

數位典藏時空資訊基礎架構研發

On Construction of Spatial and Temporal Information Infrastructure for Digital Archive

翁維瓏

中央研究院 計算中心

空間資訊技術小組

wlueng@gate.sinica.edu.tw

陸天瑢

中央研究院 計算中心

空間資訊技術小組

tinalou@gate.sinica.edu.tw

摘要

由於時間(提供何時訊息)、空間(提供何地訊息)及語言(提供內容表達與傳遞訊息方式)為所有典藏內涵之共通、且不可或缺之基本訊息。任何典藏內涵透過此三者所構成之內涵基礎架構，不僅有助於典藏解讀與知識處理能力，更可促進跨領域資訊之整合。藉由解構原典藏形式與組成限制，擴大各專業領域之應用範圍與整合介面，建置以"時間-空間-語言"為核心之三維內涵基礎架構，並提供處理程序、資料規範、通用工具、與應用環境，奠定知識的發展、累積與典藏之基礎，乃為我國數位典藏計畫之主要特色之一。

地圖及遙測影像等空間資訊，係以最直觀的圖像方式充分表達某一時間點、特定範圍內事物的空間關連性，就人類認知而言，相對的簡化了複雜資料的理解與思考過程，有效的提昇人類對於多重、負荷資訊的處理與分析能力。空間資訊學(Geospatial Information Science)即以此觀點為基礎，建構時間、空間及相關資訊的表示、處理、分析與呈現的理論基礎與模式。數位典藏的應用與整合，亦為近年來發展重點之一，並期望進而整合全球文化資訊與建立數位化地球(Digital Earth)。

本文之主要目的在於說明如何利用時間及空間資訊處理技術(Spatial-Temporal Information

Technologies, STIT)，建構精確的時間與空間參考系統(Spatial-Temporal Reference System)基底(亦即建立所有典藏內涵之時間與地理空間標記(geographic footprint)，做為資訊檢索，乃至於資訊整合的主要依據)，以空間視算(Spatial Visualization)方式提供更生動、易讀的、而精準的事件原貌，並進而建立共通而可與典藏系統整合之系統基礎架構。同時，以各典藏計畫中典藏內涵之時間與空間屬性及需求為基礎，發展各類空間資訊處理與分析技術，開發可整合各類典藏資訊處理技術與典藏資訊之系統環境。亦即藉由有效的獲取、儲存、更改、處理、分析及顯示任何形式的空間資訊，透過時間與空間的橋樑，將可有效的整合與應用各種類型、不同時空的資料與數位資訊處理系統，進而多面向的展現資料意涵與價值，具體體現數位典藏之目標與理想。

關鍵字：

數位典藏、空間資訊系統、時空基礎架構、時間與空間參考系統、系統整合

1. 前言

時間、空間及語言為所有典藏內涵之共通、且不可或缺之基本訊息。藉此不僅可擴大典藏意涵之解讀與知識處理能力，更可促進跨領域資訊之整合。技術支援分項計畫目標之一，即為建置本國家型計畫所揭櫫、以『時間-空間-語言』為核心之三維內涵基礎架構，並提供處理程序、資料規範、通用工具、與應用環境，奠定知識的發展、累積與典藏之基礎。

目前，多數 GIS 應用軟體所能描述的空間資料都是靜態的，實際上，很多 GIS 所要表達和研究的空間資料都不會是一成不變的，因此，GIS 研究者已廣泛關注能對時空過程和時空目標進行描述和分析的時間及空間資訊處理技術 (Spatial-Temporal Information Technologies, STIT)。時間及空間資訊處理技術的核心架構是時空資料庫，即設計一個合理的時空資料模型是建立時間及空間資訊處理技術的關鍵所在。

2. 研究概述

傳統的 GIS 應用只涉及空間資料和屬性資料兩個方面的地理資訊。而能夠同時處理時間資料的 GIS 叫 TGIS(Temporal GIS)。TGIS 資料模型能使空間資訊內涵更豐富，對現實世界的描述更準確。TGIS 目的在儲存、處理、擷

取、分析各種時間與空間資料。然而，任何資訊系統的主要依靠其資料模型的設計，資料模型提供資訊系統的概念性核心，它們定義了資料實體類型、關係、操作和規則以保持資料庫完整性。時間及空間資訊處理技術通常建構在現有的地理（空間）資訊系統上，而現今多數的 GIS 應用軟體均不具有處理時間屬性資料的功能，因此需建立完整的時間資料模型，而一個完整的資料模型便必須具備時空資訊系統完整的時空處理和分析的方法。

