

# 臺灣歷史航照影像糾正對位

江若慈<sup>1\*</sup> 賴柏溶<sup>2</sup> 曾義星<sup>3</sup>

## 摘要

航照像是地表現象的忠實記錄，歷史航照影像直接地記錄過去某個時間點的地表現象，包括當時的土地利用、自然資源、道路及聚落等空間分布，能夠呈現過去人文社會、經濟活動與自然環境的變遷。臺灣主要的歷史航照包括美軍(1943~1952年)、空軍(1954~1976年)以及農林航空測量所(1976年至今)所拍攝累積的照片。要利用這些歷史航照影像，以萃取時空地理資訊，必須將這些影像糾正對位到共同的坐標系統上。本文以台江內海區域為例，將不同時期的空照影像糾正對位到現行的國家坐標系統(TWD97)。農林航空測量所的影像屬製圖應用的標準航測影像，可應用空中三角測量的方法進行幾何糾正並產製正射影像。然而美軍及空軍的航拍目的主要為軍事偵察，所使用的相機無明確的內方位資訊，影像的重疊也不符合航測的標準，無法以制式的空中三角測量法進行糾正對位。本研究嘗試以聯合解算方式，求得同時期所有重疊影像的仿射轉換參數，獲得糾正對位的資訊。此方法雖然不如空中三角平差嚴謹，但是可以在無相機內方位資訊的情形下，獲得整體的對位成果。實驗結果顯示，應用此方法於美軍空照影像，其定位內部精度可達 6.5m，相對於以空三解算農林航空測量所影像的定位精度(2m)，雖然較低，但此對位精度相信已經符合於時空地理資訊分析的需求，可推廣歷史航照的應用。

關鍵字：歷史航照影像、對位、空中三角測量、仿射轉換

## 1. 前言

### 1.1 動機與目的

臺灣最早期的航照像片檔案是二次世界大戰後期(1943~1945年)，美軍為了軍事目的所拍攝的偵查照片。在1947~1952年間，美軍仍協助本國空軍，以基本地圖編繪及國土資源調查為目的，持續大規模航拍任務。1954~1976年間為了調查全島森林資源，成立森林資源及土地利用航測調查隊(今農林航空測量所前身)，並委託國防部空軍拍攝航照，1976年後農林航空測量所購置飛機，執行各式像片基本圖製作以及資源調查工作，累積至今所拍攝並且儲存的航照像片有上百萬張。

航照像片具有呈現地表真實資訊的特質，而歷

史航照的蒐集提供臺灣地區歷史、人文、社會以及自然環境在各時期變化之記錄，經過糾正對位後之影像使得資料在使用上更加便利。一般符合製圖應用的標準航測影像，可應用空中三角測量的方法進行幾何糾正並產製正射影像，然而早期美軍及空軍歷史航照像片的航拍目的主要為軍事偵察，且這些影像在當時被視為是機密資訊，因此所使用的相機參數無明確的內方位資訊，無法以制式的空中三角測量法進行糾正對位，針對這些內方位參數不明確的影像，本研究嘗試以聯合解算方式，求解同時期所有重疊影像的仿射轉換參數，獲得糾正對位的資訊，以進行臺灣歷史航照影像的糾正對位。

### 1.2 相關研究

從歷史航照影像萃取過去的空間資訊及地表

<sup>1</sup> 國立成功大學測量及空間資訊學系 碩士生

<sup>2</sup> 台南市鹽水地政事務所 測量技士

<sup>3</sup> 國立成功大學測量及空間資訊學系 教授

\* 通訊作者, E-mail: rosechiang79@gmail.com

收到日期：民國102年12月19日

修改日期：民國103年04月07日

接受日期：民國105年05月16日

現象，可建立時空地理資訊，為達此目的影像的糾正對位是一項重要的工作。航空照片及衛星影像對於探究過去的地景舊貌、自然地地形與社會文化的變遷演化等提供了最真實的證據，而台灣現存最早期的航空照片為二次世界大戰後期美軍偵察台灣所拍攝的影像，目前由工研院綠能所及中央研究院典藏與數位化歷史航照(廖泮銘、等，2011)。一般而言，我們可以藉由攝影測量的光束法平差來進行影像方位的糾正，但由於早期由美軍及空軍的航拍目的主要為軍事偵察所用，航拍相機未必由標準量測型相機所拍攝，且相機率定報告亦多半遺失，因此這些影像的內方位參數並不明確；而外方位參數由於過去歷史航照拍攝時尚未以 GPS 輔助空中飛行定位，僅能參考當時的飛航任務航跡圖(江正雄、等，2006)或是藉由一幅參考影像自行辨認拍攝位置以及計算概略的外方位資訊。航照影像在內、外方位參數不明確的情況下無法以制式的空中三角測量方法進行嚴謹的影像幾何糾正，故需藉由其他的方法以完成歷史航照影像的糾正對位。

在國內莊永忠、等(2009)及(2011)、梁平、等(2011)運用橡皮伸張法(rubber sheeting)的原理，對歷史航照影像進行對位；在國外歷史航照影像糾正對位的方法上，Aguilar *et al.* (2009)及(2012)分別將無相機參數的歷史航照像片利用五種自率光束法平差模型來解算各種參數，進行關於西班牙歷史航照的幾何糾正，後者更進一步比較五種自率光束法平差模型的精度評估，找出適合該條航帶的誤差模型，來改善歷史航照的系統性誤差。

