

國家實驗研究院 台灣颱風洪水研究中心

## 定量降雨整合預報技術研發

---2011 年颱風定量降雨數值模式系集預報實驗

2012 年 2 月



# 目錄

目錄 .....	i
圖表目錄.....	ii
一、實驗基本資料.....	1
(一) 實驗介紹.....	1
(二) 2011 年颱風個案.....	2
(三) 系集實驗設計.....	5
二、實驗結果對外服務.....	7
(一) 平台資訊系統介紹.....	7
(二) 系統使用說明會.....	8
(三) 系集預報資訊簡報.....	8
三、校驗方法.....	9
(一) 路徑校驗.....	9
(二) 強度校驗.....	11
(三) 雨量校驗.....	12
四、颱風路徑校驗.....	15
(一) 全年颱風校驗.....	15
(二) 艾利颱風 (AERE) .....	21
(三) 桑達颱風 (SONGDA) .....	26
(四) 米雷颱風 (MEARI) .....	31
(五) 梅花颱風 (MUIFA) .....	36
(六) 南瑪都颱風 (NANMADOL) .....	41
五、颱風觀測雨量與系集雨量.....	46
(一) 桑達颱風 (SONGDA) .....	46
(二) 米雷颱風 (MEARI) .....	48
(三) 南瑪都颱風 (NANMADOL) .....	50
(四) 奈格颱風 (NALGAE) .....	53
六、全年雨量校驗.....	54

# 圖表目錄

表 1 2011 年西北太平洋地區颱風列表.....	3
表 2 颱風定位次數 (dtg 數) 與各成員對應列表 .....	4
表 3 系集成員設計表.....	6
表 4 計算颱風雨量校驗之顯著降雨時段列表.....	14
表 5 全年颱風路徑平均誤差.....	16
表 6 全年颱風各成員路徑預報最佳次數比率.....	18
表 7 Cat1~5 颱風各成員路徑預報最佳次數比率.....	19
表 8 發布警報颱風各成員路徑預報最佳次數比率.....	20
表 9 艾利颱風各成員路徑預報最佳次數比率.....	25
表 10 桑達颱風各成員路徑預報最佳次數比率.....	30
表 11 米雷颱風各成員路徑預報最佳次數比率.....	35
表 12 梅花颱風各成員路徑預報最佳次數比率.....	40
表 13 南瑪都颱風各成員路徑預報最佳次數比率.....	45
表 14 系集平均結果於 0~24 小時對應不同降雨門檻值之測站校驗得分.....	56
表 15 系集平均結果於 0~24 小時對應不同降雨門檻值之流域平均校驗得分.....	57
表 16 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之測站 T 得分.....	58
表 17 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之偏倚得分.....	59
表 18 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之可偵測機率.....	60
表 19 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之誤報率.....	61
表 20 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之公正預兆得分.....	62
圖 1 2011 年颱風路徑圖；紅色為有發警報颱風，綠色為未命名個案，藍色為其餘個案。(資料來源： Unisy Hurricane Data) .....	2
圖 2 颱風定量降雨數值模式系集預報實驗展示平台。(a)颱風路徑頁面，(b)雨量預報頁面。.....	7
圖 3 颱風定量降雨數值模式系集預報實驗平台資訊系統教育訓練活動.....	8
圖 4 絕對誤差、速度偏差與方向偏差示意圖.....	10
圖 5 速度偏差與方向偏差(a)結果呈現示意圖與(b)色階對應圖 .....	10
圖 6 全年颱風路徑平均誤差.....	16
圖 7 Cat1~5 颱風路徑平均誤差.....	17
圖 8 發布警報颱風路徑平均誤差.....	17
圖 9 全年颱風各成員路徑預報最佳次數統計.....	18
圖 10 Cat1~5 颱風各成員路徑預報最佳次數統計.....	19
圖 11 發布警報颱風各成員路徑預報最佳次數統計.....	20
圖 12 艾利颱風路徑圖.....	21
圖 13 艾利颱風路徑平均誤差.....	22
圖 14 艾利颱風路徑誤差隨預報時間變化.....	22
圖 15 艾利颱風路徑速度偏差(along track error) .....	23



圖 16	艾利颱風路徑方向偏差(cross track error)	24
圖 17	艾利颱風各成員路徑預報最佳次數統計	25
圖 18	桑達颱風路徑圖	26
圖 19	桑達颱風平均路徑誤差	27
圖 20	桑達颱風路徑誤差隨預報時間變化	27
圖 21	桑達颱風路徑速度偏差(along track error)	28
圖 22	桑達颱風路徑方向偏差(cross track error)	29
圖 23	桑達颱風各成員路徑預報最佳次數統計	30
圖 24	米雷颱風路徑圖	31
圖 25	米雷颱風平均路徑誤差	32
圖 26	米雷颱風路徑誤差隨預報時間變化	32
圖 27	米雷颱風路徑速度偏差(along track error)	33
圖 28	米雷颱風路徑方向偏差(cross track error)	34
圖 29	米雷颱風各成員路徑預報最佳次數統計	35
圖 30	梅花颱風路徑圖	36
圖 31	梅花颱風平均路徑誤差	37
圖 32	梅花颱風路徑誤差隨預報時間變化	37
圖 33	梅花颱風路徑速度偏差(along track error)	38
圖 34	梅花颱風路徑方向偏差(cross track error)	39
圖 35	梅花颱風各成員路徑預報最佳次數統計	40
圖 36	南瑪都颱風路徑圖	41
圖 37	南瑪都颱風平均路徑誤差	42
圖 38	南瑪都颱風路徑誤差隨預報時間變化	42
圖 39	南瑪都颱風路徑速度偏差(along track error)	43
圖 40	南瑪都颱風路徑方向偏差(cross track error)	44
圖 41	南瑪都颱風各成員路徑預報最佳次數統計	45
圖 42	海警期間 (5月26日 1800 UTC~5月28日 0600 UTC, 36hr) 觀測總雨量	46
圖 43	05261800 run 系集模式 (5月26日 1800 UTC~5月28日 0600 UTC, 36hr) 累積雨量	46
圖 44	05261200 run 系集模式 (5月26日 1800 UTC~5月28日 0600 UTC, 36hr) 累積雨量	47
圖 45	05260600 run 系集模式 (5月26日 1800 UTC~5月28日 0600 UTC, 36hr) 累積雨量	47
圖 46	海警期間 (6月23日 1500 UTC~6月25日 0300 UTC, 36hr) 觀測總雨量。(a) 大間距, (b) 小間距。	48
圖 47	06231200 run 系集模式 (6月23日 1500 UTC~6月25日 0300 UTC, 36r) 累積雨量	48
圖 48	06230600 run 系集模式 (6月23日 1500 UTC~6月25日 0300 UTC, 36hr) 累積雨量	49
圖 49	06230000 run 系集模式 (6月23日 1500 UTC~6月25日 0300 UTC, 36hr) 累積雨量	49
圖 50	(a) 陸警期間 (8月27日 1200 UTC~8月31日 0000 UTC, 84hr) 觀測總雨量, (b) 8月27日 1200 UTC~8月30日 1200 UTC, 72hr 觀測總雨量與 (c) 8月28日 0000 UTC~8月31日 0000 UTC, 72hr 觀測總雨量	50
圖 51	08271200 run 系集模式 72hr 累積雨量 (8月27日 1200 UTC~8月30日 1200 UTC)	51
圖 52	08270600 run 系集模式 72hr 累積雨量 (8月27日 1200 UTC~8月30日 1200 UTC)	51
圖 53	08280000 run 系集模式 72hr 累積雨量 (8月28日 0000 UTC~8月31日 0000 UTC)	52

圖 54	08271800 run 系集模式 72hr 累積雨量 (8 月 28 日 0000 UTC~8 月 31 日 0000 UTC) .....	52
圖 55	共伴影響期間 (9 月 30 日 1600 UTC~10 月 2 日 1600 UTC, 72hr) 觀測總雨量 .....	53
圖 56	09301200 run 系集模式 72hr 累積雨量 (9 月 30 日 1600 UTC~10 月 2 日 1600 UTC) .....	53
圖 57	全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之測站 T 得分 .....	58
圖 58	全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之偏倚得分 .....	59
圖 59	全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之可偵測機率 .....	60
圖 60	全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之誤報率 .....	61
圖 61	全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之公正預兆得分 .....	62

# 一、 實驗基本資料

## (一) 實驗介紹

颱洪中心於 2010 年起進行「颱風定量降雨數值模式系集預報實驗」，其目的在研發測試定量降雨預報技術並增加災防單位應變作業時可參考之資訊，協助提升災害防救效能。本實驗結合學研界（台灣大學、中央大學、台灣師範大學及文化大學）與作業單位（中央氣象局）之研發能量，並結合國家高速網路與計算中心的計算資源及國家災害防救科技中心的實務經驗。於颱風影響台灣期間，每日產出 4 次即時高解析度台灣地區天氣狀況並利用系集統計方法與機率預報概念，分析颱風路徑與雨量分布，並提供致災性雨量的機率預報。

實驗期間，所有實驗結果均利用數據專線，即時傳輸至中央氣象局、水利署、災防中心...等供參考應用。此外本中心並將重要結果整理成簡報檔，每日兩次主動即時提供中央氣象局、災防中心、水利署（含防災應變中心、河川局及協力單位（台大天災中心、成大水利及海洋工程系））、水保局土石流防災中心、陸軍總部、國研院院部、國科會...等災防相關人員參考之用。透過此實驗平台的模擬，可提升國內定量降雨數值預報的技術，並將研發成果應用在實際作業上，充分達到研發、服務及育才的目標。

## (二) 2011 年颱風個案

2011 年西北太平洋地區共有 24 颱風個案，其中有三個未命名颱風，完整路徑圖呈現於圖 1，颱風基本資訊亦列於表 1。以台灣地區而言，有發海警以上的颱風有五個，分別為艾利、桑達、米雷、梅花與南瑪都颱風，此外氣象局編號第 19 號奈格颱風則與東北季風產生共伴，亦對台灣帶來顯著降雨。本校驗報告除針對 2011 整年平均狀況進行校驗外，亦針對有發海警之颱風個案個別分析其路徑與強度變化；而在降雨校驗部分則針對有顯著降雨個案（桑達、米雷、南瑪都與奈格颱風）進行個別分析。

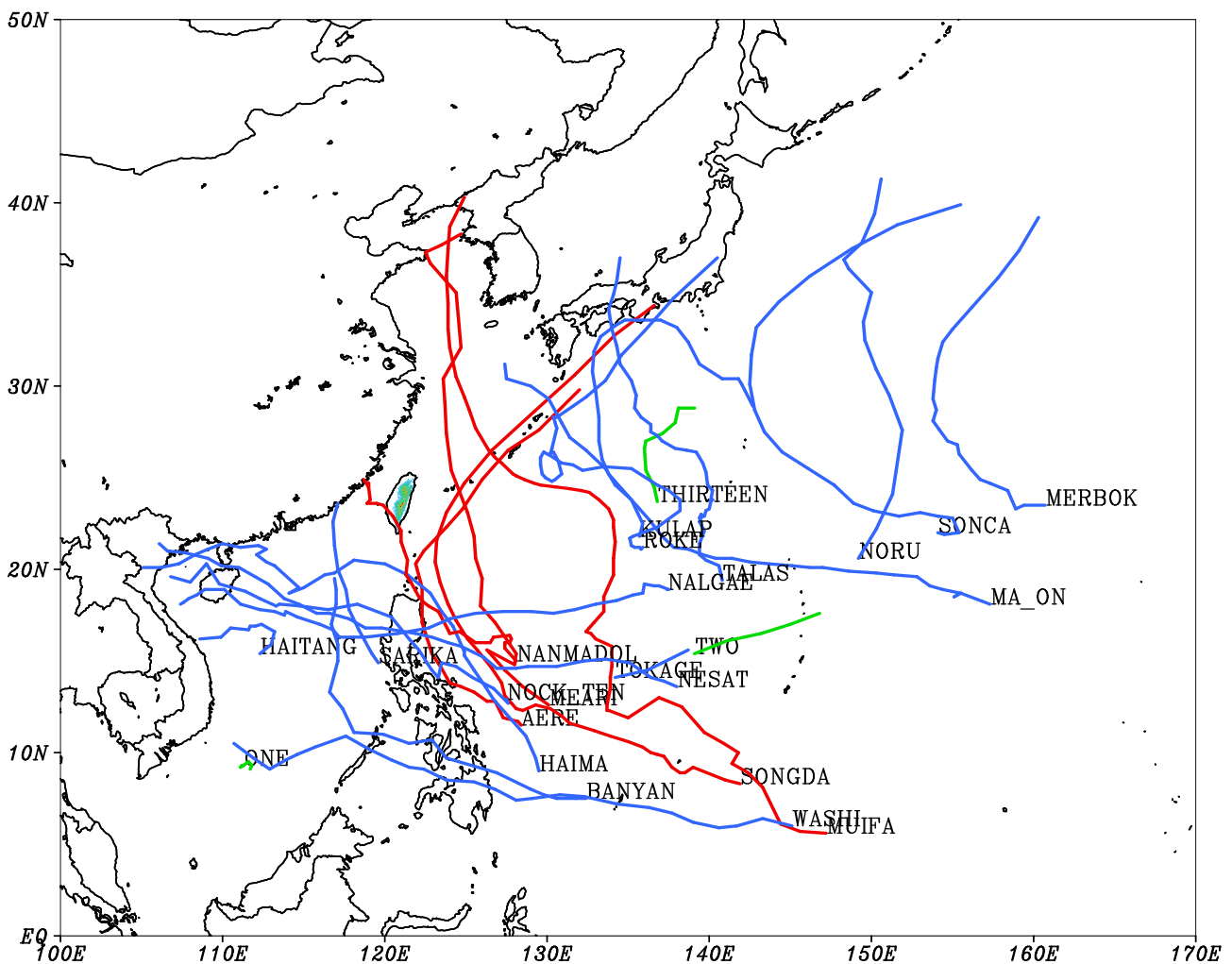


圖 1 2011 年颱風路徑圖；紅色為有發警報颱風，綠色為未命名個案，藍色為其餘個案。（資料來源：Unisy Hurricane Data）

路徑與列表參考資料：

1. 中央氣象局颱風資料庫 <http://rdc28.cwb.gov.tw/>
2. JTWC Best Track Data
3. Unisy Hurricane Data <http://weather.unisys.com/hurricane/>

表 1 2011 年西北太平洋地區颱風列表

年份	JTWC 編號	氣象局 編號	中文名稱	英文名稱	生命期	警報期間	Cat.	最大 強度	侵台路 徑分類	Wind (Knots)	近台近中 心最低氣 壓(hPa)	近台近中心 最大風速 (m/s)	警報發布 報數	海警	陸警	降雨校 驗	Max dtg 數
2011				TD01	02-03 APR	--	--	--	--	30	--	--					
2011				TD02	05-06 APR	--	--	--	--	30	--	--					
2011		1101	艾利	AERE	06-11 MAY	05/09~05/10	--	輕度	--	50	990	23	13	V		--	18
2011		1102	桑達	SONGDA	20-29 MAY	05/27~05/28	5	強烈	--	140	920	55	13	V		V	30
2011		1103	莎莉佳	SARIKA	09-11 JUN	--	--	--	--	35	--	--	0				5
2011		1104	海馬	HAIMA	16-24 JUN	--	--	--	--	35	--	--	0				15
2011		1105	米雷	MEARI	21-27 JUN	06/23~06/25	--	輕度	--	60	982	28	14	V		V	19
2011		1106	馬鞍	MA-ON	11-22 JUL	--	4	--	--	115	--	--	0				42
2011		1107	陶卡基	TOKAGE	15-16 JUL	--	--	--	--	30	--	--	0				3
2011		1108	納坦	NOCK-TEN	24-30 JUL	--	1	--	--	65	--	--	0				20
2011		1109	梅花	MUIFA	25 JUL-08 AUG	08/04~08/06	5	中度	--	140	945	43	15	V		--	47
2011		1110	莫柏	MERBOK	03-08 AUG	--	1	--	--	80	--	--	0				25
2011				TD13	10-12 AUG	--	--	--	--	30							
2011		1111	南瑪都	NANMADOL	22-31 AUG	08/27~08/31	4	強烈	4	135	920	53	34	V	V	V	30
2011		1112	塔拉斯	TALAS	25 AUG-04 SEP	--	--	--	--	55	--	--	0				44
2011		1113	諾盧	NORU	03-06 SEP	--	--	--	--	45	--	--	0				9
2011		1114	庫拉	KULAP	07-10 SEP	--	--	--	--	45	--	--	0				7
2011		1115	洛克	ROKE	11-21 SEP	--	4	--	--	115	--	--	0				34
2011		1116	桑卡	SONCA	14-20 SEP	--	2	--	--	85	--	--	0				21
2011		1117	尼莎	NESAT	23-30 SEP	--	3	--	--	105	--	--	0				28
2011		1118	海棠	HAITANG	24-26 SEP	--	--	--	--	35	--	--	0				8
2011		1119	奈格	NALGAE	27 SEP-05 OCT	--	4	--	--	130	--	--	0			V	29
2011		1120	班彥	BANYAN	10-14 OCT	--	--	--	--	35	--	--	0				6
2011		1121	瓦西	WASHI	13-19 DEC	--	--	--	--	55	--	--	0				15

表 2 颱風定位次數 (dtg 數) 與各成員對應列表

	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M18	M19	M20	MAX	總計
1101AERE	18	17	16	16	16	15	16	16	16	11	11	11	16	15	15	0	13	12	18	250
1102SONGDA	30	30	29	30	29	30	30	30	30	30	30	30	28	30	30	30	26	26	30	528
1103SARIKA	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	90
1104HAIMA	15	15	15	14	15	15	15	15	15	11	11	11	15	15	15	14	15	14	15	255
1105MEARI	19	19	19	18	19	19	19	19	19	16	16	16	19	19	19	18	19	18	19	330
1106MA-ON	42	42	42	42	42	42	42	42	42	31	31	31	42	42	42	41	25	17	42	680
1107TOKAGE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	1	2	3	42
1108NOCK-TEN	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	360
1109MUIFA	47	47	47	47	47	47	47	47	47	45	45	45	47	47	47	43	45	45	47	832
1110MERBOK	23	23	23	23	23	23	23	23	23	25	25	25	23	23	23	19	21	21	23	412
1111NANMADOL	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	24	26	30	530
1112TALAS	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	25	28	22	44	735
1113NORU	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0	3	0	9	138
1114KULAP	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	2	6	4	7	117
1115ROKE	34	34	34	34	34	34	34	34	34	32	32	32	34	34	34	27	30	28	34	589
1116SONCA	21	21	21	21	21	21	21	21	21	19	19	19	21	21	21	17	18	18	21	362
1117NESAT	28	28	28	28	27	28	28	28	28	28	28	28	28	27	27	25	28	24	28	494
1118HAITANG	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	8	6	8	140
1119NALGAE	29	29	29	29	28	29	29	29	29	28	28	28	29	28	28	27	22	21	29	499
1120BANYAN	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	6	103
1121WASHI	8	11	11	9	0	10	10	10	10	15	15	15	0	0	0	0	0	0	8	124
																				7610

### (三) 系集實驗設計

2011 年度實驗設計參考 2010 實驗結果，考慮發散度較大之成員設計組合，完整設計參考表 3；透過此組設計可比較初始場擾動影響與物理參數化（積雲參數化）對模擬結果之影響。本年度成員中亦包含有兩組 MM5 結果與兩組 Cress 結果，及另一組 WRF NODA（NCDR）結果。從今年成員組合設計中，可進一步比對下列不同組合之差異性。

One way	Two way
<b>MEM11</b>	<b>MEM05</b>
<b>MEM14</b>	<b>MEM15</b>

BC from NCEP	BC from CWB
<b>MEM10</b>	<b>MEM12</b>

CV3	CV5
<b>MEM13</b>	<b>MEM14</b>

With outer loop	Without outer loop
<b>MEM11</b>	<b>MEM04</b>
<b>MEM06</b>	<b>MEM14</b>

Partial cycle	Cold start
<b>MEM04</b>	<b>MEM14</b>
<b>MEM11</b>	<b>MEM06</b>
<b>MEM01</b>	<b>MEM07</b>
<b>MEM02</b>	<b>MEM08</b>
<b>MEM03</b>	<b>MEM09</b>

KF	GD	G3	BMJ
<b>MEM11</b>	<b>MEM01</b>	<b>MEM02</b>	<b>MEM03</b>
<b>MEM06</b>	<b>MEM07</b>	<b>MEM08</b>	<b>MEM09</b>

Cress-5km	Cress-2.5km
<b>MEM16</b>	<b>MEM17</b>

MM5-NODA	MM5-4DVAR
<b>MEM19</b>	<b>MEM20</b>

表 3 系集成員設計表

群組	編號	代碼	單位	資料同化	分析方法	Bogus	模式物理過程				完成之 dtg 數		附註
							CuP	MPS	PBL	LSM	全年	颱風期間	
初始場	MEM10	I1	CWB M00	partial cycle	3DVAR+CV3		KF	Goddard	YSU	Noah	738	312	
	MEM12	I2	CWB M02	partial cycle	3DVAR+CV3		KF	Goddard	YSU	Noah	728	312	BC from CWB GFS
	MEM04	I3	TTFRI	partial cycle	3DVAR+CV5	CWB bogus	KF	Goddard	YSU	Noah	684	331	
	MEM13	I4	NCU(H)	cold start	3DVAR+CV3	CWB bogus	KF	Goddard	YSU	Noah	505	321	
	MEM14	I5	NCU(Y1)	cold start	3DVAR+CV5	CWB bogus	KF	Goddard	YSU	Noah	505	321	
	MEM15	I6	NCU(Y2)	cold start	3DVAR+CV5	CWB bogus	KF	Goddard	YSU	Noah	506	321	Two way
	MEM05	I7	TTFRI	partial cycle	3DVAR+CV5+OL	CWB bogus	KF	Goddard	YSU	Noah	511	324	Two way
積雲	MEM11	C1	CWB M01	partial cycle	3DVAR+CV5+OL	CWB bogus	KF	Goddard	YSU	Noah	719	312	OL: outer loop
	MEM01	C2	TTFRI	partial cycle	3DVAR+CV5+OL	CWB bogus	GD	Goddard	YSU	Noah	686	334	
	MEM02	C3	TTFRI	partial cycle	3DVAR+CV5+OL	CWB bogus	G3	Goddard	YSU	Noah	691	333	
	MEM03	C4	TTFRI	partial cycle	3DVAR+CV5+OL	CWB bogus	BMJ	Goddard	YSU	Noah	690	331	
	MEM06	C5	NCU(L)	cold start	3DVAR+CV5+OL	CWB bogus	KF	Goddard	YSU	Noah	694	341	
	MEM07	C6	CCU1	cold start	3DVAR+CV5+OL	CWB bogus	GD	Goddard	YSU	Noah	693	342	
	MEM08	C7	CCU2	cold start	3DVAR+CV5+OL	CWB bogus	G3	Goddard	YSU	Noah	692	342	
	MEM09	C8	NTNU	cold start	3DVAR+CV5+OL	CWB bogus	BMJ	Goddard	YSU	Noah	697	342	
其他模式	MEM16	O1			NO		冷雲微物理過程，無積雲參數化方法側邊界採開放式，上、下邊界採固定壁邊界條件。				344	--	CreSS(5km)
	MEM17	O2			NO						3	--	CreSS(2.5km)
	MEM18	O3	NCDR	NODA			KF	WSM5	YSU		652	263	e_vert=28; d03 Cu.; Two way; thermal diffusion
	MEM19	O4	TTFRI	NODA			Grell	graupel	MRF		432	256	MM5
	MEM20	O5	TTFRI	4DVAR		4DVAR BDA	Grell	graupel	MRF		233	230	MM5



## 二、實驗結果對外服務

### (一) 平台資訊系統介紹

為服務防災相關單位應變需求，本中心於今年規畫建置網頁版展示平台資訊系統，此資訊平台系統配合本中心定量降雨預報實驗之數值模式輸出結果，建置模式資料處理與展示介面。透過網頁平台界面即時展示實驗成果予作業與防災單位，提供決策者風險評估參考。

此平台資訊系統頁面主要包括颱風路徑、雨量、層場圖、校驗等四部分。颱風路徑展示部分可呈現系集平均結果與各系集成員路徑，並疊上中心 120 公里範圍內進入當地之機率圖，亦可隨選成員計算平均路徑（圖 2a）。雨量部分可呈現未來 24、48、72 小時平均累積雨量圖，並搭配各分區、測站之逐時雨量與累積雨量圖（圖 2b）。本平台亦提供達到致災性雨量之降雨機率預報，供防災單位參考運用。

歷經七~十一月的使用，亦收到許多使用者意見回饋，本資訊平台系統於中央氣象局與災防等單位作業上均扮演相當高的應用與參考價值，有助於颱風災害預警研判、颱風假之研判及水資源的調度，以減少社會衝擊和經濟損失。

