

星星月亮太陽期末報告

隕石坑考古

Crater Count

(數月球表面的坑洞數)



前言

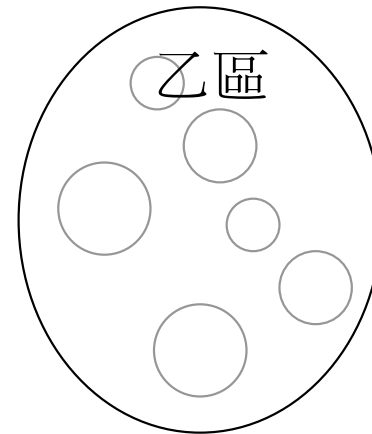
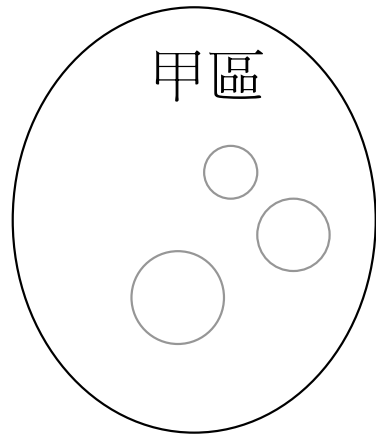
月球看似圓圓正正的，實際上月球的表面卻崎嶇不平，它上頭早已被無數個隕石砸的體無完膚，表面佈滿了大大小小的坑洞，而數這些坑洞可以用來做什麼呢？一個很簡單的概念，「坑洞數越多的區域，所經歷的歲月當然就越久。」以此為出發點，我們要探討月球表面的年齡、以及月球幾歲。



理論介紹



I .兩區 坑洞數 與 年齡 的比較



如果甲區有三個隕石坑乙區有六個隕石坑，而且已知甲區的年齡為**10**億年，則可推測乙區為**20**億年嗎？

答案是否定的，因為隕石並不是源源不絕。



太陽系形成之初，月球遭受隕石撞擊的數量遠比目前還來的大，所以兩不同區域之坑洞數量與年齡並非簡單的倍數關係，但是我們可以大膽假設乙區比甲區老。所以根據坑洞的密度我們能比較出月球表面的年齡差別，但沒辦法算出精確的年齡。

所幸阿波羅號從月球表面帶回的岩石可測量出其年齡，由這些已知的年齡就能比較出其他地區的年齡。



II. 比較同區塊之 坑洞數 與 坑洞大小

事實上宇宙中小隕石必定比大隕石來的多，所以同一區塊裡所造成的隕石坑大小，會與其數量成反比關係。

就是大洞的坑洞數少，小洞的坑洞數多！



不過。。。並非大隕石就會造成大隕石坑，隕石坑大小還會依撞擊的力道大小而不同，一般來說隕石愈大速度愈快所造成隕石坑的大小也愈大。另外有許多的因數會影響隕石坑的大小。以下我們列出可能的因素：

a.隕石墜落的速度

隕石的速度愈快撞到月球表面會造成力道過大而使撞擊邊緣無法吸收撞擊的力道而使坑洞更大。



b. 月球表面硬度

因為地球上元素的分布密度並不一定均勻，表面硬度愈硬所能吸收抗拒隕石之力也愈大，所造成的隕石坑也愈小。

c. 撞擊的入射角

角度愈大時，所造成的隕石坑的深和坑洞半徑也愈大。

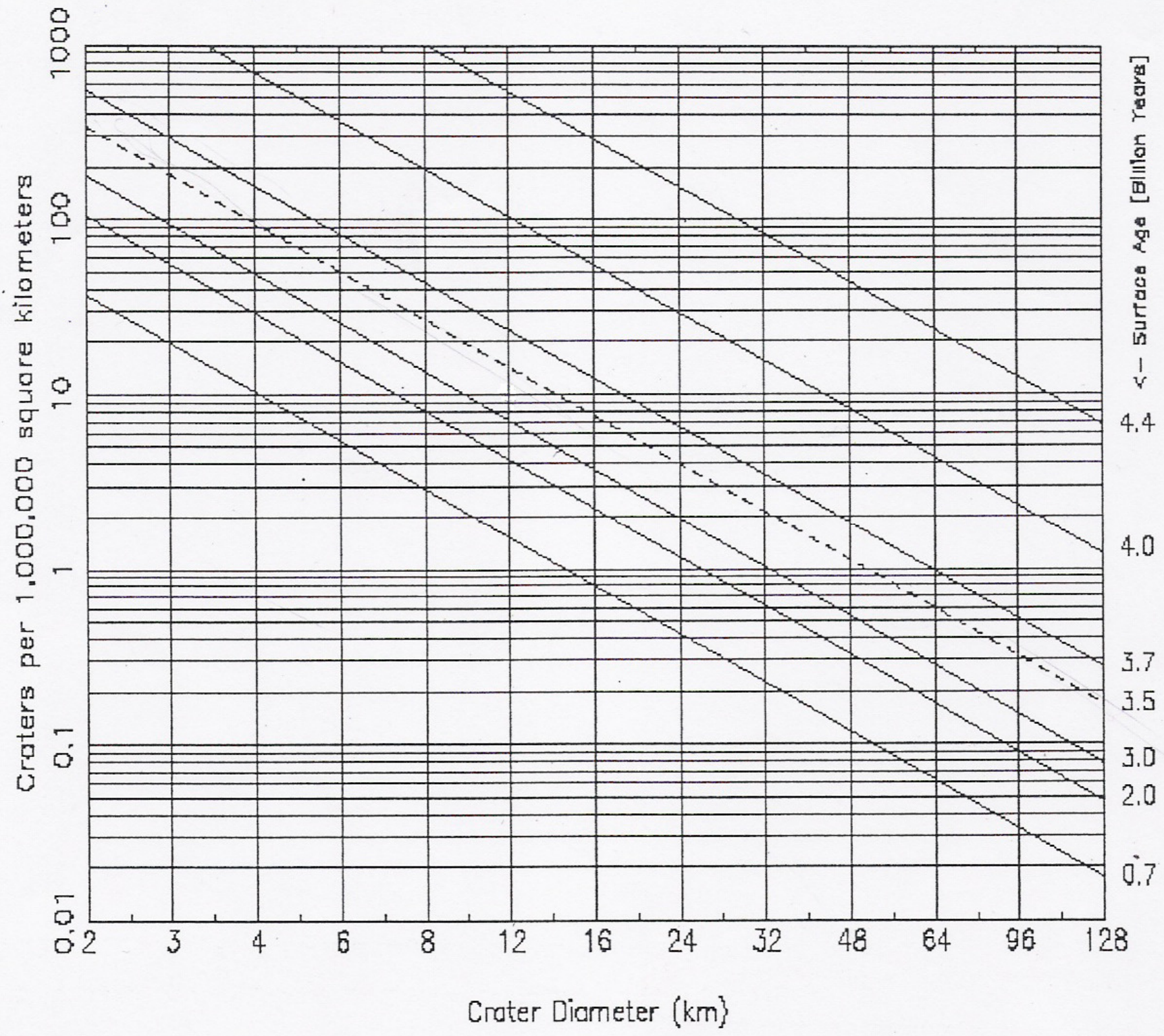


考慮那麼多幹麻？

Ⅲ. 結合以上的觀點以及前人之研究資料：

發現坑洞之大小、密度與年齒具有如圖表之關係：





IV. 利用結果 III

III 這個圖表結果怎麼來的呢？

別問我！我也不知道！

你去請教我們的辜老師吧！

不過，今天我們只要能找到月球表面照片，數一數某些區塊的坑洞數，並計算出其密度後，配合圖表就能估計此區塊之年齡！



數數過程方法

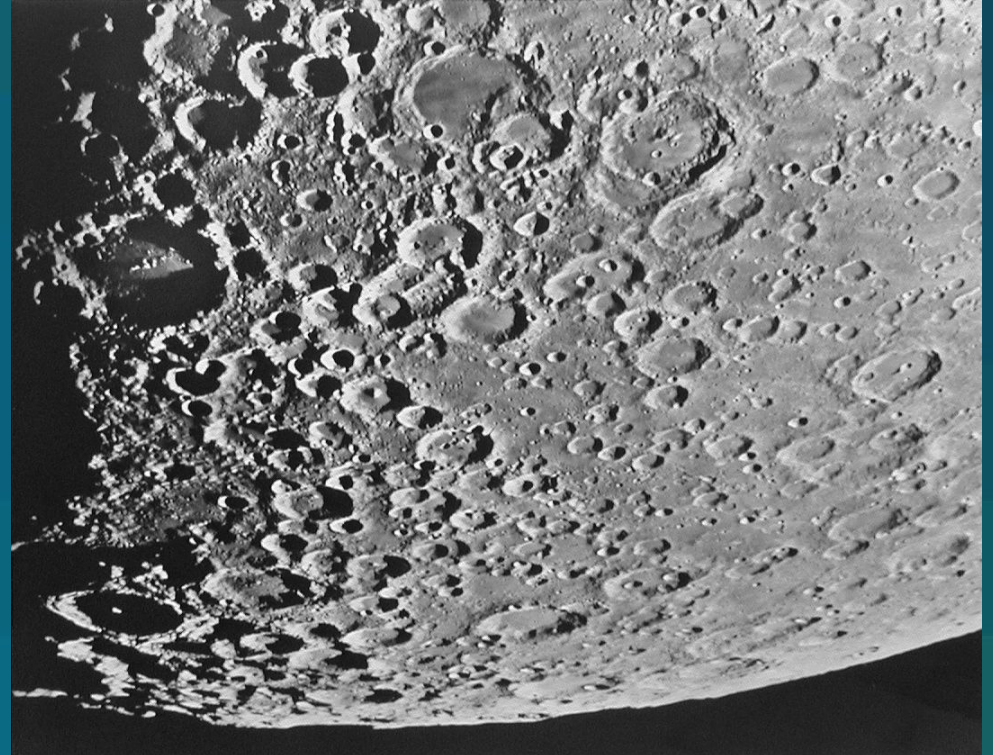
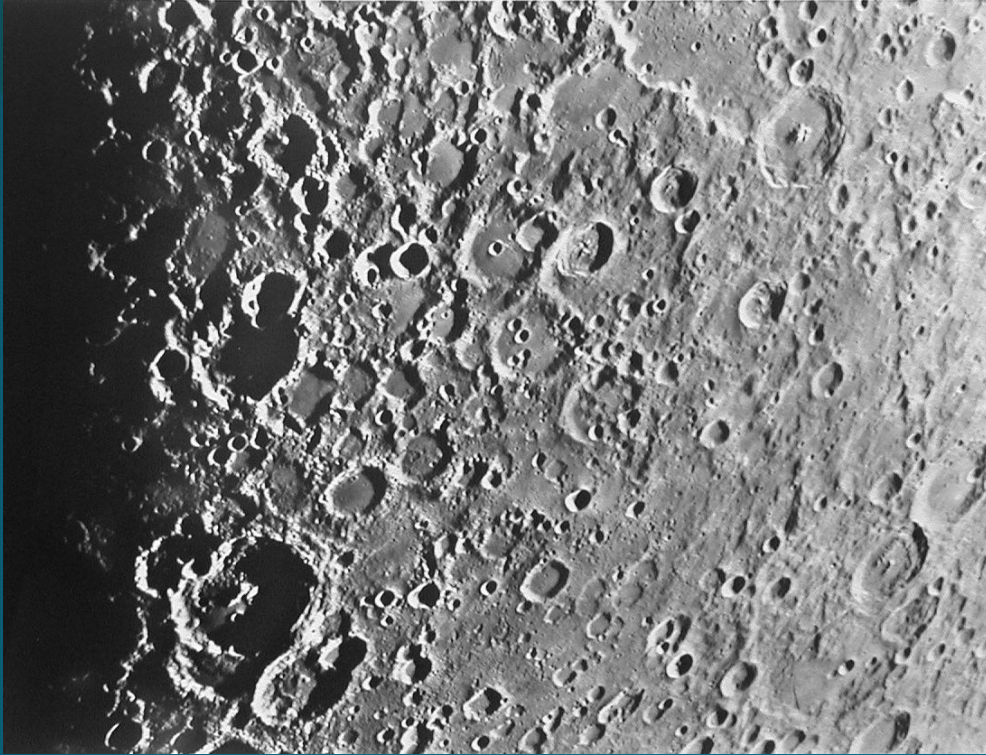
I ■ 決定欲估計之區域

