

颱風與東北季風交互作用產生豪雨之分析與模擬 —琳恩颱風個案分析

李清勝 羅英哲

國立台灣大學 大氣科學研究所

摘要

本研究之目的在針對與東北季風共伴導致豪雨之颱風個案，分析其氣候特性與綜觀特徵，並利用 MM5 模擬、分析颱風侵台過程，以探討導致豪雨之機制。分析結果顯示，在 1987~2000 年間，共有 6 個共伴侵台颱風個案；其中，琳恩颱風（1987 年）期間，當颱風中心尚距台灣北部 500 公里以上時，竹子湖單日降水量達 1135.5 mm，導致台北市民生社區和內湖地區之嚴重淹水。因此，本文針對琳恩進行模擬與分析，探討導致北部豪雨的過程和機制。分析和模擬結果皆顯示，當鋒面由北向南移動通過台灣北部時，竹子湖地區即有顯著降水出現，但最大降雨則發生在鋒面由南北退至台灣北部時，模擬結果同時顯示，北部地區之降水並非單純之地形舉升降水，其主要舉升機制，有低層颱風外圍環流與東北季風輻合的舉升作用，及中低層颱風外圍暖溼空氣沿冷空氣上升之傾斜舉升過程。

關鍵字：颱風、颱風豪雨、共伴效應、數值模擬

1、前言

秋季後東亞地區東北季風盛行，此季節之颱風（簡稱秋颱）移近台灣地區時，其具豐沛水汽的外圍環流可能與東北季風或斜壓系統，產生交互作用，而於台灣地區導致豪雨。過去的學者（王，1970；曲與陳，1998 及俞與馬，1991）曾針對秋颱進行統計與診斷分析，探討與東北季風共伴之

秋颱的路徑與綜觀環境特徵。本文首先根據綜觀環境和北部地區降水特性，分析 1987~2000 年間之秋颱，結果顯示，共有 6 個侵台颱風有顯著共伴效應。此類颱風之路徑可概分為二類，一為由東向西經巴士海峽，另一則為由台灣東方近海北上。第二類颱風所伴隨的降水，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，亦可能佔很大部份。至於第一類颱風，當其中心位置離台灣（尤其是台灣北部）尚遠時（距離在 400~500 公里以上），即可能因共伴效應而導致豪大雨。因此，本文針對 1987 年侵台而導致北市嚴重水患的琳恩颱風（Lynn），利用 MM5 模擬颱風侵台時與東北季風共伴之過程，並分析伴隨的中尺度現象，以增加對秋颱共伴降雨過程的了解。

2、琳恩颱風簡要分析

琳恩颱風是 1987 年於西北太平洋地區形成的第 23 個颱風，圖 1 顯示琳恩移至 130°E 以西時（或 10 月 22 日後）之 JTWC 最佳路徑。琳恩於 10 月 20 日 0000 UTC 達其最大強度（140 kt），21 日 0000 UTC 之後，強度稍微減弱，至 22 日 0000 UTC 時為 100 kt。23 日 0000 UTC~24 日 0000 UTC 間，強度維持 90 kt；之後強度再度穩定減弱，至 25 日（26 日）0000 UTC 時，強度僅為 65 kt（45 kt）。中央氣象局於 22 日 0800 UTC 針對琳恩颱風發布海上颱風警報，23 日 0200 UTC 發布海上陸上颱風警報；琳恩之暴風圈於 23 日 1200 UTC 掠過台灣南部。中央

氣象局於 10 月 27 日 0200 UTC 解除海上陸上颱風警報，系統則於 27 日 0600 UTC 減弱為熱帶性氣壓。

琳恩外圍環流影響台灣期間（10 月 23~26 日），陽明山竹子湖的累積雨量達到 1834 mm；其中 10 月 24 日的單日累積雨量達到 1136 mm。地面天氣圖（圖 2）顯示，鋒面於 10 月 23 日 0000 UTC 抵達台灣北部，23 日 1200UTC 時，鋒面稍微南移，但 24 日 0000 UTC 時鋒面則北退回到台灣北部。之後，鋒面在台灣北部滯留達 24 小時，25 日 1200 UTC 時，鋒面北退至台灣北部近海。分析測站時雨量資料顯示，23 日 0000 UTC 後，竹子湖雨量開始增強（圖 3 之灰線），至 1200 UTC 時，3 小時累積雨量達 80 mm 以上，且之後的 12 小時，3 小時雨量都維持在 60~80 mm 間。24 日 0000 UTC 時，3 小時累積雨量達 170 mm，且大都維持相當的雨量達 21 小時之久。

