

107301000100G0001

三維建物模型建置方式之研究

內政部國土測繪中心 自行研究報告

中華民國 107 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

107301000100G0001

三維建物模型建置方式之研究

課長 蔡季欣

研究人員：技正 游豐銘

技士 林士哲

內政部國土測繪中心 自行研究報告

中華民國 107 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

Research on the Construction Method of 3D
Building Model

BY

Tsai, Ji-Shin

You, Feng-Ming

Lin Shih-Che

(December, 2018)

摘要

關鍵詞：臺灣通用電子地圖、地形圖、數值地表模型、建物模型。

一、研究背景與目的

隨著空間資訊技術的發展，近年來三維圖資的需求日益增加，建置之相關技術與應用為近期熱門的研究課題，與過去平面的二維圖資相比，三維圖資更能貼近實體，透過視覺化的模型展示，使用者可容易且直覺找到所需的資訊。然而目前二維圖資多元且持續增加更新，但三維資料相對不完全，對於國土規劃及防救災所需之三維建物資訊更是缺乏。縱使部分地區已建置小範圍三維建物精緻模型，但無全臺三維成果，在整體應用上仍相當困難，其原因除基礎資料取得不易外，目前產製作業需耗費較多人力及成本。故需研發高效率且自動化之產製流程，以完備全臺成果。

因此本研究將研究數種低成本且高效率三維建物圖資建置方式，如利用一千分之一地形圖建物圖層、以臺灣通用電子地圖建物區塊配合數值地表模型及以建物區塊配合地籍資料建物高度等方式，研究不同來源資料所產製之建物模型於未來可應用之方式，並分析成果及其優缺點。本研究結果將有助於未來全臺三維建物快速建置及系統化更新作業，對於拓展臺灣通用電子地圖之應用與智慧城市之發展均將有重大效益。

二、研究方法及過程

本研究以 4 種方式建置建物模型，包含(1)傳統人工拼貼建置、(2)一千分之一地形圖、(3)臺灣通用電子地圖配合數值地表模型，及(4)建物區塊配合地籍資料之建物高度之方式建置。研究不同來源資料所產製之模型及未來可應用之方式，並分析成果及優缺點。以期有助於未來全臺模型建置及更新作業，並拓展電子地圖之應用。

三、重要發現

各式建物模型皆有其適合使用的地方，研究中發現目前因各直轄市、縣(市)政府圖資、年份來源不一，若要全部以精緻化方式進行，不但成本高且成果品質不一。然發展三維基本底圖又為目前所需要之首要先期工作，因此建議以近似化之三維建物模型方式建置，以較低的成本建立全臺之基礎圖資，配合圖臺發展，及建立各機關相關應用後，將來可再發展精緻化之建物模型。

四、主要建議事項

建議一：發展全臺三維近似化建物模型

主辦機關：內政部國土測繪中心

以臺灣通用電子地圖建物框，配合全臺之 DSM/DTM 資料，以既有之資料萃取出建物框內高度後，快速產製全臺建物模型，並能以自動化之方式敷貼建物外觀材質，完成全臺三維近似化建物模型。

建議二：發展全臺三維精緻建物模型：

主辦機關：內政部國土測繪中心

以臺灣通用電子地圖建物框為底，配合全臺之 DSM/DTM 資料、地籍圖及各年度之一千分之一地形圖，搭配各種資料，進行建物框內之分戶線產製，精進各建物模型及屬性建立，並能依不同分戶敷貼建物外觀材質。

Abstract

Keyword: Taiwan e-Map, topographic map, digital surface model, building model.

With the development of spatial information technology, the demand for 3D maps has increased in recent years. Compared with the 2D image of the past plane, the 3D map can be closer to the entity, and through the visual model display, the user can easily and intuitively find the information. However, the current 2D maps are diverse and continuously updated, but the three-dimensional data is not complete, and the 3D building information required for national planning and disaster prevention is even scarce. It is necessary to develop a highly efficient and automated production process to complete the results of the whole Taiwan.

Therefore, this research will study several low-cost and high-efficiency construction methods, such as use of topographic map, the Taiwan e-map, digital surface model, and the cadastral map will be studied. Finally analysis results and future applications, and develop the application of electronic maps.

The study concluded that the 3D map of the whole Taiwan can be established at a lower cost, and various applications are established. The future will be able to develop a refined building model.

目 次

第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究動機及目的	2
第二章 研究方法與流程	3
第一節、研究方法	3
第二節、研究流程	5
第三章 文獻回顧參考	6
第一節、三維建物模型產製	6
第二節、建物模型建置及展示	11
第三節、三維建物模型技術	13
第四節、模型建置種類	15
第四章 研究方法	17
第一節、人工建置模型	17
第二節、向量式建物模型產製	23
第五章 研究成果與分析	34
第六章 結論與建議	39
第一節、研究結論	39
第二節 研究建議	39
參考文獻	41

圖目錄

圖 2.1、國土測繪圖資服務雲 2D 展示	3
圖 2.2、國土測繪圖資服務雲 3D 展示	3
圖 2.3、研究流程圖	5
圖 3.1、平面圖拉伸示意圖	7
圖 3.2、航照數化示意圖	7
圖 3.3、實景影像照片	8
圖 3.4、仿真模型	9
圖 3.5、通用紋理模型	10
圖 3.6、Google Earth 之 New York 城市模型	11
圖 3.7、Google Map 京都城市模型	12
圖 3.8、CityGML 支援 10 種主題模型	13
圖 3.9、CityGML 細節等級示意圖	14
圖 3.10、圓球 Mesh Model 細緻度差異比較圖	15
圖 3.11、Mesh Model(左)與 Block Model	16
圖 4.1、影像幾何變形示意圖	18
圖 4.2、處理前分別為兩張影像	19
圖 4.3、影像接合成果圖	19
圖 4.4、擬合直線比較圖	20
圖 4.5、模型材質影像校正成果圖	20
圖 4.6、遮蔽效應之影響	21
圖 4.7、界定遮蔽範圍	21
圖 4.8、利用鏡射填補遮蔽成果圖	21
圖 4.9、建物模型成果圖	22
圖 4.10、建物過濾(藍色為濾除之 polygon)	24
圖 4.11、建物具樓層數或樓層高度屬性	24
圖 4.12、臺灣通用電子地圖建物圖層	25
圖 4.13、建物過濾(藍色為濾除之 polygon)	25
圖 4.14、建物框對應範圍的 DEM-DSM 值	26
圖 4.15、樓高代表示意圖	26
圖 4.16、臺灣通用電子地圖建物框	27
圖 4.17、臺灣通用電子地圖建物框與地籍圖套疊	27
圖 4.18、地籍圖與臺灣通用電子地圖建物框套疊	28
圖 4.19、交會後產製之節點及線段	28
圖 4.20、一千分之一建物框之灰階模型區	29
圖 4.21、臺灣通用電子地圖建物框之灰階模型	29
圖 4.22、正射影像建物傾斜狀況	30
圖 4.23、貼圖材質庫範例	32
圖 4.24、材質庫影像辨識示意	33
圖 4.25、不同建模貼圖方法	33
圖 5.1、人工建模套疊	34
圖 5.2、一千分之一地形圖之建物框配合樓高成果	36
圖 5.3、臺灣通用電子地圖建物框配合 DSM/DEM	36

圖 5.4、臺灣通用電子地圖建物框配合地籍資料	37
圖 5.5、樓層檢核方式	37
圖 5.6、外牆與真實差異	38
圖 5.7、DEM/DTM 解算樓高與樓層數換算樓高比較	38
圖 5.8、街景圖比對樓高正確性	38

第一章 緒論

隨著空間資訊技術的發展，近年來三維圖資的需求日益增加，建置之相關技術與應用為近期熱門的研究課題，與過去平面的二維圖資相比，三維圖資更能貼近實體，透過視覺化的模型展示，使用者可容易且直覺找到所需的資訊。

第一節 研究緣起與背景

三維數位城市或數碼城市(Cyber City)及其相關技術與應用為近期熱門的研究課題，所謂數碼城市(Cyber City) 是將我們所生活城市中之真實地表物體以三維幾何模型予以重建，將其表面紋理影像敷貼該模型以成為仿真城市模型，以電腦模擬真實世界的建築、山川、河流、森林、草地、道路、橋梁等各類地景，甚至於各種不同時期的地貌，並為其建立各項物件的屬性資訊，虛擬重現城市之各項機能，並可透過網際網路供使用者瀏覽、查詢、分析及其他應用。

隨著雲端 3D 圖臺強化了 3D 視覺呈現空間資訊的效果，搭配豐富而簡易的地圖查詢，讓三維數位城市在一般使用者的能見度大幅提升，三維數位城市在虛擬城市導覽、都市規劃、環境與景觀模擬、工程規劃與評估、適地性服務、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、軍事及國防安全、娛樂及遊戲產業等均有良好的應用潛力。

第二節 研究動機及目的

目前二維圖資多元且持續增加更新，但三維資料相對不完全，對於國土規劃及防救災所需之三維建物資訊更是缺乏。縱使部分地區已建置小範圍三維建物精緻模型，但無全臺三維成果，在整體應用上仍相當困難，其原因除基礎資料取得不易外，目前產製作業需耗費較多人力及成本。故需研發高效率且自動化之產製流程，以完備全臺成果。

國土測繪中心管有各項基礎及核心之國土測繪資料，包括臺灣通用電子地圖、地籍圖和國土利用調查成果圖等各類圖資，並建置國土測繪圖資服務雲，藉由 2D 與 3D 圖臺的展示，讓全民可應用及共享國土測繪成果。為擴大測繪資料應用層面及推廣 3D GIS 應用，利用目前既有資源，包含地形圖、正射影像及 DSM/DEM 等圖籍資料，在考量模型品質、建置效率與成本，探討模型自動化建置效率及成本間的關聯性，發展相對快速且經濟之模型建置及展示作業方式，作為後續三維城市建置與推廣之參考。

因此本研究將針對數種低成本且高效率三維建物圖資建置方式，如利用一千分之一地形圖建物圖層、以臺灣通用電子地圖建物區塊配合 DSM/DEM 及以建物區塊配合地籍資料建物高度等方式，研究不同來源資料所產製之建物模型於未來可應用之方式，並分析成果及其優缺點。本研究結果將有助於未來全臺三維建物快速建置及系統化更新作業，對於拓展臺灣通用電子地圖之應用與智慧城市之發展將有重大效益。

第二章 研究方法與流程

第一節、研究方法

壹、研究資料整理

進行三維建物模型建置，首要工作為資料來源，資料的品質及來源決定如何建立模型。本中心管有各項基礎及核心之國土測繪資料，包括臺灣通用電子地圖、地籍圖和國土利用調查成果圖等各類圖資，並建置「國土測繪圖資服務雲」，藉由 2D 與 3D 圖臺的展示(如下圖 2.1、圖 2.2)，讓全民可應用及共享國土測繪成果。



