

國家實驗研究院 台灣颱風洪水研究中心

# 定量降雨預報技術之發展

**The Development of Quantitative Precipitation  
Forecast Techniques**

陳嫻竹、江宙君、黃麗蓉、吳明璋、鳳雷

觀測分析組

2014 年 1 月

# 目錄

目錄.....	i
圖表目錄.....	iii
一、 實驗基本資料.....	1
(一) 實驗介紹.....	1
(二) 2012 年颱風個案.....	2
二、 校驗方法.....	5
(一) 路徑校驗.....	5
(二) 雨量校驗.....	6
三、 2012 颱風路徑校驗.....	10
(一) 全年路徑校驗.....	10
(二) 泰利颱風 (Talim).....	14
(三) 蘇拉颱風 (Saola).....	19
(四) 天秤颱風 (Tembin).....	24
四、 2012 雨量校驗.....	29
(一) 全年雨量校驗.....	29
(二) 梅雨鋒面.....	32
(三) 泰利颱風 (Talim).....	37
(四) 蘇拉颱風 (Saola).....	40
(五) 天秤颱風 (Tembin).....	43
五、 2013 年颱風個案雨量校驗-以天兔颱風為例.....	47
(一) 雨量分布圖比較：.....	47
(1)總雨量校驗.....	47
(2)日雨量校驗.....	50
(二) 降雨量值校驗.....	51
六、 系集平台對外服務.....	59
(一) 平台資訊系統介紹.....	59
(二) 系統使用頻率統計.....	60
(三) 系統使用說明會.....	61
(四) 系集預報資訊簡報.....	61

七、系集預報資訊簡報-區域雨量校驗 .....	62
-------------------------	----

# 圖表目錄

表 1	2012 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	雨量校驗之個案列表.....	9
表 4	全年均質化 d01 路徑校驗.....	11
表 5	全年均質化 d02 路徑校驗.....	12
表 6	泰利颱風 D01 路徑校驗.....	16
表 7	泰利颱風 D02 路徑校驗.....	17
表 8	蘇拉颱風 D01 路徑校驗.....	21
表 9	蘇拉颱風 D02 路徑校驗.....	22
表 10	天秤颱風 D01 路徑校驗.....	26
表 11	天秤颱風 D02 路徑校驗.....	27
表 12	全年系集平均雨量均質化校驗分數表.....	31
表 13	不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間 (9 月 20 日 00Z-9 月 22 日 00Z)，測站整體之各項統計參數校驗結果。.....	53
表 14	不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間 (9 月 20 日 00Z-9 月 22 日 00Z)，流域平均之各項統計參數校驗結果。.....	54
表 15	不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間，計算個別測站在不同門檻值之預報降水得分。其中(a)為 9 月 19 日 00Z，(b) 為 9 月 19 日 06Z，(c) 為 9 月 19 日 12Z，(d) 為 9 月 19 日 18Z。.....	56
表 16	不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間，計算流域平均在不同門檻值之預報降水得分。其中(a)為 9 月 19 日 00Z，(b) 為 9 月 19 日 06Z，(c) 為 9 月 19 日 12Z，(d) 為 9 月 19 日 18Z。.....	57
圖 1	2012 年西北太平洋颱風路徑圖，資料來源：JTWC，其中以不同顏色的線條代表颱風生命期不同強度階段，藍色代表 TS (Tropical Storm)，綠色為輕度颱風，橘色為中度颱風，紅色為強烈颱風。.....	2
圖 2	全年均質化 d01 路徑校驗.....	11
圖 3	全年均質化 d02 路徑校驗.....	12
圖 4	全年均質化 d01 路徑誤差隨預報時間變化.....	13

圖 5 全年均質化 d02 路徑誤差隨預報時間變化 .....	13
圖 6 泰利颱風路徑圖 (來源: 中央氣象局) .....	14
圖 7 泰利颱風系集預報路徑圖(紅色為觀測路徑).....	15
圖 8 泰利颱風 D01 路徑校驗.....	16
圖 9 泰利颱風 D02 路徑校驗.....	17
圖 10 泰利颱風 D01 路徑誤差隨預報時間變化 .....	18
圖 11 泰利颱風 D02 路徑誤差隨預報時間變化 .....	18
圖 12 蘇拉颱風路徑圖 (來源: 中央氣象局) .....	19
圖 13 蘇拉颱風系集預報路徑圖(紅色為觀測路徑).....	20
圖 14 蘇拉颱風 D01 路徑校驗.....	21
圖 15 蘇拉颱風 D02 路徑校驗.....	22
圖 16 蘇拉颱風 D01 路徑誤差隨預報時間變化 .....	23
圖 17 蘇拉颱風 D02 路徑誤差隨預報時間變化 .....	23
圖 18 天秤颱風路徑圖 (來源: 中央氣象局) .....	24
圖 19 天秤颱風系集預報路徑圖(紅色為觀測路徑).....	25
圖 20 天秤颱風 D01 路徑校驗.....	26
圖 21 天秤颱風 D02 路徑校驗.....	27
圖 22 天秤颱風 D01 路徑誤差隨預報時間變化 .....	28
圖 23 天秤颱風 D02 路徑誤差隨預報時間變化 .....	28
圖 24 全年均質化雨量 0~24 小時校驗分數.....	30
圖 25 全年系集平均雨量隨預報時間均質化 TS-BS 校驗分數圖.....	31
圖 26 2012 年 6 月 9 日至 6 月 12 日日雨量觀測圖(星號為全台最大雨量之測 站位置, 左上角的數值為全台最大雨量值(採四捨五入至個位數)).....	33
圖 27 梅雨期間 (6 月 8 日 1600 UTC~6 月 12 日 1600 UTC, 96hr) 觀測總雨 量。 .....	33
圖 28 梅雨期間 (6 月 9 日 1600 UTC~6 月 12 日 1600 UTC, 72hr) 觀測總雨 量。 .....	34
圖 29 梅雨鋒面日雨量校驗 .....	35
圖 30 梅雨期間雨量校驗分數 .....	36
圖 31 泰利颱風顯著降雨期間 (6 月 18 日 1600 UTC~6 月 20 日 1600 UTC, 48hr) 觀測總雨量。 .....	37

圖 32	泰利颱風日雨量校驗 .....	38
圖 33	泰利颱風雨量校驗分數 .....	39
圖 34	蘇拉颱風顯著降雨期間(7月30日1600 UTC~8月2日1600 UTC, 72hr) 觀測總雨量。 .....	40
圖 35	蘇拉颱風日雨量校驗 .....	41
圖 36	蘇拉颱風雨量校驗分數 .....	42
圖 37	天秤颱風顯著降雨期間(8月22日1600 UTC~8月25日1600 UTC, 72hr) 觀測總雨量。 .....	43
圖 38	天秤颱風日雨量圖(8月22日~8月26日) .....	44
圖 39	天秤颱風日雨量圖(8月26日~8月30日) .....	45
圖 40	天秤颱風雨量校驗分數 .....	46
圖 41	天兔颱風陸上警報發布期間, 不同初始時間的系集成員、平均與觀測 之總雨量分布圖, (a) 預報初始時間為 2013091900Z, (b) 預報初始時間 為 2013091906Z, (c) 預報初始時間為 2013091912Z, (d) 預報初始時間 為 2013091918Z。 .....	48
圖 42	天兔颱風陸上警報期間日雨量分布圖, 第一欄為實際觀測, 第二欄為 最接近預報時段的系集平均預報結果(即以9月19日12Z為預報初始時間), 第三欄為以9月19日06Z為預報初始時間的結果, 第四欄為以9月19 日00Z為預報初始時間的結果, 第五欄為以9月18日18Z為預報初始時 間的結果。 .....	50
圖 43	不同初始時間針對天兔颱風, 所有測站之陸上警報發布期間總累積雨量 系集平均值(縱軸)相對於觀測值(橫軸)之分布。其中(a)為9月19 日00Z, (b)為9月19日06Z, (c)為9月19日12Z, (d)為9月19日 18Z。 .....	53
圖 44	不同初始時間針對天兔颱風, 流域平均之陸上警報發布期間總累積雨量 系集平均值(縱軸)相對於觀測值(橫軸)之分布。其中(a)為9月19 日00Z, (b)為9月19日06Z, (c)為9月19日12Z, (d)為9月19日 18Z。 .....	54
圖 45	(a) 測站整體及 (b) 流域平均之不同門檻值的 BS (左) 與 ETS (右) 隨不同預報初始時間的變化。 .....	58
圖 46	平台使用次數統計 .....	60

圖 47	平台各功能使用次數 .....	60
圖 48	定量降雨系集預報實驗平台資訊系統教育訓練活動 .....	61
圖 49	颱風影響期間，本中心針對不同預報時段（0-12 小時、0-24 小時、0-48 小時、12-24 小時及 24-48 小時），列出前 20 大平均雨量的流域及該流域最大雨量站，提供防災相關單位參考應用。 .....	62
圖 50	以 9 月 20 日 00Z 為預報初始時間，針對（a）0-12 小時、（b）0-24 小時、（c）0-48 小時、（d）12-24 小時及（e）24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。 .....	63
圖 51	以 9 月 20 日 06Z 為預報初始時間，針對（a）0-12 小時、（b）0-24 小時、（c）0-48 小時、（d）12-24 小時及（e）24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。 .....	64
圖 52	以 9 月 20 日 12Z 為預報初始時間，針對（a）0-12 小時、（b）0-24 小時、（c）0-48 小時、（d）12-24 小時及（e）24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。 .....	65
圖 53	以 9 月 21 日 00Z 為預報初始時間，針對（a）0-12 小時、（b）0-24 小時、（c）0-48 小時、（d）12-24 小時及（e）24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。 .....	66
圖 54	以 9 月 21 日 06Z 為預報初始時間，針對（a）0-12 小時、（b）0-24 小時、（c）0-48 小時、（d）12-24 小時及（e）24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。 .....	67
圖 55	以 9 月 21 日 18Z 為預報初始時間，針對（a）0-12 小時、（b）0-24 小	

時、(c) 0-48 小時、(d) 12-24 小時及 (e) 24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20%以內。 .....68



# 一、實驗基本資料

## (一) 實驗介紹

由於數值天氣預報有其極限，加以大氣的隨機特性，單一模式預報皆有其一定程度之不確定性，無法完全正確預報實際的天氣狀況。因此，需透過分析與研究，選取最佳化之模式組合，發展系集預報技術，以降低大氣預報之不確定性。由於氣象預報本身有其區域性特徵與不確定性，無法直接移植國外之研究成果，需透過大量之分析研究，歸納最適用於台灣地區複雜地形之模式設定。國內學研界亦曾使用 MM5 與 WRF 模式模擬侵台颱風，進行物理參數的系集模擬實驗，結果顯示選擇適合的物理參數法可模擬出較佳的颱風路徑及降雨分佈。此外，進一步使用不同物理參數法組合，針對個案進行定量降水預報校驗，評估 WRF 模式降水預報能力，並找出適合台灣地區及華南地區梅雨季降水模擬的最佳物理組合。

颱風中心於 2010 年起進行「台灣定量降雨系集預報實驗 (Taiwan Cooperative Precipitation Ensemble Forecast Experiment, TAPEX)」，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 2 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、國研院本部、國科會...等災防相關人員參考之用。透過此實驗平台的持續運作，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。

本實驗平台的系集成員於 2012 年由 20 組新增至 22 組，其模式包含 16 組 WRF 模式、2 組 MM5 模式、2 組 CReSS 模式及 2012 年新增的 2 組 HWRF 模式。本平台於 2012 年開始提早至五月進行系集預報實驗，除可針對颱風降雨進行預報外，亦可瞭解系集預報技術於梅雨鋒面系統之預報表現。

## (二) 2012 年颱風個案

2012 年西北太平洋地區共有 25 颱風個案形成，其中有 3 個未命名颱風，完整路徑呈現於圖 1，颱風基本資訊亦列於表 1。以台灣地區而言，有發佈海上警報的颱風有 7 個，分別為泰利、杜蘇芮、蘇拉、海葵、啟德、天秤與杰拉華颱風，發佈陸上警報的颱風有 3 個，分別為泰利、蘇拉與天秤颱風。本研究除針對 2012 整年平均狀況進行校驗外，亦針對有發佈陸上警報之颱風個案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的個案（梅雨個案、泰利、蘇拉與天秤颱風）進行分析。

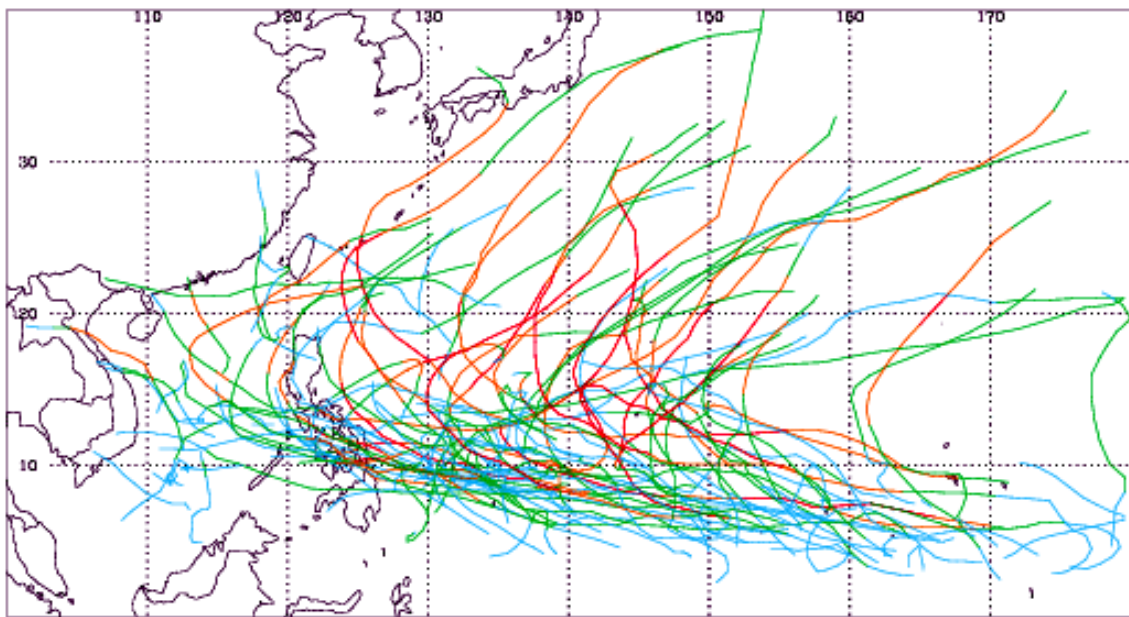


圖 1 2012 年西北太平洋颱風路徑圖，資料來源：JTWC，其中以不同顏色的線條代表颱風生命期不同強度階段，藍色代表 TS (Tropical Storm)，綠色為輕度颱風，橘色為中度颱風，紅色為強烈颱風。

表 1 2012 年西北太平洋地區颱風列表

年份	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
2012	1201	帕卡	Pakhar	29 MAR-01 APR	--	1	--	--	65	--	--	--				0
2012	1202	珊瑚	Sanvu	21-27 MAY	--	1	--	--	80	--	--	--				24
2012	1203	瑪娃	Mawar	31 MAY-05 JUN	--	3	--	--	100	--	--	--				20
2012	1204	谷超	Guchol	11-19 JUN	--	4	--	--	130	--	--	--				31
2012	1205	泰利	Talim	17-21 JUN	06/19~06/21	--	輕度	9	45	985	25	17	V	V	V	13
2012	1206	杜蘇芮	Doksuri	26-30 JUN	06/28~06/29	--	輕度	5	50	995	23	10	V			14
2012	1207	卡努	Khanun	15-19 JUL	--	--	--	--	50	--	--	--				11
2012	1208	韋森特	Vicente	20-24 JUL	--	4	--	--	115	--	--	--				13
2012	1209	蘇拉	Saola	28 JUL-03 AUG	07/30~08/03	2	中度	2	90	960	38	31	V	V	V	26
2012	1210	丹瑞	Damrey	28 JUL-02 AUG	--	1	--	--	75	--	--	--				22
2012	1211	海葵	Haikui	02-08 AUG	08/06~08/07	1	中度	1	65	960	35	11	V			26
2012	1212	奇洛基	Kirogi	04-09 AUG	--	--	--	--	45							9
2012	1213	啟德	Kai-Tak	12-17 AUG	08/14~08/15	1	輕度	5	70	995	20	10	V			23
2012	1214	天秤	Tembin	19-30 AUG	08/21~08/28	4	中度	S	115	945	45	54	V	V	V	47
2012	1215	布拉萬	Bolaven	20-28 AUG	--	4	--	--	125	--	--	--				36
2012	1216	三巴	Sanba	10-17 SEP	--	5	--	--	150	--	--	--				30
2012	1217	杰拉華	Jelawat	20-30 SEP	09/27~09/28	5	強烈	--	140	910	55	15	V			45
2012	1218	艾維尼	Ewiniar	24-29 SEP	--	--	--	--	55	--	--	--				22
2012	1219	馬力斯	Maliksi	30 SEP-03 OCT	--	--	--	--	45	--	--	--				12
2012	1220	凱米	Gaemi	01-06 OCT	--	--	--	--	55	--	--	--				21
2012	1221	巴比倫	Prapiroon	07-19 OCT												48
2012	1222	瑪莉亞	MARIA	14-18 OCT												17
2012	1223	山廷	SON-TINH	24-29 OCT												23
2012	1224	寶發	BOPHA	27 NOV-09 DEC												49
2012	1225	悟空	WUKONG	24 DEC-28 DEC												13

表 2 颱風定位次數 (dtg 數) 與各成員對應列表

Pakhar	Sanvu	Mawar	Guchol	Talim	Doksuri	Khanun	Vicente	Saola	Damrey	Haikui	Kirogi	Kai-Tak	Tembin	Bolaven	Sanba	Jelawat	Ewiniar	Maliksi	Gaemi	Prapiroon	MARIA	SON-TINH	BOPHA	WUKONG
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	12	20	48	17	23	36	13
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	12	20	48	17	23	36	13
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	12	20	48	17	23	36	13
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	41	20	12	20	48	17	23	37	13
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	41	20	12	20	48	17	23	38	13
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	12	20	48	17	23	45	13
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	12	20	48	17	23	45	13
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	12	20	48	17	23	44	13
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	12	20	48	17	23	45	13
0	24	20	31	13	14	8	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	10	18	48	17	23	27	10
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	10	18	48	17	23	27	10
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	25	9	21	46	34	29	43	22	10	18	48	17	23	27	11
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	12	20	48	17	23	44	13
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	42	21	12	20	48	17	23	44	13
0	24	20	31	13	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	12	20	48	17	23	45	13
0	19	16	31	13	13	10	10	25	22	24	9	17	39	28	12	28	21	11	19	46	17	20	41	4
0	22	20	31	13	14	11	13	25	21	26	6	21	45	33	27	40	22	12	20	46	17	23	28	13
0	22	19	31	13	14	9	13	25	21	26	6	21	45	33	26	38	21	12	20	46	16	21	28	13
0	24	20	31	13	14	9	7	21	19	18	4	14	36	23	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	24	20	31	13	14	4	0	26	22	26	9	23	46	36	29	44	6	0	21	47	0	0	45	0
0	0	0	0	0	14	11	13	26	22	26	9	21	46	34	29	43	22	12	20	48	17	23	44	13
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	34	29	41	21	12	20	48	17	23	43	13

## 二、校驗方法

為瞭解不同情形下系集實驗的預報表現，本研究將 2012 年颱風個案（詳細個案請參考表 1）分為不同群組進行校驗分析，分別為：

- (1) 實驗中全部個案，全年共 25 個；
- (2) 強度達 Category 1 以上（近中心最大風速 $>64$  knots）個案，全年共 13 個；
- (3) 中央氣象局發布警報個案（包括海上及陸上警報），全年共 7 個；
- (4) 個別颱風個案分析，分別為泰利（Talim）颱風、蘇拉（Saola）颱風以及天秤（Tembin）颱風。

### （一）路徑校驗

由於 M16、M17 兩組成員並未針對颱風個案進行路徑預報，因此路徑校驗部分將就其餘成員與系集平均路徑進行校驗。校驗結果將以下列兩種方式呈現：

#### （1）平均誤差分析

計算預報路徑與觀測路徑之絕對誤差，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，可瞭解系集實驗對個別颱風於其不同生命期之預報表現。

## (二) 雨量校驗

在雨量校驗部分，本研究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)		
Yes $\geq$ 門檻值	Hits (命中)	False Alarms (錯誤預報)	Forecast Yes
No < 門檻值	Misses (失誤)	Correct Negatives	Forecast No
Total	Observed Yes	Observed No	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。

(8) Hanssen and Kuipers discriminant (HK, 範圍: -1~1、最佳值: 1、無能力: 0)

$$HK = \frac{\text{hits}}{\text{hits} + \text{misses}} - \frac{\text{false alarms}}{\text{correct negatives} + \text{false alarms}}$$

HK 又稱為 true skill statistic 或 Peirces's skill score。HK=POD-POFD, 描述模式預報對於 "Yes" 與 "No" 事件的分辨能力, HK 為 0 表示無能力。

(9) Heidke skill score (HSS, 範圍:  $-\infty \sim 1$ 、最佳值: 1、無能力: 0)

$$HSS = \frac{(\text{hits} + \text{correct negatives}) - (\text{expected correct})_{\text{random}}}{N - (\text{expected correct})_{\text{random}}}$$

其中，

$$\begin{aligned} & (\text{expected correct})_{\text{random}} \\ &= \frac{1}{N} [(\text{hits} + \text{misses})(\text{hits} + \text{false alarms}) + (\text{correct negatives} \\ &+ \text{misses})(\text{correct negatives} + \text{false alarms})] \end{aligned}$$

HSS 用來描述模式預報能力是否有優於隨機預報。

(10) 勝算比 (Odds ratio, OR, 範圍：0~∞、最佳值：∞、無能力：1)

$$\text{OR} = \frac{\text{hits} * \text{correct negatives}}{\text{misses} * \text{false alarms}} = \left( \frac{\text{POD}}{1 - \text{POD}} \right) / \left( \frac{\text{POFD}}{1 - \text{POFD}} \right)$$

勝算是指一件事情發生的機率與沒發生的機率的比值，以擲骰子而言，擲出 2 的倍數的勝算為 1 (0.5/0.5)，擲出 3 的倍數的勝算為 0.5 (0.33/0.66)。則擲出 2 與 3 的勝算比為 2 (1/0.5)。勝算比大都用在醫學用途上，在氣象應用中尚未廣泛運用。

(11) Log odds ratio (範圍：-∞~∞、最佳值：∞、無能力：0)

將 OR 取 log 即可。

(12) Odds ratio skill score (ORSS, 範圍：-1~1、最佳值：1、無能力：0)

$$\text{ORSS} = \frac{\text{hits} * \text{correct negatives} - \text{misses} * \text{false alarms}}{\text{hits} * \text{correct negatives} + \text{misses} * \text{false alarms}}$$

勝算比技術得分又稱為 Yule's Q，描述的是預報比隨機預測改善多少。

目前本研究僅先使用 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。分別計算模式之第 1 天（0~24 hr）、第 2 天（25~48 hr）與第 3 天（49~72 hr）之雨量，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。

### 校驗時段

僅選取梅雨或颱風顯著降雨之前後時段，4 個個案選取之時段詳見表 3。

表 3 雨量校驗之個案列表

個案名稱	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）	
梅雨鋒面	6 月 09 日 0600UTC~6 月 16 日 1800UTC	個案完整時間
	6 月 09 日 1600UTC~6 月 12 日 1600UTC	顯著降雨
	6 月 08 日 0600UTC~6 月 11 日 1800UTC	校驗之 dtg
泰利颱風	6 月 17 日 1800UTC~6 月 20 日 1800UTC	個案完整時間
	6 月 18 日 1600UTC~6 月 20 日 1600UTC	顯著降雨
	6 月 18 日 0000UTC~6 月 20 日 0000UTC	校驗之 dtg
蘇拉颱風	7 月 28 日 0000UTC~8 月 03 日 0600UTC	個案完整時間
	7 月 30 日 1600UTC~8 月 02 日 1600UTC	顯著降雨
	7 月 30 日 0000UTC~8 月 01 日 1800UTC	校驗之 dtg
天秤颱風	8 月 19 日 0000UTC~8 月 30 日 0600UTC	個案完整時間
	8 月 22 日 1600UTC~8 月 25 日 1600UTC	1 <sup>st</sup> 顯著降雨期間
	8 月 26 日 1600UTC~8 月 28 日 1600UTC	2 <sup>nd</sup> 顯著降雨期間
	8 月 22 日 0000UTC~8 月 28 日 0000UTC	校驗之 dtg

### 三、 2012 颱風路徑校驗

#### (一) 全年路徑校驗

2012 年西北太平洋共有 25 個颱風生成(表 1)，而實驗期間則共模擬 24 個颱風，各颱風每個成員模擬數如表 2 所示。每個成員在實時時間完成數不盡相同(表 2)，為顯示各成員以及系集平均路徑誤差，本研究首先以全部成員(M01~M20,M22)均有模擬之日期，進行全年均質化(homogeneous)路徑校驗。而個案校驗分析方面，則以實時時間之所有成員的所有模擬結果進行校驗。

全年均質化 45/27 公里網格(d01)路徑誤差校驗結果如圖 2 和表 4 全年均質化 d01 路徑校驗所示。結果顯示，系集平均在 d01 表現上，預報 24、48 及 72 小時之路徑誤差分別為 97 公里、173 公里及 263 公里。而各成員在 24 小時路徑誤差分布約在 75 公里到 163 公里，48 小時路徑誤差分布則在 139 公里到 293 公里，72 小時路徑誤差分布約在 235 公里到 451 公里。在各成員誤差排名方面，24、48 及 72 小時路徑誤差較小的前三名均分別為 M18，M22 以及 M06，系集平均則排名第四。而 24、48 及 72 小時路徑誤差最大則分別為 M20 誤差為 190.1 公里，M03 誤差為 293 公里及 M03 誤差為 452 公里。

全年均質化 15/9 公里網格(d02)路徑誤差如圖 3 及表 5 全年均質化 d02 路徑校驗所示。結果顯示，系集平均在 d02 表現上，預報 24、48 及 72 小時路徑誤差分別為 110 公里、192 公里以及 282 公里。而各成員在 24 小時路徑誤差分布約在 58 公里到 220 公里，48 小時路徑誤差分布則在 153 公里到 348 公里，72 小時路徑誤差分布約在 234 公里到 485 公里。在各成員誤差排名方面，24 及 48 小時路徑誤差較小前三名均分別為 M22，M18 以及 M06，系集平均則排名第四。72 小時路徑誤差最小的前四名為 M22，M18，M06 以及 M15，系集平均則排名第五。而 24、48 及 72 小時路徑誤差最大則為 M20，誤差分別為 220 公里，348 公里以及 485 公里。

比較各成員在全年颱風 d01 及 d02 的路徑誤差結果顯示，M18，M22 及 M06 在所有系集成員中表現較佳，M20 及 M03 則表現較差，但就單一颱風個案而言則不盡如此，此分析結果將在其後章節討論。系集平均的全年颱風路徑預報則有相對較好的表現。此外，2011 年系集平均的全年颱風 d01 的 24、48 及 72 小時之颱風路徑誤差分別為 99 公里、189 公里及 302 公里，結果顯示，2012 年的結果優於 2011 年的預報結果，24 小時預報減少 2% 誤差，48 小時預報減少 8.5% 誤差，72 小時預報則減少 13% 誤差。

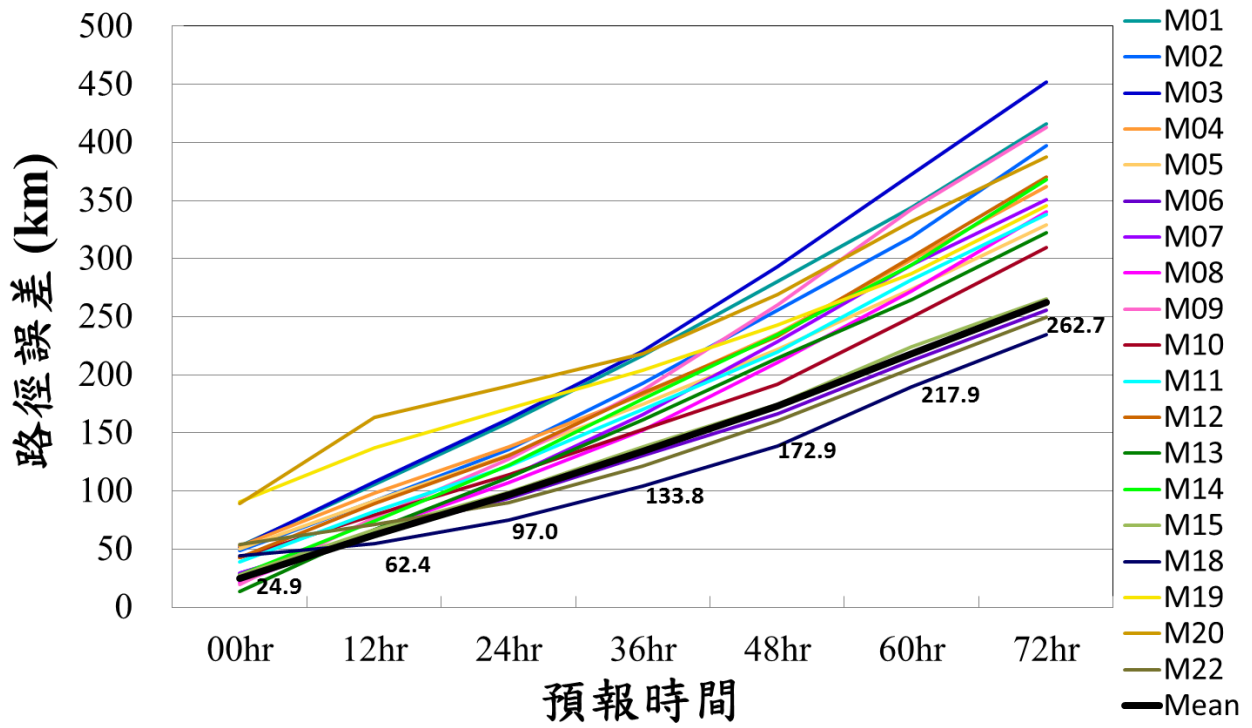


圖 2 全年均質化 d01 路徑校驗

表 4 全年均質化 d01 路徑校驗

	00hr	12hr	24hr	36hr	48hr	60hr	72hr
<b>M01</b>	52.5	105.7	159.2	216.5	280.1	343.9	415.8
<b>M02</b>	48.4	91.3	136.0	193.0	255.3	318.6	397.0
<b>M03</b>	52.0	108.0	162.3	220.7	293.1	372.6	451.9
<b>M04</b>	52.8	98.2	137.8	182.9	235.5	299.5	362.3
<b>M05</b>	50.6	91.1	131.2	174.7	221.5	273.7	328.8
<b>M06</b>	29.1	63.5	93.8	130.8	166.4	212.3	255.5
<b>M07</b>	29.0	65.4	111.6	165.4	228.5	294.3	350.8
<b>M08</b>	20.8	66.5	107.0	151.8	210.5	271.9	340.1
<b>M09</b>	19.3	77.0	127.2	186.4	260.1	342.4	412.9
<b>M10</b>	42.4	79.2	113.9	152.7	191.9	249.7	309.5
<b>M11</b>	38.9	82.2	121.2	170.3	219.8	281.7	338.2
<b>M12</b>	43.0	89.1	130.3	184.5	232.9	301.5	370.3
<b>M13</b>	13.5	66.8	111.5	160.9	214.5	264.3	322.3
<b>M14</b>	27.5	74.5	122.4	179.0	234.8	294.6	367.8
<b>M15</b>	27.9	66.6	99.0	138.3	174.9	224.4	265.5
<b>M18</b>	44.1	54.6	75.2	103.8	139.0	189.6	234.6
<b>M19</b>	91.0	137.1	171.0	204.0	243.1	287.1	345.4
<b>M20</b>	88.8	163.2	190.1	218.3	269.3	332.0	387.7
<b>M22</b>	54.2	70.9	89.6	121.1	160.7	205.6	249.8
<b>Mean</b>	24.9	62.4	97.0	133.8	172.9	217.9	262.7