數位典藏時間及空間資訊處理技術的建立，其關鍵有三：

1. 時空資料模型建立
2. 時空資料庫的建立
3. 時空資料之展現
4. 與數位典藏機制的整合與應用

本文將以中國大陸松江地區西元 751 年~1990 年行政區域變化為例，建立基本的時空資料模型，並輔以時空變遷（事件）資料，用以建立數位典藏機制與時空資訊處理技術整合的原型。

3. 時空資料模型

以 GIS 資料而言，處理具有時間概念的資料時，有兩種基本的方法：

3.1 時間斷面法：

即用特定時間斷面資料描述單一時間面上的空間資訊。對於時間斷面不多

的資料可以把不同時間的圖徵放在各自的圖層中，各個獨立的圖層就代表一個特定時間的地圖。當時間斷面很多的時候，這個方法明顯受到資料量的限制，例如，一個有 200 年歷史的地名資料庫系統，以 10 年為單位，只要 20 個圖層，當時間間隔縮小到年的時候，圖層將擴展到 200 個，資料量將大大地增加。

在時間斷面資料模型裡，每一個圖層都是同一個時間、同一主題的同類單元，在不同的時間斷面的圖層之間並沒有很明確的關係指出它們的變化是具有相關性的，兩個圖層之間的變化不能明顯看出它們的含意。這個方法總是大量的複製或產生不同時間的相同資料圖層，最大的缺點在於資料的龐大與矛盾。

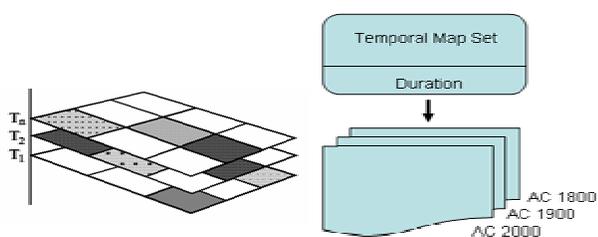


圖 1、時間斷面示意圖

3.2 生存期法：

即用每個空間圖徵的生存期（起迄時間）描述圖徵存在的時間。從歷史地

理資料的時間變化特性來看，大部分內容都不是持續變化的。一個圖徵（地名或空間區域）從開始出現，到更名或變化成另一個圖徵（地名或空間區域），通常有一定的時間性（當然沒有個別變化很頻繁的），在這個時間裏圖徵的名稱、隸屬關係、空間屬性穩定不變，在時空模型資料庫設計中，把這樣一個圖徵（地名或空間區域）定義為一個空間物件。如果這個圖徵的上述屬性發生任何變化，則用一個新的空間物件紀錄描述。我們把具有這樣一個屬性特徵的圖徵（地名或空間區域）從開始到結束的時間段稱為生存期，相對應的空間物件稱為生存期空間物件。

以不同時間的空間物件變化而言，我們離散的紀錄其空間物件的屬性變化，在此種描述的過程當中，單獨的圖徵物件被賦予其生命週期，也就是起迄時間，在一個時間斷面或一個時間範圍裡，找尋其包含這個時間的空間物件組合成一張地圖，同時一個空間物件能夠在空間及時間中具有變化。

