

臺灣山脈對熱帶氣旋波動的地形強制作用

劉明禮 中央氣象局退休人員

摘 要

將掠過臺灣山脈的熱帶氣旋波動分成：成熟型的圓形熱帶氣旋波動、盛夏季節的複合型熱帶氣旋波動兩種。(1) **成熟型的圓形熱帶氣旋波動**：由臺灣近海進入臺灣山脈的圓形氣旋波，因為擾波過山所造成的波動折射現象，波行路徑在遭遇臺灣山脈時，走向發生偏折，增加了與臺灣山脈的南北分佈方向上的分量（劉明禮；2009），針對SEPAT（2007）、KAEMI（2006）和LONGWANG（2005）颱風等圓形熱帶氣旋波動，掠過臺灣山脈的路徑做分析：發現SEPAT和KAEMI颱風是以西北方向移行進入臺灣山脈，與臺灣山脈分佈主軸的法線方向夾角大，過山時的偏折現象明顯；相較之下，LONGWANG颱風以偏西的西北西方向移行進入臺灣山脈，進入臺灣山脈的走向，與臺灣山脈分佈主軸的法線方向夾角小，則過山時的偏折現象不明顯；這和實驗室裡的單一脈動波通過不同介質時的折射現象是一致的。(2) **盛夏季節的複合型熱帶氣旋波動**：從臺灣東部外海，向西移行朝著臺灣而來的成熟的熱帶氣旋波（MORAKOT，2009年8月），以及從臺灣南方的菲律賓東部外海，向北移行朝著臺灣而來的成熟的熱帶氣旋波（KALMAEGI，2008年7月），因為正值7-8月的盛夏時期，此時的副熱帶區域，中、小尺度的擾波活躍，而成熟的、較大尺度且較強的熱帶氣旋波，朝著臺灣移行靠近時，將鄰近移行路徑上，富含水氣的較小擾波逐漸複合併入，形成擴增強度的變形性熱帶氣旋波；通常，富含水氣的擾波，增強擴張了熱帶氣旋波的西南邊部份環流，隨著強烈擾波的逐漸進入臺灣山脈，當氣旋波裡偏北位置的主中心或颱風中心，朝著西北方向移行時，此等複合型熱帶氣旋波動及逆時針方向的環流結構，造成活躍且富含水氣的強烈擾波，對於中南部山區較長時間且劇烈的肆虐。

關鍵詞：聖帕：SEPAT。凱米：KAEMI。龍王：LONGWANG。莫拉克：MORAKOT。卡玫基：KALMAEGI。複合型熱帶氣旋：the combined tropical cyclones。變形性熱帶氣旋：a deformed tropical cyclone。法線、垂直線：normal line。

一、基本觀念

在古典的波動實驗學領域裡，干涉、繞射、折射（包括反射）及散射等現象，在學理上都已建立了相當完整的架構。在地球物理學中，因為各種尺度、各種力學的混和、介質變異分佈及界面的定位，讓整個研究增添其複雜性及昂貴的費用，也因此造成對研究結果存疑而減低預期的成果。

波動的尺度分析及鮮明強度，不論是固態或流體的水工和風洞實驗，在實驗室的規範中，因為具

有清晰及明確的現象，當然是獲得確認和激賞。出了實驗室的研究，仍然不能偏離這種規則；所以，波動的觀測資料是否符合尺度分析範疇，以及強度的鮮明程度，都是成為辨識所做研究的重要課題。對於地球流體動力學而言，平面陸地或海岸有其人力及物力資源的充裕性，觀測資料較為密集，海洋和山區的觀測資料則顯得鮮少，最近三、四十年來，氣象用人造衛星、氣象用雷達的觀測，除了填補了此等區域所欠缺的資料，更加增進人類生活的改善。

二、掠過臺灣山脈的熱帶氣旋波

(一) **成熟型的圓形熱帶氣旋波動**：從中央氣象局颱風資料庫及侵臺颱風資料庫的歷史颱風中，擷取聖帕、凱米及龍王(SEPAT, 2007; KAEMI, 2006; LONGWANG, 2005;) 三個熱帶氣旋波的雷達回波觀測(圖一、圖二、圖三)，所顯現的都是很典型的圓形結構。

