

利用BMA進行颱風系集降雨預報

黃煜鈞

2018/09/11

黃煜鈞¹ 張惠玲² 洪景山³ 蕭朱杏¹

台灣大學流行病學與預防醫學研究所¹
中央氣象局科技中心² 中央氣象局資訊中心³

- 動機與目標

- 模式與資料

- 研究方法

- I. 貝氏模型平均(Bayesian Model Averaging, BMA)

- II. 順序性貝氏模型平均(Sequential BMA)

- 平均格點均方根誤差(Region-based root mean squared error, R-RMSE)

- 分析結果

- I. BMA 豪大雨機率預報

- II. 順序性 BMA 與順序性成員預報(Raw ensemble member forecast)

- 結論與討論

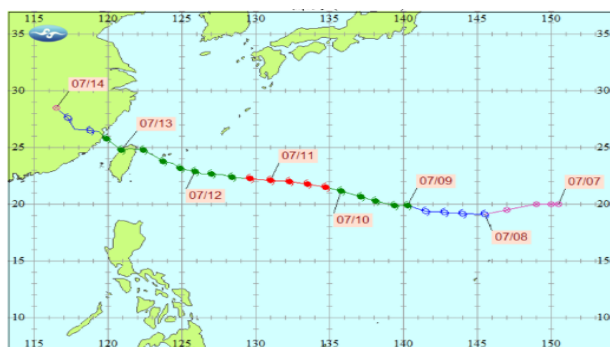
動機與目標

研究動機與目標

• 提供更具參考價值之颱風降雨預報指引

1. 利用 BMA 提供更為細緻的機率預報
2. 順序性 BMA 與順序性成員預報

訓練集



順序性預報

V20
V20, V6
V20, V6, V5

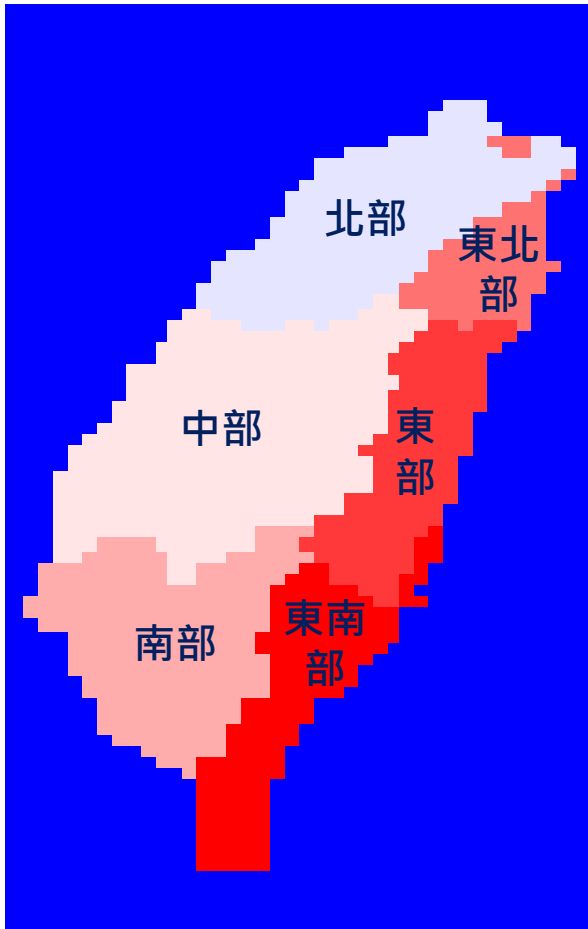
•
•
•

驗證集



模式與資料

- WRF 系集預報系統產生 20 組系集成員
- QPESUMS 之定量降雨估計(QPE)作為觀測值



1. 針對不同地區與格點地形進行分析
2. 只針對台灣陸地區域進行研究與分析

訓練集與驗證集有相似性質 相似侵台路徑

訓練集

名稱	蘇力 (SOULIK)
編號	201307
生成地點	145.5, 19.1
侵(近)臺日期	2013年 07月 13日
發布時間	海上 2013-07-11 08:30 陸上 2013-07-11 20:30
解除時間	陸上 2013-07-13 23:30 海上 2013-07-13 23:30
發布報數	22
最大強度	強烈
近中心最大風速	51 (公尺/秒)
侵臺路徑分類	2
登陸地段	新北市與宜蘭縣交界處

