

初始場颱風位置及強度差異對模擬的影響

顏自雄¹ 張培臣²

¹ 空軍氣象聯隊氣象中心 ² 國軍氣象中心

摘 要

台灣地區所有氣象災害中，就以颱風的影響為最大。陡峭地形使台灣的河川短小而湍急，因此颱風侵襲所帶來的暴雨，每每在短時間內累積大量雨水；加以強風的破壞力，更造成山洪爆發、房屋傾倒、農作受損，甚至民眾生命、財產都遭受嚴重威脅。此外，颱風影響區域內的風力預報，也是各級地方政府決定是否上班的依據；預報錯誤所造成的決策誤差，又將使台灣經濟蒙受每日數億元的損失。

賀伯颱風（1996）是侵襲台灣的一個特殊颱風個案，除了台灣地形對於賀伯颱風路徑及強度的影響之外，其所伴隨的中尺度現象與大量降水的成因隱含有趣的颱風相關科學問題。本文使用 MM5 數值模式(The fifth-generation Pennsylvania State University and National Center for Atmosphere Research Mesoscale Model)進行模擬，當植入不同登陸位置、不同強度渦旋時，颱風路徑、強度變化及台灣地區降水分布之狀況改變為何，藉以瞭解不同初始颱風狀況對於模擬結果之影響。

研究結果顯示颱風的強度與累積降水量具有正相關，而初始位置的差異則因登陸角度相同並未在累積降水量上有明顯的差別，而且在雨量的分佈上亦同樣具有相同的特徵：二個極值，且北部山區降水少而中部山區降水較多。

關鍵字: 賀伯颱風、數值模擬、渦旋植入、降水效率、地形作用

一、前言

由於颱風的觀測資料及全球模式分析資料在空間、時間上解析度均明顯不足，且近來電腦技術長足發展及數值模式的精進，不論是學術上或氣象作業上，運用數值模式進行颱風的模擬已日漸增多，許多學者均發現數值模式的初始場對颱風模擬

的重要性。Liu et al. (1997; 1999) 則使用美國國家大氣科學研究中心與賓州大學合作發展的第五代中尺度靜力/非靜力模式 (MM5) 進行颱風模擬之研究，他們指出利用此模式之高解析度、較複雜之物理過程並結合適當之初始渦旋，可以對 Andrew 颱風 (1992) 的路徑、強度及內部結構有很詳盡的模擬。李與林 (1999) 在未經初始化處理的情況下使用 MM5 模擬侵

台之歐菲莉颱風(1990)，雖然模擬結果可得到與觀測大致相似的颱風路徑，但其初始資料所解析的歐菲莉颱風中心位置與強度已有相當的誤差存在。這些研究結果顯示欲更進一步探討颱風的內部結構、強度演變及地形的影響，則必須在模擬前採用初始化過程處理，方能獲得更合理的颱風初始結構，進而改善模擬結果。

Kuo and Wang(1997)與Wu and Kuo(1999)使用MM5進行賀伯颱風(1996)數值模擬，採用渦旋植入的初始化程序，主要在檢測模式對颱風侵台期間的降水模擬能力，並指出模式網格解析度與地形解析度對模擬降水的影響。另外，Wu et al.(2001)亦採用初始化過程針對賀伯颱風之降水，進行不同網格解析度(60、20、6.67及2.22公里)之MM5數值模擬，結果初始化過程可使颱風在模擬之初即有較合理之結構與強度，使得降水模擬也有較準確之之結果。從以上的研究顯示，渦旋初始化的程序已經是現行使用複雜模式進行颱風模擬的必要程序之一。而吳與黃(2000)即針對此初始化相關問題進行深入探討。本文則以賀伯颱風(1996)為研究個案，結合吳與黃(2000)的颱風模式初始化方法，探討植入不同位置、不同強度渦旋時，颱風路徑、強度及台灣地區降水分布之狀況變化為何，藉以瞭解不同初始颱風狀況對於模擬結果之影響。下一節為模式描述與實驗設計；第三節為模擬結果；最後一節為結論與未來工作。