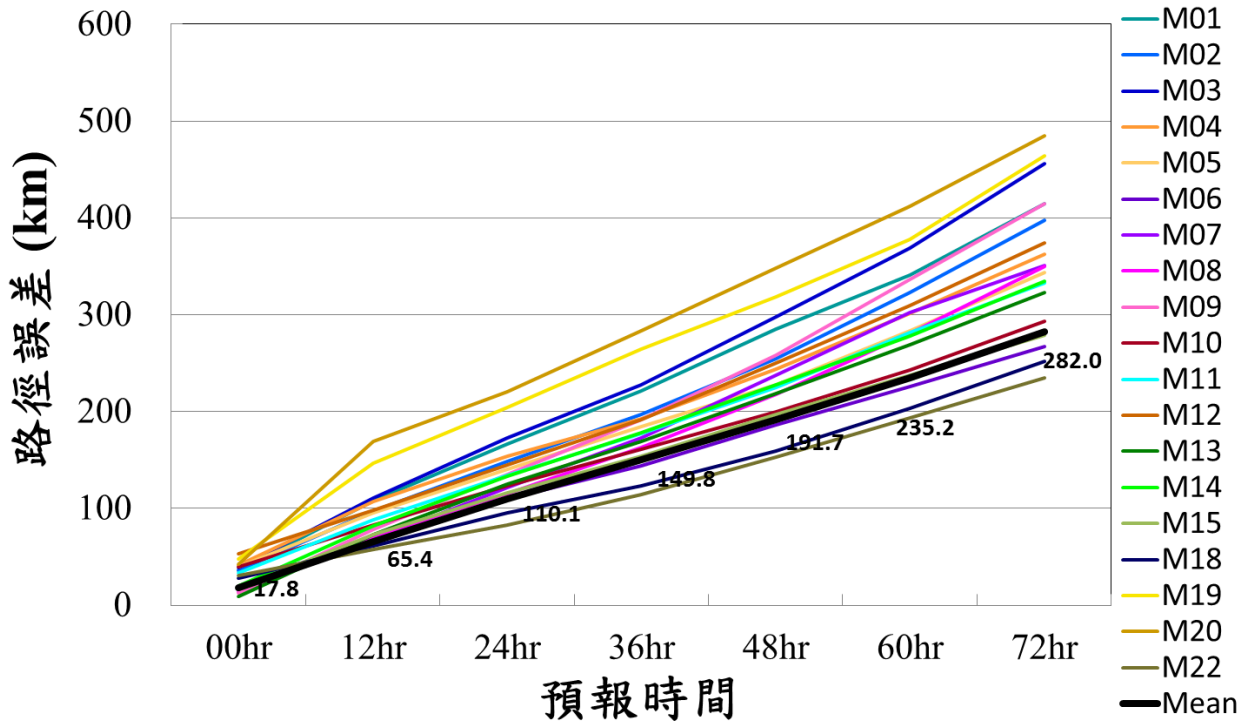


圖 3 全年均質化 d02 路徑校驗

表 5 全年均質化 d02 路徑校驗

	00hr	12hr	24hr	36hr	48hr	60hr	72hr
<b>M01</b>	36.0	108.0	166.3	221.3	285.3	340.9	415.0
<b>M02</b>	36.3	97.6	148.2	197.4	254.9	322.5	397.4
<b>M03</b>	38.4	111.0	172.5	227.5	297.7	369.0	455.8
<b>M04</b>	41.6	107.0	153.9	192.8	243.9	301.8	362.6
<b>M05</b>	39.7	95.1	140.5	184.2	227.2	283.3	343.6
<b>M06</b>	19.0	68.9	110.0	144.0	185.9	225.5	267.3
<b>M07</b>	19.2	67.9	121.2	172.8	237.9	302.1	351.2
<b>M08</b>	13.7	71.3	115.0	163.2	217.8	281.0	350.3
<b>M09</b>	12.5	78.6	134.5	192.0	257.9	336.8	414.6
<b>M10</b>	39.9	82.5	123.2	161.0	200.0	242.8	293.6
<b>M11</b>	33.7	88.3	133.8	176.9	225.3	281.2	332.5
<b>M12</b>	52.8	97.7	144.8	191.9	250.0	309.4	374.0
<b>M13</b>	9.4	73.3	125.0	169.2	218.4	269.2	322.9
<b>M14</b>	19.5	81.5	132.8	178.4	227.2	277.9	334.2
<b>M15</b>	18.4	72.9	116.1	154.1	197.3	237.5	278.5
<b>M18</b>	28.0	60.9	95.0	122.9	159.6	203.4	251.9
<b>M19</b>	48.1	146.5	204.3	264.3	318.1	378.1	464.4
<b>M20</b>	42.7	168.8	220.3	283.1	348.2	412.0	484.9
<b>M22</b>	30.8	57.7	83.0	114.2	152.6	193.1	234.4
<b>Mean</b>	17.8	65.4	110.1	149.8	191.7	235.2	282.0

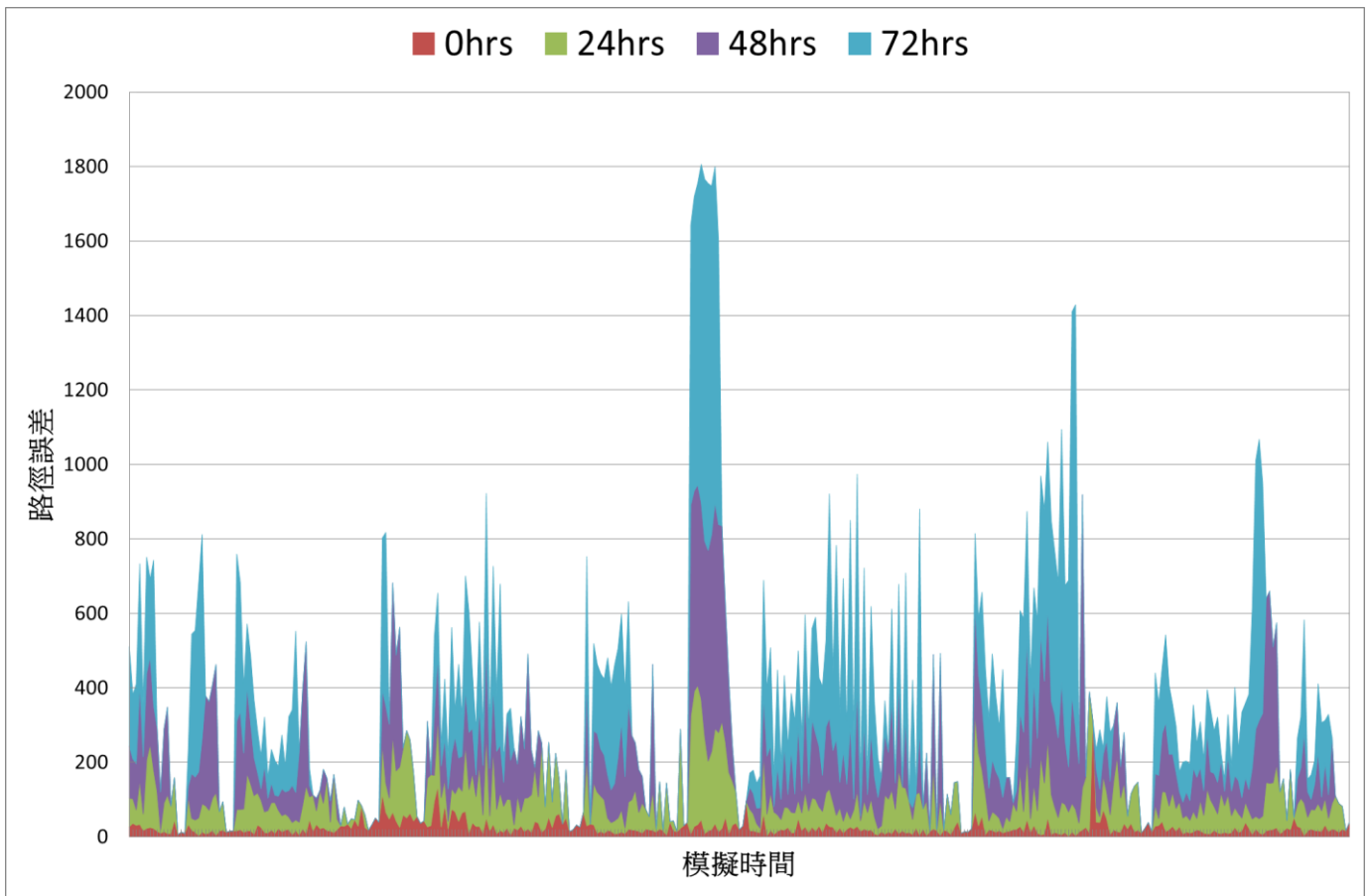


圖 4 全年均質化 d01 路徑誤差隨預報時間變化

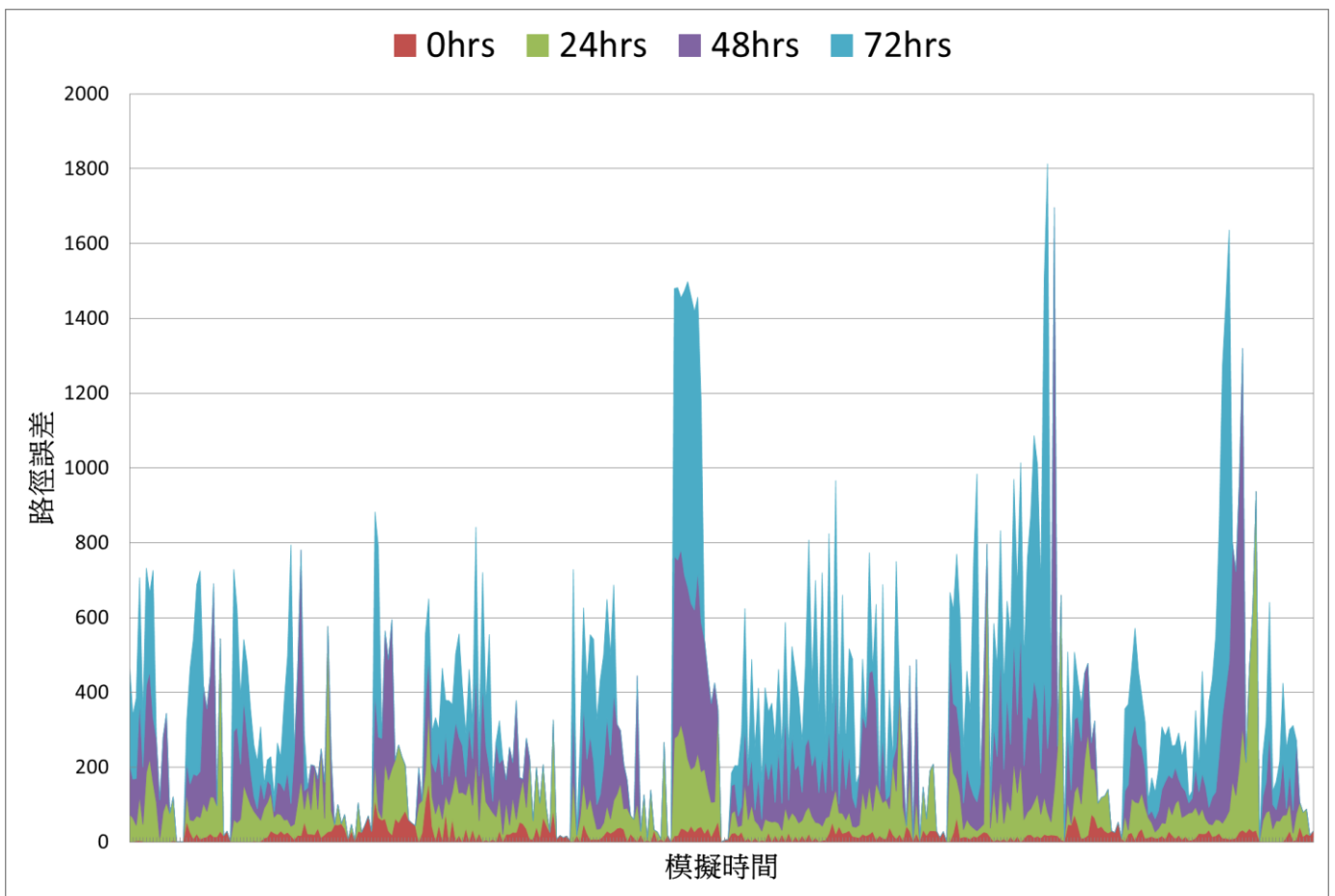


圖 5 全年均質化 d02 路徑誤差隨預報時間變化

## (二) 泰利颱風 (Talim)

泰利颱風生命期自 6 月 17 日至 21 日止，圖 6 為其路徑圖。颱風生成後以東北方向朝臺灣海峽移動，21 日 5 時於彭佳嶼東北方海面減弱為熱帶性低氣壓(參考來源:氣象局網站)，生命期中最大強度為輕度颱風 (25.0 公尺/秒)。中央氣象局對泰利颱風共發布 17 次颱風警報，此颱風在中南部地區降下豪雨，造成嘉義、臺南、高雄及屏東等地區淹水，計有 1 人死亡，農損逾 7 億元(參考來源:氣象局網站)。

系集實驗共有 22 個成員 (M01~M22) 針對泰利颱風進行預報，其中最多共計完成 13 個 dtg 數(表 2)，各成員在颱風影響期間預報之路徑如圖 7 所示。實時系集平均在 d01 的 24、48 及 72 小時路徑誤差分別為 50 公里，52 公里及 45 公里；在 d02 的 24、48 及 72 小時路徑誤差分別為 47 公里，80 公里以及 130 公里。而在全期 d01 颱風路徑誤差最小的為系集平均。d02 颱風路徑誤差在預報 54 小時以前多以系集平均表現較好，而預報 60 小時後則以 M14、M06、M12 和 M18 的表現優於系集平均，其中 M14、M06 和 M12 的誤差更低於 100 公里。

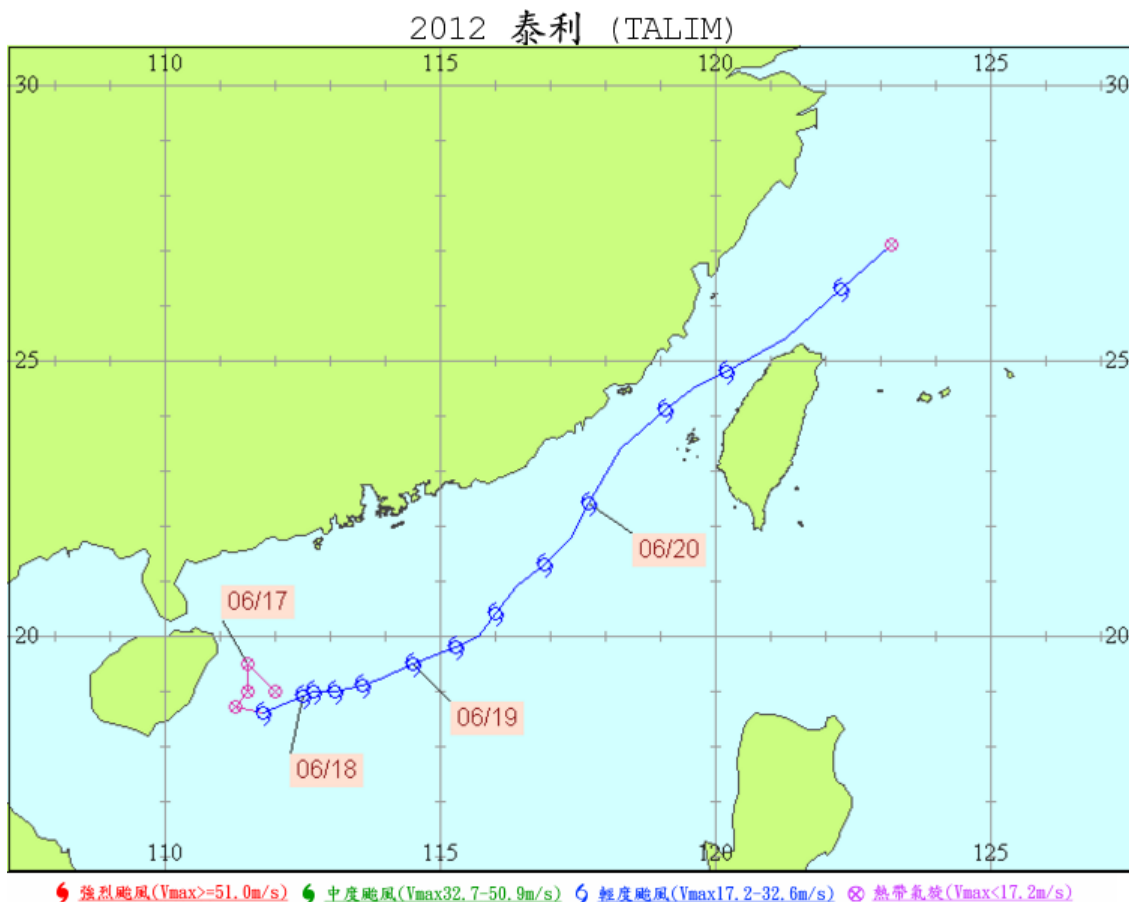


圖 6 泰利颱風路徑圖 (來源：中央氣象局)

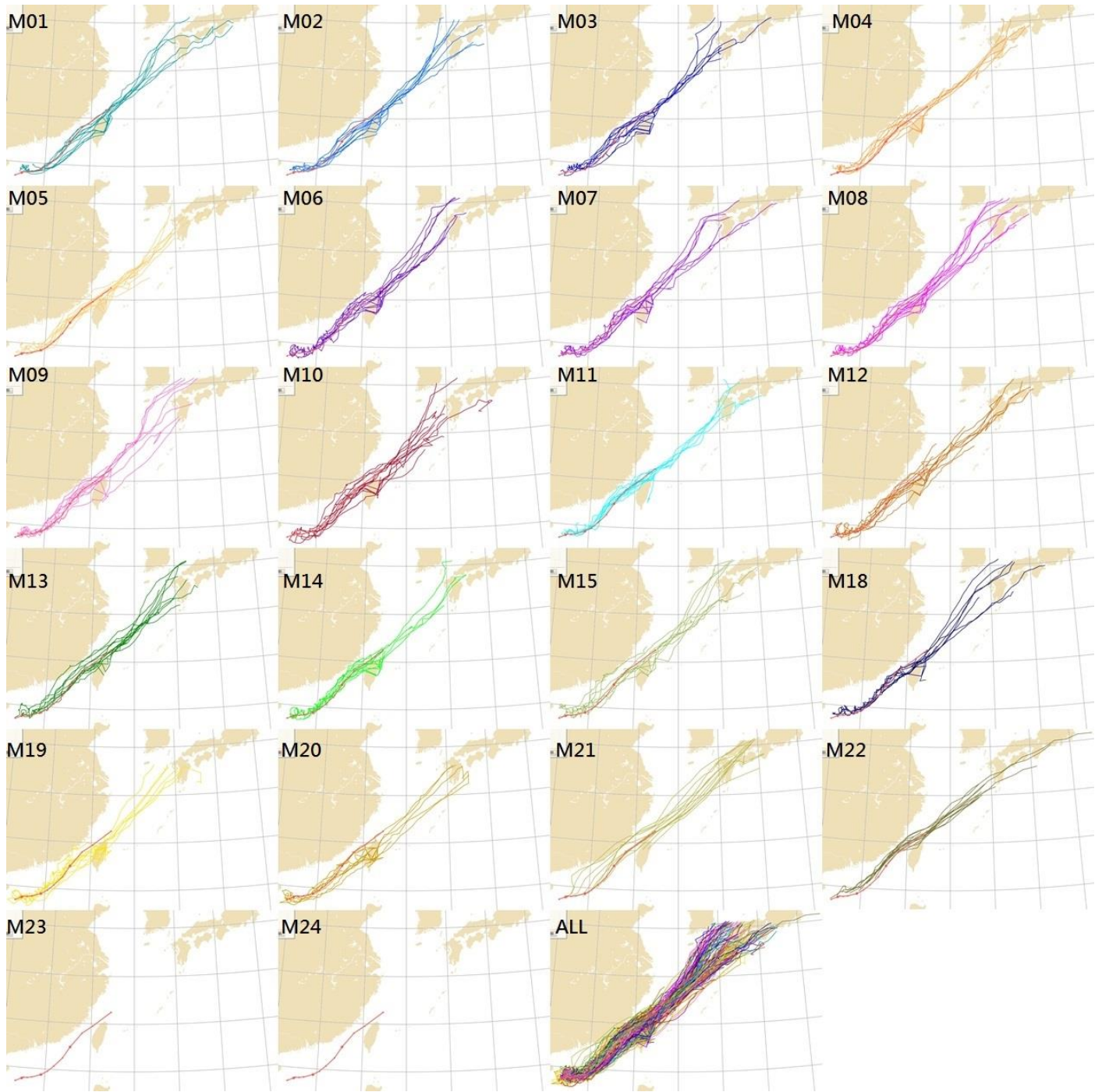


圖 7 泰利颱風系集預報路徑圖(紅色為觀測路徑)

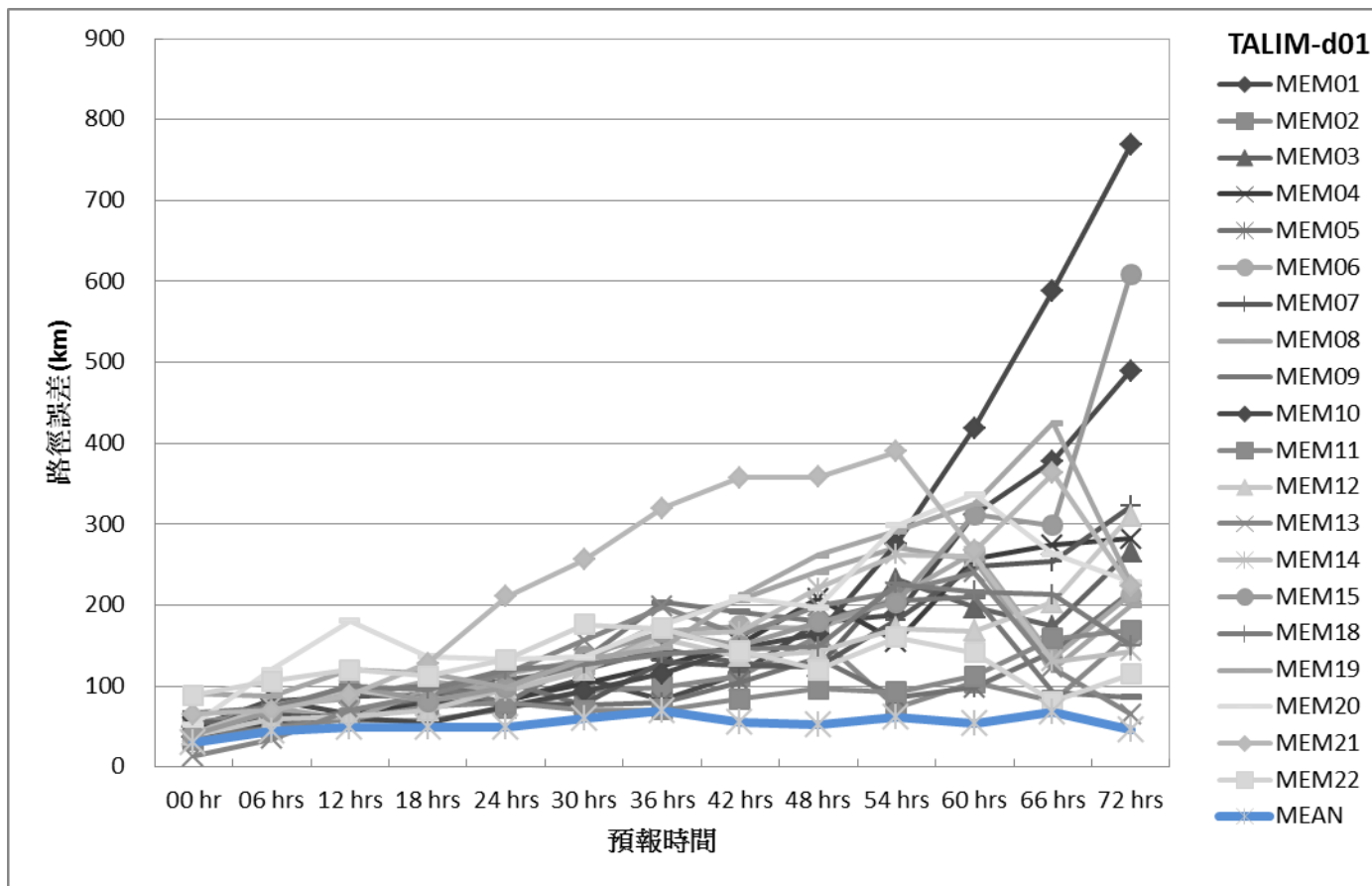


圖 8 泰利颱風 D01 路徑校驗

表 6 泰利颱風 D01 路徑校驗

	00 hr	06 hrs	12 hrs	18 hrs	24 hrs	30 hrs	36 hrs	42 hrs	48 hrs	54 hrs	60 hrs	66 hrs	72 hrs
MEM01	49	83	65	81	81	109	84	115	179	189	312	378	489
MEM02	55	68	58	57	73	94	99	113	162	74	104	82	164
MEM03	55	53	68	91	109	120	145	129	124	232	198	174	266
MEM04	48	50	68	75	84	103	125	152	208	155	257	274	282
MEM05	40	48	70	86	105	77	80	105	134	86	98	143	216
MEM06	39	77	84	106	95	120	167	174	171	210	266	134	213
MEM07	38	81	88	88	76	79	131	125	124	181	248	254	322
MEM08	38	73	59	96	115	132	178	207	241	272	255	120	199
MEM09	39	74	94	101	80	133	204	192	180	205	210	92	86
MEM10	36	64	61	55	75	93	116	147	164	276	418	588	768
MEM11	33	48	60	76	79	70	70	84	96	93	112	159	169
MEM12	39	59	62	70	97	120	158	137	143	171	168	203	310
MEM13	13	34	71	88	115	156	198	163	199	216	240	122	65
MEM14	42	74	95	83	93	119	164	167	220	263	260	130	143
MEM15	40	68	101	81	98	138	165	150	179	203	312	299	609
MEM18	68	74	101	96	120	127	140	146	148	226	217	213	150
MEM19	91	88	120	116	98	134	147	212	262	292	325	425	227
MEM20	53	120	180	137	133	136	176	209	197	299	337	263	229
MEM21	65	70	88	128	210	256	320	357	358	390	267	363	223
MEM22	89	106	120	112	133	176	171	144	120	161	142	81	114
MEAN	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>49</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>69</b>	<b>56</b>	<b>52</b>	<b>61</b>	<b>54</b>	<b>68</b>	<b>45</b>



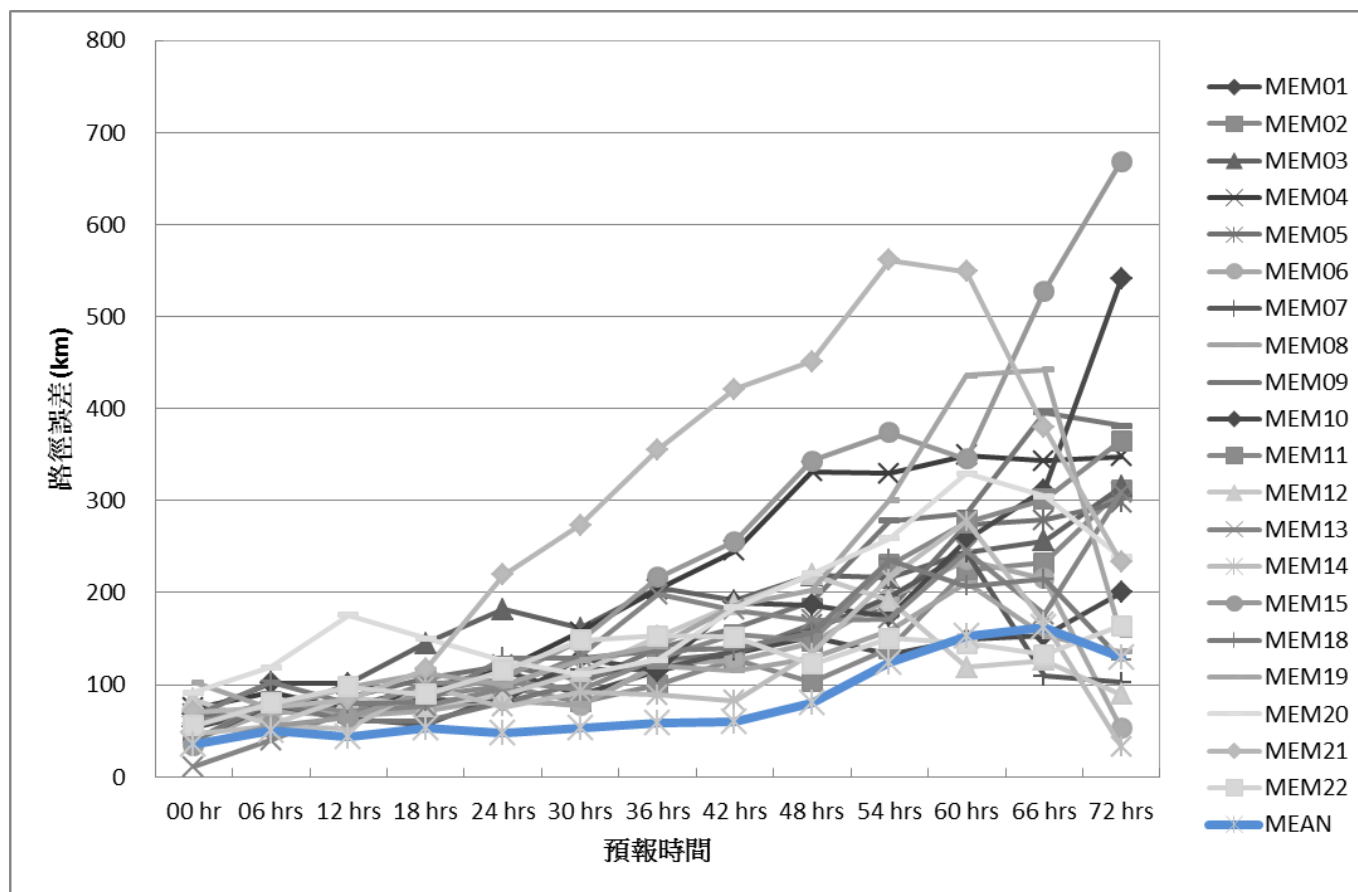


圖 9 泰利颱風 D02 路徑校驗

表 7 泰利颱風 D02 路徑校驗

	00 hr	06 hrs	12 hrs	18 hrs	24 hrs	30 hrs	36 hrs	42 hrs	48 hrs	54 hrs	60 hrs	66 hrs	72 hrs
MEM01	54	72	77	97	115	90	114	134	153	133	149	153	200
MEM02	64	79	70	88	99	81	100	128	103	139	225	232	312
MEM03	60	66	101	145	182	161	206	192	219	216	243	257	315
MEM04	75	92	73	97	116	157	203	245	331	329	349	343	348
MEM05	67	67	87	107	121	106	126	134	166	183	273	279	298
MEM06	40	72	66	71	85	77	124	127	146	194	236	216	52
MEM07	40	79	63	57	89	116	116	137	159	196	243	109	103
MEM08	39	82	65	77	82	78	121	116	129	159	210	153	136
MEM09	40	81	61	61	81	102	140	161	191	278	286	396	382
MEM10	69	102	101	83	82	129	115	189	186	174	257	312	541
MEM11	56	82	72	101	104	94	129	154	147	230	276	301	365
MEM12	84	57	86	76	89	114	152	188	219	191	119	126	90
MEM13	11	40	72	77	96	131	198	181	170	171	245	176	309
MEM14	47	54	52	99	76	92	89	83	134	217	277	168	33
MEM15	34	56	65	91	107	148	216	256	343	374	345	528	668
MEM18	66	103	79	81	129	128	137	139	156	236	207	215	127
MEM19	102	75	97	113	100	126	142	186	202	301	436	443	154
MEM20	91	119	176	150	127	111	127	184	221	259	329	305	238
MEM21	70	76	84	117	220	273	356	421	451	561	549	379	233
MEM22	55	80	98	89	116	148	153	152	122	151	145	133	164
MEAN	36	50	44	53	47	53	58	60	80	124	152	162	130

