

地理資訊系統概要

蔡富安 教授

國立中央大學 土木工程學系



大綱

- ◆ 什麼是地理資訊系統 (GIS)?
- ◆ 為何要有 GIS?
- ◆ GIS 之內容
- ◆ GIS 資料來源及類別
- ◆ GIS 資料庫建立
- ◆ 詮釋資料
- ◆ GIS 解析功能
- ◆ GIS 應用
- ◆ 結論

什麼是地理資訊系統 (GIS) ?

◆ 籠統的定義

- 可對地理資料進行輸入、儲存、處理、分析與展示之系統

◆ 精確的定義

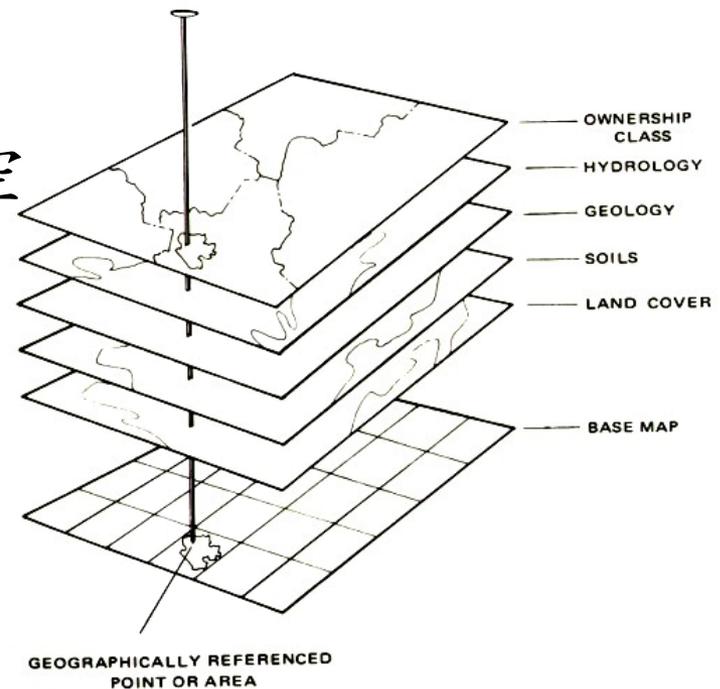
- 可進行下列事項之資料管理系統：
 - 由空間位置收集、儲存及擷取資訊
 - 尋找符合設定條件之地物位置
 - 探索及建立不同資料間的關係
 - 由空間關係分析資料以幫助決策擬定
 - 圖像及數值之展示

為何要有 GIS?

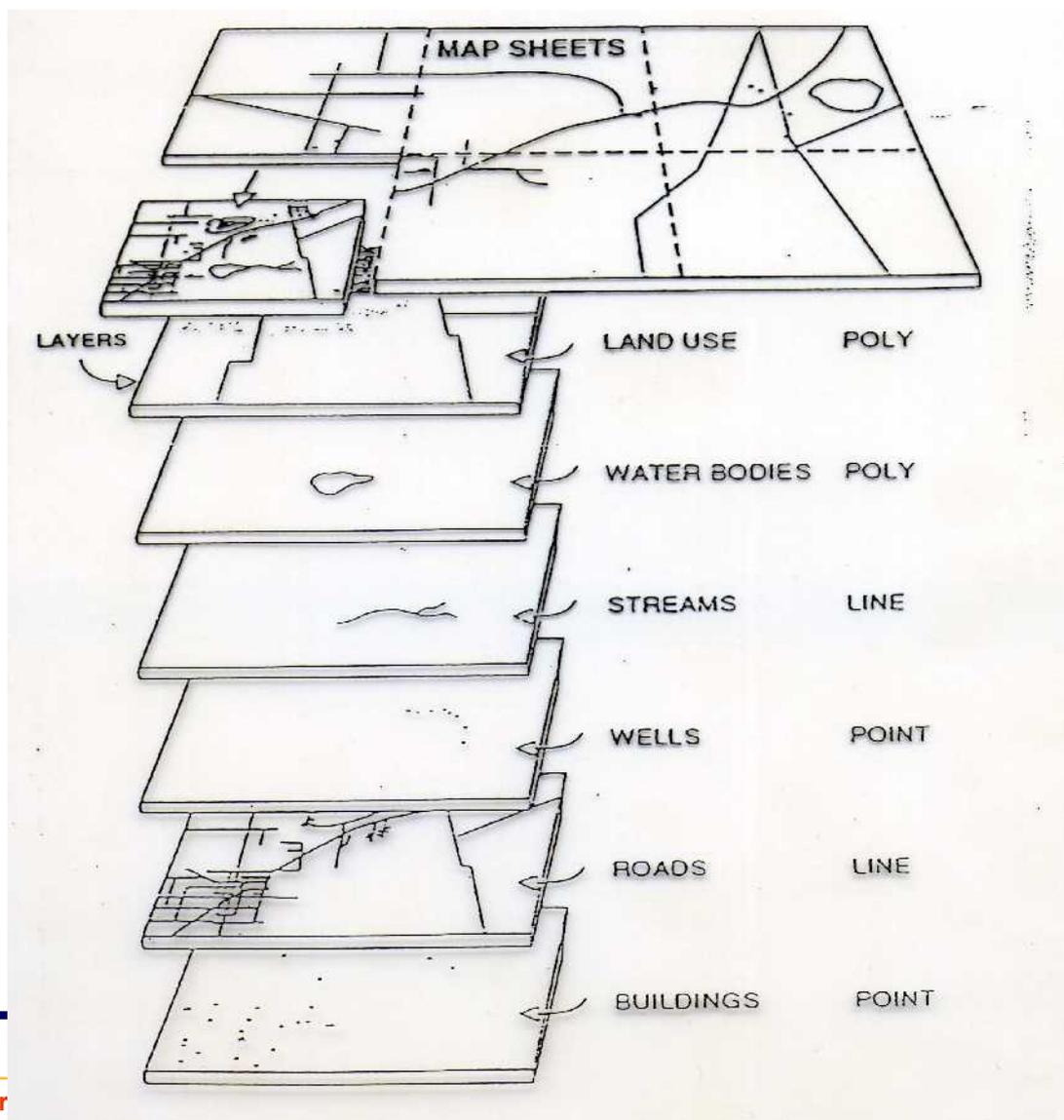
- ◆ 永久保存大量的地圖及影像資料，節省儲存空間
- ◆ 便於套疊不同形式的空間資料
- ◆ 便於進行空間分析與統計分析
- ◆ 方便的新增、修改、查尋資料，並藉由空間分析產生新的資料
- ◆ 有效展示空間資料
- ◆ 資料分享與交換便利

GIS 之內容

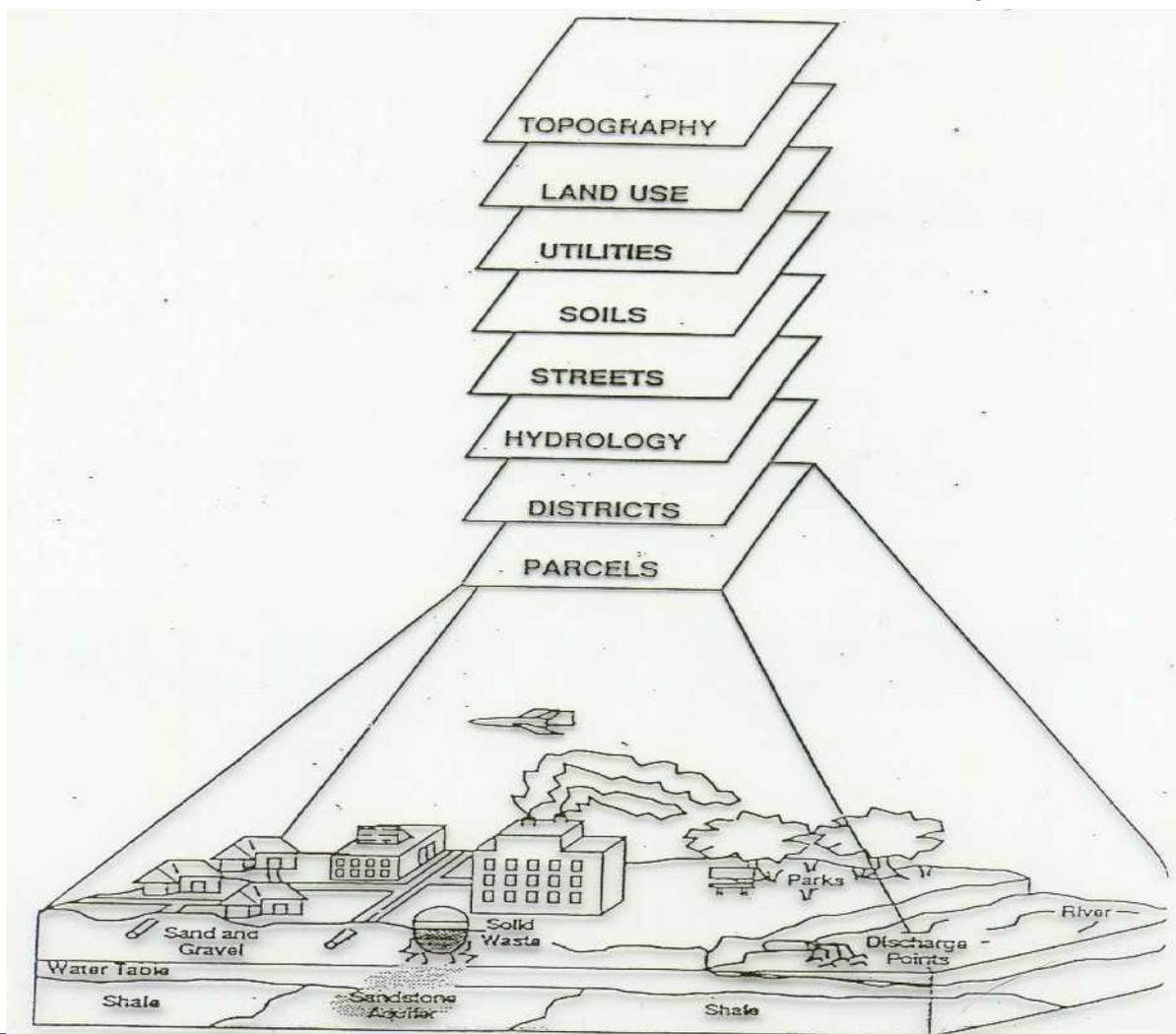
- ◆ GIS 可收集、組織、空間統計分析、及展示多樣的空間資訊，其空間資訊數化於常見的坐標系統
- ◆ 多樣的空間資訊組成圖層，也稱作 GIS 資料庫，包含空間資料及非空間資料



