

桃芝(2001)颱風之系集模擬研究

青麟¹ 楊明仁²

¹ 中國文化大學地學研究所大氣科學組

² 國立中央大學水文研究所

摘要

本研究使用 PSU/NCAR 的 MM5 中尺度模式模擬桃芝(2001)颱風，探討初始渦旋參數設定與不同物理參數法對模擬桃芝颱風的影響。並對物理參數法實驗組做系集分析，希望改善模擬的結果。

模擬結果顯示，植入不同初始渦旋參數對於模擬路徑的影響不大，植入之最大風速對渦旋強度則有成正比的关系。在各物理參數法實驗組中挑選出表現最佳的物理參數法，組合成最佳物理參數法組合，其模擬結果在路徑、強度或降雨方面皆有最好的表現。而對物理參數法各組實驗結果做系集分析後，對於颱風路徑模擬有明顯改進，但對於強度模擬的改善程度有限。降雨之水平分佈經過系集平均後可以有效地改善，但累積降雨量仍較實際觀測偏少。

關鍵詞：MM5，颱風模擬，物理參數法

一、前言

颱風為台灣地區最主要的氣象災害來源，但其所帶來的豐沛雨量亦是台灣地區重要的水資源之一。而 2001 年 7 月 30 日侵台的桃芝(Toraji)颱風由於移動緩慢，滯留陸地時間過長(約 10 小時)，降雨集中在中部。因此桃芝颱風造成台灣中部嚴重山崩、土石流及水患，全台一百多人死亡，近三百

人失蹤或受傷，為 2001 年造成台灣地區傷亡最慘重的颱風。因此，本研究以桃芝颱風作為研究個案，探討初始渦旋參數設定與不同物理參數法對模擬桃芝颱風路徑、強度以及伴隨之風雨分佈的影響。並對物理參數法實驗組做系集分析，希望藉由系集平均方法改善模擬的結果。

二、研究方法

本研究所使用的數值模式為非靜力 MM5 模式 3.5 版，水平網格間距分別為 60、20 與 6.67 公里的三層巢狀網格，垂直座標為 σ 座標(共 23 層)。所有系集模擬實驗皆以 2001 年 07 月 28 日 1200UTC 為初始時間，積分 60 小時。初始條件與邊界條件皆使用歐洲中期天氣預報中心 ECMWF/TOGA 的全球分析資料，其解析度為 $1.125^\circ \times 1.125^\circ$ ，而海平面溫度在整個積分期間則維持一定。細網域(6.67 公里)不使用積雲參數法。在本研究中颱風模擬結果皆以細網域作討論，並與實際觀測做比較。

本研究主要分成兩大類敏感度測試實驗：初始渦旋參數實驗組及物理參數法實驗組。初始渦旋參數實驗組依不同的最大風速 V_{max} 與最大暴風半徑 R_{max} 做 Rankine vortex 渦旋植入並分成三組實驗(表一)，皆使用相同的物理參數法，而渦旋植入位置以 JTWC 公佈的最佳路徑為依據。物理參數法實驗組亦分成三組實驗，分別對不同

的積雲參數法、雲微物理參數法及邊界層參數法做測試分析。各實驗組物理參數法的設定參考表二。

三、結果討論

在初始渦旋參數實驗組中，採用不同的最大暴風半徑與最大風速做 Rankine vortex 風場的初始渦旋植入。無論是最大暴風半徑或是最大風速，對於模擬路徑的影響皆不大。初始渦旋最大暴風半徑對於颱風強度亦無明顯的影響，但植入之最大風速對渦旋強度有成正比之關係，即植入較大的風速會模擬出較強的颱風。

在積雲參數法實驗組中，路徑模擬結果以 GR 實驗模擬路徑誤差最小，KF 實驗模擬路徑誤差最大；強度則以 AK 實驗與 GR 實驗最接近實際觀測；而在降雨方面，AK 實驗模擬之降雨最接近實際觀測。在雲微物理參數法實驗組中，各實驗模擬之路徑皆與實際觀測差異不大，GG 實驗模擬出最小的路徑誤差；強度模擬以 WR 實驗結果與實際觀測最接近；各實驗對於降雨的模擬皆有不錯的表現，僅 ICE 實驗之結果與實際觀測差異較大。在邊界層參數法實驗組中，PX 實驗由於模擬出誤差較大的路徑，以至於在各方面皆未能掌握到，而 MRF 實驗雖然對於累積降雨量未能有效地掌握到，但在路徑、強度及降雨分佈皆有相當好的表現。

我們從各物理參數法實驗組中挑選出表現最好的參數法組合成最佳物理參數法組合實驗，其物理參數法使用 Grell 積雲參數法、Goddard Graupel 雲微物理參數法與 MRF 邊界層參數法。結果顯示，在路徑方面仍有相當

好的表現（圖一），而模擬颱風路徑在登陸前略有往西偏折之現象，此與王等(2001)分析觀測之結果一致。王等(2001)分析討論此偏移現象，其認為是因為颱風外圍氣流受中央山脈影響，而有迎風脊與背風副低壓之形成，導致颱風在登陸時有路徑偏移的現象產生。而分析最佳物理參數法組合實驗結果亦有模擬出迎風脊與背風副低壓之形成（圖二），其偏移現象亦為颱風外圍氣流受中央山脈影響，與王等(2001)之分析結果完全一致。在強度方面，最佳物理參數法組合實驗模擬之強度略較實際觀測弱，但仍有模擬出颱風強度因過山而減弱之趨勢。對於降雨而言，最佳物理參數法組合實驗模擬之降雨分佈與實際觀測之降雨分佈相當接近；而最佳物理參數法組合實驗模擬之最大降雨量與實際觀測之最大降雨量有所差異，此因模式解析度仍過粗，以致於所有模擬實驗之降雨量皆為低估，但其模擬之最大降雨量仍屬所有實驗中表現最好之實驗。總結而論，將各物理參數法組中表現最好的參數法組合成之最佳物理參數法組合實驗，無論在路徑、強度或降雨方面皆仍有最好的表現。

