地科 基礎講義

地球的形狀與大小

信望愛文教基金會・地科種子教師團隊

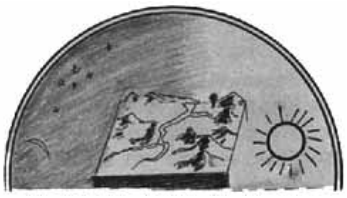
信望愛文教基金會

1-2　地球的形狀與大小

1-2-1 地球是圓的

1.古代中國人的看法

(1) 蓋天說：早期宇宙觀天圓地方；天如車蓋（半球形）、地如棋盤（正方形）。
(2) 渾天說：天是圓球狀，東漢張衡將天地比喻像雞蛋，天是蛋殼、地是蛋黃。
(3) 宣夜說：天上的星體都是漂浮著的，宇宙是無窮盡的，認為天不是渾天說的蛋殼模式。



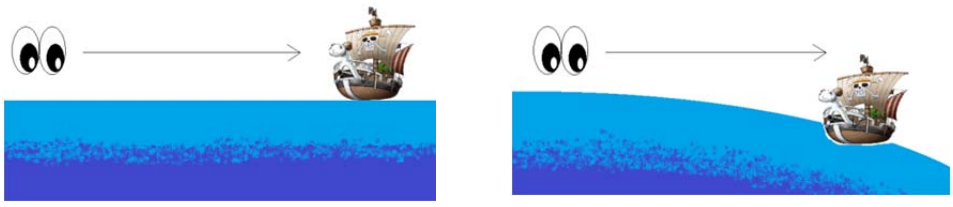
蓋天說示意圖

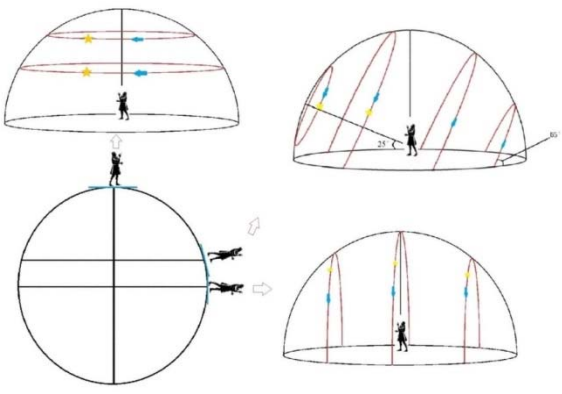
渾天說示意圖

宣夜說示意圖

2.古代西方人的看法：地球是圓

(1) 西元前 500 年，希臘的數學家畢達哥斯拉發現在海邊觀看船隻離開時，船身會先隱沒到地平線下，再從幾何學的角度推論地球是圓的。
(2) 西元前 350 年，希臘哲學家亞里斯多德認為地球是圓的。在希臘南邊的埃及看到了希臘沒法看到的星星，而且南方的星座位置會變高，表示了地球表面是有曲度的。
(3) 希臘哲學家亞里斯多德認為月食是因為地球的影子造成的。根據月食的侵蝕面可以看出地球的形狀是圓形的。



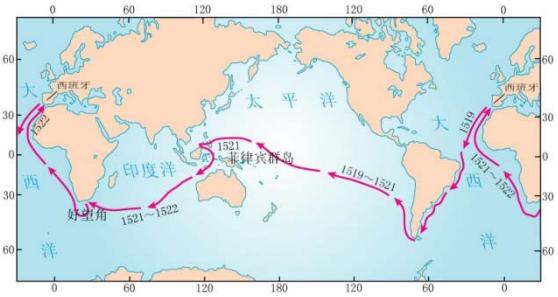


地球是圓的，所以不同緯度看到的星空都不一樣

地球影子在月球上投影的形狀是圓的

3.近代的地球形狀

(1) 16 世紀，葡萄牙航海家麥哲倫繞行了地球一圈，證明了地球是圓的。



麥哲倫繞行地球一周的時間以及路徑

(2) 1961 年 4 月 12 日蘇聯太空人（尤里·加加林）是第一位親眼目睹圓球狀地球外貌的人。

4.地球的形狀是橢圓的

(1) 英國的牛頓認為地球的自轉，會受到赤道離心力最大的影響，所以會改變地球的形狀，讓地球的赤道半徑略長，兩極的半徑略短。

(2) 同在法國的卡西尼與他的兒子花了 26 年在巴黎測量子午線的弧長，因為誤差很大，所以測出來的地球形狀是兩極的半徑略長，赤道的半徑略短。

牛頓認為的地球形狀

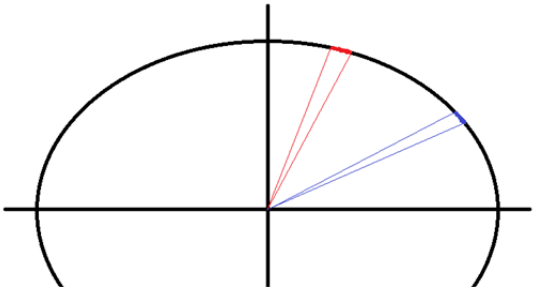
卡西尼認為的地球形狀

(3) 在 1672 年，法國天文學家李歇爾經由鐘擺測量的結果，發現赤道的重力值最小，兩極的重力比較大，表示了赤道距離地球中心最遠，兩極距離地球中心比較近，證實了地球是赤道略長的扁球狀。

單擺原理公式：$T=2\pi\sqrt{L/g}$

T：單擺週期；L：單擺長度；g：重力值的大小

(4) 1735～1744 年，法國巴黎科學院執行了一項名為地球弧度的計劃。
若地球是扁圓形的，同樣的角度在赤道附近與極區附近對應到的弧長會不一樣。下圖的示意圖中，相同的角度下，紅色的弧長會比起藍色的弧長來得長。