月球表面的複雜程度我相信大家應該有所耳聞，先讓來看看月球的表面：

面對我們的月球表面



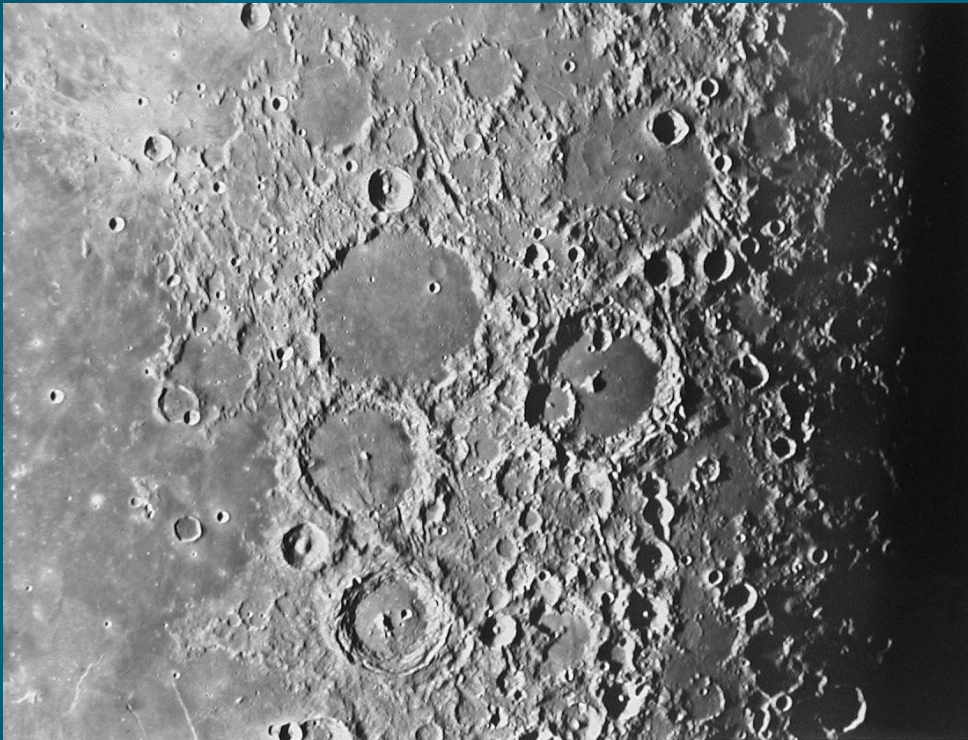
南部的高地的近照



要數這些隕石坑的數量真的很辛苦，舉個例子：請數出一湯匙米的數量。



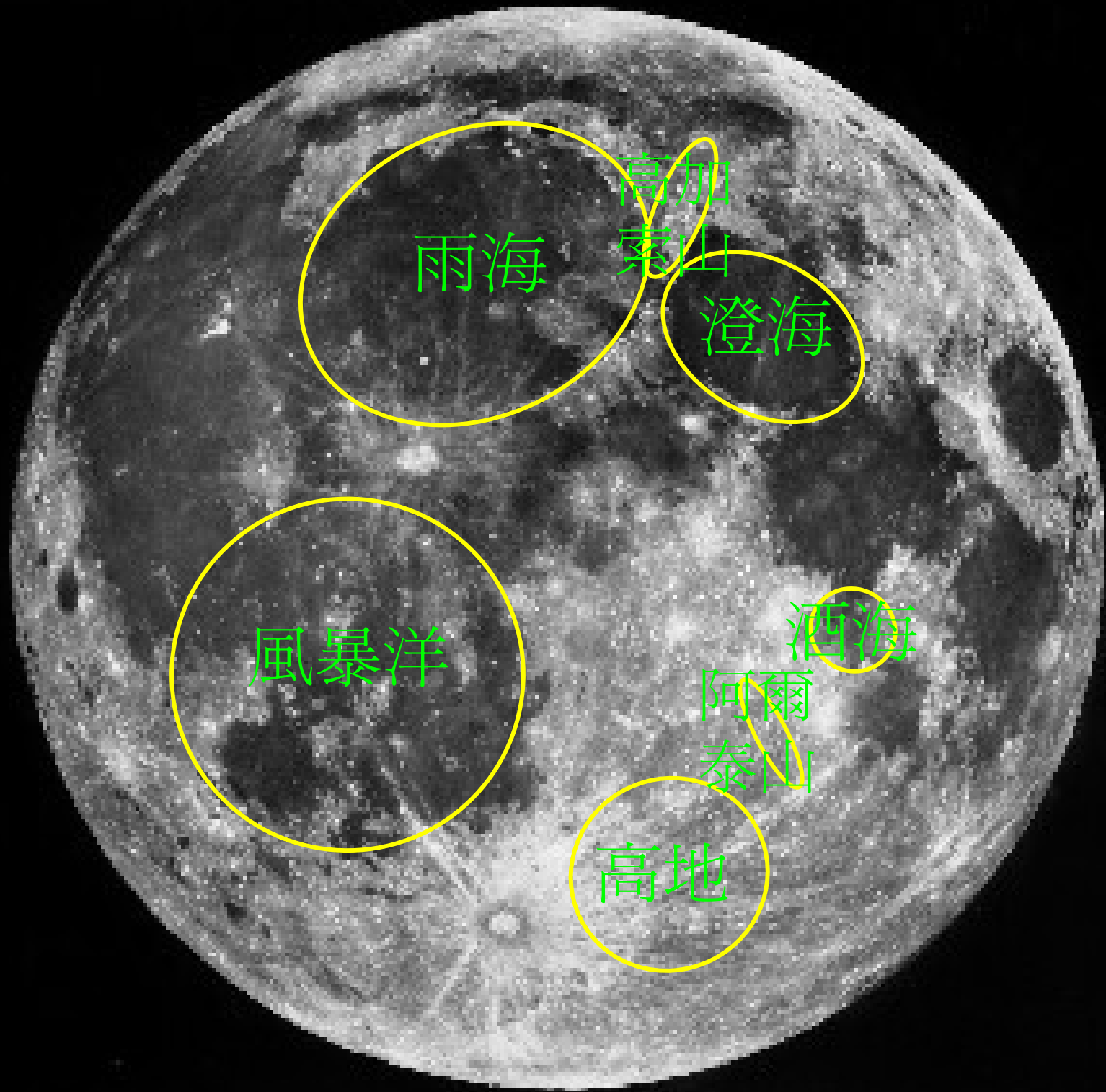
其它近照



對照片有興趣的人可自行上網查看

<http://www.lpi.usra.edu/resources/cla/>

依照我們以前學的觀念，月球表面顏色較深的區域比白色部分還年輕，爲了能證實此說法，深色部份選擇三塊海：雨海、澄海和酒海，及一塊洋：風暴洋。白色的部份則選擇高地與高山：南部高地、高加索山、阿爾泰山。如圖



雨海

高加
索山

澄海

風暴洋

酒海

阿爾
泰山

高地

II. 坑洞的分類與密度

依隕石坑的直徑尺寸大小分

0-8Km , 8-16km , 16-32Km

32-64Km , 64-128Km

五類，之後將所數坑洞範圍面積求出，再利用下列公式求出隕石坑密度：

每百萬平方公里的隕石坑數

$$= \text{所數隕石坑數} \times \frac{1,000,000 [\text{km}^2]}{\text{所數隕石坑範圍的面積} [\text{km}^2]}$$

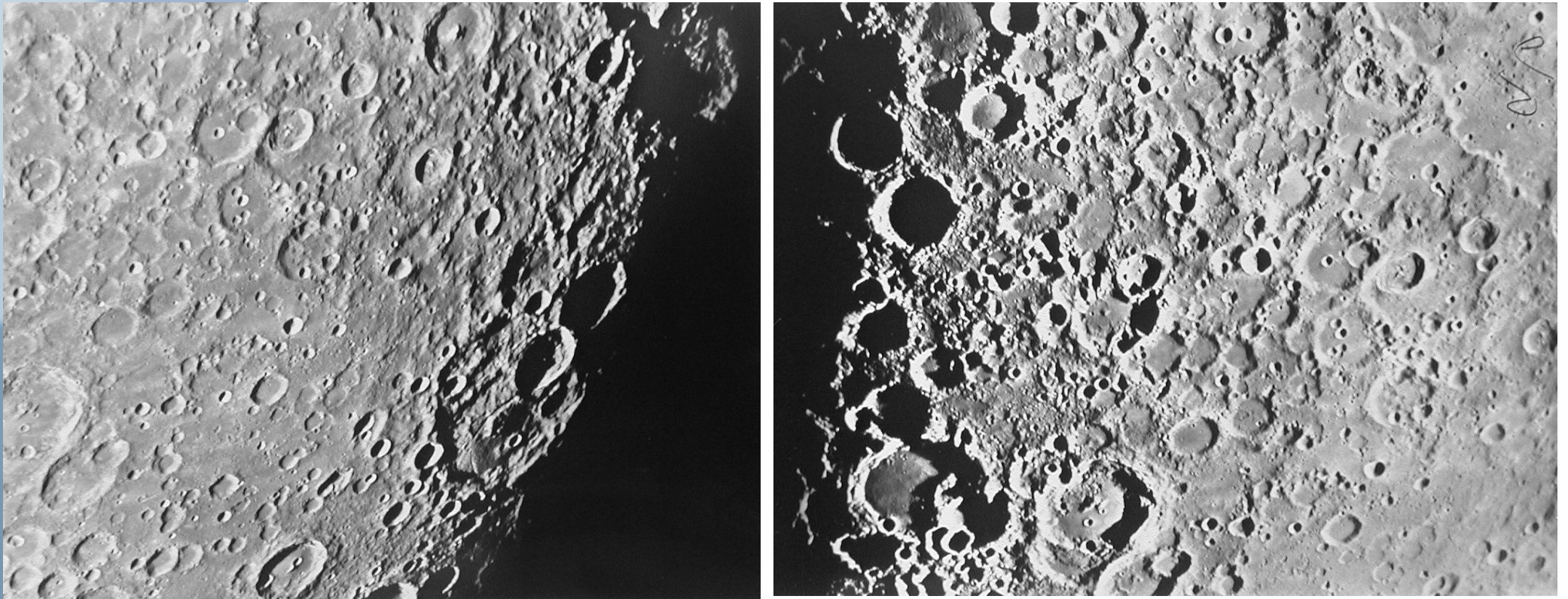
III. 數數的方法

原則上組員各自想辦法利用
<http://www.lpi.usra.edu/resources/cla/>此網頁上的月球表面照片來數規定區塊之坑洞數，而數洞時遇到的問題有兩個：

