

93-78-7111
MOTC-IOT-92-H2BA03

臺灣港灣及海岸數位圖像 資料庫之建立(四)



交通部運輸研究所
中華民國九十三年五月

93-78-7111
MOTC-IOT-92-H2BA03

臺灣港灣及海岸數位圖像 資料庫之建立(四)

著 者：邱永芳、李良輝、蔡金吉、何良勝

交通部運輸研究所
中華民國九十三年五月

臺灣港灣及海岸數位圖像資料庫之建立(四)

著 者：邱永芳、李良輝、蔡金吉、何良勝

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw/chinese/lib/lib.htm

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十三年五月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 130 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價： 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓•電話：(02)23617511

三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓•電話：(02)25006600

國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1•電話：(02)25787542

五南文化廣場：台中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號•電話：(04)7252792

青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓•電話：(07)3324910

臺灣港灣及海岸數位圖像資料庫之建立(四)

交通部運輸研究所

GPN : 1009301565
定價 元

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：臺灣港灣及海岸數位圖像資料庫之建立(四)			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號 1009301565	運輸研究所出版品編號 93-78-7111	計畫編號 92-H2BA03
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：邱永芳 研究人員：李良輝、蔡金吉、何良勝 聯絡電話：04-26587101 傳真號碼：04-26571329			研究期間 自 92 年 01 月 至 92 年 12 月
關鍵詞：高解析、多層次精細數位模型			
摘要：本研究為延續前『台灣港灣及鄰近海岸數位圖像資料之建構』計畫所完成之台灣地區主要港口及鄰近海岸帶之高解析衛星圖像系統為主軸，採特定區域－臺中港以北沿東北角海岸至蘇澳海岸及花蓮至恆春東海岸帶之高解析數位圖像之資料建置，充實並連結已完成之海岸影像資料，建置完整及連續之海岸帶圖像資料庫系統，同時並以虛擬實境技術建構海岸之 3D 圖像顯示。 本研究中同時發展具有高度值地形資料的多層次精細度模型之建構方式，並且推演一套快速顯像且有視覺誤差控制的演算法。地形模擬的困難度是在於需要即時的計算大量的地形資料，像飛行的模擬，或是以人造探測器模擬地形。在現今的圖形硬體上，這類的問題通常以動態、依視點相關三角形網格和貼圖來減少高解析度影像所需的傳輸速率。而演算法的部分則是以簡化三角格數目、減少模型的複雜度、降低誤差等方面來加強。而 ROAM 的基本概念是一個基於三角二元樹的動態最佳化展示地形方法，以高 Frame Rate 和分頁技術來管理幾何圖形、貼圖、分區區塊的 LoD，可視點裁切和降低顯示時的誤差，並完整展示大規模地形。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
93 年 5 月	100		凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 限閱 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密【限】條件： ☐ 年 月 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Building the High Resolution Satellite Images Database for Taiwan's Harbor and Coastal Areas(4)			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009301565	IOT SERIAL NUMBER 93-78-7111	PROJECT NUMBER 92-H2BA03
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yung-Fang Chiu PROJECT STAFF: L.F.Lee, C.C.Tsai, L.S.Hou PHONE: 886-4-26587101 FAX: 886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM Jan. 2003 TO Dec. 2003
KEY WORDS: High-resolution, multi-resolution Level of detail digital			
ABSTRACT : This research extends the contents of image database system of previous project, 'Development of digital image database of Taiwan harbors and coast region'. The results of this research are high-resolution coastal images and 3D coastal models constructed by virtual-reality technology along the northwest, northeast and east coast of Taiwan from Tai-Chung harbor through Su-Ao, Hua-Lian harbor to Hern-Chun. This research also develops a multi-resolution Level of detail (LOD) digital terrain model construction method as well as a fast terrain walkthrough algorithm. However, the size of large scale or densely sampled DEM data can easily exceed the capabilities of typical graphics hardware and thus make interactive real-time applications difficult, such as flight-simulation trainer or artificial sensor simulator. Nowadays graphics hardware technologies, the methods of view frustum culling and view dependent continuous level of detail, were used to reduce the rendering complexity. The software algorithm focuses on reducing the number of triangles, the complexity of terrain model and minimum error metric. More fundamental than the ROAM algorithm itself is the dynamic mesh representation based on triangle binary-trees. The management of real-time geometry refinement, textures, LOD blocks, view-dependent culling, and error metrics elimination are handled by high frame-rate and efficient memory paging technologies. These methods can handle larger datasets as well as making interactive terrain walkthroughs on PC platform possible with appropriate hardware acceleration.			
DATE OF PUBLICATION May 2004	NUMBER OF PAGES 100	PRICE	CLASSIFICATION ☐ SECRET ☐ CONFIDENTIAL ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	
英文摘要.....	
目錄	
圖目表	
表目錄	
第一章 前言	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 工作目標	1-2
1.3 工作內容	1-2
1.4 交付成果	1-5
第二章 數值圖像之幾何糾正與處理	2-1
2.1 平坦地形之幾何校正	2-1
2.2 起伏地形之幾何校正	2-2
2.3 正射糾正程序	2-3
2.4 DTM資料自動化產生	2-4
2.5 共軛點偏移量與DTM誤差量關係	2-5
第三章 基於LoD之大規模地形即時瀏覽	3-1
3.1 多層次精細度之地形顯像技術	3-5
3.1.1 與視點無關之地形的多層次精細度模型	3-6

3.1.2	具視點相依之地形的多層次精細度模型	3-8
3.1.3	三角不規則網格架構	3-9
3.1.4	規則方格系統	3-10
3.2	即時最佳化可適性網格(ROAM)演算法	3-11
3.3	鑽石型結構 - ROAM演算法的改進.....	3-15
3.4	分割時產生的網格裂縫問題.....	3-17
3.5	ROAM之地形顯示例.....	3-18
3.6	海岸圖像大規模地形製作與貼圖	3-21
第四章	Web基礎之大型圖像管理系統	4-1
4.1	發展回顧.....	4-3
4.2	Web GIS基本概念及原理.....	4-7
4.3	Web GIS系統平台研發技術.....	4-9
4.3.1	Autodesk MapGuide.....	4-9
4.3.2	Mapinfo MapXtreme	4-10
4.3.3	ArcView IMS的工作原理	4-11
4.3.4	GeoMedia Web Map的工作原理	4-14
4.4	Web GIS系統平台技術性能比較.....	4-14
4.4.1	工作模式	4-15
4.4.2	資料庫整合	4-15
4.4.3	數據格式兼容性	4-16
4.5	網際網路地理資訊系統(Web GIS)技術特點.....	4-18

4.6	大容量地圖伺服器.....	4-20
4.6.1	大容量地圖伺服器軟體環境介紹	4-20
4.6.2	軟體特點與比較	4-21
4.6.3	介面操作說明	4-27
4.7	應用實例.....	4-33
4.7.1	資料來源及處理	4-33
4.7.2	網頁編寫製作	4-35
4.7.3	成果呈現及ActiveX 元件操作說明.....	4-36
4.8	小結.....	4-39
第五章	海岸圖像之處理與製作.....	5-1
5.1	作業整體流程.....	5-1
5.2	作業設備.....	5-2
5.3	工作程序及內容.....	5-6
5.4	海岸圖像成果	5-7
第六章	結論	6-1

圖目錄

圖2-1	正射化糾正流程.....	2-4
圖2-2	共軛點偏移量與DTM誤差量關係	2-6
圖2-3	正射影像與數值地形模型修正流程圖	2-8
圖3-1	多層次精細度模型的四元樹	3-6
圖3.2	階層式的多層次精細度模型	3-7
圖3.3	DEM網格的分別方式.....	3-11
圖3-4	ROAM基本三角形結構(Level 0-5 三角二元樹)	3-13
圖3.5	ROAM檢查索引值步驟	3-14
圖3.6	在一個鑽石結構上進行分割	3-15
圖3.7	基本鑽石型三角二元樹結構分割	3-15
圖3.8	三角二元樹結構之分割與合併操作	3-16
圖3.9	強制分割操作.....	3-17
圖3.10	網格上的裂縫.....	3-17
圖3.11	Roam之地形範例一	3-19
圖3.12	Roam之地形範例二	3-19
圖3.13	Roam地形之三角網，暗色調部份為視點外.....	3-19
圖3.14	Roam地形之三角網及貼凸顯示	3-20
圖3.15	台灣海岸線切割示意圖	3-21
圖3.16	台中港的拼貼過程	3-24
圖3.17	三維地形瀏覽.....	3-24
圖4.1	WEB GIS網站架構流程圖	4-6
圖4.2	WEB GIS網站架構說明	4-7

圖4.3	工具箱.....	4-28
圖4.4	向量資料轉換程式	4-29
圖4.5	影像資料轉換程式	4-29
圖4.6	整合影像製作程式	4-30
圖4.7	DTM資料轉換程式.....	4-31
圖4.8	地圖伺服器之啟動圖	4-32
圖4.9	整合影像製作程式全圖	4-34
圖4.10	來源目錄及目的地檔選擇	4-34
圖4.11	網頁製作首頁.....	4-35
圖4.12	台北港全圖.....	4-36
圖4.13	執行定中心點功能	4-36
圖4.14	執行放大功能.....	4-37
圖4.15	執行放大結果.....	4-37
圖4.16	執行測量距離功能	4-38
圖4.17	執行測量距離結果	4-38
圖5.1	大深坑溪至雙溪高解析度影像圖	5-8
圖5.2	雙溪至寶斗溪高解析度影像圖	5-8
圖5.3	大埔溪至南勢溪高解析度影像圖	5-9
圖5.4	南勢溪至鹽港溪高解析度影像圖	5-9
圖5.5	鹽港溪至大深坑溪高解析度影像圖	5-10
圖5.6	寶斗溪至大塏溪高解析度影像圖	5-10

表目錄

表4.1	Web GIS體系結構所支持的主要技術標準	4-18
表4.2	Internet Map Server 類似產品功能比較表	4-26
表4.3	Image Compression 類似產品性能比較	4-27

第一章 前言

1.1 計畫緣起

海岸地帶為海陸交互作用地區，對於國家而言，具有下列之重要性：

- 1.海運成本低廉，易於引入海水、排放廢水，故為港埠、工業、能源等土地利用之重心。
- 2.具有富於變化之海蝕、海積及珊瑚礁地形景觀，故深具觀光旅遊及學術研究之價值。
- 3.由於陸地河川夾帶之營養鹽，充分陽光照射提供之能源，及海水作用激起之海底沉積營養物質之循環利用，可形成海洋牧場、從事天然養殖，故具有極大之經濟效能。
- 4.日愈擴增之海埔新生地，提供可資利用之廣大土地。

但海岸資源亦具有脆弱性與敏感性，一經破壞，甚難恢復，不但降低其利用價值與經濟效益，更且產生環境災害，危害人民生命財產、造成社會問題。在兼顧土地開發與資源保育之原則下，須就海岸生態特性與開發利用等方面，對濱海陸地及近海水域之水土資源，作整體之規劃及評估，依使用分區特性作妥善之管理，才能對海岸地區之土地及資源，有最佳及永續之保護、經營與利用。

欲瞭解海岸資源，首先當掌握海岸潮灘之相關資訊，由於潮灘係陸地向海洋過渡之特殊地帶，具有養殖、種植、圍墾及旅遊等重要經濟價值，世界各國均極為重視海岸潮灘之調查研究與綜合利用，因此，潮灘勘測是海岸調查、規劃管理的重要內容之一。但是，由於岸線遼闊、交通困難，若採用傳統人力進行海岸調查，耗時費力且費用太高，相當不經濟。且有些海岸根本無法到達，因此無法即時掌握大範圍之動態變化。

過去幾年來由於衛星遙測技術之飛躍發展，攝像解析度大幅提高至一公尺以內，使得其實用性亦隨之大幅提升，顯然在調查工作上扮演極為重要的工具。本研究中心於八十九年度即首先嘗試引入高解析度衛星遙測影像來建構臺灣地區港灣及海岸數位圖像資料庫，同時建置地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)管理模式，進行圖像資料之儲存、管理、分析與應用。以期對港灣及海岸之海岸調查、規劃管理及即時掌握大範圍之動態變化，為海岸保護與永續經營提供一有效之系統工具。由執行之成果顯示，遙測技術的確為一有效之海岸帶調查工具，具有相當之應用潛力。

1.2 工作目標

本工作為延續前『臺灣港灣及鄰近海岸數位圖像資料之建構』計畫所完成之臺灣地區主要港口及鄰近海岸帶之高解析衛星圖像系統為主軸，採特定區域 - 臺中港以北沿東北角海岸至蘇澳海岸及花蓮至恆春東海岸帶之高解析數值圖像之資料建置，充實並連結已完成之海岸影像資料，建置完整及連續之海岸帶圖像資料庫系統，同時並以虛擬實境技術建構海岸之 3D 圖像顯示。

1.3 工作內容

1.海岸帶高解析度(一米解析度以內)數值彩色影像購置：

延續前計畫所購置臺灣海岸及港口之高解析衛星影像為主軸。本年度工作區域為臺中港以北(202950E, 2693700N；坐標系統為 TWD67 二度 TM)沿東北角海岸至蘇澳港北海岸帶(333650E, 2731900N)及花蓮港南(312350E, 2646100N)至恆春東海岸帶(鵝鑾鼻, 234920E, 2422000N)，購置之影像為得標前後各半年內所拍攝且地面解析度為一米以內之數值彩色影像為主，圖像應包括陸域及海域範圍，像幅寬度至少為 4km(含)以上，含海域至少 1km(含)以上。

以上影像總面積至少為 2300 平方公里以上,影像範圍內含雲量不得高於 10%。

2. 潮汐資料蒐集：

蒐集前述高解析數值影像攝像時間之逐時潮汐資料，資料必須包含攝像時間前後各 24 小時。

3. 地面控制點獲取：

影像範圍內糾正所需地面控制點，每 100 平方公里至少使用 10 個以上控制點，且點位必須於影像範圍內均勻分佈，每個點位之精度要求至少 20 公分以內，坐標系統採用 GRS67 二度分帶投影系統，獲取方法可採用下列之規範：

(1) GPS 衛星定位測量：

可採用靜態測量、或快速靜態測量、動態測量或即時動態測量(RTK)方式，點位之精度要求為不得大於 25 公分，且各點位之誤差橢圓亦不得大於 25 公分，高程精度不得低於 25 公分。

(2) 大比例尺地圖量測

由 1/1,000 以上比例尺地圖數化量測,精度不得低於 25 公分。

4. 影像正射化糾正：

各原始購置影像，利用地面控制點，配合數值地形模型(DTM)進行影像之數值正射糾正，糾正後影像檢核之精度(標準誤差)應在 1.5 個像元以內。

5. 影像鑲嵌：

糾正影像鑲嵌，將每幅影像資料作成連續性圖像資料並消除相鄰影像之色差。

6. 向量資料粹取：

港灣設施及岸線之向量資料粹取，描繪之向量資料以 AutoCAD DXF 或 GIS 圖檔儲存。資料應包括岸線、重要設施、主要道路、重要建物、河川、鐵路、重要路名及燈標等。

7. 潮灘地質屬性資料之調查。

8. 彩色圖像輸出：

製作像片品質之彩色圖像三份並加冷裱，圖像中應包括圖名、GRS67 方格線坐標及圖例說明等內容，圖幅寬度採 A0 大小為原則，長度則依比例調整或切割(2 米長度為原則)。

10.動態立體(3D)圖像之虛擬實境模擬

前述購置範圍內彩色影像配合 DTM 資料，使用虛擬實境 (Virtual Reality)之技術進行三維動態立體地形之視覺模擬，開發工具採用虛擬實境相關軟體工具進行，圖形資料檔為 Open Flight 格式。

11.圖像管理及查詢之地理資訊系統之精進與持續圖像建置：

將本年度執行之成果建置並結合於上一年度開發完成之應用系統，資料及功能應包括：

- (1) 數值影像原始與幾何糾正後資料。
- (2) 主要設施及岸線向量資料。
- (3) 潮汐資料。
- (4) 控制點資料及糾正計算精度資料。
- (5) 潮灘地質屬性資料。
- (6) 虛擬動態立體圖像瀏覽顯示。

(7) 具大型圖像管理、查詢及 3D 虛擬圖像瀏覽功能。

1.4 交付成果

1. 臺中港以北沿東北角海岸至蘇澳海岸帶及花蓮至恆春東海岸帶，原始購置高解析度數值彩色影像。
2. 前述影像攝像時間之潮汐資料。
3. 各圖幅影像所使用之地面控制點資料與幾何糾正成果。
4. 各圖幅影像幾何糾正成果圖像。
5. 各圖幅之像片品質彩色圖像出圖(加冷裱)共參式(A0 寬度或 2 米長度)。
6. 地理資訊系統建置資料。
7. 大型圖像管理、查詢及 3D 虛擬圖像瀏覽系統(瀏覽器須具合法版權，且瀏覽過程須順暢不得有明顯停格現象)。
8. 臺中港以北沿東北角海岸至蘇澳海岸帶及花蓮至恆春東海岸帶，動態 3D 立體圖像之虛擬實境模擬圖檔(Open Flight 格式)。

第二章 數值圖像之幾何糾正與處理

遙測影像中各點間不同程度之幾何變形主要是在成像過程中，受到透視投影、攝影軸傾斜、大氣折光、地球曲率及地形起伏等因素的影響產生像點移位，致使像幅中各像點間之比例尺不一。因此，有必要實施幾何糾正處理，否則無法作為地圖使用。由於造成幾何變形之諸多因素中，透視投影、攝影軸傾斜屬攝影幾何誤差，可利用明確的方位參數描述，而大氣折光、地球曲率屬系統誤差，可利用數學模式作整體性的修正，唯有地形起伏因素不僅造成的像點移位最為主要而顯著，而且具有隨機性質，難以有效利用整體性的數學函數來處理。就製圖的觀點而言，幾何糾正後之像片，如同垂直攝影產生之像片，故稱之為正射化像片(Orthophoto)；而該幾何糾正稱之為正射化糾正(Ortho Rectification)，國內所使用之像片基本圖即屬此種。

數值影像之幾何校正方式可視地形之平坦度而選擇適當的糾正方法，例如對平坦地而言，可以採用簡易橡皮伸張法(Rubber Stretch)，在像幅內選擇適當的控制點及選擇映像函數(Mapping Function)，以全區方式或以方格，三角形分區方式進行糾正，又稱為區塊糾正法(Anchor Points Rectification Method)。雖然該法計算簡單，但未考慮各像點不規則之像點移位，不適合高差起伏之地形。另一種較為嚴密的糾正方式，需配合 DTM 資料對影像中每個像元依其相應之高程值，以逐點方式進行修正，故又稱為逐點糾正法(Pixel by Pixel Rectification Method)，是最為精確的糾正方法。

2.1 平坦地形之幾何校正

對平坦地形而言，影像之變形主要原因為傾斜攝像所造成之線性變形，而無因地形起伏所產生之非線性高差移位，因此，校正之方式可採取平面轉換之關係即可。此方法一般又稱之為橡皮伸張法或區塊糾正法，是在像幅內選擇適當數量之控制點及選擇單一之映像函數，

在求取轉換參數後，以全區方式或以方格，三角形分區方式進行糾正。

就本研究獲取的 Ikonos 衛星影像是屬於 Geo-Product 等級的影像，已經過標準幾何改正，也就是利用軌道參數及投影方法將原始影像糾正至 WGS84 橢球面上，並以 UTM 的平面投影座標表示。因港口地屬平坦，故進行與台灣慣用的 TWD67 TM2 座標系統套合，可直接採用平面坐標系之轉換即可。平面座標系之轉換，考慮到兩個座標系之間平移、旋轉及伸縮等因素，可採用線性一階多項式來描述，也就是仿射轉換(Affine Transformation)，轉換關係式如下：

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

逆轉換

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x - c_1 \\ y - c_2 \end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{a_1 b_2 - b_1 a_2} \left\{ \begin{bmatrix} b_2 & b_1 \\ -a_2 & a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} - [b_2 c_1 - b_1 c_2 - a_2 c_1 + a_1 c_2] \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

式中 x, y : TWD67 之 TM2 控制點座標

u, v : WGS84 之 UTM 控制點座標

$a_1 \sim c_2$: 轉換參數

2.2 起伏地形之幾何校正

地形起伏因素僅造成的像點移位最為主要而顯著，而且具有隨機性質，難以有效利用整體性的數學函數來處理。必須考慮採取嚴密之正射糾正程序來處理。

由於遙測影像是屬於數值型式，基本上嚴密之正射化糾正為採用純數值方式，以計算程序來進行影像糾正。以航照影像為例，是以透

視投影方式成像，影像上一個像元大小，相對應於地面上一塊正方形區域，該區域之高度則以影像之灰度值表之。因此，要完成幾何糾正，必需建立影像座標系與地面座標系間之點位對應關係，然後再根據此關係和影像之灰度值重新取樣，換言之，主要在確定像空間與物空間之轉換關係。該轉換關係主要有兩種型式：一為直接法(Direct Method)，即由影像座標系來直接求定其地面座標系之相應位置。直接法一般是利用光線追蹤法(Ray Tracing Method)，再重新取樣而得，該法適合於兩座標系間不存在有明確之正逆轉換關係時使用，而計算耗時為其最大缺點。另一種型式則為間接法(Indirect Method)，是先確定地面座標點後，再以逆轉換推求其相應之原影像座標，並重新取樣而得。計算省時為其最大優點，該法適合於兩座標系間存在有明確之正逆轉換關係時使用。

