

2020 年 06 月 21 日臺灣日環食影像分析

甘凱文¹ 廖懌安¹ 劉正彥¹

國立中央大學 太空科學與工程學系

摘 要

利用行車記錄器之小型攝影機於嘉義國立中正大學，觀察 2020 年 06 月 21 日之日環食影像。分析日食期間月球邊緣之高時間解析度 30Hz 影像，以觀察太陽光受月球粗躁表面散射，以及太陽風之月邊混流現象。日食期間，月邊之前向散射將被呈現於討論。此外，透過模擬日食實驗，驗證邊界曲率、觀測環境對光譜擾動影響。

一、前言

日食形成原因為月球公轉運行至太陽與地球之間遮蔽陽光，陰影落在地球表面上，進而發生日食。日環食為月球位於遠日點時的現象，此時肉眼所見的月球直徑小於太陽，日環食因而產生。食甚期間雖提供最長太陽邊界之觀測環境，然而天候因素、觀測儀器限制、日食發生週期，使分析較為不易。當日冕儀的出現，太陽邊界波譜分析隨之盛行。然而因儀器限制，人們對太陽探討大部分為日冕影像分析，日食月邊波譜擾動鮮少有人進行討論。隨著科技日新月異，攝影技術與之提升，高解析度相機唾手可得，故此次日環食影像(20200621)利用高時間解析度之小型攝影機觀察太陽光受月球粗躁表面，以及太陽風之月邊混流效應，進而探討近月、遠月邊兩者頻譜關聯。此外，透過模擬日食實驗作為對照組來討論環境、距離遠近與邊界曲率對波譜影響。

二、觀測儀器與分析方法

本研究使用 Watec 公司製造之高光敏相機，搭配 computar 公司出產之可調式單焦鏡頭(H1214FICS)，並透過鏡前減光方式來觀測日食(圖 1)。因感光耦合元件在無光源時，內部依然有電流通過(俗稱暗電流)，會造成影像失真，故於觀測結束前，將鏡頭關閉並拍攝約 10 秒之影像做為內部暗電流的改正依據。此外，為解決各像素點因鏡頭曲率、感光元件感光能力不同造成的觀測差異，亦透過平場將影像修正。

當偵測太陽光受月球粗躁表面影響程度，透過最大梯度 Canny 演算法定義影像中太陽邊界(圖 3)，取出月邊光譜中位數(降低曲率造成影響)，並依時間序列繪出後利用傅立葉轉換分析其頻譜特性。為探討日食光源於月邊太陽交會處(近月邊)與非日月交會處邊界(遠月邊)差異。透過模擬日食實驗，使用手機內建手電筒光源做模擬光源，並用減光片做邊界，還原日食當下狀態，用以驗證前述情形(圖 2)。因距離遠近會使光線於相格上呈現大小不同，實驗中透過改變相機與光源距離，分析邊界光強度於影像中差異。此外，透過頻譜分析，可幫助探討日食影像與模擬實驗之間擾動差異。



