

納莉(2001)颱風侵台期間之綜觀天氣分析與模擬研究

蘇炯瑞¹ 楊明仁¹ 謝信良²

¹國立中央大學大氣科學系

²中央氣象局科技中心颱風研究室

摘要

2001年9月6日0300UTC, 納莉颱風生成於日本宮古島附近海面, 生成後, 受到北方低壓槽牽引向東北移動。7-13日在海上打轉, 14日開始向西南移動。16日1300UTC, 納莉中心於台北縣三貂角附近登陸, 並且向南南西方向移動。登陸之後, 受台灣地形阻擋, 納莉颱風移速減緩。為台灣地區帶來相當嚴重的水患及傷亡。於18日1500UTC在台南安平出海, 進入台灣海峽南部。觀測資料顯示納莉颱風於登陸時, 台北盆地發生豪大雨; 納莉登陸後, 台東外海副低壓生成, 並伴隨焚風出現。副低壓消散後, 颱風主環流於台南上空滯留, 造成嘉義地區豪大雨。本研究將使用 Yang et al. (2008)之納莉颱風模擬結果, 驗證 MM5 模擬結果是否掌握到納莉(2001)颱風之綜觀天氣特徵。結果顯示模擬納莉颱風登陸時約提早 3 小時; 納莉登陸後於台灣西北部的雨帶 MM5 模式並沒有掌握到。模式模擬納莉登陸 6 小時後 (16 日 1600UTC)始有一明顯副低壓於台東近海。模擬之大武站焚風現象較觀測更早發生。18 日嘉義地區的大雨模擬較觀測延後出現 2 小時。

一、前言

台灣位於太平洋西北方, 經常受到颱風侵襲, 每年 9 月正值台灣地區秋季, 颱風路徑多從西太平洋向西北移動, 侵襲台灣、大陸東部, 甚至向北影響韓國、日本。2001 年 9 月 6 日颱風納莉於日本宮古島附近海域生成, 至 9 月 21 日颱風減弱。納莉颱風在海上打轉時期(9 月 6 日至 9 月 16 日)以及侵台時期(9 月 16 日 1300UTC 至 9 月 18 日 1500UTC), 納莉颱風於海上打轉主要受到綜觀環境駛流場所致。納莉颱風於侵台時的結構受台灣複雜地形影響, 旺盛水汽受到地形舉升凝結帶來豐沛雨量, 為台灣地區造成嚴重災情, 尤其台北台灣淹水造成台北捷運系統及多處低窪路段淹水(台北 9 月 16 日累積雨量達 508 公釐; 圖 1a), 南投、花蓮土石流災害最為嚴重(宜蘭 9 月 17 日累積雨量達 1189 公釐; 圖 1b)。納莉颱風侵台期間降雨物理機制與台灣複雜地形交互作用之研究 Yang et al. (2008) 之論文以有相當討論, 而本篇主要對於納莉颱風登陸時, 其產生之副低壓、焚風及降雨與模式結果逐一探討比較。

近年來颱風路徑的預報能力已有相當大的進展。模式水平解析度越高, 則模擬的颱風強度越強, 所模擬出的降水強度及降水分佈將更接近真實。因此本篇將使用 Yang et al. (2008)之納莉颱風模擬結果, 驗證 MM5 模擬結果是否掌握到納莉(2001)颱風之綜觀天氣特徵。

二、模式設定

本實驗使用的數值模式為 PSU-NCAR MM5 模式 3.5 版(Dudhia 1993; Grell et al. 1994), 使用 4 層水平槽狀網格, 圖 2 為 4 層槽狀網格範圍, 網格間距分別為 54 公里 (D1: 81×71)、18 公里 (D2: 100×100)、6 公里(D3: 166×166)及 2 公里(D4: 271×301), 垂直層上追隨地勢 σ 座標, 共有 32 層, 最頂層為 50hPa。D1、D2 及 D3 使用 two-way interactive, 起始時間為 9 月 15 日 1200 UTC, 結束時間為 9 月 19 日 0000UTC, 模擬時間共 84 小時。而 D4 使用 D3 之輸出作為初始及邊界條件進行運算 (黃 2006)。

