

投稿類別:地球科學類

篇名:
地牛與氣旋的共舞

作者:
顏慎皓。台中一中。高二 10 班

曾勁程。台中一中。高二 13 班

指導老師:
鄒東羽老師

壹●前言

一、研究動機

早在人類文明出現前，地震已在地表上發生著。地震在人類歷史中扮演著舉足輕重的角色，對於位居環台平洋地震帶的台灣更是如此。這些位於板塊交界帶的地區平均每年可能有高達上千次的有感地震，許多較大規模的地震更是許多人們心中的夢魘，如 1999 年的九二一大地震與 2011 年的三一一大地震，皆造成上千人罹難。也因此地震的觀測與研究一直是學者們關切的領域。然而，目前地震仍無法準確地被預測，規模也無從預先得知。許多未知的變因造成了眾說紛紜的迷思。為了最大程度地降低地震造成的損傷，盡早得知地震發生的時間、地點，已成為地震研究的重點之一。

近十年來，一些研究發現天氣有可能是影響地震的變因之一，「在中國內陸觀測到的異常擾動與颱風路徑以及颱風的強度密切相關」（胡小剛、郝曉光，2009）。像是北美大陸上由颱風和海床互相影響造成的風暴震（Stormquakes），或是觸發慢地震，「大量的研究表明，這種連續震動信號與颱風和大風天氣有關」（王梅、王慶林、徐長朋、張正帥、孟建國，2017）。這是因為地表天氣的劇烈變動確實可能對地震等地表活動有所影響，「重力儀及傾斜儀的這些異常變化均是颱風引起的擾動」（王梅、季愛東、鄭建常，2009）。此種類的地震與可預測的天氣現象有所關聯，似乎暗示天然地震也有預測的可能，「2011 年日本東北 9.0 級地震和塔拉斯颱風災害鏈的討論，使地震-颱風災害鏈更具事實基礎」（李鑫、郭安寧、趙澤賢，2012）。研究這類的地震的異同之處與其影響便是我們想去探討的。

二、研究目的

先整理地震、颱風和颶風的文本資料，再彙整文獻關於風暴震和慢地震造成的影響及形成原因，並比較其異同之處，判斷兩者是否為相關聯的現象。

貳●正文

一、地震概論

（一） 地震分類與成因

地震可分類為自然地震與由核爆等的人類行為引發的人工地震，而由成因也可分成更多不同的種類如下：

1、構造地震

因地殼運動引發地殼岩層變動，多數地震屬於此類。最著名的解釋為地質學家李德 (Harry Fielding Reid)提出的「彈性回彈理論」(Elastic Rebound Theory)。他提出，當地殼受應力產生彈性變形(Elastic Deformation)，會逐漸累積壓力，當達彈性限度(Elastic Limit)的瞬間會克服摩擦力，產生破裂面(Fracture)。此即為產生構造性地震的主要理論，但仍有不適用之處，「有些發生在較深層地底下之地震，該處岩石在高壓環境下為塑性變形，無法累積彈性能量，無法用此學說來解釋。」(科學Online，2016)

2、火山地震

相較於構造地震，火山地震通常規模較小且常為群震連動發生。與構造地震相比，火山地震不具有構造地震的主震、餘震系列地震群，規模較小。「一般發生原因可能為岩層裂縫中液態或氣態物質，突然增加或減少壓力所造成之振動有關。」(交通部中央氣象局委託研究計畫書，2013)

3、誘發地震

外界因素引發的其他地震。如深井注水誘發地震、水庫誘發地震。近年來側繪高風險斷層、減少工程對地層影響已成為減少人為誘發地震的主要方式。

(二) 斷層

岩石受不同相對方向外力形成應力，達臨界點後產生之破裂面(Fracture)。斷層通常與地震有密切的關係，但學界尚未定論是斷層造成地震還是地震造成斷層。但斷層經常為地震能量釋放之處，可以確定的是斷層與地震的緊密關係。

一般斷層可依照斷層相對移動方向分為三種：

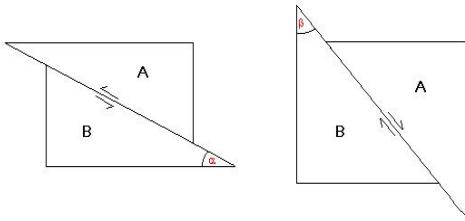
1、傾向斷層

斷層滑移方向和傾向平行。可分為正斷層(normal fault)及逆斷層(reverse fault)。上盤(hanging wall)下移為正斷層。通常受拉力的力量產生。許多陷落構造如盆地即是由大規模的正斷層活動產生。例如臺北盆地即為距今約六萬年前之山腳斷層產生。