此外，在國外對於歷史航照亦是善加典藏並利用，在葡萄牙里斯本 IGeoE 機構 (Instituto Geográfico do Exército) 蒐集了許多葡萄牙的歷史航照影像，他們不僅復原葡萄牙歷史航照的輻射及幾何糾正資訊，讓這些像片具有對位的資訊，並且將這些資訊建置一個歷史航照的地理資料庫，讓使用者能有效的利用這些圖資，並且有助於提供時間序列的變遷研究以及後續的研究(Redweik *et al.*, 2010)；而在日本的國土地理院 (Geospatial Information Authority of Japan) 整理並公開 1945 年以來完成對位的歷史航拍影像，且能夠瀏覽及套疊

各個時期歷史航照影像至現在的地圖，架設 GSI Maps 展示於網路平台上(地理院地圖，2014)。

由於歷史航照是一項可直接呈現地表樣貌的重要資訊(Redweik *et al.*, 2010)，因此發展出不少相關的應用層面，其中以自然地理變遷及歷史事件變遷之應用最為廣泛。Cardenal *et al.* (2006)以自率光束法進行歷史航照影像對位，並應用於地滑變遷研究；周稟珊(2006)判釋近二十年的歷史航照來探討林口台地的崩壞地特性；翁毓穗、等(2010)利用古地圖及歷史航照以及近期的正射影像進行影像判釋，來探討莫拉克颱風造成楠梓仙溪之洪水淹益情形，以及其歷史河道活動範圍；莊育侃(2010)運用了歷史航照與日治時期地形圖資料探討花蓮海岸的地形變遷；莊永忠、等(2011)運用地理資訊系統(GIS)整合歷史地圖與歷史航照等圖資，並將其賦予地理坐標系統，探討陳有蘭溪集水區自然環境變遷、人為活動與聚落的發展之空間關係；然而，研究者必須充分了解這些圖資所能提供的訊息與使用上的限制，且需要確定圖像資料的誤差必須遠小於真正的變遷量，才能夠讓此結果有意義(沈淑敏、等，2003)。

因此，為了善加利用這些珍貴的歷史航照影像及有利於後續的應用，本研究將對台灣早期歷史航照影像進行空間對位並評估其精度，若是符合標準航測規範之影像則以空中三角測量的方式進行幾何糾正並產製正射影像；而無法以制式的空中三角測量法進行糾正對位的歷史航照影像，則另以仿射轉換的方式進行像片對位，最後將不同時期的空照影像均糾正對位到現行的國家坐標系統(TWD97)，並透過地理資訊系統(GIS)平台的展示，讓不同時期的歷史航照影像能與現今的影像套疊，進行幾何量測、點線面的數化以及一些簡單的空間分析，以利呈現過去至今的人文社會、經濟活動及自然環境的變遷情形，成為最直接、有利的考證。

## 2. 研究資料

### 2.1 研究區域

研究範圍位於台灣西南部沿海，為台南市的古

台江內海區域，此範圍為台江內海地區廣義的定義，指的是在台江內海尚未浮覆、淤積成陸地時，從北而南由數個沙洲所包圍的區域，涵蓋了整個台南沿海地區，如圖 1 所示。研究範圍定義北至八掌溪出海口，南至二仁溪出海口，以此範圍間之平原地區為依據做為歷史航照影像的對位範圍。

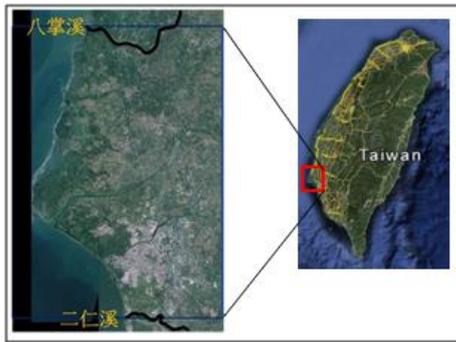


圖 1 研究範圍

## 2.2 研究資料

本研究所使用的研究資料為台灣早期的歷史航照影像，資料共可分為兩類，一類為美軍於 1947 年與 1948 年所進行的航拍任務，航拍目的為基本地圖編繪及國土資源調查，原始影像由工研院綠能與環境研究所保存。此類影像屬於非標準航測影像，所使用的相機無明確的內方位資訊，且影像間重疊率亦不符合航測的標準規範；此外，數位檔案取得係運用沖印後的航照相片，因此，數位掃描器本身的精度與幾何特性，也添加額外的誤差。表 1 為本研究使用此類像片之航照影像，內容包含了各個拍攝任務編號(西元紀年)、使用航片以及使用張數，一共包含了 7 條航帶，總共 87 張影像。

表 1 美軍航照影像整理

任務編號	航片	張數
47m7075	14_28	15
47m7075	63_78	16
47m7075	93_109	17
47m7075	120_129	10

47m7075	137_144	8
47m0910	178_190	13
48m0014	75_82	8
重疊影像張數		87

另一類影像為農林航測所於 1970 年代所拍攝的航照像片，屬於標準航測影像，影像的重疊符合航測的標準規範，使用標準量測型相機—RMK A 15/23 進行拍攝任務，內方位資訊參考農林航空測量所網站中航空攝影紀錄資料之航測相機率定報告。表 2 為使用標準航測影像之歷史影像，內容包含了各拍攝任務編號(以民國紀年)、使用航片以及使用張數，一共使用了 8 條航帶，總共 240 張影像。