颱風警報單的颱風路徑圖(中央氣象局颱風資料庫)：

(1) 聖帕(SEPAT)颱風：2007年8月18日在臺灣東部近海以西北方向移行，5時40分左右在花蓮秀姑巒溪口(東經121.5°、北緯23.5°)附近登陸，6時以後轉為西北西走向，當日11時左右在濁水溪口(東經120.15°、北緯23.8°)附近出海進入臺灣海峽，14時之後轉為西北走向(圖四)。

(2) 凱米(KAEMI)颱風：2006年7月24日在臺灣東部近海以西北方向移行，23時以後轉為西北西走向，23時45分左右在臺東成功(東經：121.37°、北緯：23.1°)附近登陸，25日4時5分左右由嘉義東石(東經：120.14°、北緯：23.44°)附近進入臺灣海峽，之後轉為西北走向(圖五)。

(3) 龍王(LONGWANG)颱風：2005年10月2日在臺灣東部近海以西北西方向移行，5時10分在花蓮豐濱(東經121.05°、北緯23.25°)附近登陸，之後以偏西方向越過臺灣山脈，當日10時於濁水溪口附近進入臺灣海峽，移行的走向則為偏西的西北西方向(圖六)。

(二) **盛夏季節的複合型熱帶氣旋波動**：

莫拉克颱風及卡玫基颱風(MORAKOT, 2009; KALMAEGI, 2008)兩個重創臺灣中南部的複合形熱帶氣旋波的特徵：

(1) 莫拉克(MORAKOT)颱風：2009年8月5日20時增強為中度颱風，沿著大約23.5°N附近向西移動，在接近臺灣東部近海時，速度略為減慢並轉向西北，7日23時50分左右在花蓮市附近登陸，8日14時左右在桃園附近出海(圖七)。

(2) 卡玫基(KALMAEGI)颱風：2008年7月

16日轉向北北西方向朝臺灣東部沿海靠近，17日21時40分於宜蘭縣南部登陸，18日7時20分左右於桃園附近出海，並持續向西北方向移動(圖八)。

從兩個颱風移行路徑上的衛星雲圖(圖十七、圖十八)顯示：正值盛夏季節，位於西太平洋裡的副熱帶地區，富含水氣的擾波很活躍，莫拉克颱風移行路徑的南方海洋，卡玫基颱風從副熱帶南方北移而來到臺灣近海時，將臨近的較小尺度擾波吸收併入，所造成的變形性熱帶氣旋波，增強擴張了熱帶氣旋波的西南環流部份(圖十一~圖十三；圖十四~圖十六)。

三、討論：

(一) **成熟型的圓形熱帶氣旋波動**：

(1) 2007年8月18日在臺灣東部近海以西北方向移行的聖帕颱風，清晨從花蓮秀姑巒溪口附近登陸，當日近中午於濁水溪口附近出海進入臺灣海峽；2005年10月2日在臺灣東部近海以西北西方向移行的龍王颱風，清晨從花蓮豐濱附近登陸，當日上午也是於濁水溪口附近出海進入臺灣海峽。兩個颱風都是由濁水溪口附近進入臺灣海峽。

(2) 龍王颱風是以偏西走向從臺東登陸，之後到越過臺灣山脈，進出臺灣的緯度極為相近；而聖帕颱風則是以西北走向，從較北位置的花蓮秀姑巒溪口附近登陸，卻幾乎都從濁水溪口附近移出臺灣的狀況下，確認聖帕颱風在越過臺灣山脈時有明顯的向南偏折現象；再者，凱米颱風幾乎以和聖帕颱風相同的西北走向，從臺灣東部近海進入臺灣山脈，兩個颱風進出臺灣位置都不一樣，路徑軌跡則都有向南偏折的特徵。

