

應用貝氏模型平均法發展颱風路徑機率預報指引

馮智勇¹ 陳昱璉¹ 黃嘉美² 賈愛玫²
多采科技有限公司¹ 中央氣象局預報中心²

多采公司 Manysplendid Infotech, Ltd.



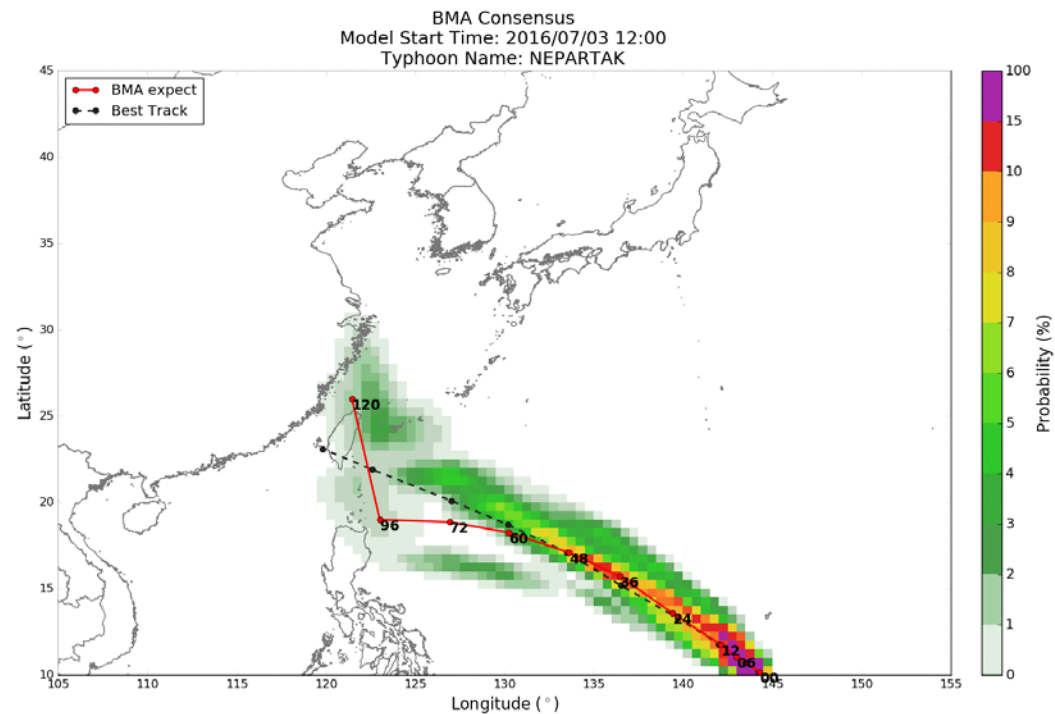
目的與特色

目的

- 產製颱風路徑機率預報，提供不確定性的資訊

特色

- 使用貝氏方法建立此成品
- 機率值建立在模式過去(訓練期)的預報誤差上
- 可以提供訓練期各模式優劣的客觀資訊，隨著預報資料的更新，權重的變化可視為各模式相對表現隨時間的變化
- 期望值路徑可作為此方法提供的決定預報



Bayesian model averaging (BMA)

$$p(y|D) = \sum_{k=1}^K p(M_k|D)p(y|M_k, D)$$

y = 觀測資料

D = 已知資料

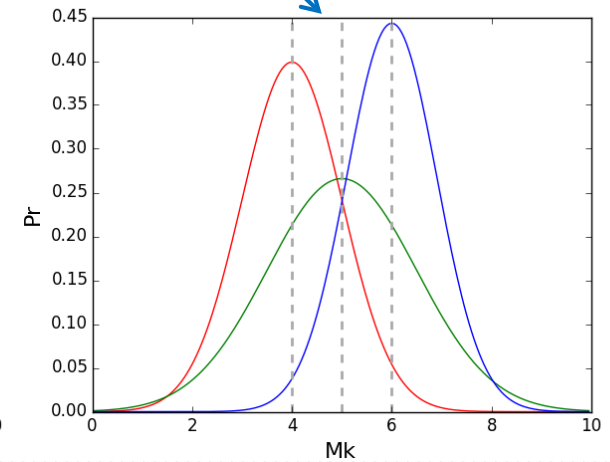
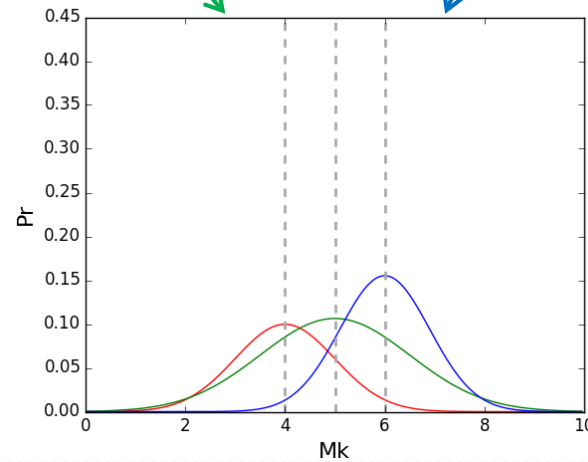
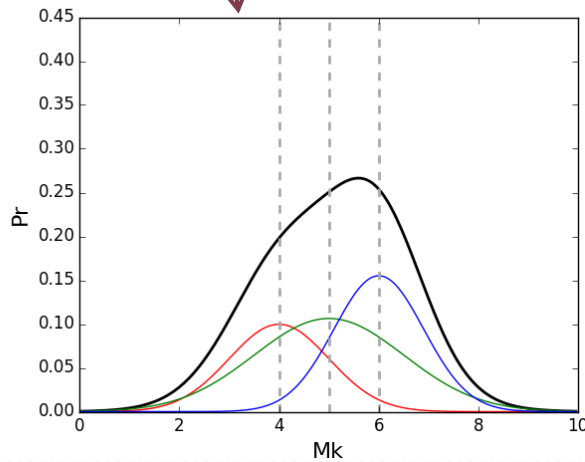
M_k = 第 k 個成員的預報

