



坐標系統

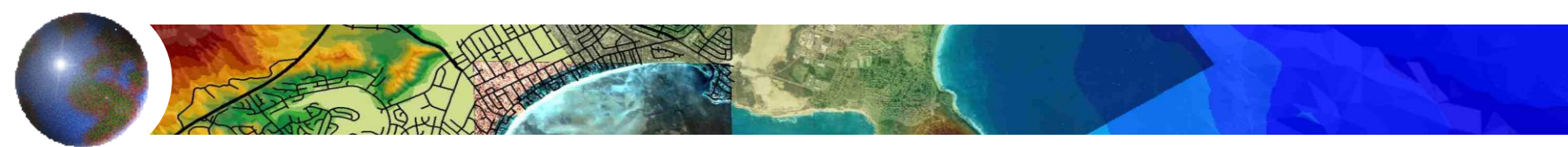
Coordinate systems



課程綱要

✦ 坐標系統

- ❑ 參考橢球體(Ellipsoid)
- ❑ 大地基準(Geodetic Datum)
- ❑ 投影方式(Projection)
- ❑ TWD67
- ❑ TWD97
- ❑ WGS84



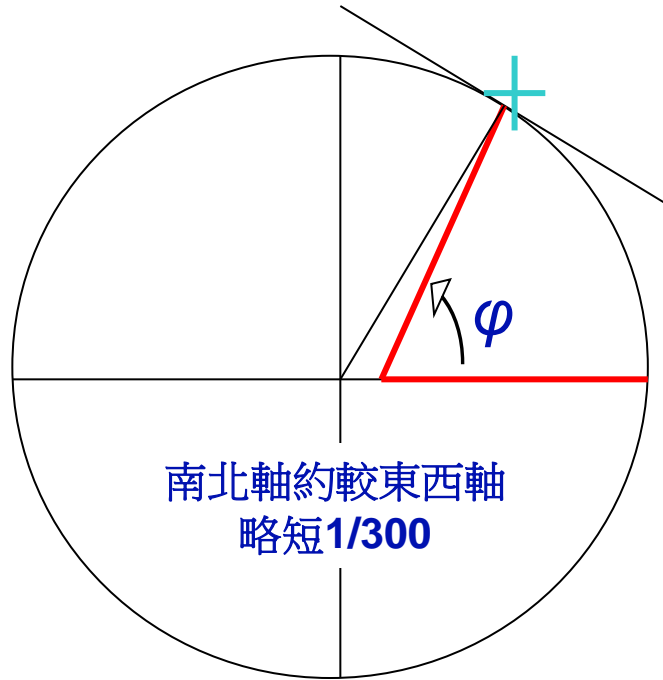
大地坐標

(Geographic Coordinate)

- ❖ 地理資訊系統所牽涉的空間，一般是指地表空間，亦即生活的立體空間
- ❖ 要說明解釋「在何處」的問題，最有效的方式是訂定坐標系統
- ❖ 定義生活空間方向與距離，包括傳統使用的東南西北、經緯度、直角坐標...等，都屬於大地坐標

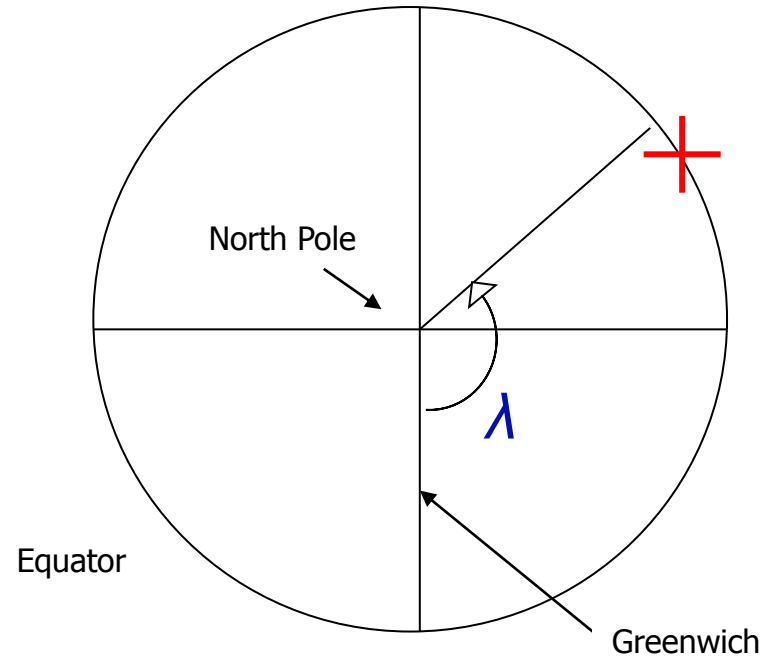


經緯度系統(球面座標)



地表X點之緯度(φ) =
X點球面法線與赤道之夾角

緯度



地表X點之經度 (λ) =
X點與格林威治線之水平夾角

經度



空間表示方法

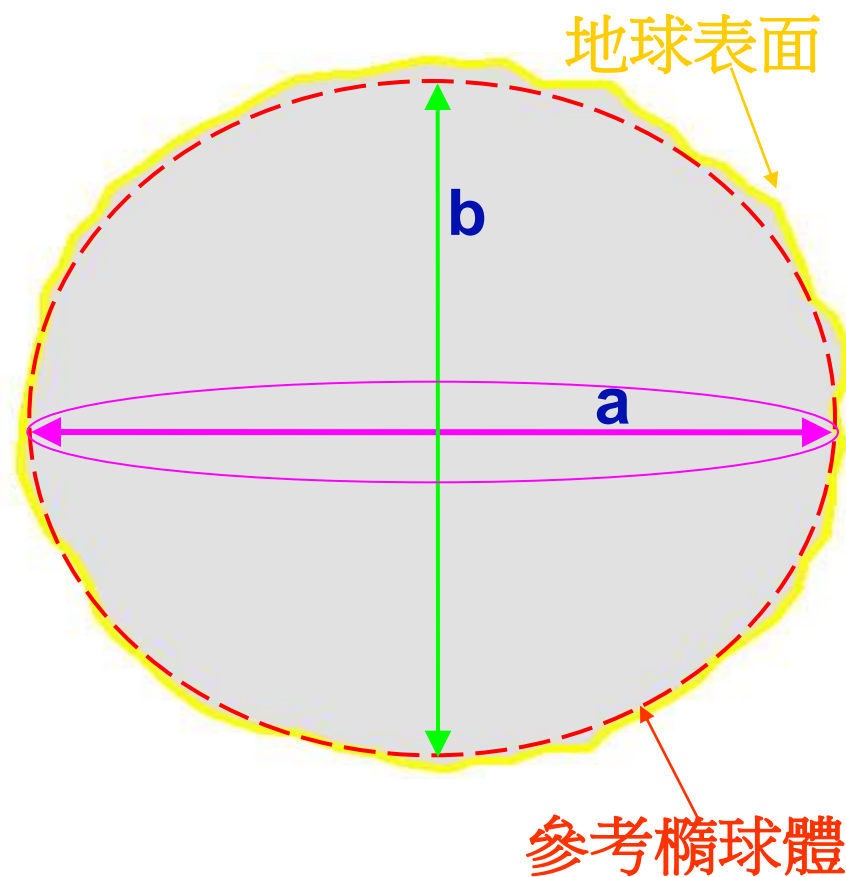
- ✦ 真實世界立體坐標該如何轉換至平面地圖？
- ✦ 地球為不規則且複雜接近橢球的幾何形狀
- ✦ 地圖是在平面上表示地球表面的型態，然而地球真實情況為立體的型態，因此需要有系統改變一個形狀上的幾何關係到另一個形狀上
 - ❑ 決定地球規則的幾何形狀，稱為參考橢球體
 - ❑ 將地球上的位置轉移到參考橢球體上
 - ❑ 將橢球體轉變為平面進行展現

參考橢球體 Ellipsoid

- 地球真實形狀為赤道地帶略為膨脹，而兩極地區略成扁平接近橢圓形的外型
- 因此參考橢球體即為最接近地球真實外型之規則幾何形狀
- 由於決定橢球體時，考慮的時間、技術...等，因此造成許多不同的參考橢球體