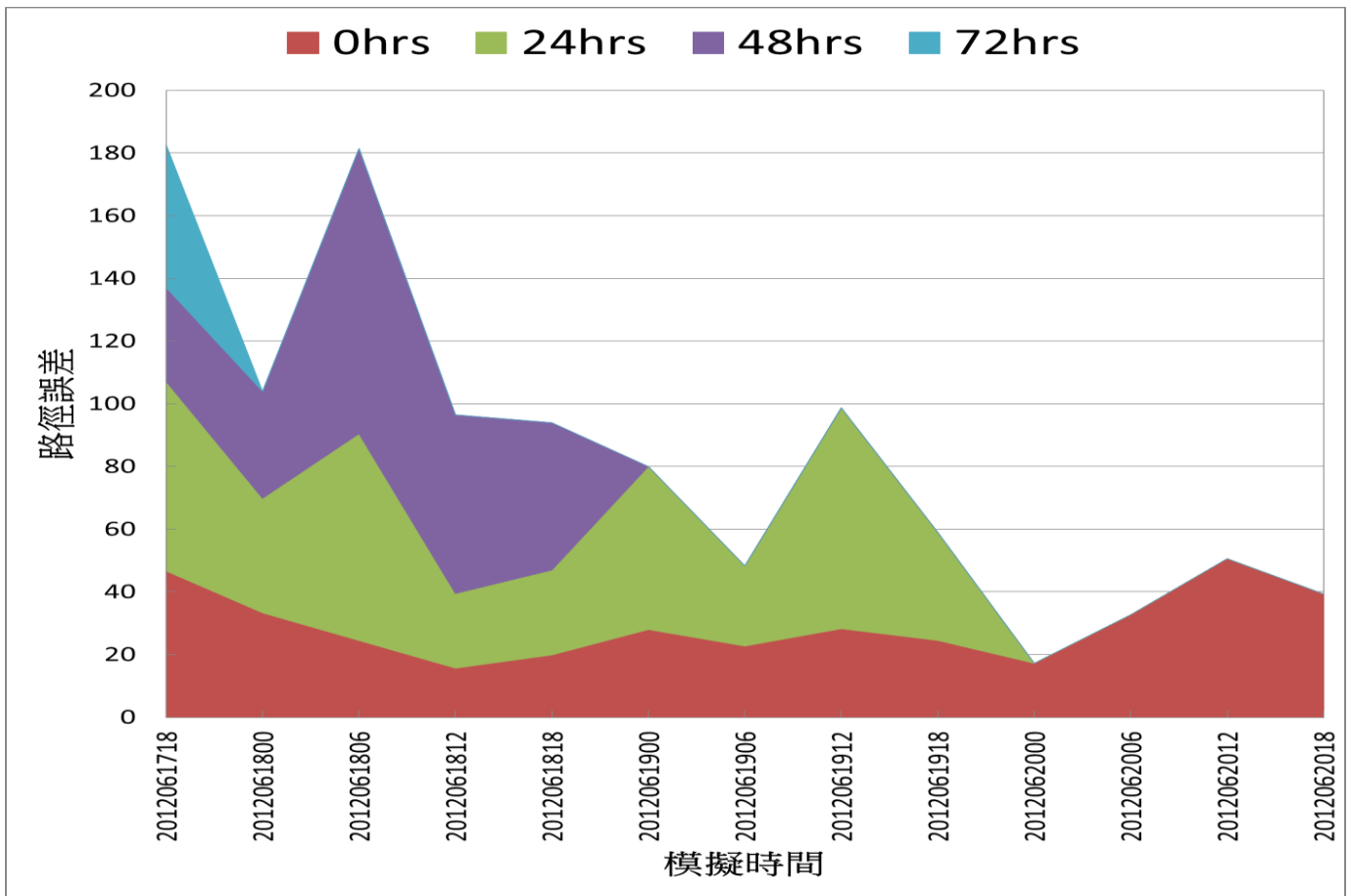


圖 10 泰利颱風 D01 路徑誤差隨預報時間變化

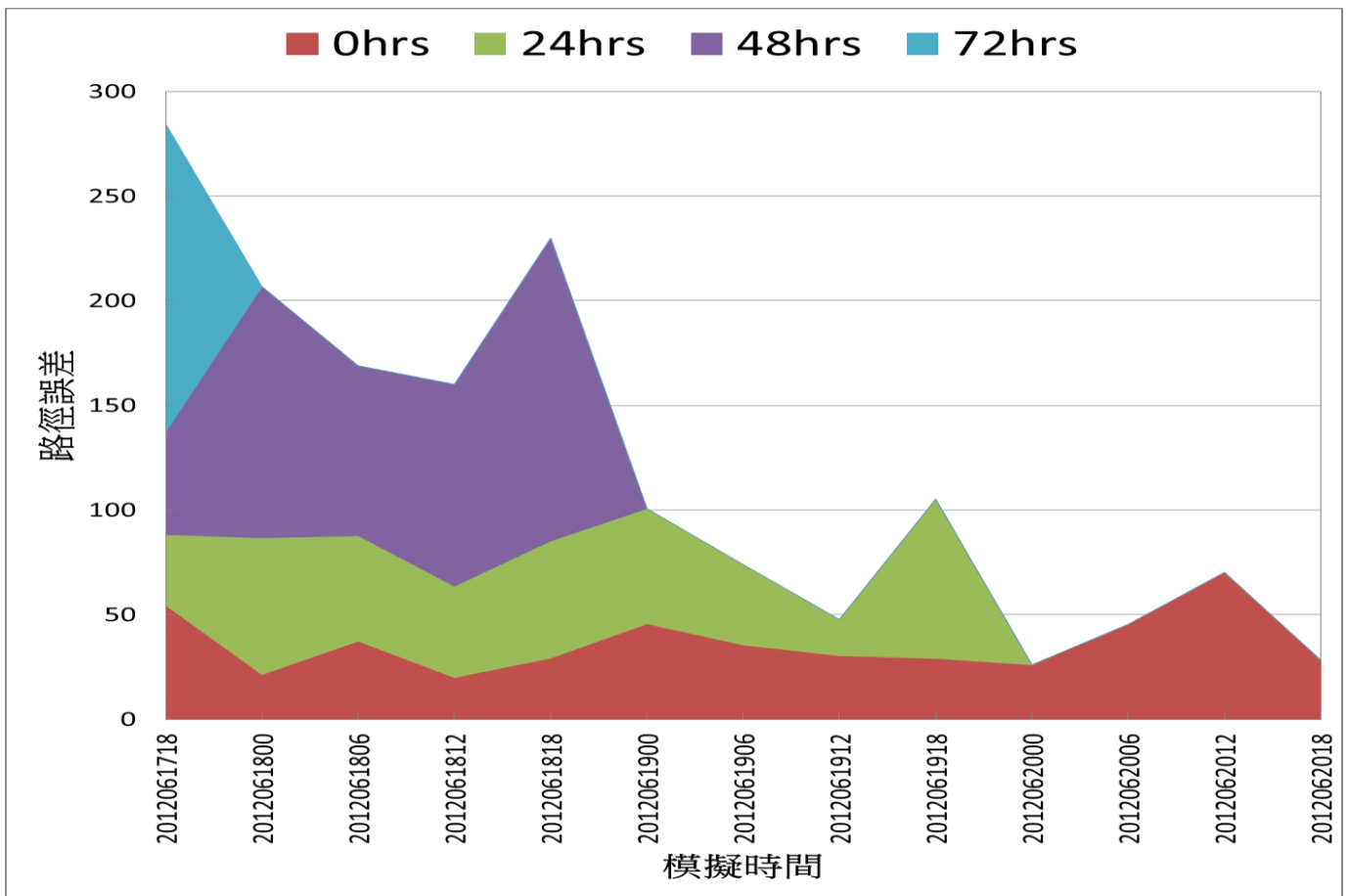


圖 11 泰利颱風 D02 路徑誤差隨預報時間變化

### (三) 蘇拉颱風 (Saola)

蘇拉颱風生命期為 7 月 28 日至 8 月 3 日，圖 12 為其路徑圖，颱風生成後以北北西方向移動，2 日 3 時 20 分於花蓮秀林鄉附近登陸，之後呈打轉現象，2 日 14 時左右掠過臺灣東北角進入北部海面，3 日 6 時左右於馬祖北方進入福建 (參考來源:氣象局網站)，生命期中最大強度為中度颱風 (38.0 公尺/秒)。中央氣象局對蘇拉颱風共發布 31 次颱風警報。蘇拉颱風降下豪雨，造成多處地區發生土石流、淹水、道路中斷等災情，計有 7 人死亡，農損逾 12 億元。(參考來源:氣象局網站)。

系集實驗成員中最多共計完成 26 個 dtg 數(表 2)，各成員在颱風影響期間預報之路徑如圖 13 所示。實時系集平均在 d01 的 24、48 及 72 小時路徑誤差分別為 104 公里、147 公里及 183 公里；在 d02 的 24、48 及 72 小時路徑誤差分別為 113 公里、140 公里及 172 公里。分析各系集成員 24、48 及 72 小時路徑誤差隨 dtg 的變化發現(圖 16)，在蘇拉颱風由熱帶氣旋增強為輕度颱風時的路徑誤差較其他時期來得大。就蘇拉颱風全期模擬結果而言，以 M18、M04 及 M15 表現較好。

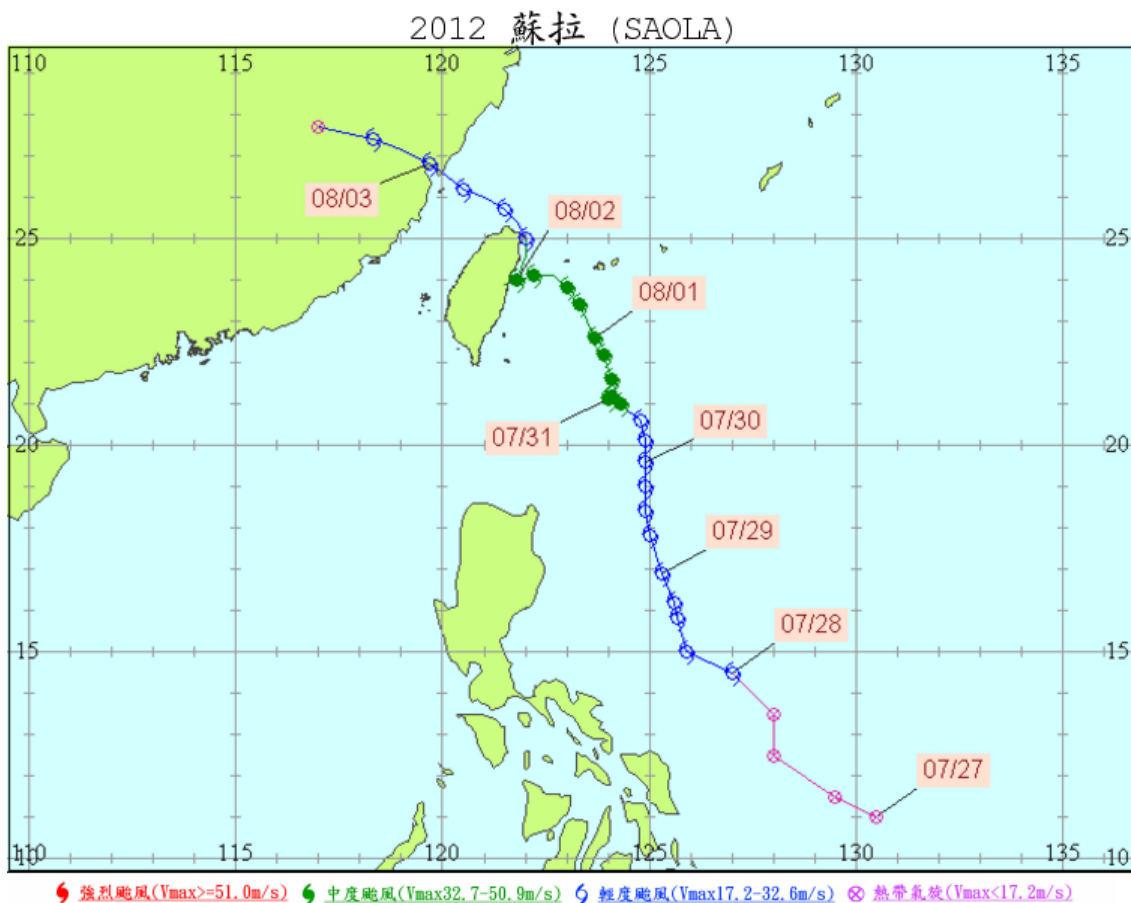


圖 12 蘇拉颱風路徑圖 (來源：中央氣象局)

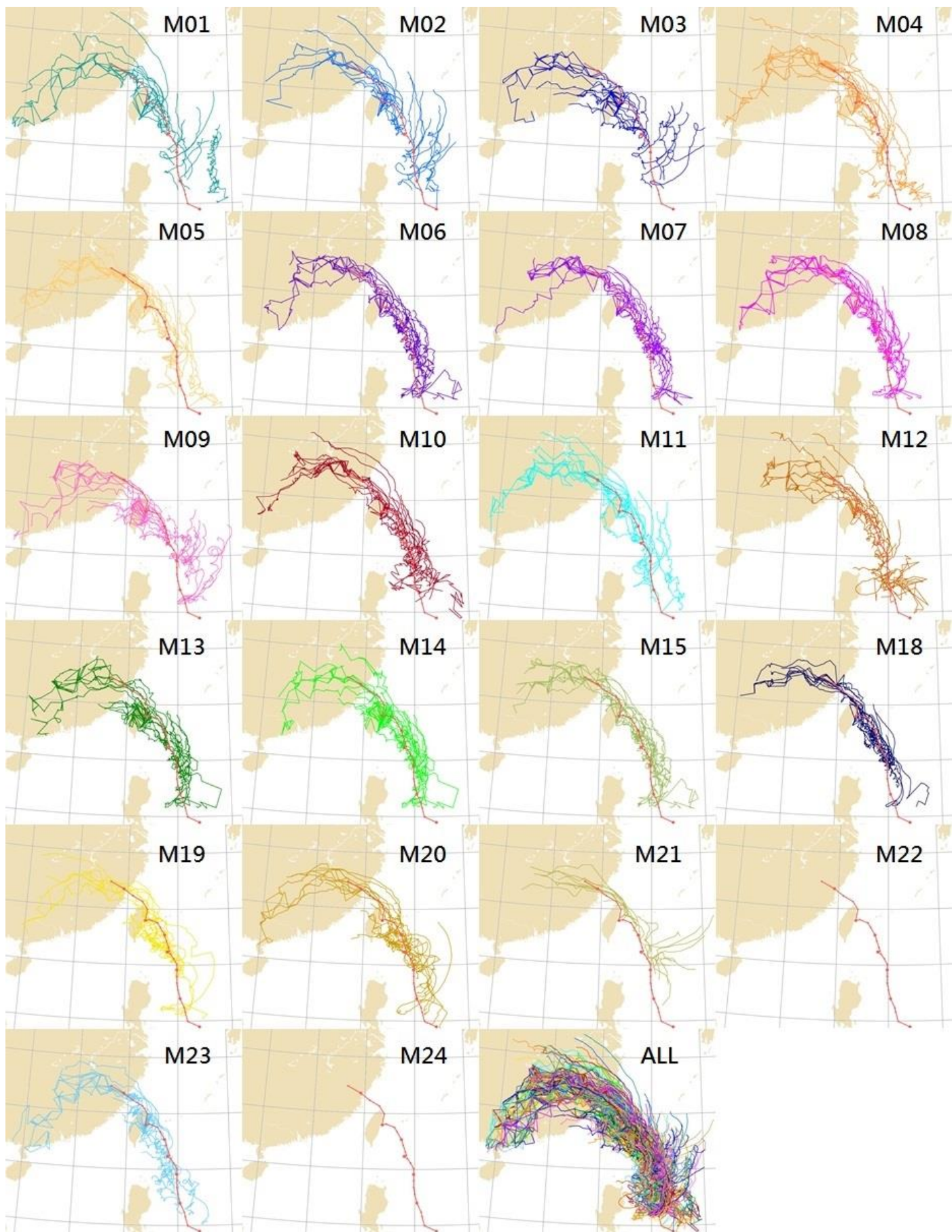


圖 13 蘇拉颱風系集預報路徑圖(紅色為觀測路徑)

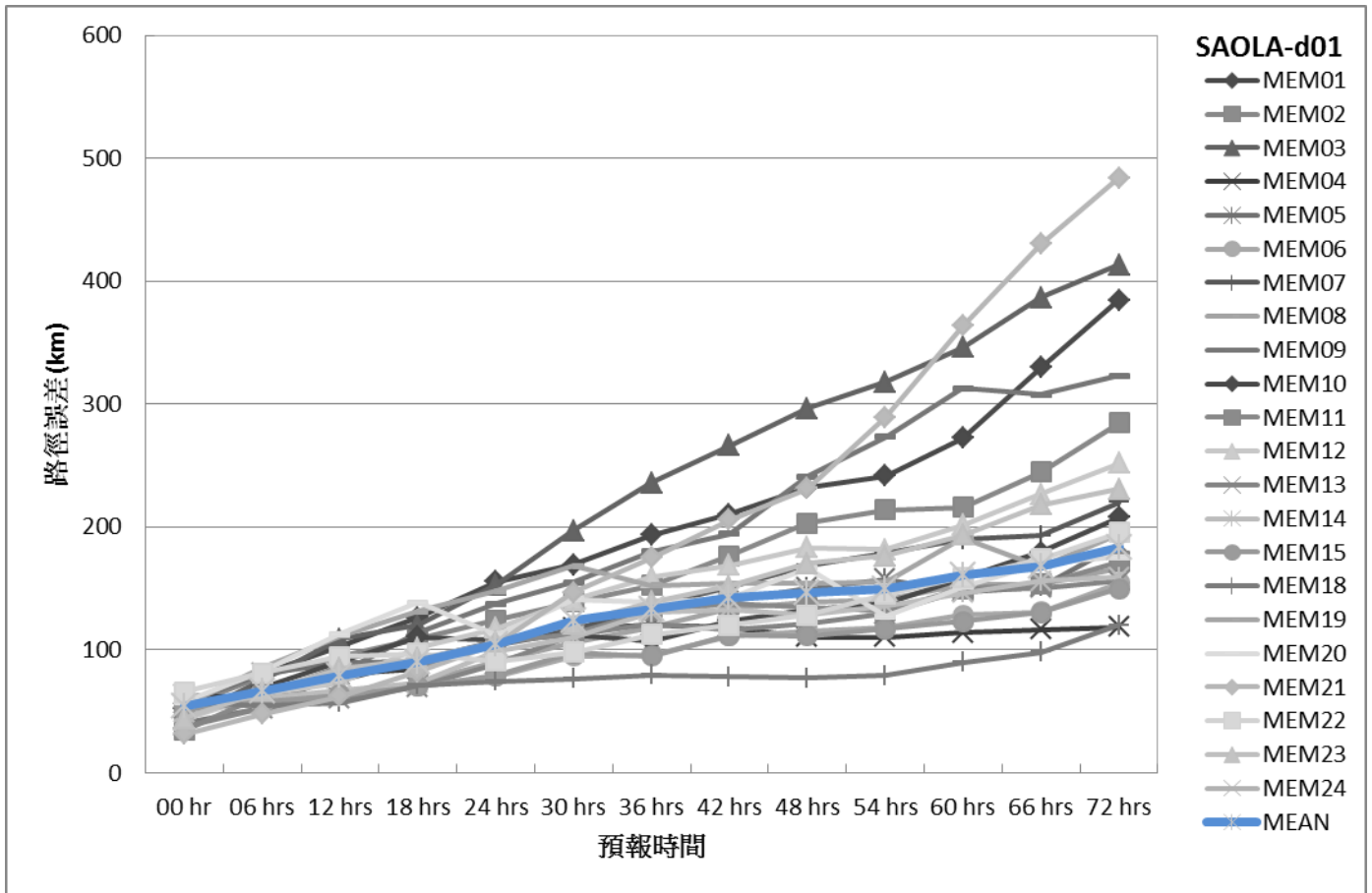


圖 14 蘇拉颱風 D01 路徑校驗

表 8 蘇拉颱風 D01 路徑校驗

	00 hr	06 hrs	12 hrs	18 hrs	24 hrs	30 hrs	36 hrs	42 hrs	48 hrs	54 hrs	60 hrs	66 hrs	72 hrs
MEM01	52	80	103	126	155	169	193	210	232	241	272	330	384
MEM02	53	78	94	108	124	139	152	176	203	214	216	244	285
MEM03	44	75	109	120	153	197	236	266	296	318	346	387	413
MEM04	63	61	80	85	107	118	120	118	110	110	114	116	119
MEM05	56	81	90	91	104	115	133	139	150	157	147	151	185
MEM06	51	57	63	70	79	95	96	111	115	118	128	131	154
MEM07	51	62	75	91	107	117	135	151	168	179	190	192	220
MEM08	51	56	63	73	90	106	118	133	138	140	153	153	166
MEM09	40	52	81	114	138	155	180	194	241	273	313	308	323
MEM10	45	69	91	110	108	112	107	123	133	137	159	180	208
MEM11	35	63	86	86	105	113	132	137	134	132	150	153	172
MEM12	43	64	73	102	117	140	159	169	183	181	202	227	251
MEM13	37	52	60	69	88	112	121	116	122	129	149	150	156
MEM14	49	60	67	73	98	110	130	133	128	136	146	156	159
MEM15	51	57	63	70	79	97	95	112	111	117	123	130	150
MEM18	56	54	57	71	74	76	79	78	77	79	90	98	120
MEM19	54	85	111	131	148	168	152	154	154	156	190	167	194
MEM20	58	82	113	138	112	141	139	142	167	127	151	170	175
MEM21	31	48	62	82	105	147	175	206	231	289	363	430	484
MEM22	66	81	94	97	91	98	112	120	128	145	159	174	195
MEM23	44	66	84	93	106	121	139	152	170	176	193	218	231
MEAN	<b>54</b>	<b>66</b>	<b>79</b>	<b>90</b>	<b>104</b>	<b>123</b>	<b>133</b>	<b>143</b>	<b>147</b>	<b>149</b>	<b>160</b>	<b>168</b>	<b>183</b>

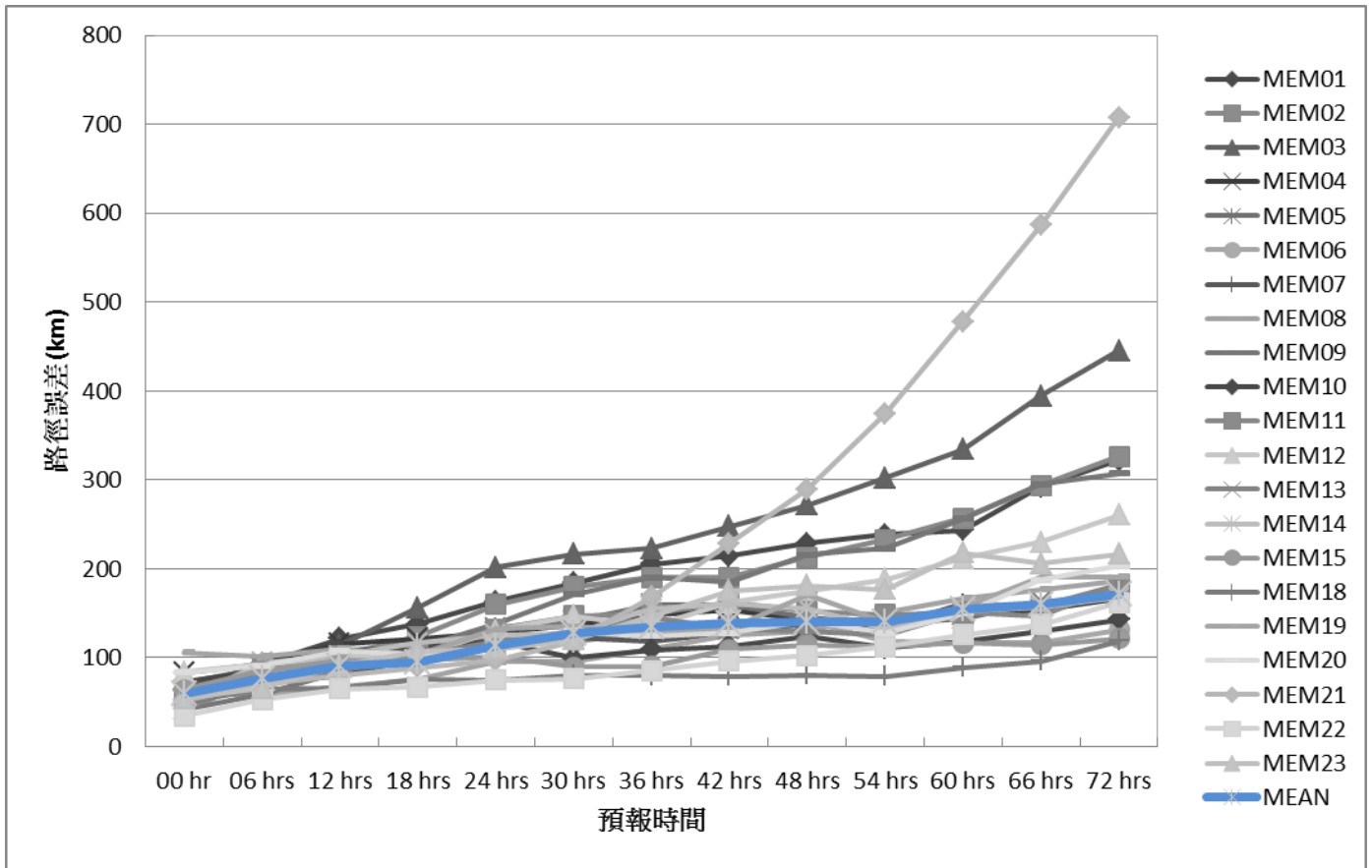


圖 15 蘇拉颱風 D02 路徑校驗

表 9 蘇拉颱風 D02 路徑校驗

	00 hr	06 hrs	12 hrs	18 hrs	24 hrs	30 hrs	36 hrs	42 hrs	48 hrs	54 hrs	60 hrs	66 hrs	72 hrs
MEM01	64	93	121	138	163	184	205	214	229	238	243	292	322
MEM02	57	84	103	124	160	179	190	191	213	232	257	294	327
MEM03	59	81	113	156	201	216	223	248	272	302	334	394	446
MEM04	83	92	116	121	129	136	148	154	143	139	147	154	167
MEM05	72	88	101	102	133	141	160	159	145	138	143	162	167
MEM06	62	84	97	103	120	117	132	137	141	118	117	116	131
MEM07	62	70	80	100	123	123	118	128	138	134	160	156	172
MEM08	62	57	68	76	95	96	110	125	129	150	167	177	186
MEM09	42	59	84	112	139	171	190	184	216	223	256	295	307
MEM10	72	85	108	111	118	100	108	113	123	110	118	130	143
MEM11	48	87	102	105	132	147	150	162	152	148	151	147	182
MEM12	84	93	100	101	131	147	135	161	175	188	212	230	260
MEM13	41	76	86	102	118	129	145	132	130	126	151	157	182
MEM14	52	94	102	116	126	126	154	160	156	133	152	156	167
MEM15	64	86	97	96	101	90	90	109	114	112	117	115	121
MEM18	50	64	66	76	75	80	80	79	80	79	89	96	118
MEM19	106	101	110	103	132	135	128	133	171	139	157	190	191
MEM20	83	91	108	105	111	130	124	128	140	128	149	188	203
MEM21	52	69	80	89	97	118	168	229	289	375	478	586	708
MEM22	34	53	65	67	75	76	85	96	102	112	126	137	162
MEM23	54	66	91	107	110	120	147	175	181	177	218	206	216
MEAN	<b>60</b>	<b>77</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>113</b>	<b>128</b>	<b>135</b>	<b>138</b>	<b>140</b>	<b>141</b>	<b>154</b>	<b>161</b>	<b>172</b>