- a. 照片並未標示比例尺，且照片比例也不盡相同。**
- b. 照片間有重疊部分，亮度角度不一，數洞時難以分辨。**

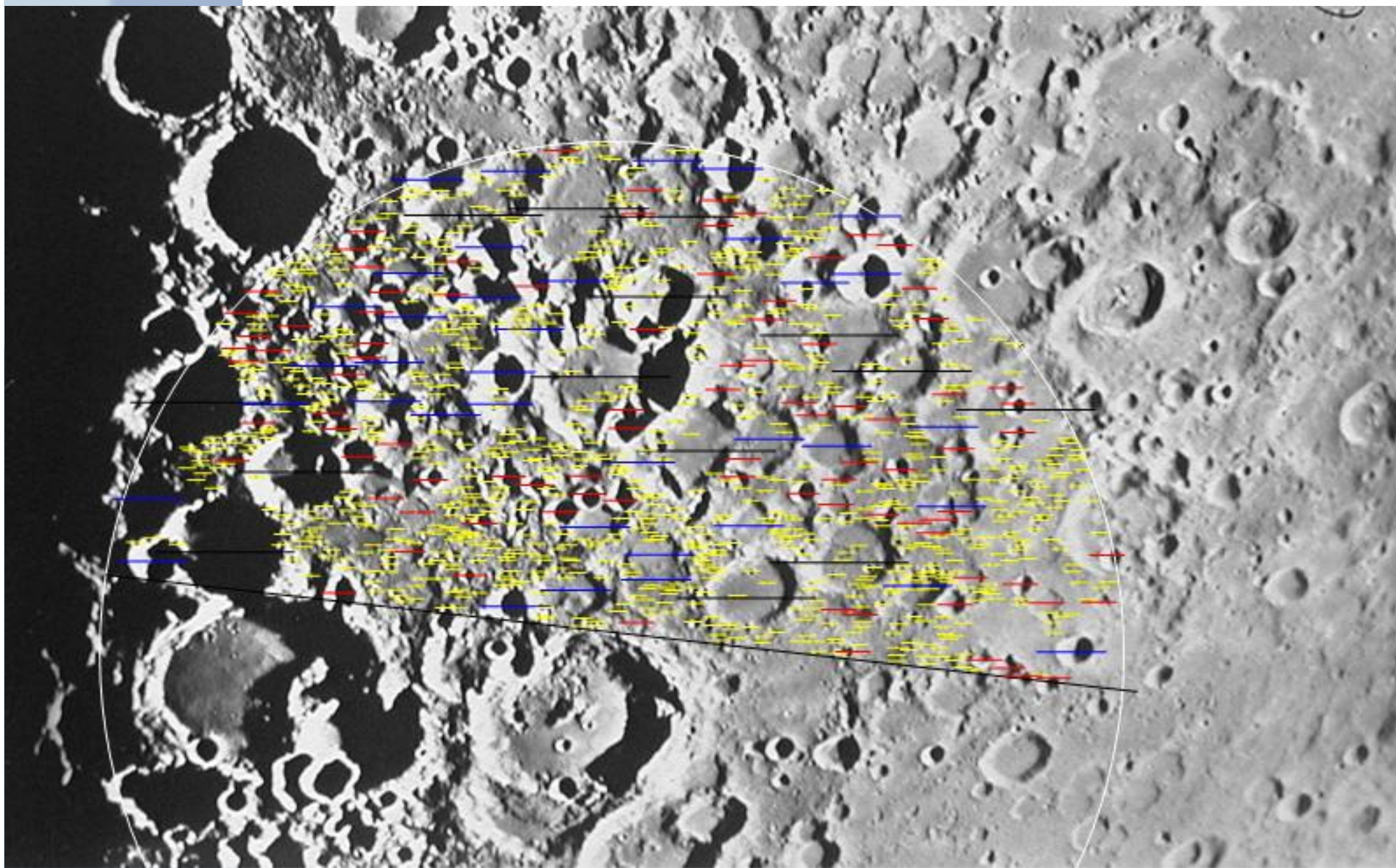
比例尺的問題我們利用其已知的坑洞來比較，但這個方法會遇上**b**的問題，難以分辨哪些是已知的坑洞，最後也只能盡力分辨照片了！