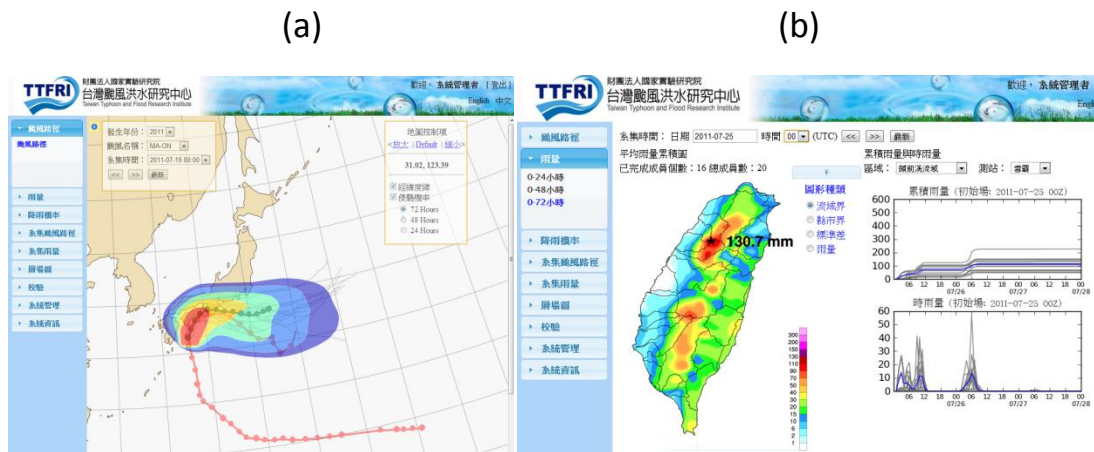


圖 2 颱風定量降雨數值模式系集預報實驗展示平台。(a)颱風路徑頁面，(b)雨量預報頁面。

## (二) 系統使用說明會

本年度除規劃建置即時展示平台資訊系統，提供災防相關單位參考應用外，亦舉辦實驗平台系統教育訓練活動，邀請本中心顧問暨前中央氣象局預報中心主任吳德榮介紹天氣預報風險管理概念，並由本中心陳熾竹副研究員、張龍耀助理研究員分別介紹系集預報實驗與平台資訊系統操作。此教育訓練活動分別於台中、台北各舉辦一場，參與者多為水利署、水保局、災防中心、台北科技大學、台大水工所、成大水土保持研究中心等災防相關單位人員（參與人數約為 40 人），另於中央氣象局預報中心舉辦一場進階使用者之教育訓練（參與人數約為 25 人）。



圖 3 颱風定量降雨數值模式系集預報實驗平台資訊系統教育訓練活動

## (三) 系集預報資訊簡報

本實驗工作除原細部計畫規劃執行項目外，並於颱風應變期間製作颱風資訊投影片（包含颱風路徑及累積降雨量），主動即時提供中央氣象局、國家災害防救科技中心、水利署、水保局、軍方等作業單位與所屬研究單位參考。2011 年共發送 34 次預報實驗結果資料供應變作業參考運用。

### 三、校驗方法

本研究針對颱風個案（詳細個案請參考表 1）校驗分為不同群組歸納比較，分別為：

- (1) 實驗中全部個案，全年共 21 個
- (2) 強度達 Cat1 以上 (>64 knots) 個案，全年共 10 個
- (3) 中央氣象局發布警報個案（海警或陸警），全年共 5 個
- (4) 個別颱風分析

#### （一）路徑校驗

由於 M16、M17 兩組成員並未有路徑預報，因此路徑校驗部分將就其餘 18 組成員與系集平均路徑進行校驗。校驗結果將以四種方式呈現：

##### （1）平均誤差分析

針對預報路徑與觀測路徑計算絕對誤差，再依預報時段進行平均，即一般常用之路徑誤差分析。

##### （2）依個案分析不同預報時段路徑誤差隨預報時間之變化

透過此分析方法，可瞭解系集實驗針對個別颱風於其不同生命期之預報表現。

##### （3）各成員預報最佳次數統計

固定單一預報時間(dtg)、預報時段(24hr, 48 hr or 72hr)、Domain (d01 or d02)，將所有成員結果依預報誤差排序，排名第一之成員累計次數加 1，再行統計所有預報時間，並分別針對預報時段與 Domain 進行統計。此統計結果可用以判斷個別成員表現優劣。

##### （4）速度偏差（along track error）與方向偏差（cross track error）分析

將上述計算之絕對誤差，分解成平行與垂直於路徑兩部份；平行於路徑即為速度偏差，垂直於路徑為方向偏差（參考圖 4）。利用此分析可評估路徑誤差主要來自於系統移速掌握不佳抑或整體環境場無法掌握導致方向偏差。

結果將以圖 5a 配合圖 5b 之色階對應呈現。

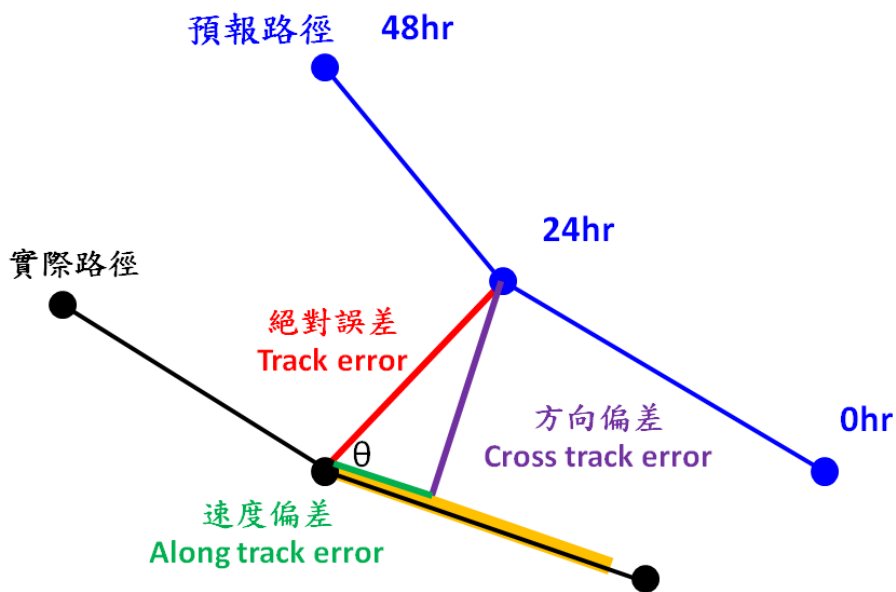
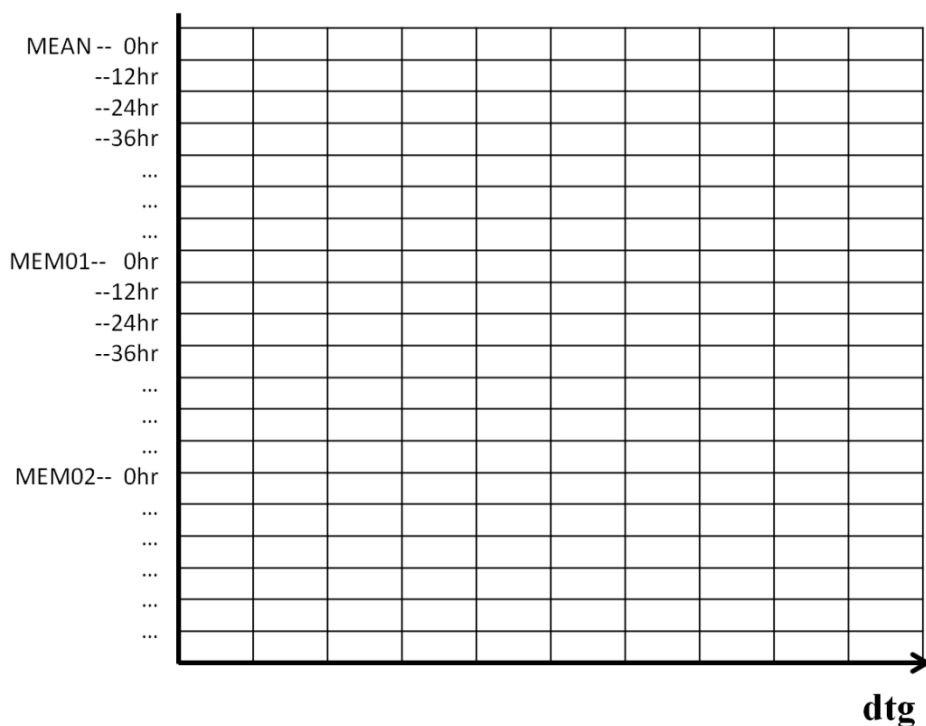


圖 4 絕對誤差、速度偏差與方向偏差示意圖

(a)



(b)

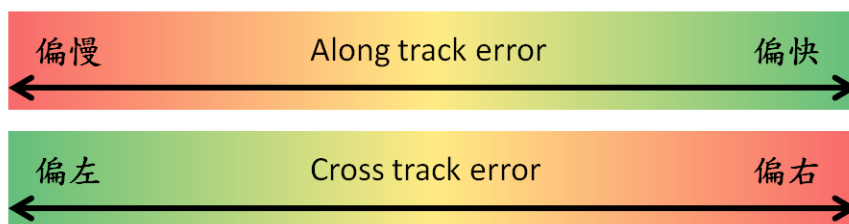


圖 5 速度偏差與方向偏差(a)結果呈現示意圖與(b)色階對應圖

## (二) 強度校驗

由於 M16、M17 兩組成員並未有強度預報，因此強度校驗部分僅就其餘 18 組成員進行校驗。校驗結果將以三種方式呈現：

### (1) 平均誤差分析

針對預報強度與觀測強度計算絕對誤差，再依預報時段進行平均。

### (2) 各成員預報最佳次數統計

固定單一預報時間(dtg)、預報時段(24hr, 48 hr or 72hr)、Domain (d01or d02)，將所有成員結果依預報誤差排序，排名第一之成員累計次數加 1，再行統計所有預報時間，並分別針對預報時段與 Domain 進行統計。此統計結果可用以判斷個別成員表現優劣。

### (3) 依個案分析不同預報時段路徑誤差隨預報時間之變化

透過此分析方法，可瞭解系集實驗針對個別颱風於其不同生命期之預報表現。

### (三) 雨量校驗

雨量校驗部分，將採用列聯表與一般統計方法進行分析，校驗方法如下：

#### Yes/No 校驗（列聯表）校驗方法

觀測 (Observed)	Yes $\geq$ 門檻值	No $<$ 門檻值	Total
預報 (Forecast)	Hits (命中)	False Alarms (錯誤預報)	Forecast Yes
Yes $\geq$ 門檻值	Misses (失誤)	Correct Negatives	Forecast No
No $<$ 門檻值	Observed Yes	Observed No	Total
Total			

- (1) 正確率（範圍：0~1、最佳值：1）

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{hits} + \text{correct negatives}}{\text{total}}$$

正確預報的比例，此計算方式易瞭解，但結果可能會因無事件發生（correct negatives）偏多而使正確率偏高。

- (2) 偏倚得分（Bias Score, BS，範圍：0~∞、最佳值：1）

$$\text{Bias} = \frac{\text{hits} + \text{false alarms}}{\text{hits} + \text{misses}}$$

預報 Yes 佔觀測 Yes 的比例，若 BS 大於 1 表示過度預報，小於 1 表示不足預報。僅用以描述預報與觀測之間的相對關係，並不能用以描述預報結果有多接近觀測。

- (3) 可偵測機率（Probability of Detection, POD，範圍：0~1、最佳值：1）

$$\text{POD} = \frac{\text{hits}}{\text{hits} + \text{misses}}$$

POD 描述的是有多少比例的事件發生被正確的預報。此數值僅考慮 hits 而忽略 false alarms，對於稀少個案的預報數值會偏高。使用時應同時考慮誤報率。

(4) 誤報率 (False Alarm Ratio, FAR, 範圍：0~1、最佳值：0)

$$FAR = \frac{\text{false alarms}}{\text{hits} + \text{false alarms}}$$

有多少比例的事件是預報錯誤的假警報。

(5) 假警報可偵測機率 (Probability of False Detection, POFD, 範圍：0~1、最佳值：0)

$$POFD = \frac{\text{false alarms}}{\text{correct negatives} + \text{false alarms}}$$

POFD 描述的是有多少比例的”No”事件被預報成”Yes”，一般決定性預報較少計算此分數，但在機率預報中廣泛被應用。

(6) T 得分 or 預兆得分 (Threat Score, TS, 範圍：0~1、最佳值：1、無能力：0)

$$TS = \frac{\text{hits}}{\text{hits} + \text{misses} + \text{false alarms}}$$

TS 又可稱為 CSI (Critical success index)，此得分計算排除了觀測與預報降雨皆沒有超過門檻值的情形，因此可視為描述模式預報的”正確率”；無預報能力時，TS 為 0。

(7) 公正預兆得分 (Equitable Threat Score, ETS, 範圍：-1/3~1、最佳值：1、無能力：0)

$$ETS = \frac{\text{hits} - \text{hits}_{\text{random}}}{\text{hits} + \text{misses} + \text{false alarms} - \text{hits}_{\text{random}}}$$

$$\text{其中, } \text{hits}_{\text{random}} = \frac{(\text{hits} + \text{misses})(\text{hits} + \text{false alarms})}{\text{total}}$$

ETS 又可稱為 GSS (Gilbert skill score)，除了原有 TS 計算概念外，亦額外排除隨機預報正確的狀況；利用此得分比較不同區域的預報表現較客觀。

目前本報告僅先使用 T 得分、偏倚得分、誤報率、可偵測機率和公正預報得分五種校驗分數進行分析。



分析預報表現時，除針對全年個案進行降雨表現評估外，另將依個案呈現各成員預報表現，詳細校驗項目如下：

### 校驗方式

- (1) 以測站為單位，利用列聯表分析方法計算全台地區不同降雨門檻值(大雨：50 mm/day、豪雨：130 mm/day、大豪雨：200 mm/day、超大豪雨：350 mm/day)之預報降水得分。分別計算模式之 0 hr~24 hr、25 hr~48 hr 與 49hr~72 hr 用以呈現預報第 1、2、3 天表現，並針對個別成員（含系集平均）與個別預報時間（dtg）分別進行計算。
- (2) 將個別流域取平均後，再依列聯表分析方法計算上述各類得分。

### 校驗時段

- (1) 僅選取颱風顯著降雨之前後時段，四個颱風選取之時段詳見表 4，並以 dtg 為橫軸，TS（or BS、POD、FAR、ETS）為縱軸，再以不同符號代表不同成員表現，分別呈現預報第 1、2 天結果。
- (2) 將四個顯著降雨颱風，依列聯表所計算之 a ~ d 分別加總後，再計算 TS（or BS、POD、FAR、ETS）值，用以呈現 2011 年四個顯著降雨颱風預報總體表現，其中各系集成員分別計算。
- (3) 計算全年總體表現(含無颱風時段)，將列聯表所計算之 a ~ d 分別加總後，再計算各類得分，其中各系集成員分別計算。

表 4 計算颱風雨量校驗之顯著降雨時段列表

颱風名稱	個案完整時段	備註
	顯著降雨時段	
	降雨校驗分析時段（繪圖分析時段）	
桑達颱風	5 月 21 日 1800 UTC~5 月 29 日 0000 UTC	
	5 月 26 日 1800 UTC~5 月 28 日 0600 UTC，共 36hr	海警期間
	5 月 25 日 1800 UTC~5 月 28 日 0600 UTC	
米雷颱風	6 月 22 日 0600 UTC~6 月 26 日 1800 UTC	
	6 月 23 日 1500 UTC~6 月 25 日 0600 UTC，共 38hr	海警期間
	6 月 22 日 1200 UTC~6 月 25 日 0600 UTC	
南瑪都颱風	8 月 23 日 1200 UTC~8 月 30 日 1800 UTC	
	8 月 27 日 1200 UTC~8 月 31 日 0000 UTC，共 84hr	陸警期間
	8 月 25 日 1800 UTC~8 月 31 日 0000 UTC	考慮部分海警期間
奈格颱風	9 月 27 日 1800 UTC~10 月 4 日 1800 UTC	
	9 月 30 日 1600 UTC~10 月 2 日 1600 UTC，共 72hr	共伴影響期間
	9 月 29 日 1200 UTC~10 月 2 日 1800 UTC	



## 四、 颱風路徑校驗

### (一) 全年颱風校驗

2011 年西北太平洋地區全年共 23 颱風，系集模式有資料為 21 個颱風路徑平均預估表現，資料統計含 18 組系集成員，累積有路徑資料之最多系集時間為 342 個 dtg。

- 24 小時之路徑預估誤差為 99 公里
- 48 小時之路徑預估誤差為 189 公
- 72 小時之路徑預估誤差為 302 公里。

若僅分析強度達一定程度之個案（最大強度 > 64knots，即 Cat 1~5 颱風），則誤差為：

- 24 小時之路徑預估誤差為 96 公里
- 48 小時之路徑預估誤差為 187 公里
- 72 小時之路徑預估誤差為 296 公里

若僅分析氣象局有發警報之個案，則誤差為：

- 24 小時之路徑預估誤差為 85 公里
- 48 小時之路徑預估誤差為 170 公里
- 72 小時之路徑預估誤差為 289 公里

表 5 全年颱風路徑平均誤差

	0hr	6hr	12hr	18hr	24hr	30hr	36hr	42hr	48hr	54hr	60hr	66hr	72hr
MEM01	15	52	82	99	121	147	178	210	246	277	310	345	385
MEM02	16	53	84	98	116	139	167	196	227	255	291	327	372
MEM03	17	54	87	105	126	154	182	214	250	281	316	353	393
MEM04	34	83	121	152	180	206	239	268	301	333	370	409	453
MEM05	31	55	85	104	129	154	180	211	242	271	303	333	370
MEM06	16	48	71	86	105	125	141	161	185	211	236	261	290
MEM07	16	47	71	88	111	135	163	189	221	256	289	321	357
MEM08	16	47	71	86	106	127	149	172	201	235	266	293	327
MEM09	16	47	72	92	115	140	167	191	218	253	287	311	347
MEM10	53	77	94	109	123	141	155	176	199	224	254	289	325
MEM11	15	55	86	98	116	137	161	182	206	231	258	287	320
MEM12	64	95	114	130	149	163	177	202	232	259	294	329	377
MEM13	22	50	82	109	133	156	184	211	245	280	311	348	390
MEM14	22	58	87	106	131	157	181	208	237	269	301	328	360
MEM15	35	58	85	107	132	157	185	215	247	281	317	352	384
MEM18	44	49	61	74	90	104	122	141	164	187	212	241	270
MEM19	156	182	204	225	241	258	284	298	319	350	377	394	425
MEM20	155	197	238	260	276	296	313	341	367	397	430	452	477
MEAN	23	47	66	80	99	119	141	163	189	216	244	270	302

