

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

整合三維房屋模型與二維影像之套合、匹配、及牆面重建  
之研究

研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 99-2221-E-009-131-  
執行期間：99年08月01日至100年07月31日  
執行單位：國立交通大學土木工程學系(所)

計畫主持人：張智安

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：高崇軒  
碩士班研究生-兼任助理人員：陳信瑜  
碩士班研究生-兼任助理人員：黃世涵  
碩士班研究生-兼任助理人員：游昭儀  
碩士班研究生-兼任助理人員：林郁珊

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 100 年 10 月 26 日

## 中文摘要

建物模型為數碼城市中重要的元素之一，建物模型在細節上，可由粗略的方塊模型，逐漸以屋頂、牆面、室內結構加以細化，以提升將建物模型的細節。細緻的建物模型，除視覺上更貼近其真實樣貌，並能使用於較精細的應用，以利後續決策程序。為了將建物的細節等級提升，本研究發展自動化牆面線形結構重建程序，主要工作項目為自動化多影像方位重建、多影像牆面線形結構匹配與三維線段重建。自動化方位重建中，利用加速強健特徵點演算法，於多影像中萃取大量共軛點，配合少量地面控制點，以光束法平差方式重建影像外方位。多影像匹配以建物線形特徵做為匹配目標，利用物空間匹配降低近景影像間尺度、旋轉及高差移位的影響。完成匹配後，物空間線形結構之三維點群以 RANSAC 方式，計算三維線段參數，重建三維線形結構。成果顯示，自動化方位重建之檢核點中誤差為 3 公分；物空間匹配之中誤差為 5 公分；而線段重建之中誤差為 10 公分。

**關鍵詞：**多影像匹配、物空間匹配、線形特徵。

### Abstract:

Building model is one of the important elements in cyber city. The detail of building model can be distinguished into block model, roof structure, facade structure and indoor structure. The more detailed model is not only more similar to its true appearance, but also can be applied to more delicate aspect, which may facilitate decision making procedure. In order to improve level-of-detail of building model, this research has developed an automatic facade linear structure extraction procedure, including orientation determination, multiple images matching and line fitting. A large number of conjugate points in multiple images are generated by Speeded UpRobust Features (SURF). Orientation determination can then be done by bundle adjustment using tie points and control points. Aiming on linear features, object-based matching is applied to decrease the effect of image difference caused by scale, rotation and relief displacement. Finally, 3D line fitting is done by Random Sample Consensus (RANSAC). The

experimental results indicate that the precision of orientation determination is about 3 cm. The precision of object-based matching is 5 cm and the precision of line fitting is 10 cm.

**Key words:** multi-image matching, object-based matching, linear feature.

## 一、前言

三維房屋模型是數碼城市及適地性資訊服務中重要的數位內容。為整合不同來源之空間資料，讓各種應用平台能交換或共享資料，國際開放式空間資訊聯盟(Open Geospatial Consortium, OGC)針對都市空間資料訂定標準資料格式，由 GML 延伸為 CityGML(OGC, 2009)做為主要的標準格式，CityGML 對三維房屋模型訂定不同細緻度等級，第一級(LOD1)為最簡化的平頂房屋模型。第二級(LOD2)房屋則包括屋頂幾何結構及牆面的紋理。第三級(LOD3)房屋則包括屋頂及牆面的幾何結構。第四級(LOD4)包括房屋的內部結構。各個等級可滿足不同的需求，越細緻的房屋模型其資訊越豐富，也需要花費越多的重建成本。

現今許多國家均採用航空影像立體對重建三維房屋模型，從都市的尺度進行大範圍的三維房屋模型重建，其優點是可生產大範圍的空間資料。然而，空載資料受限於由空中拍攝的視角限制，多注重屋頂細節，較缺乏牆面資訊，這類房屋模型屬 LOD2 等級，對一些特殊應用而言，此等級的模型可能不夠細緻，例如視點分析等。使用空載資料重建的房屋模型多重視屋頂的細節，其牆面的資訊則不夠細緻。另一方面，從地面影像可以獲取牆面細節，但是地面影像涵蓋的範圍較小且缺乏屋頂的資訊。因此，本研究從資料加值的角度出發，結合現有空載資料重建的 LOD2 模型及地面拍攝影像，對既有都市等級三維房屋模型進行增值處理，增加牆面細節，重建建築等級三維細緻房屋模型之需求，以滿足更多元化的需求。

牆面結構的幾何重建可分為人工及自動化兩種方式，人工方式對建物牆面結構進行建模，其量測目標主要為牆面之點線面特徵，多影像同時建模的情況下，將耗費大量時間。以自動化影

像匹配的方式進行建模，方能節省巨量人力。如利用測量車資料等平行攝影之高重疊影像，對建物牆面進行多影像匹配，產生牆面三維點雲，重建建物牆面表面模型(Pénard et al., 2005; Jang and Jung, 2006)。

