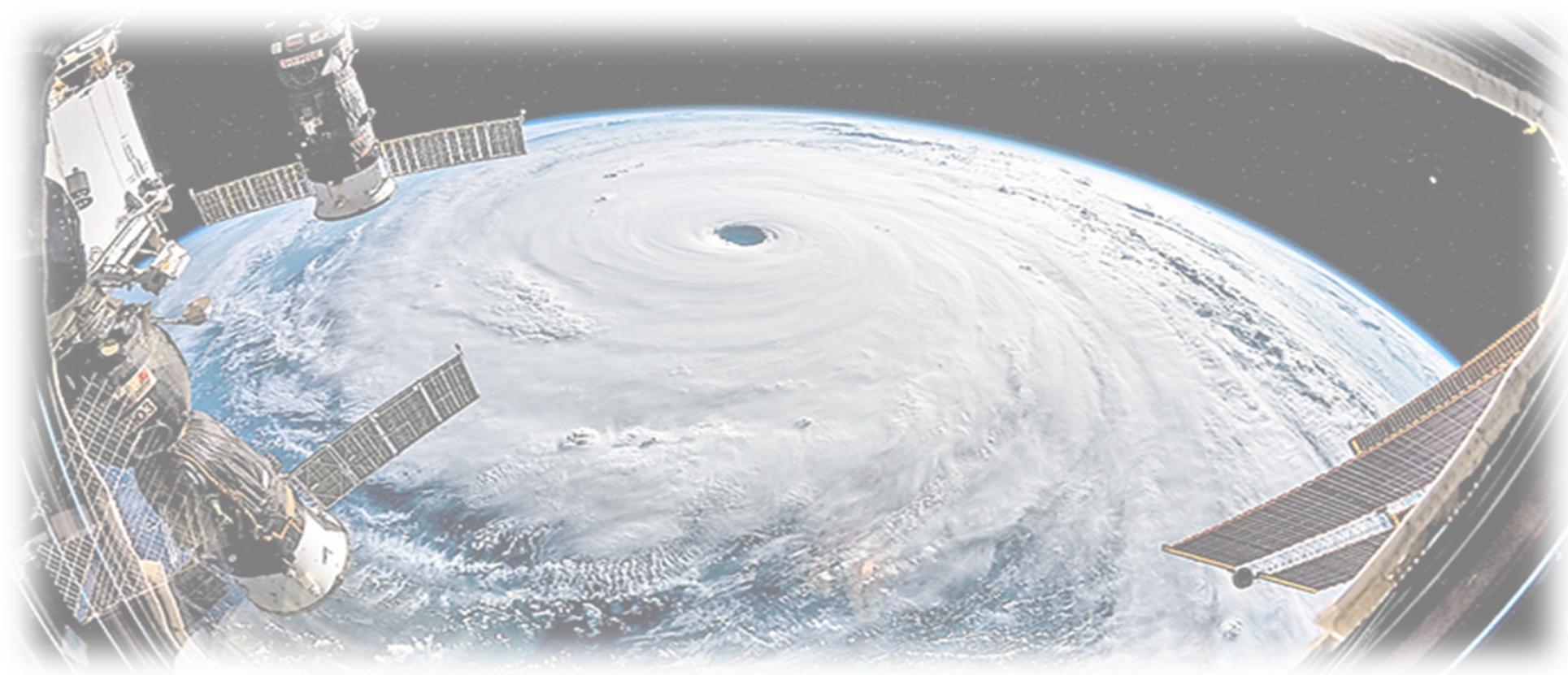


# 應用貝氏模型平均法於太平洋颱風路徑預報之探討



許乃寧<sup>1</sup> 賈愛玫<sup>1</sup> 林秉煜<sup>1</sup> 陳昱璿<sup>2</sup> 馮智勇<sup>2</sup>  
中央氣象局<sup>1</sup> 多采科技有限公司<sup>2</sup>

# 大綱

研究目的

(多)系集模式的颱風路徑應用

BMA原理簡介(建模)

BMA應用設計(預報)

