

# 以時空資訊探討百年來台南古都沿海地區的 土地利用變遷

江若慈<sup>1\*</sup> 曾義星<sup>2</sup>

## 摘要

時空資訊的紀錄，能幫助我們了解時代變遷之地理現象，自 20 世紀以來，台灣開始出現經過精細測量之圖資，包括地形圖及航照影像，然而欲應用時空資訊，必須將其糾正對位到一致的坐標系統上。本研究利用航測軟體(SOCET GXP 4.0)以及六參數轉換進行糾正對位，使用(1)古地圖：1904 年台灣堡圖及 1921 年台灣地形圖(2)1947-1948 年及 1970 年代歷史航照影像(3)1985-1989 年第一版經建版地形圖(4)2009 年福衛二號衛星影像(5)2010 年正射影像，建立了百年圖資對位處理流程，及對其精度進行評估，其中古地圖及美軍空軍航照之精度大約可達十餘公尺，而 1970 年代歷史航照經過空三之正射影像精度可達約 2 公尺，並以台南古都沿海地區(約今安平一帶)為研究範圍，探討其土地利用的變遷，藉由影像判釋數化九項土地利用類別來量化土地利用變遷資料，以及透過轉移矩陣了解各土地利用如何轉變，並且配合文史資料探討及呈現其土地利用變遷的過程。

**關鍵字：**土地利用變遷、時空資訊、沿海地區、安平

## 1. 前言

### 1.1 研究動機與目的

台南是台灣最早發展的城市，在將近四百年前，台南沿海形成一座潟湖，稱為台江內海，當時大型船隻可在此航行與停靠，曾經扮演台灣重要的貿易門戶；而今台江內海已漸漸陸化，其地理環境產生如此巨大變化，進而影響了土地利用的轉變。安平則位於台江內海的南端，因此在歷史定位上扮演重要的角色；然而，在早期台灣的歷史文獻大多僅著墨於文字上的敘述，我們能了解過去某段時間所發生的歷史事件，卻缺乏歷史文獻中所述史事之地理空間的相互對照，閱讀者往往只能想像歷史事件的空間關係，廖怡雯(2003)在歷史脈絡的變遷分析中曾談到以文字描述來

探討歷年來土地利用變遷的事實以及情境的方法主要是從觀察(observe)、描述(describe)及解析(interpret)來探討，此類方法因其缺乏具體的證據來說明土地利用變遷的過程及情形，所以無法提供相關空間特性上的研究成果。為瞭解其空間發展的轉變，建立時空地理資訊能有助於釐清地理環境變遷情形，時空資訊為將真實世界的空間資訊加上時間尺度，成為一個整合的面向(范毅軍, 2006)，倘若能將時空資訊與文史紀錄結合對應，必能成為有利的變遷分析工具。

20 世紀以前的古地圖多屬一種描繪性的地圖，雖然大多非客觀式的描繪仍然能呈現許多當時珍貴的資訊，由於古地圖在繪製的當時缺乏精細的測量基礎與技術，因此大多缺乏正確之坐標與對位幾何，難以對位至現代之地圖。然而自日治時期以來，台灣開始出現最早依據西方測繪技

<sup>1</sup>國立成功大學測量及空間資訊學系 碩士

<sup>2</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 104 年 05 月 25 日

修改日期：民國 105 年 08 月 26 日

接受日期：民國 105 年 10 月 13 日

術測繪產出的精細地圖，有 1904 年繪製的台灣堡圖及 1921 年的台灣地形圖等；二次世界大戰後期，美軍先後為了軍事偵查及測繪製圖目的拍攝了台灣最早的航照影像，自 1943 年至 1952 年間執行許多拍攝任務；在 1954-1976 年間，我國空軍也以基本地圖測製及國土資源調查為目的，持續大規模航拍任務；自 1976 年開始為了稻作調查，也每年進行全面性的航拍，以航照影像判釋方式取代傳統地面普查，政府也定期繪製多版基本地形圖；而在現代，藉由衛星影像可快速地呈現大範圍的地貌資訊。

這些寶貴的空間資料提供我們建立時空地理資訊的可能性，也成為我們將歷史空間對應到現今空間的媒介，來補足以往文獻資料的不足。因此，本研究希望藉由百年的時空資訊來呈現各時期的土地利用情形，為了進一步描述各時期土地利用之變遷，同時透過量化各時期各類土地利用變遷，並透過轉移矩陣之方式來了解各時期土地利用轉變之情形，做為比較各時期變遷之依據，以分析台南古都沿海地區土地利用變遷的沿革。

## 1.2 相關研究

時空地理資訊可藉由萃取過去歷史圖資的空間資訊來建立，以呈現過去地表的樣貌，在歷史圖資中，地圖是歷史環境的文件記錄，在環境變遷研究上具重要參考價值(賴進貴及葉高華，2005)，而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，其中以自然環境變遷之應用最為廣泛。