模式物理選項, 積雲參數法使用Grell (1993); 雲微物理法為Reisner et al. (1998); 邊界層參數化方法使用Medium-Range Forecast (MRF) (Hong and Pan 1996) 及大氣輻射能量的處理使用Dudhia (1989)。於D3 (6公里)及D4 (2公里)未使用積雲參數法。本篇模式模擬使用的邊界及初始場資料為歐洲中期天氣預報中心 (European Center for Medium-Range Weather Forecasts ECMWF) 之 $1.125^{\circ} \times 1.125^{\circ}$ 全球分析資料。由於ECMWF 初始資料網格較粗, 模式模擬出的颱風強度較弱, 為了更接近颱風真實強度, 使用Davis and Low-Nam (2001)所發展之軸對稱渦旋植入方法, 於950hPa、850 hPa、700 hPa、500 hPa、300 hPa、200 hPa及100 hPa之垂直權重係數設定分別為0.99、1.0、0.97、0.85、0.6、0.3、0.1。

三、綜觀天氣分析

圖 2 為中央氣象局所公佈颱風納莉之最佳路徑。9

月 6 日 0300 UTC 納莉颱風於宮古島(25.3°N, 125.2°E)生成(圖 3a), 生成後受到北方槽線牽引, 向東北移動(圖 3b)。7 日時, 北方低壓槽遠離納莉, 失去東北向的駛流場, 颱風接近滯留。隨後大陸高壓增強形成主導氣流(圖 3c, d)使之緩慢向西移動。8 日納莉颱風於 25°N, 126°E 滯留。9 日丹娜絲颱風接近, 隨後沿著西太平洋副熱帶高壓西北緣向東北移出遠離納莉。10 日, 受到丹娜絲颱風的牽引, 納莉向東移動。12 日 1800 UTC 丹娜絲遠離, 納莉開始向西北移動(圖 3e, f)。

14 日大陸冷高壓開始增強, 15 日 0600 UTC 時低層 850hPa 從大陸高壓勢力增強(圖 3g), 500hPa 高壓脊自長江口(30°N, 120°E)向東延伸至日本南方海面(30°N, 130°E)(圖 3h), 納莉開始向西南移動。颱風於 16 日 13UTC 在台灣東北角登陸。登陸後隨即受到中央山脈複雜地形的阻擋, 速度明顯減慢(圖 2), 強度也減弱, 16 日 2100 UTC 減為輕度颱風, 但雨勢不斷。17 日 0000 UTC, 在台東東南近海處之副低壓中心向東移動, 結合納莉主環流環繞台灣(圖 4a, b); 另外, 在台東成功及大武地區觀測到有焚風的現象。17 日 1800 UTC 大陸高壓與副熱帶高壓勢力相當(圖 3i, j) 台灣上空 500hPa 為一明顯鞍型場, 始納莉颱風在雲嘉南地區滯留, 吸收海上水氣, 為南部地區尤其是嘉義地區帶來豪雨。18 日入夜後西太平洋副高壓增強西伸, 納莉颱風始向西移動, 中心於 18 日 1500UTC 由台南安平出海, 進入台灣海峽南部。出海後低層東風增強加速颱風向西南移動。隨後氣象局於 9 月 19 日 09UTC 解除納莉陸上颱風警報, 於 9 月 19 日 15UTC 解除納莉海上颱風警報。

四、模擬結果比較

納莉颱風於 9 月 16 日 1300 UTC 登陸; 於 9 月 18 日 1500 UTC 出海, 中心於台灣停留時間為 50 小時, 為台灣帶來非常可觀的雨量(圖 1)。圖 5a 為 MM5 模擬路徑及氣象局公佈最佳路徑比較。模擬結果顯示納莉颱風登陸時約提早 3 小時(模擬颱風登陸時間為 16 日 1000 UTC; 觀測颱風登陸時間為 16 日 1300 UTC)。登陸前模擬路徑與最佳路徑誤差約 40-50 公里, 模擬颱風移速較快, 強度也較強。登陸後受中央山脈地形阻擋影響, 颱風移速減慢, 強度減弱, 而模擬颱風強度減弱程度亦較實際颱風為快(圖 5b)。

圖 6 為納莉颱風登陸後 2 小時的觀測及模擬雷達回波合成圖之比較, 顯示在中央山脈以東均有強回波生成(圖 6a, 6b), 而模擬結果在中央山脈中部回波有高估的現象; 在較高的山區, 雷達回波受地形阻擋產生雜訊, 部分降雨因雷達波束受地形阻擋, 因此造成回波低估。納莉登陸後, 觀測雷達回波顯示於台灣西北部有一強回波雨帶, 而模擬之雨帶回波較弱, 登陸 2 小時後雨帶回波即消散。整體而言, 16 日 24 小時累

