

以融合技術辦理三維建物模型更新作業 方法之探討

內政部國土測繪中心自行研究報告

中華民國 111 年 12 月

本報告內容及建議，純屬研究人員意見，不代表本機關意見

以融合技術辦理三維建物模型更新作業 方法之探討

研究人員：劉虹妤
林乘逸
施錦揮
王柏文
陳銘川

內政部國土測繪中心自行研究報告

中華民國 111 年 12 月

本報告內容及建議，純屬研究人員意見，不代表本機關意見

MINISTRY OF THE INTERIOR

RESEARCH PROJECT REPORT

Discussion on Integrate Technologies Renew 3D
Building Model

BY

Hung-Yu Liou

Cheng-Yi Lin

Chin-Hui Shih

Po-Wen Wang

Ming-Chung Chen

12 20, 2022

目次

表次	II
圖次	III
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究動機與目的	5
第二章 文獻回顧與研究設計	7
第一節 文獻回顧	7
第二節 研究設計	14
第三章 作業流程及研究方法	21
第一節 作業流程	21
第二節 研究方法	25
第四章 研究成果及分析	61
第一節 研究成果	61
第二節 研究分析	65
第五章 研究結論與建議	82
第一節 研究結論	82
第二節 研究建議	84
參考文獻	86

表次

表 3-1 多旋翼機規格性能表	28
表 3-2 Sony α 7 III 全片幅數位相機規格表	29
表 3-3 基本航拍資訊	32
表 4-1 CityGML 對於 LOD 之建議規定 (取自「108 年度三維 建物模型資料標準制訂規劃採購案工作總報告」)	63
表 4-2 桃園研究區新增建物圖資_平面位置較差檢查表.	74
表 4-3 新竹研究區新增建物圖資_平面位置較差檢查表.	75
表 4-4 102 年度桃園 1/1000 地形圖建物圖資_平面位置較 差檢查表	78
表 4-5 93 年度新竹 1/1000 地形圖建物圖資_平面位置較差 檢查表	78
表 4-6 幾何精度檢查紀錄表	81

圖次

圖 1-1 建物開發策略分析案例	1
圖 1-2 三維建物模型展示	2
圖 1-3 三維建物套合地籍圖	3
圖 1-4 時價查詢系統	3
圖 2-1 航空攝影作業示意圖	7
圖 2-2 數值航測地形圖測製作業流程圖.....	9
圖 2-3 臺灣通用電子地圖更新作業流程圖.....	12
圖 2-4 臺灣通用電子地圖更新機制示意圖.....	13
圖 2-5 PDMS 作業處理方案	15
圖 2-6 作業流程說明圖	16
圖 2-7 國土測繪圖資服務雲 1/1000 地形圖及 1/2500 臺灣 通用電子地圖	17
圖 2-8 更新率計量分析流程說明.....	19
圖 2-9 空間幾何精度計量分析流程說明.....	20
圖 3-1 1/1000 地形圖.....	21
圖 3-2 作業流程說明圖	22
圖 3-3 本研究成果建物圖資套疊 1/1000 地形圖建物圖資	24
圖 3-4 簡易 UAS 攝影作業說明	26
圖 3-5 桃園研究區	27
圖 3-6 新竹研究區	27
圖 3-7 新竹縣竹北市密集建物研究區位置及範圍.....	27
圖 3-8 新竹縣竹北市研究區域	27

圖 3-9	多旋翼機 (含註冊碼) 及酬載數位相機外觀.....	28
圖 3-10	Sony $\alpha 7$ III 全片幅數位相機	29
圖 3-11	UAS 航拍規劃及空域申請流程	30
圖 3-12	研究區位置與空域範圍禁限航區資訊.....	31
圖 3-13	設備檢查及航拍作業情形.....	32
圖 3-14	研究區航線圖	33
圖 3-15	研究區原始航拍影像	34
圖 3-16	新竹縣竹北市研究區域正射影像.....	35
圖 3-17	影像拍攝中心點展點圖	36
圖 3-18	空間幾何對位影像套疊多時期空間圖資.....	36
圖 3-19	簡易 UAS 攝影影像	37
圖 3-20	異動點偵測作業流程圖	38
圖 3-21	1/1000 地形圖	39
圖 3-22	簡易 UAS 攝影產製的空間幾何對位影像.....	40
圖 3-23	空間幾何對位影像差分道路、建物影像.....	40
圖 3-24	空間幾何對位影像剪裁建物影像.....	41
圖 3-25	空間幾何對位影像差分道路影像之分類影像...	41
圖 3-26	1/1000 地形圖建物圖與 UAS 攝影影像局部套合	42
圖 3-27	異動點偵測	43
圖 3-28	異動點圖資	43
圖 3-29	特徵點測量作業流程圖	45
圖 3-30	先後方交會定出經緯儀位置 (紅色線為自由測站 法)	46
圖 3-31	控制點來源	47

圖 3-32 地面測量以光線法測得新建物特徵點（藍色線為光線法）	48
圖 3-33 地面測量視角	49
圖 3-34 UAS 影像與局部建物特徵點（藍色箭頭位置）對應	50
圖 3-35 影像量測建物多邊形特徵點（粉紅色點位位置）	51
圖 3-36 像機輻射畸變差	51
圖 3-37 完成空間幾何位置測量後建立完整的建物多邊形坵塊	52
圖 3-38 現地調查作業流程圖	54
圖 3-39 新增建物現地狀況	55
圖 3-40 新增建物影像	56
圖 3-41 樓層增建現地狀況	57
圖 3-42 樓層增建屬性欄位資料修正	57
圖 3-43 地籍輔助分戶成果與正射影像對應圖	58
圖 3-44 地籍圖經界線與建物地測資料對應關係	59
圖 3-45 地籍圖輔助識別（紅色線為地籍線）	60
圖 3-46 利用 UAS 影像完成建物坵塊	60
圖 4-1 桃園研究區	61
圖 4-2 新竹研究區	62
圖 4-3 建物多邊形細緻化	63
圖 4-4 建物素模型	64
圖 4-5 建物現況	64
圖 4-6 更新率計量分析作業流程說明	65
圖 4-7 桃園研究區建物圖資成果	66
圖 4-8 新竹研究區建物圖資成果	66

圖 4-9 桃園研究區建物多邊形 Centroid 運算結果.....	67
圖 4-10 新竹研究區建物多邊形 Centroid 運算結果....	67
圖 4-11 桃園研究區臺灣通用電子地圖建物圖資成果...	68
圖 4-12 新竹研究區臺灣通用電子地圖建物圖資成果...	68
圖 4-13 桃園研究區 1/2500 臺灣通用電子地圖建物多邊形 套合本研究結果建物多邊形中心點位置.....	69
圖 4-14 新竹研究區 1/2500 臺灣通用電子地圖建物多邊形 套合本研究結果建物多邊形中心點位置.....	69
圖 4-15 桃園研究區研究成果建物圖資.....	70
圖 4-16 新竹研究區研究成果建物圖資.....	70
圖 4-17 桃園研究區建物超過 110 年臺灣通用電子地圖建物 之更新位置	71
圖 4-18 空間幾何精度計量分析作業流程說明.....	72
圖 4-19 桃園研究區本研究結果建物圖資.....	73
圖 4-20 新竹研究區本研究結果建物圖資.....	73
圖 4-21 桃園研究區本研究結果建物圖資隨機抽樣成果誤差 向量圖	76
圖 4-22 新竹研究區本研究結果建物圖資隨機抽樣成果誤差 向量圖	76
圖 4-23 桃園研究區前期 1/1000 地形圖建物圖資.....	77
圖 4-24 新竹研究區前期 1/1000 地形圖建物圖資.....	77
圖 4-25 桃園研究區 1/1000 地形圖建物圖資隨機抽驗成果 誤差向量圖	79
圖 4-26 新竹研究區 1/1000 地形圖建物圖資隨機抽驗成果 誤差向量圖	80
圖 5-1 PDMS 操作處理方案.....	83

摘要

關鍵詞:1/1000 地形圖、簡易 UAS 攝影、異動點偵測、特徵點測量、現地調查

一、研究背景與目的

定期及全面性之全國性圖資建置作業，多採航空攝影測量方式辦理，惟為維持空間圖資的即時性，期能以較高機動性與作業彈性方式，快速完成局部建物圖資更新，更新成果並期能提供三維建物模型更新作業使用。

二、研究方法及過程

本研究將探索以已建置歷史空間圖資為基礎，融合無人機系統、空間幾何對位影像量測、衛星定位測量、地面測量及影像處理等多元測量技術特性，設計完整的、系統性的建物圖資區域性更新方案，包括 Photo-簡易 UAS 攝影、Detect-異動點偵測、Measure-特徵點測量及 Survey-現地調查，簡稱為 PDMS 操作處理方案，以快速、有效地完成建物局部更新，並輔助提供三維建物模型更新工作。

三、重要發現

本研究於桃園市及新竹縣竹北市各選定 1 幅一千分之一圖幅範圍及數個密集建築區作為研究區域，並使用已建置完成之多時期圖資為基礎，依 PDMS 操作處理方案辦理建物更新作業，完成本研究更新之建物圖資建置，並對研究成果分析驗證，從實驗數據可知：以 PDMS 更新建物圖資，透過驗證成果可靠度及更新有效性，本研究方法確實可行。

四、主要建議事項

建議一

可擴展至其他空間特徵物一併更新：一併更新道路圖資。

主辦機關：國土測繪中心

在相同作業工序下，可一併更新其他主題圖資，例如道路、水系圖層，特別是在道路圖資方面，一般民眾使用率高，即時且正確的道路資訊，更新頻率更顯重要，建物及道路圖資在本研究的方法上，應可順利銜接一併更新，效益更高。

建議二

提供局部圖資更新作業使用：高機動性更新方案。

主辦機關：國土測繪中心

透過本項研究更新機制，以更具彈性與機動性方式，針對異動區辦理建物圖資更新，確實可行且具備一定精度，可在全國性圖資更新計畫之外，辦理局部性圖資更新之作業機制。

建議三

自動化偵測異動點：影像辨識、比對自動化。

主辦機關：國土測繪中心

在異動點偵測上實現自動化，自動化程度越高越能彰顯其作業效率，在節省人力物力的層面也能做出更多貢獻。在前後期影像包含航拍正射影像、UAS 影像辨識及電子地圖建物框比對的方法上，尋求突破是未來可以繼續研究的一個方向。

ABSTRACT

Key Words: 1/1,000 Topographic Maps, Simplified Unmanned Aerial Systems(UAS), Photographs Georeferencing, Change Points Detection, Feature Points Measuring, Field Land Survey

To assure timeliness of GIS building data, this research will discuss the feasibility of processing GIS building layer by updating existing building information to pursue an opportunity other than large-scale aerial survey and operations.

However, there are two critical issues on updating GIS data. First of all, how we select base data from large building geomatic information is crucial. Second, there is still a concern about how we consolidate modern surveying technologies including unmanned vehicles photographic surveying, GPS, land surveying and image processing to come up with a thorough and systematic way to update GIS building layer.

Therefore, through our research, we proposed a model for base data selection as well as PDMS (Photo, Detect, Measure, Survey) processing. There are four subjects in our proposal: simplified UAS photographs

georeferencing, change points detection, feature points measuring and field land survey.

We selected one 1/1,000 area topographic map in Taoyuan and Hsinchu respectively as well as a number of intensively populated areas as our research focus. Through suitable base data and PDMS update processing, we have established GIS building data, analyzed and verified the result of our research. According to our experiment, we proved the feasibility when using PDMS to update GIS building data with ideal accuracy coverage frequency. In addition to large-scale aerial surveys nationwide, we provide a more active and flexible way to establish GIS building data as well as support 3-D modeling for updating building structures.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 包含了空間資料的輸入、儲存、查詢、分析及展示，是跨多領域的綜合性系統(如圖 1-1)，因應物聯網、智慧城市、智慧生活的多元應用，GIS 已邁入多元化發展的階段，資料已逐漸從傳統二維平面延伸到三維立體，應用也從資料分析轉變為結合室內外場景、多時序資料及物聯網等新興技術之跨領域服務整合，國家發展委員會為加速 3D (Three-Dimensional) GIS 發展，推動 NGIS 發展升級，並將國家底圖升級為 3D 交由內政部國土測繪中心（以下簡稱國土測繪中心）執行。



圖1-1 建物開發策略分析案例

三維國家底圖建置圖資主要為三維建物及三維道路模型，三維建物模型已於 108 年度完成全國成果，自 109 年起辦理更新及精進(如圖 1-2)；三維道路模型建置則於 108 年完成三維道路模型試辦，建立三維道路模型產製作業流程，並自 109 年起辦理三維道路模型建置，預計至 114 年度逐步完備全國三維道路模型。然而隨著社會經濟發展，地物、地貌變化快速，配合三維建物模型已邁入辦理更新及精進階段，如何有效運用國土測繪中心測量隊的在地優勢，並統整多元的技術與資料，快速、有效的協助找出建物異動變化處，進而協助三維建物模型更新，成為本研究思索的肇端。

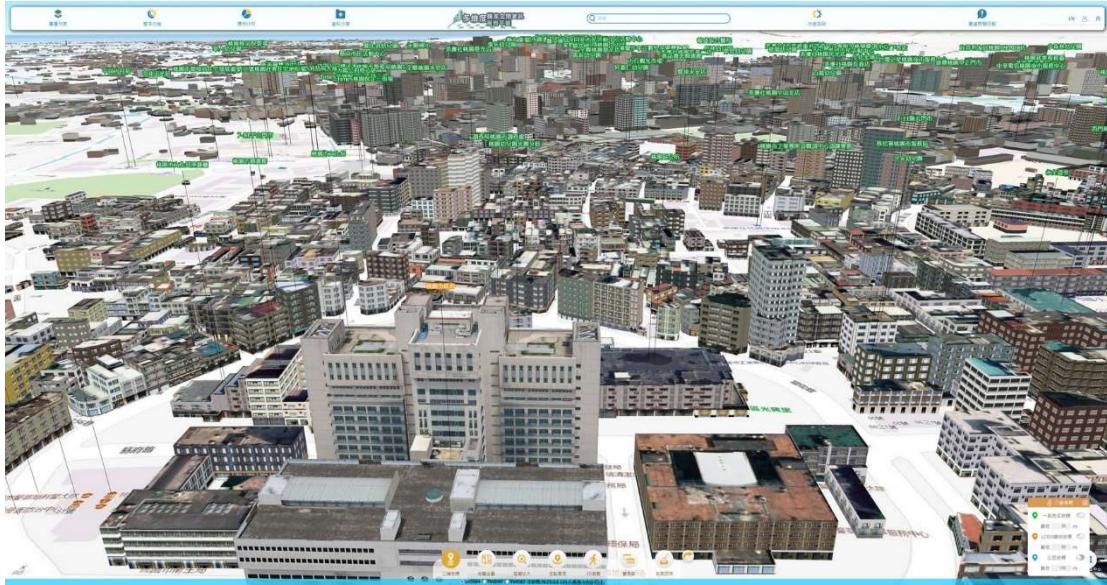


圖 1-2 三維建物模型展示

貳、研究背景

目前測繪空間圖資的建置，多數選擇以航空攝影測量的方式建置；但實質上政府各機關部門已經產製並累積大量的空間圖資，如：1/1000 地形圖、1/2500 臺灣通用電子地圖、航空攝影影像、地面觀測資料等，各種圖資分別以不同形態（如：主題圖、GIS 圖層、正射影像等）保存於不同的圖資平台，供隨時查詢展示；同時這些空間圖資隨著各項計畫的長期執行，而具有多時期的特性，本研究統稱其為多時期空間圖資。各項推展中的計畫有臺灣通用電子地圖更新維護、五千分之一基本地形圖修測、三維建物模型成果更新維護、多維度空間資訊基礎圖資測製及更新計畫等。

如國土測繪中心為推動三維國家底圖服務，提供具有可用性、一致性及定期更新特性之三維國家底圖，於 108 年啟動全國三維建物模型建置，並於 109 年起更新精進，至 110 年底已建置 539 萬餘個模型，預計 113 年全國預計有逾 1,000 萬個建物模型。三維建物模型成果更新維護，是以二維建物圖資搭配樓高資訊，輔以 DTM (Digital Terrain Model) 資料產製三維建物模型。其中二維建物圖資來源，綜合考量圖資的時效性及精度後，優先採用 104 年後更新之一千分之一地形圖，若無合適的一千分之一地形圖則採用 2 年更新頻率的臺灣通用電子地圖。

因應都市計畫區一千分之一地形圖逐年老舊，配合社會經濟發展需要，更新一千分之一地形圖有其必要性，國土測繪中心爰研提多維度空間資訊基礎圖資測製及更新計畫。自 112 起，以 5 年為週期，定期辦理測製及更新工作。第 1 期 5 年(112-116 年)計畫，針對內政部營建署 111-114 年規劃辦理都市計畫書圖重製地區，及一千分之一地形圖測製時間超過 8 年以上未更新地區，列為優先辦理區域。

而在大量的 GIS 空間圖資中，建物總是眾人關注的焦點，常常需要藉著建物位置或屬性的展示輔助決策生成。(如圖 1-3，紅色線：地籍圖經界線、圖 1-4)。

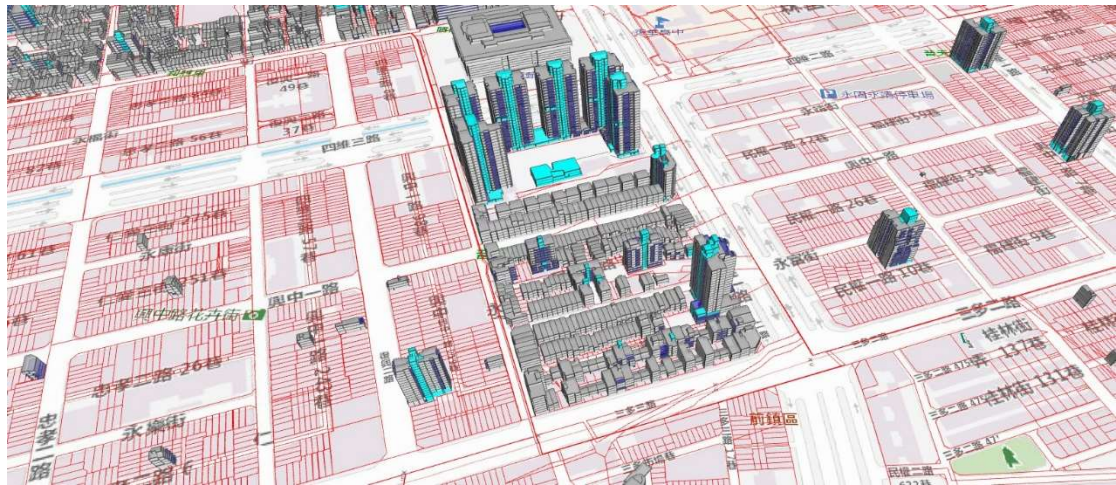


圖1-3 三維建物套合地籍圖

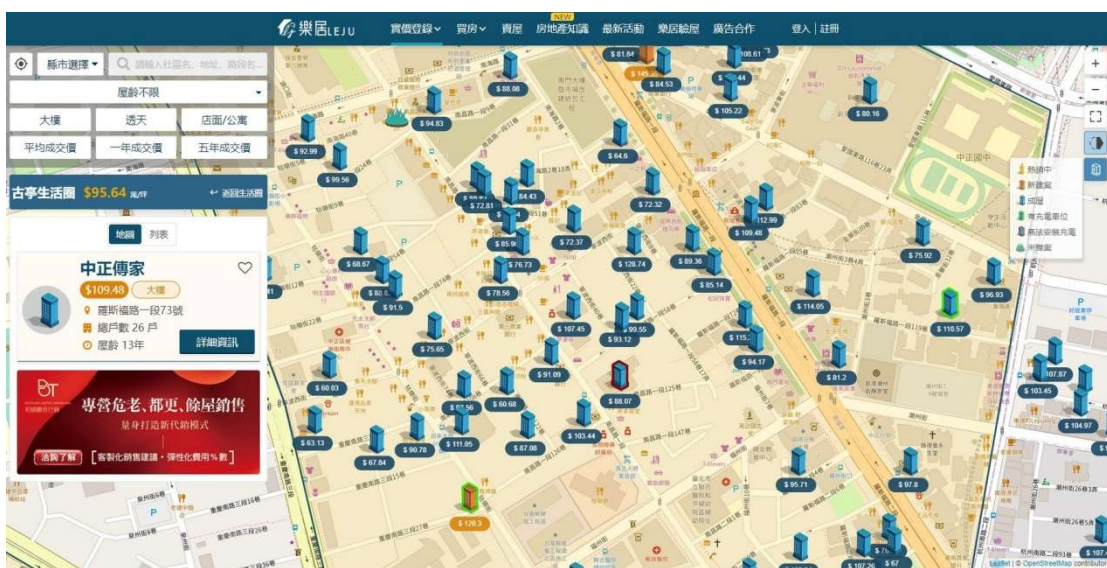


圖1-4 時價查詢系統

在擁有大量的空間圖資的背景下，分析多時期空間圖資，能發現各種空間圖資中都包含建物圖資，這點與眾人對空間圖資使用的關注程度相符；因此在大量的空間圖資中，本研究選擇建物圖資作為研究對象，並統稱多時期空間圖資的建物為多時期建物圖資，透過統整多元的技術與資料，快速、有效的協助找出建物異動變化處，作為三維建物模型更新之基礎。

第二節 研究動機與目的

壹、研究動機

全面性測繪空間圖資的方法，早期以地面地形測量方式進行測製，近年多採航空攝影測量，以有效率地進行大範圍的圖資建置。但無論以何種方式進行建物圖資建置，因應時間遷移現地必然產生變化，即須全面重新辦理測製作業。

經參考國土測繪中心臺灣通用電子地圖更新維護作業，在 2 年頻率之全面更新測製作業之外，另外結合重大工程新聞、工程竣工圖、民眾回報、或結合行政流程更新，以取得既有資源，協助即時之局部道路更新作業，以提供各界最即時之圖資成果。本研究爰思考嘗試以現有空間圖資中的建物為基礎圖資，整合多元技術，設計局部建物圖資更新的作業方法。

惟更新建物圖資時將面臨二大問題，包含如何從眾多含有建物的空間圖資中選擇合適的圖資，作為基礎建物圖資進行更新，以及如何整合各項測量技術，設計完整、具系統性且有效的操作處理方案，進行區域性建物圖資更新；解決二大問題即成為研究的契機。

研究中將先提出基礎圖資的選擇方式與設計 PDMS 操作處理流程，再按研究方法更新建置建物圖資，最後驗證研究成果，並提出結論與建議。

貳、研究目的

綜合前述，研究目的是希望以融合技術辦理建物圖資更新，完成建物圖資更新建置，輔助提供三維建物模型更新作業使用。

因此研究將融合無人機系統 (Unmanned Aircraft Systems, UAS)、空間幾何對位影像量測、衛星定位測量、地面測量及影像處理等多元測量技術，設計系統性的 PDMS 操作處理方案，搭配多時期圖資進行局部性的建物圖資更新。

PDMS 操作處理方案可為四個部分，包含 Photo，代表簡易 UAS 攝影，以即時、快速、密集獲取空拍建物影像資料，每張攝影影像都以垂直攝影方式獲取，並完成影像對位；Detect，代表半自動異動點偵測，使用 UAS

攝影影像，自動化篩選道路及建物範圍後，搭配人工方式找出異動點，每個異動點代表待更新建置建物多邊形圖資的位置；Measure，代表特徵點測量，透過運用各項地面測量技術或於分棟對位之影像上，進行空間幾何位置測量，獲得異動點位置的建物特徵點的空間位置，並完成建物多邊形建置；Survey，代表現地調查，透過街景影像或至現地查核異動點位置是否完整，並調查建物屬性資料，依調查結果建立本研究建物圖資各項屬性資料，並適當搭配地籍圖完成建物圖資細緻化。

最後針對本研究完成更新之建物圖資成果進行驗證分析，確認PDMS操作處理方案建置的建物圖資，的確能有效更新建物變化狀態，且成果確實具可靠性，以期以本研究方法建置的建物圖資，可提供輔助三維建物模型更新作業使用。

第二章 文獻回顧與研究設計

第一節 文獻回顧

ASPRS(American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) 定義航空攝影測量是專門收集有關所有物理實體和整體環境中可靠信息的藝術、科學和技術。該技術含括了地面和航空照片做記錄、測量和評估的過程。(James I.Ebert, 2015)。

想快速的獲取大範圍的空間資料，相較地面測量的作業方式，多數會選擇採用航空攝影測量方法測製，航空攝影測量作業程序相當精密繁複，主要可區分三個部分；1. 控制測量。2. 航空攝影。3. 空中三角測量，各部分依次簡要敘明於后(如圖 2-1)。