難以分辨

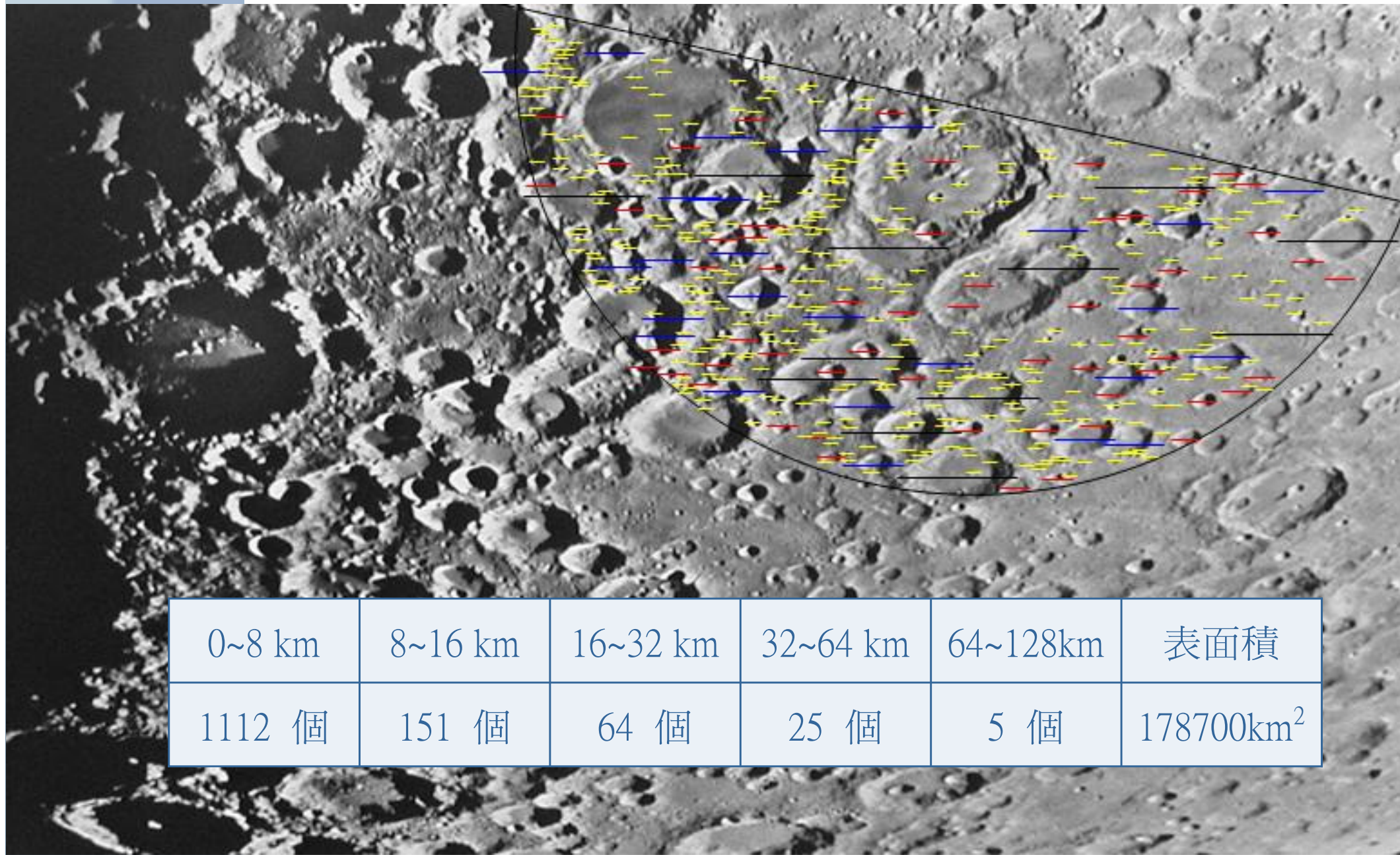


這兩張有50%以上重疊
雖然難數！我們還是要數！

數法一：利用 **word** 輔助

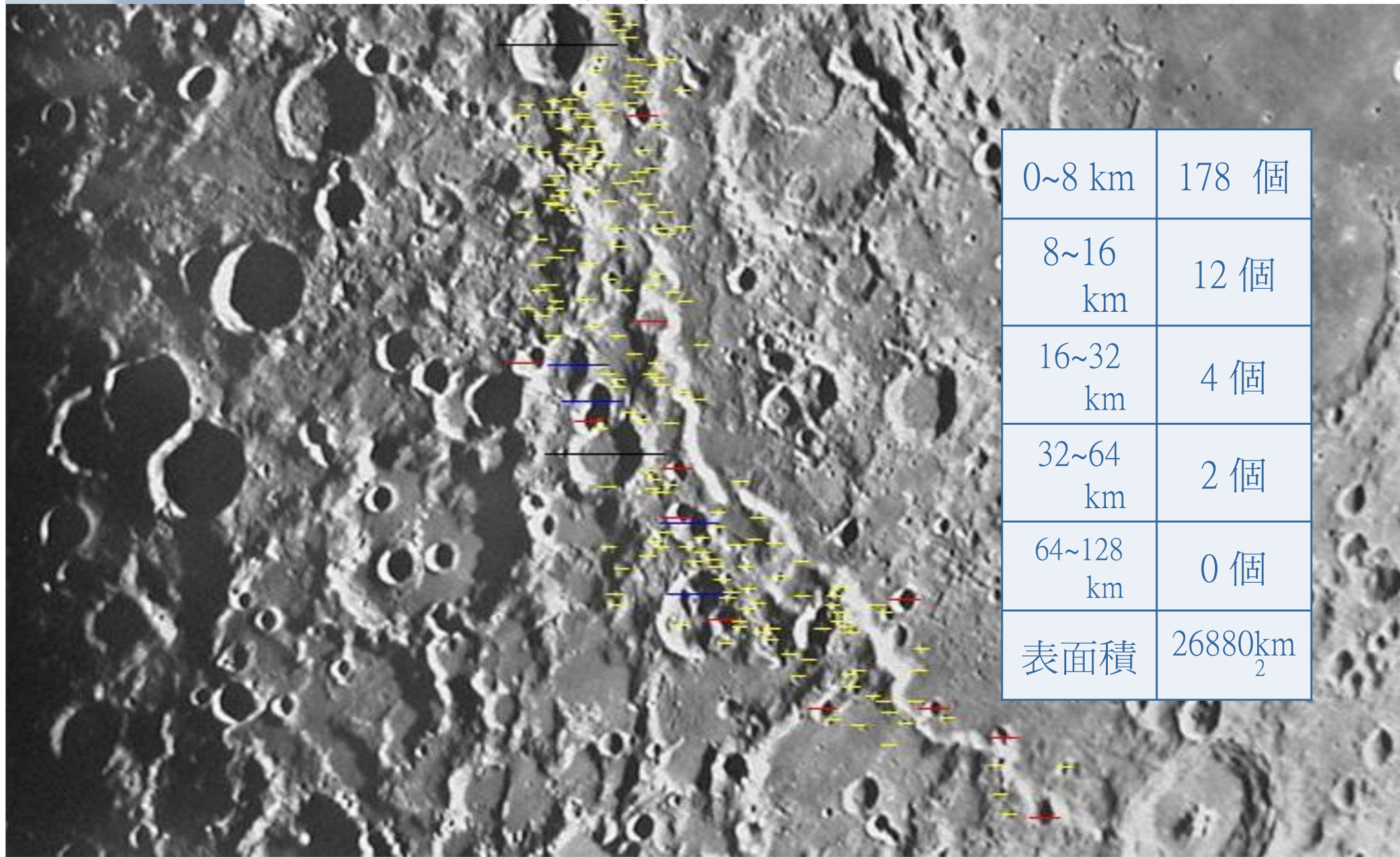


南部高地



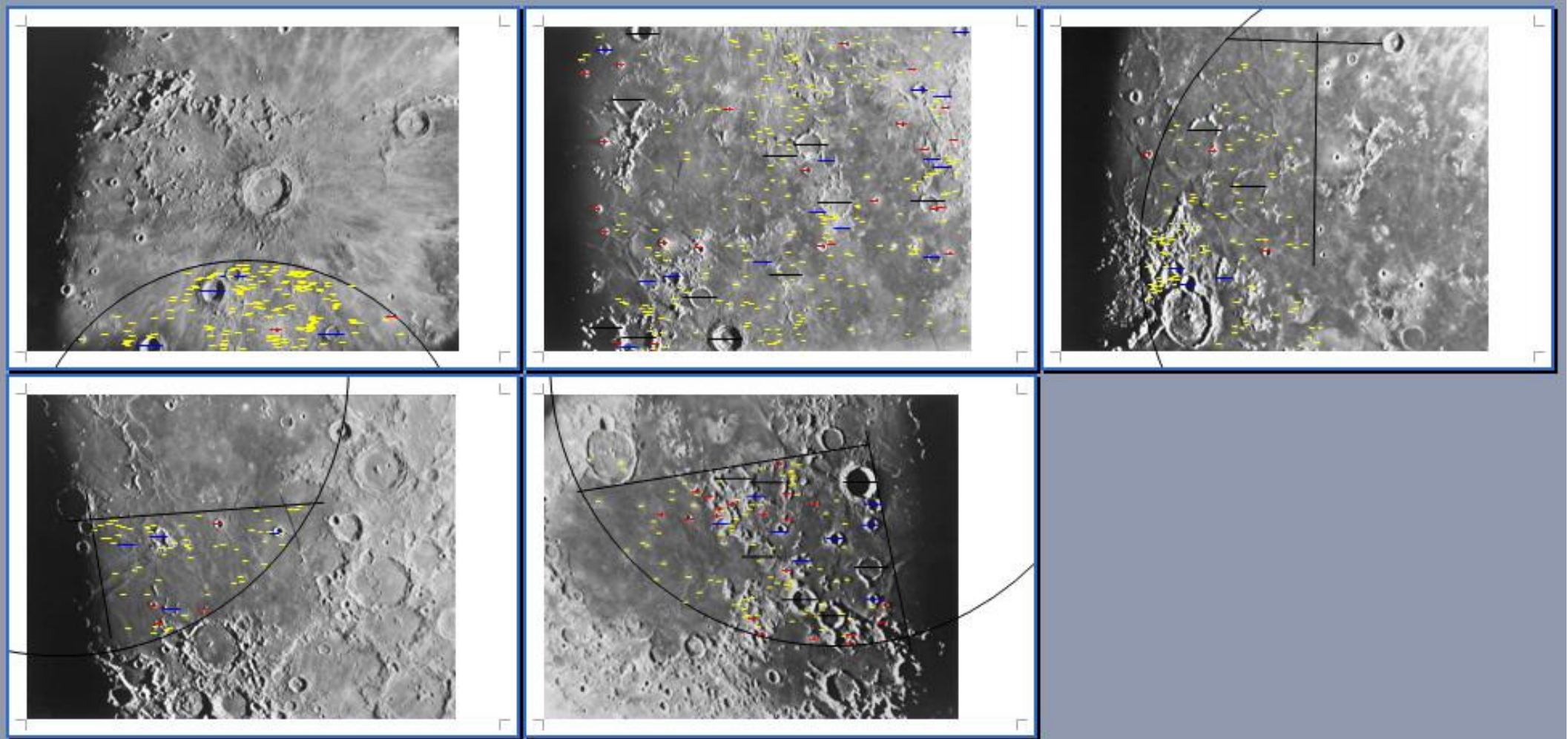
0~8 km	8~16 km	16~32 km	32~64 km	64~128km	表面積
1112 個	151 個	64 個	25 個	5 個	178700km ²

阿爾泰山



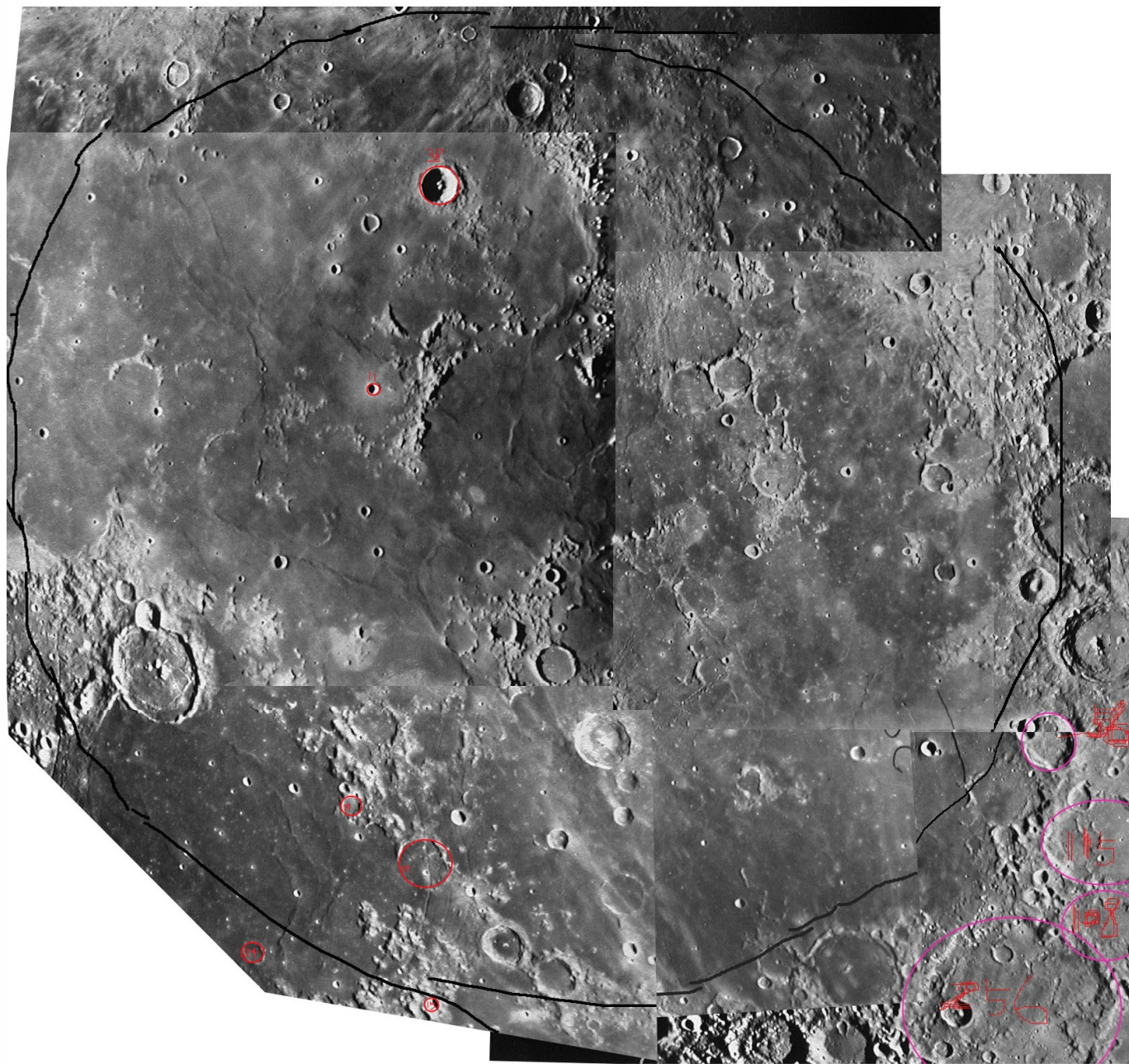
0~8 km	178 個
8~16 km	12 個
16~32 km	4 個
32~64 km	2 個
64~128 km	0 個
表面積	26880km^2

風暴洋



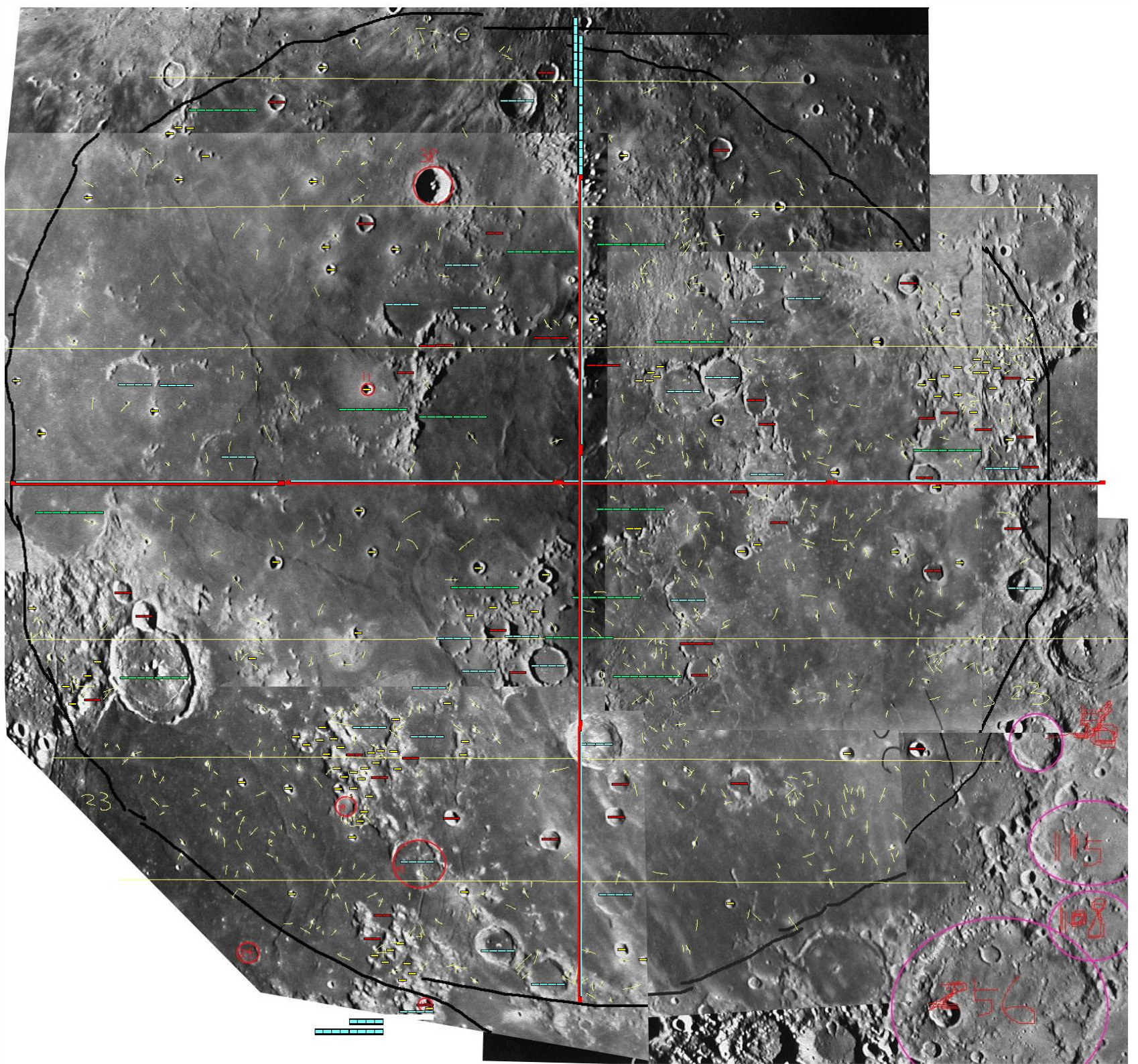
0~8 km	8~16 km	16~32 km	32~64 km	64~128 km	表面積
672 個	51 個	32 個	20 個	0 個	1286796km ²

