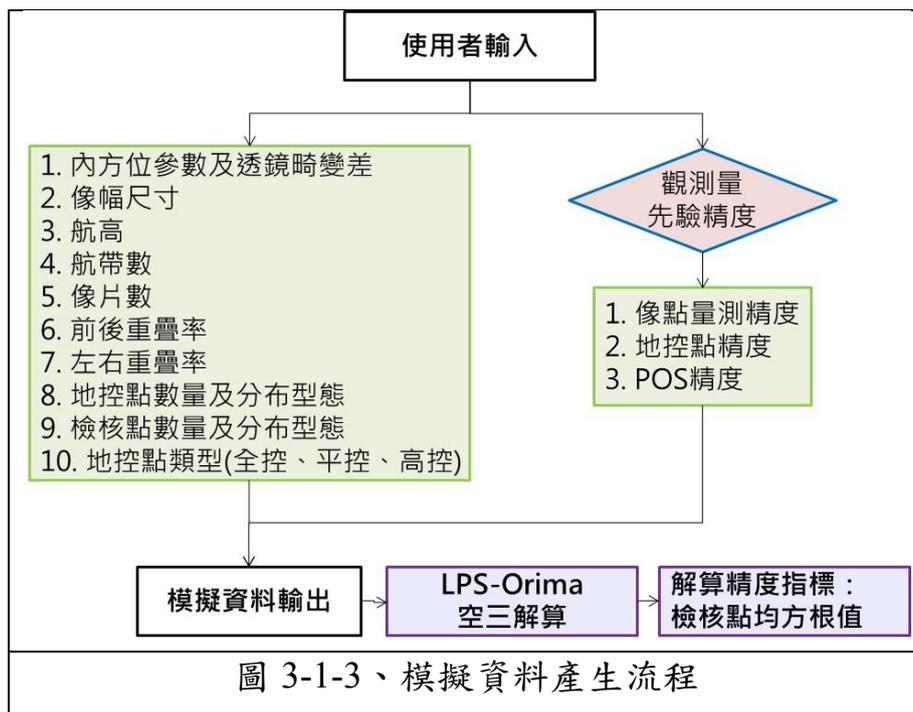
由式(3-3)可知率定參數相當多，但未必須完全納入平差計算，實務上通常是按照經驗法則並搭配試誤法篩選率定參數。根據日本交通省國土地理院(2017)對於UAS測繪的相關規定，若對像機之內方位穩定性及是否有變動有疑慮時，則應另以一個獨立之三維率定場對該像機做額外率定。在尚未建立三維率定場前，可利用統計檢定實施程序方式，以較有依據的方式選定。

由UAS搭載小像幅像機之原始航拍影像傾斜角較大，如以傳統航測空三解算軟體匹配連結點較為困難，所以實務上會輔以其他影像匹配方式（如：電腦視覺）取得影像連結點。由密匹配所得之空三連結點數量遠較傳統人工量測者多，且在影像內分布均勻。為了充分利用此特性，在使用自率法附加參數空三平差時，若該像機並未經過獨立之三維率定而得到高品質的內方位參數，則應

將附加參數視為自由參數，不加任何驗前 (a priori) 約制，進行自率法空三平差，並參考李德仁及袁修孝(2012)對於附加參數統計檢驗方式，提出具體可行的步驟，對自率法計算出來的參數進行參數顯著性、相關性、充分性、可定性檢定。詳細說明可參考附件四。

4. 模擬資料產生器：

由於千分之一圖框範圍以及實際資料取得情形，使得能討論的實驗配置有限，為能充分討論各參數配置之解算成果，擬以模擬資料補充。為能快速且彈性產出實驗所需之模擬資料，本研究案引入邱依屏(2009)研發之模擬資料產生器，其可配合使用者規劃產出不同型態的模擬資料(包含檢核資料)，例如：航帶幾何、地面控制點分布幾何與數量、物空間場景(藉由地形資料)及連結點分布型態等。此外，可按照不同觀測量先驗精度，產生符合常態分布之隨機誤差，模擬現實中各類觀測量。



模擬資料的產生流程如圖 3-1-3，以下進行各部分進一步的解釋：

(1) 參數輸入項目與格式：此為圖 3-1-3 中使用者可設定第 1 項之內方位參數、透鏡畸變差，以產生像點系統偏移量；此外，可藉由調動 2~5 項，決定實驗資料量多寡及物、像點位之空間分布與配置，其中地控點及檢核點分布間隔單位 b 為

由航高*0.3 反推之測圖基線長。關於「測圖基線」係出自於一千分之一測製規範中，為確保立體測繪之精度，測圖用之立體模型其立體像對之基高比(B/H)不得小於 0.3 之規定。

藉由前述 10 項參數產出符合使用者所需的飛航場景，其模擬資料輸入格式可參考表 3-1-1，觀測量先驗精度輸入格式可參照表 3-1-2，由此產生符合常態分布之隨機誤差，因此，觀測量=模擬資料真值+隨機誤差。

表 3-1-1、模擬資料輸入格式

參數輸入項目	
1	內方位參數(f, x_0, y_0)，單位: 毫米
	自率參數(配合採用 ORIMA 所使用之自率參數) ($a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, c_1, c_2, c_3, d_1 \sim d_{10}$) 單位: unitless
2	像片大小(Y 方向, X 方向)，單位: 毫米
3	航高，單位: 公尺
4	航帶數
5	像片數
6、7	像片重疊率(前後, 左右)，單位: %
8~10	物點分布間隔(Y 方向, X 方向)，單位: 測圖基線長(b)

表 3-1-2、觀測量先驗精度輸入格式

觀測量精度項目
像點量測精度($\sigma_{x_{GCP}}, \sigma_{y_{GCP}}$)，單位: \pm 毫米
地控點精度($\sigma_{x_{GCP}}, \sigma_{y_{GCP}}, \sigma_{z_{GCP}}$)，單位: \pm 公尺
GPS 位置精度($\sigma_{x_{GPS}}, \sigma_{y_{GPS}}, \sigma_{z_{GPS}}$)，單位: \pm 公尺
IMU 姿態精度($\sigma_{\theta}, \sigma_{\phi}, \sigma_{\psi}$)，單位: \pm 度

最後，模擬產生器將會產出符合 ORIMA 輸入格式之資料，以利匯入使用，範例如表 3-1-3。

表 3-1-3、符合 ORIMA 輸入格式之模擬資料

6600001 999001 -11.01366624 -11.38788016 0 M	
6600001 46472 -17.91290496 -11.85876419 0 M	
6600001 46473 -17.92944034 -7.724401148 0 M	
6600001 46474 -17.89460649 -3.575984426 0 M	
6600001 46475 -17.92029476 0.564888544 0 M	
6600001 46476 -17.90908323 4.702498403 0 M	
6600001 46477 -17.88195102 8.830778897 0 M	
6600001 46773 -13.77146381 -11.85662609 0 M	
6600001 46774 -13.78260816 -7.726177371 0 M	
6600001 46775 -13.79550424 -3.585216723 0 M	
	999001 99566.641 99711.376 0.870 50000 0.05 0.05 0.05
	999002 99566.616 100533.628 -0.589 50000 0.05 0.05 0.05
	999003 99566.559 101355.690 1.965 50000 0.05 0.05 0.05
	999004 99566.614 102177.803 1.283 50000 0.05 0.05 0.05
	999005 99566.558 102999.969 0.384 50000 0.05 0.05 0.05
	999006 99566.639 103822.067 1.285 50000 0.05 0.05 0.05
	999007 99566.580 104644.236 1.573 50000 0.05 0.05 0.05
	999008 99566.693 105466.413 0.860 50000 0.05 0.05 0.05
	999009 99566.567 106288.530 1.646 50000 0.05 0.05 0.05
	999010 100372.607 99711.483 1.774 50000 0.05 0.05 0.05

(a)像點資料

(b)物點格式

6600001	99947.126358515	99874.894153596	249.384824581	1	0.01	0.01	0.01	0.0000	0.0000	0.0000	1
6600002	99947.125911863	100045.766796359	249.399749253	2	0.01	0.01	0.01	0.0000	0.0000	0.0000	1
6600003	99947.111102560	100216.624555151	249.391373761	3	0.01	0.01	0.01	0.0000	0.0000	0.0000	1
6600004	99947.119612907	100387.455052702	249.382456439	4	0.01	0.01	0.01	0.0000	0.0000	0.0000	1
6600005	99947.105447709	100558.300937790	249.387298043	5	0.01	0.01	0.01	0.0000	0.0000	0.0000	1
6600006	99947.122191256	100729.142711644	249.376754976	6	0.01	0.01	0.01	0.0000	0.0000	0.0000	1
6600007	99947.118417228	100900.003652485	249.382364318	7	0.01	0.01	0.01	0.0000	0.0000	0.0000	1
6600008	99947.099233177	101070.842049567	249.368508110	8	0.01	0.01	0.01	0.0000	0.0000	0.0000	1
6600009	99947.124694004	101241.706012954	249.390648667	9	0.01	0.01	0.01	0.0000	0.0000	0.0000	1
6600010	99947.120846159	101412.537204996	249.376618028	10	0.01	0.01	0.01	0.0000	0.0000	0.0000	1

(c) GNSS 資料

6600001	0.062000481	0.019177264	90.11161319	0.05	0.05	0.2	1
6600002	-0.065293762	0.085248757	90.26673069	0.05	0.05	0.2	1
6600003	0.008301754	0.026462146	90.08838924	0.05	0.05	0.2	1
6600004	0.075679282	-0.008697555	90.4145204	0.05	0.05	0.2	1
6600005	0.087974513	-0.099233148	89.8138569	0.05	0.05	0.2	1
6600006	0.012694215	0.045046477	90.03174955	0.05	0.05	0.2	1
6600007	0.021001824	-0.01443243	90.18873061	0.05	0.05	0.2	1
6600008	0.022579115	0.055199166	89.9440704	0.05	0.05	0.2	1
6600009	0.032811727	-0.053643021	89.93162464	0.05	0.05	0.2	1
6600010	-0.032409503	-0.033469178	89.50391793	0.05	0.05	0.2	1

(d) IMU 資料

貳、研擬三維網格模型(3D Mesh model)之成果檢查規定相關

三維網格模型(3D Mesh model)為影像密匹配後產製多邊形網格，由三維坐標節點互相連接形成多邊形網格表現地表幾何，圖3-2-1為建物區塊三維網格模型成果範例，可以看出圖3-2-1(a)貼敷真實影像紋理後，可展示出較真實地表，然而圖3-2-1 (b)可看出若無真實影像紋理，建物表面其實肉眼可見崎嶇不平，自動產製的多邊形網格點並不會整齊排列成平整表面，房屋邊界線也相當曲折，甚至會有破碎的情況(如圖3-2-2)，然而三維網格模型若需進行測繪用途或空間分析，就不能僅供肉眼觀察三維的視覺效果而已。針對上述成果特性，查核主要使用來源影像組成立體模型，挑選適當區域並使用立測繪製參考3D面、線段等資料作為精度比對依據，並適當記錄抽樣區域遮蔽、透空程度等情形，成果檢查流程如圖3-2-3。另外，關於三維網格模型之真實影像貼敷，其影像係一開始航拍時即取得，後續才在多邊形網格上配合方位貼敷影像，因此影像是否完整其實在一開始航拍時早已決定，如需確認影像是否完整應於查核工作之初辦理，否則三維網格模型真實影像貼敷為自動化作業，原則上無人工介入。



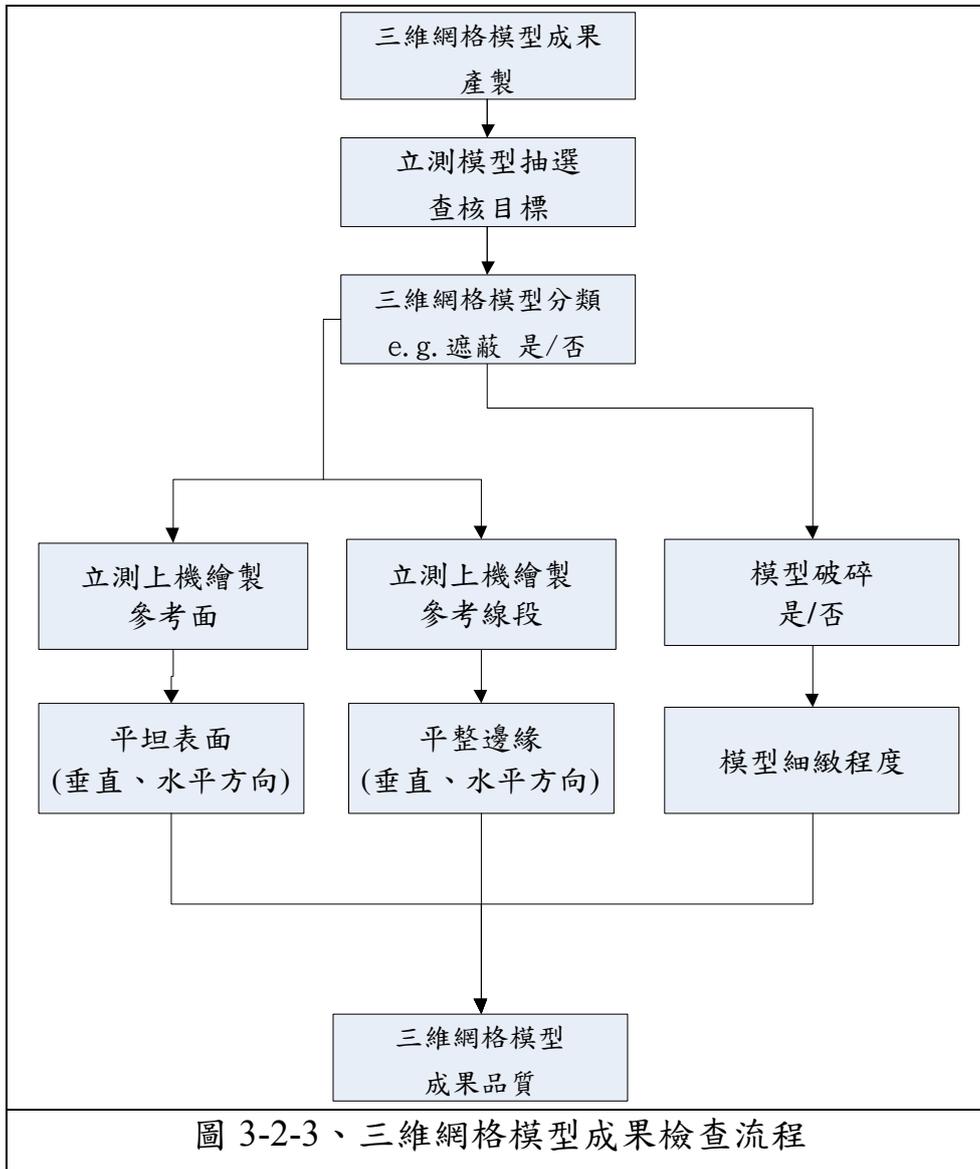


(b) 無真實影像紋理之三維網格模型

圖 3-2-1、建物區塊三維網格模型成果範例

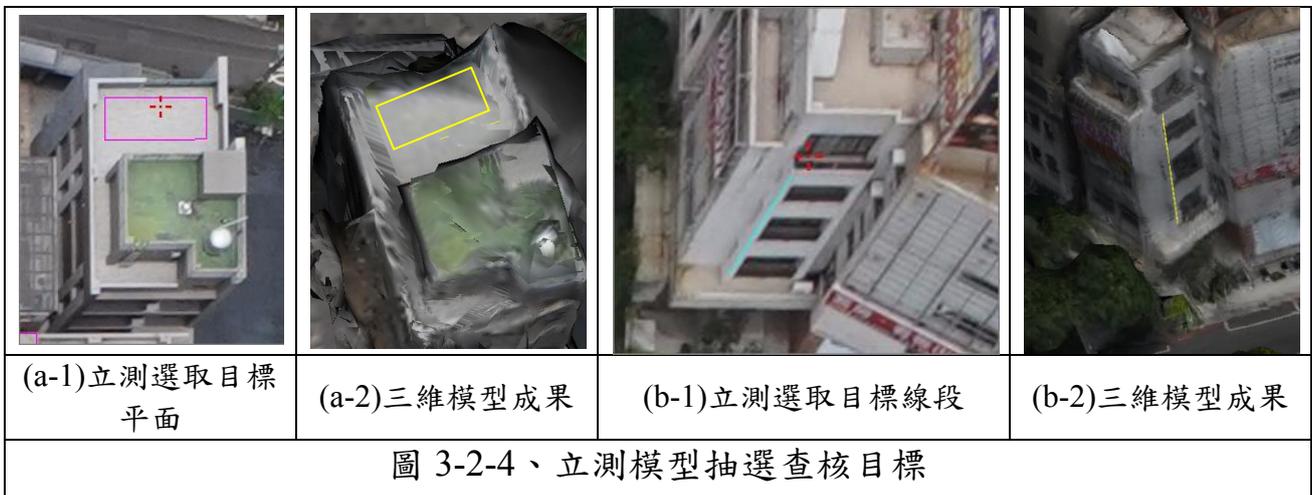


圖 3-2-2、模型破碎範例



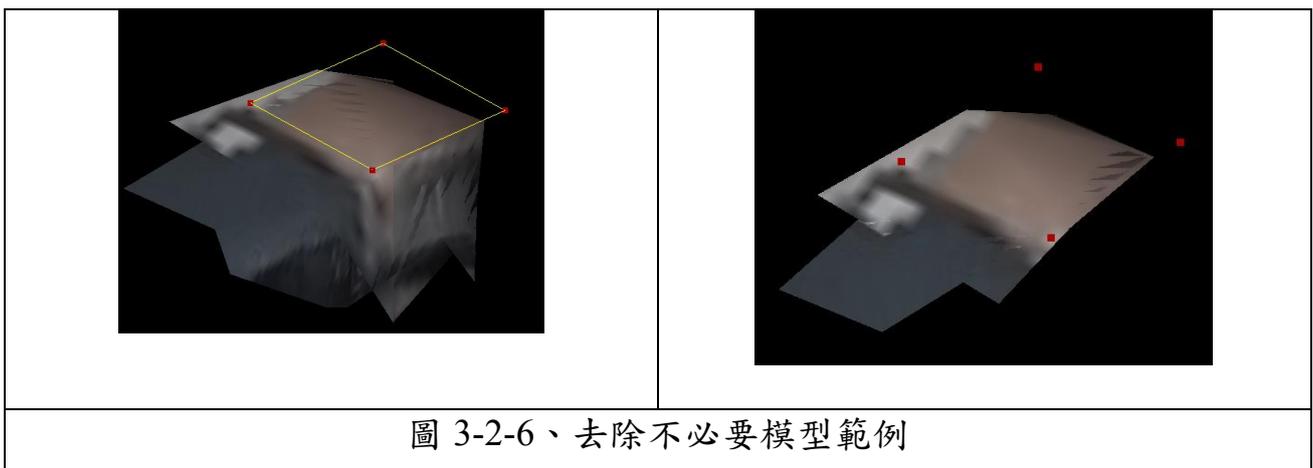
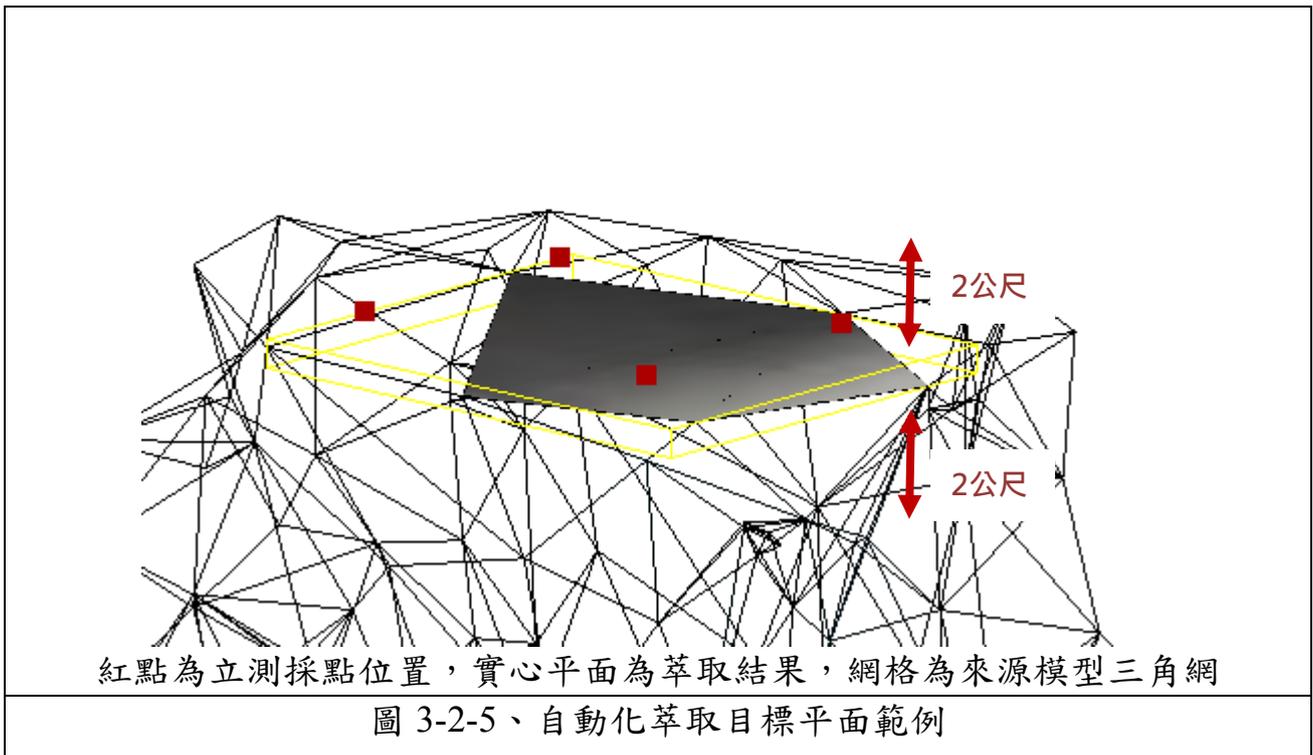
1. 立測模型抽選查核目標

使用來源影像組成立體模型，需考慮目標平面為平坦屋頂，不含女兒牆、無其他雜物、裝飾等，以確認比對計算無其他干擾，如圖3-2-4。



A. 目標平面萃取

立測模型抽選目標後可使用自動化的方式將目標於三維模型中萃取出，自動化切割時以立測繪製範圍為平面範圍，選取位於範圍內的完整三角網，高程則包含上下各兩公尺內的完整三角網，自動化萃取範例如圖3-2-5，自動化萃取後仍需再次檢視確認是否萃取出目標模型，將不需要計算的模型去除，範例如圖3-2-6。

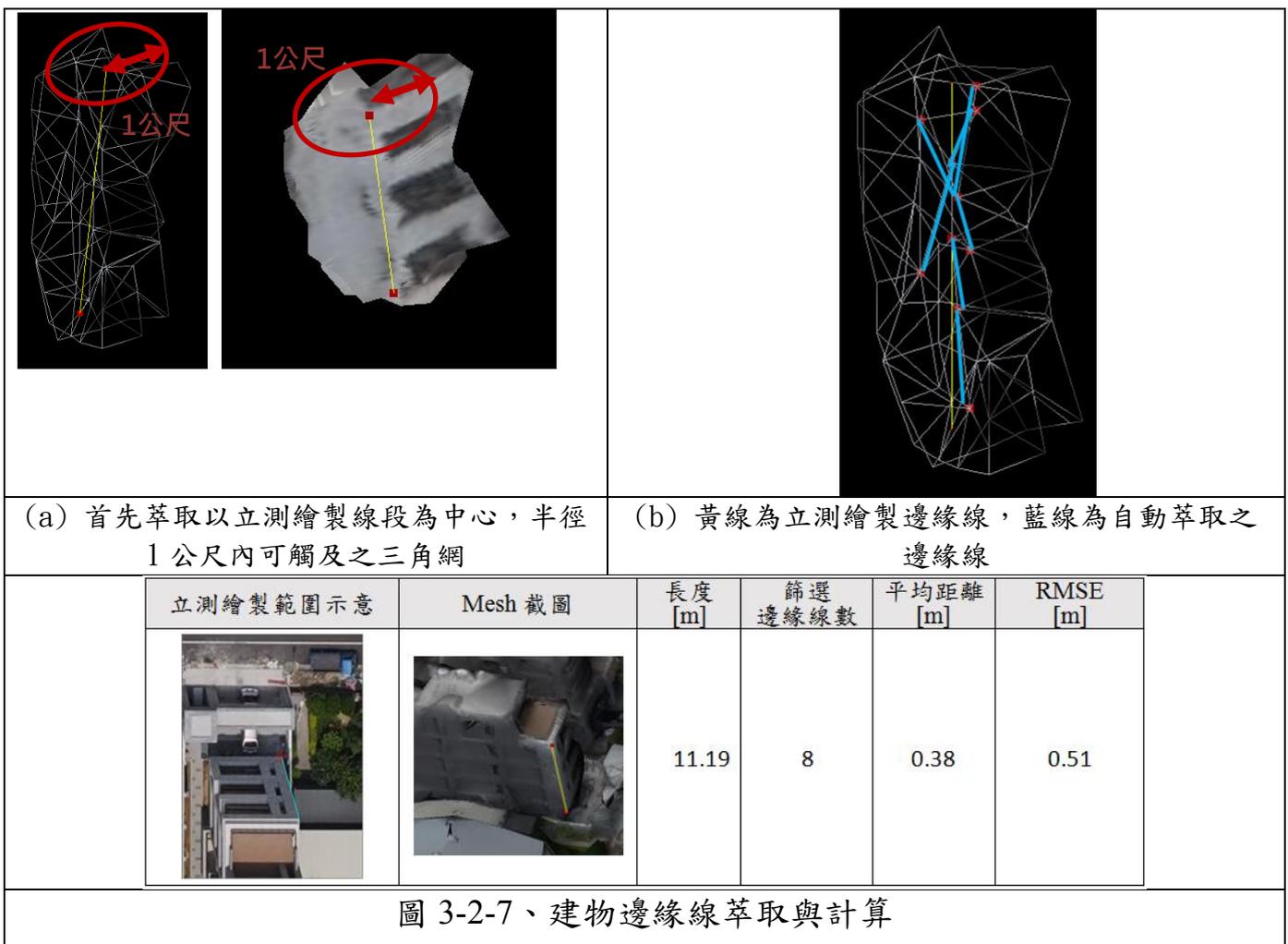


B. 目標線段萃取與計算

由於三角網格組成之三維模型位於建物邊緣並不會組成明確邊緣線，

需由立測繪製出目標建物邊緣線(以下簡稱參考線)後，再至三維模型中找出對應之比對標的，故首先需萃取出參考線所對應之「模型中的邊緣線」。本研究以自動化方式萃取出目標線段，其流程如下：

- a. 以立測繪製定義明確之建物邊緣線段為比對參考中心，初步設定萃取距離參考線門檻值1公尺範圍內可觸及之三角網，如圖3-2-7(a)。
- b. 進一步分析上述a.各三角網之各邊線，以與參考線夾角門檻值45度以內作為納入邊緣線萃取結果，如圖3-2-7(b)。
- c. 計算各萃取出邊緣線至參考線之距離，再取各距離段之平均值與較差均方根作為本立測參考線的檢核值，如圖3-2-7(c)，考量相關統計量之代表性，設定邊緣線萃取結果至少應取得5筆以上線段，否則即應擴大萃取距離參考線門檻值至2公尺，再重複進行上述比對及計算程序。



2. 模型分類

模型網格會因不同高度、不同遮蔽情形、透空度不同，使得模型品質不一，如圖3-2-8所示。本研究原先的提出的概念為應先對網格模型進行分類或分級，針對不同等級的網格研究對應的精度檢核標準，方能訂定較為客觀的檢核標準。然而目前三維網格模型定調為一千分之一地形圖的附加成果，因此檢核重點先著重於紋理清晰、無遮蔽、無陰影、表面平整之適合受檢地物，並確認該模型是否可識別出應有的細部地物。



3. 模型幾何精度檢查

此項目即對三維網格模型成果形狀上的誤差進行研究，其針對網格模型成果的不同面向又可分為(a)平坦區網格單元的誤差(b)模型邊緣網格單元的誤差，即以已知平坦、平整地物的形狀做為參考，分析模型成果與參考面、參考邊緣線的誤差。

(a)平坦區網格單元的誤差

比較模型網格與真實參考平坦面的幾何距離，可計算分析出對應誤差，進而設計出對應的檢核標準。

立測採點需將點資料平差計算出參考平面的平面方程式參數 a, b, c, d ，以計算三維網格模型各節點到參考平面的距離。立測採點計算參考平面的平差利用

公式(3-4)平面方程式代表三維空間平面，具有a,b,c,d平面方程式參數，XYZ代表立測採點，並利用公式(3-5)計算立測採點三維物空間各點(X,Y,Z)到計算參考平面的距離D，當由n點所形成的最適平面的 $\sum_{i=1}^n D_i D_i$ 具有最小值時，則可平差求得立測採點參考平面方程式參數a,b,c,d，觀測方程式 $F(a, b, c, d) = \frac{|aX+bY+cZ+d|}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} = 0$ 。

$$aX_i + bY_i + cZ_i + d = 0 \quad (3-4)$$

$$D = \frac{|aX + bY + cZ + d|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad (3-5)$$

求得參考平面平面方程式參數a,b,c,d後，同樣可利用公式(3-5)計算出萃取目標三維模型之各節點到參考平面之距離，統計結果可視為該模型面網格之誤差。

(b)模型邊緣網格單元的誤差計算

比較模型網格與真實參考邊緣線的幾何距離，可計算分析出對應誤差，進而設計出對應的檢核標準。

如圖3-2-9假設立測採點為 $X_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $X_2(x_2, y_2, z_2)$ ，萃取出模型中的邊緣線節點為 $X_0(x_0, y_0, z_0)$ ，且使用向量計算 $\overline{X_1X_2} = (x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1)$ 、 $\overline{X_0X_1} = (x_1 - x_0, y_1 - y_0, z_1 - z_0)$ 、 $\overline{X_0X_2} = (x_2 - x_0, y_2 - y_0, z_2 - z_0)$ ，可計算各點至立測採點線段之垂距d如式(3-6)。

$$d = \frac{|(\overline{X_0X_1}) \times (\overline{X_0X_2})|^2}{\|\overline{X_1X_2}\|^2} \quad (3-6)$$

統計各節點至立測採點線段之距離，視為該模型邊緣網格之誤差。

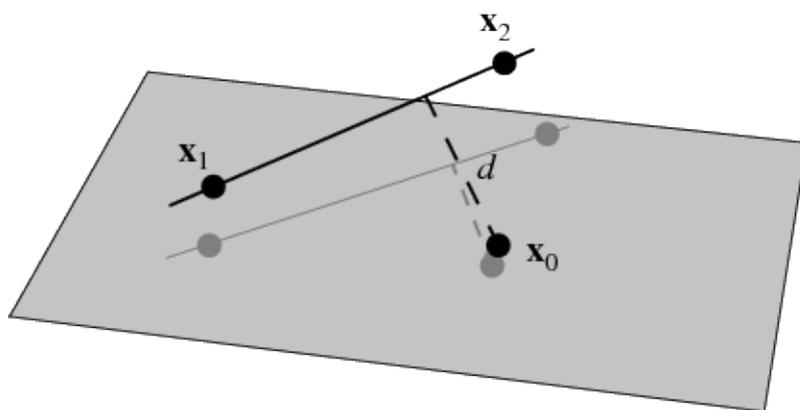


圖 3-2-9、計算點到空間中的直線之距離

第四章、成果驗證

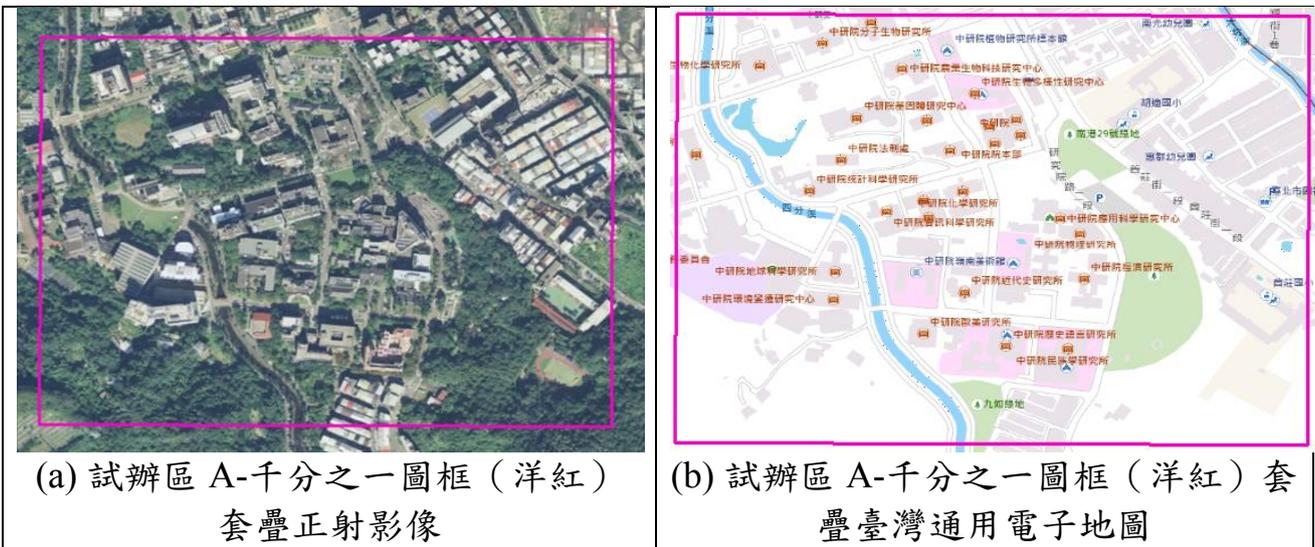
壹、研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定相關

由於本計畫相關規範草案將會納入「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」中，提供爾後執行一千分之一數值航測地形圖測製作業遵循，為確保以UAS搭配小像幅像機之航拍成果確實能產製符合一千分之一地形圖精度要求(平面RMSE不大於25公分，高程RMSE不大於30公分)之成果，需以試辦區之實際作業成果進行精度驗證，方能將此作業方法擴充至相關作業手冊中。

一、試辦區介紹及資料取得情形

(一)試辦區說明

試辦區提案首先考量區域特性、飛航管制與作業困難度，並透過需求訪談，以及蒐集第1次專家學者座談會之各方專家學者意見，並經過與國土測繪中心多次討論後選定，一千分之一圖幅之範圍二幅分別為：1.臺北市南港區中研院周遭（以下簡稱試辦區A）；2.臺中市北屯區旱溪太原路附近（以下簡稱試辦區B），如圖4-1-1所示。且按照需求訪談決議「試辦區之選定除考量地物多樣性，亦將分別規劃一區以定翼機、一區以旋翼機進行航拍，以增加試驗成果之代表性。」因此將試辦區A規劃以定翼機航拍、試辦區B規劃以旋翼機航拍。



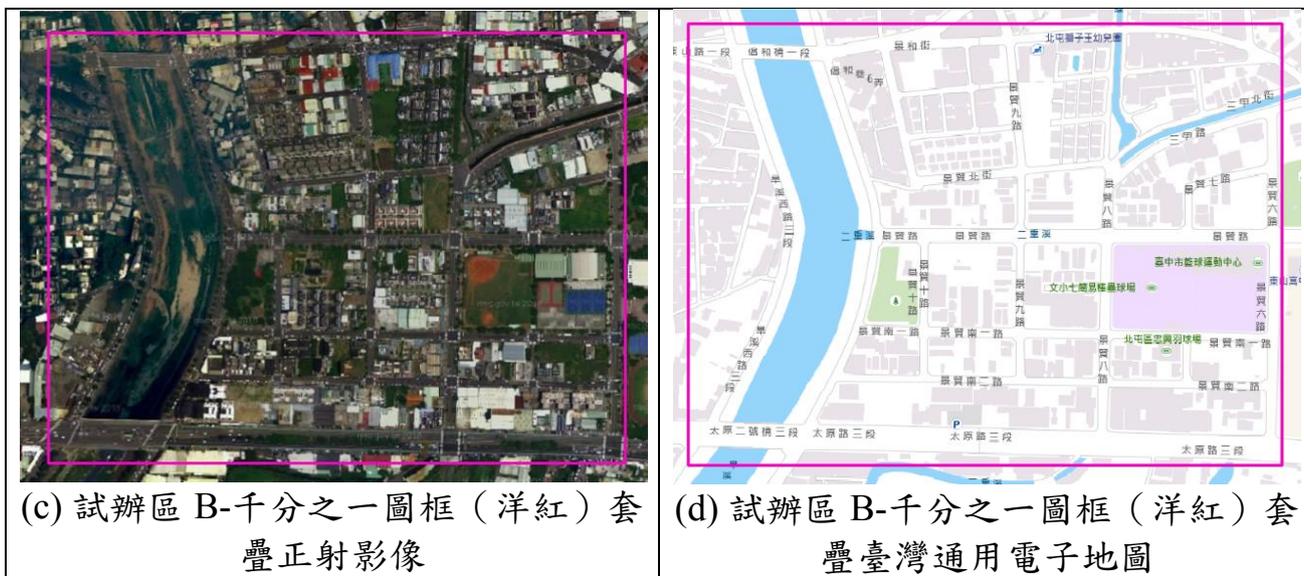


圖 4-1-1、試辦區地理環境示意

(二)使用載具及鏡頭規格

本計畫UAS設備採用國土測繪中心之定翼機及旋翼機各1台，規格如表4-1-1、表4-1-2。由於國土測繪中心之定翼機及旋翼機已有固定搭配之像機及鏡頭，透過像元尺寸、像幅大小及鏡頭焦距，即可推算為達不同GSD時對應之航高及其地面涵蓋尺寸，詳如表4-1-3。

表 4-1-1、定翼機規格

翼展/機身長 (公尺)	2.5/2.0	機身空重(公斤) (不含燃量/酬載)	18
最大籌載 (公斤)	5	使用燃料	95無鉛汽油
最大起飛總重 (公斤)	24.5	最大升限 (英尺)	10000
滯空時間	4小時	最大航程	400公里
最大巡航速度 (哩/時)	67	最小巡航速度 (哩/時)	43
爬升/下降率 (呎/分)	600	最大轉彎率 (度/秒)	20
進場速度 (哩/時)	35	環境限制 (風速/雨量)	8級風、下雨停飛；空中遇雨可持續飛行，但須馬上返航降落
起飛方式	跑道	降落方式	跑道
遙控方式/頻率	900MHz	導航方式	GPS自主定位導航
使用頻率保密功能	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/>	位置燈/防撞燈	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/>
影像傳輸方式/頻率 (不具此功能者免填)	2.4GHz	自動駕駛儀	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/>
酬載裝備	像機		

表 4-1-2、旋翼機規格

項目	多旋翼機
載具尺寸	110 x 110公分
旋翼數量	4
酬載重量	1.5公斤
總重	11公斤
滯空時間	15 ~ 20分鐘
最大航高	500公尺
飛行速度	30公里/小時
抗風	4級風
動力	電力

表 4-1-3、UAS 搭載之攝影機鏡頭及因應之對地航高及地面涵蓋

攝影機 規格		定翼機搭載 攝影機及鏡頭	旋翼機搭載 攝影機及鏡頭
		CANON 5DSR及搭配 鏡頭	Sony α7III及 搭配鏡頭
攝影機感應器型式		全片幅CMOS	全片幅CMOS
光電感應器尺寸(公釐*公釐)		36.0*24.0	35.6*23.8
像元大小(微米)		4.14	5.90
影像大小(像素*像素)		約5030萬 (8688*5792)	約2400萬 (6000*4000)
影像大小(微米*微米)		35968*23978	35400*23600
焦距(公釐)		50	21.3317
GSD達10公分 (一千分之一規範要 求)	對地航高上限(公尺)	1207.7	361.6
	地面涵蓋 大小(公尺*公尺)	869.6*579.7	603.4*403.4
GSD達7公分 (座談會與會人員及 中心長官建議)	對地航高上限(公尺)	845.4	253.1
	地面涵蓋 大小(公尺*公尺)	608.7*405.8	422.4*282.4
GSD達5公分 (座談會與會人員及 中心長官建議)	對地航高上限(公尺)	(飛安考量不予嘗試 飛低)	180.8
	地面涵蓋 大小(公尺*公尺)		301.7*201.7

(三) 航拍資料及地面控制點資料取得說明

1. 航拍資料

透過前述 UAS 規格及預計達成的實驗目的，本研究主要以達成 GSD 為 7 公分規劃航拍，影像重疊率規劃是以航線內前後重疊 80%、航線間左右重疊 80% 之高規格配置進行設計。

2. 控制點資料

(1) 空三使用之影像控制點及檢核點

按「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定(107年版草案)」(以下簡稱107年版規定草案)可知「未採用GPS輔助空中三角測量時，平面控制點應分布測區(空中三角區域平差之測區)周圍界線上或界線附近(以在測區界線外為原則)，點位間間隔約為2至4個測圖基線；高程控制點鍊之走向需與航空攝影之航線大致成垂直方向，測區兩端應各測高程控制點鍊1條，測區內約每隔5個空中攝影基線測設高程控制點鍊1條，組成高程控制鍊之各點應選在相鄰航帶像片左右重疊範圍內。」，因此原則上本研究針對規範中無論是測區外圍平控點或內部高控鍊皆以2個測圖基線為間隔之全控點分布。影像控制點及檢核點類型包含布標點及現地點(地面特徵點)。

