

熱帶氣旋波動侵臺時移動路徑的極端轉折：(II)特徵與機能

劉明禮

中央氣象局退休人員

摘要

熱帶氣旋波動侵襲臺灣時，移行路徑發生極端轉折現象並不少見，根據發生向西偏轉相對於臺灣東岸的位置，從 2001 年到 2015 年間摘取 10 個，並且分為三類：(1) 熱帶氣旋波動中心在東岸近海發生向西偏折，到達近岸時發生全反射效應，中心繞個半圈後向北移。(2) 深夜時候，熱帶氣旋波動中心在東部近岸發生向西加速偏折，進入山區約 2~3 小時以後轉向北〔劉明禮；2015〕。(3) 熱帶氣旋波動中心在登陸東北部山區後轉向西南，越過奇萊山與安東軍山間的山區發生繞射效應。尋求熱帶氣旋波動侵臺時，移動路徑發生極端轉折的特徵與機能，為本研究的主旨。

關鍵字:全反射效應 繞射效應

一、基本觀念

當太陽越過赤道進入北半球，春日降臨，南海副熱帶暖化，通常鋒面沿著中國大陸的南方海陸介面近乎東西走向分布，有時候向東北延伸越過臺灣山脈，則此一持續性或滯留性的波動，在繞射效應作用下，在山脈東部近岸產生渦流胞或顯性低壓擾波。當炎熱的夏日來臨，大尺度規模的海洋陸地介面溫差明顯，所發展形成的滯留性鋒面，沿著大陸東南部近岸分布，當此等滯留性鋒面向東移行時，通常將匯集複合進入臺灣西部陸地及山區帶來充沛的雨水。夏日的太陽北移到極限的北回歸線轉為南移，臺灣地區南方暖濕的西南風盛行，當此等顯性擾波爬升冷化降水而釋放熱能，以及經由繞射效應越過西南部山脈區缺口，在臺東及附近地區產生強力的火燒風；此一時期的熱帶氣旋波動活躍，暖濕且強的西南風擾波來自低層的海洋性大氣，成為增強熱帶氣旋波動最主要的機能，因此匯聚而形成的較小尺度的氣旋擾波，被熱帶氣旋波動吸收複合，發展為橢圓形波再逐漸變為成熟的圓形波。

當太陽南移到赤道時候，秋天來臨，高層的北方冷空氣開始影響臺灣，沉降且冷的東北風或北風，相對於從低層向高層螺旋式且反時針方向的氣旋波動，是具有破壞性或造成分裂性的作用。此後北半球的熱帶氣旋波動也逐漸減少消失，步入北風盛行的冬天。

太陽在南北半球的規則性移動，或相似於彈簧波的來回震動的整個過程，屬於太陽的熱力機能對於副熱帶區域的規則性外加作用力，造成夏日的西南風及冬日的東北風輪迴的盛行活躍於副熱帶地區。另外，地形效應造成較小規模的、短期性的海陸顯性大氣擾波；以及相對於天氣擾波而言，屬於極為短周期的聲波氣壓壓縮波波動以及重力波的 Brunt -

Vaisälä 頻率等也是有週期性的機能；除此而外，通常對於特定的熱帶氣旋波動則少有週期性的機能作用存在，尤其是地形或山脈的強制作用所造成的波動變化。〔劉明禮；2009、2010〕

二、侵臺時移動路徑極端轉折的熱帶氣旋波動

從 2001 年到 2015 年盛夏季節及秋日，從臺灣東部入侵時路徑極端轉折的 10 個熱帶氣旋波動區分為三大類；其中第一類與第三類各有一個發生在秋日，第二類則都發生於夏日。

第一類：在東部近海的特殊經緯度，轉為向西或緯度方向加速偏轉，在近岸高層部分越過山脈，在臺東發生焚風；另一部分波能轉向西南走向，做反時針走向繞圈子運動，波能聚集活躍於向風面的近海或近岸；夏日〔Haitang(2005 年/7 月)·Talim(2005 年/8-9 月)·Saola(2012 年/7-8 月)〕、秋日〔Krosa(2007 年/10 月)〕。

Haitang(2005 年/7 月)；(1)向西或緯向加速偏轉(24°N/122.6°E→121.8°E)；(2)火燒風:18 日上午移動到臺灣花蓮東方約 60 公里的位置，臺東、成功、彰化現了溫度高而濕度低的焚風效應(圖一、圖二)。

