模塑臺北地理好形象—臺北市地理圖資建置與回顧

關鍵詞：GIS、DEM、DSM、正射影像、光達點雲、圖磚、影像控制區塊

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／協理／鍾萊 ❶
台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／經理／鄭宏逵 ❷
台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／副理／姜興華 ❸

摘 要 ABSTRACT

地理圖資是都市發展重要基礎，臺北市政府有鑑於市政建設各項重大建設及市政管理需要，持續建置及更新相關地理圖資。近年來資訊產業發展快速，GIS(Geographic Information System)圖資系統、三維(3D)城市建模、數位城市等均使圖資應用更加多元，臺北市政府更積極推動完成北市3D製圖工作，以因應3D數位圖資的新時代。

臺北市自日治時期即已開始辦理圖資測繪的工作，圖資成果豐富多樣，臺北市政府為使歷史圖資有效保存，並能發揮最大的效用，除針對歷史圖資持續蒐集並以數位方式建置保存外，亦開發展示系統提供各界參考使用。本文介紹臺北地理圖資建置緣由及歷程，說明歷史圖資建檔及3D航測數值地形圖重製技術與展示系統特色，以及3D地形圖資成果對於北市府之效用與展望。

壹、前言

臺北市的行政區名最早出現在1920年(大正9年)，臺灣總督府以艋舺、大稻埕、城內(如圖1)為基礎，新設臺北市，屬臺北州的州轄市，轄境相當於現在臺北市扣除北投、士林、松山、南港、內湖、文山等區範圍。1945年，臺灣光復後，臺北市成為臺灣省轄下的省轄市，當時設有城中、延平、建成、大同、中山、松山、大安、古亭、龍山、雙園等10區。民國56年臺北市升格為直轄市，成為中華民國在臺灣第一個直轄市。民國57年，原隸屬臺北縣的景美鎮、南港鎮、木柵鄉、內湖鄉，以及陽明山管理局所屬之士林鎮、北投鎮等6鄉鎮劃歸臺北市管轄，由原本的77平方公里，擴增為272平方公里。民國79年，臺北市行政區重劃，將原來16區調整為今日的12區：中正區、萬華區、大同區、中山區、松山區、大安區、信義區、內湖區、南港區、士林區、北投區、文山區，從日治時期臺北城內逐步發展擴大至現今臺北市12行政區範圍，其位置關係如圖2。

圖1 日治時期的臺北城內地圖

圖2 臺北市12行政區與日治臺北城內位置圖

臺北市為臺灣首善之都，經過百年的發展，已成為臺灣的政、經、文化中心，處處散發多元的百變魅力，亦是全球最具文化特色的華人城市之一。臺北市政府都市發展局為打造臺北市為世界級首都，研擬二十一世紀臺北發展藍圖，建構臺北市都市空間發展架構，形塑臺北具備山水都市、活力都市、合作都市、健康都市的多元面貌，歷年來持續關注於臺北市基礎圖資之建置工作，並賡續辦理修測更新，提供各界申請及加值使用，以推動地理資訊系統發展，促進資訊交流與資源共享。

回顧臺北市大規模的地理圖資建置，自日治時期開始，主要為有效管理農田開墾，建立測量控制系統，辦理水道圖測製，完成臺北城區之測量原圖、實測圖。光復後臺北市政府陸續建置都市計畫地形圖、椿位圖及航空拍攝照片等成果，臺北市政府都市發展局為妥善保存運用這些珍貴歷史類比圖資，經掃描數化分類建立影像圖資資料庫，並開發網際網路歷史圖資展示系統，提供各界查詢及展示應用。

近年來隨著測繪技術之快速發展，地理圖資產品已由類比圖資走向數位影像圖資，高解析的衛星影像以及數位空照影像成果，更使地圖測製作業朝向數值影像及三維製圖作業發展。本公司有幸自民國84年起即陸續參與臺北市地理圖資建置相關計畫，在市府高瞻遠矚的帶領下，陸續協助完成多項任務，完成之地理圖資成果亦皆能符合使用者企盼。本公司在參與服務的過程中亦不斷自我要求精進測繪技術，因此在本(101)期專輯以「模塑臺北地理好形象－臺北市地理圖資建置與回顧」為專題，盼能分享本公司在辦理臺北市地理圖資建置過程之技術及經驗。

貳、地理圖資建置歷程

臺北市的地理圖資建置源自於1912~1920年日治時期開始的水道圖測製，隨後於1932年發行1/10000臺北市區計畫街路與公園圖，成為早期臺北城區都市發展架構藍圖，後於1937~1943年辦理1/3000測量原圖、1/1200實測圖測製，是臺北市最早大比例尺地形圖，為當時臺北市都市建設重要的基礎圖資。

民國34年臺灣光復後，因應經濟發展及都市建設需求，臺北市政府積極展開都市計畫地形圖資測製工作，歷年來所完成的圖資種類包括民國47年版地形圖、民國58年版椿位圖與地形圖、民國69年版椿位圖與航測地形圖、歷年椿位公告圖等。這些珍貴圖資記錄了都市發展變遷歷程，並由臺北市政府都市發展局妥善保存，如圖3。

