

目錄

實習一	認識地圖、球面幾何計算	1
實習二	地圖投影計算	13
實習三	ArcMap 投影地圖製作	21
實習四	GPS 操作、野外調查、KMZ 製作	40
實習五	地理資訊輸入、地址定位	49
實習六	資料蒐集與地圖概括化	58
實習七	定性主題地圖	61
實習八	定量主題地圖 (1): 點子圖、分級符號圖、統計地圖	72
實習九	定量主題地圖 (2): 面量圖與整合應用	90
實習十	ArcMap 地形展示與分析	104
實習十一	向量資料分析	112
實習十二	網格資料分析	141
補充閱讀 1	Google Earth 操作	158
補充閱讀 2	地圖使用與分析	177
補充閱讀 3	地圖賞析與線上資源	184
附錄	194

實習一 認識地圖、球面幾何計算

一、課程簡介

在地理教育上，判讀地形圖是一個很重要的技能；地形圖上有部分是可以獲得資訊，有些部分則是需要有先備知識才能獲得資訊。前者如圖上的聚落、水系，後者則像是經緯座標與參考橢球體。本次實習的第一個目的除了介紹一般判讀地形圖的要領外，另外也介紹台灣地形圖之圖幅系統及座標系統，解釋地形圖上座標系統數字所代表的意義。

而在地圖上我們常常會看到一些座標系統，有的是度(°)分(')秒(")，有的是六、七位數字，這兩者的差別是什麼呢？如果是使用同樣的座標系統，也有所謂的TWD67與TWD97，什麼是67？什麼是97呢？瞭解地圖上投影與座標系統，才能有效及正確的使用地圖，本次實習的第二個目的在於介紹台灣的座標系統，包括歷年來地圖座標的演進，並介紹地形圖上座標系統數字所代表的意義。

二、實習目的

- (一) 認識地圖的要素
- (二) 認識台灣地區的地形圖系列
- (三) 熟悉球面幾何的概念
- (四) 能瞭解台灣的投影與座標系統

三、教學資源

地圖 1/5000 五分埔、1/25000 台北市各 28 張、工程計算機 (同學自備)

四、重要概念

- (一) 地圖要素 (圖廓資料)

一個聰明的使用者，往往在使用任何一件器具之前，會先詳閱製造廠商的說明書。此對地圖使用者亦然，攤開任何一張地圖，其周圍都印有說明文字、數字、符號等，稱之為圖廓資料。這些圖廓資料是用來幫助使用者判讀地圖內容及解讀其中的含義，因此在使用地圖時，需先瞭解圖廓資料的內涵。一個完整的地圖的圖廓資料至少必須包含下列幾個要素：圖名、比例尺、指北針、地圖圖幅 (地圖本身)、圖例 (如有使用特殊符號需加上說明圖例)。不同的地圖的圖廓資料也不盡相同，若是一張更為詳細的地圖，還會加上許多其他的註記，如區域名稱、編號、圖幅接合表、說明詞彙、行政界線略圖等，要認識地圖，就必須先認識地圖要素。以下就台灣的地形圖 (圖2-1) 做一說明：

1. 圖名：

地圖上方中央，用以表示圖幅主要的名稱，通常以最重要城鎮或地形名之，如圖1，此圖幅為台南市 (北部)。

2. 區域名稱：

地圖左上角，說明本圖幅所屬的劃分區域（中華民國台灣地區）及地圖比例尺（兩萬五千分之一）。

3. 圖號：

地圖右上角，說明地圖版本以及地圖編定時所賦予的編號。我國新版地圖編號法以中國的西南角（ $73^{\circ}30'E$ ， $14^{\circ}N$ ）作為十萬分之一圖的標準分幅經緯線。每幅比例尺十萬分之一的地圖，係分配一個四位數之數字，前兩位代表橫座標，後兩位代表縱座標，每隔 $30'$ 經緯差給予其橫、縱座標之值，如東經 $73^{\circ}30' \sim 74^{\circ}$ 之間為01， $74^{\circ} \sim 74^{\circ}30'$ 之間為02，依此類推，經度至台灣附近為東經 $120^{\circ} \sim 122^{\circ}$ ，數值為94~97，緯度至台灣附近為北緯 $21^{\circ}30' \sim 25^{\circ}30'$ ，數值為16~23。

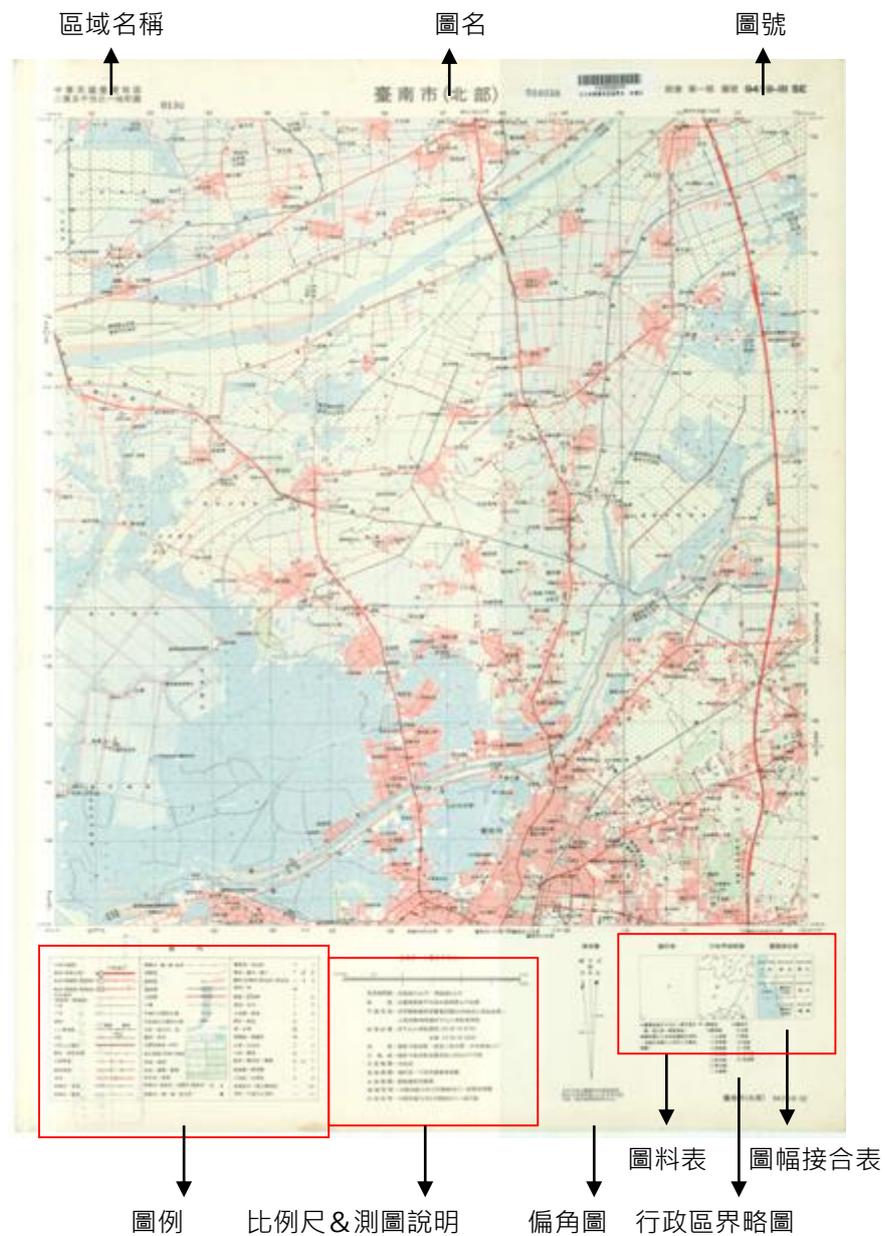


圖1-1：「圖廓說明」位置示意圖

而五萬分之一之圖號制訂係將十萬分之一劃為四幅，由右上角以順時鐘的順序加註羅馬數字I、II、III、IV，如9419-III。一幅兩萬五千分之一的地圖恰為五萬分之一地形圖的四分之一，故只要在五萬分之一之圖號後面加上代表地理四象限的NE、SE、SW、NW，如9419-III-SE。一萬分之一與五千分之一之地形圖都是由五萬分之一切割而來，前者恰等於五萬分之一地形圖的二十五分之一，因此只要在五萬分之一之圖號後面加入01~25的兩位數即可，如9419-III-24；後者則是五萬分之一地形圖的一百分之一，故加上001~100的三位數即可，如9419-III-100。

4. 圖例：說明圖上所註的各種記號所代表的地物種類。

<p>公路及編號：</p> <p>國道(高速公路) (4)車道(6)</p> <p>省道(硬面路、黏面路) (2)</p> <p>縣道(硬面路、黏面路) (145)</p> <p>其他道路(硬面路、黏面路)</p> <p>大道</p> <p>小路</p> <p>鐵路：</p> <p>3/6標準軌</p> <p>窄軌</p> <p>公路上之鐵路</p> <p>機車、架空索道</p> <p>公路隧道</p> <p>鐵路隧道</p> <p>涵洞</p> <p>院轄市、省界</p> <p>省轄市、縣界</p>	<p>縣轄市、鄉、鎮、區界</p> <p>高壓線</p> <p>建築區</p> <p>鐵路橋</p> <p>公路橋</p> <p>小橋</p> <p>可通行之磚石水壩</p> <p>不能通行之磚石水壩</p> <p>河流、時令河、湖</p> <p>鹽田；魚池</p> <p>沼澤或濕地；水田</p> <p>易氾濫區(泥地)；綠地</p> <p>茶林；樹林</p> <p>蔗田；菜園、農場</p> <p>旱作地；綠林</p> <p>院轄市、省政府；省轄市、縣政府</p> <p>縣轄市、鄉、鎮、區公所</p>	<p>警察局；派出所</p> <p>學校：國中；國小</p> <p>醫院；診療所(衛生所)；衛生站</p> <p>墳塔；亭</p> <p>銅像；紀念碑</p> <p>墓地；水井</p> <p>土地廟；祠堂</p> <p>廟宇；教堂</p> <p>塔；水塔</p> <p>發電廠；變電所</p> <p>水廠；加油站</p> <p>工廠；礦場</p> <p>郵局；電信局；電臺</p> <p>氣象臺；瞭望臺</p> <p>三角點；水準點</p> <p>地標指示；獨立標高點</p> <p>堤防、可通行之堤防</p>
---	---	---

圖1-2：圖例說明

5. 比例尺：地圖下方中央，表示圖上距離與實際距離的比例關係，如二萬五千分之一表示，圖上距離1cm = 實際距離25,000cm = 250m = 0.25km。

6. 測圖說明：位置在地圖「比例尺」正下方，記有本幅面積、等高線間隔、標高起算點、投影方法、座標方格系統、測圖機關、測圖年月等說明，如表2-1。

表1-1：測圖說明範例

測圖項目	說明
等高線間隔	首曲線 10 公尺，間曲線 5 公尺
高程	自臺灣基隆海平面零公尺算起
平面控制	採用聯勤總部測量署民國 69 年檢測三角點成果，以南投縣埔里鎮虎子山三角點為原點
地理座標	虎子山三角點東經 120° 58'25.9750" 北緯 23° 58'32.3400"
投影	橫麥卡托投影，經差二度分帶，中央經線 121°
方格線	橫麥卡托投影座標系統 1,000 公尺方格
主管機關	內政部
協辦機關	國防部、行政院農業委員會
主辦機關	聯勤總部測量署
調繪時間	中華民國 76 年 9 月聯勤四 0 一廠實地調繪
印刷時間	中華民國 77 年 6 月聯勤四 0 一廠印製

7. 偏角圖：「比例尺」右側，表示正北、磁北與方格北的關係。
8. 圖料表：
地圖右下角（左），圖解說明該幅地圖測製的方法，印製地圖所採取的資料種類、時間以及該圖的精度等。
9. 行政區界略圖：地圖右下角（中），指出本幅圖之行政區界限。

10. 圖幅接合表：

地圖右下角(右)，指示本圖四周相鄰圖幅的接合關係。以圖1-1(台南市北部)為例，圖1-3為此圖幅下方的數項圖廓資料，其中最右邊即為圖幅接合表，由接合表所示此圖幅南方為台南市南部、北方為麻豆、東方為新化。

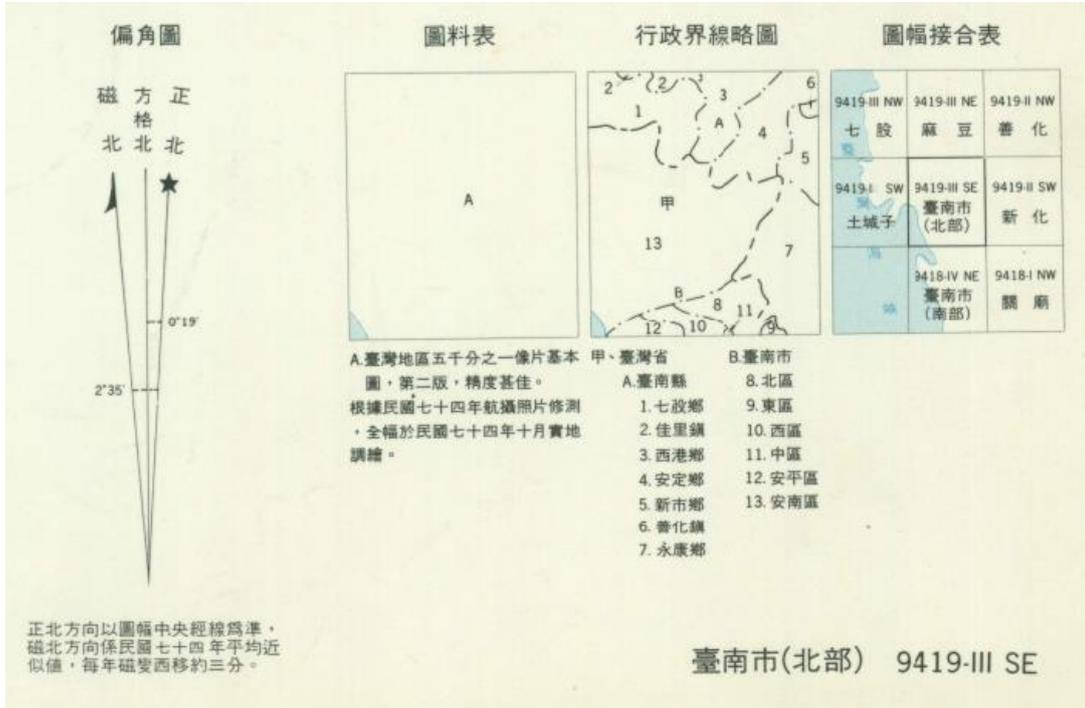


圖1-3：偏角圖、圖幅接合表等示意圖

11. 地圖座標系統：

地圖上還有一個顯而易見的特徵-網格，網格上同時顯示兩個座標系統，其一是經緯度座標，其二是橫麥卡托二度分帶(TM2)座標。

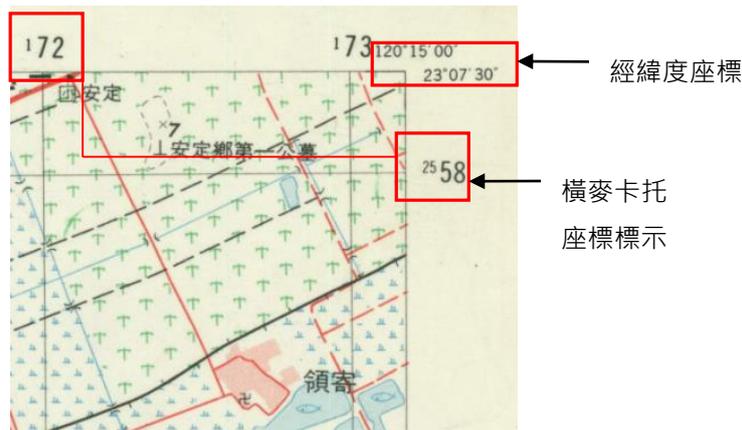


圖1-4：座標系統示意圖

(二) 地形圖圖幅系統

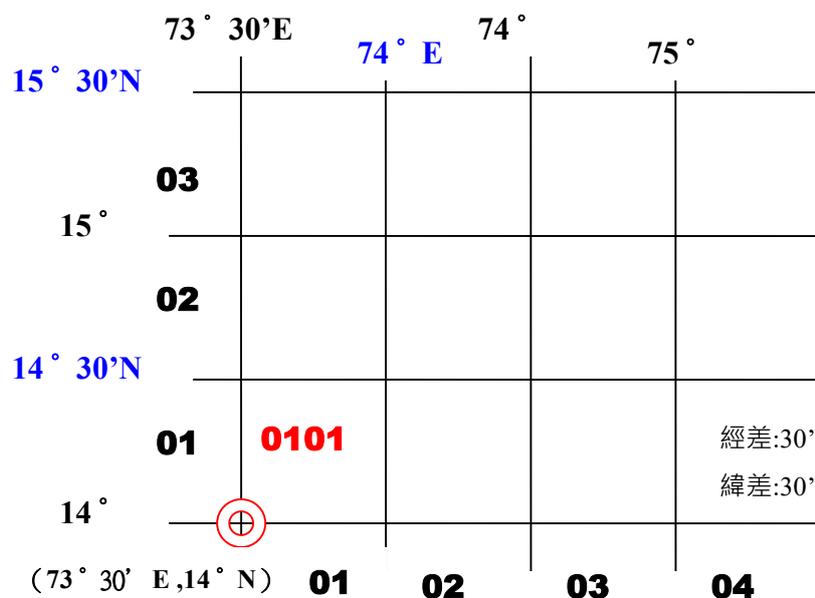
我國地形圖編號法是以東經73°30'；北緯14°作為十萬分之一圖的標準分幅經緯線，是以包含全中國邊疆為目的所選擇的標準分幅線，以此為原點，每隔30'經緯差給定一個編號。而在不同的比例尺度下，圖幅範圍不同，則作為增減圖號的間距亦有所差異，如表2所示：

表1-2：各種比例尺度的經緯度差

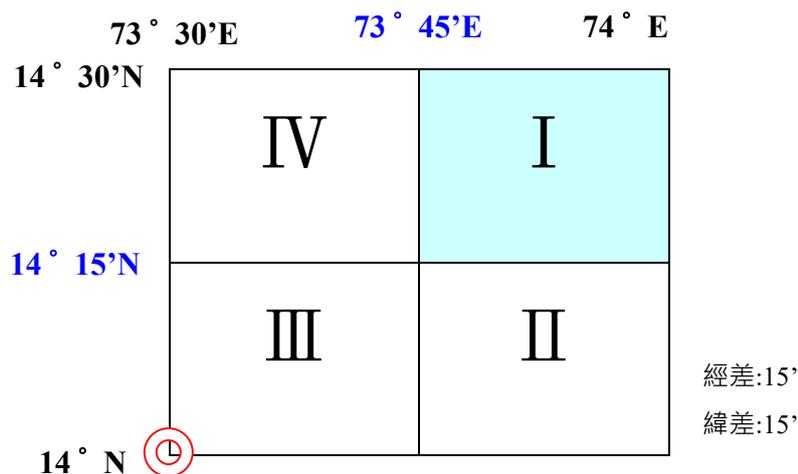
比例尺度	經度差	緯度差
十萬分之一	30 分	30 分
五萬分之一	15分	15分
兩萬五千分之一	7.5 分	7.5 分
五千分之一	1.5 分	1.5 分

圖號不但可以從同一圖系中推算其尺度較小或較大圖幅的圖號以及四周鄰接的圖號，更進一步可以推算該地區的經緯度。

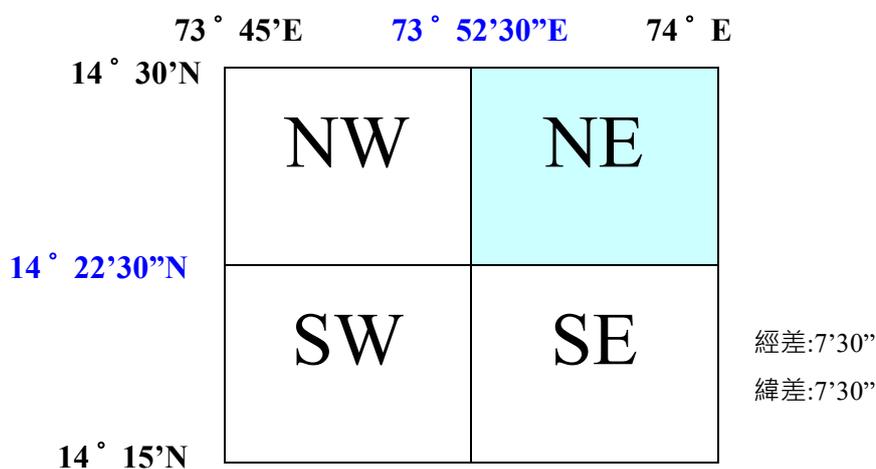
1. 十萬分之一 (1/100000)：四位正數 (如0101)，前兩位 (01) 為橫座標，後兩位 (01) 為縱座標。



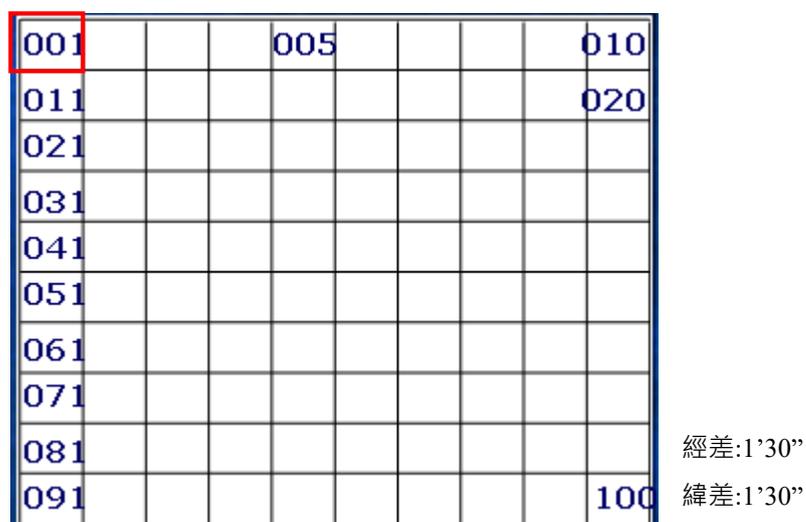
2. 五萬分之一 (1/50000)：範圍為十萬分之一的四分之一，於十萬分之一圖號後加註羅馬數字，如0101-I。



3. 兩萬五千分之一 (1/25000) : 範圍為五萬分之一的四分之一，於五萬分之一圖號後加地理四象限，如0101- I-NE。



4. 五千分之一 (1/5000) : 一萬分之一與五千分之一都由五萬分之一地圖切割而來，五千分之一的範圍為五萬分之一的百分之一，於五萬分之一圖號後加001~100的三位數字，如0101-I-01。



(三) 球面幾何運算

球面幾何 (Spherical Geometry) 是一個與歐基里德平面幾何類型不同的幾何模型，廣泛運用在大地測量、航空、衛星定位與鏡面成像等方面都需要利用球面幾何知識。

1. 基本公式

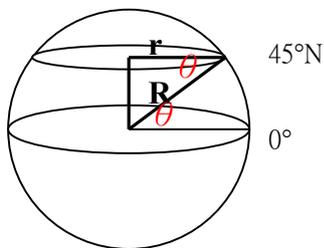
	公式	符號說明
弧度與角度互換	$1 \text{ 度} = \pi/180 \text{ 弧度}$	
圓 (球) 上的弧長	$D=R\theta$	D : 弧長 ; R : 半徑 ; θ : 弧度
球面上兩點間的最短距離 · 即大圓弧線 (The Great Circle)	$\cos D = (\sin \alpha \cdot \sin \beta) + (\cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \cos \delta \lambda)$	D : Great Circle Distance α 、 β : 分別為兩點的緯度 · 南緯、西經為負 $ \delta \lambda $: 兩點經度差的絕對值
球面面積	$A = 4\pi R^2 \sin \theta$	θ : 緯度
兩點間正方位角 (The True Azimuth)	$\cot Z = (\cos \alpha \cdot \tan \beta \cdot \csc \delta \lambda) - (\sin \alpha \cdot \cot \delta \lambda)$	Z : The True Azimuth α 、 β : 分別為兩點的緯度 · 南緯、西經為負 $ \delta \lambda $: 兩點經度差的絕對值 (經差取大圓線方向)
緯線長度	$L = 2\pi R \cos \theta$	L : 緯度 θ 之緯線長度 R : 地球 (儀) 半徑 ; θ : 緯度

2. 範例說明

【範例一：緯線長度計算】以半徑十公分之地球儀求45°N緯線長度L

解：先求 45°N 緯線的半徑 $r = R \cdot \cos 45$ (R為地球半徑)

$$L = 2\pi r = 2\pi (R \cos 45)$$



【範例二：經線長度計算】45°N緯線長度上 · 60°E到110°W兩條經線間的長度L

解： $L = 2\pi R \cos 45 \cdot (60 - (-110)) / 360$

【範例三：兩緯線間之距離】 試求30°N到45°N之間的距離D

解： $D = 2\pi R \cdot ((45-30) / 360)$

【範例四：兩緯線之間面積】 試求30°N到45°N之間的面積A

解： $A = 2\pi R^2 \cdot (\sin 45 - \sin 30)$ ，其中 $2\pi R^2$ 為半球面積。

【範例五：計算地球上兩點之間最短距離及其正方位角】

今航空公司想開發新的從華盛頓 (W) 到莫斯科 (M) 的航線，請問此航線行經兩地間的最短距離為多少公里？及其正方位角為何？若從地球儀上可查出華盛頓位於： $(38^{\circ}50'N, 77^{\circ}00'E)$ ；莫斯科位於 $(55^{\circ}45'N, 37^{\circ}37'W)$ ，且地球半徑R為6400公里。

- 解： 1. 公式中的度數都經轉換為度，原經緯度為六十進位。
 2. 最短距離 D 算出來是以度為單位，轉換為弧度之後乘上R即為所求。

(四) 台灣的投影與座標系統

1. 地形圖座標系統的演進

日據時代初期，為了繪製地籍圖，曾採用台中公園的三角點作為基準點，再分別向四方推進來測繪地圖，這是所謂的舊地籍圖座標。其後，軍方在製作地圖時採用埔里之虎子山三角點為基準座標，並採用1904年國際參考橢球體之參數為地球原子，稱為「1904大地參考座標」。

我國基本地形圖採用橫麥卡托投影（測量界稱橫梅氏投影）來作為投影計算。基於不同精確度的要求，我國先後使用不同的中央經線進行投影計算，因此又產生三種不同的座標系統，分別為：6度分帶、3度分帶、2度分帶等系統。茲分別介紹如下（如圖1-5）：

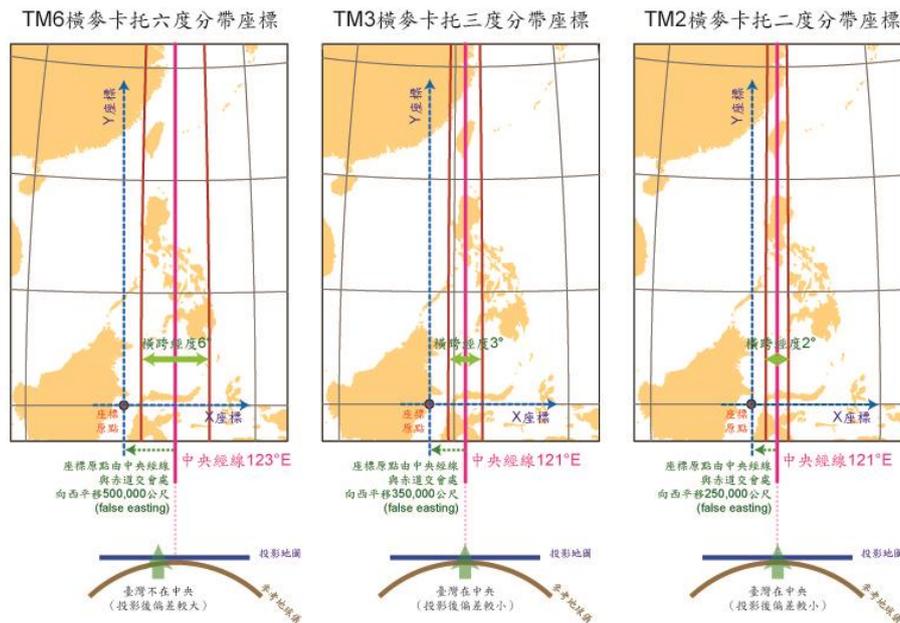


圖1-5：台灣地區投影分帶示意圖

■ 6 度分帶 (UTM座標系統):

這套系統是美國軍方所發展出來的系統，台灣光復之後，國防部為了因應國際聯繫之需要，因此將原有的陸測系統改算為國際橢球體橫麥卡托投影座標系 (Universal Transverse Projection Grid System, 簡稱UTM座標系統)。此套系統每6度緯度為一個帶，全球360經度分成60個帶，涵蓋南北緯80度以內的範圍。適用於小於1/25000比例尺的地圖。台灣本島地區落在第51帶邊緣，以東經123度經線為中央經線，澎湖地區則落在第50帶，以東經117度為中央經線。中央經線的縮尺係數為0.9996，座標原點為中央經線與赤道之交點，橫座標西移500,000 公尺。

■ 3 度分帶:

隨著各項經濟建的蓬勃發展，對地形圖的運用日益增加，精度需求也提高，UTM座標系統漸漸不敷使用，主要原因是台灣本島恰位於第 51 帶邊緣，是投影變形最嚴重的地區，西部平原距離投影的中央經線123°達3度，其投影誤差可達1/2500，為了繪製大比例尺 (1/10000) 地圖，於民國58年將6度分帶之投影改為3度分帶之投影。三度分帶是以東經121度為中央經線，適用於119°至122°，縮尺係數為1，座標原點為中央經線與赤道之交點，橫座標西移350,000公尺，但在台灣西部平原的比例誤差仍過大，因此馬上又有了二度分帶系統。

■ 2度分帶:

民國63年，內政部為辦理地籍重測，以此二系統之精度均有不足，乃邀請專家學者集會協商，決定將測量控制系統改為二度分帶之橫麥卡托投影，於69年適用於大比例尺及地籍測量測圖利用之座標。自民國65年起，委託聯勤測量署將全省三等以上三角點施以檢測，整體平差，其成果於民國69年發佈施行。其中央經線為東經121度，中央經線的縮尺係數為0.9999，座標原點原為中央經線與赤道之交點，為了避免有負座標，因此將橫座標西移250,000公尺。

二度分帶顧名思義是將地表每隔二度切成一個投影帶，因為切割更細，所以誤差也更小 (約1/10000左右)，這套系統亦考慮到地球為一近似橢圓體的事實，整個製圖的基礎乃採用最能真確描述地理位置的「經緯度球面座標系統」，並利用台灣本島南北瘦長，恰好又位於東經120度至122度間狹長「分帶」內的優點，用橫麥卡托投影，規劃適合此一情況的「二度分帶平面座標系統」，以儘量減少地形地物從「地球曲面」投影至「地圖平面」時，讓台灣本島剛好都落在同一投影帶內，避免的變形出入，提高製圖精度。

目前的經建版地圖 (包括二萬五千分之一、五萬分之一及五千分之一) 與DTM (地形數值資料)，都是採用二度分帶TM2座標系統，其差異參考表1-3，在地理資訊系統中欲分析不同的圖資，需特別注意，各圖資必須先轉換成同一個座標系統才能完成正確的處理。

表1-3：台灣本島各種分帶座標系統，使用的參數簡表

座標系統	中央經線 台灣 (澎湖)	東距	縮尺係數	扁平率
6 度分帶(UTM)	123°(117°)	500,000 公尺	0.9996	1/297
3 度分帶(TM3)	121°(118°)	350,000 公尺	1.0000	1/298.25
2 度分帶(TM2)	121°(119°)	250,000 公尺	0.9999	1/298.25

2. 台灣地圖座標系統

■ 何謂TM2？經緯度？

台灣的座標系統分成兩大類，第一種是 TM2，第二種是經緯度座標。TM2 是橫麥卡托二度分帶投影 (Two degree zone Transverse Mercator projection)，座標的顯示方式 X 軸為六位數字，Y 軸會顯示七位數字；通常在兩萬五千分之一的地形圖上，為了註記簡潔方便，會將後三位數字都為「0」的部分省略(下圖虛線框處)；經緯度則是類似地球儀上看到的經緯線刻度，通常會是以度(°)分(')秒(")的方式呈現，其他地方則是有可能會以小數點的方式呈現；以台北為例，X 應該要是 121，Y 應該要是 25 左右(下圖實線框處)。



圖1-6：地圖上座標標示位置

台灣本島地形中央地區大部分為高山，東、西部為人口稠密處，國際上常用的 UTM 投影是屬於水平式的投影，並不適用台灣這種狹長型的地區。為配合台灣地區之要求，將其帶寬縮為二度，並針對台灣地理位置將中央標準經線移至東經 121°，左右各跨一度，中央標準經線比例縮尺為 0.9999。為了整張地圖的易讀性，避免座標有負值，所以將原點向左橫移 25 萬公尺。因此在台灣地區以 TM2 座標系統為基礎的地形圖上，X 軸會有六位數字，七位數字則是代表台灣地區距離赤道的距離，單位則是以「公尺」為主。

■ 何謂TWD67？何謂TWD97？

台灣地區的座標系統，從日治時期開始就已建立。傳統經緯度是以天文觀測及三角測量的方式測得，由於受到地球重力場分布不均勻等因素影響，所測得的經緯度只適用於台灣附近的局部區域。內政部於 1980 年公佈的三角點，就是以這種方式測量。這套座標系統是採用 1967 年的國際地球原子計算，通稱為「TWD67」。衛星定位發明後，對於測量起了至重大變革，不需再透過天文觀測，即可計算地表任何地方的經緯度；不僅精度更高，測得的是適用於全球的一套座標系統，我國亦順應世界潮流予以採用；為了有別於以往的座標系統，把它稱為「TWD97」。兩者一樣是橫麥卡托投影系統，差異在於所採用的橢球基準不同，所以同一個地點在兩套系統中的座標自然就不一樣。TWD67 與 TWD97 所採用之橢球原子與虎子山 (hutzu-shan) 在這兩套座標系統中的座標表列如下：

表 1-4：TWD67 與 TWD97 所採用的地球原子，及虎子山兩套座標系統中的座標表

大地基準 Datum	參考橢球體 Reference spheroid	長半徑 major axis "a"	扁平率 flattening "f"	虎子山 (hu-tzu-shan) 座標		
				經緯度	二度分帶座標 (公尺)	高程 (公尺)
TWD67	GRS67	6378160	1/298.25	120°58' 25.9750"	247342.198	556.451
				23°58' 32.3400"	2652335.851	
TWD97	GRS80	6378137	1/298.257222101	120°58' 55.2886"	248170.787	578.955
				23°58' 25.9486"	2652129.936	

第三版以前的經建版地形圖座標系統仍採用 TWD67 系統，GPS 所測得近似 TWD97 系統；因此若將 GPS 測得的經緯度展點至經建版的地形圖上，會發現有所偏差。兩者差異約有八百多公尺：(中研院已提供許多現成軟體可以進行轉換，以下數值只是其中一組)

$$\text{TWD67 X 軸座標} = \text{TWD97 X 軸座標} - 828 \text{ 公尺}$$

$$\text{TWD67 Y 軸座標} = \text{TWD97 Y 軸座標} + 207 \text{ 公尺}$$

五、延伸閱讀

- ◆ A.H. Robinson et al. (1995) Elements of Cartography by, John Wiley & Sons., 6th edition.
- ◆ Cartography and Understanding Maps
<http://geography.about.com/od/topographicmaps/index.htm>
- ◆ 積丹尼
http://jidanni.org/geo/taiwan_datums/index.html#ellipse
- ◆ 內政部地政司衛星測量中心
<http://www.gps.moi.gov.tw/>
- ◆ 內政部國土測繪中心
<http://www.nlsc.gov.tw/>
- ◆ 中研院/研究支援工具
<http://gis.ascc.net/ISTIS/tools.html>

實習二 地圖投影計算

一、課程介紹

地球是一個圓球體，一般地圖是平面的紙張。球面上的現象不可能完整無誤地攤開成平面。換句話說，地圖投影的過程一定會產生幾何性質的扭曲變形，包括：距離、面積、角度、形狀等，如圖 2-1，南美洲於不同投影方法下呈現的樣子不盡相同，至於哪一個投影是最好的？哪一個是最正確的呢？答案是沒有，至少沒有一個投影是完全正確的。

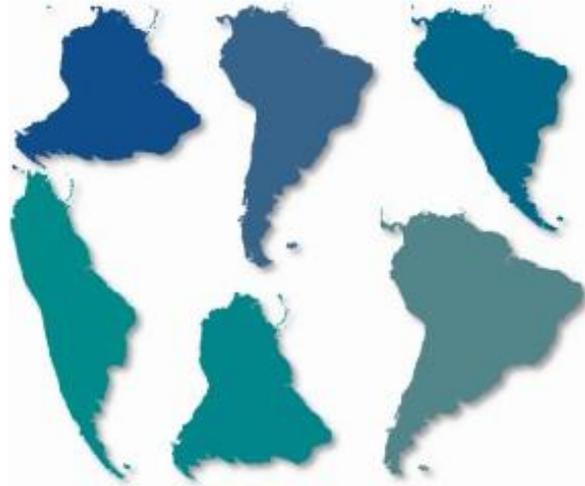


圖 2-1

任何一種地圖投影都只能保留一部份的正確資訊，這種變形在小區域的地圖上並不是十分明顯，但在世界地圖或跨國的區域地圖上，地圖投影所產生的變形變化卻非常顯著，因此使用時須注意地圖投影特性，避免造成錯誤的判讀。此次實習介紹縮尺係數和變形橢圓的概念，藉此認識地圖投影的變形特性，培養同學日後判讀地圖背景資訊的基本能力。

二、實習目的

1. 熟悉縮尺係數概念
2. 瞭解地球投影的各種幾何變形

三、教學資源

工具：工程計算機（同學自備）

四、實習內容

（一）縮尺係數（scale factor）

1. 基本概念

當我們要將球面轉變為平面時，可分為兩個階段：1.將地球縮小成一個已選定比例尺的地球儀；2.將縮小的地球儀轉變為一平面地圖。在第一階段，地球上各點之間的距離或區塊的面積，只經過放大或縮小的改變，在第二階段轉成平面後，則開始有變形與扭曲。所謂的縮尺係

數，定義為地圖上實際比例尺和主比例尺的比例，而要注意的是，圖上每一個地點上的實際比例尺往往不同。以公式表示如下：

$$\text{縮尺係數(SF)} = \frac{\text{實際比例尺}}{\text{主比例尺}}$$

其中各名詞解釋：

- 主比例尺(Principal scale)：地球儀之比例尺 (或標準線上)
- 實際比例尺(Actual scale)：地圖某地方之真正比例尺

2. 實際範例

利用縮尺係數，我們可以得知地圖投影變形的程度。如圖 2-2，在麥卡托投影上我們可以看到不同緯度上的實際比例尺並不相同。在赤道上，長度的比例尺是和地圖所標示的比例尺一致的，然而 60 度緯線的實際長度只有赤道長度的一半，麥卡托投影圖將它繪製成和赤道等長的緯線，所以相對而言，它的實際比例尺被放大兩倍。同理，80 度緯線的長度只有赤道長的 1/6，卻被畫成和赤道一樣長，所以它被放大 6 倍。因此：

- 赤道的縮尺係數 = 1
- 60 度緯線的縮尺係數 = $1/(1/2)=2$
- 80 度緯線上 = $1/(1/6)=6$

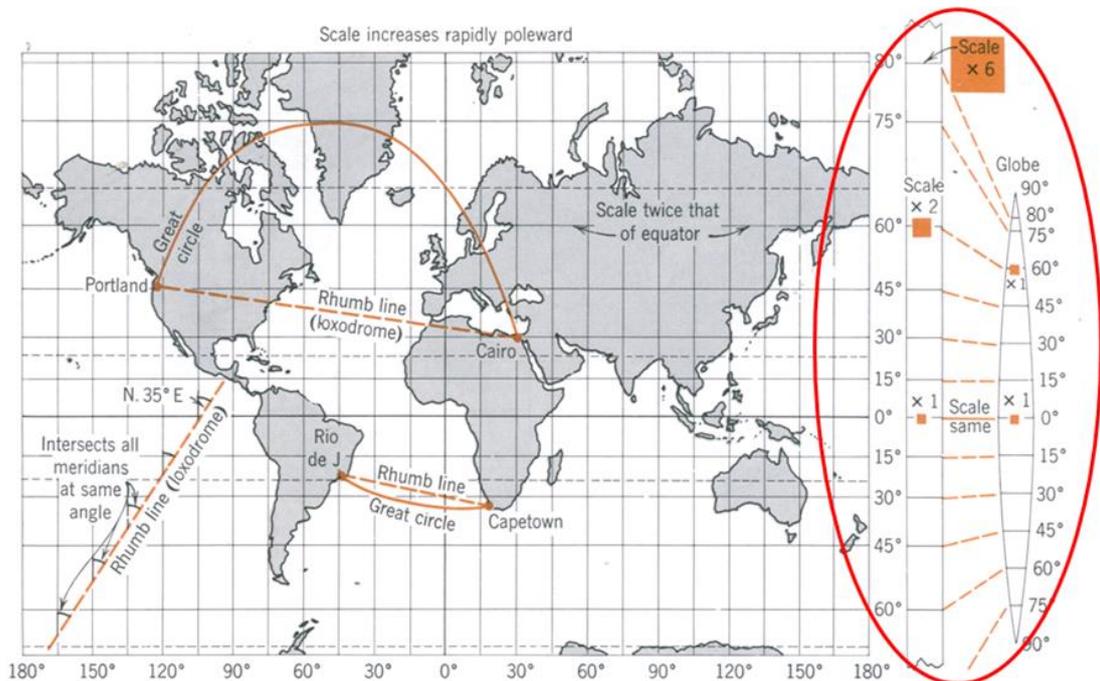


圖 2-2：麥卡托投影上縮尺係數變化示意圖。

(二) 底索指示線 (Tissot's Indicatrix)

1、基本概念

利用縮尺係數，地圖學者進一步提出一種想像的變形橢圓，即為底索指示線 (Tissot's Indicatrix)，是由法國的地圖學家底索 (Tissot) 所提出。我們可以想像在地球儀固定間距的經緯線交點上都放置一個相同大小的小圓，其半徑為 1 單位。經過投影之後，這一個單位圓將會

變成不同的型態的橢圓 (如下圖 2-3)，所以稱之為變形橢圓。我們可以看到不同投影在不同地點上，這些變形橢圓的型態不一。

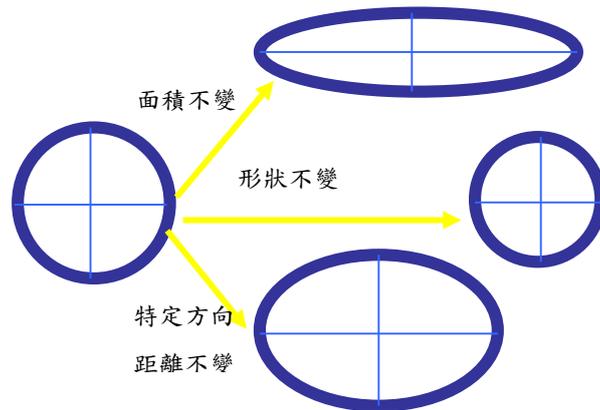


圖 2-3：投影方法的幾何變形

而底索指示線是由三個指標來表示地圖上各點的變形程度：

- **a**：principle direction 上的長軸長度；
- **b**：principle direction 上的短軸長度；
- Ω ：變形角 ($0 < \text{角度} < 2\Omega$)

需要注意的是，底索指示線（變形橢圓）僅能代表圓心那一點的變形量，而這一個點是在地圖上無限小的一點。圓在經過投影後，不同的投影法、不同的位置都會使圓產生變形。

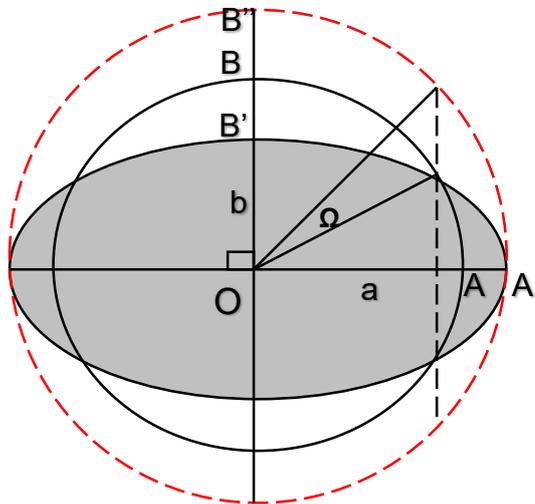


圖 2-4：底索指示線（變形橢圓）示意。黑線圓可假設為半徑為 $a=b=1$ 的小圓，灰色橢圓以及紅色虛線的大圓都是經過某種程度變形的結果。灰色橢圓是面積不變，角度改變，是為等積 (equal-area)；紅色虛線的大圓角度不變，面積改變，是為等角 (conformal)。

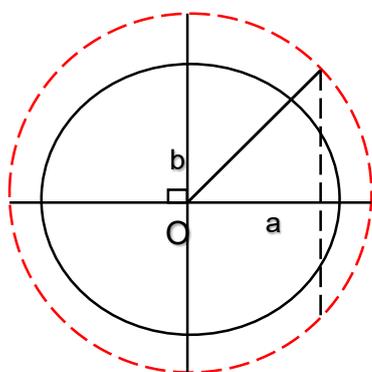
(三) 投影分類 (依據幾何性質分)

經過投影之後，地球儀上的幾何特性無法完整地保留在平面地圖上，必將有一部份受到扭曲。根據地圖上的幾何特性，投影方法可以分成三大類，分別是：等角 (conformal)、等積

(equal-area) 與折衷 (compromised) 投影。表 3-1 為三種幾何變形投影的綜合整理。

1. 等角投影：

變形橢圓都是正圓，各個方向的縮尺係數都一樣，亦即 $a=b$ ，在這種情形下，地表上任何一個地點上的兩條線交角，在投影之後將保持原角度。



$$a = b \text{ , 但 } a、b \neq 1$$

$\Omega = 0$ (故維持角度正確) 指示線皆為正圓。

* 所謂角度正確是指從圓心 O 點 (是標準地球儀上無限小的一點) 出發的各方向角度皆正確，但並不說明在標準地球儀上的任兩點之間角度皆維持正確。

例如，下圖 2-5 中每一個變形橢圓都維持正圓，顯示同一個點上各個方向的縮尺係數都一樣，亦即小圓中的長短軸半徑相同，這種投影即是以往所謂的正形投影，目前學界則開始使用「等角投影」稱之。早期之所以被稱為正形，是因為他在一個非常小的範圍內，各個方向的縮尺係數相同、形狀扭曲較小。

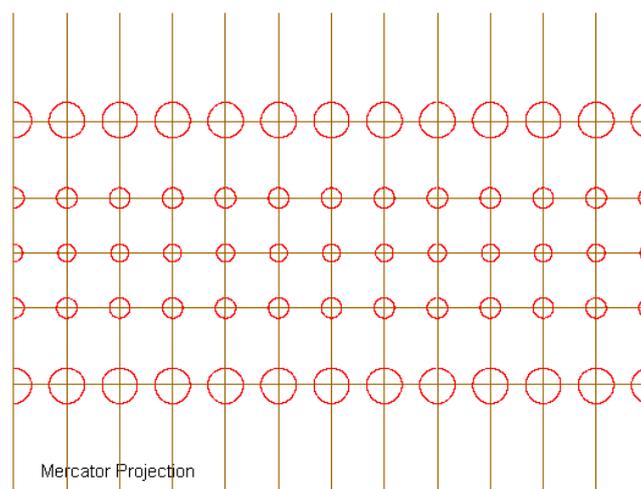
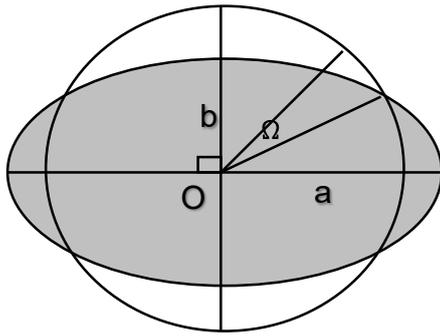


圖 2-5：麥卡托投影 (等角投影) 的變形橢圓

2. 等積投影：

在等積投影所得的地圖上，任何地點的底索指示線面積都相同，為了要達到這一個目的，底索指示線的長短軸不等長，呈現橢圓形，但 $ab = 1$ 。等積投影一定不是一個等角投影，亦即其角度將有顯著變形。



$ab = 1$ ，但 $a \neq b$

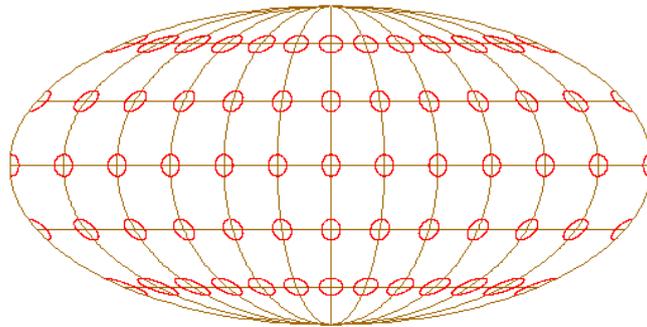
(假設底索指示線的 $a=b=1$)

$\Omega \neq 0$

指示線成等積的不同橢圓，這裡的等積指得是與原指示線的面積相同。

* 變形越大， Ω 越大。(最大的變形角為 2Ω)。

例如在下圖 2-6 的投影圖上，我們發現每一個小圓的面積都一樣大，亦即投影之後的面積都一樣大。在等積投影中，如果一個方向的縮尺係數放大、另一個方向就必須是成反比的縮小，以維持面積的正確比例。

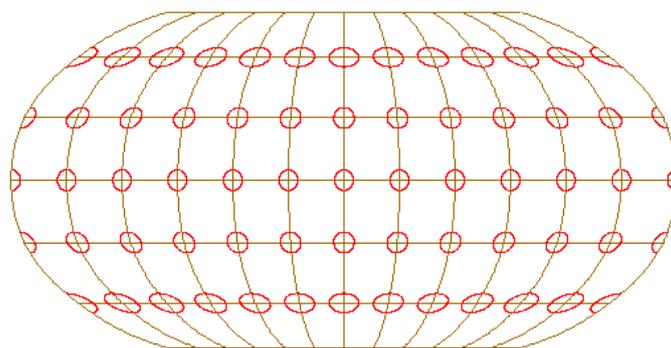


Mollweide Projection

圖 2-6：莫爾威投影 (等積投影) 的變形橢圓

3. 折衷投影：

針對上述兩種投影彼此間存有互斥的變形特性，有些投影方法是屬於折衷的投影，既非等角又非等積，但是其角度變形小於等積投影的角度變形量，而面積的變化又小於等角投影的面積變化量。許多現在常見的世界地圖即使用這一類的投影繪製 (如下圖 2-7 的羅賓遜投影)。



Robinson Projection

圖 2-7：羅賓遜投影 (折衷投影) 的變形橢圓

等角、等積以及折衷三種投影的幾何特性整理如下表 2-1

表 2-1：幾何變形投影特性

特性	等角投影	等積投影	折衷投影
變形橢圓	每一個都是正圓， $a=b$	每一個圓面積維持單位圓面積，亦即 $ab=1$ ，但 $a \neq b$	每一個橢圓既非正圓，面積也不相等。 $a \neq b, ab \neq 1$
縮尺係數	同一點上，各個方向的縮尺係數都一樣	同一點上各個方向的縮尺係數不同	同一點上各個方向的縮尺係數不同
幾何特性	任一點上的任何兩條線交角不會改變。小範圍上，各個方向的變形量一樣 (故又稱正形)，然面積變形通常很顯著。	任何一塊面積在投影後都不會改變。角度變形明顯，經緯線交角的變化是一參考指標。	角度和面積都有扭曲，然而都不嚴重。可以兼顧角度和面積的特性保存。
適用情形	大比例尺地形圖，如台灣地形圖。	點子圖或用以比較面積大小的圖。	一般的世界地圖。
典型範例	麥卡托投影(Mercator) 蘭勃特圓錐投影 (Lambert Conic) 球面方位投影 (Azimuthal Stereographic)	莫爾威投影(Molleweide) 正弦投影(Sinusoidal)	羅賓遜投影 (Robinson)

(四) 簡易閱讀範例

回歸地圖使用目的，一般使用者若能瞭解距離、面積變化情形，其實也就能大致掌握地圖資訊。要進行這些判斷，其實我們可以利用緯線的長度和間距來進行判斷。在地球儀上，所有的緯線都是平行、且相同的度數差具有相同間距；赤道是所有緯線之中唯一的大圓線，其他緯線的長度都是由赤道向極地漸短；60度緯線長度是赤道的一半。利用這兩種特性，我們其實可以大致判斷出所有投影的特性。僅以下列四個範例介紹這種簡易判斷。

1. 方格投影 (圖 2-8)

每一條緯線都一樣長，顯然每一條緯線的縮尺係數不一($a \neq 1$)，相對的緯線間距相同，顯示經線長度 (或南北向) 的縮尺係數相同，且是正確的 ($b=1$)。此投影並非等角 (因為 $a \neq b$)，也非等積 ($ab \neq 1$)。

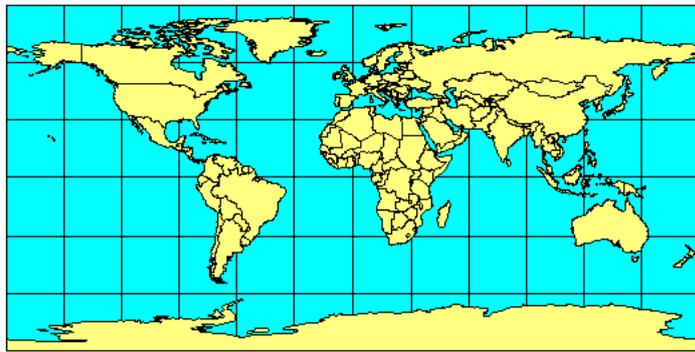


圖 2-8：Plate Carree 方格投影

2. 麥卡托投影 (圖 2-9)

每一條緯線都一樣長，顯然每一條緯線的縮尺係數不一($a \neq 1$)，相對的緯線間距也往高緯逐漸放大，顯示經線長度 (或南北向) 的縮尺係數和東西向的縮尺係數同時放大，極有可能是 ($a=b$)，所以也就很有可能是等角投影。

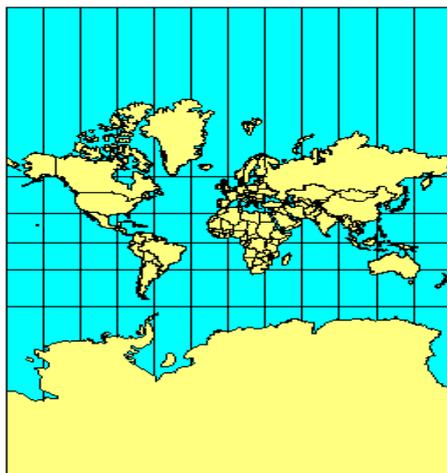


圖 2-9：麥卡托投影

3. 正弦投影 (圖2-10)

緯線長度由赤道往兩極漸短，北極為一個點，顯示緯線長度維持正確比例，同時緯線間距相同，顯示經線長度（或南北向）的縮尺係數相同，且是正確的，所以此投影為等積（ $ab = 1$ ）。

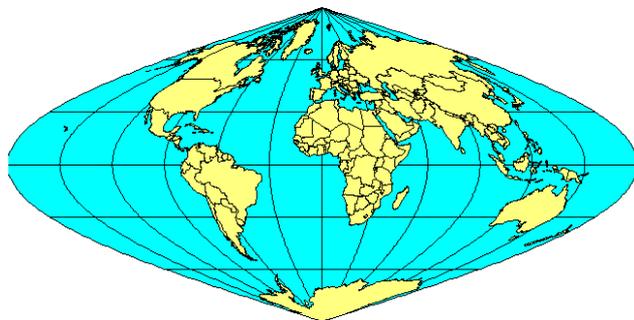


圖 2-10：正弦投影

4. 圓柱等積投影 (圖 2-11)

每一條緯線都一樣長，顯然每一條緯線的縮尺係數不一（ $a \neq 1$ ），越到高緯越大，相對的越往高緯地區的緯線間距漸小，顯示經線長度（或南北向）的縮尺係數在減小，放大和減小的情形成反比（ $ab=1$ ），所以此為等積投影。

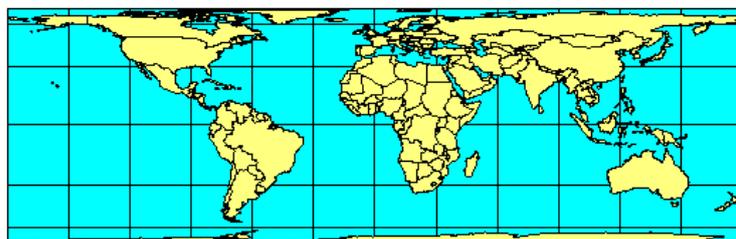


圖 2-11：等積投影。

五、延伸閱讀及參考資料

- Cartography
<http://www.3dsoftware.com/Cartography/>
- Interactive Album of Map Projections
<http://projections.mgis.psu.edu/>
- Micro CAM 繪圖軟體
<http://www.csiss.org/map-projections/microcam/index.html>

實習三 ArcMap 投影地圖製作

一、課程介紹

此次實習將教同學利用 ArcMap 來繪製投影地圖，以及設定、轉換台灣適用的 TM2 投影系統，希望同學在繪圖的過程中透過地圖的呈現瞭解各種投影的特色與異同。

二、實習目的

- (一) 透過投影計算，熟悉主要投影方法的特性。
- (二) ArcMap 操作學習與投影地圖製作
- (三) 透過坐標設定與轉換的過程，認識現行台灣 TM2 度坐標系統的意義與投影特性。

三、教學資源

ArcMap、相關圖資、工程計算機。

四、重要概念：投影方法介紹

1、圓錐投影 (Conic projection)

圓錐投影是將投影面捲成圓錐狀套在地球儀上，把經緯線投影在圖紙上，展開得之。以圓錐體的軸線與地球儀之地軸相對關係，圓錐投影可分為正軸、橫軸及斜軸圓錐投影。通常以極方位正軸等距圓錐投影 (如右圖) 最常用。



- 標準緯線就是投影面與地球儀的切線或割線，是圖上某特定緯線 (但非大圓弧線)。
 - 標準緯線為圖上最正確的線，其他地區的變形量從標準緯線向兩側變形，距離越遠，變形越大，如：錐體頂端及扇緣變形極大。
 - 地圖展開為扇形，弧度與切割狀況有關。
 - 適合畫中緯度 (溫帶) 地區的地圖。
- 等距圓錐投影 (Equidistant Conic projection) 又稱為簡單圓錐投影，常用在繪製小的國家，過去，前蘇聯也曾用來繪製國家地圖。
- 分類：圓錐投影，非等角也非等積。
 - 幾何特性：(作法參照上課 ppt)
 - ✓ 圓錐常數 (C) = $\sin \theta$ (θ 為標準緯線的緯度)
 - ✓ 繪圖半徑 (r) = $R \cot \theta$
 - ✓ 圓錐角計算： $360C$ (C 為圓錐常數)
 - 特徵：
 - ✓ 緯線是一條條的曲線，其間距相等 (為地球儀上實際間距比例)；
 - ✓ 標準緯線附近的變形最小，向兩側變大；

- ✓ 同一條緯線上，經線間距相等，經線會匯集在一點上，那點通常是極點更遠處；
- ✓ 北極為一條曲線，彎曲程度與其他緯線相同。

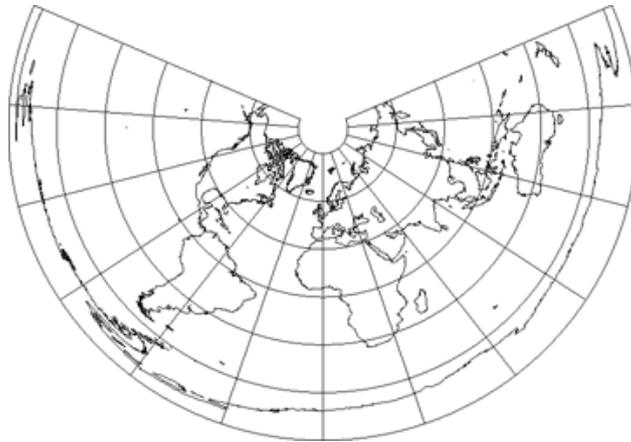


圖 4-1：等距圓錐投影圖（30 度緯線間距）

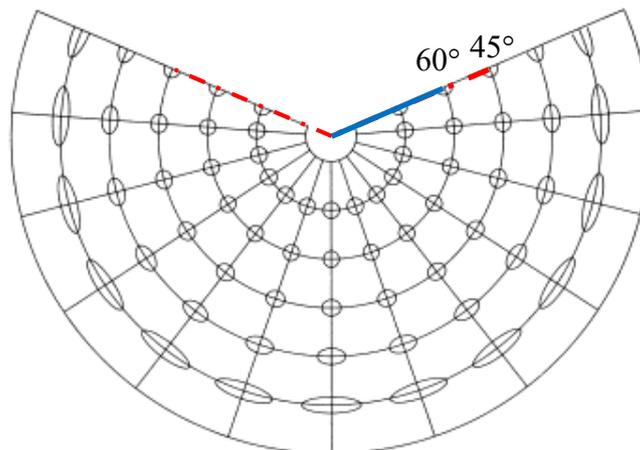


圖 4-2：等距圓錐投影之底索指示線（30 度緯線間距）

- 計算範例：以北緯 60 度緯線為標準線之等距圓錐投影
 - ✓ 圓錐常數 $C = \sin 60$
 - ✓ 繪圖半徑 $r = R \cot 60$
 - ✓ 圓錐角 θ 的計算： $360 C = 360 \sin 60$

* 在等距圓錐投影圖上的每一條緯線間距與實際地球儀上的相等。

2、方位投影 (Azimuthal projections)

方位投影是將平面圖紙相切在球面的某一點，投影後，圖上的每一點對於此切點而言，方位都是正確的，因此稱為「正方位投影」。平面圖與地球儀相切時，若平面與地軸垂直，切於兩極的稱作為「極方位投影」，若成斜交，則為「斜軸任意方位投影」。這裡要注意的是：

- 只有中心所向的方向才是正確的。

- 正方位投影圖圍繞著切點是對稱的，比例尺的改變從中心向所有方向是一樣的。

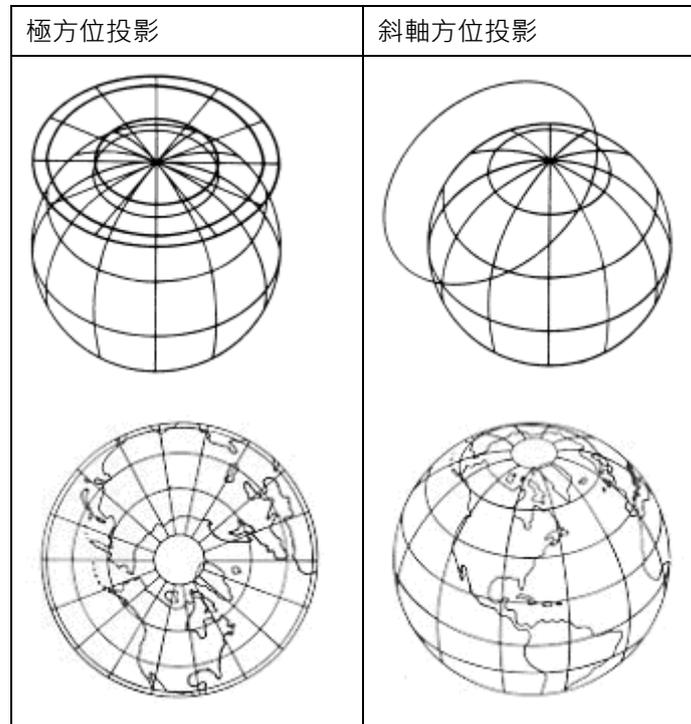


圖 4-3：圖紙與地球儀相切之方位投影示意圖

- 適合用於圓形區域，而不特別著重其一個方向的地圖。
因切點、光源或製圖者之特殊需求不同，極方位投影還可分為五大種類，如圖 6-4 所示，在這五種投影中，經線及其間距都與地球儀上分佈相同，唯一不同的部分是各投影的緯線間距分佈情形，例如：極方位正射投影 (Orthographic) 的緯線越到高緯越壓縮，等距方位投影 (Equidistant) 的緯線等距。

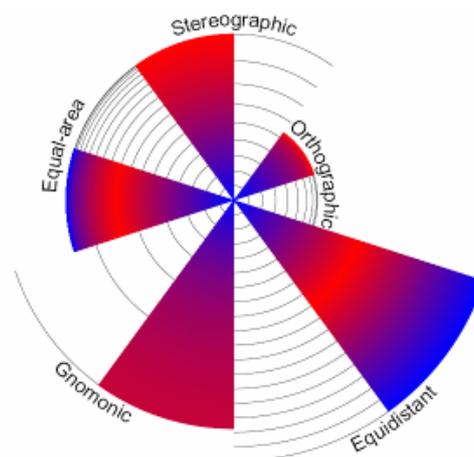


圖 4-4：各極方位投影之緯線分佈特性

(1) 極方位日晷投影 (Azimuthal Gnomonic projection)

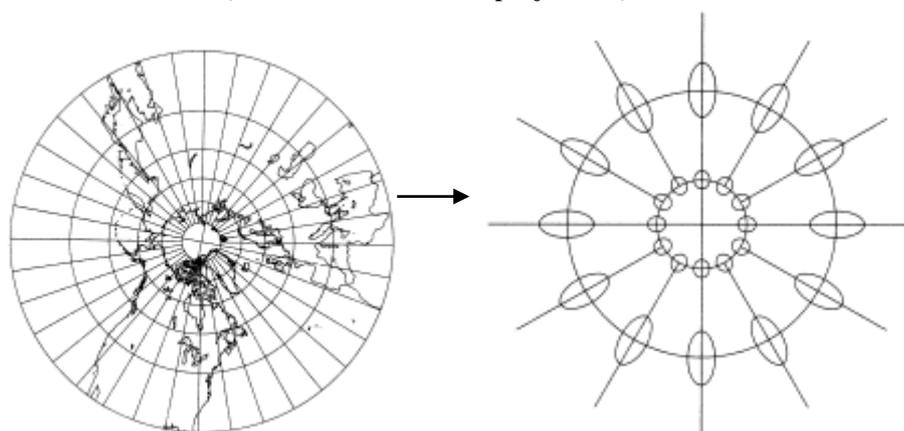


圖 4-5：日晷投影與其底索指示線

- 分類：光學投影，心射投影法 (光源在球心)
- 特徵：
 - ✓ 大圓線是直線
 - ✓ 常與麥卡托投影 (恆向線為直線) 互相搭配使用。
 - ✓ 離極圈距離越遠，變形情況越大，通常只適合做極區之小範圍地圖。
 - ✓ 各緯線之繪圖半徑 $r = R \cot \theta$ (θ 為緯度)

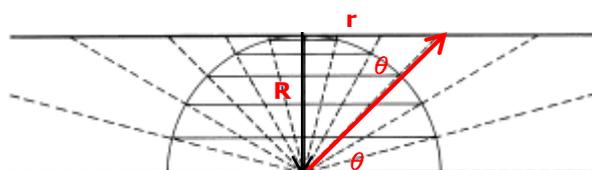


圖 4-6：心射投影法 (光源在球心，標準面切於北極)

(2) 極方位正射投影 (Azimuthal Orthographic projection)

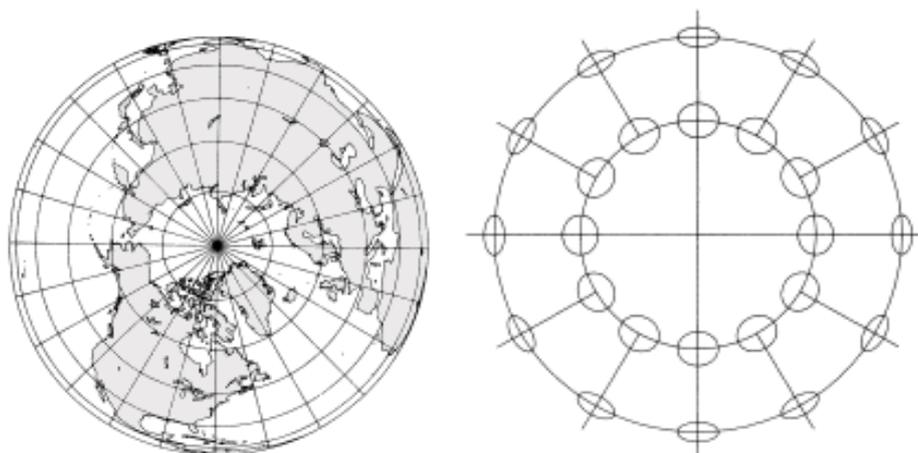


圖 4-7：方位正射投影與其底索指示線

- 分類：光學投影，正射投影法（光源在無線遠處）
- 特徵：
 - ✓ 可以赤道為最大範圍的半球
 - ✓ 越近極區越正確，越向赤道變形越嚴重
 - ✓ 各緯線之繪圖半徑 $r = R\cos\theta$ （ θ 為緯度）