圖 2.1、國土測繪圖資服務雲 2D 展示



圖 2.2、國土測繪圖資服務雲 3D 展示

本研究目前彙整既有資源，包含一千分之一地形圖、正射影像、臺灣通用電子地圖及 DSM 與 DEM 等。

貳、研究規劃作業

本研究規劃 4 種方式建置建物模型，包含(1)傳統人工拼貼建置、(2)一千分之一地形圖建物框配合樓高，敷貼材質採用通用紋理、(3)臺灣通用版電子地圖配合數值地表模型，敷貼材質採用通用紋理、及(4)建物區塊配合地籍資料之地籍線建立分戶及建物高度之方式建置，敷貼材質採用通用紋理。

參、成果優缺點分析

綜合彙整各個模型測試成果，探討成果之差異，並評估所提方法對於本中心建置及各機關應用上，考慮其成本和建置時間，分析效益及可行性，最後並研擬適合之作業方案。

肆、撰寫研究報告

依內政部自行研究案報告書製作標準格式，辦理本研究報告書之撰寫工作。

第二節、研究流程

本研究流程主要分為研究資料整理、研究規劃作業、方法實作、成果分析及撰寫研究報告書等五個部分，如下圖 2.3 所示。

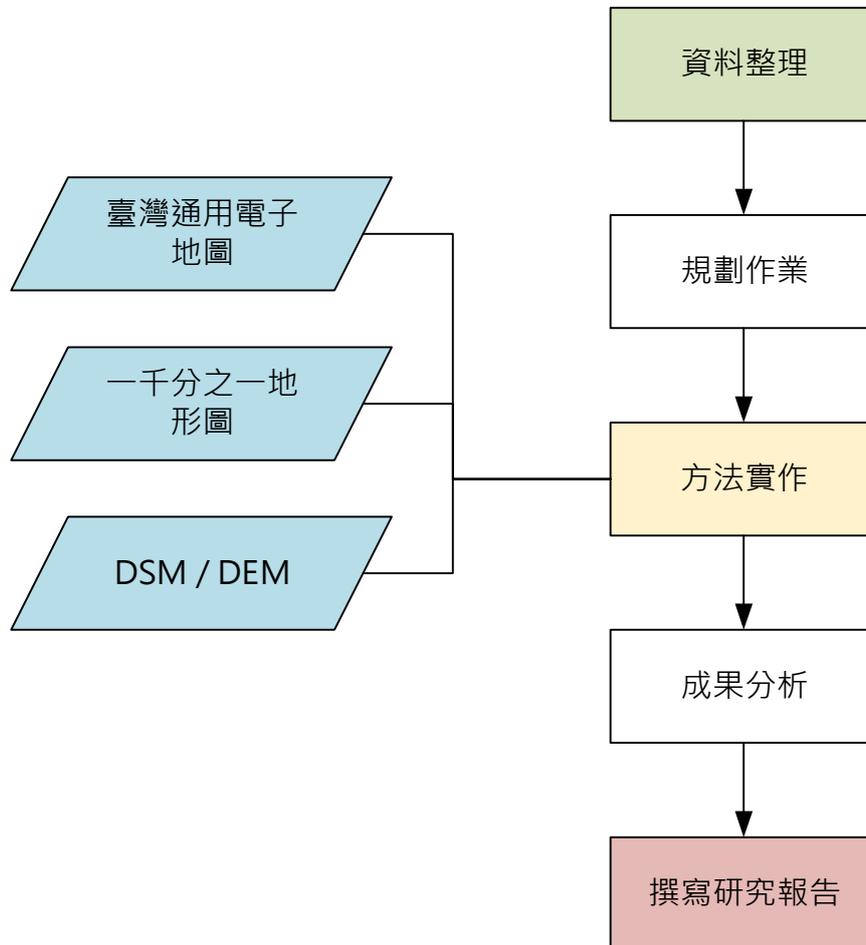


圖 2.3、研究流程圖

第三章 文獻回顧參考

本章分為四大部分，第一節介紹三維建物模型產製，第二節建物模型建置及展示；第三節三維建物模型技術、第四節簡介模型建置種類。

第一節、三維建物模型產製

三維地理資訊系統將真實世界的屬性資料與虛擬幾何資料結合，以三維空間資訊描述並表現真實世界，是空間資訊發展的趨勢(張毅雄，2010)。三維的方式建立模型並展示空間資料，為一種最為直接且易懂的展示方式，利用虛擬建物並產生城市模型(City Model)亦是地理模型中展示真實地表的方式。

建物模型在重建後，雖能充份展示真實空間中的位置及高度等資訊，但在缺乏外觀紋理資訊的情況下，視覺效果真實感表現上還是不佳。最簡單的建物紋理敷貼是將一小塊類似磚塊紋理的材質來敷貼至平面及圓柱面上 (Catmull, 1975)，此法的缺點是只用單一材質影像敷貼到全部的模型，視覺表現上不免顯得單調。另有採用實景影像作為建物模型側面的敷貼材質 (Förstner & Gülch, 1999; Haala & Brenner, 1999)，使視覺效果自然逼真，達到虛擬實境。

建立三維建物模型後，可再透過近景攝影、空載傾斜攝影等方式獲取建物模型之紋理材質，經由幾何改正、影像處理、遮蔽判斷補償等方法進行修改，以呈現各建物表面之不同顏色、材質與紋理，使其更接近真實世界情況，稱為仿真模型(photo model)，但由於實際拍攝之成本較高，因此另一種方法使用材質貼圖資料庫之紋理模擬建物材質，選取材質貼圖庫中接近真實建物情況之材質來呈現三維建物模型之表面，稱為通用模型(generic model)，其優點為建置較簡單快速，雖然與真實世界有所差距，但可呈現與真實世界大致上相同的環境(江渾欽，2008)。

因此建物模型建立時應考量應用範圍來決定其精細程度，越精細之模型其建置成本與時間亦越高。目前整理大概有二大步驟，(1)建物結構處理，包含建物坐落範圍(如建物框、建物坐標)及高度資料(如航照立體對製作、光達資料或地籍登記之樓層資料)，(2)建物外牆處理，包含採用實景影像、紋理材質影像等方式。

壹、建物結構處理

既有之建物平面圖檔如 DWG、DXF、SHP 等電腦圖檔，依照建物高度將各層平面圖拉伸為立方體，如下圖 3.1，建置成本與時間相對最低，但因檔案產製可能現況有所差異。

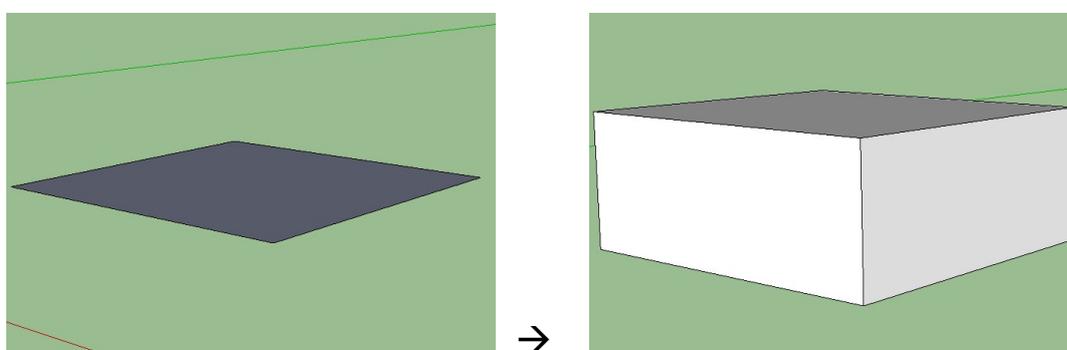


圖 3.1、平面圖拉伸示意圖

透過航衛照影像進行數化亦為產製數位模型之主要技術，航衛照影像需經過幾何校正，如下圖 3.2 為航照經校正後圖形，必要時還須經過正射處理以消除建物之形變，若具有立體像對影像時，更可透過立體像對處理來快速取得概略模型。



圖 3.2、航照數化示意圖

另透過空載結合地面光達(LIDAR, Light Detecting And Ranging)可快速蒐集三維點雲資料，將三維點雲資料進行編修可做為建立三維建物之基礎資料並繪製三維空間，首先由空載光達可取得具有坐標及建物外部色彩的點雲資料，再以地面光達獲得建物內部的點雲資料並進行編修以建立建物樓層平面多邊形，將由空載及地面光達所取得之點雲資料結合後，即可建立高精度三維建物模型，其建置成本與時間皆最長，亦可採用光達系統以地表模型來建立建物。此外利用光達之特徵點雲，建構出三維建物模型的特徵線與特徵面，需先將原始觀測值進行估算並分離地形和地物，再對地物觀測值進行處理和糾正，萃取出可描述三維建物模型之特徵線與特徵面坐標以進行三維建模，此方式雖然可完整偵測出建物屋頂形狀，但易產生與相鄰其他地物或樹木之遮蔽問題(林詩文，2010)

貳、建物外牆處理

建物模型建置完成後，可利用不同的方式，將其外觀紋理之建置後，讓房屋模型貼近真實感，將有利於各種應用，如下圖 3.3 實景照片拍攝建檔後，可供敷貼影像至建物模型。



圖 3.3、實景影像照片

敷貼影像後可產製兩類模型，分別為仿真模型及通用模型：

一、仿真模型

以相機、近景攝影測量、空載傾斜攝影方式取得建物之真實立面影像，進行幾何改正、影像處理及遮蔽判斷補償等方式進行修改，將真實立面影像貼附於建物牆面及屋頂，使三維建物模型具有真實的紋理，有利於視覺化展示及查詢，但其建置較耗時、成本較高。或者精緻的做法採用現場拍攝照片作為建物模型的敷貼材質使視覺效果自然，如下圖 3.4。



圖 3.4、仿真模型

二、通用模型

使用預先建立之材質貼圖庫裡的各類紋理貼附於積木模型之牆面及屋頂，以呈現三維建物模型之外觀，由於材質貼圖庫的圖形紋理資料量小，因此建置較快速且成本較低，可有效達到美觀成果，如下圖 3.5 所示。



圖 3.5、通用紋理模型

第二節、建物模型建置及展示

過去發展三維數位模型時，以往只能選擇商業軟體如 AutoCAD、3D Max、MicroStation、Solidwork、MAYA 等，雖然功能強大，但也伴隨授權昂貴、技術門檻高等限制，加上格式相容性問題及缺乏展示平台等因素，導致建置成果難以達到公開共享之目的。直到 Google 的 SketchUp 出現，個人版允許非商業免費使用，且不需受過相關專業訓練，就能讓使用者快速上手。

而隨著各國對於地理空間資訊應用的需求日增，隨著各項網路科技的發展，三維地理資訊將各項資料的串流與彙整，以符合各種不同的需要，而建物模型將搭配三維的圖臺方能展示巨量的資料，透過精細的資料支援各項空間規劃及統計分析等應用。以下以 Google Earth 平臺之模型為例。