對建物而言，屋頂或牆面結構多以直線段構成。因此，以線形特徵進行建模方面有其優勢，如以空照影像進行線段匹配重建房屋屋頂線形結構(Baillard et al., 1999; McIntosh and Krupnik, 2002)、或多重疊近景影像進行線段匹配重建光達初始模型中資料點較少的窗框部分(Becker and Haala, 2007)。若以匹配點雲進行建模，在點與點間的關連性未明的情況下，須以房屋表面模型，如不規則三角網方式進行重建，此時在模型表面則可能產生較為不平滑的表面，產生與實際狀況不符的現象。

基於以上各點，本研究以自動化為目標，發展自動房屋牆面線形結構重建方法(張智安及高崇軒, 2010 高崇軒, 2011; Kao and Teo, 2010)。結合自動化方位重建、線形結構匹配與線段重建，利用建物初始模型與建物近景多影像，產生房屋牆面三維線形結構。

### 三、研究方法

本研究的主要研究工作包含以下幾個部分：多重疊影像之方位重建、多重疊影像匹配、三維線段重建、及精度分析。本研究流程如圖 1，並詳述各部分內容如下。

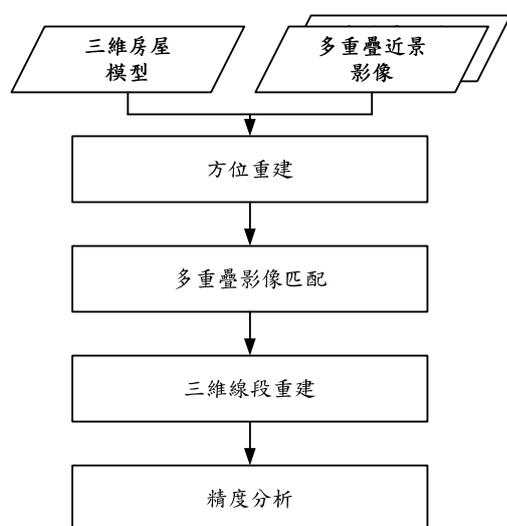


圖 1. 研究流程圖

### 3.1 方位重建

方位重建之目的是求解影像的外方位參數，建立影像間的關係。方位求解的必要觀測量是影像間之共軛點及地面控制點，為提升方位重建的自動化程度，減少人工的量測，本研究以自動化匹配方式產生影像間的共軛點，配合人工量測少量控制點，以光束法平差方式解算方位參數。

為克服近景影像匹配時，尺度與旋轉差異所造成的影響，本研究以加速強健特徵點(Speeded Up Robust Features, SURF) (Bay et al., 2006; Valgren and Lilienthal, 2007)進行連續影像間之匹配，SURF 使用不同尺度的單窗偵測特徵點，結合特徵點的影像灰度值變化建立敘述元(Descriptor)，最後以敘述元進行匹配。完成特徵匹配後，以大量共軛點配合少量地面控制點，以光束法平差(Wolf and Dewitt, 2000)完成方位計算，光束法平差以共線條件式建立觀測方程式，同時解算外方位及共軛點物空間座標。

### 3.2 多重疊多視窗影像匹配

本研究的匹配目標以線形特徵為主。在線形特徵的萃取方面，首先利用 Canny Edge Detector 偵測影像中的邊緣線(Edge)，做為線段候選位置，並利用線追蹤方式，將邊緣回歸為分類為直線段。

以空照影像進行匹配時，可由主影像的特徵點及高程(Z)預估物空間位置(X,Y)，再改變高程在核線上蒐尋共軛點(S,L)，此時，物空間僅需要變動高程值。然而，近景影像進行匹配時，無法直接利用變動特定坐標的方式計算三維坐標，需要額外的基準面進行計算。研究中使用主影像方位與特徵點構建視線向量，由視線向量與牆面法向量求解交點，最後沿視線深度方向進行影像反投影，以產生影像特徵點的匹配預估範圍，圖 2 為近景影像反投影示意圖。

在匹配方法上，可分為像空間匹配與物空間匹配。在影像的尺度與旋轉差異不大時，於各影像中展開相同大小的單窗進行匹配，便能得到相當正確的成果。然而，在近景攝影測量的情況，以手持式相機或車載相機常會發生攝影姿態及

距離差異較大的情況，使得影像中的內容有顯著的尺度與旋轉差異，此時若以像空間匹配的方式進行影像匹配所計算之輻射相似性將會相當低，且無法正確匹配。為了消除影像中尺度與旋轉的差異，本研究以物空間匹配的方式進行影像匹配。物空間匹配即是在物空間中建立一網格，利用固定網格點大小與網格方向的方式，將每一張影像的影像灰度值填入物空間二維網格，匹配時以物空間網格進行相似度評估，降低影像的尺度與旋轉差異，圖 3 為物空間網格示意圖。