2.3 正射糾正程序

(1)影像座標系與像片座標系之轉換

兩座標系間之轉換關係是採用仿射轉換式來加以描述。

(2)像片座標系與物間座標系之轉換

利用嚴密共線條件來描述像間與物間座標系之對應關係，其關係式之建立並利用最小二乘法(Least Squares Method)求解，稱之為附加參數光束法平差模式。

(3)重新取樣處理

整體處理流程如圖 2.1 所示。

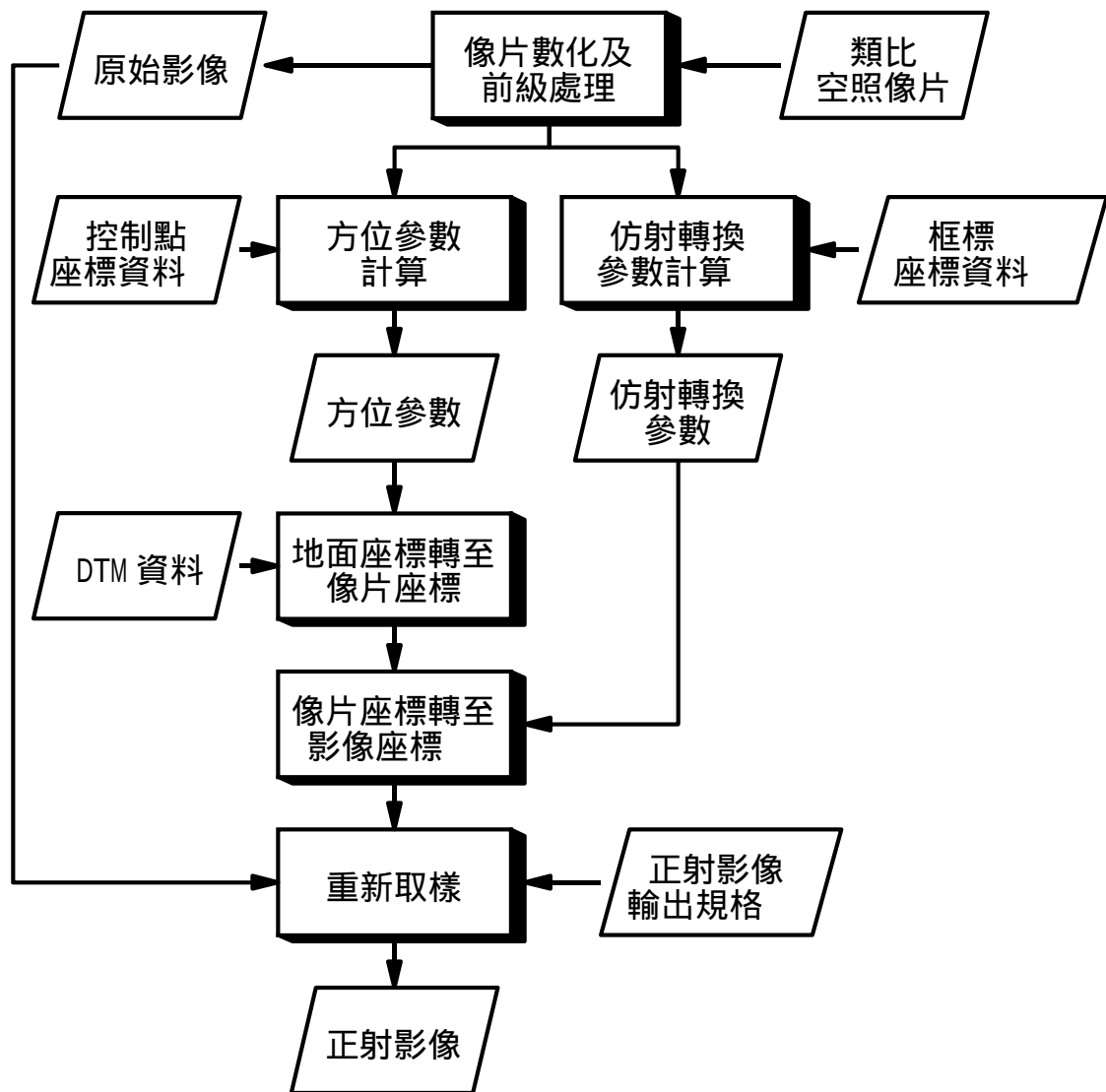


圖 2.1 正射化糾正流程

2.4 DTM 資料自動化產生

影像正射化糾正時，需配合 DTM 資料的使用，對影像中每個像元依其相應之高程值作逐點修正，因此 DTM 資料品質的良窳直接影響正射影像之產生。而利用立體對影像經由影像相關來進行三維模型重建，雖然提供了自動化 DTM 資料產生的一種快速且有效方法，但整個過程中，由於影像本身的品質與遮蔽等因素，難於確保匹配計算之正

確性與可靠性。對於匹配失敗之處理,可利用立體觀測方式,以人工進行交談式量測或以鄰近像點內插補足;而對匹配成功,但位置卻匹配錯誤者,除非其錯誤量至某一明顯程度,否則亦難以有效的偵測出來。另外,在模型重建中,需依賴內插數學模式加以計算成網格資料,數學模式的還原性、資料本身的正確性與可靠性均會影響重建 DTM 資料之品質。

就 DTM 應用而言,有兩種 DTM 定義的方式:(一)地形面(Geomatic Surface)上之高度:指純地形面之高度,用來作土方計算、等高線繪製、地形特徵粹取等應用;(二)正射面(Orthomatic Surface)上之高度:指地形面上覆蓋物之高度,用來作影像正射化糾正、影像輻射性分析及地形模擬、視域分析、導航等應用。利用影像相關自動化產生 DTM 資料,基本上是屬於"可見的高度",亦即為正射面之高度,因此會有前述之偏差產生。故以正射面高度定義之應用,DTM 資料精度明顯不足,因此,可透過重覆疊代修正方式,利用兩張正射影像存在有幾何上之差異來修正 DTM,改進以正射面高度定義之 DTM 資料品質,然後重新獲取正射影像,改善正射影像品質。而更重要的是,可利用該原理來自動產生 DTM 資料,本研究中即利用該方式來同步進行影像之正射化糾正及 DTM 資料之自動化產生。

2.5 共軛點偏移量與 DTM 誤差量關係

理論上,如果方位參數正確,則左右像對之原始影像配合正確 DTM 資料所獲得之正射糾正影像將完全相同,而當 DTM 資料有誤時,其結果將造成兩正射影像上同一位置所對應之點非為一共軛點對,換言之,由於 DTM 資料誤差,將造成兩正射影像上之共軛點對成像在不同的位置,使得共軛點間具有一偏移量,此偏移量即隱含了 DTM 誤差量;修正 DTM 資料之原理即在兩正射影像間求得各點之偏移量,並換算為相應之高程誤差量後,用以修正原始之 DTM 資料。

dh : 地形面與正射面之高差

至於各像點之修正高程, 則為原始高程值加上修正高程, 即

$$H_i = H_{i-1} + dh_i \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

式中

H_0 : 原始高程值

H_{i-1} : 第 i 次疊代前像點修正高程

H_i : 第 i 次疊代後像點修正高程

dh_i : 第 i 次疊代所需修正之像點高程差

完整之正射影像與數值地形模型修正流程圖, 如圖 2.3 所示。

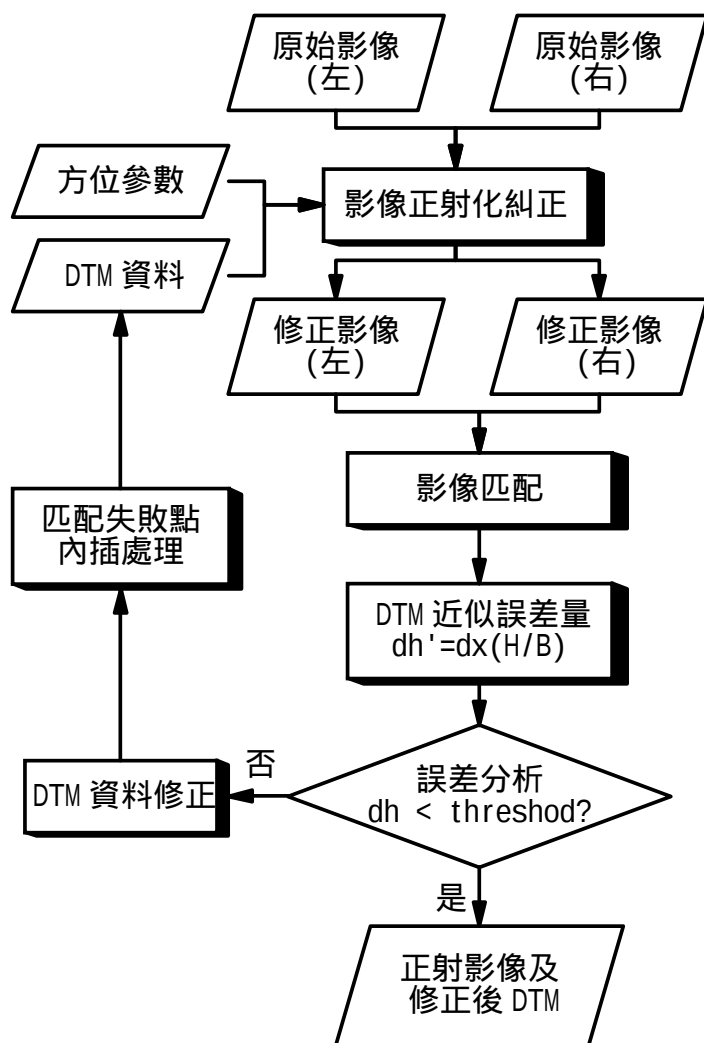


圖 2.3 正射影像與數值地形模型修正流程圖

第三章 基於 LoD 之大規模地形即時瀏覽

虛擬實境(Virtual Reality)是一個結合即時性系統、電腦圖學、3D 動畫與多媒體的整合技術，可應用於醫學、娛樂、教育、軍事等方面。在使用虛擬實境技術時，最重要的核心部分是場景和物體的視覺模擬。所謂視覺模擬，簡單而言就是將真實的世界即時且逼真地模擬出來並加以顯像；因它結合了逼真的虛擬場景和物體、真實的人機介面設備以及即時反應處理，所以可用來設計各種模擬器或訓練器，飛行駕駛模擬器就是個最典型的例子。近年來由於資訊科技蓬勃發展，使得計算機運算速度大幅提昇，尤其是個人電腦的硬體技術更是一日千里。以往虛擬實境的應用只能在高階工作站上執行才能展現視覺方面「融入(Immersion)」的效果，現在在較高級的個人電腦亦可實現。

視覺模擬，它特別強調即時性(Real Time)、低延遲(Low Latency)、穩定的顯像速度(constant frame rate)（例如一秒三十個顯像畫面）及高解析度(High Resolution)。但虛擬實境在處理視覺模擬的時候，由於場景的幾何複雜度、照明效果計算的困難度以及三維資料轉換成二維資料龐大的投影計算，通常會遭遇到下面兩個問題：

- 1.雖然電腦硬體處理三維資料顯像的速度進步很快，但若只以傳統的顯像技術和演算法，基本上仍無法達到虛擬實境在視覺上所需的互動式顯像速度(Interactive Frame Rate)與高品質的需求。
- 2.現今電腦圖學處理物理光線和照明效果，普遍使用的 Phong Model 和 Gouraud Shading 並無法模擬真實的光學現象，因此表現出來場景與物體的精緻程度，在視覺並非完美。

一般說來，這兩個問題一直是電腦圖學領域的研究者，為了讓虛擬的場景與物體在視覺顯像上有擬似真實世界的效果，而不斷努力的目標。以第二點來說，為了使顯像畫面擬真，可以採用貼圖(Texture Mapping)、或者是整體照明法(Global Illumination)等技術來達成。另一方面，關於顯像畫面互動速度的研究，為了加速三維物體模型的顯像

速度以期達到即時顯像的要求，目前的技術大致可以分成四類，利用觀視點位置對整個虛擬場景與物體做顯像的前置處理，以減少顯像多邊形的數量，提升顯像速度。我們分別簡單介紹如下：

1. 可視範圍擷取(View Culling)：

指顯像前先將不在觀視點可視範圍內的多邊形模型予以去除，當顯像時，就只將位於在觀視點可視範圍內的多邊形模型，交給負責顯像管道(Render Pipeline)工作的硬體處理。

考慮人類視角大小的限制，當觀看一個場景時，在人眼視角外的物體是看不到的；也就是說，若能夠在顯像之前，即將看不見的場景部分去除，而不加以顯像運算也不會對正確的顯像結果造成影響。如此，降低顯像管道系統處理的多邊形數量，可有效的增進顯像速度。

使用可視範圍擷取的方法，通常會先以球體邊界(Bounding Sphere)或方形邊界(Bounding Box)的方式對整個場景做簡易的分割動作，然後再測試球體邊界或方形邊界是否完全在可視範圍外。若是，則球體邊界或方形邊界覆蓋的多邊形則可快速的全部去除；否則即再交由硬體來執行細部的可視範圍擷取。

2. 背面去除(Back Face Culling)：

在傳統的顯像程序內，通常會加入背面去除的功能。程式處理時，通常會先根據觀視方向與法向量檢查多邊形是否背向觀視點；若是，則觀視點看到的是這個多邊形的背面，而有效的正面是看不到的。因此去除這種背向觀視點的多邊形，可減少顯像管道系統處理的多邊形數量，進而提升顯像速度。目前與背面去除法相關的進階技術以階層式叢集(Clustering)法向量接近的多邊形比較實用，利用這種方式可有效率的去除多量背向觀視點的多邊形。

3.能見度去除(Visibility Culling)：

若將做顯像處理的多邊形已經知道被其它的多邊形擋住，則此多邊形的顯像是不會出現在最後的影像結果，因此，事先去除這類的多邊形，就可以加快顯像速度。如今一般的顯像加速硬體大多支援多邊形的深度測試(Z-Buffer)技術，但假若多邊形的數量仍然過多的話，也是會拖慢整體的顯像速度。所以，如果能夠事先處理多邊形的能見度去除，對於顯像速度仍會有許多的幫助。

4.多層次精細度模型(Level of Detail(LOD) Modeling)：

以上介紹的三種技術之目的都在減少顯像多邊形的數量，也就是在顯像畫面時，先把視覺範圍外或確定看不到的多邊形去除，然後才顯像其餘的多邊形。這樣的做法都加快了即時顯像的速度，但是場景中若有許多複雜的物體模型，需要處理的多邊形數量還是太龐大，依然是達不到互動顯像速度的需求。於是，使用多邊形化簡技術的多層次精細度模型就顯得非常重要了。

在場景顯像時，如果一個物體距離觀視點很遠，其顯像結果在畫面上只佔小小的幾個像素，用很複雜的多邊形模型去處理確實是很不值得的。因此，使用較低精細度的模型去呈現遠離觀視點或偏離觀視點的物體，視覺效果上沒有什麼損失，但是給予顯像管道系統的負擔卻有很大的差別。基於這個想法，因而產生了多層次精細度模型的技術。

多層次精細度模型建構的技術依其建構時間可分為靜態與動態兩類。動態多層次精細模型技術是在執行時間(Run Time)根據觀視點的所在位置，即時建構出不同精細度的多邊形模型。因此，也稱為觀視點相依多層次精細度模型(View-Dependent LOD Modeling)。靜態多層次精細度模型是利用前置處理產生不同精細度的多邊形模型，儲放在記憶體空間。當顯像時，再根據當時的觀視點位置取用適合於顯像的精細度模型，此後若觀視點改變再切換成不同精細度的多邊形模型。這

種多層次精細度模型的建構因為與觀視點無關，所以就稱為觀視點不相依多層精細度模型(View-Independent LOD Modeling)技術。

將具有高度值的地形資料組織成多邊形模型，然後做三維投影顯像，在虛擬實境的視覺應用上，是一個很重要的技術。地形資料的顯像應用範圍很廣，例如軍事模擬、交通載具操作模擬訓練、地理資訊查詢或遊戲機臺等。地形顯像可作為與使用者互動的視覺輸出部份，以達成能讓使用者體驗身歷其境的感受，使得使用者更能融入其中。但是地形顯像系統由於需要處理的區域通常很大，加上地形資料建構後的多邊形模型具有大規模的多邊形數量，因此顯像時的速度極慢。

我們根據多層次精細度模型建構的技術來思考對顯像效果的影響，距離觀視點較遠或是位於可視範圍外的地形資料會比近距離的地形資料顯得較不重要。因此在這種情形下，如何滿足顯像品質的要求，並有效的依觀視點位置化簡地形資料，將是地形顯像系統效率的關鍵。此外，地形資料的顯像技術所著重的要點與虛擬實境相關的技術相似，都是希望取得適量複雜度的多邊形模型，使得顯像的擬真度與速度能達到平衡。

本研究之目的在於發展具有高度值地形資料的多層次精細度模型之建構方式，並且推演一套快速顯像且有視覺誤差控制的演算法。由於這個系統著眼點在於逼真與即時的顯像，因此期望系統的顯像速度能達到每秒二十個顯像畫面，且顯像品質會保持在視覺可以接受的範圍內。

研究的範圍是集中在具觀視點相依之多層次精細度模型的顯像系統，內容包括下列幾項預計完成的目標：

1. 即時的顯像

通常要保持顯像的視覺品質，又不影響到互動式顯像的速度，就要做到有限時間內選取到最佳化的多層次精細度模型。最佳化多層次精細度模型的意義包含兩點：第一，是多層次精細度模型的投影誤差

能夠小於預設的上限；第二，是多層次精細度模型的多邊形數量能夠達到最少。我們希望能在規劃的時間內完成建構最佳化多層次精細度模型的步驟，利用縮短多層次精細度模型建構的時間，來提升顯像速度。

2. 幾何連續的多層次精細度模型

除了即時的顯像之外，使用者若想獲得較逼真的顯像，還要考慮多層次精細度模型是否能夠符合幾何連續的情形。通常具有高度值的地形資料經過三角化程序後，建構好的多層次精細度模型可能在相鄰區間連接的地方產生 T 交點(T-Junction)，如果是採用這種不理想的多層次精細度模型就會在顯像的視覺效果上出現破洞(Cracks)現象。

3. 可供使用者選擇或調整的誤差控制

這是一個具有高度彈性的機制，使用者可配合顯像系統的硬體效能選擇適合該設備的顯像誤差，使得多層次精細度模型的地形顯像系統能夠提供符合使用者需求且最適切的顯像速度與顯像品質。這種友善使用者的介面設計，是希望我們的地形顯像系統能夠在不同的硬體設備下，發揮最大的顯像功效。

4. 地形地表貼圖

貼圖是要表現地形細部的特徵，希望藉由地形高度的變化，把山、河、道路、橋樑等常見的自然景觀或人造建築物，做到高品質的視覺模擬。

3.1 多層次精細度之地形顯像技術

有關地形模型建構的研究，可依據多層次精細度模型的建構方式與網格呈現的型態，分成三角不規則網格架構(Triangulated Irregular Network, TIN)與規則方格系統(Regular Square Grid, RGS)兩種。另外，又依據多層次精細度模型建構時機與建構時考量因素的不同，區分成與視點無關之地形的多層次精細度模型技術(View-Independent LOD

Modeling) 和具視點相依之地形的多層次精細度模型技術 (View-Dependent LOD Modeling)。以下我們先分別說明這四類地形模型的建構技術與優缺點。

3.1.1 與視點無關之地形的多層次精細度模型

採用四種不同頂點分佈的密度來建構四種不同精細度的幾何模型，分別是距離 125M、250M、500M 和 1000M。在決定選用哪一精細度的幾何模型前，先把 1000M 見方的區域平均分割成田字形，接著再細分成更細的四個階層，因此此塊地形區域就可以用階層式的四元樹 (Quad Tree) 來表示，如圖 3.1。在顯像時，只要可視範圍內的所有區域皆能找到相對應適當的多層次精細度模型，就完成了地形模型的建構。

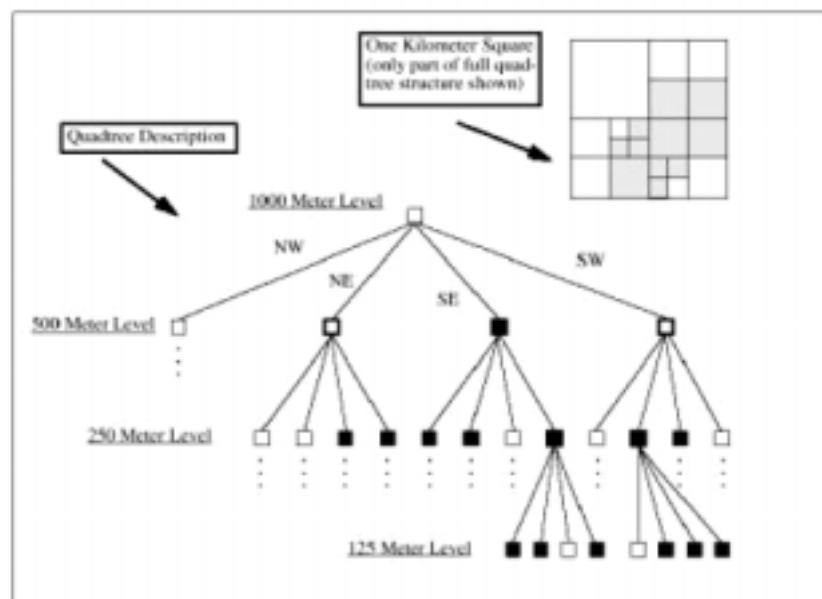


圖 3.1 多層次精細度模型的四元樹

當然，這樣的多層次精細度模型有幾項明顯的缺點，第一：因為頂點平均分布的關係，所以並不能表現出重要的地形特徵；第二，不同精細度模型相連接的區域會因為頂點取樣的不一致而出現破洞的現象。

Berg (1995)提出每一個層級(level)的地形頂點皆採用 Delaunay Triangulation 的方式，以建構一個具有階層性質的多層次精細度模型。首先原始資料的頂點所形成的集合是 V_0 ，由 V_0 計算得到一個最大的不相依子集合(Maximal Independent Subset) I_0 ，而 V_0 下一層級的集合是 V_1 等於 $V_0 - I_0$ ；然後再根據 V_1 求出 I_1 、 V_2 ，以此類堆到 I_{i-1} 、 V_i ；直到集合的頂點個數少於事先定義的數目為止。因此，把每個層級的頂點集合 V_0 、 V_1 、 $\dots$ 、 V_i 三角化就可以得到精細度不同的幾何模型， $DT(V_0)$ 、 $DT(V_1)$ 、 $\dots$ 、 $DT(V_i)$ 。因為 $DT(V_i)$ 與 $DT(V_{i+1})$ 之間相差一個頂點集合 I_{i+1} ，所以自然就形成了階層式的架構，如圖 3.2。