二、模式描述與實驗設計

(一) 模式描述

本文所使用的是 MM5 中尺度模式 (Fifth-generation Penn. State/Ncar Mesoscale Model)，MM5 三度空間巢狀靜力/非靜力中尺度數值模式為一個三維的原始方程模式，而靜力和非靜力模式的差別在於非靜力模式中增加了氣壓擾動場及垂直速度場的預報。另外 MM5 中尺度模式對於不同的大氣物理過程也提供許多不同的參數化選項，包括降水的物理過程、地表能量收支、地表邊界層的處理和大氣輻射過程。因此使用此模式時，對於不同的天氣現象可以採用適當之物理參數化過程加以探討。

本研究採用的參數化格式為：1. Betts and Miller(1986)積雲參數化。2. Blackdar PBL 格式。3. Cloud-radiation 格式。而雲微物理過程 Liu et al.採用非 MM5 原有之 Tao - Simpson(1993)格式，本文則採用 MM5 內具三種冰相過程(雲冰、雪及軟雹)之 Reisner mixed - phase (Reisner et al. 1998) 雲微物理格式。

本文初始場與側邊界條件使用 ECMWF(EC/TOGA)全球分析場資料(解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)，海溫則由 NCEP(National Centers for Environmental Prediction)週平均海溫而得，由於解析之颱風初始場過弱，我們乃植入一較強之渦

旋(吳與黃 2000),處理過程為先用二層(60-km/ 20-km)巢狀網格,植入一接近真實颱風強度(強度參考 JTWC 所定之 930 hPa)的 Rankine vortex 預跑 12 小時(7 月 29 日 12 UTC 至 7 月 30 日 00 UTC),然後將此平衡後的輸出場分為颱風渦旋分量與環境場分量,將此不對稱之颱風分量(範圍大小則依此時 JTWC 所測之 350-km 半徑為準)移回 7 月 30 日 00 UTC 已經使用 Kurihara et al. (1993)方法平滑過後的初始環境場分量上,放置的位置則為此時最佳路徑的颱風位置。如此完成初始場處理,模擬則由此進行積分 48 小時,至 8 月 1 日 00 UTC 止。

(二) 實驗設計

我們為測試颱風強度與位置對降水模擬的影響,進行三個實驗,分別於模式解析度 6.7 公里之初始場植入與實際強度較接近的渦旋(E6.7: 初始渦旋強度 930 hPa);較弱的渦旋(E6.7I0.5: 初始渦旋強度 940 hPa)及一較強之渦旋(E6.7I2: 初始植入渦旋 910 hPa),先研究不同強度對降水量的影響。

另外為測試不同颱風登陸位置對降水模擬的影響,進行四個實驗,分別於模式解析度為 6.7 公里初始場植入較颱風觀測位置偏北 5 個緯度之渦旋(實驗名稱 E6.7N5)及偏北 15 個緯度之渦旋(實驗名稱 E6.7N15),還有於初始場植入較颱風觀

測位置偏南 5 個緯度之渦旋(實驗名稱 E6.7S5)及偏南 15 個緯度之渦旋(實驗名稱 E6.7S15)研究不同登陸路徑或角度對台灣各地風雨分佈的影響。本研究以上述的設計為基礎進行實驗,所有的實驗都使用相同的輻射、邊界與雲微物理參數化格式。

三、模擬結果

(一) 路徑、強度

而圖 1 則顯示較弱的颱風(E6.7I0.5 實驗)在登陸前強度維持在 950 hPa 左右,結果顯示其受台灣地形作用的影響較小,路徑不像其它初始渦旋較強的實驗結果(E6.7 及 E6.7I2)出現氣旋式路徑,以較連續的方式越過台灣北部外海,加上 E6.7 的模擬路徑在出海時較無台灣地形的 E6.7/NT 實驗稍微偏南一點,雖然並不明顯,但颱風運動確實展示出符合台灣地形作用導致氣旋式路徑的現象,此與王(1980)、Bender et al. (1987)、Yeh and Elsberry (1993a, b)及 Wu (2001)結論一致。

至於強度模擬方面,圖 2 顯示 E6.7 與 JTWC 之最低海平面氣壓比較,可見模擬之強度與觀測分析值相當一致,雖然所模擬之強度約較實際分析值小 5 hPa 左右,但整個強度變化趨勢均已掌握住,特別是颱風在海面上強度的維持與颱風登陸時強度減弱的狀況。另外要注意的是 JTWC 分析之海平面氣壓值為六小時一筆,而模擬

