

月之舞－天文攝影看月球的天秤動

國中組地球科學科第二名

高雄市立陽明國民中學

作者：顏吉鴻

指導教師：洪英英、蔡素馨

一、研究動機

天文攝影是我最大的興趣，在面對著浩大的宇宙，能對它有多少了解，著實令人興奮不已。

天空中除白晝的主宰太陽是最引人注意之外，夜裡就屬月球給人最多的暇思與注目了；當我對著月球拍攝之後，在整理照片的當兒，陰陰暗暗的月海讓我想像著，再仔細看看，發現月面上稍有差異，在相同月相、不同月相、不同時間，都有差異存在，想想，這是什麼呢？其間的差異又多少呢？

二、研究目的

- (一)從月海在月面的分佈，想像它像什麼。
- (二)比較同月相，同一天不同時間月面的差異。
- (三)比較同月相，不同月份，月面的差異。
- (四)比較同月份，不同月相，月面的差異。
- (五)期能引起更多人的興趣，投入天文研究的行列。

三、研究設備器材

- (一)NiKon F-801 135單眼相機
- (二)Fuji HR2&HG
- (三)Mizar 反射式天文望遠鏡($f=750$ D=150mm)
- (四)Mizar 赤道儀
- (五)描圖紙
- (六)圓規、直尺

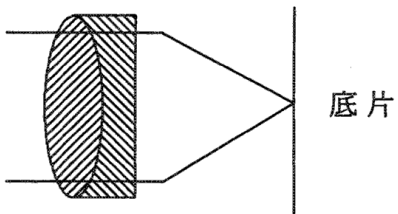
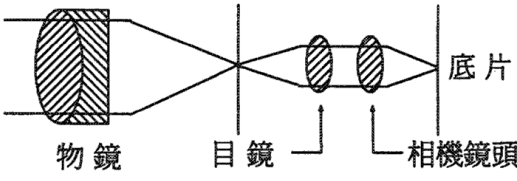
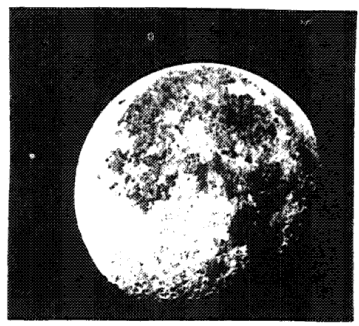
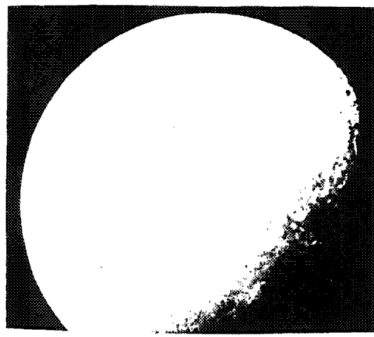
四、研究過程

- (一)攝影器材的取得：因學校無較高解析度的天文望遠鏡，只好轉折四處尋借，向高雄市天文學會林理事長商借得一台口徑15cm 焦距75cm 反射式赤道儀，但因只

能短期借用，所以觀測上較不方便掌握時間。

(二)決定拍攝的方法：

1.天文攝影的方法，直焦法和間焦法的比較如下：

拍攝法	直接焦點攝影法 (直焦法)	間接焦點攝影法 (間焦法或引伸法)
光路圖		
裝備	以一接環連接相機和望遠鏡。	用一Adapter 接在望遠鏡上，再用接環連接Adapter 和相機。
優點	不受光軸影響，成像清晰，裝備簡單。	成像大。
缺點	成像小。	光軸不準，成像就模糊，裝備較多。與相機連接後會造成力矩，需注意平衡。
		

2.由所得照片比較，此次攝影主要選擇間焦法。拍攝時，只要注意把光軸調準，即可得清晰之像，且成像大，易於觀看月面。

(三)拍攝時間的安排：因儀器取得不易及天氣狀況的影響，較難得到有系統的觀測攝影。寒假期間，得到老師的指導，於82年2月6日至11日（農曆1月15日至20日）每天間隔時間拍攝，得到較完整的資料。