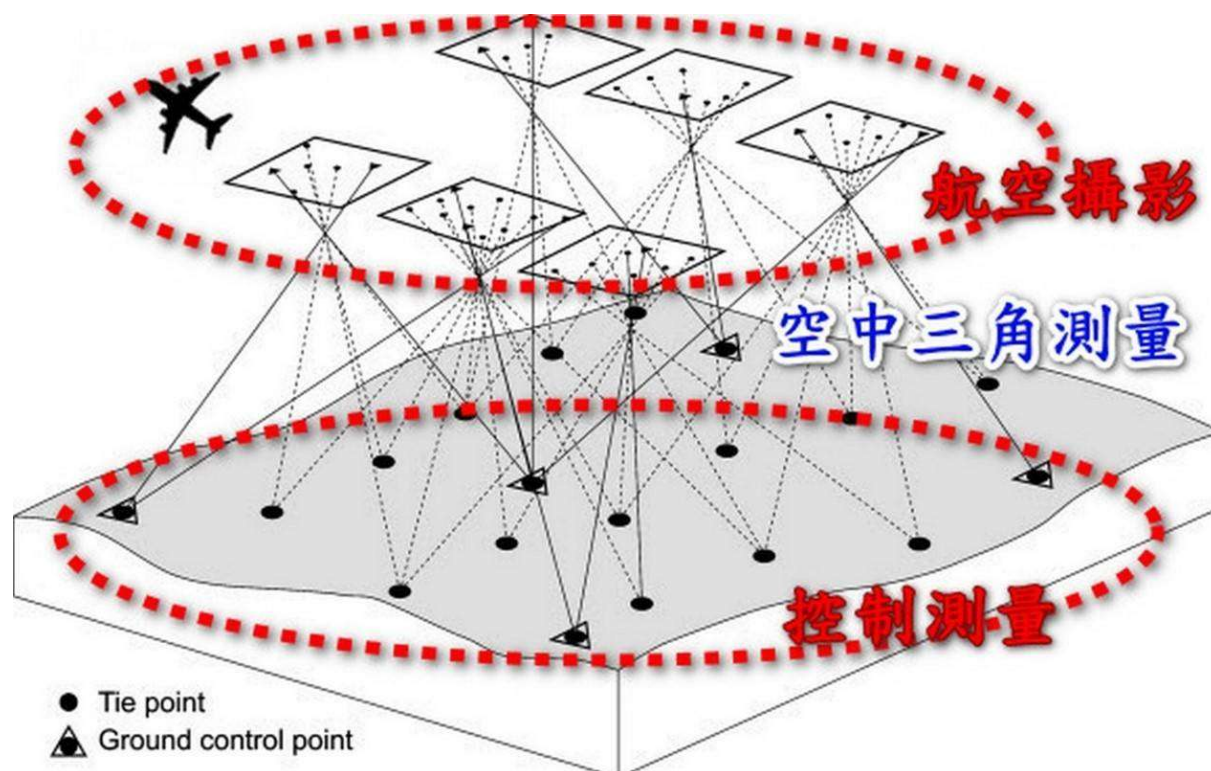


圖2-1 航空攝影作業示意圖

1. 控制測量

航測控制點布設需選擇在地面對空透通良好處，建置大量的航測控制點後，採用 GPS (Global Positioning System) 測量得到航測控制點的空間位置。

2. 航空攝影

攝影時需要設定多項參數，如：相機格式(平面鏡頭、多頻譜感光元件、原始像素尺寸等)、飛行高度(相片比例尺、基線航高比、地面像素解析力等)、攝影方式(攝影傾角、影像重疊率等)、攝影時機(無雲、太陽高度等)，各項參數需要經過精密濾定，才能確保航空攝影成像的品質，提供後續製圖使用；並在作業區域內從不同的位置、角度完成目標照片的拍攝。

3. 空中三角測量作業

利用物體某點在影像中與地面上為同一光線的特性，建立描述影像與地面間的數學關係式，最終計算獲得影像中任一點的空間位置；因此可透過影像間接量測擷取真實世界的地形地貌(如：屋舍、道路、工廠等)，依使用需求在影像空間完成測繪製圖。

執行航空攝影測量的同時，還能產生製作數值地形模型與正射影像，可供量測、視覺參考及環境規劃設計等後續增值應用(如圖 2-2)。

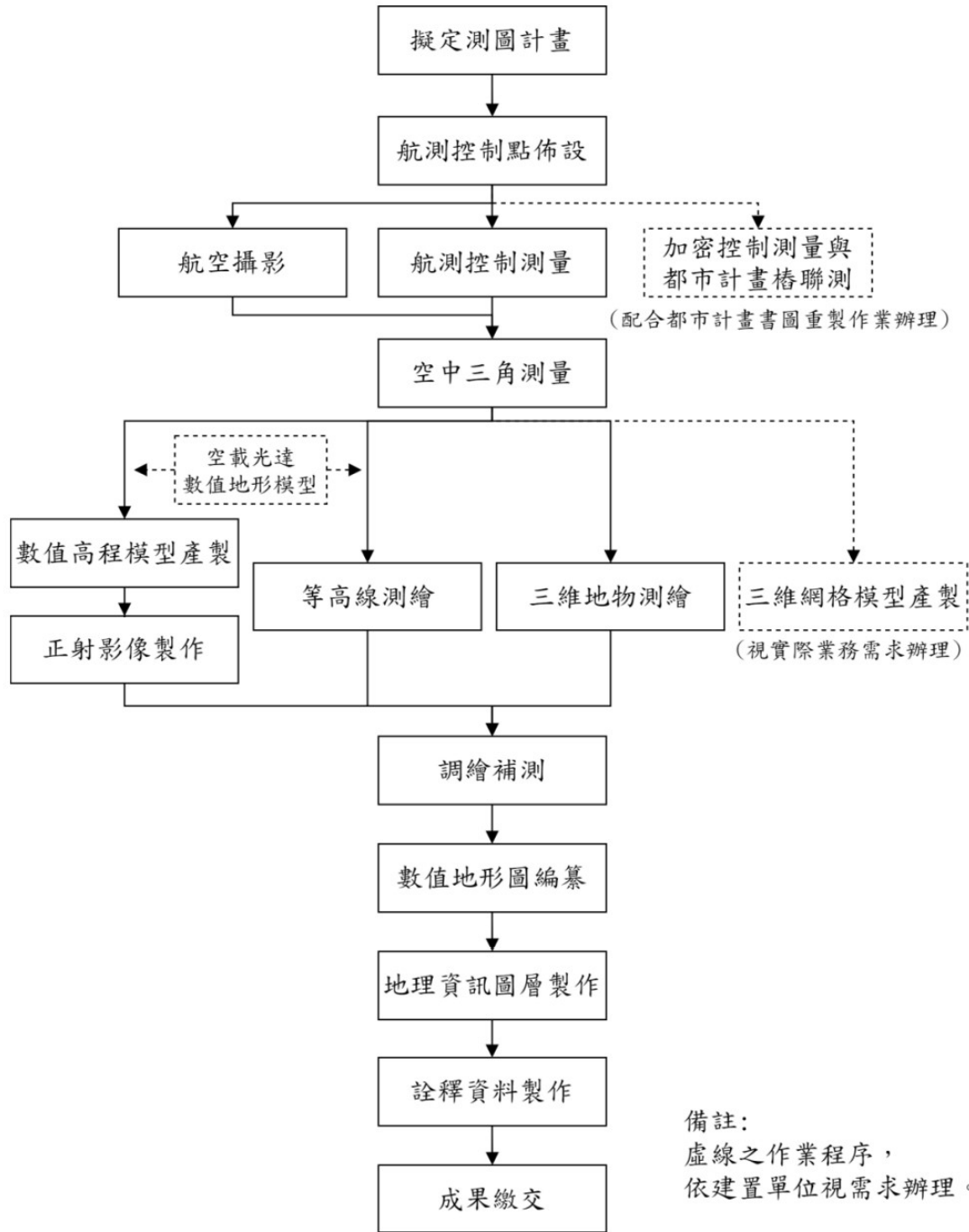


圖2-2 數值航測地形圖測製作業流程圖

以地形圖製作為例，除可使用地面地形測量的方法測製地形圖，如內政部營建署城鄉發展分署都市計畫數值地形測量作業規範所述，也能夠選擇以航空攝影測量的方法測製地形圖，如內政部國土測繪中心的建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊所述；進行大範圍地形圖測製時，多數會選擇使用航空攝影測量作業方法蒐集空間資料，因繪製大面

積空間資料時，航空攝影測量較傳統的地形測量顯得便捷更有效率。(何維信，1995)。

進一步將航空攝影測量與地面測量方法做比較，下面整理列出一些主要的優點與缺點(Ansumant，2019)。

優點部分：

1. 最重要的優勢是可簡便的、快速的收集數據，透過航測影像分析數據與量測，即能以最低成本測製地圖。
2. 航空攝影測量具有高精度的特性，目標物空間位置的量測成果具高可信度，利於製圖或其他使用目的。
3. 影像涵蓋地表面積大，利於大範圍製圖與蒐集大量地表、地形和地物的特徵點，利於其他研究有效率地應用空間資料。
4. 收集的數據永久且準確，並以影像記錄當時拍攝時的情況，還隨時能在影像中進行量測。
5. 收集的信息是永久的，易於重新調查或評估獲取丟失的信息，不會因遺失資料而導致損失。
6. 可以輕鬆地拍攝偏遠地區和難以到達的地點的照片，降低了因測量地點危險而可能造成安全威脅的機率。
7. 使用航空攝影測量法進行道路等地物量測時，可以在不擾亂交通秩序或危及生命安全的情況下進行，完成道路等地物特徵的記錄，便可將其用於規劃未來的項目。

缺點部分：

1. 主要缺點是在缺乏光線的情況下無法進行攝影。
2. 當降雪或降雨等季節性事件導致區域能見度受限時，會因無法完整成像導致航空攝影測量完失敗。而如果有植被、樹冠或建物局部遮蔽攝影的視線，被遮蔽的部分則會無法量測。

3. 測量的空間幾何精度與飛行高度為高度的負相關，當飛行高度越高，空間資料的幾何精度越差。

隨著時間推移，航空攝影測量已累積大量的歷史圖資，若考量以多時期圖資為基礎，固定範圍與週期重新檢視多時期圖資，針對局部變動區更新空間資料，便能有效率的提供最新空間資料；相較於重新辦理航空攝影測量作業，可節省大量人力、物力與財力的消耗，提升經費使用效益；另一方面，以更新空間資料的角度出發，可減少航空攝影測量作業範圍或次數，相對也降低因航空攝影測量缺點而作業失敗的次數。

臺灣通用電子地圖更新維護作業為例，整合了航測立體製圖及數化與屬性外業調查，以固定模式、範圍及週期辦理空間圖資的更新(如圖 2-3)。另加入資源整合及納入行政流程等更新方法，針對各界對經常使用且需求度較高的道路、地標及建物等圖層，滾動式辦理不定期局部變動區動態圖資更新作業，期提供各界可用性、高精度、高更新頻率的地理空間資料(如圖 2-4)。(國土測繪中心，臺灣通用電子地圖測(修)製 製作原則與流程，<https://www.nlsc.gov.tw/cp.aspx?n=10729>)。

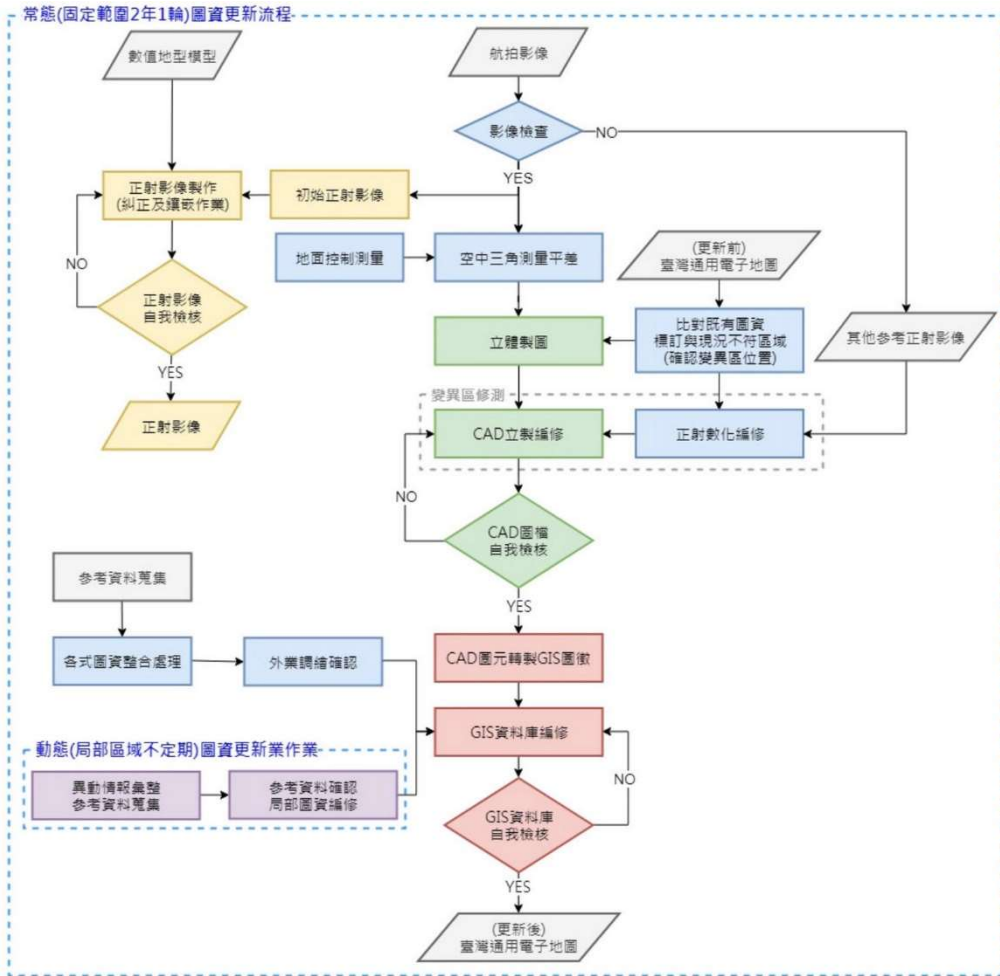


圖2-3 臺灣通用電子地圖更新作業流程圖

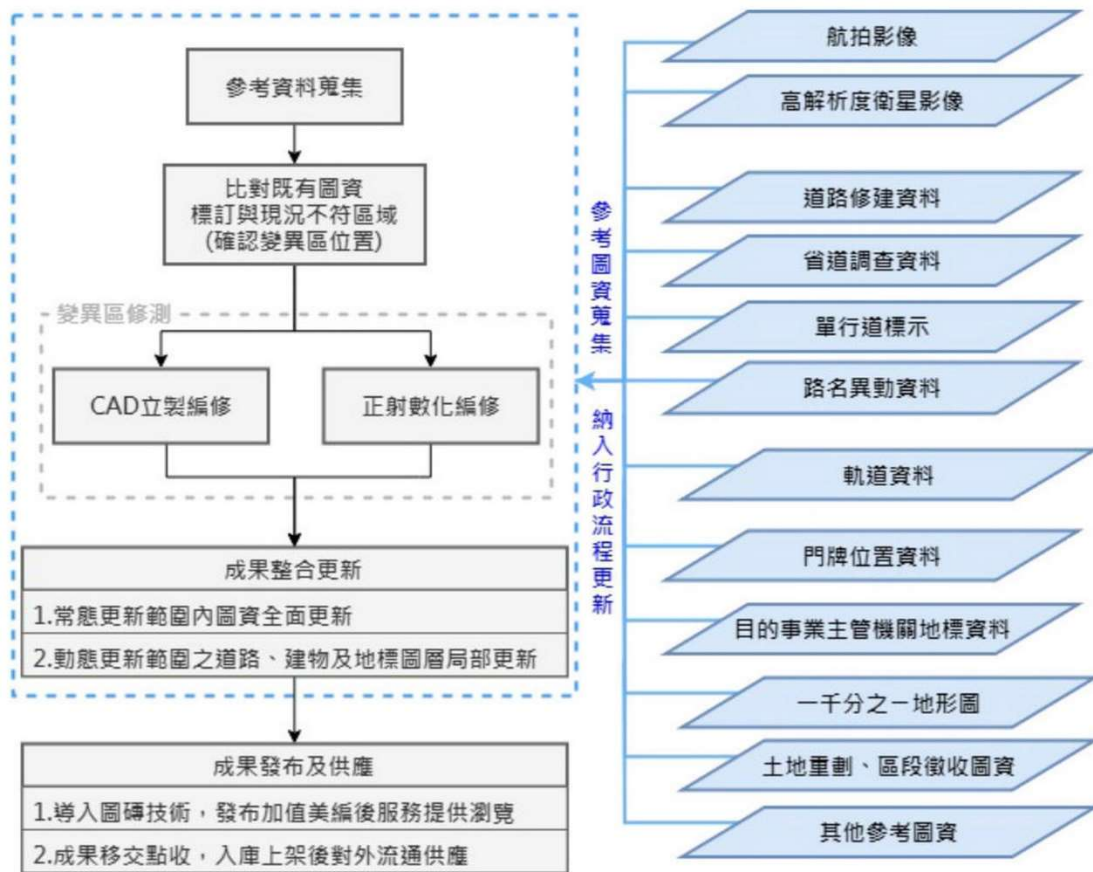


圖2-4 臺灣通用電子地圖更新機制示意圖

彙整參考文獻發現：除了可以使用航空攝影測量技術直接蒐集空間圖資外，另可以現有空間圖資為基礎，以更新空間圖資的方式完成最新空間圖資的建置；本研究構思新的空間圖資更新作業方法，配合科技與時俱進，新的航空載具與測量技術不斷研發，因此本研究選擇融合現有的測量技術，找尋適當的作業方法，規劃出更新空間圖資的作業流程及處理方案，以達成空間圖資的更新建置。

過去為配合各式應用需求，政府各機關部門已經產製並累積大量的基本圖資，如：1/1000地形圖、1/2500臺灣通用版電子地圖、航空攝影影像、地面觀測資料等，各種圖資分別以不同形態（如：主題圖、GIS圖層、空間幾何糾正影像等）保存於不同的圖資查詢展示平台，供隨時查詢使用。進一步分析圖台內的圖資，不難察覺建物被大量的包含於這些圖資中。

基於上述特性，本研究規劃擇一圖台內的圖資為研究對象，並以更新圖資內的建物為目標，研究目的是企圖構建一套系統性的資料處理方案，選取圖台內的最高空間幾何精度且含有建物的圖資為基礎圖資，融合各項測量技術快速的蒐集空間資料，並將最新的空間資料與基礎圖資整合，最終完成建物圖資更新建置。

第二節 研究設計

本節主要方向是擬制研究架構，首先最重要的是確認整體的研究方向，配合研究方向之需求提出系統的研究方法，按照研究方向與方法從而選擇合適的研究對象並加以說明，再根據研究方向、方法及對象設置可驗的研究假說，最後設計有效的數據分析進行實驗驗證。

因此研究設計可依研究架構分為五個主題，包含壹、整體的研究方向、貳、系統的研究方法、參、合適的研究對象、肆、可驗的研究假說、伍、有效的數據分析，以下進行分述敘明。

壹、研究方向

融合無人載具、空間幾何對位影像量測、衛星定位測量、地面測量及影像處理等測量技術，進而制定快速更新建置建物圖資的作業處理方案是本研究整體的方向，作業流程主要分成四個部分，包含 Photo-簡易 UAS 攝影、Detect-變異點偵測、Measure-特徵點測量以及 Survey-現地調查，以下即以 PDMS 簡稱之。(如圖 2-5)。研究對象在進行 PDMS 遞迴處理後，即能整合最新的空間資料與基礎圖資，快速完成建物圖資的更新產製。

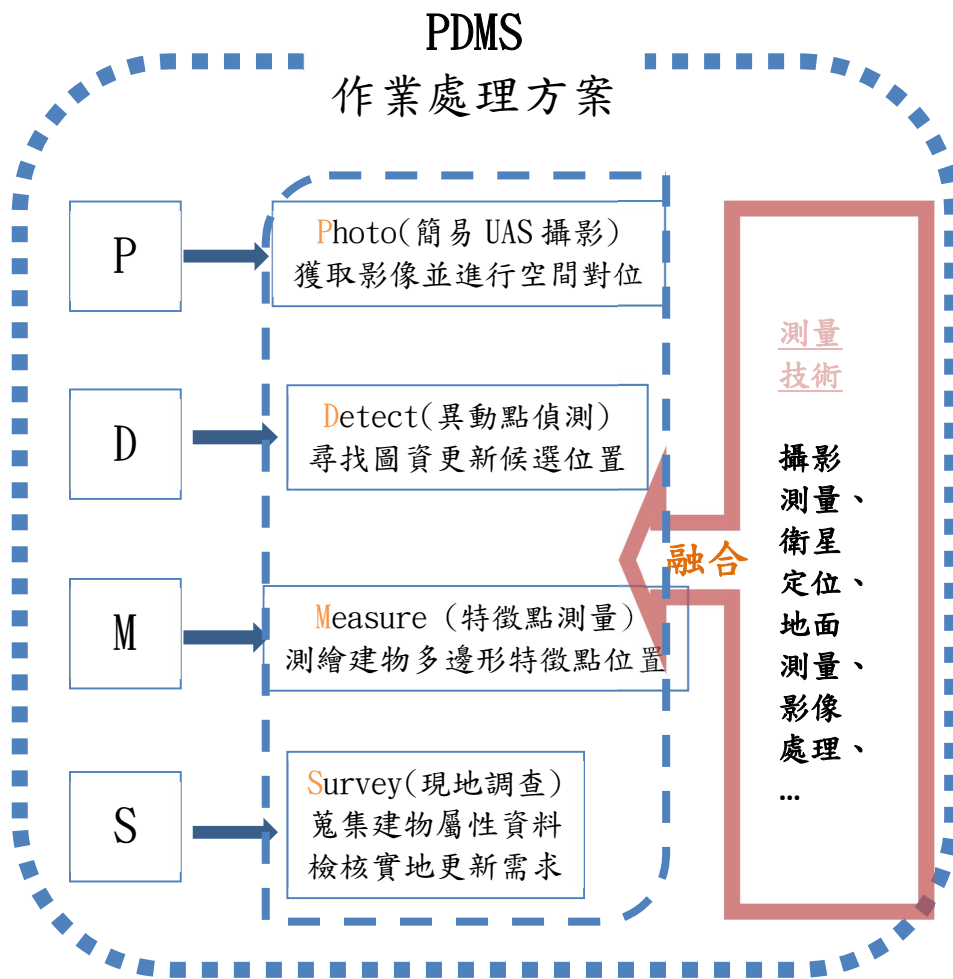


圖2-5 PDMS 作業處理方案

貳、研究方法

研究方法依作業流程(如圖 2-6)詳述於第三章各節。

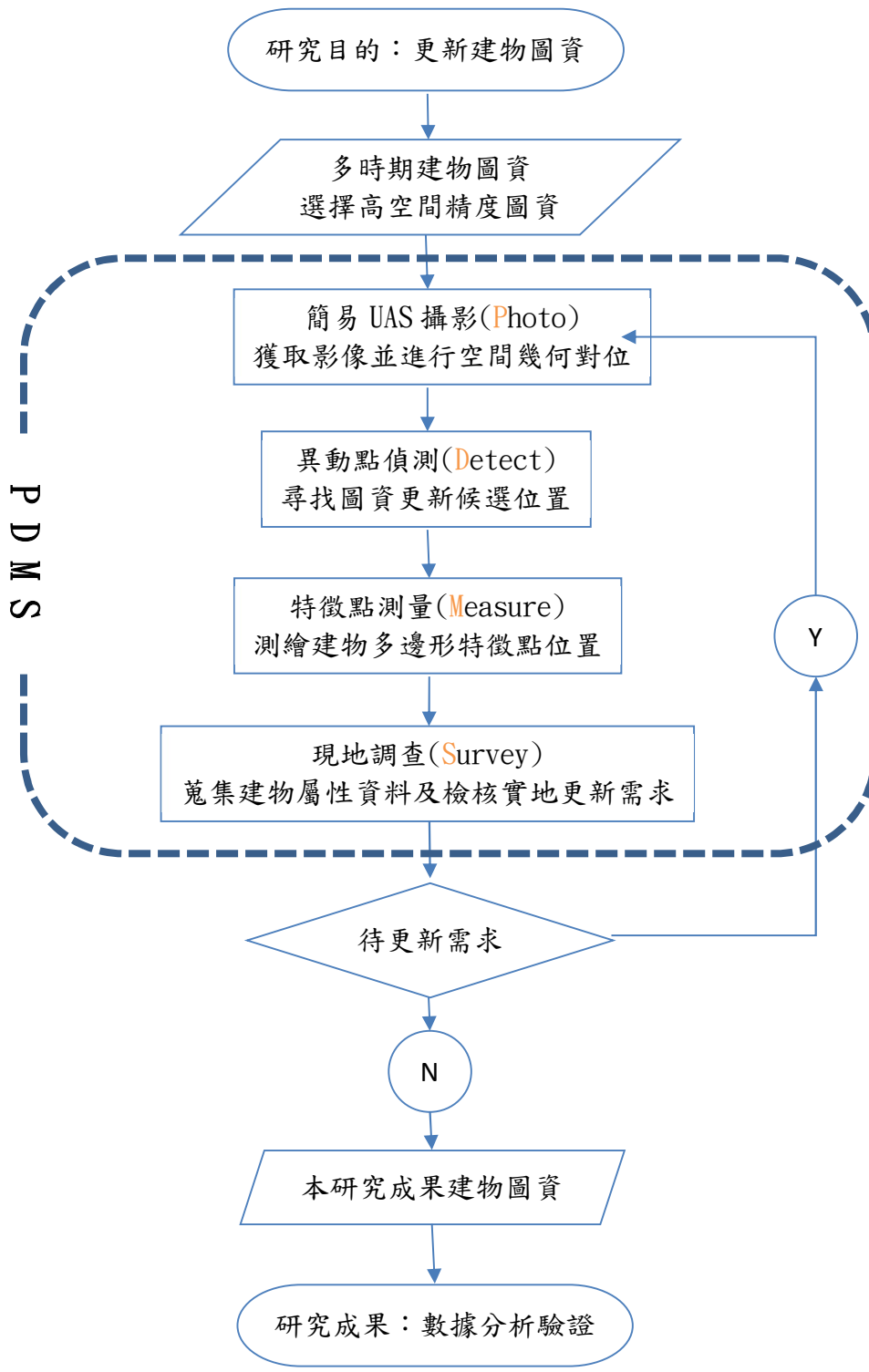


圖2-6 作業流程說明圖

參、研究對象

以國土測繪圖資服務雲(如圖 2-7)內資料為主。系統內圖資包含有 1/1000 地形圖、1/2500 臺灣通用電子地圖、1/5000 國土利用現況調查、1/25000 經建版地形圖等。以上各種主題圖都含有建物圖資，且各項建物圖資分屬不同時期製作，這些建物圖資統稱為多時期建物圖資。



