

月食冷知識

關於月食令人驚訝的事實

文／陶蕃麟

仔細看115年3月3日從地平線升起的滿月，當它完全出現之際，您應該會注意到她的左下方缺了一小角，並隨著時間與高度的增加，這個缺角越來越大，終至完全消失，然後蹦出磚紅色的滿月。我們當然知道這是繼去年9月7～8日的月全食之後，再一次觀賞到難得一見的天象：無需熬夜就幾乎能全程觀賞的月全食。

當你觀看並享受收穫滿滿的月全食時，你可知道月食有許多不為人知的冷知識。首先，你知道月食有幾種嗎？月食多久會發生一次？想必多數人的答案都是月食有三種，月全食、月偏食、和半影月食，每隔六個月才會發生一次。但事實並非如此。首先，我們來探討月食多久發生一次的問題。



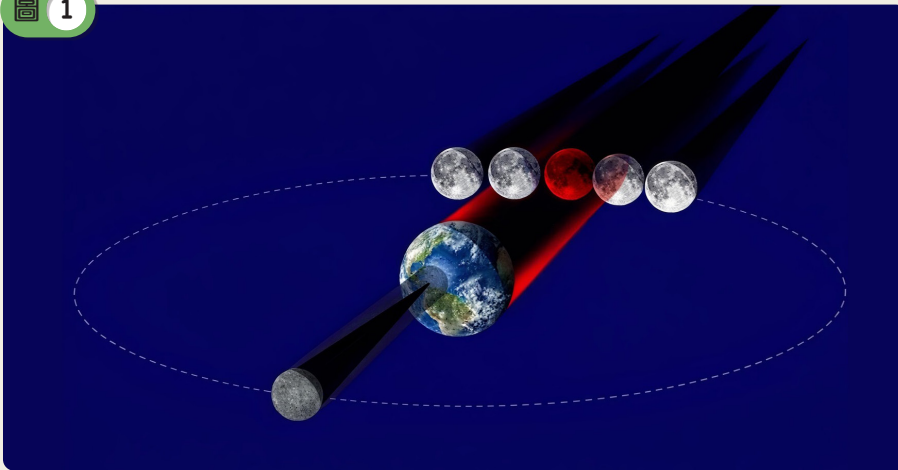
2025月全食與藍帶。攝影：林聖翰

月食多久發生一次？

在21世紀共有230次月食，其中87次半影食（37.8%），58次偏食（25.2%）和85次全食（37.0%）。算下來平均每5.2個月就會發生一次月食。因此，月食發生的間隔不會是單純的6個朔望月。通常是我們熟知的每隔6個月發生一次，但也有僅相隔一個月和五個月的。最近的例子就發生在明年，在2月、7月和8月都會發生月食，不過都是裸眼不易觀賞的半影月食。而以地球表面的固定位置來看，平均每個地點可以看到40至45次月全食，

也就是平均約每2.3年可以看到一次。與此形成對比的是，從固定位置觀賞日全食，平均每375年才能看見一次。造成巨大差距的原因很簡單。要看到日全食，你必須幸運地位於月球本影的路徑上，如圖1，這個陰影雖然可以延伸近萬公里，但直徑不超過270公里，因此每次日全食僅占地表面積萬分之一的地區可以看見，如圖2。相較之下，月全食的能見範圍可達地球一半以上，讓數十億人得以參與這場月球盛會，如圖3。此外，在這100年中，有76年發生兩次月食，18年發生3次月食，6年發生四次月食。

圖 1



日食發生時，投影在地表的本影面積非常小，因此只有狹長的帶狀區域可見。但是當月全食發生時，幾乎地球上的夜側區域均可見。圖片來源：Space.com

ECLIPSE VISIBILITY

In a total solar eclipse, the moon's shadow passes directly over only a narrow strip on the Earth's surface. Observers in a larger area can see the sun partially eclipsed. This diagram of the total solar eclipse of Nov. 13, 2012 shows the path of totality passing over the southern Pacific Ocean. (CREDIT: FRED ESPENAK / NASA)

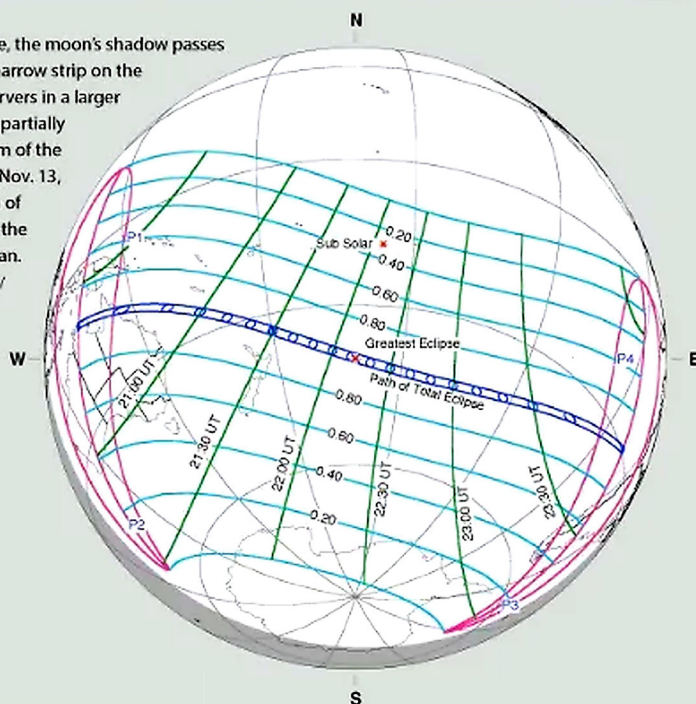
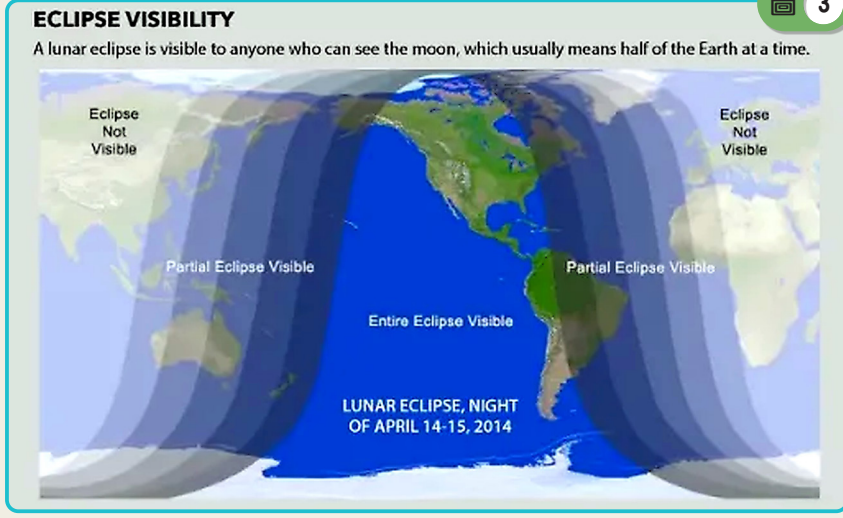


