

開放街圖之三維建物模型品質評估： 以交通大學校區為例

張智安^{1*} 謝旻哲²

摘要

自願性地理資訊 (Volunteered Geographic Information, VGI) 為地理資訊領域重要的空間資料來源之一，其特點為志工繪製、資料更新便利及資料開放。VGI 的資料品質為一重要的議題，本研究建立開放街圖 (OpenStreetMap, OSM) 之三維建物模型驗證程序並驗證其精度，由 OSM 平台擷取群眾力量建立的三維建物模型，與專業測繪人員使用航照立體像繪製的三維建物模型進行比較分析，分析比較包含建物模型的完整性、形狀差異、面積差異及樓高差異。本研究選定區域為新竹市交通大學，OSM 建物模型由該校學生志工繪製，實驗分析成果顯示建物數量的完整性超過 90%；形狀差異主要為建築物輪廓的細緻度；僅二棟建物樓高差異大於一層樓；建物面積差異值多小於 30%。本研究顯示，由學生志工在特定區域繪製的三維建物模型，可滿足小比例尺繪圖的應用需求。

關鍵字：自願性地理資訊、開放街圖、三維建物模型

1. 前言

自願性地理資訊 (Volunteered Geographic Information, VGI) 之概念由 Goodchild (2007) 所提出，隨著網際網路的普及化及 Web 2.0 的發展，網路資訊的使用者同時也能身兼提供者，經由群眾的力量共同協作及維護更新的網路資訊。一般圖資的建置需透過專業製圖人員，往往受測製規範與經費的限制，圖資的適用性以基本圖測製為標的。非專業人士也可參與繪圖產生自願性地理資訊，透過繪圖志工提供之地理資訊往往為其熟悉的區域，結合民眾的力量可以讓資料的更新更有效率，因此自願性地理資訊逐漸被重視。

在空間資訊的領域中，為了達到展示的目的與提升資料的互動性，地理資訊從二維平面逐漸發展為三維立體模型，於三維地圖中呈現擬真的世界，

其中的三維物件以地形模型與人工建物為主要模塑目標，例如 Google Earth、Microsoft Bing Map 及 Here Map 均推出三維城市地圖，透過三維地圖更容易創建數位城市的縮影，以及探討不同建物間的相互影響關係。

開放街圖 (OpenStreetMap, OSM) 是一個網路地圖協作計畫，其地圖資訊皆由使用者同時擔任生產者的角色所完成建置，目標為創造一個完全自由且開源的全球地圖，OpenStreetMap 於 2004 年由 Steve Coast 創立，概念源自於 Wikipedia 的協作編輯，每位平台使用者皆可以透過網頁中的編輯器或開放源軟體 JOSM 進行地理資訊的維護，亦可使用行動裝置記錄 GPS 軌跡，上傳至平台後配合衛星底圖即可進行道路及建物的編輯，使用者可針對自身熟悉之區域進行地圖的更新或新增，透過這樣的模式地圖內容可得到最豐富、細緻的資源。

¹ 國立交通大學土木工程學系 副教授

² 國立交通大學土木工程學系 碩士生

* 通訊作者, E-mail: tateo@mail.nctu.edu.tw

收到日期：民國 104 年 10 月 06 日

修改日期：民國 105 年 07 月 12 日

接受日期：民國 105 年 11 月 11 日

OSM 的繪圖志工多數為學生志工，其圖資的正確性由其他繪圖志工或資深繪圖志工自主維護，因此 OSM 圖資品質是關鍵的議題。從圖資的幾何精度進行討論，OSM 社群的成長及成熟，使圖客（Mapper）較多的區域有相對較高精度的圖資（Haklay, 2010）。因幾何特徵定義清楚，故幾何精度可滿足中比例尺製圖的需求（Helbich *et al.*, 2011）；從圖資的資料量進行討論，以德國為例，其 OSM 道路資料量比商用汽車導航多 27%（Neis *et al.*, 2011），而都市區的圖資數量較非都市區多（Zielstra and Hochmair, 2011）。因此，OSM 提供的空間資料，在一定條件下有其價值。傳統上，OSM 圖資的探討大多針對二維圖資的幾何及屬性進行討論。Girres and Touya（2010）認為 OSM 為 VGI 概念最顯著的呈現平台，並將其二維資料與法國地形數據庫比較，從其實驗區中湖泊名稱屬性資料有 55% 完全相同，不同之區域作者認為多在可接受之拼字誤差，以路口計算之歐幾里德距離（Euclidean Distance）誤差多介於二到十公尺之間；Haklay（2010）也利用英國地形測量局資料為標準與 OSM 中英格蘭與倫敦區域做資料品質的驗證，其中以高速公路為例，有將近 80% 數據重疊，資料的正確性與可靠性相當高；Wang *et al.*（2013）將中國武漢地區 OSM 道路資訊與四維圖新（NavInfo）作完整性比對，研究中依據不同區域作道路長度驗證，其中都市化程度較高的區域如漢陽區及武昌區皆超過 35% 的數據重疊，而青山區及東西湖區則未達 20%，結果表明都市化程度與將會影響資料的精度與完整性；在三維建物方面；Over *et al.*（2010）以德國城市為例，比較建物位置分布與高度精度，期望探討 OSM 數據是否可用於創建虛擬城市模型，研究結果中指出 OSM 對於建物及三維的資訊量不斷增加，在未來有可能透過 OSM 中的資訊生成完整的 LoD1 城市模型，建物細緻度等級（Level of Detail, LoD）的概念源自於 CityGML 支援開放式資料聯盟（Open Geospatial Consortium, OGC）（Kolbe, 2009），依據定義由簡而繁可分為 5 個層級，依序為 LoD 0 至 LoD 4，LoD 1 模型稱為積木

