

系集模式颱風定量降水：個案研究

曹嘉宏、洪景山
中央氣象局氣象資訊中心

摘要

系集模式颱風定量降水預報法(Ensemble Typhoon Quantitative Precipitation Forecast, ETQPF)是使用系集模式的雨量預報結果為基準,搭配一組颱風路徑預報以及颱風相關氣象參數作為篩選條件,找出模式颱風中心位置在預報路徑附近,同時模式颱風降水結構與真實颱風相近的個案,重新組合成一組颱風降雨預報。此方法保留了氣候法中颱風環流與地形降水高度相關的優點,並使用系集模式資料取代歷史個案,解決氣候法中個案不足的問題。此外,因系集模式為準即時預報,比歷史個案更能掌握即時綜觀天氣條件,所以此法比一般氣候法更有機會可以處理像共伴效應等颱風與綜觀環境交互作用所產生的降水。

本篇研究使用系集模式颱風定量降水預報法、氣候法、決定性模式預報等三種方法,針對2010年凡那比颱風與梅姬颱風進行校驗比對。在氣候法、決定性模式預報與ETQPF預報法的比較中顯示,使用ETQPF預報法所計算的降水預報結果,不論在降水空間分布或者降水強度皆與觀測資料十分接近,且ETQPF預報法對於梅姬颱風與東北季風所引發的共伴效應所產生的降水預報結果與實際觀測結果十分吻合。

ETQPF預報法主要誤差來源為模式預報降水系統性誤差、颱風預報路徑誤差以及雨量統計方法。因ETQPF預報法所使用的資料為模式預報結果,當模式預報降水有系統性誤差時,預報誤差也會反應在ETQPF預報法的預報結果。颱風警報期間並無未來颱風路徑,僅能參考官方預報路徑。但預報畢竟會有不準確,因此路徑預報誤差也將成為ETQPF預報法的誤差來源。目前ETQPF預報法所使用的雨量統計方法為系集平均,此方法卻會衍生出降雨極值的平滑化的問題。

一、前言

颱風是台灣每年夏季常見的天然災害,而颱風所帶來的豐沛雨量經常在台灣山區引發山洪暴發與大規模土石流以及沿海低窪地區淹水等災害,造成社會上嚴重的生命財產損失。因此,若能更準確的預報颱風降水,便能對可能發生災害的地區提出預警,提早啟動防災機制,以降低災害所造成的損失。

準確的颱風降水預報取決於颱風路徑預報與颱風降水結構預報。颱風路徑的快慢將決定颱風期間總降水量的大小,而路徑方向與颱風降水結構將會決定降水地區分布,尤其台灣地區地形複雜,降雨地區的分布便會更為敏感。過去王等(1986)與Chang et al. (1993)利用氣候法發展台灣地區颱風降雨預報方法,說明了只要能掌握颱風路徑就能得到台灣

地區降雨的空間分布。但此方法經常受限於過去颱風資料有限,且測站時空分布不均勻,能夠使用的個案相當有限。再者使用氣候法進行雨量預報時,無法顧及颱風環流與環境場的交互作用,例如共伴效應或者颱風過後引發的西南氣流所造成的豪大雨事件。

除了氣候法以外,模式預報也是估計颱風降雨的方法之一。模式預報可以提供密集且詳細的降雨資訊,陳等(2010)指出,使用質量場之bogus資料及relocation技術,搭配適當的資料同化策略與物理參數化法,可以改善颱風路徑誤差,進而改善颱風預報之能力。但模式颱風預報路徑誤差容易隨著預報時間增加而放大,導致其預報降水資訊失去參考性。

為了結合氣候法與模式預報兩種方法的優點並且彌補各自的缺點,于等(2009)提出使用統計-動力法估計颱風降雨,

在氣候法的架構中使用模式預報降水代替歷史個案，以改善氣候法的表現。但因僅使用單一模式而導致備選個案過少，當模式預報颱風路徑與主觀預報有明顯差異時，甚至會出現沒有模式個案可以使用的情況。因此氣象局提出系集模式颱風定量降水預報法(ETQPF)，使用系集模式預報結果代替單一模式預報結果，模式使用包含氣象局的作業區域模式和系集區域模式預報系統(李，2011)，以及台灣颱風洪水研究中心的颱風定量降雨數值模式系集預報實驗。