民國80年，臺北市政府都市發展局為因應電腦化的需求，創先推動1/1000大比例尺數值航測都市計畫地形圖業務，為國內首先辦理數位航測的縣市政府單位。而由於臺北市轄境建物林立、地形繁雜，測圖作業量龐大，故採分年度(民國80～84年)分區辦理，並分別由國

圖3 臺北市歷史圖資(例)

內主要航測製圖機構及測量廠商承辦。而由於當時因作業廠商、航測儀器、作業環境不盡相同，故測製成果格式亦有些微差異。又因臺北市持續發展建設地形改變快速，故於民國 87～89年分期以地面三次元數值測量方式辦理地形圖修測，使圖資符合現況及圖檔格式符合內政部SEF(Standard Exchange Format)標準交換格式規定。

隨著電腦資訊發達，各項業務走向資訊化，臺北市政府有鑑於各項重大建設的開發及都市計畫、管線、水土保持、建管、地政等市政建設對於數值地形圖使用需求更加多元，故為增進市府業務推動與執行順暢，於民國91~98年改以航空攝影測量方式分年辦理數值地形圖修測作業，並製作大比例尺彩色正射數位影像、錄製4m網格數值地形資料等。

臺北市地形圖雖於歷年陸續辦理修測更新，惟僅針對大範圍變化及道路、建物等重要圖層辦理更新，無法全面修測細部變遷。且內政部於民國87年公告採用TWD97坐標系統，對TWD67系統不再維護，將使地形圖之控制基準頓失依據。基於1/1000數值地形圖為市政規劃最重要之GIS基礎底圖，因應未來三維數位城市模型建置、真實正射影像製作及數值地形圖地理資訊圖層建置等需要，遂辦理3D航測數值地形圖重製三年計畫(民國99~101年)，開啟臺北市地形圖3D數位航測時代，本文彙整臺北市地理圖資建置歷程如表1。

臺北市政府鑒於許多珍貴歷史圖資因時遷

表1 臺北市地理圖資建置歷程彙整

時間	日治時期	民國47年	民國58年	民國69年	民國80~84年	民國99~101年
面積	約140公頃(臺北城)	約7700公頃	約27200公頃	約27200公頃	約27200公頃	約27200公頃
坐標系統	1.地籍坐標(間) 2.陸測坐標系統		地籍三角點系統(臺中公園原點)	二度分帶(TWD67)	二度分帶(TWD67)	二度分帶(TWD97)
作業方式	地測	地測	航測	航測	航測	航測、LiDAR
測圖儀器	經緯儀、水準儀、平板、皮尺	經緯儀、水準儀、平板、皮尺	經緯儀、水準儀、類比式立體測圖儀	全測站經緯儀、水準儀、類比式立體測圖儀	GPS、水準儀、解析立體測圖儀	GPS、水準儀、數值影像工作站
繪圖介面	人工清繪	人工清繪	人工清繪	人工清繪	電腦製圖(Mapgo、MicroStation)	電腦製圖(MicroStation)
比例尺		1:1200	1:1200	1:1000	1:1000	1:1000
地形圖	類比	類比	類比	類比	數值圖檔	3D數值圖檔
數值地形模型					4米網格DEM	1米網格DSM、DEM
正射影像					數值影像檔	數值影像檔
修測維護		49年修測	地面測量年度維護	地面測量年度維護	1.87~89年以地面三次元數值測量方式辦理 2.91~98年以航測方式辦理	102年起以3D航測方式辦理
承辦單位	臺灣總督府	聯合勤務總司令部測繪署	北市府工務局第二科	北市府工務局都市計畫課	北市府工務局都市計畫處(92.07.01前)、北市府都市發展局	北市府都市發展局

表2 臺北市歷年類比圖資掃描建檔一覽表

地圖分類	圖幅數量(幅)	原圖比例尺	測製年份
日據水道圖	23	1/1200	約1912-1920(大正1-9年)
台北市區計畫街路與公園圖	1	1/10000	1932(昭和7年5月20日發行)
日據測量原圖	63	1/3000	約1937-1943(昭和12-18年)
日據實測圖	231	1/1200	約1937-1943(昭和12-18年)
47年版地形圖	91	1/1200	1958
58年版格位圖	561	1/1200	1969
58年原版地形圖	976	1/1200	1969
58年修測版地形圖	969	1/1200	1969
69年版格位圖	453	1/1000	1980
69年原版地形圖	689	1/1000	1980
69年修測版地形圖	477	1/1000	1980
80~83年正射影像圖	339	1/1000	1991-1994

物移、類比紙圖的保存環境不易保持，且許多圖資已屆物理年限及使用查詢管理不便，爰於民國92年起分年分期辦理歷史類比圖資掃描建檔計畫，將歷史紙本圖資掃描建檔保存，並針對歷史航照底片、像片予以掃描後，經空中三角量測與計算及定位後製作成正射影像圖檔。目前臺北市政府仍持續進行歷史圖資建檔計畫，提供影像數位保存，並結合新、舊地形圖資影像資料庫管理，達到影像保存及方便新舊歷史圖資查詢、變遷比對等目的。目前已完成建置之歷史圖資詳如表2。

