

2024年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱:探討太陽活動對臺灣地震之影響
一、摘要
本研究動機源於臺灣地震眾多,想得知太陽活動是否可以預測地震,使地震帶來的災害降低。透過資料分析,探討太陽事件對臺灣地震造成的影響,以及是否能以太陽黑子作為地震預測依據。研究結果得出太陽事件中的地磁擾動指數(DST)、流壓(Flow pressure)和行星際磁場(IMF),的確可能對臺灣地震造成影響。也得出太陽黑子數目(Sunspot No.)與地磁擾動指數(DST)的起伏有顯著正相關。未來可致力於研究此關係是否能應用於地震災害的提前預測,為生活帶來更安全的保障。
二、探究題目與動機
最近臺灣發生了403大地震,芮氏規模高達7.2,根據「中央災害應變中心」統計,此地震造成13人罹難與上千人受傷。而位於板塊交界帶的臺灣,地震是我們日常生活中必須面對的天災,因此提前預測地震的來臨,成為了關鍵且必要的目標。前陣子看到了一則關於「太陽黑子較少時期 強震頻繁發生」的新聞,讓我們對「太陽活動對地震是否造成的影響」很感興趣,想藉由此研究探討太陽活動影響地震之可能性,並分析台灣地震與太陽關係,希望能進一步找出提前預測地震之方法。
三、探究目的與假設
(一) 探討太陽事件對臺灣地震造成的影響。 (二) 探討是否能以太陽黑子作為地震預測依據。
四、探究方法與驗證步驟
一、文獻探討 (一) Possible connection between solar activity and local seismicity. (Emad M. H. Takla and Susan W. Samwel, 2023) 文中分析世界各地地震與太陽相關性,如圖 4-1 為臺灣,提到太陽磁暴中的地磁擾動指數(DST)、流壓(Flow pressure)、行星際磁場(IMF),皆可能對地震產生一定的影響。Sobolev et al., (2001) and Zakrzhevskaya and Sobolev (2002) 提出磁暴後2-7天對地震的影響性最大。 圖 4-1 (下),地磁擾動指數(DST)、流壓(Flow pressure)和行星際磁場(IMF)皆在7月23號開始發生劇烈變化,隨後地震活動於2004年7月27日開始,為期四天,最大地震發生於2004年7月28日,符合磁暴後2-7天地震影響最大之說法,這樣的事件說明測此次太陽活動可能造成了地震。

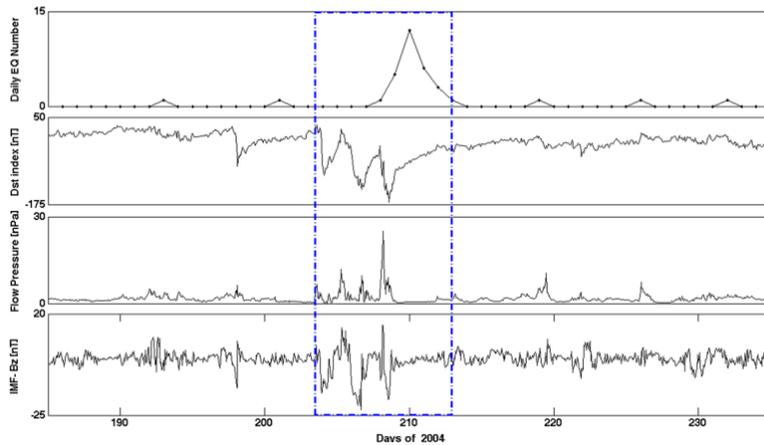


圖 4-1 (左)為Emad M. H. et al. (2023)繪製的臺灣2004年7-8月每日地震次數(Daily EQ Number)與磁暴各項物理量關係圖