圖層式的圖資結構

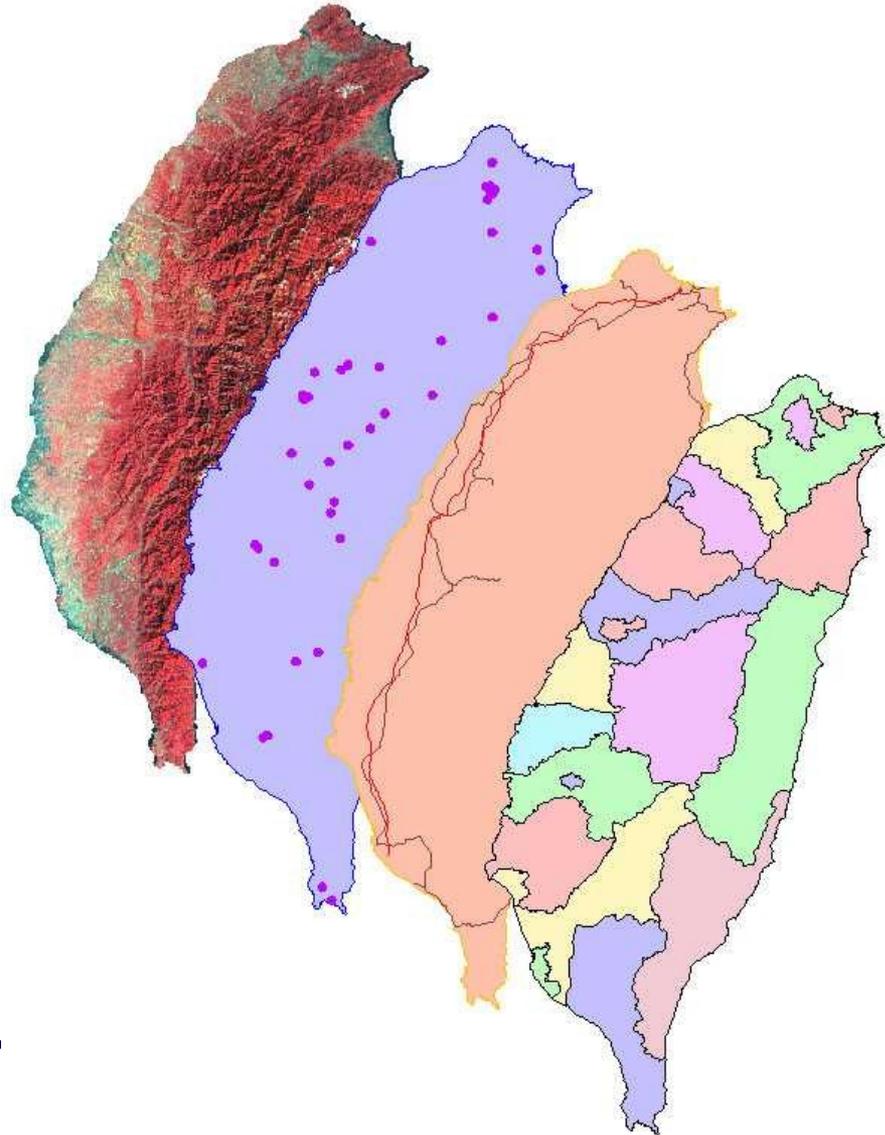


圖層式的資料描述真實世界



The real world consists of many geographies

臺灣地區主題圖層



GIS 之內容

- ◆ 由 GIS 資料庫進行分析，以得到使用者所需資訊供決策制定

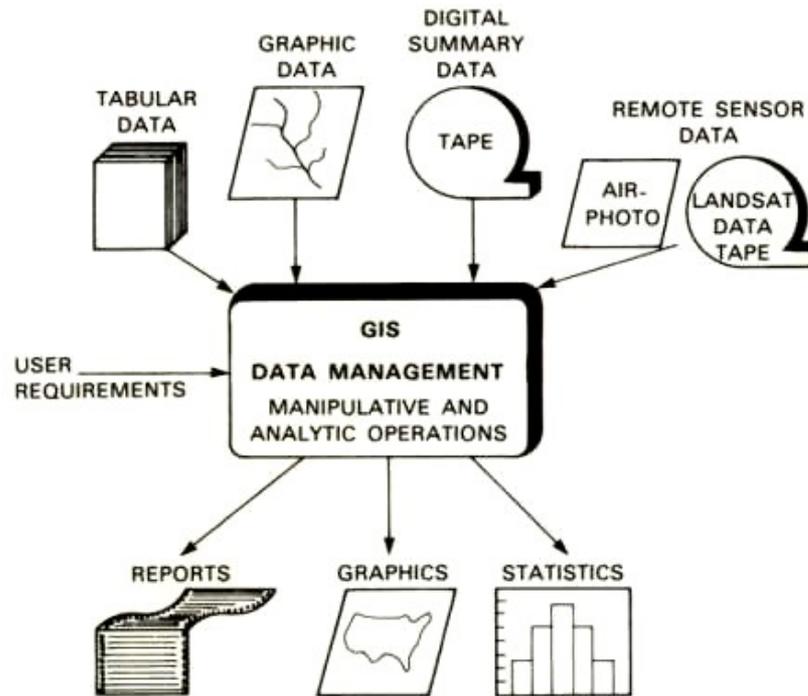


Figure 8.1. Schematic diagram showing a generalized geographic information system (GIS) for data management (Short 1982).

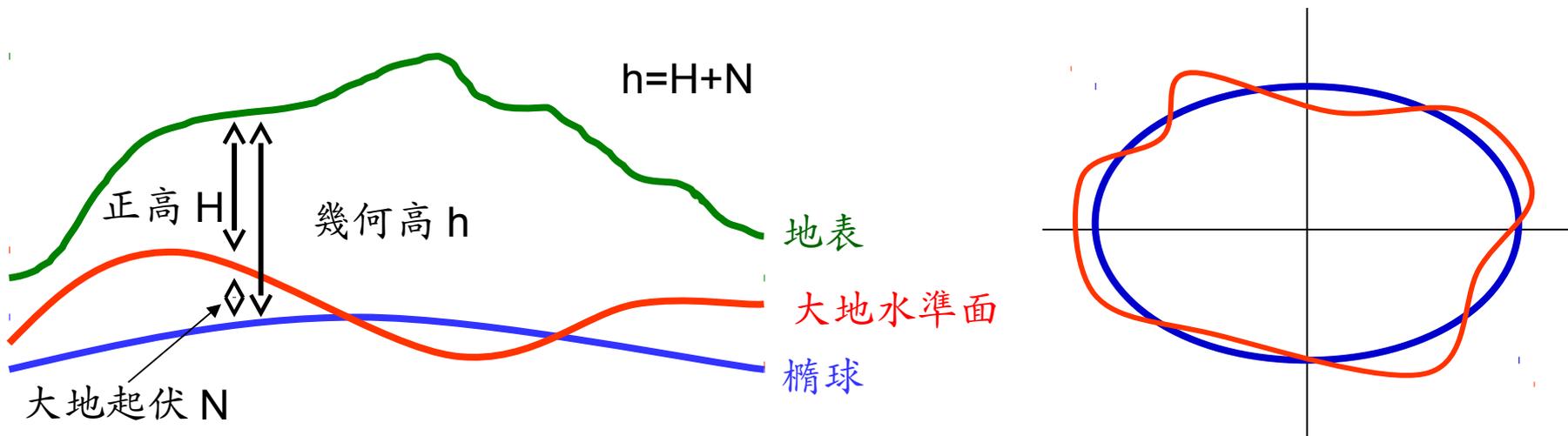
GIS 資料來源及類別

- ◆ 空間資料
 - 坐標系統
 - 基本元件
 - 向量式 (Vector) 與網格式 (Raster)
 - 拓樸 (Topology)
- ◆ 非空間資料
- ◆ 資料格式轉換
 - 向量式轉網格式
 - 網格式轉向量式