利用 Google 之 SketchUP 建置完成之模型可上傳至 3D 模型庫供他人下載使用，並與 Google Earth 整合，SketchUp 可直接上傳成果供審核，通過審核後即與全球同步在 Google Earth 上呈現，加速推廣三維建物的發展。而 Google 本身也積極以各種自動化方式快速且大量建置各大都會區的三維模型，如下圖 3.6 為美國紐約之三維模型，使用者可很方便的瀏覽世界各地之資料。



圖 3.6、Google Earth 之 New York 城市模型

另外在 Google Map 中也提供了以 45 度角檢視之 3D 地圖和高解析衛星地圖，提供了四個方向的旋轉之三維模型展示，如下圖 3.7。



圖 3.7、Google Map 京都城市模型

第三節、三維建物模型技術

國際開放空間資訊協會(Open Geospatial Consortium, OGC)在2008年訂立城市地理標記語言(City Geographic Markup Language, CityGML)的格式標準，遵循GML的應用綱要並以XML為資料編碼標準，是專為三維城市模型物件之交換、儲存及展示所設計的資料交換格式，目前最新發布的版本CityGML 2.0是建構在GML3的基礎上，為OGC於2012年4月4日發布。CityGML是一種表示三維地理資訊系統的語意資訊模型，針對城市或特定區域內的幾何、位相、語意和外觀性質定義不同層級和各物件間的關聯性及相關屬性，其涵蓋的內容包括建物、地表、數值地形、道路、水體等各類資料。

CityGML內包含核心模組(Core module)及主題模組(thematic extension module)等2部分，核心模組涵蓋CityGML基本組成元件，主題模組則是三維城市於不同領域的資訊，包含建物、橋梁、城市物件、城市物件組、土地利用、地勢、交通、隧道、植被及水體等10類，結構如圖。

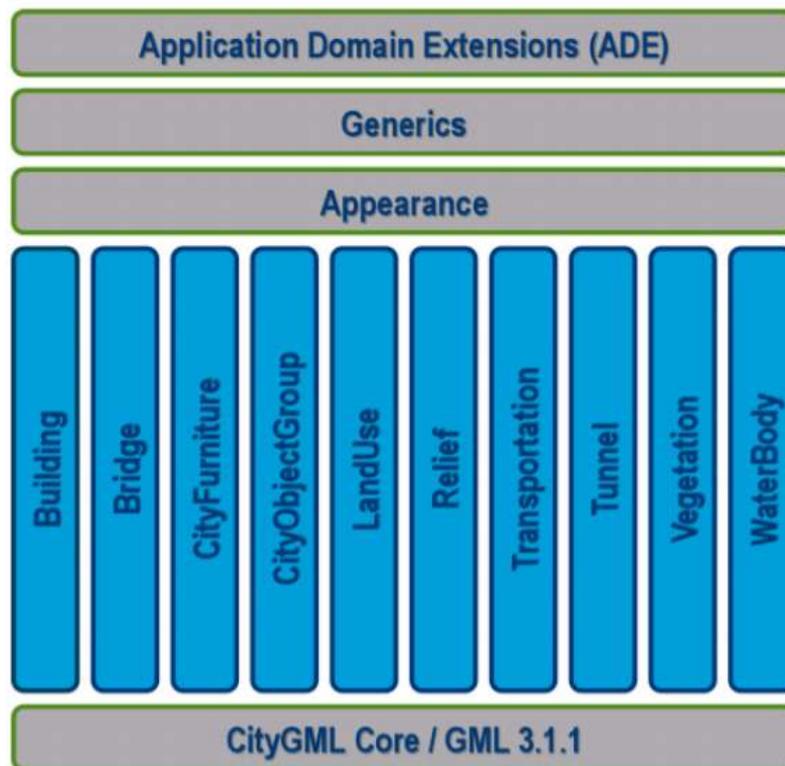


圖 3.8、CityGML 支援 10 種主題模型

建物模型是三維城市模型的核心物件之一，CityGML 定義了 5 個細緻度層級(Level of Detail, LOD)，提供使用者可依應用需求，建置不同 LOD 之模型，如下圖 3.9。

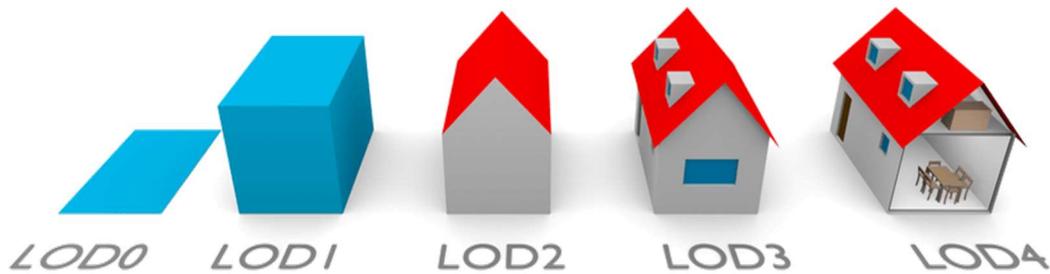


圖 3.9、CityGML 細節等級示意圖

LOD0：數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM) 最粗糙的層次，只包含航空影像或地圖等不同主題圖層的 2.5D 數值地形模型。

LOD1：簡單積木式模型(Block Model) 除地形外加入簡單的積木式模型，不包含屋頂結構及紋理的稜柱型建物。由不同結構的建物實體聚集成積木群

LOD2：結構建物模型(Structure model) 包含不同牆面紋理貼圖及不同屋頂結構的建物模型，再加上植栽物件。

LOD3：細緻建物模型(architectural model) 具有更細緻的高解析紋理外觀及屋頂結構、陽台、窗戶、開放的出入口與突出物之細緻建物模型。

LOD4：細部建築模型(interior architectural model) 將完整的 LOD3 建物模型再加入室內結構的三維物件，例如建物內部的房間、內部門、樓梯及傢俱等室內物件，可進行內部瀏覽的細部建築模型。

CityGML 藉由描述不同種類主題模型之幾何資料、屬性資料及語義資料內容，建構一個類似資料庫的儲存空間。當使用者想要建置虛擬三維城市時，可依需要以資料庫內的資料為基礎，使用已定義好的模型描述檔進行組合，並藉由複製模型描述，來增加存取的效能，並方便使用者快速建立城市模型。

第四節、模型建置種類

建物模型為智慧城市的主軸，建物模型的型態對於應用層面的影響深遠，國內在建物模型建置上，以傾斜攝影影像密匹配產製之網格影像模型(mesh model)與向量式積木模型(block model)為主。Mesh model 成果為連續範圍的三維模型，由多邊形組成的輪廓與結構，其建物細緻度與影像密匹配節點數成正比，與顯圖效能成反比。圓球的三維網格模型為例，如下圖 0，模型節點數越多，模型細緻度越高，圓球表面越平滑，模型細緻度越高，但顯圖效能則相對降低。

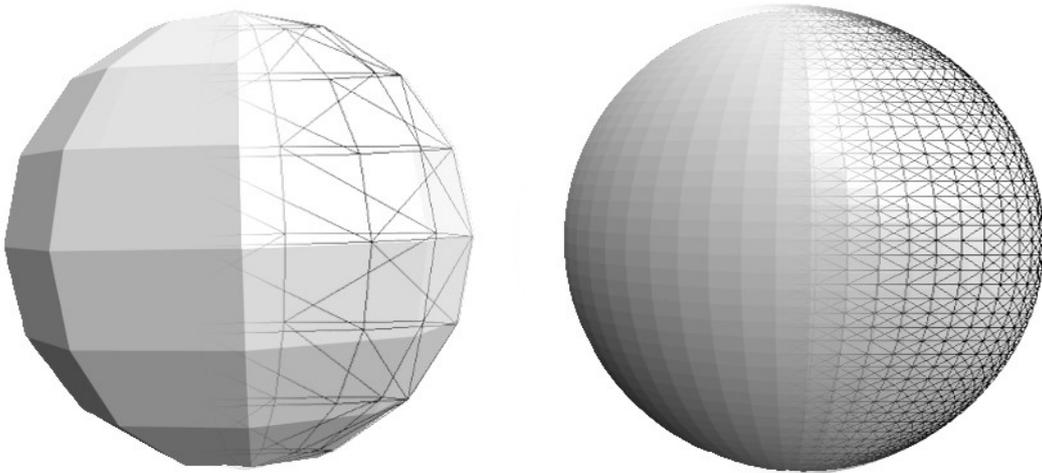


圖 3.10、圓球 Mesh Model 細緻度差異比較圖

Block model 為三維物件化的實體模型，如 CityGML 及建築資訊模型(BIM)建物面由點線組成的多邊形定義，物件化的結構使得模型可各自獨立，並帶有屬性，有利於三維的分析應用。在智慧城市的應用上，除了三維模型外，二維圖資也是重要的應用資料，對於二維及三維的整合套疊，Block model 較 Mesh Model 更為合適。



圖 3.11、Mesh Model(左)與 Block Model

第四章 研究方法

研究中以不同的資料和方式產製模型，以傳統之人工產製模型及向量式模型建置方式為研究方向，相關作業之研究方法說明如下。

第一節、人工建置模型

壹、模型建置

自行研究建立一個古蹟建物模型，並透過實地拍攝影像，展示傳統人工建置模型之方式。利用影像量取建物範圍後，實地測量建物大約高度，並以實地拍攝照片進行影像處理，完成後敷貼製模型上產生一建物模型。

貳、材質影像處理

影像鑲嵌過程中，其成果好壞決定於影像套合之精度，如何執行對於整個研究相當重要。而相關領域對於影像套合亦有許多研究，歸納各研究可得出一套流程：特徵萃取、特徵匹配、影像套合三步驟。在特徵萃取方面，以點作為特徵匹配具有運算簡單與快速之優點、良好的點特徵在不同影像上相同位置必須有高同質性，且與不同位置之特徵點具有鑑別能力，影像中則屬角點 (Corner) 最能達成此要求，因角點是影像中局部區域 (Local) 與其他像元具有最大差異之點，例如梯度變化最大，並且以影像角點作為特徵點是一最佳的選擇。

特徵匹配是將特徵萃取後之成果，透過影像上灰階變化情形或相關係數來達到特徵配對之方法，匹配運算法之差異將大幅影響影像鑲嵌品質，目前已有許多成熟之影像匹配方式，經特徵匹配後，兩張影像上特徵點成為控制點，即可利用控制點進行影像套合，套合模式如六參數、八參數轉換等，經套合後即可成為紋理候選影像

候選影像為求敷貼時能達到最佳效果，需校正拍攝時因透視投影與透鏡畸變等影響所導致之形變。如下圖 4.1，青色直線所示，建物

之屋簷、窗戶等位置在現實世界中應為等高，其與青色直線不吻合部分即是拍攝產生形變之影響。校正時除取得拍攝當時之相機內外方位參數、鏡片曲率半徑等參數以進行完整幾何校正外，利用多項式曲線擬合方式來校正影像能有快速且良好之成果。