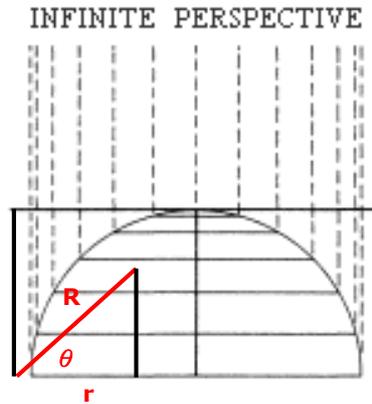


圖 4-8：正射投影法（光源在無線遠處，標準面切於北極）

(3) 等距方位投影（Azimuthal Equidistant projection）

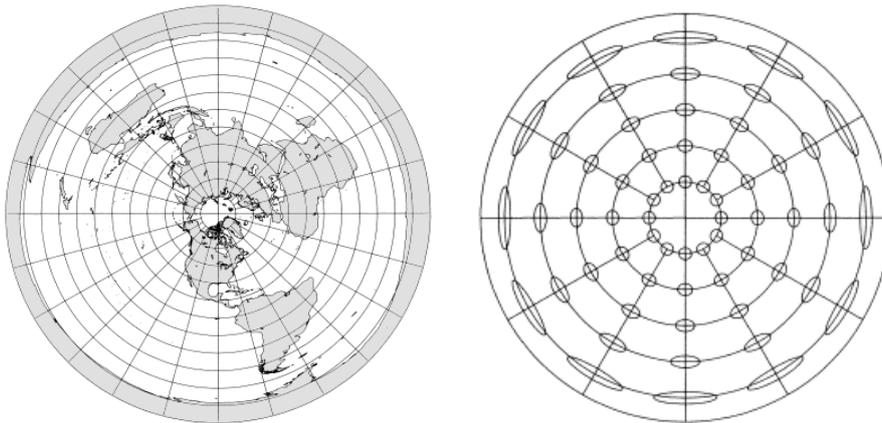


圖 4-9：等距方位投影與其底索指示線

- 分類：等距投影
- 特徵：
 - ✓ 自中心輻射的各方位直線比例尺不變，因此每一個地點與中心的相對位置和距離，保持不變。
 - ✓ 可以表示全球。
 - ✓ 最外圍其實是一個點，是中心點的對蹠點。
 - ✓ 各緯線之繪圖半徑 $r = 2R\pi(90-\theta)/360$ （ θ 為緯度）

(4) 極方位等積投影（Azimuthal Equal-area projection）

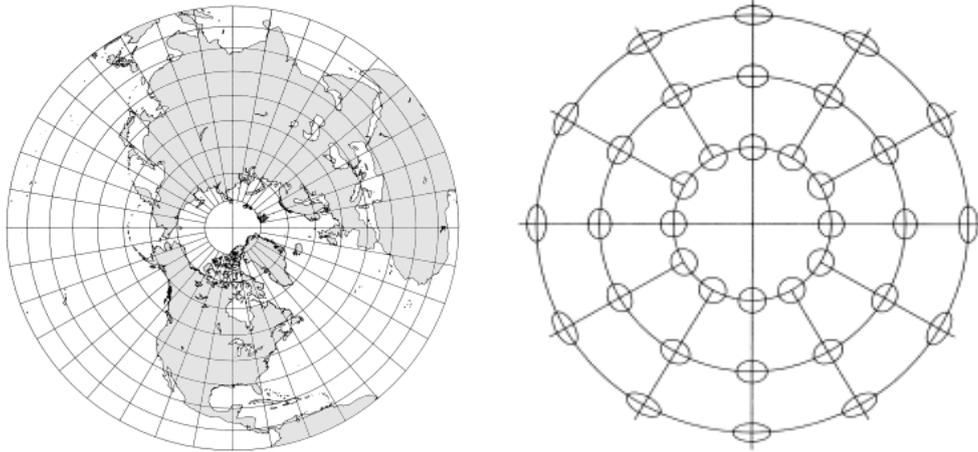


圖 4-10：Lambert 正方位等積投影及其底索指示線

- 分類：等積投影

- 特徵：

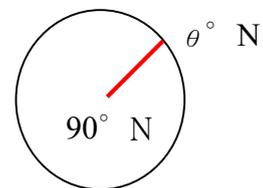
✓ 適合正方形區域

✓ 各緯線之繪圖半徑 $r = \sqrt{(2R^2(\sin 90 - \sin \theta))}$

(θ 為該緯線緯度，等積範圍從極點到該緯度)

✓ 因為等積，所以圖上 $\theta \sim 90^\circ N$ 的面積 = 實際 $\theta \sim 90^\circ N$ 面積，即 $2\pi R^2 (\sin 90 - \sin \theta) = \pi r^2$

所以各緯線之繪圖半徑 $r = \sqrt{(2R^2(\sin 90 - \sin \theta))}$



(5) 極方位球面投影 (Azimuthal Stereographic projection)

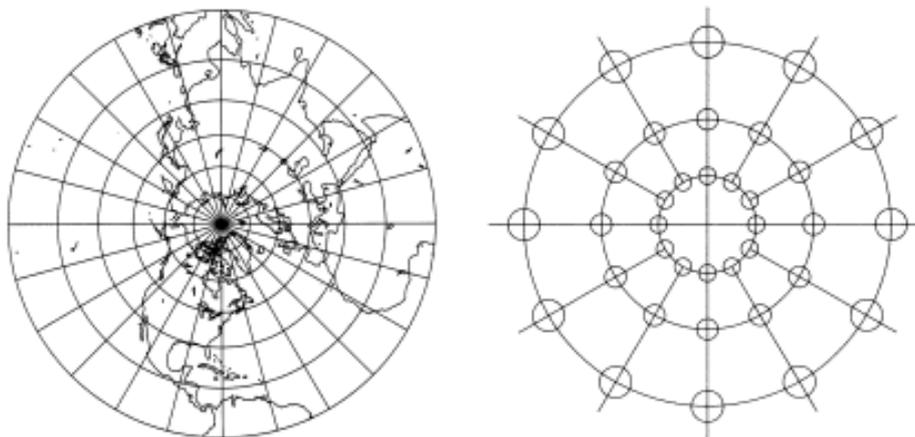


圖 4-11：球面方位投影及其底索指示線

- 分類：等角投影，平射投影法(光源在直徑底端)

- 特徵：

✓ 適合正方形的區域或大陸的一部份

✓ 地球上所有的圓圈在平射投影上仍然保持圓圈，因此適用於繪製放射狀

現象的範圍，多用於高緯地帶的航行。

- ✓ 各緯線之繪圖半徑 $r = 2R \tan[(90-\theta)/2]$ (θ 為緯度)

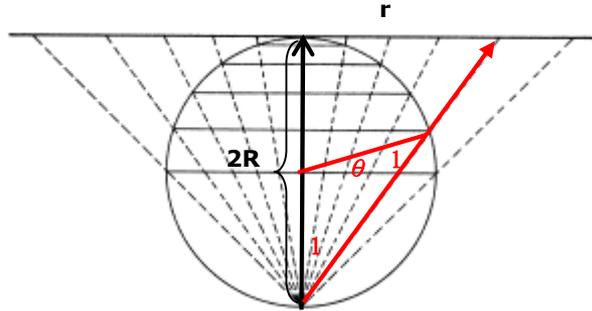


圖 4-12：平射投影法（光源在直徑底端，標準面切於北極）

$$\therefore \angle 1 = [180-(90+\theta)]/2 = (90-\theta)/2$$

$$\therefore r = 2R \tan[(90-\theta)/2]$$

■ 五、實作部分

- 實習圖資：國家邊界 (*countries.shp*)、經緯格線 (*world_grid.shp*)
- 預期成果：

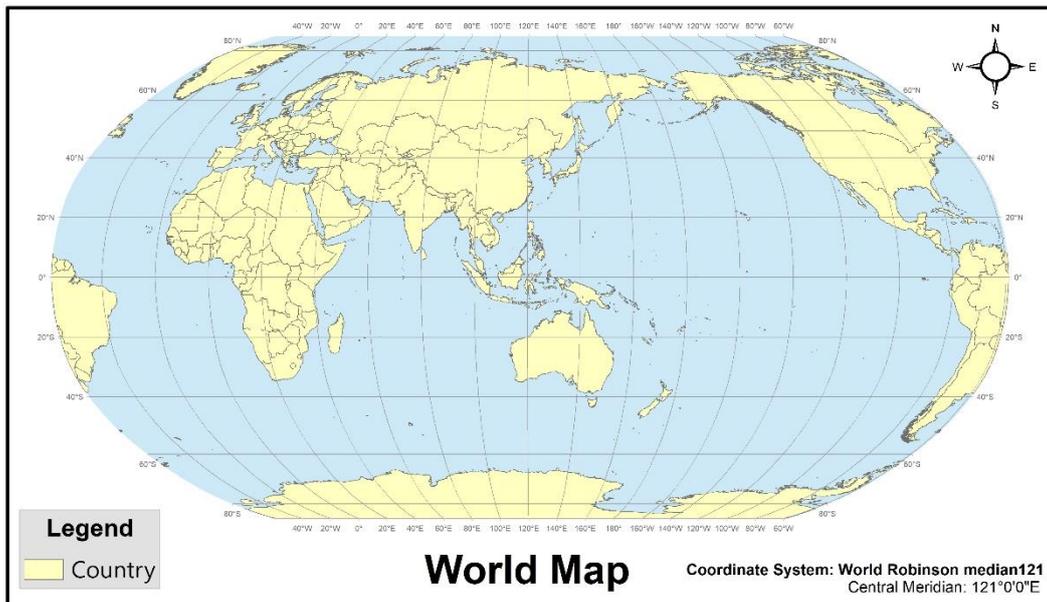
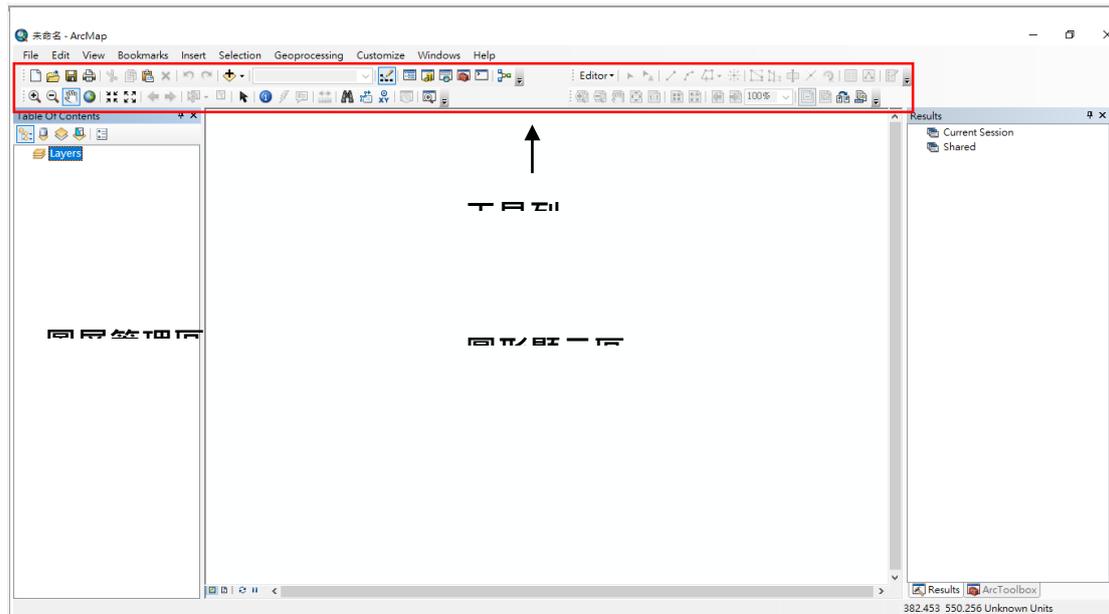


圖 4-13：實習預期成果

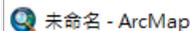
(一) 製作投影地圖

【系統介紹】開啟之後，主畫面含標準視窗介面包括：



① 主功能表 (Main menu) :

主功能表是固定的，不能移動，也不能增減項目，包含 File、Edit、View、Insert、Selection、Tools、Windows、Help 功能。



② 工具列 (Toolbar) :

又分作標準工具列以及工具工具列。標準工具列為基本的軟體操作功能，例如開新檔案、新增圖層；工具工具列則可依使用者需求，將其顯示現或隱藏，並可排列在自己喜歡的位置。主要方法有二：

- 方法 1：從主功能表中的「View / Toolbars」選擇
- 方法 2：在工具列空白處按右鍵選擇。

「Standard」和「Tools」皆是最常使用的工具列，後者包含圖形顯示範圍控制、地物的選取與查詢、距離量測及超連結等功能。

③ 資料索引區 (Table Of Contents · TOC) :

在 TOC 中可顯示加入的資料名稱、來源、圖例等資訊及所屬的資料集，並可控制圖層展示的順序與其顯示與否。

④ 圖形顯示區 (Map display area) :

包括資料畫面(Data View)與排版畫面 (Layout View)，用來展示載入的圖層、屬性表、及文字式的詮釋資料。

⑤ 狀態列 (Status Bar) :

可顯現目前游標的位置 (地圖單位)。

在 ArcGIS 中，設定投影的方式有兩大類，一種僅供地圖展示 (即本次實習所教的內容)，設定 Data frames 的 coordinate systems 後，所有加入此 data frame 的圖層都會被即時轉換(on the fly)、繪製成該投影的樣子；另一種是定義個別圖層，定義圖層的座標系統後，可以進一步的對

圖層作許多幾何計算與套疊分析。ArcGIS 目前有很多的投影參數提供我們去選擇；有的投影我們可進一步更改它的投影基準參數。其中有我們耳熟能詳的麥卡托投影(Mercator)、莫爾威投影(Mollweide)、彭納投影(Bonne)、羅賓遜投影(Robinson)、正弦投影(Sinusoidal)等。

1. 點選標準工具列上的[Add data]工具，將圖層加入 ArcMap 中。

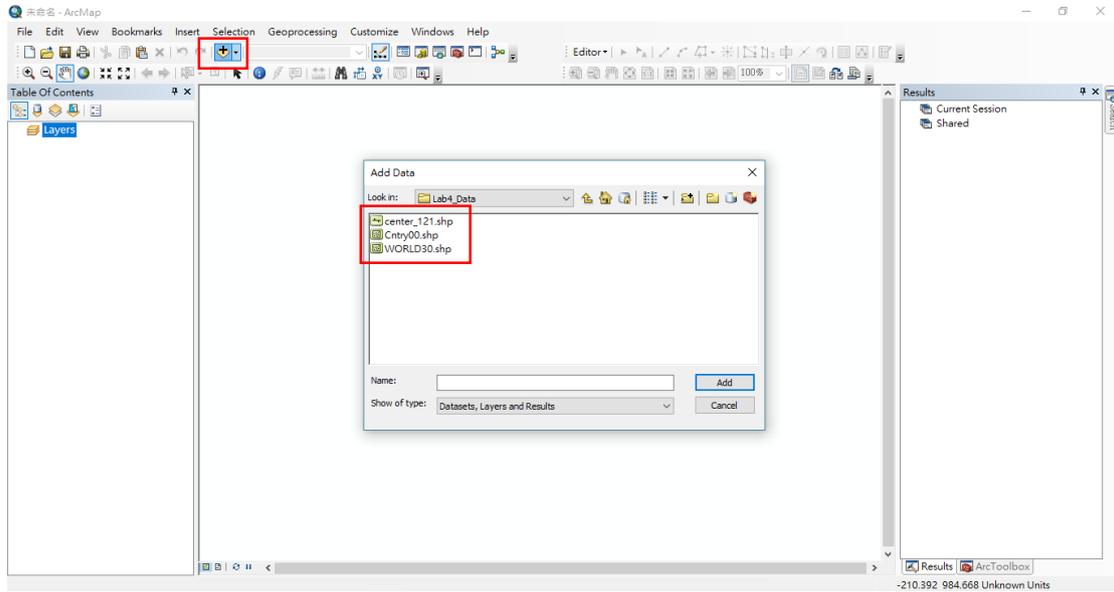


圖 4-14：加入圖層步驟。

2. 以拖曳方式調整圖層順序。

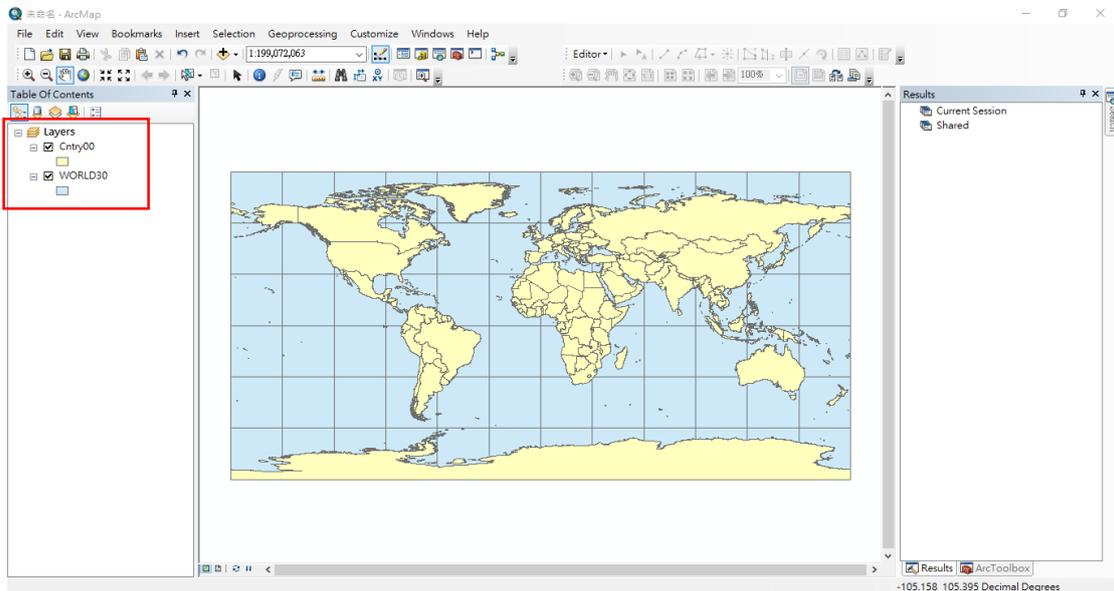


圖 4-15：圖層順序調整後。

3. 對圖層下方的面符號，按滑鼠左鍵一下，可直接更改面符號的樣式，或對圖層按右鍵選 [Properties]→[Symbology] →[Features] →[Single symbol]，在這裡我們可以更改圖層的顯示設定。

- 按[Symbol]鈕，可在 Symbol selector 對話框中依序更改符號的顏色及大小。[Category]下拉選單可依符號類別來選擇符號，接著只要點選想要使用的符號，在[Options]更改[Color]、[Size]、[Angel]即可。

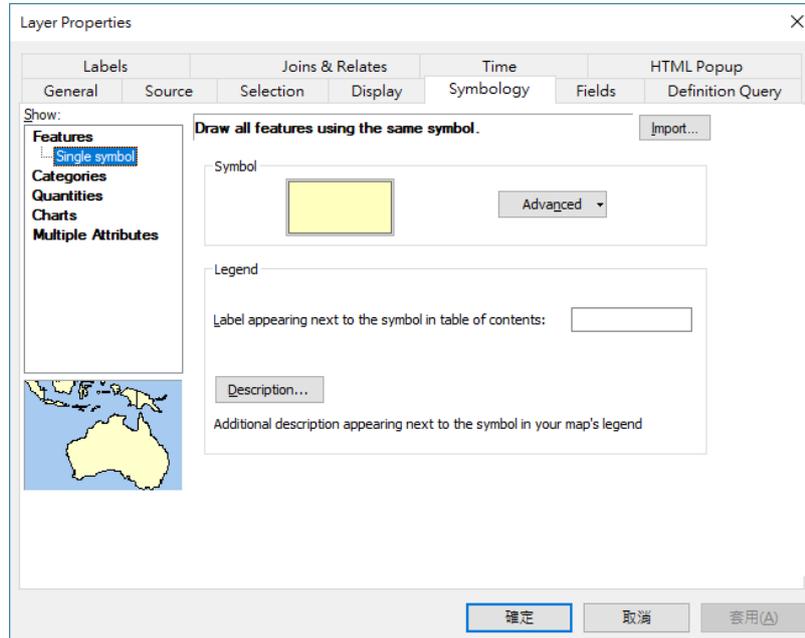


圖 4-16：Layer Properties (Symbology)

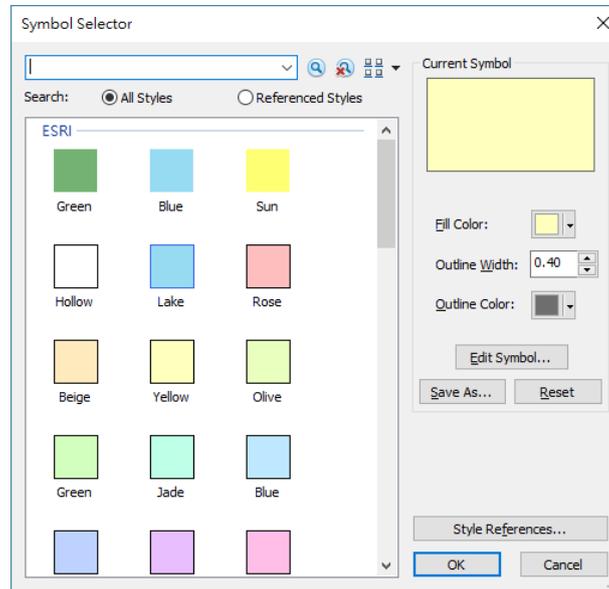


圖 4-17：設定圖層顏色。

- 接著我們要針對「Map」設定投影展現方式，因此於對[Layers]按下右鍵，點選[Properties]。(*注意！凡是要設定所有 Layers 的共同特性，例如要 display 一樣的坐標系統、地圖單位) 都要到 Data Frame (Layers) 的 Properties 設定，單一圖層的 coordinate system 需要在 ArcCatalog 中設定或是利用 Arctools box 中的 define projection 工具來定義個

別圖層的 coordinate system) 在 Data Frame Properties 對話框中切換到「Coordinate System」頁籤。

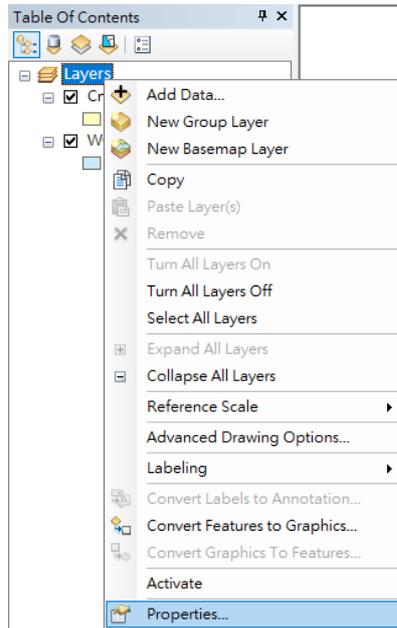


圖 4-18：Data frame(Layers) Properties 設定。

6. 在左下方 Select a coordinate system 功能區依序點選[Predefined]→[Projected Coordinate Systems] →[World]資料夾，裡面放著各種適合展示世界的投影方法，我們將以 Robinson 投影作為示範。

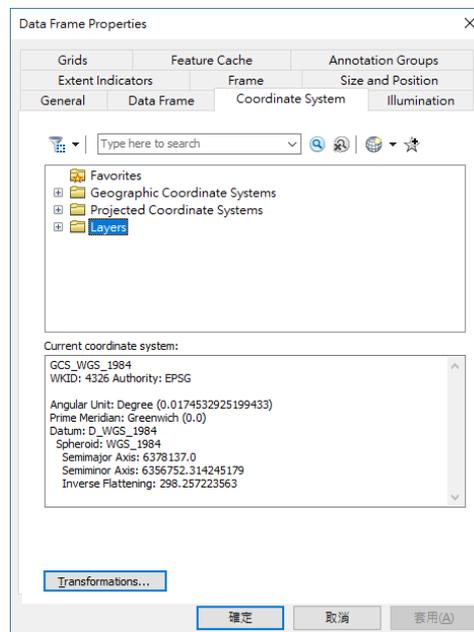


圖 4-19：選擇投影資料夾。

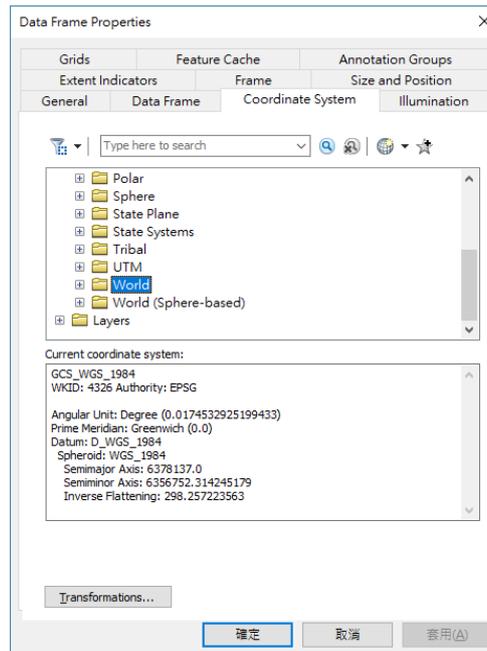


圖 4-20：World 資料夾內有許多適合展示世界地圖的投影方法。

7. 選擇[Robinson(World)]，按[確定]。投影圖會在呈現在圖形顯示區內。

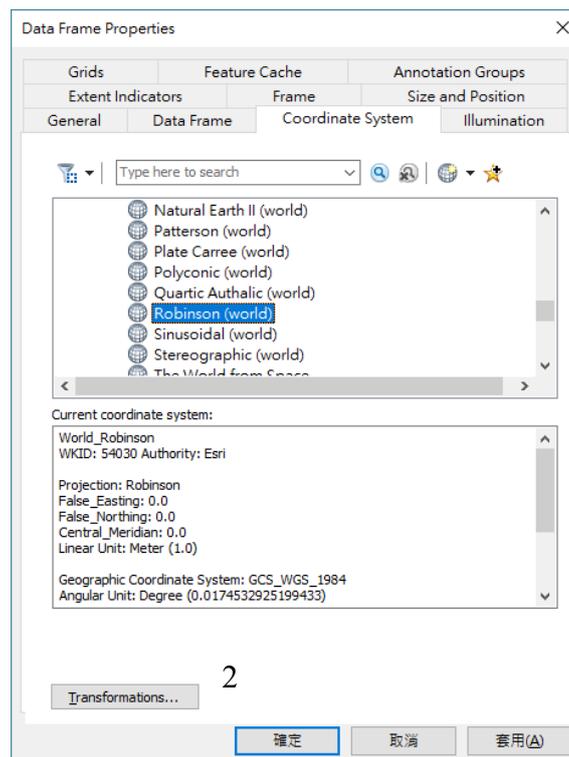


圖 4-21：選擇 Robinson 投影方法。

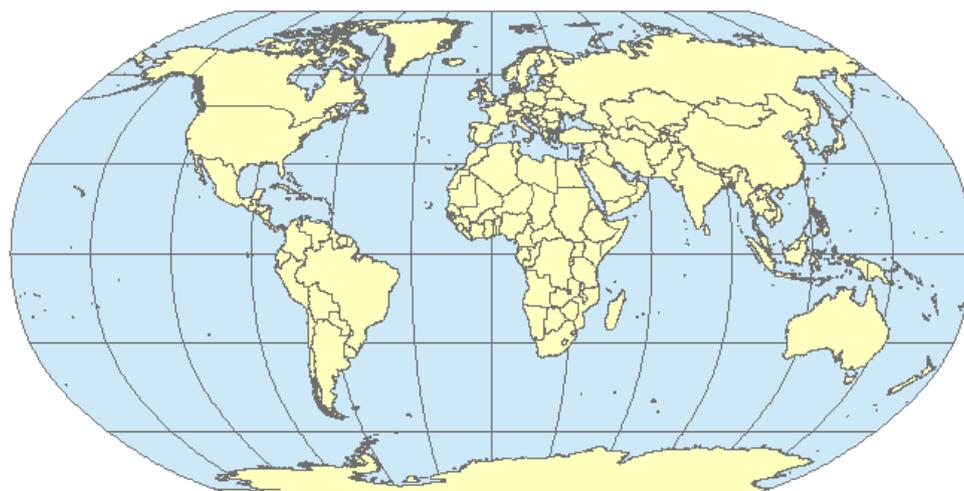


圖 4-22：Robinson 投影。

8. 接著更改 Robinson 投影的參數。對 [Layers] 按右鍵選 [Properties]，在 Data Frame Properties 視窗中，選擇特定的投影方式按右鍵的 [Copy and Modify]，來修正該投影的參數。
9. 在 Projected Coordinate System Properties 對話框中，更改投影名稱[Name]，[Projection]中有既定的投影及其參數；下方[Geographic Coordinate System]則是橢球體的描述。在參數的部分，不同的投影會有不同的參數可以選擇；以 Robinson 為例，其中的 False_Easting、False_Northing 是假東與假北，座標偏移值使用；而 Central_Meridian 則是中央經線。

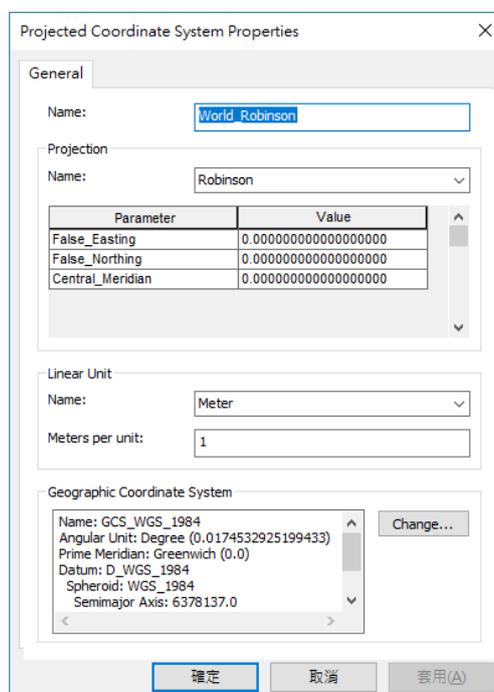


圖 4-23：Modify 畫面。

將[Central_Meridian]設定為「121°」，則是以臺灣為中心；相反的，如果要以美國為中心，我們

可以設定為「-60°」。

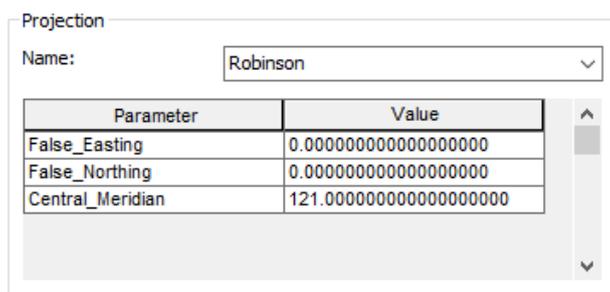


圖 4-24：設定中央經線為 121。

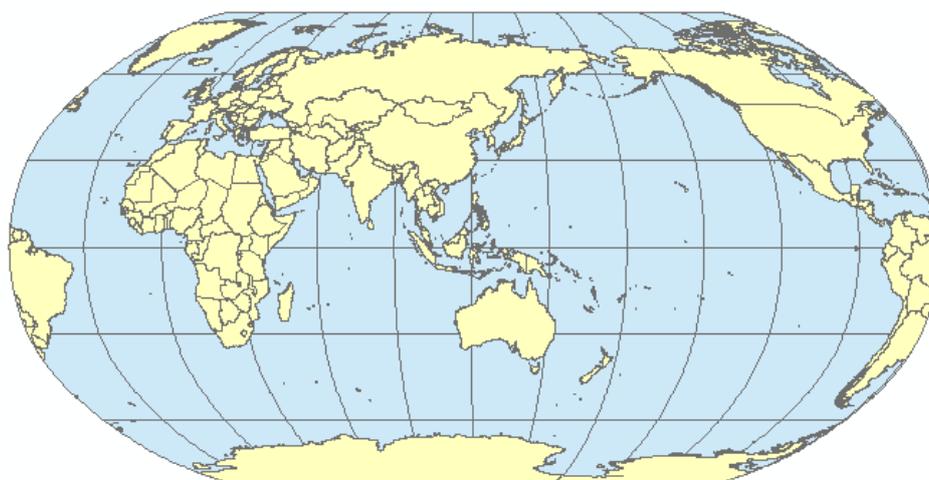


圖 4-25：更改中央經線後的結果。

10. 將資料展示區從[Data View]切換成[Layout View]。從主功能列的[File]下拉選單選擇 [Page and Print setup]來設定輸出地圖大小與排列方式。

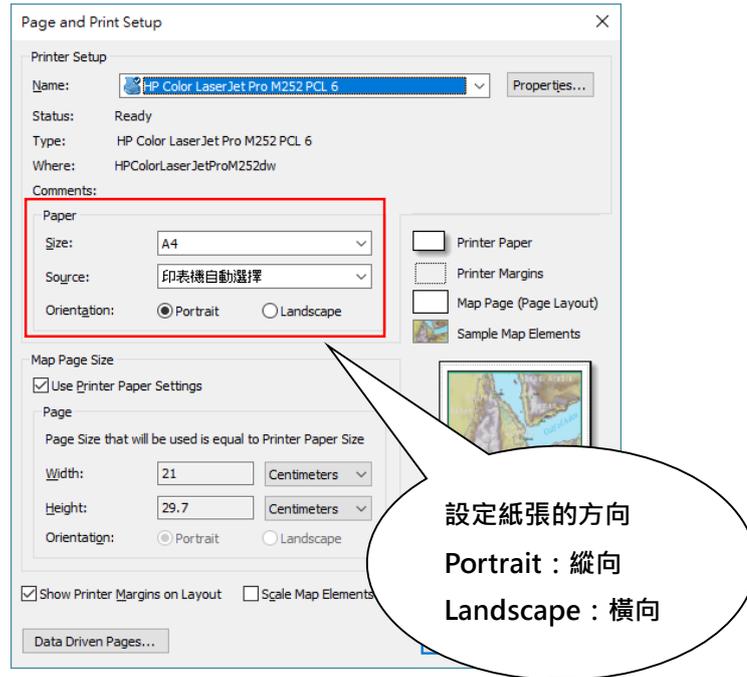


圖 4-26：設定紙張大小及方向。

11. 接著對圖框按右鍵選[Distribute]→[Fit to Margins]，調整圖框，使之與紙張邊界吻合。

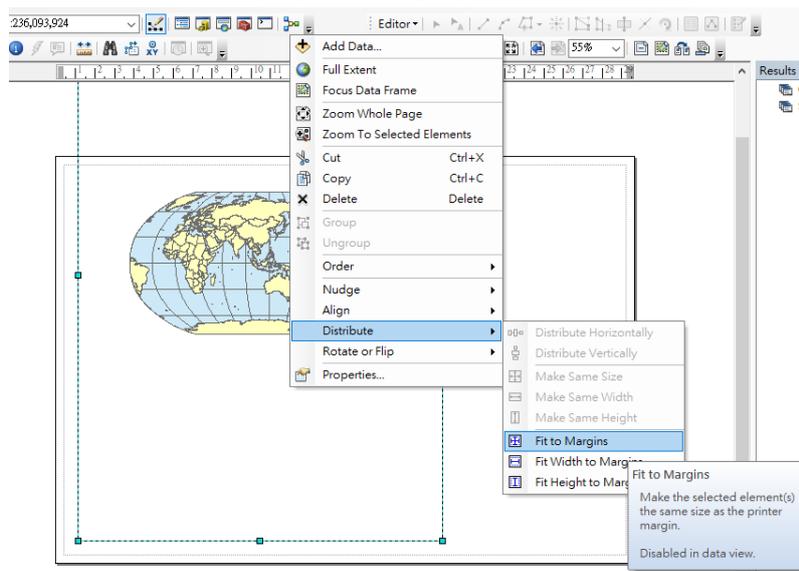


圖 4-27：調整圖框與紙張邊界。

12. 主功能列的[Insert]下拉選單中提供多種地圖要素，基本的包括圖名 (Title)、註解 (Text)、圖例 (Legend)、指北 (North Arrow)、比例尺 (Scale)。

□ 圖名(Title)：

- ①. 依序點選[Insert]→[Title]，加入「圖名」物件，此物件是一個文字方塊，以左鍵點選兩下即可開始編輯，點一下可以移動它的位置。
- ②. 在編輯視窗中，在[Text]鍵入圖名，接著按下[Change Symbol]鈕，可更改字形、顏色等。

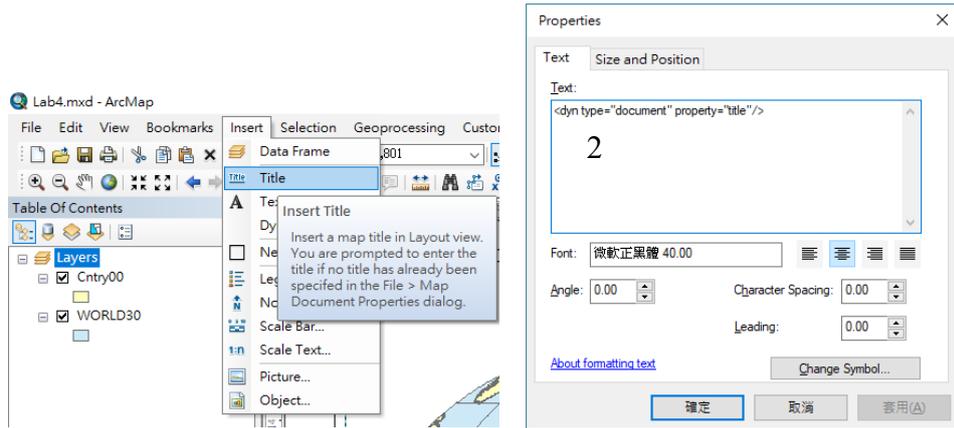


圖 4-28：加入地圖要素「圖名 Title」範例。

□ 圖例(Legend)：

- ①. 依序點選[Insert]→[Legend]，加入「圖例」物件。
- ②. 在 Legend Wizard 對話框中，從[Map Layers]選擇要加入圖例的圖層，即 Legend Items，按[Preview]可預覽，按[下一步]。

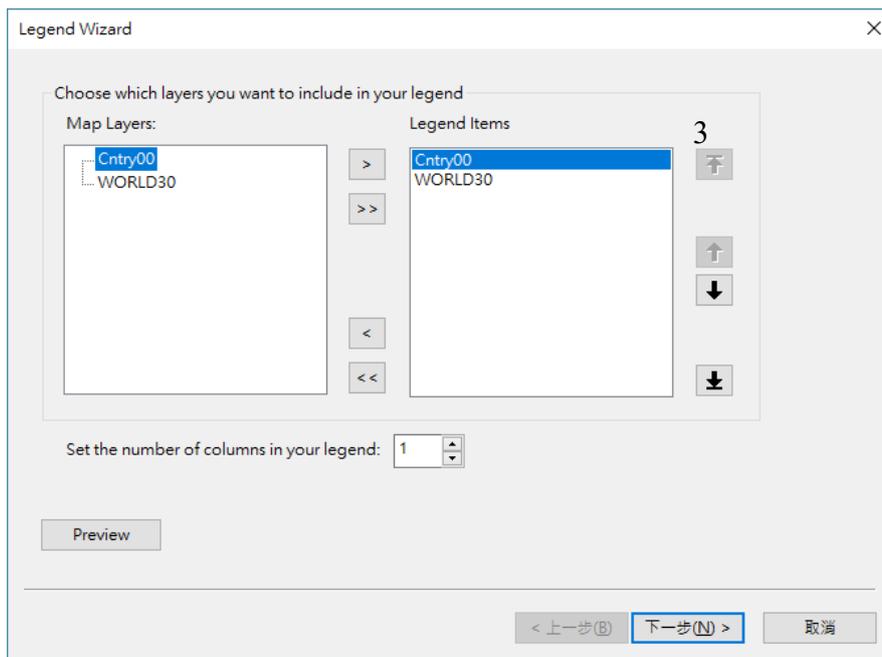


圖 4-29：加入圖例。

- ③. 接著鍵入[Legend Title]並調整格式，按[Preview]可預覽。

□ 指北(NorthArrow): 依序點選[Insert]→[Title]，加入「指北」物件，指北針並不是地圖上最重要的主題，因此建議不要選用太複雜的樣式。

13. 圖面的排版方式可自行排列，亦可從 layout tools 按選[Change layout]工具套用 ArcGIS 內建

的版面，有一般（General）的排版方式，也有適合世界（World）地圖等各種類別。

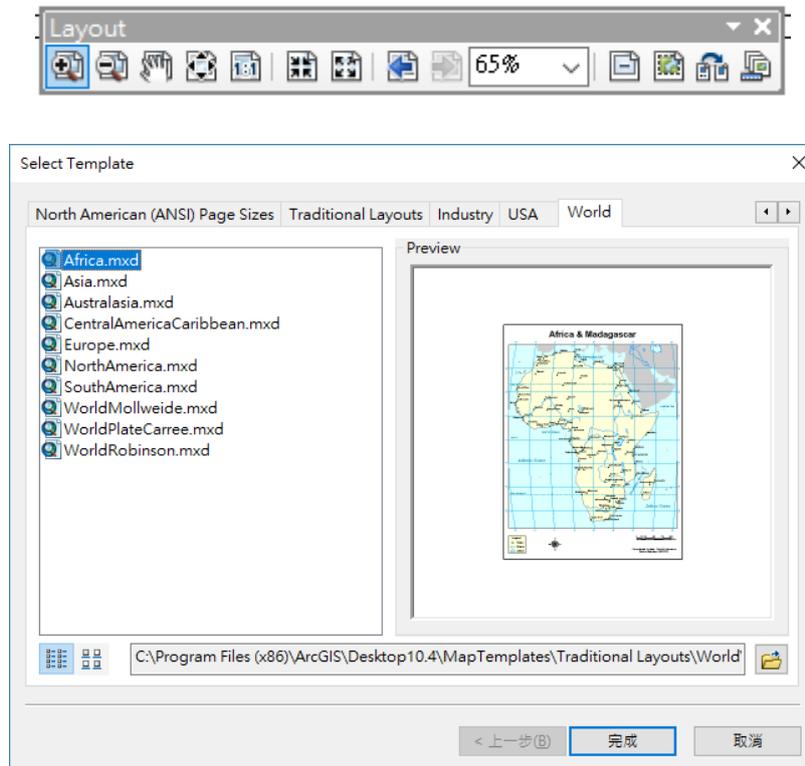


圖 4-30：Change layout 工具提供不同的排版方式

14. 輸出地圖：依序點選主功能表[File]→[Export Map]，存成解析度 300dpi 的.jpeg 檔。

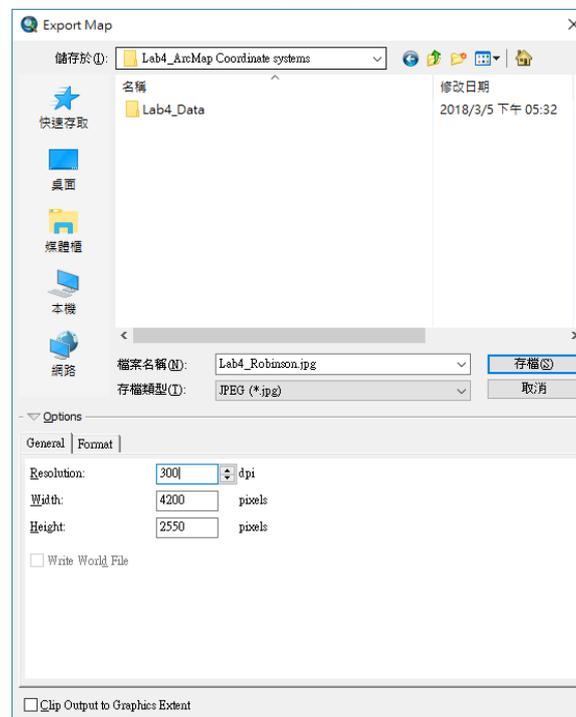


圖 4-31：出圖。

六、本週作業

繪製兩張長榮公司的台灣 - 日本航線地圖，分別以麥卡托投影及以台北為中心的等距等方位投影兩種投影地圖呈現，並簡述航線形狀與兩種投影方式之間的關係。

□ 預期成果：

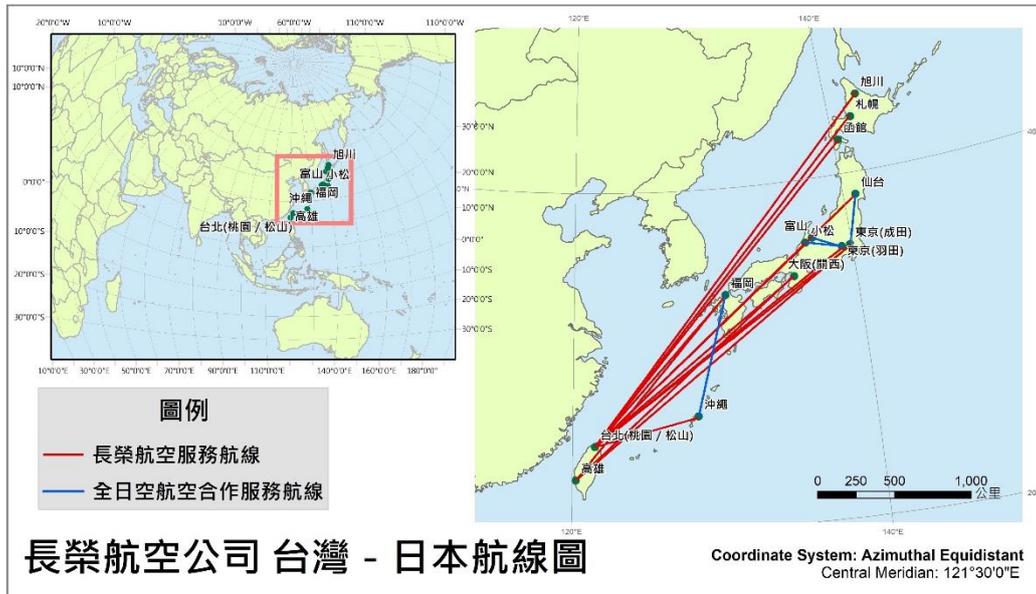


圖 4-32：作業預期成果 (1)

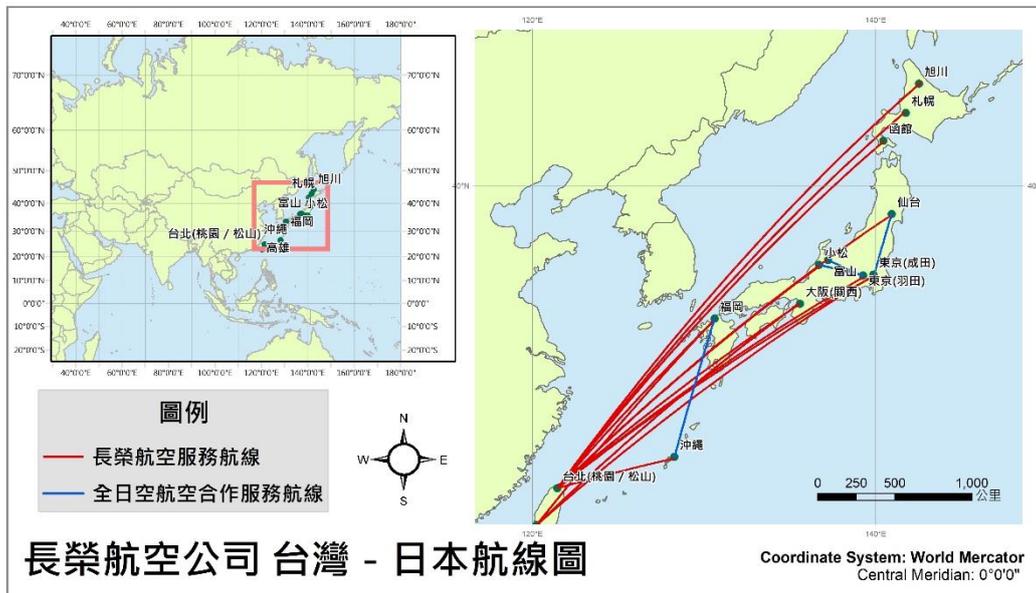


圖 4-33：作業預期成果 (2)

□ **作業圖資：**

- 國家邊界 (*countries.shp*)
- 航線起訖點城市 (*city.shp*)
- 台灣 - 日本航線 (*flight_routes.shp*)

七、延伸閱讀及參考資料：

- 3D Software/Cartography
<http://www.3dsoftware.com/Cartography/USGS/MapProjections/>
- Map Projection by Carlos A. Furuti
<http://www.progonos.com/furuti/index.html>
- A.H. Robinson et al. (1995) Elements of Cartography, John Wiley & Sons., 6th edition.
- 賀忠儒、徐聖謨、姜道章、吳信政 (1992) 地圖學通論，台北：國立編譯館。

實習四 GPS 操作、野外調查、KMZ 製作

一、課程介紹

通常到了一個陌生的地點，我們不是直接開始做研究，而是先找出自己所在的位置，並熟悉附近的地理環境。定位的方式可以使用傳統的紙圖，配合指北針與地物，來找出自己目前的相對位置；也可以使用全球衛星定位系統（Global Positioning System, GPS），直接取得所在地的經緯度座標或 TM2 坐標。本課程將以 GARMIN OREGON 550t 機型作為平台，介紹如何以 GPS 取得第一手實查資料。

二、實習目的

GPS 操作與應用，學習項目如下：

1. GPS 基本使用與操作介面
2. GPS 基本參數設定
3. 以 GPS 紀錄航點與航跡

三、教學資源

GARMIN Oregon 550t 手持式 GPS

四、實作部分

(一) GPS操作與基本設定

□ 機器與按鍵說明



圖 6-1：機器正面與背面

1. 觸控螢幕：可直接用手指點選操作，並支援中文手寫輸入
2. 電源
5. USB 傳輸埠：隱藏在防水保護蓋下，可用傳輸線和電腦連接

6. 相機鏡頭

□ 主選單與常用基本功能

將 GPS 開機之後，螢幕顯示的主選單畫面如下：

1. 地圖：點選之後會出現地圖畫面，並以藍色箭頭指示目前位置與機器方向



圖 6-2：在主選單畫面點選「地圖」選項，進入地圖畫面

依照下圖依序點選，可以設定地圖的顯示方式：



圖 6-3：在主選單畫面點選「設定」選項，再選擇「地圖」選項，進入地圖設定

地圖畫面可以點選右上角的「+」和「-」縮放比例尺，點選「X」會回到主選單畫面，在地圖中可以用手指「拖曳」地圖檢視範圍，一旦藍色箭頭偏移地圖中央，地圖左下角會由「X」變成箭頭，點選該箭頭，藍色箭頭就會回到地圖中央，同時該箭頭將回復成「X」



圖 6-4：地圖畫面

2. 設定：點選之後會出現各種選項，用來設定各種使用參數，將在稍後詳述



圖 6-5：在主選單畫面點選「設定」選項，進入設定選單

3. 衛星狀態：顯示目前機器接收 GPS 衛星訊號的概況，以及座標與誤差值



圖 6-6：在主選單畫面點選訊號圖示，查詢衛星狀態

□ 設定座標系統

地球上的所有位置都可以用球面坐標系的經緯度來表示，目前國際間通用的經緯度座標系統是 WGS84，然而世界各國基於繪製平面地圖的需求，都會自行定義國內使用的投影座標系

統，在台灣地區最常被使用的投影座標系統有兩種：TWD67 與 TWD97，有別於 WGS84 以經緯度座標來表示位置，TWD 系統是以公尺為單位，以配合台灣地狹人稠、地圖誤差不可太大的要求。由於 WGS84 和 TWD97 使用極為接近的橢球體，雖然座標的單位不同，不過兩者大致是吻合的，所以目前各種新的 GIS 或 GPS 資料都盡量以 TWD97 座標來記錄；然而地表上同一個位置的 TWD67 和 97 座標值則會有大約 1 公里的誤差，所以在使用 GPS 進行野外實察之前，務必要事先在 GPS 中設定正確的座標系統，以免造成後續資料處理的問題。

1. 設定座標系統：點選主選單畫面的「設定」→「座標格式」→「座標系統」

在 GPS 中的原始設定是 WGS84，不須更改



圖 6-7：在主選單畫面點選「設定」選項，再選擇「座標格式」選項，設定座標參數

2. 設定座標格式：點選主選單畫面的「設定」→「座標格式」→「座標格式」

可以設定為以經緯度座標表示，或是以二度分帶座標表示



圖 6-8：接著圖 6-7 點選「座標格式」選項，可指定經緯度座標或二度分帶座標格式

下圖是在衛星狀態中，以兩種座標格式顯示的座標值，位於左上角



圖 6-9：以經緯度或二度分帶座標格式，在同一地點顯示的座標值

(二) 攝影、航點與航跡紀錄

□ 拍攝照片

本次課程使用的 GARMIN Oregon 550t 手持式 GPS 內建有 320 萬畫素相機，可以在進行地理實察時結合定位、導航、拍照功能於一身。拍攝下來的照片也可以放在定位航點中，作為該地標的說明圖片，以下將介紹如何操作相機。

1. 相機設定：點選主選單畫面的「設定」→「相機」，設定解析度與儲存位置



圖 6-10：在主選單畫面點選「設定」選項，再選擇「相機」選項，設定相機參數

2. 使用相機：點選主選單畫面的「照相機」，進入拍攝畫面



- A. 點「+」和「-」設定焦距
- B. 左下的「X」回到主選單畫面
- C. 手指「按住」右下拍攝鍵會進行對焦，「放開」會拍照，手指「滑移」拍攝鍵，則取消拍攝

圖 6-11：在主選單畫面點選「設定」選項，進入設定選單

拍攝後，點選主選單畫面的「照片瀏覽」，可以檢閱或清除拍下的照片

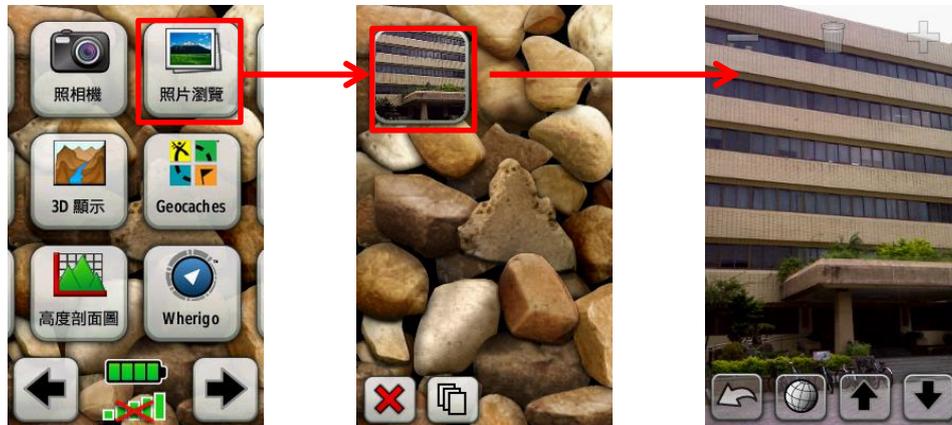


圖 6-12：在主選單畫面點選「照片瀏覽」選項，檢閱相片和其地理座標

□ 紀錄航點

前文提到 GPS 可以協助我們快速定位自己的所在地，也可以將所在的位置以「航點」的形式儲存起來，以供之後的各種加值運用。以下將介紹如何在 GPS 中將現地儲存成航點。

1. 開始 GPS 並確認衛星訊號正常之後，點選主選單畫面的「標定航點」，將會出現兩個選項：「儲存」與「儲存並編輯」，前者表示將目前位置以阿拉伯數字的順序儲存起來，點選後者，將會出現進階編輯選單。



圖 6-13：在主選單畫面點選「標定航點」選項，選擇「儲存並編輯」選項，編輯航點資訊

2. 進階編輯選單中常用的功能如下：

- A. 更改名稱：自行命名航點名，而非預設的三位數字
- B. 更換照片：點選後會進入照片瀏覽畫面，可選擇照片作為地標圖片

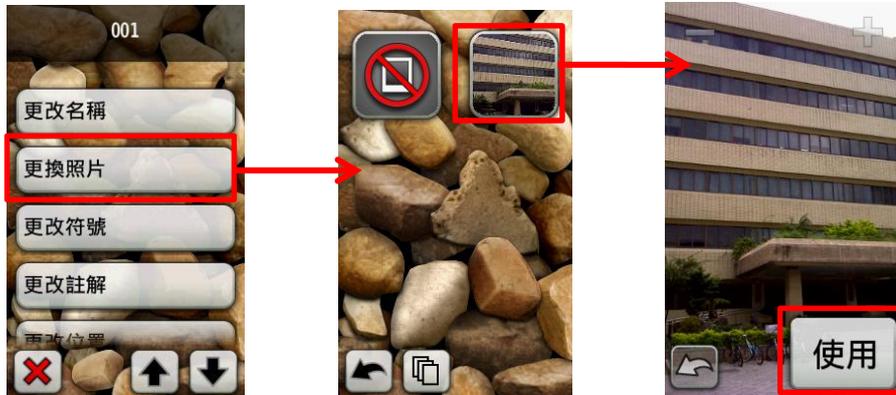


圖 6-14：點選圖 6-13 的「更換照片」選項，可以選擇該航點的相片

- C. 更改符號：可以選擇各種圖例，取代預設的藍色旗幟



圖 6-15：點選圖 6-13 的「更換符號」選項，可以選擇該航點的圖例

3. 航點儲存完成後，會在地圖畫面中標示出來

□ 紀錄航跡

在本課程的 GARMIN Oregon 550t 中，原始設定是當機器完成衛星定位後，就會自動開始記錄航跡，也就是將機器的行經路線記錄下來，但是此時資料只是暫存在記憶體中，尚未存檔，在使用過程中，可以隨時將暫存的航跡存檔。建議完成儲存航跡的步驟之後，可以將暫存的資料刪除，以免舊紀錄和新紀錄混淆。在記錄航跡的過程中，若有關機、衛星訊號中斷等情況，使航跡紀錄產生分段現象，GPS 會記錄下每一段的起始時間，可供使用者選擇並獨立存檔，以下將會介紹航跡紀錄的操作。

- 1. 航跡設定：設定 GPS 是否自動記錄航跡、以距離或時間間隔紀錄等設定



圖 6-16：在主選單畫面點選「設定」選項，再選擇「航跡」選項，設定航跡紀錄

2. GPS 接收到衛星訊號後，移動的軌跡會被記錄在地圖畫面中

如果要儲存這段航跡，點選主選單畫面的「航跡管理」→「目前航跡」→「儲存航跡」，輸入檔名之後，會詢問是否清除航跡暫存檔，建議選擇「是」避免和之後紀錄的航跡混淆



圖 6-17：在主選單畫面點選「航跡管理」，再選擇「目前航跡」選項，儲存現有航跡

如果點選「儲存部分航跡」，就會列出暫存檔中所有分段的航跡，以供選擇要儲存哪一段航跡。

3. 儲存完成之後，「航跡管理」畫面中的「目前航跡」下就會出現儲存好的航線檔案，點選進去之後，一樣可以和編輯航點一般編輯該航跡的資料



圖 6-18 :「航跡管理」畫面中會列出已儲存的航跡，並可以編輯其內容

五、本週作業

實習四當週公布。

實習五 地理資訊輸入、地址定位

一、課程介紹

目前政府各種開放資料時常僅提供 csv 等無法直接應用於 GIS 之資料格式，利用地址定位功能可將單純的文字轉換為具有空間資訊的意義，使資料能更靈活運用。

二、實習目的

利用現有之地址資料庫，將地址文字資料轉化成GIS可用之數位資料。

三、教學資源

電腦、線上資源。

四、重要概念

(一) 將門牌地址轉換為座標

有許多網站提供地址定位的服務，以下提供其中幾個網站，如果在轉換時碰到一些錯誤、無法順利轉換時，或許可以換一個網站試試看。

1. 內政部資訊中心TGOS - 全國性門牌地址定位服務

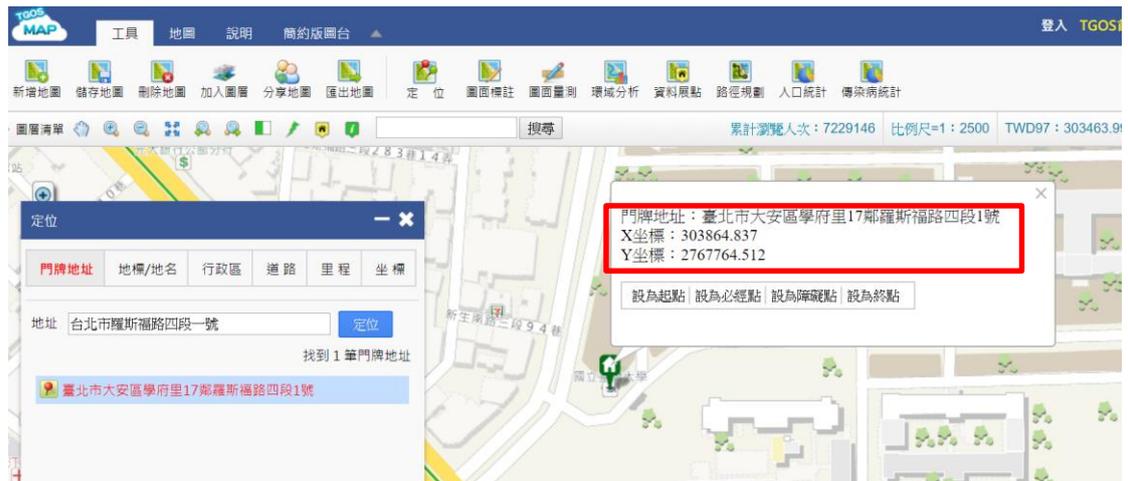
網址：https://www.tgos.tw/TGOS/Web/Address/TGOS_Address.aspx

非會員僅提供單筆查詢，輸入地址後按下查詢即可。



The screenshot shows the TGOS (Geographic Information System) website interface. At the top, there is a navigation bar with links for '最新消息', '開放地理資料', '協作平台', 'TGOS圖台', '網路地圖元件', '門牌定位服務', '資料查詢', and '資料申請'. Below the navigation bar, the TGOS logo is displayed, along with the text '地理資訊圖資雲服務平台'. To the right of the logo, the main heading is '全國門牌地址定位服務', and below it, there is a breadcrumb trail: '首頁 > 門牌定位服務'. The main content area features a search box titled '門牌地址查詢'. Inside the search box, the text '地址：' is followed by an input field containing '台北市羅斯福路四段一號'. To the right of the input field is a blue button labeled '查詢'.