歷史圖資相關之應用研究如 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；王超國(2009)利用參數轉換將台江內海 1904、1928、1985、1999 年等四個時期的歷史地形圖進行套疊與分析，惟其探討的時間間隔較大，中間年代之演變過程無藉由歷史圖資來逐步呈現；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，利用數化日治時期歷史地形圖與數位化各時期航空相片繪製各時期海岸線位置，比較各年代海岸線的變化關係等，其在歷史地圖之精度約 30 公尺以下的誤差；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，並賦予其地理坐標系統，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。

而為了能更進一步了解百年來土地利用之時空變遷以及充分地運用這些歷史圖資所提供的訊息，在描述土地利用變遷時轉移機率矩陣度量為經常使用的計量方法，其可以表現各種類別的土地利用比例於時間序列上的增減情形，同時可顯現原先土地利用類別變遷的轉換過程(蔡靜如，1998)，故本研究藉此方法來探討各時期土地利用之轉變。

## 2. 時空資訊

### 2.1 研究區域

研究區域主要以安平行政區為核心，但變遷之區域往往難以行政界線劃分研究範圍，因此相鄰有關聯的地區也一併納入討論，總共涵蓋 32 個里，其北側以鹽水溪及民權路四段為界，東主要以金華路一至四段為界，南以鯤鯓路為界，西則以台灣海峽為界，面積約 1,878 公頃，如圖 1 右圖中紅線範圍內。



圖 1 研究區域示意圖 (取自 2009 年份福衛二號正射影像)

## 2.2 日治時期古地圖

日治時期由於統治殖民之需，日本人於 1895 年製作台灣首部經由精細測量的地形圖—臺灣迅速圖，其比例尺為兩萬分之一，但由於此地形圖測繪時間較倉促，內容較不精確，因此較廣泛被使用的地圖為 1904 年完成的臺灣堡圖以及之後由陸地測量部測繪的地形圖。

臺灣堡圖為日治初期對台灣進行全面丈量的地圖之一，製作年代從 1900-1904 年，其比例尺為兩萬分之一，主要針對台灣平原地區進行土地調查事業，由臨時台灣土地調查局所繪製(林春吟，2012)，當時丈量是以台中公園為基準，明治版共有 465 幅圖幅，大正版共有 464 幅圖幅，本研究使用之臺灣堡圖為明治時期版本。

日治後期基於實施內地延長主義之歷史背景下，日本人在台繪製多幅基本地形圖，其中比例尺最大者為 1921-1929 年由陸地測量部所繪製的兩萬五千分之一地形圖(林春吟，2012)，當時平面測繪是以虎子山為基準，一共有 173 幅圖幅。

## 2.3 早期歷史航照

台灣最早的航照影像是由美軍所拍攝，目前現存最早的航照影像是由工研院綠能所典藏，目

前早期歷史航照數化工作已由中央研究院完成(廖泫銘、等，2011)。

本研究所使用的歷史航照可分為美軍及我國空軍、以及少部分由農林航測所拍攝之影像，由於早期航照影像多被視為是機密的資訊，因此早期由美軍拍攝的影像無法得知其明確的內方位資訊，此外這些影像重疊情形亦多半不符合標準航測之規範，因此難以依一般空中三角測量方法恢復其地理資訊。研究中所使用美軍的航照影像拍攝於 1947 及 1948 年，一共使用七條航帶共 87 張影像。

1970 年代由我國空軍及農林航測所拍攝的影像，屬於標準航拍影像，影像符合標準重疊，因此其內方位資訊可經由相機率定報告得知，並且在影像上仍存有明確的框標資訊，可依空中三角測量法恢復其地理資訊。研究中使用的影像大多於 1975 及 1976 年所拍攝，一共八條航帶共 240 張影像。

## 2.4 經建版地形圖

內政部自 1985 年起根據台灣五千分之一及一萬分之一像片基本圖，並經實地調繪製成多版地形圖，第一至三版地形圖的坐標系統均採用 TWD67，第四版開始坐標系統採用 TWD97，比

例尺為兩萬五千分之一，全台共 263 幅圖，各圖幅調繪時間不一，其圖幅大小各 7.5'，本研究因時間序的需求主要使用第一版，第一版成圖時間在 1985-1989 年間，而本研究範圍圖幅之調繪時間在 1989 年（內政部國土測繪中心，2014）。

## 2.5 現代影像

現代有許多高精度的衛星影像及航拍影像，本研究使用 2009 年份福衛二號衛星正射影像以及 2010 年經由航拍產製的正射影像作為現代影像之依據，並從中選擇影像之控制點與檢核點，將日治時期古地圖、早期歷史航照等歷史圖資統一對應至現代影像 TWD97 坐標系統基礎下。

# 3. 研究方法

## 3.1 研究流程

時空資訊資料必須建立在統一坐標基準下，具有相同的基準方能進行比較與應用，為達此目的，影像的糾正與對位是一項重要的工作，在本研究中，歷史圖資主要可分為古地圖、早期歷史航照影像及現代地形圖三類（詳如表 1）。

古地圖由於年代久遠，再加上掃描與圖紙伸縮變形等誤差，因此，針對古地圖相鄰圖幅銜接處無法接合者皆先經過相對方位之平移糾正，讓地圖各圖幅間之特徵能相連，再做絕對方位改正，於 SOCET GXP 4.0 軟體採用六參數轉換，並以 2009 年福衛二號影像為基準，挑選了過去至今仍