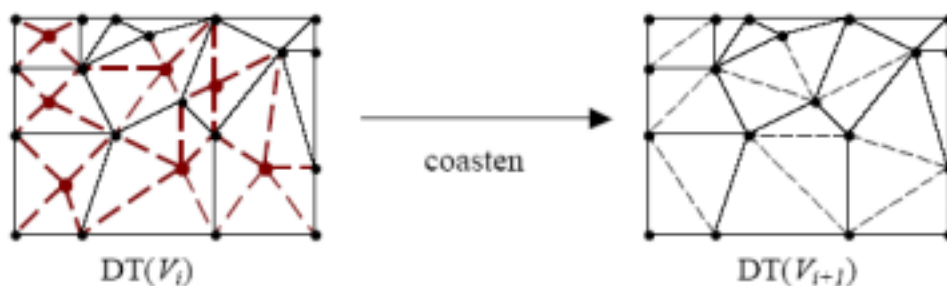


圖 3.2 階層式的多層次精細度模型

Berg 是首先將 Delaunay Triangulation 方法應用到地形模型的建構上，此外，在建構多層次精細度模型的同時，根據場景邊界(Border)上的頂點以及表現地形特徵（如山峰、河流、礦坑等）的頂點不能包含於 I_i 集合（即將要移除頂點的集合）的限制，此做法不但可以成功表現的地形特徵，而且還可以把不同精細度的幾何模型順利連接在一起，仍舊維持空間性的連續(Spatial Continuity)。

但是，這類與視點無關之地形模型的多層次精細度模型有幾項共同的缺點，例如需要大量的記憶體來存放各種不同精細度的地形模型；而且也無法根據視點位置與距離局部性的調整多層次精細度模型；然而，最嚴重的問題是因為記憶體容量的限制，不可能建構足夠多的精細度模型，所以當精細度切換時，突然跳動的顯像情形將使得

視覺效果很不逼真。因此現在一般的做法大都將花費在資料存取的時間轉移到動態建構地形資料的多層次精細度模型上，如此不但可以建構較為理想的幾何模型，又可以改善不同精細度之間切換的問題。

3.1.2 具視點相依之地形的多層次精細度模型

Lindstrom(1996)提出化簡地形模型之視點相依的誤差計算方法。它們首先根據地形頂點所在周遭地勢的垂直高度變化定義每個頂點的高度差(Deltavalue)，之後一一將頂點的高度差投影到螢幕座標系統上，如果高度差投影(Deltasegment projection)小於給定的誤差容許值(Tolerance)，則此頂點就可以化簡，而幾何模型會因此頂點的化簡將兩個較小的三角形合併成一個大三角形，以產生地形資料的多層次精細度模型。

這種多層次精細度模型建構的方法不但有考慮地形頂點的重要性，同時還參酌幾何模型在視覺上的效果（例如觀視方向正好面向山的斜坡，則斜坡上的地形頂點之垂直變化的幾何特徵，就顯得較不重要了），所以可以用較精確的多層次精細度模型達到比較高品質的顯像。不過，由於必須對大量的頂點即時計算高度差的投影值，另外還得支援各種頂點選取情況的幾何模型，所以會因為即時運算需求的負載過重而使得效率變差。

Lindstrom使用四元樹階層式的資料結構紀錄每一區間(Block)的地形頂點，採由下往上的策略化簡高度差投影在給定誤差容許值內的地形頂點，同時提出區間性多層次精細度模型化簡(Block-LoD-Reduction)的演算法，有效率的應用顯像畫面間的共效性可以快速達到大量的化簡不需要選取的地形頂點。另外，在建構地形的多層次精細度模型方面，首先提出具規則性與對稱性的三角化方式，不但不需要大量記憶體空間紀錄繁複的多層次精細度模型，而且可根據既定的規則步驟，迅速取得符合顯像的幾何模型。因此，即時建構具觀視點相依之地形的多層次精細度模型的困難度就獲得解決了。然而，Lindstrom並沒有提供解決多層次精細度模型切換造成顯像跳動的方法，以及解決精細

度不同的相鄰區間所造成顯像破洞現象的具體方案。之後，Hoope(1998)以邊線折疊化簡法、漸進式網格模型和觀視點相依之多層次精細度模型的建構方法為基礎，設計一可根據觀視點調整地形頂點選取的機制，然後再依照漸進式網格模型定義的運算，找到符合顯像的幾何模型。值得一提的是，Hoope 加入執行時間幾何形變(Runtime Geomorphs)的功能，使得不同精細度的幾何模型轉換較為流暢，以此獲得顯像畫面時間上的連續效果(Temporally Continuity)。可是由於紀錄幾何形變複雜規則以及採用漸進式網格模型處理地形資料所需的記憶體空間實在可觀，雖然他們提出 Output-Sensitive 的資料結構可以減少記憶體需求，但對於大規模的地形資料而言，依然還是有嚴格的限制存在。

3.1.3 三角不規則網格架構

地形的多層次精細度模型採用三角不規則網格的架構，主要著眼點是在代表地形區域的幾何模型彈性較高。採用三角不規則網格建構的地形模型，可以彈性地增加或移除動態的地形頂點，或者依照不同方式的幾何連接（或稱為三角化）可以適當的調整地形模型的拓樸架構，因此，往往可以用較少量的三角形數目表示出較為理想的地形全貌或局部特徵。但是產生三角不規則網格模型的演算法通常需要較久的計算時間，不然就是無法因應即時調整多層次精細度模型的需求。然而，Hoppe(1998)應用漸進式網格模型的概念使用前置處理(Pre-Processing)製作地形的多層次精細模型，之後在依據觀視點的改變而動態調整顯像所需的幾何模型，成功地完成三角不規則網格的多層次精細度模型之即時顯像。

事實上，在採用三角不規則網格架構製作之地形的多層次精細度模型，是無法提供使用者直接變更某塊地形區域的幾何模型，如在遊戲或軍事訓練模擬器上的爆炸效果，使得地形資料的原始模型需要變形。另外，如果加上三角不規則網格架構的多層次精細度模型本身不具規則性的緣故，將使得地形表面上物體的處理（如建築物、樹木、道路等）或物體與地形模型的碰撞偵測(Collision Detection)格外困難、

沒有效率，主要的理由還是因為由此種架構製作的幾何模型缺乏系統性的空間組織(Spatial Organization)。

3.1.4 規則方格系統

使用規則方格系統製作而成的地形模型若從二維平面上來看，將發現頂點與頂點連接的方式和幾何模型之三角形的組成方式，具有明顯的且一定的規律性。首先，規則方格系統有兩項顯而易見的特色：第一，幾何模型的頂點都會出現在格子點(Grid Points)上；第二，由頂點連接而成的三角形皆是以等腰直角的形式呈現。其次，規則方格系統比較於三角不規則網格架構的特性是在多層次精細度模型的建構過程中，具有較快的運算速度及使用較簡潔的資料結構。不過，規則方格系統卻有一項不能避免的共同缺點，即三角化產生的幾何模型很少是最佳化或趨近於最佳化的（最佳化的意義是在容許誤差內，幾何模型的三角形數量能夠最少）。主要的原因是地形頂點的均勻取樣而造成高頻率(High Frequency)的地形區域（即需要用較高精細度的幾何模型做代表的地方）會很容易擴散並且影響到原來可使用較低精細度的幾何模型做代表的地形區域。

因此，在許多應用皆採用地形分區(Block Division)的架構來避免地形頂點選取（或三角化程序）的相依效應持續擴散波及整體效益(Global Effect)。除此之外，分區的好處還可以提供可視範圍擷取、區間性多層次精細度模型化簡和顯像系統分頁(Paging)機制。可是在地形分區的架構之下仍有幾項困難有待克服，如相鄰區間不同精細度會造成幾何不連續的現象或地形區間規劃的大小可能引起不同的邊際效應，該如何取得平衡。(Pajarola,1998)

理所當然的，使用規則方格系統會有幾項重要的優點，例如提供地形頂點選取較簡單的演算法和節省儲存大量資料結構的記憶體空間，並且可彈性的、直接的變更或調整地形資料、幾何模型會維持完整的 Delaunay Triangles 及應用快速的連環三角形建構(Fast Strip-Triangles Construction)方法以縮短幾何模型的顯像時間等。

地形繪製中常常用到動態 LoD(Dynamic Level of Detail)，用來簡化遠處的幾何體的繪製。比如說，遠處的地形就會繪製的較不精細，但隨者你走近，地形就會越來越細緻（三角形越來越多）。動態多層次精細度模型根據其網格生成方法可以分為基於規則方格網格(Regular Square Grid, RGS)的演算法和基於三角形不規則網(Triangulated Irregular Network, TINs)的演算法兩大類。基於規則方格網格的方法從 DEM 網格資料(如圖 3.3(a))出發生成規則的三角形網格，如圖 3.3(b)所示。基於三角形不規則網的方法則直接用滿足重要性條件的頂點生成網格，如圖 3.3(c)所示。Hoppe[7]生成的網格就是這種不規則三角形網格，雖然基於規則網格生成網格中的頂點數目和三角形數目都較多，但是易於裁剪和簡化，繪圖的效率更高。

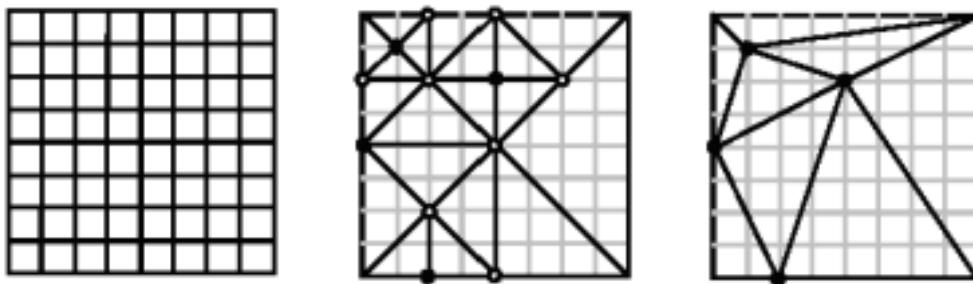


圖 3.3 DEM 網格的分別方式

3.2 即時最佳化可適性網格(ROAM)演算法

地形模擬的困難度是在於需要即時的計算大量的地形資料，像飛行的模擬，或是以人造探測器模擬地形。在現今的圖形硬體上，這類的問題通常以動態、依視點相關三角形網格和貼圖來減少高解析度影像所需的傳輸速率。而演算法的部分則是以簡化三角格數目、減少模型的複雜度、降低誤差等方面來加強。而 ROAM 的基本概念是一個基於三角二元樹的動態最佳化展示地形方法，以高 Frame Rate 和分頁技術來管理幾何圖形、貼圖、分區區塊的 LoD，可視點裁切和降低顯示時的誤差，並完整展示大規模地形。

即時最佳化可適性網格（Real-time Optimal Adaptive Meshes，ROAM）演算法其主要理論是輸入地形的大小以及三角格總數和展示地形所需要的時間無關。因為在 ROAM 演算法中展示所需的時間和三角格每秒所改變的數目成比例，換句話說 ROAM 重視的是地形三角格每秒鐘所改變的數目，而不是三角格總數的多寡。ROAM 使用二元三角樹來保持三角坐標的完整性而不是一個巨大的三角形坐標陣列來描繪及儲存地形。ROAM 使用了網格本身關於相鄰節點的一個有趣規律：一個細節節點和它的鄰節點只存在兩種關係：共直角邊關係（例如：左右鄰節點）和共斜邊關係（例如：下鄰節點），我們可以應用這個原理到建立網格上與我們同步保持相鄰的樹。每一個小片（Patch）都是一個單獨的正二等邊三角形，從它的頂點到對面斜邊的中點分割三角形為兩個新的正等邊三角形，分割是遞迴進行的，可以被子節點三角形重複直到達到希望的細節等級。可以在連續的範圍實現從最基本的平面到最高級的最佳化，。而且 ROAM 演算法分割成小方塊非常快速。

ROAM 結構基本的三角形 $T(V_a, V_o, V_1)$ 定義為一個等邊三角形，而 $level=0$ 為 T ， $level=1$ 由 V_a 頂點開始分割，得到端點 V_c ，而子節點則變成 T_o 和 T_1 ，父節點則為 T 。 $level=2$ 接著再以 V_c 為頂點分割，父節點則為 T_o 和 T_1 ，子節點則為 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 ，然後可以依照這個順序一直分割下去，參考圖 3.4。

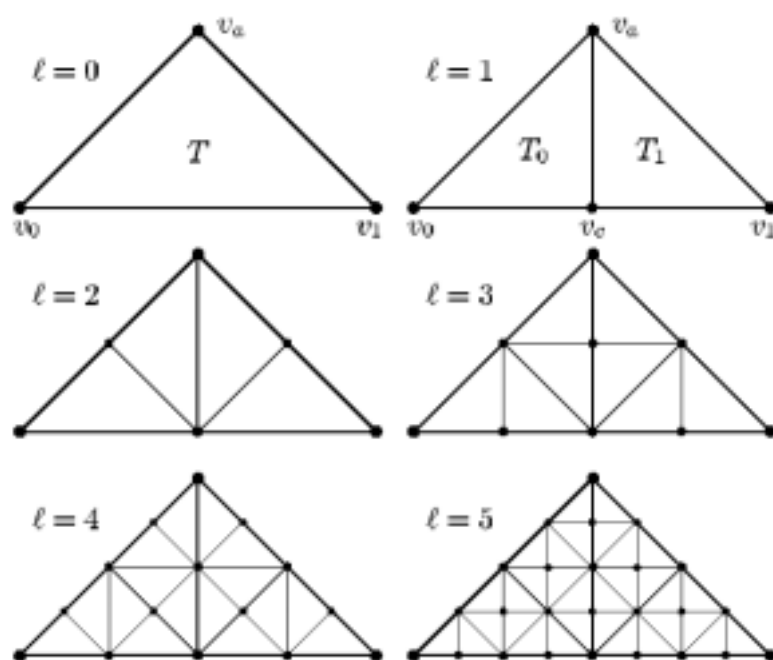


圖 3-4 ROAM 基本三角形結構(Level 0-5 三角二元樹)

ROAM 演算法可以很快的產生棋盤式的資料結構以及大量的頂點值，而 ROAM 的最佳化則是來自於三角形的合併和分割。而三角形的合併和分割需要有索引，動態的緩衝通常都是利用 AGP 中的記憶體來達成的，而這種方式對於電腦的 CPU 而言，讀取較費時但是寫入則可以減少時間，因為這個理由，我們通常在主記憶體中使用緩衝區，將複製的部分更新，然後再重新寫入到完整的主記憶體中。但是在 ROAM 中如何做索引的動作這就是一個問題所在，[46]在原有的即時最佳化可適性網格(ROAM)演算法基礎上，增加了三個參數，自左而右再向頂點作索引，當子節點找到時，我們再檢查其他的三個頂點是否存在(而在此一步驟中，我們必須指定頂點值給已存在的虛擬值索引)。如果一個或多個頂點的索引值尚未被創造出來時，我們則將這些頂點加入至頂點的緩衝區中，而這頂點緩衝區的位置則是使用一個索引值，然後三個頂點會輸出至索引流中，利用這種方式我們可以有效率的指定頂點對應到緩衝區中頂點，更可以重複的使用。圖 3.5 展示了循環的步驟和如何指定索引：

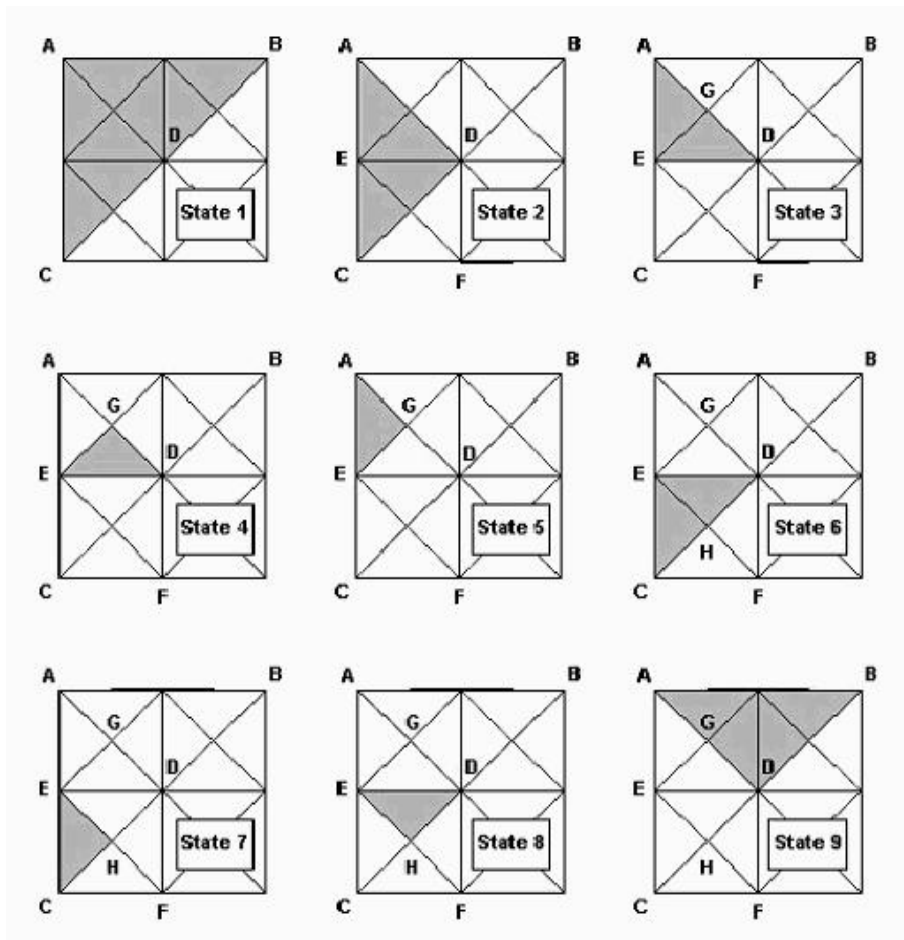


圖 3.5 ROAM 檢查索引值步驟

步驟一：從左邊底部的三角形(C,B,A)開始，此一步驟包含了詳細的描述三角形的左、右、上三個頂點。

步驟二：取左邊的子集合，三角形(A,C,D)。

步驟三：和步驟二的過程一樣，不過換成三角形(D,A,E)。

步驟四：最後我們會得到子集合三角形(E,D,G)，我們檢查此一集合之索引，然後創造出一個新的頂點索引資訊。

步驟五：接下來我們找到另一個子集合三角形(A,E,G)，而 E 和 G 為步驟四中 1 和 3 的值，而在此一步驟中我們僅創造了一個新的頂點值給頂點 A(其索引位置為 4)，而 E,G 則是利用之前緩衝區中的索引值，如此一來，我們就節省了兩個頂點索引的空間。

步驟六：而當我們完成了一個子集合時，我們就向上找尋到另一個父節點三角形(C,D,E)。

步驟七：接著，我們移到三角形(E,C,H)，然後發現其為子節點，當我們檢查其索引時，我們發現 C 和 H 有著虛擬值(Dummy Value)，所以我們必須創造新的索引值 5,6 給 C 和 H，而頂點 E 已被設定為 1，然後再將索引輸出。

步驟八：而子節點是三角形(D,E,H)，在此一步驟中，索引值已存在，所以我們可以節省索引空間(三角形 D,E,H 對應至索引位置 2,1,6)。

步驟九：重複以上的步驟可以有效的減少索引值。

3-3 鑽石型結構---ROAM 演算法的改進

對於一個三角形節點，只有當節點與節點呈現相鄰關係時才能進行分割（如圖 3-6），這個關係可以把它當作一個鑽石型結構來看待，這樣的形容是因為在鑽石上分割一個節點可以很容易的對應到其他節點，因此在網格上不會出現裂縫。

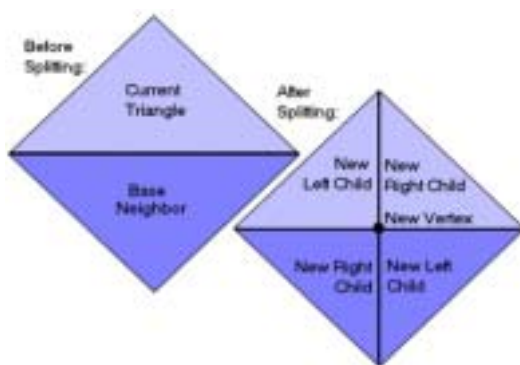


圖 3.6 在一個鑽石結構上進行分割



圖 3.7 基本鑽石型三角二元樹結構分割

鑽石型結構為一等邊長之正三角形，三個角皆為 60 度，而方向可以為向上三角形或向下三角形，而向上或向下皆不會影響繪製圖形的速度。像 ROAM 一樣，鑽石型結構利用切割(Split)和合併(Merging)的方式去達成多層次精細度模型的控制如圖 3.7 與圖 3.8 所示，但是鑽石型結構不像 ROAM 牽涉到優先權的選擇問題。而基本的 Diamond Structure 演算法，利用固定的四種選擇：

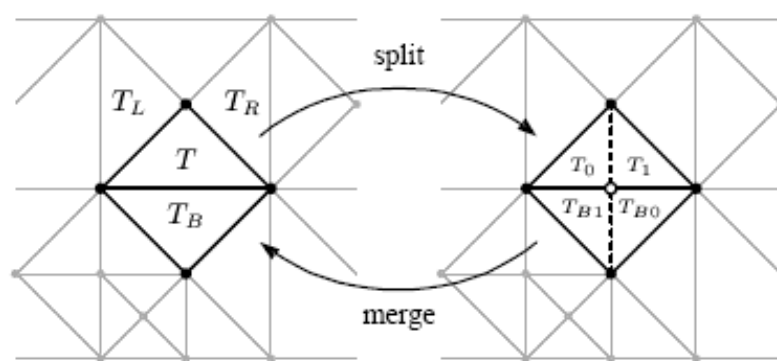


圖 3.8 三角二元樹結構之分割與合併操作

1. 向上分割(Split Above)
2. 向下分割(Split Below)
3. 向上合併(Merge Above)
4. 向下合併(Merge Below)

利用這四種固定的選擇，Diamond Structure 演算法就可以幫助我們指出其優先的順序，而這個選擇是雙重連接的 LIFO 選取，且這個選取允許快速的插入或刪除選取。當分割一個節點時存在三種可能：

1. 節點是鑽石的一部分---分割節點本身和相鄰節點。
2. 節點是網格的邊---只分割這個節點。
3. 節點不是鑽石的一部分---強制分割相鄰節點。

其中強制分割指的是遞迴的搜尋整個網格直到發現鑽石結構形式的節點或網格邊。而其流程如下：當分割一個節點時，首先看是不是

鑽石型結構的一部分，如果不是，然後在相鄰節點上產生第二個分割並建立一個鑽石型結構，然後繼續最初的分割。第二個分割操作將做同樣的工作，重複處理下一個節點，一但發現一個可以遞迴分割的節點，就一直分割下去，如圖 3.9：

