摘要

本計畫之目的在配合中央氣象局颱風預警作業需求,發展適用於台灣地區之 鄉鎮尺度颱風降雨整合預報技術;全程計畫預計三年完成,本年為第三年。本年 計畫主要工作包括:(1)利用數值動力模式,進行第一、四、五及其他類型路徑 颱風個案之控制組及系集成員模擬,(2)最佳化前兩年建立之預報指引系統,建 置完整動力統計預報指引系統;並評估、改進此動力統計預報指引系統,以協助 中央氣象局提昇颱風定量降雨預報之準確度,(3)颱風動力統計預報指引系統作 業化,建置新的颱風降雨預報作業程序及產品,並建立校驗系統,以提供作業之 即時誤差評估。

在個案模擬方面,本年度共完成近 20 年(1990~2009)15 個(包含第一、四、 五及特殊類型路徑)歷史颱風個案之控制組模擬;每個控制組個案,再考慮不同 之初始時間、雲微物理及積雲參數化設定,完成 11 組系集成員之模擬。其次依 照颱風登陸地點及颱風移動速度,對所有模擬成員進行分類,並結合第二年之成 果,建置完整動力統計預報指引系統。此外,利用所發展的各項預報指引,針對 相依颱風個案進行陸上颱風警報期間,所有測站之累積雨量預估,並與未加入預 報指引之結果比較。分析結果顯示,加入預報指引後,對於降雨量或降雨分布的 表現大多有改善,唯某些預報指引若單獨使用時(例如太陽日),可能較無法凸 顯其特性。進一步針對特殊型颱風降雨個案,如潭美(2001)、卡玫基(2008) 等,評估此動力統計預報指引系統之預報能力。分析結果顯示,本研究所建立之 動力統計預報指引系統,相較於原始動力統計模式,可較合理掌握此種颱風之降 雨,但誤差仍非常顯著。

在動力統計預報指引系統作業化方面,本研究所建立之動力統計預報指引系統,已完成建置於中央氣象局系統中;本年度計畫亦完成建置校驗系統,以提供即時之誤差評估。此外,本研究進一步針對2010年西行及北行的獨立颱風個案(萊羅克;Lionrock;凡那比 Fanapi;及梅姬 Megi)等三個颱風,進行陸上颱風警報期間,所有測站之累積雨量預估,分析時亦配合觀測資料進行差異評估,以了解此動力統計預報指引系統之預報能力。分析結果顯示,利用預報指引系統挑選模擬成員建立背景資料之動力統計模式,雖可提高降雨量的預報準確度,但卻可能因為個案的挑選,使預報的降雨分布準確度降低。

關鍵字:鄉鎮尺度、颱風降雨、動力模式、預報指引

目錄

摘要	1
目錄	3
表目錄	5
圖目錄	6
一、前言	15
二、數值模式簡介及設定	23
2.1 數值模式簡介	23
2.2 WRF 模式設定	24
2.3 MM5 模式設定	24
三、歷史個案控制組模擬結果分析	25
3.1 第一類路徑侵台個案模擬結果	25
3.2 第四類路徑侵台個案模擬結果	27
3.3 第五類路徑侵台個案模擬結果	
3.4 特殊類型路徑侵台個案模擬結果	29
3.5 小结	
四、侵台颱風降雨動力統計預報指引系統之建立	
4.1 系集模擬成員之選取及動力統計模式之建立	
4.2 動力統計預報指引系統之建立	
4.3 各項預報指引對降雨預報結果影響之分析	35
4.3.1 颱風路徑	35
4.3.2 颱風強度	
4.3.3 颱風暴風半徑	
4.3.4 太陽日	
4.3.5 颱風登陸地點	
4.3.6 颱風移動速度	
4.4 非典型颱風降雨之預報表現	

五、校	交驗系統之建置	41
5.1	校驗方法	41
5.2	校驗系統	43
5.3	2010 年颱風個案校驗	44
六、討	计論與總結	47
七、致	文謝	51
八、參	*考文獻	
附件一		111
附件二	<u> </u>	195

表目錄

表 1-1 Anthes-Kuo、Grell、Kain-Fritsch、Betts-Miller,四種積雲參數化比較(摘
自 Kuo et al. ,1996)。
表 3-1 第一、四、五類以及特殊路徑之侵台颱風個案列表。56
表 3-2 控制組模擬最佳參數化組合及模擬結果。57
表 3-2 (續)。
表 4-1 控制組與系集模擬組模擬設定列表。59
表 4-1 控制組與系集模擬組模擬設定列表 (續)。60
表 4-2 利用「颱風路徑」做為預報指引,針對西行、北行及特殊路徑類型之相 依颱風個案,測站整體之各項統計參數校驗結果。61
表 4-3 利用「颱風強度」做為預報指引,針對強烈、中度及輕度之相依颱風個 案,測站整體之各項統計參數校驗結果。62
表 4-3 續。
表 4-4 利用「颱風暴風半徑」做為預報指引,針對大颱風及小颱風之相依颱風 個案,測站整體之各項統計參數校驗結果。63
表 4-5 利用「太陽日」做為預報指引,針對不同月份之相依颱風個案,測站整 體之各項統計參數校驗結果。64
表 4-5 續。
表 4-5 續。
表 4-6 利用「登陸地點」做為預報指引,針對不同登陸地點之相依颱風個案, 測站整體之各項統計參數校驗結果。67
表 4-6 續。
表 4-7 利用「颱風移動速度」做為預報指引,針對慢速、中速及快速之相依颱 風個案,測站整體之各項統計參數校驗結果。
表 5-1 列聯表。
表 5-2 針對 2010 年西行及北行路徑颱風個案,測站整體之各項統計參數校驗 結果。
表 5-3 利用列聯表,針對 2010 年西行及北行路徑颱風個案,計算各別測站在 不同門檻值之預報降水得分。71
表附 1-1 所有模擬個案在模擬時間內之平均路徑誤差111
表附 1-1 所有模擬個案在模擬時間內之平均路徑誤差(續)112

圖目錄

圖 1-1 Chang et al. (1993)利用 19/1-1990 共 20 年之 22 個地面測站資料,分析 颱風侵台期間台灣地區之降雨分佈狀況。
圖 1-2 TV 實驗組路徑比較圖。藍色表 TV-50、紅色表 TV-60、綠色表 TV-70、 黑色表 CWB 路徑。73
圖 1-3 TV 實驗組強度變化比較圖。藍色表 TV-50、紅色表 TV-60、綠色表 TV-70、 黑色表 CWB 路徑、桃紅表 JTWC Best Track。
圖 1-4 TR 實驗組路徑比較圖。藍色表 TR-60、紅色表 TR-70、綠色表 TR-80、 黑色表 CWB 路徑。74
圖 1-5 TR 實驗組強度變化比較圖。藍色表 TR-60、紅色表 TR-70、綠色表 TR-80、 黑色表 CWB 路徑、桃紅表 JTWC Best Track。
圖 1-6 TA 實驗組路徑比較圖。藍色表 TA-65、紅色表 TA-75、綠色表 TA-85、 黑色表 CWB 路徑。
圖 1-7 TA 實驗組強度變化比較圖。藍色表 TA-65、紅色表 TA-75、綠色表 TA-85、 黑色表 CWB 路徑、桃紅色表 JTWC Best Track。
圖 1-8 TA 組實驗,積分 18 小時之地面氣壓圖。(a)表 TA-65、(b)表 TA-75、 (c)表 TA-85。
圖 1-9 積雲參數化過程示意圖(摘自 Dudhia et. al., 2002)。
圖 1-10 TC 實驗組路徑比較圖。紅色表 TC-BM、綠色表 TC-AK、橙色表 TC-KF、 黃色表 TC-GR、藍色表 TC-KF2、黑色表 CWB 路徑。
 圖 1-10 TC 實驗組路徑比較圖。紅色表 TC-BM、綠色表 TC-AK、橙色表 TC-KF、 黃色表 TC-GR、藍色表 TC-KF2、黑色表 CWB 路徑。
 圖 1-10 TC 實驗組路徑比較圖。紅色表 TC-BM、綠色表 TC-AK、橙色表 TC-KF、 黃色表 TC-GR、藍色表 TC-KF2、黑色表 CWB 路徑。
 圖 1-10 TC 實驗組路徑比較圖。紅色表 TC-BM、綠色表 TC-AK、橙色表 TC-KF、 黃色表 TC-GR、藍色表 TC-KF2、黑色表 CWB 路徑。
 圖 1-10 TC 實驗組路徑比較圖。紅色表 TC-BM、綠色表 TC-AK、橙色表 TC-KF、 黃色表 TC-GR、藍色表 TC-KF2、黑色表 CWB 路徑。
 圖 1-10 IC 實驗組路徑比較圖。紅色表 TC-BM、綠色表 TC-AK、橙色表 TC-KF、 黃色表 TC-GR、藍色表 TC-KF2、黑色表 CWB 路徑。

圖 2-2 本研究使用之 WRF 三層巢狀網格設計 (45km、15km、5km)。82
圖 3-1 各類型侵台颱風路徑示意圖(摘自中央氣象局颱風資料庫網頁)。83
圖 3-2 模擬之侵台期間示意圖,圖中▲中央氣象局發布陸上颱風警報之時間, ★為中央氣象局解除陸上颱風警報之時間。83
圖 3-3 1990 年亞伯颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之路 徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。
圖 3-4 1990 年亞伯颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a) 為實際觀 測, (b) 為模擬結果。
圖 3-5 2005 年馬莎颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之路 徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。
圖 3-6 2005 年馬莎颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。
圖 3-7 2007 年韋帕颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之路 徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。
圖 3-8 2007 年韋帕颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a) 為實際觀 測, (b) 為模擬結果。
圖 3-9 2006 年寶發颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之路 徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。
圖 3-10 2006 年寶發颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。
圖 3-11 2007 年帕布颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之 路徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。
圖 3-12 2007 年帕布颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a) 為實際觀 測, (b) 為模擬結果。
圖 3-13 1999 年瑪姬颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之 路徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。
圖 3-14 1999 年瑪姬颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。
圖 3-15 2001 年尤特颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之 路徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。
圖 3-16 2001 年尤特颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。90
圖 3-17 1991 年耐特颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之 路徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。91 7

圖 3-18 1991 年耐特颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。
圖 3-19 2001 年納莉颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之 路徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。
圖 3-20 2001 年納莉颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。
圖 4-1 接近台北站網格之降雨潛勢圖, 0.1x0.1 度。
圖 4-2 接近台北站網格之降雨潛勢圖, 0.5x0.5 度。
圖 4-3 (a) 1990 年楊希 (Yancy) 颱風, (b) 2004 年海馬 (Haima) 颱風之 控制組 (紅色) 及系集模擬 (黑色) 與實際觀測 (藍色) 之路徑圖。94
圖 4-4 美國聯合颱風警報中心 (JTWC) 之風速氣壓對照表 (摘自 JTWC 之颱 風報告書)。
圖 4-5 計算所有模擬成員暴風半徑之選取範圍(a)西行路徑成員,(b)北行 路徑成員。
圖 4-6 颱風登陸點分區圖,黃色為第一區,藍色為第二區,紫色為第三區,紅 色為第四區。
圖 4-7 (a) 西行、(b) 北行及(c) 特殊路徑模擬成員,在各縣市的登陸次 數分布圖。
圖 4-8 動力統計預報指引系統之預報流程圖。
圖 4-9 2001 年潭美 (Trami) 颱風之 (a) 中央氣象局路徑圖及 (b) 陸上警報 發布期間之降雨分布圖。
 圖 4-9 2001 年潭美(Trami) 颱風之(a)中央氣象局路徑圖及(b)陸上警報發布期間之降雨分布圖。
 圖 4-9 2001 年潭美(Trami) 颱風之(a)中央氣象局路徑圖及(b)陸上警報發布期間之降雨分布圖。
 圖 4-9 2001 年潭美 (Trami) 颱風之 (a) 中央氣象局路徑圖及 (b) 陸上警報發布期間之降雨分布圖。
 圖 4-9 2001 年潭美(Trami)颱風之(a)中央氣象局路徑圖及(b)陸上警報發布期間之降雨分布圖。
 圖 4-9 2001 年潭美(Trami) 颱風之(a)中央氣象局路徑圖及(b)陸上警報發布期間之降雨分布圖。

在不同門檻值的結果,左上為ETS,右上為Bias,左下為POD,右下為FAR。

- 圖 5-4 2010 年萊羅克 (Lionrock) 颱風上颱風警報發布期間之 (a) 觀測降雨, 及利用 (b) 動力統計預報指引系統與 (c) 未加入預報指引之動力統計模 式之降雨分佈圖。......106

- 1990年亞伯颱風路徑誤差隨時間變化圖。......114 圖附 1-1 1990 年黛特颱風路徑誤差隨時間變化圖。......114 圖附 1-2 1990年楊希颱風路徑誤差隨時間變化圖。......115 圖附 1-3 1991 年耐特颱風路徑誤差隨時間變化圖。......115 圖附 1-4 1994年道格颱風路徑誤差隨時間變化圖。......116 圖附 1-5 1995 年蓋瑞颱風路徑誤差隨時間變化圖。......116 圖附 1-6 1995 年肯特颱風路徑誤差隨時間變化圖。......117 圖附 1-7 1995 年賴恩颱風路徑誤差隨時間變化圖。......117 圖附 1-8 1996 年凱姆颱風路徑誤差隨時間變化圖。......118 圖附 1-9 1996 年賀伯颱風路徑誤差隨時間變化圖。......118 圖附 1-10 圖附 1-11
- 圖附 1-12 1997 年溫妮颱風路徑誤差隨時間變化圖。......119

圖附	1-13	1998 年妮蔻兒颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.120
圖附	1-14	1998 年奧托颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.120
圖附	1-15	1998 年瑞伯颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.121
圖附	1-16	1999 年丹恩颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.121
圖附	1-17	1999 年瑪姬颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.122
圖附	1-18	2000 年碧利斯颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.122
圖附	1-19	2000 年寶發颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.123
圖附	1-20	2000 年啟德颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.123
圖附	1-21	2000 年巴比倫颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.124
圖附	1-22	2000 年象神颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.124
圖附	1-23	2001 年奇比颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.125
圖附	1-24	2001 年西馬隆颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.125
圖附	1-25	2001 年納莉颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.126
圖附	1-26	2001 年桃芝颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.126
圖附	1-27	2001 年尤特颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.127
圖附	1-28	2002 年娜克莉颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.127
圖附	1-29	2002 年辛樂克颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.128
圖附	1-30	2003 年杜鵑颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.128
圖附	1-31	2003 年米勒颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.129
圖附	1-32	2003 年莫拉克颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.129
圖附	1-33	2004 年海馬颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.130
圖附	1-34	2004 年敏督利颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.130
圖附	1-35	2004 年南瑪都颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.131
圖附	1-36	2004 年納坦颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.131
圖附	1-37	2005 年海棠颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.132
圖附	1-38	2005 年龍王颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.132
圖附	1-39	2005 年馬莎颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.133
圖附	1-40	2005 年泰利颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.133
圖附	1-41	2006 年碧利斯颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.134
圖附	1-42	2006 年寶發颱風路徑誤差隨時間變化圖。	.134

圖附	1-43	2006 年珍珠颱風路徑誤差隨時間變化圖。135
圖附	1-44	2006 年凱米颱風路徑誤差隨時間變化圖。135
圖附	1-45	2007 年柯羅莎颱風路徑誤差隨時間變化圖。136
圖附	1-46	2007 年帕布颱風路徑誤差隨時間變化圖。136
圖附	1-47	2007 年聖帕颱風路徑誤差隨時間變化圖。137
圖附	1-48	2007 年韋帕颱風路徑誤差隨時間變化圖。137
圖附	1-49	2007 年梧提颱風路徑誤差隨時間變化圖。138
圖附	1-50	2008 年鳳凰颱風路徑誤差隨時間變化圖。138
圖附	1-51	2008 年薔蜜颱風路徑誤差隨時間變化圖。139
圖附	1-52	2008年卡玫基颱風路徑誤差隨時間變化圖。139
圖附	1-53	2008 年辛樂克颱風路徑誤差隨時間變化圖。140
圖附	1-54	2009 年莫拉克颱風路徑誤差隨時間變化圖。140
圖附	1-55 線為控	1990年亞伯颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 E制組模擬路徑,灰黑色實線為11組系集成員模擬路徑。141
圖附	1-56 線為招	1990 年黛特颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 E制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。142
圖附	1-57 線為哲	1990年楊希颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 E制組模擬路徑,灰黑色實線為11組系集成員模擬路徑。143
圖附	1-58 線為哲	1991 年耐特颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 E制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。144
圖附	1-59 線為招	1994 年道格颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 E制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。145
圖附	1-60 線為招	1995 年蓋瑞颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 E制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。146
圖附	1-61 線為哲	1995 年肯特颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 E制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。147
圖附	1-62 線為招	1995 年賴恩颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 E制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。148
圖附	1-63 線為招	1996 年凱姆颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 E制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。149
圖附	1-64 線為哲	1996 年賀伯颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 E制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。150

- 圖附 1-65 1997 年安珀颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。......151
- 圖附 1-67 1998 年妮蔻兒颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。.......153
- 圖附 1-69 1998 年瑞伯颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。.............155
- 圖附 1-71 1999 年瑪姬颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。.............157
- 圖附 1-72 2000 年碧利斯颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。.......158
- 圖附 1-74 2000 年啟德颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。............160
- 圖附 1-75 2000 年巴比倫颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。.......161

- 圖附 1-78 2001 年西馬隆颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。.......164
- 圖附 1-79 2001 年納莉颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。.............165

- 圖附 1-82 2002 年娜克莉颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。.......168
- 圖附 1-83 2002 年辛樂克颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。.......169

- 圖附 1-86 2003 年莫拉克颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。.......172
- 圖附 1-88 2004 年敏督利颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。......174
- 圖附 1-89 2004 年南瑪都颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為11 組系集成員模擬路徑。.......175

- 圖附 1-95 2006 年碧利斯颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。....... 181

- 圖附 1-99 2007 年柯羅莎颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。.......185

- 圖附 1-106 2008 年卡玫基颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。....... 192
- 圖附 1-107 2008 年辛樂克颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。....... 193
- 圖附 1-108 2008 年莫拉克颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。....... 194

一、前言

侵台颱風所導致之災害,主要肇因於其所伴隨之豪雨;局部性之豪雨常導致 該區域山崩、土石流、河水暴漲與淹水。因此,加強對侵台颱風之研究,藉以提 供正確之預報指引,進而改進定量降雨預報與提高災害預警能力,是台灣地區颱 風防災課題中的重要工作。需注意的是,由於颱風為一快速轉動的渦旋(伴隨有 強烈對流和降水),故侵台颱風路徑和結構常受台灣複雜地形影響而有相當大變 化;地形的作用,更常造成局部豪雨而導致嚴重災情,並增加降雨預報的困難度。 然而,目前社會對於預報精度需求殷切,氣象局亦正朝向預報精緻化的目標邁進, 預報標的將由原本的縣市範圍,提高為鄉鎮市範圍,因此亟需改善颱風預報指引 之精度及準確度。本計畫之目的即是發展適用於台灣地區鄉鎮尺度之颱風降雨整 合預報技術,以提升颱風期間鄉鎮尺度定量降雨預報之準確度。

