

# 秋季侵臺颱風路徑與降雨特性之研究-以鳳凰颱風為例

王仕均<sup>1</sup> 楊宏宇<sup>2</sup>

<sup>1</sup>空軍氣象聯隊

<sup>2</sup>中華科技大學土木防災工程研究所

## 摘要

颱風是影響臺灣最劇烈的天氣系統，也是重大的天然災害之一，臺灣地區山脈高聳，且地形複雜，不僅影響颱風侵臺時路徑偏移、強度及移速改變，且會影響颱風雲雨帶之對流結構與風雨分佈，造成颱風預報上的困難與不確定性。統計上，侵襲臺灣的颱風集中夏季，秋季次之。夏季時，當颱風接近臺灣時，颱風本身的環流，加上環境中的西南氣流易形成共伴效應，可說是颱風環流與周圍風場雙重影響的結果。入秋後東北季風盛行，颱風之外圍環流與東北季風的共伴效應，易在臺灣北部和東北部局部地區引發強風、豪雨。

本文利用侵臺颱風資料庫，統計 1995-2014 年期間秋季侵襲颱風發生共伴效應之案例。統計結果顯示，秋颱引發共伴效應，臺灣西北方有高壓產生東北季風，風速因外圍環流和東北季風合流增強，且在臺灣東北部迎風面山區受地形舉升作用而導致豪大雨。上述統計路徑中，發現路徑五、六及九的颱風最易引發共伴效應。由上述三類路徑比較可得路徑五、六、九路徑颱風有共伴效應產生時，颱風中心位置依序為在臺灣西南方、東北方和東部海面時，臺灣北部、東部的降雨量影響較大。此外，由天氣研究及預報模式(Weather Research and Forecasting model, WRF)顯示，颱風所伴隨的降水，除颱風環流和東北季風共伴所導致者外，颱風本身環流或受地形舉升所造成者，亦佔有很大之比例。

本文用 WRF 模式針對 2014 年 9 月的小型輕度颱風鳳凰侵臺期間進行數值模擬，藉由模式模擬探討鳳凰颱風強度結構、路徑及降水變化等特性分析，以及臺灣地形在其間扮演之角色。研究結果顯示，鳳凰颱風接近臺灣陸地時，地形存在導致路徑有向東偏折之現象發生。在強度方面，颱風的結構受地形破壞，侵襲臺灣期間環流不甚明顯，颱風中心進入東海後，颱風結構有重組現象，強度也略有增強；在降雨模擬部份顯示，鳳凰颱風第三及第四象限對流雨帶發展較為活躍，侵襲臺灣北行時雨帶仍分佈在颱風中心第二及第四象限，該雨帶自海面進入臺灣陸地後受地形舉升有加乘效果，導致山區激發旺盛對流發展。

**關鍵字：**颱風、共伴效應、微物理參數化、天氣研究及預報模式(WRF)

## 一、前言

颱風生成在熱帶海洋上，海面因受太陽直射而使海水溫度升高，海水容易蒸發成水氣，故該地區上空空氣溫度高、濕度大，極易發生旺盛對流作用。而西北太平洋(0°~30°N/120°E~180°E)位於全球海面溫度最高之西太平洋暖池(warm pool)範圍內，溫暖的海水提供該區大氣充足的水氣來源，加上北半球夏季南亞低層大氣的西南季風和由東太

平洋之盛行東風在熱帶西北太平洋附近耦合，提供颱風發展所需之低層正渦度擾動，使得熱帶西北太平洋地區成為全球颱風(熱帶氣旋)生成最為頻繁之區域。臺灣位在西太平洋颱風的主要侵襲路徑上，平均每年約 3~4 個颱風影響，也是最嚴重的天然災害之一。此外，颱風所帶來之雨量亦是臺灣地區重要之水資源之一，約占全年降雨量之 50%。因此預測颱風路徑與降雨之相關性便成為防災與水資源規劃不可或缺之工作。

而本文選擇秋颱除考量相關探討較少，另針對大陸南下高壓系統的東北季風在臺灣地區形成共伴效應時，或颱風接近臺灣受到北方或東北方如有鋒面低壓系統的牽引，臺灣在颱風外圍環流及鋒面雙重影響下，也產生了環流共伴效應，想進一步了解導致臺灣地區降下豪雨相關機制。本文為釐清秋季侵臺颱風與共伴效應之影響，由文獻蒐整定義何謂共伴效應，並律定個案選擇之條件進行探討及數值模擬，探討鳳凰颱風強度結構、路徑及降水變化等特性分析，以及臺灣地形在其間扮演之角色，藉以驗證有無共伴效應。

## 二、 文獻回顧

### (一) 國內相關文獻整理

氣候上，臺灣地區自秋季後，北方冷高壓勢力漸趨強盛，東亞地區盛行風場由西南風轉為東北風，而中央氣象局一組防災科長謝明昌，於2013指出依中央氣象局定義「秋颱」是指有發生共伴效應的颱風，係指颱風行經臺灣或通過巴士海峽時，正好北方大陸冷高壓增強，颱風環流與東北季風產生之現象為「共伴效應」。若臺灣地區北方有鋒面系統滯留時，此時臺灣北部及東部山區迎風面地區降雨會明顯增強，造成嚴重的災害。如2000年象神颱風及2001年利奇馬颱風就是典型的秋颱。