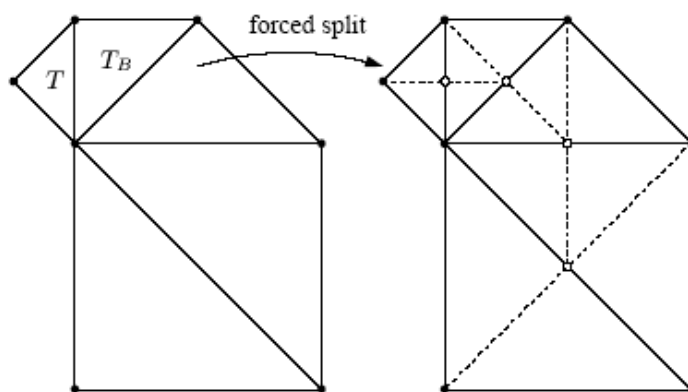


圖 3.9 強制分割操作

3.4 分割時產生的網格裂縫問題

當分割相鄰的二元樹或是四元樹結構時，在網格裏經常出現裂縫，這個裂縫是由於高低不連續的分割區塊穿過邊界的三角格造成的。因此使用動態 LoD 進行繪製地形一個不好的邊緣效果是當三角形從網格中插入或移出時會產生突然的看的見的裂縫如圖 3.10，這個現象可以視作頂點變形體(Morphing)，也叫幾何變形體(GeoMorphing)。

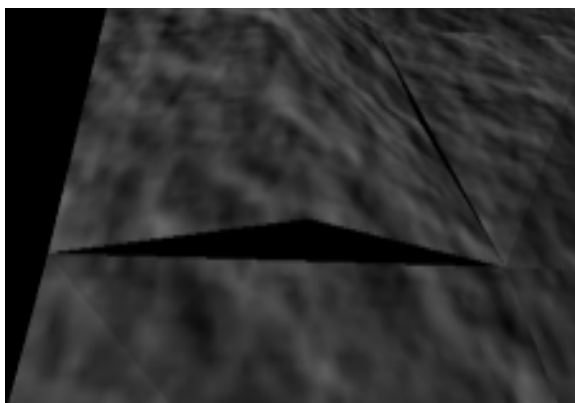


圖 3.10 網格上的裂縫

幾何變形體在 3D 圖形處理上有一些棘手的地方。在分塊過程中鑽石型結構或許保存有一個等於這個三角形的“Morphing”的值，這個“Morphing”值將被保持在 0.0-1.0 的範圍。而在 ROAM 演算法繪製的過程中，有兩個結果需被考慮，一個考慮是三角形的位置(是順時針還是逆時針)，另一個是三角形的連接方式，三角形的位置很容易解決，只要重新定義頂點即可，而三角形的連接方式就複雜許多。LoD 的結構無法產生連續的三角網格，原因之一則是在網格改變時會產生 T-junctions，而解決的方式也很簡單，僅是再額外加入了一個三角形而已。而對於增加的頂點，則有許多情況要被考慮，決定於三角形是否有 0, 1, 2, 3 個相鄰節點，而這就可能導至八種可能性。通過分割相鄰三角形消除裂縫又增加了三角形的數目，基於三角形進行二元分割或者基於分區進行四元分割的簡化方法，需要較多的遞迴次數，這都降低了演算法效率

1998 年，Röttger 提出了一種裂縫消除演算法，這種裂縫消除演算法也是基於規則網格。此種方法提出了兩種影響誤差的因素；頂點到視點的距離值和頂點高度差值。Röttger 使用一種獨特的誤差計算方法，保證相鄰四元樹節點之間的解析度相差不超過一個層次，這大大簡化了裂縫的消除。而 Hoppe 將其依視點相關漸進網格 (VDPM, View Dependent Progressive Meshes) 應用到地形中，實現了大規模地形的即時繪製。Hoppe 首先將地形分為塊狀區域，對每塊區塊分別用漸進網格處理，而 VDPM 可以記錄簡化過程的資訊，用這些資訊可以根據不同的視點即時生成不規則三角形網。但是 Hoppe 的方法佔用記憶體較大，而根據 Andreas Ögren 的比較，Hoppe 的誤差計算方法效率沒有 ROAM 演算法高。

3.5 ROAM 之地形顯示例

圖 3.11 至圖 3.14 為若干地形顯示實例。

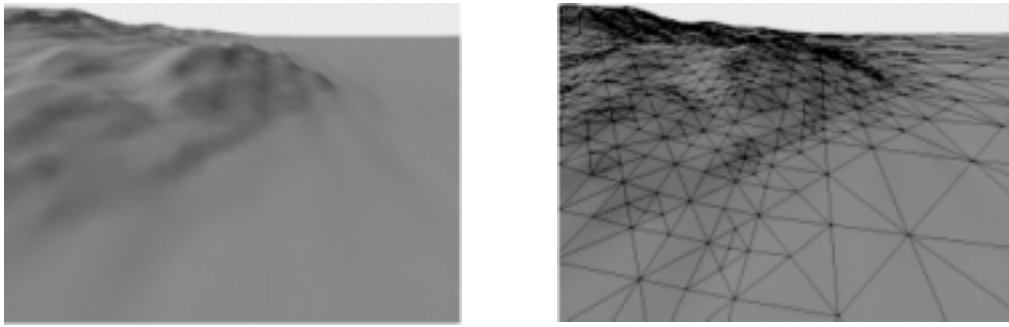


圖 3.11 Roam 之地形範例一

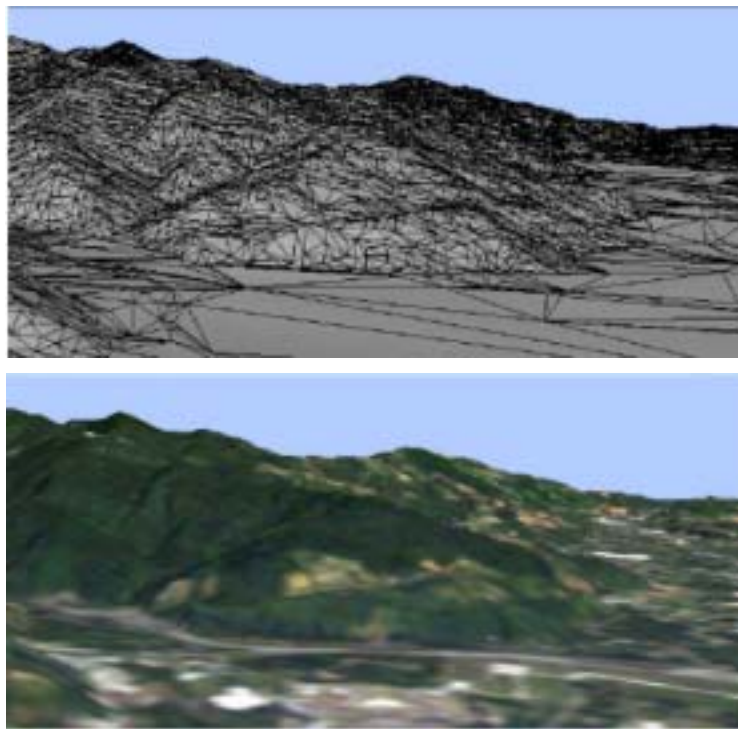


圖 3.12 Roam 之地形範例二

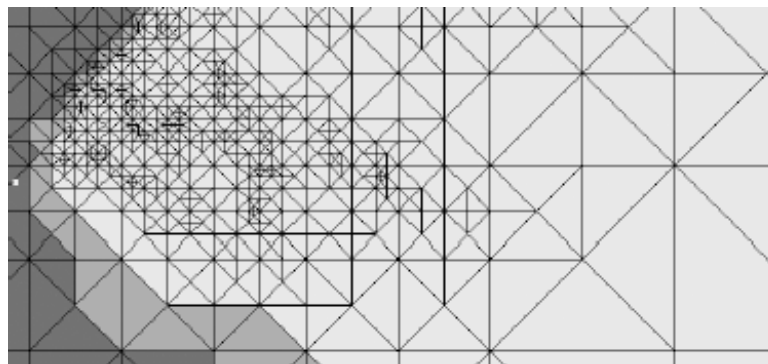
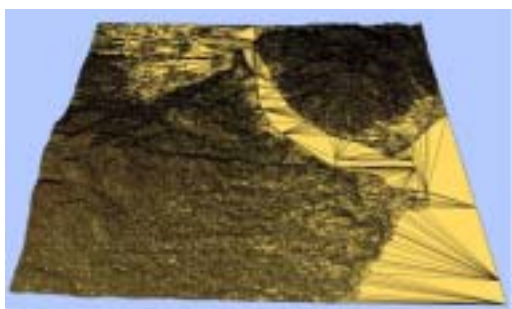
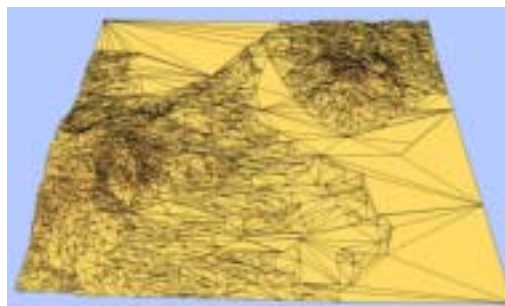


圖 3.13 Roam 地形之三角網，暗色調部份為視點外



The texture-mapped mesh
with 981 triangles

The texture-mapped mesh
with 204800 triangles

圖 3.14 Roam 地形之三角網及貼凸顯示

3.6 海岸圖像大規模地形製作與貼圖

依據「台灣海岸線」所需港灣範圍，運用大型模型資料庫管理 (LADBM： Large Area Database Management) 技術，以地形崎嶇變化程度，將整個台灣模型切割成適當的模型單元，並依據模型單元涵蓋範圍切割衛星影像。

由於所需切割的影像數量非常多，因此需要設計系統程式，依據 MultiGen 等建模工具地理座標格式，將每張切割後之影像，進行整批地理座標設定。完成切割數值地形模型與衛星影像地理註冊工作後，將所有貼圖影像貼在地形模型上，即可完成台灣海岸線基礎圖台。

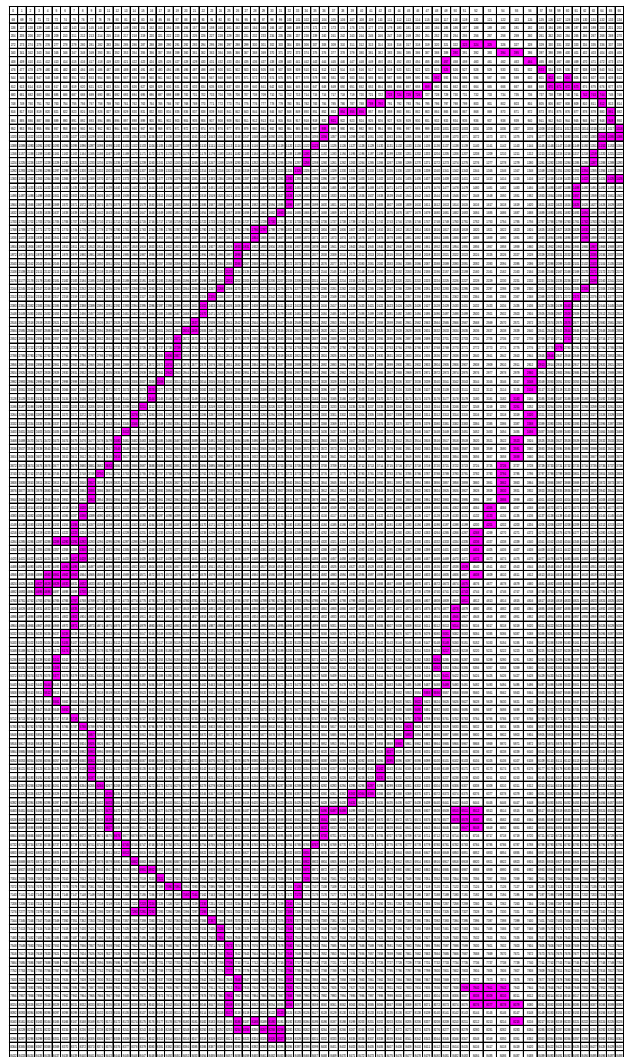
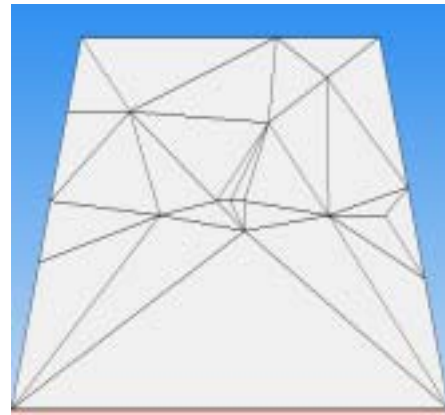
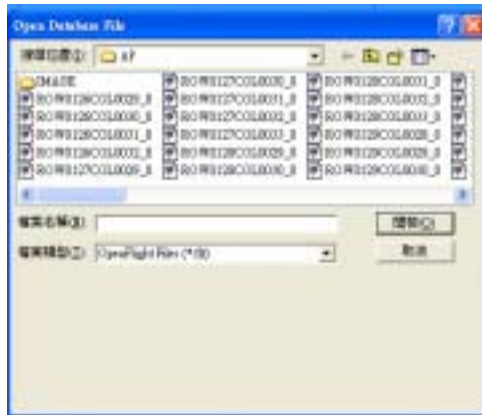


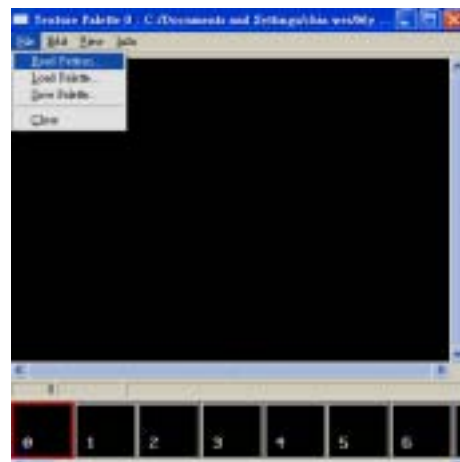
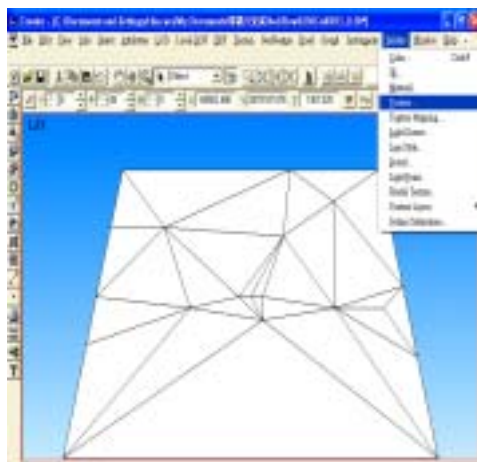
圖 3.15 台灣海岸線切割示意圖

貼圖步驟

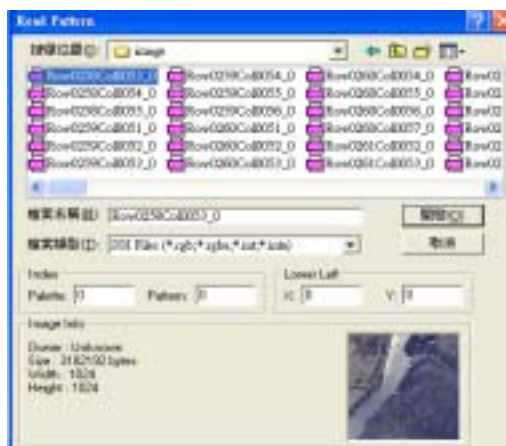
1. 開啟檔案



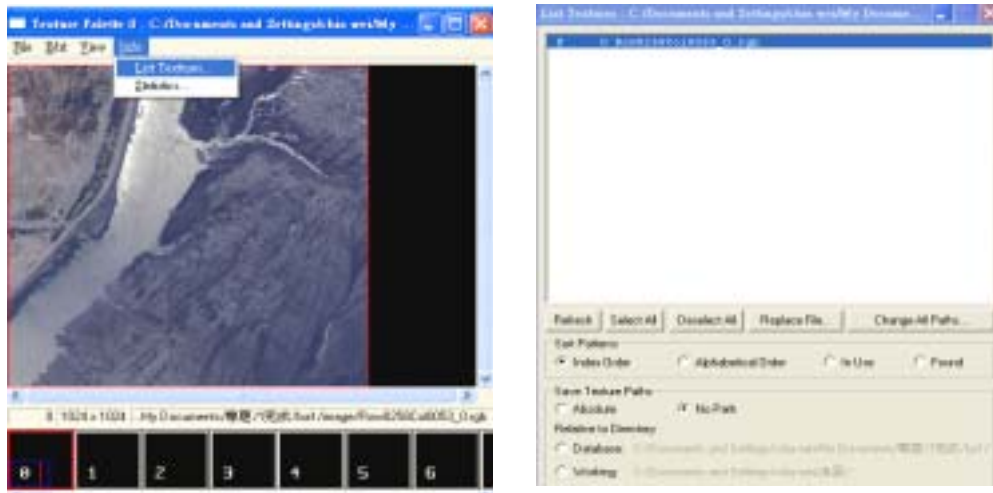
2. 選 PALETTER → TEXTURE



3. 找尋其相同編號的影像檔→開啟



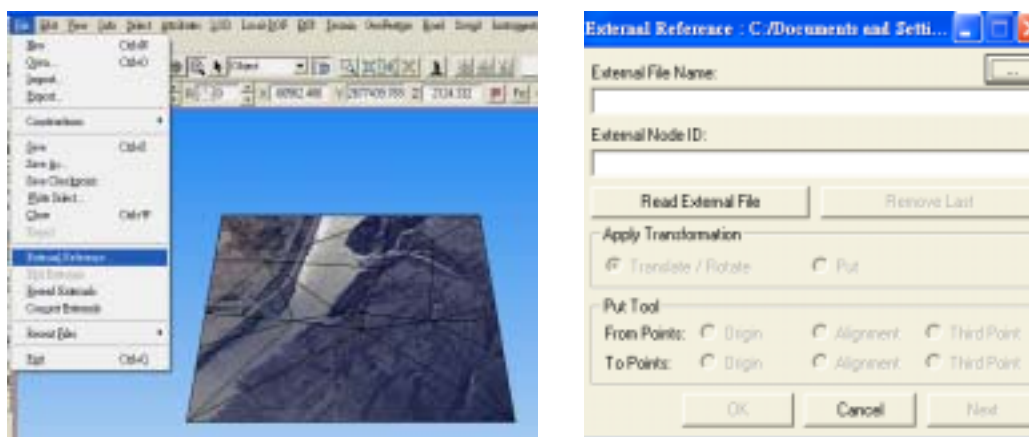
4.調整其來源路徑(拼貼時需混在一起)



1. 選 GeoPut 使其貼上



6.一塊一塊匯入，使其聯結



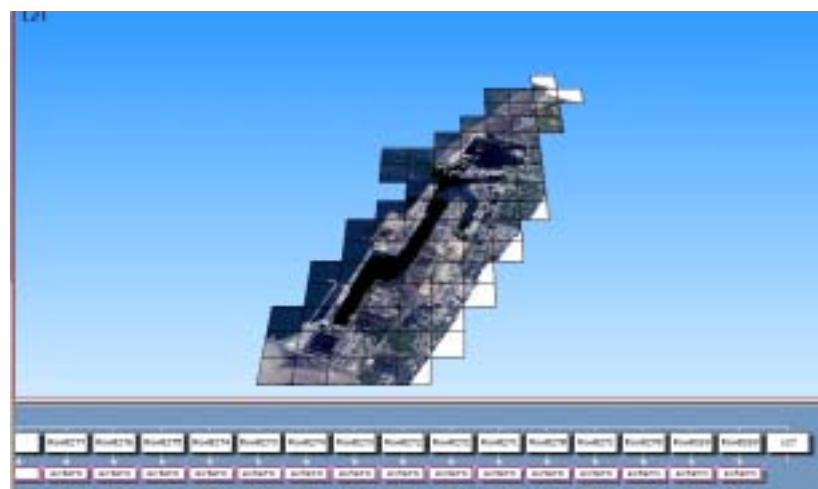
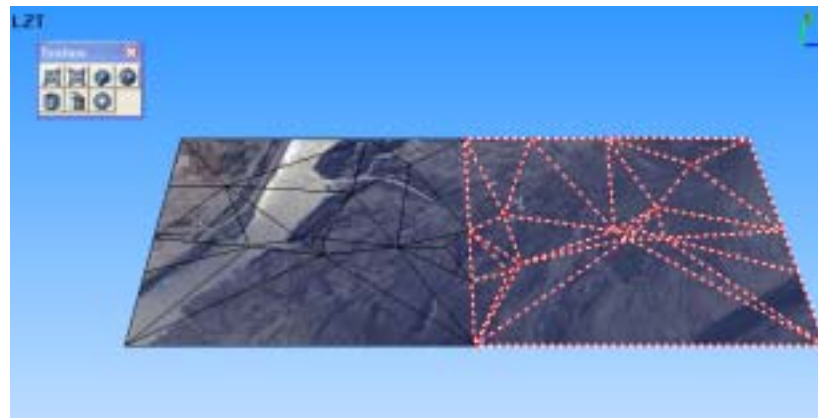


圖 3.16 台中港的拼貼過程



圖 3.17 三維地形瀏覽

第四章 Web 基礎之大型圖像管理系統

自從 1960 年代加拿大地理資訊系統 (CGIS) 開始運作至今已有 40 年歷史，在 GIS 應用仍繼續發展推動的同時，GIS 和計算機的領域受到相當程度的重視。此架構模式改變了 GIS 處理圖形資料的方式，稱為 DGIS(分散式地理資訊系統)。而 DGIS 並將傳統桌上型單機作業之 GIS 概念延伸至網際網路(WEB)，以能符合現行系統圖資處理之需求。而此種以分散式概念延伸至網際網路的架構稱之為網際網路地理資訊系統 (WebGIS 或 Internet GIS)。

