

# 臺灣山脈地形效應與大氣熱力效應對活躍於東部及南部近海的熱帶氣旋波動造成偏轉的動力作用——(II)在東部及西南部近海經向或北向偏轉

中央氣象局退休人員 劉明禮

## 摘要

運用本研究系列的第一部分(劉明禮;2014),建構熱帶氣旋波動在波變過程中的基本理論,刻劃熱帶氣旋波動屬於守恆性與非守恆性波變過程裡,氣旋波動中心分別做180度及90度偏轉的大氣動力機制及波變機能特徵。

2010年10月下旬Megi熱帶氣旋波動的天候環境裡,高層大氣的 $\Omega$ 型波脊,活躍於中國大陸陸地且及於東部近海、向南及於華中與華東,加上向低層伸展至華南及近海的地面的冷高壓,氣旋波動北側持續地在東北風或北風作用下,氣旋波動的波變:北邊部分分裂且沿波動切線方向拋出(劉明禮;2012-II)、形成波能分佈南側逐漸大於北側狀態、過程屬於非保守性、波動被迫做波能向北傳輸達成穩態、Megi熱帶氣旋波動在 $117^{\circ}\text{E}\sim 118^{\circ}\text{E}$ 附近轉為向北偏移。

準靜態的穩定型天氣擾波分佈,形成幾乎定型化的天氣架構與機能,造成熱帶氣旋波動持續向著北側的冷高壓北移,氣旋波動的強度與範圍逐漸削弱縮減,拋出的熱帶氣旋波動部分,則造成定點小區域【蘇澳】的極端降水。

關鍵字詞:簡諧運動(Simple Harmonic Motion)

## 一、基本理論

臺灣山脈中北段山區的地形強制性作用與日照率的熱力作用,對於侵襲臺灣的熱帶氣旋波動造成繞射效應,呈現顯性的火燒風、或波動的波變,都有呈現頗為明顯或明確現象。單狹縫繞射現象裡,波能的傳遞與否通常取決於波長與狹縫的相關性,相對狹縫為短波的波動波能必須:能通過狹縫、凸顯干涉效應顯現波能的會聚,或繞射波波長及波能強度相對於狹縫尺度必須有它們之間的相關性;另外,當波動波長接近狹縫長度的時候,透過邊緣繞射作用來傳遞波能,通常是很重要的機能。當然熱帶氣旋波動通過狹縫山區時,相對短波仍然有顯性的邊緣繞射現象。將作者對於上述繞射現象研究的結果(劉明禮;2011、2012-1、2012-2、2014-I),做下列的分類:

【一】白天,火燒風出現在山脈背風面山腳區域的大安溪與濁水溪之間,這是山脈對熱帶氣旋波動的繞射效應所造成(劉明禮;2011),屬於遠距離或短曲率半徑的擾波;發生顯性擾波時的熱帶氣旋波動中心位置:Mindulle(2004)在 $21.9^{\circ}\text{N}\sim 22.8^{\circ}\text{N}/121.6^{\circ}\text{E}\sim 121.8^{\circ}\text{E}$ 附近,Hagupit(2008)在 $19.3^{\circ}\text{N}\sim 19.4^{\circ}\text{N}/121.6^{\circ}\text{E}\sim 122.6^{\circ}\text{E}$ 附近。

【二】夜晚,熱帶氣旋波動中心在山脈東部近岸的西向加速:開始發生西向加速時,波動中心距離發生繞射現象的山區約在90~100公里,西向加速移行的距離約在40~50公里左右。Mindulle(2004)在 $23.5^{\circ}\text{N}/121.9^{\circ}\text{E}$ 向西加速到 $23.9^{\circ}\text{N}/121.5^{\circ}\text{E}$ 後,中心速度再回到原來的北向移行;Morakot(2009)在向西北移行至 $23.9^{\circ}\text{N}/121.9^{\circ}\text{E}$ 後,中心偏轉為沿著 $23.9^{\circ}\text{N}$ 緯度圈向西加速移行,到達 $121.5^{\circ}\text{E}$ 後

,中心速度再維持原來的西北走向移行。 $23.9^{\circ}\text{N}$ 緯度圈是發生繞射效應山區的中央區附近,此一山區的南北長度約40公里,發生繞射作用時的熱帶氣旋波動:西側邊緣在此山區向西凸出或造成氣旋質能集聚區、等值氣壓線密集或氣壓梯度增強、形成強風區或相對低壓區、引發對氣旋波動內的向西拉力,促成熱帶氣旋波動內部質能傾斜分佈逐漸趨於混和與舒張,最終回復為原來的穩態圓形波動。整個氣旋波動的波變過程具有半個周期的彈性體波特徵(圖一)。

