

# 系集最佳雨量挑選應用於災害預警

陳奕如、林欣弘、于宜強

國家災害防救科技中心

## 摘要

當豪雨或颱風事件發生，常使用數值模式預報可能的致災的情境與風險，而僅參考單一模式結果，可能會因模式預報的不確定性造成差異，而有情資判斷誤差，為改善此情況，提供多模式多種設定之系集預報，為一種改進方式。本中心提供一組數值模式預報，並介接中央氣象局、其他學研單位與颱洪中心逾 40 組系集成員，接收每日 4 次 72 小時高解析度預報實驗結果，作為分析應用參考。由於系集預報成員眾多，對使用者而言，選擇哪一組系集成員（或複合成員）做為應用的評估依據，多成員預報雨量展示可能會令使用者無從挑選，因此，檢視系集成員的降雨預報表現，進而挑選較佳雨量成員，對於落實應用，提供下游使用者有更好的選擇。為能客觀且具科學性的檢視定量降水預報的成果，本研究以觀測雨量值與預報雨量值採用預兆得分(TS)、公正預兆得分(ETS)、偏離指數(Bias)等方法計算命中得分做為校驗評估依據。

關鍵字：定量降雨預報、系集校驗。

## 一、前言

當豪雨或颱風事件發生，常使用數值模式預報可能的致災的情境與風險，而僅參考單一模式結果，可能會因模式預報的不確定性所造成之差異，而有情資判斷誤差，為改善此情況，提供多模式多種設定之系集預報，為一種改進方式。

本中心於去年度介接各單位 33 組預報成員，每日 4 次 72 小時高解析度預報實驗結果，作為分析應用參考，包含中央氣象局 20 組預報成員、颱洪中心 12 組預報成員（於 TD 時颱洪中心再增 3 組）與本中心 1 組預報成員（林等，2014）。今年度續增中央氣象局 3 組決定性預報成員、颱洪中心 4 組預報成員，於 TD 時颱洪中心再增 1 組，即今年度共有 40 組(TD 時共 44 組)可供應用。

本年度新增成員，已即時將各組系集成員的預報雨量製成 12 小時累積降雨分佈圖於網頁上，提供各組成員預報結果分析。而提供應用參考的系集成員日益增多，為能系統化、組

織化檢視系集成員的平均降雨特性，進行群組挑選 12 小時平均累積降雨分佈圖（圖 2），分別為：所有成員、CWB 群組成員、CWB WEPS 群組成員、CWB 決定性預報群組成員、颱洪中心群組成員。

由於系集預報成員眾多，對使用者而言，選擇哪一組系集成員（或是複合成員）做為應用的評估依據，多成員預報雨量展示可能會令使用者無從挑選，因此，檢視系集成員的降雨預報表現（林等，2013），進而挑選較佳雨量成員，對於落實應用，提供下游使用者有更好的選擇。

## 二、校驗方法

為能客觀且具科學性的檢視定量降水預報的成果，以觀測雨量值與預報雨量值採用預兆得分 TS (Threat Score)、公正預兆得分 ETS (Equitable Threat Score, Schaefer 1990)及偏離指數 BIAS 等方法計算命中得分，各方法的說明請參考（表 1）及下列說明：

表 1 列聯表，計算模式與觀測的命中率。

Event forecast	觀測事件 Event observed		
	Yes ≥ 門檻值	No < 門檻值	Marginal total
Yes ≥ 門檻值	a 命中	b 錯誤預報	a+b
No < 門檻值	c 失誤	d	c+d
Marginal total	a+c	b+d	a+b+c+d=n

