

火星的探索以及觀測法

何耀坤

臺南市私立光華女中

火星的會合周期為 779.9 日，所以每兩年二個月和地球接近一次。地球軌道略為圓形而火星軌道為橢圓，因此和地球最接近距離為 5600 萬公里，最遠一億公里，相差甚大。大接近每十五年一次，今年七月十六日是 1971 年以來的大接近，光度為負 2.6 等，視直徑超 23 秒，比今年一月時光度的 29 倍，大 4.7 倍，今年最接近距離為 6037 萬公里。今年到年末都可看到接近的火星，是連續觀測火星的好機會。

現代人對火星特別有興趣，有兩個理由。①太陽系各行星中和地球環境相似的只有火星，曾經有許多報告說，火星上可能有某種生物存在，曾經也有小說以火星人為題材。②火星是地球的兄弟星，次於金星近接地球，其表面情形在各行星中有最詳細觀測紀錄，也是將來人類登陸的第二目標。火星於今年七月中旬黃昏後出現於東南空，和土星及心宿紅星對排成夜空亮星，引人注目。

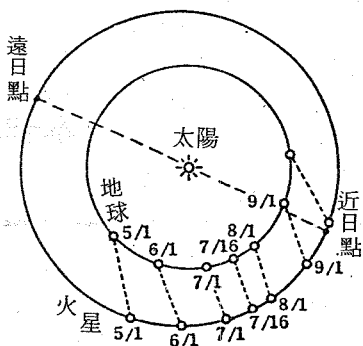


圖 1 地球和火星的位置

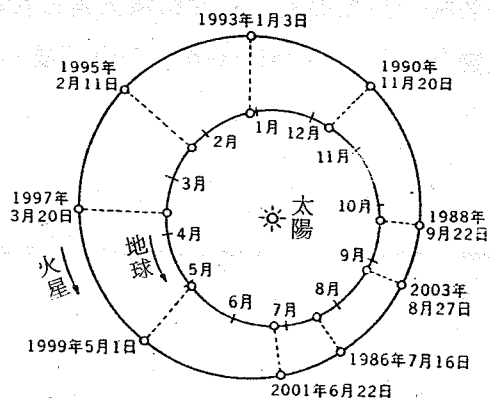


圖 2 火星的接近 (1986~2003 年)

一、火星為何呈紅色？

火星在古代中國被稱熒惑，西歐人為MARS（希臘神話中好血鬥的軍神 $\text{Ap\alpha\varsigma}$ ），是不吉之兆。火星為著名的紅星，因表面 70% 地方覆蓋紅褐色物質。這物質是什麼，是自古以來人們所關心的。火星探測機海盜號（Viking）去以前，曾經 G. P. Kuiper 等（於 1952 年）用光譜測出其反射曲線相似鐵氧化物，認為該物質含有很多褐鐵礦（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）；1963 年 A. Dollfus 測定火星表面的反射偏光光譜得相同結果。美國火星探測機海盜 I 號於 1976 年 7 月 20 日著陸於火星上 Chryse 平原（ 22.5°N ， 48°W ），同 II 號機於同年 9 月 3 日登陸於 Utopia 平原（ 48°N ， 226°W ）（請看圖 4）。兩太空船曾搭載 X 線螢光分析裝置，在火星上採集的土壤作了分析，得如表 1 結果。兩太空船登陸地點相離 6500 公里，但其土壤組成很相似，值得注意。因為這些所採集的土壤可能是廣泛分布的風成堆積物的均質層之一部分，其成分

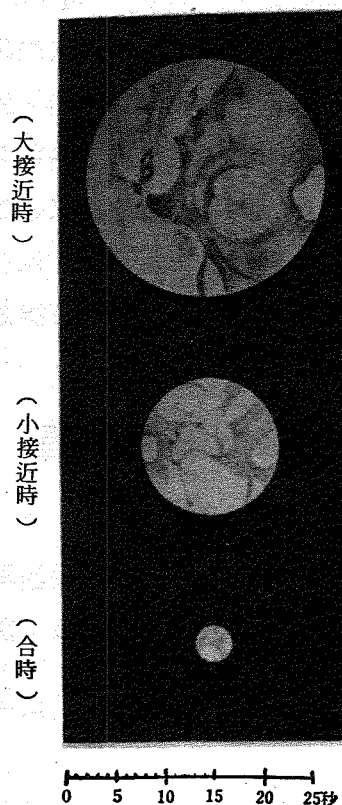


圖 3 火星的視直徑的變化

表 1 海盜號著陸地點的土壤化學組成和地球物質比較

	海盜一號 著陸地點的土壤	海盜二號 著陸地點的土壤	地球上被風 化的玄武岩
SiO_2	44.7	42.8	44.9
MgO	8.3		28.10
FeO	18.2	20.3	2.67
Fe_2O_3			7.29
Al_2O_3	5.7		6.54
CaO	5.6	5.0	6.56
Na_2O			0.92
K_2O	< 0.3	< 0.3	0.57
TiO_2	0.9	1.0	0.53
SO_3	7.7	6.5	
合計	91.8		98.08

