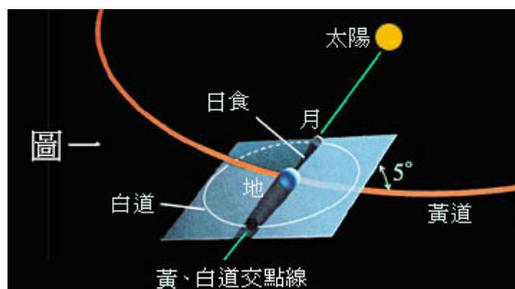


「沙羅序列」與日食

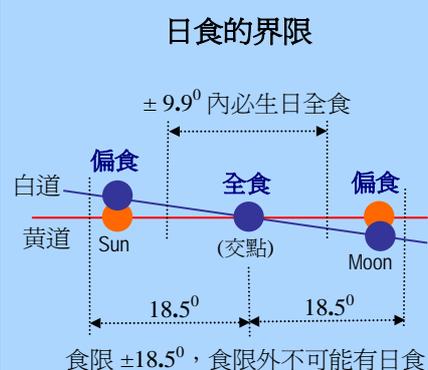
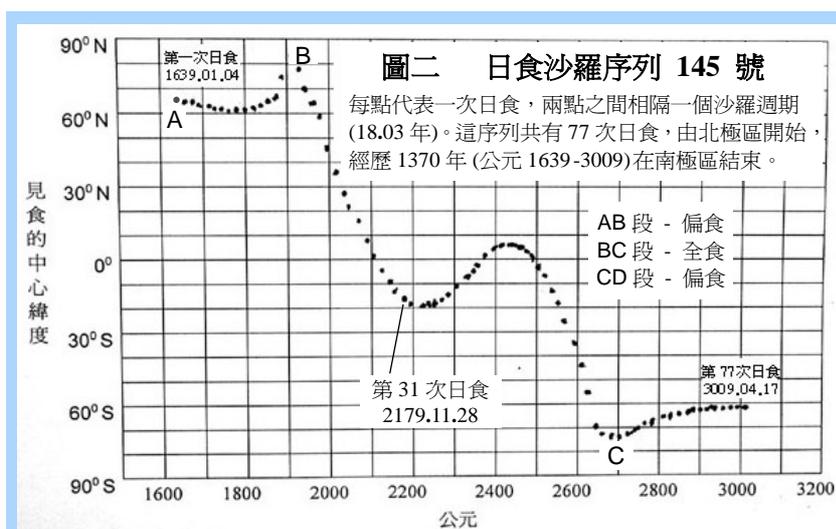
理論上，日食須要幾個條件：

- 月相在朔（新月）
- 月球在黃、白道的交點線上
- 太陽也在黃、白道的交點線上
- 月球在近地點（日全食條件）

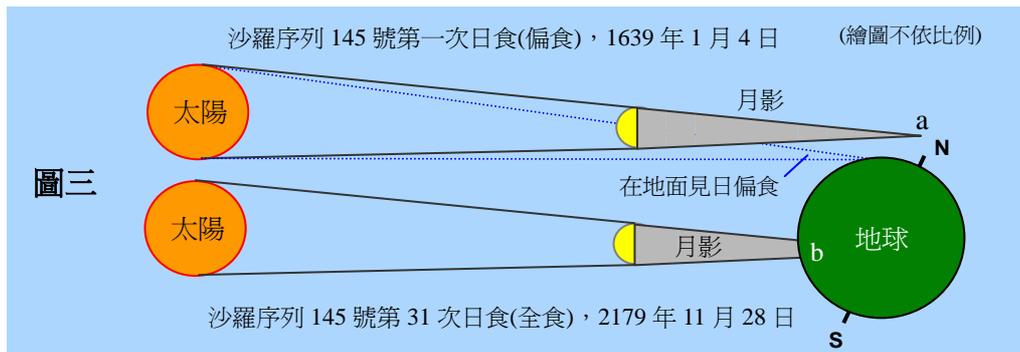


這四項分別與朔望月 (29.53059 天)、交點月 (27.21222 天)、食年 (346.62003 天) 和近點月 (27.55455 天) 有關，剛好沙羅週期 (6585.32 天或 18.03 年) 是最接近它們的公倍數，因此每隔一個沙羅週期，日月地都重演圖一的相對位置，這時的日食也重現大約相同的食份、食延時間和日地距離。日食「沙羅序列」Saros Series 就是指這組相隔一個沙羅週期，順序排列的日食。

