

# 反氣旋波動對熱帶氣旋波動移行路徑的動力作用——偏折現象

劉明禮

中央氣象局退休人員

## 摘要

流體力學的理論與實驗都證實兩個熱帶氣旋波動相互作用時，發生相互吸引且以反時針走向互相繞行靠近輻合聚集；反之，當反氣旋波動與熱帶氣旋波動相互靠近時，則將發生互斥現象的動力作用〔1〕。大氣中的反氣旋波動尺度規模遠大於熱帶氣旋波動，對於遭遇通常來自南方的熱帶氣旋波動衝擊，例如：在副熱帶區域，一個向西移動的熱帶氣旋波動，遇及一個向東移行靠近的反氣旋波動時，發生互斥現象：此時的熱帶氣旋波動將向南加速而向西南偏轉移行，並沒有發生反氣旋波動向北加速後的東北方向的移行現象。

本研究探討反氣旋波動和熱帶氣旋波動產生相互作用時，造成熱帶氣旋波動的壓力波變，波動中心移動的路徑，發生反時針方向的偏折，或全反射後繞圈子等轉折現象的特徵與機能。

關鍵詞：排斥效應 輻合效應

## 一、基本觀念

反氣旋波動是一種沉降向外擴散的大氣運動，大氣氣塊的重力波能向著低層時，除了增溫外，也增加大氣的穩定狀態。發展中的反氣旋波動，前緣的主焦點附近的低層大氣，通常是風強、增熱的、沉降且向外擴散的大氣，助長鄰近的、近似滯留的小尺度渦流胞強度，特別是梅雨期的滯留鋒面是沿著海陸界面，或者華南反氣旋與南海的西南風之間所發展排列而成的渦流胞群；當華南地區的反氣旋波動由西向東向外海移出，對於沿岸滯留鋒面加上東南海岸彎曲地形，都將增加渦流胞強度推向臺灣造成劇烈的降水〔3、4〕。海陸界面的渦流胞群或鋒面，向上伸展的高度決定降水的劇烈程度，伸展高度達 500hPa 時的降水，將會是極度嚴重的警戒。

夏日通常反氣旋波動活躍在華南地區，當橢圓形反氣旋波動活躍時，呈現兩種極端現象：在主焦點附近，呈現沉降的強風盛行而且增溫的顯性擾波現象；反氣旋波動的另一靠近虛焦點附近部分，沉降氣塊的風力場，分佈擴散在較大範圍區域而風力減弱，通常是靜風到微風等級，秋冬季節容易發生濃霧或造成低層污染顆粒無法散去。另外行進中或停滯的熱帶氣旋波動，應注意前方外圍環流沉降區域的微風或靜風、穩態增溫，或和南海西南風匯聚，將造成特定儲存熱能地區，異常增熱型擾波現象的發生。

## 二、反氣旋波動對熱帶氣旋波動的動力作用，造成中心移動路徑的轉折現象

### 2.1 熱帶氣旋波動中心偏折現象特徵

本研究裡的熱帶氣旋波動中心偏折現象分別是：2018 年六月向北移行的 Erwinie 波動中心發生全反射後繞圈子(圖一)，2018 年七月向西北西移行的 Maria，和 2010 年向西移行的 Fanapi 波動中心都是發生約 29°~30° 的偏折現象(圖二)。

2.1.1. 2018 年 6 月 Erwinie 熱帶氣旋波動中心移行路徑在雷東半島以東及海南島東北部繞圈子現象

2018 年六月二日晚上 Erwinie 熱帶氣旋波動，在南海南部的越南東方近海行成，三日向西北偏北移動，時速約 12 公里；四日轉向為東北偏北移動、時速約 18 公里；六月六日的熱帶氣旋波動 Erwinie 速度減慢，增強為熱帶風暴，中心在雷東半島以東及海南島東北部繞圈子徘徊後，七日早上再重回到向北移行路徑，