圖2-7國土測繪圖資服務雲1/1000地形圖及1/2500臺灣通用電子地圖

多時期建物圖資中最大製圖比例尺的圖資，應具有最佳空間幾何精度，據前述原則，本研究設定研究區內最大製圖比例尺的圖資，即 1/1000 地形圖的建物成果為基礎，將 1/1000 地形圖建物圖資經過 PDMS 操作處理後，獲取本研究更新之建物圖資。

肆、研究假說

為了解本研究辦理局部建物更新圖資之品質，因此設計對本研究更新後建物圖資成果進行數據分析，驗證研究方法是否能有效地更新現地改變之建物，並能完整涵蓋現地變化情形，以進行驗證使用 PDMS 作業處理方案辦理建物圖資局部更新是否可行；若驗證可行，代表於大範圍航空攝影測量作業方式外，能夠提供具有高機動性、作業彈性的局部建物圖資更新方案。

伍、數據分析

採用資料比對的方法，對本研究更新建物圖資成果，進行更新率及空間幾何精度，分別進行計量分析，藉此瞭解本研究成果更新之完整度與可靠度。

一、更新率計量分析

選用 110 年度建置之 1/2500 臺灣通用電子地圖建物圖資做比對資料，本研究成果於 111 年度辦理局部建物圖資更新，假設本研究成果正確，則相對於 110 年度建置之 1/2500 臺灣通用電子地圖建物圖資，其更新率應大於或等於 100%。若存有差異，則須了解現地是否因臺灣通用電子地圖之建物有已拆除或異動情形。

更新率空間幾何運算：1. 計算本研究更新建物之多邊形中心點位置。2. 分析臺灣通用電子地圖中建物多邊形內，與本研究更新建物之多邊形中心點位之關係。3. 計算臺灣通用電子地圖建物多邊形，包含本研究成果更新建物多邊形中心點狀況，計算為更新率(如圖 2-8)。

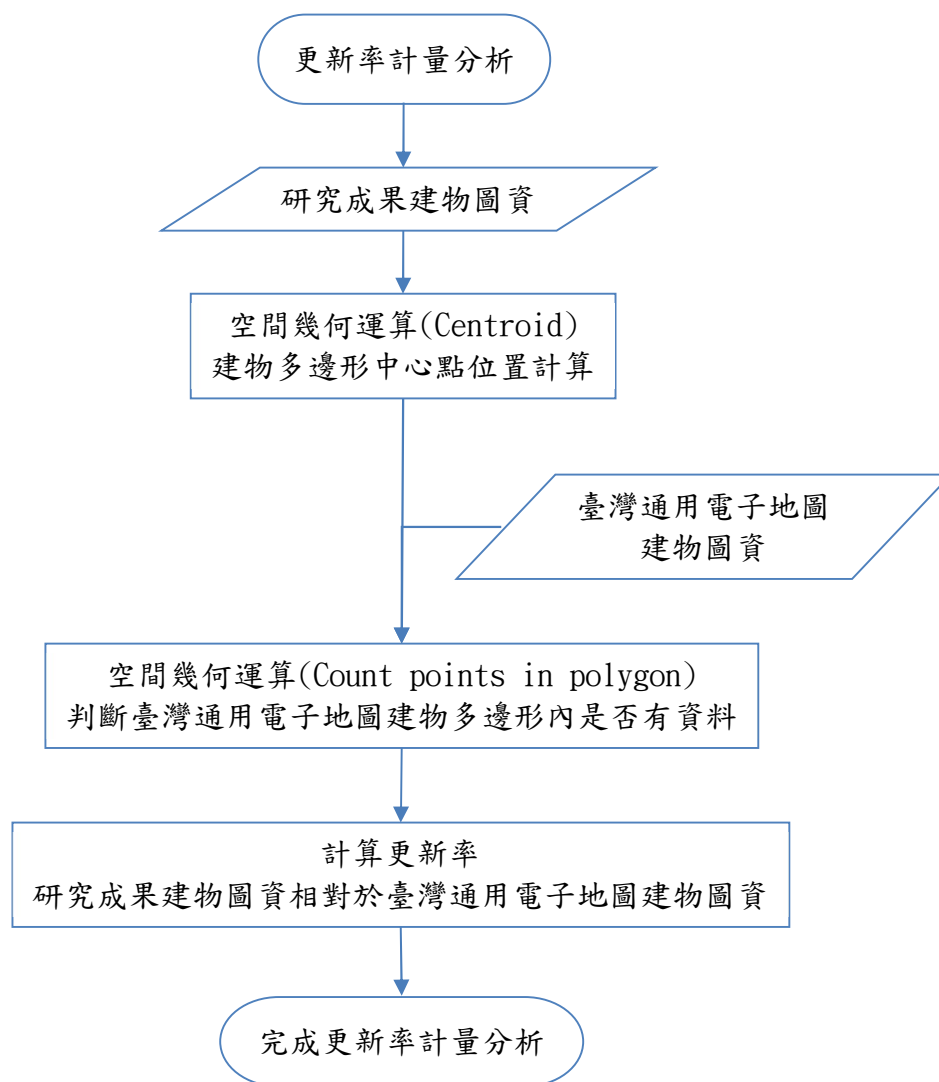


圖2-8 更新率計量分析流程說明

二、空間幾何精度計量分析

選用多時期建物圖資中最佳空間幾何精度建物圖資(1/1000 地形圖)做資料比對，假設研究成果(最新的建物圖資)正確，則最新的建物圖資相對於前期 1/1000 地形圖(新增建物圖資)應有一定的空間幾何精度。而新增建物圖資即為最新的建物圖資相對於前期 1/1000 地形圖差異部分。

空間幾何精度評估：1. 隨機抽驗本研究更新之新增建物圖資空間幾何精度：目的為分析新增建物圖資的精度(包含人為誤差、測量誤差等各種隨機誤差)，實地隨機抽樣測量新增建物位置並計算其差量均值及均方根。

2. 隨機抽驗 1/1000 地形圖建物圖資的位置精度空間幾何精度：目的為分析 1/1000 地形圖建物圖資的精度(包含人為誤差、測量誤差等各種隨機誤差)，在被抽樣的新增建物位置附近，實地隨機抽樣測量 1/1000 地形圖建物位置，並計算其差量均值及均方根。3. 交互統計測試：針對本研究更新之新增建物與 1/1000 地形圖建物辦理統計分析(如圖 2-9)。

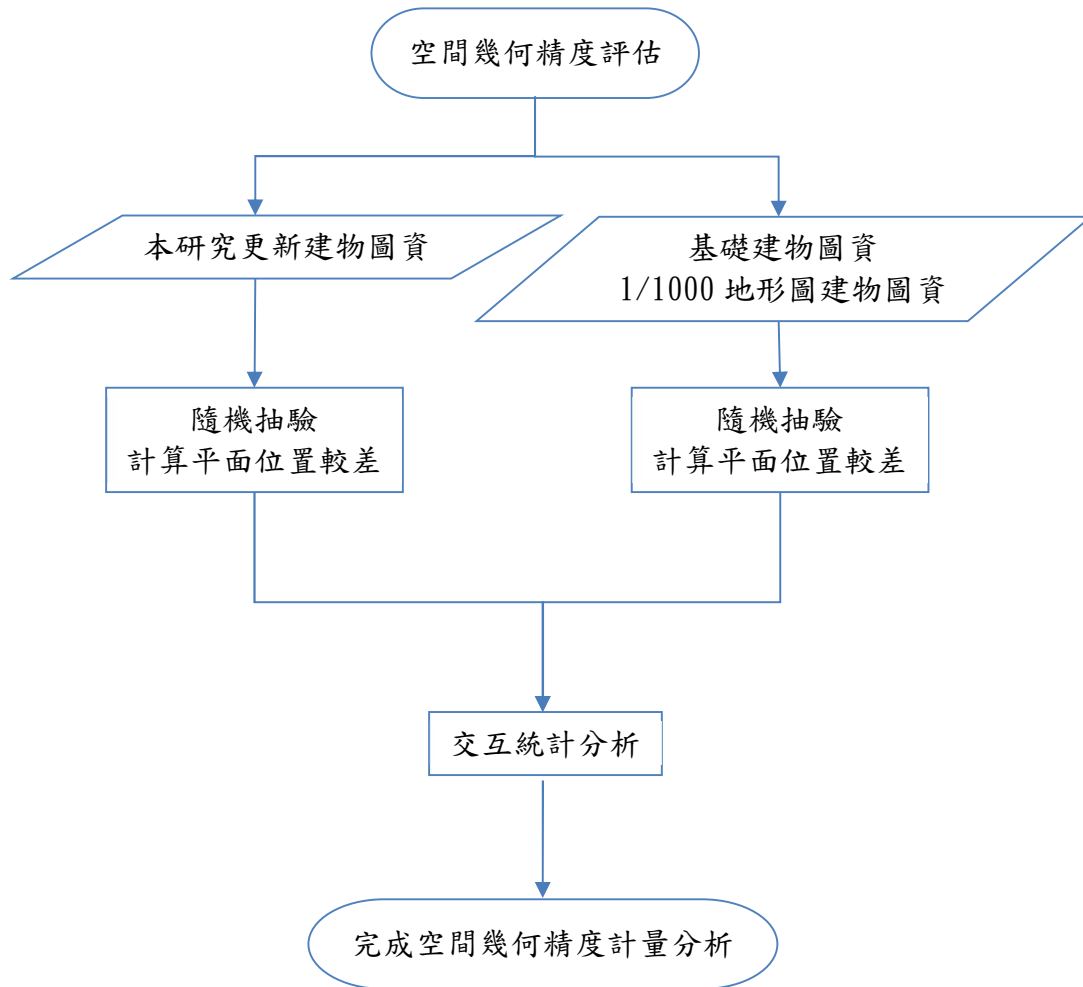


圖2-9 空間幾何精度計量分析流程說明

第三章 作業流程及研究方法

第一節 作業流程

為達快速更新建物圖資的目的，本研究規劃之系統性作業流程，設計利用合適之基礎圖資與多項測量技術，企能有效率地獲取最新建物圖資。

國土測繪圖資雲資料庫內包含多種空間圖資，各依作業需求及目的辦理測製。考慮完成更新的建物圖資與基礎建物圖資應具有空間幾何精度一致性，因此應從多時期建物圖資中選擇具有最佳空間幾何精度的建物圖資為基礎建物圖資，以便本研究更新之建物成果能夠獲取最佳空間幾何精度。因此從國土測繪圖資雲內選定具有最大製圖比例尺的 1/1000 地形圖(如圖 3-1)作為基礎圖資，以其建物圖資為基礎建物圖資。

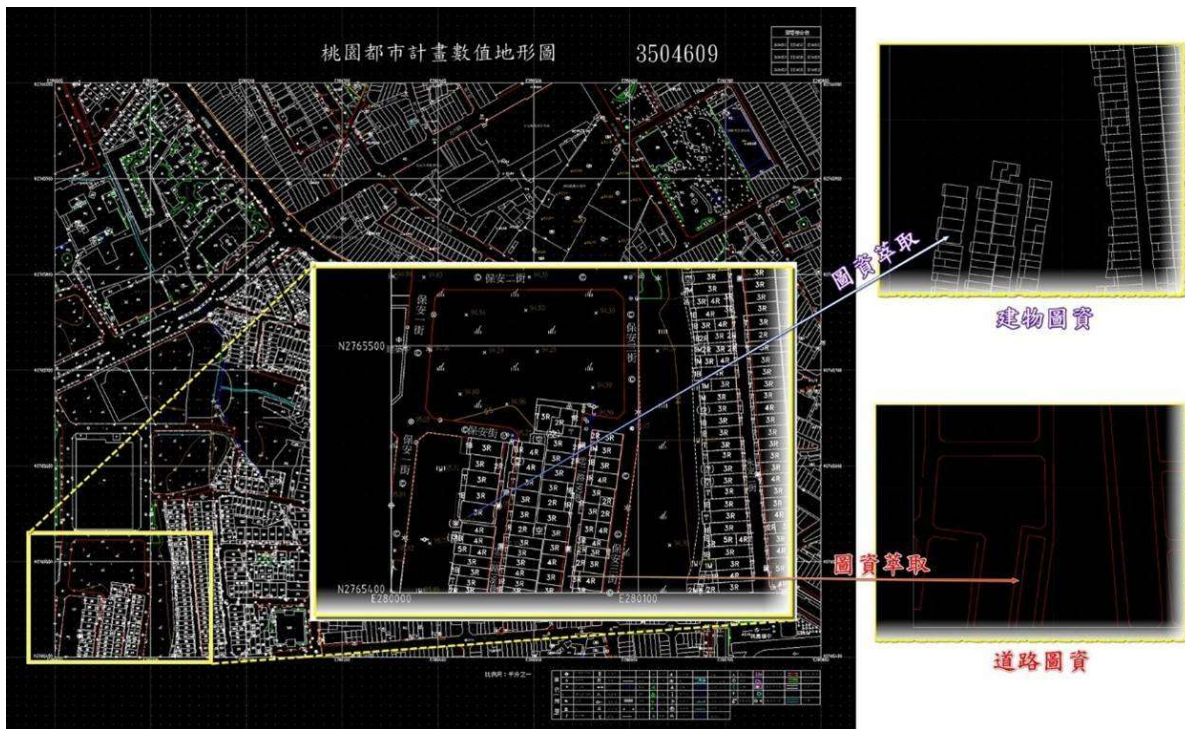


圖3-1 1/1000地形圖

選定基礎建物圖資後進入 PDMS 操作處理方案，按作業流程進行 PDMS 資料處理流程，依步驟完成作業後，可到本研究成果(最新建物圖資)，提供輔助三維建物模型更新作業使用或進行各種 GIS 分析應用(如圖 3-2)。

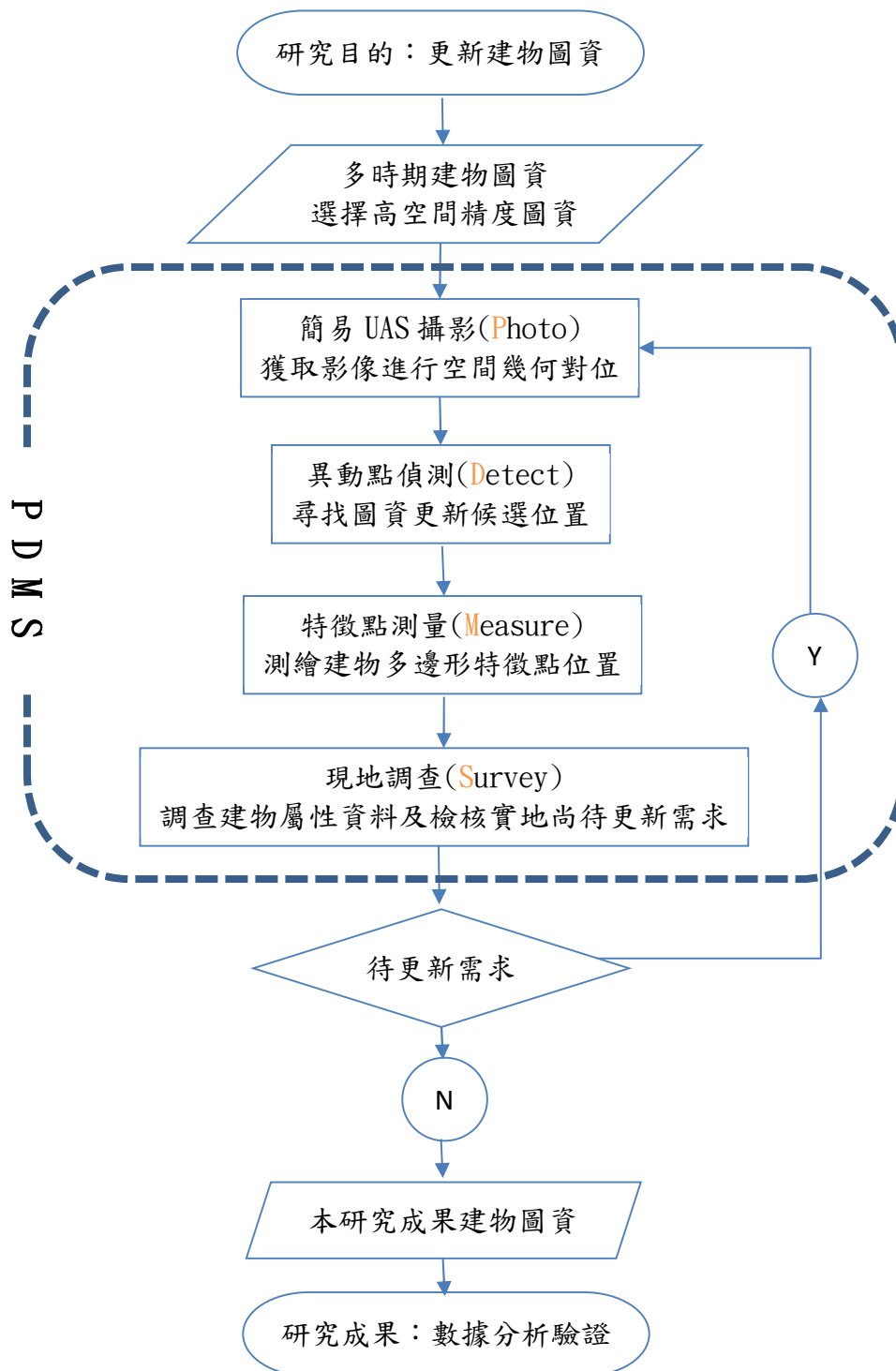


圖3-2 作業流程說明圖

PDMS 操作處理方案依次簡要說明如下：

壹、簡易 UAS 攝影(Photo)：

對選定範圍進行簡易 UAS 攝影處理，目的集中在即時、快速、大範圍地獲取最新的建物影像資料，每張攝影影像都以垂直攝影方式獲取，並進

行影像空間幾何對位，產製的空間幾何對位影像可直接與基礎建物圖資套合，以進行下步驟異動點偵測操作處理，偵測尋找基礎建物圖資內需更新的建物位置。

貳、異動點偵測(Detect)：

對更新範圍內的建物圖資進行異動點偵測處理，目的集中在找出異動點，每個異動點位置代表需更新建物圖資的位置，在異動的空間位置上可以採用不同空間位置幾何測量技術，以進行下步驟特徵點測量操作處理，蒐集更新的建物圖資。

參、特徵點測量(Measure)：

對異動點位置內的建物進行特徵點測量處理，目的集中在整合各項空間位置幾何測量技術蒐集建物特徵點的空間位置，並依特徵點建置建物圖資，配合建物圖資提供的空間範圍，以進行下步驟現地調查操作處理，按現地使用狀況賦予建物圖資屬性資料，並做現地查核確認是否有其他未處理的更新需求。

肆、現地調查(Survey)：

對本研究成果建物圖資提供的各建物空間範圍進行現地調查，目的集中在現地查核建物圖資的屬性資料及確認現地是否有尚待更新的異動點，操作處理方式可至現地製作街景，再透過瀏覽平台隨時查詢現地狀況建置建物圖資的屬性資料，同時參考現地使用狀況配合 GIS 資料庫內其他圖資（如地籍圖）細分建物圖資。

建物圖資完成建置後，研究成果採用資料比對的方法進行數據分析，檢驗圖資的可信度與精確度(如圖 3-3，紅色線：本研究成果，黑色線：1/1000 地形圖建物圖資)。

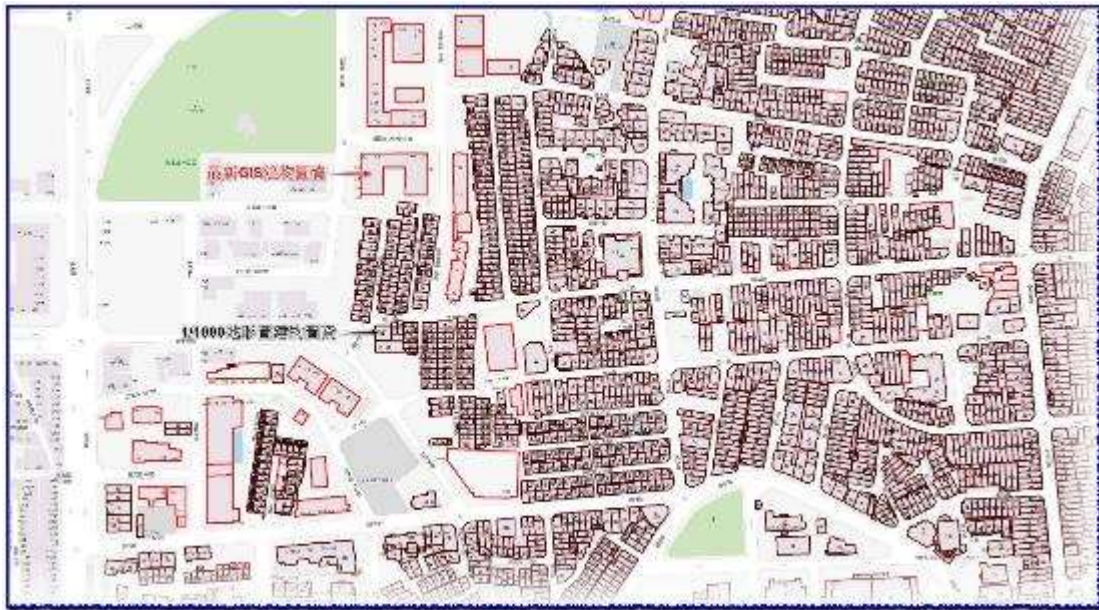


圖3-3 本研究結果建物圖資套疊1/1000地形圖建物圖資

第二節 研究方法

壹、簡易 UAS 攝影(Photo)

航空攝影測量一直是大面積蒐集空間資料的方法，但傳統各項大型儀器設備價格不斐，且資料處理過程需進行嚴密的空中三角測量作業，故作業相當繁瑣且具專業性，使得執行航空攝影作業具有一定門檻，並非隨時可以便利地獲取資料。惟著科技不斷的演進，UAS 開發問世、微型數位攝影元件急速發展及相關技術成熟，使得 UAS 具備快速、即時自動定位、無人駕駛、姿態穩定度高等特性，因此透過 UAS 搭配相對低廉的非量測型數位相機，執行空拍獲取高解析度影像並測製大比例尺地形圖，也成為近年來小區域範圍（約 3 平方公里以下）地形圖測製作業經濟可行方式之一（國土測繪中心委託研究報告，2021）。本研究期望透過 UAS 航拍攝影，能於選定更新作業範圍後，以更簡易快速方式執行航拍即時取得作業範圍內的空拍影像資料，除了可透過 UAS 空拍影像及多時期空間圖資的套合來進行異動點偵測外，亦可作為地面測量無法到達或因視角遮蔽難以施測時，輔助繪製建物框線使用。

UAS 航拍攝影（如圖 3-4）主要目的在於即時、快速、區域性獲取最新的建物影像資料，外業時設定每張影像以垂直攝影方式拍攝，以獲取建物之空拍影像。在內業影像處理需求如用於多時期空間圖資套合，可利用軟體之多視立體視覺匹配技術與空中三角測量方法進行影像處理，先快速製作航拍區域範圍內具有地理坐標參考資訊之正射影像(Orthoimages)，再將正射影像套疊相片位置及姿態資料製作影像拍攝中心點展點圖，以便於瀏覽查詢及選取所需之 UAS 單張影像，進行異動點偵測及輔助繪製建物區塊。如因地面測量無法到達或因視角遮蔽難以施測問題，導致不能利用地測資料完整繪製建物框線，而需另參考 UAS 影像輔助繪製時，即可利用展點圖挑選接近建物正上方之單張空拍影像，於多時期空間圖資選定特徵點約制進行空間幾何對位後，用以輔助繪製地面測量無法施測之建物區塊。