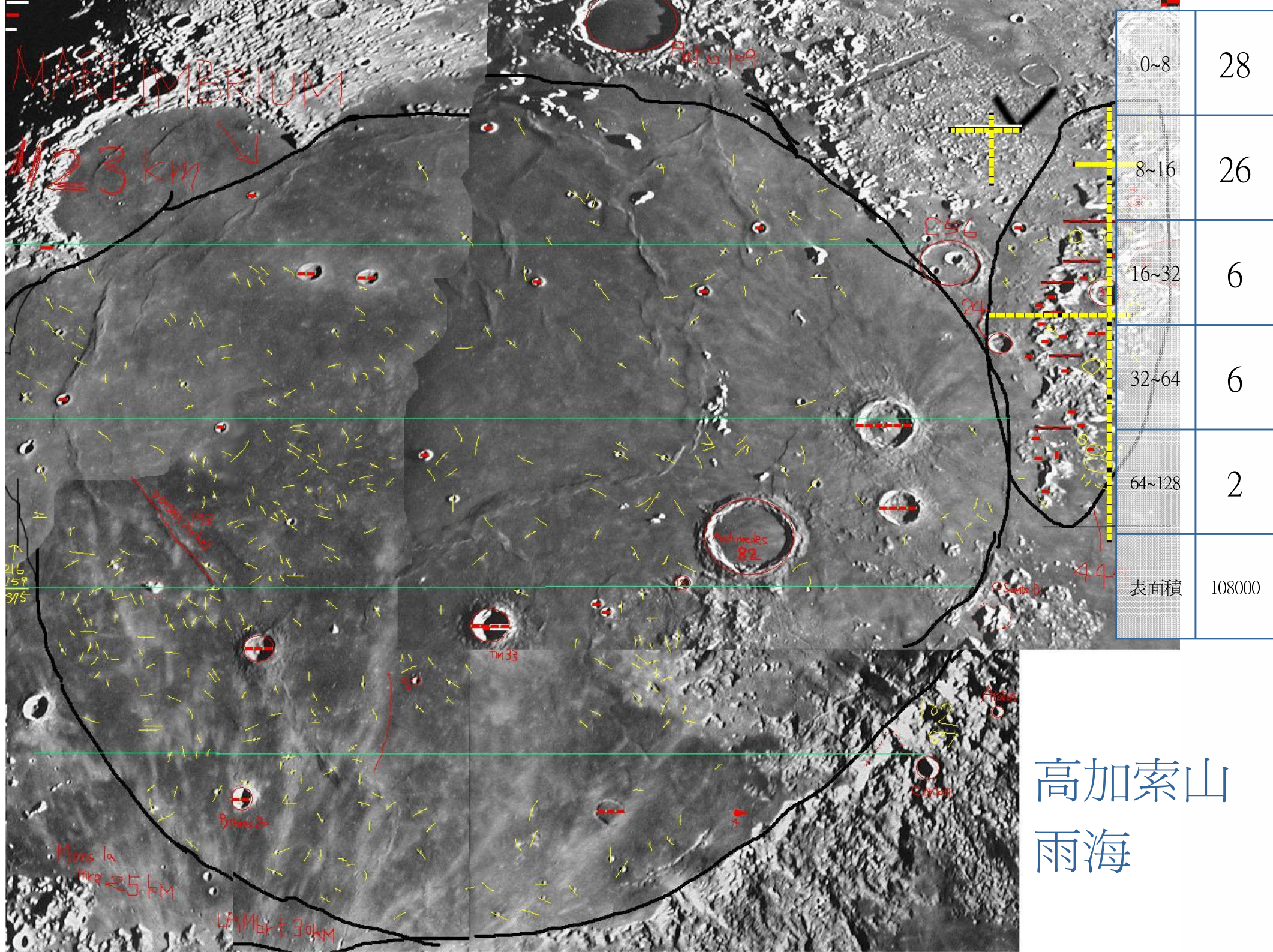
數法二：合成



0~8 km	662 個
8~16 km	112 個
16~32 km	45 個
32~64 km	32 個
64~128 km	15 個
表面積	702865 km ²

風暴洋

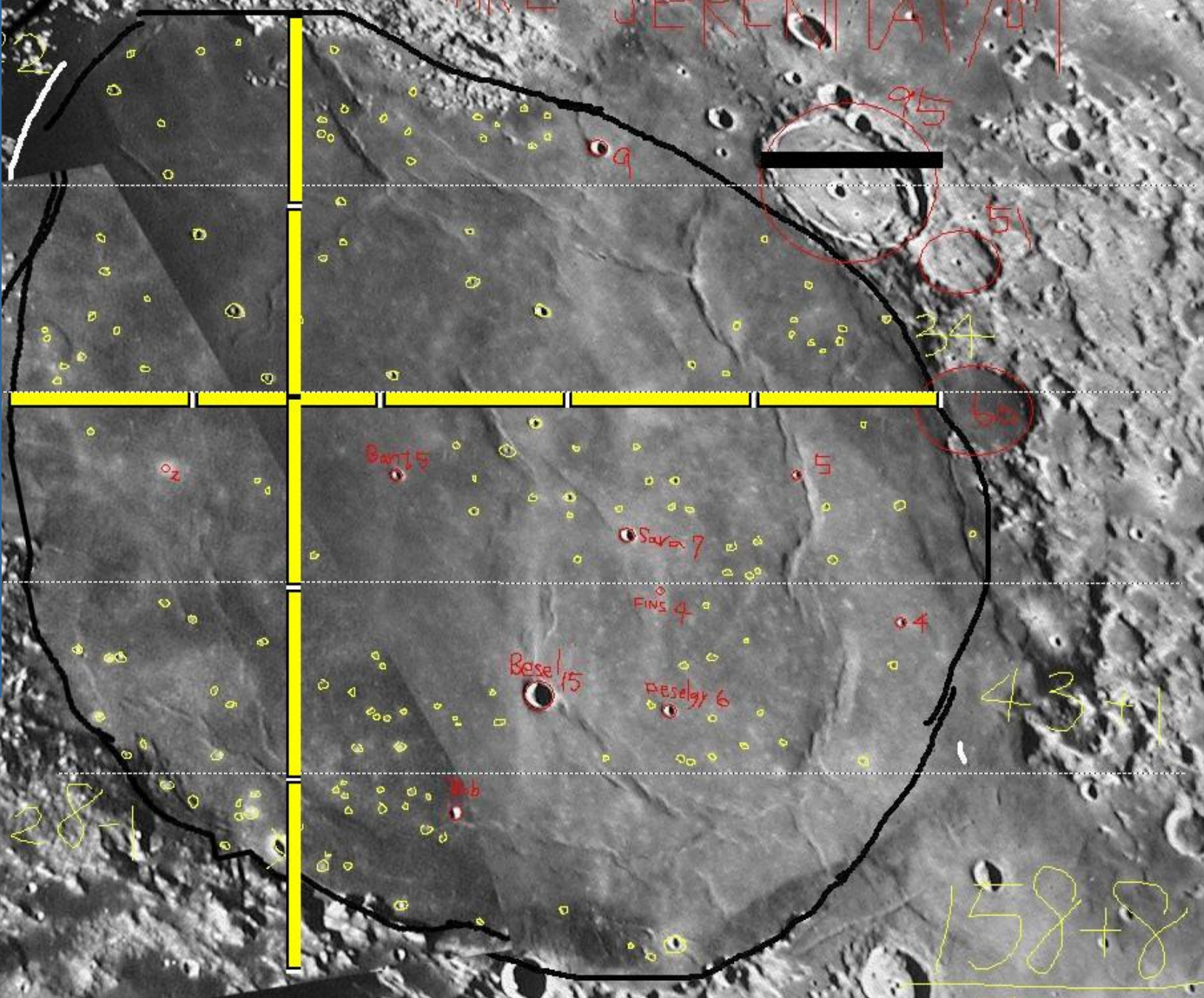




高加索山
雨海

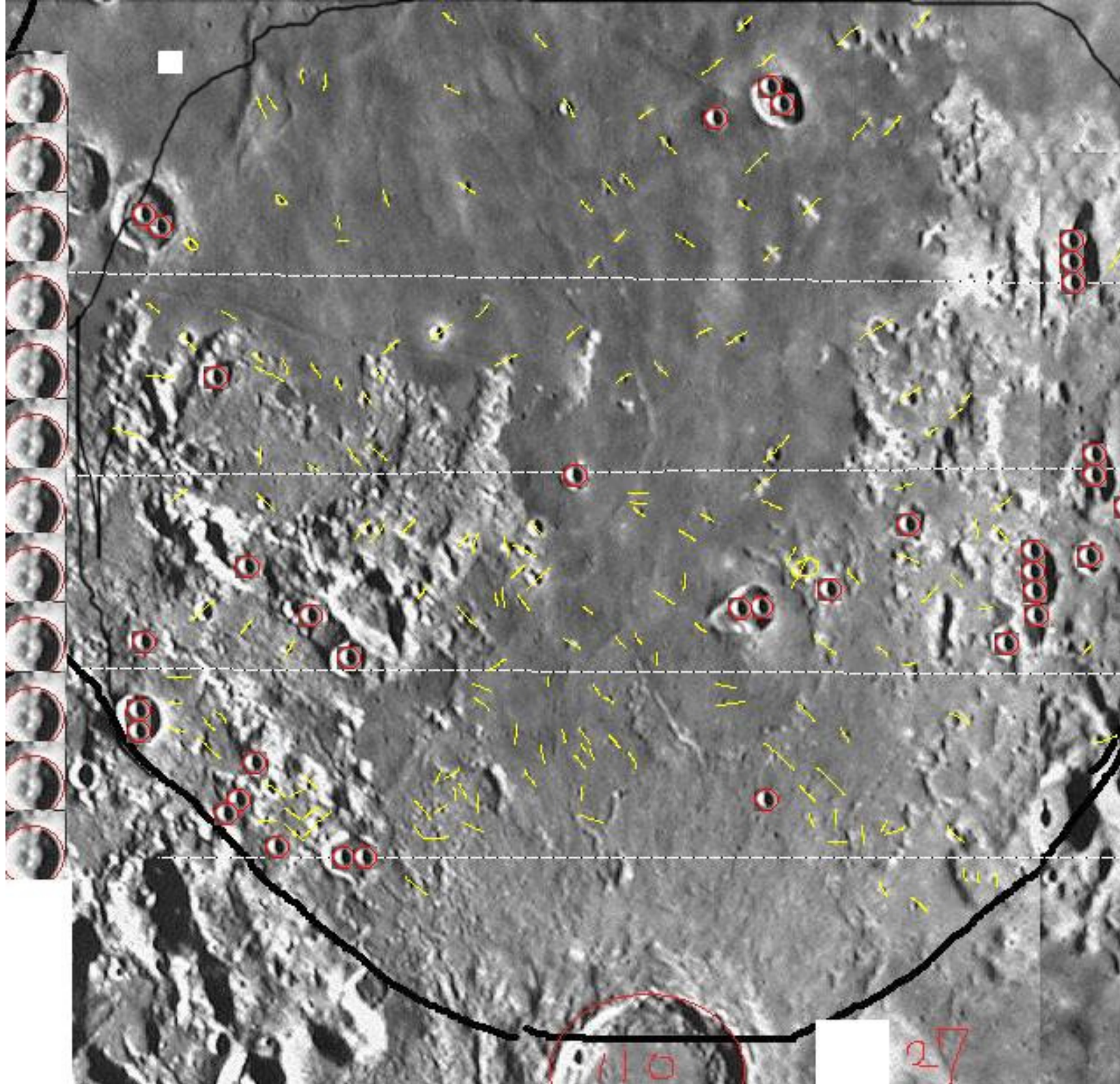
0~8	166
8~16	3
16~32	0
32~64	0
64~128	0
表面積	200000

MARE SERENITATIS



澄海

158+8
166



0~8	180
8~16	20
16~32	9
32~64	9
64~128	1
表面積	180956

酒海

數法三：所有隕石坑大小都算出來

Microsoft Word 顯示文件 "星星月亮太陽2.doc"。工具欄包含檔案、編輯、檢視、插入、格式、工具、表格、視窗、說明。狀態欄顯示 "頁 1 節 1 1/1 於 5.8cm 行 168 欄 7"。任務欄顯示 "開始"、"林家弘"、"Microsoft Of..."、"Microsoft Power..."、"譯言堂 MyTran..."、"2 Paint"、"下午 03:22"。

文件內容顯示隕石坑數據，分為以下區域：

- 雨海**
 - 166km
 - 82km
 - 56km
 - 45km
 - 55km
 - 39km
 - 33km
 - 24km × 2
 - 20km × 2
 - 16.25km
 - 13km × 2
 - 11km × 3
 - 10km × 3
 - 9km × 4
 - 8km × 2
 - 7.5km
 - 7km
 - 6.5km × 3
 - 6km × 5
 - 4.875km
 - 4.55km × 5
 - 4km × 8
 - 3.25km ×
 - 11
 - ??? × 7
- 高加索山**
 - 6km × 2
 - 13.5km × 1.5
 - 4km × 3
 - 10km × 0.5
 - 2km × 3
 - 6.5km × 1
 - 6km
 - 4km
- 南部高地**
 - 126km
 - 114km
 - 82km
 - 75km
 - 74km × 0.6
 - 69km
 - 53km
 - 52km
 - 49km
 - 40km
 - 35km
 - 32km × 2
 - 29km
 - 26.5km
 - 21km × 2
 - 19km
 - 18km
 - 17km × 2
 - 16km × 4
 - 15km × 2
 - 14km × 2
- 酒海**
 - 55km
 - 39km
 - 35km
 - 4km
 - ??? × 42
- 澄海**
 - 6.5km
 - 5km
 - 4.875km × 3
 - 4km × 5
 - ??? × 11
- 阿爾泰山**
 - 38km
 - 21km
 - 20km
 - 17km
 - 10km × 3
- 風暴洋**
 - 107km ×
 - 0.5
 - 104km
 - 101km
 - 97km
 - 87km
 - 74km × 0.5
 - 70km
 - 69km × 0.5
 - 68km
 - 66km
 - 65km
 - 63.5km
 - 63km × 2
 - 58km
 - 54km × 2
- 其他數據**
 - 13.5km
 - 13km × 3
 - 10km × 4
 - 9km
 - 8km × 2
 - 48km
 - 47km
 - 5km × 2
 - 46.5km
 - 46km × 2
 - 43km
 - 42km
 - 40km × 3
 - 39km
 - 38km
 - 37km
 - 36km × 3
 - 34km × 2
 - 33.5km
 - 33km × 3
 - 32km × 2
 - 28km × 2
 - 27km
 - 25km × 2
 - 21km
 - 24km × 3
 - 23km × 4
 - 22km × 4
 - 21.5km × 2
- 其他數據**
 - 21km × 2
 - 20.5km
 - 20km × 2
 - 19km
 - 18.5km
 - 18km × 9
 - 17km × 8
 - 16km × 2
 - 15km × 8
 - 14.5km × 2
 - 13.5km × 2
 - 13km × 6
 - 12.5km
 - 12km
 - 11.5km × 2
 - 11km × 8
 - 10km × 6
 - 9km × 7
 - 8.5km × 4
 - 8km × 10
 - 7.5km × 2
 - 7km × 3
 - 6.5km × 6
 - 6.3km × 3
 - 6km × 13
 - 5km × 9
 - 4.5km × 4
 - 4.2km × 2
 - 4km × 11
 - 3.2km × 8
 - 3km × 4
 - 2km × 2
 - ??? × 69

A black and white photograph of a string of beads, with a dark vertical bar on the right side of the image. The beads are arranged in a line, and the lighting creates soft shadows on the surface below them. The text "數據統整與結果" is overlaid in white on the dark bar.