配合地面天氣圖鋒面位置之分析結果顯示，竹子湖開始有顯著降雨的時間（23 日 0000 UTC），正好是鋒面南移到達台灣北部的時間；而竹子湖 3 小時雨量達 170 mm 的時間（24 日 0000 UTC），正好是鋒面由南北退，回到台灣北部地區的時間。24 日 0000 UTC 之後接近 24 小時期間，鋒面在台灣北部滯留，而竹子湖 3 小時累積雨量都維持在 120 mm 以上；亦即，東北季風和颱風外圍環流共伴期間，當鋒面北退時，其導致之降雨量將顯著增加。就天氣分析觀點而言，鋒面北退乃因鋒面北方冷空氣減弱所致；若鋒面南方颱風外圍環流所帶來的暖濕空氣上滑至冷空氣之上，則可能形成顯著降雨。

3、數值模擬與分析

本研究使用 MM5 進行數值模擬，採四層巢狀網格，最內層網格間

距為 1.67 公里，範圍為 200 公里 × 200 公里（121 點 × 121 點），涵蓋台灣北部出現強降水區地區；第三層網格間距為 5 公里，範圍為 600 公里 × 450 公里（121 點 × 91 點），涵蓋台灣全島。外面兩層網格水平間距分別為 45 和 15 公里，涵蓋範圍為 5400 公里 × 5400 公里（121 點 × 121 點）和 2250 公里 × 2250 公里（151 點 × 151 點）；第三層網格涵蓋颱風即將侵台期間颱風中心與外圍環流。垂直方向使用 σ 座標，共有 23 層。物理過程方面，使用 Betts-Miller 積雲參數化（Betts and Miller, 1986）和 Simple Ice（Dudhia, 1989），邊界層則採用 Blackadar 高解析度邊界層參數化（Blackadar, 1979）。實驗中同時以 1 公里 × 1 公里的高解析度地形資料，內插至模式網格上，使模式中地形與實際地形較相符。模式使用 EC TOGA Basic 2.5° × 2.5° 之全球網格資料，作為初始資料與模擬時之側邊界資料；海溫使用 NCEP 的週平均全球海溫網格資料。此外，本研究利用 little_r 模組將台灣與大陸地區之探空資料植入初始場，並使用簡與李(2002)的颱風初始虛擬渦旋植入方法，重複兩次置換颱風渦旋；以得到較平衡且可能較合理的初始場。

模擬時採 1987 年 10 月 22 日 0000UTC 為模式出始時間，模擬 96 小時至 26 日 0000UTC；模擬結果顯示（圖 1），模擬之颱風路徑與觀測極為接近。模擬初期琳恩颱風向西移動，通過呂宋半島之後，則由向西轉為向西北移動，且其移速減慢；此路徑特徵在模式中皆有很好的掌握。圖 1 之右上方同時顯示觀測和模擬之 6 小時平均移速，及模式中系統中心位置誤差；結果顯示除了模擬前 36 小時模式系統移速偏快外，模擬後段的移速皆與觀測相當一致。此現象亦反應在颱風中心位置之模擬誤差上，在積

分 0 至 36 小時，模擬中心位置誤差因模式中偏快的速度而逐漸擴大，但隨後的誤差並未增加，反而有些微減少的趨勢，但誤差始終保持在 150 公里以內。意即，控制組實驗在積分 0 至 36 小時因為移速偏快，使模擬颱風中心位置有較大的誤差出現外，模擬颱風之移速與觀測相當接近。

