



More useful and practical extended-range forecast guidance on temperature extremes in Taiwan

臺灣地區更有用且更實用的展期極端溫度預報指引

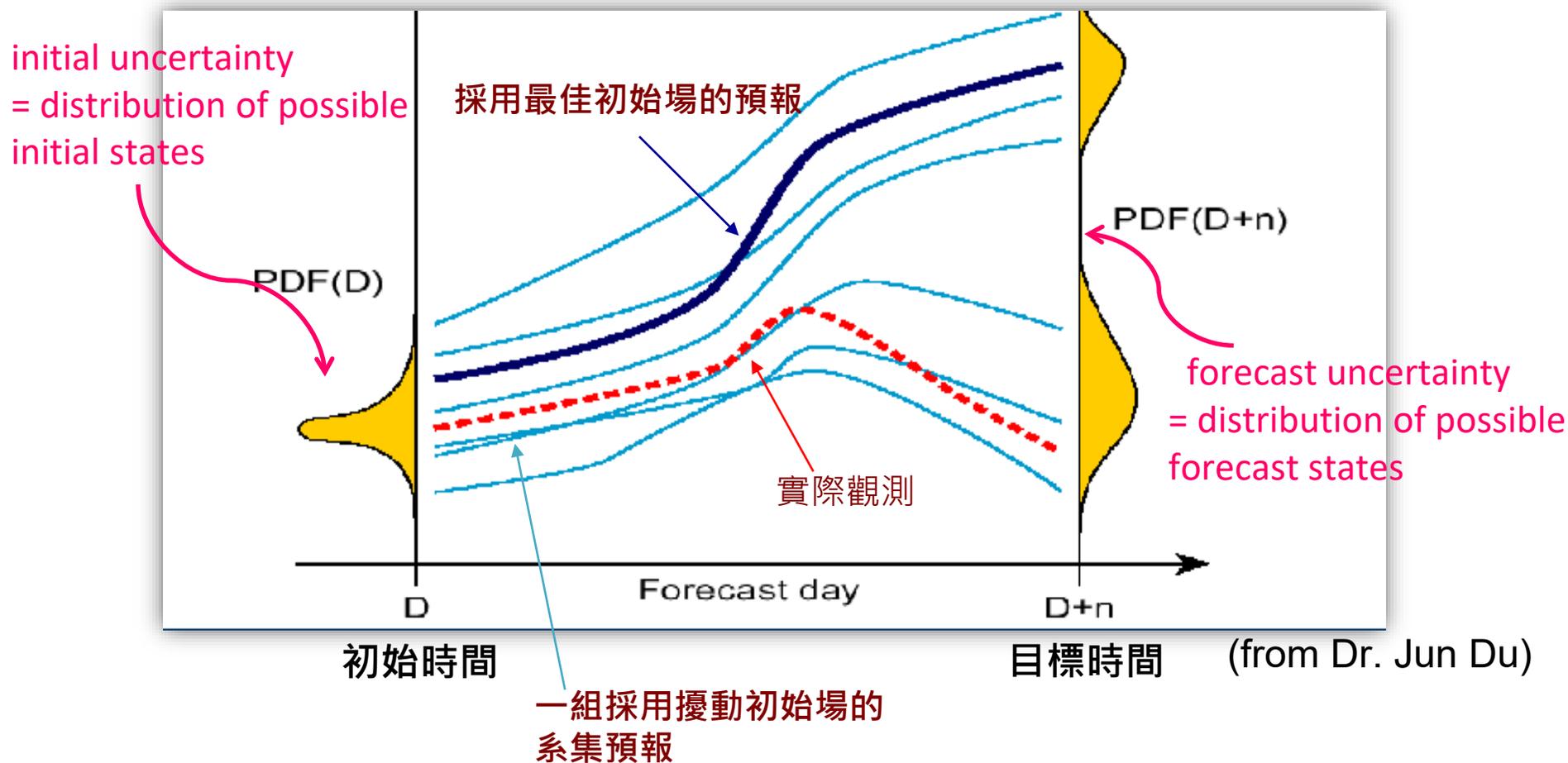
Hui-Ling Chang, Yun-Jing Chen, Tsun-Wen Lo,

Shin-Yu Chu, Shih-Chun Chou

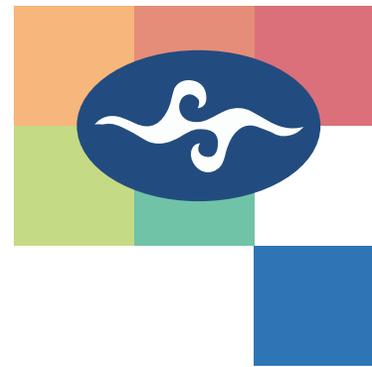
(張惠玲 陳昫靖 羅存文 朱心宇 周柿均)