沙羅序列有始有終，每個序列均有編號，以圖二的第 145 號為例，它共有 77 次日食，從北極地區開始，首次日食在 1639 年 1 月 4 日，以後慢慢南移，最後一次日食是 3009 年 4 月 17 日在南極地區，全程經歷了 1370 年才結束。為什麼會這樣呢？原來月球不須踏正黃白道交點，稍偏離交點也有機會日食，越近交點便越容易發生全食或環食，從計算得知，交點兩旁的 $\pm 18.5^\circ$ 是食限，所有日食都在這 $\pm 18.5^\circ$ 內發生。設月球在食限內邊而這時又是朔的話，日偏食便發生了，這是沙羅序列的首次日食，只能在北極地區看見，因為月影不到地面而在上空數千公里處掃過（圖三 a），故此在地面只呈日偏食（註：在極區出現的太陽都是低高度的，若太陽不升上地平，即使有日偏食亦見不到）。隨後的日食逐漸接近黃白道交點處發生，月影投在地面的機會增加了，日食的類型漸趨向全食或環食，見食地區亦開始南移（圖三 b），餘此類推，一直到南極地區才結束長達千三年的沙羅序列。沙羅序列亦會由南緯開始，到食序斷時（月影不投向地球）便結束。



參考 Saros Cycle http://en.wikipedia.org/wiki/Saros_cycle
Eclipses and the Saros <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros.html>
Saros Series 145 <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros145.html>



沙羅序列的實例

以日食沙羅序列 126、136、144 和 145 比較，下列特徵相當明顯：

- 沙羅序列平均有 70 餘次日食，中心食 (全食或環食) 佔一半以上。
- 在同一沙羅序列之內，日食和日食之間相隔一個沙羅週期 (18 年 11 天)。
- 連續幾次日食的食分相近，食延時間也相近。
- 兩次日食之間的見食緯度相差不太大，但經度則西移約 1/3 圈，那是因為沙羅週期的 6585.32 天並非整數，尾後的 0.32 天表示地球要自轉多 1/3 圈才到日食。

沙羅序列 126 號 (共 72 次日食，中心食佔 41 次；首次是日偏食，在南極區)

順序	日期 (UT)	日食類形 (食分)	最大食延時間 (分:秒)	見食中心		食甚時 太陽高度
				緯度	經度	
44	1954. 06. 30	全食 (1.036)	2:35	60 ⁰ N	4 ⁰ E	52 ⁰
45	1972. 07. 10	全食 (1.038)	2:36	64 ⁰ N	94 ⁰ W	46 ⁰
46	1990. 07. 22	全食 (1.039)	2:33	65 ⁰ N	169 ⁰ E	40 ⁰
47	2008. 08. 01	全食 (1.039)	2:27	66 ⁰ N	72 ⁰ E	34 ⁰
48	2026. 08. 12	全食 (1.039)	2:18	65 ⁰ N	25 ⁰ W	26 ⁰

沙羅序列 136 號 (共 71 次日食，中心食佔 56 次；首次是日偏食，在南極區)