模型，顧名思義如積木般只由數面簡化後的牆及平面屋頂所組成，建物的延伸結構（如煙囪、陽台等）及曲面物件並不存於此等級中，而高度資訊方面則欠缺實際建物高度的標記，多為樓層數的標記無法精準的推斷樓高；Fan *et al.*（2014）以德國慕尼黑為研究區，研究中認為 OSM 幾何建物資訊在該地區的覆蓋性相當完整，幾乎在所有城市房屋密集區域皆有豐富的資料，而這些資訊依然較缺乏屬性，包含了建物名稱及高度等。三維建物模型資訊為未來圖資發展方向，為能使用 OSM 的圖資建置三維建物模型，OSM 圖資的品質探討為本次研究探討的重點，根據航照資料繪製的建物模型與 OSM 平台中民眾所繪製的建物資訊做比較，其中討論的範圍包含建物形狀、建物面積差異值到樓層高度，討論兩種產製方法的建物資訊差異及 OSM 資訊的適用性，OSM 平台記錄每一次的編輯變更情況，也期望從編輯次數中檢視透過群眾不斷修正的結果是否能解決所謂的差異與錯誤。

本研究以航空攝影產製建物模型為標準，比較 OpenStreetMap 建物資訊，從幾何與屬性資訊分別做驗證，幾何方面以建物形狀比較兩種資料之差異值，並從建物之標籤（Tag）取得高度屬性資訊。研究目的為建立 OSM 建物模型驗證程序並驗證其精度。

2. 研究方法與材料

2.1 研究地區

本次研究區域選定為國立交通大學光復校區（如圖 1）。交通大學校區建物資料於 OSM 平台上相當完整，主要為交通大學土木系大一學生以 Microsoft Bing Map 提供的 2015 年 GeoEye 衛星影像為底圖數化標示而得，這些學生均為非專業地圖志工。本研究主要討論範圍為校區內各棟建物，故校園周圍外建物將濾除不在這次討論範圍中。交通大學內的建物皆為獨立大樓，面積多大於 500 平方公尺（如表 1）。

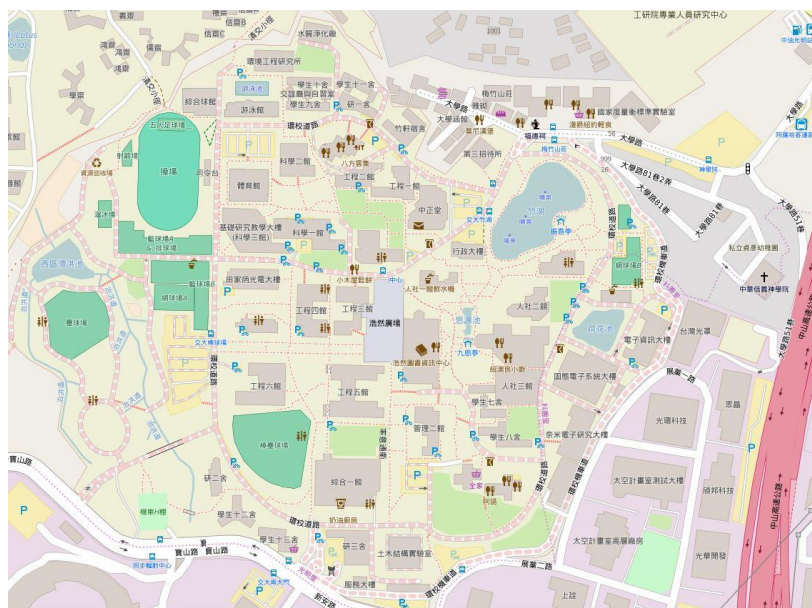


圖 1 交通大學光復校區 OSM (www.openstreetmap.org)

表 1 交通大學建物面積數量表

面積 (單位：平方公尺)	數量 (單位：棟)
<500	21
500-1000	10
1000-1500	8
1500-2000	8
2000-2500	3
2500-3000	2
>3000	7
合計	59

2.2 研究材料

本研究使用航空攝影測量產製的三維建物模型做為參考模型 (如圖 2a)，比較 OSM 產製的三維建物模型 (如圖 2b)，以量化該區域 OSM 建築物模型之品質。參考模型來自空三平差後的 UltraCam 航空立體影像，影像解析度為 0.25m，空三平差精度優於 0.5m，影像拍攝日期為 2008 年，由受過立測訓練的製圖人員以數值航測工作站 ERDAS Leica Photogrammetry Suite 量測而得，航測產製之建物為含有高度資訊之 CityGML LOD1

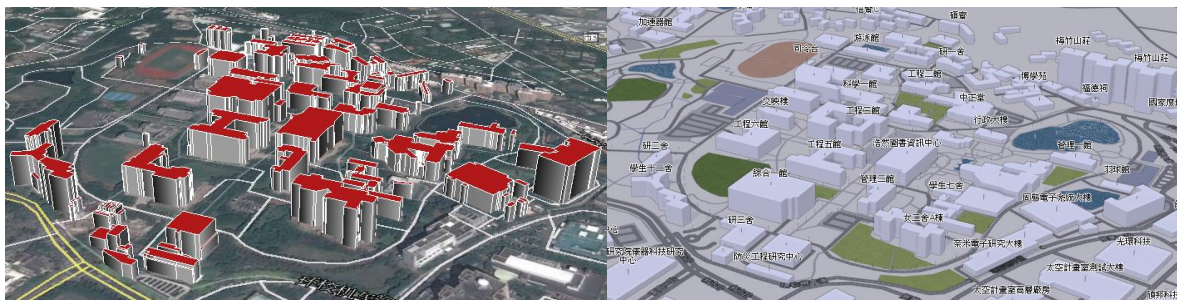
建物模型；而 OSM 建物模型為採用類似 Wiki 的協作編輯以及開放授權，主要來自於一般使用者依據 Microsoft Bing Map 高解析衛星影像及對於當地的認識所繪製 (OpenStreetMap 台灣, 2016)。