結果會自動以地圖顯示：



若要批次轉換需要先成為會員並申請「批次門牌地址比對服務」，之後每日可轉換一萬筆資料。

■ 批次地址比對服務

產品代碼：S20131220184436989

服務類型：Web Service

資料提供單位：內政部資訊中心

可申請對象：政府機關,公營事業,學術機關,公司行號,個人

加入購物車

申請通過後必須先取得 API KEY，從帳號名稱裡選擇「服務申請紀錄」



之後選擇「檢視申請單」

最新消息 開放地理空間資料 TGOS圖台 網路地圖元件 門牌定位服務 資料查詢 資料申請 登出

TGOS 地理資訊圖資雲服務平台

首頁 > 會員資訊 > 服務申請紀錄

服務申請紀錄

申請單編號: 查詢

以下是您所有的申請單 查詢結果: 6 筆

申請單編號	申請日期	申請人	申請人所屬單位	
OC201403111108199050	2014-03-11	陳小鵬	個人	檢視申請單
OC201403041003202140	2014-03-04	陳小鵬	個人	檢視申請單
OC201402111607335239	2014-02-11	陳小鵬	個人	檢視申請單

點選「取得服務網址」

最新消息 開放地理空間資料 TGOS圖台 網路地圖元件 門牌定位服務 資料查詢 資料申請 登出

TGOS 地理資訊圖資雲服務平台

首頁 > 會員資訊 > 服務申請紀錄

服務申請紀錄

服務名稱 服務類型 發布單位 申請狀態 下一步

批次地址比對服務	Web Service	內政部資訊中心	審核通過	取得服務網址
----------	-------------	---------	------	--------

退回申請單列表

點選「取得服務網址」

將 API Key 複製起來



之後回到批次門牌地址比對服務的頁面，將 API KEY 貼上、並選擇座標系統。

基本參數設定

APIKEY:

坐標系統:

上傳檔案後按下批次比對

上傳門牌檔案 門牌檔內容填寫請依據範本格式，您可以點擊右上方 [下載門牌檔範本] 下載範本檔進行參考

門牌檔案(csv):

比對參數設定 請注意：參數的設定會直接影響比對的結果

比對方式: 找不到輸入的地址時(完全比對失敗)，會進行模糊比對

模糊比對規則設定

比對機制: 找最近門牌號，不管單雙號

誤差範圍: 號

比對鎖定: 鎖定縣市 鎖定鄉鎮市區 鎖定村里 鎖定路段 鎖定巷弄

忽略搜尋: 比對不到時可忽略 村里 再次進行搜尋 比對不到時可忽略 鄰 再次進行搜尋

多筆回傳限制: 當比對結果為多筆時，回傳所有筆數

注意檔案格式須符合以下格式：

	A	B	C	D	E	F
1	id	Address	Response_Address	Response_X	Response_Y	
2	1	臺北市大安區復興南路1段390號14樓				
3	2	臺北市文山區木柵路3段77號				
4	3	臺北市北投區光明路96號				
5	4	臺北市士林區文林路342號				
6	5	臺北市大安區安居街60巷18號				
7	6	臺北市新生北路2段53之1號1樓				
8	7	臺北市松山區八德路4段656-1號3樓				
9	8	臺北市南港區南港路1段173號				
10	9	臺北市內湖區內湖路2段334號				
11	10	臺北市文山區景文街1號				

轉換結果並不會立刻出現，而是會在轉換完成之後寄到你申請帳號時填的信箱裡，信裡會附上轉換完成的檔案。轉換之結果如下：

	A	B	C	D	E	F
1	id	Address	Response_Address	Response_X	Response_Y	
2	1	臺北市大安區復興南路1段390號14樓	臺北市大安區和安里4鄰復興南路一段390號	304834.488	2769622.85	
3	2	臺北市文山區木柵路3段77號	臺北市文山區木柵里7鄰木柵路三段77號	307255.917	2764652.106	
4	3	臺北市北投區光明路96號	臺北市北投區中央里4鄰光明路96號	300508.879	2780614.221	
5	4	臺北市士林區文林路342號	臺北市士林區福德里1鄰文林路342號	302993.479	2776219.565	
6	5	臺北市大安區安居街60巷18號	臺北市大安區黎孝里7鄰安居街60巷18號	305829.615	2768155.706	
7	6	臺北市新生北路2段53之1號1樓	臺北市中山區中原里12鄰新生北路二段53之1號	303273.658	2772101.253	
8	7	臺北市松山區八德路4段656-1號3樓	臺北市松山區慈祐里22鄰八德路四段656之1號	308073.114	2771422.623	
9	8	臺北市南港區南港路1段173號	臺北市南港區南港里2鄰南港路一段173號	311847.1	2772032.167	
10	9	臺北市內湖區內湖路2段334號	臺北市內湖區湖濱里9鄰內湖路二段334號	309405.248	2774938.637	
11	10	臺北市文山區景文街1號	臺北市文山區景華里2鄰景文街1號	304654.686	2765178.303	
12						

2. 內政部統計處社會經濟統計地理資訊網「線上多筆統計區比對服務」

網址：https://moisagis.moi.gov.tw/moiap/match/system_common.CFM

左邊視窗選擇「線上多筆比對」，之後選擇要轉成的座標格式、上傳檔案並按「開始比對」。

注意資料輸入格式必須符合以下格式：

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ID(非必填)	縣市(必填)	鄉鎮(必填)	村里(可不填)	鄰(可不填)	地址(必填)		
2		1 臺北市	大安區			和平東路二段53巷2號5樓		
3		2 臺北市	大安區			和平東路二段100號		
4		台北市	大安區			羅斯福路四段1號		
5								
6								

比對完成後會出現下面之結果，可下載比對結果。

共有『3』筆資料，目前進度第『3』筆
上傳個數: 3
比對時間: 5 (秒)

完全比對		智慧型比對		無法比對	
個數	比對率(%)	個數	比對率(%)	個數	比對率(%)
3	100%	0	0%	0	0%

[下載比對結果](#)

比對之結果如下圖。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ID	縣市	鄉鎮市區村里	門牌	二級發布一級發布最小統計	比對代碼	X坐標	Y坐標	坐標系統				
2		1 臺北市	大安區	龍生里	和平東路A6303-76	A6303-76	A6303-08	AL0-F2-0	121.5384	25.0258	EPSG:4326		
3		2 臺北市	大安區	龍淵里	和平東路A6303-86	A6303-86	A6303-09	AL0-F1-0	121.5415	25.02493	EPSG:4326		
4		3 臺北市	大安區	學府里	羅斯福路A6303-A5	A6303-A5	A6303-11	AL0-F1-0	121.5337	25.01698	EPSG:4326		
5													

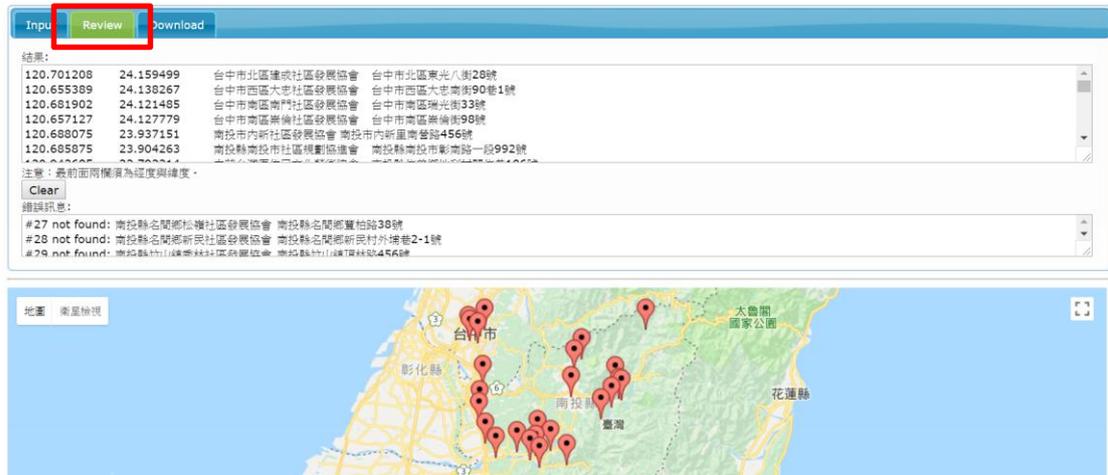
3. 中央研究院人社中心地理資訊科學研究專題中心_林農堯、廖汝銘 (使用Google Map API) :

網址：http://gissrv4.sinica.edu.tw/gis/tools/geocoding.aspx

可直接將 Excel 表單複製貼上，之後按下方「同意右方授權且進行 Geocoding」



下方地圖會出現已轉換之定位地點在，而在 Review 部分可看到地址轉換結果，無法轉換的地址會顯示在下面錯誤訊息視窗中，需要另外以其他方式個別轉換。

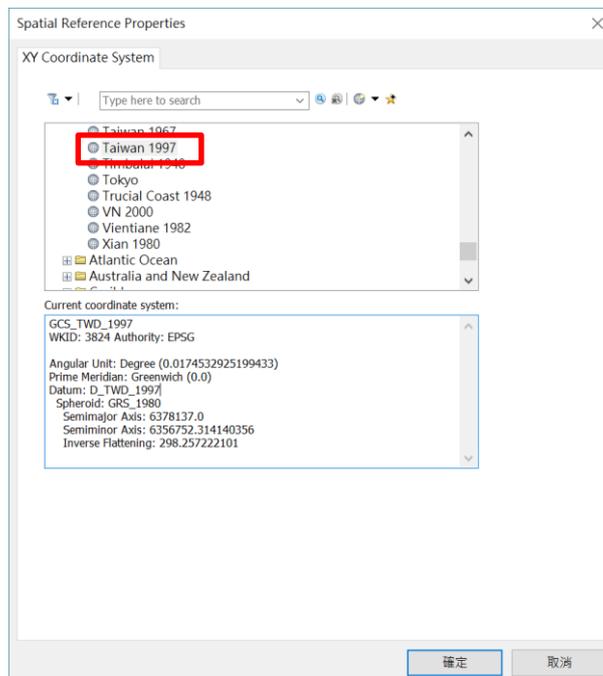
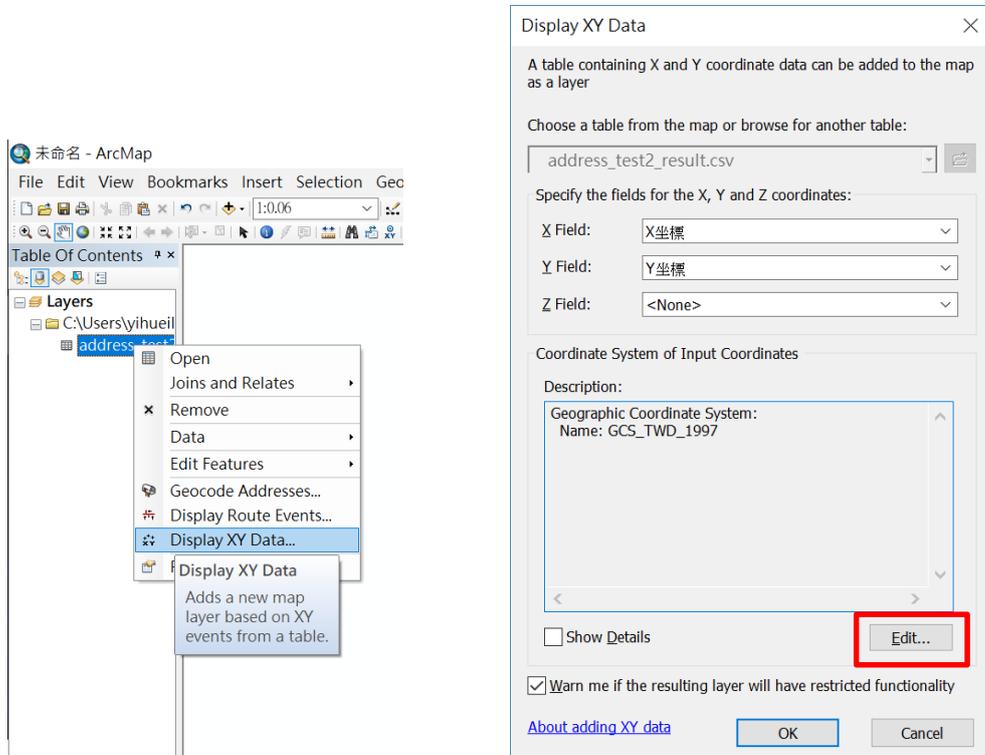


在 Download 視窗可下載 KML 檔或 CSV 檔

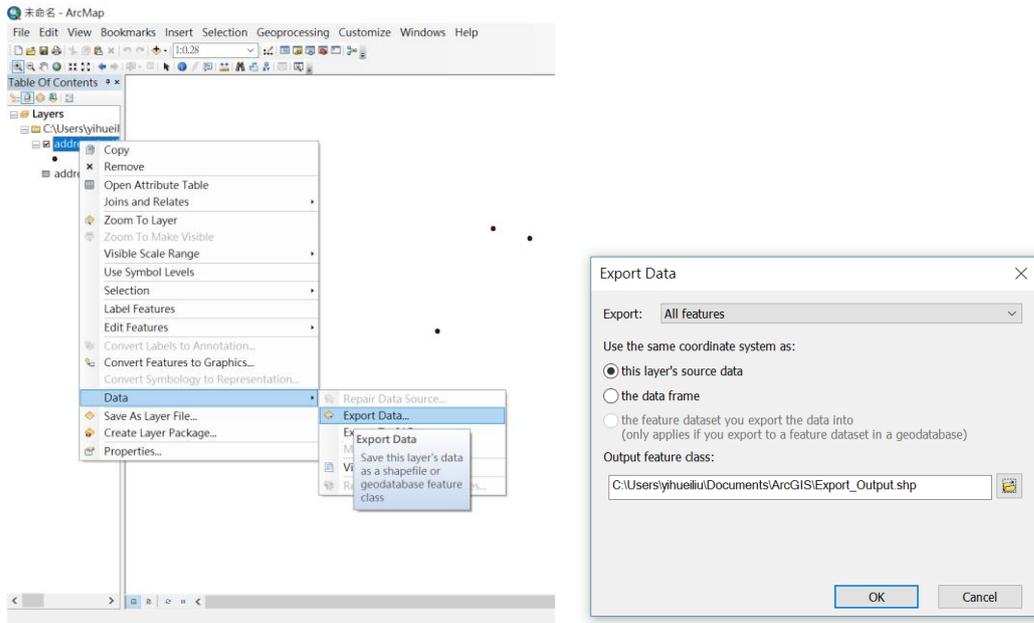


(二) 將座標CSV檔匯入Arcmap

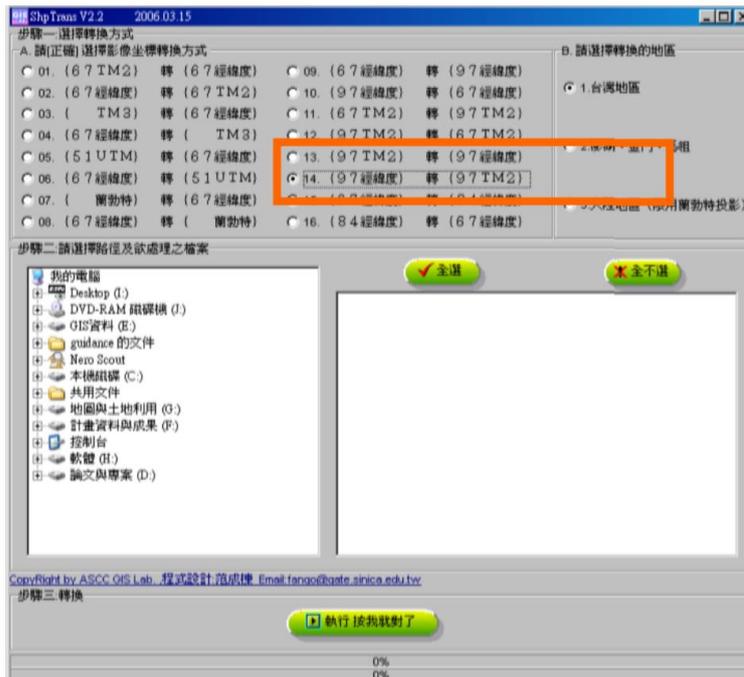
將 CSV 檔匯入 Arcmap 後，在 CSV 資料處按右鍵、選擇「Display XY data」，之後選擇資料裡的 X 座標、Y 座標欄位，並從「edit」裡定義座標系統 (WGS84：Geographic Coordinate Systems → Asia → Taiwan 1997)。



檢視初步成果，並在新產生出來的點資料按右鍵、選擇「Export Data」，重新輸出成 shapefile。



如果本來門牌地址轉換的網站無法選擇座標系統，也可以利用中研院的轉檔工具將 WGS84 的檔案轉換成 TWD97 或其他座標格式之檔案。



五、本週作業

利用政府資料開放平台，搜尋包含地址之資料 (資料筆數需大於 50 筆)、並將地址轉換為經緯度座標。請以 PDF 檔寫出你使用的資料名稱、網址、原始資料之截圖，同時繳交轉換完的 SHP 檔。

實習六 資料蒐集與地圖概括化

一、課程介紹

製圖的步驟首先應構思一個主題，再來就是蒐集相關的資料，接著要將資料適當的繪製在地圖上。本單元介紹資料蒐集與地圖編繪的概念，並討論地圖編繪的過程中可能面臨的問題。

二、實習目的

- (一) 瀏覽資料蒐集網站
- (二) 瞭解地圖概括化的方式與問題

三、教學資源

工具：0.3 針筆一人一支、36 色彩色鉛筆 10 盒、A4 描圖紙每人兩張；A4 航空照片兩張（同學自行從 Google Earth\Map 截圖印出）。

四、重要概念

一、資料蒐集與彙整

一張地圖的資料結構非常複雜，大致上可依繪製的主題分為兩大類：

- 普通地圖（例如：一般的地形圖）：常用到的資料大多是普通知識，如海岸線、河流與行政區界的資料。

- 主題地圖或大縮尺特殊參考地圖：

這類地圖所用到的資料不會是一種普通知識，通常需要另外蒐集。可實地勘查（一手資料），也可利用別人已經整理好的資料（二手資料）。二手資料的來源五花八門，現在網路上也有許多公家、私人單位所提供的免費資料。例如人口資料可由下列網站蒐集：

- ✓ 內政部統計處
- ✓ 行政院主計處
- ✓ 中華民國統計資訊網
- ✓ 戶籍人口統計資料查詢
- ✓ 各縣市地方政府統計處

二、概括化 (Generalization)

地圖是將大範圍加以縮小，以便直接觀察與瞭解，但在縮小後必將發生不可避免的變化，如地物之間的距離及其本身的大小都將縮小。在一個小範圍的圖面上，為了清晰的呈現真實的地貌，進行地圖的概括化是必要的。所謂地圖的概括化是指修改特定的資料，並消除縮小後的不良結果，以便增加傳播效果。概括化包括簡化 (Simplification)、分類 (Classification)、符號化 (Symbolization)、歸納 (Induction) 四個要素，分別介紹如下：

1. 簡化 (Simplification)

簡化指的是將資料適當的刪減。由於在概括化處理前後，地圖主題不變，因此取捨和簡化

的方法，偏重於階層性的取捨原則。可分為以下幾部分：

(1) 內容的簡化

所謂內容的簡化是指：選取同類地理資料之階層較大、較主要的內容，而捨去階層性較小而次要的內容，如此一來，使得該圖在比例尺縮小之後，地圖的主題不變，而主題相關內容又可以清楚的展現。一般有以下幾種取捨方法：

■ 資格法：

以一定內容的質或量作為取捨。例如在 1:25000 的地形圖上的水系，河流可依主支流來分級，但縮為 1:100000 的地形圖時，該水系的第一級及第二級等將被捨去，另外也可限制在原圖上之河流長度小於 1 公分或 2 公分的將被捨去。當決定取捨的資格標準前，製圖者應該蒐集參考許多相關資料，作全盤的考量，以配合該地圖的主要目的為原則。

■ 定額法：

規定單位面積內應選取的事物的總數量。例如聚落的數量或地名註記的密度等，等高線的密度也可以由 10 公尺改成 20 公尺。

■ 方根法：

德國地理學家 Topfer 和 Pillewizer 曾提出一套方根定律 (Principle of selection) 來計算地圖縮小後的詳簡程度，說明當地圖比例尺改變時，資料數量的變化與比例尺分母的平方根有關：

$$Nf = Na \sqrt{\frac{Ma}{Mf}}$$

Na = 地理要素的數量

Nf = 縮編後應選取的數量

Ma = 原圖比例尺

Mf = 新圖比例尺

以等高線的取捨為例：如某範圍在 1:25000 的地形圖上等高線原有 10 條，現在要縮編為 1:100000 的圖，請問應如何取捨等高線的數量？

$$Nf = 10 \sqrt{\frac{25000}{100000}} = 10 \sqrt{\frac{1}{4}} = 5$$

由方根定律可知等高線的數量應由 10 條改成 5 條，換言之，等高距由 10 公尺改為 20 公尺即可保持原圖的內容特色和清晰度。方根定律雖然能指出地圖縮編之後的詳簡程度，但仍然無法指出哪一種資料要被保留？哪一種又應該要刪除。在大部分的主題地圖，這似乎是很主觀的問題，理想的解決方法是製圖者對所繪的資料要有清楚瞭解，並從製圖目的和資料在某一個特定分佈中所處的地位來推論。

內容的簡化除了決定取捨方法之外，也必須注意選取的階層性，一般而言都是先捨去最低級的、最小的，按照順序的進行，才能保證新圖上有豐富的內容，也同時能表達地理資訊之間的主次關係，保持圖面清晰易讀。

(2) 數量的簡化

非內容的簡化去除低階層的資料，而是減少資料的數量差別，增大數量指標內部變化的單位間距。如等高線的間距於不同比例尺的地圖上不同，點子圖所代表的數量，可能由一點代表 200 人簡化至一點代表 1000 人。

2. 分類 (Classification)

相較於簡化，分類是將資料作修改，而不是刪去。最常用的分類方法是：

(1) 用相同或近似的資料加以歸類，例如全距分級 (Range Grading)，也可依資料尺度 (名目、級序、間距、比率) 將資料重新分類。例如各地的高程資料，可依地形分類標準分成山地、平地、坡地等類別資料來呈現；或將很多不同等級的公路可以概括為公路；將甘蔗及油菜的作物區合併為經濟作物區。

(2) 新位置的選擇：利用在空間上分佈的關係，找出群聚的個別項目，然後指定一平均或代表性的位置來代表此一聚集。

不論是哪一個方法皆須表現出原來分佈的特徵。分類的間距是分類的主要部分，通常使用有意義的分級間距 (如地形分類標準)，或使用統計方法將資料歸類，使得資料組內差距小而組間差距大，以顯現出資料原始分佈的情形。

3. 符號化 (Symbolization)

將分類後的資料或簡化後的主要資料用符號來呈現。符號化的好壞攸關地圖傳播的成敗。不同屬性的資料需要選用不同的符號，才能區別彼此。符號化的概括化程度高低由製圖目的與尺度決定，最終目的為提升地圖傳播的效果，如在世界地圖中，台北被簡化為一個點 (事實上是一個區域)，然而在台灣小範圍地圖中，台北市一個區域。

4. 歸納 (Induction)

歸納是製圖方法的邏輯應用，如將點資料 (各水文站的雨量資料) 推估成線 (等雨量線) 或推成面資料 (區域平均雨量)。目的是將部分資料歸納成整體資訊，保持地圖的簡單清晰，進而凸顯主題。

五、延伸閱讀與參考資料

- 賴進貴、葉高華 (2005) 地圖概括化對環境變遷研究之影響 - 以臺灣地圖資料為例，地理學報，41:1-25。
- 賀忠儒、徐聖謨、姜道章、吳信政 (2002) 地圖學通論，台北：國立編譯館。

實習七 定性主題地圖

一、課程介紹

本單元實習學習定性主題地圖的概念與特徵。繪製定性主題地圖中，學習 ArcMap 軟體中基本與常見的繪圖功能。

二、實習目的

- (一) 定性點、線、面資料的符號化
- (二) 學習繪製定性主題地圖

三、教學資源

ArcMap 軟體、相關圖資。

四、重要概念

所有使用類別量度 (Nominal) 繪製的地圖都是定性地圖，此類地圖主要表達某一地理現象 (以點、線、面圖徵為主) 的位置以及彼此之間的相對關係，例如土地利用分佈圖、便利商店分佈、道路與河流分佈圖等。我們常藉由地圖來發現某事物 (features) 出現的位置及其分佈的型態 (patterns)，除了發現該事物的位置之外，也可以藉其分佈型態瞭解該事物出現的區域 (places) 之特性，並開始探索背後的原因，例如：一個便利商店投資者想要找一個適合開店的位置，就必須知道其他競爭商家的位置分佈，以及哪裡的區位條件適合開便利商店。為了表現不同的主題資訊，必須善用不同的符號化方法來繪製地圖，而如何選擇適當大小、顏色的符號，則取決於此張地圖所欲傳達的意義。另外一類是定量地圖，其資料包括級序、間距與比率量度，此類地圖主要在表顯空間上某種現象的數值變化，因此精確的地理位置反而成為次要，此種地圖於之後的實習課程會再詳細介紹。

由於定性地圖旨在傳播一種或多種類別資料的分佈，只要變化符號的外觀即可達成目的，例如點符號可以是圓點、三角形或方形等；線符號可以用虛線或單線、雙線等；面符號則可用不同顏色與花紋來表示。在類別符號的選擇上，通常改變形狀 (Shape) 或顏色 (Hue)，而不以明度 (Value) 或飽和度 (Chroma) 變化來設計不同的類別，因為明度與飽和度的差異常給人感覺是一種量的變化，多與少的差別，但一般來說，明度越暗 (顏色越深) 對讀者會產生越重要的感覺。因此製圖者希望讓讀者感覺到某種類別特別重要的時候，也可以利用此種特性來強調符號的重要程度。表 7-1 整理適合用來區隔類別點、線、面資料的視覺變數。

表 7-1：適用於「類別資料」符號化的視覺變數

Feature type	主要視覺變數						次要視覺變數 (pattern)		
	形狀 Shape	大小 Size	符號方向 Orientation	顏色 (Color)			質地 Texture	排列 Arrangement	花紋方向 Orientation
				色相 Hue	明度 Value	飽和度 Chroma			
點	V		V (除圖形外)	V				V	V
線	V	(V)		V				V	V
面				V				V	V

就符號形狀而言，常用的點、線、面符號表現法介紹如下，實際繪製時除了形狀的選擇之外，亦得考慮符號顏色、大小以及其他地圖繪製原則，我們於實作練習時一併討論之。

1. 定性點資料的繪製法

類別尺度的「點」是在空間中有位置而無數量者，所以其功能為「定位」，在地理學上稱之為「地點」(location)，故地圖上的定性點符號代表某類地理資料的地理位置。點符號的形狀 (Shape) 表現法可分為以下三類：

(1) 圖畫符號 (Pictorial Symbol)

圖畫符號是指用簡化的象形圖畫作為定性點的地圖符號，讓讀者以看圖會意的方式去瞭解地理資訊的性質。這種圖畫符號常見於古地圖或較早期的地圖中，近代則多用於兒童地圖、鄉土地圖或旅遊地圖等，這種地圖多強調讀圖者對該地圖內容之「生活體驗」。

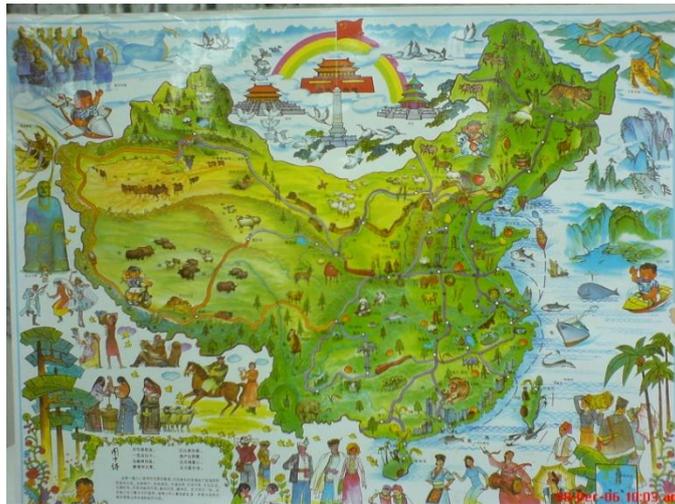


圖 7-1：兒童地圖。

這類地圖可不需要圖例就能有效的傳遞資訊，但在繪製分佈地圖上符號與符號間不容易辨別，且符號大小幾乎一致，常有一個圖面上佔有太多符號的感覺，因此製圖者往往無法在分佈圖中，表現較重要的分佈型態。改進方法是使用不同形狀 (Shape)、不同色相 (Hue) 或不同

定向 (Orientation) 的符號來達到符號與符號間的明顯差別。

(2) 聯想符號 (Associative Symbol)

此種符號是幾何與圖畫特徵的混合體，但較傾向於抽象化的幾何形符號，相較於幾何符號，它又是比較容易辨別的。聯想符號與圖畫符號相同，需藉由形狀 (Shape) 與色相 (Hue) 之不同來顯示不同符號之間的差距。此類符號的主要特徵是可以聯想出符號所隱含的意義，但仍需要圖例，因為符號是由製圖者設計的，讀者不一定能讀出確切的意思，因此圖例之註記不可忽略，以幫助讀者瞭解製圖者每一種符號設計的原意。實際應用例子如綠地圖 (Green map)。

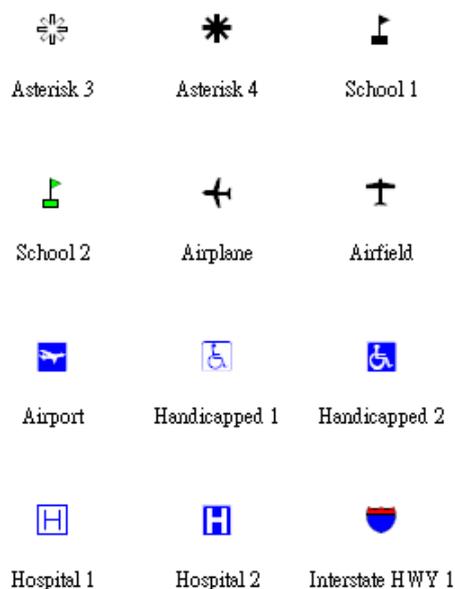


圖 7-2：聯想性的地圖符號

(3) 幾何符號 (Geometric Symbol)

用來表示類別尺度的點資料，最普通的就是圓、三角形、方形、星形 (Stars)，其形狀 (Shape) 的差異為區別不同地理資料性質差異的重要因素，色相 (Hue) 次之。幾何符號是極端抽象的符號，因此需以圖例來說明各種符號代表的意義，並注意以下三個要點：

- 若使用多種幾何符號，必須確保符號與符號間的明顯差異。例如同時使用三角形、圓形、方形等多種符號，可以實心、空心區別以增加地圖圖面的清晰度。
- 使用點狀符號之主要目的在於表達地理資訊的地理位置。因此在繪製時，應該把幾何圖形的中心盡可能置於相應的地點上。
- 符號大小沒有一定，但該如何拿捏適當大小，則可多嘗試。

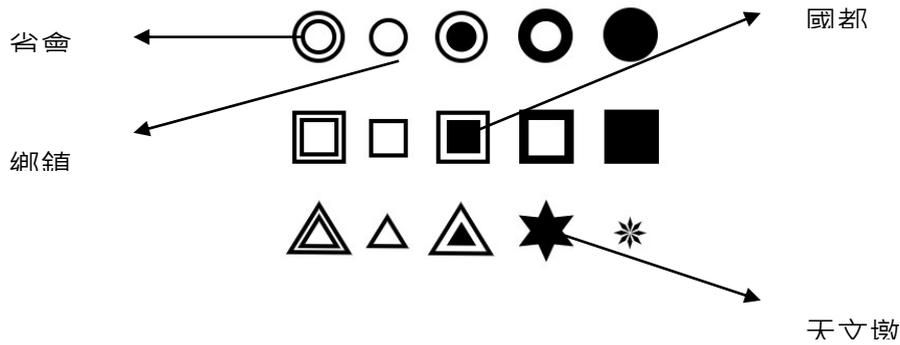


圖 7-3：幾何點符號

另外，在某些主題地圖上，一些幾何符號已有特定的用法，如在行政地圖上省會、鄉鎮、國都的符號；在測量地圖上天文墩與三角點的符號（如上圖 7-3 所示）。這些符號在製作一張新的地圖時，應該當成常識而沿用之，因為一般製圖者與讀圖者在這方面已達成共識。以上三種符號類別皆可配上不同顏色，使點資料之應用更為簡易和有效，原則上點資料的符號化以形狀（Shape）為優先考量，不同顏色（Hue）則為輔助性質。例如下圖，發電廠的類別，可用不同顏色加以區別。

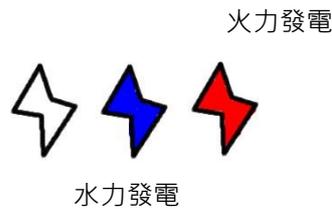


圖 7-4：電力場常用符號

2. 定性線資料的繪製法

定性線的特徵就是以線性地圖符號來表達地理資訊和定位。可以用任何形式繪成，分成三大類討論：

(1) 單線：包含實線、虛線、點線。

- 實線：表示地理資訊之強烈的連續性與實存性，例如海岸線、河流、公路、經緯線、航空線等。
- 虛線：也表達連續的意味，但隱喻時空之斷續現象，例如間歇河、地下伏流用虛線，另外像航海線亦用虛線（航空線則為實線，可能是因為飛機速度較快，使人感覺上沒有斷落感）。虛線的長度反映斷續性的長短，故計畫性的公路用長虛線，修建中的公路則用短虛線。
- 點線：比虛線更能傳達不確定的現象。例如網流中的不定河道、國家間的未定界、工程計畫的未定路線，這些地理資訊常會用點線來表示。

(2) 雙線：兩條並排線的定性線符號，為了表達呈現平行線形的地理資料，例如鐵路、公路、

運河、橋樑。雙線不一定是平行線：河流的兩岸不一定平行、彎路兩側的弧度不同。雙實線常與雙虛線並用，以表達階層性不同的資料，例如現有公路用雙實線，未完成的公路用雙虛線等，雙虛線也常被用於山路、隧道等低階層的資料符號。

(3) 複合線：由兩種以上的符號所組成的線。與前兩種形式最大的不同為複合線含有斷續、程站和導向的意義。

- 斷續性：由長線和點符號組合而成。
- 程站性：亦由長線和點符號組合而成，點在線上特別呈現程站性質，適合作為交通線，每一個程站符號就是實際程站的位置。



- 導向性：以線和三角形點符號組成。利用三角形的指向表示地理資訊動態的涵義。例如圳道、商品集散情況、人口移動、通勤通學等。



3. 定性面資料的繪製法

一幅地圖主要是呈現「面」的狀況，因為地圖是一個地區的範圍，地區本身就是一個「面」，「點」和「線」只是「面」中的某些特殊定位而已。當一幅地圖由許多不同性質的地區所組成，便要用定性面的地圖符號加以區別。面狀符號實際上是由點或線或點線並用所組成，分成以下幾種面狀符號：

- (1) 網點符號 (dotted pattern)：指由小圓點組成的面狀符號。點子的大小及密度使網點的變化更多樣。
- (2) 網線符號 (linear pattern)：由線條所組成的面符號，有直線、波紋線、同心圓線、直交線、斜交線等多種不同的形式，線的寬度與密度也使地圖符號多樣化。網線符號與網點符號最大的不同，是網點呈現平均的整體分布，較適宜作大面積的面符號；網線符號具有恆向的性質，導致視覺容易被引導。在面狀分區圖中，使用各種網線符號效果最差，因為讀圖者必須受到線條之橫向影響，且區域之間界線也是線狀符號，使讀者在區域差異的主題上感覺大受影響。
- (3) 符號網 (symbolic pattern)：由特殊符號（相連或分散、規則或不規則、兩種或以上的幾何點或線）組成的面狀符號。目的是要把區域的性質在地圖上表現出來，要注意「符號」與所表達地理資訊之間的關係。

區域除了性質的差異之外，也有面積大小的差異。為了使面積小的區域也有機會呈現其在地圖上的地位，原則是色澤較淡的網點來表達大面積的區域，以密度大的網點或網線來表達小面積的區域，尤其是重要的小面積區域。例如沙漠中的綠洲實為全區域中的精華地點。

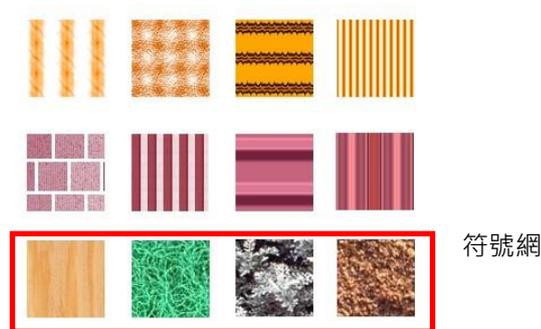


圖 7-5：網線符號與符號網

五、實作部分

(一) 台北市學校分布圖

- 實習圖資：台北市邊界 (*TPE.shp*)、台北市學校點資料 (*TPE_schools.shp*)
- 預期成果：

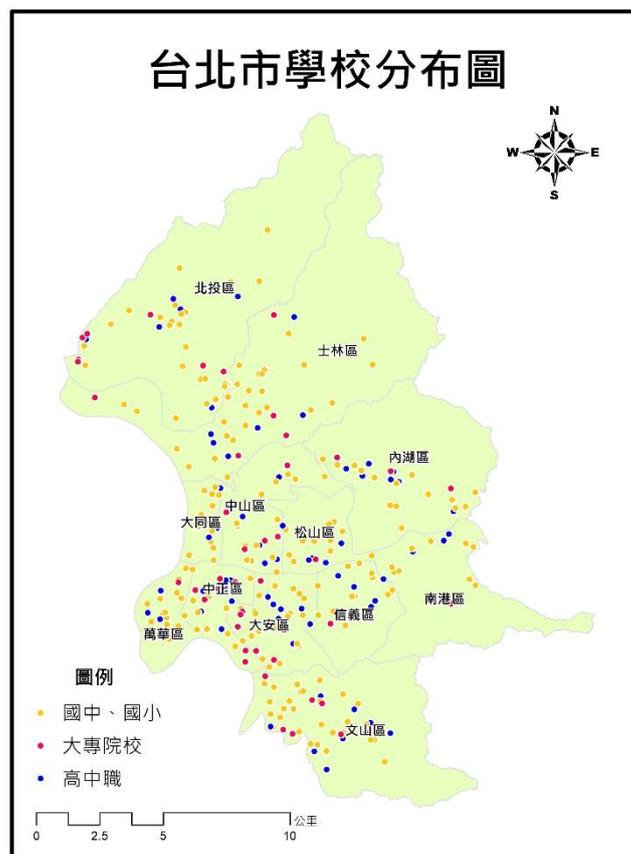


圖 7-6：實習預期成果 (一) 台北市學校分布圖

同一個圖層內的圖徵都有其特定的屬性（歸屬於不同的類別），以學校為例，就包含國中小、大專院校、高中職等，因此我們可以賦予每種學校不同的符號，以資區別。此種方式能表現較豐富的資訊，但繪製時也需注意符號大小、顏色以及形狀的選擇，是否使圖面過於複雜或簡單，反而無法傳達正確資訊，弄巧成拙。繪製過程中，我們會面臨以下問題：

- How many categories
- Choosing colors and symbols

1. 對圖層按右鍵選 Open Attribute Table 檢視學校圖層的 Attribute Table，可以發現每一個點資料所屬的商家類別紀錄在「TYPE」這個欄位中，因此接下來將針對此欄位作符號顏色、形狀以及大小的設定，以區別不同的類別。以下步驟參照圖 7-7，對圖層按右鍵選 Properties，在 Symbology 頁籤中選擇 Categories/Unique values。Value Field 選「TYPE」作為分類欄位。Color Scheme 選擇顏色組合，按下 Add All Values 按鈕表示要繪製所有類別，可利用 Remove 隱藏不顯示在圖上的資料，例如我們只想要繪製高、中職與大專院校的分佈，就可將其他類別的學校移除，此動作並不會刪除原先圖層的內容，只是隱藏這些被 Remove 的類別。Label 處可更改說明文字，等同於圖例上的名稱。
2. 按下「套用」或「確定」，檢視初步成圖。

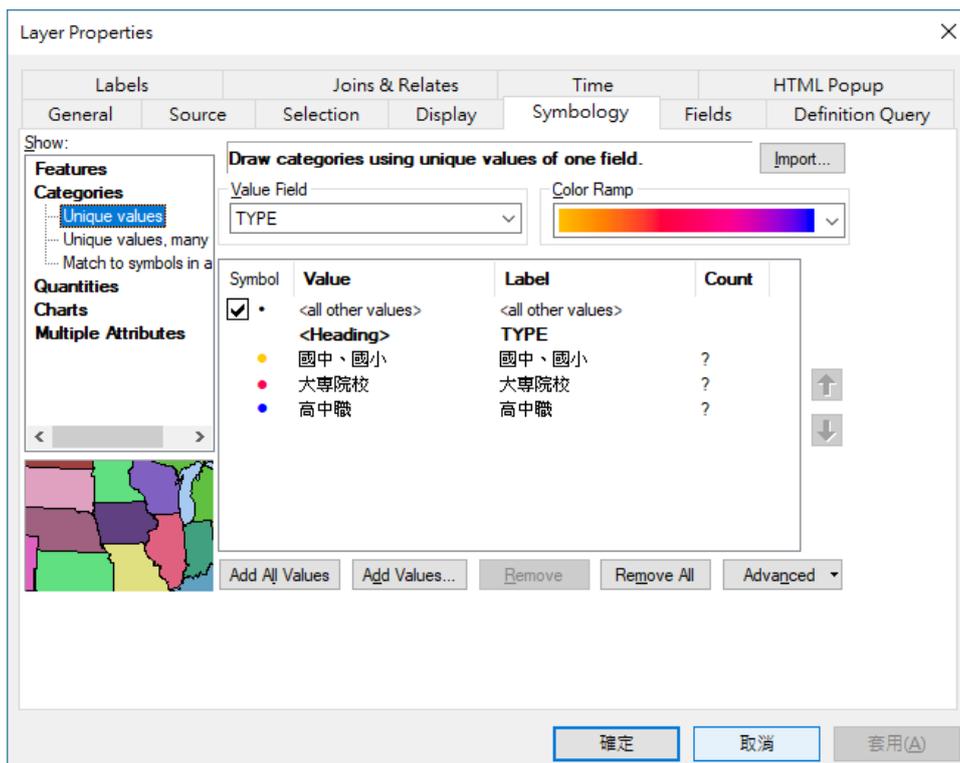


圖 7-7：Layer properties → Symbology

重要概念及討論

1. 點符號形狀選擇必須注意是否能正確表示「位置」，在大比例尺的圖上通常使用簡單的形狀如「圓形」。

2. **點符號大小**應注意解析度，有時在電腦上看的大小會和輸出時不同，可多次嘗試。不同類別的符號大小應選一致，避免讓讀者有數量差異的錯覺。
3. **點符號顏色**的選擇考慮到便利商店點資料本身無「層級關係」，因此盡可能以不同顏色來代表不同商家，而非以不同明度的漸層色。
4. 總結，在大比例尺的圖上或圖徵密集的地方，不同類別的點符號改顏色 (Hue) 會比改形狀 (Shape) 好，而小比例尺圖上則可改變符號的形狀，來區別不同類別的資料，**重點是符號是否能清楚表達主題資訊。**

3. 根據以上原則及圖面美觀、主題表達是否適宜等考量，再於 Layout View 模式中設計地圖，並附上地圖必要資訊。最後，將地圖存檔、輸出。

(二) 台北市各級道路分佈圖 (強調主題是各級道路，其他為輔助資料)

- 實習圖資：**台北市邊界 (*TPE.shp*)、台北市道路 (*TPE_roads.shp*)
- 預期成果：**



圖 7-8：實習預期成果 (二) 台北市路網圖

1. 對台北市路網圖層按右鍵選 Open Attribute Table 檢視其 Attribute Table，可以發現每一條道路的等級紀錄在「TYPE」這個欄位中，因此接下來將針對此欄位作符號顏色、形狀以及大小的設定，以區別不同等級的道路。對 *TPE_roads.shp* 按右鍵選 Properties，在

Symbology 頁籤下選擇 Categories/Unique values，從 Value Field 中選擇「TYPE」作為分類欄位，Color Scheme 中選擇顏色組合，點選 Label 欄更改說明文字。按下 Add All Values 按鈕表示要繪製所有類別，先按下「套用」，看初步成圖。

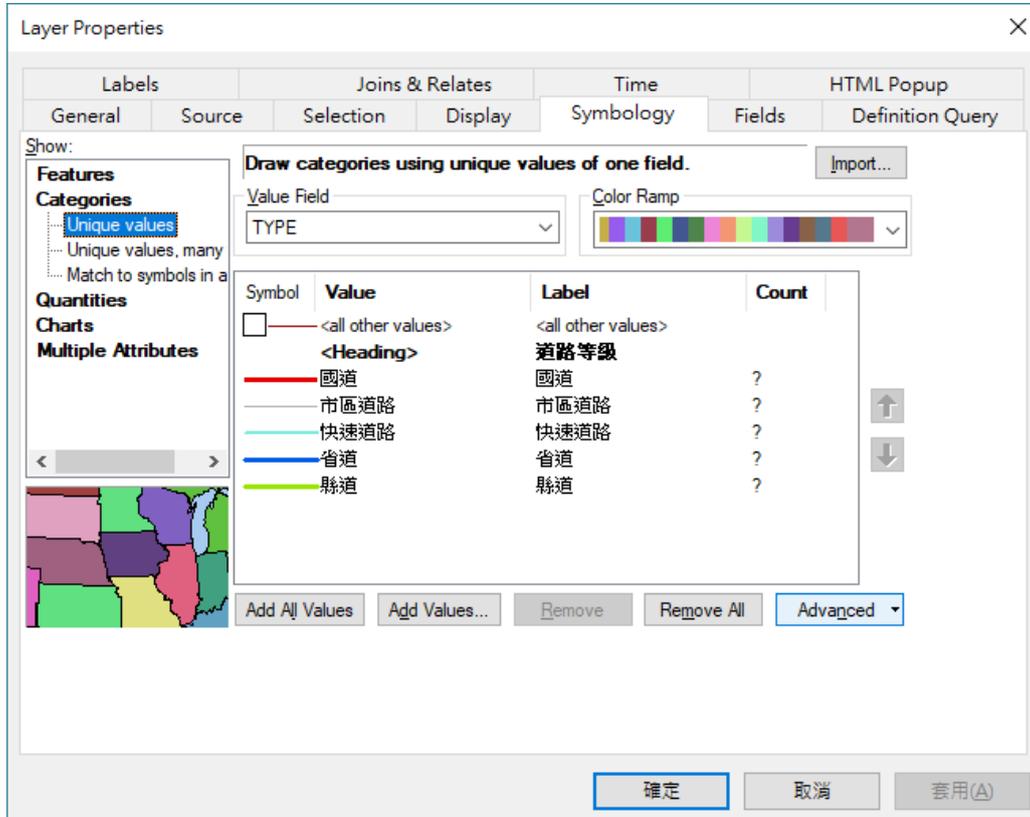


圖 7-9：Layer properties → Symbology

重要概念及討論

初步成圖問題隨機的顏色以及符號大小無法區別「各級」道路的層級關係，因此我們必須重新調整符號，一般來說，建議同時利用「顏色」以及「線條粗細」來區別不同層級關係的線圖徵，顏色盡量利用相同色系，不同明暗程度的 Color Ramp。可自行決定何謂「重要道路」，一般道路建議用淺灰色作為底圖 (reference)。

2. 在 Layer Properties\Symbology Categories\Unique values 頁籤下，針對 Symbol 欄中各別道路符號按左鍵兩下會跳出 symbol selector，在此設定顏色、寬度 (Width)。表現一般道路的方法有二種，一種是直接勾選<all other values>，並改為淺灰色；或再加入一次 *TPE_road.shp*，並以淺灰色 single symbol 來展現，圖層順序放在以原 *TPE_road.shp* 圖層下，兩種方法僅在圖例的排序上有別。
3. 亦可利用 Layer Properties\Symbology\Categories\Unique values 頁籤下的 Remove 來篩選要展現幾項感興趣的主要類別。

4. 根據以上原則及圖面美觀、主題表達是否適宜等考量，再於 Layout View 模式中設計地圖，並附上地圖必要資訊。最後，將地圖存檔、輸出。

六、本週作業

(一) 大台北地區環保署空氣品質測站分布地圖

- 作業圖資：台灣縣市界 (*Taiwan_county.shp*)、空氣品質監測站 (*stations.shp*)、河流 (*River.shp*)、道路 (*roads.shp*)
- 預期成果：



圖 7-10：預期成果 - 大台北地區的環保署空氣品質測站分布圖

(二) 台北市土地使用地圖

- 作業圖資：台北市土地使用 (*TPE_landuse.shp*)、國土利用調查第 1 級色碼表 (*國土利用調查第 1 級色碼表.lyr*)
- 預期成果：

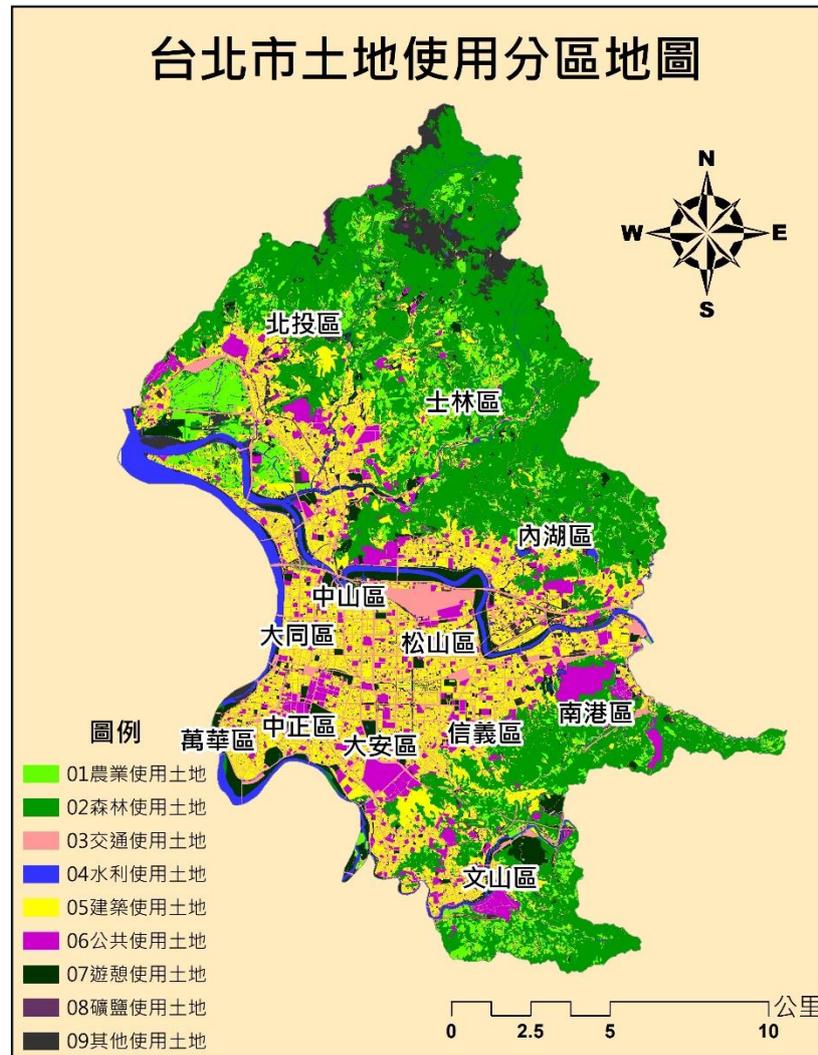


圖 7-11：預期成果 - 台北市土地使用分區圖

七、延伸閱讀及參考資料

- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J. and Guptill S. C. (ed) (1995) *Elements of Cartography*. 6th ed., Chichester : Wiley, 674.
- Mitchell, A. (1999) *The ESRI Guide to GIS Analysis Volume1: Geographic Patterns and Relationships*, California: Environmental Systems Research Institute.
- Chang, K.T. (2006) *Introduction to Geographic Information Systems*, McGraw. Hill, 3rd edition.
- 賀忠儒、徐聖謨、姜道章、吳信政 (2002) *地圖學通論*，台北：國立編譯館。

實習八 定量主題地圖 (1): 點子圖、分級符號圖、統計地圖

一、課程介紹

定量主題地圖主要目的在於繪製某地理特性，例如：老年人口數或某老年人口指標，藉此我們可以瞭解老年人口最多和最少出現在哪裡，也可探究不同區域的分佈情形是否有關連，這些結果能提供予政府單位施行老年福利政策的參考；另外對販售兒童服飾的業者而言，業者會偏向找一個有很多兒童居住且平均收入較高的地區作為開店的地點，如此一來，比較有機會獲得好的業績。針對點、線、面三種不同的資料型態有不同的表現方法，在 ArcGIS 中表現資料數量的方法如附錄一，實習僅以面資料為主，介紹包括分級符號圖 (Graduated symbols)、面量圖 (Graduated color)、點子圖 (dots density)、統計圖 (charts) 等數種方法以及其繪製原則，點、線表現法僅以口頭介紹之。

二、實習目的：

本單元使用 ArcMap 繪製點子圖、分級符號圖與統計地圖來表現定量資料，從繪製過程中了解地圖設計原則與重要概念。

三、教學資源：

ArcMap 軟體、相關圖資。

四、重要概念：

(一) 分類方法

分類方法的選擇視繪圖目的而定，不同的分類方式背後有不同的意義，例如圖 8-1 ~ 8-4 是以不同分類方法繪製出來的各鄉鎮可耕地面積比例圖，顯示同一筆資料以不同的分類方式展現，有截然不同的結果。因此，根據使用者需求，選擇一個適當的分類方式是必要的。

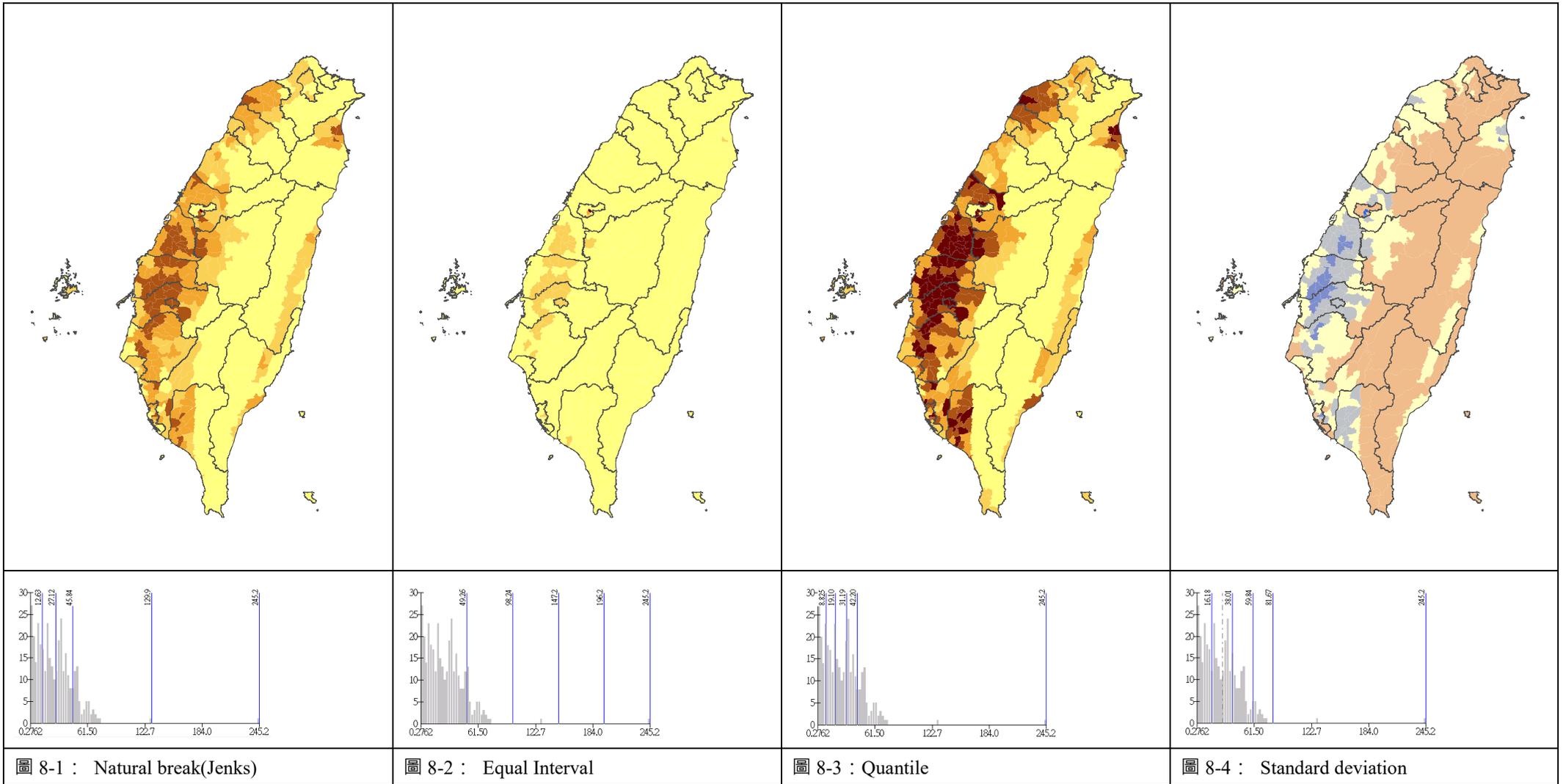


表 8-1 為常用的分類方法之優劣點比較表。通常資料成常態分佈，可選擇等距分配 (Equal Interval)；偏態分佈則選擇等量分配 (Quantile)；而 Natural Break 則是系統自動產生最適合此筆資料的分類間距；另外針對特別意義的屬性，如人口，可設定較具意義的間距值。

表 8-1：不同分類方法之優劣點比較

分類方法	特色	適用時機	缺點
Natural Breaks	組間差異大，組內差異小	當資料非常態分佈時，適合利用 Natural Breaks 進行分類	(1)不同資料之間很難進行比較，因為電腦對於不同資料的分類標準不一致。 (2)很難決定資料分成幾級能得到最好的結果，特別是資料是常態分佈時。
Quantile	各分組內數量一致，能比較相同數量之空間單元的相對位置關係，例如：全國平均收入相似的縣市分佈位置。	適用於 aggregated 的單元大小一致、資料為常態分佈時。	(1)同一個數量的地區可能會被分在不同的組別，誇大地區之間的差異；或數量較少的極值地區可能會被分在同一組，反而會淡化這些地區之間的差異。 (2)若某一地區面積非常大，在地圖上呈現的型態會被扭曲。
Equal Interval	分類間距相等，使用者易懂	適用於連續型資料，如：降雨資料、氣溫等。	(1)有些組別可能會沒有資料 (2)淡化組內差距，不容易看到真實數量分配。
Standard deviation	利用資料與平均數的正負標準差繪製成圖	可看出哪些地區大於平均值，哪些地區小於平均值，視製圖目的來選擇此類圖，例如：繪製各縣市收入與全國平均所得的標準差圖，或許可藉此貧富分佈。	以標準差來表示看不出真實數值與平均數的差異量是多少，且平均數會受到極端值影響，而有所偏差。

(二) 點子圖

用代表同一數量 (counts/amounts) 與大小的點符號，來表示某屬性於空間中分佈的情形，稱之為點子圖 (dots map)。圖上有數目不定、大小不一的點子，每一點子代表一種數量，點子的分布位置也表達了定量地理資料之分布狀態，如人口分佈圖，因此，使用此種圖並不是要表現數量 (如：有多少人)，而是強調地理現象在空間上的分佈差異 (如：那些地區人口密度高，集中於何處)，凡是表示數量分佈的主題皆可繪製成點子圖。點子圖的三大優點：(1) 點子實際表示地理資料之數目，可得到實有總數。(2) 容易繪製，只要取得各單位地區的統計資料

總值，就可以決定單位地區內應繪的點子數目。(3) 最重要的優點為最能表達地理資訊的空間分布型態，是集中或是分散？

※ 繪製點子圖需注意以下二個要素：

1. 點子大小與每一點所代表的數值

理想的點子大小與所代表的數值應使最稠密的地區的點子剛好相接(切勿互相重疊)，形成一暗區。

2. 點子的位置

由於每個點子都佔有一定的大小，每個點符號必代表了幾個不同的位置，因此產生了點子位置的問題。通常在製圖時會將點子放置在所代表現象的重心處，但在繪製點子圖時，一個統計單元內可能有數個點子，電腦會將點子隨機繪製在統計單元內，造成與真實現象的分佈誤差。解決方法是使用較小的統計單元的資料來繪製點子，再呈現上只需保留較大行政單元邊界。

(三) 分級符號圖

分級符號是利用不同大小的地圖符號來表示地理資料的屬性值在空間中分佈差異，是同時強調數量以及位置的方法，包括在一個特定位置(點、線)上的數量或代表一個統計單元(面)內的總數量。分級符號圖與點子圖的差異在於後者只能看出分佈，無法看出數量的絕對值；而分級圖可以看出各地區的數量的比例關係。

分級符號有兩種繪製方法，一種是將原始資料分級，在同一個區間內的數值會表示成相同大小的符號，如圖 8-5 世界城市人口分佈；另外一種方法是先設定基本符號大小(圖例符號)，再用比例關係來計算圖中每一個位置的符號大小，如圖 8-6，透過比較圖中每一個圓符號與圖例中的符號大小，能換算出每一個城市真實的數量。

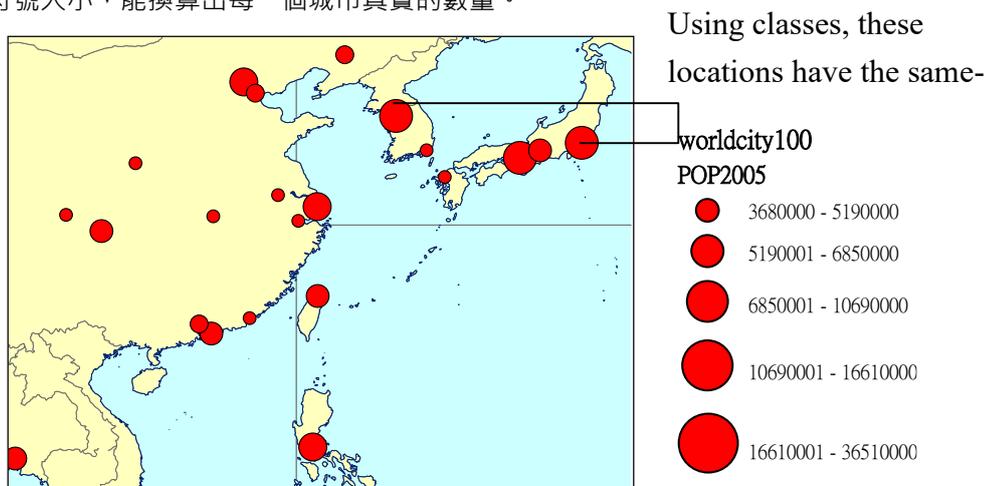


圖 8-5：Locations-number of people per city, using classes.

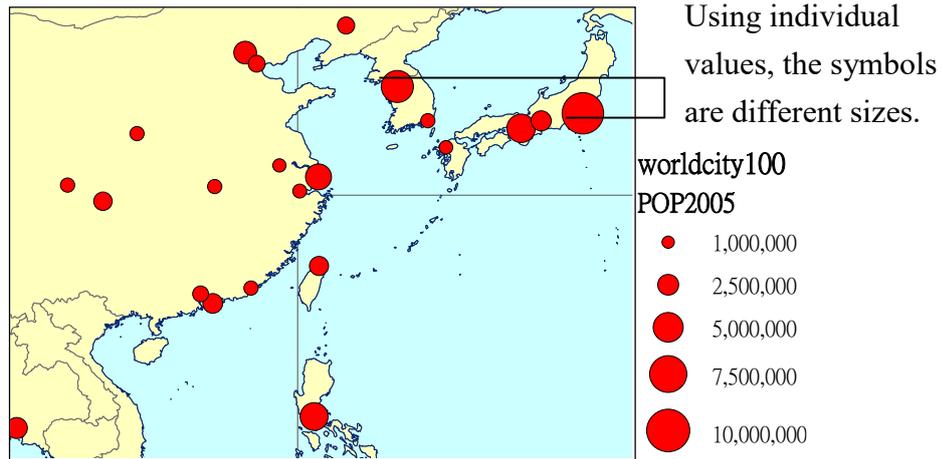


圖 8-6：Locations-number of people per city, using individual values.

地圖符號原則上可以選擇圓形、三角形、方形、橢圓形或其他幾何形狀，但最常用的是分級圓 (Graduated circle)，一來是因為圓面積容易運算，且在視覺上也比較美觀。針對含有屬性的點資料而言 (例如同一超商發生多次的搶劫案，或生物調查方式所記錄的「樣區點」，每一樣區點含有多個樣本)，每一點除了代表空間位置之外，亦含有屬性 (案件數 / 數量)，若僅繪製個別點的空間位置 (point mapping)，只能看出事件的空間分佈，無法看出數量的絕對值，會低估真實數量。因此可繪製分級符號圖 (Graduated symbols)，以符號的面積大小來表示數量比例的變化，來展現各地點資料屬性的數量比例關係。

針對面量 (areas) 資料而言，為了使讀者容易分辨圖面上的分級符號，一般都只選擇較大的統計單元來繪製，例如縣市 (圖 8-7)，過小的統計單元會使分級符號佈滿整個圖面且重疊在一起 (圖 8-8)。

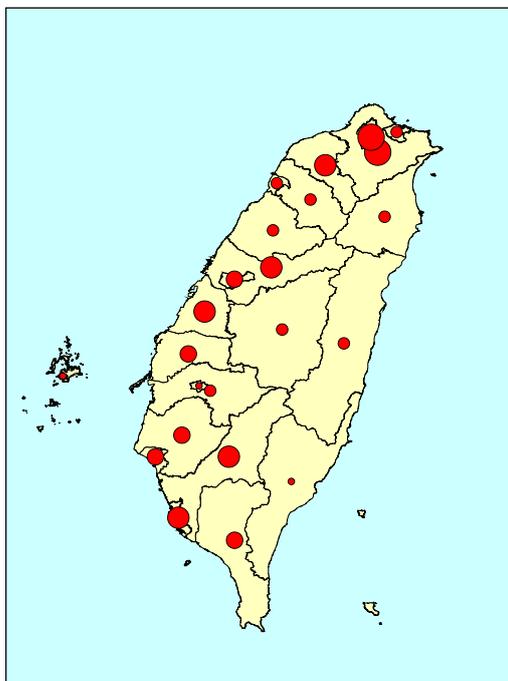


圖 8-7：全台縣市人口分佈圖

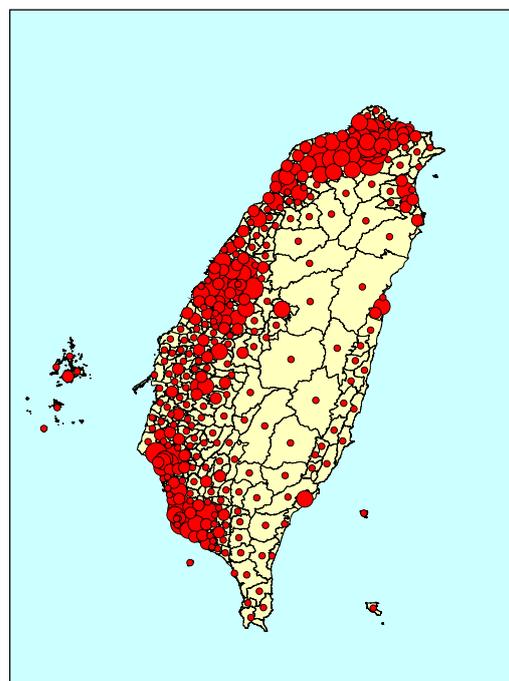


圖 8-8：全台鄉鎮人口分佈圖

使用分級符號來展現定量資料時，最重要的問題是單位半徑的選定。最早用分級圖來表示間距或比率資料時，是以圓符號的實際面積大小與所代表的數值成正比，因此可以用開方根來決定符號的大小，其他決定方法還有全距分級法與心理量度法。各方法之介紹如下：

1. 比例面積法 (或方根法)

假設有兩個地區統計值之比例為 1:4，則用來表示這兩個數值的圓面積也是 1:4，即第二個圓的面積必須是第一個圓的四倍。由於圓面積為 πr^2 ，其中 π 為一個常數，因此可以簡化為只用與資料比例的方根成一定比例的半徑畫圓。此圓的單位任意皆可，但要注意整體畫面，圓的大小要適中才不會造成版面太複雜。

2. 全距分級量度法

為了簡便，可以直接將資料分級，即將同一個分級的資料用同一種大小的標準圓表示，而標準圓的大小則以該一分級的中點值為準。

3. 心理量度法

根據心理物理學的研究，顯示讀者對於符號面積差異的知覺反應並不是一直線的函數 (如圖)，反而常常低估較大符號的面積，尤其是圓符號。例如兩個圓面積的比例是 1:2，但讀者往往以為較大圓不到小圓面積的二倍，如此一來，當我們要求嚴格的正比例時，反而無法傳達原來分佈的真實關係。補救之道在於酌量增加較大圓的面積，其調整方法為：

- (1) 先求每一筆資料的對數值
- (2) 用 0.57 乘上對數值
- (3) 再求其反對數值
- (4) 選定某一筆資料作為基礎，給定標準半徑
- (5) 將其他資料的反對數值除以「標準反對數值」，再乘上「標準半徑」，作為分級圓之半徑
- (6) 當製圖者選定繪圖半徑之後，又會遇到符號重疊的問題，此時可以利用透明圓來相互重疊，或者將小圓疊至在大圓之上。另外，符號盡量不要超出統計單元之外，並能將圓心放置在統計單元的重心，繪成的圖面不要有「太滿」或「太空」的感覺，製圖者可多次嘗試，找出可以使圖面視覺效果最好又能傳播真實資訊的繪圖半徑。

(四) 統計地圖

在一些書上將統計圖上的符號稱為「結構符號」(Structural symbol)，常見的統計地圖有圓餅圖、柱狀圖等。這些符號的特點在於每一個符號可以顯示某一變項的多種類別，**然這些類別的值加總起來必須是具有意義的**。這樣的圖主要是用來呈現地圖上不同地區間，類別數量上的區域差異，較不重視精準定位。

1. 圓餅圖 (Pie chart)

圓餅圖是最常見的結構符號，圖的大小可用直徑比例或面積比例來表示，皆可表示各地區在「總量值」方面的差異。圓的內部以 360°或百分比來切割，每一份代表某一地理資料之各不同性質所佔的比例。餅的結構隨地裡資料的複雜度而異，可以是二分的組合也可以分割的很細碎。圓餅圖的設計原則：

(1) 圓餅圖所使用的資料層級，宜用較大單元的資料

以台灣為例，圓餅圖較適合表現縣市的資訊，若用鄉鎮層級來繪製，會使圖面出現一大堆圓餅，讓圖面非常混亂。

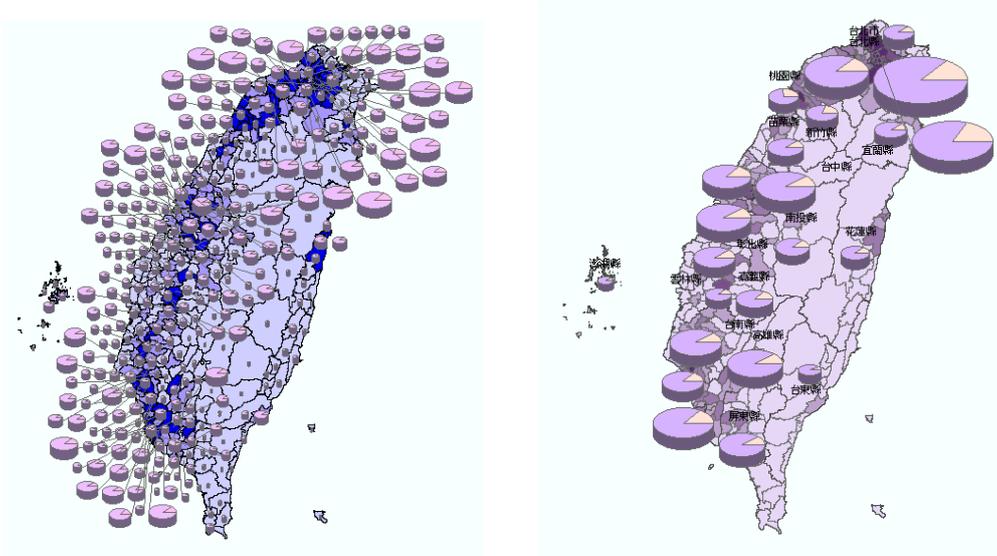


圖 8-9 : (左) 以鄉鎮資料來繪製 (右) 以縣市層級來繪製圓餅圖。

(2) 圓餅圖的每一分割部分代表著不同類別的資料，而這些資料加總應該具有意義

因此，時間序列的資料不適合拿來繪製圓餅圖，因為各時段的資料之加總不具有任何意義。

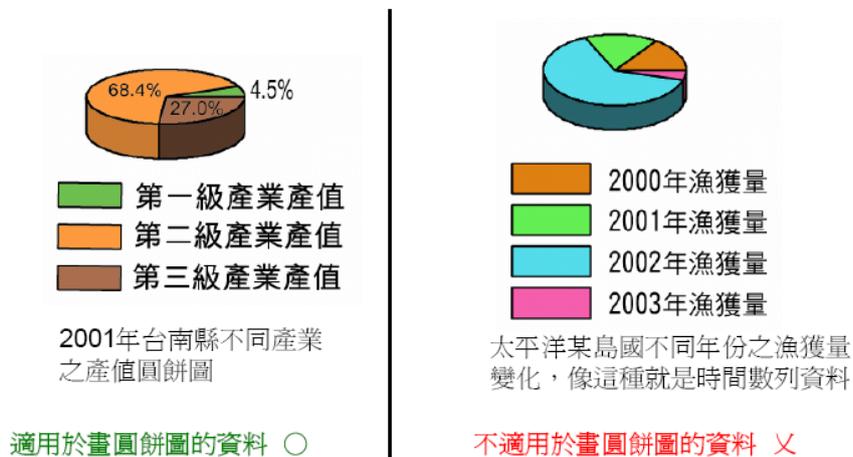


圖 8-10：圓餅圖適合的類別資料特徵

(3) 顏色部分宜用不同色系、相同飽和度來區別不同類別資料

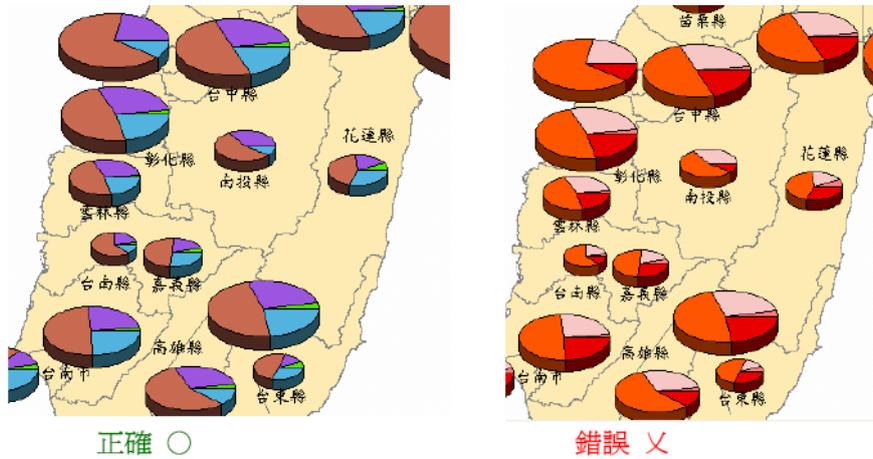


圖 8-11：圓餅圖類別間的顏色選擇

(4) 底圖部分選擇較淺色

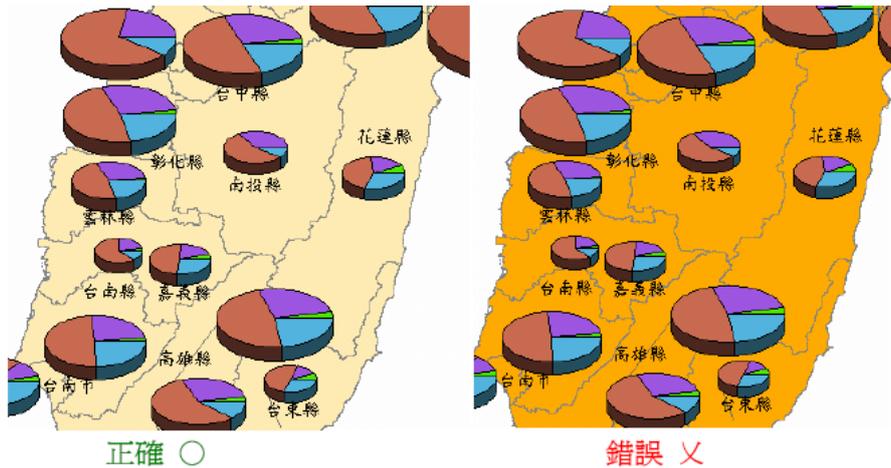


圖 8-12：圓餅與底圖的顏色選擇

(5) 圓餅符號的定位和上述的分級符號圖相當，多將圓心作為定位的基準點，放置在地理統計單元的重心。由於餅的內部結構皆含有一定的意義，因此不宜重疊。

2. 柱狀圖 (Bar chart; Stacked)