(二) 名詞解釋

1. 太陽黑子

太陽黑子是存在在太陽表面某些區域的黑點，因為溫度低於太陽表面的其他部分，所以為黑色狀態。雖然溫度低於太陽的其他表面，但依然有將近3800攝氏度。而太陽黑子之所以溫度較低，原因在於太陽黑子形成在磁場特別強的區域，強大的磁場可以防止太陽內的部分熱量達到表面，因而造成太陽黑子的存在。(Walt Feimer, 2021)

太陽中的磁場，是由帶電離子和電子的流動產生的。太陽黑子是太陽表面上具有非常強烈磁力線穿透的地方。(Dr. David H. Hathaway, 2014)

2. 地磁擾動指數(DST)

地磁擾動指數(Disturbance Storm Time index)是一種磁場活動指數，源自近赤道地磁觀測站網路，用於測量地球太空電環流所產生的磁場強度 [nT]。(NOAA, 年代不詳)

3. 流壓(Flow pressure)

流壓 (Flow pressure)可看成是太陽風的動壓(dynamic pressure)，是電漿質量密度(mass density)乘上太陽風速率的平方 V^2 [nPa]。

4. 行星際磁場(IMF)

行星際磁場 (interplanetary magnetic field, IMF。)行星際磁場源自太陽磁場：當太陽風離開太陽表面時，會將太陽磁場帶入行星際空間中，形成行星際磁場。太陽風大致以遠離太陽的徑向方向移動，加上太陽自轉，使行星際磁場呈現螺線的結構；一般在地球軌道附近，行星際磁場方向與日地連線的夾角約 45 度。但當太陽風風速不同時，行星際磁場的指向將會隨之改變(畢可為, 2016)。

二、研究資料

地震規模與次數使用美國地質調查局中的數據，範圍以臺灣為主，緯度範圍(20N~25N)，經度範圍(119E~124E)。地磁擾動指數(DST)、流壓(Flow pressure)、行星際磁場(IMF)與太陽黑

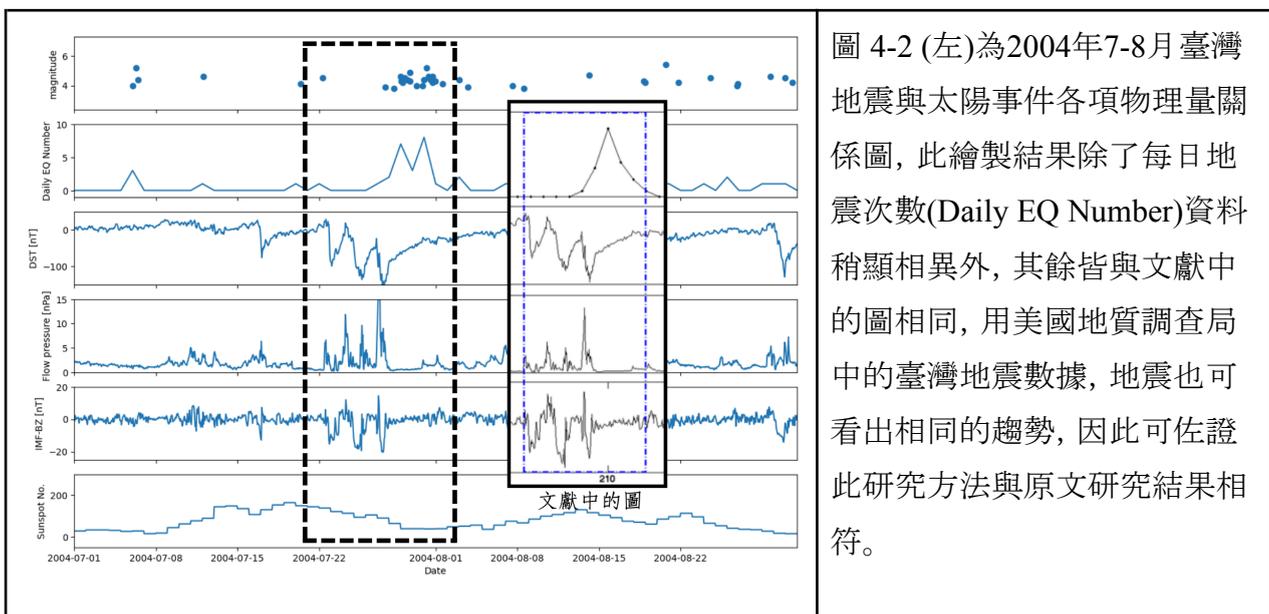
子數目(Sunspot No.) 皆來自OMNIWeb Data Explorer—NASA。我們將各項資料匯出, 依時間順序以python Matplotlib繪製成圖表。