王時鼎、1970，研究指出，秋季颱風行徑路線可概分為二，此類颱風路徑有二，一為拋物線經臺灣東部近海向東北行，另一為經呂宋島或巴士海峽西行至南海。李清勝、羅英哲，1988研究颱風與東北季風交互作用產生豪雨之分析與模擬一琳恩颱風個案分析指出，颱風侵臺期間之影響，由於模式所模擬的颱風路徑和臺灣附近的鋒面位置，有些許的誤差，導致北部竹子湖的雨量與觀測有相當的差異（尤其是時間分佈）。羅雅尹、2009，年於利用數值模擬1998年芭比絲颱風和東北季風作用所引發降雨事件指出，芭比絲

颱風外圍環流與東北季風共伴作用所引發降雨事件，以及後期由東北季風與颱風外圍環流形成之風切帶所提升之發生機制有關，均是造成臺灣東北部及東部地區劇烈降水不可或缺條件。

### (二) WRF文獻回顧

天氣研究及預報數值模式(The Weather Research and Forecasting Model)簡稱WRF，為新一代的中尺度數值天氣預報系統，由美國國家大氣研究中心(NCAR)、國家海洋暨大氣總署(NOAA)及Oklahoma大學等單位所共同研發。具多重的動力核心、三維變分資料同化系統、可移動巢狀網格、平行化計算及擴充更新的特點，模擬的尺度可由數公尺到數千公里。自2000年11月發布以來，WRF已更新到3.4版，可應用於即時數值天氣預報與分析、參數化研究及耦合模式應用等。

而簡芳菁等人、2012，針對2009年莫拉克(MORAKOT)颱風與2010年凡那比(FANAPI)颱風，運用WRF模式7種不同物理參數組合(如表2-1)進行實驗，在整體預報能力上，以組別p01，即YSU邊界層參數法，WSM5微物理方法搭配KF積雲參數法，在模擬路徑及降雨分布上有較佳的表現。

表 2-1 各物理參數法組合設定

組別	邊界層	微物理	積雲參數
p01	(1) YSU	(4) WSM5	(1) KF
p02	(9) B-Park/UW	(13) SBU-YLin	(6) Tiedtke
p03	(9) B-Park/UW	(13) SBU-YLin	(7) Z-M
p04	(9) B-Park/UW	(13) SBU-YLin	(14) New GFS SAS
p05	(9) B-Park/UW	(9) M-Y	(6) Tiedtke
p06	(9) B-Park/UW	(9) M-Y	(7) Z-M
p07	(9) B-Park/UW	(9) M-Y	(14) New GFS SAS

資料來源：簡芳菁等人，颱風預報精進技術研究及作業支援，2012。

陸(2014)研究2013年蘇力颱風情境模擬分析指出，臺灣位於東亞地區，如要使用WRF

模式，針對侵臺颱風進行模擬實驗，應以KF (Kain-Fritsch)積雲參數法，WSM3或WSM5微物理參數法與YSU (Yonsei University)邊界層參數法的物理組合為首選。

## 三、 研究工具及方法

### (一) 模式介紹與資料來源

#### 1. WRF模式各項參數介紹

WRF模式是一個完全可壓縮非撈模式，控制方程組都寫為通量(係指單位面積過之量)形式。可成為改進從小尺度到綜觀尺度等不同尺度重要天氣特徵預報精確度的工具。為了滿足實際天氣的需要，必須要有一套物理參數法，如積雲參數、輻射參數、邊界層參數化及對流參數化等氣象參數，方能應用於理想個案模擬、參數化研究及颱風模擬等。使用統一化之控制介面，以便插入個別模組(如圖3-1)圖中顯示各個輔助程式的順序及資料流向，並可採用使用者介面選單來改變模擬區域及模式參數，此外使用平行化之程式介面，在分工計算時效率較佳，時間積分方面則使用3階之Runge-Kutta (RK3)時間積分法，線性方程式為三階亦較MM5二階(leapfrog)精確。使用模組設計標準化語言(如採用F90及結構平行化)有更為先進的數值計算和資料同化技術、多重移動網格以及更為完善的物理及微物理過程(尤其是對流和中尺度降水過程)。模式中可同時存在兩個解析度較高的模擬區域(domain)，但模擬區域間僅容許同時存在，不能部份交集(如圖3-2)，為該軟體之限制。常使用的網格解析度比例通常為3:1，即內層區域為外層區域解析度的3倍，如45、15、5公里。而在移動系統的模擬上(如颱風及鋒面系統等)，可將其設定為隨著系統移動的模擬區域，使模擬時可以專注於移動系統的細部變化及其變化情況。而在WRF模擬流程中，主要物理過程計有下述5項：

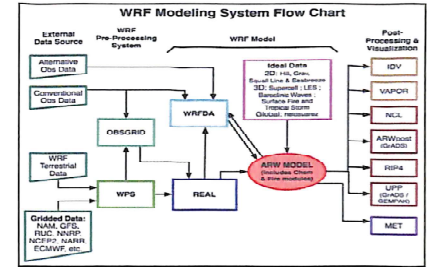


圖 3-1 WRF 模擬流程圖。資料來源：Wang et al., 2012。

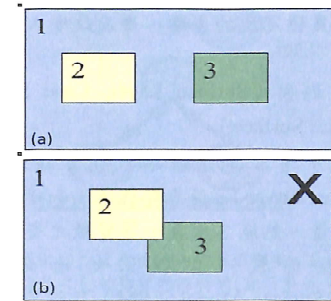


圖 3-2 (a)兩個內層模擬區域位於同一外層模擬區域中 (b)區域2與3部份交集，此為模式中不允許之方式。資料來源：Skamarock et al., 2008。