圖 2

日全食發生時，月球投影在地表的陰影，從生成到消失期間的移動路徑長可延伸近數萬公里，但是陰影本身直徑不會超過270公里，可見範圍非常小。圖片來源：Space.com

圖 3



月全食發生時，整顆月球都會進入地球的陰影之中，因此在全球的夜側區域，也就是將近半個地球的範圍內皆可見。圖片來源：Space.com

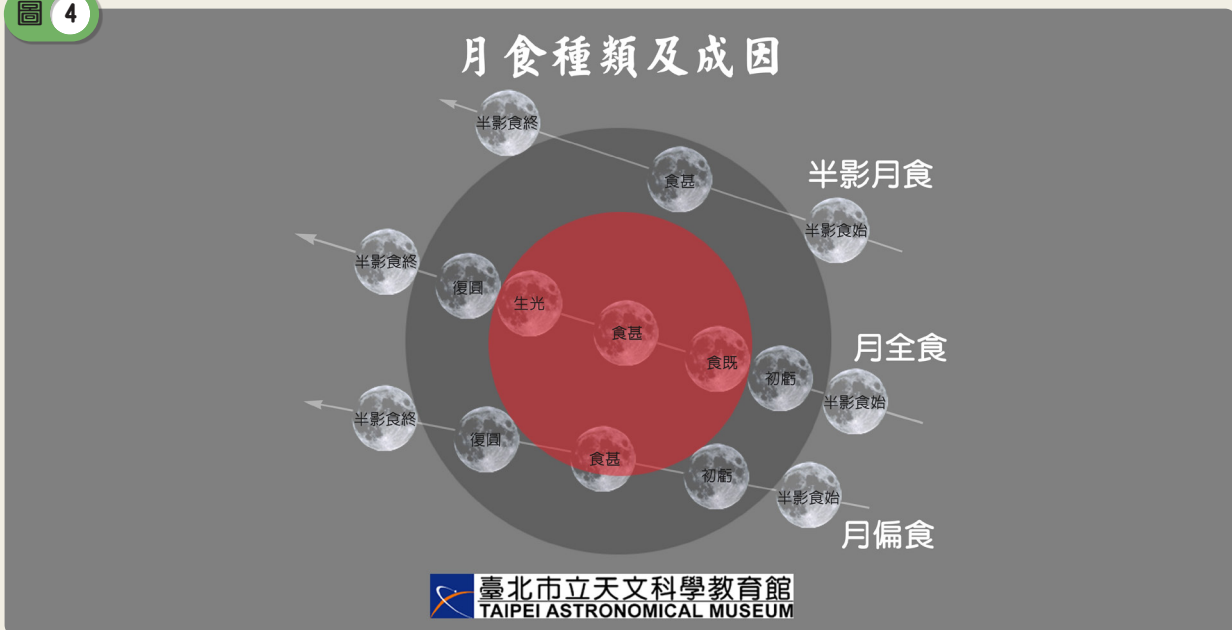
月食有幾種？

這個問題看似簡單，大家都會回答有3種：全食、偏食和半影食，如圖4。這是因為這三種月食都很常見，而有一種月食非常罕見，這是在多數的沙羅系列中都不會出現的半影月全食。這種食的月球路徑全程只經過地影的半影區而未接觸到本影區。而且，如果有通常也只會出現一次；但凡事都有例外，第19沙羅系列就有多達8次的半影月全食，32和132系列有7次，58、95和114系列也有6次。雖然罕見，在天文館的月食圖說中呈現的半影

月食就是第4種的月食：半影月全食。在3月3日這次月全食所屬的133沙羅系列中，71次食的第7次，即在1665年7月27日的食，就是該系列中唯一的一次半影月全食。

雖然說半影月全食非常罕見，但每個世紀仍可能發生9次之多，當然也有不發生半影月全食的世紀。在21世紀，會發生7次半影月全食。時間分別是2006年3月14日、2017年2月11日、2053年8月29日、2066年12月31日、2070年4月25日、2082年8月8日、與2085年1月10日。