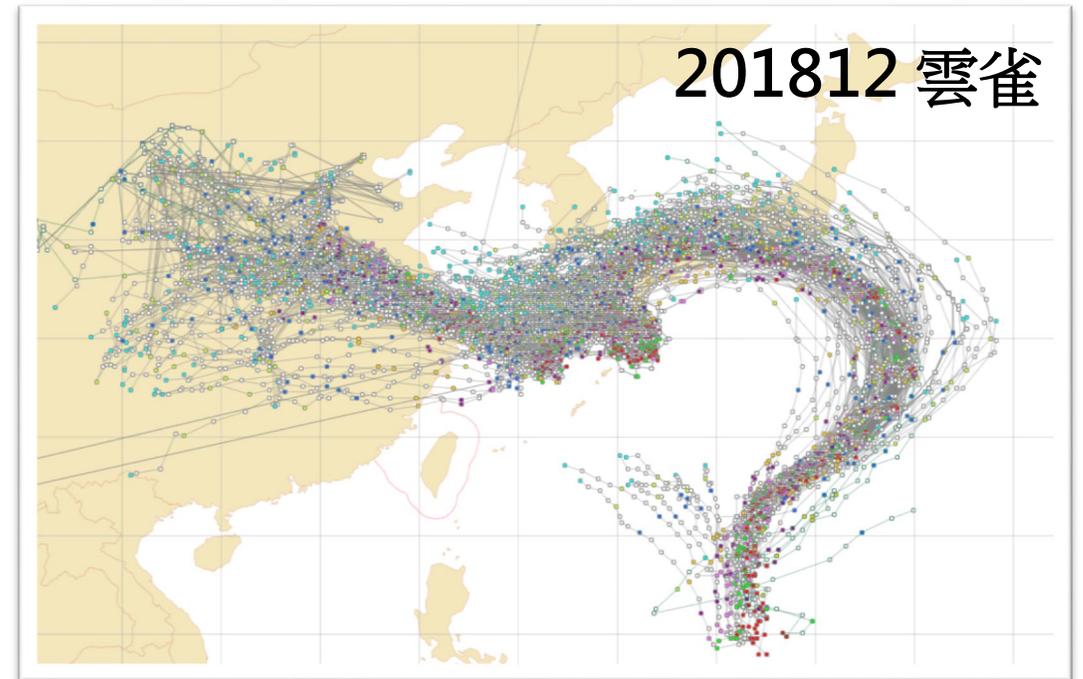
校驗方法

校驗結果

結論

# 研究目的 –

客觀指引：不同年份、天氣系統，預報準確度不同



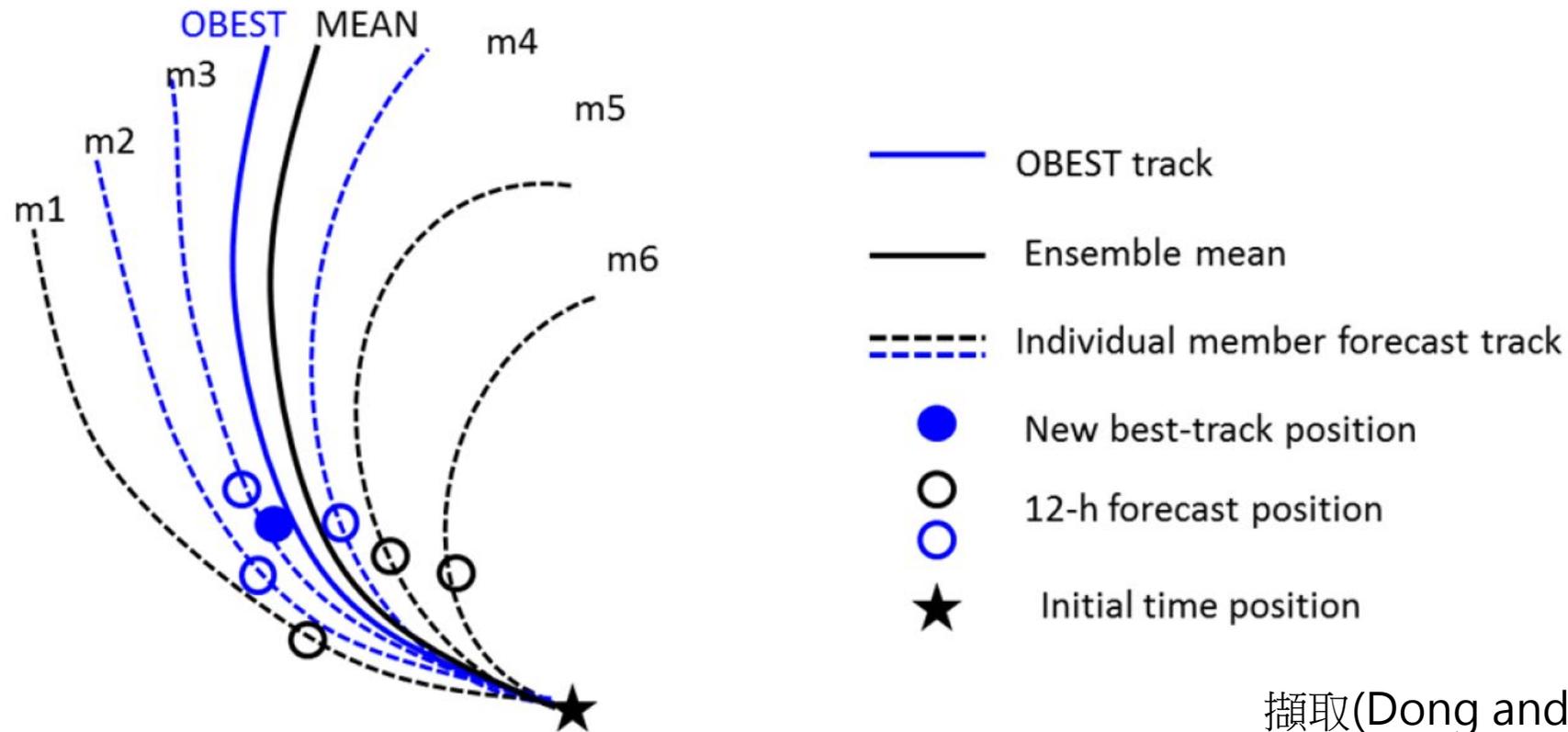
讓電腦客觀、即時的擬預報流程？

# (多)系集模式的颶風路徑應用 -

**MEAN**：系集成員平均

**OBEST**：Observation-Based Ensemble Subsetting Technique

選擇12小時路徑誤差較小的部分成員平均 (Dong and Zhang, 2016)



擷取(Dong and Zhang, 2016)

# BMA 原理簡介(建模) - Bayesian model averaging

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

$y$  = 觀測資料

$D$  = 過去各模式資料

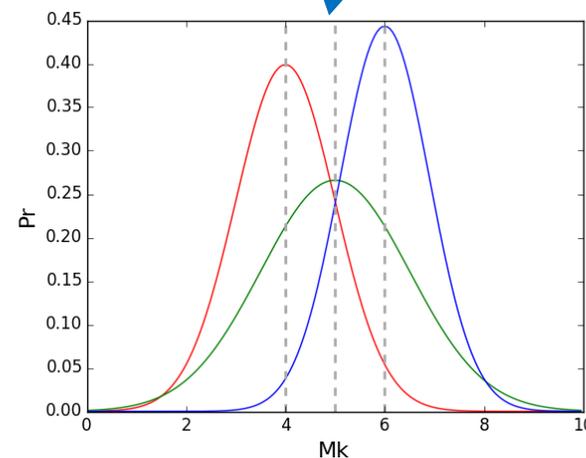
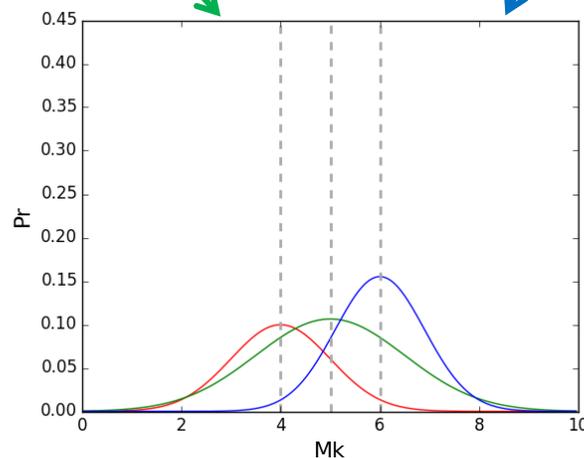
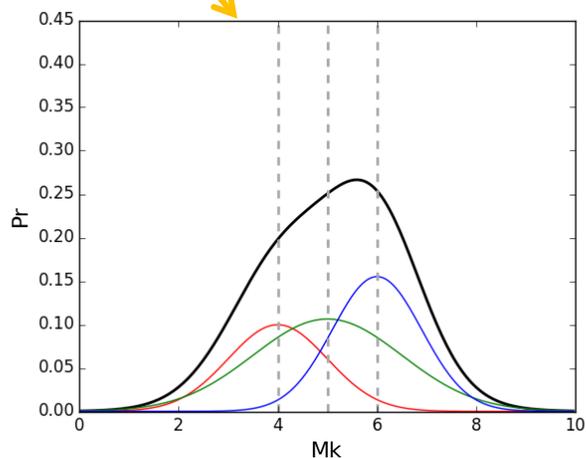
$M_k$  = 第 $k$ 個成員的預報