相似夏威夷 Kilauea 火山熔岩成分，也值得探討。海盜號探測機送回來的火星表面物質的反射光譜為 $\lambda = 0.4 \sim 1.1 \mu\text{m}$ ，證明登陸地點物質含有 Fe^{3+} 的風化生成物，可能是褐鐵礦，和 Kuiper 等觀測報告相符。可證明火星表面的紅褐色土壤是相似褐鐵礦的粘土礦物，以風化生成物為主體。那麼其成因如何呢？

地球上的紅褐色土壤是熱帶至亞熱帶的高溫多濕氣候下形成的，可是火星表面大氣稀薄（氣壓 6mb），極乾燥又低溫，非可產生紅色土壤的環境。假設過去火星上有高溫多濕氣候，就可說明這事實。海盜號拍攝的照片中可看出火星表面有大規模的流水所侵蝕的地形，這些紅褐色物質可能是該時期的古土壤。

二、比較地球和火星

(1) 火星的質量

火星的質量由其衛星運動觀測可求出。設火星質量為 M ，衛星質量為 m ，衛星軌道半徑長為 a ，其公轉周期為 p ，萬有引力恒數為 G ，那麼從 Kepler 第三法則可得下式。

$$M + m = \frac{4\pi^2}{G} \cdot \frac{a^3}{p^2}$$

表 2

	赤道半徑	體積	質量	赤道重力	自轉周期	軌道半長徑	公轉周期
地球	6.378 公里	1.0000	1.00000	1.000	0.9973	1.000000	1.000039
火星	3.396 公里	0.1505	0.10745	0.378	1.0260	1.523688	1.880883

	軌道離心率	黃道夾角	近日點黃經	昇交點黃經	衛星數	平均受熱量
地球	0.01672	0.00468	102.19155	174.32949	1	100
火星	0.09339	0.84697	335.29739	49.06498	2	43.1

	扁率	赤道重力	脫出速度	赤道夾角	極大光度	軌道平均速度
地球	0.0034	1.00	11.18 km/s	23.44		29.78 km/s
火星	0.0052	0.38	5.02	25.19	-0.3	24.08

因 m 比 M 非常小，故可為 $M + m \doteq M$

$$\therefore M = \frac{4\pi^2}{G} \cdot \frac{a^3}{p^2}$$

a 和 p 由觀測求得， G 和 π 為恒數，解上式可求 M 。

火星的質量 = 地球質量的 0.10766 ± 0.0010

(2) 表面張力

火星世界的重力為地球的 38%，例如體重 60 公斤的人，在火星只有 23 公斤，所以人在火星，行動會變很輕快。

(3) 反射能 (albedo)

行星反射日光的能力稱反射能，火星反射能為 0.15。月球和水星面粗糙，反射能小（水星為 0.059）；金星（0.85），天王星和海王星面有密雲，反射能大。

(4) 光度

火星的光度 = $-1^m \cdot 30 + 5 \log \gamma \Delta + 0.01486 i$

（上式中 γ 為火星和太陽間距離， Δ 為地球和火星間距離，單位為天文單位； i 為位相角，單位為度，以上根據 G. Muller 公式。）

(5) 火星的變光

火星光度常變化，有下列五個理由。①從太陽的距離變化。②從地球距離變化。③太陽、地球、火星三者相對位置變化而產生位相角變化。④火星自轉引起的變化。⑤原因不明的不規則變化。尤其④和⑤有重要意義，特有注意觀測必要。

三、火星表面的地形和地質特性

1965 年 7 月 15 日美國火星探測機水手四號 (Mariner IV) 接近火星，探索火星周圍。1971 年至 1972 年共十一個月間 Mariner 九號拍攝 7329 張照片，並用紅外線輻射計，分光觀測器和雷達作氣壓、溫度、土地高度測定。1975 年海盜號 I 和 II 登陸火星兩地點，採集土壤並作三個實驗。根據這些探測資料已知火星表面可分為坑洞多的粗糙地域和平原地域，前者多在南半球，後者多在北半球。火星面的暗色部分和地形高低無關，坑洞多的南半球是陸地，北半球的平原地帶是海（圖 4）。全體由火山物質覆蓋，和地球上的火山地帶相似，若干地帶有許多火山。圖 4 中：