### (1)微物理方面 (Microphysics)：

微物理部分主要是處理水氣、雲及降水等水分子各種相位轉變過程(濕過程)。在WRF中，微物理過程是在每個演算過中最後才處理，以微調整個模式，確保溫度與水氣的平衡，因此並沒有考慮時間趨勢。而微物理過程中，最重要的過程即為混合相(mixed-phase)過程，主要是由於冰與水的交互作用而產生，如上升運動所產生的霰(graupel、或稱軟雹)或雹，因此在第三層網格中，當其解析度小於10km時，網格內的上昇運動可被模式所解析。

### (2)積雲參數化 (Cumulus Parameterization)：

為處理次網格尺度中(小於網格解析度)，模式網格所無法解析的雲之上升及下降運動對濕度、動量及熱量等變數的影響，可

用於對流降水之計算。但該參數化是代表次網格式度下的雲物理過程，常使用在大於10公里解析度的網格式。

(3)行星邊界層 (Planetary Boundary Layer):

主要在處理因大氣中渦流傳送所造成的垂直方向小尺度通量，其中表面通量是由表面層及地面過程所提供。可提供整個氣柱的溫度、水氣及水平動量之時間趨勢。在該邊界層演算過程中，大部分的方法皆考慮乾混合(即考慮乾空氣)的過程，但也可考慮水氣飽和對垂直穩定度的影響，進而改變大氣的混合過程。

(4)地表過程 (Surface Layer, Land Surface, Urban Surface):

可分為三部分，第一部分為地面層 (Surface Layer)，用來處理地面和邊界層之間的動量、熱能、水氣...等變數之交換作用及摩擦係數，以提供給地面模式 (Land-Surface Model, LSM) 及行星邊界層過程使用，模式中並不提供時間趨勢，僅提供與大氣穩定度相關之資訊；第二部分是地面模式，利用地面層所提供的大氣資訊、輻射參數化所提供的輻射強迫作用 (radiative forcing)、微物理及對流參數化所提供的降雨強迫作用 (precipitation forcing)，配合陸地相關參數及地表特性，處理地表、大氣和土壤間的交互作用，以求得地表溫度、土壤溫度及植被等資訊。此模式僅為一維之模式，與周圍之網格式度不會互相影響；第三部分為都市表面 (Urban Surface) 過程，會估算建築物屋頂、牆壁及路面之溫度與熱通量，並計算都市表面與大氣間的動能交換，對邊界層過程相當重要。

(5) 輻射 (Longwave Radiation, Shortwave Radiation):

如長波輻射包括紅外及熱輻射，主要受地表及大氣的吸收及發射作用影響；短波輻射則是來自於太陽光，主要受到地表及大氣

的吸收、反射與散射作用之影響。在輻射模式中，每一個網格式度皆獨立進行計算(一維模式)，其計算結果與模式預報之雲及水氣分布、二氧化碳及臭氧濃度有密切關係。

進行 WRF 模式模擬之前，必須先進行 WPS(WRF preprocessing System)程序，WPS 即為資料的前處理系統，WPS的工作包含產生地形和地圖資訊以及將觀測資料內插至 WRF模式的網格式度等處理過程，產生模式初始場，之後再由 WRF 進行模擬，如圖 3-3。WRF 模式輸出的結果可利用 GrADS、NCL 等繪圖軟體繪製成各種氣象分析圖，以進行分析與討論。

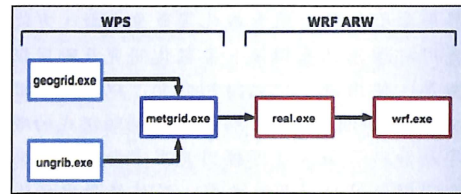


圖 3-3 WPS 與 WRF ARW 流程圖。資料來源：Skamarock et al., 2008。

2. 模擬參數資料來源

本研究使用之初始場和側邊界條件均採用 NECP(National Center For Environmental Prediction; 美國國家環境與預報中心)/FNL 全球分析場資料，空間解析度為 1° x 1°，時間間隔為 6 小時一筆，垂直解析度為 26 層，其資料包含高度場、溫度場、風場等氣象參數資料，作為本研究中 WRF 模式之初始場。颱風最佳路徑資料來源為中央氣象局之實際觀測定位路徑，模擬時間為 2014 年 9 月 20 日 00 UTC 至 9 月 22 日 00 UTC 共 48 小時，每日均有 00UTC、06UTC、12UTC 及 18UTC 四個時間之模式產品。

(二) 各項氣象參數

1. 模式設定

本研究使用 WRF 數值模式作為研究工

具，版本為 V3.3.1 版，初始場及邊界場使用 NCEP 全球模式分析資料進行分析模擬，模擬時間自 2014 年 9 月 20 日 00 UTC 至 9 月 22 日 00 UTC 時，模擬期間共 48 小時，積分步長設定為每 120 秒積分一次。

(1) 巢狀網格式度

本實驗網格式度設定為 3 層巢狀網格式度 (圖 3-4)，降尺度比率設定為 3，3 層巢狀水平網格式度分別為外層粗網格式度 Domain1 (D1) 解析度 27 公里、中層網格式度 Domain2 (D2) 解析度 9 公里、內層細網格式度 Domain3 (D3) 因考量為模擬臺灣區降水及地形刪減，解析度 3 公里，投影法選用藍伯特投影法，投影中心位在北緯 22 度，東經 121 度，並啟用 two-way nesting。