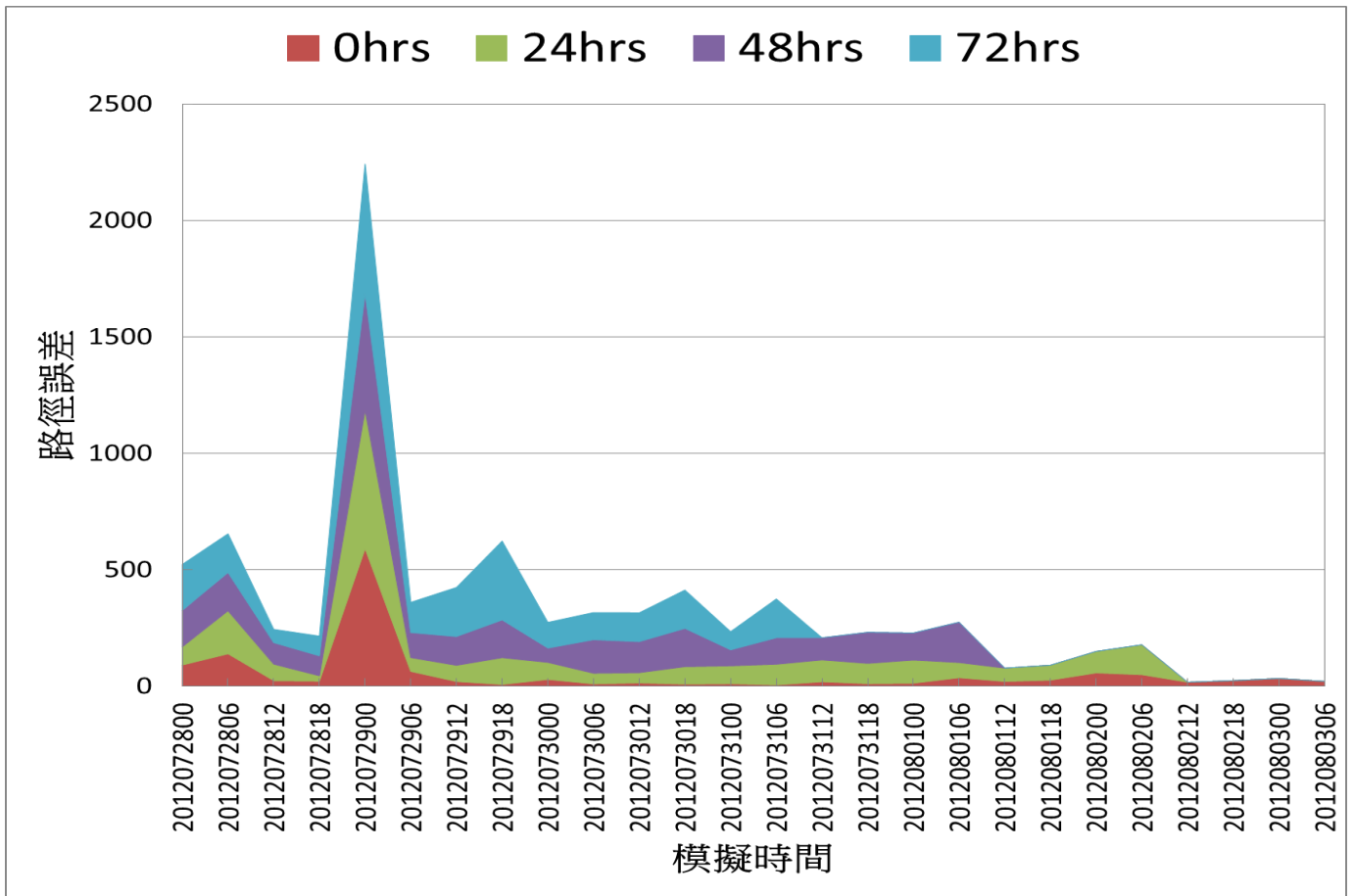


圖 16 蘇拉颱風 D01 路徑誤差隨預報時間變化

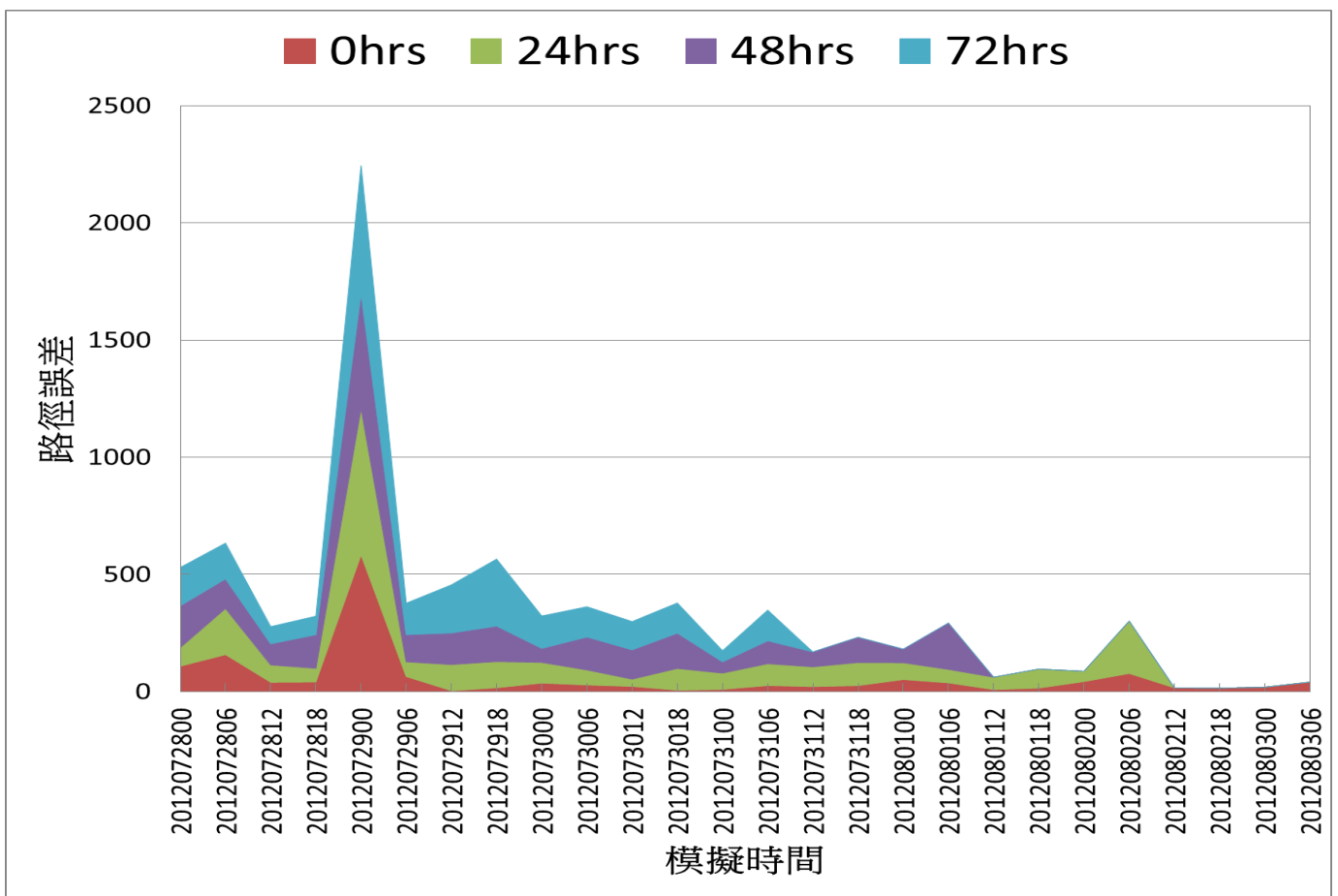


圖 17 蘇拉颱風 D02 路徑誤差隨預報時間變化

#### (四) 天秤颱風 (Tembin)

天秤颱風生命期為 8 月 19 日至 8 月 30 日，圖 18 為其路徑圖，颱風形成後向北行進，至鵝鑾鼻東方海面後向北北西轉西方向移動，至臺東東方近海轉西南西撲向恆春半島，24 日 5 時於屏東牡丹鄉附近登陸，穿越恆春半島後向西南西方向離去(參考來源:氣象局網站)。25 日解除警報後續以西南西轉向偏南方向移動，26 日晚間至 27 日凌晨因颱風向東轉東北東方向移動，28 日凌晨通過鵝鑾鼻南方近海後朝東北轉北北東方向遠離臺灣。生命期中最大強度為中度颱風 (45.0 公尺/秒) (參考來源:氣象局網站)。中央氣象局對此颱風共發布 54 次颱風警報。

系集實驗成員中最多共計完成 26 個 dtg 數(表 2)，各成員在颱風影響期間預報之路徑如圖 19 所示。實時系集平均在 d01 的 24、48 及 72 小時路徑誤差分別為 73 公里，151 公里及 268 公里；在 d02 的 24、48 及 72 小時路徑誤差分別為 67 公里，138 公里及 242 公里。而在天秤颱風全期，以 M18 及 M22 的表現較為傑出。路徑預報在颱風轉向期間有較大的不確定性，透過圖 22 及圖 23 的結果亦顯示，在天秤颱風轉向期間的 24、48 及 72 小時路徑誤差都較其他時段為大。

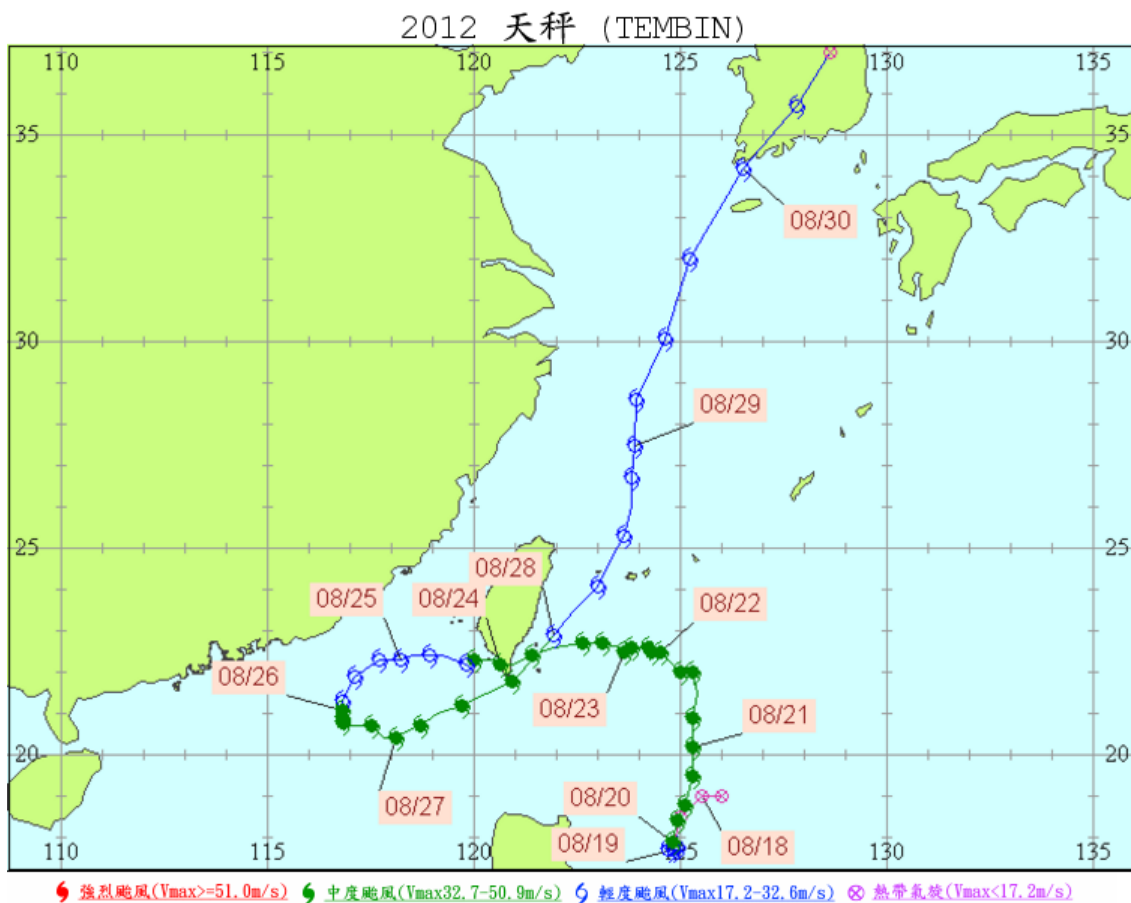


圖 18 天秤颱風路徑圖 (來源：中央氣象局)





圖 19 天秤颱風系集預報路徑圖(紅色為觀測路徑)

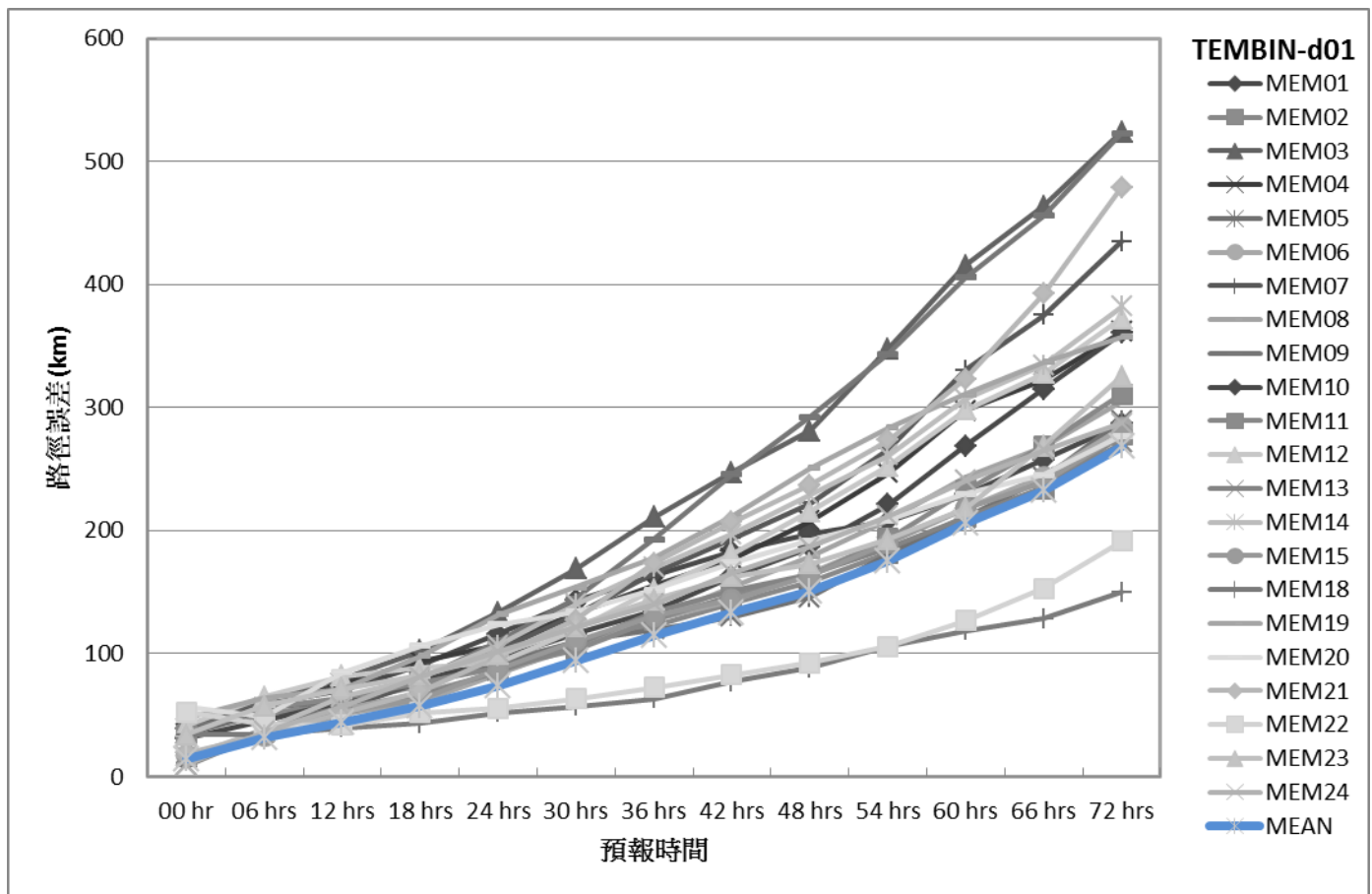


圖 20 天秤颱風 D01 路徑校驗

表 10 天秤颱風 D01 路徑校驗

	00 hr	06 hrs	12 hrs	18 hrs	24 hrs	30 hrs	36 hrs	42 hrs	48 hrs	54 hrs	60 hrs	66 hrs	72 hrs
MEM01	39	59	70	90	116	143	163	183	197	207	229	258	286
MEM02	35	51	60	74	93	109	122	141	158	181	212	234	277
MEM03	40	62	79	102	133	169	210	247	281	347	415	463	524
MEM04	35	55	76	94	106	133	155	177	207	247	298	322	361
MEM05	39	55	62	77	91	110	120	129	145	181	210	243	289
MEM06	17	32	51	61	83	107	127	143	165	192	218	244	284
MEM07	17	34	55	77	103	131	165	193	222	266	330	375	435
MEM08	10	36	55	68	85	105	128	154	179	208	243	268	305
MEM09	10	39	60	79	110	145	193	246	292	344	405	456	523
MEM10	31	45	61	79	95	116	134	163	186	221	269	315	360
MEM11	34	55	64	76	88	103	127	147	163	193	232	268	311
MEM12	41	65	82	88	93	119	151	181	215	252	298	328	372
MEM13	9	35	52	66	85	107	133	151	164	186	210	235	271
MEM14	16	38	65	80	106	140	169	197	228	261	307	334	382
MEM15	17	34	52	63	87	110	130	144	163	190	218	239	278
MEM18	34	34	39	43	52	57	63	77	88	106	118	128	150
MEM19	47	63	71	98	132	154	178	211	251	284	311	337	357
MEM20	56	48	84	106	123	134	152	174	192	208	230	245	277
MEM21	19	34	51	69	98	127	173	207	237	273	323	392	479
MEM22	52	42	41	52	56	63	72	82	92	106	126	153	191
MEM23	34	57	71	83	99	122	143	163	173	193	218	268	325
MEM24	9	36	57	81	102	121	140	166	186	212	241	265	287
MEAN	<b>14</b>	<b>31</b>	<b>43</b>	<b>57</b>	<b>73</b>	<b>94</b>	<b>114</b>	<b>133</b>	<b>151</b>	<b>175</b>	<b>206</b>	<b>233</b>	<b>268</b>

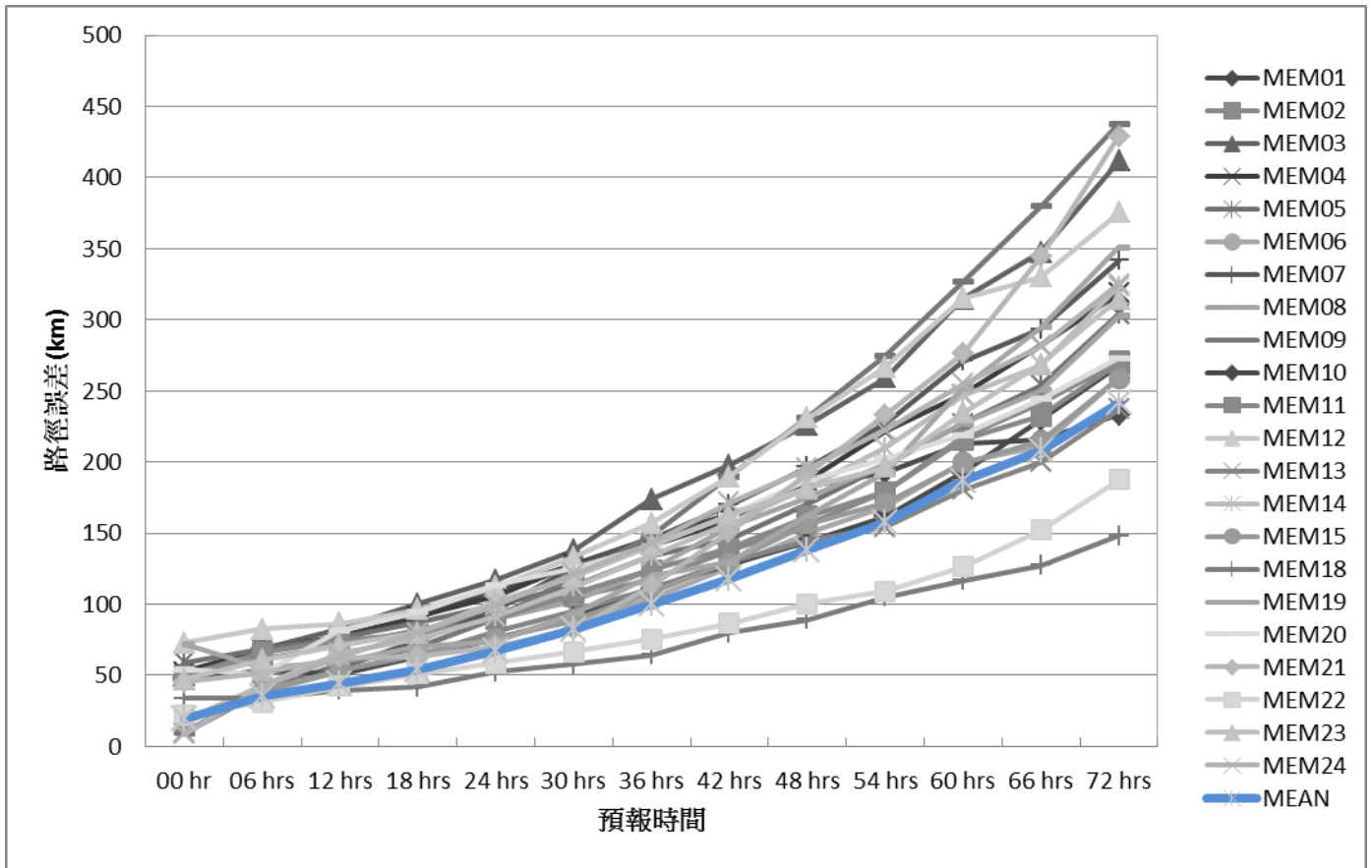


圖 21 天秤颱風 D02 路徑校驗

表 11 天秤颱風 D02 路徑校驗

	00 hr	06 hrs	12 hrs	18 hrs	24 hrs	30 hrs	36 hrs	42 hrs	48 hrs	54 hrs	60 hrs	66 hrs	72 hrs
MEM01	49	69	76	91	110	128	147	163	183	192	213	216	233
MEM02	50	61	71	82	94	105	117	138	157	179	217	241	271
MEM03	49	69	82	100	117	138	174	198	226	260	315	348	412
MEM04	53	69	78	91	106	128	142	159	187	221	247	282	318
MEM05	59	68	76	87	100	113	134	145	171	198	227	254	304
MEM06	17	38	52	65	77	88	104	126	150	169	200	212	259
MEM07	17	39	55	75	96	126	146	170	197	228	271	293	342
MEM08	9	39	58	70	90	102	124	155	175	199	227	250	303
MEM09	9	39	58	70	91	119	148	190	232	275	327	380	438
MEM10	47	53	51	63	76	90	111	128	144	162	192	229	268
MEM11	50	66	75	79	90	108	124	139	162	179	216	232	270
MEM12	73	83	87	96	112	133	157	190	231	267	315	330	375
MEM13	10	39	53	64	81	95	112	130	145	154	180	200	237
MEM14	18	43	66	75	91	112	134	157	182	210	247	268	323
MEM15	17	39	53	65	76	89	108	130	156	171	199	215	259
MEM18	34	34	40	42	52	58	64	80	89	105	117	127	148
MEM19	72	55	60	70	74	94	120	129	162	193	252	295	351
MEM20	54	51	81	94	113	125	141	162	187	202	219	244	273
MEM21	45	52	63	64	71	82	113	151	192	233	276	344	429
MEM22	22	31	42	51	59	66	76	86	100	109	126	152	187
MEM23	47	61	71	80	102	119	142	163	182	196	234	268	315
MEM24	8	42	63	80	100	121	143	172	196	222	255	281	325
MEAN	<b>19</b>	<b>36</b>	<b>45</b>	<b>54</b>	<b>67</b>	<b>83</b>	<b>100</b>	<b>118</b>	<b>138</b>	<b>157</b>	<b>187</b>	<b>208</b>	<b>242</b>

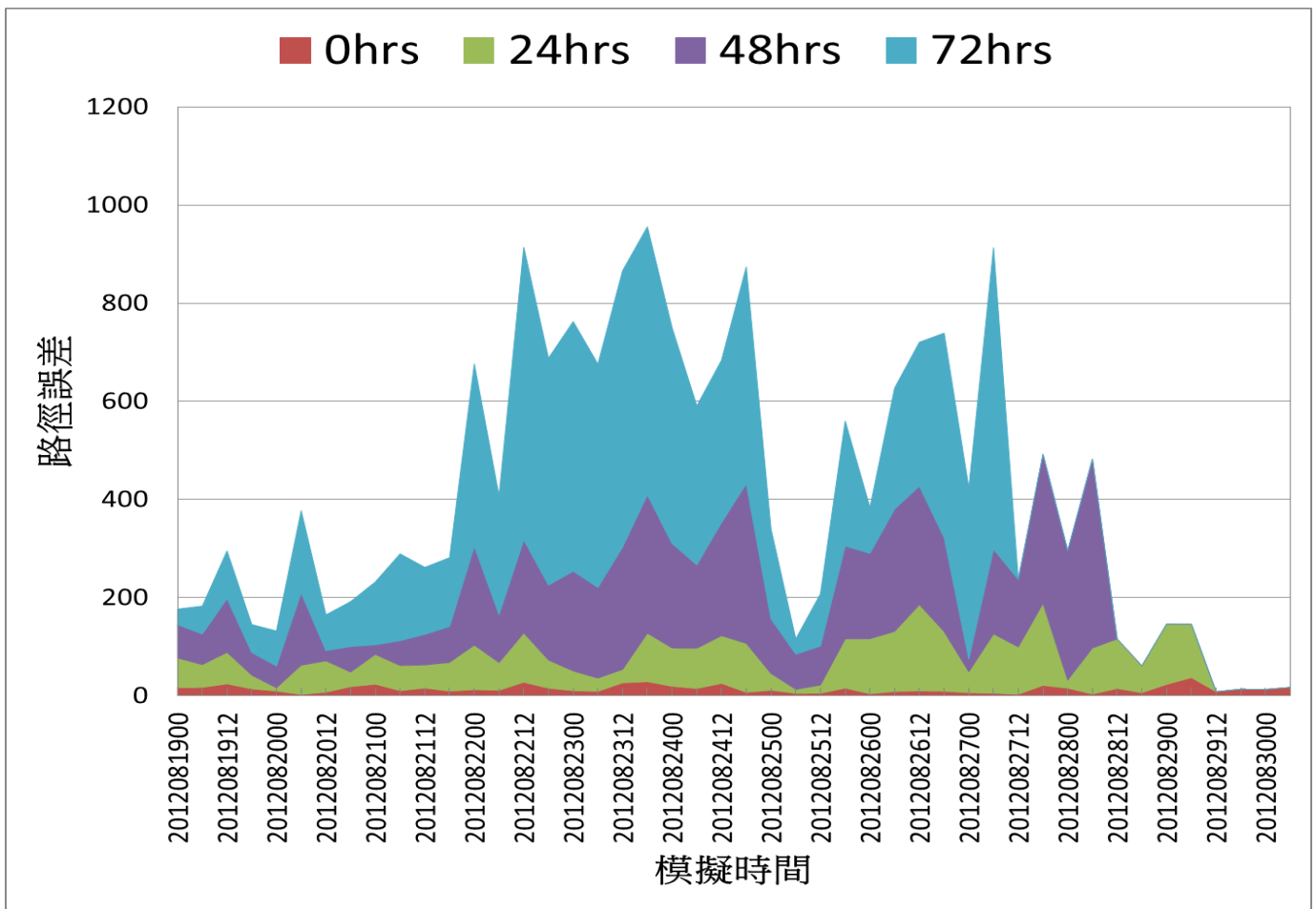


圖 22 天秤颱風 D01 路徑誤差隨預報時間變化

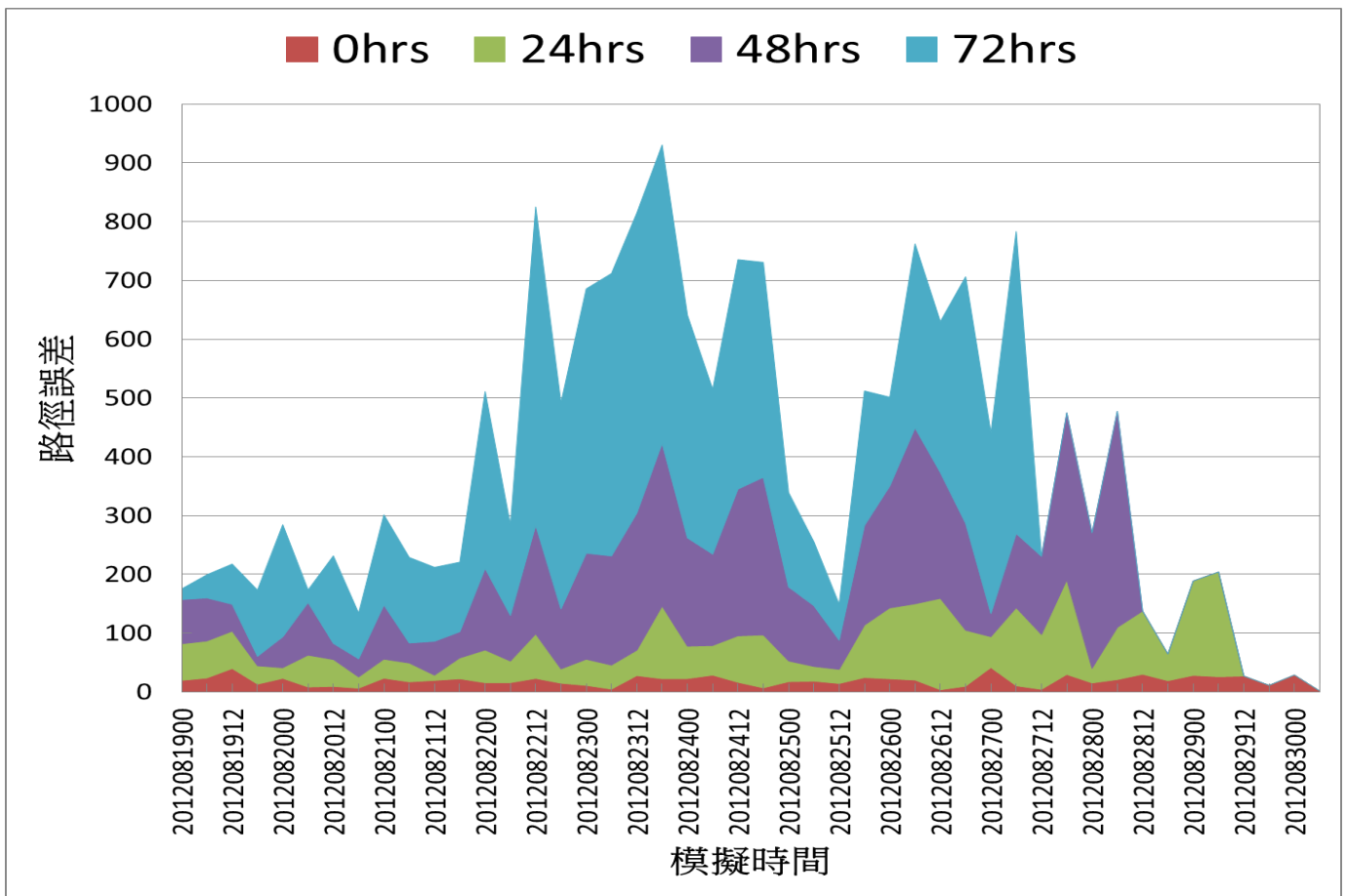


圖 23 天秤颱風 D02 路徑誤差隨預報時間變化

## 四、2012 雨量校驗

### (一) 全年雨量校驗

全年度系集成員 (M01~M20) 雨量均質化校驗結果如圖 24 所示。從預兆得分(TS)圖可看出，系集平均在門檻值 200mm 以下，均優於任一成員結果，而在 350mm 門檻值，也排名第三。在全年預兆得分來看，以 M14、M04 及 M05，在所有成員間表現較好。而公正預兆得分 (ETS) 與預報得分有相似的結果。在偏倚得分(BS)方面，M17、M19、M20 有過度預報的情況，而在 130mm 門檻值以上，大多的平台成員均有不足預報的狀況，故在系集平均的表現，亦有不足預報的情形。整體而言，系集平台成員在豪雨門檻值(130mm)的偏倚得分，大致在 0.8~1.2 間，沒有預報偏倚。而在誤報率(FAR)分數中則可發現，系集平均的表現都遠優於其他單一成員，其誤報率最低，約在 0.15~0.4 之間，而在豪雨門檻值下，以 M20、M19、M17 及 M16 的誤報率較高。可偵測機率(POD)前三名分別為 M20、M14 及 M19，可偵測機率最低為 M01。綜合校驗分數可看出，M19 以及 M20 這兩個成員雖有可偵測率較高，但也同時有較高的誤報率，其較有過度預報的情形出現。

表 12 為 M01~M20 系集平均 0~24 小時、24~48 小時及 48~72 小時累積雨量校驗分數。0~24 小時累積雨量門檻值 50mm、130mm、200 mm 及 350mm 預兆得分 (TS) 分別為 0.44、0.52、0.54、0.37，公正預兆得分 (ETS) 為 0.41、0.51、0.54、0.37。而 TS 與 BS 隨預報時間如圖 25 所示，可看出除 50mm 門檻值下，BS 從不足預報轉為過度預報，TS 與 BS 大多隨預報時間有下降的趨勢。POD 在 50mm~350mm 門檻值下，0~24 小時在 0.41~0.61，即約有四成到六成的可偵測機率，在第二天 (24~48 小時)，POD 在 0.35~0.52，約有 3.5 成到 5 成的可偵測機率，而在第三天 (48~72 小時) POD 除了 350mm 門檻值下只有 0.1 之外，其餘皆落在 0.32~0.46，即約有四成的可偵測機率。系集平均之 FAR 在大雨標準 (50 mm) 下，第一天及第二天約有 4 成的誤報率，在豪雨門檻值 (130 mm) 以上，誤報率大幅降低至 2 成到 3 成。而在第三天的誤報率，明顯增加很多，在 0.28~0.61 間，約有 3 成~6 成的誤報率。以上的分析結果顯示，可偵測率隨著預報時間的增加而降低，而誤報率則隨著預報時間的增加而增加。