上盤(foot wall)上移為逆斷層。通常受擠壓的作用而產生。「斷層面呈舒緩波狀，斷層擦痕較發育；斷層破碎帶中角礫岩常被壓扁，稜角不明顯」(維基百科，2020)。以斷層面傾角 45° 為界，小於者為低角度逆斷層，高於者則為逆衝斷層。逆斷層的長往往長達數十公里，在東亞地區十分常見。

地牛與氣旋的共舞

下圖為兩種傾向斷層之比較。左側為逆衝斷層，右側為正斷層，A 為上盤，B 為下盤。逆斷層的傾角(α)小於 45° ，常見為 30° ；正斷層的傾角(β)大於 45° ，常見為 60° ，也可以觀察到其他例外情形。



圖一：傾向斷層

(資料來源：維基百科。<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%96%B7%E5%B1%A4>)

2、平移斷層(strike-slip fault)

又稱走向滑移斷層。主要作用力水平剪力造成了此斷層運動。

(三) 地震波

地震波為岩層破裂產生能量而產生出的波動。我們可以藉由地震波了解地震的來源與周遭的地質構造。藉由研究地震波，我們可以瞭解地球內部的構造，也可推進對地震預警的研究。因此地震波是研究地震相當重要的題材。

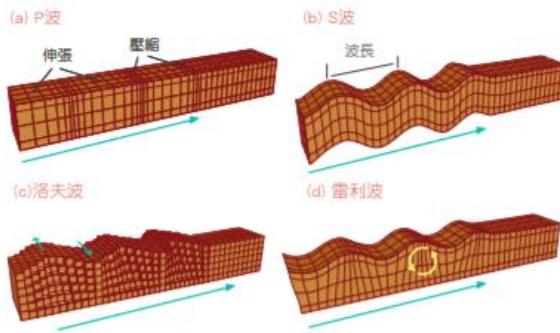
地震是以岩層傳播，是屬機械波的一種。進入不同介質時，也會發生折射、反射，全反射等現象。根據波的性質，可分為體波(body wave)與表面波(surface wave)兩種。(圖二)

1、體波

可分為 P 波與 S 波兩種。P 波為縱波，為最早到來的波，速度最快。性質與音波相似，傳播來自於在傳播方向上施加壓力，而地球內部幾乎不可壓縮，因此 P 波很容易通過介質傳遞能量，故其震動最快。S 波則為橫波質點運動與波傳播方向垂直，產生前後左右在水平各方向的振動，速度較慢，但是振幅較大。且 S 波的震動方向平行於地表的分量較多，較容易水平拉扯建築物，故 S 波經常是造成地震破壞的主因。

2、表面波

在地球表面或地球內部間傳遞，主要有兩種波型：洛夫波 (love wave)和雷利波 (rayleigh wave)。洛夫波震動發生於水平面上，質點震動與水平面垂直。而雷利波運動沿橢圓軌跡，質點震動與水平面平行。



圖二，體坡及表面波示意圖

(資料來源：中央氣象局。<https://scweb.cwb.gov.tw/zh-tw/guidance/faqdetail/21>)

二、颱風(typhoon)與颶風(hurricane)概論

颱風與颶風都是屬於劇烈的熱帶氣旋，發生在熱帶與副熱帶地區海面上的低氣壓，由水蒸氣凝結形成凝結核，進而由放出的潛熱形成暖心結構。

(一) 名稱

颱風與颶風的差別只在於地區性的稱呼，一般而言，稱北太平洋西部的熱帶氣旋為颱風，而稱北大西洋、北太平洋中部及東部為颶風。另外，在印度洋、阿拉伯海或孟加拉灣發生的則稱為旋風(cyclone)。

而在強度描述上也稍有不同。颶風於美國等地依據薩菲爾-辛普森颶風風力等級(Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale)分為五級，但颱風只分輕颱、中颱、與強颱。

(二) 生成條件

熱帶氣旋產生，應滿足三種條件：

1、溫度與濕度

溫暖的海水提供給熱帶氣旋足夠的能量。也要具備潮濕的對流層中部(3英里高)，因為熱帶氣旋吸入此處時會吸入乾燥空氣，無效化循環系統。

2、旋轉和位置

科氏力是產生颱風一種重要的條件，它使運動在北半球向右偏轉，而使運動在南半球向左偏轉。力在極點處最大，在赤道處為零，因此風暴必須距赤道至少300英里，以使科氏力產生自旋。此力導致北半球的颱風逆時針旋轉，而南半球的颱風順時針旋轉。這種自旋有助於熱帶氣旋的組織。