積雨量在 D4 網域於北台灣模擬發生大雨位置與觀測一致, 而於中央山脈中部以東模擬雨量則是高估(圖 7a、1a)。

颱風若在台灣東北部登陸, 其環流過山後經常於台東發生焚風現象(Wu et al. 2002)。納莉颱風登陸後 3 小時(16 日 1600 UTC), 台東大武測站溫度上升至 33°C 而露點溫度則下降至 20°C, 表示空氣乾燥且高溫(圖 8a)。模擬結果顯示颱風登陸前 8 小時(16 日 0200 UTC)有焚風的特徵, 而於登陸後較不明顯(圖 8b)。

颱風環流受中央山脈地形影響產生氣流繞山或過山現象; 於背風處能生成副低壓。模擬結果顯示 17 日 0000 UTC 於台東近海有一副低壓生成(23.3°N, 122.3°E)(圖 9a), 其與觀測副低壓之位置及強度一致(圖 4a)。隨著納莉颱風往西南方向前進, 副低壓環流沿著台灣向北繞, 而與納莉颱風主環流結合(圖 9b、4b)。17 日之 24 小時雨量極值發生於新竹沿海(觀測為 695mm; 模擬結果為 472mm)、宜蘭山區(觀測為 1189mm; 模擬結果為 964mm)及中央山脈以東的嘉南平原(觀測為 594mm; 模擬結果為 641mm)(圖 7b、1b)。

隨著颱風向西南移動, 納莉於 18 日之降雨極值出現在台南及嘉義平原附近, 而嘉義地區的大雨模擬較觀測延後出現近 2 小時。

綜合言之, 本研究分析 Yang et al. (2008) 的 MM5 模擬結果顯示, 模式可以適當地掌握到納莉(2001)颱風之綜觀天氣特徵、路徑、強度變化、降水分佈及部份降雨極值。MM5 模式可模擬出台東近海的副低壓; 模式掌握大武站得焚風現象, 但較實際更早出現; 18 日嘉義地區的大雨模式亦有模擬到, 但較實際延後出現。細部具體內容則與研討會實做進一步口頭報告。

參考文獻

- 黃小玲, 2006: 納莉(2001)颱風之數值模擬研究。中國文化大學地學研究所博士論文, 113 頁。
- Davis, C., and S. Low-Nam, 2001: The NCAR-AFWA tropical cyclone bogussing scheme. U.S. Air Force Weather Agency (AFWA) Report, 21 pp.
- Dudhia, J., 1993: A nonhydrostatic version of the Penn State/NCAR mesoscale model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 1493-1513.
- Grell, G. A., 1993: Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 764-787.
- 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.
- Reisner, J., R. T. Bruintjes, and R. J. Rasmussen, 1998: Explicit forecasting of supercooled water in winter

- storms using the MM5 mesoscale model. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.*, **124B**, 1071-1107.
- Wu, C.-C., 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.
- 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.

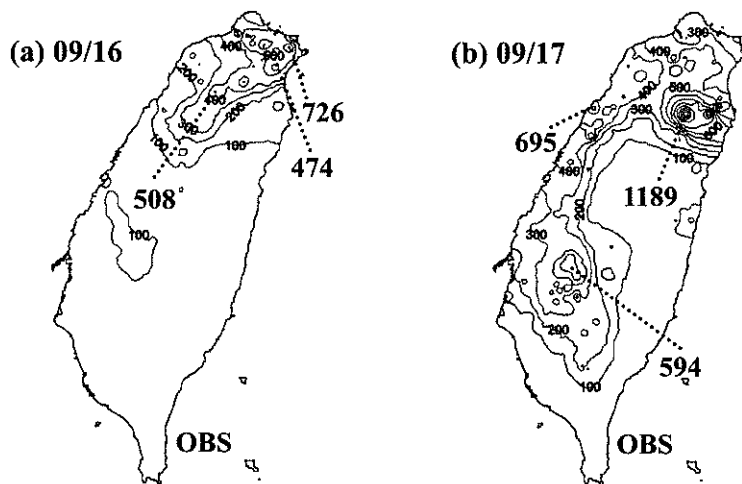


圖 1 參考中央氣象局雨量站資料，(a) 2001 年 9 月 16 日累積雨量；(b) 2001 年 9 月 17 日累積雨量，單位公釐(取自 Yang et al. 2008)。