二、方法介紹

系集模式颱風定量降水預報法(Ensemble Typhoon Quantitative Precipitation Forecast, ETQPF)是建立在李等(2009)的基礎上，使用系集模式的雨量預報結果為基準，搭配一組颱風路徑預報以及颱風相關氣象參數作為篩選條件，找出模式颱風中心位置在預報路徑附近，同時模式颱風降水結構與真實颱風相近的個案，重新組合成一組颱風降雨預報。

本研究的氣象模式使用WRF模式，來源包含氣象局作業區域模式共3組模式輸出，每日進行4次預報；氣象局系集區域模式預報系統共20組模式輸出，每日進行2次預報；台灣颱風洪水研究中心數值模式系集預報實驗共11組模式輸出，每日進行4次預報。模式預報結果輸出之後，記錄每一組模式預報結果中，每3小時的颱風中心位置與對應的3小時累積降水，將此資料存進資料庫當成備選個案。以每日的00UTC舉例，資料庫中將會記錄34(模式來源) \times 24(3小時) \times 3(網格層)共2448組資料以供篩選，以颱風影響台灣的時間約為3天計算，一個颱風將會有20736組資料可供篩選。

個案篩選的方法分為路徑篩選以及氣象參數條件篩選。路徑篩選為找尋模式颱風中心落在路徑上的颱風中心周圍50 km以內的個案。經過路徑篩選後的個案，將透過氣象參數篩選除去颱風結構或者模式環境較不好的個案，最後剩下的個案將可以使用統計的方法來整理出預報降水資訊，本研究中使用系集平均計算預報降水。

為了避免路徑誤差所造成的影響，本研究中颱風路徑使用氣象局最佳路徑進行個案篩選，但因路徑誤差也是降雨預報誤差來源，故在部分實驗中使用氣象局官方預報路徑。

三、個案研究結果

圖一所示為凡那比颱風期間12小時累積雨量，由圖上可以明顯看出，使用氣候法所估計的降水明顯偏少，而且無法預報出台灣西南部的超大豪雨降水事件。使用ETQPF預報法所計算的降水預報結果，不論在降水空間分布或者降水強度皆與觀測資料十分接近。但在東部山區使用ETQPF預報法會得到過強的降水，在氣候法估計降水時在東部山區亦有較強降水，顯示在此颱風路徑下有機會在台灣東部山區造成較大的降水。

在不同的模式設定下，決定性模式預報是有機會可以得到與觀測十分接近的結果(圖二D)，但也有可能出現降水空間分布完全不一樣的預報結果(圖二C)。使用ETQPF法可以整合各種模式的預報結果，排除決定性預報中颱風路徑偏離較遠的個案，使預報降水更接近實際降水。

在過去使用氣候法進行颱風降水預報時，皆無法考慮颱風與環境流場的交互作用。例如2010年梅姬颱風，因颱風環流與東北季風所形成的共伴效應，在宜蘭地區造成強降水(圖三)。使用氣候法進行梅姬颱風降雨估算時，會因颱風位置距離台灣很遠，以至於選出來的個案皆不會在台灣有任何降水。但若使用ETQPF預報法，則可以掌握共伴效應所造成的強降水事件。

當模式預報的颱風路徑誤差較小的時候，模式預報中的颱風環流與台灣地形所產生的降水有較高的預報能力(如圖二D)。因此，使用ETQPF預報法對於預報降水的空間分布與降雨量皆有很好的表現。但模式仍非真實，因此模式對於降水的系統性誤差將會成為ETQPF預報法的誤差來源。此外，在颱風警報期間無法得到未來颱風真實路徑，此時氣象局官方預報路徑是可信度最高的颱風路徑預報。但預報畢竟會有不準確，因此路徑預報誤差也將成為ETQPF預報法進行颱風降水預報的誤差來源。

圖四、五分別表示ETQPF預報法在凡那比颱風與梅姬颱風，使用觀測之颱風路徑所得之全省平均的定量降水預報誤差。在凡那比颱風個案中顯示最大誤差發生在颱風登陸的期間，其中山區的降水誤差明顯大過平地的降水誤差，且山區降水的平均誤差皆顯示在山區有過多的降水，而平地則是降水偏少，同樣的情況亦發生於梅姬颱風個案。比較圖二(A)、(B)可以發現，WRF模式在山區迎風面上的降水事件並非發生在山前，而是發生在山頂上，因此導致山區降水過多