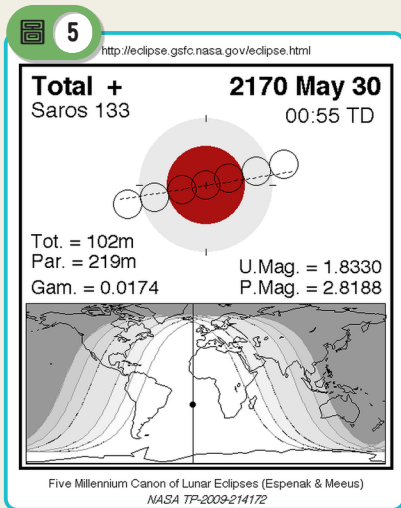
圖 4



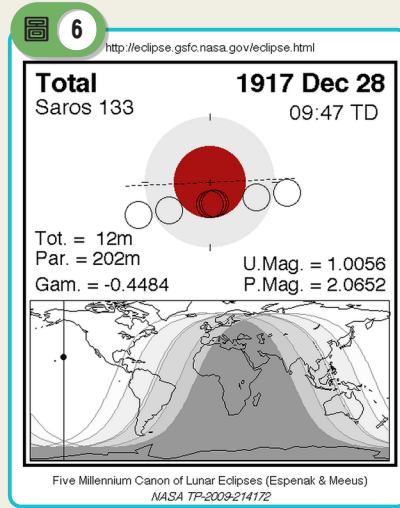
月食類型的圖解。

月食之最有幾種？

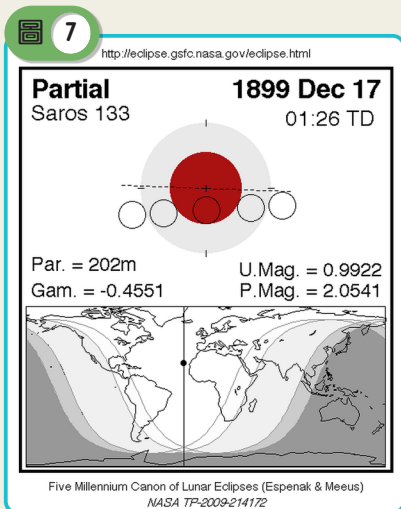
仍然以133沙羅系列為例，可以列出六種：



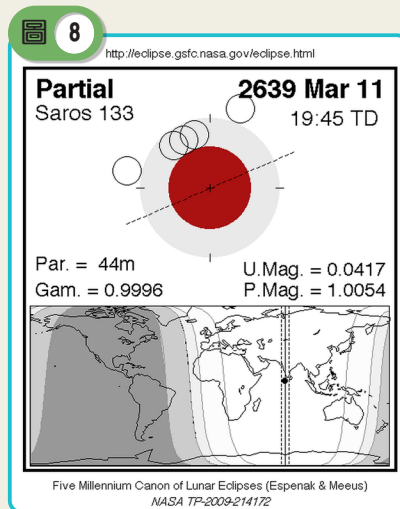
①最長的月全食：
2170年5月30日，全食時間1h41m41s。



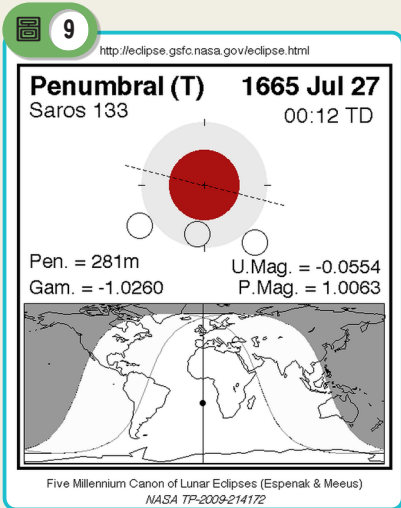
②最短的月全食：
1917年12月28日，全食時間只有11m57s。



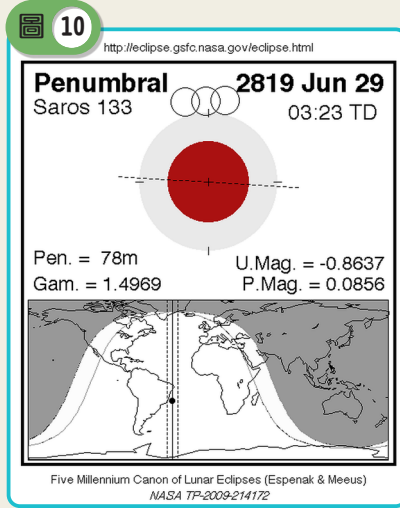
③最長的月偏食：
1899年12月17日，偏食時間長達3h22m02s，食分：0.99216，幾乎是月全食的程度。



