

圖像資料在臺灣地區地形變遷研究上 的應用與限制*

Application and Limitation of the Pictorial Materials on the Study of Geomorphic Changes in Taiwan

沈淑敏*1
Su-Min Shen

張瑞津*2
Jui-Chin Chang

Abstract

Pictorial materials are very useful on detecting information regarding geomorphic change since the spatial distribution of phenomena of interest is usually the best exhibited in comparison with other types of materials. The usability of various pictorial materials is mainly determined by characteristics of the landforms of interest, the purpose of the research and the quality and current condition of the materials, e.g., accuracy and precision, scale, damaging condition of materials due to shrinkage, folding, and distortion. The main aim of the paper is to introduce various types of pictorial materials available and their application and limitation on geomorphic changes. The application and the limitation of topographical maps and aerial photographs on geomorphic changes, in particular, are evaluated through the selected examples of river channels, coast, and slopes in Taiwan. Generally speaking, the maps published in 1904 and the aerial photographs taken around 1950 are the earliest available versions appropriate for detecting certain geomorphic changes in Taiwan qualitatively and quantitatively. When the quantitative inquiry is sought, it is important to be certain that the error involved is much lower than the amount of change in reality.

Key words: maps, aerial photographs, geomorphic change, Taiwan

* 本文初稿曾發表於中央研究院臺灣史研究所籌備處於 2002 年 11 月 14-16 日主辦之「環境史國際學術研討會」(地點：台北南港)，會中張長義教授(評論人)和多位與會學者專家曾提出寶貴建議，又承蒙林譽方、陳翰霖老師提供資訊，以及本刊兩位匿名審查人斧正，使本文修正後更為精簡易讀，在此一併致謝。

*1 國立台灣師範大學地理系副教授(通訊作者)

*2 國立台灣師範大學地理系兼任教授

中文摘要

地形變化的訊息具有空間性，圖像資料(pictorial materials)是最能有效展現這類訊息的素材。各種圖像資料的可用性，主要取決於地形本身的特性，以及圖像資料的製作品質、比例尺、註記相關地形特徵之原則與多寡、和保存現狀。本文之目的在於以本島河道、海岸、坡地三類地形的變遷為例，說明各式地圖和航空照片中所提供的地形訊息與使用上的限制。就筆者所知，目前在臺灣地區可以獲得的最早可用作地形變遷之定性和定量研究的地圖和航空照片，應該是1904年出版的臺灣堡圖和1950年前後拍攝的航空照片。近年來拍攝之高精度衛星影像是很有用的材料，但能回溯之年代有限。清代出版之地圖精確度較低，大多只適合作定性分析，若能仔細推敲其他各式歷史文獻中所蘊含之對當時環境的描寫，對還原地景將有實質的助益。若所做研究欲求取地形變化量，則研究者需要確定圖像資料的誤差必須遠小於真正的地形變化量，否則所得結果將無意義。

關鍵字：地圖、航空照片、地形變遷、臺灣

一、緒論

「地表唯一不變的就是它一直在改變」這句放置在英國倫敦國家自然博物館之地質館入口處的標語，說明了地理學者或地科學者對於環境變遷的體認。另一方面，隨著人口的增加與科技的進步，人類早已被視為塑造地表的重要作用力之一，造成許多「不自然」或負面的影響(參見Simmons, 1989; Goudie, 1993所作的回顧與論述)。這些變化在自然與人為作用強度均大之處，表現最為顯著。

臺灣島自然環境的最大特徵是板塊運動活躍、地層破碎、地勢起伏大、時有颱風豪雨侵襲、風化侵蝕旺盛作用，如河道擺移、海岸線進退、邊坡坍塌等都是在此環境背景下會出現的「常態性」地形變動。但是隨著住民為求安身立命不斷「墾荒」也就是繼續挑戰環境負載力低而敏感性高的邊際土地(如海埔地、山坡地)的過程，地形災害的規模與頻率似乎也日漸上升。不論政府機構或學術團體均投入大量的人力、物力探討災害發生的原因，但在解答此一問題之前，必須先能掌握地形變遷時空分布的特性。由於地形變化的訊息具有空間性，圖像資料是最能有效展現這類訊息的素材，本文目的即在於以臺灣地區個案為例說明如何應用圖像資料擷取地形變遷的訊息，主要內容包括：1.簡述本區較容易獲得的各種系列性圖像資料；2.討論地圖與航空照片在此類研究上的可應用性與限制；3.討論如何應用其他素材(如歷史文獻)來輔助地形變遷的研究。

二、臺灣地區常見的圖像資料

本文所謂的圖像資料是指各式涵蓋面積較廣的地圖(maps)、航空照片(aerial photographs)及衛星影像(satellite images)。這些媒介較廣泛的紀錄了存在於地表的各種景象，可以進行糾正(rectification)，並可與其他類型圖像資料疊合。一般照相機拍攝的照片無法糾正，而且多為點狀的拍攝，通常僅用於對特定地點的舉證，較不易做系列性的比較。本段下列說明主要參考沈淑敏(1997)一文編修而成。

(一)地圖

臺灣地區的地圖可以溯自十六世紀中葉(陳正祥, 1957), 清朝領臺二百餘年間製作不少有關臺灣的全幅與分幅地圖, 多數的地圖為山水畫式, 且比例尺較小(夏黎明, 1987)。在臺灣地區應用現代測圖技術、符合現代水準的地圖開始於日據時期, 殖民政府曾製作多套比例尺從1:20000到1:500000的等高線地形圖, 其中涵蓋範圍較廣的地形圖共計八套(施添福, 1993)。1949年國民政府遷台後, 臺灣地區地形圖的測繪、編修工作由聯勤總部負責, 早期1:25000和1:50000地形圖多屬於線畫地形圖。1970年代臺灣地區地圖製作進入新時期, 基本圖由原來的線畫地形圖提升到擁有更多資訊的像片圖¹(農林航空測量所, 1989)。此外, 內政部地政司自1985年起委託農航所製作1:1000臺灣海岸像片地形圖(或稱臺灣海岸土地測量圖); 林務局為進行森林資源調查, 也依各林區陸續辦理林區像片基本圖的製作, 比例尺為1:5000; 私人公司也開始自製生產這類大比例尺的正射影像圖, 地圖資料愈加豐富。有關臺灣地區地圖的發展與介紹, 除了前文所引用之著作, 還可參考曹永和(1979)、鍾美淑(1995)、施添福(1997)、許哲明(1998)、徐瑞萍(2002)等之介紹。

(二)航空照片

航空照片因為保存拍攝時的實際地表狀況, 光譜和空間解析度高, 而且就大範圍地區而言製作較為經濟, 又能做立體像對的判讀, 所以經常被用來擷取地形變遷的訊息。我國應用航空照片進行大範圍的土地利用及森林資源調查, 開始於1950年前後², 據悉該套照片的底片並未留在國內, 不過工研院能源與資源研究所保留的一套照片已經(與中研院計算機中心合作)數化完成。此外美國政府已經將冷戰時期為國防需要在世界各地拍攝的航空照片解密, 有關台灣地區者約四百張, 多拍攝於1965-1970年間(賴進貴等, 2002), 可於美國地質調查所網站購得(USGS Website)。目前國內進行航空照片拍攝的官方機構主要是空軍照相技術隊和農林航空測量所, 前者負責軍事用途或特定任務(如集集地震受災狀況)的拍攝, 後者成立於1959年, 除接受各機關委託計畫外, 還負責拍攝製作各式基本圖(在1970年代中期自購航測專用飛機前, 拍攝事宜都委由空軍照相技術隊進行)。

¹ 農林航空測量所採用航空照片以立體製圖方法, 使我國的基本圖由原來的線畫地形圖提升到擁有更多資訊的像片圖, 並印製套色版與單色版兩種。1975~1982年間共製作3,791幅圖, 包括1:5,000者3,227幅, 1:10,000者564幅(高度1000公尺以上的地區製作1:10000的像片基本圖), 其他細節可參閱農航所「臺灣地區像片基本圖出版通報」或該所網頁(<http://www.afasi.gov.tw/home.asp>)之簡介。在變化快速的都市地區, 像片基本圖已出版至第三版, 在發展相對緩慢的地區則仍只有第一版, 如花蓮、台東兩縣的第二版像片基本圖在近年完成。自1980年之後1:25,000(7.5' * 7.5')和1:50,000(15' * 15')的地形圖都開始使用這套像片基本圖縮編, 又為社會大眾使用之便, 發行經濟建設版(簡稱經建版)。需注意經建版在某些人文景觀變動快速區已經編修發行到第三版, 但其所套用之地形資料(如等高線圖版)可能仍是像片基本圖第一版的資料。

² 航空攝影的實驗開始於1850年代, 當時是將照相機懸吊在風箏或氣球上。直到一次世界大戰期間, 飛機上拍攝的照片才被廣為使用, 由於航空照片能提供地表詳細的訊息, 所以在地圖製作上所扮演的角色日漸重要(Campbell, 1991)。臺灣地區在1950年代的森林資源調查時開始使用航空照片。農復會於1952、1953年作全省森林資源調查計畫, 自各林區選調人員參與, 美國顧問建議採美軍拍攝之全省航空照片作調查(由美國海軍第七艦隊所拍攝, 農林航空測量所立製課陳佳元課長, 私人通訊8/10/1994)。1954年農林復興聯合委員會進行臺灣第一次土地利用及森林資源調查時, 就是採用這套全省性的航空照片, 這也是我國應用航測技術的先端。據悉該套照片的底片並未留在國內, 而工研院能源與資源研究所保留的一套照片已經(與中研院計算機中心合作)完成掃描工作, 筆者也曾於農林航空測量所見到1950年前後拍攝之花東海岸的航空照片, 應該是同一套照片的部分。第一次土地利用及森林資源調查計畫完成後, 農復會以為解散此任務編組太可惜, 乃建議省政府留下, 而於1959年成立為農林航空測量隊, 1959~1976年間曾請空軍照相技術隊拍攝照片, 作全省第二次森林資源調查(林務局保有底片)。1972年起農航所購買飛機, 自行拍攝(農航所調查課蔡博雄課長, 私人通訊2/9/1993)。測量隊於1980年改制為農林航空測量所。