的問題。此外，凡那比個案中的平地平均誤差大約為 20mm，但均方根誤差卻可達到 70mm，顯示使用 ETQPF 預報法所預報的降水有位置偏移的現象。

除了模式處理地形降水所造成的誤差以外，預報路徑的誤差也會是 ETQPF 預報法在實際應用上的誤差來源。當預報路徑有明顯誤差時，ETQPF 預報法中所塞選的個案也會離真實颱風路徑越遠，則此時所統計出來的降水預報結果也將會與實際降水差異較大。圖六為 ETQPF 預報法使用不同時間的官方預報路徑所計算的降雨結果。圖上顯示預報路徑隨著時間越來越靠近最佳路徑，而預報路徑誤差的減小也使得降水預報結果更接近實際觀測結果(圖三 A)。

四、結論與未來展望

相較於決定性模式預報或者氣候法，使用系集模式颱風定量降水預報法的降雨分布近似實際觀測，降雨極值也與實際觀測相近。但實際應用上，ETQPF 預報法的預報結果還是會受到模式預報的表現以及預報路徑的誤差所影響，其中預報路徑的誤差影響相當顯著，會直接影響降雨分布的位置。

ETQPF 預報法極度仰賴大量模式預報產品，目前雖有 34 個不同設定的 WRF 模式產品，但還是會有颱風路徑離散度不足的問題。故若能有更多的模式資料來源，則可以提供 ETQPF 預報法更多的個案可以選擇。

目前 ETQPF 預報法所使用的雨量統計方法僅為最簡單的系集平均，此方法雖然方便計算，但卻會衍生出降雨極值的平滑化的問題。因此，更好的統計方法將會是改善 ETQPF 預報法的重大議題。

參考文獻

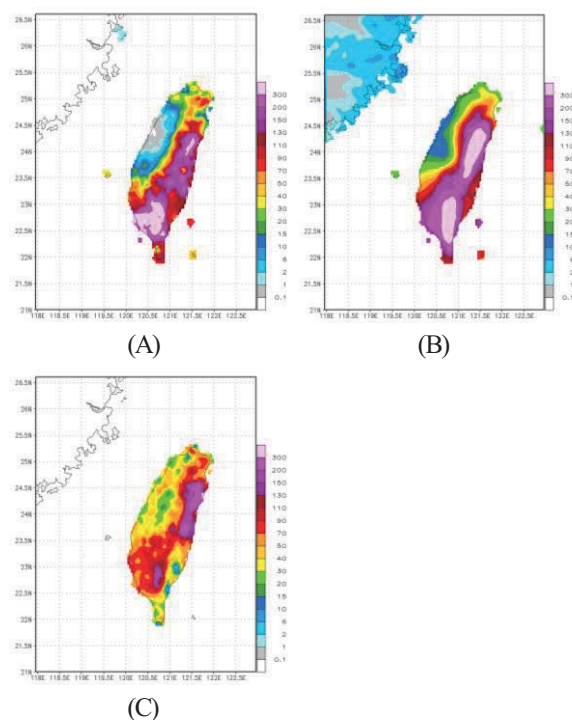
王時鼎、嚴清連、陳泰然、謝信良，1986：台灣颱風降雨特性及期預報研究(三)。國科會防災科技研究報告 74-51 號，57-90。

于宜強、張智昇、李宗融、陳永明、林李耀、鳳雷，2009：颱風預警期間利用統計-動力法估計颱風降雨。2009 天氣分析與預報研討會彙編，14-17。

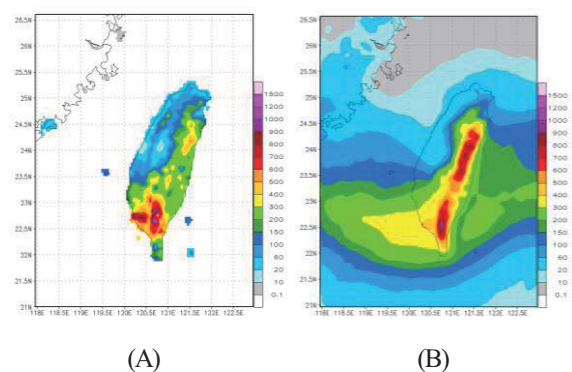
陳德公、蕭玲鳳、黃康寧、鄭銘華、葉天降，2010：中央氣象局 WRF 模式颱風預則能力之改進及測試。2010 天氣分析與預報研討會彙編，107-108。