驗證集

名稱	杜鵑 (DUJUAN)
編號	201521
生成地點	138.2, 17.7
侵(近)臺日期	2015年 09月 28日
發布時間	海上 2015-09-27 08:30 陸上 2015-09-27 17:30
解除時間	陸上 2015-09-29 17:30 海上 2015-09-29 17:30
發布報數	20
最大強度	強烈
近中心最大風速	51 (公尺/秒)
侵臺路徑分類	2
登陸地段	宜蘭縣南澳鄉

BMA 訓練集選取

f. 0 – 24h rainfall

蘇力颱風
(訓練集)

7 報

資料集

2013-07-11_00Z

2013-07-14_00Z

杜鵑颱風
(驗證集)

13 報

資料集

2015-09-26_18Z

2015-09-29_18Z

第 4 報

2015-09-27_12Z ~ 2015-09-28_12Z 累積降雨量

訓練集: 7+3=10 報

研究方法

I. 貝氏模型平均(BMA)

K=20 in our case

$$p(y|f_1, f_2, \dots, f_K) = \sum_{k=1}^K w_k g_k(y|f_k), \quad k = 1, 2, \dots, K$$

🏆 對於每一個系集成員預測 f_k → 建構預測分配 $g_k(y|f_k)$, $k = 1, 2, \dots, 20$

🏆 w_k 表混和分配的權重 → 系集成員在訓練集的相對預測表現



問: 如何建構預測分配 $g_k(y|f_k)$?

Gamma distribution

BMA for discrete-continuous models

Bernoulli-Gamma mixture model

K=20 in our case

$$p(y|f_1, f_2, \dots, f_K) = \sum_{k=1}^K w_k g_k(y|f_k), \quad k = 1, 2, \dots, K$$

**Discrete-continuous
models**
(Sloutghter et al. 2007)

$$p(y = 0|f_k)$$

$$p(y > 0|f_k)$$

要有多少比例產生降雨量
為 0 的預報

$$y = 0$$



$$\text{logit } p(y = 0|f_k) = a_{0k} + a_{1k}f_k^{1/3} + a_{2k}\delta_k, \quad k = 1, 2, \dots, 20$$

$$y > 0$$



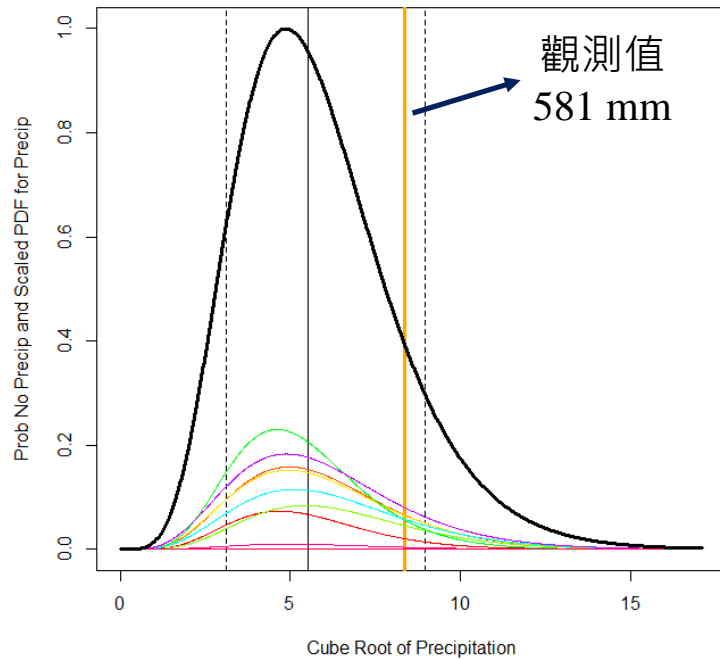
$$g_k(y|f_k) = \frac{1}{\beta_k^{\alpha_k} \Gamma(\alpha_k)} y^{\alpha_k-1} \exp(-y/\beta_k), \quad k = 1, 2, \dots, 20$$