數據統整與結果

數據 (雨海)

單位：每百萬平方公里的坑洞數

雨海	王傳泓	李淨如	林家弘	羅正銓	蕭瑞玚	平均值
<8	47.69	713.57	33.79	389.71	152.18	196.52
8~16	7.69	22.83	11.26	27.26	197.83	20.45
16~32	3.08	9.51	4.02	9.09	243.49	7.54
32~64	3.08	19.0	4.02	4.04	182.62	4.59
64~128	4.62	4.62	1.61	1.01	213.05	2.71

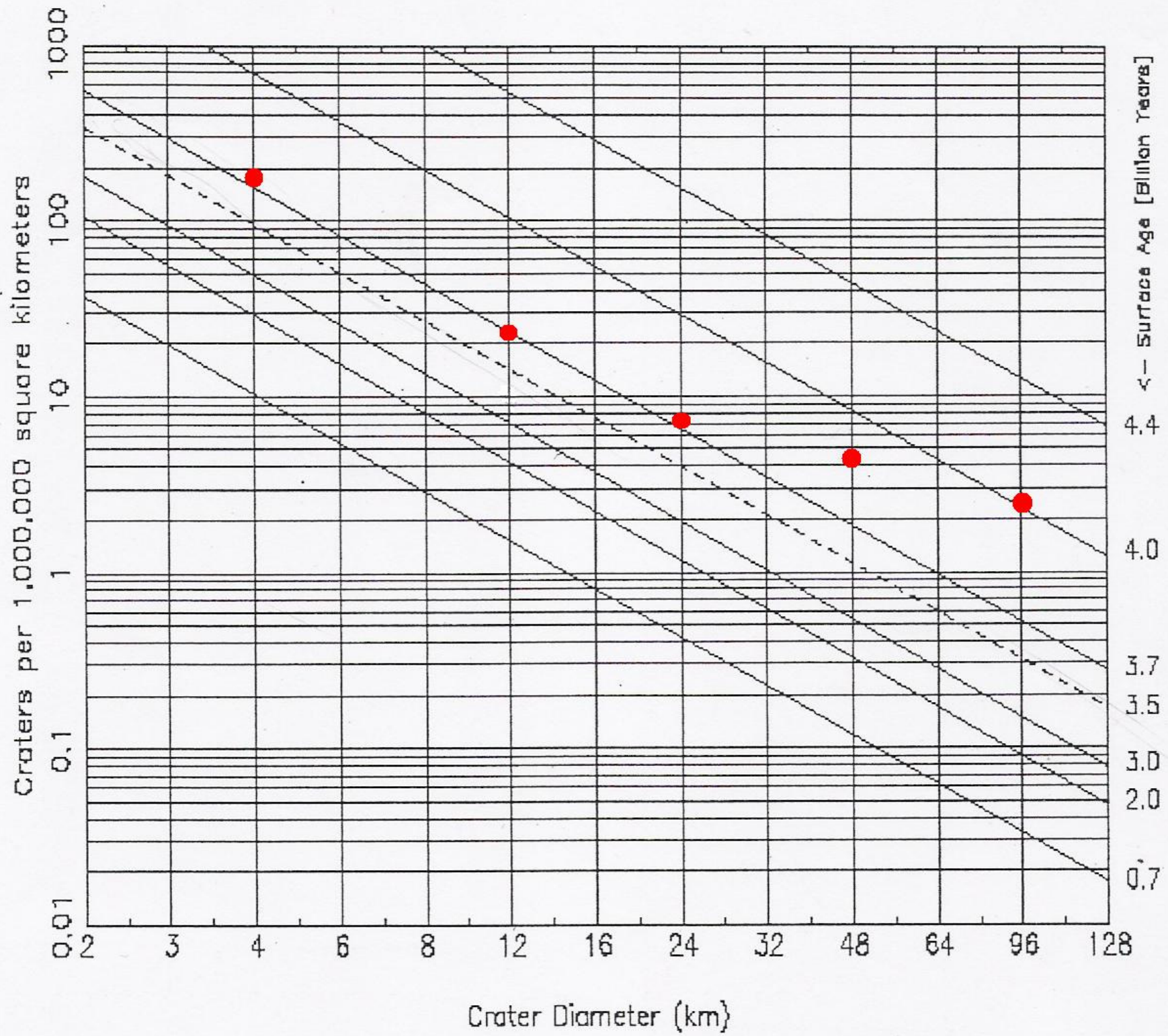
雨海估計年齡37.5億年

年齡算法

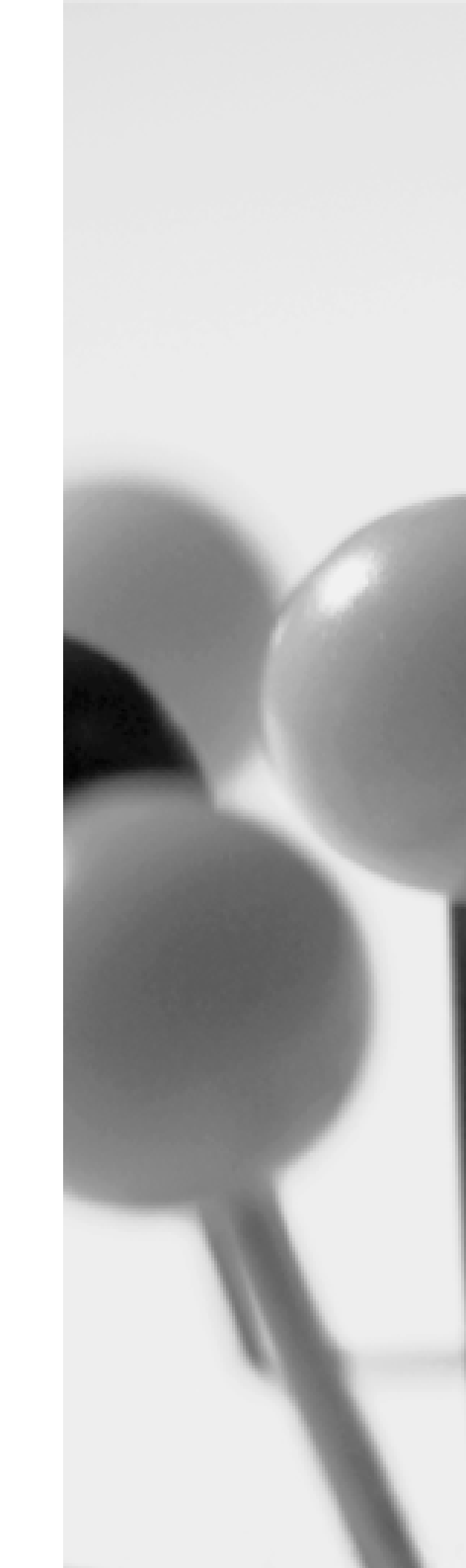
我們以雨海的坑洞數做範例

首先將雨海各尺度的坑洞數之對應點繪於理論Ⅲ表格中（如下頁圖）

注意：表格之x座標為坑洞大小(區間之中位數)，y座標為坑洞密度取log值(沒錯這是數學！)

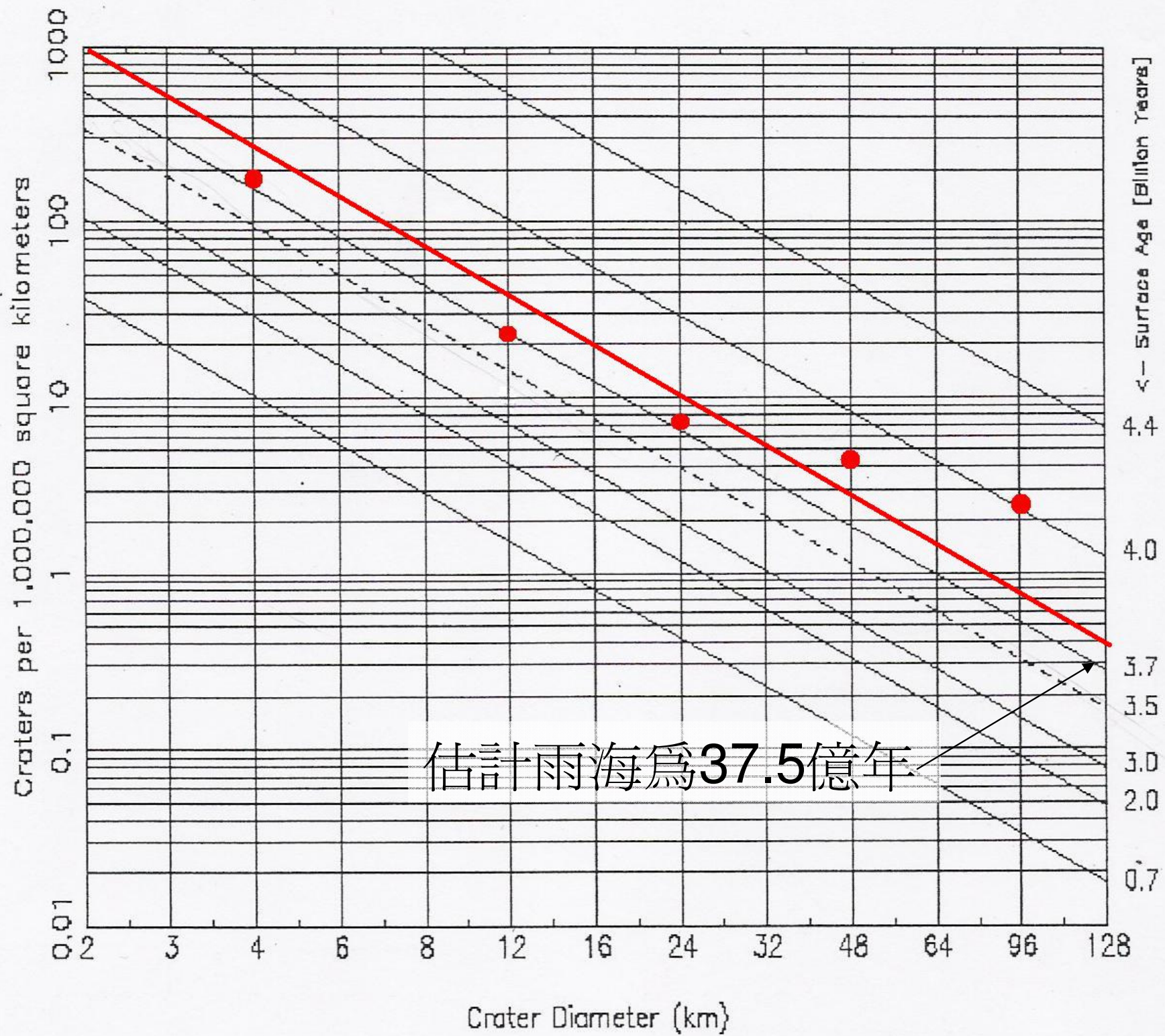


Crater Diameter (km)