目前颱風降雨預報技術,大致可分為氣候統計法(含類比法)和數值模式預 報法兩大類。氣候統計法建基於歷史颱風資料的統計應用,考慮的是歷史案例的 重現性,因此對於特殊颱風個案(如2008年的卡玫基颱風),較缺少預報能力。 數值模式預報法,雖然在完整物理架構下,很可能可以模擬出合理的颱風降雨分 佈;但由於諸多因素的影響,在實際預報作業時,卻常存在難以掌握的不確定性, 尤其是模式之颱風路徑預報有所偏差時,降雨分布將顯著偏離實際觀測。

在氣候統計法方面,王等(1983、1985)即利用 1942 至 1982 年的逐時颱風 路徑資料,及該期間中央氣象局所屬台灣地區 14 個測站的逐時雨量資料,求出 不同颱風路徑(主要為西行及北進兩類)下,各測站的雨量分佈。分析時,針對 北緯 19-28 度、東經 117-129 度的範圍內,每一個 0.5×0.5 度的網格中,求出歷 年颱風經過該網格區域時,某一測站的時雨量平均值、最大值、最小值、標準偏 差以及過境次數,以供實際預報參考。此種僅採用時雨量平均值的方法,稱之為 平均法,乃考慮一地之颱風時雨量僅受颱風位置、移向及當地地形所影響。葉等 (1999)進一步校驗平均法應用在台北測站之颱風降雨預測之準確度,同時探討 持續法在颱風定量降雨預報之可行性,其結果顯示,平均法對台北一地之颱風降 雨預報有一定的參考價值,但對較大降雨有明顯的低估;而結合平均法與持續法 之「差異持續法」和「比差法」,似乎能改善平均法對較大降雨低估的情形。

Chang et al. (1993)亦利用 1971~1990 共 20 年之 22 個地面測站資料,分析 颱風侵台期間台灣地區之降雨分佈狀況。他們將北緯 17~27 度、東經 117~127 度的範圍,每 2×2 度分為一個網格,計算當颱風中心落在每個網格中時,22 個 測站的降雨分佈情況。結果顯示(圖 1-1),當颱風中心位於北緯 23 度以北時, 最大降雨出現在中央山脈西側;而當颱風中心位於北緯 23 度以南時,最大降雨 則出現在台灣東南部沿海。尤其當颱風中心位於北緯 21~23 度、東經 119~121 度之網格點時,東南部沿海的降雨極大值最為顯著,且最大值超過9mm/h。整體 而言,上述的研究成果,在颱風降雨預報上,提供極大的參考應用價值。

Lee et al. (2006) 延續王等(1983、1985) 之平均法發展颱風降雨氣候模式。 他們利用 1989-2002 年中央氣象局颱風路徑資料,及該期間中央氣象局所屬台灣 地區氣象站(18站)、自動雨量站(222站)以及台灣水利局第十工程處(8站)、 石門水庫管理局(9站)、翡翠水庫管理局(6站)、曾文水庫管理局(8站)等 所屬雨量站,共計 371 個雨量站的逐時雨量資料,在東經 118-126 度、北緯 19-27 度的範圍內,每 0.5×0.5 度的網格中,求出歷年颱風(共61 個)經過該網格區域 時,某測站的時雨量平均值、最大值、標準偏差、時雨量大於 15 毫米及 50 毫米 次數以及颱風過境該網格次數。其次,他們進一步利用 Barnes 客觀分析法,針 對每一測站(或流域)將上述時雨量平均值資料內差到 0.1×0.1 度的經緯度網格 內,以得到一組空間分佈均勻的網格資料並繪圖(稱之該測站/流域之颱風降雨 潛勢圖),提供做為預測未來颱風降雨的基礎資料。實際應用氣候模式時,首先 必須找出颱風中心位置(根據中央氣象局預報之颱風定位)所在的網格,然後在 某單一測站或流域的颱風降雨潛勢圖上,找到颱風於該網格位置時相對應的時雨 量值,即為該測站或流域之時雨量預估值,而累積雨量(如 3、6、12、24 小時) 即為沿颱風路徑之逐時雨量累加。

李(2008)為了增加氣候模式之穩定性,將氣候模式資料庫更新至2006年, 使歷史颱風個案數由61個增加為92個(增加50%個案數),同時,亦加入九二 一地震後所新設立的雨量站;因此總計目前氣候模式資料庫中,共有408個雨量 站資料。李除增加颱風個數和雨量站數外(2008),進一步發展新版集水區颱風 降雨模式,此模式可根據颱風特徵即時調整模式計算時採用的雨量門檻值,此門 檻值為在颱風降雨模式資料庫中,選取不同區間之降雨資料進行估算,以突顯颱 風個案間之降雨特徵;此外,亦同時透過分析不同歷史颱風個案的降雨特性,給 予使用者藉由分析颱風降雨特徵,獲得颱風降雨模式調整之參考指引。其進一步 根據分析結果,提出選取特性相似(路徑、強度及暴風半徑大小)歷史個案的方 式,以作為門檻值選取之參考。利用2007年帕布、聖帕、韋帕及柯羅莎颱風個 案進行測試的結果顯示,利用歷史相似個案調整降雨門檻值後,可改善原始颱風 降雨模式容易低估雨量的情形。

李(2009)結合颱風衛星降雨估計和颱風降雨氣候模式,發展颱風降雨整合 預報技術,探討颱風降雨整合預報技術的預報能力;研究中應用 SSM/I 衛星觀 測之颱風降雨量,建立侵台颱風衛星降雨氣候,並分析個別颱風侵台前之降雨潛 勢,發展依據衛星降雨潛勢修正颱風降雨模式之方法。分析結果顯示,衛星觀測 結果與過去對於颱風結構及降雨特徵之研究結果類似,顯示衛星觀測資料在颱風 降雨預估上具有代表性及應用價值。李(2009)除建立颱風衛星降雨氣候資料庫 外,並將颱風衛星降雨氣候模式與集水區颱風降雨模式 Ver.2 整合;此最新版模 式可利用颱風路徑、颱風強度、颱風之七級風暴風半徑及衛星降雨潛勢等條件, 篩選擁有類似特徵的颱風並調整颱風降雨模式之預報結果;研究中並逐一檢驗颱 風降雨模式對 2004-2008 年共 28 個侵台颱風之降雨掌握能力。綜觀而言,颱風 降雨模式對於降雨區域分佈上具有相當程度的掌握,且經由颱風路徑及降雨潛勢 進行模式調整後,颱風降雨模式有較其他調整方式更佳之預報能力,並能改善過 去模式低估的情形。

在數值動力模式方面, 喬等 (1996)、李和林 (1999)、Wu et al. (2002) 及 簡和李(2002)等之真實侵台颱風個案的模擬結果顯示,PSU/NCAR MM5 已可 合理模擬颱風侵台過程與中尺度環流演變。李等(2007)利用 MM5 數值模式, 模擬、分析琳恩之侵台過程,並探討導致豪雨之重要機制。分析與模擬結果顯示, 琳恩颱風影響期間,台灣北部地區之主要強降水,出現在鋒面由南北退且於台灣 北部滯留時,且此顯著強降水並非單純之地形舉升降水。Lee et al. (2008)亦利 用 MM5 合理模擬 2004 年敏督利 (Mindulle) 颱風侵台時, 位於台灣海峽副中心 的發展過程及7月2日出現於台灣西南部的強降水(最大降雨為787毫米)。Chien et al. (2005)的即時天氣預報系統結果顯示, WRF 模式對台灣地區天氣系統(如 中尺度對流系統、颱風等)有不錯的掌握,且其使用 WSM 5-class 雲微物理搭配 KF 積雲參數法,在 2004 年敏督利(Mindulle)及艾利(Aere)颱風模擬的降水 量及降水分佈都較 MM5 為佳。此外, 黃等(2005) 利用 LAPS-MM5 針對馬莎 (Matsa) 颱風,進行 0~6 及 6~12 小時之降雨預報校驗的結果顯示,無論在前期 受颱風外圍環流影響期間、颱風雨帶所帶來之降雨,或是後期引進西南氣流的降 雨,LAPS-MM5 對降雨位置皆有很不錯的掌握。而黃等(2006)利用 LAPS-MM5 及 LAPS-WRF 針對碧利斯 (Bilis) 及凱米 (Kaemi) 颱風,進行 0~6 及 0~12 小 時之降雨預報校驗結果亦顯示,除了一些小尺度的現象無法掌握之外,模式可大 致反映兩颱風個案降雨極值的分佈。簡(2008)研究 WRF 模式應用於台灣地區 之預報能力,並針對各種非傳統觀測資料(Dropsonde、COSMIC GPS 及 QuikSCAT 等觀測資料)進行資料同化,以瞭解其對WRF 模式預報能力之影響; 其結果顯示,模擬颱風之路徑與強度和實際觀測相接近。簡(2008)同時比較同 化不同資料之三組實驗(控制組、Dropsonde 實驗組和 GPS 實驗組),結果顯示, 因 Dropsonde 觀測資料之空間解析度較高,且多了風場資料植入模式中,經資料 同化後較能模擬出雨量與雷達回波之特徵趨勢;而 GPS 實驗組相較下模擬結果 影響相對較小。

在系集預報方面,1996年由 Cliff Mass 及其研究群在西雅圖華盛頓大學開始 建構一套即時的 MM5 預報系統,主要的預報區域為美國西北部 (Colle et al., 2000)。該模式所預報的資料不但可應用於學術研究,亦可提供當地氣象預報單 位 (NWS)作業之參考。爾後,華盛頓大學開始發展即時的系集預報系統,可 同時進行多組模擬,以提升預報能力,並校驗及改善中尺度系集預報方法(Grimit and Mass, 2002)。此外,可選用不同初始場、不同網格設定、不同參數化設定 等方式,選定系集預報成員。簡(2005)即利用 WRF 模式針對網格範圍與物理 參數等設定進行敏感度測試,以得到較佳的預報結果。Yang and Ching(2005) 使用 MM5 模式模擬桃芝(2001)颱風,對其作物理參數的系集模擬實驗,得知 選擇適合的物理參數法可以模擬出較佳的颱風路徑及降雨分佈。

為瞭解不同模式和物理參數化對侵台颱風強度、結構和降雨之影響情況,李 (2007)利用 MM5 與 WRF 模擬桃芝(2001)與龍王(2005)颱風的結果顯示, 在類似的模式設計下,WRF 對桃芝的模擬較 MM5 為佳;但對龍王而言,則以 MM5 之模擬較佳,且可掌握重要結構和降水特徵。陳(2004)使用 Davis and Low-Nam (2001) 植入渦旋的特性,進行桃芝(2001)颱風一系列之初始渦旋 敏感度實驗,以期能植入與之相似結構特徵的初始平衡渦旋,藉以提昇模擬能力。 她利用 Davis and Low-Nam 方法所植入的 Rankine vortex 的風速剖面設定為:

v = A(z)F(r)

$$F(r) = \frac{v_m}{r_m} r ; (r \le r_m)$$

$$F(r) = \frac{v_m}{r_m^{\alpha}} r^{\alpha} ; (r > r_m)$$

其中,A(z)設定不同高度的權重分布,F(r)則依距離不同而有不同風速分布,vm 表最大風速,rm 表最大風速半徑,α值設定風速剖面的強度(strength),即最大 風速半徑外之風速強弱;其分析以最大風速70 ms-1,最大風速半徑80 km,α 值0.75 為控制組,就三種變數分別測試其對渦旋強度、大小的影響。

陳(2004)首先固定最大風速半徑及 α 值,並將最大風速值分別設為50 ms⁻¹、 60 ms⁻¹、70 ms⁻¹進行測試,模擬結果如圖 1-2 所示。圖中顯示,實驗組中最弱的 TV-50 路徑較偏北,而在 TV-60、TV-70 的測試中路徑差異不大。圖 1-3 顯示 TV 實驗組的強度比較,模擬初期 6 小時為模式調整時間,從 28 日 1800 UTC 開始 至登陸前,其強度有明顯差異,最大風速越強,其強度也越強。第二組實驗改變 最大風速半徑 (rm),分別設為 60 km、70 km、80 km,路徑測試結果顯示 (圖 1-4),最大風速半徑對於路徑影響不大,而對於強度影響方面 (圖 1-5),一般而 言最大風速半徑較小其強度也較弱。第三組實驗改變 Alpha 值 (α),分別設定 為 0.65、0.75、0.85,圖 1-6 顯示實驗組的路徑測試結果,當 α 值越大時,其路 徑較偏北。圖 1-7 顯示實驗組中各模擬結果之颱風中心海平面氣壓比較,結果顯 示, α 值越大強度越弱。透過模擬之地面氣壓圖 (圖 1-8)顯示, α 值越小,其 中心氣壓梯度力越大。綜合而言, α 值設定風速剖面的強度,強度越弱,其中心 氣壓梯度力越小,其路徑越往北偏移。陳(2004)敏感度測試的主要目的,除了 尋求並使用模式中適當的參數外,另一重點即在獲得一組最佳且最接近事實的模 擬結果。根據觀測資料分析顯示,桃芝颱風是個小且強度集中之颱風,因此,測 試不同渦旋大小、強度是為了能得到可合理模擬桃芝颱風的渦旋。綜合上述測試 結果約可歸納出:最大風速(vm)對於強度影響較顯著,Alpha 值(α)對於路 徑偏向有明顯影響。

為了進一步探討颱風環流結構對颱風路徑的影響,陳(2004)亦利用不同積 雲參數化,嘗試模擬渦旋大小、結構強弱不同之對照組,透過此組實驗約可定性 瞭解結構對於桃芝颱風路徑的影響。積雲參數化將會影響雲雨的分布、潛熱釋 放...等,圖1-9呈現積雲對流過程的所可能考慮的變數;由於不同的積雲參數化 其物理假設均不同,因此其分別測試 BM(Betts-Miller, 1986)、KF(Kain-Fritsch, 1993) • GR (Grell • 1994) • AK (Anthes-Kuo • 1977) • KF2 (Kain-Fritsch • 2004) 五種積雲參數化;表1-1整理不同積雲參數化的物理設定(摘自Kuo et al., 1996)。 圖 1-10 顯示積雲參數化實驗組(以 BM、AK、KF、GR 及 KF2 代表各實驗組) 的路徑測試結果,其中 BM 並未登陸,而 KF、GR 表現較佳,但尚未有偏向的 現象,移速也較快。路徑由北往南依序為,BM、AK、KF、GR、KF2。進一步 利用雷達回波圖來分析颱風結構特徵。圖 1-11 為積雲參數化實驗組積分 18 小時 (7月29日0600 UTC)後之雷達回波圖與地面氣壓圖,其中以 KF、GR、KF2 之結構較集中,且強回波區位於颱風中心西南側與實際雷達觀測資料較接近; BM 之回波區較弱,於實際觀測資料差距較大,而 AK 之颱風結構過於鬆散,強 度也較弱。比較對照組實驗中颱風的大小(以 999 hPa 等壓線為參考基準), 颱 風由大到小依序為 BM、AK、KF、GR、KF2。圖 1-12 顯示各實驗組積分 18 小 時之切向風場剖面, BM 所模擬之風場結構較弱, 最大值僅 25 ms⁻¹, 最大風速區 範圍為距中心 40~140 km, 高度延伸至 σ =0.625; 而 AK 及 KF 之模擬結果強度 略較強,最大風速值為 35 ms-1,最大風速區範圍位於 30 \sim 80 km,高度至 σ =0.675 (以 KF 為例); 而 GR、KF2 之最大風速值增強為 40 ms⁻¹, GR 的模擬中, 最大 風速區範圍約為半徑 40~65 km,高度延伸至 σ =0.675。以上之比較顯示,BM 所模擬的風場較弱其颱風結構較大,而 GR 及 KF2 實驗中,則模擬出較強、風 場較集中的颱風結構。圖 1-13 顯示各實驗組積分 18 小時之切向風場,各組實驗 之最大風速約發生於距中心 50km 處,與觀測資料接近,且最大風速由小至大依 序為 BM、AK、KF、KF2、GR。其中 GR 的最大風速高達 45 ms⁻¹。圖 1-14 之 各實驗組的強度比較顯示,五組實驗組的強度均偏弱,但其強度大小與環狀平均 風場有一致的表現。

綜合陳(2004)積雲參數化的測試結果顯示,從颱風較大較弱且結構較鬆散的 TC-BM、TC-AK 到颱風較小較強且結構較集中的 TC-KF、TC-GR,其路徑表現與結構有其一致性。颱風較大較鬆散其路徑越往北偏,反之颱風較小結構較集中則有越往南偏向的現象。在桃芝颱風的個案中,使用 Grell 積雲參數化,無

論是路徑、強度或是結構特徵,均可得到較佳的結果。Grell 積雲參數化是類似於 Arakawa- Shubert 參數化,即利用準平衡(Quasi-Equilibrium)的假設,但僅考慮一深雲(Deep Cloud),且大氣加熱和加溼垂直剖面是由上升流、下衝流、補償運動所決定,並未考慮逸入作用。

李等(2011)使用 WRF 模式進行預報實驗,配合不同之模式物理參數法產 生擾動,包含模式積雲參數法、微物理參數法、邊界層參數法與土壤模式等,共 產生 40 組系集成員,並探討物理參數法擾動所建構之系集預報系統的預報統計 特性,以了解此一系集成員產生的方法能否提供合適之系集預報成員。他們的分 析結果顯示,此方法尚不足以提供足夠分散之系集成員,且預報可信度尚不足, 因此未來須針對其他系集成員產生方式進行實驗和評估分析。

國家實驗研究院颱風洪水研究中心(簡稱颱洪中心)於2010年進行「颱風 定量降雨數值模式系集預報實驗(Typhoon Quantitative Precipitation Ensemble Forecast Experiment)」,共邀集交通部中央氣象局、國家災害防救科技中心及學 界的10位教授共同進行定量降雨系集預報實驗;結合國家高速網路與計算中心 的計算資源,及災防中心的實務經驗,進行每日4次、每次20組的高解析度大 氣模擬,即時模擬台灣地區未來72小時之天氣狀況。以2010年梅姬(Megi) 颱風為例,實驗結果顯示,利用系集統計方法與機率預報的觀念,對於最可能的 降雨分佈有良好的掌握(圖1-15)。雖然系集預報對降雨預報的成果良好,但所 耗之計算資源相當龐大;而本計畫所發展的動力統計模式於預報時,有耗費資源 較少、計算快速的優點,且可做為降雨預報的初估值;經與系集預報實驗結果互 相比較後,可增加預報信心。

本計畫希望藉由數值模式預報法動力一致的合理性,合併統計預報的穩定及 重現性的優點,改善侵台颱風降雨預報技術,並將其成果落實於氣象局現有之颱 風預報作業程序及作業環境以供實際作業參考。整體而言,本計畫之全程目的在 配合中央氣象局颱風預報作業之需求,完成下列三項工作:(1)、應用現有動力 模式(主要為WRF),進行歷史侵台颱風之中尺度(鄉鎮尺度)降雨數值模擬, (2)、建立侵台颱風中尺度(鄉鎮尺度)降雨之動力統計預報指引系統,(3)、 颱風中尺度降雨之動力統計預報指引系統之作業化。