- 預兆得分 (TS)：為了解模式對於區域超過某一定降雨量的預報能力，用來評估模對降雨區域的預報能力。TS 值越接近 1 表示模式正確預報降雨的能力越高。

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

- 公正預兆得分 (ETS)：公正預兆得分是計算除了模式與觀測皆無降水且不是隨機猜中的情況下，模式能正確預測降水的機率。ETS 越接近 1 表示模式降雨預報越準確，接近 0 則表示此模式預報能力較低。

$$ETS = \frac{a - a_r}{a + b + c - a_r}$$

$$n = a + b + c + d$$

$$a_r = \frac{(a + b)(a + c)}{n}$$

- 偏離指數 (Bias)：評估預報降水量是屬於低估或高估。Bias 值小於 1，表示預報模式值為偏乾，反之大於 1 則偏濕，BS 值越接近 1 則表示模式正確預報能力越高。

$$Bias = \frac{a + b}{a + c}$$

校驗結果以報表方式呈現，分別紀錄校驗方法、選用之雨量門檻值及系集成員，配合預報產品（每 6 小時更新一報），每日進行 4 次校驗運算。除報表外，另有以時間序列方式表現每系集成員在各設定的門檻值下得分情況，可對應降雨事件時各系集成員的表現。由於校驗時非個案挑選，故在數據呈現上得分值會較低，但仍然可循依此方法，檢視各成員表現情況。

### 三、個案討論

以 2014 年麥德姆颱風為例：資料選取區間為發佈海警前，受颱風外圍環流影響至海警解除，2014 年 07 月 21 日 00 時至 2014 年 07 月 23 日 18 時 (UTC)，近 3 天。其系集成員 12 小時累積雨量圖如 (圖 1) (僅以 2014 年 07 月 22 日 00Z 為例)，做為雨場兩型配置參考。

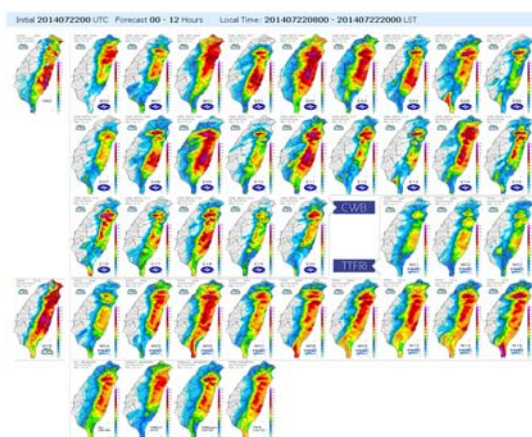
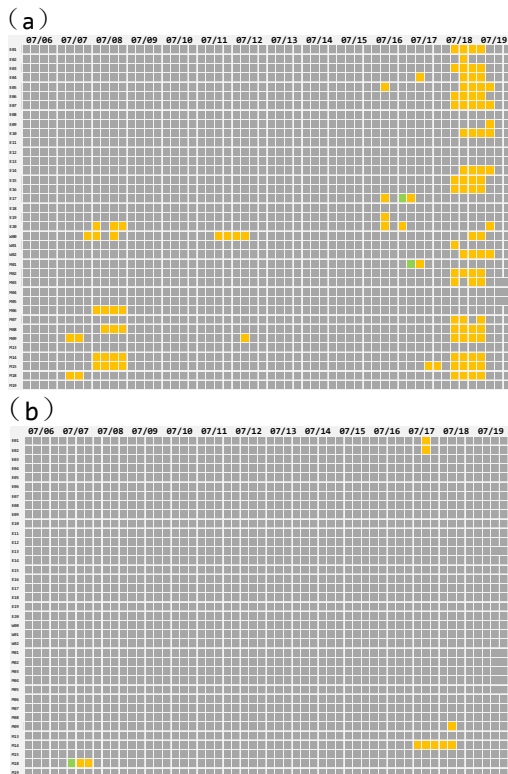


圖 1 2014 年麥德姆颱風 (MATMO) 登陸前，2014 年 07 月 22 日 00 時至 07 月 22 日 12 時 12 小時累積雨量圖 (UTC)。左上圖為觀測雨量；其餘小圖為系集成員雨量；是下列為分類群組雨量。每張累積降雨圖左上角有標註模式起初時間及選取預報之累積雨量區間，供雨場兩型配置參考。