存在的道路交叉點做為絕對坐標轉換的地面控制點(如圖 2)。

針對歷史航照影像的性質可分為兩大類，其糾正對位方法依據該航照影像是否有明確的內方位參數而定，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，然在早期航拍影像，其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），而本研究則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。

1970 年代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(如圖 3)；而 1947、1948 年份未必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，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(Affine transformation)參數，並以先前產製 1970 年代之正射影像選取相同的特徵點(如道路交叉口)作為控制點，與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，最後再將各航帶鑲嵌成一幅影像。

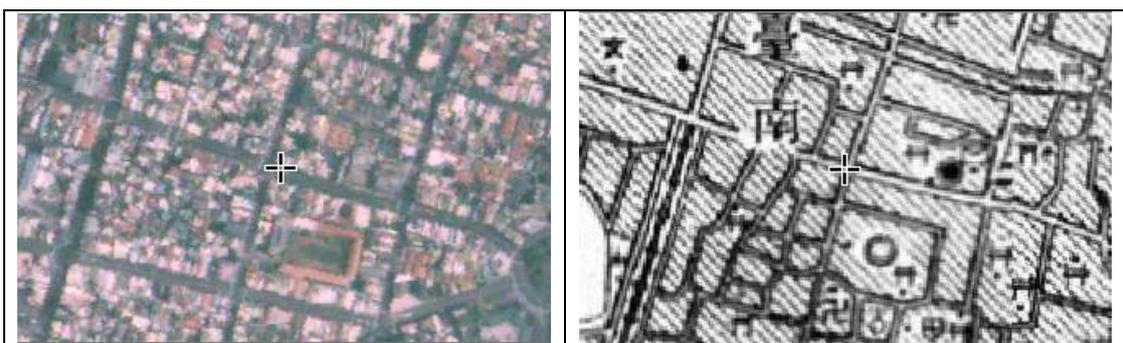


圖 2 2009 年福衛影像(左)；1904 年台灣堡圖(右)



圖 3 2009 年福衛二號影像(左)；1970 年航照影像(右)

表 1 百年歷史圖資整理

圖資	年份	比例尺/解析度	幅數	圖幅大小	座標基準	來源
臺灣堡圖	1900-1904	1/20000	465 幅(明治版)	經度 6' × 緯度 4'	地理坐標系	臨時臺灣土地調查局
日治時期地形圖	1921-1929	1/25000	173	經度 7.5' × 緯度 5'	地理坐標系	陸地測量部
航照影像	1947 年代	約 0.95m	103	約 6.6×6.6km	像坐標系	美軍
航照影像	1970 年代	約 0.3m	240	約 3.6×3.5km	像坐標系	台灣空軍
第一版經建版地形圖	1989	1/25000	19	經度 7.5' × 緯度 7.5'	TWD67	國土測繪中心
福衛二號衛星影像	2009	2m	9	24km	TWD97	國家太空中心

本研究使用之現代地形圖為經建版地形圖，此地形圖成果可靠，因此僅需做坐標轉換處理將圖資統一轉換至 TWD97 坐標系統，本研究透過 Global Mapper 軟體設定坐標參數進行坐標轉換，並且將轉換成果鑲嵌為一幅地圖。

將這些圖資整合至 TWD97 坐標系統後，為了解各歷史圖資之精度，我們利用現代影像選取檢核點以評估各圖資的誤差，並且將這些圖資建

立於以網路為基礎的多視窗同步瀏覽平台，將成果發布於網站上作為對位成果之展示，並且利於影像判讀及變遷之比較。接著透過各年代地圖之圖例與各年代影像之比較判釋土地利用情形，並數化各類土地利用，以及計算土地利用變遷轉移矩陣，最後藉由歷史文獻的輔助分析土地利用變遷，研究流程如圖 4 所示。