即用柱子來表現地理資訊的內部結構。柱子的高低代表量的大小，柱子內部的分割情況是地理資訊內部組成所佔的比例。柱子可以是單柱也可以是雙柱橫向排列，如果在同一地區內之各單元區域的數量差距甚大，可以用立體柱 (Stacked) 代替平面柱。

柱狀圖的設計原則大致上與圓餅圖同，但在定位部分，柱狀圖是以柱子的底線為定位之標準，最好將全符號繪製在所代表之區域內，但若基準線在內，柱子的頂部超過則無妨。定位之

後，若有柱子互相重疊，也應該調整位置，使得每個柱狀圖都能清楚顯現。

柱狀圖的基線除了定位用，也可以用來表示資料的正負值，以基線為準，上為正，下為負，如雨量圖的繪製法。

五、實作部分

- **實習圖資：**台灣村里界人口資料 (*tw_n_population.shp*)、台灣縣市界 (*taiwan_county.shp*)、台灣縣市級外籍配偶資料 (*foreign_marriage.csv*)、台灣護產機構圖層 (*nursing_institute.shp*)

2016年台灣老年人口分布圖 (點子圖)

預期成果：

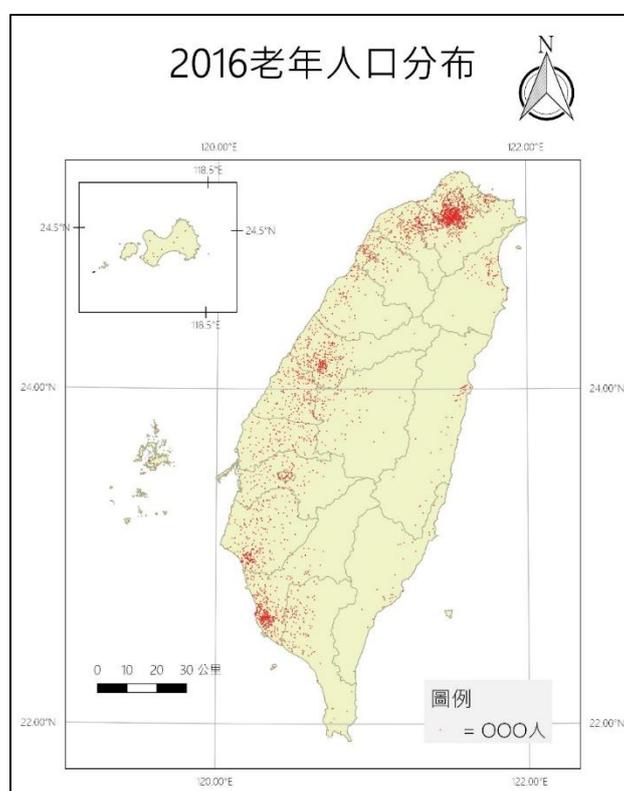


圖 8-13：實習預期成果（一）台灣老年人口點子圖

1. 將台灣村里界人口資料 (*tw_n_population.shp*)、台灣縣市界 (*taiwan_county.shp*) 開啟。
2. 定義 65 歲以上口為老年人口，打開 *tw_n_population.shp* 的屬性欄位，計算每個村里的老年人口總數。
 - 2.1 Open attribute table

FID	Shape	TOWN_ID	TOWN	COUNTY_ID	COUNTY *	A0A4_CNT	A5A9_CNT	A10A14_CNT	A15A19_CNT	A20A24_CNT	A25A29_CNT	A30A34_CNT
0	Polygon	09007010	南竿鄉	09007	連江縣	444	287	295	457	504	581	
1	Polygon	09007020	北竿鄉	09007	連江縣	109	68	74	120	161	177	
2	Polygon	09007030	莒光鄉	09007	連江縣	61	40	37	66	102	117	
3	Polygon	09007040	東引鄉	09007	連江縣	89	45	45	55	113	129	
4	Polygon	09000010	金城鎮	09000	金門縣	1982	1321	1444	2105	3213	3342	
5	Polygon	09000020	金沙鎮	09000	金門縣	827	501	548	982	1536	1625	
6	Polygon	09000030	金湖鎮	09000	金門縣	1424	896	834	1274	2161	2421	
7	Polygon	09000040	金寧鄉	09000	金門縣	1222	738	760	2285	3955	2284	
8	Polygon	09000050	烈嶼鄉	09000	金門縣	566	270	240	557	994	963	
9	Polygon	09000060	烏坵鄉	09000	金門縣	33	24	44	53	60	32	
10	Polygon	10002010	宜蘭市	10002	宜蘭縣	3654	4393	5509	6498	7227	6614	
11	Polygon	10002020	羅東鎮	10002	宜蘭縣	3194	4113	4820	4990	4963	4673	
12	Polygon	10002030	蘇澳鎮	10002	宜蘭縣	1385	1274	1669	2910	2794	2775	
13	Polygon	10002040	頭城鎮	10002	宜蘭縣	1080	963	1308	1800	2105	2170	
14	Polygon	10002050	礁溪鄉	10002	宜蘭縣	1476	1136	1233	2004	2658	2752	
15	Polygon	10002060	壯圍鄉	10002	宜蘭縣	816	582	866	1511	1924	1832	
16	Polygon	10002070	員山鄉	10002	宜蘭縣	1107	921	1203	2028	2727	2570	
17	Polygon	10002080	冬山鄉	10002	宜蘭縣	2114	2056	2107	3182	4003	3911	
18	Polygon	10002090	五志鄉	10002	宜蘭縣	1449	1029	1283	2208	3110	3010	
19	Polygon	10002100	三星鄉	10002	宜蘭縣	581	510	777	1228	1536	1386	
20	Polygon	10002110	大同鄉	10002	宜蘭縣	464	332	334	429	460	422	

圖 8-14：Attribute table

2.2 Add field (增加計算老年人口總數的欄位)

Add Field [X]

Name:

Type:

Field Properties

Precision	0
Scale	0

圖 8-15：Attribute table → Add field

2.3 Field calculator (計算 65 歲以上人口數)

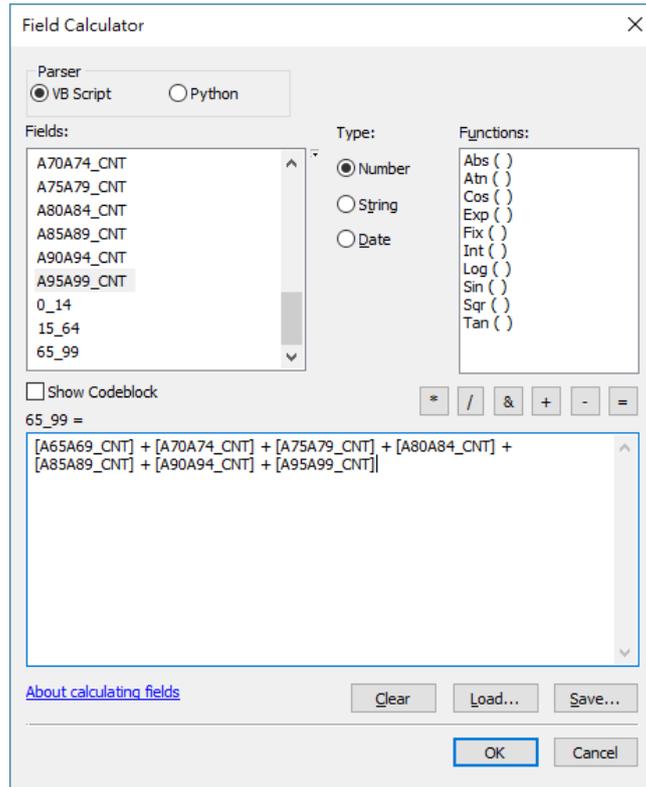


圖 8-16 : Select column → Field calculator

3. 繪製點子圖，透過平衡點子大小及點子代表數量以呈現合適的點子圖。

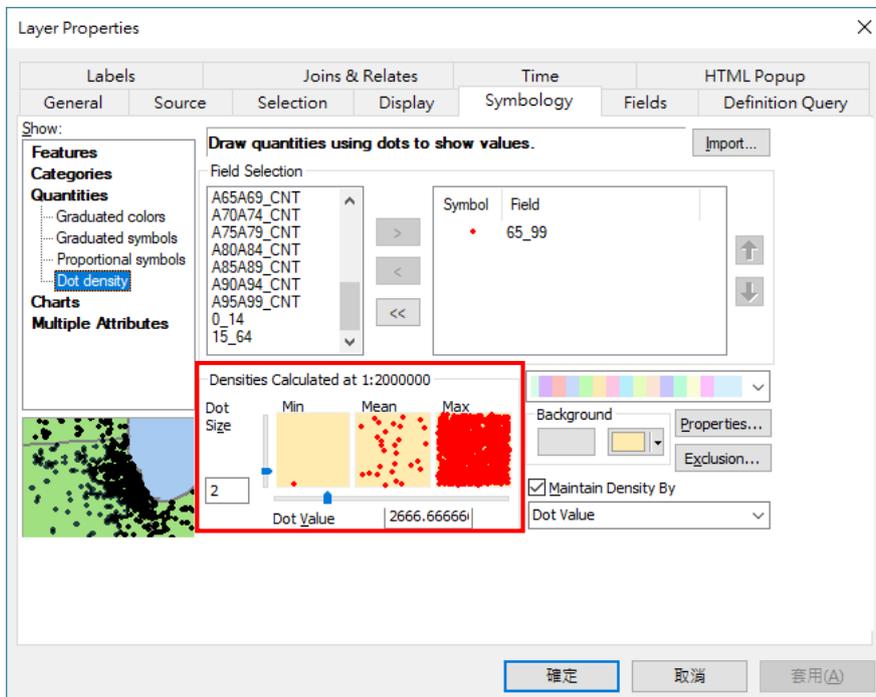


圖 8-17 : Layer properties → Symbology

4. 透過圖層填滿、外框色彩以呈現點子圖適當的行政區邊界：呈現的邊界應為點子資料的上

一層行政邊界。例如，資料為鄉鎮市區層級，則點子圖呈現的行政邊界應為縣市界。

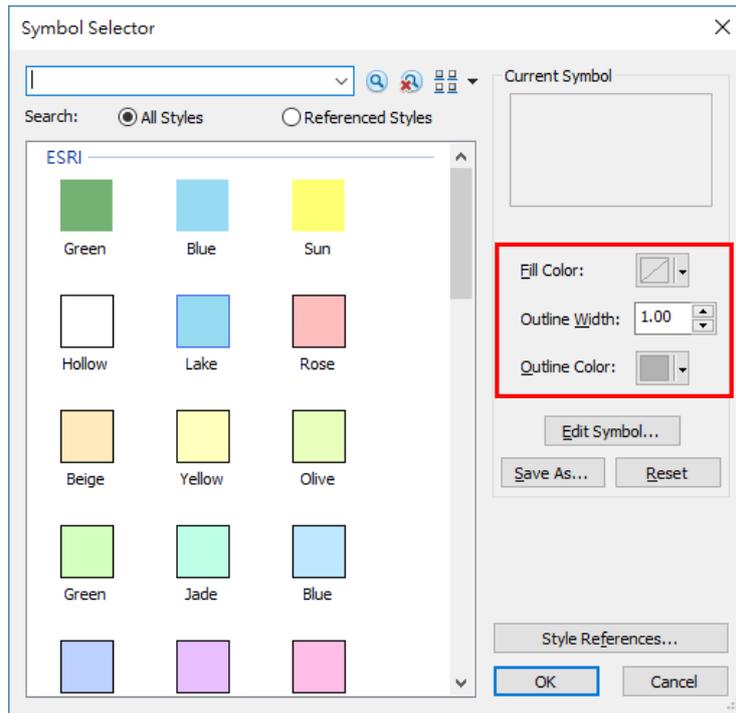


圖 8-18：Symbol selector

5. 呈現縣市名稱。

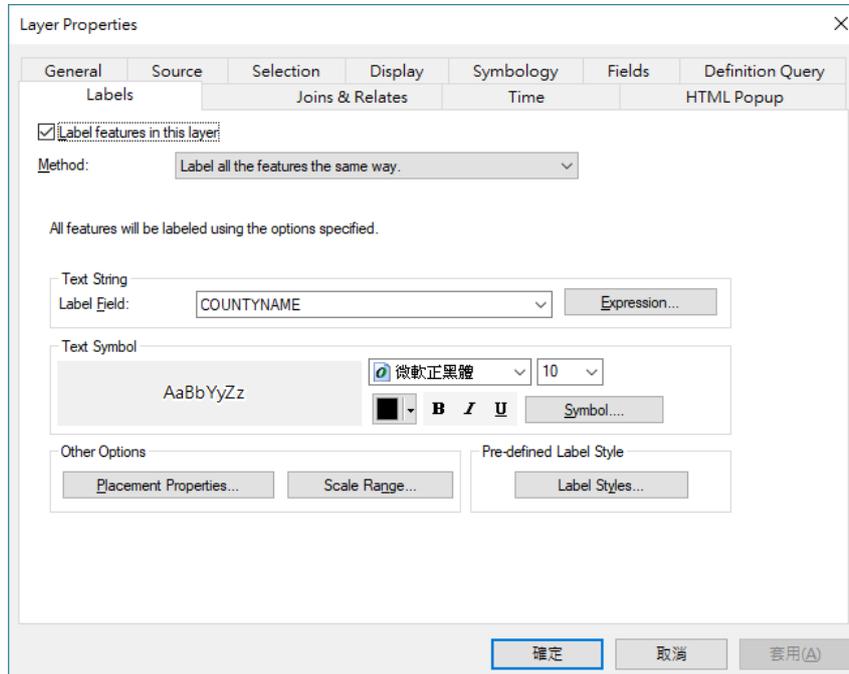


圖 8-19：Add labels (縣市名稱)

6. 地圖設計與輸出，如圖名、圖例、比例尺、指北針、經緯線等。

(一)2016年台灣前四名外籍配偶來自國家 (長條圖)

□ 預期成果：

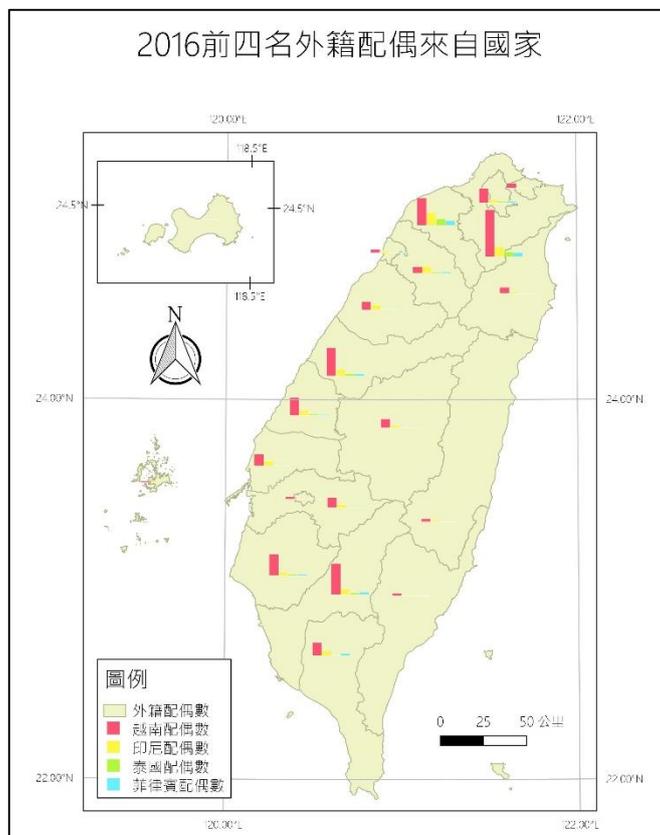


圖 8-20：實習預期成果 (二) 台灣前四名外籍配偶來自國家

1. 將台灣縣市界 (*taiwan_county.shp*)、外籍配偶資料 (*foreign_marriage.csv*) 開啟。
2. 選出前四大外籍配偶來自國家。

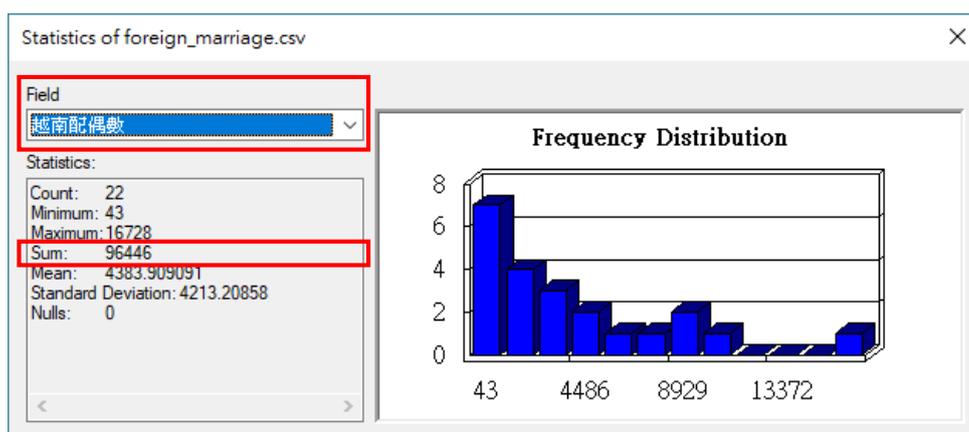


圖 8-21：Statistics (某一欄位地的統計資料)

3. 合併屬性資料，將 csv 資料 join 至台灣縣市界圖層。過程中需選擇要被 join 過去的資料及兩組資料對應的欄位。

3.1 Join data.

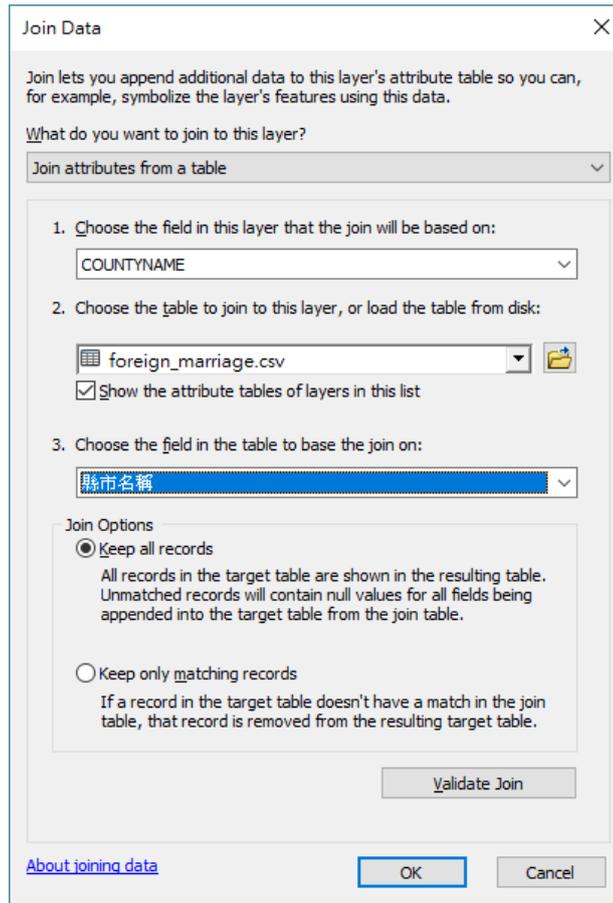


圖 8-22 : Join data

3.2 Join 完後的 attribute table °

COUNTYID	COUNTYCODE	COUNTYNAME	COUNTYENG	縣市代碼	縣市名稱	越南配區數	印尼配區數	泰國配區數	菲律賓配區	柬埔寨配區
Z	09007	連江縣	Lianjiang County	9007	連江縣	43	5	3	1	
W	09000	金門縣	Kinmen County	9000	金門縣	170	113	6	4	
G	10002	宜蘭縣	Yilan County	10002	宜蘭縣	2179	449	118	88	13
N	10007	彰化縣	Changhua County	10007	彰化縣	6599	1723	484	380	40
M	10008	南投縣	Nantou County	10008	南投縣	3166	903	172	114	22
F	10009	雲林縣	Yunlin County	10009	雲林縣	4119	1803	214	155	26
T	10013	屏東縣	Pingtung County	10013	屏東縣	4667	1709	202	786	23
V	10014	苗栗縣	Taihang County	10014	苗栗縣	956	259	29	87	4
U	10015	花蓮縣	Hualien County	10015	花蓮縣	1068	526	66	66	6
X	10016	澎湖縣	Penghu County	10016	澎湖縣	552	318	0	8	4
C	10017	基隆市	Keelung City	10017	基隆市	1673	282	104	92	6
O	10018	新竹市	Hsinchu City	10018	新竹市	1300	664	156	241	2
A	63	臺北市	Taipei City	63000	臺北市	5177	1093	481	599	18
F	65	新北市	New Taipei City	65000	新北市	16728	3578	1617	1448	43
B	66	臺中市	Taichung City	66000	臺中市	9980	2242	832	791	74
D	67	臺南市	Tainan City	67000	臺南市	7537	1064	500	405	32
H	68	桃園市	Taoyuan City	68000	桃園市	9697	4625	2388	1585	29
K	10005	苗栗縣	Misaki County	10005	苗栗縣	2884	1868	255	249	7
J	10004	新竹縣	Hsinchu County	10004	新竹縣	2267	2410	313	524	5
I	10000	嘉義市	Chiayi City	10000	嘉義市	877	195	45	59	6
Q	10010	嘉義縣	Chiayi County	10010	嘉義縣	3613	1120	139	121	16

圖 8-23 : Join 完成的屬性資料表

4. 製作長條圖。

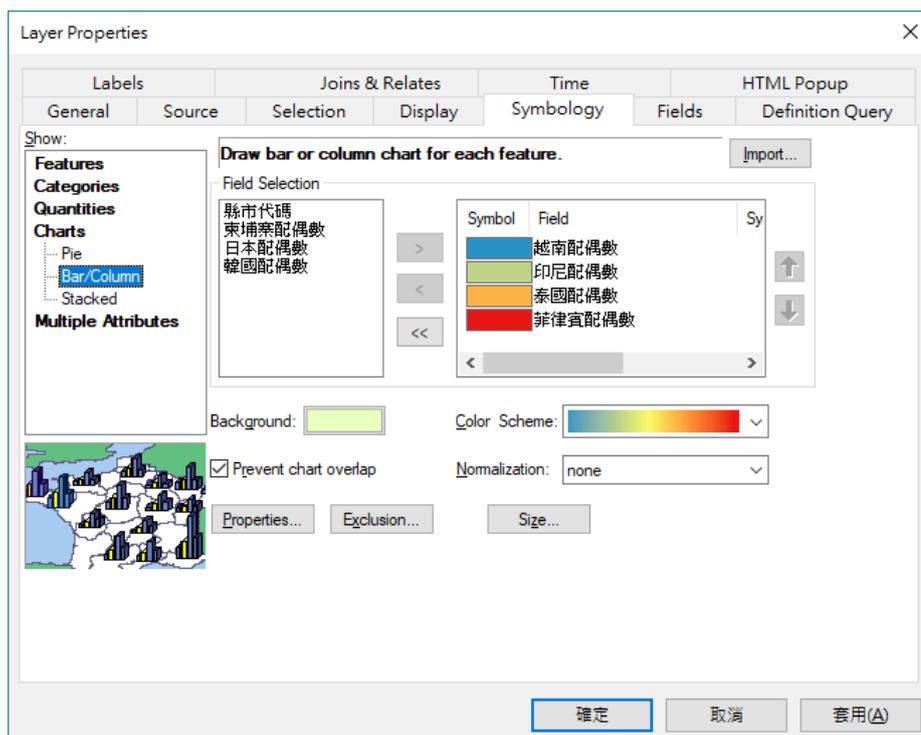


圖 8-24 : Layer properties → Symbology

5. 地圖設計與輸出，如圖名、圖例、比例尺、指北針、經緯線等。

(三) 台灣護產機構服務人數 (分級符號圖)

□ 預期成果：

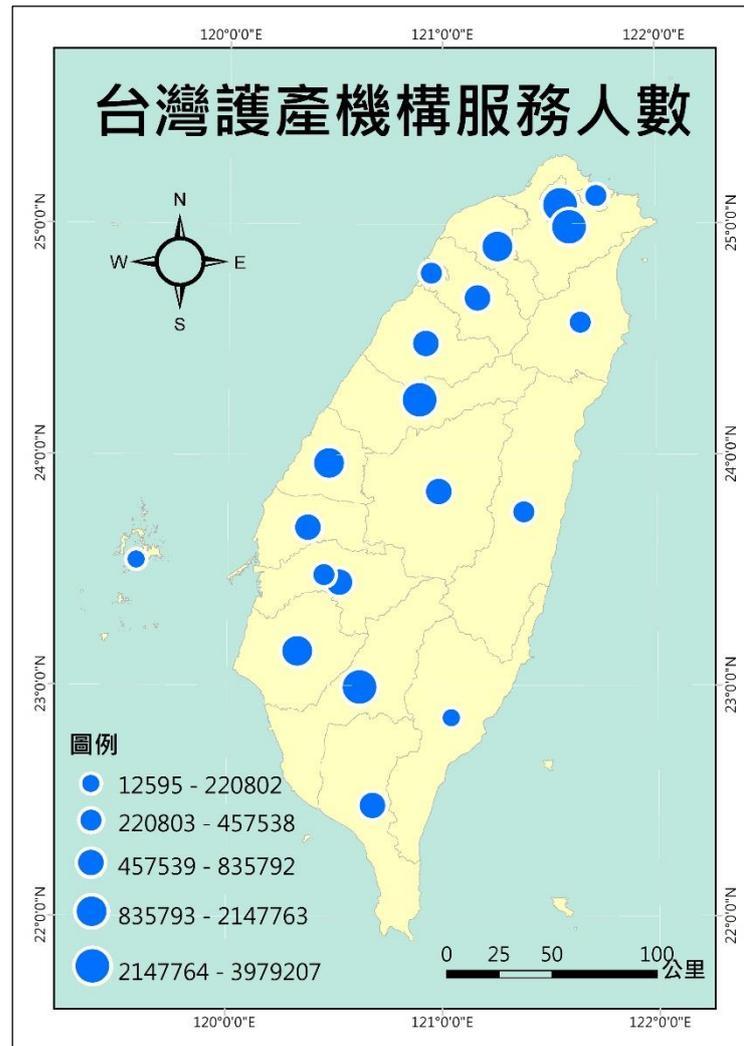


圖 8-25：實習預期成果（三）護產機構服務人數

1. 將台灣護產機構圖層 (*nursing_institute.shp*) 開啟。
2. 製作分級符號圖。選擇資料欄位、連續資料不連續化的切割方式、分級符號色彩與大小等屬性設定。

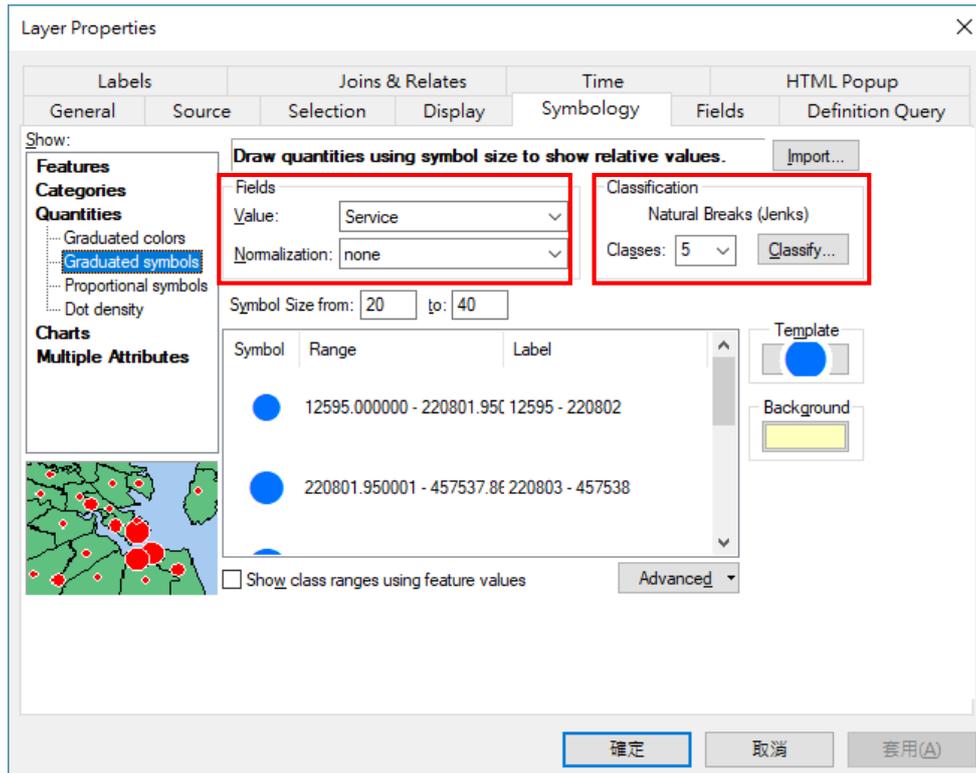


圖 8-26 : Layer properties → Symbology

3. 可加上縣市名稱標籤，並設定標籤位置以避免與分級符號重疊。

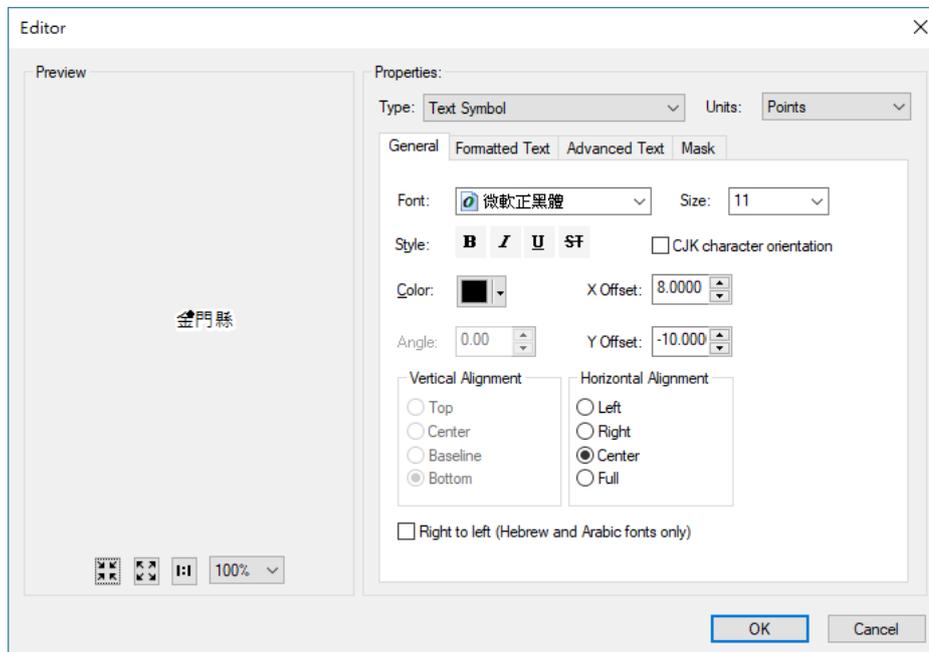


圖 8-27 : 標籤位置

4. 地圖設計與輸出，如圖名、圖例、比例尺、指北針、經緯線等。

六、本週作業

繪製 2016 年台灣老、中、青人口結構圖 (圓餅圖)，當中請自行定義老、中、青年齡層。

- 作業圖資：台灣縣市界人口資料 (*twncnty_population.shp*)、台灣縣市界 (*taiwan_county.shp*)
- 預期成果：

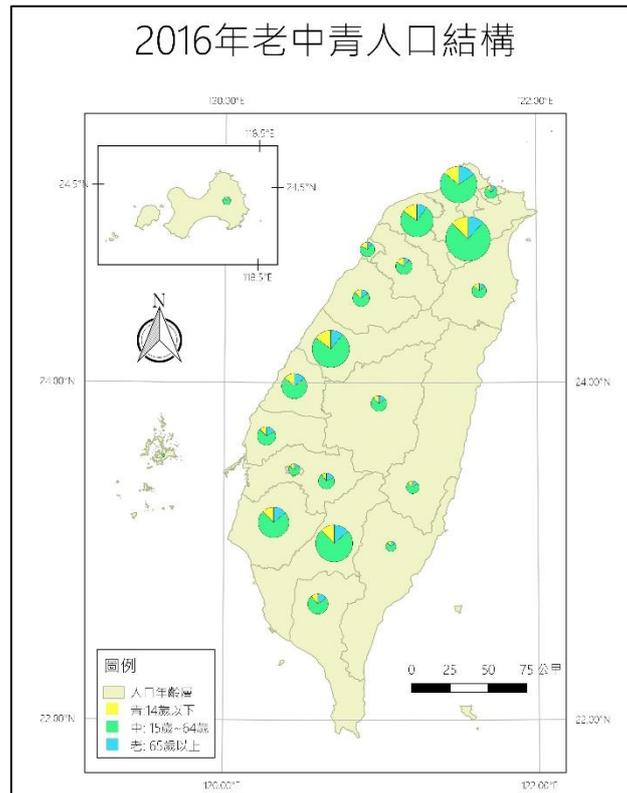


圖 8-28：作業預期成果 - 台灣老、中、青人口結構圓餅圖

七、參考資料

- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J. and Guptill S. C. (ed) (1995) *Elements of Cartography*. 6th ed., Chichester : Wiley, 674.
- Mitchell, A. (1999) *The ESRI Guide to GIS Analysis Volume I: Geographic Patterns and Relationships*, California: Environmental Systems Research Institute.

實習九 定量主題地圖 (2): 面量圖與整合應用

一、課程介紹

本單元延續上一單元定量資料的地圖呈現，介紹面量圖。另外，也將整合前幾個單元學到的定性、定量資料的地圖展示，將地圖間相互套疊（如，面量圖疊上分級符號、圓餅圖等），藉此以單張地圖呈現多個變量在空間中的變化分布，探索變量間的關係。

二、實習目的：

- (一) 學習繪製單變量、多變量的面量圖
- (二) 定性與定量主題地圖的整合設計及應用
- (三) 使用 ArcScene 軟體將 2D 向量資料轉繪成 3D perspective views。

三、教學資源：

ArcMap 軟體、相關圖資。

四、重要概念：

□ 面量圖

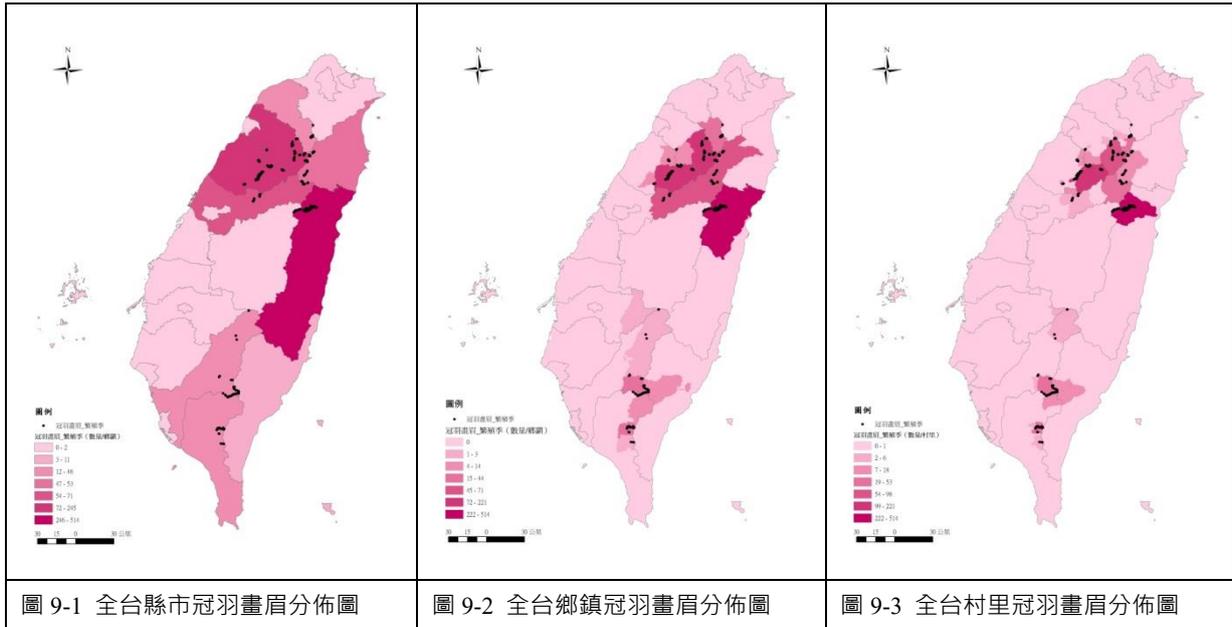
有時點資料因為涉及隱私問題很難取得，而除了直接繪製點資料空間分佈圖（point mapping），亦可將點資料彙整至地理空間單元（例如行政區、網格等），繪製成面量圖。面量，指得便是某一特定面積內含有的「質量」，面積是固定的，量是可以有多少變化之分的，面量圖通常以漸層（同樣顏色、不同濃度）顏色來表示不連續、離散、可區分為面的資料，並可直接以顏色深淺來判斷哪些地方的特定屬性值較高，也就是哪些地方有「聚集」的現象，是強調屬性值空間差異的方法。

由於面量圖是將不同 classes 著上不同的顏色來表示一個單位面積上量的變化，因此在繪製時，牽涉了分類、分級、顏色以及「區域面積」的問題，有幾點原則要特別注意：

1. 面量圖呈現的定量資料應為**衍生值（derived values）**，如人口密度、感染率、比例等，不可以為**總數（total values）**如人口總數、總產量、土地面積等。

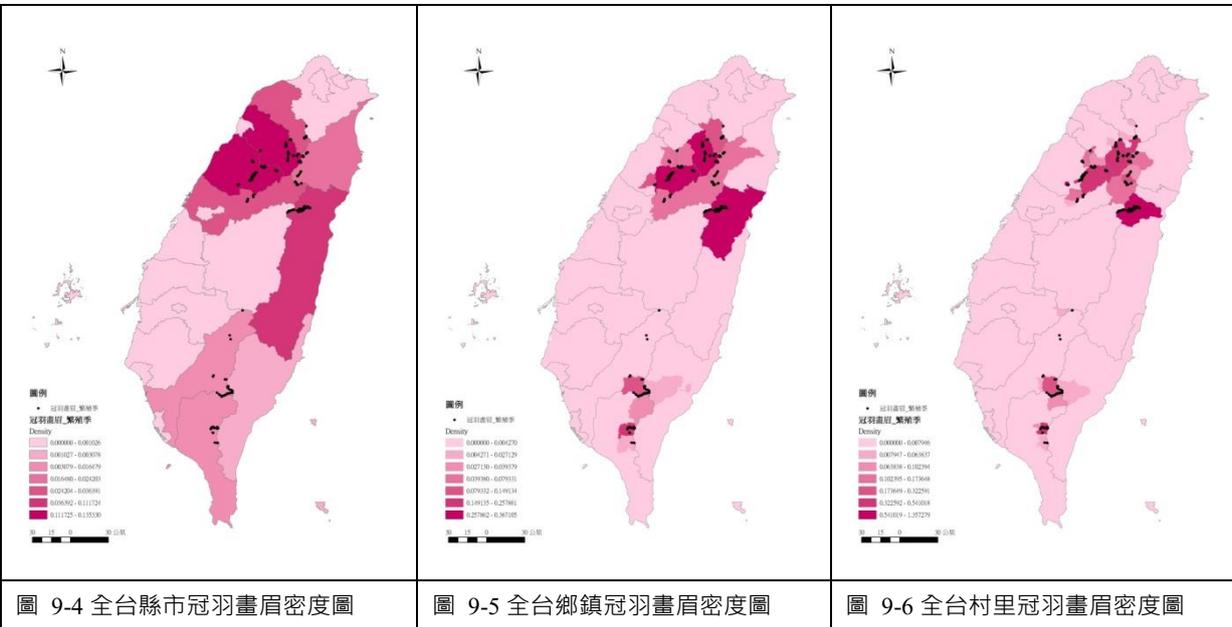
2. 統計單元區域之面積越小越好

這是由於面量圖是用來表示不連續、離散的、可區分為面的資料，因此每一個面資料都被視為獨立的「均質面」，意即假設各屬性均勻分佈於面單元內，但實際上，許多資料都是不均勻的分佈在空間中，因此我們可以想像使用不同的面資料單元會影響資料展示的結果，越詳細的空間單元能展現越接近真實的分佈。以繁殖季的冠羽畫眉數量為例，由圖 9-1、9-2、9-3 可見行政單元越小，與真實分佈的情形越接近。但也不宜使用太過細小的單位面積，如此會製成複雜而細碎的分級面量圖，因太細小的面在視覺上為點。



3. 各統計單元區域之面積應該相差不大

當面的單元大小不一致時 (如行政邊界) · 以數量作為屬性繪製而成的面量圖可能會誤導讀者 · 如圖 9-1 冠羽眉鳥實際上只集中在太魯閣地區 · 但彙整到縣市單元之後 · 在花蓮縣太魯閣地區之外的鄉鎮被誇大 · 此時 · 可以繪製密度圖 · 淡化因為面積大小而遭誇大、不實的鄉鎮之間差異 · 如圖 9-4~9-6 是冠羽畫眉分佈的密度圖 (數量/每平方公里)。



4. 合適的面量圖分級應避免大於七類

分級的多寡會影響資料表現的詳細程度 · 但心理學家研究指出人只能同時辨別七個不同的物體 · 因此分級通常不超過七級 · 另一方面 · 若類別太多也容易使色塊間太過相似而影響或難以辨識。

5. 各分組級距及上下界不可重複，如圖9-7。

圖 9-7 中，左圖有誤，因其每一級的上界與下一級的下界重疊，右圖級距的上、下界則符合定義。

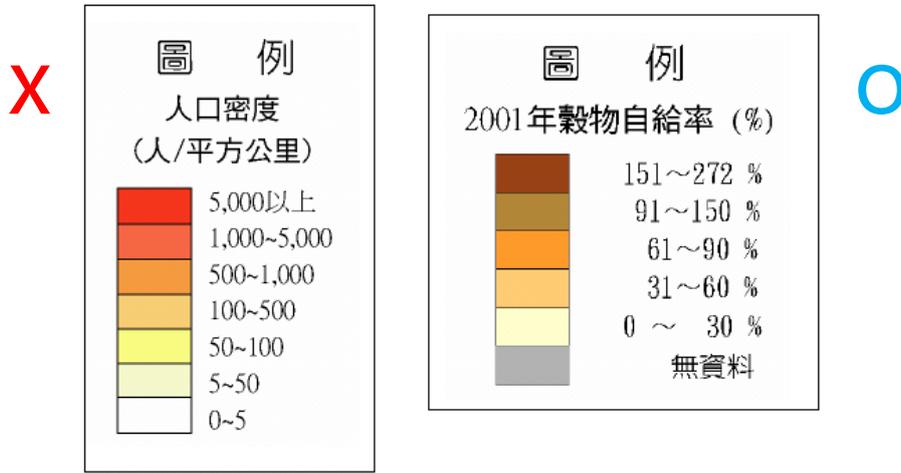


圖 9-7：各分組級距及上下界不可重複

6. 面量圖顏色的使用依資料特徵而定

若想呈現數值同一方向 (都是正值) 的大小則經常以同一色相、不同濃度來表現，利用漸層的深淺變化區別資料的階層關係。另一方面，若面量圖表現的資料有正負向變化，如人口成長率 (正成長、負成長)，則可選擇兩種色相的漸層變化以更貼切地表現數值資料，如圖9-8。

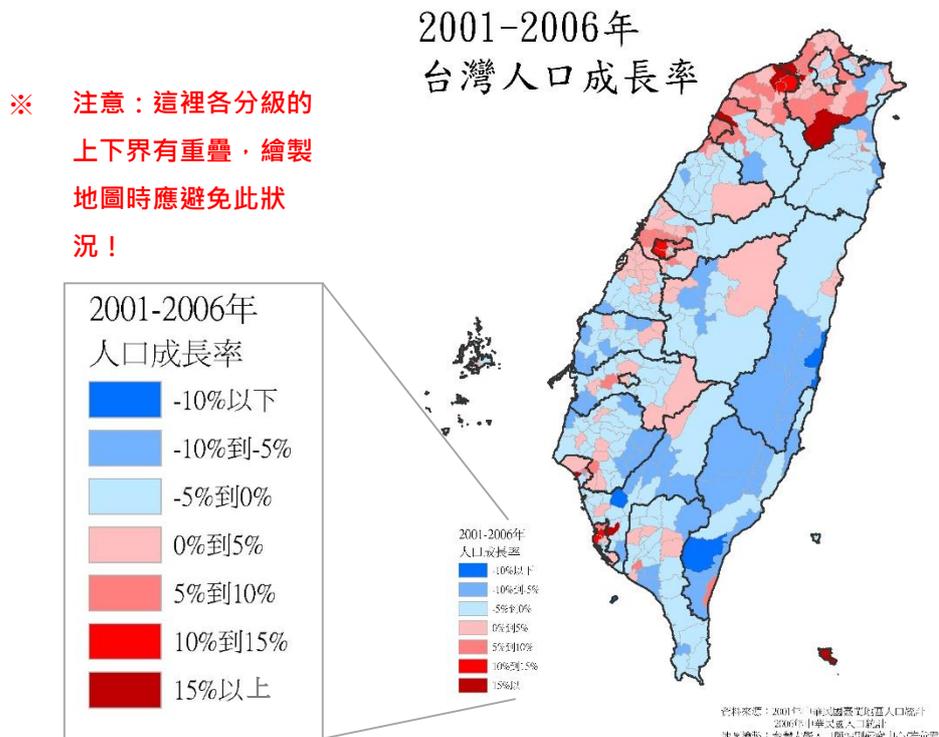


圖9-8：面量圖的顏色選擇與配置

。 五、實作部分

(一) 繪製台北市竊盜案件分布圖

□ 實習圖資：竊盜案件點資料 (*TaipeiCrime.csv*)、台北市村里級人口資料 (*Taipei_VillageDemography.shp*)

□ 預期成果：

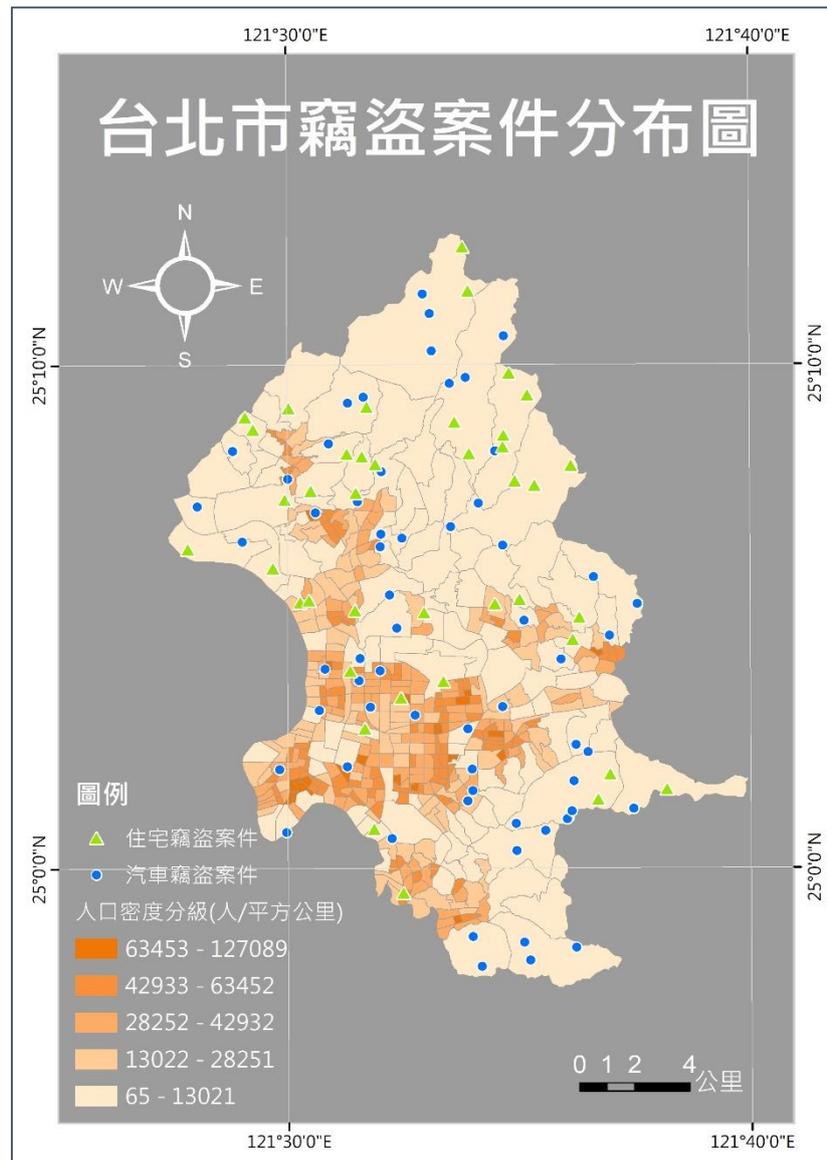


圖 9-9：實習預期成果（一）台北市竊盜案件分布圖

1. 將台北市村里級人口資料 (*Taipei_VillageDemography.shp*)、竊盜案件點資料 (*TaipeiCrime.csv*) 開啟。
2. 將 csv 檔的竊盜案件點資料繪至 ArcMap 中，並將繪製的點另存為竊盜案件點圖層 (.shp)。

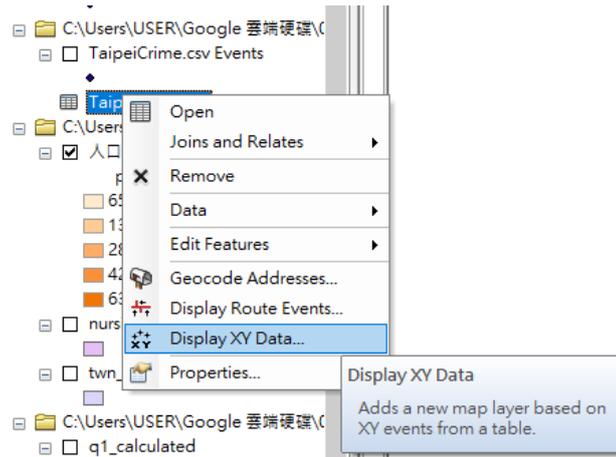


圖 9-10 : Display XY Data

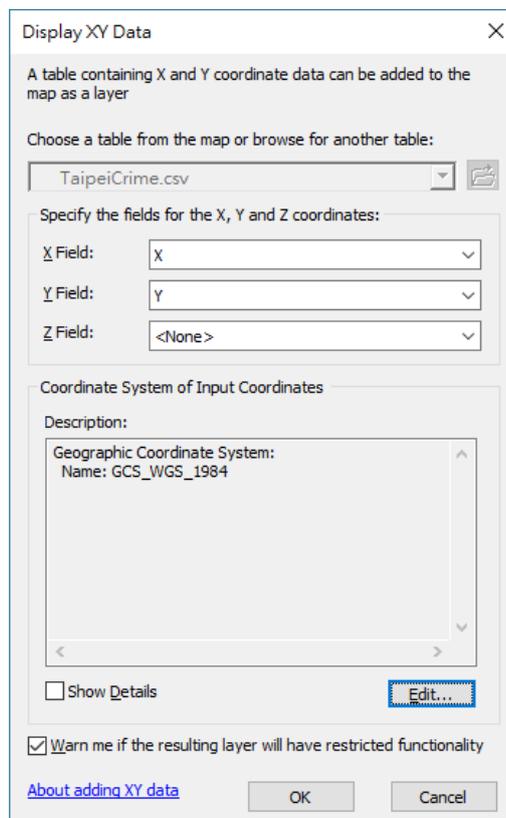


圖 9-11 : Display XY Data (續)

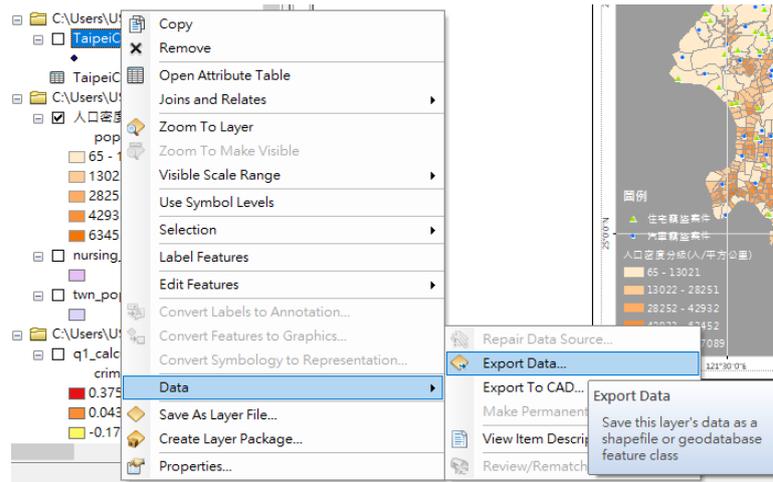


圖 9-12 : Export Data

3. Type 欄位記錄了不同的竊盜類型。再來，我們嘗試從細緻的類別粗分成兩類：「汽車竊盜案件」與「住宅竊盜案件」。

FID	Shape *	ID	X	Y	Type
0	Point	1	121.529692	25.053443	小客車竊
1	Point	2	121.531703	25.133622	大樓住戶
2	Point	3	121.564736	25.046162	貨車偷竊
3	Point	4	121.602884	25.028839	大型車失
4	Point	5	121.527705	25.046328	平房住宅
5	Point	6	121.586529	25.156681	大樓住戶
6	Point	7	121.552074	25.171246	貨車竊盜
7	Point	8	121.541302	25.109285	貨車失竊
8	Point	9	121.582038	25.014731	小客車失
9	Point	10	121.603573	24.973745	大型車偷
10	Point	11	121.589063	25.12673	平房住宅
11	Point	12	121.467569	25.119907	貨車竊案
12	Point	13	121.586963	24.969497	大型車竊
13	Point	14	121.500649	25.152425	大樓住戶
14	Point	15	121.521845	25.154093	小客車竊
15	Point	16	121.58361	25.089015	大樓住戶
16	Point	17	121.577662	25.139469	平房住宅
17	Point	18	121.625903	25.087436	小客車偷
18	Point	19	121.4837	25.106227	大型車竊
19	Point	20	121.504647	25.08811	平房住宅
20	Point	21	121.592807	25.012416	小客車竊
21	Point	22	121.580037	25.163939	大樓住戶

圖 9-13 : 竊盜圖資的屬性資料表

- 3.1 利用 Select by attribute 將屬於汽車竊盜案件的資料挑選出來。



圖 9-14：Select by Attributes

FID	Shape *	ID	X	Y	Type
0	Point	1	121.529692	25.053443	小客車竊
1	Point	2	121.531703	25.133822	大樓住戶
2	Point	3	121.564736	25.046162	貨車偷竊
3	Point	4	121.602884	25.028839	大型車失
4	Point	5	121.527705	25.046328	平房住宅
5	Point	6	121.586529	25.156681	大樓住戶
6	Point	7	121.552074	25.171246	貨車竊盜
7	Point	8	121.541302	25.109285	貨車失竊
8	Point	9	121.583088	25.014751	小客車失
9	Point	10	121.603573	24.973745	大型車偷
10	Point	11	121.589063	25.12673	平房住宅
11	Point	12	121.467569	25.119907	貨車竊案
12	Point	13	121.586963	24.969497	大型車竊
13	Point	14	121.500549	25.152425	大樓住戶
14	Point	15	121.521843	25.154093	小客車竊
15	Point	16	121.58361	25.089015	大樓住戶
16	Point	17	121.577662	25.139469	平房住宅
17	Point	18	121.625903	25.087436	小客車偷
18	Point	19	121.4837	25.108227	大型車竊
19	Point	20	121.504647	25.08811	平房住宅
20	Point	21	121.592607	25.012416	小客車竊
21	Point	22	121.580037	25.163999	大樓住戶

圖 9-15：篩選出的結果

3.2 挑選出來後，將選取的資料另存成「汽車竊盜案件」的點資料。再利用反選取的方式，挑出「住宅竊盜案件」的資料，同樣另存出來。

FID	Shape	ID	X	Y	Type
0	Point	1	121.529692	25.053443	小客車竊
1	Point	2	121.531703	25.133822	大樓住戶
2	Point	3	121.564796	25.046162	貨車偷竊
3	Point	4	121.602884	25.028839	大型車失
4	Point	5	121.527705	25.046328	平房住宅
5	Point	6	121.586529	25.156681	大樓住戶
6	Point	7	121.552074	25.171246	貨車竊盜
7	Point	8	121.541302	25.109285	貨車失竊
8	Point	9	121.582088	25.014791	小客車失
9	Point	10	121.605573	24.973745	大型車偷
10	Point	11	121.589063	25.12673	平房住宅
11	Point	12	121.467569	25.119907	貨車竊案
12	Point	13	121.586963	24.969497	大型車竊
13	Point	14	121.500549	25.152425	大樓住戶
14	Point	15	121.521843	25.154093	小客車竊
15	Point	16	121.58361	25.089015	大樓住戶
16	Point	17	121.577662	25.139469	平房住宅
17	Point	18	121.625908	25.087436	小客車偷
18	Point	19	121.4837	25.108227	大型車竊
19	Point	20	121.504647	25.08811	平房住宅
20	Point	21	121.592607	25.012416	小客車竊
21	Point	22	121.580087	25.163989	大樓住戶

圖 9-16：反選取 (Switch Selection)

4. 針對「汽車竊盜案件」與「住宅竊盜案件」分別選擇合適的點樣式。

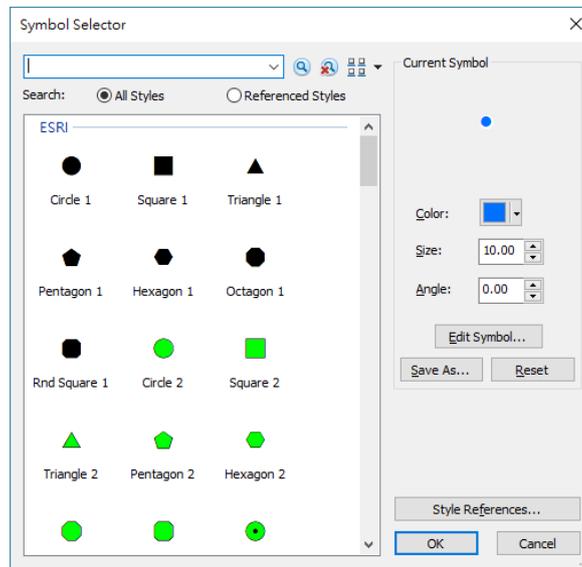


圖 9-17：設定點圖樣與顏色

5. 另一方面，地圖的底圖是面量圖，展現台北市村里級的人口密度。先檢視人口資料的屬性資料表。

FID	Shape	COUNTY_ID	VILLAGE_ID	VILLAGE	COUNTY	TOWN	V_ID	TOWN_ID	CENCUS
0	Polygon	63000	037	0s7*0	007_0	0j7w0	63000080-037	63000080	7438
1	Polygon	63000	038	038S0	008_0	0j8w0	63000080-038	63000080	3852
2	Polygon	63000	039	039s0	009_0	0j9w0	63000080-039	63000080	2027
3	Polygon	63000	040	0s0W0	000_0	0j0w0	63000080-040	63000080	10389
4	Polygon	63000	041	0s1	001_0	0j1w0	63000080-041	63000080	4696
5	Polygon	63000	043	0j3r0	003_0	0j3w0	63000080-043	63000080	8974
6	Polygon	63000	044	s0M	00M_0	0jMw0	63000080-044	63000080	6018
7	Polygon	63000	046	046	006_0	0j6w0	63000080-046	63000080	5714
8	Polygon	63000	047	047	007_0	0j7w0	63000080-047	63000080	7865
9	Polygon	63000	048	048M0	008_0	0j8w0	63000080-048	63000080	5042
10	Polygon	63000	049	s0w	00w_0	0jww0	63000080-049	63000080	5280
11	Polygon	63000	050	s0	00_	0w	63000080-050	63000080	6602
12	Polygon	63000	051	051w0	001_0	0j1w0	63000080-051	63000080	6762
13	Polygon	63000	052	052s0	002_0	0j2w0	63000080-052	63000080	5189
14	Polygon	63000	053	0_053	003_0	0j3w0	63000080-053	63000080	6523
15	Polygon	63000	054	054s0	004_0	0j4w0	63000080-054	63000080	4538
16	Polygon	63000	055	055s0	005_0	0j5w0	63000080-055	63000080	6699
17	Polygon	63000	056	056H0	006_0	0j6w0	63000080-056	63000080	8321
18	Polygon	63000	057	057	007_0	0j7w0	63000080-057	63000080	3099
19	Polygon	63000	001	001s0	001_0	001s0	63000040-001	63000040	3313
20	Polygon	63000	004	004	004_0	004s0	63000110-004	63000110	9148

圖 9-18：台北市村里級人口資料的屬性資料表

6. 計算人口密度 (以總人口數 / 面積(平方公里))。

6.1 新增欄位，用來計算面積。

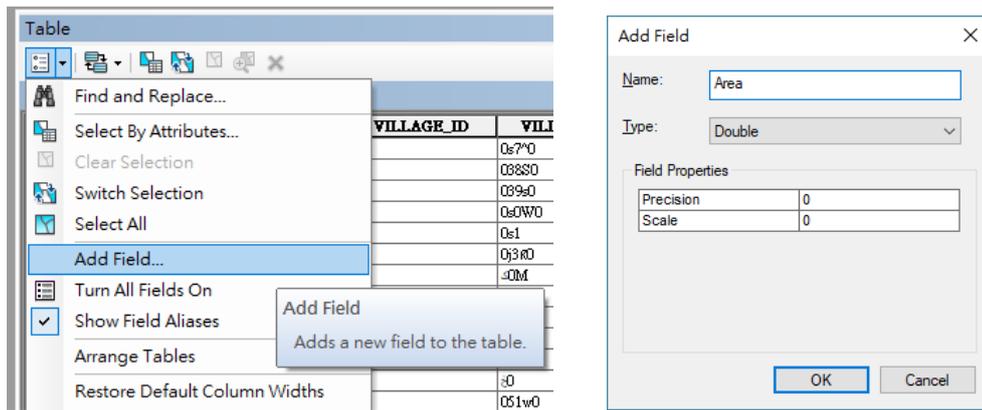


圖 9-19：Add Field

6.2 針對該欄位以 Calculate Geometry 計算幾何面積

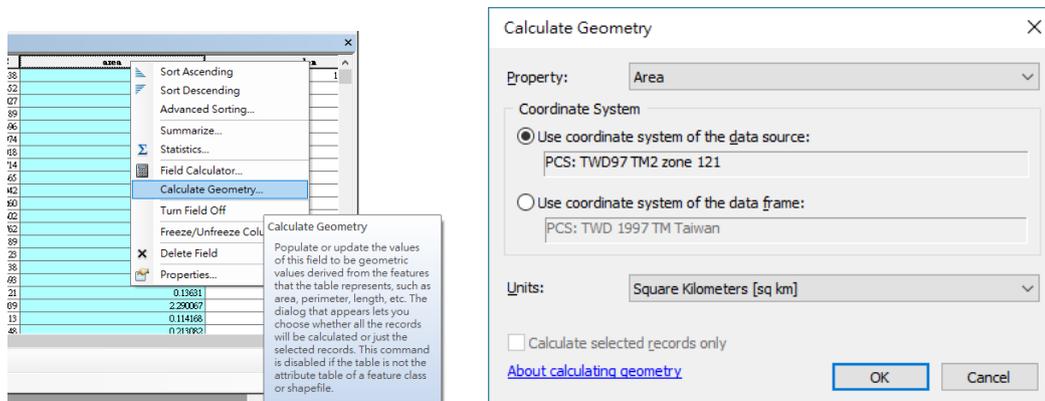


圖 9-20：Calculate Geometry

6.3 再新增一個欄位，準備用來計算人口密度。

6.4 針對該欄位以 Field Calculator 自行輸入公式，計算人口密度。

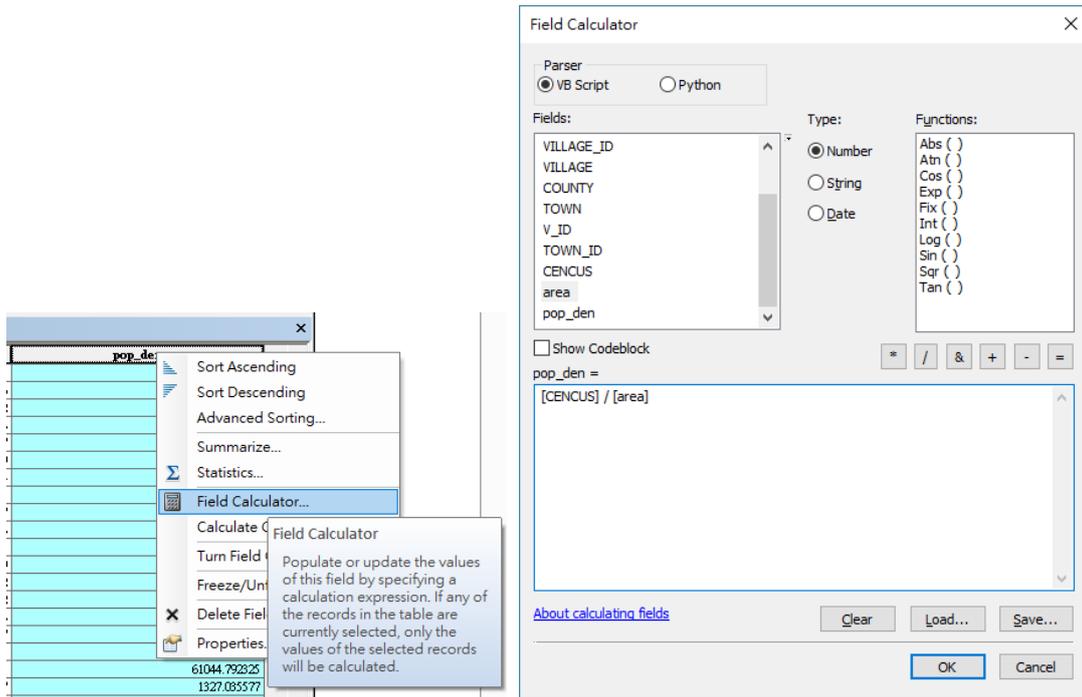


圖 9-21：Field Calculator

7. 需繪製的數值資料都已經計算完成，便利用圖層 Properties 中的 Symbology 繪製面量圖。

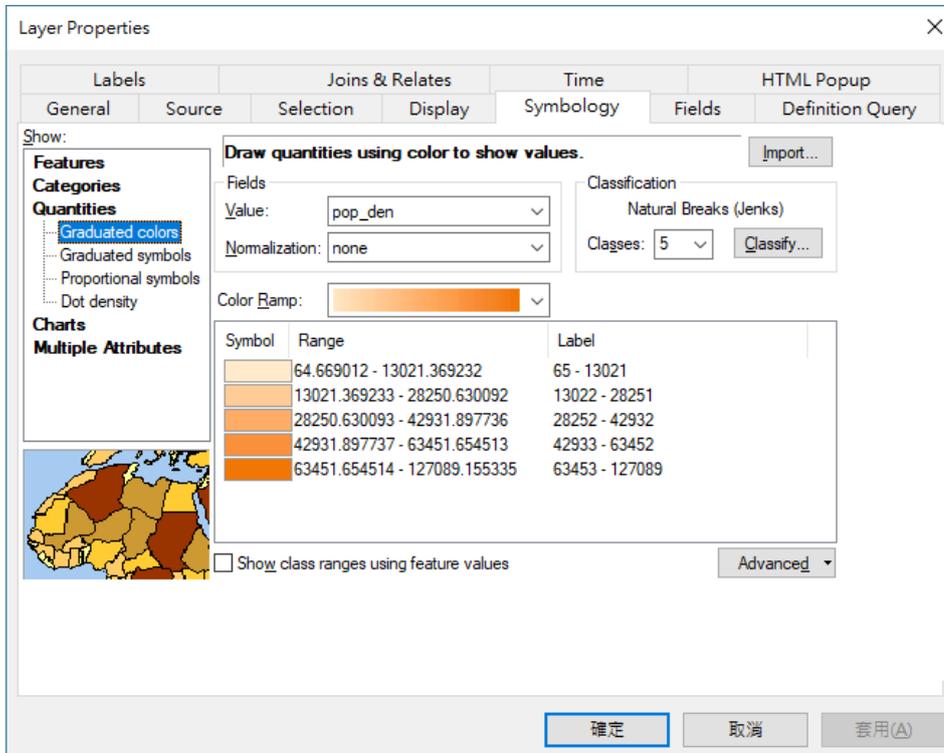


圖 9-22：繪製面量圖

- 7.1 針對面量圖設定框框中，按右鍵選取 ”Flip Symbols” 或 ”Reverse Sorting” 可以將顏色的淺到深，或是數值上下的排序反序。此部分是否調整應視資料的特徵，或是地圖設計者想表現的方式。