生存期是時空物件資料中重要的概念，起迄時間的記錄是時空物件資料庫中的基本記錄。時間及空間資訊處理的時間變化描述就是通過許多具有不同生

存期的空間物件資料來實現的。在大量資料的情況下，生存期描述顯然要比時間斷面描述法要更有效的節約資料空間，如下圖 3 所示。

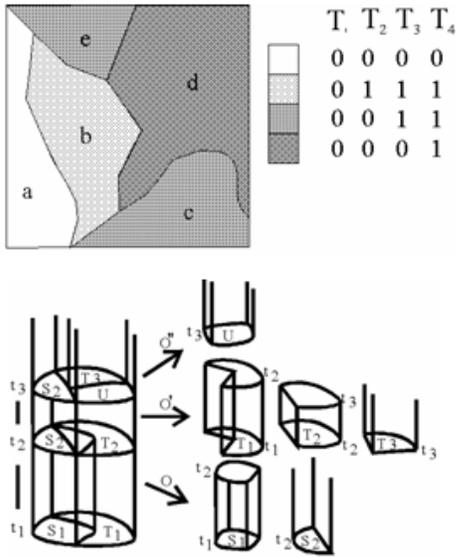


圖 2、生存期法示意圖

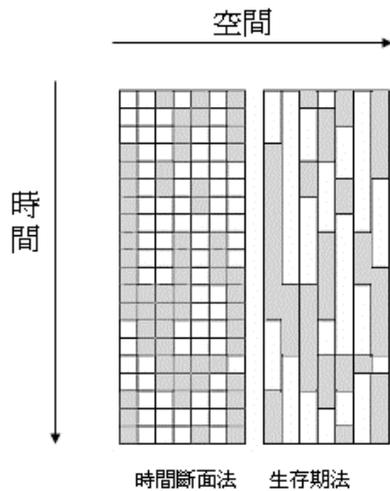


圖 3、時間斷面法與生存期法比較

生存期法中空間物件資料庫的記錄已經不存一個統一的時間斷面，許多記錄在空間上相互重疊，這樣的空間物件

資料庫不能在一般 GIS 軟體中按普通的方式顯示，必須用查詢方法在資料庫中選擇滿足給定時間要求的資料作一個組合，然後顯示這個組合。

4. 時空資料庫

時間及空間資訊處理技術是以時間序列為基礎而研發。而在真實世界裡，空間物件的變化並不是單一的事件即可解釋，而時空資料是空間資料在一段時間當中產生變化的一組紀錄，它主要的目地在處理時間與空間交互作用的複雜現象，因此時空資料也要如空間資料一般可以被分割、度量，以及各種方式的展現。時空資料隨著時間的流逝而不斷增加，因此我們可以將每個時空資料稱為一個個的時序物件，整個時間序列的長度就是時間狀態 (state)，而在幾個特定的時間點當中會出現一些事件(events)，這些事件將時間序列中的空間物件切割成許多不同的狀態。對於每個時序物件而言，如果物件當中的空間資料沒有發生變化，那麼整個物件就處在一個固定的形式 (version)，如果時序物件由某一個形式演化 (evolve) 成另一個形式，在這兩段不同形式的交會點便稱為變遷 (mutation)。如下圖 4 所示：

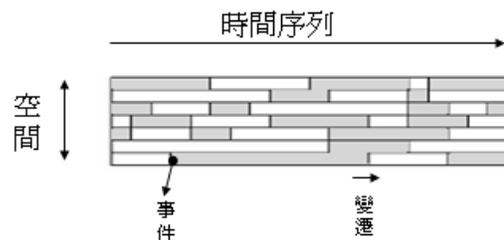


圖 4

以行政區域變化為例，一個現在存在的行政區域在近三百年間很可能經過各種合併、分割...等行政區沿革變遷，若 A 行政區域（省、廳或縣）與 B 行政區域合併為新的 C 行政區域，則在時間序列裡則記載一個新的空間物件—C 行政區域。而 A 與 B 行政區域則記載其終止的時間。在本研究中，整理行政區域沿革變遷約有以下幾種形式：1.改名(徙治*) 2.隸屬改變 3.廢置 4.合併他者 5.升級 6.降級 7.新置 8.析出 9.僑置(徙治*) 10.省入。而每個空間物件也均記錄其開始的事件及結束的事件並記錄其事件與事件之間的隸屬關係。

Sing_pgn_a	Character	Begin_year	End_year	Event	Last_pgn	Event_info
1	華亭縣	751	1276			
2	松江府	1278	1291	升級	華亭縣	升華亭縣，置松江府
3	上海縣	1292	1325	析出	華亭縣	分華亭縣，置上海縣
4	華亭縣	1292	1325	析出	華亭縣	
13	青浦縣	1573	1655	析出	華亭縣	分華亭縣，置青浦縣
14	上海縣	1573	1655			
15	華亭縣	1573	1655	析出	華亭縣	
16	青浦縣	1656	1723			
17	上海縣	1656	1723			
18	華亭縣	1656	1723	析出	華亭縣	
19	婁縣	1656	1723	析出	華亭縣	分華亭縣，置婁縣

