

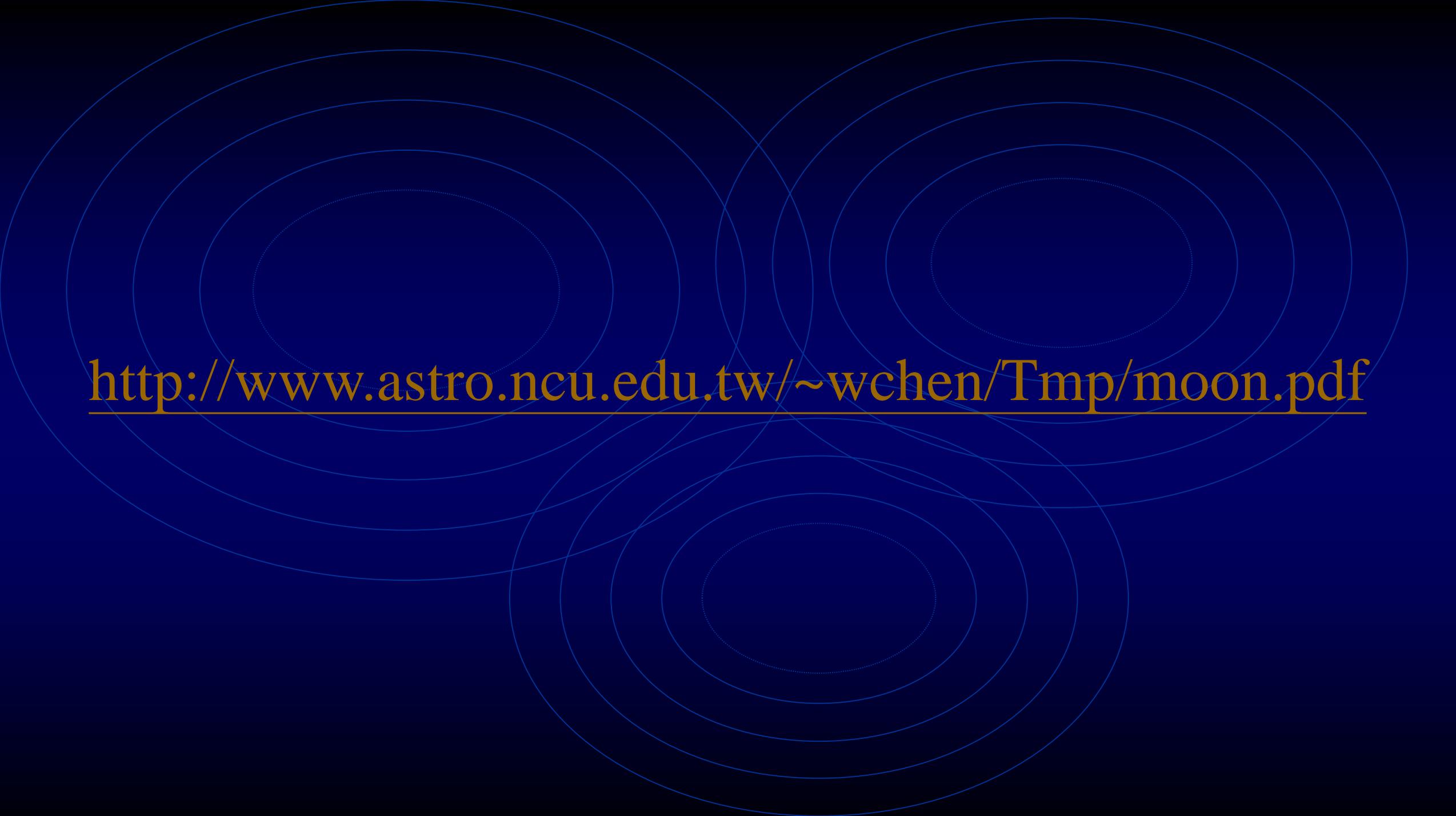
說說月亮大小事

中央大學 天文所、物理系

陳文屏

2024.10.26

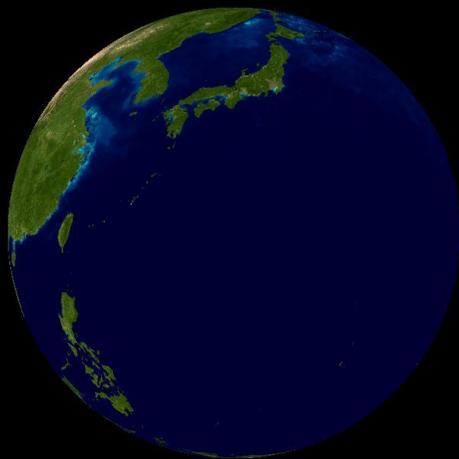
曙光中學



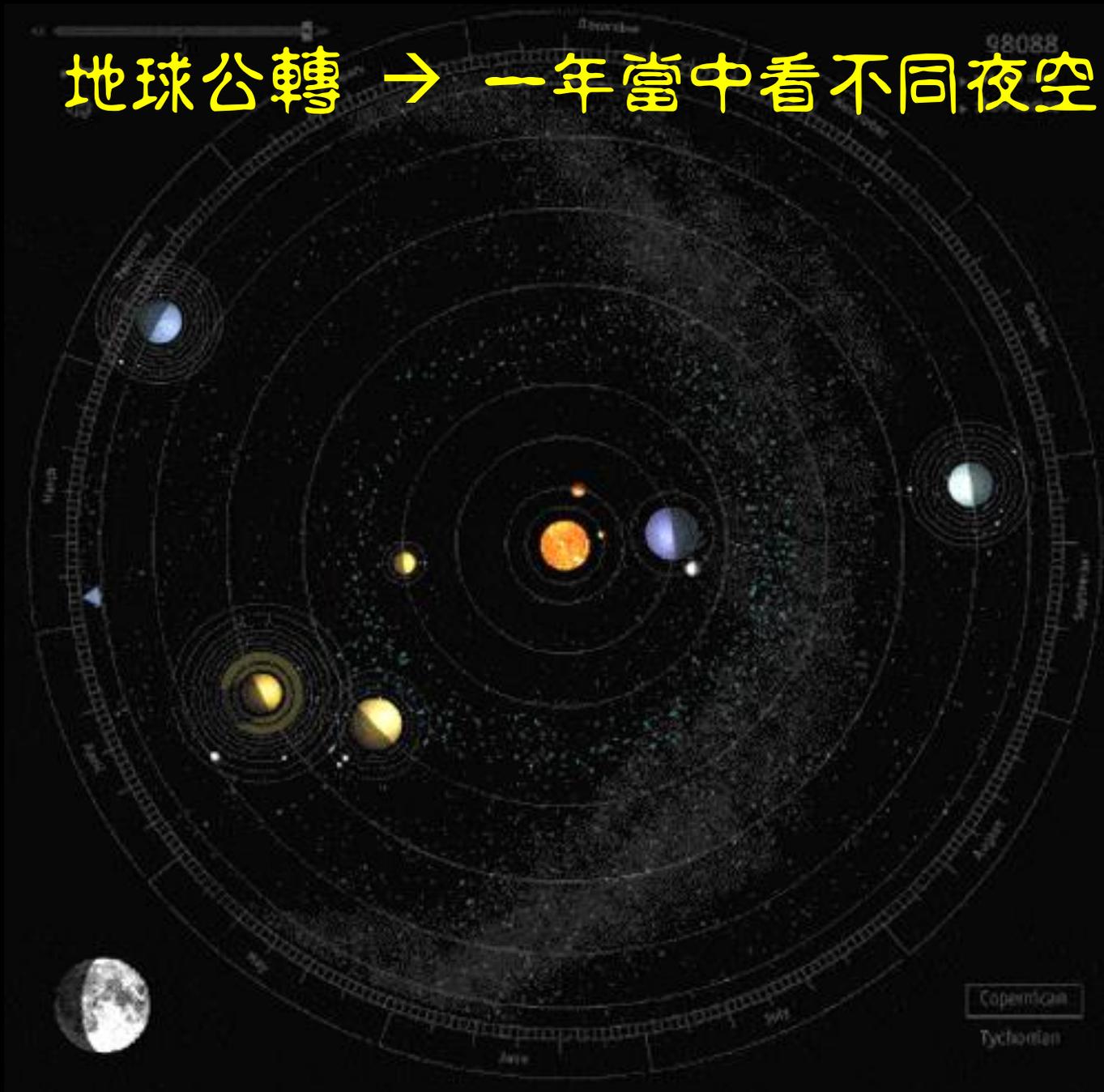
<http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/Tmp/moon.pdf>



地球自轉 → 一天當中看不同夜空



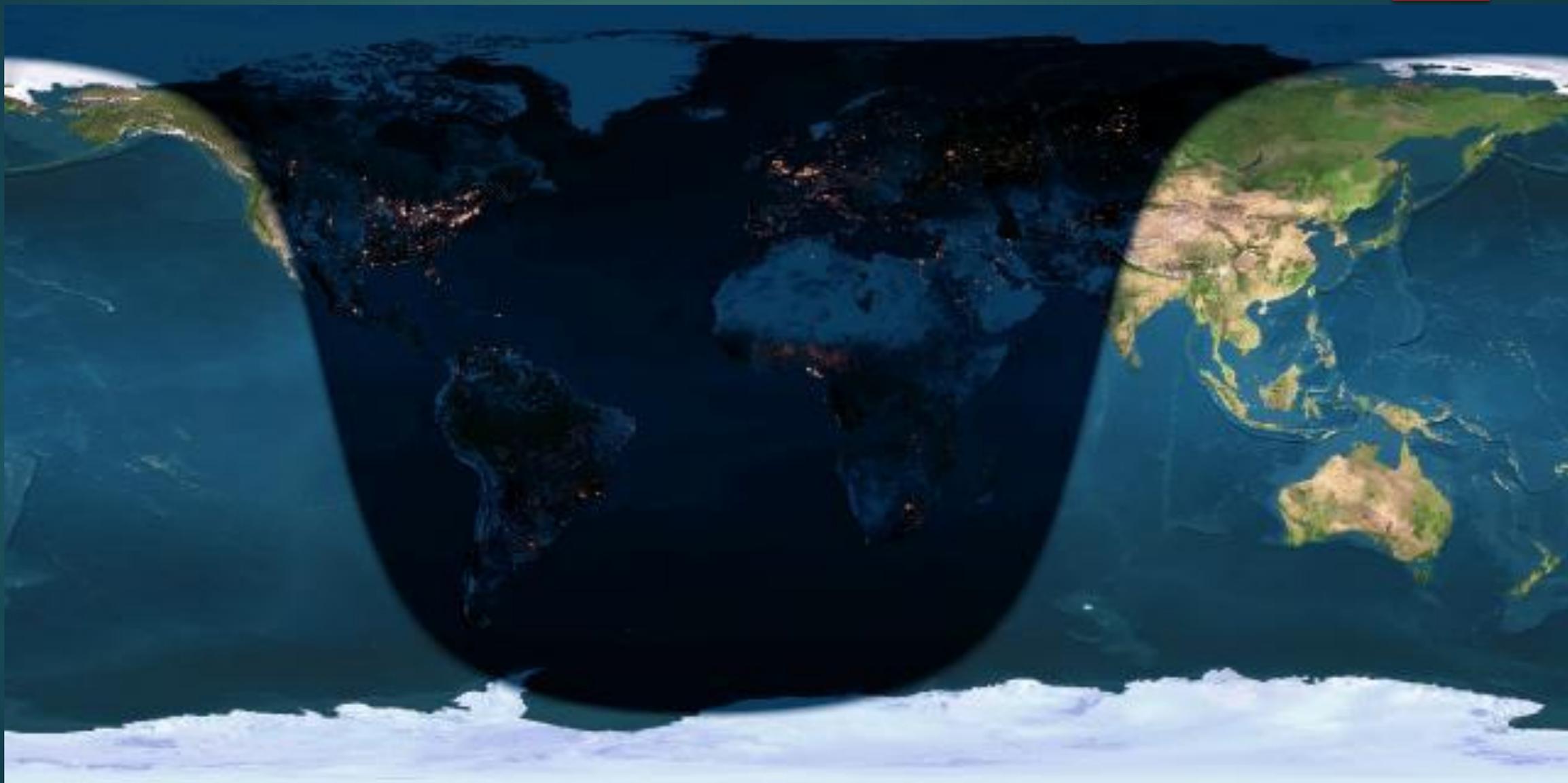
地球公轉 → 一年當中看不同夜空



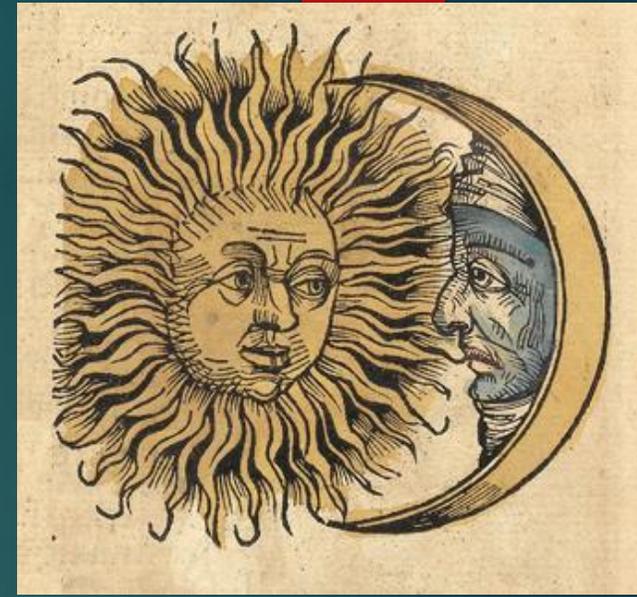
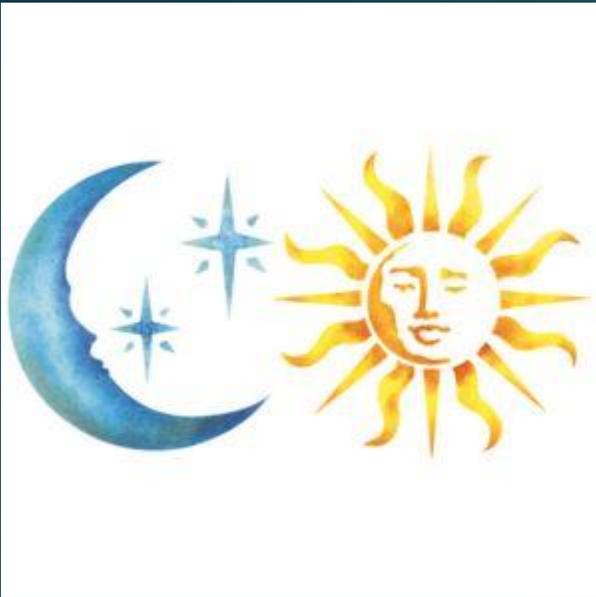
太陽是明亮的光源



白天與黑夜







日月
火水木金土

白天也看得
到月亮喔

而且明亮的那面
一定指向太陽





S103E5252 1999-12-22 13:51:46





月球從地平線升起

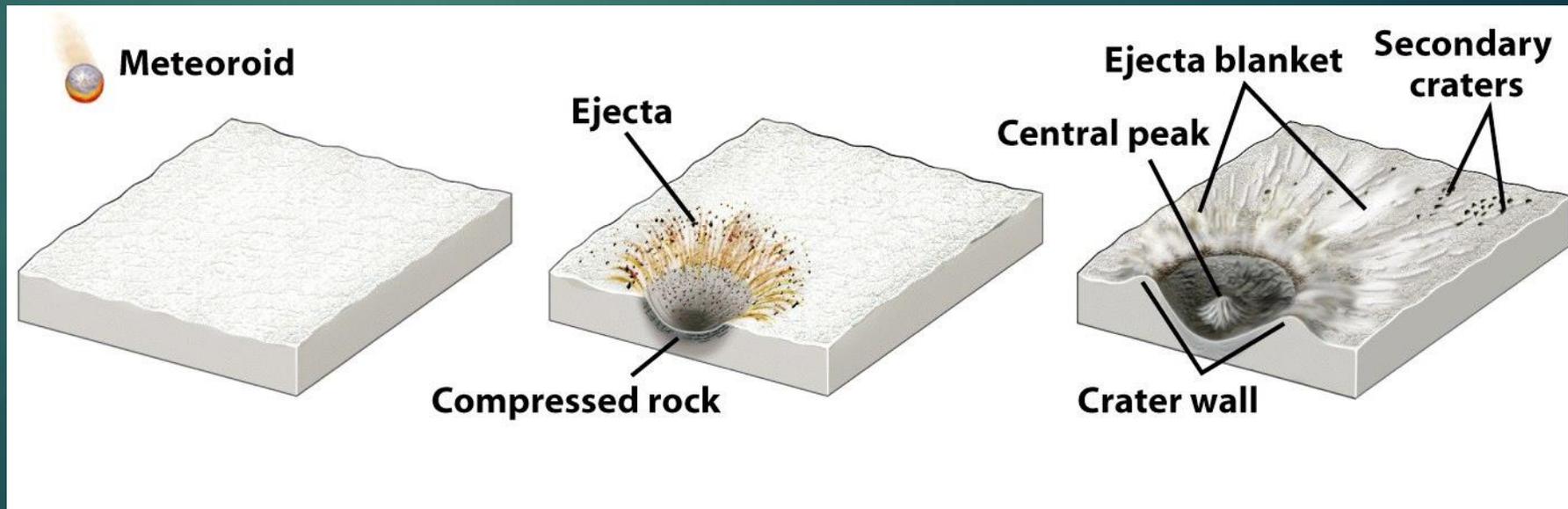
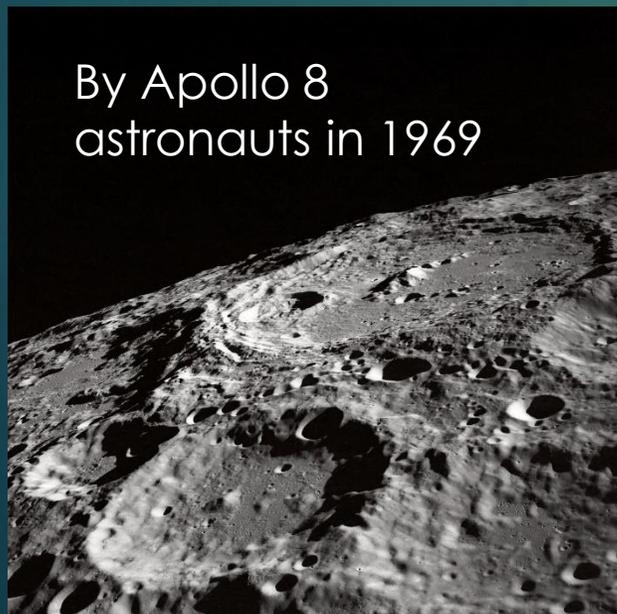
地球從「月平線」升起