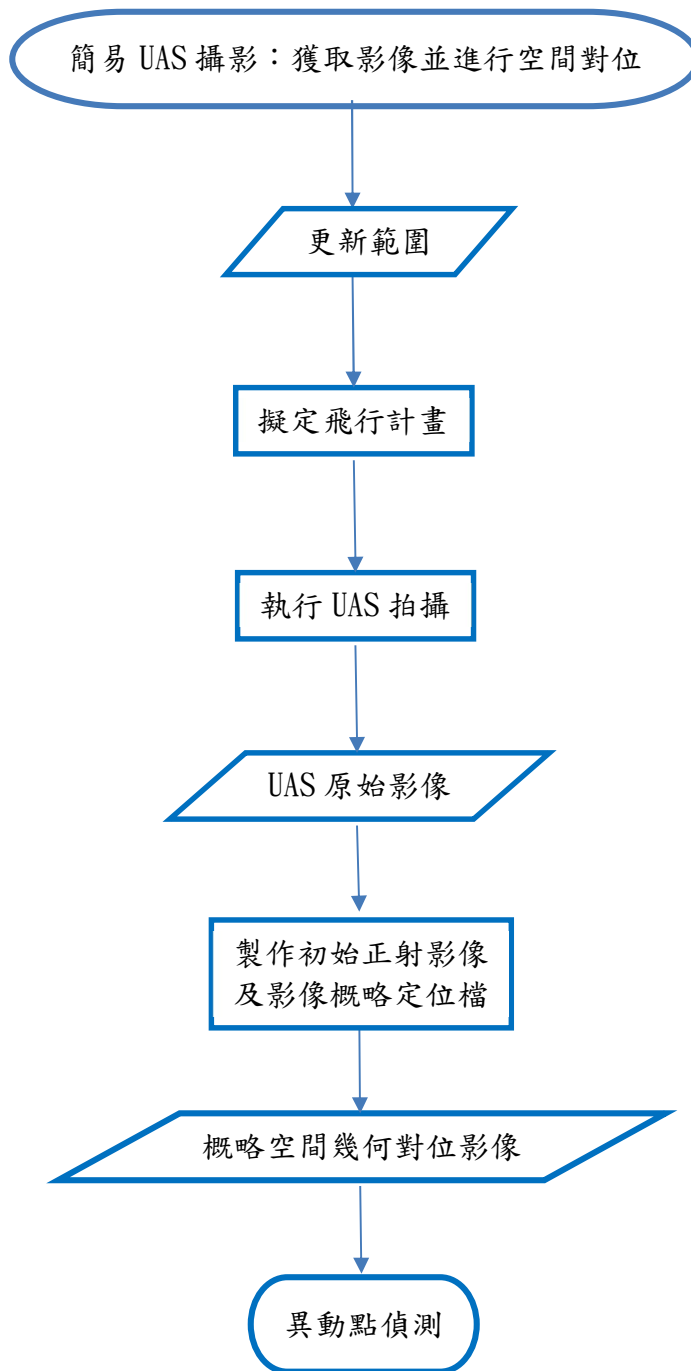


圖3-4 簡易UAS攝影作業說明

一、更新範圍

本研究選定桃園市及新竹縣竹北市都市計畫區內部分地區作為更新研究區域，合計共 5 個區塊（如圖 3-5、3-6、3-7、3-8）。

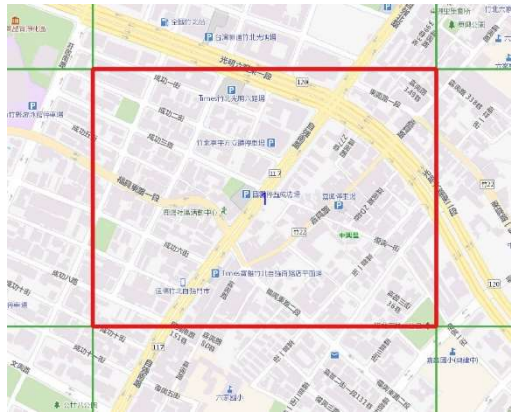


圖 3-5 桃園研究區



圖 3-6 新竹研究區

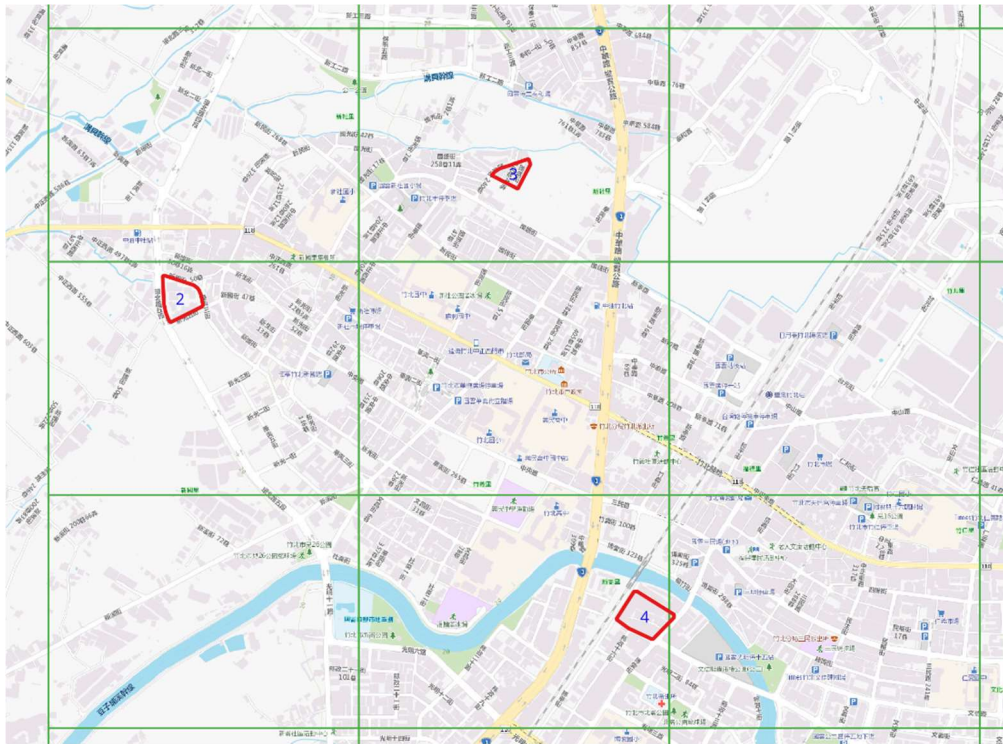


圖3-7 新竹縣竹北市密集建物研究區位置及範圍



圖3-8 新竹縣竹北市研究區域

二、 擬定飛行計畫

(一) 多旋翼機設備介紹

本研究採用具有垂直起降、懸停攝影功能且可抗 3 級風（約 5 公尺/秒）的多旋翼 UAS 設備（如圖 3-9）進行航拍作業，多旋翼機機體具備折疊收納功能及垂直起降特性，總重約 8 公斤、酬載重量可達 1.5 公斤，於酬載數位相機及定位定向系統設備時，飛行時間最長約 20 分鐘，最大飛行半徑及控制距離達 1,000 公尺以上、最大航高約 500 公尺（規格性能如表 3-1）。



圖3-9 多旋翼機（含註冊碼）及酬載數位相機外觀

表3-1 多旋翼機規格性能表

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	8 公斤
滯空時間	約 20 分鐘
最大航高	500 公尺
飛行速度	30 公里/小時
抗風	3 級風
動力	電力

多旋翼機航拍設備上裝載之數位相機為 Sony $\alpha 7$ III（圖 3-10），其感光元件為全片幅尺寸（35.6 毫米×23.8 毫米）、6,000×4,000 像素之 CMOS（相機詳細規格如表 3-2）。在航高設定約 200 公尺時，能取得較 1/1000 地形圖測製作業規範原始影像地面解

析度 0.1 公尺要求更高約 0.07 公尺地面解析度之影像，可符合本案研究測試需求。



圖3-10 Sony α7 III全片幅數位相機

表3-2 Sony α7 III全片幅數位相機規格表

項目	規格
影像感測器	有效畫素 2420 萬畫素 全片幅(35.6mm × 23.8mm) Exmor R CMOS 感光元件
鏡頭焦距	21mm 焦距定焦鏡頭
記憶卡容量	32GB、64GB
影像格式	JPEG/RAW
記錄畫素	最高 6000 x 4000 pixels
儲存張數	依記憶卡容量決定
連拍速度	每秒 10 張
快門速度	最快可達 1/8000 秒，提供外部觸發快門
ISO 感光度	ISO 100-204800

(二) 航拍作業流程

因交通部於 108 年 7 月 23 日修正「民用航空法」並公布「遙控無人機管理規則」令，並自 109 年 3 月 31 日施行，政府機關（構）、學校或法人從事遙控無人機飛航活動，如航高 400 呎以上、視距外飛行或航拍區域位於禁限航區等等，皆須依規定進行申請。原則上使用 UAS 執行航拍任務須於作業 15 天前，至交通部民用航空局「遙控無人機管理資訊系統」填寫相關表單進行空域活動申請。於空域申請通過後始得從事航拍活動，UAS 航拍作業流程如圖 3-11；另外任務規劃與勤前提示與工作分配亦為重要的工作規劃，執行航拍任務時，還需視天候條件許可下方可執行任務。

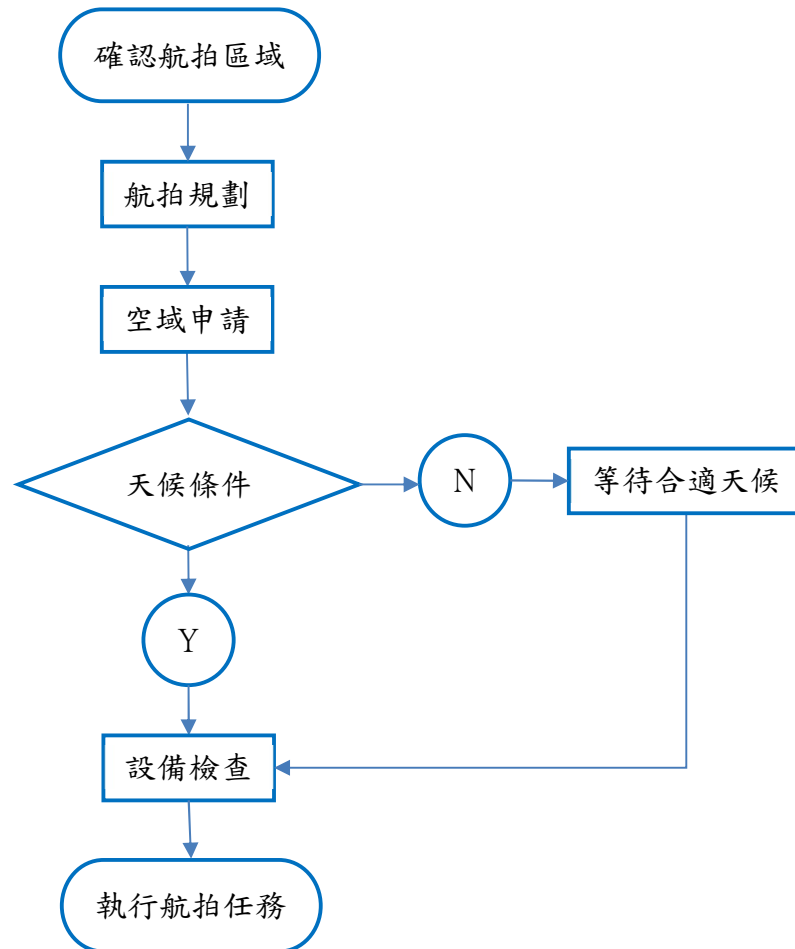


圖3-11 UAS航拍規劃及空域申請流程

(三) 空域申請

本案選定研究區域如位於交通部民用航空局（以下簡稱民航局）公告之禁限航區（如圖 3-12），須依「遙控無人機管理規則」相關規定申請空域活動，並進行相關空域協調作業。本案新竹縣竹北市研究區域依前開相關規定申請空域，且於 5 月 23 日獲交通部民用航空局審核通過（活動申請同意號碼：AB2205040012），並發布飛航公告（飛航公告號碼：C0695/22、C0696/22、C0697/22）。研究區域空域採協調使用，無人機執行空拍作業時須派協調人員進駐臺北進場管制塔臺辦理協調作業，須於獲航管同意後始可開始執行航拍任務，作業期間並以軍、民航機為優先，任務期間如有軍、民航機臨時任務，UAS 須降落暫停任務，以維飛行安全。



圖3-12 研究區位置與空域範圍禁限航區資訊

(四) 航線規劃

航拍任務執行使用本中心多旋翼機及酬載 Sony A7 III 數位相機(像元大小為 6 μm)、搭配 21 mm 焦距定焦鏡頭。研究區域地表高程約 20 公尺，航高(離地高)設定約為 100~300 公尺，可獲取 4~10 公分解析度影像，並以影像前後重疊率 80%、側向重疊率約 70%規劃航線，基本航拍資訊如表 3-3。

表3-3 基本航拍資訊

項目	資訊	備註
相機感測器大小	36×24 mm	相機感光元件(CMOS)大小
影像畫數	6,000×4,000	約 2420 萬有效像素
像元尺寸	6 μm	每個基本影像元素大小
鏡頭焦距	21 mm	定焦鏡頭
地面解析度(GSD)	約 4~10 公分	千分之一地形圖規範地面解析度要求為 10 公分以下
飛航高度	約 100~300 公尺	離地高
影像涵蓋範圍(寬)	約 223 公尺	每張影像橫向地面涵蓋範圍
影像涵蓋範圍(高)	約 149 公尺	每張影像縱向地面涵蓋範圍
前後重疊率	80%	重疊率 80%以上
側向重疊率	70%	重疊率 70%以上
航帶數	3~5 條	
飛航架次	1 次	

三、執行 UAS 拍攝

本案新竹縣竹北市研究區域航拍活動於 8 月 17 日向民航局申請協調人員進駐臺北近場管制塔臺並獲得許可，並於 8 月 18 日於塔臺同意航拍活動下，依飛行計畫執行 UAS 拍攝任務（如圖 3-13），順利完成拍攝作業取得航拍原始影像（航線及航拍影像分布如圖 3-14，紅色線：航拍路徑）。



圖3-13 設備檢查及航拍作業情形

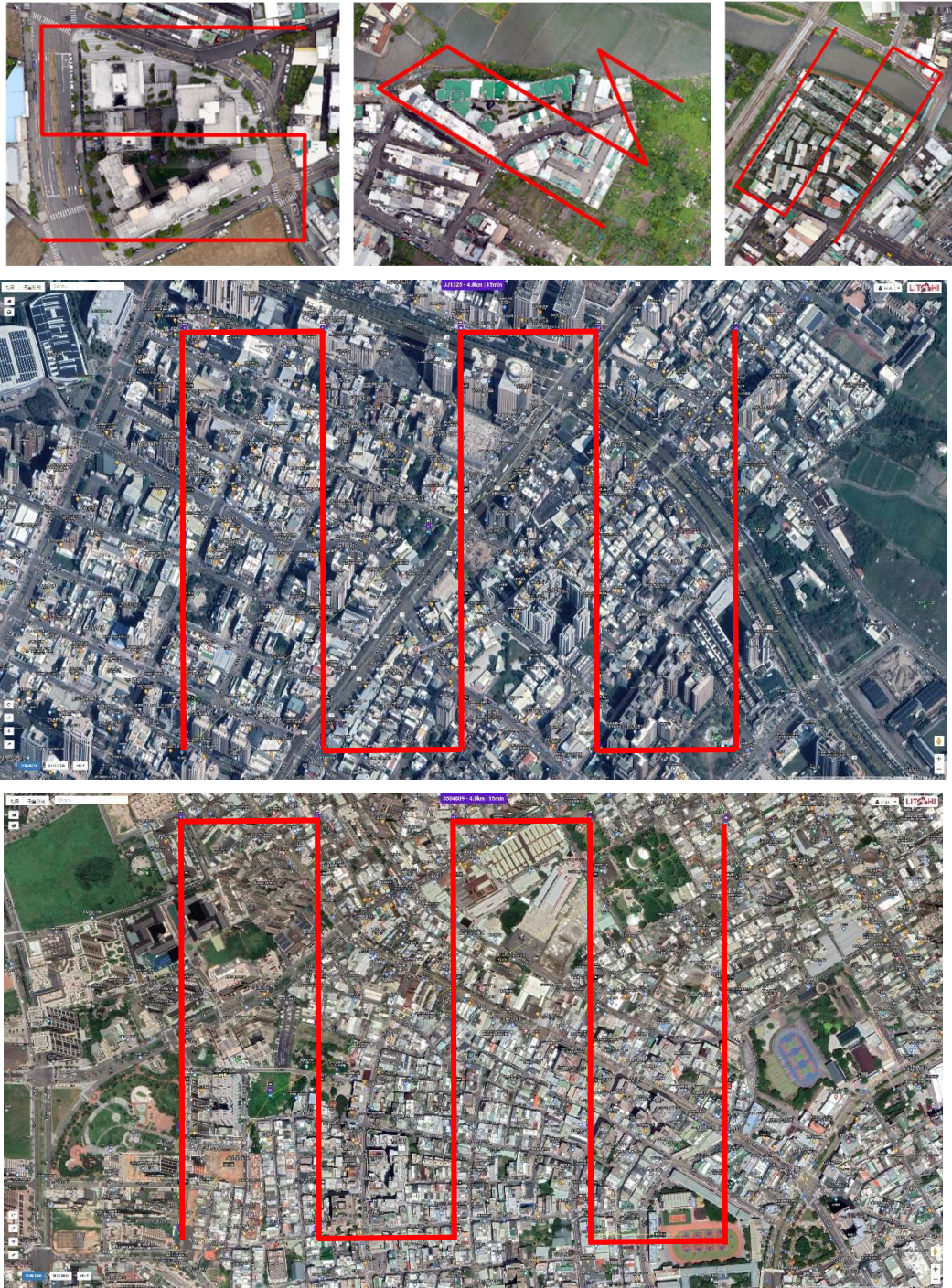


圖3-14 研究區航線圖

四、航空攝影原始影像

本案桃園市及新竹縣竹北市研究區，依區域性質及範圍不同設定飛行高度，每區拍攝約 3~5 條航線，取得約 4~10 公分之高地面解析度原始影像（如圖 3-15）。



圖3-15 研究區原始航拍影像

五、製作初始正射影像及影像概略定位檔

外業航拍任務完成後，因取得之原始航拍影像為中心透視投影影像，並含有透鏡畸變差及高差位移等的影響，如要進行後續相關應用，必須執行空間幾何對位。本研究內業影像處理作業先採用本中心已購買授權之商用軟體 Pix4D mapper，將原始航拍影像與影像初始位置、姿態及影像特徵點量測資料匯入軟體，透過軟體進行自動化連結點密匹配、空中三角測量計算（用以修正相片初始位置及姿態）、輸出數值地表模型及產製初始正射影像，快速製作研究區內具有地理坐標參考資訊之影像資料。於輸出正射影像後，以人工簡單編輯正射影像中地物扭曲處之鑲嵌線及修正建物邊緣，再依區域範圍進行裁切，獲得研究區域最終正射影像成果(如圖 3-16)。



圖3-16 新竹縣竹北市研究區域正射影像

完成正射影像後，並套疊相片位置及姿態資料製作影像拍攝中心點展點圖(如圖 3-17)，以便於瀏覽查詢與選取異動點偵測及輔助繪製建物區塊所需之 UAS 單張影像。

本研究主要使用單張 UAS 航拍影像與多時期空間圖資套合，以進行異動點偵測與輔助繪製更新區之建物，故作業前需先依展點圖選取欲使用之 UAS 單張影像，再於前期 1/1000 地形圖上取得建物特徵點或以地面測量結果作約制，隨機挑選單棟建物進行單張影像概略空間幾何對位，以製作影像定位檔。



圖3-17 影像拍攝中心點展點圖

六、概略空間幾何對位影像

單張 UAS 航拍影像經由隨機挑選之建物局部特徵點約制，完成概略空間幾何對位後，即可與 1/1000 地形圖套合(圖 3-18)，於後續步驟進行異動點偵測與確認待更新建物區域；另一方面，再進行分棟影像對位後，亦可應用於地面測量時因視角遮蔽無法施測之區域，輔助繪製須更新之建物。



圖3-18 空間幾何對位影像套疊多時期空間圖資

貳、異動點偵測(Detect)

承上階段「簡易 UAS 攝影」(Photo)操作處理，完成簡易 UAS 攝影操作處理後，即產製一系列空間幾何對位影像(如圖 3-19)。



圖3-19 簡易UAS攝影影像

異動點偵測(Detect)處理程序的目的即是使用這些 UAS 拍攝並完成空間幾何對位影像，與多時期建物圖資中最佳空間幾何精度的圖資套合，套合後進行比對找到建物新增、刪除或改變的位置，並將異動位置標示為異動點並儲存完成異動偵測；因此每個異動點位置即代表建物圖資需更新的位置，本階段作業流程如圖 3-20 所示。

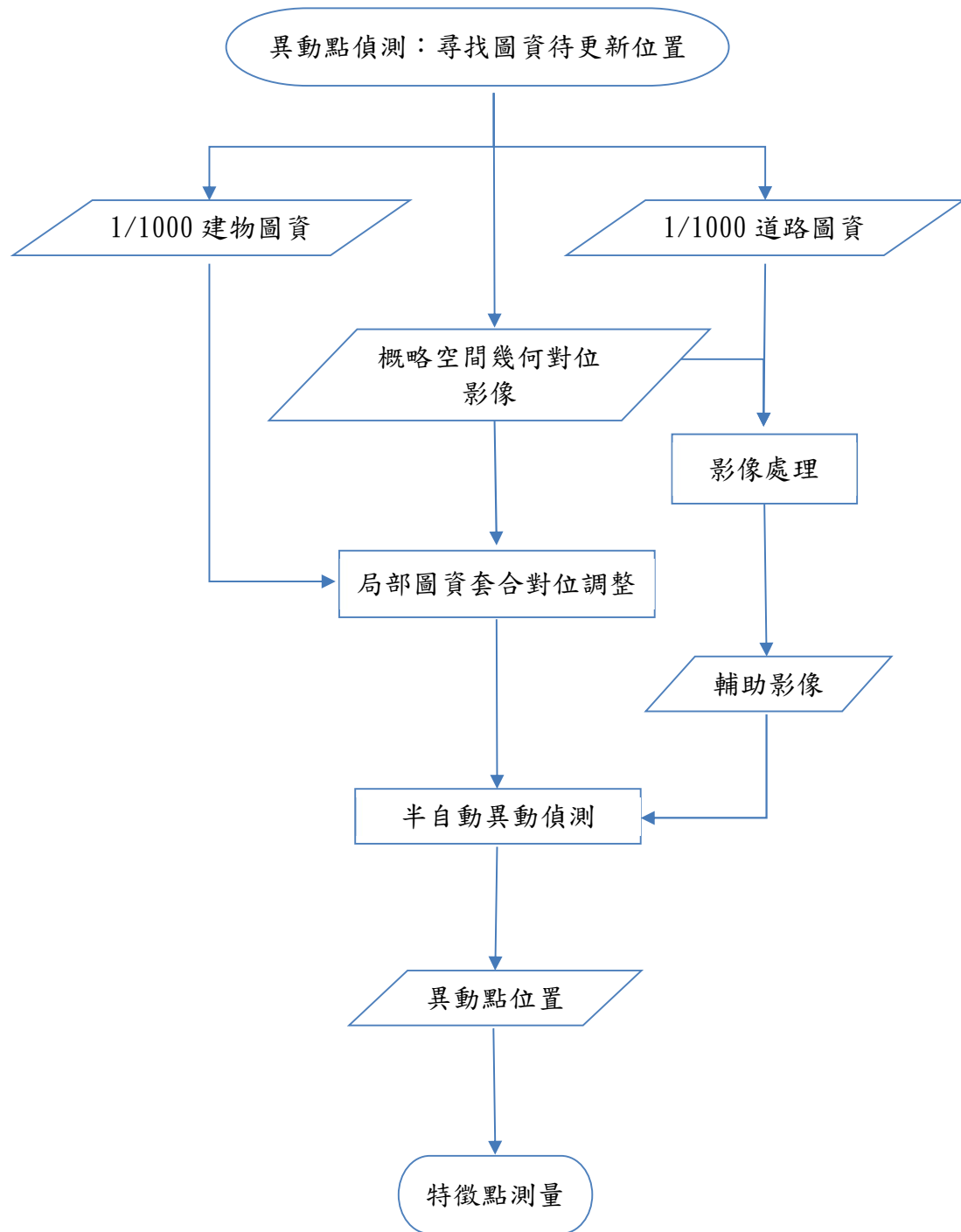


圖3-20 異動點偵測作業流程圖

一、高精度建物圖資

考慮更新建物圖資應具備良好的空間幾何精度，因此選擇多時期建物圖資中最大製圖比例尺的圖資作為基礎建物圖資；即以最大比例尺的1/1000地形圖為底圖，取其建物圖資進行更新(如圖3-21)。

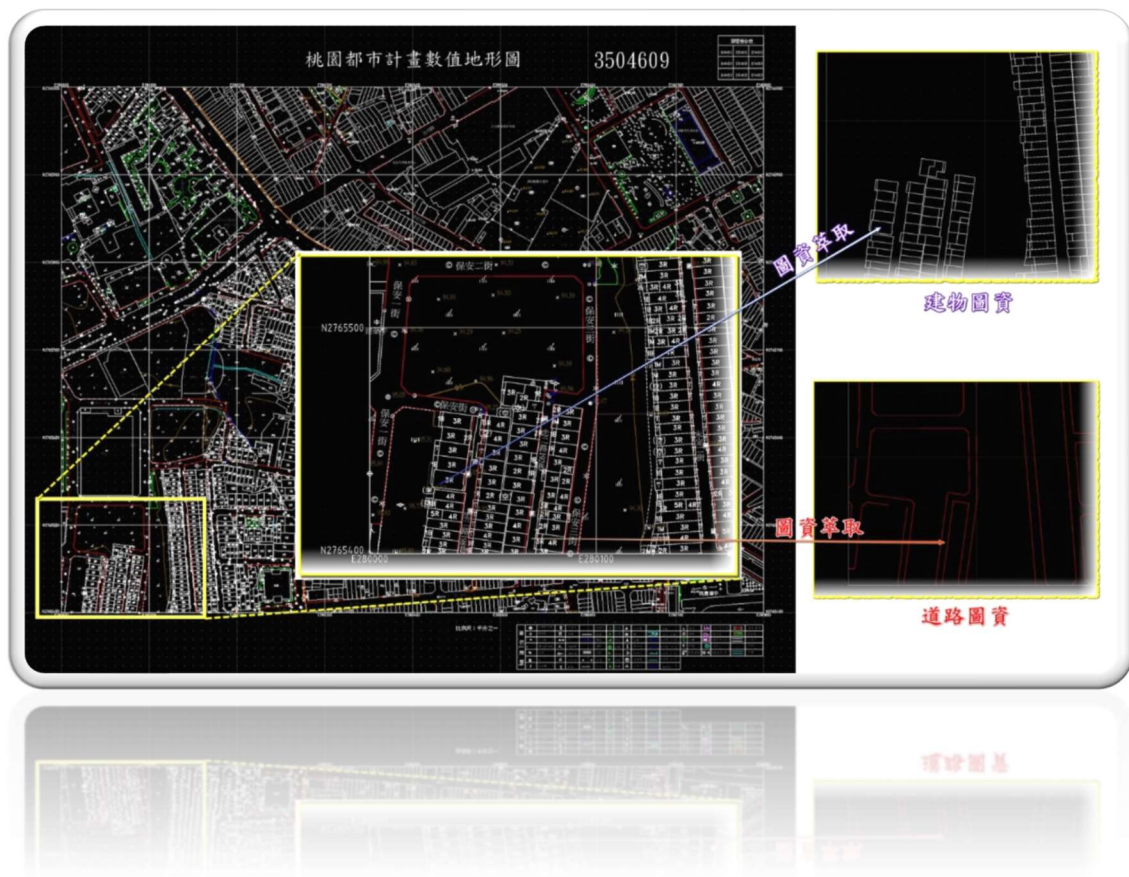


圖3-21 1/1000地形圖

二、 空間幾何對位影像

透過簡易 UAS 攝影可以獲取大量的空間幾何對位影像，(如圖 3-22)，空間幾何對位影像特點是影像已完成地理參考 (Georeferencing)，影像具有約略的地理位置；因此空間幾何對位影像可以直接套疊高精度建物圖資瀏覽。