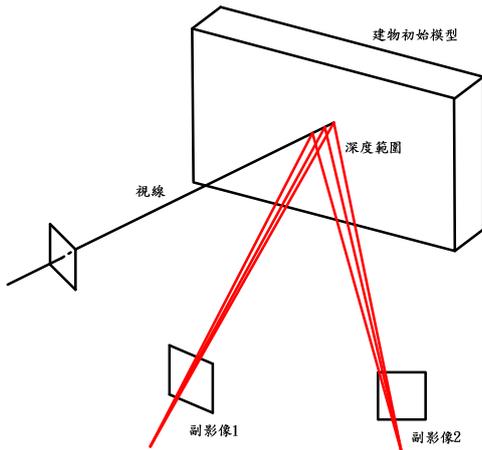


圖 2. 匹配位置示意圖

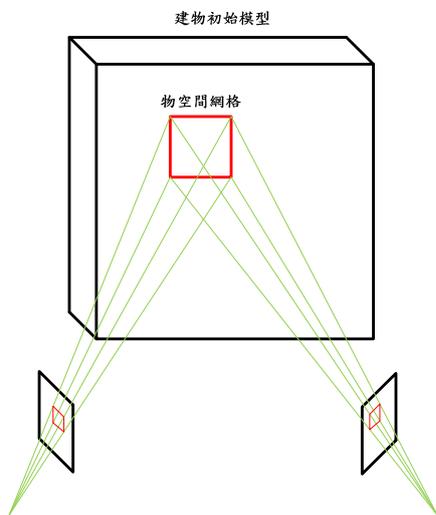


圖 3. 物空間網格示意圖

完成物空間網格建立後，便能利用各網格點位置，反投影至所有影像中進行內插，產生物空間影像。本研究使用雙線性內插產生物空間影像。原始影像單窗與物空間影像如圖 4 所示。可明顯看出原始影像中有顯著的旋轉差異，使得垂直的

牆角在各原始影像中有顯著的差異。透過物空間影像的產生，便能有效的降低各影像間的差異。

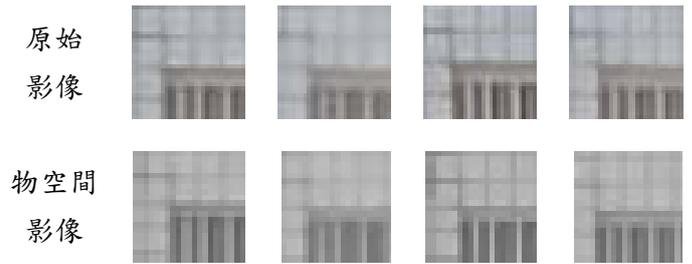


圖 4. 物空間影像示意圖

利用多張影像各自建立的物空間影像，進行多影像匹配，找出正確的匹配位置。在主影像與副影像間，利用正規化互相關法(Normalized Cross-Correlation, NCC)方式，計算兩物空間影像間相似性，NCC 如式(1)。多影像的情況，則利用 SNCC(Sum of NCC)(Zhang and Gruen, 2006)方式評估相似性。以所有副影像對主影像以 NCC 所計算的相關係數，取其平均值，視為該匹配位置的相似性指標，如式(2)所示。在所有匹配位置上，以 SNCC 數值最大值者做為正確匹配位置，完成線段點位匹配。

$$\rho_i = \frac{\sum \sum (G_M - \overline{G_M})(G_S - \overline{G_S})}{\sqrt{\sum (G_M - \overline{G_M})^2} \sqrt{\sum (G_S - \overline{G_S})^2}} \quad (1)$$

$$SNCC = \sum_{i=1}^n \rho_i / n \quad (2)$$

其中， $\rho_i$  為第  $i$  組相關係數； $G_M$  為主影像假設面中的像素值； $\overline{G_M}$  為主影像假設面中的像素值平均值； $G_S$  為副影像假設面中的像素值； $\overline{G_S}$  為副影像假設面中的像素值平均值；SNCC 為相關性總合。

### 3.3 三維線段重建

完成線段點位匹配後，即在物空間中產生大量牆面三維點群，並非三維線段。為在點群中找出正確的三維線段，本研究使用 RANSAC (RANdom SAMple Consensus) 進行三維線段擬合 (Lu et al., 2008)。

同一線段中的點雲隨機抽取兩個點，計算該兩點之方向向量，反覆進行直到所有點皆計算完成。方向向量可能因錯誤匹配，產生方向的歪斜。

因此透過群聚分析，將大量的方向向量進行分群，從這些方向向量中找出一個主方向向量。接著，再計算主方向向量所穿過的軸平面(XY 平面、XZ 平面或 YZ 平面)，將其視為主穿刺面。

計算所有點位沿著主方向向量，在主穿刺面上的交點，可產生大量可參考點。這些參考點中，若有錯誤匹配，則可能產生錯誤的位置。為降低錯誤匹配造成的影響，對所有參考點取平均做為線段參考原點。完成線段的參考原點與方向向量的計算後，利用線段起終兩點坐標對線段進行投影，完成三維線段的重建。圖 5 為一組包含線段點及非線段點之三維點雲，組三線線段擬合後，可得藍色三維線段。