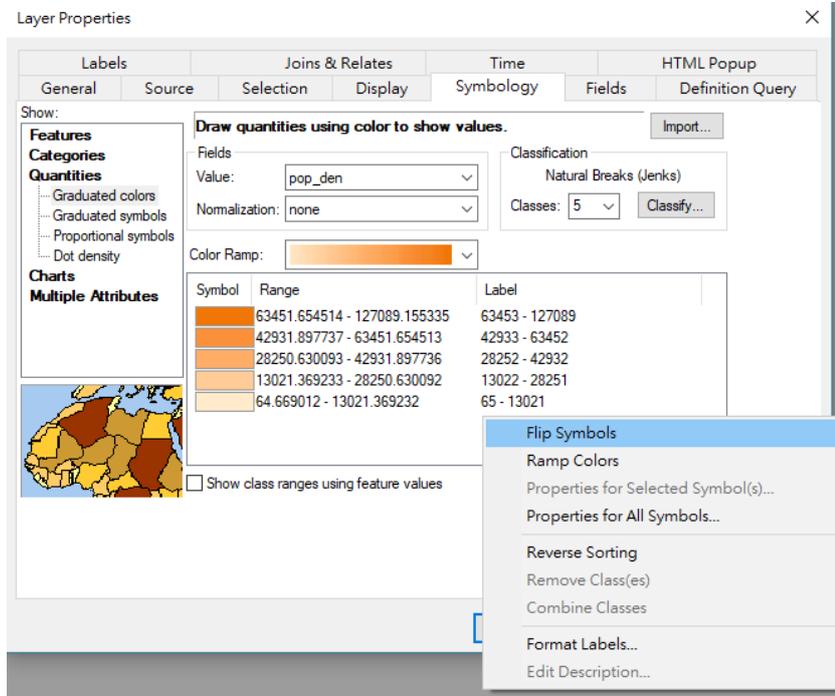


圖 9-23：Flip Symbols, Reverse Sorting

8. 最後於 Layout View 模式中，進行地圖設計，如圖名、圖例、比例尺、指北針、經緯線等。

(二) 繪製單張台灣 2016 年老化指數 X 護產機構服務人數主題地圖

- 實習圖資：全台縣市級護產機構服務資料 (*nursing_institute.shp*)、全台縣市級人口資料 (*TWN_population_cnty.shp*)
- 預期成果：

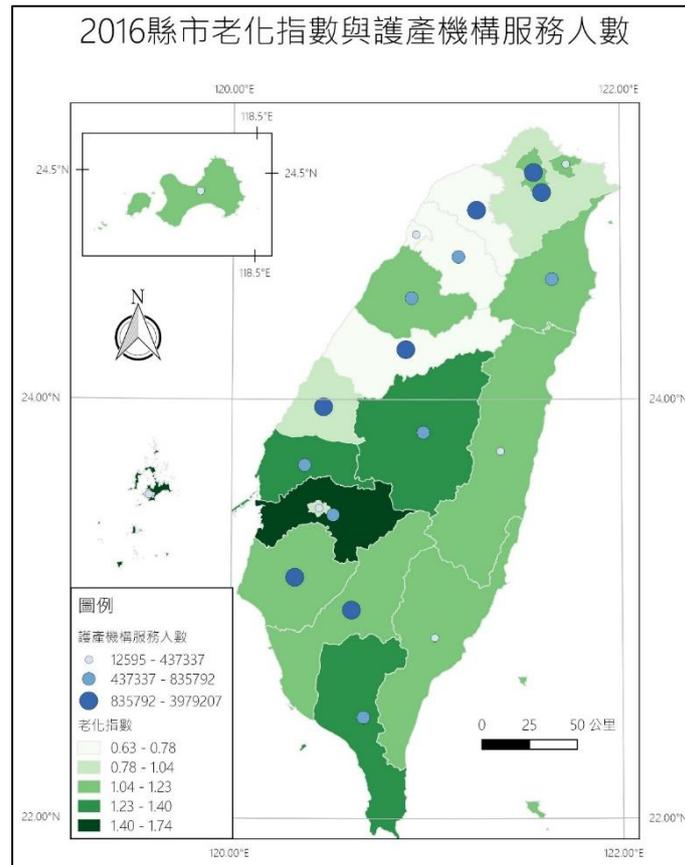


圖 9-24：實習預期成果（二） 老化指數與護產機構服務人數

。 六、本週作業

某地理系畢業的市府官員想了解市長柯文哲上台後，台北市內住宅竊盜案件的變化，決定以自己過去地理系學到的專業，繪製住宅竊盜案的時空變遷地圖，提供市長參考。

- (1) 請選擇合適的分級方式並分成五組，繪製台北市 103 ~ 104 年住宅竊盜案增加率的面量圖。

※ 增加率： $(t2 - t1) / t1$

- (2) 繪製住宅竊盜案的時空變遷地圖後，該官員不禁好奇住宅竊盜案的變化是否與該地居民有關。於是，他以台北市綜合所得稅的資料作為地區居民所得的指標，以面量圖呈現居民所得與住宅竊盜案變化的關係。請將台北市平均綜合所得稅分為三級（低、中、高），並將台北市 103 ~ 104 年住宅竊盜案增加率的雙變數面量地圖（Bivariate choropleth maps）。

□ 作業圖資：

- 台北市住宅竊盜案分布
 - crime_103.shp*: 103 年台北市住宅竊盜案 (WGS84 的經緯度座標系統)

- *crime_104.shp*: 104 年台北市住宅竊盜案 (WGS84 的經緯度座標系統)
- 台北市鄉鎮市區界
 - *Taipei.shp*: 台北市鄉鎮市區界 (TWD97-TM2)

欄位名稱	欄位說明
FULLTOWN	鄉鎮市區名稱
tax_unit	納稅單位
total_tax	綜合所得稅總額 (單位：新台幣千元)

□ 預期成果：

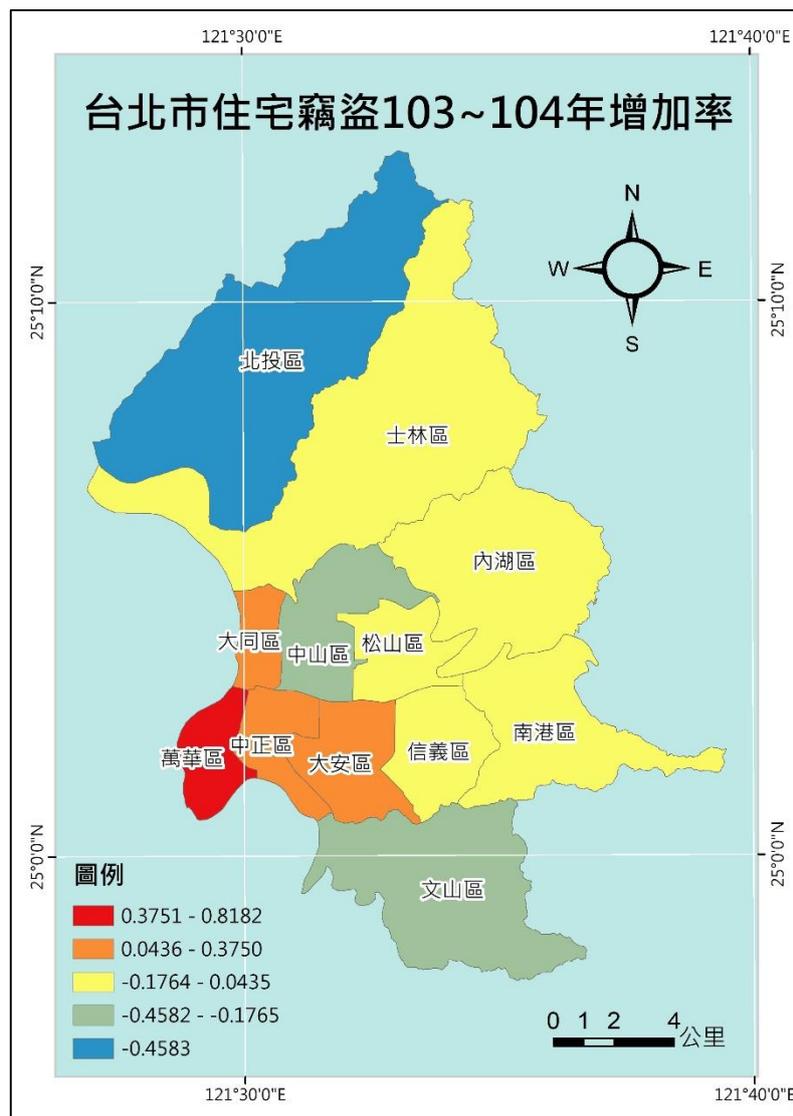


圖 9-25：作業預期成果（一） 台北市住宅竊盜 103~104 年增加率

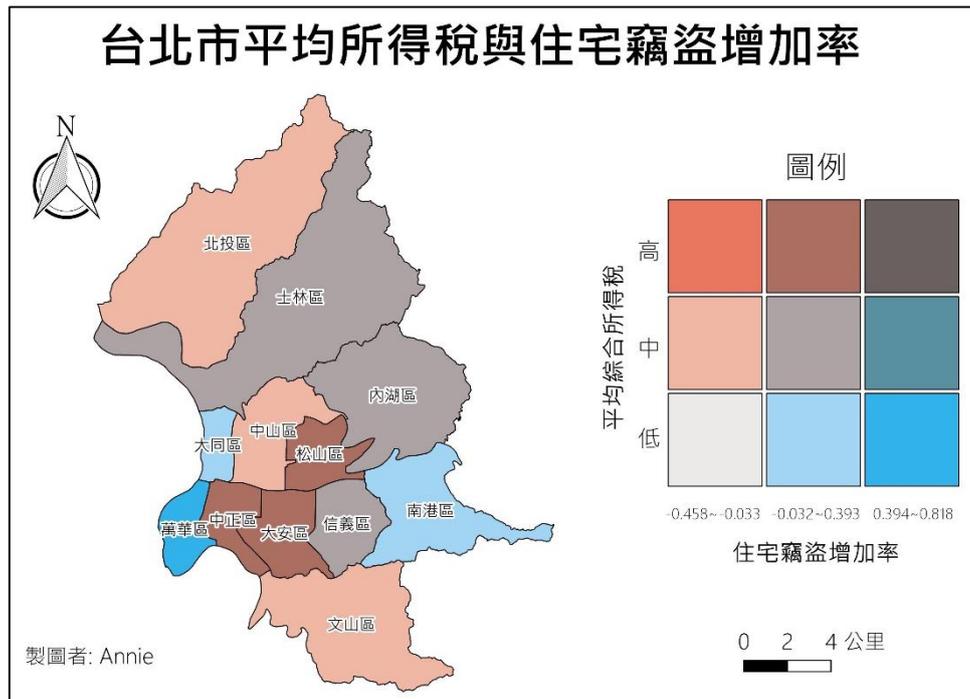


圖 9-26：作業預期成果（二） 雙變量面量圖

。 七、參考資料：

- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J. and Guptill S. C. (ed) (1995) *Elements of Cartography*. 6th ed., Chichester : Wiley, 674.
- Mitchell, A. (1999) *The ESRI Guide to GIS Analysis Volume1: Geographic Patterns and Relationships*, California: Environmental Systems Research Institute.
- 地圖會說話：上了面積的當 <http://blog.pixnet.net/Richter/post/257451>
- Wiki 心臟圖解釋：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BF%83%E8%87%9F%E5%9C%96>

實習十 ArcMap 地形展示與分析

一、課程介紹

本單元介紹高線圖、地形剖面圖、暈渲地圖、坡度圖、坡向圖、透視分析圖等展式地形之方式。

二、實習目的

學習利用 DEM 繪製等高線圖、地形剖面圖、暈渲地圖、坡度圖、坡向圖、透視分析圖。

三、教學資源

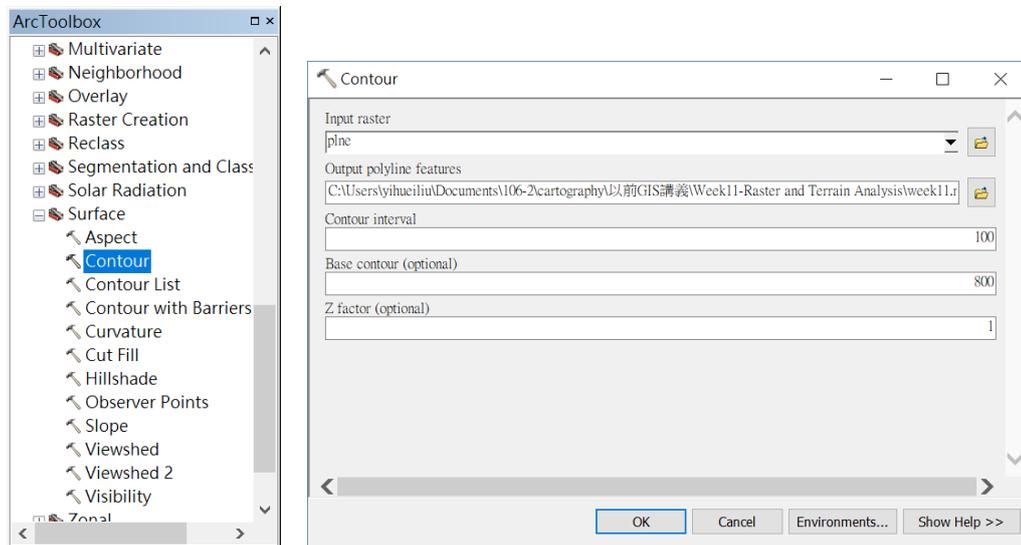
ArcMap 軟體、相關圖資。

四、實作內容

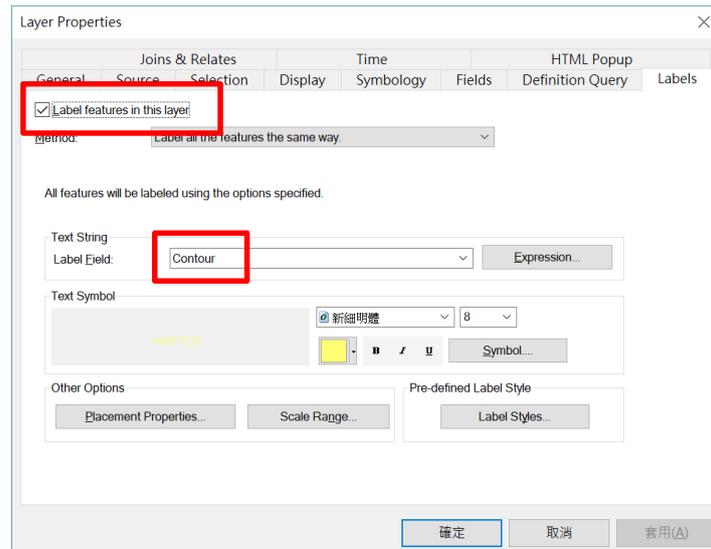
□ 數值資料：*plne*、*streams.shp*

(一) 繪製等高線圖 (contour theme)

1. 將 *plne* 加至 ArcMap 中，打開 Toolbox/Spatial Analyst/Surface/Contour，並設定 Input surface 為 *plne*，Output Feature 為儲存路徑，Contour interval 為等高線的間距，此處設定為 100，Base Contour 為等高線的起始值，設為 800，Z factor 設定為 1。

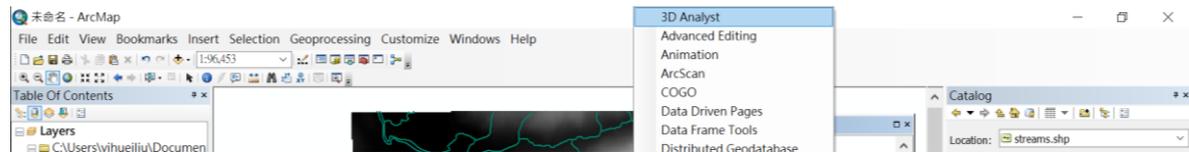


2. 按下 ok，及可以完成等高線。為了將高度的資訊繪製到圖面上，在等高線的圖層按右鍵選 properties，在 Labels 頁面勾選「Label features in this layer」，並在 label field 裡選擇 Countour。



(二) 繪製地形剖面圖

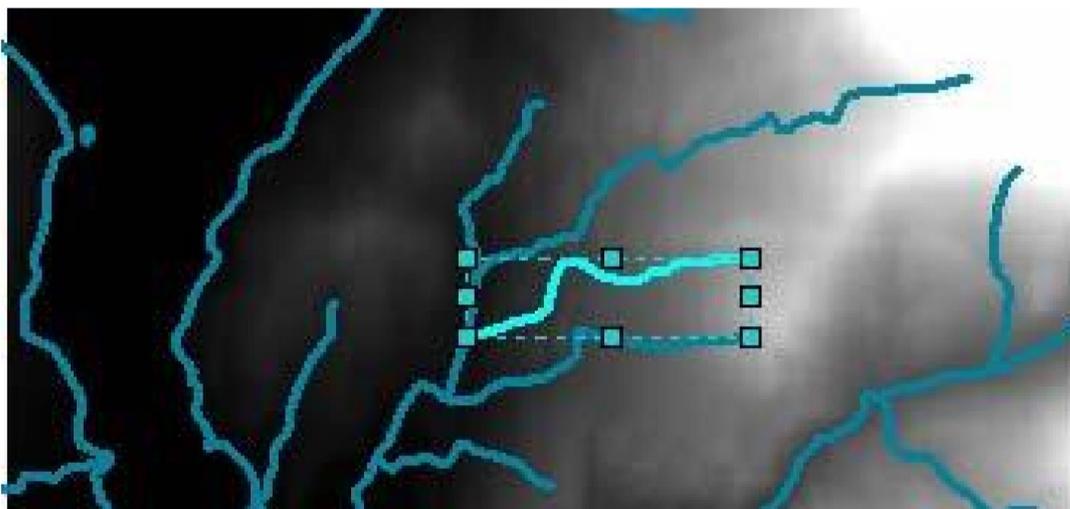
1. 加入 streams.shp 和 plne 圖層至 ArcMap 中。
2. 選取 streams.shp 中的 USGH_ID 欄位等於 167 的資料。
3. 打開 3D Analyst 模組，以及開啟 3D Analyst 的工具列。



4. 選擇 3D Analyst 工具列的 Interpolate Line Tool 選項。



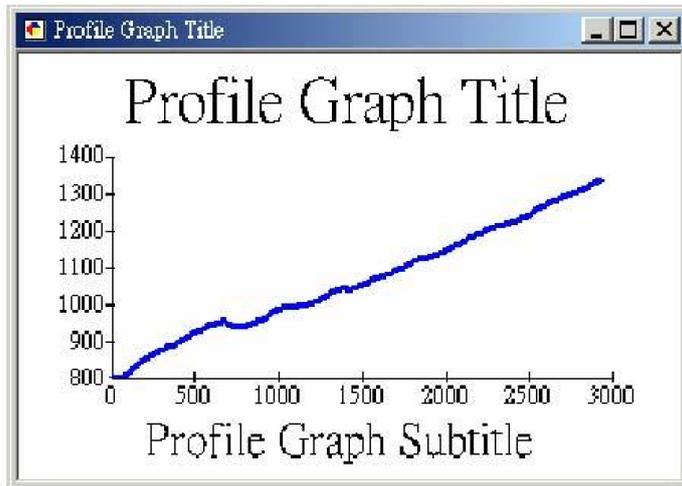
5. 針對圖面上的USGH_ID = 167 做描繪點選的動作，完成之後會有一個矩形將此框選出來。



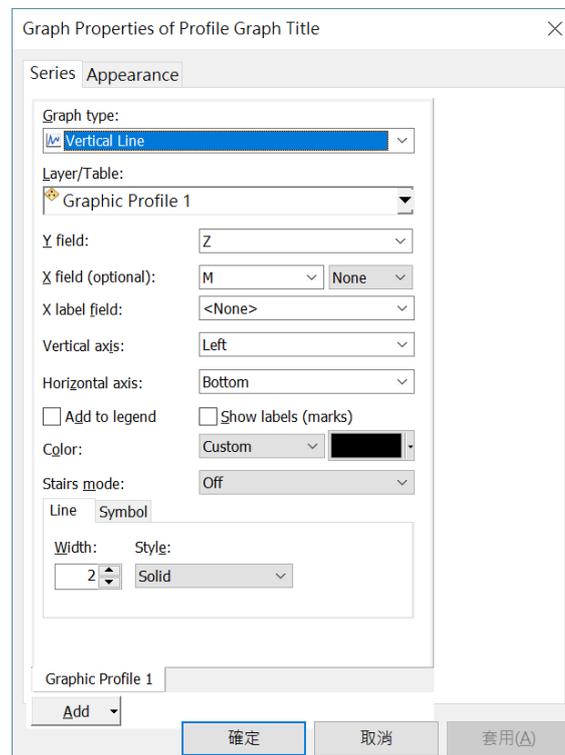
6. 按下 3D Analyst 工具列的 Create Profile Graph 選項。



即可以將所選取的地方之剖面圖加以繪製出來。



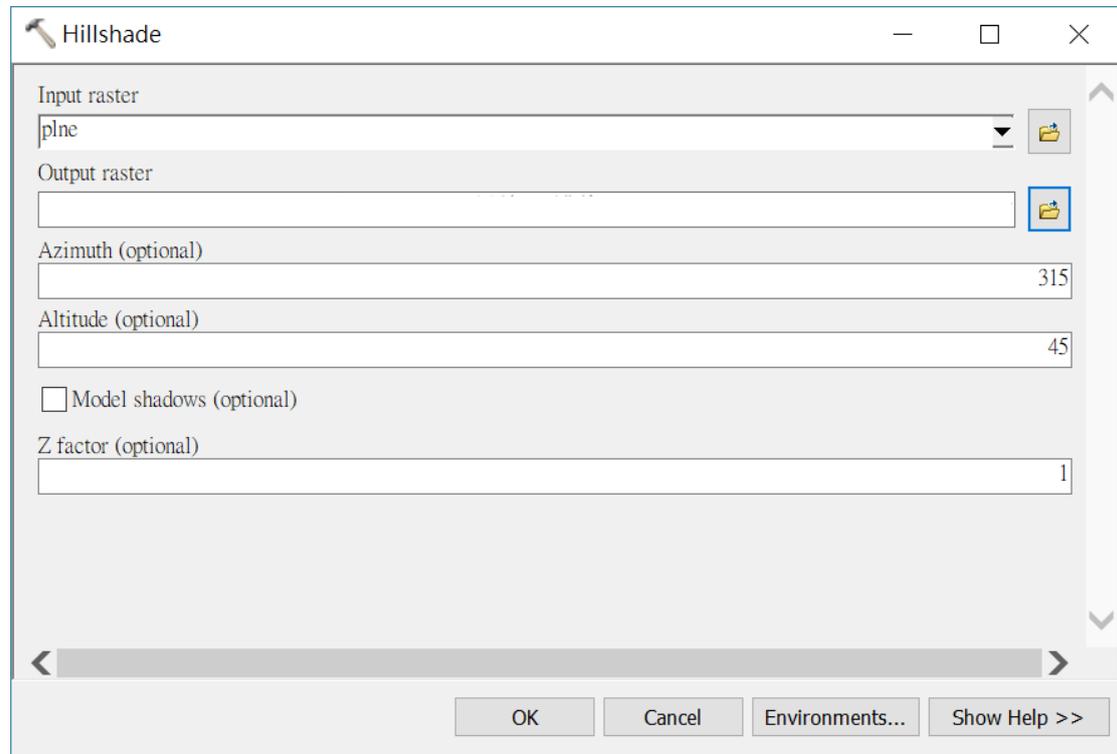
7. 並可以針對此圖形視窗按下滑鼠右鍵，來更改標題與圖例的位置。



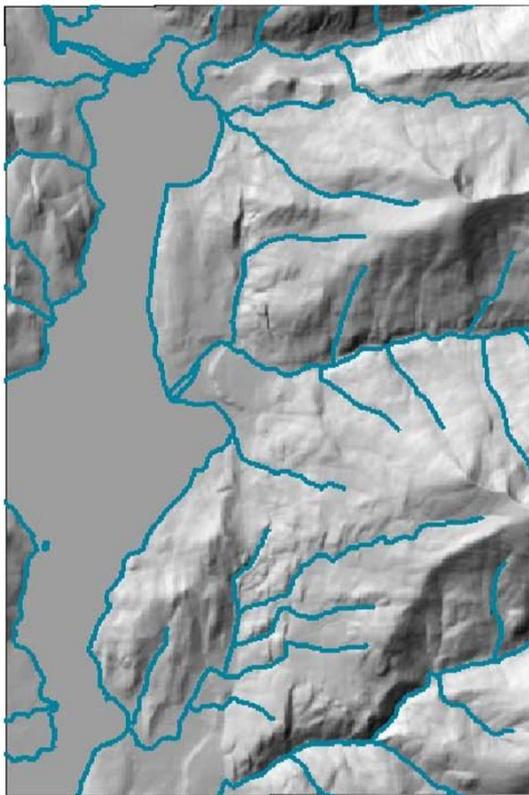
(三) 繪製暈渲地圖 (hillshade)

1. 加入 plne 圖層至 ArcMap 中。
2. 選擇Toolbox-Spatial Analyst- Surface 模組的 hillshade 功能。

- 設定：Input surface為輸入圖層，設定為plne。Azimuth為太陽(光線)的方位角，設定為315度。Altitude是太陽(光線)的入射角度，設定為45度。Z factor 設為1。Output Cell size設為30。Output Raster 為儲存圖層之位置。

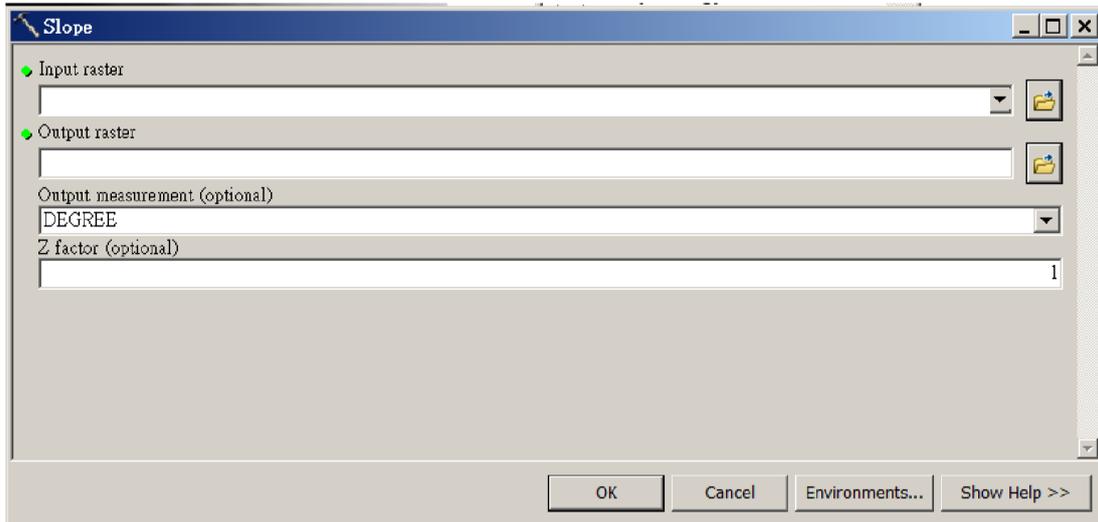


- 按下 OK，即可以繪製出 Hillshade 圖。
- 試著變更太陽位置以及高度，來看看 Hillshade 有什麼樣的變化。

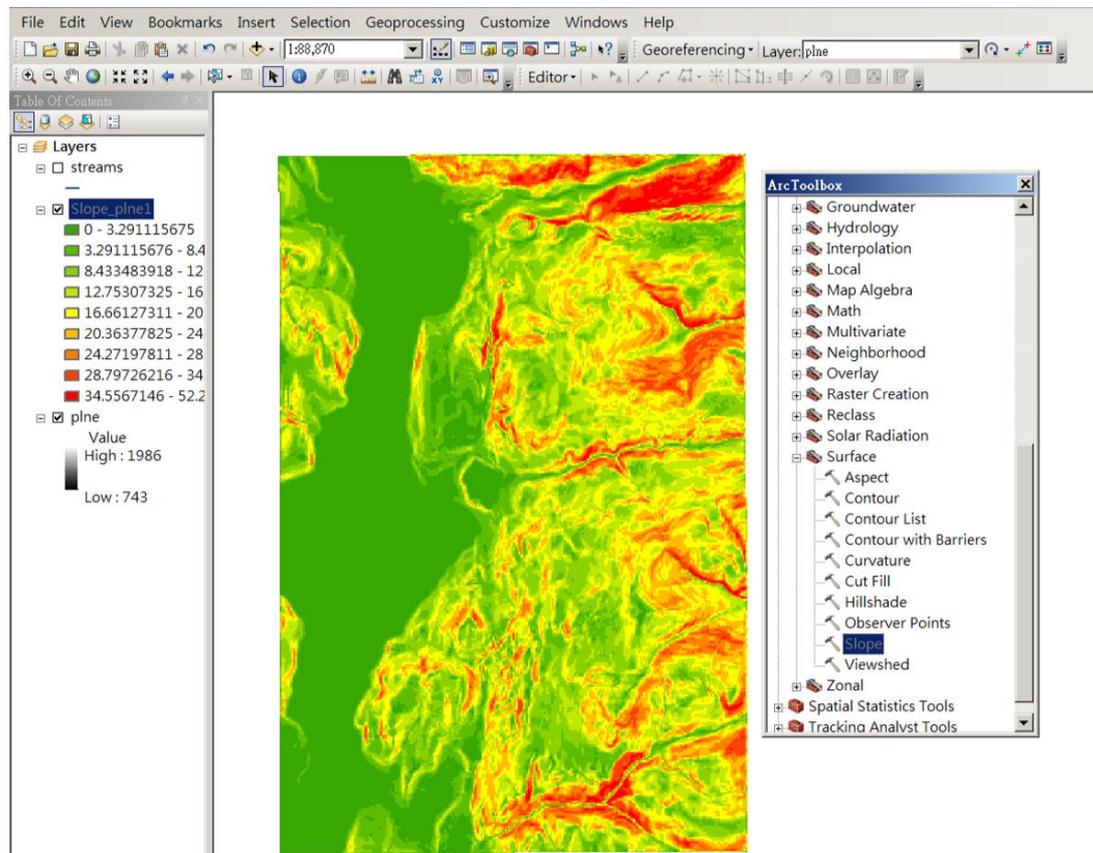


(四) 繪製坡度圖 (slope theme)

1. 加入 plne 至 ArcMap 中。
2. 利用 Toolbox-Spatial Analyst- Surface 模組的 slope 功能，來繪製坡度圖。
3. 設定：Input surface：plne。Output measurement：角度或百分比，選擇度 (degree)。Z factor：1。Output cell size：30。Output Raster：儲存位置。

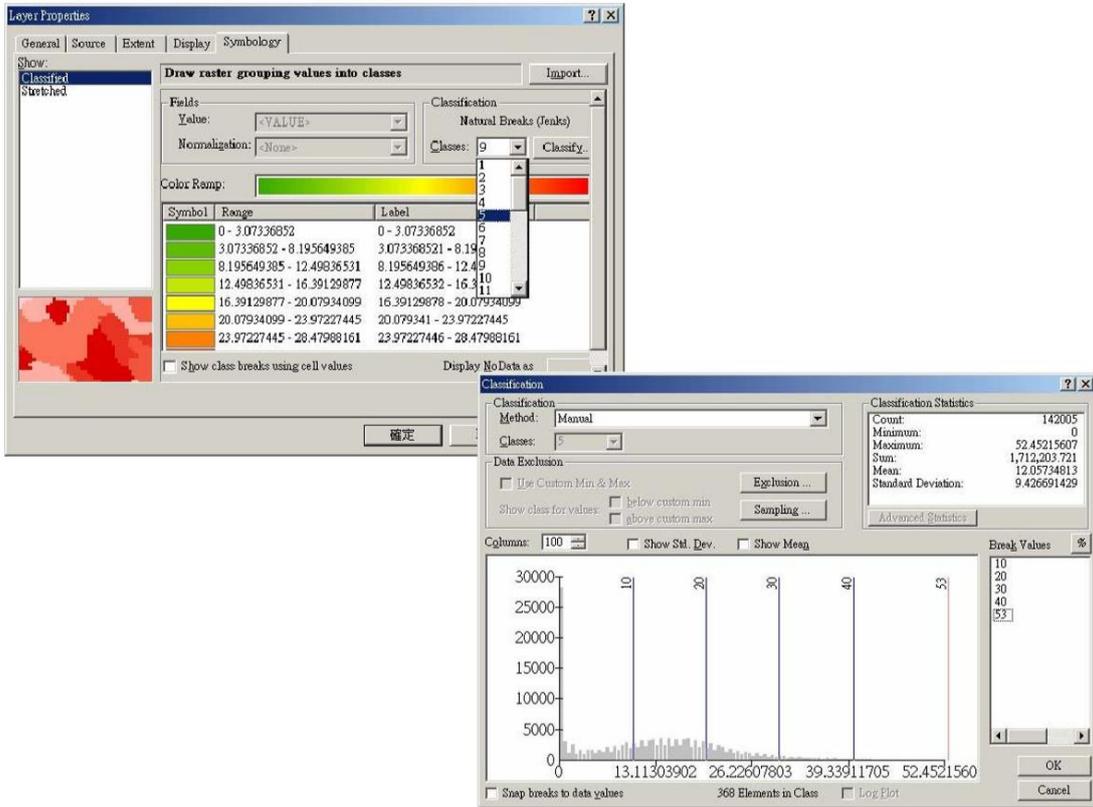


4. 按下 OK，即可以繪製出坡度圖。



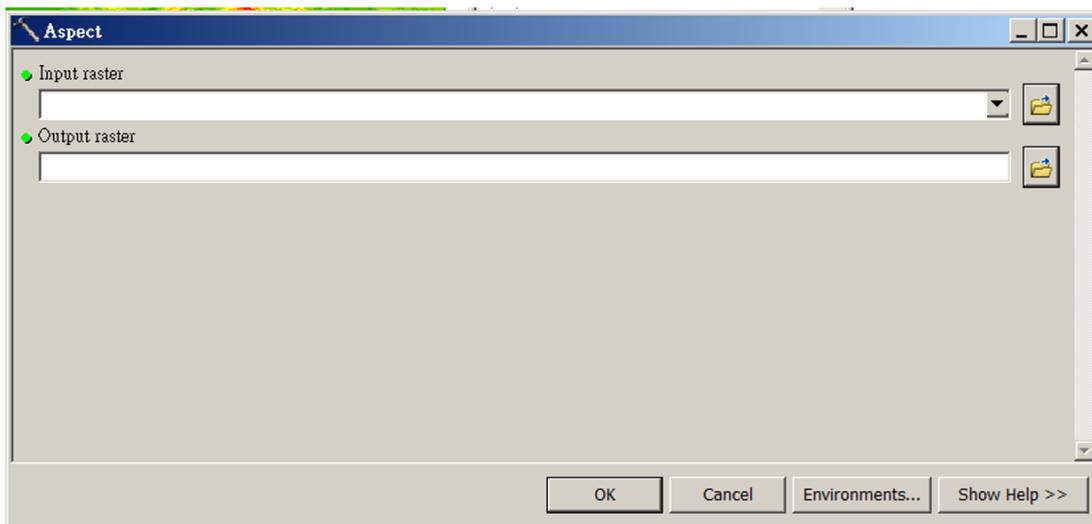
5. 更改分類，針對剛剛所做出來的坡度圖，將分類做更改，打開坡度圖的 Properties，選擇 Symbology 頁籤，將分類數量從 9 改為5，並且點選 Classify，將分類的組距做改變，

在 Break Value 中，將分類的值改成 10、20、30、40、53。如此便可將剛剛產生的坡度圖以自訂的組距顯示。

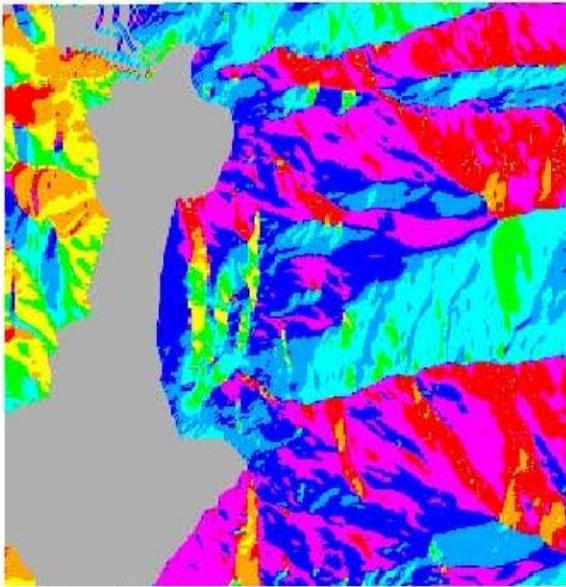


(五) 繪製坡向圖 (aspect theme)

1. 加入 plnc 至 ArcMap 中。
2. 利用 Toolbox-Spatial Analyst- Surface 模組的 aspect 功能，來繪製坡向圖。
3. 設定：Input surface：plnc。Output cell size：30。Output raster：儲存位置。

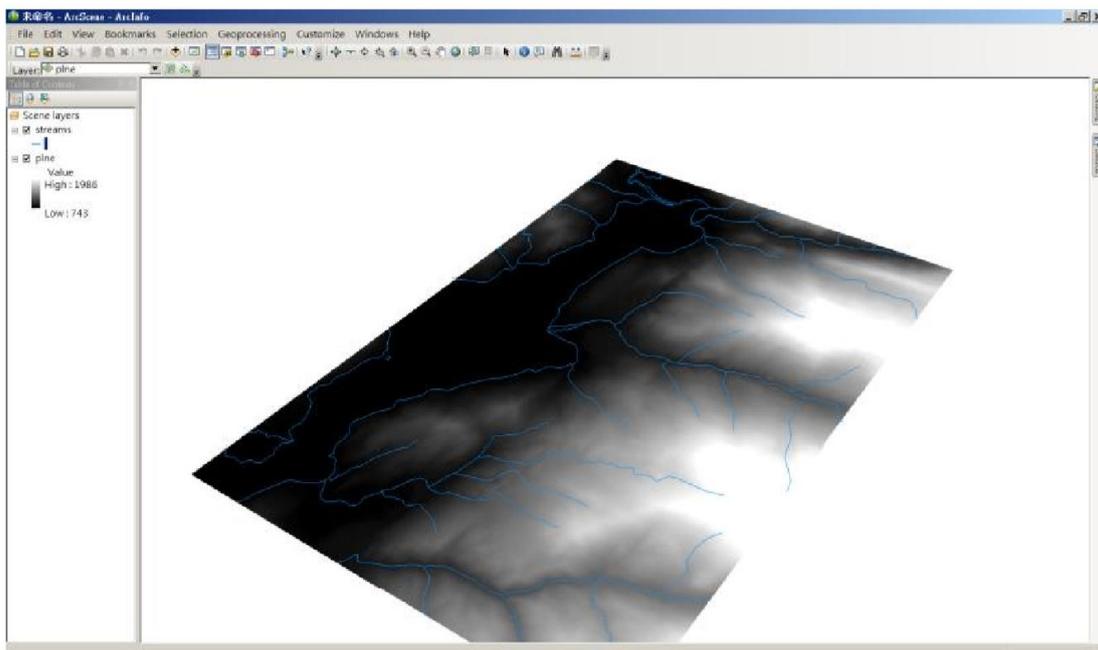


4. 按下 ok，即可以繪製出坡向圖。

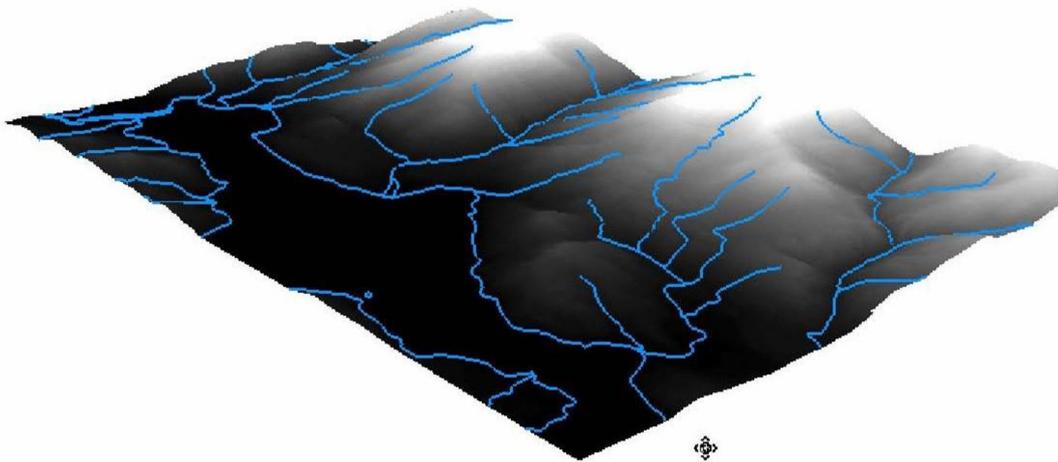
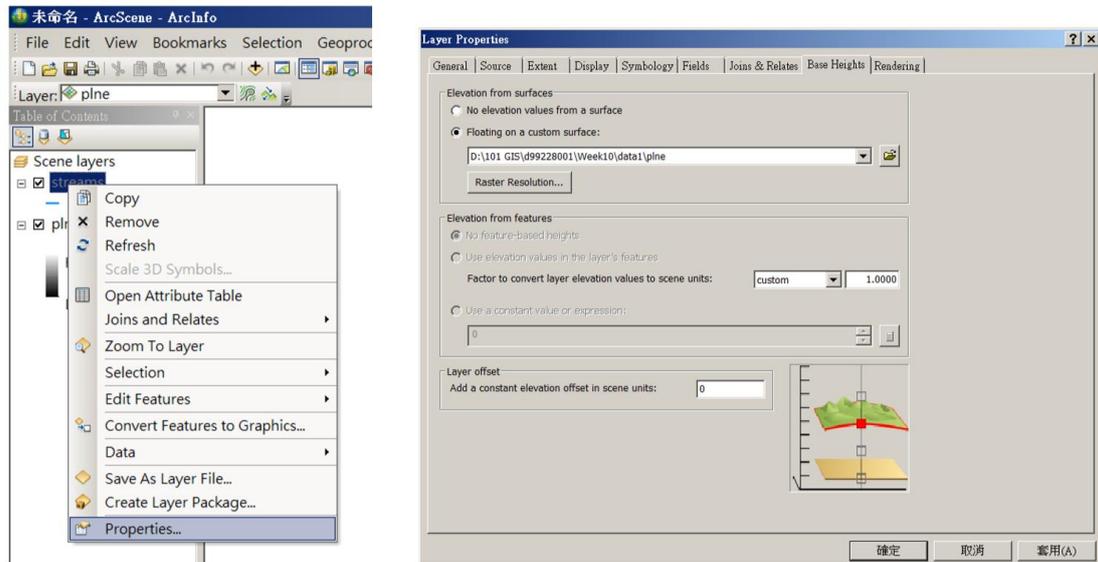


(六) 繪製透視分析圖 (perspective view)

(1) 開啟 ArcScene，加入 stream.shp 以及plne 圖層。ArcScene 工具可用來模擬 3D 場景。



- (2) 如何變成立體，針對 plne、streams 屬性中的Base Height 頁籤，選擇 Obtain Heights for layer from surface，選擇 plne 的圖層。



五、本週作業

請將DEM畫成課堂上教的等高線圖、地形剖面圖、暈渲地圖、坡度圖、坡向圖、透視分析圖，以PDF檔繳交至cciba上。

實習十一 向量資料分析

一、課程介紹

本單元介紹各種分析向量資料的功能。

二、實習目的

- (一) 學習透過屬性、空間查詢資料 (select feature by attribute/location)。
- (二) 學習ArcMap的幾何分析工具 (Geoprocessing) 的各種功能，包括 Buffer、Clip、Intersect、Union、Merge、Dissolve 等。
- (三) 學習網路分析 (Network analysis) 的功能，包括：Route (最短路徑)、Service area (服務範圍)、Closest facilities (最近設施)、Location allocation (區位指派)。

三、教學資源

ArcMap軟體、相關圖資。

四、重要概念與實作內容

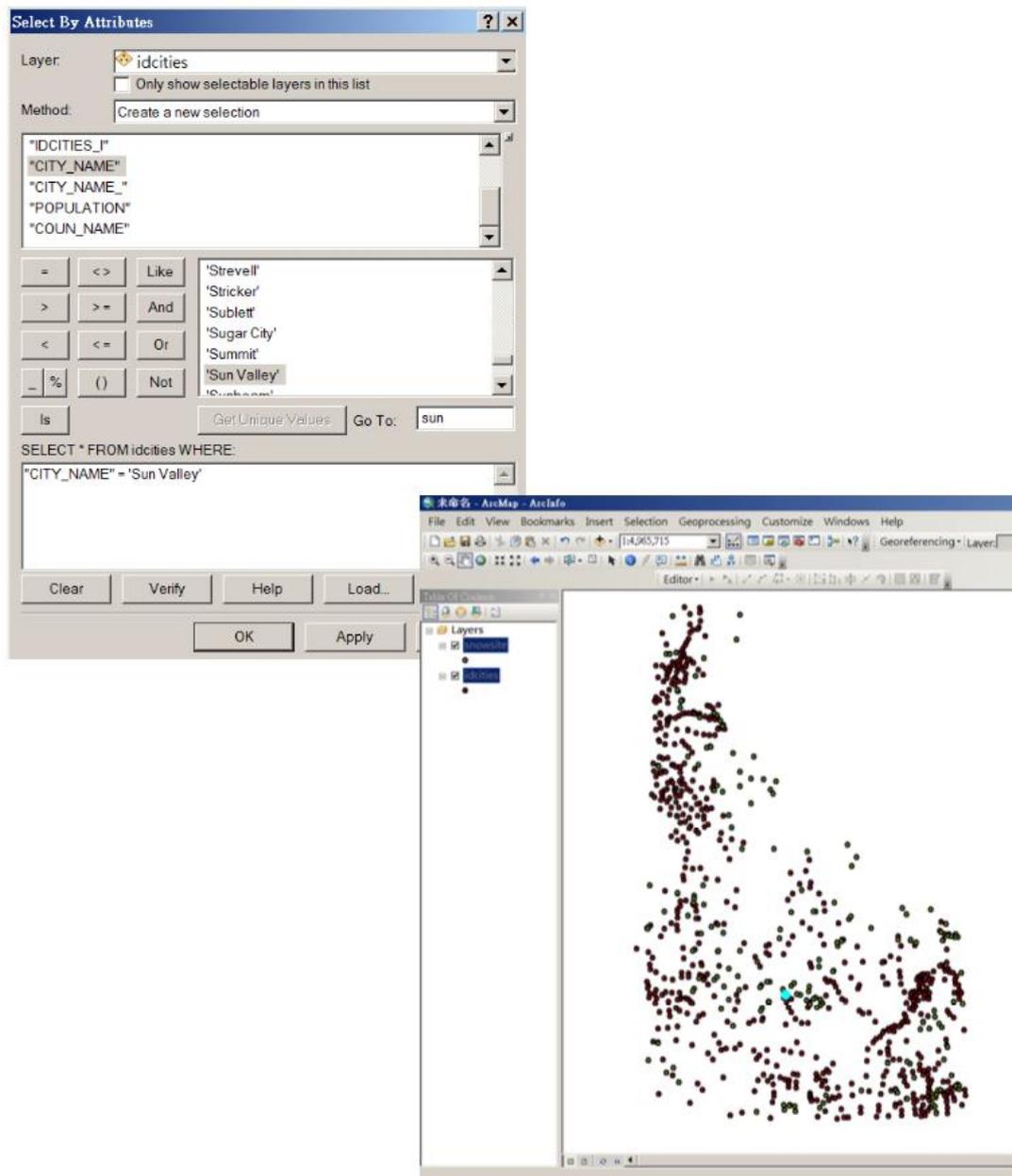
(一) Select

1. Select by location/attribute

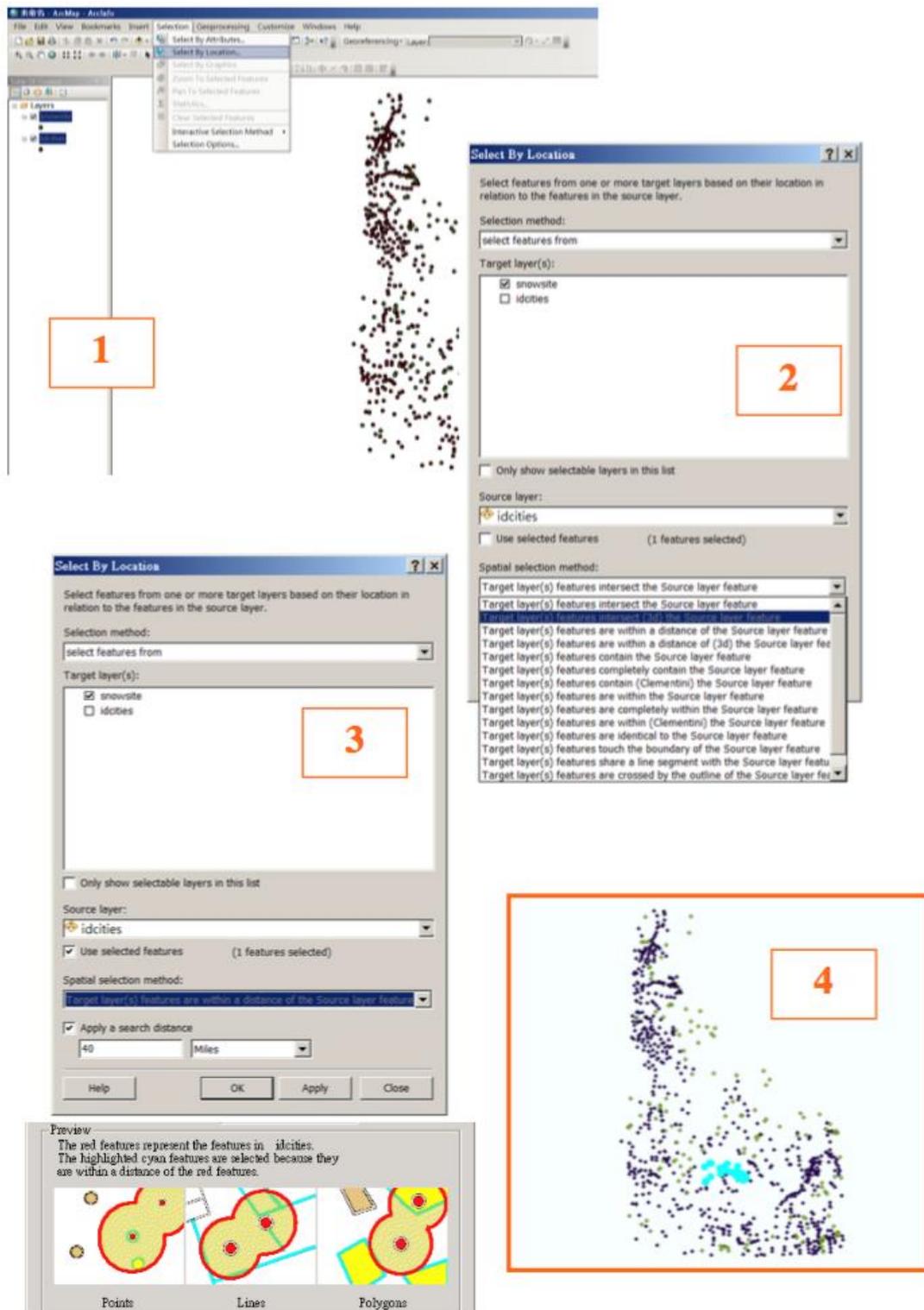
Select by attribute 工具可以挑選屬性表中符合設定條件的物件，例如可以挑選所有城市中名稱為「Sun Vally」的地區；而利用 select by location 工具則可以一圖層中物件的位置挑選另一圖層的物件，例如我們可以選擇在 Sun Vally 城市附近 40 miles 的雪測站資料。操作步驟如下：

- (1) 開啟 ArcMap，加入 idcities.shp 以及 snowsite.shp 兩個檔案。

(2) 利用 Select by Attribute · 針對 idcities.shp 選擇 Sun Vally。



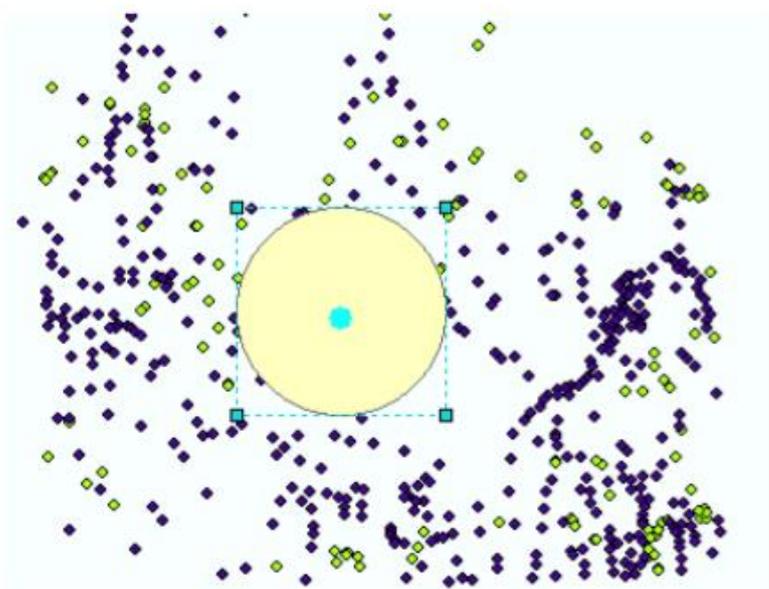
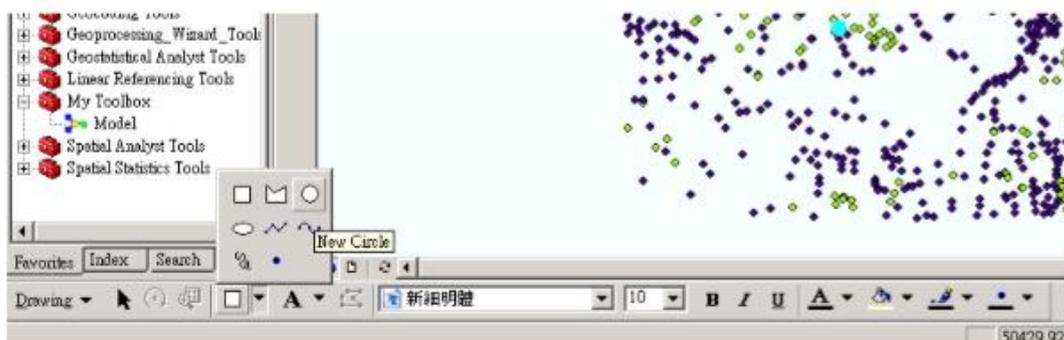
(3) 選擇 Sun Vally 之後，我們利用 Select by Location，選取在 Sun Vally 附近 40 Miles 的雪測站。



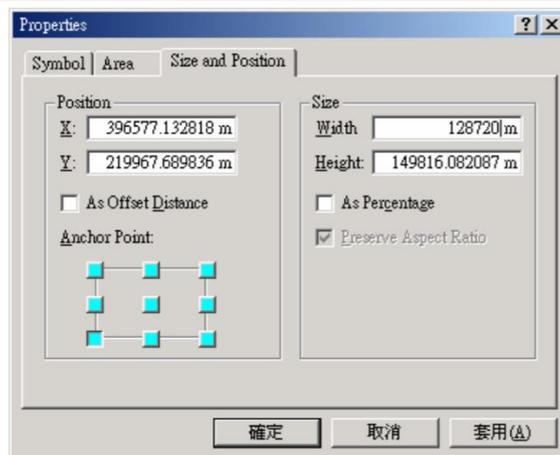
2. Select by Graph

剛剛我們利用 Select by Location 的方式選取在 Sun Vally 附近 40 Miles 的雪測站，而現在我們將利用自行先繪製 40 Miles 的圓，再選擇出在此範圍內的資料。

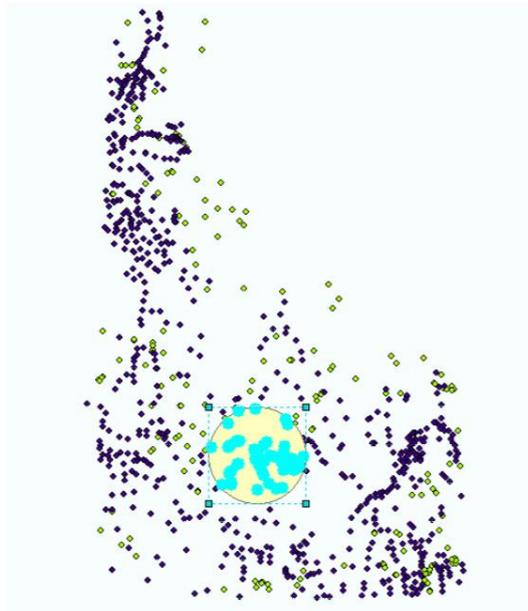
- (1) 加入 idcities.shp, snowsite.shp · 選取 idcities.shp 中的 SunVally。
- (2) 在 Draw toolbox 中 · 選取繪圖的圖示 · 在此實習中 · 我們要先繪出圓形的圖示 · 故選擇圓形。



- (3) 由於我們想要針對 Sun Vally 附近 40 Miles 的地方做選取的範圍 · 但是我們所繪製出來的圓形 · 要如何規定其大小呢？我們可以針對圓形的部分 · 按下右鍵 · 選擇 Properties · 針對 Size and Position 來加以 規定。由於單位是公尺 · 所以還要做轉換的動作 · 半徑 40 Miles 的圓 · 寬度 (直徑) 為 $80 \text{ miles} = 128780 \text{ m}$ 。



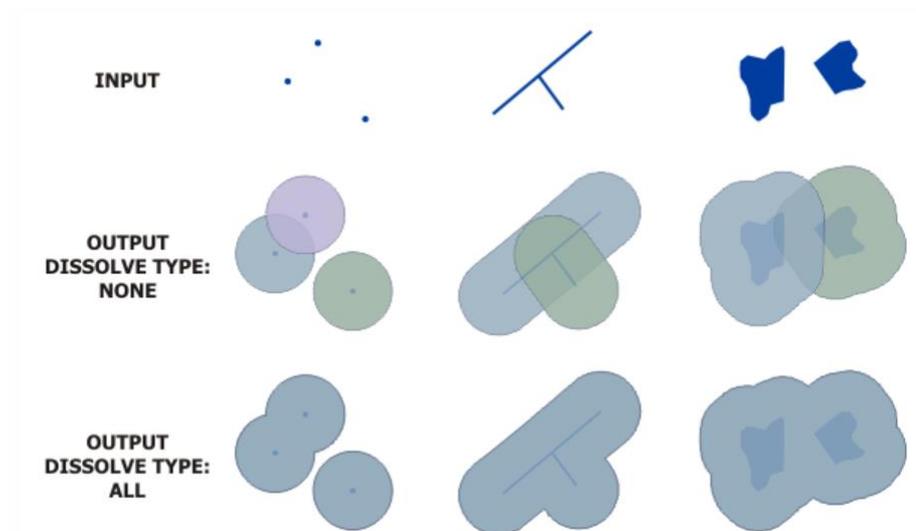
(4) 選擇 Select by Graph，就可以針對你所繪製的圖形，進行資料的搜尋。



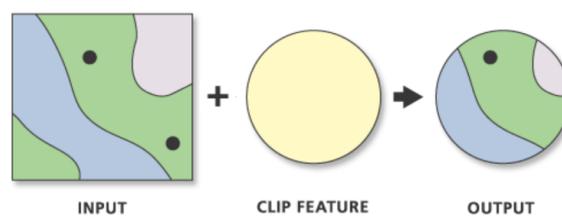
(二) Geoprocessing

ArcGIS 的幾何分析工具 Geoprocessing，主要係由 Buffer、Clip、Intersect、Union、Merge、Dissolve 等幾項概念工具所構成。

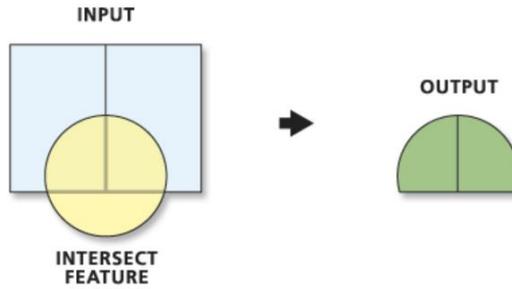
- Buffer：以特定 Feature 為基準，利用距離為參數，沿著其外框一定距離作環帶。



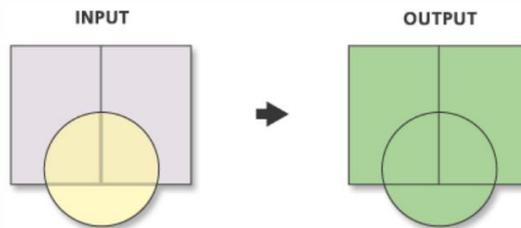
- Clip：以交集的方式進行圖層切割，僅留下在 Clip Layer 範圍內的 Input Layer 資料。



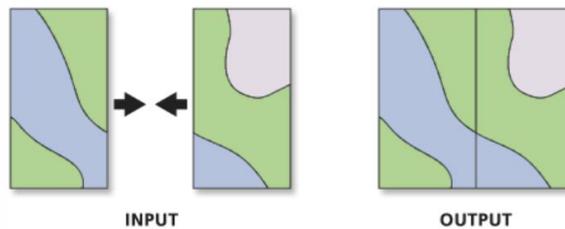
- **Intersect**：與 Clip 相似，但最後還會保留 Clip Layer 的資料，有點像是 Clip 與 Union 的結合。



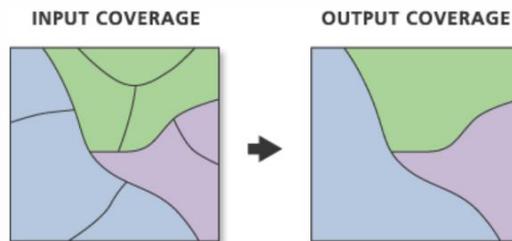
- **Union**：將兩圖層的資料作聯集，保留所有的資料，所以會增加 Feature 的數量，以便兩圖層間屬性的保留。



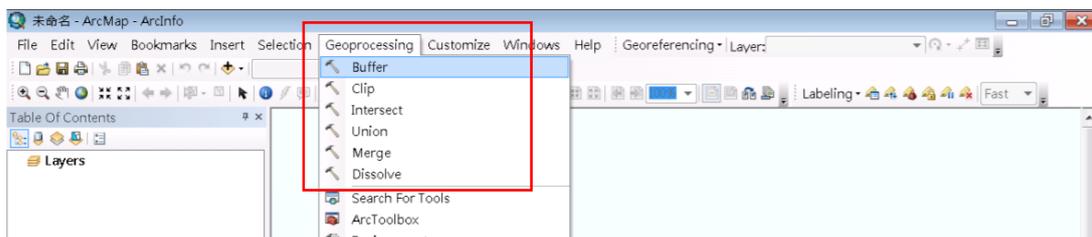
- **Merge**：將多個不同的 Shapefile 或其他向量資料合併在一起，建立一個新圖層，但交界處的共線不會消除。



- **Dissolve**：用來將鄰接且同屬性的多個 Feature 合併成為一個 Feature。



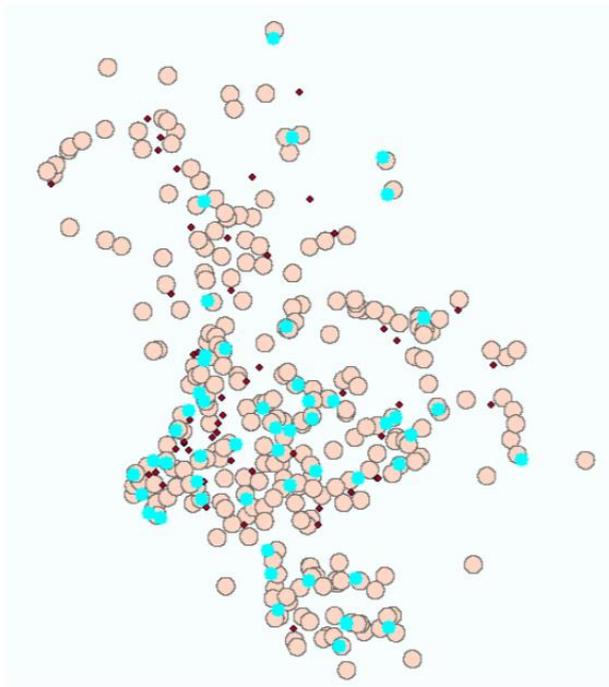
這些工具都可以在 ArcGIS 的幾何分析工具 Geoprocessing 中找到。



1. Buffer

如果我們想要針對台北市學校附近 300 公尺的區域中，調查是否有警察局的分佈的議題時，Buffer 就可以提供我們將台北市 學校附近 300 公尺的區域劃出來，之後可以再利用 Select by Location 的方式，將落於此區域的警察局加以選出。

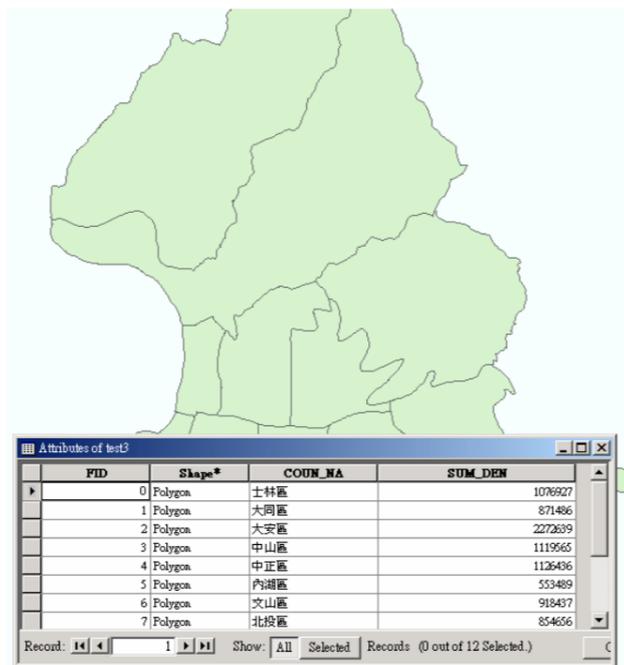
- (1) 加入學校.shp, 警察局.shp 檔案。
- (2) 點選 Geoprocessing 工具列裡的 Buffer。
- (3) Input Features：學校
Output Feature Class：選擇儲存位置
Distance：300 meters
- (4) 即可完成 Buffer 的動作。
- (5) 接下來，試著利用剛教過的 Select by Location，將落在此區域中的警察局加以選出。



2. Dissolve

如果今天我們只有台北市村里的人口數量資料，但是我們想進一步的統計出區的人口數量資料，這時我們可以直接透過 Dissolve 的方式幫我們做到，而不需要輸出給其他統計軟體來做。

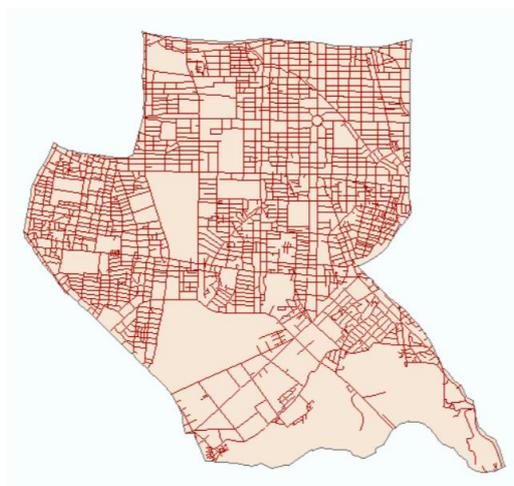
- (1) 加入人口數量-里.shp。
- (2) 點選 Geoprocessing 工具列裡的 Dissolve。
- (3) Input Features：人口密度-里
Output Feature Class：選擇儲存位置
Dissolve Field：根據哪個欄位來進行 Dissolve，選 COUN_NA。
Statistics Field：統計哪個欄位，選 DEN。
Statistics Type：統計運算為何？選 SUM。
- (4) 即可以完成 Dissolve 的動作。



3. Clip

如果我們想要大安區的道路圖，但是我們手中只有全台北市道路圖時，如何得到我們所需要的資料呢？一個方法是透過屬性表查詢來達成，但是如果屬性表無法查詢時也利用 Clip，利用另外一個大安區的範圍圖，將符合此範圍的道路切下來。

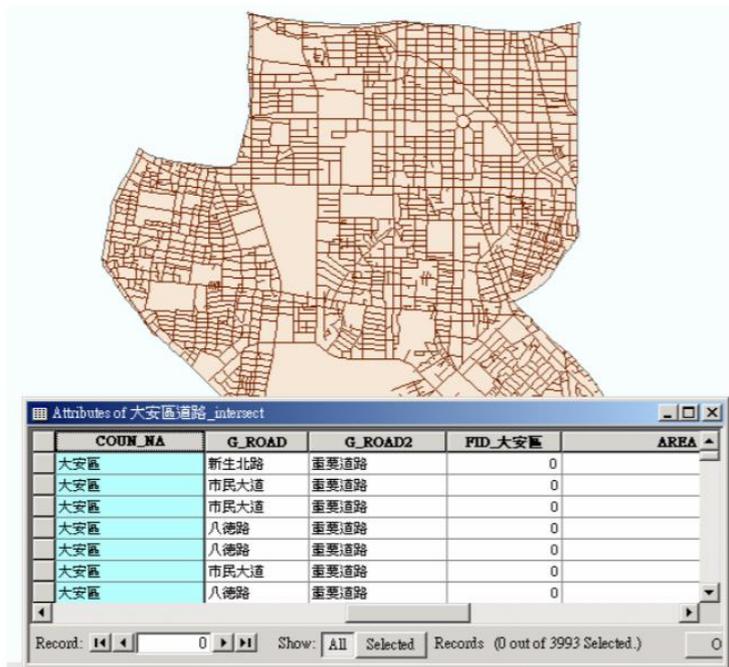
- (1) 加入道路.shp, 行政界-區.shp。
- (2) 先針對行政界-區，利用屬性表查詢，將大安區獨立出來 (Export Data)，命名為大安區。
- (3) 點選 Geoprocessing 工具列裡的 Clip。
- (4) Input Features：被切的圖層，道路。
Clip Features：範圍圖層，大安區。
Output Feature：選擇儲存位置。
- (5) 即可完成 Clip 動作。
- (6) 練習再將中正區的道路圖 Clip 下來。