圖3-22 簡易UAS攝影產製的空間幾何對位影像

三、影像處理

利用空間幾何對位具有空間定位的特點，結合 1/1000 地形圖道路、建物圖資，產生三類輔助影像：

1. 以空間幾何對位影像差分道路、建物影像(如圖 3-23)，這類影像可以縮小尋找新增建物的範圍，幫助人工快速尋找新增建物的位置。

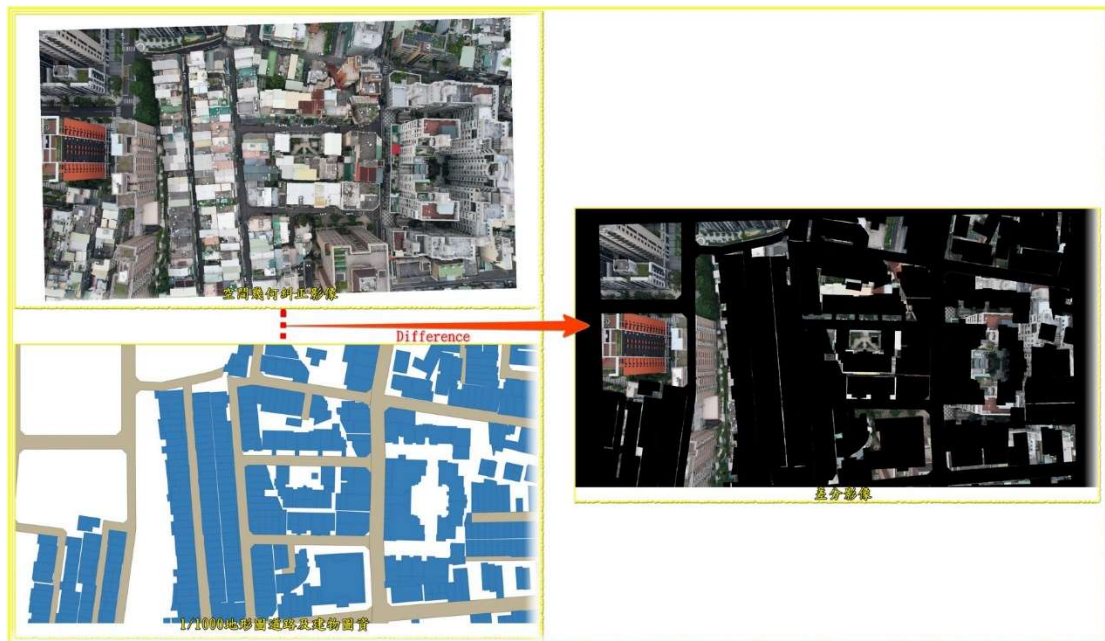


圖3-23 空間幾何對位影像差分道路、建物影像

2. 以空間幾何對位影像剪裁建物影像(如圖 3-24)，這類影像可以縮小尋找刪除或改變的建物的範圍，幫助人工快速尋找刪除或改變建物的位置。

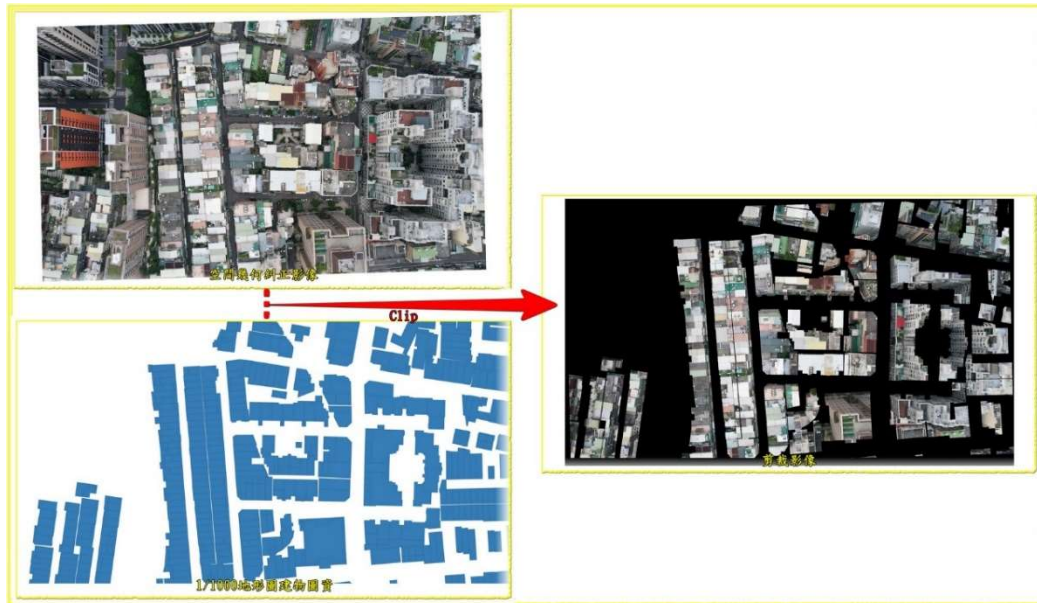


圖3-24 空間幾何對位影像剪裁建物影像

3. 以空間幾何對位影像差分道路影像之分類影像，以空間幾何對位影像差分道路之影像為輸入項(如圖 3-25)，將影像進行四類(道路、建物、植物、其他)分類產生分類影像，這類影像可以幫助人工判斷是否有建物及建物範圍。



圖3-25 空間幾何對位影像差分道路影像之分類影像

四、局部圖資套合對位調整

空間幾何對位影像與 1/1000 建物圖資進行套疊後，會發現兩者間的建物位置會略有差異，這是因為簡易 UAS 攝影獲取的空间幾何對位影像含有高差位移及透鏡畸變差所致；因此在比對圖資時，需針對目標建物做局部圖資套合對位調整(如圖 3-26)，使局部區域內的建物位置與 UAS 攝影影像建物位置大致相符，再進行異動偵測。

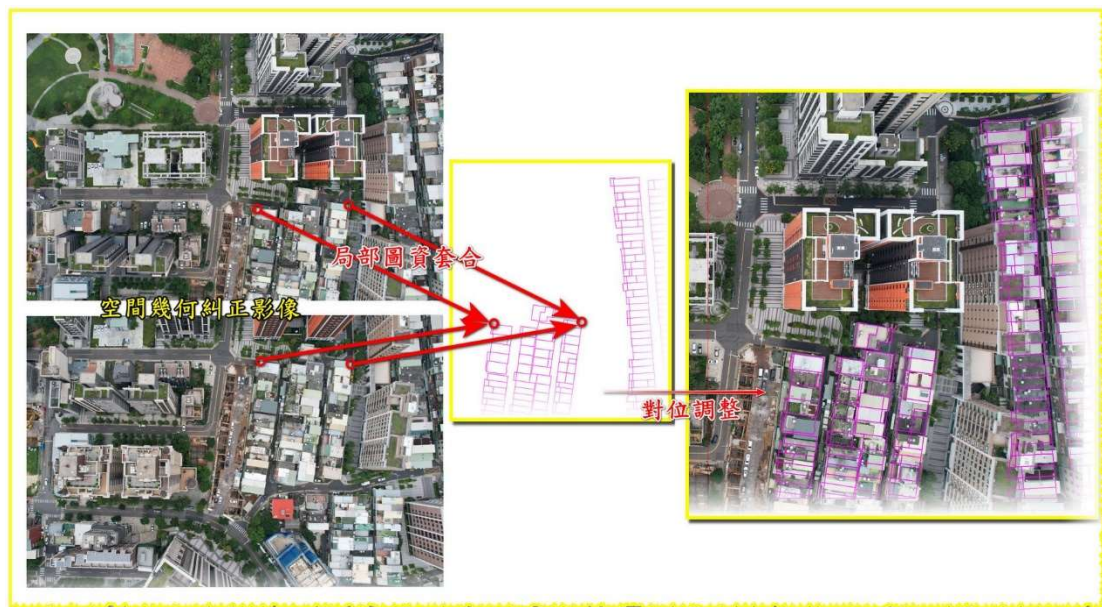


圖3-26 1/1000地形圖建物與UAS攝影影像局部套合

五、半自動異動偵測

以空間幾何對位影像與高精度建物進行局部圖資套合對位調整後，即可標示新增、刪除或改變建物的正確空間位置；配合輔助影像判斷異動建物的位置再以點標示，將所有標示點儲存完成異動偵測(如圖 3-27)。

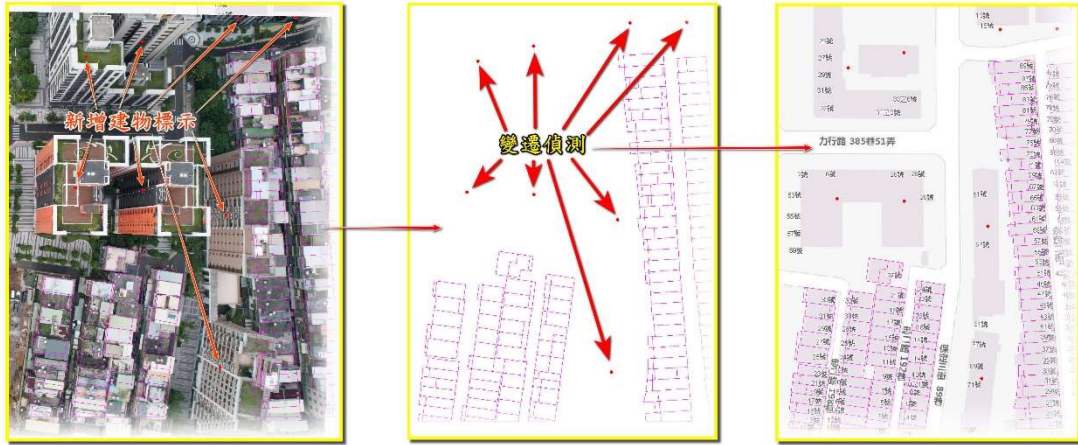


圖3-27 異動點偵測

六、異動點位置

完成異動偵測後，可產製異動點位置圖資，圖資中每個異動點位置都存在等待空間幾何位置測量更新圖資的建物(如圖 3-28)，下階段特徵點測量處理程序會詳細說明如何測量、建置建物圖資。

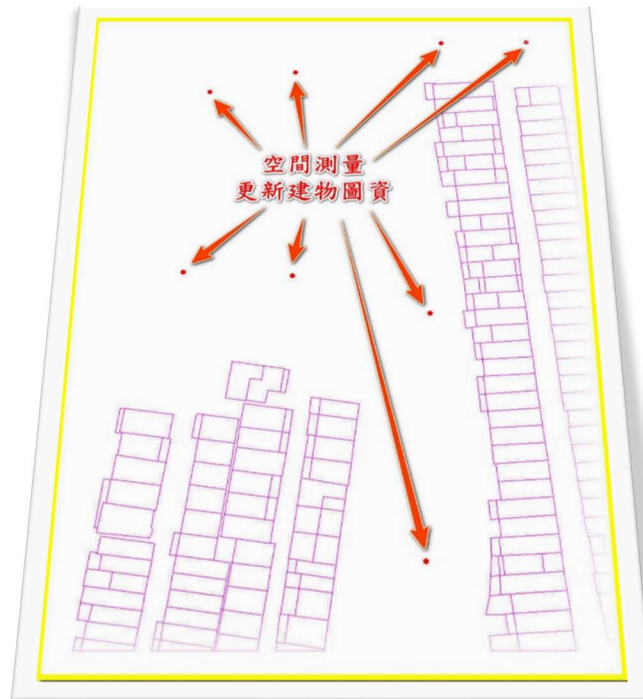


圖3-28 異動點圖資

參、特徵點測量(Measure)

進行建物特徵點測量前，首先須利用 UAS 影像套合比對基礎建物圖資(1/1000 地形圖的建物圖資) 找出異動點位置，以及收集已知點空間資料。對更新範圍內之異動點位置的建物進行特徵點測量處理，目的集中在整合各項測量技術蒐集建物特徵點的空間位置，依特徵點建置建物圖資。本研究建物特徵點的空間位置取得方式主要為地面測量及影像量測二種方法，無論採用何種測量方法都必須進行資料檢核。資料檢核可以實地進行多餘觀測，透過多餘觀測檢核確定觀測成果、已知點及原有建物圖資資料品質。利用地面測量及影像量測取得建物全部特徵點的空間位置後建置建物多邊形，接下來即可進入下一階段「現地調查」操作處理（如圖 3-29）。

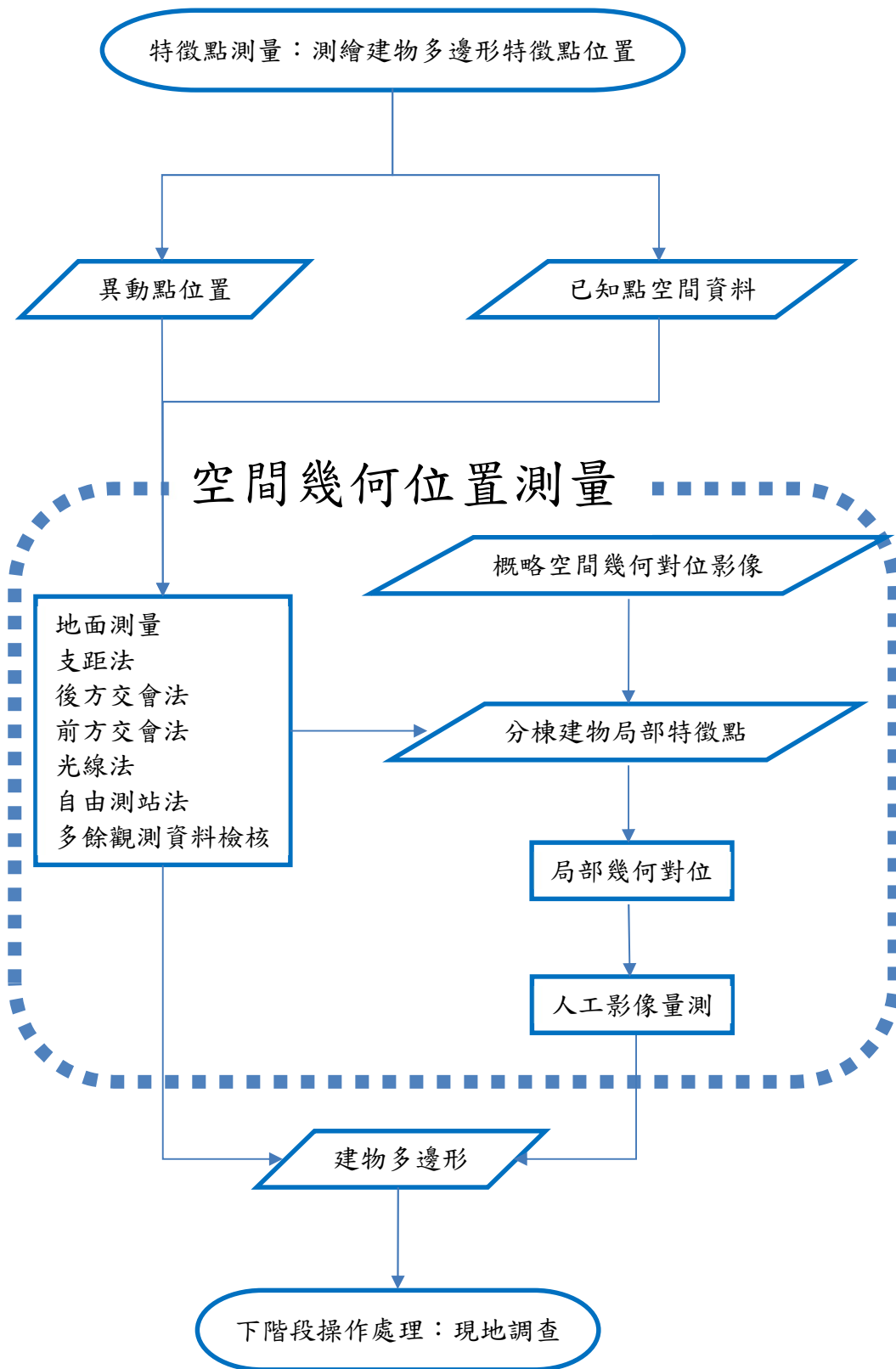


圖3-29 特徵點測量作業流程圖

一、異動點位置及已知點空間資料

特徵點測量前，需輸入異動點位置及已知點空間資料。異動點位置是利用 UAS 影像套合比對基礎圖資(前期 1/1000 地形圖) 得出。而已知點空間資料則分為基礎建物圖資建物特徵點及取得地面控制點資料 2 種方式。

(一) 基礎圖資特徵點位置

如已知原有建物特徵點位置(屋角點、折點)，首先檢查原有建物特徵點 2 個以上之相對距離是否正確，經檢測正確後利用自由測站法定出經緯儀位置作為已知點空間位置(圖 3-30，藍色線：1/1000 地形圖建物圖資，紅色方向線：測距方向)。

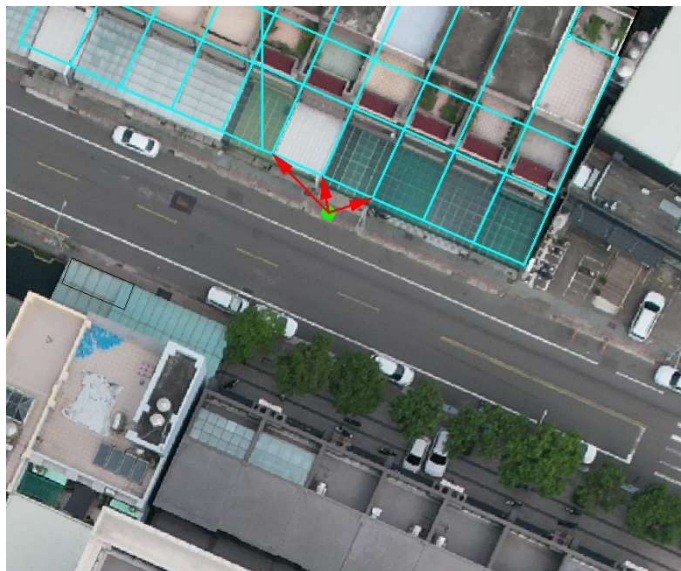


圖3-30 先後方交會定出經緯儀位置(綠色點為自由測站)

(二) 取得地面控制點資料

控制點可自行布設 e-GNSS 控制點，若作業區域已有各縣市政府地政事務所布設圖根點時，為縮短測量作業時程，得規劃採用地政事務所布設圖根點。無論採用何種方式，圖根點成果須檢測符合 1/1000 地形圖製圖使用，再據以辦理後續地面測量作業(如圖 3-31)，作業方式分述如下：

1. 布設 e-GNSS 控制點：

於試驗區布設控制點，透過 e-GNSS 衛星定位測量實地觀測直接取得控制點 TWD97 坐標後，再以光線法測得新建物特徵點的空間位置。

2. 採用地政事務所已布設 TWD97 坐標系統之圖根點：

檢查是否符合 1/1000 地形圖製圖使用。若無法符合 1/1000 地形圖精度規範，則應重新布設 e-GNSS 圖根點。

3. 採用地政事務所已布設 TWD67 坐標系統之圖根點：

應先求得坐標轉換參數後轉換至 TWD97 坐標系統，檢查是否符合 1/1000 地形圖製圖使用。若無法符合 1/1000 地形圖精度規範，則應重新布設 e-GNSS 圖根點。

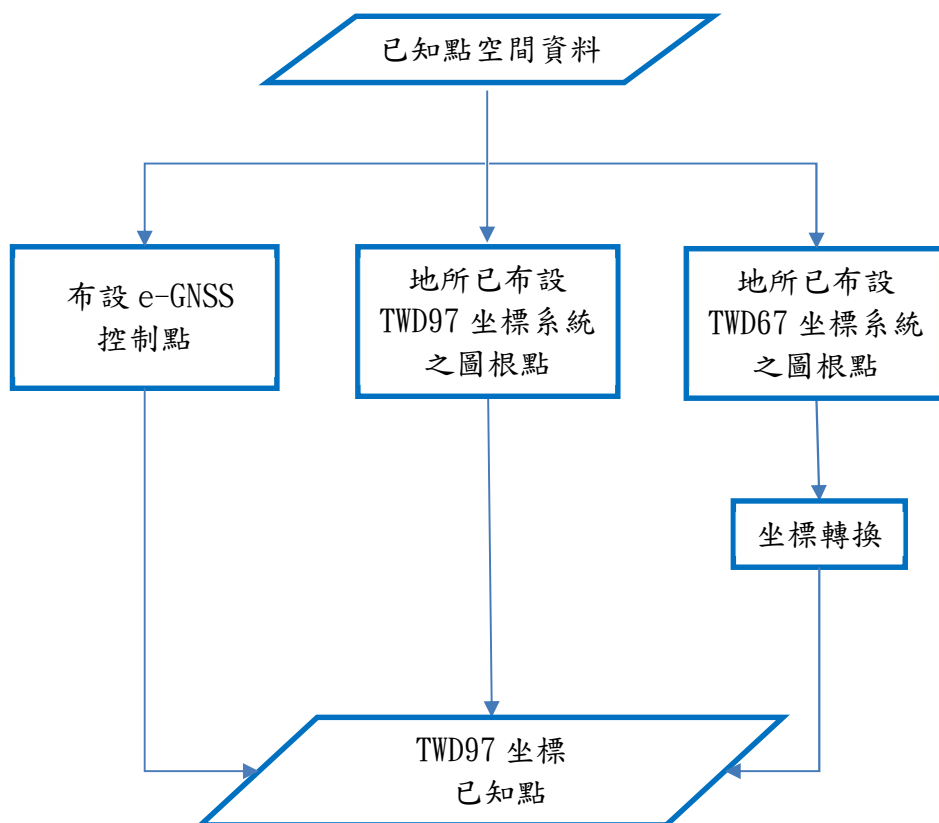


圖3-31 控制點來源

二、空間幾何位置測量

有了異動點位置及已知點空間位置後即可進行建物特徵點空間幾何位置測量。本研究建物特徵點的空間位置取得方式主要是以地面測量及影像量測 2 種方法。

(一) 依地面測量方式取得

地面測量方法包含光線法、支距法、後方交會、前方交會、自由測站等測量方式，本研究主要是採用光線法辦理地面測量工作。(如圖 3-32)。這些測量方式須利用已知點空間資料與待測建物特徵點的幾何關係式，計算獲取待測建物特徵點空間幾何位置。

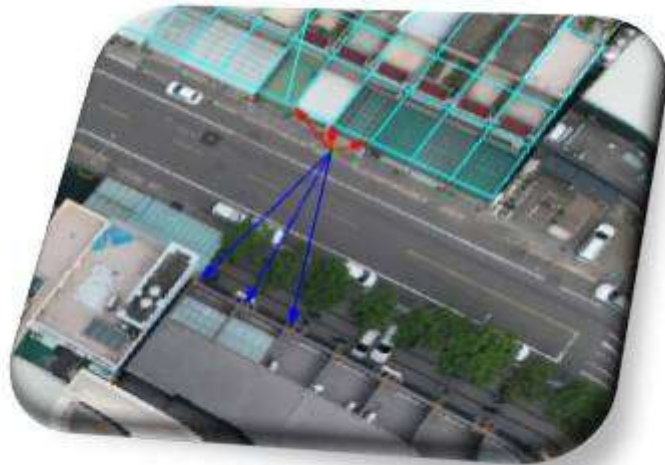


圖3-32 地面測量以光線法測得新建物特徵點（藍色線為光線法）

(二) 依影像量測方式取得

建物特徵點(建物多邊形節點)，當採用地面測量獲取時，常因遮蔽致使無法直接觀測獲取，如：社區中庭，連棟建物背面等，因此只能獲取局部建物特徵點(如圖 3-33)。

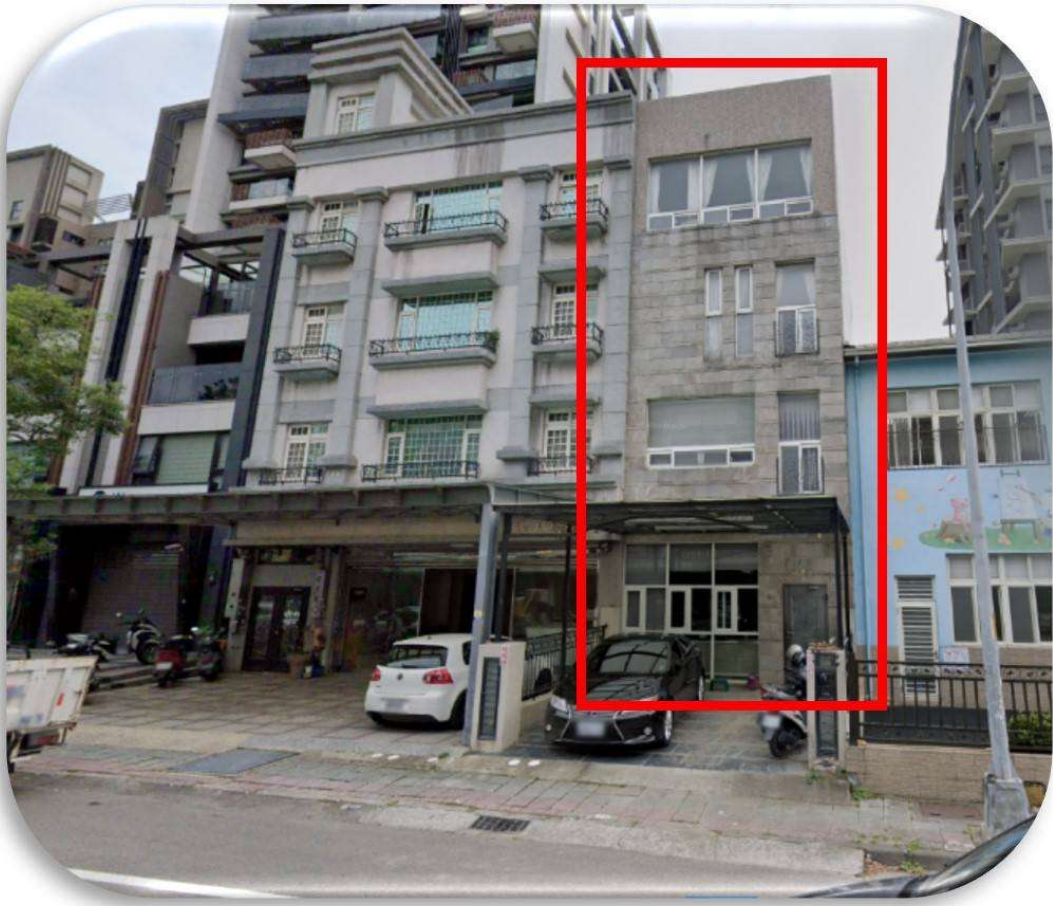


圖3-33 地面測量視角

其餘建物特徵點須輔以 UAS 影像萃取。影像量測步驟如下所示：

1. 建立局部建物特徵點對應關係

利用 UAS 可控制姿態以垂直攝影方式拍攝，得到與地面測量不同的視角，彌補地面測量的限制。首先找出 UAS 影像及對應地面測量測得相同空間幾何高度的局部建物特徵點，以求得影像之尺度及位置。因此同一張 UAS 影像內之待測建物因樓層高度不同尺度設定亦有所不同。