本項資料係利用原始航照底片，且運用高精度航照掃描儀進行數位化，因此精度上會好很多。

表 2 航照影像整理

任務編號	航片	張數
64-024	5_31	14
64-024	297_335	20
64-025	121_200	41
64-026	316_374	30
64-026	154_226	37
64-026	59_145	44
65-001	148_198	26
65-001	82_136	28
重疊影像張數		240

1970 年代之空照影像屬於量測型相機所拍攝，其影像內方位穩定且畸變能以數學模式描述系統性誤差，因此透過內方位參數及透鏡畸變的校正(徑向畸變差相對於輻射畸變差較小，故本研究僅針對輻射畸變差加以改正)，能將影像改正回符合共線特性的中心透視投影，其使用相機—RMK A 15/23 的內方位及輻射透鏡畸變差分別如下表 3 及表 4。

表 3 RMK A 15/23 相機參數

焦距 (mm)	153.049			
像主點 $X_0$ (mm)	-.015			
像主點 $Y_0$ (mm)	-.012			
影像大小 (mm)	230*230			
框 標	X1	112.981	Y1	-.018
	X2	-113.026	Y2	-.009
	X3	-.025	Y3	112.99
	X4	-.015	Y4	-113.012

表 4 RMK A 15/23 輻射透鏡畸變差

Radius (mm)	變形量(microns)
0	0
10	0
20	-1
30	-2
40	-2
50	-2
60	-2
70	-2
80	-2
90	-2
100	-3
110	-2
120	0
130	0
140	4
150	6

### 3. 研究方法

#### 3.1 實驗流程

本研究將歷史航照影像的性質分為兩大類，一類為符合標準航測影像並具有相機參數的歷史航照，另一類為不符合標準航測規範之影像，且缺乏相機參數的歷史航照。而歷史航照的糾正對位方法

依據該航照影像是否符合標準航測影像而定，1970 年代由農林航空測量所拍攝的影像符合標準航測影像，且具有相機參數，因此可遵循一般空中三角測量的流程進行影像的幾何糾正，並產製出正射影像，本研究於數值攝影測量工作站使用商業軟體 SOCET GXP 4.0 產製正射影像，以 2009 年 2m 解析度的福衛二號衛星影像作為參考影像，在上面選取現今與過去的不變點作為控制點進行空中三角測量解算；而 1947、1948 年份不符合標準航測規範且不具備相機參數的影像，因所使用的相機無明確的內方位資訊，無法以制式的空中三角測量法進行歷史航照影像的糾正對位。

針對這些不符合標準航測規範的歷史航照影像，本研究利用數學模式的聯合解算，在無需相機內方位資訊的情形下，同時求解所有重疊影像的仿射轉換參數，將獲得的六個仿射轉換參數，寫入影像的坐標資訊檔(World file)，得到糾正對位的資訊。首先利用單張後方交會計算該條航帶頭尾兩張像片的中心位置，再按照航片之排列順序，假定每張像片的拍攝時間間隔固定，依比例以內插計算出每張像片中心的位置作為外方位參數之近似值，並在數值攝影測量工作站以 SOCET GXP 4.0 軟體萃取出影像重疊範圍間之連結點，由於 2009 年的福衛二號影像距離 1947 年代的影像相隔約 60 年之久，因此以 1970 年代之航照影像為基準，在 1970 年代所產製之正射影像上選取不變點作為控制點，利用區域內 TWD97 坐標系統的控制點，和航帶內與航帶間各張影像的連結點，同時平差計算出各張像片的轉換參數，最後再將各條航帶鑲嵌拼接成一幅完整的影像，並且與 1970 年代的正射影像統一以現行的國家坐標系統(TWD97)套疊、展示於 GIS 平台，研究流程如圖 2。

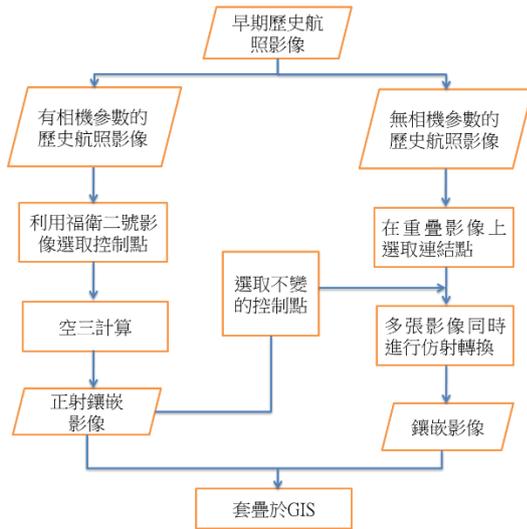


圖 2 研究流程

### 3.2 仿射轉換演算法

仿射轉換又稱六參數轉換，考慮兩平面坐標系之間的六個轉換參數，此六參數分別為對兩坐標系原點  $x, y$  坐標的平移、 $x, y$  方向尺度因子、 $x, y$  坐標軸的非正交角，以及  $x$  軸旋轉角，來進行平面坐標之間的轉換糾正，其運算式可以矩陣形式表示如下式(1)：(Mikhail *et al.*, 2001)

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ d & e \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ f \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