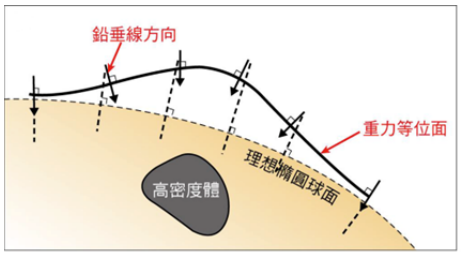
實驗的結果：高緯度的地區 N66°－芬蘭弧長：111.94km
低緯度的地區 S1°－秘魯弧長：110.60km
進一步證實了地球是扁球體。

5.地球實際的形狀

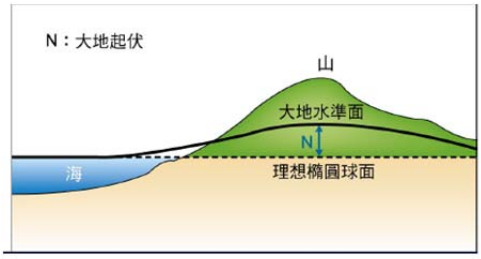
(1) 日常生活中，最常使用的就是美國國防部製圖局在 1984 年建構的「參考橢球體」。地球的長軸（赤道半徑）參考值為 6378.137 公里，短軸（兩極半徑）為 6356.752 公里，扁平率為三百分之一。

(2) 利用重力的觀測， 將全球平均海水面所在的位子重力值大小作為參考，劃出一個封閉的球面，就是「大地水準面」。因為地球內部不是均質的狀態，所以每個地方的重力也會不一樣。

- 人造衛星沿等重力位面飛行，可藉以測量大地水準面。大地水準面也就是全球平均海水面的重力等位面，故鉛垂線垂直此面。



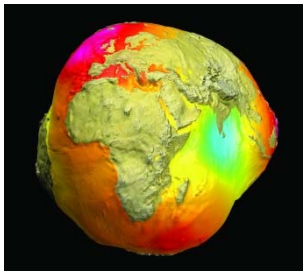
利用重力來觀測到的重力等位面，鉛垂方向和等位面垂直。因為地底下有高密度的物體，所以重力等位面和理想橢圓球面不一樣。



高山的存在，就像是高密度的物體一樣，高山隆起的物體會讓附近的鉛錘往山的方向垂直，所以大地水準面就會被拉起，和理想橢圓球面不一樣。

(3) 大地水準面可高於參考橢球體 85 公尺；
大地水準面可低於參考橢球體 106 公尺；
若把大地水準面起伏度的偏差放大 18,500 倍後，地球會呈現狀似西洋梨的形狀。

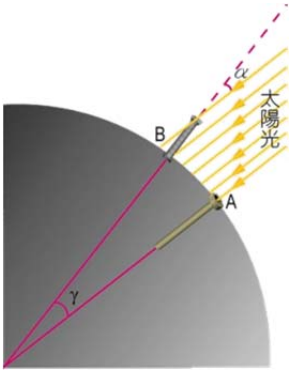
地球看起來的形狀－理想的橢圓球狀



全球重力分析所算出的大地水準面（高度差距放大 18, 500 倍），狀似西洋梨形

1-2-2 測量地球的大小

1. 大約公元前 200 年，古希臘數學家厄拉多賽在夏至的中午，位在北回歸線的賽內（下圖的 A 點），水井中剛好可以反映整個太陽，表示太陽在當時位在賽內當地的正頭頂。與此同時，位在亞力山卓（下圖的 B 點），利用太陽對當地的建屋造成的影子以及杆影的長度可以判斷太陽偏離天頂的角度約為 7.2°（即圖中的 α 角）。
2. 厄拉多賽認為這是因為地球是圓形的，所以地球表面的曲面會造成這個現象。所以圖中的 α 角都也會是 γ 角度，所以只要多知道 AB 弧長，就可以計算出地球的半徑。
3. 厄拉多賽利用駱駝從亞力山卓移動到賽內，計算駱駝的（步數×步距）～900km 的距離，所以算出來的地球圓周大約是 46000km，和真實的地球圓周（～40030km）相差不多，對當時的人類來說這已經非常精確的方法。
4. 簡單的圓形公式：$\frac{(\text{圓周長度})}{900\text{km}} = \frac{360°}{7.2°}$，就可以知道地球的圓周長度



1-2-3 地球的質量

➢ 測量地球質量的方法

(1) 由地球的周長可以推知地球的半徑，所以也就可以計算地球的體積。只要知道地球的平均密度，就可以知道地球的質量。

$$M = \rho \times V$$

M：質量，ρ：密度， V：體積

但是地球組成的物質不同，所以密度不盡相同。而且地球內部的密度我們也無法得知。所以此方法理論上可以計算地球質量，但是「**地球平均密度**」無法得知。

(2) 運用克卜勒三定律可以知道地球的質量
這裡我們來推導一次克卜勒三定律：

a.根據牛頓第三定律：$F=\frac{GmM}{r^2}$，

假設我們現在探討的是月地系統，所以 m：月球質量；M：地球質量；r：地月距離；G：萬有引力

b.提供行月球周運動所需的向心力 ： $F=m\frac{v^2}{r}=m\frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r}=m\frac{4\pi^2 r}{T}$

m：月球質量；v：月球繞地球的速度；r：地月距離；T：月球繞地球的週期

c.兩個式子相等得到：$\frac{r^3}{T^2}=\frac{GM}{4\pi^2}$

我們知道月地的距離約為 384,400 公里；月球週期為 27.32 天，所以得知**地球的質量約為 6.0×10^{24} 公斤**。