三、研究方法與過程

研究方法以資料分析為主, 透過觀察圖表, 找出不同物理量之間的關聯性, 並進行歸納分析。

(一) 文獻重現

我們想了解臺灣地區是否有其他時間出現相同太陽影響地震可能性的事件, 因此我們將依照研究方法重現圖 4-1, 確認我們的資料來源與繪製方法是符合Emad M. H. et al. (2023)提出的理論的。



(二) 臺灣事件分析

我們使用了臺灣2000年至2020年共20年間芮氏規模2.5以上的地震數據, 透過判斷明顯太陽活動後2-7天是否有大量地震出現, 了解這20年間臺灣是否還有出現此事件, 探討台灣內部地震是由太陽事件影響的可能性, 並加入地震規模與太陽黑子數目兩圖進行比較分析, 想藉此了解地震發生是否與太陽黑子有相關。

(三) 太陽黑子分析

太陽黑子為太陽活動中最好觀測的一項數值, 如果能了解太陽黑子數目(Sunspot No.) 與太陽其他活動或是與地震發生的關係, 那會對以太陽預測地震發生有很大的幫助, 因此我們選擇分析太陽2000年至2020年這20年間的太陽黑子數目(Sunspot No.), 與太陽造成的磁場擾動, 地磁擾動指數(DST)、和臺灣每日地震次數(Daily EQ Number)進行比較。

四、研究結果

(二) 臺灣事件分析

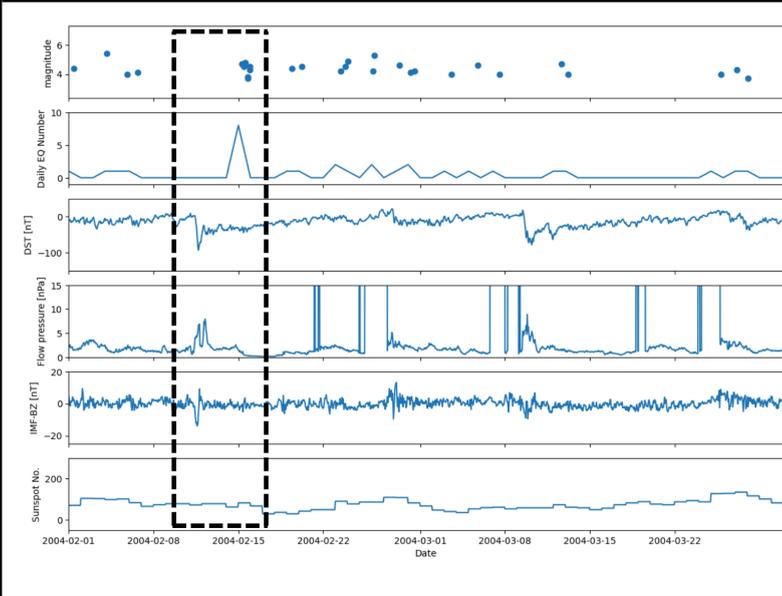


圖 4-3 (左) 為2004年2月至3月每日地震次數(Daily EQ Number)與太陽事件關係圖，從圖中可看出2月11號開始，地磁擾動指數(DST)、流壓(Flow pressure)與行星際磁場(IMF)皆發生劇烈起伏，接著延遲時間為4天，臺灣於2月15號便發生8起規模4-5左右的地震。