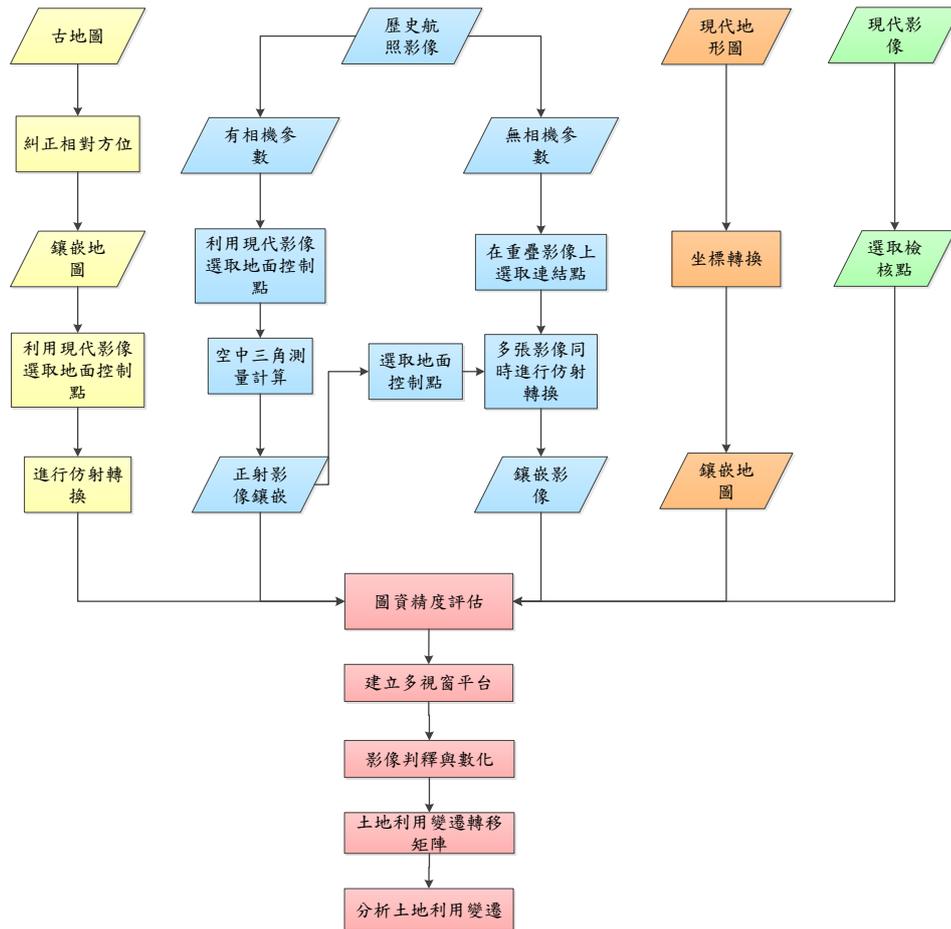


圖 4 研究流程圖

### 3.2 影像數化

欲了解土地利用變遷之實際情況，必須透過各種度量方法以取得土地利用之資訊，以作為後續分析的基礎(張文崧，2013)。根據 Clawson & Stewart (1965) 土地利用的定義為人類在土地上從事所有之活動，而在不同區域的土地利用會反應當地的自然背景與文化歷史(丁志堅，2002)，因此各區域之土地利用具有一定程度的獨特性。

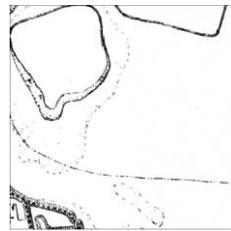
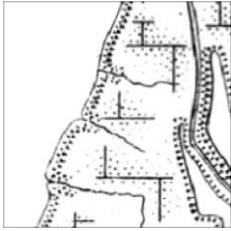
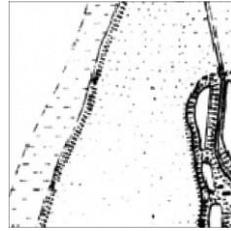
本研究歷史圖資之數化，以國土測繪中心之國土利用調查之分類表為基準，針對研究區域內之土地利用特色而進行調整，以人工數化魚塢、農作、水域、建成區、鹽田、工業區、沙洲、裸露地、以及其他共九類，其中其他包含了道路、林地、墳墓及其他特殊用地，其中此區的林地多

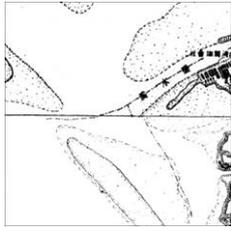
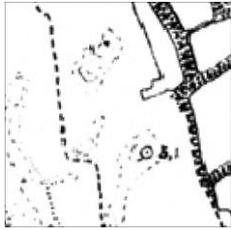
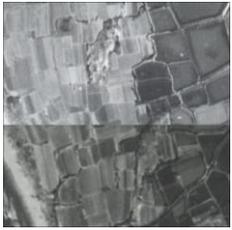
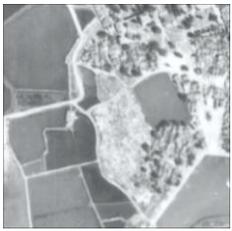
為沿海的防風林，而道路在部分古地圖中描繪較不清楚數化較困難，因此歸類於其他用地，其類別的對應如表 2。歷史地圖土地利用之判釋是根據地圖上之圖例符號數化各土地利用類別；而歷史影像之判釋標準如表 2 圖例所列舉。

### 3.3 轉移矩陣

轉移矩陣被廣泛地運用在分析不同時期的土地利用變遷(廖怡雯，2003)，它能夠將兩個時期的土地利用變遷面積量化的比較(Muller & Middleton, 1994)。轉移矩陣依據土地利用類別數目可形成  $N \times N$  的矩陣，在矩陣內的元素分別代表兩時期各種土地利用類別轉變的面積，藉由此方法能瞭解研究區域內各種土地利用類別轉變的情形。

表 2 土地利用數化類別

<b>1. 魚塢</b>			
國土利用調查類別：農業使用土地(水產養殖)			
1904	1921	1947.1948	1970 年代
			
<b>2. 農作(早期無)</b>			
國土利用調查類別：農業使用土地			
<b>3. 水域</b>			
國土利用調查類別：水利使用土地			
1904	1921	1947.1948	1970 年代
			