利用 BMA 做預報

$$p(y_{sd}|f_{ksd}, k = 1, 2, \dots, K) = \sum_{k=1}^K w_k g_k(y_{sd}|f_{ksd}), \quad \begin{array}{l} s: \text{index of grid} \\ d: \text{index of day} \end{array}$$

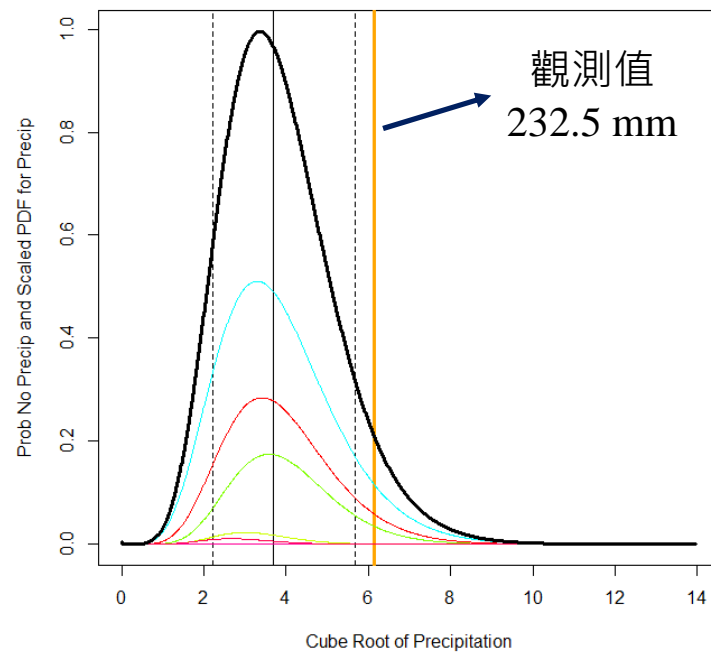
新北烏來

2015-09-27_12Z ~ 2015-09-28_12Z 累積降雨量



新北新店

2015-09-27 12Z ~ 2015-09-28 12Z 累積降雨量



順序性 BMA 與順序性成員預報 (Sequential BMA and sequential member forecast)

訓練集

R-RMSE

利用 R-RMSE 數值當作順序性分析之指標

BMA

Member fcst

CRPS & MAE

呈現順序性分析結果

$$CRPS(F, y) = \int_{-\infty}^{\infty} (F(x) - I\{x \geq y\})^2 dx$$

Sequential step

$$R-RMSE_{member k} = \sqrt{\frac{\sum_{s \in S} \sum_{t \in T} (f_{kst} - y_{st})^2}{|S| * |T|}}, \quad k = 1, 2, \dots, 20$$

第1次: V20
 第2次: V20, V6
 第3次: V20, V6, V5
 ⋮
 ⋮
 ⋮
 第20次: V20, V6, V5, ..., V10

S: index set of selected grid
T: index set of training period

分析結果

預測杜鵑颱風 2015-09-27_12z ~ 2015-09-28_12z 累積降雨量
訓練集: 蘇力 7 報 + 杜鵑前 3 報 (共 10 報)