由於在防災操作時，會著重情境為大雨等級以上狀況，故在參考前，亦會檢視各成員在過去近兩週的表現 (表 2)。表 3 於麥德姆颱風個案累積降雨量與觀測資料以 TS 方法校驗得分結果，設定降雨門檻值為 1、5、10、20、

30、50、70、85、100、130、200、350mm/12hr，著色代表各成員校驗結果，其中綠色、橘色、灰色分別代表表現良好（TS 值大於 0.45）、中等（TS 值小於 0.45、大於 0.2）、準確率低（TS 值小於 0.2），以色階方式快速檢視各成員表現狀況。

表 2 2014/07/06 ~ 2014/07/19；f00-f12 累積降雨量與觀測資料 TS 方法校驗得分，每格為選取前四報得分結果。(a) 降兩門檻值 30mm/12hr；(b) 降兩門檻值 50mm/12hr。著色代表各成員校驗結果，綠色、黃色、灰色分別代表表現良好、中等、準確率低。



24 表現中等的系集成員雨量做為參考。

表 3 2014 麥德姆颱風期間 2014/07/21 00Z 至 2014/07/23 18Z，(a) f00-f12hr；(b) f12-24hr；(c) f24-36hr，累積降雨量與觀測資料以 TS 方法校驗得分結果。降兩門檻值為 1、5、10、20、30、50、70、85、100、130、200、350mm/12hr。著色代表各成員校驗結果，綠色、橘色、灰色分別代表表現良好、中等、準確率低，以色階方式快速檢視各成員表現狀況。

(a)