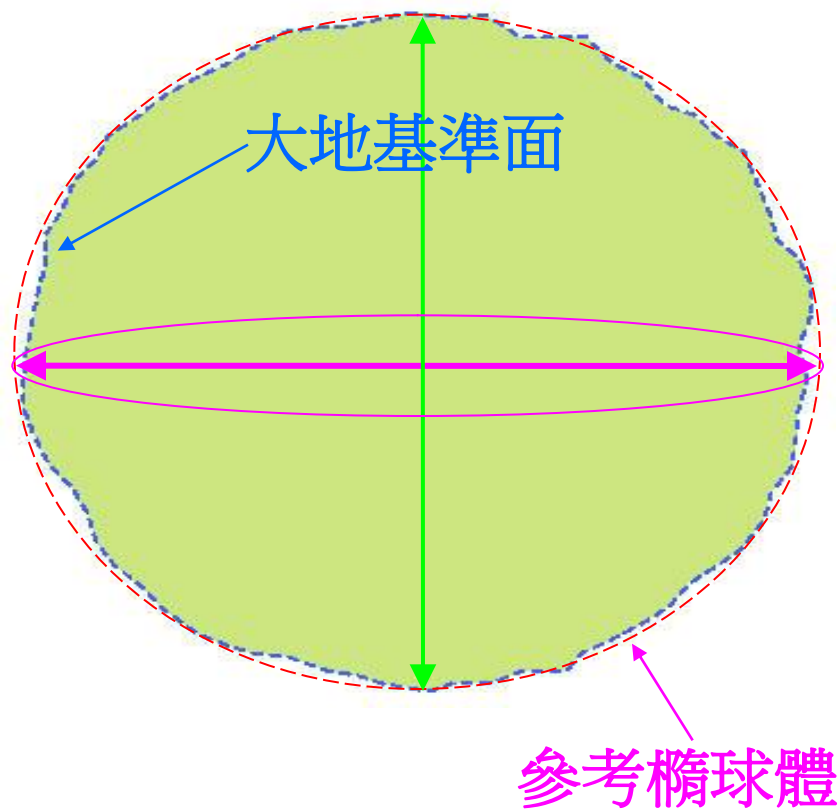
- a：長軸
- b：短軸
- f：扁率

$$f = \frac{a-b}{a}$$



大地基準面 Geoid

- ✦ 大地基準面是指以地球質量為中心，為重力相等所構成的球面
- ✦ 為一不規則面，無法透過一個數學方程式表達
- ✦ 通常是以平均海水面為大地基準面
- ✦ 局部地區可選用與該地區最密合的橢球體為基準





大地基準 (Geodetic Datum)

- ❖ 所謂「基準」，是指一個真實或推論作為計算參考的依據
- ❖ 因此大地基準 是指作為大地測量坐標計算的參考依據
- ❖ 由於各應用研究地區的大地基準面均不甚相同，因此需要視情況選用與該地區最密合的「區域性」或「全球性」的大地基準



TWD67大地基準

✦ 台灣以往大地基準(TWD67)

- ❑ 平面基準為**1967年**之參考橢球體(GRS67)

- ❑ 以南投埔里之虎子山為大地基準

- ❑ 橢球參數：長軸 $a = 6378160$ 公尺

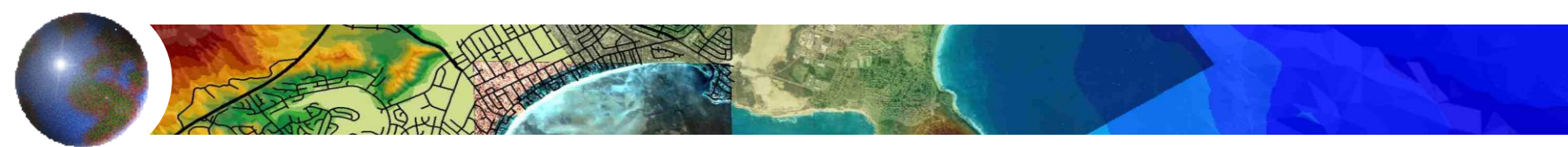
扁率 $1/f = 298.25$

- ❑ 取名**TWD67**是因為採用**GRS67**橢球體的台灣地區基準



TWD97 大地基準

- 配合**GPS**衛星定位測量技術的廣泛應用，與因應世界各國相繼採用全球性坐標系統並重新定義大地基準的趨勢，內政部也重新定義國家坐標系統
- 台灣新的大地基準(TWD97)
 - 平面基準為**1980**年之參考橢球體(**GRS80**)
 - 以八個衛星追蹤站為基準
 - 橢球參數：長軸 $a = 6378137$ 公尺
扁率 $1/f = 298.257222101$
 - 取名**97**是因為於**1997**年完成**GPS**重新計算的台灣地區基準



WGS84 大地基準

✦ WGS 1984 (WGS84)

- ✦ 美國國防部於西元**1984**採用了一個新的地球標準物理模型，表現了地球重力中心的不規則狀態，美國國防部為**GPS**而制定的世界座標系統定名**WGS-84**世界測量座標系
- ✦ 以地球的質量中心為中心點，加上了分布在全世界各地的**1500**個地理座標參考點，實際表現了地球各區域的物理特性
- ✦ 橢球參數：長軸 $a = 6378137$ 公尺
扁率 $1/f = 1/298.257223563$



TWD67與TWD97比較

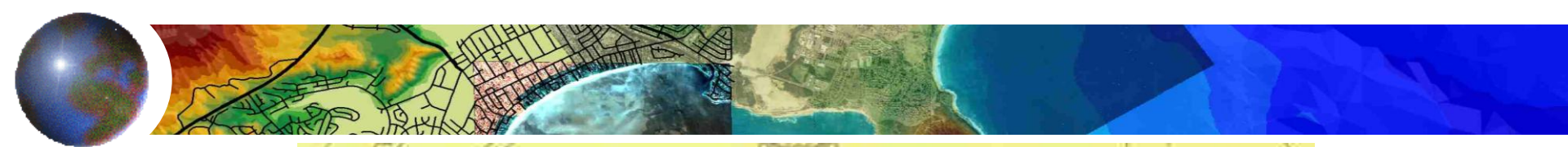
✚ TWD67與TWD97為台灣最常使用的平面坐標系統，兩者的比較

✚ 橢球體

- TWD67與TWD97兩者使用不同的橢球體，TWD67使用GRS67；TWD97使用GRS80

✚ 坐標基準

- TWD67坐標基準在南投埔里虎子山；TWD97坐標基準是基於內政部八個衛星追蹤站的坐標值
- 兩者之間X方向約差距826公尺、Y方向約差距210公尺



中華民國海軍水道圖
中華民國第三區海岸 台灣省

基隆港

中華民國八十四年以前海軍海洋測量局測量
港內水深採自民國八十五年基隆港務局資料
陸地資料採自民國八十四年版內政部航空相片基本圖

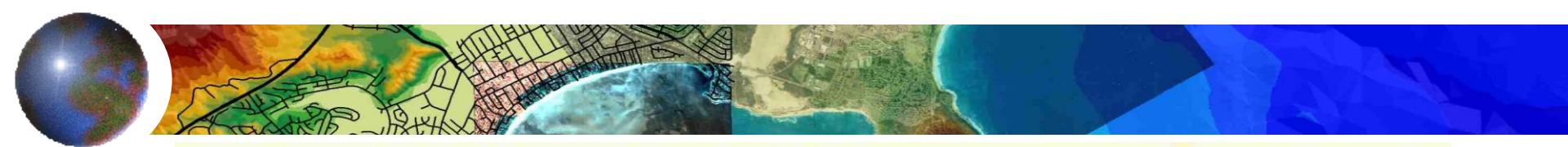
比例尺····· 1:10,000

深度····· 公尺····· 約最低低潮面下
高度····· 公尺····· 平均海面上

圖例及縮寫閱民國八十四年版刊物第一種海圖圖例

衛星量度位置

採自衛星導航系統之位置，係以 WGS84 座標系統為基準
展繪於本圖時，經度應西移 0.49 分，緯度應北移 0.11 分



比例尺：二萬五千分之一



等高線間隔：首曲線10公尺，間曲線5公尺

高 程：自臺灣基隆平均海水面為零公尺起算

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 $120^{\circ}58'25.9750''$
北緯 $23^{\circ}58'32.3400''$