所謂 WebGIS，從字面上看來，即表示不再是用紙張來傳遞，而是利用電子訊號，因此有著許多絕對的優勢是以往使用傳統地圖無法完到的，例如：查詢圖層分析、路徑規劃、及時訊息傳遞...等。WebGIS 是結合 INTERNET 來擴展地理資訊系統功能的新技術。人們透過 WebGIS 所提供的基本概念、設計原理、功能特點...等，滿足使用者本身不同的應用需求，進行與地理資訊系統相關方面的處理及分析，如今地理資訊系統已可輕易地在個人電腦上，因此，地理資訊系統是因運電腦系統而生。但由於網際網路的蓬勃發展，各 GIS 產品製造商也致力於開發 Web Base 的相關性產品，電子地圖才能走向大眾化普及化。目前已有許多 GIS 廠商推出 Internet 上 GIS 的方案，如 ESRI 公司的 ArcView IMS、MapObjects IMS 及 ArcIMS、AutoDesk 公司的 MapGuide、MapInfo 公司的 Mapxsite、Mapxtreme、Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map 等。使用者只要透過網際網路瀏覽軟體，就能獲得許多豐富的地圖資訊。

人類在進入 21 世紀後，INTERNET 技術也正在改變著全世界，而社會對地理資訊系統的需求也在不斷地增長，為日新月異的科技領域往前邁向一大步。日後，該如何善加運用 3S (GIS:地理資訊系統；RS:遙感探測；GPS:全球定位系統) 技術，融合為一體，彼此互動互補。也是現今一直不斷在研究的課題。

我們針對 Web GIS 的技術來說，大致上可分為 CGI、Plug In、Java Applet 及 FLASH 四種，說明如下：

1. 共通閘道介面（Common Gateway Interface；CGI）

Web GIS 最先使用的方法是 CGI 技術。GIS 廠商在其成熟產品的基礎上發展 Intranet 解決方案，通常採用 CGI 方案，即提供專用空間資料的 Web 管道。CGI 是一種連接應用軟體和 Web Server 的標準技術，是 HTML 的功能延伸。HTML 超文字語言是一種不可在瀏覽器中編輯的靜態式文件，它的設計原則是顯示資料和文件，而不是處理資料，因而不能用來產生動態的資訊，缺乏互動性。但是，靈活易用的 CGI 介面與 HTML 的結合實現了互動式的動態連結。由於 CGI 是 Web Server 上可執行的程序，任何人要與 Web Server 進行溝通，都可以透過 CGI 介面。基本上所有的計算機語言都可以用來開發 CGI 介面，最常用的幾種包括 C、C++、Perl 和 VB。Web 一出現，CGI 技術很快就被用於建構能產生動態地圖的 Web 網站。

2. 嵌入式介面(Plug-Ins)

因為 CGI 的系統僅提供給用戶端有限的 GIS 功能，傳給用戶的資訊都是靜態的，而且 Client side 的 GIS 操作都需要由 Server 來處理。解決這個問題的方法是把一部分 Server 上的功能移到 Client side 上，這樣不僅加快了使用者操作的反應速度，而且也減少了網上的流量。但標準 WWW 瀏覽器只提供了一些最基本的瀏覽和導航功能，而缺乏處理地理空間數據的能力。解決方法之一，是安裝能與瀏覽器交換資訊的專門 GIS 軟體。這種增加瀏覽器功能的方法就叫嵌入式介面（Plug-Ins）。目前這種嵌入式軟體已被普遍採用，在多媒體領域尤為明顯。這種嵌入式軟體不但可以增加瀏覽器處理地理空間資料的能力，使人們更容易獲取地理數據，而且可以減少 Web Server 的流量，從而使 Web Server 更有效的為更多使用者服

務，因為大多數使用者的資料處理能力都可以由瀏覽器嵌入式軟體來完成。

3. Java Applet

儘管嵌入式軟體可以和瀏覽器一起有效地處理空間資料，但這種方法仍有不少缺陷。首先，它將導致用戶端負擔過重，因為幾乎每個軟體廠商都希望它的軟體能與網際網路兼容。顯然這是不符合標準瀏覽器的設計概念；其次，眾多嵌入式軟體的管理會成為資訊技術部門的一個大問題，因為無論任何人，只要可以連入網際網路，就都可以下載安裝最新的嵌入式軟體。為解決上述問題，網際網路程式語言應運而生。目前最普及的網際網路程式語言是 Java，另一種語言是由微軟公司提出的 Active X。與 Java 相比，Active X 目前還沒有解決非常重要的網路安全問題。

4. FLASH

近一兩年由 Macromedia 公司所發展的 Flash 亦有人將之拿來發展 Web GIS。雖然 Flash 表面上亦能做出品質精美的電子地圖，但由於此一技術所發展的 Web GIS 並不能完全符合 GIS 的精神，暫不做任何討論。

4.1 發展回顧

地理資訊系統（GIS，Geographic Information System）的主要功能是實現地理空間數據的收集、編輯、管理、分析、統計、製圖的工具。GIS 始於 60 年代的加拿大與美國之後，各國相繼投入了大量的研究工作。自 80 年代末以來，隨著計算機技術的迅速發展，地理資訊的處理、分析能力日趨進步，GIS 技術頗具成熟，已廣泛被應用於環境、資源、電力、土地、交通、公安、急救、航空、市政管理、城市規劃、災害損失預測和軍事等相關領域。但是，資訊科技進步，讓 GIS 的應用深度的不斷深入和廣度的擴大。一方面，計算機的進步、資訊網的發展

和利用等技術上的突破，更加深地理資訊的使用普及率。進入 90 年代以來，計算機處理速度愈來愈快，其記憶體能實現將大型文件轉至記憶體的能力，且能儲存大容量數據。此外，隨著多媒體技術、空間技術、虛擬實景、數位技術及寬頻光纖通訊技術的突破性進展，也宣告著 WEB GIS 技術的來臨。

地球空間資訊技術的許多應用中，對動態、實時和遠距離控制與操作等方面提出了新的要求。而且隨著應用領域的不斷擴大，這方面的要求。而且隨著應用領域的不斷擴大，這方面的對動態、即時和遠端控制與操作等方面提出了新的要求。而且隨著應用領域的不斷擴大，這方面的要求將會越來越高。而實現動態、即時和遠端控制與操作處理的關鍵是數據通信技術的應用。在目前網路通訊上，以網際網路(Internet)上的全球資訊網(World Wide Web, WWW)最流行且易用。網路通訊及資料流通，已有漸漸取代部分傳統通訊及資料流通之勢，其快速與廉價之特性，造成其不可擋的優勢。WWW 則因有世界性標準協定，且是以易學好用之超媒體為基礎，將更豐富之多媒體資訊，以關係加以連接，而更接近人類的閱讀習慣，故造成空前的流行。一般多媒體資訊只要經由簡易的格式加以編輯成為 HTML 檔，便可以透過 WWW 伺服器(如 Netscape)來傳送資訊至世界各地，而讀者亦只需一 WWW 瀏覽器，便可獲取來至世界各地的免費資訊，未來的世界資訊交流會更熱絡。

毫無疑問，21 世紀資訊飛速發展，並且改變人們的生活和工作方式，資訊技術成功也將在未來科學技術的發展中發揮重大影響。回顧 GIS 技術的發展，它走過了模擬和解析時代，進入了數位時代，逐步發展到今天的地球空間資訊學，它不僅包含現代科學的內容，而且造就了 GIS 和計算機技術的應用。爾後，以“3S”技術為代表的地球空間資訊技術不再侷限於過去，而是能透過 WWW 和 INTERNET 來發揮其最大功能，做完美的結合。

隨著網際網路迅速的普及，大量資料訊息在網際網路上進行互動交流。而在 Internet 上難以計算的網站(Web Site)數目，可說是造就 WEB

GIS 產生的基礎。舉凡資訊傳播至商業交易等行為皆可透過這些網站來進行。但是，在網際網路上傳播的資訊不但種類繁多，傳統的靜態網站設計，在資訊提供的時效性、便利性及多樣性已不敷所需。因此，如何建構動態網站設計已經成為網站建置的首要要素。

一個動態網站，對於使用者而言，動態網站具有與使用者本身「操作互動」的特性。因為網頁的內容常常依照個人不同的需求而有所變更。就資訊提供方面而言，動態網站具有讓使用者隨時提取資料的優點。另一方面，對於網站管理者本身而言，動態網站具有「方便管理」的特性，只要定期定時更改資料庫儲存的資訊即可產生不同的網頁內容。

本計畫中，我們透過與大容量地圖伺服器(INET VIEWER MAP)結合，針對 WEB GIS 的特性，將以往內容一成不變的靜態網站變成一個動靜態皆有的網站，也同時具有教育意義性質。預計完成之目標項目有：

(1)將網站「程式化」：

動態的網站可以執行一些特殊的程式，然後將結果傳送到使用者端的瀏覽器上以供顯示。早期的網站應用程式是以 CGI(Common Gateway Interface)為主，可藉由一般的程式發展工具，例如 Visual C++ 及 Visual Basic 等工具進行。但是 CGI 程式同時也帶來不少缺點，例如執行效率不佳及程式維護困難等等。而將網站「程式化」的優點在於使得網站具有互動交流訊息的功能，可即時接受並回應來自使用者端的請求。而網頁的內容是以程式進行控制，可因時因人而產生不同的內容。

(2)將網站「資料庫化」：

所謂將網站「資料庫化」就是利用資料庫軟體來儲存管理網站中重要的資訊。網站可透過程式讀取資料庫中的資訊，轉換成網頁傳送到使用者端顯示。而將網站「資料庫化」的優點就是使用資料庫管

理整個網站，只要定時更新資料庫的內容，顯示在網頁上的資訊也會自動更新。資料庫功能讓網站的管理工作更為方便。因為透過適當的 Web 應用程式，可自動將資料庫中的內容適時更新，以達使用者所需的資訊。因此，適當的維護資料庫的內容及提供資訊，一方面可更新網站資訊，另一方面則省去網站管理員必須經常編輯修改網頁內容工作。同時讓提供者與使用者都滿足自己的需求。

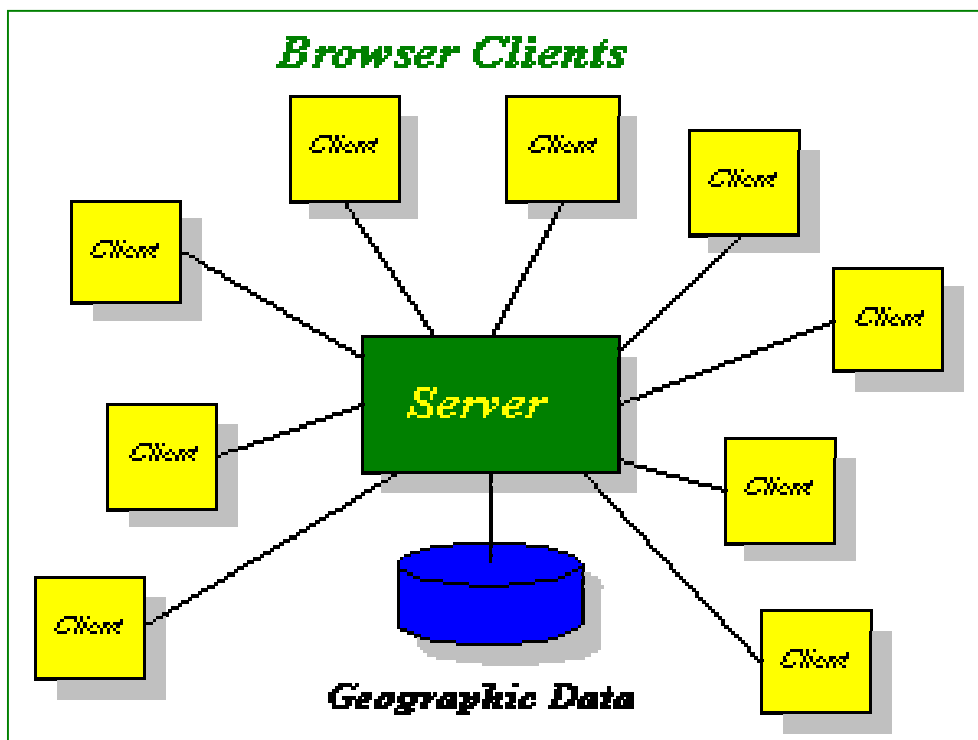


圖 4.1 WEB GIS 網站架構流程圖

說明:

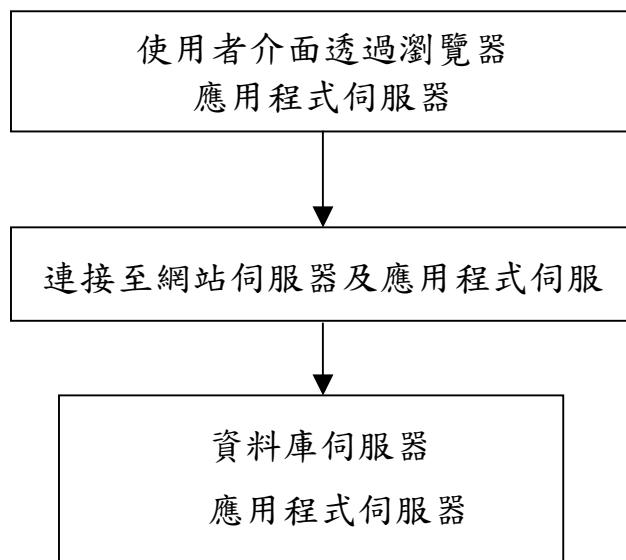


圖 4.2 WEB GIS 網站架構說明

4.2 Web GIS 基本概念及原理

從網路技術角度來看，Internet/Intranet 是以 TCP/IP 為通訊協議標準、以 DNS 域名服務和 SMTP 簡單郵件傳輸協議為基礎、以 WWW 和 FTP 服務為支撐、實現多服務器和多平台的相互連接的計算機通信網路。目前互聯網成為企業或部門內外各種訊息管理和交換服務的主要平台。從系統運行和技術上分析，GIS 系統要成為網路化的分布是處理的訊息系統，必須符合或相兼容 Internet/Intranet 相關的技術標準，包括支持 TCP/IP 網路通信協議、HTTP 文檔與文件傳輸協議、文檔顯示與應用程序集成(HTML 和 HTML Broeer)、服務器端集成(Web Server CGI 或 API)、客戶端擴展(HTML Java 和 Java Script)、服務器端擴展(CGI 和 Server API)、可執行的客戶端與服務器後台過程的邏輯分布、多線程可擴展服務器、支持動態訪問、強大的客戶部件、過程製作(包括可視化過程製作工具)、圖形文檔支持嵌入的 URLs 等。支持

Internet/Intranet 通信技術標準，對於 Web GIS 來說就是實現客戶端與服務器端數據傳輸通信。Web GIS 系統充分利用了分布是體系結構 Client/Server 的技術特點，是 Client/Server 結構特點的一個典型應用實例。分布是應用體系結構能實現在客戶端與服務端都具提供功能強大、可執行過程的體系結構，遇到真正有效地平衡客戶端與服務器端之間的處理負荷，實現計算分部和數據分部的目標，使系統具有可互操作性，從而可以把數據量集中的處理由服務器端執行，在客戶端則完成如空間查詢，地圖生成等過程，充分發揮客戶機與服務器各自的優勢，最大限度地發揮應用系統的作用。Web GIS 系統的客戶端/服務器體系結構使得系統具有良好播放性，它使系統具有軟硬體資源共享、數據多重應用、跨平台運行...等特性。Web GIS 系統是一個建立于 Internet/Intranet 之上的採用開放式結構、具有統一標準和廣泛適應性的網路應用系統。

Web GIS 系統的客戶端用戶不能使用服務器端的硬軟體資源，而且可以方便地利用 Internet 主網的數據訊息資源等。一般將 Web GIS 分為兩類，根據主要的圖形屬性數據所處的邏輯位置不同，可劃分為服務器端和客戶服務器端兩種類解決方案，也有人將其分為動態式和主動式 Web GIS。有些 Web GIS 平台採用介於其中的平衡方案。對於服務器端的 Web GIS 解決方案而言，空間分析和輸出全由服務器完成，它能解決大型數據庫的管理及完成複雜任務，客戶端們負責用戶請求和數據輸入，通用網路接口 CGI 負責實現與 GIS 服務器的連接，最後客戶端將結果顯示出來。這種模式對網路傳輸是非常繁重的負擔。

對於客戶端解決方案，一部分常見的 GIS 分析和數據處理工作在客戶端完成，而不向服務器端解決方案，幾乎包辦處理用戶的一切請求。系統須通過服務器向客戶端發送一段運行在本地機上的客戶程序。這個程序可以與用戶相交互，處理用戶的一些簡單請求，如地圖的輸出、放大等，所需的矢量地形數據直接向服務器申請。當客戶發出一些較複雜高級的操作要求而客戶程序不能處理時，才請求 Web

GIS 服務器處理，其處理結果也已矢量數據的形式發回給客戶端。與服務器解決方案相比，客戶端方式的 Web GIS 具有用戶操作方便的特徵，有效地減少網路傳輸和服務器的負擔，但處理大型數據庫和完成複雜的 GIS 空間操作的能力十分有限。

Web GIS 系統研發最初採用通用網路接口技術，以及相繼發展起來的 IDC、ASP、ISAPI、NSAPI 等技術方法，後來又產生了被稱為“插件”(PLUG-in)的應用技術。目前採用比較流行的技術，一是 Java 語言，包括 Java 小程序 Applet 和 Java 虛擬技術(VRM)等；二是採用 ActiveX 控件及 COM 組件對象模型等網路研發技術。目前採用四種技術方法實現得 Web GIS 系統平台在許多領域都得到了很好的應用。

4.3 Web GIS 系統平台研發技術

4.3.1 Autodesk MapGuide

MapGuide 以常用的網路瀏覽器(Microsoft IE 或 Netscape)，用戶可以很容易地使用它。Web Server 接收用戶的請求，針對其運行分析、處理，對於用戶的 GIS 請求，通過 MapGuide 的 map agent 這個代理程序提交給 MapGuide Server 處理。MapGuide Server 得處理結果，在通過 map agent 代理程序返回給 Web Server，以 HTML 文件、圖形、圖像等形式返回給用戶。在客戶端，用戶可通過下載並安裝 Viewer 作為插入件(PLUG-in)。Viewer 插入件在客戶機上完成簡單的 GIS 功能，如地圖瀏覽操作，如放大、縮小、漫遊等。

MapGuide 在服務器端需要有 CGI(MapGuide Server)支持，具有 CGI 模式的特點；在客戶端，需要事先下載安裝 Viewer 作為插入件(PLUG-in)，主要還是基於 PLUG-in 模式。MapGuide Viewer 插入件在客戶端完成地圖瀏覽操作，如放大、縮小、漫遊等。由於在本地使用了 MapGuide Viewer 插入件，地圖瀏覽操作的速度很快。MapGuide 採用一個主控文件(MWF)和一個數據文件(SDF)，以優化在方維網分布體

系結構上的性能。

MWF 文件是由 MapGuide Author 軟體創建的，一方面存儲指標，指向二維矢量數據文件(SDF)，另一方面存儲屬性研聯數據(包括目標數據和在外部數據庫中存放的數據的連接，如數據庫 Oracle、SQL Server 等)。MapGuide 的空間數據放置在特殊的空間文件(SDF)中，每個 SDF 文件包含地圖的所有特徵(點、線、多邊形)。

MapGuide Viewer 提供了 200 多種方法、屬性和事件，從而使研發者能夠在 Microsoft 和 Netscape 的 Web 瀏覽器中應用 VBScript、Jscript 控制 MapGuide 的動作。MapGuide 最大的優點是傳送到客戶端的是矢量圖像，而不是柵格圖像。

4.3.2 Mapinfo MapXtreme

MapXtreme 技術系統主要由三個層次組成。頂層是 Internet 技術。在這一層中，有非常成熟的 TCP/IP、Web 等技術，並且有 CGI、HTML 等標準，保證了其標準的 MapX、Mapinfo Professional。經過十多年的發展，已經相當穩定和完善，足以擔當空間數據庫內核，MapX 是一個性質比較好、功能強大的 OCX 控件，提供了真正的對象連接與嵌入(OLE)組件。在這兩者之間，是 MapXtreme 模式，其不是 MapX 在 Internet/Intranet 系統上的擴展，更代表了新一代的地圖應用柱器模式。它採用了很多新技術，如內置研發工具、過程調度器、分布應用模式等。Mapinfo MapXtreme 的系統運行特徵：

1.低消耗

MapXtreme 在服務器上實現軟體和數據的中央管理能夠大大降低管理和維護的費用。針對一些高級操作、數據的集中化和安全性保障，MapXtreme 和 SpatialWare(功能強大的空間數據庫管理軟體，允許將地圖數據存儲到中央 RDBMS 中)是完全兼容的。Mapinfo 的 SpatialWare 可以使用 Oracle 等大型數據庫來管理圖形數據庫。利用

MapX 和 SpatialWare 的連續能力，可以實現三層空間信息服務系統。即 Web 瀏覽器 MapXtreme-SpatialWare。

2.快速的應用研發

MapXtreme 為研發人員在 Internet/Intranet 進行 Web GIS 應用研發提供了完備的工具。MapXtreme 將 Mapinfo 的高校地地圖化引擎 MapX 和 Hatesite、ASP 等技術結合在一起，組成集成的 Web GIS 解決方案軟體包。HAMT 應用服務器(ASP 應用服務器)、WebSite 研發和出版工具給研發人員提供了一整套完整的研發手段，從而能簡單地研發 Web GIS 應用系統。

3.與任何 Web 服務器和瀏覽器兼容

MapXtreme 的並放結構使得它能夠充分利用 ISAPI、NSAPI 或 CGI 的優越性，暫任何 Web 服務器上運行。另外，MapXtreme 不需要 PLUG-in，可在任何基於 PC 或 UNIX 的 Web 瀏覽器上顯示地圖。

4.強大的地圖化功能

MapXtreme 提供了全方位的、強大的地圖功能滿足用戶的需要，包括:圖形分析、緩衝區分析、對象編輯、目標查找、直接讀取、Lotus Notes、地圖顯示、圖層控制、空間選擇、訪問各種屬性數據等。MapXtreme 可運用圖形分析(Thematic MAP)表現和分析數據，MapXtreme 位創建地圖提供了強而有力的支持，用戶可以使用範圍值、等級符號、點密度、獨立值、直方圖和餅圖等方式創建不同的地圖。

4.3.3 ArcView IMS 的工作原理

Internet Map Server for ArcView(簡稱 ArcView IMS)，服務器端有兩個服務過程 Web Server 和 GIS Svrer 即可以在一台主機上也可以分別在兩台主機上運行，兩者通過 TCP/IP 協議運行通信。在 Web Server

