

專 論

運用在地知識於歷史航照的空間定位  
**Employment of Local Knowledge on Geo-Referencing  
of Historical Aerial Photos**

國立台灣大學地理環境資源學系  
副教授  
中研院地理資訊研究專題中心合聘  
副研究員

**蔡 博 文\***

**Bor-Wen Tsai**

國立台灣大學地理環境資源學系  
博士生

**鍾 明 光**

**Ming-Kuang Chung**

摘 要

航照是地表現象的真實複製，是地理資訊系統(geographic information system, GIS)重要的資料來源，近年航照拍攝已進入數位化時代，且與定位系統搭配，極易完成空間定位(geo-referencing)處理並與 GIS 資料整合應用。然歷史航照多為類比式照片，雖可掃描成為數值檔，但無明顯定位資訊可供使用，尤其山區的歷史航照更難有明顯地物可做為空間定位的控制點，以致無法整合於地理資訊系統中。本研究導入地方知識(local knowledge)的概念，假設長期生活於在地的人士對於該地的環境應具備豐富的空間知識，因而可以協助空間定位控制點的辨識。研究方法是以南投縣信義鄉神木村的年長居民為對象，以一張 1940 年代的歷史航照為素材，發展一套歷史航照控制點辨識與處理的作業方法。

共有十位神木村居民參與研究工作，研究團隊提供 42 個已知地物供其辨識，後以窮舉法(exhausted search method)篩選適宜的地物作為控制點，最後獲得 RMSE (root mean square error) 7.9 公尺的最佳定位成果。此外，透過耆老生命經驗的瞭解，分析耆老在控制點辨識的差異性，結果顯示在研究區內具備生活經驗是必要條件，其次，具備航照閱讀經驗也顯示會影響辨識能力；同時，人造地物辨識率較高，其中目前仍然存在的地物辨識率最高，地形特徵例如山峰的辨識率較低，原因是耆老於山林中的採集、植林、伐木等生活經驗所及之處為山林，反而無機會登上山峰，因而山峰名稱雖極為熟悉，但實際位置卻模糊。

**關鍵詞：**歷史航照、空間定位、地理資訊系統、在地知識。

\*通訊作者，國立台灣大學地理環境資源學系副教授與中研院地理資訊研究專題中心合聘副研究員，10017 台北市羅斯福路 4 段 1 號，tsaibw@ntu.edu.tw

## ABSTRACT

Aerial photo is one of the most important data sources for geographic information system (GIS). However, historical aerial photos are difficult to do geo-referencing which is a key issue for data integration in a GIS system. This research develops a geo-referencing method by including residents' local knowledge in Shenmu Village, Xinyi Township, Nantou County.

An aerial photo taken in 1940's was used for experiment in this research. Ten senior elders living in the target area were invited to identify 42 landmarks which were serves as control points for geo-referencing. Exhausted search method was employed to evaluate the quality of identified control points. RMSE (root mean square error) was used as the quality indicator. The RMSE of 7.9 meters is the best result which was generated by six best quality control points. In addition, living experiences of elders were analyzed in order to figure out how elders identify landmarks. Results indicate that living experience and map reading ability are two critical issues for landmark identification.

**Keywords:** historical aerial photo, geo-referencing, geographic information system, GIS, local knowledge.

## 一、前 言

GIS 與社會科學整合的研究重點在於空間分析方法與資料兩個面向，前者已有相當不錯的成果(Goodchild, 2003)，資料面向的研究則與領域高度相關，以歷史變遷研究而言，傳統歷史學取向以文字史料為分析對象，在融合 GIS 方法後，歷史航照、歷史地圖等空間史料成為重要的資料來源，然而，歷史航照與歷史地圖的處理、判讀都與現代標準流程製作的地圖或航照迥異。因此，空間史料的處理與分析方法的提昇，是運用 GIS 於歷史變遷課題研究的關鍵。

中央研究院在數位典藏計畫中典藏了大量的歷史地圖與歷史航照，這些空間史料呈現了當時地表的真實狀況，係研究台灣環境與社會變遷的重要資料來源。歷史航照保存地表豐富、直接且真實的狀況，透過宏觀的地表俯視，提供了特定目標的全貌，可得知空間位置乃至地形等關連性，不同時代的航空照片忠實記載著當時的地面情形，對於探究過去的舊貌實況、地形地物與社會文化的互動變遷演化等研究，提供了最直接的證據(廖炫銘、范成棟，2004)。然而，運用歷史