為避免建物附屬結構 (如樓梯間、遮雨棚等) 的影響，本研究將建物附屬結構與建物立體合併，成為建物輪廓 (如圖 3a)，而建物內部鏤空的情形也必須進行編修，刪去多餘的區塊 (Polygon) (如圖 3b)。

參考建物模型由 2008 年航空影像測製而得，OSM 則是使用 2015 年 GeoEye 衛星影像進行數化，時間差異造成的變遷必須先排除，即 2008 年及

2015 年都同時存在的建築物方納入討論，新建或拆除的建物則不討論差異。如圖 4b 中 OSM 建物模型紅色區塊為新建或有變遷的建物，必須先將其濾除，而小於 100 平方公尺的建物(如機車停車棚)也將其濾除，只留下大於 100 平方公尺面積的建物，其中附著於建物的小型倉庫及樓梯等不進行濾除，但將與其主建物合併計算，視為其主建物之輪廓，圖 4a 紅色區塊為航空攝影產製建物模型中濾除之建物。經前處理及變遷過濾後，航空攝影產

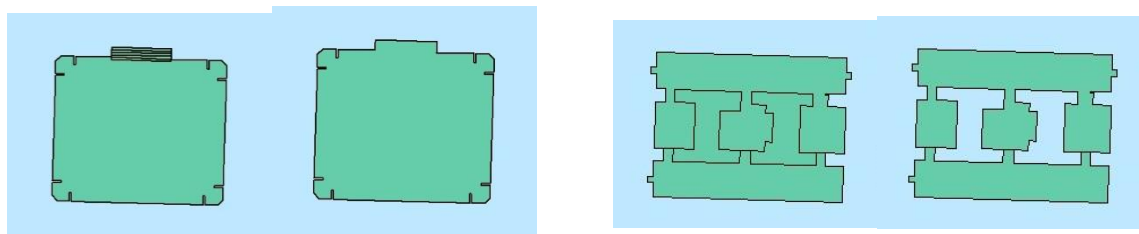
製及 OSM 建物模型各別有 38 棟及 48 棟，航空攝影產製模型對於建物之缺漏情形較 OSM 產製嚴重，部分建物為 2008 年後興建也是造成航空攝影產製模型資料缺乏的原因，交通大學光復校區內應有 47 棟完整建物與 1 棟興建中建物，OSM 平台中該棟未完成建物已被新增，本次討論將排除未興建完成之建物與航空攝影產製缺漏的 9 棟，僅以雙方資料皆存在之 38 棟建物做討論。



(a)航空攝影產製三維建物模型

(b)OSM 產製三維建物模型

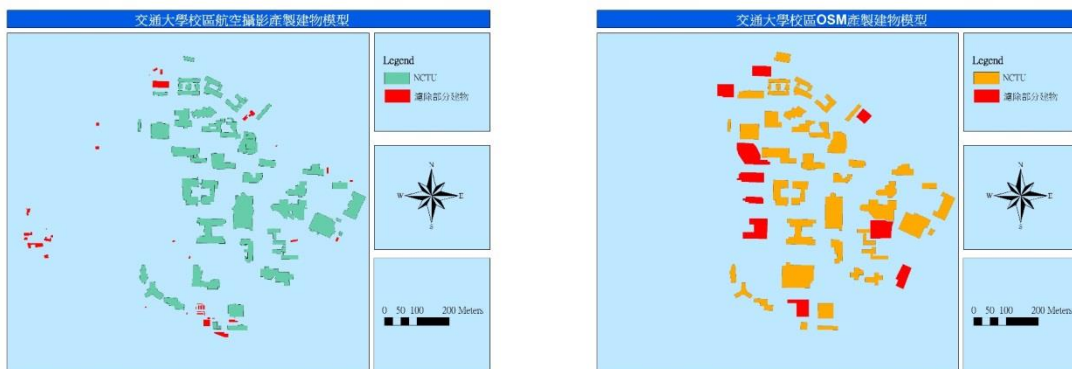
圖 2 航測及 OSM 三維建物模型



(a)建物合併編修

(b)建物中庭編修

圖 3 建物資料前處理



(a) 交通大學校區航空攝影產製建物模型

(b) 交通大學校區 OSM 產製建物模型

圖 4 刪除變遷的建物模型

3. 研究方法

OSM 建物模型的品質分析包含兩個面向，第一部份探討 OSM 建物模型的完整性，即現有建物在 OSM 中是否存在，亦或是否正確標示為建築物，第二部份則針對有數化的 OSM 建物模型討論其精度，精度指標使用形狀差異分析、建物差異值 (Girres *et al.*, 2010) 及建物樓高差異。

3.1 完整性 (Completeness) 分析

首先討論開放街圖平台上建物資訊的完整性，OSM 不以圖層 (Layer) 為概念對不同地物進行分類，而是以標籤 (Tag) 做為物件的屬性，如道路對應的標籤為 highway、建築物對應的標籤為 building。與建築物高程相關的標籤為 building:levels 及 height，building:levels 為建築物的樓層數；height 則是建築物的高度。因此 OSM 建築物需同時滿足兩個條件：(1) 建築物輪廓需被數化為封閉聚合線 (Closed Polygon)；(2) 該封閉聚合線屬性必須被標示為 building。

本研究利用 QGIS 開源軟體的 Plug-in 下載交通大學光復校區 OSM 圖資，並且篩選保留標籤中含有 key=building 之閉合線，標籤未標示為 building 者，會判斷為非建築物並濾除，並導致完整性降低。研究區域中，所有建築物閉合線之屬性均註記為 building，故未發生無標示屬性而造成的遺漏。

完整性分析以多邊形數量為單位，直接套疊 OSM 建物與參考建物，計算 OSM 遺漏及錯誤的建築物的數量，以遺漏率及錯誤率評估完整性。完整性分析，未考量建物多邊形輪廓形狀的正確性，以該建築物是否真實存在為判斷依據 (已排除變遷的狀態)。