端運行一個擴展 DLL:ESRIMAP，在 GIS Server 端運行著 WebLink 應用，通過這兩部分能有效地把 Web Server 和 GIS Server 連接起來。客戶端的 Web 瀏覽器通過 Web 服務器與 ArcView 應用程序運行通信。用戶發出的地圖請求由 MapObjects(ArcView)應用程序運行處理，而結果以數據、HTML 文件以及 GIF/JPEG 影像數據返回給用戶。任何的 GIS 數據處理和繪圖工作都由服務器端的 ArcView 應用程序完成。

目前瀏覽器提供的對於交互操作功能有限。為解決這個問題 ESRI 研發了一個 Java 小程序(Java Applet-MapCafe)它可以在客戶端提供一些簡單的圖形交互操作功能。當一個用戶端連接到服務器端的 ArcView IMS Web 的點後，MapCafe 就自動下載到客戶端的 Web 瀏覽器，為客戶端 Web 瀏覽器和服務器端的 ArcView 之間建立一個交互、易使用的製圖、GIS 功能接口。ArcView IMS 的系統運行特徵：

1.基於標準 Internet 技術

Internet Map Server 是基於標準的、先進的 Internet 技術，利用 HTML 和 GIF/JPEG 影像在客戶端瀏覽器顯示 GIS 的處理結果，而服務器則可以進行矢量和柵格數據疊合處理。由於 ESRI 採用了 Internet 標準，同樣服務器應用程序可以進行在多種硬體平台及多種 Web 服務器上，基 Internet Map Server 的 Web 站點可以運行在多種操作系統(Windows NT、UNIX 等)上的多種瀏覽器(Internet Explorer、Netscape 等)中。

基於 Internet Map Server 的 Web GIS 採用 Browse/Server 計算模式，由分布在 Internet 上的客戶機、Web 服務器、GIS 地圖應用服務器、多數據庫服務器組成。Web 服務器負責 WWW 服務:數據庫服務器負責數據的存藏和管理: GIS 地圖應用服務器負責對用戶 GIS 請求的管理、分發，完成複雜的空間訊息處理。

2. 面向數據庫

Internet Map Server 面向數據庫發布的特性，是指多種數據類型(矢量、柵格、圖像、文字及表格數據等)可以動態地、直接地發佈。這不僅可以縮短 Web GIS 的研發週期，而且消除了由於數據轉換而可能帶來的數據損傷。同時也可以為大量非應用互提供標準的 GIS 服務(如地圖匹配、數據庫驅動的符號化製圖以及各種空間分析等)。

3. 二次研發迅速

Internet Map Server 可以純 Java 進行二次研發，具有平台優越性，可在多種平台上運行，客戶端用戶操作的是完全基於矢量的空間數據，可進行放大、縮小、漫遊、捨取、查詢和分析等基本操作。真正實現了 Internet 訊息基礎平台和 GIS 無縫集成。

目前的瀏覽器提供的對於圖形進行交互操作功能很有限。Java 小程序(Java Applet)，MapCafe 在客戶端提供了一簡單的圖形交互操作功能(例如，放大到指定矩形範圍、特徵選擇、屬性查詢、連接到其他 Web 站點、打印等)，為客戶端的 Web 瀏覽器和服務器端的 ArcView 之間建立起一個交互的、易於使用的製圖、GIS 功能接口。用戶可以像操作本地數據一樣瀏覽服務器上的數據。因為用戶的每一次交互操作會使服務器上產生一幅新地圖，所以用戶得到的點是新的數據，即使服務器上數據經常變化也無妨。

Internet Map Server 把 GIS 空間訊息查詢和分析功能帶進了 Web，包括簡單方便的研發工具和多數據格式支持，在 WWW 上加載 GIS 功能後，可以通過 WWW 來發布空間數據，充分利用在 GIS 方面的投資。應用 Internet Map Server 發布數據，一般不需要對數據進行轉換，它支持多種數據格式。

4.3.4 GeoMedia Web Map 的工作原理

GeoMedia Web Map 解決方案包括以下幾個部分:

1. GeoMedia Web Map，用於提供快速 Web GIS 應用研發。
2. 集成的 Web GIS 站點設計工具。
3. GIS 動態查詢分析工具等。
4. 客戶端瀏覽器，Internet Explorer 或 Netscape 瀏覽器以訪問。
5. Active Web Map 插入件可以完成簡單的功能。

GeoMedia Web Map 的系統運行特徵：

1.數據訪問

快速訪問多種 GIS 數據，資料提供者控制著地圖的類型和詢問，從工作中和複製的數據庫中自動生成 ActiveCGM 超圖數據，以只讀形式進入數據庫的特性和屬性。

2.瀏覽工具

最終用戶無須具有數據庫和 GIS 的知識，無須接受培訓即可操作，可放大或縮小並具有放大鏡窗口，與辦公自動化工具接口，例如 Microsoft Word 或 Excel，多媒體和 GIS 的集成，可將視像聲音、圖像、與地理數據特徵相連接，提供了低成本的多媒體顯示系統。

3.用戶化

與最新的 WebSite 研發工具相集成，使 GIS 或相關的圖形在 Web 上發布，允許將多種平台的數據結合起來，允許獨立於原符號重新定義，允許符號獨立於比例尺。

4.4 Web GIS 系統平台技術性能比較

在本章的前文中，已經比較詳細地向介紹了 Autodesk MapGuide、Mpinfo MapXtreme、ArcView IMS、GeoMedia Web Map 四種常用 Web GIS 平台的相關技術內幕。在本節將介紹四種 Web GIS 平台的若

于技術方面做一個比較，並且對它們有一個更全面深入的了解。主要包括工作模式、數據庫集成、及數據格式兼容性。

4.4.1 工作模式

在這四種 Web GIS 平台中，Mpinfo 公司的 MapXtreme 和 ESRI 公司的 ArcView IMS 是基於 CGI 模式的；Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map 是基於 Plug-In 模式的，雖然 Autodesk MapGuide 也需要 CGI 模式支持，但它主要還是基於 Plug-In 模式的。

4.4.2 資料庫整合

1. Autodesk MapGuide

MapGuide 起用一個主控文件(MWF)和一個數據文件(SDF)，以優化在 InterNet 分布體系結構上的性能。MapGuide 的空間數據放置在特殊的空間文件(SDF)中，每個 SDF 文件包含地圖的所有特徵(點、線、多邊形)。

MWF(Map Window File)文件是由 MapGuide Author 軟體創建的，一方面存儲指標，指向二維矢量數據文件(SDF)，另一方面存儲屬性關聯數據(包括目標數據和在外部數據庫中存放的數據的連接，如數據庫 Oracle、SQL Server 等)。MapGuide 通過 ODBC 連接各種數據庫，包括 Oracle、SQL Server、Sybase、Informix、MS Access 等數據庫。

2.Mpinfo MapXtreme

MapXtreme 應用 MapXtreme Geoset Manager 管理 Mpinfo 圖形數據，通過在第三方網並 (Hatesite、ASP 等) 中嵌入 MapX，再服務器端實現地圖功能。使用通用的數據界面，如 ODBC、DAO 和 OLE Data 界面訪問屬性數據庫(SQL、Server、Oracle 等)。Mpinfo 的 SpatialWare 可以使用 Oracle 等大型數據庫來管理圖形數據庫。

利用 MapX 和 SpatialWare 的連續能力，可以實現三層空間訊息服務系統。即 Web 瀏覽器 MapXtreme-SpatialWare。

3.ESRI ArcView IMS

ArcView Internet Map Server 是 ArcView 的一個擴展模式，它利用了 ArcView 強大的製圖和查詢功能。ArcView IMS 直接支持多種空間數據格式，包括 ESRI 在所有平台的數據產品，如 ARC/INFO 的 Coverage、Shapefile、Grid 等。ArcView IMS 還可以直接讀取 INFO、DBF、ASCII，並通過 SQL Connect 與任何 SQL DBMS 如 ORACLE、SQL Server、SYBASE、INFORMIX 等相連。

4. Intergraph GeoMedia Web Map

GeoMedia Web Map 通過 ODBC 連接各種數據庫，還支持對 ORACLE Spatial Data Option (SDO)的雙向連接。GeoMedia Web Map 可利用 Intergraph 獨一無二的地理數據服務器技術，與數據服務器技術相配合。GeoMedia Web Map 可將來自於多種空間數據源的各類不同地理數據庫結合起來，這些多種空間數據員包括 MGE、FRAMME(TM)和 CAD 文件格式，以及 ArcView、ARC/INFO、Mapinfo 和 ORACLE SDO/SC 數據等。

4.4.3 數據格式兼容性

1. Autodesk MapGuide

MapGuide 支持的矢量存件格式有:ESRI(ArcView)SHP、ESRI ARC/INFO 6.x Coverage Intergraph DNG、Mapinfo MIF/MID、Atlas BNA、CSV(comma delimited file)、Autodesk MapGuide SDF 等。

Autodesk MapGuide 作為一種 Web GIS 軟體同時也支持柵格圖像式文件，他支持 GIF、TGA、CALS、PNG、FLIC、PCX、BMP、JPEG、TIFF/GeoTIFF、GeoSPOT/BIL 等幾種柵格圖像格

式的文件。MapGuide 在數據格式的集成上有一個特色，它支持柵格圖像目錄(RIC)文件，可以把一系列的圖像引用在某一個圖層上。

2.Mpinfo MapXtreme

MapXtreme 支持的矢量文件格式有 Mpinfo TAB、Mpinfo MIF/MID、ESRI ARC/INFO 6.x Coverage、ESRI ArcView SHP、Intergraph DGN 等，同時也支持 BMP、GIF、PCX、JPEG、TARGA、TIFF 等幾種柵格圖像文件格式。

3.ESRI ArcView IMS

ESRI ArcView IMS 支持 ESRI(ArcView)SHP、ESRI ARC/INFO 6.x Coverage Intergraph DNG、AutoCAD DWG、Mapinfo MIF/MID 等幾種矢量文件格式。同時它也支持 BSQ、BIL、BIP 遙感圖像格式和 ERDAS LAN andGIS、ERDAS IMAGINE、JPEG、BMP、Sun rasterfiles、Run-length compressed files、TIFF/GeoTIFF 等幾種柵格圖像格式。

ArcView Spatial Analyst 將複雜的柵格數據分析功能引入 GIS，Spatial Analyst 可直接讀入標準的柵格數據，包括 JPEG、TIFF 等，很容易實現矢量數據和柵格數據的疊合分析。因此，作為 ArcView 在 Web 上的擴展模式，能真正實現 Web 上矢量-柵格數據-體化分析。

4.Intergraph GeoMedia Web Map

Intergraph GeoMedia Web Map 支持的矢量文件格式：ESRI (ArcView) SHP、ESRI ARC/INFO 6.x Coverage Intergraph DNG、AutoCAD DWG、Mapinfo MIF/MID、AutoCAD DWG and DXF、Autodesk MapGuide SDF、MGE、FRAMME、Oracle SDE/SC 等。Intergraph GeoMedia Web Map 支持的柵格文件格式：GIF、TGA、CAL5、FLIC、PCX、BMP、JPEG、COT、RGB、TIFF/GeoTIFF、GeoSPOT/BIL。

4.5 網際網路地理資訊系統(Web GIS)技術特點

基於 Internet/Intranet 標準，Web GIS 支持 Internet 網路通信和 TCP/IP 和 HTTP(超文件傳輸協議)，採用標準的 HTML 瀏覽器作為應用外殼。支持通信準對 Web GIS 來說是至並重要的。支持 TCP/IP 和 HTTP，就是意味著 Web GIS 能與任何地方的數據相連，不論是單位內部或外部。實現這一層次的網路協議包准化是實現其他所有功能需求的基礎和前提，也是 Web GIS 結構優越性的前提。

表 4.1 Web GIS 體系結構所支持的主要技術標準

基礎技術	項目
網路通訊協議	TCP/IP
文檔和文件傳輸	HTTP
文檔顯示與應用程序集成	HTML
客戶端集成	Plug-In，ActiveX，Java Applet
服務器端集成	CGI，服務器 API，Java
客戶端擴展	HTML，Java Script，VBScript
服務器端擴展	CGI，服務器 API，Java

1. 分布式服務體系結構

分布式服務體系結構勢在客戶端和服務器端都能提供活躍的、可執行過程的體系結構，它能有效地平衡兩者之間的處理負載，諸如動態提取數據子集並進行分析的過程任務，一般應當在服務器端執行，而不是在客戶端；空間訊息查詢集的選定和按比例縮放地圖則適合在客戶端執行。這種在客戶機與服務器之間的過程分布式處理，最大限度地發揮了現有計算機硬體資源的利用率。把數據量集中的任務放在服務器上，使得應用程序能支持其他的網路請

求，分布式處理顯著地降低了帶寬要求並提高了系統的性能。允許用戶嵌入自己定制的 GIS 服務，使用的數據即可以是本地的也可以是分布的數據集，從而使傳統 GIS 向分布式 GIS 轉變。

2.發布速度快，範圍廣，維護方便

由於運用了 Internet 技術，Web GIS 的訊息更新之及時、發布速度之快發布範圍之廣是其他傳統地理資訊系統難以比擬的。Web GIS 的體系結構包括許多應用服務，如製圖、查詢、地理編號等。傳統的地理資訊系統，當用戶規模有所擴大，數據有所變更之後，都須對原有系統作大量的改動。而在 Web GIS 中，則需只需維護服務器端的一套數據，用戶端就能及時看到更新的數據。

3.數據來源豐富、分布存儲

Web GIS 能充分利用已有的 GIS 數據資源和屬性數據庫數據，將常用的多種 GIS 數據轉換成自己的空間數據格式和相應的聯繫數據庫，保護用戶的先期投資。服務器端的 GIS 數據(包括圖形和屬性數據)不需要全部集中在一台機器上，可以分散安裝在不同的多台機器上，這些機器可以分佈在空間距離很遠的地方，只要通過 Internet/Intranet 相聯就可以。這種分散存儲數據的方式對於降低系統負載，加快訪問速度，降低成本等方面都有很大幫助。這是 Web GIS 一個極其重要的優勢。

4.用戶界面友好

Web GIS 使用標準的 Internet 瀏覽器作為用戶使用界面和工具，通過與用戶交互可定至網頁。研發工具豐富，功能強大。所研發的用戶界面具有較強的多媒體效果，甚至使人們得虛擬現實的感受；並且操作簡單明瞭，一般用戶也能使用。

5.系統建設投資少

利用 Internet 的基礎設施，以較少的投資就可以建立一套覆蓋

整個企業或全行業甚至世界範圍內的空間訊息發布體系。終端用戶不需要購買任何的 GIS 軟體，就可以享受到真正的、實時的 GIS 訊息服務。

6. 系統安全性

有的 Web GIS 軟體(如 AutoGuide)具有對數據訪問的安全控制。通過口令密碼可以限制訪問人員的範圍以及可訪問的內容。對於面向全社會的訊息系統，在實際應用中，往往要求根據不同的用戶(如行政長官、各級部門人員、一般用戶等)提供相應的訊息。

7. 系統協同性

遍布全球的代理商可以直接為用戶發布數據並提供服務。用戶可以將廣泛分布的數據和本地數據結合在一起，使不同地區的計算機主機協同工作。這種技術使得全球的存儲在 GIS 數據庫中的現有的空間訊息發揮出巨大的效力。Web GIS 的用戶可以再任何時間、任何地點共享和使用彼此的數據。任何人通過一個簡單的瀏覽器界面就可以訪問經過複雜的 GIS 分析產生的數據。通過不斷提高的訪問 GIS 訊息的能力，全社會和各組織作為一個整體將會更有效地利用現有的空間數據資源。

4.6 大容量地圖伺服器

4.6.1 大容量地圖伺服器軟體環境介紹

大容量地圖伺服器是將大容量影像(TIF)借由所提供工具轉換成 HIF 或 IIF 檔案格式，並將向量圖檔(SHP、MIF 或 DWG)轉換成 IMF 檔案格式，將向量圖檔和影像圖檔套疊，搭配向量圖檔參考的符號庫(*.bsy、*.sym、*.lin、*.are 和*.tx)，呈現在用戶端網頁或應用程式所嵌入的元件畫面上，INetMap 用戶端(client)是以 ActiveX 技術設計成元件，因此可讓程式開發人員自由嵌入網頁或開發軟體中，快速強化

網頁或軟體功能，縮短軟體開發時程，節省大量的時間與人力，此外，透過自行研發的圖形運算引擎，可快速回應使用者在用戶端開啟大容量影像和向量圖檔的一切動作，如放大、縮小、局部放大…等等圖形重置動作，皆只須短短數秒鐘時間，徹底解決以往限於網路頻寬太小而無法在網上即時觀看大容量影像圖檔的問題，更包含對於向量圖層的開啟、關閉、屬性查詢、搜尋…等功能。而藉由 INetMap 元件提供的函數，更可讓程式開發人員靈活的運用和操控元件，開發出強大的應用程式，因此，INetMap 可說是考慮到設計人員的方便性，而專門設計的。

INetViewer for MAP 是一組將地理資料在網際網路上展示運用的工具，它不只是網際網路地圖伺服器(Internet Map Server, IMS)，更是網路上的地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)，能即時處理空間資訊與地理資料相關的分析，並即時提供資訊給企業內部的員工、政府相關部門、甚至全球相關的人使用。INetViewer for Map 完整的資料整合能力、高效率的資訊展示、與強大且多彈性的分析功能，能快速的將使用者所希望的空間資訊及地理資料提供給需要的人使用。

4.6.2 軟體特點與比較

(一) 軟體特點

INetViewer for Map 對於外來使用者在網路瀏覽大型圖檔時，提供相對等的回應，滿足使用者需求。幾點歸納說明如下：

1.簡易的系統安裝與設定

系統設定採用高親和度 GUI 介面，對每一個設定項目皆有提示說明，可提供使用者方便且快速系統安裝設定。不同類形與格式的資料整合能力。

2.完整的資料編修能力

INetViewer for Map 內含 MapViewer，它是一個圖資編輯工具，能讓使用者新增、編輯、刪除幾何與屬性資料，使用者無需再購買其它的編輯工具即能製作與編修圖資。

3.可自行定義的符號庫

INetViewer for Map 的向量資料分為點、線、面與文字，點的資料可依使用者需求使用影像符號庫或向量符號庫，線與面皆可設計成複雜線形與複雜面形(使用向量符號庫或使用者自訂的符號庫)，文字註記能指定字形等資訊。系統並提供從系統字形轉換符號庫的能力。

4.可指定圖資與顯示比例尺的關係

使用者可指定圖資內容與顯示比例尺的關係，所指定的圖資只在使用者希望其顯示時的比例尺才會顯示，透過此設定不但可提昇系統效能，更能避免圖面資料過於複雜，而無法表達主題地圖所欲表達的資訊。

5.靈活的應用程式介面

INetViewer for Map 提供一組標準溝通介面，使用者只要依此標準撰寫的 DLL (動態連結函式庫) 程式皆可成為圖檔的一部份，此 DLL 在此圖檔有任何動作發生時皆會收到訊息，可向圖檔詢問許多關於圖資的資訊，此 DLL 將被當成此圖檔的一個圖層，而該圖層所顯示資訊由使用者依其需求所撰寫的程式自行繪出。

6.即時顯示的 Tracking 圖層

INetViewer for Map 對每一圖檔能建立一特殊的 DLL 程式，此程式將使此圖檔具有 Tracking 圖層的能力，當 Tracking 圖層內之物體位置改變而自動重繪時，並不會引起整個畫面的重繪。INetViewer for Map 在網際網路上具備有 Tracking 圖層的能力，可

用於開發車輛監控系統或勤務指揮中心系統。

7.輸出樣版的設計

使用者可依需求自行設定輸出樣版以供單機或網路上列印使用，樣版內可放置符號說明(系統自行從圖資中獲得所使用的符號)、比例尺、影像、指北針等多種圖素，使圖資的輸出列印更具專業性。

8.能將多張影像資料製作成鑲嵌影像檔

INetViewer for Map 具有將多張影像製作成鑲嵌影像的能力，特殊的演算法與資料結構，使所製作的鑲嵌影像沒有容量限制，以 Windows NT 檔案系統為例，可容納大約為 16,777,216TB (1TB=1024GB)鑲嵌影像。為配合網際網路的使用，INetViewer for Map 亦發展出了演算速度與資料大小相關性極小的演算法，也就是說對於 1MB 與 1TB 的影像其開檔與顯示速度幾乎相同，INetViewer for Map 能讓 1TB 的影像資料於 3 秒內開檔並顯示。

9.色彩平衡

製作鑲嵌影像時，INetViewer for Map 能智慧的依據整體影像的色調對每張影像做局部或整體的亮度、對比、色彩偏移等修正，使整體影像不至出現如馬賽克的狀況，以增加整體影像的整合性。

10.快速的 DTM 資料搜尋及內插

即時顯示的 Tracking 圖層輸出樣版的設計，能將多張影像資料製作成鑲嵌影像檔色彩平衡快速的 DTM 資料，搜尋及內插 INetViewer for Map 具有快速的 DTM 資料搜尋及內插，使輸入的 DTM 資料量幾乎沒有上限，對於高達數千萬筆的 DTM 資料，INetViewer for MAP 亦能於 1 秒內解算出顯示 3D 模組所需之 DTM 資料密度，以提供快速顯示 3D 資料。

11.3D 顯示模組

3D 顯示模組配合 INetViewer for Map 高效率的 DTM 核心，系統能即時透過網際網路將視埠內的影像與向量資料在瀏覽器內以 3D 方式顯示，並可任意旋轉與查詢。使用者可對向量資料指定起始高度與高度，或由系統從屬性資料中讀取所需之資訊以供 3D 顯示使用。

12.等值圖的製作

INetViewer for Map 能依據圖資內的點位與值(由屬性提供)，以 Grid 演算法自動產生等值圖(等深圖、等溫圖、等壓圖.等)，此等值圖將可被當成此圖檔的一個圖層，與其他相關之地理資料整合運用，並可提供網路顯示及查詢使用。

13. 網際網路上高壓縮、高效率的傳輸協定

INetViewer for Map 能將所有資料整合，並於網路上使用(包括 3D 功能)，系統設計開發之初即以 ADSL 512K 為使用頻寬考量，並針對所有影像、地理或空間資料特性，研發出最佳化之壓縮演算法與傳輸協定，客戶端並具有高效率的快取機制，每次重繪只需從伺服器端取得客戶端所欠缺的資料，當快取資料增多時，其有一最佳化的演算法自動偵測並決定那些無用或使用率較低之資料將從快取中移除，以避免占用過多的記憶體。