(2) 檢核小像幅影像繪製一千分之一地形圖成果之驗證點

本試辦區內選取合適無遮蔽之屋角點作為後續以立體模型繪製千分之一地形圖試辦成果之比對驗證點。

3. 航測標布設

本次航測標布設作業參考107年版規定草案，惟因本研究案主要探討以UAS搭載小像幅像機辦理一千分之一地形圖之測製歸及成果檢查規範之研擬，爰就部分作業調整下列事項：

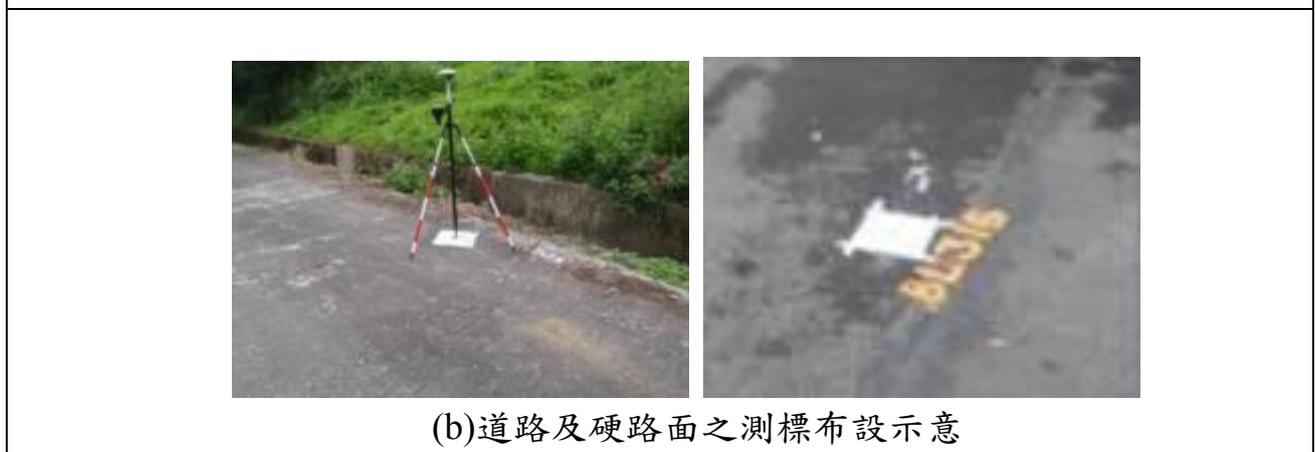
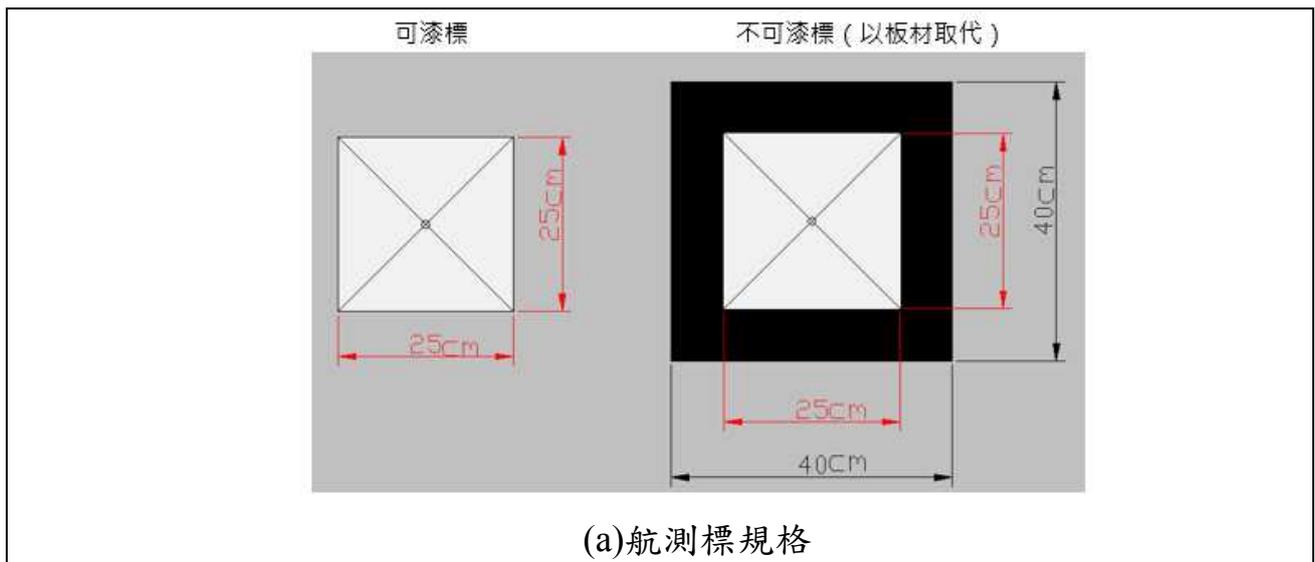
(1) 測區內的新增控制點如按照107年版規定草案是要埋設永久性標誌，但本研究僅在試辦階段，因此以鋼釘取代。新設控制點原則上係配合航線規劃、精度考量及實際作業，按照傳統航測空三之控制點密度需求且透空度良好之點位，並於航空攝影前在點位上設置對空標誌(以下簡稱空標)，做為空中三角測量控制之用。

(2) 關於航測控制點布設位置與分布，為納入做為空中三角測量控制之用，除應符合空中三角區域平差之要求，本研究亦多方參考圖資服務雲正射影像、Google街景影像，盡可能於人車可到達區且對天頂四周透空度良好，並配合航線規劃、精度考量及實際作業，按照傳統航測空三之控制點密度需求且透空度良好之點位進行選點規劃。測區內的新增控制點如按照107年版規定草案是要埋

設永久性標誌，但本研究僅在試辦階段，因此以鋼釘取代。航測控制點型態有二：

A. 對空標誌（以下簡稱空標）：空標須於航空攝影前在點位上設置。尺寸大小則考量影像 GSD，本次規劃空標之邊長為 25 公分（如 GSD 為 10 公分，約可涵蓋 2.5 個像元），以利影像上足以清楚辨識，如圖 4-1-2 (a)所示。空標設置時視其所在之地面情形選用耐久及與地面顏色足夠反差之材料，使其在影像上易於辨認量測，如布設地點如為硬路面或是水泥路面，以白漆設置對航測標，如圖 4-1-2 (b)所示。如為鬆土路面，則需使用防水材質設置對航測標，如圖 4-1-2 (c)所示。

B. 現地點（地面特徵點）：地面特徵點得於航空攝影後就現地實際位置選點（目前透過參考資料選的點恐因時間關係與現地有落差）並進行量測。本研究所選的地面特徵點大多是標線角點，屆時還需請測隊外業人員就現場地面特徵點及透空狀況多方考量後再行選點及施測。





(c)鬆路面或草地之航測標布設示意

圖 4-1-2、航測標示意圖

4. 地控點測量方式

(1) 地面點：關於地面點類型的測量方式，包括布標點及現地點(地面特徵點)，採用虛擬基準站即時動態定位測量(Virtul Base Station Real-Time Kinematic；VBS-RTK)：其觀測時間、記錄頻率、重複觀測及成果精度作業規範如表 4-1-4。如 VBS-RTK 測量無法收斂時，則應取得連續 20 分鐘以上、記錄頻率為 1 Hz 之靜態觀測資料，並以 VBS-RTK 後處理方式計算該點坐標。

表 4-1-4、VBS-RTK 作業規範

項目	作業規範
資料記錄速率	1 秒
觀測數量	固定(FIX)解至少 180 筆以上
重複觀測	至少觀測 2 次，且兩次坐標較差要符合平面位置較差 ≤ 40 毫米，高程位置較差 ≤ 100 毫米。
成果精度	平面中誤差 ≤ 20 毫米 高程中誤差 ≤ 50 毫米

(2) 屋角點：本試辦區所選的屋角點是作為後續以立體模型繪製千分之一地形圖試辦成果之比對驗證。原則上屋角點建議以全測站施測。

二、實驗設計

關於 UAS 測製一千分之一數值航測地形圖試辦作業之實驗規劃如表 4-1-5 所示，關係到前端航拍及控制規劃的項目為項次 1 及項次 2。為達實驗目的，則據此安排後續航拍及控制規劃。

另外，由於試辦區為 2 幅一千分之一圖框之範圍，以本計畫中所使用的像機

而言(拍攝 GSD 為 7 公分之影像為例)，以試辦區 A 之影像像幅來看約 4 個測圖基線則可涵蓋整個測區，試辦區 B 約為 12 個測圖基線可涵蓋整個測區，由此可知實際資料最多可討論的控制點分布為 12b。為探討控制點分布密度之最小極限，以及實際資料未使用到 GNSS(業界已普遍使用)，因此本研究擬透過模擬實驗，擴大實驗範圍以充分討論控制點分布密度之最小極限及 UAS 搭載 GNSS 所需精度。

表 4-1-5、實驗規劃

項次	實驗規劃	實驗目的	實驗方法
1	實驗 1. 影像重疊率對於解算成果影響。	評估在符合一千分之一製圖精度之前提下，航帶間重疊率之最低要求。	1.實際實驗：先規劃以最高重疊率航拍(前後重疊率 90%、側向重疊率 80%)，再以抽離影像方式降低重疊率(前後重疊率 80%、側向重疊率 60%)進行實驗。 2.模擬實驗：比照實際實驗場區規模辦理橋接實驗，再以擴大場區驗證實際實驗結果。
2	實驗 2. 控制點分布、點數對於解算成果影響。	評估在符合一千分之一製圖精度之前提下，且 UAS 未搭載 GNSS 或 POS 之情況下，控制點配置之最低要求。	1.實際實驗：先規劃以最高密度布設地面控制點(間隔 2b)、檢核點及立測結果之驗證點，再以抽離地控點方式降低密度及改變分布。 2.模擬實驗：比照實際實驗場區規模辦理橋接實驗，再以擴大場區驗證實際實驗結果。
3	實驗 3. UAS 搭載 GNSS 或其精度對於解算成果影響。	評估在符合一千分之一製圖精度之前提下，以目前 UAS 搭載之 GNSS 精度，探討控制點配置之最低要求。	由於實際使用 UAS 未使用 GNSS 資料，因此採用模擬資料驗證。

三、試辦區實驗資料取得結果

試辦區 A 及試辦區 B 之航拍影像及控制點量測結果如圖 4-1-3 及圖 4-1-4。由圖 4-1-3 之航拍軌跡可看出試辦區 A 影像係以不等距的間隔前進，進一步了解疑似為 UAS 機械問題或外部因素(如強風)導致前後重疊率不平均。試辦區 A 原航拍影像前後重疊率平均值為 85%，若能適當跳片即可處理成前後重疊率 80% 之航拍影像。此外，由圖 4-1-4 可看出試辦區 A 影像之前後重疊率遠高於原規劃之 80%，為符合一般實務上之航拍規劃，則以跳片方式使得前後重疊率降至

90%俾利進行後續空三實驗，因此影像數由 1625 張降至 384 張(12 航線，32 片/航線)，如圖 4-1-5。

由於實驗之一為探討影像重疊率與地面控制點分布密度對於空三解算成果影響，因試辦區 B 平均前後重疊率較試辦區 A 高，為充分探討實驗，後續實驗分析主要先以試辦區 B 之實際資料進行測試，並以試辦區 A 經進一步處理後的資料驗證試辦區 B 所得之建議參數是否可滿足一千分之一所需之製圖精度。航拍及控制點實際取得情形如表 4-1-6。針對地控點分布情形，皆符合規畫且優於原千分之一規範之密度。

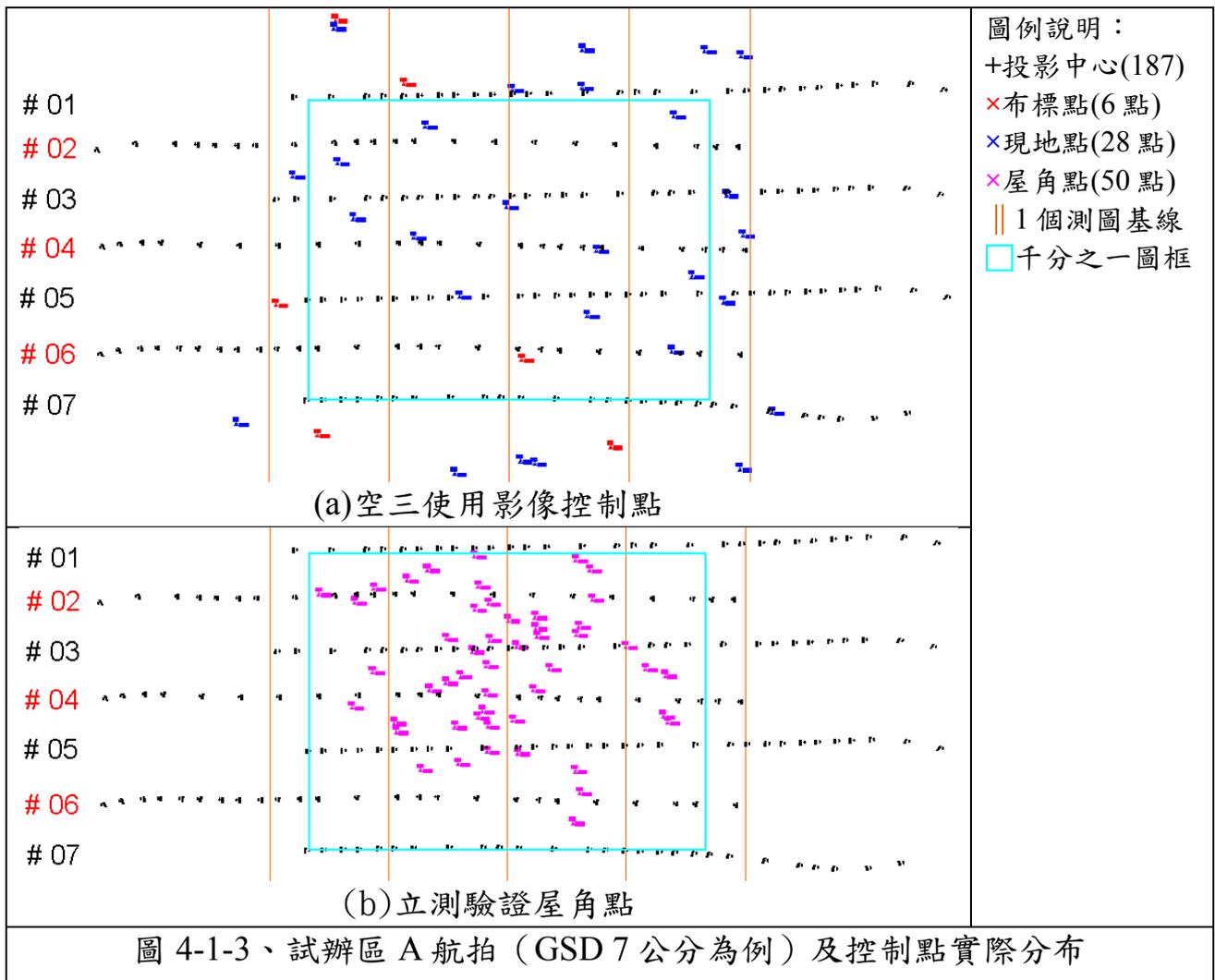


表 4-1-6、航拍及控制點實際取得情形

項次	項目	試辦區 A 定翼機搭載之攝影機及鏡頭	試辦區 B 旋翼機搭載之攝影機及鏡頭
1	對地解析度	7 公分	7 公分
2	航高	對地高 800 公尺	對地高 250 公尺
3	航向/側向重疊率	前後重疊率約 85% 側向重疊率約 82%	前後重疊率約 97% 側向重疊率約 81%
4	航線方向	東西向	東西向
5	航拍影像數	187 張 (7 條航帶，試辦區內單條航帶約 12~19 張)	1678 張 (9 條航帶，試辦區內單條航帶約 100 張)
6	控制點分布密度	高於 1b	約 1b
7	空三使用地控點(含 檢核點)數量	34 點(包含 10 點檢核點)	54 點(包含 12 點檢核點)
8	立測驗證屋角點數量	50 點	50 點

四、實驗結果分析

(一)實驗1及實驗2、影像重疊率及控制點分布密度對於解算成果影響

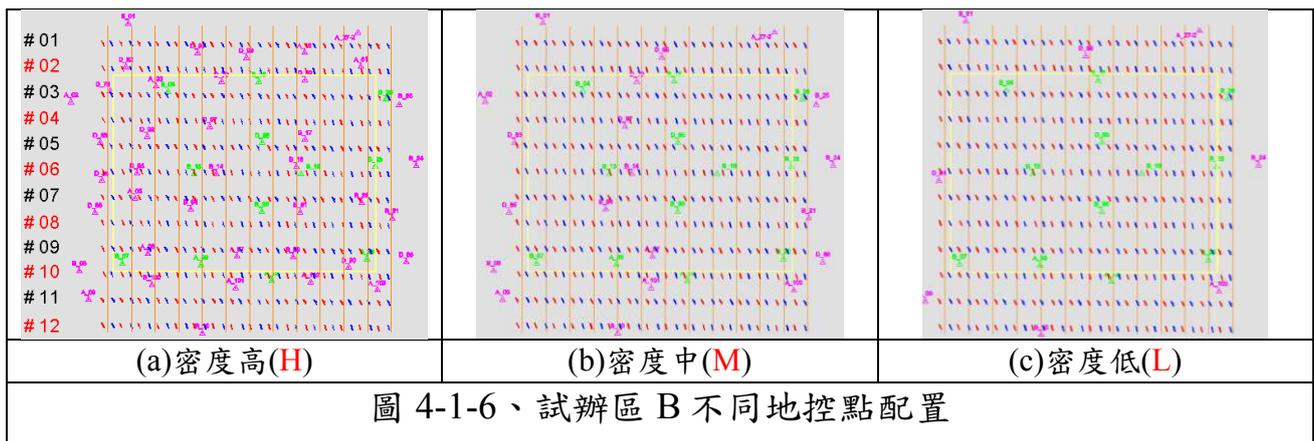
1. 實驗配置

本研究按照實際航拍任務可行且實務上製圖多數採取的影像航拍要求，分別以90%及80%之前後重疊率、80%及60%之側向重疊率，以及3種密度的地控點分布，組合成12組實驗，如表4-1-7，並針對實驗結果評估UAS在未搭載GNSS或POS輔助空三之情況下，航帶間重疊率及控制點配置至少具備怎樣的要求才可有效消除透鏡畸變差並可符合一千分之一製圖精度，並據此擬訂小像幅像機之一千分之一地形圖作業規定。

表 4-1-7、影像重疊率及控制點分布密度之實驗設計

實驗配置參數		前後重疊率(Overlap)			
		90 %		80 %	
側向重疊率(Sidelap)	80 %	地控點配置	實驗代碼	地控點配置	實驗代碼
		密度高(H)	O9S8H	密度高(H)	O8S8H
		密度中(M)	O9S8M	密度中(M)	O8S8M
	60 %	密度低(L)	O9S8L	密度低(L)	O8S8L
		密度高(H)	O9S6H	密度高(H)	O8S6H
		密度中(M)	O9S6M	密度中(M)	O8S6M
		密度低(L)	O9S6L	密度低(L)	O8S6L

註：
 1. 密度高(High)：外圍 2b+內部 2b，共 40 點
 2. 密度中(Medium)：間距 5b 橫貫航線控制鍊(航線頭中尾均有控制)，共 20 點
 3. 密度低(Low)：僅測區外圍 5b+內部 10b，共 8 點
 4. 本實驗未使用 POS 成果並以自率光束法平差



2. 實驗結果

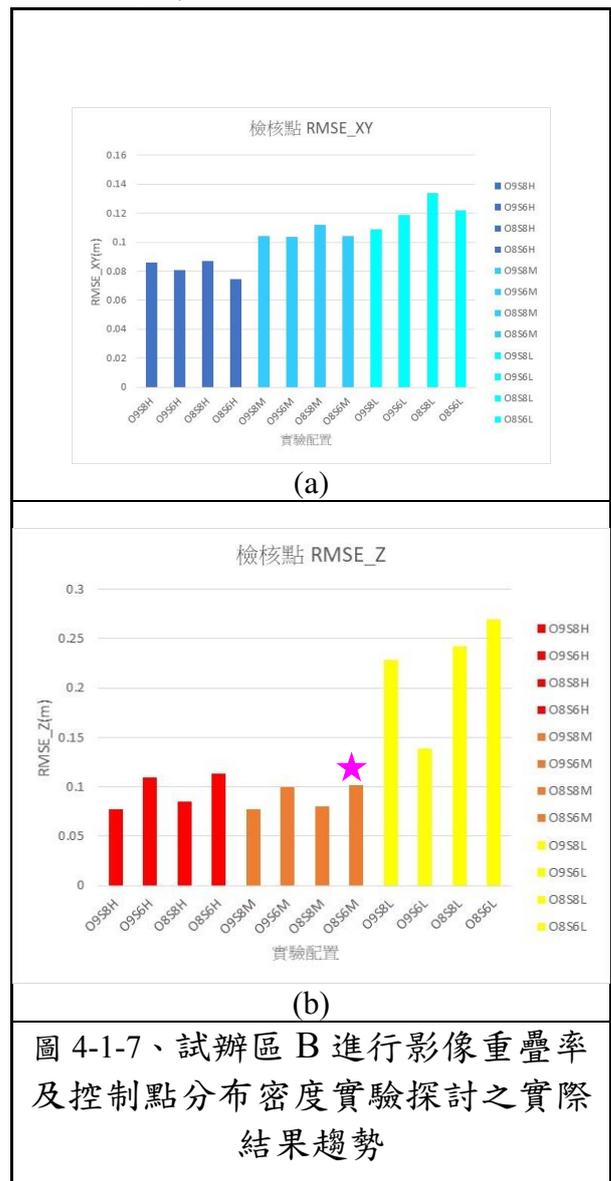
本實驗分成4個實驗步驟說明結果：

(1-1) 步驟1、先以試辦區B（臺中）GSD為7公分之航拍成果進行影像重疊率及控制點分布密度(如圖4-1-6)之實驗探討，並評估UAS未搭載GNSS或POS之情況下，對於影像重疊率及控制點配置之最低要求；

(1-2) 實驗結果：關於平面方向之物空間解算精度，重疊率和控制點密度並無造成太大的影響。由高程方向之物空間解算精度可知，低控制點密度時，劣化的幅度較大。建議方案採取物空間解算精度尚未大幅劣化前之最低要求，即前後

重疊率 80%、左右重疊率 60%，控制點密度 M(外圍 5b+內部 10b)，較能確保最後的空三解算結果是穩定解算而得的，如表 4-1-8 及圖 4-1-7。

實驗配置	RMSE(公尺)		
	XY	Z	XYZ
O9S8H	0.086	0.077	0.116
O9S6H	0.081	0.110	0.136
O8S8H	0.087	0.085	0.122
O8S6H	0.075	0.114	0.136
O9S8M	0.104	0.077	0.130
O9S6M	0.103	0.099	0.143
O8S8M	0.112	0.080	0.138
O8S6M	0.104	0.102	0.146
O9S8L	0.109	0.229	0.253
O9S6L	0.119	0.139	0.183
O8S8L	0.134	0.243	0.277
O8S6L	0.122	0.269	0.296

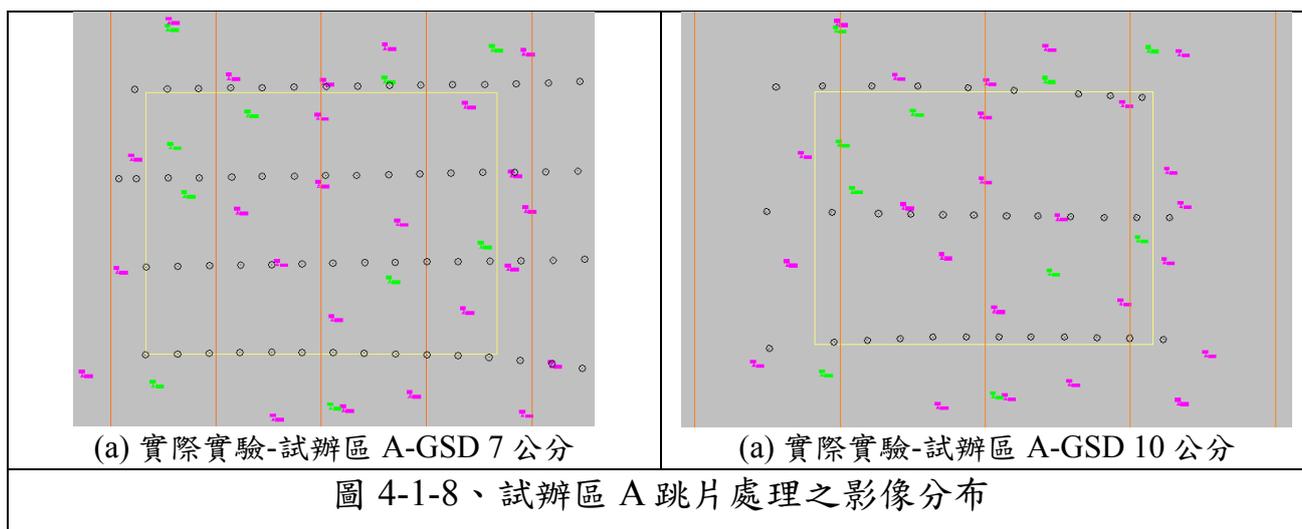


(2-1) 步驟2、接續以試辦區 A (臺北) GSD 為 7 公分、10 公分之航拍成果，驗證 (1-1) 之影像重疊率及控制點配置之最低要求是否也適用於試辦區 A；將試辦區 A (臺北) GSD 為 7 公分、10 公分之航拍影像跳片處理成前後重疊率 80%、左右重疊率 60%，並探討 3 種地控點密度對於解算成果影響，如圖 4-1-8。

(2-2) 實驗結果：由於試辦區 A 測圖基線較試辦區 B 為長，控制點密度調變程度有限，重疊率 O8S6 對於試辦區 A 之 2 種 GSD，無論控制點密度高或低對於解算精度並無明顯差異，如表 4-1-9。

表 4-1-9、試辦區 A 使用不同 GSD 影像進行影像重疊率及控制點分布密度實驗探討之實際實驗結果

實驗配置	實際實驗-試辦區 A-GSD 7 公分			實際實驗-試辦區 A-GSD 10 公分		
	RMSE(公尺)			RMSE(公尺)		
	XY	Z	XYZ	XY	Z	XYZ
O8S6H	0.0675	0.1426	0.1578	0.0443	0.1123	0.1207
O8S6M	0.0788	0.1284	0.1507	0.0460	0.1283	0.1363
O8S6L	0.1032	0.1324	0.1679	0.0456	0.1612	0.1675



(3-1)步驟3、模擬試辦區B（臺中）GSD為7公分之航拍成果及相似之3種控制點分布密度，確認12組實驗之變化趨勢是否與(1-1)相同。

A.像機參數、航拍規劃及地控點分布：如表4-1-10。

表 4-1-10、試辦區 B 像機參數、航拍規劃及地控點分布模擬參數

像機參數		航拍規劃	
參數	設定值	參數	設定值
焦距f(毫米)	21.019	GSD(公尺)	0.07
x0(毫米)	-0.115	航高(公尺)	250 ($f*1000*GSD/$ 像素)
y0(毫米)	0.009	測圖基線b(公尺)	75 ($0.3*航高$)
像素(微米)	5.9	前後重疊率(%)	90、80
影像大小(平方毫米)	36*24	左右重疊率(%)	80、60
地控點及檢核點分布數量		航帶數(條)	9、5
參數	設定值	像片數/航帶(片)	31、17
控制點數	36(外3b+內2b)、24(外4b+內3.5b)、8(外5b)	飛行方向	東西向
檢核點數	100	測區範圍(平方公尺)	800*600 (千分之一圖幅範圍)

B. 透鏡畸變差：率定模式採用ORIMA中所使用Brown模式，如式(3-3)。由表4-1-7可知本研究中對於影像重疊率及控制點分布密度之實驗設計，最高影像重疊率及最高密度地控點分布配置為 O9S8H，原則上由此配置所進行之空三平差解算結果理應最具可信度，因此後續模擬實驗使用之透鏡機變差則是採用基於 O9S8H配置所解算而得的透鏡畸變差，如表4-1-11。

表 4-1-11、模擬實驗使用試辦區 B 像機之透鏡畸變差

透鏡畸變差		透鏡畸變差	
a1	-0.113E-03	d1	0.883E-04
a2	0.144E-07	d2	0.161E-04
a3	-0.789E-11	d3	0.123E-06
b1	0.991E-03	d4	0.102E-04
b2	0.110E-03	d5	0.232E-07
c1	0.518E-03	d6	-0.552E-05
c2	-0.811E-05	d7	-0.615E-04
c3	-0.383E-05	d8	-0.594E-06
		d9	0.139E-06
		d10	0.614E-07

註：此組透鏡畸變差造成像點偏移：
 1. 平均量(毫米): $\Delta x=0.256$, $\Delta y=0.147$
 2. 最大值(毫米): $\Delta x=0.630$, $\Delta y=0.434$

3. 此組透鏡畸變差造成像點偏移之型態

C. 觀測值精度預設：如表4-1-12。

表 4-1-12、模擬實驗使用試辦區 B 觀測值精度預設

觀測值精度	設定值
像點量測精度(微米)	像素/3
地控點精度(公尺)	0.05, 0.05, 0.05
POS精度(公尺)	無，實驗未納入POS

D. 實驗配置：同表4-1-7。

E. 實際與模擬實驗配置：如圖4-1-9。

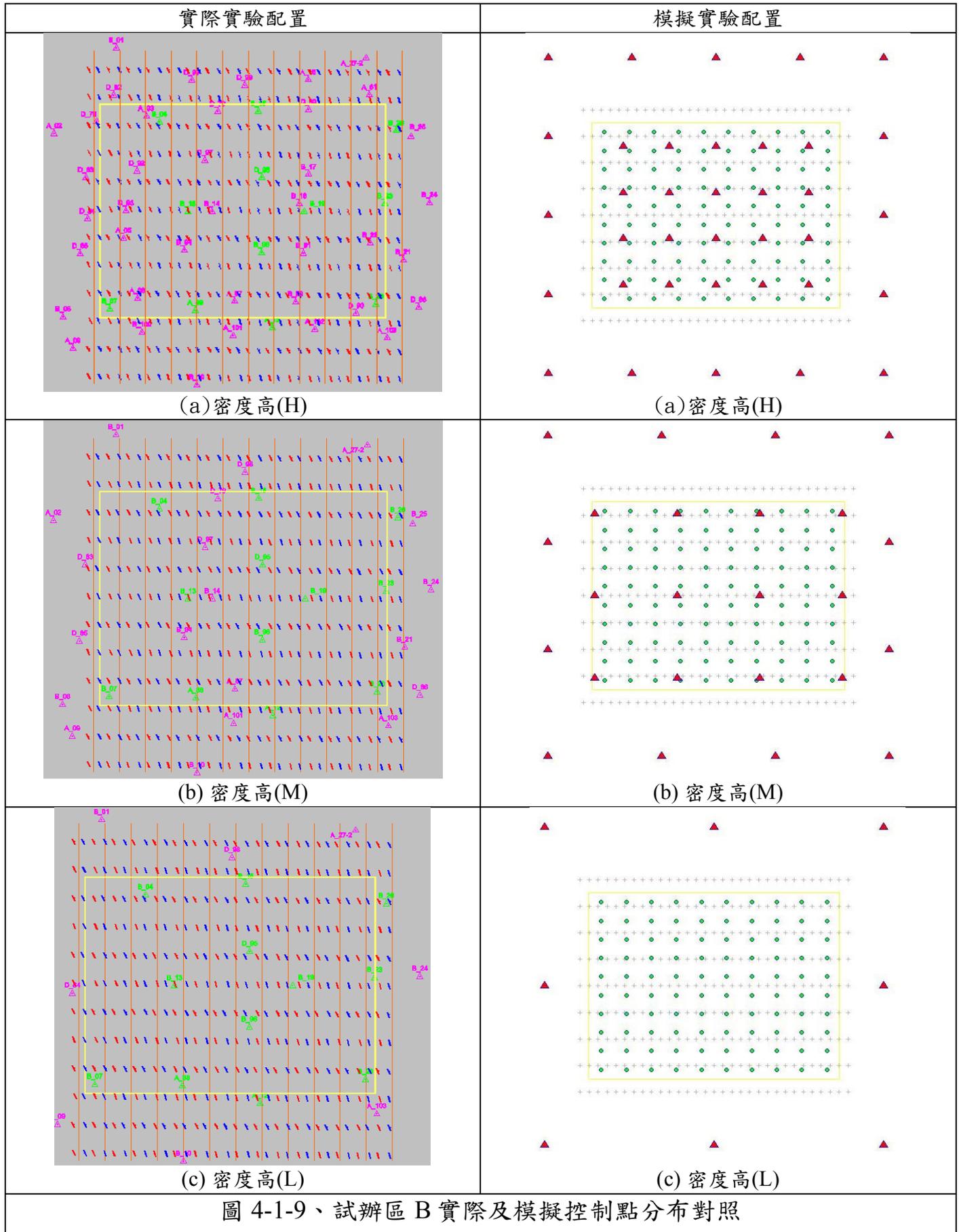


圖 4-1-9、試辦區 B 實際及模擬控制點分布對照

(3-2) 實驗結果：如表4-1-13及圖4-1-10。

由模擬實驗與實際實驗比較可知，雖模擬實驗之解算結果量級上與實際實驗稍有差距，但整體趨勢是一致的。

表 4-1-13、試辦區 B 實際及模擬實驗結果對照(實驗 1+2)

實驗配置	實際實驗			模擬實驗		
	RMSE_XY (公尺)	RMSE_Z (公尺)	RMSE_XYZ (公尺)	RMSE_XY (公尺)	RMSE_Z (公尺)	RMSE_XYZ (公尺)
O9S8H	0.0862	0.0769	0.116	0.017	0.018	0.025
O9S6H	0.0807	0.1098	0.136	0.016	0.019	0.025
O8S8H	0.0869	0.0854	0.122	0.022	0.020	0.030
O8S6H	0.0746	0.1138	0.136	0.023	0.028	0.036
O9S8M	0.1042	0.0771	0.130	0.019	0.016	0.025
O9S6M	0.1034	0.0994	0.143	0.021	0.017	0.027
O8S8M	0.1122	0.0798	0.138	0.021	0.020	0.029
O8S6M	0.1043	0.1018	0.146	0.020	0.021	0.029
O9S8L	0.1089	0.2289	0.253	0.043	0.079	0.090
O9S6L	0.1186	0.1391	0.183	0.034	0.041	0.053
O8S8L	0.134	0.2425	0.277	0.058	0.103	0.118
O8S6L	0.1218	0.2694	0.296	0.035	0.098	0.104

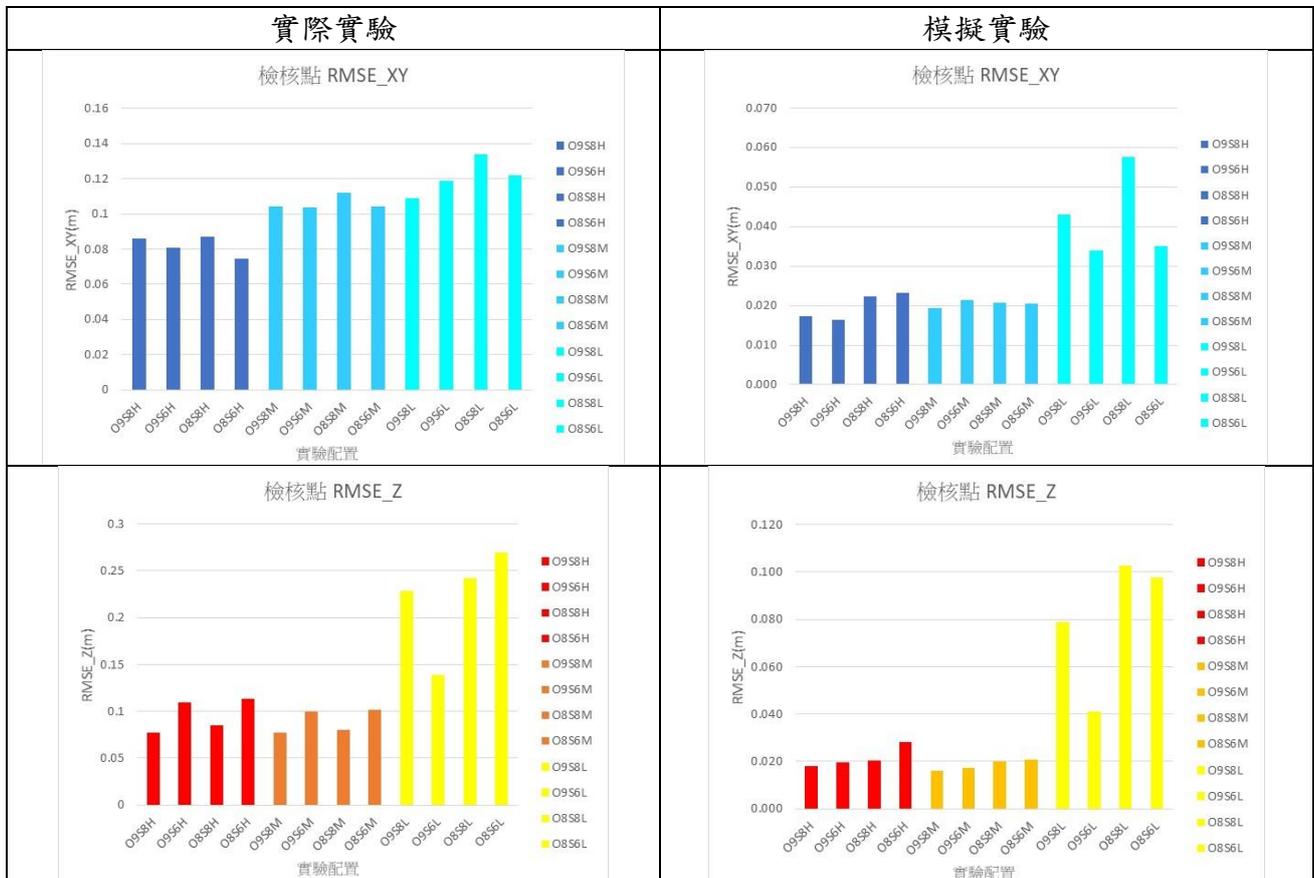


圖 4-1-10、試辦區 B 實際及模擬實驗結果趨勢對照

(4)步驟4、由於千分之一圖框範圍以及實際資料取得情形，使得能討論的實驗配置有限，在確認(3)與(1)實驗之變化趨勢一致後，再將模擬實驗擴大進行，確認實際實驗建議參數確實可符合千分之一製圖精度。

A.像機參數、航拍規劃及地控點分布：如表4-1-14。

由(1-1)實際實驗結果可知O8S6應為最經濟的重疊率組合，因此在本擴大測試實驗中，則是基於前後重疊率80%、左右重疊率60%的情況下，探討在控制點的分布間隔在符合千分之一規範需求的情況下之最大間隔距離為何，由此補足實際實驗中因資料取得有限無法擴大探討的部分。

A. 像機參數、航拍規劃及地控點分布，如表4-1-14。

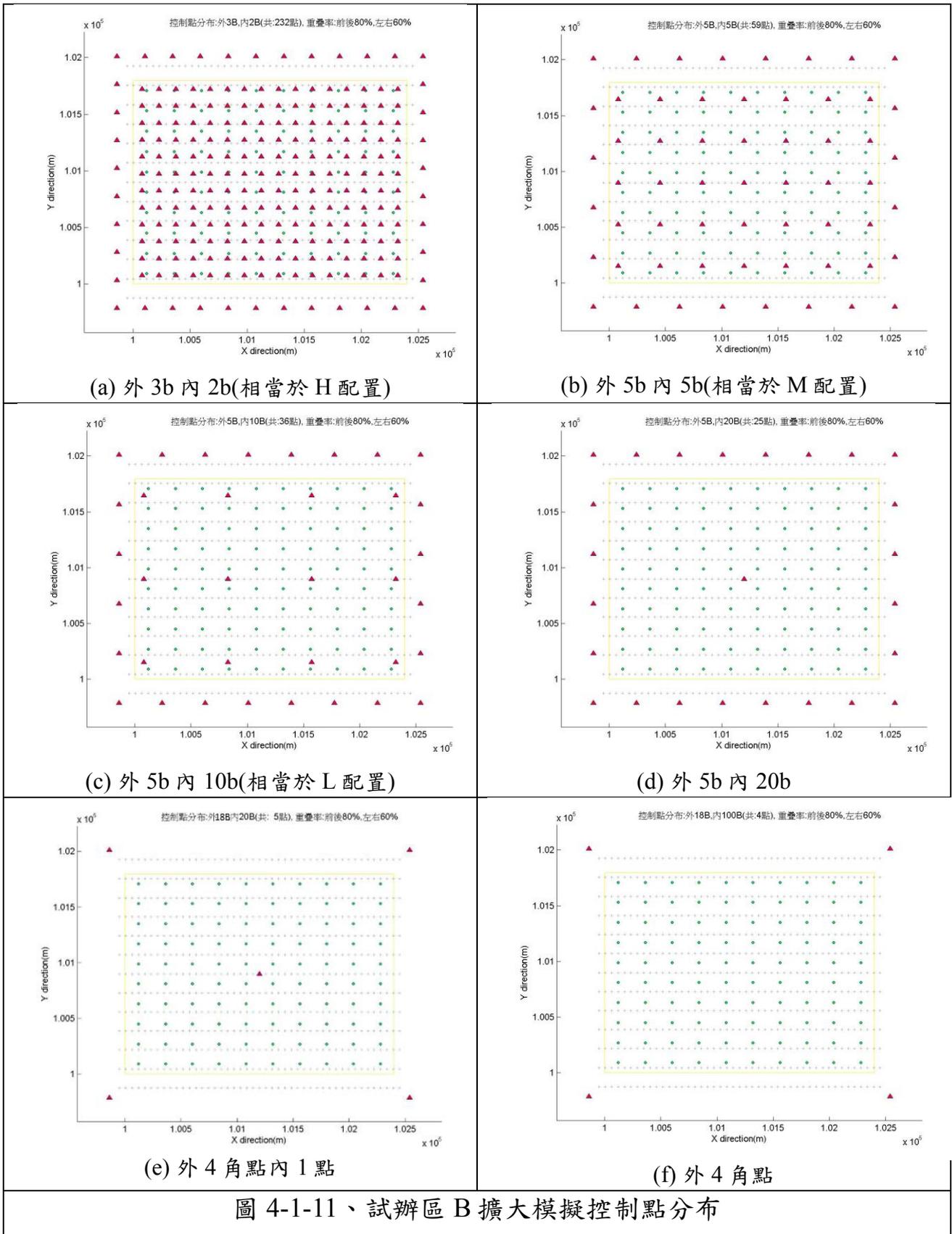
表 4-1-14、試辦區 B 像機參數、航拍規劃及地控點分布擴大模擬參數

1.像機參數		3.航拍規劃	
參數	設定值	參數	設定值
焦距 f(毫米)	21.019	GSD(公尺)	0.07
x0(毫米)	-0.115	地面平均高度(公尺)	10
y0(毫米)	0.009	對地航高(公尺)	260 (f*1000*/GSD/像素)
畸變差	採用ORIMA所使用多項式之係數 (取自實際實驗結果)	測圖基線b(公尺)	78 (0.3*航高)
像素(微米)	5.9	前後重疊率(%)	80
影像大小(平方毫米)	36*24	左右重疊率(%)	60
2.地控點及檢核點分布數量		航帶數(條)	13
參數	設定值	像片數/航帶(片)	45
控制點數	外3b內2b(相當於H配置) 外5b內5b(相當於M配置) 外5b內10b(相當於L配置) 外5b內20b	飛行方向	東西向
檢核點數	100	測區範圍(平方公尺)	2400*1800 (9個千分之一圖幅範圍)

B. 透鏡畸變差：如表4-1-11。

C. 觀測值精度預設：如表4-1-12。

D. 實驗配置：如圖4-1-11。



2.實驗結果：如表4-1-15及圖4-1-12所示。

- (1)因ORIMA自率光束法可有效校正像點所包含的畸變差，因此控制點密度若在「外5b內10b」以上，對於結果變化趨勢沒有太明顯的不同。
- (2)測區內部控制點密度對於高程方向的影響較明顯。
- (3)由於模擬實驗之畸變差是已知的且是配合ORIMA所使用多項式之係數計算後賦予像點，由結果可知在ORIMA的自率光束法可有效校正畸變差，但若於未來其他實際案例中，因像機畸變差不確定是否可被商用軟體內建的自率光束法合理校正，因此如何篩選適合該像機透鏡之自率參數則是另一個課題。
- (4)若未來實際資料中含有像機畸變差，在不確定使用何種模式的自率光束法或商用軟體未內建自率光束法時，如只能依靠影像重疊率及控制點分布使解算結果符於規範規定(平面精度25公分，高程精度30公分)，就本次模擬實驗可知在前後重疊率80%、左右重疊率60%的情況下，地控點間隔至少需為外部5b，內部小於5b，較能確保整體解算精度符合規定。
- (5)由擴大模擬實驗可知，如未使用或未正確使用自率模式，高程方向解算精度將明顯劣化。因此，若要以小像幅像機測製一千分之一地形圖，就研究結果可知使用自率光束法有其必要性，且保守起見，與實際實驗相同結論使用地控點M配置。