極地：pi（永久冰），ld（成層構造），ep（慢蝕平原）。

火山地帶：v（火山），pv（火山平原），pm（坑洞不多的平原），pc（坑洞多的平原）。

受變形的地帶：hf（侵蝕地域），hk（塊狀地域），c（地溝內堆積物），p（未區分平原），g（細溝多的地域）。

古地帶：cu（未區分的坑洞地域），m（山岳地域）。

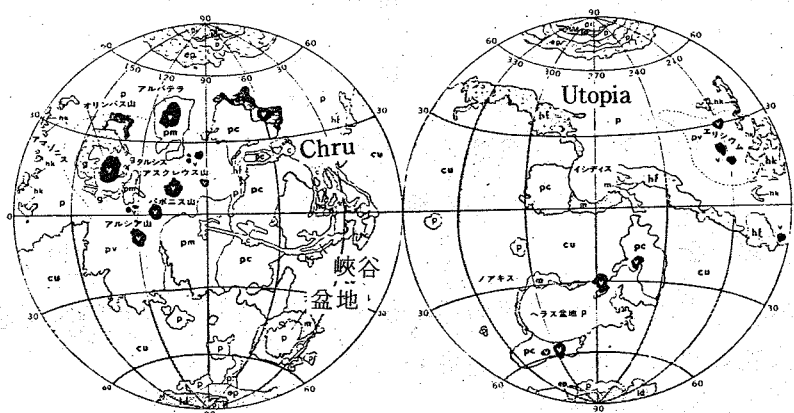


圖4 火星面的地形和地質區分。（據M.H. Carr）

四、火星上的大峽谷和溝狀地形由來

火星上除有火山外，值得注意的是大峽谷和溝狀地形。Mariner九號送回來有大峽谷照片（圖5、6），在火星赤道稍靠南再沿伸東西，全長有3500公里，最深地方有7公里，寬600公里，可能是陷沒地帶。峽谷壁有許多V字形谷，可能是因流水形成的。這峽谷北方有平原，續接廣大地域上有溝狀地形。由其形狀特徵看來，可能是流水侵蝕形成，大多是蛇行（長1500公里，寬200公里），也有斷續的河岸段丘和中州（圖7、8）。

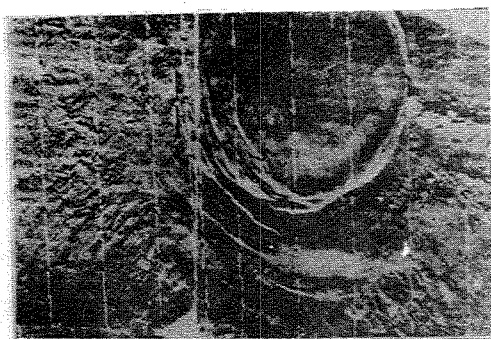


圖5 火山口



圖6 大峽谷

火星上的流水路網之成因，可能是地下的永久凍土，因為地下溫度局部上升而溶解產生大量的水而流出地表，所以地下冰的溶解地方成空洞而形成這些陷沒地帶。

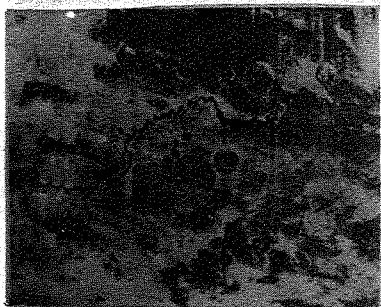


圖 7 蛇行地溝

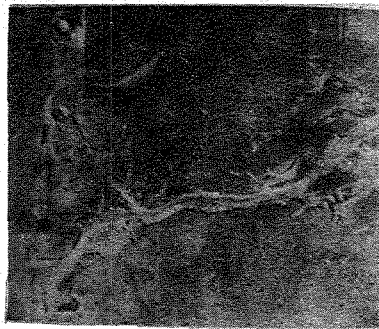
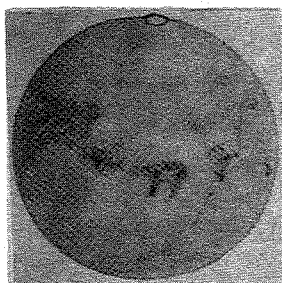


圖 8 乾燥隆起河床

五、火星上的名勝地帶

今年火星大接近時，火星南半球正朝向地球，火星正在春季，南極冠的冰溶解向北方移動。我們用望遠鏡看時，火星自右（西）向左（東）自轉，所以應從左邊先觀測。火星上有右列四所名勝地區。