接著在圖上找出平行於其他給定直線的一條直線，圖上五顆點到這條直線的距離和必須最短（在此以目測估計，就是憑感覺啦！）

然後以其他給定直線所表示的年齡來估計我們所繪出的直線應該代表多少年



數據 (高加索山)

單位：每百萬平方公里的坑洞數

高加索山	王傳泓	李淨如	林家弘	羅正銓	蕭瑞玳	平均值
<8	22.92	259.26	52.94	6469.73	15.22	111.7
8~16	10.42	240.74	35.3	488.28	121.74	132.59
16~32	6.25	55.56	0	244.14	395.67	101.98
32~64	2.08	55.56	0	61.04	121.74	39.56
64~128	6.25	18.52	0	0	167.4	8.26

高加索山估計年齡40.7億年

數據 (澄海)

單位：每百萬平方公里的坑洞數

澄海	王傳泓	李淨如	林家弘	羅正銓	蕭瑞文	平均值
<8	195.74	830	57.4	206.33	60.87	154.3
8~16	34.04	15	0	7.64	22.83	15.16
16~32	17.02	0	0	0	45.65	5.67
32~64	8.51	0	0	0	60.87	2.84
64~128	8.51	0	0	0	34.24	2.84

澄海估計年齡37.4億年

數據 (風暴洋)

單位：每百萬平方公里的坑洞數

風暴洋	王傳泓	李淨如	林家弘	羅正銓	蕭瑞文	平均值
<8	61.13	941.86	107.87	522.23	13.04	230.41
8~16	16.60	159.35	45.21	39.63	18.48	34.44
16~32	9.06	64.02	35.69	24.87	48.91	36.49
32~64	17.36	45.53	26.97	15.54	64.13	29.95
64~128	5.28	21.34	7.53	0	42.39	11.38

風暴洋估計年齡**40.1**億年

數據 (酒海)

單位：每百萬平方公里的坑洞數

酒海	王傳泓	李淨如	林家弘	羅正銓	蕭瑞文	平均值
<8	79.17	994.72	595.00	1251.86	547.85	712.52
8~16	31.25	110.52	0	45.11	426.10	62.30
16~32	29.17	49.74	0	22.56	197.83	33.82
32~64	33.33	49.74	41.51	0	197.83	41.53
64~128	6.25	5.53	0	0	136.96	3.93

酒海估計年齡**40.1**億年

數據 (阿爾泰山)

單位：每百萬平方公里的坑洞數

阿爾泰山	王傳泓	李淨如	林家弘	羅正銓	蕭瑞文	平均值
<8	98.21	2340.74	283.23	6622.02	0	907.39
8~16	58.93	488.89	77.24	446.43	197.83	240.61
16~32	30.36	177.78	77.24	148.81	1613.10	134.61
32~64	25.00	177.78	25.75	74.40	639.15	92.64
64~128	16.07	29.63	0	0	228.27	15.23

阿爾泰山估計年齡42.8億年

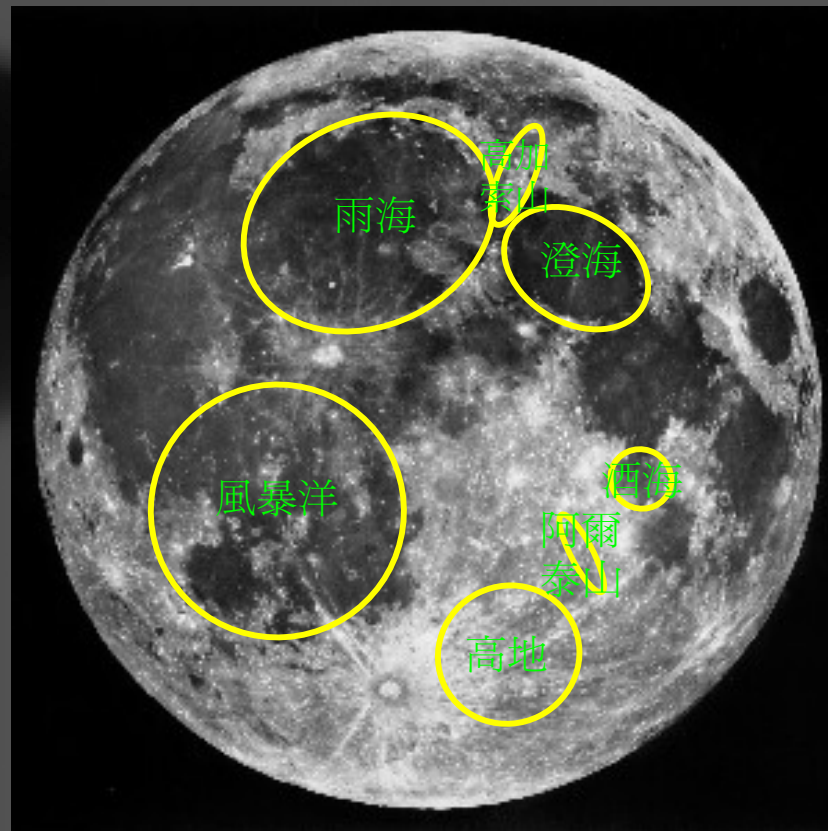
數據 (南部高地)

單位：每百萬平方公里的坑洞數

高地	王傳泓	李淨如	林家弘	羅正銓	蕭瑞文	平均值
<8	260.00	1282.87	19.19	6222.69	0	520.69
8~16	108.57	473.68	57.56	844.99	21.74	213.27
16~32	100.00	276.31	46.05	358.14	547.85	244.82
32~64	71.43	149.43	26.86	139.90	369.58	120.25
64~128	68.57	47.93	21.49	27.98	160.88	48.16

南部高地估計年齡**44.3**億年

統整



區域	澄海	雨海	酒海	風暴洋	高加索山	阿爾泰山	高地
年齡	37.4	37.5	40.1	40.1	40.7	42.8	44.3

結論

1. 月球表面顏色深的部分確實比較年輕。

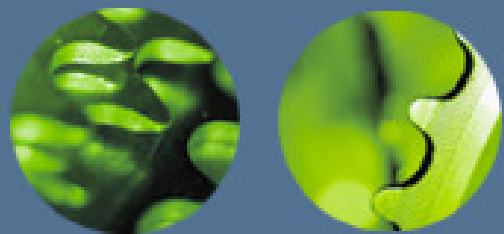
由近照的月球照片也可以觀察到確實深色的部份坑洞數密度都白色部份來的低。

2. 算出最老的區域為南半球的高地——44.3億年，因此我們能說月球至少是44.3億年前誕生的！

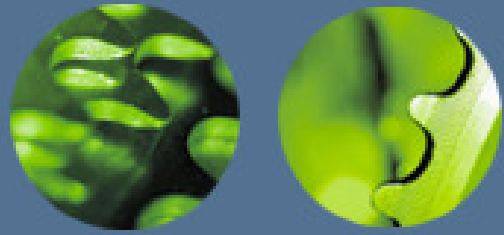


誤差分析





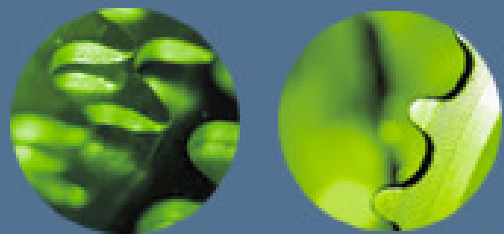
從我們的數據可看出，每個人的數字間有很大的差異，有人數出0個，有人數出6000多個！因此我們分析了許多可能產生這些誤差的原因。



個人測量誤差

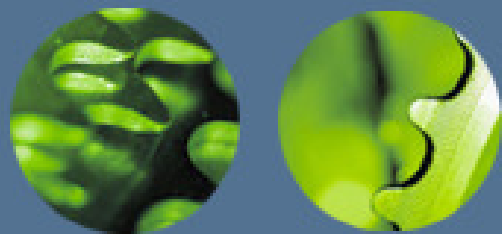
1. 區域範圍沒有確實規定：

本次報告由老師提供月球整體圖來概略圈選出七個地點讓每位組員數各地坑洞洞數密度。但由於用來數洞的圖片是從各角度（每轉幾小度）所照的近照，跟此整體圖相異，且近照並未備有圈選範圍輪廓，每個組員必須自行擬照給定範圍的示意圖圈選，因此每人圈選範圍雖相差不遠，但也必定有所差異，此為一大誤差。



2.對於各個不同角度的照片，遠近、前後的不同、每張照片的比例大小也不一樣，造成測量推算誤差。

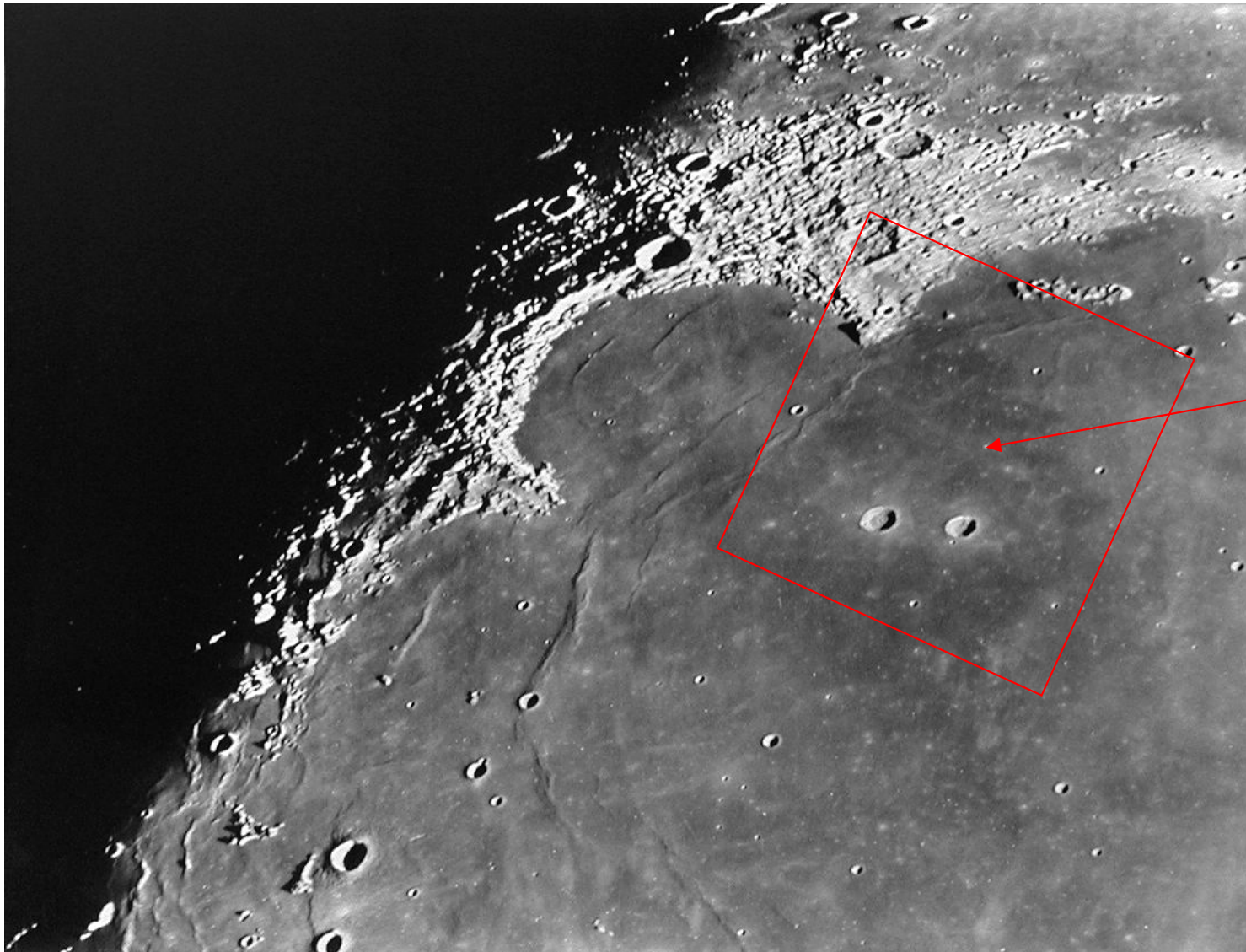
3.一個地區以一至十個不同角度、大小照片組成，其中包含極多重複區域，所以數完必須再扣掉重複數的，產生重複與多扣的誤差。