豪大雨之機率預報





Sequential BMA and sequential member forecast

北部山區

豪大雨機率預報

$$p(\text{forecast} > x)$$

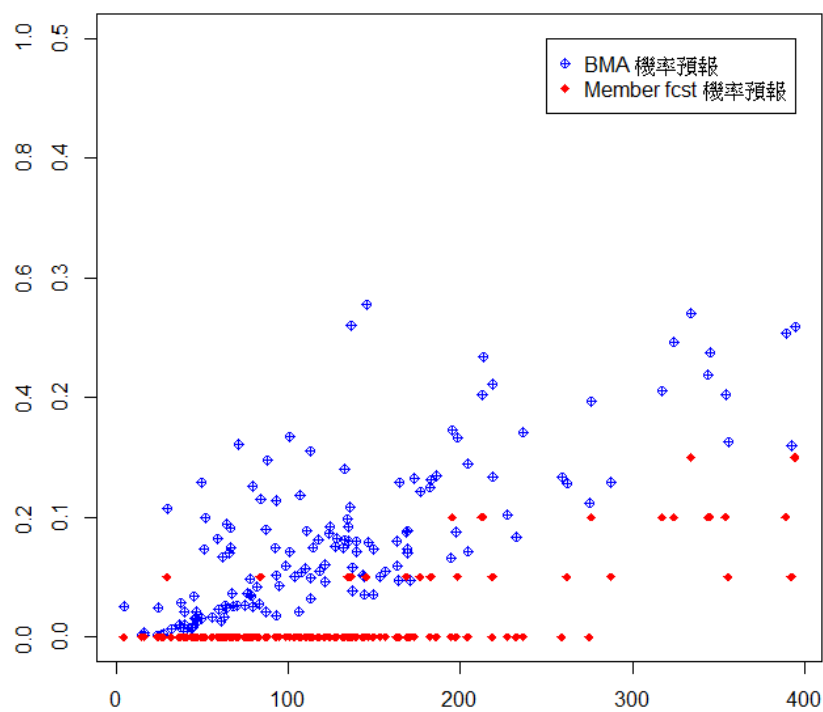
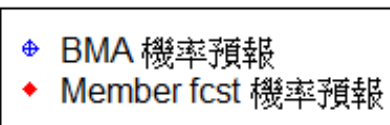
$$x = 200, 350, 500$$

BMA 90% 預測區間		觀測值 OBS	Ensemble min & max		BMA			Raw ensemble		
B.L	B.U		E.L	E.U	P.200	P.350	P.500	ENP.200	ENP.350	ENP.500
48.83977	240.4442	42	13.97	130.99	0.072306	0.021435	0.00836	0	0	0
62.22591	331.6593	124	17.91	170.28	0.126066	0.044726	0.01994	0	0	0
61.53338	337.6812	183	27	180.72	0.127368	0.046516	0.0213	0	0	0
169.5852	1123.363	340.25	171.44	451.16	0.446428	0.272493	0.179948	0.9	0.05	0
 173.2402	1129.893	444.25	180.29	431.23	0.453363	0.278201	0.184016	0.9	0.05	0
161.529	1004.214	372.25	142.56	363.73	0.429132	0.253439	0.162071	0.6	0.05	0
160.7921	977.1308	395.25	135.91	299.67	0.427351	0.250827	0.159061	0.45	0	0
176.4202	1114.429	549.75	163.75	323.92	0.459234	0.282543	0.18642	0.75	0	0
 167.1359	1045.673	581.25	144.53	321.42	0.441024	0.265025	0.171706	0.65	0	0

北部串墮

豪大雨機率預報

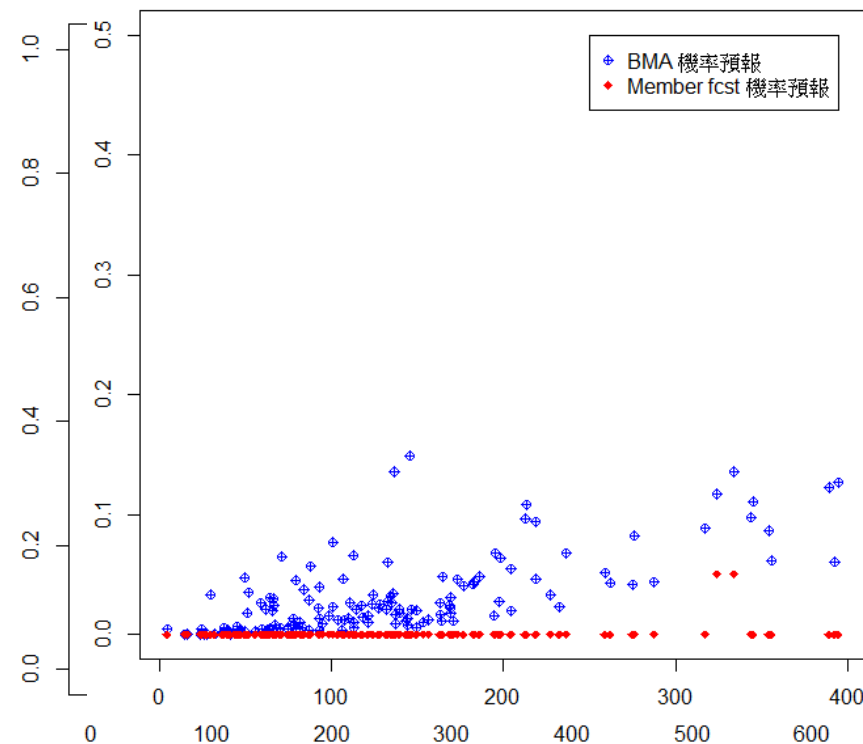
$$p(fcst > 200)$$



實際觀測雨量
(mm/24h)