晚上在廣東西部海岸陽江市附近登陸(圖一)。

2.1.2. 2018 年 7 月 Maria 熱帶氣旋波動中心移行路徑在臺灣北方近海的偏折現象

MARIA 熱帶氣旋波動中心移行路徑：熱帶氣旋波動在關島東南方海面生成後向西北西移動，10 日通過臺灣東北方海面，11 日由福建進入大陸。西北西走向的 Maria 熱帶氣旋波動中心，11 日凌晨 3 點後，在臺灣北方近海的北緯 26.3 度、東經 121.8 度，逆時針偏折轉為緯向西行走向，或向南加速作反時針方向約 30° 偏折(圖二)。

2.1.3. 2010 年 9 月 Fanapi 熱帶氣旋波動中心移行路徑在臺灣東方近海的偏折現象

FANAPI 熱帶氣旋波動中心移行路徑：19 日凌晨起，在臺灣東方近海偏西沿著北緯 23.9°~24° 的緯向移動，6 點中心到達北緯 23.9°、東經 122.3° 以後，波動中心轉向西南西移動，19 日 8 時 40 分在花蓮縣豐濱鄉附近登陸，18 時左右由臺南附近進入臺灣海峽，20 日 7 時左右由福建進入大陸。緯向西行的 Fanapi 熱帶氣旋波動中心，19 日上午 6 點後，逆時針偏折轉為西南西走向，或向南加速做反時針方向約 29° 偏折(圖二)。

2.2. 2018 年的 Erwinie、Maria 和 2010 年的 Fanapi 波動中心移動，碰觸反氣旋波動時，發生偏折現象時的天氣特徵。

2.2.1. Erwinie 熱帶氣旋波動：2018 年六月初的 Erwinie 熱帶氣旋波動中心在南海或越南東方海上向北移動，六月四日大陸華南地區垂直風切變分佈圖裡，垂直風切變相當強勁且向東發展，阻滯熱帶氣旋波動的深層對流發展(圖三)。再者，反氣旋波動的尺度像一個山群，遠大於熱帶氣旋波動尺度，穩態的架構造成熱帶氣旋波動變成不平衡渦旋組態，熱帶氣旋波動中心做全反射運動後，做反時針的繞圈子運動，讓不穩態橢圓形波動回復到穩態的圓形波動，此時華南地區的反氣旋波動強度已減弱，讓繞圈子後的熱帶氣旋波動中心，銜接原來北向的走向直接穿越〔2〕；繞圈子的時間，從 6 月 6 日 00 時起到 6 月 7 日 00 時約一天(圖一)。

2.2.2. Maria 熱帶氣旋波動：2018 年 7 月上旬的 700hPa 高層大氣，從 9 日 20 時到 11 日的 8 時，太平洋的暖性反氣旋波動，向西伸展籠罩涵蓋整個大陸的華南地區；從天氣圖和衛星雲圖(圖四、圖五)，這段時間裡

的 Maria 熱帶氣旋波動，在臺灣東方近海以西北西走向逐漸向臺灣靠近，九日 14 時的中心位置在北緯 22.3°、東經 131.8°，十日下午 4:10 中心到達約北緯 24.8°、東經 125°，這時的壓力波的相位約在東南方位置，11 小時後 Maria 熱帶氣旋波動中心在臺灣正北方發生反時針方向偏折(圖二)；11 日從 0 點到 3 點的逐時雷達回波顯示，Maria 熱帶氣旋波動中心發生轉折前後相位的顯著變化(圖六)。

**2.2.3. Fanapi 熱帶氣旋波動：**2010 年九月 15 日 20 時的 500hPa(圖七)和 16 日 08 時的 700hPa(圖十)高層大氣天氣圖顯示：Ω 型的反氣旋波動天氣擾波活躍於華北到華南及東部沿岸，西側波槽【J】在北緯 30° 以北、東經 105° 附近，東側的波槽【L】在北緯 30° 以北、東經 125°~140° 附近，Ω 型的反氣旋波動天氣擾波涵蓋著北緯 20°~40°、東經 105°~125° 區域，從九月 15 日到 19 日的反氣旋波動天氣擾波都是活躍於此一 Ω 型範圍內。華南地區強的反氣旋波動逐漸向東北移行伸展減弱，在北緯 40° 以南的擾波型轉為緯向伸展 0 → ○ 掠過臺灣北方，在 18 日~19 日沿著 Ω 型東側擾波槽向南伸展。此一時段的 Fanapi 熱帶氣旋波動在臺灣東方近海做緯向西行，19 日早上向西南西偏折，7 點移至北緯 23.8°、東經 122°，再以約等速同方向，8 點移至北緯 23.6°、東經 121.7°，約在 8 點 40 分登陸豐濱鄉。衛星雲圖(圖八、圖九)和雷達回波(圖十一)都顯示 Fanapi 熱帶氣旋波動中心發生轉折前後相位的顯著變化