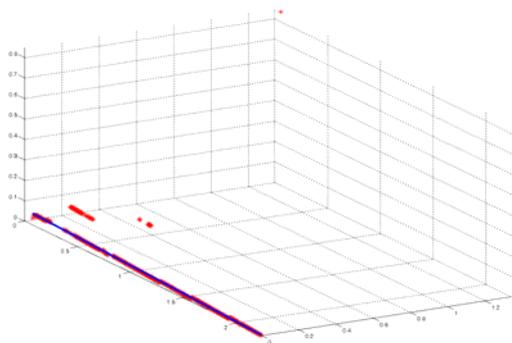


圖 5. 線段重建示意圖

#### 四、研究成果

測試影像以非量測型數位相機 Sony A55 進行多重疊拍攝，影像相關參數如表 1 所示，實驗區為影像中的窗台，如圖 6 所示。LOD2 模型使用 1/5000 航照立體對影像量測而得。

表 1. 近景影像資訊

目標建物	交通大學田家炳光電大樓
拍攝日期	2011/6/19
相機名稱	Sony A55
相幅大小	4912x3264 pixels
相元大小	4.8 $\mu$ m
相機焦距	1.8cm
地面解析度	約1cm
影像數量	18張



圖 6. 測試區塊

#### 4.1 方位重建分析

方位重建之控制及檢核點以全測站進行前方交會量測而得，控制點用於方位解算，檢核點以用於方位精度分析。首先，以重複量測分析全測站地面量測之精度，地面量測點在三維方向之中誤差分別為 1.6cm、3.1cm、1.8cm。共量得 30 個建物牆面點，其中 4 個點為控制點，26 點為檢核點。本研究以 SURF 進行共軛點匹配。以相鄰每三張影像為一個單元進行共軛點匹配，共匹配得到 2863 組共軛點。最後將所有共軛點及控制點匯入商用軟體 IWitness 進行光束法平差，由於匹配點可能有錯誤，人工濾除殘差過大的轉點後重新解算方位參數即完成方位重建，求解外方位參數，方位求解之成果如表 2。

表 2. 方位求解檢核點精度(單位：公分)

	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$
平均	2.7	5.9	3.6
標準差	1.6	3.2	2.2
最大值	5.3	11.4	7.0
最小值	0.4	0.4	0.6

#### 4.2 影像匹配分析

自動匹配首要工作為自動產生特徵線。本研究在特徵線萃取中，以 Canny Edge Detector 偵測邊沿線再以線追蹤萃取直線段。為降低牆面磁磚紋理所產生的非牆面幾何線段，本研究使用長度大於 50 像元的成果，以刪除錯誤線段。

完成線追蹤後，即以 SNCC 分別對兩組資料進行物空間匹配並產生物空間三維點群。匹配時，於物空間搜尋垂直於牆面正負 1 公尺的範圍，並

在物空間中建立 21x21 的網格，每個格點大小為 1 公分，且網格方向平行於牆面。兩組影像組分別以三影像、五影像與七影像進行匹配產生牆面點群，圖 7 為多影像匹配成果。

整體而言，使用更多影像能有效提升匹配精度。在測試區域中左右兩側的窗戶邊緣，在使用影像張數越多的時候則會產生更多的深度偏移，筆因為當使用影像數量提升時，將會有更多受到高差移位影響的影像同時決定單一點位的深度位置，此時因高差移位產生的遮蔽與影像內容差異將顯著影響匹配成果，造成錯誤匹配。

為檢核匹配精度，以人工於現地量測數個線形結構，產生三維參考線段作為驗證之用。匹配精度檢核的項目，以點群各點至其參考線段之垂直距離驗證之，分析成果如表 3。整體而言，使用多張影像可重複確認匹配的正確性，因此 7 張影像時的最大誤差是最小的。

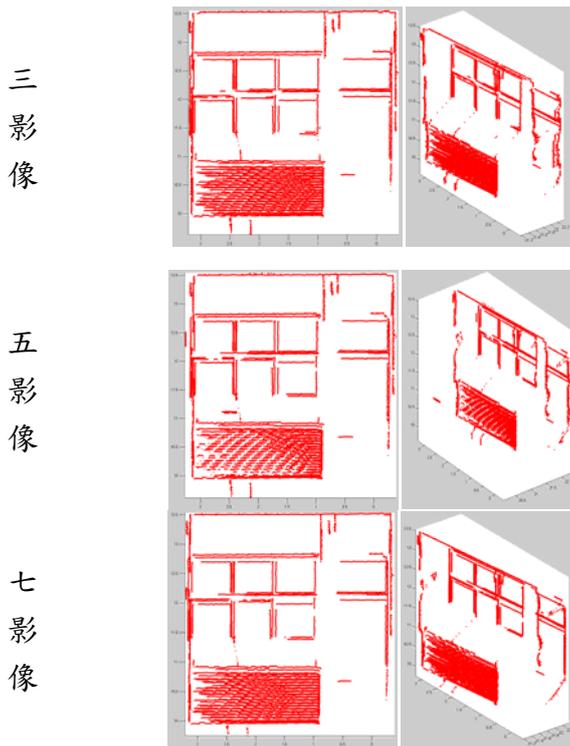


圖 7. 多影像匹配成果比較圖

表 3. 多影像匹配精度表(單位：公分)