鑑於影像圖資日益擴增，臺北市政府都市發展局為使數位典藏圖資發揮最大的效用，在前瞻規劃下開發了一套網際網路歷史圖資查詢展示系統http://www.historygis.udd.taipei.gov.tw/urban/，展示系統畫面如圖4所示。此外還結合歷年來辦理地形圖測製案所建置之數值地形圖檔及影像檔等資料，以豐富圖資達到影像保存與歷史圖資查詢、變遷比對等效用，有關展示系統建置與開發功能另詳肆、三節介紹。

參、數位圖資測製

本公司近年陸續參與臺北市數值地形圖測製相關計畫，對於測製技術已累積相當多之實務經驗，本節即針對本公司辦理「臺北市3D航測數值地形圖重製工作案」三年計畫中之地形圖製圖作業流程(如圖5)及工作內容概要說明如下。

一、工作內容

(一)全市分三年度(民國99年南區、100年中區、101年北區)完成1/1000數值地形圖重製工作，測圖面積約272平方公里。

(二)光達(Light Detection and Ranging ，LiDAR)航飛掃描與DSM、DEM製作，應用光達技術製作全市1m網格間距數值高程模型與數值地表模型。

二、作業範圍及地理特性

測圖範圍涵蓋臺北市轄境向外擴測至少50公尺，於淡水河及新店溪對岸則測至堤防(含)或自水岸線起向陸地擴測至少100公尺，全區1/1000地形圖計687幅(TWD97坐標圖幅)，作業範圍如圖6所示。臺北市地形複雜多樣，其中包含城市大樓密集區、平原、丘陵、山區等各式地形，全市最高地點為七星山約1,120公尺，故