航照於 GIS 方法首先必需進行空間定位(geo-referencing)，掌握該資料的空間位置，並配合後續的內容判讀與解析，始能建構一個具有空間參照特質的 GIS 資訊環境。

目前中研院所典藏的歷史航照受到當時製作過程的限制，大抵僅能做到索引標籤的建立，無法完成正確的空間定位，降低了其運用的價值，尤其在 GIS 系統中與現代資料整合分析時，因空間精度在時序上的不一致性，阻礙了以 GIS 方法進行分析的可行性，莊永忠等(2009)的研究即指出缺少精確地理空間標記之歷史航照，除提供研究者定性描述與判讀外，無法提供圖層空間套疊、地景區塊數化分析與製作數值地形之後續應用價值。

歷史航照因缺乏拍攝時的座標、姿態等參數，無法進行系統性的座標校正，所以大多使用空間定位的方式進行處理，空間定位的概念是利用已知坐標的控制點與未知坐標的圖像對應位置之間的關係，將坐標值賦予於未知坐標的圖像檔案中，因此，控制點的選取與運用就成為空間定位是否成功的關鍵。本研究以美軍 1943 至 1959 年期間在東亞地區執行偵察任務所拍攝的航空

照片為研究素材，進行空間定位方法的探究，並提出「在地知識取向」(local knowledge approach)的控制點選取方法，期能提昇控制點選取及使用的可能性與正確性，發展一套整合在地知識與科學知識於空間史料資料處理方法。

## 二、空間定位與在地知識

空間定位的關鍵在於控制點，控制點是具備正確座標的人為或或自然地物，常見的方法是在地面經測量來設置地面控制點(ground control point, GCP)·Hughes, *et al.* (2006)以掃描的歷史航照為研究材料，很詳盡的分析了不同數量、空間分佈與型態的地面控制點，搭配不同維度的數學函式，對於航照定位精度的影響。另一種控制點的使用是利用其他具空間定位的圖資，Kim *et al.* (2010)利用 Harris Corner Detector 方法，自動選取及匹配已知坐標影像與未知坐標影像間對應的特徵點，此方法雖可自動化的數學方法處理，但是兩張影像存在相當嚴格的限制，包括：1)影像範圍與解析度必須相似；2)必須存在數個共同可辨識的特徵；3)影像必須近乎正射；4)地形起伏相對於航高必須微小(Kim, *et al.*, 2010)。近年小型飛行器(unmanned aerial vehicle, UAV)技術蓬勃發展，也有研究試圖從飛航及儀器所感測(sense)並記錄下來的資訊，直接進行空間定位，Xiang and Tian (2011)即以飛行器上的飛航資料及相機鏡頭失真模式發展了一套自動化空間定位方法，精度可達 90 公分。Balletti (2006)則著重在空間定位數學轉換方法(transformation)的探究，他認為歷史地圖描述了時間及空間資訊，是重要的資料來源，但是歷史地圖通常不具備完整的空間定位資訊以及投影方法等，以致不易置入一般 GIS 系統中使用，因此提出了不同的數學轉換方法，包括全域(global)與局部(local)控制點方法，並展示不同方法的轉換成果。前述研究成果都直接貢獻於空間定位的方法與運用，然本研究所欲處理的歷史航照無成對影像可供匹配，也無優良的地面控制點可供使用，更無飛行參數可供計算，所以上述研究成果仍然無法有效的運用於本研究中。

在地知識(local knowledge)是近年受到科學

界矚目的知識體系，根據維基百科(Wikipedia)的說明，在地知識、原民知識(indigenous knowledge, IK)、傳統知識(traditional knowledge, TK)、或傳統環境知識(traditional environmental knowledge, TEK)，都是一個長期性、區域性經過世代傳承的智慧，因此，在地知識是一種非結構化的知識，有別於西方科學知識體系的系統性、結構性知識，但是近年諸多研究顯示其內涵與當今科學化知識具有相當程度的一致性與互補性(Chalmers and Fabricius, 2007)。Peloquin and Berkes (2009)仔細觀察了加拿大 Cree 原住民獵人的傳統知識，探究他們如何掌握生態的複雜性與動態性，認為相當吻合適應性管理(adaptive management)及模糊邏輯(fuzzy logic)的科學理論；Aswani and Lauer (2006)在所羅門群島(Solomon Islands)進行漁業保護區劃設的研究，發現整合在地漁民的知識與行為及現代海洋生態知識，可以建構出一套成本效益極高的資源管理策略；Chalmers and Fabricius(2007)在南非以在地原住民為對象，探究 1974-2001 年間的土地覆蓋(land cover)變遷，發現除了與航照判釋結果完全吻合外，對於變遷的原因也有非常細緻的瞭解。本研究在這些研究成果的啟示下，認為在地知識尤其在地的空間知識應該可以助益於歷史航照的空間定位工作。