(四)模擬活動：月面上不同的時間呈現出的差異，若以一球來模擬，該可以幫助對月球的了解。因此對球面拍攝，使立體球面呈平面。所作的拍攝有：

- 1.由西向東轉一小角度（固定南北軸）。
- 2.由南向北（或北向南）轉一角度（固定東西軸）。

由拍攝所得可用以驗證比對。

(五)探討什麼？比較什麼？

- 1.月面上的陰影部分（海），看似什麼？

2. 模擬活動中，球多轉一小角度即可多見到球表面，由球面上兩點的變化來推演月面上差異的情形。
3. 比較月面上不同時間的差異情形。

五、討論與結論

(一)經查閱書籍得知，月面上的差異來自月球的擺動，即天秤動。因為月球繞地球的公轉週期與其自轉週期約略相同，所以月球永遠以同一面對著地球，因此，應該只能夠看見月球的50%，可是由於月球有微小的擺動，實際上能看到全部的59%。

1. 月球的擺動可分為兩類：

(1)視天秤動：

- ㄅ、緯度的擺動—因月球赤道與其軌道面成5度9分的夾角，所以可以多看見南北半球一小部份。
- ㄆ、每月經度的擺動—月球繞地的軌道是橢圓的，依刻卜勒第二定律，在遠地點的月球速度最小，近地點速度最大；所以也可以多看到月面的一小部份。
- ㄇ、每日經度的擺動—因觀測者隨地球表面繞地心而轉，當月球在地平線上時，觀測者的視線與地心月心連成1度斜角，因此可看到月球背後少許。

(2)物理的天秤動：由於地球所見月球形狀並不是完美的球形，向地球方向的直徑稍大，因之地球對月球的萬有引力就不均勻，以致其自轉也不均勻，而有來回的擺動。這種擺動也一樣可分解為經度及緯度的擺動。

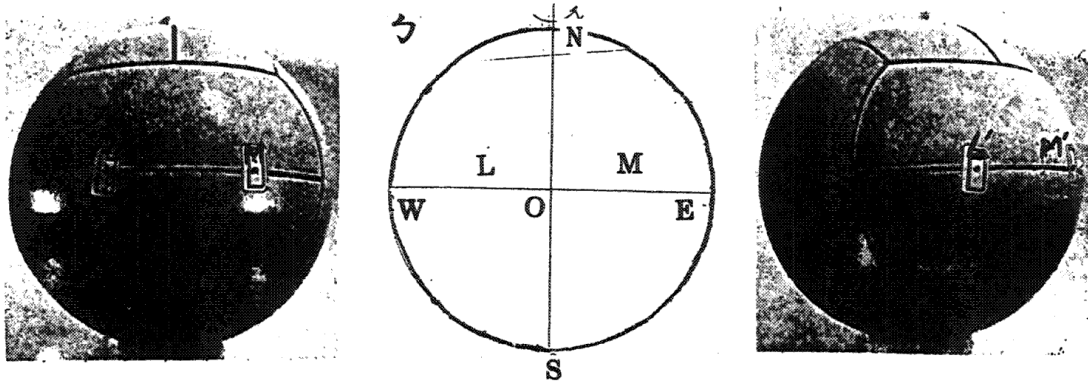
(二)由參考資料，產生天秤動的原因中，以視天秤動來看，而忽略物理天秤動（假設月球形狀是完美的球形），則可歸納成以下二點：

1. 一個月中，相同或不同月相，若仔細比較，當可發現月面上稍有差異。此為來自月球每日經度、緯度的擺動。
2. 不同月份相同月相，若加以比較，亦可發現稍有差異。此為來自月球緯度的擺動。