值則為二小時一筆，然而真實颱風的強度在六小時之間可能也有些許變動，卻無法在此六小時間隔的資料中顯現出來，另由於模擬之颱風較實際觀測颱風提早六小時登陸，因此強度減弱也提早約六小時反應出來。而圖 2 也顯示 E6.7I2 初始強度為 910 hPa，經過 20 小時（30 日 20 UTC）衰減為 930 hPa 左右，此與 JTWC 之最低海平面氣壓值接近，其路徑表現也與 JTWC 的最佳路徑最為接近。而另一個 E6.7I0.5 實驗原本即只有 940 hPa，雖然經過六小時即有小幅減弱，但明顯地減弱仍是在 20 小時登陸之後，可見地形作用明顯影響颱風強度、路徑的表現。

圖 3 為不同初始位置實驗 E6.7、E6.7N5、E6.7S5、E6.7N15 及 E6.7S15 與 JTWC 之路徑與海平面中心氣壓值（單位：hPa）時間序列圖。E6.7 實驗為賀伯颱風原本該時所處的位置，而 E6.7N5 實驗表示將颱風初始植入位置北移 5 個緯度，E6.7S5 則表示南移 5 個緯度，其餘類推。由圖 3a 可知初始颱風中心北移 15 個緯度之 E6.7N15 實驗，其路徑也一直較其它實驗位置偏北，因此最後並未明顯受台灣地形影響，直接由台灣北部外海通過。而其它實驗均受到地形影響，在登陸前都會有向南偏的現象，尤其是以 E6.7N5 向南偏移的程度最為明顯。推測其原因應在於 E6.7N5 通過台灣時正好中心處於陸海交界處，使得颱風北邊的環流可以完全不受阻

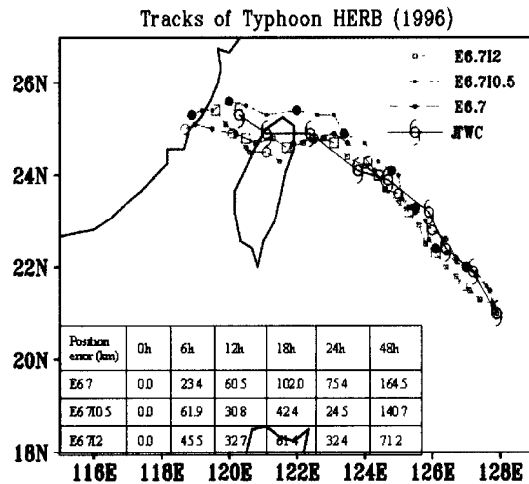


圖 1：不同初始強度 E6.7、E6.7I2、E6.7I0.5 不同實驗預報路徑與 JTWC 賀伯颱風最佳路徑之比較。圖左下角為各個實驗相對於 JTWC 觀測路徑在各預報時間之誤差統計（單位：公里）。

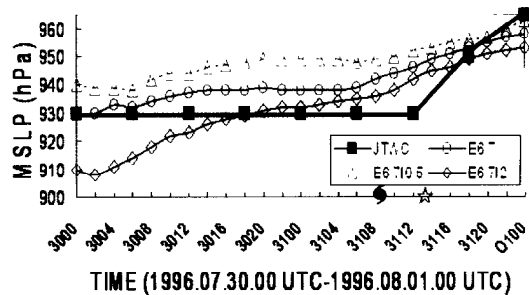


圖 2：不同初始強度之颱風渦旋 E6.7、E6.7I2 及 E6.7I0.5 與 JTWC1996 年 7 月 30 日 00 UTC 至 8 月 1 日 00 UTC 時海平面中心氣壓值（單位：hPa）時間序列圖。星狀符號表示實際 JTWC 颱風登陸時間；而颱風符號則表示模擬登陸時間。擋，而颱風中心以南的低層環流則正好完全受到台灣地形的阻擾，此實驗之路徑與其它實驗不同，並未呈現在台灣地形前就先向南偏的狀況，反而是到了台灣海峽之後才開始明顯地呈現往南偏的路徑。此與 E6.7S15 正好呈現明顯對比，E6.7S15 的北端環流也受到台灣北部山脈的阻隔，導致在台灣西北部地區形成一副低壓，使得