109年 天氣分析與預報研討會
中央氣象局

為什麼需要系集預報

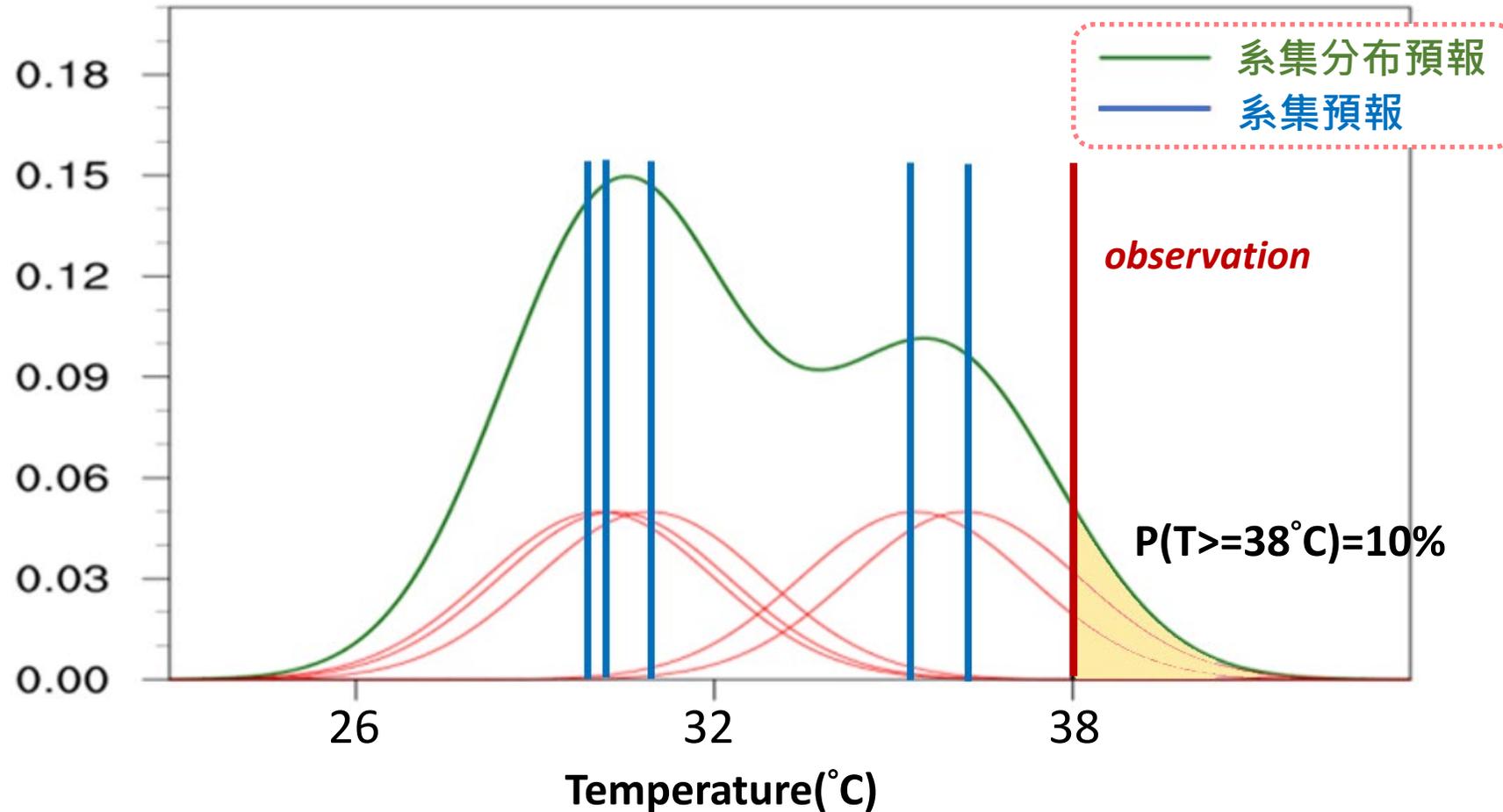


採用系集預報的目的：對未來的天氣狀態產生一組能夠擷取預報過程中所有關鍵的不確定性來源的代表性樣本。



對於不確定的天氣，系集預報有其必要性。
但對於高度不確定的極端天氣，系集預報還
是不足，我們進一步需要系集分布預報...

為什麼極端天氣需要系集分布預報



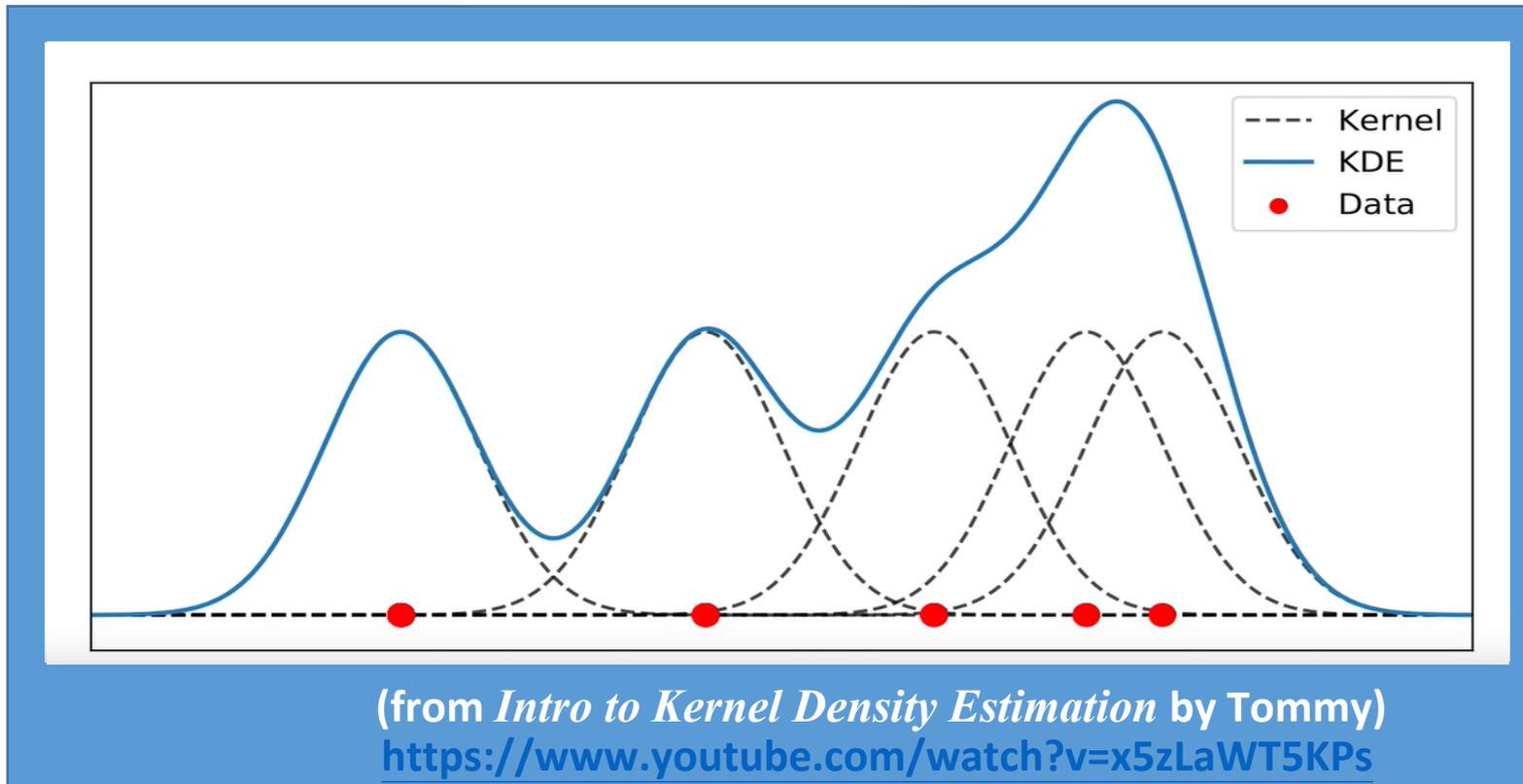
大部分的系集預報系統有離散度不足的問題(Buizza et.al., 2005; Raftery et al., 2005) , 很難預報到極端事件。→透過統計後處理技術將系集預報轉為系集分布預報。

Ensemble kernel density (EKD) estimation → 系集分布曲線



我們為每個系集成員預報 x_i ，都套上一個 *Kernel function* K ，再將所有成員的 *kernel function* 加總起來進行平均，得到一個機率密度函數，即為系集分布曲線。

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K(x - x_i).$$

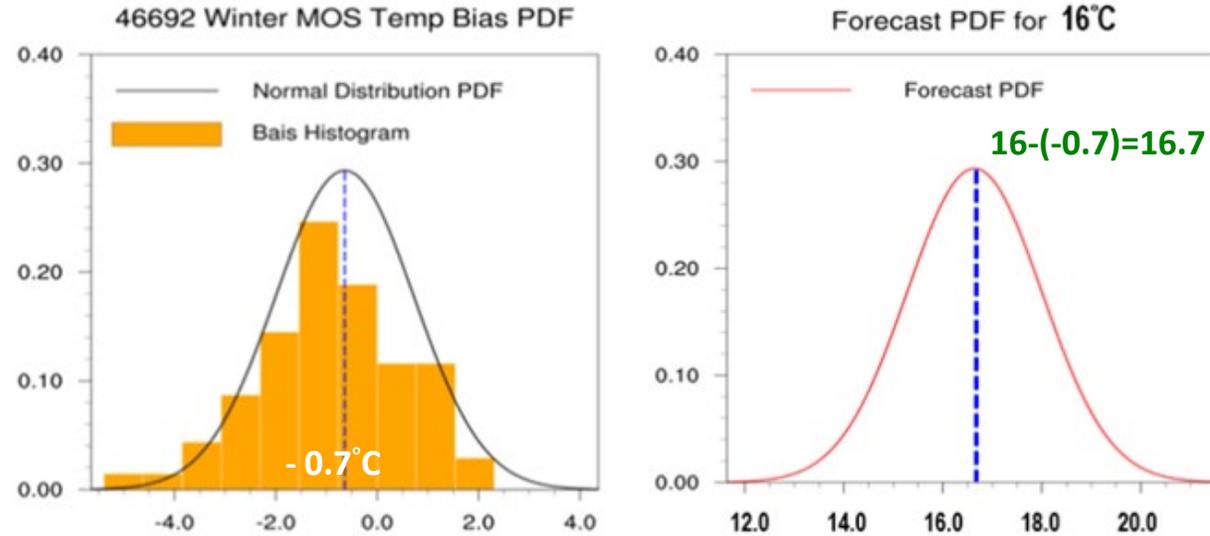


簡言之，EKD技術是透過有限的系集成員去估算涵蓋所有不確定性來源的系集母體。

Ensemble kernel density MOS (EKDMOS)