比較模式所模擬的綜觀環境特徵和天氣圖結果顯示，模式對地面和 500hPa 主要天氣系統的強度和移速的模擬，雖有一些誤差，但整體而言均屬合理；例如，500hPa 太平洋高壓的導引氣流和位於日本海附近的槽線（圖未示），模式的表現皆不錯。地面天氣圖上，位於華北附近的冷高壓和台灣附近鋒面的大致位置，模式的掌握亦合理；然而，模式中位於台灣附近的鋒面位置則有少許差異，而這個小差異卻可能嚴重影響降雨模擬結果。

圖 4 顯示模式所模擬之第二層網格海平面氣壓場和近地面 ($\sigma=0.995$) 風場，圖中亦以虛線標示鋒面位置。結果顯示，在 24 日 0000 UTC~25 日 1200 UTC 期間，颱風持續朝西北方移動，逐漸移近台灣海峽南部；距颱風中心約 400~500 公里範圍內，主要為伴隨颱風之氣旋式環流，在圖中的西北方（或台灣之西北方），為盛行之東北季風，而偏東半部，則盛行偏南—東南風。值得注意的是位於台灣東方的鋒面位置，24 日 0000 UTC 時，鋒面西南端大致位於台灣北部，之後的 12 小時，台灣東北—東方的東北風顯著增強，使鋒面南移；至 24 日 1200 UTC 時，鋒面西南端位於台灣東南方近海。24 日 1200 UTC~25 日 0000 UTC，台灣東方的東北風稍減弱，且因颱風向西北方運動，使台灣東南方流場之南風分量增加，鋒面位置稍微北移。25 日 1200 UTC 時，鋒面北退至位於台灣北部。

分析模式中與竹子湖站最接近的

網格之降雨資料顯示（圖 3 中的黑線），當 23~24 日鋒面位於台灣北部時，竹子湖地區即有顯著降水，但 3 小時累積雨量介於 10~50 mm 間，且無連續兩次 3 小時雨量皆在 30 mm 以上。24 日 1200 UTC 鋒面南移至台灣東南方時，竹子湖的降水顯著減少；之後隨著鋒面北移，竹子湖雨量再度增加至 50 mm/3hr 左右。值得注意的是，當鋒面北移至台灣北部時，3 小時累積雨量由約 50 mm 顯著增加，至接近 150 mm，而 25 日 0900~1500 UTC 的 6 小時累積雨量約為 225 mm。此最大 3 小時雨量值與 24 日所觀測到的雨量值頗為接近。意即，模式中，當鋒面北移至台灣北部時，竹子湖測站的雨量顯著增加；板橋測站的降雨亦同樣有顯著增加的情形（圖 3）。之後，鋒面北移至台灣北方近海，竹子湖的雨量顯著減小。

比較觀測和模擬結果顯示，在颱風外圍環流和東北季風產生共伴的綜觀環境下，當鋒面由北向南移至台灣北部時，北部山區的雨量即顯著增加；若鋒面位置由台灣北部南移且未南移太遠時，北部山區的雨量仍維持相當的水準。若鋒面南移至台灣南端時，北部的降雨則顯著減少。再者，當鋒面北退至台灣北部且颱風外圍的偏南風增強時，北部山區的雨量將急速增加；若鋒面北退至台灣北方海面，則北部山區雨量急速減少。

分析結果同時顯示，強降水區一般出現在近地面風場輻合區，且伴隨有顯著的相當位溫梯度或可能的鋒生效應（圖未示）；然而，在第四層網格資料中，則顯示有相當豐富的中尺度特徵。由於本研究的鋒面位置稍有出入，因此暫不進行詳細之中尺度分析，留待以後有更好的模擬結果時才進行。進一步分析強對流區的氣塊後軌跡結果顯示，除颱風環流和東北季風共伴在台灣北部所造成的輻合舉升外，中低層颱風外圍環流所帶來的暖

濕空氣，受低層東北季風帶來之冷空氣的舉升，而沿等相當位溫面的傾斜上升，亦扮演相當重要的角色。最後，為瞭解地形的作用，另設計一個將台灣地形減半的對照組實驗，結果顯示，強降水區雖稍有偏移，但最大累積雨量反而增強；亦即地形舉升似乎不是主導降水的主要機制。