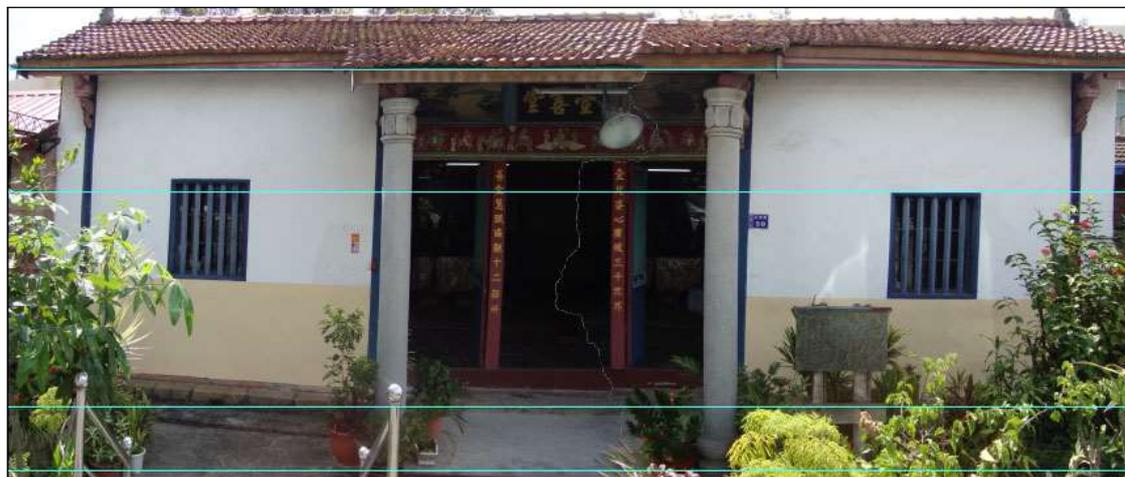


圖 4.1、影像幾何變形示意圖

參、遮蔽去除與填補技術

當影像拍攝時，常遇到外在物體或建物本身因視角關係，造成影像上該區域失去有效資訊稱之為遮蔽效應。遮蔽效應對於影像視覺之影響相當大，但因遮蔽物種類繁多，任何物體皆可能造成遮蔽，且失去資訊之區域要如何修補亦屬難題，目前為尚無一全面性之方法能完整處理，一般常用方法為再到現場重新拍攝被遮蔽區域之影像，透過影像套合方式來重現，唯此方法需由人工介入程度相當高，建置成本與時間亦相對提高，另有採取紋理資料庫方式修補，其原理是因人們對類似構造之外觀感受差異不大，透過相似質感之影像來做填補視覺上不易感受突兀，因此使用紋理資料庫不失為快速有效之方法，但要建置完整之紋理資料庫則是耗時且費力之工作。

建物各面之紋理影像敷貼至模型前，由於拍攝角度與時間之差異，各幅紋理影像之色彩表示皆不同，為達到統一視覺效果，調校各幅影像使其色彩表現均一十分重要之步驟。有研究將影像由 RGB 色域(紅綠藍影像三原色)轉換至 HSV 色域(色相、飽和度及色調)調校，使

色彩外在表現均一，亦有研究採用以單一影像為基礎，將其他影像透過直方圖匹配 (Histogram Match)方式，將不同影像直方圖調整到分佈一致，降低視覺效上之差異。

透過各種展示平台展示各項地圖資料時，加入了三維的建物資料，對於各項歷史古蹟的保存和觀看，可提供另一種不同層面的應用，因此針對三維的模型建物，亦是種貼近民眾且有趣的展示方式。而模型除了建立主體結構之外，對於外表紋理的敷貼處理也需要經過處理方能使用，以下為模型建立之後，處理其紋理之步驟。

紋理影像經拍攝後，部分牆面如建物主面無法由單張影像涵蓋，需分為多張影像拼接而成，因此透過影像處理技術，將兩張分開的影像鑲嵌為一張，如下圖 4.2、圖 4.3 所示。



圖 4.2、處理前分別為兩張影像



圖 4.3、影像接合成果圖

紋理影像因拍攝時產生之形變，由於本研究為便於取得建物紋理，故未採用測量型相機，幾何校正是採用多項式擬合使應用範圍能不被相機所侷限。校正方法將待校正區域繪製曲線並產生曲線方程式 $y=ax^2+bx+c$ ，如下圖 3.14 中紅線部分，計算出曲線方程式後可透過線性回歸計算出擬合直線方程式 $y=ax+b$ ，此時將斜率強制歸零後即為擬合水平線方程式 $y=b$ ，下圖 4.4 中青線部分。



圖 4.4、擬合直線比較圖

透過多條擬合直線方程式後即可產生影像套合所需之控制點群，經參數轉換後即可獲得幾何校正影像，如下圖 4.5。



圖 4.5、模型材質影像校正成果圖

部分紋理影像受到外在物體之遮蔽影響，如下圖 4.6，在視覺表現上顯得不佳，為簡化遮蔽效應之處理，本研究採用鏡射方式處理，首先定義出遮蔽影響之範圍，如下圖 4.7 紅線部份。

接著在遮蔽範圍之四周找尋適合區塊作為填補素材，並以遮蔽區域與填補區域之邊界作為鏡射軸，將填補素材複製並鏡射套疊至遮蔽區域上，並將填補區域四周模糊化後即完成填補，成果如下圖 4.8。



圖 4.6、遮蔽效應之影響



圖 4.7、界定遮蔽範圍



圖 4.8、利用鏡射填補遮蔽成果圖

將建物各牆面之紋理影像處理完竣後，配合實際測量或航照數化產生之三維建物模型，在 SketchUp 上依序將紋理影像敷貼至對應之牆面，即可完成三維建物模型之製作，成果如圖 4.9 所示。



圖 4.9、建物模型成果圖

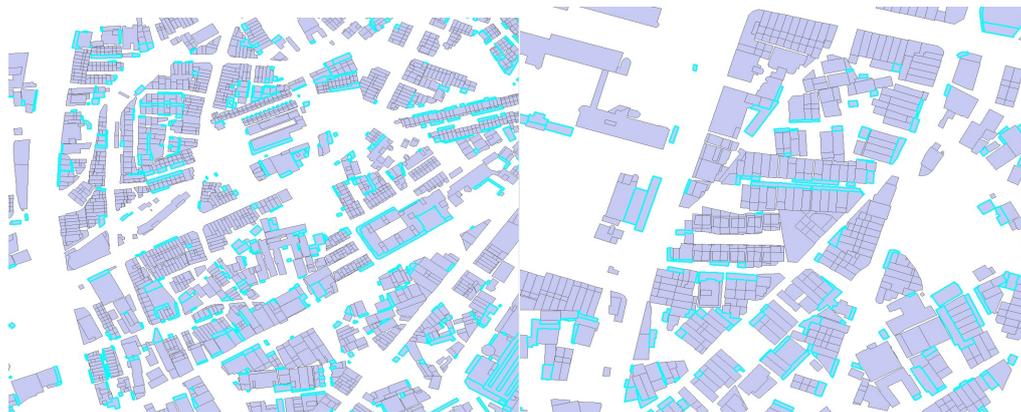
第二節、向量式建物模型產製

本階段分為三大步驟，一、建物範圍及樓高作業，二、產製灰階模型及三、紋理材質敷貼。在一、建物範圍及樓高作業中，提出三種模式，1.以一千分之一地形圖之建物框配合樓高作業，2.採用臺灣通用電子地圖建物框配合 DSM/DEM 萃取樓高及 3.採用臺灣通用電子地圖建物框，並配合地籍資料，納入地籍線與登記樓高資料，可將建物框細緻化，並直接取得樓高。接著產製建物三維灰階模型資料，利用前述不同方式產製之資料，成果將有建物框和高度，即可利用此產製建物三維灰階模型。最後將灰階模型成果建置三維建物近似化模型資料，利用萃取出建物樓高資訊，輔以正射影像及通用紋理材質庫，批次建立三維建物近似化模型，並進行屋頂(由正射影像擷取對應之屋頂影像進行貼附)，在牆面之紋理貼圖，研究採通用近似化紋理 (參考街景影像)敷貼，以下分別敘述之。

壹、建物範圍及樓高作業

一、以一千分之一地形圖之建物框配合樓高作業

以一千分之一地形圖中之建物圖層，如圖 4.10，進行都市計畫區的建物樓高萃取(此地形圖屬性資料含有建物樓層數)。一千分之一地形圖中，建物圖層屬性欄位 Build_STR=T 者屬於臨時建築物，此種臨時建築物多屬巷弄搭蓋雨棚，無四面封牆，因屬臨時性建物，不符本案建置原則，另樓高值為 0(建物圖層屬性欄位 BUILS_NO=0，如圖除高度資料無從判斷外，經觀察亦大多屬於細長型非典型建物型態，故該建物濾除不進行建模，減少產生多餘且不必要的建物，影響整體效能。



(a) 臨時性建物區域

(b) 樓高值為 0

圖 4.10、建物過濾(藍色為濾除之 polygon)

三維建物立面模型之外框將自建物外擴圖逐一萃取，都市計畫區之樓高資料係萃取自一千分之一地形圖建物圖層，因本案建物圖層之樓高相關屬性僅有樓層數，故乘上每層樓之約略高度(3公尺)作為建物 3D 模型之高度如圖 4.11。

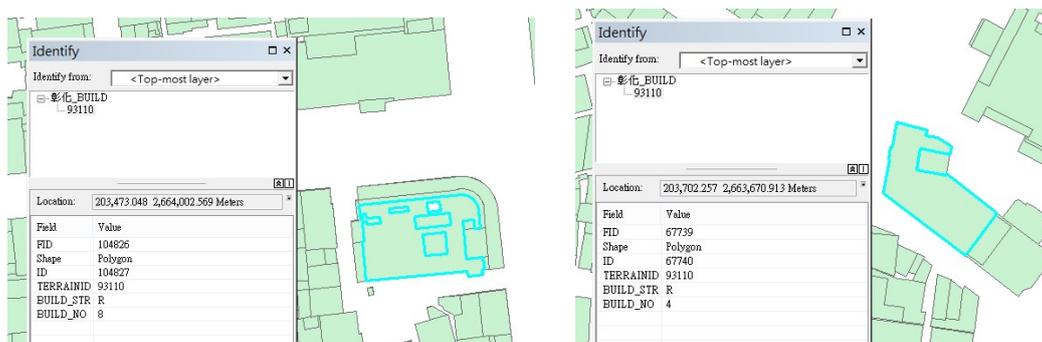


圖 4.11、建物具樓層數或樓層高度屬性

二、採用臺灣通用電子地圖建物框配合 DSM/DEM 萃取樓高

在使用資料上，臺灣通用電子地圖建物圖層之建物並無與建物高度相關之屬性資料，如圖 4.12。因此利用 DSM 與 DEM 之差值，萃取出地表物高度。



圖 4.12、臺灣通用電子地圖建物圖層

使用前，先濾除面積較小的建物，在前章節都會區中濾除臨時建築物(建物圖層屬性欄位 Build_STR=T 者)，臺灣通用電子地圖之圖資並無建物屬性欄位，考量整體運作效能，在本次濾除面積小於 20m² 者，如下圖 4.13，經觀察其大多屬於非典型建物型態，不影響整體建模成果。