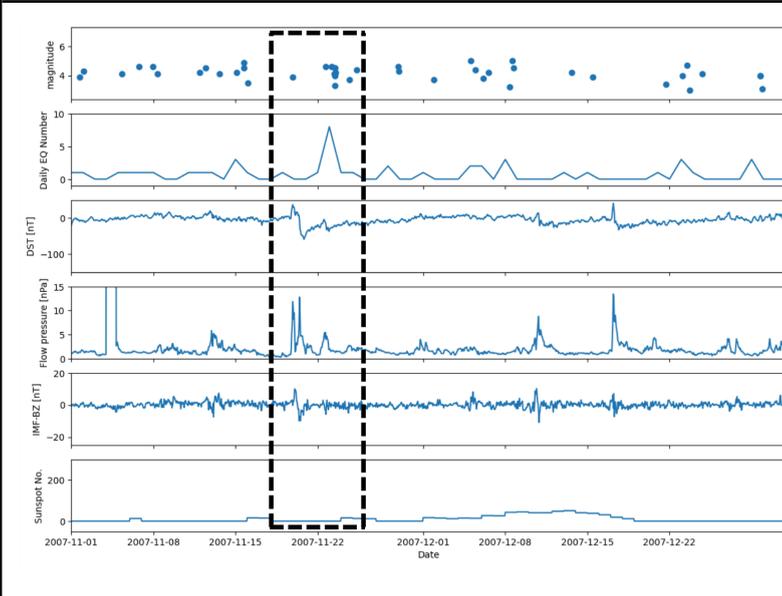


圖 4-4 (左) 為2007年11月至12月每日地震次數(Daily EQ Number)與太陽事件對照圖，從圖中可看出11月20號開始，地磁擾動指數(DST)、流壓(Flow pressure)與行星際磁場(IMF)皆發生劇烈起伏，接著延遲時間為4天，臺灣於11月24號便發生8起規模2.5-5左右的地震。

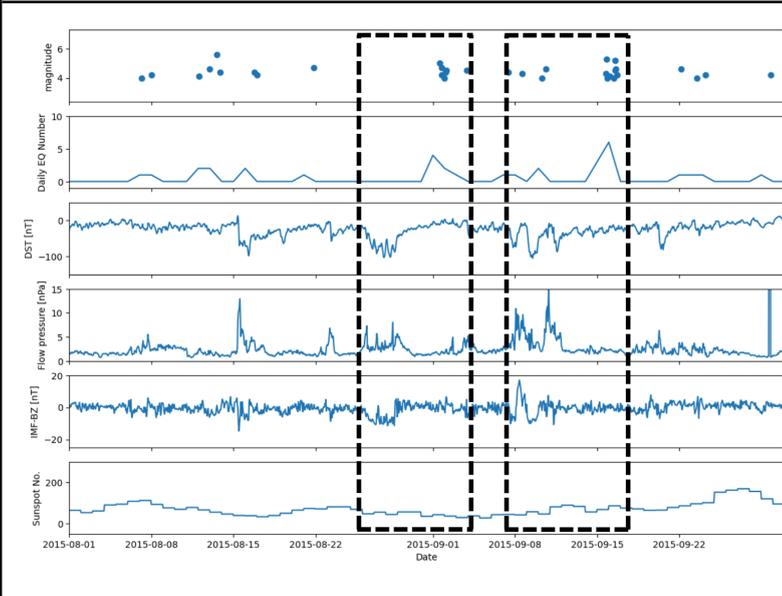


圖 4-5 (左) 為2015年8月至9月每日地震次數(Daily EQ Number)與太陽事件對照圖，圖中出現兩個事件，分別為從8月26號與9月8號開始，地磁擾動指數(DST)、流壓(Flow pressure)與行星際磁場(IMF)皆發生劇烈起伏，接著分別延後6天與8天，臺灣於9月1號與9月16號發生地震。