本計畫前兩年完成 1989~2009 年全球網格分析資料(NCEP FNL data、NNRP 及 EC-TOGA-advanced data)、QuikSCAT 風場資料及 NCEP ADP 全球觀測資料 之收集,並利用 WRF 及 MM5 模式完成 39 個歷史颱風個案之控制組及各 11 組 系集模擬。其次,利用所模擬之資料,初步建立第二、三類型及第六至九類型路 徑之颱風降雨動力統計模式,並將模式預報結果,與觀測值及氣候模式之預估結 果進行差異評估。結果顯示,動力統計模式對較大降雨的掌握能力較氣候模式好, 但卻也容易有過度預報的情形出現;然而,此動力統計模式可提供鄉鎮尺度之颱 風降雨預估,以彌補氣候模式之不足。本研究進一步利用颱風路徑、颱風強度、 暴風半徑及太陽日等參數,提供動力統計模式預報指引,並利用獨立颱風個案針 對所建立的系統進行校驗評估,與氣候法及氣候持續法(CLIPER)的預報結果 進行比較。校驗結果顯示,利用以上參數輸入動力統計模式進行颱風總雨量預報 的結果,大致上與氣候法及氣候持續法(CLIPER)相當;在某些類型的颱風, 動力統計模式的表現更明顯優於氣候法及氣候持續法,顯示此動力統計模式預報 指引有其一定的參考價值。

本年計畫為第三年計畫,工作重點共有以下兩項:

1. 建立侵台颱風、鄉鎮尺度降雨之動力統計預報指引系統:

(1)針對近20年第一、四、五及特殊類型路徑之侵台颱風個案,應用 MM5 或 WRF 模式進行空間解析度能解析台灣城鄉尺度之數值模擬。並將所有控制組 模擬結果,與實際觀測結果進行差異評估,以了解動力模式對本年度模擬個案之 預報能力。

(2)參考前兩年的方法,考慮不同之雲微物理、積雲參數化設定及不同之 初始時間,建立系集成員(ensemble members),以獲得類似環境下全台的模擬 雨量分佈。

(3)最佳化前兩年建立之預報指引系統,建置完整動力統計預報指引系統; 並針對非典型颱風降雨如卡玫基、潭美等評估此動力統計系統之預報能力,作為 風雨預報作業參考。

(4)實際應用預報指引系統於侵台颱風之雨量預報,並評估、改進此動力統計預報指引系統,以協助中央氣象局提昇颱風定量降雨預報之準確度。

2. 颱風中尺度降雨動力統計預報指引系統作業化:

(1)將本計畫所建立之預報指引系統與氣象局上線之作業系統結合,建置 新的颱風預報作業之程序及產品。

(2)為提供作業之即時之誤差評估,本計畫將完成建置校驗系統。

我們已依原計畫,完成以上各項工作。

二、數值模式簡介及設定

本年度計畫最重要工作之一為應用 MM5 或 WRF 模式,進行第一、四、五 及特殊類型路徑侵台颱風個案之控制組和系集組數值模擬。

2.1 數值模式簡介

本計畫主要使用 WRF V2.2、V3.0.1、V3.1.1、V3.2.1 以及 V3.3 (Weather Research and Forecasting Model, Version 2.2, Version 3.0.1, Version 3.1.1, Version3.2.1 and Version3.3),進行歷史颱風個案之數值模擬。若利用 WRF 模式 無法模擬出該颱風個案之控制組模擬時,則嘗試以 MM5 V3(The Fifth-Generation NCSR/Penn State Mesoscale Model Version 3),進行該個案之模擬。

WRF 模式是為了學術研究及逐日天氣預報需要所設計的新一代中尺度數值 天氣預報系統,此模式之研發團隊包括美國國家大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research, NCAR)、美國海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)、美國國家環境預報中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)、美國預報系統實驗室(Forecast Systems Laboratory, FSL)、美國海軍研究實驗室(Naval Research Laboratory)、奧克拉 荷馬大學(Oklahoma University)及聯邦航空管理局(Federal Aviation Adminstration, FAA)。WRF 模式可用來模擬理想大氣和真實大氣的變化情形, 因此在側邊界條件有提供理想個案(週期性邊界、對稱性邊界及開放性邊界)和 真實個案給使用者選擇;WRF模式架構主要可分為前處理系統(pre-processing)、 系統核心程式(WRF Model)及後處理系統(post-processing)三部分。WRF 前 處理系統包含選定模擬區域、匯入初始場資料以及將資料水平內插至模擬區域等 三個步驟;系統核心程式則為模式進行計算的主程式所在,其具有多個動態核心, 能透過平行計算模擬真實個案或理想實驗,對於真實個案更能進一步使用3維資 料同化(3DVAR)技術加入觀測資料(D. M. Barker et al., 2004);後處理系統為 模式輸出的分析處理,可使用 RIP、GrADS、NCAR Graphics 及 Vis5D 等繪圖軟 體,針對 WRF 模式之輸出結果繪製各種氣象場。

MM5 模式屬於三維空間的非靜力平衡原始方程模式,使用追隨地勢座標 (o-coordinate),容許多重的巢狀網格(Nested Domains)模擬,其網格架構及 物理方法,具有高度的選擇性,對於中尺度對流系統及颱風內部之對流結構演變, 都有相當合理且不錯的模擬結果。MM5 模式是由數個模組所組成,圖 2-1 為模 式系統的流程圖,圖中顯示各個輔助程式的順序及資料流向。其中,TERRAIN、 REDRID、little_r/RAWINS 及 INTERP 模組為資料前置處理系統,目的在建立模 式積分所需的初始場邊界資料,而 MM5 主程式部分則可依據模擬的需求,選擇 降水物理過程、地表能量收支、地表邊界層處理和大氣輻射物理過程之各項參數 化法來進行時間積分。

2.2 WRF 模式設定

在WRF模式的設定方面,本研究使用三層巢狀網格(圖 2-2),最外層網格 間距 45(或 54、或 36)公里,涵蓋範圍 8145 公里×5445 公里(或 9774 公里×6534 公里、或 6516 公里×4356 公里)(181 點×121 點),中心網格位於 25°N,115°E; 第二、三層網格之水平間距分別為 15(或 18、或 12)公里及 5(或 6、或 4)公 里,第二層涵蓋範圍為 3165 公里×2715 公里(或 3798 公里×3258 公里、或 2532 公里×2172 公里)(211 點×181 點),第三層則根據陸上警報範圍大小,動態調整 模式的涵蓋範圍。在垂直方向使用 σ座標,共 31 層。地形經緯度則採用麥卡托 投影。最外層網格之側邊界條件,來自實際客觀分析資料,以 Nudging 方式處理 粗細網格的側邊界條件,較細網格側邊界由其上一層網格(母網格)提供。模式 中同時使用雙向回饋(Two-way Interactive)的功能,使較細網格的模擬結果可 反饋至上一層網格。

在模式參數化的設定方面,除雲微物理參數化及積雲參數化隨每個颱風個案 而改變之外,邊界層參數化使用 YSU scheme,地表土壤使用 thermal diffusion scheme,即是將預報地面溫度與土壤溫度分成1、2、4、8及16cm 五層做處理。 在模式的積分時間方面,每個歷史颱風個案皆由初始時間進行96小時積分;若 實際觀測之颱風移動速度較慢,才考慮將模擬時間拉長。

2.3 MM5 模式設定

在 MM5 模式的設定方面,同樣使用三層巢狀網格,各層網格涵蓋範圍、網 格解析度、中心位置以及投影法之設定均與使用 WRF 模式時相同。垂直方向使 用 σ 座標,共 23 層(σ =0.99,0.98,0.96,0.93,0.89,0.85,0.80,0.75,0.70,0.65,0.60, 0.55,0.50,0.45,0.40,0.35,0.30,0.25,0.20,0.15,0.10,0.05)。最外層網格之側邊界 條件,亦來自實際客觀分析資料,以 Nudging 方式處理粗細網格的側邊界條件, 較細網格側邊界由其母網格提供。模式中亦同時使用雙向回饋 (Two-way Interactive)的功能,使較細網格的模擬結果可反饋至上一層網格。

模式參數化設定方面,除雲微物理參數化及積雲參數化隨每個颱風個案改變 之外,上邊界採用 Cloud-radiation 輻射參數化,下邊界則使用高解析度的 Blackadar 邊界層參數化(Blackadar, 1979)。每個歷史颱風個案的積分時間設定, 亦與使用 WRF 模式時相同。

三、歷史個案控制組模擬結果分析

中央氣象局將侵台颱風路徑分為九大類與特殊路徑共十種類型(圖 3-1),本 年度計畫針對第一類(通過台灣北部海面)、第四類(通過台灣南部)、第五類(通 過台灣南部海面)以及特殊路徑之侵台颱風個案進行數值模擬,共完成 15 個近 20 年之歷史颱風個案,其中第一類路徑有 5 個、第四類路徑 3 個、第五類路徑 4 個,以及特殊路徑 3 個。此外,每個數值模擬個案包含 1 個控制組與 11 個系集 預報成員;為使模擬結果具代表性,控制組模擬之颱風於侵台期間最大累積雨量 值與觀測值誤差須在 25%以內。全程三年計畫共完成 54 個歷史個案模擬,違總 颱風個案數之 71%。

由於颱風降雨主要發生在陸上颱風警報期間,但模擬之颱風個案移動速度可 能較實際狀況偏快或偏慢,故本研究以模擬之颱風中心,自進入至移出中央氣象 局發布該颱風個案陸上颱風警報時段之範圍,做為模擬個案之侵台期間(圖 3-2)。 計算觀測最大雨量方面,由於在強風且強降雨情況下,自動雨量站觀測可能出現 問題,使得單一最大雨量極值可能不具代表性,因此本研究選取觀測最大降雨發 生地區中,前三大雨量站之平均值(以下簡稱最大累積雨量),作為觀測雨量最 大值。而模擬之最大雨量,則是將網格點之雨量資料內插至雨量站,並以最大雨 量發生地區前三大雨量站之平均值,作為模擬之最大雨量。

表 3-1 為近 20 年(1990~2009)第一、四、五類以及特殊路徑之侵台颱風個案 列表,本年度計畫針對 7 個第一類路徑、5 個第四類路徑、6 個第五類路徑及 4 個特殊路徑之侵台颱風進行模擬,共完成 15 個個案控制組及其系集成員之模擬, 個案模擬之結果分析詳述於後。此外,全程三年計畫之所有模擬個案在模擬時間 內的平均路徑誤差、路徑誤差隨時間之變化,及各颱風控制組與系集成員模擬路 徑圖,則列於附件一以供參考。

3.1 第一類路徑侵台個案模擬結果

本計畫完成之第一類路徑颱風個案有:1990 年亞伯(Abe)、1997 年溫妮 (Winnie)、2002 年辛樂克(Sinlaku)、2005 年馬莎(Matsa)及2007 年韋帕(Wipha) 等5 個颱風。以下分別說明 1990 年亞伯(Abe)、2005 年馬莎(Matsa)及2007 年韋帕(Wipha)颱風模擬之模式設計、模擬雨量及模擬雨量之誤差。

(1) 亞伯颱風(Abe, 1990)

亞伯颱風之海上颱風警報於 1990 年 8 月 29 日 9 時 20 分發布,並於當日 16 時 15 分發布陸上颱風警報。本計畫利用 WRF 模擬亞伯颱風侵台期間之降雨, 模式初始時間為 1990 年 8 月 29 日 8 時 (00 UTC),並利用 WRF 之 bogus 技術 植入強度 50 m s⁻¹、最大風速半徑為 90 公里之初始渦旋;使用之雲微物理參數化 為 WSM 5-class graupel scheme,積雲參數化為 Betts-Miller-Janjic scheme。圖 3-3 為亞伯颱風控制組之模擬路徑結果,顯示 WRF 模式在模擬此颱風路徑時,有良 好的表現。

分析模擬及觀測的雨量資料顯示,亞伯颱風之觀測主要降雨集中在北部山區 (圖 3-4a);圖 3-4b 顯示,使用 WRF 模擬亞伯颱風時,雨量雖低於實際觀測, 但不論在極值出現的地區或雨量的分布,均與觀測相當一致。陸上颱風警報期間 之觀測與模擬最大累積雨量分別為 567 毫米與 434 毫米,兩者差距 24 %。

(2) 馬莎颱風 (Matsa, 2005)

中央氣象局於 2005 年 8 月 3 日 8 時 30 分發布馬莎颱風海上颱風警報,並於 4 日凌晨 2 時 30 分發布陸上颱風警報。圖 3-5 為使用 MM5 數值模式模擬馬莎颱 風之控制組路徑比較結果,模式初始時間為 2005 年 8 月 3 日 8 時 (00 UTC), 使用之雲微物理參數化為 graupel scheme,積雲參數化為 Kain-Fritsch 2 scheme; 結果顯示積分 48 小時內,模擬之颱風路徑與觀測接近,隨後實際颱風往西北方 向移動,而模式颱風則逐漸偏向西北西方向移動。

觀測資料顯示,馬莎颱風於陸上警報發布期間主要降雨分布在台灣北部與中 部山區,最大降雨則出現在北部山區(圖 3-6a);圖 3-6b 顯示,使用 MM5 模擬 馬莎颱風時,不論在極值出現的地區或雨量的分布,均與觀測相當一致。陸上颱 風警報期間之觀測與模擬最大累積雨量亦顯示,觀測之最大累積雨量值為 1070 毫米,而模擬結果之最大累積雨量值為 1089 毫米,兩者差距僅 2 %。

(3) 韋帕颱風(Wipha, 2007)

韋帕颱風之海上颱風警報於2007年9月17日5時30分發布,並於當日14時30分發布陸上颱風警報。本計畫利用WRF模擬韋帕颱風侵台期間之降雨, 模式初始時間為2007年9月16日8時(00 UTC),使用之雲微物理參數化為 WSM 5-class scheme,積雲參數化為Grell 3D ensemble scheme。圖3-7為韋帕颱 風控制組模擬路徑結果,顯示模式模擬之颱風路徑與觀測相當一致,惟時間上有 誤差存在。

分析觀測雨量顯示,韋帕颱風之觀測主要降雨分布北部山區(圖 3-8a);圖 3-8(b)顯示,WRF 模式對韋帕颱風之降雨極值與雨量分布狀況,均有良好的 掌握。最大累積雨量之比較上,觀測之累積雨量值為 736 毫米,模擬結果之累積 雨量值為 670 毫米,兩者誤差約 9%,符合要求的誤差範圍。

3.2 第四類路徑侵台個案模擬結果

本年計畫完成之第四類路徑侵台颱風個案為 2003 年莫拉克(Morakot)、2006 年寶發(Bopha)及 2007 年帕布(Pabuk)等 3 個颱風。以下分別說明 2006 年 寶發(Bopha)及 2007 年帕布(Pabuk)颱風模擬之模式設計、模擬雨量及模擬 雨量之誤差。

(1) 寶發颱風 (Bopha, 2006)

中央氣象局於 2006 年 8 月 7 日 20 時 30 分發布寶發颱風海上颱風警報,並 於次日 14 時 30 分發布陸上颱風警報。圖 3-9 為使用 WRF 數值模式模擬寶發颱 風之控制組路徑比較結果,模式初始時間為 2005 年 8 月 8 日 20 時 (12 UTC), 使用之雲微物理參數化為 Lin et al. scheme,積雲參數化為 Betts-Miller-Janjic scheme;結果顯示模擬之颱風路徑在通過台灣前與觀測接近,隨後實際颱風往西 北方向移動,而模式颱風則逐漸偏向西南方向移動。

觀測資料顯示,實發颱風於陸上警報發布期間,主要的降雨分布在台灣東部 一帶,最大降雨發生於宜蘭與花蓮地區(圖 3-10a);圖 3-10b 顯示,使用 WRF 模擬實發颱風時,雨量主要分布在東台灣,最大降雨亦分別發生於宜蘭與花蓮, 與觀測資料一致。陸上颱風警報期間之觀測與模擬最大累積雨量亦顯示,觀測之 最大累積雨量值為 217 毫米,而模擬結果之最大累積雨量值為 252 毫米,誤差為 16%。

(2) 帕布颱風(Pabuk, 2007)

中央氣象局於 2007 年 8 月 6 日 23 時 30 分發布帕布颱風之海上颱風警報, 並於 7 日 5 時 30 分發布陸上颱風警報。本計畫利用 WRF 模式模擬帕布颱風侵 台期間之降雨,模式初始時間為 2007 年 8 月 6 日 8 時 (00UTC),使用之雲微物 理參數化為 WSM 5-class scheme,積雲參數化為 Betts-Miller-Janjic scheme。

圖 3-11 為帕布颱風之控制組模擬路徑結果,圖中顯示 WRF 模擬之颱風路徑 與觀測路徑相當接近。圖 3-12 (a)、(b)分別為帕布颱風於陸上警報期間之全台 降雨分布圖與 WRF 模式之模擬結果,顯示 WRF 模式可合理掌握帕布颱風在台 灣東部造成之主要降雨。而在定量的比較上,帕布颱風陸上颱風警報期間,模擬 與觀測之最大累積雨量值分別為 333 毫米與 373 毫米,兩者相差 11 %。此結果 顯示,利用 WRF 模擬帕布颱風於陸上警報發布期間之累積降雨,與實際觀測結 果相近。

3.3 第五類路徑侵台個案模擬結果

本年計畫完成之第五類路徑侵台颱風個案為 1995 年肯特 (Kent)、1999 年 瑪姬 (Maggie)、2001 年尤特 (Utor) 及 2003 杜鵑 (Dujuan) 等 4 個颱風。以下 分別說明 1999 年瑪姬 (Maggie) 及 2001 年尤特 (Utor) 颱風模擬之模式設計、 模擬雨量及模擬雨量之誤差。

(1) 瑪姬颱風 (Maggie, 1999)

瑪姬颱風之海上颱風警報於 1999 年 06 月 4 日 14 時 30 分發布,並於 5 日 8 時 40 分發布陸上颱風警報。本計畫利用 WRF 模擬瑪姬颱風侵台期間之降雨, 模式初始時間為 1999 年 6 月 4 日 8 時(00 UTC),使用之雲微物理參數化為 WSM 6-class graupel scheme,積雲參數化為 Kain-Fritsch scheme。瑪姬颱風控制組的路 徑模擬結果顯示,模擬之颱風路徑較觀測路徑偏南(圖 3-13)。

比較模式與觀測雨量的結果顯示,瑪姬颱風實際降雨主要分布在東部地區 (圖 3-14a),WRF 模式亦可反映主要降雨分布於東部地區的現象,顯示模式對 瑪姬颱風之降雨極值位置與雨量分布狀況,均有良好的掌握(圖 3-14b)。最大累 積雨量之比較上,觀測之累積雨量值為 395 毫米,模擬結果之累積雨量值為 388 毫米,兩者誤差約 2%,符合要求的誤差範圍。