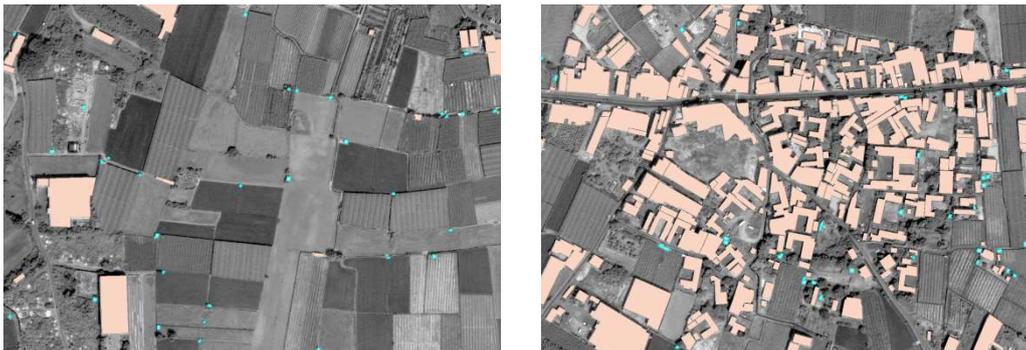
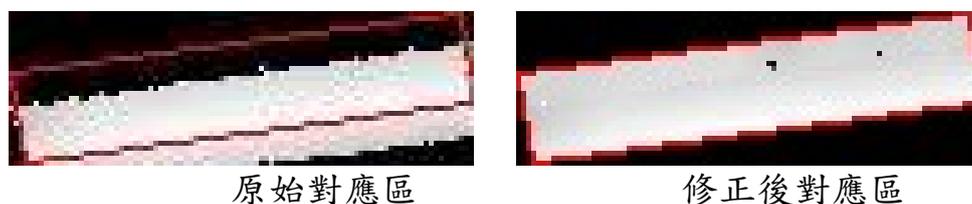


圖 4.13、建物過濾(藍色為濾除之 polygon)

樓高萃取方式係利用 DEM 及 DSM，針對建物框範圍內之值進行運算，取一代表值作為樓高，將整個圖幅計算 DEM 與 DSM 差值後，將建物框在對應的範圍附近上下左右位

移，找出與建物框最符合範圍內之所有高度值，示意如圖 4.14。



原始對應區 修正後對應區
圖 4.14、建物框對應範圍的 DEM-DSM 值

高度值進行 histogram 統計(histogram 的 bin 分別[2~4]、[5~7] [8~10]、[11~13]....)進行樓層數量之分析。

取統計量最多的樓層及其高度平均值作為代表樓高，示意如圖 4.15。

DEM-DSM		
樓層比例統計	1F(3.72)(100%);	2F(7.06)(40%);3F(8.28)(60%);
賦予樓高值	3.72	8.28

圖 4.15、樓高代表示意圖

樓高取得後，餘 3D 灰階建模與 3D 近似建模之步驟與前章節都市計畫區相同，在此不做重複敘述，以下僅針對樓高取得之適切性作分析。

三、採用臺灣通用電子地圖建物框，並配合地籍資料

由於臺灣通用電子地圖之建物框內可能包含很多建物，如上一張所敘述，因此無法取得詳細之高度。因此本研究中嘗試納入地籍線與登記樓高資料，可將建物框細緻化，並直接取得樓高。精緻化建物框的資料，以此在後續的模型產製過程中能夠得到更好的成果。其研究方法如下：

(一)原始建物框與地籍資料整理

原始建物框如下圖 4.16 所示，因為坐標資料轉換之間可能存在著差異，如下圖所示，因此造成在產製交點上可能會有問題，建物框與地籍圖套疊如下圖 4.17，可看出兩者中間存在著差異，因此透過坐標轉換將資料先行處理以利後續的應用。

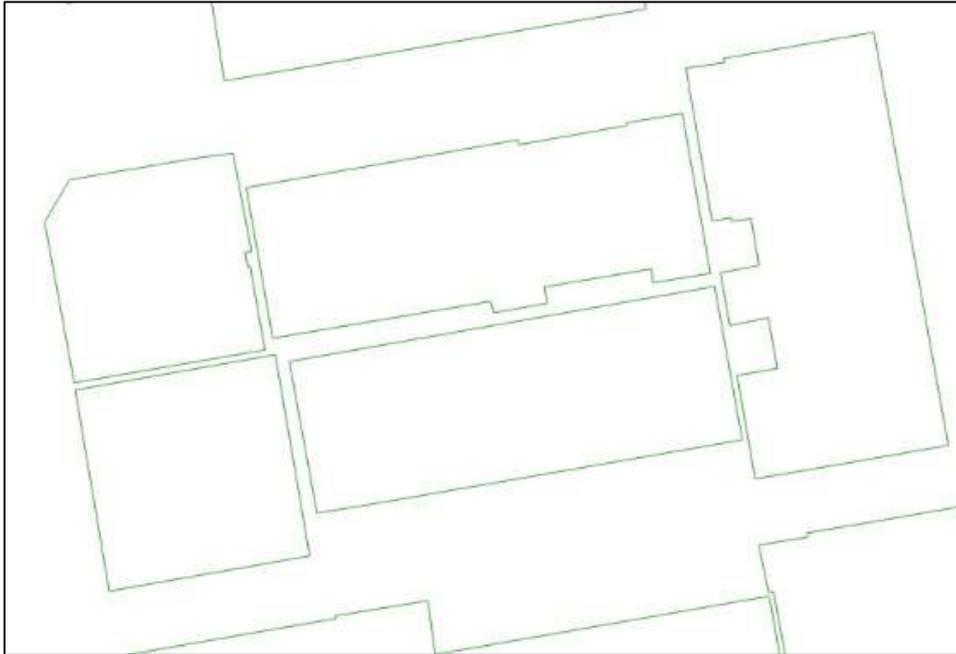


圖 4.16、臺灣通用電子地圖建物框



圖 4.17、臺灣通用電子地圖建物框與地籍圖套疊

(二)資料整理及切割

處理後之資料如下圖 4.18 所示，臺灣通用電子地圖建物框與地籍圖套疊，即可進行交會運算。之後並產生節點後，將資料進行分割，其結果如下圖 4.19 所示。

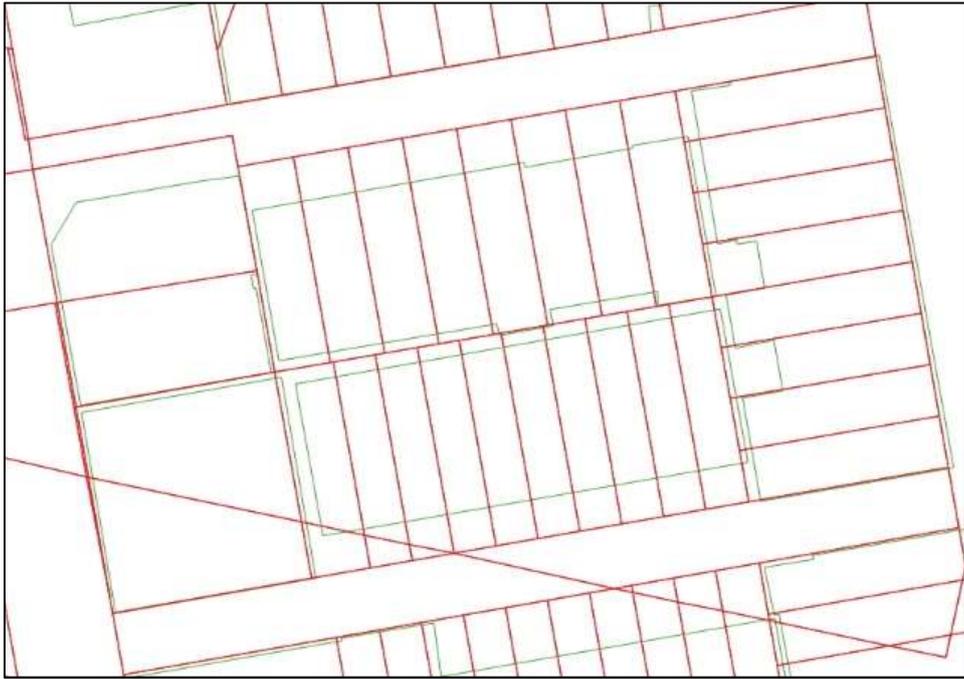


圖 4.18、地籍圖與臺灣通用電子地圖建物框套疊

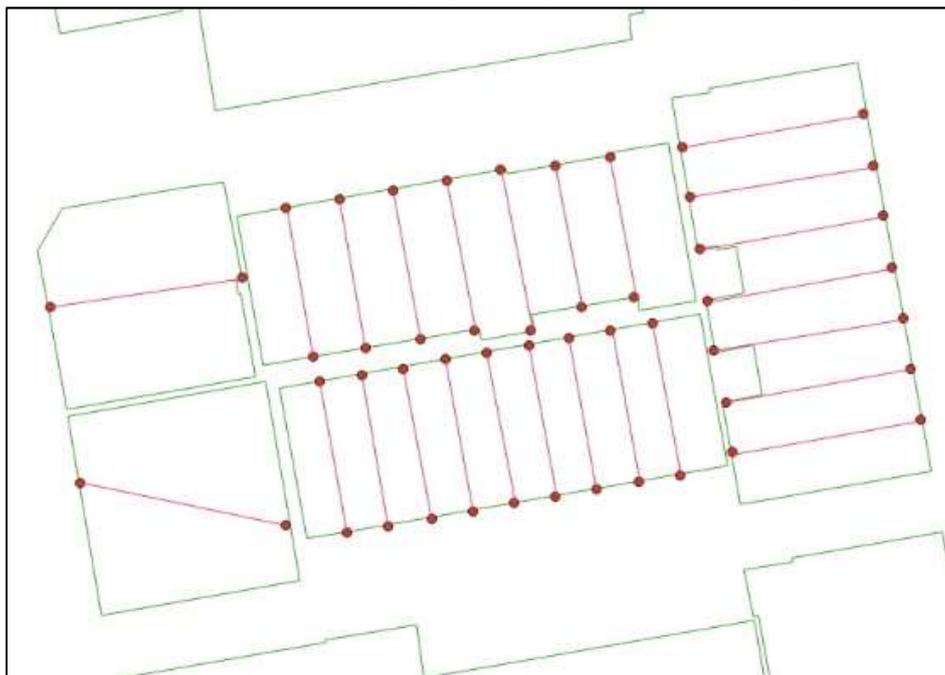


圖 4.19、交會後產製之節點及線段

貳、產製灰階模型

利用前述萃取出建物圖層及樓層高度，經過坐標轉換後，將 TWD 97 轉換至 WGS 84，製作 Google Earth 相容之 KMZ/KML 格式建物三維灰階模型，並依建物樓高賦予不同顏色，以增加資料視覺化效果，以一千分之一建物框建立之成果如圖 4.20、以臺灣通用電子地圖建物框作業區之灰階模型圖 4.21。