4. Intersect

同上一個例子，如果我們今天想要 Clip 出大安區的道路圖，並且繼承大安區範圍圖層的資料，要如何做到呢？注意 Clip 只是單存把符合範圍的圖層剪下，而 Intersect 除了剪下之外，還會繼承範圍圖層的資料。

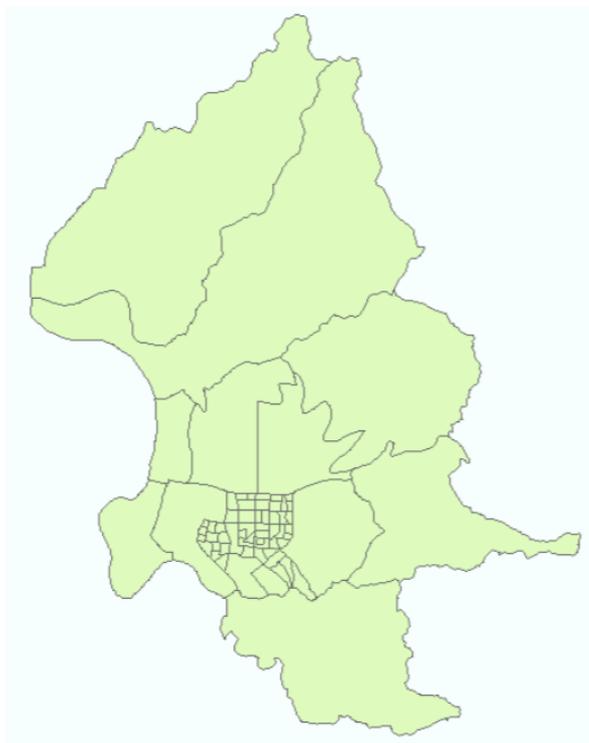
- (1) 加入道路.shp, 大安區.shp。
- (2) 點選 Geoprocessing 工具列裡的 Intersect。
- (3) Input Features：道路，大安區。
Output Feature：選擇儲存位置。
- (4) 即可完成 Intersect 動作。



5. Union

Union 與 Clip、Intersect 又不太一樣，而且只能針對 Polygon 做處理。Union 可以繼承圖層中的屬性，但不像 Intersect 會將不符合的區域刪除，而是會加以保留。我們今天以大安區的里界線圖融合到整個台北市的區界線圖。

- (1) 加入行政界-里.shp、行政界-區.shp。
- (2) 分別將大安區獨立出來，形成大安區-里.shp。
- (3) 點選 Geoprocessing 工具列裡的 Union。
- (4) Input Features：大安區-里、行政界-區。
Ranks：大安區-里 rank=1, 行政界-區 rank=2。
Output Features：儲存位置。
- (5) 即可完成 Union 動作。



6. Merge

Merge 可以想成拼圖，將兩塊相鄰的圖層拼在一起，成為同一個圖層，我們將剛剛 Clip 下來的大安區道路以及中正區道路 Merge 成大安中正區道路圖。

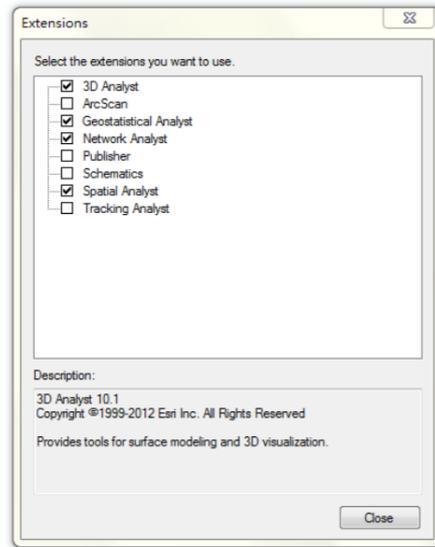
- (1) 加入大安區道路.shp、中正區道路.shp。
- (2) 點選 Geoprocessing 工具列裡的 Merge。
- (3) Input Features：大安區道路、中正區道路。
Output Location：選擇儲存的資料夾。
Output Name：儲存的檔名。
- (4) 即可完成 Merge 的動作。



(三) Network Analysis

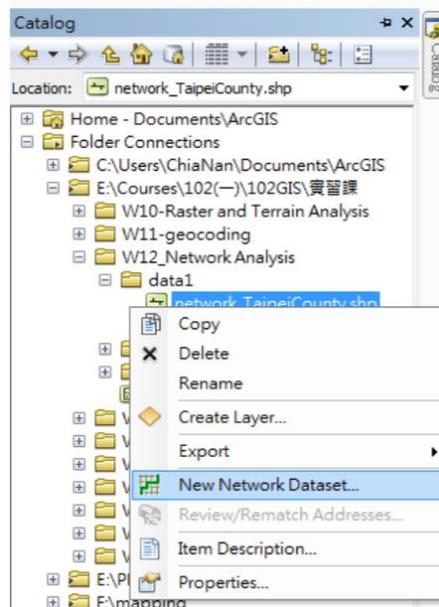
路網分析必須要有 Resource (資源點，可能是需求點 demand 或著是供應點 supply) 以及 network system (路網) 兩項條件。可以分析出點跟點之間的最短路徑 (Route)、依據道路路網，找出點的服務範圍區域 (Service area) 或著是找出最近的供應點或需求點 (Closet facilities)。

請先將 Network analysis 的 extensions 打開，並且將 Network analysis toolbox 開啟。

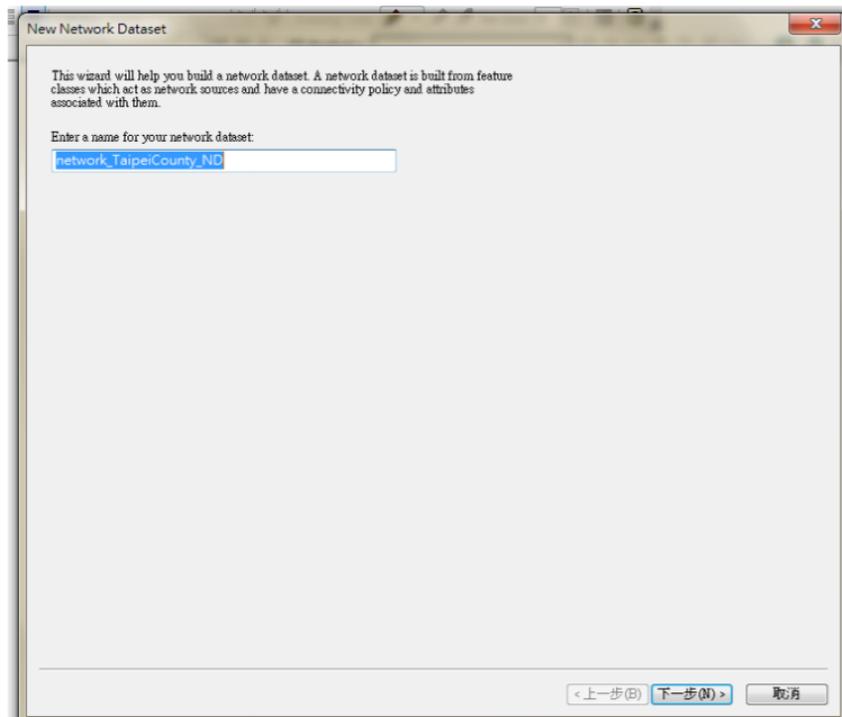


1. 前置作業：將道路圖層轉換成 network 路網圖層

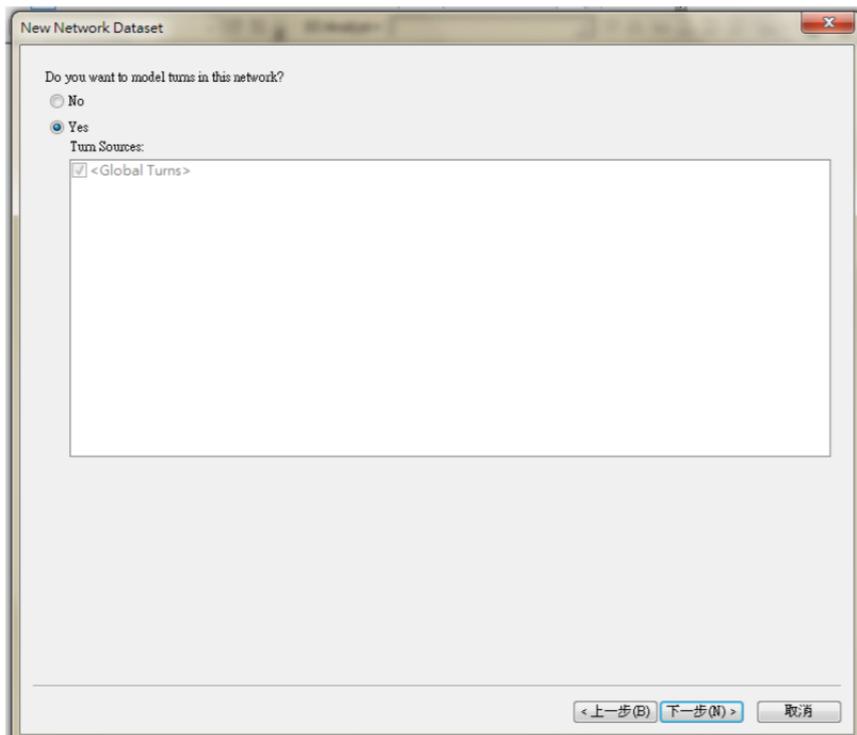
(1) 利用 ArcCatalog，將台北縣市道路圖 (network_TaipeiCounty.shp) 建立 network 圖層。

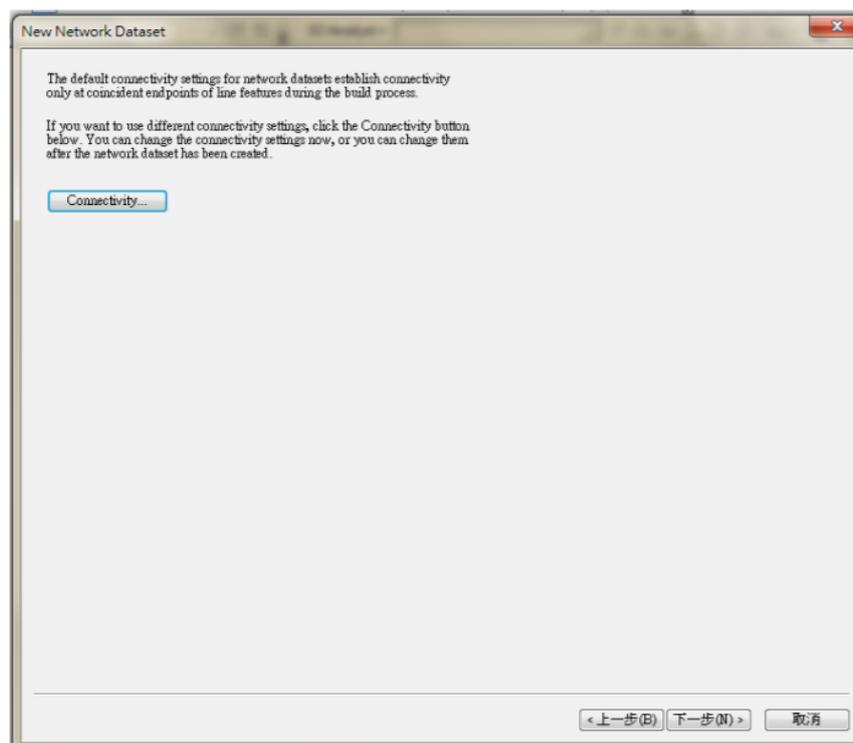


(2) 命名 network 圖層

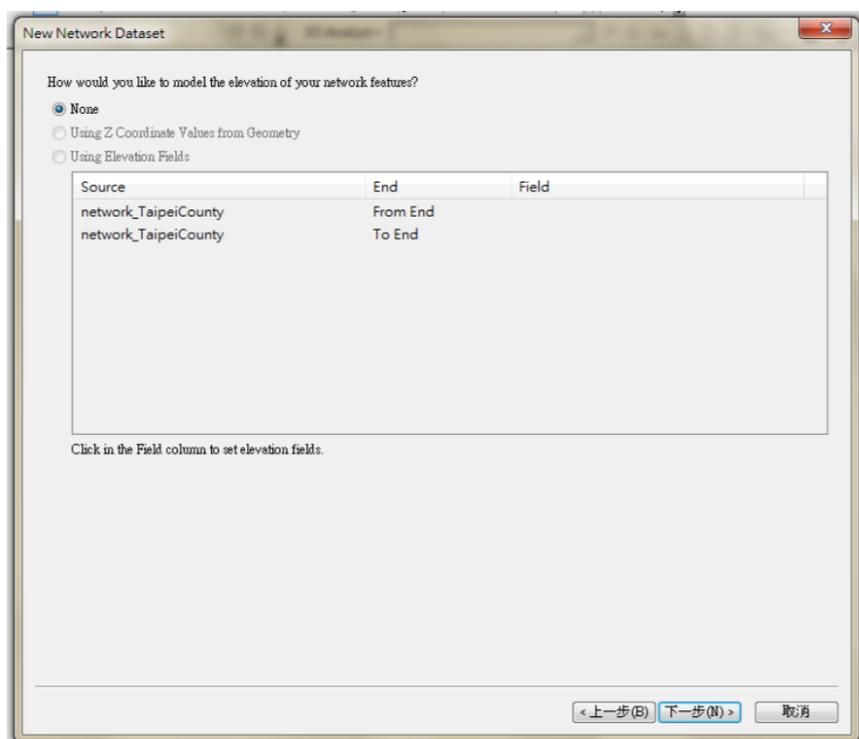


- (3) 建立道路轉 (turns) 資料，由於在路網分析中，當遇到道路的分叉點時，可能會有轉彎或是直行的情況出現，因此在建立路網時，必須要建立轉彎(turns)。





- (4) 是否要根據資料中的欄位，來定義 from end 以及 to end。由於在此資料中，並沒有這兩項欄位，所以選擇 no。



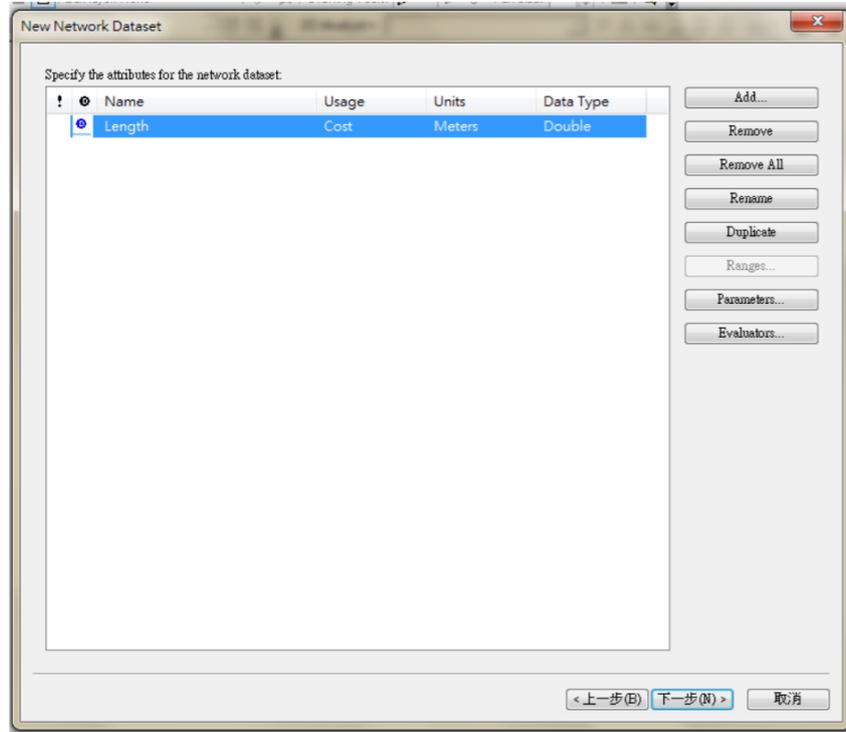
- (5) 設定 cost，由於每條路段都會有某種限制，譬如：速限、長度、塞車、道路 狀況等，所以在做路網分析時，必須要設定 cost，之後才能依據此 cost 找出最佳的路徑。由於本資料中 並沒有速限之欄位，所以我們可以利用每條路段的長度，來做為 cost 的依據，路段越長，則 cost 相對而言較大。

■ 新增 cost 條件

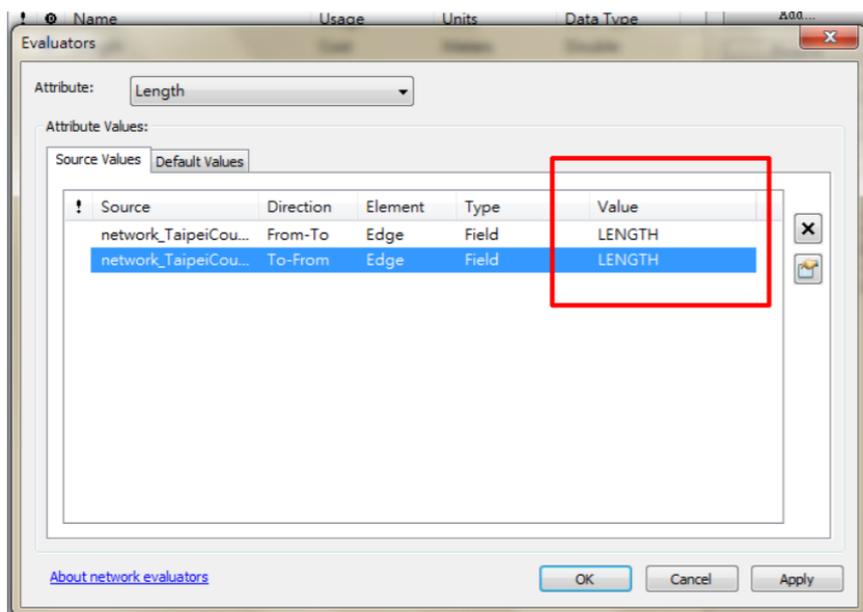
Name : cost 的名字 (請注意必須與路網圖層中要拿來當 cost 的欄位名稱一樣)

Usage type : 選 cost Unit : 由於我們要以路段的長度為 cost , 則單位是路段的計算單位 : meters 公尺

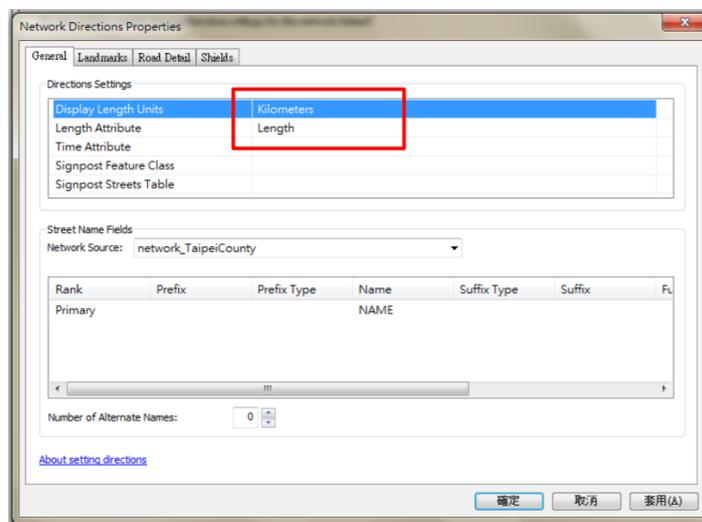
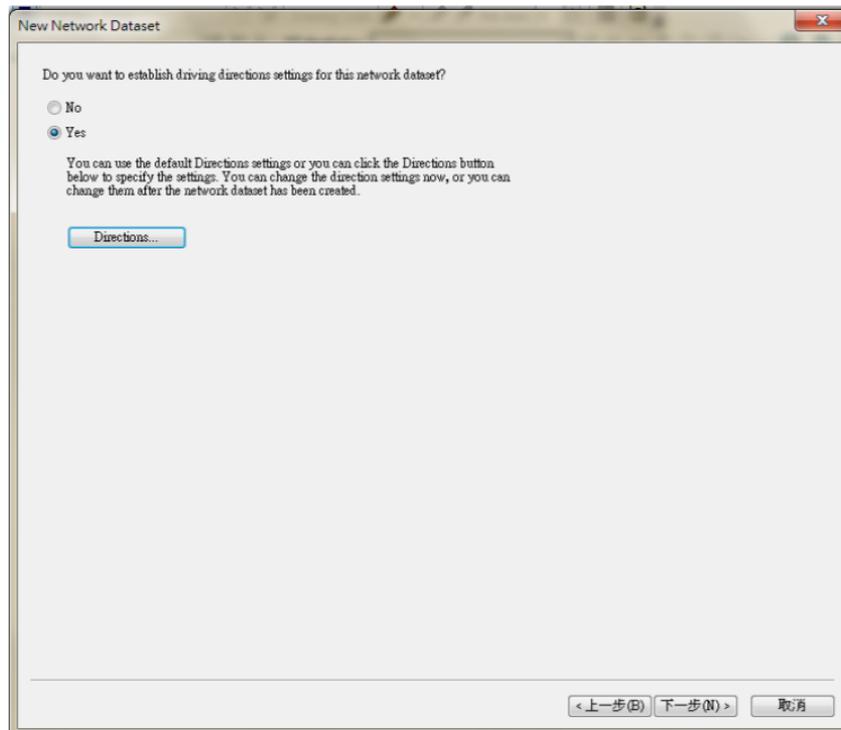
Data type : 資料形式是道路的長度 , 所以可以設置為 double



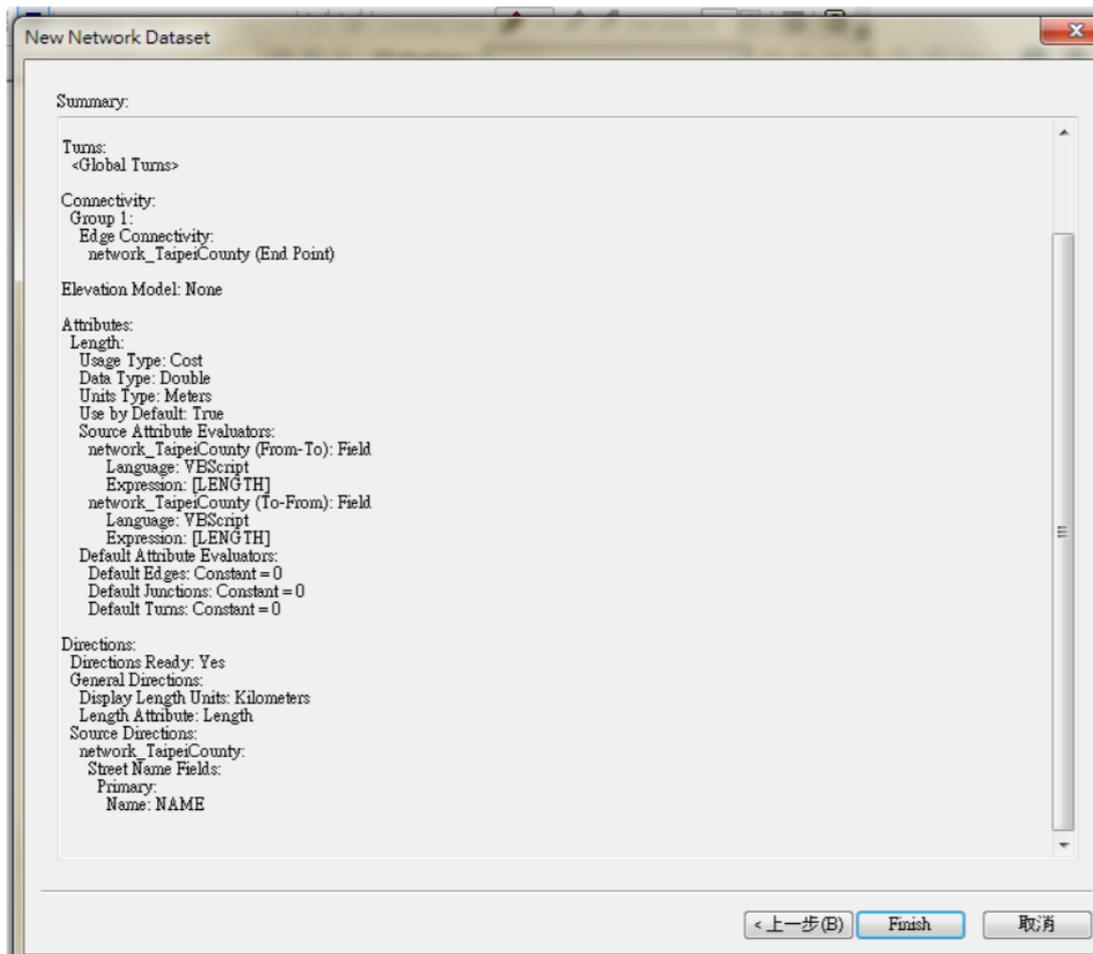
- (6) 有時後 , 系統不會自己幫你抓到對應 cost 的欄位 , 我們必須以手動的設定來指定 cost 所對應的欄位為何。點選 length 兩次 , 邊修屬性。將 From-to、 To-from 的 value 值 , 都指定給資料中的 Length 欄位 , 做為 cost 對應的欄位。



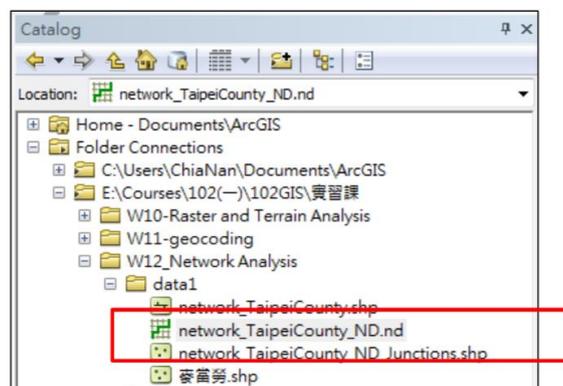
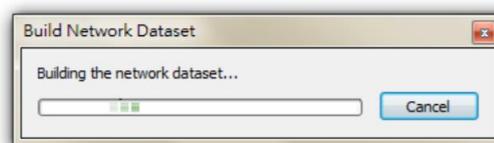
- (7) 是否要建立 driving directions，選是的話，之後做完路網分析，可以產生出 driving directions 的資訊，告訴使用者應該要如何走。點選 directions 後，將 display length units 改成 KM。

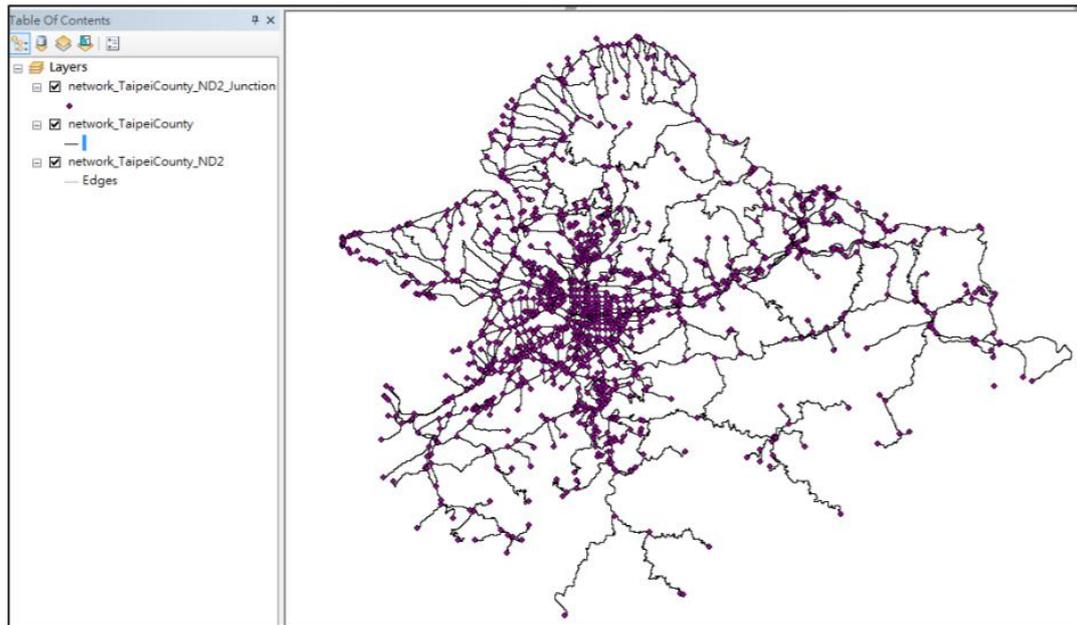


(8) 設定的 summary



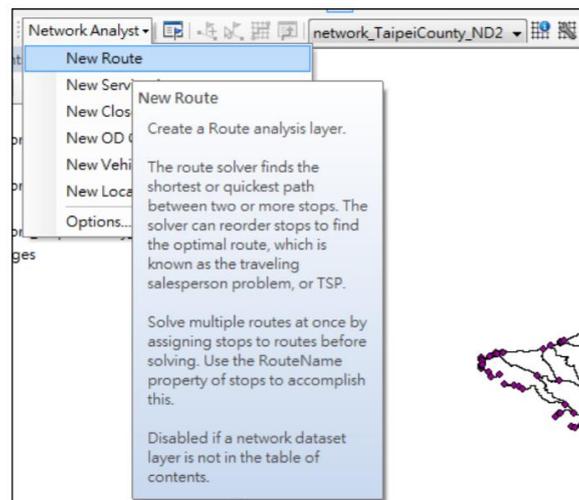
(9) 完成建立 network 圖層，產生 network_TaipeiCounty_ND.nd 以及 network_TaipeiCounty_NB_Junctions 的 network dataset 圖層



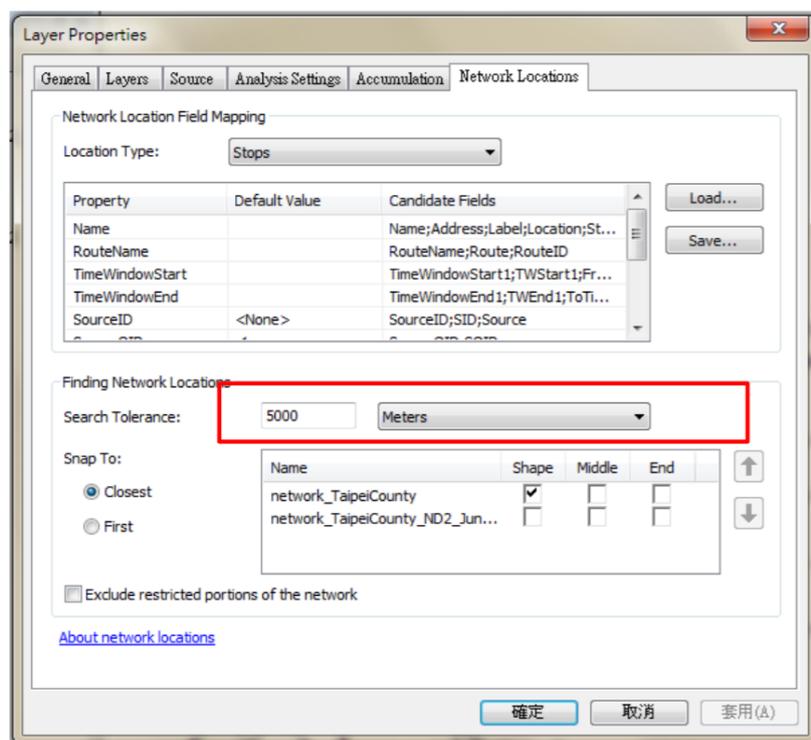
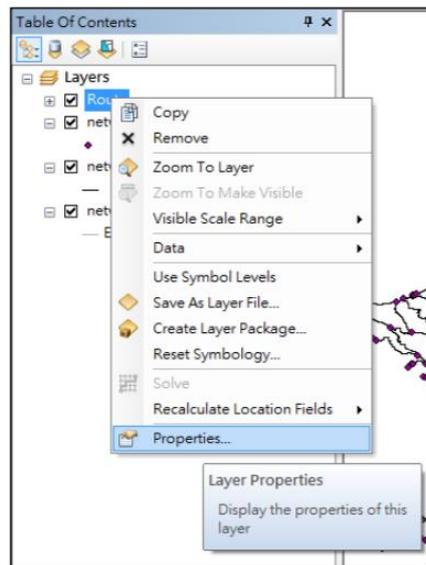


2. Route：最短路徑分析

- (1) 在 network analysis 的工具列中，請先打開 network window。並且在 Network Analyst 下拉選單中，選擇 New Route 工作。

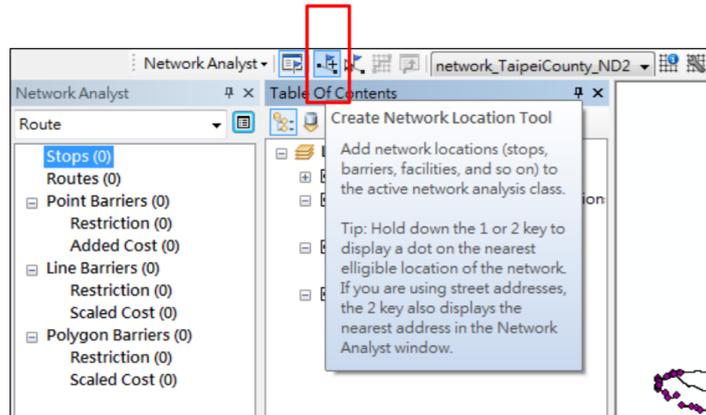


- (2) 相關條件設定，由於之後我們新增的起點與終點，都必須在路網之上，但是我們可能常常在點位的時後，並沒有辦法這麼精準，所以我們可以設定 route properties 中 network location 的 search tolerance，將某個範圍的點都認定是在道路路網之上。



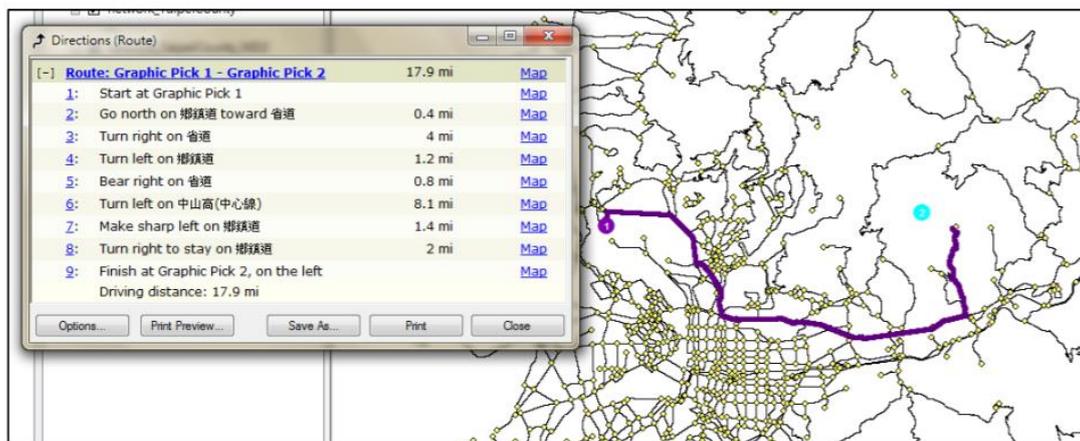
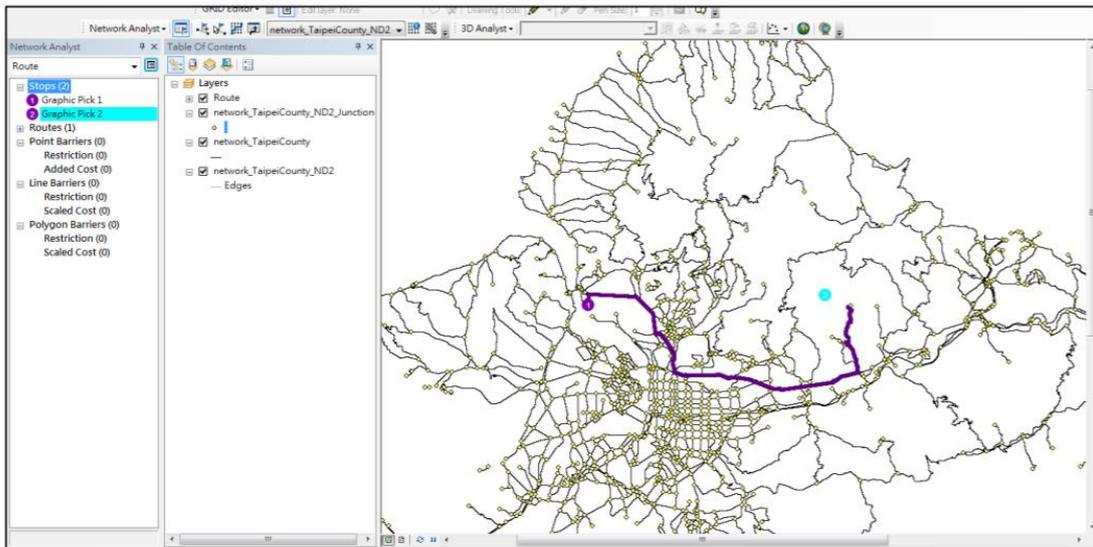
(3) 新增起點與終點 (確定 network window 停留在 Stops 的選項，代表要新增 stops)，利

用工具列中的  create network location tool，在地圖中新增兩點，做為起點與終點。



(4) 在新增完起點終點之後，即可利用工具列中的 solve ，運算最短之路徑。並且可以

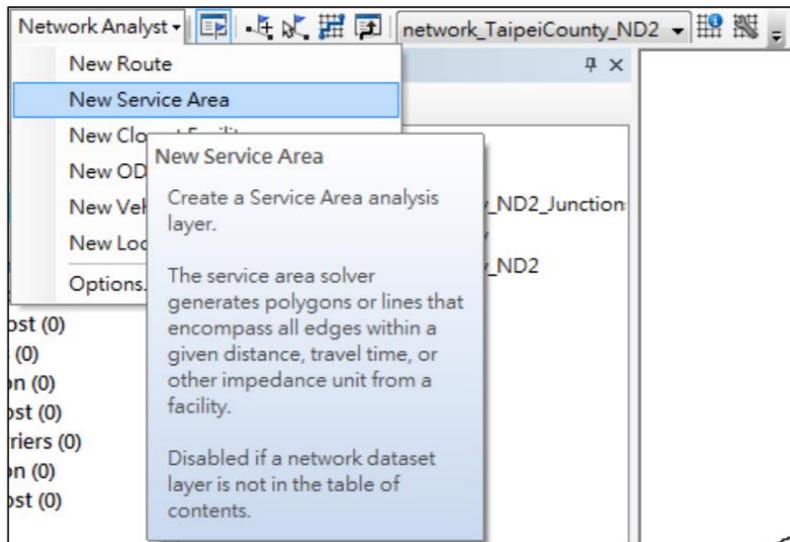
打開 directions window  察看詳細的路徑。



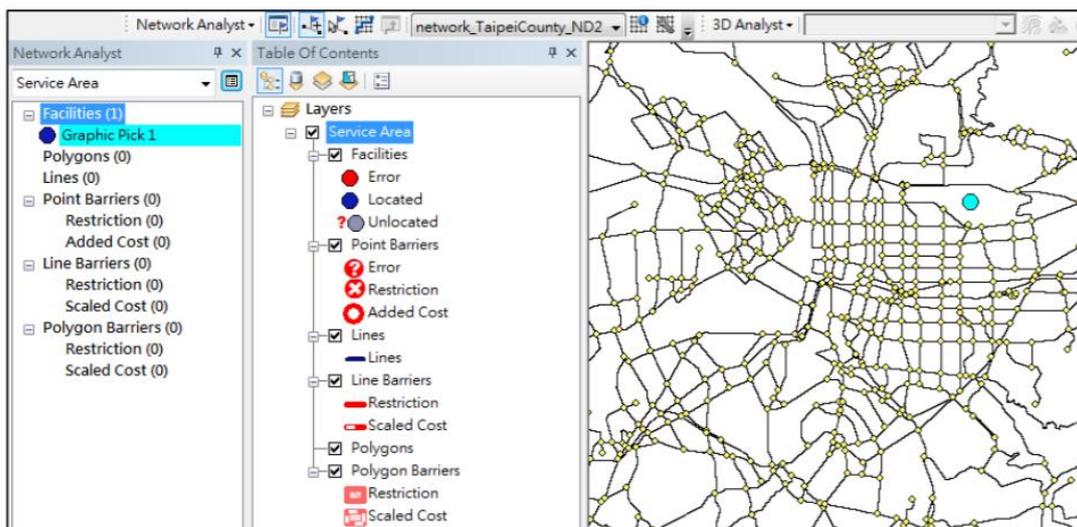
3. Service area：服務範圍

在考量服務範圍的時後，我們通常都是利用環域分析 (Buffer)，以直線距離作 Buffer，Buffer 過後的範圍即做為此服務之範圍。利用 buffer 分析雖然簡單，但是只考慮直線距離，有時後卻比較不合理，譬如：便利商店的商圈範圍，應該會跟路網相關，因為人潮和車潮都是透過路網而到便利商店，所以如果利用 buffer 做為服務範圍比較不合實際之情況。因此，我們可以利用路網分析功能的 service area，找出依據路網 1km 或步行 10 分鐘的服務範圍。

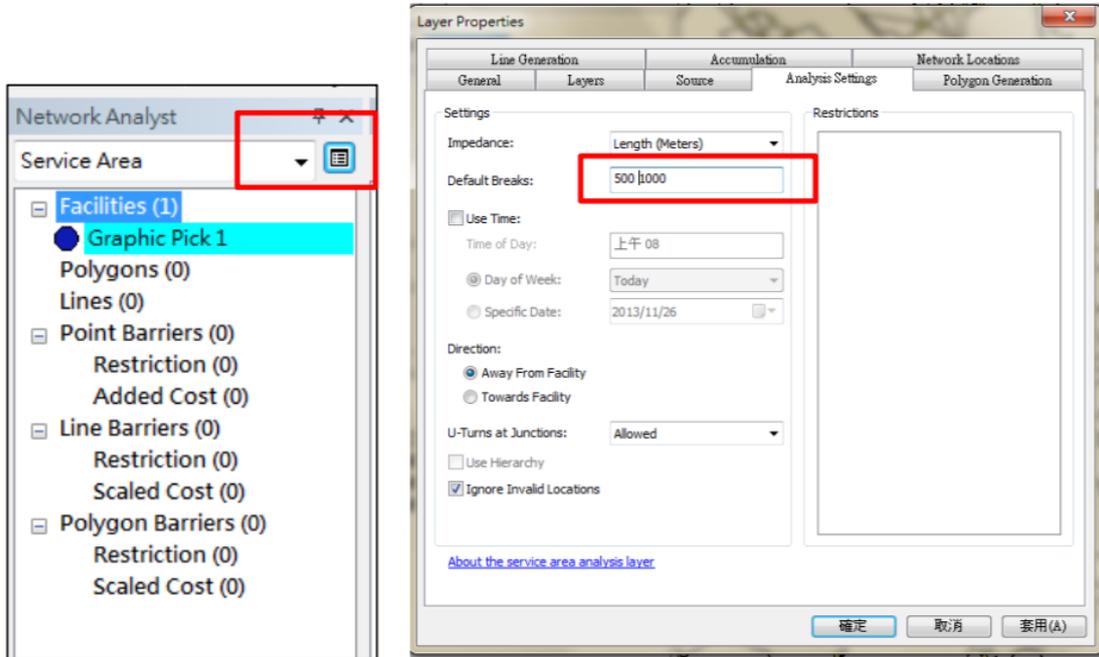
- (1) Network Analyst 下拉選單中，選擇 New Service area 工作。在圖層區中會新增一個 service area 群組圖層；在 Network window 區中，也會新增一個 service area 工作。



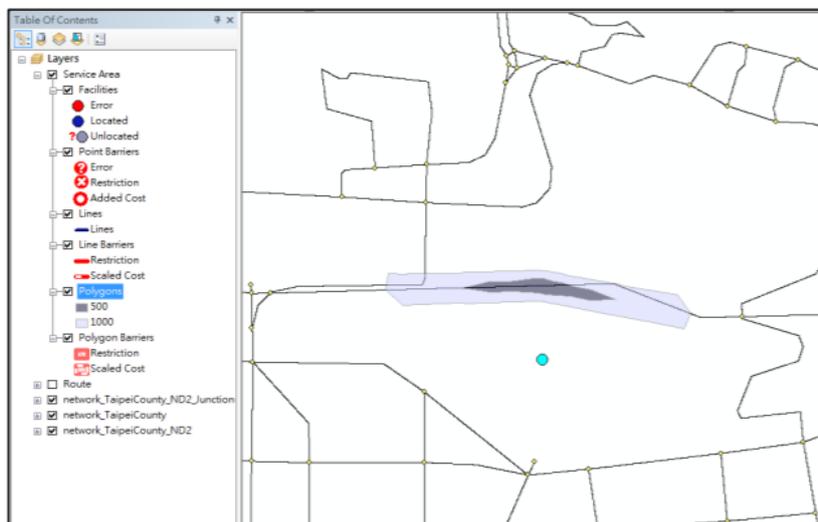
- (2) 新增 Facilities，請在 network window 中，先指定 Facilities，代表現在新增的點是 facilities。利用工具列中的 create network location tool ，在地圖中新增一點。



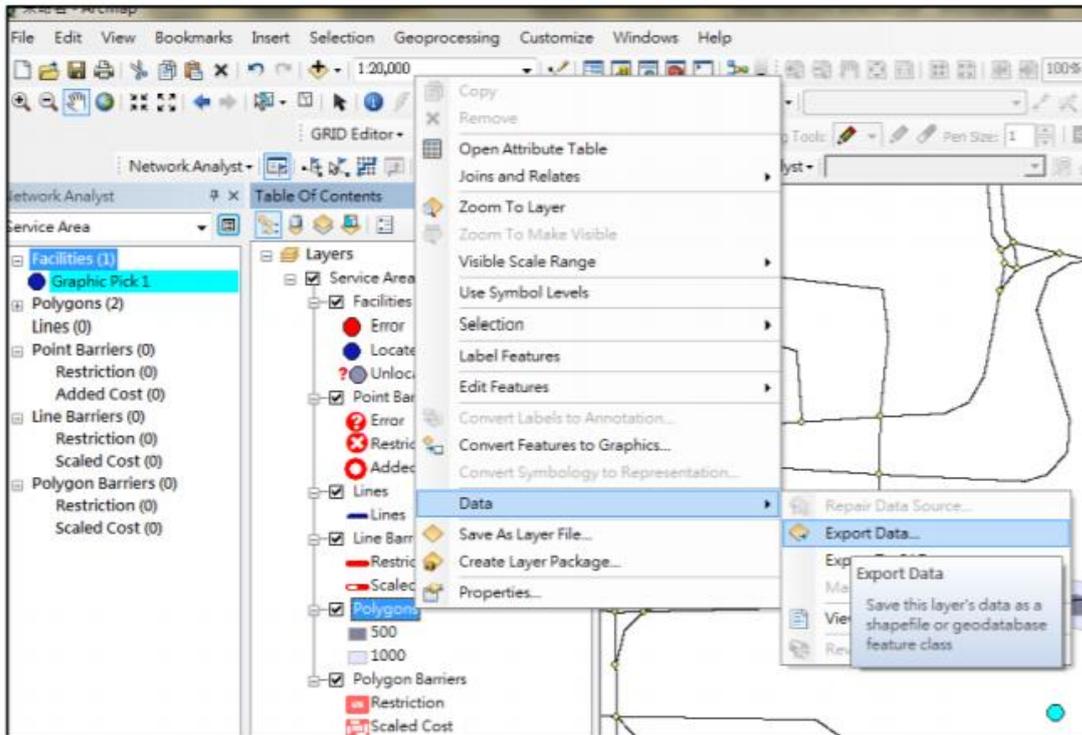
- (3) 設定服務範圍 (譬如 : 1km 或 10min) · 打開 service area 的 properties · 在 analysis setting 的地方 , 設定 impedance: length 以及 break: 500 1000 , 代表目前我們想要以道路的長度做為 cost , 以 0-500、500-1000 公尺做為服務範圍。如果之前在設定 network dataset 時候 , 有設定其他欄位做為 cost , 譬如 : 時間 , 在此就可以設定 impedance 為時間 , 來畫出服務範圍。



- (4) 按下 network 工具列中的 Solve , 找出在 0-500 以及 500-1000 公尺的服務範圍。

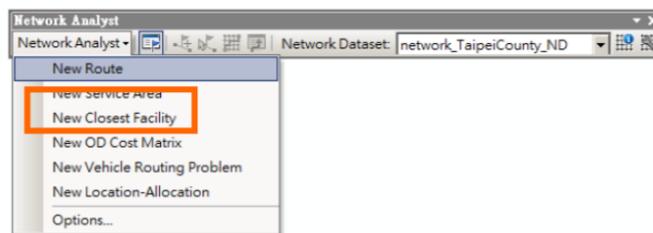


- (5) 將服務範圍輸出成 shp。針對 network window 中的 polygons 按下滑鼠右鍵，選擇 export data，即可將服務範圍輸出成 shp。



4. Closest Facilities：最近設施

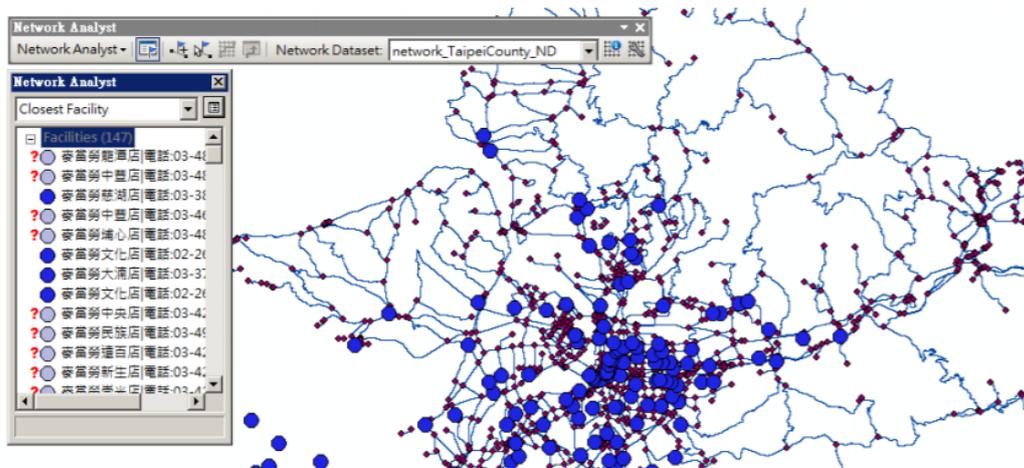
- (1) Network Analyst 下拉選單中，選擇 New Closest Facilities 工作。在圖層區中會新增一個 Closest Facilities 群組圖層；在 Network window 區中也會新增一個 Closest Facilities 工作。



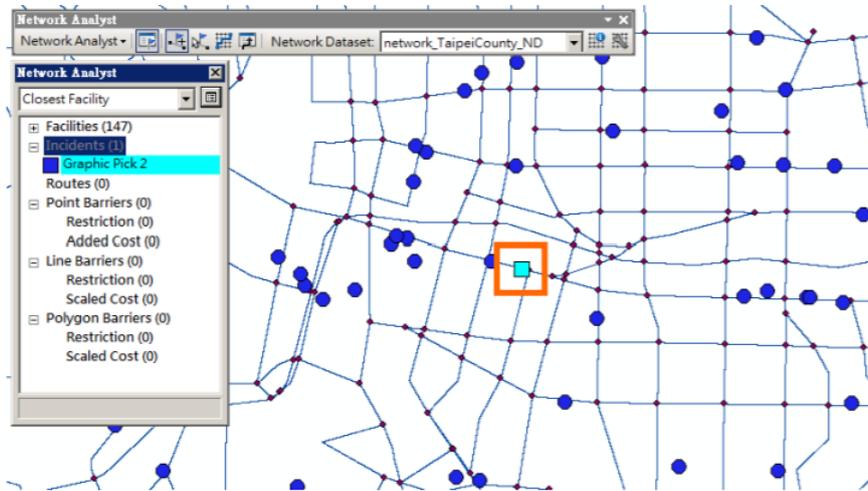
- (2) 如果我們想要去找出最近的麥當勞的最佳路徑，我們可以將麥當勞的點位資料做為 facilities，並且使用者的位置做為 incidents，即可以利用 closest facilities 找出最短路徑。在 facilities 的地方按下滑鼠右鍵，選擇 load locations，將麥當勞圖層加入進 facilities 中。並且可以設定 search tolerance，將不在道路網路上的點位，snap 到道路上。



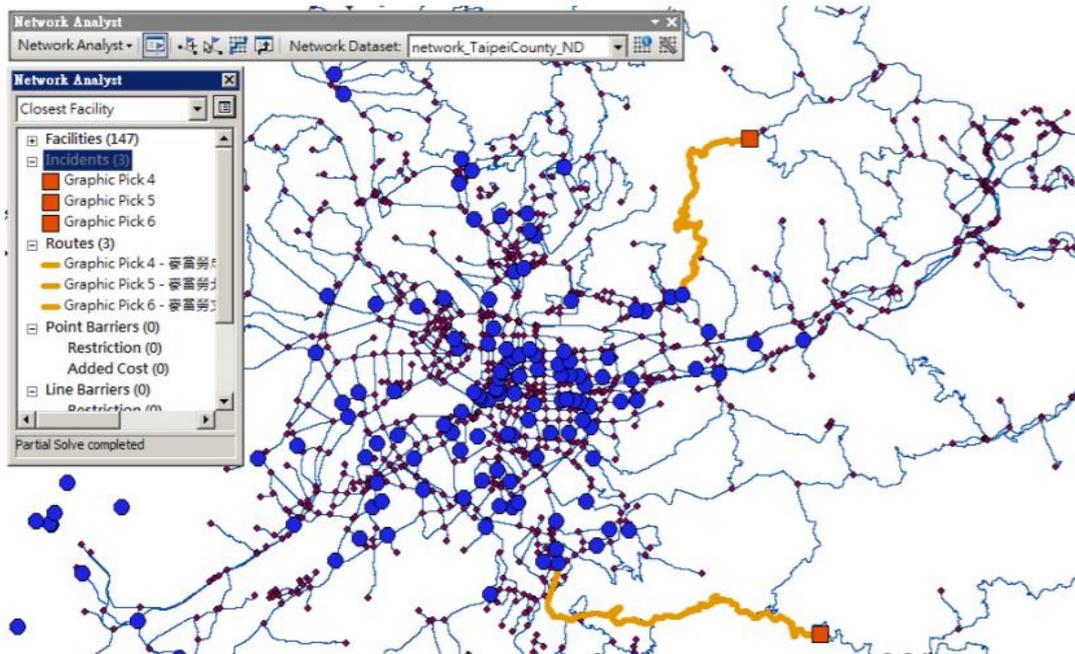
- (3) 將麥當勞點位輸入至 facilities 中之後，系統會依據剛剛所設定的 search tolerance 找出哪些點位是座落於道路上，表示這些點都會做為 network analysis 的 facilities；哪些點位卻是超出 search tolerance，無法座落在道路上，無法當作 facilities。



- (4) 設定 Incidents 的位置，也就是使用者 / 需要服務者所在之位置。請先在 network window 中選擇 incidents，再利用 network analysis 工具列中的 create locations 新增點位。

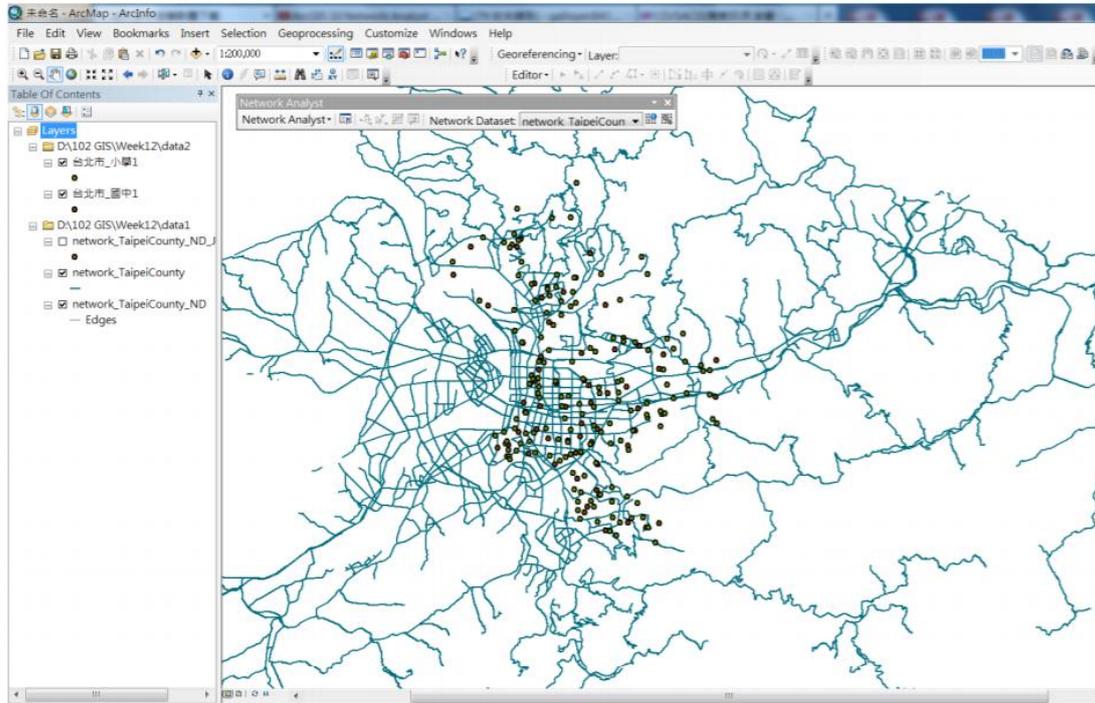


- (5) 設定好 incidents 位置之後，按下 network analysis 工具列中的 Solve，系統會依據 incidents 的位置，幫忙找出最近的 facilities，並且告訴如何最短路徑為何。

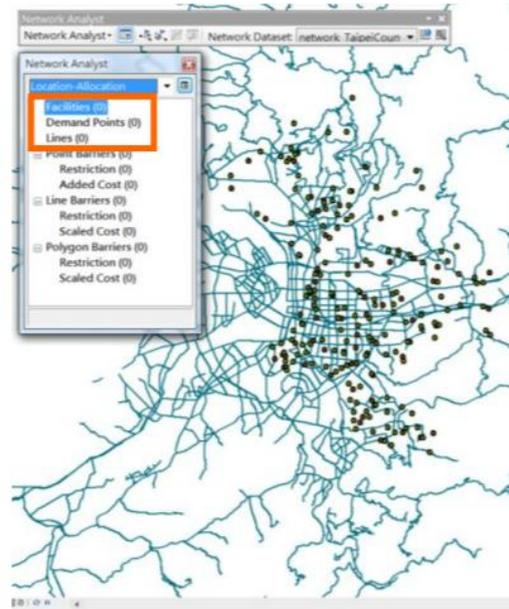
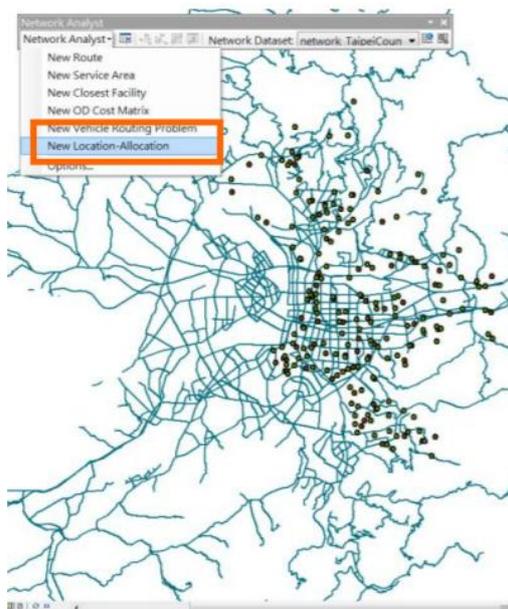


5. Location-allocation：區位指派

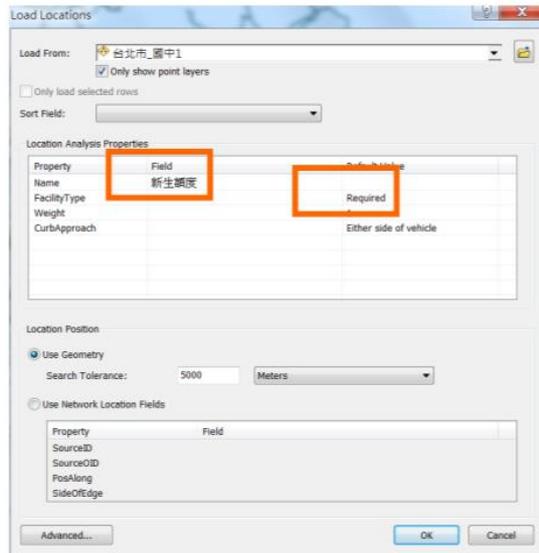
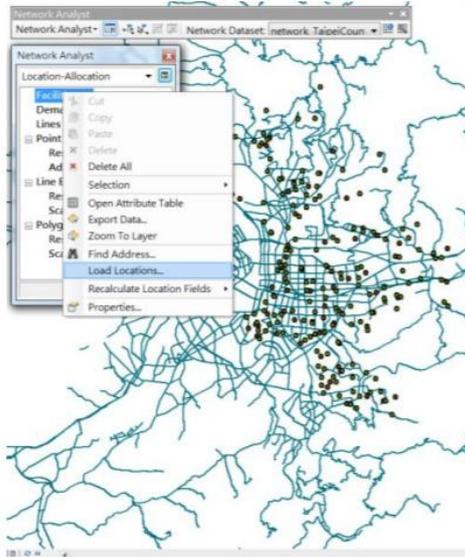
- (1) 讀入台北市_小學 1、台北市_國中 1 等兩個 Shp File，台北市小學資料中，有各學校的位置以及畢業生人數，而台北市國中的資料中則有位置與招生員額。



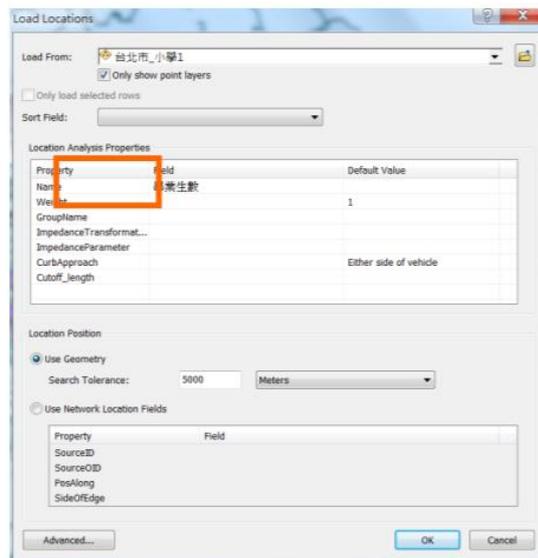
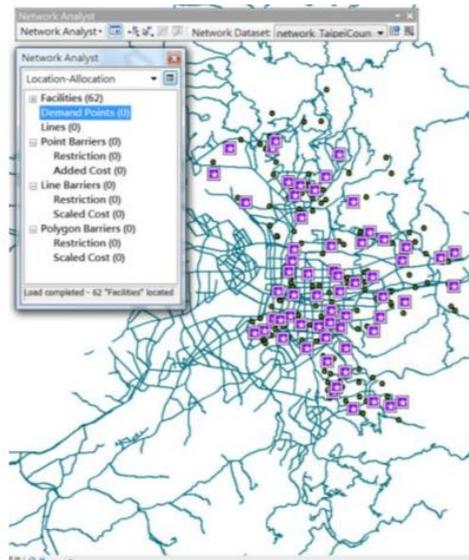
- (2) Network Analyst 下拉選單中，選擇 New Location Allocation。在圖層區中會新增一個 Location Allocation 的群組圖層；在 Network window 區中，也會新增 Facilities、Demand Point、Lines 等三個可輸入圖層。



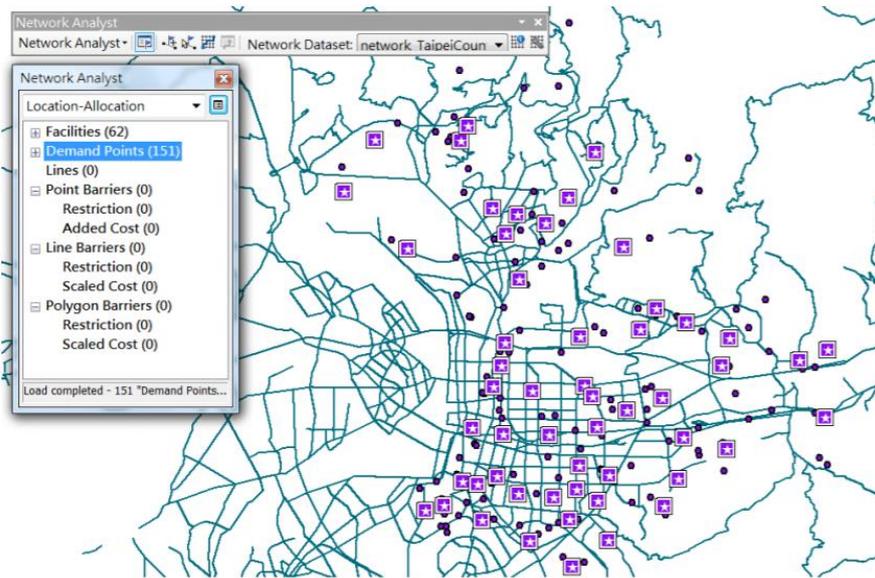
- (3) 新增 Facilities 的圖層為台北市_國中 1，主要欄位為『新生額度』，而 Facility Type 則設定為 Required。



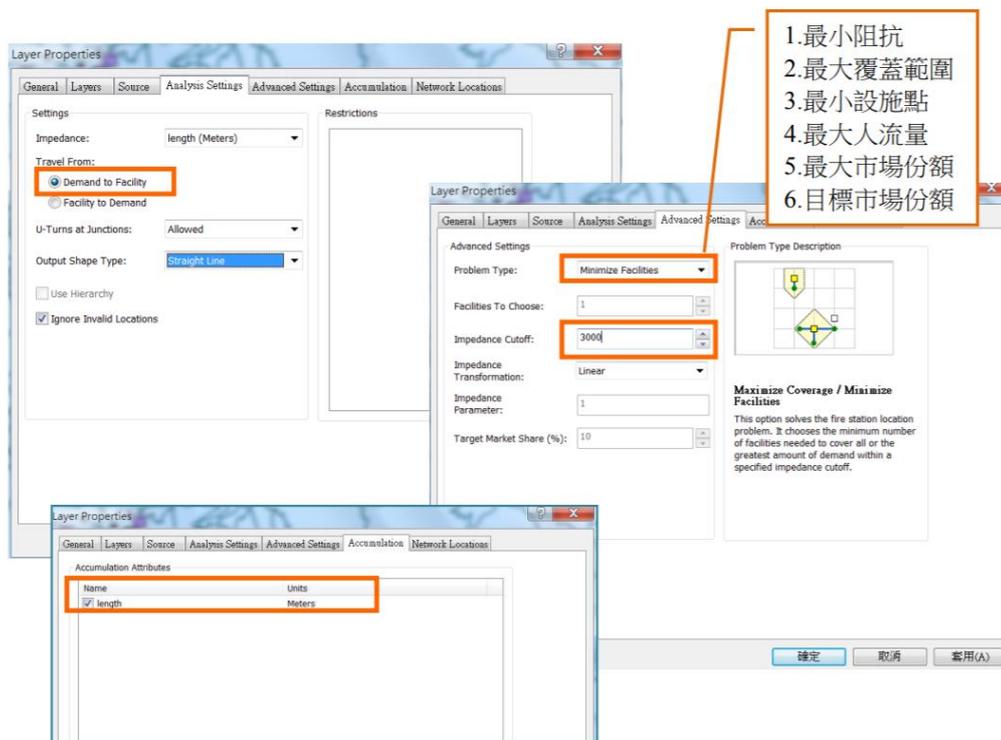
- (4) 新增 Demand Point 的圖層為台北市_小學 1，主要欄位為『畢業生數』。



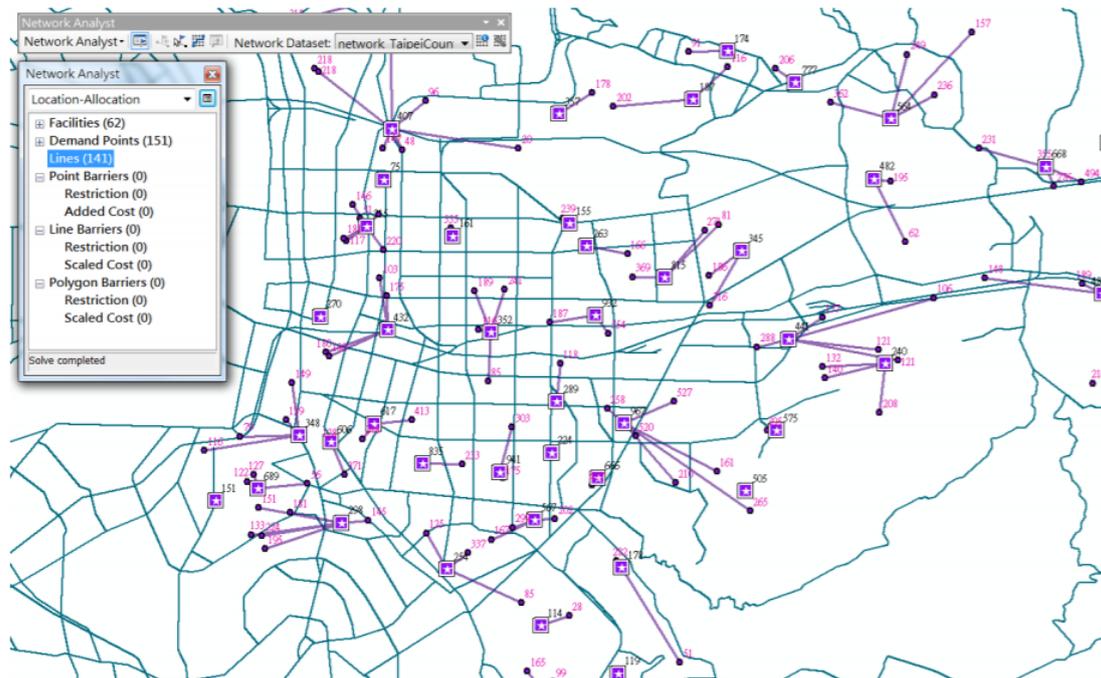
- (5) 若關閉原始的 shp file，就可以發現以上兩個資料圖層，已經被轉換為 Network Analyst 中的參數圖層。



- (6) 在 Layer Properties 中，將 Travel From 設定為 Demand to Facility，同時在 Advance Setting 中將 Problem Type 設定為 Minimize Facilities，而 Impedance Cutoff 則是 3,000。



(7) 計算後便可得到，小學畢業生與各國中招生名額的區位指派 (Location Allocation) 結果。



五、本週作業

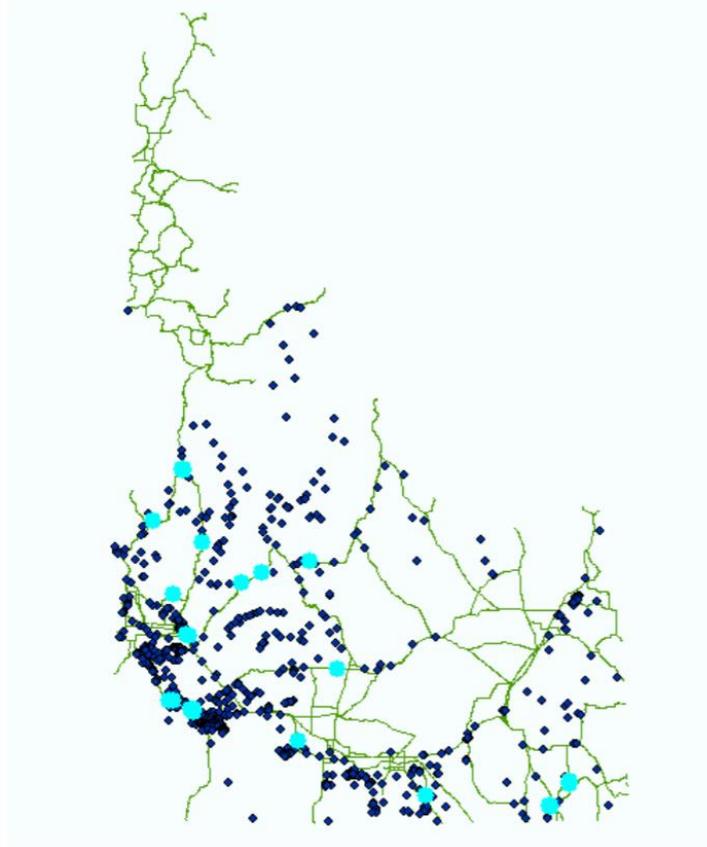
(一) Combine Spatial and Attribute Data Queries

在這次練習中，你將扮演規劃師的角色，選取適當的地點作為開發溫泉的基地，你只有兩個圖層：thermal (溫泉、地熱的所在地資料) 以及 idroads (道路圖資料) 但是，並不是所有的溫泉地點都要開發，必須符合下列兩項條件：

1. 溫泉的所在地一定要在道路 2 公里以內的距離。
2. 溫泉的溫度一定要超過攝氏 60 度請將符合此兩項條件的地點標示出來，提供決策者做為參考之用。

請將成果圖輸出成符合一般地圖格式的檔案。

預期成果：



(二) Service Area

假如我們想要知道在台北市的麥當勞點為中，服務 5000 人與 10000 人的區位範圍有多大，應該如何利用 network analysis 得到呢？

利用圖層：TaipeiCityRoad_people.shp (記錄每條路段有多少人居住)、麥當勞.shp

Hint:

1. 在 build network dataset 的時候要以人數為 cost
2. 在 service area properties 中的 analysis setting 設定 break = 5000 10000

請將兩項作業結果存為一個 PDF 檔並上傳至 ceiba 上。

實習十二 網格資料分析

一、課程介紹

本次實習將介紹常見的網格資料分析方法，包括空間推估及區域統計，並於 ArcMap 中實作上述的空間分析功能及整合應用。

二、實習目的

- (一) 以不同的空間內插方法進行空間推估
- (二) 區域統計

三、教學資源

ArcMap 軟體、相關圖資。

四、重要概念

(一) 空間內插 (spatial interpolation)

空間內插應用於空間推估，利用一些已知點位的座標及數值來推估未知的區域，建立數值資料於空間上的連續分布，可謂透過點資料以推估面資料的過程及方法。例如，利用雨量站的點位資料推估出某研究範圍的連續雨量分布圖。一般基本的空間內插工具可分為以下兩大類：

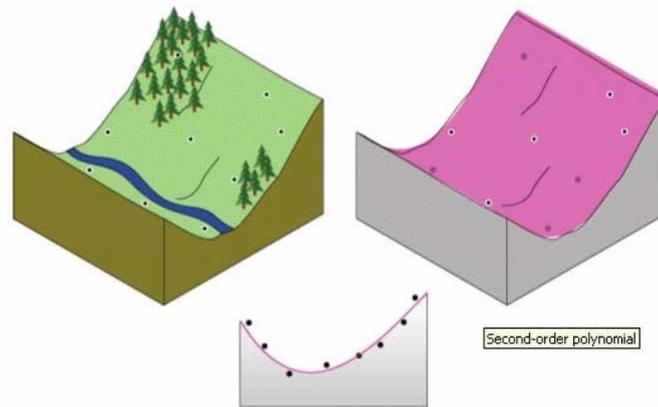
- **Deterministic (決定性)**: 若我們可以精準地掌握某空間現象的分布規則，便可利用對應的數學公式推估未知數值。如，IDW (Inverse Distance Weighted)、Trend surface、Kernel density。
- **Stochastic (機率性)**: 由於真實環境複雜，推估過程必然會有誤差值及不確定性 (uncertainty) 存在，故利用公式所推估出的數值包含機率與隨機性，且帶有誤差。此情況下做空間推估時，僅能先透過變異數的變化，找出貼切的模式進行預測與推估工作，如 Kriging。

以下分別簡易介紹幾種常見的空間內插方法：

1. Kernel density

$$f(x,y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{d_i}{h}\right)$$

where $f(x,y)$ is the density value at location (x,y) , n is the number of cases, h is the bandwidth, d_i is the geographical distance between case i and location (x, y) and K is a density function (generally a radially symmetric unimodal probability density function) which integrates to one. The units of $f(x,y)$ are cases per unit area.