(3) 尤特颱風(Utor, 2001)

中央氣象局於 2001 年 7 月 3 日 14 時 45 分發布尤特(Utor) 颱風之海上颱 風警報,並於當日 20 時 30 分發布陸上颱風警報。本計畫利用 WRF 模擬尤特颱 風侵台期間之降雨,模式初始時間為 2001 年 7 月 3 日 8 時(00 UTC),使用之 雲微物理參數化為 WSM 6-class graupel scheme,積雲參數化為 Kain-Fritsch scheme。圖 3-15 為尤特颱風控制組之模擬路徑結果,顯示 WRF 模式在模擬尤特 颱風路徑時,有良好的表現。

分析模擬及觀測的雨量資料顯示,尤特颱風之觀測主要降雨集中在東部迎風 面地區(圖 3-16a); WRF 模式亦可反映此種降雨配置,對尤特颱風之降雨極值 與雨量分布狀況掌握良好,惟雨量超過300 mm之區域較實際情況偏大(圖 3-16b)。 最大累積雨量之比較上,觀測之累積雨量值為379 毫米,模擬結果之累積雨量值 為394 毫米,兩者誤差約4%,符合要求的誤差範圍。

3.4 特殊類型路徑侵台個案模擬結果

本年度計畫完成之特殊類型路徑侵台颱風個案為 1991 年耐特 (Nat)、2000 年寶發 (Bopha)與 2001 年納莉 (Nari)等 3 個颱風。以下分別說明 1991 年耐 特 (Nat)及 2001 年納莉 (Nari)颱風模擬之模式設計、模擬雨量及模擬雨量之 誤差。

(1) 耐特(Nat, 1991)

由於耐特颱風的路徑特殊,中央氣象局分別於 1991 年 9 月 22 日 10 時 45 分與 9 月 30 日 10 時 45 分各發布一次耐特颱風海上颱風警報,陸上颱風警報則 於 22 日 15 時 10 分與 30 日 15 時 50 分各發布一次。本計畫利用 WRF 模擬耐特 颱風侵台期間之降雨,模式初始時間為 1991 年 9 月 22 日 08 時 (00 UTC),雲 微物理參數化使用 WSM 5-class scheme,積雲參數化使用 Grell 3D ensemble scheme。

圖 3-17 為耐特颱風之控制組模擬路徑結果,結果顯示模擬之颱風移動方向 與實際觀測接近,但移速在 23 日之後較實際觀測快。而在降雨配置的比較上, 耐特颱風陸上警報發布期間,實際觀測之主要降雨出現台灣東部,極值則發生於 南台東與屏東一帶(圖 3-18a),模式對於台灣東部降雨有良好掌握,但極值發生 位置則較實際觀測資料稍微偏北(圖 3-18b)。耐特颱風陸上颱風警報期間之模擬 及觀測雨量的定量比較結果顯示,模式最大累積降雨為 279 毫米,觀測之最大累 積雨量為 296 毫米,兩者誤差僅 6 %。

(2) 納莉 (Nari, 2001)

中央氣象局分別於 2001 年 9 月 8 日 23 時 50 分與 9 月 13 日 15 時各發布一 次納莉颱風海上颱風警報,陸上颱風警報則於 15 日 2 時 45 分發布。本計畫利用 WRF 模擬納莉颱風侵台期間之降雨,模式初始時間為 2001 年 9 月 14 日 08 時(00 UTC),雲微物理參數化使用 WSM 5-class scheme,積雲參數化使用 Kain-Fritsch scheme。

圖 3-19 為納莉颱風之控制組模擬路徑結果,顯示模擬之颱風路徑與實際觀 測相當接近。在降雨分布的比較上,納莉颱風陸上警報發布期間,實際觀測之主 要降雨出現在台灣北部,中部地區次之(圖 3-20a),而模式對於北部地區雨量極 值的發生位置與雨量分布狀況掌握較佳(圖 3-20b)。納莉颱風陸上颱風警報期間 之模擬及觀測雨量的定量比較結果顯示,模式最大累積降雨為 1452 毫米,觀測 之最大累積雨量為 1475 毫米,兩者誤差僅 2%。

3.5 小結

本年計畫完成5個第一類、3個第四類、4個第五類以及3個特殊類型路徑, 共15個颱風個案之控制組與系集預報模擬,以建立動力統計模式資料庫。完成 之個案中,使用WRF模擬之個案數為14個,使用MM5模擬之個案數為1個; 表3-2為本年度計畫完成控制組模擬之最佳參數化組合設定及模擬結果。整體而 言,使用WRF模式模擬本年個案時,控制組採用之雲微物理參數化以WSM 6-class graupel scheme 較多,積雲參數化則是採用 Kain-Fritsch scheme 較多。

觀測資料顯示,颱風由台灣北部海面通過的第一類路徑,最大降雨主要分布 在台灣北部山區;颱風由台灣南部通過的第四類路徑,最大降雨則主要分布在東 部迎風面地區或南台東一帶;而颱風由台灣南部海面通過的第五類路徑,最大降 雨則主要分布在東部迎風面地區。模擬個案中,第一類、第四類與第五類個案共 占 12 個,其模擬之雨量分布均可顯現該類型路徑所造成的典型降雨配置,且與 觀測資料符合;此三類型個案在定量的最大累積雨量比較上,最大誤差為 24 %, 最小為 0.003 %。而 3 個特殊路徑類型個案的誤差亦僅在 6%以下,顯示各控制 組在定量比較上的表現良好。

四、侵台颱風降雨動力統計預報指引系統之建立

本計畫希望藉由合併數值動力模式預報法動力過程一致的合理性,及統計預 報法之穩定與重現性的優點,建立侵台颱風之降雨動力統計模式,並透過數值模 式高解析度的優點,克服測站地區資料缺乏的問題,以達到協助氣象局發展城鄉 尺度颱風降雨預報的任務需求。

本計畫第一年參考 Lee et al. (2006)之方法,利用所重建之控制組及系集模擬組的降雨資料,做為背景資料,完成建立颱風降雨動力統計模式,並利用相依個案和獨立個案,初步評估此方法與氣候模式評估結果之差異。分析結果顯示,動力統計模式可修正氣候模式容易低估雨量的情形,且對較大降雨的掌握亦較氣候模式為佳;但須注意動力統計模式容易出現過度預報雨量的情形,且其預估結果與實際觀測的差異,亦較氣候模式來得大。

透過第一年計畫的分析顯示,此種動力統計模式仍需進一步的分析和改進, 透過瞭解模式特性(尤其是針對不同類型颱風),未來應可提升此種動力統計模 式的應用價值。故本計畫第二年參考李(2008)之方法,引進類比法的概念改進 此動力統計模式,利用颱風路徑、颱風強度、暴風半徑及太陽日等參數,提供動 力統計模式預報指引,並利用獨立颱風個案針對所建立的系統進行校驗評估,與 氣候法及氣候持續法(CLIPER)的預報結果進行比較。校驗結果顯示,利用以 上參數輸入動力統計模式進行颱風總雨量預報的結果,大致上與氣候法及氣候持 續法(CLIPER)相當;在某些類型的颱風,動力統計模式的表現更明顯優於氣 候法及氣候持續法,顯示此動力統計模式預報指引有其一定的參考價值。

本年度計畫將利用所完成之所有模擬成員,依照颱風登陸地點及侵台期間平 均移速進行分類,建立預報指引,並結合第二年之成果,建置完整動力統計預報 指引系統。進一步,針對非典型颱風降雨如潭美、卡玫基等,評估此動力統計 系統之預報能力,做為風雨預報作業之參考。

4.1 系集模擬成員之選取及動力統計模式之建立

本計畫三年共完成近20年(1990~2009)71%之歷史侵台颱風個案的控制組 模擬,而本年度主要為第一、四、五及特殊類型路徑之颱風個案模擬。由於個案 數較少,為獲得類似環境下,各種不同影響因子之全台模擬雨量分布,亦設定多 組系集成員進行模擬。

在系集成員的選擇方面,本年度計畫以 WRF 及 MM5 模式中所有之雲微物 理及積雲參數化設定為變數進行模擬,並挑選其中模擬雨量與實際觀測差異最小 的三組成員,加上控制組,進一步利用不同的兩組初始時間建立系集成員。因此,除了控制組之外,每個颱風個案都可得到11組系集成員,表4-1為本年度完成 之15個颱風個案,控制組與系集模擬組之模擬設定列表。

進一步,本年度計畫參考前兩年度計畫之方法,建立動力統計預報模式。由 於此模式將應用於台灣地區之城鄉尺度,故預報網格解析度設定為 0.05 度,範 圍則涵蓋整個台灣地區,為北緯 21.5-25.5 度、東經 120-122 度,共 3200 個網格 點。因此,如 Lee et al. (2006)之方法,每個網格可視為一個測站,皆有一降雨 潛勢圖,以決定颱風在不同網格區域時,該網格點之時雨量,故總共有 3200 張 降雨潛勢圖,如圖 4-1 即為接近台北站網格之降雨潛勢圖。

在歷史資料的建立方面,背景資料範圍為北緯 19-27 度、東經 118-126 度; 由於動力模式之網格設定與此背景資料之範圍不同,故須先將模式之第三層網格 資料內插至此範圍。其次,利用所有模式之模擬結果(包含控制組及系集模擬組 結果),計算背景資料範圍內,每 0.5x0.5 度的網格中,當歷史颱風個案通過該網 格時,每個預報網格點(如同雨量站)的時雨量平均值、最大值、最小值、颱風 過境次數及標準偏差(圖 4-2)。最後再利用雙線性內插之方法,將上述時雨量平 均值內插至 0.1x0.1 度的經緯度網格內,以得到一組空間分布均勻的網格資料。

實際使用動力統計模式時,必須先找出颱風中心位置(根據中央氣象局預報 之颱風定位)所在的網格;然後利用欲預報網格的降雨潛勢圖上,找到颱風中心 網格位置相對應的時雨量,即為該欲預報網格之降雨預估值,而累積雨量即為沿 颱風路徑之逐時雨量累加。

4.2 動力統計預報指引系統之建立

李(2008)所建立之集水區颱風降雨模式,可根據颱風特徵即時調整模式計 算時採用的降雨門檻值,以凸顯颱風個案間的降雨特徵;此外,亦同時透過分析 不同颱風的降雨特性,給予使用者藉由分析颱風降雨特徵,獲得颱風降雨模式調 整之參考指引。其分析結果顯示,颱風路徑、暴風半徑大小、颱風強度及颱風與 環境交互作用,為影響颱風降雨模式預估結果的主要因素;其中又以颱風路徑的 影響最為顯著,環流大小與颱風強度次之,颱風與環境交互作用則在少數個案中 影響顯著。李(2008)進一步利用此預報指引,以2007年颱風個案進行預報測 試,結果顯示集水區颱風降雨模式可改善氣候模式容易低估雨量的情形,尤其是 針對降雨較明顯的個案。

本計畫去年度利用颱風路徑、颱風強度、暴風半徑及太陽日等參數,提供動 力統計模式預報指引,並利用獨立颱風個案針對所建立的系統進行校驗評估,與 氣候法及氣候持續法(CLIPER)的預報結果進行比較。校驗結果顯示,利用以 上參數輸入動力統計模式進行颱風總雨量預報的結果,大致上與氣候法及氣候持 續法(CLIPER)相當;在某些類型的颱風,動力統計模式的表現更明顯優於氣 候法及氣候持續法,顯示此動力統計模式預報指引有其一定的參考價值。本年度 計畫再加入颱風登陸地點及颱風移動速度做為預報指引,同時配合去年度之颱風 路徑、颱風強度、暴風半徑及太陽日等參數,並利用所有模擬成員,建置完整之 動力統計預報指引系統。進一步將此動力統計預報模式實際應用於侵台颱風個案, 並針對非典型颱風降雨如潭美、卡玫基等評估此動力統計預報指引系統之預報能 力,做為風雨預報作業之參考。以下針對各項預報指引參數的建立進行說明。

在颱風路徑的分類方面,本計畫三年共完成近20年54個侵台颱風個案之控 制組模擬,而為了增加個案數,以獲得類似環境下,各種不同影響因子之全台雨 量分布,亦模擬了11組系集成員。綜合三年的成果,共有648個成員的模擬結 果。然而,並非每個成員的模擬路徑皆符合其原本的分類,如圖4-3a為1990年 楊希(Yancy)颱風(西行路徑)控制組及系集模擬之路徑圖,圖中顯示在紅色 框線處的模擬結果應歸類為北行路徑,而圖4-3b則為2004年海馬(Haima)颱 風(北行路徑)之模擬結果,圖中的紅色框線處的模擬結果則歸類為西行路徑。 因此,本研究進一步檢視所有模擬成員之路徑,將所有成員依照中央氣象局之路 徑分類標準歸類,經重新分類後,西行路徑有374個成員,北行路徑有241個成 員,而特殊類型路徑則有33個成員。

李(2007)的分析結果顯示,颱風降雨氣候模式對西行且登陸台灣的颱風中, 強烈颱風及非強烈颱風的預估結果有明顯差別。本計畫亦將針對所有模擬成員依 照中央氣象局颱風強度分類標準,分為「強烈颱風」、「中度颱風」及「輕度颱風 及以下」三類。分類方法則參考美國聯合颱風警報中心(JTWC)之風速氣壓對 照表(圖 4-4),將各模擬成員之中心最低氣壓換算為風速,再將其歸類至上述三 種強度分類中。將三年所有模擬成員分類之後,共有 29 個成員歸類至強烈颱風, 283 個成員為中度颱風,而有 336 個成員強度為輕度颱風及以下。

李(2008)分析類似路徑颱風個案中,不同暴風半徑大小之颱風個案的降雨 預估結果,發現颱風降雨氣候模式對暴風半徑較大的颱風,常有低估其降雨的情 形;而對於暴風半徑較小的颱風,在未被颱風環流影響的地區則易出現高估其降 雨的情形。本研究利用三年所有模擬成員之近地面 10 米風,計算其 15ms⁻¹風速 之半徑(七級風約 13.9-17.1ms⁻¹)。而由於此方法所計算之颱風半徑在陸地上會 出現誤差,因此,針對西行路徑之成員,當所模擬的颱風中心進入東經 124 度以 西的地區(圖 4-5a)即停止計算其暴風半徑,而對北行路徑之成員,則當颱風中 心進入圖 4-5b 之紅色區域時即停止計算,以求將陸地的影響減到最低。本計畫 選取計算該成員之 15 ms⁻¹風速半徑最大值,為其環流大小。經此方法所計算之 所有成員暴風半徑平均值約 350 公里,因此,本研究以暴風半徑大於 350 公里為 大颱風成員,小於 350 公里為小颱風成員。將三年所有模擬成員分類之後,共有 242 個成員歸類至大颱風,211 個成員歸類至小颱風,另有 195 個成員無法計算 出其半徑。

在颱風與某些特殊環境的交互作用下,會使得模式的降雨預報與實際觀測出 現明顯差異。在台灣地區,颱風與東北季風共伴及西南氣流的影響,是颱風與環 境交互作用造成劇烈降雨的主因。因此,本研究亦加入「太陽日」做為預報指引; 本研究將所有成員的模擬時間,依照月份分類。重新分類後,「5月」有 36 個成 員,「6月」有 36 個成員,「7月」有 144 個成員,「8月」有 216 個成員,「9月」 有 132 個成員,「10月」有 68 個成員,「11月」有 4 個成員,「12月」有 12 個 成員。

在颱風登陸地點的分類方面,本計畫首先將全台所有縣市進行分區,其中因 南投縣不靠海故先剔除,其次由於花蓮縣所跨緯度較大,故以其所跨緯度之中點 (北緯 23.8 度)再細分為南北兩區。如此,可將全台所有縣市分為四個區域, 第一區包含:基隆市、台北市、新北市、宜蘭縣及花蓮縣北部,第二區包含:花 蓮縣南部及台東縣,第三區包含:桃園縣、新竹縣、新竹市、苗栗縣、台中縣、 台中市及彰化縣,第四區包含:雲林縣、嘉義縣、嘉義市、台南縣、台南市、高 雄縣、高雄市及屏東縣。分區圖如圖 4-6 所示。進一步,利用所有模擬成員之路 徑資料,將所有模擬成員之路徑分為西行、北行及特殊類型三類,並計算所有成 員在各分區登陸的次數。其中,西行路徑模擬成員共有 374 個,其中 244 個成員 有登陸,北行路徑模擬成員有 241 個,其中 91 個成員有登陸,而特殊類型路徑 模擬成員有 33 個,其中 13 個成員有登陸,西行、北行及特殊類型路徑成員在各 縣市的登陸次數分布如圖 4-7 所示。

在颱風移動速度的分類方面,本研究首先計算各個模擬成員之颱風中心,自 進入至移出中央氣象局發布該颱風個案,陸上颱風警報時段範圍之平均移動速度, 做為該模擬成員之移動速度。進一步,將所有模擬成員之移動速度由慢至快排列, 將移速最慢的三分之一之模擬成員歸類為慢速颱風,中間的三分之一模擬成員歸 類為中速颱風,而最快的三分之一模擬成員則歸類為快速颱風。此方法訂出的颱 風移速大致為:移速小於19kmhr⁻¹者為慢速颱風,共有 220 個模擬成員,移速在 19kmhr⁻¹以上未達 24kmhr⁻¹的為中速颱風,共有 227 個模擬成員,而移速在 24kmhr⁻¹以上的成員為快速颱風,共有 201 個模擬成員。

本計畫進一步將利用颱風路徑、颱風強度、暴風半徑、太陽日、颱風登陸地 點及颱風移動速度等六個參數做為預報指引,建立完整之動力統計預報指引系統。 本研究首先將所有模擬成員依照上述之預報指引進行分類,以做為挑選相似個案 之依據。其中颱風路徑分為西行、北行及特殊類型路徑三類,颱風強度分為輕度、 中度及強烈颱風三類,暴風半徑分為大颱風(七級風暴風半徑達350公里以上)、 小颱風(未達350公里)及無法算出七級風暴風半徑之成員三類,太陽日則依照 模擬成員影響日期分為5月、6月、7月、8月、9月、10月、11月及12月八類, 而登陸地點則將模擬成員分為登陸台灣的四個地區及未登陸共五類,而颱風移速 則分為慢速、中速及快速颱風三類。圖4-8為利用動力統計預報指引系統預報颱 風雨量之流程圖,使用時將欲預報之颱風個案,透過以上之預報指引挑選特徵相 似之模擬成員,之後利用所挑選出之成員建立背景資料,以進行雨量預報。要注 意的是,本研究計算近20年所有侵台颱風之平均七級風暴風半徑約200公里, 因此在使用預報指引時,若實際個案之七級風暴風半徑大於200公里(包含200 公里),即可歸類為大颱風個案,若小於200公里則可歸類為小颱風個案。此外, 在實際颱風個案的移速方面,本研究將近20年所有侵台颱風個案之平均移速由 小至大排列,移速未達17kmhr⁻¹之個案可歸類為慢速颱風,移速在17kmhr⁻¹至 23kmhr⁻¹之個案歸類為中速颱風,而移速達23kmhr⁻¹以上之颱風則為快速颱風。