其中：

$a、b、c、d、e、f$  為六參數

$y_1、y_2$  為轉換完坐標結果

$x_1、x_2$  為轉換前的待轉坐標

在仿射轉換所使用的控制點是由 1975~1976 年航照照片所產製的正射影像上尋找與早期 1947、1948 年份航照影像上相對應的不變點做為控制點，於 IPM(Interactive Point Measurement)視窗中重疊影像的範圍中點選多重控制點，控制點的選擇通常位於地面上的明確點，例如道路、宗地的交叉點或影像灰階有明顯變化的角點，為了減少航照影像高差位移的影響，因此控制點的選取盡量以位於平面

上的地面點為主，而不選擇位於房屋或是具有高度的物體上做為控制點；而連結點則是由數值攝影測量工作站 SOCET GXP 4.0 以自動連結點匹配(ATM)方式，設定連結點的分布形式為均勻地分佈於影像上九個角點(如圖 3)，連結點自動匹配後以人工的方式編修，修正匹配錯誤或誤差較大的連結點，由 GXP 輸出連結點及控制點的點位資料，進行後續的仿射轉換計算。

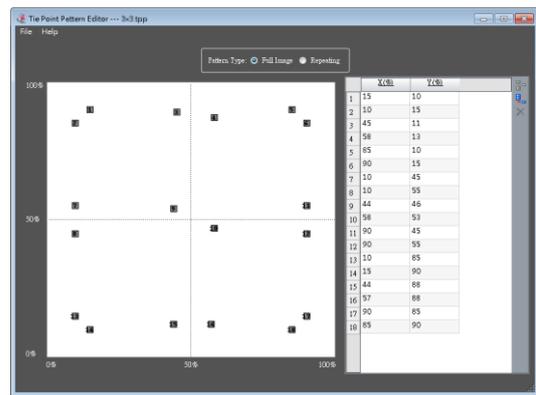


圖 3 連結點分布形式

本研究分為兩部分進行計算，以取得對位資訊的六參數，觀測方程式及其說明如下：

(1) 第一部分

在第一部份的觀測方程式為線性方程式，各點的影像坐標與控制點的物空間坐標為已知，每個點可列出兩條式子，因此將區域中的連結點以及控制點同時列式以最小二乘平差法求解各張影像轉換參數與連結點的物空間坐標，解算出平面轉換參數，做為第二部份的平面轉換參計算的初始值。

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_{x_j} \\ V_{y_j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ d & e \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_j \\ y_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ f \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_j \\ Y_j \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

其中：

$x、y$  為各點的影像坐標

$X、Y$  為控制點的物空間坐標

$a、b、c、d、e、f$  為各張影像的轉換參數

(2) 第二部分

$$\begin{bmatrix} x_j \\ y_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_{xj} \\ V_{yj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_j \\ Y_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E \\ F \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

再加入控制點的約制

$$\begin{bmatrix} X_j' \\ Y_j' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} VX_j \\ VY_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_j \\ Y_j \end{bmatrix} \dots\dots\dots(4)$$

其中：

- x、y 為各點的影像坐標
- X、Y 為各點的物空間坐標
- X<sub>j</sub>'、Y<sub>j</sub>' 為物空間坐標之觀測量
- A、B、C、D、E、F 為各張影像的轉換參數

第二部分中，每個像點的影像坐標為觀測量，連結點的物空間坐標和各張影像的六個轉換參數為未知數，並且將控制點的物空間坐標視為觀測量加入約制求解。

在計算的過程中，由於第二部份的觀測方程式為非線性，故將方程式以泰勒展開式的一階項將方程式線性化，並利用第一部分所計算出的各張影像轉換參數 a~f 反算至 A~F 與連結點的物空間坐標當成初始值，將絕對的物空間坐標反算回像空間坐標系，進行非線性的平差解算，以符合嚴謹條件的整體網型平差。

在進行最小二乘法平差求解各張影像轉換參數時，利用迴圈迭代更新未知數的近似值，即為原近似值加上對近似值的微小修正量，當此修正量小於 0.00001 時，得到轉換參數 A~F 以及各像點的物空間坐標，最後再將其反算回 a~f，寫入影像的坐標資訊檔(World file)，以獲得各張影像平面的糾正對位資訊。

### 4. 研究成果

#### 4.1 影像對位結果

圖5為1947年代以仿射轉換解算美軍非標準航測影像之對位成果，並且套疊2009年福衛二號衛星影像展示於 GIS 平台上。總共使用87張影像，

一共由七條航帶拼接而成的範圍，平均在每張影像上的連結點個數約為8個，平面控制點數目為47個，對位成果的檢核以控制點 X 及 Y 方向殘差的標準差為後驗精度，代表轉換結果的內部精度評估，X 的精度約為6.5公尺，Y 的精度約為6.1公尺，每個像元的大小約為0.95公尺；為了獨立地檢驗影像對位之外部精度，我們在影像重疊區域範圍內均勻地挑選23個獨立的檢核點，結果顯示 X 及 Y 方向的平均點位偏差分別為0.22(公尺)及-3.21(公尺)，RMSD 分別為±13.22(公尺)及±14.41(公尺)，其誤差向量如圖4所示。整體對位精度及影像資訊如表5所整理，圖6中為1947年代歷史航照影像的位置分布及控制點的分布圖，圖中三角型符號為平面控制點之位置。