(三)模擬活動中對球體上的兩點，在轉動一小角度後觀看兩點與圓心間的關係，即可對照所攝得的月面圖，以了解其產生的原因。

1. 把球固定轉軸，由西向東轉，此意謂經度的擺動。

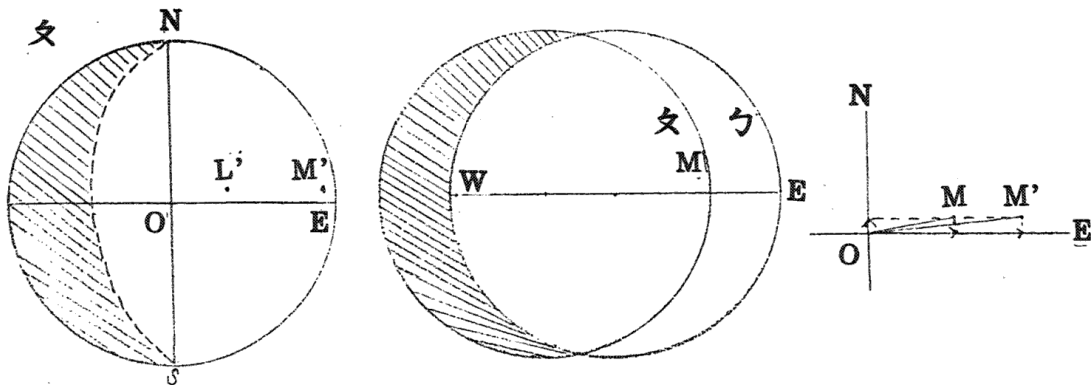
在數學上，已知一圓弧上的三點，即可求出圓心，並求出整個圓。以描圖紙疊在照片上，則可得ㄅ、ㄆ圖。



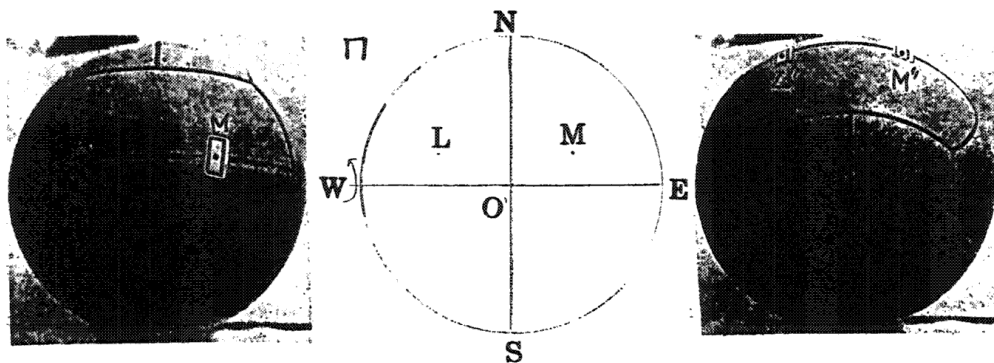
L、L'爲同一點，M、M'爲同一點

比較ウ、女圖， $LM > L'M'$ 、 $OM < OM'$ 且由ウ到女圖，很容易可以了解球面可多見到斜線部份。把ウ、女沿東西軸重疊M與M'，則可得下圖。此圖與女圖斜線部份比較，兩者相距不多。