TS	1	5	10	20	30	50	70	85	100	130	200	350
S81 (12/12)	0.76	0.73	0.72	0.67	0.51	0.51	0.41	0.35	0.31	0.22	0.12	0.01
S82 (12/12)	0.76	0.73	0.69	0.6	0.55	0.51	0.39	0.35	0.33	0.27	0.08	0
S83 (12/12)	0.76	0.68	0.66	0.56	0.55	0.39	0.31	0.28	0.28	0.19	0.03	0
S84 (12/12)	0.76	0.68	0.66	0.56	0.55	0.42	0.35	0.32	0.32	0.24	0.08	0
S85 (12/12)	0.74	0.73	0.72	0.63	0.6	0.48	0.41	0.38	0.35	0.29	0.1	0
S86 (12/12)	0.72	0.62	0.54	0.48	0.48	0.39	0.35	0.27	0.27	0.19	0.05	0
S87 (12/12)	0.69	0.61	0.59	0.55	0.46	0.35	0.29	0.27	0.27	0.19	0.08	0
S88 (12/12)	0.75	0.72	0.72	0.66	0.58	0.46	0.35	0.33	0.29	0.27	0.08	0
S89 (12/12)	0.72	0.67	0.64	0.57	0.5	0.36	0.31	0.29	0.29	0.19	0.11	0
S10 (12/12)	0.68	0.59	0.55	0.48	0.44	0.36	0.29	0.29	0.29	0.19	0.11	0
S11 (12/12)	0.74	0.7	0.67	0.61	0.57	0.48	0.39	0.36	0.34	0.33	0.15	0.09
S12 (12/12)	0.75	0.71	0.66	0.57	0.54	0.39	0.34	0.32	0.32	0.24	0.11	0.11
S13 (12/12)	0.77	0.74	0.7	0.6	0.57	0.37	0.31	0.27	0.24	0.23	0.11	0.08
S14 (12/12)	0.78	0.68	0.63	0.6	0.55	0.42	0.36	0.33	0.32	0.29	0.1	0.03
S15 (12/12)	0.74	0.69	0.66	0.64	0.60	0.38	0.34	0.33	0.32	0.24	0.11	0.08
S16 (12/12)	0.75	0.65	0.59	0.55	0.45	0.35	0.29	0.25	0.22	0.17	0.05	0
S17 (12/12)	0.67	0.69	0.67	0.59	0.52	0.44	0.38	0.34	0.34	0.32	0.22	0.06
S18 (12/12)	0.72	0.67	0.66	0.67	0.52	0.46	0.39	0.37	0.36	0.33	0.13	0
S19 (12/12)	0.71	0.65	0.59	0.52	0.44	0.34	0.28	0.27	0.26	0.19	0.14	0.13
S20 (12/12)	0.7	0.67	0.61	0.53	0.5	0.42	0.39	0.35	0.32	0.28	0.15	0.13
M00 (12/12)	0.81	0.79	0.79	0.65	0.6	0.53	0.46	0.49	0.49	0.37	0.19	0.05
M01 (12/12)	0.81	0.76	0.75	0.68	0.63	0.54	0.5	0.43	0.39	0.34	0.18	0.08
M02 (12/12)	0.73	0.67	0.63	0.54	0.51	0.4	0.36	0.32	0.3	0.23	0.09	0
M03 (12/12)	0.74	0.68	0.63	0.55	0.55	0.46	0.48	0.39	0.38	0.24	0.04	0.04
M04 (12/12)	0.8	0.71	0.69	0.71	0.66	0.55	0.51	0.48	0.43	0.32	0.12	0.04
M05 (12/12)	0.73	0.69	0.66	0.6	0.57	0.5	0.47	0.37	0.32	0.25	0.2	0.04
M06 (12/12)	0.79	0.72	0.68	0.65	0.65	0.56	0.55	0.49	0.44	0.39	0.28	0.09
M07 (12/12)	0.78	0.74	0.73	0.69	0.64	0.54	0.47	0.43	0.43	0.37	0.15	0.13
M08 (12/12)	0.75	0.69	0.67	0.64	0.59	0.55	0.49	0.45	0.45	0.47	0.36	0.15
M09 (12/12)	0.76	0.72	0.73	0.68	0.62	0.58	0.51	0.45	0.48	0.45	0.35	0.09
M10 (12/12)	0.76	0.72	0.72	0.68	0.62	0.58	0.51	0.45	0.48	0.45	0.35	0.09
M11 (12/12)	0.75	0.71	0.69	0.66	0.61	0.54	0.49	0.47	0.47	0.37	0.23	0
M12 (12/12)	0.76	0.73	0.75	0.68	0.63	0.56	0.51	0.45	0.48	0.45	0.35	0.09
M13 (12/12)	0.77	0.73	0.73	0.67	0.63	0.59	0.55	0.47	0.47	0.46	0.33	0.12
M14 (12/12)	0.76	0.72	0.73	0.67	0.6	0.55	0.51	0.47	0.45	0.43	0.33	0.05
M15 (12/12)	0.74	0.7	0.68	0.57	0.52	0.44	0.44	0.42	0.41	0.37	0.15	0.16
M16 (12/12)	0.76	0.68	0.63	0.6	0.55	0.48	0.48	0.46	0.44	0.45	0.32	0.16

(b)