④最短的月偏食：
2639年3月11日，偏食時間仍有44m10s，食分則僅有0.04165。



⑤最長的半影食：
1665年7月27日，半影食的時間為4h41m05s，全程只經過半影區，是罕見的半影月全食。



⑥最短的半影食：
2819年6月29日，半影食的時間為1h18m10s。

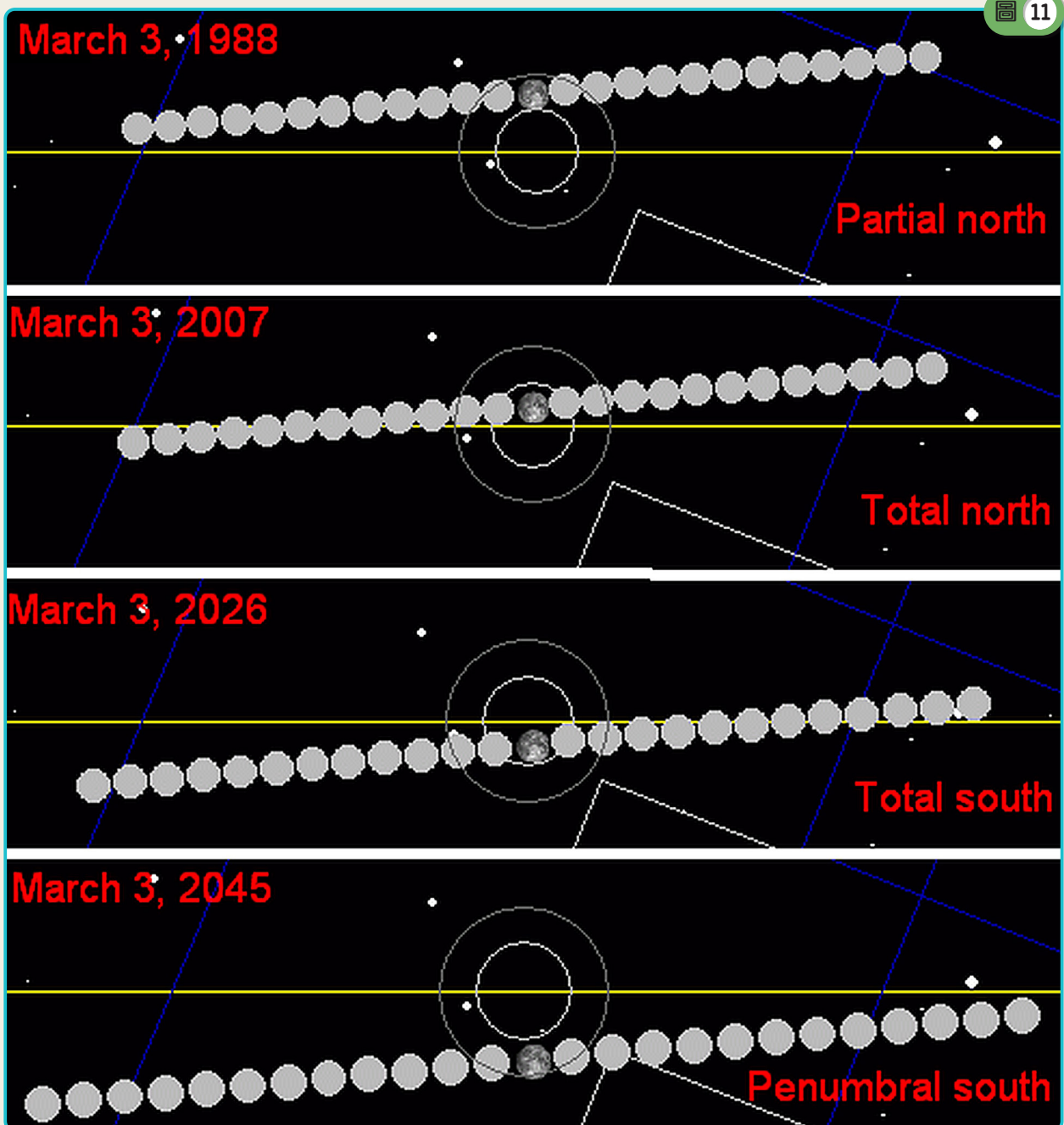
同月同日發生的月食 默冬章

有些人知道每19年農曆的日期會與陽曆的日期再度重合，這是所謂的默冬章。對於月食也是一樣，每隔19年會在同月日發生。例如，在1988年、2007年、2026年以及2045年的3月3日都發生了月食，如圖11。

熱衝擊波！

通常，隨著月球的自轉，灑落在月球表面的陽光慢慢地移轉，進入夜晚的月球表面溫度下降是漸進的。但月食進行時，原本照射在月球表面的陽光，很快地就被地球阻斷，月表的溫度下降就會非常快速。在1971年的月食期間，阿波羅任務留在月球上的儀器監測了溫度的變化。阿波羅12號在登陸

圖 11



默冬章的月食範例。圖片來源：維基百科

的風暴洋，測得月球表面的溫度從攝氏75.7度降至零下102.1度，在不到30分鐘的時間裡就變化了攝氏177.8度。阿波羅14號在登陸的弗拉·毛羅高地（毛羅修士高地）從攝氏67.8度降至零下102度，降低了攝氏169.8度。當地球的影子掃過月球地貌時，月球表面的溫度會急劇下降。事實上，這種變化所產生的「熱衝擊」可能導致月球岩石崩解，並促使氣體從月球內部逸出。

全食期間的「熱點」

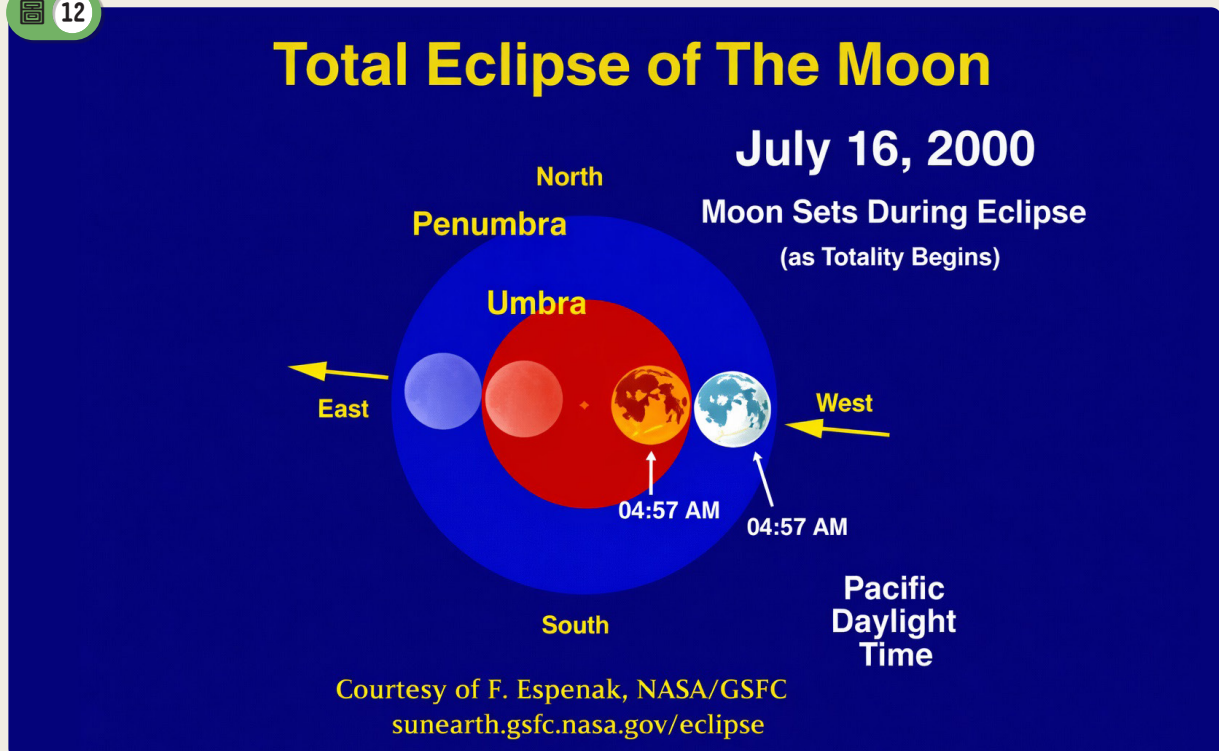
有趣的是，紅外線影像揭示了月球表面數百個「熱點」，以及比周圍環境更溫暖的大面積區域。對一些著名隕石坑（如第谷隕石坑）的掃描顯示，熱釋放模式主要由儲存的太陽熱能產生，而非月球內部的熱量；而其它隕石坑如加森迪隕石坑則呈現出內部熱源應有的熱行為。雖然這個現象已經被研究超過50年，並提出了多種理論來解釋，但沒有人能確定為什麼在月球完全浸沒於地球黑暗陰影中時會出現這些熱點。

最長的月食

月食的全食階段最長可以持續的時間為106分鐘。當月球穿過地球陰影中時，根據克卜勒的行星第二定律，月球若正處於或非常接近遠地點，它的移動速度越慢，而且它的中心距（ γ ），也就是月球中心與地影中心（不是地心）的距離越小，全食持續的時間越長。

此外，最長的全食通常發生在北半球的夏季，當地球接近遠日點時。因為當地球位於軌道的遠日點時，地球的影子比在近日點時稍大些，導致月食的時間更長。2000年7月16日的月全食，在太平洋、東亞及澳洲可見，是有紀錄以來最長的月食之一，持續了106分25秒，如圖12。1859年8月13日的月食，全食持續時間還比它長了3秒。根據比利時天文學家讓·米厄斯（Jean Meeus）於2002年由Willmann-Bell圖書公司出版的《Mathematical Astronomy Morsels II》所述，要直到4753年8月19日才會有更長的，持續106分35秒的全食。133沙羅系的全食時間最長的是2170年05月30日的月全食，全食時間持續101.7分鐘；比極限值少約5分鐘，算已經相當接近極限了。