颱風中心過山呈現不連續狀況，最後以副低壓取代原本主中心造成颱風過山時路徑反而呈現偏北的狀況。

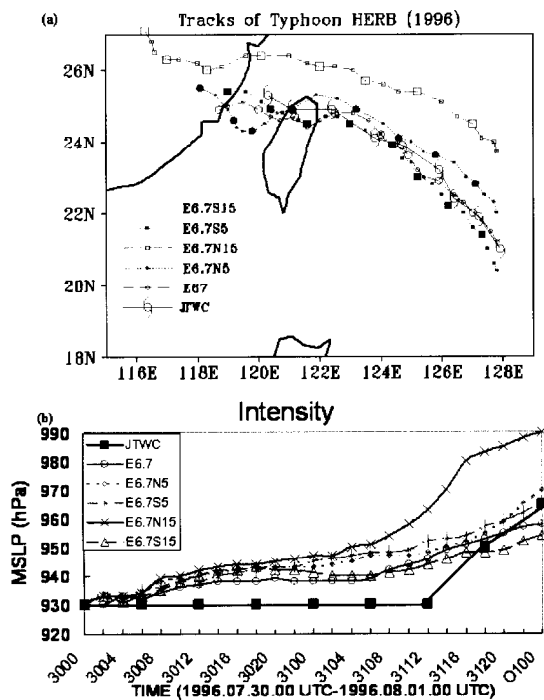


圖 3：不同初始位置實驗 E6.7、E6.7N5、E6.7S5、E6.7N15 及 E6.7S15 與 JTWC 1996 年 7 月 30 日 00 UTC 至 8 月 1 日 00 UTC 時 (a) 路徑與 (b) 海平面中心氣壓值 (單位：hPa) 時間序列圖。

另外圖 3 b 也突顯出一個有趣的現象，E6.7N15 實驗距離台灣陸地較遠，因此其強度是到它開始登陸大陸地區後才開始明顯快速減弱。相反地，其它的實驗均受到台灣地形的影響，雖然影響或大或小，但我們看到颱風的強度並未如 E6.7N15 那般受到大陸地區的明顯破壞。可見由於大陸地區陸地面積廣大，颱風一登陸後，大陸地形即以阻斷水氣與摩擦作用，扮演颱風終結者的角色。而台灣地形與颱風的交互作用則複雜許多，所造成風雨分佈的結果與災情也會完全不同，突顯

台灣地形與颱風交互作用研究之重要。

(二) 累積降水量

圖 4 為不同強度與不同位置登陸實驗與觀測 24 小時累積降水量之比較。圖 4a 為賀伯颱風 7 月 31 日 00 UTC 至 8 月 1 日 00 UTC 止 24 小時之觀測累積降水量，顯示賀伯颱風在此 24 小時造成台灣地區累積降水有二處較大值的區域，一位於北部地區的烏嘴山，最大值約有 858 mm。另一處則為中台灣之阿里山，其 24 小時累積降水量達 1736 mm。圖 4b 則為 E6.7 實驗之模擬結果，雖然阿里山地區 1736 mm 極值的累積降水並未模擬出來，但已將降水極值的位置及北部降水少(771 mm)而中部降水較多(826 mm)的特性表現出來，在作者的另一篇文章(Wu et al., 2002)進一步使用 2.2 公里解析度的模擬(圖未示)，即能相當接近地表現出中部地區降水的極值。

再來我們見到不同強度颱風在路徑接近的狀況下，對台灣地區降水分佈的狀況顯示如圖 4 c 與 d。圖 4 c 顯示 E6.7I0.5 較弱的颱風導致北部地區降水也由 771 mm 減少為 598 mm，為 E6.7 實驗降水量的 77.56%，但是由於颱風較弱且路徑較為偏北的緣故，中部山區的降水量(437 mm)反而比北部少，且僅為 E6.7 實驗的 52.9%，但至少已原則上反應出較弱的颱風產生的累積降水量較少。而另一初始颱風較強的實驗(E6.7I2)由圖 4 d 可知其在北部及中部

均產生較大的降水量(分別是 989 mm 與 955 mm; 為 E6.7 實驗的 128.3 %與 115.6 %),可見初始較強(中心氣壓值較低)的颱風會對台灣地區造成較大的降水。