3、風

地表與對流層上部之間風速和風向隨高度的變化變低有助於雷雨形成，提供熱帶氣旋能量，變化過大會破壞或削弱對流。

三、風暴震(stormquake)概論

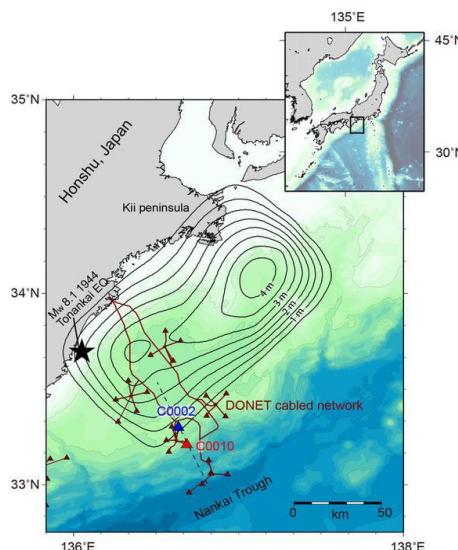
(一) 發生頻率

風暴震在海床的頻繁震動一年可達千餘次。以地震學家 Wenyuan Fan 為首的美國研究團隊在九年期間，在美國東岸沿線北起拉不拉多省(Newfoundland and Labrador)，南起墨西哥灣(Gulf of Mexico)，以及美國西岸的卑詩省(British Columbia)，「通過從遍布美國的地震儀網絡 EarthScope's USArray 挖掘數據」(每日頭條，2017)，發現逾 1.4 萬次風暴震。

(二) 造成的影響

風暴震多為規模 3.5 左右的地震，這樣的震度可能會造成波浪與海底相互作用，演變成巨浪、海嘯等災難。

慢地震發生時，會釋放地殼的能量，日本研究表明：「日本本州島西南地區每隔 12 到 18 個月會發生一次慢地震，5 至 6 級的地震持續數天到數周，能量會緩慢地釋放。」(每日頭條，2017)(如圖三)，因其緩慢地釋放能量讓大地震的發生機率降低，所以不會對人們造成太大的傷害。