我們再進一步對物理參數法實驗組模擬結果做系集分析中，期望能改善對實際現象的掌握。結果顯示，系集分析對於路徑模擬有明顯的改進。就強度而言，在強度方面，經過系集分析後並無法有效地改善，這是由於各組實驗模擬之強度皆與實際觀測有所差異，因此，經系集分析後改善程度有限。而在累積降雨方面，對於降雨的水平分佈，經過系集分析後可以有效地改善模擬結果，但是在累積降

雨量方面，仍由於各實驗模擬之累積降雨量因解析度不足皆較實際觀測為少，因此改善程度有限。

四、未來展望

在本研究中我們嘗試探討初始渦旋參數以及物理參數法對於桃芝颱風模擬的影響，並應用系集分析技術以改善對實際颱風現象的掌握。而桃芝颱風對於台灣地區造成重大災情，與台灣獨特的中央山脈複雜地形應有相當密切的關係。而對於颱風模擬，海氣交互作用則扮演著重要的角色，因此若再增加考慮海氣交互作用的影響，相信應會改善桃芝颱風於海上的模擬結果。故進一步探討台灣地形效應對於桃芝颱風的影響，以及在模式加入海氣交互作用的考量，為我們未來的主要研究方向。

參考文獻

王時鼎、謝信良、鄭明典、鄧仁星、簡國基，2001：台灣地形對侵台之中度以下颱風影響新例-對2001年潭美、桃芝、納莉、利奇馬四次颱風實例分析。天氣分析與預報研討會(90)，論文彙編，51-70。

Davis, C. and S. Low-Nam, 2001: The NCAR-AFWA tropical cyclone bogus-sing scheme. *A report prepared for the Air Force Weather Agency (AFWA)*. National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado.

Dudhia, J. 1989: Numerical simulation of convection observed during the Winter Monsoon Experiment using a mesoscale two-dimensional model. *J. Atmos. Sci.*, **46**, 3077-3107.

Grell, G. A., 1993: Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 764-787.

Grell, G. A., J. Dudhia, and D.R. Stauffer, 1995: A description of the fifth-generation Penn State/NCAR Mesoscale Model. NCAR Technical Note, 122 pp.

Hong, S.-Y., and H.-L. Pan, 1996: Nocturnal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 2322-2339.

Liou, Y.-C., T.-C. C. Wang, and K.-S. Chung, 2003: A three-dimensional variational approach for deriving the thermodynamic structure using Doppler wind observations in application to a subtropical squall line. *J. Appl. Meteor.*, **42**, 1443-1454.

Reisner, J., R. J. Rasmussen, and R. T. Bruijjes, 1998: Explicit forecasting of supercooled liquid water in winter storms using the MM5 mesoscaled model. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **124**, 1071-1107.

表一 初始渦旋參數實驗組設計表。

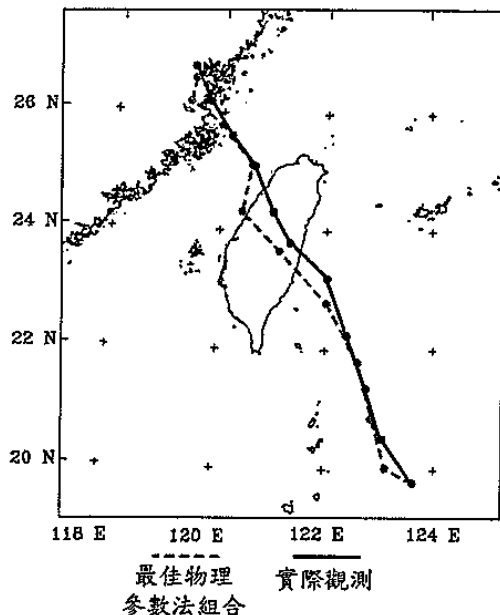
實驗組	最大風速 Vmax(m/s)	最大暴風半徑 Rmax(km)
v40	40	40
		50 *
		60
rm50	30	50
	40 *	
	50	
rm60	30	60
	40	
	50	

*表示渦旋設定為公佈觀測值

表二 物理參數法實驗組設計表。

實驗組	積雲參數法	雲微物理參數法	邊界層參數法
積雲參數法實驗組			
AK	Anthes-Kuo	Simple Ice	MRF
GR	Grell	Simple Ice	MRF
KF	Kain-Fritsh	Simple Ice	MRF
BM	Betts-Miller	Simple Ice	MRF
KF2	new Kain-Fritsch	Simple Ice	MRF
雲微物理參數法實驗組			
WR	Grell	Warm Rain	MRF
ICE	Grell	Simple Ice	MRF
MP	Grell	Mix Phase	MRF
GG	Grell	Goddard Graupel	MRF
SCH	Grell	Schultz	MRF
邊界層參數法實驗組			
BD	Grell	Goddard Graupel	Blackadar
BT	Grell	Goddard Graupel	Burk-Thompson
ETA	Grell	Goddard Graupel	Eta M-Y
MRF	Grell	Goddard Graupel	MRF
PX	Grell	Goddard Graupel	Pleim-Xiu

圖一 最佳物理參數法組合實驗之 60 小時路徑圖。



圖二 最佳物理參數法組合實驗模擬第 24 小時台灣附近之地面氣壓圖。