14.負載平衡

INetViewer for Map 提供負載平衡的機制，當連線的使用者數過多時，允許使用者架設多部伺服器，INetViewer for Map 負載平衡控制中心將會負責將所有的工作量平均的分配於各部伺服器上，以避免整體伺服器的效率降低。

15.標準與安全的網路傳輸

INetViewer for Map 採用標準的 TCP/IP 傳輸協定，對於傳輸的

資料皆經過編碼與加密處理，以防止不法者從中盜取傳輸資料，確保系統與資料之安全。

(二) 與相似軟體之比較

而針對 INetViewer for Map 本身可歸內出幾項特點做說明，同時與市面上其它相同性質之軟體，列出其相異處。如表 4.2、4.3。

表 4.2 Internet Map Server 類似產品功能比較表

功能	INetViewer for Map	ESRI ArcIMS	Autodesk MapGuide
資料編修	內含	需購買ArcView或 ArcGIS	需購買Map或其 它編修工具
製作鑲嵌影像	有	需使用ER Mapper	需使用ER Mapper
大容量影像的顯示	有	需使用ER Mapper	需使用ER Mapper
3D顯示功能	有	需使用MrSID 或 ER Mapper Image Web Server	需使用MrSID 或 ER Mapper Image Web Server
撰寫程式介面	有 程式屬於圖 檔的一部分	有 程式屬於Server 的 一部份	有 程式屬於Server 的一部份
由幾何資料查詢屬 性資料	有	有	有
由屬性資料查詢幾 何資料	有	有	有
可自定符號庫	有	有	有
客戶端依輸出樣版 列印	有	無	有
圖資可設定可視比 例尺	有	無	有
ArcGIS依圖素相對 距離搜尋(Buffer-環 域分析)	有	有	有
負載平衡			
Tracking圖層	有	無	無
等值圖的產生	有	需使用ArcView或 ArcGIS	無

表 4.3 Image Compression 類似產品性能比較

比較項目	INetViewer for Map	ER Mapper	MrSID
最大輸出檔案大小	沒限制	沒限制	2GB
壓縮率	約 10:1	約 15:1	約 25:1
壓縮速率	1.35MB/second	1MB/second	0.45MB/second
多CPU支援	無	有	無

4.6.3 介面操作說明

(一)INetViewer for Map 系統需求

1.作業系統： Windows 2000 Service Pack 3(含)以上

2.CPU： Prntium III 800(含)以上

3.記憶體：

Map 伺服器： 15MB

向量圖檔： 圖檔大小*1.5

影像資料： 10MB

DTM 資料： 5MB

共用向量圖檔： 2MB

記憶體計算公式如下：

(1) 例如若有5 人連線至Server 端各開啟10MB 的向量圖檔與5GB的影像資料及1GB 的DTM 資料，共需記憶體：

Map伺服器+人數*(圖檔大小*1.5+影像資料+ DTM 資料)

=15MB+5*(10*1.5+10+5)

=165MB(不包含作業系統所需的記憶體)

(2) 若將上述圖檔設為共用，共需記憶體：

Map伺服器+圖檔大小*1.5+人數*(共用向量圖檔+影像資料+

DTM 資料)

$$=15\text{MB}+15\text{MB}+5*(2+10+5)$$

$$=115(\text{不包含作業系統所需的記憶體})$$

(3) 若將上述圖檔設為共用，且有30 人同時連線共需記憶體：

Map 伺服器+圖檔大小*1.5+人數*(共用向量圖檔+影像資料+DTM 資料)

$$=15\text{MB}+15\text{MB}+30*(2+10+5)$$

$$=540(\text{不包含作業系統所需的記憶體})$$

(4) 各客戶端可開啟不同的檔案，但計算皆類似。

(二)如何增進效率

- 1.要有充足的記憶體，計算公式如上述所描述。
- 2.使用負載平衡的機制，使整體運算量均分於各部伺服器上。
- 3.善用顯示比例尺的設定，以限制圖資的顯示量。

(三)工具箱操作說明 (由左至右，如圖 4.3)



圖 4.3 工具箱

(1) 向量資料轉換程式

向量資料轉換程式是 INetMap 用來轉換向量圖檔為 MIF 格式的轉換工具，可轉換的向量圖檔包括 AutoCAD.DWG 圖檔、ArcView.SHP 圖檔和 MapInfo.MIF 圖檔，請先編輯 Transfer.tbl 類別轉換表，並將其放置於與向量資料轉換程式轉檔工具同目錄底下，轉檔過程中會參考此類別表，再將欲套疊之向量圖檔和其屬性檔放置於來源目錄下(SHP 屬性檔為 SHX 和 DBF，MIF 為

MID)，再分別選取向量來源檔格式、輸入來源目錄、轉換目的檔路徑和檔名(*.IMF)，轉換完成後，除了產生 IMF 檔外，還會產生 IMF 參考之屬性檔*.mdb(Access 資料庫格式)。

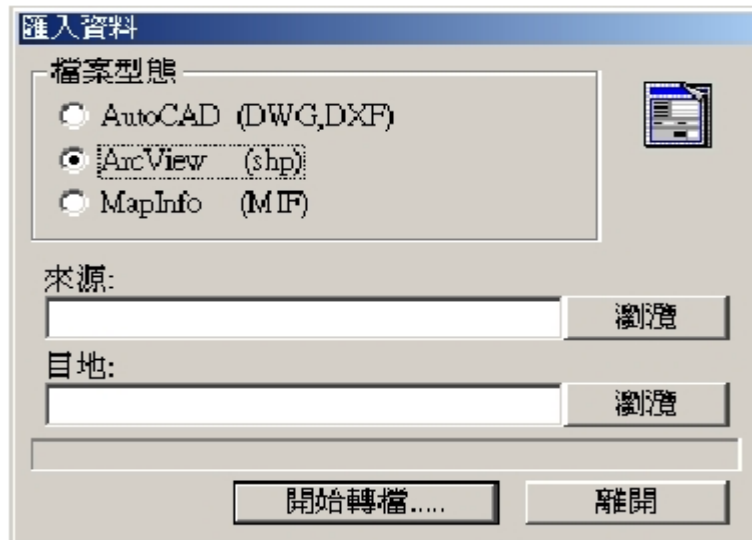


圖 4.4 向量資料轉換程式

(2) 影像資料轉換程式

將大容量影像轉換為 HIF 格式，執行影像資料轉換程式後，如下圖所示，請依序指定原始資料目錄、資料庫目錄和影像品質後，再選取開始轉換鑑。轉換過程時間依來源檔目錄內的圖檔大小和數目決定。

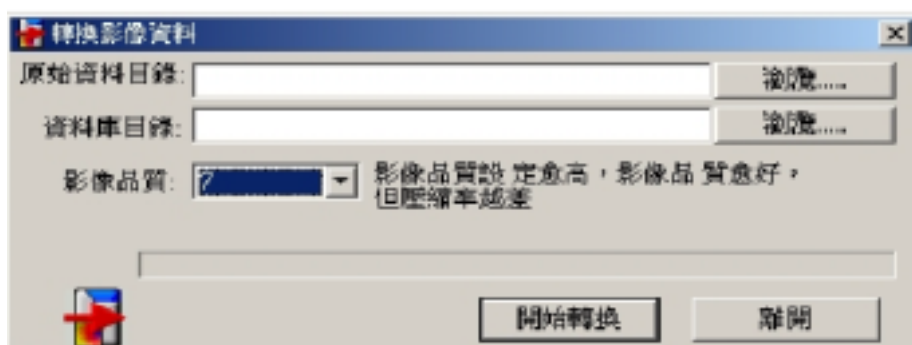


圖 4.5 影像資料轉換程式

(3) 整合影像製作程式

大容量影像(TIF)必須先經過轉換為 IIF 或 HIF 檔，才能為 INetMap 地圖伺服器所讀取，而 IIF 圖檔便是經由整合影像製作程式轉檔工具來轉換。IIF 因較不佔圖檔伺服器記憶體，較適合容量較大之圖檔，且整合影像程式可將同一目錄下的所有分割圖檔整合轉換為一張 IIF 格式圖檔，但因仰賴硬碟讀取速度，效率較差一點；而影像資料轉換程式只能批次轉換圖檔為 HIF，不適合整合合併轉換影像，而 HIF 圖檔因載入時，圖檔資訊便一次載入記憶體，故在執行效率上表現較好，較適合圖檔較小之影像，請依使用需求來決定轉換何種格式。



圖 4.6 整合影像製作程式

(4) DTM 資料轉換程式

INetViewer for Map 具有顯示及查詢 3D 模組功能，可將影像覆披於 Surface Module 上，同時可將具有高度之向量資料以 3D 之方式建構於覆披之影像上，而此 3D 之物件攜帶有屬性資料可供查詢及應用。在建構 Surface Module 前需將 DTM 之原始資料 (Raw Data) 經由本軟體之 DTM 資料轉換工具，處理為本系統專

屬之資料格式，以提供快速的 DTM 資料搜尋及內插。

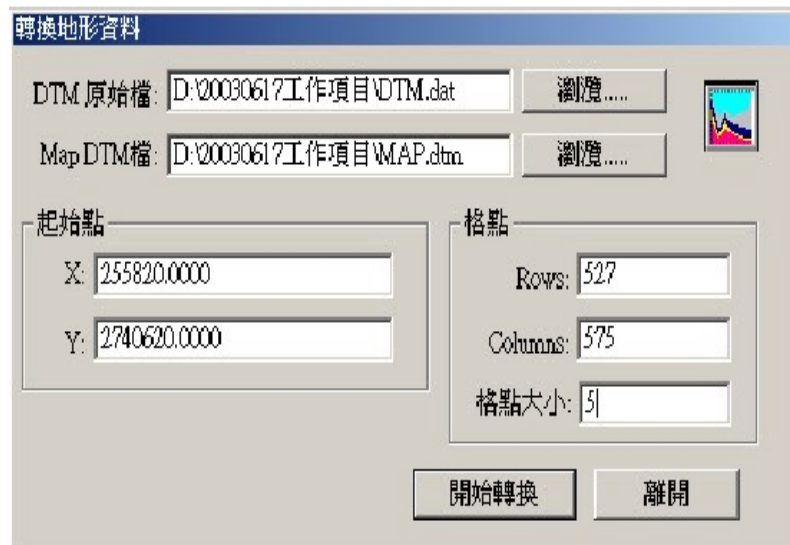


圖 4.7 DTM 資料轉換程式

(5) 向量符號編輯器

向量符號編輯器是提供使用者可自訂與編修向量符號圖例的編輯器，使用者可根據需求自訂圖例，並於地圖伺服器上的 INetMap.ini 檔設定圖例檔路徑和檔名，向量圖例檔的附屬檔名預設為 SYM，如*.SYM，可開啟向量符號編輯器安裝目錄底下的 MAP.SYM 檔，依需求編修。

(6) 影像符號編輯器

影像符號編輯器是提供使用者可自訂與編修影像符號圖例的編輯器，使用者可根據需求自訂圖例，並於地圖伺服器上的 INetMap.ini 檔設定圖例檔路徑和檔名，影像圖例檔的附屬檔名預設為 BSY，如*.BSY，可開啟影像符號編輯器安裝目錄底下的 MAP.BSY 檔，依需求編修。

(7) 輸出樣版編輯器

使用者可自訂輸出樣板，來讓地圖觀察家或由使用者前端網頁上

選擇輸出樣板列印，請開啟工具箱上的輸出樣板編輯器。

(8) 地圖觀察家

INetMap 提供兩組功能相同但啟動方式不同之地圖伺服器給予使用者選擇，分別為 INetMapServer 和 INetMapService 兩組伺服器，兩組伺服器之啟動方式分別如下所示：

1.INetMapServer：

INetMapServer 為一般應用程式啟動方式，且可監看線上目前使用者來源 IP 位址和中斷使用者連線。

2.INetMapService：

INetMapService 是以 Windows2000 作業系統上的服務形式存在，因此只能於背景模式啟動，無法監看線上使用者情況。

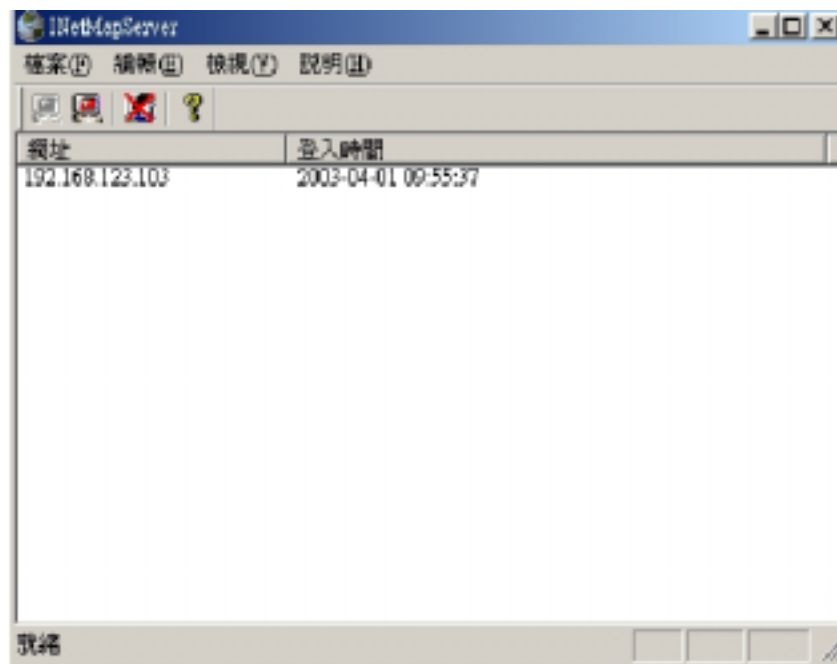


圖 4.8 地圖伺服器之啟動圖

4.7 應用實例

4.7.1 資料來源及處理

(一) 資料來源:

本報告中使用臺灣地區之港口影像資料作為應用例，該影像提供兩種模式使用，一種為 HIF(Huge Image File)格式，與 MrSID 類似，其內只包含一張影像檔案；另一種則為 IIF(Internet Image File)，與 ER Mapper 的 ECW 類似，其可將多張影像合併成一張。HIF 的設計為一種需要完全載入記憶體中才可使用的檔案結構，其資料結構的設計目的地為在記憶體中能快速的局部解壓縮，因此載入 HIF 所需的記憶體大約為 HIF 之檔案大小。IIF 的檔案結構本身就是一個資料庫，不同於一般平面的資料庫(以表格、欄位方式儲存資料)，IIF 建立成平衡 4 元樹的結構，每個結點皆存有解壓縮所需的資訊，不同於 Wavelet，IIF 的檔案格式與多儲存的資訊使的解壓縮時只需經過較少的解壓縮過程即可取出所需影像，使的使用 IIF 所需耗用的記憶體與執行時間幾乎與檔案大小無關，這也使的 IIF 的檔案無容量上的限制。

DTM 資料以文字檔方式輸入，系統會在資料輸入時建立起特有的資料結構與多組推算參數，以提供日後快速內差的能力。

(二) 影像處理:

大容量影像(TIF)必須先經過轉換為IIF或HIF檔，才能為INetMap地圖伺服器所讀取，而IIF 圖檔便是經由整合影像製作程式轉檔工具來轉換。IIF因較不佔圖檔伺服器記憶體，較適合容量較大之圖檔，且整合影像程式可將同一目錄下的所有分割圖檔整合轉換為一張IIF格式圖檔，但因仰賴硬碟讀取速度，效率較差一點；而影像資料轉換程式只能批次轉換圖檔為HIF，不適合整合合併轉換影像，而HIF圖檔因載入時，圖檔資訊便一次載入記憶體，故在執行效率上表現較好，較適合圖檔較小之影像，請依使用需求來決定轉換何種格式。

執行步驟如下：

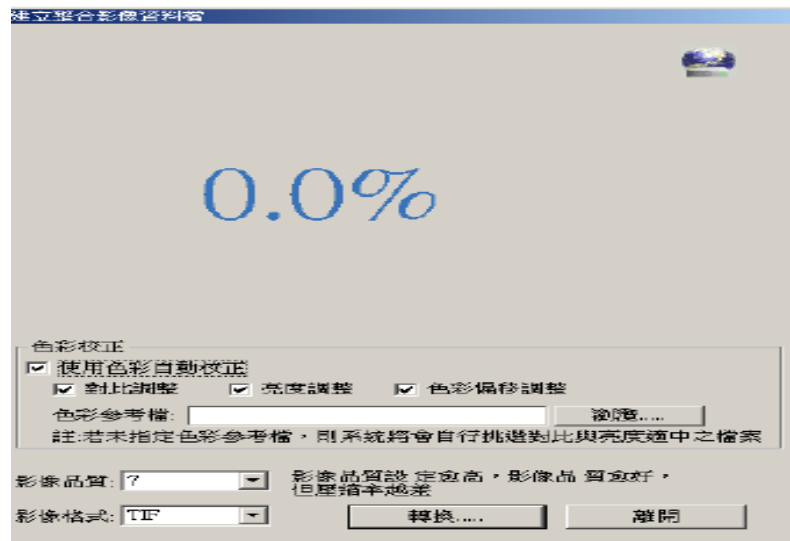


圖 4.9 整合影像製作程式全圖

1. 開啟整合影像製作程式後，如下圖所示：
2. 再選取影像欲轉換品質，再選取轉換按鈕，若來源圖檔有色差，可選用色彩自動校正功能。
3. 請選取圖檔(TIF)來源目錄，在來源目錄下的圖檔如是分割圖檔，且檔案內含有大地座標(若大地座標不包含在影像檔案，而另外定義在 *.tfw 內，請一併放在影像來源目錄下)，轉換過程會自動將分割圖檔結合為單一無接縫圖檔(IIF)，且會將大地座標匯入；選擇來源檔目錄後，請輸入目的地檔(IIF)路徑和名稱後按確定，轉換過程時間依來源檔目錄內的圖檔大小和數目決定。