	平均	標準差	最小差值	最大差值
三影像	1.8	4.9	1.1	37.6
五影像	2.6	6.3	1.1	67.8
七影像	2.0	5.1	1.1	34.5

### 4.3 線段重建分析

完成匹配後，使用前述的三維線擬合進行直線段萃取，以產生建物牆面三維線形結構，線段重建成果如圖 8 所示，在影像張數較少時，直線段的歪斜程度越嚴重，因為干擾較多，整個區塊除鋁窗部分多能產生合理三維結構線，差異較大的是牆內窗戶外框的部分，當使用影像較少時垂直線段端點部分將產生深度位移，線段雖然在前視時相當正常，但卻有著深度方向的歪斜，這個現象在提升影像使用數量時逐漸獲得改善。

線段重建精度利用地面測量所得三維參考線段，以萃取三維線段兩端點至參考線段之垂直距離與萃取三維線段與參考線段之夾角表示其精度。如表 4。

表 4. 線段重建精度表

	垂距(單位:公分)			
	平均	標準差	最大值	最小值
三影像	14.3	10.1	33.3	1.9
五影像	15.2	9.7	33.2	2.3
七影像	14.1	9.5	33.2	1.6
夾角(單位:度)				
	平均	標準差	最大值	最小值
三影像	4.357	4.040	13.133	0.206
五影像	4.924	4.222	13.535	0.271
七影像	4.914	3.407	12.107	0.208

## 五、結論與建議

本研究目的為結合 LOD2 房屋模型及多重疊近景影像進行三維牆面結構線之萃取。本研究完成一自動三維線形結構的萃取之程序，利用演算法自動匹配產生大量共軛點，以提升方位重建效率。於影像中自動萃取影像中牆面線形特徵，配合物空間匹配，進行多影像匹配產生三維點雲，並重建出牆面三維結構。匹配時，由於影像攝影位置與姿態不同，於影像中產生高差移位與遮蔽，導致一邊緣點在各影像中的內容有所差異。實驗成果顯示，自動化方位重建方面，檢核點中誤差為 3 公分；物空間匹配方面，中誤差為 5 公分；而線段重建方面，中誤差為 10 公分。

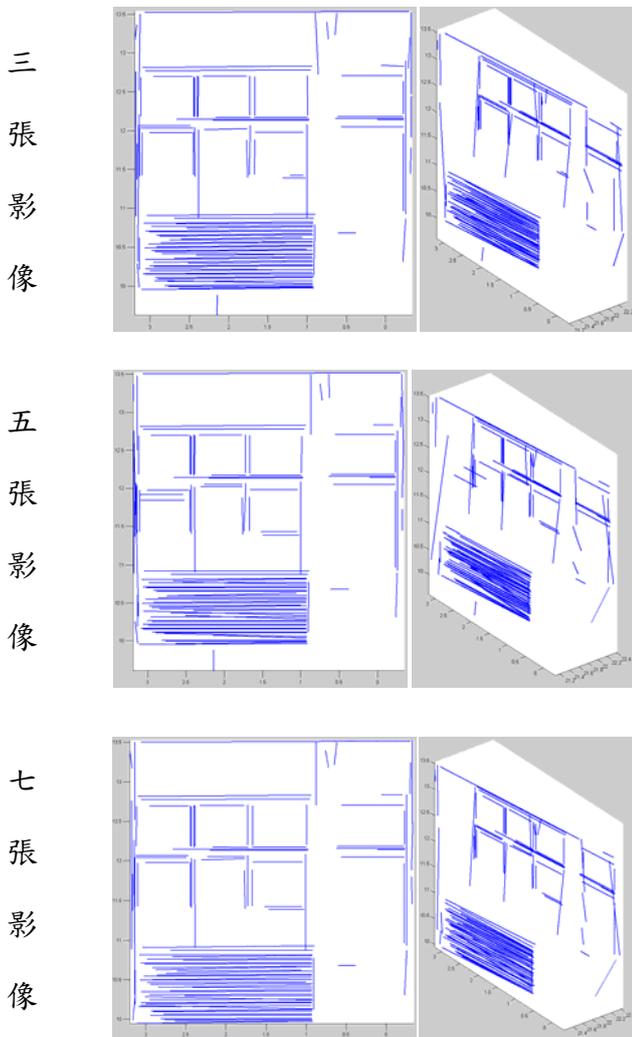


圖 8. 多影像線段重建成果比較圖

## 參考文獻

張智安, 高崇軒, 2010. 近景建物影像於線形特徵匹配之研究, 第二十九屆測量及空間資訊研討會, 9 月 2~3 日, 國立台北大學, 台北, CD-Rom. [NSC 99-2221-E-009-131]

高崇軒, 2011. 以多重疊近景影像萃取牆面三維線段之研究, 國立交通大學土木工程研究所碩士論文, p. 79. [NSC 99-2221-E-009-131]

Baillard, C., Schmid, C., Zisserman, A., Fitzgibbon, A., 1999. Automatic Line Matching and 3d Reconstruction of Buildings from Multiple Views, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, pp. 69-80.