### 三、討論與結論

#### 3.1 討論

熱帶氣旋波動與熱帶氣旋波動的交互作用，或氣旋波動與反氣旋波動的交互作用〔1、2〕，是研究臺灣近海氣旋波動或熱帶氣旋波動的重要課題。

##### 3.1.1 熱帶氣旋波動與熱帶氣旋波動的交互作用〔1〕

熱帶氣旋波動的大氣是一個強的、熱得、向高層、以逆時針方向旋轉、向著中心的大氣擾動，熱擾動或熱能提供動能。在此狀況下，整個氣體架構傾向於動能轉換成位能，所以兩個熱帶氣旋波動靠近到了相互作用階段時，個別的流體或渦流胞向著各自的氣旋中心推進再向上伸展，按照流體的連續體原理架構，將有利於造成兩個熱帶氣旋波動的相互吸引併合或幅合效應。熱帶氣旋波動裡的大氣是以反時針方向運行，併合過程則以反時針方向互繞逐漸會聚，常見的狀況出現在當小渦流胞體併入熱帶氣旋波動時，熱帶氣旋波動裡的西南邊或南邊部分長尾巴，這是熱帶氣旋波動和小渦流胞體群的合成過程，然後逐漸完成併和。

##### 3.1.2 反氣旋波動的交互作用

反氣旋波動是沉降、向外推展的穩態大氣結構，重力位能轉換成動能，反氣旋波動之間匯集所發展的氣旋波動或大氣波槽，造成兩反氣旋波動被分隔，而各自發展波能的孤立波。

##### 3.1.3 熱帶氣旋波動與反氣旋波動的交互作用〔1〕

(1)從上 3.1.1 論述，兩熱帶氣旋波動的幅合效應交互作用，3.1.2 的兩反氣旋波動之間各自維持孤立

波而發展，來做推論：反氣旋波動對熱帶氣旋波動的動力作用，應該是互斥效應。反氣旋波動是個沉降增溫、順時針向外擴散運動、位能減少而轉換成動能，通常在發展或伸展中的反氣旋波動附近、或反氣旋波動主焦點附近熱力風強勁，對於強勁的熱帶氣旋波動衝擊，引發顯性的壓力波，呈現排斥效應。

(2)在實際的大氣擾波運動中裡，反氣旋波動的尺度卻是遠超過熱帶氣旋波動的尺度，通常造成的是熱帶氣旋波動或此一孤立脈動波波動明顯的偏轉，因為是排斥效應的加速作用，偏折現象相似於 Rutherford Scattering 或 α 粒子散射現象。在大氣波動的運動學理，大氣波動是一種壓力波，這和粒子剛體的機能原理不相同。當熱帶氣旋波動裡，遭遇排斥效應阻滯前進時，壓力波或結構發展成非穩態的橢圓波型態時，熱帶氣旋波動中心將藉由偏轉或繞圈子來調整相位 (phase angle)，達到穩態的圓形結構。

(3)當移行中的反氣旋波動的前方且是南方部分，強的熱力風向外形成一道牆，熱帶氣旋波動遭遇到此種大尺度反氣旋波動時，將被排斥而且向南加速；反之，遭遇到的是反氣旋波動後端或虛焦點附近，擴散開來的熱力風分散至大範圍而減弱，屬於靜風或微風的反氣旋波動風場或環境，讓強勁的熱帶氣旋波動直接穿越。這和熱帶氣旋波動遇及山脈後生成了壓力波，發生了繞圈子運動，趨使壓力波分佈均衡，有利於熱帶氣旋波動順利穿越山脈的現象相同〔2〕。