4.3 各項預報指引對降雨預報結果影響之分析

本研究利用所發展的各項預報指引,針對所有相依颱風個案進行陸上颱風警 報期間,所有測站之累積雨量預估,並與未加入預報指引之結果比較,以了解各 項預報指引對颱風降雨預報結果之影響;期望能做為預報員做為未來使用此預報 指引系統時的參考。

4.3.1 颱風路徑

表 4-2 為利用「颱風路徑」做為預報指引,針對西行、北行及特殊路徑類型 之相依颱風個案,測站整體之各項統計參數的計算結果。在西行路徑的相依個案 方面,有加入預報指引與未加入預報指引,所預估之測站總累積雨量,其與實際 觀測之相關係數皆為 0.77,顯示加入預報指引後對於西行颱風降雨預估之分布差 異影響不大,但在降雨量值上則有明顯的提升(平均降雨率由低估轉為稍微高估, 且最大降雨率亦增加)。在北行颱風個案方面,加入預報指引後,預估之測站總 累積雨量,與實際觀測之相關係數由 0.43 提升至 0.47,顯示相依個案之降雨分 布差異因預報指引之加入而減小,但平均降雨率及最大降雨率的結果則顯示,加 入預報指引會導致低估相依北行颱風個案之雨量。而在特殊路徑類型個案中,本 研究之特殊路徑類型個案只有 1991 年耐特(Nat)、2000 年寶發(Bopha)與 2001 年納莉(Nari)三個,且背景資料亦只有 33 個成員,相對於西行及北行個案是 較少的,由表 4-2 的結果顯示,加入預報指引後,特殊路徑類型相依個案的平均 降雨率及最大降雨率皆由高估轉為明顯低估,但預估之測站總累積雨量,與實際 觀測之相關係數則由 0.6提高為 0.74,且平均絕對誤差及均方根誤差皆明顯減小, 顯示加入預報指引可顯著減少降雨之分布差異。

4.3.2 颱風強度

表 4-3 為利用「颱風強度」做為預報指引,針對強烈、中度及輕度之相依颱 風個案,測站整體之各項統計參數的計算結果。由於在動力模式中,所模擬的個 案,強度大多較實際個案偏弱,因此本研究除利用單一強度做為預報指引外,亦 同時考慮兩種強度做為預報指引,即預估強烈颱風之降雨時,使用強烈及中度颱 風之模擬成員資料,而預估中度颱風之降雨時,則使用中度及輕度颱風之模擬成 員資料。

在強烈颱風的相依個案方面,表 4-3 的結果顯示,僅使用強烈颱風模擬成員 做為背景資料時,模式會明顯高估平均及最大降雨率,且平均絕對誤差與均方根 誤差皆較未加入預報指引之預估結果大。而當使用強烈及中度颱風模擬成員為背 景資料時,可減緩使用單一強度做為預報指引時過度高估降雨量的情況,且平均 絕對誤差與均方根誤差皆較未使用預報指引之模式來得小。而在中度颱風的相依 個案預報結果方面,僅使用中度颱風模擬成員做為背景資料時,雖然平均降雨率 與最大降雨率皆較未加入預報指引時值結果接近觀測值,但在降雨分布差異卻較 大。由於模擬成員中僅 29 個歸類為強烈颱風個案,因此使用中度及輕度颱風模 擬成員為背景資料時,預報結果與未使用預報指引之結果相當接近。而在輕度颱 風之相依個案預報結果方面,未加入預報指引之模式在降雨量(平均降雨率與最 大降雨率)的表現較好,但加入預報指引後則可明顯使降雨的分布差異減小,預 估之測站總累積雨量,與實際觀測之相關係數由 0.56 提升至 0.63。

4.3.3 颱風暴風半徑

表 4-4 為利用「颱風暴風半徑」做為預報指引,針對大颱風及小颱風之相依 個案,測站整體之各項統計參數的計算結果。在大颱風的相依個案方面,加入預 報指引後,雖然預估之測站總累積雨量,與實際觀測之相關係數皆維持在 0.77, 但平均絕對誤差與均方根誤差均較未加入預報指引時減小,且在平均降雨率與最 大降雨率的表現皆有提升。而在小颱風的相依個案方面,加入預報指引後,可使 原本明顯高估的平均降雨率較接近觀測值,但最大降雨率則變為明顯低估,而預 估之測站總累積雨量,與實際觀測之相關係數由 0.61 提升至 0.67,且平均絕對 誤差與均方根誤差皆較未加入預報指引時小,顯示加入預報指引後可改善小颱風 之相依個案的降雨分布差異。

4.3.4 太陽日

本研究使用太陽日做為預報指引時,為使背景資料的成員不致於過少,同時
將該月份前後各一個月的模擬成員考慮進來,表 4-5 為利用「太陽日」做為預報 指引,針對不同月份之相依颱風個案,測站整體之各項統計參數的計算結果。整 體來看,此項預報指引對 8 月、9 月 11 月及 12 月相依颱風個案的降雨預估結果, 相對於未加入預報指引時有些微改善,但在其他月分相依颱風個案的表現,並未 較未加入此項預報指引時來得好。此結果顯示,此項預報指引單獨使用時,可能 較無法凸顯其特性,須配合其他項預報指引共同使用。

4.3.5 颱風登陸地點

表 4-6 為利用「颱風登陸地點」做為預報指引,針對不同登陸地點之相依颱 風個案,測站整體之各項統計參數的計算結果。結果顯示,對於登陸地點於第一 區、第三區集第四區之相依颱風個案,加入此項預報指引,對於降雨量值(平均 降雨率及最大降雨率)及降雨分布差異(相關係數、平均絕對誤差及均方根誤差), 均較未加入預報指引時來得好。

4.3.6 颱風移動速度

表 4-7 為利用「颱風移動速度」做為預報指引,針對慢速、中速及快速之相 依颱風個案,測站整體之各項統計參數的計算結果。在慢速的相依颱風個案方面, 有加入預報指引與未加入預報指引,所預估之測站總累積雨量,其與實際觀測之 相關係數皆為 0.71,顯示加入預報指引後對於慢速颱風降雨預估之分布差異影響 不大,但可稍微減緩高估平均降雨率的情形。在中速的相依颱風個案方面,與慢 速颱風個案的表現一致,加入預報指引後,所預估之測站總累積雨量,其與實際 觀測之相關係數與未加入預報指引之結果相當,但卻改善了未加入預報指引時低 估平均降雨率與最大降雨率的情況。在快速颱風相依個案方面,加入預報指引時低 個案之降雨分布差異因預報指引之加入而減小,而在平均降雨率的表現上,加入 預報指引可改善未加入預報指引時容易低估的情形。

4.4 非典型颱風降雨之預報表現

為評估動力統計預報指引系統之預報能力,本研究將利用此動力統計預報指 引系統針對非典型颱風降雨進行預報。

首先針對 2001 年潭美 (Trami) 颱風侵台期間進行雨量預報。中央氣象局於 2001 年 7 月 10 日 9 時 40 分發布潭美颱風海上颱風警報,並於同日 20 時 15 分 發布陸上颱風警報。圖 4-9 (b) 為潭美颱風陸上警報發布期間之降雨分布圖,圖

中顯示主要的降雨分布在高屏地區。若不考慮前述之預報指引,以動力統計預報 模式預估潭美颱風陸上警報期間之降雨分布如圖 4-10 (a) 所示, 很明顯的, 動 力統計模式無法掌握潭美潭風颱在高雄及屏東地區造成的主要降雨。而根據本研 究之預報指引,潭美颱風屬於西行的輕度颱風,七級風暴風半徑為 80 公里,屬 於小颱風個案,且其登陸地點為台東大武附近,屬於登陸點分區的第二區,而其 平均移速為 9.7ms⁻¹, 屬於慢速颱風個案。若將全部的預報指引都考慮進來,則 僅只有2個模擬成員符合以上所有條件,利用此兩個成員為背景資料之動力統計 模式預估的降雨分布如圖 4-10(b),圖中顯示模式仍無法掌握高雄地區的降雨, 且由於只有2個成員的背景資料,因此使得模式預報的降雨非常不連續。進一步 檢視模擬成員的分類,其中由於計算各成員最大七級風暴風半徑時需去除受地形 影響的個案,因此三年共648個成員中,有195個成員無法計算其最大暴風半徑。 因此,若將無法計算出半徑的成員一併考慮進來,並同時考慮6月及8月之模擬 成員,則可選出3個成員做為背景資料,利用此動力統計模式預報潭美颱風的總 雨量如圖 4-10 (c) 所示,圖中顯示,模式預報的降雨仍非常不連續。因此,本 研究進一步將移動速度為中速的模擬成員考慮進來,則可選出16個成員做為背 景資料,利用此動力統計模式預報潭美颱風的總雨量如圖 4-10 (d) 所示,圖中 顯示,原本高估的東半部降雨變少,且高雄及屏東地區的降雨量有增加,與實際 觀測的結果較為接近。

其次,針對 2008 年卡玫基 (Kalmaegi) 颱風侵台期間進行雨量預報,與潭 美颱風不同的是,卡玫基颱風為資料庫中已存在的相依個案。中央氣象局於2008 年7月16日14時30分發布卡玫基颱風海上颱風警報,並於17日2時30分發 布陸上颱風警報。圖 4-11 (b) 為卡玫基颱風陸上警報發布期間之降雨分布圖, 圖中顯示主要降雨集中在台灣西半部地區,尤其是在中南部山區。圖 4-12 (a) 為不考慮預報指引,以所有模擬成員做為背景資料,利用動力統計模式預報卡政 基颱風於陸上警報發布期間之降雨分布,圖中顯示,模式預估的主要降雨都集中 在中央山脈,與實際觀測之分布不同。而根據本研究之預報指引,卡致基颱風屬 於西行的中度颱風,七級風暴風半徑為120公里,亦屬於小颱風個案,其登陸地 點為宜蘭南部,屬於登陸點分區的第一區,而其侵台期間平均移速為 18.3ms⁻¹, 屬於中速颱風,若將全部的預報指引都考慮進來,則無任何模擬成員符合以上所 有條件。由於 WRF 及 MM5 所模擬的個案,強度大多較實際個案偏弱,因此我 們進一步將輕度颱風之模擬成員加入考慮,同時如潭美颱風的做法,亦考慮無法 計算暴風半徑之成員,如此共可選出5個模擬成員建立背景資料。利用此動力統 計模式預報卡玫基颱風陸上警報期間之總雨量如圖 4-12 (b) 所示,圖中顯示, 主要降雨區域雖西偏至台灣西半部地區,但主要集中在台灣中北部山區,與實際 觀測的降雨分布仍不太相同。進一步將6月及8月之模擬成員加入考慮,則可選 出 10 個成員建立背景資料。利用此動力統計模式預報卡玫基颱風陸上警報期間 之總雨量如圖 4-12 (c) 所示,圖中顯示,主要的降雨區域西偏至台灣西半部地 區,且可掌握西南部沿海的降雨,與實際觀測較為接近。由於卡玫基颱風侵台期

間之平均移速為接近中速颱風的下限,因此本研究進一步將慢速颱風的模擬成員 考慮進來,如此共可選出 27 個模擬成員建立背景資料。利用此動力統計模式預 報卡玫基颱風陸上警報期間之總雨量如圖 4-12 (d)所示,圖中顯示,主要的降 雨分布與圖 4-12 (c)類似,但主要降雨區域更往西偏,且中南部山區的降雨更 為明顯。

透過以上兩個個案的討論顯示,本研究所建立之動力統計預報指引系統可合 理掌握非典型颱風之降雨,但在使用時仍須預報員本身的經驗輔助,方可凸顯動 力統計預報指引系統之優點。

五、校驗系統之建置

本年度計畫的另一項工作為建置校驗系統,以提供即時之誤差評估。同時, 為了解此動力統計預報指引系統之預報能力,本研究亦針對 2010 年侵台颱風獨 立個案進行校驗。

5.1 校驗方法

由於本計畫所建立的動力統計模式之預報標的為網格點時雨量值和累積雨 量值,為校驗之需要,將預報之網格點累積雨量內插至雨量站,做為模式估計值, 再將此模式估計值與觀測值及氣候模式預估結果進行比較。此外,本計畫於本年 度建置校驗系統,以提供風雨預報作業之即時參考。

首先,本計畫使用列聯表(表 5-1)分析方法計算預報降水得分,比較台灣 地區各雨量站的預估及觀測總累積雨量,以了解利用動力統計降雨模式預估不同 類型颱風個案總累積雨量之能力。首先選定降雨校驗之門檻值,而a表示當預報 某測站降雨低於門檻值,且觀測到該測站降雨低於門檻值之次數(Correct Rejection); b 代表當預報某測站之降雨低於門檻值,但觀測到該測站降雨超過門 檻值的次數(Miss); c 為當預報某測站降雨超過門檻值,但觀測到該測站降雨 低於門檻值的次數(False Alarm); d 則表示當預報某測站之降雨超過門檻值, 且觀測到該測站降雨超過門檻值的次數(Hit)。在門檻值的設定方面,本計畫計 算近 20 年之歷史侵台颱風個案,其陸上警報發布的時間平均約為 53 小時(約 2~3 天),因此我們參考中央氣象局雨量分級定義,選定陸上警報期間累積雨量 校驗的降雨門檻值分別為 100 毫米、260 毫米、400 毫米及 700 毫米(即取日雨 量值達大雨、豪雨、大豪雨及超大豪雨之兩倍)。

根據列聯表,使用五個評估指標來校驗降水預報,分別為偏倚評分(Bias Score)、可偵測機率(Probability of Detection, POD)、誤報率(False Alarm Ratio, FAR)、T得分(Threat Score, TS)及ETS得分(Equitable Threat Score, ETS)。 透過列聯表之評估指標,可依照不同的降雨門檻值,分別了解颱風降雨氣候模式 在不同降雨門檻值之預報能力。

(1) 偏倚評分 (Bias Score)

$$BS = \frac{c+d}{b+d}$$

針對某一降水門檻值,評估模式預報出現的頻率;BS大於1表示過度預報,

小於1表示不足預報。

(2) 可偵測機率 (Probability of Detection, POD)

$$POD = \frac{d}{b+d}$$

正確預報降雨大於門檻值之次數,與觀測降雨大於門檻值總次數之比值;若 POD 值越接近1,則正確預報比例越高。

(3) 誤報率(False Alarm Ratio, FAR)

$$FAR = \frac{c}{c+d}$$

錯誤預報降雨大於門檻值之次數,與預報降雨大於門檻值總次數之比值;若 FAR 值越接近1,則錯誤預報比例越高。

(4) T 得分 (Threat Score, TS)

$$TS = \frac{d}{b+c+d}$$

正確預報降雨大於門檻值之次數,與觀測或預報中降雨超過門檻值之總次數 的比值,排除了觀測與預報降雨皆沒有超過門檻值的情形;無預報能力時,TS 為0,完美預報時,TS為1。

(5) ETS 得分(Equitable Threat Score, ETS)

$$ETS = \frac{d - E}{b + c + d - E}$$

其中 E 代表隨機預報正確的次數,

$$E = \frac{(c+d) \times (b+d)}{a+b+c+d}$$

ETS 得分是計算,除了模式與觀測皆無降水且不是隨機猜中的情況下,模式 正確預測降水的機率。當預報降水的區域位置錯誤或未預報到有降水的區域,都 會降低 ETS 得分。相較於隨機預報,ETS>0 代表有技術得分的預報,ETS=1 代 表預報完全正確,而 ETS<0 則代表沒有技術得分的預報。 除列聯表之外,本計畫亦利用計算統計參數進行校驗。首先,假設觀測雨量為 Oi,預報雨量為 Fi,資料點數為 N,計算下列統計參數:

(1) 平均降雨率 (Mean Rain Rate)

觀測及預報降雨在所有測站上降雨率之平均

$$\overline{O} = \frac{\sum_{i=1}^{N} O_i}{N} , \ \overline{F} = \frac{\sum_{i=1}^{N} F_i}{N}$$

(2) 最大降雨率 (Maximum Rain Rate)

觀測及預報之最大降雨

(3) 平均絕對誤差 (Mean Absolute Error)

$$\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|F_{i}-O_{i}\right|$$

(4) 均方根誤差 (Root Mean Square Error)

$$\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} (F_i - O_i)^2}$$

(5) 相關係數(Correlation Coefficient)

其中,平均降雨率及最大降雨率,主要反應觀測及預報場之整體降雨量值的 差異;而平均絕對誤差、均方根誤差及相關係數,主要則反應觀測及預報場之降 雨分布差異。

此外,由於本計畫之控制組颱風,侵台期間最大雨量值與觀測值之誤差在 25%以內,因此,本研究亦利用此方法針對全台所有測站進行校驗;即計算測站 之模擬與觀測雨量值誤差在25%及50%以內之正確率。

5.2 校驗系統

本計畫所建置之即時校驗系統,可針對利用動力統計預報指引系統所預估之 颱風降雨,並結合實際觀測雨量之輸入,進行即時的校驗評估。而校驗之方法則 圖 5-1 為此校驗系統之文字輸出結果,圖 5-1 中首先列出利用此系統所校驗 的颱風個案名稱,並計算該次校驗之所有資料點數。其次,依序列出模式預報之 平均降雨率、實際觀測之平均降雨率、模式預報之最大降雨率、實際觀測之最大 降雨率、平均絕對誤差、相關係數、均方根誤差及測站之模擬與觀測雨量值誤差 在 25%及 50%以內之正確率。而圖 5-1 的下半部則列出,利用列聯表計算在不同 降雨門檻值之偏倚評分(BS)、可偵測機率(POD)、誤報率(FAR)、T 得分(TS) 及 ETS 得分(ETS)。

為了讓使用者可以更容易了解校驗結果,本計畫除將所有校驗結果列表顯示 之外,亦將結果以圖 5-2 的方式呈現。圖 5-2a 為所有測站之總累積雨量的預估 值(縱軸)相對於觀測值(橫軸)之分布,而在圖的最上方亦列出該次所校驗的 所有颱風個案名稱;圖 5-2b 則畫出利用列聯表所計算的四個評估指標(ETS、 Bias、POD 及 FAR)在各個門檻值的結果。

5.3 2010 年颱風個案校驗

由於 2010 年之颱風未包含特殊路徑個案,故本計畫利用所建立的動力統計 預報指引系統,針對 2010 年西行及北行之萊羅克(Lionrock)、凡那比(Fanapi) 及梅姬(Megi)等三個颱風個案,進行陸上颱風警報期間,所有測站之累積雨 量預估。同時,配合觀測資料進行差異評估,以了解此動力統計預報指引系統之 預報能力。