圖 4.20、一千分之一建物框之灰階模型區

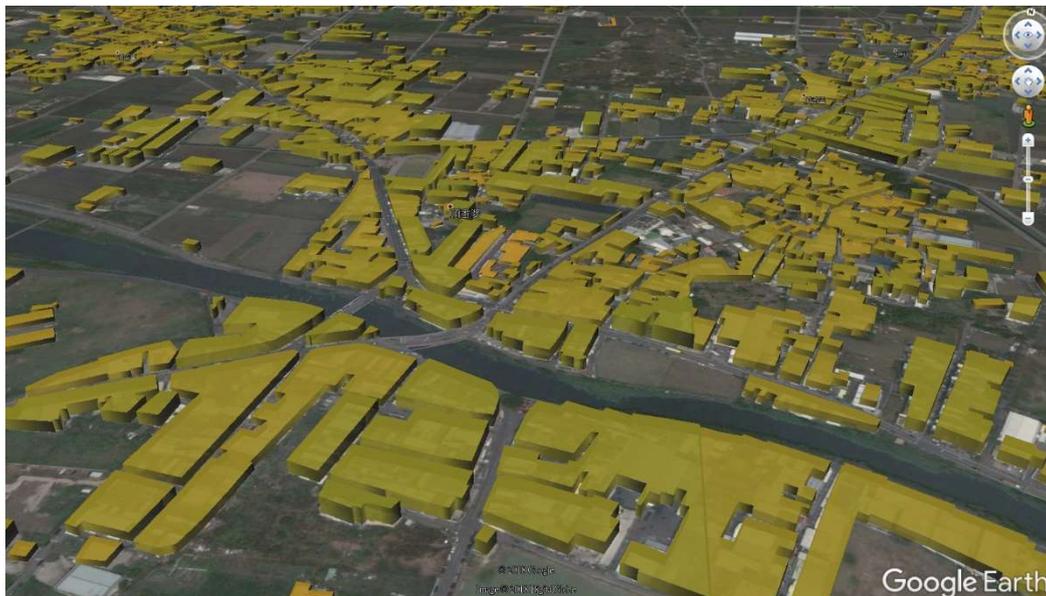


圖 4.21、臺灣通用電子地圖建物框之灰階模型

參、建置三維建物近似化模型資料

本階段分為兩步驟，屋頂及牆面紋理貼圖

一、屋頂紋理貼圖：

對於建築物而言，除被周圍高大建物遮蔽外，其屋頂一般在航照或衛照影像上都可見。因此，建物屋頂紋理可直接由建物輪廓之地理坐標轉換成影像坐標，透過圖幅接合表計算其對應之圖幅影像以及其在影像中之位置，來擷取出此建物所對應範圍之影像作為建物模型之屋頂影像材質貼附。

因正射影像並沒有作到真實正射處理，因相機成像或傾斜攝影所造成之建物屋頂位移問題將使得上述作法無法擷取到正確之屋頂影像來作貼附，如圖 4.22。為快速解決此一問題，可使用影像處理技術，偵測建物區塊位置及屋頂位置後，將屋頂影像修正至正確位置，為此方式果之正確與精準度取決於正射影像解析度、品質、影像變形(建物傾斜程度)，及屋頂之被遮蔽程度等。



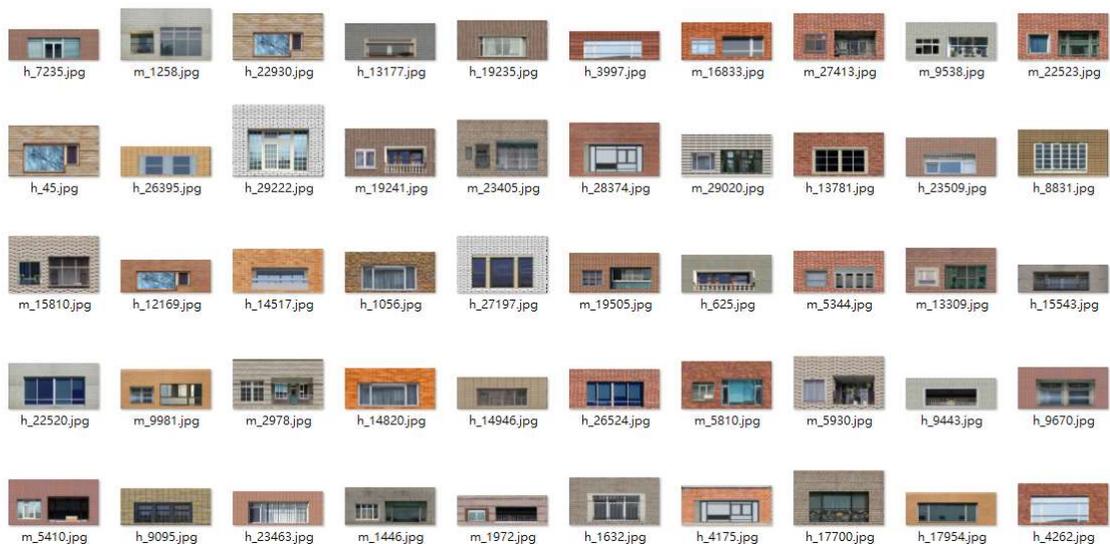
圖 4.22、正射影像建物傾斜狀況

二、牆面紋理貼圖：

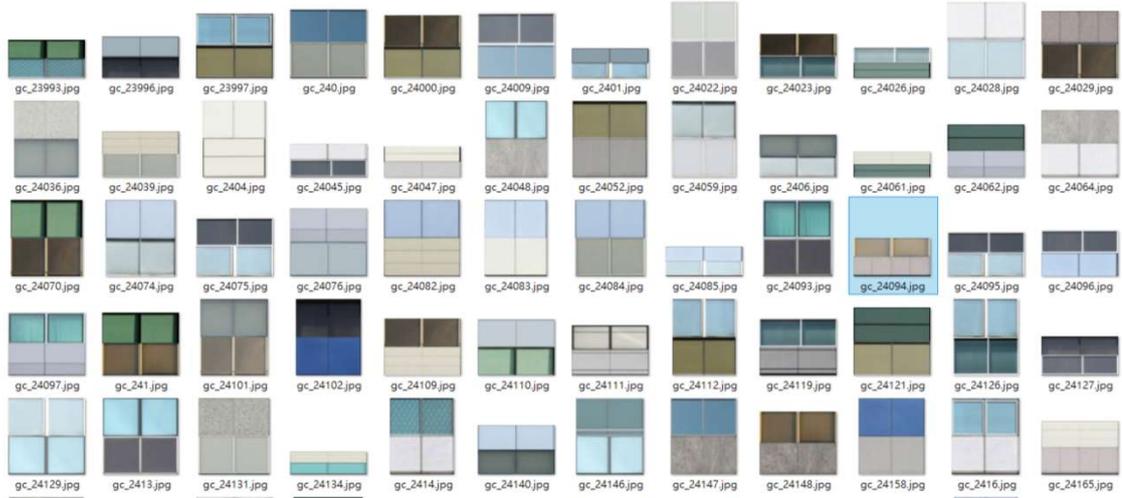
建物牆面所需之紋理貼圖，也可利用空載傾斜攝影或者是近景攝影獲取牆面資訊，惟這些影像都必須經過幾何及色彩校正，才能正確地敷貼至模型表面以產生較協調的場景。然而這些影像大都有程度不一的遮蔽問題(如路樹、招牌等遮蔽房屋牆面影像)，必須加以修補才能達到更高的完整性和擬真度。此項工作通常難以全自動化進行，目前大部分的研究成果都尚需人工介入，但這種半自動化方式通常難以適用於大範圍之數位城市建模，且獲取這些影像需要極高成本與時間。

綜上而言，大部分的建物牆面是由重複性的結構所組成，如能找出類似此結構(顏色)之材質影像，再將其重複貼附於牆面，那即可得「近似化」之建物模型，與實景之契合度雖不如擬真貼圖，但未來自動化程度能提高，在更新成本和時間上，可為一種發展模式。

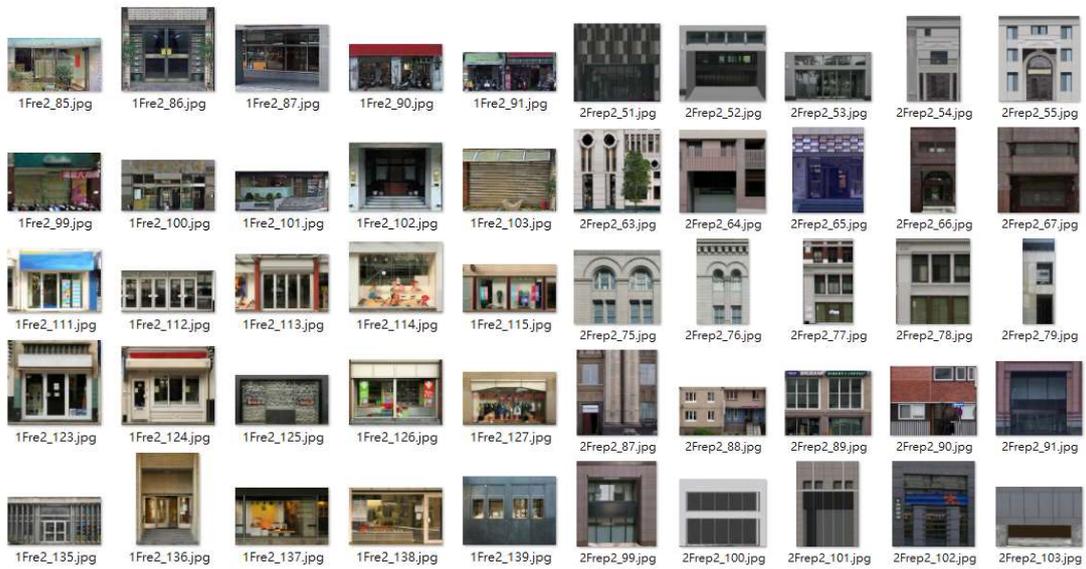
研究中之建物外牆採用事先建好約 2 萬個材質庫，如圖 4.23，因材質庫影像均已事先作過幾何及色彩校正處理，建模成果均有一定之品質。



(a)磚牆類



(b)玻璃帷幕類



(c)1樓

(d)1樓挑高

圖 4.23、貼圖材質庫範例

本作業將採用影像辨識演算法來自動化進行紋理材質庫之最相似材質之搜尋，流程如圖 4.24。針對材質庫內之所有影像進行紋理及顏色之影像特徵分析，並將特徵分析結果組成影像描述元，以此描述元來代表材質影像。對於可獲得之建物影像，亦以相同作法來進行影像特徵分析取得其影像描述元，以此描述元與事先建好之材質庫各張影像之描述元逐一比對，取最相似者對應之貼圖形敷貼，最後對於無法獲得建物對應影像之建物則隨機由材質庫中擇一來進行貼圖。