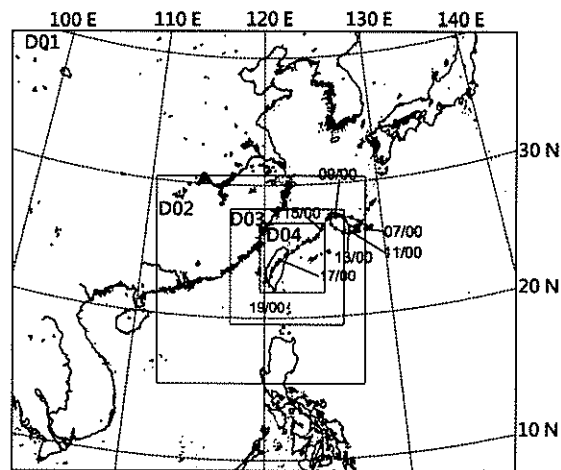
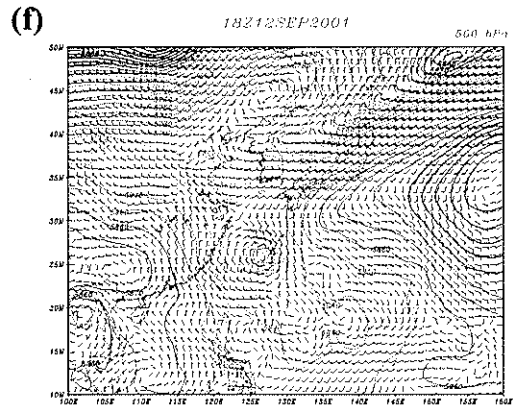
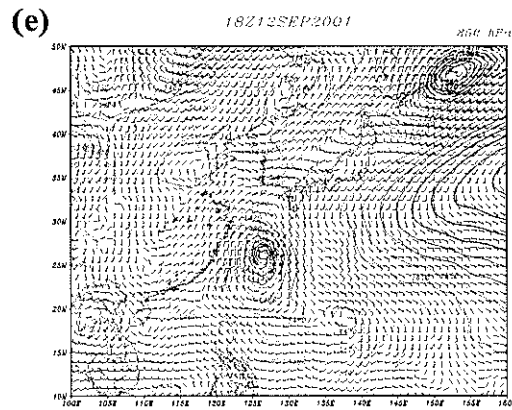
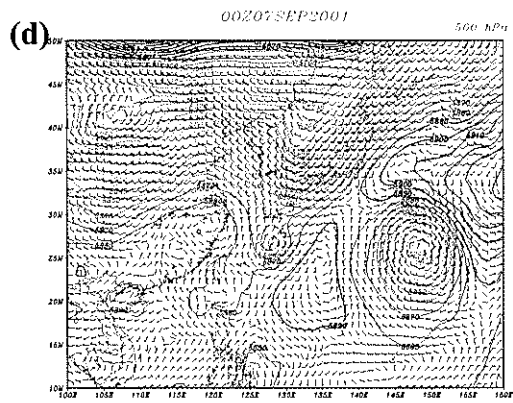
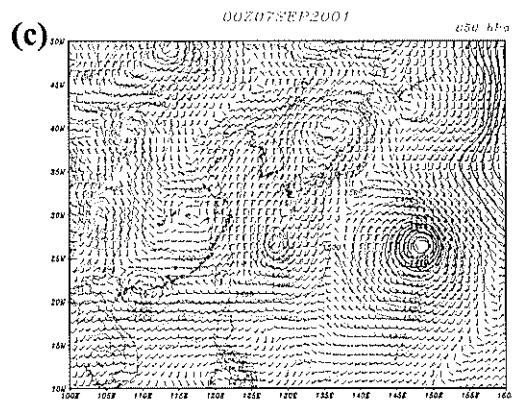
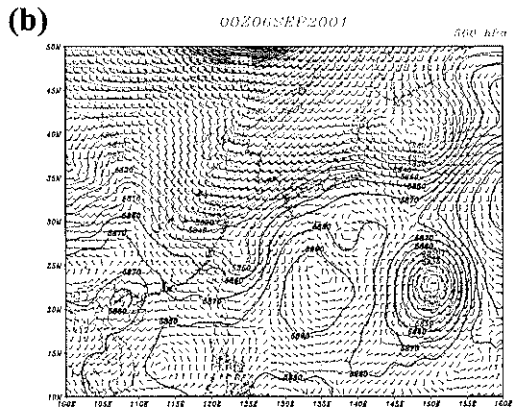
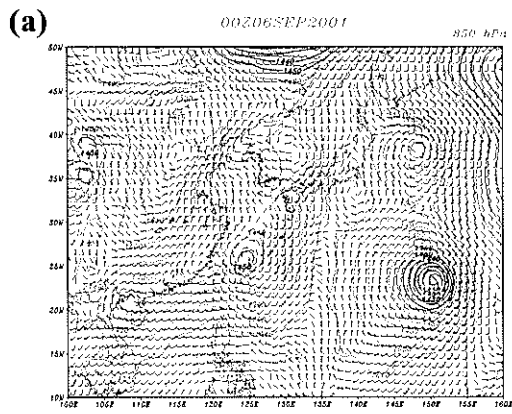