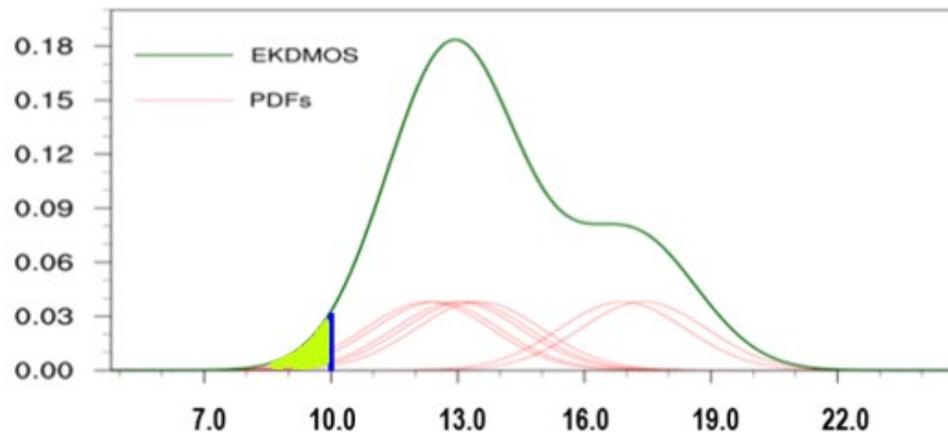
如何利用EKDMOS進行極端溫度機率預報



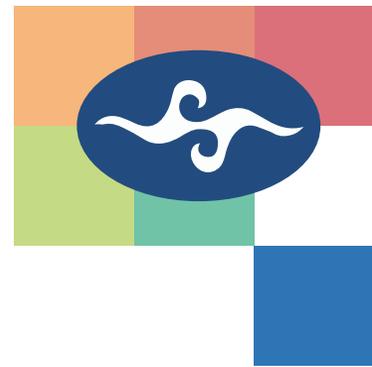
Step1: 利用長期歷史資料，得到MOS Tmax/Tmin預報的誤差直方圖 → 誤差PDF (黑色曲線)。

Step2: 將每個成員的預報值減去誤差的PDF → 每個成員預報的PDF (紅色曲線)。

Different stations have different error PDFs and thus different forecast PDFs.



Step3: 以等權重的方式將所有成員的PDF合成綠色的系集分布曲線 → 針對所關心的極端溫度事件，計算綠色曲線下的面積，即可得到極端溫度的預報機率。

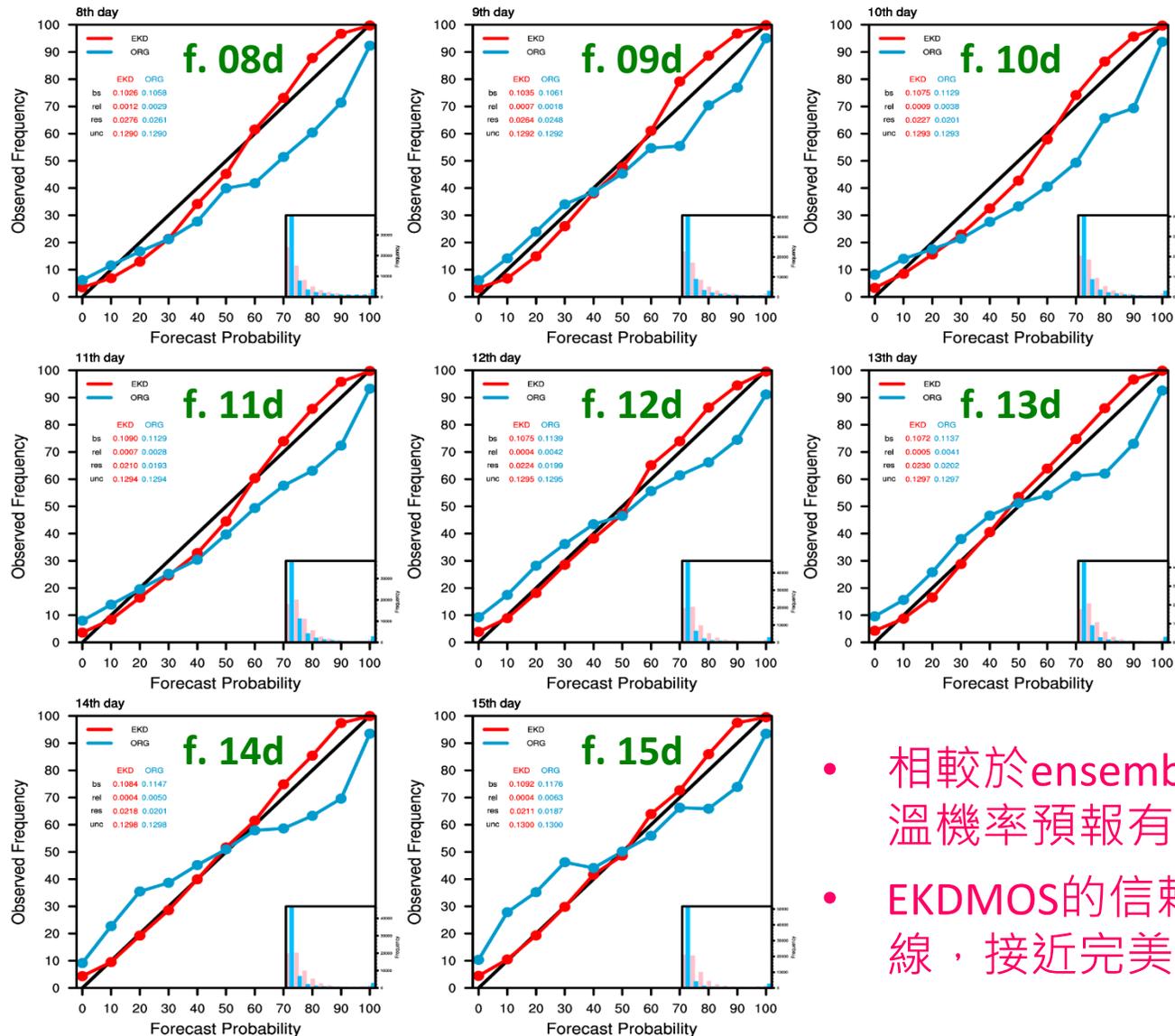


對於極端溫度機率預報，EKDMOS是否比原來的ensemble MOS提供**更**有用(有**更**好預報品質)的資訊呢?

8-15天極端低溫($T < 10^{\circ}\text{C}$)機率預報可信度評比



Reliability diagram - Ensemble MOS (blue) vs. EKDMOS (red)