月球引力只有地球 $1/6$ ，無法抓住大氣（所以沒有藍天）



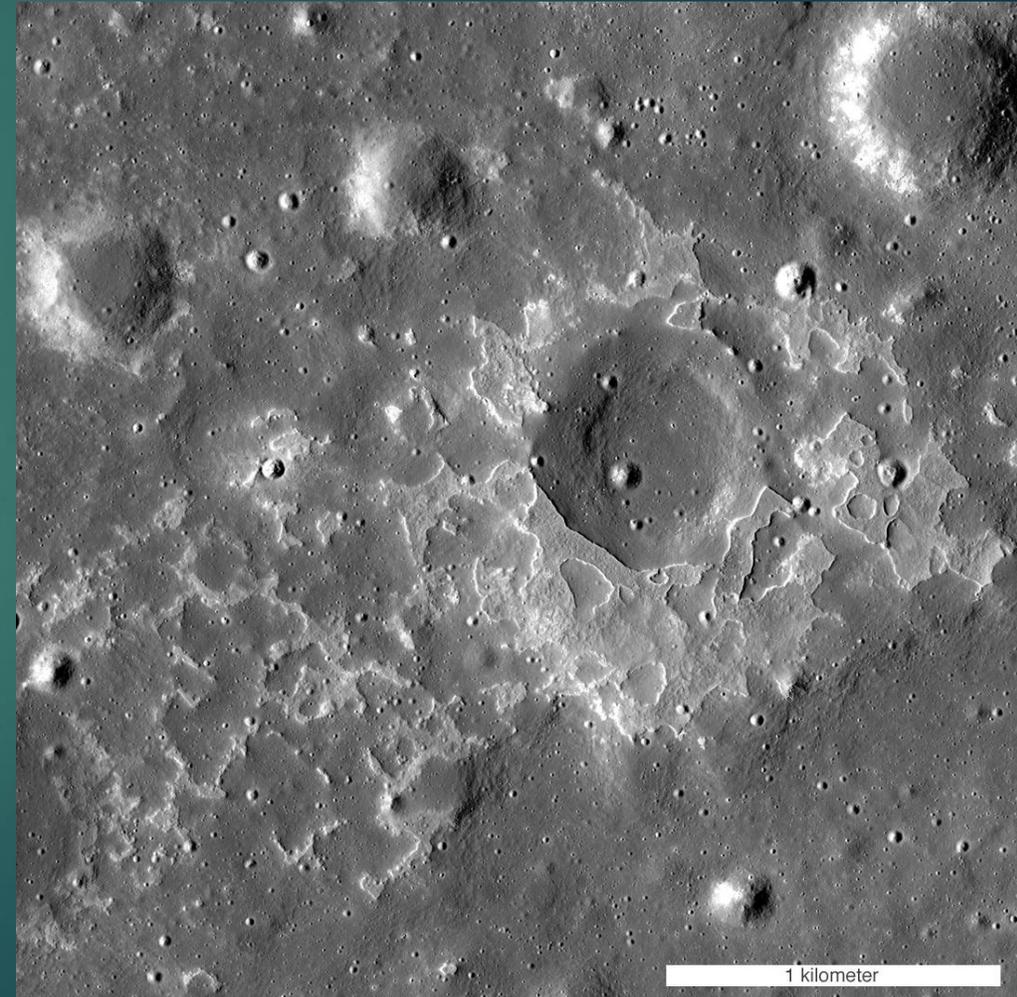
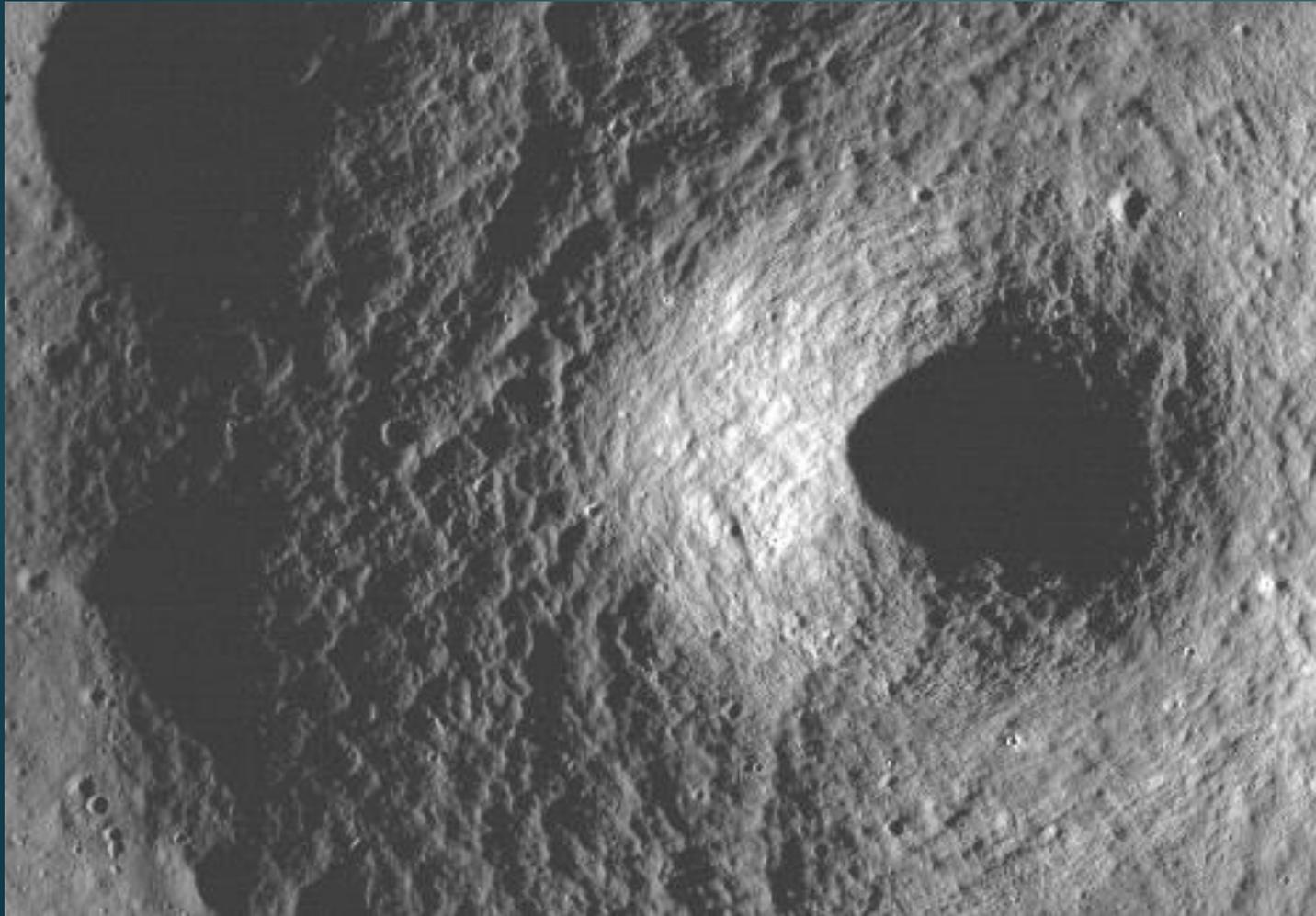
從地球使用望遠鏡可看到超過 3 萬個隕石坑，一般大型隕石坑以天文學家、物理學家、數學家、哲學家命名，例如刻卜勒、哥白尼、畢達哥拉斯 (Pythagoras)、柏拉圖 (Plato)、亞里斯多德 (Aristotle)

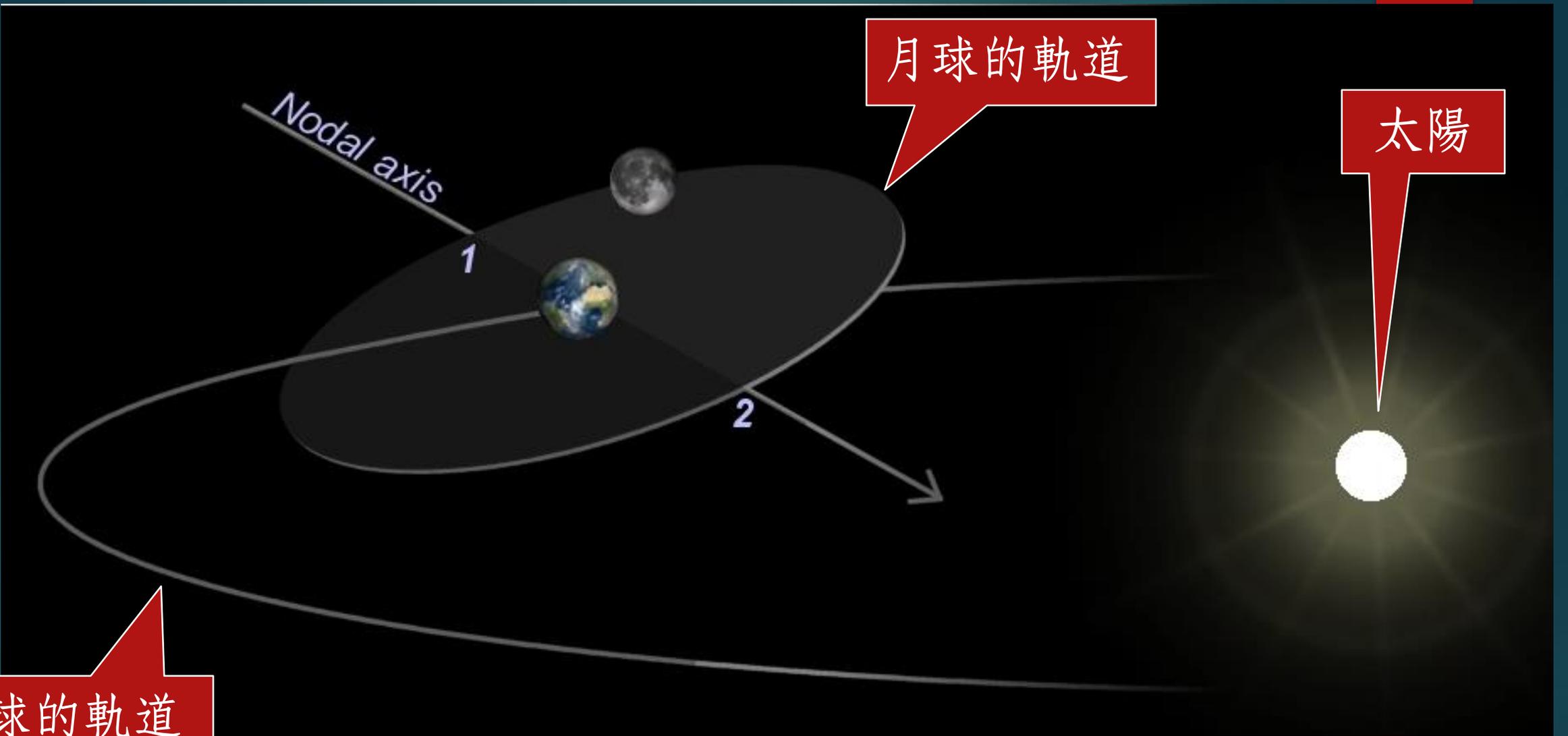
By Apollo 8 astronauts in 1969



並非所有坑洞都是隕石造成的，有些可能是火山口，甚至可能很年輕。

怎麼分辨呢？



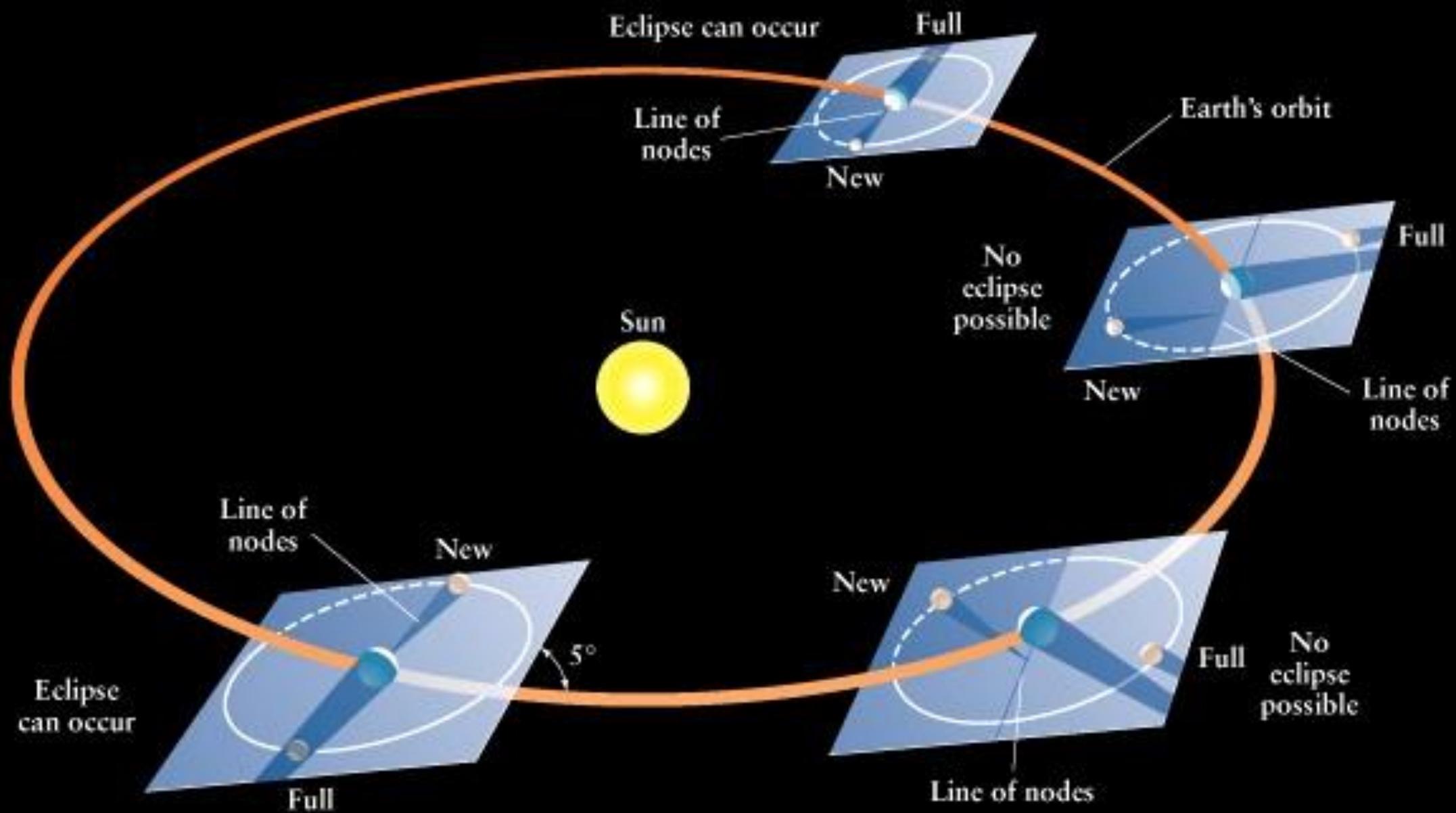


地球繞著太陽 月球繞著地球
(其實都是互繞)

大小遠近…比一比

	太陽	地球	月球
距離 [km]	395 (1億5千萬)	0	1 (38萬)
直徑 [km]	109 (1,391,000)	1 (12,742)	0.27 (3474)
密度 [g/cm ³]	0.26 (1.41)	1 (5.51)	0.6 (3.34)
溫度 [°C]	5500	15 (-89~57)	-53 (-173~117)
扁率	0.0000000009	0.0035	0.0012