3.2 品質 (Quality) 分析

本次研究需先排除 OSM 建物誤授與漏授之區域，OSM 建物圖資與航照繪製的建物圖互有不足的部分，航照圖不足部分可能是年代差異尚未更新，

而 OSM 則可能是群眾製圖中疏漏的區域，這些建物會先排除另外討論。而排除誤授及漏授後的之建物將分為三個部分進行建物精度的判別與分析，包含：形狀差異分析、差異值分析以及建物樓高差異。

第一部分為建物形狀之差異分析，航空攝影產製建物模型與 OSM 建物來自於不同之建置基礎，OSM 建物輪廓往往無法如航照所建置的建物般細緻，在建物鏤空、邊緣階梯、連接空橋等細節都較容易被忽略，OSM 繪製過程中也可能因為使用者對於建物的邊界了解度有限造成差異，此部分將從幾何特徵判別是否為對於相同建物之描述，並從以上所述之可能差異檢視其建物模型品質。

第二部份針對剩餘的建物使用探討及幾何相關性，本研究的目的在於檢核 OSM 建物圖資的精度，單純從面積無法了解其位置上的誤差，故研究中採用多邊形差異值呈現建物之間的關聯性，Girres *et al.*, (2010) 將兩多邊形的差異值定義為 dS (Surface Distance)，兩建物間非交集區域於聯集面積所占比例即為本次所求之差異值 (如式 1)，當差異值為 0 時表示兩建物面積即相等無差異區域，越接近 1 時表示兩者間差異越大。

$$dS = 1 - \frac{S(A \cap B)}{S(A \cup B)} \dots \dots \dots (1)$$

透過 ArcGIS 軟體中的 Symmetrical Difference (ESRI, 2013) 功能可得 OSM 建物與航照建物圖層非交集區域 (如圖 6)，而非交集區域則是兩建物輪廓的差異來源，可將式 1 由圖 7 表示。

第三部分則是樓層數的比較，本次選定之航照建物模型具有高度與樓層資訊，OSM 平台中，使用者可以利用標籤 (Tag) 添加建築物高度 (height=*) 及樓層 (building: levels=*) 屬性 (OSMwiki, 2016)。因多數繪圖志工通常不知道建築物的高度，多數建築物僅標示樓層，故本研究高程分析僅能討論樓層的差異，而非高度的差異。

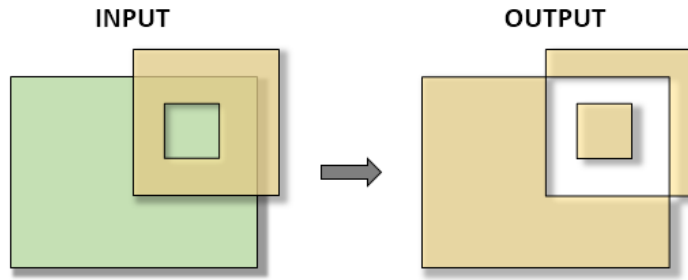


圖 6 Symmetrical Difference 示意圖

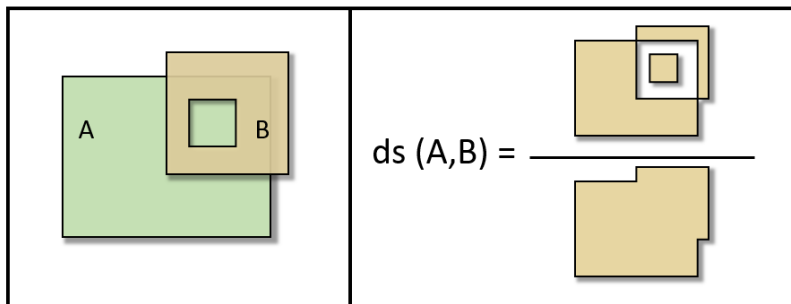


圖 7 多邊形差異值圖形

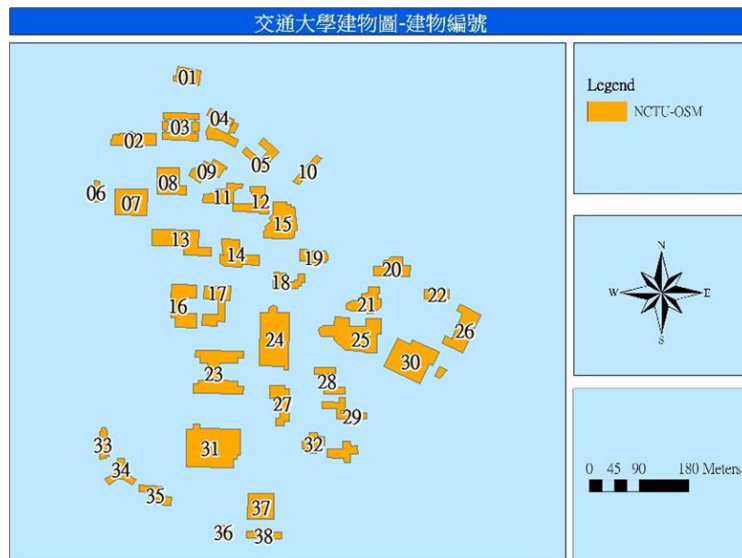


圖 8 交通大學建物編號

4. 成果與討論

本章節針對 OSM 建物輪廓完整性、建物模型平面誤差（差異值）以及樓層資訊做討論，比對兩種建物資訊的差異，交通大學建物模型為了討論方

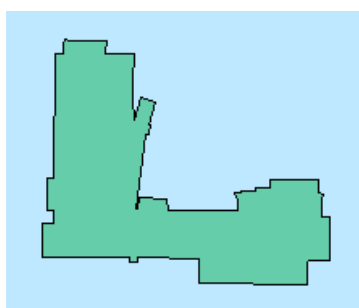
便以 OSM 建物作為底圖編列建物編號（如圖 8），因事前有篩選掉兩者互相缺漏的部分，故編號於航照建物圖中皆有相對應。