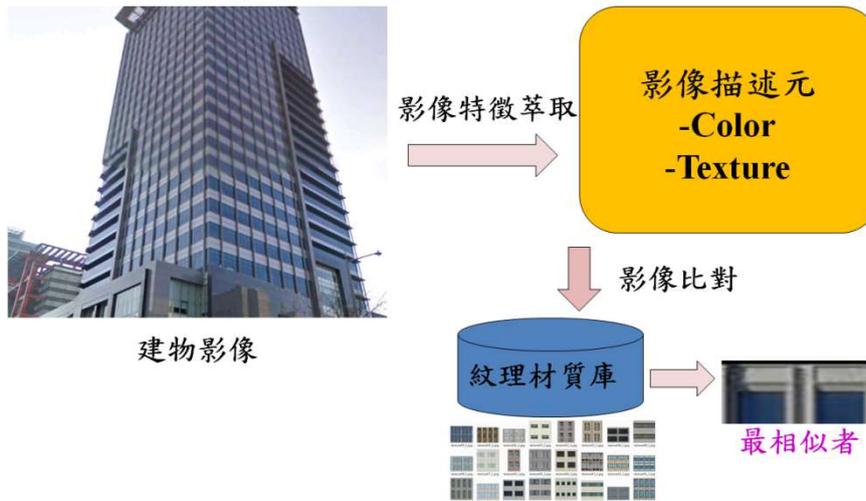


圖 4.24、材質庫影像辨識示意

透過本機制可獲取與建物實景相近的材質來進行貼附，達到近似化建模的效果，如下圖 4.25 為材質庫影像檢索結果之建模成果案例。



(a) 完整牆面貼圖

(b) 重複性結構貼圖

圖 4.25、不同建模貼圖方法

有關建物之貼圖數，做法為建物高度為 1 層樓：共有 2 張貼圖，包含屋頂影像，以及 1 樓材質(於 1 樓往左右做重複貼附)建物高度為 2 層樓以上：共有 3 張貼圖，包含屋頂影像、1 樓材質(於 1 樓往左右做重複貼附)，以及 2 樓以上材質(自 2 樓以上往上及往左右做重複貼附)。

第五章 研究成果與分析

壹、人工建模成果與分析

研究以臺中市市南屯區之三級古蹟壹善堂為範例，經過前述方法所建立之建物模型，並進行外觀紋理敷貼處理後，透過其匯出至 Google Earth 功能，將模型直接套疊至 Google Earth 之展示平臺上，如下圖 5.1。

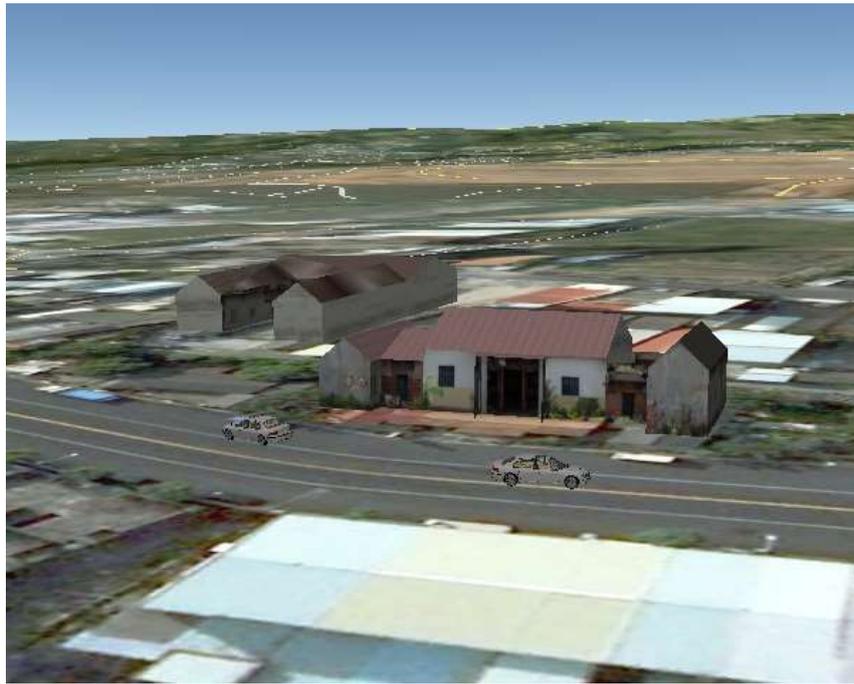


圖 5.1、人工建模套疊

然而此類方式處理，耗時費工，若為小範圍區域可行，若遇到大範圍且大量資料，將耗費大筆的時間與金錢。

貳、建物框與高度成果分析

在本研究中採用三個方式建立，以下分別檢視其成果。

一、以一千分之一地形圖之建物框配合樓高作業

一千分之一地形圖之大比例尺資料建物框較為精確，然而大部分的地形圖高度僅註記樓高，因此建物高度採用換算之方式，在模型建立上會有與真實較不符合之情形；另外一千分之一地形圖也非時常更新，大多僅都會區才有此資料，因此雖有較好品質

的資料，但在資料的即時性及準確性上較為不足。若以 DSM/DEM 資料來當作其建物高度，雖可獲得較精確的高度資料，但在資料的時間上卻又存在著差異，因此可能現地建物已經拆除並新蓋，但建物框為舊的，卻有新的高度資料。

二、採用臺灣通用電子地圖建物框配合 DSM/DEM 萃取樓高

臺灣通用電子地圖為本中心之資料，然僅有建物框無高度資料，因此配合 DSM 與 DEM，萃取出建物高度資料。但建物框屬於建物範圍，框內可能有數棟建築物，因此在高度的萃取上僅能採取平均的方式，無法將建物框再切分得更細緻，因此造成資料不夠精準的問題。因此若有其他的方式將建物框進行分戶，再配合 DSM 與 DEM 將可獲得更精確的資料，提供後續模型產製。

三、採用臺灣通用電子地圖建物框，並配合地籍資料

為解決上述問題，導入地籍資料，利用地籍圖作為建物框之分戶線，之後再配合地籍資料之登記樓層高度。以此方式可精進臺灣通用電子地圖建物框的成果，但目前欠缺自動方式且地籍資料經度決定分戶線之位置，另外若地籍線剛好非分戶線也會影響成果，例如土地未經分割合併，建物將會被分割為多塊。且建物若非沿著地籍線建築，將會影響成果。另外地籍資料之樓高為登記建物，相較與 DSM/DEM 較無法反映真實樓高。

參、灰階模型成果與分析

灰階模型建置時，依上述三種方式生成，其成果分為以下以三種建物框建立方式探討。

一、以一千分之一地形圖之建物框配合樓高作業

以一千分之一地形圖之成果，產製之灰階模型如下圖 5.2，利用地形圖建物框配合樓高資料產製模型。

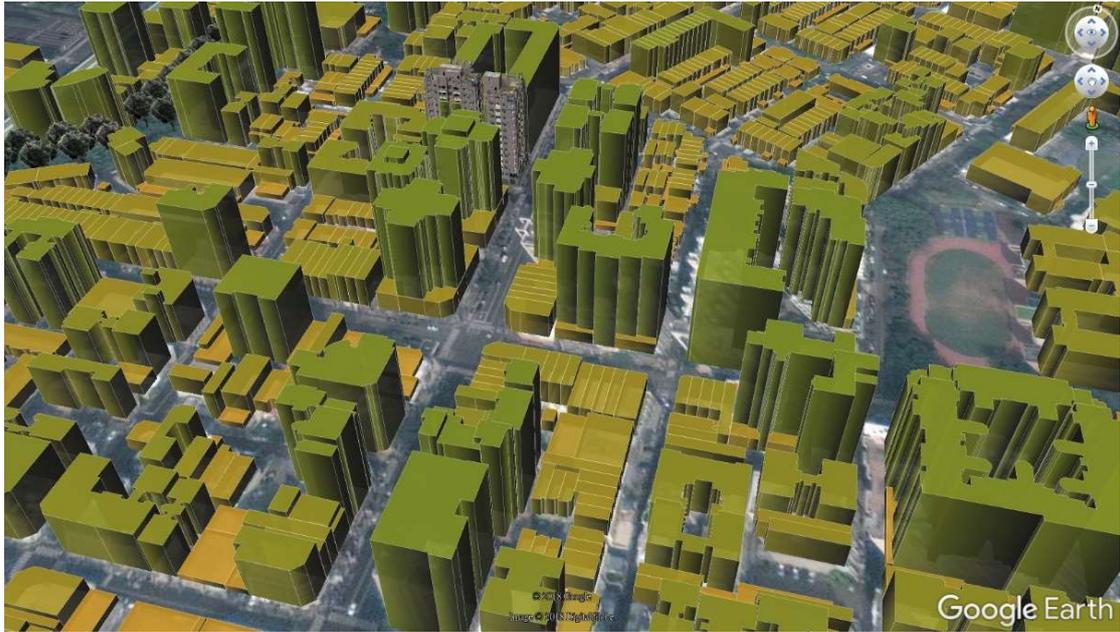


圖 5.2、一千分之一地形圖之建物框配合樓高成果

二、臺灣通用電子地圖建物框配合 DSM/DEM

成果如下圖 5.3，相較於第一種方式，此方法之灰階模型較為粗略，且對於未來查詢個別建物之屬性可能會有困難，若以灰階模型進行大範圍的統計分析，以此方式可快速建立全臺的三維資料，且能配合臺灣通用電子地圖進行更新作業