【三】夜晚,熱帶氣旋波動中心在臺灣山脈東部沿緯度圈向西加速移行:Haitang&Talim(2005)、Saola(2012)在東方外海向西北移行,當波動中心的中心位置離山區約140~150公里,位置約為 $23.9^{\circ}\text{N}\sim 24.2^{\circ}\text{N}/122.6^{\circ}\text{E}$ 時,發生偏轉為沿著緯度圈西行,向西行約90~100公里,到達 $121.8^{\circ}\text{E}\sim 121.9^{\circ}\text{E}$ 時,轉向西南、再向南後,做繞圈子運動。熱帶氣旋波動中心沿緯度圈西行時,氣旋波動沿著山脈的向風面被擠壓堆積,波變開始過程的繞射作用,主要涵蓋卓社大山與奇萊大山之間偏北部分的山區,相較第二類繞射波變現象所涵蓋的偏南部分山區,第二與第三類型的熱帶氣旋波動在 $121.8^{\circ}\text{E}\sim 121.9^{\circ}\text{E}$ 時的走向,分別為向北與向南。加上夜晚冷凝的熱力作用,熱帶氣旋波動的波變過程屬於氣旋波動內部大氣的擠壓變形,因此,維持著總角動量的守恆。氣旋波動西向移行約100公里,波動裡部分遭遇繞射效應及夜晚冷凝的熱力作用下,造成氣旋波動波能被拘限而聚集,所產生擾波波動在發生繞射作用的山區東岸,熱帶氣旋波動發展為西半部質能靠山區密集,東半部氣壓梯度較弱或等壓

線相對寬鬆狀態，當波動中心向南移至繞射作用的山區中央部分時，氣旋波動的東西半部的氣壓梯度或質能含量達到最大的對比狀態，氣體動力或質能將傾向由西向東傳輸推進或混和，讓質能重新分佈達到穩態的圓形波動（圖二）。在氣旋波動的東西兩側達到最大質能分歧時，波動中心沿著山脈東岸的走向為：南→西南→西→西北→北，氣旋波動的氣體壓力波或質能傳輸過程，等同於簡諧運動（SHM）裡的 1/4 個週期。此後的波動中心持續的北向移行，直到和原來在東部近海偏轉為緯向西行前的西北走向延伸線連接點接軌後，再轉回同一方向的西北走向移行。整個熱帶氣旋波動的波變過程做反時針方向及簡諧運動繞行，具有總質能守恒及半個彈簧體波的特徵，合乎總質能或總角動量守恒規範，地形強制作用與夜間冷凝熱力作用對熱帶氣旋波動所造成的繞射效應，應該是作為建構此一波變的主要機能（圖三）。

## 二、2010 年 10 月的熱帶氣旋波動 Megi 的天候及大氣動力學特徵

### 【一】Megi 熱帶氣旋波動的天候特徵

Megi 熱帶氣旋波動，10 月中旬在菲律賓呂宋島東方近海向西移行，於 10 月 19 日晚上 20 時以後減慢其移動速度，並且在 20 日以後，西行轉為大致沿著 117°E~118°E 附近做 90 度偏轉，由西行轉為向北行（圖五）。2010 年 10 月 21 日蘇澳鎮（24.6°N / 121.9°E）上午十點多開始下雨，十一時以後到下午三，每個小時的雨量都破百毫米，累積雨量破千毫米。中午十二點到下午一點間測得一百三四毫米雨量，尤其下午一時到二時，雨量更高達一百八十一點五毫米，截至晚十二點，蘇澳站已經累積九百三十九毫米（圖四）。天氣圖：中國大陸從下旬開始幾乎被持續性的高壓所籠罩，21 日 08 時的 700hPa 等壓面顯示，Ω 型的波脊：北從蒙古向南發展及於華中及華東地區，西從西藏山區以東向西到中國大陸東岸近海（圖七）。相對應的地面冷高壓，也是籠罩整個大陸陸地地區：北從蒙古向南包括華南近岸，向東的近海都是強烈冷高壓的活躍區域，Megi 熱帶氣旋波動恰好在臺灣海峽南方海域與這個強的冷高壓接壤（圖六）。