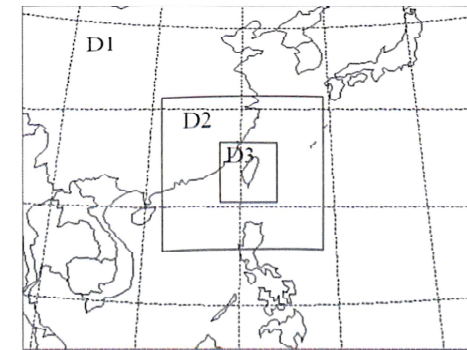


圖 3-4 模式模擬之 3 層巢狀網格式度。

(2) 模式參數設定

雲微物理過程為 WSM3 (WRF Single-Moment 5-class) 單矩 3 相水粒子方案，該方案來自於舊的 NCEP3 方案的修正，包括冰的沉降和冰相的參數化。此參數化設定之水相粒子形態為包含水氣 (Qv)、雲水 (Qc) 或雲冰 (Qi)、雨 (Qr) 或雪 (Qs) 等 5 種簡易冷雲過程。在這種被稱為是簡單的冰方案裡面，雲水和雲冰被作為同一類來計算。即當溫度低於或等於凝結點時雲冰存

在，否則雲水存在，而並未轉化成冰電，如圖 3-5。本研究雲微物理設 WAM3；積雲參數法在 D1 及 D2 使用 KF (Kain-Fritsch) 方案，最內層 D3 網格式度則沒有使用積雲參數化設定；邊界層參數法採用 YSU (Yonsei University) 邊界層參數法，長波輻射參數法採用 RRTM 方案，參數設定如表 3-1。

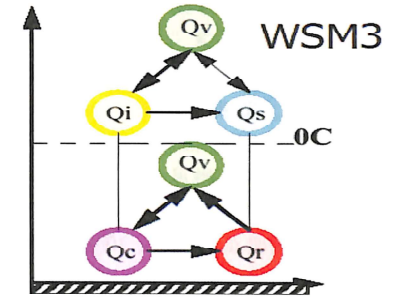


圖 3-5 WSM3 方案雲微物理過程流程圖，箭頭代表各相位之間的物理過程轉變(資料來源：Hong, Dudhia and Chen 2004)。

2. 參數設定

(1) 地形參數設定

本研究針對臺灣地形設定解析度為 3 公里。

(2) 雲微物理參數設定

此外，雲微物理過程對於鳳凰颱風侵臺期間降水及路徑之解析能力，擬採取 WSM3 方案，微物理參數法包含水氣 (Qv)、雨 (Qr)、雪 (Qs)、雲冰 (Qi)、雲水 (Qc) 及冰電 (Qg) 等 6 種水象粒子存在。

本研究藉由 WRF 模擬鳳凰颱風侵臺時強度結構、路徑及降水等特性分析，及是否出現共伴效應。

表 3-1 物理參數法組合設定

控制組	邊界層參數	雲微物理參數	積雲參數	長波輻射參數
CTL	YSU	WSM3	KF	RRTM

### 四、個案介紹及討論與分析

#### (一) 選擇個案條件

本研究針對秋季侵襲臺灣颱風與東北季風共伴現象進行探討。選取各案條件係參考中央氣象局定義，凡因颱風影響，氣象局臺灣島內平地測站之 10 分鐘平均最大風力有達 7 級風 (13.9m/s) 或陣風達到 11 級 (28.5m/s)，該颱風則算「侵臺颱風」(已符合一地因颱風風力到達放假條件之標準); 另外亦考慮上述「定義」中之颱風中心離岸 200KM 以內及其外圍環流作為一附帶標準。而參考氣象局之颱風路徑分類，共有 1-9 類。在以 (1) 發生時間最近(2) 有共伴效應條件下，(2) 範圍在 18°N 至 30°N，東經 116°E 至 128°E (3) 颱風環流或外圍環流(依據中央氣象局之定義七級風暴風半徑大約是以颱風密雲帶環流至中心算起。)直接或間接影響臺灣(4)臺灣本島於臺灣期間或其外圍環流影響，單一雨量站 24 小時累積雨量超過 200 毫米之條件限制下，本文選擇發生於 2014 年鳳凰颱風為例為有共伴效應之颱風。

#### (二) 鳳凰颱風個案分析

鳳凰颱風於 9 月 18 日 2 時在菲律賓東海面形成，中央氣象局於 9 月 19 日 8 時 30 分發佈海上颱風警報。12 時中心登陸呂宋島北北東方，20 時 30 分，颱風中心由呂宋島北北西方出海後，中央氣象局亦同時發佈陸上颱風警報，但鳳凰颱風離開菲律賓陸地後，凌晨 2 時到 6 時在巴士海峽一度停留，幾乎原地打轉，6、7 時的移動速度約只有 10 公里。主要是在颱風缺乏明顯導引氣流。至 20 日清晨，太平洋高壓勢力略為東退，鳳凰颱風緩慢往北且路徑略為偏東。(概況表如表 4-1、路徑圖如圖 4-1、衛星雲圖如圖 4-2、700hPa 天氣圖如圖 4-3、總雨量圖如圖 4-4、逐日雨量分布圖如圖 4-5 及颱風侵襲期間行經路徑與降雨分布)。

表 4-1 2014 年鳳凰颱風警報概況表(資料來源:中央氣象局)

中央氣象局颱風警報公告表	
名稱	鳳凰 (FUNG-WONG)
編號	201416
生成地點	菲律賓東方海面
生成時間	2014-09-18 02:00:00 陸上: 2014-09-19 08:30:00
消散時間	陸上: 2014-09-22 07:30:00 海上: 2014-09-22 08:30:00
登陸地點	25
最大風速	輕度
近中心最大風速	25 (公尺/秒)
最低氣壓	1008
最低氣壓	二級
影響地區	菲律賓 二級
說明	本報所刊各種氣象警報，自 21 日 0 時起其中心、外圍環流、二級風力之東、山東南部沿海發生移動，當日 22 時在巴士海峽三級，中心進入北部海面發生移動。
災情	無有災情，無人死亡。