2010年之萊羅克(Lionrock)颱風屬於北行的未登陸輕度颱風,七級風暴風 半徑為100公里,屬於小颱風個案,且侵台期間平均移動速度為14.8ms⁻¹,屬於 慢速颱風,根據本研究之預報指引,共可挑選出有20個模擬成員建立其背景資 料。而凡那比(Fanapi)颱風為西行之中度颱風,七級風暴風半徑達200公里, 屬於大颱風個案,且其於花蓮豐濱登陸,屬於登陸點分區的第二個區域,其侵台 期間平均移動速度為19.5ms⁻¹,屬於中速颱風,根據前述非典型颱風降雨個案之 討論結果,同時考慮輕度颱風的模擬成員,共可挑選出19個成員,建立凡那比 颱風之背景資料。而梅姬(Megi)颱風則為北行之中度颱風,七級風暴風半徑 為250公里,屬於大颱風個案,而其侵台期間平均移動速度為10.4ms⁻¹,屬於慢 速颱風,根據本研究之預報指引,並同時考慮輕度颱風個案,則僅可挑選出3 個模擬成員建立其背景資料,本計畫進一步將中速颱風之模擬成員考慮進來,則 可挑選出9個模擬成員建立其背景資料。

本計畫除將利用以上三個颱風各自背景資料所建立之颱風降雨動力統計模 式,進行陸上颱風警報期間所有測站之降雨預估之外,亦將利用所有模擬成員建 立之動力統計模式,針對 2010 年三個颱風個案進行降雨預估,並將兩者之結果進行比較。

圖 5-3 分別為利用加入預報指引之動力統計模式 (圖 5-3a) 及及未加入預報 指引之動力統計模式 (圖 5-3b)對 2010 年颱風個案,所有測站之總累積雨量的 預估值(縱軸)相對於觀測值(橫軸)之分布。結果顯示,利用加入預報指引之 動力統計模式所預估之測站總累積雨量,其與實際觀測之相關係數為 0.6,而未 加入預報指引之動力統計模式則為 0.65; 圖中顯示, 未加入預報指引之動力統計 模式很明顯低估降雨,但加入預報指引後的預報結果變異度較大。圖 5-4 至圖 5-6 分別為萊羅克、凡那比及梅姬颱風之觀測、動力統計預報指引系統及動力統計模 式,陸上警報發布期間之降雨分布圖;圖中顯示,加入預報指引後,降雨的量值 雖有提升,卻使得降雨的分布差異變大。此外,颱風洪水研究中心,「颱風定量 降雨數值模式系集預報實驗」,系集成員平均之凡那比颱風降雨分布結果(圖 5-5d),與未加入預報指引之動力統計模式的預報結果接近。而梅姬颱風降雨分 布結果 (圖 5-6d), 雖可預報出最大降雨發生地區, 但卻高估了台灣東部地區的 降雨,此結果與未加入預報指引之動力統計模式的預報結果接近。表 5-2 為針對 2010 年颱風個案,測站整體之各項統計參數的計算結果;結果顯示,就平均降 雨率及最大降雨率來看,加入預報指引之動力統計模式,可明顯改善未加入預報 指引之動力統計模式低估雨量的情形。而在平均誤差、均方根誤差及相關係數方 面,則以未加入預報指引之動力統計模式的表現較好。此結果顯示,加入預報指 引之後,雖可提高原本低估之降雨量,卻也可能使降雨量的分布誤差變大。

表 5-3 及圖 5-7 為測站整體在不同門檻值的校驗結果。由偏倚評分的結果來 看,隨著門檻值提高,未加入預報指引之動力統計模式的預報結果由些微高估 (BS=1.05)快速轉變為嚴重低估(BS=0.02,門檻值=400毫米),而加入預報指 引之動力統計模式則大致為些微低估降雨量。而在 POD 的表現上,當門檻值達 260毫米以上時,加入預報指引之動力統計模式的表現,較未加入預報指引之動 力統計模式好,且誤報率亦與未加入預報指引時相當。在 TS 及 ETS 的表現上, 當門檻值為 100毫米時,未加入預報指引之動力統計模式表現較好,而當門檻值 大於達 260毫米時,則以加入預報指引之動力統計模式表現較佳。

綜合以上的分析結果顯示,利用預報指引系統進行降雨預估時,可修正未加 入預報指引時容易低估兩量的情形,然而利用此系統挑選模擬成員建立背景資料 之動力統計模式,雖可提高降雨量的預報準確度,但卻可能因為個案的挑選,使 得降雨分布的預報準確度降低。此外,在挑選各項預報指引時,亦須預報員本身 的經驗輔助,才能凸顯預報指引系統的優點。未來可針對各項預報指引進行較完 整的敏感度測試和診斷分析研究,以了解各項預報指引的敏感度和其中的物理因 素,以幫助預報作業之進行。但此工作所需資源龐大,需長期進行方可逐漸累積 成果。

六、討論與總結

本計畫配合中央氣象局颱風預警作業之需求,發展台灣地區之鄉鎮尺度颱風 降雨整合預報技術,並將成果落實於中央氣象局之作業環境,以提升颱風期間定 量降雨預報之準確度。全程計畫共三年,本年為第三年計畫。整體而言,本計畫 之全程目的在配合中央氣象局颱風預報作業之需求,完成下列三項工作:(1)應 用現有動力模式(如 MM5、WRF),進行歷史侵台颱風之中尺度(鄉鎮尺度) 降雨數值模擬,(2)建立侵台颱風中尺度(鄉鎮尺度)降雨之動力統計預報指引 系統,(3)颱風中尺度降雨之動力統計預報指引系統作業化。

本年度計畫共完成15個第一、四、五類及特殊類型路徑歷史侵台颱風個案 的控制組模擬,並利用不同之雲微物理及積雲參數化模擬各 11 組系集成員。在 動力統計預報指引系統方面,本年度利用颱風登陸地點及颱風移動速度做為預報 指引,並結合第二年之成果建立完整的動力統計預報指引系統。此外,利用所發 展的各項預報指引,針對相依颱風個案進行陸上颱風警報期間,所有測站之累積 雨量預估,並與未加入預報指引之結果比較。分析結果顯示,加入預報指引後, 對於降雨量或降雨分布的表現大多有改善,唯某些預報指引若單獨使用時(例如 太陽日),可能較無法凸顯其特性。進一步針對特殊型颱風降雨個案,如潭美 (2001)、卡玫基(2008)等,評估此動力統計預報指引系統之預報能力。分析 結果顯示,本研究所建立之動力統計預報指引系統,相較於原始動力統計模式, 可較合理掌握此種颱風之降雨。此外,將本研究所建立之動力統計預報指引系統, 建置於中央氣象局系統中,且完成建置校驗系統,以提供即時之誤差評估。本研 究進一步針對 2010 年西行及北行颱風個案 (萊羅克、凡那比及梅姬),進行陸上 颱風警報期間,所有測站之累積雨量預估;同時,配合觀測資料進行差異評估, 以了解此動力統計預報指引系統之預報能力。分析結果顯示,利用預報指引系統 挑選模擬成員建立背景資料之動力統計模式,雖可提高降雨量的預報準確度,但 卻可能因為個案的挑選,使得降雨分布的預報準確度降低。

此外,本研究團隊已於4月中旬、9月下旬及11月下旬召開三次工作會議, 針對工作進度及分析結果,與氣象局相關人員進行討論與交換意見,會議紀錄如 附件二。

綜合來說,本計畫三年共完成以下工作:

1. 應用現有動力模式,進行侵台颱風中尺度(鄉鎮尺度)降雨之數值模擬:

(1) 完成收集 1989-2009 年全球網格分析資料 (NCEP FNL data、NNRP 及 EC-TOGA-Advanced data)、QuikSCAT 風場資料及 NCEP ADP 全球觀測資料。

(2)利用 WRF 及 MM5 模式,三年共完成 54 個歷史颱風個案之控制組及 各 11 組系集模擬,即近 20 年(1990~2009)歷史侵台颱風個案之 71%。

(3)以不同雲微物理、積雲參數化設定及不同之初始時間,完成11組系集成員(ensemble members)之模擬。

2. 建立侵台颱風、鄉鎮尺度降雨之動力統計預報指引系統:

(1)參考 Lee et al. (2006)之方法,利用颱風路徑、颱風強度、暴風半徑、 太陽日、颱風登陸地點及颱風移動速度等六個參數,提供動力統計模式預報指引, 建置完整之動力統計預報指引系統。

(2)為了解各項預報指引對颱風降雨預報結果之影響,本研究利用所發展的各項預報指引,針對所有相依颱風個案在陸上颱風警報期間,所有測站之累積雨量進行校驗。結果顯示,加入預報指引對於降雨量或降雨分布的表現大多有改善,唯某些預報指引若單獨使用時(例如太陽日),可能較無法凸顯其特性,須配合其他項預報指引共同使用。

(3)將此動力統計預報指引系統應用於非典型颱風降雨如潭美、卡玫基, 分析結果顯示,本研究所建立之動力統計預報指引系統,可合理掌握非典型颱風 之降雨。

3. 颱風中尺度降雨動力統計預報指引系統作業化:

(1)本研究所建立之動力統計預報指引系統,已完成建置於中央氣象局系統中,且第三年計畫亦完成建置校驗系統,以提供即時之誤差評估。

(2)利用所建立的動力統計預報指引系統,針對2010年西行及北行颱風獨 立個案:萊羅克(Lionrock)、凡那比(Fanapi)及梅姬(Megi)等三個颱風,進 行陸上颱風警報期間,所有測站之累積雨量預估,並配合觀測資料進行差異評估。 分析的結果顯示,利用預報指引系統進行降雨預估時,可修正未加入預報指引時 容易低估雨量的情形,然而利用此系統挑選模擬成員建立背景資料之動力統計模 式,雖可提高降雨量的預報準確度,但卻可能因為個案的挑選,使得降雨分布的 預報準確度降低。此外,在挑選各項預報指引時,亦須預報員本身的經驗輔助, 才能凸顯預報指引系統的優點。

整體而言,本計畫透過整合數值動力模式預報法之動力一致合理性,與統計 預報的穩定與重現性之優點,改善侵台颱風降雨預報技術並提供做為鄉鎮尺度颱 風降雨預報的參考工具。期望透過本計畫之執行,提供鄉鎮尺度颱風降雨預報的 指引,以提升侵台颱風降雨預報的精密度及準確度。此外,颱洪中心於 2010 年 進行「颱風定量降雨數值模式系集預報實驗」,結合國家高速網路與計算中心的 計算資源,及災防中心的實務經驗,進行每日4次、每次20組的高解析度大氣 模擬,即時模擬台灣地區未來72小時之天氣狀況。雖然系集預報對降雨預報的 成果良好,但所耗之計算資源相當龐大;而本計畫所發展的動力統計模式於預報 作業應用時,有耗費資源很少、計算快速的優點,且可做為降雨預報的初估值。 預報員可參考此模式結果並與系集預報實驗結果互相比較,以增加預報信心度。

本計畫最大的工作在建立控制組和系集成員,此份資料龐大且具相當高的參 考價值,因此未來應持續更新、擴大,並繼續使用此份資料進行颱風降雨分析, 以幫助提高颱風降雨預報技術。在未來發展方面,初步可分為以下四點進行說 明:

(一)由於目前本計畫所使用之動力模式版本較多,未來可考慮只利用經篩 選後的2-3種版本重新進行模擬,以使各個模擬成員特性具較高的一致性。

(二)針對本計畫未模擬出的歷史颱風個案,嘗試利用其他各種可能方法進行模擬,並可增加系集模擬成員,以擴大資料庫的颱風個案數。

(三)針對本計畫之各種預報指引,進行更進一步的系統性敏感度測試,以 期了解各項預報指引的最佳使用時機與方法,幫助預報員進行預報作業。

(四)由於本計畫已完成近20年侵台颱風個案之控制組動力模式模擬及多 組系集成員(ensemble members)之模擬,未來可考慮延續使用該模擬結果資料 庫,分析不同類型颱風所適用之參數化組合,此分析結果將可提供做為系集預報 模式成員權重調整之用,亦可用以發展機率預報技術。

期望透過以上的長期規畫,幫助改善目前颱風雨量的預報技術,並提供鄉鎮尺度 颱風降雨預報指引,有益提升侵台颱風預報的精度和準確度。

49

七、致謝

承蒙中央氣象局對本計畫的支持,謹誌謝忱,同時感謝蔡德攸先生、張龍耀 先生、陳嬿竹小姐、方巧儀小姐、黃竹君小姐、鐘岳霖先生、楊智堯先生、鄭光 浩先生、鄭永志先生、王啟芸小姐、簡銘良先生及陳毅軒先生在計畫執行期間的 鼎力相助。

八、參考文獻

- 王時鼎、陳泰然、謝信良,1983:台灣颱風降雨特性及其預報研究(一),行政院 國家科學委員會防災科技研究報告,72-13號,54頁。
- 王時鼎、陳泰然、謝信良,1985:台灣颱風降雨特性及其預報研究(二),行政院 國家科學委員會防災科技研究報告,73-47號,100頁。
- 王時鼎,1992:侵台颱風路徑、強度、結構及風雨整合研究。國科會防災科技研 究報告,80-73號,285頁。
- 李志昕與洪景山,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。
- 李清勝,2007:颱風臨台路徑與侵台風雨預報技術發展暨預報實驗-子計畫:由 台灣南方北上侵台颱風之分析、模擬與概念模式之發展(III)。行政院國家 科學委員會專題研究計畫成果報告,NSC 95-2625-Z-002-005-,共117頁。
- 李清勝,2008:颱風中尺度定量降雨預報技術之改進(I)。行政院國家科學委員 會自然處永續學門防災科技研究報告,NSC96-2625-Z-002-004-,共132頁。
- 李清勝與林慧娟,1999:侵台歐菲莉颱風(1990)之數值模擬,大氣科學,27, 235-256。
- 李清勝、羅英哲與張龍耀,2007:琳恩颱風(1987)與東北季風交互作用產生強 降水之研究。大氣科學,35,p13-33。
- 陳嬿竹,2004:桃芝颱風(Toraji,2001)侵台初期之分析與模擬,國立臺灣大 學大氣科學研究所碩士論文,103頁。
- 喬森,1996:侵台颱風的 MM5 數值研究,中央大學大氣物理研究所碩士論文, 60頁。
- 葉天降、吳石吉與謝信良,1999:簡單統計方法於台灣地區颱風降水預測之研究 (一)預測方法與臺北颱風降水之預測校驗。大氣科學,27,395-411。
- 黃葳芃、王溫和、邱台光、陳嘉榮,2005:LAPS-MM5於2005年梅雨季及颱風 季的預報表現回顧,天氣分析與預報研討會論文編彙(94),216-220。
- 黃葳芃、王溫和、張惠玲、邱台光、陳嘉榮,2006:2006 年梅雨季及颱風季 LAPS 短時預報系統的預報表現回顧,天氣分析與預報研討會論文編彙(95), 5-34-5-38。

簡國基與李清勝,2002:楊希颱風(1990)侵台的數值模擬與分析。大氣科學,

27 , 147-170 。

- 簡芳菁,2008:WRF 模式短期天氣系集預報(I)。行政院國家科學委員會補助專 題研究計畫成果報告,NSC 96-2625-Z-003-001-,共46頁。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典與葉天降,1998:百年侵台颱風路徑圖集及其應用。中 央氣象局專題研究報告,CWB86-1M-01,共497頁。
- Anthes, R. A., 1977 : A cumulus parameterization scheme utilizing a one-dimensional cloud model. Mon. Wea. Rev., 105, 270-286.
- Betts, A. K., 1986 : A new convective adjustment scheme. Part I : Observational and theoretical basis. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 112, 677-692.
- 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 the planetary boundary layer. Advances in Environmental Science and Engineering, 1, No. 1. Pfafflin and Ziegler, Eds., Gordon and Briech Sci. Publ., New York, 50-85.
- Chang, C.-P., T.-C. Yeh, and J. Chen, 1993 : Effects of Terrain on the Surface Structure of Typhoons over Taiwan. Mon. Wea. Rev., 121, 734–752.
- Chien, F.-C., B. J.-D. Jou, P.-L. Lin, and J.-S. Hong, 2005: "A Real-time MM5/WRF Forecasting ststem in Taiwan", 天氣分析與預報研討會論文編彙(94), 207-210。
- Colle, B. A., C. F. Mass, and K. J. Westrick, 2000 : MM5 precipitation verification over the Pacific Northwest during the 1997-1999 cool seasons. Wea. Forecasting, 15, 730-744.
- Davis, C. A., and S. Low-Nam, 2001 : The NCAR-AFWA tropical cyclone bogussing scheme. A report prepared for the Air Force Weather Agency (AFWA).
- Dudhia, J., D. Gill, Y. R. Guo, K. Manning, A. Bourgeois, W. Wang, J. Wilson, 2002 : PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Calss Notes and User Guide: MM5 Modeling System Version 3. NCAR.
- Grell, G. A., J. Dudhia and D. R. Stauffer, 1994 : A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5). NCAR Technical Note, NCAR/TN-398+STR, 121pp.
- Grimit, E. P., and C. F. Mass, 2002 : Initial results of a mesoscale short-range

ensemble forecasting system over the Pacific Northwest. Wea. Forecasting, 17, 192-205.

- Kain, J. S., and J. M. Fritsch, 1993 Convective parameterization for mesoscale model: The Kain-Fritsch scheme. The representation of cumulus convection in numerical modes, K.A. Emanuel and D. J. Raymond, Eds., Amer. Meteor. Soc., 246pp.
- Kain, J. S., 2004: The Kain–Fritsch Convective Parameterization: An Update. J. Appl. Meteor., 43, 170–181.
- Kuo, Y.-H., R.J. Reed, and Y. Liu, 1996: The ERICA IOP 5 Storm. Part III: Mesoscale cyclogenesis and precipitation parameterization. Mon. Wea. Rev., 124, 1409-1434.
- Lee, C.S.,L.R. Hwang, H.S. Shen, and S.T. Wang, 2006 : A Climatology Model for Forecasting Typhoon Rainfall in Taiwan. Natural Hazards, 37, 87-105 •
- Lee, C.S., Y.C. Liu, and F.C. Chien, 2008 : The Secondary Low and Heavy Rainfall Associated with Typhoon Mindulle (2004). Mon. Wea. Rev., 136, 1260–1283.
- 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.

表 1-1 Anthes-Kuo、Grell、Kain-Fritsch、Betts-Miller,四種積雲參數化比較(摘 自 Kuo et al., 1996)。

	Dynamic control	Static control	Feedback	Trigger
Anthes-Kuo	• vertically integrated moisture convergence, M _i	• moist adiabat	 parabolic heating profile moistening profile as a function of environmental relative humidity 	• $M_t > M_{t0}$ (= 3 × 10 ⁻⁵ kg m ⁻² s ⁻¹) • stability check • $\Delta \sigma = 0.3$ cloud depth
Grell	• quasi-equilibrium: $\frac{\partial A}{\partial t}\Big _{LS} \approx -\frac{\partial A}{\partial t}\Big _{CU}$	moist adiabatdowndraftno entrainment	 compensating subsidence detrainment at cloud top and bottom 	 ∂<i>A</i>/∂<i>t</i> > 0 lifting depth <50 mb 150-mb cloud depth <i>M_t</i> > 0
Kain-Fritsch	 CAPE-based CAPE/τ, τ ≈ 30 min 	 1D entraining – detraining cloud model downdraft precipitation efficiency as a function of wind shear in cloud layer ice physics 	 compensating subsidence detrainment of cloud water-ice throughout the cloud layer 	 stability check temperature perturbation: δT ∝ w¹³_{lcl} 4-km cloud depth
Betts-Miller	 adjustment toward reference profiles of convective equilibrium 	• reference sounding: T_r and q_r	• $(T - T_r)/\tau$ • $(q - q_r)/\tau$	stability check290-mb cloud depth

TABLE A1. Comparison of different cumulus parameterization schemes in terms of dynamic control, static control, feedback, and trigger.