表 4-1-15、試辦區 B 擴大模擬實驗結果(實驗 1+2)

實驗配置	使用自率光束法平差		未使用自率光束法平差	
	RMSE(公尺)		RMSE(公尺)	
	XY	Z	XY	Z
外 3b 內 2b(相當於 H 配置)	0.012	0.019	0.044	0.102
外 5b 內 5b(相當於 M 配置)	0.017	0.027	0.080	0.302
外 5b 內 10b(相當於 L 配置)	0.019	0.027	0.099	0.846
外 5b 內 20b	0.026	0.078	0.093	1.877

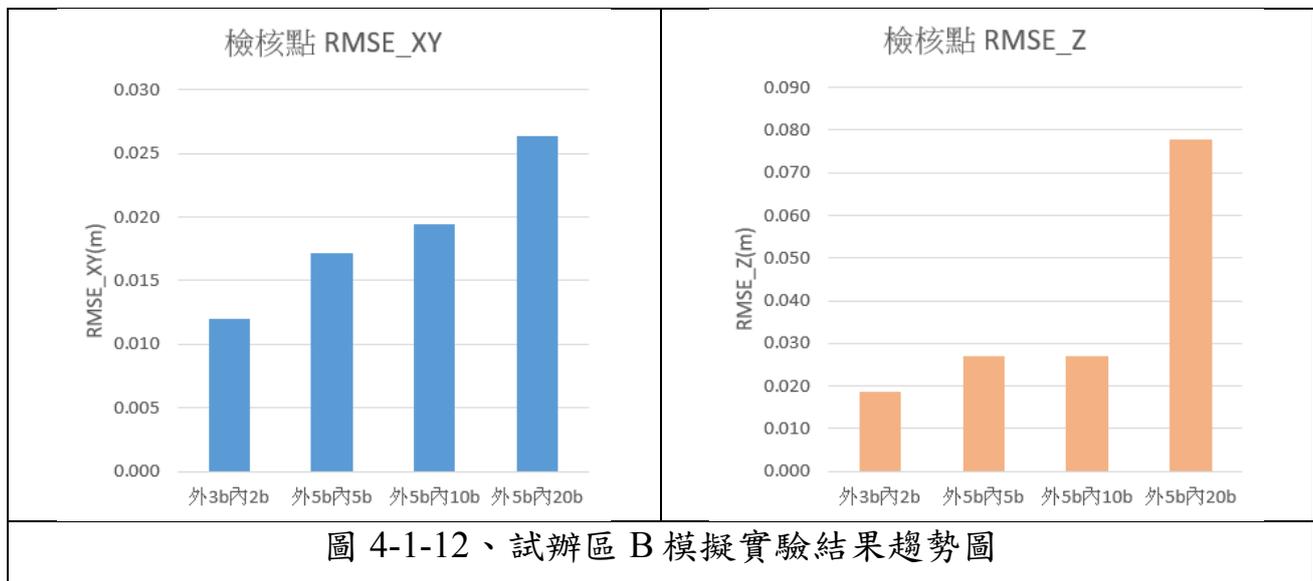


圖 4-1-12、試辦區 B 模擬實驗結果趨勢圖

(二)實驗3、小像幅像機是否搭載GNSS或其精度對於解算成果影響

延續前一個擴大模擬實驗，在原空三資料中加入GNSS觀測量，並賦予不同精度等級之隨機誤差，模擬使用不同等級的GNSS，評估在符合一千分之一製圖精度之前提下，以目前業界UAS普遍搭載之GNSS定位精度，探討控制點配置之最低要求。

1.實驗結果

(1)由表4-1-16可知如未使用GNSS輔助空三，地控點的分布密度若只有外部4角點布設，則無法正常平差解算空三。如於內部控制點增加1點，則可平差解算空三，但解算精度顯然不足。

(2)如有輔助使用GNSS，以業界普遍架設在UAS上的GNSS而言，大部分的定位精度約可達5公分至1公分。由表4-1-16可知使用GNSS輔助空三有其效益，惟地控點分布，即便使用定位精度1公分的GNSS，僅使用外部4角點仍有不符一千分之一製圖精度之疑慮。建議內部控制點應至少增加1點，如此一來即便使用較低定位精度等級之GNSS輔助空三，亦可有效提升整體物空間解算精度，因此測區內部布設控制點是必須的。

表 4-1-16、試辦區 B 擴大模擬實驗結果(實驗 3)

實驗配置		RMSE(公尺)	
		XY	Z
無 GNSS 輔助	外 4 角點	無法收斂	
	外 4 角點內 1 點	0.821	0.941
GNSS 輔助	外 4 角點+1 公分定位精度 GNSS	0.125	0.305
	外 4 角點+5 公分定位精度 GNSS	0.127	0.317
	外 4 角點+10 公分定位精度 GNSS	0.129	0.333
	外 4 角點內 1 點+1 公分定位精度 GNSS	0.099	0.229
	外 4 角點內 1 點+5 公分定位精度 GNSS	0.099	0.229
	外 4 角點內 1 點+10 公分定位精度 GNSS	0.100	0.230

三、試辦區驗證結果

(一)根據實驗結果初步得到下述結論：

1. 以UAS搭載小像幅像機所得到的航拍影像，其前後重疊率應達80%以上，側向重疊率應達60%以上。
2. 由於本實際實驗資料未採用POS輔助資料，所需之地面控制點分布密度至少為間距5b橫貫航線控制鍊。
3. 空中三角測量使用上述之航拍影像、外方位參數初始值、控制點及像點觀測量以外，為使小像幅像機之透鏡畸變差得以有效校正，在平差解算軟體必須選擇使用自率光束法模式，且先篩選合用之率定參數以進行最後的強制網平差計算，獲得解算後之內外方位及率定參數。
4. 由以上參數及作法組成立體模型，但在組成立體模型之前，需將原始帶有畸變差的影像，以最後解算得到的率定參數進行影像的重新取樣，得畸變差糾正影像，再以解算後的內外方為組成立體模型。測圖用之立體模型其立體像對之基高比(B/H)皆須等於或大於0.3，以確保立體測繪之精度。

(二)驗證方式

經由實驗結果得到的規格完成空中三角測量並建立立體模型，藉此立體模

型上機測繪採集影像中經過地面測量的屋角點，比較地測點及立測點的三維坐標，驗證製圖精度是否符合一千分之一地形圖平面精度25公分，高程精度30公分之要求。

(三)驗證結果

由驗證結果可知試辦區B驗證精度較試辦區A差，且高程方向的RMSE已超出規範高程精度30公分以下之要求(採點位置均為明確且位於坡度變化平緩處)，如表4-1-17。推測原因除定翼機航拍較旋翼機為穩定以外，進一步細究發現試辦區B之航拍影像在特定位置存有局部模糊的狀況，且不同方向模糊程度不同，如圖4-1-13。檢視空三解算報表，可發現理應為特徵明確的影像控制點，在報表中的部分像點觀測量卻被視作粗差，追溯其座落的影像區域多為影像模糊之處。所以，因影像局部模糊導致像點匹配位置偏離，在平差過程中亦容易被視為粗差，由此結果可作為後續製圖時應避開之不製圖區參考。

表 4-1-17、試辦區立測及地測之驗證比對結果

試辦區 A				試辦區 B			
GSD		7 公分	10 公分	GSD		7 公分	
檢核數量		42 點	42 點	檢核數量		46 點	
平面較差(m)	均值	0.10	0.13	平面較差(m)	均值	0.10	
	RMS	0.11	0.15		RMS	0.12	
高程較差(m)	均值	0.08	0.12	高程較差(m)	均值	0.26	
	RMS	0.10	0.15		RMS	0.32	



圖 4-1-13、試辦區 B 影像存有局部模糊的情況

貳、研擬三維網格模型(3D Mesh model)之成果檢查規定相關

本案中所提及之三維網格模型係指藉由符合一千分之一地形圖航拍取像規格影像、控制測量成果及攝影站資料附加製作而得，意即將不會要求作業廠商增加傾斜航拍攝影所得影像來改善三維網格模型的品質。

本研究將利用機關提供之三維網格模型成果案例，透過既有成果歸納分析評估方式，研擬評估指標，並藉由既有成果案例測試相關指標合適之品質通過標準，作為後續產製三維網格模型成果之成果驗收標準。

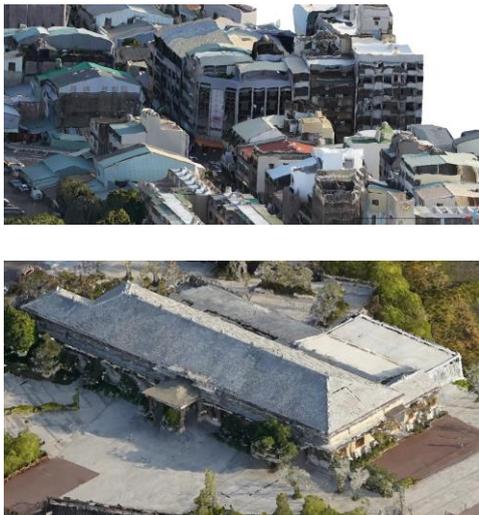
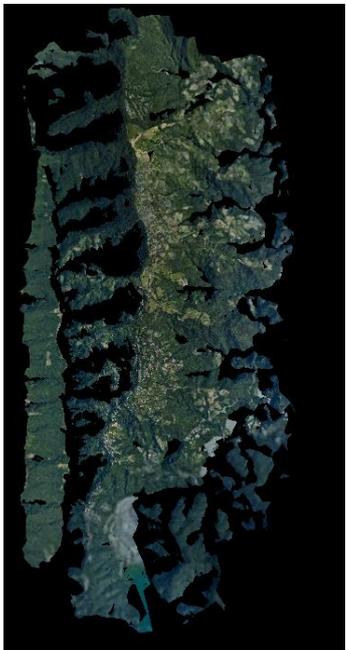
一、實驗資料

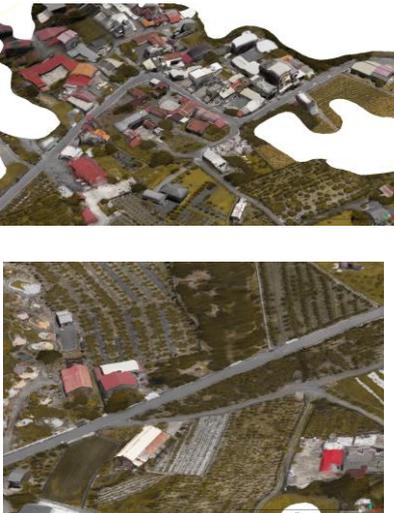
國土測繪中心提供之三維網格模型成果案例主要包括前期既有模型資料(如表4-2-1、圖4-2-1)，以及本研究中的2個試辦區資料所製成的三維網格模型(如表4-2-2、圖4-2-2)。因三維網格模型將來在小像幅像機測製一千分之一地形圖規定中定調為附加產品，因此後續擬定相關檢查規定之實驗資料則採用本研究中的試辦區影像所製成的三維網格模型進行研究。

(一) 前期既有模型資料

表 4-2-1、既有模型資料一覽表

測試資料編號	地點	GSD (公分)	像片張數	面積 (平方公里)	像幅	航拍方式	
						垂直攝影	傾斜攝影
1	臺中市帝國糖廠	4.27	812	0.587	小	井字航拍	有，針對建物之環狀航拍
2	南投縣清境農場	15	651	15	中	無	有，五相機組
3	彰化縣和美	3.82	906	5	中	井字航拍	有，五相機組
4	南投縣中興新村	3.07	9441	2.6	小	井字航拍	有，針對特定建物之環狀航拍與地面環拍
5	南投市南崗校正場	5.76	399	0.08	小	200公尺/300公尺航高各一次	無
6	屏東縣高樹鄉	4.16	4446	1.82	小	東西向	無
7	嘉義縣義竹鄉	4	1948	2	小	東西向	無
8	苗栗縣苗栗市	4	1607	1	小	井字航拍	無
9	苗栗縣西湖區	4	679	2	小	東西向	無
10	臺南市麻豆區	7	1059	3	小	東西向	無

測試資料編號	地點	全區	近照模型
1	臺中市 帝國糖廠		
2	南投縣 清境農場		
3	彰化縣 和美		

測試資料編號	地點	全區	近照模型
4	南投縣中興新村	 <p data-bbox="402 674 895 752">(檔案過大無法開啟全區，此為部分區塊)</p> <p data-bbox="790 660 901 683">100</p>	 <p data-bbox="1324 750 1348 772">20</p>
5	南投市南崗校正場		
6	屏東縣高樹鄉	 <p data-bbox="678 1803 885 1825">960</p>	

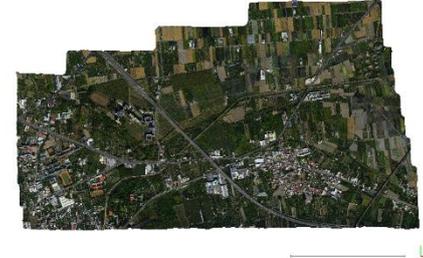
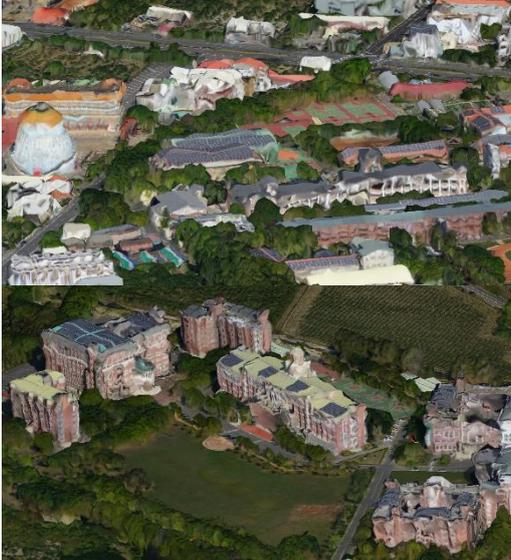
測試資料編號	地點	全區	近照模型
7	嘉義縣 義竹鄉		
8	苗栗縣 苗栗市		
9	苗栗縣 西湖區		
10	臺南市 麻豆區		

圖 4-2-1、既有模型資料展示

(二) 本研究中2個試辦區影像所製成的三維網格模型

表 4-2-2、試辦區模型資料一覽表

測試資料編號	地點	GSD (公分)	像片張數	面積 (平方公里)	像幅	航拍方式	
						垂直攝影	傾斜攝影
1	臺北南港	7	187	0.48	小	東西向	無
		10	122				
2	臺中北屯	5	1404 (跳1片處理)	0.48	小	東西向	無
		7	2377				
		10	2094				

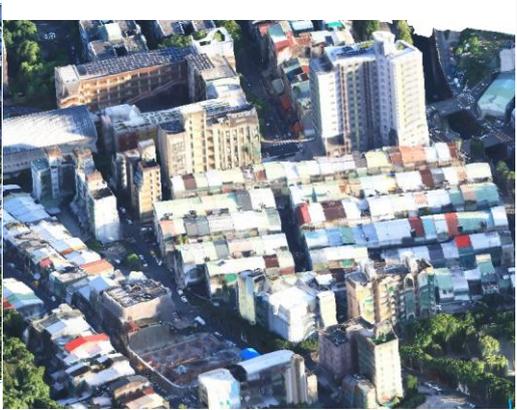
測試資料編號	地點	全區	近照模型
1	臺北南港區		
2	臺中北屯區		

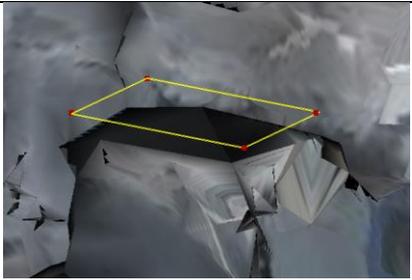
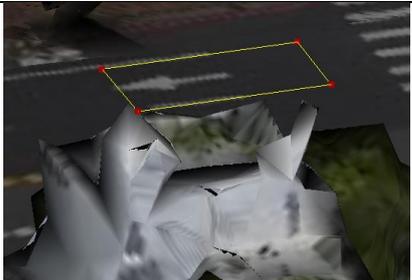
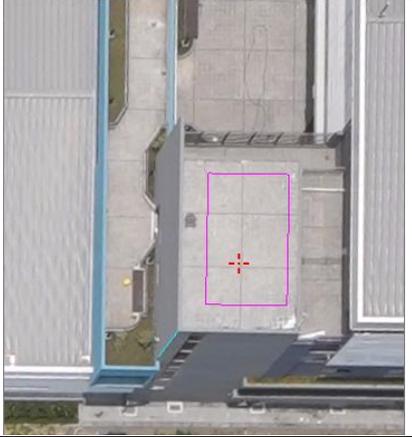
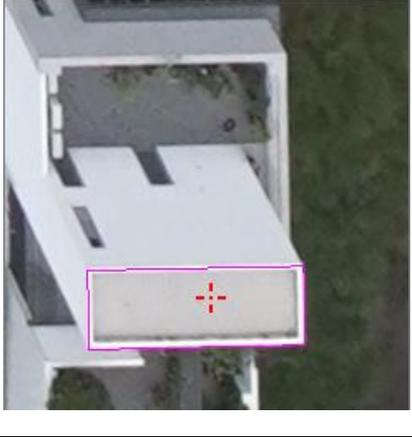
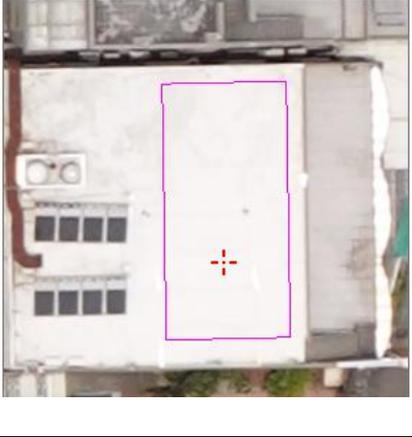
圖 4-2-2、試辦區模型資料展示

二、實驗結果與相應之規定擬定

(一) 三維網格模型檢查規定

1. 「應選擇紋理清晰、無遮蔽、無陰影、表面平整之適合受檢地物。」

以試辦區B影像產製之三維網格模型為例，因以立測方式選取無雜物的檢核面，但模型卻與立測範圍存有高差、破損不完整、或不明突起等情況。

問題類型	立測範圍與模型存有約1.6公尺高差	建物面範圍大且無遮蔽，但模型卻破損	立測選取平整面，但模型存有突起物
三維網格模型			
於立體模型選取參考面範圍			
圖 4-2-3、立測方式選取參考面與模型差異			

以圖4-2-3中關於無遮蔽卻模型破損的問題，協請國土測繪中心嘗試不同軟體、提高點雲匹配密度產出模型，確認是否能改善此問題。最後結論為影像紋理單一導致匹配問題，不同軟體處理、或提供點雲匹配密度改善有限。

由此實驗結果可知，於三維網格模型檢查規定訂定「應選擇紋理清晰、無遮蔽、無陰影、表面平整之適合受檢地物。」盡量以客觀的方式選擇。

2. 「抽查模型節點與參考面或參考線之垂距RMSE不大於2公尺。」

以試辦區B影像產製之三維網格模型為例，針對模型幾何精度的查核，分別抽驗：A. 40處模型節點與參考線之垂距，垂距RMSE 0.47公尺；B. 33處模型節點與參考面之垂距，垂距RMSE 0.89公尺。考量整體檢核結果，訂定「抽查模型節點與參考面或參考線之垂距RMSE不大於2公尺。」查核範例如表4-2-3。

表 4-2-3、模型幾何精度查核範例

編號	立測繪製範圍示意	Mesh 截圖	長度	計算節 點數	平均距離 [m]	RMSE [m]	編號	立測繪製範圍示意	Mesh 截圖	面積	計算節 點數	節點密度 [點/m ²]	平均距離 [m]	RMSE [m]
9			8.38	12	0.35	0.37	12			16.72	14	0.84	0.72	0.99
10			7.26	12	0.47	0.47	13			8.85	13	1.47	0.49	0.53
11			17.14	100	0.33	0.37	14			18.89	4	0.21	0.23	0.23
14			14.31	16	0.35	0.38	15 NG			24.97	18	0.72	2.49	2.62

(二)三維網格模型作業規定

1. 「匹配密度應選擇高密度匹配為宜，確保整體三維網格模型完整並提供足夠節點以利評估模型幾何精度。」

由立測繪製之參考面框選節點，以計算模型幾何精度時發現框選的節點過少，細究原因為建置模型時未選取中密度點雲匹配。由此實驗結果可知，三維網格模型作業規定訂定「匹配密度應選擇高密度匹配為宜，確保整體三維網格模型完整並提供足夠節點以利評估模型幾何精度。」

第五章、本研究結果與草案修訂內容之連結

透過本研究實驗進行過程所發現問題及實驗結果，因應UAS搭載小像幅像機之特性，針對「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定(107年版草案)」及「一千分之一數值航測地形圖成果檢查作業規定(107年版草案)」，將新增與修正之項目製成附件「小像幅一千分之一數值航測地形圖測製作業規定(草案)」及「小像幅一千分之一數值航測地形圖成果檢查作業規定(草案)」。

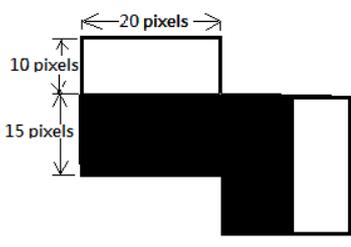
此外，三維網格模型所使用的影像來源不侷限像機種類，如國土測繪中心提供之既有模型則包含以中像幅像機影像所產製，因此製成附件「三維網格模型測製與檢查規定(草案)」。

基於本研究結果針對「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定(107年版草案)」及「一千分之一數值航測地形圖成果檢查作業規定(107年版草案)」之新增與修正之重點如表5-1。

表 5-1、本研究結果與草案修訂內容之連結

項次	修訂要項	內容重點	修訂/新增原因
1	修正規定呈現方式	針對 UAS 搭載小像幅像機辦理一千分之一地形圖測製規定修訂文字會以附件方式補充說明呈現。	由於 UAS 搭載小像幅像機特性與 107 年版規定草案中採用之大像幅作業方式差異太大，如：必須採用極高之前後及側向重疊來消除內方位系統誤差、所需之控制點數量與分布、空三後影像需重取樣...等。避免在許多條文內把原本僅適用大像幅的部份累贅增加「如果採用 UAS 搭載小像幅像機，則……」，太過繁瑣不易閱讀，建議由 107 年版規定草案中新增附件的方式呈現 UAS 專屬規定。
2	新增總則文字及名詞定義	在總則及名詞定義章節中，新增 UAS 搭載小像幅像機相關的文字說明，以利使用者了解，如小像幅數位式攝影機、無人飛行器系統、立體測圖基線、衛星導航系統輔助空中三角測量、定位及定姿系統輔助空中三角測量、三維網格模型。	由於 UAS 搭載小像幅像機特性與 107 年版規定草案中採用之大像幅作業方式差異大，因此針對 UAS 搭載小像幅像機增加相關名詞定義，以利使用者先行瞭解本規定特別

項次	修訂要項	內容重點	修訂/新增原因
			<p>需要注意的作業原則，並瞭解相關專有名詞。</p>
3	<p>作業流程 修正</p>		<p>按照本實驗結果及蒐集專家座談會意見，修正作業流程，修正重點： (1)為使小像幅可用於立體測圖，應盡量消除透鏡畸變差並輸出成無畸變差影像得使用。(2)本規定載明一律應使用自率光束法，與107年版規定草案中僅使用光束法平差不同。</p>
4	<p>航線方向 修正</p>	<p>航空攝影前應擬訂航空攝影計畫，航線方向以最少航線數能完整涵蓋測區並利於地面控制點布設為原則，其內容符合內政部「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」所規定實施計畫書內容項目。</p>	<p>原東西南北向航線考量類比式製作正射影像時一幅圖儘量只用一張影像製作，避免圖幅內鑲嵌線過多。如今數位影像處理鑲嵌線，則不需強制規定。</p>
5	<p>控制點分布 修正</p>	<p>(1)未採用 GNSS 輔助空中三角測量時，控制點應沿測區邊緣每 2 個測圖基線的間隔布設 1 個全控點，另外再於測區內部以棋盤間距 5 個測圖基線以內之長度均勻布設全控點。 (2)採用 GNSS 輔助空中三角測量時，全控點應於測區四角各布設 1 組 (2 個) 並沿測區邊緣每 5 個測圖基線的間隔布設 1 個全控點，另外再於測區內</p>	<p>透過實際資料及模擬資料實驗結果、參考高速公路測量作業準則，搭配合理的安全係數，訂定較為適用 UAS 小像幅像機所需之控制點分布密度，以利充分消除像機之透鏡畸變差。</p>

項次	修訂要項	內容重點	修訂/新增原因
		部以棋盤間距 10 個測圖基線以內之長度均勻布設全控點。 (3)採用之輔助空中三角測量時，得僅於測區四角各布設 1 組（2 個）全控點外，可不需要於測區內額外布設全控點。	
6	空標規格修正	中心標採方形為原則，或視需求使用其他標型。空標在影像上尺寸至少 2 個像素(pixel)。	透過實際布標結果，影像上尺寸介於 2 個至 4 個像素(pixel)之方形空標已足以辨識。
7	成像品質檢核修正	檢定標建議修正如下，以利確認影像在正交的二個方向的模型參數。 	試辦過程中發現影像模糊行為不會只有一個方向，因此建議應由檢定標或等同效力之地物選定正交的二個方向分別檢定模糊參數。
8	新增 UAS 飛航活動之法規依據。	在規定中引入「民用航空法」及「遙控無人機管理規則」，並要求辦理飛航活動及其相關申請作業須依據上述法規辦理執行。	因本規定係使用 UAS 進行航拍，因此須按照相關法規。
9	航空攝影機檢定修正	航空攝影機須具備最近 2 年內經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認辦法之認證機構所認證之實驗室校正報告，各項檢定或校正方法均須於報告中詳述；如提出實驗室校正報告者，地面解析度及所列器差（航拍成果與標準值之差值）之均方根值應符合本作業規定。	由於小像幅像機多為消費型像機，應無包含送原廠重新校正之服務，但小像幅像機仍應定期檢定及必要時應進行校正，定期掌握
10	攝影軸傾斜角及航偏角度修正	攝影軸傾斜角以不大於 8 度為原則最大不得超過 10 度，航偏角以不大於 10 度為原則最大不得超過 12 度。	若攝影軸傾斜角小於 8 度，對於立測人員進行立體製圖時視覺上會較為舒適，但業界廠商擔心以 UAS 此類較不穩定的飛行載具系統所拍攝的影像可能無法符合規定，因此在規定中以雙眼視覺尚可接受的傾斜上限酌予增加彈性。

項次	修訂要項	內容重點	修訂/新增原因
11	最低影像重疊率修正	影像前後重疊率應達 80%以上，側向重疊率應達 60%以上。重疊率誤差不得超過上規定之 10%。	透過實際實驗訂定合適之影像重疊率。
12	新增清晰度檢查項目	(1)MTF 在 20 lp/mm(每公釐 20 線對數)時不得低於 0.4；模糊參數(blur parameter)不得大於 1 個像素尺寸。以上各值均應經由檢定標或等效效力之地物選定正交的二個方向分別檢定之。 (2)影像局部模糊區域，應避開不予使用製圖。	(1)試辦過程中發現影像模糊行為不會只有一個方向，因此建議應由檢定標或等效效力之地物選定正交的二個方向分別檢定模糊參數。 (2)影像如有局部模糊，該影像之該區域應避開不使用製圖。
13	已知控制點檢測標準之修正	(1) 平面已知控制點檢測： 檢測相鄰 3 個點位間之夾角及邊長，實測值（經地圖投影改正後）與已知點坐標反算值相較差值。當相鄰已知點間的距離小於 400 公尺時，此較差不得大於 4 公分，夾角則不需檢查。當相鄰點位間的距離大於 400 公尺時，則邊長（經投影改正後）較差不大於一萬分之一、水平角度較差不大於 30 秒。 (2) 高程已知控制點檢測： 得採 A.檢測相鄰已知點間高程差或 B.以衛星定位直接測定高程來對高程成果做檢核。採 A 檢測相鄰點位間高程差之方式時，可採用水準測量、三角高程測量或衛星定位測量測定相鄰點之高程差。水準測量檢測所得之高程差與原高程差的較差不大於 $20\text{mm}\sqrt{K}$ （K 為測線公里數）；三角高程測量檢測之所得高程差與原高程差的較差值，不大於 $5\text{公分}\sqrt{N}$ （N 為測站數）；以衛星定位測量檢測之高程差與原高程差比較差值，不大於 10 公分。採 B 以衛星定位測量直接檢測高程時，測得之橢球高須利用內政部公告之大地起伏模式或依據高程控制網本身聯測的已知正高點轉換為正高後與原高程比較，此較差不大於 15 公分。如果發現該區之大地起伏模式有系統性偏差，影響到較差計算時，必須經過聯測至已知水準點，證明系統偏差	由於依據都市計畫地形圖做的任何都市計畫其最終都牽涉到用地的問題，所以地形圖必須與地籍圖之間緊密套合。否則計畫與用地之間的任何不符，在未來必會造成很大困擾。除將內政部公告的的各級三角點當作已知點外，若各地方政府地政單位測設的加密點（甚至包括圖根點）亦納入已知點的範疇，在航測佈標設計時一併納入考慮，並擇要進行檢測、聯測，以便及早知道未來地籍圖是否與千分之一地形圖能緊密套合。而地政單位布設的加密點因通視需要，有時相鄰點之間不到數百公尺，此時要達到二萬分之一的相對精度有其難度。因此本學會建議參考新北市千分之一測製規範，若距離小於 400 公尺，則不用二萬分之一的規定而改用絕對誤差限值作為標準。

項次	修訂要項	內容重點	修訂/新增原因
		屬實後，始得將該系統誤差予以扣除。	
14	控制測量施測方法之 新增	平面及高程控制測量皆納入 VBS-RTK 測量方法。	採用 VBS-RTK 測量進行控制測量已為業界普遍使用之方法。
15	光束法平差精度表達之 修正	<p>(1) 以光束法量測空中三角連結點時，量測中誤差（由驗後權單位中誤差估計之）不得大於 5 微米，在坡度達 IV 級以上之山地...不得大於 10 微米。</p> <p>(2) 未加入附加參數之最小約制(或自由網)平差，以進行粗差偵測並得到觀測值精度的估值，其觀測值之殘餘誤差均方根值不得大於 25 微米，在坡度達 IV 級以上之山地...35 微米。</p> <p>(3) 正確加入附加參數的強制附合平差後，其觀測值之殘餘誤差均方根值不得大於 5 微米，在坡度達 IV 級以上之山地...10 微米。</p>	107 年版規定草案係為絕對的精度要求，第 2 次座談會時有討論，光束法平差精度應與像機解析度相關，因此以像素彈性表達，但第 3 次座談會時，與會人員提出若使用像機像素越小將使標準越嚴格，最後建議改回絕對的精度要求。
16	新增 空三必須加入自率參數及參數須滿足之條件	<p>加入自率參數以消除小像幅攝影機之內方位誤差。加入之參數必須經過以下四個檢定：</p> <p>1. 顯著性 (significance)，加入之參數必須經過統計檢定證明其存在。若空三網型平均多餘觀測數大於 0.7，則本檢定可省略。</p> <p>2. 可定性 (determinability)，加入之參數屬於本空三網形結構可以解算出來者。</p> <p>3. 獨立性 (independence)，所加入之全體參數之間必須互相獨立，不得具有顯著之相關性，相關係數不得大於 0.7。</p> <p>4. 充分性 (sufficiency)，所加入之參數已將影像的系統誤差消除至最大不超過 5 微米。</p>	按照本研究實驗過程之經驗，為消除小像幅像機之影像畸變，空三時須使用自率光束法平差。為確保使用的自率參數足夠描述該像機之畸變差，避免過度參數化，因此列出參數必須滿足條件
17	新增 原始影像須依平差後自率參數進行重取樣	小像幅之原始影像必須依照自率光束法空中三角測量平差計算所得之附加參數進行糾正，得到無畸變或殘餘畸變小至可以忽略的校正後之影像，以便後續使用者直接使用。	利用自率光束法平差得到之自率參數，並用以執行影像重取樣，得到經過畸變改正的影像。不同廠商之間如需使用該影像製圖，輸出成無畸變

項次	修訂要項	內容重點	修訂/新增原因
			差影像則可避免誤用率定參數/率定模式。
18	新增三維網格模型測製與檢查規定(草案)		按照本研究案需求規格訂定相關規定。 針對新增成果對應的檢查方法及表格。

第六章、研究結論與建議

壹、「研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定」工作項目相關研究成果

一、結論：

依據本研究所擬定之測製規定草案參數進行成果驗證，試辦區A以42點屋角點之三維坐標比較(立測採點與地測點相比)，就GSD為7公分的影像而言，平面較差RMSE為11公分，高程較差RMSE為10公分，符合一千分之一地形圖製圖精度(平面精度25公分，高程精度30公分)；另外，試辦區B以46點屋角點之三維坐標相比，亦以GSD 7公分的影像組成模型，平面方向之較差RMSE為12公分，高程方向之較差RMSE為32公分，超出規範高程精度30公分以下之要求(採點位置均為明確且位於坡度變化平緩處)，進一步了解原因，推論因試辦區B之航拍影像在特定位置存有局部模糊的狀況，恰好有幾點驗證點落在影像模糊區且立測人員使用了該影像組模採點，使得問題浮現。由此驗證結果之經驗，本研究在擬定測製作業草案時，則因此訂定「影像局部模糊區域，應避開不予使用製圖」之規定。

二、建議：

(一) 航空攝影

1、航拍時程充滿變數難以有效掌握，未來相關計畫案如包含自行航拍影像，工作期程應預留更多彈性

本研究因採用UAS進行航拍，因此須向交通部民用航空局申請無人駕駛航空器空拍作業許可，按以往經驗申請回復期程約2週，所以在整體作業時程規劃上，航拍申請通過的時間總是充滿變數。就本研究執行過程並未因航拍申請導致時程估算延誤，但因應Covid-19疫情提升到三級警戒，民航局於110.5.15發布UAS活動暫停派員進駐臺北/高雄進場臺之消息，且須直到疫情警戒恢復至二級才會再開放，直到110.7.1民航局發布可進駐臺北/高雄進場臺之消息才開放航拍。此類不可抗力因素實屬造成計畫展延之特例，僅列為紀錄並提供未來計畫期程規畫須考量之風險，因航拍工作是否順利將連帶影響後續空中三角測量及立體模型量測等相關工作。

2、UAS搭載小像幅像機航拍與有人機搭載中大像幅像機相比，須承擔更多風險

由於UAS航拍採用小像幅像機，單幅影像涵蓋範圍較小，同一測區範圍需以較多架次完成拍攝，作業時程相對比有人機較長，且因低空飛行受氣流擾動影響較大，容易因突然側風關係，導致拍攝位置及姿態角未能符於規劃位置及設定。根據本研究資料取得之經驗，以試辦區A為例，疑似因UAS機械問題或外部因素(如強風)導致影像前後重疊率不平均，與原航拍規劃落差較大，但因前後重疊率高，經過適當抽片仍能測圖使用。另以試辦區B為例，因驗證結果顯示高程精度不符測製規範30公分之要求。國土測繪中心因同時也使用相同影像建置三維網格模型，發現不同架次影像的透鏡畸變差略有差異，為釐清是否因為多架次航拍導致中間過程恐因操作上或重落地導致內方位參數中途改變，本研究則透過像點畸變差及殘餘像點畸變差分析確認，確認結果為不同架次間因無明顯的不同，無法斷定哪個架次航拍影像存有系統性的問題。

最後細究原因發現試辦區B之航拍影像在特定位置存有局部模糊的狀況，且不同方向模糊程度不同。檢視空三解算報表，可發現理應為特徵明確的影像控制點，在報表中的部分像點觀測量卻被視作粗差，追溯其座落的影像區域多為影像模糊之處。所以，因影像局部模糊導致像點匹配位置偏離，在平差過程中亦容易被視為粗差，由此結果可作為後續製圖時應避開之不製圖區參考。

雖然UAS具備高機動性及低航高作業之特性，的確節省前期影像取得的時間，但若須應用在高精度製圖，耗費在問題釐清(如：內方位不穩定、透鏡畸變差、自率參數篩選、影像模糊應避免用於製圖)及資料處理(如：頻繁換模增加立測人員困擾、小範圍模型增加繪製連續地物及地物判釋之難度)的時間有可能使整體工作期程拉長。建議UAS航拍採用小像幅像機可作為補齊傳統中大像幅航拍不足之補救辦法即可，或是在短時間須完成的任務，如針對小區域以低航高蒐集空間資料(如：防災用途、古蹟重建)的方法較為適切。

(二)空中三角測量

1、空三連接點匹配瓶頸

由於UAS影像像幅較小且影像傾斜角較大，且因低空飛行而高差移位效應明顯，導致在傳統航測空三平差計算軟體中空三連結點之影像匹配作業困難，需以能對抗尺度及旋轉的影像匹配模式進行連接點匹配。本研究中將採用專門

處理UAS影像之pix4D軟體進行影像特徵匹配，並透過LPS ORIMA進行傳統嚴謹的空三平差偵錯及計算，剔除有疑問的點，必要時再以人工補足連結強度不足處，以確保成果精度無虞。

2、空三作業時間及成本增加

由於小像幅影像特性，導致相同測區範圍內影像片數相較傳統大像幅像機影像大幅增加，也增加空三量測及計算的工作量，實務上僅能以增加作業機組人力採分區量測、除錯來因應，對於後續的成本估算，相較於傳統空三作業必然大幅增加。

3、自率參數須謹慎使用

為消除小像幅像機之影像畸變，辦理空中三角測量時須使用自率光束法平差。本研究在進行空中三角測量時，在ORIMA中選擇Brown率定模式，此模式之率定參數共有21項。以試辦區A為例，平差過程初期透過報表發現參數a2、a3與a1存有高相關性，且a2、a3高相關，c3與c1及c2高相關。為使加入平差計算之參數間互相獨立，不具顯著相關性，因此針對相關係數大於0.7之參數進行取捨。以表6-1-1為例，a系列參數只選擇納入a1，c系列參數選擇納入c1、c2。因過度參數化恐造成平差解算過程不穩定，應謹慎選擇納入平差計算之率定參數，確保採用的自率參數既能足夠描述該像機之畸變差，並且避免過度參數化。

<pre> c 1.00 x0 -0.61 1.00 y0 -0.33 0.30 1.00 a1 -0.11 -0.01 0.02 1.00 a2 -0.04 0.02 -0.02 -0.93 1.00 a3 0.03 -0.01 0.02 0.84 -0.88 1.00 b1 0.17 -0.01 -0.02 -0.03 0.00 -0.02 1.00 b2 0.16 -0.08 -0.02 -0.02 0.00 0.00 0.01 1.00 c1 0.02 0.03 0.02 0.22 -0.26 -0.04 0.16 -0.01 1.00 c2 -0.02 0.02 -0.02 -0.32 0.43 0.00 -0.04 0.00 -0.52 1.00 c3 0.00 -0.01 -0.03 -0.34 0.45 -0.06 -0.08 0.01 -0.86 0.79 1.00 </pre>	
(a) 試辦區 A 之率定參數相關情形	(b) 因應率定參數相關情形選擇須納入平差之參數

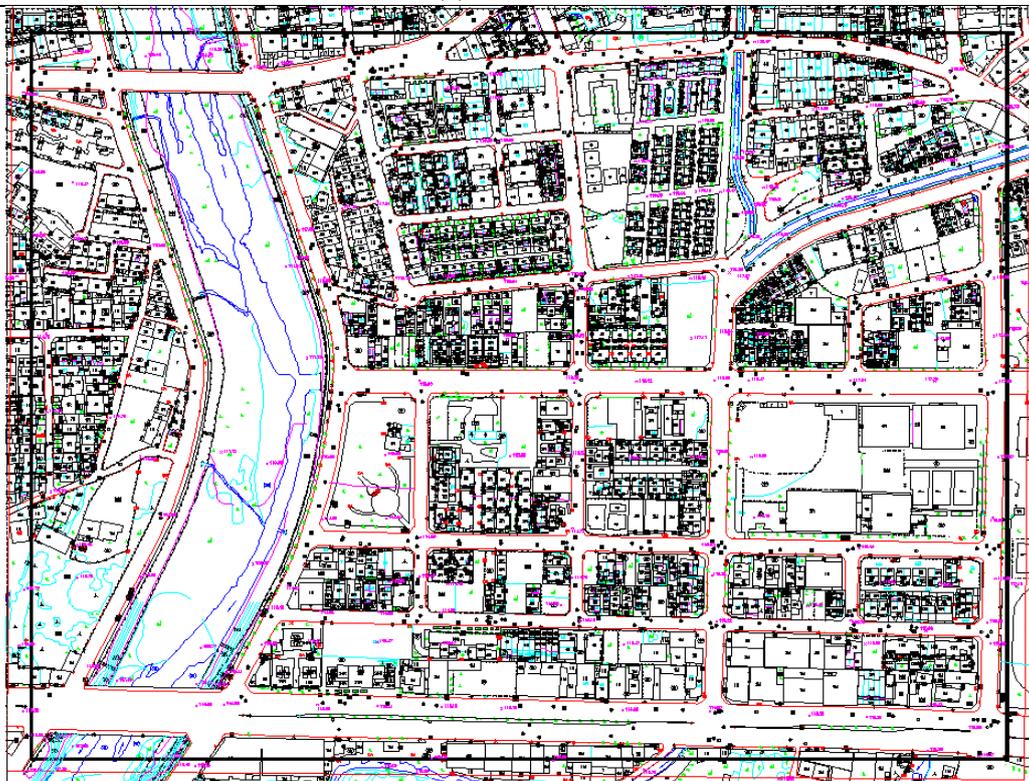
表 6-1-1、率定參數使用情形

(三) 立體測圖

本研究經過航拍影像取得、控制測量資料取得，並經空中三角平差解算後，組成立體模型，並按照規定繪製2個試辦區之一千分之一地形圖，如圖6-1-1。



(a) 試辦區 A

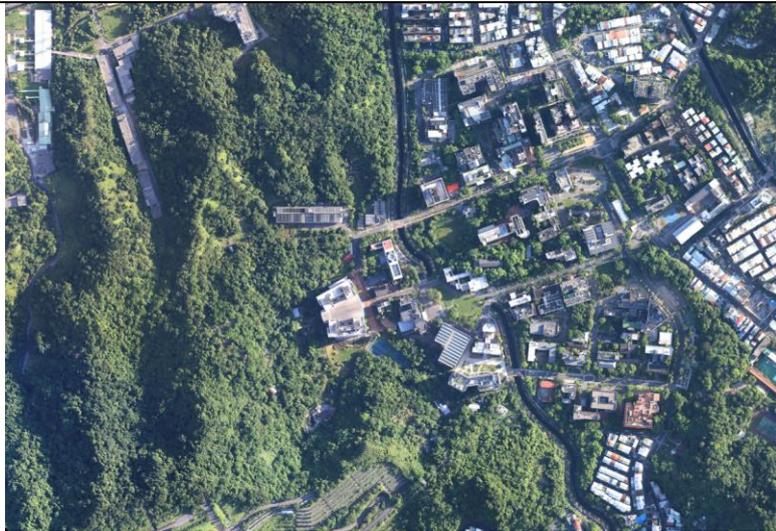


(b) 試辦區 B

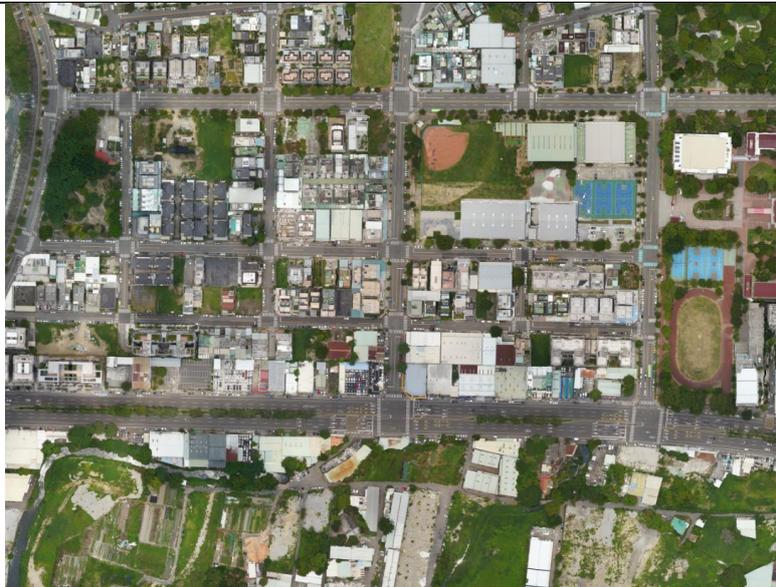
圖 6-1-1、試辦區 A 及試辦區 B 之立測成果

1、攝影時間應掌握，減少後續製圖問題

以試辦區A為例，如圖6-1-2(a)，因航拍時間為早上6點30分使得影像中陰影較長，影像明暗對比大，導致測圖時判讀困難度增加，不但增加測圖時間，亦影響測圖精度。如圖6-1-3(a)因為陰影導致地物難以判釋，或如圖6-1-3(b)因過亮導致女兒牆邊界難以判釋。相較於試辦區B接近中午航拍，如圖6-1-2(b)，較無高樓陰影。此外，立體測圖人員如遇有影像判定不易之情形，需由外業人員調繪補測時，會以特殊符號註記其範圍或地點，因影像拍攝時間導致疑義處增加，代表外調工作量增加，將提高整體作業成本。