投 影：橫麥卡脫投影，經差二度分帶，中央經線 121°

方 格 線：橫麥卡脫投影座標系統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

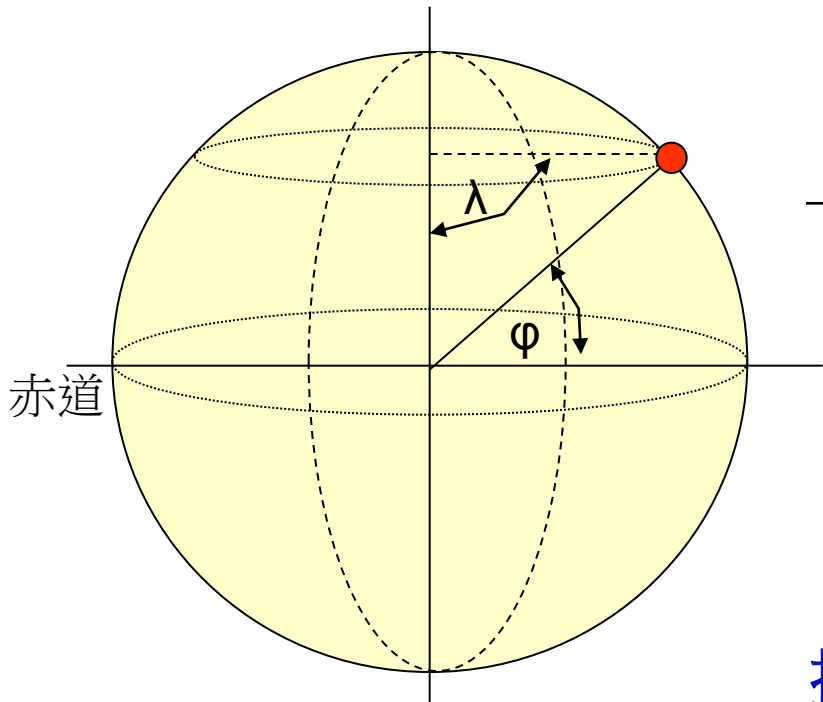
調繪時間：中華民國76年8月聯勤四〇一廠實地調繪

印刷時間：中華民國77年6月聯勤四〇一廠印製

GRS 67

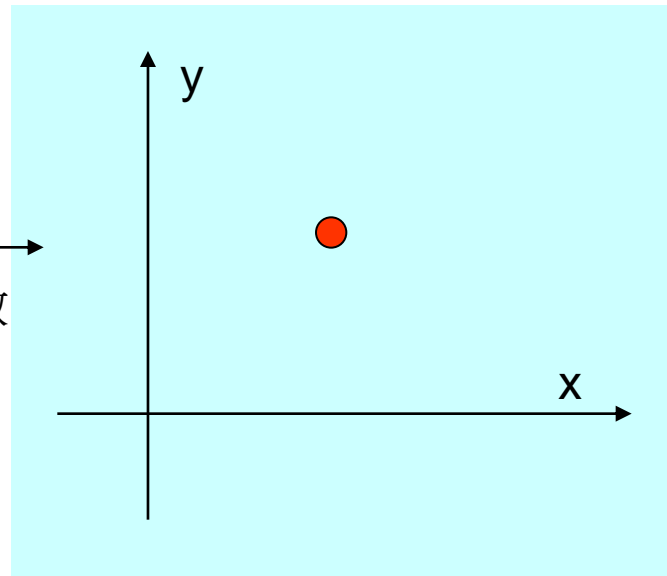
地圖投影 (Map projection)

格林威治子午線



$$x=f(\varphi,\lambda)$$
$$y=g(\varphi,\lambda)$$

f,g為投影函數



投影方式

球面座標
(Earth surface)

平面座標
(Flat surface)



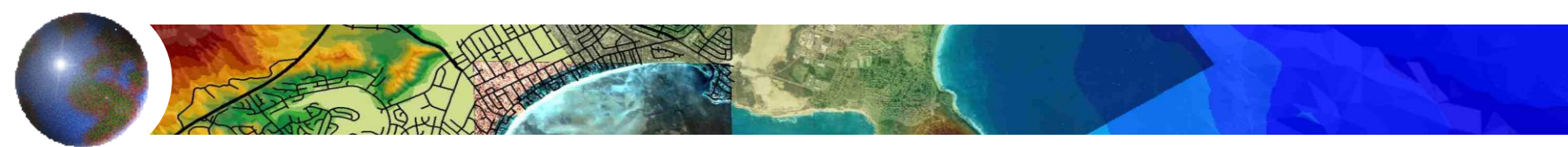
Three Map Projections Centered at 39 N and 96 W

Mercator

Lambert Conformal Conic



Unprojected



投影方式

(Types of map projection)

- ✦ 決定最適合的參考橢球體與大地基準，將立體位置有系統轉換成為平面位置
- ✦ 投影的定義即是將地球三圍表面空間上的經緯位置，經由有系統的方式轉換至平面的坐標
- ✦ 投影會產生的變形
 - ✦ 距離
 - ✦ 方向
 - ✦ 面積
 - ✦ 形狀



依照畸變區分地圖投影 (Classified by distortion)

✦ 正形(Conformal)投影

- ✦ 保持原來地物的角度不改變，小地區物體的形狀也會保持不變；大地區則形狀會產生變化
- ✦ 例如：蘭柏特正形圓錐投影、麥卡托圓柱投影

✦ 等積(Equivalent)投影

- ✦ 保持所有區域面積不改變，但地面角度會變形且扭曲程度大
- ✦ 例如：亞伯等積投影

✦ 等距(Equidistance)投影

- ✦ 保持由一點或兩點起算的距離不變
- ✦ 例如：圓錐投影，由圓心起算的所有距離不變



依照拓展面分地圖投影 (Classified by geometric object)

❊ 圓錐投影(Conical projection)

- ❑ 將球面投影到相切或相割的圓錐體上，再將圓錐體加以展開

❊ 圓柱投影(Cylindrical projection)

- ❑ 將球面投影到相切或相割的圓柱體上，再將圓錐體加以展開

❊ 方位投影(Azimuthal projection)

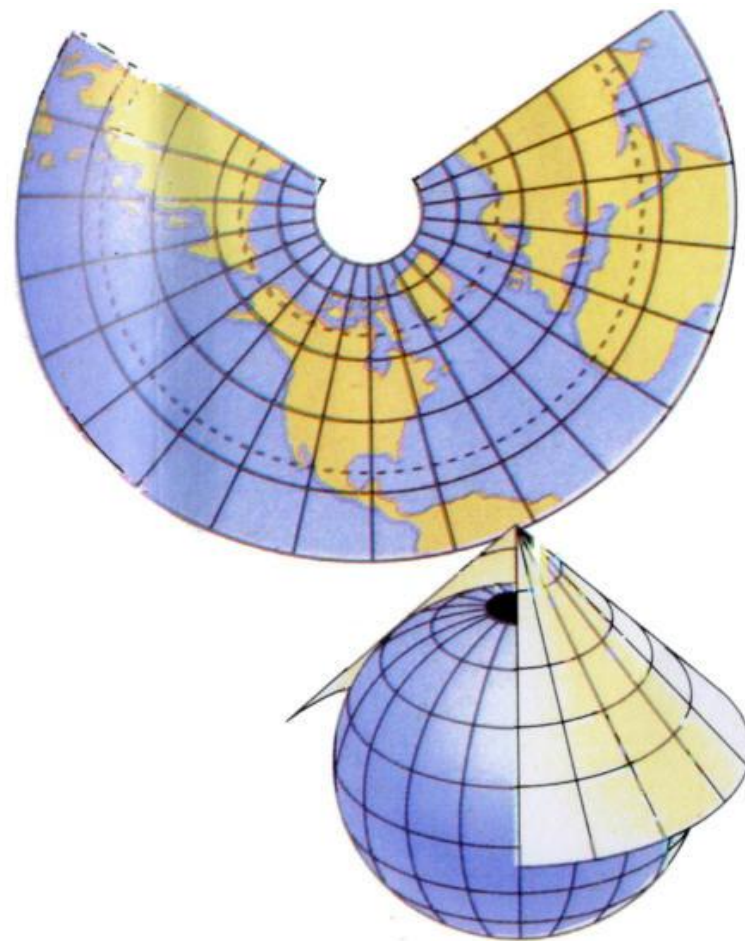
- ❑ 也稱平面投影，將球面投影到相切或相割的平面



地圖投影方法

❖ 圓錐投影(Conical projection)

- ❖ 將球面投影到相切或相割的圓錐體上，再將圓錐體加以展開
- ❖ 所有經線由一個方向集聚，往另一個方向散開，為間格相等的放射直線，緯線為同心圓形式
- ❖ 適合中緯度範圍地區，但不適合繪製世界地圖