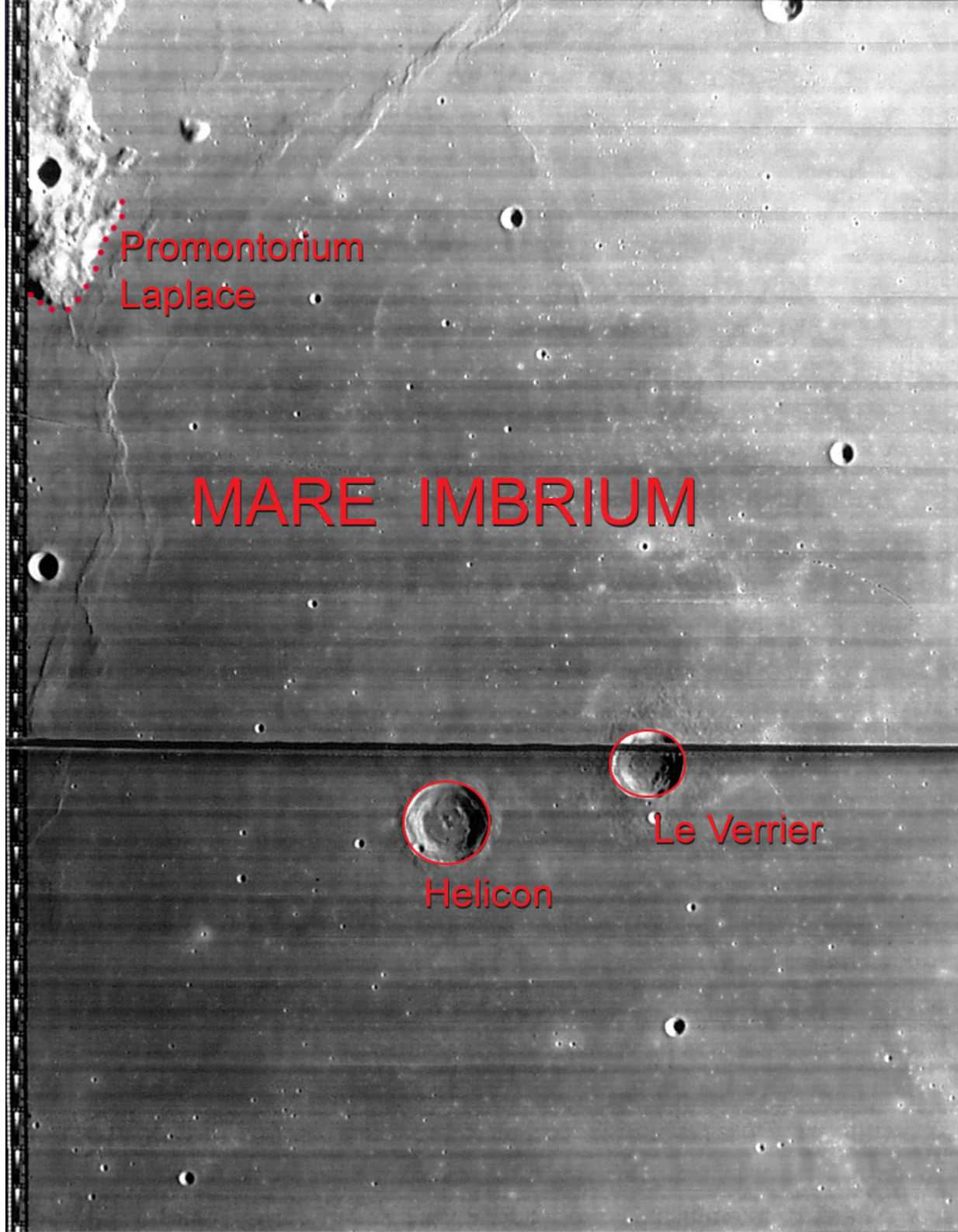
4.照片解析度的問題－雖已算近照，但仍是在距月球地表幾萬公里的上空照，照片放大後仍然模糊，許多小洞根本無法辨識(比較過解析度更高的照片)，因此此次數洞數活動本身就存有極大的誤差因素，很多在照片中的一小點，因每個人判斷是否為坑洞的標準不同而造成數據差異。



舉例

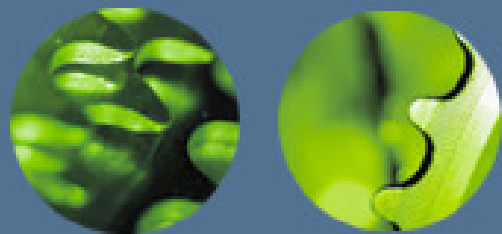


以這一張照片的解析度來看，這一塊有一些看似坑洞的白點，但實際上……
(放大)

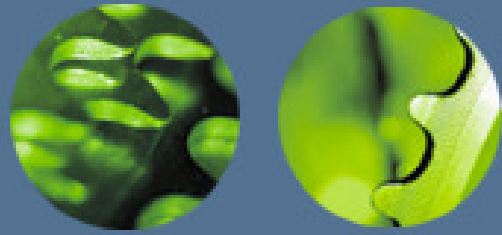


上一頁的那一小塊的範圍就要有上千個隕石坑了。

但是我們數的時候頂多**100**個隕石坑。（甚至不到**10**個）



5.每人依照片數洞的方法各有不同，有人算完每張照片洞數再扣重複的，有人依照片自行劃分區域數，還有人以**PHOTOSHOP**先將多數區塊照放大縮小變形合成為一張完整且比例相同的特定區域照再進行數洞的工作，不同的方法造成誤差。不同方法也產生不同的誤差，以**PHOTOSHOP**合成的方法來說，由於各將要合成的照片坑洞明暗反光、大小、角度、解析度不盡相同，就會產生進行合成時的人為誤差，例如覆蓋因素，有可能掩蓋了少部分的坑洞。



6. 用來數洞的照片未附比例尺，因此需另外找此區域坑洞的大小資料以作為數洞照片的比例尺推算標準，推算而產生誤差。

7. 其他人為因素：個人視覺能力問題、重複、誤看、誤判、洞的大小判斷誤差影響各不同大小坑洞的數量。



vision

展望



隕石坑能幹麻

月球表面有如此多的坑洞，難免會讓人想到：隕石坑會不會有什麼功能呢？（而且人類已經可以登入月球了！）所以我們就提出了幾個可能的功用：

a. 採集宇宙礦石

隕石坑中間必定有隕石的殘骸，多探查幾個隕石坑就能找到想要的礦石。



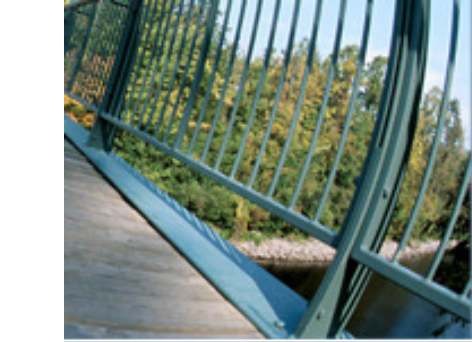
b. 接收器

或許會有某些坑洞類似拋物曲面，在這些坑洞底下可以裝置接收器，接收一些宇宙射線等等的。

c. 遊戲

總覺得隕石坑洞的曲線很漂亮，搞不好可以用來做啥。遊戲的內容類似即時戰略，只有坑洞的地方才能蓋塔...

.....想太多了喔！



舉一反三

有沒有辦法用類似數數來估計其它星球表面的年齡呢？

或者是推算其它星球附近隕石的巔峰期，進而估計星球何時形成的。

如果能考慮大氣的影響因素，那地球的隕石坑是否也能派上用場？

(掰不下去了...)其他的留給各位有興趣的人來玩吧。



月球計畫(這是網路的資料)

- 根據我們小組算出的結果，月球坑洞代表了很多意義，像是可以以最老的洞估計月球的年齡，而且可以讓我們了解月球上有資源的存在，而不是代表月球上是荒蕪之地。但月球坑洞無時無刻都在增加，他可以讓地球有對宇宙更多的了解。月球的資料是重要的，而人們去發現才是更重要的。
- 科學家調查月球就是因為大約**50**年後，人類目前廣泛使用的傳統能源煤、石油和天然氣將面臨嚴重短缺的局面。嚴重的能源危機使人類將目光轉向浩瀚的宇宙，而月球是人類尋找地球以外能源的第一個目標。根據歐洲宇航局預測報告顯示，月球上引力小，月岩中礦藏很豐富，因此，月球在未來的**200**年內將成為太陽系科學研究和工業中心。目前，歐洲、美國和日本的航空科學家正在為未來向月球移民和開發月球而進行科學實驗，準備在**2030**年建成月球人類基地。**21**世紀科技應用前景的展望是；人們就可以在家裡通過星際網際網路遨遊太空，包括月球、火星乃至整個太陽系。



- 其實，月球並不是不毛之地，月球上蘊藏著豐富的自然資源。現已初步探知，月球的土壤和岩石中有**40%**的氧，**30%**的硅，**20%~30%**的鐵、錳、鈷、鈦、鉻、鎳、鋁、鎂，以及**5%**的氫等**100**多種礦物資源，其中**5**種是地球上沒有的。在月球表面厚厚的塵土裏，蘊藏著一種非常重要的能源——氦-3，它是理想的核聚變燃料。由於月球具有幾乎沒有大氣層、沒有磁場、弱重力場和穩定的地質構造等特徵，所以從月球上發射飛向火星等星球的深空探測器比在地球上要容易得多。因此，未來的月球基地不僅可以作為一個天然的發射平臺，還是一個理想的太空探測中轉站。月球還是理想的對天觀測和對地監測站，在月面建立觀察網不但可以進行全方位持續的天文觀測，同時可以對地球的地質構造及環境變化進行監測與研究，特別是對近地空間乃至深空小天體對地球可能構成的威脅進行監測。一旦發現有小天體（如隕石、彗星等）向地球方向運行並可能撞擊地球時，可及時利用鐳射或其他武器予以摧毀或改變其運行方向，從而起到保護人類的作用。



- 總體上看，近年來從事空間研究的國家和組織實施月球探測和開發利用的戰略計劃大致分爲三個階段：**2000年～2010年**，對月球資源進行全球性、整體性與綜合性的探測，包括環月探測和月球表面著陸器、巡視車的現場勘察；**2010～2020年**，對月球深層構造進行勘察並採樣返回，爲建立月球基地提供數據，並深化對月球本身的起源與演化的認識；**2020年後**，通過國際合作共建月球基地。



Crater Count 報告結束

謝謝大家

Summary

- 月球表面的隕石坑與年齡有什麼關係？
- 估計月球表面的年齡時，需要哪些工具？
- 月球表面的顏色與年齡有什麼關係？
- 請舉出此crater count的活動可能會有的誤差有哪些？
- 你知道月亮上兔子的由來嗎？是什麼呢？



參考資料

1.老師提供的講義：介紹如何利用隕石坑洞數來估計其表面年齡。

2.照片來源網頁：

<http://www.lpi.usra.edu/resources/cla/>擁有大量照片，及各大隕石坑資料。

3.其它

a.<http://lunar.arc.nasa.gov/science/atlas/atlastex.html>

b.一本書：月球表面隕石坑的資料



組員名單

492402298 羅正銓 數學系96

492403345 王傳泓 數學系96

493201354 林欽楹 國文系97

494730261 林家弘 機電系98

495711169 李淨如 科技系99

495730397 蕭瑞彪 機電系99