圖 6、時空資料紀錄

由上述可知，空間物件在時間中的狀態就相當於時空資料中的形式，而切割不同狀態的事件(event)就如不同形式之間發生的變遷，因此在分割或度量時空資料時，可以用線段方式呈現狀態(或形式)，而事件(或變遷)可利用點的方式來中止某一狀態(形式)。而空間物件的狀態受到不同事件的發生而有了許多改變，因此這些發生改變之事件必須記錄在時空變遷

(事件)資料庫內。而在記錄時空資料時，因為每一筆時空資料的發生與結束都具有地理上的意涵，如果不能準確掌握這些資料的始末時間，那麼對於地理資訊的判釋上易產生誤差。

另外從空間資料當中可發現，空間資料的位相結構(Topological Data Structure)在查詢上有極佳的效果，並可減少查詢時間。同時在資料庫的存放當中也十分有效率，而目前大部份的地理資料庫也都支援位相結構的資料型態，因此位相結構的資料受到大家的廣泛使用。

由於時空資料的資料結構以空間資料位相方式儲存，但是由於時空資料具有時間特性，因此當地表現象產生變遷的事件時，這筆變遷後的資料要儲存至時空資料庫內，同時要不斷累積下去，無法任意刪除，是故時空資料的儲存便成為時空資料是否得以容易取用的重要關鍵。

目前常見的時空資料儲存方式有將時空資料紀錄在資料庫中。由於空間資料中，位相式結構的儲存是使用關聯式資料庫之表格方式來儲存，因此對於空間位相式資料而言，關聯式資料庫最適於用來儲存空間資料。在時間的紀錄上，我們在欄位中記錄空間物件的起迄時間。而在時間的紀錄方面，歷史上記載的時間方式有以下幾種可能：

- 1、精確到大範圍時期，如秦漢、魏晉南北朝、宋元、先秦...等。

- 2、精確到朝代，如西漢、唐朝、秦初、清末、元中期...等。
- 3、精確到年號或廟號，如元始時、大曆中、大中祥符末、至元初年...等。
- 4、精確到具體年份，如開元二十九年、康熙十三年、甲子、辛亥...等。
- 5、精確到季和月份，如元豐九年夏四月、甲子季秋...等。
- 6、精確到具體日期，如 1934 年 6 月 12 日、嘉靖十四年五月甲辰...等。

於本研究範例中，考慮到資料檢索的要求和檢索條件的限制，暫時以西元年為記錄的方式，而中西曆轉換的問題，本研究以中央研究院計算中心所開發中西曆轉換程式 (<http://www.sinica.edu.tw/~tdbproj/sinocal/luso.html>) 以轉換中西曆。此外，關聯式資料庫的理論與實際應用都十分成熟，加上有完整的SQL 語法支援，只要根據使用者不同需求，擴充與時間相關的模組或功能，就可以產生一個時空資料庫，也可以節省許多開發新資料庫的時間。

我們利用關聯式資料庫建構時空物件資料庫，其中根據不同的屬性建立：空間物件資料表、變遷事件資料表、空間物件屬性資料表...等。其中空間物件資料表記載時空物件資料，包括名稱、起迄時間、事件、上一個空間隸屬關