(三)衛星影像

自世界上第一顆地球資源衛星在1972年發射以來，此項技術日新月異，近年來小於1公尺解析度的衛星影像也已經商業化³。我國於1976年成立遙測小組，開始運用衛星影像了解本島各項天然資源，預訂於92年度下半年發射的中華衛星二號則預期將為國內的遙測應用展開新頁。衛星影像具有廣域涵蓋、多波段的特性，資料容易取得，對同一地點拍攝的頻率頗高。相對於航空照片，衛星影像記載肉眼看不到的光線，訊息量較為豐富，而且針對許多現象可以作自動判釋，在處理廣域的問題時比較節省時間。但是衛星影像涵蓋時距較短，早期的產品還有解析度較低的問題，對辨識較長時間尺度或者較小規模的地形變化較為不利，所以在地形變遷的研究上最常見的是對變動較快速之現象的討論，例如臺灣西部海岸濱線的變化量之估算與崩塌地之判釋(例如，集集地震前後崩塌地面積變化的估算，水土保持局)。

由以上所做的簡要回顧可知，在臺灣地區各種圖像資料中，以歷史地圖的涵蓋時間最長，開始於清領時期，而符合現代水準的地圖出現於日據時期；其次是航空照片，較全面的拍攝始於二次大戰末期，但目前可得見者為1950年前後拍攝者；衛星影像最短，開始於1972年LANDSAT升空時。衛星影像的歷史最短，且早期的影像解析度低(如LANDSAT為80公尺)，在本島較長期的地形變遷研究上較為少見，所以本文以下針對圖像資料應用上常見問題的討論，係以等高線地形圖與航空照片兩種圖像資料為限。本文並無企圖對臺灣地區地形變遷研究作全面性的文獻回顧，為求方便，所舉案例以本研究群同仁(台灣師大地理系臺灣地形研究室)有關河道變遷、海岸變遷、坡地變動等方面的論著為主。

三、地圖的套疊

進行地形變遷研究時，必然涉及不同年代出版之圖像資料間的套疊。任何圖像資料都是以二維的平面來呈現三維的地表，此過程即為地圖學探究的核心。臺灣地區在清領時期的山水畫式地圖因為圖上地形地物的幾何關係並不精準，無法直接套疊；至於以現代製圖技術所生產之地圖，即便是屬於正射投影(orthographic projection，即地圖上各地形、地物的幾何關係是正確的)，套疊時也應了解各版地圖的製圖原理，以避免不必要的錯誤。

以現代的標準而言，早期山水畫式的地圖精準度低，但這些圖卻是要回溯臺灣兩、三百年來海岸線與河道變遷最重要的材料，例如許多清領時期的地圖都顯示出西南海岸多處內海(潟湖)的特徵(夏黎明，1987)。由於這些地圖無法直接套疊，各研究在引用時大多是以單圖的方式列出。有學者以現今地圖為本，

³ 世界上第一顆地球資源衛星 LANDSAT 在 1972 年發射，解析度 80 公尺；SPOT 衛星影像解析度可達 10 公尺(多光譜為 20 公尺)但是在 1986 才發射。有關此二衛星之介紹可參閱中央大學太空及遙測中心網頁(<http://www.csr.sr.ncu.edu.tw/index1024n.html>)。此外，IKONOS (艾克諾斯)係全球首顆高解析度的商用衛星，在 2000 年 1 月開始正式運作；此衛星係由 681 公里外的太空拍攝地面，影像具有俗稱 1 米的解析度(資料摘錄自該公司網站 <http://www.geopro.com.tw/>)。QuickBird(捷鳥衛星)於 2001 年 12 月份開始接收衛星影像；此衛星係從 450 公里外的太空拍攝地球表面，影像解析度達 61 公分，為全球首顆提供 1 米以下解析度之商用光學衛星。上述兩衛星均屬於太陽同步衛星，平均 4 至 6 天即可拍攝同一地點的影像。(資料摘錄自該公司網站 <http://www.riti.com.tw/>)。中華衛星二號的主要任務是獲得臺灣陸地及附近海域近實時(near real-time)的衛星影像資料，以作為土地利用、農林規劃、環境監控、災害評估、科學研究、科學教育等相關之民生與科學用途，並與通過的其他區域進行可能的國際合作。此衛星預定民國 92 年下半年發射，遙測對地解析度頗高，全色態(黑白)影像 2 公尺，多頻譜(彩色)影像 8 公尺。(資料摘錄自行政院國家太空計畫室籌備處網站 <http://www.nspo.gov.tw/rbweb/chinese/>)

重建當時的河海位置。例如，張瑞津等(1998)、陳翰霖(1999)、張瑞津與陳翰霖(1999)、Chang and Chen (2001)彙整前人研究、古文書資料，再經田野實察，重建本島西南海岸平原十八、十九世紀時主要河流與海岸線的位置，並套疊比對到經建版地形圖(圖1A、1B)，使讀者能更具體的掌握本區海岸與河道的變遷規模。

就以現代製圖技術所製作的地圖而言，如果一個研究中所使用的地圖是根據相同的參考橢球體、投影法、座標系統來製作，則地圖可以直接套疊，但是通常各國的製圖規範會隨時間而改變。以臺灣地區自日據時期以現代製圖技術所出版的大範圍地形圖以來，所依據的參考橢球體、投影法、座標系統也有轉變(表1)，必須考慮轉換的問題。例如：臺灣堡圖的測量原點在台中公園，而其他各圖是以虎子山為原點，所以臺灣堡圖與其他版地圖套疊時，牽涉到的不只是兩個橢球原點間的相對位置關係，還得考量兩個橢球體間的位移關係。又如：地籍圖與臺灣堡圖屬於同一套測量體系，但座標系統不同，前者為無投影的平面座標系。不過由於地籍圖涉及民眾權益，為能使地籍圖上的界線與地形圖上的地形位置相疊合，測量學界在地籍圖與二度分帶地形圖的套疊上已有相當的研究(例如，劉延猷，1996；李弘洲等，1999；轉錄自徐瑞萍，2002)。

有關各時期等高線地形圖套疊的問題則較少見專文討論。進行地形或環境變遷研究者在處理此問題時，多是將之視為兩個平面座標之間的轉換，在要進行套疊的圖幅上選取共同點(common points)做為座標轉換控制點，再套入轉換公式，求解出轉換後的座標。若所使用之地圖的基本資料不清楚，且所處理的區域不是很大時，都可以採用這種較簡易的平面轉換-控制點(四參數或六參數轉換)的方式來進行⁴。隨著電腦軟硬體設施的普及，現在多應用Mapinfo、ArcView等GIS軟體中的Rubber-sheeting功能來處理此問題。在此同時，研究者也應查明其所根據的座標轉換程式，以了解可能涉及的誤差。

若要進行整張圖幅的轉換，最好以該圖之圖隅點(圖幅的四個角點)為控制點，先將四個點的座標轉換為地理座標(經緯度，不涉及投影)，再轉換為目標圖幅所採用的座標(老五萬地形圖UTM-6度→地理座標→經建版地形圖TM-2度)，其套疊精度比兩種座標系統間的直接轉換(UTM-6→TM-2)⁴理想。此外，徐瑞萍(2002)也嘗試處理「如何準確的套疊臺灣地區各時期地圖」的問題，包括臺灣堡圖、實測地形圖、1967年版臺灣地形圖(L7001)和經建版地形圖等四版地圖的套疊。該文作者根據日本臨時臺灣土地調查局和陸地測量部出版的資料以及當時日本學者發表的文章，首度整理出臺灣堡圖和實測地形圖之測繪基準(表1)，採用可以自行定義座標系統的Mapinfo為作業平台，以基準轉換(datum transformation)為原則進行套疊⁵。結果顯示，以中壢-台中圖幅為例計算所得之誤差約25公尺，遠勝於直接採用rubber-sheeting法的疊圖效果。

⁴ 個人通訊，林譽方 2001/4/4。

⁵ 一般GIS軟體所採用的Rubber-sheeting方式，比較適合套疊較小區域且控制點夠多的狀況。當所處理的區域較大，或地物變化甚大不易尋得控制點時，則宜根據各圖之編纂基準來進行轉換。欲利用允許自行編寫基準的Mapinfo軟體進行基準轉換，必須先找出各時期地形圖對應於WGS84橢球體的座標轉換參數。