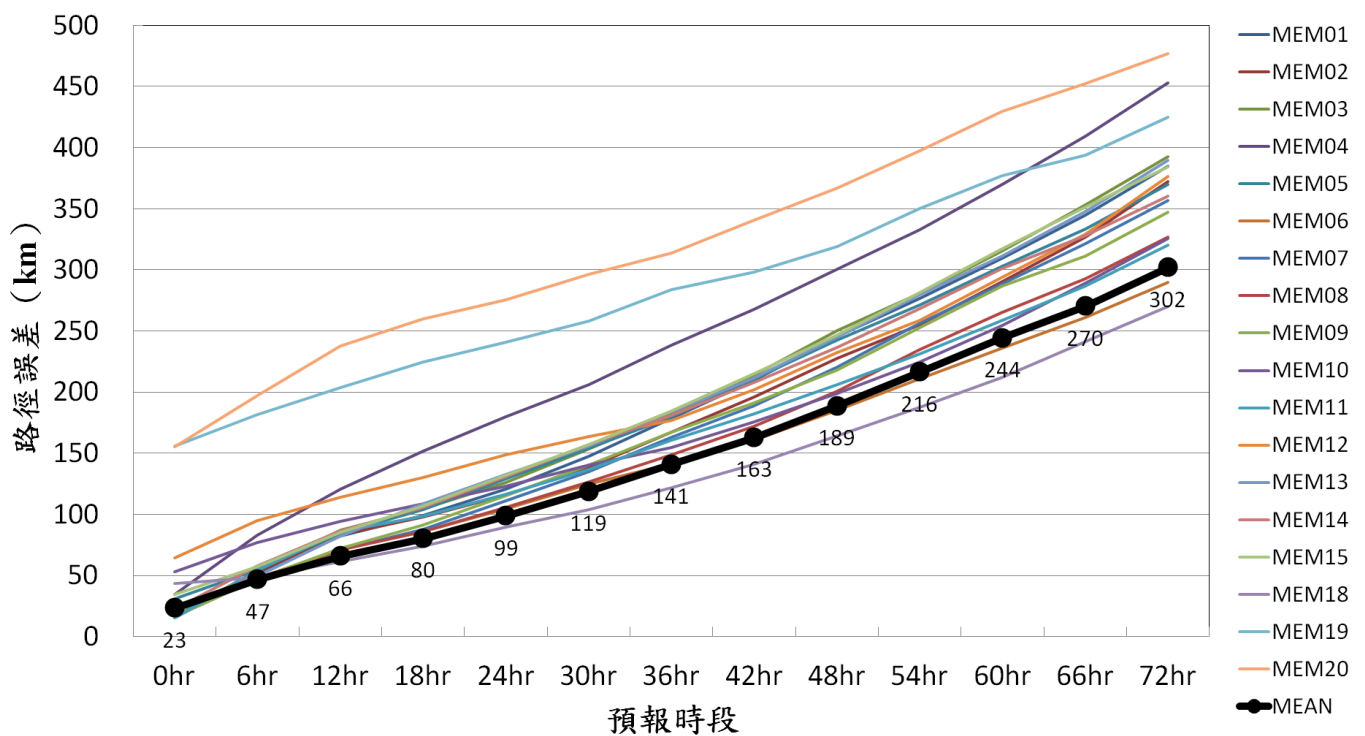


圖 6 全年颱風路徑平均誤差

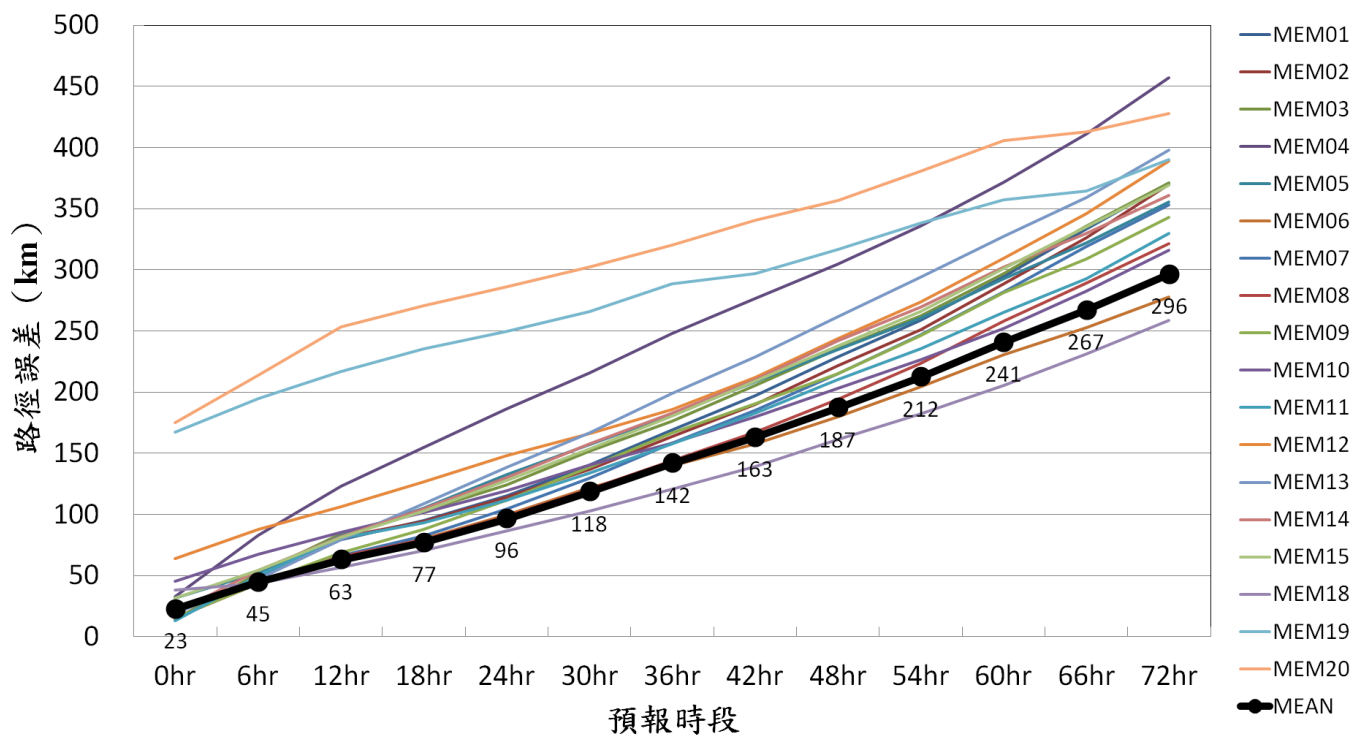


圖 7 Cat1~5 颱風路徑平均誤差

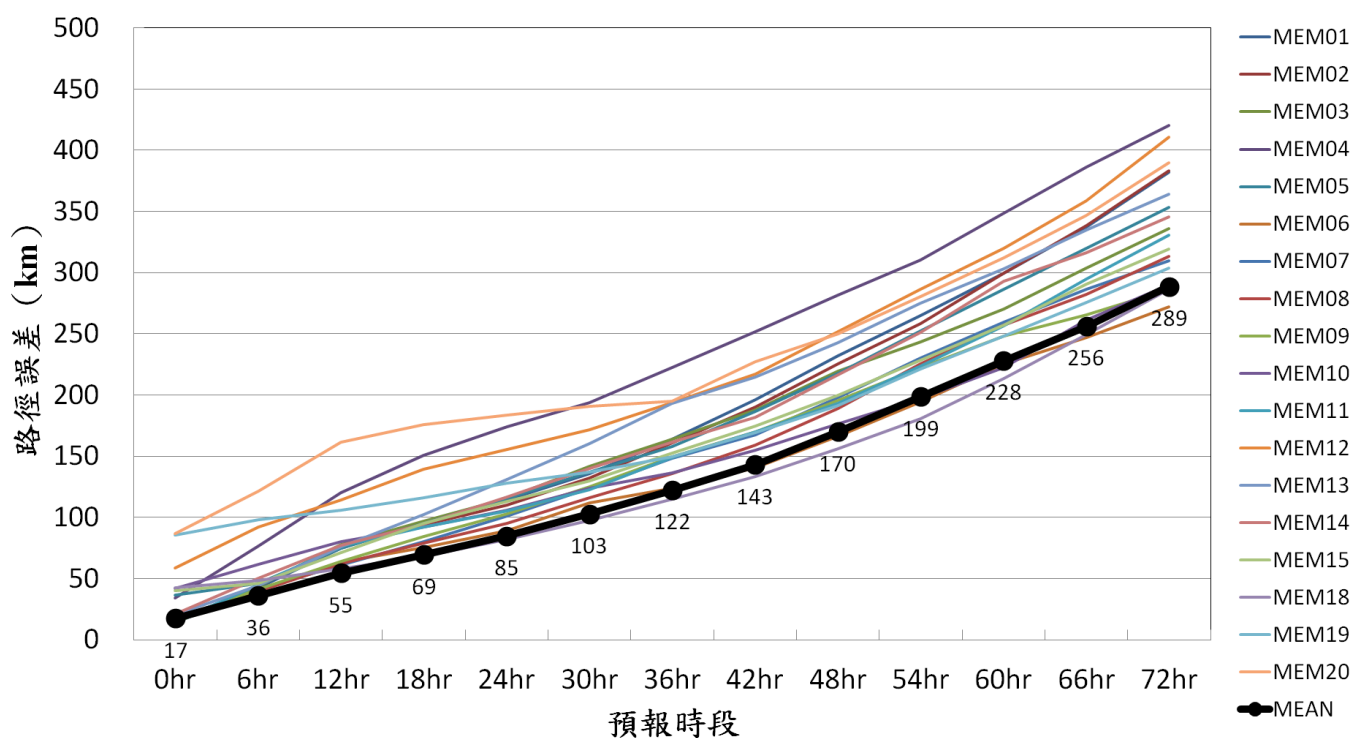


圖 8 發布警報颱風路徑平均誤差

表 6 全年颱風各成員路徑預報最佳次數比率

Domain	d01			d02		
預報時段	24 hr	48 hr	72 hr	24 hr	48 hr	72 hr
M01	3%	3%	2%	2%	3%	3%
M02	4%	4%	3%	3%	5%	4%
M03	4%	2%	6%	5%	3%	6%
M04	5%	7%	7%	5%	7%	8%
M05	4%	3%	5%	4%	3%	6%
M06	6%	6%	3%	6%	9%	3%
M07	4%	3%	3%	5%	5%	4%
M08	5%	3%	5%	5%	2%	5%
M09	6%	5%	7%	5%	3%	7%
M10	8%	10%	9%	8%	12%	11%
M11	3%	6%	3%	2%	7%	3%
M12	6%	8%	6%	6%	7%	8%
M13	8%	5%	7%	9%	4%	4%
M14	8%	7%	7%	7%	4%	5%
M15	4%	8%	6%	4%	6%	4%
M18	8%	9%	10%	7%	10%	8%
M19	6%	6%	4%	6%	4%	5%
M20	2%	4%	3%	4%	1%	4%
MEAN	7%	3%	3%	6%	4%	2%
總預報次數	363	289	233	364	289	231

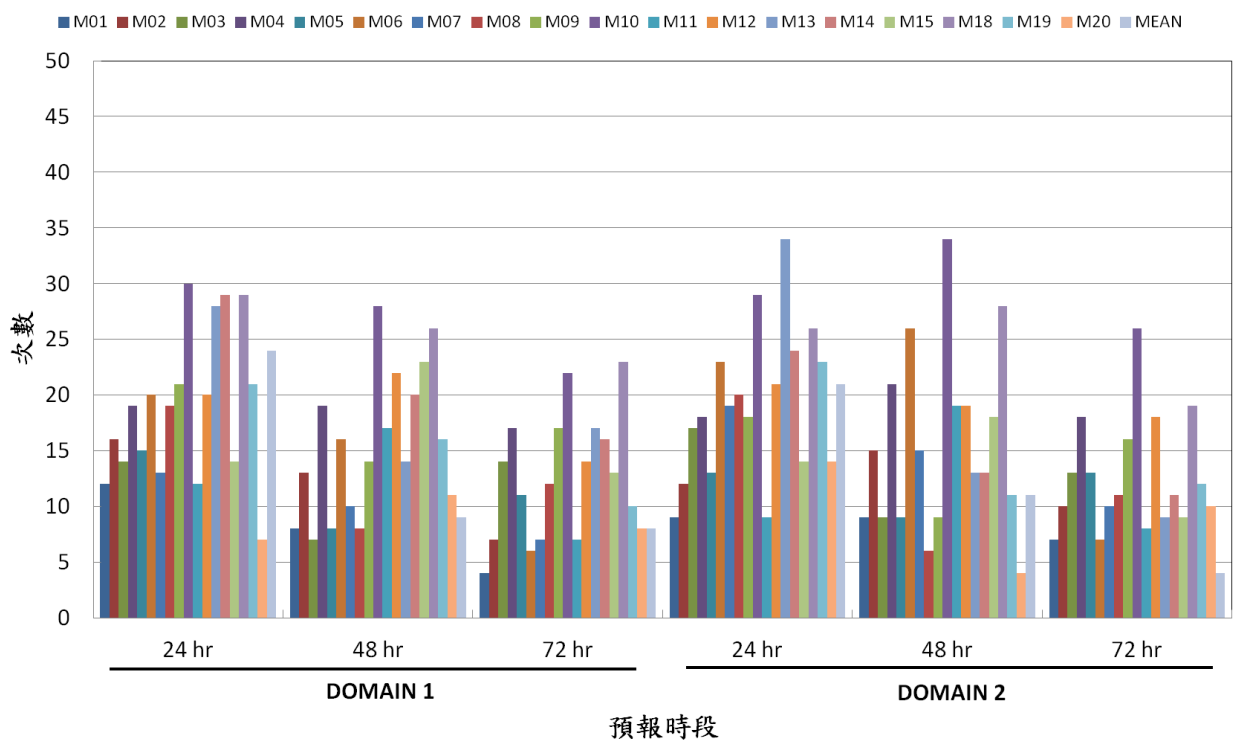


圖 9 全年颱風各成員路徑預報最佳次數統計

表 7 Cat1~5 颱風各成員路徑預報最佳次數比率

Domain	d01			d02		
預報時段	24 hr	48 hr	72 hr	24 hr	48 hr	72 hr
M01	3%	4%	2%	3%	3%	3%
M02	3%	4%	1%	4%	5%	3%
M03	3%	1%	7%	4%	4%	7%
M04	6%	7%	6%	6%	7%	6%
M05	2%	3%	5%	1%	2%	6%
M06	7%	7%	2%	6%	9%	3%
M07	3%	4%	4%	5%	6%	5%
M08	6%	3%	3%	6%	1%	2%
M09	6%	5%	7%	4%	3%	9%
M10	9%	10%	10%	8%	13%	12%
M11	3%	6%	3%	2%	6%	3%
M12	6%	6%	7%	6%	6%	7%
M13	6%	4%	6%	9%	4%	3%
M14	8%	6%	7%	6%	3%	4%
M15	5%	8%	7%	5%	5%	3%
M18	10%	11%	11%	9%	11%	9%
M19	6%	7%	5%	6%	4%	7%
M20	2%	4%	3%	4%	1%	4%
MEAN	6%	2%	4%	6%	4%	2%
總預報次數	268	225	184	268	225	184

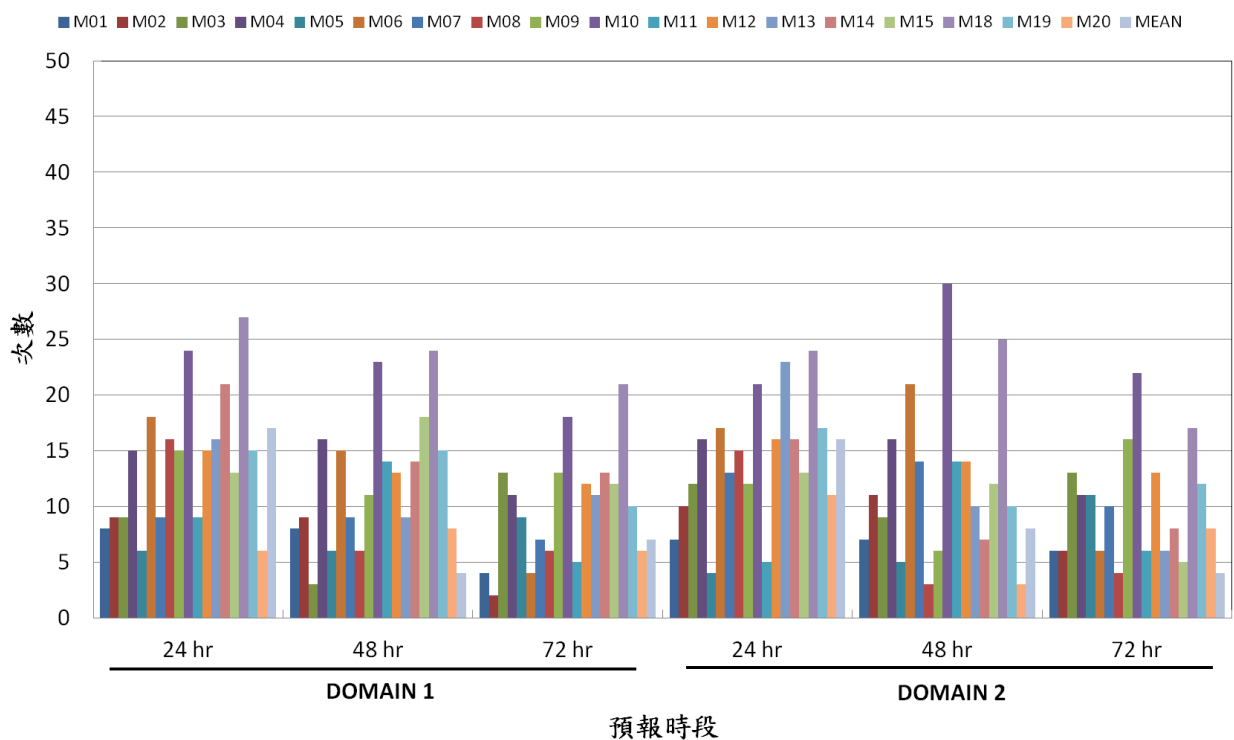


圖 10 Cat1~5 颱風各成員路徑預報最佳次數統計

表 8 發布警報颱風各成員路徑預報最佳次數比率

Domain	d01			d02		
預報時段	24 hr	48 hr	72 hr	24 hr	48 hr	72 hr
M01	2%	3%	0%	3%	2%	5%
M02	4%	5%	1%	5%	5%	4%
M03	4%	3%	8%	5%	4%	10%
M04	6%	5%	4%	4%	7%	6%
M05	3%	4%	5%	2%	4%	6%
M06	6%	5%	2%	8%	9%	1%
M07	2%	4%	5%	3%	7%	7%
M08	7%	2%	1%	9%	1%	0%
M09	6%	7%	7%	7%	4%	12%
M10	12%	11%	15%	9%	12%	14%
M11	2%	5%	1%	2%	8%	1%
M12	5%	4%	5%	4%	2%	7%
M13	5%	4%	8%	7%	6%	5%
M14	9%	6%	6%	1%	2%	2%
M15	3%	14%	9%	2%	10%	4%
M18	7%	7%	5%	7%	8%	6%
M19	10%	6%	7%	11%	5%	2%
M20	2%	6%	4%	3%	1%	4%
MEAN	6%	2%	7%	7%	6%	4%
總預報次數	126	103	85	127	103	83

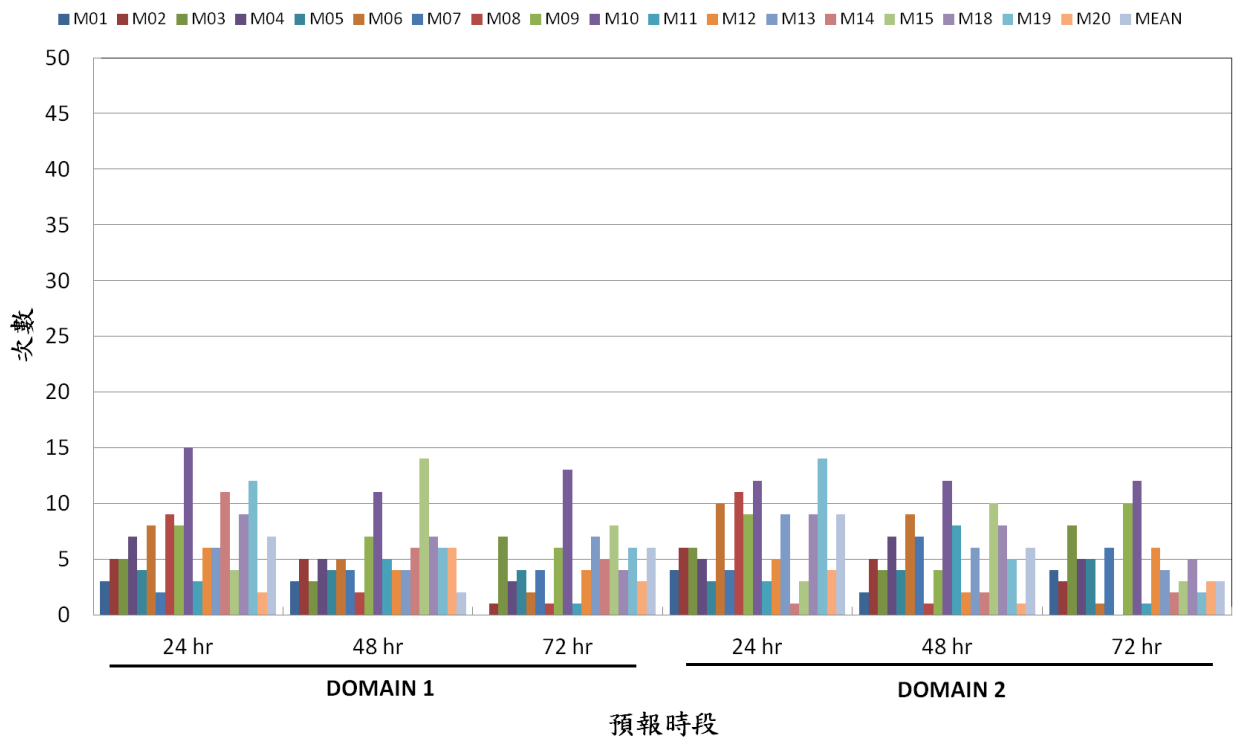


圖 11 發布警報颱風各成員路徑預報最佳次數統計

## (二) 艾利颱風 (AERE)

艾利颱風生命期為 5 月 6-11 日，路徑圖參考圖 12，最大強度僅為輕度颱風 (50 knots)，中央氣象局對此颱風曾發布海上颱風警報。艾利為今年實驗後第一個颱風，由於 5 月份實驗模式設定與資料傳輸仍在測試中，故此個案於實時完成之 DTG 數較少，各成員最多完成之 DTG 數僅 9 個，且尚無外單位 (CWB、NCDR) 模式即時傳入。事後補齊部份模擬時間，成員中完成最多的 DTG 數為 18 個。

平均路徑分析顯示，其個案誤差高於整年平均值 (圖 13)，分析其 48、72 小時誤差於不同 DTG 變化，其誤差均隨預報時間變化而提高 (圖 14)。進一步分析其方向與速度偏差，結果顯示在預報初期多數系集成員傾向左偏路徑，而後期則呈現偏右，24~72 小時路徑誤差傾向於偏左與速度偏快，其中方向偏差大於速度偏差。

路徑預報最佳次數分析中顯示，M02、M03、M09 與 M20 有較高比例呈現最佳預報。其中 M20 在平均誤差表現中，即呈現大幅度跳動，顯示該成員穩定性不足，表現時好時壞，對於預報採用上需特別注意。

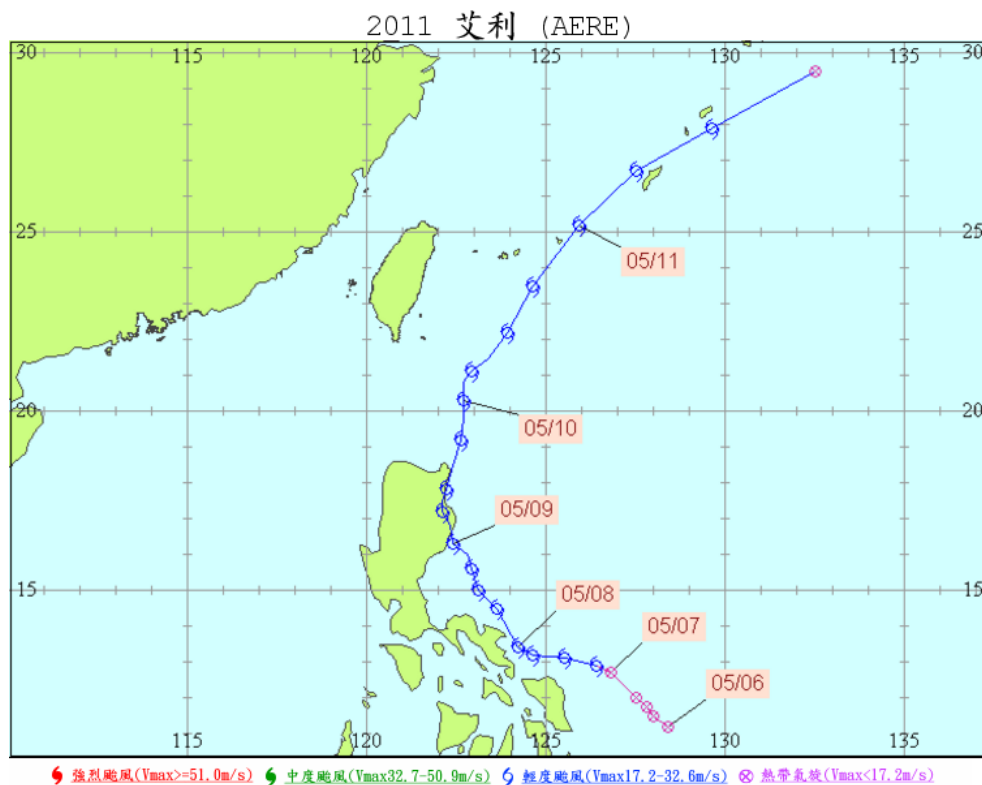


圖 12 艾利颱風路徑圖

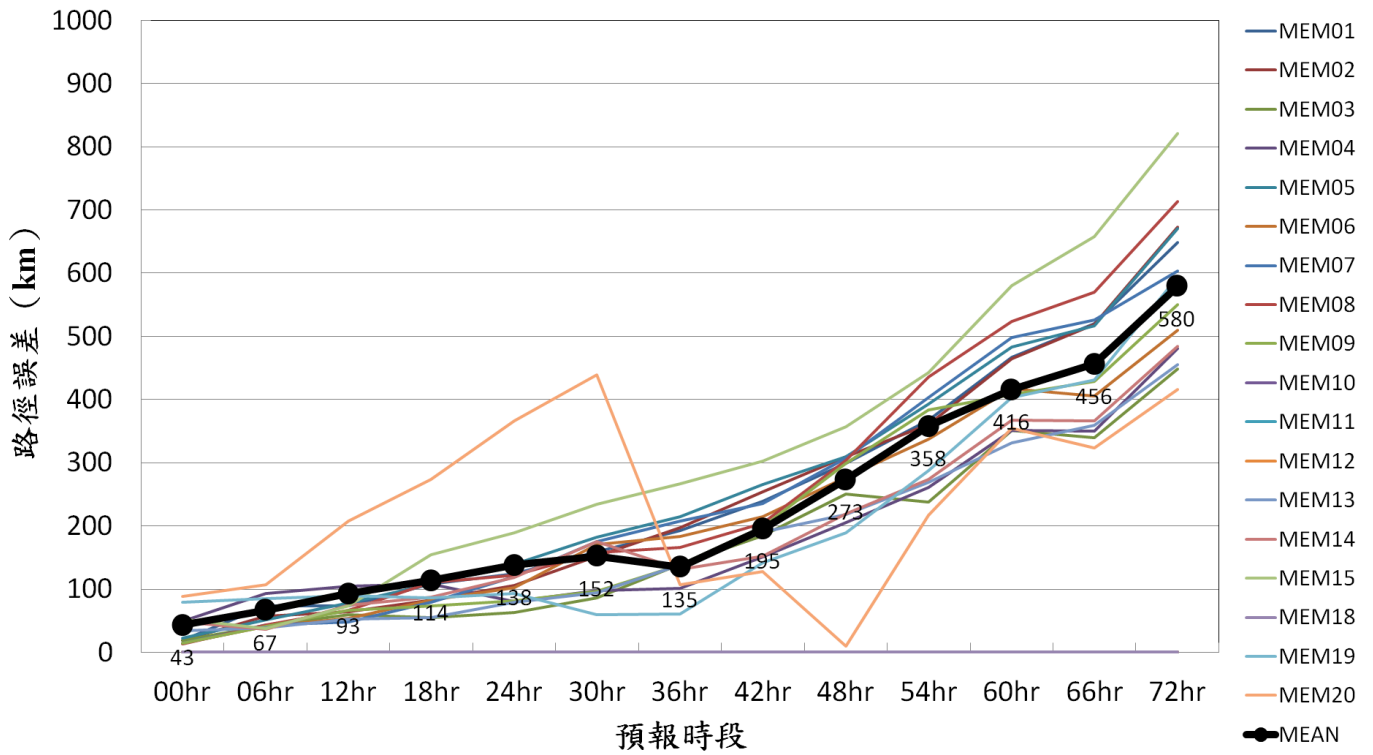


圖 13 艾利颱風路徑平均誤差

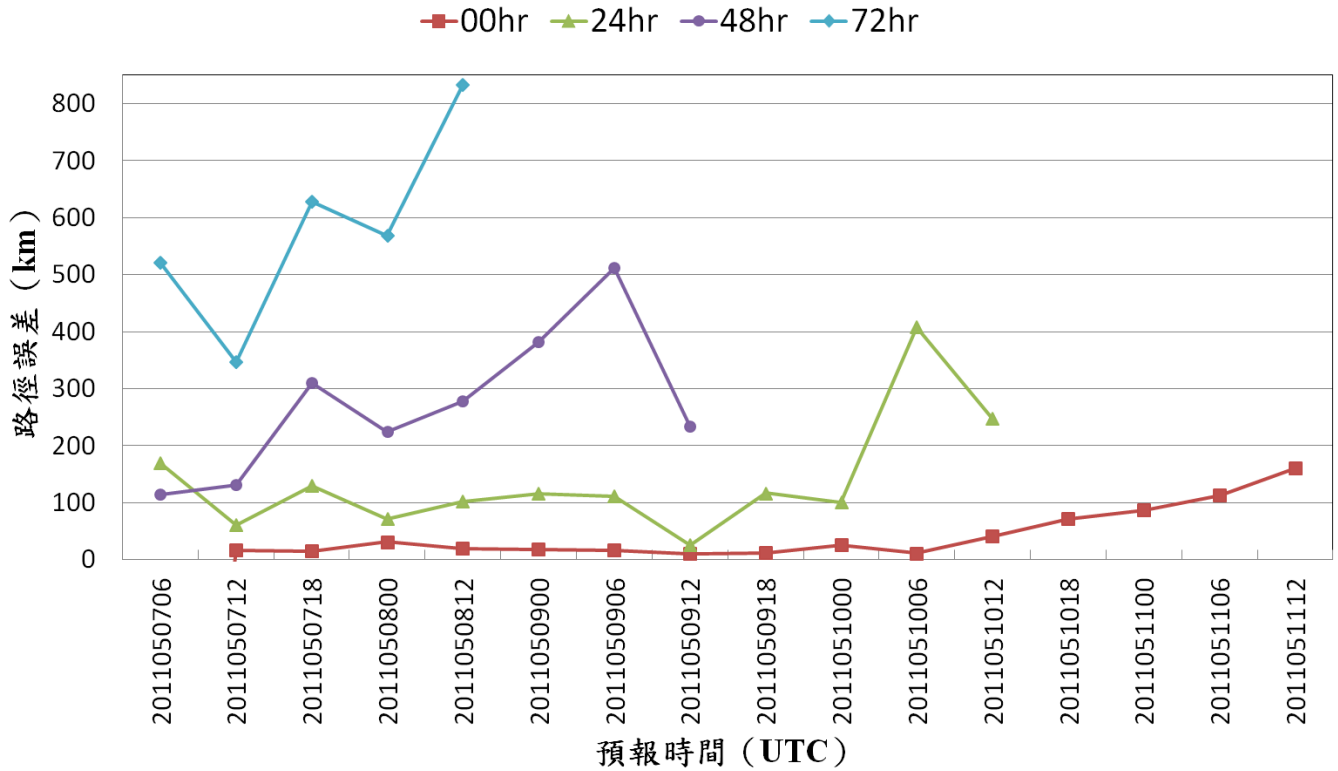


圖 14 艾利颱風路徑誤差隨預報時間變化







表 9 艾利颱風各成員路徑預報最佳次數比率

Domain	d01			d02		
預報時段	24 hr	48 hr	72 hr	24 hr	48 hr	72 hr
M01	0%	0%	0%	0%	11%	20%
M02	8%	11%	20%	0%	11%	20%
M03	15%	22%	20%	0%	0%	0%
M04	8%	0%	0%	0%	22%	20%
M05	0%	11%	0%	0%	11%	0%
M06	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M07	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M08	8%	11%	0%	8%	11%	0%
M09	15%	11%	20%	31%	11%	0%
M10	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M11	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M12	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M13	0%	0%	20%	8%	0%	20%
M14	0%	11%	0%	0%	0%	0%
M15	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M18	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M19	31%	0%	0%	23%	0%	0%
M20	0%	11%	20%	8%	11%	20%
MEAN	15%	11%	0%	23%	11%	0%
總預報次數	13	9	5	13	9	5