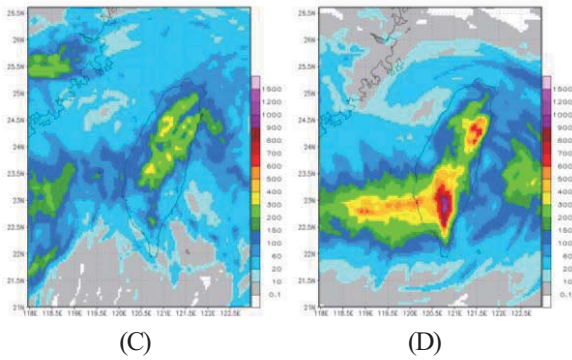
李志昕、洪景山，2011：區域系集預報系統研究：物理參數化擾動。大氣科學，39，95-116。

Chang C.-P., T.-C. The, and J. M. Chen, 1993: Effects of terrain on the surface structure of typhoons over Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 734-752.

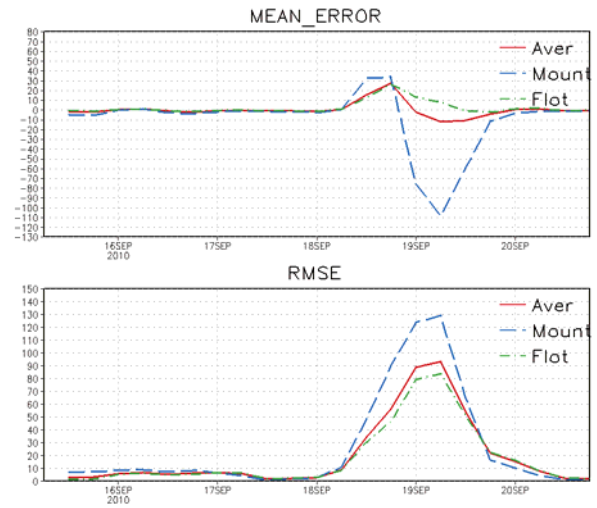


圖一 凡那比颱風期間12小時累積雨量，時間為2010年9月19日00 UTC至19日12 UTC。(A)觀測資料，(B) ETQPF預報法，(C)氣候法。颱風路徑使用9月18日00 UTC氣象局官方預報路徑。

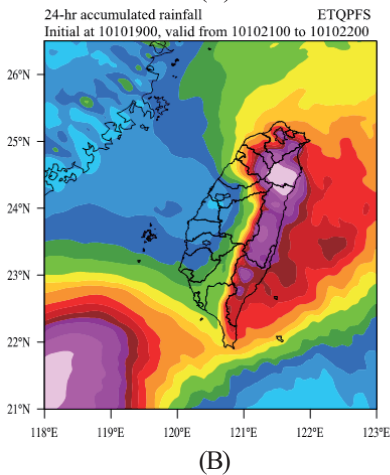
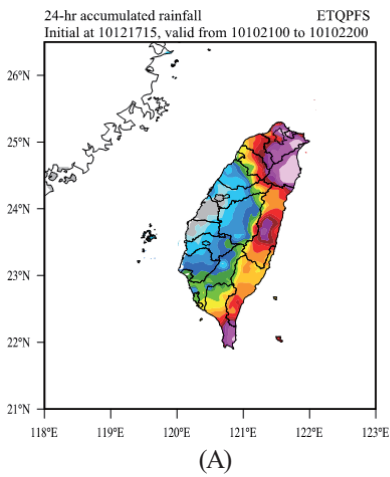