K = 系集成員總數

BMA法所求出之預報機率
密度函數

權重值；訓練期各模式對
觀測資料的擬合優劣度

各模式利用已知資料 D 估計 y 發生之
條件機率密度函數

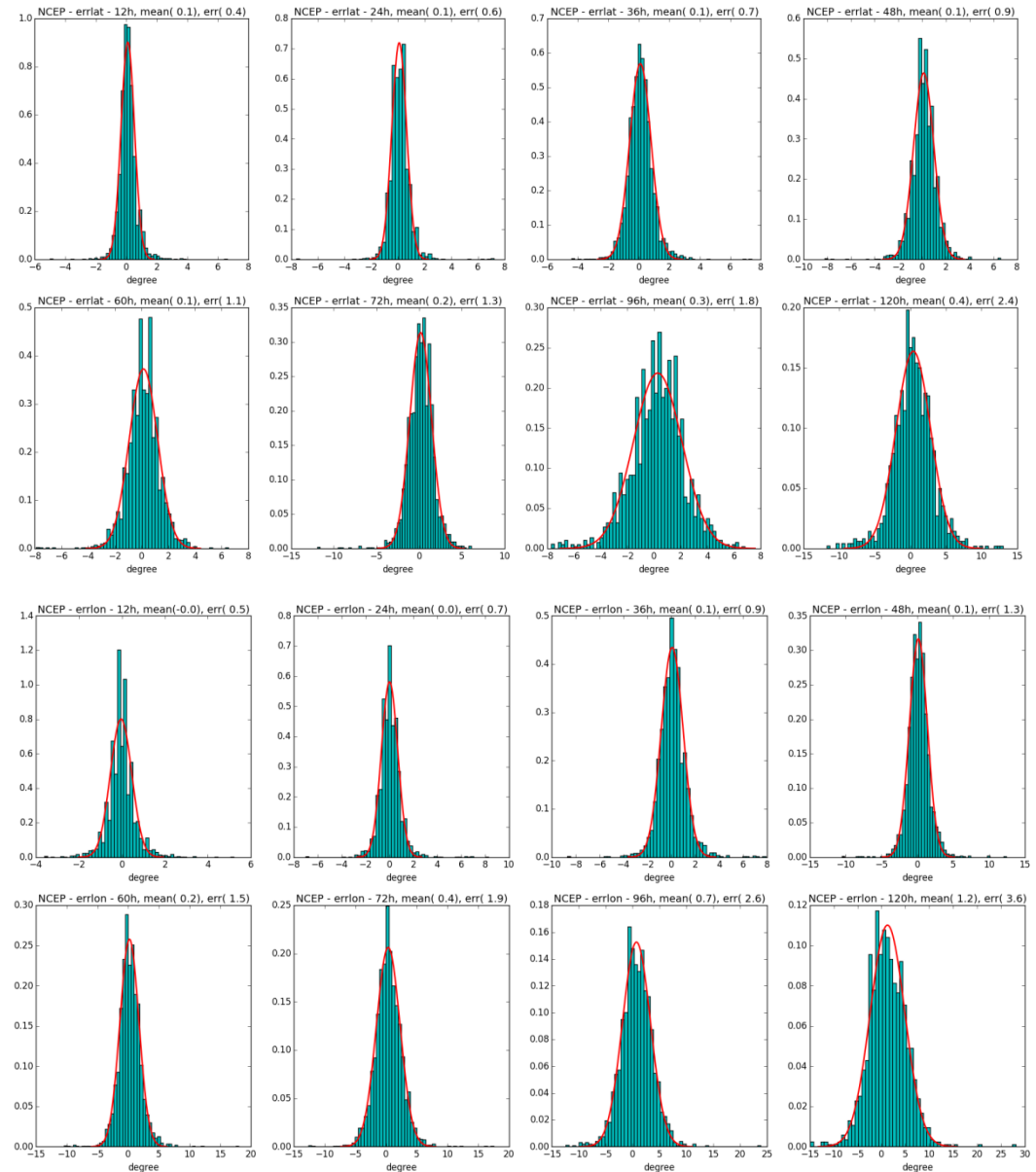


- 輸入
1. 訓練期為過去各個颱風事件的模型與觀測位置
 2. 預測時為系集成員的預報位置

- 輸出
1. 預測的路徑機率分布

前期分析，各模式誤差分布分析

- 首先檢查模式預報的誤差分布情形
- 將經度與緯度分開處理
- 以NCEP模式為例，分析了不同延時在緯度經度上的誤差
- 分析的颱風時間為2011-2015
- 藍綠色柱狀圖為標準化後的模式預報誤差分布。
- 紅色線條為常態分佈套配線



貝氏模型平均法計算

計算最大概似函數，
做為目標函數

$$\sum_t \log(\sum_{k=1}^K \omega_k g_k(y_t | f_{kt}))$$

給予權重與標準差初始猜值

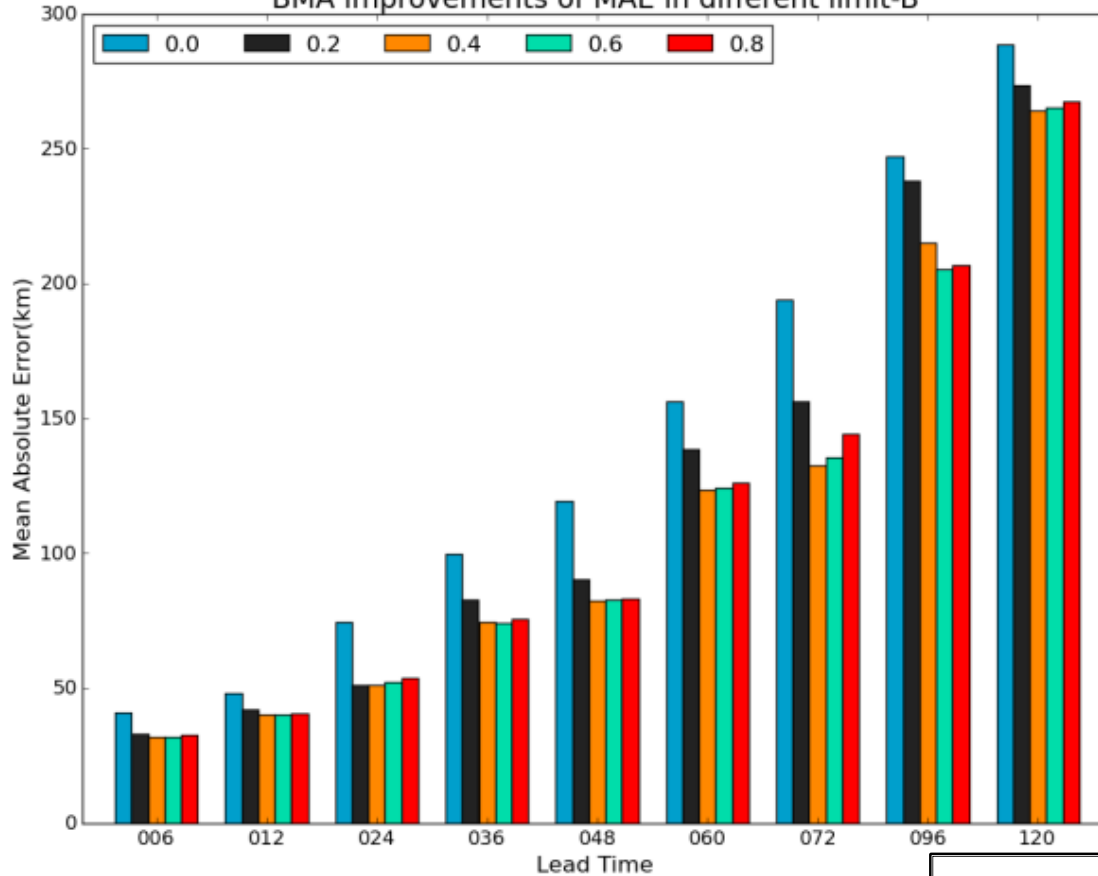
$$\omega_k^0, \sigma_k^0$$

遞迴直到收斂

$$\hat{z}_{kt}^{(j)} = \frac{\omega_k^{j-1} g(y_t | f_{kt}, \sigma_k^{(j-1)})}{\sum_{i=1}^K \omega_i^{j-1} g(y_t | f_{it}, \sigma_i^{(j-1)})}$$

$$\omega_k^{(j)} = \frac{1}{n} \sum_t \hat{z}_{kt}^{(j)}, \quad \sigma_k^{2(j)} = \text{Max} \left\{ \frac{1}{n} \sum_t \hat{z}_{kt}^{(j)} (y_t - f_{kt})^2, \frac{\sigma_k^{2(0)}}{b^2} \right\}$$

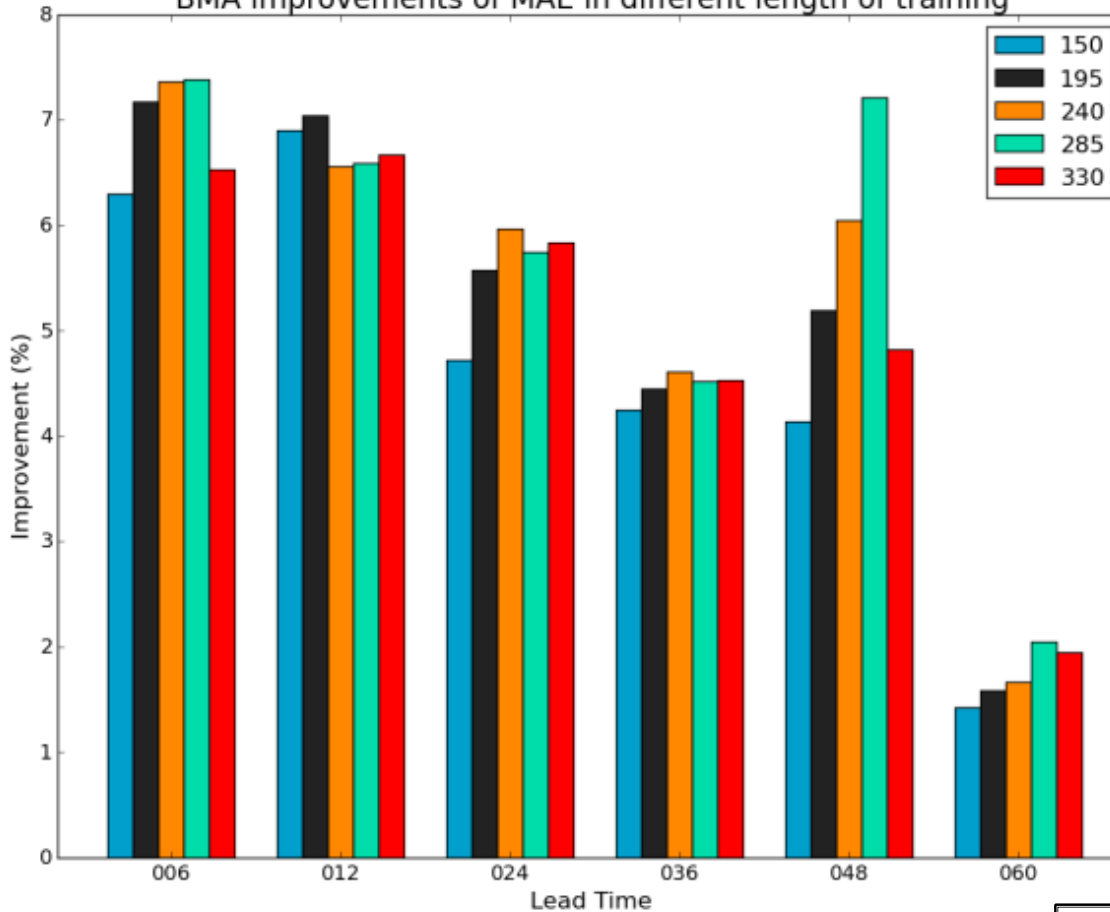
BMA improvements of MAE in different limit-B



$$\sigma_k^{2(j)} = \text{Max} \left\{ \frac{1}{n} \sum_t \hat{z}_{kt}^{(j)} (y_t - f_{kt})^2, (\sigma^{(0)} \times \text{LimitB})^2 \right\}$$

