



# 應用 Machine learning-based weather prediction (MLWP) 於台灣區域第三週降雨預報之可行性評估

海象氣候組/氣候預報科  
陳昫靖、羅資婷、李清騰

# 緣起與目標 ( 預報業務需求 )

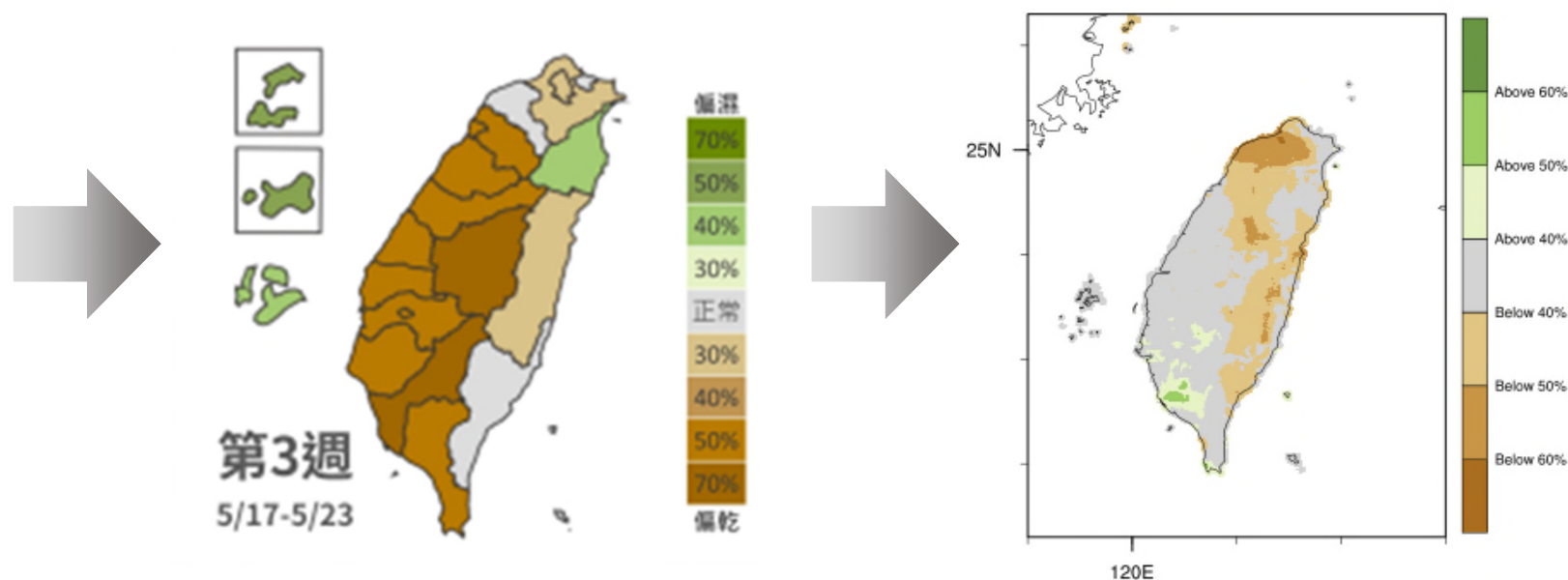
## 四區預報產品

氣溫預報	第1週 (2月27日~3月4日)			第2週 (3月5日~3月11日)			第1~4週 (2月27日~3月25日)		
	偏低	正常	偏高	偏低	正常	偏高	偏低	正常	偏高
北部	30	70	0	30	50	20	20	50	30
中部	30	70	0	20	50	30	20	50	30
南部	30	70	0	20	50	30	20	50	30
東部	30	70	0	30	50	20	20	50	30