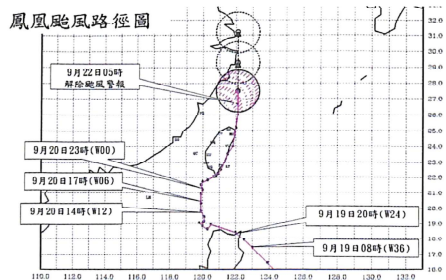


圖 4-1 2014 年鳳凰颱風路徑圖(資料來源:中央氣象局)。

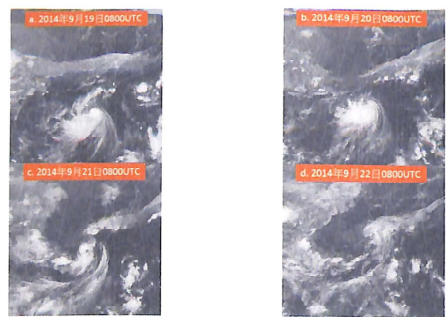


圖 4-2 鳳凰颱風紅外線衛星雲圖(資料來源:中央氣象局)。

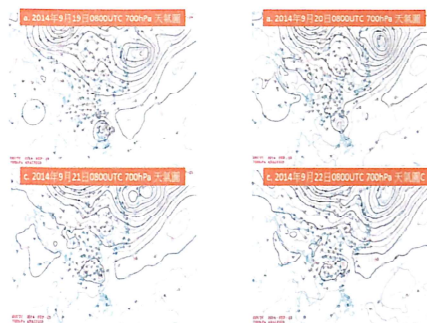


圖 4-3 700hPa 天氣圖(資料來源:中央氣象局)。

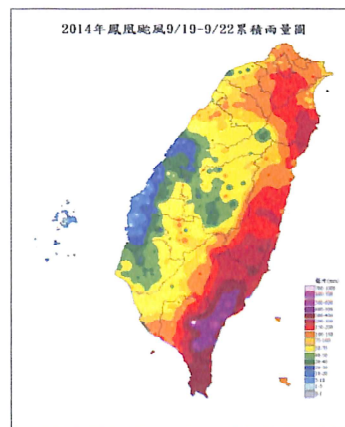


圖 4-4 鳳凰颱風 9 月 21 至 22 日總累積雨量圖(資料來源:中央氣象局)。

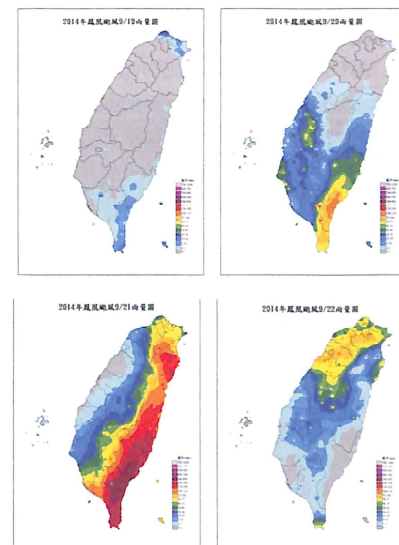


圖 4-5 鳳凰颱風 9 月 19 至 22 日逐日累積雨量圖(資料來源:中央氣象局)。

#### 1. 颱風路徑分析

由 WRF 模擬各空層 925hPa-700hPa 顯示 (圖 4-6-圖 4-8)，模式模擬之初始位置之 6 小時後，較實際位置略為偏西南，模擬後 12 小時 (19 日 20 時前)，路徑偏北北東(但緩慢往北移動); 模擬 12 小時至 24 小時後，路徑則明顯轉為向東北至北方向移動，模式反演颱風中心與實際觀測位置大致相同，但鳳凰颱風環流接近恆春半島時，路徑先向南偏則後轉為北行進，12 小時後，登陸前之偏折顯然是臺灣地形所影響，登陸後再轉北北東方移動，研判主要應受太平洋高壓駛流場及臺灣中央山脈地形所影響。根據 Hsu et al. (2013)、Fovell and Su (2007) 及 Fovell et al. (2009) 等人研究指出對流潛熱釋放會改變局部位渦增加，影響颱風移動路徑。由於本個案在臺灣中南部東側山區有較強之降雨，該區域有最強之潛熱釋放作用，因此初步推測該路徑可能是受到颱風中心南側較強降雨