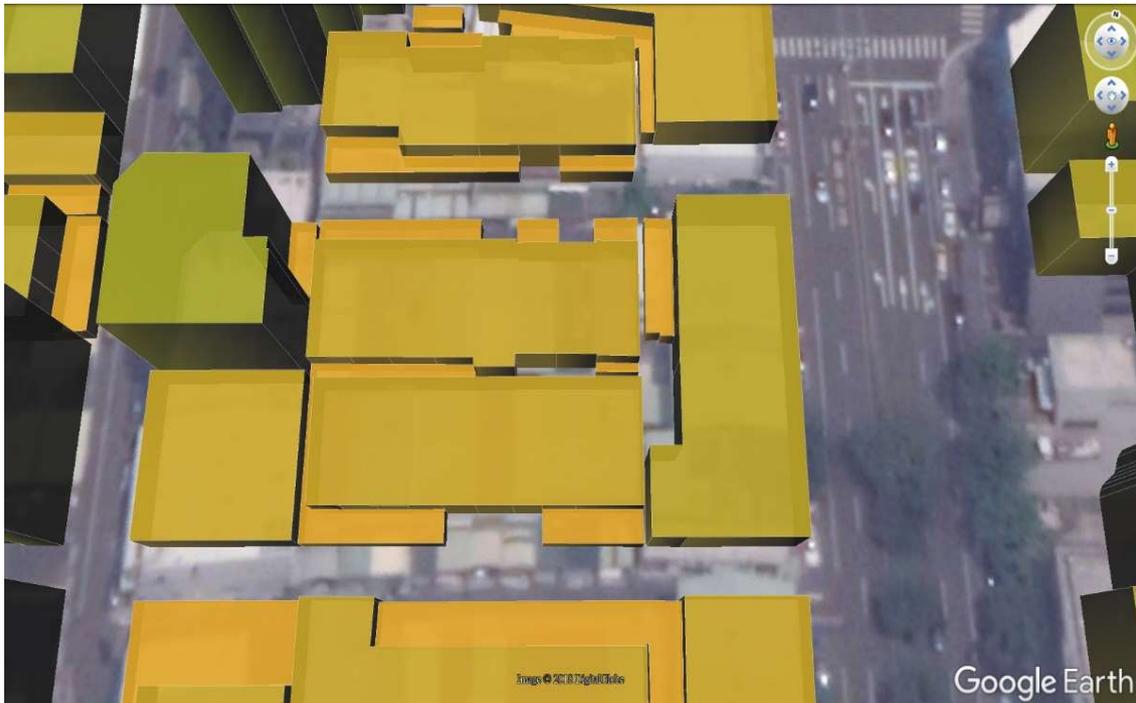


圖 5.3、臺灣通用電子地圖建物框配合 DSM/DEM

三、臺灣通用電子地圖建物框配合地籍資料

以此方式建立成果如下，其成果介於第一與第二之間，且分戶資料是否正確，關係到地籍圖是否能準確套合以及地籍線在建物框中分戶線萃取之方式也關係到成果，如下圖 5.4。

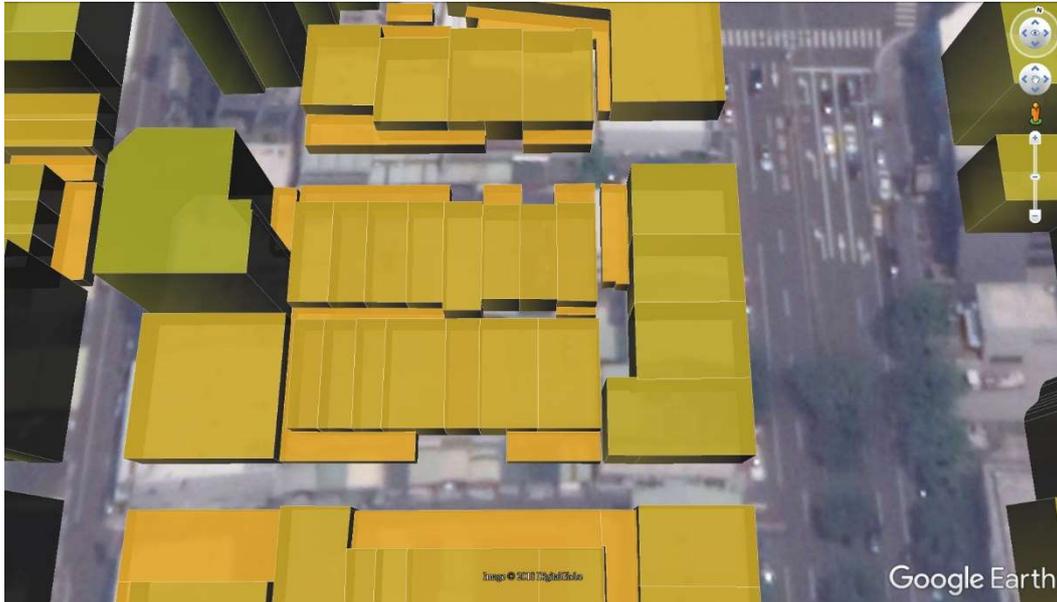


圖 5.4、臺灣通用電子地圖建物框配合地籍資料

另外千分之一地形圖之樓層數標註錯誤，而利用 DEM/DTM 解算樓高則有較正確之結果，可利用此方法來做一千分之一地形圖之樓層檢核或直接進行樓高，如下圖 5.5。

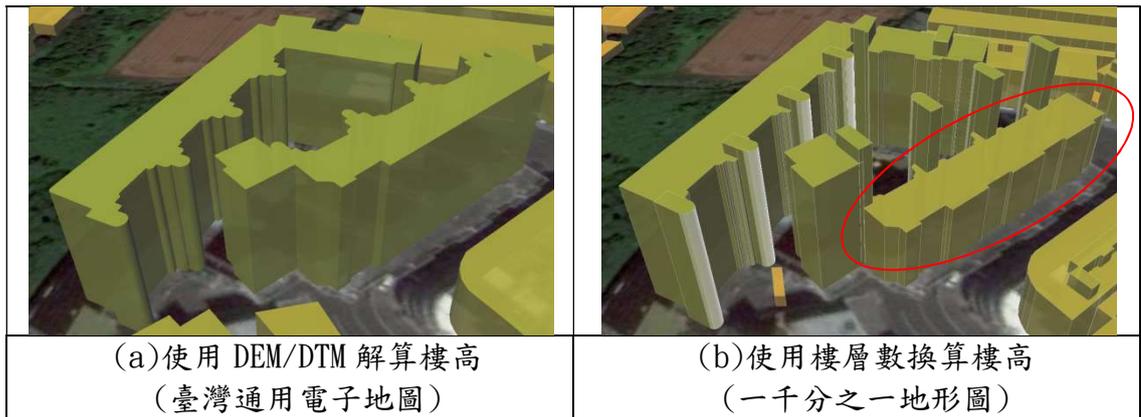


圖 5.5、樓層檢核方式

肆、近似化建物成果與分析

製數量非常龐大，因此若無足夠之展示平臺在使用上將有困難。因此將成果進行 LOD 處理以利於瀏覽。另外外牆紋理材質的數量種

類能否符合現況，亦是影響成果的因素。如下圖 5.6 之建物可能因材質庫不足，無法篩選出合適的材質，造成成果與現實有差異。



(a) 近似化模型

(b) 現場影像

圖 5.6、外牆與真實差異

另結果顯示 DEM/DSM 樓高萃取優於樓層數換算樓高，如下圖 5.7 建物於一千分之一地形圖之樓層數為 3，換算樓高為 9M，但在 DEM/DTM 解算樓高則為 17.5m，經與街景圖做比對，如下圖 5.8，發現其還含半層之地下室，另屋頂為半圓頂，此種類型 DEM/DSM 樓高萃取會優於一千分之一地形圖換算樓高。

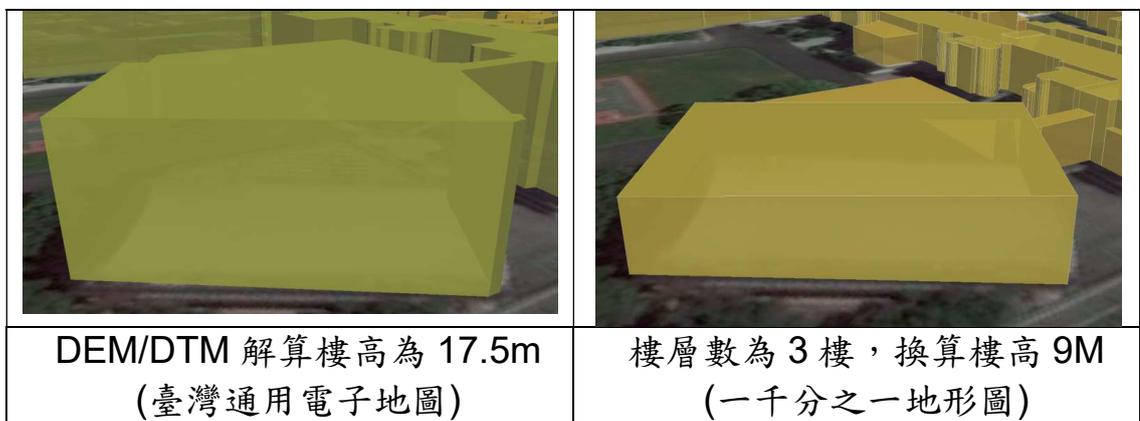


圖 5.7、DEM/DTM 解算樓高與樓層數換算樓高比較



圖 5.8、街景圖比對樓高正確性

第六章 結論與建議

第一節、研究結論

- 一、以近似化的方式產製建物模型，可快速利用現有資料產製全臺之建物模型。在考量成本和時間下，以此模式可獲得具高度屬性之建物框、灰階模型、及近似化模型，有利於在有限時間內產製三維底圖。
- 二、灰階模型在統計的應用上將更為廣泛，對於各種統計資料的表現可更容易讓人了解。三維灰階模型在某些特定領域有其應用價值，如行動應用考量資料傳輸頻寬及效能，或應用情境著重在資料視覺化...等，建置全台三維灰階模型，並可依資料屬性賦予其不同顏色，強化資料視覺化效果，提供需求單位引用。
- 三、利用 DEM 及 DSM 資料以自動化方式，萃取出樓高資訊之作業方法驗證可行，較之高成本之重測方式，可以較低成本於短時間內補足所缺資訊，搭配臺灣通用電子地圖建物區塊可快速產製全臺近似化建物模型。

第二節 研究建議

- 一、未來產製資料，建議仍以 DSM/DTM 為高度依據，可獲得較正確結果。
- 二、建物資料的應用若能將以開放式資料後，將資料連結公開於政府開放資料平台提供引用，可獲得更多應用成果。
- 三、高效能的展示圖臺，將是未來大量之三維模型展示時，所需面對的問題，不只網路流量、伺服器的等級，另外產製資料若能以階層方式或快取方式預處理，將可加速瀏覽速度。
- 四、資料與圖臺建置達一定規模後，建議逐步發展如虛擬城市導覽、都市規劃、環境與景觀模擬、運輸規劃及管理、害防救模擬與

應變、數位典藏、等應用，藉由更豐富的三維空間方式來分析及視覺化呈現資料，在地圖呈現上以更精細的影像提供擬真的畫面，提供全方位瀏覽與互動，將更貼近民眾使用。

參考文獻

1. Catmull, E., Computer Display of Curved Surfaces, In Proceedings of the Conference on Computer Graphics, Pattern Recognition and Data Structures (IEEE Computer Society, New York, May 14–16):11–17, 1975.
2. Förstner, W. and Gülch, E., Automatic orientation and recognition in highly structured scenes, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Scensing 54:23-34, 1999.
3. 江渾欽(2008)。地籍建物測量成果資料立體化發展之規劃與應用，國土資訊系統通訊，第六十六期，頁 37-54。
4. 馮怡婕(2009)。多尺度三維地籍建物料流通架構建立之研究，國立台北大學不動產與城鄉環境學系，碩士論文。
5. 陳思仁、王成機(2007)。內政部數值地形模型建置現況及加值應用，國土資訊系統通訊，第六十一期，頁 2-14。
6. 張毅雄(2010)。地籍建築物資訊模型建立之研究，國立台北大學不動產與城鄉環境學系，碩士論文。
7. 林詩文(2010)。由互操作性觀點探討三維立體建物資料之建立與流通，國立成功大學測量及空間資訊學系，碩士論文。
8. 蔡富安、陳良建(2010)。三維數位城市之建置及應用，國土資訊系統通訊，第七十三期，頁 18-30。
9. 內政部國土測繪中心(2016)。105 年度三維近似化建物模型試辦計畫工作總報告。