(3) 從雷達回波或衛星資料，來判讀圓形熱帶氣旋波動越過臺灣山脈的過程中，對於熱帶氣旋波動造成偏折作用的大小，和它們從東部近海進入臺灣山脈時的走向，與臺灣山脈分佈的垂直線或謂法線所構成的夾角大小有關；熱帶氣旋波動越過臺灣山脈後，移行的方向都轉為和原來由臺灣東部海岸進入臺灣山脈時的走向平行。這和實驗室裡的單一脈

動波通過不同介質的折射現象一致。

(二) 擾波的複合機制：

(1) 大約 30 多年前 (1978 年)，作者曾駕駛重型轎車，從美國 Utah 州的 Salt Lake City，經由州際高速公路開往 Nevada 州時，快速超越另一輛也是快速行駛的貨櫃型大卡車，在達到併行時，作者所駕駛的車子突然出現向著大卡車的扭力傾向，這明顯的應該是兩個大小低壓極為接近時，大的低壓對小低壓所造成的力矩。

(2) 在作者所做的恆春落山風研究裡，2007 年 11 月初的臺灣東南方或菲律賓東北方外海有一活躍的低壓向西移動 (圖九)，11 月 6 日通過恆春南方 (圖十)，此一大低壓與恆春的小低壓併合的結果，造成恆春地區 6-7 日平均風速在 6-7 級以上的強風，很多時候的最大瞬間陣風達 11 級的暴風 (劉明禮；2009)。

(3) 藤原咲平在 1921 年至 1931 年間所進行的一系列水工實驗及研究發表，發現兩個接近的水旋渦，它們的運動軌跡會以兩者連線的中心為圓心，繞著圓心互相旋轉；這和雙子星各自繞著共同質心做圓周運動相似；而大氣旋渦亦出現類似情況，熱帶氣旋之間的藤原效應俗稱「雙颱風」，呈氣旋式互繞。在實驗室的結果是令人激賞的，應用在氣象學上的大規模流體運動，確認兩氣旋性低壓複合及互動的物理需求條件，仍然是值得努力的重要課題。

四、結論：

將掠過臺灣山脈的熱帶氣旋波動形分成：成熟型的圓形熱帶氣旋波動 (SEPAT, 2007; KAEMI, 2006; LONGWANG, 2005) 和盛夏季節的複合型熱帶氣旋波動 (MORAKOT, 2009; KALMAEGI, 2008;) 兩種。

(一) 成熟型的圓形熱帶氣旋波動：

1、對於從臺灣東部海岸以西北方向進入臺灣山脈的圓形熱帶氣旋波 (SEPAT, 2007; KAEMI, 2006; LONGWANG, 2005)，因為擾波過山所造成的波動折射現象 (劉明禮；2009)，造成波行路

徑在遭遇臺灣山脈時，走向發生偏折，在碰觸臺灣山脈時，將增加向南方向分量，而走向偏折為西北西而行；氣旋波越過山脈後，走向則改變為增加向北的分量，移行方向則與從臺灣東部海岸進入臺灣山脈時的走向相平行。

2、針對上述的 SEPAT、KAEMI 和 LONGWANG 颱風，參照氣象雷達回波與衛星雲圖相，將此等圓形熱帶氣旋波動掠過臺灣山脈的路徑做分析：發現 SEPAT 和 KAEMI 颱風是以西北方向移行進入臺灣山脈，與臺灣山脈分佈主軸的法線方向夾角大，過山時的偏折現象明顯；相較之下，LONGWANG 颱風以偏西的西北西方向移行進入臺灣山脈，進入臺灣山脈的走向與臺灣山脈分佈主軸的法線方向夾角小，則過山時的偏折現象不明顯。

3、臺灣山脈地形對成熟型的圓形熱帶氣旋波動移行路徑的偏折射現象，增加了移行走向上與臺灣山脈的南北分佈方向上的分量，減短越過臺灣山脈移行的路徑及時間。上述的現象和實驗室裡的單一脈動波通過不同介質時的折射現象是一致的。