圖 1、影像觀測系統。①可調式單焦鏡頭(H1214FICS) ②Watec 公司製造之高光敏相機(910-HX)③影像資料儲存裝置。



圖 2、日食模擬實驗之示意。左圖為利用手機為模擬光源，介於光源與膠帶之間為減光片(邊界模擬)。右圖為實驗環境，模擬期間將紙箱關閉，黑色膠布貼上以防漏光。

20200621 15:40:41 Edge of the sun

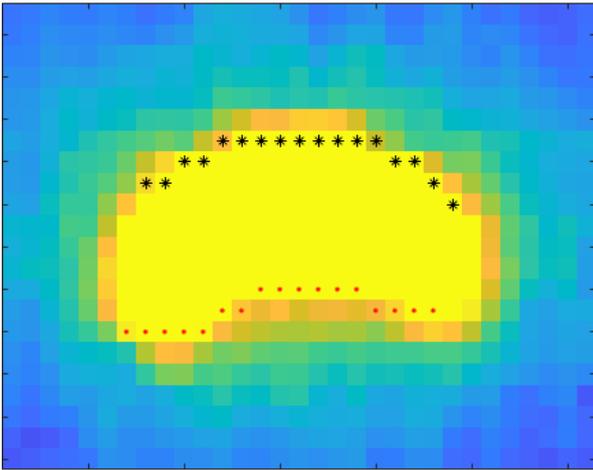


圖 3、最大梯度 Canny 演算法。紅點為太陽影像之月邊界(近月邊)。黑點為非日月交會處(遠月邊)。

三、結果與詮釋

圖4呈現日食與模擬日食光強度，其中近月邊(圖中橢圓紅框處)與遠月邊相比光強度衰減率較緩。模擬日食實驗可見相似結果，然而在模擬日食的兩邊界皆有一突波產生(中圖)，透過增加相機與光源距離，突波與之消失(下圖)。

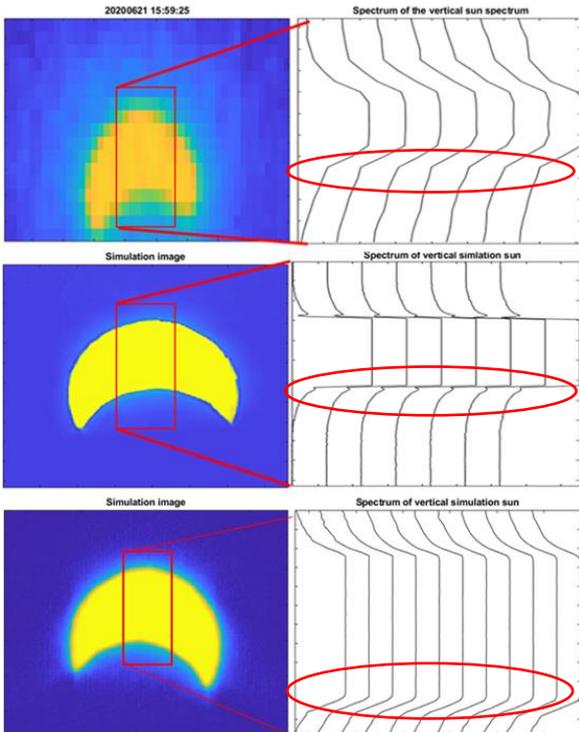


圖 4、日食結果與模擬日食比較。上左圖為日食當日影像，上右圖為日食光強度，橢圓框處為近月邊。中下兩圖為模擬日食影像，兩者差異為相機距光源遠近，中圖較近、下圖較遠，各右圖皆為不同像格光強度。

圖 5 利用最大梯度 Canny 演算法定義邊界，將邊界分成近月與遠月邊後，取中位數當下時間光譜強度，依時間序列排成一連串之光強度圖，利用傅立葉轉換分析其頻譜。將近月與遠月邊頻譜特性扣除基頻(0Hz)後，皆發現 0.04 與 0.08Hz(約 12 與 25 秒鐘)之週期波，兩者高低於遠月邊 0.04Hz 強度大於 0.08Hz 週期波，近月邊則相反。