係...等，變遷事件資料表紀錄各種變遷資料，由於變遷事件不是單一的偶發事件，因此當有一個新的事件發生的時候便須新建一筆新的變遷事件資料。

而空間物件屬性資料表則記錄每個空間物件的屬性資料，包括空間座標、相關的屬性資料...等。時空資料庫裡的資料表則用關聯式資料庫的概念連結起來，如下簡易示意圖：

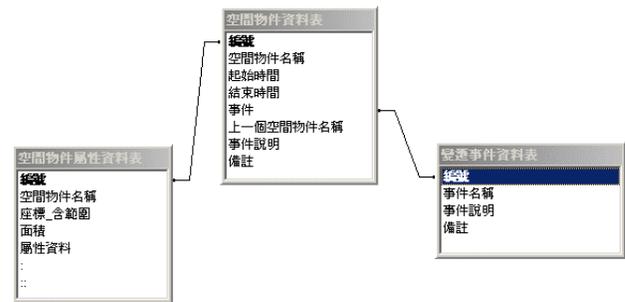


圖 7、關聯式時空資料庫示意圖

5. 時空資料之展現

本研究的時空基礎架構運行概念如下圖 8 所示：

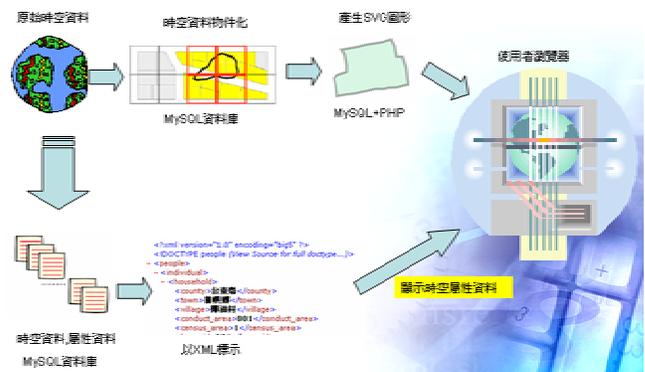


圖 8、時空基礎架構運行概念

在本研究的時空基礎架構研發中，採用 WebGIS 來呈現。WebGIS 可以簡單定義為在 Web 上的地理資訊系統，是以分散式的多資料模式的資料管理和合成的概念，在本機或某個 Server 上進行分散式元件的動態組合和空間資料的處理與分析，實現遠端資料共享的目標。Web GIS 運用分散式 GIS 概念將 GIS 從獨立的單機作業領域帶到了網際網路之共同合作的領域。WebGIS 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，以本研究為例，本系統採用 SVG 格式作為圖形呈現的方式，而現今主流的瀏覽器還沒有全面支援 SVG，必須靠外掛程式，如 Adobe SVG Viewer 才能觀看 SVG 圖形。

其次我們嘗試用「可擴展標示語言」(XML, Extensible Markup language) 來處理、展現時空資訊及空間物件屬性資料。XML 有良好的可擴充性以及格式公開性可使得各項時空資料得被使用者簡便的交換與再利用，並可建立具時間性的空間資訊，動態的呈現空間與時間序列的變化。但有鑑於時空資料的大小，完全將 XML 作為一個資料集的查詢的確會顯得比較沒效率，因為採用 XML 標示更必須負擔額外的標示空間。因此我們仍然採用將原始資料集置入現有的關連式資料庫軟體中的方式--MySQL 資料庫來建構並儲存時空資料庫，使用者可依據其需求並動態的產生 XML

資料。並採用 XSL StyleSheet，以視覺化的方式呈現時空資料的 XML 文件。範例如下圖 9、10：

編號	名稱	起始時間	結束時間	事件	上一個隸屬關係	事件說明
1	華亭縣	751	1276			
2	松江府	1278	1291	升級	華亭縣	升華亭縣，置松江府
3	上海縣	1292	1325	析出	華亭縣	分華亭縣，置上海縣
4	華亭縣	1292	1325	析出	華亭縣	
13	青浦縣	1573	1655	析出	華亭縣	分華亭縣，置青浦縣
14	上海縣	1573	1655			
15	華亭縣	1573	1655	析出	華亭縣	
16	青浦縣	1656	1723			
17	上海縣	1656	1723			
18	華亭縣	1656	1723	析出	華亭縣	
19	慶縣	1656	1723	析出	華亭縣	分華亭縣，置慶縣