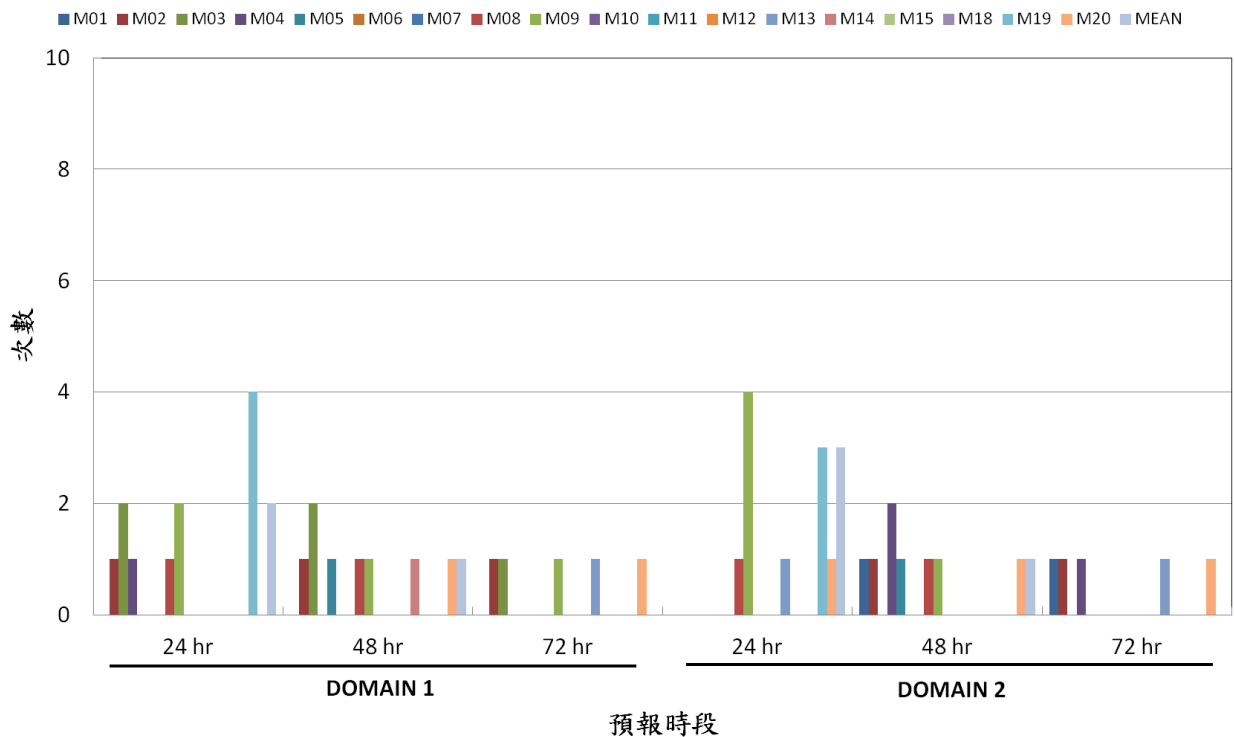


圖 17 艾利颱風各成員路徑預報最佳次數統計

### (三) 桑達颱風 (SONGDA)

桑達颱風生命期為 5 月 20-29 日，路徑圖參考圖 18，最大強度達到強烈颱風 (140 knots)。當桑達仍在菲律賓東方海面附近時，台灣地區均相當關注此一颱風，擔心會對台造成影響，所幸颱風只有從外海劃過，中央氣象局僅對此颱風發布海上颱風警報。由於整個生命期較長，此個案有模擬成功之 DTG 數較多，各成員最多完成之 DTG 數有 30 個。

路徑誤差分析顯示，其個案誤差遠低於整年平均值，預報 72 小時之平均路徑誤差僅有 166 公里 (圖 19)；其中系集平均路徑之誤差校驗亦顯示其準確度優於個別成員。分析其 48、72 小時誤差於不同 DTG 變化，其誤差均隨預報時間變化而降低 (圖 20)，顯示隨著颱風發展越成熟其路徑預報掌握度也較高。

進一步分析其方向與速度偏差，結果顯示在預報初期多數系集成員傾向右偏路徑，而後期則呈現偏左。多數的系集成員於颱風預報路徑均偏慢，但在中期 2~3 個 DTG 均統一便為移動速度偏快的現象。而其中 M12、M19 與 M20 則是多傾向偏慢。路徑預報最佳次數分析中顯示，M04、M09、M10、M13 與 M19 有較高比例呈現最佳預報。

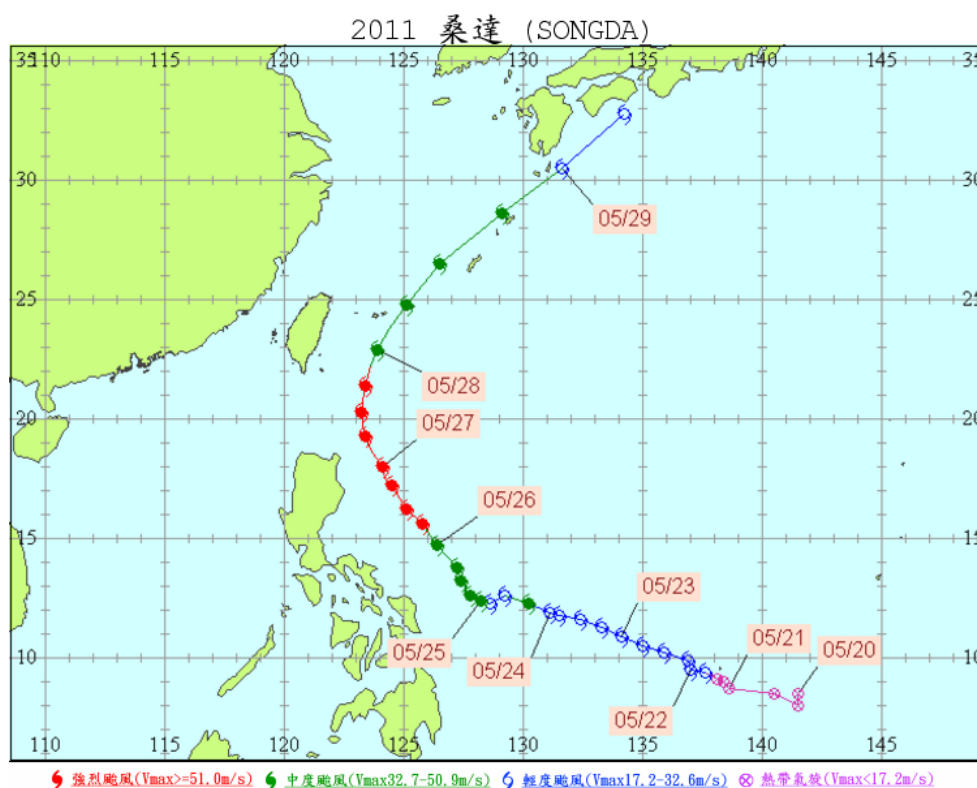


圖 18 桑達颱風路徑圖

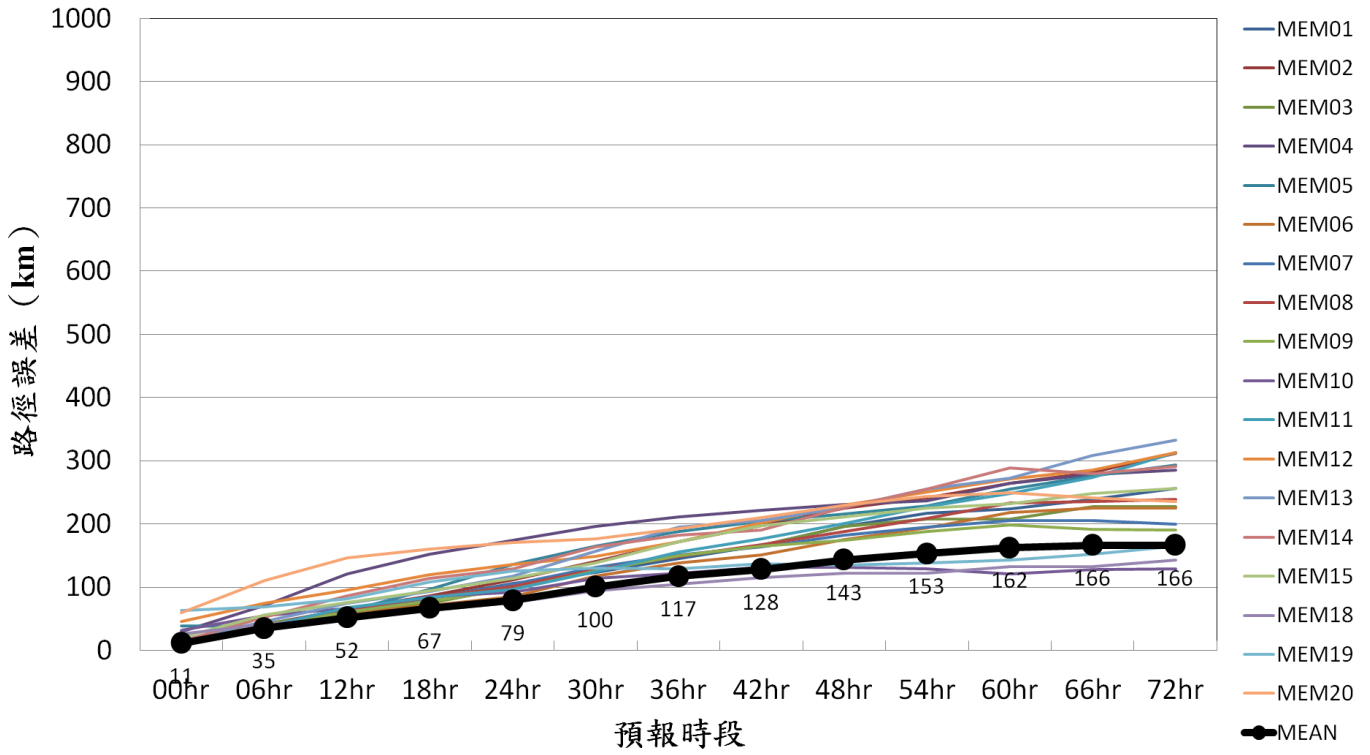


圖 19 桑達颱風平均路徑誤差

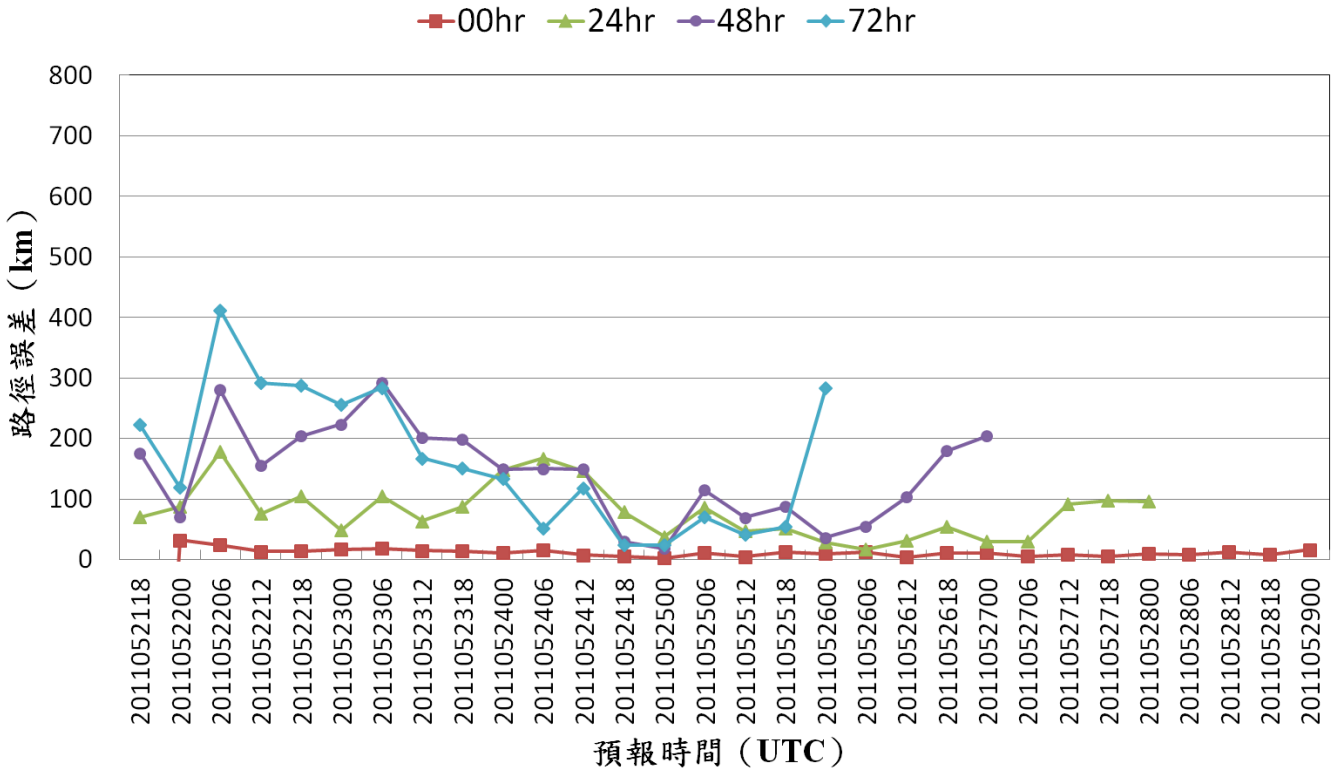


圖 20 桑達颱風路徑誤差隨預報時間變化







表 10 桑達颱風各成員路徑預報最佳次數比率

Domain	d01			d02		
預報時段	24 hr	48 hr	72 hr	24 hr	48 hr	72 hr
M01	0%	9%	0%	4%	0%	6%
M02	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M03	4%	0%	6%	7%	5%	6%
M04	11%	14%	0%	7%	14%	0%
M05	0%	5%	6%	0%	5%	6%
M06	4%	5%	0%	4%	0%	0%
M07	4%	5%	6%	0%	9%	17%
M08	4%	0%	0%	4%	0%	0%
M09	11%	9%	6%	11%	5%	17%
M10	14%	14%	28%	7%	14%	28%
M11	4%	0%	0%	0%	5%	0%
M12	11%	5%	0%	7%	0%	6%
M13	11%	9%	0%	18%	14%	0%
M14	7%	0%	0%	4%	0%	0%
M15	4%	0%	6%	0%	0%	6%
M18	7%	9%	6%	11%	5%	11%
M19	4%	14%	22%	11%	14%	0%
M20	0%	5%	0%	4%	0%	0%
MEAN	4%	0%	17%	4%	14%	0%
總預報次數	28	22	18	28	22	18

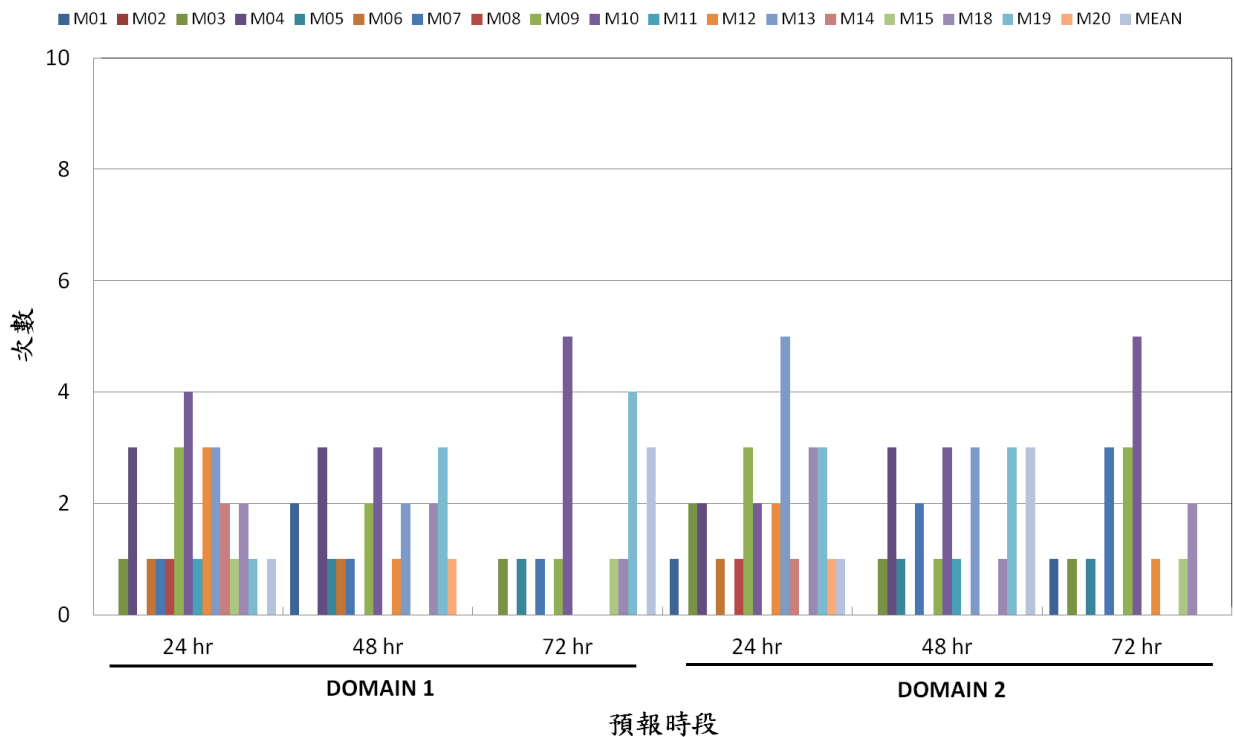


圖 23 桑達颱風各成員路徑預報最佳次數統計



#### (四) 米雷颱風 (MEARI)

米雷颱風生命期為 6 月 21-27 日，路徑圖參考圖 24，最大強度僅到輕度颱風 (60 knots)。中央氣象局僅對此颱風發布海上颱風警報。此個案各成員完成之模擬成功次數較接近，即模擬程式部份已逐漸穩定，各成員最多完成之 DTG 數有 19 個。

路徑誤差分析顯示，M20 誤差明顯大於其餘成員，整體而言米雷颱風路徑誤差與整年平均值接近，預報 72 小時之平均路徑誤差達 304 公里 (圖 25)。分析其 48、72 小時誤差於不同 DTG 變化，其誤差均隨預報時間變化而降低 (圖 26)，顯示隨著颱風發展越成熟其路徑預報掌握度也較高。

進一步分析其方向與速度偏差，結果顯示在預報初期多數系集成員傾向右偏路徑，而後期則呈現偏左；多數的系集成員於颱風預報路徑均偏慢。路徑預報最佳次數分析中顯示，M10、M13 與 M14 有較高比例呈現最佳預報。