綜合以上分析結果，系集平均在雨量的表現上，以預兆得分與公正預兆得分來說，優於實驗平台中的單一成員，均在 0.37 以上，而從偏倚得分來看，各成員在 130mm 門檻值下，除 M17、M19、M20 外，大多不足預報，也導致系集平均在 130 mm 門檻值

以上也有不足預報的情況。而在系集平均隨時間的校驗分數中，預兆得分、公正預兆得分、偏倚得分、誤報率及可偵測機率都隨著預報時間增加而越來越差。

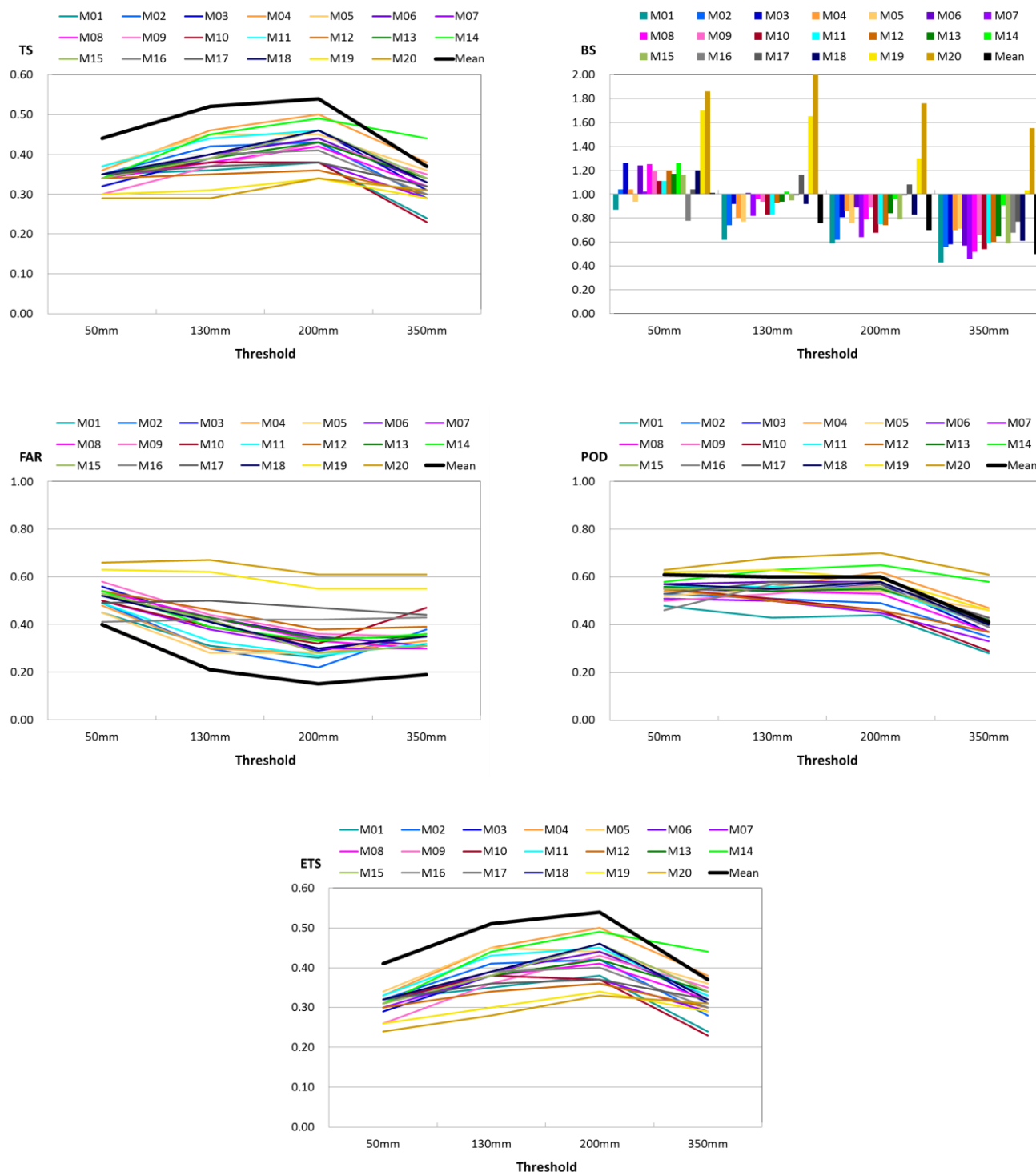


圖 24 全年均質化雨量 0~24 小時校驗分數

表 12 全年系集平均雨量均質化校驗分數表

	預報時段	50mm	130mm	200mm	350mm
TS	0~24hr	0.44	0.52	0.54	0.37
	24~48hr	0.34	0.44	0.4	0.31
	48~72hr	0.27	0.31	0.26	0.1
BS	0~24hr	1.01	0.76	0.7	0.5
	24~48hr	0.93	0.71	0.63	0.5
	48~72hr	1.18	0.9	0.56	0.14
FAR	0~24hr	0.4	0.21	0.15	0.19
	24~48hr	0.47	0.26	0.26	0.29
	48~72hr	0.61	0.51	0.42	0.28
POD	0~24hr	0.61	0.6	0.6	0.41
	24~48hr	0.49	0.52	0.47	0.35
	48~72hr	0.46	0.45	0.32	0.1
ETS	0~24hr	0.41	0.51	0.54	0.37
	24~48hr	0.31	0.44	0.4	0.31
	48~72hr	0.24	0.3	0.26	0.1

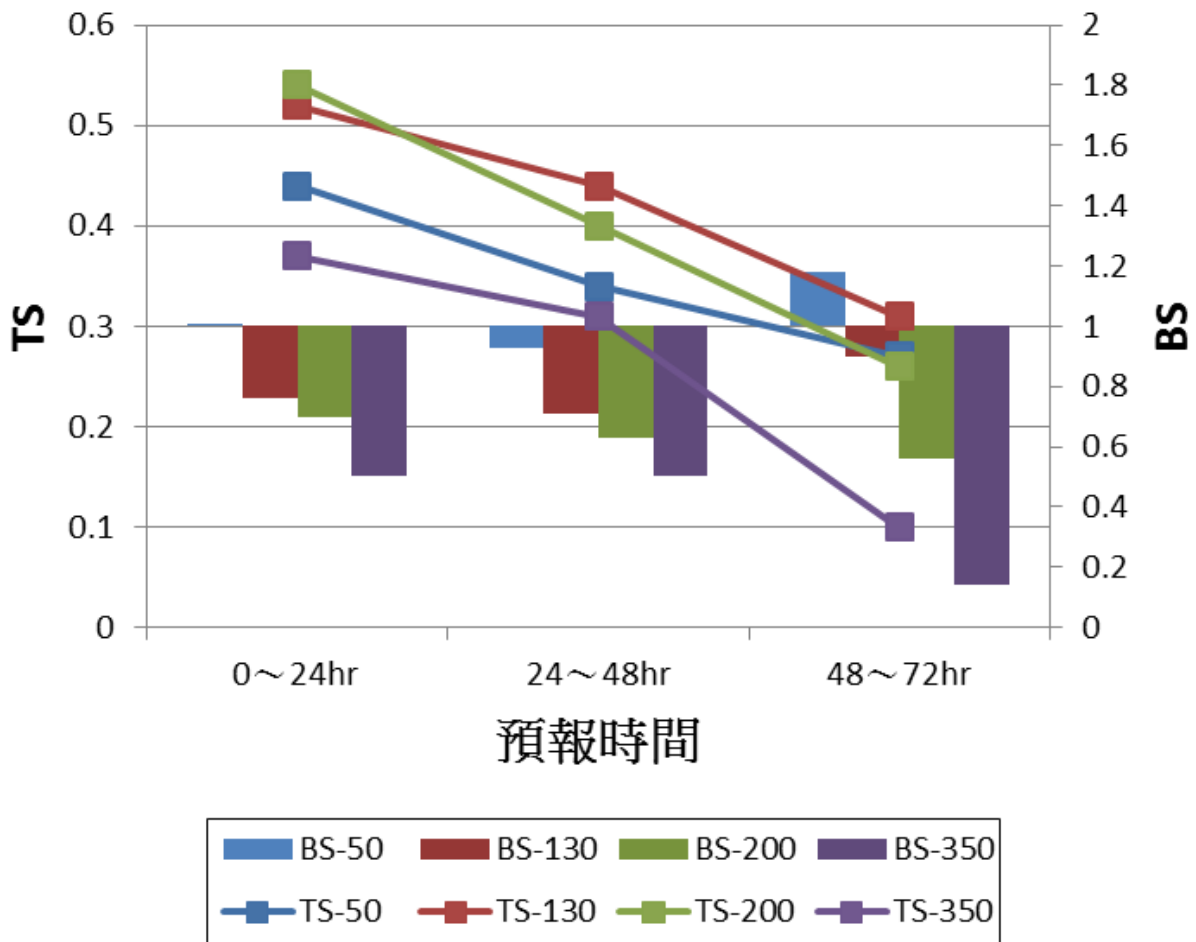


圖 25 全年系集平均雨量隨預報時間均質化 TS-BS 校驗分數圖

## (二) 梅雨鋒面

2012 年台灣首波梅雨鋒面於 5 月 3 日報到。而從 6 月 9 日開始，台灣受到較顯著的梅雨鋒面影響，6 月 9 日單日雨量最大為 143.5mm(屏東縣麟洛測站)(圖 26)，12 小時最大雨量也達 119 mm(屏東縣麟洛測站)。6 月 10 日 24 小時最大累積雨量發生在屏東縣，雨量值達 592 mm，且此超大豪雨亦造成南部多處淹水。6 月 11 日最大 24 小時累積降雨發生在高雄地區，雨量值為 664 mm，此日雨量值為梅雨季節單日第三大雨量。至 6 月 12 日高雄 24 小時累積降雨仍高達 525 mm。此波梅雨鋒面強降雨發生期間為 6 月 9 日 0 時(6 月 8 日 16UTC)至 6 月 13 日 00 時(6 月 12 日 16UTC)，共 96 小時，最大降雨量達 1582 mm(圖 27)，中部及南部山區也都降下破千毫米的強降雨。

進一步，分析系集實驗平台成員對此梅雨事件的預報表現。由系集平均日雨量圖與實際觀測比較(圖 29)結果顯示，初始時間(圖 29 第一欄)越接近觀測(圖 29 第四欄)，預報雨量與觀測的分布越接近。以針對 6 月 9 日的預報結果來看，愈接近事件日，預報雨量有增加的趨勢。而以針對 6 月 10 日至 13 日的預報結果來看，雖然系集平均的雨量分布與觀測有類似的情形，但對於極值則有明顯的低估現象。在此次梅雨事件中，系集平均可掌握實際降雨的分布情形，但對雨量值則有低估的狀況，而由每個不同的 dtg 的模式預報結果中，則可看出隨著預報時間接近觀測，模式雨量大多有增加的情況。

本研究以 6 月 8 日 14 時(06 Z UTC)至 6 月 12 日 02 時(18 Z UTC)，間格每 6 小時的模擬，利用所有模擬結果的 24 小時累積雨量，計算各項統計得分(圖 30)，以分析系集各成員以及系集平均在此梅雨事件的表現。結果顯示，系集平均之 TS 值在大雨、豪雨、豪大雨、超大豪雨之 24 小時累積雨量分別為 0.66、0.36、0.13、0.00，亦反映出系集平均在超大豪雨期間，較無預報能力，而系集平均之 BS 值分別為 1.10、0.41、0.14、

0.00，亦可知系集平均明顯低估此個案之超大豪雨，而各系集成員的 BS 得分結果亦與系集平均相同。在 TS 值的表現中，以 M09、M16、M17、M19 在豪雨以上的門檻值表現較其他成員佳，而在大雨門檻值，系集平均則優於其他成員。在此梅雨事件的可偵測機率而言，M09、M16、M17 及 M19 相較於其他成員，有較好的豪雨以上的可偵測機率。而 M03、M11 及 M14 在梅雨期間之超大豪雨門檻值，則有超過五成的誤報率。由公正預兆得分來看，大多數成員在豪雨門檻值的 ETS 約在 0.2~0.4 間，表現較好的成員分別有 M17、M19、M16 及 M09，整體預報表現較差的為 M22 及 M01，其在大雨門檻值下，ETS 僅 0.2 以下，超大豪雨門檻值為 0.0。



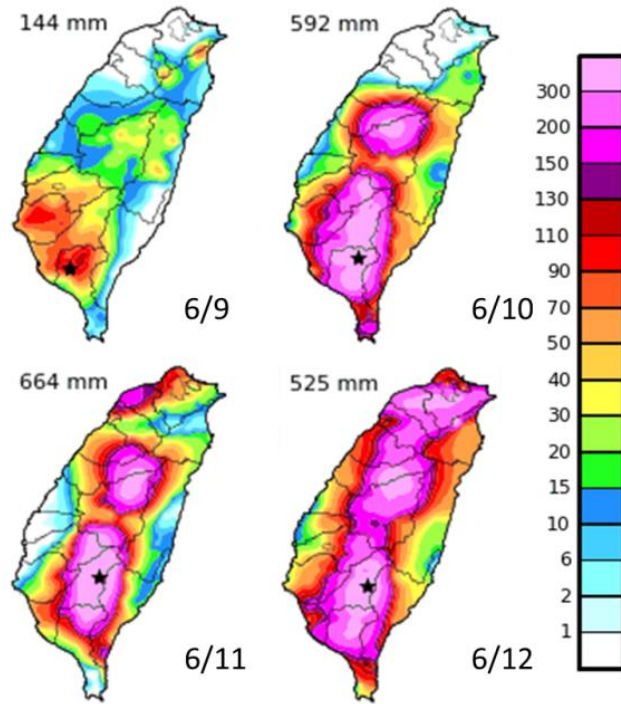


圖 26 2012 年 6 月 9 日至 6 月 12 日日雨量觀測圖(星號為全台最大雨量之測站位置，左上角的數值為全台最大雨量值(採四捨五入至個位數))

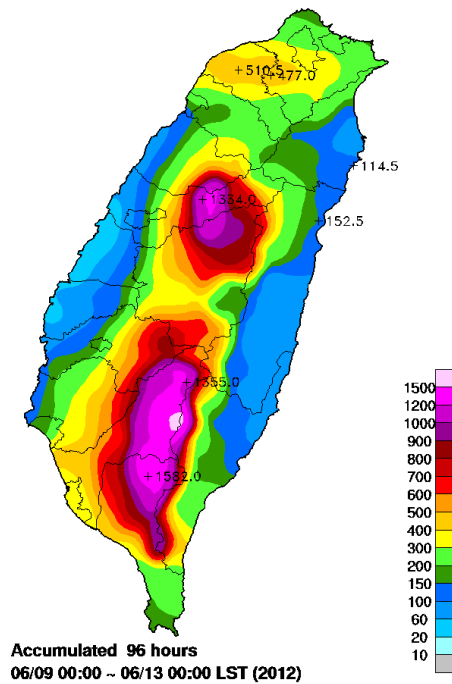


圖 27 梅雨期間 (6 月 8 日 1600 UTC~6 月 12 日 1600 UTC，96hr) 觀測總雨量。

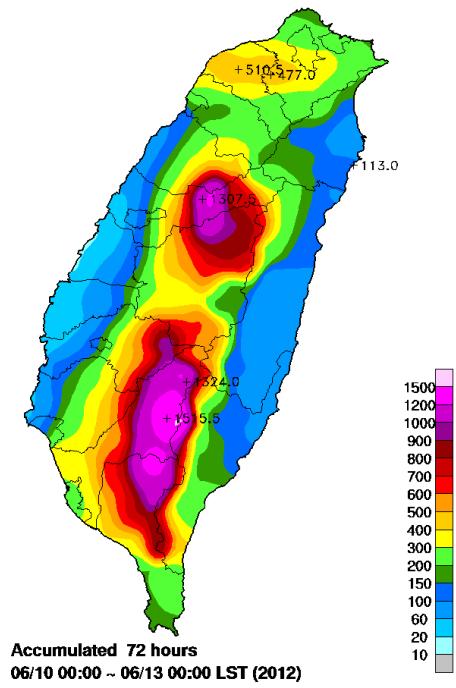


圖 28 梅雨期間（6 月 9 日 1600 UTC~6 月 12 日 1600 UTC，72hr）觀測總雨量。

24 hours Accumulated Precipitation Verification (LST)

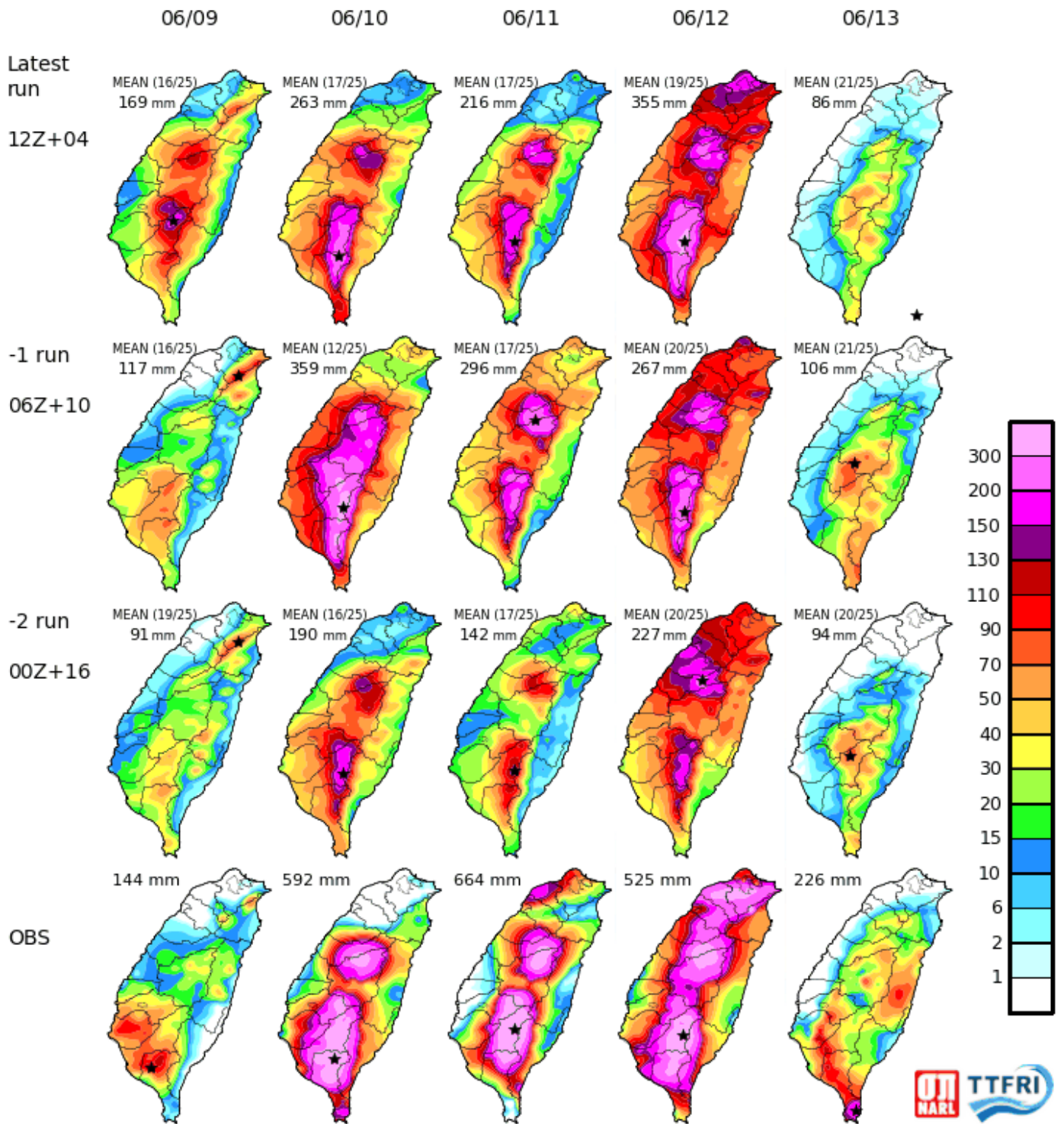


圖 29 梅雨鋒面日雨量校驗

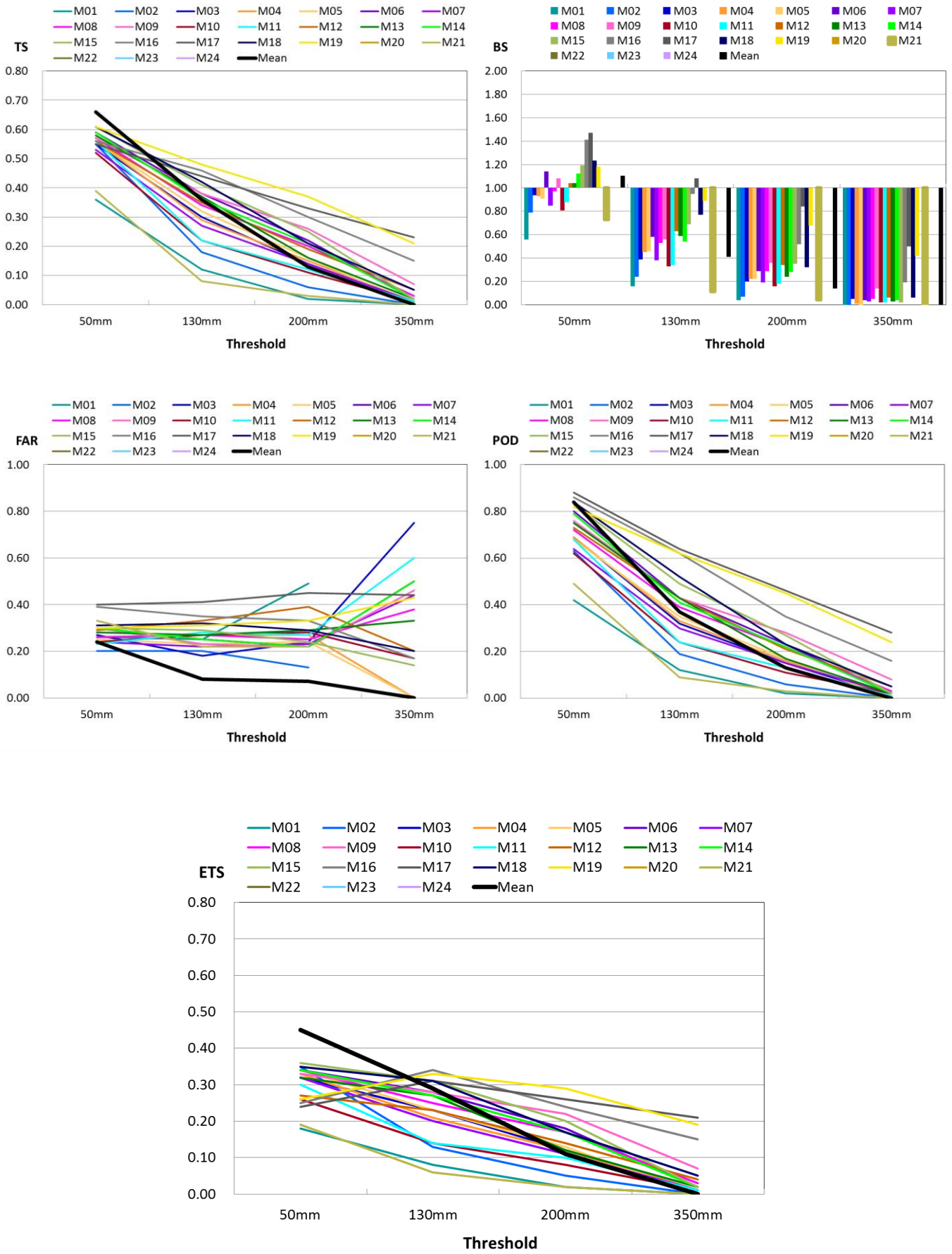


圖 30 梅雨期間雨量校驗分數

### (三) 泰利颱風 (Talim)

泰利颱風影響期間顯著降雨發生在 6 月 19 日 0 時 (6 月 18 日 16Z UTC) 至 6 月 21 日 0 時 (6 月 20 日 16Z UTC), 共 48 小時, 在高雄縣山區最大降雨量為 679 mm (圖 31)。觀測日雨量與系集平均日雨量比較如圖 32 所示, 可明顯看出在 6 月 19 日與 20 日兩日, 隨著預報初始時間接近觀測時間, 系集平均極大值有增加的趨勢, 但仍遠低於實際觀測值, 但在降雨分布則與實際觀測極為相近。

圖 33 為系集平均之 24 小時累積雨量校驗結果, 圖中顯示, 在 50mm、130mm、200mm 及 350mm 門檻值之 TS 值分別為 0.47、0.32、0.25 及 0.00, BS 值為 1.53、0.66、0.30 及 0.00。此結果顯示, 系集平均在 50mm 及 130mm 之門檻值, 有一定程度的預報能力。而在 200mm 門檻值以下, 系集平均在泰利颱風的整體表現, TS 值均優於平台中的所有單一成員, 但在 350mm 之門檻值, 系集平均則無預報能力且明顯低估。

由 POD 的結果來看, 在泰利颱風顯著降雨期間, 當門檻值在 350mm 以上的可偵測機率以 M16、M17、M19、M03 及 M20 有較高的分數, 但其相對有較高的誤報率 (FAR), 約在近 7、8 成。此結果顯示, 這些成員雖對超大豪雨有較好的可偵測機率, 但其誤報率也相對高。

在泰利颱風顯著降雨期間, 系集平均在 200mm 門檻值以下的公正預報得分 (ETS) 都優於其他成員, 而在 350mm 門檻值時, M19、M03、M20 及 M17, 有相對來說較好的預報能力, 但其誤報率也較高。

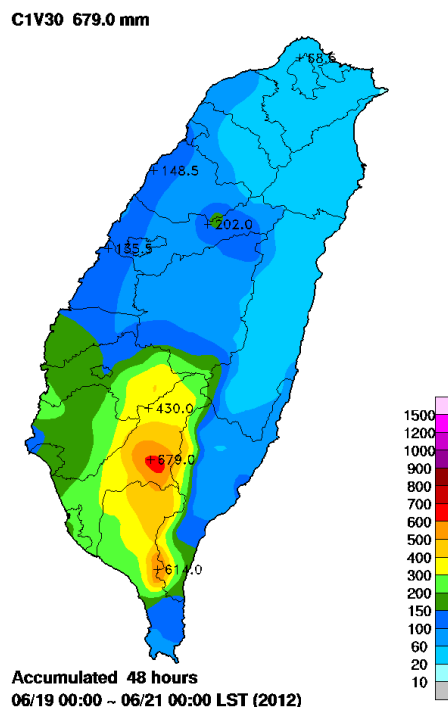


圖 31 泰利颱風顯著降雨期間 (6 月 18 日 1600 UTC~6 月 20 日 1600 UTC, 48hr) 觀

測總雨量。

24 hours Accumulated Precipitation Verification (LST)

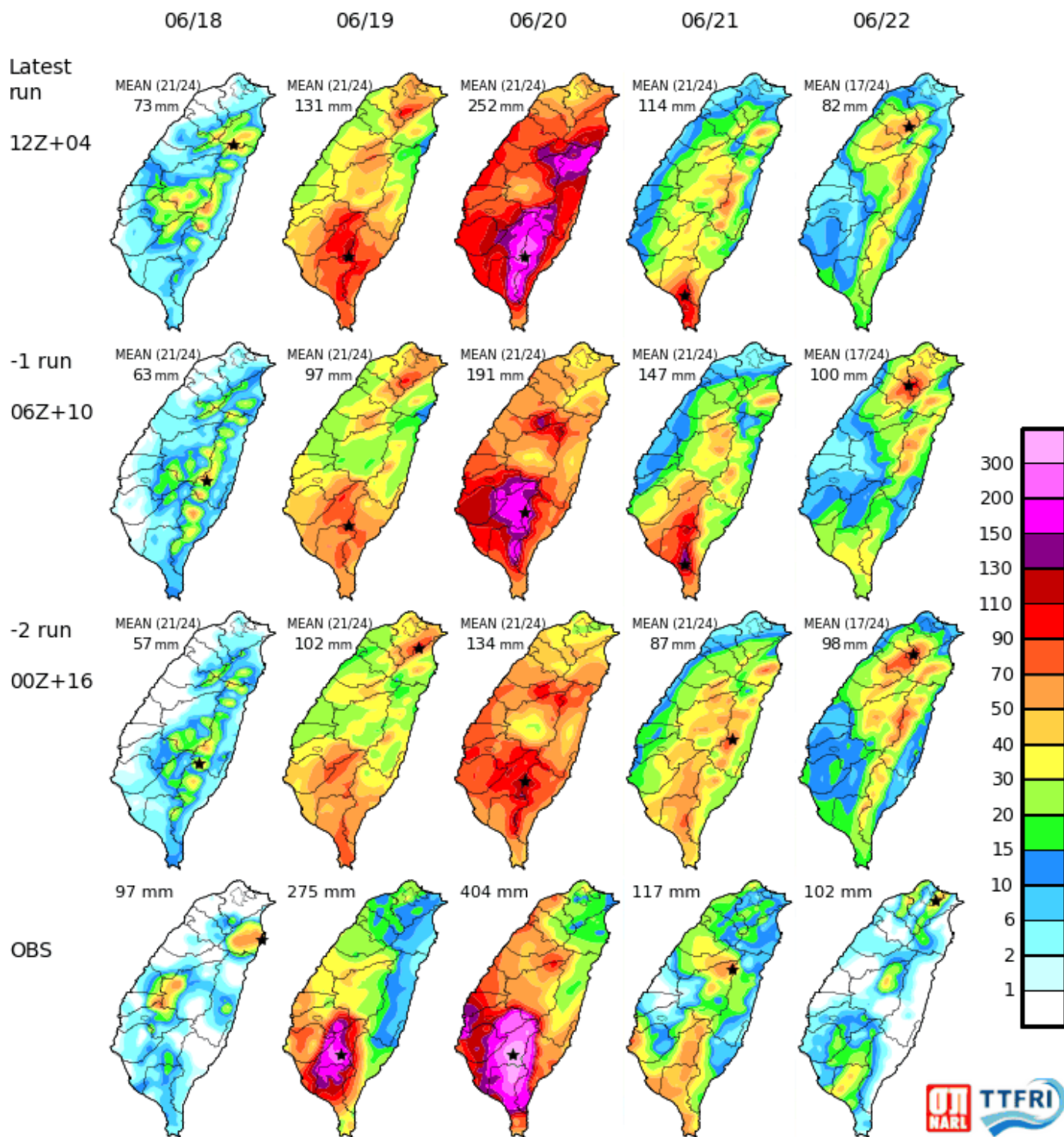


圖 32 泰利颱風日雨量校驗

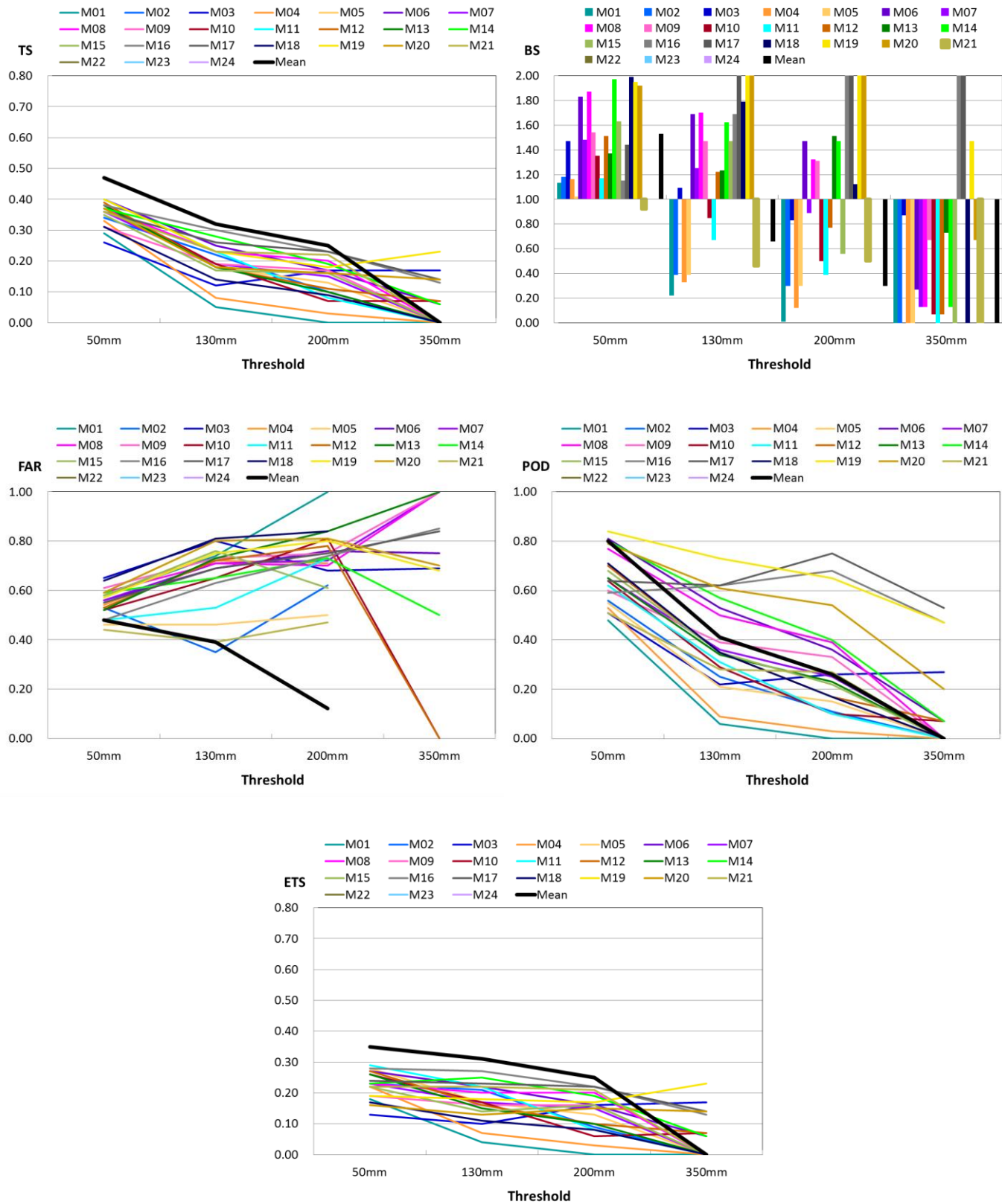


圖 33 泰利颱風雨量校驗分數

#### (四) 蘇拉颱風 (Saola)

蘇拉颱風顯著降雨發生在 7 月 31 日至 8 月 2 日，最大降雨發生在宜蘭縣，72 小時累積降雨量為 1786mm (圖 34)，此時段在苗栗縣亦降下 1029.5mm 的降雨量。7 月 31 日至 8 月 2 日單日降雨量最大值分別為 570mm、691mm 及 902mm (圖 35)，均降下遠超過超大豪雨門檻值 350mm 之強降雨。而系集平均在前一天 20 時 (12ZUTC) 的模擬結果最大值分別為 408mm、480mm 及 910mm (圖 35)，且雨量分布趨勢表現相當不錯。