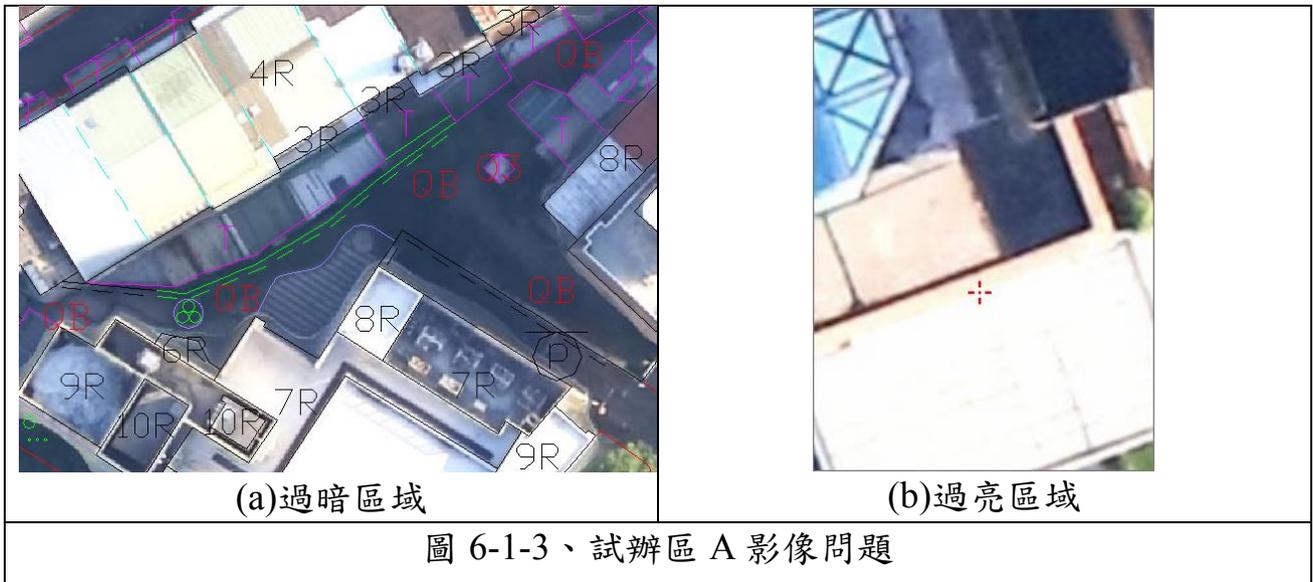


(a) 試辦區 A(陰影較長)



(b) 試辦區 B

圖 6-1-2、試辦區 A 及試辦區 B 原始影像品質比較



2、模型涵蓋範圍小，不利立測作業

UAS搭載小像幅像機拍攝影像不利立測的原因如下：(1) UAS影像像幅較小且影像傾斜角較大，導致模型涵蓋範圍較小；(2) 為維護立體模型製圖高程精度，通常會挑選測圖基線大於0.3倍航高距離之影像組成模型，所以重疊區域更小，如下圖所示；(3)小像幅像機影像邊緣因畸變差影響較大，因此多會建議不可採用過於模型邊緣影像進行立測，是以單一模型內可供立測作業的範圍又再度縮小至原模型之80%左右區域，使得模型內的有效測圖區域範圍變得更小；(4)根據本研究試辦過程發現，如試辦區B之影像特定區域模糊無法製圖，因此又必須排除不可製圖區域。

綜合以上原因，模型涵蓋範圍小(如圖6-1-4)將導致立測人員在測繪過程中需要頻繁切換模型，且因影像片數眾多，增加了模型的選擇性，選取及切換模型的作業時間也會因此增加（雖然部分立測軟體提供自動切換模型功能，但自動選定的模型未必是作業人員想要的模型）；再者，在地形地物的判釋上，小範圍的資訊猶如以管窺天，對於整體地形趨勢的判讀更加困難，尤其在高程起伏變化大的區域，容易因植被覆蓋造成干擾，導致地形判釋錯誤。是以在UAS影像製圖上應盡量選擇施作於地形平坦區域，避開地形變化劇烈區域。

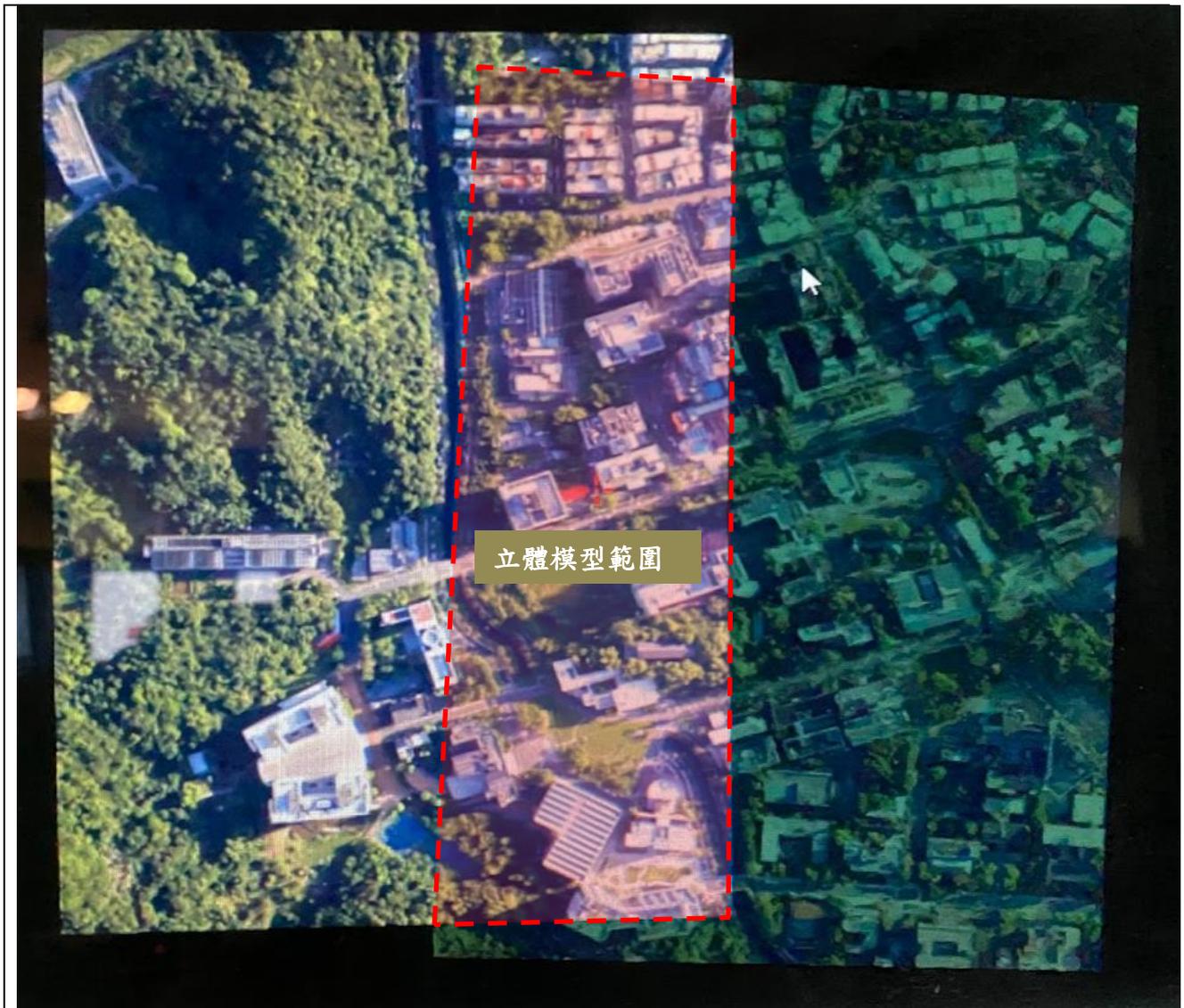


圖 6-1-4、小像幅像機影像組成立體模型範圍之案例

3、空三自率參數模式之選定與立測空三方位之通用性

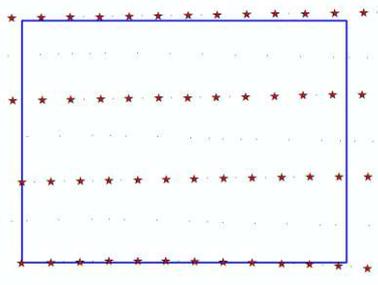
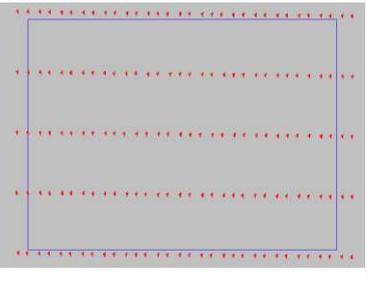
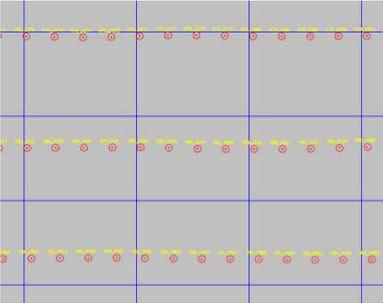
在UAS影像之空三平差作業中除了一般光束法平差外，並應透過自率光束法進行平差計算，自率參數多包含：1.像主距： CFL ；2.像主點： x_0, y_0 ；3.透鏡畸變差參數（包含輻射畸變差及離心畸變差）。平差過程中須依照自率參數間的相關性、顯著性與可定性進行分析以重複漸進方式估得最佳參數。惟目前各空三平差計算軟體所採用之自率參數模式不盡相同，且不同模式之參數間無法轉換相通，難以順利匯入立測模型的方位設定之中，建議將原始航拍影像依其空三自率模式逐一計算各像元的畸變差進行畸變差校正，輸出成已消除畸變差的畸變差校正影像（Undistorted Images），以利後續其它廠牌立體測圖軟體系統可直接導入本成果的空三外方位而不必再另外重做自率法空中三角測量，避免不同軟體間不同自率模式造成的錯誤。

(四)評估及彙整以小像幅像機辦理一千分之一地形圖測製及成果檢查等相關工項之作業成本。

透過本研究可知，以小像幅航拍影像測製一千分之一地形圖確實可行且能符合製圖精度，惟作業過程中需配合多項軟硬體作業參數、明顯較傳統大像幅像機測製一千分之一地形圖程序更為複雜，主要原因在於UAS像幅較小，導致施測同樣測區範圍之航拍影像數量激增；另由於UAS的航拍穩定度較不佳，故在影像側向重疊率依本研究建議需提升至60%，另考量影像畸變差問題恐影響測製精度，或考量載具飛航高度限制（旋翼機尤其受限），於取像解析度上也會酌予提升（透過降低航高方式達成），以本次試辦區為例，均優先以原始影像GSD7公分為航拍規劃，與以往傳統大像幅像機以原始影像GSD10公分為航拍規劃明顯不同。

茲將本次試辦區取得之定翼機、旋翼機航拍影像，按本研究建議之重疊率篩選必要的航拍影像分布並與傳統大像幅像機航拍情形進行影像數量的統計分析，並依本次試辦區作業過程所需時間比例整理如表6-1-2，其中藍框為目前一千分之一圖框大小（800公尺*600公尺），以本學會曾經參與的一千分之一地形圖監審案為例（臺北市3D航測數值地形圖重製案成果），可以看出涵蓋單幅所需影像數量最多（旋翼機）與最少（有人機）之間的影像數量約有25倍的比率差異，若以立體模型數量計，則甚至有快30倍的懸殊差異，導致後續空中三角測量作業量暴增，立體測圖需頻繁變換模型，相關作業困難如上小節所述，造成此兩項作業時間與成本明顯遽增。而即使採用小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製作業，也會因為使用的載具及相機的差異（依本次試辦區經驗，旋翼機與定翼機在影像數量上即有2倍的差異），自然造成作業時間（成本）上的明顯差異。

表 6-1-2、小像幅航與傳統大像幅航拍一千分之一地形圖之影像數量分析

配置	(a)本次臺北試辦區成果 (鄉區特性)	(b)本次臺中試辦區成果 (城區特性)	(c)臺北市 3D 航測數值地 形圖重製案成果
載具	定翼機	旋翼機	有人機
像幅 尺寸	約 5030 萬(8688*5792)	約 2400 萬(6000*4000)	約 13550 萬(12096 x 11200)
航拍展 點圖			
影像 重疊 率	前後 80%、側向 60%	前後 80%、側向 60%	前後 80%、側向 40%
GSD	7 公分	7 公分	10 公分
航拍 數量 分析	13 片/航線，至少需四航線 帶寬 52 片/幅，48 模型/幅	30 片/航線，至少需四航線 線帶寬 120 片/幅，116 模型/幅	5 片/航線，僅需一條航線 帶寬 5 片/幅，4 模型/幅
空三 作業 時間 比率	2	3	1
立測 作業 比率	2~3	4~5	1

而以小像幅航拍影像測製一千分之一地形圖最大的優勢則在於其作業彈性與便利性。若採有人機進行航拍，則光航拍作業成本至少每次起降30萬起跳，再加上依航拍時數或航拍里程單價與實作數量計算，與航拍面積無法以簡單之單價與實作數量方式進行計價，但空中三角測量與立體測圖作業費用則較節省。而UAS航拍部分則可參考國土測繪中心目前UAS作業費用，如表6-1-3，若參考方案C以航拍經費30萬（傳統大像幅像機的起跳價）來看，則UAS航拍約可以完成5平方公里（約10幅圖）之一千分之一地形圖範圍，但考量空中三角測量與立

體測圖因像幅小所需增加之作業費用，按原先傳統大像幅像機測製一千分之一地形圖之作業經費比例計算，則建議以3平方公里（約6幅圖）以內為較合適的作業範圍，超過上述門檻值，則越來越不具經濟效益優勢，建議改以傳統大像幅像機測製一千分之一地形圖。

表 6-1-3、國土測繪中心目前 UAS 作業費用

方案	地面解析度 GSD (公尺)	平面精度 (公尺)	費用 (元)	備註
A	0.25	1.25	1.最小航拍面積為2平方公里，費用為9萬元。 2.超過2平方公里每平方公里增加1萬元。	1.航拍時採用定翼機為原則。 2.空中三角測量所使用之控制點主要為引用既有向量圖資或影像資料之特徵點為主。 3.如面積3.18平方公里，價格為11萬元(90,000+10,000*2=110,000)
B	0.1	1	1.最小航拍面積為1平方公里，費用為7萬5,000元。 2.超過1平方公里每平方公里增加2萬元。	1.航拍時由本中心視面積大小採用定翼機或旋翼機航拍。 2.空中三角測量所使用之控制點主要為引用既有向量圖資或影像資料之特徵點為主。 3.如面積2.18平方公里，價格為11萬5,000元(75,000+20,000*2=115,000)
C	0.1	0.5	1.最小航拍面積為1平方公里，費用為9萬5,000元。 2.超過1平方公里每0.5平方公里增加2萬5,000元。	1.航拍時由本中心視面積大小採用定翼機或旋翼機航拍。 2.精度為符合千分之一地形圖要求，須至現地辦理地面控制測量，空中三角測量使用現地測量之控制點進行約制，價格包含地面測量成本。 3.僅限於在海拔高度300公尺以下航拍區域提供。 1.如面積2.18平方公里，價格為17萬元(95,000+25,000*3=170,000)

考量整體航拍、控制測量及後續空中三角測量、立體測圖之作業時間及經費需求，建議小像幅航拍影像測製一千分之一地形圖僅能適用於小範圍的更新修測，一旦作業範圍超過一定門檻值後，仍以傳統大像幅像機航測方式測製一千分之一地形圖較具經濟效益。

貳、「研擬三維網格模型(3D Mesh model)之成果檢查規定」工作項目相關研究成果

一、結論

本研究中所提之三維網格模型係指藉由符合一千分之一地形圖航拍取像規格影像、控制測量成果及攝影站資料，以自動化方式製作而得，且原則上於相關規定中將不會額外要求作業廠商增加傾斜航拍攝影所得影像來改善三維網格模型的品質。基於前述三維網格模型成果之產出背景，得以下三維網格模型成果檢查重點：

(一)應客觀選取受檢地物

模型網格會因不同高度、不同遮蔽情形、透空度不同，使得模型品質不一，因此應以客觀的方式(如透過立體模型)選擇紋理清晰、無遮蔽、無陰影、表面平整之適合受檢地物。

(二)採用較可靠之參考資料進行幾何精度評估

為評估三維網格模型之幾何精度，本研究先針對上述受檢地物以立體模型繪製參考面及參考線，參考前述之參考面及參考線，再以本研究自行開發工具自動化選取合理範圍內的模型節點。比較篩選後的模型節點至參考面及參考線的垂距，即可計算較差之RMSE值，由此評估模型之幾何精度。

(三)模型幾何精度之訂定

以試辦區B影像產製之三維網格模型為例，針對模型幾何精度的查核，分別抽驗：A. 40處模型節點與參考線之垂距，垂距RMSE 0.47公尺；B. 33處模型節點與參考面之垂距，垂距RMSE 0.89公尺。考量整體檢核結果，訂定「抽查模型節點與參考面或參考線之垂距RMSE不大於2公尺。」

二、建議

(一)研究過程中發現由立測模型選取合適的參考面，並由此計算模型幾何精度時發現框選的節點過少，導致最後評估結果較不客觀，細究原因為建置模型時未選取中密度點雲匹配。由此問題進而建議三維網格模型作業規定內容應包含「匹配密度應選擇高密度匹配為宜，確保整體三維網格模型完整並提供足夠節點以利評估模型幾何精度。」

(二)在處理既有模型過程中發現，由於全區模型資料量大，因此光是載入模型則

需耗費不少時間。為解決模型處理效能不佳之情形，除提升電腦處理效能以外，建議未來廠商亦可提送類似分幅成果，將模型按分幅規劃分割。

(三)在研究過程中發現部分既有模型的中心點在原點，為使三維網格模型可與既有圖資(如臺灣通用電子地圖)套合展示，建議未來廠商輸出模型時應與製圖一致，以利後續作業。

參、研究對相關施政之助益

一、技術創新

發展以 UAS 拍攝之小像幅航拍成果辦理一千分之一地形圖測製及三維網格模型資料，及其相關查核流程方法，為目前國內尚未明確發展之技術創新。

二、經濟效益

(一)以 UAS 拍攝之小像幅航拍成果辦理一千分之一地形圖測製，對於立測人員需求將增加，衍生所需之立測人員教育訓練課程得以隨之增加，如此將增加立測專業領域之供需經濟效益。

(二)為辦理以 UAS 拍攝之小像幅航拍成果辦理一千分之一地形圖測製，所需合於規格之 UAS 硬體設備及相關資料處理之軟體需求增加，促進整體測量產業發展之經濟效益。

三、社會影響

(一)圖資資料是國家建設之基礎資料，不同於其他科學研究，圖資資料建置為務實施政之一環。如可透過測試建立客觀可行之以小像幅影像辦理千分之一地形圖及三維網格模型資料，不僅可確保日後以小像幅影像辦理千分之一地形圖及三維網格模型資料之可靠度與精度，亦可維持圖資資料之品質，三維網格模型資料則以更直觀方式對於測區現場進行記錄及保存，對社會發展影響甚大。

(二)當三維模型具有一定空間精度及可靠度後，模型不僅僅只為提供臨場感的圖資，更能在 3D GIS 平台做出對各界發展所需的空間分析，其中最為重要的幾個空間分析項目例如：防災、噪音汙染、空氣汙染、日照分析等，都在都市計畫具備相當重要的施政助益。

四、法規制度

(一)目前「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」其測製方法仍以中、大像幅航測作業方式為主，如可藉由研究小像幅像機辦理地形圖之精度及限制，研提以該類像機辦理一千分之一數值航測地形圖之作業方法，並研擬「小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定」與「三維網格模型之成果檢查規定」，將提升一千分之一地形圖測製方法的靈活性與完整性。

(二)由很多其他研究及工作案例中可知，更高層級模型精細度的成果是來自於影像密匹配自動產製之模型成果再進行加值與編修，一旦訂定影像密匹配自動產製之模型成果之檢核規範與流程，未來在發展更精細的三維圖資其品質將更加可靠。

(三)各個地方政府產製的三維模型可使用此通用檢核規範，了解不同地區的圖資品質後，未來在全臺圖資的整合上必有助益。

第七章、參考文獻

1. 內政部國土測繪中心、台灣世曦工程顧問股份有限公司，2019。108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案。
2. 內政部國土測繪中心、國立成功大學、國立臺灣大學，2019。108 年度三維建物模型資料標準制訂規劃採購案。
3. 交通部高速公路局，2021。高速公路測量作業準則(修正版)。
4. 新北市政府城鄉發展局，2018。三維網格模型以航測密匹配技術建置都市三維表面模型試辦規範。
5. 新北市政府城鄉發展局，2018。新北市一千分之一數值航測地形圖測製（第七期）計畫建置案作業規範。
6. 林世賢、游政恭、施錦揮、呂冠萱、蔡季欣，2012。應用無人飛行載具系統影像辦理臺灣通用電子地圖更新作業-以臺中市特三號道路為例，中華民國地籍測量學會會刊第31卷第4期。
7. 李德仁、袁修孝，2012。誤差處理與可靠性理論(第2版)，武漢大學。
8. 林耀宗、闕文鏈、顏怡和，2015。應用無人飛行載具(UAV)辦理千分之一地形圖測繪實例探討，中華技術107期。
9. 林迪詒、謝嘉聲，2018。利用多軸無人飛行載具製作大比例尺地形圖之研究，航測及遙測學刊第二十三卷第四期。
10. 林敬樺、江文山、蕭冠宇、韓佳安，2018。無人飛行載具於海岸地形測繪之應用，國立高雄科技大學第40屆海洋工程研討會論文集。
11. 徐一文，2019。三維建模軟體對無人載具攝取影像之精度分析，國立宜蘭大學土木工程學系碩士班。
12. 邱式鴻、顏怡和、丁育群，2014。旋翼型 UAV 影像局部重測都市區千分之一地形圖之研究，台灣土地研究第十七卷第二期。
13. 邱依屏，2009。航測網形分析模擬器，國立臺灣大學工學院土木工程學系研究所。
14. 侯洸伍，2017。自動化偵測UAV航拍遮蔽區與地形圖補建之研究，國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所。
15. 洪曉竹、曾義星、朱宏杰，2013。應用空載光達資料自動化萃取建物邊界線，

航測及遙測學刊第二十卷第四期。

- 16.張立穎，2017。基於影像式稠密點雲之三維數值城市建模，國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所。
- 17.A. Gressin, J. Vallet, M. Bron,2020. ABOUT PHOTOGRAMMETRIC UAV-MAPPING: WHICH ACCURACY FOR WHICH APPLICATION?The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.XLIII-B2-2020-1081-2020,pp.1081-1089.
- 18.Brown, D. C., 1976. The Bundle adjustment-progress and prospects. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS, Helsinki, 13(3).
- 19.F.Remondino,L.Barazzetti,F.Nex,M.Scaioni,D.Sarazzi,2011.UAV PHOTOGRAMMETRY FOR MAPPING AND 3D MODELING CURRENT STATUS AND FUTURE PERSPECTIVES, International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences , Vol. XXXVIII-1/C22,pp.25-31.
- 20.M. Li, L. Nan, N. Smith, P. Wonka,2016.Reconstructing Building Mass Models from UAV images, Computers & Graphics, Vol.54, pp.84-93.
- 21.M. Kedzierski, A. Fryskowska, D. Wierzbicki, P. Nerc,2016.CHOSEN ASPECTS OF THE PRODUCTION OF THE BASIC MAP USING UAV IMAGERY,ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. XLI-B1-873-2016, pp.873-877.
- 22.S.Rhee, T. Kim, 2017. INVESTIGATION OF 1:1,000 SCALE MAP GENERATION BY STEREO PLOTTING USING UAV IMAGES, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. XLII-2/W6, pp.319-324。
23. 日本交通省國土地理院，2017。UAV を用いた公共測量マニュアル（案）新旧対照表。

第八章、審查意見回覆

委員	審查意見	回覆修正情形
劉正倫	1. 本案有關 Unmanned Aircraft System 已有統一中文譯名「無人機系統」，建議於報告內容適當地方予以說明，並統一報告內文字。	於摘要第 1~2 行說明，並全面統一名詞
	2. 表 2-1-1 所列文獻，建議列入參考文獻內。	表 2-1-1 所列文獻已列入參考文獻。
	3. 「第七章、相關參考資料」應改為「第七章、參考文獻」。	已修正為「第七章、參考文獻」。
	4. 文獻編號(五)有三處都註明「未提供」，建議再詳查，如果真的沒有，則建議刪除。	已刪除。
	5. P.11，敘及「.....均可達到繪製建物邊界線精度。」請補充說明標準來源及精度數字。	已修正文字為「萃取邊界線完整度有其成效並足以應用於建構三維城市模型」。
	6. P.34，敘及「.....試辦區 A 資料僅作為驗證試辦區 B 結果之用.....」(P.37 亦有敘及)惟，P.39 有敘及試辦區 A 將採跳片處理後進行分析，實驗結果成果也不差，似乎不僅是用來驗證試驗區 B 結果之用?建議可修正寫法。	已修正寫法。
	7. 本案僅係以「符合 1/1000 地形圖航拍取像規格影像，附加製作出的三維網格模型」，並未增加傾斜航拍攝影所得影像來改善 3D Mesh 得品質，為避免誤用，建議於三維網格模型規定之前言與報告書中 P.50 中補充說明。	已補充。
	8. 文字錯誤需修正及建議修正內容，已直接註記於報告書內，提供修訂參考。	已全面參考修訂。
張崑宗	1. 請說明模擬實驗用意為何?關係到後續實驗成果之變化，如表 4-1-13、表 4-1-15、表 4-1-16 應檢視之。	已補充於 P33、P34。
	2. 附件一檢查作業規定中 P.6 三維網格模型檢查內容中，模型細緻度檢查標準之寫法過於主觀，應更加明確。	因目前僅能就既有成果模型大致訂定，若未來有執行上的疑慮，可再研議。
	3. P.49 有關試驗區 B 局部模糊現象分布的位置是否有相對應之分析。	P49 有說明部分像點觀測量卻被視作粗差與影像局部模糊之關係。
梁旭文	1. P.5-9，整理國內外 10 個 UAS 搭載小像幅辦理一千分之一之地形圖之研究情形，文獻編號與報告不符，請補列。	已修正。

委員	審查意見	回覆修正情形
	2. 3D Mesh Model 部分經去年實驗結果訂定抽查誤差不大於 2 公尺，因為實驗關係以 UAS 拍攝，而在未來大範圍一千分之一地形圖業務上應該採用有人機搭配正常航拍+傾斜攝影來產生 3D Mesh Model，是否能達到 2 公尺，請補充說明。	因目前無相關資料可佐證(如無立體模型可繪製參考線與參考面)，若未來有執行上的疑慮，可再研議。
蔡季欣	1. P.37 所提試辦區 A 因 UAS 機械問題導致前後重疊率不平均，建議將機械問題具體補充說明。	已補充為「疑似 UAS 機械問題或外部因素(如強風)」。
	2. P.37，實驗配置所列「本研究按照實際航拍任務可行且實務上多數的決策.....」決定設定之條件，建議將上述文字刪除或補充說明。	已修正為「本研究按照實際航拍任務可行且實務上製圖多數採取的影像航拍要求」
	3. P.48，有關 GNSS 輔助之結果，是否可得「即使 GNSS 精度高達 1 公分至五公分，惟 GNSS 輔助後成果仍不顯著」之結論。	由 P47、P48 可知使用 GNSS 輔助空三有其效益，但建議建議內部控制點應至少增加 1 點，將使解算結果較為穩定。
	4. P.57，對於影像模糊區的認定方式，未來是否能仍以人工方式處理？	由於採用 UAS 搭載小像幅像機進行一千分之一地形圖測製按成本考量應是用於小範圍地區，因此暫以人工方式判定。
	5. P.57，有關航空攝影工作期程應預留更多彈性，惟以疫情因素影像屬特例，如以正常狀態而言，UAS 航拍亦有不同的變數(航拍許可)，建議可修正。	於 P63 補充疫情因素屬特例，但也可記錄並作為未來風險評估要點之一。
	6. 有關附件四，自率法參數的設定計算中，不同載具(定翼機與旋翼機)之設定方式，是否會有所差別？	自率參數與像機本身內部構造之相關性較大，與使用不同的載具之關聯性應較低。
	7. 定翼機(試辦區 A，12 張)與旋翼機(試辦區 B，100 張)之航拍影像數量差了 10 倍，故有關成本分析僅以試辦區 B 進行分析，請補充試辦區 A 之成本分析。相較於旋翼是否能降低內業成本？	已補充於 P69~P71。
曾耀賢	1. 研究報告之摘要： (1) 「Unmanned Aircraft System，以下簡稱 UAS」文字，移到第二行中第一次出現處。 (2) 本研究將針對三維網格模型 => 本研究針對三維網格模型。 (3) 本研究案預期目標包括 => 本研究案成果包括。	已參考修正。
	2. P.4，可是任務特性彈性變動 => 可視任務特性彈性變動。	已修正。

委員	審查意見	回覆修正情形
	3. P.5, 座標 => 坐標。	已修正。
	4. P.17, 自行選擇個參數是否加入平差 => 自行選擇各參數是否加入平差。	已修正。
	5. P.26, 公式(1) => 公式(3-4); 公式(2) => 公式(3-5)。	已修正。
	6. P.60, 女兒牆邊界難易判釋 => 女兒牆邊界難以判釋。	已修正。
	7. P.9, 文獻編號十之地面解析度 1.9/2.6, 是否應修正為 0.019/0.026	已修正。
	8. P.27, 計算空間中點到直線的距離 $d=.....$, 該公式僅為 1 維的計算式, 似太簡略, 請修正更明確之表示式。	已修正, 如式(3-6)。
	9. P.29, 北屯區太原地區 => 北屯區旱溪太原路附近。	已修正。
	10. P.65, 「為避免」3 個字獨立一行, 是否為贅字。	已刪除。
	11. P.65, 「部分模型中心點在原點, 因此需進一步平移才可套合...應定義其坐標系統」, 建議規定模型的坐標系統要與製圖一致。	已修正。
	12. 簡報中有關於第 3 次座談會後再修正之內容, 請納入報告中。	已納入補充於表 5-1 及草案規定。
國土測繪中心	1. P.49, 有關「由驗證成果可知試辦區 B 驗證精度較試辦區 A 差.....」及表 4-1-17 定翼(試辦區 A)與旋翼(試辦區 B)之驗證成果, 是否能增加定翼比較穩定之相關敘述。	已於 P49 補充。
	2. P.56, 請補充本案測製之 2 幅試辦區成果出圖。	已於 P66 補充。
	3. 有關內文提到試辦區 B 之局部模糊現象, 為避免後續遇到相同問題, 有關清晰度檢查中之 MTF 是否針對影像取樣位置原則補充相關敘述?	由於此類問題屬偶發問題, 檢查規定建議仍是朝向大方向之原則檢查。
	4. 有關三維網格模型作業與檢查規定, 由於本中心提供之模型資料內含中像幅影像, 且有關此部分規定不限於小像幅建置之三維網格模型, 為避免混淆, 擬獨立於作業規範中, 定義為附件名: 「三維網格模型測製與檢查規定(草案)」。另請補充於研究報告書 P.21 中新增本中心提供之三維網格模型案例表, 敘述本案實驗之資料來源。	已新增「三維網格模型測製與檢查規定(草案)」附件。 已於 P50~P53 補充。
	5. 為完整「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊(110年草案)」請將小像幅規範中內容適用 107 年版草案者, 應一併修改至 107 年版中、大像幅之草案, 如: P.53 航線方向修正; 五、控制測量章節之修訂等, 並標註紅字繳交電子檔。	已同步修正。

委員	審查意見	回覆修正情形
國土測繪中心	6. 附件一 P.11、P.12，有關[略過七、數值高程模型及等高線測繪～十五、詮釋資料製作]及[略過十七、測量工作報告書～十九、成果繳交]，略過部分仍應敘述之，建議以參照原規範章節之方式填寫，填寫建議如下：依一千分之一數值航測地形圖測製作業規定第○項第○目第○點等相關規定辦理。	已按照建議填寫。
	7. 研究報告中請補充「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定 100 年版、107 年版及本案修訂小像幅版本之對照表」於附件。	已補充。
	8. 研究報告中請補充本案 3 階段成果之審查意見及回覆情形於附件。	已補充於第八章。
	9. 文字修正建議： (1)文中出現之名詞應前後統一，如單位名詞(m、公尺、公分)；1/1000 與一千分之一；RMSE 與均方根。	已全面統一。
	(2)P.1，摘要中 Unmanned Aircraft System,UAS 全稱已出現 2 次，後出現者僅須簡稱。	已修正。
	(3)P.1、P.3，因本次為期末成果報告，故摘要中與章節參之「預期目標」應改為「計畫目標」。	已修正。
	(4)P.13，軟體名稱 Agisoft Photoscan 已經改為「Agisoft Metashape」	已修正。
	(5)P.16，文中引用之 Brown(1976)文獻，未納入參考文獻中，請補充。	已補充。
	(6)P.18，「地控點分佈」應改為分「地面控制點分佈」。	已修正。
	(7)P.34，「圖*之軌跡可看出」，請修正。	已修正。
	(8)P.49，「不同方向模糊程度不同，如圖 4-1-12」參照錯誤。	已修正。
	(9)文中有關「原規範」之相關文字，請正確參照「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定(107 年版草案)」。	已修正。
	(10)有關空中三角測量之簡稱空三，請於文章前面進行簡稱的定義。	已補充。
(11)附件一 P.2，感測元件面積應改為感光元件尺寸。	已修正。	
(12)附件一 P.7，請補充逗號，「攝影傾斜角以不大於 8 度為原則，最大不得超過 10 度，航偏角以不大於 10 度為原則，最大不得超過 12 度」。	已修正。	
(13)本次報告書格式、標號、排縮請重新檢視並修正之，以利閱讀。	已修正。	

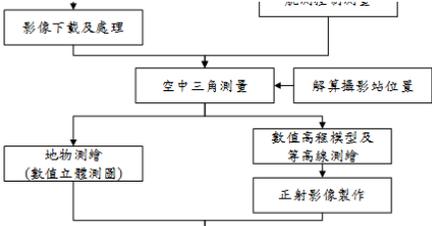
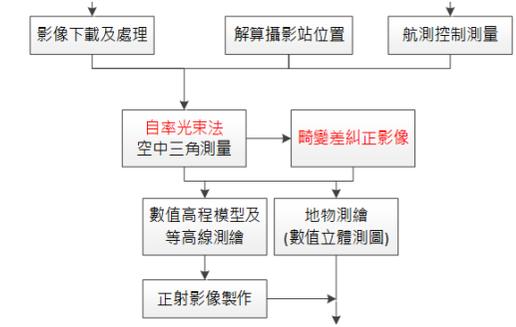
附件一

一千分之一數值航測地形圖測製作業規定 100 年版、
107 年版及本案修訂小像幅版本之對照表

一、測製作業規定

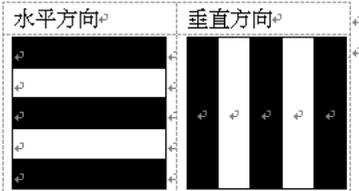
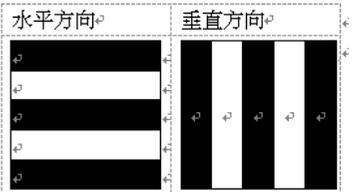
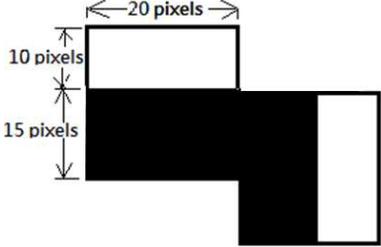
	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
標題		一千分之一數值航測地形圖測製作業規定	小像幅一千分之一數值航測地形圖測製作業規定		新增小像幅
壹		二、本規定係規範以數值航空攝影測量方法測製一千分之一地形圖之工作項目及內容，需求機關或單位得依實際需求調整工作項目及內容。例如：一千分之一地形圖測製目的非以都市計畫需求為主，得免辦本規定都市計畫樁聯測及計畫線套繪。	二、本規定係規範以數值航空攝影測量方法測製小像幅一千分之一地形圖之工作項目及內容，需求機關或單位得依實際需求調整工作項目及內容。		新增小像幅
		九、作業區內測繪資料應與外圍已測繪一千分之一地形圖資料作接邊整合	九、作業區內測繪資料應與外圍已測繪一千分之一地形圖資料作接邊整合。如因年度差異或其他因素導致與歷年一千分之一地形圖無法接邊者須造冊。		考量如因測製年分相差久遠造成土地現況明顯差異，致接邊有困難時，是否直接參照五千分之一規定，無法接邊者造冊，因此新增說明。
			十三、名詞定義 適用於本規定之專有名詞主要如下： (一)小像幅數位式攝影機：攝影機之感光元件尺寸不大於24毫米x36毫米之非量測型攝影機。		新增小像幅測製規定之相關名詞定義

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
			<p>(二)無人機系統 (Unmanned Aircraft System, UAS):無人機系統包含旋翼或定翼的無人機身載具及動力推進器,內含任務酬載系統(例如攝影機)及飛行及地面操控系統等設備,同時具備定位系統、自動飛行控制及資訊傳輸等功能。</p> <p>(三)立體測圖基線:係以0.3倍航高(H)推算而得之基線長(B),後續簡稱為測圖基線。航高(H)為離地高(Height Above Ground Level, HAGL)。</p> <p>(四)衛星導航系統(GNSS)輔助空中三角測量:無人機系統僅搭載衛星定位系統作為輔助空中三角測量(後續簡稱為空三)之用。</p> <p>(五)定位及定姿系統 (position and orientation system, POS) 輔助空中三角測量:在航拍飛行載具上以衛星定位及慣性導航(Inertial Measurement Unit, IMU)技術同步記錄攝影曝光瞬間載具位置及姿態,作為輔助空中三角測量之用。</p>		

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
貳	<p>圖 1 一千分之一數值航測地形圖測製作業流程圖</p>	 <p>圖 1 一千分之一數值航測地形圖測製作業流程圖</p>	 <p>圖 1 小像幅一千分之一數值航測地形圖測製作業流程圖</p>	<p>配合相關工作項目調整，一併修正流程圖，包括刪除底片掃描、地形圖縮編等工作項目，並刪除數位式攝影機之文字。</p>	<p>新增小像幅測製流程所需之流程，包括必須使用自率光束法空中三角測量、使用畸變差糾正後的影像進行地物測繪。</p>
參、二	<p>(二) 航測控制點之分布，應適合空中三角區域平差之要求，原則如下： 1.採用衛星定位測量 (Global Positioning System;GPS) 輔助空中三角測量時，則可在測區四角各布設 1 組 (2 個) 全控制點，並於測區首尾 (航線端處) 布設橫貫測區 (正交航線方向) 之高程控制鍊，除測區左右側邊外，鍊上之高程控制點應位於航線重疊區內。高程控制鍊得以加飛正交方向航帶取代，惟此正交航帶內，每片 9 個標準點位中，必須至少有 5 個與原測圖用航帶連結。另測區中央必須均勻測設 5 個以上檢核點，以驗</p>	<p>(二) 航測控制點之分布，應適合空中三角區域平差之要求，原則如下： 1.採用全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System ,GNSS)及慣性測量元件 (Inertial Measurement Unit ; IMU)，得省略高程控制鍊布設，僅於測區四角各布設 1 組 (2 個) 全控制點。另外必須注意控制點高程為正高系統，而直接定位為幾何高者，必須使用內政部公告之大地起伏模式進行轉換，使空中三角測量之結果最終為正高系統。 2.採用 GNSS 輔助空中三角測量時，則可在測區四角各布設 1 組 (2 個)</p>	<p>(一) 航測控制點及檢核點應優先使用測區內現有之已知控制點位...</p> <p>(二) 航測控制點之分布，應依航帶間之側向重疊率而設計，其布設原則如下： 1.未採用 POS 輔助空中三角測量時，控制點應沿測區邊緣每 2 個測圖基線の間隔布設 1 個全控點，另外再於測區內部以棋盤間距 5 個測圖基線以內之長度均勻布設全控點。 2.採用 GNSS 輔助空中三角測量時，全控點應於測區四角各布設 1 組 (2 個) 並沿測區邊緣每 5 個測圖基線の間隔布設 1 個全控點，另外再於測區內部以棋盤間距 10 個測圖基線以內之長度均勻布設全控點。 3. 若採用定位及定姿系統 (POS) 之輔助空中三角測量時，得僅於測區</p>	<p>1.依航測所搭載定位定向系統差異，重新調整三種方式之順序。 2.為避免第 1 項方法遭誤解，刪除直接地理定位等文字。 3.考量衛星定位技術的發展，將 GPS 修正為</p>	<p>新增「檢核點」。 經過試辦實驗結果修正文字。</p>