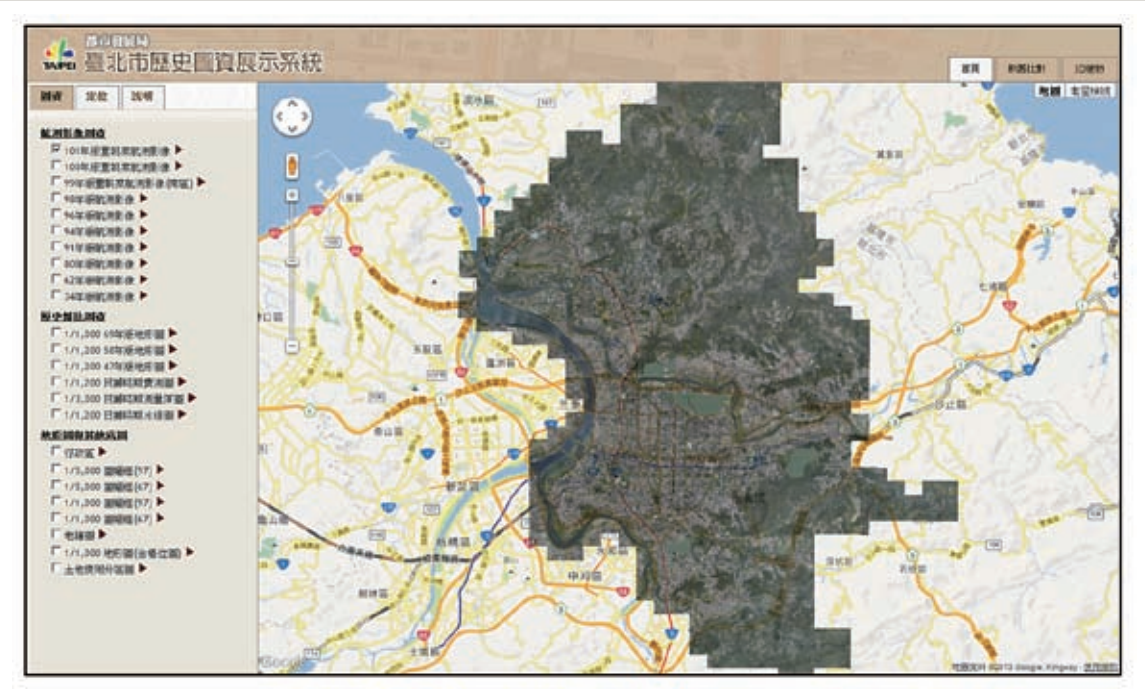


圖4 臺北市歷史圖資展示系統畫面

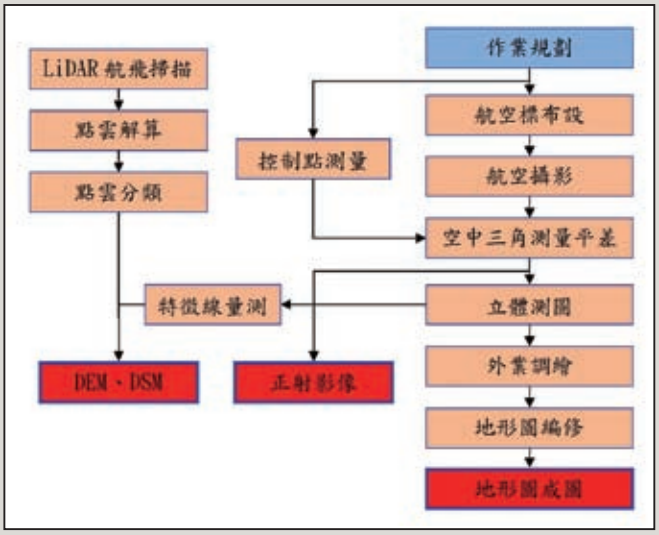


圖5 數值航空測量作業流程圖

圖6 臺北市全區作業範圍示意圖

於作業前即須針對此地形特性因應規劃。

三、數位航空攝影

航空攝影規劃除須考量航空載具、飛航高度、拍攝影像品質外，另針對市區大樓陰影及高差移位遮蔽、山區地形起伏像片涵蓋、前後及側向重疊比例等問題均須詳細考量因應。本計畫針對臺北市松山機場航管最低航高1,200公尺之限制，選擇採用RMK DX像機(像機元素如表3)，其所拍攝完成之高解析彩色影像地面像素解析度(GSD)可高達10公分，尤其是在陰影與較低能見度之天候下，仍具有較高之影像品質可供辨識，可提升後續航測製圖及正射影像製作之成果品質，正射影像成果範例如圖7。

表3 像機規格表

規格	RMK DX	像機外觀
鏡頭數量	1個全色態(Panchromatic) 4個多光譜(Multi-Spectrum)	
像幅尺寸	12096 * 11200 (~1.3億像素)	
像元大小	7.2μm	
焦距	9.2cm	
輻射解析力	8bit (0~255) 12bit (0~4095)	
接收波譜	Red(紅)、Green(綠)、 Blue(藍)、	

圖7 正射影像成果範例

四、3D地形圖測製

航測立體測圖採用影像立體測圖儀(Leica DP)作業如圖8，地形資料分類依內政部「一千分之一地形圖圖式規格表」規範採樹狀階層結構建立，由較上階層的粗略主題，持續分類到較下階層之特定主題資料分類，地形圖圖式規格如表4。立測稿圖完成後，對於航拍影像上無法辨認或遭遮蔽(如圖9)之地物，均實地調繪加以補充。由於本案採3D立體航測製圖方式作業，所有量測資料皆具有絕對坐標三維資訊，故原始立測稿圖均予以完整保留，以作為後續三維城市建模基礎，地形圖成果範例如圖10所示。

五、正射影像製作

航拍作業常受限於飛航管制或天候情況影響無法於同一時間完成，故拍攝過程中會受拍照當時之日照角度及天候影響，影像色彩之亮度及對比會有不一致的情形，所以必須先進行

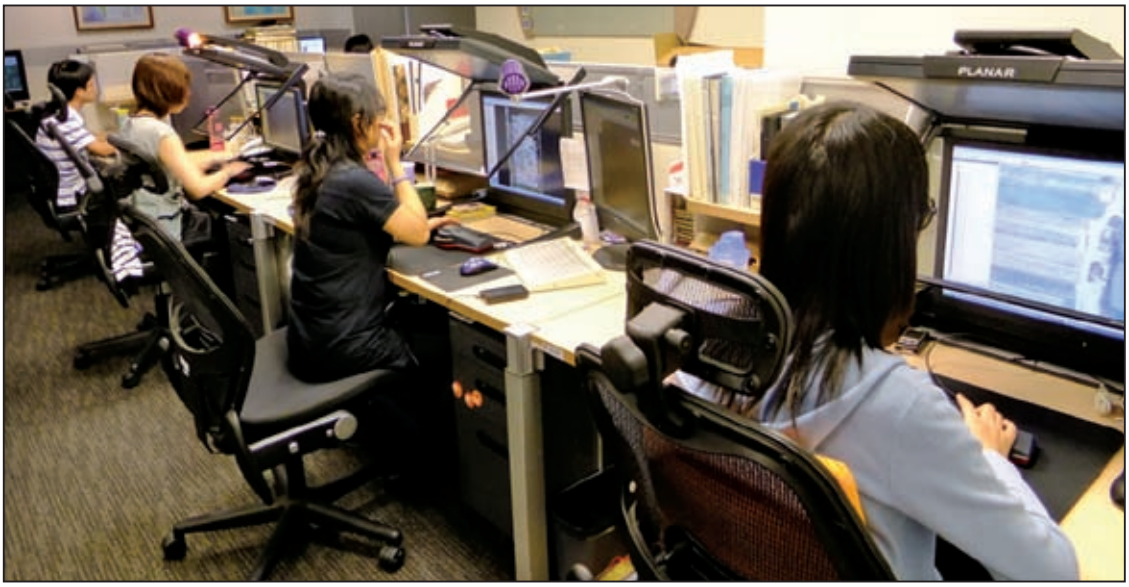
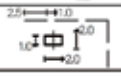
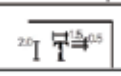