Talim(2005 年/8-9 月)；(1)向西或緯向加速偏轉(23.9°N→24.1°N、122.6°E→121.8°E/24.2°N、121.8°E→120.4°E)；(2)火燒風:9 月 1 日夜間，臺東出現焚風現象，最高氣溫約在 36°C 左右，相對溼度 41%。〔劉明禮；2012a,b〕

Saola(2012 年/7-8 月)；(1)向西或緯向加速偏轉(24.1°N→24.2°N/122.8°E→121.6°E)(2)火燒風:2 日臺東凌晨吹起西北西風，瞬間陣風有八級，平均風力四級；隨著相對濕度逐漸下降，清晨飆到最高溫

36.8°C 溫度一下攀升將近 10°C。

Krosa(2007 年/10 月)：(1)向西或緯向加速偏轉 (24.2°N → 24.6°N / 123.2°E → 121.9°E)：6 日上午到達 24.2°N/123.2°E 後，出現較強的向西加速，隨即在臺東地區也發生焚風顯性擾波現象，在到達 24.5°N~24.6°N/122.6°E~122.7°E 附近後，向西加速現象持續到達 24.6°N/121.9°E 後，開始轉為西南走向作繞圈子運動。(2)火燒風：臺東氣象站在 6 日上午 10 時以後出現焚風，持續時間最長，約 10 個小時，中午出現最高溫 36.6°C；成功、花蓮在中午之後出現焚風，最高溫分別為 38.5°C 和 37°C。

第二類：盛行於夏日，在東部近岸的特殊經緯度轉為向西或緯度方向加速偏轉，進入山區正值深夜，波能被拘限於山區，2~3 小時轉為向北移行。〔劉明禮；2014a, b〕

Toraji(2001 年/7 月)：29 日 22h 23.4°N/121.8°E，29 日 23h~30 日 1h 23.5°N/121.7°E~121.4°E(秀姑巒溪口登陸)。

Mindulle(2004 年/7 月)：1 日 22h 23.7°N/121.7°E，23h 23.9°N/121.5°E(花蓮市南方登陸)。

Kalmaegi(2008 年/7 月)：17 日 21h 24.3°N/122°E，22h 24.3°N/121.7°E，17 日 23h~18 日 02h 24.5°N~24.8°N / 121.6°E~121.4°E(大濁水溪口登陸)。

Morakot(2009 年/8 月)：8 日 00h 23.9°N/121.6°E，01h~03h 23.9°N/121.5°E~24.1°N/121.4°E(花蓮市登陸)(圖二)。

第三類：向西北走向，在東部但非為特定經緯度登陸後，轉為向西南越過山脈，再偏轉為向西或緯度方向，出海後轉為向北；夏日〔Soudelor(2015 年/8 月)〕、秋日〔Dujan(2015 年/9 月)〕。

Dujan(2015 年 9 月)：28 日下午到達 23.9°N/123°E 後，以西北走向移動到達 24.2°N/122.7°E 後，轉為西北西走向到達 24.4°N，在南澳登陸轉為西南走向，越過奇萊山與安東軍山間的山脊(24°N)，急降至埔里再向西出海後，旋即轉為向北(圖一、圖二)；臺東的火燒風則盛行於登陸到出海期間。

Soudelor(2015 年/8 月)：8 日凌晨到達 23.5°N/122.9°E 後，維持約 40Km/Hr 速度西北走向，在秀林登陸後到達 24.2°N/121.5°E，隨即轉為西南走向，越過奇萊山與安東軍山間的山脊(24°N)，急降至埔里再沿著濁水溪出海，出海後旋即轉為向北(圖一、圖二)；臺東的火燒風則盛行於登陸到出海期間。

三、討論與結論

3.1 討論

熱帶氣旋波動侵臺時的移動路徑，發生極端轉折並不少見，這個研究論文是作者對此一專題近年來所著力的綜合，當熱帶氣旋波動到達特定的經緯度，會發生向西偏折或加速度(2012;2014;2015;a,b;劉明禮)。

3.1.1 熱帶氣旋波動侵臺時在東部近海的移動路徑發生西向偏折或加速度的機能

(1)此時熱帶氣旋波動或孤立波的走向，和臺灣山脈的南北分布走向互相垂直，地形強制作用造成熱帶氣旋波動越過山脈採取最短路徑而且波能匯聚，相對於較為長遠的路徑時候，由於總波能或質能守恒原則，此狀況通常則波能擴散。