之潛熱釋放所影響，詳細過程需再進一步分析，本文並無深入討論。

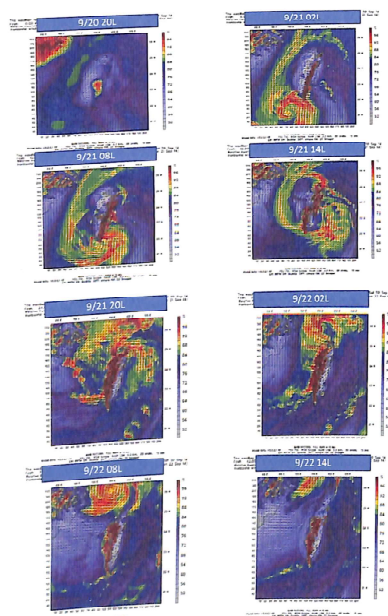


圖 4-6 925hPa WRF 模擬預測圖(初始場為 9 月 20 日 20 時，模擬時間為 9 月 20 時至 9 月 22 日 14 時)。

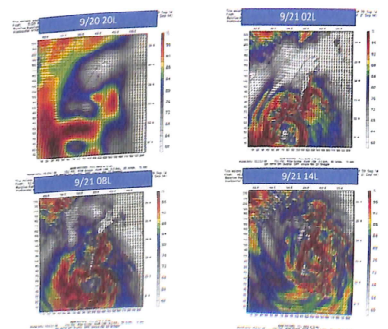


圖 4-7 850hPa WRF 模擬預測圖(初始場為 9 月 20 日 20 時，模擬時間為 9 月 20 時至 9 月 22 日 14 時)。

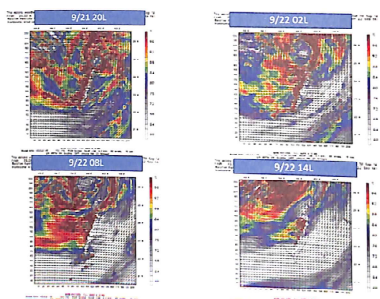


圖 4-7 續。

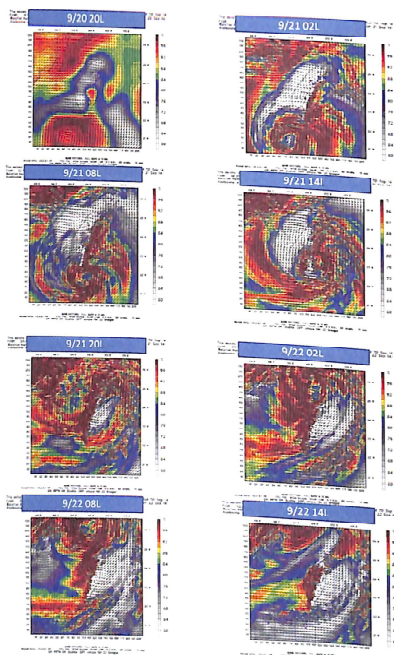


圖 4-8 700hPa WRF 模擬預測圖(初始場為 9 月 20 日 20 時，模擬時間為 9 月 20 時至 9 月 22 日 14 時)。

### 2. 颱風強度分析

模擬鳳凰颱風中心初期氣壓皆較觀測值為高(如圖 4-9)，但進入模擬後，颱風中心氣

壓明顯下降，於 6 小時後(21 日 02 時)颱風強度已接近觀測值，登陸前中心氣壓均略低於觀測值，登陸後颱風強度明顯減弱，顯示地形對颱風強度減弱之影響。在颱風中心離陸進入臺灣海峽後，有地形實驗之強度有略為增強，推測為颱風中心進入海峽後，下墊面水氣供應，使其颱風結構得以重新組織，強度增強。

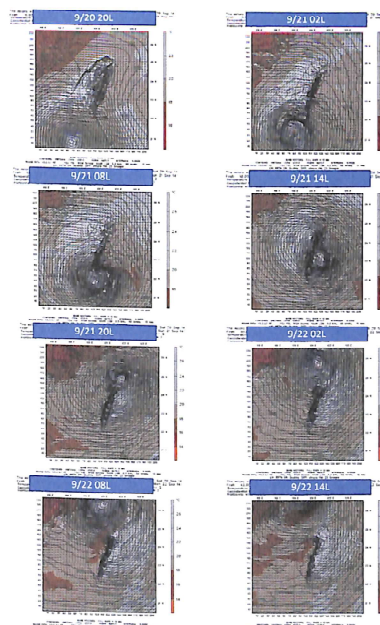


圖 4-9 850-700hPa 平均高度場 WRF 模擬預測圖(初始場為 9 月 20 日 20 時，模擬時間為 9 月 20 時至 9 月 22 日 14 時)。

### 3. 颱風降雨分析

模式模擬颱風侵襲期間 48 小時(2014 年 9 月 20 日 20 時至 22 日 14 時)之累積雨量(圖 4-10)顯示，最大累積雨量可區分為 3 個地區，分別為東南部、東部及東北部，該 3 個地區最大累積降雨均發生在山區地形

高處，乃因颱風環流與地形相互作用所造成，相較於觀測之累積雨量顯示，模擬之降雨分布位置大致有掌握，惟東北部較觀測值高估，研判原因為模擬北方冷高壓勢力較強且位置略為南壓，而東北部位於迎風面，受颱風環流與地形作用造成之舉升位置及強度差異所致。

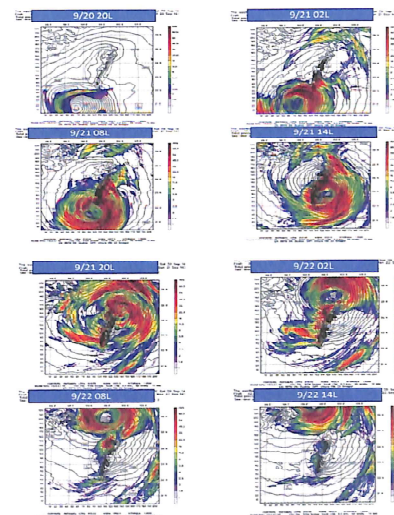


圖 4-10 WRF 模擬累積雨量預測圖(初始場為 9 月 20 日 20 時，模擬時間為 9 月 20 時至 9 月 22 日 14 時)。

### 4. 颱風結構分析

模擬結果顯示，鳳凰颱風登陸前颱風眼清晰可見，眼區範圍相當寬廣，颱風結構發展相當對稱；隨著颱風中心逐漸接近陸地，其眼牆有向內縮小，且颱風結構受地形影響開始變的不對稱；登陸期間，颱風眼已不可辨識，颱風形成相當不對稱之結構，尤其颱風中心東南側有一明顯之不對稱雨帶；當颱風中心沿者中央山脈北行時，颱風強度勉強維持輕颱風下限，移入東海時，颱風結構有重新組織現象，但颱風眼不甚明顯，颱風中心東南側有強降水雨帶，惟強度較登陸強前明