Bay, H., Tuytelaars, T., Gool, L.V., 2006. Surf: Speeded up Robust Features, European

Conference on Computer Vision, pp. 404-417.

Becker, S., Haala, N., 2007. Combined Feature Extraction for Facade Reconstruction, ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, Espoo, Finland.

Jang, K.H., Jung, S.K., 2006. 3d City Model Generation from Ground Images, Computer Graphics International, pp. 630 - 638.

Kao, C.H., and Teo, T.A., 2010. The extraction of 3-D structural lines for building façade modeling, Proceedings of the 31th Asian Conference on Remote Sensing, Nov. 1-5, Honai, Vietnam, CD-ROM. [NSC 99-2221-E-009-131]

Lu, Z., Baek, S., Lee, S., 2008. Robust 3d Line Extraction from Stereo Point Clouds, Robotics, Automation and Mechatronics, pp. 1-5, 21-24.

McIntosh, K., Krupnik, A., 2002. Integration of Laser-Derived Dsms and Matched Image Edges for Generating an Accurate Surface Model. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 56, 167-176.

OGC, 2009. CityGML, Available: <http://www.ogcnetwork.net/gml-citygml>. [Accessed Dec., 2009]

Pénard, L., Papanoditis, N., Pierrot-deseilligny, M., 2005. 3d Building Facade Reconstruction under Mesh Form from Multiple Wide Angle Views, ISPRS Commission V/4 Workshop 3D-ARCHE, Venice, Italy.

Valgren, C., Lilienthal, A., 2007. Sift, Surf and Seasons: Long-Term Outdoor Localization Using Local Features, 3rd European Conf. on Mobile Robotics.

Wolf, P.R., and Dewitt, B.A., 2000. Elements of Photogrammetry with Application in GIS, 3rd edition. McGraw-Hill.

Zhang, L., Gruen, A., 2006. Multi-Image Matching for Dsm Generation from Ikonos Imagery. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 60, 195-211.

## 國科會補助專題研究計畫項下出席國際學術會議心得報告

日期：100年8月2日

計畫編號	NSC99-2221-E-009-131-		
計畫名稱	整合三維房屋模型與二維影像之套合、匹配及牆面重建之研究		
出國人員姓名	張智安	服務機構及職稱	國立交通大學土木工程學系 助理教授
會議時間	100年7月22日至 100年7月31日	會議地點	加拿大 溫哥華
會議名稱	(中文) 2011年 IEEE 國際地球科學與遙感探測研討會 (英文) 2011 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)		
發表論文題目	(中文) 以特徵為基礎進行 ALOS PALSAR 及 AVNIR-2 之空間套合 (英文) <b>FEATURE-BASED IMAGE REGISTRATION OF ALOS PALSAR AND AVNIR-2 IMAGES</b>		

## 一、參加會議經過

IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium (IGARSS)為 IEEE Geoscience And Remote Sensing Society (IEEE GRSS)所舉辦的國際研討會，其創辦歷史已有三十一年之久，並為地球科學及遙感探測等學術研究的一大盛事，本屆研討會的主題是『Beyond the Frontiers: Expanding our Knowledge of the World』。本屆會議共收錄 1495 篇會議論文，分為 835 篇口頭論文宣讀及 660 篇海報論文，整個會議有 173 個場次的論文口頭報告及 75 個場次的海報論文，論文涵蓋地球科學及遙感探測等各研究領域。

本屆會議原訂舉辦地點為日本仙台，因日本 311 大地震，導致會議地點變更為加拿大溫哥華。會議中特別安排多個展場，針對遙感探測於災害預警及救災等環境議題進行探討，展場包括(1)日本 Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)介紹遙感探測於日本 311 大地震救災所扮演的角色，(2)美國 NASA 探討遙感探測於全球環境問題所扮演的角色。此外，議程中亦增加多個場次的研究報告，強調全球化議題的重要性，並討論遙測技術在全球化議題上扮演的角色。

研討會的第一天上午為開幕式，由 Prof. Melba M. Crawford (Vice President of IEEE-GRS Society)主持開幕典禮，同時於開幕式中表揚在地球科學與遙感探測方面有傑出貢獻者，並授於 IEEE Fellows。Keynote Speech 包括日本 JAXA 的 Dr. Masanobu Shimada 介紹科學資源衛星 ALOS 的研究成果及後續計畫、日本 Fukui University of Technology 的 Prof. Shoichiro Fukao 介紹地面雷達之應用及發展、加拿大 Canadian Space Agency 的 Mr. Luc Brule 介紹該國在太空計畫之發展。