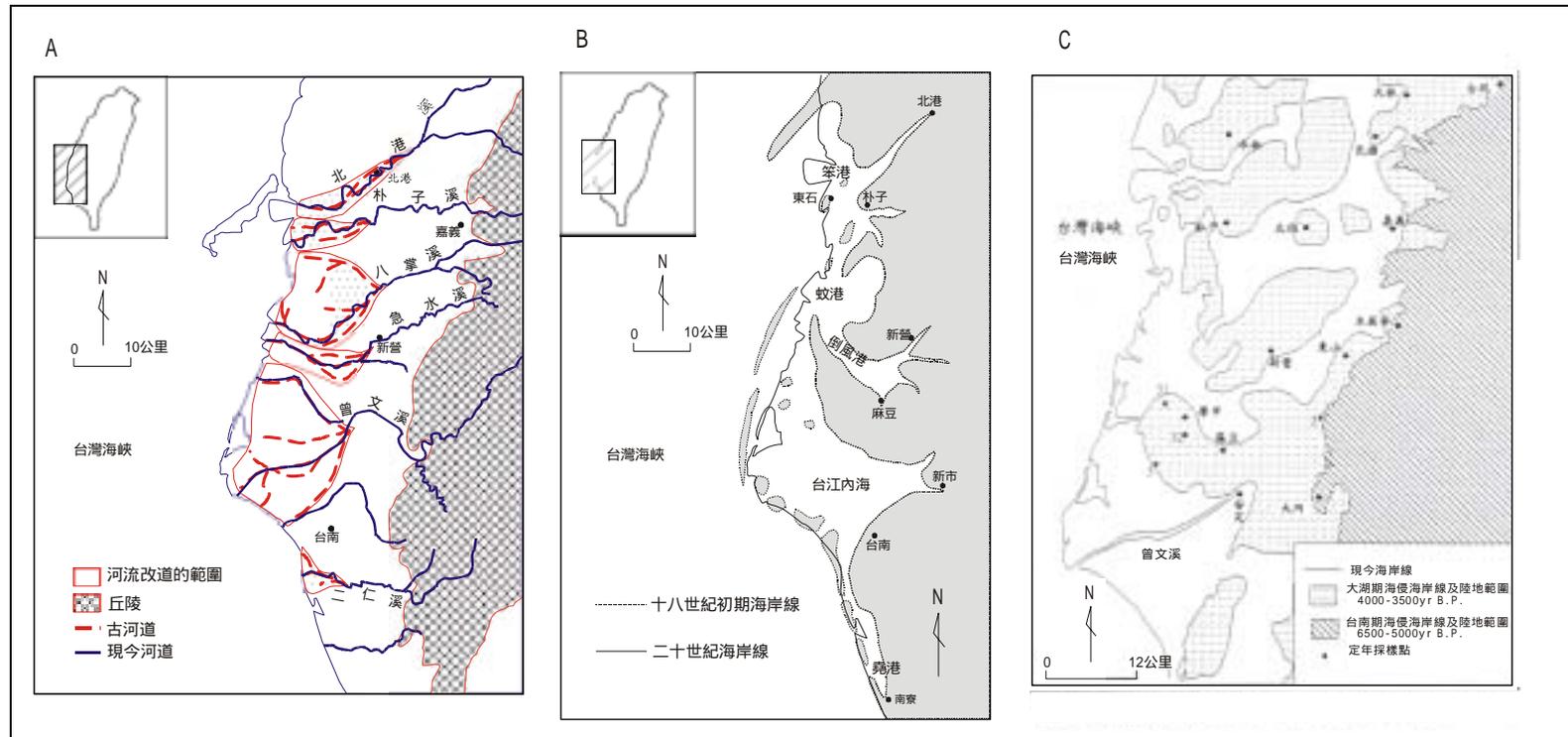


圖 1. 台灣西南海岸平原的地形變遷。

A. 過去三百年間主要河流改道的擺幅與延長範圍(Chang & Chen,2001) ;

B. 在現今地圖上還原 18 世紀初期海岸線的位置(Chang & Chen,2001) ;

C. 推估而得的台南期、大湖期的海岸線(原出處 Sun, 1970, 1971, 1972 ; 轉錄自張瑞津等, 1998)

表 1 臺灣各時期地形圖繪測基準(引用自徐瑞萍, 2002, 表 2-1)

項目	日治時期控制測量階段		日治成果改算階段	
	代表地圖	二萬分—台灣堡圖	日治五萬分—實測地形圖	1944 美製多色地形圖
參考橢球體	1841 Bessel	1841 Bessel	1909 Hayford	1909 Hayford
長半徑 (m)	6,377,397	6,377,397	6,378,388	6,378,388
短半徑 (m)	6,356,079	6,356,079	6,356,912	6,356,912
扁率	1:29915	1:299.15	1:297.0	1:297.0
投影方式	多面體投影	多面體投影	多圓錐投影	橫麥卡托投影
座標系	球面座標	球面座標	1000 碼方格網 III/N 帶 D 區	UTM1000 公尺(5Q 51 帶)
圖幅範圍	經差 6 分, 緯差 4 分	經差 15 分, 緯差 10 分	經差 15 分, 緯差 10 分	經差 15 分, 緯差 10 分
平面基準	台中公園	虎子山三角點	虎子山三角點	虎子山三角點
高程系統	基隆平均海面	基隆平均海面	基隆平均海面	基隆平均海面
起始方位角		埔里基線南端點 63°46'27".18		對加納山:156°25'30".157

項目	統一改算階段	基本控制點檢測階段 (TWD67)		衛星控制測量階段 (TWD97)
		1980 新五萬編纂圖	1990 經建版一版五萬 地形圖	1999 年後地圖
代表地圖	1967 老五萬地圖(L7001)	1980 新五萬編纂圖	1990 經建版一版五萬 地形圖	1999 年後地圖
參考橢球體	1924 International	GRS67	GRS67	GRS80
長半徑 (m)	6,378,388	6,378,160.000	6,378,160.000	6,378,137.000
短半徑 (m)	6,356,912	6,356,774.7192	6,356,774.7192	6,356,752,3141
扁率	1:297.0	1:298.25	1:298.25	1:298.257222101
投影方式	橫麥卡托投影	橫麥卡托投影	橫麥卡托投影	橫麥卡托投影
座標系	UTM 六度分帶(5Q、51 帶)	UTM 六度分帶(5Q、51 帶)	二度分帶 TM 方格網	二度分帶 TM 方格網
中央子午線 尺度比	0.9996	0.9996	0.99999	0.99999
圖幅範圍	經差 15 分, 緯差 15 分	經差 15 分, 緯差 15 分	經差 15 分, 緯差 15 分	
平面基準	臺灣:虎子山三角點(51 帶) 澎湖:紅木提三角點(50 帶)	虎子山三角點	虎子山三角點	地心座標系統 ITRF94
高程系統	臺灣:基隆平均海面 澎湖:馬公港平均海面	基隆平均海面	基隆平均海面	WGS84 幾何高
起始方位角	埔里基線南端點 243° 47'21".611	對拒頭山 323°57'23".135	對拒頭山 323°57'23".135	國際時間局:1984.0 時刻方位

1980年臺灣三角點測量成果公佈後的座標系統

- (1) UTM六度分帶: 中央經線本島123°E(51帶), 澎湖117°E(50帶), 橫座標西移500公里, 中央經線尺度比: 0.9996
- (2) TM三度分帶: 中央經線本島121°E, 澎湖118°E, 橫座標西移350公里, 中央經線尺度比: 1.0000
- (3) TM二度分帶: 中央經線本島121°E, 澎湖117°E, 橫座標西移250公里, 中央經線尺度比: 0.9999

四、地圖的精度與地形訊息量

各式圖像資料所包含的訊息類別與訊息量不盡相同，處理圖像所需之相關技術與設備的繁簡有異，在實際應用時，研究者必須考慮研究之目的與研究主題之特性，選擇適當的圖像資料，盡可能從圖中擷取定性或定量的訊息。但在此同時，也得評估資料之準確度和工作流程中所涉入的誤差等限制，以避免對所採用之系列圖像資料的比對結果做過度的分析與解讀。

清代山水畫式地圖雖然提供了山川形勢的相對位置，但因精準度較差，即使盡可能還原套疊到現今地圖上(圖1)，也只能呈現變化趨勢而不宜作精準的量化推估。自台灣堡圖以來出版的多套比例尺1:20000~1:50000地圖更是經常應用在地形變遷研究的課題中，例如河道擺移與濱線變化，而且經常據以計算海岸線的變化率。石再添(1980)套疊1904、1926、1954、1975等四個年代出版的地圖，得到臺灣西部海岸有整體西進的趨勢，西進的速率因地而異，以大肚溪口至二仁溪間最大。沿用相似的方法，郭金棟(1990)數化1904、1919、1958、1987等四個年代出版的地圖，計算各時期全島海岸線變遷率。張瑞津等(1998)則比對1904、1926、1956、1965、1990等五個年代出版的地圖指出，整體而言嘉南地區潟湖內之海岸向西淤積推移，濱外沙洲整體則向東移動，沙洲西側的海岸線也多隨之向東後退，例如，位於急水溪口的海汕洲及王爺港汕，沙洲西側海岸線在1904至1990年間向東後退近1公里，平均每年後退11.6 m。而在比對1975及1980的地形圖發現，外傘頂洲從原本的南北走向變為東北-西南走向，短短五年之間有如此大的變化，是否在此期間曾經發生重大氣象事件導致地形明顯變遷，或是製圖時的人為誤差，則有待進一步探究。

上述這些地圖上所標示的海岸線是否可用以計算變遷率，除了地圖套疊的問題外，主要取決於地圖繪製時的精度，紙張地圖漲縮、折損所造成的變形，以及數化時的誤差，還有地形地物位於分帶⁶邊緣地區時投影變形量較大等問題。綜而言之，地形的實際變化量必須遠大於誤差量，量化所得的數值才有意義，所以使用各種圖像資料時，要作審慎的評估。例如，沈淑敏(1997)在討論花東海岸侵蝕後退問題時，即針對各種地圖的可用性進行評比(表2)，文中指出台灣堡圖在西部海岸數十年尺度的變遷研究上或可用以粗估其變化量，但其東部各圖幅製作時的準確度較差，加以花東海岸的變化速率又遠較西部海岸為低，所以不宜據以推估變化量⁷。不過圖中對花東海岸南段的地形特徵有較細膩的標示，如較小規模的低位階地和陡峭的