圖8 航測立體測圖作業

表4 地形圖圖式規格表 (例)

地形分類	地形資料分類名稱	地形資料分類編碼	圖元類別與註記	展示範例	圖式尺寸及基點	圖式線號	圖上顏色	說明(原圖元類別及原備註)	備註
人工構造物	永久性房屋（建築區）	93110	3			2	0	3，實形	實形，內部加剖面線，加註樓層及結構
	建築中房屋	93120	3			2	0	3，實形	實形，內部加剖面線，加註樓層及結構
	臨時性房屋	93130	3			2	0	3，實形	實形，內部加剖面線，加註樓層及結構
	分戶線	93140	3			2	30	3，實形	實形
	屋頂增建	93150	3			2	3	3，實形	實形 加標註M1，T圖式
	無牆建物	93160	3			2	0	3，實形	實形
	屋頂凸出物	93170	3			2	1	3，實形	實形 不加圖例符號
	高架橋下建物	93180	3			2	0	3，實形，不做斜線	實形
	臨時性棚架	93190	3			2	7	3，實形	實形，加標註T圖式

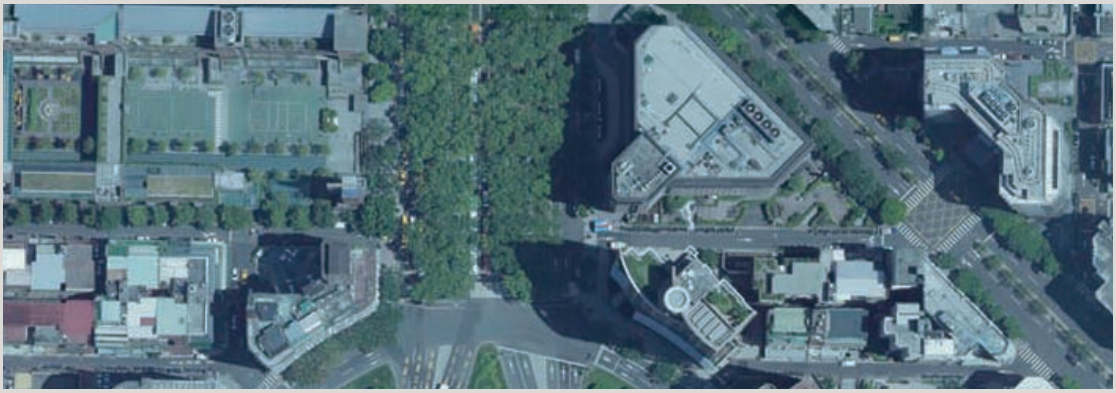


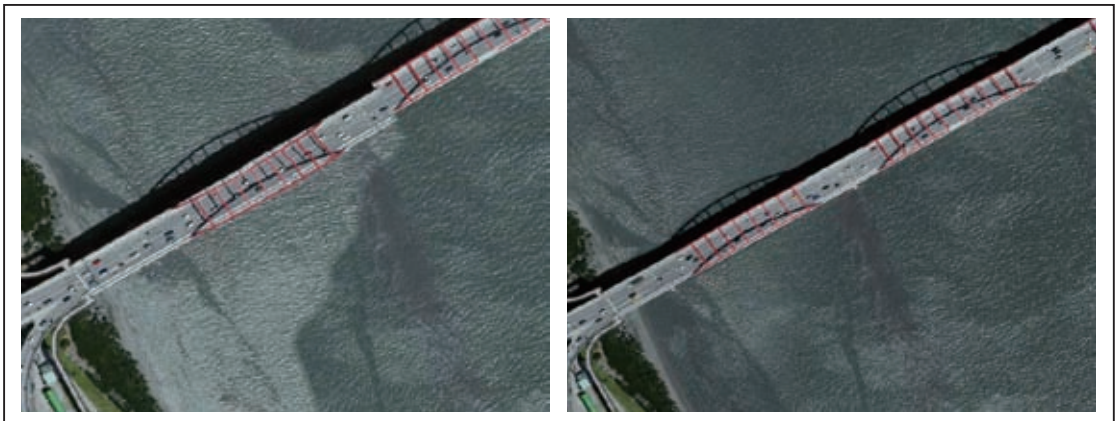
圖9 房屋及樹林遮蔽示意圖

圖10 1/1000地形圖成果範例

影像色調調整，再以微分糾正方法消除像片上因相機傾斜及地表所造成傾斜移位及高差位移，逐點糾正為正射投影，並且須針對各影像接縫處進行影像色調勻化處理(如圖11)。另外針對高架道路或橋梁會因地面高程資料影響產生幾何變形，因此必須將該位置之高程資料修正至正確高度後重製正射(如圖12)，減少影像邊緣抖動或變形，達到正確及美觀之效果。