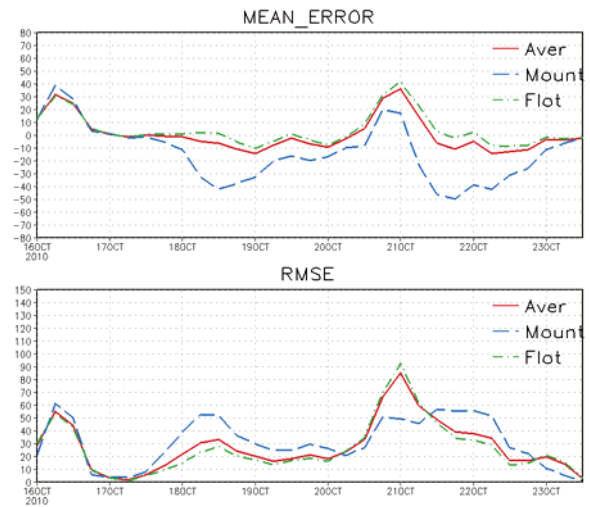
圖二 凡那比颱風期間48小時累積雨量，時間為2010年9月18日12 UTC至20日12 UTC。(A)觀測資料，(B) ETQPF預報法，颱風路徑使用氣象局最佳路徑。(C)氣象局作業區域模式(M00)，解析度5公里，初始時間為2010年9月18日06 UTC，(D)氣象局作業區域模式(M01)，其餘同(C)。



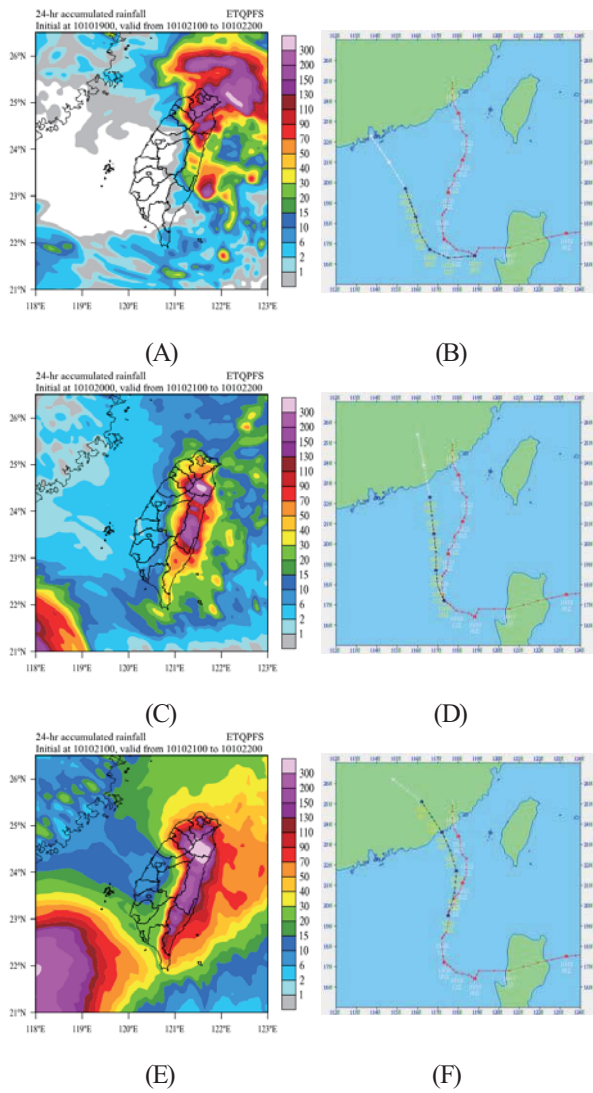
圖四 凡那比颱風期間，ETQPF預報法的平均誤差與均方根誤差，時間為2010年9月15日06 UTC至20日00 UTC，颱風路徑使用氣象局最佳路徑。Aver (實線)：計算範圍為台灣全島；Mount (長虛線)：僅計算海拔高度超過1000公尺的地區；Flot (短虛線)：僅計算海拔高度低於1000公尺的地區。平均誤差為觀測值減去預報值。



圖三 梅姬颱風期間24小時累積雨量，時間為2010年10月21日00 UTC至22日00 UTC。(A)觀測資料，(B) ETQPF預報法，颱風路徑使用氣象局最佳路徑。



圖五 同圖四，但為梅姬颱風個案，時間為2010年10月16日00 UTC至23日00 UTC。



圖六 梅姬颱風期間24小時累積雨量，累積時間為2010年10月21日00 UTC至22日00 UTC。(A)、(C)、(E)為分別使用(B)、(D)、(F)為颱風路徑的ETQPF預報去降雨預報結果。(B)氣象局官方預報路徑，預報時間為10月19日00 UCT。(D)同(B)，預報時間為10月20日00 UCT。(E)同(B)，預報時間為10月21日00 UCT。