1. 子午線灣



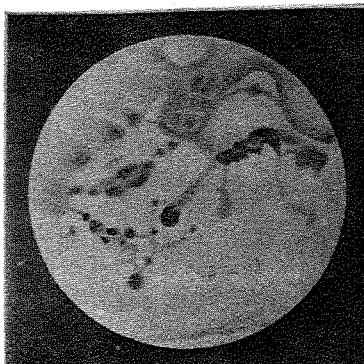
2. 阿基達里海

1. 子午線灣（又稱 Aryn 鈎甲）：此部分顏色特濃，有兩支如鈎甲。

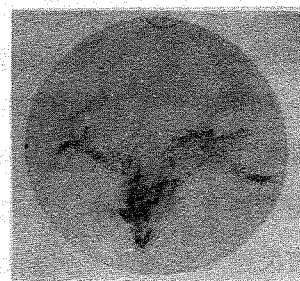
2. 阿基達里海 (Acidalius)

3. 太陽之湖 (Solis Lacus)：又稱火星之眼，呈橢圓紋，形狀稍會變化，有時像草莓。

4. 西路地斯 (Syrtis Major)：形狀呈倒立三角形，如印度地圖。



3. 太陽湖附近



4. 西路地斯

圖 9 火星上的四所名勝地區

六、火星極冠和季節變化

火星上也有四季變化，尤其白色的極冠反映火星的季節變化。極冠在春季後會變小，夏季完全消失，其本體如霜。這次接近時，從三月初開始形成極冠，五月達最大。這次可看到火星南半球的春季，雲多，北極冠很小。南極冠急速縮小時有猛烈的上升氣流，卷起沙漠之沙而形成大黃雲，有時覆蓋全面，尤其在九月。



圖 10 南半球的春季（上左）和初夏（上右）的極冠變化。

七、火星人說和火星有植物說

自前世紀末至本世紀初，曾經流傳火星人故事，雖然在科學上未被承認，但是火星上可能有植物存在之說未被反駁。例如在太陽湖有暗綠色物質在廣面積覆蓋紅色部分，火星四季變化時這部分色彩又有規則變化等。最近火星的研究集中於物理觀測，而在火星上可能無生物存在的看法最近較普遍，但仍有不少天文學家認為火星上有低等生物存在。火星世界和地球有許多相似點，但是其重力和大氣量及組成及四季的長短相異多。

1976 年海盜號登陸於火星時，對生物的有無問題作了探測。例如火星面的攝影，土壤分析、三種生命探測實驗，但未得有生物證據

。如果火星上有如黴或苔等低等生物應在風景照片中顯現；若有微生物存在，分析土壤時應有有機化合物，但是探測船上的分析計完全沒有反應。三種生物實驗是包括生物的呼吸，在光合作用測定裝置中放入火星土，再給營養液，但是營養物被二氧化碳分解，因火星上有太陽直接的強紫外線，有強反應性礦物（圖 11）

。因此火星上有生物說似無希望，但是探測資

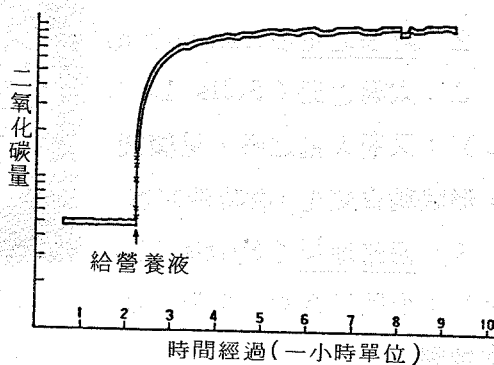


圖 11 火星上生物實驗之一例

料顯示火星極冠是冰，證明過去火星上有水存在。因此部分學者期待在極冠附近也許有生物，又有許多學者期待火星有過去的生物化石。這必須研究火星的地質，並送太空船去採集岩石才能證明，但這工作實現也許要等到下世紀。

八、火星上的運河說

自從十九世紀用大望遠鏡在火星上可看到奇妙條紋，所謂火星運河說的報告多，引起許多議論，所以火星的觀測史即是運河說的爭論史，火星運河說有下列六種。

1. 人工運河說（1888）

由 G. V. Schiaparelli 和 P. Lowell 所提，說火星上高等生物為引極冠的水，築灌溉水道，沿水道植物繁茂。運河交點的斑點是水流調節處（圖 12）。