TS	1	5	10	20	30	50	70	85	100	130	200	350
S81 (12/12)	0.58	0.43	0.36	0.27	0.22	0.16	0.14	0.11	0.09	0.04	0.01	0
S82 (12/12)	0.62	0.55	0.49	0.41	0.33	0.21	0.15	0.12	0.11	0.05	0	0
S83 (12/12)	0.65	0.47	0.41	0.31	0.27	0.19	0.15	0.12	0.11	0.07	0.02	0
S84 (12/12)	0.6	0.47	0.41	0.33	0.27	0.19	0.15	0.12	0.11	0.07	0.02	0
S85 (12/12)	0.58	0.45	0.38	0.32	0.26	0.18	0.14	0.11	0.09	0.06	0	0
S86 (12/12)	0.54	0.42	0.35	0.28	0.22	0.16	0.13	0.11	0.09	0.06	0	0
S87 (12/12)	0.55	0.44	0.39	0.32	0.27	0.19	0.16	0.13	0.11	0.08	0	0
S88 (12/12)	0.53	0.42	0.36	0.29	0.25	0.18	0.15	0.13	0.11	0.08	0.04	0
S89 (12/12)	0.55	0.49	0.43	0.31	0.27	0.17	0.15	0.13	0.11	0.08	0.04	0
S10 (12/12)	0.53	0.41	0.36	0.3	0.25	0.16	0.12	0.11	0.07	0.03	0	0
S11 (12/12)	0.61	0.45	0.42	0.35	0.28	0.21	0.15	0.12	0.11	0.06	0.02	0
S12 (12/12)	0.55	0.41	0.33	0.26	0.22	0.15	0.13	0.09	0.05	0.02	0	0
S13 (12/12)	0.58	0.45	0.38	0.29	0.24	0.18	0.15	0.13	0.12	0.1	0.04	0.05
S14 (12/12)	0.62	0.53	0.48	0.37	0.32	0.22	0.18	0.15	0.14	0.11	0.06	0
S15 (12/12)	0.58	0.45	0.37	0.27	0.21	0.17	0.15	0.14	0.11	0.08	0.02	0
S16 (12/12)	0.53	0.41	0.37	0.3	0.25	0.19	0.14	0.11	0.07	0.04	0.03	0
S17 (12/12)	0.5	0.39	0.33	0.26	0.22	0.17	0.13	0.11	0.09	0.06	0.01	0
S18 (12/12)	0.57	0.47	0.43	0.38	0.32	0.24	0.18	0.15	0.11	0.07	0.02	0
S19 (12/12)	0.51	0.4	0.35	0.29	0.25	0.19	0.15	0.13	0.11	0.07	0	0
S20 (12/12)	0.61	0.44	0.33	0.25	0.2	0.14	0.11	0.07	0.04	0.01	0	0
M00 (12/12)	0.66	0.44	0.37	0.28	0.22	0.16	0.13	0.12	0.09	0.07	0.06	0.04
M01 (12/12)	0.55	0.44	0.36	0.28	0.23	0.17	0.13	0.11	0.08	0.06	0.04	0
M02 (12/12)	0.64	0.55	0.5	0.45	0.38	0.26	0.21	0.17	0.12	0.06	0	0
M03 (12/12)	0.54	0.37	0.34	0.29	0.23	0.17	0.13	0.11	0.08	0.06	0.04	0
M04 (12/12)	0.57	0.43	0.35	0.29	0.23	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04	0	0
M05 (12/12)	0.51	0.4	0.33	0.22	0.18	0.14	0.08	0.05	0.04	0.02	0	0
M06 (12/12)	0.57	0.43	0.35	0.29	0.23	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04	0	0
M07 (12/12)	0.58	0.47	0.42	0.36	0.28	0.2	0.15	0.12	0.11	0.07	0.02	0
M08 (12/12)	0.58	0.48	0.42	0.35	0.3	0.21	0.19	0.16	0.13	0.1	0.04	0
M09 (12/12)	0.58	0.48	0.4	0.32	0.25	0.18	0.17	0.14	0.12	0.08	0.02	0
M10 (12/12)	0.58	0.48	0.39	0.31	0.28	0.21	0.16	0.13	0.11	0.07	0.02	0
M11 (12/12)	0.56	0.46	0.38	0.32	0.28	0.22	0.17	0.14	0.11	0.07	0.01	0
M12 (12/12)	0.61	0.46	0.42	0.33	0.28	0.21	0.16	0.12	0.09	0.07	0.01	0
M13 (12/12)	0.6	0.48	0.42	0.33	0.29	0.21	0.17	0.13	0.11	0.08	0.02	0
M14 (12/12)	0.58	0.47	0.41	0.34	0.28	0.22	0.17	0.14	0.12	0.09	0.01	0
M15 (12/12)	0.53	0.44	0.38	0.31	0.25	0.17	0.15	0.12	0.11	0.08	0.01	0
M16 (12/12)	0.53	0.44	0.38	0.31	0.25	0.17	0.15	0.12	0.11	0.08	0.01	0
M17 (12/12)	0.59	0.5	0.43	0.35	0.3	0.24	0.21	0.15	0.17	0.13	0.06	0.04