圖 2 模式模擬 4 層槽狀網絡範圍及中央氣象局公佈納莉(2001)颱風之最佳路徑(取自 Yang et al. 2008)。



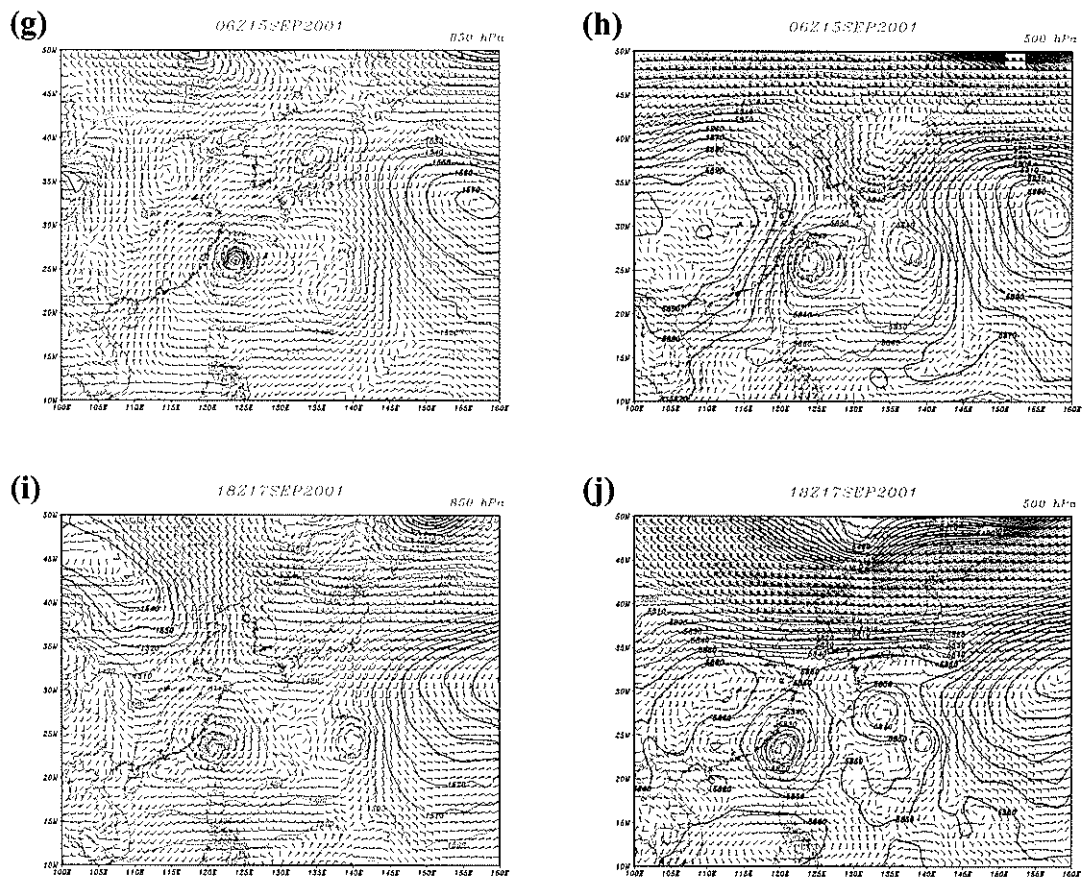


圖3 重力位高度場(等值線間距 10gpm)與水平風場(Full barb : 50 m/s)。分別
 為 2001 年 9 月(a)6 日 0000UTC, 850hPa ;
 (b)6 日 0000UTC, 500hPa ;
 (c)7 日 0000UTC, 850hPa ; (d)7 日 0000UTC, 500hPa ;
 (e)12 日 1800UTC, 850hPa ; (f)12 日 1800UTC, 500hPa ;
 (g)15 日 0600UTC, 850hPa ; (h)15 日 0600UTC, 500hPa ;
 (i)17 日 1800UTC, 850hPa ; (j)17 日 1800UTC, 500hPa 。