⁶ 我國自1949年起採用國際上通用之「國際橫麥卡托投影」座標系統(Universal Transverse Mercator Projection Grid System, UTM)，每六度經度分為一帶。按此系統，臺灣地區座落於第50、51帶的邊緣，尺度誤差頗大，故於1969年改採三度分帶之橫麥卡托投影(121°為中央子午線)。1974年為配合五分之一基本圖測製及地籍測量上座標應用，決定採用二度分帶之橫麥卡托投影，臺灣本島以中央子午線(121°)為準，大致左右各跨一個經度。相關說明可參見史惠順(1994)

座標系統	六度分帶	三度分帶	二度分帶
臺灣所在分帶之中央子午線	123°、117°	121°	121°
中央子午線尺度比率	0.9996~1.0012	1.00037	0.9999~1.00005
尺度誤差	1/2500~1/1000	1/3000	1/10000~1/20000

⁷ 日本殖民政府的臨時臺灣土地調查局為製作臺灣堡圖，全省共計調查三等三角點1163點，圖根點2804點，在西部地區根據圖根點製作1:12,000圖根點略圖，作地籍調查，但臺灣東部未做地籍調查，乃以簡易的地形測量，直接由碎部測量調製地形原圖(施添福，1997)，在開發較盛地區調查較詳細，地形、地物的描述也較仔細；開發較低地區(通常是地形險峻區)的資料較粗略，可信度也較低。經筆者詳細閱讀花東海岸的圖幅，整體而言秀姑巒溪以南遠較以北之地區

海崖，可以定性的表現出局部地段海岸侵蝕後退的趨勢(圖2)。此外，起源於日據時期的地籍圖之原圖的比例尺可達1:1000或1:1200，圖面上所包含的地形訊息雖然有限，海岸線的位置也值得商榷，但藉由其土地測量的精準性，可以判斷因為河流或海岸侵蝕所造成的土地損失(圖3)。

上述這些20世紀初期以來根據現代繪圖法所製成的各式等高線地圖，雖然經常被各類地形變遷研究取材使用，但須注意在等高線地形圖上，所欲分析的對象通常已經被繪圖員判讀完畢，並以特定的符號呈現(如海岸線、河道、崩塌地等)⁸。使用時必須了解繪圖員判讀繪製的原則，研究者也相當程度的喪失了判讀的主動性。相對的，1970年代中期以來，政府開始製作兼具等高線圖和航空照片優點的像片基本圖和臺灣海岸像片地形圖，這些地圖精度極佳⁹，地形訊息量非常豐富，研究者不但可以自行判讀，也適用於用來擷取地形現象的變化量。只是地圖比例尺愈大，表示判讀和轉繪的工作量也愈大，而且由於出版年代之限，必須比對其他較早期出版的資料，才能討論到較長時期的變遷狀況。

表 2 花東海岸各式地圖所呈現之地形訊息的比較(引用自沈淑敏，1997)

名稱	臺灣堡圖	地籍圖	實測詳細地形圖	臺灣地形圖	像片基本圖	海岸像片地形圖
年代 ¹	1904	1919	1929	1951	1976	1987
比例尺	1:20,000	1:5,000 ²	1:50,000	1:25,000	1:5,000	1:1,000
等高線間距	50 尺 ³	/	20 公尺	10 公尺	5 公尺	1 公尺
辨識濱線 ⁴	已標示	已標示 (但不連續)	已標示	已標示	需自行辨識 ⁴	需自行辨識
辨識海崖線	尚可 (有符號註記)	不可	尚可(極高崖)	尚可(高崖)	可(根據影像及 等高線)	可(根據影像及 等高線)
海岸後退量	海岸線略失真	可	比例尺嫌小，若 討論時期長則可	比例尺嫌小，若 討論時期長則可	可	可
海岸地形特徵 - 海階	清楚 (等高線較失真)	低位階地不清楚	低位階地不清楚	低位階地不清楚	清楚	清楚
海岸地形特徵 - 海岸沙丘	有標示	無	有標示	有標示	有標示	有標示
海灘物質	無	無	無	無	有標示	有標示
主要道路	有	有	有	有	有	有
土地利用	有	詳細	有	有	有	有

的地圖詳細。秀姑巒溪以南的海岸線以都蘭附近失真最顯著，其他海岸段也多少有變形，溪北局部海岸段的誤差最顯著是石梯坪(硬岩)突岬段，臺灣堡圖上的海岸線比 1987 年出版的經建版(1:25000)地形圖上的海岸線，還東偏數百公尺，這顯然是製圖的誤差之故(沈淑敏，1997)。

⁸ 像片基本圖分為單色版和套色版，兩者所套疊之影像相同，只是在套色版上水體套為藍色版，所以水體的邊界都已由製圖員判別劃定。陸地上水體的邊界比較容易界定，濱線的劃定比較困擾。根據農航所資深繪圖員說明，濱線原則上是沿著地圖上水陸交界之處描繪，但此界實際上經常是呈帶狀的。航空照片拍攝時的天氣和海象也會影響濱線的位置，最好能查詢拍攝的確切時間，以了解照片上所記錄的滿潮或乾潮時的狀況，這對坡度平緩的海岸影響非常顯著。像片基本圖不是為海岸調查而作，所以拍攝照片時並未特別考慮潮位狀況；海岸像片地形圖是針對海岸地帶，拍攝照片時大多避開滿潮的時段，但經筆者抽樣比對，只有半數是在乾潮時段拍攝的。

⁹ 像片基本圖之精度標準規定為：平面位置誤差應小於 2.5 公尺，高度誤差應小於 1.7 公尺，經現地檢核，發覺 1:5000 基本圖的平面位置與高度誤差分別小於 0.96 和 0.6 公尺(臺灣農林航空測量所，1983)。此版地圖精度雖佳，但地形表現也偶有錯誤。例如，臺東成功鎮三仙臺小島高於 70 公尺，但在「三仙台」第一版的圖幅上，只標示出一條等高線，表示該島高度低於 10 公尺，根據其縮編的地形圖也是如此，很可能是因為原航空照片品質不佳判讀困難之故。在 1:1,000 臺灣海岸像片地形圖上該島的等高線則是正確的。

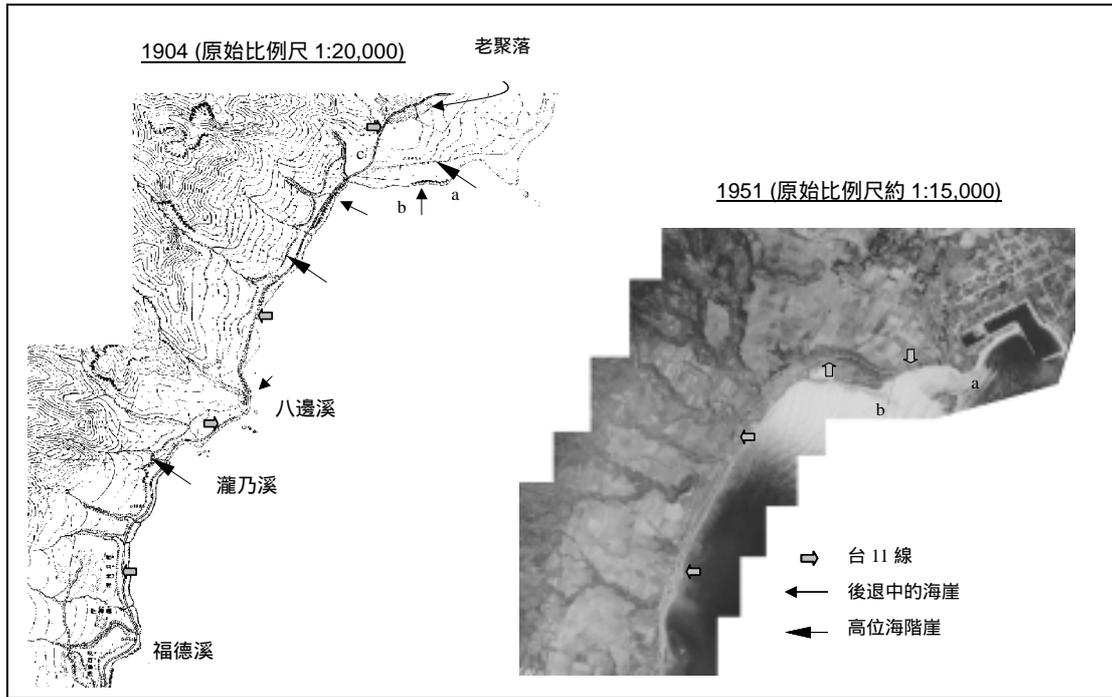


圖 2. 1904 年地圖與 1951 年航空照片上的成功鎮成功港至福德溪間的海岸(翻譯自 Shen ,2000)