取描圖紙描下ウ圖的O、M，女圖中的M'，作直線OM，以向量的分解，由圖上可看出是經度的擺動。



2. 把球體固定轉軸，由南向北（或由北向南）轉一小角度，此意謂緯度的擺動。

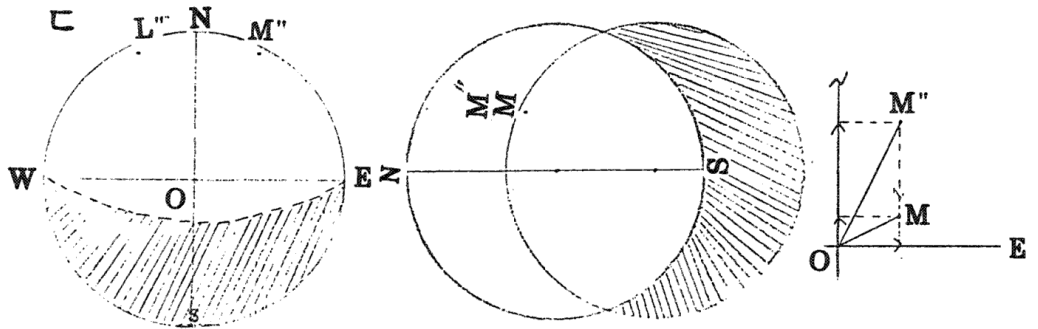


L、L''爲同一點，M、M''爲同一點

比較M、ㄐ圖， $LM > L''M''$ ，由M到ㄐ圖，球面可知多見到斜線部份。同樣的，把M、ㄐ圖沿南北軸，重疊M與M''，亦可看出多看到的球背面。

描下ㄐ圖的O、M點，M圖中的M''，作直線OM，直線OM''同樣以向量的分解，

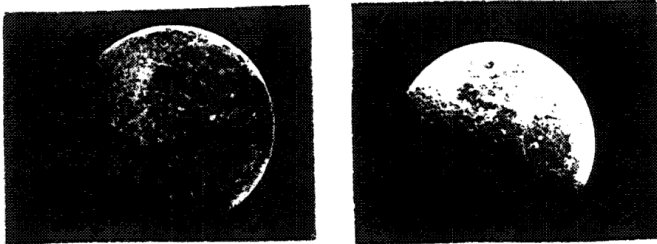
即可看出天秤動。



(四)整理照片，比較月面的差異，以了解天秤動：

1. 比較不同月份、不同月相的月面差異

A. 80.11.23 22:20 B. 80.12.28 23:00

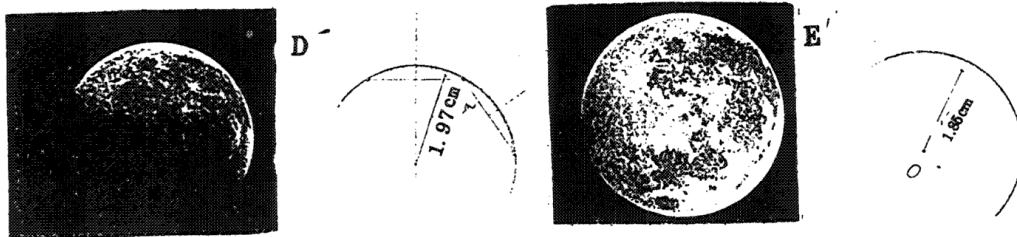


從A、B二圖中，要看出月球的天秤動是顯而易見的，以葛里馬迪坑來看，在B圖中的位置較A圖更靠近圓弧。

2. 比較同月份，不同月相的月面差異

利用描圖紙，求出靠近格里、馬狄坑之圓弧的圓心，並標出該坑的位置。

D. 80.12.28 23:00 E. 80.12.21 21:00 直焦法



3. 比較同一天月面的差異

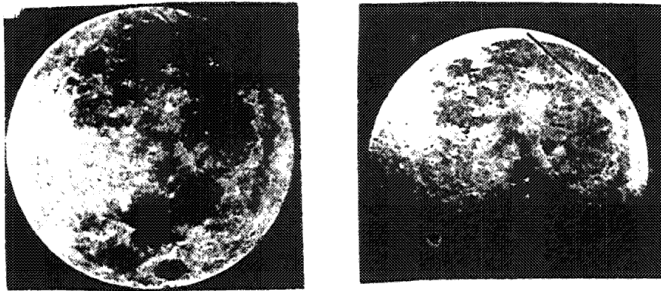
難以比較出，若能放大比較，則差異常可看出。

4. 每隔一天，月相的差異

因變化小，亦不易比較，所以需間隔數日，才能明顯看出天秤因變化小，亦不易比較，所以需間隔數日，才能明顯看出天秤動。如D與E圖、F與N圖之比較。

F.82.2.6 20:10

N.82.2.9 23:40間焦法



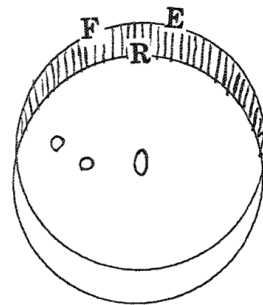
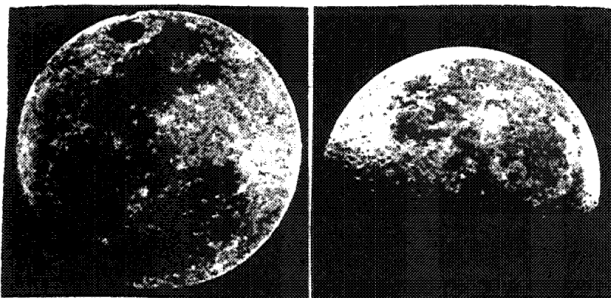
由F與N中，量出利其奧里與亞里斯塔克間的距離，可得距離不一樣長，月球向東南方擺動。

5. 自參考資料得知，由於月球天秤動，月面多出9%左右，這9%已約占50%的5分之1了，想想可見的月面還真不少，該可以略為窺得能夠看到的月球背面是那些小部份。