圖 9

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<:dataroot xmlns:xsi="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema-instance http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema-instance">
- <空間物件>
  <編號>1</編號>
  <名稱>華亭縣</名稱>
  <起始時間>751</起始時間>
  <結束時間>1276</結束時間>
</空間物件>
- <空間物件>
  <編號>2</編號>
  <名稱>松江府</名稱>
  <起始時間>1278</起始時間>
  <結束時間>1291</結束時間>
  <事件>升級</事件>
  <上一個隸屬關係>華亭縣</上一個隸屬關係>
  <事件說明>升華亭縣，置松江府</事件說明>
</空間物件>
- <空間物件>
  <編號>3</編號>
  <名稱>上海縣</名稱>
  <起始時間>1292</起始時間>
  <結束時間>1325</結束時間>
  <事件>析出</事件>
  <上一個隸屬關係>華亭縣</上一個隸屬關係>
  <事件說明>分華亭縣，置上海縣</事件說明>
</空間物件>
- <空間物件>
  <編號>4</編號>
  <名稱>華亭縣</名稱>
  <起始時間>1292</起始時間>
  <結束時間>1325</結束時間>
  <事件>析出</事件>
  <上一個隸屬關係>華亭縣</上一個隸屬關係>
</空間物件>
```

圖 10 XML 空間物件屬性資料

在時空地圖呈現的部分除了用傳統 GIS 的圖層概念外，針對每個圖徵單獨建構空間物

件，地圖的部分則採用 SVG (Scalable Vector Graphics；可變式向量圖形) 來負責空間資訊的展示。SVG 是 XML 的子集合，因此可以與 XML 的時空資料相互的整合與應用。SVG 可以整理、標示、處理、以及呈現向量式的地圖資料，並可讓使用者以互動與視覺化的方式瀏覽地圖。

我們透過商業的 GIS 軟體--ArcView 先行製作空間地圖，然後再撰寫 ArcView 的巨集語言 Avenue 將每個空間圖徵及屬性資料予以物件化，此作業階段係將每個圖徵的 Note 座標予以擷取出來，與其基本的空間屬性資料 (諸如：名稱、起迄時間...等) 存入關聯式資料庫 MySQL 裡面，以 MySQL 為時空資料的 Geo-Database。並撰寫 PHP 動態的產生 SVG 格式的空間圖形。原始顯示結果如下圖 11：



圖 11、原始顯示結果

透過資料庫的 SQL 語法我們可進一步檢索出當代時間的時空資訊：

SQL 語法查詢條件：

```
... where 起始時間 <= 1848  
and 結束時間 >= 1848
```

呈現結果如下圖 12：



圖 12、檢索結果呈現

除此之外，本研究亦開發一個時間軸工具透過時間軸動態的呈現整個時間序列的時空變化：

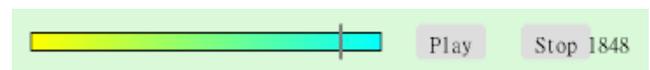


圖 13、時間軸工具

本系統亦提供一組基本的 GIS 操作工具，透過放大、縮小、平移、查詢...等功能，使用者能互動式的瀏覽地圖、查詢檢索相關的時空物件屬性資料。



圖 14、基本的 GIS 操作工具

本系統目前試驗的網址如下：

http://gis217.sinica.edu.tw/sj/v2/map_frame.php

6. 結語

地圖及遙測影像等空間資訊，係以最直觀的圖像方式充分表達某一時間點、特定範圍內事物的空間關連性，就人類認知而言，相對的簡化了複雜資料的理解與思考過程，有效的提昇人類對於多重、負荷資訊的處理與分析能力。本研究即以此觀點為基礎，建構時間、空間及相關資訊的表示、處理、分析與呈現的理論基礎與模式。數位典藏的應用與整合，亦為近年來發展重點之一，並期望進而整合全球文化資訊與建立數位化地球(Digital Earth)。

7. 參考文獻

- 1、 Peuquet, D. (1994) It's About Time: A Conceptual Framework for the Representation of Temporal Dynamics in GIS, *Annals of the Association of American Geographers*, 84:441-461.
- 2、 Peuquet, Donna J. and Duan, Niu (1995) An event-based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data, *International Journal of Geographical Information systems*, 19(1):7-24.
- 3、 Raafat, H. and Yang, Z. (1994) Relational spatial topologies for historical geographical information, *International Journal of Geographical Information Systems*, 18(2)163-173.
- 4、 Stead, Stephen D. (1998) Temporal Dynamics and Geographic Information Systems, *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems*, Vasiliev, I. R. (1997) Mapping Time, *Cartographica*, 34(2):1— 51.
- 5、 Yuan, May, (1999) Temporal GIS and Spatial-Temporal Modeling, http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/santa_fe_cd-rom/sf_papers/yuan_may/may.html
- 6、 J. David Eisenberg (2002) *SVG Essentials*, O'REILLY
- 7、 張藝鴻，莊庭瑞 (August 31, 2001) *An XML-based Taiwan Social Map 使用可擴展標示語言製作台灣社會地圖(初步報告)*
- 8、 翁維瓏 (2001) *WebGIS 技術、系統架構與應用*
- 9、 翁維瓏 (2002) *可擴展標示語言(XML)之計算機圖學與空間資訊技術應用*
- 10、 白璧玲 (2001) *四川政區沿革變化形式的分析與範例*