2. 局部空間幾何對位

針對需要測繪的建物，將空間幾何對位影像（UAS 影像）透過與特徵點地測資料對應求得之尺度及位置，針對分棟建物分別進行

局部空間幾何對位，經幾何對位的局部影像即可進行影像量測，詳如第三章第二節(如圖 3-34)。

3. 影像量測

透過人工辦理影像量測便能輔助快速獲取建物多邊形特徵點位置(圖 3-35，綠色點為圖根控制點，藍色點為地面測量點，粉紅色點為 UAS 影像量測點)。

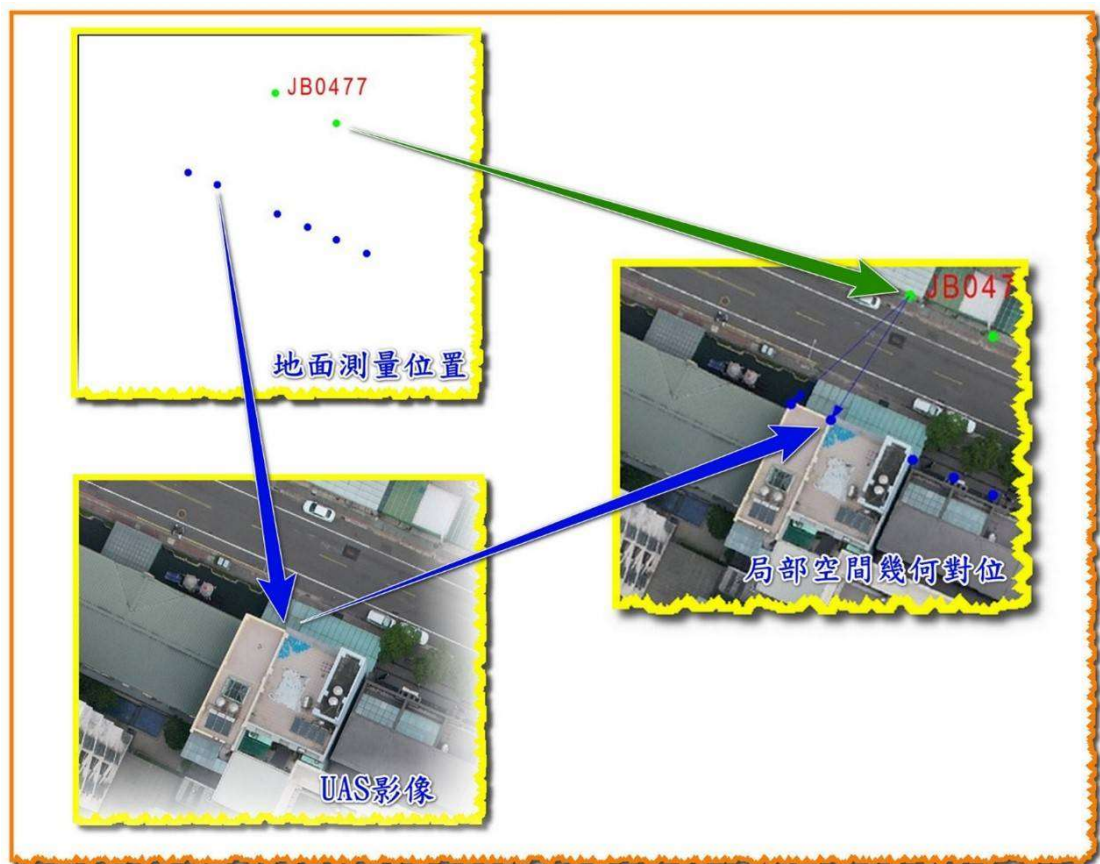


圖3-34 UAS影像與局部建物特徵點（藍色箭頭位置）對應



圖3-35 影像量測建物多邊形特徵點（粉紅色點位位置）

UAS拍攝影像時有輻射畸變差（如圖3-36）、高差位移等影響，離像主點越遠影像輻射畸變差越大，在像主點正下方之影像變形量最小。因此採用UAS影像人工量測待測建物多邊形特徵點(節點)位置時，以像主點正下方的影像為最佳部分，適合進行影像對位及影像量測。

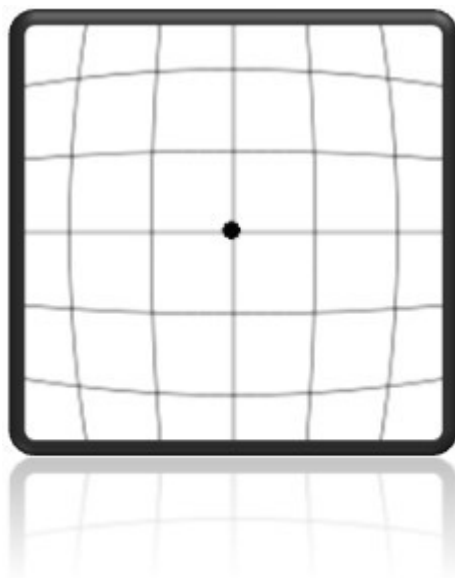


圖3-36 像機輻射畸變差

採用UAS影像萃取新建物多邊形特徵點(節點)位置時，應考慮以距像主點約25公尺以內之UAS影像進行影像空間幾何對位，以取得較佳之影像量測成果。

三、建置建物多邊形

透過地面測量及影像量測後可得到尚待更新建物全部特徵點之空間資料，迭次更新試驗區內待測建物空間資料，即可建立完整的建物多邊形(如圖3-37，綠色點為圖根控制點，藍色點為地面測量點，粉紅色點為UAS影像量測點，黃色線為本研究建置建物多邊形坵塊)。



圖3-37 完成空間幾何位置測量後建立完整的建物多邊形坵塊

完成步驟三「特徵點測量」工作內容後，接下來進行「現地調查」作業。

肆、現地調查(Survey)

建物圖資尚須搭配樓高等屬性資訊，方能建置符合三維建物模型更新需求之成果。現地調查，除了記錄建物屬性資料外，亦會再次檢查現地是否有待更新之需求，並將依調查結果更新建物圖資及建置建物屬性資料。

現地調查方式，可結合街景拍攝影像資訊，以內業方式檢視，或由國土測繪中心測量隊人員，至實地辦理調查作業。

街景拍攝須選用合適的全景攝影器材、設計拍攝角度及取樣時間設計、搭配交通載具及完整路線規劃，以取得完整之街景資訊，並可將實地影像上傳至於 Google Map 平台公開發布，即可進行 360 度空間瀏覽，並可方便反覆確認實地狀態。

現地調查方式，由人員至實地作業，同時進行建物屬性調查工作及檢核是否有尚待更新之異動點，當發現現地仍有尚待更新之異動點時，則依 PDMS 作業流程處理，迭次更新建物圖資至完成。

現地若無異動點則進行建物屬性調查工作。建物屬性資料，包括蒐集建物結構、建物樓層、建物多邊形測繪方式（如：空間幾何位置測量、引用 1/1000 地形圖等）等資料。現地調查時如有門牌不同需進行分戶作業，而實地無法進入測量時，除了 UAS 影像輔助亦可利用輔助圖資（如地籍圖）進行建物細緻化處理，即完成建物圖資更新程序作業（如圖 3-38）。

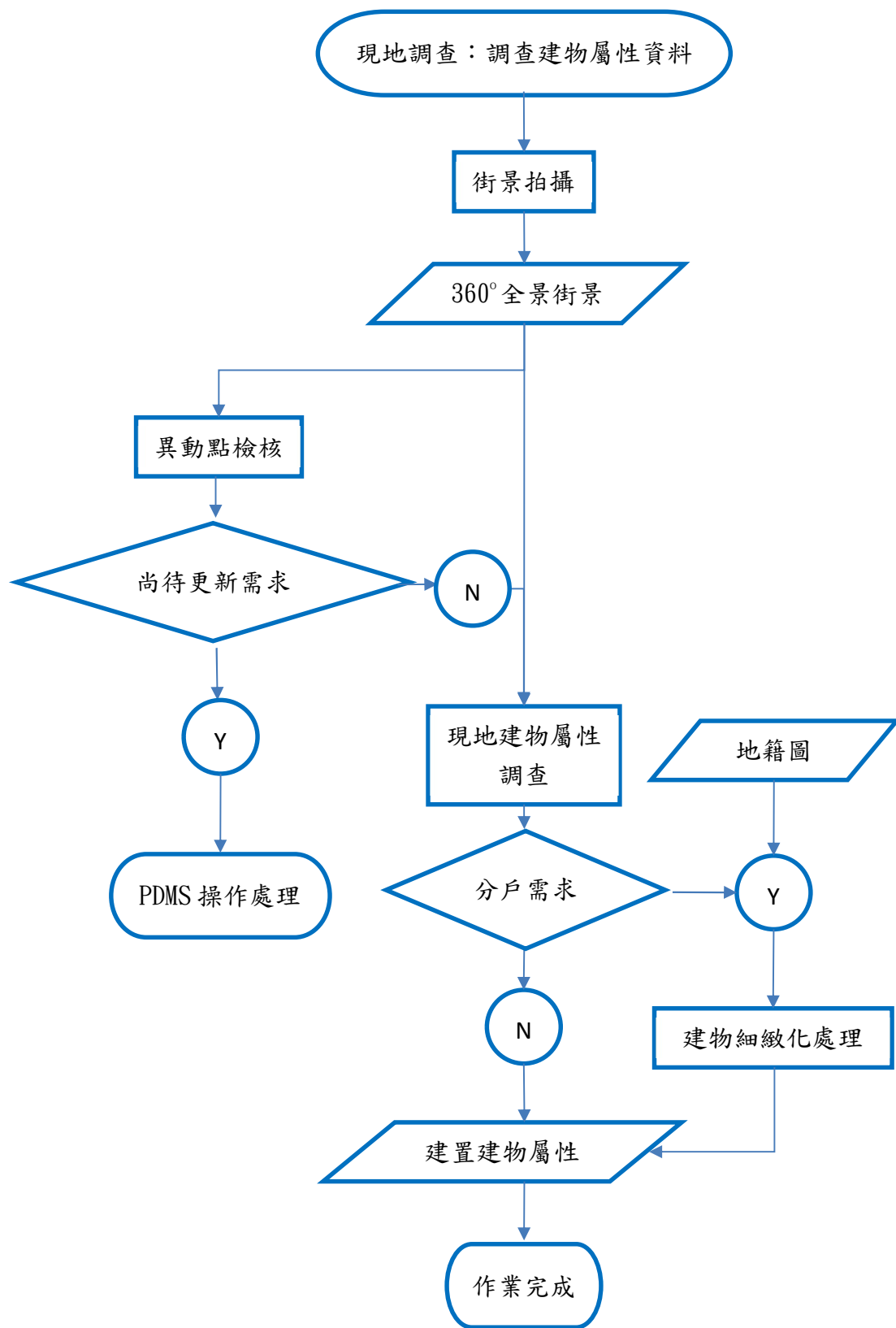


圖3-38 現地調查作業流程圖

一、異動點檢核

於 PDMS 流程步驟二半自動異動點偵測作業時，主要利用 UAS 影像以影像分析搭配人工方式比對與前期 1/1000 地形圖建物圖資之差異，以判斷新增建物位置，並記錄辦理後續步驟三特徵點測量工作。

然以空間幾何對位影像進行異動點偵測，有時會因植被遮蔽而導致無法找到異動點，現地調查可補足簡易 UAS 攝影不足之處。實地檢核異動點資訊是否完整，包含現地有新增建物，惟因影像遮蔽，未被偵測（圖 3-39、3-40，黃色線：本研究成果，紅色線：1/1000 地形圖建物圖資，藍色線：臺灣通用電子地圖），及舊有建物多邊形與實地不一致須修正。若有待更新需求，則再進行 PDMS 作業流程處理，迭次更新建物圖資至完成。現地若無待更新需求之異動點，則進行建物屬性調查工作。



圖3-39 新增建物現地狀況

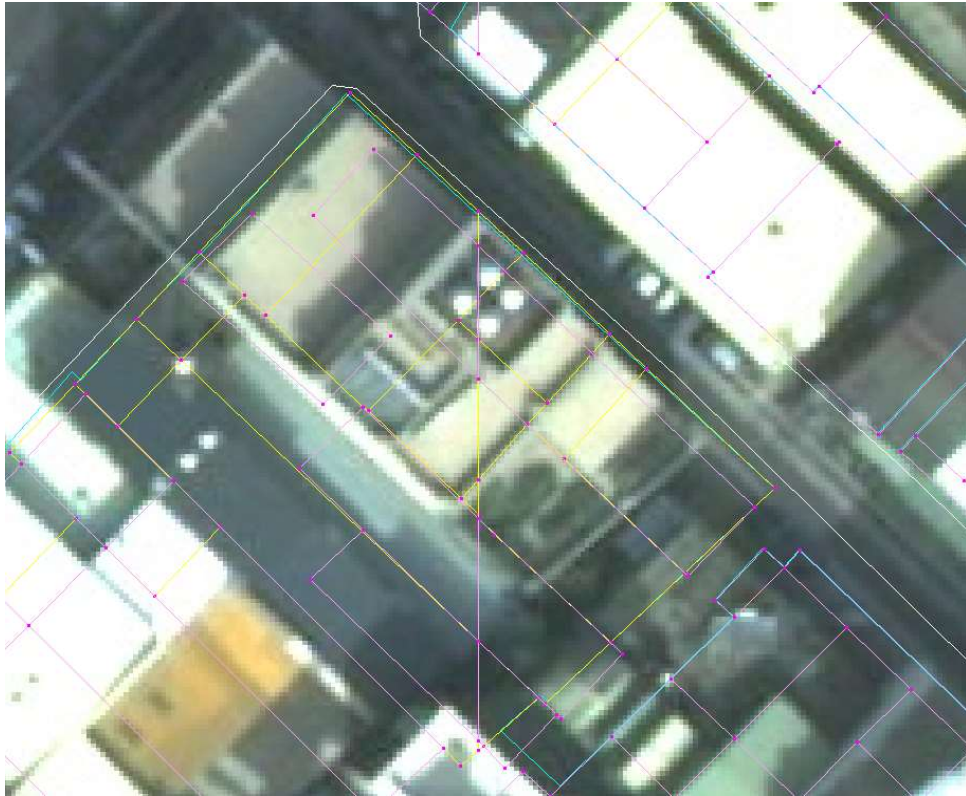


圖3-40 新增建物影像

二、 建物屬性調查

現地調查時，包含前期成果上之舊有建物，及本研究更新之新增建物。舊有建物雖無須測量，惟建物屬性資料可能因建物樓層增建（如圖 3-41）、拆除或原始資料建置錯誤等因素，造成屬性資料與現地建物狀態不符。現地調查時，如遇集合式社區無法進入，惟須辦理分棟分戶處理，則使用其他圖資（如地籍圖）輔助。

建物屬性資料，包括多邊形序號(ID)、作業日期(MDATE)、建物多邊形測繪方式 (SOURCE)，包含地面測量(代碼 1)、引用前期 1/1000 地形圖建物(代碼 2)、影像量測(代碼 3)、複合型資料(代碼 4)、建物結構(BUILD_STR)、建物樓層(BUILD_NO)等資料（如圖 3-42，黃色線：本研究成果，藍色線：臺灣通用電子地圖）。



圖3-41 樓層增建現地狀況

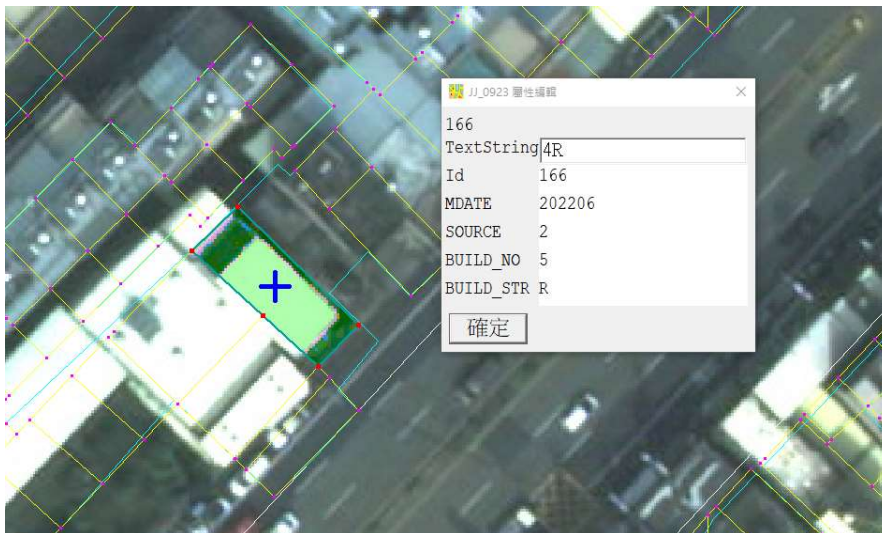


圖3-42 樓層增建屬性欄位資料修正

三、 建物多邊形細緻化

現地調查時如門牌不同，則需進行分戶作業，而實地無法進入測量時，除以 UAS 影像輔助判釋，亦可利用輔助圖資（如地籍圖）進行多邊形細緻化處理。

利用地籍圖等輔助資料進行自動化分戶作業之成果，在城區因建物邊界常與地籍線一致，其分戶成功率可達 70~85%（國土測繪中心，2020 運用區塊建物框細緻化技術精進三維建物模型之研究），因此本研究使用地籍圖作為輔助分戶的重要資料，參考上開研究係

對臺灣通用電子地圖建物框進行建物分戶作業，本研究採相同作業方式對空間幾何位置測量建立之建物多邊形或基礎建物圖資做建物多邊形細緻化(如圖 3-43，黃色線：本研究成果)。



圖3- 43 地籍輔助分戶成果與正射影像對應圖

遇社區型住宅大門管制，無法進入情形，則利用社區建物外圍進行地面測量，取得建物外圍特徵現況之地面測量資料，再透過建物特徵之地面測量資料與地籍圖對應關係，套疊地面測量資料與地籍圖，即可辦理社區內建物分戶作業（如圖 3-44）。



圖3-44 地籍圖經界線與建物地測資料對應關係

其作業流程如下：

1. 測量社區建物外圍。
2. 開啟地籍圖。
3. 找出建物特徵點地測資料與地籍圖對應關係。
4. 引用地籍圖經界線作為建物分戶線。

本研究進行之社區型住宅(如圖3-7之編號3、4、5研究區)，均可透過社區建物外圍地測資料或部分社區建物牆壁中心地測資料，即可找出建物地測資料與地籍圖對應關係，得到社區內建物分戶位置。

由於地籍線不等於建物線，主要是參考地籍線判斷建物分戶位置，如地籍經界線3牆壁中之位置。當社區門禁管制無法進入且UAS影像無法明確分辨為1戶或2戶，利用地籍圖可協助辨識分戶線位置，(圖3-45地籍圖輔助識別)，再利用UAS影像對位完成後量測建物多邊形特徵點測製建物多邊形(如圖3-46，黃色線:本研究成果)。



圖3-45 地籍圖輔助識別（紅色線為地籍線）

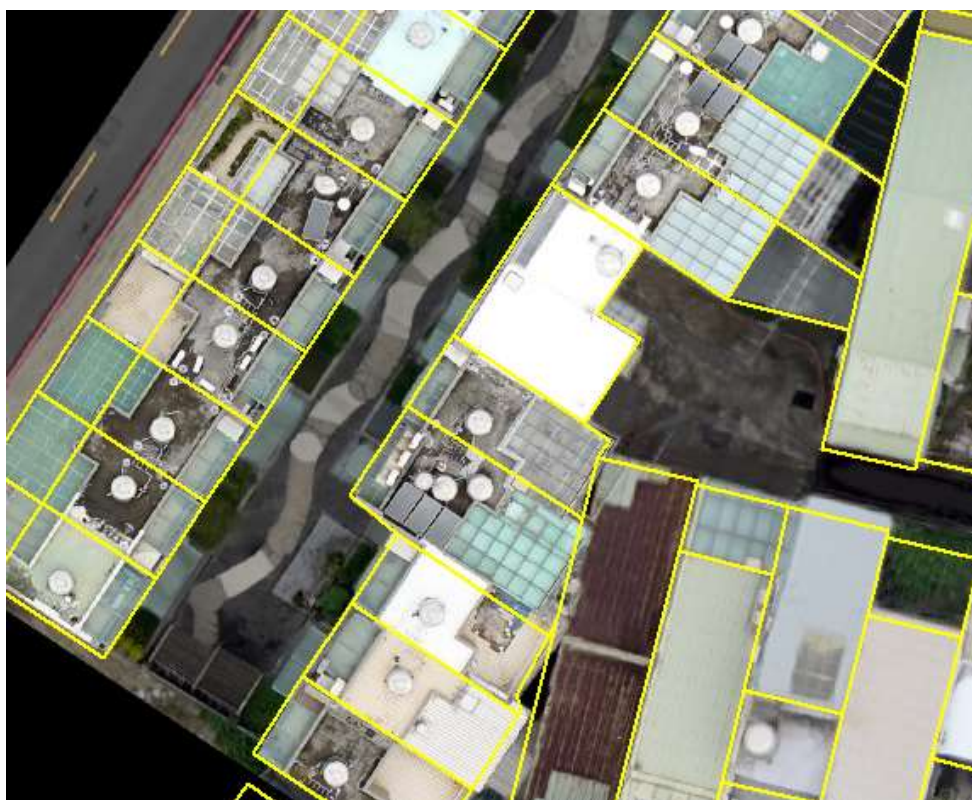


圖3-46 利用UAS影像量測完成建物坵塊

第四章 研究成果及分析

第一節 研究成果

壹、二維成果展示

桃園研究區(如圖 3-5)及新竹研究區(如圖 3-6)的研究成果，分別展示如圖 4-1、圖 4-2，紅色實線為研究成果建物圖資(本研究更新之建物圖資)，黑色實線為基礎建物圖資(前期 1/1000 地形圖建物圖資)。