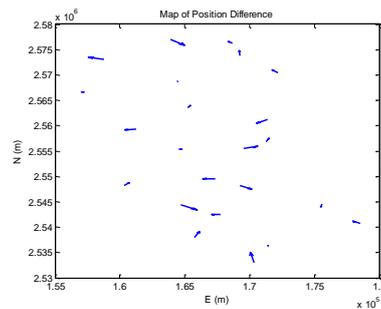


圖 4 1947 年代歷史航照檢核點誤差向量圖



圖 5 1947 年代歷史航照對位成果

表 5 1947 年代航照影像對位精度

影像張數	87	
連結點個數	721	
平均每張影像上連結點個數	8.3	
控制點個數	47	
影像解析度	0.95m	
	X (m)	Y (m)
內部精度	6.5	6.1
RMSD	±13.22	±14.41

為全控制點之位置，控制點主要分布於全區影像的四周及各條航帶間側向重疊區，以確保航帶與航帶間具有良好的控制。

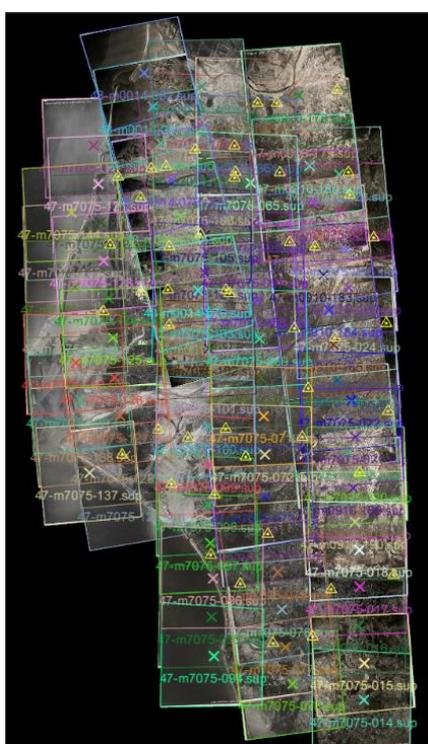


圖 6 1947 年代航照影像位置及控制點分布圖

圖 7 為 1970 年代以空三解算農林航空測量所影像之對位成果，並且產製正射影像展示於 GIS 平台上。總共使用 240 張影像，一共由八條航帶拼接而成的範圍，平均在每張影像上的連結點個數亦約為 8 個，總使用的全控制點數目為 66 個，經過空三平差後 X,Y,Z 的對位精度分別為 2.09、2.06、1.81 公尺，如表 6 所整理；而圖 8 為影像與全控制點的分布圖，彩色方框為各張影像之位置，可看到影像重疊及其各航帶的分布情形，黃色三角型符號

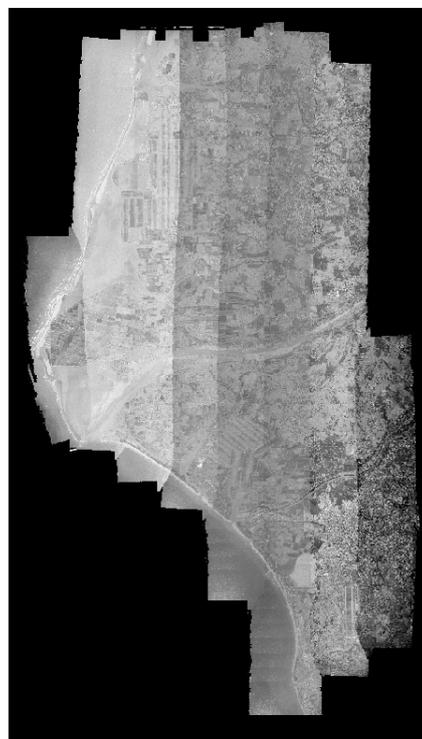


圖 7 1970 年正射影像成果

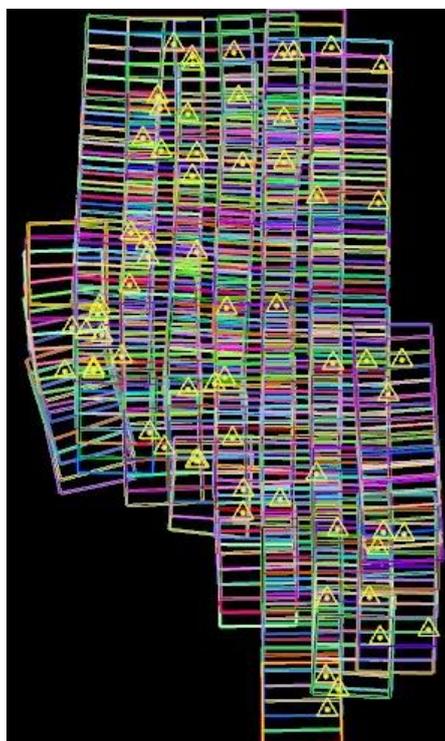


圖 8 1970 年代航照影像控制點分布圖

表 6 1970 年代對位精度

影像張數	240		
連結點個數	1969		
平均每張影像上連結點個數	8.2		
控制點個數	66		
影像解析度	0.3m		
精度	X (m)	Y (m)	Z (m)
	2.09	2.06	1.81

## 4.2 多時期影像比較

將上述歷史航照影像糾正對位至現行 TWD97 國家坐標系統後，我們可以在 GIS 平台上套疊不同時期的影像，透過一致的坐標系統，使我們能夠從多時期影像中比較現今與過去的變遷。下