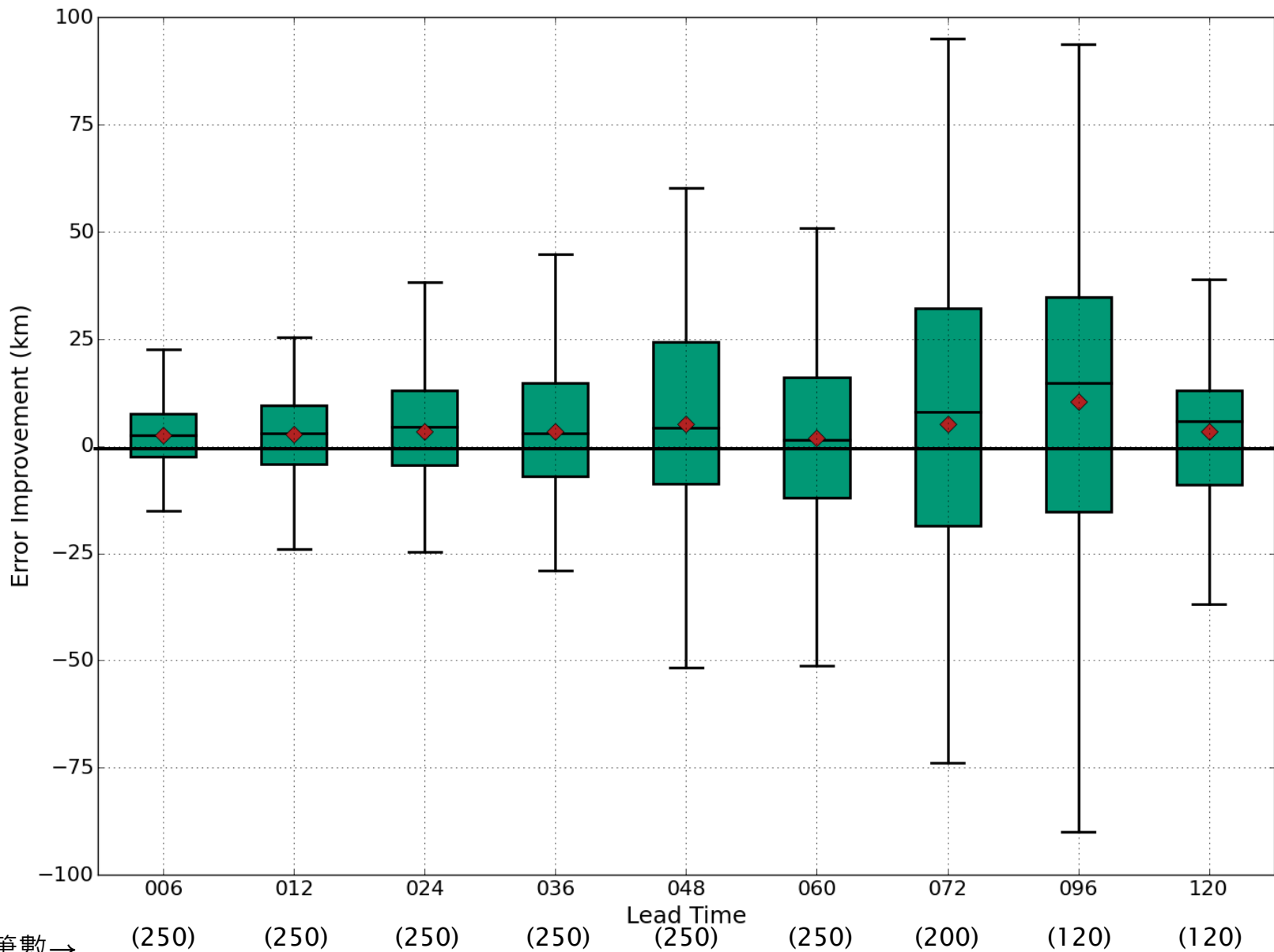
- 橫軸為延時，縱軸為MAE
- 訓練筆數
 - 006~072為240筆
 - 096&120為120筆
- 測試結果以 $\sigma^{(0)}$ 的0.4~0.6倍為佳

BMA improvements of MAE in different length of training



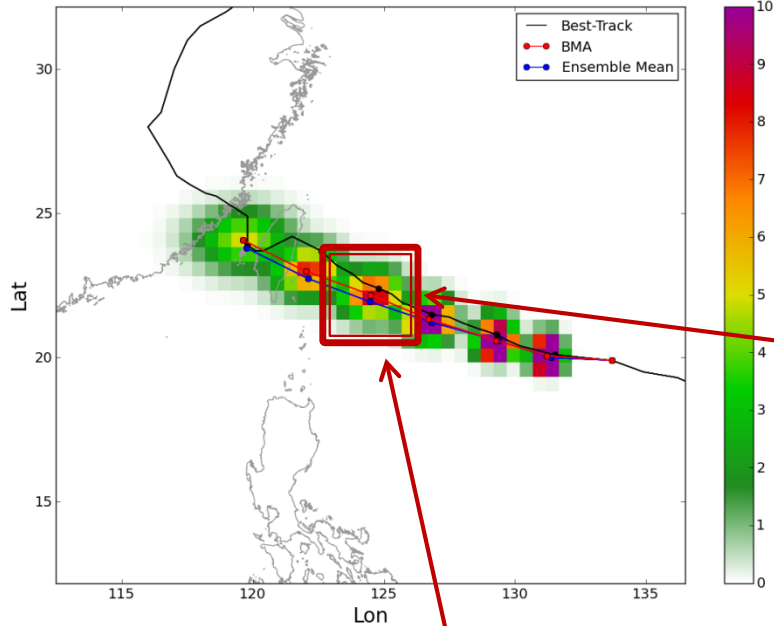
- Limit-B設定為0.5
- 圖形因為變化並非很明顯，所以轉為改善%
- 算法 $(MAE_{EW} - MAE_{BMA}) / MAE_{EW}$
- 資料筆數以240~285較佳

Difference of error-distance between BMA consensus and equal weighting consensus

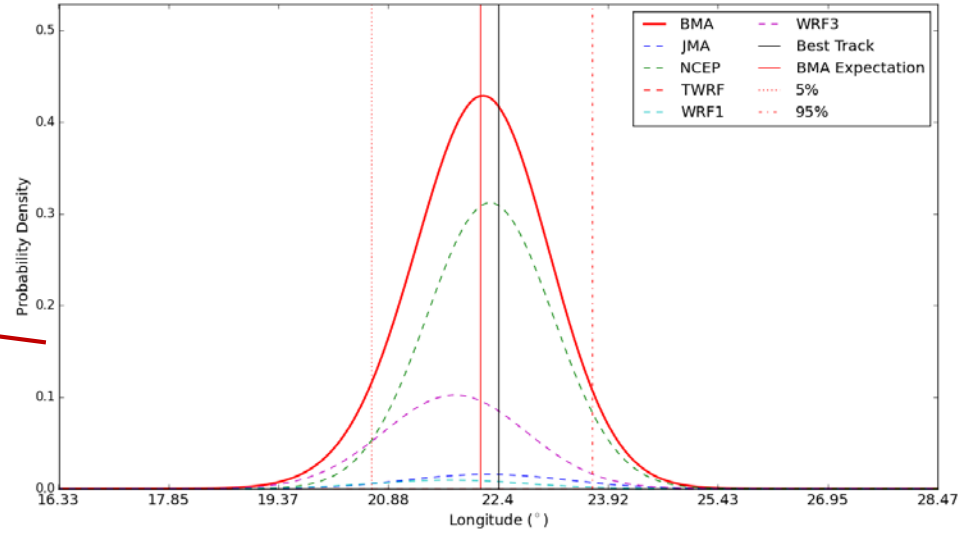


訓練筆數→
Limit-B=0.5

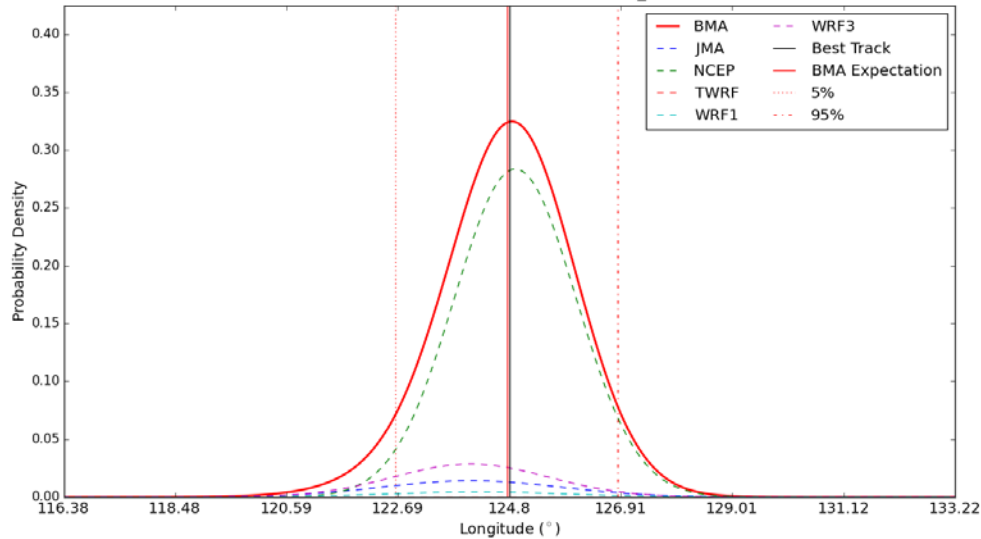
BMA Consensus Probability (%)
 Model Start Time: 2015/08/05 06:00
 Typhoon: SOUDELOR