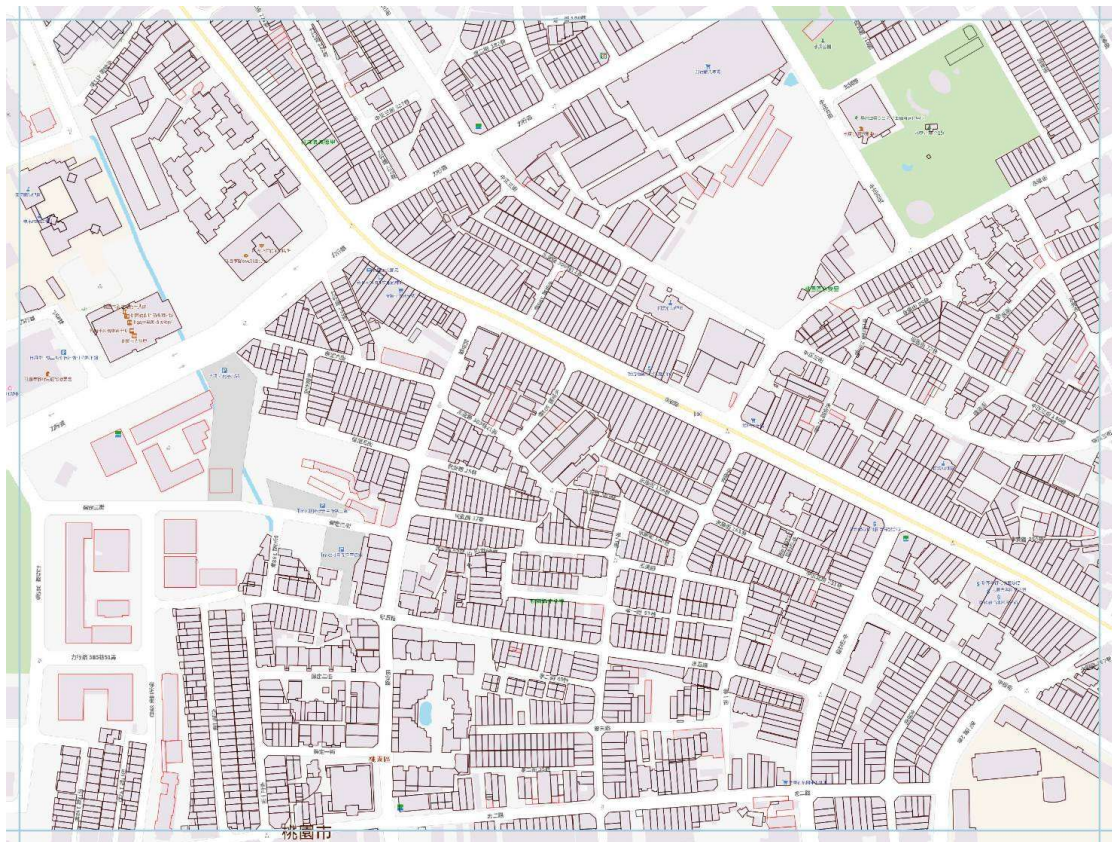


圖4-1 桃園研究區

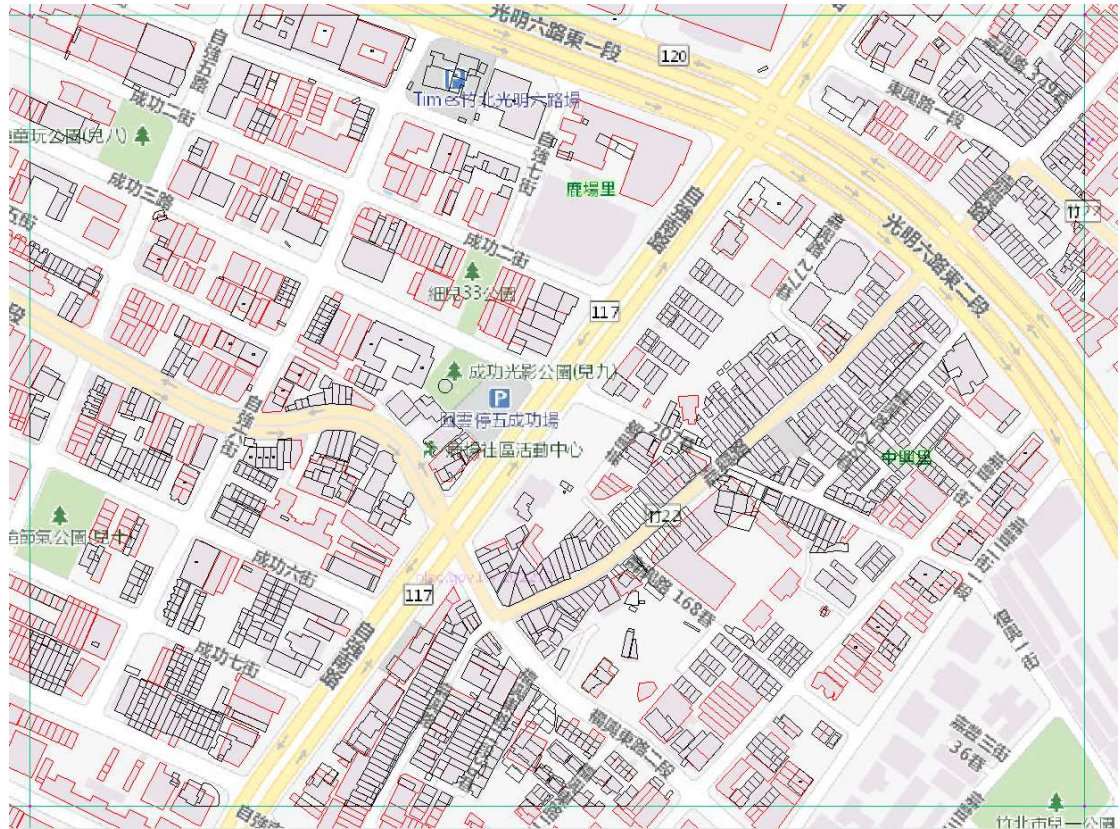


圖4-2 新竹研究區

桃園研究區基礎建物圖資(1/1000 地形圖建物圖資)建置於 102 年，迄今已 9 年。建物圖資更新幾何變動率 6%。新竹研究區基礎建物圖資(1/1000 地形圖建物圖資)建置於 93 年，迄今已 18 年。建物圖資更新幾何變動率 64%。

由此可知時間越久，空間圖資變動越大，空間圖資的正確性隨之大幅降低，最終影響空間圖資的使用價值。鑒於時間與空間圖資正確性的高度負相關，空間圖資更新顯得刻不容緩。

貳、三維成果展示

為提供三維建物模型使用，依照 CityGML 對 LOD 之建議規定(如表 4-1)，建置具差異化之屋頂結構之三維建物模型資料。

表4-1 CityGML對於LOD之建議規定（取自「108年度三維建物模型資料標準制訂規劃採購案工作總報告」）

	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
模型尺度描述	城市、地區	城市、市區	市區、建築模型地標	室內建築模型、地標
精度分類等級	低	中	高	非常高
三維點位絕對精度(位置/高程)	5m/5m	2m/2m	0.5m/0.5m	0.2m/0.2m
模型簡化	以簡化圖徵呈現 物件區塊： 所占面積 >6*6m/3m	以簡化圖徵呈現物件： 所占面積 >4*4m/2m	以真實圖徵呈現物件： 所占面積 >2*2m/1m	以結構性元件、門窗開口呈現物件
Building Installations	無	有	具代表性的外部圖徵	實際物件
屋頂結構展現	平坦屋頂	差異化的屋頂結構	實際物件	實際物件
屋簷懸掛部分	無	有	有	有

三維建物模型建置是以本研究更新之建物圖資為基礎，圖資中建物多邊形除依不同門牌原則進行細分，亦依同門牌但不同樓層原則進行細分(圖 4-3)。

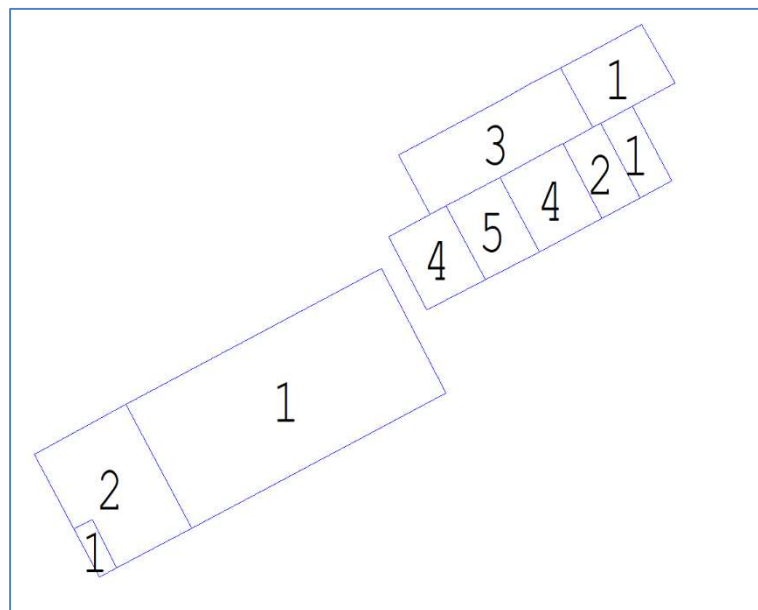


圖4-3 建物多邊形細緻化

建置三維建物模型時，設定單樓層樓高為 3.3 公尺，將建物屬性資料中的樓層數乘以單層樓高推得建物高度，並依建物高度建置建物立面，在本研究更新之建物圖資的二維建物多邊形上套合建物立面產生三維建物模型，三維建物模型的樣態展示如圖 4-4、4-5。



圖4-4 建物素模型



圖4-5 建物現況

第二節 研究分析

研究成果將分成更新率及成果之空間幾何精度二個主題進行分析討論，藉此瞭解本研究成果的良窳。

壹、更新率計量分析

本研究於 111 年度以 PDMS 流程辦理建物圖資更新，為確認是否完整更新現地建物，試與 110 年度建置之 1/2500 臺灣通用電子地圖建物圖資進行資料比對，分析本研究更新建物成果是否完整涵蓋 110 年度之建物成果，進行更新率計量分析(如圖 4-6)。

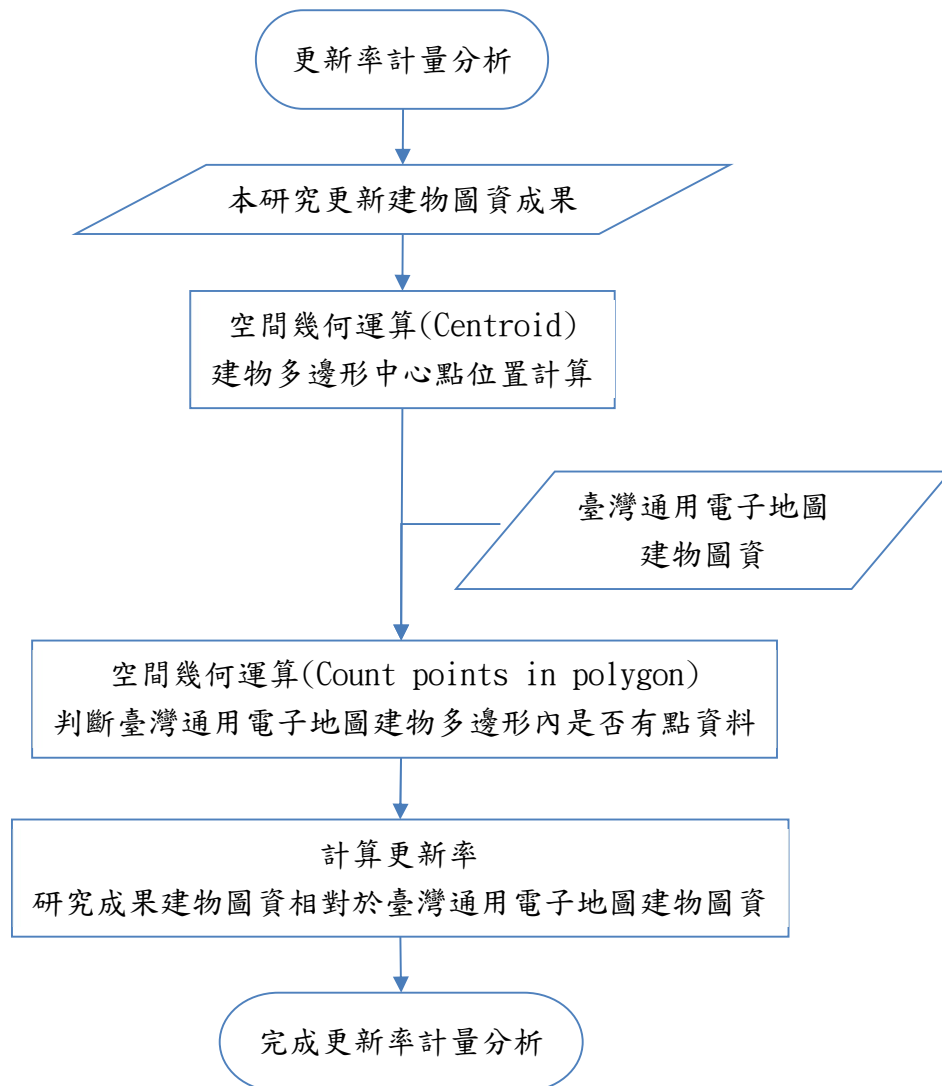


圖4-6 更新率計量分析作業流程說明

一、本研究更新建物圖資成果

本研究透過基礎建物圖資(前期 1/1000 地形圖的建物圖資)，經 PDMS 作業流程，產製得本研究更新之建物圖資成果(如圖 4-7、4-8，綠色區塊代表本研究更新建物多邊形)。



圖4-7 桃園研究區建物圖資成果

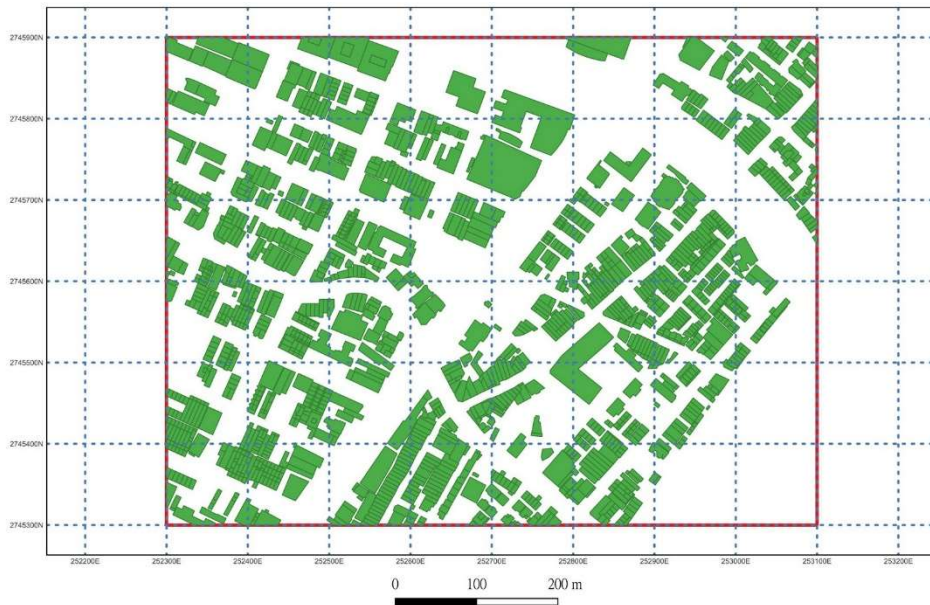


圖4-8 新竹研究區建物圖資成果

二、本研究更新建物多邊形之中心點位置計算

針對本研究更新之建物圖資成果，各建物多邊形分別進行幾何空間運算，計算得到各建物多邊形中心點位置(如圖 4-9、4-10，綠色區塊代表本研究更新之建物多邊形，咖啡色點位分別代表多邊形中心點位置)。



圖 4-9 桃園研究區建物多邊形 Centroid 運算結果



圖 4-10 新竹研究區建物多邊形 Centroid 運算結果

三、臺灣通用電子地圖建物圖資成果

110 年更新的 1/2500 臺灣通用電子地圖建物圖資(如圖 4-11、4-12，藍色區塊代表臺灣通用電子地圖之建物多邊形)。



圖4-11 桃園研究區臺灣通用電子地圖建物圖資成果



圖4-12 新竹研究區臺灣通用電子地圖建物圖資成果

四、點對多邊形運算

將本研究各建物多邊形中心點位置與 110 年度的 1/2500 臺灣通用電子地圖的建物多邊形，進行圖資套疊(如圖 4-13、4-14，咖啡色點為均為本研究更新建物之多邊形中心點位置，藍色區塊為臺灣通用電子地圖的建物多邊形)。



圖4-13桃園研究區1/2500臺灣通用電子地圖建物多邊形套合本研究
成果建物多邊形中心點位置



圖4-14 新竹研究區1/2500臺灣通用電子地圖建物多邊形套合本研究
成果建物多邊形中心點位置

五、更新率

分析在臺灣通用電子地圖建物多邊形內沒有包含任何本研究更新建物多邊形中心點之建物多邊形數量設為N；臺灣通用電子地圖建物多邊形的總數量為T，則 $(T-N)/T = \text{更新率}(\%)$ 。

依上開計算得到桃園、新竹研究區更新率均達100%(圖 4-15、4-16)，顯示本研究卻能有效完整更新變動建物。



圖4-15 桃園研究區研究成果建物圖資



圖4-16 新竹研究區研究成果建物圖資

另桃園研究區並有超過 110 年臺灣通用電子地圖建物之更新，含 18 個鐵皮材質建物多邊形及 23 個非鐵皮材質建物多邊形，共新增 41 個建物(圖 4-17)。



圖4-17 桃園研究區建物超過110年臺灣通用電子地圖建物之更新位置

六、 分析

由研究區資料的更新率可知：在原建物資圖資基礎下，使用 PDMS 操作處理方案，確實能快速有效的更新建物圖資。

貳、 空間幾何精度計量分析

針對研究成果建物圖資與基礎建物圖資(前期 1/1000 地形圖的建物圖資)，分別獨立隨機取樣，進行實地檢測，以分析兩種圖資之空間幾何精度(如圖 4-18)。

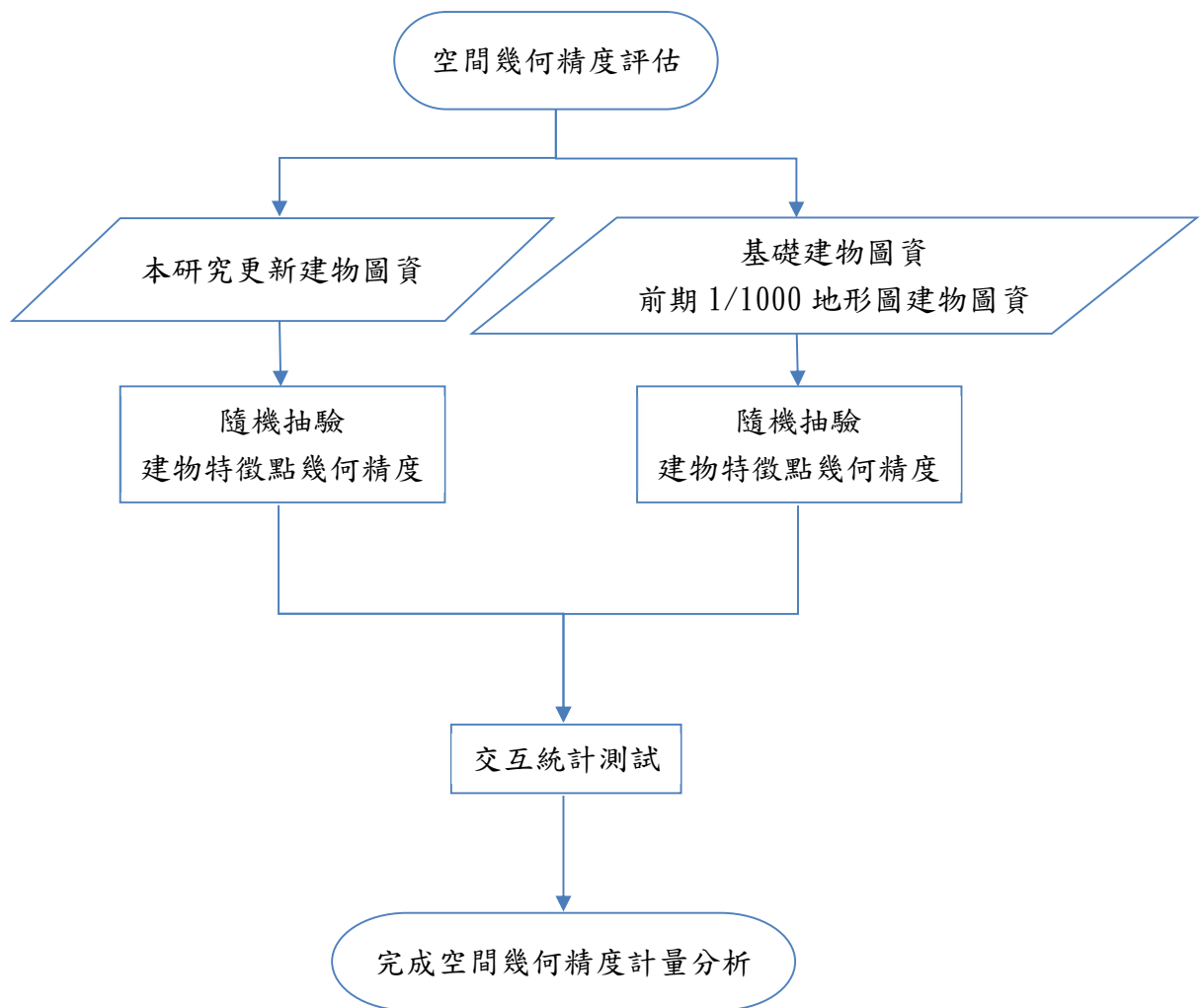


圖4-18 空間幾何精度計量分析作業流程說明

一、 本研究更新建物圖資

基礎建物圖資(前期 1/1000 地形圖的建物圖資)經 PDMS 操作處理後，測製並更新為本研究建物圖資(如圖 4-19、4-20)。

新建GIS圖資
(研究成果)



圖4-19 桃園研究區本研究成果建物圖資

最新GIS建物圖資
(研究成果)

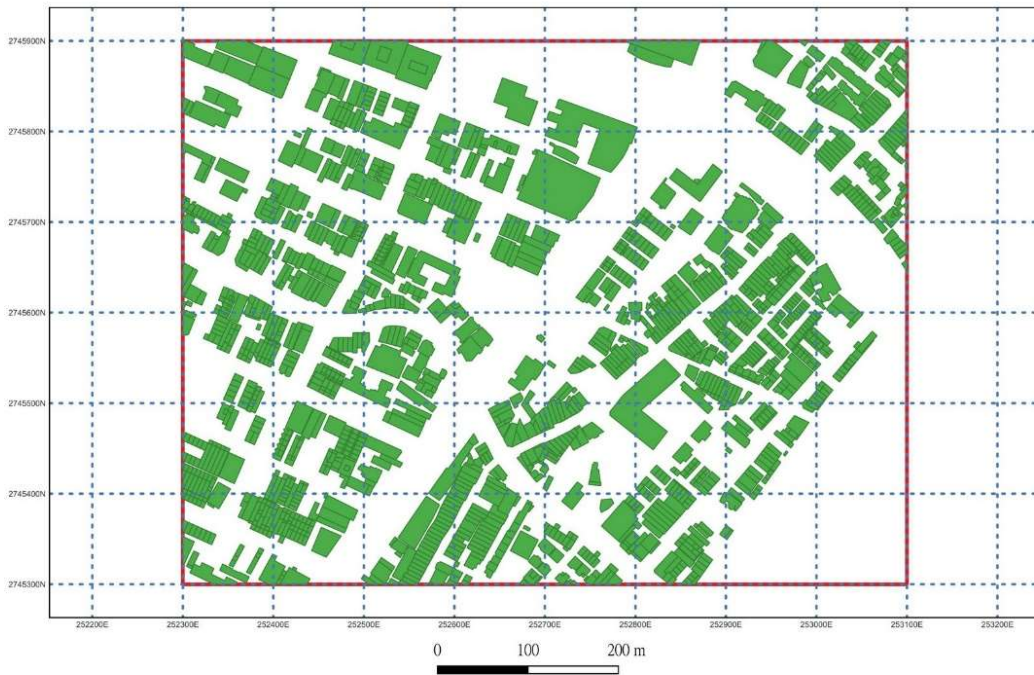


圖4-20 新竹研究區本研究成果建物圖資

二、 隨機抽驗本研究新增建物圖資空間幾何精度

本研究更新建物的空間幾何精度，可透過隨機抽驗進行分析，至實地量測建物空間位置並設定為真值，而圖面量測建物空間位置則設定為觀測值，依此計算均方根誤差可了解研究成果之實際空間幾何精度(包含人為誤差、測量誤差等各種隨機誤差等)。

隨機抽樣針對特徵點測量方式採地面測量與影像量測點位，其中桃園研究區抽樣採地面測量方式之點位 13 點、採影像量測之點位 7 點，針對採地面測量方式點位之檢核平面位置較差，介於 2-15 公分，針對採影像量測方式點位之檢核平面位置較差，介於 3-67 公分(表 4-2、圖 4-21 綠色區塊代表，藍色代表誤差向量方向，為清楚顯示，將誤差尺度放大 100 倍)；新竹研究區抽樣採地面測量方式之點位 17 點、採影像量測之點位 3 點，針對採地面測量方式點位之檢核較差，介於 2-18 公分，針對採影像量測方式點位之檢核較差，介於 8-16 公分(表 4-3、圖 4-22 綠色區塊代表建物，藍色代表誤差向量方向，為清楚顯示，將誤差尺度放大 100 倍)。

表4-2 桃園研究區新增建物圖資_平面位置較差檢查表

序號	特徵點測繪方式	實測 E 坐標 (m)	實測 N 坐標 (m)	圖面 E 坐標 (m)	圖面 N 坐標 (m)	平面位置較差 (m)
1	地面測量	280080.920	2765622.876	280080.942	2765622.879	0.022
2	地面測量	280080.844	2765570.306	280080.858	2765570.331	0.029
3	地面測量	280082.683	2765551.315	280082.686	2765551.360	0.045
4	地面測量	280083.702	2765515.960	280083.684	2765516.047	0.089
5	地面測量	280105.755	2765515.712	280105.634	2765515.710	0.121
6	影像量測	280105.282	2765440.485	280105.258	2765439.916	0.570
7	影像量測	280104.390	2765427.337	280104.536	2765427.171	0.221
8	地面測量	280107.035	2765630.146	280107.093	2765630.148	0.058
9	地面測量	280107.249	2765579.999	280107.238	2765579.980	0.022
10	地面測量	280053.556	2765627.742	280053.524	2765627.748	0.033
11	影像量測	280086.679	2765672.570	280086.861	2765672.008	0.591
12	影像量測	280104.931	2765650.439	280104.950	2765650.457	0.026
13	影像量測	280141.245	2765667.552	280140.981	2765667.813	0.371
14	地面測量	280129.263	2765678.552	280129.385	2765678.589	0.127
15	地面測量	280142.420	2765712.756	280142.458	2765712.759	0.038
16	地面測量	280208.792	2765669.548	280208.789	2765669.522	0.026
17	影像量測	280215.925	2765662.244	280215.635	2765662.325	0.301

18	影像量測	280244.308	2765645.244	280243.743	2765645.610	0.673
19	地面測量	280160.581	2765593.669	280160.555	2765593.652	0.031
20	地面測量	280160.558	2765581.592	280160.551	2765581.741	0.149
抽樣總數		20				
較差均值 (m)		0.177				
較差均方根值 (m)		0.272				