表 7、表 8 分別以時間為主軸線，同步比較同一區域在不同時間點的演變，影像分別為現代 2009 年福衛二號影像、1970 年代歷史航照、1947 年代歷史航照，以及 1904 年台灣最早依據西方測繪技術測繪的精細地圖—台灣堡圖，時間軸系由現代向前推演到日治時期，一共對照四個時期的影像；藉此，我們能比較同一地區多時序的影像，萃取其時空地理資訊，來了解過去某個區域隨著歷史發展而變遷的歷程。

表 7 為台南西北岸沿海地區於同步多視窗上之比較，透過四個時期的比較，發現在 1970 年代之影像中，沿海原為水域的區塊已轉變做為陸地使用，並且出現了扇形區域的土地使用，此特殊區域為當時因應製鹽工法所發展的特殊使用，亦為此地曾經闢為鹽業發展的證明，至今從 2009 年的福衛二號衛星影像仍能清楚地看到當時遺留下來痕跡，同時，在 2009 年的影像可見新開闢了兩個小港口。

表7 台南(台江內海)沿海地區

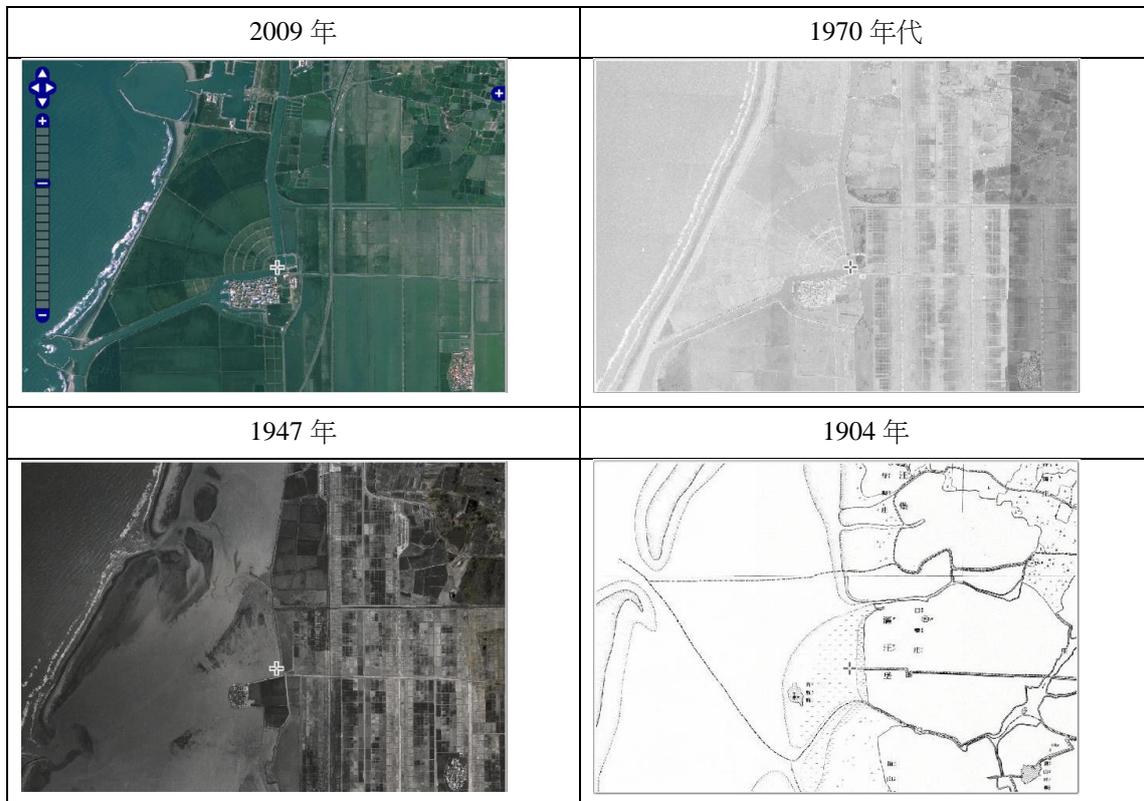


表8 台南都市地區

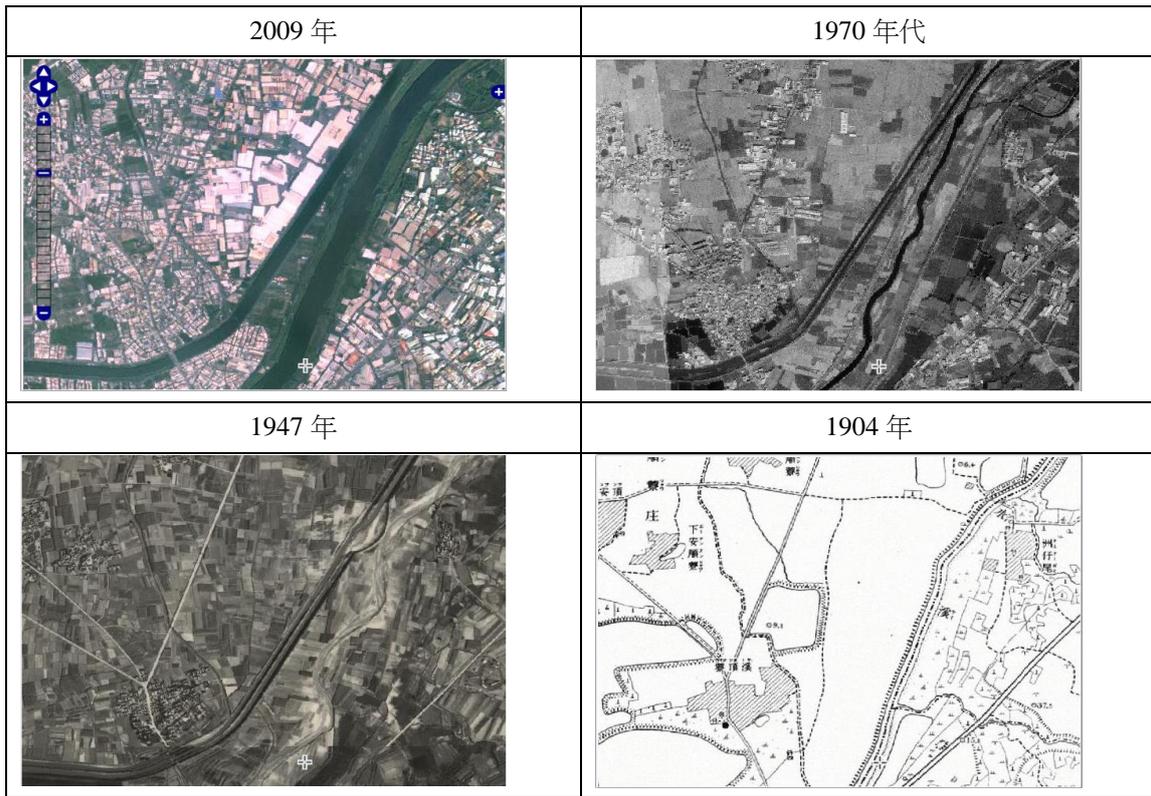


表8為台南都市區域在同步多視窗上之比較，範圍包含了鹽水溪岸及台南都會區域於四個時期的比較，可以從表中發現鹽水溪逐漸截彎取直的歷程，並且了解周邊的人文活動發展受到鹽水溪河道變遷而改變。在2009年的影像中可發現在河道經截彎取直後，居住地逐漸沿著鹽水溪兩岸的土地穩定發展；但從早期的歷史航照影像中發現鹽水溪河道兩岸鮮少有居住行為，周邊的居住地也分布得相當零星，是之後隨著都市的發展才逐漸地向河道兩旁延伸居住地，周邊的聚落也漸漸地從零散變為越來越密集的分布，由此可見此地區都市擴張的行為。

透過表7與表8的比較，我們可以得知百年來這些土地上的變遷情形，由上述的表格中可發現早期無論是在沿海區域或是都市區域的環境變遷都沒有後期大，直到了近幾十年來才出現明顯的地理及人文環境轉變，並且能夠藉由多時期歷史航照影像的糾正對位，清楚地了解其演變的歷程。