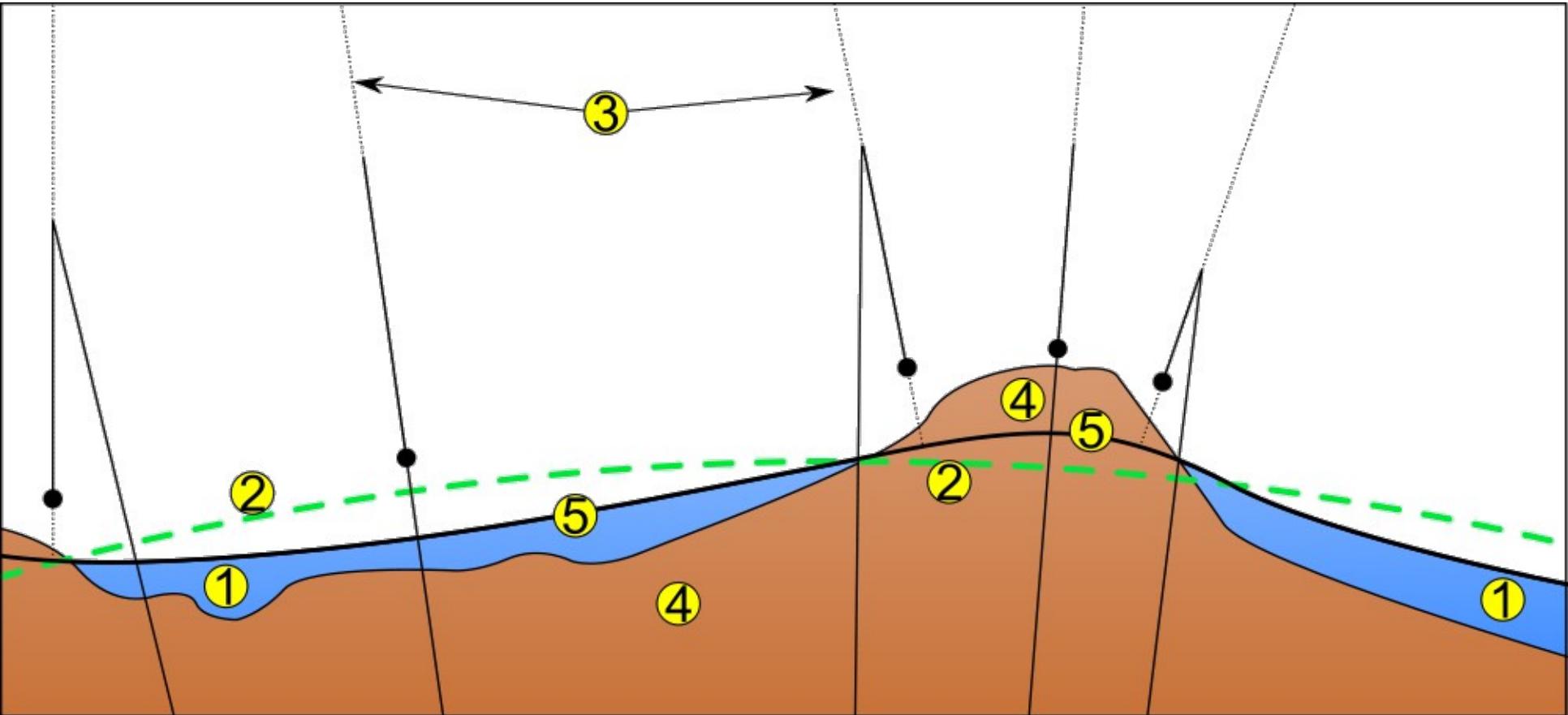
空間資料 - 坐標系統

◆ 高程：以大地水準面 (Geoid) 為基準，以正高為
高程值

➤ 大地水準面為 19 年 (基隆驗潮站) 潮位平均值為 MSL
(Mean Sea Level)，其高程為 0 m



大地起伏

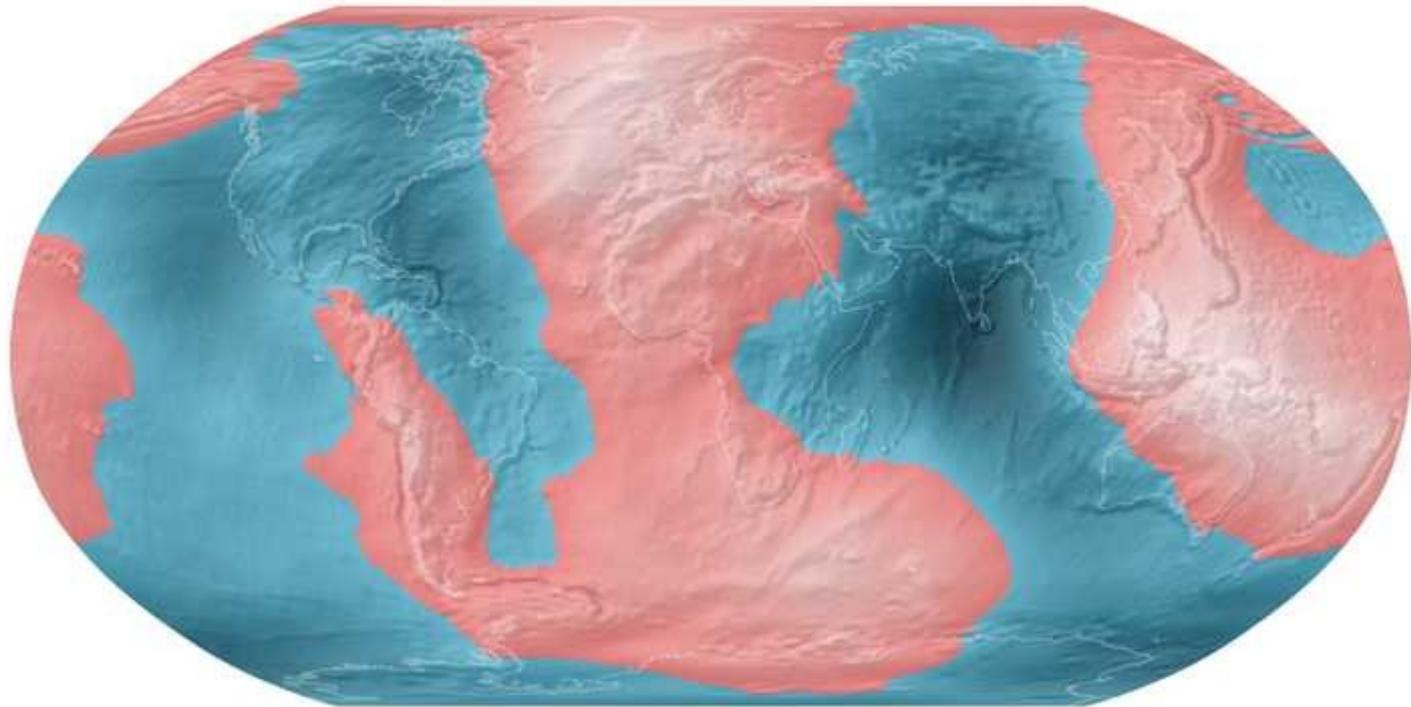


- 1. Ocean; 2. Reference ellipsoid; 3. Local plumb line;
- 4. Continent; 5. Geoid

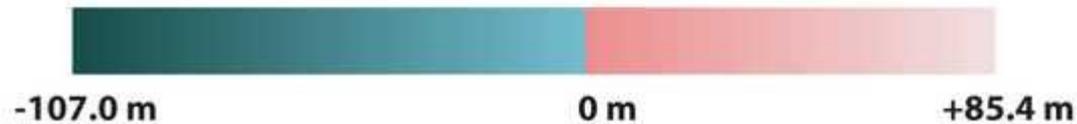
大地起伏

Deviation of the Geoid from the idealized figure of the Earth

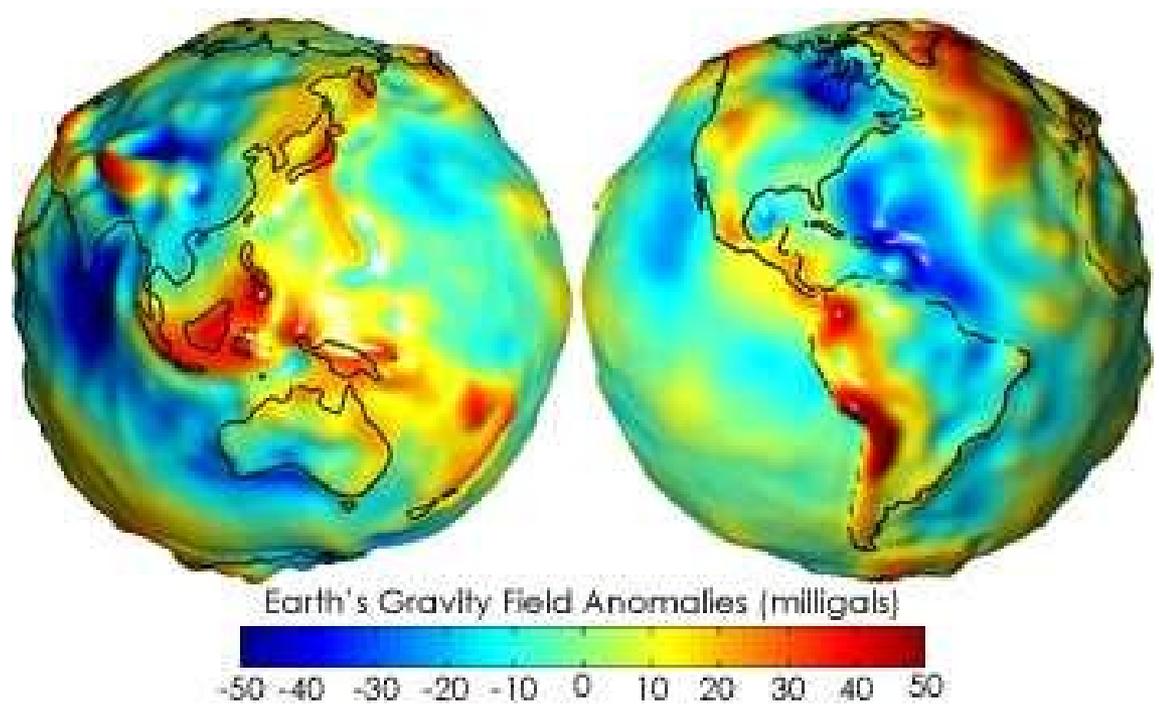
(difference between the EGM96 geoid and the WGS84 reference ellipsoid)



Red areas are above the idealized ellipsoid; blue areas are below.