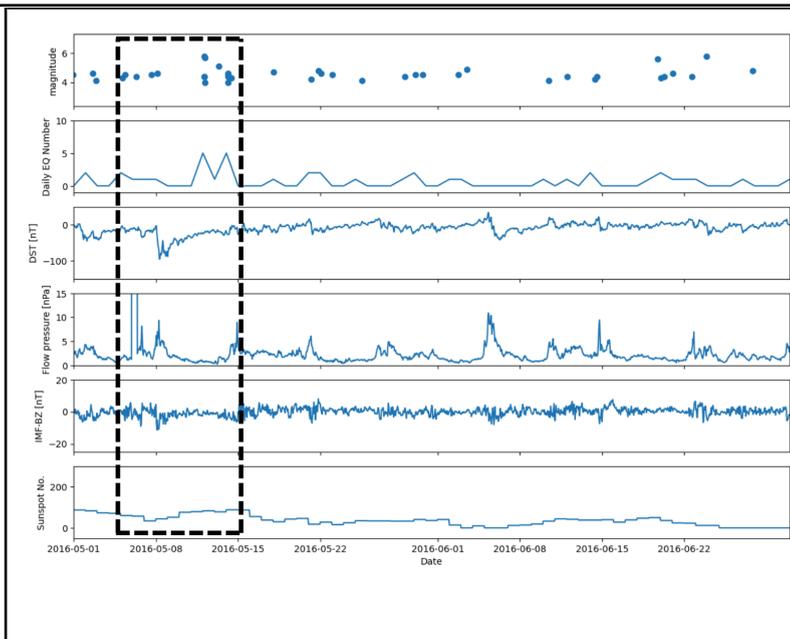


圖 4-6 (左) 為2016年5月至6月每日地震次數(Daily EQ Number)與太陽事件對照圖，從圖中可看出5月5號開始，地磁擾動指數(DST)、流壓(Flow pressure)與行星際磁場(IMF)皆發生劇烈起伏，且皆有兩個高峰，接著延遲時間為6天，臺灣於5月12號便發生地震，並以一個強震伴隨多個餘震的系統組成，地震次數也同為兩個高峰。

由此4個臺灣事件可得知，太陽活動中的地磁擾動指數(DST)、流壓(Flow pressure)與行星際磁場(IMF)數值的劇烈起伏，可能為造成地震的原因，也符合原文研究主張。