Global model:
NCEP GEFS

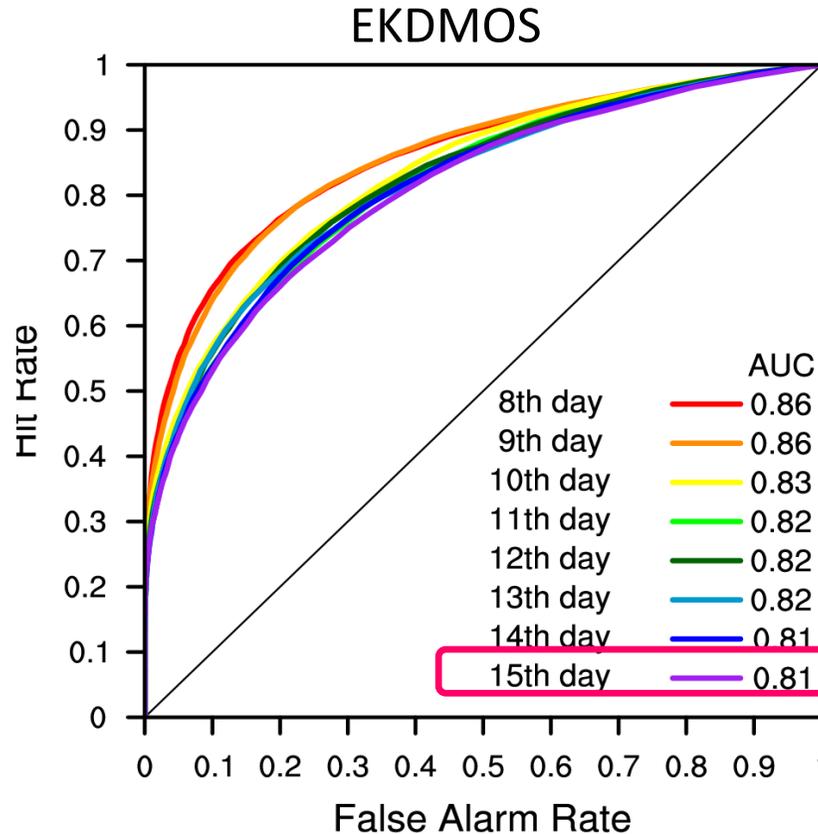
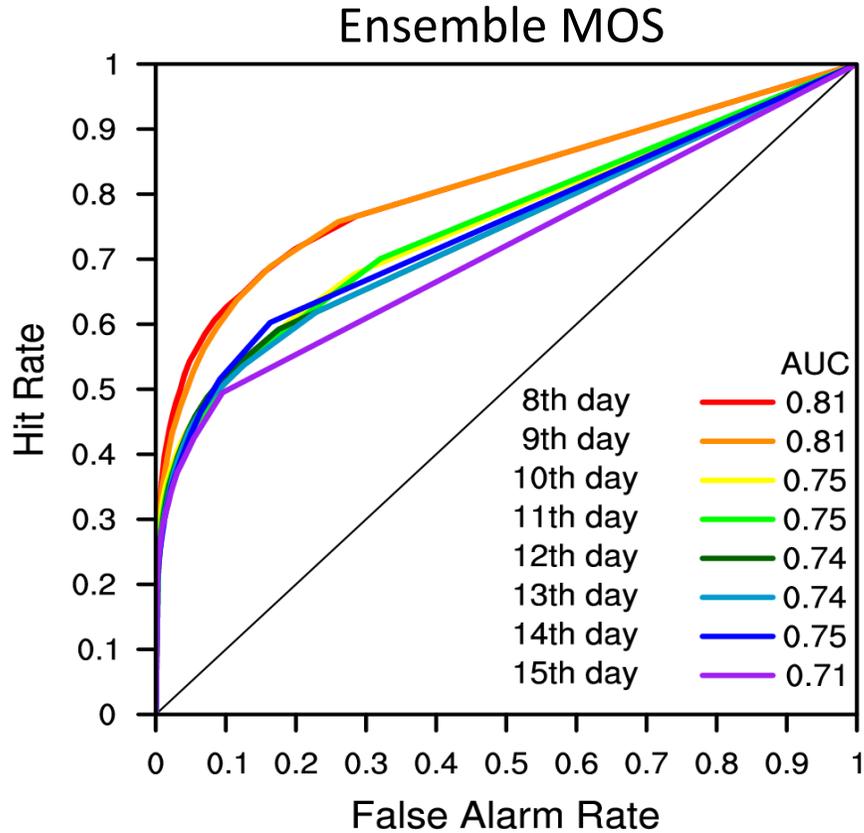
Verification Period:
Winter (Dec – Mar)
between 2016 and 2018.

- 相較於ensemble MOS，EKDMOS的極端低溫機率預報有較高的可信度。
- EKDMOS的信賴曲線到第15天依然貼近對角線，接近完美可信。

8-15天極端低溫($T < 10^{\circ}\text{C}$)機率預報區辨能力評比



Relative Operating Characteristic (ROC)



Verification Period:
Winter (Dec – Mar)
between 2016 and 2018.

Range of ROC area (AUC) : 0 ~ 1

AUC = 1 perfect discrimination

AUC > 0.7 : skillful discrimination

(Buizza et al. 1999)

- 相較於ensemble MOS，EKDMOS 有較佳的區辨能力。
- EKDMOS預報到第15天都還具有良好的區辨能力 (AUC > 0.8)。

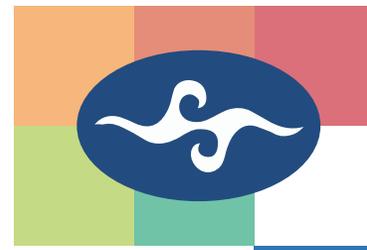


EKD技術明顯提升了極端溫度機率預報的品質。

使用者的困擾:

究竟預報機率高達多少，才表示極端事件會發生呢？
(根據機率預報，我需要採取防災行動/防護措施嗎?)