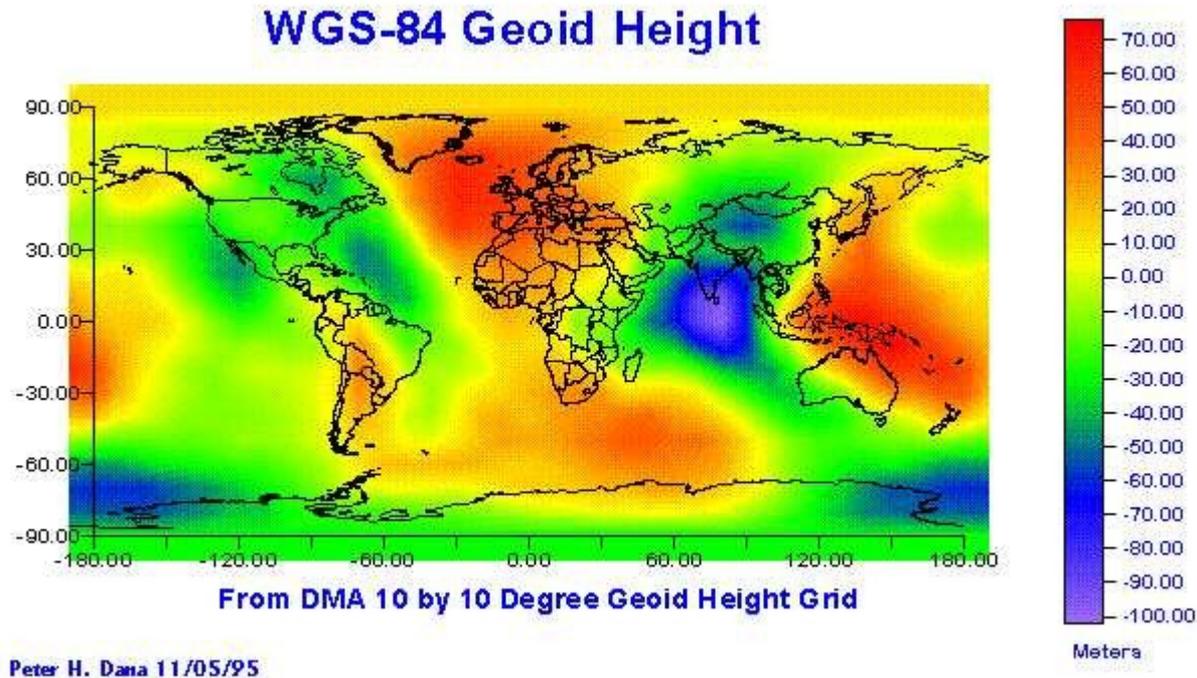


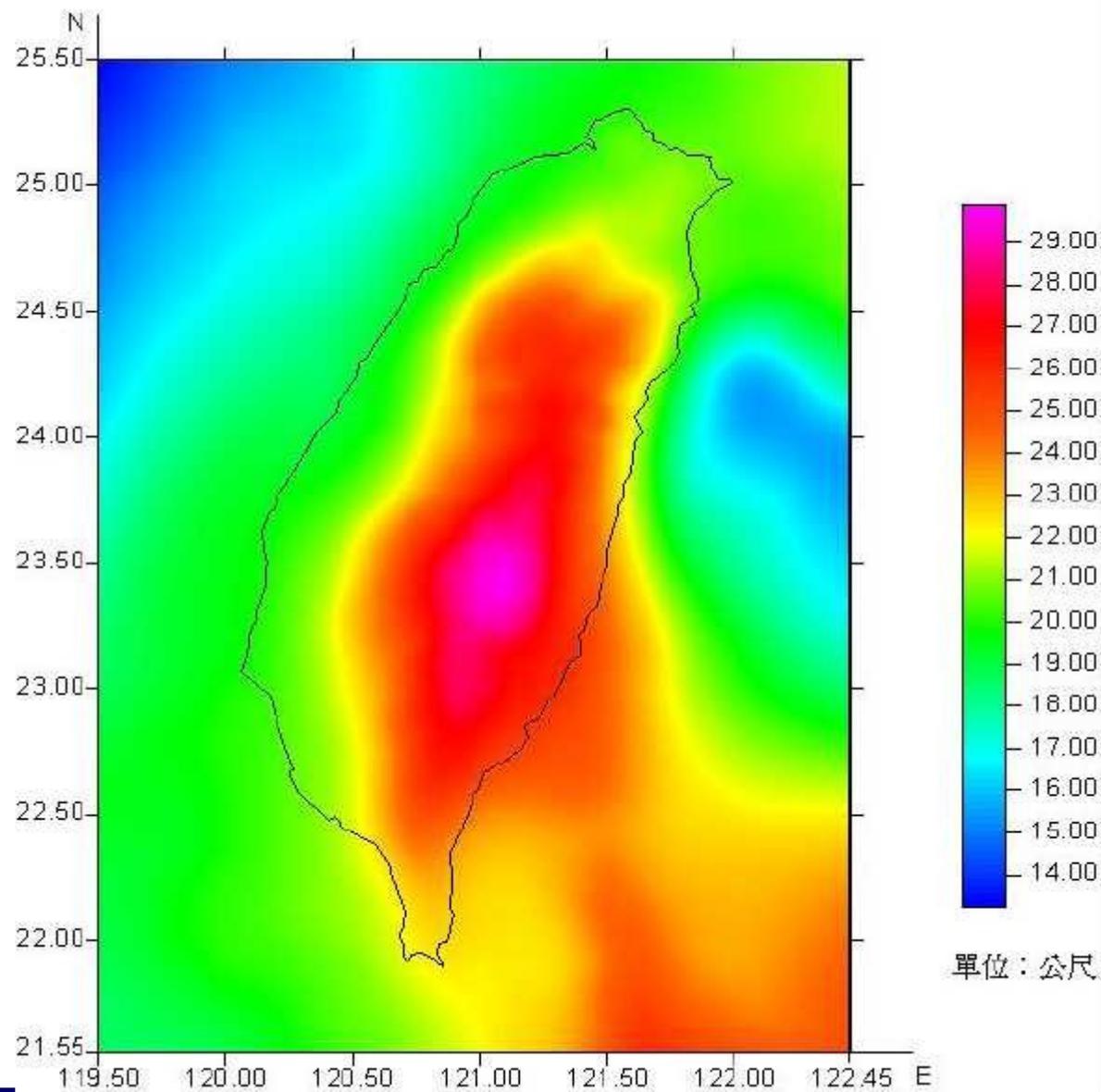
大地起伏



Source: GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment), NASA

大地起伏



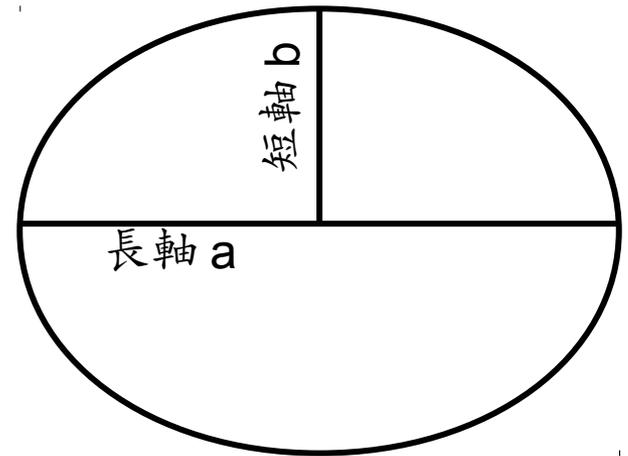


空間資料 - 坐標系統

◆ 平面坐標

(i) 以 **WGS84** (World Geodetic System, 1984) 為基準，
(地球原子)

- 長軸 $a = 6378137$ m
- 短軸 $b = 6356752.314245$ m
- 扁率 $f = (a-b)/a = 1/298.257223563$