4.1 完整性分析

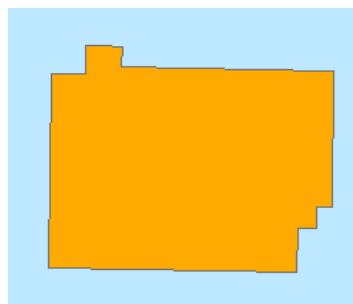
本研究以人工方式，逐棟判斷 OSM 建築物的完整性，交通大學 OSM 的建築物棟數為 48 棟，經人工判斷共有 47 棟為正確真實存在的建築物，其正確率達 98% (47/48)，而錯誤的建築物僅有 1 棟，錯誤率為 2% (=1/48)，此錯誤的建築物為交通大學研三舍，該建築物雖真實存在，但建物主體尚未完工，而繪圖志工描繪工地基地，並標示為建築物，OSM 建築物遺漏數量為 0。因校區範圍定義明確，由在學學生組成的志工團隊，可完整的繪製出校園內的每一棟建築物，此一案例亦反應出草根性製圖 (Grassroots Mapping) 的重要性，在地志工可提供最新的在地化地圖。

4.2 建物形狀分析

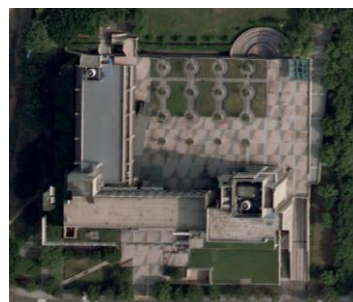
前面的章節已提到關於資料的篩選，互相缺漏的建物已被過濾，過濾完剩下兩圖層皆有的建物之後，建物的輪廓為首要討論之方向，形狀差異較明顯的情況有四種，第一種為建物基地造成之繪製誤差，圖 9 為交通大學校區編號 31 的建物，可從形狀看出其明顯的不同，圖 9a 為航照資料、9b 為 OSM 資料，經現場比對後發現建物實際形狀為航照版的「L」型，而 OSM 上的建物輪廓是錯誤的，造成錯誤的原因是繪圖志工依據該建物基地輪廓繪製，將其建物前的廣場地數化為建物的輪廓，此現象反映出非專業志工對建物輪廓與建物基地認知的差異。



(a) 航照編號 31 建物



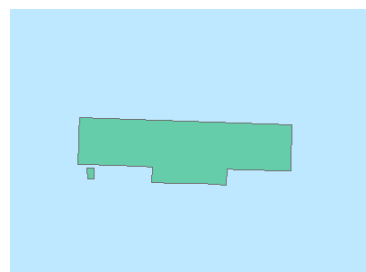
(b) OSM 編號 31 建物



(c) 正射影像編號 31 建物

圖 9 編號 31 建物差異圖

第二種為時間變遷差異，圖 10 為交通大學校區中編號 02 的建物，時間變遷之建物大多在完整性分析中已完成過濾並排除討論，但完整性分析中的判斷依據為建物的存在與否，而本棟建物為 2012 年改建完成，在圖 10a 航照中顯示為 2012 年前之建物輪廓，OSM 是以 Microsoft Bing Map 提供的 2015 年 GeoEye 衛星影像為底圖數化，故圖 10b 中可見該棟建物已呈現改建後之建物輪廓，反映出 OSM 更新上的即時性。



(a) 航照編號 02 建物



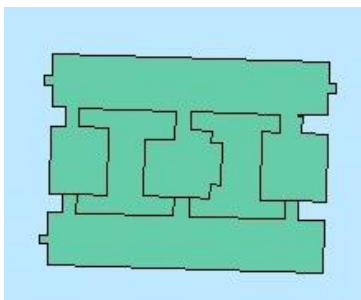
(b) OSM 編號 02 建物



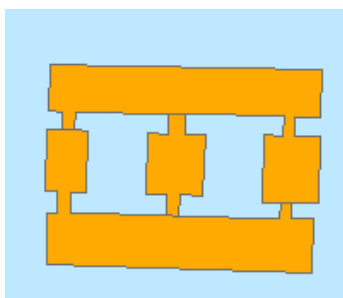
(c) 正射影像編號 02 建物

圖 10 編號 02 建物差異圖

第三種形狀上的差異來源主要為建物鏤空(如圖 11), 在航照資料繪製時通常會將內部與外部分開繪製再進行分割, 而分割完成的部分未刪除則會造成此形狀上的不同, 需要以人工檢查的方式將其作切割刪除, OSM 平台的編輯方式則無此問題。



(a)航照編號 03 建物



(b)OSM 編號 03 建物



(c)正射影像編號 03 建物

圖 11 編號 03 建物差異圖

第四種形狀差異為輪廓細節上的差異, 航空攝影製建物模型採用高解析度之航照影像所建置, 而 OSM 平台中的建物模型多來自於非專業製圖人員使用衛星影像所描繪, 在建物的輪廓中可見明顯的差異, OSM 往往無法如航照建置的建物模型般細緻、完整, 建物的鏤空、連結空橋等細節在 OSM 建物中常無法被完整呈現, 此類型的形狀誤差為多數建物皆有的現象。

4.3 建物面積差異分析

圖 12 為經由 Symmetrical Difference 功能產出建物非交集區域圖, 可見大部分差異都來自於輪廓上的誤差, 如建物 31 差異值高達 0.58(如圖 13a); 而建物 32 因空橋連結成一棟建物, 航照建物與 OSM 建物模型對於其描述不相同, 航照依據基地繪製故擁有空橋之輪廓, 而 OSM 則缺乏這部分資訊造成差異的增加(如圖 13b), 而部分的差異來自於如建物台階等細節, 在 OSM 建物模型中通常會缺乏這類型的資訊導致誤差產生。