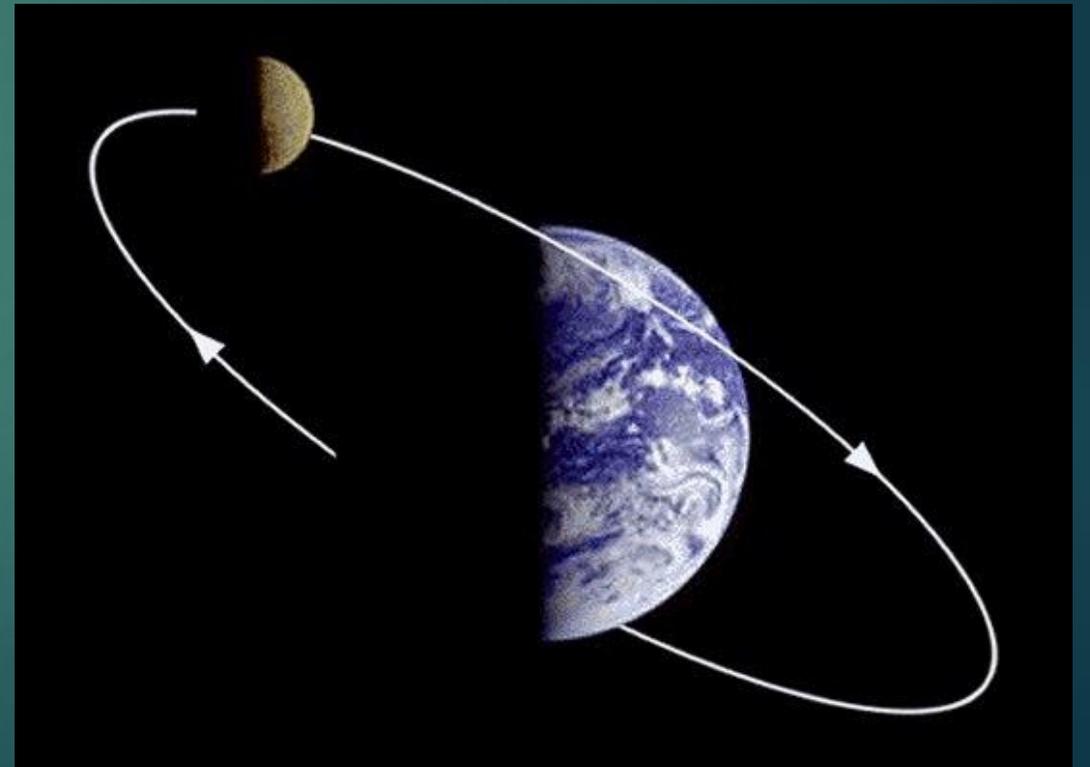
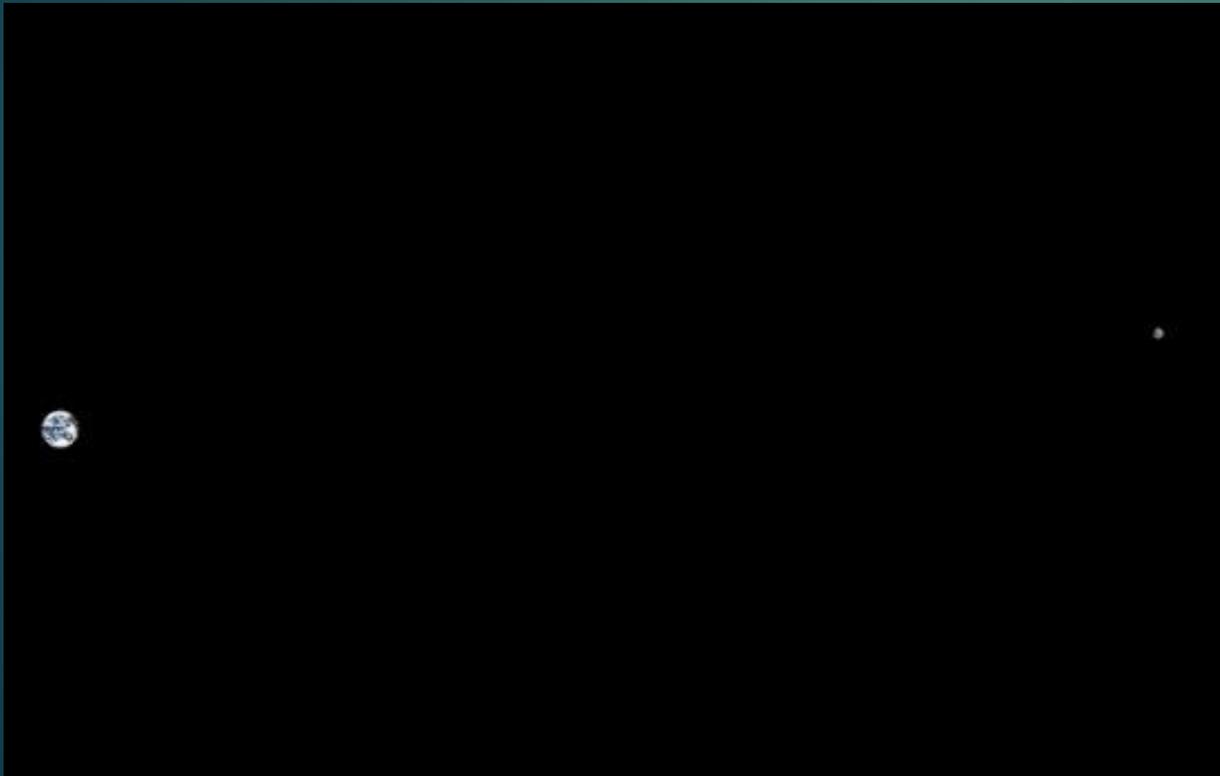
觀看月亮

月亮永遠以同一面對著我們



- ▶ 這是因為月亮繞著我們公轉一圈，
同時也自轉一圈（公轉週期＝自轉週期）
- ▶ 2個鐘頭走一度（伸直手臂一根手指頭的寬度）

Moon rotation animation



2007 Oct 11 00:00:00 UT



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lunar_libration_with_phase_Oct_2007_450px.gif

Highland 高地，佔月面 83% 面積



- 月球本身不發光，靠著反射陽光而「發亮」
離太陽越近，或是離地球越近，月球就越明亮，看起來也比較大（超級）

supermoon=perigee syzygy

- 藍月 (blue moon) 一個月內兩次滿月 (19年7次)
- Harvest moon 最接近秋分的滿月



月海 (mare; 複數為 maria)

- 拉丁文「海」之意。十七世紀觀察月球者以為是「海」
- 現在我們知道這些並非水，而是月面岩漿往低窪地區流動構成的盆地區域
- 有名的月海：
 - Mare Imbrium (Sea of Showers 雨海) 最大月海 D=1100 km
 - Mare Tranquillitatis (Sea of Tranquility 寧靜海)
 - Mare Nebium (Sea of Clouds 雲海)
 - Mare Nectaris (Sea of Nectar 酒海)
 - Mare Serenitatis (Sea of Serenity 澄海)

柏拉圖
隕石坑

哥白尼
隕石坑

雨海

澄海

風暴洋

危海

雲海

寧靜海

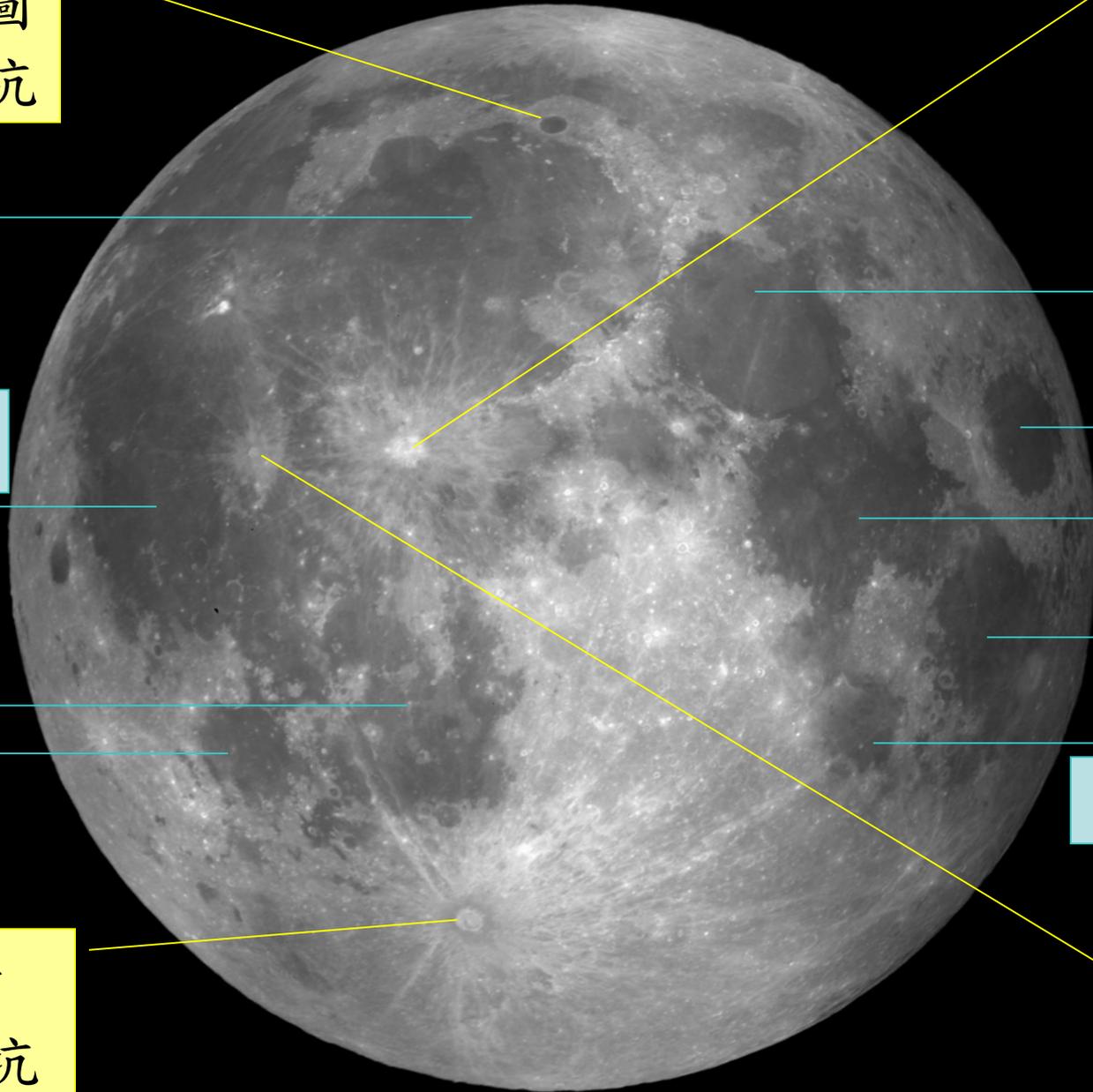
濕海

豐海

酒海

第古
隕石坑

刻卜勒
隕石坑



Phases of the Moon

盈凸月
(地面所見)

上弦月
(地面所見)

眉月
(地面所見)

陽光

滿月
(地面所見)

下午六點

新月
(地面所見)

半夜

中午

上午六點

虧凸月
(地面所見)

下弦月
(地面所見)

殘月
(地面所見)

陽光



Waxing gibbous Moon



First quarter Moon



Waxing crescent Moon

← Light from Sun



Full Moon



New Moon

Waning gibbous Moon



Third quarter Moon



Waning crescent Moon



← Light from Sun



月亮對我們的影響

「不要用手指月亮 …」

「月亮會跟著你 …」

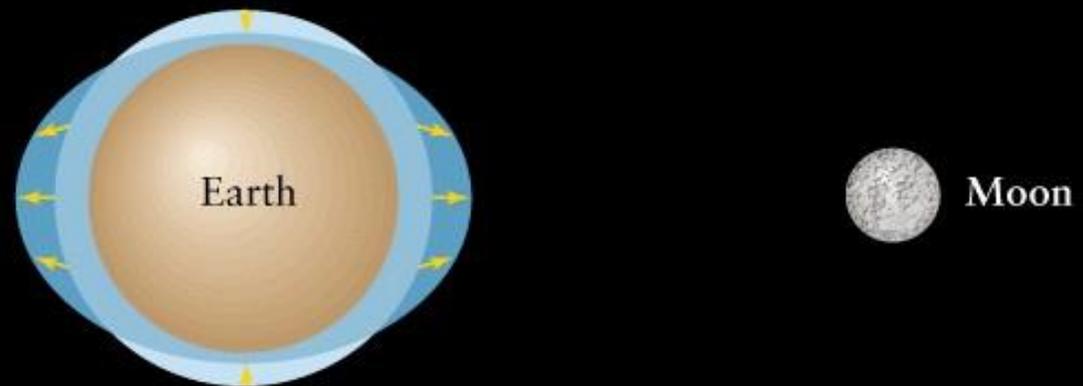
地平線上的月亮比較大？



APOD 2012.03.10

Rick Baldrige 2012

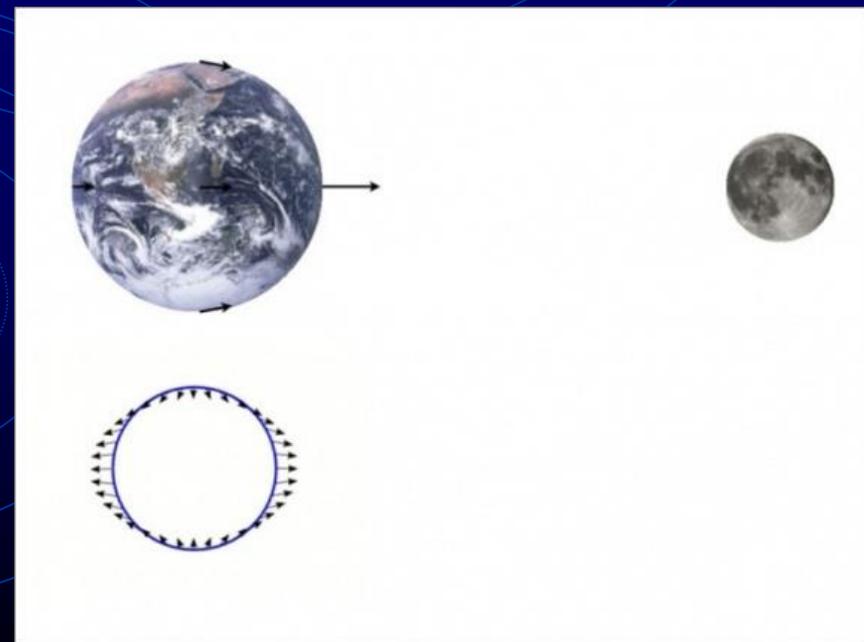


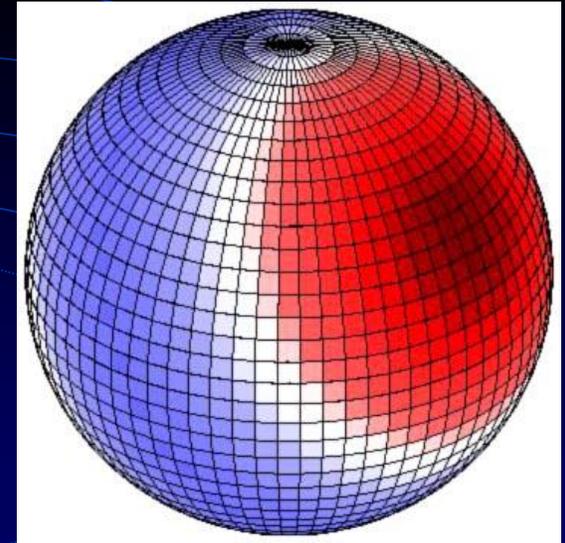
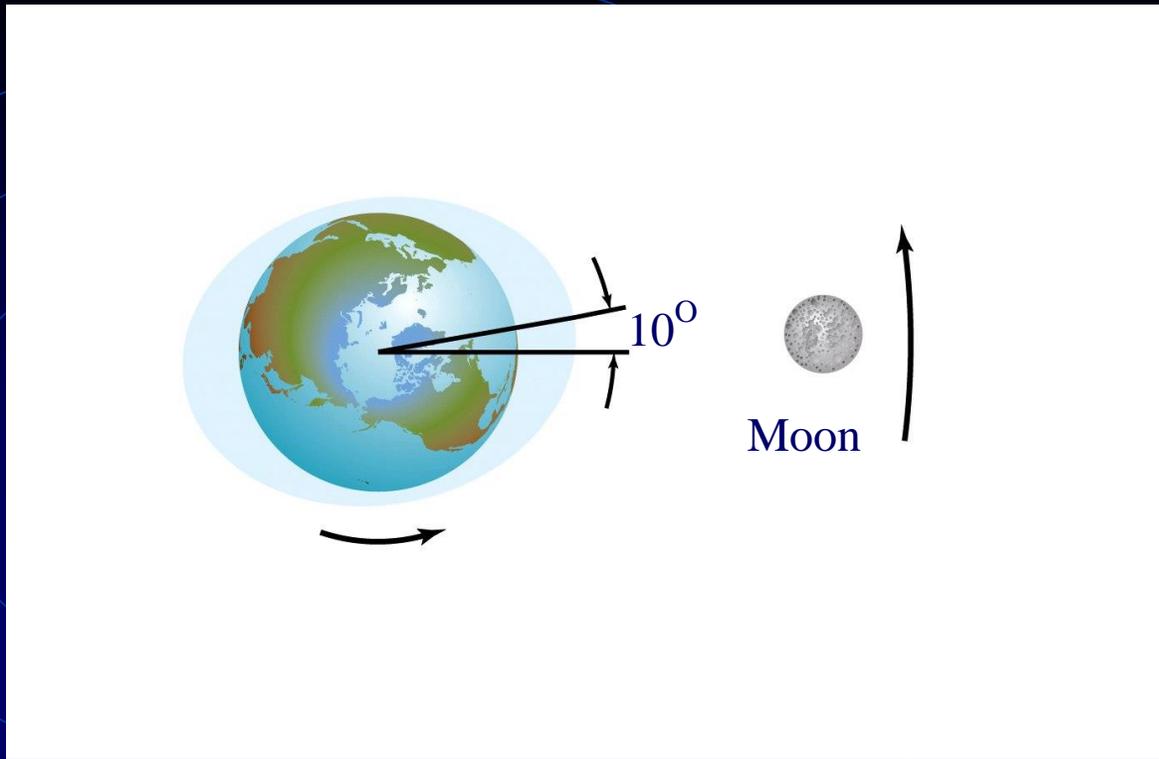