順序	日期 (UT)	日食類形 (食分)	最大食延時間 (分:秒)	見食中心		食甚時 太陽高度
				緯度	經度	
34	1955. 06. 20	全食 (1.078)	7:08	15 ⁰ N	117 ⁰ E	81 ⁰
35	1973. 06. 30	全食 (1.079)	7:04	19 ⁰ N	6 ⁰ E	86 ⁰
36	1991. 07. 11	全食 (1.080)	6:53	22 ⁰ N	105 ⁰ W	90 ⁰
37	2009. 07. 22	全食 (1.080)	6:39	24 ⁰ N	144 ⁰ E	86 ⁰
38	2027. 08. 02	全食 (1.079)	6:23	25 ⁰ N	33 ⁰ E	82 ⁰

沙羅序列 144 號 (共 70 次日食，中心食佔 39 次；首次是日偏食，在南極區)

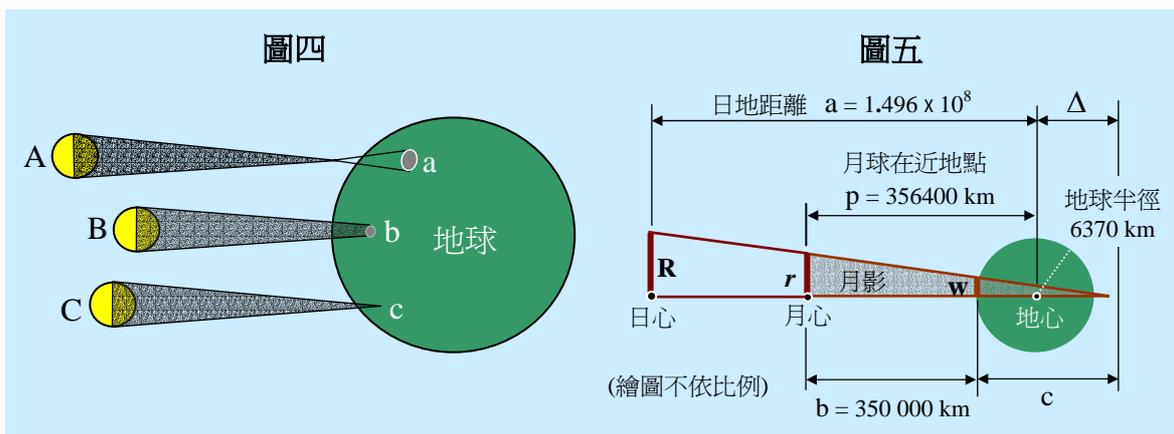
順序	日期 (UT)	日食類形 (食分)	最大食延時間 (分:秒)	見食中心		食甚時 太陽高度
				緯度	經度	
13	1952. 08. 20	環食 (0.942)	6:40	22 ⁰ S	64 ⁰ W	52 ⁰
14	1970. 08. 31	環食 (0.940)	6:48	20 ⁰ S	164 ⁰ W	57 ⁰
15	1988. 09. 11	環食 (0.938)	6:57	20 ⁰ S	94 ⁰ E	62 ⁰
16	2006. 09. 22	環食 (0.935)	7:09	21 ⁰ S	9 ⁰ W	66 ⁰
17	2024. 10. 02	環食 (0.933)	7:25	22 ⁰ S	114 ⁰ W	69 ⁰

沙羅序列 145 號 (共 77 次日食，中心食佔 43 次；首次是日偏食，在北極區)

順序	日期 (UT)	日食類形 (食分)	最大食延時間 (分:秒)	見食的中心		食甚時 太陽高度
				緯度	經度	
27	2107.10.16	全食 (1.033)	03:16	1 ⁰ N	41 ⁰ E	80 ⁰
28	2125.10.26	全食 (1.033)	03:15	4 ⁰ S	84 ⁰ W	82 ⁰
29	2143.11.07	全食 (1.033)	03:14	9 ⁰ S	151 ⁰ E	83 ⁰
30	2161.11.17	全食 (1.032)	03:13	13 ⁰ S	24 ⁰ E	84 ⁰
31	2179.11.28	全食 (1.032)	03:12	16 ⁰ S	105 ⁰ W	85 ⁰