A: cloud work function, CAPE: convective available potential energy, τ : adjustment time.

ケハ	山田夕位	<u> </u>	陸上警報期間(LST)	控制組(UTC)
千分	颱風 名 柟	親型	(侵台期間)	模擬初始時間
1990	亞伯(ABE)	1	082914-083102	082900
1991	耐特(NAT)	S	092214-092321	092200
1991	艾美(AMY)	5	071808-071920	
1993	亞伯(ABE)	5	091114-091221	
1994	弗雷特(FRED)	1	081914-082120	
1995	肯特(KENT)	5	083002-083105	082912
1997	溫妮(WINNIE)	1	081705-081823	081600
1999	瑪姬(MAGGIE)	5	060508-060620	060400
2000	寶發(BOPHA)	S	090820-091008	090800
2001	尤特(UTOR)	5	070320-070517	070300
2001	潭美(TRAMI)	4	071020-071120	
2001	納莉(NARI)	S	091502-091917	091400
2001	利奇馬(LEKIMA)	4	092414-092809	
2002	辛樂克(SINLAKU)	1	090505-090805	090500
2003	莫拉克(MORAKOT)	4	080223-080423	080200
2003	杜鵑(DUJUAN)	5	083120-090214	083100
2004	艾利(AERE)	1	082314-082611	
2005	馬莎(MATSA)	1	080402-080520	080300
2006	寶發(BOPHA)	4	080814-080911	080812
2007	帕布(PABUK)	4	080705-080811	080600
2007	韋帕(WIPHA)	8	091714-091908	091600
2009	芭瑪(PARMA)	6	100405-100523	

表 3-1 第一、四、五類以及特殊路徑之侵台颱風個案列表。

表 3-2 控制組模擬最佳參數化組合及模擬結果。

		四石				積雲	參數(Ŀ						雲往	微物理翁	参數化	5		最大	雨量	石 大
年份	颱風名稱	路徑 公綱		WF	RF			M	1M5					WRF			MM5		(m	m)	決 (0/)
		<u>Л</u> Х Я	KF	BMJ	GD	pKF	Kuo	KF	BM	KF2	Lin	WSM5	FM	WSM6	Thom	WR	MP	GS	模擬	觀測	- (/0)
1990	亞伯(Abe)	1	\checkmark												\checkmark				434	567	24
1991	耐特(Nat)	S			\checkmark							\checkmark							279	296	6
1995	肯特(Kent)	5	\checkmark											\checkmark					308	293	5
1997	溫妮(Winnie)	1				\checkmark									\checkmark				603	510	18
1999	瑪姬(Maggie)	5	\checkmark											\checkmark					388	395	2
2000	寶發(Bopha)	S		\checkmark							\checkmark								186	193	3
2001	納莉(Nari)	S	\checkmark									\checkmark							1452	1475	2
2001	尤特(Utor)	5	\checkmark											\checkmark					394	379	4
2002	辛樂克(Sinlaku)	1			\checkmark									\checkmark					308	294	5
2003	杜鵑(Dujuan)	5		\checkmark							\checkmark								523	525	0.003

*邊界層參數化:YSU scheme、長波輻射:RRTM scheme、短波輻射:Dudhia scheme

BMJ: Betts-Miller-Janjic scheme · KF: Kain-Fritsch scheme · GD: Grell-Devenyi ensemble scheme · pKF: previous Kain-Fritsch scheme ·

Kuo: Anthes-Kuo scheme 、 KF: Kain-Fritsch scheme 、 BM: Betts-Miller scheme 、 KF2: Kain-Fritsch 2 scheme

WSM5: WSM 5-class scheme
GCE: Goddard GCE scheme
Thom: Thompson graupel scheme
WR: warm rain(Hsie) scheme
MP:

mixed phase(Reisner) scheme 、 GS : graupel(gsfc) scheme

表 3-2 (續)。

	-1			積雲	s参數化				雲微物理參數化					最大雨量						
年份	颱風名稱	路徑		WRF			M	IM5					WRF			MM5		(m	m)	誤差 (%)
		刀 天只	KF	BMJ GD	pKF	Kuo	KF	BM	KF2	Lin	WSM5	FM	WSM6	Thom	WR	MP	GS	模擬	觀測	- (/0)
2003	莫拉克(Morakot)	4		\checkmark								✓						446	554	20
2005	馬莎(Matsa)	1							\checkmark								\checkmark	1089	1070	2
2006	寶發(Bopha)	4		\checkmark						\checkmark								252	217	16
2007	帕布(Pabuk)	4		\checkmark							\checkmark							333	373	11
2007	韋帕(Wipha)	1	\checkmark								\checkmark							670	736	9

*邊界層參數化:YSU scheme、長波輻射:RRTM scheme、短波輻射:Dudhia scheme

BMJ: Betts-Miller-Janjic scheme · KF: Kain-Fritsch scheme · GD: Grell-Devenyi ensemble scheme · pKF: previous Kain-Fritsch scheme ·

Kuo: Anthes-Kuo scheme 、 KF: Kain-Fritsch scheme 、 BM: Betts-Miller scheme 、 KF2: Kain-Fritsch 2 scheme

WSM5: WSM 5-class scheme

GCE: Goddard GCE scheme

Thom: Thompson graupel scheme

WR: warm rain(Hsie) scheme

MP:

mixed phase(Reisner) scheme 、 GS : graupel(gsfc) scheme

表 4-1 控制組與系集模擬組模擬設定列表。

個案名稱	使用資料	初始時間 (UTC)	積分 時間 (hr)	參數化設定 (雲微物理+積雲)	最細網格 解析度 (km)	模式版本	Ensemble run 參數化設定	Ensemble run 初始時間 (UTC)
1990Abe	NNRP2	1990082900	48	Thom + KF	5	WRF_v3.3	Lin+KF WSM6+GD WSM6+pKF	1990082800 1990082812
1991Nat	NNRP2	1991092200	48	WSM5 +GD	5	WRF_v3.1.1	WSM5+BM WSM5+GD WSM6+GD	1991092100 1991092112
1995Kent	EC_adv	1995082912	36	WSM6 + KF	5	WRF_v3.1.1	Lin+KF Lin+GD WSM5+KF	1995082812 1995082900
1997Winnie	EC_adv	1997081600	72	Thom + pKF	5	WRF_v3.1.1	Lin+pKF WSM5+pKF WSM6+pKF	1997081512 1997081612
1999Maggie	NNRP2	1999060400	72	WSM6 + KF	5	WRF_v3.1.1	Lin+KF WSM5+KF Thom+KF	- 1999060312 - 1999060412
2000Bopha	GFS	2000090800	48	Lin + BM	5	WRF_v3.1.1	WSM5+KF WSM6+KF Thom+KF	2000090700 2000090712
2001Utor	GFS	2001070300	72	WSM6 + KF	5	WRF_v3.1.1	Lin+pKF WSM5+KF WSM6+KF	2001070212 2001070300
2001Nari	GFS	2001091400	132	WSM5 + KF	5	WRF_v3.1.1	Lin+KF WSM6+KF Thom+KF	2001091312 2001091412

表 4-1 控制組與系集模擬組模擬設定列表 (續)。

個案名稱	使用資料	初始時間 (UTC)	積分 時間 (hr)	參數化設定 (雲微物理+積雲)	最細網格 解析度 (km)	模式版本	Ensemble run 参數化設定	Ensemble run 初始時間 (UTC)
2002Sinlaku	GFS	2002090500	96	WSM6 + GD	5	WRF_v3.1.1	Lin+BM WSM5+KF Thom+pKF	2002090412 2002090512
2003Dujuan	GFS	2003083100	60	Lin + BM	5	WRF_v3.1.1	Lin+BM FM+BM FM+pKF	2002090412 2002090512
2003Morakot	GFS	2003080200	72	FM + BM	5	WRF_v3.3	FM+KF FM+BM WSM6+KF	2002090412 2002090512
2005Matsa	GFS	2005080300	84	GS + KF2	5	MM_v3.7	warm rain+KF2 MP+KF2 GS+KF2	2005080200 2005080212
2006Bopha	GFS	2006080812	72	Lin + BM	5	WRF_v3.1.1	WSM6+BM WSM6+GD Thom+pKF	2006080712 2006080812
2007Pabuk	GFS	2007080600	60	WSM5 + BM	5	WRF_v3.1.1	WSM5+pKF WSM6+BM WSM6+pKF	2007080500 2007080512
2007Wipha	GFS	2007091600	96	WSM5 + GR	5	WRF_v3.1.1	WSM6+GD Thom+KF Lin+pKF	2007091612 2007091700

西行路徑	平均阳	锋雨率	最大陸	锋雨率	平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	195	197.2	1476.3	2850	92	155.8	0.77
未加入預報指引 之動力統計模式	159.8	107.2	1186.8	2630	90.9	161.2	0.77

表 4-2 利用「颱風路徑」做為預報指引,針對西行、北行及特殊路徑類型之相依颱風個案,測站整體之各項統計參數校驗結果。

北行路徑	平均阳	锋雨率	最大際	锋雨率	平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	68.6	04.2	545.9	1000	70.2	119	0.47
未加入預報指引 之動力統計模式	100.3	94.5	913.2	1088	77.2	125.9	0.43

特殊路徑	平均阳	锋雨率	最大陸	锋雨率	平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	176.8	202.1	749.8	1467	115	198.8	0.74
未加入預報指引 之動力統計模式	279.6	205.1	1604.8	1402	179.8	268.3	0.6

強烈颱風	平均阳	锋雨率	最大際	锋雨率	平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之	445		3525.4		227	357.4	0.7
動力統計模式							
加入預報指引之 動力統計模式 (強烈及中度)	219.9	264.6	1114.9	1987	114.6	170.7	0.72
未加入預報指引 之動力統計模式	213.4		1133.6		116.7	172.5	0.72

表 4-3 利用「颱風強度」做為預報指引,針對強烈、中度及輕度之相依颱風個案,測站整體之各項統計參數校驗結果。

中度颱風	平均阳	锋雨率	最大際	锋雨率	平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之	1575		1020.2		101 5	197 2	0.64
動力統計模式	137.3		1909.5		101.3	107.5	0.04
加入預報指引之							
動力統計模式	142.4	165.8	1563.1	2850	96.2	175.8	0.69
(中度及輕度)							
未加入預報指引	1/1 2		1604.9		05.5	1777	0.69
之動力統計模式	141.2		1004.8		75.5	1//./	0.08

表 4-3 續。

輕度颱風	平均阳	锋雨率	最大際	译雨率	平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	72	60.1	495.8	011	48	72	0.63
未加入預報指引 之動力統計模式	98.9	00.1	913.2	911	63.2	98.5	0.56

表 4-4 利用「颱風暴風半徑」做為預報指引,針對大颱風及小颱風之相依颱風個案,測站整體之各項統計參數校驗結果。

大颱風	平均阳	锋雨率	最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	180.5	201.6	1436.7	2850	93.5	161.6	0.77
未加入預報指引 之動力統計模式	161	201.0	1186.8	2830	95.4	169.8	0.77

小颱風	平均图	锋雨率	最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	97.7	80.6	959.6	1462	68.3	117.1	0.67
未加入預報指引 之動力統計模式	128	89.0	1604	1402	84.4	141.7	0.61

表 4-5 利用「太陽日」做為預報指引,針對不同月份之相依颱風個案,測站整體之各項統計參數校驗結果。

5月颱風	平均阳	锋雨率	最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	22	42	223.9	277.5	37.6	62.6	0.29
未加入預報指引 之動力統計模式	30.2	42	176.3	577.5	35.7	58.2	0.34

6月颱風	平均阳	锋雨率	最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	158.7	127.7	875.2	778 5	62.7	97.3	0.79
未加入預報指引 之動力統計模式	144.3	12/./	693.1	128.3	60.2	87.3	0.78

7月颱風	平均阳	锋雨率	最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	195.6	167 1	1300.7	1097	102.3	160.2	0.65
未加入預報指引 之動力統計模式	173.2	107.1	1069	1987	97.3	151.3	0.65

表 4-5 續。

8月颱風	平均阳	平均降雨率		锋雨率	平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	137.8	162	1293.1	2850	83.6	164.5	0.8
未加入預報指引 之動力統計模式	128.1	103	1186	2030	86	171.1	0.79

9月颱風	平均阳	锋雨率	最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	181.6	162.2	1402.2	1601 5	93.3	150.6	0.78
未加入預報指引 之動力統計模式	191.9	103.2	1604.8	1001.5	101.2	164.6	0.74

10月颱風	平均阳	锋雨率	最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	86.3	120.2	484.5	11175	129.6	201.3	0.66
未加入預報指引 之動力統計模式	124.7	189.2	531.7	1117.3	123.2	190.2	0.56

表 4-5 續。

11月颱風	平均阳	锋雨率	最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	66	22.8	303.7	406	49.2	76.6	0.6
未加入預報指引 之動力統計模式	72.5	22.8	188.4	490	55.9	80.6	0.56

12月颱風	平均阳	锋雨率	最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	85.4	122.0	625.9	967 5	59.1	79.7	0.79
未加入預報指引 之動力統計模式	64.8	132.8	235.2	807.5	72.5	99.8	0.77

未登陸颱風	平均阳	锋雨率	最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	57.6	946	521.8	1120	59.3	111.9	0.61
未加入預報指引 之動力統計模式	70.9	04.0	519.3	1130	61.7	109.5	0.6

表 4-6 利用「登陸地點」做為預報指引,針對不同登陸地點之相依颱風個案,測站整體之各項統計參數校驗結果。

登陸第一區颱風	平均降雨率		最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	334	241.6	1557.7	2950	164.9	252.4	0.66
未加入預報指引 之動力統計模式	293.9	341.0	1604.8	2030	166.3	261.8	0.64

登陸第二區颱風	平均降雨率		最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	184.5	1.47	952	1244	88.3	122.7	0.66
未加入預報指引 之動力統計模式	155.2	147	789.5	1344	79.1	113.4	0.66

表 4-6 續。

登陸第三區颱風	平均降雨率		最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式 觀測				
加入預報指引之	112.4		350		57.2	74.3	0.41
1100日候氏		86.6	913.2	261			
木加入損報指引	264.4				183.6	235.3	0.27
之動力統計模式							

登陸第四區颱風	平均降雨率		最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	66.9		433.6	- 867.5	51.8	72.6	0.62
未加入預報指引 之動力統計模式	63.4	75.4	235.2		51.6	76.2	0.57

慢速颱風	平均降雨率		最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	173.1	164.5	1563.1	- 2850	113.1	200.6	0.71
未加入預報指引 之動力統計模式	183.9	104.5	1604.8		112.1	200.4	0.71

表 4-7 利用「颱風移動速度」做為預報指引,針對慢速、中速及快速之相依颱風個案,測站整體之各項統計參數校驗結果。

中速颱風	平均降雨率		最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	180.6	202.7	1091.6	1007	91.9	142.2	0.7
未加入預報指引 之動力統計模式	171	202.7	1069.4	1907	92	143.5	0.71

快速颱風	平均降雨率		最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	77.4	00.1	451.3	1000	62.3	104.5	0.53
未加入預報指引 之動力統計模式	70.9	70.9 89.1		1088	64.4	109.8	0.48

表 5-1 列聯表。

Forecast		
Observation	<門檻值	≧門檻值
人田長は	Correct Rejection	False Alarm
~ 门槛值	$\langle a \rangle$	$\langle c \rangle$
一田玉子	Miss	Hit
≦□1槛狙	$\langle b \rangle$	$\langle d \rangle$

表 5-2 針對 2010 年西行及北行路徑颱風個案,測站整體之各項統計參數校驗結果。

	平均降雨率		最大降雨率		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	模式	觀測	模式	觀測			
加入預報指引之 動力統計模式	96.7	101 7	1021.6	1126.5	70.4	125.8	0.57
未加入預報指引 之動力統計模式	81	101.7	452.3		60.1	114.9	0.62

表 5-3 利用列聯表,針對 2010 年西行及北行路徑颱風個案,計算各別測站在不同門檻值之預報降水得分。

門檻值	BS POD		FAR		Т	S	ETS			
(mm)	動力統計預	動力統計 増す	動力統計預 報告引系統	動力統計 増士	動力統計預	動力統計 増士	動力統計預	動力統計 増す	動力統計預 報共引系統	動力統計 増士
	和伯丁尔航	侠氏	和拍门杀统	侠氏	和伯门尔凯	侠氏	和伯门尔凯	侠氏	和伯丁尔佘	侠氏
100	0.94	1.05	0.65	0.73	0.3	0.31	0.51	0.55	0.36	0.39
260	1.06	0.27	0.5	0.13	0.53	0.54	0.32	0.11	0.27	0.09
400	0.55	0.02	0.06	0	0.89	1	0.04	0	0.02	0
700	0.75		0		1		0		0	



圖 1-1 Chang et al.(1993)利用 1971-1990 共 20 年之 22 個地面測站資料,分析 颱風侵台期間台灣地區之降雨分佈狀況。


圖 1-2 TV 實驗組路徑比較圖。藍色表 TV-50、紅色表 TV-60、綠色表 TV-70、 黑色表 CWB 路徑。



圖 1-3 TV 實驗組強度變化比較圖。藍色表 TV-50、紅色表 TV-60、綠色表 TV-70、 黑色表 CWB 路徑、桃紅表 JTWC Best Track。



圖 1-4 TR 實驗組路徑比較圖。藍色表 TR-60、紅色表 TR-70、綠色表 TR-80、 黑色表 CWB 路徑。



圖 1-5 TR 實驗組強度變化比較圖。藍色表 TR-60、紅色表 TR-70、綠色表 TR-80、 黑色表 CWB 路徑、桃紅表 JTWC Best Track。



圖 1-6 TA 實驗組路徑比較圖。藍色表 TA-65、紅色表 TA-75、綠色表 TA-85、 黑色表 CWB 路徑。



圖 1-7 TA 實驗組強度變化比較圖。藍色表 TA-65、紅色表 TA-75、綠色表 TA-85、 黑色表 CWB 路徑、桃紅色表 JTWC Best Track。



(c)表TA-85。

Illustration of Cumulus Processes



圖 1-9 積雲參數化過程示意圖 (摘自 Dudhia et. al., 2002)。



圖 1-10 TC 實驗組路徑比較圖。紅色表 TC-BM、綠色表 TC-AK、橙色表 TC-KF、 黃色表 TC-GR、藍色表 TC-KF2、黑色表 CWB 路徑。



圖 1-11 TC 組實驗,積分 18 小時之雷達回波圖。(a) TC-BM、(b) TC-AK、 (c) TC-KF、(d) TC-GR、(e) TC-KF2。



圖 1-12 TC 組實驗,積分 18 小時之切向風場剖面圖。(a)TC-BM、(b)TC-AK、 (c) TC-KF、(d) TC-GR、(e) TC-KF2。