顯減弱。由上述分析可以清楚顯示，臺灣地形的存在，扮演了鳳凰颱風強度快速減弱及不對稱的結構形成，其中位於颱風中心不對稱雨帶的發展，更是造成臺灣地區強降水發生的主要原因。

## 五、結論

臺灣山脈高聳，且地形複雜，地形的存在不僅會影響颱風侵臺路徑偏移，移速改變，並會影響颱風內部之對流結構與風雨分布，增加颱風預報上的困難與不確定性。2014 年 9 月鳳凰颱風侵臺期間路徑變化莫測、不對稱雨帶的發展及其與地形之間相互作用，惟北方高壓勢力位置偏北，並未如預期出共伴效應。本研究利用中尺度數值天氣預報模式(WRF)進行鳳凰颱風侵臺期間之數值模擬，模擬探討侵臺期間颱風強度結構、路徑及降水變化等特性分析，以及臺灣地形所扮演之角色，模擬顯示之結果如后：

- (一) 鳳凰颱風路徑持續朝西北移行主要是受到綜觀環境 850-700hPa 深層平均駛流導引，颱風接近臺灣陸地前，因臺灣地形導致路徑有向南偏折之現象。
- (二) 在強度方面，颱風的結構受地形破壞而變的相當不對稱，也因此造成強度在登陸後快速的減弱，在離陸進入東海後，颱風結構有重組現象，強度也略有增強，但因隨後接近大陸地，強度又再度減弱。
- (三) 在降雨模擬部份，主要的強降水分布模式在模式模擬中有反映出來，由於鳳凰颱風本身颱風中心南側對流雨帶發展較為活躍，由巴士海峽北行經臺灣東部外海時，降雨量極大值位於臺東山區，後颱風北行至東部外海，臺灣地區降雨強度逐漸減弱，直至颱風進入東海，在東北部並未出現較明顯之雨勢且當時北方高壓勢力仍位於東海地區，位置偏北。

(四) 模式反應當該颱風離開臺灣進入東海後，沿者高壓駛流場持續北行，且風場輻合區亦位於冷暖空氣交會處，惟位置偏北。

綜合研究結果可以發現，臺灣地形對於鳳凰颱風不論是在颱風路徑、強度、及降雨分布均扮演相當重要關鍵的角色，而其中路徑的改變，更是直接造成颱風環流與地形之間相互作用程度，颱風環流與地形的配置，也決定了動力舉升的條件，亦是颱風降雨分佈位置的主要因素。

## 六、參考文獻

- 王時鼎(1970)，臺灣地區冬半年連續三至六天惡劣天氣型研究，氣象學報，16 期，18-31 頁。
- 艾寧靜(2012)，颱風與季風共伴之環境場之研究，中國文化大學，碩士論文。
- 林雨我(1989)，侵襲台灣颱風之降雨分佈研究，氣象學報，35 期 222-242 頁。
- 曲克恭、陳正改(1988)，琳恩颱風豪雨研究，大氣科學，16 期，253-261 頁。
- 俞川心、林國斌於與馮自成(1988)，秋颱對台灣北部風力與雨量之影響，氣象預報與分析，115 期，30-41 頁。
- 葉文欽(1977)，熱帶氣旋與極地高壓共伴環流對台灣天氣之影響，氣象預報與分析，70 期，30-39 頁。
- 洪景山、林得恩、簡芳菁、劉素屏、周仲島、林沛練、張文錦、繆璿如、陳致穎、雷銘中、(2006)，「WRF 模式之敏感度測試第一部分：探空測站上的校驗」，大氣科學第三十四期第三號。
- 吳乙昕(2012)，「凡那比颱風(2010)降雨機制

探討」，國立中央大學大氣物理研究所碩士論文。

- 周昆炫、黃柏智(2010)，「渦旋植入對不同降水物理參數法颱風路徑系集預報之影響研究」，大氣科學第三十八期第四號。
- 陸可揚(2014)，2013年蘇力颱風情境模擬分析之研究，中華科技大學，碩士論文。
- 羅雅尹(2002)、芭比絲颱風(1998)與東北季風共伴環流對台灣地區降水影響之數值模擬探討，臺灣大學大氣科學系、碩士論文、頁 68。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降(1998)，「百年侵台颱風路徑圖集及其應用」，中央氣象局。
- 簡芳菁、洪玉秀、毛正氣(2012)，「颱風預報精進技術研究及作業支援」，國立臺灣師範大學地球科學系。
- 中央氣象局(1978)，臺灣八十年來之颱風，台北，中央氣象局編行。
- Cheung, K.K.W., L.-R. Huang, and C.-S. Lee, (2008): Characteristics of rainfall during tropical cyclone periods in Taiwan. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 8, 1463 - 1474.
- Fovell, R. G., and H. Su, (2007): Impact of cloud microphysics on hurricane track forecasts. *Geophys. Res. Lett.*, 34, L24810, doi:10.1029/2007GL031723.
- Fovell, R. G., K. L. Corbosiero, and H. C. Kuo, (2009): Cloud Microphysics Impact on Hurricane Track as Revealed in Idealized Experiments. *J. Atmos. Sci.*, 66, 1764-1778.
- Grell, G. A., and D. Devenyi, (2002): A generalized approach to parameterizing

convection combining ensemble and data assimilation techniques. *Geophys. Res. Lett.*, 29, 1693.