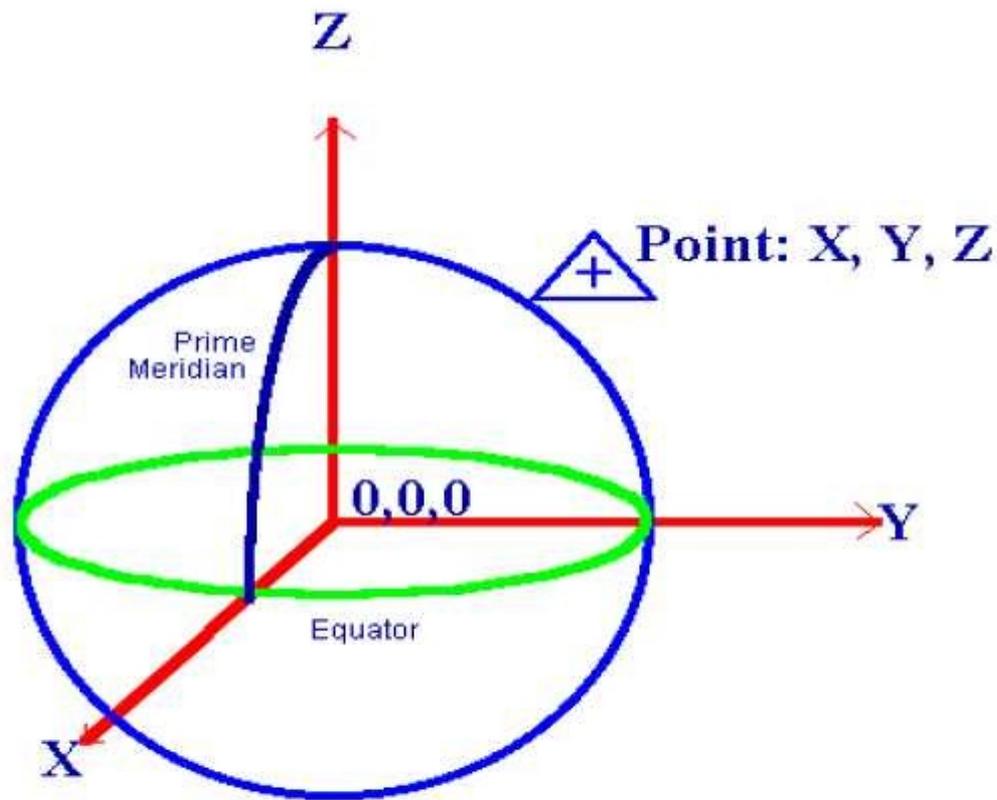


空間資料 - 坐標系統

◆ 平面坐標

- (ii) 以地心為原點，指向格林威治子午線及赤道交點為 X 軸，指向北極為 Z 軸，以右手坐標系定義 Y 軸

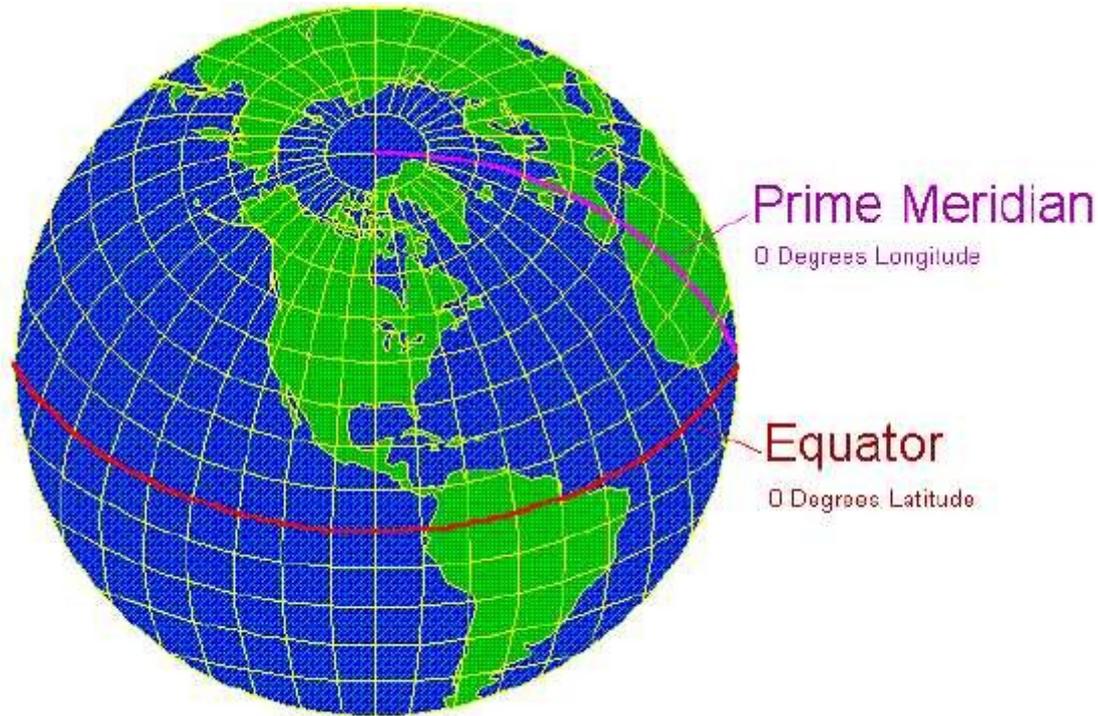
地心直角坐標



Earth Centered, Earth Fixed X, Y, Z

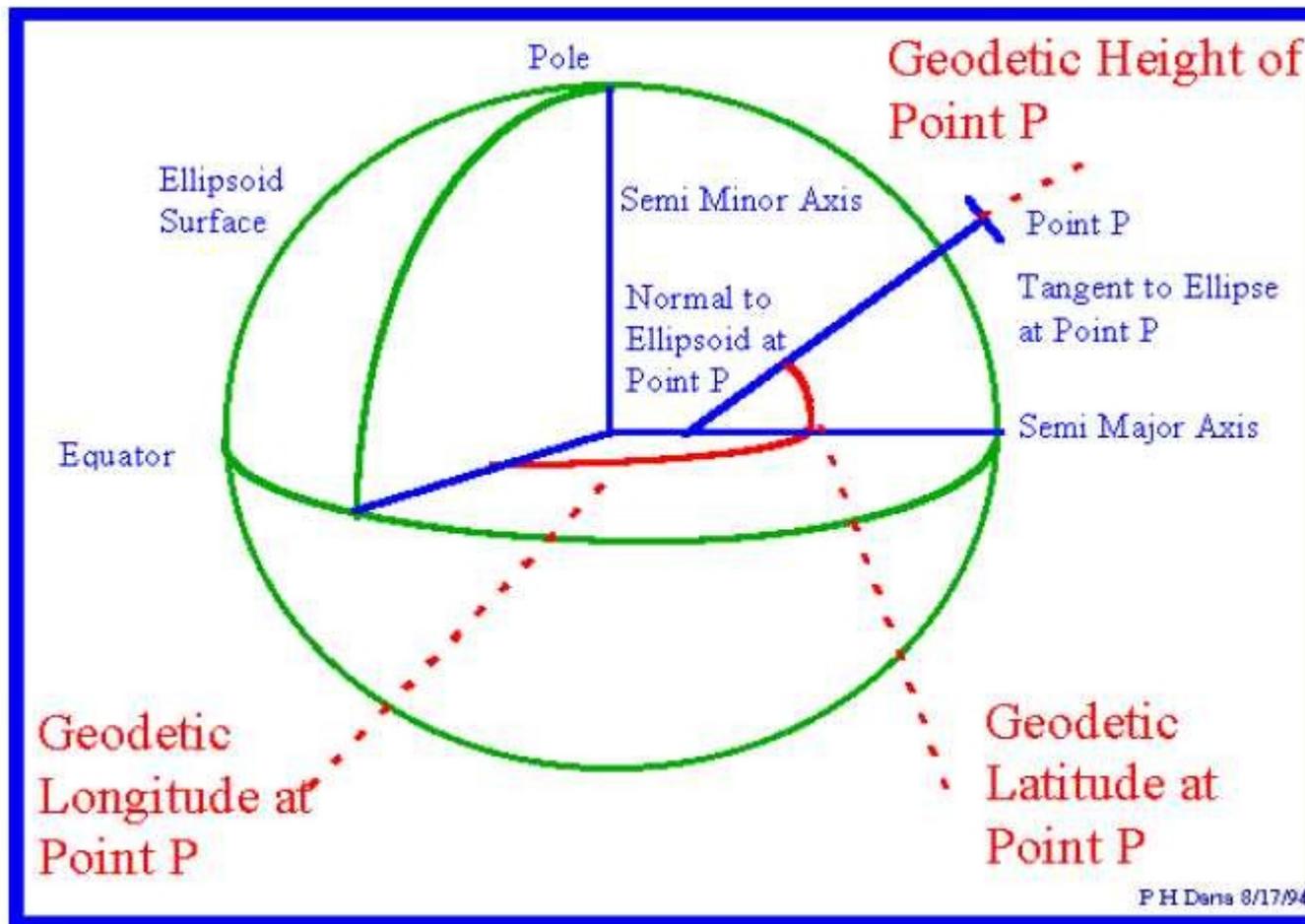
P H Dana 8/17/94

球面坐標



Peter H. Dana 9/1/94

大地 (地理) 坐標



投影坐標



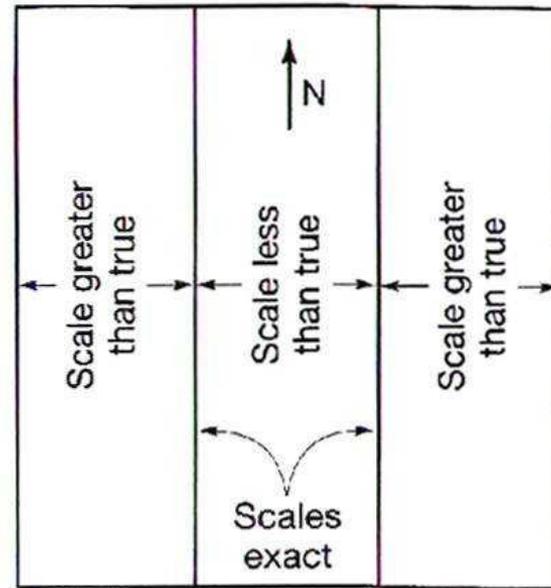
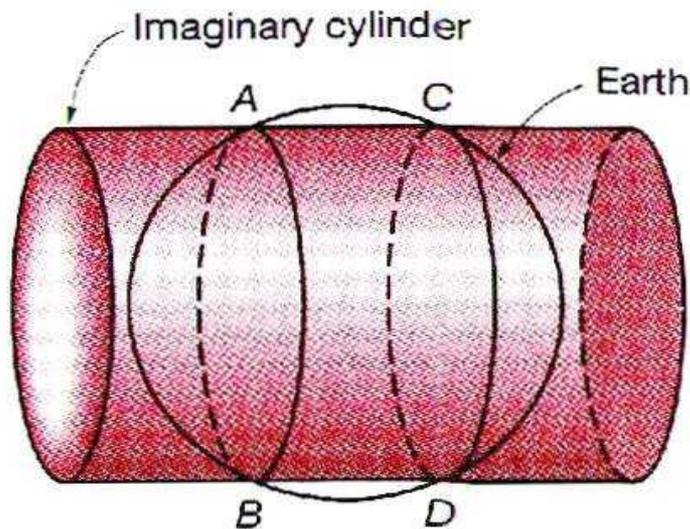
空間資料 - 坐標系統

◆ 平面坐標

(iii) 投影坐標系

(a) UTM (Universal Transverse Mercator)

為圓柱投影，全球 60 帶，每帶寬 6 度（經度），台灣為第 50 及 51 帶



空間資料 - 坐標系統

◆ 平面坐標

(iii) 投影坐標系

(b) 2度 TM

台灣地區使用，
中央經線為 121 度，
左右各 1 度



大地基準

坐標系	橢球體	長半徑 (m)	扁率 (1/f)
台灣虎子山坐標系	GRS 67	6378160.0	298.247167427
台灣 TWD97 坐標系	GRS 80	6378137.0	298.257222101
GPS 坐標系	WGS 84	6378137.0	298.257223563
大陸南京坐標系	International 1924	6378388.0	297.0
大陸 1954 北京坐標系	Krassovsky 1940	6378245.0	298.3
大陸 1980 西安坐標系	GRS 75	6378140.0	298.257

空間資料 - 坐標系統

◆ 平面坐標

(iv) TWD97 二度分帶坐標系統與 WGS84 坐標系互轉過程

空間資料 - 基本元件

- ◆ 點
- ◆ 線
- ◆ 面
- ◆ 像元 (Pixels)
- ◆ 格點 (Grid cells)

3	3	3	8	9	9
3	3	3	8	9	9
3	3	8	8	9	9
3	8	8	8	9	9
3	8	9	9	9	9

空間資料 - 向量式與網格式

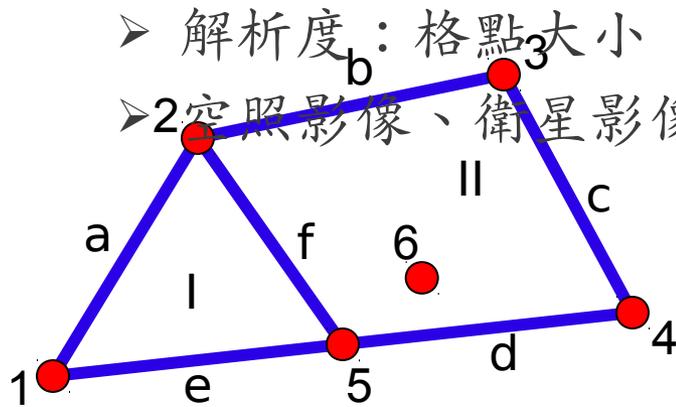
◆ 向量式

- 點：房屋、水井、古蹟...
- 線：道路、河川、邊界...
- 面：地表覆蓋、行政區...

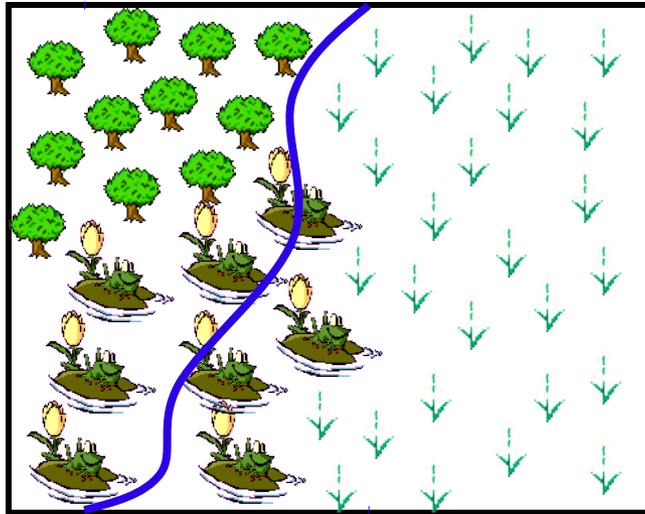
◆ 網格式

- 解析度：格點大小

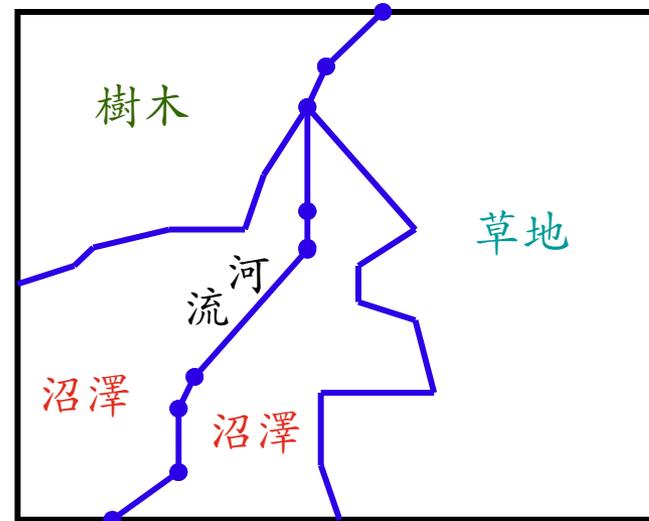
- 2 空照影像、衛星影像、正射影像



點	坐標	線	點組成	面	線組成
1	$(X, Y)_1$	a	1,2	I	a, f, e
2	$(X, Y)_2$	b	2,3	II	b, c, d, f
3	$(X, Y)_3$	c	3,4		
4	$(X, Y)_4$	d	4,5		
5	$(X, Y)_5$	e	5,1		
6	$(X, Y)_6$	f	5,2		