## 三、研究方法

本研究以南投縣信義鄉神木村為研究區，透過在地居民生命經驗訪談與歷史航照的點位指認，建立以在地知識為基礎的歷史航照空間定位方法。神木村位於南投縣信義鄉南方陳有蘭溪上游支流和社溪上源之出水溪、赫馬嘎溪匯流處，平均海拔 1,100 公尺，居民屬布農族郡社群與客家籍，村內共有 12 鄰，總戶數為 319 戶，人口為 831 人(信義鄉戶政事務所，2013)，本研究以 8~12 鄰客家籍的神木坑聚落為主要對象，聚落居民於日治時期從桃園新竹苗栗地區入山開採資源及擔任腦丁煉製樟腦等戰略物資(溫紹炳，2003)。光復後國民政府於 1965 年推動林相改良政策，神木居民多數參與伐林與造林工作，並在平坦的河川地進行季節性經濟作物的種植，挑到

內茅埔、豐丘、水里、和社一帶販賣。由於長期的生活經驗，對於周邊地理環境非常熟悉。

基於本研究是研擬一個效率化的歷史航照空間定位方法，因此控制點係以現有圖資為基礎而不採用地面控制點，免除地面測量的龐大成本。現有圖資經過瀏覽與考量後，採用 1980 年的第一版像片基本圖，此地圖是所有具備正確空間定位的圖資中，與歷史航照的時間差距最小，亦即二者的地貌與地物一致性較高，有助於在地耆老尋找相對應的地物。在像片基本圖中，以現今居民最熟悉的神木國小為中心，往外延伸至過去採愛玉子、伐木、植林、採樟等活動區域，首先選擇有明確位置且有屬性註記的地物，包括人工建物(A 類)：松山橋、入山檢查哨、阿里山工作站神木分站、神木第一護管所、神木護管所、東埔護管所、神木國小、雪峰入山檢查哨、阿里山氣象站、吊橋 1 (愛玉子溪)、吊橋 2 (郝馬夏班溪)、道路交叉口 1 與道路交叉口 2，共 13 個點位；顯著的地形特徵(B 類)：河流的轉彎處、匯流處等，包括：愛玉子溪 1、愛玉子溪 2、志中溪 1、志中溪 2、志中溪 3、志中溪 4、志中-鹿鳴溪匯流處、鹿鳴溪 1、鹿鳴溪 2、松山溪 1、西溪 1、鹿鳴溪 3、鹿鳴溪 4、鹿鳴溪 5、萬年神木共 15 個點位；一般地形特徵點(C 類)：山峰、高台等，共 14 個點位。

研究參與者以居住於神木村內的耆老為主要對象，於 101 年 3 月 7 號，針對 1 位耆老進行先期試作，了解實驗設計的方法與流程之可行性，以做為修正與調整的依據，同年 4 月 29 日進行 8 位耆老控制點的辨識作業與訪談，7 月 3 日再進行 1 位耆老的操作，包含先期試作總共有 10 位耆老參與研究。

控制點的辨識程序是將歷史航照以繪圖機繪製成與像片基本圖相同比例尺的圖片，上面覆蓋一張透明描圖紙，以便將辨識的控制點註記在上面；像片基本圖上則標示上述點位(圖 1)，除了像片基本圖外，必要時並輔以 GIS 3D 虛擬環境(virtual environment)展現相同範圍的地景(圖 2)，GIS 3D 虛擬環境以 Google Earth 為工具，除了展現地形起伏外，上有衛星影像展現近期的地景，

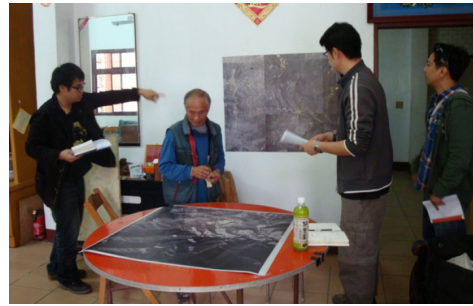


圖 1 歷史航照(桌上)與對應的像片基本圖(牆上)