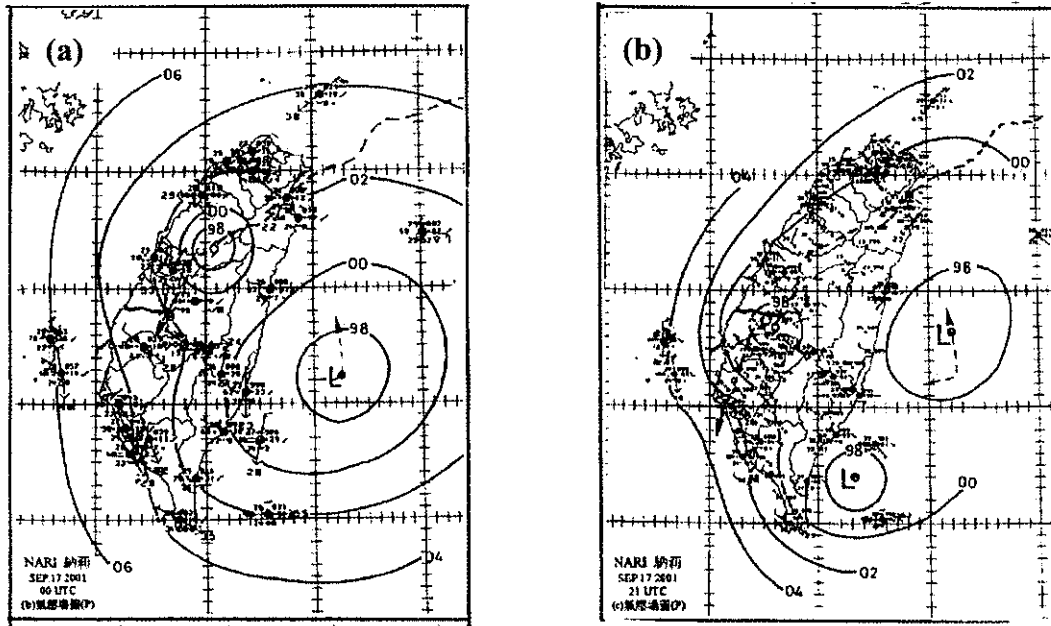


圖 4 各階段氣壓場，分別為 2001 年 9 月 17 日(a)0000 UTC；(b)2100 UTC
(取自中央氣象局網站)。

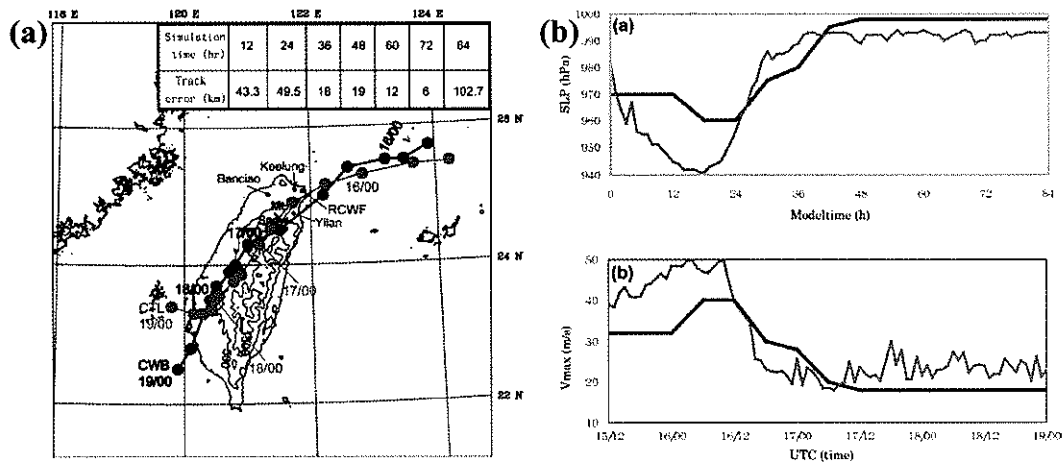


圖 5 (a) 路徑時序圖，模式模擬結果(灰色實線)；中央氣象局公佈最佳路徑(黑色實線)。(b)上為氣壓(hPa)時序圖，模式模擬結果(灰色實線)；觀測資料(黑色實線)。下為最大風速(m/s)，模式模擬結果(灰色實線)；觀測資料(黑色實線)(取至 Yang et al. 2008)。