$K$  = 系集成員總數

BMA：求出之預報**機率密度函數(PDF)**

各模式**權重值**；訓練期各模式對觀測資料的**準確度**

各模式預報的**PDF**；利用過去各模式資料 $D$ 估計觀測 $y$ 發生之**機率密度函數**



利用多個模式**近期資料的預報表現(PDF)**，**客觀給予權重**進行**整合(PDF)**

# BMA應用設計(預報) -

期望值預報 =  $\sum$  權重 \* 各個模式最新預報值

獨立運算

經度、緯度、預報時間

空間篩選

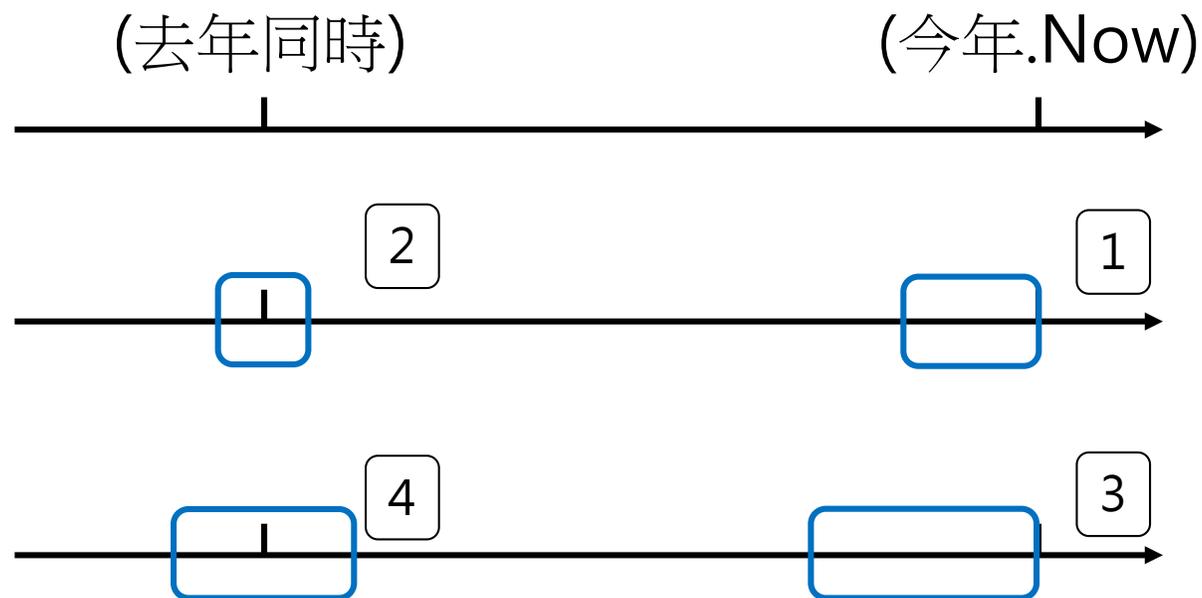
鄰近範圍限制

時間篩選

近期、去年同季

動態更新

最新校驗分析



# BMA應用設計(預報) –

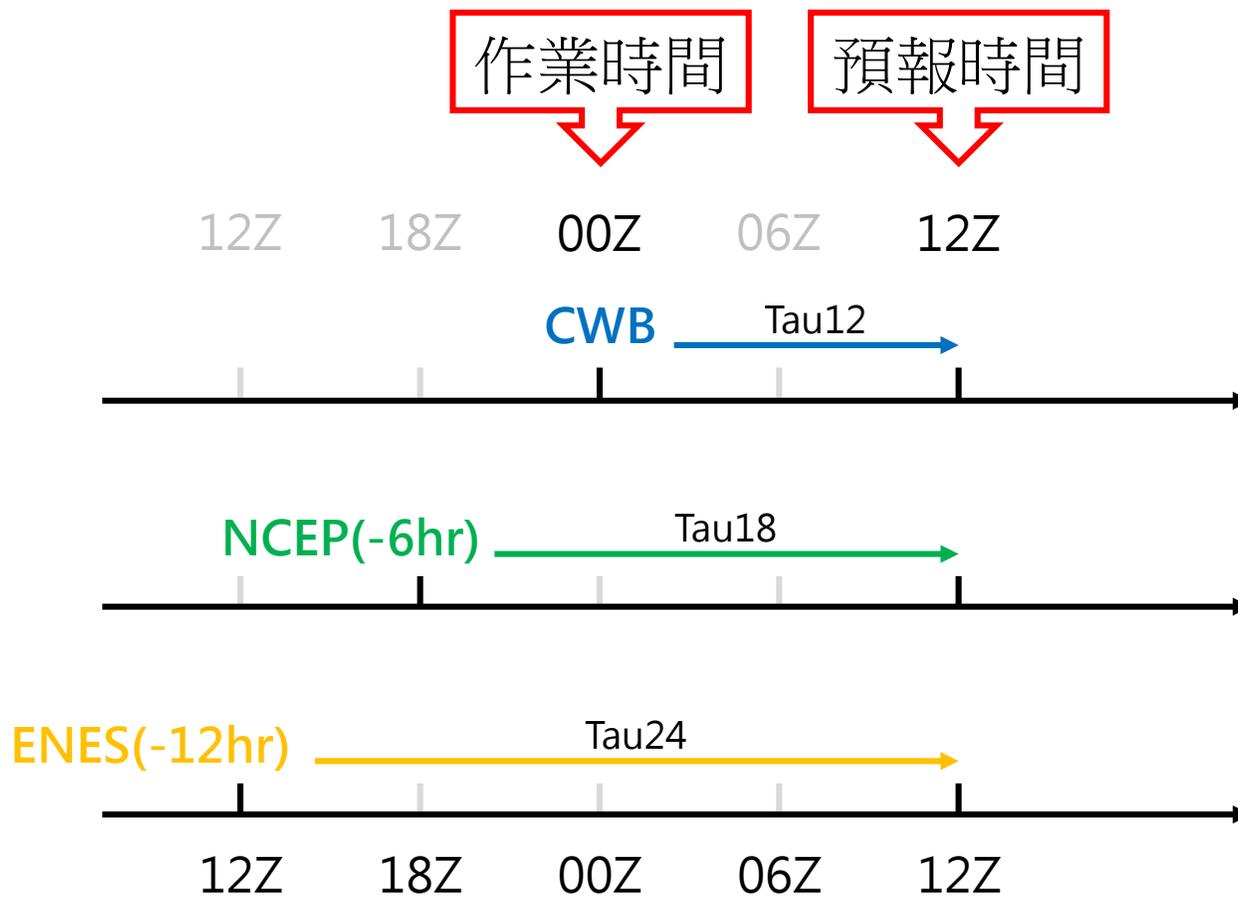
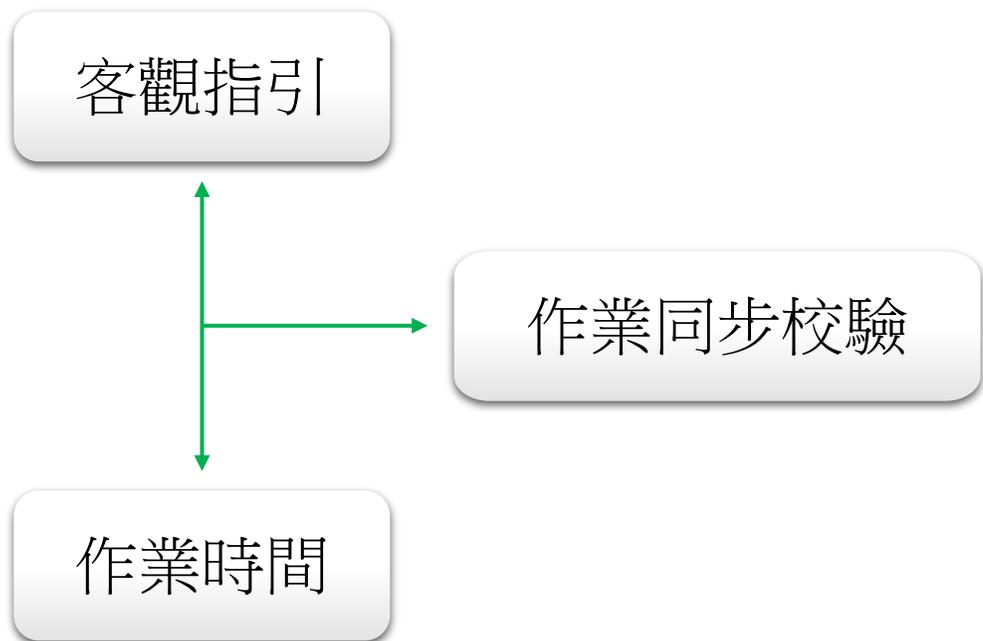
實驗名稱：BMA\_TEN(整合10個常用客觀指引)

訓練資料：2017年起

BMA_TEN整合成員	說明	每日報數	水平解析度	其他備註
EC_D*	ECMWF決定性預報	2	9km	
EC_M*	ECMWF系集模式_平均	2	13km	51成員
ECES	OBEST法-ECMWF系集模式	4	13km	51成員
NC_D	NCEP決定性預報	4	34km	
NC_M	NCEP系集模式_平均	4	34km	21成員
ENES*	OBEST法-ECMWF+NCEP系集模式	4		72成員
WRF403slp	CWB區域模式，地面氣壓場定位	4	3km	
WRF415slp		4	15km	
TWRF203slp		4	3km	針對颱風處理
TWRF215slp		4	15km	針對颱風處理