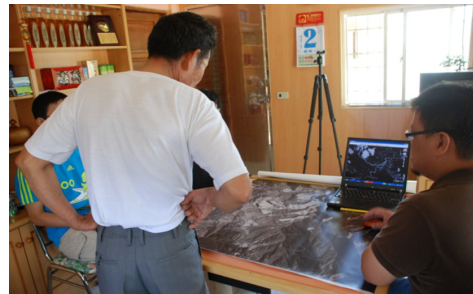


圖 2 GIS 3D 虛擬環境輔助控制點辨識

並可切換為本研究所使用的像片基本圖及其上的控制點標示，主要目的是希望耆老能夠藉由地圖與 GIS 3D 虛擬環境，精確回憶所提供的 A、B、C 三類點位，並對應至歷史航照上。耆老從地圖或 GIS 3D 虛擬環境中依序掌握控制點位置後，依據其記憶，在歷史航照中指認相對應的位置，後由研究人員協助註記於描圖紙上。

所有控制點辨識完成後，研究人員接續進行生命經驗的訪談，了解耆老的遷移與曾經參與的產業活動經驗，以利後續進一步分析耆老在地知識中，生活經驗與空間認知間的關係。

控制點辨識後還需評估其正確性，才能納入後續空間定位使用，正確性評估以均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)為指標，RMSE 是一個空間定位品質指標(Chang, 2012)，度量控制點正確位置(actual location)與估算位置(estimated location)之間的位移程度(displacement)。在本研究中，正確位置為像片基本圖上各點位的坐標，估算位置為耆老在歷史航照中指認後經轉換的地物坐標。

表 1 辨識結果依點位別統計

A 類點位		辨識成功 人數	B 類點位		辨識成功 人數	C 類點位		辨識成功 人數
A1	松山橋	10	B1	愛玉子溪 2	2	C1	無名山頭	0
A2	入山檢查哨	7	B2	愛玉子溪 1	4	C2	無名山頭	0
A3	阿里山工作站神木分站	7	B3	志中溪 1	2	C3	無名山頭	0
A4	神木第一護管所	5	B4	志中溪 2	1	C4	無名山頭	0
A5	神木國小	9	B5	志中溪 3	1	C5	無名山頭	0
A6	吊橋 2(郝馬夏班溪)	9	B6	志中溪 4	0	C6	無名山頭	0
A7	吊橋 1(愛玉子溪)	8	B7	志中-鹿鳴溪匯流處	4	C7	無名山頭	0
A8	神木護管所	6	B8	鹿鳴溪 1	2	C8	無名山頭	0
A9	道路交叉口 2	7	B9	鹿鳴溪 2	1	C9	無名山頭	0
A10	道路交叉口 1	2	B10	松山溪 1	3	C10	無名山頭	0
A11	雪峰入山檢查哨	2	B11	西溪 1	2	C11	無名山頭	0
A12	林務局東埔護管所	2	B12	鹿鳴溪 3	0	C12	無名山頭	0
A13	阿里山氣象站	2	B13	鹿鳴溪 4	0	C13	無名山頭	0
			B14	鹿鳴溪 5	0	C14	無名山頭	0
			B15	萬年神木	2			

#### 四、結果與討論

參與研究的十位耆老針對本研究提供的 42 個點位進行辨識，包括 13 個 A 類點位、15 個 B 類點位及 14 個 C 類點位，結果不同耆老分別成功辨識部分點位，例如：A1 點位全部十位耆老都辨識成功，B1 點位僅兩位耆老辨識成功等；總結十位耆老共成功辨識 100 個點位(表 1)，約佔總數目(10 人\*42 個點位)的四分之一。本研究以此 100 個控制點位的資料，探討以下之研究發問：

- 不同類型控制點位辨識度的差異及其與耆老生活經驗的關係；
- 不同類型控制點位的辨識正確性；
- 最佳的控制點組合及其正確性。

##### 4.1 不同類型控制點位辨識度的差異及其與耆老生活經驗的關係

針對表 1 的辨識結果統計，顯示 A 類點位的辨識成功率最高，B 類次之，C 類點位無一辨識成功，A 類點位主要為過去或現今仍存在的人造建物或地物，這些建物或地物都是實體構造物，具有明顯外觀，部分並且是與過去生產相關的建築物，例如：護管所、林務工作站，部分與日常生活高度相關，例如：入山檢查哨、交通要道的