本次研究選定的區域建築物差異值多集中於 0.1~0.3(如圖 14), 與 Girres *et al.* (2010) 於法國所做之研究結果趨勢相符, 而差異值高於 0.5 的只佔總數的 11%, 其中差異值大於 0.5 的建物其造成差異之原因多為基地被繪製為建物輪廓所造成, 如建物編號 31、32(如圖 13a、13b)。

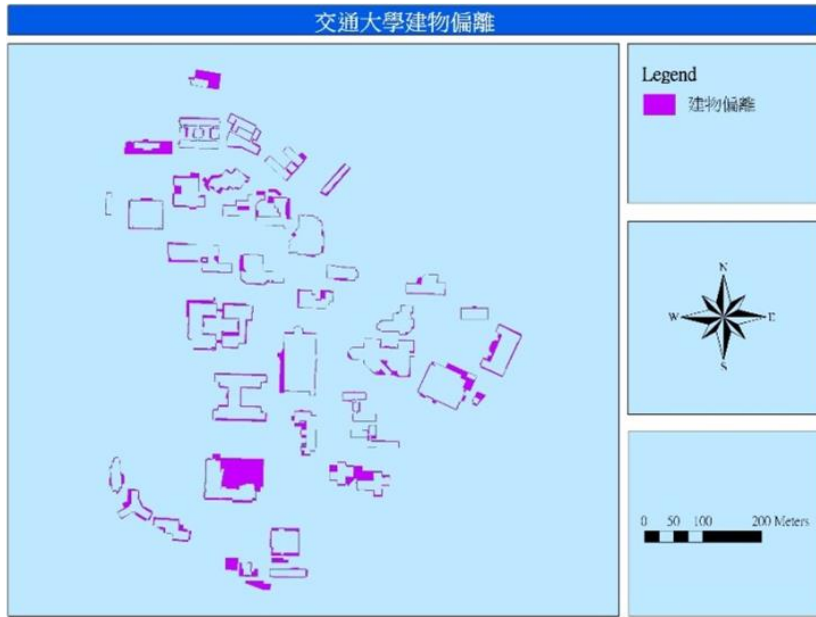
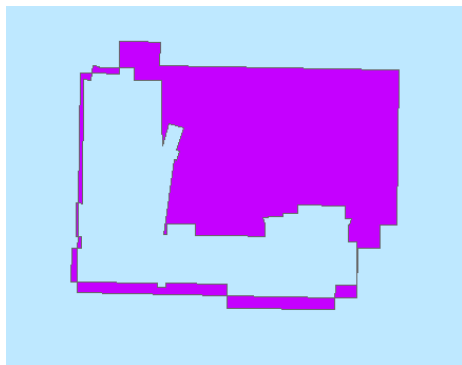
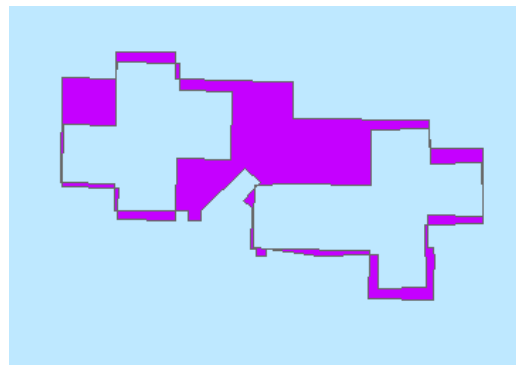


圖 12. 交通大學建物非交集區域圖



(a) 交通大學建物 31 非交集區域圖



(b) 交通大學建物 32 非交集區域圖

圖 13 形狀差異大的建物模型

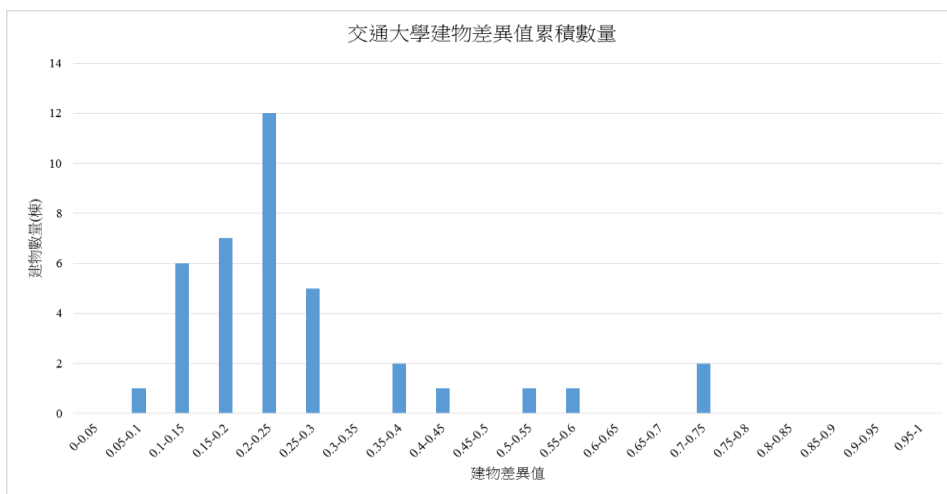


圖 14 交通大學校區建物差異值累積數量

4.4 建物樓層分析

建物的高度因 OSM 平台中普遍以樓層資訊較完整，故本次採用交通大學建物樓層與航照建置之樓層做比對，本次研究共 38 棟建物列入上述討論，但高度部分有 3 棟建物於 OSM 未被標記樓層標籤 (building: levels=*)，屬於漏授的資訊，故在以下討論中予以排除。列入參考的 35 筆建物資料中最大樓層差為 5 層、最小為 0 層，由圖 15 中可見航照建物資訊與 OSM 間的建物樓高差。

整體樓層差多集中於 0 層與 1 層，樓層差 3 層與 4 層皆為 0 棟，最大樓層差 5 層為編號 18 之建物，其造成差異的原因為航照建物資訊紀錄其最高樓層，而該建物中心鐘塔高達 8 層樓，但 OSM 記錄的為其不包含鐘塔部分的平均樓高 3 層樓，OSM 資訊來自於群眾建置，其中每棟建物輪廓、樓層高度都是繪圖者經過地圖概括化 (Generalization) 的結果，繪製者會依照自身對於