\*：校驗成員

# 校驗方法 - 作業同步校驗

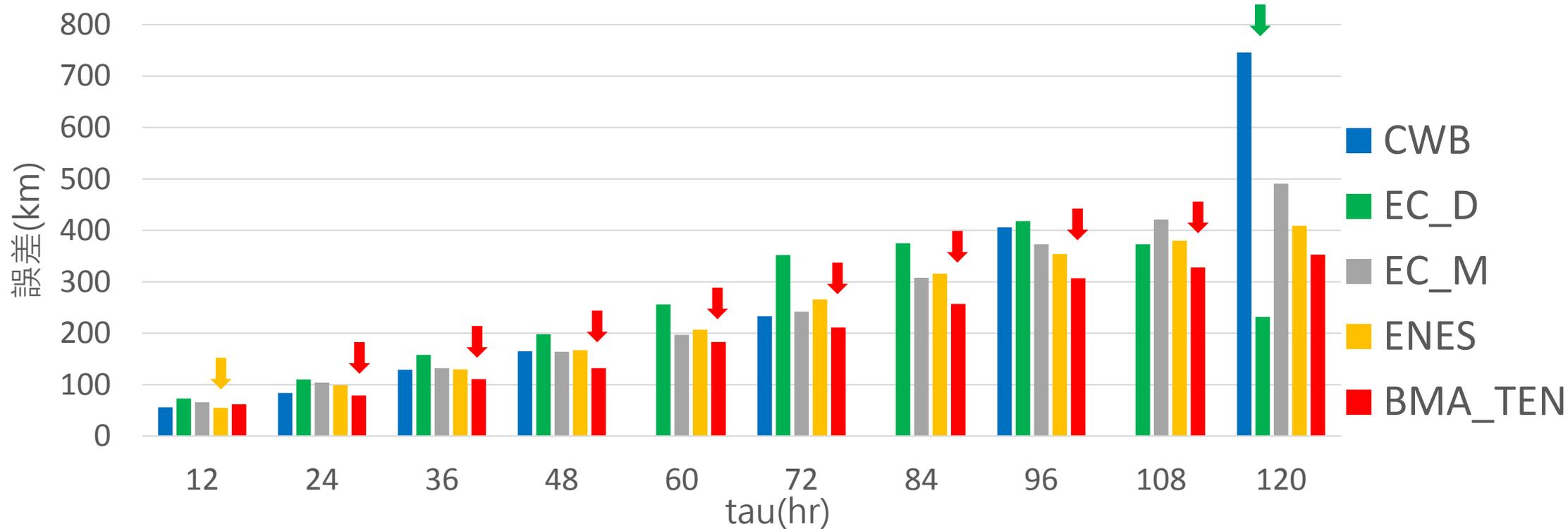


# 校驗結果 -

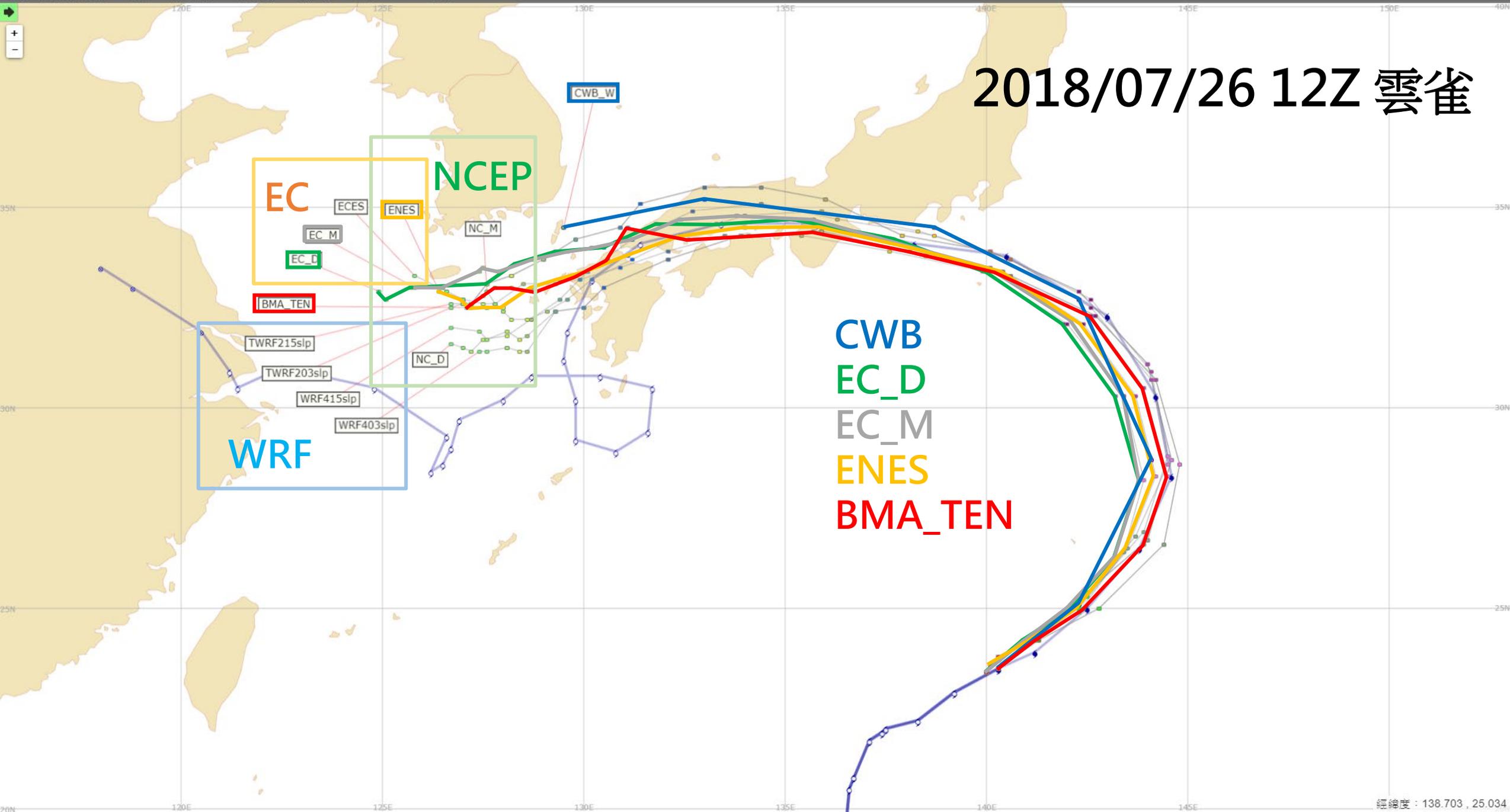
觀測資料：CWB Best Track

校驗期間：**1812雲雀颱風**(07/22 12Z-08/04 00Z)