4. Kriging (克利金法)

Kriging 方法是在 1951 年 D. C. Kriging 挖礦時發現鄰近區域的礦石品質的相似程度大於較遠區域的礦石品質 (空間自相關) 以統計分析空間變異的方法來分析此現象。在 1971 年，法國術徐家提出完整的理論架構，以 Kriging 命名，成為目前所熟知的 kriging 地理統計方法。Kriging 透過已知點之間的距離遠近，分成不同的區間 (如，0 ~ 200, 200 ~ 400, 400 ~ 600 等) 並且計算點與點之間的 (屬性) 數值差。距離越近，(屬性) 數值差異越小，表示空間自相關性越強，並且可以將距離與差值繪製成 semivariogram 圖。透過選擇不一樣的數學模型 (spherical, circulat, exponential, gaussian) 方法來逼近此 semivariogram。

Kriging 公式可以簡化為：

$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s)$$

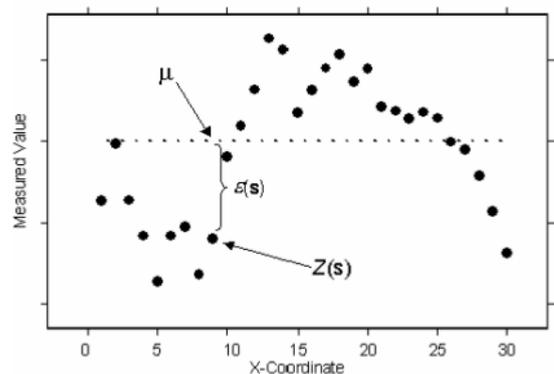
$Z(s)$: s 位置的預測值； $\mu(s)$: s 位置的定數項； $\varepsilon(s)$: 位置的隨機項

透過 $\mu(s)$ 及 $\varepsilon(s)$ 可以變化出三種較為常用之方法：

(1) Ordinary Kriging

$$Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$$

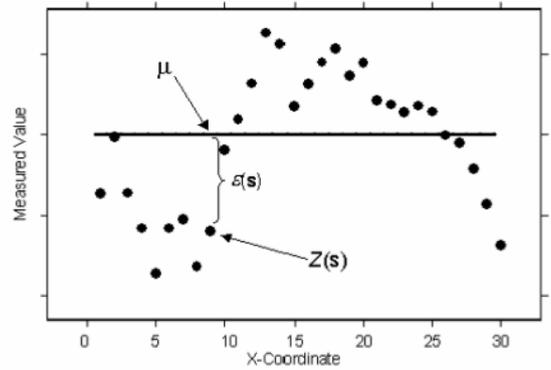
μ 為未知的常數，滿足統計學中的內定假設 (Intrinsic Hypothesis) 或是弱質定常性 (Weak Stationarity)。假設半變異元 (semivariance) 存在，並且在空間結構中為一組距離函數。



(2) Simple Kriging

$$Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$$

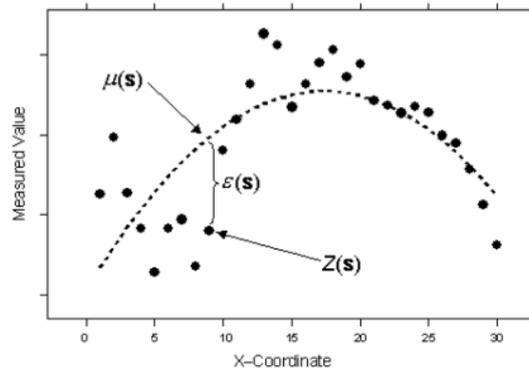
μ 為未知的常數，滿足統計學中的二階定常性 (Second Order Stationary)，並且在空間結構中唯一距離函數。



(3) Universal Kriging

$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s)$$

以多項式來找出 $\mu(s)$ ，期望值 $\mu(s)$ 為已知且非常數，其所對應之空間關聯性模式為多項式均值或傾向值模式。



※ Kriging 詳細理論說明與比較，請參考：

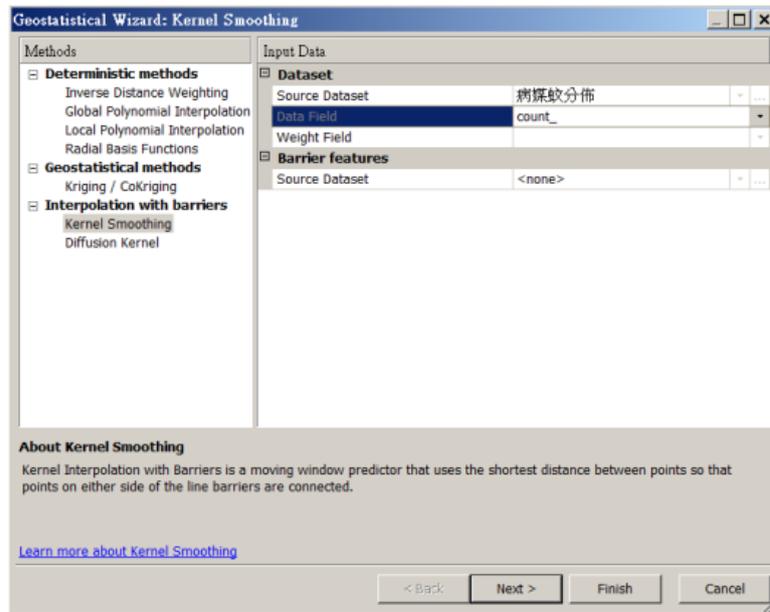
<http://ethesys.lib.fcu.edu.tw/ETD-db/ETD-search/getfile?URN=etd-0825103-012205&filename=etd-0825103-012205.pdf>

五、實作部分

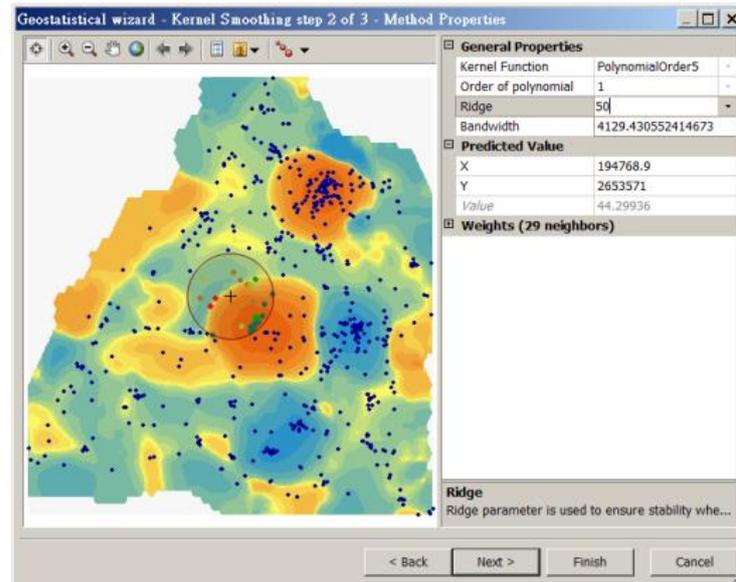
(一) 利用已知病媒蚊點資料推估病媒蚊的空間分布

Kernel density

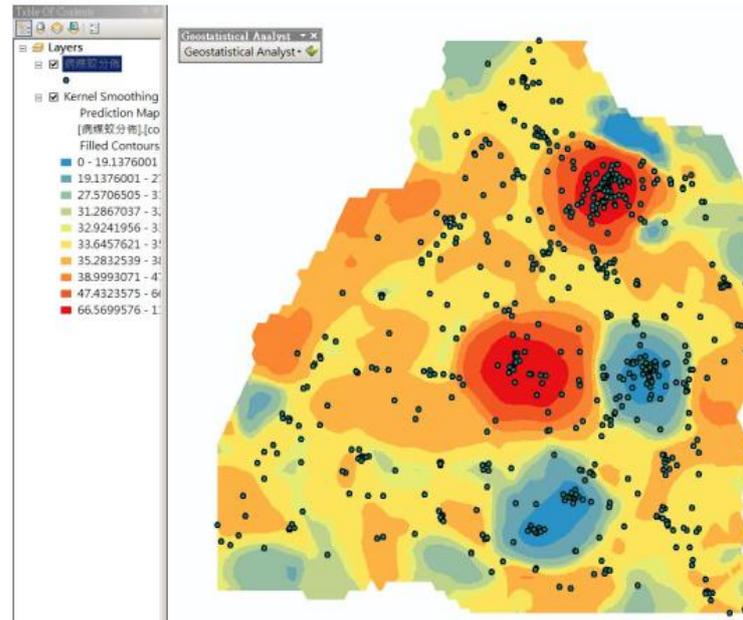
1. 開啟 kernel density 工具：spatial analysis 中的 Density。



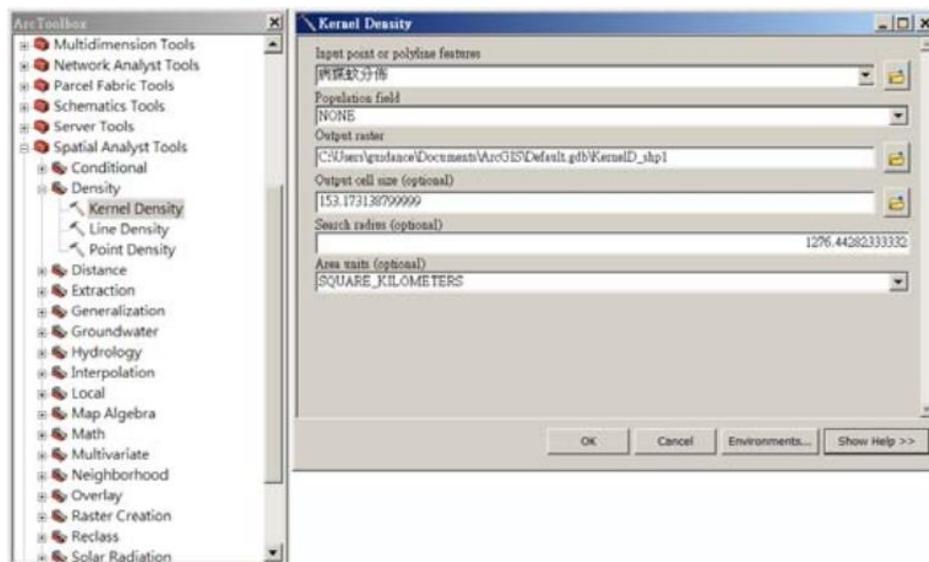
2. 設定相關參數。



3. 結果：圖中顏色越深，代表此地區病媒蚊數量分布的密度較高，可能為較高風險的區域。

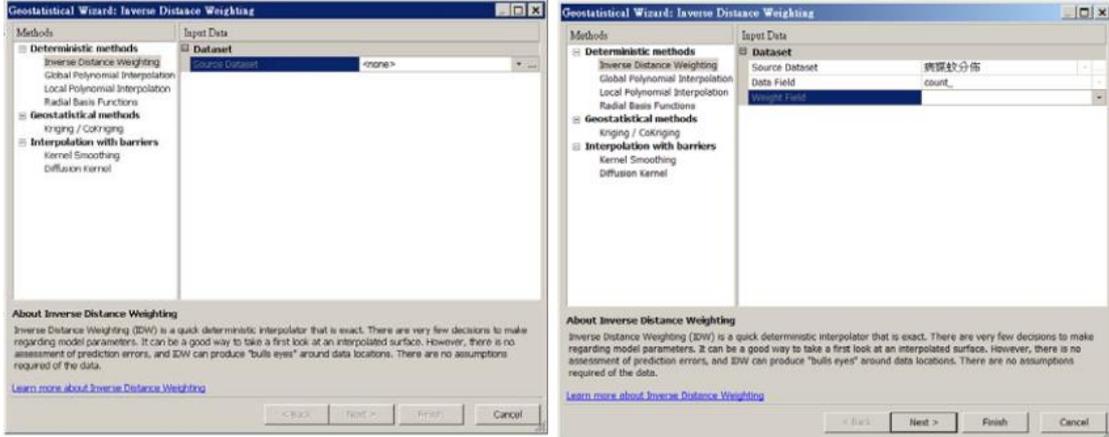


4. 另一種 Kernel density 的作法：



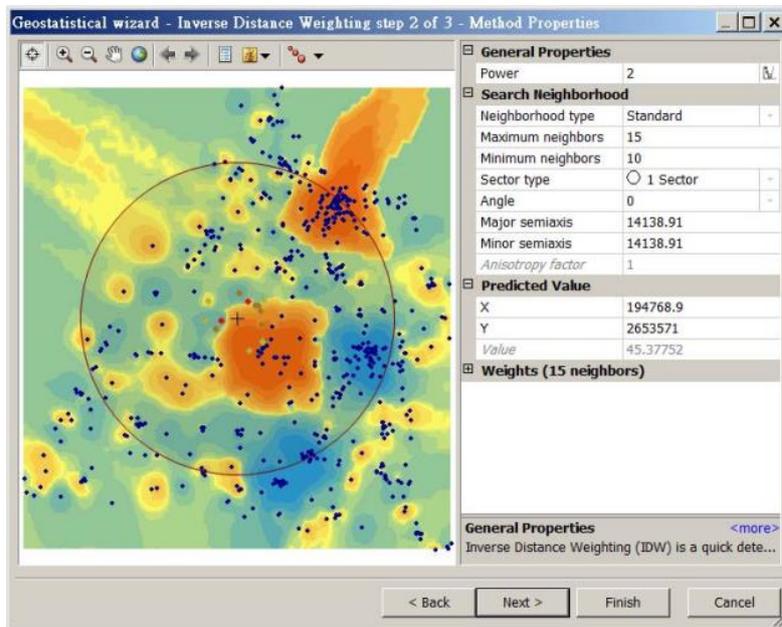
□ IDW

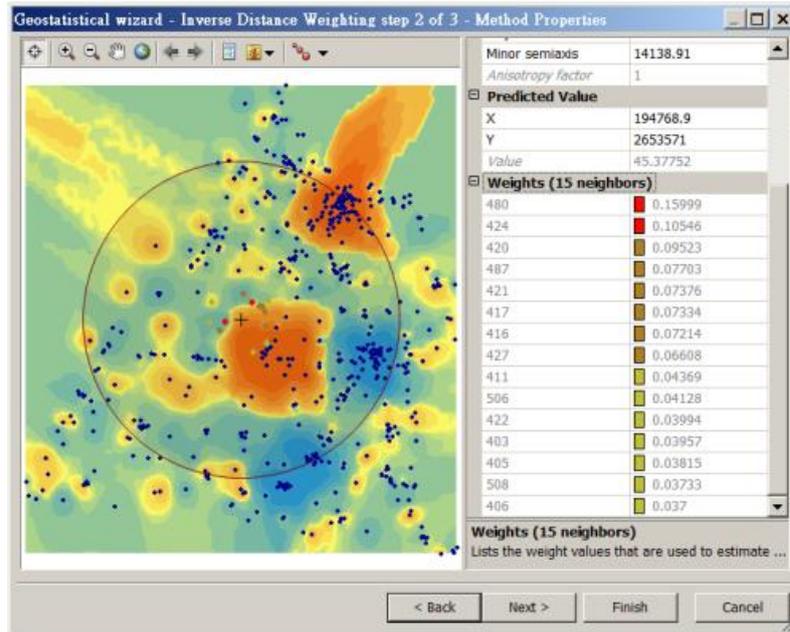
1. 開啟 GeoStatistical analysis 中的 Geostatistical wizard。
2. 選擇 Inverse Distance Weighting 方法，並將病媒蚊分布資料作為 Input data，count_ 作為 attribute。



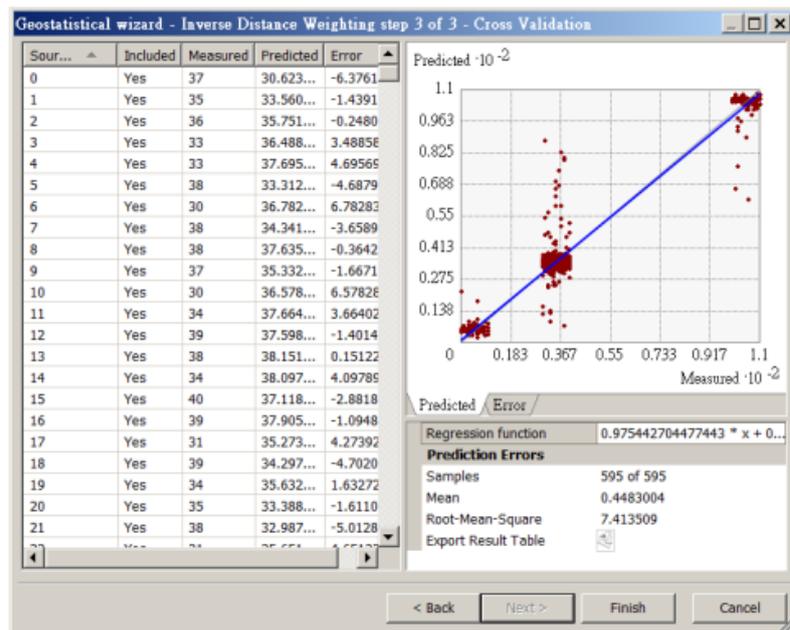
3. 設定相關參數。

- Power：距離的級數，級數越大，代表距離這項變數的影響力越大。可以利用 Optimize power value 的按鈕，讓系統自動計算最佳的級數值。
- Neighbor to include：在範圍中要包含多少個鄰近點位。採預設值設成 15 個。
- Sector type：搜尋的圖形，要以全部橢圓範圍作搜尋，還是要將橢圓再細分成不同區域作搜尋。如果細分成不同區域，可以點選 Show weights 按鈕，瞭解不同顏色的權重值狀態。





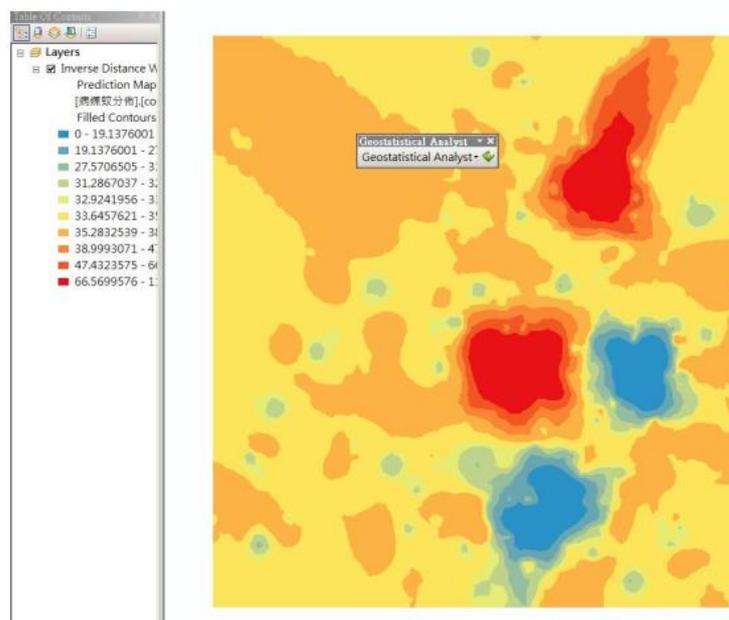
4. 針對剛剛的設定產生預估值及誤差值的分布圖表。RMS 的值可作為評估的準則，RMS 值越小代表誤差小、預估的結果越準確。



5. 產生 IDW 設定的 Summary。

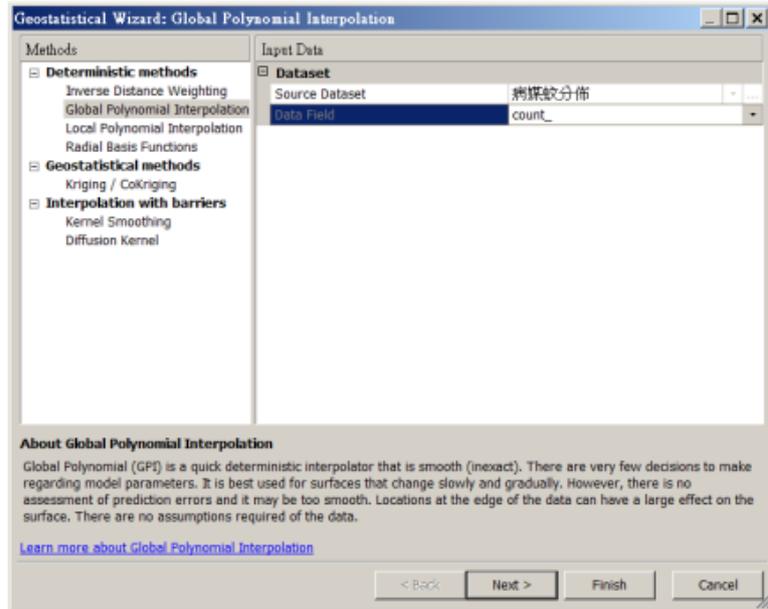


6. 結果圖。此結果圖為 IDW 分析所產生的預測結果圖，顏色越深的區域，代表其值越為接近。以病媒蚊的例子為例，說明此區域出現病媒蚊數量較高。

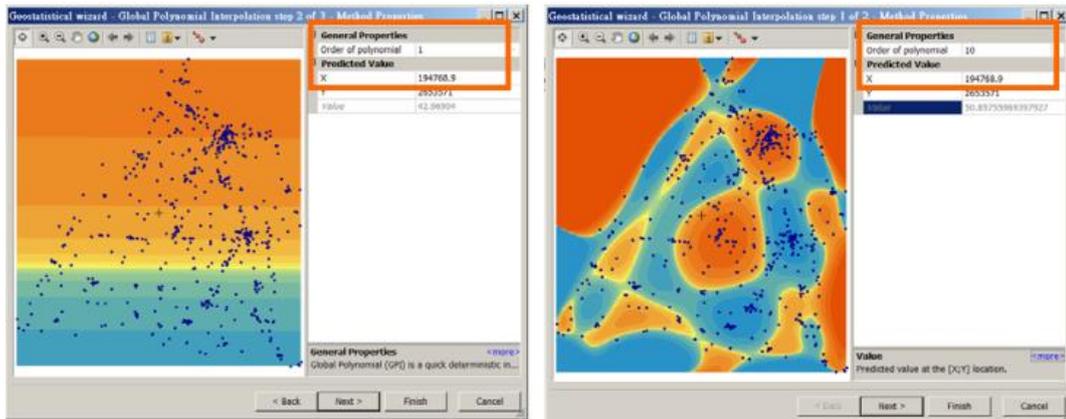


□ Trend surface

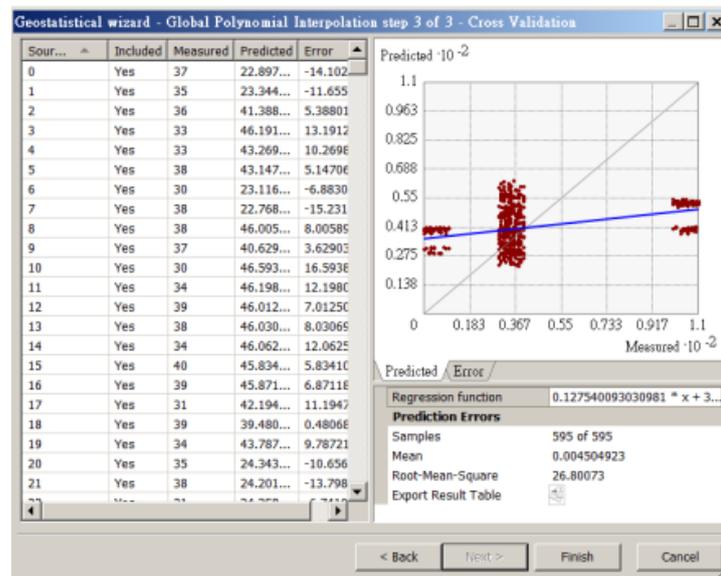
1. 開啟 GeoStatistical analysis 工具列中的 Geostatistical wizard。
2. 選擇 Global Polynomial Interpolation 方法，並且將病媒蚊分佈資料做為 Input data，count_ 作為 Attribute。



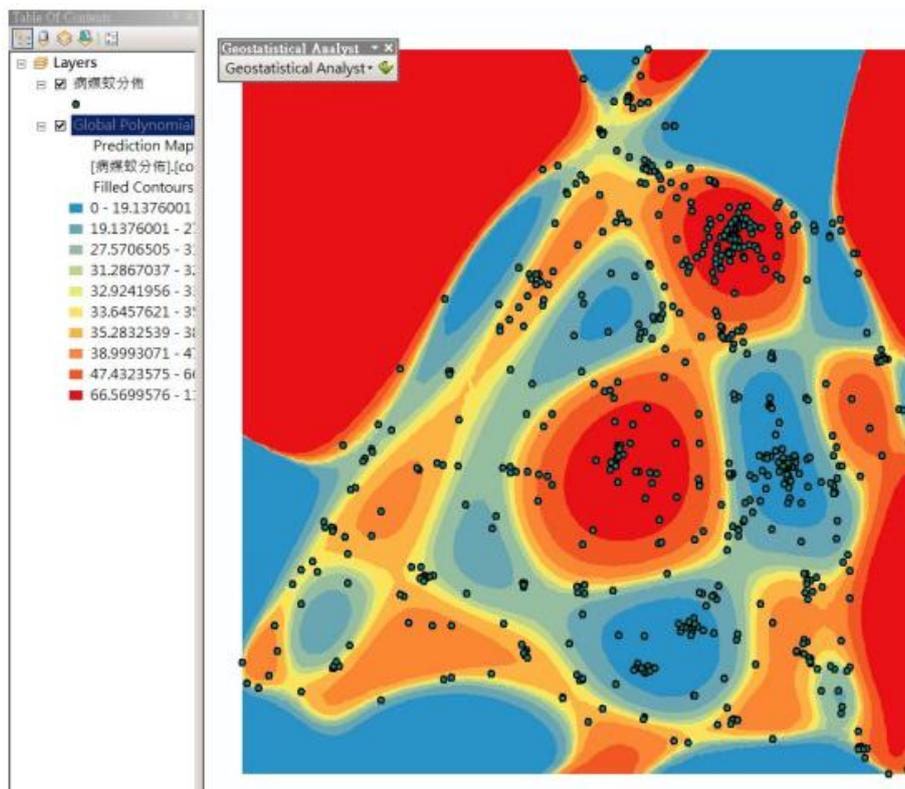
3. 選擇不同的級數，我們可以透過 RMS 的值來找到最好的描述級數。以病媒蚊的例子，最好的級數為 10 級，其 RMS 為最小 = 14.4。



4. 誤差分析圖表。

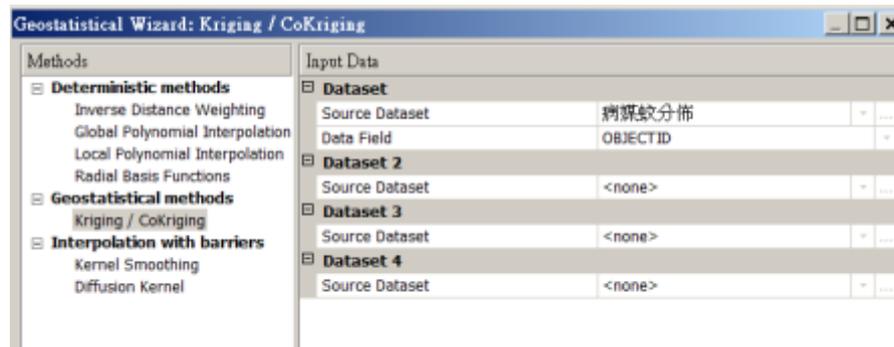


5. 預測結果圖。由此方法可以產生比 IDW 更圓滑的曲線以及區域，來推估出未知的區域。

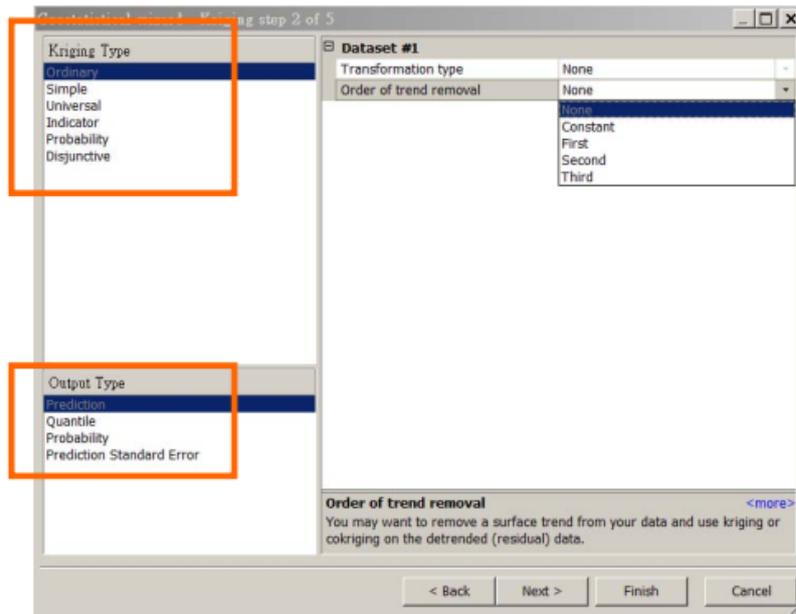


□ Kriging

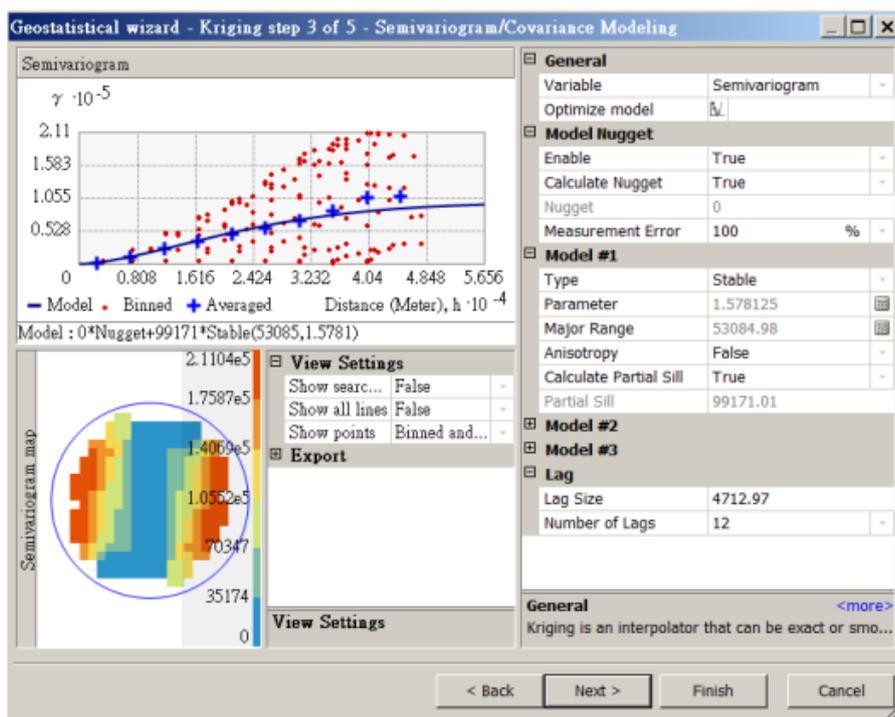
1. 開啟 GeoStatistical analysis 工具列中的 Geostatistical wizard。
2. 選擇 Kriging 方法，並且將病媒蚊分佈資料做為 Input data，count_ 做為 Attribute。



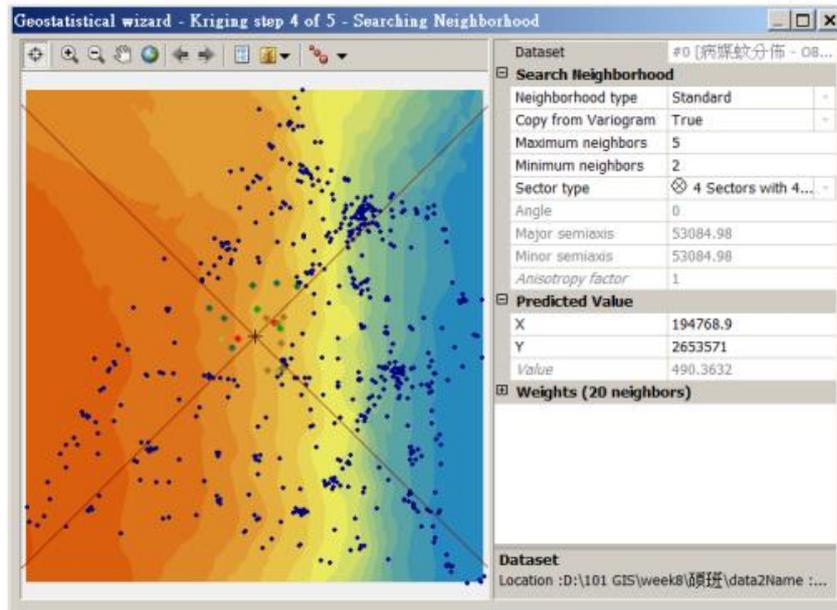
3. 選擇 Kriging 方法。



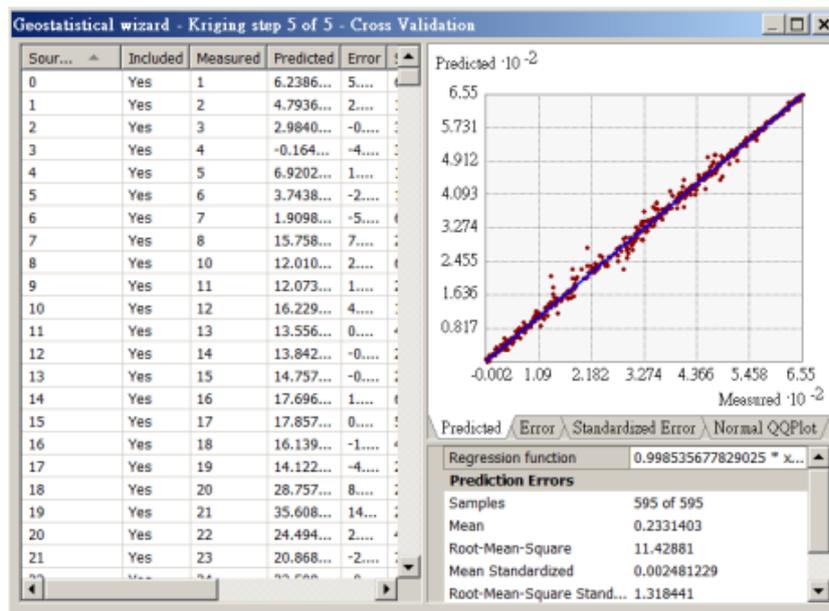
4. 設定逼近的數學模型以及相關的參數設定，相關數學模型可以比較後面幾個步驟的 RMS 值，選擇較低的數學模型來進行逼近。



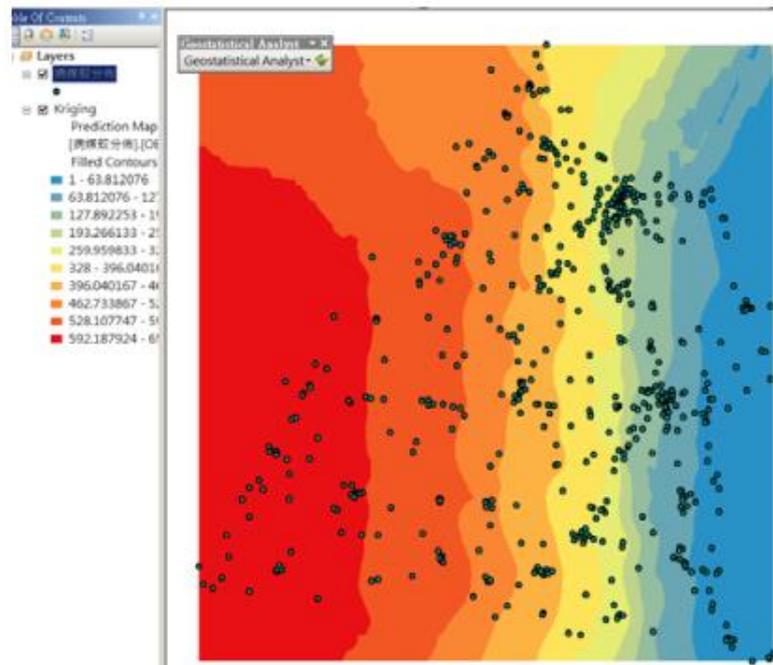
5. 設定鄰近點的數量以及考慮的區域。



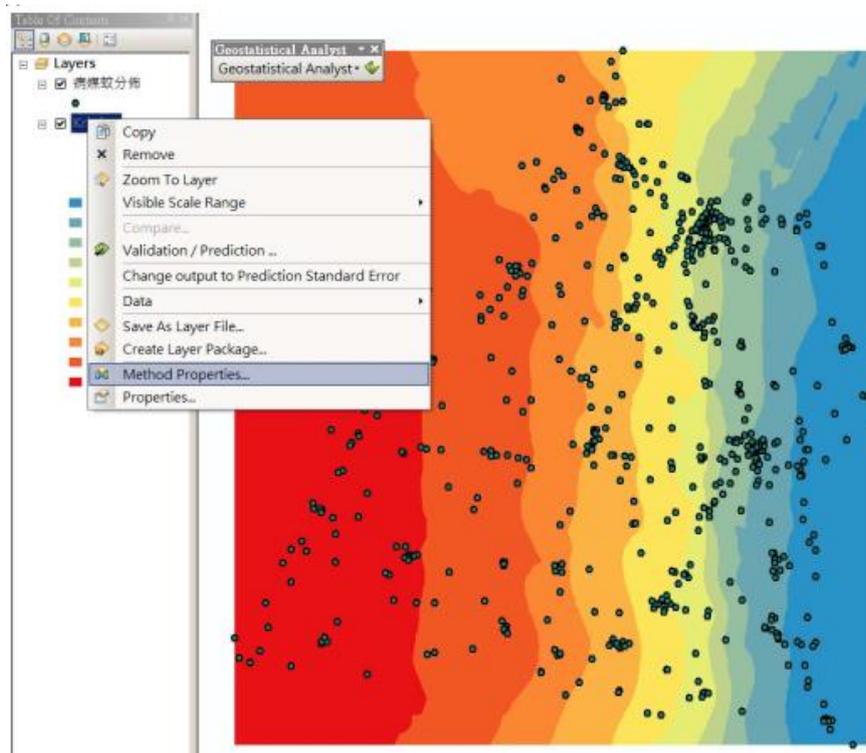
6. 預測值與誤差值圖表，可藉由 RMS 值來判斷此模式的準確程度。



7. 預測結果圖。



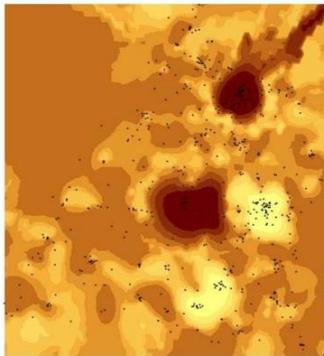
8. 修改參數。



9. 不同方法的預測結果圖。

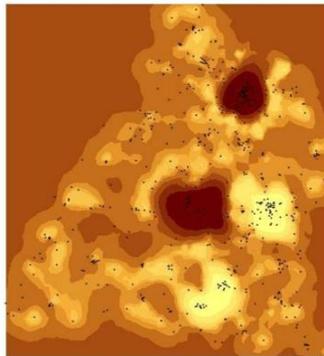
1. **Ordinary Kriging**

(Spherical, Neighbor to include = 5, RMS= 6.699)



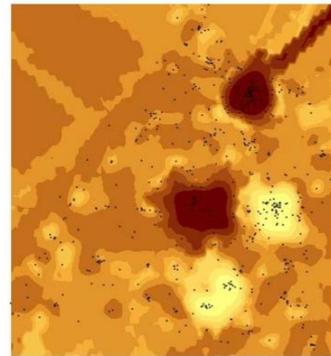
2. **Simple Kriging**

(Spherical, Neighbor to include = 5, RMS= 6.78)



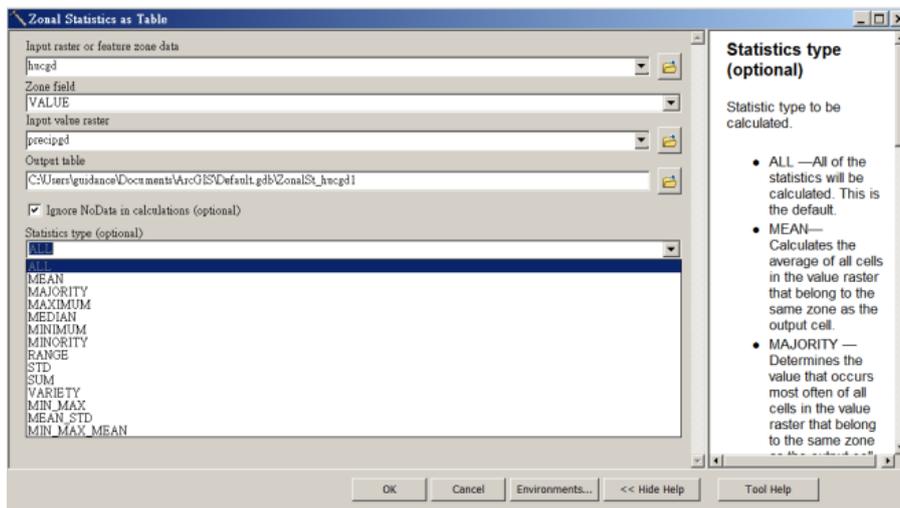
3. **Universal Kriging**

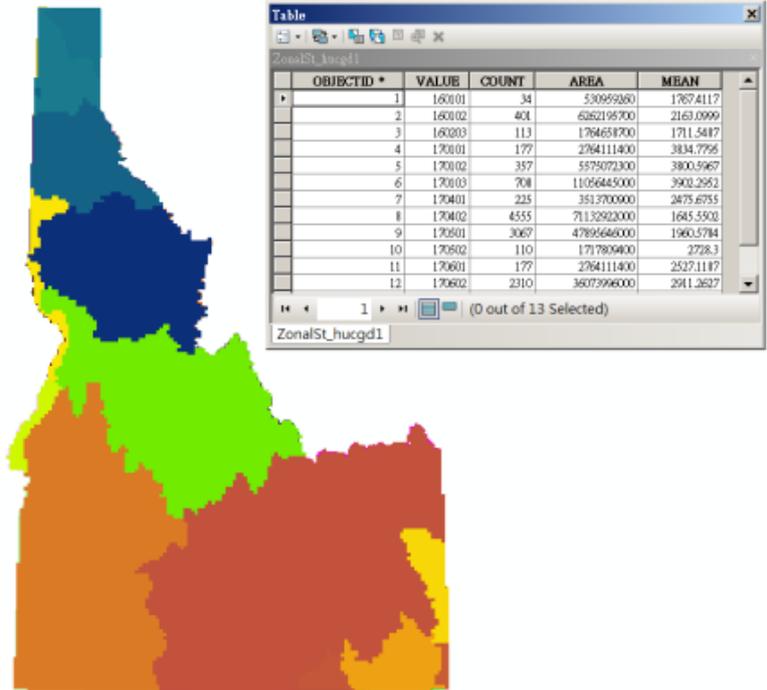
(Spherical, Neighbor to include = 5, RMS= 6.645)



(二) 區域統計：集水區內的降雨量平均值

1. 加入 `hucgd, precipgd` 至 ArcMap 中。
2. 開啟 Spatial Analyst 模組中的 Zonal Statistics as a table / Zonal Statistics。
3. 設定以下參數：
 - *Zone dataset*：Zone 的資料為何？ `hucgd`。
 - *Zone field*：根據 Zone 資料中的那個欄位？ `Value`。
 - *Input value raster*：Value 資料為何？ `precipgd`。
 - *Output table*：儲存表格的位置，計算出來的結果是表格 (`.dbf`) 檔。
 - *Statistic type*：選 *Mean*，將平均數劃製圖表。
 - *Ignore NoData in calculations*：是否要忽略 NoData 的資料？





六、本週作業

(一) 空間推估

利用台灣某濕地保護區實地勘察的高程測量資料，選擇適合的空間推估方法計算出：

- (1) 該保護區的底部高程值
- (2) 該保護區的淤泥堆積狀況

並將結果以水域範圍 (*water_boundary.shp*) 裁切，以完整地圖展現空間推估結果。

□ 作業圖資：

- 實地勘察的高程測量資料 (*field_data.shp*)
- 保護區的水域範圍 (*water_boundary.shp*)

(二) 整合應用：土地開發潛在災害分析

請評估某山坡地地區潛在災害程度。崩塌地的潛在災害程度會受到下列因子的影響：

- 地面構造物 (人為 > 自然)
- 坡度 (坡度大，風險較高)
- 周圍坡度 (鄰近的坡度大，風險較高)
- 地質狀況 (沖積層風險較高)
- 距現有崩塌地的遠近 (距離近，風險較高)

上述因子逐一考量、分析後，請建立評估結果，並將結果製作成完整的地圖，其中，分數越高代表發生災害的機率越高，分數越低則表示災害發生的機率越小。

□ 作業圖資：

- 土地利用 (landuse.img)

編號	說明
1	耕地
2	林地及草生地
3	建地
4	河流
5	崩塌地

- 地質 (geology.img)

編號	說明
1	頭嵙山層
2	瑞芳群
3	野柳群
4	沖積層

- DTM (*DTM.img*)
- 現有崩塌地 (*Landslide.shp*)

補充閱讀 1 Google Earth 操作

一、主題介紹

Google Map / Google Earth 都是由 Google 所提供的地圖網路服務。Google Map 是透過網路瀏覽器，直接在線上瀏覽高解析度的衛星影像以及各個地區詳盡的主題圖（譬如：道路、河流、便利商店位置等）。而由於 Google Map 所提供的服務，都是經由一個一個組件化的 API（application programming interface）的 Java script 所組成（<http://www.google.com/apis/maps/>），因此使用者可以自行利用這些 API 組件，與其他的網路服務（譬如：Blog、相簿、房地產查詢、電影時刻查詢....等）互相結合，成為以地圖為基礎的網路服務。

Google Earth 則是由 Google 公司併購 Keyhole 在 2005 年 7 月所推出的 GIS 3D Viewer 軟體，提供一般大眾新增、分享任何具有空間的資訊，譬如：點位、相片、影片、3D 建築物、最短路徑分析、衛星影像以及地圖等，使得 GIS 能夠更佳的普及化，突破以往透過 GIS 軟體處理時空資料的限制，例如：地圖資訊取得不易、GIS 軟體價錢昂貴、軟體使用需要較高階的電腦設備等。經由簡單的操作介面，可以使得一般大眾很輕易的上手，來翻轉地球。

二、Google Earth 操作與應用

（一）介面及基本功能介紹

1. 開啟 Google Earth，認識 Google Earth 的基本介面

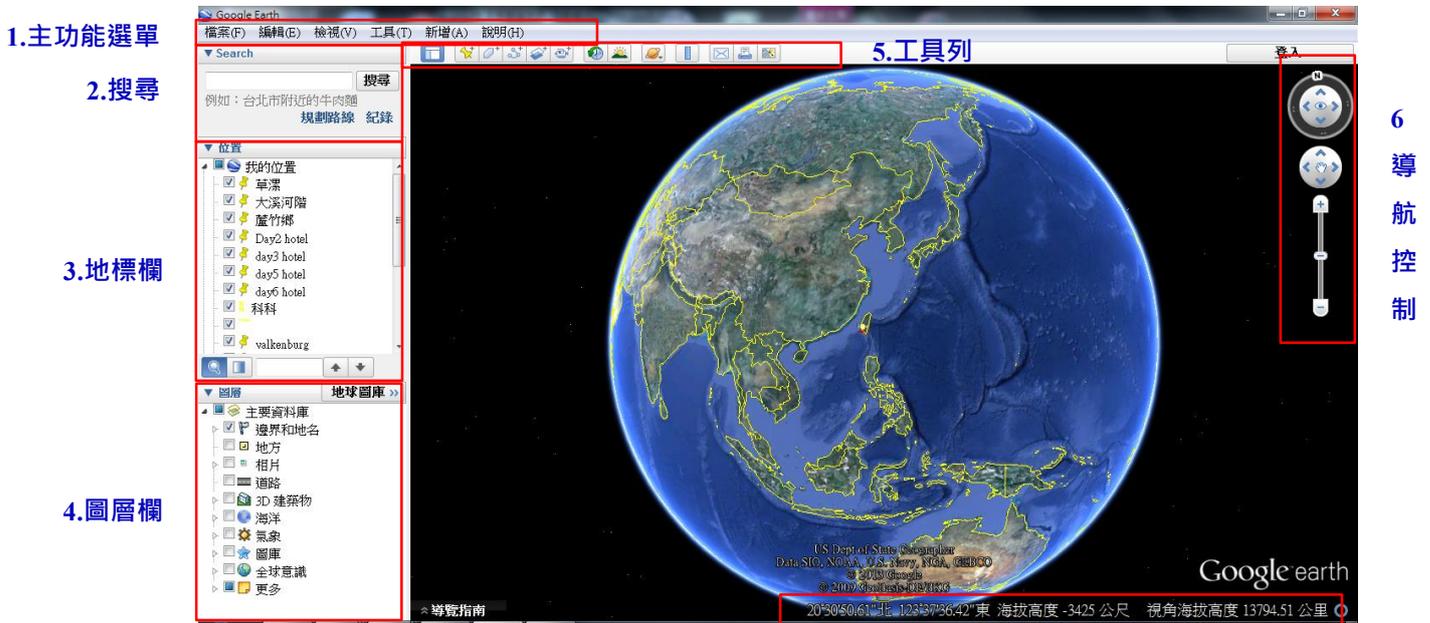


圖 1：Google Earth 介面環境

7. 狀態列

- (1) 主功能選單（略）
- (2) 搜尋：共有三種搜尋方式：[目的地]、[尋找公司]、[方向]。每一種方法都需填入欲搜尋的目標，按下搜尋 按鈕，接著按 鈕，畫面就會直接飛到指定的地點。

如果找到兩個以上或輸入的地點不明確時，會另外在下方空白欄位顯示可能的地點讓使用者選擇。搜尋[方向]時，亦可直接在地圖上點選起、終點，方法是：對[地名]icon 按右鍵->選擇[從這裡出發]，接著選擇終點，對該[地名]icon 按右鍵->[到這裡]即可。



圖 2：搜尋工具

- (3) 地標欄(Places)：是為自訂圖形資料的管理介面，如 Windows 的檔案總管，可建立層次目錄，並有地標(Placemark)、路徑(Path)、多角形(Polygon)、模型(Model)、遊覽(Tour)、相片(Picture)、圖片重疊(Image Overlay)及網路連結(Network links)等八種型態可供使用者在此直接編輯使用。



圖 3：地標面板

系統預設的第一層地標資料夾有兩個，分別是[我的位置]、[暫存位置]，在我的位置下另有 Sightseeing，包含數十個全球有名的觀光景點，點選資料夾前的「+」號可以把它展開，然後以滑鼠左鍵連續點擊兩下景點名稱，Google Earth 就會直接飛往指定地點去；或直接點選 Sightseeing 整個資料夾，再按[播放遊覽]，Google Earth 會由上

到下依序飛到各景點的上空，運用這個功能，配合點位及路徑設定，並且調整 GE 路徑播放的速度，在[工具]->[選項] ->[遊覽]中調整各種設定值，就可以建立自己的虛擬遊覽。

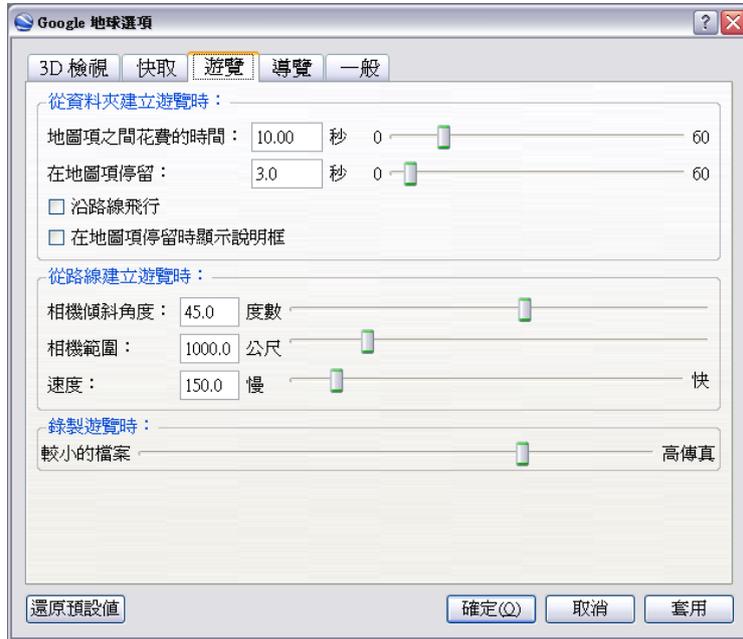


圖 4：遊覽設定

- (4) 圖層欄：這部分在每次 GE 升級的時候，都會發現少許的變更。它的基本概念是將地表面的地形與地貌，分門別類的依照屬性分離出來，例如：地形、行政界線、道路、建築物等資料。

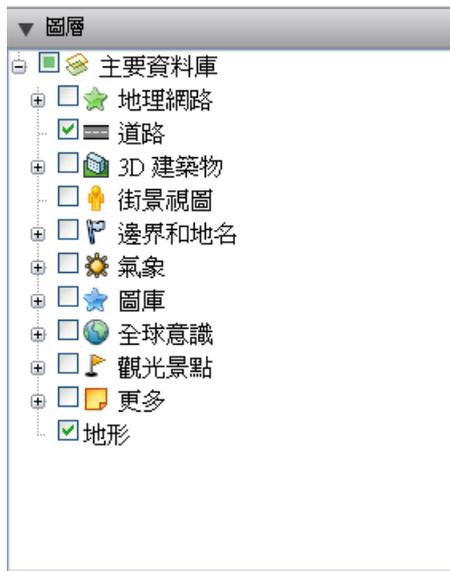


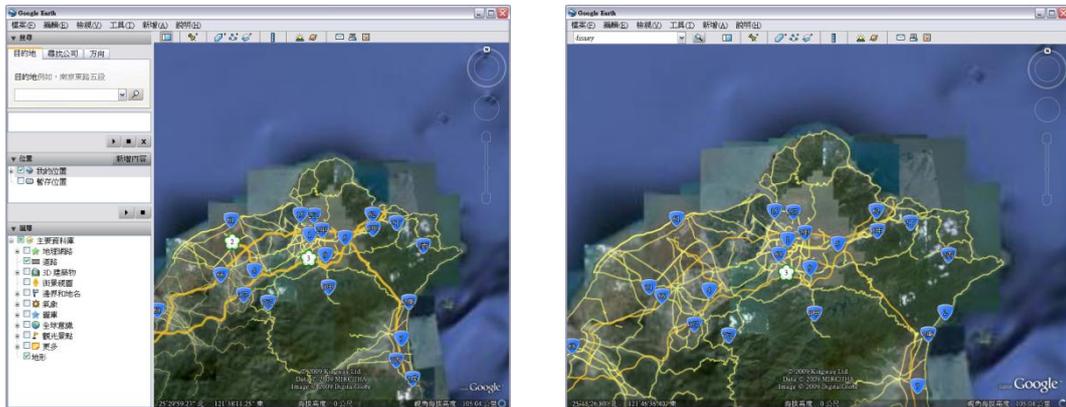
圖 5：圖層面板

(5) 工具列



圖 6：工具列

A. 側欄開關控制(Hide/Show sidebar)：點選可關閉或開啟側欄



開啟側欄

關閉側欄

圖 7：側欄控制

- B. 新增地標(Placemark)：在地圖上新增地標
- C. 新增多角形(Polygon)：在地圖上建立多邊形
- D. 新增路徑(Path)：在地圖上繪製路徑或路線
- E. 新增圖片重疊(Image Overlay)：在地圖上套疊地圖或影像
- F. 記錄遊覽歷程：開啟遊覽功能後，再按下 [錄製]，就能展開你的世界之旅。甚至可以新增音軌或旁白來製作個人化的遊覽歷程。



圖 8：紀錄遊覽工具

- G. 歷史圖像：按下按鈕後，只要移動時間軸，即可讀取不同的照片取得時間之間移動，時間軸上會有照片取得時間的節點。

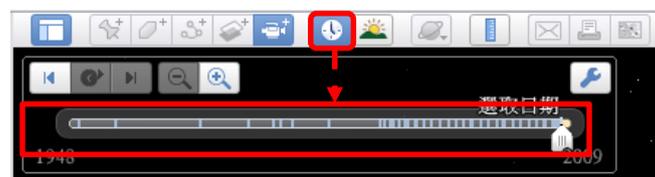


圖 9：歷史圖像控制列

- H. 日光控制模式(Light and Shadow)：能觀察太陽在不同位置照射地球上同一個區域的景觀 (下個段落後有詳細介紹)。
- I. 天際 (sky)：此功能提供使用者不出門即能利用滑鼠在地球、天際以及其他星球

間遊覽 (5.0 版加入火星) · 甚至可以觀察超新星爆炸。空間圖像包括從不同來源獲得的數百萬張圖像，其中包含加州理工大學巴勒摩天文觀測站、哈伯太空望遠鏡等提供的圖像。切換成天際模式之後，側欄的工具也會隨即更換成針對外太空圖資的搜尋及資料庫。

J.