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
	<p>證空中三角測量品質。</p> <p>2.若採用 GPS 及慣性測量元件 (Inertial Measurement Unit ; IMU) 直接地理定位(direct geo-referencing) 時,得省略高程控制鍊布設,僅於測區四角各布設 1 組 (2 個) 全控制點,惟檢核點部分仍需比照前項規定辦理。另外必須注意控制點高程為正高系統,而直接定位為幾何高者,必須使用內政部公告之大地起伏模式進行轉換,使空中三角測量之結果最終為正高系統。</p> <p>3.未採用 GPS 輔助空中三角測量時,平面控制點應分布測區 (空中三角區域平差之測區) 周圍界線上或界線附近 (以在測區界線外為原則),點位間間隔約為 2 至 4 個空中攝影基線 (基線長以重疊 60% 為準計算); 高程控制點鍊之走向需與航空攝影之航線大致成垂直方向,測區兩端應各測高程控制點鍊 1 條,測區內約每隔 5 個空中攝影基線測設高程控制點鍊 1 條,組成高程控制鍊之各點應選在相鄰航帶像片左右重疊範圍內。</p>	<p>全控制點,並於測區首尾 (航線端處) 布設橫貫測區 (正交航線方向) 之高程控制鍊,除測區左右側邊外,鍊上之高程控制點應位於航線重疊區內。高程控制鍊得以加飛正交方向航帶取代,惟此正交航帶內,每片 9 個標準點位中,必須至少有 5 個與原測圖用航帶連結。</p> <p>3.未採用 GNSS 輔助空中三角測量時,平面控制點應分布測區 (空中三角區域平差之測區) 周圍界線上或界線附近 (以在測區界線外為原則),點位間間隔約為 2 至 4 個空中攝影基線 (基線長以重疊 60% 為準計算); 高程控制點鍊之走向需與航空攝影之航線大致成垂直方向,測區兩端應各測高程控制點鍊 1 條,測區內約每隔 5 個空中攝影基線測設高程控制點鍊 1 條,組成高程控制鍊之各點應選在相鄰航帶像片左右重疊範圍內。</p>	<p>四角各布設 1 組 (2 個) 全控點外,可不需於測區內額外布設全控點。</p>	<p>GNSS。</p> <p>4.「鍊」修正為「鏈」。</p>	
參			三、空標點之布設		新增「三、空

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
、 三					標點之布設」
		<p>(四) 空標之尺寸應配合航高、立體測圖儀量測標尺寸及測圖精度等條件之考量，以立體測繪時可清楚辨認為原則。中心標採方形，利用解析立體測圖儀測圖時，影像上中心標尺寸應較立體測圖儀之測標直徑略大；採數位影像攝影或測圖時，中心標在影像上尺寸介於2個至4個像素(pixel)之間。翼標之寬度與中心標之邊長相等，長度則為寬度之2倍以上，翼標與中心標的間距等於中心標的寬度之1.5~2倍。翼標以對稱之4個為原則，相對2個翼標軸線交點與中心標之標心之偏差不得大於2公分，相鄰2個翼標軸線夾角必須為90度，最大偏差量不得大於5度。因環境限制，而無法布設4個翼標時，為便於辨認，應布設2個以上翼標，2個翼標互相垂直時，2個翼標軸線交點與中心標之標心偏差不得大於2公分；成一直線時，軸線形成之中點與中心標之標心偏差不得大於2公分。</p>	<p>(二) 空標之尺寸應配合航高、立體測圖儀量測標尺寸及測圖精度等條件以立體測繪時可清楚辨認為原則。中心標採方形為原則，或視需求使用其他標型。空標在影像上尺寸至少2個像素(pixel)。如有需求得額外布設翼標以利辨識，翼標之寬度與中心標之邊長相等，長度則為寬度之2倍以上，翼標與中心標的間距等於中心標的寬度之1.5~2倍。翼標以能正確指示中心標之標心為原則，標軸線與中心標之標心之偏差不得大於2公分。</p>		<p>因應許多建模軟體可進行自動巡標的功能，新增開放標型之彈性，以及使用者可視需求加翼標（不強制規定）。</p>
		<p>(十) 航空攝影後，如航測控制點空標毀損，得選擇自然點作為空中三角測量之地面控制點。使用自然點作為控制點時，為保障精度及可靠度，在每一應設置控制點之位置，必須選用2個以上自然點。為確保空中三角測量</p>	<p>(六) 航空攝影完成後，發現原設置之空標毀損，致影響空中三角測量及製圖作業時，應另覓明確自然點（地面特徵點）取代空標進行補測，以確保空中三角測量精度要求。為保障所選取的自然點可靠性，每一應補點之</p>	<p>因原規定與航測控制點相關，爰自四、控制測量調整至本點。</p>	<p>條文項次調整</p>

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
		品質，應選擇至少5個均勻分布於測區之檢核點，供空中三角平差成果檢核。	處應補測二個自然點。		
	<p>(九)為檢核成像品質，測區內至少布設一處幾何解析度及色彩平衡檢定標，背景為純白或純黑，檢定標顏色與背景成黑白對比。解析度則由5公分開始，每種解析度以$\sqrt{2}$倍數增長設置至20公分（2倍地面像素解析度，計5種解析度）為止，每種解析度水平方向及垂直方向各設置3條長方形標，長方形標之一邊長度與解析度相同，另一邊長度則為解析度之4倍以上，每條長方形標間隔與寬度相同（如圖2）。</p>  <p>圖2 檢定標示意圖</p>	<p>(九)為檢核成像品質，測區內至少布設一處幾何解析度及色彩平衡檢定標（以下簡稱檢定標），背景為純白或純黑，檢定標顏色與背景成黑白對比。地面解析度(GSD)則由5公分開始，每種解析度以$\sqrt{2}$倍數增長設置至20公分（2倍地面解析度，計5種解析度）為止，每種解析度互相垂直的水平方向及垂直方向各設置3條長方形標，長方形標之一邊長度與解析度相同，另一邊長度則為解析度之4倍以上，每條長方形標間隔與寬度相同（如圖2）。</p>  <p>圖2 檢定標示意圖</p>	<p>(七)布設檢定標: 為檢核成像品質，測區內至少布設一處幾何解析度及色彩平衡檢定標，並以模糊參數估計法估計影像之解析力。此標之黑塊及白塊尺寸如圖2，白、黑色對比強度應達2.6:1以上，必要時應檢附光度計照度(lux)測量資料（如圖2）。黑白色塊的表面以40號以下粗砂紙或類似粒徑材質製作以達近似藍伯特表面（Lambertian surface）的效果。</p>  <p>圖2 檢定標示意圖</p>	<p>1.將 GSD 中文統一中譯為地面解析度。 2.補充說明水平方向及垂直方向之長方形標須為互相垂直。</p>	<p>新增針對檢定標進行模糊參數確認影像之解析力。</p>
參、二		(十一)辦理航測控制點及檢核點點位調查表製作、測量儀器裝備校正、平面控制測量、高程控制測量準用四、控制測量規定。	(四)辦理航測控制點及檢核點點位調查表製作、測量儀器裝備校正、平面控制測量、高程控制測量準用四、控制測量規定。	新增航測控制點及檢核點的測量規定。	條文項次調整
參	三、航空攝影		四、航空攝影		項次調整

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
四、	(一) 航空攝影工作應由具航空攝影能力之政府機關或普通航空業辦理。		<p>(一) 辦理飛航活動及其相關申請作業，以「民用航空法」及「遙控無人機管理規則」為依據。其從事相關UAS飛航活動，應依「遙控無人機管理規則」第30條規定，檢附相關文件向交通部民用航空局（以下簡稱民航局）申請核准。</p> <p>(二) 無人機系統之操作人從事無人機系統飛航活動前，應依「遙控無人機管理規則」第 25 及26條規定，依照遙控無人機製造者所提供之維修指引對遙控無人機系統進行檢查及考量操作環境、通訊信號、天氣狀況，符合安全飛航條件後始得活動。</p> <p>(三) 使用之無人機系統應依「遙控無人機管理規則」第 6 條規定，向交通部民用航空局申請註冊，並於註冊完成後，將民航局核發之註冊號碼標明於機體上顯著之處後，始得操作。另依「遙控無人機管理規則」第 19 條規定，操作政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機者應持有民航局發給之專業操作證。</p>		新增使用UAS之相關規定
	(二) 於五千分之一基本圖或二萬五千分之一地形圖上規劃航線，航線方向以南北或東西為原則，可視地形狀		(四) 實施航空攝影之前，應選擇合適的參考圖資作為底圖，並將航線規劃以清晰且完整的方式呈現航帶分布及測區範圍，航線方向以利於控制點		調整文字

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
	<p>況斟酌決定，航線設計必須確保涵蓋整個測區範圍。</p>		<p>布設且用最少航帶數能涵蓋完整測區為原則。</p>		
	<p>(三) 航空攝影機 1.採用精密測圖用之底片式寬角或常角航空攝影機，或精度相當於精密測圖用底片式攝影機之數位式攝影機。</p>	<p>(三) 航空攝影機 航空攝影機提出最近5年內原廠攝影機檢定報告或最近2年內經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認辦法之認證機構所認證之實驗室校正報告，各項檢定或校正方法均需於報告中詳述；如提出實驗室校正報告者，送校航拍影像地面解析度應小於或等於10公分，且所列器差（航拍成果與標準值之差值）之均方根值，應小於或等於本規定製圖精度，即平面方向器差均方根值不大於25公分，高程方向器差均方根值不大於30公分。</p>	<p>(五) 航空攝影機 1.採用非量測型小像幅像機，原始像素尺寸應小於（含）6微米。須可提供無壓縮影像格式檔案並應具備手動對焦與設定快門時間、光圈、ISO值及關閉自動防手震等功能。2.航空攝影機最近2年內經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認辦法之認證機構所認證之實驗室校正報告，各項檢定或校正方法均須於報告中詳述；如提出實驗室校正報告者，地面解析度及所列器差（航拍成果與標準值之差值）之均方根值應符合本作業規定。</p>	<p>目前國內已無使用底片式攝影機之業者，故不必再將其列入。</p>	<p>項次調整修正為小像幅像機的規格要求</p>
	<p>2.數位式攝影機 (1) 陣列式(area array)數位式攝影機必須具有全色域(panchromatic)及真實彩色(true color)成像能力，側向像幅不得少於6500像素(即側向寬度像素數目以能涵蓋一千分之一地形圖圖幅影像單邊長度以上為原則)，縱向之像幅應使在組成立體模型測繪時，具有基高比(B/H)不小於0.3之能力。全色域之影像得由多個攝影機</p>	<p>2.數位式攝影機 (1) 陣列式(area array)數位式攝影機必須具有真實彩色(true color)成像能力，於拍攝條件為地面解析度為10公分時，側向寬度像素數目以能涵蓋一千分之一地形圖圖幅影像單邊長度以上為原則，航向之像幅應使在組成立體模型測繪時，具有基高比(B/H)不小於0.3之能力。倘所得影像類型為彩色融合影像其低解析度來</p>	<p>(本點刪除)</p>	<p>不設限於單鏡頭或多鏡頭成像方式之攝影機，依最終使用影像需求，能產出自然彩色之影像即可，爰刪除必須具備全色域成像能力之要</p>	<p>與本規定無關。</p>

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
	<p>模組各自拍攝所得之次影像(sub-image)合成，且與多譜影像融合內插成彩色影像的倍數不得大於 25 倍。</p>	<p>源影像之像素尺寸不得大於融合後影像像素尺寸 4 倍。</p>		<p>求。 攝影機側向涵蓋能力，因攝影機製程及鏡頭技術之發展，設備規格持續精進，為避免後續修正設備規格條件文字，爰以符合一千分之一地形圖測製要求之整體航拍條件（如：GSD、基高比、涵蓋像幅寬）要求攝影機能力。 「縱」向修改為「航」向以明確定義像幅方向。 有關彩色融合影像之限制條件，調整文字</p>	

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
				敘述方式，以低解析度影像與融合後影像之像素尺寸比例為條件。	
	<p>(2) 線列式(linear array)掃描數位式攝影機側向像幅不得少於 10000 像素，必須具有同時前視、後視及垂直向下底視掃描的能力。前視及後視與底視掃描所張之立體視角不得小於 15 度。至少在天底掃描位置必須具有多譜線列裝置，且其像素尺寸至多不得大於全色域像素尺寸之 2 倍。</p>	<p>(2) 線列式(linear array)掃描數位式攝影機必須具有真實彩色 (true color) 成像能力，於拍攝條件為地面解析度為 10 公分時，航向寬度像素數目以能涵蓋一千分之一地形圖圖幅影像單邊長度以上為原則，必須具有同時前視、後視及垂直向下底視掃描的能力。前視及後視與底視掃描所張之立體視角不得小於 15 度。至少在天底掃描位置必須具有多譜線列裝置，且其像素尺寸至多不得大於全色域像素尺寸之 2 倍。</p>	(本點刪除)	<p>不設限於單鏡頭或多鏡頭成像方式之攝影機，依最終使用影像需求，能產出自然彩色之影像即可，爰刪除必須具備全色域成像能力之要求。</p> <p>攝影機側向涵蓋能力，因攝影機製程及鏡頭技術之發展，設備規格持續精進，為避免後續修正設備規格條件</p>	與本規定無關。

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
				文字，爰以符合一千分之一地形圖測製要求之整體航拍條件要求攝影機能力。	
	(4) 數位式攝影機的原始像素尺寸應優於(含)15 微米，並至少具有4096 階(12 位元(bit))的原始輻射解析度(輸出得為 8 位元)。	(3) 數位式攝影機的原始像素尺寸應小於(含)10 微米，並至少具有4096 階(12 位元(bit))的原始輻射解析度(輸出得為 8 位元)。	(本點刪除)	條文項次調整。 考量目前航空攝影測量專用之攝影機像素尺寸均可達 6 微米以下，本點規定修正為 10 微米。	與本規定無關。
		(4) 合成影像像素之公稱(nominal)位置與經校正後實際位置之差不得大於1/3像素尺寸。個別原始攝影機模組影像經透鏡畸變改正後其殘餘透鏡畸變差在光圈為f/5.6(含)以下時，不得大於1/2像素尺寸。經檢定校正後，原始個別攝影機之率定焦距、對稱像主點偏移量內方位元素中誤差不得大於10 微米。 (5) 必須具備輸出快門曝光時間訊號至外接 GNSS 接收器之功能，且時間訊號必須準確至 1 毫秒。	(本點刪除)		與本規定無關。

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
	<p>(五) 攝影方式</p> <p>採垂直連續攝影，攝影軸傾斜角小於 8 度，航偏角小於 10 度，各航線前後應於測區外各多拍攝 2 個像對。航線間相鄰影像重疊率(左右重疊)為 30%，航線內相鄰影像重疊率(前後重疊)數位式攝影機為 80%，底片式攝影機為 60%；實際影像重疊率不得低於以上規定之重疊率 10%。</p>	<p>(五) 攝影方式</p> <p>採垂直連續攝影，攝影軸傾斜角小於 8 度，航偏角小於 10 度，各航線前後應於測區外各多拍攝 2 個像對。航線間相鄰影像重疊率(左右重疊)為 30%，航線內相鄰影像重疊率(前後重疊)為 80%；實際影像重疊率不得低於以上規定之重疊率 10%。</p>	<p>(七) 攝影方式</p> <p>採垂直連續攝影，攝影傾斜角以不大於 8 度為原則，最大不得超過 10 度，航偏角以不大於 10 度為原則，最大不得超過 12 度，各航線前後末端應於測區外各多拍攝相當於涵蓋 2 倍測圖基線長度之影像，測區左右最外側之二條航線中線需位於測區左右邊緣之外。影像前後重疊率應達 80%以上，側向重疊率應達 60%以上。重疊率誤差不得超過上規定之 10%。</p>	<p>目前國內已無使用底片式攝影機之業者，故不必再將其列入。</p>	<p>項次改變。</p> <p>攝影傾斜角在人眼使用立體模型所能接受的極限下賦予 UAS 搭載小像幅像機航拍之彈性。</p> <p>以測圖基線為考量。調整側向重疊率為 60%以上。</p>
	<p>(八) 數位影像下載處理</p> <p>採用數位式攝影機執行航空攝影時，可直接下載並經影像拼接、融合、調色等步驟處理後得到最終數值影像。</p>	<p>(七) 數位影像下載處理</p> <p>採用數位式攝影機執行航空攝影時，可直接下載並經影像拼接、融合、調色等步驟處理後得到最終數值影像。</p>	<p>(九) 數位影像下載處理</p> <p>1.採用數位式攝影機執行航空攝影時，可直接下載並經影像拼接、融合、調色等步驟處理後得到最終數值影像。</p> <p>2.清晰度檢查： (1)MTF在 20 lp/mm(每公釐 20 線對數)時不得低於 0.4；模糊參數(blur parameter)不得大於 1 個像素尺寸。以上各值均應經由檢定標或等同效力之地物選定正交的二個方向分別檢定之。 (2)影像局部模糊區域，應避開不予使用製圖。 3.色調檢查：影像色調必須均勻及反</p>	<p>條文項次調整。</p>	<p>1.將 107 年規定之(七)與(八)併為(九)。</p> <p>2.透過實際影像發現模糊二個正交方向會不同，因此應分別檢定之。</p>

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
			<p>差足夠，經轉換為8位元後，應符合全測區內影像中已知最強純白色地物（不含因太陽造成全反射之地物）像素的RGB值應在249 ± 5範圍內，且該像素RGB三值之間最大之差不得大於2；影像中已知最暗之純黑色地物像素之RGB值應在10 ± 5範圍內，且該像素RGB三值之間最大之差不得大於2。全測區內相鄰影像中具均勻色調之同樣地物像素的RGB值應相同，最大差異不得大於5（但受日照方向及不同時期攝影影響的差異不在此限）。</p>		
	<p>（九）使用底片掃描或數位影像下載處理所產生之數位影像，應符合以下影像品質要求：</p> <p>1.MTF 在 20 lp/mm(每公釐 20 線對數)時不得低於 0.4；模糊參數（blur parameter）不得大於 1 個像素尺寸。以上各值均應經由檢定標或等同效力之地物檢定之。</p> <p>2.影像色調必須均勻及反差足夠，全測區內影像中已知最強純白色地物像素的 RGB 值應在 250 ± 5 範圍內，且該像素 RGB 三值之間最大之差不得大於 2；影像中已知最暗之純黑色地物像素之 RGB 值應在 10 ± 5 範圍內，且該像素 RGB 三值之間最大之</p>	<p>（八）使用數位影像下載處理所產生之數位影像，應符合以下影像品質要求：</p> <p>1. MTF 在 20 lp/mm(每公釐 20 線對數)時不得低於 0.4；模糊參數（blur parameter）不得大於 1 個像素尺寸。以上各值均應經由檢定標或等同效力之地物檢定之。</p> <p>2.影像色調必須均勻及反差足夠，檢核測區內色彩平衡檢定標，其像素 RGB 三值之間最大之差不得大於 2。全測區內相鄰影像中具均勻色調之同樣地物像素的 RGB 值應相同，最大差異不得大於 5。</p>		<p>1.條文項次調整。</p> <p>2.目前國內已無使用底片式攝影機之業者，故不必再將其列入。</p> <p>3.因測區內難以界定純白色及純黑色地物，故刪除對於反差度之要求，保留色彩平衡之要求，並改為檢核測</p>	

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
	差不得大於 2。相鄰影像中具均勻色調之同樣地物像素的 RGB 值應相同，最大差異不得大於 5（但受日照方向及不同時期攝影影響的差異不在此限）。			區內色彩平衡檢定標以規範影像品質。 4.航測本即要求必須在光線充足時拍攝，故刪除刮號內所顧慮之日照方向情形。	
	（十）航空攝影後，應繪涵蓋圖表示像片重疊情形及涵蓋測區之範圍，如無法涵蓋全測區或原始影像有雲、影像模糊不清、陰影過長及其他因攝影或沖洗不良，致無法用於量測及製圖，應重行攝影或補攝。	（九）航空攝影後，應繪涵蓋圖表示像片重疊情形及涵蓋測區之範圍，如無法涵蓋全測區或原始影像有雲、影像模糊不清、陰影過長及其他因攝影或沖洗不良，致無法用於量測及製圖，應重行攝影或補攝。	（十）航空攝影後，應繪涵蓋圖，以表示影像重疊情形及涵蓋測區之範圍，如檢查影像不符四、(七)規定或原始影像有雲、影像全區模糊不清、影像局部模糊使可製圖區涵蓋不足、陰影過長及其他因素，致無法用於量測及製圖，應重新攝影或補攝。	條文項次調整。	重新攝影或補攝
參、五		<p>四、控制測量</p> <p>（二）辦理航測控制測量，應選定涵蓋測區範圍及其毗鄰位置之基本控制點或加密控制點作為測量依據。若現存基本控制點、加密控制點不足提供細部測量使用時，應依基本測量實施規則規定辦理加密控制測量。</p> <p>1.加密控制點位以每隔約 500 公尺布設 1 點控制點為原則，且應至少可通</p>	<p>五、控制測量</p> <p>（本點刪除）</p>		加密控制點位以每隔約 500 公尺布設 1 點控制點之原則已不需要。

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
		<p>視其他 2 個控制點；若因受地形限制時，則以 300 至 1,500 公尺布設 1 點，須採點對方式布設者，以至少 3 點兩兩通視為原則。</p> <p>2.控制點應避免設置於雷達站、微波站、電視轉播站、金屬結構物等易干擾衛星訊號之人工構造物附近。</p> <p>3.點位附近如有其他單位測設之控制點標石，且該標石維護及觀測環境符合作業需求，應使用該標石並視為共用點，不得重新埋設。新設加密控制點應依永久測量標設置管理作業要點埋設測量標。</p>			
			<p>(四) 辦理控制測量前應檢測已知控制點，已知控制點包含基本控制點及加密控制點，其檢測規範如表 1，辦理原則如下：</p> <p>1.清查涵蓋測區範圍及其毗鄰位置之已知控制點，並填載於已知控制點清查結果清冊，清理後存在並適合進行測量之已知控制點，應可涵蓋測區範圍且至少 5 點以上，實地查對如發現與原成果表或點之記所載事項不符時，應重新製作已知控制點調查表陳報機關。</p> <p>2.已知控制點檢測結果符合規範者，即視已知控制點位無變動，可應用於</p>		<p>調整已知點檢測及新增新增虛擬基準站即時動態定位測量(VBS-RTK)測量方式</p>

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明																
			<p>後續控制測量之依據，檢測結果不合格，造成已知控制點點數不足或無法涵蓋全部測區，應再另外清查鄰近已知控制點並辦理檢測作業。</p> <p style="text-align: center;">表 1 已知控制點檢測規範</p> <table border="1" data-bbox="1220 343 1720 646"> <thead> <tr> <th>控制點</th> <th>檢測規範</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平面控制點</td> <td>檢測相鄰 3 個點位間之夾角及邊長，實測值（經地圖投影改正後）與已知點坐標及算值相較差值。當相鄰已知點間的距離小於 400 公尺時，此較差不得大於 4 公分，夾角則不需檢查。當相鄰點位間的距離大於 400 公尺時，則邊長（經投影改正後）較差不大於一萬分之一、水平角度較差不大於 30 秒。</td> </tr> <tr> <td>高程控制點</td> <td>得採 (1) 檢測相鄰已知點間高程差或 (2) 以衛星定位直接測定高程來對高程成果做檢核。採 (1) 檢測相鄰點位間高程差之方式時，可採用水準測量、三角高程測量或衛星定位測量測定相鄰點之高程差。水準測量檢測所得之高程差與原高程差的較差不大於 $20\text{mm}/\sqrt{K}$ (K 為測線公里數)；三角高程測量檢測之所得高程差與原高程差的較差值，不大於 $5 \text{ 公分}/\sqrt{N}$ (N 為測站數)；以衛星定位測量檢測之高程差與原高程差比較差值，不大於 10 公分。採 (2) 以衛星定位測量直接檢測高程時，測得之橢球高須利用內政部公告之大地起伏模式或依據高程控制網本身聯測之已知正高點轉換為正高後與原高程比較，此較差不大於 15 公分。如果發現該區之大地起伏模式有系統性偏差，影響到較差計算時，必須經過聯測至已知水準點，證明系統偏差屬實後，始得將該系統誤差予以扣除。</td> </tr> </tbody> </table> <p>(五) 地面控制點選定後，應於實地釘立標誌，並製作點位紀錄表，新設點位編號應以英文及數字組成 4 至 6 碼為原則。</p> <p>(六) 平面控制測量</p> <p>平面控制測量可採下列方式辦理：</p> <p>1. 衛星定位靜態測量：全球導航衛星定位系統 (Global Navigation Satellite System；GNSS) 靜態測量，其觀測時間、記錄頻率、重複觀測及成果精度作業規範如表 2。</p> <p style="text-align: center;">表 2、衛星定位靜態測量作業規範</p> <table border="1" data-bbox="1220 1181 1720 1380"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>作業規範</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>觀測時間</td> <td>連續且同步 ≥ 60 分鐘 (距離大於 5 公里者應適度延長觀測時間)</td> </tr> <tr> <td>資料記錄速率</td> <td>5 秒以下</td> </tr> <tr> <td>重複觀測</td> <td>新點重複觀測率 $\geq 25\%$</td> </tr> <tr> <td>成果精度</td> <td>基線水平分量 ≤ 30 毫米 + 6ppm × L 基線垂直分量 ≤ 75 毫米 + 15ppm × L</td> </tr> </tbody> </table>	控制點	檢測規範	平面控制點	檢測相鄰 3 個點位間之夾角及邊長，實測值（經地圖投影改正後）與已知點坐標及算值相較差值。當相鄰已知點間的距離小於 400 公尺時，此較差不得大於 4 公分，夾角則不需檢查。當相鄰點位間的距離大於 400 公尺時，則邊長（經投影改正後）較差不大於一萬分之一、水平角度較差不大於 30 秒。	高程控制點	得採 (1) 檢測相鄰已知點間高程差或 (2) 以衛星定位直接測定高程來對高程成果做檢核。採 (1) 檢測相鄰點位間高程差之方式時，可採用水準測量、三角高程測量或衛星定位測量測定相鄰點之高程差。水準測量檢測所得之高程差與原高程差的較差不大於 $20\text{mm}/\sqrt{K}$ (K 為測線公里數)；三角高程測量檢測之所得高程差與原高程差的較差值，不大於 $5 \text{ 公分}/\sqrt{N}$ (N 為測站數)；以衛星定位測量檢測之高程差與原高程差比較差值，不大於 10 公分。採 (2) 以衛星定位測量直接檢測高程時，測得之橢球高須利用內政部公告之大地起伏模式或依據高程控制網本身聯測之已知正高點轉換為正高後與原高程比較，此較差不大於 15 公分。如果發現該區之大地起伏模式有系統性偏差，影響到較差計算時，必須經過聯測至已知水準點，證明系統偏差屬實後，始得將該系統誤差予以扣除。	項目	作業規範	觀測時間	連續且同步 ≥ 60 分鐘 (距離大於 5 公里者應適度延長觀測時間)	資料記錄速率	5 秒以下	重複觀測	新點重複觀測率 $\geq 25\%$	成果精度	基線水平分量 ≤ 30 毫米 + 6ppm × L 基線垂直分量 ≤ 75 毫米 + 15ppm × L		
控制點	檢測規範																				
平面控制點	檢測相鄰 3 個點位間之夾角及邊長，實測值（經地圖投影改正後）與已知點坐標及算值相較差值。當相鄰已知點間的距離小於 400 公尺時，此較差不得大於 4 公分，夾角則不需檢查。當相鄰點位間的距離大於 400 公尺時，則邊長（經投影改正後）較差不大於一萬分之一、水平角度較差不大於 30 秒。																				
高程控制點	得採 (1) 檢測相鄰已知點間高程差或 (2) 以衛星定位直接測定高程來對高程成果做檢核。採 (1) 檢測相鄰點位間高程差之方式時，可採用水準測量、三角高程測量或衛星定位測量測定相鄰點之高程差。水準測量檢測所得之高程差與原高程差的較差不大於 $20\text{mm}/\sqrt{K}$ (K 為測線公里數)；三角高程測量檢測之所得高程差與原高程差的較差值，不大於 $5 \text{ 公分}/\sqrt{N}$ (N 為測站數)；以衛星定位測量檢測之高程差與原高程差比較差值，不大於 10 公分。採 (2) 以衛星定位測量直接檢測高程時，測得之橢球高須利用內政部公告之大地起伏模式或依據高程控制網本身聯測之已知正高點轉換為正高後與原高程比較，此較差不大於 15 公分。如果發現該區之大地起伏模式有系統性偏差，影響到較差計算時，必須經過聯測至已知水準點，證明系統偏差屬實後，始得將該系統誤差予以扣除。																				
項目	作業規範																				
觀測時間	連續且同步 ≥ 60 分鐘 (距離大於 5 公里者應適度延長觀測時間)																				
資料記錄速率	5 秒以下																				
重複觀測	新點重複觀測率 $\geq 25\%$																				
成果精度	基線水平分量 ≤ 30 毫米 + 6ppm × L 基線垂直分量 ≤ 75 毫米 + 15ppm × L																				

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明										
			<p>3. 虛擬基準站即時動態定位測量 (Virtual Base Station Real - Time Kinematic ; VBS-RTK) : 其觀測時間、記錄頻率、重複觀測及成果精度作業規範如表3。</p> <p style="text-align: center;">表 3、VBS-RTK 作業規範⁴</p> <table border="1" data-bbox="1220 387 1720 580"> <thead> <tr> <th>項目⁴</th> <th>作業規範⁴</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>資料記錄速率⁴</td> <td>1 秒⁴</td> </tr> <tr> <td>觀測數量⁴</td> <td>固定 (FIX) 解至少 180 筆以上⁴</td> </tr> <tr> <td>重複觀測⁴</td> <td>至少觀測 2 次，且兩次坐標較差要符合平面位置較差≤ 40 毫米，高程位置較差≤ 100 毫米。⁴</td> </tr> <tr> <td>成果精度⁴</td> <td>平面中誤差≤ 20 毫米⁴ 高程中誤差≤ 50 毫米⁴</td> </tr> </tbody> </table> <p>4. 如 VBS-RTK 測量無法收斂時，則應取得連續 20 分鐘以上、記錄頻率為 1 Hz 之靜態觀測資料，並以 VBS-RTK 後處理方式計算該點坐標。</p> <p>5. 無法辦理 GNSS 測量或 VBS-RTK 測量之地區，可使用三角測量、三邊測量、精密導線測量或其他同等精度之測量方法為之。</p> <p>(七) 高程控制測量</p> <p>高程控制測量可採下列方式辦理：</p> <p>1. 直接水準測量：需辦理往返觀測，測段往返閉合差不得大於 20 毫米 \sqrt{S} (S 為單一測段長度之公里數，小於 1 公里時閉合差不得大於 20 毫米)。</p> <p>2. 三角高程測量：其起點及末端必須附合至已知水準點上，平差改正前每測段閉合差不得大於 5 公分 \sqrt{N} (N 為所經邊數)，測段距離超過 500 公尺時</p>	項目 ⁴	作業規範 ⁴	資料記錄速率 ⁴	1 秒 ⁴	觀測數量 ⁴	固定 (FIX) 解至少 180 筆以上 ⁴	重複觀測 ⁴	至少觀測 2 次，且兩次坐標較差要符合平面位置較差 ≤ 40 毫米，高程位置較差 ≤ 100 毫米。 ⁴	成果精度 ⁴	平面中誤差 ≤ 20 毫米 ⁴ 高程中誤差 ≤ 50 毫米 ⁴		
項目 ⁴	作業規範 ⁴														
資料記錄速率 ⁴	1 秒 ⁴														
觀測數量 ⁴	固定 (FIX) 解至少 180 筆以上 ⁴														
重複觀測 ⁴	至少觀測 2 次，且兩次坐標較差要符合平面位置較差 ≤ 40 毫米，高程位置較差 ≤ 100 毫米。 ⁴														
成果精度 ⁴	平面中誤差 ≤ 20 毫米 ⁴ 高程中誤差 ≤ 50 毫米 ⁴														

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
			<p>，應作大氣折光及地球曲率改正。</p> <p>3.GNSS正高測量：採用衛星定位靜態測量，測得高程控制點橢球高，並利用大地起伏模型內插計算高程控制點之大地起伏值，由橢球高與大地起伏值計算高程控制點正高參考值，另至少需連測每個高程控制點附近5公里內之已知水準點，分析已知水準點之大地起伏值精度，據以修正高程控制點之正高值。</p> <p>4.VBS－RTK正高測量：採用VBS-RTK辦理正高測量，其作業方法與精度要求如表3。</p>		
參、六		五、空中三角測量	六、空中三角測量		項次改變
		(二) 以光束法量測空中三角連結點時，量測中誤差不得大於 10 微米，在坡度達 IV 級以上之山地或植被覆蓋達 IV 級之林地（坡度及植被覆蓋分級如附件 3）不得大於 15 微米。	(二) 以光束法量測空中三角連結點時，量測中誤差（由驗後單位權中誤差估計之）不得大於 5 微米，在坡度達 IV 級以上之山地或植被覆蓋達 IV 級之林地（坡度及植被覆蓋分級如附件 3）不得大於 10 微米。		以像素彈性表達。
		(三) 空中三角測量連結點分布 1.每片的 9 個標準位置上至少量測 2 個點，每一標準位置至少有一量測點與同航帶或相鄰航帶像片上共軛點相	(三) 空中三角測量連結點分布 1. 每片的 9 個標準位置上至少量測 2 個點，每一標準位置至少有一量測點與同航帶或相鄰航帶像片上共軛點相		配合前後重疊率提升為 80 % 的需求，規定惟連結相鄰

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明																																			
		<p>連，不同鄰片允許以不同量測點連結。惟連結相鄰航帶之連結點必須至少為4重點(4光線束)。當航帶前後重疊大於標準的60%(例如為80%或90%)時，則相鄰航帶間之連結可以不必每片之每一標準位置都與相鄰航帶相連，而可減至以前後重疊率60%計算之基線距離內，至少有一連結點為原則。</p>	<p>連，不同鄰片允許以不同量測點連結。惟連結相鄰航帶之連結點必須至少為6重點(6光線束)。當航帶前後重疊大於標準的80%時，則相鄰航帶間之連結可以不必每片之每一標準位置都與相鄰航帶相連，而可減至在一個測圖基線距離內，至少有一連結點為原則。</p>		<p>航帶之連結點必須至少為6重點。</p>																																			
		<p>2.如採影像匹配自動化量測空中三角連結點，得不以上述原則分析連結強度，惟其連結應符合表3所列標準，且相鄰航帶之間仍應達到以60%重疊率計算基線時，每一基線距離內至少有一4重以上點連結鄰航帶。</p>	<p>2. 如採影像匹配自動化量測空中三角連結點，除必須滿足前項規定外，其連結尚應符合表1所列標準。</p>		<p>1.之標準為最低標準無論人工還是匹配都要遵守。2的規定只是必要條件，並非充分條件。</p>																																			
		<p>表3 影像匹配自動化量測空中三角連結點可靠度指標一覽表</p> <table border="1" data-bbox="674 1023 1184 1203"> <thead> <tr> <th>前後重疊率</th> <th>60%</th> <th>80%</th> <th>90%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>可靠度指標</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>平均多餘觀測數 (總多餘觀測數/總觀測數)</td> <td>≥0.55</td> <td>≥0.6</td> <td>≥0.7</td> </tr> <tr> <td>連結點平均光線數 (連結點總光線數/總連結點數)</td> <td>≥4</td> <td>≥6</td> <td>≥7</td> </tr> <tr> <td>連結點強度指標 (N重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3</td> <td></td> <td>(6重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3</td> <td>(8重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3</td> </tr> </tbody> </table> <p>註：1.平均多餘觀測數：空中三角測量平差網系總多餘觀測數除以總觀測數所得到之平均可靠度指標。</p>	前後重疊率	60%	80%	90%	可靠度指標				平均多餘觀測數 (總多餘觀測數/總觀測數)	≥0.55	≥0.6	≥0.7	連結點平均光線數 (連結點總光線數/總連結點數)	≥4	≥6	≥7	連結點強度指標 (N重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3		(6重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3	(8重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3	<p>表1 側向重疊率60%區域空中三角連結點可靠度指標一覽表</p> <table border="1" data-bbox="1214 1023 1722 1254"> <thead> <tr> <th>前後重疊率</th> <th>80%</th> <th>90%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>可靠度指標</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>平均多餘觀測數 (總多餘觀測數/總觀測數)</td> <td>≥0.6</td> <td>≥0.7</td> </tr> <tr> <td>連結點平均光線數 (連結點總光線數/總連結點數)</td> <td>≥5</td> <td>≥10</td> </tr> <tr> <td>連結點強度指標 (N重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.4</td> <td>(6重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.4</td> <td>(10重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>註：1. 光線數計算時必須先將2重點排除。 2.平均多餘觀測數：空中三角測量平</p>	前後重疊率	80%	90%	可靠度指標			平均多餘觀測數 (總多餘觀測數/總觀測數)	≥0.6	≥0.7	連結點平均光線數 (連結點總光線數/總連結點數)	≥5	≥10	連結點強度指標 (N重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.4	(6重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.4	(10重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.4		<p>避免該表誤用，因此於表標題特別加上「側向重疊率60%區域」。 2 重點可靠度低，因此規定光線數計算時必須先將2重</p>
前後重疊率	60%	80%	90%																																					
可靠度指標																																								
平均多餘觀測數 (總多餘觀測數/總觀測數)	≥0.55	≥0.6	≥0.7																																					
連結點平均光線數 (連結點總光線數/總連結點數)	≥4	≥6	≥7																																					
連結點強度指標 (N重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3		(6重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3	(8重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.3																																					
前後重疊率	80%	90%																																						
可靠度指標																																								
平均多餘觀測數 (總多餘觀測數/總觀測數)	≥0.6	≥0.7																																						
連結點平均光線數 (連結點總光線數/總連結點數)	≥5	≥10																																						
連結點強度指標 (N重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.4	(6重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.4	(10重光線以上連結點數)/(總點數) ≥0.4																																						

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
		<p>2.連結點平均光線數：觀測同一連結點的影像片數，為該連結點光線數。所有連結點的總光線數除以連結點數所得之值為連結點平均光線數。</p> <p>3.連結點強度指標：N 重光線以上連結點數除以總點數所得之值。</p>	<p>差網系總多餘觀測數除以總觀測數所得之平均可靠度指標。</p> <p>3.連結點平均光線數：觀測同一連結點的影像片數，為該連結點光線數。所有連結點的總光線數除以連結點數所得之值為連結點平均光線數。</p> <p>4.連結點強度指標：N 重光線以上連結點數除以總點數所得之值。</p>		點排除。
		<p>(四) 空中三角測量平差計算，需分2個過程進行，先以最小約制(或自由網)平差，以進行粗差偵測並得到觀測值精度的估值，其觀測值之殘餘誤差均方根值不得大於10微米，在坡度達IV級以上之山地或植被覆蓋達IV級之林地不得大於15微米。其次進行強制附合至控制點上平差，其觀測值之殘餘誤差均方根值不得大於12微米，在坡度達IV級以上之山地或植被覆蓋達IV級之林地不得大於18微米，否則必須檢核控制點或另外選擇控制點。</p>	<p>(四) 小像幅空中三角測量平差計算，須分2個過程進行，先以未加入附加參數之最小約制(或自由網)平差，以進行粗差偵測並得到觀測值精度的估值，其觀測值之殘餘誤差均方根值不得大於25微米，在坡度達IV級以上之山地或植被覆蓋達IV級之林地不得大於35微米。其次進行強制附合至控制點上平差，此時必須加入自率參數以消除小像幅攝影機之內方位誤差。加入之參數必須經過以下四個檢定：</p> <p>1.顯著性 (significance)，加入之參數必須經過統計檢定證明其存在。若空三網型平均多餘觀測數大於0.7，則本檢定可省略。</p> <p>2.可定性(determinability)，加入之參數屬於本空三網形結構可以解算出來者。</p> <p>3.獨立性 (independence)，所加入之全體參數之間必須互相獨立，相關係數不得大於0.7。</p>		<p>為消除小像幅像機之影像畸變，空三時須使用自率光束法平差。</p> <p>為確保使用的自率參數足夠描述該像機之畸變差，避免過度參數化，因此列出參數必須滿足條件。</p>

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
			<p>4.充分性(sufficiency),所加入之參數已將影像的系統誤差消除至最大不超過5微米。</p> <p>正確加入附加參數的強制附合平差後,其觀測值之殘餘誤差均方根值不得大於5微米,在坡度達IV級以上之山地或植被覆蓋達IV級之林地不得大於10微米。否則必須檢查自率法的參數是否充分、正確,並檢查控制點是否正確。若有疑義時,應參照可靠度理論,以驗後估值法(a posterior estimation)估計影像內殘存之畸變大小。</p>		
			<p>六、畸變差糾正影像 (Undistorted Images)</p> <p>小像幅之原始影像必須依照自率光束法空中三角測量平差計算所得之附加參數進行糾正,得到無畸變或殘餘畸變小至可以忽略的校正後之影像,以便後續使用者直接使用。</p>		<p>利用自率光束法平差得到之自率參數,並用以執行校正影像所含畸變差,得到經過畸變改正的影像。</p> <p>不同廠商之間如需使用該影像製圖,輸出成無畸變差影像則可避免誤</p>

	100 現行規定	107 修正規定	110 小像幅規定草案	107 修正說明	110 修正說明
					用率定參數/ 率定模式。

二、檢查作業規定

章節編號	100年現行規定	107修正規定	110小像幅規定草案	110修正說明
標題		一千分之一數值航測地形圖成果檢查作業規定	小像幅一千分之一數值航測地形圖測製作業規定	新增小像幅
壹之三		<p>三、航空攝影</p> <p>(二) 航空攝影品質</p> <p>2. 航攝影像檢查</p> <p>(2) 檢查內容：</p> <p>A. 地面解析度是否符合作業規定？</p> <p>B. 影像重疊率是否符合作業規定？</p> <p>C. 像片品質是否符合作業規定？</p> <p>D. 影像是否有雲、模糊、陰影過長無法用於測繪？</p> <p>E. 如有新設航測控制點，其空標是否出現於影像上，且清晰可辨？</p>	<p>三、航空攝影</p> <p>(二) 航空攝影品質</p> <p>2. 航攝影像檢查</p> <p>(2) 檢查內容：</p> <p>A. 地面解析度是否符合作業規定？</p> <p>B. 影像重疊率是否符合作業規定？</p> <p>C. 像片品質是否符合作業規定？</p> <p>D. 影像是否有雲、模糊、陰影過長無法用於測繪？</p> <p>E. 如有新設航測控制點，其空標是否出現於影像上，且清晰可辨？</p> <p>F. 攝影軸傾斜角是否符合作業規定？</p>	新增攝影軸傾斜角是否符合規定
壹之六		六、空中三角測量	六、空中三角測量及畸變差糾正影像 (Undistorted Images)	因小像幅一千分之一數值航測地形圖須提送畸變差糾正影像，因此於標題新增。
		<p>(二) 上機檢查</p> <p>1. 檢查數量：抽樣空中三角測量所使用之影像總片數 2%。</p>	<p>(二) 上機檢查</p> <p>1. 檢查數量：</p> <p>(1) 空三平差：全數檢查。</p>	因小像幅重疊率高，調整連結點查核數量，並加入影