本次研討會共有 173 個主題進行技術報告，本人主要參加的場次為 Optical Image Processing, HyperSpectral Data Processing, Classification, Change Detection, LIDAR, Data Fusion 等技術報告場次。本人的論文報告時間是在星期一的下午，該場次約有 50 人參與，報告結束後，與加拿大 CCRS、EADS 等研究人員進行交流，對國際上的研究發展有更進一步的瞭解。

## 二、與會心得

1. 參與本次研討會，最重要的心得是對遙測技術於災害預警及救災等議題有更深入的認識，並思考遙測技術應如何在這一方面做出貢獻。
2. 感測器的進步可提供更高的空間及時間解析度，為了加速運算，GPU 在遙測資料的處理上可大幅提升運算效能，有其發展的重要性。
3. 藉由本次研討會看到各國在研究上的多元化，除了基礎研究外，還有許多應用性的研究，更砥礪自己能有更全面思考於研究工作上，以提高在國際上的競爭力。

## 三、考察參觀活動(無是項活動者略)

無

## 四、建議

無

## 五、攜回資料名稱及內容

- (1) Proceeding of IGARSS2011, DVD.

## 六、其他

VANCOUVER 仙台 2011

IGARSS

24-29 July, Vancouver, Canada

# 2011 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)

24 – 29 July 2011 • Vancouver, Canada

[www.IGARSS11.org](http://www.IGARSS11.org)



IEEE



## General Chair

Motoyuki Sato (Tohoku University)

## Secretary

Yuya Yokota (Tohoku University)

## Technical Program Co-Chairs

Yoshio Yamaguchi (Niigata University)

Ya-Qiu Jin (Fudan University)

## Publicity Chair

Hiroshi Kimura (Gifu University)

## Finance Chair

Masanobu Shimada (Japan Aerospace Exploration Agency)

Takeo Tadono (Japan Aerospace Exploration Agency)

Osamu Isoguchi (Japan Aerospace Exploration Agency)

## Sponsor / Exhibits Chair

Yoshihisa Hara (Mitsubishi Electric Corp.)

## Sponsor / Exhibits

Makoto Satake (National Institute of Information and Communications Technology)

## Industry Liaison

Koichi Kimura (NEC Corporation)  
Koichi Kishi (NEC Corporation)

## Local Arrangements Chair

Hiroshi Kawamura (Tohoku University)

## Local Arrangement

Chinatsu Yonezawa (Tohoku University)

## Student Activities Chair

Akira Hirose (The University of Tokyo)

## Technical Tour Chair

Kazuo Oki (The University of Tokyo)

## Tutorial Chair

Yoshikazu Iikura (Hiroshima University)

## Outreach Chair

Toru Sato (Kyoto University)

Wednesday, May 04, 2011

Tee-Ann Teo,

Department of Civil Engineering  
National Chiao Tung University  
No.300  
University Road  
Hsinchu  
Hsinchu  
30010  
Taiwan

Dear Tee-Ann Teo,

Subject: Your paper submission #1800, titled 'FEATURE-BASED IMAGE REGISTRATION OF ALOS PALSAR AND AVNIR-2 IMAGES'

The IGARSS 2011 Technical Committee has completed the review process and we are pleased to inform you that the manuscript listed above has been ACCEPTED for inclusion in the IGARSS 2011 Symposium program. Congratulations! We invite you to attend IGARSS 2011 so that you may present this work and publish your accepted paper in the symposium proceedings.

Publishing authors MUST attend and present their paper at IGARSS 2011 in order to be included in the proceedings, which will be electronically published after the Symposium in IEEE Xplore. Papers that are not presented at the Symposium by one of the authors will be deleted from the IGARSS 2011 records. We will not mail the proceedings to the participants, but will provide a password to access to the electronic version.

Presenting authors MUST register for IGARSS 2011 by May 7, 2011 to secure a space in the technical program. PLEASE NOTE: One regular registration may cover only up to two papers; one student registration may cover one paper. Online registration will be available at <http://www.igarss11.org/> soon.

At IGARSS 2011, all attendees will receive electronic versions of 4-page full papers accepted to the technical program (or the submitted abstracts for those authors who choose not to submit a paper).

If you choose to publish your accepted paper in the IGARSS 2011 proceedings, you will have until April 27, 2011 to submit the final, 4-page manuscript, formatted according to the paper kit (<http://www.cmsworldwide.com/IGARSS2011/Papers/PaperKit.html>). Only papers which are presented at IGARSS 2011 will be included in the proceedings. If you choose not to submit a full paper, you will have the opportunity to submit an updated version of your abstract by April 27, 2011 to be included on the electronic media distributed at the symposium to all attendees of IGARSS 2011.

If none of the authors will be able to attend and present the paper, they should notify us by reply E-mail as soon as possible. The conference will be disrupted by missing papers and gaps in oral or poster sessions. To optimize the conference experience for participants, we need information about all cancellations as soon as possible.

More information on many aspects of IGARSS 2011 is available on the conference website, <http://www.igarss11.org/>.

Thank you and we look forward to welcoming you to Vancouver!