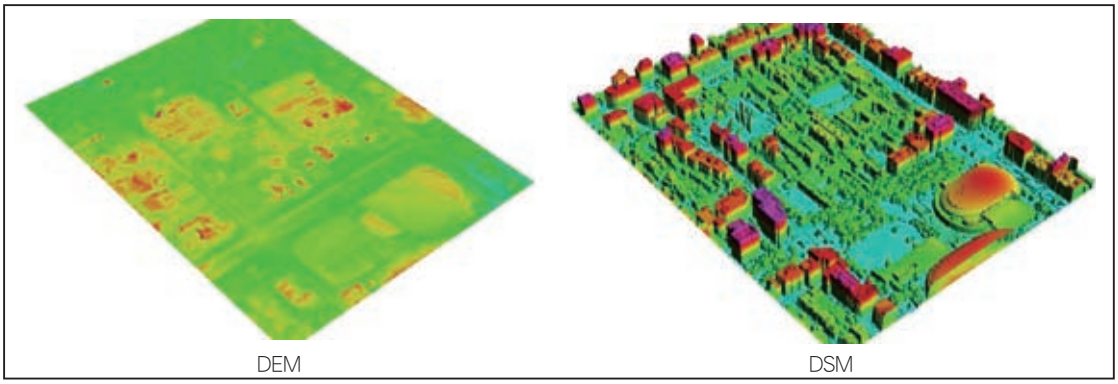
勻化前　　勻化後

圖11 正射影像鑲嵌色調勻化示意圖



修正前　　修正後

圖12 幾何變形修正示意圖



DEM　　DSM

圖13 DEM/DSM成果範例

六、空載光達(LiDAR)點雲製作DSM及DEM

本計畫另一項重要工作為應用先進之空載光達掃描設備技術產製1m網格間距之DSM及DEM數值高程模型，由於原始雷射測點數據為不規則離散測點，製作數值地表模型(DSM)時可採用第一個回波反射數據組成DSM規則網格，至於數值高程模型(DEM)的製作，則採用最後的回波值，然而此回波值不一定是地表測點，需進行雜點濾除與分類的步驟，將測點分類成地面點與非地面測點。點雲過濾後，再於地形變化較大處(如山脊、山谷、陡坡)等地區，以航測方式適當加測地形特徵資料及斷線資料，提升網格點計算之內插品質，DEM/DSM成果範例如圖13。

肆、歷史圖資創新加值

臺北市政府歷年來已保留相當多種類的歷史測量圖資，由於圖資種類繁多保存不易，雖分年辦理掃描數化建檔計畫，但仍因典藏圖資數量日益擴增，查詢閱覽不易。故為使數位典藏發揮最大的效用，臺北市政府於民國101年之歷史圖資建檔計畫案中開發了一套網際網路歷史圖資查詢系統，以ESRI ArcGIS Server發布地圖服務並製作圖磚快取(Tile Cache)，結合Google Maps API開發歷史圖資查詢展示平台。

一、歷史圖資建置及定位

早期歷史圖資包括日治時代水道圖、測量原圖、實測圖、歷年椿位圖、地形圖、公告圖等，多為紙本圖資且坐標系統不一，故須經掃描數化及定位處理。歷史圖資坐標系統甚至包括日治時期地籍坐標系統(“間”為單位)，故必須藉由圖檔套合，找出明確之街廓位置，利用共軛點進行平移、比例調整及旋轉直到套疊近似相符，重新框選出圖並記錄坐標及計算影像解析度，完成定位作業，如圖14。

二、歷史航拍影像掃描定位

歷史航拍照片包括臺北市民國62-63年航照影像(臺北市政府與中研院互惠取得)及民國80-83年版航空攝影照片與底片等，針對原始的照片及底片須使用航測專用掃描儀(掃描精度為±2μm之內)進行掃描，掃描後之影像尚須經正射投影糾正、色調處理及無接縫鑲嵌等作業。

由於歷史航拍影像年代久遠，其地面控制點資料多已不復存在，欲使影像能按當年地表形態及地理位置還原正射及定位，實為本項工作之一大技術及挑戰，故本公司將空三測量作業分為兩個階段進行，作業流程如圖15。第一階段作業主要為建立地面控制點，本公司係