地表覆蓋



向量式

樹	樹	河	草	草
樹	樹	河	草	草
沼	河	沼	草	草
沼	河	草	草	草

網格式 (較差解析度)

樹	樹	樹	樹	樹	河	草	草	草	草
樹	樹	樹	樹	河	草	草	草	草	草
樹	樹	樹	樹	河	草	草	草	草	草
樹	沼	沼	沼	河	沼	草	草	草	草
沼	沼	沼	河	沼	沼	草	草	草	草
沼	沼	河	沼	草	草	草	草	草	草
沼	河	河	沼	草	草	草	草	草	草

網格式 (較佳解析度)

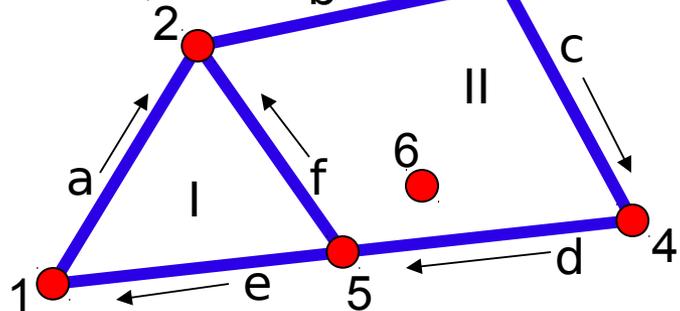
空間資料 - 拓樸 (Topology)

◆ 拓樸關係為一種用來定義基本元件彼此空間關連性的數學方法

- 連結性 (Connectivity)
- 方向性 (Direction)
- 鄰接性 (Adjacency)
- 巢居性 (Nestedness)

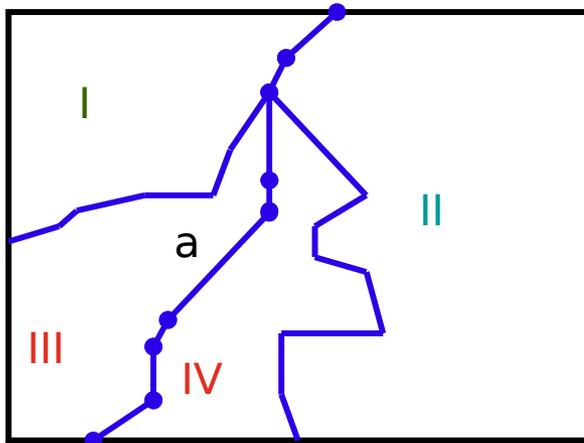
連結性		方向性			鄰接性			巢居性	
點	線	線	起點	終點	線	左面	右面	面	內部 元件
2-3	b	b	2	3	b	0	I	II	6
3-4	c	c	3	4	c	0	II		
4-5	d	d	4	5	d	0	II		
5-1	e	e	5	1	e	0	I		
5-2	f	f	5	2	f	I	II		

◆ 拓樸關係使GIS的處理與分析成為可行



非空間資料

- ◆ 也稱屬性 (attribute) 或描寫 (descriptive) 資料
- ◆ 定義空間特徵的特性
 - 土地：所有人、土地類型、購買日期、市場價值...
 - 道路：路名、鋪面類型、線道數、線道寬度...
- ◆ 空間資料通常有關連的非空間資料

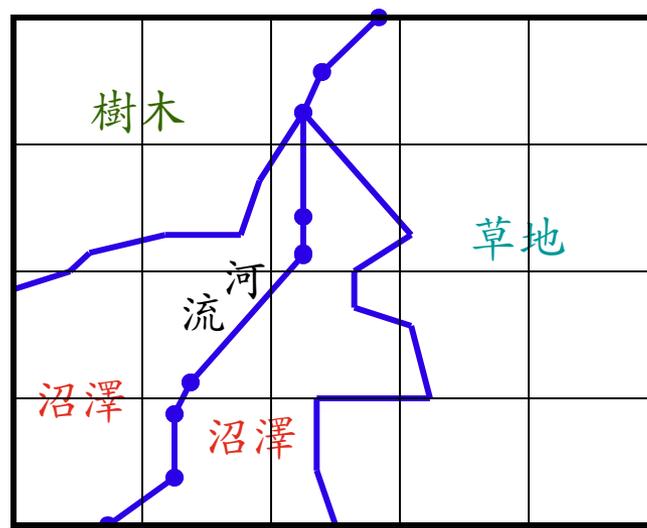


面	地表覆蓋	面積	縣市
I	樹木	20	中壢市
II	草地	40	中壢市
III	沼澤	20	中壢市
IV	沼澤	20	中壢市

資料格式轉換 - 向量式轉網格式

◆ 轉換方式有數種

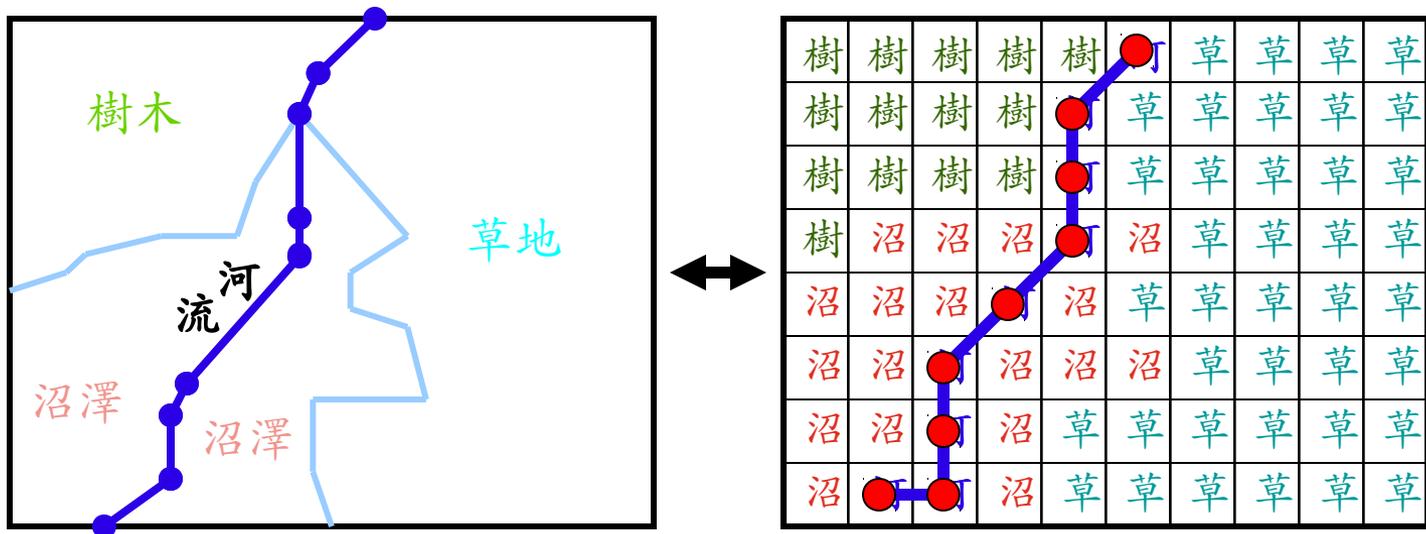
- 優勢取向
- 優先取向
- 中心點取向



◆ 網格解析度越好精度越高，但所需的儲存空間也較大

資料格式轉換 - 網格式轉向量式

- ◆ 其中一種轉換方式
 - 找出線特徵的格點
 - 連接鄰近點中心



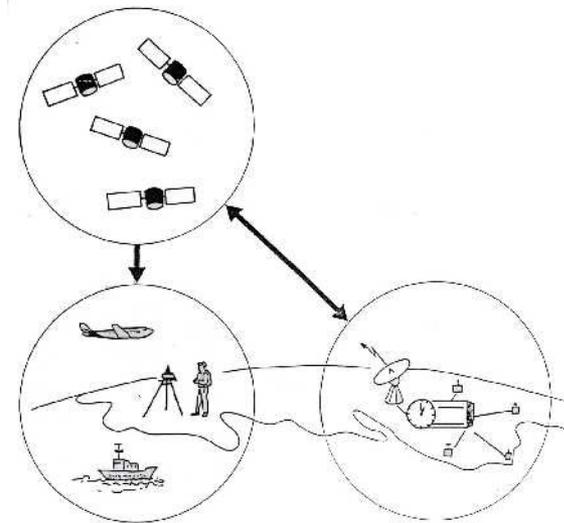
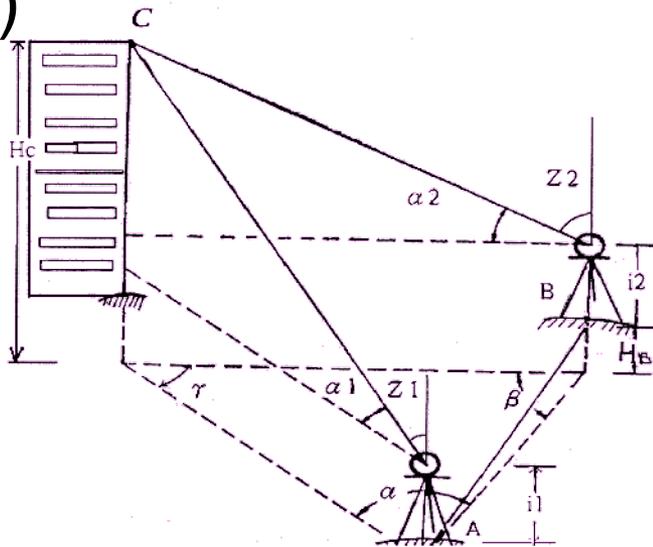
- ◆ 轉換成果與原始資料有差異

GIS 資料庫建立

- ◆ 在建立資料庫前需考慮要建立的資料形態、使用的坐標系統、需要的精度…等
- ◆ 由上述情境尋找已有的資料庫或使用不同方法建立新的資料庫
 - 地面測量
 - 航空像片立體對
 - 類比資料數化
 - 掃描儀
 - 鍵盤輸入
 - 已有數位資料