(三) 太陽黑子分析

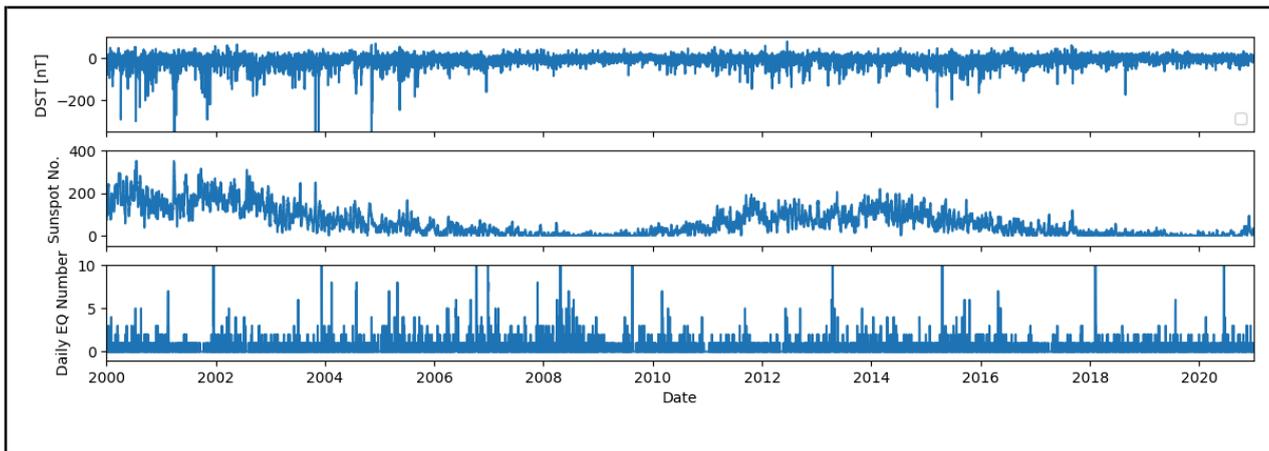


圖 4-7

圖 4-7 (上)為2000年至2020年太陽黑子數目(Sunspot No.)、地磁擾動指數(DST)與臺灣每日地震個數對照圖，可明顯看出太陽黑子數目(Sunspot No.)多時地磁擾動指數(DST)的變化劇烈，由臺灣地震與太陽活動分析得知，太陽活動包括地磁擾動指數(DST)，起伏較高時可能較容易發生地震，因此推論太陽黑子數目(Sunspot No.)較多時也該要有較多的地震，但從臺灣每日地震次數(Daily EQ Number)無法看出與太陽黑子數目(Sunspot No.)或是與地磁擾動指數(DST)的關係。

五、討論

(一) 太陽活動為什麼會影響地震

Emad M. H. et al. (2023) 研究結論提到「太陽事件引發電離層和磁層的湍流，從而產生地磁擾動(DST)，進而產生地下電流，這些電流透過加速來觸發地震活動，釋放地殼岩石中儲存的應力。在這種情況下，我們可以觀察到磁暴和地震活動之間存在良好的相關性，因為地震的數量往往在太陽事件和地磁擾動之後直接增加。因此，地磁擾動可能是觸發某些地震事件的關鍵參數。」

(二) 為什麼臺灣每日地震數無法看出與太陽活動的明顯相關

太陽活動的確可能對地球地震造成影響，但無法確定每一次的太陽風或閃焰皆是影響到臺灣地區的板塊運動，有可能此次發生的地磁擾動造成了地球別處而非台灣地震，因此以臺灣地震進行對照可能發生太陽活動起伏巨大但卻沒有地震的情況。

五、結論與生活應用

一、結論

(一) 太陽事件中的地磁擾動指數(DST)、流壓(Flow pressure)和行星際磁場(IMF)，的確可能對臺灣地震造成影響。

(二) 太陽黑子數目(Sunspot No.) 與地磁擾動指數(DST)的起伏有顯著正相關，與臺灣每日地震次數(Daily EQ Number)則無法看出相關性。

二、生活應用與展望

本研究驗證了太陽事件與臺灣許多地震皆可能有關係，未來可致力於研究此關係是否能應用於地震災害的提前預測，如果能以太陽預測地震，這種地震預測方式與傳統上用P波比S波提早抵達的預警方式，不論在時間與精度上都相差很大，如果能以太陽預測，那提早幾天甚至幾週都不再是不可能，這對生活在多地震島嶼的我們是很有幫助且非常重要。

參考資料

一、Emad M. H. Takla & Susan W. Samwel. (2023). Possible connection between solar activity and local seismicity.

二、Sobolev GA, Zakrzhevskaya NA, Kharin EP (2001) On the relation between seismicity and magnetic storms. Phys Solid Earth Russian Acad Sc 11:62–72

三、Zakrzhevskaya NA, Sobolev GA (2002) On the seismicity effect of magnetic storms. Phys Solid Earth Russian Acad Sc 4:3–15

四、Walt, F. (Ed.). (2021, July 22). *Sunspots and Solar Flares*. NASA Space Place.

五、David, H. H. (2014, August 11). *The Key to Understanding the Sun*. NASA National Aeronautics and Space Administration.

六、畢可為(2016)。徑向行星際磁場事件之特性及其對磁層之影響。國立中央大學 天文研究所:博士論文。