4. 結語

秋季盛行東北季風期間，當颱風移近台灣地區時，常產生共伴效應而導致局部地區的豪大雨；而一般的颱風降雨氣候模式 (Lee et al, 2004)，對這種豪大雨缺少預報能力。因此，有必要透過綜觀和中尺度診斷分析，以及數值模擬研究，瞭解導致豪大雨的環境特徵和中尺度物理過程。本研究針對 1987 年導致台北東區嚴重水患的琳恩颱風，模擬颱風侵台過程和中尺度特徵。

結果顯示，由於模式所模擬的颱風路徑和台灣附近的鋒面位置，有些許的誤差，導致北部竹子湖的雨量 and 觀測有相當的差異，(尤其是時間分佈)。然而，當仔細比較觀測和模擬結果時，則發現兩者具非常相似的特徵，亦即，台灣北部山區的極大量降雨，乃出現在鋒面由南向北退至台灣北部時。若此北退的鋒面在北部滯留時，強降水將持續；若鋒面北退至台灣北方近海，則雨量急速減小。然而，雖然本研究顯示此種一致性的因果關係，但目前僅為個案結果，仍需分析其他個案是否具相似之特徵。再者，有關強降水的中尺度過程，仍有待進一步分析。

5. 誌謝

感謝黃琬鈺小姐協助文書處理，本研究在國科會支助下完成。計畫編號 NSC 91-2625-Z-002-003。

參考文獻

- 王時鼎，1970：臺灣區域冬半年連續三至六天惡劣天氣型研究。氣象學報，16，18-31。
- 曲克恭與陳正政，1988：琳恩颱風豪雨研究。大氣科學，16，253-262。
- 俞川心與馬汝安，1991：春秋季颱風對本省風力與雨量影響之特徵研析。氣象預報與分析，128，13-28。
- 簡國基與李清勝，2002：楊希颱風(楊希，1990)侵台的數值模擬與分析。大氣科學，33。
- Betts, A. K. and M. J. Miller, 1986: A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, ATEX and arctic air-mass data sets. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112, 693-709
- Blackadar, A. K., 1979: High resolution models of planetary boundary layer. *Advances in Environmental Science and Engineering*, 1, No.1. Pfafflin and Ziegler, Eds., Gordon and Vriech Sci. Publ., New York, 50-58
- Dudhia, J., 1989: Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model. *J. Atmos. Sci.*, 46, 3077-3107.
- Lee, C. S., Huang, L. R., Shen, H. S., and Wang, S. T., 2004: A Climatology Model for Forecasting Typhoon Rainfall in Taiwan. (Submitted to *Natural Hazards*)