圖 12



2000年7月16日的月全食示意圖，顯示月心幾乎通過地球本影的正中央。圖片來源：NASA

月全食能預示時間的終結嗎？

近年來，主流媒體開始討論一個新詞彙來形容月全食：「血月」。

這個詞來自一本由一位牧師撰寫的書，他聲稱從2014年4月開始，連續四次月全食與猶太節日同時發生，每次相隔6次滿月，而且期間都沒有月偏食。他宣稱這是末日的預兆。這種月食系列稱為月食四重奏（咒），隨時間變化很大。比利時天文學家讓·米厄指出，法國國王路易十四在位時根本沒有這種天象，但從1909年到2156年卻有16次。在兩千年期間，有25次月食四重奏是在3月16日至5月15日之間開始，這意味著歷史上還有其他時期月食四重奏與猶太節日同時發生，但卻沒有發生任何異常！因此，「血月預言」不過是一個謬誤，應該與審判日將於2011年5月21日發生的荒謬預測一同歸檔。

在21世紀，共有8次月食四重奏（即連續4次月全食）。分別是2003~2004、2014~2015、2032~2033、2043~2044、2050~2051、2061~2062、2072~2073、與2090~2091。我們剛經歷了2014~2015年的那次，如圖13、圖14，當時的輿論也是一片譁然，但一切如常，並未發生任何異常的事件。

世界時的2014年的4月15日、10月8日，如圖13。2015年的4月4日、9月28日，如圖14，連續在2年內發生4次月全食。
圖片來源：NASA

圖 13

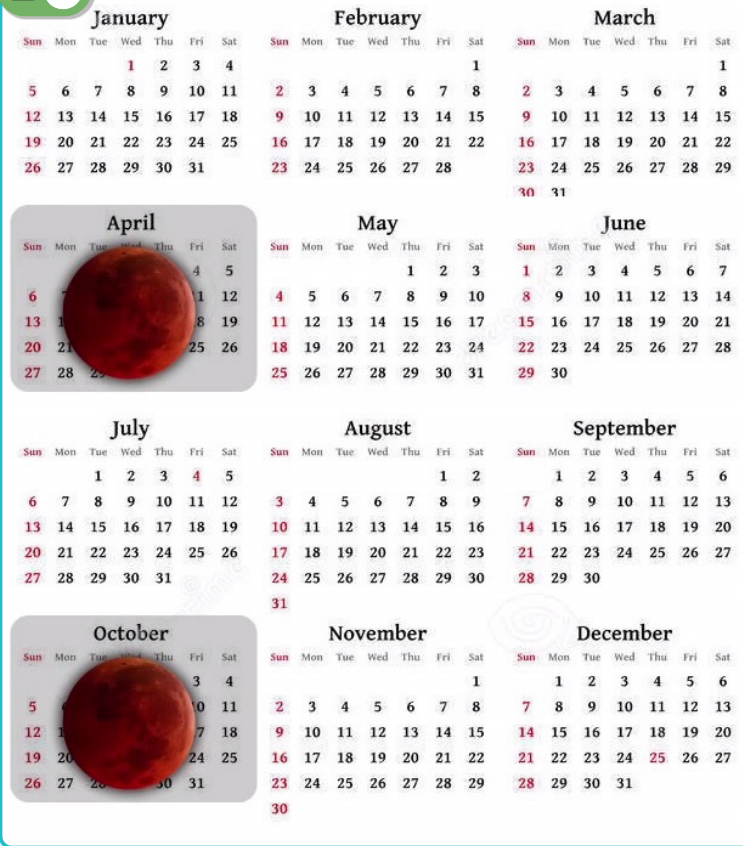
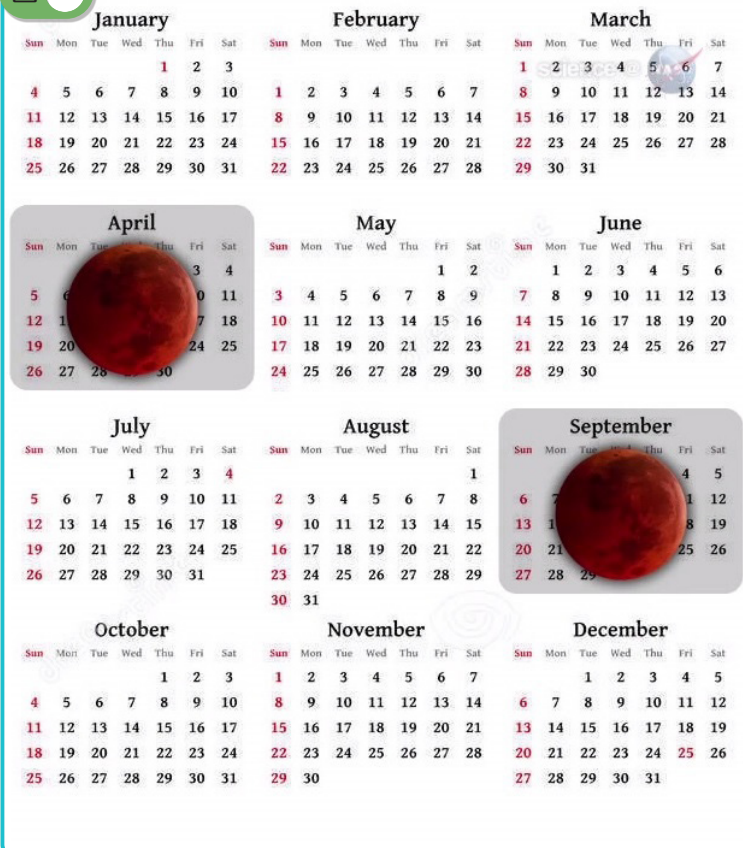


圖 14



一顆不同顏色的月球

在月全食期間，月球並不會完全消失，而通常是呈現暗紅色。但我們是否能將每一次月全食都稱為「血月」？答案是不一定！每次月全食期間的月球實際上會呈現何種色澤，在事前實在是不得而知。全食中的月球之所以仍可見，是因為陽光會被在地球邊緣的大氣層散射和折射。