#### 3.2 結論

(1)在本研究的論述裡，2018 年 6 月的 Erwinie 熱帶氣旋波動中心在海南島東北部，發生全反射後以反時針方向的做繞圈子運動；2010 年 9 月的 Fanapi 和 2018 年 7 月的 Maria 熱帶氣旋波動中心分別在臺灣東方和北方近海發生反時針方向約 29°~30° 轉折或向南加速。

(2)反氣旋波動對熱帶氣旋波動的動力作用是排斥效應：在實際的大氣擾波運動裡，反氣旋波動的尺度遠超過熱帶氣旋波動的尺度，結果只有造成熱帶氣旋波動移行的加速偏折現象。

(3)強勁的反氣旋波動區域，通常遭遇來自偏南方的熱帶氣旋波動的衝擊，所造成的排斥力，中心呈現的偏轉角度明顯：顯示大氣的壓力波變，所造成向南的加速相當的強勁，由西北西走向→向南加速→偏轉為西行走向、由西行走向→向南加速→偏轉為西南西走向、以及全反射後做繞圈子運動都是反時針方向轉折運動。值得做更詳細的研判。

(4)反氣旋波動對熱帶氣旋波動的動力作用準則：在實際應用於較短期預報工作裡，先行確認反氣旋波動的移行發展與強度，參考 Rutherford 散射原理推算偏折角度；判定熱帶氣旋波動中心，將做全反射繞圈子運動或偏折波動，再運用熱帶氣旋波動的衛星或雷達影像相位角 (phase angle)，作為預測偏折的角度、時間和地點參考依據。

## 四、致謝與感言

本研究大部分取材自菲律賓大氣地球物理天文局 (PAGASA)、香港天文臺和中央氣象局的資料，謹此深致謝意。

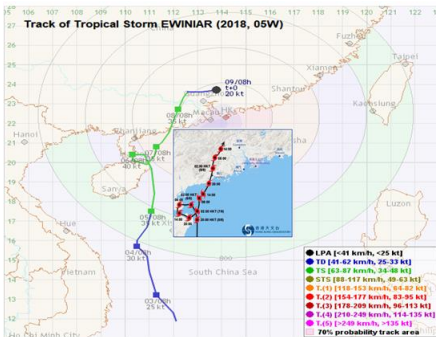
## 五、參考文獻

[1] 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彙編，交通部中央氣象局 pp219~222

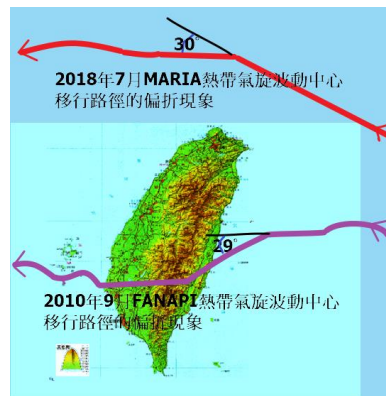
[2] 劉明禮，2012b；“盛夏至仲秋臺灣與近海強烈熱帶氣旋波動的分裂型波變” 天氣分析與預報研討會論文彙編，交通部中央氣象局 pp223~227。

[3] 劉明禮，2016；熱帶氣旋波動侵臺時移動路徑的極端轉折：(II)特徵與機能天氣分析與預報研討會論文彙編，交通部中央氣象局 A1-11

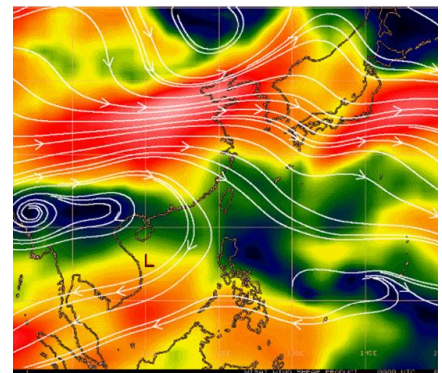
[4] 劉明禮，2017；熱帶氣旋波動侵臺時移動路徑的極端轉折：(III)多重作用效應的機能與特徵天氣分析與預報研討會論文彙編，交通部中央氣象局 A1-22