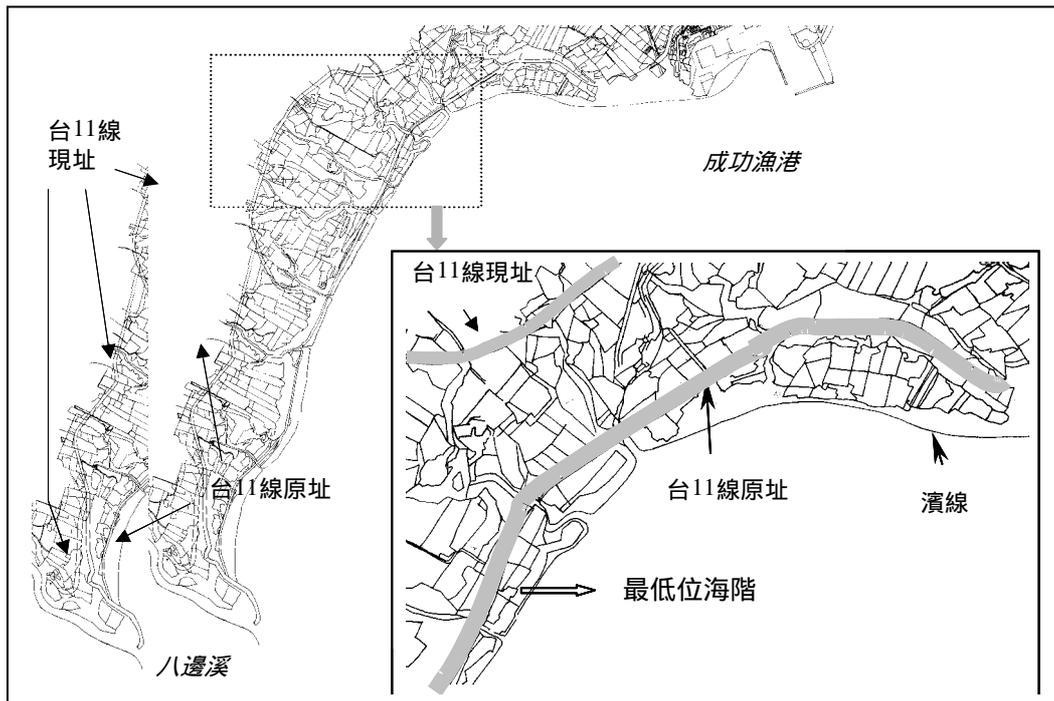


圖 3. 1919 年的地籍圖上顯示成功港西側最低位海階的存在，以及海岸公路位置的遷移 (重繪自成功鎮新港段 8-5 號圖再製版，比例尺 1:5000)。(翻譯自 Shen ,2000)

使用經建版地形圖做地形變遷研究時，還需注意地圖出版日期與其所根據之原始資料航拍日期的差異。例如，1990年代出版的花東海岸1:25,000經建二版(當時此區像片基本圖第二版還未出版)，編修時以人文現象的更新為主，地形部分主要仍是參照1970年代末製作的像片基本圖第一版，所以使用此類地圖做地形變遷時，應參考圖料說明，確定圖中所表現者為那一年代的地形景觀。

五、航空照片的判讀與糾正

像片基本圖是由航空照片製作而得，同樣的航照當然也保存了拍攝時的影像，而且又可作立體像對的判讀，所能獲取的影像訊息通常更為豐富。例如張瑞津等(1997)曾利用航空照片判讀出許多在1:5000像片基本圖上不易判讀出來的舊河道(圖4)。而且由於航照拍攝的頻率高，研究者可藉由比對同一地區歷年的航照，掌握地表現象變遷的情形。例如透過此種方法，可知陳有蘭溪小支流豐丘溪在過去50年間至少發生土石流五次(圖5)，也可為新中橫公路關建與和社溪土石流的關係，提出具體的證據(圖6)。航照判讀各種地形地物的難易程度不一，如果只是要判斷某種現象的有無，如土石流扇(圖5)或濱臺上開挖之九孔池(圖7)，或欲判斷現象的幾何類型，如崩塌地是面狀或溝狀(圖6)，不同的工作者只要稍加訓練大多能夠勝任，並且獲得類似的判讀結果。不過若要從航空照片求取定量的資料，則需經過糾正的步驟。

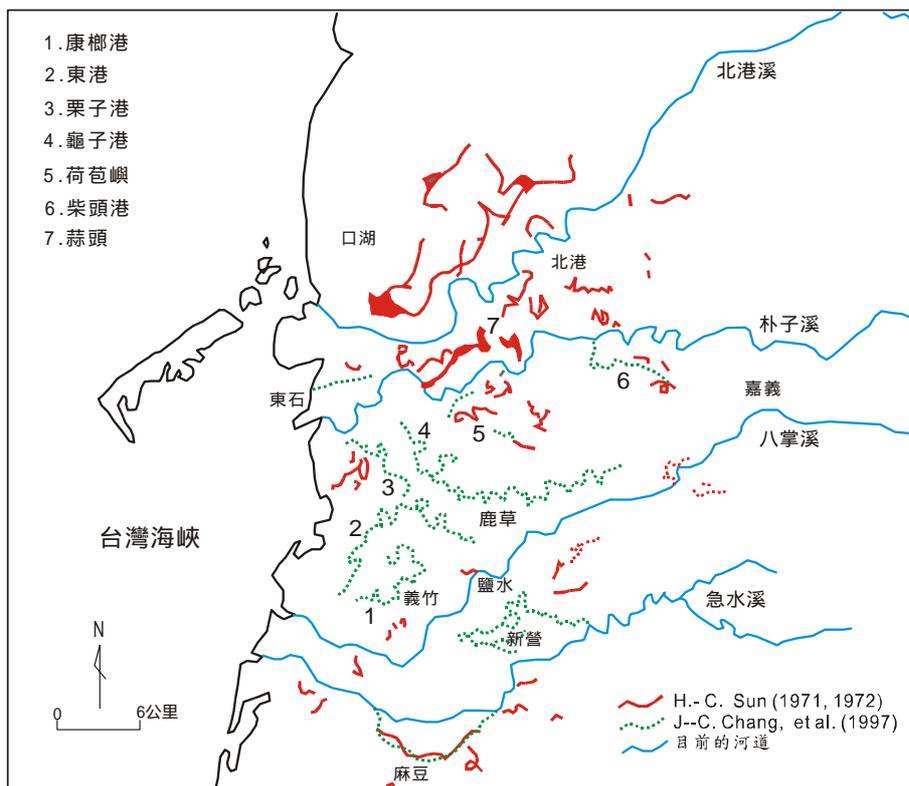


圖 4 從航空照片判讀得到之嘉南地區舊河道圖(引用自張瑞津等，1997)

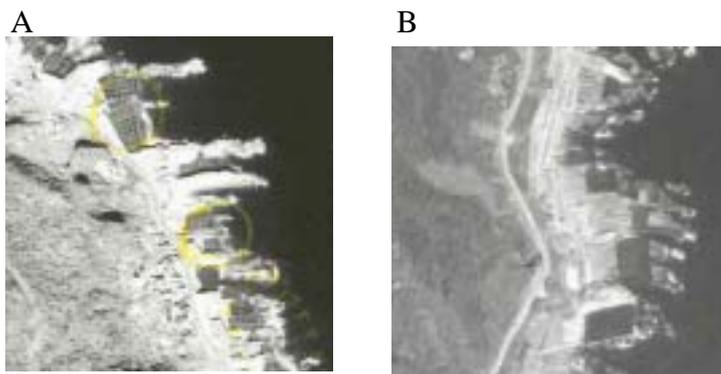


圖 7. 1970 年代末期東北角海岸為人工養殖九孔，大規模開挖濱台，從影像清晰的航空照片上很容易辨識出這些位在濱台上的養殖池。

- A. 澳底附近仍在營運的九孔池，其上有網格狀的走道，影像上呈淺灰色(航帶號碼 87P90)；
 B. 龍洞岬南方廢棄的九孔池，漲潮時池內蓄水，水體呈深黑色(航帶號碼 79P82)。

航空照片是自高空單點對地表某一區塊的拍攝，有畸變(*distortion*)的問題(圖8)，必須經過幾何糾正，所獲得的形狀或長度、面積等數值才正確。以立霧溪流域之一處沖蝕溝為例，由不同角度拍攝一處崩塌地、沖蝕溝(圖9 A,B)，或同一時期拍攝的崩塌地，在兩張航空照片上呈現的形狀也不相同(圖9 C,D)。一般而言，愈接近照片的中心點(像主點)，變形量愈小(圖8B)。對於航空照片的糾正，航測界早已發展出高精度的糾正方法(*analytical photogrammetry*)來處理，所以能根據航空照片製作出如像片基本圖和海岸像片地形圖等地圖，但是這些標準作業流程必須由專業人士來施作。

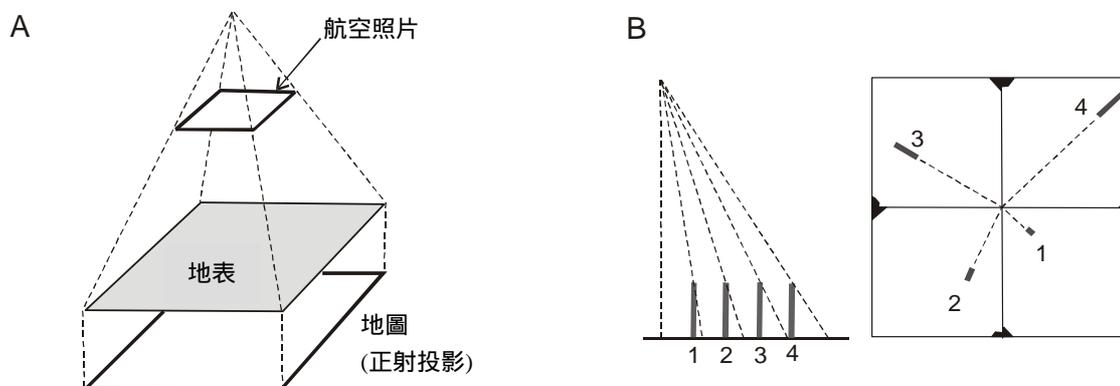


圖 8 (A)航空照片的拍攝原理；(B)輻射畸變與高程畸變 (引用自 Campbell, 1997)