圖 1-13 TC 實驗組切向風場比較圖。紅色表 TC-BM、綠色表 TC-AK、橙色表 TC-KF、黃色表 TC-GR、藍色表 TC-KF2、黑色表 CWB 路徑、桃紅色表 JTWC Best Track。



圖 1-14 TC 實驗組強度變化比較圖。紅色表 TC-BM、綠色表 TC-AK、橙色表 TC-KF、黃色表 TC-GR、藍色表 TC-KF2、黑色表 CWB 路徑、桃紅色表 JTWC Best Track。



圖 1-15 「颱風定量降雨數值模式系集預報實驗」系集成員平均之降雨分布,預 報時間為 72 小時。



圖 2-1 MM5 模式系統流程圖。



圖 2-2 本研究使用之 WRF 三層巢狀網格設計(45km、15km、5km)。



圖 3-1 各類型侵台颱風路徑示意圖(摘自中央氣象局颱風資料庫網頁)。



圖 3-2 模擬之侵台期間示意圖,圖中▲中央氣象局發布陸上颱風警報之時間,
★為中央氣象局解除陸上颱風警報之時間。



圖 3-3 1990 年亞伯颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之路 徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。



圖 3-4 1990 年亞伯颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。



圖 3-5 2005 年馬莎颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之路 徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。



圖 3-6 2005 年馬莎颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a) 為實際觀 測, (b) 為模擬結果。



圖 3-7 2007 年韋帕颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之路 徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。



圖 3-8 2007 年韋帕颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。



圖 3-9 2006 年寶發颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之路 徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。



圖 3-10 2006 年寶發颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a) 為實際觀 測, (b) 為模擬結果。



圖 3-11 2007 年帕布颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之 路徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。



圖 3-12 2007 年帕布颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。



圖 3-13 1999 年瑪姬颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之 路徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。



圖 3-14 1999 年瑪姬颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。



圖 3-15 2001 年尤特颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之 路徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。



圖 3-16 2001 年尤特颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。



圖 3-17 1991 年耐特颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之 路徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。



圖 3-18 1991 年耐特颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。



圖 3-19 2001 年納莉颱風,其中實線為氣象局定位資料,虛線為控制組模擬之 路徑,「00」為觀測之位置,「12」為模擬之位置。



圖 3-20 2001 年納莉颱風,陸上颱風警報期間全台降雨分布圖, (a)為實際觀 測, (b)為模擬結果。



圖 4-1 接近台北站網格之降雨潛勢圖, 0.1x0.1 度。



圖 4-2 接近台北站網格之降雨潛勢圖, 0.5x0.5 度。



圖 4-3 (a) 1990 年楊希 (Yancy) 颱風, (b) 2004 年海馬 (Haima) 颱風之 控制組(紅色)及系集模擬(黑色)與實際觀測(藍色)之路徑圖。

Table 2-3 ESTIMATED MAXIMUM SUSTAINED WIND SPEED (KT) AS A FUNCTION OF DVORAK CURRENT AND FORECAST INTENSITY NUMBER AND MINIMUM SEA-LEVEL PRESSURE (MSLP)

	ESTIMATE	D WIND	MSLP(MB)
T-NUMBER	SPEED-KT	(M/SEC)	(PACIFIC)
0.0	< 25	< (13)	
0.0	25	(12)	
0.5	25	(13)	
1.0	25	(13)	
1.5	25	(13)	
2.0	30	(13)	1000
2.5	35	(13)	997
3.0	45	(13)	991
3.5	55	(13)	984
4.0	65	(13)	976
4.5	77	(13)	966
5.0	90	(13)	954
5.5	102	(13)	941
6.0	115	(13)	927
6.5	127	(13)	914
7.0	140	(13)	898

圖 4-4 美國聯合颱風警報中心 (JTWC) 之風速氣壓對照表 (摘自 JTWC 之颱 風報告書)。



圖 4-5 計算所有模擬成員暴風半徑之選取範圍(a)西行路徑成員,(b)北行 路徑成員。

(a)

(b)



圖 4-6 颱風登陸點分區圖,黃色為第一區,藍色為第二區,紫色為第三區,紅 色為第四區。



圖 4-7 (a) 西行、(b) 北行及(c) 特殊路徑模擬成員,在各縣市的登陸次 數分布圖。



圖 4-8 動力統計預報指引系統之預報流程圖。



圖 4-9 2001 年潭美 (Trami) 颱風之 (a) 中央氣象局路徑圖及 (b) 陸上警報 發布期間之降雨分布圖。



圖 4-10 利用動力統計模式預報 2001 年潭美(Trami)颱風陸上警報發布期間之 之降雨分布,(a)未加入預報指引,(b)考慮所有之預報指引參數,(c) 含未計算出半徑及6月和8月之模擬成員,(d)含中速之模擬成員。



圖 4-11 2008 年卡玫基 (Kalmaegi) 颱風之 (a) 中央氣象局路徑圖及 (b) 陸 上警報發布期間之降雨分布圖。



圖 4-12 利用動力統計模式預報 2008 年卡玫基 (Kalmaegi) 颱風陸上警報發布 期間之之降雨分布, (a) 未加入預報指引, (b) 含輕度及未計算出半徑之 模擬成員, (c) 含 6 月和 8 月模擬成員, (d) 含慢速之模擬成員。

Typhoon :						
	2010LI 2010FA 2010ME	ONROCK NAPI GI				
Total numb	er of	data is	1028			
Mean Rain	Rate M	odel	96.7			
		OBS.	101.7			
Max. Rain	Rate M	odel	1021.6			
		OBS.	1126.5			
Mean Absolute Error		70.4				
Corr. Coefficient		0.57				
R.M.S.E.		i	125.8			
Accuracy		25%	0.18			
		50%	0.39			
Threshold	BS	POD	FAR	TS	ETS	
100.	0.94	0.65	0.30	0.51	0.36	
260.	1.06	0.50	0.53	0.32	0.27	
400.	0.55	0.06	0.89	0.04	0.02	
700.	0.75	0.00	1.00	0.00	0.00	
-						

圖 5-1 校驗系統之文字輸出結果,上半部為各項統計參數之計算結果,下半部 為利用列聯表計算各項評估指標在不同門檻值的結果。

Typhoon 2000 RMSE= 125.8 Corr.= 0.57 1800 1600 1400 Rainfall(mm) 000 1000 orecast 800 600 40 200 400 600 800 1000 1200 Observe Rainfall(mm) 1400 1600 1800 2000 (b) 2010LIONROCK2010FANAPI 2010MEGI Typhoon 0.4 2.5 ets Q Bias 0.3 2.0 S.0 1.5 1.0 0.1 0.5 0.0 1.0 1.0 POD FAR 0.8 0.8 0.6 0.6 0.4 0.4 S.0 S.0 100 260 400 700 100 260 400 700 (mm)

圖 5-2 校驗系統之圖型輸出結果,(a)為所有測站之總累積雨量的預估值(縱 軸)相對於觀測值(橫軸)之分布,(b)為利用列聯表計算各項評估指標 在不同門檻值的結果,左上為 ETS,右上為 Bias,左下為 POD,右下為 FAR。

(a)



圖 5-3 利用 (a) 動力統計預報指引系統及 (b) 未加入預報指引之動力統計模式,對 2010 年颱風個案,所有測站之總累積雨量的預估值 (縱軸) 相對於 觀測值 (橫軸) 之分佈。



圖 5-4 2010 年萊羅克 (Lionrock) 颱風上颱風警報發布期間之 (a) 觀測降雨, 及利用 (b) 動力統計預報指引系統與 (c) 未加入預報指引之動力統計模式 之降雨分佈圖。



圖 5-5 2010 年凡那比(Fanapi)颱風上颱風警報發布期間之(a)觀測降雨, 及利用(b)動力統計預報指引系統與(c)未加入預報指引之動力統計模式 之降雨分佈圖,(d)則為颱風洪水研究中心「颱風定量降雨數值模式系集 預報實驗」系集成員平均之降雨分布,預報初始時間為2010年9月19日上 午8時。



圖 5-6 2010 年梅姬 (Megi) 颱風上颱風警報發布期間之 (a) 觀測降雨,及利 用 (b) 動力統計預報指引系統與 (c) 未加入預報指引之動力統計模式之降 雨分佈圖, (d) 則為颱風洪水研究中心「颱風定量降雨數值模式系集預報 實驗」系集成員平均之降雨分布,預報初始時間為 2010 年 10 月 20 日上午 8 時。


圖 5-7 利用動力統計預報指引系統及動力統計模式,預報 2010 年西行及北行路 徑颱風個案之總累積雨量,在不同門檻值的校驗結果,其中紅色代表偏倚評 分,藍色代表可偵測機率,綠色代表誤報率,紫色實線為T得分,紫色虛線 為ETS。

附件一

表附	1-1	所有	模擬個	案右	模擬	時間	内之	平均	路徑	誤差
12111	1 1	11.71	1510 14	1 21 14			11~	1 - 1		小庄

年分	颱風名稱	路徑分類	平均路徑誤差(公里)
1990	亞伯 (Abe)	1	52
1990	黛特 (Dot)	3	115.2
1990	楊希 (Yancy)	2	110.3
1991	耐特 (Nat)	S	94
1994	道格(Doug)	6	128.2
1995	蓋瑞 (Gary)	7	313.9
1995	肯特(KENT)	5	73
1995	賴恩 (Ryan)	8	244.9
1996	凱姆(Cam)	8	66.6
1996	賀伯(Herb)	2	100.2
1997	安珀 (Amber)	3	45.3
1997	溫妮(WINNIE)	1	182
1998	妮蔻兒 (Nichole)	9	126.7
1998	奧托 (Otto)	3	79.9
1998	瑞伯 (Zeb)	6	147.4
1999	丹恩 (Dan)	7	142.9
1999	瑪姬(MAGGIE)	5	211
2000	碧利斯 (Bilis)	3	95.8
2000	寶發(BOPHA)	S	141
2000	啟德 (Kai-Tak)	6	146.5
2000	巴比倫 (Prapiroon)	6	72.4

表附	1-1	所有	模擬個	案在	模擬明	F間內	之平	·均路徑誤	差 (續)
----	-----	----	-----	----	-----	-----	----	-------	-------

年分	颱風名稱	路徑分類	平均路徑誤差(公里)
2000	象神 (Xangsane)	6	290.7
2001	奇比 (Chebi)	7	157.6
2001	西馬隆(Cimaron)	8	117.9
2001	納莉 (NARI)	S	70
2001	桃芝 (Toraji)	3	123.8
2001	尤特 (UTOR)	5	118
2002	娜克莉(Nakri)	9	199.6
2002	辛樂克 (SINLAKU)	1	330
2003	杜鵑 (Dujuan)	5	50
2003	米勒 (Melor)	8	78
2003	莫拉克 (Morakot)	4	57
2004	海馬 (Haima)	6	85.8
2004	敏督利 (Mindulle)	6	95.7
2004	南瑪都(Nanmadol)	9	125
2004	納坦 (Nock-Ten)	6	129.1
2005	海棠 (Haitang)	3	90.4
2005	龍王 (Longwang)	3	48.7
2005	馬莎(MATSA)	1	124
2005	泰利 (Talim)	3	98.7
2006	碧利斯 (Bilis)	2	143.7
2006	寶發(Bopha)	4	304

年分	颱風名稱	路徑分類	平均路徑誤差(公里)
2006	珍珠(Chanchu)	9	123.2
2006	凱米(Kaemi)	3	82.7
2007	柯羅莎(Krosa)	2	75.4
2007	帕布(Pabuk)	4	95
2007	聖帕 (Sepat)	3	58.1
2007	韋帕(WIPHA)	8	319
2007	梧提 (Wutip)	3	117.8
2008	鳳凰 (Fungwong)	3	53.9
2008	薔蜜 (Jangmi)	2	128.9
2008	卡玫基(Kalmaegi)	2	45.8
2008	辛樂克 (Sinlaku)	2	72
2009	莫拉克 (Morakot)	2	74.5

表附 1-1 所有模擬個案在模擬時間內之平均路徑誤差(續)



圖附 1-1 1990 年亞伯颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-2 1990 年黛特颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-3 1990 年楊希颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-4 1991 年耐特颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-5 1994 年道格颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-6 1995 年蓋瑞颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-7 1995 年肯特颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-8 1995 年賴恩颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-9 1996 年凱姆颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-10 1996 年賀伯颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-11 1997 年安珀颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-12 1997 年溫妮颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-13 1998 年妮蔻兒颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-14 1998 年奧托颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-15 1998 年瑞伯颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-16 1999 年丹恩颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-17 1999 年瑪姬颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-18 2000 年碧利斯颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-19 2000 年寶發颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-20 2000 年啟德颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-21 2000 年巴比倫颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-22 2000 年象神颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-23 2001 年奇比颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-24 2001 年西馬隆颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-25 2001 年納莉颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-26 2001 年桃芝颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-27 2001 年尤特颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-28 2002 年娜克莉颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-29 2002 年辛樂克颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-30 2003 年杜鵑颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-31 2003 年米勒颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-32 2003 年莫拉克颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-33 2004 年海馬颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-34 2004 年敏督利颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-35 2004 年南瑪都颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-36 2004 年納坦颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-37 2005 年海棠颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-38 2005 年龍王颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-39 2005 年馬莎颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-40 2005 年泰利颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-41 2006 年碧利斯颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-42 2006 年寶發颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-43 2006 年珍珠颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-44 2006 年凱米颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-45 2007 年柯羅莎颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-46 2007 年帕布颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-47 2007 年聖帕颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-48 2007 年韋帕颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-49 2007 年梧提颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-50 2008 年鳳凰颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-51 2008 年薔蜜颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-52 2008 年卡玫基颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-53 2008 年辛樂克颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-54 2009 年莫拉克颱風路徑誤差隨時間變化圖。



圖附 1-55 1990 年亞伯颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-56 1990 年黛特颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-57 1990 年楊希颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-58 1991 年耐特颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。


圖附 1-59 1994 年道格颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-60 1995 年蓋瑞颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-61 1995 年肯特颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-62 1995 年賴恩颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-63 1996 年凱姆颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-64 1996 年賀伯颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-65 1997 年安珀颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-66 1997 年溫妮颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-67 1998 年妮蔻兒颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-68 1998 年奧托颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-69 1998 年瑞伯颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-70 1999 年丹恩颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-71 1999 年瑪姬颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-72 2000 年碧利斯颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-73 2000 年寶發颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-74 2000 年啟德颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-75 2000 年巴比倫颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-76 2000 年象神颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-77 2001 年奇比颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-78 2001 年西馬隆颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-79 2001 年納莉颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-80 2001 年桃芝颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-81 2001 年尤特颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-82 2002 年娜克莉颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-83 2002 年辛樂克颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-84 2003 年杜鵑颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-85 2003 年米勒颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-86 2003 年莫拉克颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-87 2004 年海馬颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-88 2004 年敏督利颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-89 2004 年南瑪都颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-90 2004 年納坦颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-91 2005 年海棠颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-92 2005 年龍王颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實 線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-93 2005 年馬莎颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-94 2005 年泰利颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。


圖附 1-95 2006 年碧利斯颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-96 2006 年寶發颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-97 2006 年珍珠颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-98 2006 年凱米颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-99 2007 年柯羅莎颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-100 2007 年帕布颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-101 2007 年聖帕颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-102 2007 年韋帕颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-103 2007 年梧提颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-104 2008 年鳳凰颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-105 2008 年薔蜜颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-106 2008 年卡玫基颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-107 2008 年辛樂克颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。



圖附 1-108 2008 年莫拉克颱風路徑圖,其中藍色實線為氣象局定位資料,紅色 實線為控制組模擬路徑,灰黑色實線為 11 組系集成員模擬路徑。

附件二

颱風降雨整合預報技術之發展(3/3) - 第一次工作會議

時間:2011年04月28日(星期四)下午16:00

地 點:台灣大學大氣科學系二樓會議室

主 持 人:李清勝教授

出席人員:

中央氣象局:課長-張博雄、博士-蔡孝忠、技佐-劉志信、研究助理-許乃寧 颱風實驗室:研究助理-黃麗蓉、研究助理-方偉庭、助理研究員-陳嬿竹

紀 錄:方偉庭

- 壹、報告事項
 - 一、計畫進度
 - 二、控制組模擬結果
 - 三、動力統計預報指引系統之建立
 - 四、未來工作

貳、討論決議事項

- 一、延長預報時間至96小時: 更新版的動力統計模式已可輸入50筆預報時間,且時間間隔可不一致, 預報時間長度可大於96小時。然而此動力統計模式有範圍上之限制, 颱風中心需位在歷史颱風發布陸上警報之範圍內,故不建議輸入過長的 預報時間。
- 二、提供所有系集預報成員之整合路徑圖:
 - 由於動力統計模式是利用所有颱風中心資料位於某網格範圍內時,計算 當時台灣地區平均雨量之分布狀況,因此路徑資料的疏密可能影響估算 雨量之代表性,故需搭配所有系集成員之路徑圖,以了解預報結果之適 用程度。

参、散會

颱風降雨整合預報技術之發展(3/3) - 第二次工作會議

時 間:2011年09月29日(星期四)下午14:00

- 地 點:台灣大學大氣科學系二樓會議室
- 主 持 人:李清勝教授

出席人員:

- 中央氣象局:課長-張博雄、技佐-劉志信、研究助理-許乃寧
- 颱風實驗室:研究助理-黃麗蓉、研究助理-方偉庭、助理研究員-陳嬿竹

紀 錄:方偉庭

- 壹、報告事項
 - 一、計畫進度
 - 二、控制組模擬結果
 - 三、動力統計預報指引系統之建立
 - 四、問題回覆
 - 五、未來工作
- 貳、討論決議事項
 - 一、模式資料移交至氣象局: 本三年期計畫所需之54個颱風個案已全數模擬完成,近期內將所有資料儲存於5顆2T硬碟中,並移交至氣象局。
 - 二、動力統計模式執行速度差異: 由於氣象局使用動力統計模式時,發現各步驟均有執行時間過久的狀況, 此部分已請蔡德攸先生協助處理。

参、散會

颱風降雨整合預報技術之發展(3/3) - 第三次工作會議

時 間:2011年11月29日(星期二)上午10:30

- 地 點:台灣大學大氣科學系二樓會議室
- 主 持 人:李清勝教授

出席人員:

中央氣象局:副主任-呂國臣、課長-張博雄、技佐-賈愛玫、研究助理-許乃寧 颱風實驗室:研究助理-黃麗蓉、助理研究員-陳嬿竹

紀 錄:黃麗蓉

- 壹、報告事項
 - 一、計畫進度
 - 二、控制組模擬結果
 - 三、動力統計預報指引系統之建立-颱風移動速度
 - 四、2010年個案校驗
 - 五、總結
- 貳、討論決議事項
 - 一、颱風移動速度:

報告中之颱風移動速度單位誤植,須檢查後做更改。

二、敏感度測試:

目前之敏感度測試部分為考慮單一預報指引,未來可考慮在背景資料夠 多的情況下,測試兩種以上預報指引之敏感度。

参、散會