<b>4. 建成區</b>			
國土利用調查類別：建築使用土地、公共使用土地、遊憩使用土地(文化設施)			
1904	1921	1947.1948	1970 年代
			
<b>5. 鹽田</b>			
國土利用調查類別：礦鹽使用土地			
1904	1921	1947.1948	1970 年代
			無
<b>6. 工業區</b>			
國土利用調查類別：建築使用土地(工業)			
1904	1921	1947.1948	1970 年代

無	無	無	
7. 沙洲			
國土利用調查類別：其他使用土地(灘地)、水利使用土地(水道沙洲灘地)			
1904	1921	1947.1948	1970 年代
			
8. 裸露地			
國土利用調查類別：其他使用土地			
1904	1921	1947.1948	1970 年代
			
9. 其他			
國土利用調查類別：交通使用土地、森林使用土地、建築使用土地(墳墓)			
1904	1921	1947.1948	1970 年代
			

## 4. 成果與分析

### 4.1 圖資對位成果

日治時期地圖對位精度如表 3，1904 年及 1921 年之地圖分別以 66 個及 53 個控制點完成對位，轉換後成果以獨立檢核點檢驗其 E、N 坐標差平均之 RMSD 可達 12.13 公尺，最大為 19 公

尺。

航照影像對位成果如表 4，兩類影像平均每張影像上連結點個數皆超過 8 個，早期 1947 年代進行仿射轉換(Affine transformation)糾正之影像，於福衛二號影像上挑選 23 個獨立檢核點計算其坐標平均差及 RMSD，在 X、Y 方向之精度分別為 13.22、14.41 公尺，而 1970 年代利用空三製成正射影像之精度大約可達 2 公尺。

表 3 日治時期地圖對位精度

年代	1904		1921	
X,Y 控制點個數	66		53	
方向	$\Delta E(m)$	$\Delta N(m)$	$\Delta E(m)$	$\Delta N(m)$
平均坐標差	3.79	0.99	2.31	0.33
RMSD	$\pm 12.78$	$\pm 13.78$	$\pm 12.24$	$\pm 19.02$

表 4 歷史航照對位成果

項目	年代	1947.1948 年代		1970 年代		
	影像張數		87		240	
連結點個數		721		1969		
平均每張影像上連結點個數		8.3		8.2		
控制點個數		47		66		
影像解析度		0.95m		0.3m		
比例尺		1:30000		1:18000		
精度		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
		$\pm 13.22$	$\pm 14.41$	2.09	2.06	1.81

## 4.2 數化成果

數化的年代分別有日治時期 1904 年、1921 年的地形圖及 1947-1948 年、1970 年代的歷史航照影像，以及 2006 年第二次國土利用調查的成果。土地利用數化結果直方圖如圖 5，其中魚塢在 1970 年代之後大量地減少；農作區域歷年在此皆非常稀少；水域面積逐漸的減少，同時也顯示陸域的增加；建成區域在 1970 年代後大量攀升，成為全區佔地最大的土地利用類別；產業土地利用上早期有開闢鹽場，而後來則設立工業區；沙洲量 1921 年後逐漸減少；裸露地在 1921 年後則增加；其他在 1970 年代後大幅增加，不過有將近一半增加的面積為道路使用土地。

## 4.3 土地利用變遷分析

由於本研究之時間軸跨越百年，因此將土地

利用變遷依據當時歷史背景及圖資種類分為三個時期做討論，第一時期為 1904-1946 年，屬日治時期；第二時期為 1947-1970 年代，為光復後至工業起飛的 1970 年代；第三時期則為 1980 年至今。

透過土地利用轉移矩陣的結果顯示了三個時期各土地利用類別轉變的情形，表 5 為第一至第二時期轉移矩陣的結果，其中變化最大者為由水域轉為工業區的土地，顯示工業區有很大的面積是填水為陸而成；而第二至第三期的轉移矩陣結果如表 6，由表中可得知原本占最大宗的魚塢用地今大幅減少，並且自 1970 年代開始魚塢是由大量的被建築用地所取代。

為了能更清晰的了解各時期之時間變遷，我們利用展示不同時期相同地方之時空資訊並對應至歷史事件來進一步分析，而歷史事件之發生時間則參考自 1998 年安平區志(林朝成及鄭水萍，1998)之歷年紀事。

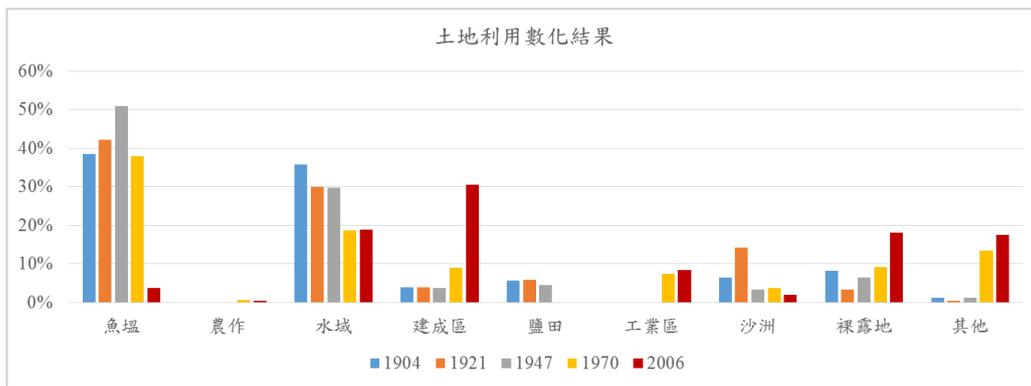


圖 5 土地利用數化結果直方圖

表 5 1904-1970 年代土地利用面積轉移矩陣(單位：公頃)