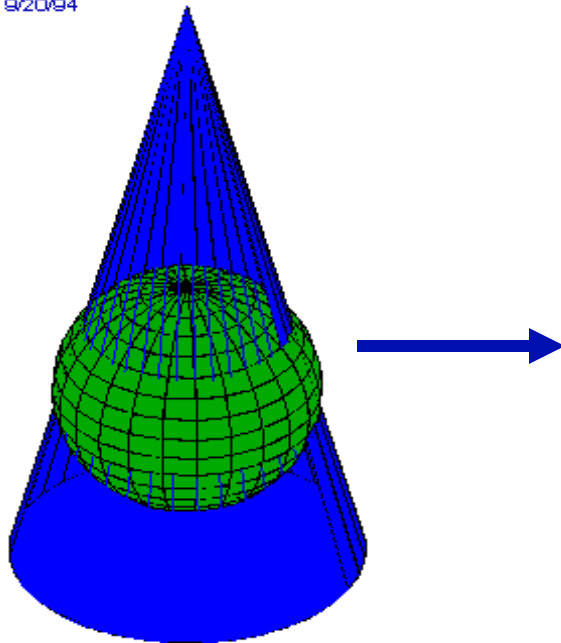




藍伯特投影(Lambert Conformal Conic)

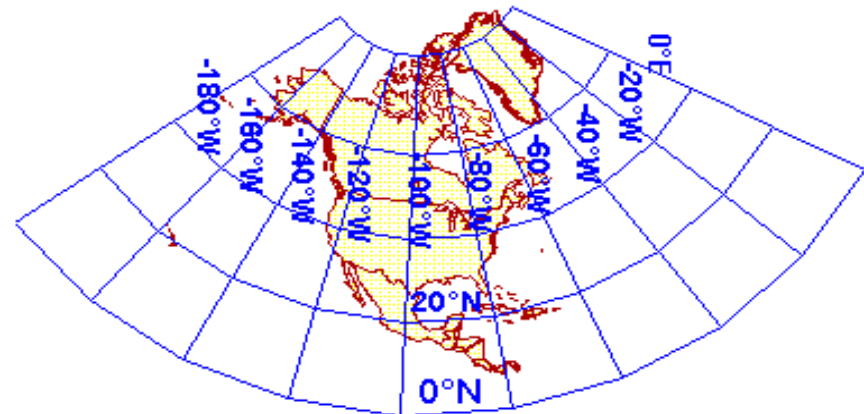
- ⊕ 圓錐投影(Conic Projection)
- ⊕ 等積投影 (Equal Area): 形狀正確, 面積正確

Peter H. Dana 9/20/94



Secant Conic Projection

Peter H. Dana 9/20/94



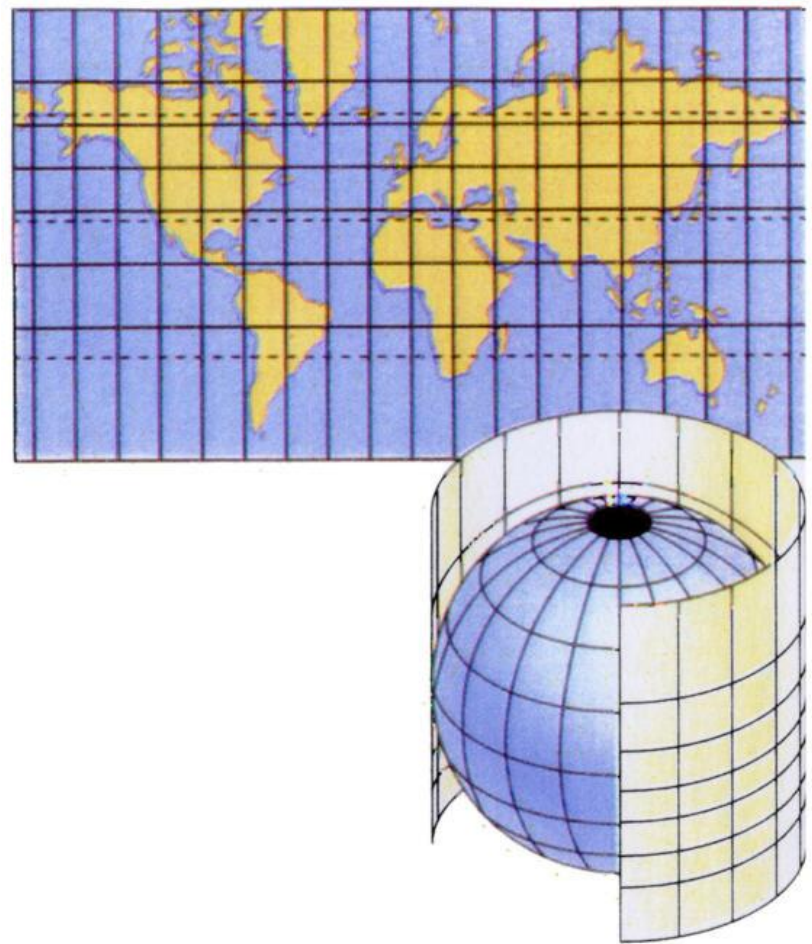
**North America
Lambert Conformal Conic
Origin: 23N, 96W
Standard Parallels: 20N, 60N**

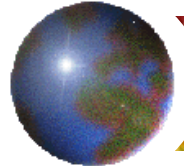


地圖投影方法

✦ 圓柱投影(Cylindrical projection)

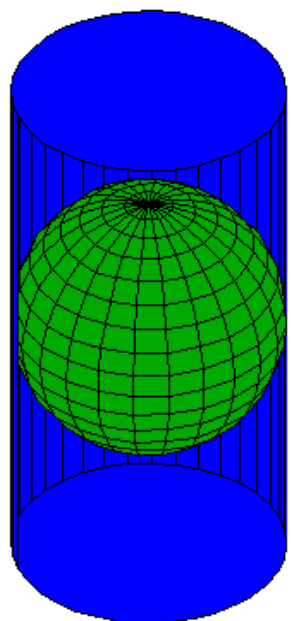
- ✦ 將球面投影到相切或相割的圓柱體上，再將圓錐體加以展開
- ✦ 所有經緯線均為直線，並且相互垂直
- ✦ 圓柱投影應用甚廣，例如航海使用，然而由於在高緯度地區的經線過度放大而會形成失真



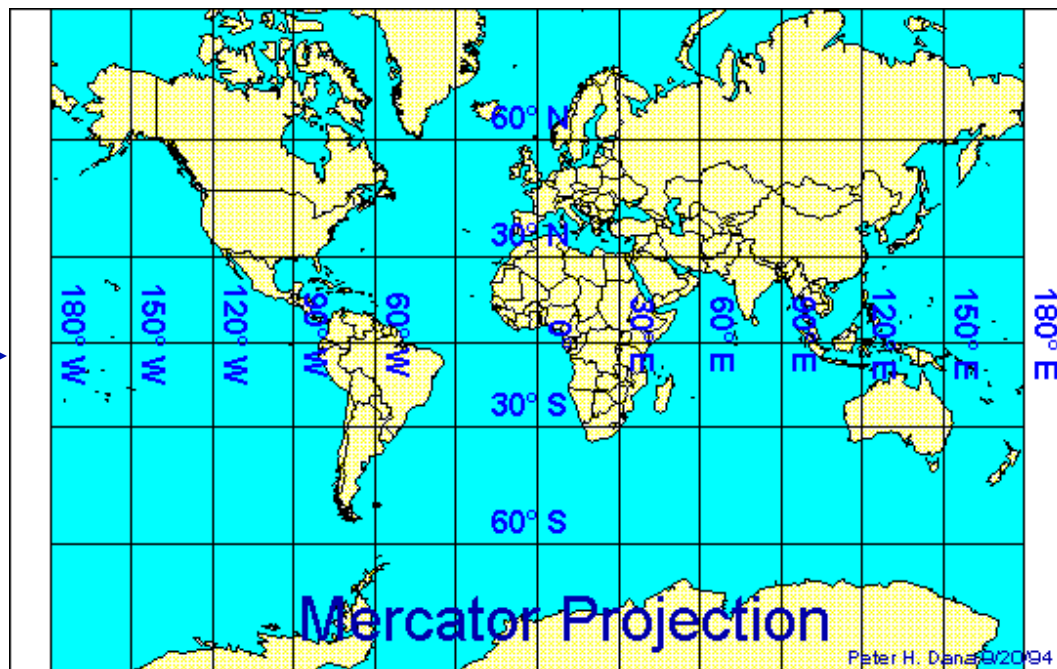


麥卡托投影(Mercator projection)