潮汐力 = 萬有引力差

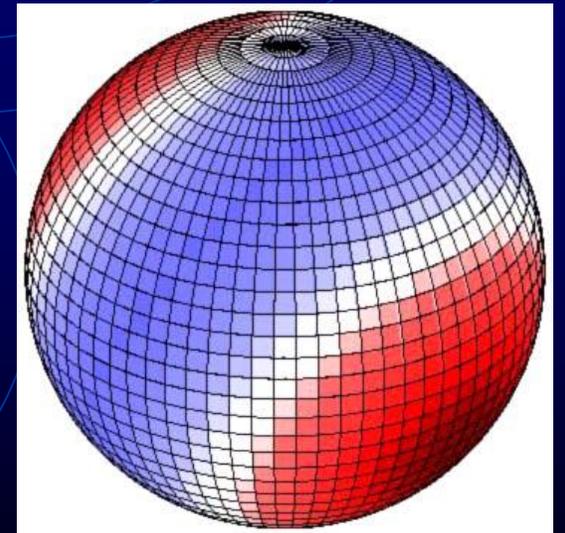
太陽與月球都有影響，月球雖然小，但距離地球近，影響較大（大約兩倍）

滿月、新月 → 大潮
上弦、下弦 → 小潮





月球在 30° N
地殼變形 (紅=高；藍=低)



月球在 30° S

地球自轉比月球公轉快

→ 地球的海洋突起指向月球「前方」約 10° 處

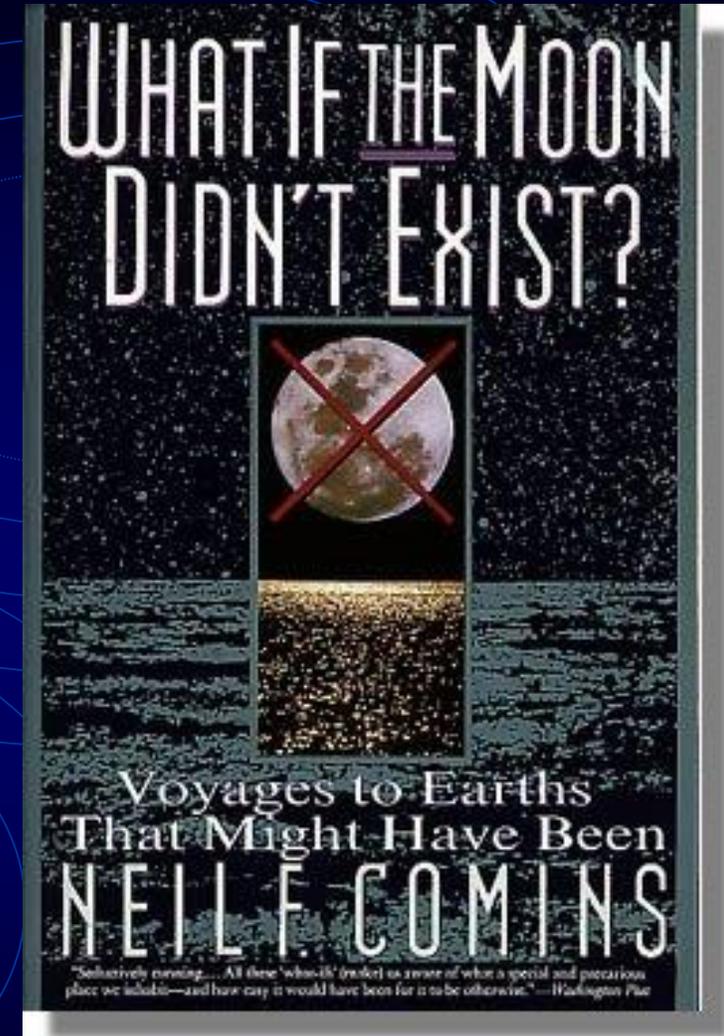
→ (1) 地球自轉越來越慢 (每世紀 0.002 秒)

地球剛誕生時可能每6~10小時轉一圈

(2) 月球越來越遠 (每年 3.8 公分)

如果沒有月亮 ...

- ◆ 潮汐規模小得多 (生命可能推遲出現)
- ◆ 地球自轉比較快 (一天不到10小時)
地球自轉軸不穩定
強風、強磁場；生物演化過程可能不同
連「聽演講」方式都會不同...
- ◆ 少了很多假期 (沒有春節、端午、中秋 ...)
沒有 lunatics、沒有 Moon River、沒有蜜月、
床前沒有明月光



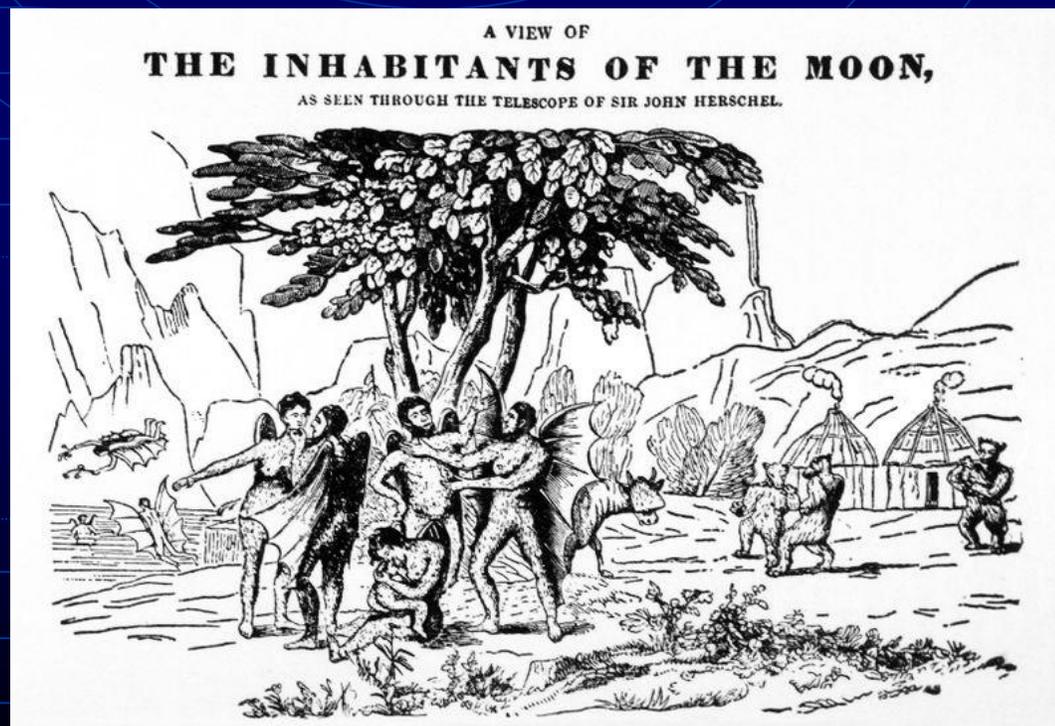
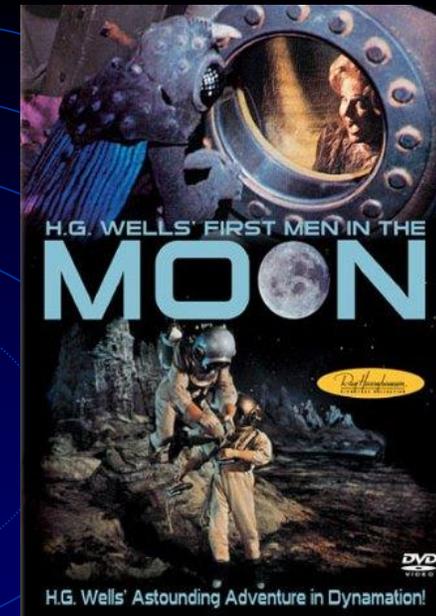
天生我才必有用，天體亦然

What If (not) ...

月球人在地球？

月球人？

- 人們一直相信有月球人 (selenites)
- 為什麼不呢？月相圓缺規律，與太陽輪流爭輝，與生活息息相關，想當然應該有人
- 嫦娥、吳剛早在那了



pamphlet reprint

月球大騙局 (The Great Moon Hoax)

1835年8月底，紐約太陽報頭條新聞宣稱英國天文學家赫歇爾 (Sir John Herschel; 1792-1871；其父為發現天王星的著名天文學家 William Herschel) 使用位於南非當時剛建造的大型天文望遠鏡觀察月球，利用其獨特設計的放大原理，清楚看到月球表面有生物存在。

(也就是有人證、物證)



William Herschel



John Herschel

- 該文宣稱消息來自權威科學期刊 *Edinburgh Journal of Science*

其實該期刊早已停刊

- 整個事件從8月25日開始，從描述望遠鏡到看到簡單表面特徵與植物、月海、火山、畜獸，然後是月球（蝙蝠）人彼此在談話，且充滿肢體動作，顯然具有智慧
- 8月31日最後一期報導甚至描述了壯麗的廟堂，證明他們擁有高度文明。人們寧可信其有。
- 有點學問的人反而相信



- 新聞連載了六天，讀者大排長龍爭購報紙，期待獲悉最新發展，使得才開辦兩年的小報，8月26日賣出了快兩萬份，到了8月29日甚至把整個事件印成專輯小冊，賣出了六萬份。



1835 lithograph

- 整個事件其實是記者洛克 (Richard Adams Locke, 1800-71) 所虛擬
- 洛克專長報導科學新聞，為了諷刺當時流行「多重世界」理論倡導者迪克 (Thomas dick)，認為其藉科學之名散播似是而非的觀念。迪克主張外星人存在而作品大為暢銷。他曾以英國的人口密度為準，依照面積大小估計太陽系各天體，像是月球、各行星以及衛星，甚至土星光環邊緣所居住的人口數目！
(這下還有數字為憑！)

有人自稱來自月球

天下奇事多，
憑什麼「寧可信其有」？

44. 他自稱來自月球

據段成式（?-863）的《酉陽雜俎》記述，唐代太和年中（827-835），鄭仁本的某表弟曾與一姓王的秀才去嵩山遊玩，二人攀藤越澗，進到十分幽雅的境界，結果樂而忘返，迷失了方向。天色已晚，不知從何出山，正焦慮之間，忽然聽到叢莽中傳來鼾睡聲。二人循聲尋去——

見一人布衣甚潔白，枕一袂物，方眠熟。即呼之曰：「某偶入此徑迷路，君知向官道否？」其人舉首略視，不應，復寢。又再三呼之，乃起坐，顧曰：「來此！」二人因就之，且問其所自。其人笑曰：「君知月乃七寶合成乎？月勢如丸，其影，日煉其凸處也。常有八萬二千戶修之，子即一數。」因開袂，有斤、鑿數事，玉屑飯兩裹，授與二人曰：「分食此，雖不足長生，可一生無疾耳。」乃起與二人指一支徑：「但由此，自合官道矣。」言已不見。

官道即是大道。兩人偶遇的白衣人，自稱是月球上的工匠，談及他自己的來歷，很難讓人相信。

換成今日，您
信不信？

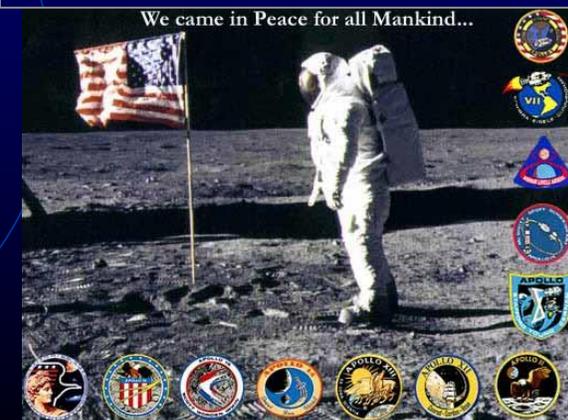
因為是古人說
的就要信？

…為什麼相信
可以隔空抓藥？

- 但人們相信這樣的故事
- 到了 1960s 人們以不再相信月亮上的蝙蝠人，但很多人仍認為月球上有生物，只是太小，以致於望遠鏡看不到
- 1969 年 7 月 20 日 Neil Armstrong 登上月球，之後又有多次登月（阿波羅）任務，取回岩石樣本，研究月表地質並尋找生命跡象



“Houston, Tranquility base here. The eagle has landed.” – July 20th, 1969

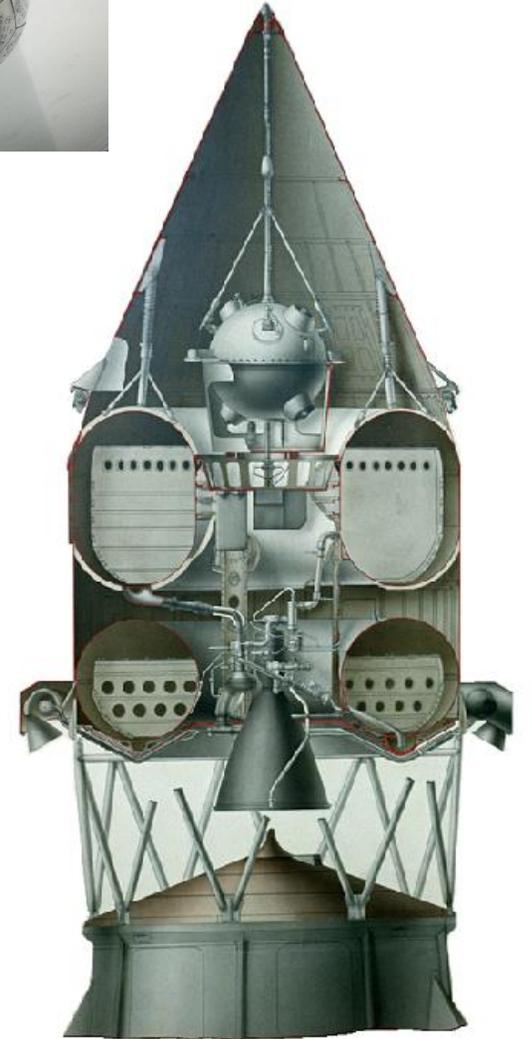
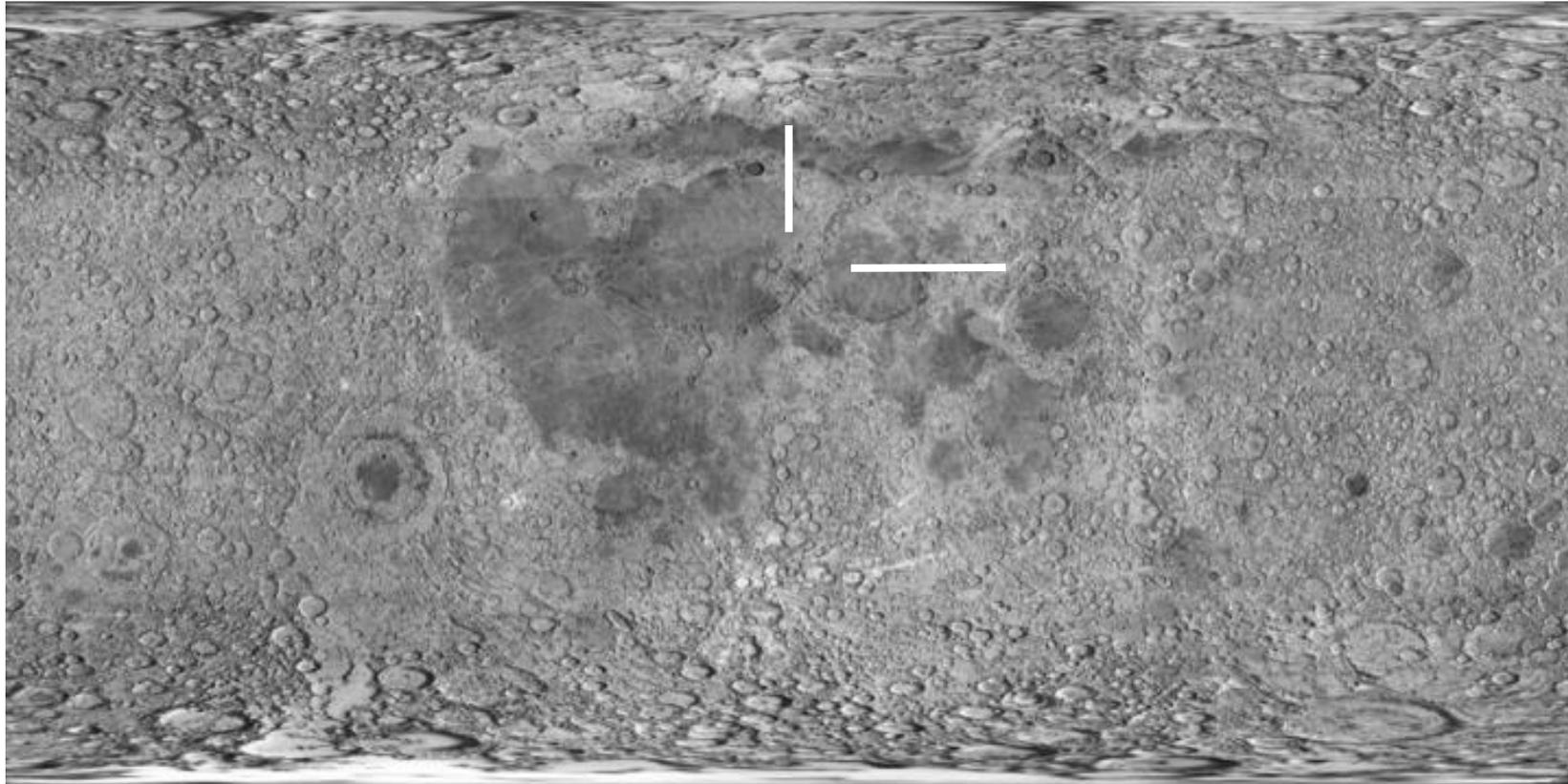