GIS 資料庫建立 - 地面測量

1. 使用全測站
2. 使用 GPS (Global Positioning System, 全球定位系統)



◆ 可直接得到高精度三維坐標，但成本高

GIS 資料庫建立 - 航空像片立體對

- ◆ 由解析製圖儀或數位航測系統得到三維坐標
- ◆ 精度與像片比例尺、像片品質、控制點(為套合至參考坐標系統)精度、量測人員經驗...等有關
- ◆ 可能有未封閉或細長的面特徵及裂片 (slivers) 情況
- ◆ 成本較地面測量低，且通常有高的精度



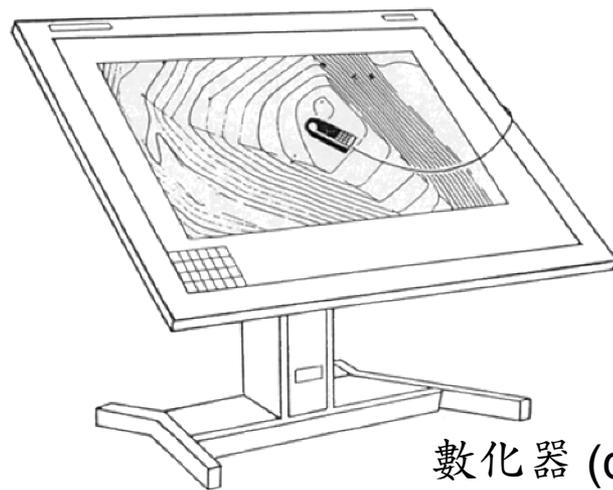
SD2000 解析製圖儀



SOCET SET 數位航測系統

GIS 資料庫建立 - 類比資料數化

- ◆ 使用數化器 (digitizer) 數化地圖、正射照片、平面圖
...
- ◆ 可由鍵盤或游標輸入屬性
- ◆ 精度受紙張變形、數化器、及數化程序影響
- ◆ 成本低，精度不超過原始資料



數化器 (digitizer)

GIS 資料庫建立 - 掃描儀

- ◆ 掃描類比資料得到網格式資料
- ◆ 原資料污跡、皺折會一併數化
- ◆ 設定解析度高：
 - 精度高、掃描時間長、儲存量大、雜訊多
- ◆ 設定解析度低：
 - 精度低、掃描時間短、儲存量小
- ◆ 所需人力少、成本低、速度快



掃描儀

GIS 資料庫建立 - 鍵盤輸入

- ◆ 常為非空間資料
 - 地圖註解
 - 數值
 - 表格...

- ◆ 輸入的檔案轉換為 GIS 相容的形式

GIS 資料庫建立 - 已有數位資料

- ◆ 使用已有的資料前需瞭解其內容物、來源、日期、精度…等，以確保可為 GIS 使用
- ◆ 有時已有的數位資料需經過轉換使 GIS 軟體可以使用，但有可能會造成資訊損失

詮釋資料

- ◆ 詮釋資料 (Metadata) 為 "Data about data"
- ◆ 描述資料的內容、品質、製造單位及日期、收集資料的儀器與程序、比例尺、精度…
- ◆ 當資料經處理後，應同時更新詮釋資料
- ◆ FGDC (Federal Geographic Data Committee) 訂定詮釋資料的標準項目使其有一致性及系統性

counties

Metadata:

- [Identification Information](#)
- [Data Quality Information](#)
- [Spatial Data Organization Information](#)
- [Spatial Reference Information](#)
- [Entity and Attribute Information](#)
- [Distribution Information](#)
- [Metadata Reference Information](#)

<p><i>Identification_Citation</i></p> <p><i>De</i></p> <p><i>Sp</i></p> <p><i>Time</i></p>	<p><i>Entity_and_Attribute_Information:</i></p> <p><i>Detailed_Description:</i></p> <p><i>Entity_Type:</i></p> <p><i>Entity_Type_Label:</i> counties</p> <p><i>Attribute:</i></p> <p><i>Attribute_Label:</i> FID</p> <p><i>Attribute_Definition:</i></p> <p>Internal feature number.</p> <p><i>Attribute_Definition_Source:</i></p> <p>ESRI</p> <p><i>Attribute_Domain_Values:</i></p> <p><i>Unrepresentable_Domain:</i></p> <p>Sequential unique whole numbers that are automatically generated.</p>	<p>for release.</p>
	<p><i>Distribution_Information:</i></p> <p><i>Resource_Description:</i> Downloadable Data</p> <p><i>Standard_Order_Process:</i></p> <p><i>Digital_Form:</i></p>	<p>00</p> <p>00</p> <p>set corresponds to the</p>

<p><i>Metadata_Reference_Information:</i></p> <p><i>Metadata_Date:</i> 20080118</p> <p><i>Metadata_Contact:</i></p> <p><i>Contact_Information:</i></p> <p><i>Contact_Organization_Primary:</i></p> <p><i>Contact_Organization:</i> REQUIRED: The organization responsible for the metadata information.</p> <p><i>Contact_Person:</i> REQUIRED: The person responsible for the metadata information.</p> <p><i>Contact_Address:</i></p> <p><i>Address_Type:</i> REQUIRED: The mailing and/or physical address for the organization or individual.</p> <p><i>City:</i> REQUIRED: The city of the address.</p> <p><i>State_or_Province:</i> REQUIRED: The state or province of the address.</p> <p><i>Postal_Code:</i> REQUIRED: The ZIP or other postal code of the address.</p> <p><i>Contact_Voice_Telephone:</i> REQUIRED: The telephone number by which individuals can speak to the organization or individual.</p> <p><i>Metadata_Standard_Name:</i> FGDC Content Standards for Digital Geospatial Metadata</p> <p><i>Metadata_Standard_Version:</i> FGDC-STD-001-1998</p> <p><i>Metadata_Time_Convention:</i> local time</p> <p><i>Metadata_Extensions:</i></p> <p><i>Online_Linkage:</i> http://www.esri.com/metadata/esriprof80.html</p> <p><i>Profile_Name:</i> ESRI Metadata Profile</p>

空間分析 (Spatial Analysis)

- ◆ Spatial statistics
 - Autocorrelation
 - Interpolation
 - Regression
 - ...
- ◆ Spatial Interaction
- ◆ Simulation & Modeling
- ◆ ...

進階空間分析與應用

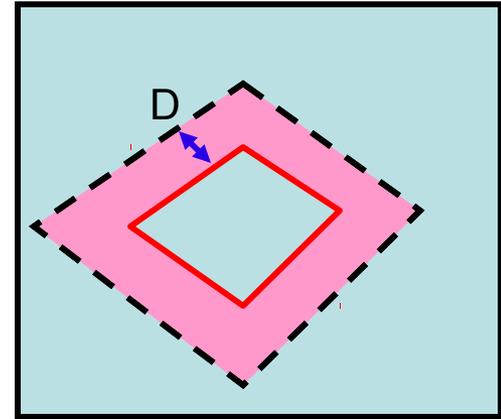
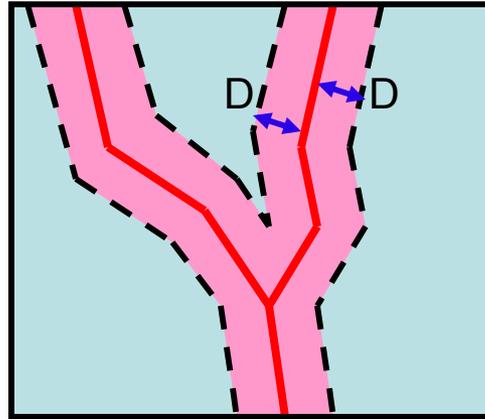
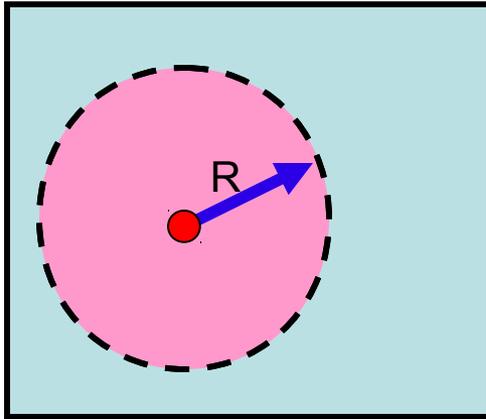
- ◆ Geovisualization
- ◆ Spatial Knowledge Discovery

GIS 解析功能

- ◆ GIS 有基本分析的能力，使 GIS 系統可產生資訊以供擬定計劃、管理、及決策制定
 - 環域分析
 - 邊界運算
 - 空間交會
 - 代數運算

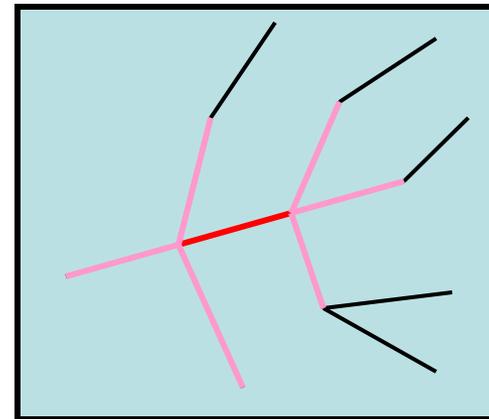
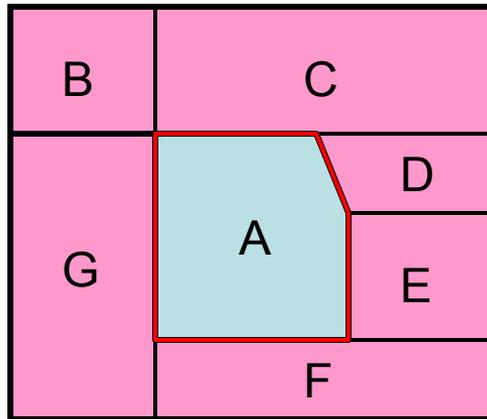
GIS 解析功能 - 環域分析