將F、R重疊，重疊時，因天秤動之故，所以取二點為參考點（第各坑及其旁的一亮點），這二點間的相對距離必需要小。重疊後，得到斜線部份（未重疊部份），由此可知圖F較圖R的月相，多看到了斜線部份中的一小部份。

F.82.2.6 22:00

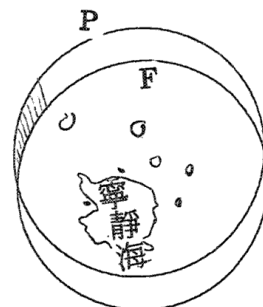
R.82.2.11 0:30



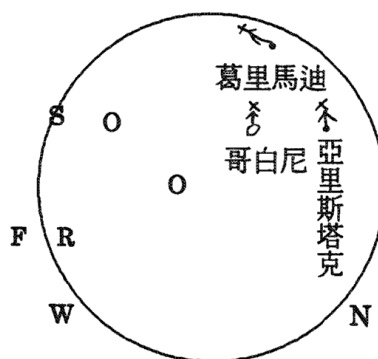
同樣的取P、F重疊，寧靜海旁的二亮點為參考點，則所得非重疊部份中，就含有一小部份的月球背面，如此只能約略得知。

於圖中的斜線部份中靠近圓弧邊緣部份，即是能被多看到的月背面。

P.81.1.2 9:00



6. F、P、R三者比較後，歸納得：P是過了上弦的月相，F是近滿月的月相，R是近下弦的月相。所以P較F可看見月面西南方的部份月球背面，F較R可以看見月面東方的部份月球背面。
7. 參照天文年鑑中的月面圖上的方位，並與月面上差異的比較，可以觀察出月球經、緯度的天秤動。以第谷坑為參考點，F、R圓弧動疊，X為R疊上F之後，各點的新位置。箭號指出視移動方向。但要確實算出可被多看到的月球背面，及算出月球經緯度秤動的情形，因個人分析及數理能力未及，且受觀測儀器所限，尚得繼續努力。



8. 視天秤動中緯度的擺動，可以多看見南、北半球的一小部份。
- 由天文年鑑中能查出每一天月球的黃緯。當黃緯值最大，最易看見南半球月背的一小部份；負值最大，則易見北半球。
- 我們拍攝月相的時間，黃緯為：

日期	座標
	視黃緯
2月 6日	-3.92
2月 7日	-4.59
2月 8日	-4.97
2月 9日	-5.02
2月 10日	-4.75
2月 11日	-4.19
3月 11日	-3.43

由黃緯比較，知二月九日與三月十一日相差最多，所以月表差異該是更明顯的，從照片比較確實如此。

9. 礙於諸多因素，有系統的拍攝不能臻善，實有所憾，若能夠的話，可進一步把一年或一月的月相加以比較，天秤動是否呈規律性變化？以及方位如何的變化。

六、參考資料

- (一)中山自然科學大辭典“天文學”
- (二)天文年鑑1993 陶蕃麟編（台北市市立天文台發行）
- (三)天文年鑑1993 誠文堂新光社發行（JAPAN）
- (四)天文觀測 藤井 旭

評語

對月球天秤動有深入的探討，並嚐試數種觀測及分析的方法，值得鼓勵。