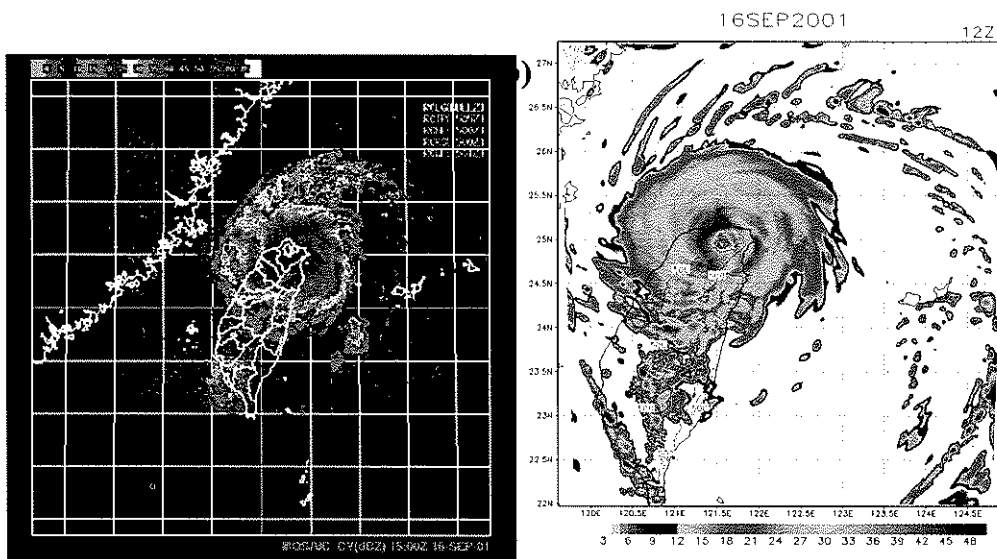


圖 6 9月16日1500 UTC (a)中央氣象局雷達合成回波圖(dBZ)(取自中央氣象局網站)；(b)MM5 模式 D4(2km)模擬結果之雷達回波合成圖(dBZ)。

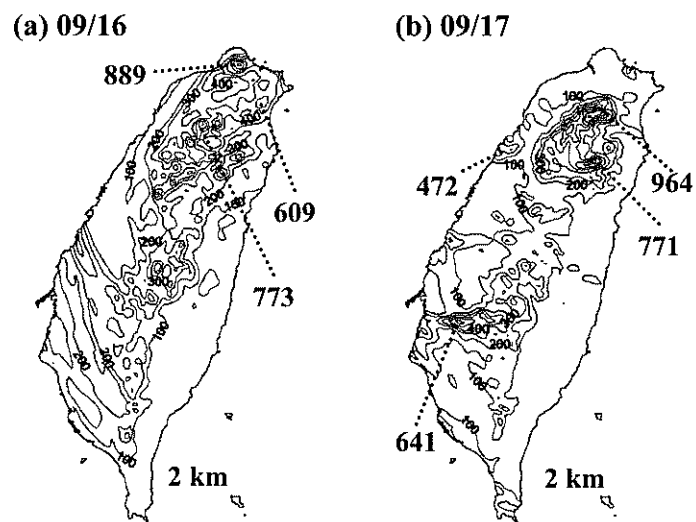


圖 7 MM5 模式 D4 (2km)模擬結果之(a)9月16日；(b)9月17日24小時累積雨量(mm)(取自 Yang et al. 2008)