- Hong, S.-Y., and H.-L. Pan, (1996): Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model. *Mon. Wea. Rev.*, 124, 2322 - 2339.
- Huang, C.-Y., Y.-H. Kuo, S.-Y. Chen, C.-T. Terng, F.-C. Chien, P.-L. Lin, M.-T. Kueh, S.-H. Chen, M.-J. Yang, C.-J. Wang, Anisetty S. K.A. V. Prasad Rao, (2010): Impact of GPS radio occultation data assimilation on regional weather predictions. *GPS Solutions*, 14, 35-49.
- Hsu, L.-H., H.-C. Kuo, and R. G. Fovell, (2013): On the geographic asymmetry of typhoon translation speed across the mountainous island of Taiwan. *J. Atmos. Sci.*, 70, 1006 - 1022.
- Janjic, Z. I., (1990): The step-mountain coordinate: physical package. *Mon. Wea. Rev.*, 118, 1429 - 1443.
- Janjic, Z. I., (1994): The step-mountain eta coordinate model: further developments of the convection, viscous sublayer and turbulence closure schemes, *Mon. Wea. Rev.*, 122, 927 - 945.
- Janjic, Z. I., (1996): The surface layer in the NCEP Eta model. eleventh conference on numerical weather prediction, Norfolk, VA, 19 - 23 August 1996; *Amer. Meteor. Soc.*, Boston, MA, 354 - 355.
- Janjic, Z. I., (2000): Comments on "Development and Evaluation of a Convection Scheme for Use in Climate

Models", *J. Atmos. Sci.*, 57, 3686.

Janjic, Z. I., (2002) : Nonsingular implementation of the Mellor-Yamada level 2.5 scheme in the NCEP meso model. NCEP Office Note No.437, 61 pp. Kain, J. S., and J. M. Fritsch, 1990: A one-dimensional entraining/detraining plume model and its application in convective parameterization. *J. Atmos. Sci.*, 47, 2784 - 2802.

Jian, G.-J., and C.-C. Wu, (2008) : A numerical study of the track deflection of supertyphoon Haitang (2005) prior to its landfall in Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, 136, 598-615.

Kain, J. S., and J. M. Fritsch, (1990) : A one-dimensional entraining/ detraining plume model and its application in convective parameterization, *J. Atmos. Sci.*, 47, 2784 - 2802.

Kain, J. S., and J. M. Fritsch, (1993) : Convective parameterization for mesoscale models: The Kain-Fritsch scheme, The representation of cumulus convection in numerical models, K.A. Emanuel and D.J. Raymond, Eds., *Amer. Meteor. Soc.*, 246 pp.

Wu, C.-C., (2001) : Numerical simulation of Typhoon Gladys (1994) and its interaction with Taiwan terrain using the GFDL hurricane model. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 1533 - 1549.

Wu, C.-C., and Y.-H. Kuo, (1999) : Typhoons

affecting Taiwan—Current understanding and future challenges. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 80, 67 - 80.

Yang, M.-J., D.-L. Zhang, and H.-L. Huang, (2008) : A modeling study of Typhoon Nari (2001) at landfall. Part I: Topographic effects. *J. Atmos. Sci.*, 65, 3095 - 3115.

## The Research on Characteristics of Routes and Rainfall by Typhoons to Taiwan-Case Study on Autumn Typhoons

Shi-Jun Wang<sup>1</sup> Horng-Yu Yang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Weather Wing of C.A.F., R.O.C

<sup>2</sup>Master Section of Civil Disaster Prevention and Management, China University of Science and Technology

### ABSTRACT

Typhoon is one of the severe weather systems also the great natural disaster that effect Taiwan. Because of high mountain chains and complex terrain that cause the typhoon's moving path deflect, intensity and moving speed change, effect the location of rain band's convective structure, also increase the difficulties and uncertainties while forecasting. According to the statistics, typhoon usually attacks Taiwan in summer, then in spring. In summer times, while a typhoon is approaching to Taiwan, its circulation acts with the environment's south-western flow and causes accompanied effect, which is a result caused by these two. In spring, the north-eastern flow acts with typhoon's outer circulation that causes the north and north-eastern area of Taiwan to evoke strong wind and heavy rains.

Using the Typhoon database analyzed typhoons that had caused co-movement effect during 1995-2014 in autumn period. The results show that while the co-movement effect appears, the High pressure in the north-western area of Taiwan, causes north-eastern flow, the wind speed increases because the outer circulation act with north-eastern flow and in the north-eastern mountain area where causes heavy rains by terrain-raised. In the above period of statistics, we found the moving path 5, 6 and 9 has high opportunities to cause accompanied effect.

While the positions of these 3 types are in the south-western area, north-eastern area and sea surface of east, will effect the precipitation in northern and eastern Taiwan the most. Besides, according to WRF, the precipitation is effected not only by reactions between circulation and north-eastern flow, but also its circulation and terrain-raised.

We uses WRF model to numerical imitate the Typhoon Fung-Wong while attracting Taiwan in September 2014. By different models designed to investigate its intensity, structure, moving path, participation and the reaction with terrain. The result shows that, when FUNG-WONG approached to Taiwan, the moving path had turned to east because of terrain; but when we remove terrain, the east-turned phenomena disappeared. In the aspect of intensity, FUNG-WONG's structure was destroyed by terrain, so its circulation wasn't obvious. When it moved into East China Sea, its structure had recomposed and the intensity had increased.

Be raining to imitate to partially suggest, Phoenix typhoon 3 and 4 quadrant convection rain bring to develop more active, make inroads into Taiwan north to go the timely rain to bring to still

distribute in the typhoon center 2 and 4 quadrants, the rain's bringing is raised by geography to rise to add to ride the effect after sea surface got into Taiwanese land and cause mountain area's stirring up the prosperous convection development.

**Keywords: typhoon, co-movement effect, microphysical Parameterization, Weather Research and Forecasting model (WRF)**