圖14 椿位公告圖套合街廓示意圖

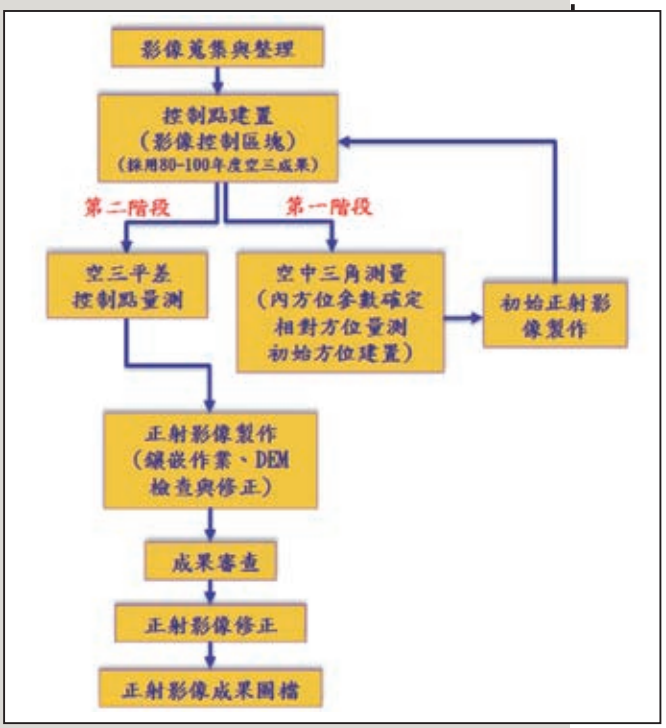


圖15 歷史航照影像定位流程

利用歷年之航測計畫所完成的空三成果建置之影像控制區塊，作為本次空三控制點之參考依據。而由於臺北市地物變遷相當大，故先選擇未變遷之古蹟，如大龍峒保安宮、臺北舊城門及台灣高等法院等，作為後續量測之點位認定依據(如圖16)。由於古蹟建物並未能均勻涵蓋全臺北市轄境，因此於初始正射完成後尚須進行第二階段的空三加密量測及平差作業。如此以往前循序追溯的方式，方得逐步完成歷史影像空三量測計算及正射製作。

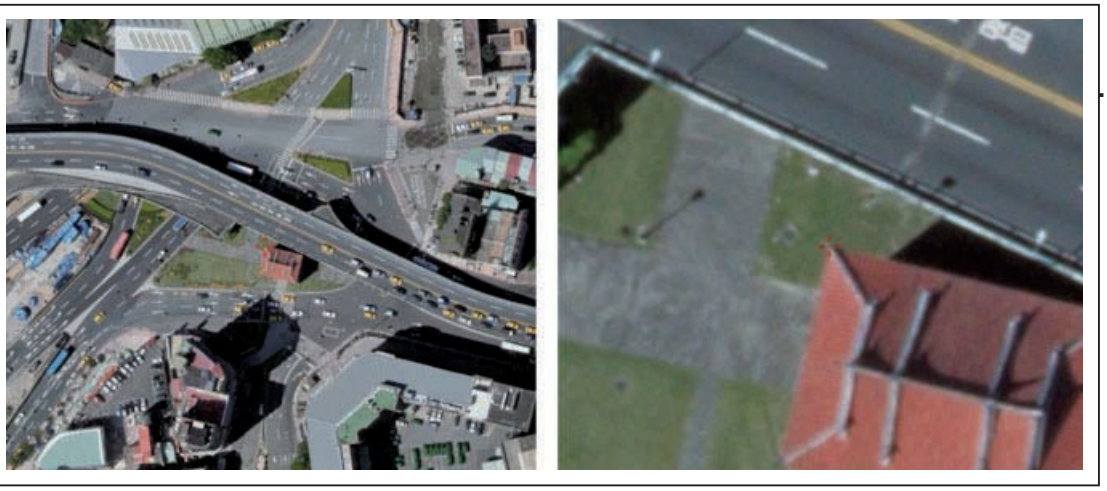


圖16 臺北舊城門古蹟(左圖遠照；右圖近照)