- ⊕ 正形投影(conformal): 角度正確, 方向正確
- ⊕ 圓柱形投影(Cylindrical Projection)



Peter H. Dana 9/20/94



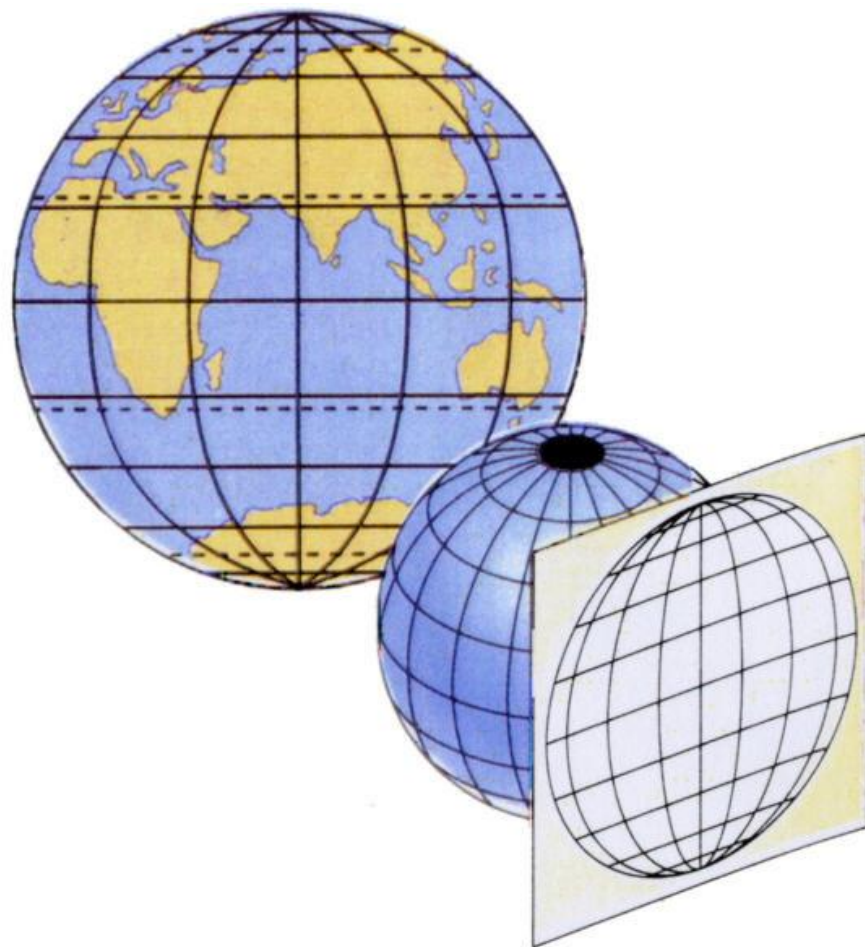
Cylindrical Projection Surface



地圖投影方法

✦ 方位投影(Azimuthal projection)

- ✦ 也稱平面投影，將球面投影到相切或相割的平面
- ✦ 根據投影光源位置不同，又可分為正射投影與中心投影兩種



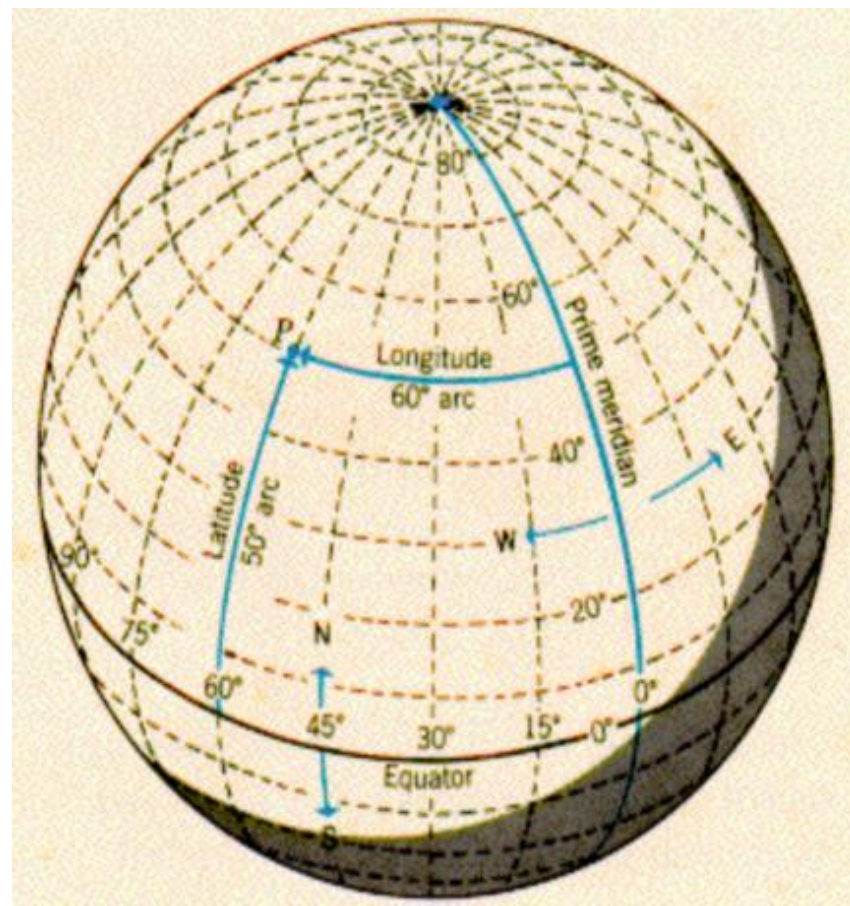


座標格式

- ✦ 地表上任何一個地理位置都可以用大地基準 (**Datum**) + 座標格式 (**Format/Grid**) 兩個參數來標示。
- ✦ 在台灣常聽到的 **TWD67**、**TWD97**、**WGS84** 等，都是大地基準，而經緯度、**UTM** (六度分帶)、**TM2** (二度分帶) 等，指的是座標格式。例如埔里虎子山原點，雖然有不同座標表示方式，指的都是同一個地理位置。

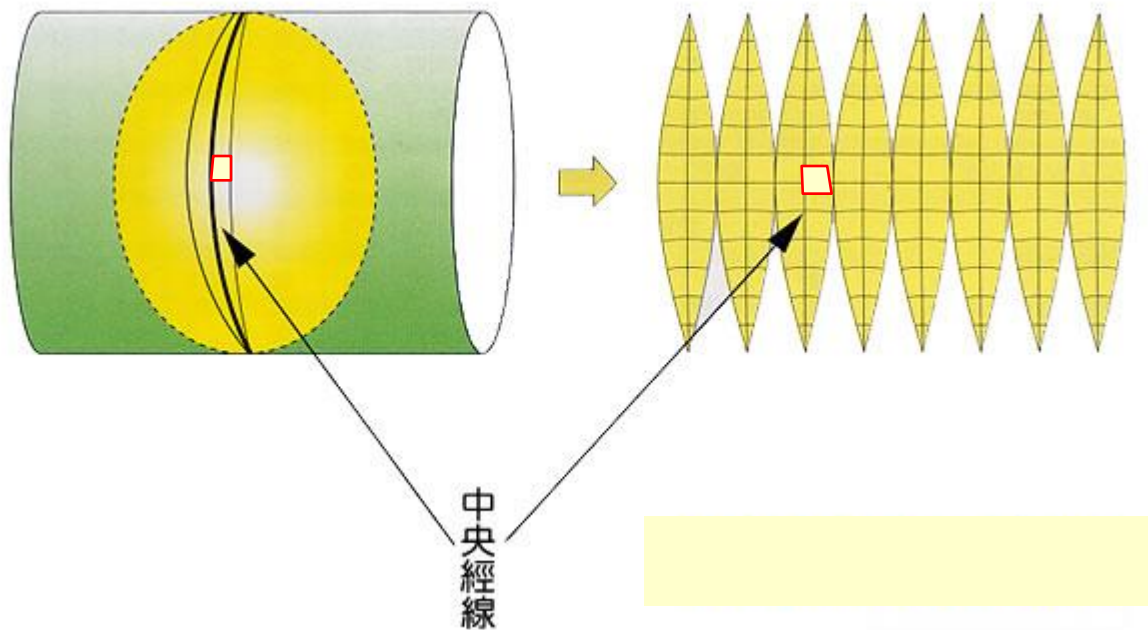
球面坐標(大地座標)