完全被遮蔽的月球顏色和亮度取決於全球氣候狀況，以及懸浮在空氣中的塵埃量。地球大氣晴朗時，月食通常較為明亮。但如果過去幾年有一次大型火山爆發，就會將塵埃粒子注入平流層，那麼接續的月食會非常黑暗，如圖15、圖16。

有些月食呈現深灰黑色，以致月亮幾乎消失在視線中，我們可以稱之為「炭灰月球」嗎？或者發出微弱的棕色光暈，那是否可以稱為「巧克力月球」？在某些月食過程，它會發出明亮的橘色光芒，就像一枚全新的銅板，好比「古銅月」。那麼，當即將到來的月全食，為什麼我們聽不到月亮變成炭灰色、巧克力色或古銅色的聲音呢？

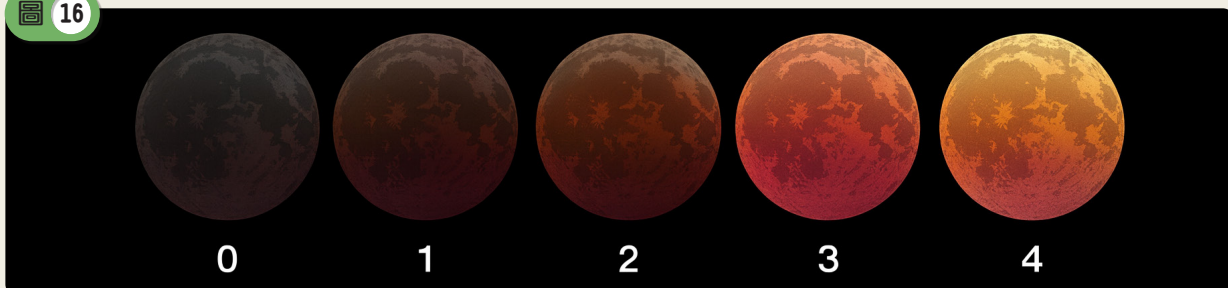
大概是因為「血」這個詞更具誘惑性，有些人用來試圖喚起和挑起恐懼（同時也為了賣更多書）。而「血月」其實是在月全食的階段，因為地球大氣層散射了大部分藍光，並將紅光折射到月球表面。換句話說，你看到的紅光是此刻地球上所有日出與日落地區共同投射在月面上的結果，如圖17。

圖 15



因火山爆發升入平流層的火山灰微塵，讓月全食的色調變得黯淡。圖片來源：NASA

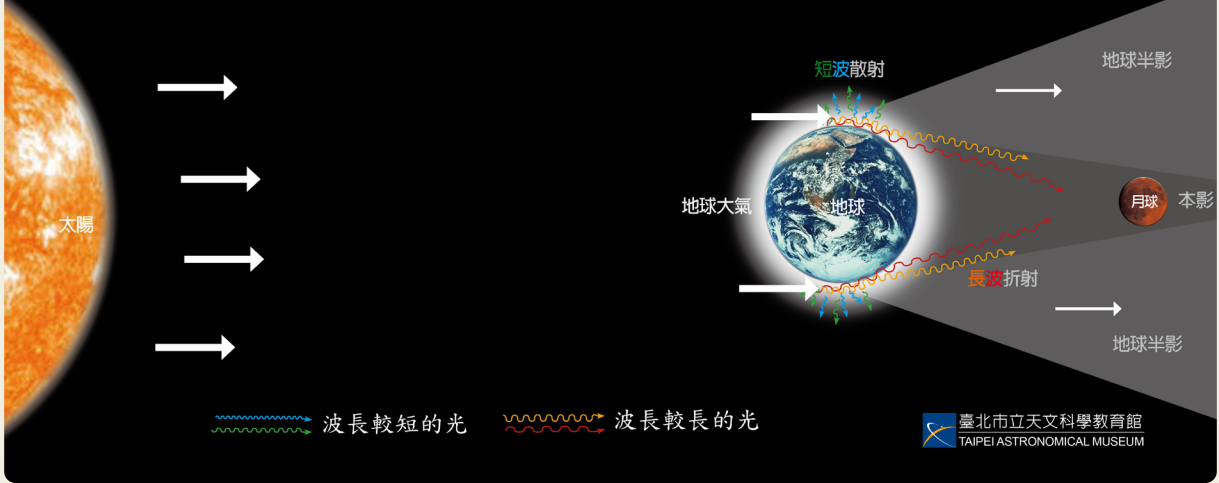
圖 16



將月全食色調由灰暗至明亮分為5等級的丹戎量表。圖片來源：NASA

圖 17

為什麼月全食的月亮是紅色的？



月全食的月球通常會呈現紅色，是因為藍光最容易被地球大氣層中的塵埃顆粒散射，而紅光能穿透大氣層滲入地影中。

奇異的日月同現（並存）

當太陽和被食的月球同時被觀測時，我們就有難得一見的滿月與太陽同時可見的「日月同現」異象。由於月食發生時，這兩個天體會在天球上方幾乎相反的地點出現。雖然地球正好位於太陽與被食的月球之間，理論上在天空中同時看到兩者是不可

能的，但因為光線在地球大氣中的折射，可以使兩者看起來比其真實幾何位置高約0.5度。當然，這只能在日落前或日出後短暫發生，是可遇而不可求的。

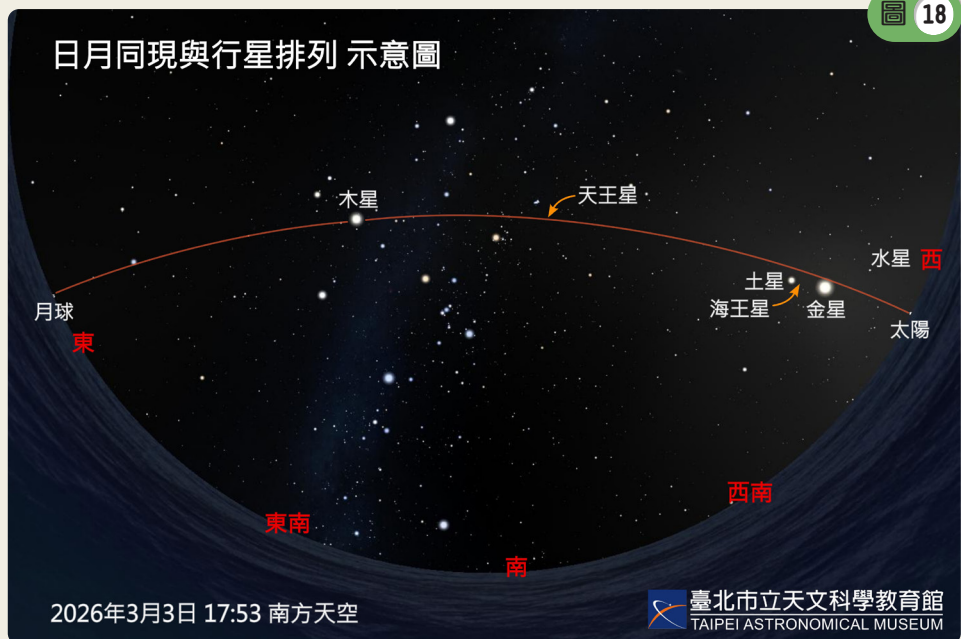
3月3日的日沒時刻是17:57，月出時刻是17:50！這意味著我們有機會看見滿月和太陽同時出現在天際，如圖18。