圖 4e 至 h 則顯示不同登陸位置所造成台灣地區降水分佈的差異。其中圖 4g 為 E6.7N15 實驗的 24 小時累積降水量,因為其路徑過於偏北,導致其僅有北部山區有較明顯累積降水量,且降水量明顯低於其它實驗,僅有 248 mm。而圖 4f 為 E6.7S5 實驗之累積降水量,由於此實驗颱風路徑接近 E6.7 實驗的路徑,因此 24 小時累積降水量也相當接近。而圖 4e 與圖 4h 為 E6.7N5 與 E6.7S15 實驗的累積降水量,且這兩個實驗颱風通過台灣地形時的路徑(圖 3),一個位於 E6.7 路徑的北邊,一個位於 E6.7 路徑的南邊,正好可以顯示同樣登陸

角度、同樣強度的颱風在登陸點距離上的差異對台灣地區風雨分佈的影響。結果顯示路徑較 E6.7 偏北的 E6.7N5 實驗,其颱風路徑並未如其它實驗般在台灣地形前就向南偏,反而是到了台灣海峽才有明顯地南偏情形,使得台灣海峽上出現較明顯的累積降水,此點与其它實驗狀況不同,但是在台灣地區的降水分佈則与其它實驗類似,一樣出現二個極值,而且北部少中部多,至於累積降水量較 E6.7 為少的情形則應 E6.7N5 實驗的颱風移動較快,約 2 個小時即越過台灣地形,導致整體的累積降水量變少。至於圖 4h 由於路徑較為偏南,由

台灣地形中間通過,中部地區的降水與 E6.7 實驗接近,而北部則因颱風登陸位置較南,使得在登陸前台灣北部山區處於背風面,導致降水量減少。

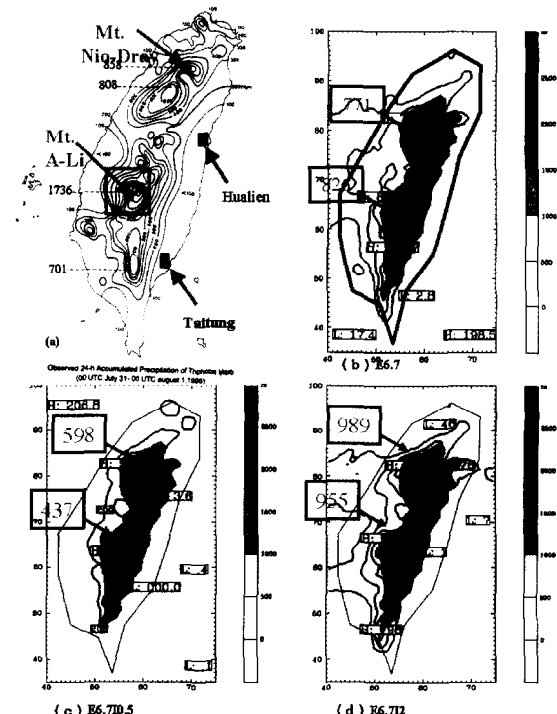


圖 4: 不同強度、初始位置實驗 (a) 觀測 (b) E6.7 (c) E6.7N5 (d) E6.7S5 (e) E6.7N15 (f) E6.7S15 及 (h) E6.7S15 自 1996 年 7 月 30 日 00 UTC 至 8 月 1 日 00 UTC 時累積降水量 (單位: mm), 等值線為降水量 (mm), 陰影區為山高 (m)。

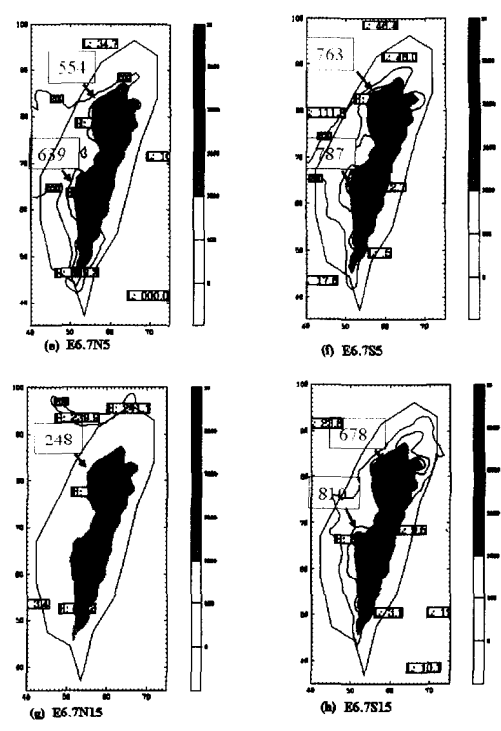


圖 4 (continue)