吊橋、路口等，在地耆老對於此類地物都具有強烈的空間認知(spatial cognition)，極容易成功辨識；B 類點位為明顯的地形特徵，主要為河流轉彎處或匯流處，因為不是實體地物，辨識成功率較低，但因為河流皆有名稱，耆老仍可正確辨識河流；C 類點位為地形特徵點，既非實體地物，大部分也無名稱，所以完全無法辨識。

進一步以個別耆老對三類點位的辨識進行統計(表 2)，發現 A 類點位中，M01 耆老的辨識率達 100%，所有耆老的平均辨識率為 58%；B 類點位辨識率差異極大，最高差距達 53%，但有六位耆老的辨識率為 0%，惟此六位耆老中有五位耆老對 A 類點位卻有不錯的辨識率，總共辨識了 32 個點位，約佔 A 類總辨識成功點位之 42%；C 類點位的辨識率最低，無一辨識成功。

為何不同耆老對不同類別點位會有辨識的差異呢？若能瞭解其原因，將有助於日後運用此方法時，能夠有效的邀請耆老，達到辨識的目的。從耆老的生活史的訪談發現他們多係移民的第二代，長期居住於本區域，除了短暫的就學或就業曾經遷居外，其餘大部分時間皆在本區域內操持農業維生，長期生活活動經驗的累積，使耆老們非常熟悉區域內固定的人造建物或地物(A 類地物)，甚至能夠指認其變遷，例如 M05 耆老

表 2 辨識結果依耆老別統計

耆老代號	A 類點位(共 13 個)		B 類點位(共 15 個)		C 類點位(共 14 個)	
	辨識成功數	辨識成功率	辨識成功數	辨識成功率	辨識成功數	辨識成功率
M01	13	100%	8	53%	0	0%
M02	9	69%	3	20%	0	0%
M03	6	46%	0	0%	0	0%
M04	12	92%	6	40%	0	0%
M05	7	54%	0	0%	0	0%
M06	4	31%	0	0%	0	0%
M07	9	69%	7	47%	0	0%
M08	6	46%	0	0%	0	0%
M09	9	69%	0	0%	0	0%
M10	1	7.69%	0	0%	0	0%
平均辨識成功率	58%		16%		0%	

因為長期居住在第一護管所(A4)附近，所以在辨識護管所點位時，亦同時補充說明過去的警力配置以及館舍搬遷的歷史；而 M07 與 M04 等耆老因為曾經利用林道前往阿里山地區販售農產，所以補充了檢查哨、造林苗圃的所在以及前往阿里山的林道路徑。除了農業活動外，許多耆老也曾參與 1960 年代開始的林相改良工作，在山林中伐林與植林，因此對於護管所、檢查哨、苗圃等林業設施的位置也十分熟悉，同時也能正確辨識對所經路徑的吊橋、路口等。

這些耆老雖然操持農業為生，但因為區域內土地皆屬台大實驗林班地，只能在少數平坦的承租地進行農作種植，所以還必須利用秋冬的農閒時期，深入周邊林地採集森林副產物，補貼家計，這樣的兼業農業營生型態，也讓部分耆老能夠實際接觸林班地內的河流、地形與地物，並有在地口語化的命名，例如：大溪、大彎、石山、炸彈寮、坪仔頂…等，這些地名指稱的是河系的流向、採集的資源點、引水口、崩塌地的位置…等，所以部分有採集經驗的耆老對於的河流轉彎處或河流匯流處(B 類地物)，皆非常熟悉而能正確辨識，甚至清楚地說明地景改變的關鍵事件與時間點。以 M05、M01 兩位耆老為例，他們除了有豐富採集經驗外，甚至還擔任採集活動的領隊，所以在點位辨識過程中，還能補充說明該區域可採集的資源，例如：天門冬(草藥)、愛玉子、竹筍、木耳…等。

除此之外，河系在耆老的腦中也扮演著『在地座標系統』的角色，例如：M02、M03、M06 等耆老在辨識 A 類地物位置時，都會輔以河流的流向、方位(左右岸)、曲折、匯流等來判斷點位的位置。

#### 4.2 不同類型控制點位的辨識正確性

點位辨識成功還必須具備正確性，才能夠成為空間定位的控制點，因此進一步計算個別耆老的辨識成功點位的 RMSE，由於 A、B 類點位的辨識成功率差異極大，例如：接近三分之二的耆老(M03、M05、M06、M08、M09、M10)辨識成功的點位都屬於 A 類點位，B 類無一辨識成功，所以再分別計算 A、B 兩類點位的 RMSE，瞭解 A、B 兩類地物除辨識成功率的差異外，辨識正確性是否也存在明顯差異(表 3)。