## 5. 結論

本研究利用臺灣歷史航照影像進行糾正對位，將不同時期的歷史空照影像依其影像特性糾正對位到現行 TWD97 的國家坐標系統，其中 1970 年代的歷史航照影像，利用 2009 年福衛二號衛星影像作為基準，應用空中三角測量的方式進行影像的幾何糾正，並產製正射影像，其平差結果 X、Y、Z 的精度分別為 2.09、2.06、1.81 公尺。

而當處理 1947 年代不符合標準航測影像之像片且所使用之相機無明確的內方位資訊時，可嘗試透過平面轉換的方式，以仿射轉換求解同時期所有重疊影像的仿射轉換參數，利用較高精度且年代接近的歷史航照(1970 年代)來糾正更早期的歷史航照(1947 年代)，將影像轉換至以現行國家坐標系統(TWD97)為基準的 X,Y 平面坐標系，進行糾正對位。此方法可以快速得到一條航帶或全區域中各張像片的對位資訊，不必在每張影像皆取得三個以上的平面控制點做單張影像的仿射轉換；此外，此方法雖然不如空中三角平差嚴謹，但是在無相機

內方位資訊的情形下，獲得整體的對位成果，且計算過程中不需要大量的控制點。由於尋找控制點是項耗時耗力的工作，尤其在歷史航照影像上控制點的蒐集更為困難，因此，此方法同時也可幫助節省工作的時間以及人力成本。

實驗結果顯示，應用此方法於美軍空照影像，其定位內部精度可達6.5公尺，相對於以空三解算農林航空測量所影像的定位精度(2公尺)，雖然較低，但此對位精度相信已經符合於時空地理資訊分析的需求，可推廣歷史航照的應用，證明了利用全區的仿射轉換是可以用來處理無相機參數航照影像的糾正與對位。

最後藉由將臺灣多時序歷史航照的糾正對位，可將各時期的影像圖資套疊至共同的坐標系統進行分析比較，並且善加利用這些對過去某個時間點地表現象忠實及珍貴的紀錄，希冀能夠有助於時空地理資訊的萃取以及歷史空間資訊變遷的研究，然而本研究方法在山區部分影像易受樹林遮蔽等，控制點尋找較平地不易，因此在處理山區影像的糾正與對位成果上會受到限制。

未來後續研究可以朝向自動化影像糾正與對位，並進一步嘗試利用較高階的數學模式，像是八參數轉換，更接近攝影測量中空三的非線性概念，也可嘗試使用將目前已知的近似方位套用在附加參數的自率光束法模型進行平差求解，比較各種轉換的結果與其精度，以提升無相機參數像片對位的精度，賦予歷史航空像片更精準的對位資訊。