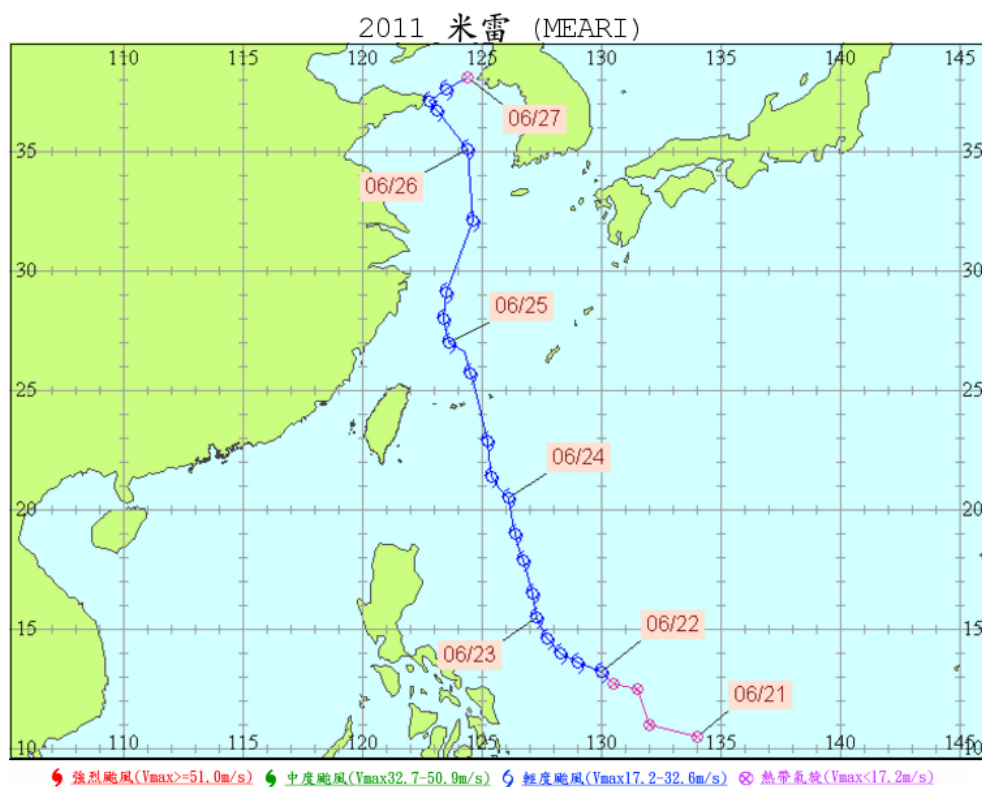


圖 24 米雷颱風路徑圖

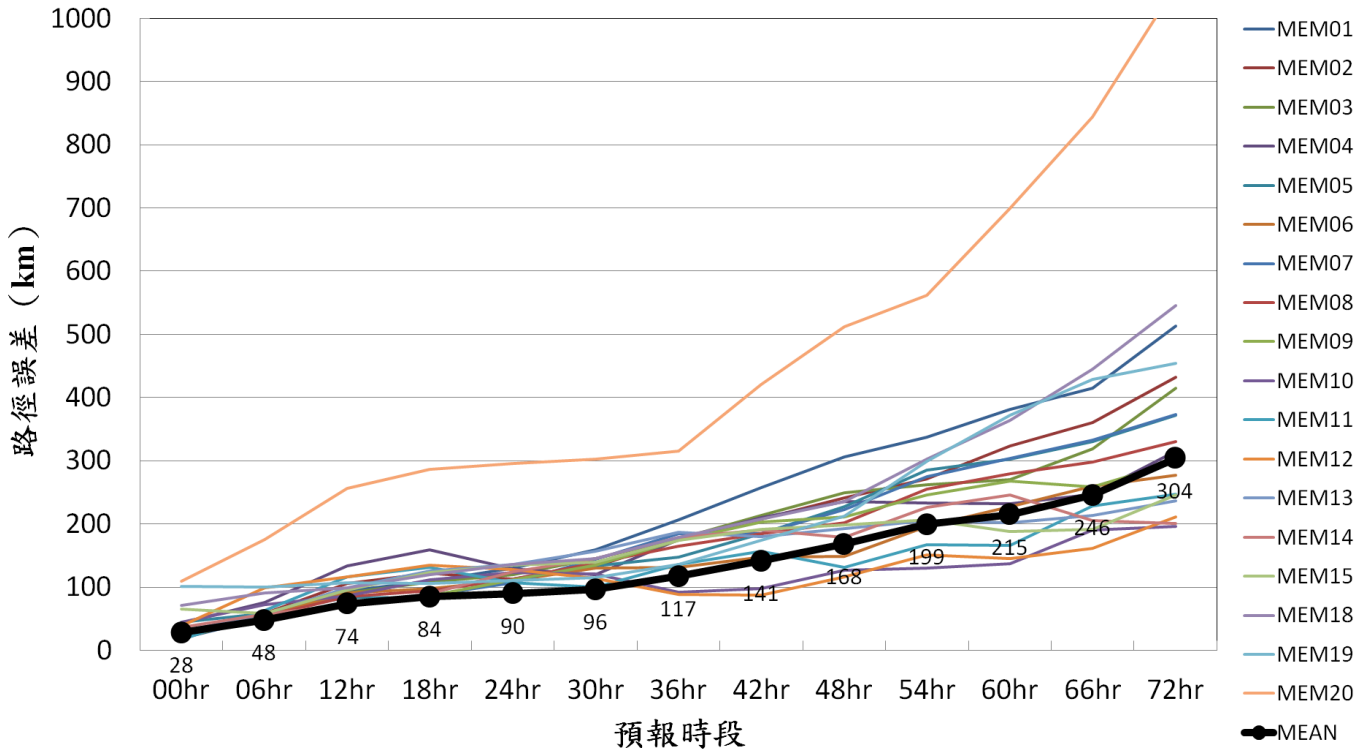


圖 25 米雷颱風平均路徑誤差

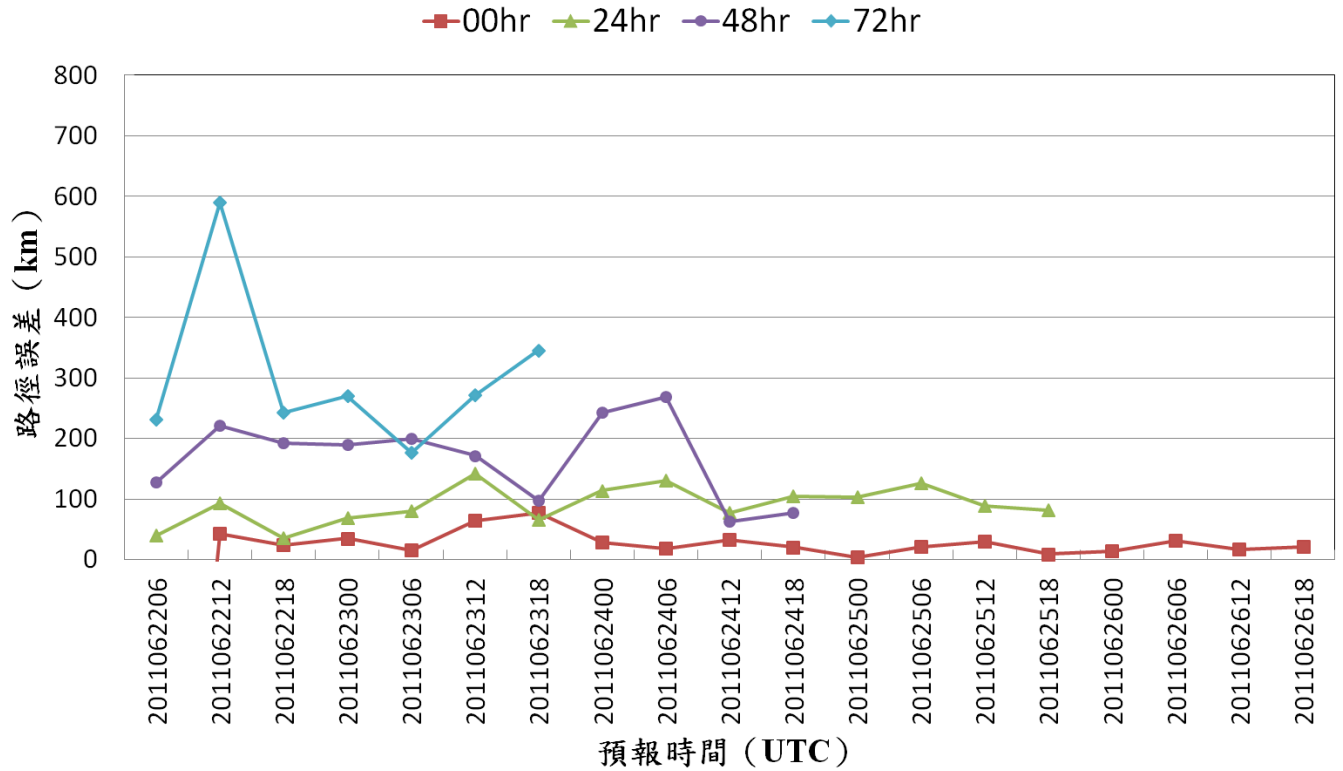


圖 26 米雷颱風路徑誤差隨預報時間變化





表 11 米雷颱風各成員路徑預報最佳次數比率

Domain	d01			d02		
預報時段	24 hr	48 hr	72 hr	24 hr	48 hr	72 hr
M01	7%	0%	0%	6%	0%	0%
M02	13%	0%	0%	0%	0%	0%
M03	0%	0%	0%	6%	0%	0%
M04	13%	0%	11%	6%	0%	29%
M05	7%	0%	0%	6%	0%	0%
M06	0%	0%	11%	13%	18%	0%
M07	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M08	7%	0%	0%	19%	0%	0%
M09	0%	9%	11%	0%	9%	0%
M10	7%	9%	11%	6%	9%	14%
M11	7%	18%	0%	13%	27%	0%
M12	7%	18%	0%	0%	9%	14%
M13	7%	9%	33%	6%	9%	14%
M14	20%	9%	22%	0%	0%	14%
M15	0%	9%	0%	0%	9%	14%
M18	0%	0%	0%	0%	9%	0%
M19	7%	9%	0%	13%	0%	0%
M20	0%	9%	0%	0%	0%	0%
MEAN	0%	0%	0%	6%	0%	0%
總預報次數	15	11	9	16	11	7

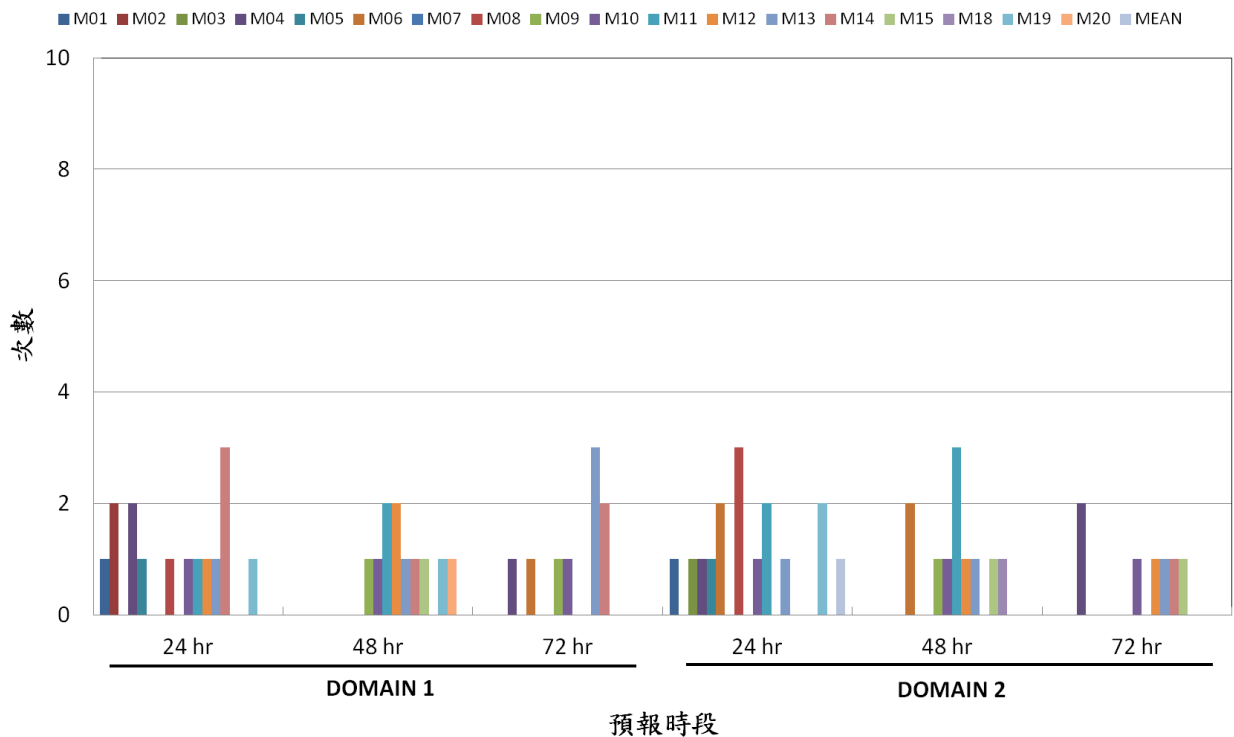


圖 29 米雷颱風各成員路徑預報最佳次數統計



## (五) 梅花颱風 (MUIFA)

梅花颱風生命期為 7 月 25 日至 8 月 8 日，路徑圖參考圖 30，中央氣象局定義此颱風最大強度為中度颱風 (140 knots)，JTWC 則一度將其強度定為 Cat-5。由於移動路徑離台尚遠，中央氣象局對此颱風僅發布海上颱風警報。此個案生命期長，各成員最多完成之 DTG 數有 47 個。

路徑誤差分析顯示，此個案平均路徑誤差略低於整年平均值，預報 72 小時之平均路徑誤差為 264 公里 (圖 31)。圖 31 亦再次顯示系集預報技術之特點，透過多模式重複模擬並取其路徑預報平均，所預報之結果有較高機會可優於個別系集成員之預報。分析其 24、48、72 小時誤差於不同 DTG 變化，其誤差均隨預報時間變化相關性不高，惟在 dtg: 2011080300 之後所有預報誤差都顯著增加 (圖 32)，推測當時有環境上之轉變，使得預報之不確定性亦增加，此部分仍有待深入分析探討。

分析其方向與速度偏差，結果顯示多數的系集成員於颱風預報路徑均偏慢，其中 M19、M20 速度偏慢較明顯。而在方向偏差分析中顯示，在預報初期多數系集成員傾向右偏路徑，而在 dtg: 2011080300 之後則所有成員均呈現偏左，其中 M14 則提早反應路徑偏左的現象。路徑預報最佳次數分析中顯示，M10、M15、M18 有較高比例呈現最佳預報。

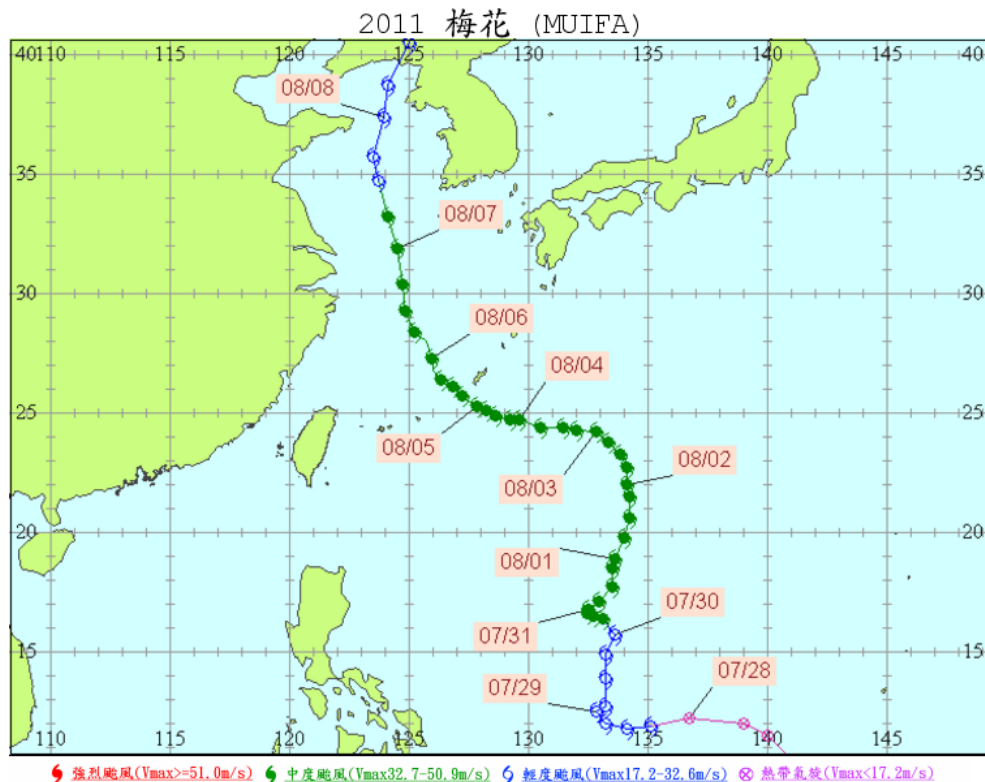


圖 30 梅花颱風路徑圖

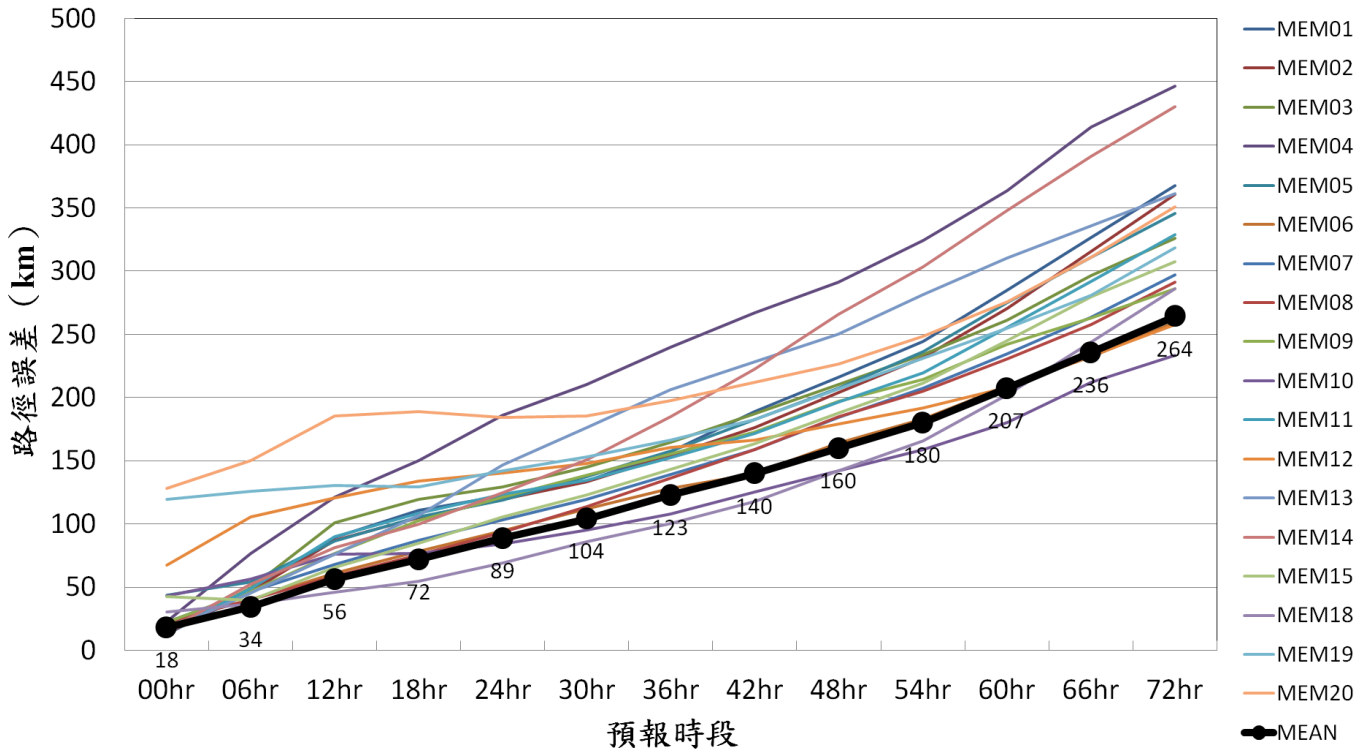


圖 31 梅花颱風平均路徑誤差

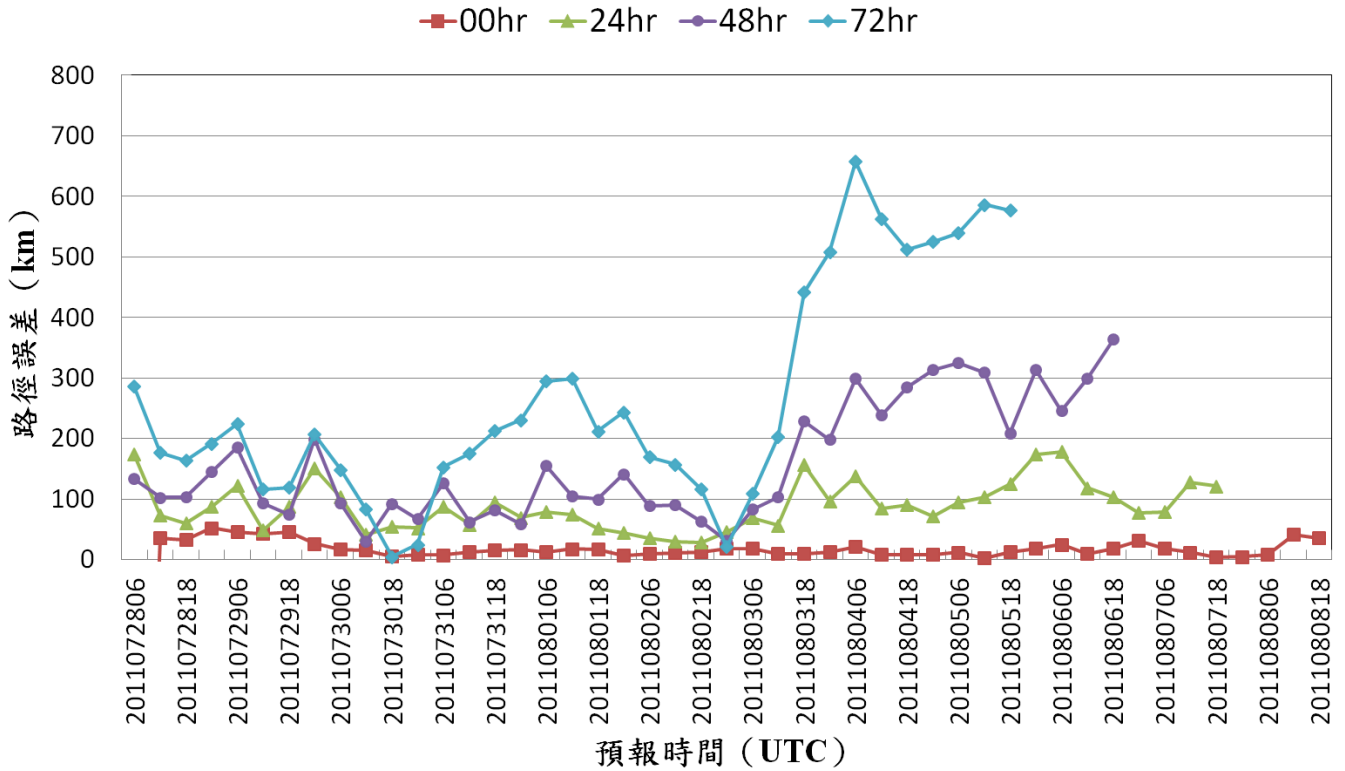


圖 32 梅花颱風路徑誤差隨預報時間變化







表 12 梅花颱風各成員路徑預報最佳次數比率

Domain	d01			d02		
預報時段	24 hr	48 hr	72 hr	24 hr	48 hr	72 hr
M01	2%	0%	0%	2%	0%	0%
M02	2%	10%	0%	7%	8%	6%
M03	5%	0%	9%	5%	8%	17%
M04	2%	5%	3%	2%	0%	0%
M05	2%	5%	9%	5%	5%	11%
M06	12%	5%	3%	14%	10%	3%
M07	2%	5%	6%	2%	8%	9%
M08	5%	0%	0%	9%	0%	0%
M09	2%	5%	3%	0%	0%	11%
M10	23%	13%	20%	16%	13%	11%
M11	0%	5%	0%	2%	5%	0%
M12	2%	3%	11%	5%	3%	11%
M13	5%	3%	9%	5%	0%	6%
M14	12%	3%	6%	0%	3%	0%
M15	0%	18%	9%	5%	15%	0%
M18	12%	8%	0%	12%	13%	3%
M19	7%	3%	6%	7%	5%	3%
M20	2%	8%	3%	0%	0%	3%
MEAN	2%	3%	6%	2%	5%	6%
總預報次數	43	39	35	43	39	35

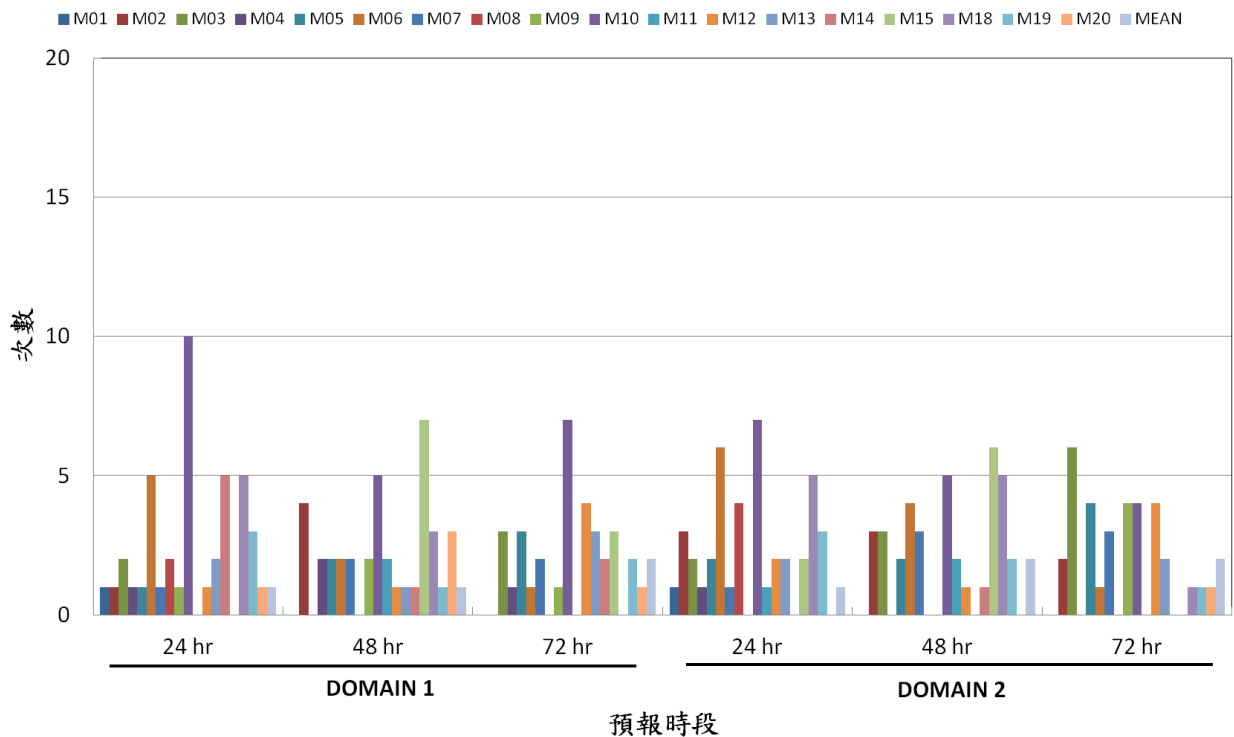


圖 35 梅花颱風各成員路徑預報最佳次數統計

## (六) 南瑪都颱風 (NANMADOL)

南瑪都颱風生命期為 8 月 22 日至 8 月 31 日，路徑圖參考圖 36，中央氣象局定義此颱風最大強度為強烈颱風 (135 knots)，亦是 2011 年第一個發佈陸警的颱風。各成員最多完成之 DTG 數有 30 個。

路徑誤差分析顯示，此個案平均路徑誤差與整年平均值接近，預報 72 小時之平均路徑誤差為 354 公里 (圖 37)，其中 M04、M10、M12 之誤差遠高於其餘系集成員。分析其 48、72 小時誤差於不同 DTG 變化，其誤差均隨預報時間逐漸遞減，顯示南瑪都逐漸發展成熟後，數值模式對於大環境之掌握度亦逐漸提高 (圖 38)。

分析其速度偏差，結果顯示大多數的系集成員於颱風預報路徑均偏慢。而在方向偏差分析中顯示，在預報初期多數系集成員多為右偏路徑，其中 M12 之路徑分析顯示該成員偏慢及偏右最為明顯。路徑預報最佳次數分析中顯示，M10、M15、M18 有較高比例呈現最佳預報。