LAT TrainYY=[2011, 2012, 2013, 2014], Fcst= 2015/08/07_06:00, Tau=048, SOUDELOR



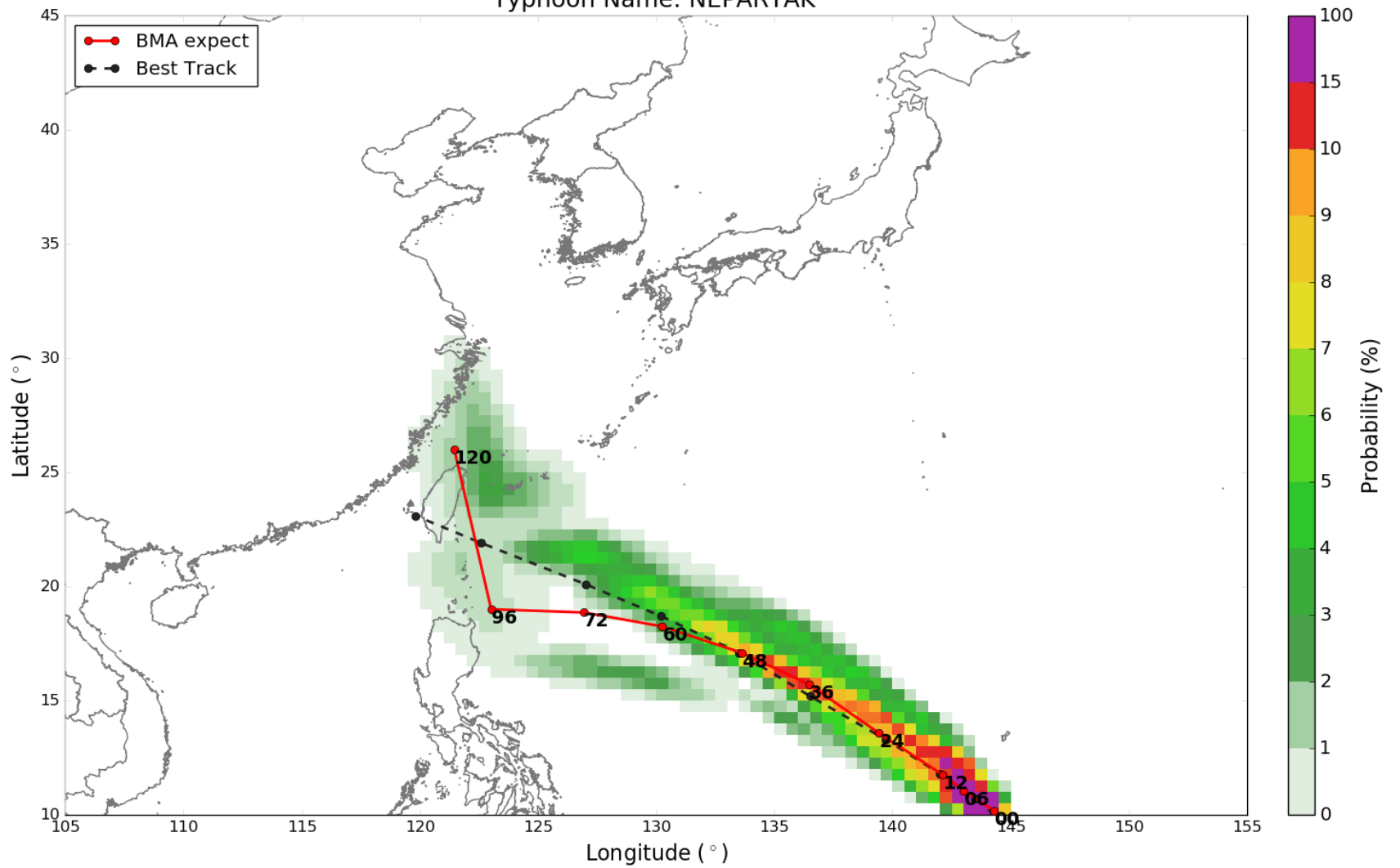
LON TrainYY=[2011, 2012, 2013, 2014], Fcst= 2015/08/07_06:00, Tau=048, SOUDELOR