極端溫度決策支援系統



變數選擇
低溫

預報日期
2020/01/15

初始時間
00

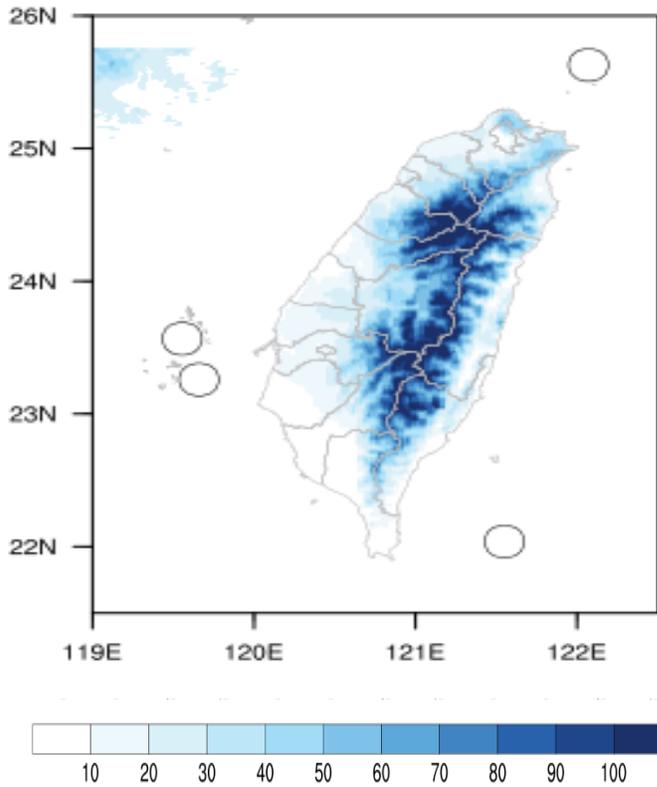
門檻選擇
10度

行動成本
100

可避免損失
500

無法避免損失
200

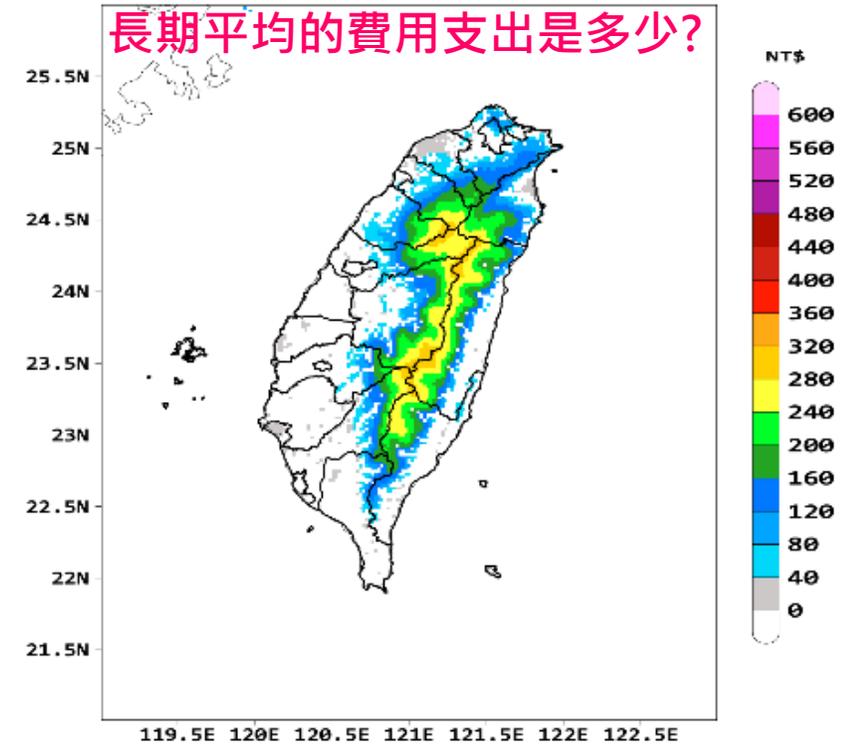
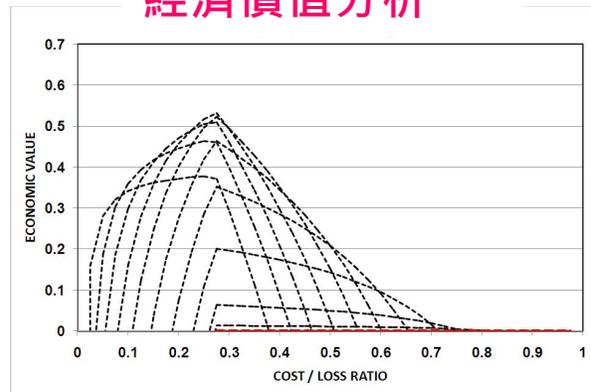
是否需要採取防災行動/防護措施？依此系統做為決策依據，長期平均的費用支出是多少？



		Forecast / action.	
		Yes	No
Observation	Yes	Hit (h)	Miss (m)
		Mitigated loss ($C+L_u$)	Loss (L_p+L_u)
	No	False Alarm (f)	Correct rejection (c)
		Cost (C)	No cost (N)