地圖的使用目的與定義選擇其關心的特徵，即為概括化中的細節忽略 (Robinson *et al.*, 1995)，因地圖概括化程度不一致造成差異。

4.5 建物編輯次數

本節統計交通大學研究區中各棟建物的編輯次數，從群眾外包的資料特性中了解其是否對於精度有影響。從圖 16 的趨勢圖中可見編輯 4 次與 8 次的差異值都較大。編輯次數 8 次差異值主要受到交通大學校區建物編號 31 所影響 (如圖 13a)，而編輯次數 4 次的部分以建物編號 02 (圖 10a) 差異值 0.74 造成平均值提高，主要的趨勢顯示編輯次數越多，差異值越小；在 Haklay (2010) 的研究中曾發現在 OSM 中編輯數超過 13 次時對於位置的精度不會有進一步的改變，本次作業區域中的建物模型後期編輯狀況多為輪廓與建物屬性，也並無位置上的變更。

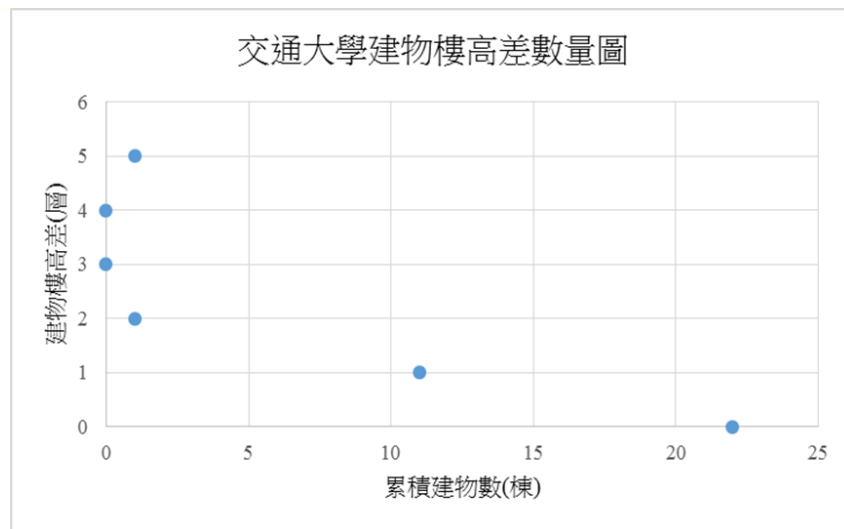


圖 15 交通大學建物樓高差數量圖

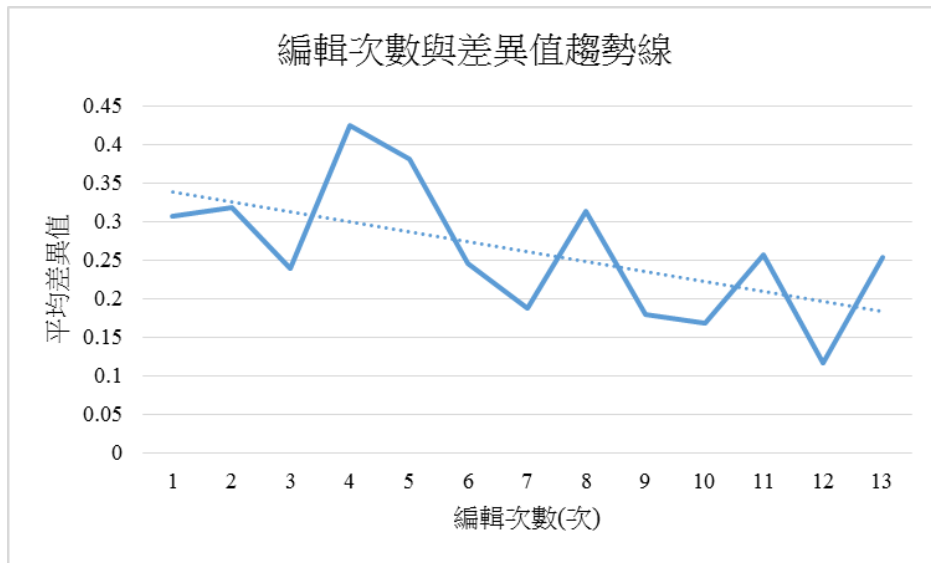


圖 16 編輯次數與差異值趨勢線

5. 結論與建議

本研究以交通大學光復校區為例探討自願性地理資訊所產製的建物模型與航空攝影產製模型的精度差異與適用性。從資料的建立面，航空攝影產製建物模型為專業地理資訊人員所建置，而本次使用的 OSM 開放街圖為任何使用者皆可編輯創建的開放平台。從交通大學的案例中發現建物缺漏情形以更新速度緩慢且受到諸多限制的航空攝影產製模型較嚴重，自願性地理資訊的特性為更新速度快而容易故資料完整性較航空攝影產製好，但更新的資訊仍受限於平台使用者的需求與了解。

本文之目的為建立自願性地理資訊建物模型之品質驗證程序，在品質探討前建議先對於建物之完整性做遺漏率與錯誤率評估，以建物輪廓正確性初步判斷建築物是否為真實存在，完成完整性評估後再針對真實存在之建物做進一步驗證。驗證之程序本研究分為形狀差異、差異值分析與建物樓高差異，從建物之形狀可驗證建物是否為正確之存在以及是否有製圖中造成的錯誤差異，如基地錯判為建物等情況皆可在此階段檢驗，而建物面積差異分析採用開放街圖與航空攝影產製模型之間的非交集區域，以差異值檢核建物模型位置上的誤差，形狀差異與差異值分析皆為建物模型之平面輪廓驗證，