圖 36 為系集平均之 24 小時累積雨量校驗結果，圖中顯示，系集平均在門檻值 50mm、130mm、200mm 及 350mm 之 TS 得分為 0.76、0.70、0.63、0.42，而 BS 得分為 1.02、0.79、0.80、0.57。以校驗分數來看，系集平均對於蘇拉颱風的降雨掌握度相當不錯，TS 值在 350mm 門檻值為 0.42 而 BS 值為 0.57，在 200mm 以下門檻值的掌握度更是優於其他成員。此外，系集平均的誤報率也大多優於其他成員，都在 2 成以下，可偵測機率在 200mm 以下門檻值均有 7 成以上，在 350mm 門檻值亦有近 5 成；而優於系集平均之成員有 M20、M14、M23、M19、M04、M18 及 M19，可偵測機率最低的成員則為 M21。

以公正預兆得分的結果來說，系集平均在門檻值為 200mm 以下的表現大致優於其他成員，而在 350mm 門檻值表現較好之成員則有 M23、M14 及系集平均，表現較差得成員為 M21、M10 及 M01。

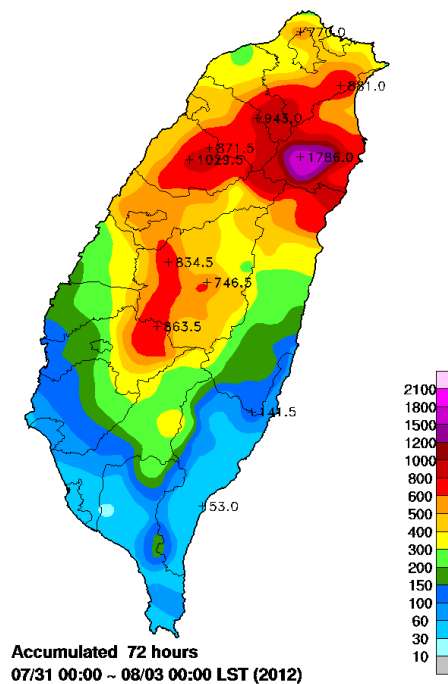


圖 34 蘇拉颱風顯著降雨期間 (7 月 30 日 1600 UTC~8 月 2 日 1600 UTC，72hr) 觀



測總雨量。

24 hours Accumulated Precipitation Verification (LST)

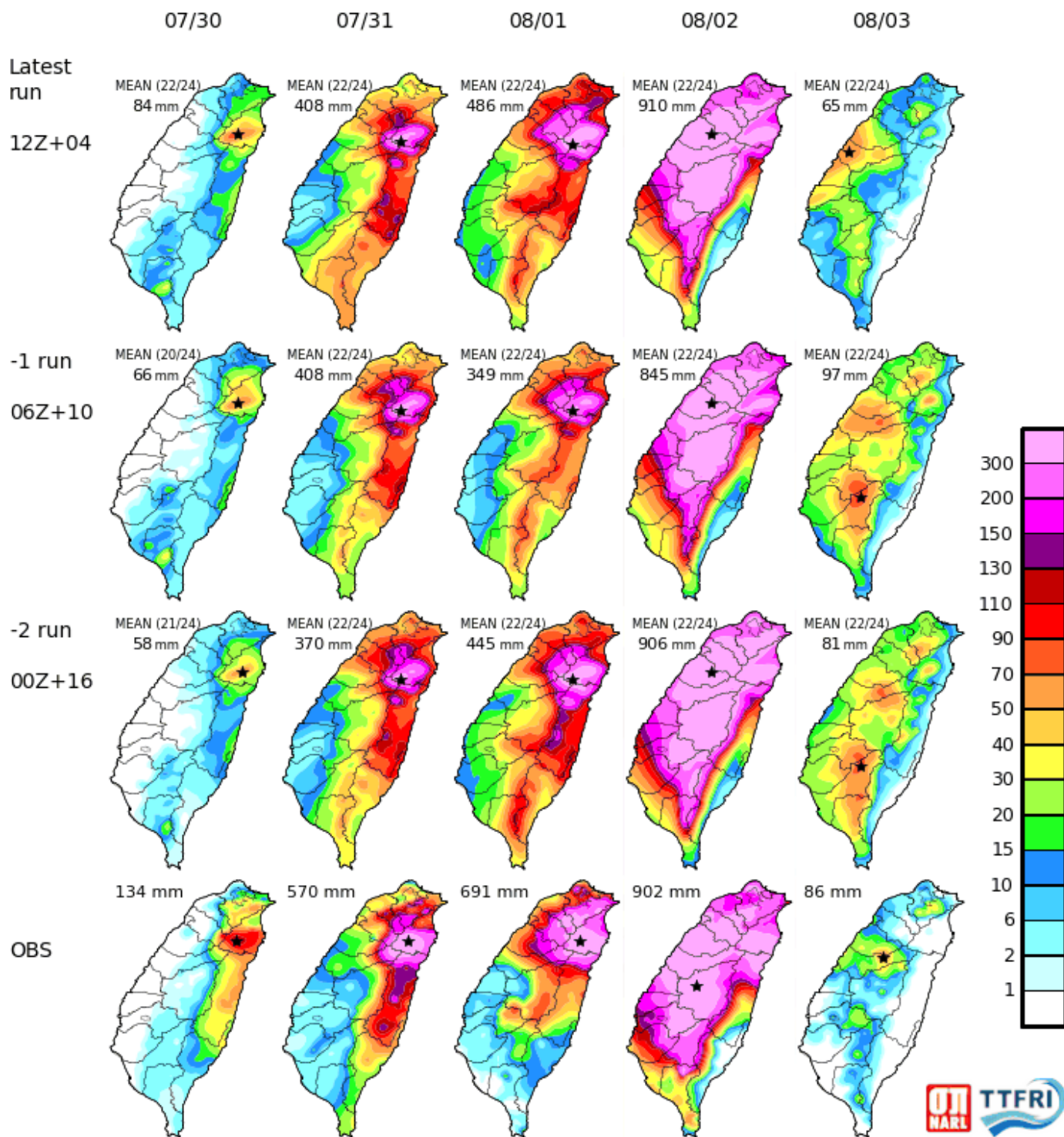


圖 35 蘇拉颱風日雨量校驗

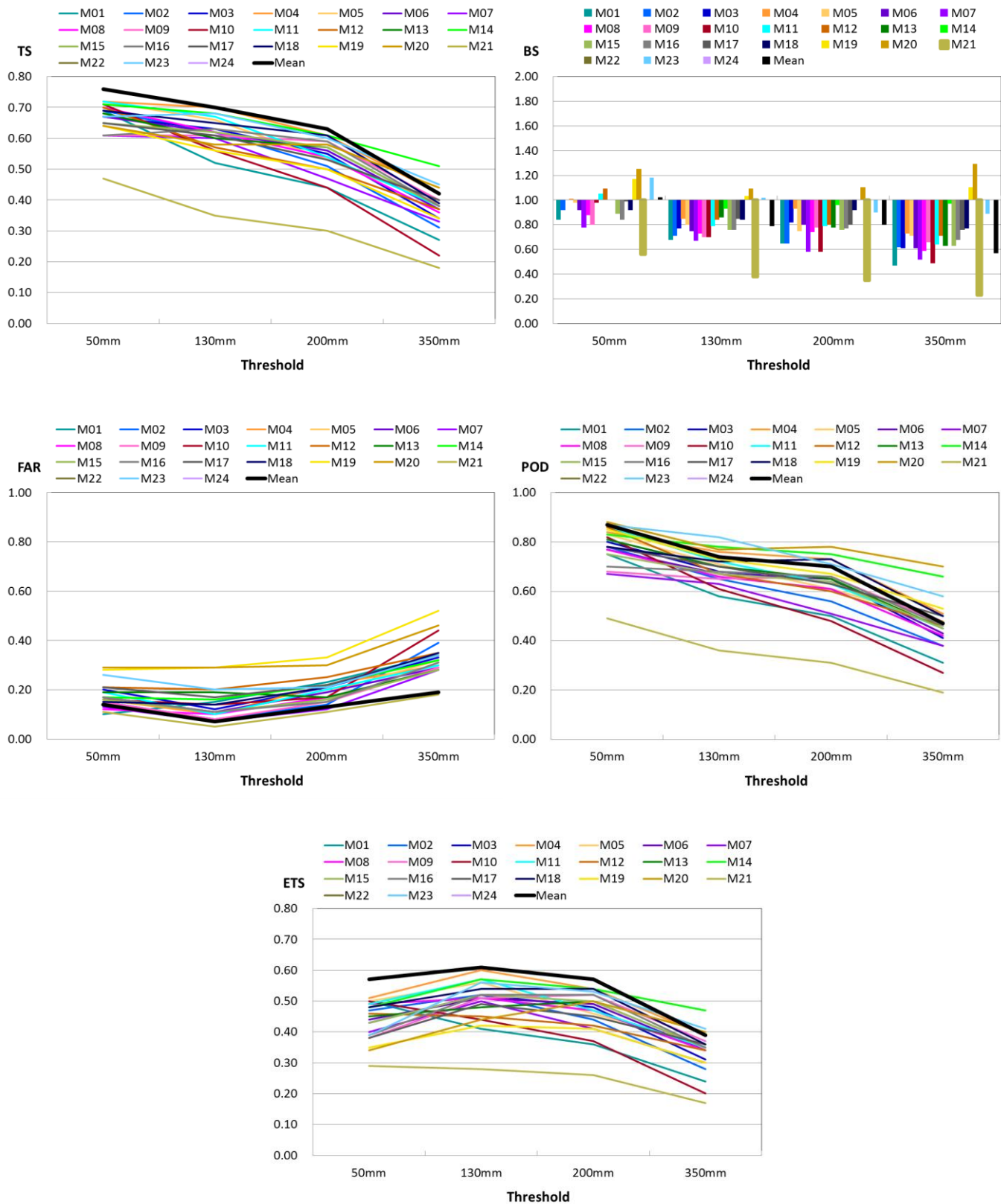


圖 36 蘇拉颱風雨量校驗分數

## (五) 天秤颱風 (Tembin)

天秤颱風顯著降雨發生期間為 8 月 23 日至 25 日，72 小時最大降雨出現在屏東縣，雨量值為 729mm (圖 37)。8 月 23 日至 25 日單日雨量最大值分別為 246mm、643mm 及 132mm (圖 39)，而在前一日 20 時 (12Z UTC) 系集平均雨量最大值分別為 95mm、409mm 及 155mm，顯示 8 月 23 日及 24 日之系集平均較為低估，但雨量分布則與實際觀測接近，8 月 25 日雨量最大值雖較為接近觀測，但降雨分布卻較差。由於天秤颱風在 8 月 25 日為轉向時期，因此各成員的預報結果差異較大，導致系集平均較難掌握降雨的分布情形。

圖 40 為系集平均之 24 小時累積雨量校驗結果，圖中顯示，系集平均 50mm、130mm、200mm 及 350mm 之 TS 得分為 0.48、0.46、0.22 及 0.03，BS 得分為 1.20、0.94、0.38 及 0.03，顯示系集平均在大雨 (50mm) 及豪雨 (130mm) 門檻值下，有不錯的預報能力，且偏倚得分接近於 1，可偵測機率有 6 成以上，且誤報率約在 4 成以下，預報能力優於其他單一成員。可偵測機率而言，表現較好成員有 M20、M15、M06 及 M19，較差的為 M14、M21 及 M02，而誤報率而言，誤報率較高之成員有 M20、M02 及 M19。

以公正預兆得分 (ETS) 來說，系集平均在豪雨門檻值的表現優於單一系集成員，但在豪大雨以上表現較好前三名為 M15、M06 及 M19，較差成員為 M02。

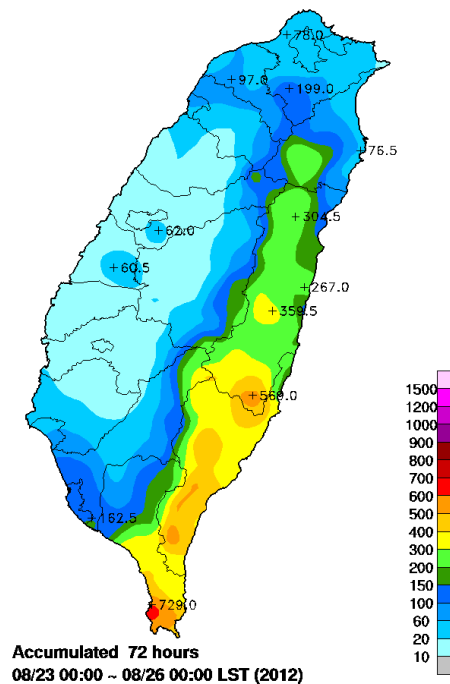


圖 37 天秤颱風顯著降雨期間 (8 月 22 日 1600 UTC~8 月 25 日 1600 UTC, 72hr) 觀測總雨量。

### 24 hours Accumulated Precipitation Verification (LST)

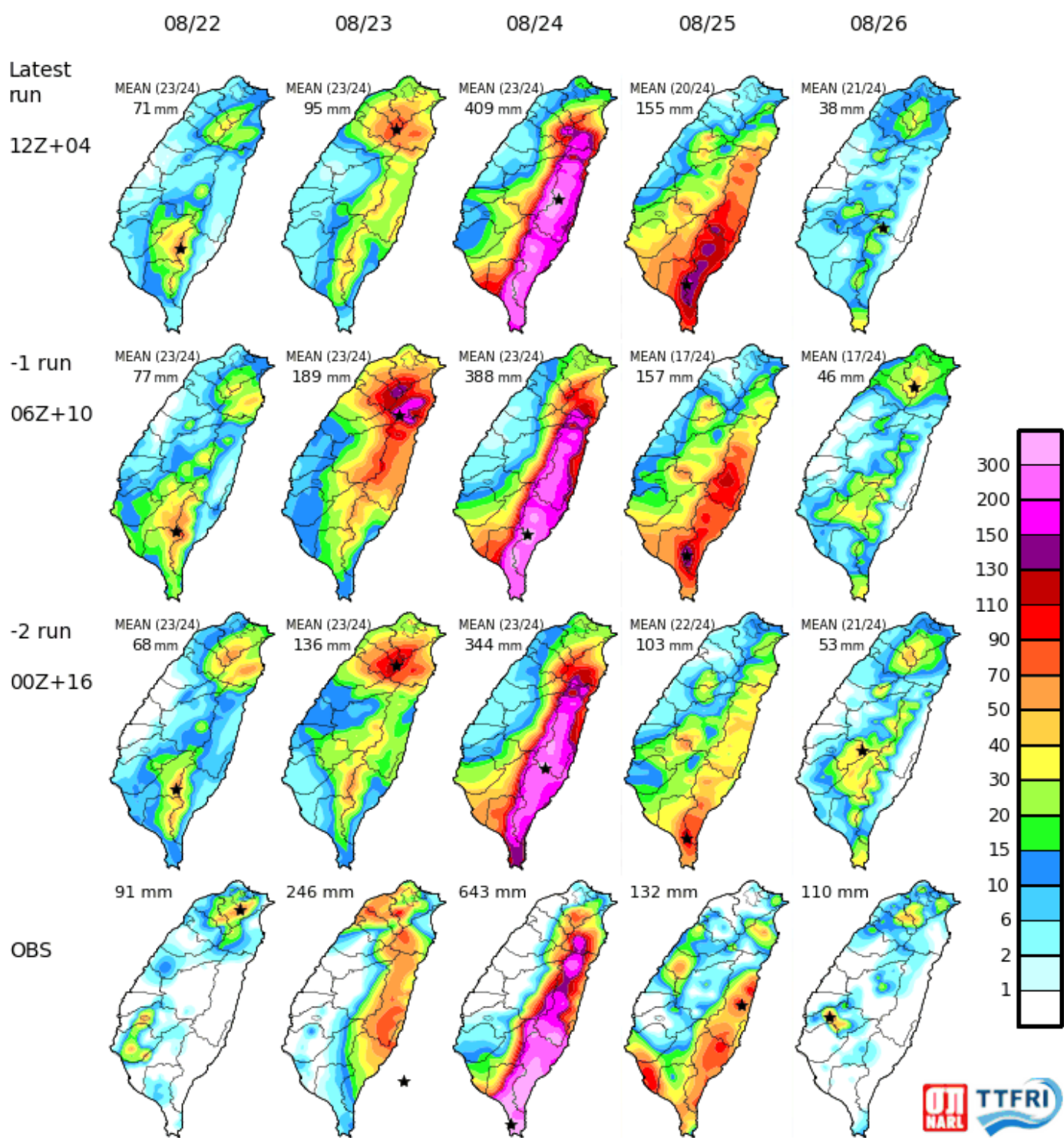


圖 38 天秤颱風日雨量圖(8月22日~8月26日)

### 24 hours Accumulated Precipitation Verification (LST)

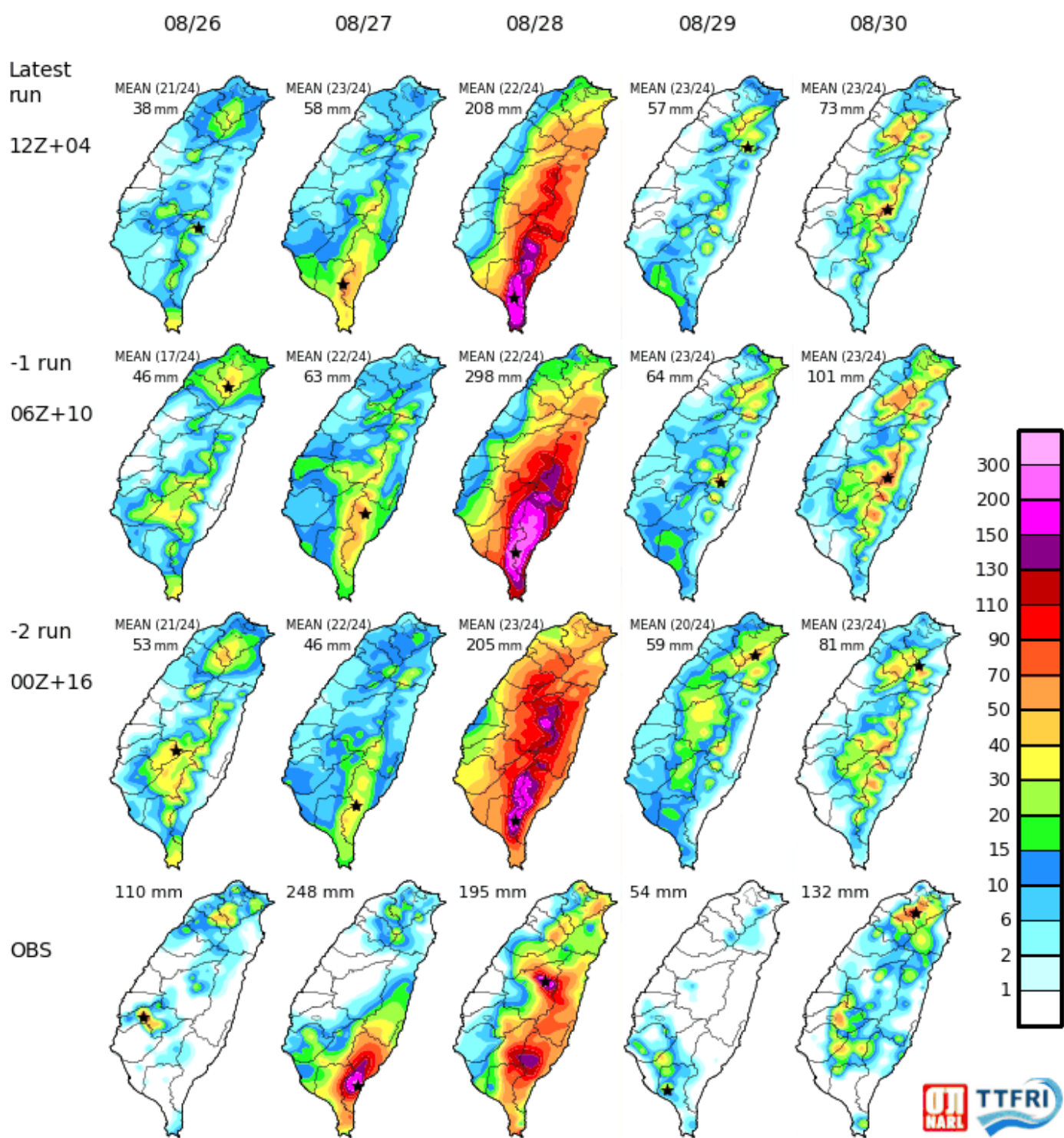


圖 39 天秤颱風日雨量圖(8月26日~8月30日)

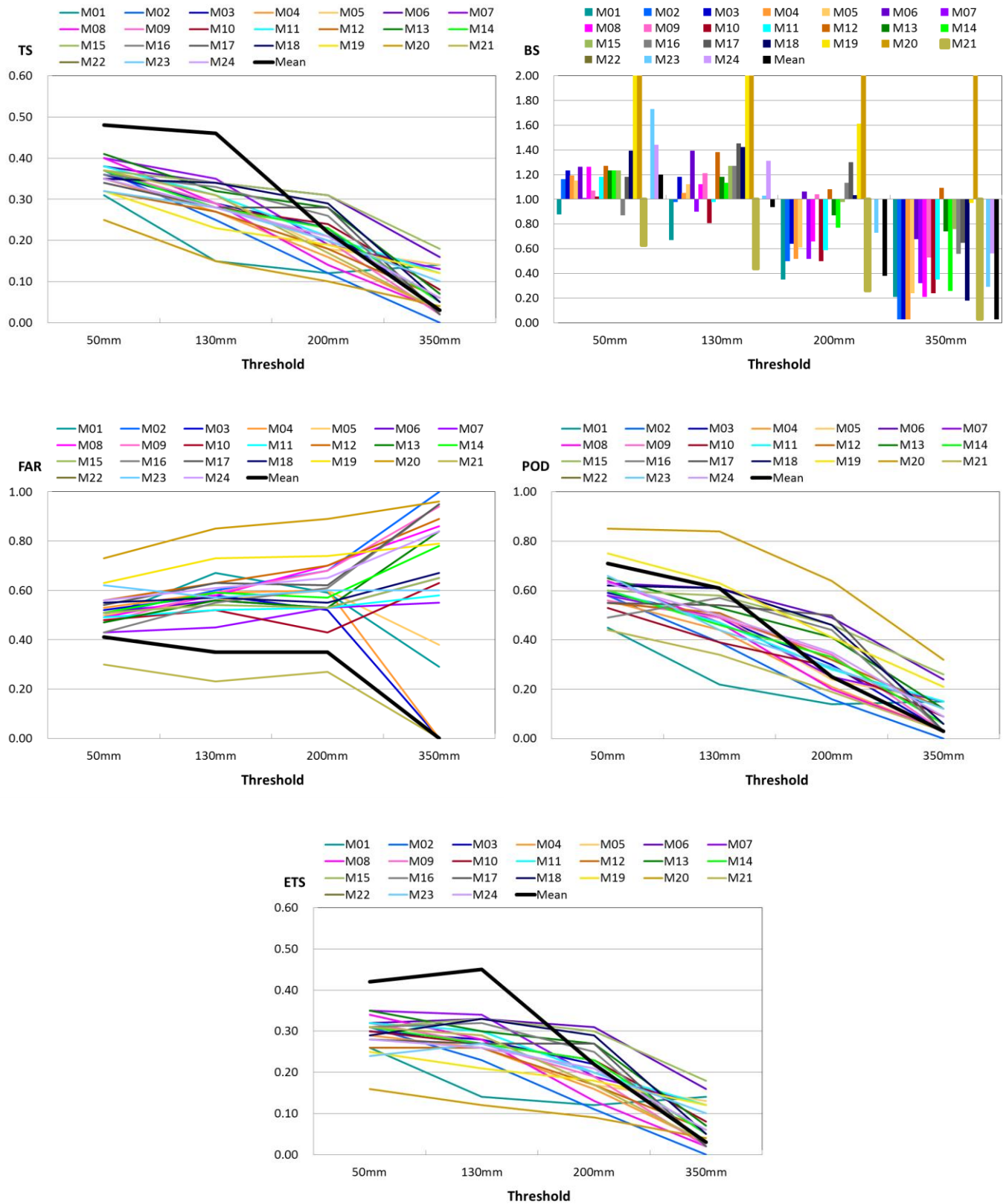


圖 40 天秤颱風雨量校驗分數

## 五、 2013 年颱風個案雨量校驗-以天兔颱風為例

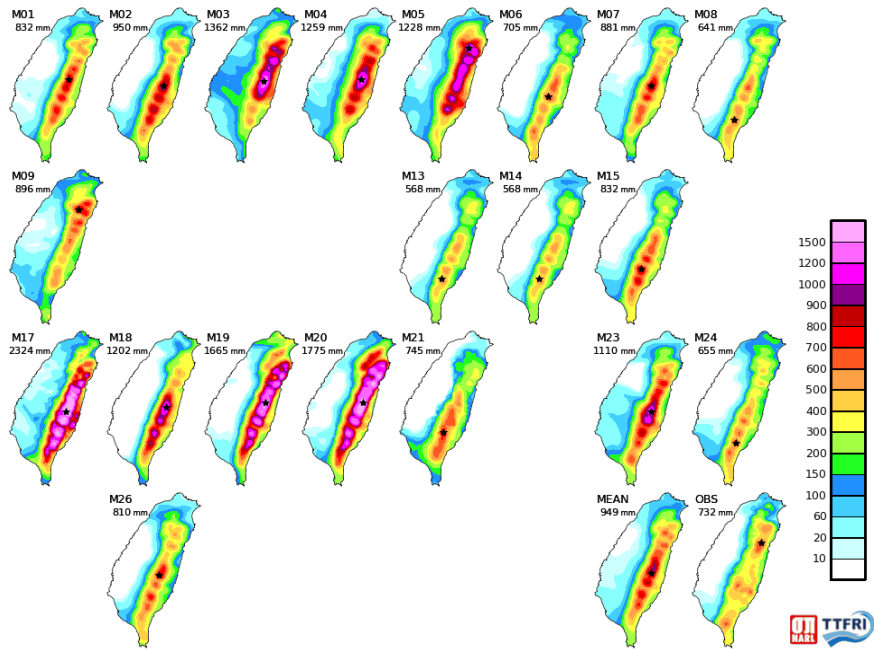
除 2012 年颱風個案之外，本研究亦針對 2013 年天兔颱風進行系集平台雨量校驗。中央氣象局於 2013 年 9 月 20 日上午 8 時 30 分，針對天兔 (Usagi) 颱風發布陸上颱風警報，並於 22 日上午 8 時 30 分解除。本研究將利用系集平均結果，針對天兔颱風在陸上警報發布期間的降雨進行校驗分析。本報告亦將利用不同預報初始時間的結果進行校驗，以了解系集實驗在不同初始時間對天兔颱風所造成之降雨的預報能力。

### (一) 雨量分布圖比較：

#### (1) 總雨量校驗

圖 41 為天兔颱風陸上警報發布期間，不同初始時間的系集平均與觀測之總雨量分布圖，第一欄為系集平均內插至測站的雨量分布圖，第二欄為系集平均網格雨量分布圖，第三欄為實際觀測。圖中顯示，系集平均對天兔颱風陸上颱風警報期間的降雨分布有很好的掌握，在降雨量方面，除了以 19 日 18Z 為初始時間的預報結果之外，其餘初始時間之系集平均網格雨量皆稍微高估了天兔颱風陸上警報發布期間的雨量，且最大降雨出現的位置也較實際觀測偏南。