(二) 複合型的熱帶氣旋波動：

1、盛夏季節，從臺灣近海進入臺灣山脈的熱帶氣旋波：其中從臺灣東部外海，向西移行朝著臺灣而來的、成熟的熱帶氣旋波 (MORAKOT, 2009 年 8 月)，以及從臺灣南方的菲律賓東部外海，向北移行朝著臺灣而來的、成熟的熱帶氣旋波 (KALMAEGI, 2008 年 7 月)；正值 7-8 月時的副熱帶海域裡，中、小尺度的擾波活躍，因為較大尺度、較強的低壓波，通常會吸引及併合臨近的較小尺度或較弱的低壓波，當成熟的熱帶氣旋波向著臺灣移行靠近時，逐漸複合併入移行路徑上，鄰近的、富含水氣的中、小尺度擾波，擴增強度 (圖十九、圖二十)。

2、北半球的氣旋，為反時針旋轉的結構，當成熟型的熱帶氣旋波動，從臺灣近海的西太平洋地區，向西或向北且向著臺灣移行發展時，逐漸將臨近的較小尺度擾波吸收併入，所造成的變形性熱帶氣旋波，增強擴張了熱帶氣旋波的西南環流部份。當此種併合型的氣旋進入臺灣山脈，西南部份劇烈

的環流擾波結構，伴隨著位於偏北的中心或颱風中心朝著西北向移行，造成極為活躍且富含水氣的強烈擾波，對於中南部山區較長時間且較劇烈的肆虐。

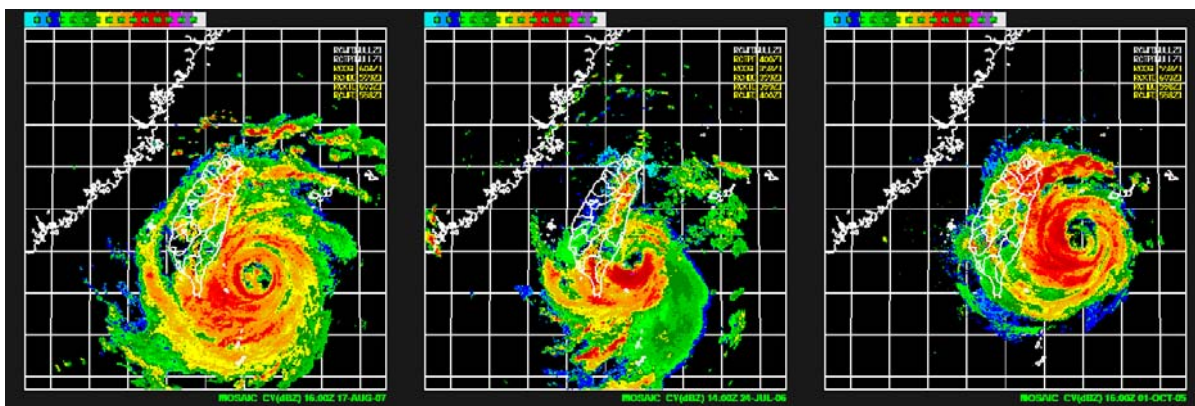
3、大尺度低壓波併合小尺度低壓波，在氣象圖相上是個事實，擾波的複合機制以及外加山脈地形的強制效應時，波動的形變過程是值得探討的重要課題。

五、感言：

最近發生的大規模災難，令人擔憂且遺憾，再加把勁吧，期盼有個更美好的明天。

六、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彙編，交通部中央氣象局,261-265.
- 2.中央氣象局颱風資料庫
- 3.中央氣象局侵臺颱風資料庫