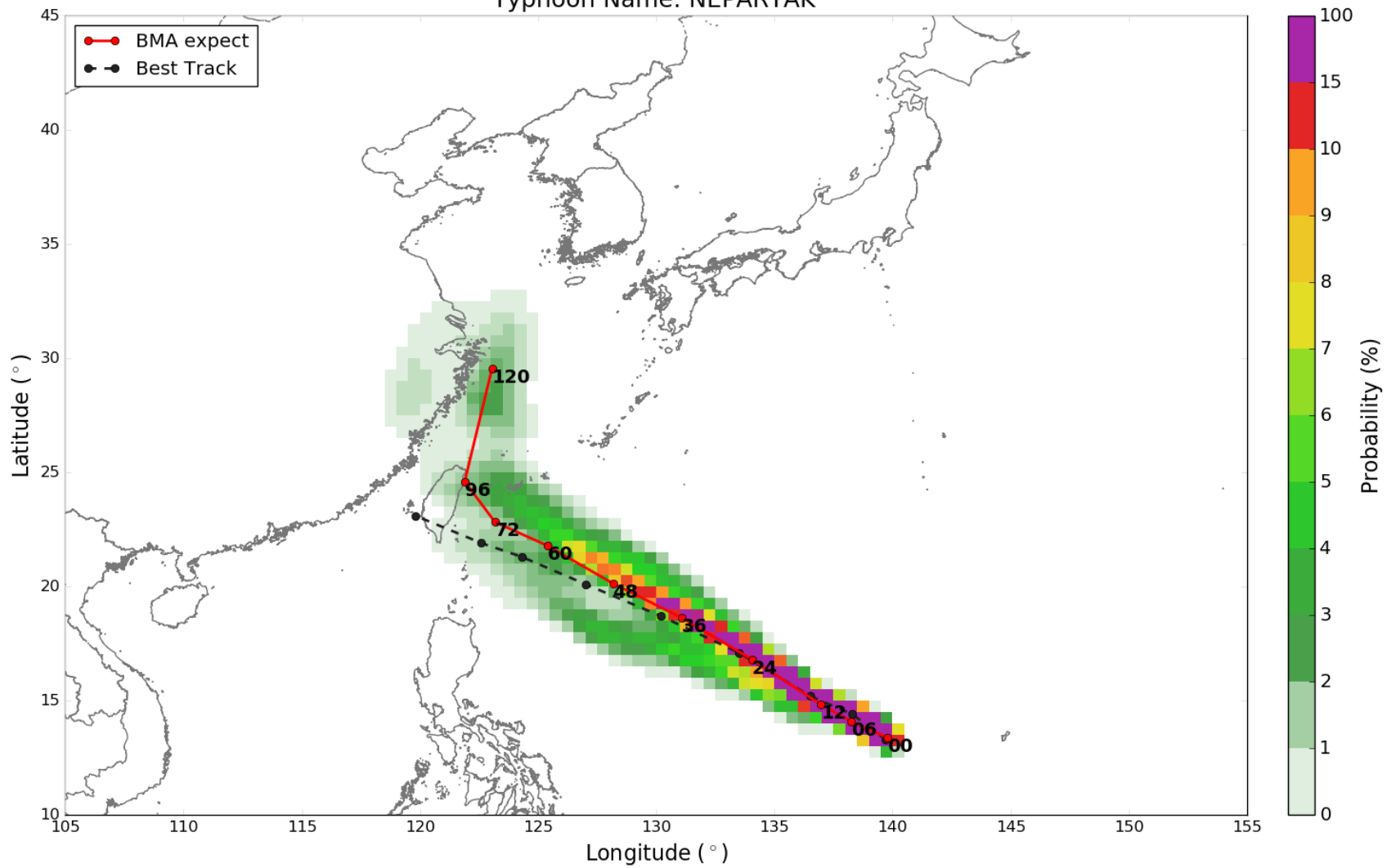
二維PDF產生方式為
 經度PDF*緯度PDF

假定經度緯度的事件互相獨立，則兩者乘積能夠代表在平面空間的機率分布

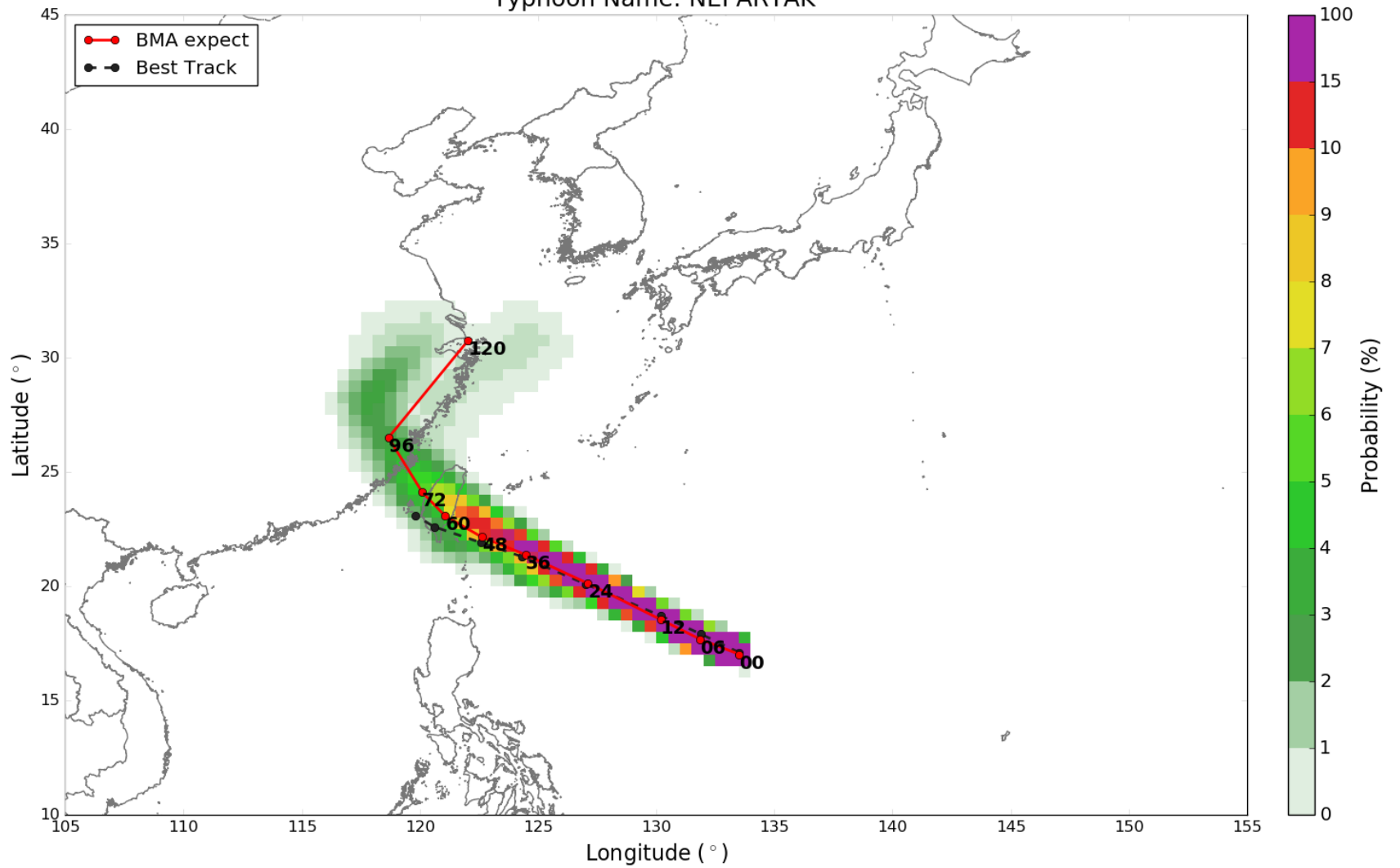
BMA Consensus
Model Start Time: 2016/07/03 12:00
Typhoon Name: NEPARTAK



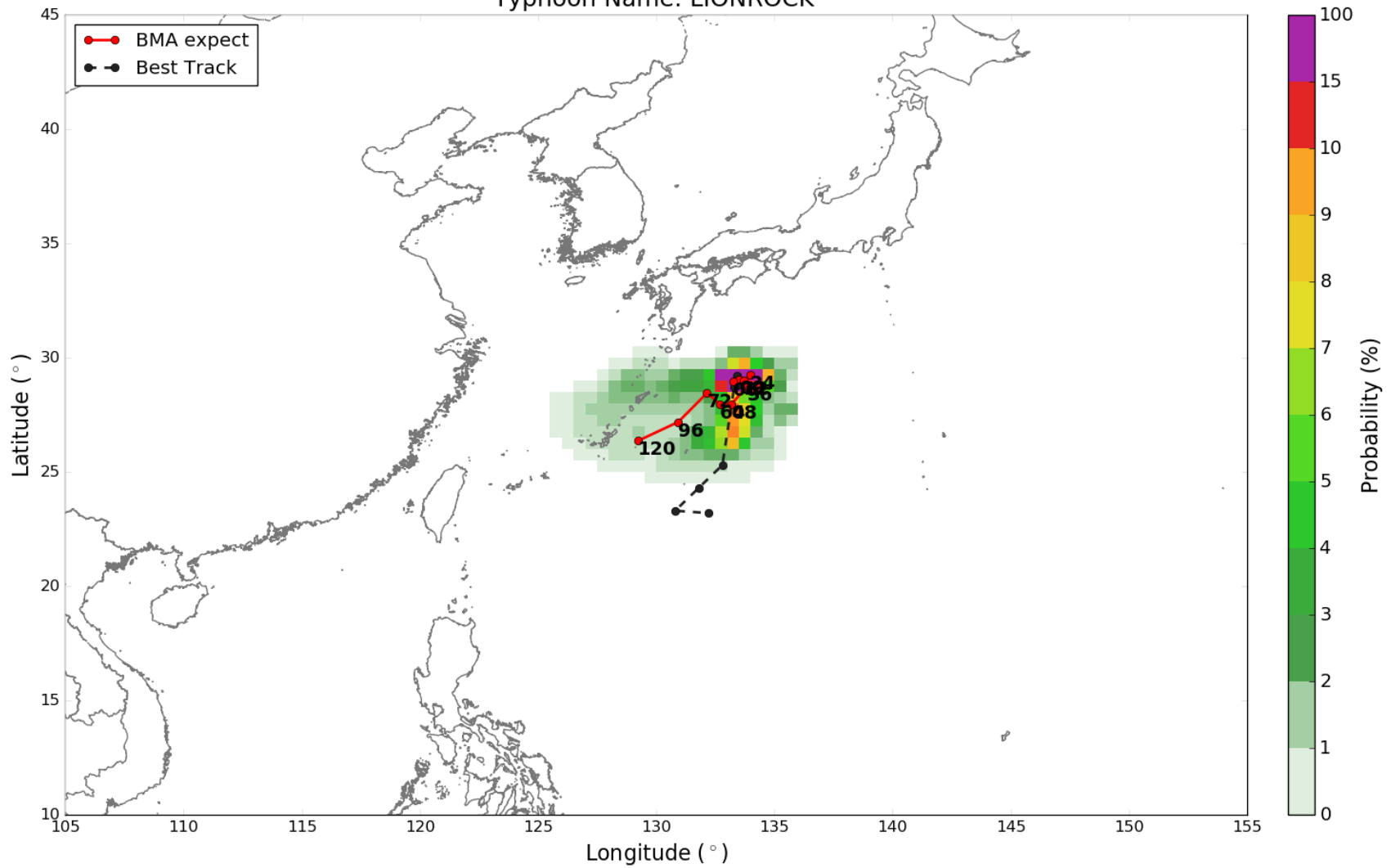
BMA Consensus
Model Start Time: 2016/07/04 12:00
Typhoon Name: NEPARTAK