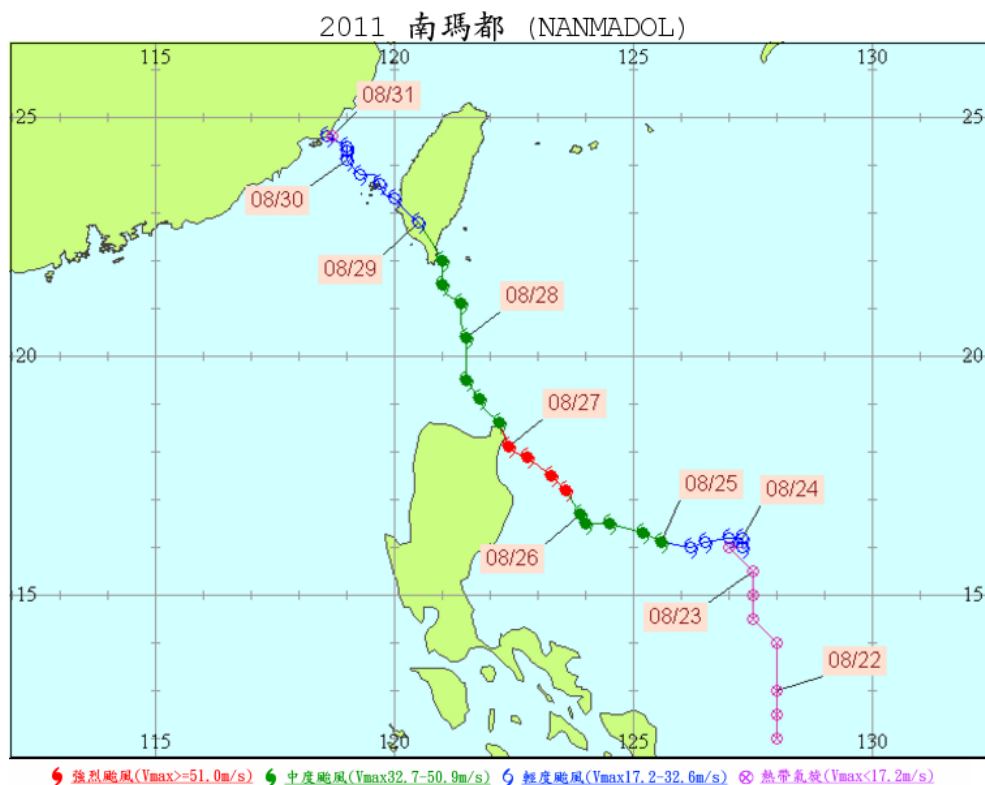


圖 36 南瑪都颱風路徑圖

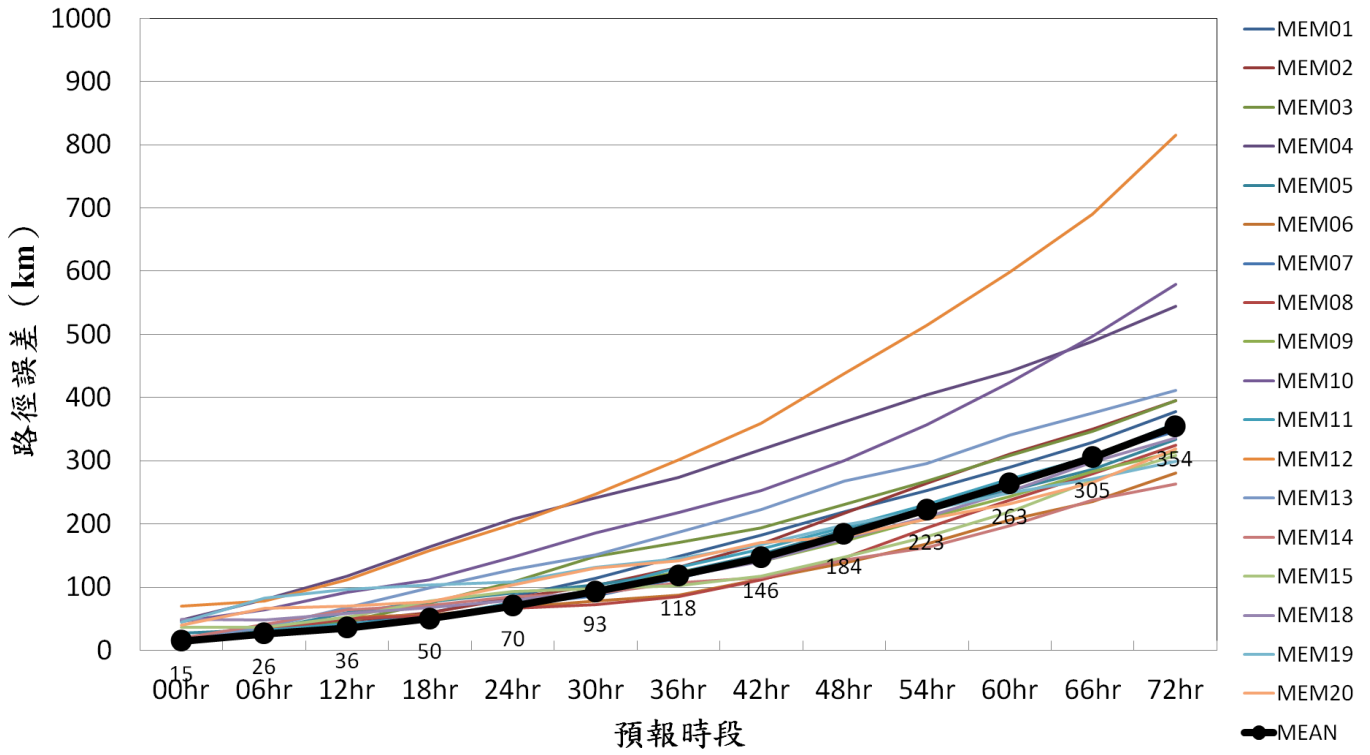


圖 37 南瑪都颱風平均路徑誤差

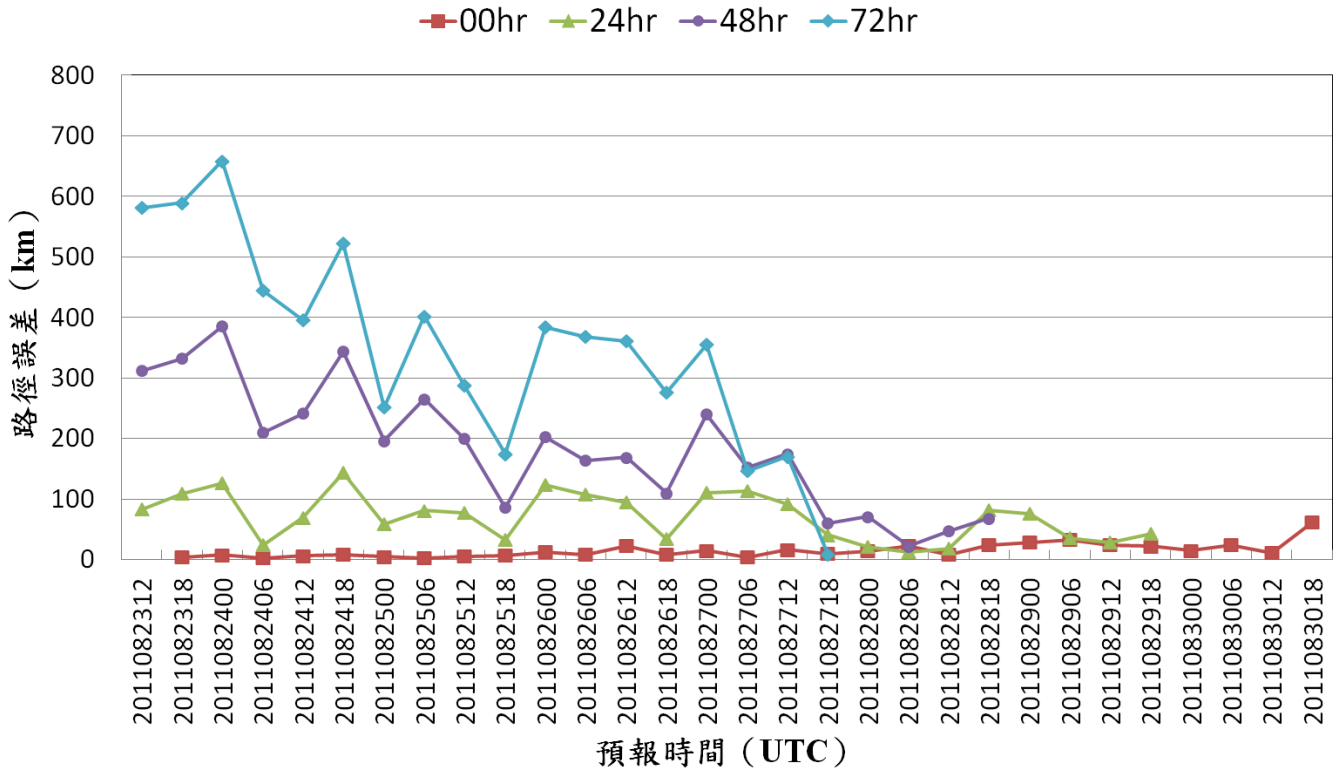


圖 38 南瑪都颱風路徑誤差隨預報時間變化







表 13 南瑪都颱風各成員路徑預報最佳次數比率

Domain	d01			d02		
預報時段	24 hr	48 hr	72 hr	24 hr	48 hr	72 hr
M01	4%	5%	0%	4%	5%	11%
M02	4%	0%	0%	11%	5%	0%
M03	0%	5%	11%	4%	0%	6%
M04	0%	0%	6%	4%	9%	11%
M05	7%	0%	0%	0%	0%	0%
M06	7%	9%	0%	4%	14%	0%
M07	0%	5%	6%	11%	9%	0%
M08	15%	5%	6%	7%	0%	0%
M09	7%	5%	11%	7%	5%	17%
M10	0%	9%	0%	7%	14%	11%
M11	4%	5%	6%	0%	9%	6%
M12	4%	0%	0%	4%	0%	0%
M13	0%	0%	0%	0%	9%	0%
M14	4%	14%	6%	0%	5%	6%
M15	11%	27%	22%	4%	14%	6%
M18	7%	9%	17%	4%	5%	11%
M19	11%	5%	0%	11%	0%	6%
M20	4%	0%	6%	7%	0%	6%
MEAN	11%	0%	6%	11%	0%	6%
總預報次數	27	22	18	27	22	18