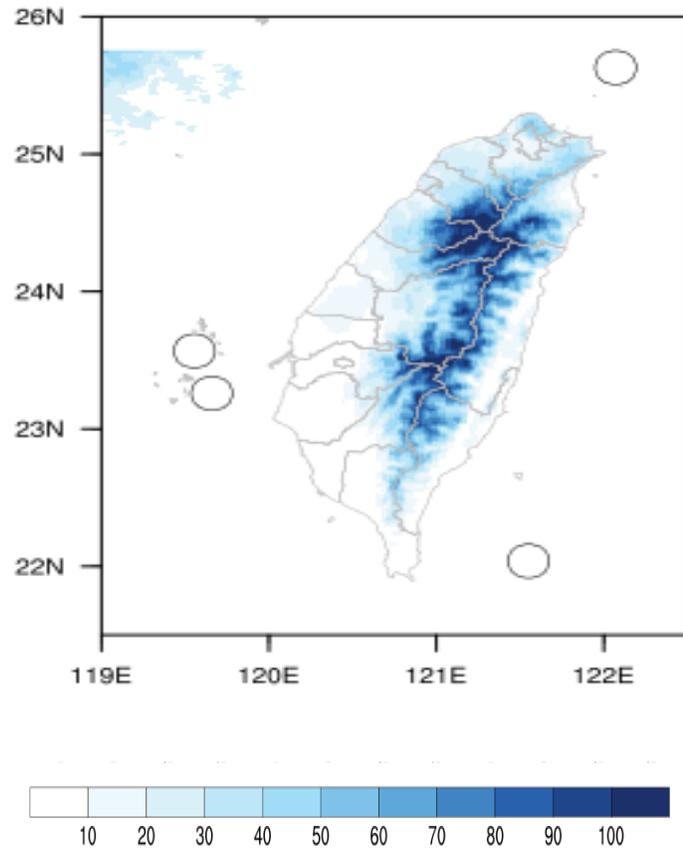
經濟價值分析



包含不確定性資訊的決定性預報指引



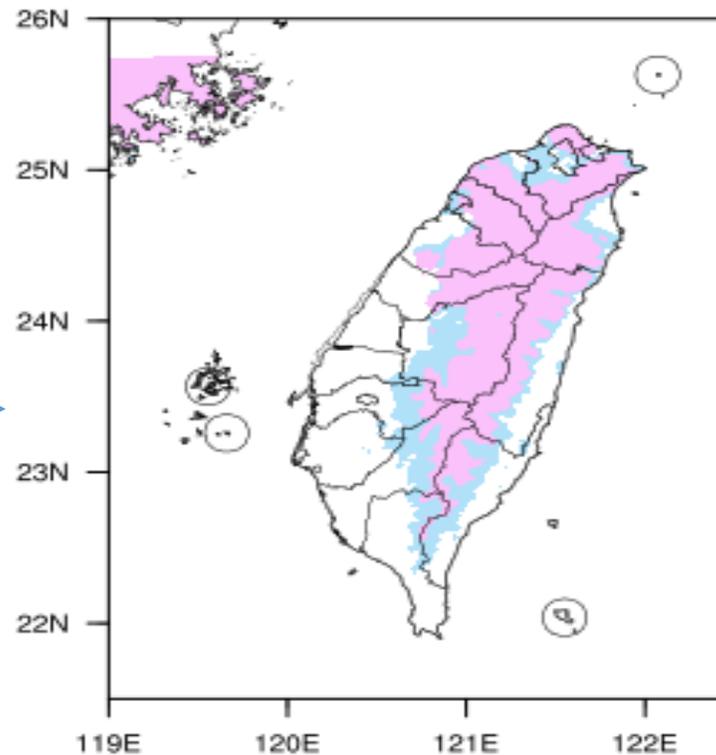
機率型預報



統計後處理技術



決定性預報指引



哪些地區會發生極端溫度呢？

粉紅色：可能性最大的區域

淺藍色：可能性比較小、但依然有可能發生的區域。

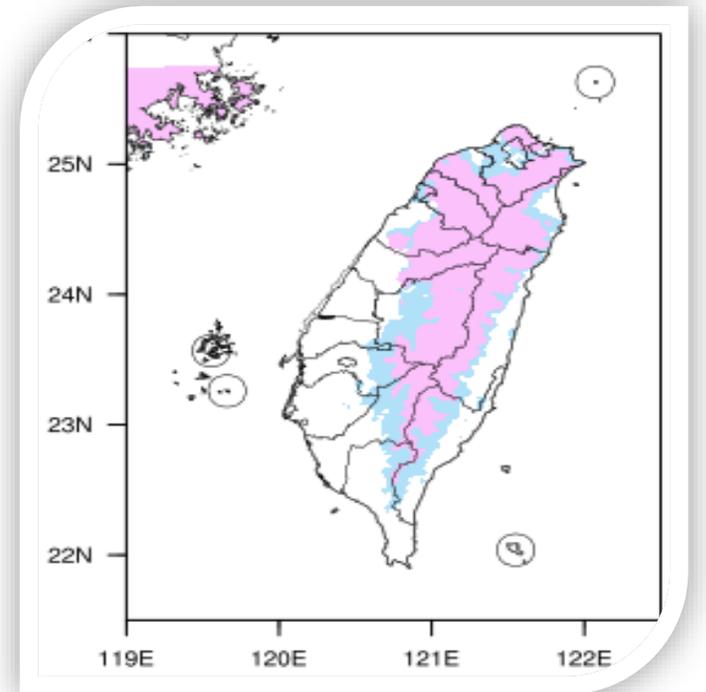
為什麼需要決定性預報指引



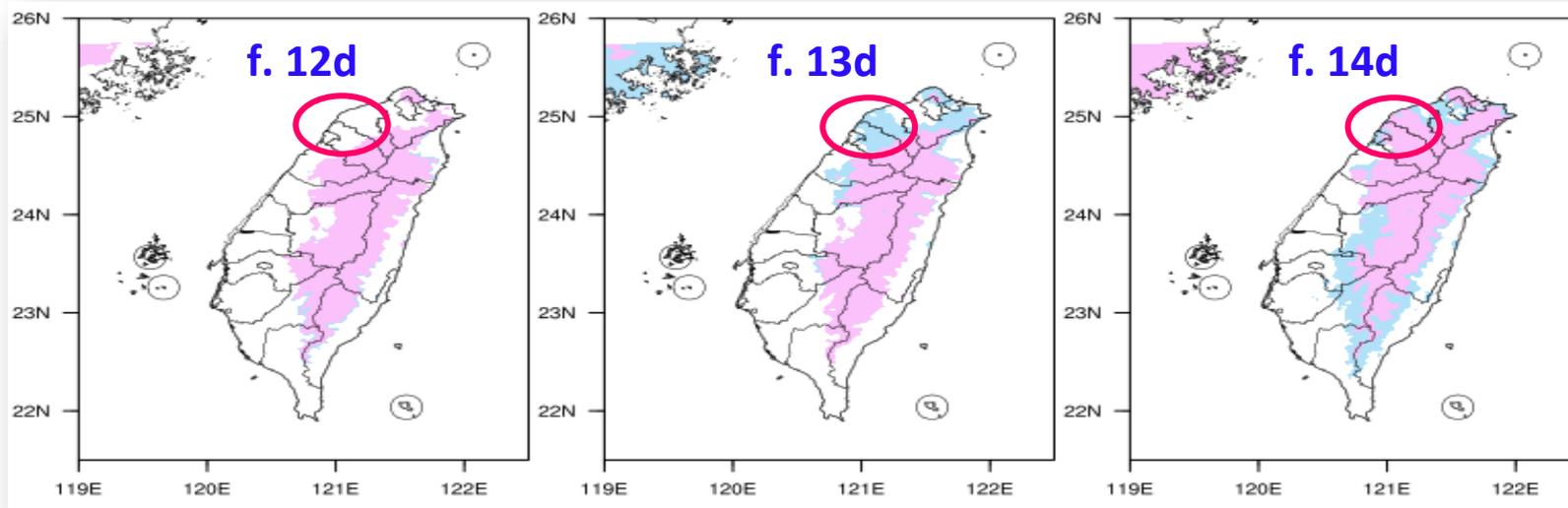
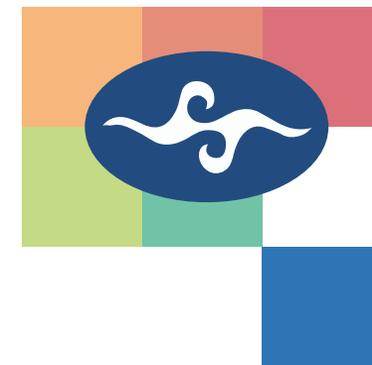
- ✓ 使用者不知道如何以機率預報做決策
 - 透過最佳機率門檻，將機率預報轉為Y/N預報(粉紅色區域)。
- ✓ 對於不確定性較高的天氣系統或是時間較長的預報，在應用上必須考量預報的不確定性。
 - 預報的高溫/低溫事件可能提早或延後一天發生
 - 預報在台北市的高溫/低溫事件可能發生在淡水或桃園

這樣的預報還是有參考價值...

 - 把temporal relaxation的概念放到預報產品中(淺藍色區域)，以傳達預報的不確定性。



決定性預報指引的統計後處理技術



✓ 如何得到「最可能發生極端溫度的區域」(粉紅色區域)?

在每個格點上，透過最佳機率門檻(optimal probability threshold, OPT)，將機率預報轉為Y/N預報；把預報機率 \geq OPT的格點標示為粉紅色區域。

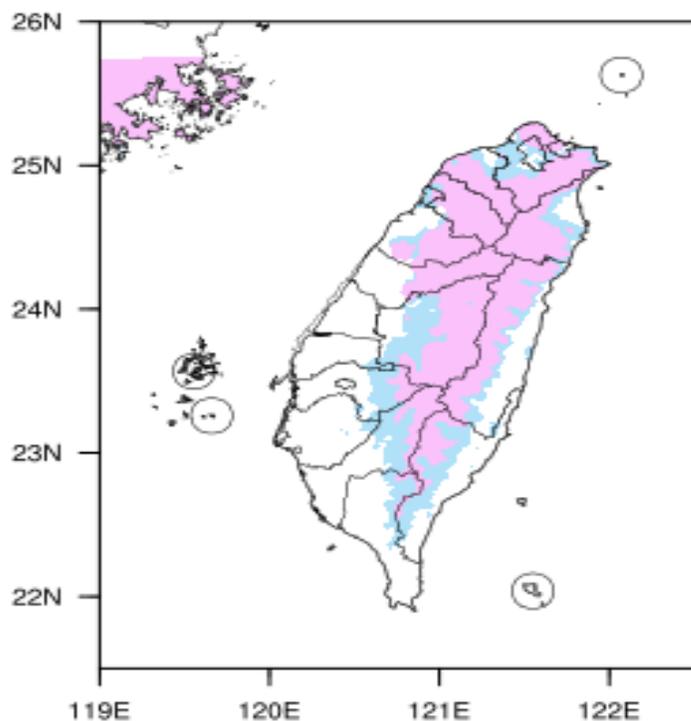
- 極端低溫：採用Bias = 1.5 作為OPT篩選條件
- 極端高溫：採用Bias = 1.0 作為OPT篩選條件
- 因長期預報評估顯示這樣的篩選條件可得到最佳的預報表現

(Bias = 預報頻率/觀測頻率)

✓ 如何得到「可能性比較小、但依然有可能發生極端溫度的區域」(淺藍色區域)?