(a) Initial Time : 2013091900Z



(b) Initial Time : 2013091906Z

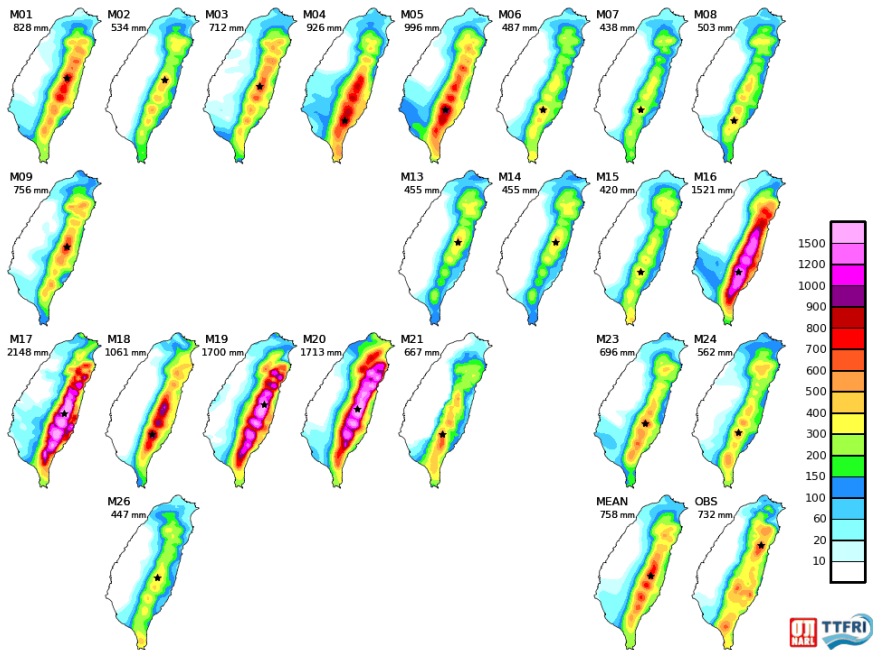
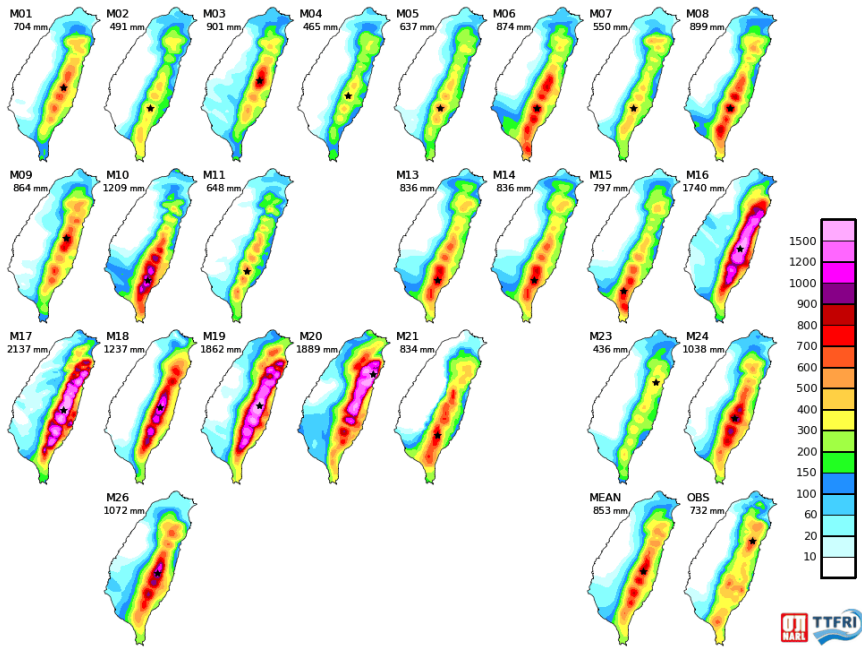


圖 41 天兔颱風陸上警報發布期間，不同初始時間的系集成員、平均與觀測之總雨量分布圖，(a)預報初始時間為 2013091900Z，(b)預報初始時間為 2013091906Z，(c)預報初始時間為 2013091912Z，(d)預報初始時間為 2013091918Z。



(c) Initial Time : 2013091912Z



(d) Initial time : 2013091918Z

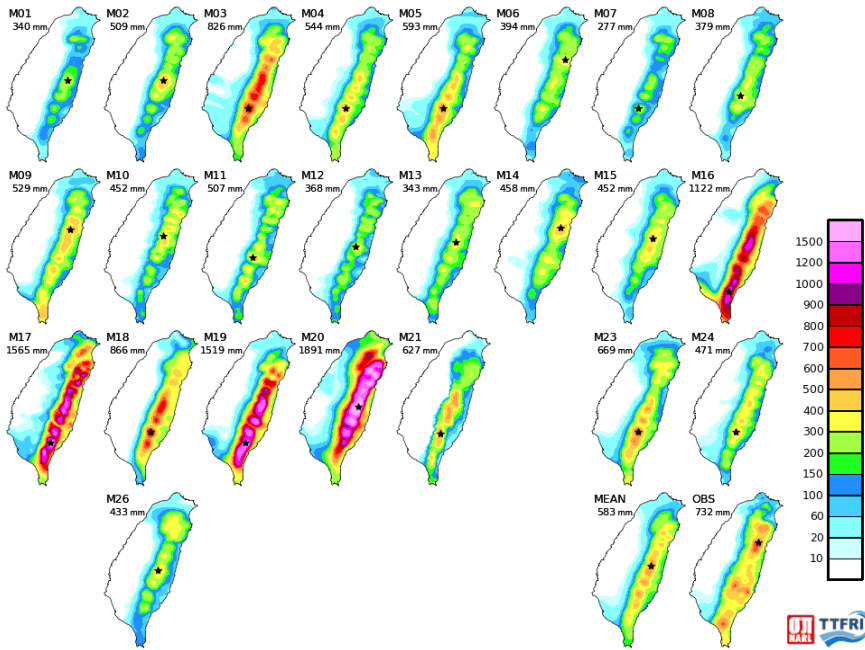


圖 41 續。

## (2) 日雨量校驗

圖 42 為天兔颱風陸上警報期間日雨量分布圖，第一欄為實際觀測，第二欄為最接近預報時段的系集平均預報結果(即以 9 月 19 日 12Z 為預報初始時間)，第三欄為以 9 月 19 日 06Z 為預報初始時間的結果，第四欄為以 9 月 19 日 00Z 為預報初始時間的結果，第五欄為以 9 月 18 日 18Z 為預報初始時間的結果。整體看來，系集平均對 9 月 20 日-22 日的日雨量分布及最大降雨都有很好的掌握。其中，以 9 月 18 日 18Z 為初始時間的系集平均預報結果，即可掌握到 9 月 20 日在雪山山脈主要的降雨，且不論在雨量值與最大降雨發生位置，都與實際觀測相當接近。而針對 9 月 22 日的降雨，系集平均在 9 月 19 日 06Z 之後，即可修正原本預報偏南的最大降雨發生位置。

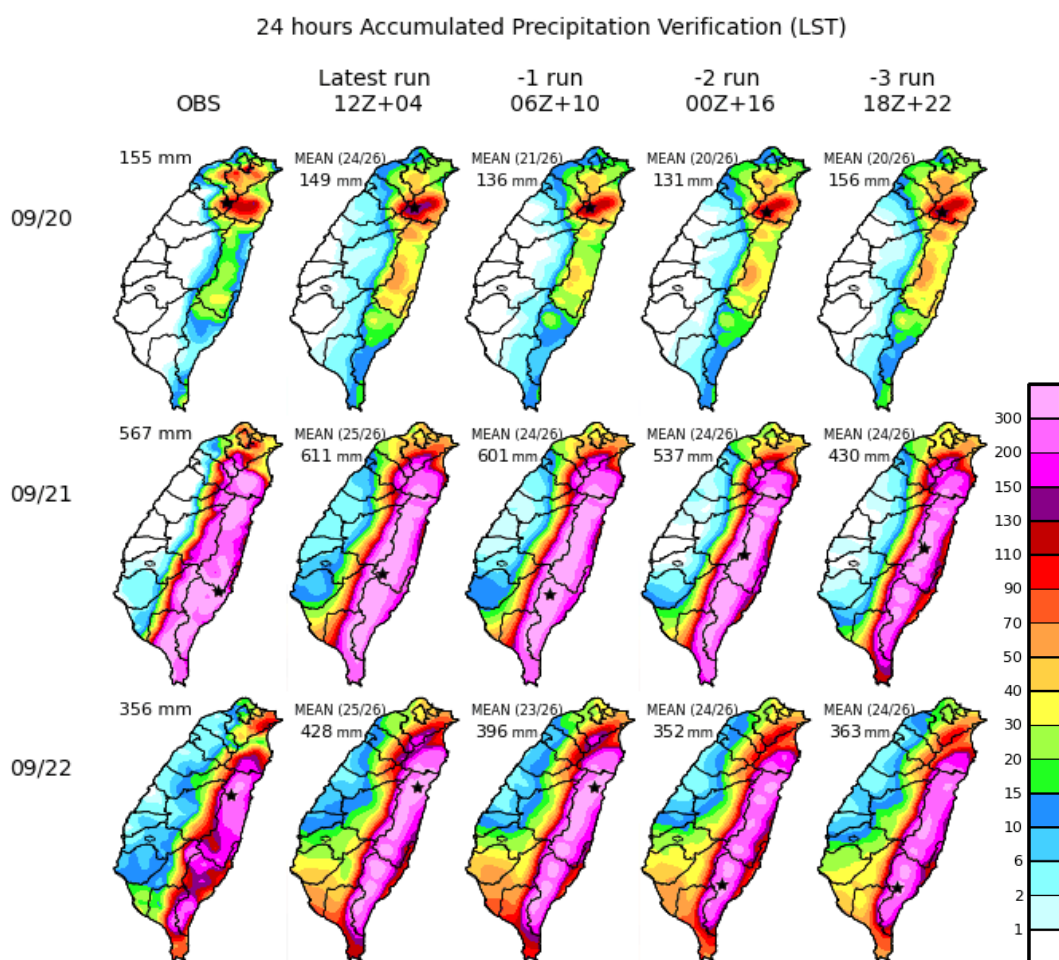


圖 42 天兔颱風陸上警報期間日雨量分布圖，第一欄為實際觀測，第二欄為最接近預報時段的系集平均預報結果(即以 9 月 19 日 12Z 為預報初始時間)，第三欄為以 9 月 19 日 06Z 為預報初始時間的結果，第四欄為以 9 月 19 日 00Z 為預報初始時間的結果，第五欄為以 9 月 18 日 18Z 為預報初始時間的結果。

## (二) 降雨量值校驗

將利用計算統計參數進行校驗。首先，假設觀測雨量為  $O_i$ ，預報雨量為  $F_i$ ，資料點數為  $N$ ，計算下列統計參數：

### (1) 平均降雨 (Mean Rain Rate)

觀測及預報降雨在所有測站上降雨率之平均

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

### (2) 最大降雨 (Maximum Rain Rate)

觀測及預報之最大降雨

### (3) 平均絕對誤差 (Mean Absolute Error)

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |F_i - O_i|$$

### (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，平均降雨及最大降雨，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。

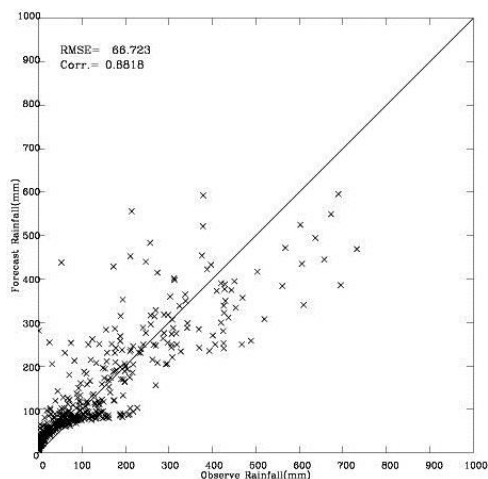
圖 43 為不同初始時間針對天兔颱風，所有測站之陸上警報發布期間總累積雨量系集平均值（縱軸）相對於觀測值（橫軸）之分布。表 13 則為不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間（9 月 20 日 00Z-9 月 22 日 00Z），測站整體之各項統計參數校驗結果。計算結果顯示，9 月 19 日四個預報初始時間的系集平均結果，對天兔颱風陸上警報發布期間的降雨分布皆有良好的掌握，相關係數達到 0.88 與 0.89，其中又

以 9 月 19 日 12Z 的平均絕對誤差及均方根誤差為最小，顯示此初始時間的預報結果與觀測的降雨分布差異最小。另一方面，就平均降雨來看，僅以 9 月 19 日 00Z 為初始時間的預報結果稍微高估，其餘皆為低估，並以 12Z 的預報結果與觀測最接近；但在最大降雨方面，系集平均的預報結果皆低估了實際觀測的最大降雨(此與網格預報結果不同)，其中又以 18Z 的預報結果低估最多。整體看來，不論是在降雨量值的差異(平均降雨、最大降雨)及降雨分布的差異(平均絕對誤差、均方根誤差、相關係數)，都是以 12Z 為初始時間的預報結果最好。

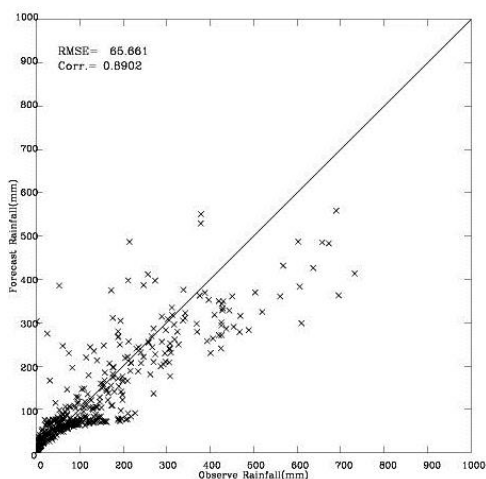
若由流域平均的預報結果來看，圖 44 不同初始時間針對天兔颱風，流域平均之陸上警報發布期間總累積雨量系集平均值(縱軸)相對於觀測值(橫軸)之分布。其中(a)為 9 月 19 日 00Z，(b)為 9 月 19 日 06Z，(c)為 9 月 19 日 12Z，(d)為 9 月 19 日 18Z。為不同初始時間針對天兔颱風，所有測站之陸上警報發布期間總累積雨量系集平均值(縱軸)相對於觀測值(橫軸)之分布。表 14 則為不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間(9 月 20 日 00Z-9 月 22 日 00Z)，流域平均之各項統計參數校驗結果。結果顯示，流域平均的校驗結果與個別測站相似，系集平均所預報之流域平均總累積雨量與實際觀測之相關係數皆可達到 0.9 以上，而就平均絕對誤差及均方根誤差的結果來看，亦以 19 日 12Z 為初始時間的預報結果與觀測的降雨分布差異最小。而在降雨量值的差異方面，僅 19 日 00Z 的預報結果稍微高估了平均降雨，其餘初始時間的預報結果皆較實際觀測為小，而在最大降雨方面，系集平均的預報結果則皆為低估，其中以 19 日 18Z 的預報結果低估最多。

綜合測站整體與流域平均的各項統計參數校驗結果顯示，系集平均的預報結果對於天兔颱風陸上警報發布期間的降雨分布，有非常良好的掌握，其中又以 9 月 19 日 12Z 為初始時間的預報結果與實際觀測差異最小。而在降雨量值的差異方面，系集平均的預報結果皆低估了天兔颱風陸上警報期間，在個別測站及流域平均所造成的最大降雨，其中又以 19 日 18Z 的預報結果低估最多，低估的幅度在個別測站達 52%。

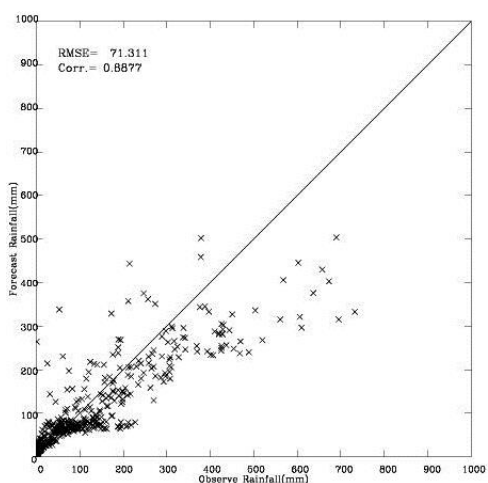
(a) 091900Z



(c) 091912Z



(b) 091906Z



(d) 091918Z

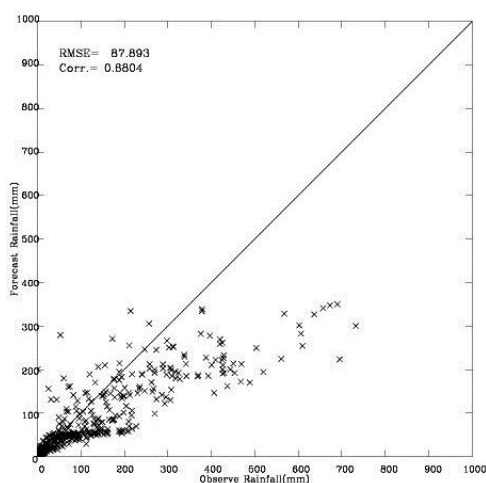
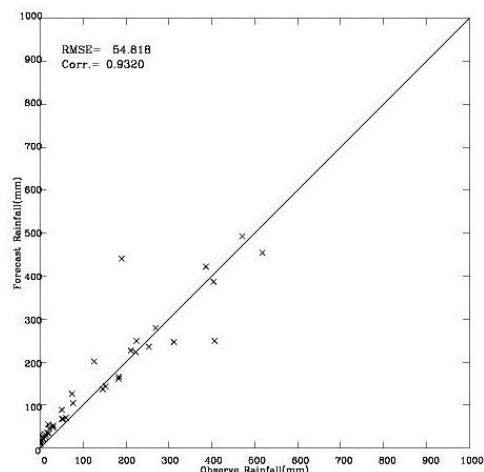


圖 43 不同初始時間針對天兔颱風，所有測站之陸上警報發布期間總累積雨量系集平均值（縱軸）相對於觀測值（橫軸）之分布。其中（a）為9月19日00Z，（b）為9月19日06Z，（c）為9月19日12Z，（d）為9月19日18Z。

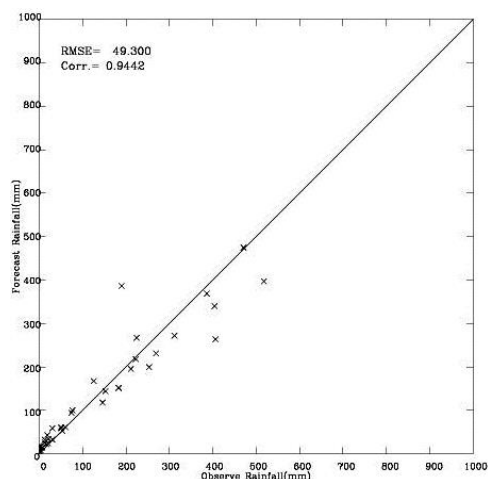
表 13 不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間（9月20日00Z-9月22日00Z），測站整體之各項統計參數校驗結果。

	平均降雨		最大降雨		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	系集	觀測	系集	觀測			
091900Z	115.3	109.2	595.6	732.5	41.2	66.7	0.88
091906Z	91.9		503.7		41	71.3	0.89
091912Z	101.2		558.8		38	65.7	0.89
091918Z	71.2		350.2		49.1	87.9	0.88

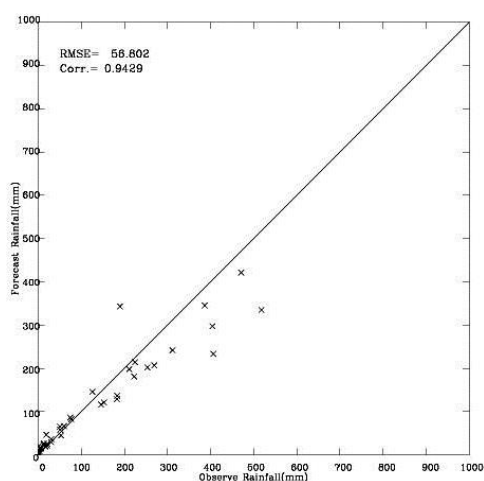
(a) 091900Z



(c) 091912Z



(b) 091906Z



(d) 091918Z

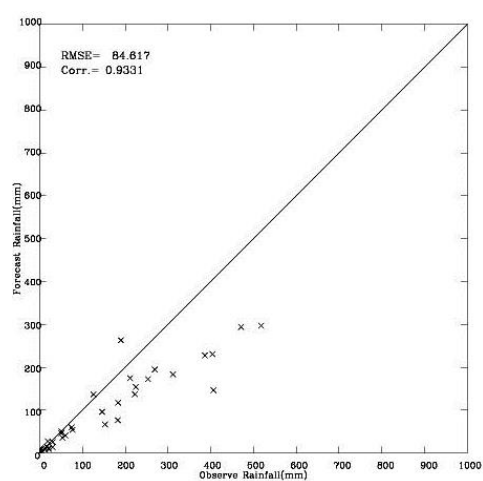


圖 44 不同初始時間針對天兔颱風，流域平均之陸上警報發布期間總累積雨量系集平均值（縱軸）相對於觀測值（橫軸）之分布。其中（a）為9月19日00Z，（b）為9月19日06Z，（c）為9月19日12Z，（d）為9月19日18Z。

表 14 不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間（9月20日00Z-9月22日00Z），流域平均之各項統計參數校驗結果。

	平均降雨		最大降雨		平均絕對誤差	均方根誤差	相關係數
	系集	觀測	系集	觀測			
091900Z	146.4	133.6	492.8	517.9	32.3	54.8	0.93
091906Z	117.4		421.4		33.9	56.8	0.94
091912Z	131.6		474.7		28.8	49.3	0.94
091918Z	87.4		296.9		84.6	52.1	0.93

除了各項統計參數的計算之外，亦使用列聯表分析方法計算預報降水得分，比較台灣地區各雨量站及流域平均的預報及觀測總累積雨量，以了解系集平均對天兔颱風總累積雨量之預報能力。表 15 為 9 月 19 日 4 個不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間，計算個別測站在不同門檻值之預報降水得分。由偏倚評分的結果來看，以 19 日 18Z 為初始時間的預報結果，在所有門檻值皆為低估，00Z 及 12Z 的預報結果則在 50 毫米及 200 毫米的門檻值為些微高估，而 06Z 的預報結果則隨著門檻值提高，預報結果由高估（門檻值 50 毫米，BS=1.11）逐漸轉為低估（門檻值 350 毫米，BS=0.32）。在可偵測機率及誤報率的表現上，除了 19 日 18Z 的預報結果之外，當門檻值小於 200 毫米時，系集平均的 POD 可達到 0.77 以上，而誤報率仍小於 0.23。而 19 日 18Z 在 POD 的表現雖然未較其他預報初始時間的表現好，但誤報率在各個門檻值都較小。在 TS 及 ETS 的表現上，仍以 19 日 18Z 的結果稍微差一些，雖然如此，當降雨門檻值為 200 毫米時，18Z 預報結果的 TS 及 ETS 值仍可達到 0.4 以上。

與測站的計算方法相同，表 16 為流域平均之預報降水得分的計算結果。由偏倚評分的結果來看，以 19 日 06Z 及 18Z 為初始時間的預報結果，在所有門檻值皆為低估，而 00Z 的預報結果則在 200 毫米以下的門檻值為些微高估，而 06Z 的預報結果則隨著門檻值提高，預報結果由高估（門檻值 50 毫米，BS=1.04）逐漸轉為低估（門檻值 350 毫米，BS=0.8）。而在 POD 的表現上，除了 19 日 18Z 的預報結果之外，當降雨門檻值小於 200 毫米時，系集平均對流域平均總累積雨量預報的 POD 可達到 0.8 以上，而 00Z 及 12Z 的預報結果在 350 毫米的門檻值，其 POD 仍可達到 0.6。此外，在誤報率的表現上，所有不同初始時間的預報結果，在各降雨門檻值都能保持在 0.3 以下，顯示系集平均的預報結果能正確掌握不同門檻值下，流域平均的總累積雨量。在 TS 及 ETS 的表現上，仍以 19 日 18Z 的結果稍微差一些，其他三個預報初始時間的結果，當降雨門檻值小於 200 毫米時，TS 及 ETS 皆達 0.65 以上。

表 15 不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間，計算個別測站在不同門檻值之預報降水得分。其中(a)為9月19日00Z，(b)為9月19日06Z，(c)為9月19日12Z，(d)為9月19日18Z。

(a) Initial time : 2013091900Z

	BS	POD	FAR	TS	ETS
50	1.2	1	0.17	0.83	0.64
130	0.91	0.78	0.15	0.69	0.59
200	1.17	0.9	0.23	0.7	0.64
350	0.85	0.56	0.34	0.43	0.4

(b) Initial time : 2013091906Z

	BS	POD	FAR	TS	ETS
50	1.11	0.99	0.11	0.89	0.77
130	0.82	0.73	0.11	0.66	0.56
200	0.92	0.77	0.17	0.66	0.61
350	0.32	0.2	0.38	0.17	0.16

(c) Initial time : 2013091912Z

	BS	POD	FAR	TS	ETS
50	1.11	0.99	0.11	0.88	0.75
130	0.84	0.76	0.1	0.7	0.6
200	1.05	0.87	0.17	0.73	0.68
350	0.63	0.44	0.31	0.37	0.34

(d) Initial time : 2013091918Z

	BS	POD	FAR	TS	ETS
50	0.86	0.83	0.04	0.8	0.64
130	0.74	0.66	0.11	0.62	0.51
200	0.55	0.49	0.11	0.46	0.4
350	0.02	0.02	0	0.02	0.02



表 16 不同預報初始時間，針對天兔颱風陸上警報發布期間，計算流域平均在不同門檻值之預報降水得分。其中(a)為 9 月 19 日 00Z，(b) 為 9 月 19 日 06Z，(c) 為 9 月 19 日 12Z，(d) 為 9 月 19 日 18Z。

(a) Initial time : 2013091900Z

	BS	POD	FAR	TS	ETS
50	1.09	1	0.08	0.92	0.81
130	1.06	1	0.06	0.94	0.9
200	1.18	1	0.15	0.85	0.79
350	1	0.8	0.2	0.67	0.63

(b) Initial time : 2013091906Z

	BS	POD	FAR	TS	ETS
50	0.96	0.96	0	0.96	0.9
130	0.88	0.81	0.07	0.76	0.64
200	0.91	0.82	0.1	0.75	0.67
350	0.2	0.2	0	0.2	0.18

(c) Initial time : 2013091912Z

	BS	POD	FAR	TS	ETS
50	1.04	1	0.04	0.96	0.9
130	1	0.94	0.06	0.88	0.81
200	0.91	0.82	0.1	0.75	0.67
350	0.8	0.6	0.25	0.5	0.45

(d) Initial time : 2013091918Z

	BS	POD	FAR	TS	ETS
50	0.87	0.87	0	0.87	0.73
130	0.81	0.75	0.08	0.71	0.57
200	0.45	0.36	0.2	0.33	0.24
350					

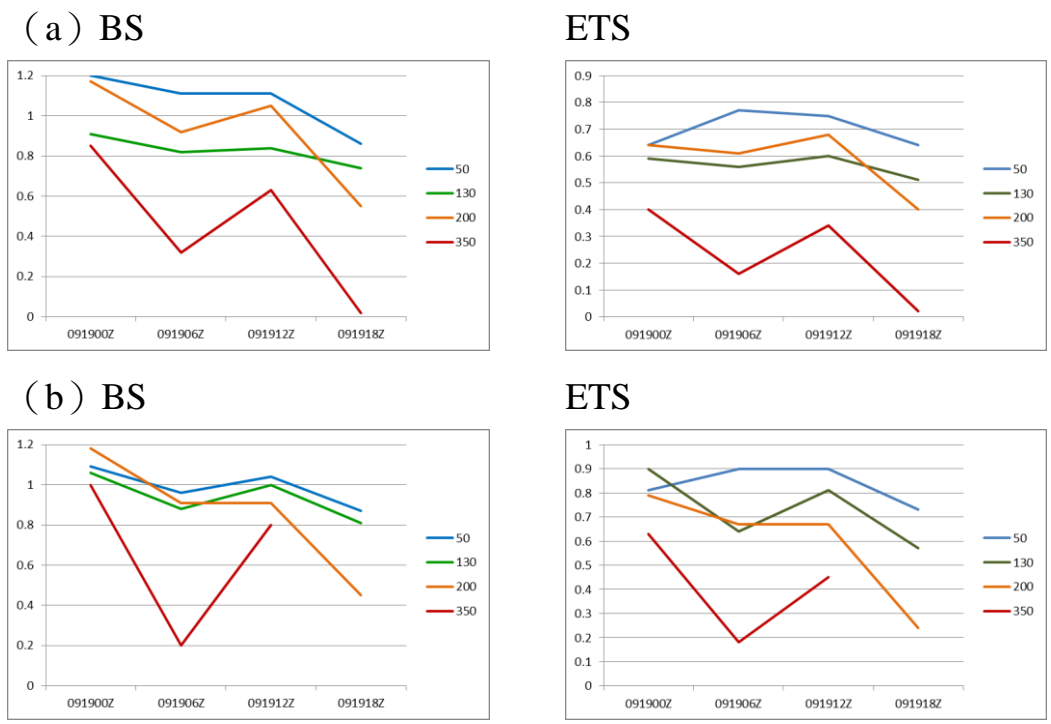


圖 45 (a) 測站整體及 (b) 流域平均之不同門檻值的 BS (左) 與 ETS (右) 隨不同預報初始時間的變化。

## 六、系集平台對外服務

### (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 2011 年規畫建置網頁版展示平台資訊系統，並於 2012 進行改版與維護，此資訊平台系統配合本中心定量降雨系集預報實驗之模式輸出結果，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。

2011 年第一版之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。雨量部分可呈現未來 24、48 及 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。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。

本資訊平台系統於中央氣象局與防災等單位作業上均扮演相當高的應用與參考價值，有助於颱洪災害預警研判、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。歷經 2011 年的使用，亦收到許多使用者意見回饋，2012 年亦作了大幅功能新增與更新。主要修改如下：

1. 增加颱風強度資訊
2. 提供該颱風所有路徑之功能
3. 介接觀測雨量，即時與系集預報成果比對
4. 累積雨量與時雨量圖，修改為以四分位統計方式呈現
5. 新增即時雨量預報
6. 新增日雨量校驗
7. 新增颱風降雨氣候模式
8. 新增淹水先期潛勢
9. 新增各功能使用統計表