圖 18

電腦軟體演示3月3日將出現短暫的「日月同現」天象。因太陽眩光影響，實際上無法看到太陽本身，因此模擬圖已將大氣天光去除。另外絕對要注意：不可直視太陽，否則會讓眼睛受傷！

雖然另有行星排列，但是因天光影響實際上無法看見，模擬圖已將大氣的天光去除，顯示當天傍晚水星、金星、海王星、天王星、木星的排列位置。

底圖來源：stellarium



影響羅馬帝國的月全食 西元14年9月27日的月全食

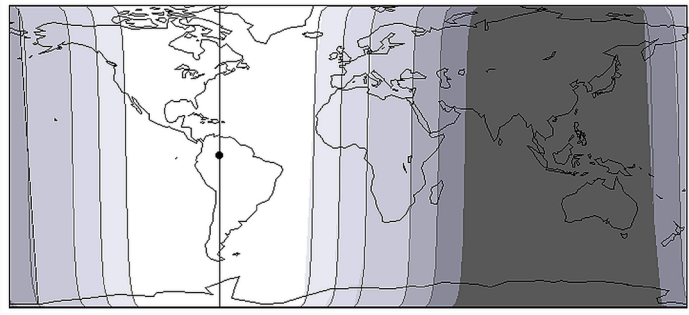
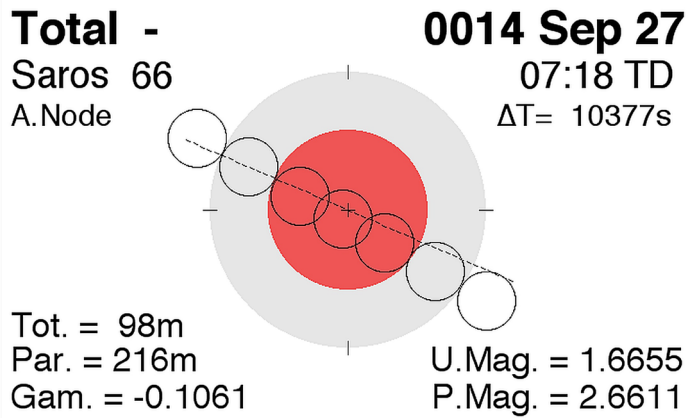
潘諾尼亞（拉丁語：Pannonia）是中歐的一個歷史地名，大致相當於今日匈牙利西部、奧地利東部、斯洛維尼亞、克羅埃西亞、波赫和塞爾維亞北部（伏伊伏丁那），如圖19。約在西元前35年至前14年被羅馬人征服，並劃為一個行省。在得知奧古斯都於西元14年8月19日逝世的消息後，由於潘諾尼亞和日耳曼的羅馬軍團未獲得奧古斯都承諾的獎金與福利，因此趁機提出爭取福利的要求。他們要求退役、提高待

遇、減輕勞役負擔，還指控長官的欺凌。當地軍官與軍團統帥無法制止，加上繼任的羅馬皇帝提比略沒有明確回應他們的訴求，因此軍團顯現叛變跡象，當地的軍心浮躁不安，企圖脫離羅馬的統治。提比略派他的兒子與義子率小股部隊前往平亂。他們聯合各營區的百夫長，當9月27日發生月全食時，如圖20，讓對此天象一無所知的士兵產生恐慌，並藉機揪出活躍與鼓譟的士兵予以誅殺，迅速地收平這場騷動；潘諾尼亞也再次派遣使者臣服於羅馬的統治。直到西元433年羅馬軍團撤出，並被割讓給匈人帝國（西元370~469年）君王阿提拉之後，潘諾尼亞行省才不再存在。



圖 20

www.EclipseWise.com/eclipse.html



EclipseWise.com Canon of Lunar Eclipses

©2014 by Fred Espenak

西元14年9月27日的月全食。圖上方的圖示描繪了月球相對於地球陰影與半影的路徑。下方顯示可見月食各種不同階段的區域。圖片來源：NASA

拯救哥倫布的月全食 1504年3月1日的月全食

哥倫布航行前往發現新大陸之旅時，他帶著以拉丁化名雷吉奧蒙塔努斯 (Regiomontanus) 聞名，偉大的德國天文學家約翰內斯·米勒·馮·柯尼希斯貝格 (德語：Johannes Müller von Königsberg, 1436年6月6日～1476年7月6日) 所著的年鑑。這本年曆涵蓋著1475年至1506年的天象，列出了即將到來的月食。

1502年5月9日，是哥倫布第四次也是最後一次航行，他率領約150人，搭乘四艘船從西班牙的卡迪斯出發，如圖21。1503年6月30日僅存的兩艘船在牙買加島 (Jamaica) 靠岸時擱淺。島上的原住民阿拉瓦克人接納了哥倫布和所有船員，並為他們提供糧食與飲水。但由於有水手欺詐原住民，盜竊了他們的物品。他因此與原住民發生衝突，彼此間關係

緊張。於是原住民停止供應生活必需的糧食與水，使他面臨糧食短缺的困境。但哥倫布從雷吉奧蒙塔努斯的年鑑中得知，在當地的1504年2月29日晚間，月球升起後不久會發生月全食，因此他威脅當地人，宣稱：「神對他們不提供援助感到憤怒，屆時將收走月球的光。」。