日食帶的寬度

當日食發生時，月影不外乎有三種可能性：A、B 或 C (圖四)。A 表示月球在遠地點附近，月影未能投到地面，在 a 處見到的會是環食或偏食。B 表示月球在近地點附近，月影穿過地球本體 (當然，實際上光線不能穿過地殼)，在 b 處見到的會是全食或環食。C 則表示月影尖剛好接觸地面，理論上在 c 處可見全食或環食，不過這種「剛好」的機會甚少。由於地球自轉和日月在天空的移動，見食地方 a、b 或 c 會掃出一道狹長的「食帶」，原本在食帶內出現的日全食或環食，在食帶外圍的人只能見到偏食。



現在假設圖五的月球在近地點，月影投在地球的赤道上做成日全食，R 是太陽半徑 (6.96 x 10⁵ km)，r 是月球半徑 (1738 km)，a 是日地距離 (平均值 1.496 x 10⁸ km)，p 是月球在近地點的距離 (356400 km)。w 是見食範圍的半徑，這是一個未知數，但是可以用下面的幾何方法計算出來：

$$\text{先求 } c \quad (b + c) / r = (a + \Delta) / R \approx a / R \quad (\text{因為 } a \gg \Delta)$$

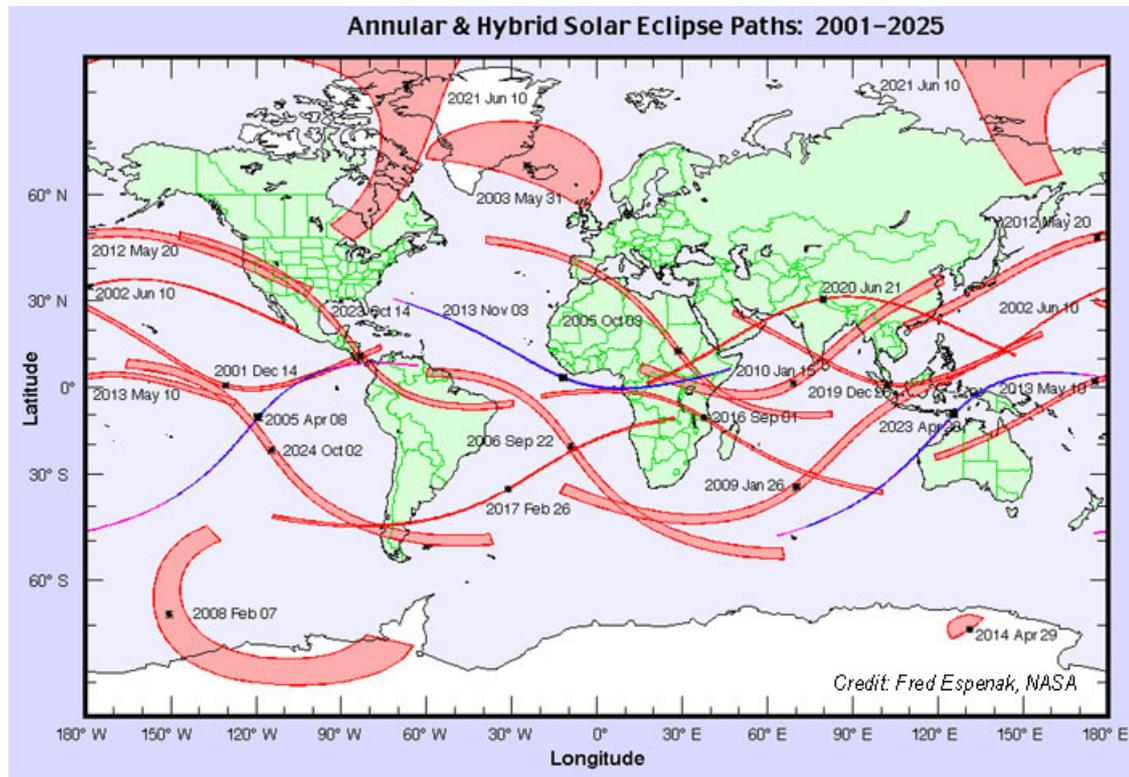
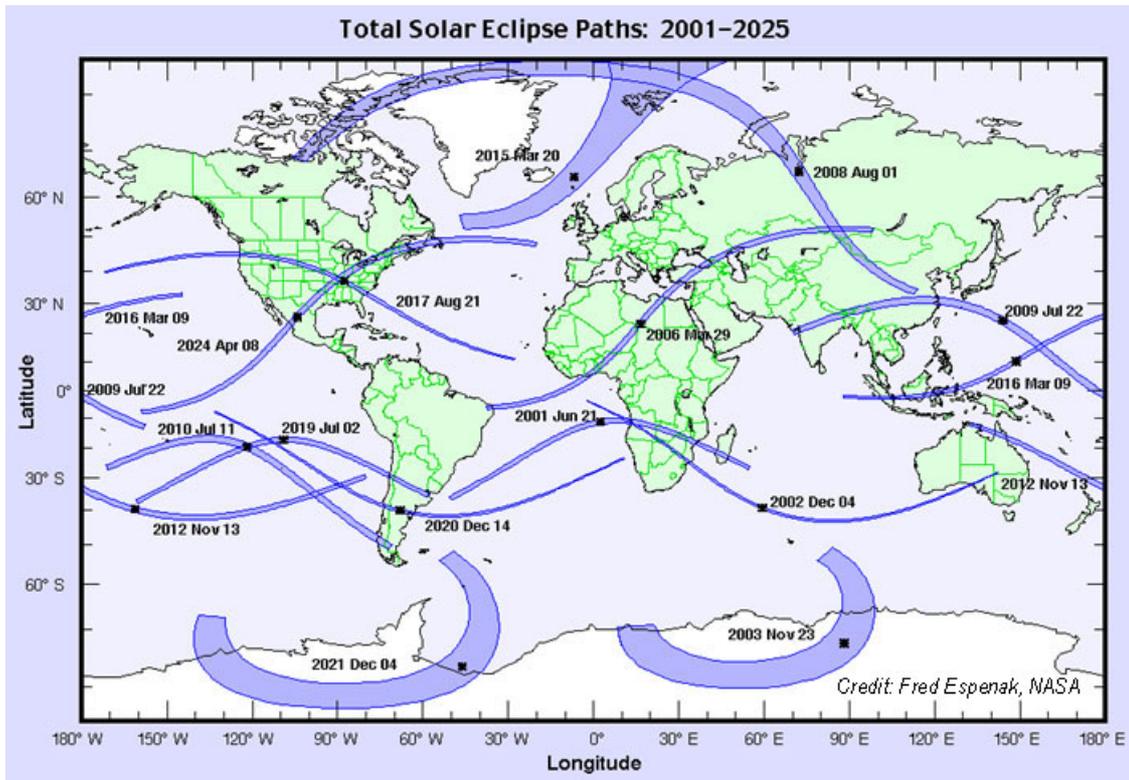
$$c = r(a / R) - b = 1738(1.496 \times 10^8) / (6.96 \times 10^5) - 350\,000 = 23600 \text{ km}$$

$$\text{再求 } w \quad w / c = R / (a + \Delta) \approx R / a$$

$$w = c(R / a) = 23600(6.96 \times 10^5) / (1.496 \times 10^8) = 110 \text{ km}$$

日食帶的寬度是 w 的兩倍，即是 220 km。以上計算只適用於赤道區，若日食帶向北或南移，食帶的寬度會因地殼的曲率而變大，近極地區的日食帶更寬至五百公里。除此之外，日食帶寬度也應實際的日地距離和月地距離而改變，最窄可以是幾十公里甚至更小 (圖六)。

圖六 2001- 2025 年的日食帶



< 全文完 >