### 【二】Megi 熱帶氣旋波動的分裂型波變機制及個別氣旋波動的移行軌跡與機能

Ω 型的波脊所涵蓋的區域，通常會造成天氣型態近乎固定而少有變化，或形成準靜態的天氣擾波而持續的活躍於此一區域；由高層大氣向地面沉降伸展的冷氣團，觸及接壤的熱帶氣旋波動，破壞並分裂向上伸展的氣旋波動結構。取代作用造成氣旋波動裡：分裂部分的渦流胞急速上升伸展而且更形密集增強、失去氣旋波動平衡而沿切線方向拋出，造成最後集聚的地方，發生持續

極端劇烈且小區域的降水（劉明禮；2012-II）。

當 Megi 熱帶氣旋波動的北側部分，遭到北高壓持續的破壞而分裂，逐漸形成南側部分的質能較北側部分密集，在此狀態下，氣旋波動的波能將被迫由南向北伸展輸送，原來由東向西移動的波動中心，在臺灣海峽南方海域裡轉了 90 度，變成向北移行；再者，此時的天候環境具有持續性的準靜態架構，結果造成西行轉北行後持續地向北移行且減弱暴風圈的範圍或強度（圖八、圖九）；拋出的熱帶氣旋波動的北側部分，等同於擴大半徑型態，在蘇澳降下極端劇烈且持續的暴雨。

## 三、結論

臺灣山脈中北段山區的地形強制性作用與日照率的熱力作用，對於侵襲臺灣的熱帶氣旋波動造成繞射效應，接近山區或屬於曲率半徑較長的擾波，都造成具有總質能或角動量守恒的波變現象。共同的特徵在於：當熱帶氣旋波動裡的質能分佈不均的波變狀況，氣體動力機制傾向於將密集質能傳輸至疏鬆區，讓氣旋波動回復為穩態平衡，繞射作用前後，熱帶氣旋波動的移行機能不變。

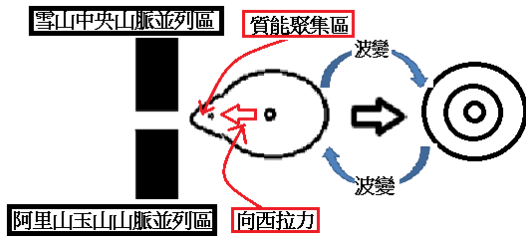
2010 年 10 月下旬，活躍於臺灣南方海域的 Megi 熱帶氣旋波動，沿著 17°N~18°N 向西行，在移行至臺灣的西南部近海海域時，低層大氣的熱帶氣旋波動北側持續地在東北風或北風作用下，引發氣旋波動的分裂（劉明禮；2012），且在 117°E~118°E 附近轉為向北偏移：氣旋波動的波變過程屬於非保守性、熱帶氣旋波動的北邊部分分裂且沿波動切線方向拋出、形成氣旋波動波能分佈南側逐漸大於北側狀態、氣旋波動將被迫做波能傳輸達成穩態、氣旋波動傾向於做經向或北向的偏轉；加上天候環境裡，高層大氣的 Ω 型波脊，活躍於中國大陸陸地且及於東部近海、向南及於華中與華東，以及向下伸展至華南及近海的地面的冷高壓，具有持續、準靜態的穩定型天氣擾波分佈，幾乎定型化的天氣架構與機能，造成氣旋波動持續向著北側的冷高壓北移，熱帶氣旋動的強度與範圍逐漸削弱縮減，拋出的熱帶氣旋波動部分，則造成定點小區域【蘇澳】的極端降水。

## 四、致謝與感言

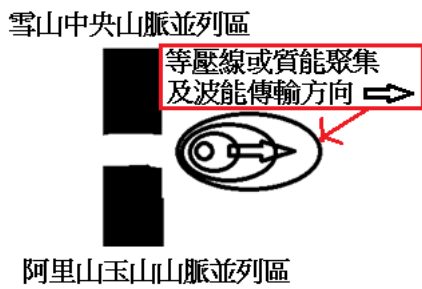
臺東市（22.45°N / 121.1°E）和東部近海發生沿緯度圈西行時熱帶氣旋波動中心的距離約在 150~250 公里，雖然是夜晚時候，熱帶氣旋波動所對應地點的曲率半徑與波動強度應該是火燒風發威的重要機能。