1970年代 \ 1904	魚塭	農作	水域	建成區	鹽田	工業區	沙洲	裸露地	其他	總計
魚塭	508.9	0.1	63.6	54.8	0.0	0.0	0.0	31.4	66.1	724.9
農作	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水域	94.0	1.3	226.2	22.2	0.0	122.9	60.4	51.5	94.5	672.9
建成區	3.6	0.9	2.6	50.1	0.0	0.1	0.0	5.5	12.1	74.8
鹽田	3.5	1.5	7.9	10.6	0.0	15.6	0.0	55.5	12.0	106.7
工業區	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
沙洲	26.5	1.6	32.1	10.2	0.0	0.0	9.6	3.7	38.0	121.6
裸露地	68.6	6.4	16.9	16.2	0.0	0.0	2.2	22.3	22.5	155.1
其他	6.6	0.3	1.7	5.8	0.0	0.0	0.0	1.3	6.8	22.5
總計	711.6	12.1	351.0	169.8	0.0	138.7	72.2	171.2	251.9	1878.5

表 6 1970 年代-2006 年土地利用面積轉移矩陣(單位：公頃)

2006 \ 1970年代	魚塭	農作	水域	建成區	鹽田	工業區	沙洲	裸露地	其他	總計
魚塭	58.4	3.4	67.5	254.2	0.0	10.5	0.7	179.6	137.3	711.6
農作	0.4	1.3	0.3	3.4	0.0	0.7	0.3	4.2	1.4	12.1
水域	4.2	0.9	222.3	38.1	0.0	0.8	25.4	38.0	21.2	350.9
建成區	0.0	1.1	1.5	121.4	0.0	3.2	0.0	16.6	25.9	169.8
鹽田	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
工業區	0.0	0.0	0.0	13.7	0.0	105.2	0.0	6.5	13.3	138.7
沙洲	0.0	0.0	24.4	13.0	0.0	0.3	11.9	11.9	10.7	72.2
裸露地	1.3	1.3	4.0	70.2	0.0	32.7	0.0	28.8	33.0	171.2
其他	8.0	1.6	34.1	59.0	0	4.2	0.9	55.6	88.5	251.9
總計	72.3	9.7	354.2	572.9	0.0	157.7	39.2	341.3	331.3	1878.5

### 4.3.1 水域變遷

圖 6 中顯示台南運河的歷史變遷，在 1902 年舊運河潰堤後，由 1904 年的堡圖中我們仍可發現舊運河的遺跡，是向北流入鹽水溪，大約是

今日民權路四段之位置；而後日本人於 1922 至 1926 年在籌足經費後開鑿之新運河則是向南流經安平舊聚落的南方；到了第二時期，在經過運河疏濬的工作，將運河連通至海，並且在 1949-1969 年間有建安客輪載客的功能，讓居民能透過船隻往返安平至台南之間；第三時期，運

河的樣貌大致沒有轉變，不過此時運河已經沒有載客的功能。

圖 7 為港口之變遷，對沿海地區而言港口為一項重要的設施，原本位於北方之安平舊港由於逐漸淤積而失去港口機能，政府在 1974 年至 1979 年間於原鯤鯓湖興建新港口，位在安平舊港南方兩公里處，因港口之興建造成漁光島被分為南北兩部分，北部改為隸屬安平區的漁光里，2001 年至 2008 年政府又重建安平舊港，並且在此成立安平港歷史風貌園區，因此，今日我們可看到安平南北有兩港的存在。

### 4.3.2 產業變遷

在產業方面的變遷如圖 8，由 1904 年的堡圖中可知早期於鹽埕聚落旁開闢了一片鹽田，而在 1921 年至 1947 年間鹽田外的濕地增加，但隨著經濟轉型，政府於 1971 年在原本的鹽田外填水為陸，向外擴張土地並且設立安平工業區，而此舉導致鹽田無法再運作而消失，導致產業的轉變。

### 4.3.3 聚落變遷

圖 9 顯示魚塢地與聚落間之時空變遷，早期安平舊聚落為位於北方的一個小聚落，大部分的土地作魚塢使用，養殖虱目魚供府城消費，根據日治時期之官方統計效忠里之魚塢有高達五百餘甲(曾品滄，2012)，與數化結果相符；第二時期的 1969 年至 1974 年間由於一期重劃區的設立，使得安平舊聚落沿著運河向外延伸，此時魚塢面積仍不斷增加；然而第三時期在 1980 年代後，政府於安平規劃五期重劃區，將填魚塢填平為陸地，大量的魚塢地轉變為台南新市區土地，因此魚塢地大幅縮減，並且市政府也遷於安平區，成為台南市政中心。