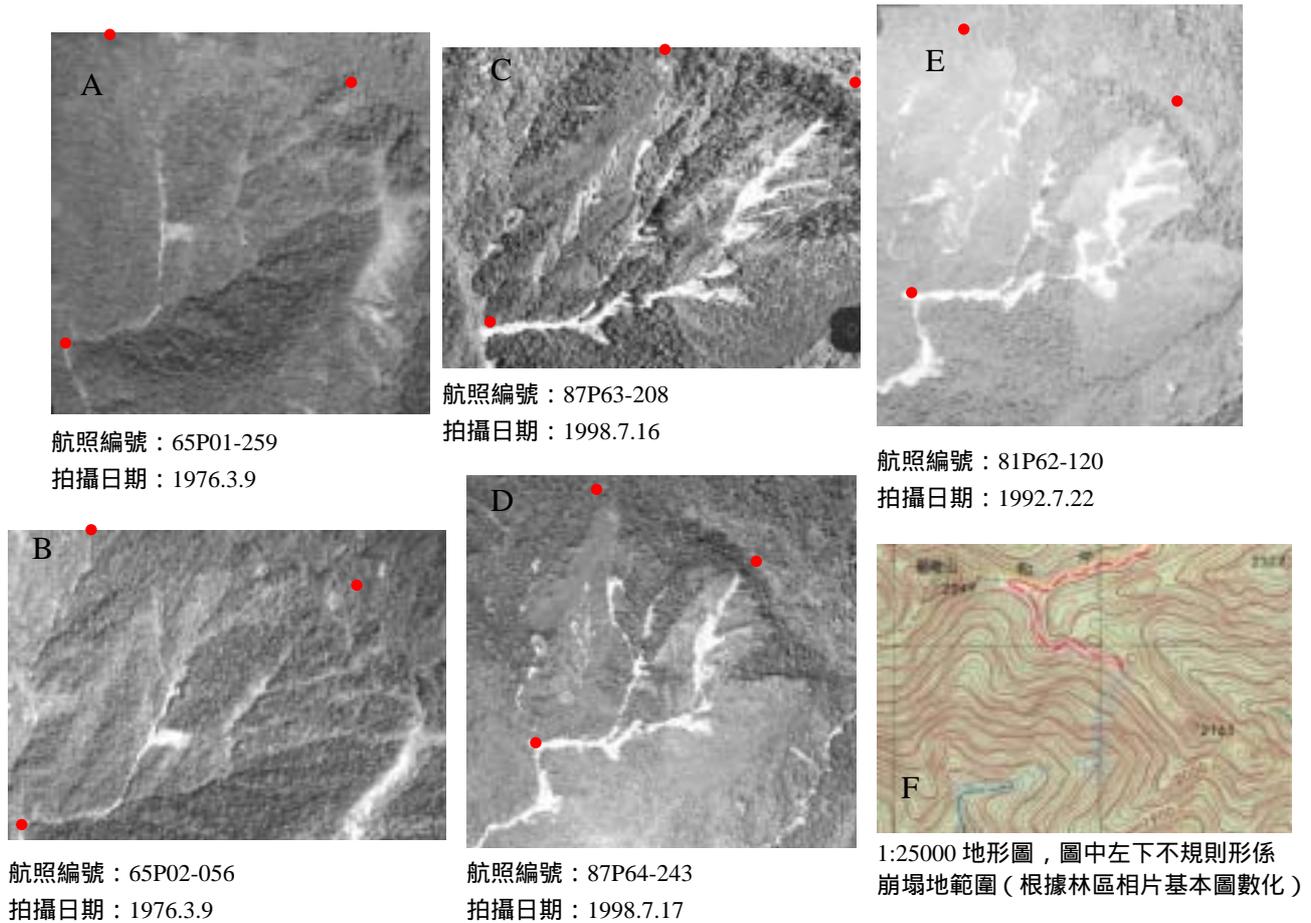


圖 9 立霧溪支流大沙溪流域內一處崩塌地(冲蚀溝)之歷年航空照片(A E)與 1:25000 等高線地形圖(F)

現今電腦軟硬體的發展，使個人研究者也能處理航照糾正的問題，方法之一是在航空照片上與另一套正射投影的基圖(座標已知)上尋找若干套控制點，通常基圖為較大比例尺地圖、數值地形DTM，或以GPS實測控制點的座標，再應用軟體所內建的公式加以運算即可，不過所得精確度不若標準作業程序者。在此流程中最為關鍵的是基圖的精度與控制點的良劣，而實作中最為耗時的通常也是尋找控制點，尤其在人為活動稀少的山區特別困難，所以包括林務局和中央地調所進行的崩塌地調查計畫和許多個案研究(如宋和禧, 1999; 張瑞津等, 2001)都是先作航空照片立體判讀，再將所判別出的崩塌地轉繪到所選定的基圖上。一般而言，判讀者通常是參考崩塌地與周圍較顯著地形、地物(如稜線、溪谷)的相對位置，以求盡可能正確的將崩塌地的輪廓轉繪到事先所選定的基圖上。這樣的作業流程可以節省很多時間，但是轉繪的正確性相當倚賴判讀者的經驗，讀者必須了解這種方式所計算的崩塌面積，是包含某種程度的誤差，而且誤差量的大小不易判斷。若所判讀之航照曾印製過正射地圖(經過糾正)，由於這種基圖上的影像仍然被保留，轉繪崩塌地的形狀時準確性會較高。

使用航空照片時，必須要盡可能的進行糾正，並且掌握誤差量，如此才能獲得可信的結果。沈淑敏(2002)

在計算台東成功一帶的海崖線後退量時，因為早期一般等高線地形圖上只標示出濱線而無海崖線，除近期大比例尺地圖外，決定再採用(1951年與1990年拍攝的航空照片)來比對。但是1951年航空照片的相機資料已不可得，而且也很難在照片上找到品質良好的控制點，所以決定採用六參數轉換以分別將兩版航空相片與像片基本圖套疊。但該處海崖線(該研究以海崖頂部為準)高度可達40公尺，並不符合六參數轉換(僅適用於兩個平面座標間的轉換)的要求，因此必須將沿著海崖線數化而得的座標都轉換為其在海平面時的相對應座標後，再進行套疊(圖10)。結果顯示在四十年間(1951~1990)成功鎮之麒麟、八邊、嘉平一帶的海崖後退量為全花東海岸之冠，不但較低位海階大多被侵蝕殆盡，其後側較高的海階(受到海浪與崩壞作用雙重影響)也逐漸後退。年平均後退率為1.1公尺/年，而單一點位的最大後退率可達3.2公尺/年，估計誤差量為0.25公尺/年。

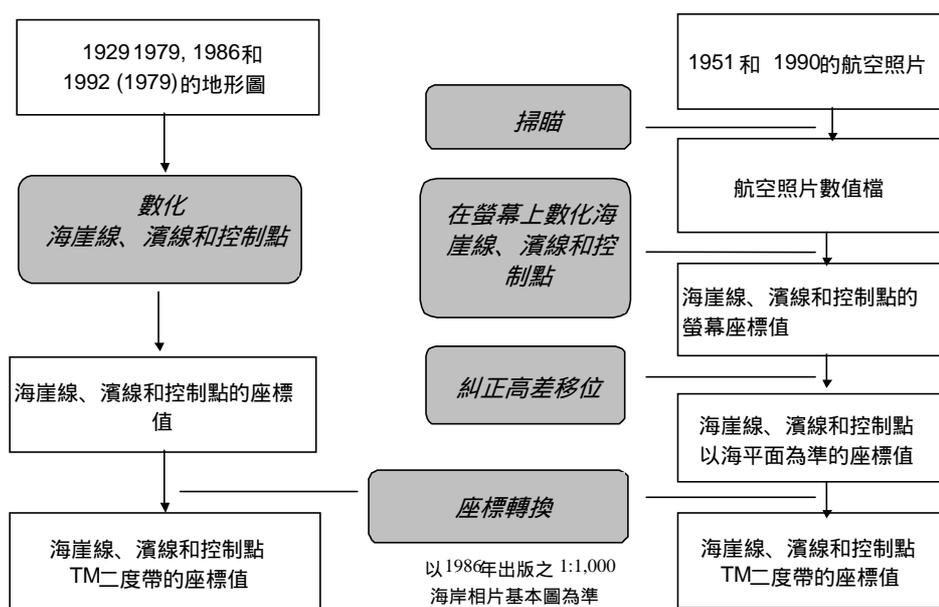


圖 10 為使用早期航空照片與等高線圖量化花東海岸海崖線與濱線後退量而發展的簡易作業流程
(引用自 Shen, 2000)

六、應用史料協助重建古地形

如前所述，清代山水畫式地圖或當時他國人士繪製的河道與海岸形勢圖精確度較低，而且出版年代間隔頗長，但這些材料又是回溯本島二、三百年以來環境變遷的重要參考。除此之外，各式記載描述該時代的文書資料，也是重建早期地形狀況的方法之一。在各種歷史文獻中，除方志中會記載重大的自然災害地形變動，碑文內容常有直接或間接對當時地形景觀和生活習俗的記載，古文書中則以「官方給民間的公文書」、「土地開墾的墾單」、「契稅資料」、「水利」等四項(根據王世慶，1993的分類)對於當時土地利用與環境狀態的描述最豐富(陳翰霖，1999)。

例如，濁水溪河道在竹山以下之沖積扇面上遷徙十分頻繁，古籍中多有記載，但可能因為溪名今昔有

別，以致對濁水溪流路與流路變遷的看法不一。張瑞津(1983)曾彙整清代方志、采訪冊與遊記、文集等共11種和部分古籍所附之山川圖，比對前人說法，釐清溪流命名，肯定清康熙至光緒年間濁水溪下游主流之由南向北移動的趨勢，即康熙、乾隆至光緒年間以舊虎尾溪及西螺溪為主流，光緒24年(1898年)才改以西螺溪與麥嶼厝溪為主流，新虎尾溪為次¹⁰(以今河流名為準)。此後，西螺溪因人工築堤束水，流幅、河床加寬，逐漸成為濁水溪下游之主流；其他各分流則因農田增闢、人工築堤或取水灌溉等原因而日漸縮小，人為活動對河道形態的影響由二十世紀初期與後期兩版地圖的比對可以明顯看出(圖11)。近期陳國川(2002)為重建清代雲林地區農業墾殖的舞台而探討濁水溪下游河道變遷趨勢，參考Sun (1971, 1972)和張瑞津(1983)的研究，重新檢視清代各方志書與遊記中的相關記載，並加入1898年(明治31年)濁水溪護岸工事書類及1909年(明治42年)北斗街區長林慶隆的兩則報導，進一步指出在清咸豐以前主流河道曾在今雲林縣境徘徊一百餘年，之後轉向彰化縣移動。可見隨著更多古籍的發掘與掌握，將可填補過去地形變遷的更多細節。