感謝雷達（radar）與衛星（satellite）提供優質的觀測資訊。

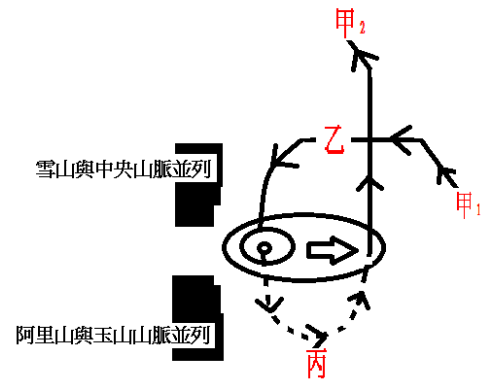
感謝中央氣象局提供的觀測資料。



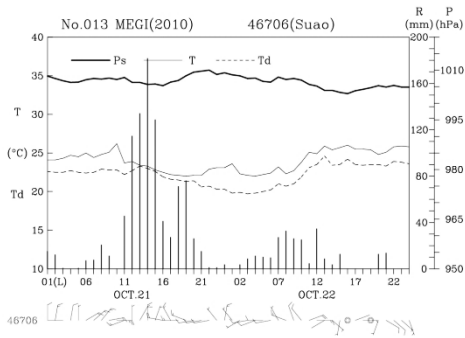
圖一：熱帶氣旋波動在山脈東部近岸夜間的繞射現象造成的波變過程（半個彈性體波）。



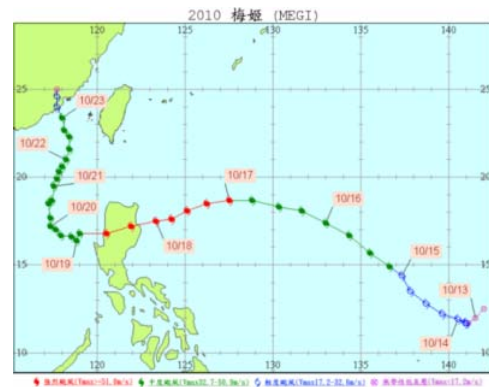
圖二：繞射現象造成熱帶氣旋波動東西兩側質能分佈不均衡時，波能將被迫由密向疏或向東傳輸。



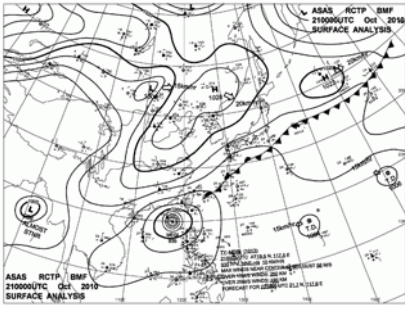
圖三：熱帶氣旋波動在山脈東部近岸繞圈子現象（半個彈性體波）。  
 甲：熱帶氣旋波動在臺灣東部外海西北移行及繞圈子後再回復原來的走向  
 乙：熱帶氣旋波動向西沿緯度圈偏轉。  
 丙：熱帶氣旋波動波能被迫使由密向疏做東向傳輸過程中的簡諧運動（SHM）：四分之一周期。



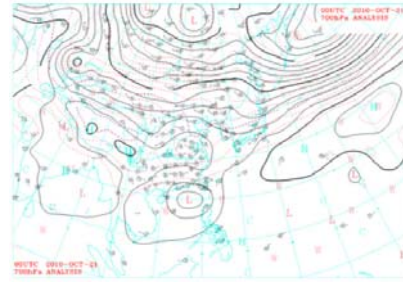
圖四：2010年10月21~22日蘇澳測站氣象要素資料：雨量、溫度、風速、氣壓。



圖五：Megi 熱帶氣旋波動在臺灣西南方近海的移行軌跡，臺灣時間需加 8 小時。



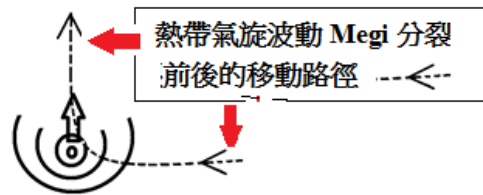
圖六：2010年10月21日8時  
地面天氣圖



圖七：2010年10月21日8時  
高空 700hPa 天氣圖



圖八：2010年10月 Megi 熱帶氣旋波動  
北側接壤準靜態的大陸冷高壓



圖九：Megi 熱帶氣旋波動波能分佈，  
南側較北側密集，波能被迫向北傳輸，  
波動移行路徑旋轉 90°，由向西轉向北