圖一：2007-08-18-00:00

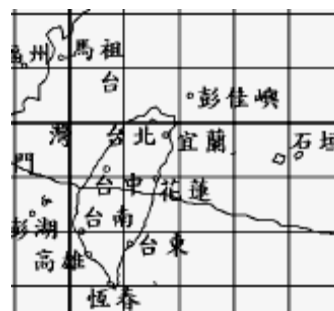
圖二：2006-07-24-22:00

圖三：2005-10-02-00:00

聖帕颱風雷達圖

凱米颱風雷達圖

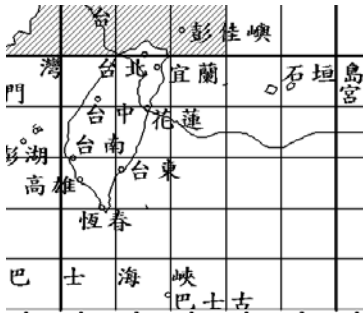
龍王颱風雷達圖



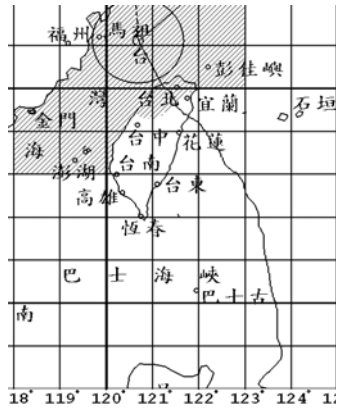
圖四：2007年8月聖帕颱風路徑圖

圖五：2006年7月凱米颱風路徑圖

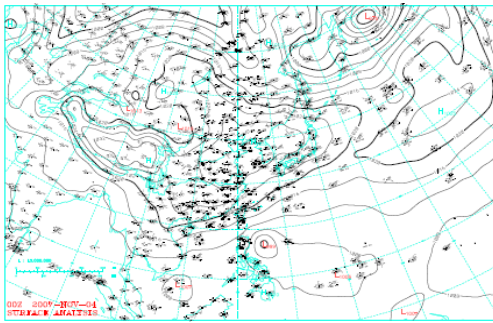
圖六：2005年10月龍王颱風路徑圖



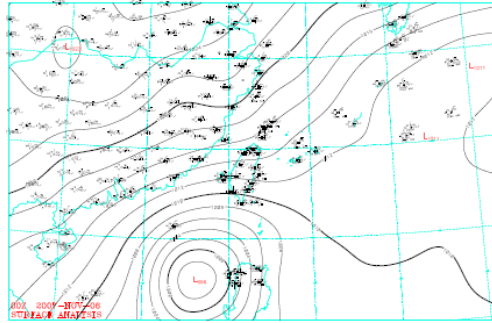
圖七：2009年8月莫拉克颱風路徑圖



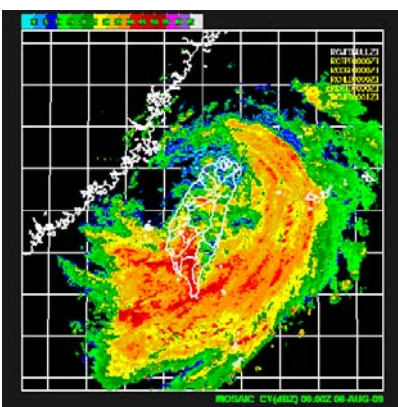
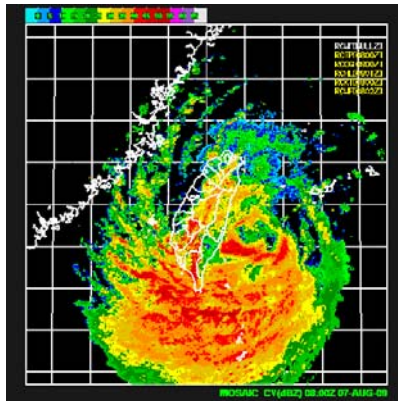
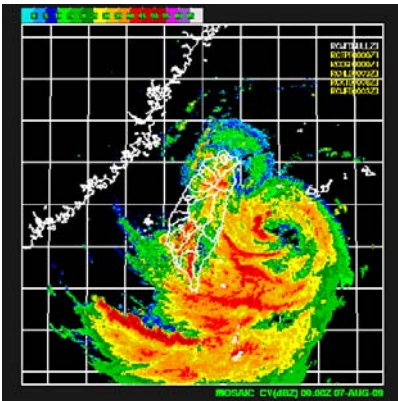
圖八：2008年7月卡玫基颱風路徑圖