## 雲雀颱風路徑校驗



# 2018/07/26 12Z 雲雀

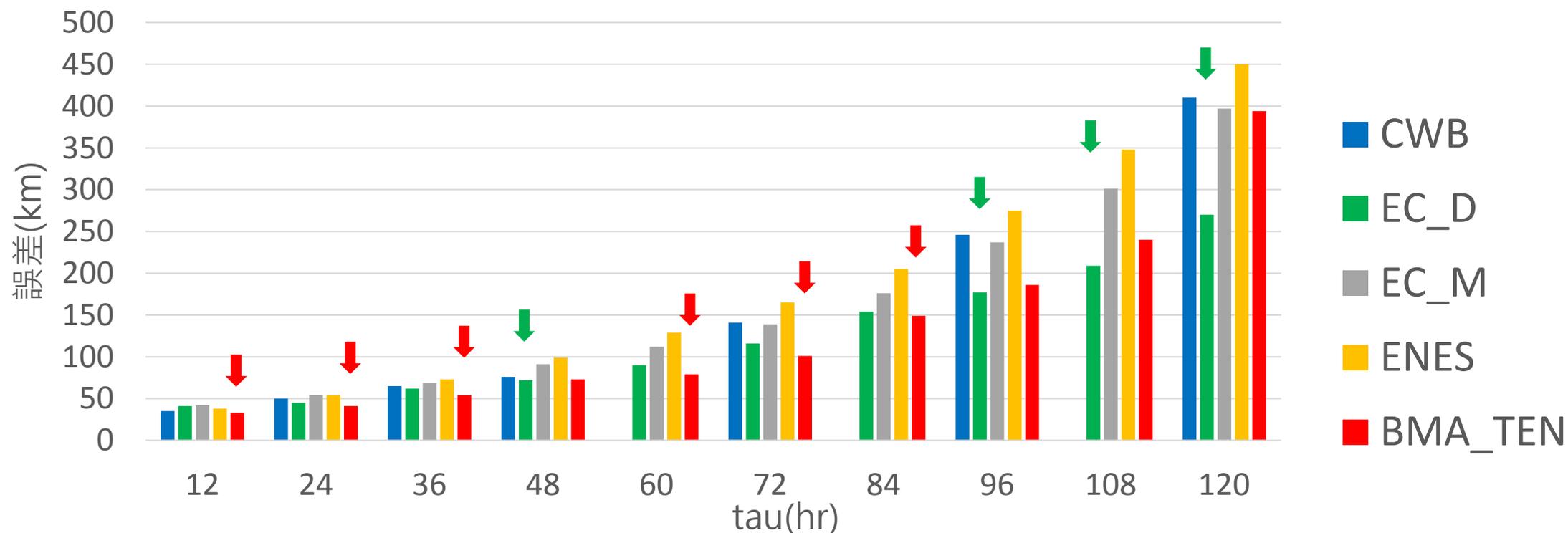


# 校驗結果 -

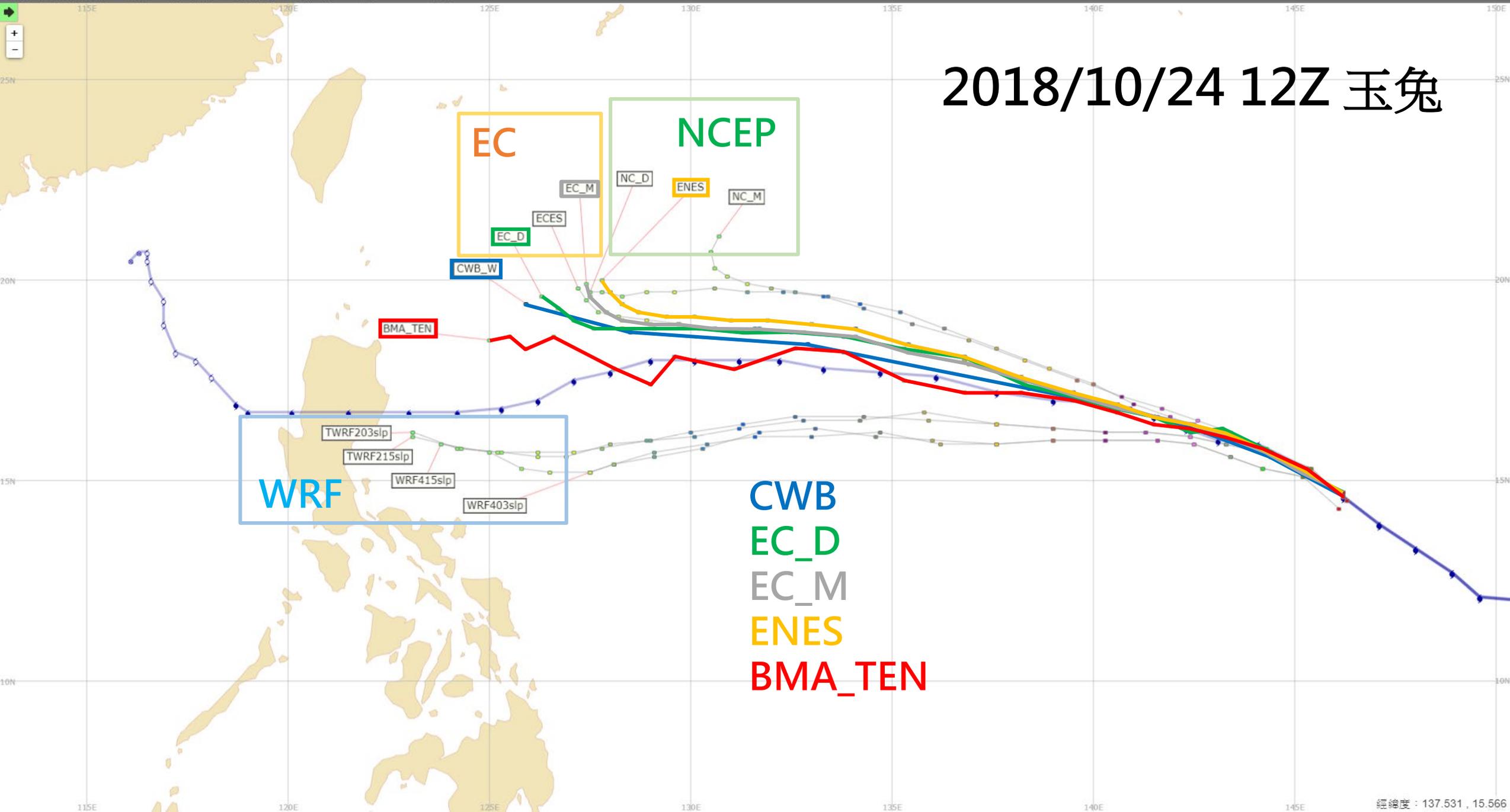
觀測資料：CWB Best Track

校驗期間：**1826玉兔颱風**(10/21 06Z-11/02 06Z)