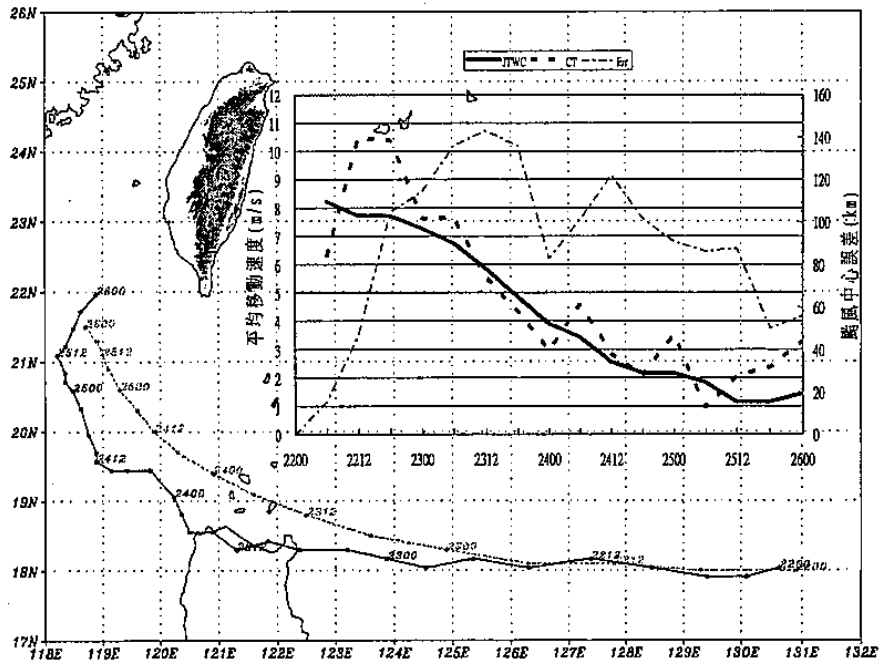


圖 1 琳恩颱風之觀測（實線）和模擬（點線）路徑圖（每六小時一點），圖右上顯示模擬中心位置之誤差（實線）及觀測（粗虛線）和模擬（點虛線）之 6 小時平均移速。

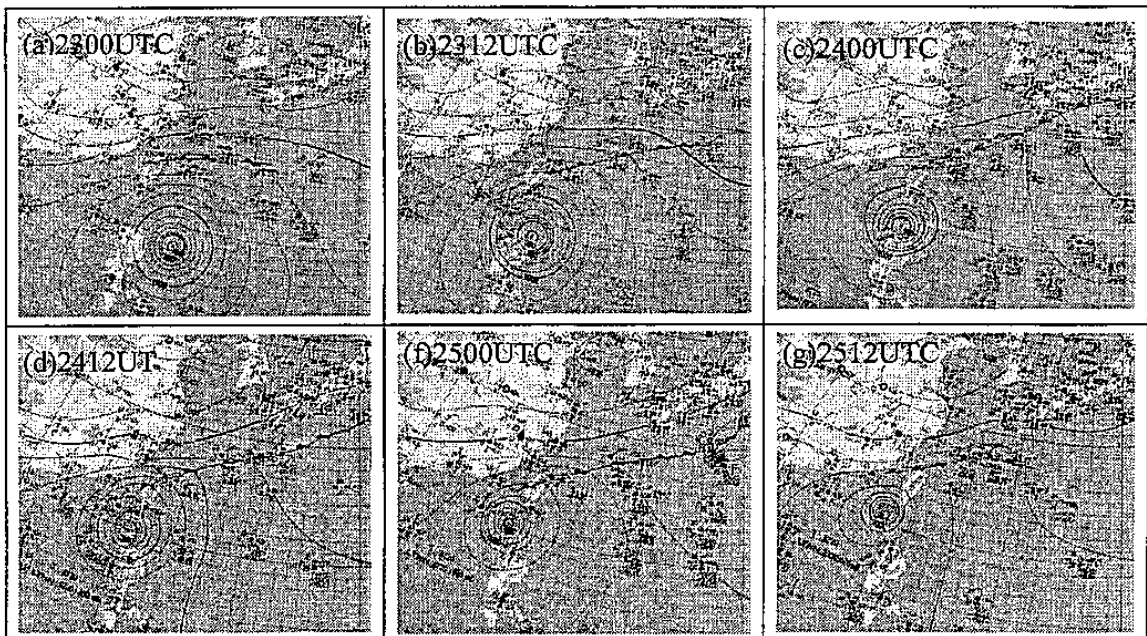


圖 2 日本氣象廳 (JMA) 之地面天氣圖，時間為 1987 年 10 月 23 日 0000 UTC~25 日 1200 UTC。