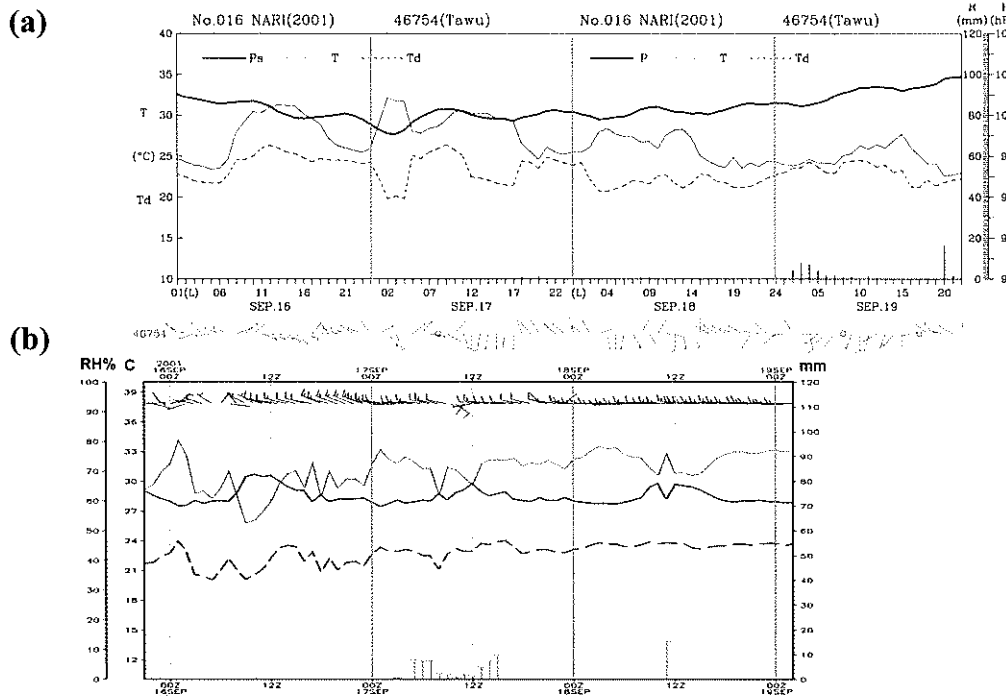


圖 8 大武測站 (a)觀測溫度(黑實線,單位 $^{\circ}\text{C}$)、露點溫度(虛線,單位 $^{\circ}\text{C}$)及氣壓(粗實線,單位 hPa)(取自中央氣象局網站)。(b)模式 D4 模擬結果溫度(黑實線,單位 $^{\circ}\text{C}$)、露點溫度(虛線,單位 $^{\circ}\text{C}$)及相當溼度(紅實線,單位%)。

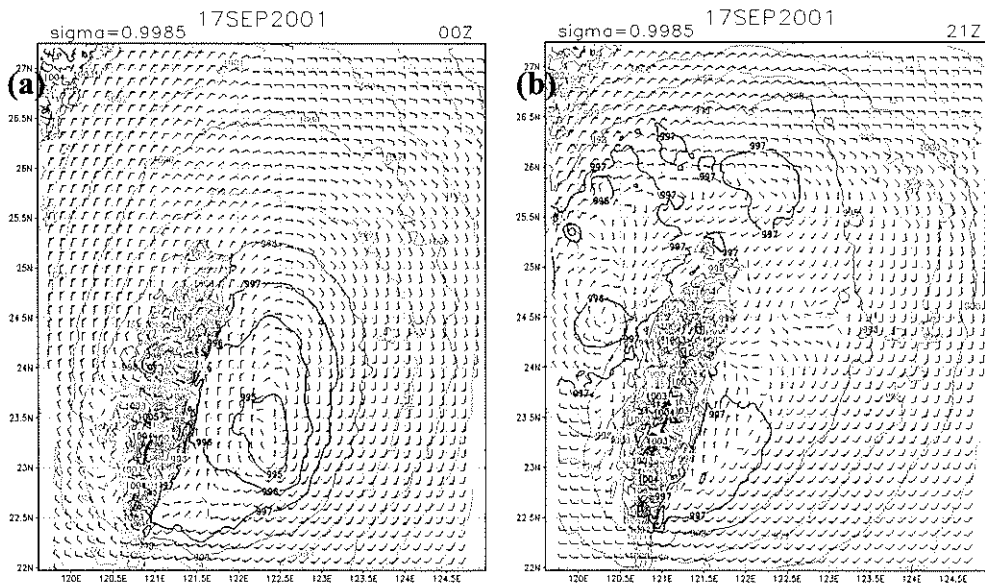


圖 9 模式 D4 模擬結果海平面氣壓(間隔 1hPa)及近地面風場(Full barb : 50 m/s)
(a)9月17日00 UTC ;(b)9月17日21 UTC。