在建物高度上採用 OSM 平台中較豐富的樓層資訊做最後驗證，以建立完整二維至三維建物品質檢驗。

從建物形狀中發現 OSM 建物輪廓經常缺少如階梯、建物旁倉庫、一樓機房此類型之建物細節，此類型的誤差來自於建立資料時的影像基礎，但對於差異值上並無較大影響；在交通大學的案例中可見差異值主要誤差來自於建物編號 31、32 此類型的錯誤（如圖 13），皆為基地錯判為建物；而從高度資訊中可見兩者的建物樓層差異不大，最大差異為 5 層，其餘建物差異皆在 2 層以下，並以 0 層差異為最大量，在自願性地理資訊中唯一的資料獲取方式是由對於該建物有一定瞭解之使用者提供，其建立之樓層資料多為正確，不過也偶有缺乏樓層資訊標籤之建物；群眾製圖常常受到正確性的質疑，但透過群眾重複的編輯、不斷修正下資訊也趨於完善，在案例中發現建物編輯次數與差異值除了少數建物造成差異平均值提升外，隨著編輯次數漸多，差異值的平均值也會略為下降。

本次選取之實驗區為校區建物，在案例中實際建物數較少不如一個城市街廓，但每棟建物獨立性較佳，可以更為容易的對於每棟建物做出適當的分析、篩選，也從各棟建物的分析中了解其輪廓的誤差來源、建物編輯次數與差異值之間的關係。從交

通大學建物中可見群眾製圖的建物資訊正確性不比專業製圖人員所建置的資料差，主要原因為自願性地理資訊更新速度、使用者對於該建物的了解、還有多人檢視可重複修改等特性。

本次研究期望了解藉由群眾製圖完成之三維建物資訊是否具有足夠的精度作為相關研究使用，並建立 OSM 建物模型之驗證程序驗證其精度，本次案例中二維建物形狀與三維高度資訊中 OSM 建物模型皆有其精度優勢，未來建議能以較大範圍城市街廓為測試區，檢視不同區域之建物模型精度，期望透過此驗證程序能讓三維自願性地理資訊在未來會成為重要的研究資料取得方式。

致謝

本研究承蒙內政部計畫（SYC1050122）支援得以順利完成，謹此致謝。

參考文獻

- ESRI, 2013. ArcGIS Help Symmetrical Difference (Analysis), URL: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/00080000000r000000> (last accessed: Mar. 10, 2016)
- Fan, H., Zipf, A., Fu, Q., and Neis, P., 2014. Quality assessment for building footprints data on OpenStreetMap. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(4): 700-719.
- Girres, J.F., and Touya, G., 2010. Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. *Transactions in GIS*, 14(4): 435-459.
- Goodchild, M.F., 2007. Citizens as sensors: The world of volunteered geography, *GeoJournal*, 69(4): 211-221.
- Haklay, M., 2010. How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and ordnance survey datasets. *Environment and planning B: Planning and design*, 37(4): 682-703.
- Helbich, M., Amelunxen, C., and Neis, P., 2011. Comparative spatial analysis of positional accuracy of OpenStreetMap and proprietary geodata. *International GI Forum 2012*. Salzburg, Austria.
- Kolbe, T.H. 2009. Representing and exchanging 3D city models with CityGML. In *3D geo-information sciences*, 15-31.
- Neis, P., Zielstra, D., and Zipf, A., 2011. The Street Network Evolution of Crowdsourced Maps: Openstreetmap in Germany from 2007 to 2011. *Future Internet*, 4(1): 1-21.
- OpenStreetMap 台灣, 2016. 什麼是 OpenStreetMap, URL: <http://openstreetmap.tw/about> (last accessed: Mar. 10, 2016)
- OSMwiki, 2016. Map_Features#Building, URL:http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features#Building (last accessed: Mar. 10, 2016)
- OSMwiki, 2016. Key:building:levels, URL: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:building:levels> (last accessed: Mar. 10, 2016)
- Over, M., Schilling, A., Neubauer, S., and Zipf, A., 2010. Generating web-based 3D city models from OpenStreetMap: The current situation in Germany. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(6): 496-507.
- Robinson, A.H.M., Muehrcke, J.L., Kimerling, P.C., and Guptill, A. J. 1995. *Elements of cartography* (No. 526 E4).
- Wang, M., Li, Q., Hu, Q., and Zhou, M., 2013. Quality analysis of Open Street Map data. In *8th International Symposium on Spatial Data Quality*, Hong Kong, China.
- Zielstra, D., and Hochmair, H.H., 2011. Digital street data: Free versus proprietary. *GIM International Journal*, 25(7): 7-14.

Quality Assessment of the 3D Building Models from OpenStreetMap: A Case Study of NCTU Campus

Tee-Ann Teo^{1*} Min-Che Hsieh²

ABSTRACT

Volunteered Geographic Information (VGI) has become an important geospatial data source for GIS applications. The data quality of VGI is an important issue as it is produced by non-professional volunteers. The objectives of this study are to establish the evaluation procedure and analyze the data quality for 3D building models of National Chiao Tung University (NCTU) from Open Street Map (OSM). The reference 3D building models are measured by professional mapping agency using stereo aerial images. The evaluation procedure includes completeness, shape analysis, surface distance analysis and building story analysis. In the experiments, the completeness of building model reached 90%; the shape difference usually occurred on small building parts; only two buildings showed height difference larger than 1 floor; most of the surface distance was better than 30%. The experimental results indicated that the 3D building models from OSM may satisfy the needs of small scale mapping in particular areas.

Keywords : volunteered geographic information, OpenStreetMap, 3D building model.

¹ Associate Professor, Department of Civil Engineering, National Chiao Tung University.

² Master Student, Department of Civil Engineering, National Chiao Tung University.

* Corresponding Author, E- mail: tateo@mail.nctu.edu.tw

Received Date: May 25, 2015

Revised Date: Jul. 15, 2016

Accepted Date: Sep. 02, 2016