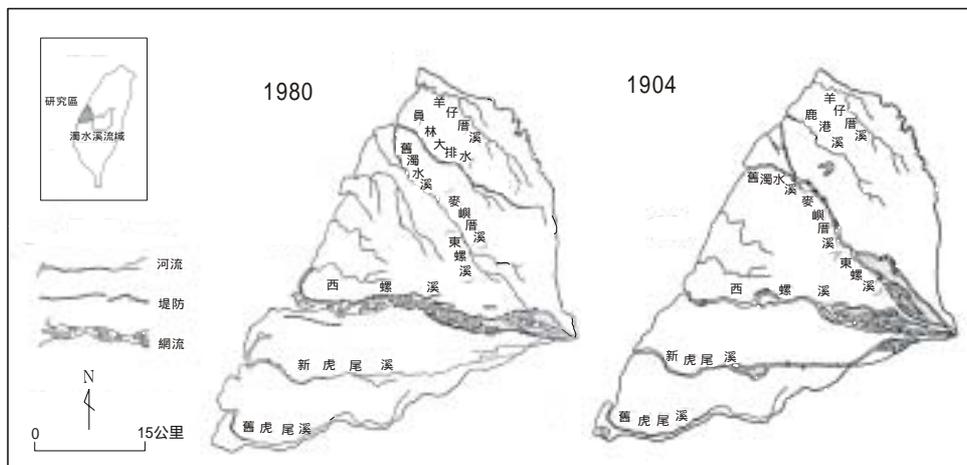


圖 11 濁水溪沖積扇河流改道與河道形態的變遷(改繪自張瑞津, 1983)

在海岸線的位置方面，陳翰霖(1999)曾利用多種文書檔案資料，例如，清道光24年間發給墾戶林洪氏的臺字第一十三號兵備道執照中記載「照得軍功船廠一帶海坪，沙泥壅積，漲成浮埔；但未經開墾，尚難報陞」(全文可參見陳翰霖, 1999: 202頁)，前半句可以解釋為「軍功船廠(今台南市民族路赤崁樓附近)一帶是高灘地，由於泥沙的堆積而逐漸淤高」，表示當時軍功船廠鄰近海岸線。又如吳進喜(2000)在重建二仁溪下游地區水運交通線時，曾在岡山發現一方題為「奉憲勒碑」的碑文¹¹，有關於阿公店溪與蟻港內海水路的記載「洞察民隱官捐開復茄藤二濫等港利便舟行接運免由外海不測」，經與《重修鳳山縣志》、《乾隆臺灣輿圖》、余文儀《續修臺灣府志》中相關的內容比對，乾隆年間臺灣府治與鳳山縣治下彌陀港間，船舶貨物可行內海港口，雖然因潟湖本身淤積和填築魚塢時有淤塞而必須疏浚，但可以證明台江內海與南方蟻港內海兩水域之間仍相通連，茄荳與灣裡乃濱外沙洲上的聚落。至於當年「勒石豎立港口」之地(今岡山鎮後協里)，則是當時阿公店溪注入蟻港內海之處。

¹⁰ 省水利局(1971)：清光緒24年，支流清水溪上游草嶺潭潰決，洪水仍歸舊濁水溪故道(又稱東螺溪、麥嶼厝溪)。

¹¹ 此碑立於乾隆25年12月20日，現存於岡山鎮後協里庄廟代天府，全文可參見吳進喜(2000)：頁136。

史料中所指涉的位置與時間有時並不明確，而且就如上述二例，所提供的地形訊息多是點狀的，所以需要蒐集更多的史料，仔細擷取其中所蘊含的地形相關訊息，並與不同的資料相互印證，才得以進一步提升古地形重建與地形變遷歷程的精度。如陳翰霖(1999)為了在現今地圖上還原過去17-18和19世紀西南部海岸線的位置，彙整各方志中所記載之廟宇、街市防汛的出現時間與位置，以及本區各港口的開(閉)港年代(林玉茹, 1993)，同時從已出版的碑文、族譜與各式古文書中擷取海岸線位置的訊息，將上述資料相互對照後，經過田野實察的印證¹²，把其中可信度高之代表某時期海岸位置的地點，標示在近期出版的經建版地形圖上。根據上述方法所得到的點位在各海岸段的疏密不同，但是可以歸納得到17-18世紀時的海岸，大致符合今日5公尺等高線，而19世紀的海岸大至位於今日3公尺高之處。點位比較稀疏的海岸段就以這樣的原則來連接，而得以重建北港溪到岡山溪之間的海陸形勢(圖1B)。而陳岫傑(2002)以地球物理學之「電阻法」所得到的古海岸線(丁逸, 1999)為基礎，詳細推敲《諸羅縣志》等方志中的記載，以臺灣堡圖為底圖，重建18世紀初期(康熙58年)倒風內海的位置，更細膩的描繪了內海之陸地側海岸線曲折的形勢(圖12)。作者並指出在康熙末年至乾隆末期間急水溪的輸沙是內海陸化關鍵，同治初期八掌溪南移後，內海的加速淤積才是由八掌溪和急水溪共同造成。另外，陳岫傑也根據江樹生(2000)所譯之《熱蘭遮城日誌第一冊》內容，推論出1636年該書作者約翰松所繪之魁港附近海圖與今日地圖上的相對位置。

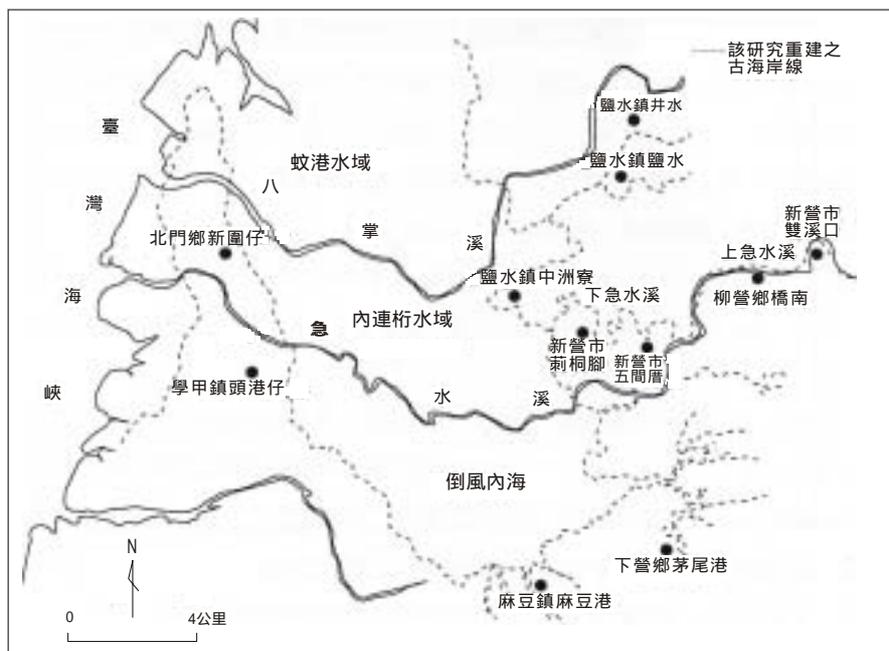


圖 12 康熙 58 年(1719)倒風內海範圍重建圖(引用自陳岫傑, 2002)

由以上所回顧的幾個研究個案可知，仔細檢視歷史文獻中所包含的地理訊息，確實有助於釐清地形變

¹² 陳翰霖(1999)為了將 17-19 世紀的海岸線盡可能準確的描繪於現今地圖上，除了參考當時各式地圖、西部各港口聚落的興衰時間(林玉茹, 1993)，還彙整各類古文書，並赴現地實察，了解各地的港口海汊分布與舊時港道的走向，推論海岸線大略位置而製成圖(1B)，但在其博士論文中僅概略說作業方式。

遷的趨勢，此點對於缺乏較佳精度之圖像資料的時代尤其重要。但是多數的地形變遷現象是在人類活動還未展開之前(或未被記載流傳)就已經持續作用，如果在探究地形變遷原因時，只應用歷史時期的資料，則必須確定沒有過份誇大人類活動的影響，而忽略自然的作用。如Brookfield (1999)提到，他原先假設西印度群島St Kitts的蝕溝(ghauts, box-shaped gullies)是17世紀殖民時期的農業活動造成的，研究之後才發現蝕溝主要是在更早期鄰近火山噴發摧毀植被時所造成。殖民時期所採行之耕種方式確實造成土壤侵蝕，但只造成部分蝕溝的再作用(如被填埋)，而非形成新蝕溝。Komar (1999)回顧一系列發生在美國各地海岸侵蝕的個案，強調除了像大風暴這種造成侵蝕的立即性因子(immediate causes)外，常常還有長期的潛在因素(underlying causes)。例如，一般認為1964年興建的亞斯文高壩是尼羅河三角洲海岸侵蝕的重要因素，但是新近的研究逐漸發現，北非長期的氣候變遷和降雨減少，是導致尼羅河沈積物逐漸減少的長期影響因素。所以在探討地形變遷或環境變遷的議題時，應該盡可能延長時距。