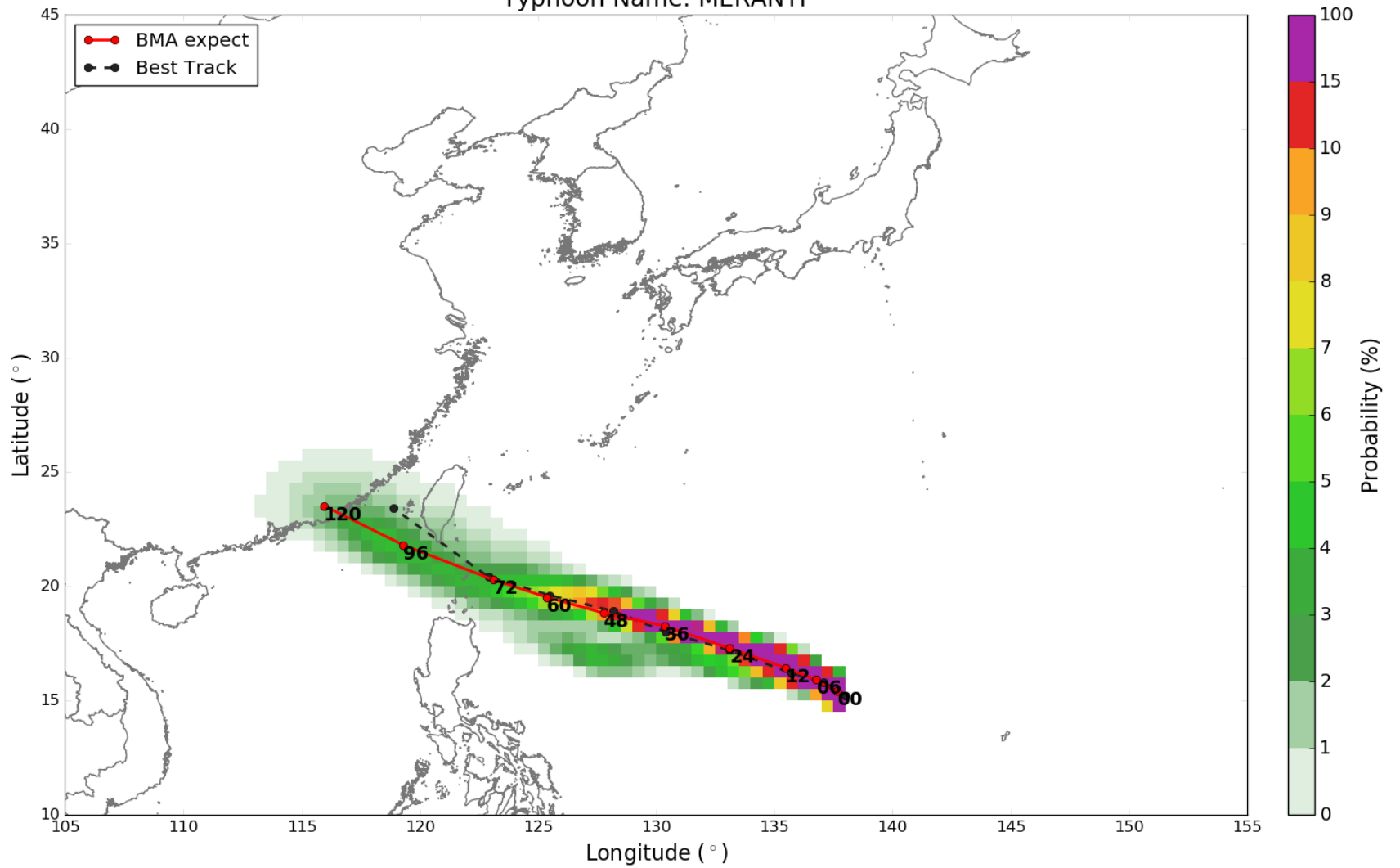
BMA Consensus
Model Start Time: 2016/07/05 12:00
Typhoon Name: NEPARTAK



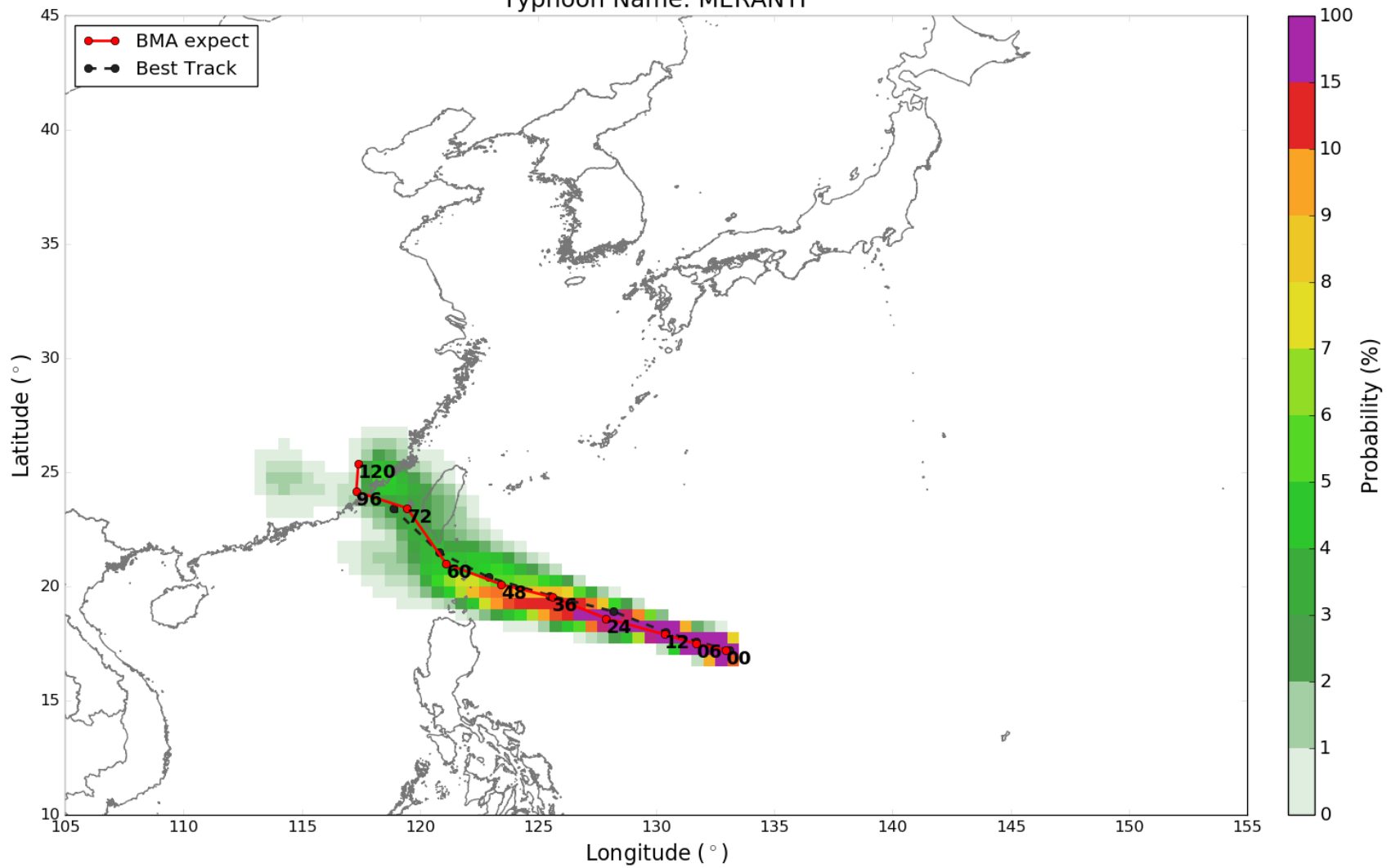
BMA Consensus
Model Start Time: 2016/08/21 12:00
Typhoon Name: LIONROCK



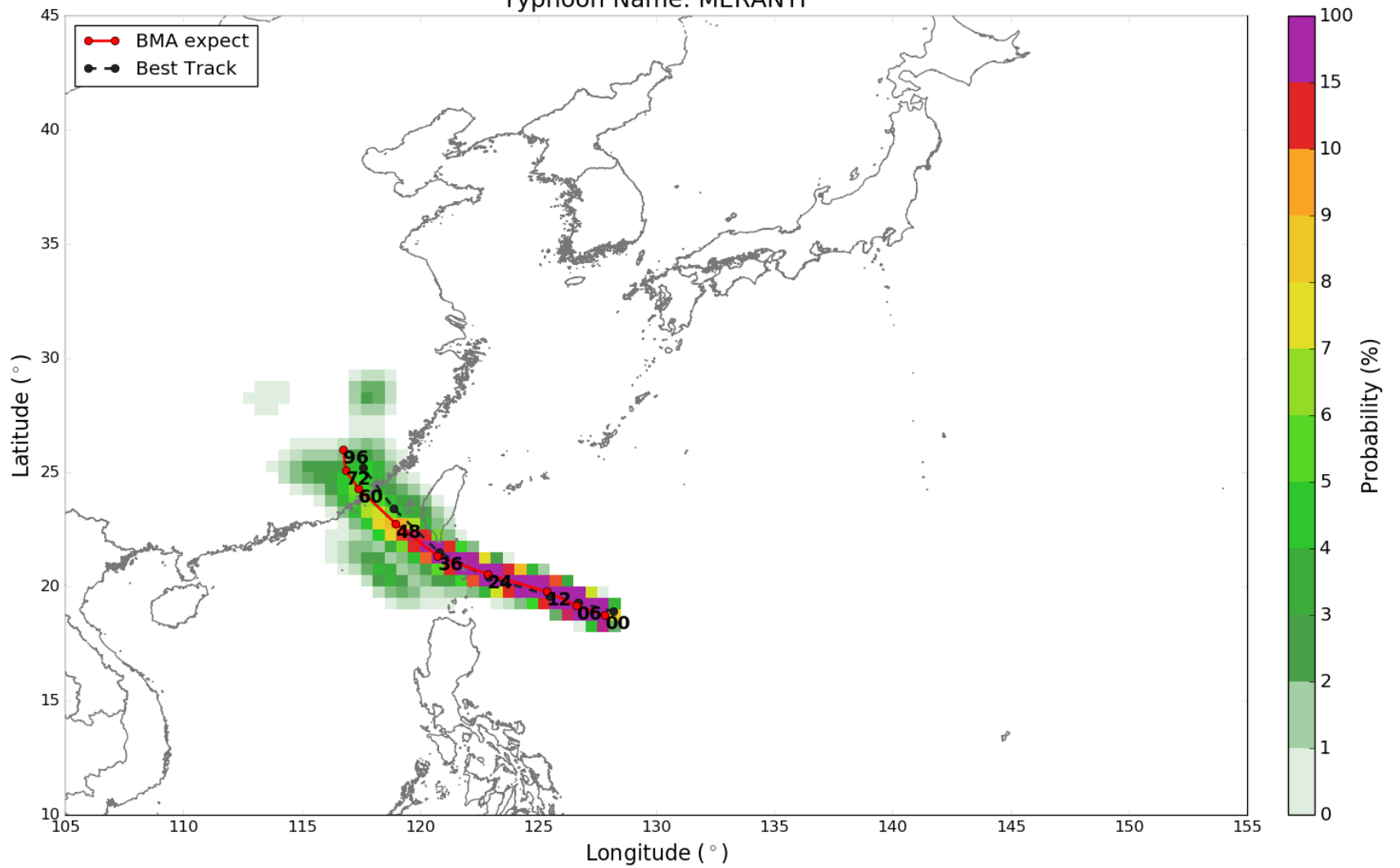
BMA Consensus
Model Start Time: 2016/09/10 12:00
Typhoon Name: MERANTI