- ❊ 經緯度坐標，以度、分、秒表示
- ❊ 本初子午線為通過格林威治天文台
- ❊ 僅能表示位置與方向性，無法直接表示距離與面積



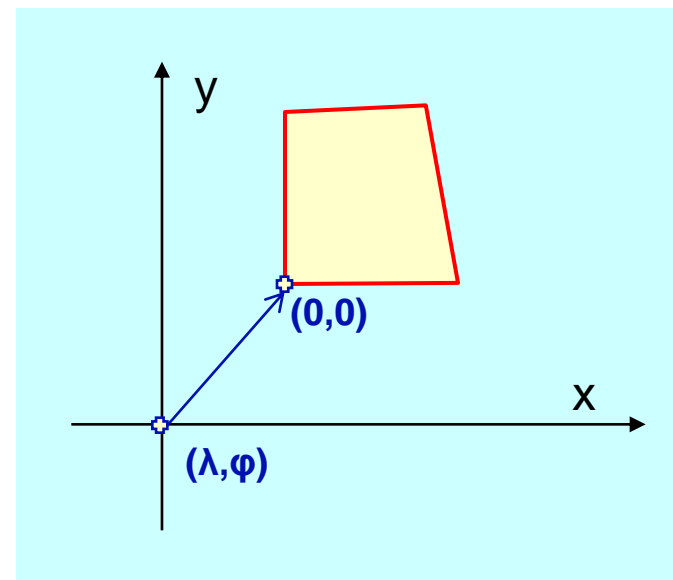
平面坐標(可直接表示距離與面積)

世界採用最廣的為**UTM**座標系統



球面座標
(Earth surface)

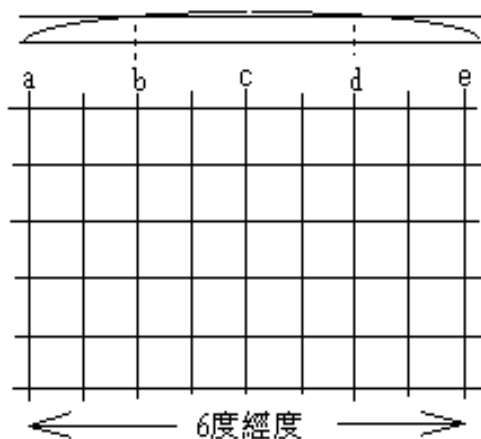
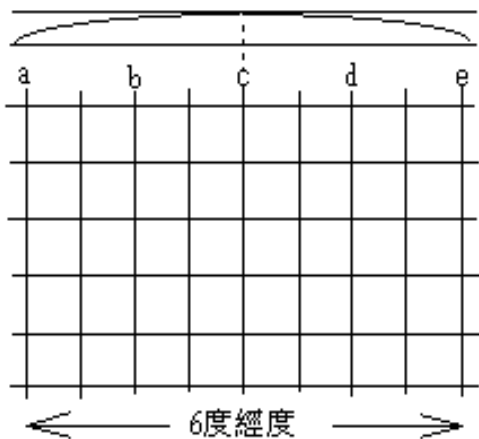
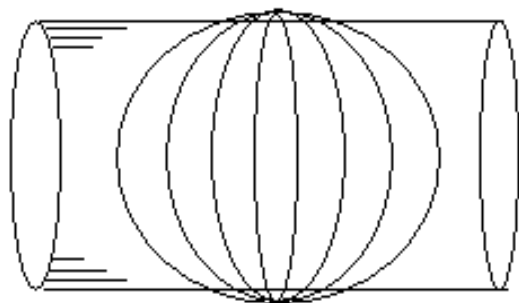
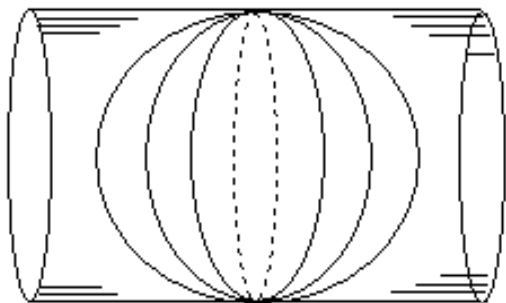
UTM投影 + 平移



平面座標
(Flat surface)



The Universal Transverse Mercator (UTM) Projection



(一般)橫麥卡托投影

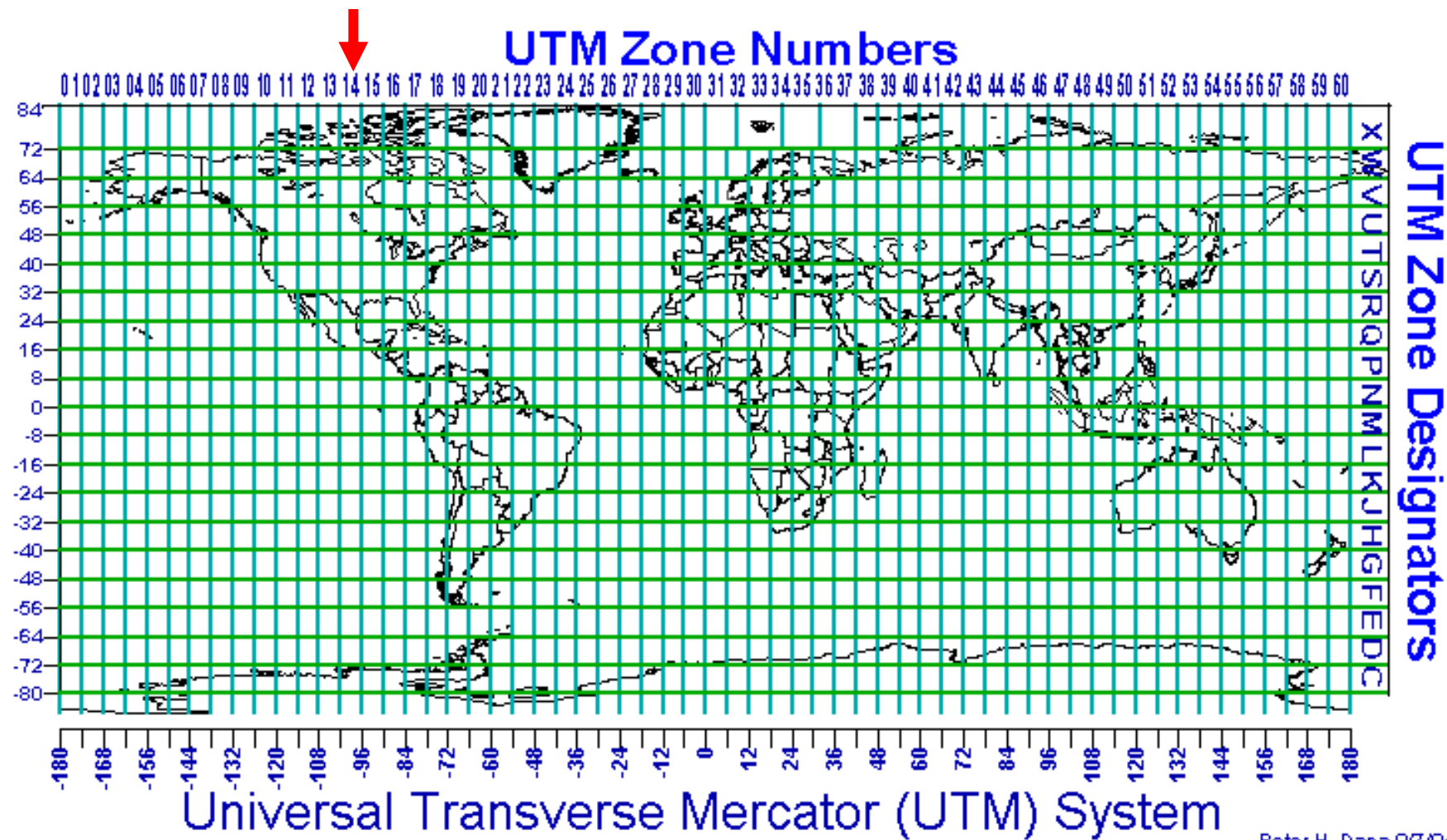
(國際)橫麥卡托投影

- ✦ Transverse Mercator because the cylinder is wrapped around the Poles, not the Equator
- ✦ A type of cylindrical projection
- ✦ Implemented as an internationally standard coordinate system
- ✦ Initially devised as a military standard.
- ✦ Uses a system of 60 zones
Maximum distortion is 0.04%