## 致謝

感謝中央研究院人文社會科學研究中心地理資訊科學研究專題中心(Center for GIS, RCHSS, Academia Sinica)蒐集並提供台灣的歷史航空像片。

## 參考文獻

江正雄，廖泫銘，范成棟，張志君，林士哲，張馨方，2006。運用空間資訊技術輔助歷史航照影像地理空間標記處理模式之研究，2006年臺灣地理資訊學會年會學術研討會。

沈淑敏，張瑞津，2003。圖像資料在臺灣地區地形變遷研究上的應用與限制，師大地理研究報告，38:67-87。

周稟珊，2006。應用歷年航空照片判釋林口臺地的崩壞特性，國立臺灣師範大學地理學系碩士論文。

翁毓穗，沈淑敏，莊永忠，2010。莫拉克颱風在楠梓仙溪誘發之洪水與土石流作用及其溢淹範圍的含意，中國地理學會會刊，45:59-74。

梁平，莊永忠，吳治達，詹進發，廖泫銘，2011。多源遙測影像於宜蘭海岸濱線變遷偵測之應用，地理研究，55:47-68。

莊永忠，江正雄，廖泫銘，范毅軍，2009。多尺度歷史航照於地景變遷分析之應用—以臺灣石門水庫上游集水區為例，香港空間綜合人文學與社會科學論壇。

莊育侃，2010。運用歷史航照與日治地形圖資料探討花蓮地區之地形變遷，國立台北科技大學土木與防災研究所碩士論文。

莊永忠，廖泫銘，范毅軍，2011。多源多期歷史圖資於環境變遷分析之應用—以臺灣陳有蘭溪集水區為例，2011數位典藏地理資訊學術研討會。

廖泫銘，江正雄，范毅軍，2011。臺灣航照影像數位典藏成果與應用，國土資訊系統通訊，78:57-72。

行政院農業委員會林務局農林航空測量所，航空攝影紀錄資料查詢—航測相機參數：  
<http://www.afasi.gov.tw/content.asp?CuItem=45579&mp=390>。

Aguilar, M.A., Aguilar, F.J., and Marques, J.G., 2009. Self-calibration methods for using historical aerial photographs with photogrammetric purposes, *Anales de Ingenier í a Gr á fica*, 21:33-40.

Aguilar, M.A., Aguilar, F.J., Fernández, I., and Mills, J.P., 2013. Accuracy assessment of commercial self-calibrating bundle adjustment routines applied to archival aerial photography, *The Photogrammetric Record*, 28 (141):96-114.

Cardenal, J., Delgado, J., Mata, E., González, A., and Olague, I., 2006. Use of historical flight for landslide monitoring, 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, pp.129-138.

Geospatial Information Authority of Japan. 地理院地図(電子国土 Web). Available online: <http://www.gsi.go.jp/> (accessed on 8 April 2014).

Mikhail, E.M., Bethel, J.S., and McGlone, J.C., 2001. Introduction to Modern photogrammetry, John Wiley & Sons Inc., 372p.

Redweik, P., Roque, D., Marques, A., Matildes, R., and Marques, F., 2010. Triangulating the past-recovering Portugal's aerial images repository, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 76 (9): 1007-1018.

# Rectification and Registration of Taiwan Historical Aerial Images

Jo-Tzu Chiang<sup>1\*</sup> Po-Jung Lai<sup>2</sup> Yi-Hsing Tseng<sup>3</sup>

## ABSTRACT

Aerial images are faithful records of landscape at that time. Historical aerial images directly witness landscape phenomena at that time of the covered region, including land-use, natural source, roads and residential area, etc. The study of historical aerial images has proven an effective way to reveal some historical phenomena related to cultural, economic, and natural changes, which are linked to the spatial information in the past. Abundant historical aerial images have been acquired in Taiwan for a variety of missions. The earliest aerial images were taken by U.S. military during and after World War II (from 1943 to 1952). Later than that many images were acquired routinely by Taiwan Air Force (1954 to 1976), Aerial Survey Office (since 1976). For the purpose of retrieving spatial information from the historical images, image registration and rectification corresponding to the ground coordinates should be done in advance. In this study, we take Tai-jiang Inner Sea as an example to register and rectify temporal aerial images into nowadays national coordinate system (TWD97). Images acquired by Aerial Survey Office are standard aerial images which can be registered through a computation process of bundle adjustment. However, the main purposes of images taken by U.S. military and Taiwan Air Force were mainly applied for military reconnaissance. These images are lack of camera parameters and the overlapped of them are not standard. So they do not fit the process of bundle adjustment. In this study, we attempt to obtain the information of registration and rectification by solving affine transformation parameters from all overlapped images at the same period. Although this method are not as strict as aerial triangulation, it can work without camera parameters. The experimental results showed that the accuracy of images taken by U.S. military can up to 6.5 m by applying affine transformation. The accuracy was poor than images taken by Aerial Survey Office using aerial triangulation (2m). But we believe this can meet the analysis of temporal geographic information and promote the application of historical aerial images.

Key word: historical aerial images, registration, triangulation, affine transformation.

<sup>1</sup>Master Student, National Cheng Kung University

<sup>2</sup>Survey Assistant Technical Specialist, Yanshuei Land Office of Tainan City

<sup>3</sup>Professor, National Cheng Kung University

\* Corresponding Author, E- Mail: rosechiang79@gmail.com

Received Date: Dec. 19, 2013

Revised Date: Apr. 17, 2014

Accepted Date: May 16, 2016