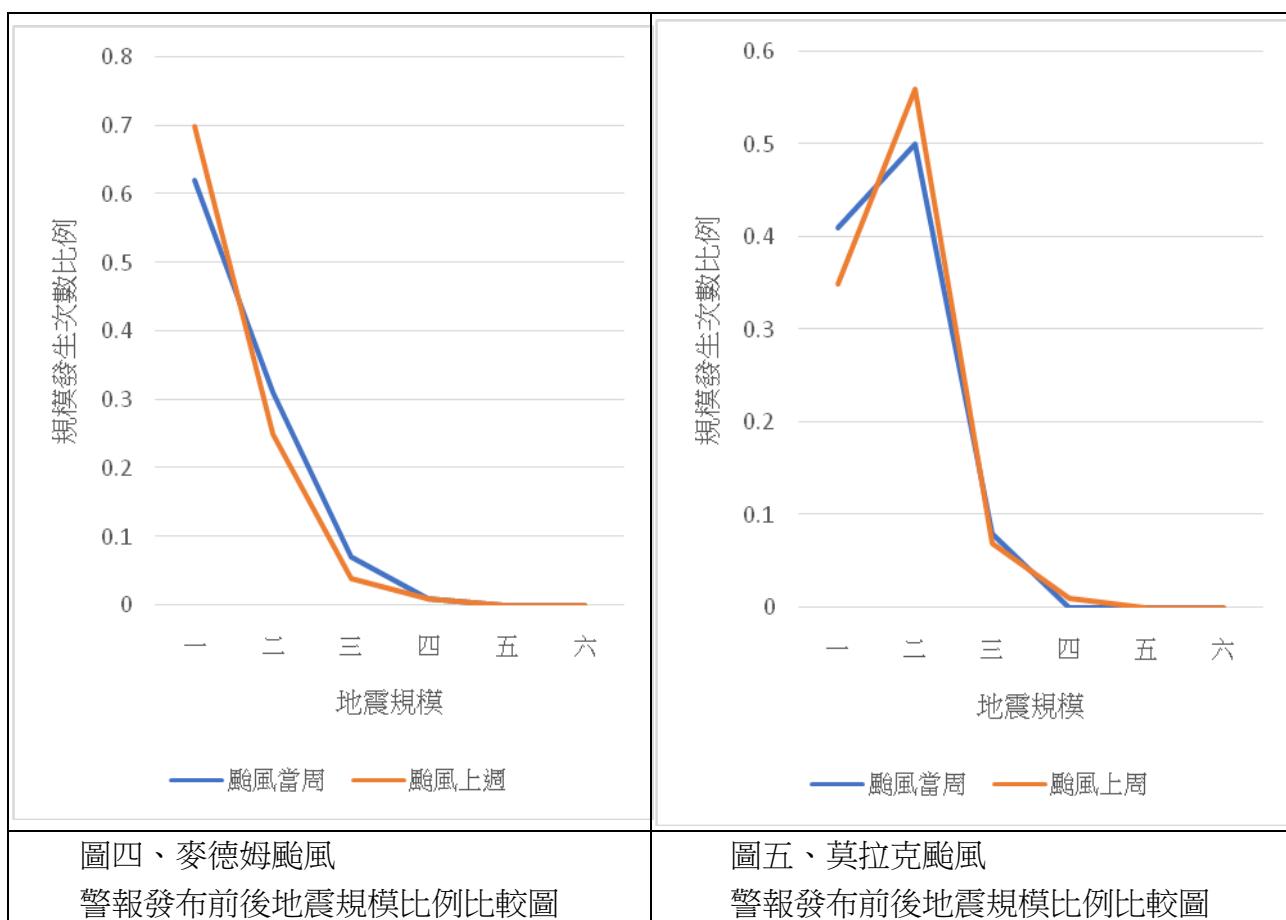
圖三：風暴震示意圖

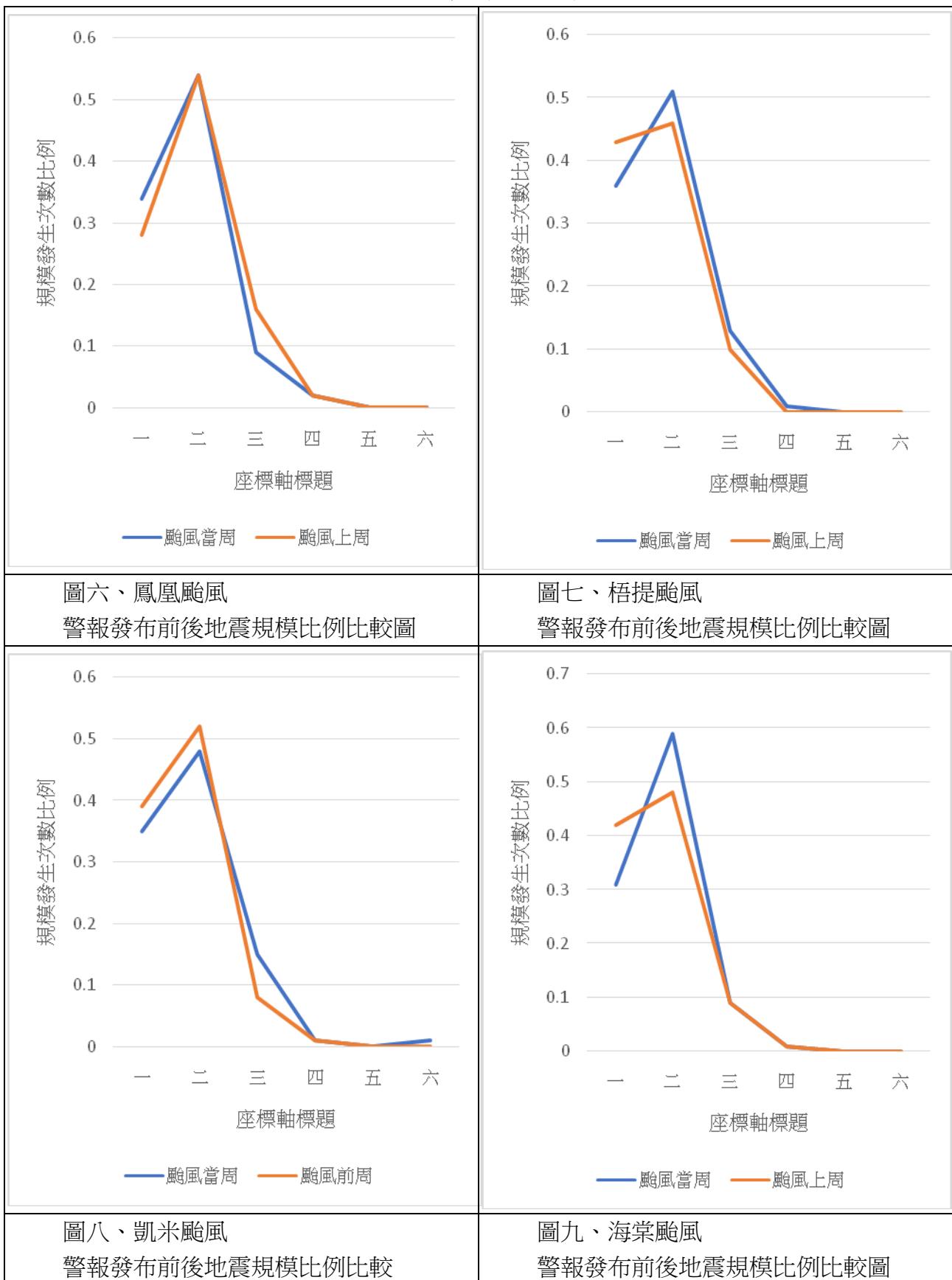
(資料來源：每日頭條。<https://kknews.cc/zh-tw/science/q293yeo.html>)