要追溯人類歷史記錄之前的地形變遷狀況，需要參考考古學、地理學、地質學(尤其沈積學)、地球物理學(如電阻法、透地雷達探測法)等各種領域所提供的材料。不過地形既是多種作用孕育的產物，透過圖像資料檢視地形態本身，也常可獲得一些有用的訊息。如農委會在集集地震之後又修正公布全島的潛在土石流危險溪流，但這並不表示那些未在住民記憶或文獻中沒有土石流記錄的其他小溪，不曾發生過土石流，很可能只是發生的頻率較低。一般而言，出現「土石流式」搬運的溪流，通常在其溪口會有土石扇(錐)的出現，所以若能在地圖或航空照片(比例尺最好大於1:25000)上判斷出溪流具有這種指標性地形，則表示其仍具有發生土石流的體質(張瑞津等，2002ab)。又如，西南海岸平原數百年間河道變遷看似隨機，但是比對各河流出山地後之流路與大湖期的海陸配置(圖1C)，顯然本區河流在數千年以來之流路大致是沿著原地表低處發展，而數百年間河道擺移幅度最大的下游河段則大致與前一時期的低窪處(即海汊或內海水域)吻合，河道的變動範圍始終都是受到前期地形特徵的限制(圖1A)。而圖1中的這三個階段分別代表本島西南部海岸平原自然環境的時空基本架構，也正是日後人類活動上演的舞台。

七、結語

地形變化的訊息具有空間性，圖像資料是最能有效展現這類訊息的媒介。國內地形變遷的研究經常採用地圖與航空照片的資料，其中1904年出版的臺灣堡圖和1950年代前後拍攝的航空照片，分別被認為是這兩類資料中準確度夠高、涵蓋範圍廣泛的最早版本。過去臺灣地區出版的系列性圖像資料大多已被發掘並加以利用，某些資料的可及性已優於以往，如臺灣堡圖、實測地形圖都有「老圖新出」的版本，早期美軍拍攝的航空照片也可能購買獲得，但如空軍照相技術隊所保存的航空照片和經建版以前的等高線地形圖的流通性仍較低，主要存於聯勤製圖廠及散見於臺灣師大地理系、台大地質系等機構之圖書館。

近年來高精度的圖像資料日益增多，許多判讀成果也漸以地理資料庫形式儲存，方便使用。不過比例尺愈大、精度愈高，也表示工作量愈大。而所能蒐集到之最早與最近期的可用資料，就決定了該研究得以涵蓋的時間與空間尺度。研究者必須根據研究目的、研究對象之特性，評比各式圖像資料的可用性，並掌握資料本身和處理過程中所涉及的誤差量，以便能針對所使用之圖像資料比對結果，進行適宜的定性、半定量或定量的解讀。

各式圖像資料所直接呈現地形訊息不盡相同，透過不同時期資料的比對可以掌握地形現象的變遷趨勢或變遷量，甚至彰顯多種環境因子間的空間關連，是探討地形變遷時不可獲缺的材料。某些狀況是清代出

版之地圖精確度較低，若能仔細推敲各式歷史文獻中所蘊含之對當時環境的描寫，對還原地景或地形變動(尤其河流改道)的時間有實質的助益。本文所論雖然以地形變遷中的河道、海岸、邊坡的變化為例，所提及之圖像資料的使用原則與限制，應該也能夠提供其他環境變遷研究課題的參考。

九、參考文獻

《中文部份》

- 丁逸(1999)：應用電阻法研究臺南北部的海岸與河道變遷，中央大學地球物理研究所碩士論文。
- 王世慶(1993)：介紹臺灣史料：檔案、古文書、族譜，臺灣史與臺灣史料，臺北：自立晚報，59-74。
- 石再添(1980)：台灣西部海岸線的演變及海埔地的開發，國立台灣師大地理系地理研究報告，6：1-36。
- 史惠順(1994)：地圖之方位與座標系統，平面測量學，成功大學航空測量所印製，頁427。
- 江樹生(2000)：熱蘭遮城日記，第一冊，臺南：臺南市政府。
- 宋和禧(1999)：和社溪流域崩場地變遷之研究，臺灣師大地理系碩士論文，100頁。
- 沈淑敏(1997)：圖像資料在討論花東地區海岸地形變遷上的應用，地圖，8：219-232。
- 李弘洲、朱杏修、曾德福(1999)：地籍座標與二度分帶座標轉換之研究，地籍測量，18(3)：10-23。
- 施添福(1997)：遠流出版社重印「臺灣堡圖」之導讀。
- 施添福(1993)：臺灣聚落研究及其史料分析 - 以日治時期的地形圖為例，臺灣史與臺灣史料，臺北：自立晚報，131-184。
- 林玉茹(1993)：清代臺灣港口的空間結構，臺灣師大歷史系碩士論文，227頁。
- 吳進喜(2000)：高雄縣二仁溪流域的開發與區域特色：1895年以前，臺灣師大地理系博士論文，162頁。
- 郭金棟(1990)：台灣海岸地形變化及其未來之開發利用，成功大學水利及海洋工程研究所，行政院科技顧問總委託計劃，219頁。
- 徐瑞萍(2002)：二十世紀臺灣中比例尺地形圖套疊之研究，臺灣師大地理系碩士論文，103頁。
- 許哲明(1998)：臺灣地區地形圖之演進五萬分之一地形圖圖說，地圖，9：1-16。
- 曹永和(1979)：歐洲古地圖上之臺灣，臺灣早期歷史研究，臺北：聯經，259-368。
- 陳正祥(1957)：臺灣地圖之演進，地理與產業，2(1)：1。
- 陳岫傑(2002)：臺南縣倒風內海入境化之研究，臺灣師大地理系碩士論文，163頁。
- 陳國川(2002)：清代雲林地區的農業墾殖與活動形式，臺灣師大地理系地理研究叢書，29：13-23。
- 陳翰霖(1999)：十七世紀以來台灣西南海岸平原地形變遷之研究，中國文化大學地學研究所博士論文，214頁。
- 張瑞津(1983)：濁水溪沖積扇河道變遷之探討，地理學研究，7：85-100。
- 張瑞津、石再添、陳翰霖(1997)：臺灣西南部嘉南平原的河道變遷研究，師大地理研究報告，27：105-132。
- 張瑞津、石再添、陳翰霖(1998)：臺灣西南部嘉南平原的海岸變遷研究，師大地理研究報告，28：83-106。
- 張瑞津、陳翰霖(1999)：十七世紀以來台灣西南海岸平原主要河流之河道變遷研究，中國地理學會會刊，27：1-27。
- 張瑞津、沈淑敏、劉盈劭(2001)：陳有蘭溪四個小流域崩塌與土石流發生頻率之研究，臺灣師大地理研究

報告, 34 : 63-83。

張瑞津、沈淑敏、劉盈劭、林雪美(2002a)：大地震及降雨對河道形態的影響 - 陳有蘭溪小支流的個案研究, 中國地理學會會刊, 31 : 95-110。

張瑞津、劉盈劭、沈淑敏 (2002b)：從流域特性探討台灣北部坡地災害的潛在危險性(I)：火山丘陵區, 國科會專題計畫結案報告(NSC 90-2625-Z-003-002)。

劉延猷(1996)：地形圖與地籍圖套合之研究, 地籍測量, 13(3) : 21-34。

鍾美淑(1995)：臺灣地圖測繪史, 中國文化大學地學研究所碩士論文, 307。

夏黎明(1987)：臺灣文獻書目解題第二種地圖類(一、二、三), 國立中央圖書館臺灣分館編印。

農林航空測量所(1989)：臺灣地區像片基本圖出版通報。

賴進貴、陳玉文、王韋力(2002)：Corona 影像在環境變遷之應用, 測量學術研討會講文集, 新竹：交通大學。

《外文部份》

Brookfield, H. (1999): Environmental damage: distinguishing human from geophysical causes, *Environmental Hazards*, 1: 3-11.

Campbell, J. (1991): *Introductory Cartography*, 2nd edition, Wm. C. Brown Publishers, p.80.

Chang, J.-C. and Chen, H.-L. (2001): Geomorphological Changes on Coastal Plain in Southwestern Taiwan, *Western Pacific Earth Sciences*, 1(1): 107-114.

Chang, J.-C. and Slaymaker, O. (2002): Frequency and spatial distribution of landslides in a mountainous drainage basin: Western Foothills, Taiwan, *Catena*, 46: 285-307.

Goudie, A. (1993): *The Human Impact on the Nature Environment*, Cambridge: Blackwell, 388.

Komar, P.D. (1999): Coastal Change – Scales of the Processes and Dimensions of Problems, *Coastal Sediments '99, Proceedings of the 4th International Symposium on coastal Engineering and Science of Coastal Sediments*, 1-17.

Shen, S.-M. (2000): *Geomorphological and Tectonic Controls on Coastal Erosion, Huatung, Eastern Taiwan*, PhD thesis, University of London, 284p.

Simmons, I.G. (1990): *Changing the Face of the Earth: Culture, Environment, History*, Cambridge: Blackwell, 488.

Sun, S.-C. (1970): Photogeologic study of the Tainan-Hsinying coastal plain area, Taiwan, *Petroleum Geology of Taiwan*, 7: 133-144.

Sun, S.-C. (1971): Photogeologic study of the Hsinying-Chiayi coastal plain area, Taiwan, *Petroleum Geology of Taiwan*, 8: 65-75.

Sun, S.-C. (1972): Photogeologic study of the Tainan-Hsinying coastal plain area, Taiwan, *Petroleum Geology of Taiwan*, 9: 189-199.

U.S. Geological Survey Website <http://edcwww.cr.usgs.gov/glis/hyper/guide/disp>.

收稿日期：92 年 3 月 10 日
修正日期：92 年 5 月 20 日
接受日期：92 年 5 月 25 日