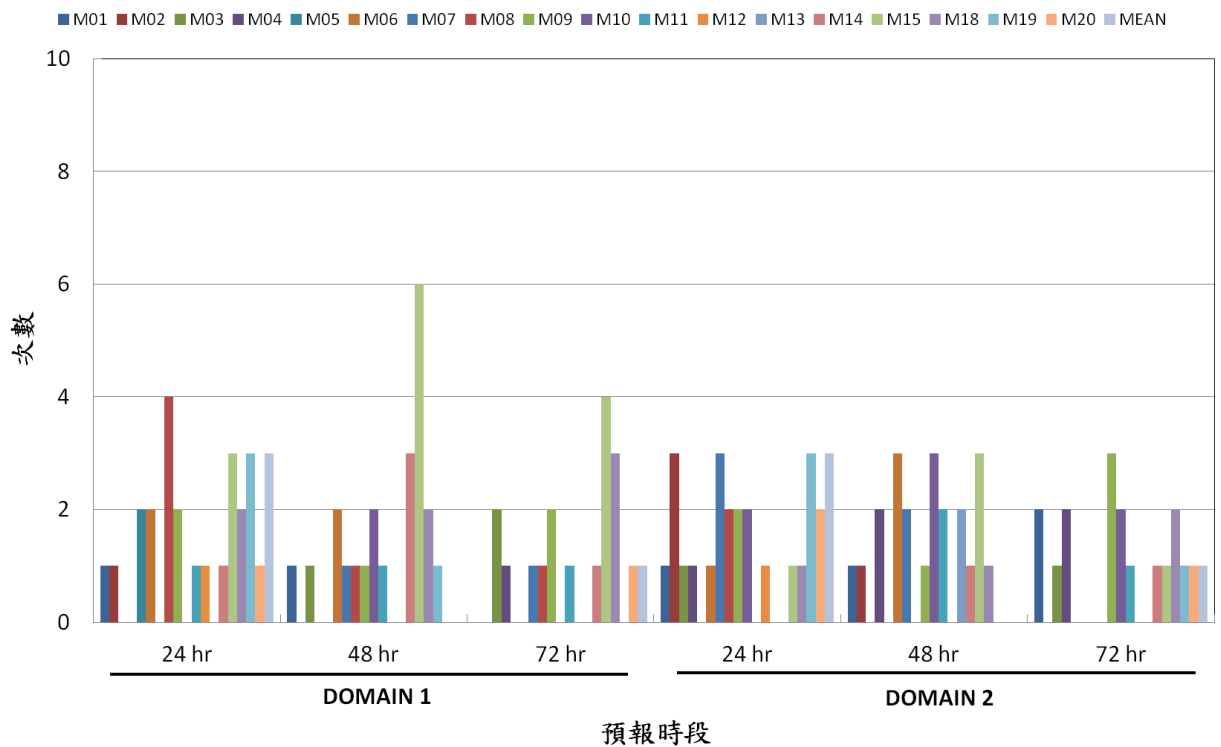


圖 41 南瑪都颱風各成員路徑預報最佳次數統計

## 五、颱風觀測雨量與系集雨量

### (一) 桑達颱風 (SONGDA)

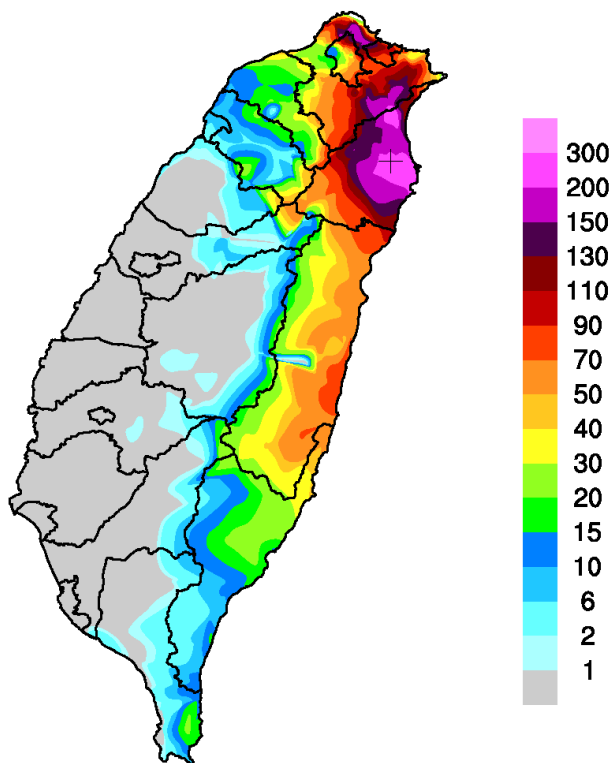


圖 42 海警期間 (5 月 26 日 1800 UTC~5 月 28 日 0600 UTC, 36hr) 觀測總雨量

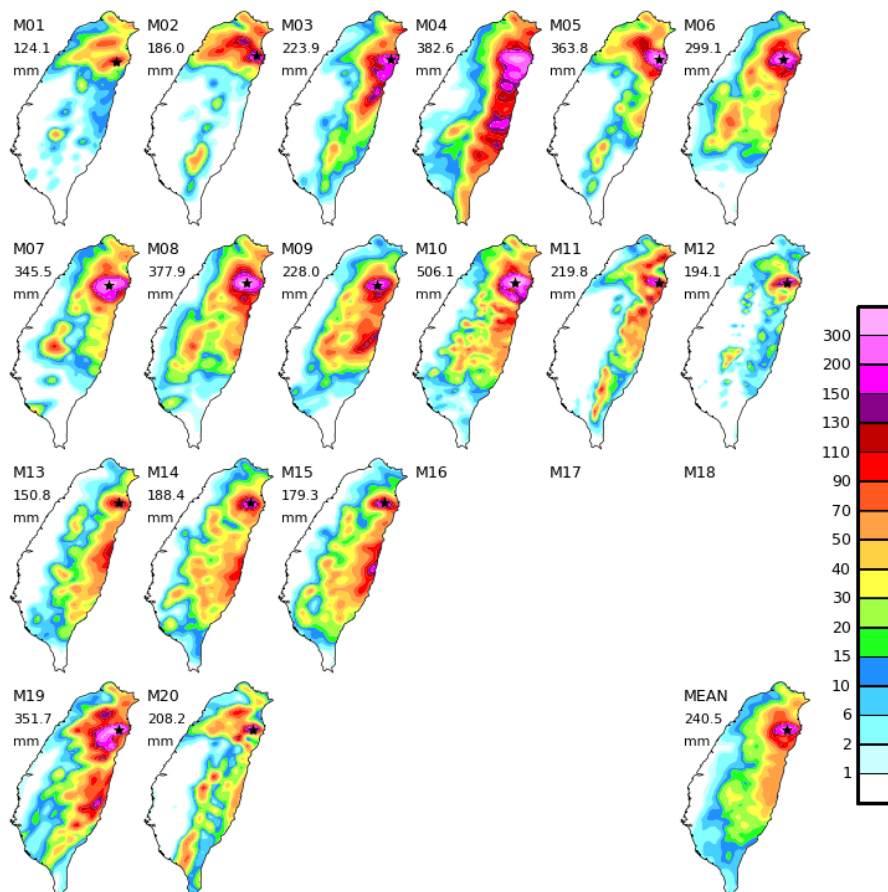


圖 43 05261800 run 系集模式 (5 月 26 日 1800 UTC~5 月 28 日 0600 UTC, 36hr) 累積雨量



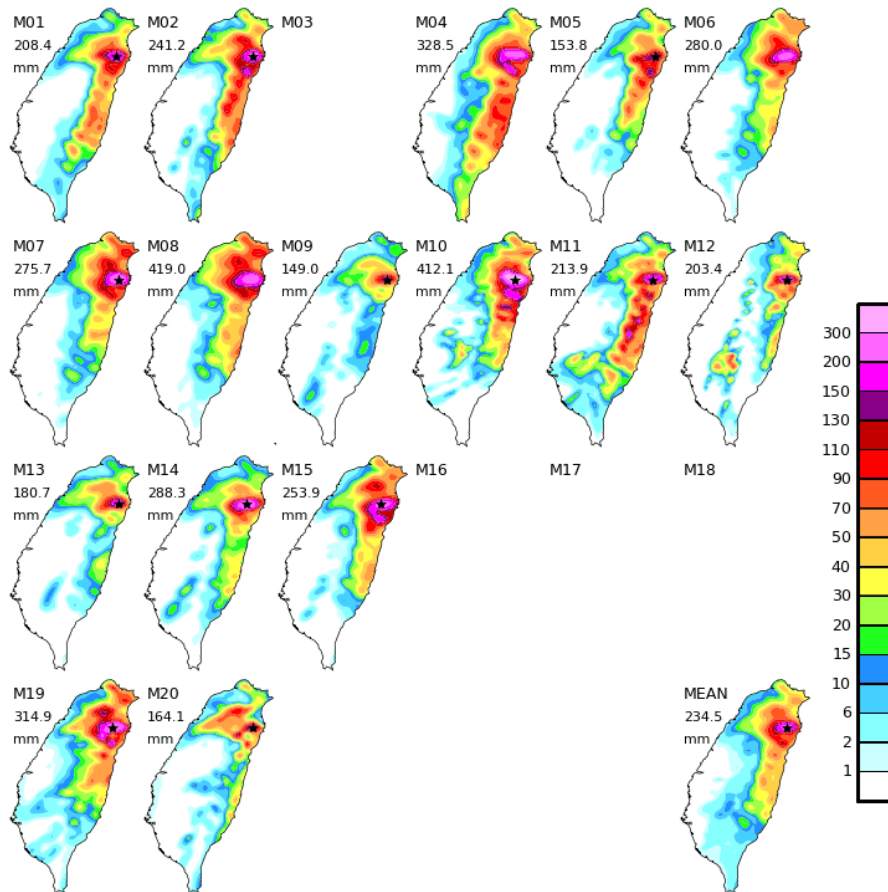


圖 44 05261200 run 系集模式 (5 月 26 日 1800 UTC~5 月 28 日 0600 UTC, 36hr) 累積雨量

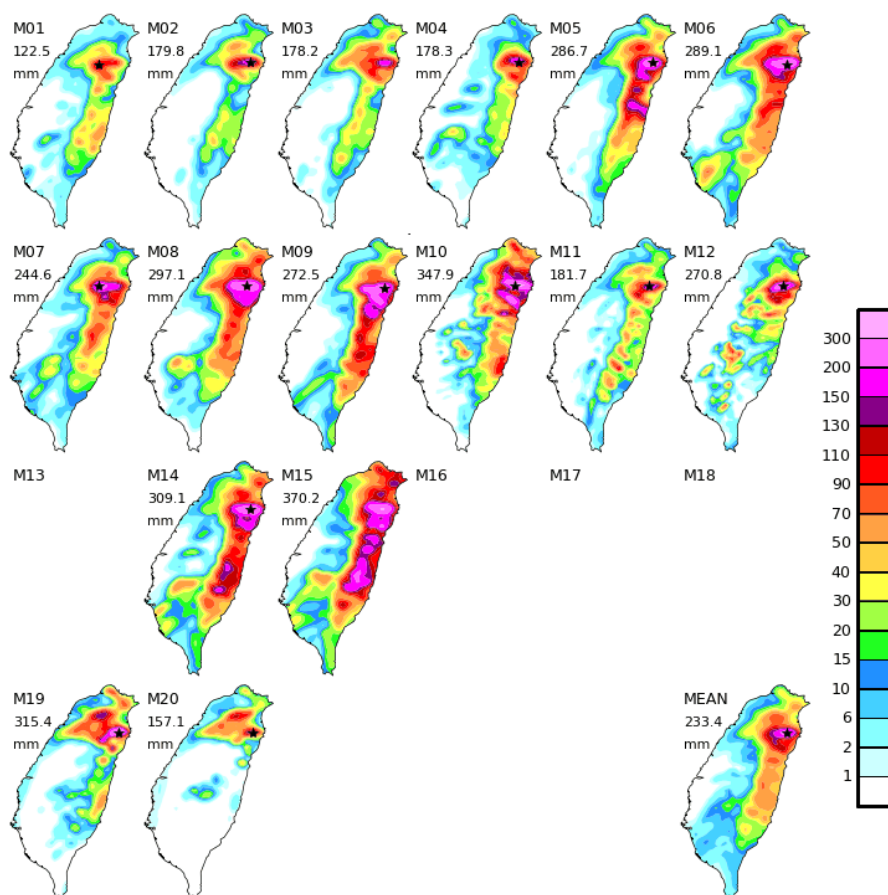


圖 45 05260600 run 系集模式 (5 月 26 日 1800 UTC~5 月 28 日 0600 UTC, 36hr) 累積雨量

## (二) 米雷颱風 (MEARI)

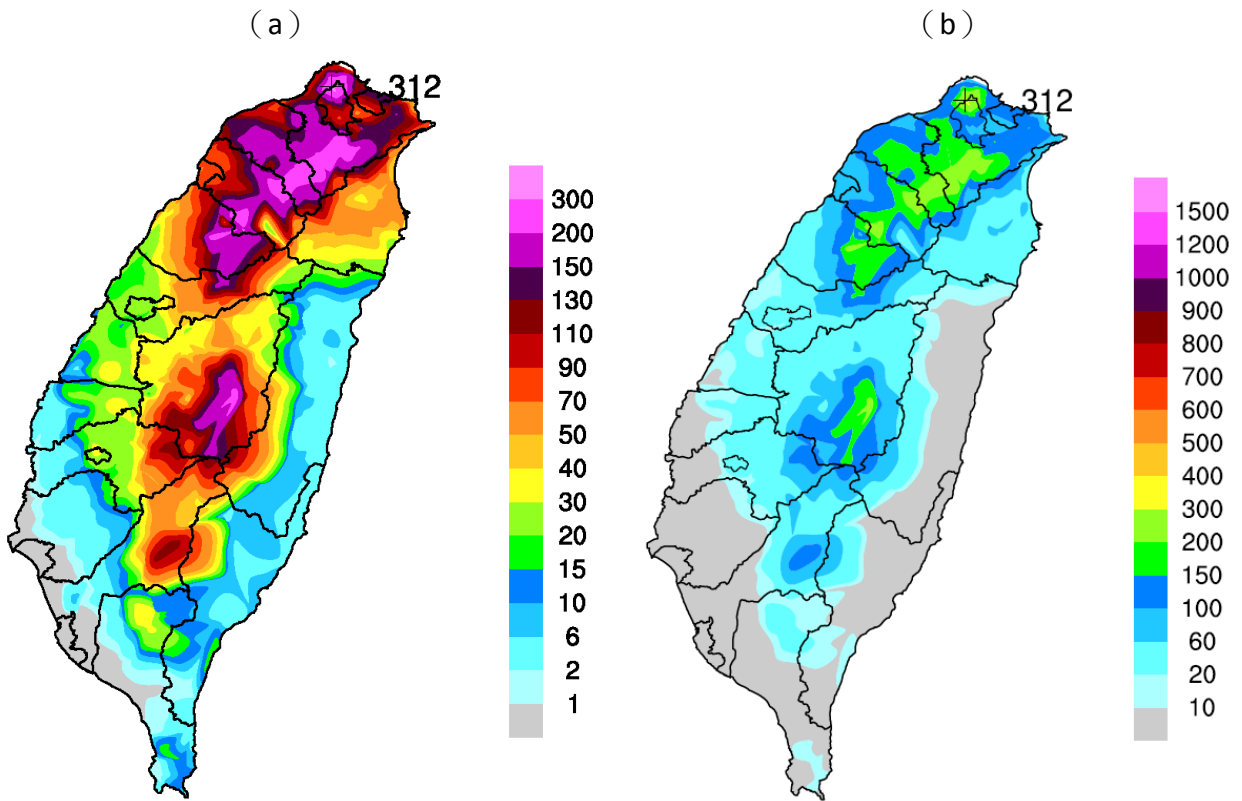


圖 46 海警期間 (6 月 23 日 1500 UTC~6 月 25 日 0300 UTC, 36hr) 觀測總雨量。(a) 大間距, (b) 小間距。

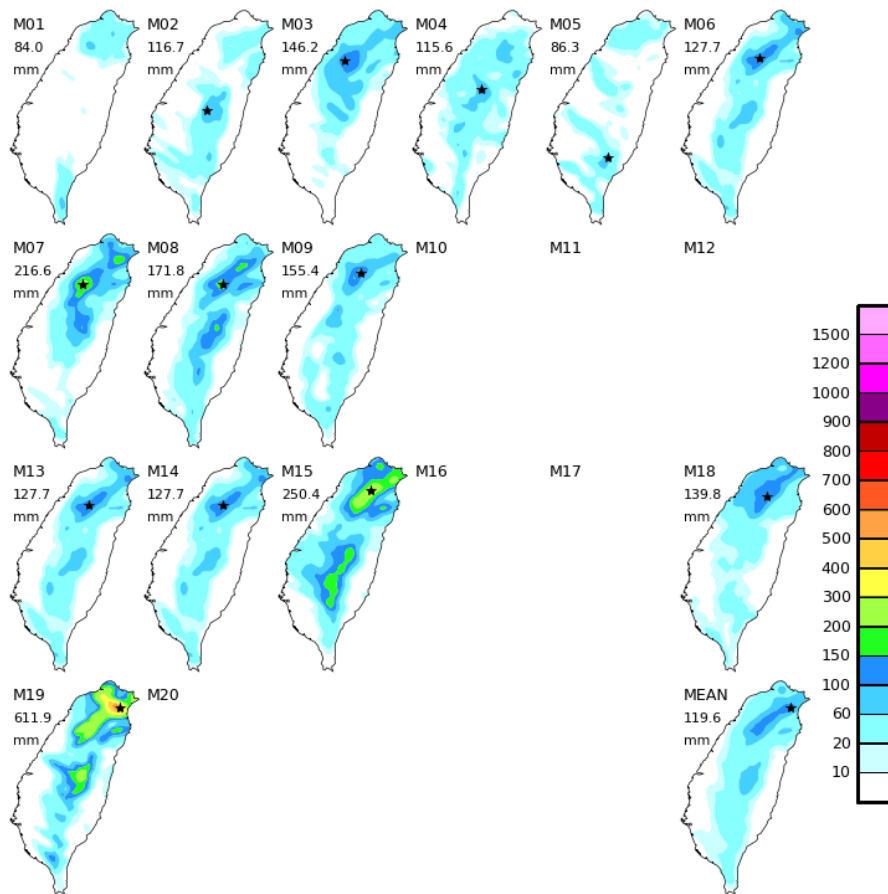


圖 47 06231200 run 系集模式 (6 月 23 日 1500 UTC~6 月 25 日 0300 UTC, 36r) 累積雨量

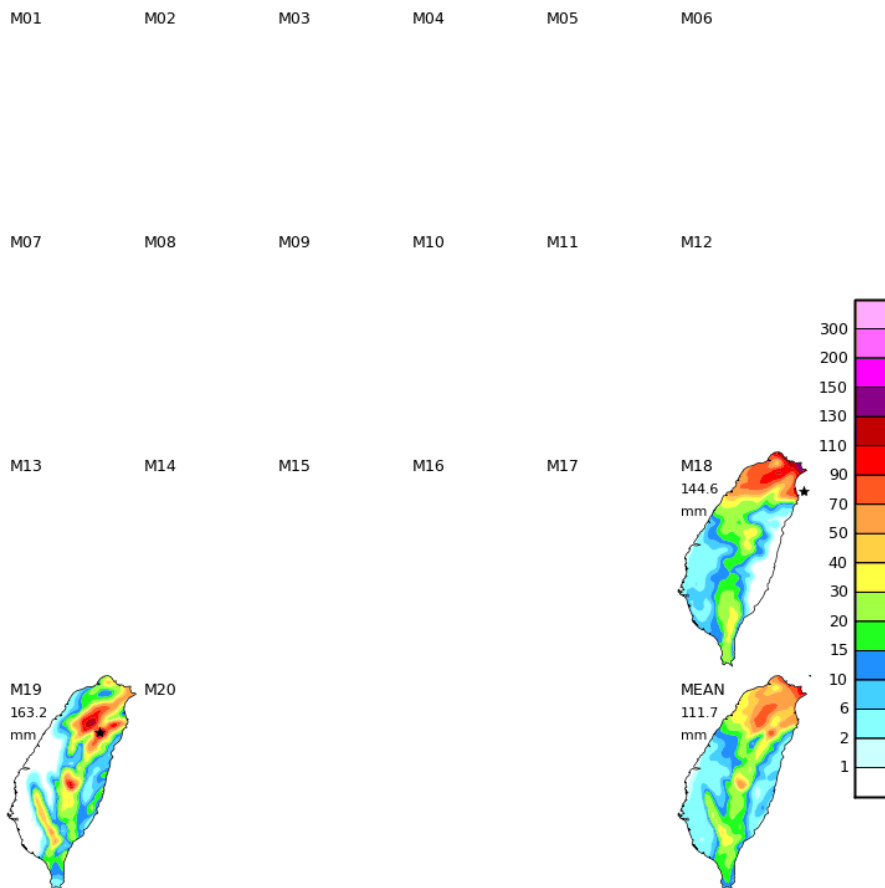


圖 48 06230600 run 系集模式 (6 月 23 日 1500 UTC~6 月 25 日 0300 UTC, 36hr) 累積雨量

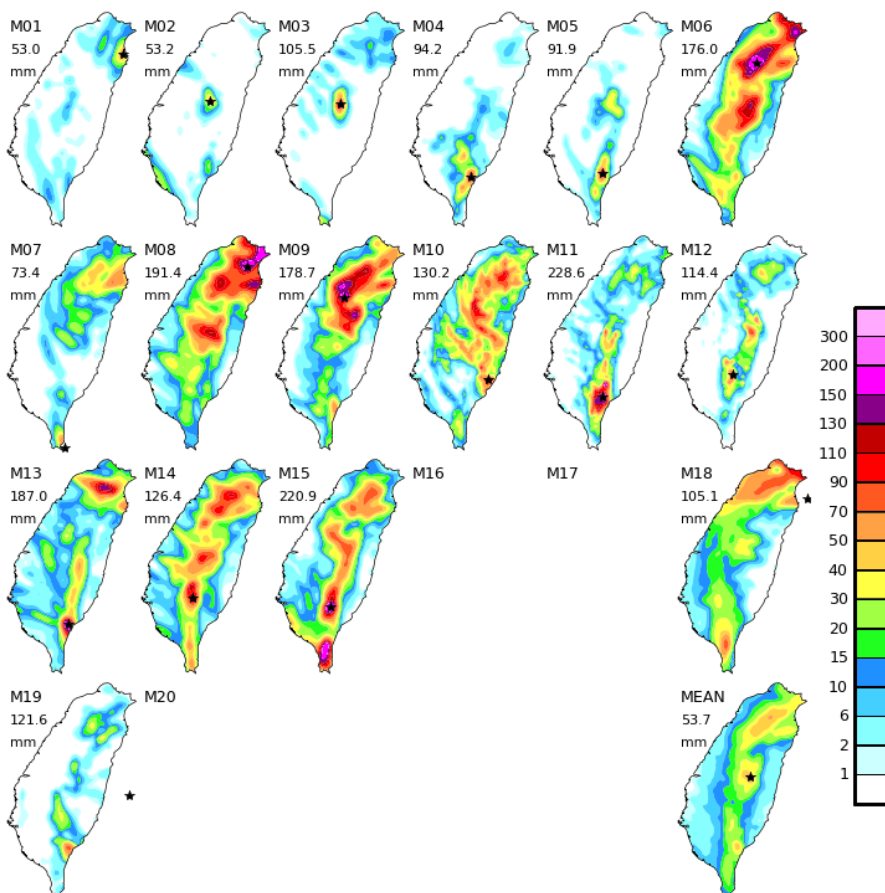


圖 49 06230000 run 系集模式 (6 月 23 日 1500 UTC~6 月 25 日 0300 UTC, 36hr) 累積雨量

### (三) 南瑪都颱風 (NANMADOL)

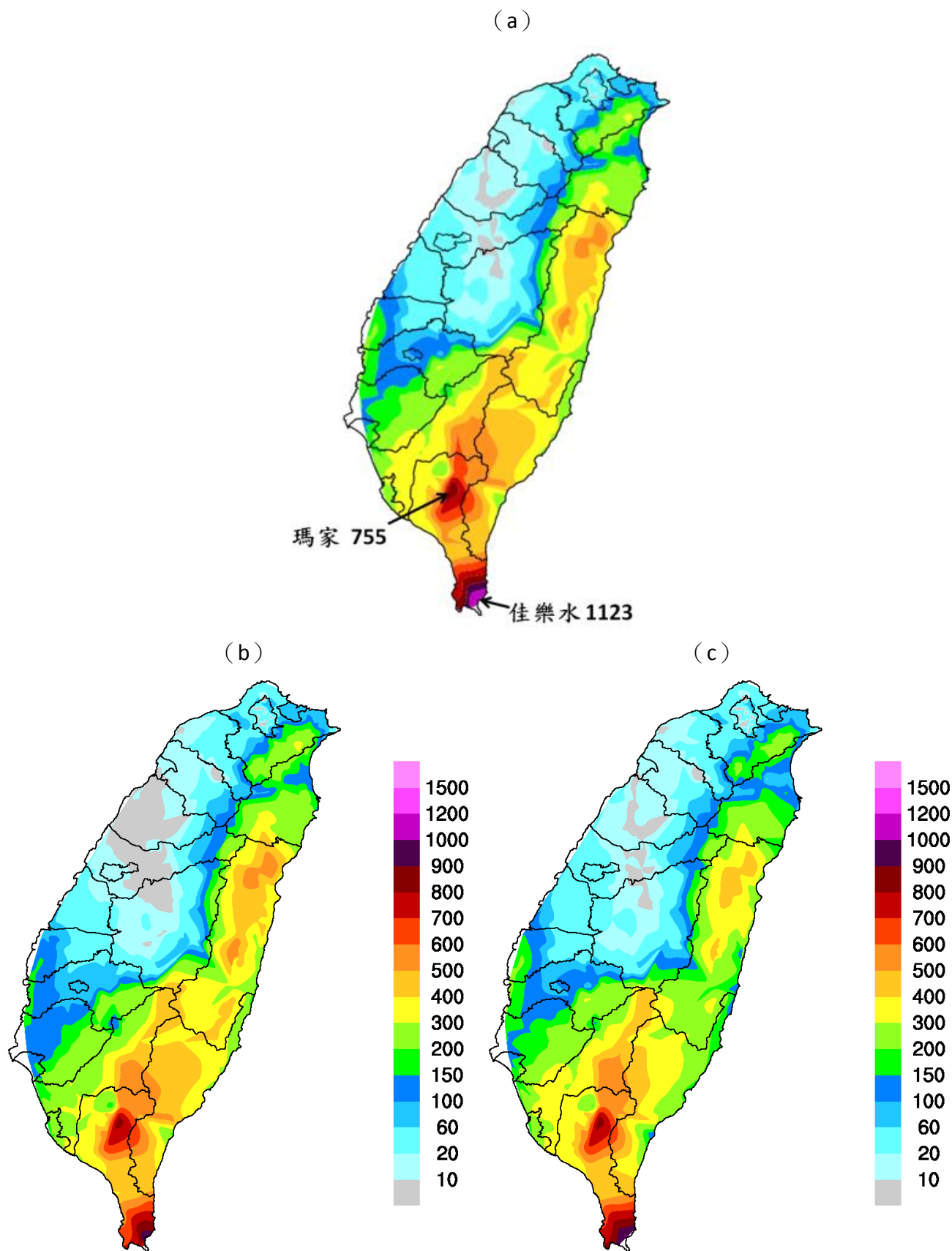


圖 50 (a) 陸警期間 (8 月 27 日 1200 UTC~8 月 31 日 0000 UTC, 84hr) 觀測總雨量, (b) 8 月 27 日 1200 UTC~8 月 30 日 1200 UTC, 72hr 觀測總雨量與 (c) 8 月 28 日 0000 UTC~8 月 31 日 0000 UTC, 72hr 觀測總雨量

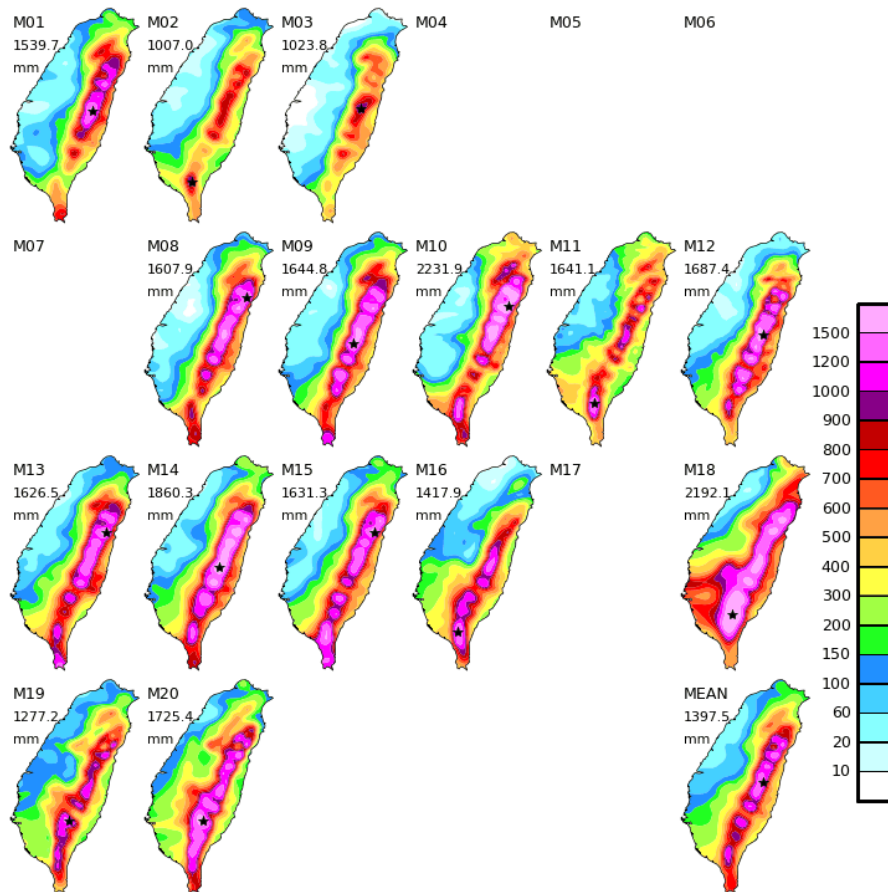


圖 51 08271200 run 系集模式 72hr 累積雨量 (8 月 27 日 1200 UTC~8 月 30 日 1200 UTC)

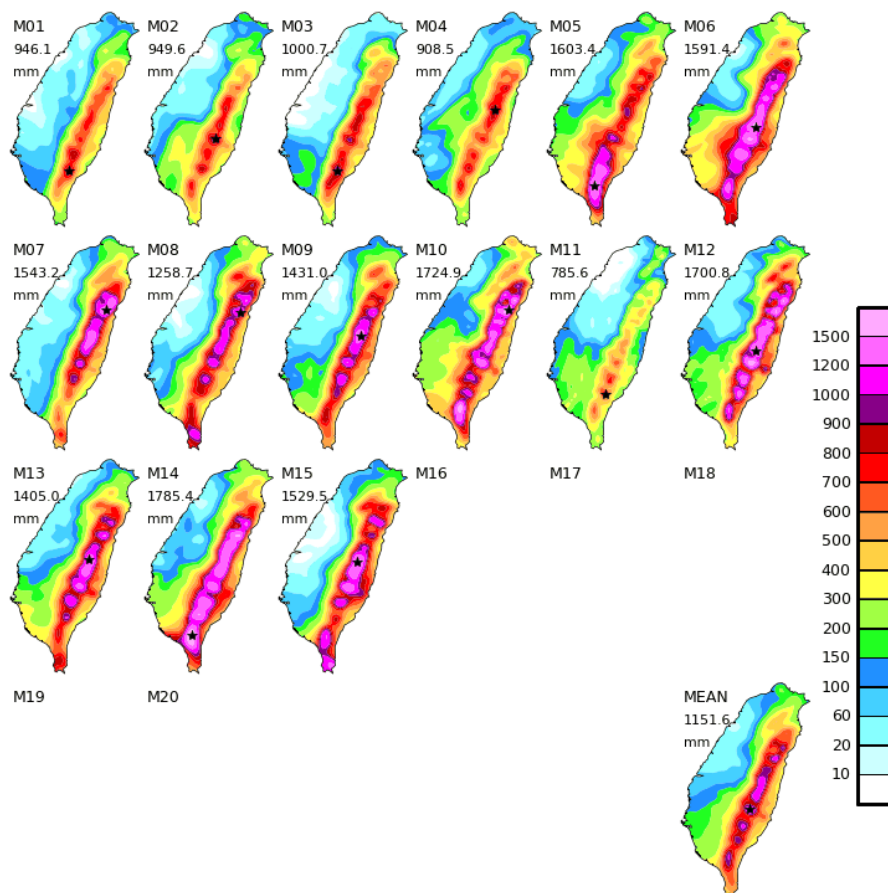


圖 52 08270600 run 系集模式 72hr 累積雨量 (8 月 27 日 1200 UTC~8 月 30 日 1200 UTC)



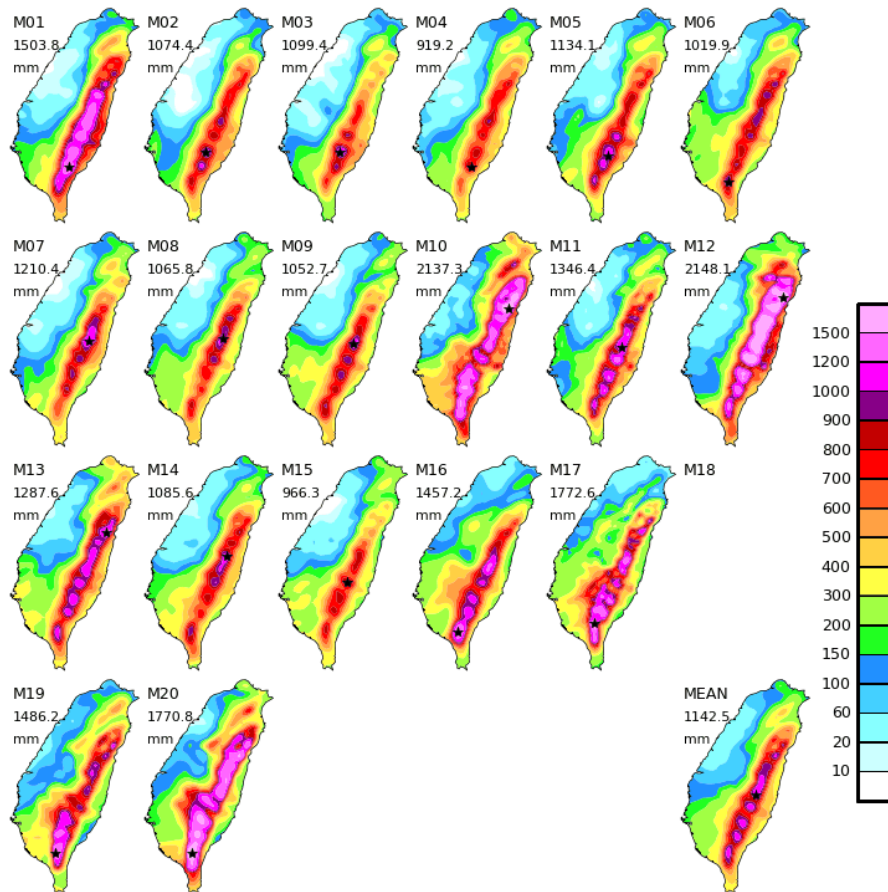


圖 53 08280000 run 系集模式 72hr 累積雨量 (8 月 28 日 0000 UTC~8 月 31 日 0000 UTC)

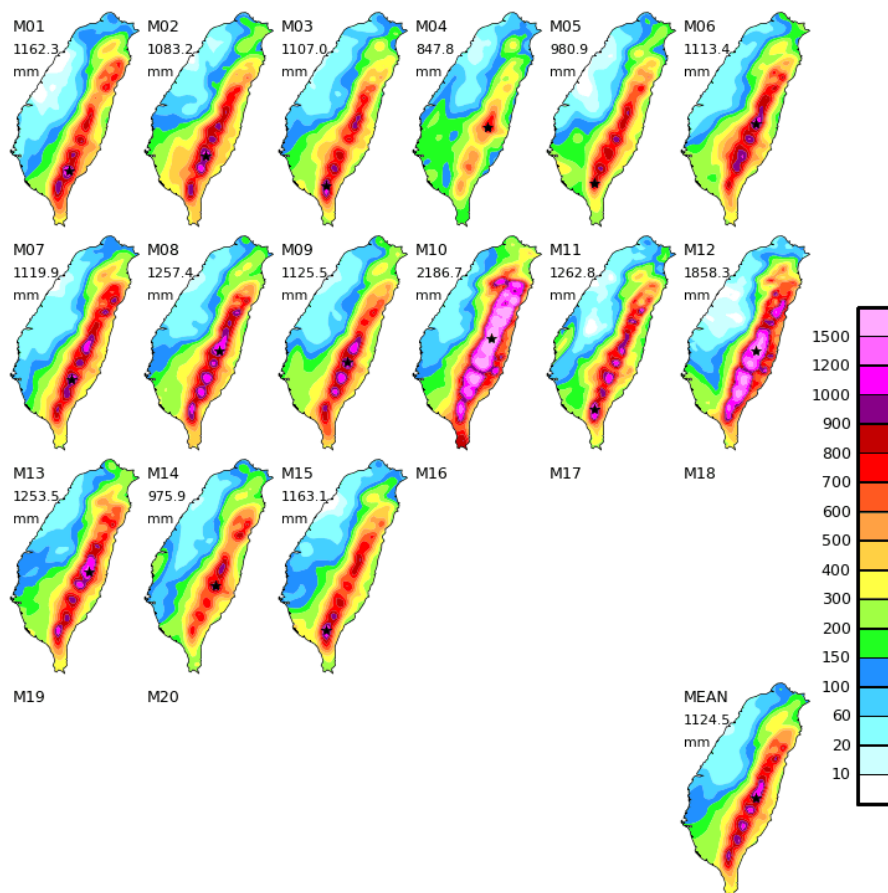


圖 54 08271800 run 系集模式 72hr 累積雨量 (8 月 28 日 0000 UTC~8 月 31 日 0000 UTC)

#### (四) 奈格颱風 (NALGAE)

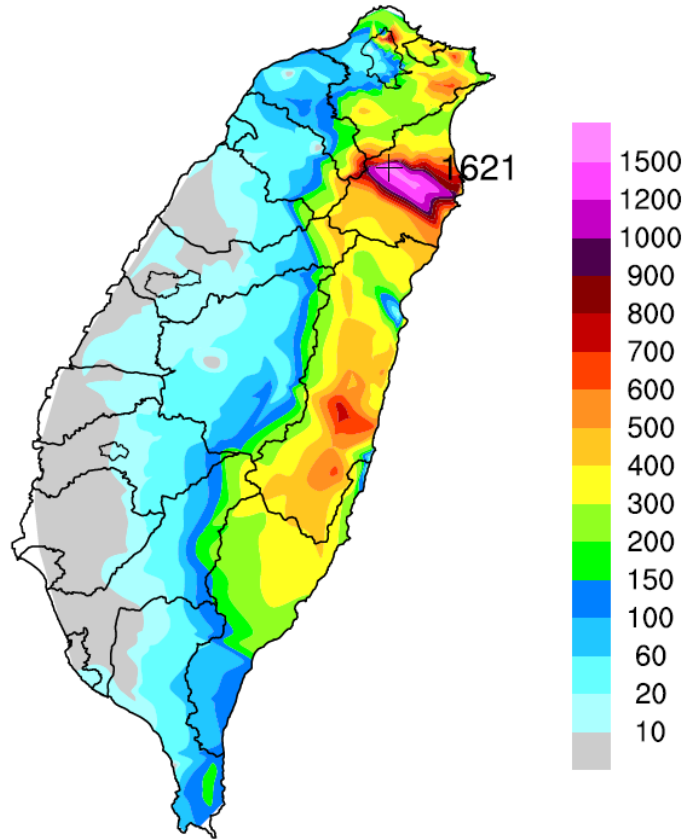


圖 55 共伴影響期間 (9 月 30 日 1600 UTC~10 月 2 日 1600 UTC, 72hr) 觀測總雨量

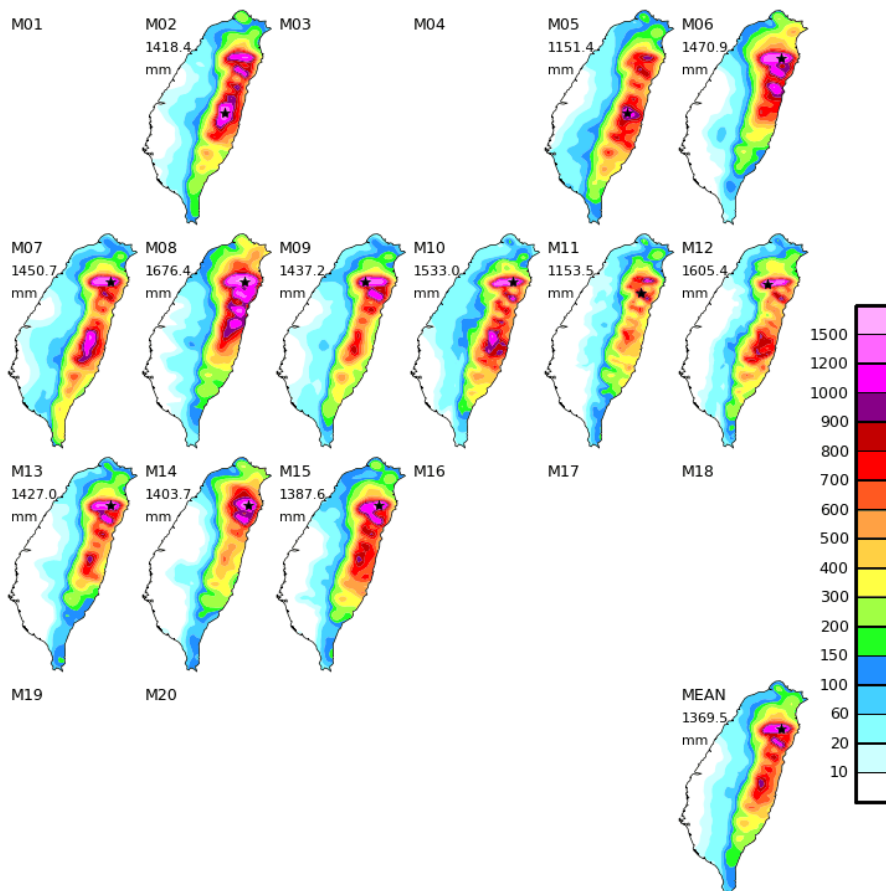


圖 56 09301200 run 系集模式 72hr 累積雨量 (9 月 30 日 1600 UTC~10 月 2 日 1600 UTC)