(2)碰觸山脈後的熱帶氣旋波動或孤立波，逐漸增強波能的匯聚，在山脈斜坡的地形反作用力下，所產生的正向力為東北方向，此一山脈地形效應的正向力，對於正在匯集質量與能量或質能或機能的熱帶氣旋波動作用力，分成垂直與向東兩個分量：垂直部分除了增強向上渦旋強度而緩和地形破壞，且向上伸展有利於越過陡峭的臺灣山脈；向東的部分造成熱帶氣旋波動或孤立波所匯集的質能，做反時針方向運動產生向東的向心力，阻抗特徵性地形所引起的向西偏折或加速度。大氣的壓力波或者是地形效應，所造成的波能或質能聚集現象，只有單向施予力量不做來回壓縮波能的震盪，通常此一熱帶氣旋波動或孤立波所聚集的波能，在活躍於山區向風面附近做反時針方向的繞圈子運動時，由向西轉向西南、西南轉向南、再由南轉向東南、到最南端完成半個週期後轉為向北，直到銜接原來在東部外海入侵臺灣時的東北方向。

3.1.2 深夜熱帶氣旋波動在特徵的經緯度近岸入侵臺灣

由特徵區域轉向西或緯度方向加速入侵臺灣山脈後，約 2~3 小時再轉為向北或經度方向，因為熱帶氣旋波動或孤立波聚集的波能，夜間冷化作用熱力動能不足而被拘限在山區，沒有大規模翻越過臺灣山脈，所以通常臺東地區不會有顯性的焚風擾波呈現。此一現象相似於 3.1.1 所敘述的理念，山脈的地形反作用力下產生向東作用力屬反向抵制作用，造成熱帶氣旋波動或孤立波所聚集的波能，活躍於山區做反時針方向的繞小圈子運動後，隨即轉為向北。

3.1.3 熱帶氣旋波動在臺灣山脈東部近岸向西南越過山脈

熱帶氣旋波動侵臺時的移動路徑，在登陸東岸後轉向西南，越過山脈時所產的繞射效應，造成熱帶氣旋波動或此一孤立脈動波波動，機能或質能的匯聚與增強，特別是在越過南部的玉山、阿里山高山群與北部的雪山高山群間，由奇萊山到安東軍山的山脊排列，相似於波能實驗裡的繞射或干涉效應。春日持續性或滯留鋒面通過臺灣北部山脈，在東部近海有渦流胞或低壓波活躍，這和飛機機翼構造原理相同。

直接翻越過山脈所遭遇的山脈正向力，相較於由外海逐漸靠近碰觸山脈而活躍於向風面近岸，做繞行的部分的向心力方向相反，或者說：山脈地形對於熱帶氣旋波動或此一孤立脈動波波動，在向風面做全反射現象而徘徊繞圈子；直接越過山脈時做繞射現象。山脈在向風面和背風面，所施予熱帶氣旋波動的正向反作用力相反，各為向東和向西，但一樣是匯聚波能。

3.2 結論

臺灣山脈的地形特徵分佈，造成熱帶氣旋波動從東岸侵臺時的移動路徑發生極端轉折(劉明禮;2015b)，向西加速偏折的熱帶氣旋波動或孤立波，走向和臺灣山脈的南北分布走向互相垂直，助長熱帶氣旋波動波能或波動質能的匯聚。熱帶氣旋波動在臺灣東部的特徵經緯度近海，離岸約一百多公里已開始向西加速，山脈地形效應作用於熱帶氣旋波動的正向力，造成氣旋波動分裂為兩部分，一為加速向上越過山脈的繞射現象，和做反時針運動的向東向心力，前者造成臺東地區發生火燒風顯性擾波現象，後者造成熱帶氣旋波動波能或波動質能聚集，活躍於山脈向風面或東海岸附近。