A 類點位中除了 M10 僅辨認成功一個點位以致資料不足無法計算外，其餘九位耆老中有八位的 RMSE 低於 230 公尺，其中五位誤差低於 200 公尺，表現最好的耆老誤差為 37.16 公尺，僅有一位耆老誤差高達 1563.6 公尺；B 類點位因辨識成功率較低，僅有三位耆老辨識成功的點位符合最低樣本需求，其中表現最好的 M07 耆老 RMSE 值為 32.29 公尺。若從 M07 耆老的生活史進行分析，便可發現其曾經因為救災的因素，接觸過其他單位所提供之航照圖，已初步熟習以航照的正射角度連結地形特徵與建物位置，在非初次閱讀

表 3 個別耆老辨識正確性(RMSE)

耆老代號	A+B 類點位		A 類點位		B 類點位	
	個數	RMSE (公尺)	個數	RMSE (公尺)	個數	RMSE (公尺)
M01	21	313.28	13	226.92	8	165.24
M02	12	1427.07	9	1563.6	3	無法計算
M03	6	216.61	6	216.61	0	NA
M04	18	408.94	12	215.82	6	400.73
M05	7	102.08	7	102.08	0	NA
M06	4	37.16	4	37.16	0	NA
M07	16	114.56	9	133.67	7	32.29
M08	6	108.07	6	108.07	0	NA
M09	9	182.77	9	182.77	0	NA
M10	1	無法計算	1	無法計算	0	NA

表 4 A 類控制點組合及其 RMSE

點位總數	RMSE	點位編號 (耆老編號)												
		A1 (M06)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	A8 (M05)	A4 (M05)	A2 (M08)	A11 (M04)	A13 (M04)	A10 (M01)	A12 (M01)
4	20.998													
5	16.332													
6	13.840													
7	14.669													
8	14.576													
9	20.776													
10	20.150													
11	41.966													
12	73.708													
13	72.789													

航照的情形下，雖然本研究提供了不同版本的航照，但其仍表現出相當高品質的點位辨識成果。

若不區分點位類別，以每位耆老為計算單元，將 A 類與 B 類點位合併計算 RMSE，結果發現有兩位耆老合併 A 類與 B 類後的表現，比 A 類或 B 類個別表現遜色，其中 M04 耆老主因 B 類點位的辨識正確性極低。M02 耆老對於 B 類點位僅成功辨識 3 個點位，以致無法計算 RMSE，但與 A 類點位合併後，總點位數目達 12 個，其 RMSE 略低於僅使用 A 類點位的計算結果，亦即整體辨識正確性稍有提升。

#### 4.3 最佳的控制點組合及其品質

本研究的目的是企圖藉由耆老的在地知識來辨識控制點位，然後從眾多的辨識點位中，評估其正確性，最後選取適當之點位做為控制點，適當控制點的選取採用窮舉法(exhausted search method)，計算所有辨識成功點位可能組合的 RMSE。

首先針對 A 類 76 個點位進行組合，發現超過 10 個點位組合的 RMSE 值開始遽增，原因是後續納入的點位都已是正確性較低的點位，表 4 列出 4 至 13 個點位組合的計算結果，顯示 6 個

表 5 B 類控制點組合及其 RMSE

點位 總數	RMSE	點位編號 (耆老編號)								
		B1 (M07)	B10 (M07)	B2 (M07)	B8 (M07)					
4	22.699	B1 (M07)	B10 (M07)	B2 (M07)	B8 (M07)					
5	22.712	B1 (M07)	B10 (M07)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)				
6	21.290	B1 (M07)	B10 (M07)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	B7 (M07)			
7	29.889	B1 (M07)	B10 (M07)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	B7 (M07)	B9 (M07)		
8	34.441	B1 (M07)	B10 (M07)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	B7 (M07)	B9 (M07)	B11 (M01)	
9	73.924	B1 (M07)	B10 (M07)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	B7 (M07)	B9 (M07)	B11 (M01)	B5 (M01)