## 六、全年雨量校驗

2011 年雨量校驗除針對桑達、米雷、南瑪都與奈格颱風以外，同時亦計算四個顯著降雨颱風之綜合表現，與 2011 全年預報表現，參考表 14。

在 TS 值校驗部份顯示，南瑪都與奈格兩個累積雨量較大之颱風，其降雨門檻值 130 mm 的校驗得分分別為 0.48 與 0.51，整年平均得分亦有 0.34。惟在總雨量較少的個案（桑達與米雷）校驗中，TS 值分數較低，若進一步分析降雨門檻值 50 mm 的校驗得分，則米雷颱風則為 0.44，但桑達颱風亦只有 0.14。顯示今年系集預報設定對於桑達颱風雨量預報表現較差。ETS 校驗得分扣除隨機預報的狀況，目前較廣為使用，整年平均而言，降雨門檻值 130 mm 的校驗得分為 0.33，個案間表現仍為兩極化，總雨量較高的個案降雨門檻值 130 mm 的 ETS 高達 0.45~0.48，反之雨量較低僅有 0.00~0.09。

在偏倚得分 (BS) 的結果顯示，整年平均而言，系集預報結果對於降雨門檻值 50、130、200 與 350mm 均有低估的現象。而進一步分析四個颱風之個別差異，以門檻值 130mm 而言，僅在南瑪都颱風有高估的情形，其餘個案均顯示為明顯低估。誤報率 (FAR) 描述的是有多少比例的事件是假警報，分析資料顯示，門檻值 130mm 之誤報率除桑達颱風外，其於個案得分均低於 0.4。而與誤報率相對應的可偵測機率 (POD)，則是描述有多少比例的事件發生被正確的預報，校驗結果顯示，南瑪都颱風降雨門檻值 130mm 有高達 0.72 的可偵測機率，全年平均則為 0.42。就災害預警而言，POD 值偏低則有可能會導致災前佈署漏掉顯著降雨的區域，此數值仍希望能越高越好。表 15 為以流域平均為基準所計算之校驗得分，整體而言，以流域平均為基準所計算之得分均普遍高於以測站為基準之得分，在此僅將完整資料表列供參考。

進一步利用全年平均結果分析成員之間的差異，再進一步分析前需特別說明的是，M17 成員全年僅有 3 個預報時間 (dtg)，且其中有兩筆為南瑪都颱風期間，其預報表現校驗得分相當高。由於該成員之 dtg 數較少，故評比成員之間表現時，將暫時忽略此成員。以下分析若無特別強調則均以描述降雨門檻值 130mm 為主。

以 TS 而言，預報表現較好為 M06、M09、M14、M15 與 M16，而表現較差的 M12 亦有 0.21 的得分。ETS 校驗結果顯示，得分較高為 M09、M15、M16，得分較低為 M12；系集各成員間數值約集中在 0.2~0.3。

以 BS 而言，預報表現較好（即僅些微高估或低估）為 M03、M09、M15、M16。而 M19 與 M20 則為顯著高估降雨；M10、M12 則為明顯低估降雨。整體而言，所以成員約平均分配在高估與低估兩部分。POD 校驗結果顯示，M16、M19 與 M20 之數值較



高，而 M12 數值最低；系集各成員間數值約集中在 0.3~0.5。FAR 校驗結果顯示，誤報率較低的為 M02、M16，誤報率較高則為 M19、M20；系集各成員間數值約集中在 0.4~0.6。

若以單一成員評比，表現最好的個案為 M16，然而就完成之 dtg 數而言，M16 亦為偏少，僅 344 筆（參考表 3），其餘模式約接近 700 筆資料。若僅以 WRF 模式評比，M09 與 M15 表現相對而言較佳。若以災害預警角度而言，M16、M19、M20 之 POD 均較高，可多參考該三組成員之結果作為情資研判。就系集平均而言，在 TS、FAR、ETS 三種校驗得分之表現均與較佳之成員相近，顯示系集平均往往優於個別成員結果。

表 14 系集平均結果於 0~24 小時對應不同降雨門檻值之測站校驗得分

		50mm	130mm	200mm	350mm
TS	SONGDA	0.14	0.00	0.00	NaN
	MEARI	0.44	0.09	0.02	NaN
	NANMADOL	0.54	0.51	0.34	0.06
	NALGAE	0.53	0.48	0.36	0.09
	四個顯著降雨颱風	0.50	0.44	0.33	0.08
	2011 全年	0.31	0.34	0.28	0.08
BS	SONGDA	0.20	0.01	0.00	NaN
	MEARI	0.63	0.12	0.05	NaN
	NANMADOL	1.45	1.13	1.18	1.28
	NALGAE	0.87	0.80	0.62	0.23
	四個顯著降雨颱風	1.02	0.83	0.83	0.56
	2011 全年	0.84	0.68	0.69	0.53
FAR	SONGDA	0.25	1.00	NaN	NaN
	MEARI	0.22	0.18	0.67	NaN
	NANMADOL	0.41	0.36	0.53	0.89
	NALGAE	0.26	0.27	0.30	0.56
	四個顯著降雨颱風	0.34	0.33	0.46	0.80
	2011 全年	0.49	0.38	0.46	0.80
POD	SONGDA	0.15	0.00	0.00	NaN
	MEARI	0.50	0.10	0.02	NaN
	NANMADOL	0.86	0.72	0.56	0.14
	NALGAE	0.65	0.59	0.43	0.10
	四個顯著降雨颱風	0.67	0.56	0.45	0.11
	2011 全年	0.43	0.42	0.37	0.11
ETS	SONGDA	0.13	0.00	0.00	NaN
	MEARI	0.38	0.09	0.01	NaN
	NANMADOL	0.43	0.48	0.33	0.06
	NALGAE	0.43	0.45	0.35	0.09
	四個顯著降雨颱風	0.41	0.41	0.32	0.08
	2011 全年	0.29	0.33	0.28	0.08

註：紅底表得分結果優於流域平均結果

表 15 系集平均結果於 0~24 小時對應不同降雨門檻值之流域平均校驗得分

		50mm	130mm	200mm	350mm
TS	SONGDA	0.29	0.00	NaN	NaN
	MEARI	0.48	0.00	0.00	NaN
	NANMADOL	0.58	0.63	0.37	0.00
	NALGAE	0.70	0.62	0.50	0.00
	四個顯著降雨颱風	0.59	0.57	0.40	0.00
	2011 全年	0.51	0.56	0.42	0.00
BS	SONGDA	0.29	0.00	NaN	NaN
	MEARI	0.64	0.00	0.00	NaN
	NANMADOL	1.34	1.05	0.98	0.67
	NALGAE	0.93	0.80	0.67	0.00
	四個顯著降雨颱風	1.07	0.85	0.82	0.29
	2011 全年	1.11	0.86	0.91	0.29
FAR	SONGDA	0.00	NaN	NaN	NaN
	MEARI	0.17	NaN	NaN	NaN
	NANMADOL	0.36	0.24	0.45	1.00
	NALGAE	0.15	0.14	0.17	NaN
	四個顯著降雨颱風	0.28	0.21	0.36	1.00
	2011 全年	0.36	0.22	0.38	1.00
POD	SONGDA	0.29	0.00	NaN	NaN
	MEARI	0.53	0.00	0.00	NaN
	NANMADOL	0.86	0.79	0.54	0.00
	NALGAE	0.80	0.69	0.56	0.00
	四個顯著降雨颱風	0.77	0.67	0.52	0.00
	2011 全年	0.71	0.67	0.56	0.00
ETS	SONGDA	0.27	0.00	NaN	NaN
	MEARI	0.44	0.00	0.00	NaN
	NANMADOL	0.44	0.59	0.35	0.00
	NALGAE	0.62	0.58	0.48	0.00
	四個顯著降雨颱風	0.50	0.54	0.39	0.00
	2011 全年	0.49	0.56	0.41	0.00

註：紅底表得分結果優於測站結果

(1) T 得分 (Threat Score, TS)

表 16 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之測站 T 得分

	50mm	130mm	200mm	350mm
M01	0.26	0.28	0.23	0.06
M02	0.28	0.29	0.24	0.06
M03	0.29	0.31	0.23	0.05
M04	0.28	0.31	0.27	0.10
M05	0.26	0.27	0.21	0.06
M06	0.27	0.32	0.25	0.09
M07	0.27	0.29	0.24	0.07
M08	0.27	0.31	0.24	0.08
M09	0.27	0.32	0.25	0.07
M10	0.24	0.24	0.19	0.04
M11	0.26	0.25	0.21	0.09
M12	0.22	0.21	0.15	0.04
M13	0.26	0.30	0.25	0.07
M14	0.27	0.32	0.24	0.10
M15	0.27	0.32	0.25	0.08
M16	0.36	0.44	0.38	0.13
M17	0.61	0.54	0.45	0.15
M18	0.31	0.28	0.25	0.08
M19	0.22	0.23	0.22	0.06
M20	0.25	0.27	0.24	0.07
Mean	0.31	0.34	0.28	0.08

註：紅底表 Top3 成員，灰底表 Bottom1 成員

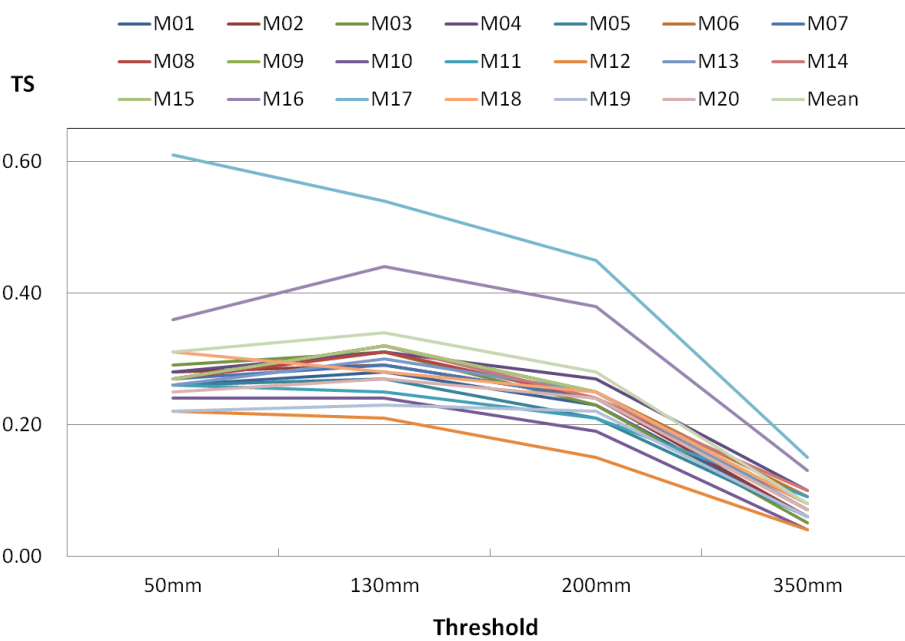


圖 57 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之測站 T 得分

(2) 偏倚得分 (Bias Score, BS)

表 17 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之偏倚得分

	50mm	130mm	200mm	350mm
M01	0.77	0.74	0.96	1.65
M02	0.85	0.70	0.84	1.21
M03	1.09	1.00	1.02	1.57
M04	0.95	0.87	0.94	1.09
M05	0.81	0.70	0.78	1.58
M06	1.25	0.95	0.84	0.97
M07	1.04	0.77	0.67	0.70
M08	1.23	0.89	0.84	0.70
M09	1.28	1.01	1.01	1.23
M10	0.75	0.63	0.70	1.02
M11	0.86	0.81	0.94	1.59
M12	0.71	0.57	0.53	0.21
M13	1.26	0.96	0.82	0.55
M14	1.26	1.05	0.97	0.96
M15	1.25	1.01	1.00	1.04
M16	0.91	0.99	1.19	1.39
M17	1.21	1.09	1.14	1.79
M18	1.36	1.12	1.00	1.17
M19	2.11	1.85	1.86	2.16
M20	2.00	1.87	2.03	3.61
Mean	0.84	0.68	0.69	0.53

註：紅底表 Top3 成員，灰底表 Bottom1 成員

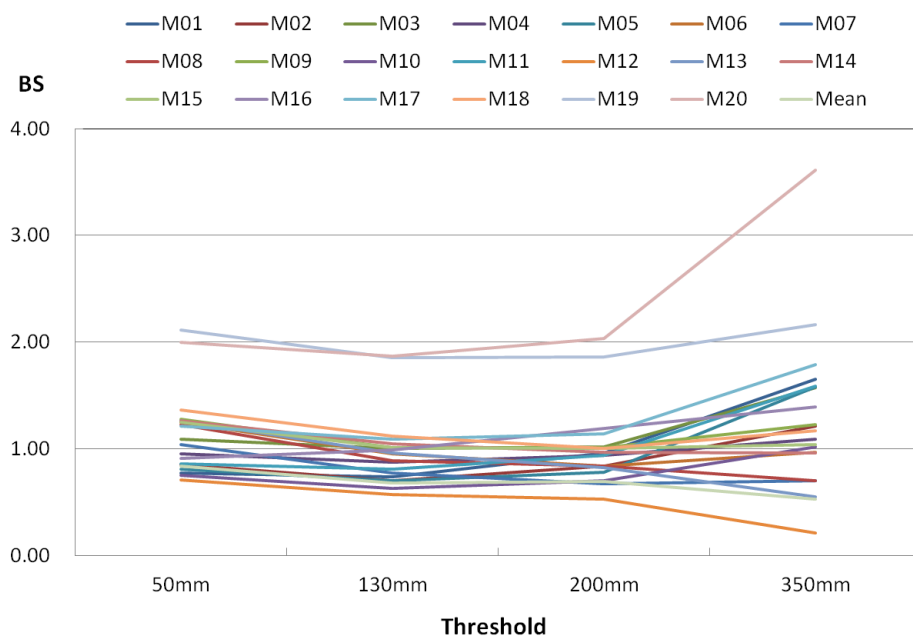


圖 58 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之偏倚得分

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

表 18 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之可偵測機率

	50mm	130mm	200mm	350mm
M01	0.36	0.38	0.36	0.15
M02	0.40	0.38	0.36	0.13
M03	0.46	0.47	0.38	0.12
M04	0.43	0.44	0.41	0.20
M05	0.38	0.36	0.31	0.16
M06	0.48	0.47	0.37	0.16
M07	0.44	0.40	0.32	0.12
M08	0.47	0.45	0.35	0.12
M09	0.49	0.49	0.40	0.15
M10	0.34	0.32	0.27	0.08
M11	0.39	0.37	0.34	0.21
M12	0.31	0.27	0.20	0.04
M13	0.47	0.45	0.37	0.10
M14	0.48	0.50	0.38	0.18
M15	0.48	0.49	0.40	0.15
M16	0.50	0.61	0.60	0.28
M17	0.84	0.73	0.67	0.36
M18	0.56	0.46	0.40	0.17
M19	0.57	0.54	0.52	0.19
M20	0.59	0.61	0.59	0.31
Mean	0.43	0.42	0.37	0.11

註：紅底表 Top3 成員，灰底表 Bottom1 成員

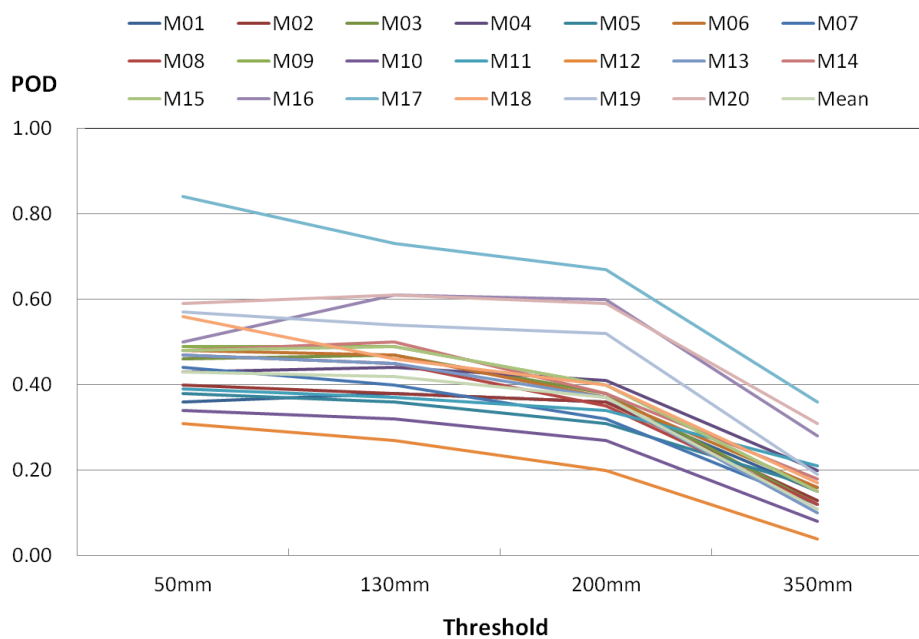


圖 59 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之可偵測機率

(4) 誤報率 (False Alarm Ratio, FAR)

表 19 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之誤報率

	50mm	130mm	200mm	350mm
M01	0.53	0.49	0.62	0.91
M02	0.53	0.45	0.57	0.89
M03	0.57	0.53	0.63	0.93
M04	0.55	0.50	0.56	0.82
M05	0.53	0.48	0.60	0.90
M06	0.62	0.51	0.56	0.84
M07	0.58	0.48	0.51	0.84
M08	0.62	0.50	0.58	0.82
M09	0.62	0.52	0.60	0.88
M10	0.54	0.50	0.62	0.92
M11	0.55	0.55	0.64	0.87
M12	0.56	0.52	0.63	0.80
M13	0.63	0.53	0.55	0.82
M14	0.62	0.53	0.61	0.81
M15	0.62	0.52	0.60	0.86
M16	0.45	0.39	0.50	0.80
M17	0.31	0.33	0.41	0.80
M18	0.59	0.59	0.60	0.86
M19	0.73	0.71	0.72	0.91
M20	0.70	0.68	0.71	0.91
Mean	0.49	0.38	0.46	0.80

註：紅底表 Top3 成員，灰底表 Bottom1 成員

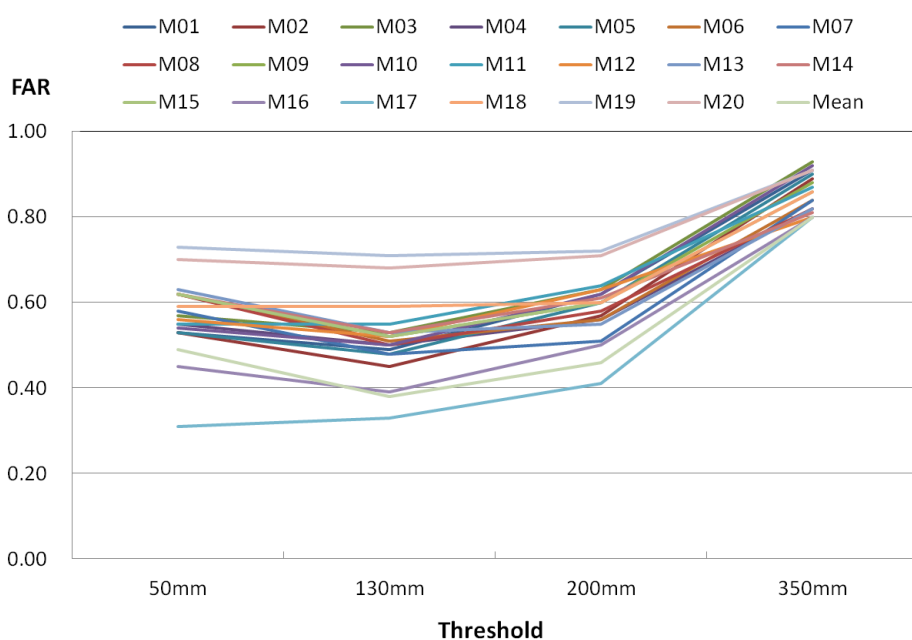


圖 60 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之誤報率

(5) 公正預兆得分 (Equitable Threat Score, ETS)

表 20 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之公正預兆得分

	50mm	130mm	200mm	350mm
M01	0.24	0.27	0.22	0.06
M02	0.25	0.28	0.24	0.06
M03	0.26	0.30	0.23	0.05
M04	0.26	0.30	0.27	0.10
M05	0.24	0.27	0.21	0.06
M06	0.24	0.31	0.25	0.09
M07	0.25	0.29	0.24	0.07
M08	0.24	0.30	0.24	0.08
M09	0.24	0.32	0.25	0.07
M10	0.22	0.24	0.18	0.04
M11	0.24	0.25	0.21	0.09
M12	0.20	0.20	0.15	0.04
M13	0.23	0.29	0.25	0.07
M14	0.24	0.31	0.24	0.10
M15	0.24	0.32	0.25	0.08
M16	0.34	0.44	0.37	0.13
M17	0.42	0.46	0.41	0.14
M18	0.27	0.27	0.25	0.08
M19	0.19	0.23	0.22	0.06
M20	0.20	0.26	0.24	0.07
Mean	0.29	0.33	0.28	0.08

註：紅底表 Top3 成員，灰底表 Bottom1 成員

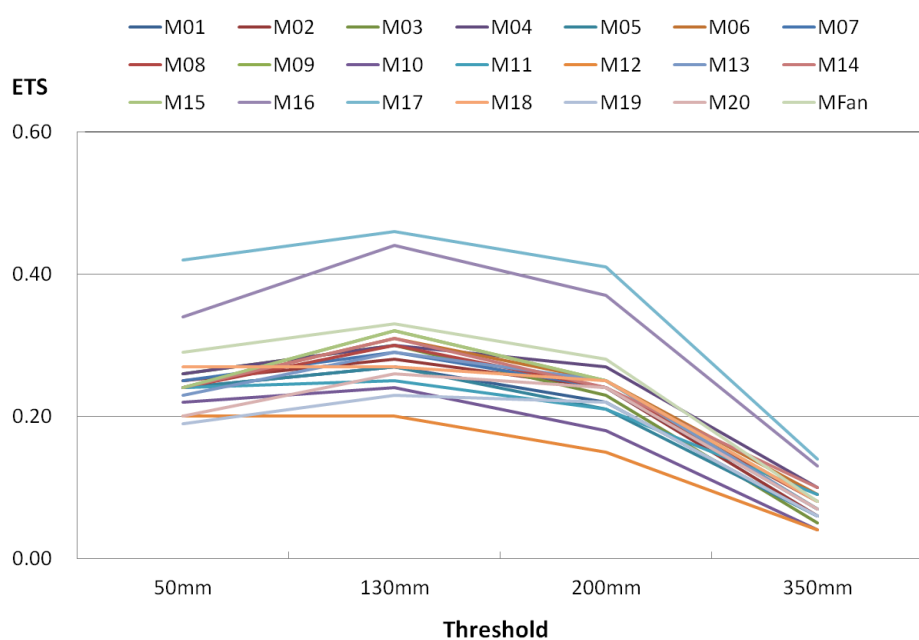


圖 61 全年各成員 0~24 小時對應不同降雨門檻值之公正預兆得分