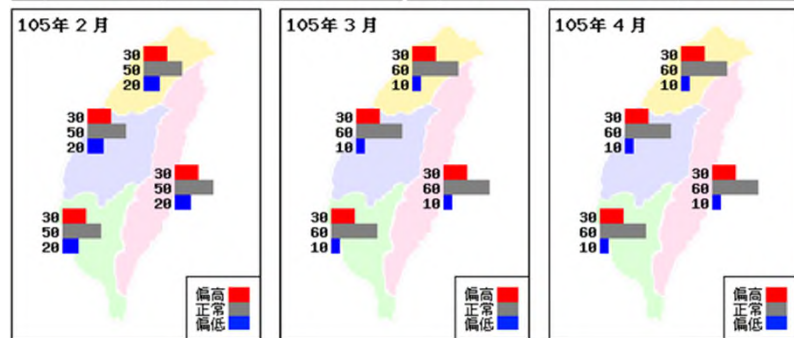
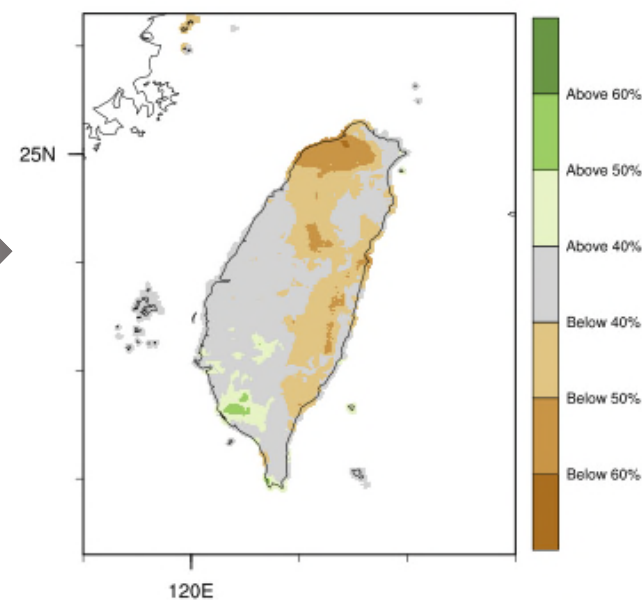
  

雨量預報	第1週 (2月27日~3月4日)			第2週 (3月5日~3月11日)			第1~4週 (2月27日~3月25日)		
	偏少	正常	偏多	偏少	正常	偏多	偏少	正常	偏多
北部	40	60	0	30	60	10	20	50	30
中部	40	60	0	30	60	10	20	50	30
南部	0	100	0	0	70	30	20	50	30
東部	40	60	0	30	50	20	20	50	30