當晚，隨著月食的進行，滿月逐漸消失，月光也越來越黯淡，最終成為血紅色。驚恐的原住民於是同意如果他能將月球帶回來，就繼續幫助哥倫布。由於他知道月全食何時結束，因此哥倫布告訴當地人月球何時會重新出現。從那之後，當地人就對哥倫布有求必應，再也不敢違逆，如圖22。

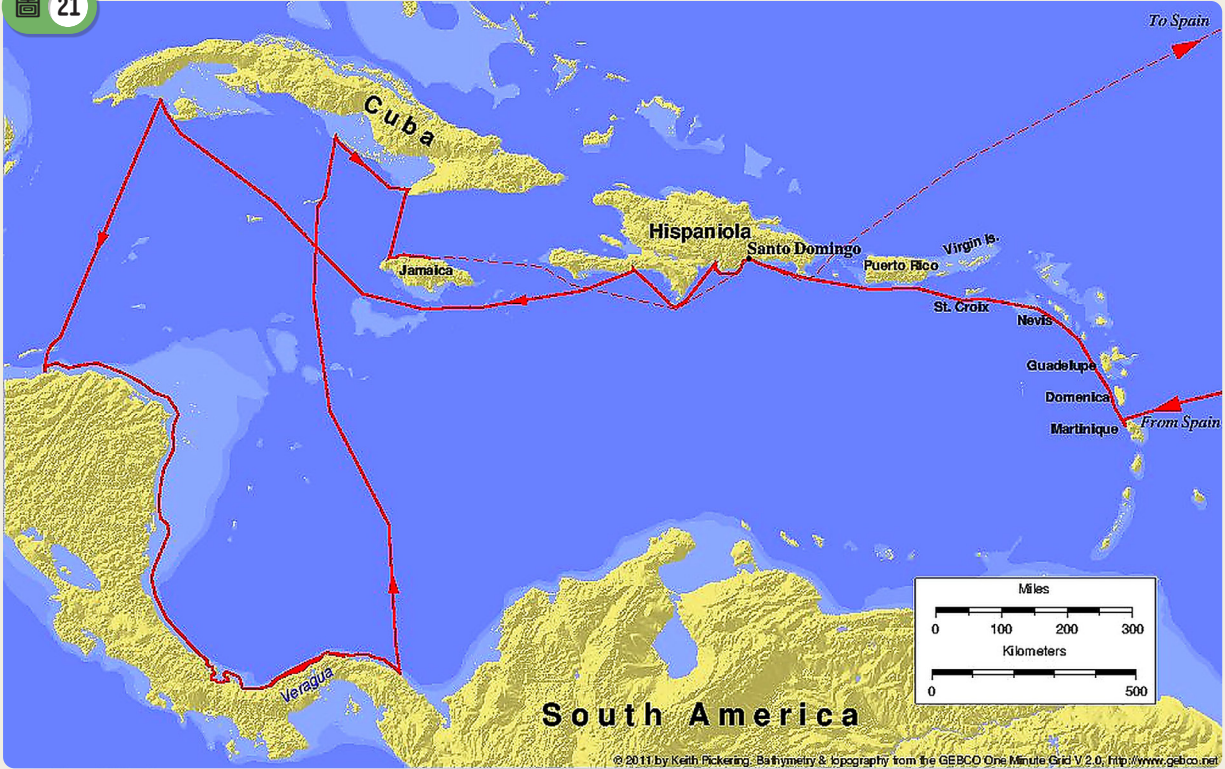
哥倫布事實上是個幸運兒。首先，因為在當時還沒有精確的航海鐘，不能掌握確實的時間，因而沒有方法精確地計算向西航行了多遠的距離，也就是不能精確地確定地理經度。因此當船在牙買加擱淺時，他以為已經到了中國，而不是發現了美洲這個新大陸。

其次，他又誤解了年鑑上給出的時刻是紐倫堡當地月食的食甚（食最大，也就是食過程的中點）的時刻，並不是初虧的時間。因此，他推算的月食時刻與在中

國發生的時間差了約2.5小時，但卻陰錯陽差地符合牙買加當地發生的時刻。兩個錯誤互抵，反倒讓他誤打誤撞的預測了月全食的發生，讓他度過了危機。

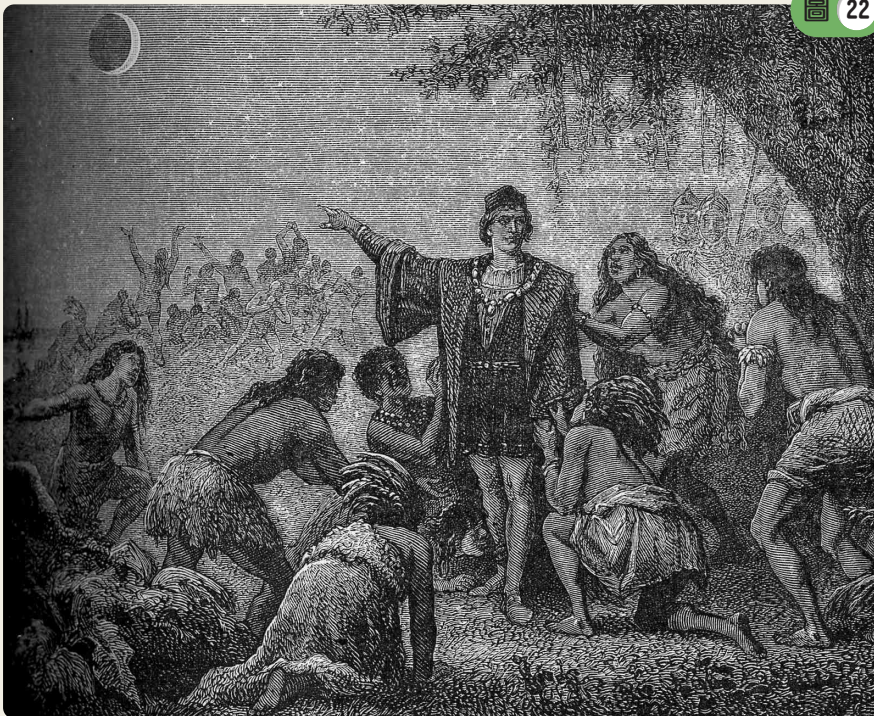
陶蕃麟：臺北市立天文科學教育館展示組組長退休

圖 21



哥倫布第4次航行的路線圖。圖片來源：維基百科

圖 22



哥倫布以月全食收服牙買加島上的原住民。圖片來源：維基百科