		<p>(2) 連結點查核：總片數之 0.1%，每片至少重複量測 2 個點。</p> <p>(3) 檢核點：全數檢查。</p> <p>(4) 影像畸變差糾正確認：至少抽查 10 個立體模型並以立體模型量測 5%航測控制點。</p>	像畸變差糾正確認。
	<p>2.檢查內容：</p> <p>(1) 空中三角測量重新計算成果：利用建置單位所送之影像量測檔及控制點檔(含空三 GNSS 資料)使用相同之空中三角測量平差軟體重新計算成果與原計算成果比較是否相符？</p>	<p>2.檢查內容：</p> <p>(1) 檢查空三平差重新計算成果：利用作業單位所送之影像量測檔及控制點檔(含空三平差 GNSS 資料)使用相同之空三平差軟體重新計算成果應與報告書內成果相符。</p>	文字調整。
	<p>(2) 連結點重複量測檢查：</p> <p>A.每片影像至少抽查 2 個人工量測連結點，針對同一連結點的所有影像(如 4 重光線連結點需量測該點所在之 4 片影像)，進行上機重複量測，重複量測值與原量測值較差之均方根值不大於 10 微米$\sqrt{2}$ 倍，在坡度達 IV 級以上或植被覆蓋達 IV 級以上不大於 15 微米$\sqrt{2}$ 倍。</p>	<p>(2) 連結點查核：</p> <p>A.採人工量測之連結點，針對該連結點的所有影像，進行上機重複量測，重複量測值與原量測值較差之均方根值，應不大於 5$\sqrt{2}$ 微米(坡度達 IV 級以上或植被覆蓋達 IV 級以上為 10$\sqrt{2}$ 微米)。</p>	根據小像幅測製作業規定正確加入附加參數的強制附合平差後之量測中誤差之 $\sqrt{2}$ 倍當作通過標準。
	<p>B.連結點採影像自動匹配量測時，則以人工方式於抽查之影像內 9 個標準點位中至少重新觀測 2 點，並將觀測所得結果加入原觀測值檔案內，重新平差計算，以驗證原匹配結果的正確性。重新計算後，最大像坐標改正數不得超過上述連結點量測中誤差的 2 倍。</p>	<p>B. 採影像自動匹配之連結點，針對該連結點的所有影像進行上機重複量測，若該連結點特徵非人工可辨識，得於該點周邊另覓 1 點進行量測，並將觀測所得結果加入原觀測值檔案內，重新平差計算，確認各查核連結點最大像坐標改正數增量不超過 10$\sqrt{2}$ 微米(坡度達 IV 級以上或植被覆蓋達 IV 級以上為 20$\sqrt{2}$ 微米)。</p>	比照 107 規範將通上述 A 通過標準乘以 2 倍。

		<p>(3) 檢核點檢查：強制附合平差後，由全數檢核點計算得到之平面及高程坐標均方根誤差值並依像片比例尺換算至像片坐標上(例如均方根誤差值為10公分。像片比例尺為五千分之一，換算後為20微米)，不得大於上述連結點量測中誤差的3倍。</p>	<p>(3) 檢核點檢查：強制附合平差後，檢核點空三解算坐標與檢核點實測坐標差值之均方根值，並依像片比例尺換算為像片坐標值，應不大於$15\sqrt{2}$微米(坡度達IV級以上或植被覆蓋達IV級以上為$30\sqrt{2}$微米)。</p>	<p>比照 107 規範將通上述 A 通過標準乘以 3 倍。</p>
			<p>(4) 畸變差糾正影像組成立體模型檢查：上機抽查立體模型縱視差皆不得超過1像素，且以立體模型量測航測控制點之平面及高程位置之均方根誤差 (RMSE) 不大於25公分。</p>	<p>新增影像畸變差糾正結果確認。</p>

附表3

航空攝影檢查表					
提送資料： 1. 航測攝影機檢定報告 2. 航線涵蓋圖 3. 航拍紀錄 (攝影日期、天氣資料) 4. GNSS或GNSS/IMU導航資料 (GNSS輔助空三需檢附) 5. 攝影站坐標 (GNSS輔助空三需檢附) 6. 航拍底片、底片掃描檔 (附掃描儀檢定報告) 或數位影像檔 7. 傳統底片像機需附內方位量測資料		資料提送日期： 資料檢查日期：			
檢查項目	單位	數量	不合格格數	檢查結果 合格 不合格	備註
1. 航空攝影機檢定日期及檢定報告書	式				
2. 航空攝影品質					
(1) 航線涵蓋圖	式				
(2) 攝影日期及天氣	式				
(3) 航攝影像 A. 像片比例尺 B. 底片掃描 (掃描儀幾何精度及輻射解析度) C. 地面離航座 D. 影像重疊率 E. 像片品質 F. 影像是否有雲、模糊、陰影過長無法用於測繪 G. 空標是否出現於影像上清晰可辨	片				
航攝影像檢查採 <u>單次抽選</u> 抽樣檢查_____片，允收數_____片，拒收數_____片					
檢查結果(合格否)					
備註：					
建置單位：					
監審單位：					

附表3

航空攝影檢查表					
提送資料： 1. 航測攝影機檢定報告 2. 航線涵蓋圖 3. 航拍紀錄 (攝影日期、天氣資料) 4. GNSS或GNSS/IMU導航資料 (GNSS輔助空三需檢附) 5. 攝影站坐標 (GNSS輔助空三需檢附)		資料提送日期： 資料檢查日期：			
檢查項目	單位	數量	不合格格數	檢查結果 合格 不合格	備註
1. 航空攝影機檢定日期及檢定報告書	式				
2. 航空攝影品質					
(1) 航線涵蓋圖	式				
(2) 攝影日期及天氣	式				
(3) 航攝影像 A. 像片比例尺 B. 地元尺寸 C. 影像重疊率 D. 像片品質 (調制轉換函數 (MTF)、模糊參數、色調) E. 影像是否有雲、模糊、陰影過長無法用於測繪 F. 空標是否出現於影像上清晰可辨 G. 攝影軸傾斜角是否符合作業規定	片				
航攝影像檢查採 <u>單次抽選</u> 抽樣檢查_____片，允收數_____片，拒收數_____片					
檢查結果(合格否)					
備註：					
建置單位：					
監審單位：					

表格新增攝影軸
傾斜角是否符合
規定

附表6

空中三角測量成果檢查表					
提送資料： 1. 控制點及連緒點展點網系圖 2. 控制點號及像片編號對照表 3. 像坐標原均量測檔 4. 控制點檔 5. GNSS觀測(/IMU)資料(GNSS輔助空三需檢附) 6. 空中三角平差報表(含最小約束與強制附合) 7. 空三成果自我檢核紀錄(採GNSS空三至少5個檢核點)		資料提送日期： 資料檢查日期：			
檢查項目	單位	數量	不合格數	檢查結果	備註
1. 書面資料檢查					
(1) 控制點及連緒點展點網系圖	式				
(2) 空中三角平差報表	式				
A. 像片連緒點分布					
B. 連緒點量測中誤差					
C. 最小約束(或自由網)平差結果					
D. 強制附合至控制點上平差結果					
2. 上機檢查					
(1) 空中三角測量重新計算成果是否與原成果相符	式				
(2) 人工量測連緒點重覆量測較差之均方根值或像坐標改正數是否合於規定	式				
(3) 檢核點均方根誤差值是否合於規定	式				
檢查結果(合格否)					
備註：					
建置單位：					
監審單位：					

附表6

空中三角測量及時變差糾正影像成果檢查表					
提送資料： 1. 控制點及連緒點展點網系圖 2. 控制點號及像片編號對照表 3. 像坐標原均量測檔 4. 控制點檔 5. GNSS觀測(/IMU)資料(GNSS輔助空三需檢附) 6. 空中三角平差報表(含最小約束與強制附合) 7. 空三成果自我檢核紀錄 8. 時變差糾正影像		資料提送日期： 資料檢查日期：			
檢查項目	單位	數量	不合格數	檢查結果	備註
1. 書面資料檢查					
(1) 控制點及連緒點展點網系圖	式				
(2) 空中三角平差報表	式				
A. 像片連緒點分布					
B. 連緒點量測中誤差					
C. 最小約束(或自由網)平差結果					
D. 強制附合至控制點上平差結果					
2. 上機檢查					
(1) 空中三角測量重新計算成果是否與原成果相符	式				
(2) 人工量測連緒點重覆量測較差之均方根值或像坐標改正數是否合於規定	式				
(3) 檢核點均方根誤差值是否合於規定	式				
(4) 時變差糾正影像組成立體模型檢查是否合於規定	式				
檢查結果(合格否)					
備註：					
建置單位：					
監審單位：					

表格新增影像畸變差糾正結果確認

附件二

歷次專家座談會紀錄

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究採購案

第 1 次專家座談會-會議紀錄

一、時間：110 年 03 月 11 日(星期四) 上午 10：00 分至 12：00

二、地點：內政部國土測繪中心第 1 會議室

三、主持人：本會常務監事陳教授良健

紀錄:張子展

四、出席人員：詳如簽到簿

五、結論：

(一) 關於數值地形模型(DTM)與等高線之產製，在確認現況無變遷的條件之下，由光達案產製的 DTM 與 UAS 模型之差異在規範誤差允許範圍之內者，以使用光達案產製的 DTM 及其轉製等高線為原則。如有差異過大之情形，再採以航測立體模型修測之。

(二) 現今藉由影像密匹配或 LiDAR 掃描產製三維點雲技術的進步，目前業界已有嘗試以一般二維螢幕透視觀察三維點雲直接做三維向量測繪或以真實正射影像數化平面向量後再由三維密點雲資料賦予高程，亦可達到不必立體觀測測製三維向量之目的。座談會上許多專家學者均提到立體製圖人員培訓不易，以致人才日漸稀少，造成嚴重的人力不足，因此建議可在作業流程上適當加入前述產製方法而非僅限定以傳統航測立體模型測製。惟本案規劃是以當前測繪實務為主，故範圍僅以目前已經成熟之傳統航測立體模型地形圖測製方式為限並不包含針對尚未經過國內外大規模實務驗證過的新技術研究。建議未來可另闢新案深入研究以三維點雲為主的三維向量測繪技術可行性。

(三) 綜合與會專家意見並考量本案核心精神，將以下意見納入本案規劃使用：

1. 本案使用像機應具備以下條件：(1)可精確率定的像機，亦即航拍時之像機內部幾何必須是穩定且經過率定的；(2)具備在有效時效內通過國土測繪中心校正實驗室對於小像幅航拍攝影機校正之認證。
2. 由於目前 UAS 執行任務拍攝影像 GSD 多為 10 公分以下，考量本案規劃使用無人機搭載小像幅像機測製千分之一地形圖試辦作業以立體測

繪為限，檢核方式亦僅至立體測繪成果品質，因此針對試辦區航拍影像 GSD 將由原規劃 10 公分降為 7 公分。

3. 影像重疊率將規劃採用高規格之航帶內重疊率 80%、航帶間重疊率 80%，以充分進行實驗探討。

六、與會人員意見：詳如意見彙整表

七、散會時間:中午 12 時 00 分

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一

地形圖規範委託研究採購案

第 1 次專家座談會與會人員意見彙整表

<p>(一) 國立成功大學測量及空間資訊學系 蔡展榮 副教授</p> <ol style="list-style-type: none">1. 法規面:國內無人機管理規範提到其容許的航高必須離起飛點約 400 英尺(約 121 公尺)以及無人機製造國家的限制(非陸製)，以上兩點的法律規定可能會造成測繪技術的發展受限，因此無人機管理辦法是否能與政府溝通並修改相關規範，讓業界的測繪工作能夠順利進行。2. 技術面:建議採用國內各廠商擬用之同等級 UAS 進行測試，增加測試樣本數並兼具代表性。3. 經濟面:在不同的航拍面積，小、中、大像幅像機的選擇使用上，(廠商重視利潤)必須考量其作業經費及時間等經濟效益，因此在規範訂定出來以後，小像幅像機航拍之適用面積及地形與成本分析可採納業界經驗。
<p>(二) 國立臺北大學不動產與城鄉環境學系 江澤欽 副教授</p> <ol style="list-style-type: none">1. 3D Mesh 模型與地形圖作業的規格基本上是不相同的，建議可考量測繪中心所能提供之 Mesh 模型之區域，作為試作場域，可作為航測與 Mesh 模型整體成果的評估。2. 3D Mesh 產製的相關因素甚多，若要以 CityGML 的向量式成果檢測成果，困難度頗高，建議可先將檢查的規格作分類，再選擇部分進行。3. UAS 進行地形圖繪製於業界已行之多年，相關規定修正時，建議可減少技術性要求，而以階段性檢核成果方式進行討論，避免最後檢查才出現不符合要求的情況發生。
<p>(三) 國立成功大學測量及空間資訊學系 曾義星 教授</p> <ol style="list-style-type: none">1. 無人機攝影測量與傳統航空測量理論技術相同，應可應用於千分之一地形圖測製。但為了符合千分之一地形圖測繪的精度品質，應釐清下列事項：<ol style="list-style-type: none">(1) 使用像機之規定：應使用可精確率定的像機，亦即航拍時之像機內部幾何必須是穩定且經過率定的。像機像幅尺寸並非關鍵。(2) 航拍影像重疊率之規定：現今無人機航測多採全自動化影像匹配及空三解算，更進一步建立密點雲及三維模型，此與解算之穩定度與影像重疊度息息相關。因此建議影像重疊率採用高規格，即至少航帶內重疊率 80%、航帶間重疊率 60%。(3) 測繪之規定：傳統航測千分之一地形圖測繪規定必須採用立體測繪，這部分跟測繪的人力成本息息相關，尤其無人機航拍若採用較小像

幅，立體測繪將很難進行，建議未來測試區針對應用密匹配三維模型及真實正射影像進行測繪之可行性，如此才能解除必須採用立體測繪的規定。

(4) DTM 與等高線建議採用光達案成果。

(四) 國立陽明交通大學土木工程學系 史天元 教授

1. 因應科技與測量作業、成果需求之演變，重新檢視並制定攝影測量測製一千分之一地形圖規範，其目標至為良善。
2. 建議地形圖測製方式不要限定「立體製圖」，如以正射影像數化平面圖資套繪至高度資訊（光達、影像密匹配）、裸眼 3D 等作業方式均可能產生合格之產品，建議可以實地驗證結合影像數化平面及其他高度資料與直接立體測圖之成果精度差異。
3. 3D Mesh 為 Tessellation，若是使用 Tessellation 做為評估會產生幾項困難點，學會目前所設計的架構是以 CityGML 為主，其資料數據結構不同於向量與格網，成果驗收之規範部分，可採用局部驗證的方式，選定類別(道路、建物等)之部分向量模型樣本與 3D Mesh 模型進行比對以作為檢驗。

(五) 國立台北科技大學土木工程系 張國楨 教授

1. 依本案規劃，航拍使用目前測繪中心之無人機及像機等相關硬體設備過於老舊，在執行本研究案上是否存有疑慮。
2. 因使用定翼型無人機，且其動力來源為汽油，因此在找尋起降點時須特別留意。
3. 本案試辦區航拍之 GSD 設定為 10 公分，但現今的無人機與相機設備大多都能做到 GSD 2~3 公分的程度，因此 GSD 上是否斟酌調整。
4. 建議可利用密點雲匹配與數化點雲方式來產製地形圖，而非立體製圖，相關規範應考量新技術的發展。

(六) 國立台灣大學土木工程學系 趙鍵哲 副教授

1. UAS 搭載的小像幅相機是否為量測型相機？倘內方位（包含鏡頭畸變差等）不穩定，是否能通過校正場品質檢定？即使能通過，不代表其可順利提供較校正場更大範圍的測圖任務。
2. 倘小像幅相機內方位穩定性不足，此時，該如何強化地面控制，減少模型扭曲，也是可試之途。

(七) 國立高雄科技大學土木工程系 謝嘉聲 副教授

1. 各界目前都是以千分之一地形圖的規範來做為檢核標準，若在作業的過程中沒有規範，單純從測製成果來檢核，後續會衍生出很多問題，甚至是超出規範精度，因此是否以教育規範為目的來新增或修正目前的千分之一地形圖規範。

(八) 國防大學理工學院環境資訊及工程學系 林玉菁 副教授

1. 正射地形圖與 3D Mesh 目的不同，航空攝影的重疊率及傾角攝影也是不同的，建議分開考量。
2. UAS 地面控制點佈設，應考量納入 PPK、RTK、VRS-RTK 條件下之控制點需求。
3. 立體測繪的必要性?評估 2D 影像數化向量與 3D 立體測繪的差異，哪些地物的測繪是接近一致，可採用 2D 數化方式。
4. 如果好的航線規劃，包括傾角、重疊率滿足一個視覺化可接受的 3D Mesh，人眼可看到 3D 模型，宛如 3D 立測的環境，是否就可數化向量角點?

(九) 國家災害防救科技中心 蘇文瑞 專案組長

1. 試辦區建議可以嘗試加入都會區建物密集區和高架軌道涵蓋之區域，如北移至捷運木柵線等區域，增加測製多樣性。
2. 建議航拍傾斜角度小於 5 度，故在航拍規範中是否須納入不同傾斜角度的拍攝，再進一步比較之間差異。

(十) 中華民國航空測量及遙感探測學會常務理事 王蜀嘉 教授

1. Mesh Model 係將整個地表視為一體之模型，且非來自其他幾何資料所建置且無屬性資料；若是使用立體製圖的向量資料來建置三維模型，則是偏向 CityGML 所建置出來的三維模型，所謂的幾何模型，不僅有精度要求，更重要的是屬性賦予及向量資料封閉。
2. 以荷蘭為例，首次的三維模型建置是以光達資料進行建置，之後的編修工作則是以航測地形圖的方式更新維護，因地形圖具有一定週期的更新維護頻率，因此建置出來的三維模型則偏向所謂的 CityGML 幾何模型。
3. 若有兩個緊鄰且高度不同的建物，以航測的作業方式，平面幾何若無太大的差別，兩棟建物接邊處則看不出其差異，因此高程的正確性可能有所疑慮，在建置三維模型的過程中，也會造成立體製圖的經費增加。

(十一) 中華民國航空測量及遙感探測學會常務監事 陳良健 教授

1. 以訂定成果檢核標準為核心；為確保終端成果能通過驗收，將在適當階段設定檢核點及檢核標準。
2. 參考全數建議，擬訂規範修改重點，於下次會議前提供各學者專家，以利實質討論。

(十二) 鴻圖股份有限公司

1. 建議千分之一地形圖的建物框屬性欄位增加樓高資訊欄位。

(十三) 台灣世曦工程顧問股份有限公司

1. 以工程顧問業的角度來看，交通工程都是在偏僻、低度開發地區進行工程

開發，往往會出現較極端的案例，例如在七股鹽田進行無人機航拍任務，利用小像幅像機且航高較低的狀況下航拍，像片裡往往會出現大面積的水的狀況，影像自動匹配階段容易失敗，建議在航拍場域上有機會可以嘗試類似的區域。

(十四) 內政部國土測繪中心 地形及海洋測量課 王敏雄課長

1. 國家目前已有一千分之一地形圖重製及三維向量模型建置的構想，因此國土測繪中心藉由本案規劃擬定相關 3D Mesh 模型成果的檢核規定，以供後續作業遵循。
2. 基於作業經費與時程考量，目前 3D Mesh 模型仍採以自動化的方式產製，且本案相關規範研擬的測試資料仍以目前國土測繪中心提供既有的 3D Mesh 模型為原則。

(十五) 行政院農業委員會林務局農林航空測量所

1. UAV 製圖所附帶之 3D Mesh Model 資料來源為自動匹配後之點位資料所生成，隨機性較高，在設計 3D Mesh Model 之成果檢查時，如再採另一自動匹配產生之 Mesh Model，是否有比較基準不穩定之情形，若採既有 3D 建物模型之結構線資料轉製為 3D Mesh Model 作為研究案之比較基準或較為可行。

(十六) 詮華國土測繪有限公司

1. 本案航拍 GSD 為 10 公分，若是要用密點雲及真實正射影像來做繪製，可能無法達到一千分之一地形圖的精度要求，目前 UAS 的航拍 GSD 多設定在 5 公分以內。
2. 因立體測繪人才斷層嚴重，業界常使用真實正射影像數化平面，再利用密點雲匯入而賦予高程資訊，未來建議納入評估三維點雲結合真實正射製圖之可行性。
3. 未來 UAS 搭載之像機規格是否有規範?(現階段航測規範有訂定相關規格)
4. 前後及側向重疊率容許錯誤偏差比例?例:10%以內?
5. 佈標採用影像特徵點，是否一併建議修正原規範?
6. 高精度 GPS/IMU 是否有相關規格?
7. 是否最後會提出成本差異分析比較?
8. UAS 是否辦理 TAF 校正?校正頻率?

(十七) 亞新國土科技股份有限公司

1. 營建署城鄉發展分署是以都市規劃的角度繪製千分之一地形圖，因此將控制測量視為最重要，其餘地形圖測製部分則採開放方式，可採全測站、航測、...等方式進行作業，最終成果只須符合精度要求即可，因此在符合規範的情況下，使用新方法若同樣能達到測製目的及精度要求，立體製圖的

部分則不必太過著墨。

(十八) 內政部國土測繪中心 曾耀賢 副主任

1. 一千分之一地形圖及三維建物模型規範的訂定，應考量在作業的過程中就進行檢核，讓政府機關能夠預期作業廠商是否能到達到規範要求，而非以最後成果來檢核，以便作業能夠如期如質完成。
2. 為因應測繪技術的快速發展，測繪中心意識到現有的規範可能無法滿足新方法及設備的作業需求，藉由本研究案作業過程及成果中，逐一探討現有規範，將不合時宜的規範進行修正，甚至是另立專章。
3. 許多專家學者提到立體製圖人才斷層嚴重，其作業方法可否採用新的測繪技術，業界目前已有使用真實正射影像數化平面，再利用密點雲匯入高程資訊，但考量到本案仍是以立體製圖為作業規劃，且今年度預算已有規劃，但可考慮明年以後另闢相關研究主題並深入探討。

(十九) 中華民國測繪業商業同業公會(書面建議)

1. 相關規範訂定請持續讓業界多予參與。
2. 相關作業(不同精度需求)應有合理利潤。
3. 同意原一千分之一規範須修正或考慮新增內容(提案 1)。
4. 同意提案 2 採用方式。

(二十) 自強工程顧問有限公司(書面建議)

1. UAS 像機內方位依據?自率?出具率定報告?
2. 測繪中心出具的校正報告可加入規範中。
3. 另一發想：結合傳統航空攝影之有人機成果，如遇局部零碎雲遮，則使用 UAS 影像補充，建議作業規範的訂定可加入相關描述。
4. UAS 僅須規定”正攝”方向的拍攝條件。

(二十一) 岳達科技股份有限公司(書面建議)

1. 控制點布設：以航帶之間為主，離像主點較遠。
2. 定翼機 VS 旋翼機:
 - (1) 定翼機曝光站是否會因風速、飛行速度影響導致曝光站位置的精確性。
 - (2) 旋翼機曝光站是否在定點拍攝，如果沒有是否同定翼機面臨風速、飛行速度影響。
3. 拍攝的傾斜角，一般的經驗不容易達到 5 度。

八、簽到單

內政部國土測繪中心

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究採購案

第 1 次專家座談會 110/03/11

編號	出席人員	簽到處	備註
1	史天元 老師	史文元	<input type="checkbox"/> 未
2	江澤欽 老師	江澤欽	<input type="checkbox"/> 未
3	林玉菁 老師	林玉菁	<input type="checkbox"/> 未
4	張國楨 老師	張國楨	<input type="checkbox"/> 未
5	曾義星 老師	曾義星	<input type="checkbox"/> 未
6	趙鍵哲 老師	趙鍵哲	<input type="checkbox"/> 未
7	蔡展榮 老師	蔡展榮	<input checked="" type="checkbox"/> 未
8	謝嘉聲 老師	謝嘉聲	<input type="checkbox"/> 未
9	尤瑞哲 老師		<input type="checkbox"/> 未
10	蘇文瑞 專案組長	蘇文瑞	<input type="checkbox"/> 未
11	內政部國土測繪中心	曾維賢 梁建文 王敏雄 林文亮 溫凱佩 林文亮 黃英時 許展祥 張錦輝	<input type="checkbox"/> 未_位

編號	出席人員	簽到處	備註
12	中華民國航空測量及遙感探測學會	王瑞堯 陳文健 張子展 陳昱芸 邱依蓀	<input type="checkbox"/> 素_位
13	中華民國測繪業商業同業公會	王啟鋒	<input type="checkbox"/> 素_位
14	中興測量有限公司	許志文	<input type="checkbox"/> 素_位
15	台灣世曦工程顧問股份有限公司	鍾中	<input type="checkbox"/> 素_位
16	台灣地理資訊學會		<input type="checkbox"/> 素_位
17	自強工程顧問有限公司	楊豐毓	<input type="checkbox"/> 素_位
18	亞新國土科技股份有限公司	徐翀	<input type="checkbox"/> 素_位
19	岳達科技股份有限公司	王冠怡 和	<input type="checkbox"/> 素_位
20	詠翔測量工程有限公司		<input type="checkbox"/> 素_位

編號	出席人員	簽到處	備註
21	新陸國土測繪有限公司	高聖	<input type="checkbox"/> 素__位
22	瑞竣科技股份有限公司		<input type="checkbox"/> 素__位
23	經緯航太科技股份有限公司		<input type="checkbox"/> 素__位
24	群立科技股份有限公司	陳柏毅	<input type="checkbox"/> 素__位
25	詮華國土測繪有限公司	彭德臣	<input type="checkbox"/> 素__位
26	鴻圖股份有限公司	孫樹可	<input type="checkbox"/> 素__位
27	內政部地政司		<input type="checkbox"/> 素__位
28	行政院農業委員會林務局農林航空測量所	葉望生 陳芳進 陳仁遠	<input checked="" type="checkbox"/> 素__位
29	國家災害防救科技中心		<input type="checkbox"/> 素__位
30	國防部軍備局生產製造中心四〇一廠		<input type="checkbox"/> 素__位

編號	出席人員	簽到處	備註
31	基隆市政府都市發展處		<input type="checkbox"/> 素__位
32	新北市政府城鄉發展局		<input type="checkbox"/> 素__位
33	新竹市政府都市發展處		<input type="checkbox"/> 素__位
34	嘉義市政府都市發展處		<input type="checkbox"/> 素__位
35	臺北市府都市發展局	江宜傑	<input type="checkbox"/> 素__位
36	臺東縣政府地政處		<input type="checkbox"/> 素__位

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究採購案

第 2 次專家座談會-會議紀錄

一、時間：110 年 11 月 1 日(星期一) 下午 13 時 30 分至 16 時

二、地點：內政部國土測繪中心第 1 會議室

三、主持人：本會常務監事陳教授良健

紀錄:張子展

四、出席人員：詳如簽到簿

五、結論：

- (一) 目前數值航測法測製一千分之一地形圖工作主要係依據「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」，其中航空攝影機係以中、大像幅航測作業方式為主。本學會藉由本案試辦成果，提出小像幅航拍於一千分之一地形圖之測製及檢查作業規定草案。透過本次專家學者廣泛進行討論交換意見，後續將納入專家學者意見據以修正原「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」規範及本次「小像幅航拍於一千分之一地形圖之測製及檢查作業規定草案」之相關文字，後續將提送第 3 次專家學者座談會討論。
- (二) 小像幅航拍於一千分之一地形圖之測製及檢查作業規定草案修訂方式以在原「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」中以新增附錄專章的方式，以利閱讀。
- (三) 未來新增專章小像幅航拍於一千分之一地形圖之測製及檢查作業規定草案僅適用航空攝影機之非量測型小像幅像機(感測器面積不大於 24 毫米*36 毫米之攝影機)。
- (四) 基於小像幅之航拍影像主要目的是用於組成立體模型並辦理立體製圖，故參考其他製圖規範航拍攝影軸傾斜角小於 8 度，以利符合立製人員之立體視覺。至於傾斜角是否應放寬或更嚴謹規定，將透過試辦區製圖區影像之傾斜角度，提出草案之參考數據。

六、與會人員意見：詳如意見彙整表

七、散會時間:下午 16 時 00 分

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究採購案

第 2 次專家座談會與會人員意見彙整表

<p>(一) 國立陽明交通大學土木工程學系 史天元 老師</p> <ol style="list-style-type: none">1. 這邊所定義的小像幅數位式攝影機感測面積不大於 24x36 公釐，目前本人所使用的 Nikon D850 也是等於 24x36 公釐，此型號為全幅像機，不等於小像幅，全幅像機是否也能夠應用於製圖，應用範圍是否涵蓋在本研究案的規定?40x50 公釐是否也適用？2. 「小像幅」之定義不甚周延，「量測型」之「穩定」內方位，亦難於量化確定，建議就實務需求角度釐清。3. 總則中之四，「平面基準」內涵為「大地基準」，建議更正。其實總則四、五均引用自「基本測量實施規則」，直接說明「基準與坐標」遵照「基本測量實施規則」即可，避免冗長文字引用，亦免除所引用規則修訂後之本規定之修訂需求。
<p>(二) 國立臺北大學不動產與城鄉環境學系 江渾欽 老師</p> <ol style="list-style-type: none">1. 建議在進行千分之一地形圖作業之立體測圖程序時，產製三維建物模型(向量)，減少未來需另外作業，同時可結合檢驗三維網格模型，或應提高預算以立測方式同時繪製建物模型所需向量。2. 產製三維網格模型需有傾斜攝影，與千分之一地形圖垂直攝影作業應有差異。3. 針對三維網格模型的檢核內容需再評估。
<p>(三) 逢甲大學地理資訊系統研究中心 周天穎 老師</p> <ol style="list-style-type: none">1. 支持本研究案所擬之規定草案以原規範之附件呈現。隨著攝影科技進步，衛星影像 10、20 公分在未來可能都已市場化，應不排斥其他方式測製一千分之一地形圖。2. 建議 UAS 攝影軸傾斜角容許角度可再考量實際執行操作之困難，略微調整容許角度。3. 本研究成果應朝向成果論(一千分之一地形圖)，而非程序論，建議可在程序要求上朝向較開放方式，未來亦不排斥其他測製方式(衛照、LiDAR、地測、測量車、HD MAP)。
<p>(四) 國防大學理工學院環境資訊及工程學系 林玉菁 老師</p> <ol style="list-style-type: none">1. 作業流程請修正「影像重取樣」，請具體修正適宜之文字表示無畸變差之影像。2. 文件內”GPS”建議一律改成 GNSS。3. 三維網格模型成果繳交格式建議按照國土測繪中心其他計畫案規定提供 i3s & 3D Tiles 檔案格式。

4. 三維影像點雲資料建議加入繳交 LAZ 格式之選項，以縮減檔案大小。
5. PPK 或 RTK POS 對於空三 GCP 佈設之影響亦請納入考量。

(五) 國立臺灣大學土木工程學系 徐百輝 老師

1. 非量測型像機搭載無人機近年來廣泛地應用，其重要因素之一為「軟體」的快速發展，只是目前航測軟體大致可分為以電腦視覺原理(如 SFM 方法)發展的軟體，與傳統航測共線式解算的軟體。無人機軟體雖已可解方位，但目前無人機軟體使用的方式仍被歸在非常規攝影測量。若由此方式組成立體模型之測圖精度符合規範，此法在此規範是否允許？
另一方面，使用基於電腦視覺原理發展的軟體有可能無法產生傳統空三報表，意即無法完整顯示產出符合規範要求的檢驗指標，包含中誤差或是自率參數可能無法符合規範所要求進行檢定，或是附加參數是否合理，但就成果而言，若傳統航測空三解算軟體和使用於無人機軟體的方位解算並無太大差異時，規範中的檢驗指標是否尚有討論的空間？
2. 原千分之一規範中地形資料編碼為 5 碼，目前已改為 7 碼，請更新。
3. 如需產製三維網格模型，若僅垂直攝影，即便提高重疊率，模型側邊仍會有破碎的情況，因此必須加入傾斜攝影，且像片量將增加許多。所以產製三維網格模型應與千分之一地形圖有所區隔，或應增加傾斜攝影航拍。

(六) 國立陽明交通大學土木工程學系 張智安 老師

1. 關於簡報 Q3.作業流程，”密匹配空中三角測量”是否使用”自率光束法”之成果。
2. 關於簡報 Q11.傾角 8 度，建議可參考 DMC 數位像機的方法，經 reprojection 消除傾角效應。
3. 關於簡報 Q12.清晰度，建議刪除”機械問題或畸變差”，只要是模糊就要避開。

(七) 國立成功大學測量及空間資訊學系 曾義星 老師

1. 本題目相關法規的定位為何?是否為獨立的規定，或是與測繪中心已訂定的「一千分之一數值航測地形圖測製規定」有相關性?或是原法規的修訂版?
2. 如何定義「小像幅»?是否指採用像幅小於全像幅(24mmx36mm)之像機?是否應考慮更高階的中像幅像機納入?
3. 是否只針對無人機載台?
4. 「平面基準」之標題不甚正確，建議改為「平面坐標：定義於 1997 年台灣大地基準(TWD97)之 TM2 投影坐標系」，並納入 TWD97[2010]及 TWD97[2020]。
5. 建議將「高程基準」改為「高程坐標：定義於 2001 年台灣高程基準(TWVD2001)之正高」。
6. 採用 VBS-RTK 控制測量是否直接指定採用 e-GNSS?
7. 建議數值高程模型直接採用最新的空載光達 1m DEM。

8. 建議增加細緻三維模型的建置。
9. 在具有細緻三維模型的條件下，建議製作真實正射影像。

(八) 行政院農業委員會林務局農林航空測量所 葉堃生 課長

1. MTF 檢定時，當 F-number 不一致時，可解晰的狀況並不同，是否需全開光圈到一定程度，可保證收光圈也比較好，抑或是檢驗時不訂光圈值，直到最清晰之光圈出現，有關清晰度檢查做法部分，建議可增加再設定不同光圈成像的 MTF 數值。
2. 為確保影像的可用度，減少光線對比過大時之影響，建議可增加保留 raw 檔之設計，提升後處理之彈性。
3. 有關放寬攝影軸傾斜角門檻設定部分，建議宜一併考量同一像幅於傾斜方向 GSD 變異過大的問題。
4. 有關清晰度檢查做法部分，在 MTF 數值的檢測上建議可增加光圈值之指定，及拍攝時最低快門速度之設定。
5. 針對航線方向修改為以最少航線數能完整涵蓋之原則，後續正射影像之圖幅劃分方式是否一併考量。
6. 針對航線方向由南北向或東西向，修改為以最少航線數涵蓋測區之原則，後續正射影像圖幅劃分方式，是否有更動之必要？

(九) 國立中興大學土木工程學系 楊明德 老師

前後重疊率 80%，左右重疊率 50%，得有 10% 之容許，各值之制定可再考量。

(十) 行政院農業委員會林務局農林航空測量所 李茂園 課長

有關飛航時航高之容許差異部分，因目前已經為數位形式之航攝影像，建議可將原以比例尺表示之敘述，改為以平均地面解析度(GSD)之敘述方式。

(十一) 內政部地政司 黃鉅富 科長

1. 草案規定使用之單位請按照國內法規制式用法，如公釐應表示成毫米。
2. 關於飛航安全及無人機飛航安全係由交通部民航局管制，如需辦理測繪，則需按照國土測繪法辦理執行。因此，如需以無人機進行航拍及測繪，則必須符合空域申請及測繪法規之規定。

(十二) 中華民國航空測量及遙感探測學會常務理事 王蜀嘉 老師

1. 初始撰寫時本係於原規範內以新增 UAS 相關文字進行修訂，但於撰寫過程中發現此方式將導致原規範被新增文字分隔的極為破碎，內容不到於不同技術之間跳躍。考量實際使用規範者，一次僅會以一種技術施測，不需要同時閱讀其餘不相關之文字。因此若使用原規範插入新增 UAS 內容反而不利於僅使用其中一種技術施測者閱讀，乃建議由原規範中新增附件的方式將有關 UAS 抽離成專屬規定。
2. 目前以電腦視覺原理(如 SFM 方法)發展的軟體系統附帶的空三解算軟體，缺少輸出粗差偵測以及可靠度資訊，導致沒有可觀數據可供驗證其品質。經本會實際以傳統空三進行第二次平差實驗的結果發現，傳統空三確能進

<p>一步偵測出更細微的粗差。若未來匹配軟體系統能增加提供客觀之品質檢核數據後，希望可以達到免除第二次空三的程序。</p> <p>3. 傳統大像幅航拍之測區面積較大，以正交航線取代測區內部高程控制之經濟性高，但小像幅測製千分之一地形圖應該多用為修測或補測之小區域之用，目前所擬定內部 5b 分布對小面積測區而言，數量並不多，故未設計以正交航線取代部分控制點。為考量廠商有自行衡量 UAS 飛行成本與控制點成本之平衡點，擬於規定中增加得以正交航線代替控制點之條文。</p> <p>4. 基於本規定草案之航拍影像主要目的是用於組成立體模型並製圖，所以航拍攝影軸傾斜角參考其他測圖規範規定不得大於 8 度，以利符合立製人員之立體視覺。至於傾斜角是否應放寬或更嚴謹規定，可透過目前試辦區製圖區影像之傾斜角度，提出草案之參考數據。</p> <p>5. 其實千分之一航測地形圖測製時，地面調繪與補測為一必要步驟，因此若遇到有局部影像色調不佳，例如反光嚴重或太黑之情形，並不太嚴重，因為尚可藉由地面測量儀器進行現地補測。</p>
<p>(十三) 中華民國航空測量及遙感探測學會常務監事 陳良健 老師</p>
<p>1. 針對軟體的使用於草案規定中並無排他性，只要可以提供規定中所需數據證明即可。程序上對學界需符合學理，對業界需可行，對業主需具備低風險避免最後提送最終成果才發現難以彌補的問題。</p> <p>2. 關於影像的校正項目除了畸變差，是否也一併校正影像傾斜？</p>
<p>(十四) 內政部國土測繪中心 曾耀賢 副主任</p>
<p>1. 未來一千分之一地形圖驗收方式為抽樣驗收，必須制定適當的規範，以確保整體成果具有一定的品質，若抽樣驗收合格，可視為整批具有一定品質，因此規範出細部的抽樣規則是必要的，而非注重成果論。</p> <p>2. 原先的規範並無小像幅像機測製相關規範，只適用於中、大像幅像機，藉由本研究案所制定出小像幅像機測製規定，只針對小於或等於 24 公釐 x36 公釐的小像幅像機，大於 24 公釐 x36 公釐，不管是否為中、大像幅、量測型像機則必須適用原規範。</p> <p>3. 由於現階段的建物模型已於他案產製且幾近完成，如需在本案擬定的作業流程中加入以立測方式產製三維建物所需向量亦可，但未來招標是否將此加入工項仍須斟酌。</p> <p>4. 未來測繪中心如確定需由廠商於千分之一地形圖中產製三維網格模型，亦將包含傾斜攝影之費用。</p>
<p>(十五) 內政部國土測繪中心 地形及海洋測量課</p>
<p>本課已分別於 10/29 及 11/3 以電子郵件方式提供草案修正意見，請酌予參考。</p>
<p>(十六) 新陸國土測繪有限公司</p>
<p>1. 可參考民航法為了無人機，制定無人機相關法律的專章。</p> <p>2. 提供書面資料(如「十一、補充資料」)。</p>
<p>(十七) 亞新國土科技股份有限公司</p>

對於立體製圖人員於作業時較為舒適的攝影軸傾斜角為 8 度至 10 度以內。若傾斜角度過大，影像重疊率可能無法符合規範要求，因此傾斜角設計規範上應嚴謹。

(十八) 自強工程顧問有限公司

1. 附錄 3-3：流程圖，建議「都市計畫線套繪」刪除，因為都市計畫線，套繪的是牆面線的地形圖，非航測滴水線的地形圖。
2. 附錄 3-5：十二、計畫線套繪，應刪除。
3. 附錄 3-31：十一、計畫線套繪，應刪除。
4. 附錄 3-7：攝影方式傾斜角小於 8 度，航偏角小於 10 度，上述兩點規範應刪除，因為一般 UAS 並無搭載 Mount 來修正航傾角及航偏角。
5. 附錄 4-22：6.7 底片等相關敘述應刪除，現今技術無用底片攝影機。
6. 附錄 4-31 之附表 12 應刪除，原因同 1。
7. 附錄 3-8 重疊率不足，無法涵蓋全測區，重疊率誤差不符超過上規定之 10%，增加上述說明。
8. 附錄 3-29 因成本預算問題，建議”十六、三維網格模型(3D Mesh Model)”刪除。
9. 附錄 3-3 流程圖之”密匹配空中三角測量”、”生成點雲檔”、”三維網格模型”應刪除。
10. 附錄 4-14：十五、三維模型網格(3D Mesh Model)建議刪除。

(十九) 岳達科技股份有限公司

1. 自率光束法參數的選用可再多考量以下要素，包括：
 - (1) 焦距、像主點位置、透鏡畸變差(A1、A2、A3 或是 K0、K1、K2...)
 - (2) 其他因素：例如影像真實度、像移補償等，不同載具及配置像機之間的配合。
 - (3) 定翼機搭載全片幅像機或量測型像機，又分為載重的大小，與選用的自率光束法參數有相關性，旋翼機亦同。
 - (4) 使用的軟體，如使用 ORIMA 則內建的模式為 Brown 模式，如使用市面上其他的軟體，如 ISAT 或是 inpho，率定模式或許不同，率定參數也因此不同。
2. 建議 33 頁的「攝影軸傾斜角小於 8 度」，可直接規定 OMEGA、PHI 角之傾斜上限，且需注意傾斜角是否將導致影像重疊率不足。

(二十) 詮華國土測繪有限公司

1. 附錄 3-6 是否可採用其它民間 TAF 出具之報告。
2. 無人機搭載中像幅像機適用哪條規定?
3. 航傾角及航偏角是否得放寬，光達案採用之量測型中像幅像機，其規定目前為 15 度。
4. 密匹配空三作業流程是否有章節?
5. 三維網格模型無加入傾斜攝影時，檢查標準?