## 玉兔颱風路徑校驗



# 2018/10/24 12Z 玉兔



**WRF**

- TWRF203slp
- TWRF215slp
- WRF415slp
- WRF403slp

**CWB**  
**EC\_D**  
 EC\_M  
**ENES**  
**BMA\_TEN**

**EC**

- EC\_D
- EC\_M
- ECES

**NCEP**

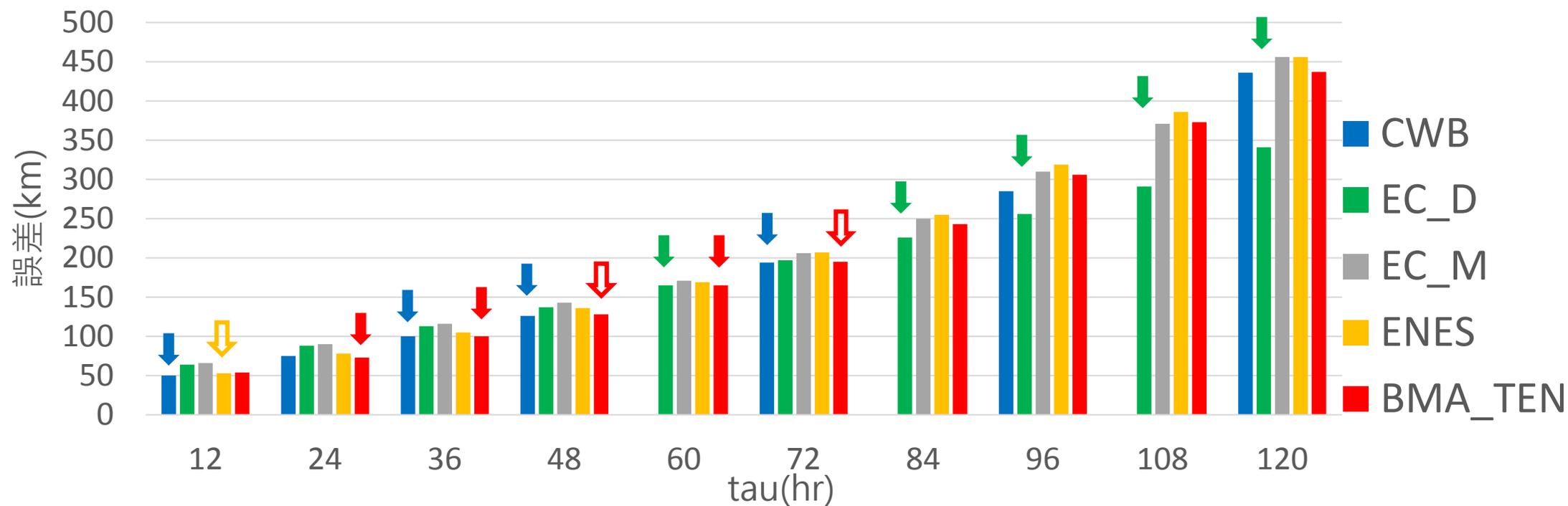
- NC\_D
- NC\_M
- ENES

# 校驗結果 -

觀測資料：CWB Best Track

校驗期間：2018年

## 2018颱風路徑校驗



## 結論 -

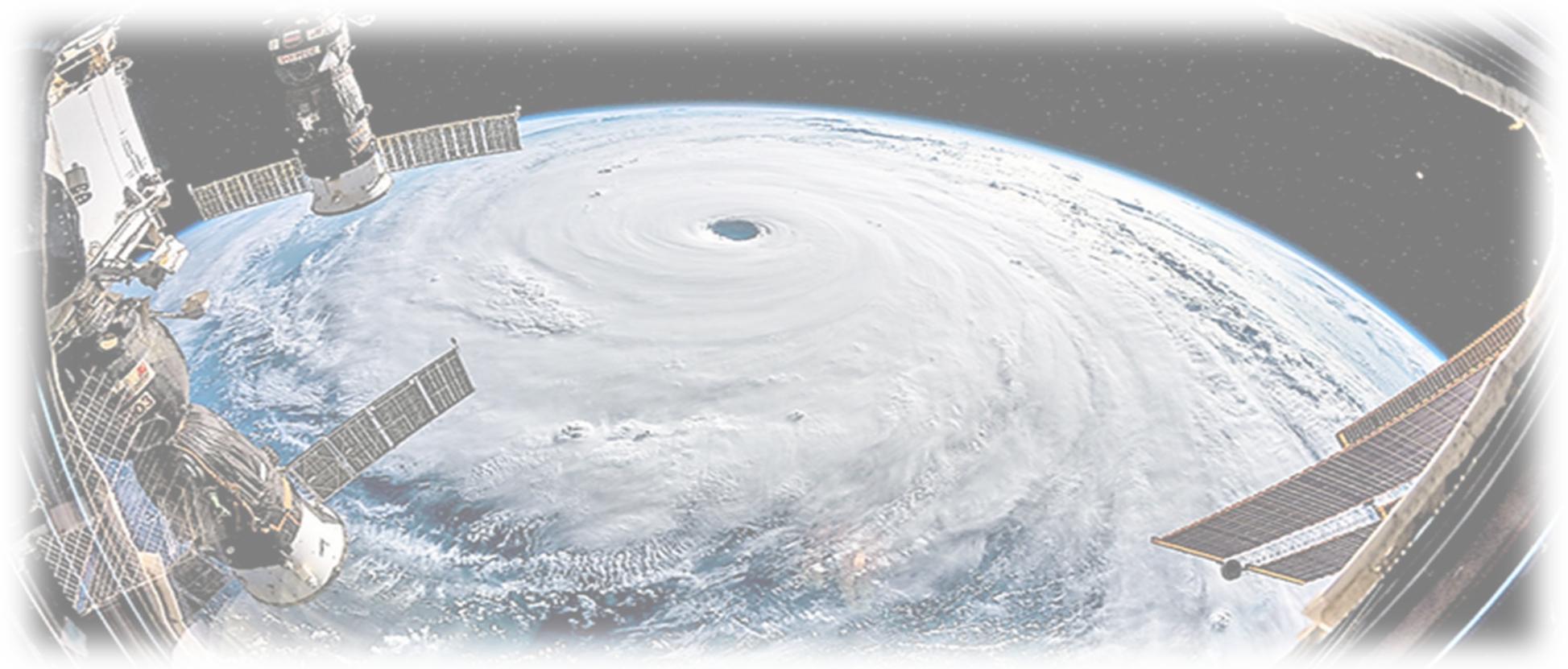
颱風路徑預報的演進：參考單一模式、系集模式平均及**OBEST**方法等，多模式與多系集模式的整合應用成為主要參考項目之一。

數值模式的改版，預報能力改善程度不同。

透過**BMA**，可**客觀**且**即時**整合多個模式，提升預報準確度。

(建議2年以上歷史資料)

**BMA**各參數設定尚有調整進步空間，待未來持續研究及測試。



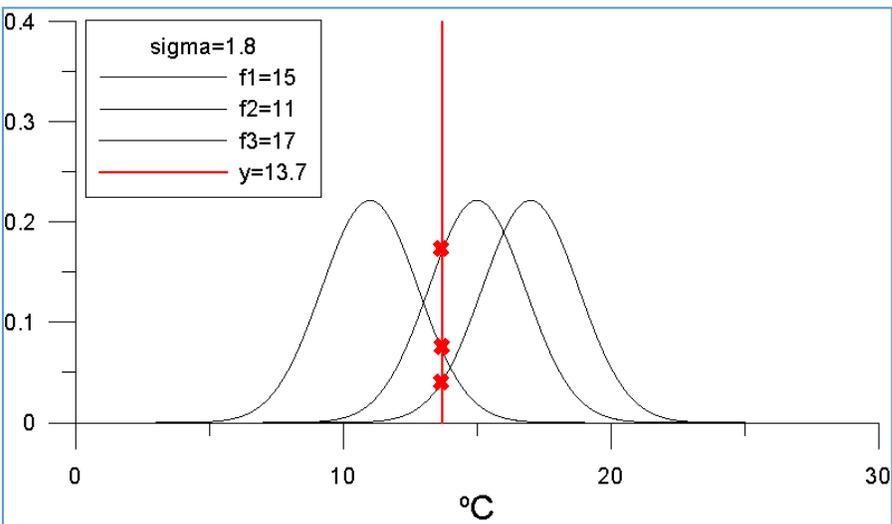
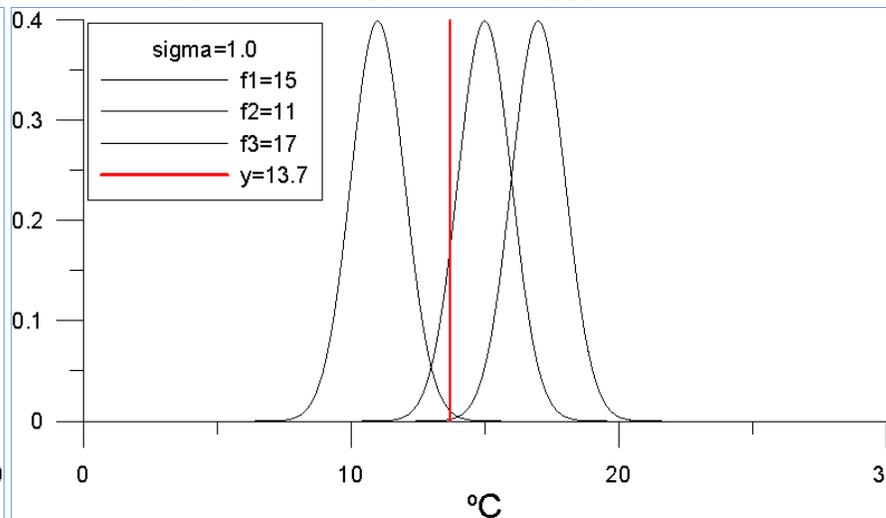
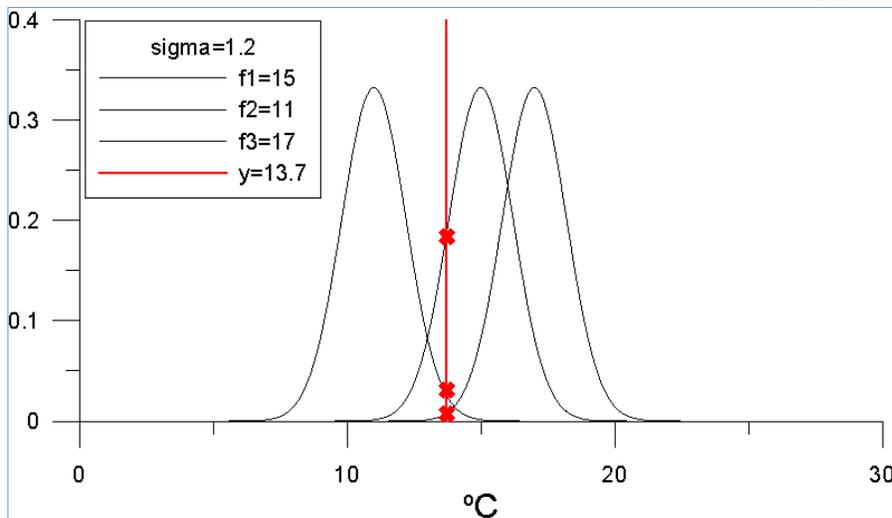
- 感謝聆聽