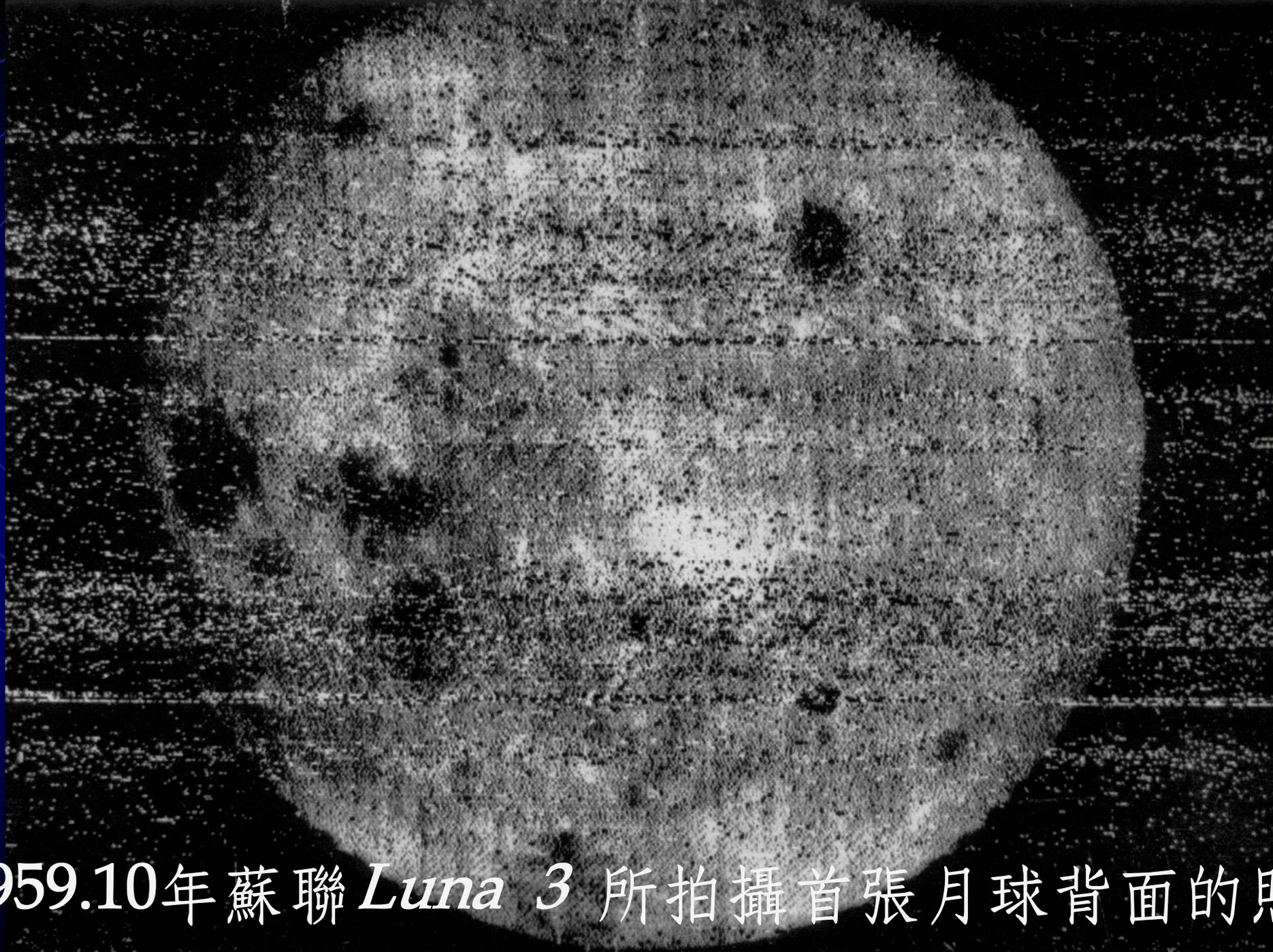
地球人在月球

蘇聯 *Luna 2* 1959.09.12 06:39 發射

1959.09.14 21:02:24 UTC 成功撞擊

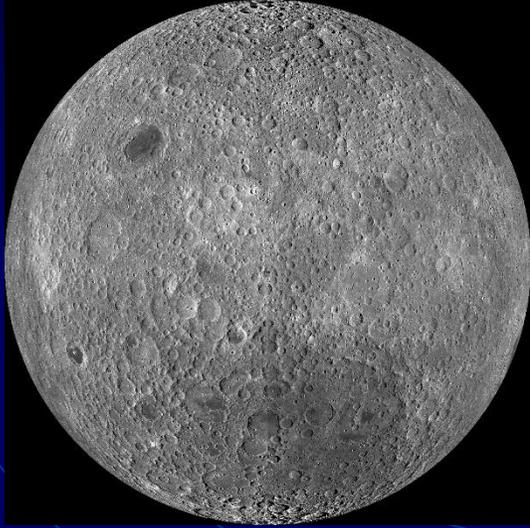
月球表面 29.1°N 0°E





1959.10年蘇聯 *Luna 3* 所拍攝首張月球背面的照片

月球的背面



by Galileo spacecraft



月球背面不是黑暗面
灰暗（低窪）區域少
→ 高地居多



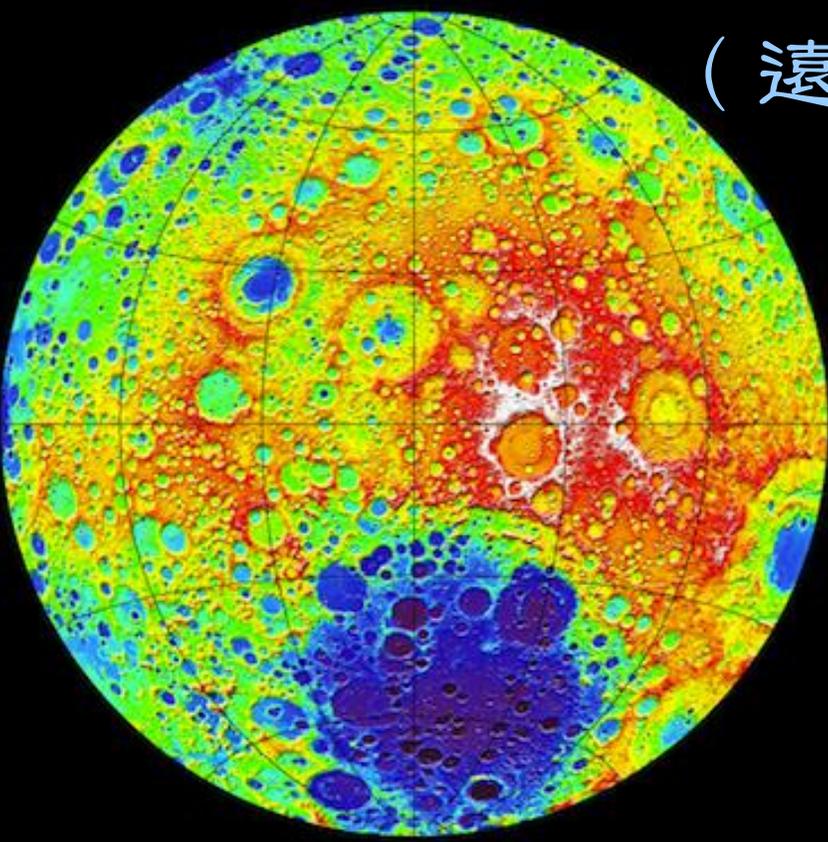
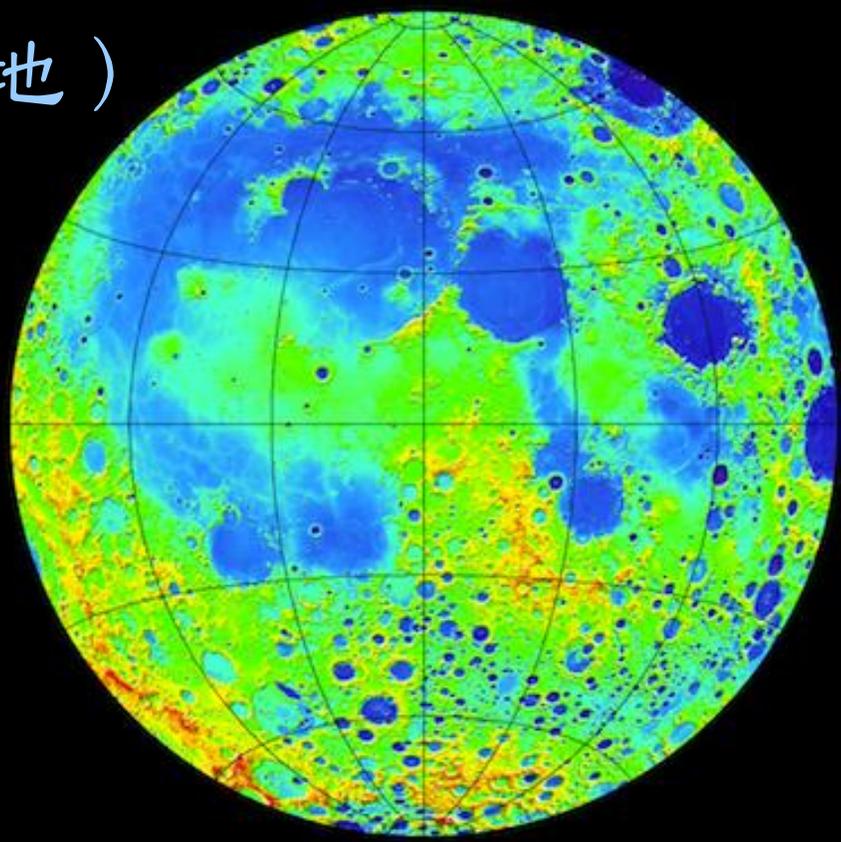
2015 by NASA's EPIC (Earth Polychromatic Imaging Camera) on board the Deep Space Climate Observatory (DSCOVR) satellite

月球正面
(近地)

Near side

Far side

月球背面
(遠地)

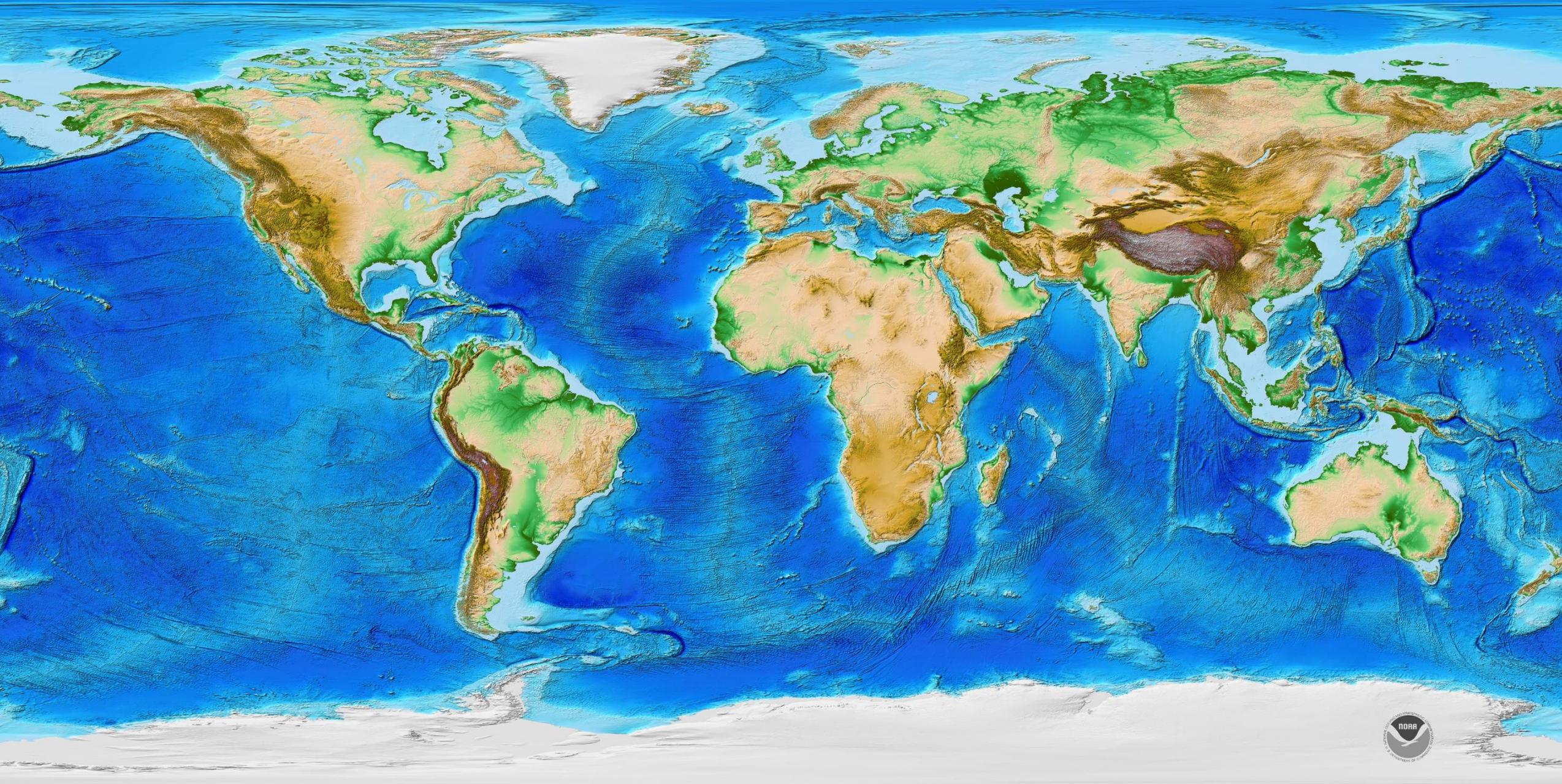


Topography (km)

地勢低



地勢高



https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/image/color_etopo1_ice_low.jpg



Moon and Earth from Chang'e 5-T1 (2014.10.23) 嫦娥五號T1

APOD 2014.11.04

□ 1960.11 美蘇冷戰，甘迺迪當選美國總統

To make the US not *“first but, first and, first if, but first period.”*

□ 1961.04.12 蘇聯太空人 Yuri Gagarin 成為首位上太空的人類

□ 1961.04.20 美國副總統 Lyndon B. Johnson 檢視美國的太空計畫，看看 NASA 如何急起直追

□ 詹森副總統一週之後提出報告，評估美國有機會搶先「載人登月」

Project Apollo

先是美國總統艾森豪，然後是甘迺迪 (John F. Kennedy) 1961.05.25在國會演說，宣稱在十年之內將窮全國之力

“...I believe that this nation should commit itself to achieving the goal, before this decade is out, of landing a man on the Moon and returning him safely to the Earth”