豪大雨機率預報

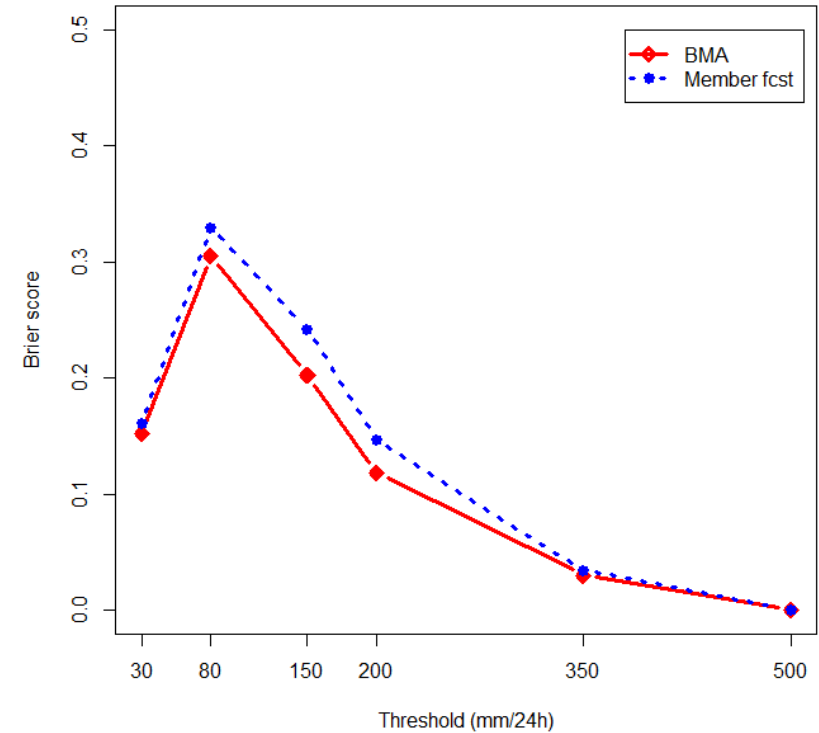
$$p(fcst \geq 350)$$



實際觀測雨量
(mm/24h)