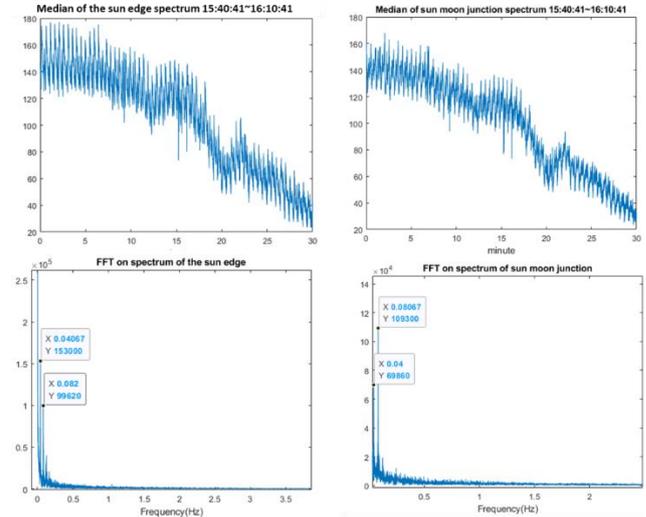


圖 5、近月與遠月邊光譜比對與其頻譜分析。左上、右上圖分別為遠月與近月邊光譜時間序列，左下與右下分別為遠月與近月邊傅立葉轉換。

四討論與總結

由圖4可見近月邊與遠月邊光強度下降程度不同，推測原因為近月處附近格點受太陽光聚集遠月邊為發散，故下降程度有異。為證實推測，透過模擬日食的方式，來驗證凹陷曲率差異與光線散聚會造成近光源邊界光強度下降不一。從實驗結果可見模擬日食邊界處兩者皆有一突波，但模擬之近月邊突波較模擬之遠月邊突波強，此可能為日食日觀測下降斜率不一原因。此外，因模擬日食的觀測距離較日食日觀測太陽近，故邊界會因而放大。若縮小其倍率至與太陽相近大小，邊界光譜會互相疊加，進而造成邊界光強度變強。綜上所述，日食日邊界光強度下降不一可能原因為放大縮小倍率使光譜疊加外，聚光與散光致使其邊界光強度衰減率有異。

圖 5 中發現邊界光譜皆具有 12 與 25 秒鐘之週期波，透過追蹤太陽於影片上的移動速率後發現，太陽約每 12 秒與每 25 秒會在垂直與水平上格點移動一次，而兩個頻率強度在遠月邊與近月邊有差異可能與聚光、散光的原因有關。此外在圖 5 中只可見初虧至食甚時頻譜，經分析食甚至復圓時頻譜與圖 5 基無差異。比對模擬日食影像頻譜，模擬影像無週期波所產生，故能大致推斷 0.04、0.08Hz 兩週期波很有可能是太陽移動造成。至於邊界上的光譜是否有其他頻率的週期波，可能須拿取更好解析度的相機做分析。

透過 Watec 公司製造之高光敏相機做日食之觀測，原定目標是觀測食甚時，分析日冕活動情形，然

而因相機的訊噪比過高、感光能力不足，使食甚時影像不易判定邊界。此外，使用的相機僅有 480*960 像素，故無法將日食邊界的波譜做詳盡的分析。若未來需做相關實驗，改進方向有以下幾點：環境參數的量測，如風速、溫度、濕度等等；使用解析度更高、波段數多的相機或折射式望遠鏡。本實驗僅觀測正相折射，

背相折射可考慮透過未來繞月計畫的相機進行觀測。此外，本實驗因不易做大氣擾動的修正，若未來有機會做相關實驗，建議選擇外太空的相機作為觀測手段。

五參考資料

- Ahrens D., G.M. Iziomon, L. Jaeger, A. Matzarakis, H. Mayer, (2001). Impacts of the solar eclipse of 11 August 1999 on routinely recorded meteorological and air quality data in south-west Germany. *Meteorologische Zeitschrift*, **10**, pp. 215-223.
- P.M. Dolas, R. Ramchandran, K.S. Gupta, S.M. Patil, P.N. Jadhav , (2002). Atmospheric surface-layer processes during the total solar eclipse of 11 August 1999, *Boundary-Layer Meteorology*, **104**, pp. 445-461.
- F.D. Eaton, J.R. Hines, W.H. Hatch, R.M. Cionco, J. Byers, D. Garvey, D.R. Miller, (1997). Solar eclipse effects observed in the planetary boundary layer over a desert, *Boundary-Layer Meteorology*, **83**, pp. 331-346.