1968.12 美國阿波羅 (Apollo) 8號首次載人繞月任務；
繞月10圈之後返回，落在太平洋當中

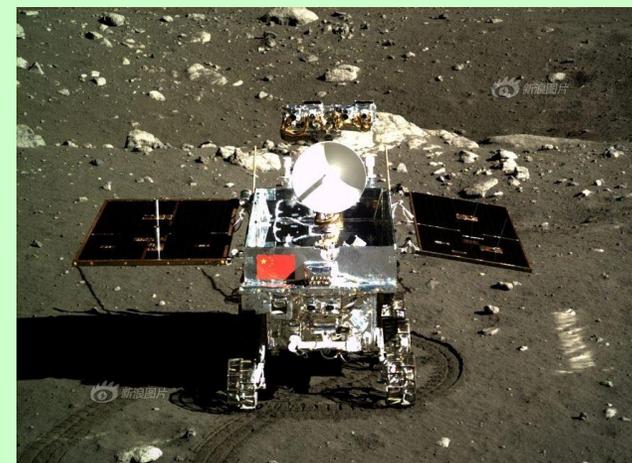
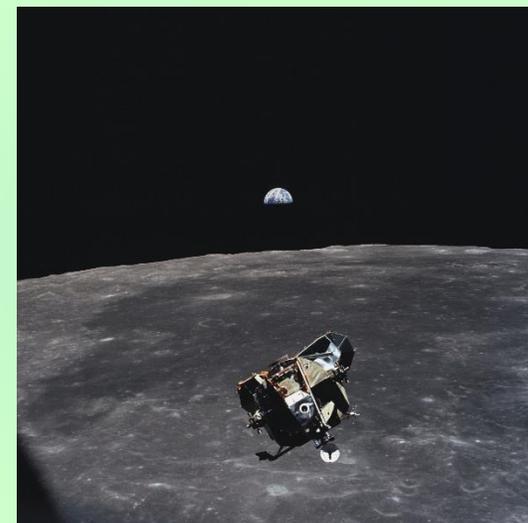
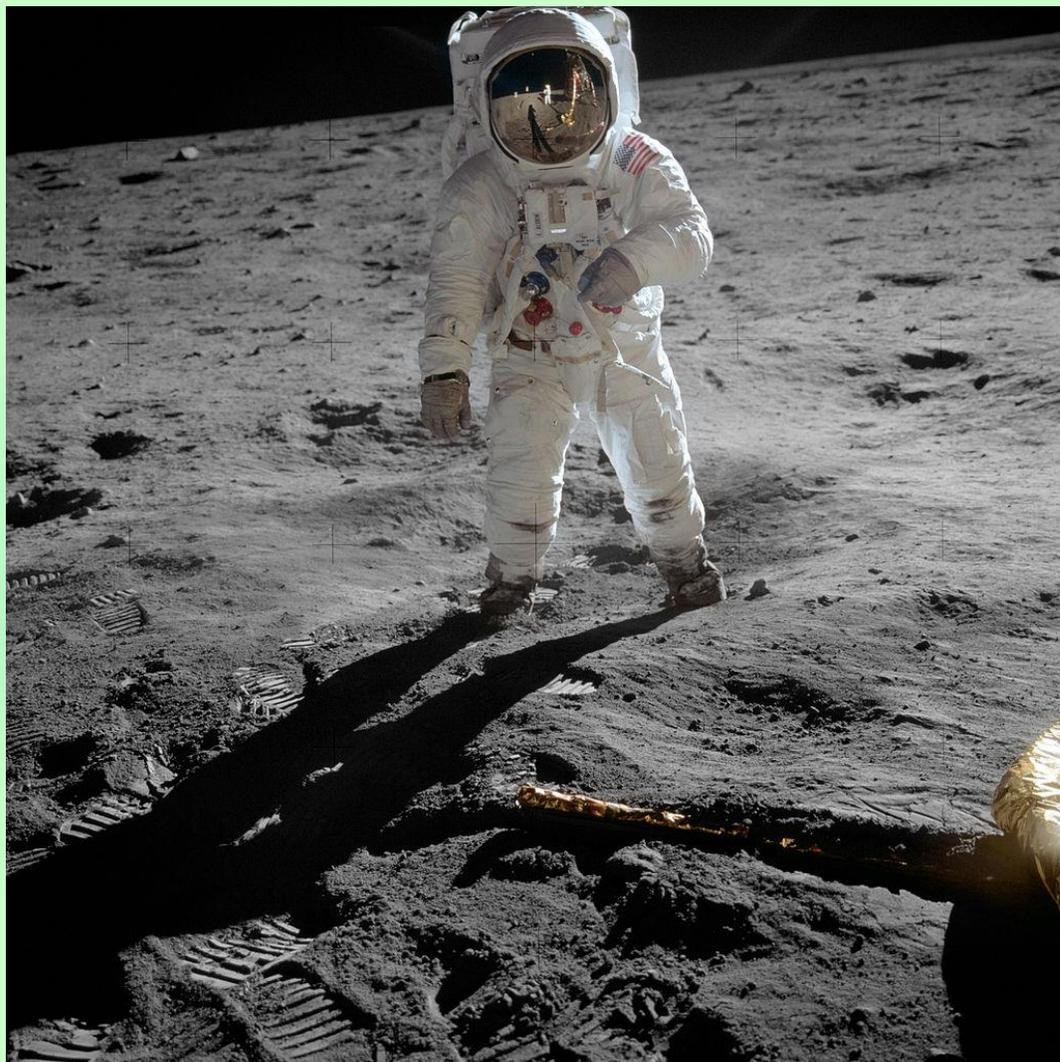


月球是第二個人類踏上腳步的天體



Apollo 11

第一個呢？



Apollo 11, 1969年7月16日 13:32 UTC 從佛羅里達 Saturn V
火箭發射。July 20, 1969 at 20:17 UTC, 降落在月球表面
Sea of Tranquility (寧靜海)



六小時後 July 21 02:56:15 UTC 阿姆斯壯 Neil Armstrong
成為第一個踏上月面的人類；Buzz Aldrin 19 分鐘之後加入



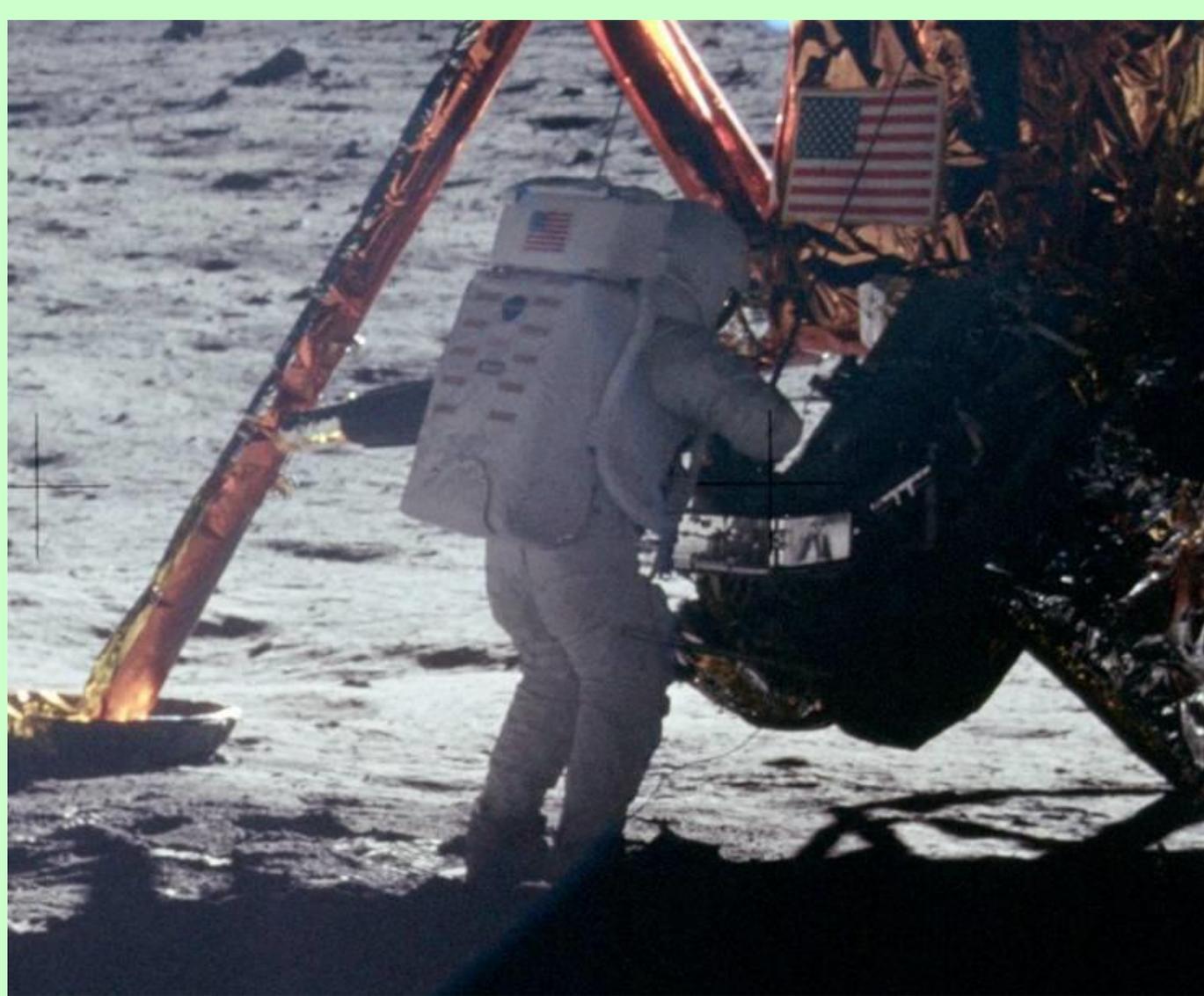
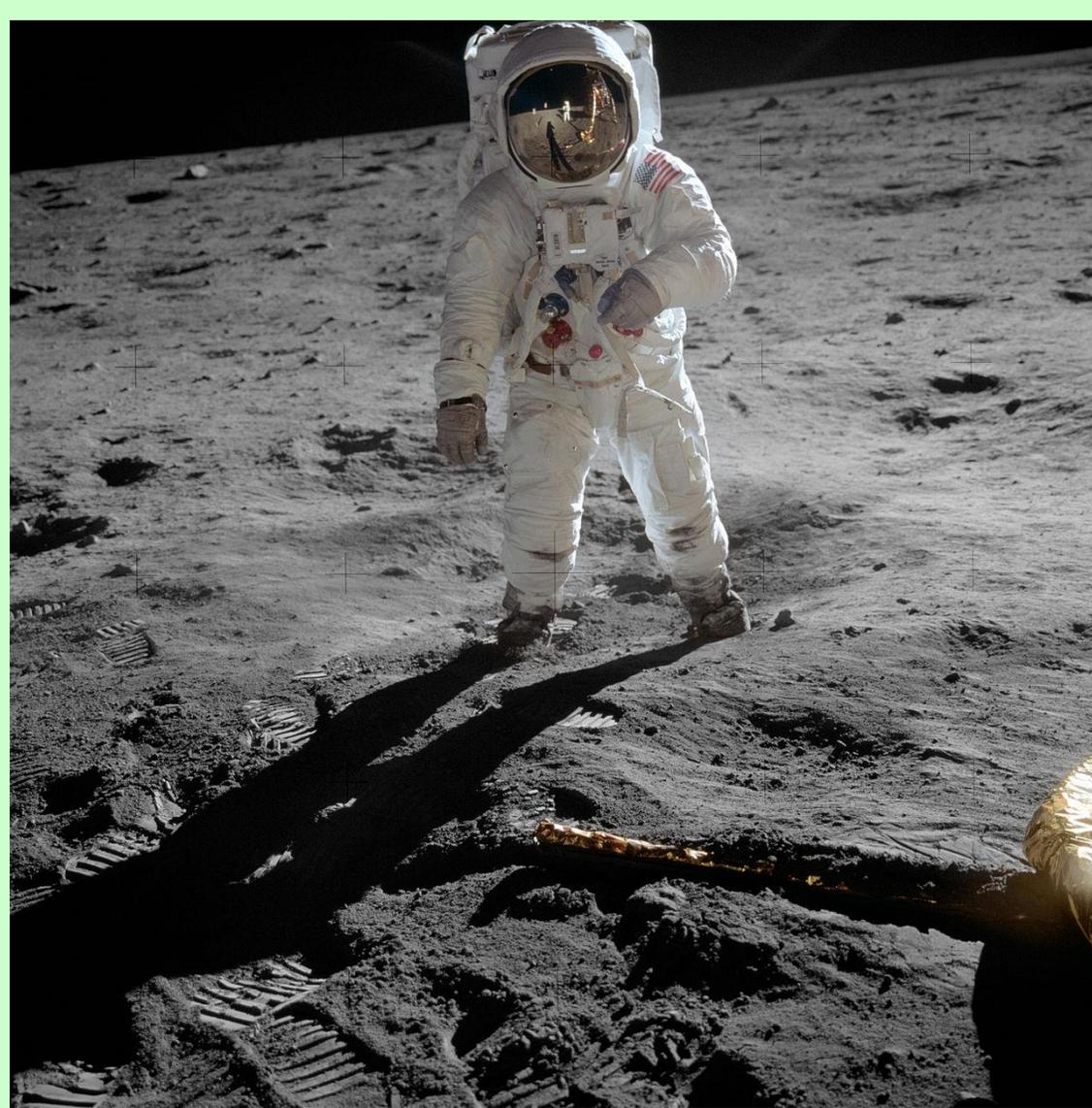
Neil Armstrong
(1930.08.05~2012.08.25)



Buzz Aldrin
(1930.01.20~)

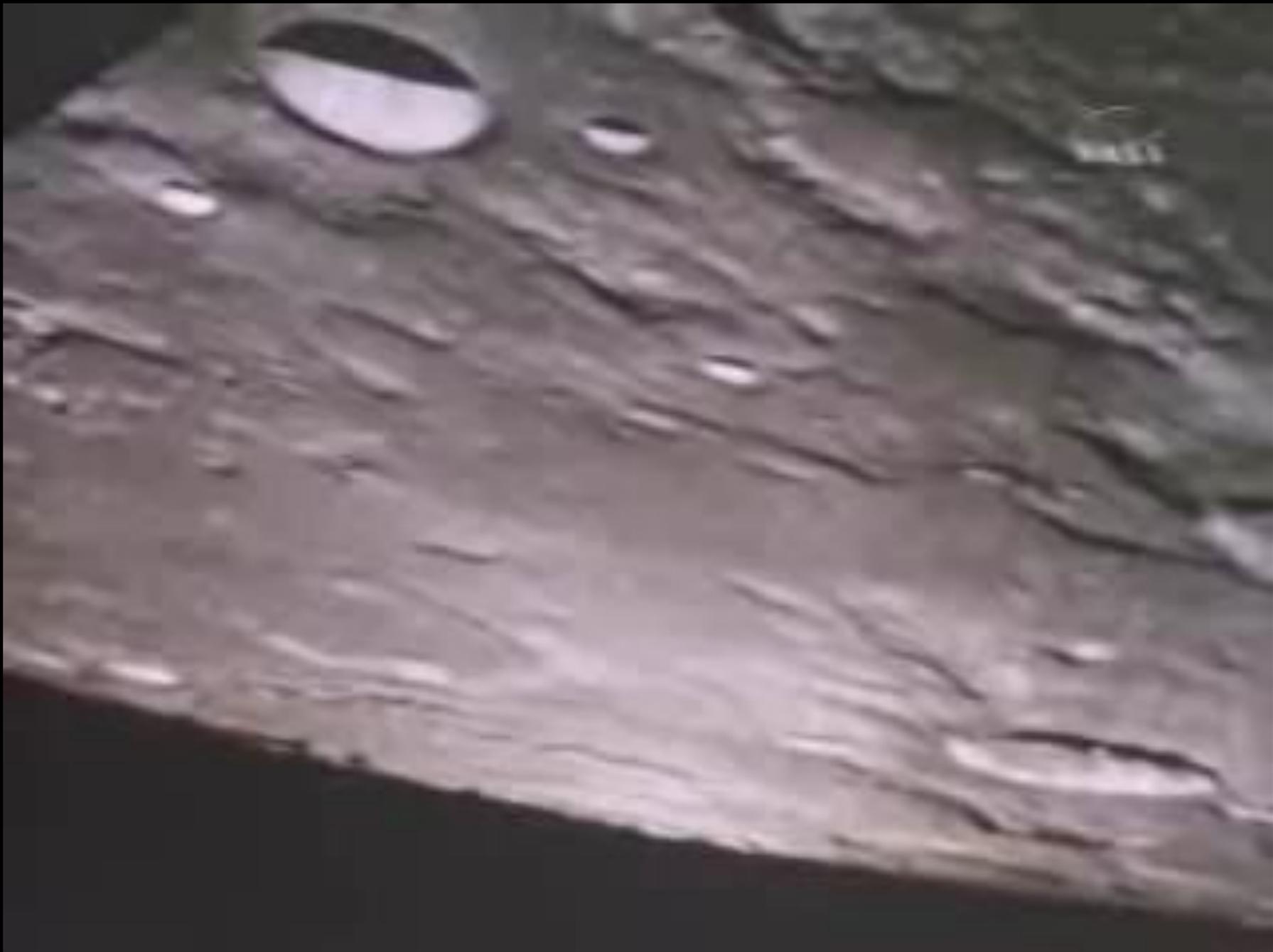


Michael Collins
(1930.10.31~)



“That’s one small step for [a] man, one giant leap for mankind.”
這個人的一小步，乃人類的一大步

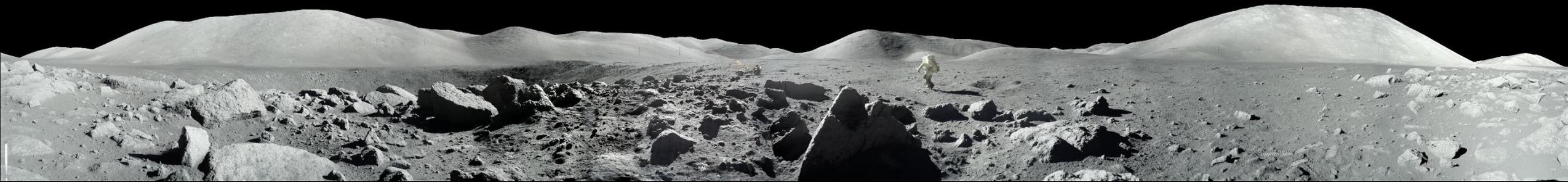
[youtube](#) [wav](#)



“OK, I'm going to
step off the LEM
[Lunar Module] ...
That's one small
step for (a) man,
one giant leap for
mankind.”