# EM演算法迭代示意

## Expectation Maximization algorithm

假設A測站一筆資料  $\{y_{st}=13.7, f_{1st}=11, f_{2st}=15, f_{3st}=17\}$



選擇一個sigma值，使得3組PDF機率值相加最大  
如圖示：使3個X相加值最大。

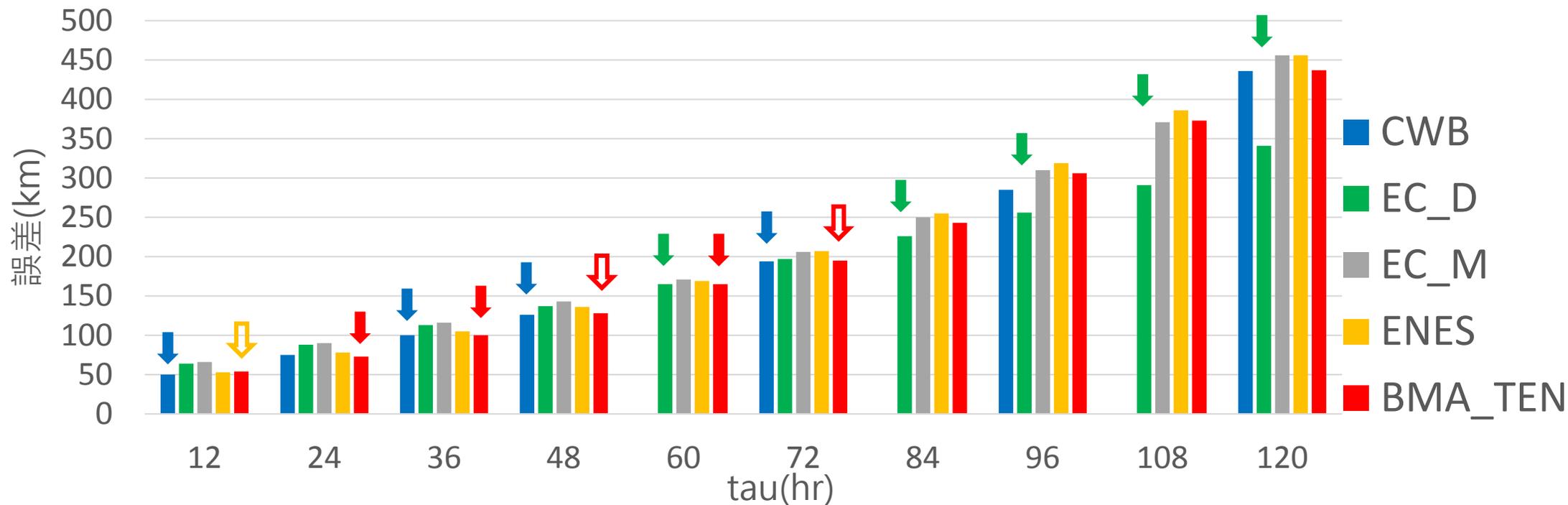
sigma值越大，3組PDF可以越趨近頂端，但相對極值較小，故需迭代取得收斂值(最大值)。

$$\hat{z}_{kst}^{(j)} = \frac{w_k^{j-1} g(y_{st} | f_{kst}, \sigma^{(j-1)})}{\sum_{i=1}^K w_i^{j-1} g(y_{st} | f_{ist}, \sigma^{(j-1)})}$$

$$w_k^{(j)} = \frac{1}{n_{s,t}} \sum \hat{z}_{kst}^{(j)}$$

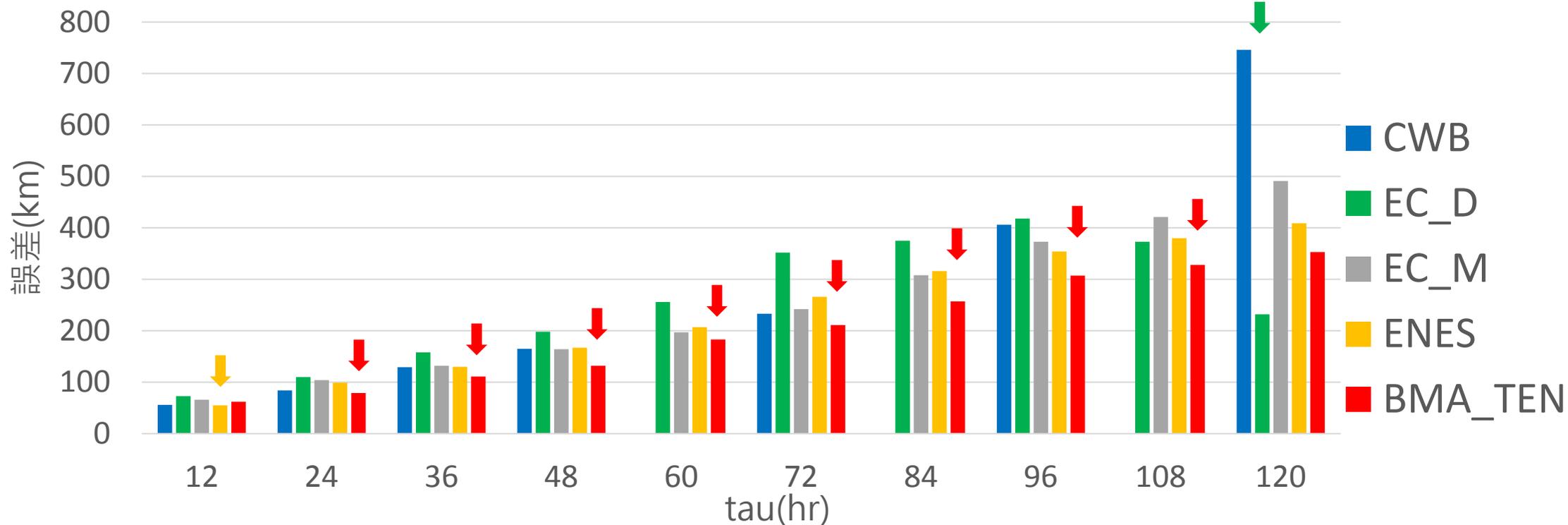
$$\sigma^{2(j)} = \frac{1}{n_{s,t}} \sum \sum_{k=1}^K \hat{z}_{kst}^{(j)} (y_{st} - f_{kst})^2$$