當某格點的預報機率 $<$ OPT，但前一天或後一天的預報機率 \geq OPT，則此格點標示為淺藍色區域。

<認為1天的時間是可接受的合理預報誤差→ temporal relaxation>

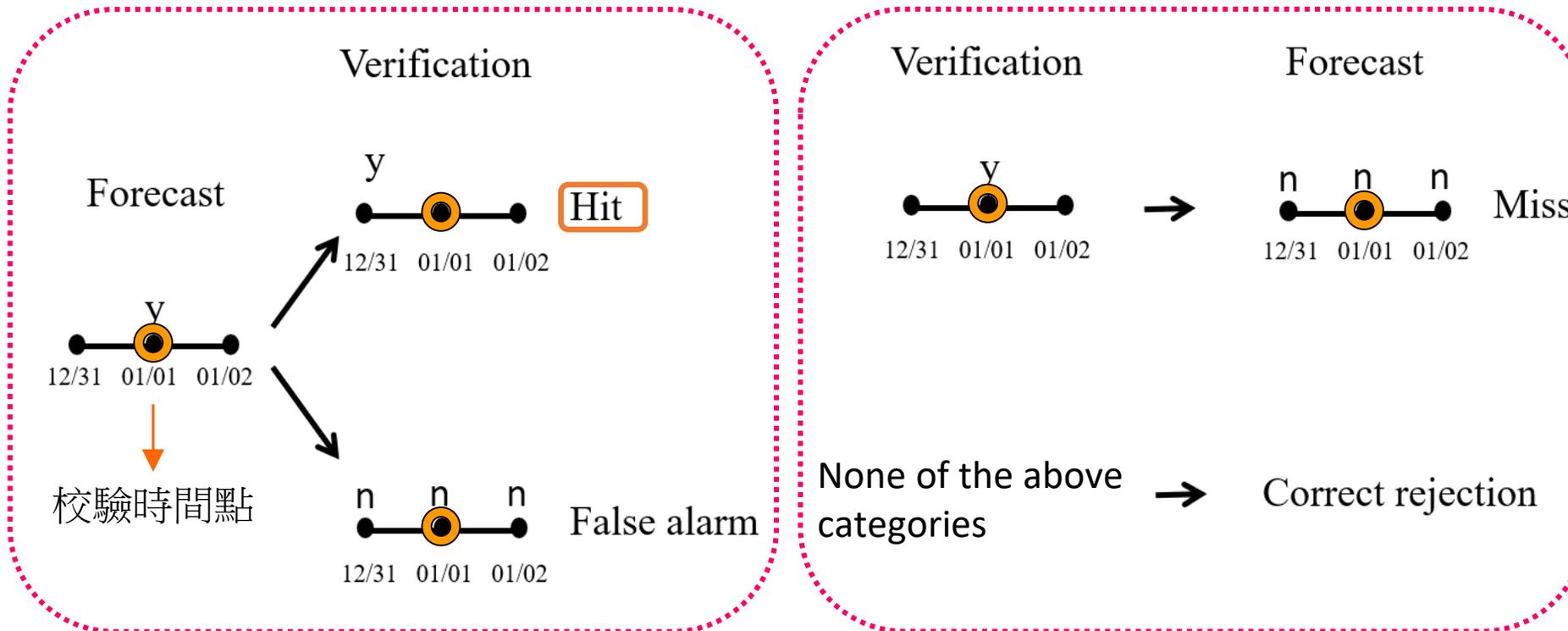


對於包含不確定性資訊的決定性
預報指引，如何評估預報表現呢？

放入Temporal Relaxation 概念的預報校驗(Chang et al. 2017)



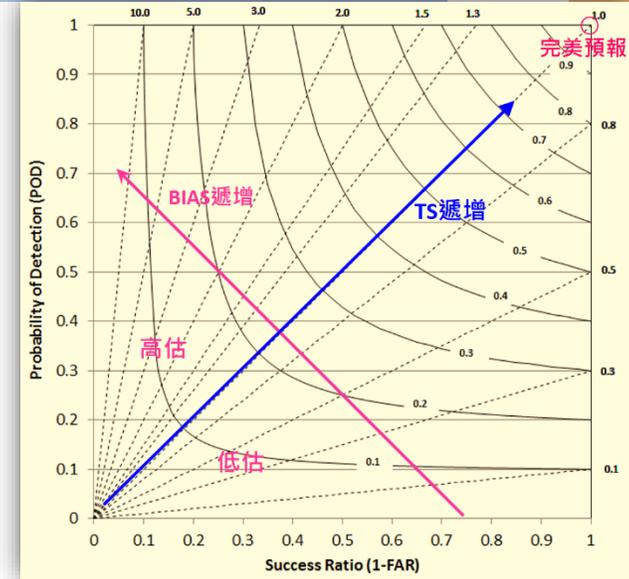
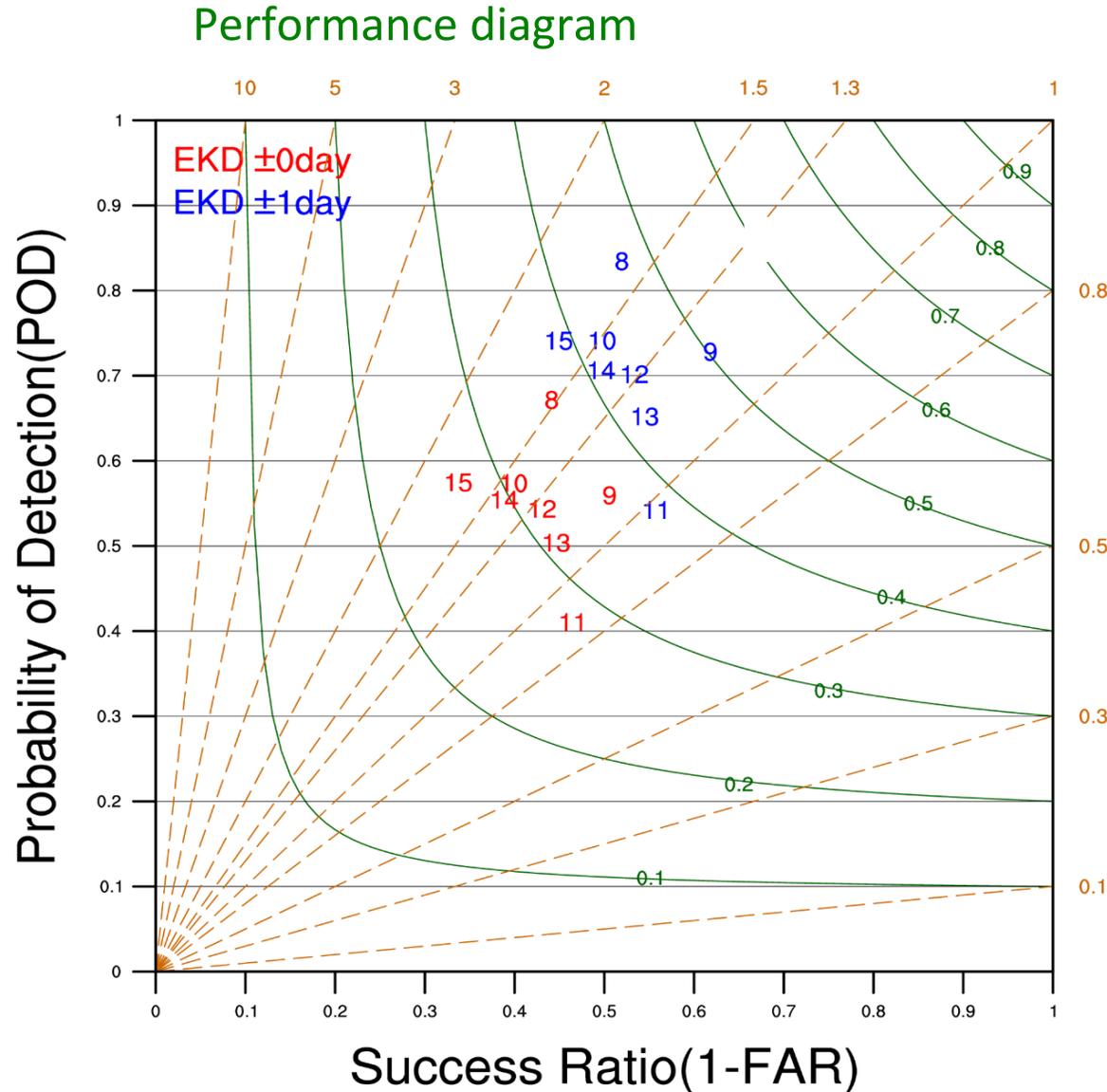
將點對點的校驗，放寬為時間窗區是 ± 1 天的校驗，以對應預報指引中採用的時間窗區。(背後的概念：提前或延後1天是可接受的合理預報誤差)



	Fct	
Obs	Yes	No
Yes	hit	miss
No	false alarm	correct rejection

Chang, H., B. Brown, P. Chu, Y. Liou, and W. Wang, 2017: Nowcast Guidance of Afternoon Convection Initiation for Taiwan. *Wea. Forecasting*, **32**,1801-1817.