點位組合的 RMSE 值最小(13.84 公尺)，點位包括 M06 耆老所提供的 A1 (松山橋)、A9 (道路交叉口 2)、A6 (和社溪吊橋)，以及 M07 的 A5 (神木國小)、M05 的 A7 (愛玉子溪吊橋)與 M01 的 A3 (阿里山神木工作站)。

B 類 24 個點位的組合結果與 A 類點位相似，在超過 9 個點位組合的 RMSE 值開始遽增，表 5 為 4 至 9 個點位組合的計算結果所示，同樣顯示 6 個點位的組合 RMSE 值最小 (21.29 公尺)，其中五個點位由 M07 所提供，分別是 B1 (愛玉子溪 2)、B10 (松山溪 1)、B2 (愛玉子溪 1)、B8 (鹿鳴溪 1)、B7 (志中-鹿鳴溪匯流)，並搭配 M04 所提供的 B3 (志中溪 1)。

將 A、B 兩類點位混合進行搭配組合，同樣發現在超過 20 個點位的組合後，其 RMSE 值開始遽增，表 6 顯示 4 至 22 個點位組合的計算結果。令人振奮的是 M07 耆老所提供之 B1、B10、A5 等三個控制點，配合 M06 耆老所提供之 A1 控制點進行混合組合，可以獲得最佳的 RMSE 值，僅 7.9 公尺，相較於 A 類或 B 類點位的單獨組合結果(A 類：13.84 公尺、B 類：21.29 公尺)，混合組合的 RMSE 呈現明顯提升。此結論顯示點位辨識率對整體空間定位的品質並無直接關係，某些點位不易被辨識，但若有少數耆老辨識成功且正確性高，則對整體的貢獻度極大，B1 與 B10 兩個點位即為明顯例子，二者分別只有 2

及 3 位耆老辨識成功，但卻能夠與 A1 及 A5 組合成 RMSE 小於 8 公尺的最佳組合。研究結果也顯示耆老雖生活於相同區域，生活經驗雖相似但並不完全相同，所具備的在地知識也因此存在差異性，任何地物皆有被正確辨識的可能，以數學方法尋找最佳組合即可獲得品質優良的控制點，達到成功定位的目的。

## 五、結 論

航照是地表現象的真實複製，是地理資訊系統重要的資料來源，近年航照拍攝已進入數位化時代，且與定位系統搭配，極易完成空間定位處理並與 GIS 資料整合應用。然歷史航照多為類比式照片，雖可掃描成為數值檔，但無明顯定位資訊可供使用，尤其山區的歷史航照更難有明顯地物可做為空間定位的控制點，以致無法整合於地理資訊系統中。本研究導入地方知識的概念，假設長期生活於在地的人士對於該地的環境應具備豐富的空間知識，因而可以協助空間定位控制點的辨識。研究方法是以南投縣信義鄉神木村的年長居民為對象，以一張 1940 年代的歷史航照為素材，配合現有之像片基本圖與地名資訊，發展一歷史航照控制點辨識與處理的作業方法。

研究過程共邀請到十位神木村耆老參與研究，針對研究團隊所提供的 42 個已知參考點位供其辨識，後以窮舉法篩選適宜的地物做為控制



表 6 A、B 兩類控制點組合及其 RMSE

點位 總數	RMSE	點位編號 (耆老編號)														
		B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)
4	7.8953															
5	13.0111	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)									
6	12.3557	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)								
7	11.9945	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)						
8	12.6565	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)						
9	14.5879	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)					
10	14.9959	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)				
11	16.8356	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)			
12	16.9816	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)		
13	17.8843	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)	
14	21.2959	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)	B9 (M07)
15	23.8711	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)	B9 (M07)
16	25.6519	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)	B9 (M07)
17	29.5055	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)	B9 (M07)
18	35.5621	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)	B9 (M07)
19	47.8839	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)	B9 (M07)
20	63.144	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)	B9 (M07)
21	71.8497	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)	B9 (M07)
22	82.7161	B1 (M07)	A1 (M06)	B10 (M07)	A5 (M07)	A5 (M07)	A9 (M06)	A6 (M06)	A7 (M05)	A3 (M01)	B2 (M07)	B8 (M07)	B3 (M04)	A8 (M05)	B7 (M07)	B9 (M07)