豪大雨機率預報之預報評估

$$BS = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (P_t - O_t)^2$$



北部中區

$p(\text{forecast} > 200)$

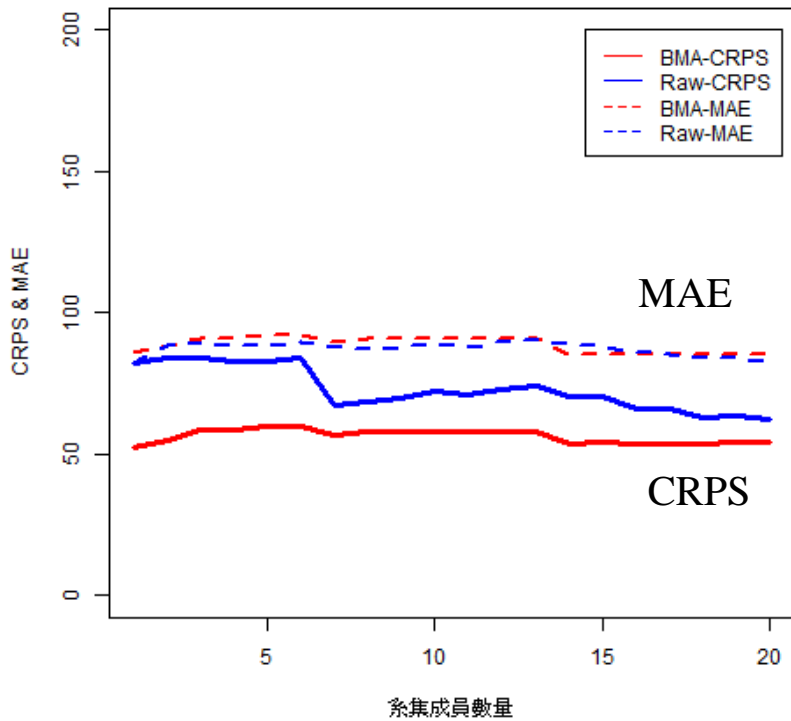
BMA	Member forecast
0.18	0.19

$p(\text{forecast} > 350)$

BMA	Member forecast
0.03	0.034

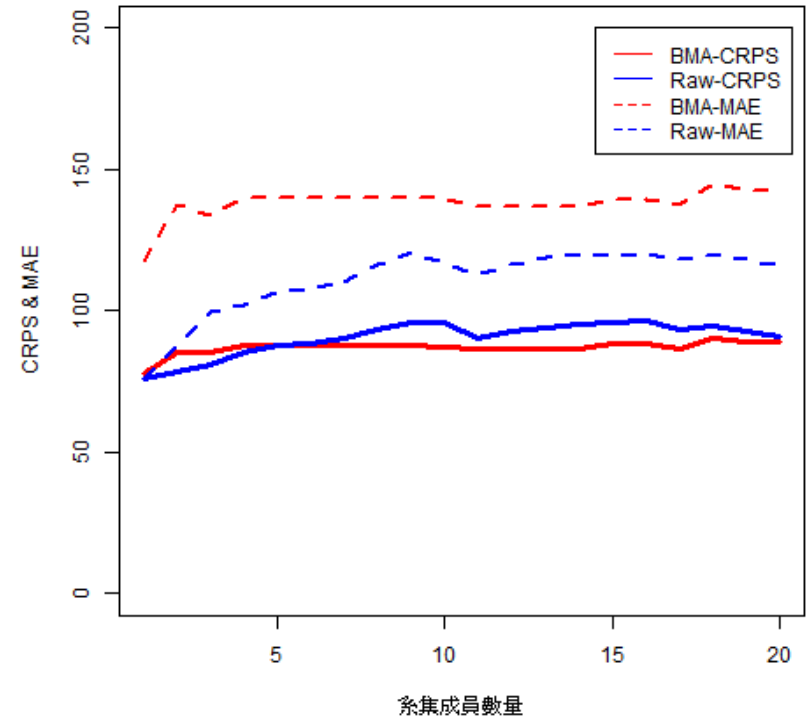
Sequential BMA and sequential member forecast

北部145個平地格點



紅: BMA
藍: Raw ensemble

北部98個山區格點



結論與討論

- 個案研究 (杜鵑颱風 2015-09-27_12z ~ 2015-09-28_12z 累積降雨量)
- 對於驗證集的每一報進行預報與預報評估
- 提供系集平均或中位數外之預報指引
- BMA 可以提供更為細緻的機率預報
- Sequential 之分析結果呈現，加權系集預報是有機率意涵的預報指引

參考文獻

- 張語軒、張庭槐、吳蕙如, 2012: “貝氏模型平均應用於臺灣地區溫度機率預報” , 氣象學報, 49卷, 第1期, 19-37
- Fraley, C., Raftery, A. E., Gneiting, T., Sloughter, J. M., ensembleBMA: An R Package for Probabilistic Forecasting using Ensemble and Bayesian Model Averaging, Technical Report No. 516R, Department of Statistics, University of Washington, 2007 (revised 2010)
- Raftery, A. E., Gneiting, T., Balabdaoui, F., and Polakowski, M., 2005: “Using Bayesian Model Averaging to Calibrate Forecast Ensembles”, Monthly Weather Review, 133, 1155-1174
- Sloughter, J. M., Raftery, A. E., Gneiting, T., Frailey, C., 2007: “Probabilistic Quantitative Precipitation Forecasting Using Bayesian Model Averaging”, Monthly Weather Review, 135, 3209-3220
- Sloughter, J. M., Gneiting, T., Raftery, A. E., 2010: “Probabilistic wind speed forecasting using ensembles and Bayesian model averaging”, Journal of the American Statistical Association, 105(489), 25-35