8-15天極端低溫($T < 10^{\circ}\text{C}$)決定性預報指引校驗結果



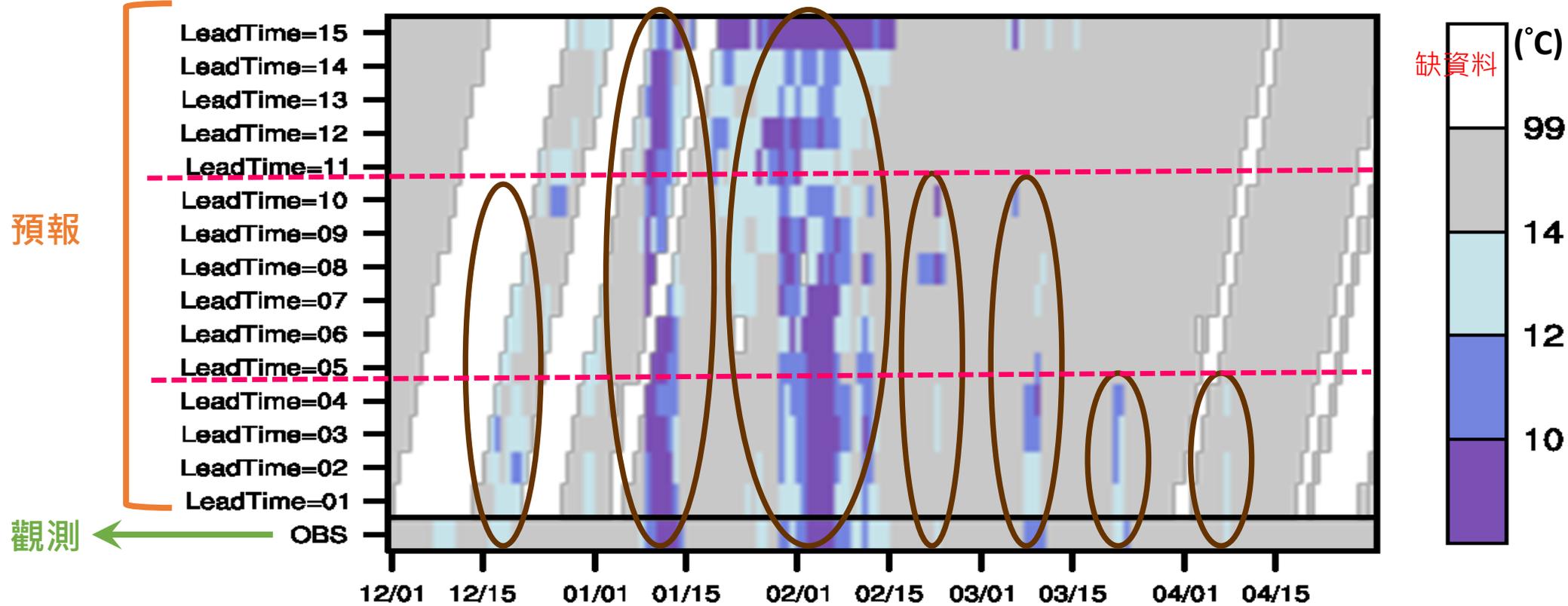
Verification Period:
Winter (Dec – Mar)
between 2016 and 2018.

採用前後1天作為 temporal relaxation window，極端低溫決定性預報指引具有中等的 accuracy (TS : 0.38-0.5)、頗高的 probability of detection (POD : 0.65-0.85)、中等的 success ratio (SR : 0.45-0.62) 以及可接受的過度預報 (Bias : 0.99-1.6)。

日最低溫 (Tmin) 區間預報之長期校驗結果



2017.12.01-2018.04.30 台北站

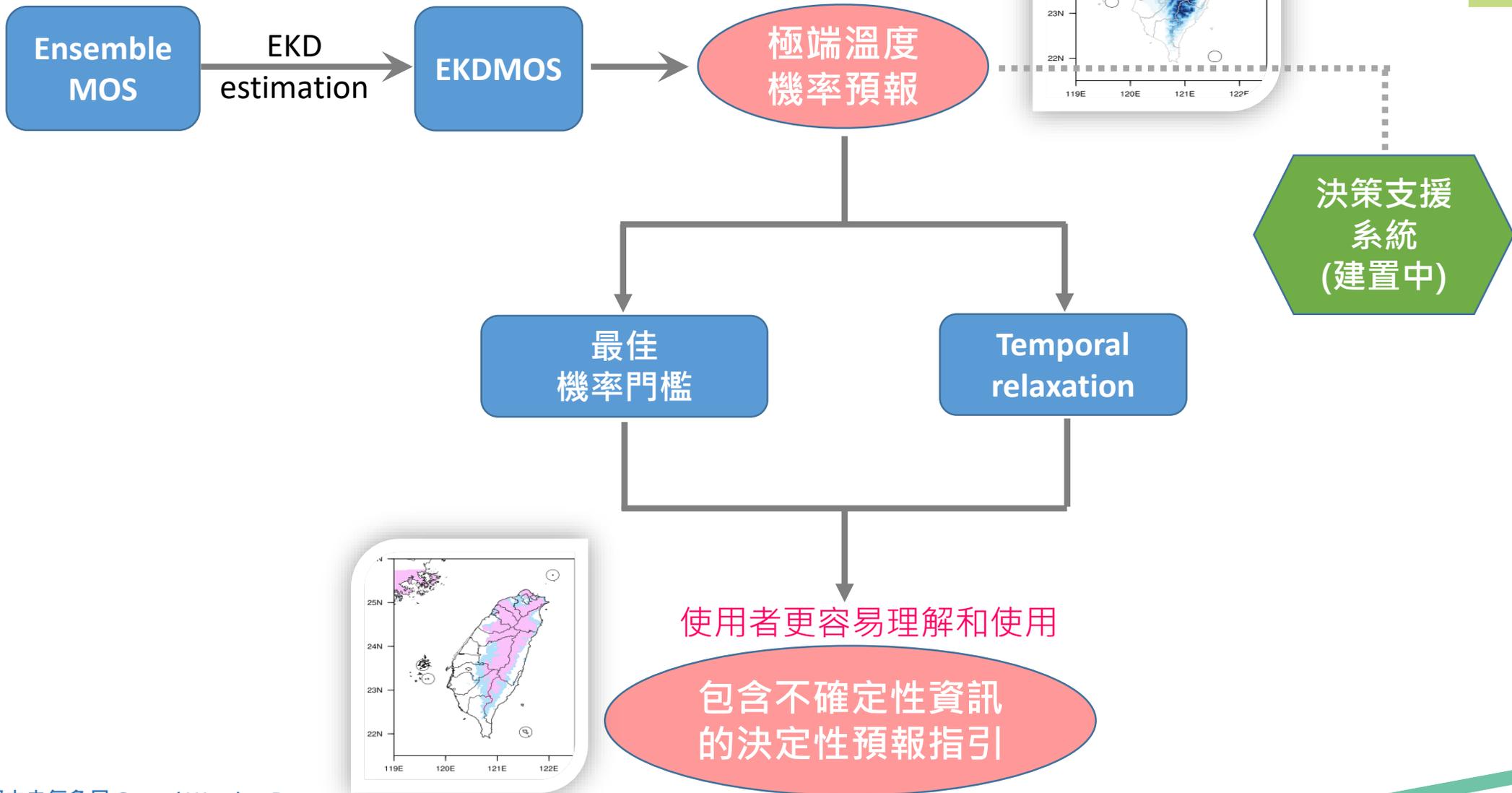


透過OPT→Y/N預報

- <14°C(Yes) & <12°C(Yes) & <10°C(Yes) → Tmin < 10°C
- <14°C(Yes) & <12°C(Yes) & <10°C(No) → 10°C < Tmin < 12°C
- <14°C(Yes) & <12°C(No) → 12°C < Tmin < 14°C

此預報產品可以抓到所有低溫事件；當低溫事件的強度愈強或持續時間愈長，可以抓到低溫訊號的lead time也愈長。

結論





Thank you