「好了，我現在要
走出月球艙了…
我這一小步，可是
人類的大躍進」





<https://www.nasa.gov/feature/nasa-releases-stunning-panoramas-of-apollo-landing-sites-for-50th-anniversary>

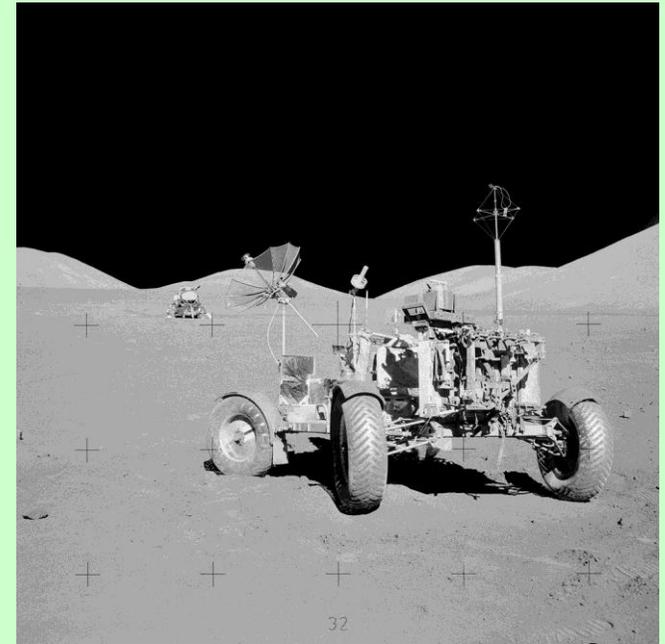
Apollo 15 reentry and splashdown 太平洋



阿波羅17號 (1972.12.07~1972.12.14) 太空人 Gene Cernan

第三位太空漫步者；三位去過兩次月球
其中之一；（目前）最後踏上月球的人

*"We leave as we came and,
God willing, as we shall
return," he said, "with peace
and hope for all mankind."*



我們離去正如我
們前來，而如果
上天允許，我們
會帶著和平與全
人類的希望再來



月球是外星人的基地？

■ 以衛星來說它太大了？

太陽直徑是月球的395倍，但是太陽卻離地球有395倍遠。由於距離抵消了大小，使兩個天體在地球看起來，它們的圓面就一樣大了！
這個現象是自然界產生，或是人為的？宇宙中那有如此巧合？

事實：太陽直徑/月球直徑 = $1,392,000 / 3476 = 400.5$

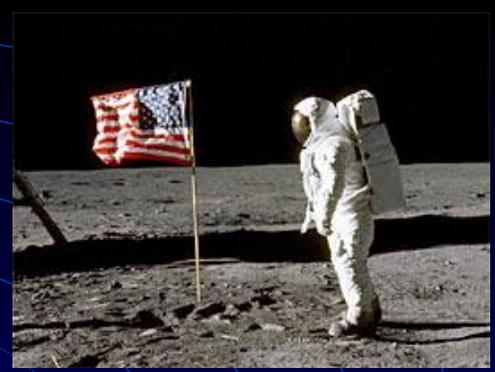
地日距離/地月距離 = $149597870 / 384400 = 389.2$

外星人為什麼不做得剛剛好？

- 隕石坑都太淺了？不可能存在的金屬？地球上看不到的那一面？數百年來的怪異現象？月面上的不明飛行物？空心的月球？

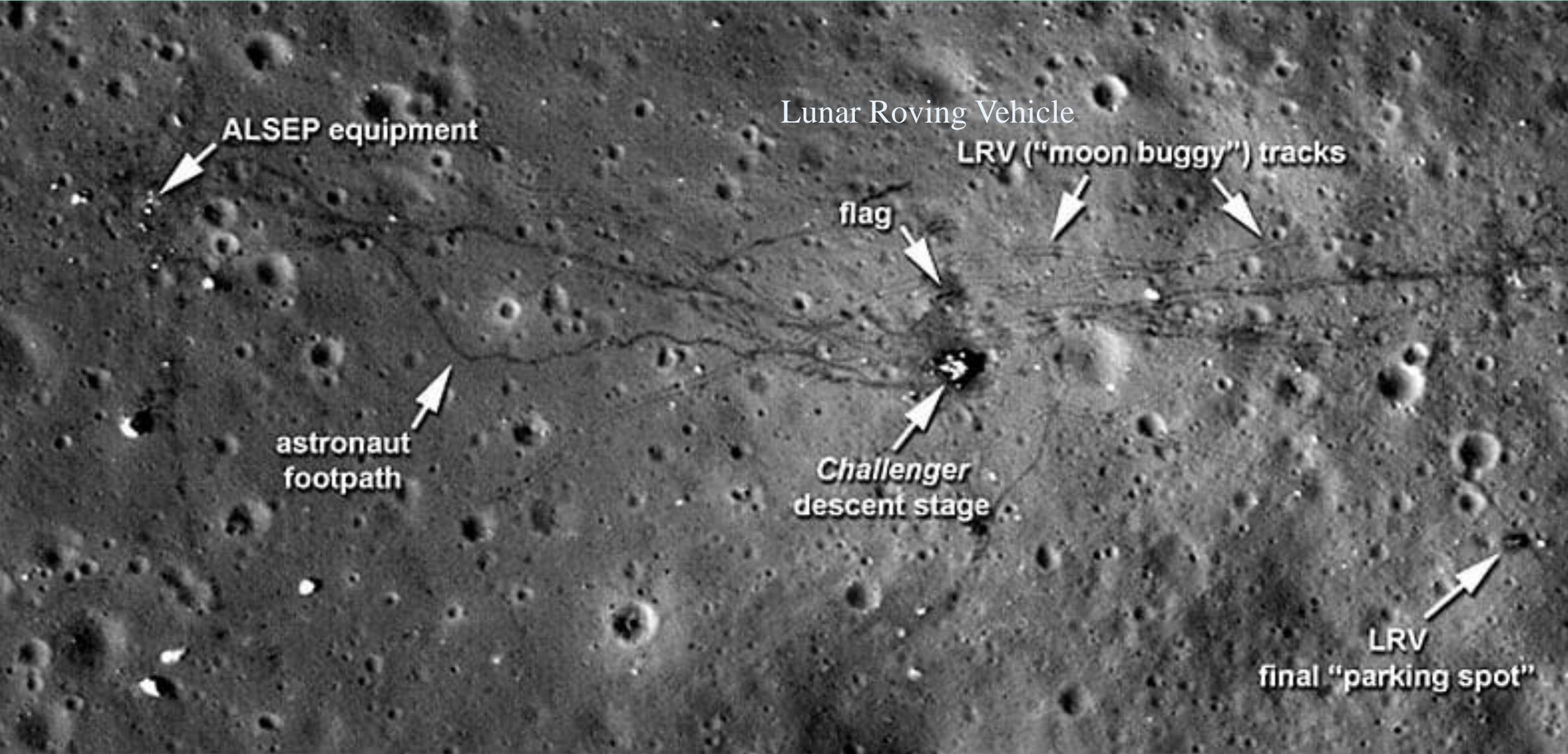
阿波羅登月任務是假的？ 月球是外星人基地？

外星人在地心？
在月球背面？
在月球內部？



時至今日仍傳言 NASA 作假。甚至信誓旦旦，宣稱太空人在月球受到當地生物警告不要再來，以致後來各國不再繼續登月任務，甚至美國總統還和外星人簽署了「互不侵犯條約」

- 事實上各國對於月球的探測從來沒有間斷，只是不再受到關注
2008.10 印度成功撞擊月面； 2014.10 盧森堡任務成功飛掠月球
2018.12 中國成功登陸月球背面； 2019.02.22 以色列登陸月球時失敗
- 近年有關月球探測帶有具體的「探測」意味（例如找水）
2019 印度漫遊月面（2023）； 美國私人機構登陸（2024）、
中國攜回月（背）面樣本（2024）、日本（2024） ...



ALSEP equipment



astronaut
footpath



Lunar Roving Vehicle

LRV ("moon buggy") tracks



flag

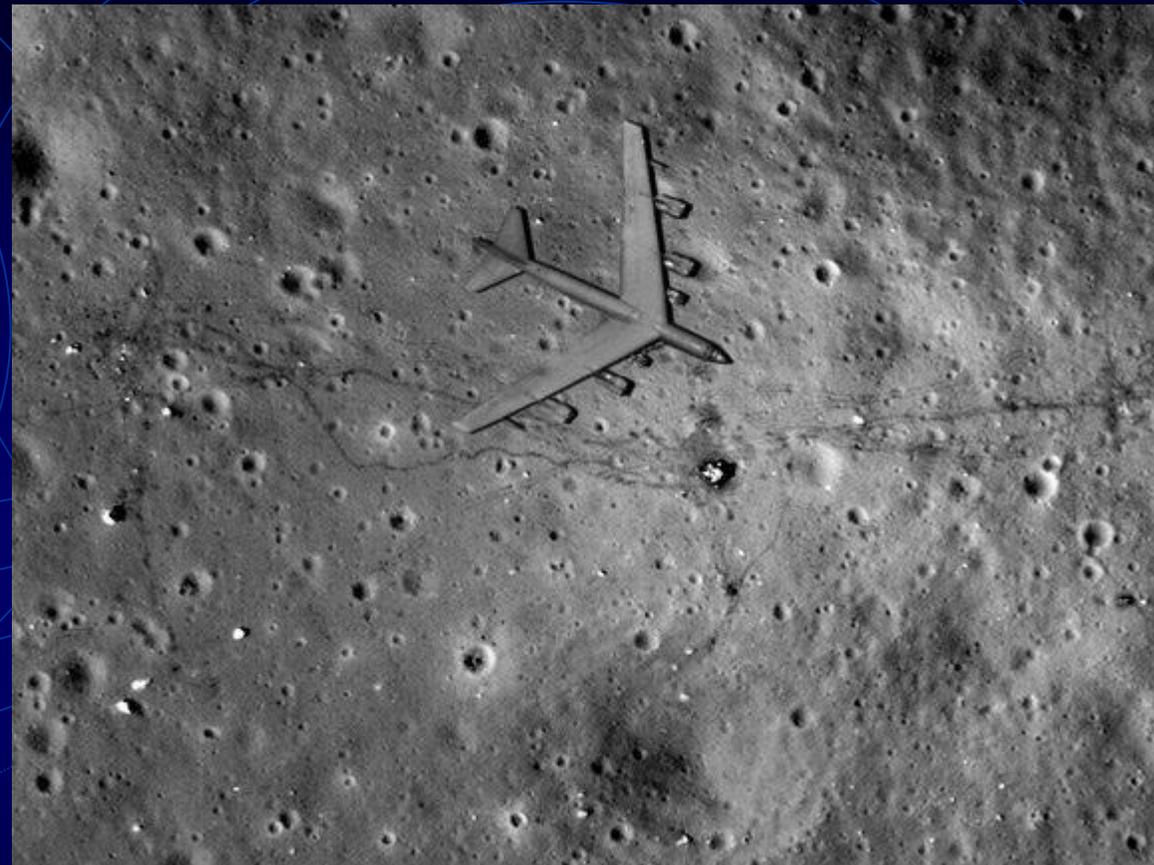
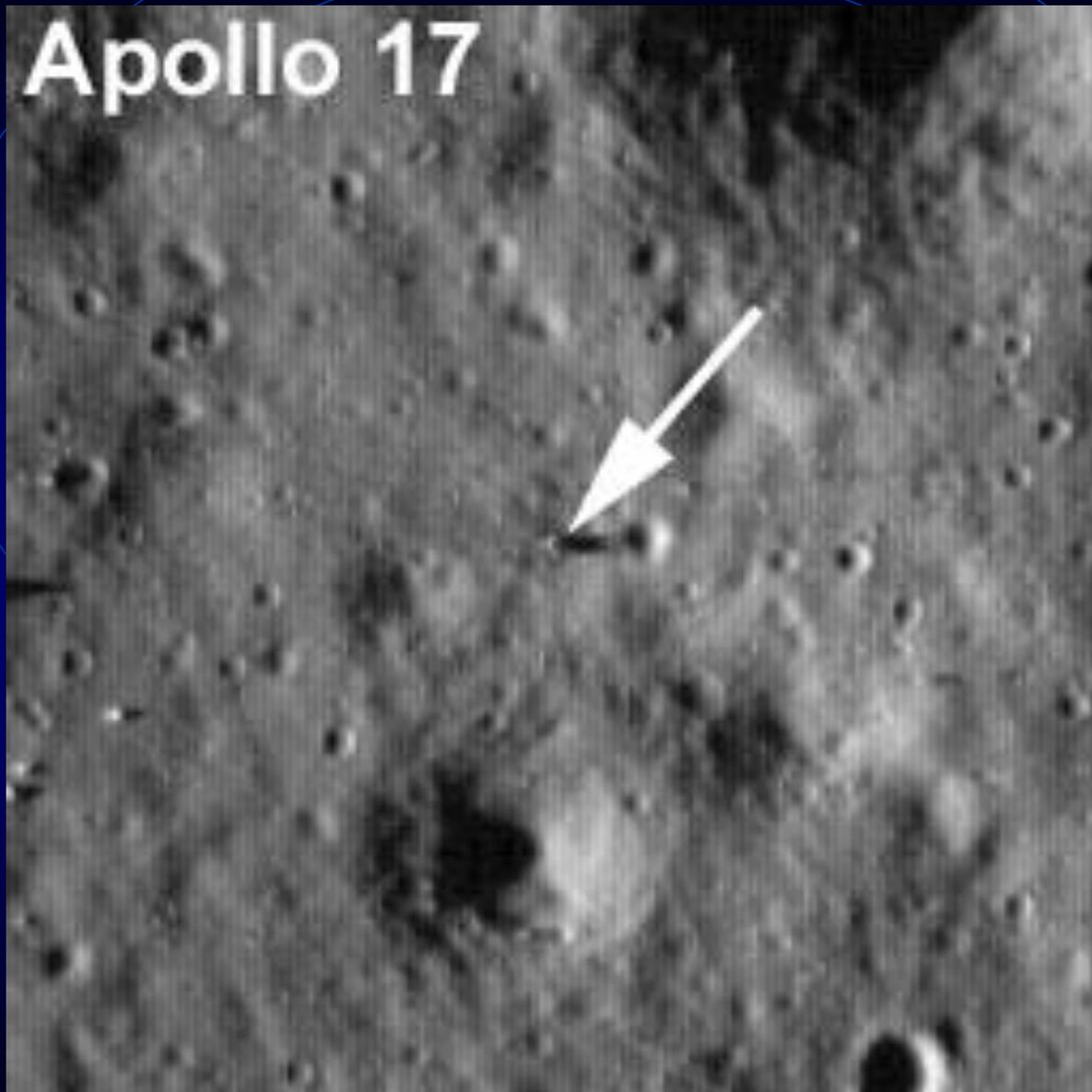


Challenger
descent stage



LRV
final "parking spot"



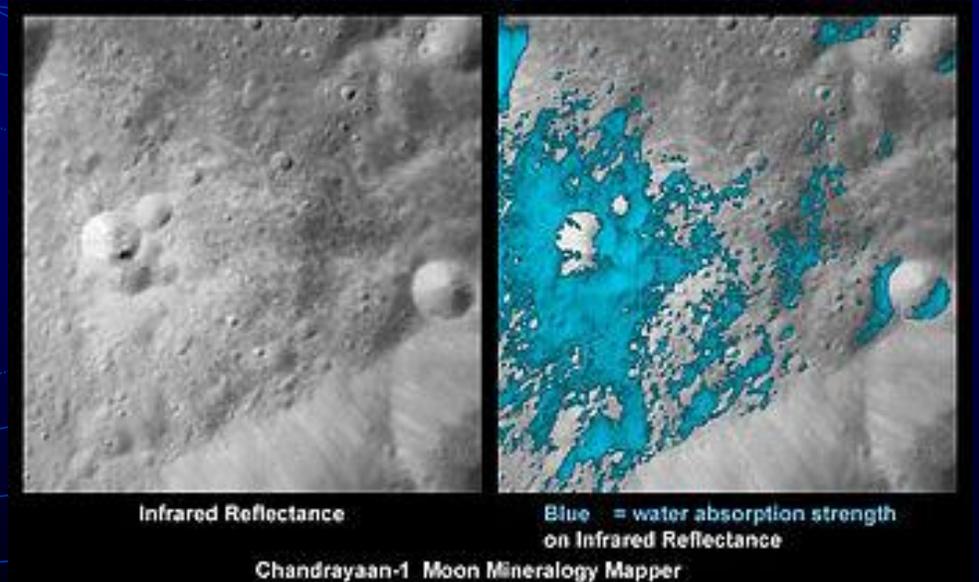
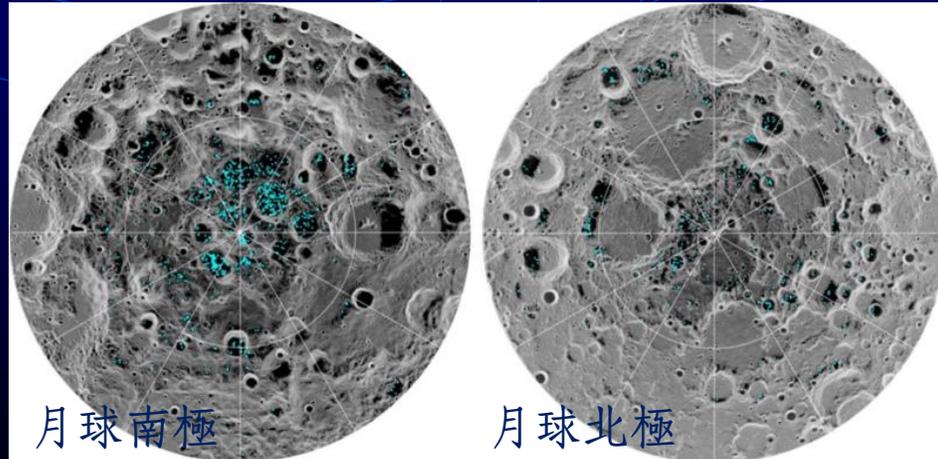