點，最後獲得 RMSE 值 7.9 公尺的最佳定位成果，耆老的在地知識分析顯示在研究區內具備生活經驗是必要條件，其次，具備航照閱讀經驗也顯示會影響辨識能力；同時，目前仍然存在的地物辨識力較高；而親身經驗的累積是在地知識的基礎，本研究中一般地形特徵例如山峰的辨識度低，甚至無法辨識可以驗證此論點，山峰是山的最高點，通常以其名稱代表整個山脈，地圖會將其名稱標示於山峰位置，因此是耳熟能詳的名稱，但耆老過去生活活動主要發生在山林中，較少機會親臨山峰，因此在辨識過程中，無法確知其正確位置。在過程中也發現耆老雖有相似的生活經驗，但仍存在空間認知的差異，其中一位女性耆老就提到她雖一起參與伐木、造林工作，但都是跟隨其他人行走，對山林的熟悉度自然不如帶路的領導者，也因此對於點位的辨識能力不如其他耆老。

研究結果顯示，在地知識的確可以提供有效的控制點位，做為歷史航照空間對位的基準，因此，只要居民擁有適當的在地知識，都可以引用本研究所研擬的定位方法。但是如何評估居民存在適當的在地知識是一件不容易的事情，研究過程顯示，即便同一地區的居民，其所擁有的在地知識也存在極大的差異，不易進行事前評估。因此，只要居民具備歷史航照拍攝時期的生活經驗，即可假設其具有在地知識，透過數學方法的演算，設定精度要求，篩選適當的控制點組合，就能夠有效的完成空間定位處理。

## 誌謝

本研究承蒙國科會專題研究計畫經費補助(計畫編號：NSC-100-2410-H-002-172)，特此誌謝；也感謝中央研究院地理資訊研究專題中心提供的歷史航照；同時感謝匿名審查委員提供之精闢審查意見。

## 參考文獻

1. Aswani, S. and Lauer, M. "Incorporating fishermen's local knowledge and behavior into geographical information systems (GIS) for

- designing marine protected areas in Oceania", *Human Organization*, 65(1): 81-102, 2006.
2. Balletti, Caterina "Georeference in the analysis of the geometric content of early maps", *e-Perimtron*, 1(1): 32-42, 2006.
3. Chalmers, N. and Fabricius, C. "Expert and generalist local knowledge about land-cover change on south Africa's wild coast: Can local ecological knowledge add value to science", *Ecology and Society*, 12(1): 10, 2007.
4. Chang, Kang-tsung, *Introduction to Geographic Information Systems*, 6<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill: New York, 2012.
5. Goodchild, M. F. "Geographic information science and system for environmental management", *Annual Review of Environmental and Resources*, 28: 493-519, 2003.
6. Hughes, Michael L., McDowell, Patricia F. and Marcus, W. Andrew, "Accuracy assessment of georectified aerial photographs: Implications for measuring lateral channel movement in a GIS", *Geomorphology*, 74:1-16, 2006.
7. Kim, Jae-Sung, Miller, Christopher C. and Bethel, James "Automated Georeferencing of Historic Aerial Photography", *Journal of Terrestrial Observation*, 2(1):57-65, 2010.
8. Peloquin, Claude and Berkes, Fikret, "Local knowledge, subsistence harvests, and social-ecological complexity in James Bay", *Human Ecology*, 37: 533-545, 2009.
9. Xiang, Haitao and Tian, Lei, "Method for automatic georeferencing aerial remote sensing (RS) images from an unmanned aerial vehicle (UAV) platform", *Biosystems Engineering*, 108: 104-113, 2011.
10. 信義鄉戶政事務所：「村里鄰人口數」，[http://sinyihr.nantou.gov.tw/CustomerSet/032\\_population/u\\_population\\_v.asp?id={1D9E6F5A-B6BB-477D-A6AF-7261525A2002}&yy=102&mm=03](http://sinyihr.nantou.gov.tw/CustomerSet/032_population/u_population_v.asp?id={1D9E6F5A-B6BB-477D-A6AF-7261525A2002}&yy=102&mm=03), 2013.

11. 莊永忠、江正雄、廖汝銘、范毅軍：「多尺度歷史航照於地景變遷分析之應用-以台灣石門水庫上游集水區為例」，空間綜合人文學與社會科學論壇，香港，2009。
12. 溫紹炳：「臺灣樟腦產業與客家人散佈研究」，臺南市客家文化協會執行成果報告，2003。
13. 廖炫銘、范成棟：「地圖與遙測影像主題典藏數位化」，第二屆數位地球國際研討會，台北，2004。

收稿日期：民國 102 年 3 月 7 日

修正日期：民國 102 年 5 月 2 日

接受日期：民國 102 年 5 月 16 日