(c)

TS	1	5	10	20	30	50	70	85	100	130	200	350
S85 (12/12)	0.36	0.17	0.09	0.04	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0
S86 (12/12)	0.39	0.26	0.18	0.11	0.07	0.02	0.01	0	0	0	0	0
S87 (12/12)	0.37	0.19	0.12	0.05	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
S88 (12/12)	0.43	0.22	0.12	0.06	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
S89 (12/12)	0.35	0.17	0.1	0.05	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
S90 (12/12)	0.34	0.16	0.09	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0
S91 (12/12)	0.3	0.16	0.09	0.04	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0
S92 (12/12)	0.38	0.24	0.16	0.08	0.05	0.01	0.01	0	0	0	0	0
S93 (12/12)	0.38	0.24	0.16	0.08	0.05	0.01	0.01	0	0	0	0	0
S94 (12/12)	0.37	0.19	0.12	0.05	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
S95 (12/12)	0.43	0.22	0.12	0.06	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
S96 (12/12)	0.35	0.17	0.1	0.05	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
S97 (12/12)	0.34	0.16	0.09	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0
S98 (12/12)	0.3	0.16	0.09	0.04	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0
S99 (12/12)	0.38	0.24	0.16	0.08	0.05	0.01	0.01	0	0	0	0	0
S100 (12/12)	0.3	0.16	0.09	0.04	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0
S101 (12/12)	0.41	0.24	0.15	0.08	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0
S102 (12/12)	0.39	0.18	0.1	0.05	0.03	0.01	0.01	0	0	0	0	0
S103 (12/12)	0.36	0.18	0									

表 4 2014 麥德姆颱風期間 2014/07/21 00Z ~ 2014/07/23 18Z，所有預報成員於各延時累積雨量達降雨門檻值 50mm/hr 的得分表現。表例說明同表 2。

TS(50mm/12hr)	f00-12	f12-24	f24-36	f36-48	f48-60	f60-72
E01	0.51	0.16	0.01	0	0.01	0.02
E02	0.35	0.21	0.02	0	0.01	0.03
E03	0.35	0.2	0.02	0.01	0.02	0.03
E04	0.42	0.19	0.01	0	0.01	0.03
E05	0.48	0.18	0.01	0.01	0.02	0.02
E06	0.35	0.16	0.01	0	0.02	0.03
E07	0.35	0.19	0	0	0.01	0.04
E08	0.46	0.18	0.01	0	0.02	0.02
E09	0.36	0.17	0.01	0	0.02	0.03
E10	0.36	0.16	0.01	0	0.02	0.03
E11	0.48	0.21	0.02	0	0.01	0.02
E12	0.39	0.25	0.01	0.02	0.02	0.02
E13	0.37	0.18	0.01	0	0.03	0.02
E14	0.42	0.22	0.02	0.01	0.01	0.02
E15	0.38	0.17	0.01	0.01	0.02	0.01
E16	0.39	0.19	0.01	0	0.01	0.03
E17	0.44	0.17	0.01	0	0.01	0.02
E18	0.46	0.26	0.06	0.01	0.01	0.02
E19	0.34	0.19	0.01	0	0.01	0.03
E20	0.42	0.14	0.01	0.01	0.02	0.03
M00	0.53	0.15	0.01	0	0.01	0.01
M01	0.54	0.17	0	0	0.01	0.01
M02	0.4	0.26	0.05	0.01	0	0.02
M03	0.46	0.13	0	0	0.01	0.03
M04	0.55	0.15	0.01	0	0.01	0.02
M05	0.45	0.14	0	0	0.01	0.03
M06	0.56	0.15	0.01	0	0.01	0.02
M07	0.54	0.2	0.02	0	0.01	0.02
M08	0.56	0.23	0.03	0	0.01	0.01
M09	0.58	0.22	0.03	0	0.01	0.02
M10	0.56	0.21	0.03	0	0.01	0.02
M11	0.54	0.22	0.03	0	0.01	0.02
M12	0.56	0.21	0.02	0	0.01	0.02
M13	0.56	0.21	0.03	0	0.01	0.01
M14	0.55	0.21	0.03	0	0.01	0.01
M15	0.55	0.22	0.03	0	0.01	0.01
M16	0.47	0.16	0.04	0	0.01	0.01
M17	0.55	0.24	0.03	0	0.01	0.02