Universal Transverse Mercator (UTM) Projection

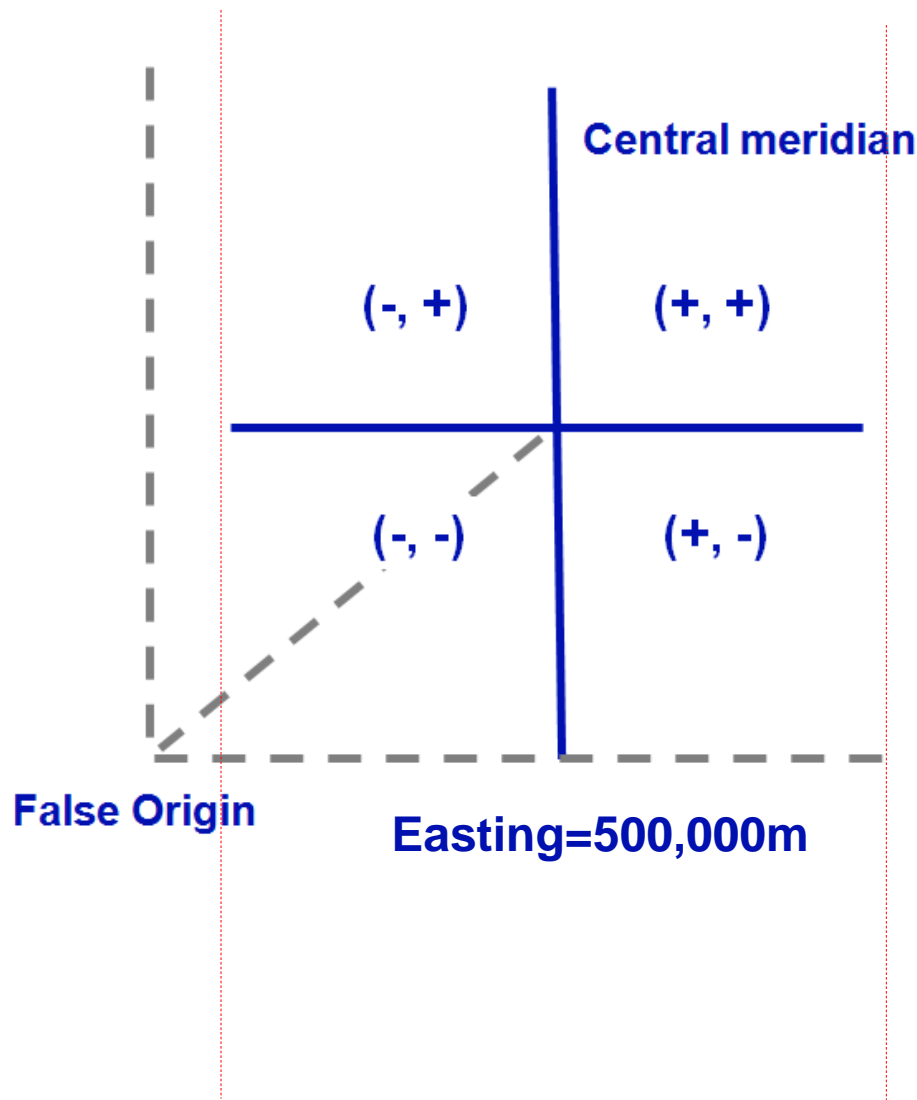
國際橫麥卡托投影





國際橫麥卡托投影

- ✦ 將球面投影於平面，並以X,Y表示
- ✦ 圓柱繞南北極點，並非赤道
- ✦ 由西經 180° 起算，每 6° 為一帶，全球共分為60區，由西向東順序編號，由1至60
- ✦ 僅適用於北緯 84° 至南緯 80° ，靠近極區畸變程度過大因此無法適用
- ✦ 各帶以數字表示；各行以字母C-X表示（其中不採用A、B、I、O、Y、Z）
- ✦ 台灣位於51Q（東經120-126、北緯16-24）
- ✦ 各帶以中央經線與赤道交點為原點，中央經線E坐標為500,000公尺，N坐標則一南北半球不同，北半球N為0公尺，南半球N為10,000,000公尺



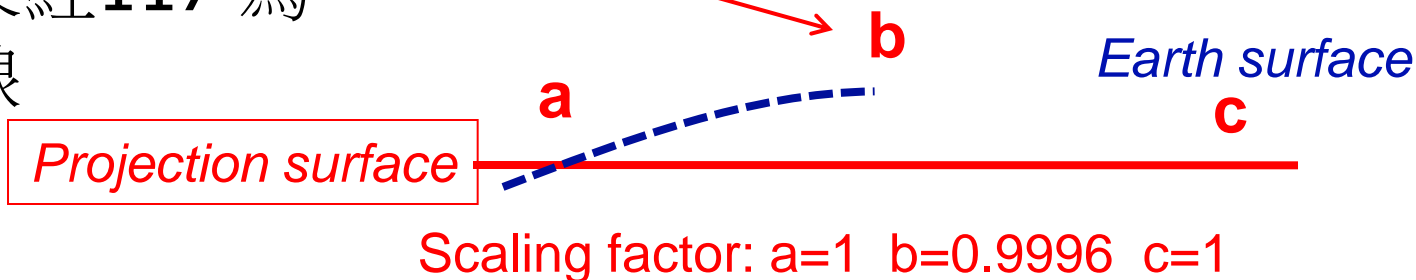
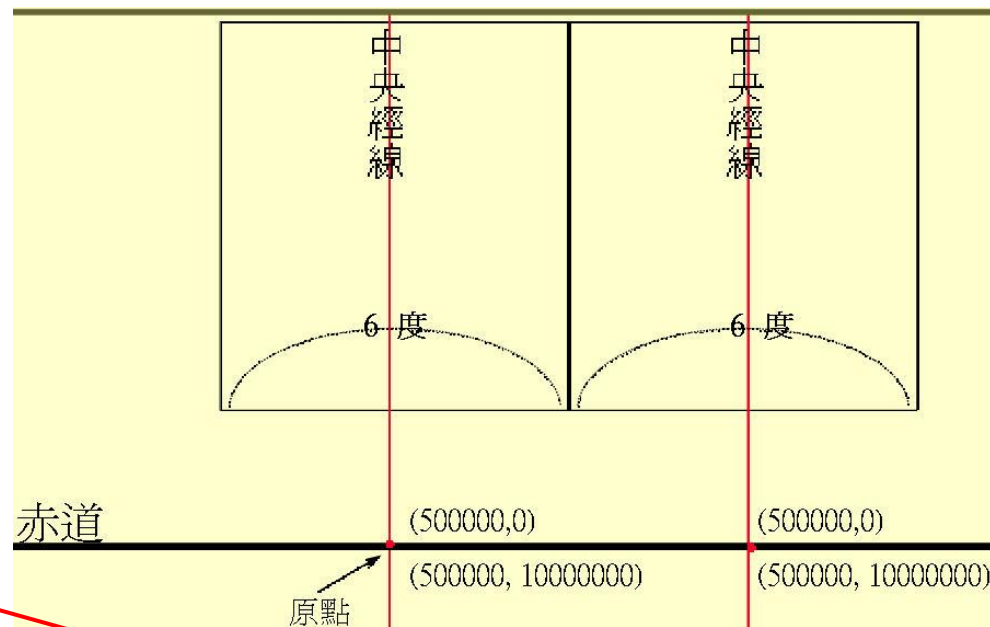
座標平移之目的：
使XY座標值均為正值