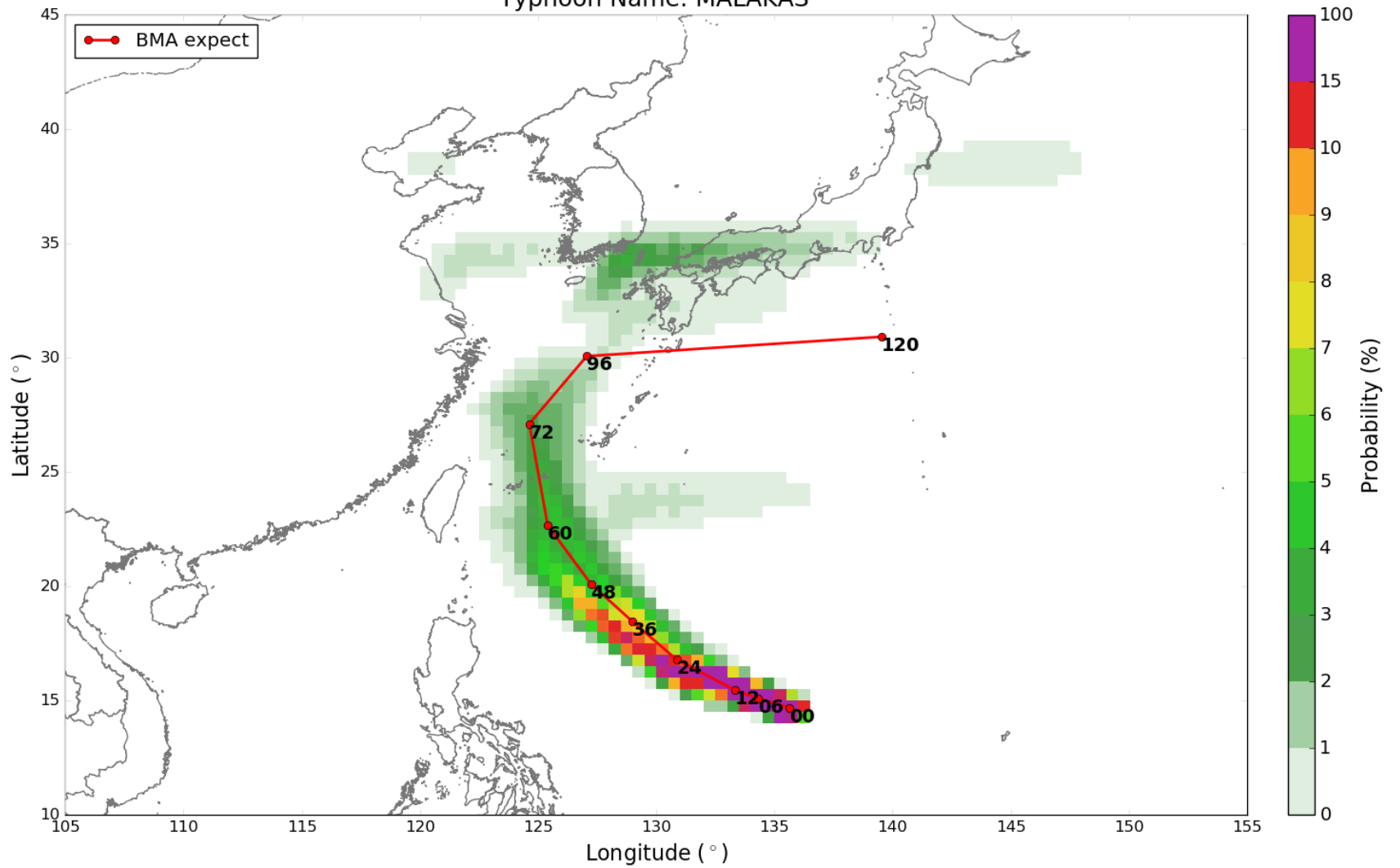
BMA Consensus
Model Start Time: 2016/09/11 12:00
Typhoon Name: MERANTI



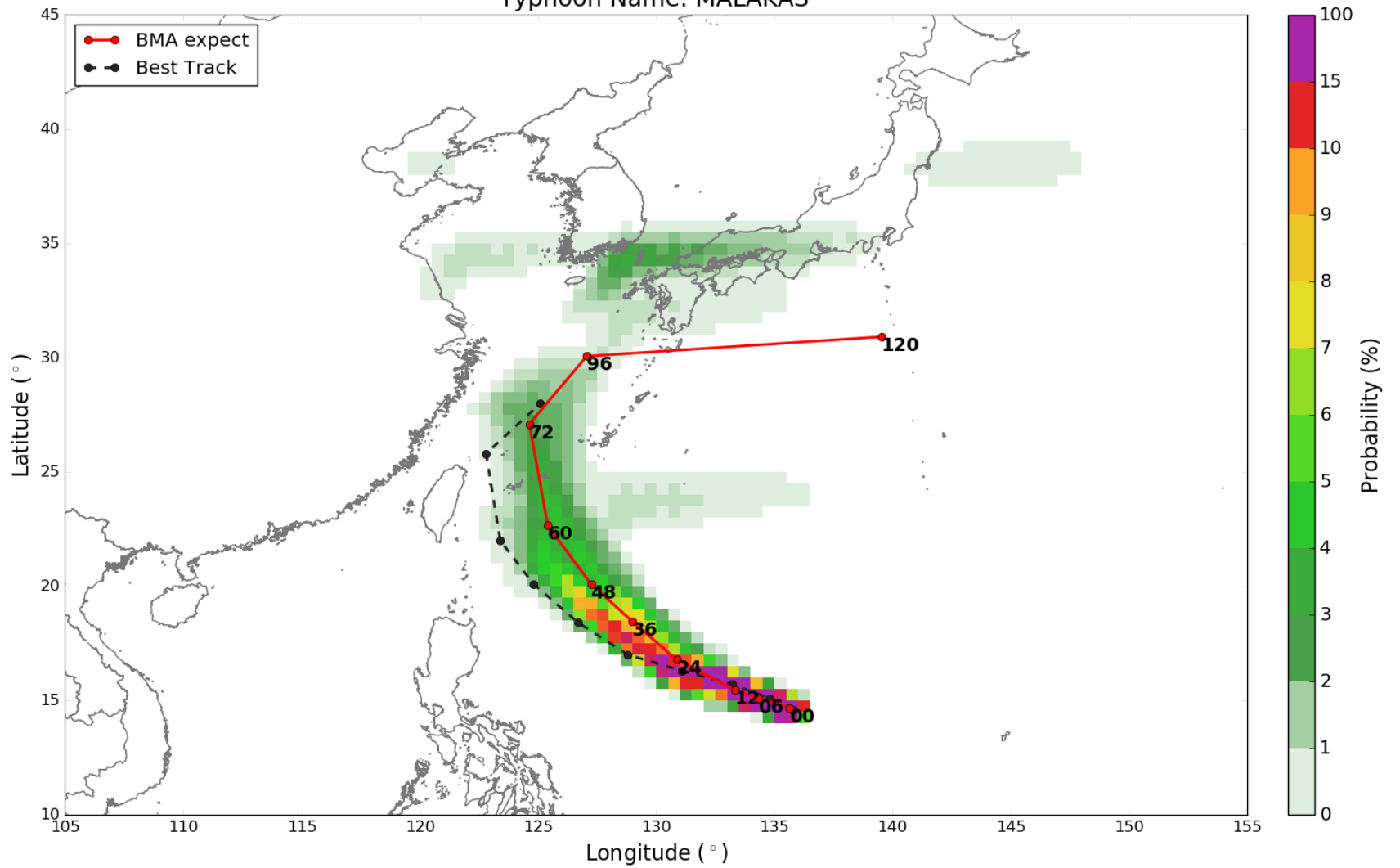
BMA Consensus
Model Start Time: 2016/09/12 12:00
Typhoon Name: MERANTI