由以上幾張圖顯示颱風的強度與累積降水量具有正相關，而登陸位置的差異則因登陸角度相同並未在累積降水量上有明顯的差別，而且在雨量的分佈上亦同樣具有相同的特徵：二個極值，且北部山區降水少而中部山區降水較多。

四、結論

本研究使用 MM5 數值模式進行模擬，植入不同登陸位置、不同強度渦旋，探討颱風路徑、強度及台灣地區降水效率及降水分布之狀況變化為何，分析與探討台灣地形對侵台颱風風雨大小分布及降水效率、凝結率變化的影響，及所造成之不同的中尺度現象。

研究結果顯示颱風的強度與累積降水量具有正相關，而初始位置的差異則因登陸角度相同並未在累積降水量上有明顯的差別，而且在雨量的分佈上亦同樣具有相同的特徵：二個極值，且北部山區降水少而中部山區降水較多。

台灣的中央山脈會使得颱風路徑發生偏折，而且在颱風環流所造成的降水量及降水分佈現象上扮演重要角色。

致謝

本研究是在國科會計畫編號 **NSC93-2625-Z-072-002** 支持下完成。

參考文獻

- 王時鼎，1980：台灣近海颱風運動及強度預報法，國科會研究報告 018 號，100 頁。
- 吳俊傑、卓瑜甄、顏自雄，1999：葛拉絲颱風（1994）及其受到台灣地形影響之研究第二部份：數值模擬。大氣科學，27, 29- 59.
- 吳俊傑、黃葳芃，2000：芙蘿颱風（1990）的數值模擬研究：初始資料及初始化方法影響之探討。大氣科學，28, 293-315.
- 李清勝、林慧娟，1999：侵台歐菲莉颱風（1990）之數值模擬。大氣科學，27, 235-256。
- Bender, M. A., R. E. Tuleya, and Y. Kurihara, 1987: A numerical study of the effect of island terrain on tropical cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 130-155.
- 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. Metero. Soc.*, **112**, 693-709.
- Kuo, Y. H., and W. Wang, 1997: Rainfall prediction of Typhoon HERB with a mesoscale model. Proc., Workshop on Typhoon Research in the Taiwan Area. Boulder, CO., National

- Science Council, 35-45.
- Liu, Y., D.- L. Zhang, and M. K. Yau, 1997: A multiscale numerical study of Hurricane Andrew (1992). Part I: Explicit simulation and verification. *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 3073-3093.
- Reisner, J., R. T. Brintjes, and R. M. Rasmussen, 1993: Preliminary comparisons between MM5 NCAR/Penn State Model generated icing forecasts and observations. Preprints, 5th Int'l Conf. on Aviation Wea. Systems, Vienna, VA, 2- 6 August, Amer. Met. Soc., Boston, 65-69.
- Reisner, J., R. M. Rasmussen, and R. T. Brintjes, 1998: Explicit forecasting of supercooled liquid water in winter storms using the MM5 mesoscale model. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **124**, 1071-1107.
- Tao, W.- K., and J. Simpson, 1993: The Goddard cumulus ensemble model. Part I: Model description. *TAO*, **4**, 35-72.
- 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.
- _____, and Y. H. Kuo, 1999: Typhoons affecting Taiwan – current understanding and future challenges. *Bulletin of Amer. Meteor. Soc.* **80**, 67- 80.
- _____, T.- H. Yen, Y.- H. Kuo, and W. Wang, 2002 : Rainfall simulation associated with Typhoon Herb (1996) near Taiwan. Part I: The topographic effect. *Wea. Forecasting*, **17**, 1001-1015.
- Yeh, T.- C., 2002: Typhoon Rainfall over Taiwan area: The empirical orthogonal function modes and their applications on the rainfall forecasting. *TAO*, **13**, 399-450.
- _____, and R. L. Elsberry, 1993a: Interaction of typhoons with the Taiwan orography. Part I: Upstream track deflections. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 3193-3212.
- _____, _____, 1993b: Interaction of typhoons with the Taiwan orography. Part II: Continuous and discontinuous tracks across the island. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 3213-3233.