隨著聚落的擴張，人口亦快速的增加，根據日治大正 14 年(1925 年)國勢調查結果表之記載(台灣總督官房臨時國政調查部，1927)及安平戶政事務所截至 2013 年官方資料(安平戶政事務所，2014)顯示，在過去近 90 年間安平人口由不到六千人增長至六萬餘人，安平各里之範圍亦不斷地調整，並且最高人口密度分布也由安平舊聚落往台南新市區移動。

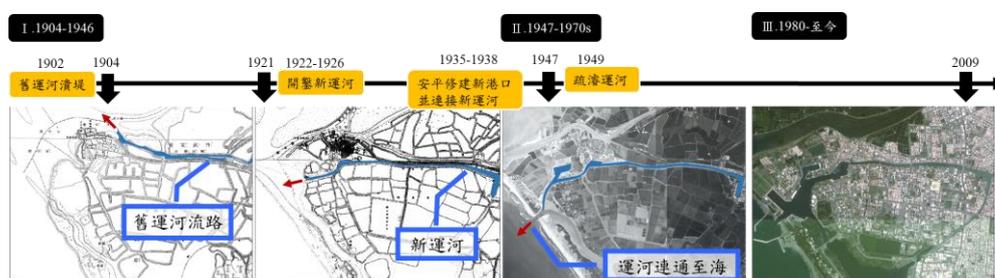


圖 6 台南運河之時空變遷

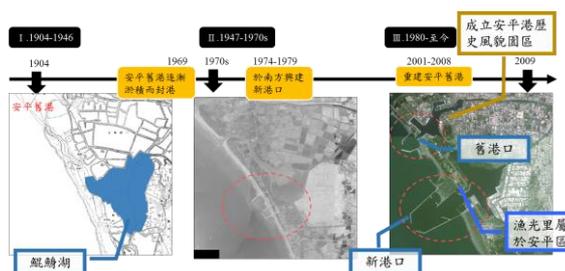


圖 7 港口之時空變遷

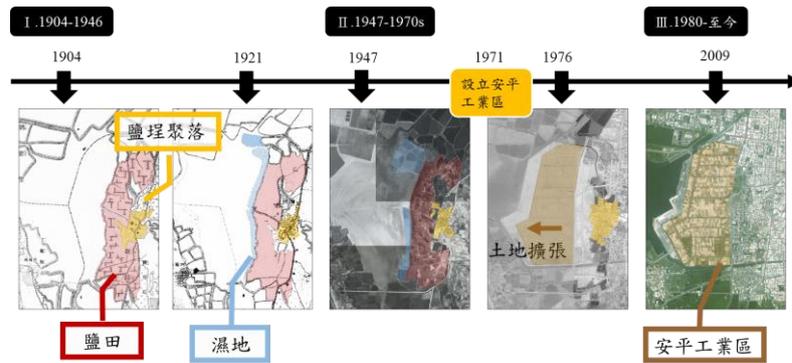


圖 8 產業之時空變遷

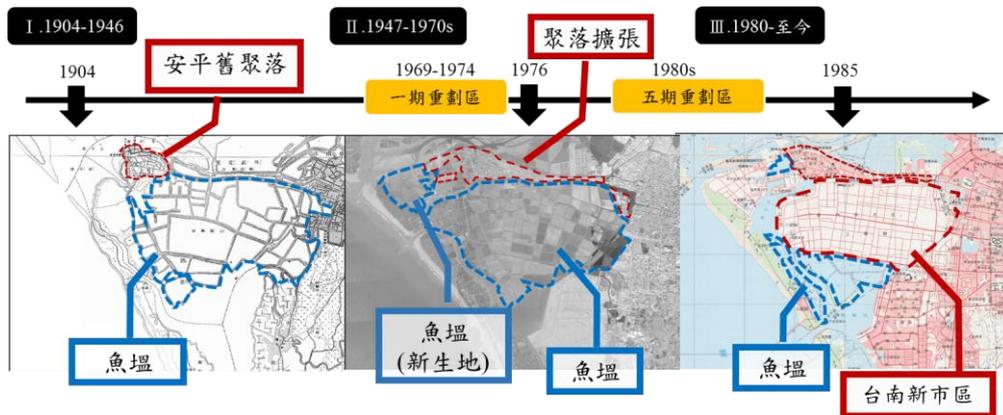


圖 9 魚塭與建地之時空轉變

## 5. 討論

本研究為了能探討研究區域中百年來土地利用在各時期之變遷，相較於過去其他探討變遷研究之文獻建立時間序列更長且完整之圖資，其地圖及歷史航照影像之精度雖未能與現代高精度之影像相比，但對於長期土地利用大幅轉變之呈現與分析，相信此精度已符合長期變遷之研究需求，亦能彌補早期之文獻不足，在本研究中也作為歷史事件佐證之資料。

然而在土地利用變遷分析上，由於古地圖、歷史航照影像自動化判釋較不易，本研究採用人工數化來進行量化分析，需耗費較多時間與人力，雖然在數化前已先建立各土地利用類別之數化參考依據，但此數化成果仍受主觀判斷所影響。