八、簽到表

內政部國土測繪中心

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範

委託研究案第 2 次專家座談會

會議時間：中華民國 110 年 11 月 1 日下午一時三十分

會議地點：內政部國土測繪中心第一會議室

編號	出席人員	簽到處	備註
1	史天元 老師	史天元	
2	江澤欽 老師	江澤欽	
3	周天穎 老師	周天穎	
4	林玉菁 老師	林玉菁	
5	徐百輝 老師	徐百輝	
6	張智安 老師	張智安	
7	曾義星 老師	曾義星	
8	葉堃生 課長	葉堃生	
9	楊明德 老師	楊明德	
10	劉正倫 副院長		

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究案第 2 次專家座談會

編號	出席人員	簽到處	備註
11	國家發展委員會		
12	內政部地政司	黃鍾鼎	
13	內政部營建署 城鄉發展分署	陳和斌	
14	行政院農業委員會 林務局農林航空測量所	李政國	
15	國防部軍備局 生產製造中心四〇一廠		
16	國家災害防救科技中心	李士強	

編號	出席人員	簽到處	備註
17	臺北市政府都市發展局		
18	新北市政府城鄉發展局		
19	桃園市政府都市發展局		
20	臺中市政府都市發展局		
21	臺南市政府都市發展局		
22	高雄市政府都市發展局		
23	基隆市政府都市發展處		
24	新竹市政府都市發展處		
25	嘉義市政府都市發展處		
26	臺東縣政府地政處		

編號	出席人員	簽到處	備註
27	中華民國測繪業商業同業公會	徐明瑞	
28	台灣地理資訊學會		
29	財團法人國家實驗研究院 國家高速網路與計算中心	施榮昌 林如言	
30	中興測量有限公司	林志文	
31	台灣世曦工程顧問股份有限公司	周文雄	
32	自強工程顧問有限公司	邱偉賢	
33	亞新國土科技股份有限公司	徐明瑞	
34	岳達科技股份有限公司	顏怡和	
35	詠翔測量工程有限公司	李振玟	
36	新陸國土測繪有限公司	高沿燕	
37	瑞竣科技股份有限公司		
38	經緯航太科技股份有限公司	張瑞隆	
39	群立科技股份有限公司		
40	詮華國土測繪有限公司	彭德區	
41	鴻圖股份有限公司		

內政部國土測繪中心

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範

委託研究案第 2 次專家座談會

會議時間：中華民國 110 年 11 月 1 日下午一時三十分

會議地點：內政部國土測繪中心第一會議室

出席人員	簽到處	備註
內政部國土測繪中心	<p>曾維賢</p> <p>王敏雄</p> <p>林文亮</p> <p>張錦輝</p> <p>王學司</p> <p>溫凱倫</p>	
中華民國航空測量及遙感探測學會	<p>陳良健</p> <p>王蜀嘉</p> <p>陳昱芸</p> <p>邱依爾</p> <p>張子辰</p> <p>謝宜佑</p> <p>李誌</p>	

九、補充資料—新陸國土測繪有限公司提供

無人航空機 (UAV) を用いた公共測量～UAV 写真測量

Public Survey Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) -UAV

Photogrammetry 2016 年 3 月 30 日

無人機低空攝影測量比較傳統有人機航空攝影測量存在較多的誤差來源，要提高成圖精度必須首先提高像片的地面解析度和影像質量。

1. 非量測型全畫幅相機，鏡頭畸變大，尤其是邊緣部分。儘管可以根據相機畸變參數對像片進行畸變糾正，但糾正過程中會產生糾正誤差，且越往邊緣，糾正誤差越大。所以為了提高精度，應加大像片重疊度，儘可能使用像片中心部分的影像。提高像片航向重疊度和旁向重疊度，有利於減少對像片邊緣影像的利用，最大限度降低像片畸變糾正過程中的影像糾正誤差。
2. 構架航線與正常航線垂直布設，起高程控制點作用，有利於減少像片控制點量測數量，增強區域網模型之間連續性，提高空中三角測量平差精度。
3. 一般的無人機沒有配置高精度慣導裝置，為了減少像片控制測量工作量及後繼工序的誤差累積，應儘可能提高曝光瞬間像片的外方位元素精度（儘可能實現相機曝光時間與移動站 GPS 記錄的曝光時間戳同步）。
4. 像點位移會降低影像解析能力，影響判讀精度。規範規定像點位移一般

不應大於 1 個像素，最大不應大於 1.5 個像素。根據經驗，像點位移小於 1/3 個像素時可保證影像解析能力。

5. 對於傳統有人機航空攝影測量，像控點的布設具有成熟的方案，對於無人機攝影測量，則需要進一步的探討。

5.1 四周全控制點對，中間檢核點

5.2 密周邊全控制點，中間有全控制點與檢核點

5.3 密周邊全控制點，中間檢核點

$$NH = 4 + 2 \left[\frac{(n-6)}{6} \right] + 2 \left[\frac{(c-3)}{3} \right] + \left[\frac{(n-6)(c-3)}{30} \right]$$

n 是每條航線模型數量

c 是航線數量

$$NV = \left[\frac{n}{12} \right] c + 2 \left[\frac{c}{2} \right]$$

6. 檢核點立體量測與檢核點野外量測，計算檢核點平面位置中誤差、高程中誤差。檢核點野外實測值與立體觀測值的誤差平方平均值再開根號，其中檢核點數(每幅圖 20~50 個，最好兩兩為點對成一已知邊

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究採購案

第 3 次專家座談會-會議紀錄

一、時間：110 年 12 月 23 日(星期四) 下午 14 時至 16 時

二、地點：內政部國土測繪中心第 1 會議室

三、主持人：本會常務監事陳教授良健

紀錄:張子展

四、出席人員：詳如簽到簿

五、結論：

(一)本次所訂定的「小像幅一千分之一數值航測地形圖測製作業規定(草案)」經專家學者檢視後，部分用字遣詞缺漏及專有名詞定義未達精確，本學會依照專家學者提供的建議進行修正。

(二)「小像幅一千分之一數值航測地形圖測製作業規定(草案)」中部分文字內容與民航局法規的用字遣詞有不一致情形，如民航局法規中將無人飛行器之用語定義為遙控無人機，且無英文定義，國土測繪中心統一為「無人機系統 (Unmanned Aircraft System, UAS)」。

(三)針對「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定(107 年版草案)」之參、六、(二)、3 規定略以：「等高線為地表面實際高程之連續性表現，遇地物不間斷，測繪時應扣除地面覆蓋物（如樹木、建築物）之高度，等高線應製作成數值等高線檔」。惟實際紙圖出圖作業中，一千分之一地形圖之等高線遇地物，如道路、水系、建物、人工構造物，皆為截斷處理，經委員建議相關內容仍應依照原規範規定，等高線應維持不間斷之原則。惟後續若因紙圖出圖須截斷處理時，可考慮權宜調整，採人工編修後之數值等高線資料。

(四)針對控制測量有關加密控制測量之相關規定，考量本案研擬之「小像幅一千分之一數值航測地形圖測製作業規定(草案)」，在作業面積區域上應屬於小範圍局部補測性質，自無前開加密控制點布設原則之通用，且其以航測法測製之控制點布設方式已由「二、航測控制點布設及測量」章節規定，爰刪除加密控制點測量之相關規定。

(五)有關已知控制點檢測之相關規定，若使用 VBS-RTK 測設新設控制點，已不須聯測附近已知點，惟用於確認新設控制點之可靠度，因此「已知控制點檢測」其目標已與以往不同，其檢測標準應隨之修正，修正內容如下：「已知平面控制點檢測：檢測相鄰 3 個點位間之夾角及邊長，實測

值（經地圖投影改正後）與已知點坐標反算值相較差值。當相鄰已知點間的距離小於 400 公尺時，此較差不得大於 4 公分，夾角則不需檢查。當相鄰點位間的距離大於 400 公尺時，則邊長（經投影改正後）較差不大於一萬分之一、水平角度較差不大於 30 秒。」

六、與會人員意見：詳如意見彙整表

七、散會時間:下午 16 時 00 分

八、簽到表

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究採購案

第 3 次專家座談會與會人員意見彙整表

(一) 國立陽明交通大學土木工程學系 史天元 老師
<ol style="list-style-type: none">1. 建議應先將名詞定義清楚後，接續描述檢核要求。2. 作業規定草案 P2、十三(四)中 GNSS 中文含義非”衛星定位測量”，應為「衛星導航系統」。3. 規範中規定須垂直攝影，若因應建置三維網格模型之需求，是否應另外採用傾斜攝影。4. 在 GIS 地形圖內，等高線遇建物或駁坎…等地物不需截斷。
(二) 國立臺北大學不動產與城鄉環境學系 江渾欽 老師
<ol style="list-style-type: none">1. 作業規定草案 P2、十三(三)測圖基線，應描述測圖基線之定義，再接續描述檢核要求較為恰當。2. 作業規定草案 P2、十三(五)中，將”之設備”刪除，修正後為「位置及姿態，作為...」。3. 壹之十是否加入三維網格模型，以符合參之十六之需求。4. 參、四、(五)2.缺漏文字，建議改為「航空攝影機須具備最近...」。5. 參、五、(四)3.高程位置…，是否移至參、五、(五)5.之中6. P9、六(二)提到驗後權單位中誤差，名詞定義須釐清，表 4 與表 3 未配合。7. P11、(二)中的”本案”應刪除，「二、控制測量」應為「五、控制測量」。8. P7、(九)、3.中提到「但受”日照方向”及...」，”日照方向”用詞是否合適。
(三) 國防大學理工學院環境資訊及工程學系 林玉菁 老師
<ol style="list-style-type: none">1. 作業規定草案 P2、十三(一)中的”感測器面積”其名詞較為籠統，應聚焦於像機內部構造，建議改為「感光元件」。2. GNSS、POS 及 IMU 輔助空中三角測量相關文字宜一致。3. GNSS 「正高測量」建議更正寫法，eg.大地起伏樣式…。
(四) 國立臺灣大學土木工程學系 徐百輝 老師
<ol style="list-style-type: none">1. 作業規定草案 P2、十三(二)標題中”遙控無人機系統”，建議改為「無人飛行器系統」。2. 民航局所定義的遙控無人機為廣義的，涵蓋不同型態的無人飛行器，而本次研究案所定義的 UAS 為包含 POS 系統…等。3. 作業規定草案 P2、十三之(三)提到(Above Ground Level, AGL)，建議改為「Height Above Ground Level, HAGL」較為明確。4. 參、四、(三)應加入部分文字以達語意清楚，建議改為「使用之無人機應依…」。
(五) 國立陽明交通大學土木工程學系 張智安 老師

1. 三維網格模型(3D Mesh Model)是產品之一，十六(一)建議能需說明要做方位解算。
2. 附表 15(1)建議增加文字，模型”無遮蔽處”是否明顯扭曲。
3. P11、十六，(一)文字應改為「經由點雲多邊形結構化製作三維網格」，並非用內插製作。
4. 附錄 4-6，十五(二)3.文中提到「將參考面或參考線之”距離”均方根誤差…」，建議改為「將參考面或參考線之”垂距”均方根誤差…」。

(六) 國立成功大學測量及空間資訊學系 曾義星 老師

1. 作業規定草案 P2、十三(三)測圖基線，建議加入”立體”二字，改為「立體測圖基線」。
2. 名詞定義中的”小像幅”攸關到作業規定的標題，應在前言中開宗明義提到小像幅像機之定義，並非於名詞定義中說明。
3. 名詞定義應只有解釋名詞含意，而非說明檢查規定。
4. 名詞定義中共列出六項名詞進行名詞解釋，然而整個規定中還有許多專業名詞，應在名詞解釋前說明為何只選擇這六項名詞進行解釋。

(七) 行政院農業委員會林務局農林航空測量所 葉堃生 課長

1. 草案：四、航空攝影-(六)像片比例尺，各家數位感測器尺寸不一，且數位式影像未輸出為特定圖紙尺寸前，無法以比例尺的概念進行描述，對應該段內容亦以地面解析度進行描述，建議該段標題可比照改為”地面解析度”。
2. 因小像幅相機鏡頭完美程度不如量測型相機，其 MTF 品質影像周圍與影像中心有較大的差異，如未訂明影像取樣檢驗的合理位置，較容易衍生驗收時之爭議，建議可於[清晰度檢查]項之 MTF 品質評估部分(草案：四、航空攝影-(九)數位影像下載處理-2.清晰度檢查)，針對影像取樣位置原則補充相關敘述。

(八) 國立臺灣大學土木工程學系 趙鍵哲 老師

1. 作業流程中影像密匹配產製點雲檔應被空中三角測量連接，方能有方位參數。
2. 正射影像的產製為一般正射影像或真實正射影像?若是真實正射影像需要使用到數值表面模型。
3. 請將 1 像素 $\sqrt{2}$ 倍直接改為 $\sqrt{2}$ 倍，2 像素 $\sqrt{2}$ 倍改為 $2\sqrt{2}$ 倍，依此類推。

(九) 國家海洋研究院 劉正倫 副院長

1. 十三之(五)文中提到”之設備”輔助空中三角測量作業，已變為解釋輔助空三作業定義，並非解釋 POS 之名詞定義，內容文字建議修正，以和(四)用法一致。
2. 民航局法規中將無人飛行器之用語定義為遙控無人機，且無英文定義，國土測繪中心按慣例稱為無人飛行系統，除了民航局法規所定義的用語以外，這方面是否統一 UAS 相關名詞定義。

3. 參、四、(一)請將 UAS 字眼刪除。
4. 本文請統一使用「三維網格模型」。
5. P8(二)，點位”紀”錄表，請改為”記”。
6. VBS-RTK 正高測量，只能以 e-GNSS 受理?而以 VBS-RTK 處理平面測量時，可不限制使用 e-GNSS?
7. P11、十六、(二)刪除”本案”。

(十) 中華民國航空測量及遙感探測學會常務理事 王蜀嘉 老師
參、五、(四)將部分文字刪除及挪移，修正後為「平面控制測量以虛擬基準站即時動態定位測量(VBS-RTK)為原則…」，刪除”GNSS 測量”。
(十一) 中華民國航空測量及遙感探測學會常務監事 陳良健 老師
1. 建議將作業規定草案 P2、十三之(五)中”安裝 ”、”之設備”刪除。 2. 參、二、(二)1.將 POS 改為 GNSS。
(十二) 內政部國土測繪中心 曾耀賢 副主任
1. 一千分之一地形圖資料檔是否需 4 類資料都須繳交，應依個案需求而異。 2. 參、四、(六)”像片比例尺”應改為「地面解析度」。
(十三) 台灣世曦工程顧問股份有限公司
1. 嘉義市所詮釋的三維網格模型並非使用無人機拍攝，而是以有人機傾斜攝影，垂直攝影影像解析度 10 公分，但傾斜攝影解析度稍差。
(十四) 自強工程顧問有限公司
1. P8：高程控制測量以”VBS-RTK”為原則...，平面控制測量以”VBS-RTK”為原則...。 2. P10：小像幅空中三角測量平差計算，1.顯著性、2.可定性、3.獨立性、充分性，建議刪除上述 4 項規定。
(十五) 亞新國土科技股份有限公司
1. 建議附表表格內文字應與作業規範文字前後呼應，部分專有名詞應一致。
(十六) 詮華國土測繪有限公司
1. 第貳章作業流程圖，畸變差糾正影像應該也使用此影像進行等高線測繪。 2. 影像檢核傾斜角與航偏角規定應該與前述章節相同。 3. 目前此規範是否能提供其成本分析?

九、簽到表

內政部國土測繪中心

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範

委託研究案第 3 次專家座談會

會議時間：中華民國 110 年 12 月 23 日下午二時整

會議地點：內政部國土測繪中心第一會議室

編號	出席人員	簽到處	備註
1	王聖鐸 老師	請假	
2	史天元 老師	史又之	
3	江澤欽 老師	江澤欽	
4	林玉菁 老師	林玉菁	
5	徐百輝 老師	徐百輝	
6	張智安 老師	張智安	
7	曾義星 老師	曾義星	
8	葉堃生 課長	葉堃生	
9	趙鍵哲 老師	趙鍵哲	
10	劉正倫 副院長	劉正倫	

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究案第 3 次專家座談會

編號	出席人員	簽到處	備註
11	國家發展委員會		
12	內政部地政司	吳俊毅	
13	內政部營建署 城鄉發展分署		
14	行政院農業委員會 林務局農林航空測量所		
15	國防部軍備局 生產製造中心四〇一廠		
16	國家災害防救科技中心		

編號	出席人員	簽到處	備註
17	臺北市政府都市發展局		
18	新北市政府城鄉發展局		
19	桃園市政府都市發展局		
20	臺中市政府都市發展局		
21	臺南市政府都市發展局		
22	高雄市政府都市發展局		
23	中華民國測繪業商業同業 公會	高測業	
24	台灣地理資訊學會		
25	財團法人國家實驗研究院 國家高速網路與計算中心		
26	中興測量有限公司	中興	

編號	出席人員	簽到處	備註
27	台灣世曦工程顧問股份有限公司	何真中	
28	自強工程顧問有限公司	邱俊榮	
29	亞新國土科技股份有限公司	徐明鑑	
30	岳達科技股份有限公司	蕭怡和	
31	新陸國土測繪有限公司	高昭嘉	
32	瑞竣科技股份有限公司		
33	經緯航太科技股份有限公司	張瑞院	
34	群立科技股份有限公司		
35	詮華國土測繪有限公司	彭從政	
36	鴻圖股份有限公司		

內政部國土測繪中心

110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範

委託研究案第 3 次專家座談會

會議時間：中華民國 110 年 12 月 23 日下午二時整

會議地點：內政部國土測繪中心第一會議室

出席人員	簽到處	備註
內政部國土測繪中心	曾維賢 王敏雄 湯崑佩 林文亮 張錦輝 鍾文亮 柯榮司	
中華民國航空測量及 遙感探測學會	陳建建 王蜀岳 陳昱芸 張子展 邱依偉	

附件三

歷次工作會議紀錄

「110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究」

第 1 次工作會議紀錄

一、時間：110 年 4 月 29 日(星期四)下午 2 時

二、地點：本中心第 1 會議室

三、主持人：曾副主任耀賢

紀錄：林鷺均

四、出席人員：詳如簽到簿。

五、報告事項：略。

六、會議結論：

(一)本月預定進度 34.5%，實際執行進度 34.5%，符合契約規定。

(二)由本中心測量隊協助辦理地面控制點布標與控制測量作業，本項工作預定於 5 月 31 日前完成。其中地面控制點布設預定於 5 月 15 日前完成、航拍取像作業與部分控制測量(包含布標控制點、現況控制點)工作，則採各批工作完成相關成果後，分批提供航遙測學會先行辦理後續之資料處理、計算及成果驗證分析。

(三)本次試辦區規劃以 2 種航高進行取像，其中將提交廠商南港區航拍 GSD 7 公分與 GSD 5 公分成果；北屯區航拍 GSD 7 公分與 GSD 5 公分成果。後續作業，廠商就 2 種航高先行辦理初步測試分析，據以選擇最適航高成果進行整幅圖之立體製圖。並就製圖精度、人力、經費、時間等進行統計分析，做為後續研訂規範之參考。

(四)本案 2 個測試區若因航拍取像過程中發生不可抗力因素而產生影像傾角過大情形，影響立體測圖作業時，應分析該影響所導致之繪製的精度誤差及影響之層面，研議具體改善方案，納入後續研訂規範之參考。

(五)請廠商增加本案 2 個試辦區航拍成果(南港、北屯)產製之 3D mesh

model 成果進行驗證分析，納入研擬三維網格模型 (3D Mesh model)之
成果檢查規定中。

七、散會：上午 15 時 30 分。

110 年度研擬小像幅像機測製
 一千分之一地形圖規範委託研究案
 第 1 次工作會議簽到簿

時 間：110 年 4 月 29 日(星期四)下午 2 時	
地 點：本中心第 1 會議室	
主 席：曾副主任耀賢 <i>曾耀賢</i> 紀 錄：林鷺均	
出 席 機 關 (單 位)	簽 到 處
中華民國航空測量及遙感探測學會	<p style="text-align: center;"><i>王國安</i> <i>陳良健</i></p> <p style="text-align: center;"><i>陳昱堯</i> 印依席</p>
內政部國土測繪中心	<p style="text-align: center;"><i>王敏雄</i> <i>黃奕</i> <i>林文亮</i> <i>許展祥</i></p> <p style="text-align: center;"><i>張錦輝</i> <i>王和</i> <i>溫凱佩</i></p>

「110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究」

第 2 次工作會議紀錄

- 一、 時間：110 年 5 月 29 日(星期一)下午 2 時 30 分
- 二、 地點：本中心第 2 會議室(視訊會議)
- 三、 主持人：曾副主任耀賢 紀錄：林鷺均
- 四、 出席人員：詳如簽到簿。
- 五、 報告事項：本案航拍取像及控制測量作業，已由本中心完成控制測量布設作業；原訂於本年 5 月 20 與 26 辦理測試區航拍取像，因新冠肺炎本土疫情提升至全國三級警戒，交通部民用航空局於本年 5 月 15 日起公告無人機活動暫停派員進駐臺北及高雄近場臺而無法進行航拍取像作業，致本案廠商作業進度落後，本中心將於近場臺開放後，將立即辦理後續航拍取像作業，並於航拍前由本中心測量隊進行航標巡查工作。
- 六、 會議結論：
 - (一)本月預定進度 43.5%，實際執行進度 40.5%，落後預定進度 3%。
 - (二)依本案契約規格所訂之研擬三維網格模型成果檢查規定，係以研擬符合於一千分之一地形圖航拍取像下之三維網格模型品質為主要標的，目前本中心提供之三維網格模型成果案例，因部分案例實際航拍作業模式優於一千分之一地形圖航拍規格，為避免因參考優規成果所研訂之驗收標準太高，導致未來實務作業時之成果無法符合驗收標準，本中心將依一千分之一地形圖航拍規格，抽減部分航帶影像，並重新辦理影像密匹配及建模作業。另針對本案 2 個試驗區三維網格模型成果，在符合本案履約效期之前提下，仍請納入研擬三維網格模型成果檢查規定進行分析。

(三)有關本案第 2 次及第 3 次座談會辦理原則及預定完成事項，仍請廠商依原合約規劃，分別於完成規範(草案)後與成果驗證後適時召開第 2 次座談會，並於第 3 次座談會完成規範(草案)定稿工作。惟廠商得考量疫情因素選擇合適時機召開座談會，必要時亦得採線上視訊方式辦理，並請與會人員於會前先行提送書面意見，俾視訊會議討論順利進行。

(四)本案因疫情影響導致本中心無法辦理測試區航拍取像，恐無法於合約規定之 60 日內(本年 6 月 21 日)提交測試區航拍影像成果，考量上開航拍影像成果驗證尚屬本案之核心事項，測試區航拍影像若無法如期取得，後續契約變更處理方案優先以展延履約期限為原則；至展延日數核算方式，除本中心無法依約交付前述航拍影像成果所延遲之日期外，廠商得具體敘明因防疫需要，配合啟動居家辦公或人員申請防疫照顧假等，導致須展延履約期限或增加成本之理由，並須檢附相關佐證資料送交本中心後續評估展延履約期限之審核參考。另如長期持續受疫情因素，導致嚴重影響本案履約效期時，得由雙方協議採減工減價方式辦理。

七、散會：上午 15 時 30 分。

「110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究」

第 3 次工作會議紀錄

一、時間：110 年 6 月 28 日(星期一)下午 2 時

二、地點：本中心第 2 會議室(視訊會議)

三、主持人：曾副主任耀賢

紀錄：林鷺均

四、出席人員：詳如簽到簿。

五、報告事項：無。

六、會議結論：

(一)本月預定進度 54%，實際執行進度 48%，落後預定進度 6%。

(二)本案航拍取像及控制測量作業係由本中心辦理，原訂於本年 5 月 20 與 26 辦理測試區航拍取像，因新冠肺炎本土疫情提升至全國三級警戒，交通部民用航空局於本年 5 月 15 日起公告無人機活動暫停派員進駐臺北及高雄近場臺，因而無法進行航拍取像作業，致本案廠商作業進度落後。後續如中央疫情指揮中心宣布降為二級警戒，本中心將提前協請測量隊提前辦理布標點與現地點之巡查作業，並於民航局重啟近場臺服務後，由航拍委辦廠商儘速依民航局相關規定流程，重新於「遙控無人機管理資訊系統」進行無人機活動申請登錄，並依核定日期派員進駐近場臺，盡速完成航拍取像作業。

(三)有關研擬三維網格模型之成果檢查規定，應全面考量各種航拍類型進行試驗及研究文件，俾利本案作業規範更具代表性。請承包廠商中華民國航空測量及遙感探測學會（以下簡稱航遙測學會）將 3D mesh 模型依取像模式分為具傾斜航拍之模型、井字垂直航拍模型與單向垂直航拍模型等三類，據以進行三維網格模型成果檢查規定之資料分析及研究；另俟

本中心完成航拍取像及產製 3D mesh 模型成果後，提供航遙測學會據以辦理不同地面解析度(GSD)之三維網格模型成果檢查規定之資料分析及研究作業。

七、散會：上午 15 時 30 分。

「110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究」

第 4 次工作會議紀錄

一、 時間：110 年 7 月 30 日(星期五)下午 2 時

二、 地點：本中心第 3 會議室(視訊會議)

三、 主持人：梁簡任技正旭文

紀錄：林鷺均

四、 出席人員：詳如簽到簿。

五、 報告事項：無。

六、 會議結論：

(一)本月預定進度 57%，實際執行進度 54%，落後預定進度 3%。本案航拍取像及控制測量作業係由本中心辦理，原訂於本年 5 月 20 日及 26 日辦理試驗區航拍取像，因新冠肺炎本土疫情提升至全國三級警戒，交通部民用航空局(以下簡稱民航局)於本年 5 月 15 日起公告無人機活動暫停派員進駐臺北及高雄近場臺，因而無法進行航拍取像作業，致本案廠商作業進度落後。嗣經民航局於本年 7 月 1 日重新公告開放遙控無人機活動，本課立即通知委外航拍廠商分別於本年 7 月 8 日及 15 日完成 2 個試驗區之航拍取像作業，本中心已於本年 7 月 29 日將航拍影像及控制測量等資料函送航遙測學會辦理後續試驗區驗證作業。

(二)有關本次試驗區之原始影像之前後重疊率，臺中北屯約為 97%、臺北南港約為 87%，皆高於原規劃之 80%重疊率。請廠商依研究規劃辦理適度挑片，以進行在不同前後重疊率下對於空中三角測量解算成果影響之研究。

七、 散會：下午 15 時。

「110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究」

第 5 次工作會議紀錄

一、 時間：110 年 8 月 30 日(星期一)下午 2 時

二、 地點：本中心第 1 會議室

三、 主持人：梁簡任技正旭文

紀錄：林鷺均

四、 出席人員：詳如簽到簿。

五、 報告事項：無。

六、 會議結論：

(一)本月預定進度 60%，實際執行進度 58.5%，落後預定進度 1.5%，係因新冠肺炎疫情影響使航拍實驗工作進度落後，請航遙測學會積極趕辦。

(二)有關針對本中心提供之三維網格模型成果案例，研擬對應之三維網格模型檢查機制，請航遙測學會於下次工作會議展示程式所檢查之範例，以確定與預期使用相符。

(三)本案第 2 次專家座談會預計於 110 年 10 月上旬辦理，請航遙測學會於會前完成規範(草案)與成果驗證，並依據研討規範之內容提列專家學者建議名單送本中心確認後，據以籌辦後續會議事宜。

七、 散會：下午 3 時。

110 年度研擬小像幅像機測製
 一千分之一地形圖規範委託研究案
 第 2 次工作會議簽到簿

時 間：110 年 8 月 30 日(星期一)下午 2 時 00 分

地 點：本中心第 1 會議室

主 席：梁簡任技正旭文  紀 錄：林鷺均

出席機關(單位)

簽 到 處

中華民國航空測量及
遙感探測學會

王蜀嘉
陳劍建

陳昆芸 邱依屏

內政部國土測繪中心

王敏雄
湯凱佩
張銘揮

林鷺均 許展祥

「110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究」

第 6 次工作會議紀錄

一、 時間：110 年 9 月 30 日(星期四)上午 10 時

二、 地點：本中心第 2 會議室

三、 主持人：王課長敏雄

紀錄：林鷺均

四、 出席人員：詳如簽到簿。

五、 報告事項：無。

六、 會議結論：

(一)本月預定進度 64.5%，實際執行進度 64.5%，符合預定進度。

(二)本案旋翼機拍攝之臺中試驗區，高程均方根誤差(RMS)較大，請航遙測學會針對影像模糊度、鏡頭殘餘畸變差及不同架次分別計算參數等方面，再進行測試分析。

(三)本案目前空中三角平差模擬實驗中，關於內部控制點分布是以等間隔方式佈設，請實驗配合側向重疊率調整控制點分布情形，並分析其空中三角平差計算之影響。

(四)針對目前本中心提供之三維網格模型成果，於部分未受遮蔽區仍有不完整破損情形，將由本中心再行提供不同建模軟體(如:pix4D)及調高參數之三維網格模型成果，供航遙測學會再行分析確認其是否為建模參數設定、使用不同建模軟體，或因影像紋理單一導致匹配問題等因素所致。另如係使用不同建模軟體或使用調高參數後之模型不完整問題仍未改善時，則請航遙測學會依實際研究結果，據以納入網格模型規範之參考。

七、 散會：上午 11 時 40 分。

「110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究」

第 7 次工作會議紀錄

- 一、 時間：110 年 12 月 2 日(星期四)上午 10 時
- 二、 地點：本中心第 2 會議室
- 三、 主持人：曾副主任耀賢 紀錄：林鷺均
- 四、 出席人員：詳如簽到簿。
- 五、 報告事項：無。
- 六、 會議結論：
 - (一)本月預定進度 87%，實際執行進度 87%，符合預定進度。
 - (二)請依附件「工作小組規範草案意見」之討論事項修訂本案研擬之「小像幅一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」及「小像幅一千分之一數值航測地形圖成果檢查作業規定」，提報第 3 次專家會議討論。
 - (三)本案第 3 階段繳交之 2 幅一千分之一圖幅之試辦區驗證成果，有關等高線測繪工項，台北南港試辦區請由本中心提供之台北市地區一千分之一數值地形圖之等高線成果進行套繪；台中北屯試辦區請至台中市政府資料開放平台下載臺中市千分之一航測地形圖資料，擷取等高線成果進行套繪。
- 七、 散會：上午 12 時 40 分。

附件

工作小組規範草案意見(小像幅工作會議 1202)

規範位置	內容	修正意見
壹、九	作業區內測繪資料應與外圍已測繪一千分之一地形圖資料作接邊整合。	因各圖資測製年度相差久遠，可能造成接邊困難，故接邊困難者建議參照本中心 1/5000 基本圖做法修改，不強制接邊僅列冊說明。
壹、十三、名詞定義	定位及定姿系統 (position and orientation system, POS) 輔助空中三角測量：在航拍飛行載具上安裝以衛星定位及慣性導航技術同步紀錄攝影曝光瞬間載具位置及姿態之設備。	POS 應包含 GNSS/IMU，第一次出現的名詞應解釋，並有中英全寫以便對照。
貳、作業流程、流程圖	<pre> graph TD A[擬定測圖計畫] --> B[航測控制點布設] B --> C[航空攝影] B --> D[航測控制測量] C --> E[影像下載及處理] E --> F[密匹配空中三角測量] E --> G[自準光束法空中三角測量] D --> H[解算攝影站位置] H --> G F --> I[生成點雲檔] F --> J[畸變差糾正影像] G --> K[地物測繪 (數值立體測圖)] G --> L[數值高程模型及等高線測繪] L --> M[正射影像製作] I --> N[二維網格模型] J --> K K --> O[調繪補測] O --> P[數值地形圖編纂] P --> Q[都市計畫線套繪] R[都市計畫圖框聯測] --> Q Q --> S[數值地形圖地理資訊圖層製作] S --> T[詮釋資料製作] T --> U[測量工作報告書] </pre>	刪除「密匹配空中三角」；生成點雲檔改成「影像密匹配產製點雲檔」。
參、四、(五) 航空攝影機	航空攝影機採用非量測型小像幅像機，原始像素尺寸應小於 (含) 6 微米。 航空攝影機檢定報告 航空攝影機必須提出最近 5 年內攝影機	內文中「原始像素尺寸應小於 (含) 6 微米」，目前已有規定 GSD 符合 10 公分需求即可，廠商設計對應航高進行拍攝即可達到需求，如若限制原始像素尺寸將直接排除某些相機，建議刪除。 商用相機原廠不會出具原廠攝影機檢定報告，建議刪

	<p>檢定報告及合格證明書（經由實驗室或地面檢定場檢定），各項檢定方法均需於檢定報告中詳述。</p> <p>（2）數位式攝影機檢定項目至少包含幾何率定（像主點、透鏡畸變差）、CCD 幾何位置精度、輻射率定（像機靈敏度、光圈校正、線性度(Sensor Linearity)、雜訊、缺陷像素 (Defect Pixel Recognition)、調制轉換函數 (Modulation Transfer Function, MTF)、像素光譜反應特性曲線等檢定項目。</p>	<p>除。</p>
	<p>航空攝影機提出最近 5 年內原廠攝影機檢定報告或最近 2 年內經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認辦法之認證機構所認證之實驗室校正報告…</p>	<p>同上，商用相機原廠不會出具原廠攝影機檢定報告，建議刪除「5 年內原廠攝影機檢定報告」，保留「2 年內經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認辦法之認證機構所認證之實驗室校正報告」。</p>
<p>參、五、控制測量</p>	<p>加密控制點位以每隔約 500 公尺布設 1 點控制點為原則，且應至少可通視其他 2 個控制點；若因受地形限制時，則以 300 至 1,500 公尺布設 1 點，須採點對方式布設者，以至少 3 點兩兩通視為原則。</p> <p>新增</p>	<p>此項規定已不合時宜，故建議刪除。</p> <p>在控制測量(包含平面及高程)部分，目前 107 年版規範草案條文中，似乎都沒有提到目前國內測繪測業界使用最普遍的虛擬基準站即時動態定位測量方法(或稱 VBS-RTK)之作業規範，建議可參照納入本中心現行辦理 1/5000 基本地形圖測製作業說明之相關條文</p>
<p>參、六、空中三角測量</p>	<p>加入自率參數以消除小像幅攝影機之內方位誤差。加入之參數必須滿足以下四個條件：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 顯著性 (significance)，加入之參數必須經過統計檢定證明其存在。 2. 可定性(determinability)，加入之參數屬於本空三網形結構可以解算出來者。 3. 獨立性 (independence)，所加入之全 	<p>消除粗差的 4 個條件，納入規範就要有對應檢核機制，如顯著性、可定性、充分性的，建議補充門檻值。</p>

	<p>體參數之間必須互相獨立，不得具有顯著之相關性，相關係數不得大於 0.7。</p> <p>4. 充分性 (sufficiency)，所加入之參數已經充分消除攝影機的系統誤差。</p>	
<p>檢查作業規定 (草案)</p> <p>十五、三維網格模型</p>	<p>檢查的規範除新增三維網格模型的檢查項目，有關小像幅一千分之一小像幅測製流程中對應之的檢查內容均須納入。</p> <p>模型細緻程度檢查：檢查模型可區分最小單位地物（如陽台、屋頂電機設備…等）。</p>	<p>模型細緻程度檢查中，最小單位地物應定義尺寸，未說明細緻度檢查的內容，請補充。</p>

附件四

第 1 階段~第 3 階段成果審查意見及回覆

內政部國土測繪中心

「110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究

採購案」(案號:NLSC-110-20)」

第 1 階段研究計畫書審查意見回覆表

問題及意見	回覆修正情形
一、有關評審委員意見回覆，工作小組初審意見回覆及需求訪談之決議事項，其中與研究內容相關者，請補充納入研究計畫書，並將需求訪談紀錄納入研究計畫書之附件。	已修正於 P16 倒數第 1~2 行，P17 第 7、13、14 行，P20 第 3~9 行，P22 倒數第 1~2 行，P23 倒數第 1~2 行。
二、P.17，試辦區作業之選定，請依需求訪談第 5 項「試辦區之選定除考量地物多樣性」	已修正，補充 P16 倒數第 3~4 行。
三、P.43，「柒、研究進度及預期完成之工作項目」表格內，月次應修正為實際執行月份；另決標日期 D 應該為 1 月 27 日，D+15 應修正為 2 月 11 日。	已修正 P43「柒、研究進度及預期完成之工作項目」表格。
四、建議將 3D mesh 貼圖品質之正確性納入評估，探討貼圖品質之容許度。	本會將於後續作業納入考量。
五、文字修正	
(1)P.18，「...按影像解低度應達...」，應修正為「...按影像解析度應達...」	已修正於 P24。
(2)P.1、5、33、35、40、47「(篇幅不足，請另紙繕附)第頁」等文字請刪除	已刪除。
(3)P.29「三、預計可能遭遇之困難及解決途徑」、「(一)航空攝影」、「1、航拍申請通過時程考量」標題字型大小不一致，請重新檢討研究計畫書各章節格式。	已修正。
(4)P.44「...目前規劃第 1 次座談會排定於第 2 個月中召開，並於相關規範(草案)研擬完成後之第 5 個月中召開第 2 次座談會...」，時程上已逾期，且應納入需求訪談之決議第 6 項「...第 2 次專家座談會將調整至 8 月下旬再行辦理」，請依規畫期程辦理相關文字修正。	已修正於 P50。

「110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範委託研究採購案」

期中報告審查意見

評審委員審查意見	回覆修正情形
楊委員明德	
1. 飛行條件是否需控制?或控制影像品質即可?	由於本案主要是以 UAS 航拍影像以立體測圖方式產製千分之一地形圖，因此所得影像須能組成立體模型並可符合人眼視覺條件，因此飛行條件如：攝影軸傾斜角小於 8 度，仍是航拍時的基本要求，以利立測作業。
2. 若以 SfM 做三維模型，需要目標物同時出現在 3 張影像以上，考慮無人機穩定性較不佳，尤其旋翼機重疊率應至少 80% 以上，若需考慮影像數量在電腦處理能力負荷，重疊率又不宜過高。	本案試辦區域中實際航拍前後重疊率，台中約為 97%、台北約為 87%，皆高於原規劃之 80% 重疊率。至電腦處理能力之負荷程度，應不需過度擔心，但也謝謝委員建議。
3. 影像上的控制點(已知坐標)的加入會大幅降低連續影像匹配的誤差累積，故控制點與檢核點的分布密度應有門檻。	本會將針對影像前後/左右重疊率、控制點密度、像元地面解析度等因素對成果品質影響進行分析評估，進而針對後續 UAS 航拍立測產製千分之一地形圖提出建議規劃配置參數。
4. 三維模型的檢查上除了點坐標外、線段長、面積等皆可考慮為檢核項目。	謝謝委員建議，本學會亦將考慮將線段長、面積納入三維模型檢核項目。
5. 以 SfM 產製之疏點雲或密點雲，是否有經過編修，排除 noise?被遮蔽地貌是否會補測。	本案對於三維網格模型之定位是為產製千分之一地形圖所航拍的影像順便產生的附加產品，考量成本之下的做法是交由軟體自動化產生，尚無人工編修或遮蔽補測之規劃。
尤委員瑞哲	
1. 目前用於 UAS 的數位相機像素數都很高，原始像素尺寸建議不低於 6 微米。	謝謝委員建議，將納入規範建議。
2. 期待期末有 UAS 是否可以適用於較大範圍的地形圖測製，其成圖精度、經費及整個製圖時間的評估。	本案提出的相關評估僅基於本案 2 幅千分之一圖幅試辦區作業經驗進行，針對較大範圍之作業估算僅能依此經驗進行推估，且 UAS 航拍製圖有其較具經濟效益的適用範圍極限，更大範圍之製圖仍建議以傳統有人機搭載量測型像機進行更具效益。
3. 建議實驗設計宜包含航高、地面解析度、影像清晰度等因素，並以成果是否達到千分之一地形圖測製規定為考量重點。另外，測區航帶的設計的考量，例如每條航帶頭尾要增加的像片數、沿航帶方向最外圍是否宜規畫至少一條以上的重疊航帶?	本試辦區的實驗設計有考量到航高、地面解析度、影像清晰度等因素。 關於測區航帶的規劃皆有外擴至少一條航帶，以確保立體模型範圍可完整涵蓋製圖區。

評審委員審查意見	回覆修正情形
<p>4. 無人機航拍製圖的精度，重疊率是一項重要因素。本案似乎重疊率只設計了兩種(表 2-3-3)，(80%，80%)和(80%，60%)。對於一個研究案來說，似有不足。建議航拍飛行時，可採較高重疊率，而區域平差時，抽掉一些影像，降低重疊率，如此可比較多種不同重疊率的空三結果，最後再建議國土測繪中心在什麼情形上採行什麼樣的重疊率，並分別在空中三角和製圖時，重疊率的取捨給出建議。</p>	<p>本案試辦區域中實際航拍前後重疊率，台中約為 97%、台北約為 87%，皆高於原規劃之 80%重疊率。經過實驗將提出最經濟又符合規範精度的配置。</p>
<p>5. 表 2-3-2 列出常見的無人機機種(其中有一些小片幅的機種)，但表 2-3-7 只比較了全片幅的商用攝影鏡頭，宜增加對於表 2-3-2 所列機種的規格及其實務上可達成的精度比較說明。</p>	<p>已彙整於表 2-3-1。</p>
<p>6. 針對無人機的特性，空中三角控制點的分佈，在實驗設計時，考量除了按現行航測佈設在角落、周邊或有無搭載 GNSS 或 IMU 外，是否有考量要在區域內部佈設空三控制的必要性，並加以分析？</p>	<p>本試辦區成果由於硬體設備限制，無法取得真正的 POS 觀測資料，將以最高規格配置求解之外方位模擬成 POS 觀測資料，並加入不同等級的隨機誤差進行測試分析，藉以評估 UAS 搭載之直接地理定位系統之必要性或其對於精度等級最低要求。本試辦規劃是以傳統航測所需的控制點密度進行布設，控制點密度也是本研究將探討的評估項目之一。</p>
<p>7. 針對無人機的特性，期中報告的航線規劃建議仍以東西向或南北向為原則，是否仍有必要？另外，傾角的限制是否宜放寬？例如航拍線形物如高速公路或鐵路等，為顧及安全性，可能採取傾斜攝影的方式較妥。當然在傳統較高空的航拍，要求東西向或南北向、垂直攝影，較不會有困擾。</p>	<p>(1)由於本試辦區域是千分之一圖幅為範圍，且其中地物屬均勻分布，並無特定的方向性，因此航拍規劃則採常態的飛法。如有其他案例是需要採特定方向的飛法，則視實際地物特性規劃。 (2)由於本案主要是以 UAS 航拍影像試辦千分之一地形圖，因此所得影像須能組成立體模型並可符合人眼視覺條件，因此飛行條件如：攝影軸傾斜角小於 8 度，仍是航拍時的基本要求，以利立測作業。如真有涉及安全性的問題，如跨越高速公路或鐵路，則仍需按照民航局規定辦理。</p>
<p>8. 針對中小像幅立體像對，因其可供立製的範圍非常小，而市面上已有一些軟體採正射影像方式以進行地形圖測製，本案是否會針對製圖方式加以分析並給出建議？</p>	<p>按照現有千分之一地形圖規範，仍是以立體模型測製地形圖。若要測試採取正射影像方式以進行地形圖測製，恐不在本案工作項目範圍之內。</p>
<p>9. 建議在規範，對無人機的操作員，宜限制其操作技術須領得民航局某一等級以上的證照。</p>	<p>謝謝委員建議，將納入規範草案。</p>