X座標：
給定適當之座標值給中央經線，**500,000m(6度分帶)**、**350,000m(3度分帶)**、**250,000m(2度分帶)**

Y座標：
北半球以赤道為**0m**，南半球以赤道為**10,000,000m**

國際橫麥卡托投六度分帶

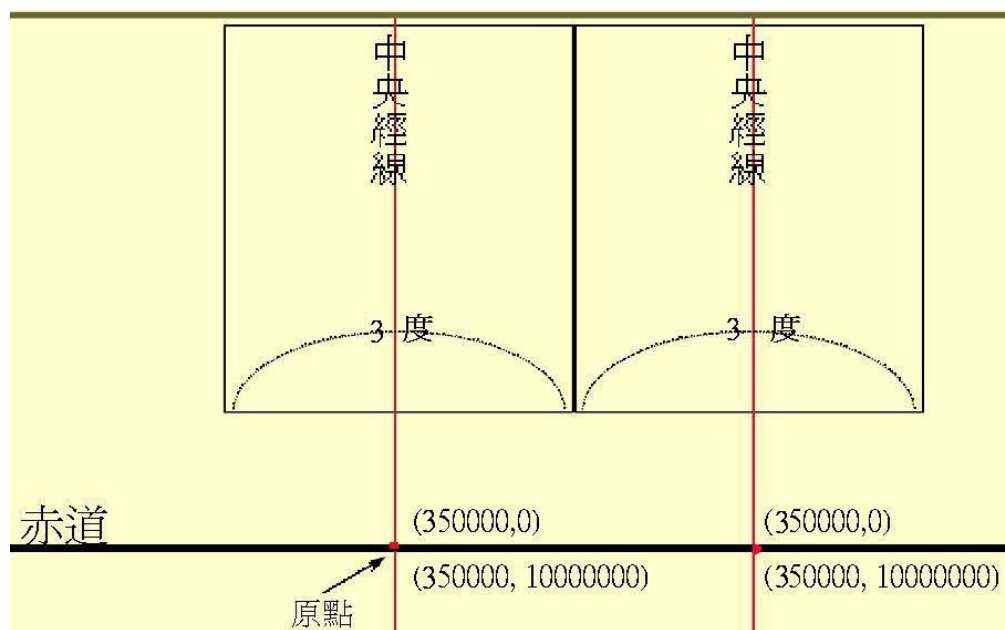
- ✦ 台灣分為分為澎湖與台灣地區
- ✦ 台灣以 123° 為中央經線，橫坐標西移500,000公尺，尺度比(*scaling factor*)為0.9996
- ✦ 澎湖以東經 117° 為中央經線





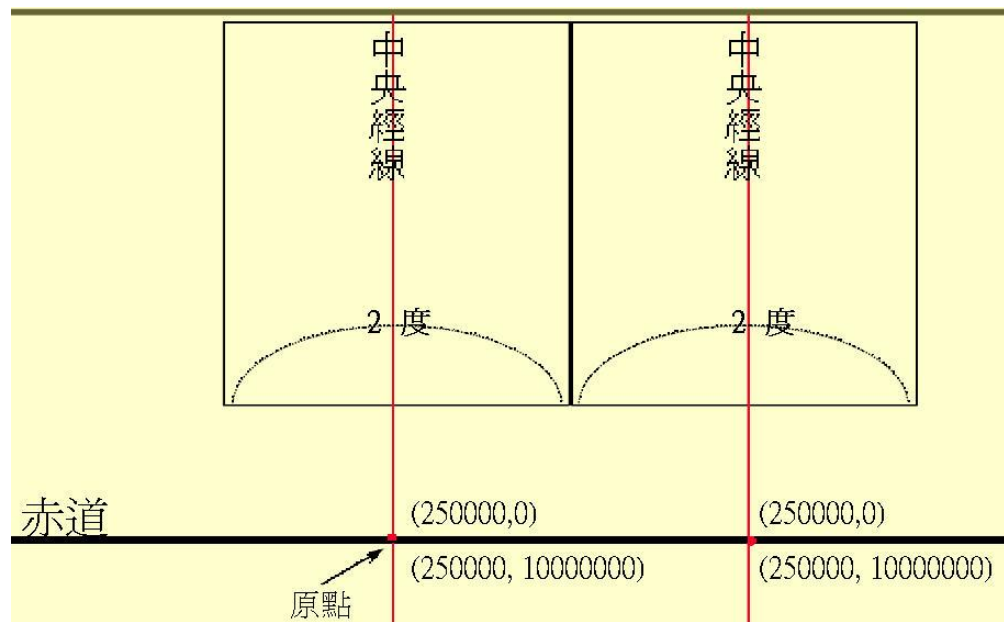
橫麥卡托三度分帶

- ▶ 因應較大比例尺應用需求，因此再將 6° 分帶改為 3° 分帶
- ▶ 台灣以 121° 為中央經線，橫坐標西移350,000公尺，尺度比例為1
- ▶ 澎湖以 118° 為中央經線



橫麥卡托二度分帶

- ✦ 內政部配合土地一千分之一、五百分之一地籍圖與五千分之一地形圖測繪需要
- ✦ 台灣以 121° 為中央經線，橫坐標西移250,000公尺，尺度比例為0.9999
- ✦ 澎湖以 119° 為中央經線
- ✦ 由於仍以虎子山為基準點，故又稱為虎子山坐標系統



分帶的迷思(http://www.sunriver.com.tw/grid_tm2.htm)

SuperGIS 座標系統設定

The image displays two windows from the SuperGIS software. The left window, titled "選取座標系統" (Select Coordinate System), shows a tree view of coordinate systems. The "Projected Coordinate Systems" folder is expanded, and the "97TM2" system is selected. The right window, titled "圖層內容" (Layer Content), shows the configuration for the selected "97TM2" system. The "名稱" (Name) field is set to "97TM2". The "內容" (Content) field is highlighted with a red dashed box and contains the following parameters: "Projection: Transverse_Mercator", "False_Easting: 250000.000000", "False_Northing: 0.000000", "Central_Meridian: 121.000000", "Scale_Factor: 0.999900", "Latitude_Of_Origin: 0.000000", and "Linear Unit: Meter (1.000000)". A red text overlay "7 parameters for UTM" is positioned above the highlighted content. Below the content field are buttons for "選取(S)...", "建立(N)...", "編輯(E)...", "清除(C)", and "儲存(A)...". At the bottom of the "圖層內容" window are buttons for "確定", "取消", and "套用(A)".

選取座標系統

- Coordinate Systems
 - Geographic Coordinate Systems
 - Projected Coordinate Systems
 - ARC (equal arc-second)
 - Continental
 - National Grids
 - Polar
 - Taiwan
 - 67TM2
 - 97TM2**
 - Utm
 - World

圖層內容

來源 坐標系統 顯示 符號 選取 表格 關聯與連結 標記

名稱: 97TM2

內容: **7 parameters for UTM**

- Projection: Transverse_Mercator
- False_Easting: 250000.000000
- False_Northing: 0.000000
- Central_Meridian: 121.000000
- Scale_Factor: 0.999900
- Latitude_Of_Origin: 0.000000
- Linear Unit: Meter (1.000000)

Geographic Coordinate System: GCS_TWD_1997
Angular Unit: Degree (0.017453292519943295)
Prime Meridian: Greenwich (0.00000000000000000000)
Datum: D_TWD_1997
Spheroid: GRS_1980
Semimajor Axis: 6378137.000000
Inverse Flattening: 298.257222

選取(S)...
建立(N)...
編輯(E)...
清除(C)
儲存(A)...

確定 取消 套用(A)



MapInfo 座標系統設定 (8參數)

- ✦ 投影法(Projection Types)
- ✦ 大地基準點(Datums)
- ✦ 系統使用單位(Units)
- ✦ 座標系統原點(Coordinate System Origin)
- ✦ 標準平行圈(Standard Parallels) -使用圓錐投影時的參數
- ✦ 斜方位角(Oblique Azimuth) -使用麥卡托投影法時的參數
- ✦ 尺度比率(Scale Factor) -使用橫麥卡托投影時的參數
- ✦ 橫座標及總座標偏移距離(False Easting and False Northing)
- ✦ 座標系統範圍(Range) -使用方位角投影法時的參數



MapInfo 座標系統設定 (8參數)

將下段文字貼到"Mapinfow.prj"檔內即可

"--- 橫麥卡托(Transverse Mercator) ---"

"39台灣 2 度分帶(公尺) ", 8, 39, 7, 121.00000, 0.00000, 0.9999, 250000, 0

"32澎湖 2 度分帶(公尺) ", 8, 32, 7, 119.00000, 0.00000, 0.9999, 250000, 0

"39台灣 3 度分帶(公尺) ", 8, 39, 7, 121.00000, 0.00000, 1.0000, 350000, 0

"台灣 6 度分帶(公尺) ", 8, 39, 7, 123.00000, 0.00000, 0.9996, 500000, 0

"澎湖 6 度分帶(公尺) ", 8, 39, 7, 117.00000, 0.00000, 0.9996, 500000, 0

"台灣 6 度分帶(公尺)1/10萬 ", 8, 39, 7, 121.00000, 0.00000, 0.9996, 500000, 0

"32台灣 3 度分帶(公尺) ", 8, 32, 7, 121.00000, 0.00000, 1.0000, 350000, 0