## 6. 結論

本研究運用了百年的時空資訊，包含從日治時期的古地圖、早期歷史航照、經建版地形圖、以及現代影像，完成百年間土地利用的數化圖，提供了過去土地利用變遷之量化資訊。百年時空資訊在日治時期古地圖及美軍空軍航照之精度大約可達十餘公尺，而 1970 年代經過空三之正射影像精度可達約 2 公尺。根據土地利用量化的研究結果顯示，該區域早期占最大宗的魚塭用地今大幅減少，從土地利用轉移矩陣可得知自 1970 年代開始魚塭是由大量的被建築用地所取代，水域、鹽田及沙洲的面積相較百年以前，亦有減緩的趨勢，而歷年來農業用地在此區皆非常稀少，在另一方面，裸露地、工業及其他用地自 1970 年代來則有增加的趨勢。

藉由百年時空地理資訊的建立可以讓過去

歷史事件更真實且更清晰地被描繪出來，相較於以往的文史紀錄更清晰的呈現，並且能將其對應至地理空間上，本研究顯示了時空資訊有助於長期的變遷研究，也證明了多時期的時空地理資訊為了解過去變遷的重要資料。

## 致謝

感謝科技部計畫(NSC 102 - 2627 - M - 006 - 001)的支持與經費的贊助，使本研究得以順利完成。

## 參考文獻

- 丁志堅，2002。屏東平原土地利用變遷分析與模式建立，國立台灣大學地理環境資源研究所博士論文。
- 王超國，2009。以時間序列地圖分析臺江內海地形變遷與演育，國立成功大學地球科學研究所碩士論文。
- 內政部國土測繪中心，2014。<http://lui.nlsc.gov.tw/LUWeb/Welcome.aspx> (取得日期 2014/07/24)。
- 台灣總督官房臨時國政調查部，1927。大正 14 年國勢調查結果表，國立國會圖書館。[http://kindai.ndl.go.jp/?\\_\\_lang=ja](http://kindai.ndl.go.jp/?__lang=ja) (取得日期 2014/01/21)。
- 安平戶政事務所，2014。<http://www.tainan.gov.tw/anping/default.asp>(取得日期 2014/03/17)。
- 江正雄，廖泮銘，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，臺大醫院國際會議中心。
- 林朝成，鄭水萍(主編)，1998。安平區志，安平區公所。
- 林春吟，2012。日本植民地期台湾の地図に関する研究—地図作製事業の検討を中心に，京都大学人間・環境学博士論文。
- 張文菘，2013。桃園地區土地利用變遷與影響因素之空間分析，國立臺灣師範大學地理學系碩士論文。
- 范毅軍，2006。走進時光隧道：GIS 與時空資訊的整合，中央研究院 2006 年八月知識饗宴。
- 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，廖泮銘，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，台灣大學集思會議中心。
- 曾品滄，2012。塭與塘：清代臺灣養殖漁業發展的比較分析，臺灣史研究，19(4)：1-47。
- 廖怡雯，2003。運用馬可夫鏈模式於台中市土地利用變遷之研究，逢甲大學土地管理學系碩士論文。
- 廖泮銘，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。
- 賴進貴，葉高華，2005。地圖概括化對環境變遷研究之影響—以臺灣地圖資料為例，地理學報，41：1-25。
- 蔡靜如，1998。台北盆地土地利用變遷趨勢之研究，中興大學都市計劃研究所碩士論文。
- 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, Lisbon, pp.129-138.
- Clawson, M., and Stewart, C.L., 1965. Land use information: a critical survey of U.S. statistics including possibilities for greater uniformity, The Johns Hopkins Press.
- Muller, M.R., and Middleton, J., 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Landscape Ecology, 9(2):151-157.
- 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.

# Land Use Changes of the Coastal Zone of Old Tainan City in the Past Hundred Years by Using Temporal Spatial Information

Jo-Tzu Chiang<sup>1\*</sup> Yi-Hsing Tseng<sup>2</sup>

## Abstract

Temporal spatial information is considered as a favorable data source to comprehend the changes in the past. Since 20th century, higher accuracy maps and images based on the technique of surveying has appeared in Taiwan. However, in order to retrieve these spatial information from the historical images, image registration and rectification should be done. In this study, we present a methodology of processing multi-temporal datasets during the past hundred years by commercial software (SOCET GXP 4.0) and a block adjustment with affine transformation. The temporal datasets used in this study include: (1) 1904 and 1921 ancient topographic maps; (2) 1947, 1948 and 1970s historical aerial images; (3) 1985-1989 economic planning and development topographic map; (4) 2009 satellite images; (5) 2010 ortho-images. The accuracy was also assessed. And we focused on the coastal zone of old Tainan city (about Anping nowadays). The land use are classified into 9 categories by manual interpretation and digitization on the temporal datasets. A transition matrix is also utilized to present the land use changes referring to some historical records.

**Keywords:** land use changes, temporal spatial information, coastal area, anping

---

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

<sup>2</sup>Professor, National Cheng Kung University

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

Received Date: May 25, 2015

Revised Date: Aug. 26, 2016

Accepted Date: Oct. 13, 2016