## (二) 系統使用頻率統計

### ➤ 使用次數統計

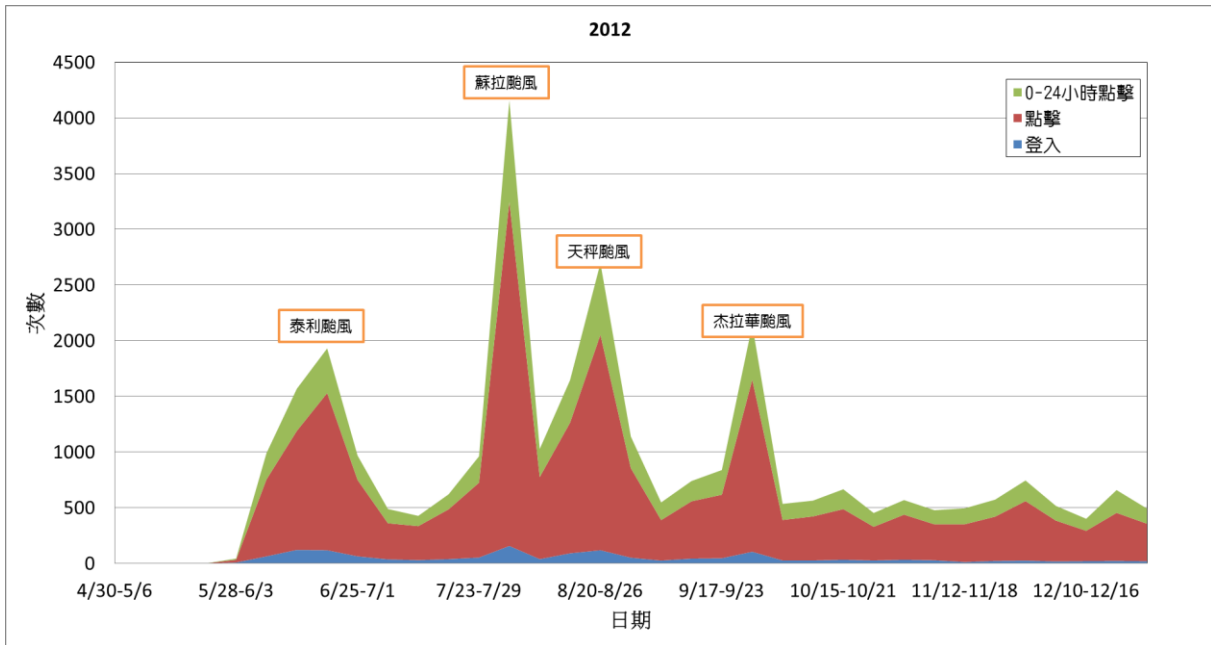


圖 46 平台使用次數統計

### ➤ 各功能使用次數

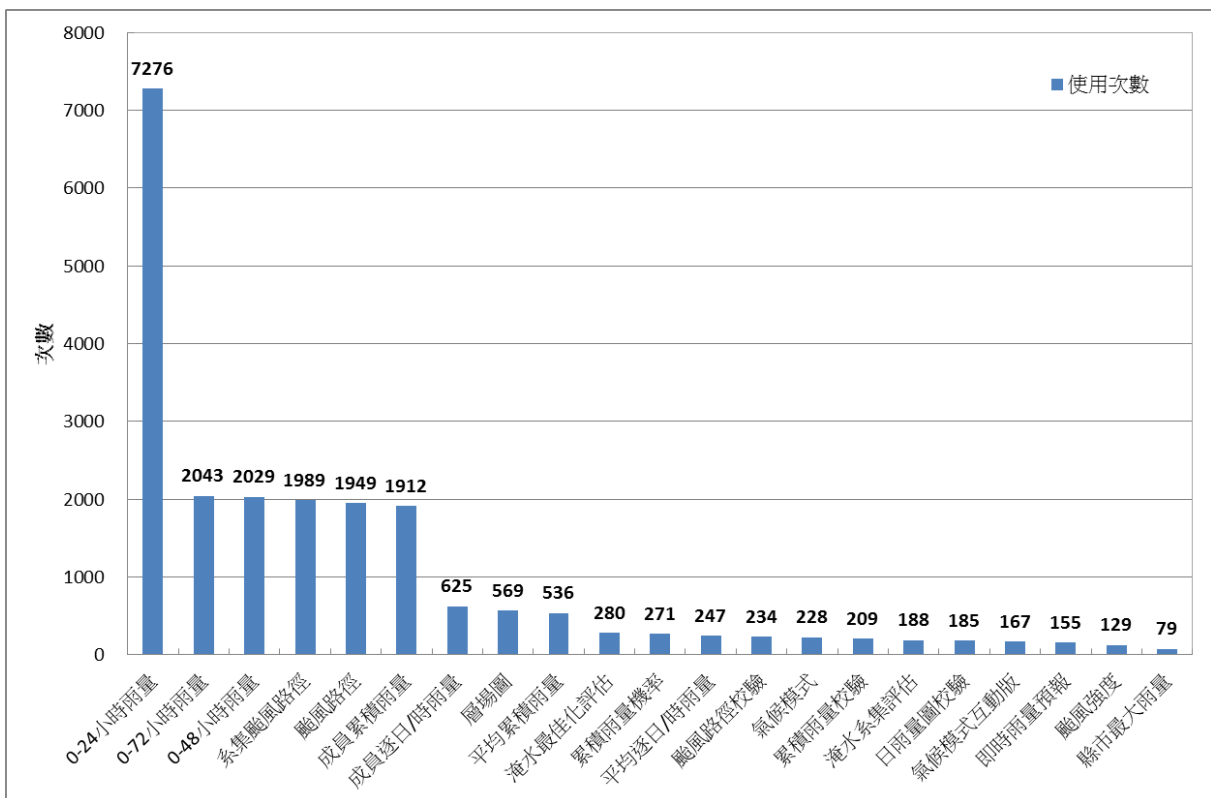


圖 47 平台各功能使用次數

### (三) 系統使用說明會

本中心 2012 年共舉行兩場公開說明會（台北場：19 人，台中場：13 人），邀請對象為水利署(含水利規劃試驗所)、水保局及各縣市政府協力單位...等災防單位，說明會中除介紹本實驗成果外，亦介紹新增之淹水先期潛勢評估系統。台北場亦邀請李光敦教授一同參與，提供寶貴意見。

此外，颱洪中心亦派員前往氣象局預報中心及災防中心，針對預報員與災防應變相關同仁進行進階使用者討論會，會中除介紹實驗產品外，雙方對於未來產品更新亦有良好互動之討論。



圖 48 定量降雨系集預報實驗平台資訊系統教育訓練活動

### (四) 系集預報資訊簡報

本實驗結果除利用數據專線即時傳輸外，亦於應變期間製作實驗成果投影片（包含颱風路徑及累積降雨量），主動發送給中央氣象局、災防中心、水利署及水保局等相關單位（約 200 人次）。

## 七、系集預報資訊簡報-區域雨量校驗

本中心於颱風影響台灣期間，即時綜整系集實驗成果，製作簡報寄送防災相關單位參考應用，統計 2013 年共即時發送 70 次定量降雨預報實驗結果。簡報中針對不同預報時段（0-12 小時、0-24 小時、0-48 小時、12-24 小時及 24-48 小時）前 20 大平均雨量的流域及該流域最大雨量站，列表提供參考（圖 49）。本報告亦針對簡報中的結果進行校驗（即僅針對該簡報中呈現的流域進行校驗），計算觀測與系集平均之誤差百分比，即誤差率 =  $\frac{(\text{預報}-\text{觀測})}{\text{觀測}} \times 100\%$ ，並將計算結果以圖 50-圖 55 的方式呈現。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。

整體來看，此次系集平均針對不同時段前 20 大流域平均雨量的預報結果，多為高估。而就不同的預報初始時間來看，以 21 日 00Z 及 06Z 為初始時間的預報表現較好，模式預報與觀測誤差率小於 20% 的流域數較其他時段為多。

中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。

整體來看，此次系集平均針對不同時段前 20 大流域平均雨量的預報結果，多為高估。而就不同的預報初始時間來看，以 21 日 00Z 及 06Z 為初始時間的預報表現較好，模式預報與觀測誤差率小於 20% 的流域數較其他時段為多。

系集實驗之流域平均/最大雨量估計(公釐)，  
雨量起算時間為20日14時(即表中之第0小時)

**NAR Labs**  
模式初始時間: 20日(五) 8時

	0-12小時		12-24小時		0-24小時		24-48小時		0-48小時	
	20日14時~21日02時		21日02時~21日14時		20日14時~21日14時		21日14時~22日14時		20日14時~22日14時	
	平均	最大值/測站	平均	最大值/測站	平均	最大值/測站	平均	最大值/測站	平均	最大值/測站
卑南溪流域	41	67向陽	270	380紅紫山	311	416紅紫山	513	819紅紫山	824	1234紅紫山
秀姑巒溪流域	67	82富源	258	373佳心	325	445佳心	433	568佳心	656	993佳心
南台東河系	23	37南田	142	224利嘉	156	243利嘉	474	697利嘉	629	941利嘉
太魯閣河系	77	123慈恩	249	346天祥	325	444天祥	305	421慈恩	567	819天祥
南屏東河系流域	26	40牡丹	157	277大漢山	177	298大漢山	389	784大漢山	529	1083大漢山
花蓮溪流域	60	93太安	220	368龍洞	280	447龍洞	365	550西林	519	908龍洞
南澳河系	86	157思源	133	145思源	219	302思源	186	251觀音海岸	405	453觀音海岸
海岸山脈河系	42	57長濱	127	139南美山	169	191長濱	273	334長濱	376	463長濱
豐濱河系	51	56豐濱	116	129豐濱	143	164豐濱	238	268豐濱	369	431豐濱
蘭陽溪流域	95	191南山	137	181太平山	231	359太平山	130	209太平山	361	478太平山
東港溪流域	8	12赤山	45	83赤山	53	95赤山	247	341南州	300	387南州
高屏溪流域	8	34排雲	55	179阿禮	63	192排雲	195	434阿禮	231	592阿禮
頭城河系	42	68壯圍	82	112壯圍	124	180壯圍	103	154礁溪	227	330壯圍
高雄河系流域	3	5鳳森	29	39旗津	29	39旗津	216	290鳳雄	222	296鳳山
濁水溪流域	9	73丹大	40	254丹大	48	327丹大	122	406丹大	164	598丹大
二仁溪流域	2	3木柵	9	12古亭坑	9	12古亭坑	132	169阿蓮	134	171阿蓮
北海岸河系	48	67雙溪	51	74雙溪	99	141雙溪	28	49雙溪	127	190雙溪
大甲溪流域	33	152武陵	32	249大禹嶺	66	346大禹嶺	81	421大禹嶺	120	627大禹嶺
鹽水溪流域	2	2峙頂	4	6峙頂	4	6峙頂	102	151和順	104	152和順
淡水河流域	25	122池端	35	220鎮西堡	57	296池端	50	221嘎拉賀	85	447西丘斯山
德基水庫	113	152武陵	193	219合歡山莊	306	319武陵	340	420合歡山莊	537	607合歡山莊
石門水庫	60	122池端	114	220鎮西堡	174	296池端	144	221嘎拉賀	272	447西丘斯山
翡翠水庫	12	53太平	54	79九芎根	81	124太平	96	107坪林	177	204九芎根
曾文水庫	27	15表湖	13	18民生	15	21民生	94	123民生	108	143民生
南化水庫	8	8關山	8	8關山	10	10關山	94	94關山	98	98關山

圖 49 颱風影響期間，本中心針對不同預報時段（0-12 小時、0-24 小時、0-48 小時、12-24 小時及 24-48 小時），列出前 20 大平均雨量的流域及該流域最大雨量站，提供防災相關單位參考應用。

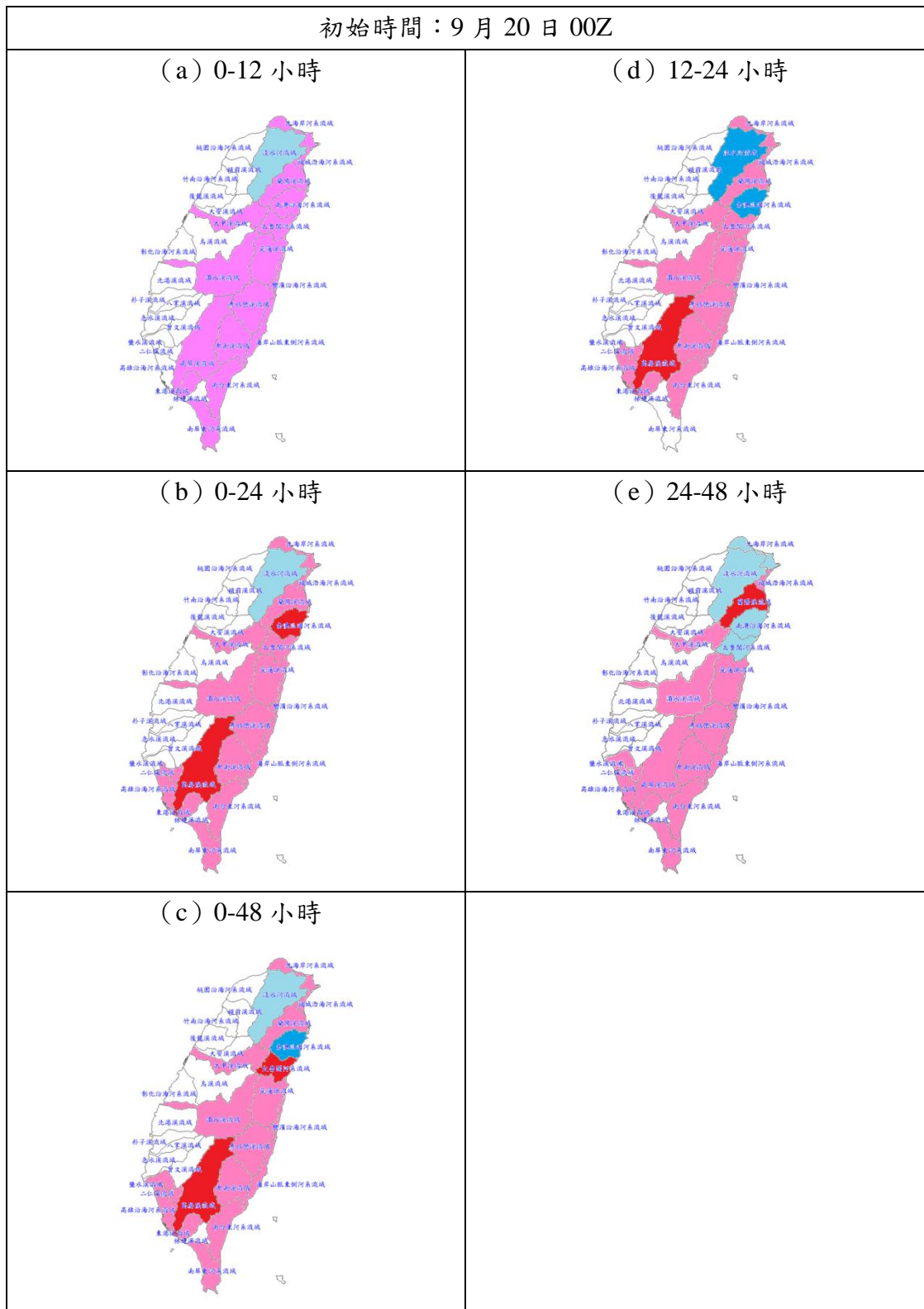


圖 50 以 9 月 20 日 00Z 為預報初始時間，針對 (a) 0-12 小時、(b) 0-24 小時、(c) 0-48 小時、(d) 12-24 小時及 (e) 24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。

初始時間：9月20日06Z

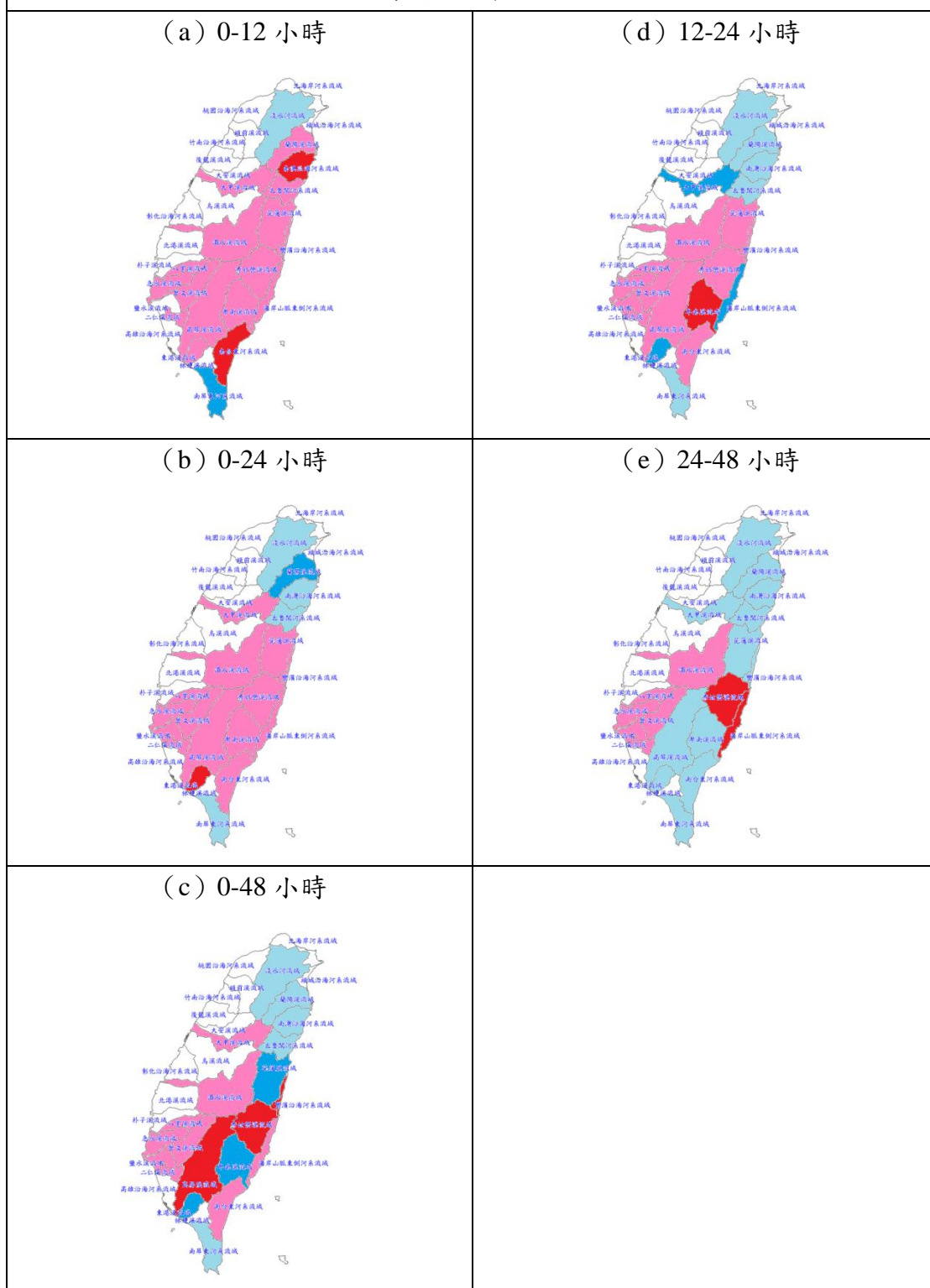


圖 51 以 9 月 20 日 06Z 為預報初始時間，針對 (a) 0-12 小時、(b) 0-24 小時、(c) 0-48 小時、(d) 12-24 小時及 (e) 24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。



初始時間：9月20日12Z

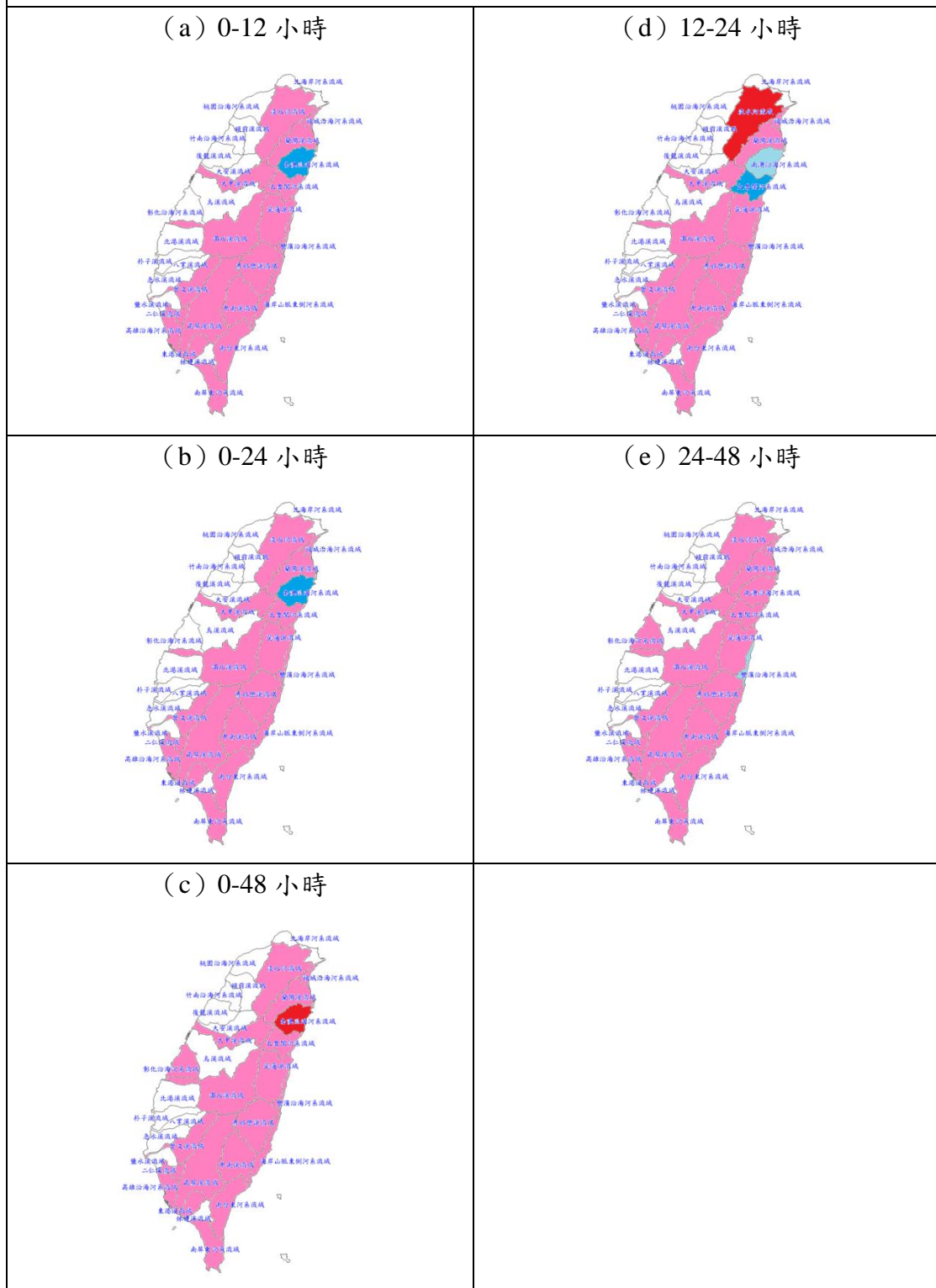


圖 52 以 9 月 20 日 12Z 為預報初始時間，針對 (a) 0-12 小時、(b) 0-24 小時、(c) 0-48 小時、(d) 12-24 小時及 (e) 24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。

初始時間：9月21日00Z

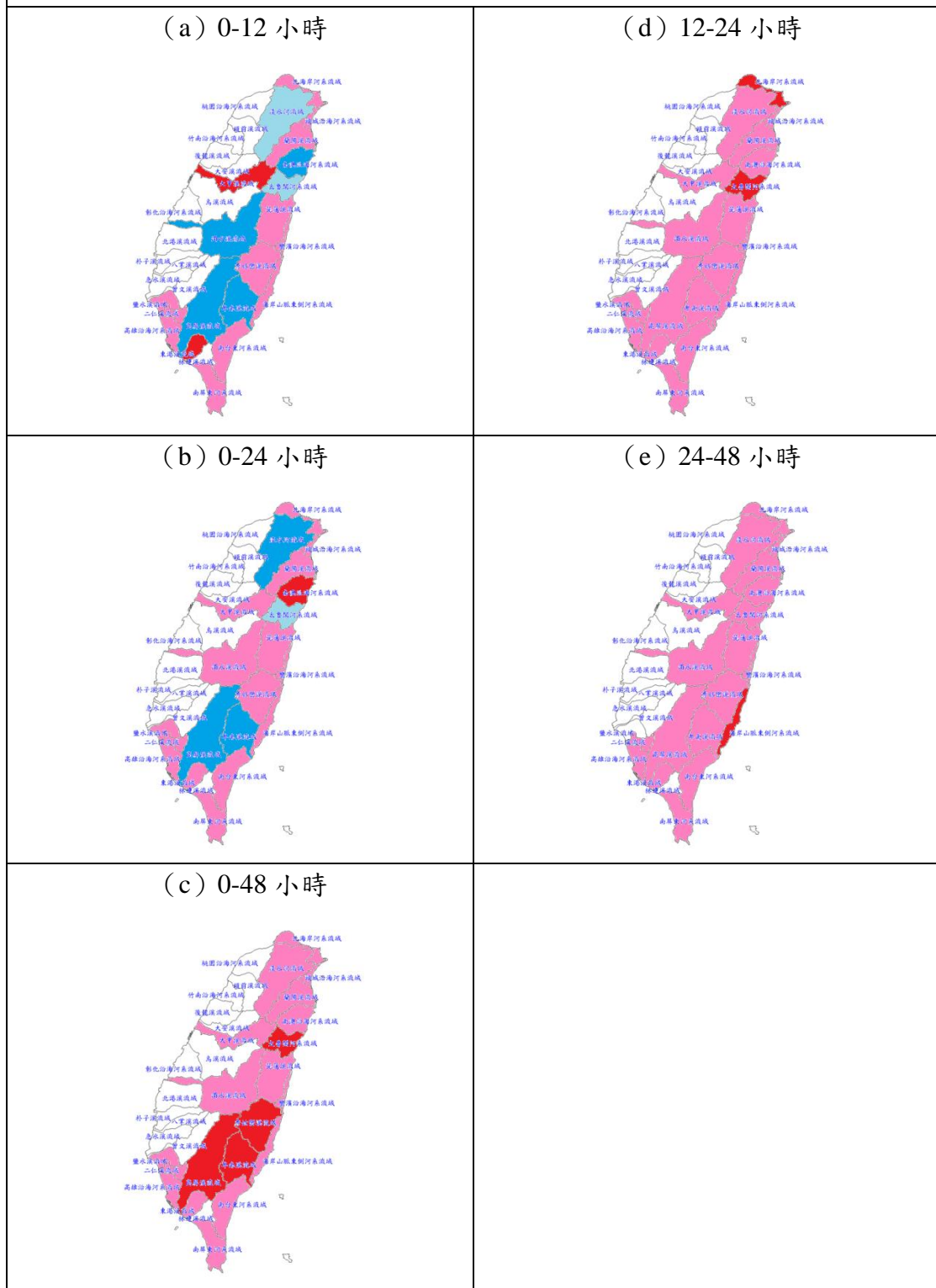


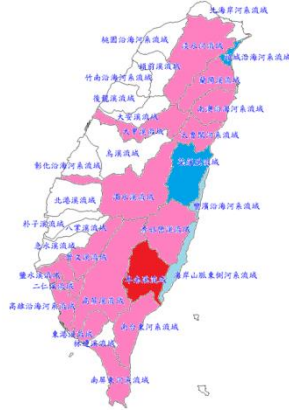
圖 53 以 9 月 21 日 00Z 為預報初始時間，針對 (a) 0-12 小時、(b) 0-24 小時、(c) 0-48 小時、(d) 12-24 小時及 (e) 24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。

初始時間：9月21日06Z

(a) 0-12 小時



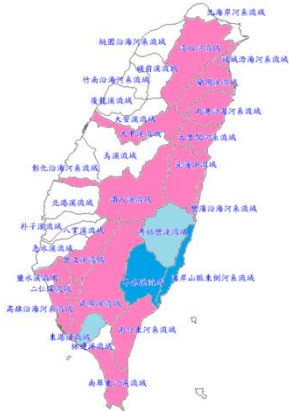
(d) 12-24 小時



(b) 0-24 小時



(e) 24-48 小時



(c) 0-48 小時



圖 54 以 9 月 21 日 06Z 為預報初始時間，針對 (a) 0-12 小時、(b) 0-24 小時、(c) 0-48 小時、(d) 12-24 小時及 (e) 24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。

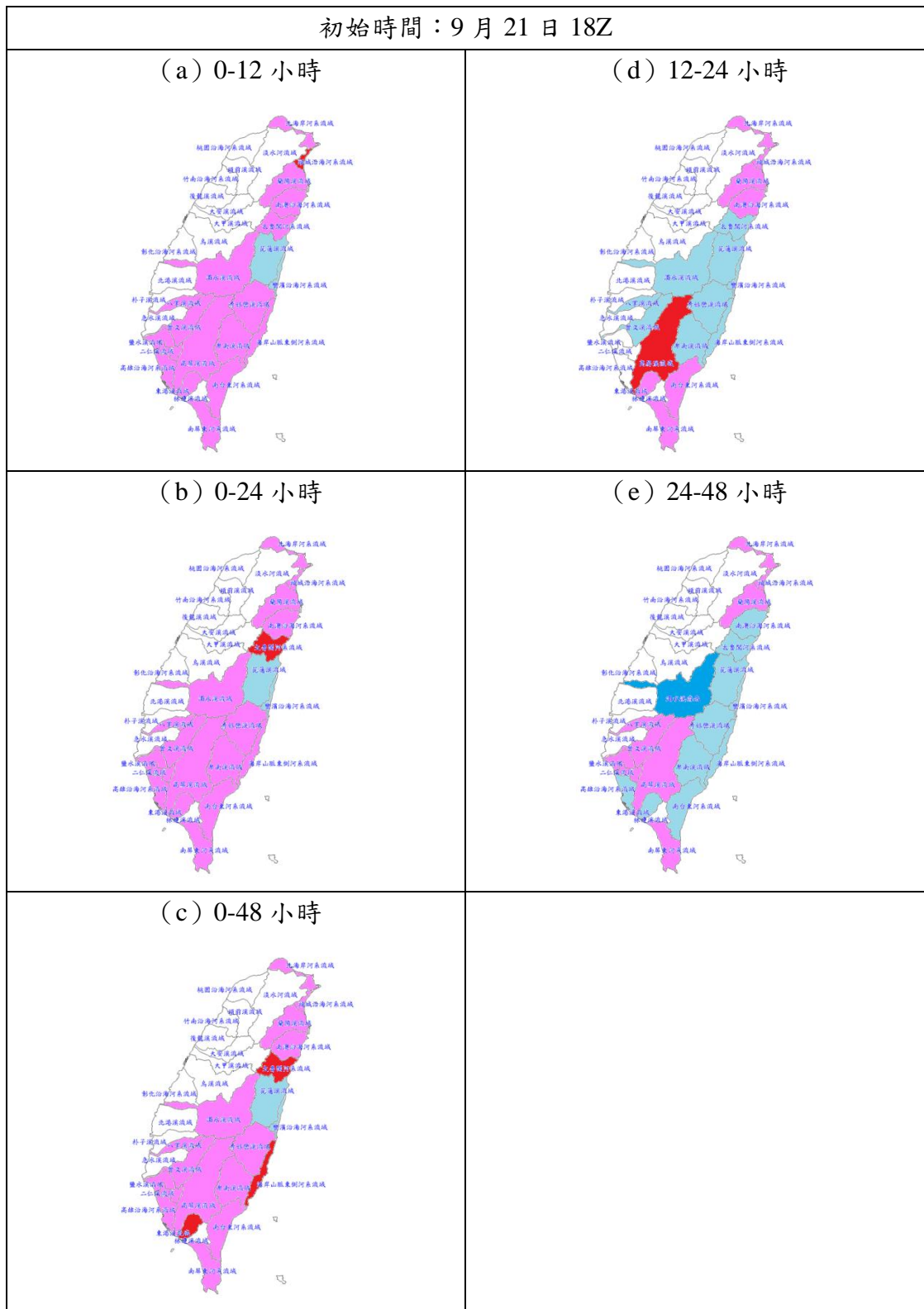


圖 55 以 9 月 21 日 18Z 為預報初始時間，針對 (a) 0-12 小時、(b) 0-24 小時、(c) 0-48 小時、(d) 12-24 小時及 (e) 24-48 小時，流域平均之觀測與系集平均之誤差百分比分布圖。其中粉紅色代表模式高估超過 20%，紅色代表預報高估但誤差率小於 20%，淺藍色表示預報低估超過 20%，而深藍色則代表預報低估在 20% 以內。