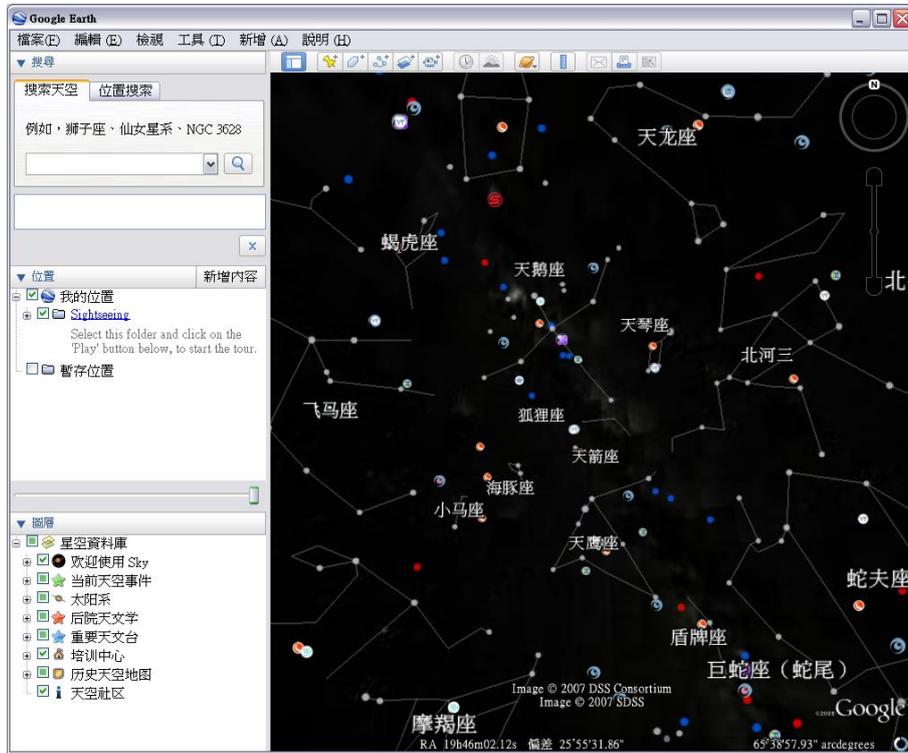


圖 10：天際畫面

K. 度量(Measure)：測距系統有兩個分頁，分別是線條(Line)和路徑(Path)。線條是用來測定直線距離；路徑是用來測量不同區段的距離，兩種都可自行選擇單位，包括：公分、尺、公里、英吋、英呎等。(面積量測僅限付費 Pro 以上)。



圖 11：尺規工具

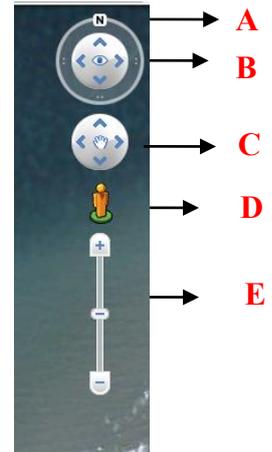
L. 郵寄(Email)：將 kmz 檔 Email 給他人

M. 列印(Print)：列印目前螢幕地圖。

N. 檢視 Google 地圖(View google map)：將目前螢幕地圖在 Google Map 上檢視。

(6) 導航控制 (Navigation controls)：包括移動、縮放、傾斜與旋轉等功能。主畫面右上角會出現一個羅盤，當游標移到此位置時，導航控制就會顯現出來，包括六個部分：

- A. 指北(N)：點一下「N」鈕，可將衛星圖像回到正北方。
- B. 視角控制鈕：按上下左右四個方向的三角形箭頭，可調整俯瞰衛星圖像的視角。
- C. 街景檢視功能：可將此小橘人拖曳至地圖上你想觀看街景之位置。
- D. 平移控制鈕：按上下左右四個方向的三角形箭頭，可將衛星圖像往四個方向平移。
- E. 縮放軸(zoom slider)：按住中間游標(slider)往上放大圖像，往下是縮小圖像。也可利用兩端的「+」和「-」按鈕來調整。



(7) 狀態列

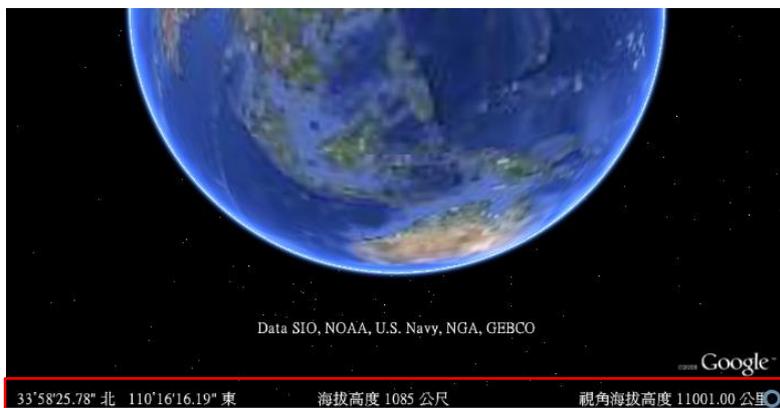


圖 12：狀態列

- A. 指針：表示游標所在位置的經緯度。
- B. 海拔高度：表示游標所在位置離水平面的高度。
- C. 視角高度：虛擬視點距地面的高度(km 表公制的公里、ft 表示英制的英尺)

2. 新功能

(1) 日光控制模式：這個功能顯示太陽在不同位置照射地球上同一個區域的景觀，而且會因為不同時刻的陽光強度和方向產生不同的視覺效果。尤其在瀏覽山丘地形或城市高樓大廈間，更會有絕佳的效果。你可以依序點選：**[檢視]->[太陽]**，來開啟日光控制模式。

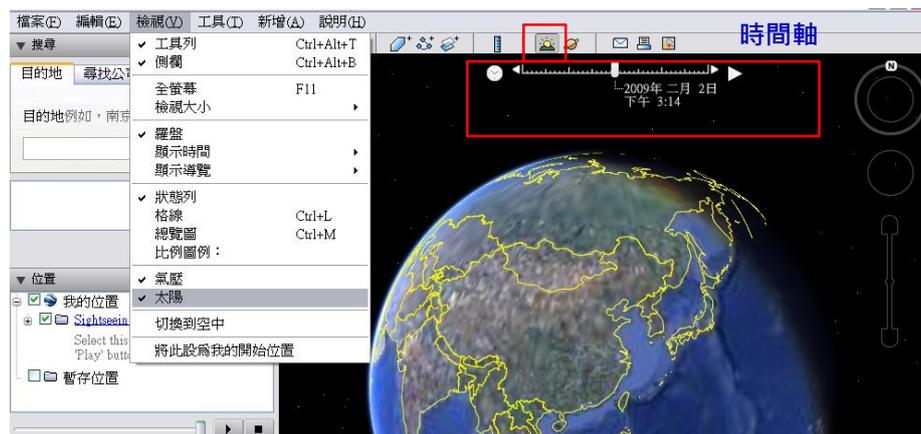


圖 13：日光模式

- (2) 街景模式：繼 Google map 推出街景(Street view)之後，Google Earth 也有了此項功能，在街景模式下，我們可以以 360 度視角漫遊在虛擬的街道上，觀賞街頭的影像，配合世界各地城市的擬真建築物，彷彿真的置身於其中。你可以依序勾選：[圖層]->[街景視圖]，來開啟街景圖像。



圖 14：街景視圖

- (3) 夜景圖層：供使用者查看夜晚時分地球的模樣，夜景的明亮也反映了都市化的程度。你可以依序勾選：[圖層]->[圖庫]->[美國太空總署]->[地球城市夜色]，來開啟夜景圖層。

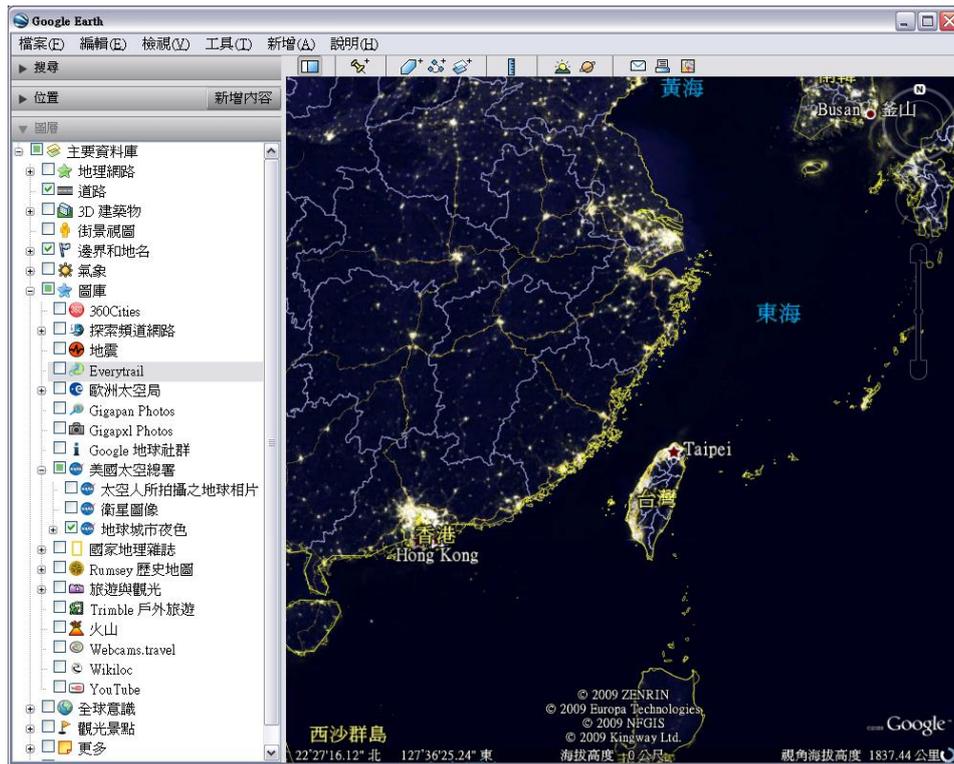


圖 15：全球夜景

- (4) EveryTrail：Everytrail(<http://www.everytrail.com>) 是收集網友的旅行紀錄 (GPS 路徑資訊) 的網站，現在 Google Earth 已經把網站上的資料新增為一個圖層，也就是在 Google Earth 上可以看到來自各地的旅行路徑記錄。你可以依序勾選：[圖層]->[圖庫]->[EveryTrail]，來開啟這個圖層。以下為日本區的範例。

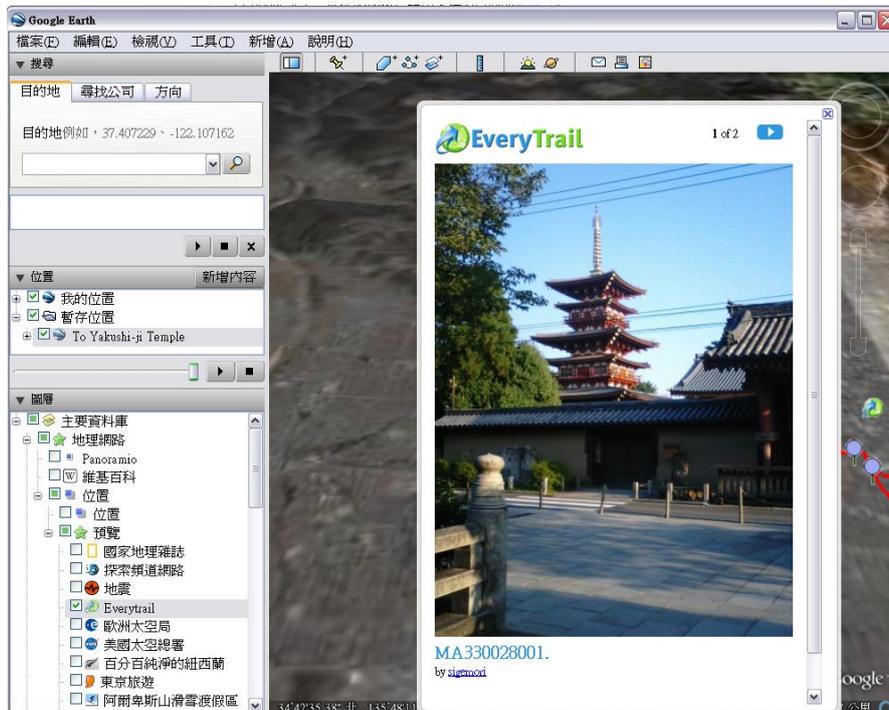


圖 16：EveryTrail 資料庫

- (5) 海洋環境資料庫(Google ocean)：Google Earth 在 5.0 版中，增加了「海洋環境」這一個功能，資料庫中彙整了來自數個機構的調查結果，例如 U. S. Navy, NOAA, NASA 等。現在我們可以利用 Google Earth 探索沉船殘骸的 3D 影像 (例如鐵達尼號)、觀看全球海洋景觀、海床狀態，以及環境資訊；特別是環境資訊，將特別針對全球氣候變遷對海洋生態的影響，提供大眾充分資訊。你可以依序勾選：[圖層]->[海洋]，來開啟不同的海洋資料。

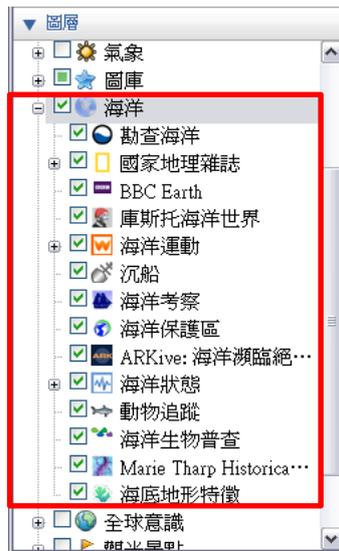


圖 17：海洋資料庫

- (6) 歷史圖像 (Historical images)：Google Earth 5.0 版起推出歷史圖像，只需要按按滑鼠，設定你想要查看的時間長度及確切位置，就能讓你能檢視你的鄰里、老家及其他熟悉的地方，看看它們在過去一段時間中發生什麼樣的變化，也能瞭解新的趨勢帶來了哪些影響，例如郊區的發展及全球暖化問題。你只需點擊：[檢視]->[歷史圖像]或點工具列上的[歷史圖像]按鈕，接著只要調整時間軸就可以瀏覽不同時間的圖像。例如下左圖是 2002/12 月時 101 大樓尚未蓋好的圖像，右圖為目前 101 大樓最新的圖像。



圖 18：古今比對

- (7) 火星 (Google Mars) : 4.2 版本後，就能透過 Google Earth 探索星球、星座、行星、星系等等，5.0 版本起加入[火星]，更貼近 Google Universe 的境地。如果要觀看這些天體，你可以依序按一下：[檢視] → [切換到星空]；或按一下工具列上的[天際] 按鈕，下拉選單中選擇[火星]。7.0 版本之後更能收到 NASA 衛星所拍攝之即時圖片！



圖 19：切換天際

切換至[火星]之後，側欄的圖層區也會更換成火星資料庫。

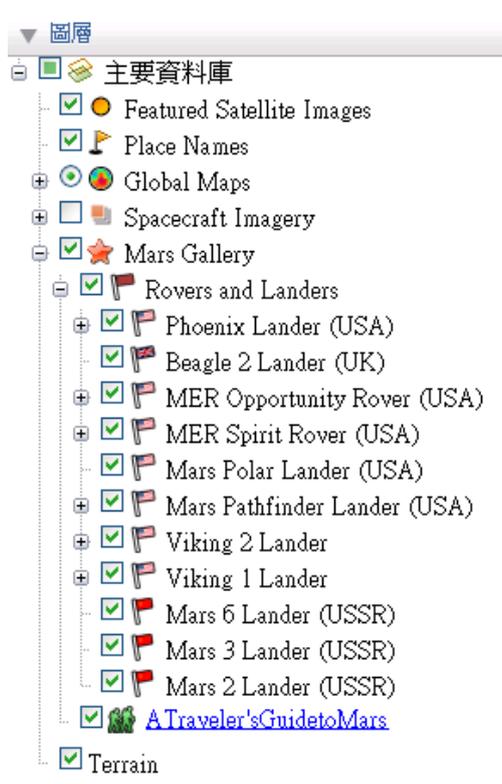


圖 20：火星資料庫

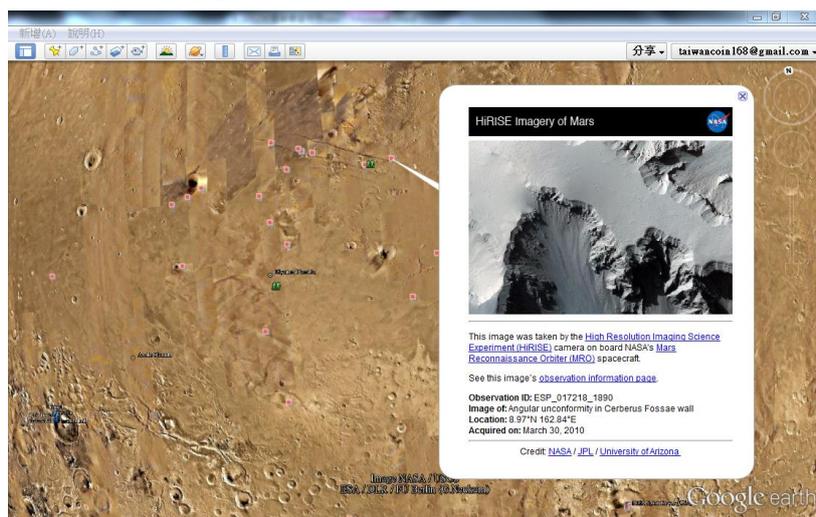


圖 21：火星資料庫之圖片展示

- (8) 3D 立體建築：6.0 版之後新增立體建築物及樹木功能，網友可以將制做好之立體建物放置於 Google Earth 分享。



圖 22：立體建築物

- (9) 分享至網路：7.0 版之後與 Google 帳號結合，可將圖片直接分享至社群網站或是寄給好友。



圖 23：與 Google 帳號結合來分享你發現的事物

(二) 建立及分享「我的地圖」

Google Earth 中可新增的物件包含資料夾、地標、路徑、多角形、模型、遊覽、相片、圖片重疊、網路連結等；每個檔案都能以 kml/kmz 格式儲存。

1. 新增資料夾：為了管理眾多的地標，首先要新增資料夾來分門別類管理不同的地標。可以依序點選：「我的位置」按右鍵→「新增」→「資料夾」，亦可以由主功能列的「新增」指定中選擇。
2. 編輯資料夾內容：上述步驟完成後會跳出資料夾編輯畫面，該資料夾的名稱和內容都可以由使用者自行編輯，可以在「說明」框中輸入的除了純文字之外，還可接受以下的格式：
 - A. 網路 URL 連結：如 <http://earth.google.com>，Google Earth 會自動轉化為可被使用者點選的網路連結，使用者點選後，該連結網頁即會出現在網路瀏覽器視窗中
 - B. HTML 標籤：使用者如果熟悉 HTML 語法，可直接在「說明」框內編寫；若否，則建議使用個人熟悉的網頁編輯器編寫說明內容，譬如 Dreamweaver，之後再將 HTML 碼貼入「說明」框內，關於 HTML 語法的介紹，會在隨後進一步補充。

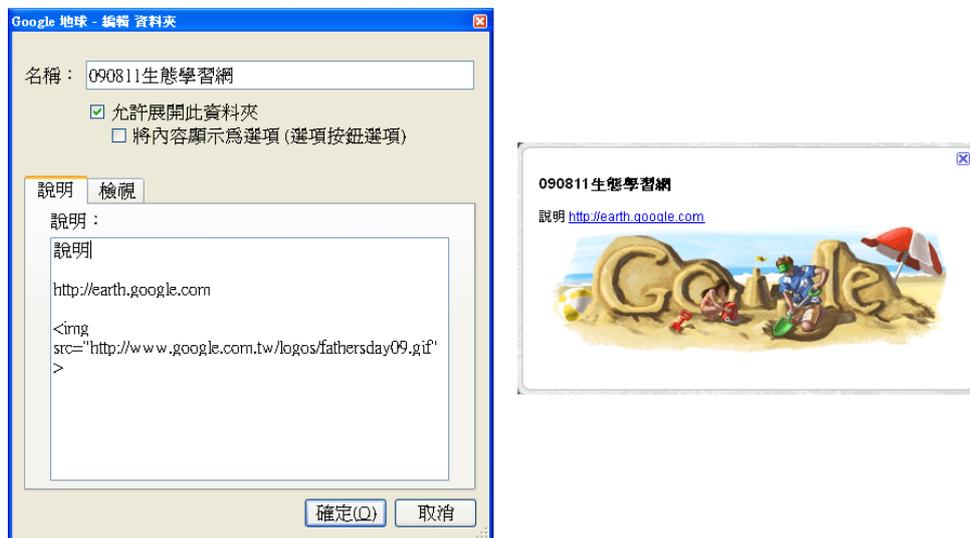


圖 24：編輯資料夾

3. 新增地標：在上述步驟中建立的資料夾目前沒有內容，所以我們要在其中新增地標、路徑等等地物。常用的新增地標法如下：
 - A. 方法一
 - ①. 點選上一個步驟新增的資料夾，對資料夾按右鍵→「新增」→「地標」或按工具列上的「新增地標」(可先利用搜尋功能，找到地標所在的區域)。
 - ②. 在「紀錄地標屬性的對話框開啟」的狀態下，將地圖上出現的圖釘符號(如下圖右下角的黃色圖釘)移到需要的位置，其經緯度就會顯示在對話框中，若已知地標的經緯度座標，亦可直接在編輯視窗中打上座標，按確定，即完成地標新增。



圖 25：新增地標

B. 方法二：利用搜尋功能找到地標（適用於已有明確的地名或地標）

- ①. 在搜尋列欄位中輸入欲搜尋的地點，按下「搜尋」鈕。此時在會顯示多筆搜尋結果，對正確的結果雙擊，地圖就會放大至該地點
- ②. 對地圖上正確的地標按右鍵，選「儲存到我的位置」，或是直接將該地標以滑鼠左鍵拖曳到任何指定的位置或資料夾裡即可。



圖 26：將搜尋到的結果儲存至本機的 Google Earth 中

C. 從 GPS 直接將野外調查資料匯入 Google Earth 中，操作方法參照之前的課程講義。

4. 編輯地標資訊：地標 (Placemark) 是 G.E 中最重要的地物類型，可以用來記錄這個地標點上的地理和環境資訊，在欲編輯的地標上按滑鼠右鍵，點選「內容」，會跳出地標編輯視窗，在編輯視窗中可以編輯以下的地標資訊：

- A. 地標名稱
- B. 地標經緯度座標
- C. 樣式、色彩：調整地標標籤、圖示的顏色、大小以及透明度
- D. 檢視：除了可以調整地標的空間位置，亦可設定觀看的角度。先在地圖中調整好檢視地標的角度，再按下「擷取目前檢視的快照」，之後在播放此地標位置時，就會依

照該角度呈現在地圖中

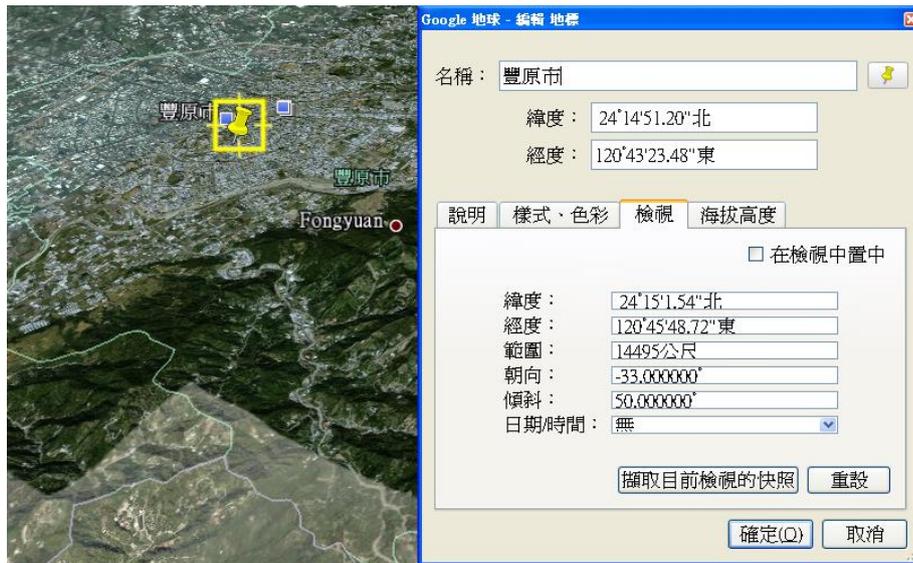


圖 27：編輯地標的觀看視角並儲存

- E. 海拔高度：調整地標圖示是否貼近地面，或是高於地面。勾選「向地面延伸」的功能，Google Earth 會繪製出地標圖示與地面之間的連接線



圖 28：設定地標的高度參數

5. 地標說明編輯與語法

前文中提到地標和資料庫的說明編輯不僅支援純文字，也支援網站 URL 連結和 html 語法，因此在地標編輯視窗中能記錄在其中的資訊十分多樣，除了最基礎的純文字之外，更可以放入圖片、影片，更可以將之紀錄在表格中。以下的示範中使用的圖片來自網路，影片來自 youtube.

A. 嵌入圖片

- ①. 首先在網路上搜尋無版權爭議的圖片，或是將自己拍攝的照片上傳到網路相簿或網路空間，對圖片按滑鼠右鍵，點選「內容」，可以看到該圖片的網址，將該網址複製下來。

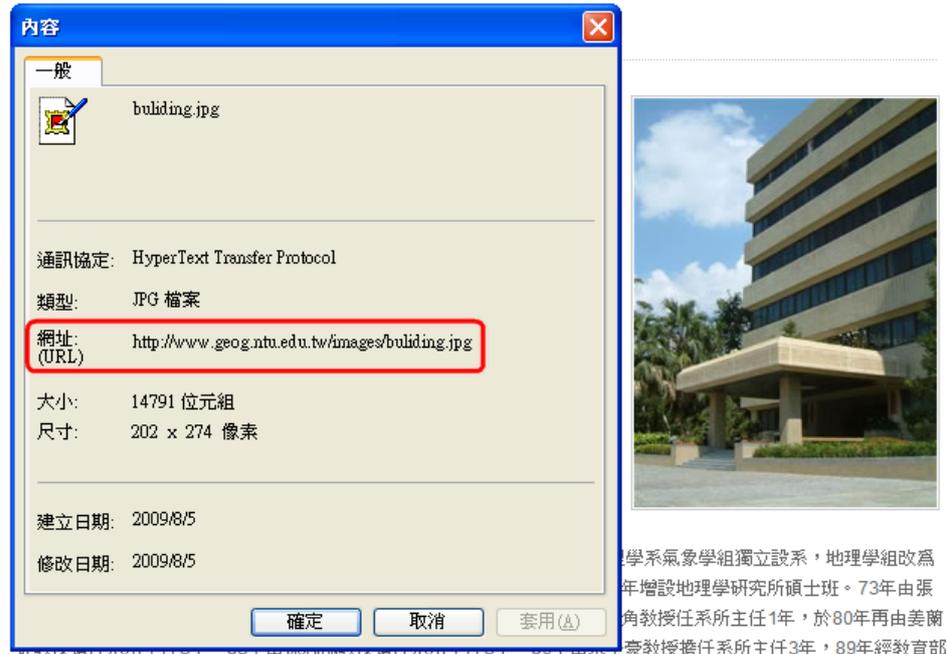


圖 29：複製圖片網址

- ②. 在該地標編輯視窗中的說明框中，輸入以下的 html 語法：

``

例如``

- ③. 完成後按「確定」，就可在該地標中看見該照片

B. 嵌入網址連結

- ①. 如果直接在編輯視窗中輸入 <http://www.geog.ntu.edu.tw/index.html> 會直接在地標資訊中出現該連結，有時連結會過於冗長

- ②. 如果希望能修改為 [台灣大學地理系](#) 之連結，則應該使用下列語法

`連結說明文字</td>`

也就是將 <http://www.geog.ntu.edu.tw/index.html> 改為

`台灣大學地理系`

`</td>`

- ③. 下圖為修改前與修改後的比較



圖 30：修改地標資料中的超連結

C. 嵌入 youtube 影片

有時可以在 youtube 上找尋到優質的影片，可以配合虛擬實查來做解說，將該影片網址上的嵌入網址語法全部複製



圖 31：將 youtube 中的嵌入影片語法全部複製

複製之後，回到地標編輯視窗，直接貼上後按確定，就可看到影片了



圖 32：嵌入成功的影片和編輯畫面中的程式碼

D. 嵌入文字分隔線

編輯視窗中可以直接輸入純文字，如果要加入分隔線，只需在文後面打上<hr>即可。例如輸入：

系所概況<hr>

臺大地理學系創立於民國 44 年，初分地理學、氣象學兩組……

結果如下圖：

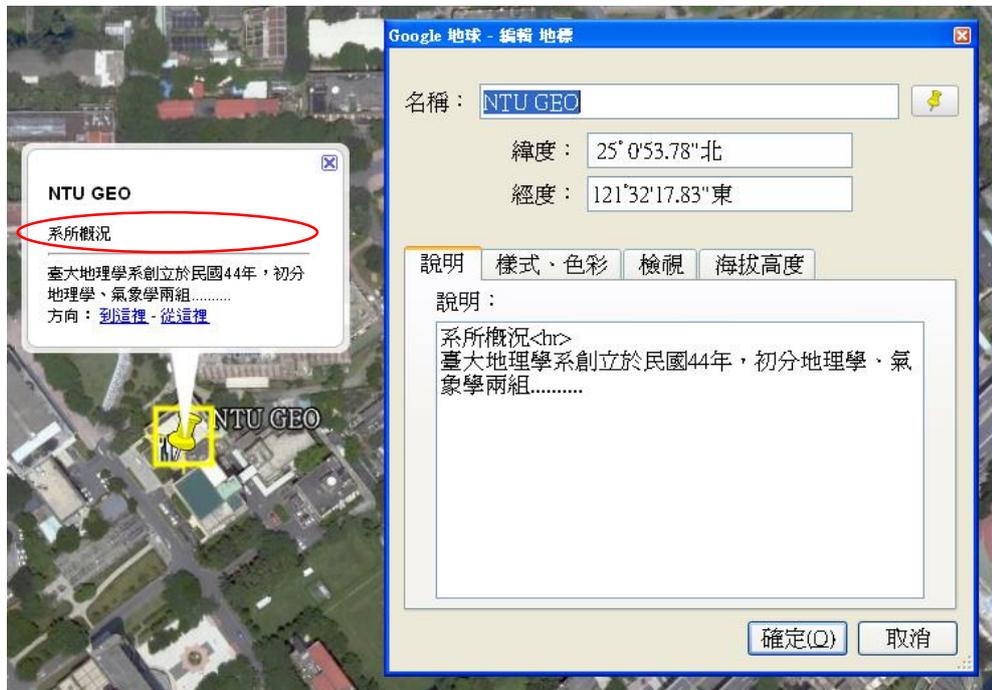


圖 33：在編輯畫面中輸入<hr>可加入分隔線

(三)錄製遊覽

1. 從工具列上按[記錄遊覽]，或[我的位置] →對[我的地圖]按右鍵→ [新增]→ [遊覽]



圖 34：新增遊覽

- (1) 先按下[錄製]



圖 35：錄製遊覽

- (2) 接著依序點選[我的位置] → 「我的地圖」 → [播放遊覽]鈕，此時地圖就會由上至下依序播放「我的地圖」裡的地標（可多利用各地標[快照檢視]的功能調整俯瞰地標的角度。）
- (3) 播放的過程中可按下麥克風的圖示，錄製旁白。



圖 36：錄製旁白

- (4) 播放完畢後，再按一次[錄製]即停止。隨即可播放來檢視成果，按下播放列表右方的[存檔]，即可將此次遊覽存於「我的地圖」中。



圖 37：儲存遊覽

2、存檔

- (1) 對欲儲存資料夾按右鍵，選[將位置另存]。
- (2) 選擇[儲存位置]以及鍵入[檔名]，按[確定]即可。

補充閱讀 2 地圖使用與分析

一、重要概念

(一) 定位步驟操作方法

1. 前方交會法：

前方交會法應用於已知量測者所在之 A、B 兩點之位置，欲測定前方未知點 C 的位置。步驟如下：

- **步驟一：**量測者移至 A 點，以指北針測定正北方的位置（非在進行高精確之測量工作時，磁北方向可視為與正北方向差異不大），之後展開地圖，將地圖的方格北朝向大地座標之正北方，使地圖之方格座標與大地座標的方位契合。
- **步驟二：**羅盤量測 C 點的相對方位。
- **步驟三：**找到地圖上 A 點之所在，將羅盤置於地圖上並以其側緣貼切在地圖上之 A 點，之後調整傾斜儀使其前緣指向上一步驟中所測得之方位，通過 A 點畫出此方位之前方延伸線，此線即為通過 A、C 兩點之直線。
- **步驟四：**量測者移至 B 點，重複前三項步驟，所畫兩方位延伸線之交點即為 C 點在地圖上的位置。

2. 後方交會法：

後方交會法應用於已知量測者前方 A、B 兩點之位置，欲測定量測者所在之 C 點位置。步驟如下：

- **步驟一：**量測者位在 C 點，測定正北方的位置，之後展開地圖，將地圖的方格北朝向大地座標之正北方，使地圖之方格座標與大地座標的方位契合。
- **步驟二：**以羅盤量測 A 點的相對方位。
- **步驟三：**找到地圖上 A 點之所在，將羅盤置於地圖上並以其側緣貼切在地圖上的 A 點，之後調整傾斜儀使其前緣指向上一步驟中所測得之方位，通過 A 點畫出此方位的後方延伸線，此線即為通過 A、C 兩點之直線。
- **步驟四：**以傾斜儀量測 B 點的相對方位，重複前一步驟，所畫兩方位延伸線之交點即為 C 點在地圖上的位置。

(二) 空間特徵抽取 (度量)

1. 形狀指數 (Shape Index)

形狀指數顧名思義是用來量測地理單元的形狀，MacEachren(1985)和 Campbell(2001)對形狀指數所做的定義如下：

- 每一個不同形狀單元有一個不同的值來表示。
- 形狀指數不受尺度改變、圖形旋轉與否、大小或由不同的起點量測同一形狀的影響。

- 可藉由量測地理單元來描述此形狀特徵。
- 簡單計算與理解。

目前廣泛應用於地質學 (Gardoll et al., 2000)、形態學、地理學 (Boyce and Clark, 1964) 及景觀生態學等學科。形狀指數於地理學的應用包括了自然 (如山崩等土地覆蓋變遷現象)、人文現象 (如中心商業區的發展)、簡述如下：

- 土地覆蓋變遷 (Land cover change)
 - Comber 等人 (2003) 假設『土地覆蓋單元變遷的傾向和他本身的形狀及幾何圖案上的複雜性相關』，於是計算土地覆蓋單元的形狀指數，並與面積的變遷量作比較，結果顯示越趨向面狀、越複雜的單元，其變遷傾向越顯著。
- 都市地理學 (Urban Geography)
 - 由 Boyce 和 Clark(1964)發展出來的 Boyce-Clark Radial Shape Index (BCRSI) 一開始就是應用於研究都市之中心商業區 (CBD) 的發展與都市形狀之關連。其研究假設『都市 (建地) 的形狀影響了中心商業區的發展，如圓形可讓不同方向的人有較多機會接近 CBD』，利用比較形狀指數與經濟指標評估兩者之間的關連性，結果顯示越趨向圓形的都市區域，其經濟指標明顯高於狹長型的都市區域。

(1) Miller's Index

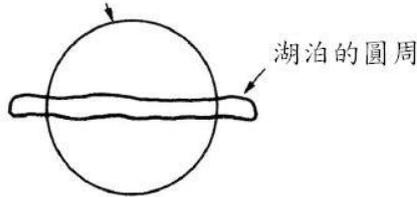
最常用來度量地物單元形狀的指標是 Miller's Index (Campbell,1991)，其基本概念為將地物單元與一個參考形狀 (Reference Shape) 作比較。一般使用圓形作為參考形狀，因為圓形是 2-D 圖形中最完整的形狀，用此來評估此地物單元的完整性 (Compactness)。在景觀生態學裡認為嵌塊體 (景觀單元) 的邊緣長度對於生物物種的擴散和覓食有直接的關係，因此常利用 Miller's Index 來量測嵌塊體的形狀，如研究湖泊時常用此指標來表示湖岸線的發育程度，圓形湖泊為 1.0，長條型湖泊 (如貝加爾湖) 為 3-4。國內亦有學者利用此指標來計測山崩之空間分佈和地形的意義 (賴進貴等)。

Miller's Index 的值介於 0~1 之間，趨近於 1 表示該地形單元的形狀越趨完整 (近似於圓)，趨近於 0 表示地形單元越狹長。公式如下：

$$C = \frac{A}{A_0}$$

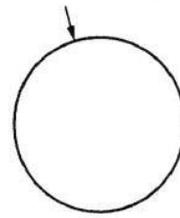
其中，C 即為 Miller's Index， $0 \leq C \leq 1$ ；A 是地物單元面積； A_0 ：等周長圓面積。Miller's Index 的優點是計算簡單，但會出現不同形狀，卻得到相同的形狀指數的情形。

與湖泊等周
長的圓



$$C = \frac{A_b}{A_c} = \frac{0.6 \text{ cm}^2}{3.1 \text{ cm}^2} = 0.19$$

圓形的地物單元



$$C = \frac{A_b}{A_c} = \frac{3.1 \text{ cm}^2}{3.1 \text{ cm}^2} = 1.0$$

Campbell (2001)

圖 1： Miller's Index 示意圖

(2) 其他形狀指數演算法

表 1：形狀指數公式

中文名稱	原文名稱	公式	作者
伸展比率	Elongation ratio	L / L_s	Werry · 1969
外形比率	Form ratio	A / L^2	Horton · 1932
環狀比率	Circularity ratio	A / A_0	Miller · 1953
緊湊比率	Compactness ratio	$2\sqrt{4\pi} * P$	Richardson · 1961
		A / A_s	Cole · 1960
		$1.273A / L^2$	Gibbs · 1961
橢圓率指數	Ellipticity index	$L / 2 \left\{ A / \left[\pi * (L / 2) \right] \right\}$	Stoddart · 1965
放射形狀指數	Radial shape index	$\sum_1^n \left \left(d_i / \sum_{i=1}^n - \frac{100}{n} \right) \right $	Boyce & Clark · 1964
		$A / \sqrt{2\pi} \int d_i^2 dx dy$	Bliss · 1967
地形蜿蜒度	Index of topographical sinuosity	$P_r = L_s / L_v$	
相似性維度	Similarity dimension	$D_s = \log N / \log (1/r)$	Mandelbort · 1983
網格碎形維度	Box-counting dimension	討論 $\log N(r)$ 與 $\log(1/r)$ 關係	Fakconer · 1993
<p>A：面積 · L：最長軸 · P：周長 · A_0：等周長圓面積 A_s：最小外接圓面積 · d_i：第 i 點由中心到圖形邊界的放射線長度 L_s：河谷長 · L_v：飛行距離 · N：等分數 ·</p>			

r 單位變化比例 (ex.線段 n 等分, 對線段而言 $r=1/n$) · $N(r)$: 總網格數
--

2. 碎形理論 (Fractal)

傳統描述、度量空間現象的方式是以線、面、體，也就是歐氏幾何上說的一維、二維、三維空間的幾何概念，適用於對規則形狀的描述及度量。然而，自然界的實際事物不像歐氏幾何形狀那麼規則，例如雲的形狀、閃電的路徑、植物生長之分岔特性、地形山脈、海岸及大陸之形狀等現象，若是以歐氏幾何的規則來描述與量測大自然界中的現象，只能用趨近似法，但是在實際應用上，是一個複雜龐大且不符合成本效益的工作。1972 年 Benoit Mandelbrot 在一篇『英國的海岸線有多長？』論文中發展出新的維度概念-碎形 (Fractal)，針對英國海岸線長度的不確定性，導出了碎形的兩個重要的特性，即自相似性和碎形維度的概念，提供了描述以上自然界中結構複雜的簡單方法，現今應用於物理、化學、生理學、經濟學、社會學、氣象學及天文學等領域。

(1) 碎形的定義與特性

Mandelbrot (1982) 對 Fractal 的簡單定義為：「A fractal is a shape made of parts similar to the whole in some way. The idea of the fractal is based on the self-similarity of complex structures.」碎形原意係指一切不規則的、分數的及支離破碎的物體，其發展是建立在渾沌現象下的一個分析方法，與傳統幾何學不同的是，碎形幾何學是以分數維度來描述渾沌狀態或複雜現象的數學空間。自然界本身就具有隨機的特性，難以掌握與預測，而碎形理論就是試圖找出整體與局部的自我相似性，藉以瞭解自然現象背後所隱藏的物理機制與規律性，因此碎形較一般的維度指標更適合自然界景物的描述。

Mandelbrot (1967) 在研究「英國海岸線有多長？」的文章中，他認為英國海岸線的長度是不確定的，比例尺越大或使用之度量單位越小，則海岸線越長，如這樣的運算下去得到的結果是，英國海岸線是無限長的，而這樣的結論是毫無意義的，Mandelbrot利用在不斷的度量單位變化中找到共同規則，就是碎形的主要特徵：自我相似性，並導出碎形維度的概念，如下表8-2所示：所用的單位越小，越近似真實的海岸線曲折情形，長度也越長。

- 碎形維度：

Mandelbrot (1967) 在計算海岸線長度過程中發現海岸線長度 L 與測量尺度 s 之間的關係，導出碎形維度的理論如下：

$$L = Nr^{(1-D)}$$

$$\log L = \log N + (1-D)\log r$$

$$D = \log N + \log\left(\frac{L}{r}\right)$$

L = 海岸線總長

N = 測量單位個數

r = 測量單位長度

D = 維度值 (碎形維度)

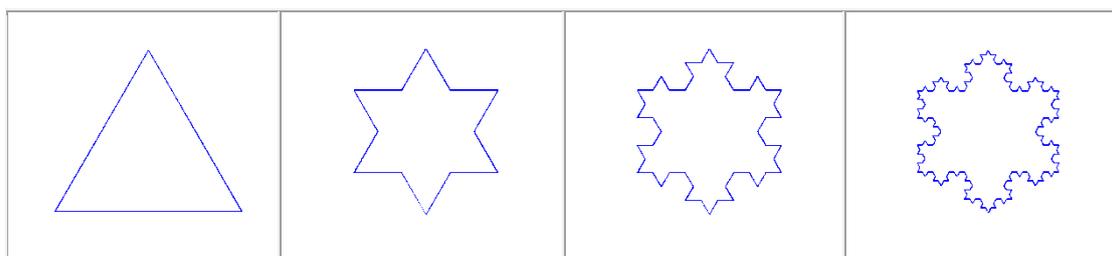
表 2：不同度量尺度下的英國海岸線長度

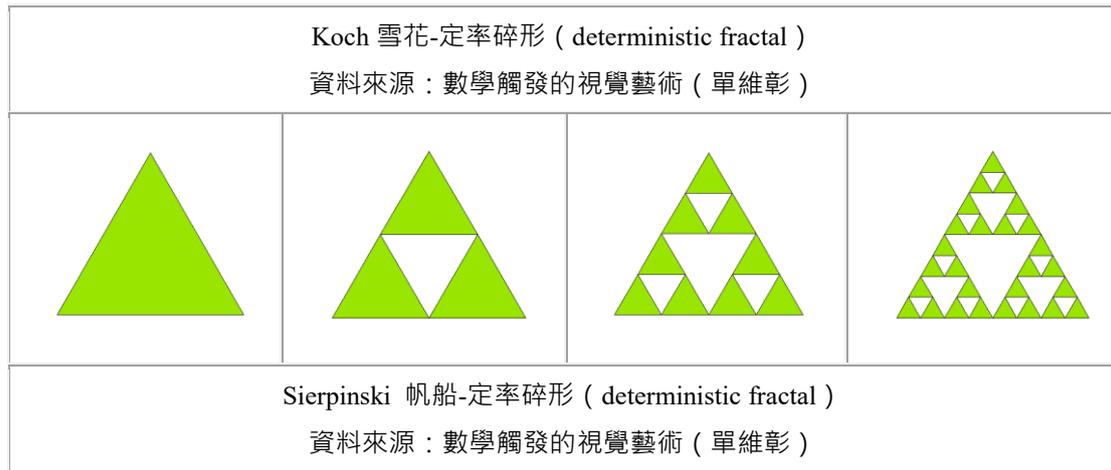
		
單位 200km	100km	50km
次數 12 段	28 段	68 段
量測長度 2400km	2800km	3400km

- 自我相似性：

指將圖形的一部份放大或縮小其形狀不變，也就是說碎形之形狀變換與尺度無關，其中又可依自相似程度區分為定率碎形 (deterministic fractal，如表 3 所示 Shierpinski 三角形與 Koch 曲線等) 與自然界現象常出現的隨機碎形 (random fractal)。

表 3：Shierpinski 三角形與 Koch 曲線





(2) 碎形理論於地理學的應用

相較於碎形幾何在醫學、數學、物理學、藝術、音樂、電腦資訊等等中大量的被使用，並發展出許多應用價值的時候，在地理學的部分較少，主要在自然地理、景觀生態學及都市地理學範疇。在自然地理學部分，由於大自然界中的現象多是無法利用歐氏幾何學來描述，因此碎形幾何學提供了一個新的解釋方式，地形學是碎形最常被使用的地理學科，例如以碎形幾何方法模擬複雜的地形地貌是常被採用的方式 (Cheng et al. , 1999)。葉寶安 (1993) 即以此來量測台灣海岸線的碎形維度，利用碎形維度來分析地形起伏程度，引伸討論台灣海岸地區受侵蝕速率的情形。利用碎形幾何的方法研究都市空間的問題，大致有幾個類型：都市的形態、結構、成長、交通與演化的機制等問題 (Batty , 1994)。由於都市邊界的形狀受到多種因素的影響與制約，常常極為複雜，碎形幾何學在此便提供了一個較適當的分析方式，如用處理海岸線的問題來處理都市邊界線，隨著時間的變化，碎形維度也會跟著變化，如此便可把碎形維度與都市發展進程連結起來，透過碎形維度研究，就可以捕捉到都市曾經發生過的歷史事實。

(三) 等高線圖的應用：視域分析 (Viewshed analysis)

所謂視域 (viewshed) 是指人類的視覺在地面上某一高度之固定點，對周遭地物所看到的範圍，而通視的條件取決於觀測點與目標物之間是否存在妨礙視線的障礙物 (鐘玉龍等，1994)。視域圖的意義是指，站在某一個觀景點上展望四周時其所可通視的區域。從視域圖上，分析者可以得知在某一觀景點上，觀景者所可看見與不可見地區的分佈情形，而基於通視性 (intervisibility) 的原理，一個觀景點所能看到的區域，和它可被看到的區域是相同的。因此，分析者也可以預知，一個景觀可以被那些區域的民眾看到，或一個景觀的改變將會影響到那些地區的視覺品質。視域資料可以做為景觀規劃和環境影響評估、選址的依據，將美好的景觀呈現給遊客，而將不協調的景觀擺置在觀景者的視線範圍外。視域圖的繪製方法有三種：

1. 野外觀察法

在實地進行繪製，工作者可以審視實景，也可以了解植被遮蔽的影響，得到確實的視域範圍。但是這種作業易受天氣和野外易達性的影響，在交通不便的地區無法全面調查，而且只能作現況調查，無法預測地物改變後的視域變化。

2. 地形剖面法

利用地形圖進行室內作業，得以不受天候影響，但是它僅由地形圖作業，難以考慮到地物的遮蔽效果，所得結果和實際的視域常有出入。最大的問題是，這種作業頗為費時費力，且需要具有專業繪製能力的人員來操作。

3. 電腦分析法

電腦分析的作法和地形圖作業大致相同，然而電腦的作業速度快，可以處理大量資料，若有現成的資料和軟硬體支援，則分析作業可以迅速完成。現今可利用 ArcGIS 裡頭的 Spatial Analysis 功能很快速的產生視域圖，只需要數值高度模型 (DTM) 和觀測點的高度值即可。

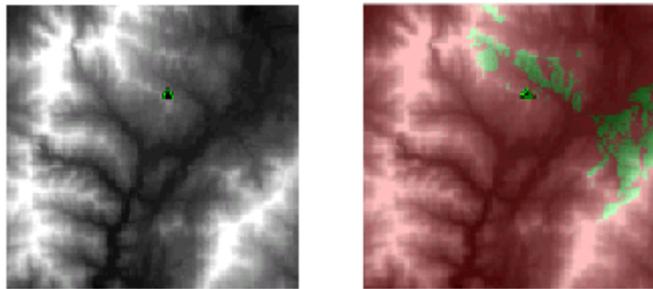


圖 2：左為數值高度模型 (DTM，深色表示高程較低)；
右為產生的視域圖 (綠色為可見、紅色為不見)。

二、延伸閱讀及參考資料

- Batty, M. and Longley, P.(1994) *Fractal Cities: a geometry of form and function*, Academic press: San Diego.
- Campbell, J.(1991) *Map use and analysis*, Wm C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa, USA , p417.
- Cheng et al.(1999)Self-similarity dimensions of the Taiwan island landscape, *Computers & Geoscience*,25(9):1043-1050.
- Clark, W.A.V. (1987) Shape Indices: A Comment On Interpretation, *The Professional Geographer*, 39 (2):201-202
- Mandelbrot, B. B.(1967) How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractal dimension, *Science*, 156:636-638.
- Mandelbrot, B. B.(1982) *The Fractal Geometry of Nature*, Freeman Co.: San Francisco.
- 賴進貴 (1985) 視域圖的作法及其在景觀經理上的應用，*工程環境會刊*，6:73-78。
- 鍾玉龍、陳朝圳 (1994) 霧頭山自然保護區監測站監測站選定之研究，第十三屆測量學術及應用研討會論文集，新竹，681-692。

補充閱讀 3 地圖賞析與線上資源

"Good design looks right. It is simple (clear and uncomplicated). Good design is also elegant, and does not look contrived. A map should be aesthetically pleasing, thought provoking, and communicative."

-Robinson et al.,1995-

一、地圖分類

地圖的種類可依多種不同的方式加以分類，目前尚無一定的標準，常見的如下列幾個分類方式：

1. 依功能(Function)或地圖內容分類：

可分為普通地圖與主題地圖。普通地圖(General reference map)沒有特定的主題，主要表示一個地區各種形形色色的地理現象，舉凡地表上各種自然環境與人文資料，例如道路、聚落、疆界、水域、高程...等的空間組合或位置關係，其詳簡程度依比例尺大小而有不同，小比例尺的普通地圖如台灣整個國家的基本國土資料，大比例尺如台北市千分之一的地形圖。

而主題地圖(thematic map)的旨在表示單一地理現象的空間變化（例如：台北市各區人口分佈情形），或是各地理現象的相對關係（台北市各區人口分佈與河流的關係），由於此類地圖主要是反應某一主題，因此視所欲反應主題需要，將與主題無關的地理資料加以省略。相較於普通地圖，主題地圖常是小比例尺，因為所包含的地區較大，才能看出分佈結構的特性，且其位置的正確性相對於欲表現的主題，往往是次要的。

2. 依地圖符號(symbol)分類：

依地圖符號來分，地圖可分成定性(qualitative)或定量(quantitative)地圖兩種類型。所有用類別量度(Nominal)繪製的地圖都是定性地圖，他們主要的功能是在展示不同地理現象的相對位置，例如：普通地圖如兩萬五千分之一地形圖；主題地圖如地質圖、垃圾掩埋場分佈圖等。

與它相反的是定量地圖，其資料由級序、間距與比率尺度來表現，此類地圖主要在表顯空間上某種現象的數值變化，因此精確的地理位置反而成為次要，常見的定量地圖有下列幾種，我們將在接下來的課程作介紹：

□ 點子圖

用代表同一數量與大小的點符號，來表示數量的空間變化，如圖 1。一幅好的點子圖在最密集的地方，點以成一暗區。使用此種圖並不是要表現數量的空間變化（如：有多少人），而是表現空間現象在分佈上的差異（如：那些地區人口密度高，集中於何處）。

□ 分級符號圖

利用點符號的面積大小來表示數量比例的變化，最常使用的是分級圖(Grade Circles)如圖 2。原始資料相同的點子圖與分級圖，其各展現的意義不同的，點子圖只能看出分佈，無法看出數量的絕對值；分級圖可以看出各地區的數量的比例關係。

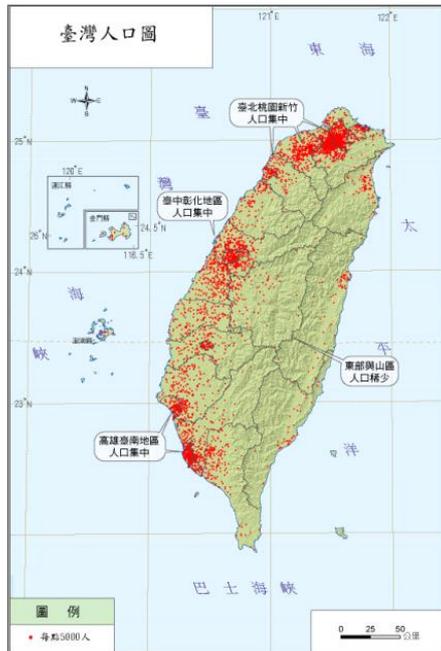


圖 1：台灣人口分佈圖



圖 2：垃圾焚化廠分佈

□ 柱狀圖 (圖 3)

當主題的資料差距很大時 (如：都市人口與鄉村人口密度)，很難用分級圖來處理，因符號大小差距很大，雖可充分顯示其差異，但因數值大的符號會掩蓋其他符號，而破壞地圖的傳播效果。為克服此困難，可使用立體形狀的符號，使人產生容積的感覺。柱狀圖的容積與所代表的數值必成一直線比例，可使全距較大的資料產生外觀上可比較的效果。

□ 圓餅圖 (圖 4)

可以同時表示全部中構成的各部份的大小關係，用以表示同一地點的多種資料。這種表示數量的變化方法，是用分割面積之大小來代表構成此一資料的各部份比例，如：一個由多民族組成的城市；一個由多工業合成的工業區。

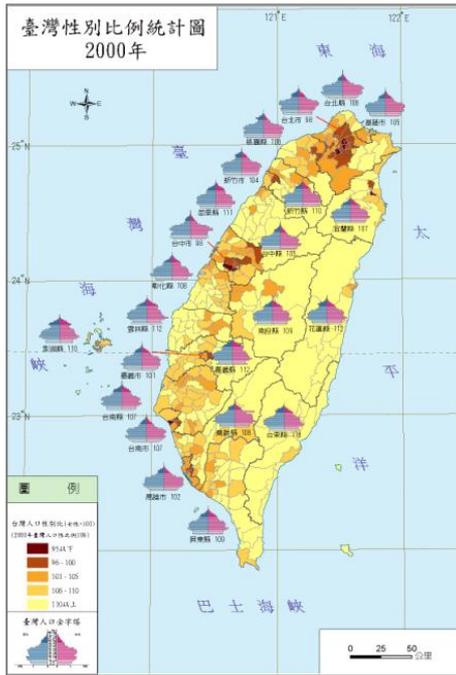


圖 3 台灣性別比例統計圖

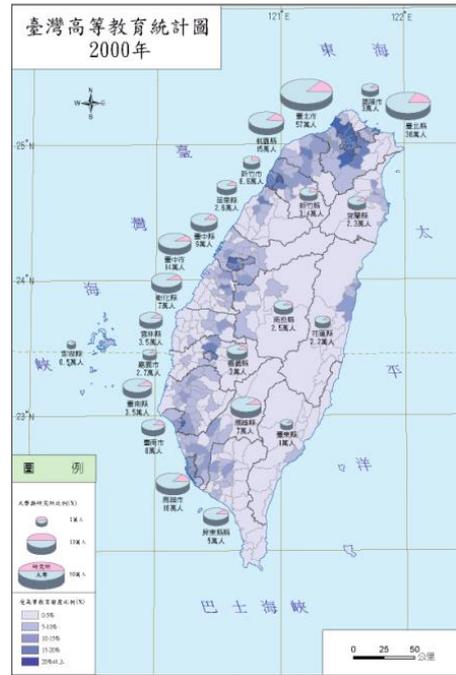


圖 4：台灣高等教育統計圖

□ 面量圖 (圖 5、圖 6)

面量圖是在明確地理單元上有代表的數量，用不同顏色、明暗來表示不同值，其表示的是不連續、離散、可區分為面的資料，而非點的個別資料。前述的柱狀圖是把不同的值以柱形表示，而面量圖需先分類、分級，心理學者研究出人只能同時分辨七項不同東西，因此，當有 50 個資料時，柱狀圖可依次展現；但面量圖上若出現 50 種不同的顏色，將太複雜。



圖 5：人口成長統計圖 (相對色系)

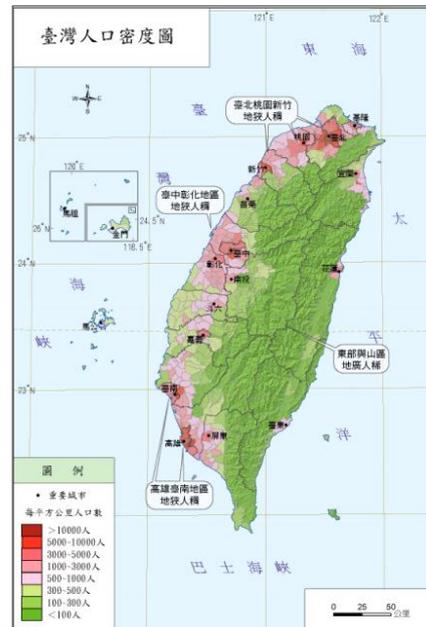


圖 6：台灣人口密度圖 (與地形結合展示)

□ 等值線圖

等值線是用來表示連續變化地理現象的分佈 (如：地面高度、氣溫、氣壓) 是以少數點 (控制點) 的資料來推估連續的面資料。通常當控制點越多則所繪的結果越詳盡。

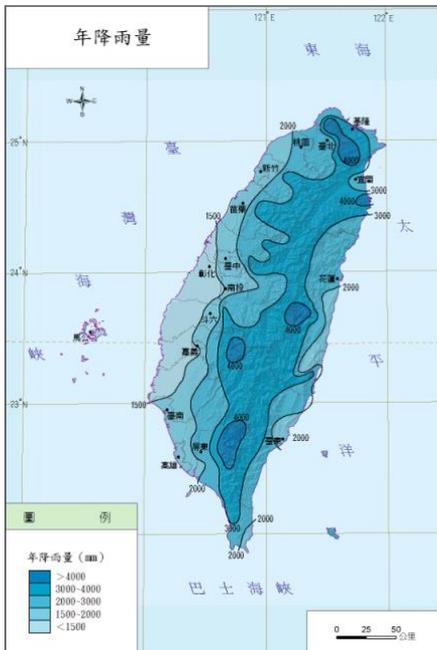


圖 7：年降雨量



圖 8：年均溫圖

3. 依比例尺(scale)分類：

比例尺的「大」「小」並沒有一定的定義，視每一個國家的幅員大小、社經條件而不同。一般而言，可以簡單的區分為：

- I. 大比例尺：一般是經由實地測量而得到的地面資訊，例如台北市一千分之一都市計畫圖，即可稱為大比例尺地圖；一般說來，在五萬分之一以下的地圖可以視為大比例尺的地圖。
- II. 中比例尺：介於大比例尺和小比例尺中間，以台灣而言，一個鄉鎮或縣市的地圖，比例尺大約在五十萬分之一以上，小於十萬分之一以下，即可稱為中比例尺地圖。
- III. 小比例尺：通常描述全國性或是大範圍地區的地區，可以稱之為小比例尺地圖，一般為五十萬分之一以下，甚至有到千萬分之一的地圖。

二、地圖設計流程

如果地圖是一個分析的工具，那麼它的背後必定有一個需要解決問題。因此在動手繪製一張地圖之前，有幾點需要考慮：首先你必須思考主題，繪製這張地圖的目的是什麼？要給什麼樣的讀圖者使用？手邊有哪些資料？用什麼工具？再來是選定一個表現資料的方法，即符號化的過程，繪製完成後檢視成圖是否能完整表達主題意涵，若可以，則加入輔助資料如圖例、圖名、比例尺、指北針等來豐富地圖，便完成一張好的地圖；繪製的成果若不能將主題意涵表達的很完整，可考慮選擇另外一種符號化方法，圖 9 為地圖設計流程簡圖。

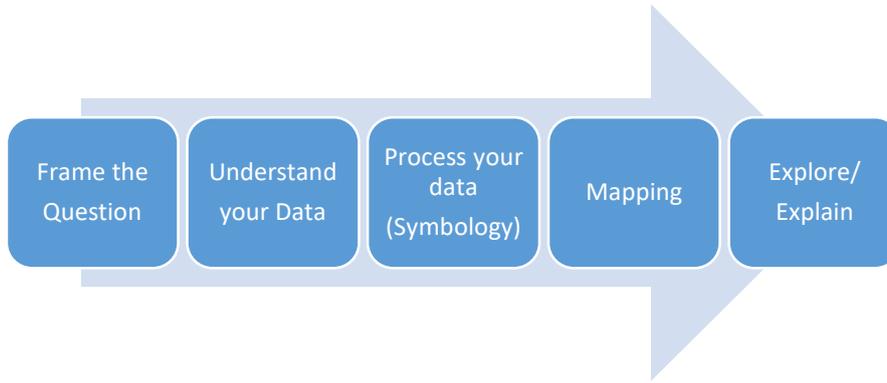


圖 9：地圖設計流程

在繪製地圖的時候，地理現象符號化(symbology)的基本原則，可協助繪圖者選擇較佳的繪圖技術，但必需要優先考量符號的空間向度(spatial dimension)、視覺變數(visual variables)與量度分級(levels of measurement)三個重要的因素(Slocum *et al.* 2005; 張春蘭等人, 2005)，依照點、線、面資料的不同屬性以及類型而有不同的展現方式。一幅地圖的資訊主要可由點(point)、線(line)和面(area)三種空間向度組合而成(Hsu, 1979)，又分屬於定性的類別資料(nominal)、定量的級序(ordinal)、間距(interval)與比率(ratio)四種地理量度分級資料(kraak, 2001)。這些符號可由影響圖形視覺的大小(size)、色相(hue)、明度(value)、飽和度(Chroma)、方向(orientation)與形狀(shape)六類主要視覺變數，以及質地(texture)、圖紋方向(pattern orientation)與圖紋排列(arrangement)三類次要的視覺變數顯示(Bertin, 1983; Robinson *et al.*, 1995)。上述三種符號化因素之間的關係，在Robinson等人(1995)、kraak(2001)等的地圖教科書中皆有提到，量度分級、視覺變數與空間向度之間的關係綜合整理如表1。

表 1：資料量度、視覺變數與空間向度之關係

資料量度 分級		空間向度/視覺變數		
		點	線	面
定性	類別	形狀、色相、方向、 花紋排列 (pattern arrangement)	形狀、色相、 圖樣排列 (pattern arrangement) 圖樣方向 (pattern orientation)	色相 圖樣排列 (pattern arrangement) 圖樣方向 (pattern orientation)
定量	級序	大小、明度、飽和度、質地	大小 (粗細)、明度、飽和度、質地	大小、明度、飽和度、質地
	間距	大小、飽和度	大小 (粗細)、飽和度	大小、飽和度
	比率			

三、地圖網站介紹

1. 普通地圖

此類網站以普通地圖為主，有時會搭配衛星、空照影像或電子地圖。

網站名稱	簡介
臺灣內政部基本地形圖資料庫	網址： http://bmap.nlsc.gov.tw/ 內容：提供臺灣經建版 1：25000 地形圖；1：50000 地形圖、衛星地圖與衛星地形圖的掃描影像檔檢索與查詢。此外也有向量式的電子地圖服務。
美國麻州 MassGIS	網址： http://www.mass.gov/mgis/ 內容：影像資料方面，提供 1：5000 航空照片正射圖、1：25000 地形圖、海圖、地形 DEM 資料等。向量資料方面，提供許多電子地圖圖層。這些資料不僅可以線上瀏覽，還可下載原始資料，並附定位。
日本國土地理院地圖閱覽 Service	網址： http://www.gsi.go.jp/ 25000 分一地形圖檢索處： http://watchizu.gsi.go.jp/ 內容：提供 25000 分之一地形圖檢索與下載

2. 單一主題地圖

地圖的主題可能是地形、氣候、水文、土壤、生物等方面的自然地理主題，或人口、經濟、交通、聚落、政治等方面的人文地理主題。若該地圖網站選擇某個主題為主，則屬此類。

網站名稱	簡介
氣候：中央氣象局	網址： http://www.cwb.gov.tw/ 內容：在「氣候監測」提供臺灣地區的雨量地圖、氣溫地圖，主要測站的氣溫雨量圖、東亞的氣壓圖等。在「颱風」可查詢歷史颱風路徑圖、累積雨量圖與衛星雲圖。
地質：中央地調所	網址： http://gis.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/index.cfm 內容：這是一個 Web-GIS 系統，線上就可以勾選想要顯示的地質、斷層、縣市邊界等等資訊。
選舉：Dave Leip's Atlas of US President Election(美國總統選舉地圖)	網址： http://www.uselectionatlas.org/ 內容：1824-2007 年歷次美國總統大選選票分布地圖

3. 綜合主題地圖

這類地圖網站通常收藏大量地圖，橫跨許多主題地圖，甚至還包含一些普通地圖。

網站名稱	簡介
美國德州大學 Perry-Castaneda Library Map Collection	<p>網址：http://www.lib.utexas.edu/maps/index.html</p> <p>內容：以 CIA 繪製的地圖為主體，內容根據地區分類，包含了世界各國各種主題地圖，甚至還有普通地圖和古地圖。</p> <p>特色：最近新聞焦點相關地圖，會放在最前面的 Online Maps of Current Interest。</p>
United Nations Cartographic Section (聯合國地圖部)	<p>網址： http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm</p> <p>內容：包含世界各國的政區圖，以及聯合國涉入較深地區的環境地圖。</p>
地圖會說話	<p>網址：http://blog.pixnet.net/Richter</p> <p>內容：結合各種主題地圖展示與討論地圖本質、時事以及歷史的部落格</p>
GIS 暨旅遊資源中心 (台中女中)	<p>網址：http://gisc.tcgs.tc.edu.tw/index.htm</p> <p>內容：推廣地理資訊系統、蒐集彙整旅遊資源、規劃地理實察以及進行鄉土研究。</p>
Google Maps Mania	<p>網址：http://googlemapsmania.blogspot.com/</p> <p>內容：介紹許多 Google Map 應用的部落格，包括星巴克分佈地圖、便宜汽油地圖、美國房地產交易地圖</p>
Google earth 相關應用	<p>網址：http://gis.ascc.net/googlemap/</p> <p>內容：本網站由中研院製作，內有許多以 Google Earth 為平台應用的範例，讓我們用另一個角度看待自身所處環境，從中獲得樂趣。</p>
綠色生活地圖	<p>網址：http://taipei.twgreenmap.org/</p> <p>內容：介紹 Green map system 的概念與製作流程。</p>

4. 古地圖

此類地圖網站以蒐集早期的地圖為主。

網站名稱	簡介
國史館台灣文獻館	網址： http://db1n.th.gov.tw/twhist/ 內容：臺灣文獻館將其收藏的檔案（以臺灣總督府公文類纂、臺灣省行政長官公署檔案為主，時間為 1895-1947 年）隨附地圖掃描，公開上網。
中研院台灣歷史文化地圖	網址： http://thcts.ascc.net/ 內容：是一個 web-GIS 架構，可以在線上選擇圖層，製作出想要展示的歷史電子地圖。
David Rumsey Map collection	網址： http://www.davidrumsey.com/ 內容：蒐藏古地圖圖檔約 100G，是世界有數的超大地圖網站，與美國柏克萊大學有合作關係。
美國國會圖書館 AMERICAN MEMORY	網址： http://memory.loc.gov/ammem/gmdquery.html 內容：提供了美國國會圖書館挑選的 1500-2006 年間的地圖。

5. 電子地圖

網路上的電子地圖發展至今，已經不只有道路地圖功能，大多也搭配提供衛星或空照圖服務，並有多種主題圖層可供參考使用。

網站名稱	簡介
Google maps	網址： http://maps.google.com/ 內容：Google 設置，結合道路地圖與衛星影像的電子地圖服務，部分精華地區提供高解析度衛星影像，是 Google map 與 Quickbird 合作的，目前已經新增台灣地區的道路地圖。
Bing maps	網址： http://www.bing.com/maps/ 內容：微軟公司製作，結合道路地圖與空拍（部分結合衛星）影像的電子地圖服務，在台灣部分較 Google 更早有細緻的台灣地區街道地圖查詢。
UrMap-你的地圖	網站： http://www.urmap.com/ 內容：本網站使用福衛二號拍攝的衛星影像，解析度高且清晰，配合道路圖可以查詢地址、地標，並且提供許多生活情報，如各種美味料理、遊憩設施與觀光景點，十分實際且方便使用。近來推出類似 Windows Live Local Shared Map 的功能，讓台灣 MSN 使用者也能享受類似的服務，透過該程式，使用者可瀏覽同一張地圖，並且進行標示的動作，減少雞同鴨講的狀況。

6. 衛星影像

此類網站提供衛星影像，衛星影像能提供即時的地理現象，甚至探查到地球內部的資訊。近年重大的環境災害事件，如 1999 年集集地震、2004 年南亞海嘯，都能用衛星影像做出即時的地理變遷展示。

網站名稱	簡介
NASA (美國 航空暨太空總 署)	網址： http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images_index.php3 https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl 內容：NASA 的內容都是公開且免費。這兩個網址提供的內容性質各異，前一個網址提供主題性、各式各樣的衛星影像，後一個網址提供經過定位的全球 Landsat 衛星影像。
Quickbird	網址： http://www.digitalglobe.com/ 內容：Quickbird 是與 Ikonos 是全球兩大商用衛星，可提供解析度 1 米上下的高清晰衛星影像。
Ikonos	網址： http://www.geoeye.com/CorpSite/ 內容：Quickbird 是與 Ikonos 是全球兩大商用衛星，可提供解析度約 1 米的高清晰衛星影像。
FORMOSAT-2 (福衛二號)	網址： http://www.astrium-geo.com/en/160-formosat-2 內容：福衛二號是我國所有的衛星，解析度為黑白 2 公尺，彩色 8 公尺，其國際影像販售交由法國 SPOT 衛星公司代理。

7. 線上互動地圖繪製

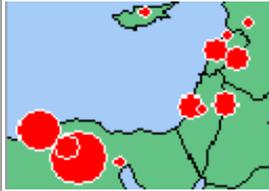
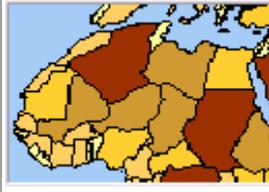
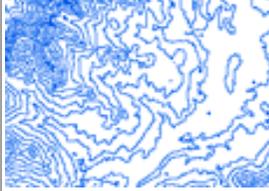
此類網站提供即時互動式的地圖查詢，使用者可點選一種或多種展示的主題資料，功能類似點選電子地圖的主題圖層，但此類網站多是不易取得的資料，僅供線上觀看。

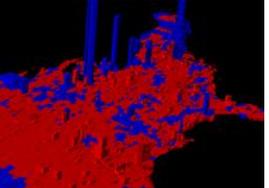
網站名稱	簡介
Tiger	網址： http://www.census.gov/geo/www/tiger/index.html 內容：Census 2000 Map Series, Online Mapping, and Census 2000 Centers of Population
MapQuest	網址： http://www.mapquest.com/ 內容：有互動式的網路世界地圖查詢,也能依世界六大洲,主要城市(當然,也包括台北囉!)分類繪製
NCI	網址： http://cancercontrolplanet.cancer.gov/atlas/index.jsp 內容：癌症地圖製作
Community mapping network	網址： http://www.shim.bc.ca/ 內容：部落(社區)地圖
世界衛生組織	網址： http://www.who.int/en/ 內容：提供世界流行疾病最新疫情地圖，並提供相關.shp 檔下載。

四、延伸閱讀與參考資料

- Hsu, M. L. (1979) The cartographers conceptual process and thematic symbolization, *The American Cartographer*, 6(2): 117-127.
- Kraak, M. J. (2001b) *Trends in Cartography, in Web Cartography : Developments and Prospects*, London; New York: Taylor and Francis, 3-4.
- Bertin, J. (1983) *Semiology of Graphics, Diagrams, network, maps*, Madison: The University of Wisconsin Press, 415.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J. and Guptill S. C. (ed) (1995) *Elements of Cartography . 6th ed.*, Chichester : Wiley, 674.
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, Stuart Shea. and Howard, H. H. (2005) *Thematic Cartography and Geographic Visualization* , Pearson : Prentice, Hall. 518.
- 張春蘭，張嘉玲 (2005) 利用地圖符號化原則評估網路地圖，*台灣地理資訊學刊*，3：1-13。
- 張春蘭 (1992) 地圖設計法則之探討，*中國地理學會會刊*，20: 29-39。
- 賀忠儒 (1970) 地圖符號的種類和應用，*中等教育*，26(3、4): 8-13。
- 徐聖謨 (1980) 定量資料的符號化，*地圖學*，台北：中國地學研究所，129-164。
- 徐聖謨 (1975) 主題地圖符號之設計研究，*地學彙刊*，3: 40-57。
- 賀忠儒、徐聖謨、姜道章、吳信政 (2002) 地圖學通論，台北：國立編譯館。

附錄一

Methods	Which Features	Which Values	Symbolization					Advantages	Disadvantages	
			Shape	Color	Size	Class	Value			
Dots density		Areas	Counts/Amounts	V	V	V		V	1)每一點子代表地理資料的數量，可換算實有總數； 2)容易繪製； 3)表現空間分佈型態。	各點子的位置是電腦隨機隨機繪製在統計單元內，會造成與真實現象的分佈誤差。
Graduated symbols		Locations Lines Areas	Counts/Amounts Ratios Ranks	V	V	V	V	V	可以直接從符號大小看出數量多寡的分佈情形。	當符號位置過於集中時或太多符號，會很難分辨。
Graduated colors		Areas Continuous phenomena	Counts/Amounts Ratios Ranks		V		V	V	容易看出空間分佈的型態（集中或均勻分佈），及各區塊的屬性值。	受到資料層級以及分類方式的影響大，同一筆資料可能有不同的結果。
Contours		continuous phenomena	Amounts Ratios		V			V	容易看到整個區域的數值變化。	無法看出分佈型態以及各別位置的數值。

<p>Charts</p>		<p>Locations Areas</p>	<p>Counts/Amounts Ratios</p>		<p>V</p>	<p>V</p>	<p>V</p>	<p>V</p>	<p>可以一次展現與比較各地區之多種相關連的屬性。</p>	<p>展示太多種類別的資料，看不出資料的空間分佈型態</p>
<p>3-D perspective views</p>		<p>continuous phenomena Locations Areas</p>	<p>Counts/Amounts Ratios</p>		<p>V</p>		<p>V</p>		<p>由各圖徵柱狀高低，可以非常容易辨別多寡</p>	<p>無法知道各別位置的數值。</p>
<p>Cartogram</p>		<p>Areas</p>	<p>Counts/Amounts Ratios</p>		<p>V</p>		<p>(V)</p>	<p>(V)</p>	<p>排除面積誤導判讀</p>	