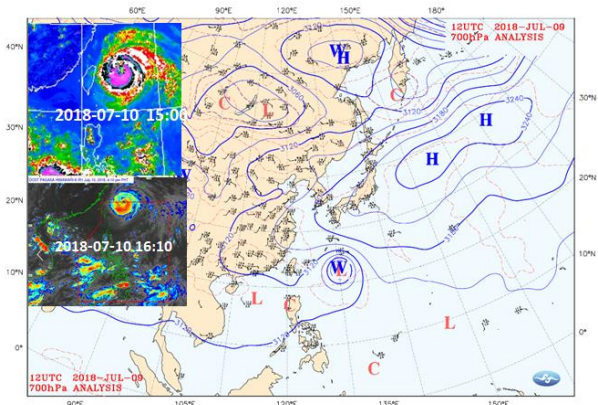
圖一：2018/06Erwinie 熱帶氣旋波動中心移行路徑圖



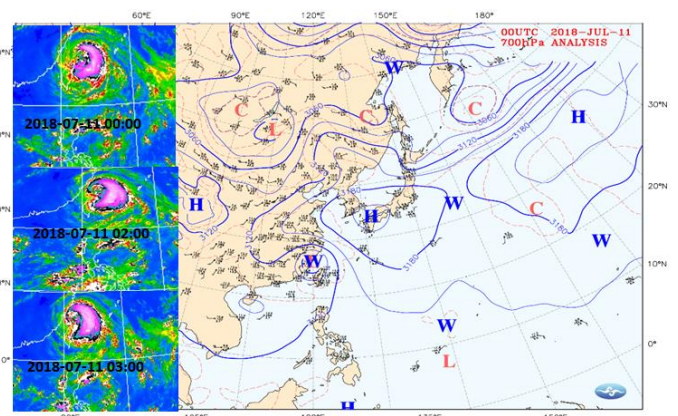
圖二：Maria、Fanapi 熱帶氣旋波動中心移行路徑圖



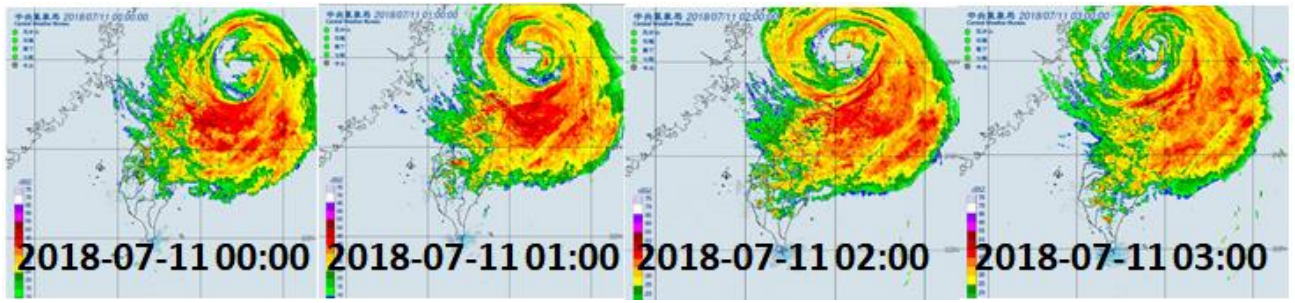
圖三：2018年6月4日的垂直風切變分佈圖



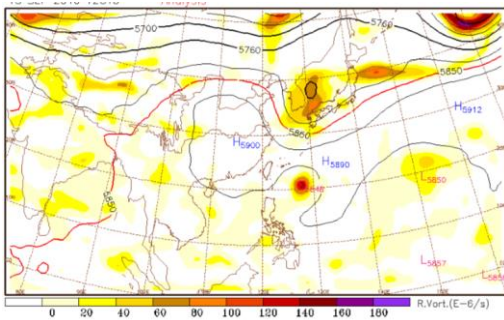
圖四：2018年7月9日20時700hPa天氣圖  
【7月10日15:00和16:10衛星雲圖】