- ◆ 基於鄰近範圍概念，將地圖分為兩部份
 - 選定特徵的指定範圍內
 - 選定特徵的指定範圍外
- ◆ 選定的特徵可為點、線、或多邊形



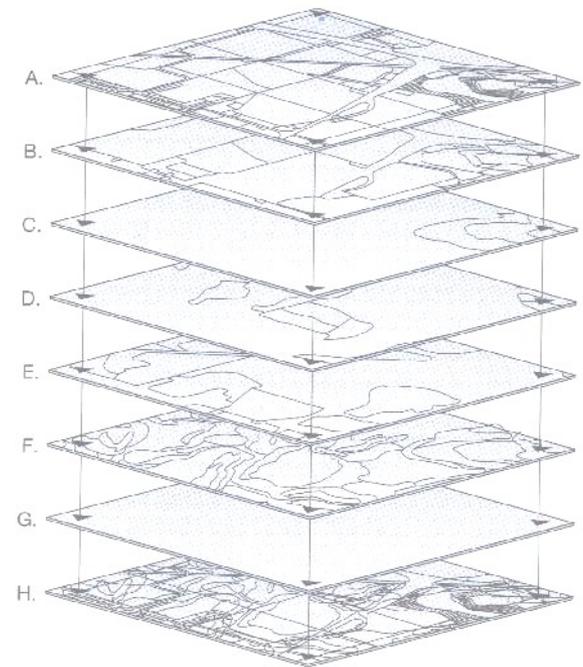
GIS 解析功能 - 邊界運算

- ◆ 拓樸中的鄰接性、連接性使邊界運算可行
 - 找尋鄰接的面
 - 搜尋相連接的線

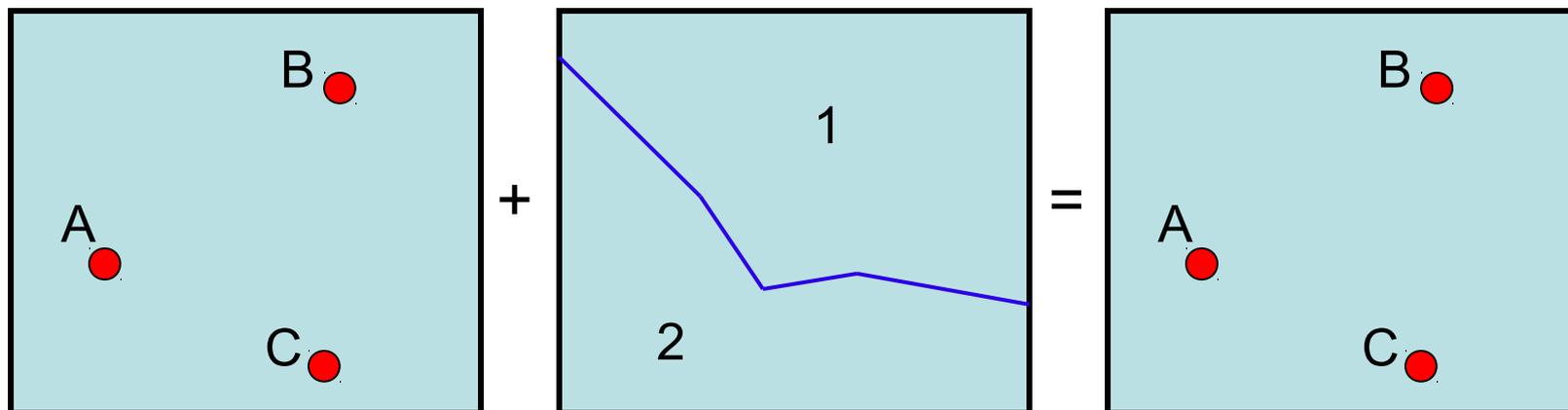


GIS 解析功能 - 空間交會

- ◆ 空間交會又稱覆蓋 (Overlaying)
- ◆ 結合不同圖層之空間資料及屬性資料
 - 點在面內 (point in polygon)
 - 線在面內 (line in polygon)
 - 面在面上 (polygon on polygon)



點在面內 (point in polygon)

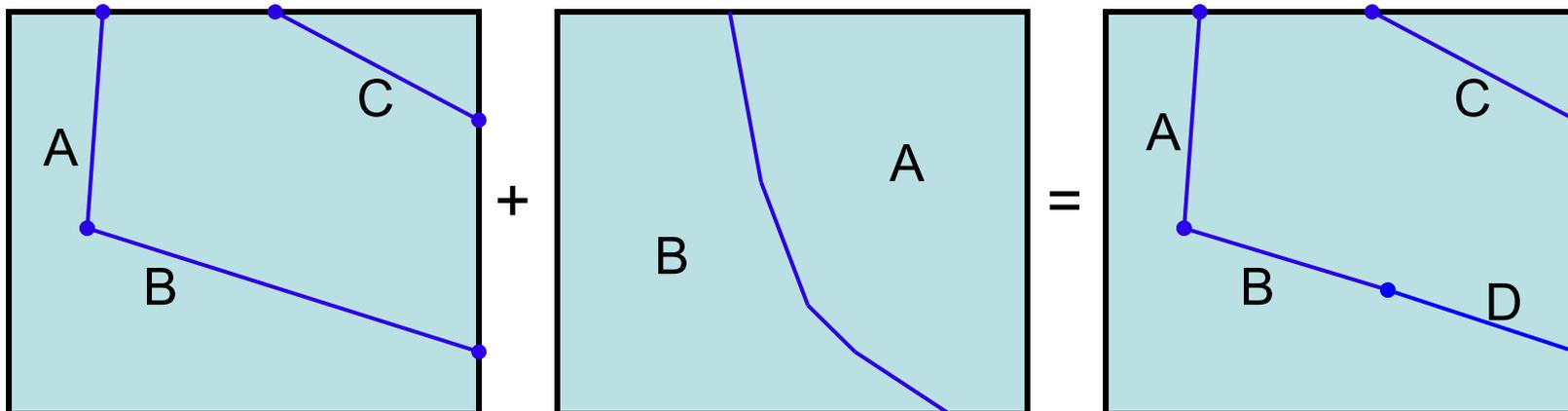


ID	樹種
A	松
B	竹
C	梅

ID	土壤類型
1	紅土
2	黃土

ID	樹種 + 土壤
A	松 + 黃土
B	竹 + 紅土
C	梅 + 黃土

線在面內 (line in polygon)

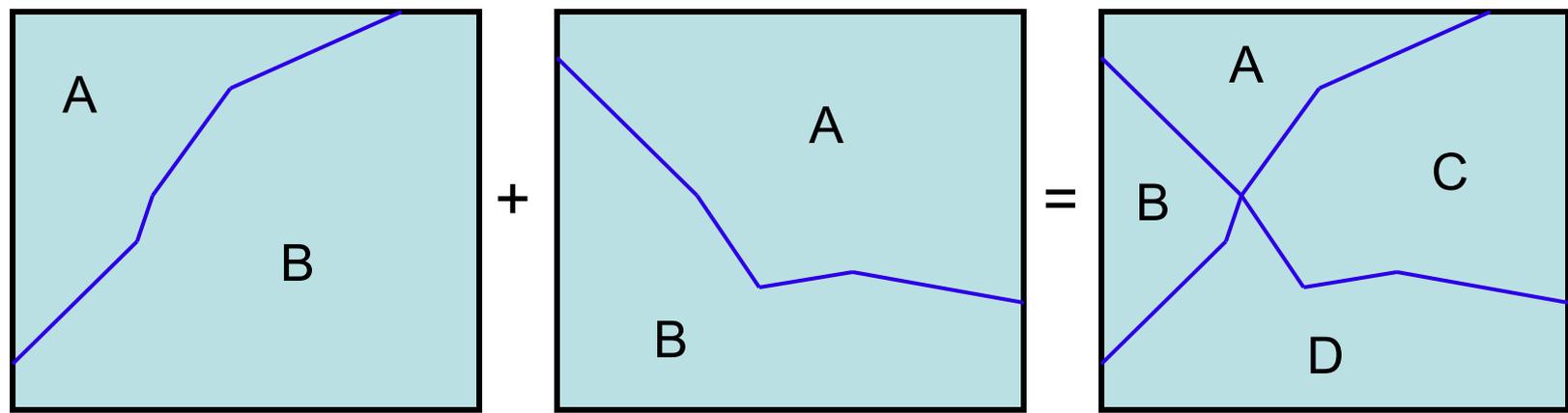


ID	公路等級
A	六級路
B	四級路
C	一級路

ID	行政區
A	台北市
B	台北縣

ID	路級 + 行政區
A	六級 + 台北縣
B	四級 + 台北縣
C	一級 + 台北市
D	四級 + 台北市

面在面上 (polygon on polygon)



<u>ID</u>	<u>地形</u>
A	台地
B	平原

<u>ID</u>	<u>土壤類型</u>
A	紅土
B	黃土

<u>ID</u>	<u>地形 + 土壤</u>
A	台地 + 紅土
B	台地 + 黃土
C	平原 + 紅土
D	平原 + 黃土

GIS 解析功能 - 代數運算

◆ 算數運算

➤ +, -, *, /, ^

◆ 邏輯運算

➤ =, >, <, >=, <=, !=, AND, OR, XOR, NOT

◆ 數學函數

➤ 三角函數, 對數函數...

GIS 應用

- ◆ 國土計劃
 - 區域計劃、都市計劃、國家公園計劃…等
- ◆ 土地使用
 - 土地利用規劃、土地資源管理、海洋地區規劃、地價評估、機場設施規劃、高速公路規劃分析
- ◆ 環境保育
 - 環境資源管理、分析、保護、評估及監測
- ◆ 水資源管理
 - 流域經營、河川流量分析、洪峰估計
- ◆ 交通系統網路分析
 - 公路選線、交通系統規劃、交通分析、地勢分析

GIS 應用

- ◆ 國防軍事應用
 - 飛彈地形資料庫建立、軍事設施工程規劃管理
- ◆ 公共設施經營及管理
 - 下水道規劃、瓦斯、電信、電力、自來水之管線管理
- ◆ 地形、地質之狀況模擬
 - 工程之挖填方土方計算、坡度及坡向方析
- ◆ 車輛導航系統
- ◆ 商業市場分析
- ◆ 考古、不動產、人口、土壤分析

GIS 應用 SOP

- ◆ Ask (w/ location-based perspective)
- ◆ Acquire
- ◆ Examine
- ◆ Analyze
- ◆ Act

GIS 應用實例

- ◆ GIS查詢
- ◆ 國土變遷偵測
- ◆ 災害防治

結論

- ◆ GIS 可整合空間資料及非空間資料進行分析以得到資訊供決策制定，故廣泛應用於許多領域
- ◆ 複雜的空間分析必須倚賴高效能的**空間運算**
- ◆ GIS 分析成果的精度與空間資料的精度高度相關，故**航測**、**遙測**、及**GPS**(三者皆為空間資料的主要來源)為地理資訊領域中的基礎與根本
- ◆ GIS 目前以 2D 為主，逐漸朝 3D 發展(如：數碼城市)，未來更進一步可進展為動態的 4D 系統，屆時**視覺模擬**即為重要的課題之一