在麥德姆颱風登陸前，由於路徑的不確定性(圖 2)，因此進行情境設定時，另外挑選官方路徑偏北、路徑偏南之路徑，將兩種不同路徑而不同的降雨配置傳至下游端，提供淹水與坡地災害研判使用。而本次颱風應用時，所挑選之偏南路徑與颱風行走路徑相似(圖 3)，兩場與颱風路徑相關，因此本次所選取系集成員，因路徑預報得宜，其得分狀況為在得分也表現良好：f00-12 為良好，f12-24 為中等以上。

#### 四、結論

應用數值模式系集成員，可提供更多氣象情境參考，雨量得分分析的將有助於挑選較佳系集雨量。未來將更進行更多設定，包含天氣條件、平地山區、縣市區域、河川流域，檢視各模式在各天氣條件下及各區域的表現成果，進一步挑選複合成員組合，以期得到更合適的雨量分佈，以供落實應用。

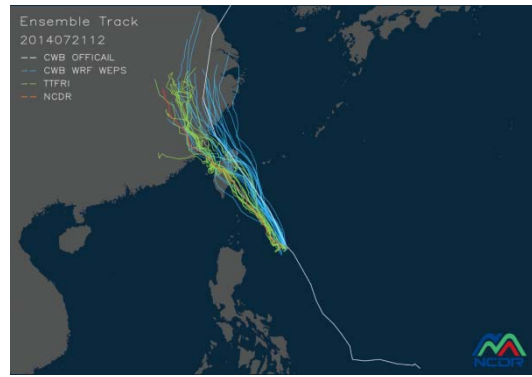


圖 2 麥德姆颱風於 2014 年 07 月 21 日 12Z，氣象局官方路徑(觀測+預報)及各單位系集成員預報 72 小時路徑圖。

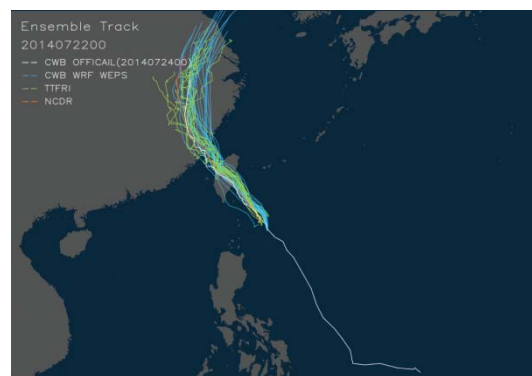


圖 3 麥德姆颱風於 2014 年 07 月 22 日 00Z，各單位系集成員預報 72 小時路徑圖與氣象局 2014 年 07 月 24 日 00Z 官方觀測路徑。

#### 五、參考文獻

林沛練、陳永明、于宜強、鄭兆尊、吳宜昭、朱容練、林欣弘、王安翔、張智昇、黃柏誠、李宗融、龔楚嫻，2013：颱風 101 年氣象防災監測與預警技術精進之研究。國家災害防救科技中心，NCDR 101-T23，109 頁。

于宜強、林欣弘、李宗融、龔楚嫻，2014：2013 年災害預警技術研發報告。國家災害防救科技中心技術報告，NCDR 102-T24，77 頁。