評審委員審查意見	回覆修正情形
10. 招標文件中，關於研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定的工作項目(四)，除了一千分之一地形圖的測製規範草案外，另要求在期中報告提出一千分之一地形圖測製成果驗證的細部規劃。關於測製草案，期中報告僅在表 2-3-14 列出對照表，建議完整提供草案。關於測製成果驗證的細部規劃則沒有提及，應予補充。	謝謝委員建議，已將測製成果驗證的細部規劃補充於 P34 及 P35。
11. 本案是否已經舉行過專家座談會，若是，期中報告應檢附會議記錄，及對於專家座談會的建議回應等資料。	已補充於本報告附件三。
12. UAS 大都為非量測型相機，其率定方法是否也會估計？	按本會以往執行 UAS 測圖經驗，由於 UAS 大多為非量測型像機，其像機內方位並非穩定狀態，透過率定作業求得的像機參數與航拍當下的像機參數未必一致，故仍需以附加參數自率光束法空三平差計算進行像機參數求解，以有效進行影像畸變差校正。
13. P. 51 的平面擬合計算，在數學上過於複雜，建議可以直接應用第(1)式即可，法向量是否為單位向量並不是重點。	謝謝委員建議，將納入後續計算方式調整方向。
14. 表 2-3-8 欄位中，對於攝影基線長的說明，會造成誤解或有誤。攝影基線長和重疊率有關，表上所列的重疊率均約為 80%，但攝影基線長欄位卻以 60%重疊率計算，宜改為 80%，或者改成控制點點位間隔，仍以 60%為準來計算。	謝謝委員建議，已修正。
15. 表 2-3-7 CMOS 尺寸，單位有誤，是公釐(mm)才對，而公厘是 cm 之意。	謝謝委員指正，已修正。
張委員崑宗	
1. 期中報告章節內容撰寫架構類似文章形式，不易對照本案要求執行工作事項及其成果。	請委員參考期中報告 P3 之六。
2. 在蒐集國內外小像幅相機測製地形圖規範上，僅從一些相關文章中擷取其研究成果，無法審視運用無人機系統與傳統航測進行地形圖測製、成果解算上之差異。建議參考國內外近期於大比例尺航測地形圖測製作業準則中是否有針對使用無人機系統測製之相關規定。例如，在尤教授協助	已納入參考，謝謝委員建議。

評審委員審查意見	回覆修正情形
<p>中興工程顧問公司執行交通部高公局「國道1號后里至大雅路段拓寬可行性評估委託技術服務-高速公路測量作業準則編修」。</p>	
<p>3. 從原先1/1000數值航測地形圖測製作業規定及上述高公局委託計畫期末報告中歸納出本案於高工局後續試辦作業規劃中幾點建議：</p>	
<p>a. 原作業規定中針對航線內相鄰影像重疊率(前後重疊)數位式攝影機為80%，實際影像重疊率不得低於以上規定之重疊率10%，若僅實驗80%前後重疊率，很容易受到環境影響，建議適當調高前後重疊率(e. g. 90%) (實驗項次3)。</p>	<p>本案試辦區域中實際航拍前後重疊率，台中約為97%、台北約為87%，皆高於原規劃之80%重疊率。</p>
<p>b. 從國外文獻中得知RTK和PPK等GNSS衛星定位測量技術已與無人機系統結合，建議使用類似系統進行測試，才能評估出UAS搭載之直接地理定位系統之必要性或其對於精度等級最低要求(實驗項次1)。</p>	<p>本試辦區成果由於硬體設備限制，無法取得真正的POS觀測資料，將以最高規格配置求解之外方位模擬成POS觀測資料，並加入不同等級的隨機誤差進行測試分析，藉以評估UAS搭載之直接地理定位系統之必要性或其對於精度等級最低要求。</p>
<p>c. 依據1/1000數值航測地形圖測製作業規定(附錄3-4)提及高程控制鍊得以加飛正交方向航帶取代，在旋翼機航線規劃上，除了東西向航線以外，是否另外增加南北向航線。另外定翼機使用相機(表2-3-8)其基線長與設計航高比為0.19，與作業規定中基高比(B/H)不小於0.3有所抵觸，工作團隊之用意為何？</p>	<p>(1)本試辦區已以2倍基線之間隔布設全控點。 (2)作業規定中基高比(B/H)不小於0.3應是製圖時的基高比要求，若實際航拍因前後重疊率高使得基高比小於0.3，組立體模型時則應跳片處理。</p>
<p>d. 原作業規定中針對航攝影像攝影軸傾斜角小於8度，航偏角小於10度(附錄3-8)。由於無人機系統低空飛行受到環境氣流影響較大，倘若僅以最終立測成果作為精度分析標的，而不去評估對於空三平差成果之影響，無法了解上述規定是否需要修訂。再者，規定中對於影像匹配自動化量測空中三角連結點可靠度指標有所規定，團</p>	<p>為使立體模型符合人眼視覺條件，對於攝影軸傾斜角小於8度，仍是航拍時的基本要求，以利後續立測作業。 本案空中三角測量將採用專門處理UAS影像之pix4D軟體進行影像特徵匹配，藉以取得大量但是並無可靠度指標的空三連結點，再匯入LPS ORIMA進行傳統嚴謹的空三平差偵錯及計算，剔除有疑問的點，必要時再以人工補足連結強度不足處。其可靠度指標需自行計算確認自動匹配</p>

評審委員審查意見	回覆修正情形
<p>隊報告中亦提及採取嚴謹附加參數自率光束法空三平差計算，請教使用哪一套軟體進行?是否顯示上述指標計算結果，探討此項規定是否應進行修訂?</p>	<p>結果是否滿足影像重疊率所應達到的連結點可靠度指標。</p>
<p>e. 參考一千分之一數值航測地形圖成果檢查作業規定，對於數值高程模型、正射影像亦有檢查規定(附錄 4-8, 4-10)，請教團隊是否亦應針對這部分成果產製上進行評估。</p>	<p>基於作業經費及時程考量，本案作業重點為利用 UAS 航拍立測產製千分之一地形圖。並已於本案需求訪談及第一次工作會議中確認數值高程模型採以修測既有光達 DEM 方式獲取，不若以往重新產製方式進行，與正射影像之相關檢查評估規定不在本案成果評估中，將以文字進行相關檢查方式之調整修訂。</p>
<p>4. 文獻重點歸納整理中，對於英文文獻內容描述有待斟酌，例如 P12 第(十一)~(十八)篇翻譯內容。</p>	<p>已進一步確認修正，並刪除與本研究較無關聯之文字內容。</p>
<p>5. 關於三維網格模型之成果檢查流程，如平坦區網格單元及模型邊緣網格之抽樣檢查數量、合格標準、邊緣參考線之產生方式，請團隊補充說明!</p>	<p>將於期末報告提出說明。</p>
<p>6. 在既有模型成果測試中，P64-65 測試區域苗栗市模型幾何評估結果中顯示抽航帶屋頂平面均方根差(0.06)優於原航拍結果(0.11)，請補充解釋。</p>	<p>本期中報告中對於實驗資料成果僅為測試範例，意即後續測試成果的呈現將如表 2-4-4~表 2-4-6 所示，未來將盡量蒐集更多資料類型，以利分析歸納不同條件下成果品質。</p>
<p>吳委員水吉</p>	
<p>1. 本案利用 UAS 搭配非量測型相機測製一千分之一地形圖制訂規範之研究，非量測型相機本身鏡頭畸變差都可能影響製圖之精度，但本計畫中對於精度之檢核點卻是只有 50 點，是否足夠，請說明。</p>	<p>非量測型像機鏡頭畸變差之校正將以高重疊率影像並搭配附加參數自率光束法空三平差計算進行像機參數求解，以有效進行影像畸變差校正。 本案規劃之精度檢核點乃針對立測之地形圖成果設計。</p>
<p>2. UAS 受氣流影響相當大，飛行當中穩定性較差，所以採取垂直連續攝影時，傾斜角與航偏角對於立體製圖都會有很大的影響，也是成敗的關鍵，如何提高其穩定性，或制訂傾斜角、航偏角的最大容忍度。</p>	<p>關於制訂傾斜角、航偏角的最大容忍度，將按照第1次工作會議決議「本案2個測試區若因航拍取像過程中發生不可抗力因素而產生影像傾角過大情形，影響立體測圖作業時，應分析該影響所導致之繪製的精度誤差及影響之層面，研議具體改善方案，納入後續研訂規範之參考。」辦理。</p>
<p>3. 本計畫試驗區航拍航線內前後重疊採 80%，航線間也是 80%重疊來找出可接受的重疊度，但每張影像的地面涵蓋範圍也會受到傾斜角、航偏角影響，而影響其重疊率，</p>	<p>本案試辦區域中實際航拍前後重疊率，台中約為 97%、台北約為 87%，皆高於原規劃之 80%重疊率，以利充分進行實驗並盡量避免重疊率不如規劃影響實驗進行。</p>

評審委員審查意見	回覆修正情形
是否也應該考慮。	
4. 表 2-3-14 中的參、三、(四)提到如因地形因素或受飛航管制航高限制之區域，經本機關同意或測量技師專業判斷或監審單位確認後……。是否應該重新檢視，地形因素會是在規劃航高航線時應該考量的因素，似乎不該在此作為規範，又航管區航高放寬之權限，是否只要測量技師或監審單位確認即可，不需要經過機關同意，請說明。	此段文字中之地形因素應屬局部區域之起伏造成 GSD 未達規範需求，建議規範應該保有此彈性允許。只要廠商能提出證明，經機關及監審廠商確認。
蔡委員季欣	
1. P11(八)UAV 配合辦理宜蘭員山鄉三泰段農地重劃區地籍圖重測現況測量，所列內容包含三圖合一、農地重劃及地籍圖重測等不同地籍整理方式，建議再檢視該文內容，對於上述三種不同狀況予以補充說明。	經確認該文獻與本研究較無關連，已刪除。
2. P15 綜合文獻歸納結論部分(一)所述，若要拍攝千分之一等圖框範圍所需經費及時間成本需另外予以評估，惟本案測試區設定為 2 幅千分之一之範圍，爰建議將上開文字中千分之一圖幅範圍刪除。	謝謝委員指正，已刪除。
3. P15(四)對於衛星定位測量方式，建議說明於本案中的角色。	衛星定位測量方式與本研究較無關聯，已刪除該段文字內容。
4. P16 表 2-3-1 無人機型之優劣比較表，對於定翼機、單旋翼機及多旋翼機所列之優劣勢，建議再予檢視修正。	由於本研究應為透過文獻蒐集歸納整理各相關研究之實驗配置，作為本案實驗設計之參數參考。至無人機型之優劣勢比較與本研究較無關連，只要能符合規範規定者皆是可接受的無人機型，因此暫刪除該表格。
曾委員耀賢	
1. P16 如圖 4-3 所示 ==> 如圖 2-3 所示。	謝謝委員指正，已修正。
2. P21 表 2-3-5 及 表 2-3-6。	
a. 建議表達資訊盡量相當或對應。	原表 2-3-6 為旋翼機之備用機規格，因原旋翼機已修繕完畢，因此已將備用機資訊刪除。
b. 旋翼機酬載達 30.0 公斤，是否正確？	單旋翼備用機經確認酬載可達 30 公斤。
c. 是否搭載 POS？及其精度等級。	有搭載 POS，精度等級為公尺級。

評審委員審查意見	回覆修正情形
d. 是否具備依據規劃航線自動飛航能力?	有具備依據規劃航線自動飛航能力。
3. 表 2-3-7 旋翼機 2 搭載像機之像元大小，請補充。	4.5 微米。
4. P53 理想直線係採靠近該線之離散網格點之求解最適直線。如果是建物之直立線或水平線，是否可能採二個面之交線？又是否可加入必須垂直或必須水平之約制條件？	至於幾何精度評估，本會朝向選擇較具可靠的方法，本會目前主要採取人工選取節點再行擬合的方法作為形狀幾何精度的比較基準。針對選取節點的方式如要朝向自動化可嘗試加入垂直或必須水平之約制條件。
5. P63-66:	
a. 和美測試區，垂直線段 RMSE 0.67m，但無水平線段之測試。	本期中報告中對於實驗資料成果僅為測試範例，意即後續測試成果的呈現將如表 2-4-4~表 2-4-6 所示，未來將盡量蒐集更多資料類型，以利分析歸納不同條件下成果品質。
b. 苗栗測試區(井)，水平線段 RMSE 0.11m，但無垂直線段之測試。	
c. 苗栗測試區，水平線段 RMSE 0.36m，但無垂直線段之測試。	
6. 請說明為何 和美未作水平線段之測試分析？苗栗未作垂直線段之測試分析？	期中報告相關內容僅為測試案例示意說明，實際檢核評估標的將更完整多樣。
7. 苗栗井字航拍像片數 1607，抽航線後像片數亦 1607，請檢核。	抽航線後像片數應為 997，謝謝委員指正。
8. P69 後續工作事項，建議應加入:	謝謝委員建議，已補充。
a. 試驗區之空三、立製。	
b. 測製規定草案研修。	
c. 試驗區成果驗證。	
d. 學者專家會議。	
國土測繪中心	
1. P.1 與 P.4，「遙控無人機 (Unmanned Aircraft System, UAS)」與「發展無人飛行載具系統(Unmanned Aircraft Systems, UAS)」名詞說法不一致，請檢視內文並統一為「無人飛行載具系統 (Unmanned Aircraft Systems, UAS)」。	已全面統一修正。
2. P.16，「表 2-3-2、國內研究使用無人機型整理」，請蒐集文獻中所使用之飛機與像機之機型規格、地面解析度(GSD)、航拍方式、航拍面積、控制點數量、精度等，彙整完整對照表，以作為規範研擬的依據。	已彙整於表 2-3-1。

評審委員審查意見	回覆修正情形
3. P. 20,「(三)載具及鏡頭規格介紹」,因本次航拍僅使用旋翼機 1,故有關於旋翼機 2(備用機)的相關文字及表格請刪除。	已刪除旋翼機 2(備用機)的相關文字及表格。
4. P. 22,「(四) 航拍規劃」請補充定翼機地面解析度(GSD)為 10 公分之相關規劃文字說明。	已補充。
5. P. 35,「表 2-3-14、小像幅航拍測製規定(草案)建議修正或規劃實驗之對照表」中,原規範文字僅擷取部分條文內容,應完整呈現規範文字,以利後續修訂文字之對照。	已完整呈現於附件二。
6. P. 35,本次應交付成果須有「小像幅航拍測製規定(草案)」內容,請將「小像幅航拍測製規定(草案)」對照表另增列於期中報告附錄。	已補充於附件一。
7. P. 36,「表 2-3-14、小像幅航拍測製規定(草案)建議修正或規劃實驗之對照表」中,「章節編號,參、三、(三)、2、(1)」之原規範乃對於中大像幅像機訂出的「……側向像幅不得少於 6500 像素……」,故關於小像幅的尺寸,除考量本中心所使用的像機像幅尺寸外,另請由文獻歸納各飛機所使用的商用像機之尺寸,取合適值訂定。	已彙整於表 2-3-1 及表 2-3-2。
8. P. 36,「表 2-3-14、小像幅航拍測製規定(草案)建議修正或規劃實驗之對照表」中,「章節編號,參、三、(三)、2、(4)」之原規範「數位式攝影機的原始像素尺寸應優於(含)15 微米」,乃是中大像幅之規定,故關於小像幅的尺寸建議除考量本中心所使用的像機像幅尺寸外,另請由本次蒐集之文獻歸納各載具所使用的商用像機之尺寸,研訂適合之小像幅數位式攝影機的原始像素尺寸。目前無人飛行載具所搭載的商用像機多為 5 微米內,請問草案制訂 10 微米之考量為何?	已透過表 2-3-1 及表 2-3-2 歸納得知。
9. P. 45,「(一)模型分類分級」之策略,是否應定義三維模型於多少尺度下或多少地面解析度(GSD)等級,再進行模型分級與檢查。	本會將先以既有模型歸納 GSD 影響三維模型的程度,再考慮如何將此指標納入模型分類分級策略。

評審委員審查意見	回覆修正情形
<p>10. P. 48，由於本案所需之三維網格模型將用於圖臺展示使用，除對於模型幾何精度的評估，模型貼模其自動化貼數的合理性，是否具評估方法？</p>	<p>三維網格模型之影像係一開始航拍時即取得，後續才在多邊形網格上配合方位貼數影像，惟貼數影像是由建模軟體自動貼數而成，因此貼數的合理性於本試辦尚無考慮相關評估方法。</p>
<p>11. P. 70，有關「第四章、結論與建議」中第一點至四點均屬與本中心討論議題，並已於歷次工作會議進行討論，請另闢適當「問題討論」章節；另請補充有關本案「研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定」與「研擬三維網格模型之成果檢查規定」之相關研究結論。</p>	<p>關於已與貴中心在歷次工作會議討論過之議題，則由附件四之會議記錄補充。針對本案「研擬小像幅航拍辦理一千分之一地形圖測製規定」與「研擬三維網格模型之成果檢查規定」之相關研究結論已補充於第四章。</p>
<p>12. 請補充第1次專家座談會紀錄及與會人員意見資料於期中報告附錄。</p>	<p>已補充於附件三。</p>

「110 年度研擬小像幅像機測製一千分之一地形圖規範

委託研究採購案」第三階段成果研究報告及建置都會區一千分之

一數值航測地形圖作業工作手冊（草案）審查意見

委員	審查意見	回覆修正情形
劉正倫	1. 本案有關 Unmanned Aircraft System 已有統一中文譯名「無人機系統」，建議於報告內容適當地方予以說明，並統一報告內文字。	於摘要第 1~2 行說明，並全面統一名詞
	2. 表 2-1-1 所列文獻，建議列入參考文獻內。	表 2-1-1 所列文獻已列入參考文獻。
	3. 「第七章、相關參考資料」應改為「第七章、參考文獻」。	已修正為「第七章、參考文獻」。
	4. 文獻編號(五)有三處都註明「未提供」，建議再詳查，如果真的沒有，則建議刪除。	已刪除。
	5. P.11，敘及「.....均可達到繪製建物邊界線精度。」請補充說明標準來源及精度數字。	已修正文字為「萃取邊界線完整度有其成效並足以應用於建構三維城市模型」。
	6. P.34，敘及「.....試辦區 A 資料僅作為驗證試辦區 B 結果之用.....」(P.37 亦有敘及)惟，P.39 有敘及試辦區 A 將採跳片處理後進行分析，實驗結果成果也不差，似乎不僅是用來驗證試驗區 B 結果之用?建議可修正寫法。	已修正寫法。
	7. 本案僅係以「符合 1/1000 地形圖航拍取像規格影像，附加製作出的三維網格模型」，並未增加傾斜航拍攝影所得影像來改善 3D Mesh 得品質，為避免誤用，建議於三維網格模型規定之前言與報告書中 P.50 中補充說明。	已補充。
	8. 文字錯誤需修正及建議修正內容，已直接註記於報告書內，提供修訂參考。	已全面參考修訂。
張崑宗	1. 請說明模擬實驗用意為何?關係到後續實驗成果之變化，如表 4-1-13、表 4-1-15、表 4-1-16 應檢視之。	已補充於 P33、P34。

委員	審查意見	回覆修正情形
	2. 附件一檢查作業規定中 P.6 三維網格模型檢查內容中，模型細緻度檢查標準之寫法過於主觀，應更加明確。	因目前僅能就既有成果模型大致訂定，若未來有執行上的疑慮，可再研議。
	3. P.49 有關試驗區 B 局部模糊現象分布的位置是否有相對應之分析。	P49 有說明部分像點觀測量卻被視作粗差與影像局部模糊之關係。
梁旭文	1. P.5-9，整理國內外 10 個 UAS 搭載小像幅辦理一千分之一之地形圖之研究情形，文獻編號與報告不符，請補列。	已修正。
	2. 3D Mesh Model 部分經去年實驗結果訂定抽查誤差不大於 2 公尺，因為實驗關係以 UAS 拍攝，而在未來大範圍一千分之一地形圖業務上應該採用有人機搭配正常航拍+傾斜攝影來產生 3D Mesh Model，是否能達到 2 公尺，請補充說明。	因目前無相關資料可佐證(如無立體模型可繪製參考線與參考面)，若未來有執行上的疑慮，可再研議。
蔡季欣	1. P.37 所提試辦區 A 因 UAS 機械問題導致前後重疊率不平均，建議將機械問題具體補充說明。	已補充為「疑似 UAS 機械問題或外部因素(如強風)」。
	2. P.37，實驗配置所列「本研究按照實際航拍任務可行且實務上多數的決策……」決定設定之條件，建議將上述文字刪除或補充說明。	已修正為「本研究按照實際航拍任務可行且實務上製圖多數採取的影像航拍要求」
	3. P.48，有關 GNSS 輔助之結果，是否可得「即使 GNSS 精度高達 1 公分至五公分，惟 GNSS 輔助後成果仍不顯著」之結論。	由 P47、P48 可知使用 GNSS 輔助空三有其效益，但建議建議內部控制點應至少增加 1 點，將使解算結果較為穩定。
	4. P.57，對於影像模糊區的認定方式，未來是否能仍以人工方式處理？	由於採用 UAS 搭載小像幅像機進行一千分之一地形圖測製按成本考量應是用於小範圍地區，因此暫以人工方式判定。

委員	審查意見	回覆修正情形
	5. P.57, 有關航空攝影工作期程應預留更多彈性, 惟以疫情因素影像屬特例, 如以正常狀態而言, UAS 航拍亦有不同的變數(航拍許可), 建議可修正。	於 P63 補充疫情因素屬特例, 但也可記錄並作為未來風險評估要點之一。
	6. 有關附件四, 自率法參數的設定計算中, 不同載具(定翼機與旋翼機)之設定方式, 是否會有所差別?	自率參數與像機本身內部構造之相關性較大, 與使用不同的載具之關聯性應較低。
	7. 定翼機(試辦區 A, 12 張)與旋翼機(試辦區 B, 100 張)之航拍影像數量差了 10 倍, 故有關成本分析僅以試辦區 B 進行分析, 請補充試辦區 A 之成本分析。相較於旋翼是否能降低內業成本?	已補充於 P69~P71。
曾耀賢	1. 研究報告之摘要: (1) 「Unmanned Aircraft System, 以下簡稱 UAS」文字, 移到第二行中第一次出現處。 (2) 本研究將針對三維網格模型 => 本研究針對三維網格模型。 (3) 本研究案預期目標包括 => 本研究案成果包括。	已參考修正。
	2. P.4, 可是任務特性彈性變動 => 可視任務特性彈性變動。	已修正。
	3. P.5, 座標 => 坐標。	已修正。
	4. P.17, 自行選擇個參數是否加入平差 => 自行選擇各參數是否加入平差。	已修正。
	5. P.26, 公式(1)=>公式(3-4); 公式(2)=> 公式(3-5)。	已修正。
	6. P.60, 女兒牆邊界難易判釋 => 女兒牆邊界難以判釋。	已修正。
	7. P.9, 文獻編號十之地面解析度 1.9/2.6, 是否應修正為 0.019/0.026	已修正。
	8. P.27, 計算空間中點到直線的距離 $d=.....$, 該公式僅為 1 維的計算式, 似太簡略, 請修正更明確之表示式。	已修正, 如式(3-6)。
	9. P.29, 北屯區太原地區 => 北屯區旱溪太原路附近。	已修正。
	10. P.65, 「為避免」3 個字獨立一行, 是否為贅字。	已刪除。

委員	審查意見	回覆修正情形
	11. P.65,「部分模型中心點在原點,因此需進一步平移才可套合...應定義其坐標系統」,建議規定模型的坐標系統要與製圖一致。	已修正。
	12. 簡報中有關於第3次座談會後再修正之內容,請納入報告中。	已納入補充於表5-1及草案規定。
國土測繪中心	1. P.49,有關「由驗證成果可知試辦區B驗證精度較試辦區A差.....」及表4-1-17定翼(試辦區A)與旋翼(試辦區B)之驗證成果,是否能增加定翼比較穩定之相關敘述。	已於P49補充。
	2. P.56,請補充本案測製之2幅試辦區成果出圖。	已於P66補充。
	3. 有關內文提到試辦區B之局部模糊現象,為避免後續遇到相同問題,有關清晰度檢查中之MTF是否針對影像取樣位置原則補充相關敘述?	由於此類問題屬偶發問題,檢查規定建議仍是朝向大方向之原則檢查。
	4. 有關三維網格模型作業與檢查規定,由於本中心提供之模型資料內含中像幅影像,且有關此部分規定不限於小像幅建置之三維網格模型,為避免混淆,擬獨立於作業規範中,定義為附件名:「三維網格模型測製與檢查規定(草案)」。另請補充於研究報告書P.21中新增本中心提供之三維網格模型案例表,敘述本案實驗之資料來源。	已新增「三維網格模型測製與檢查規定(草案)」附件。 已於P50~P53補充。
	5. 為完整「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊(110年草案)」請將小像幅規範中內容適用107年版草案者,應一併修改至107年版中、大像幅之草案,如:P.53航線方向修正;五、控制測量章節之修訂等,並標註紅字繳交電子檔。	已同步修正。
	6. 附件一P.11、P.12,有關[略過七、數值高程模型及等高線測繪~十五、詮釋資料製作]及[略過十七、測量工作報告書~十九、成果繳交],略過部分仍應敘述之,建議以參照原規範章節之方式填寫,填寫建議如下:依一千分之一數值航測地形圖測製作業規定第○項第○目第○點等相關規定辦理。	已按照建議填寫。

委員	審查意見	回覆修正情形
國土測繪中心	7. 研究報告中請補充「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定 100 年版、107 年版及本案修訂小像幅版本之對照表」於附件。	已補充。
	8. 研究報告中請補充本案 3 階段成果之審查意見及回覆情形於附件。	已補充於第八章。
	9. 文字修正建議： (1) 文中出現之名詞應前後統一，如單位名詞(m、公尺、公分)；1/1000 與一千分之一；RMSE 與均方根。	已全面統一。
	(2) P.1,摘要中 Unmanned Aircraft System,UAS 全稱已出現 2 次，後出現者僅須簡稱。	已修正。
	(3) P.1、P.3，因本次為期末成果報告，故摘要中與章節參之「預期目標」應改為「計畫目標」。	已修正。
	(4) P.13，軟體名稱 Agisoft Photoscan 已經改為「Agisoft Metashape」	已修正。
	(5) P.16，文中引用之 Brown(1976)文獻，未納入參考文獻中，請補充。	已補充。
	(6) P.18，「地控點分佈」應改為分「地面控制點分佈」。	已修正。
	(7) P.34，「圖*之軌跡可看出」，請修正。	已修正。
	(8) P.49，「不同方向模糊程度不同，如圖 4-1-12」參照錯誤。	已修正。
	(9) 文中有關「原規範」之相關文字，請正確參照「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定(107 年版草案)」	已修正。
	(10) 有關空中三角測量之簡稱空三，請於文章前面進行簡稱的定義。	已補充。
	(11) 附件一 P.2,感測元件面積應改為感光元件尺寸	已修正。
(12) 附件一 P.7，請補充逗號，「攝影傾斜角以不大於 8 度為原則，最大不得超過 10 度，航偏角以不大於 10 度為原則，最大不得超過 12 度」。	已修正。	
(13) 本次報告書格式、標號、排縮請重新檢視並修正之，以利閱讀。	已修正。	

附件五

有關附加參數的統計檢定實施程序及檢定標準

有關附加參數的統計檢定實施程序及檢定標準的補充說明

(以下暫以 ORIMA 空三平差報表內有之數據為例，若某商用平差程式報表內無類似數據，建議在平差完後再以 ORIMA 計算一次，俾得到下列檢定所需之數據)

以下之檢定步驟係假設全測區是以同一個相機且外在環境沒有劇烈變化條件下所拍攝者。若相機有更換或是在拍攝過程中 UAS 有重落地或其它足以懷疑相機內方位有被震動而改變時，則應將相機依照內方位之變異可能而分別賦予不同的名稱，例如 CAM_1, CAM_2 等等，俾賦予不同的附加參數。

若對相機之內方位穩定性及是否有變動有疑慮時，則應另以一個獨立之三維率定場對該相機做額外率定(有關此點可參考日本交通省國土地理院 UAV 測繪的相關規定)。

密匹配所得之空三連結點數量遠較傳統人工量測者多，且在影像內分布均勻。為了充分利用此特性，在使用自率法附加參數空三平差時，若該相機並未經過獨立之三維率定而得到高品質的內方位參數，則應將附加參數視為自由參數，不加任何驗前(a priori)約制，進行自率法空三平差，以便利用以下列步驟對自率法計算出來的參數進行檢定。

1. 參數顯著性檢定：

每次自率光束法空三平差後，報表會列出一個內方位參數之間的相關係數矩陣如下例所示：

Camera parameters

Camera ID.	150	r0:	0.0000					
Type	Aad.Params.	SD.Post	SD.Prio	Residuals	Test	Redund.	Reliab.	
c :	-152.8500	0.0001	0.0001	0.0000	-0.84	0.00	0.05	
x0:	-0.0180	0.0019	1.0000	-0.0177	0.00	1.00	5.50	
y0:	0.0138	0.0028	1.0000	0.0137	0.00	1.00	5.50	
a1:	-0.204E-07	0.284E-08	0.395E-05	-0.204E-07	0.00	1.00	0.217E-04	
a2:	0.973E-12	0.306E-12	0.156E-09	0.973E-12	0.00	1.00	0.859E-09	
a3:	-0.103E-16	0.960E-17	0.617E-16	-0.103E-16	-0.03	0.98	0.342E-15	
b1:	0.398E-03	0.789E-05	0.100E+01	0.398E-03	0.00	1.00	0.550E+01	
b2:	0.240E-03	0.509E-05	0.100E+01	0.240E-03	0.00	1.00	0.550E+01	
c1:	-0.861E-06	0.184E-06	0.395E-05	-0.861E-06	-0.04	1.00	0.218E-04	
c2:	0.111E-09	0.322E-10	0.156E-09	0.111E-09	0.13	0.97	0.871E-09	
c3:	0.490E-10	0.145E-10	0.156E-09	0.490E-10	0.06	0.99	0.861E-09	
d 1:	-0.231E-06	0.829E-07	0.395E-05	-0.231E-06	-0.01	1.00	0.217E-04	
d 2:	0.218E-05	0.616E-07	0.395E-05	0.218E-05	0.10	1.00	0.217E-04	
d 3:	-0.209E-07	0.541E-09	0.198E-05	-0.209E-07	0.00	1.00	0.109E-04	
d 4:	-0.454E-09	0.902E-09	0.198E-05	-0.454E-09	0.00	1.00	0.109E-04	
d 5:	0.106E-10	0.879E-11	0.781E-10	0.106E-10	0.02	0.99	0.431E-09	
d 6:	0.519E-07	0.457E-07	0.198E-05	0.519E-07	0.00	1.00	0.109E-04	
d 7:	-0.182E-06	0.332E-07	0.198E-05	-0.182E-06	-0.02	1.00	0.109E-04	
d 8:	-0.670E-08	0.749E-09	0.198E-05	-0.670E-08	0.00	1.00	0.109E-04	
d 9:	-0.219E-07	0.515E-09	0.198E-05	-0.219E-07	0.00	1.00	0.109E-04	
d10:	0.108E-09	0.797E-11	0.781E-10	0.108E-09	0.25	0.99	0.431E-09	

將每個參數的估計值(Adj.Params)的絕對值除以其驗後標準誤差估計值(SD.Post)以後其商為一 t 分布的統計變數。基於密匹配空三平差的多餘觀測數(統計檢定的自由度)一般都超

過數萬以上，故可以將該 t 變數以常態分布近似之而逕用常態分布對其檢定。在以 5%顯著信心水準對其檢定時，則凡該商值未大於 1.64 者則認為該參數不顯著，應予以剔除。以上表為例， $d3$ 的檢定值為 $0.584/0.455=1.28$ 故應將之剔除。

2. 參數相關性檢定：

首先檢查附加參數之間自我的相關性。以 ORIMA 為例，報表中有列出每個附加參數值的相關係數，如下例：

Correlation between camera parameters

	c	x0	y0	a1	a2	a3	b1	b2	c1	c2	c3
c	1.00										
x0	0.00	1.00									
y0	0.00	0.02	1.00								
a1	0.00	0.03	0.09	1.00							
a2	0.00	-0.04	-0.05	-0.97	1.00						
a3	0.00	0.02	0.03	0.89	-0.95	1.00					
b1	0.00	0.02	0.13	0.01	0.02	-0.03	1.00				
b2	0.00	0.06	0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.01	1.00			
c1	0.00	0.02	0.16	0.14	-0.10	0.03	0.54	0.01	1.00		
c2	0.00	-0.09	-0.05	-0.22	0.20	0.07	0.00	-0.01	-0.22	1.00	
c3	0.00	-0.04	-0.09	-0.15	0.15	-0.04	-0.34	-0.01	-0.91	0.33	1.00

	c	x0	y0	a1	a2	a3	b1	b2	c1	c2	c3
d1	0.00	0.06	0.59	0.06	-0.04	0.03	0.21	0.03	0.09	-0.02	-0.07
d2	0.00	-0.23	0.03	-0.01	0.01	-0.02	0.00	0.12	0.01	0.00	-0.01
d3	0.00	0.03	0.01	-0.03	0.04	-0.03	0.04	-0.32	0.00	0.05	0.03
d4	0.00	-0.01	-0.22	-0.10	0.05	0.03	-0.53	0.01	-0.46	0.37	0.32
d5	0.00	0.35	0.02	-0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	-0.04	-0.01
d6	0.00	0.45	0.03	-0.02	0.01	-0.02	0.01	-0.02	0.03	-0.05	-0.03
d7	0.00	0.01	-0.18	-0.08	0.07	-0.07	-0.04	0.02	-0.01	-0.06	0.00
d8	0.00	-0.03	-0.03	-0.07	0.05	0.02	0.49	-0.01	0.35	0.39	-0.21
d9	0.00	0.09	-0.01	-0.05	0.06	-0.05	-0.01	-0.28	-0.07	0.03	0.08
d10	0.00	0.00	0.25	0.09	-0.09	0.10	0.05	-0.03	0.07	0.07	-0.06

	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10
d1	1.00									
d2	0.03	1.00								
d3	0.01	0.04	1.00							
d4	-0.21	0.01	-0.02	1.00						
d5	-0.01	-0.41	-0.04	0.01	1.00					
d6	0.02	-0.24	-0.01	0.00	0.60	1.00				
d7	-0.23	-0.04	0.00	-0.01	0.02	0.01	1.00			
d8	-0.04	0.01	0.06	0.07	0.01	0.02	-0.09	1.00		
d9	-0.03	-0.01	0.26	0.02	0.00	-0.06	-0.04	-0.03	1.00	
d10	0.35	0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.03	-0.67	0.06	0.01	1.00

ORIMA 使用的參數組中 $a1$ 、 $a2$ 、 $a3$ 之間以及 $c1$ 、 $c3$ 之間原本就具有高相關性可以不必理會以外，檢查矩陣中其餘之各元素，若有大於 0.7 者，則檢視對應於該二相關參數的行及列中其它元素值。二個參數中何者在對應的行及列中其它元素有最大值者，則先將其暫時剔除，再進行一次平差。若矩陣中有二個以上大於 0.7（應該不會發生此種情形，若有則很可能是碰巧在大量影像中某同樣區塊都缺少空三連結點。此時顯示本空三的網形結構並不足以一次同時估計眾多之外加參數。此時應暫跳過相關性檢定而先進行下一步的可定性檢定，以免故過度參數化（over-

parameterization)。或可嘗試將參數逐個逐個一次只加入一個來做平差，而藉助檢核點上的殘差的改善與否，來決定該參數是否存在)。

參數自我相關性檢驗完畢後，接著執行附加參數與每個攝影站外方位之間的相關性檢查。下表係一個 ORIMA 所提供的相關係數例：

	c	x0	y0	a1	a2	a3	b1	b2	c1	c2	c3
XO	0.03	0.00	-0.10	0.09	0.00	0.00	0.02	-0.05	0.05	0.00	-0.02
YO	-0.07	0.11	0.06	-0.30	0.00	0.00	0.18	0.00	0.16	-0.01	0.00
ZO	-0.95	-0.29	0.70	-0.01	0.00	0.00	0.07	0.02	0.07	0.00	0.00
P1	-0.07	-0.02	0.05	0.06	0.00	0.00	0.03	-0.01	0.06	-0.01	-0.02
P2	-0.08	-0.03	0.08	-0.35	0.00	0.00	0.11	-0.01	0.17	-0.01	0.01
P3	0.00	0.00	-0.01	0.04	0.00	0.00	-0.03	-0.09	-0.01	0.01	0.00

	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10
XO	-0.02	0.02	0.07	0.00	0.02	0.00	0.02	-0.02	0.04	0.00
YO	-0.02	0.00	-0.08	-0.01	0.00	0.00	-0.12	0.00	-0.06	-0.04
ZO	-0.01	0.01	-0.04	-0.01	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	0.00
P1	0.03	0.01	0.06	0.00	0.02	0.02	-0.02	-0.01	0.03	0.04
P2	-0.03	0.01	-0.11	0.00	-0.01	-0.04	-0.12	-0.01	-0.08	-0.04
P3	0.01	0.04	0.01	0.01	0.0	1-0.06	-0.03	-0.01	0.03	-0.01

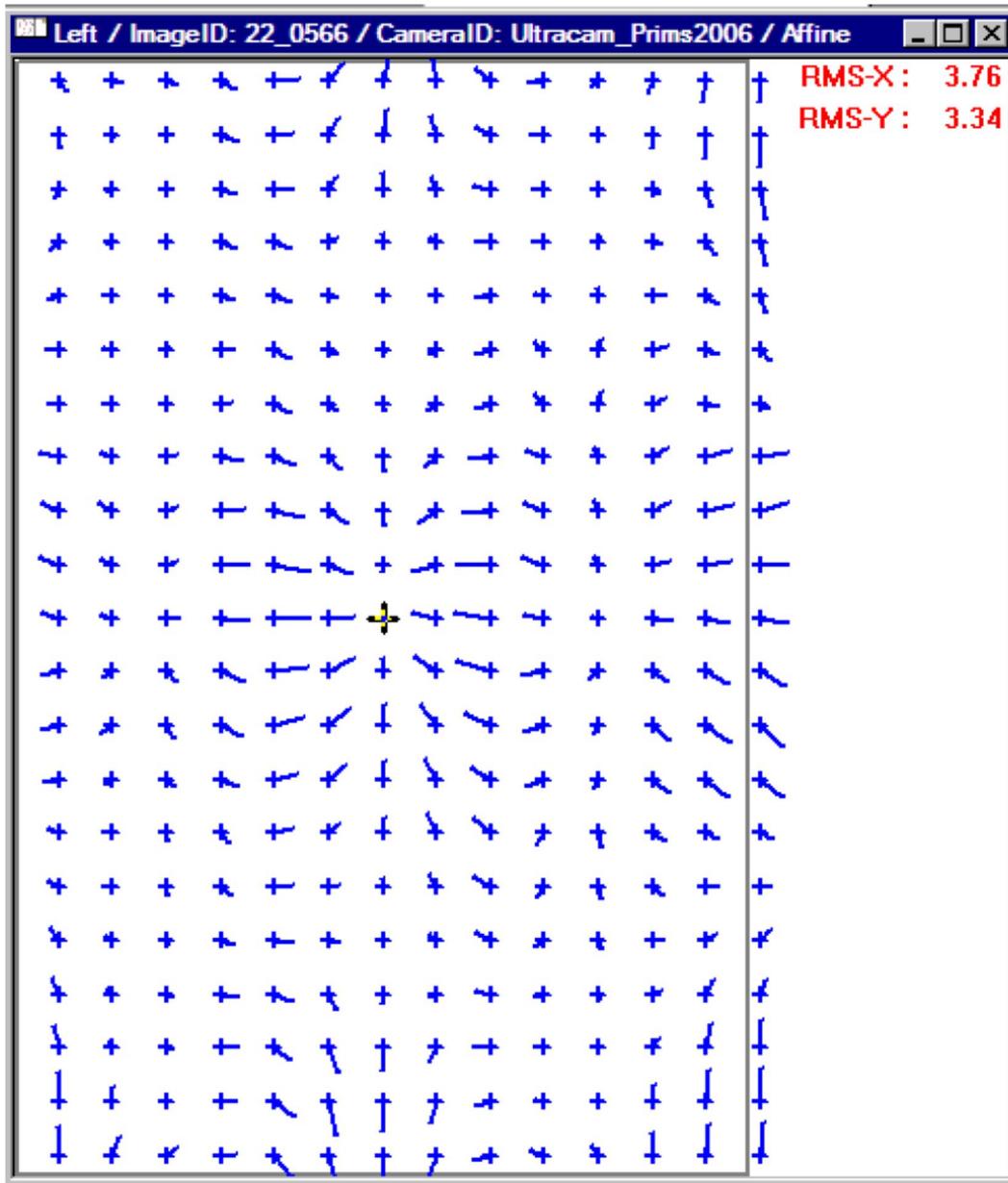
(P1、p2、p3 是 omega phi kappa 三個旋轉角)

其中焦距 c 與航高 ZO 永遠高相關，故除在進行三維率用之空三以外，一般航測地形圖測繪的空三平差不得將 c 開放為自率參數！其餘之附加參數若與外方位元素 (X0、Y0、Z0、p1、p2、p3) 有高相關性者 (大於 0.7) 均應剔除不用。

3. 參數的充分性檢定：

由於各商用空三軟體使用之自率參數組不同，平差所得到的結果也相異。建議應該使用驗後殘餘畸變估計法對於經過自率光束法平差後的像點坐標殘餘畸變大小進行分析。

ORIMA 程式自 10.00 版開始已經提供有殘餘畸變分析的功能，分析的結果如下圖所示：



有關驗後殘餘畸變估計的技術可以參考「Masson d'Autume, G. 1972. Le Traitment des Erreurs Systmatiques dans l'Aerotriangulation. Comm.III, ISP Congress, Ottawa.」或李德仁及袁孝修「誤差處理及可靠性理論」一書「驗後補償法」一節。

若不做此項分析，則建議比照日本規範，另外以獨立的三維檢定場對相機做率定，或是於測區內布設更多的檢核點來檢查空三的結果是否還殘留有顯著的畸變差。建議至少需再增加二倍數量的若檢核點，亦即原本規定應布設 N 個，則至少應再增加 $2N$ 個，總共 $3N$ 個，而且此 $3N$ 個檢核點必須均勻的分布於整個測區，以便提升抓出殘餘畸變的能力。

4. 參數的可定性檢定：

鑑於目前在台灣常用的空三平差軟體對於附加參數的可測定性都無直接的參考數據可用，且對於高數量連結點的密匹配空三而言，即使誤用了幾個不可測定的附加參數對於只會對於 σ_0 及 RMS 估值稍有影響，對於平差後未知數本身影響極微，故建議暫時不做此檢定。

（ORIMA 報表中雖有提供各附加參數的 r_i 值，但是要由該值算出可測定性仍然需要另外撰寫程式）