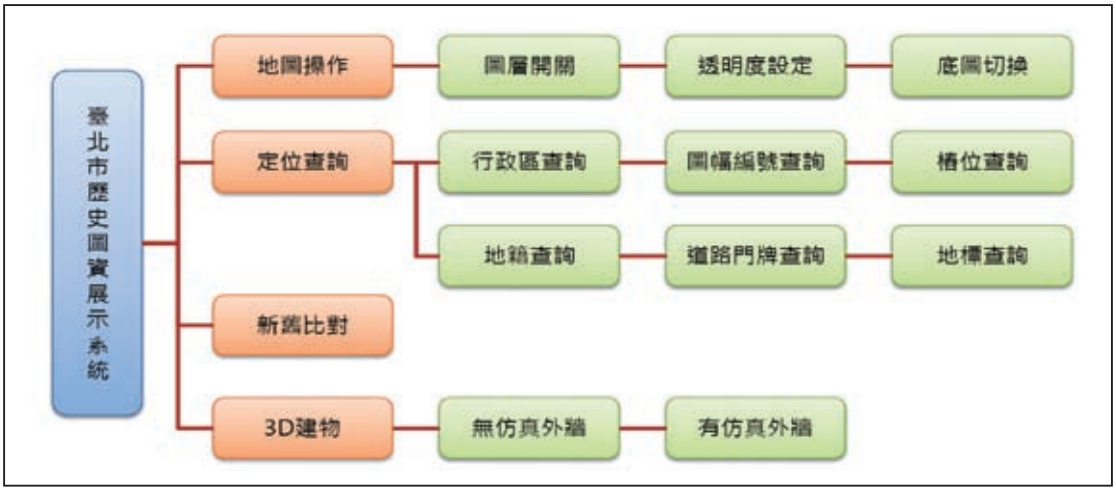


圖17 臺北市歷史圖資展示系統功能架構

圖18 不同年度歷史影像變遷比對

三、圖資展示系統建置與開發

臺北市政府都市發展局所管理之圖資均為市政重要基礎圖資(包括1/1,000地形圖、正射影像等)，於市府業務應用、都市規劃、民眾查詢、教育推廣等各方面均受廣泛使用。為使所建置完成之數位典藏圖資發揮最大的效用，展示系統開發功能需求包括：圖層套疊、透明度調整、空間定位查詢、新舊影像比對、地形圖3D建物展示等，系統功能架構如圖17。特別是在考量系統效能、未來圖資容量擴充、空間倉儲界接等後續功能之需求上，展示系統特別選擇使用專業級伺服器ESRI ArcGIS Server 進行圖資管理、地圖圖磚服務之產製與發布。

表5 地圖圖磚服務發布清單

類型	項次	地圖服務名稱
航測影像圖資	1	101年版重製案航測影像
	2	100年版重製案航測影像
	3	99年版重製案航測影像(南區)
	4	98年版航測影像
	5	96年版航測影像
	6	94年版航測影像
	7	91年版航測影像
	8	80年版航測影像
	9	62年版航測影像
	10	34年版航測影像
歷史類比圖資	11	1/1,000 69年版地形圖、椿位圖
	12	1/1,200 58年版地形圖、椿位圖
	13	1/1,200 47年版地形圖
	14	1/1,200 日據時期實測圖
	15	1/3,000 日據時期測量原圖
	16	1/1,200 日據時期水道圖
地形圖相關	17	行政區
	18	1/5,000 圖幅框(97)
	19	1/5,000 圖幅框(67)
	20	1/1,000 圖幅框(97)
	21	1/1,000 圖幅框(67)
	22	地籍圖
	23	1/1,000 地形圖(含椿位圖)
	24	土地使用分區圖

為使圖資服務能與Google地圖緊密結合，經參酌內政部資訊中心於2012年9月所公布的網際網路地圖圖磚服務共同作業準則(草案)，採用EPSG:3857(Web Mercator Auxiliary Sphere)之投影坐標系統；圖磚共切分L0~L21計22層，最大比例尺為1:282.124294。目前(截至2013年5月底)已收納發布的地圖圖磚服務內容如表5，使用者可於展示系統選擇不同年度之影像檢視比對，藉由滑鼠拖曳拉桿左右滑動，觀察判讀不同時空環境下地貌之演進(如圖18)。

伍、結語

臺北市政府為建構廿一世紀的世界級首都，持續辦理各項都市發展計畫修訂、研擬未來發展藍圖及願景，有關都市計畫之規劃及各項市政建設，均需建立在良好數值地形圖及高品質數值模型等圖資上。

近年來數位地球科技突飛猛進，建構三維數位城市之相關技術及其應用亦成為近期熱門的研究課題，有鑑於此，臺北市政府有計畫的推動地理基礎圖資建置業務，持續辦理歷史圖資數化建檔、修測地形以符合現況。近期所完成的臺北市3D航測數值地形圖重製工作案，已將三維地形圖資搭配正射影像的3D地型實景，取代了傳統2D地圖，正朝向三維城市建模及全生命周期地理資料庫管理的方向發展。

隨著虛擬星球(virtual globes)技術的發展，使三維數位城市在一般使用者的能見度大幅提昇，相關應用系統亦漸興起與普及。臺北市具備完整3D地形基礎資料，且有良好空間資訊條件，對於北市府產生了很大的作用，目前所提供的應用包括虛擬城市導覽、都市規劃、環境與景觀模擬、工程規劃與評估、運輸規劃及管

理、3D導航、災害防救模擬與應變、數位典藏、建築與遺址或特定場景重建等等；展望未來，臺北市更有條件朝向建立擬真3D數位臺北城、拓展3D地理資訊應用系統等智慧城市之目標大步邁進。

參考文獻

1. 臺北市政府都市發展局，101年度「臺北市3D航測數值地形圖重製工作案」測製作業測量工作報告。
2. 臺北市政府，「臺北市3D航測數值地形圖重製工作案」測製作業規定。
3. 陳良瑋、李莉華、劉俊男、江宜庭，「歷史圖資影像定位處理與展示平台之建置－以臺北市為例」，2013年台灣地理資訊學會年會暨學術研討會。
4. 邱式鴻、李莉華、趙鍵哲，航照影像控制實體建置與自動量測之可行性探討，第二十一屆測量學術及應用研討會，新竹，pp.53-61，2002。
5. 鄧曜輝、鄭宏逵，「台北市航測地形圖更新、數值地型製作及歷史圖資影像建置」，中華技術59期。
6. 政府機關資訊通報第307期，臺北市「智慧城市3D臺北」系統簡介。
7. 台灣科技大學建築系，李擴，「台北城的變遷」專題研究。
8. 維基百科，http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%BA%E5%8C%97%E5%B8%82
9. 臺灣大百科全書，http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=1393

PLANAR