圖九：2007年11月4日00Z 亞洲地面天氣圖



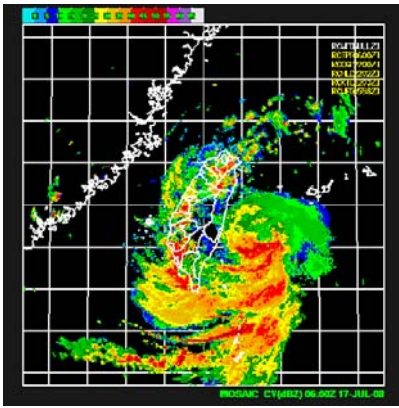
圖十：2007年11月6日00Z 區域地面天氣圖



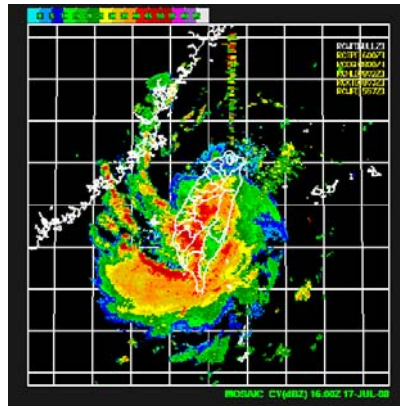
圖十一：2009-08-07-08:00
莫拉克 颱風雷達圖

圖十二：2009-08-07-16:00
莫拉克颱風雷達圖

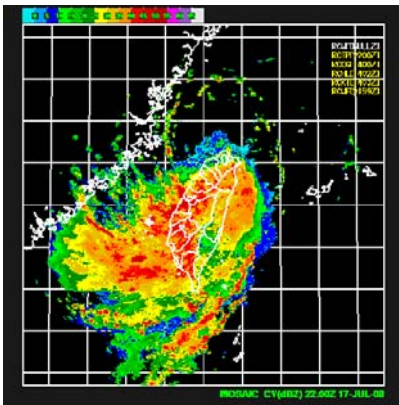
圖十三：2009-08-08-08:00
莫拉克颱風雷達圖



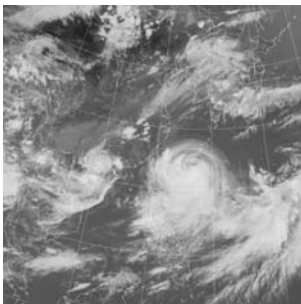
圖十四：2008-07-17-14:00
卡玫基颱風雷達圖



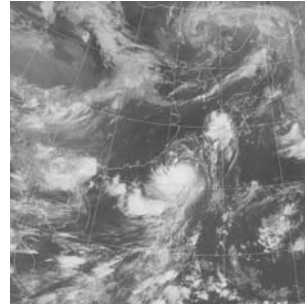
圖十五：2008-07-18-00:00
卡玫基颱風雷達圖



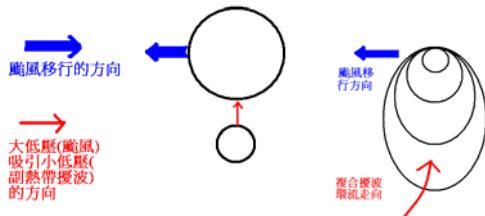
圖十六：2008-07-18-06:00
卡玫基颱風雷達圖



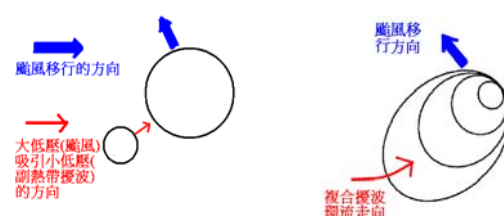
圖十七：莫拉克 2009-08-06-14:30 衛星雲圖



圖十八：卡玫基 2008-07-17-08:30 衛星雲圖



圖十九：2009年8月莫拉克 (MORAKOT)
颱風與鄰近擾波的複合機制



圖二十：2008年7月卡玫基 (KALMAEGI)
颱風與鄰近擾波的複合機制