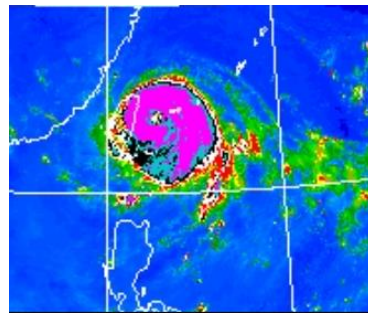
圖五：2018年7月11日08時700hPa天氣圖  
【7月11日00:00、02:00和03:00衛星雲圖】



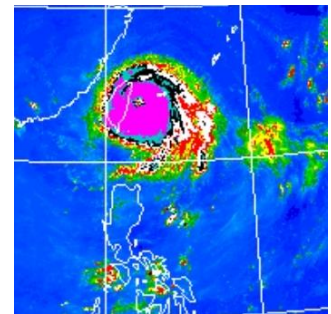
圖六：2018年7月11日 00:00 ~ 03:00 逐時雷達圖



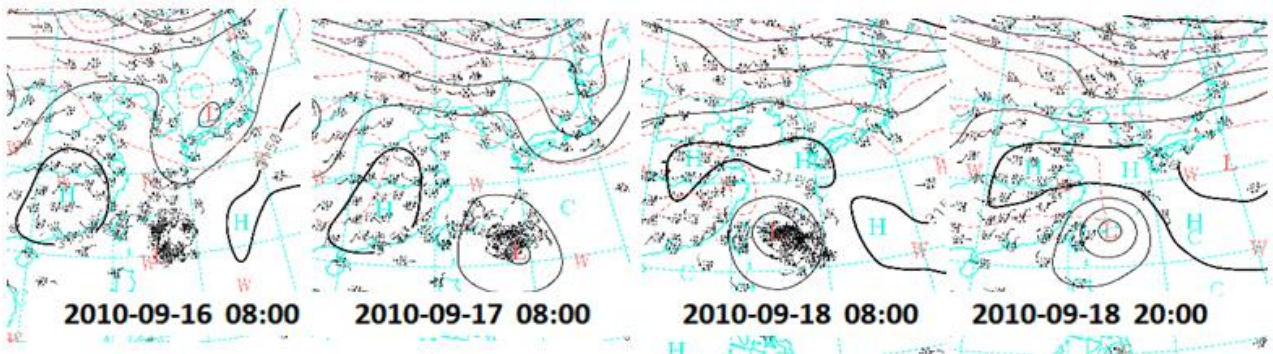
圖七：2010年9月15日 20時 500hPa  
高度及渦度場天氣圖



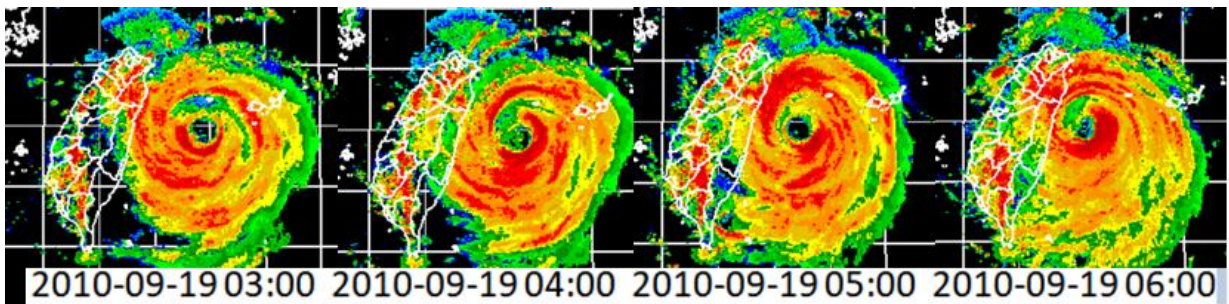
圖八：2010年9月19日  
03:00 衛星雲圖



圖九：2010年9月19日  
06:00 衛星雲圖



圖十：2010年9月16日08時、17日08時、18日08時和18日20時 700hPa 天氣圖



圖十一：2010年9月19日 03:00 ~ 06:00 逐時雷達圖