熱帶氣旋波動在東部近岸向西南偏轉後，相對於臺灣山脈在東西兩邊坡的向風面與背風面，分別作全反射效應和繞射效應所聚集的波能或質能、以及所呈現的移動路徑，這和雷達迴波所顯示兩者相對山脈呈現鏡子影像一致(圖三)。在深夜由特徵區域向西或緯度方向，加速入侵臺灣山脈的熱帶氣旋波動，因為夜間冷化作用而熱力動能不足，被拘限在山區，在山脈的地形反作用力下，產生向東反向抵制作用力，做反時針方向的繞小圈子運動後，隨即轉為向北；地形效應造成大氣波能或質能聚集現象，只有單向施予力量，非屬震盪波動，反射波動與繞射波動各自繞了半圈後，都轉為向北。再者，熱帶氣旋波動沒有越過山脈狀況下，通常不會在臺東地區發生火燒風顯性擾波現象。

四、致謝與感言

英國科學家 Russell, John Scott (1808~1882)，在 1834 年 8 月勘察 Glasgow 與 Edinburgh 的運河河道時，發現船波以每小時大約 13 公里的速度往前傳播。1895 年，兩位年輕的荷蘭數學家 Korteweg, D.J.和 devries, G.給出了一個類似於 Russell 孤立波的解析解，孤立波的存在才得到了公認。實際觀察測量與數理推演，在當今的科學領域是必須說服與被認同

的基本方式，因此所帶動的量測技術研發與應用，令人激賞。本研究大部分取材自中央氣象局的資料，謹此深致謝意。

五、參考文獻

[1]劉明禮，2009；“臺灣山脈地形對大氣強制作用所造成的波動現象”天氣分析與預報研討會論文集彙編，交通部中央氣象局pp261~265.

[2]劉明禮，2010；“臺灣山脈對熱帶氣旋波動的地形強制作用”天氣分析與預報研討會論文集彙編，交通部中央氣象局pp347~352.

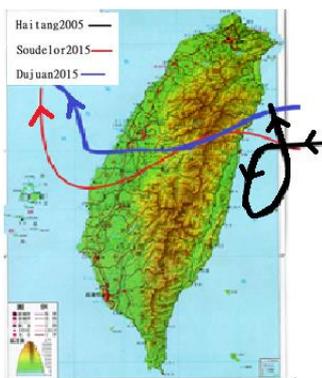
[3]劉明禮，2012a；“活躍於臺灣近海與山脈的熱帶氣旋波動波變特徵——複合、分裂與角動量守恒”天氣分析與預報研討會論文集彙編，交通部中央氣象局pp219~222.

[4]劉明禮，2012b；“盛夏至仲秋臺灣與近海強烈熱帶氣旋波動的分裂型波變”天氣分析與預報研討會論文集彙編，交通部中央氣象局pp223~227.

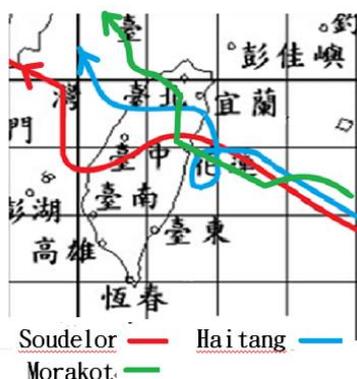
[5]劉明禮，2014a；“臺灣山脈地形效應與大氣熱力效應對活躍於東部及南部近海的熱帶氣旋波動造成偏轉的動力作用——(I)在東部近海的緯向偏轉”天氣分析與預報研討會論文集彙編，交通部中央氣象局

[6]劉明禮，2014b；“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”天氣分析與預報研討會論文集彙編，交通部中央氣象局

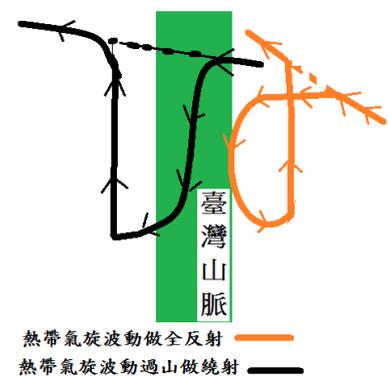
[7]劉明禮，2015；“盛夏季節裡熱帶氣旋波動桃芝(2001)與卡枚基(2008)侵臺時移行的極端轉折”第二十二屆水利工程研討會論文集 pp28~35



圖一：Haitang(2005年/7月)與 Soudelor(2015年/8月)、Dujan(2015年9月)移行路徑



圖二：Soudelor(2015年/8月)、Haitang(2005年/7月)與 Morakot (2009年/8月)移行路徑



圖三：臺灣山脈對於熱帶氣旋波動造成全反射效應和繞射效應兩者互為鏡像且都屬半周期運動