2. 自然發生說

由 E. M. Antoniadi 所提，認為火星條紋是由無數多斑點之集合。

3. Pickering 說（

1917）

運河從極地向低緯度

流，從極地的水蒸氣圈移動火星面，夜冷卻為雲。因火星面受水蒸氣團，而在特定地域形成植物。

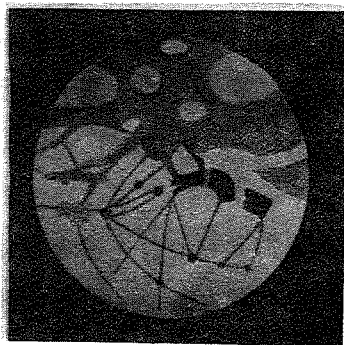
4. 火山灰說（1954）

由 D. B. McLaughlin 提，火山灰在沙漠上形成條紋。火星相似地球，沿赤道有環狀火山帶，火山灰被強烈季風吹而沈降於沙漠上。

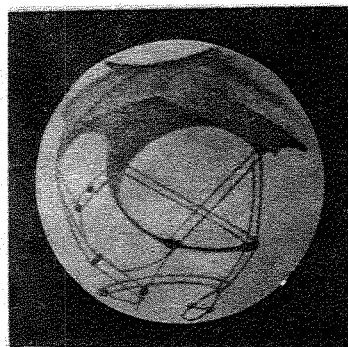
5. 隕石說：因巨大隕石落下生坑洞及龜裂，就是運河。

6. 宮本說：日本宮本氏提，玄武岩地盤露出在低窪地而顯出紋帶狀。

火星運河有下列三點特徵：①從暗部出，而入另暗部。②運河連結斑點和斑點之間。③運河的濃度和色彩有季節變化，上面六學說中能說明較完全的是 3 和 6 之說。在運河說未有定論之時，從水手九號和海盜一號和二號拍攝回來的照片中，沒有所謂運河細



（1909年 V. Fournier）



（1888年 G. V. Schiaparelli）

圖 12 火星的運河

紋。那些運河紋可能是看望遠鏡時映在心理的現象，在火星赤道地帶所發現的大峽谷，內部比周圍暗，所以所謂運河可能是大峽谷。

九、火星上的觀測法

(1) 一般注意事項

觀測火星用望遠鏡最低要150倍，不然看得太小，表面斑紋不清楚，因為火星表面條紋對照不清楚。火星面有暗色部，又有條紋少的部分和多的區域之別，所以看的人對火星地理要有適當知識和觀測的耐心。

(2) 選擇望遠鏡

只要看火星的極冠和表面模樣，至少用口徑5公分，100倍。若想要畫火星圖，必要口徑7.5公分，150倍以上的。用口徑10公分以下的，所看到的火星是暗灰色，用15公分以上的能看到青色或青綠色部分。專門觀測者必用30公分以上的，才可看到火星呈淡褐色。

(3) 畫火星描繪圖

描繪工作要在無風的夜晚，要領如下。①首先畫火星極冠位置。②確認特別明亮部分位置和形狀。③觀察比較大的斑紋，畫大概形狀。最後附記觀測日期和時間。斑紋濃淡表示法如下，1.0——濃黑色（如極冠周圍），2.0——比較濃，但非很黑，5.0——不明亮，但非暗色，6.0——稍明亮，9.0——明亮，10.0——很明亮（如極冠）（圖13）。描繪順序，從東邊而西邊（從左而右），前後15分鐘內要畫完（圖14）。

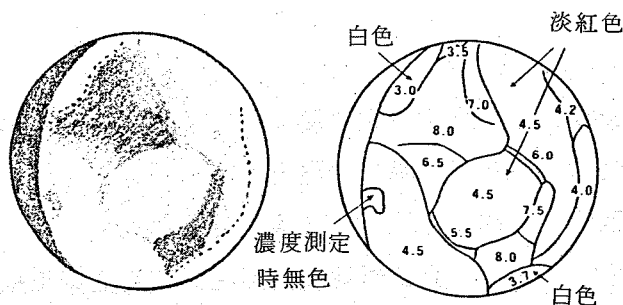


圖13 斑紋濃淡表示法



1

2

3 (完成)

圖 14 描繪順序 (1 → 2 → 3)

主要參考書籍

1. 佐伯恒夫著：最近の火星觀測（恒星社 1965）。
2. 佐伯恒夫著：火星とその觀測（恒星社）。
3. Brown 等著（小尾信彌譯）：火星探險（白楊社 1958）。
4. 天文ガイド（1986，5. 6. 7.）
5. Earl C. Slipher “The Photographic Story of MARS” 1962.
6. C. S. Pittendrigh “Biology and Exploration of MARS” 1966.