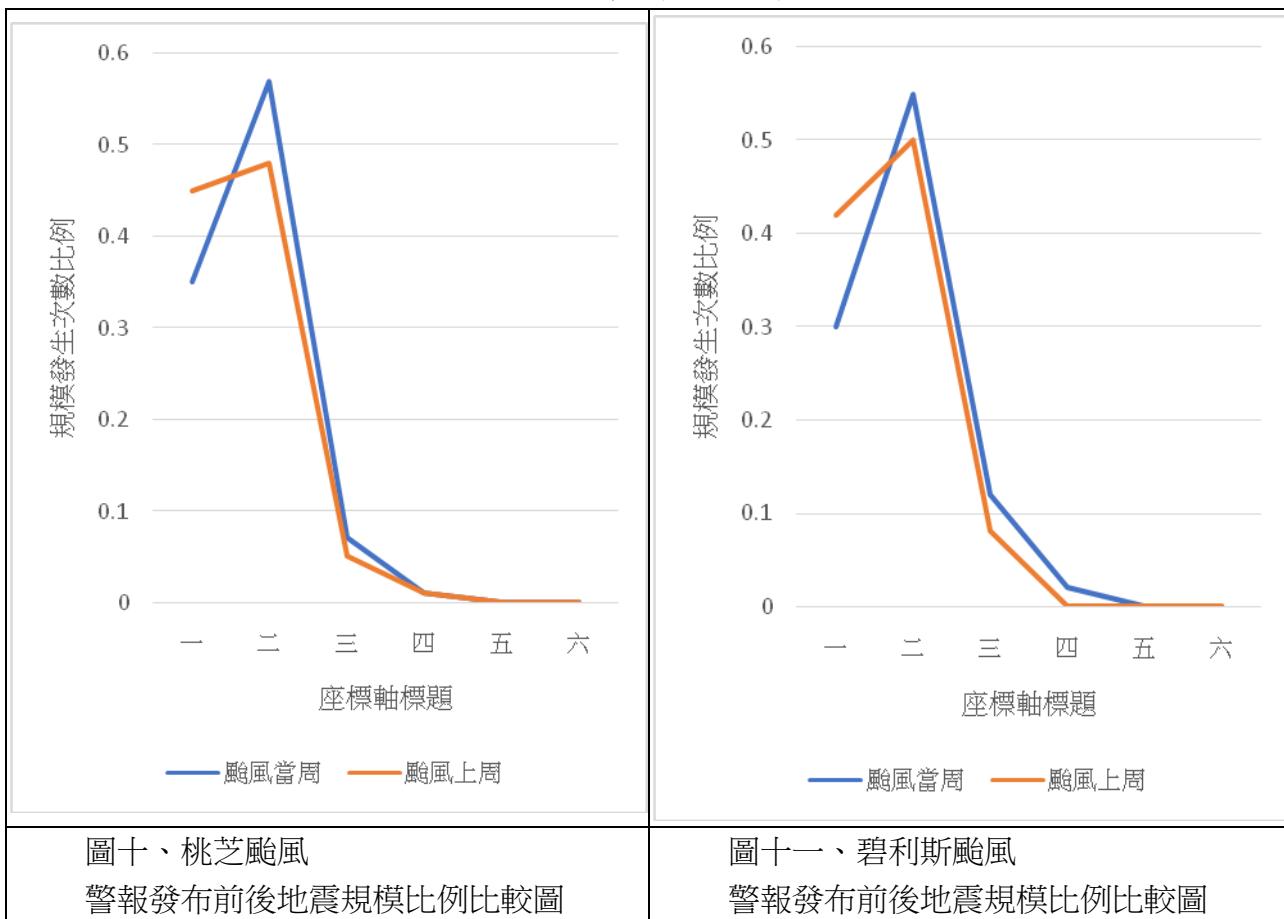
四、地震與颱風之研究資料分析

我們採用中央氣象局地震測報中心與颱風資料庫的研究資料。取樣 2000 年至 2014 年間第一個（以此排除短時間接連來襲颱風之可能性）且發布陸上颱風警報之穿心颱（依據中央氣象局定義之三號路徑），計算颱風警報發布起一周，各規模地震發生比率（發生個數÷總地震數），並以颱風警報發布前一周為比較基準進行比較。

值得一提的是，我們尚做了地震深度與數目的分析比較。但初步發現地震規模與颱風較有明顯關連，故在此列出。以下分析結果由 2000 年至 2014 年由遠而近列出（以下圖表皆為自製）：







圖十、桃芝颱風
警報發布前後地震規模比例比較圖

圖十一、碧利斯颱風
警報發布前後地震規模比例比較圖

由上述的統計分析，我們可以發現在圖四麥德姆颱風侵襲時一周內一級地震比率下降，二、三級地震比例上升。在圖七梧提颱風侵襲時一周內一級地震比率下降，二、三、四級地震比例上升。在圖八凱米颱風侵襲時一周內一級地震比率下降，三級以上地震比例上升。在圖九海棠颱風侵襲時一周內一級地震比率下降，二級地震比例上升。在圖十桃芝颱風侵襲時一周內一級地震比率下降，二、三級地震比例上升。在圖十一碧利斯颱風侵襲時一周內一級地震比率下降，二、三、四級地震比例上升。

綜合比較後，除莫拉克與鳳凰颱風外，其餘六個颱風侵襲當周皆相較前一周有低規模地震比例下降，而較高規模地震比率上升的趨勢。

叁●結論

颱風與地震時常被聯想在一起。在文獻探討中，我們認為地震類型誘發地震可能是最近接的選項。借助中央氣象局颱風資料庫，我們分析了十四年各年間首個侵台之三號颱風(俗稱穿心颱)，發現了大多數颱風會有**誘發地震規模上升的趨勢**，顯示颱風確實與地震有顯著關聯，更有增強地震規模的現象發生。但於地震深度與數目上，我們並無發現顯著關聯。

我們相信，如同大西洋西岸之風暴震，大型氣旋於地表活動對於地震強度有加成效果，也進一步成為地表下壓力釋放的平衡環節中不可或缺的角色。

肆●引註資料

中央氣象局。(2013)。交通部中央氣象局委託研究計畫期末成果報告。
<https://dmip.tw/Lfive/report/5/5-1-1-CWB-2-102.pdf>。

王梅、王慶林、徐長朋、張正帥、孟建國。(2017)。風暴及颱風天氣引起的微震現象分析。
《國際地震動態》2017年 第8期 88-89頁。

王梅(Mei Wang)、季愛東(Ai-Dong Ji)、鄭建常(Jian-Chang Zheng)。(2009)。颱風引起的重力擾動現象。地震學報；31卷6期(2009/11/29)，P641 - 649。

每日頭條。(2019)。探測儀器。<https://kknews.cc/science/zynb2np.html>。

每日頭條。(2017)。風暴震概論。<https://kknews.cc/zh-tw/science/q293yeo.html>。

李鑫、郭安寧、趙澤賢。(2012)。日本東北9.0級大地震與颱風的成鏈關係。《災害學》2012年 第2期。

胡小剛、郝曉光。(2009)。強颱風對汶川大地震和崑崙山大地震“震前擾動”影響的分析。
《地球物理學報》2009年 第5期。

科學Online。(2016)。彈性回彈理論。<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=71165>。

維基百科。(2020)。傾向斷層。<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%96%B7%E5%B1%A4>。