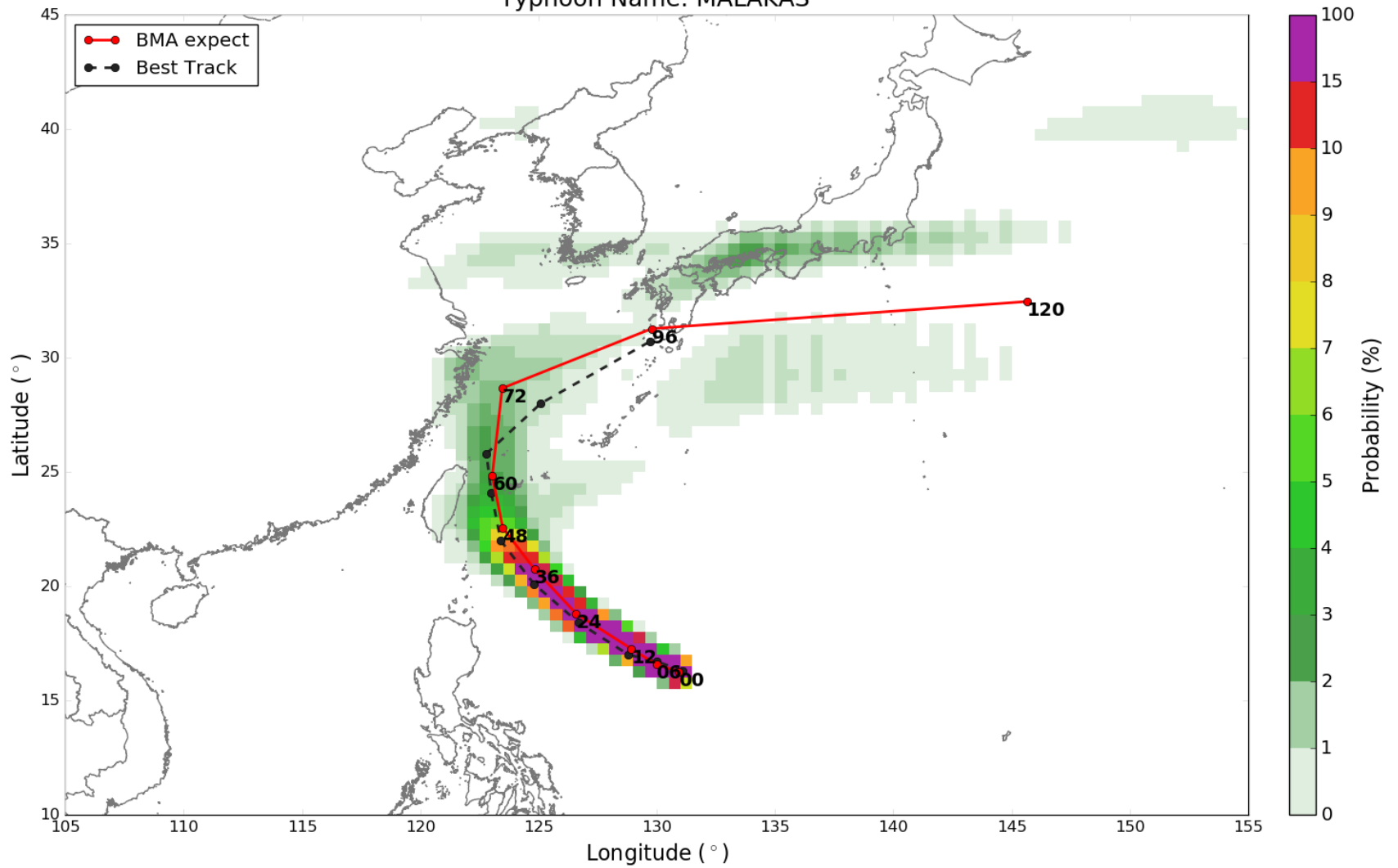
BMA Consensus
Model Start Time: 2016/09/13 12:00
Typhoon Name: MALAKAS



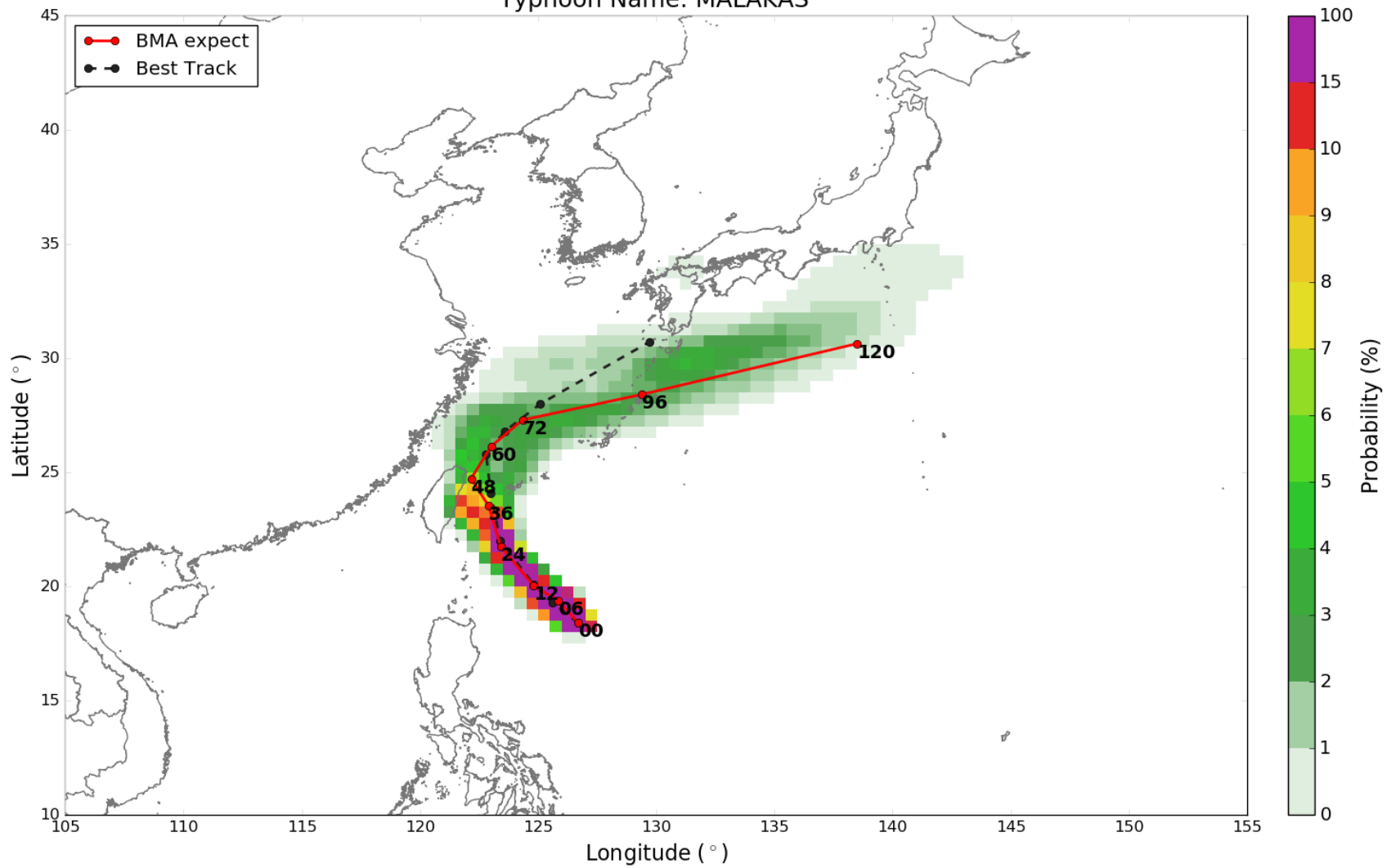
BMA Consensus
Model Start Time: 2016/09/13 12:00
Typhoon Name: MALAKAS



BMA Consensus
Model Start Time: 2016/09/14 12:00
Typhoon Name: MALAKAS



BMA Consensus
Model Start Time: 2016/09/15 12:00
Typhoon Name: MALAKAS



討論與結論

- ▶ 以BMA方法產製之颱風路徑機率整合，具有可作為決定性預報的期望值預報，以及地圖上之路徑機率分布。
- ▶ 使用者除了可使用決定性預報之外，同時可由路徑機率資訊了解不確定性的分布狀況，進而提升預報準確率。
- ▶ BMA所使用的訓練期資料隨著預報的時間不同而變化，可以提供模式優劣消長的客觀資訊。

謝謝聆聽