謠傳阿波羅17號太空船拍攝到的月面，居然有 B52 轟炸機

- 到目前為止，沒有在月球發現任何生命跡象 這毋寧讓相信月球有生命的人大失所望。但是近來研究顯示 **月球可能含有水分**
- 以建立月球基地來說，月球當地有水很重要，除了提供生活所需，分解後也可以提供氫（燃料）及氧（生命所需）

對，人類又開始研究月球了（其實從來沒有停止過），這次不再只是科學好奇，而是要找東西（水、民族自信），沒有因為「月球是外星人基地」的宣稱而退卻）

Moon Mineralogy Mapper (NASA) 儀器拍攝月表水冰的分布

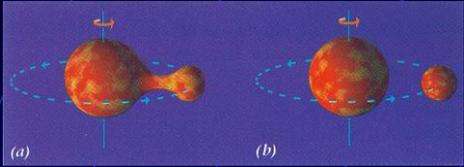


月球可能是撞出來的？



碰撞說

月球的起源



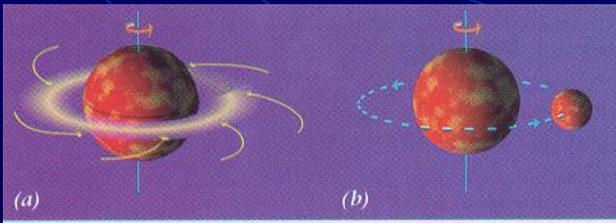
分裂假說 --- 月球由快速自轉的地球分裂出去
月球正離地球遠去；但月球岩石沒有水分

[animation](#)



捕獲假說 --- 月球在別處形成，但被地球重力抓住
但月球與地球的表面有類似地質化學

[animation](#)



吸積假說 --- 月球與地球同時相鄰形成
但跟地球相比，月球缺乏重的（例如鐵）元素

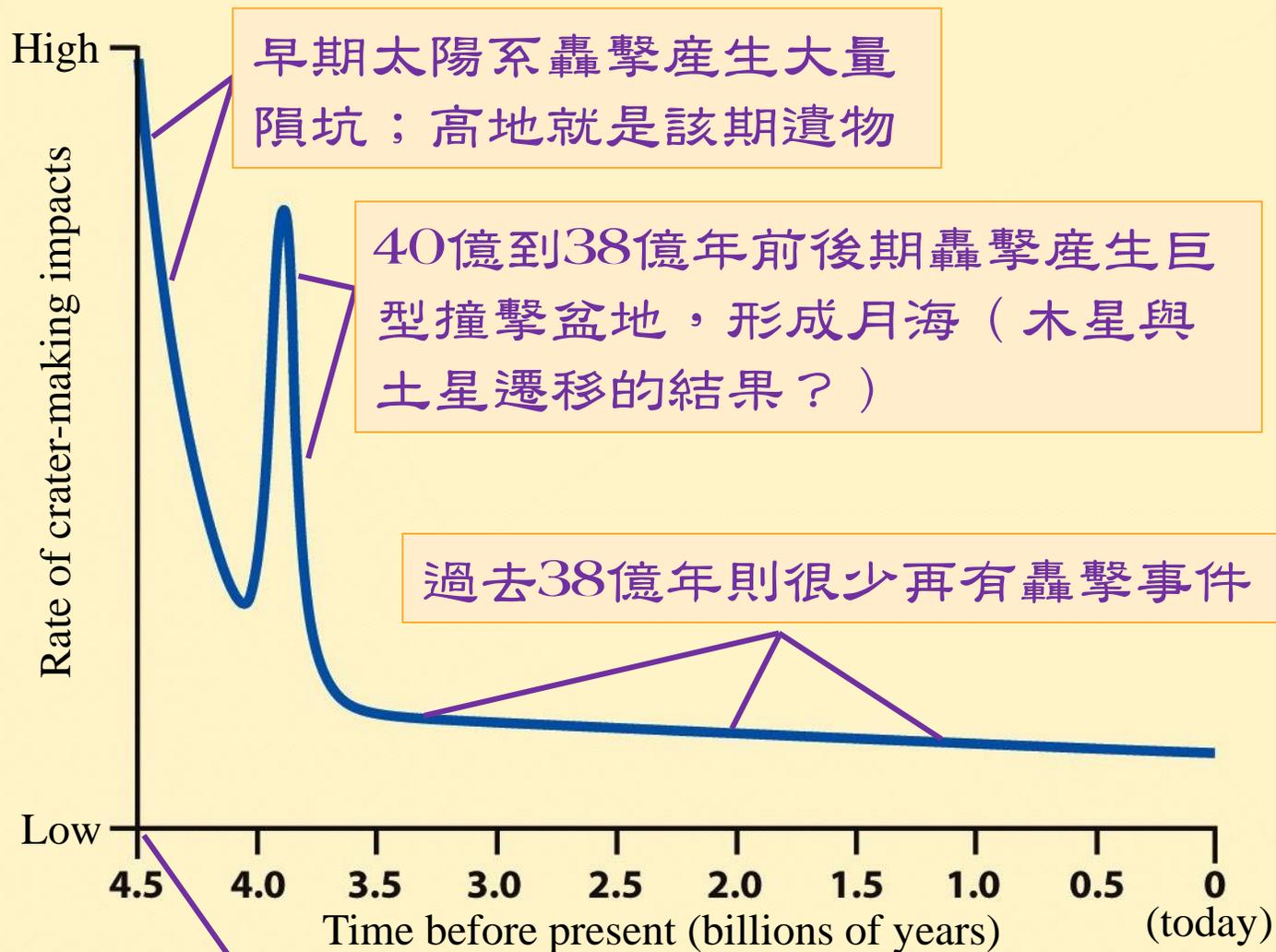
碰撞假說 --- 地球早年被火星般大小的天體 (Theia) 撞擊

地球的表面物質拋出，部分凝聚形成月球；
地月系統角動量大；地核相對很大

[animation](#)



3 億年來的歷史 月球表面保留了太陽系



44.7億年：月球目前已知最古老的岩石

月球表面隕石坑形成率

美國又要去月球了

布希總統：去月球

歐巴馬總統：去火星

川普總統：去月球

拜登總統：：去哪？



ARTEMIS (Acceleration, Reconnection, Turbulence and Electrodynamics of the Moon's Interaction with the Sun).

Moon 2024 ---

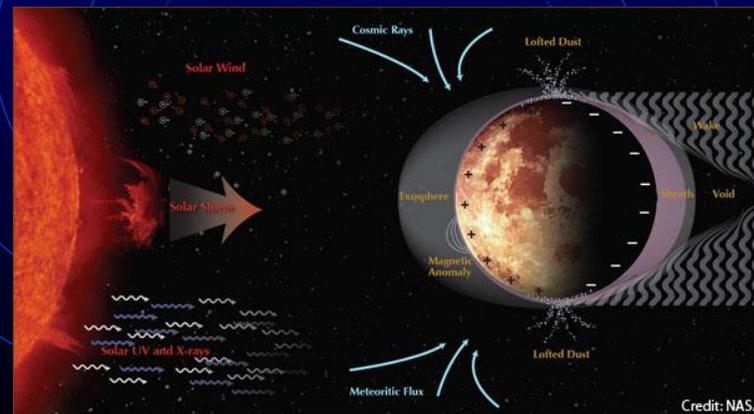
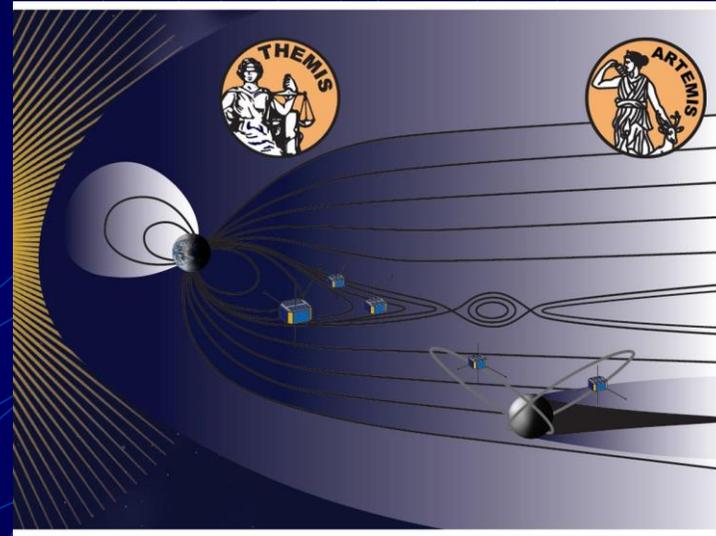
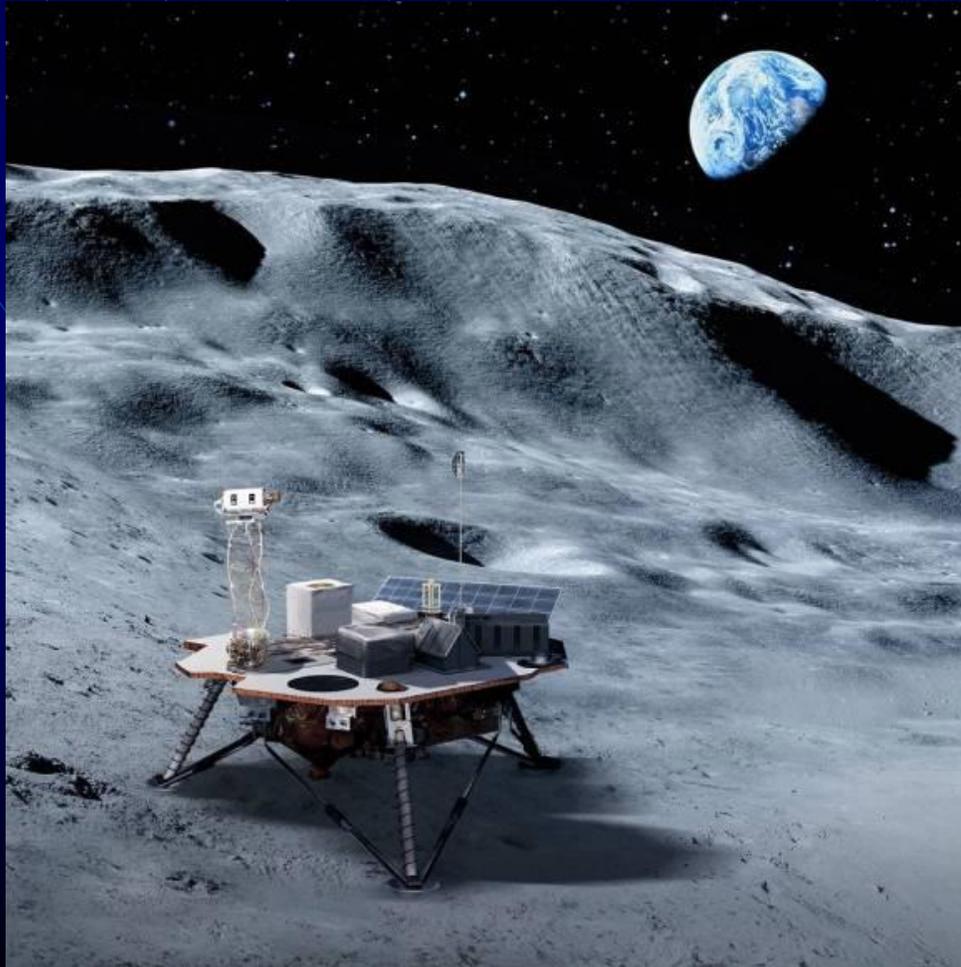
NASA的儀器；外包民間企業

... another small step, now by a woman ...

Artemis：希臘月球女神；

阿波羅的學生妹妹...

羅馬則為 Diana



Credit: NASA

NASA Innovative Advanced Concepts (NIAC)

徵求「探索月球隕坑、小行星採礦」的構想；進入第三期；每年資助一個 Phase III 的構想



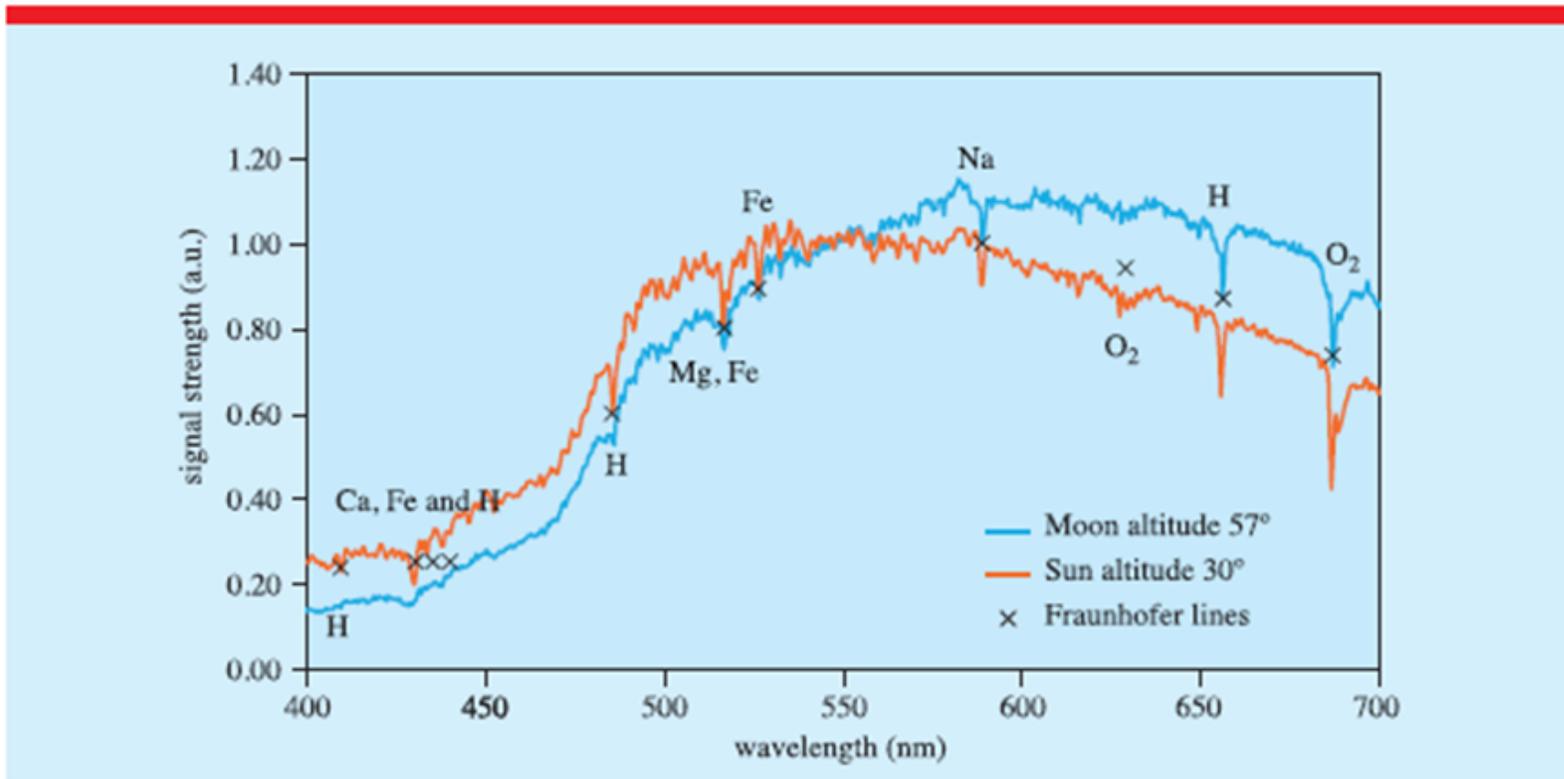
Mini Bee 聚焦陽光融化表面，以開採
小行星資源 TransAstra Corp.



Skylight 探測月球表面
Carnegie Mellon University

結論

- 月球是我們最近的太空鄰居，對於它的來龍去脈我們有了基本認識（它不是外星人基地，但有可能成為地球人基地）
- 這個近鄰對地球生命與文明發展有重大影響（天生我才必有用）
- 50年前國家之間的競爭，導致太空技術快速進步（競爭與合作不是壞事），人類首度踏上月球
- 對於月球的探測不曾停歇，但以技術展示（演練）為主
- 且看未來50年誰領風騷（21世紀是誰的？）



Comparison of sunlight and moonlight spectra, normalised at 550nm.
From Ciocca & Wang (2013)

Moon's color temperature ~ 4100 K, redder than the Sun.