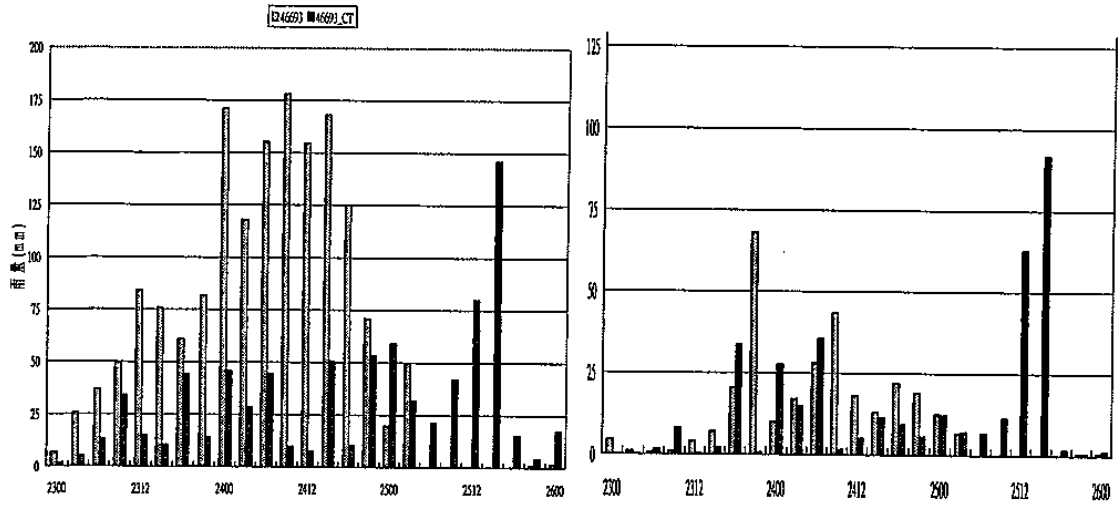


圖 3 竹子湖 (46693, 左圖) 和板橋 (46692, 右圖) 測站之每 3 小時累積雨量，灰色為觀測，黑色為模擬。

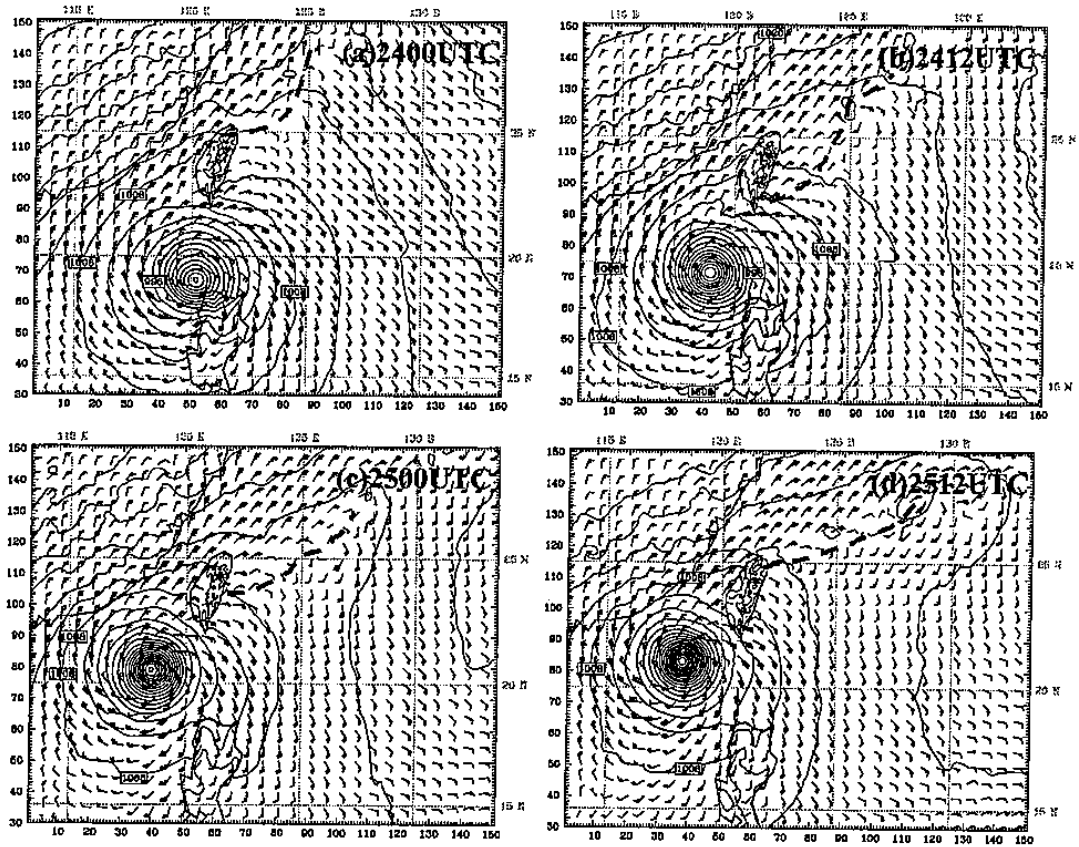


圖 4 模式所模擬之海平面氣壓與近地面 ($\sigma=0.995$) 風場，時間為 1987 年 10 月 24 日 0000 UTC~25 日 1200 UTC，粗虛線表示鋒面位置。