# 2018颱風路徑校驗



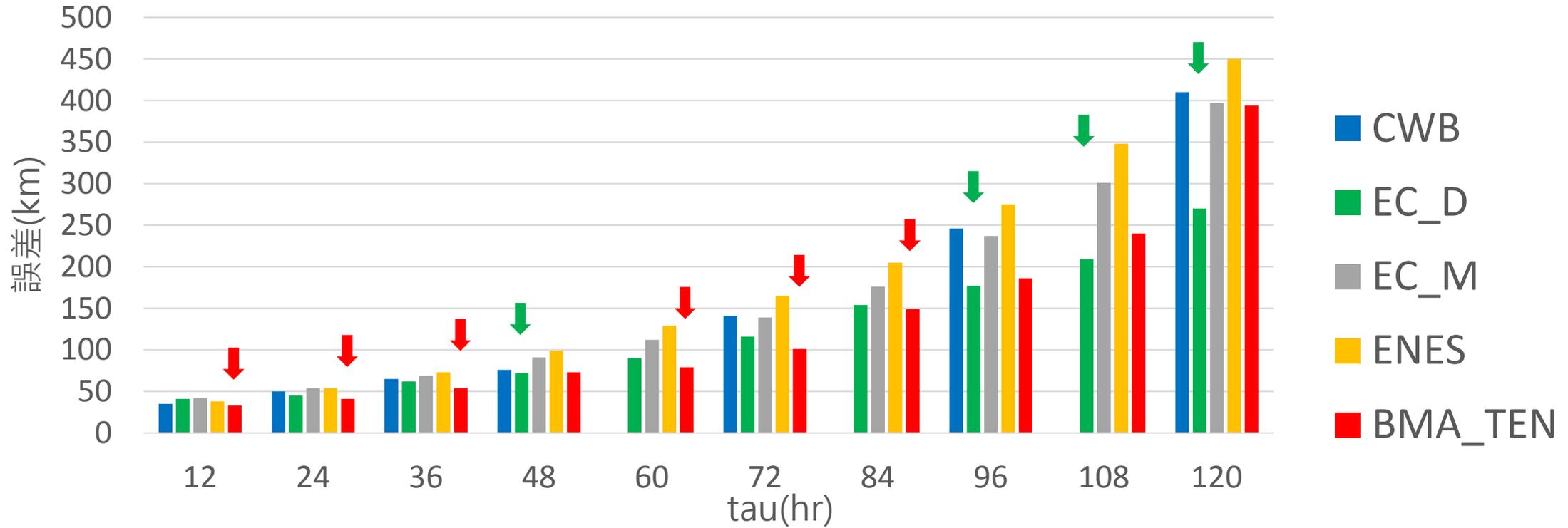
	2018/1/1	2018/12/31	非齊次	颱風期間	同步校驗						
		12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
CWB		50	75	100	126		194		285		436
EC_D		64	88	113	137	165	197	226	256	291	341
EC_M		66	90	116	143	171	206	250	310	371	456
ENES		53	78	105	136	169	207	255	319	386	456
BMA_TEN		54	73	100	128	165	195	243	306	373	437

# 雲雀颱風路徑校驗



2018/07/22 12Z	2018/08/04 00Z	JONGDARI	颱風期間	非齊次	同步校驗					
	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
CWB	56	84	129	165		233		406		746
EC_D	73	110	158	198	256	352	375	418	373	232
EC_M	66	104	132	164	197	242	308	373	421	491
ENES	55	99	130	167	207	266	316	354	380	409
BMA_TEN	62	79	111	132	183	211	257	307	328	353

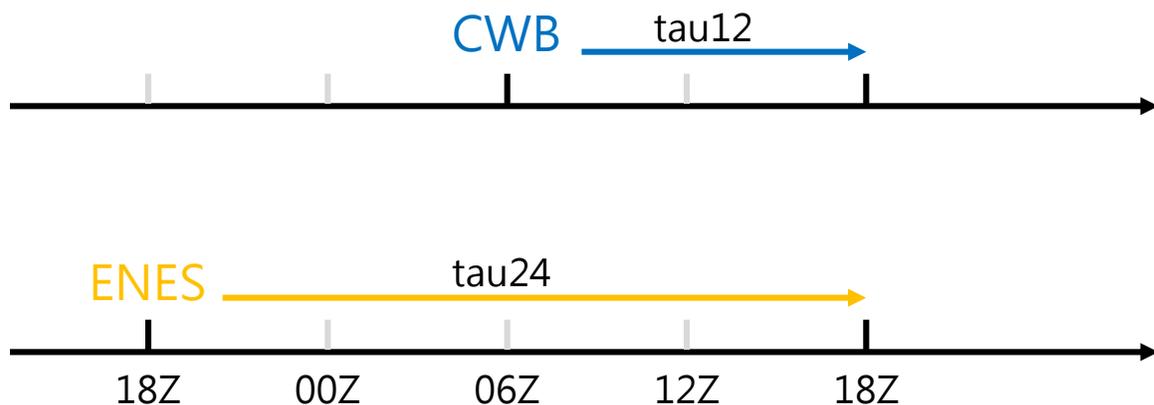
# 玉兔颱風路徑校驗



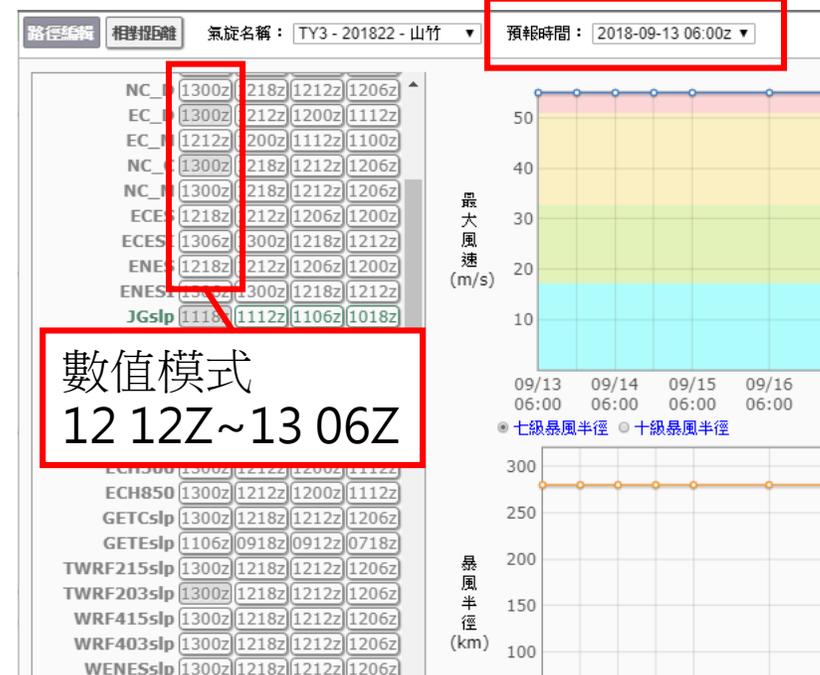
2018/10/21 06Z	2018/11/2 06Z	YUTU	颱風期間	非齊次	同步校驗					
	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
CWB	35	50	65	76		141		246		410
EC_D	41	45	62	72	90	116	154	177	209	270
EC_M	42	54	69	91	112	139	176	237	301	397
ENES	38	54	73	99	129	165	205	275	348	450
BMA_TEN	33	41	54	73	79	101	149	186	240	394

# 作業同步校驗對照表

作業時間可用最新指引報別				
CWB(作業時間)	00Z	06Z	12Z	18Z
EC_D	12Z	12Z	00Z	00Z
EC_M	12Z	12Z	00Z	00Z
ENES	12Z	18Z	00Z	18Z
BMA_TEN	12Z	18Z	00Z	18Z



作業時間 09/13 06Z



# BMA預報應用

## 機率預報

BMA Consensus  
Model Start Time: 2017/09/09 12:00  
Typhoon Name: TALIM