表4-3 新竹研究區新增建物圖資_平面位置較差檢查表

序號	特徵點測繪方式	實測 E 坐標 (m)	實測 N 坐標 (m)	圖面 E 坐標 (m)	圖面 N 坐標 (m)	平面位置較差 (m)
1	地面測量	2745368.520	252305.814	2745368.591	252305.846	0.078
2	地面測量	2745363.893	252316.230	2745363.987	252316.274	0.104
3	影像量測	2745359.259	252326.661	2745359.333	252326.696	0.082
4	地面測量	2745317.523	252334.376	2745317.536	252334.391	0.020
5	地面測量	2745347.133	252312.690	2745347.115	252312.699	0.020
6	地面測量	2745344.384	252363.641	2745344.381	252363.630	0.011
7	地面測量	2745341.953	252368.089	2745341.964	252368.084	0.012
8	地面測量	2745321.240	252351.090	2745321.331	252351.010	0.121
9	地面測量	2745328.629	252384.289	2745328.668	252384.270	0.043
10	地面測量	2745333.025	252386.691	2745333.069	252386.664	0.052
11	地面測量	2745335.491	252382.206	2745335.501	252382.211	0.011
12	地面測量	2745318.604	252417.611	2745318.519	252417.626	0.086
13	地面測量	2745347.185	252405.132	2745347.123	252405.097	0.071
14	地面測量	2745353.223	252391.876	2745353.087	252391.760	0.179
15	地面測量	2745383.360	252339.680	2745383.235	252339.755	0.146
16	影像量測	2745411.153	252356.828	2745411.302	252356.768	0.161
17	地面測量	2745453.675	252343.080	2745453.712	252343.222	0.147
18	地面測量	2745459.681	252329.836	2745459.779	252329.827	0.098
19	地面測量	2745486.649	252462.260	2745486.621	252462.365	0.109
20	影像量測	2745401.309	252457.976	2745401.392	252457.926	0.097
抽樣總數		20				
較差均值 (m)		0.082				
較差均方根值 (m)		0.097				



圖4-21 桃園研究區本研究成果建物圖資隨機抽樣成果誤差向量圖

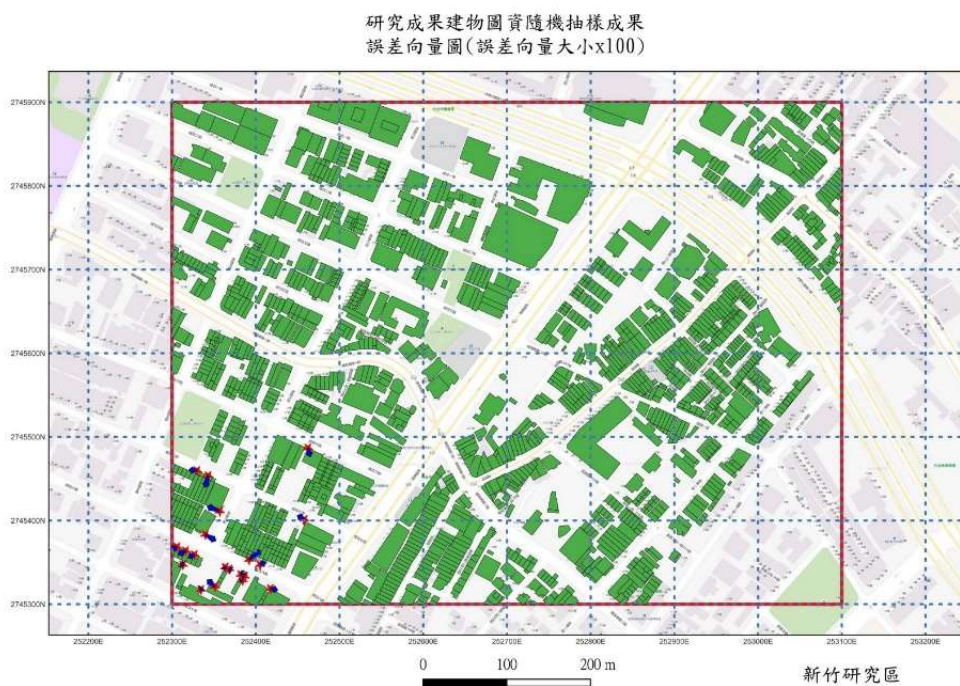


圖4-22 新竹研究區本研究成果建物圖資隨機抽樣成果誤差向量圖

三、基礎建物圖資(前期 1/1000 地形圖的建物圖資)

基礎建物圖資(前期 1/1000 地形圖的建物圖資)的空間幾何精度，也進行隨機抽驗分析，供後續資料比對使用如圖 4-23、4-24。



圖4-23 桃園研究區前期1/1000地形圖建物圖資

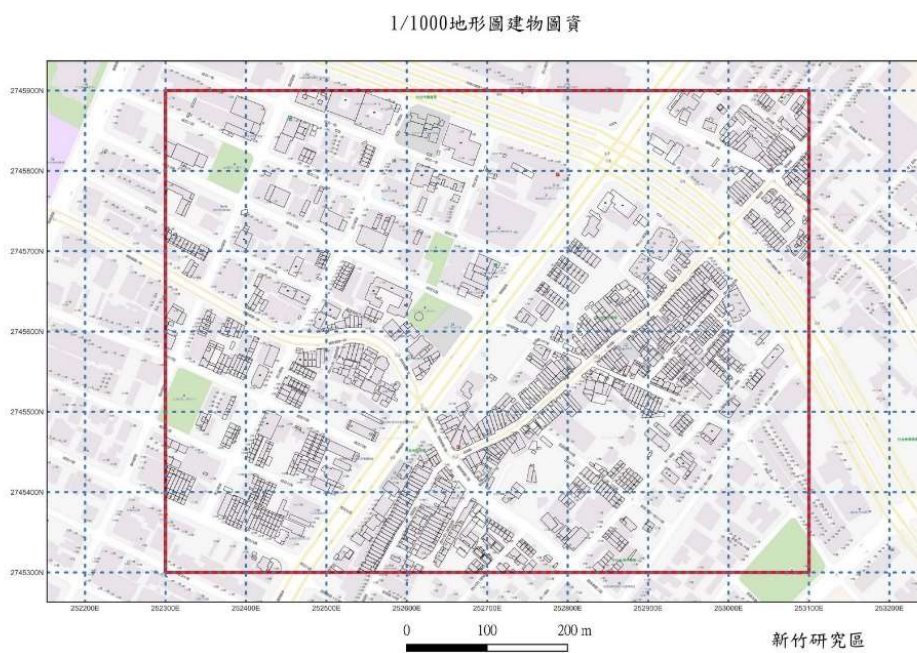


圖4-24 新竹研究區前期1/1000地形圖建物圖資

四、隨機抽驗基礎建物圖資空間幾何精度：

基礎建物圖資(1/1000 地形圖的建物圖資)也透過隨機抽樣建物的方式，計算均方根誤差以了解其空間幾何精度(包含人為誤差、測量誤差等各種隨機誤差等)。

有關基礎建物圖資(前期 1/1000 地形圖的建物圖資)檢核成果，在桃園研究區，檢核較差介於 2-93 公分(表 4-4、圖 4-25，為清楚顯示誤差向量方向，將誤差尺度放大 100 倍)；在新竹研究區，檢核較差介於 10-66 公分(表 4-5、圖 4-26，為清楚顯示誤差向量方向，將誤差尺度放大 100 倍)。

表4-4 102年度桃園1/1000地形圖建物圖資_平面位置較差檢查表

序號	實測 E 坐標 (m)	實測 N 坐標 (m)	圖面 E 坐標 (m)	圖面 N 坐標 (m)	平面位置較差 (m)
1	280119.494	2765772.387	280120.377	2765772.103	0.928
2	280176.430	2765604.916	280176.464	2765604.916	0.034
3	280183.578	2765619.246	280183.535	2765619.313	0.080
4	280193.211	2765603.762	280193.192	2765603.673	0.091
5	280186.099	2765567.884	280186.222	2765567.900	0.124
6	280259.447	2765619.675	280259.378	2765619.717	0.081
7	280251.172	2765575.048	280251.154	2765575.033	0.023
8	280235.661	2765592.137	280235.610	2765592.261	0.134
9	280191.402	2765589.701	280191.451	2765589.635	0.082
10	280281.849	2765641.279	280282.110	2765641.202	0.272
11	280267.387	2765649.615	280267.385	2765649.708	0.093
12	280264.241	2765656.577	280264.211	2765656.568	0.031
13	280254.423	2765658.301	280254.951	2765658.396	0.536
14	280250.075	2765659.814	280250.038	2765659.747	0.077
15	280247.001	2765666.109	280247.062	2765666.220	0.127
16	280246.099	2765693.647	280245.962	2765693.309	0.365
17	280181.721	2765708.273	280181.737	2765708.217	0.058
18	280169.312	2765747.165	280169.379	2765747.307	0.157
19	280160.845	2765753.730	280160.805	2765753.781	0.065
20	280165.212	2765806.606	280165.275	2765806.567	0.074
抽樣總數	20				
較差均值 (m)	0.172				
較差均方根值 (m)	0.273				

表4-5 93年度新竹1/1000地形圖建物圖資_平面位置較差檢查表

序號	實測 E 坐標 (m)	實測 N 坐標 (m)	圖面 E 坐標 (m)	圖面 N 坐標 (m)	平面位置較差 (m)
1	2745390.063	252325.519	2745389.441	252325.308	0.657

2	2745406.290	252332.841	2745406.431	252332.887	0.148
3	2745368.569	252372.128	2745368.876	252372.435	0.434
4	2745370.775	252373.113	2745370.641	252373.072	0.140
5	2745368.809	252377.558	2745368.647	252377.498	0.173
6	2745359.586	252378.763	2745359.012	252378.467	0.646
7	2745358.738	252394.354	2745358.674	252394.272	0.104
8	2745355.060	252403.656	2745354.766	252403.155	0.581
9	2745391.625	252382.426	2745392.216	252382.647	0.631
10	2745369.040	252431.057	2745368.562	252430.656	0.624
11	2745395.815	252431.980	2745395.676	252432.083	0.173
12	2745388.245	252428.480	2745388.357	252428.822	0.360
13	2745380.675	252424.981	2745380.347	252425.255	0.427
14	2745408.430	252437.812	2745408.122	252437.603	0.372
15	2745461.027	252434.378	2745460.784	252434.475	0.262
16	2745452.894	252430.777	2745452.624	252430.833	0.276
17	2745439.447	252424.822	2745439.067	252424.781	0.382
18	2745464.519	252504.251	2745464.700	252504.663	0.450
19	2745448.074	252540.927	2745447.777	252540.714	0.365
20	2745463.817	252494.705	2745463.508	252495.020	0.441
抽樣總數	20				
較差均值 (m)	0.382				
較差均方根值 (m)	0.421				

1/1000地形圖建物圖資隨機抽樣成果
誤差向量圖(誤差向量大小x100)

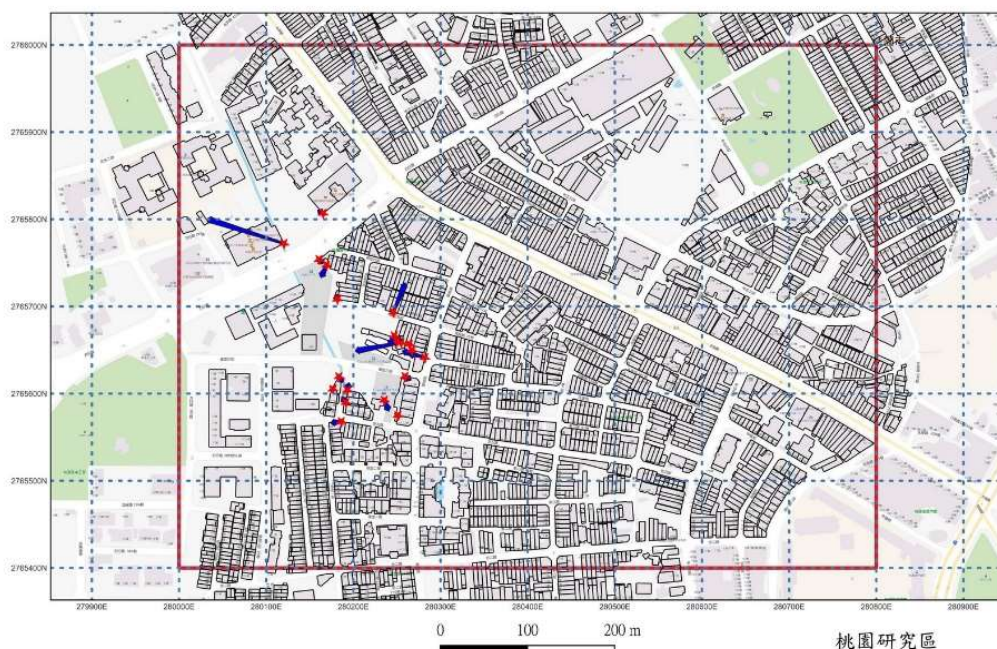


圖4-25 桃園研究區1/1000地形圖建物圖資隨機抽驗成果誤差向量圖

1/1000地形圖建物圖資隨機抽樣成果
誤差向量圖(誤差向量大小x100)

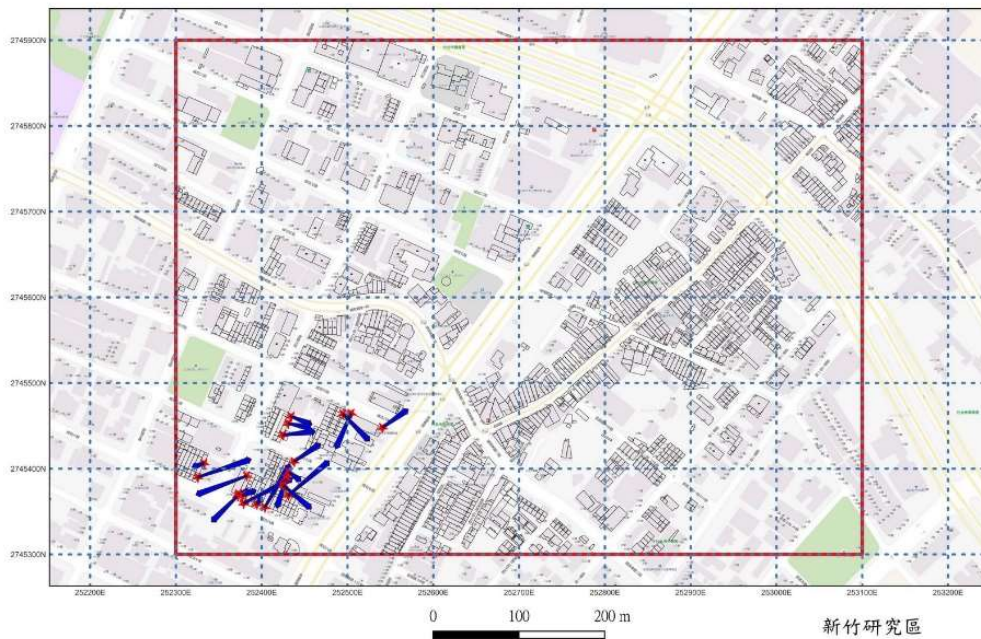


圖4-26 新竹研究區1/1000地形圖建物圖資隨機抽驗成果誤差向量圖

五、交互統計測試：

將本研究新增建物圖資成果和基礎建物圖資(前期 1/1000 地形圖建物圖資)的隨機抽驗成果，分別做空間幾何精度做資料比對，進行 Student's t-test，並設定虛無假說 H_0 ：本研究成果建物圖資和基礎建物圖資（1/1000 地形圖的建物圖資）的空間幾何精度相當。

在 95%信心水準下，即以 0.05 作為 t-test 之 p-value 的門檻值；對隨機抽驗成果進行計算得桃園研究區 p-value 值為 0.918，當 p-value 大於 0.05 時，代表接受虛無假說。以桃園研究區抽驗地面測量位置 13 點、人工影像量測 7 點與桃園研究區以航空攝影測量 20 點，可知：桃園研究區的研究的研究成果建物圖資和基礎建物圖資（1/1000 地形圖的建物圖資）的空間幾何精度相當。

在 95%信心水準下，即以 0.05 作為 t-test 之 p-value 的門檻值；對隨機抽驗成果進行計算得新竹研究區 p-value 值為 0.000，當 p-value 小於 0.05 時，代表拒絕虛無假說。以新竹研究區抽驗地

面測量位置 17 點、人工影像量測 3 點與新竹研究區以航空攝影測量 20 點，可知：新竹研究區的研究的研究成果建物圖資和基礎建物圖資（1/1000 地形圖的建物圖資）的空間幾何精度不同；但參考表 4-3 可知：是因為新竹研究區採用大量地面測量的結果。

本研究更新建物圖資檢核成果與基礎建物圖資(前期 1/1000 地形圖的建物圖資)抽樣之 20 個點位之整體幾何精度，統計如表 4-6。

表4-6 幾何精度檢查紀錄表

區域	桃園		新竹	
建物 統計	本研究成果建物 圖資新增部分	1/1000 地形 圖建物圖資	本研究成果建物 圖資新增部分	1/1000 地形 圖建物圖資
均方根值	0.272	0.273	0.097	0.421
抽樣數	20	20	20	20
較差均值	0.177	0.172	0.082	0.382
較差標準差	0.211	0.219	0.053	0.181
t-tset	p-value	0.918	p-value	0.000

六、 分析

本研究建物圖資成果係採用了地面測量、影像量測兩種方式取得建物特徵點空間幾何位置，基礎建物圖資(前期 1/1000 地形圖的建物圖資)則全面採航空攝影測量方式取得建物特徵點空間幾何位置，雖作業方式不同，惟採本研究特徵點測量作業方式，亦可確實且正確的更新建物圖資。

第五章 研究結論與建議

第一節 研究結論

壹、建物圖資更新的重要性。

新竹研究區與桃園研究區的一千分之一建物圖資測製年代分別為 93 年及 102 年，經與本研究更新成果比對，發現新竹研究區與桃園研究區的建物圖資變動率分別為 64%與 6%，可知隨著時間移轉，現地的變化情形會越大，直接影響建物圖資使用的正確性，減少建物圖資的實用價值，因此持續且有效率的更新建物圖資，有其必要性。

貳、搭配 UAS 影像補足地面測量作業限制，可快速更新局部更新建物圖資。

UAS 影像拍攝具備高度機動性，且可針對作業需求位置，以垂直攝影方式密集拍攝影像，可提供地面測量須頻繁轉換測站及補足地面測量無法施測作業區域，提供另一種有效作業替代方案；結合 UAS 影像以人工辦理影像量測方式，搭配現地辦理地面測量及調查方式，可完整辦理建物特徵點之更新作業。

參、以融合技術 PDMS 操作處理方案局部更新建物圖資，具備高機動性且確實可行。

本研究以歷史建物圖資為基礎建物圖資，融合無人機系統、空間幾何對位影像、衛星定位測量、地面測量及影像處理等多元測量技術特性，設計完整的、系統性的建物圖資區域性更新方案，簡稱為 PDMS 操作處理方案(如圖 5-1)，方案共有四個部分：

Photo-簡易 UAS 攝影：即時、快速地獲取最新的建物影像資料，每張攝影影像都以垂直攝影方式獲取，並進行概略影像空間幾何對位，以利後續與多時期建物圖資套合。

Detect-異動點偵測：對更新範圍內的建物圖資進行，以影像處理搭配人工作業方式辦理異動點偵測處理，找出異動點並標示，每

個異動點位置代表需更新建物圖資的位置。

Measure-特徵點測量：整合各項空間位置幾何測量技術蒐集建物特徵點的空間位置，並依建物特徵點建置建物多邊形，並完成建物圖資建置。

Survey-現地調查：現地調查：現地查核建物圖資的屬性資料，以及確認現地是否有尚待更新的異動點，可至現地製作街景，再透過瀏覽平台隨時查詢現地狀況，並建置建物圖資的屬性資料，並配合地籍圖細分建物圖資。

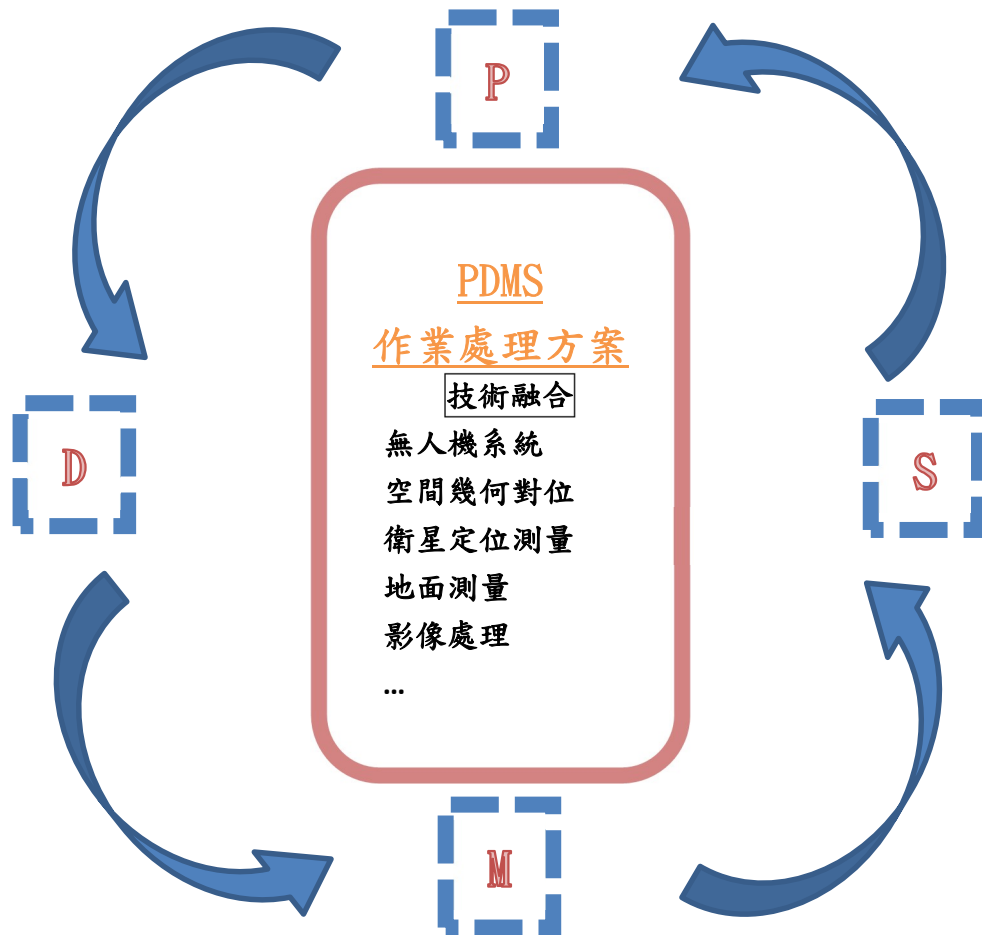


圖5-1 PDMS操作處理方案

研究成果建物圖資經過計量分析，驗證研究成果確實可行，因此於傳統地面地形測量與大範圍航空攝影測量作業方式外，亦可選

擇高機動性的 PDMS 作業處理方案，充分整合歷史建物圖資及融合各項測量技術，對建物進行快速的、有效的局部更新，產製可靠的建物圖資。

肆、本研究更新建物圖資可應用於輔助三維建物模型更新。

本研究透過 PDMS 操作處理方案產製的建物圖資，搭配地籍圖輔助資料，可對建物多邊形進行處理，獲得建物多邊形細緻化成果；接續設定單層樓高，將建物圖資屬性資料中的建物樓層數乘以單層樓高，即可取得建物高度，並產生三維建物模型。經由實例製作成果可知：以 PDMS 操作處理方案建置的建物圖資，確實可應用於輔助三維建物模型更新作業。

第二節 研究建議

建議一

可擴展至其他空間特徵物一併更新：一併更新道路圖資。

主辦機關：國土測繪中心

在相同作業工序下，可一併更新其他主題圖資，例如道路、水系圖層，特別是在道路圖資方面，一般民眾使用率高，即時且正確的道路資訊，更新頻率更顯重要，建物及道路圖資在本研究的方法上，應可順利銜接一併更新，效益更高。

建議二

提供局部圖資更新作業使用：高機動性更新方案。

主辦機關：國土測繪中心

透過本項研究更新機制，以更具彈性與機動性方式，針對異動區辦理建物圖資更新，確實可行且具備一定精度，可在全國性圖資更新計畫之外，辦理局部性圖資更新之作業機制。

建議三

自動化偵測異動點：影像辨識、比對自動化。

主辦機關：國土測繪中心

在異動點偵測上實現自動化，自動化程度越高越能彰顯其作業效率，在節省人力物力的層面也能做出更多貢獻。在前後期影像包含航拍正射影像、UAS 影像辨識及電子地圖建物框比對的方法上，尋求突破是未來可以繼續研究的一個方向。

參考文獻

1. 國土測繪中心，2021。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報告。
2. 交通部民用航空局，2020。「民用航空法」、「遙控無人機管理規則」。
3. 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。
4. 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。
5. 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。
6. 國土測繪中心，2020。運用區塊建物框細緻化技術精進三維建物模型之研究。
7. 國土測繪中心，2022。111 年度地測輔助三維建物更新試辦工作報告。
8. 高雄市地政局，多目標地籍圖立體圖資查詢系統，<https://3d-landp.kcg.gov.tw/TG/Index>。
9. 國土測繪中心，一千分之一數值航測地形圖測製作業規定，<https://bmap-nlsc.moi.gov.tw/files/topographic/files/topographic/OperatingRequire.pdf>。
10. 國土測繪中心，2021。以旋翼型 UAV 拍攝之正射影像，應用於 109 年度義竹及高樹地籍圖重測區及西湖「非都市計畫地區圖解數化地籍圖 整合建置」作業區現況測量成果分析。
11. 何維信，1995。航空攝影測量學，大中國圖書公司。
12. 內政部，2019。108 年度三維建物模型資料標準制訂規劃採購案工作總報告。

13. 國土測繪中心，2020。109 年度 LOD2 三維近似化建物模型建置試辦作業採購案工作總報告。
14. 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.
15. M. Koeva, M. Muneza, C. Gevaert, M. Gerke, F. Nex 2016. Using UAVs for map creation and updating. A case study in Rwanda, Survey Review, DOI:10.1080/00396265.2016.1268756.