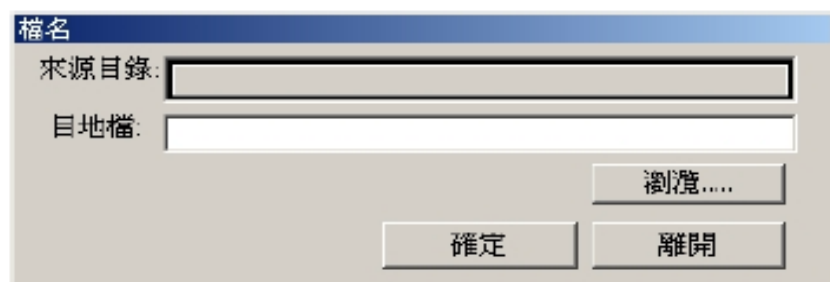


圖 4.10 來源目錄及目的地檔選擇

注意：

如TIF影像不包含大地座標，且也無座標定義檔(*.tfw)，在影像轉換過程中會停止運作，請給予一定義檔(*.geo)，格式如下：

真實圖面左上角Y 軸座標，真實圖面左上角X 軸座標

真實圖面右上角Y 軸座標，真實圖面右上角X 軸座標

4.7.2 網頁編寫製作

(一) 網頁製作軟體

使用 Microsooft frontpage 5.0 & DreamWaver MX 等

(二) 網頁各分頁展示

以八大港口首頁部分及 INET VIEWER MAP 首頁部分為例

1. 首頁部分



圖 4.11 網頁製作首頁

2. 分頁-INET VIEWER MAP 首頁部分

4.7.3 成果呈現及 ActiveX 元件操作說明

在 **INET VIEWER MAP 分頁部分**，我們以台北港為例，執行各項實際功能上的操作。

(一) 台北港全圖瀏覽

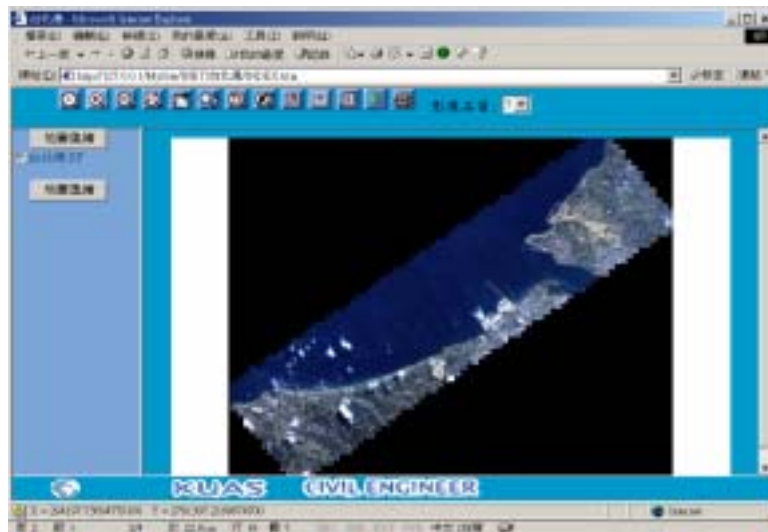


圖 4.12 台北港全圖

(二) ActiveX 元件的進階函式功能操作



圖 4.13 執行定中心點功能

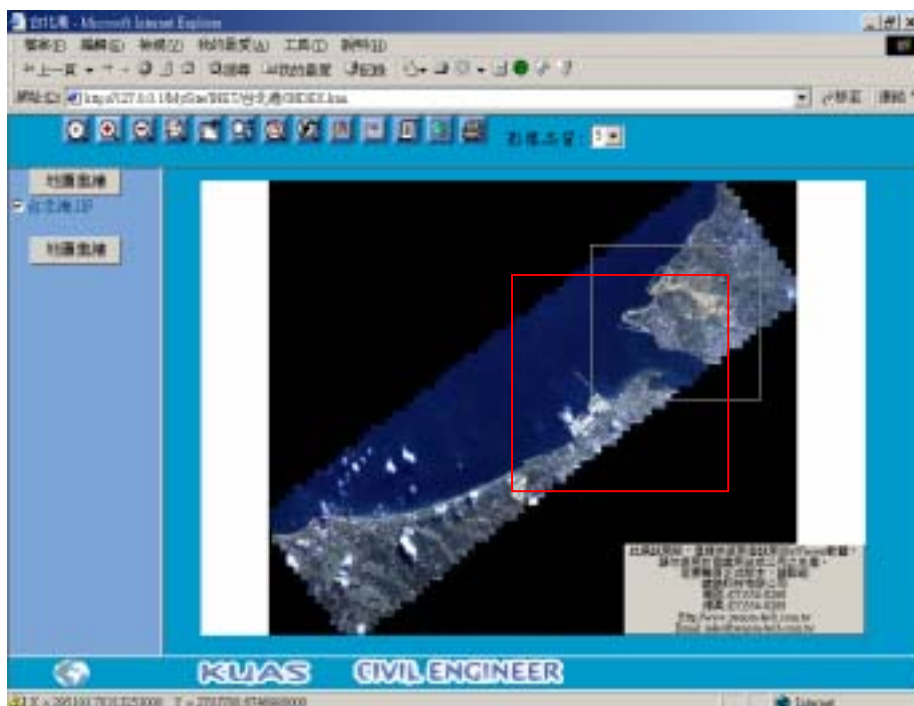


圖 4.14 執行放大功能

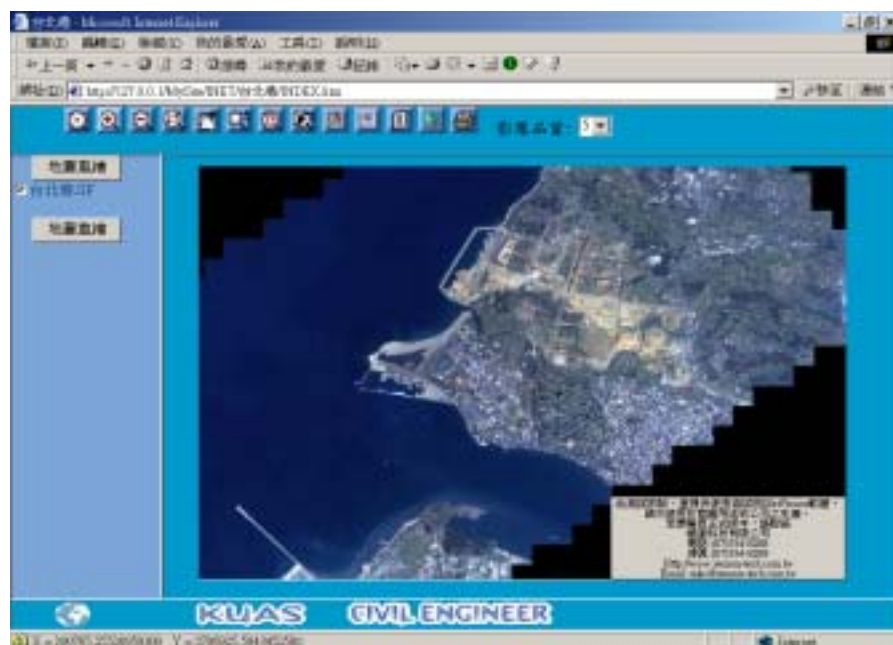


圖 4.15 執行放大結果

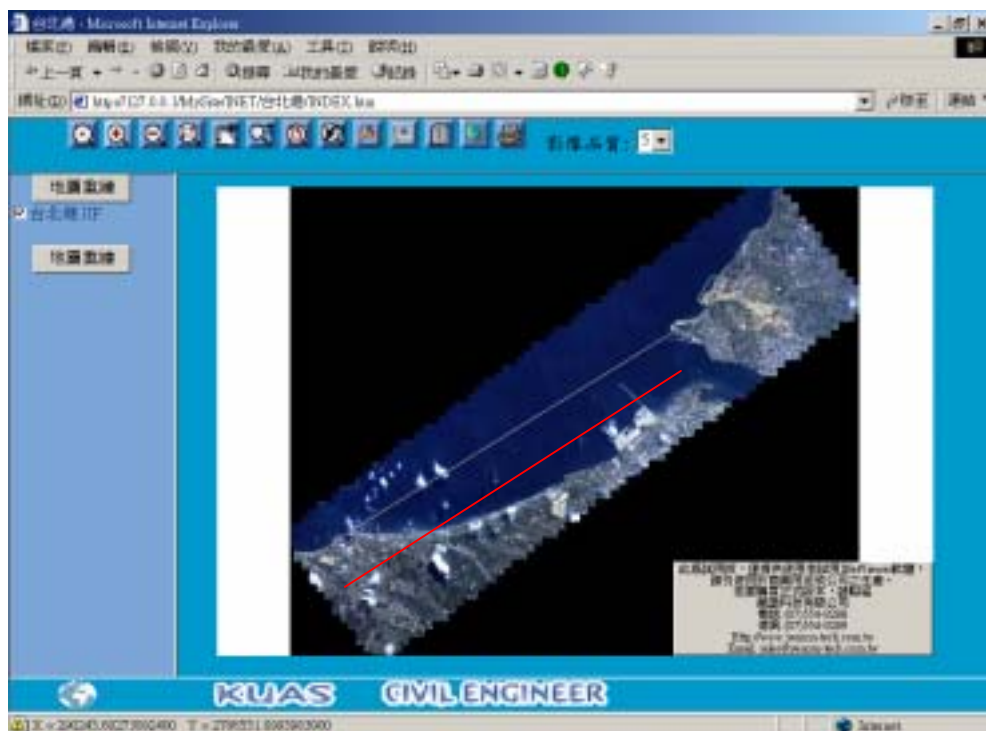


圖 4.16 執行測量距離功能

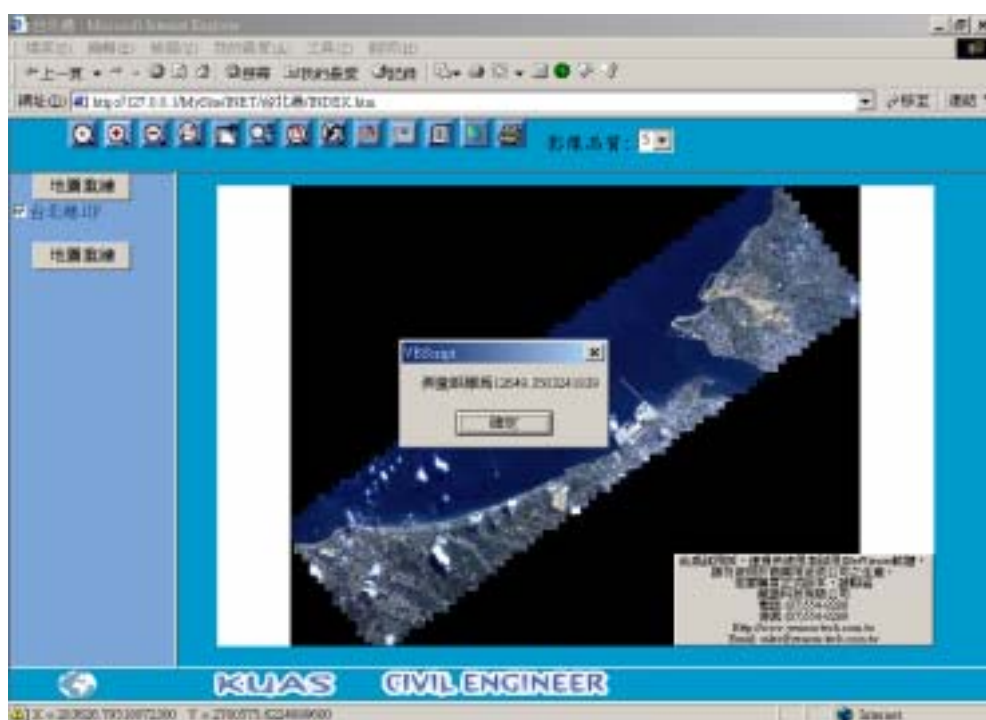


圖 4.17 執行測量距離結果

4.8 小結

地球空間資訊技術的發展，伴隨著學術工商產界不斷提出“數字地球”概念的提出顯得越來越備受到重視，而其應用領域也不斷擴展到更加廣闊的領域。在這些不斷增加的應用中對動態性和即時性提出了具體要求，為了滿足這些相關性需求，地球空間資訊技術必須與通信技術相結合。因此，本文採用以 WEB GIS 為主題架構並適當利用資料庫軟體建置一個互動式動態網站，除了讓網站具備與使用者作即時性「互動」的特性外，對網站管理人員而言，透過 Web 的管理維護介面，更可從遠端以 IE 等瀏覽器進行網站內容的更新維護作業，使得網站內容的管理不受時間與空間的限制。但對於 WEB GIS 而言，我們也針對幾個方面，提出我們的建議及看法當作參考：

- (1)WEB GIS 的資料傳輸量很大，目前 Internet 的速度還不能完全滿足需求。圖檔容量通常都較大，如果自身網路頻寬沒有一定速度，使用一般性普遍 ADSL 數據機(MODEM)至少需要幾分鐘時間才能完成瀏覽。不過，微軟公司正在實施的一項新計畫，預計準備發射 840 多顆人造地球衛星，而衛星將取代光纖進行 Internet 資料傳輸。所以，隨著 Internet 技術的發展，WEB GIS 應用終將走上普通人的辦公桌、走進千家萬戶的家用電腦，與 Internet 本身一樣成為人們日常生活必不可少的實用工具。
- (2) WWW 可以協助 GIS 在網路上做資料及資訊之流動，可以改善其即時性及流通範圍，當然 GIS 資訊流通及功能之分享，有賴網路資訊之開放程度，網路上查詢資訊及流通頻寬之能力。而 GIS 則可以協助 WWW 在文件製作、空間動態資訊提供、空間關連性之產生及資訊空間化做更高效率與彈性之執行。
- (3)使用者可同時造訪多個不同地方的伺服器上的最新地圖資訊，而 Internet 所特有的優勢方便了 GIS 的資料管理，使分散式的多資料模

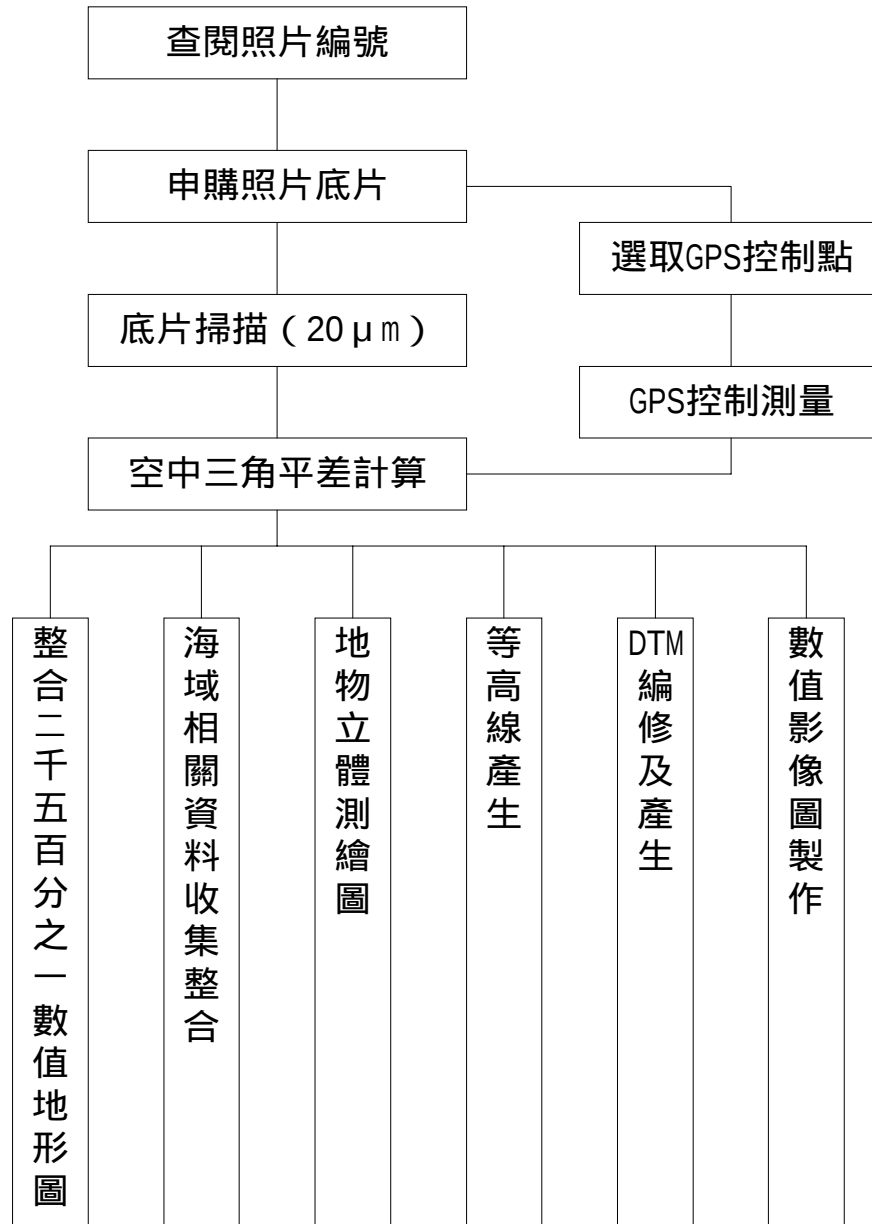
式的資料管理和合成更易於實現。

- (4)一般專業的 GIS 軟體均非常昂貴，而使用者使用的經常只是一些最基本的功能，實際上造成了極大的浪費。Web GIS 在客戶端通常只需使用 Web 瀏覽器（有時還需要外掛模組 Plug-Ins），其軟體成本與全套專業 GIS 軟體相比明顯要節省得多。
- (5)傳統的 GIS 其處理能力完全依賴客戶端機器，因而效率較低。而 Web GIS 能充分利用網際網路資源，將較基礎性、全面性的處理交由 Server 執行，而對資料量較小的簡單操作則由客戶端直接完成。這種計算模式能在 Server 端和客戶端靈活有效的使圖資計算負荷和網路流量負載做合理的分配，是一種較理想的最佳化模式。
- (6)適應性強 Web GIS 是基於網際網路的，因而是全球性的，能夠在不同的平臺運行。此外，它所能應用面廣，所具備網路功能使 Web GIS 應用到整個社會層面上，真正實現 GIS 的無所不能，無處不在的理念。同時，它現實面強，地理資訊的即時更新在網上進行，人們能常常得到最新資訊和最新動態。

綜合以上所論點，Web GIS 的發展趨勢是循序漸進的，也是必須的。而它與多方面訊息相互影響、相互促進，及多學科的相互滲透、相互支撐。其目的就是促進地理資訊產業的建設與發展。面對今天的計算機技術的快速發展，面對 GIS 充滿生機與活力的前景，我們應該進一步面向世界、抓住機遇、探索規律、促進 GIS 技術與產業。可以預見，在未來的 10 年至 20 年內，地球空間資訊技術將會與通信技術更加緊密結合，隨著計算機技術的發展，資訊高速公路的建成，一個以地理資訊系統為平臺，以資訊高速公路為樞紐帶的“數位地球”，必將為人類資訊交流與共用提供一種全新的方式。

第五章 海岸圖像之處理與製作

5.1 作業整體流程



5.2 作業設備

本研究所使用之攝影測量主要處理設備包括：

- (1) 萊卡(Leica) SD2000 解析航測儀(Analytic Plotter)
執行像點坐標量測、內外方位與空中三角計算、解析繪圖等工作。
- (2) VEXCEL Ultra Scan 5000 型影像掃描儀(Image Scanner)
執行空照影像之掃描數化，解析度可視製圖精度需求而調整，為專業型之影像掃描設備。
- (3) VirtuoZo 全數位數值影像工作站(Image Station)
為全數值化影像製圖設備，可執行影像坐標量測、內外方位與空中三角計算、DTM 資料之自動化產生及編輯、正射化影像糾正等工作。
- (4) 3Dmapper 桌上型數值航測系統(DDPS)
執行影像之正射糾正，並可利用影像之立體觀測配合 CAD 軟體，以進行數值向量圖之製作與編修。

各項設備規格與性能簡述如下

(A) SD2000 萊卡(Leica)解析航測儀

儀器規格：光學解析力： $1\ \mu\text{m}$

量測精度： $2.3\ \mu\text{m}$

光學放大倍率：3 至 18 倍

LEICA SD-2000 S/N:8222



(B) VEXCEL Ultra Scan 5000 型影像掃瞄儀

儀器規格：掃描幾何精度： ± 1 至 $\pm 2 \mu m$

光學解析度：868dpi 至 5080dpi

色彩飽和濃度比：3.4D

掃描尺寸：280mm× 440mm

Mode:1318

No.3.172



(C) VirtuoZo 全數位數值影像工作站

- 軟體規格：
- 1.核心軟體包括：
 - (1) 資料輸入及管理模組
 - (2) 快速核線影像生成模組
 - (3) 交互編輯模組
 - (4) 自動定向模組
 - (5) DTM 產生模組
 - 2.正射影像生成模組（包括數值影像糾正）
 - 3.等高線生成模組
 - 4.等高線正射影像重疊模組
 - 5.立體顯示模組
 - 6.真實三維立體動畫模擬模組
 - 7.鑲嵌拼接模組
 - 8.全自動空中三角量測模組
 - 9.輸出模組

電腦作業平台：SGI Octane 工作站

144G Disk Array 儲存設備

S/N：C2975

(D) 3Dmapper 桌上型數值航測系統(DDPS)



(DeskTop Digital Photogrammery System)

作業軟體規格：

- 1.SteroMaker 產生立體像對
- 2.SteroMapper 立體測圖
- 3.OrthoMaker 正射影像製作



5.3 工作程序及內容

本計畫之工作程序及各階段之工作內容將依下列說明進行：

1. 像片及基本圖購置：

購買測區內所拍攝之現有航空照片及測區內 1/5000 基本圖。

2. GPS地面控制測量：

由於現有拍攝之像片並未事先佈設控制點之對空標，只能採用事後認點及現地測之方式來取得所需之控制點資料，擬內先由測區像片中選擇約 35 個地面控制點，以 GPS 定位系統實施現地之靜態觀測及成果之平差計算，點位精度須在 5cm 之要求以內。

3. 像片數化掃描：

以高解析航照專用掃描數化儀(VEXCEL Ultra Scan 5000 型)完成 70 張底片之數化掃描（掃描解析度約 20 μ m 以內）。

4. 空中三角平差計算：

量測影像之框標、控制點及連結點等之影像坐標，據以進行內、外方位之計算，並以 PAT-B 程式進行光束法空中三角平差解算，以推求加密控制點，及整體平差與點位之精度分析。

5. 五米間距數值地形模型（DTM）資料製作：

使用 VirtuoZo 全數位數值影像工作站或同等級之 PCI OrthoEngine 軟體系統以影像自動匹配產生 3 米間距規則網格之 DTM 資料，同時以立體影像觀測之方式進行 DTM 資料之編修。

6. 各圖幅之正射影像糾正：

以原始掃描影像、控制點及自動化產生之 DTM 資料進行影像之正射化糾正處理，所得正射糾正影像將以 RAW DATA 格式予以儲存。

7.像片中主要特徵物之粹取（岸線、道路、水系、建物區界等）：

利用 3Dmapper（DeskTop Digital Photogrammetry System DDPS）獲取主要特徵物之向量圖檔，並以 AutoCAD 之 DXF 圖檔格式儲存。

8.三維圖像投影轉換顯示：

以自行開發之三維透視投影程式，由正射糾正後影像配合所產生之 DTM 資料進行三維立體影像之製作，影像檔將以 TIFF 格式予以儲存。

9.海域相關資料之收集：

測區海域之相關量測資料包括水深、底質、海流及潮汐等資料之收集。

5.4 海岸圖像成果

圖 5.1 至圖 5.4 為海岸圖像部份成果。

大深坑溪至雙溪高解析度影像圖



圖 5-1

雙溪至寶斗溪高解析度影像圖



圖 5-2

大埔溪至南勢溪高解析度影像圖



圖 5-3

南勢溪至鹽港溪高解析度影像圖



圖 5-4

鹽港溪至大深坑溪高解析度影像圖



圖 5-5

寶斗溪至大墘溪高解析度影像圖



圖 5-6

第六章 結論

本工作為延續前『台灣港灣及鄰近海岸數位圖像資料之建構』計畫所完成之台灣地區主要港口及鄰近海岸帶之高解析衛星圖像系統為主軸，採特定區域 - 臺中港以北沿東北角海岸至蘇澳海岸及花蓮至恆春東海岸帶之高解析數值圖像之資料建置，充實並連結已完成之海岸影像資料，建置完整及連續之海岸帶圖像資料庫系統，同時並以虛擬實境技術建構海岸之 3D 圖像顯示。

研究中並以臺灣地區主要港口為例，建構以 Web 為基礎之大型圖像管理及瀏覽系統，同時引入多層次精細度(LoD)之地形顯像技術，進行大規模地形影像資料之顯示。由於目前與地形資料壓縮相結合的地形漫遊還沒有很成熟的演算法，基於規則網格的地形漫遊演算法都是直接讀入 DEM 網格資料，對於超大規模的地形，不進行資料壓縮肯定是無法處理如此龐大之資料的。未來將完成一個使用壓縮後地形資料的地形漫遊系統。

參考文獻

1. 邱永芳等，2000，台灣港灣及海岸數位圖像資料庫建立之研究，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，MOTC-IOT-IHMT-CA8905。
2. 張茂軍，2001，虛擬現實系統，科學出版社。
3. 黃心淵，1999，虛擬現實技術與應用，科學出版社。
4. Standards for Digital Elevation Models, 2000, U.S.Department of the Interior U.S. Geological SurveyNational Mapping Division,
5. P.Lindstrom, D.Koller, et al. 1996, Real-time continuouslevel of detail rendering of height fields, *ComputerGraphics (SIGGRAPH '96 Proceedings)*, 109–118,
6. Mark Duchaineauy, Murray Wolinsky, et al., 1997, ROAMing Terrain: Real-time Optimally AdaptingMeshes, *IEEE Visualization '97 Proceedings*, 81-88,
7. Stefan Röttger Wolfgang Heidrich, Philipp Slasallek,Hans-Peter Seidel, 1998, Real-Time Generation ofContinuous Levels of Detail for Height Fields,Winter School in Computer Graphics (WSCG Proceedings) '98,
8. Huagues Hoppe, 1998, Smooth View-DependantLevel-of-Detail Control and its Application toTerrain Rendering, *IEEE Visualization '98*,
9. Jonathan Blow, 2000, Terrain Rendering at High Levelsof Detail, Paper for the *Game Developers'Conference 2000*, San Jose, California, USA
- 10.Jonathan Blow, 2000, Terrain Rendering Research forGames, Slides for Course 39, Siggraph'00 , 2000[8] Andreas Ögren, Continuous Level of Detail InReal-Time Terrain Rendering , Master's Thesis,2000
11. William Evans, David Kirkpatrick, Gregg Townsend, 1995, Right Triangulated Irregular Networks.