Sincerely yours,

Motoyuki Sato  
IGARSS 2011 General Chair

Billene Mercer  
IGARSS 2011 Conference Manager  
3833 S Texas Ave, Ste 221  
Bryan, Texas, U.S.A. 77802  
Phone: +1-979-846-6800  
Email: [info@igarss11.org](mailto:info@igarss11.org)

# FEATURE-BASED IMAGE REGISTRATION OF ALOS POLSAR AND AVNIR-2 IMAGES

Tee-Ann Teo and Shin-Yu Chen

Department of Civil Engineering, National Chiao Tung University, Taiwan

Email: tateo@mail.nctu.edu.tw; fish76221@hotmail.com

## ABSTRACT

Satellite optical and radar sensors are the two common sensors in use. Radar sensors provide their own energy source for illumination. Hence, it is able to obtain measurements in anytime regardless of season. On the other hand, optical sensors are used to detect energy which is naturally available. Therefore, the capability of image interpretation in optical image is better than radar image. ALOS satellite is launched by Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). It is equipped with three sensors, i.e. PRISM, AVNIR-2 and PALSAR. Among the three sensors, AVNIR-2 is a multi-spectral sensor with four bands and with 10 meters spatial resolution at nadir. PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) is an active microwave sensor which can achieve cloud-free and day-and-night land observation. ALOS is the major one that contains radar and optical instruments on-board. Moreover, ALOS is able to acquire radar and optical images using the synchronous mode. The integration of both sensors in a common area is an important task in data fusion as well as other applications.

The image registration contains two major parts. The first one is to select the reliable registration points and the other is to select an appropriate transformation function. The point selection can be done by area-based or feature-based matching. However, it is not suitable to compare the correlation using area-based image matching when the pixel values of optical and radar images are in different measurement. The feature-based matching considers the similarity of feature contents among the images. It is more suitable for the matching of heterogeneous sensors. The transformation function includes global and local approaches. The global approach uses only a set of coefficients for the whole image. The local errors are not considering in the global approach. On the other hand, the local approach uses a large number of local coefficients to approximate the local error. It is more flexible to correct the geometric error among the images.

A number of studies have been reported on the registration of SAR and optical images. The geometric features in feature matching can be points, edges, regions, etc. The similarity indices can be the distance, correlation, mutual-information (Suri and, etc. The traditional approaches usually match the registration point and determine the transformation function directly. However, the registration method which iteratively refines the discrepancy between radar and an optical image has seldom been discussed.

The objective of this investigation is the co-registration of SAR and optical images using feature-based matching. We iteratively minimize the summation of absolute difference between SAR and optical images. In the data preprocessing, we measure few conjugate points on both SAR and optical images manually and establish the initial transformation. First, the canny edge detector is utilized to extract the edges from both images. Then, the extracted edges are divided into a large number of feature points in the images. Second, the feature points in SAR image are transformed to the optical image using the initial transformation. Then, the transformed point from SAR image finds the closest point in optical image. The pairs of points are used to refine the parameters of initial transformation. We iteratively perform the feature point matching until the summation of differences between SAR and optical images meet the threshold. The idea of matching is to

minimize the total distance of pairs between SAR and optical images. Finally, the local affine transformation is selected to rectify the image. A coarse-to-fine strategy is also adopted by applying an image pyramid, to improve the pull-in-range in matching and reduction of speckles in SAR image.

The proposed method effectively improves the relative accuracy between SAR and optical image using the feature-based matching. The proposed method utilizes the iterative process to refine the transformation between SAR and optical images. The subpixel accuracy in image registration can be achieved.

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2011/10/24

國科會補助計畫	計畫名稱: 整合三維房屋模型與二維影像之套合、匹配、及牆面重建之研究
	計畫主持人: 張智安
	計畫編號: 99-2221-E-009-131- 學門領域: 測量製圖
無研發成果推廣資料	

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：張智安		計畫編號：99-2221-E-009-131-			計畫名稱：整合三維房屋模型與二維影像之套合、匹配、及牆面重建之研究		
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	研究相關之期刊論文審查中。
		研究報告/技術報告	1	1	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	5	5	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			
國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	研究相關之期刊論文審查中。
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	2	2	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

階段性研究成果已發表於第二十九屆測量及空間資訊研討會及第三十一屆亞洲遙測研討會，研究相關之期刊論文已投稿至 International Journal Of Remote Sensing, 審查狀態為 Minor Revision。

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

研究中提出以多影像進行三維線段重建之數學模式，可有效的萃取多影像之三維直線段，優點是自動化程度高，且使用多影像進行交會之量測精度亦較佳。研究目的為提升三維線段重建之自動化程度，利用多影像的重複觀測，以物空間匹配產生線段之三維點雲，並進一步重建三維線段，由於物空間匹配的精密度較高，因此具有更高的實務應用價值。隨著數位行動裝置的普及化及數位城市之發展，未來可望使用行動裝置進行資料獲取，網格式影像由行動裝置獲取，以雲端的概念，將資料上傳到伺服器進行即時運算，運算完成後下載到使用者端，藉此重建更細緻的建物模型。