## 縣市預報產品



## 高解析度預報產品

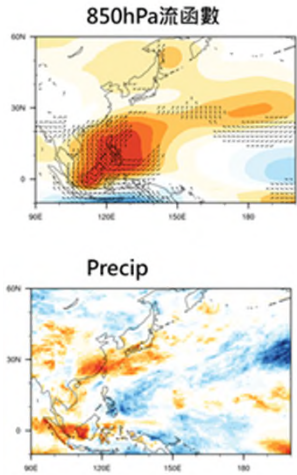


- 綜合多種模式預報資訊 ( 引入MLWP預報資料 )
- 客觀綜合預報展望 ( 全球模式降尺度至台灣區域 )
- 2、3、4 週預報指引

# AI後處理模型架構

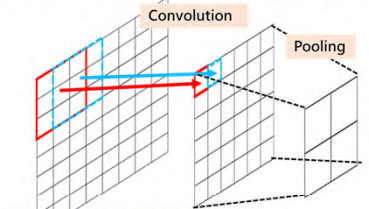
## 降雨降尺度三分類機預報架構

### NWP預報

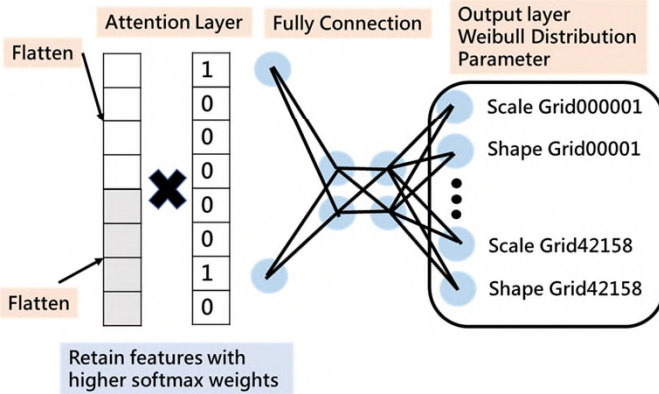
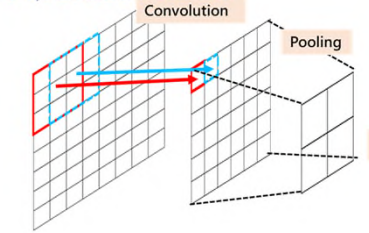


### Architecture of the CNN-Attention Model

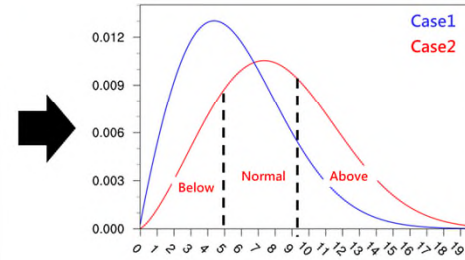
#### Forecast 850hPa Stream Function



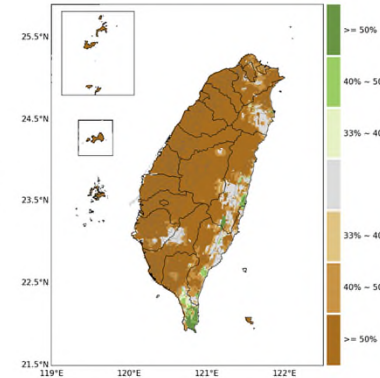
#### Forecast PRECIP



### Calculate Three Category Probability

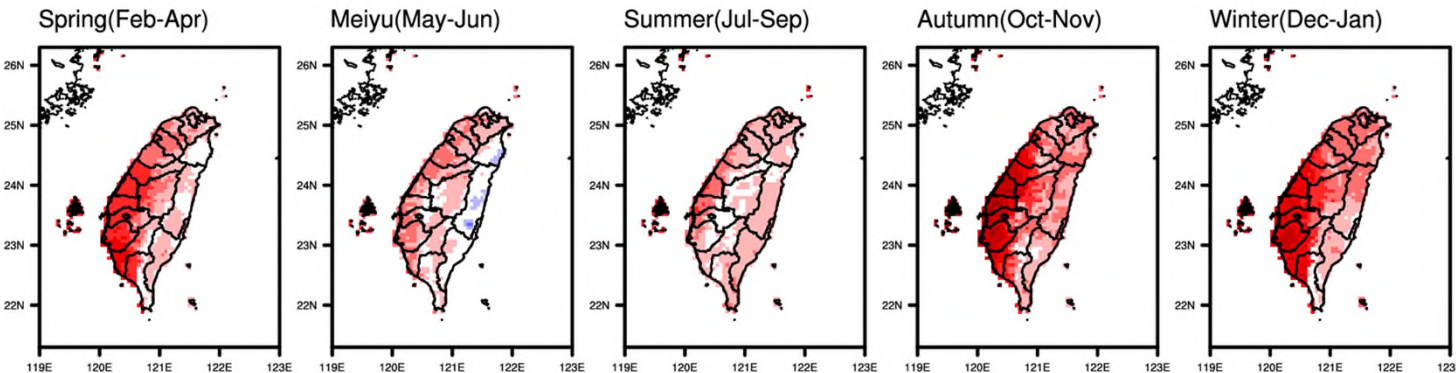


### Forecast Product



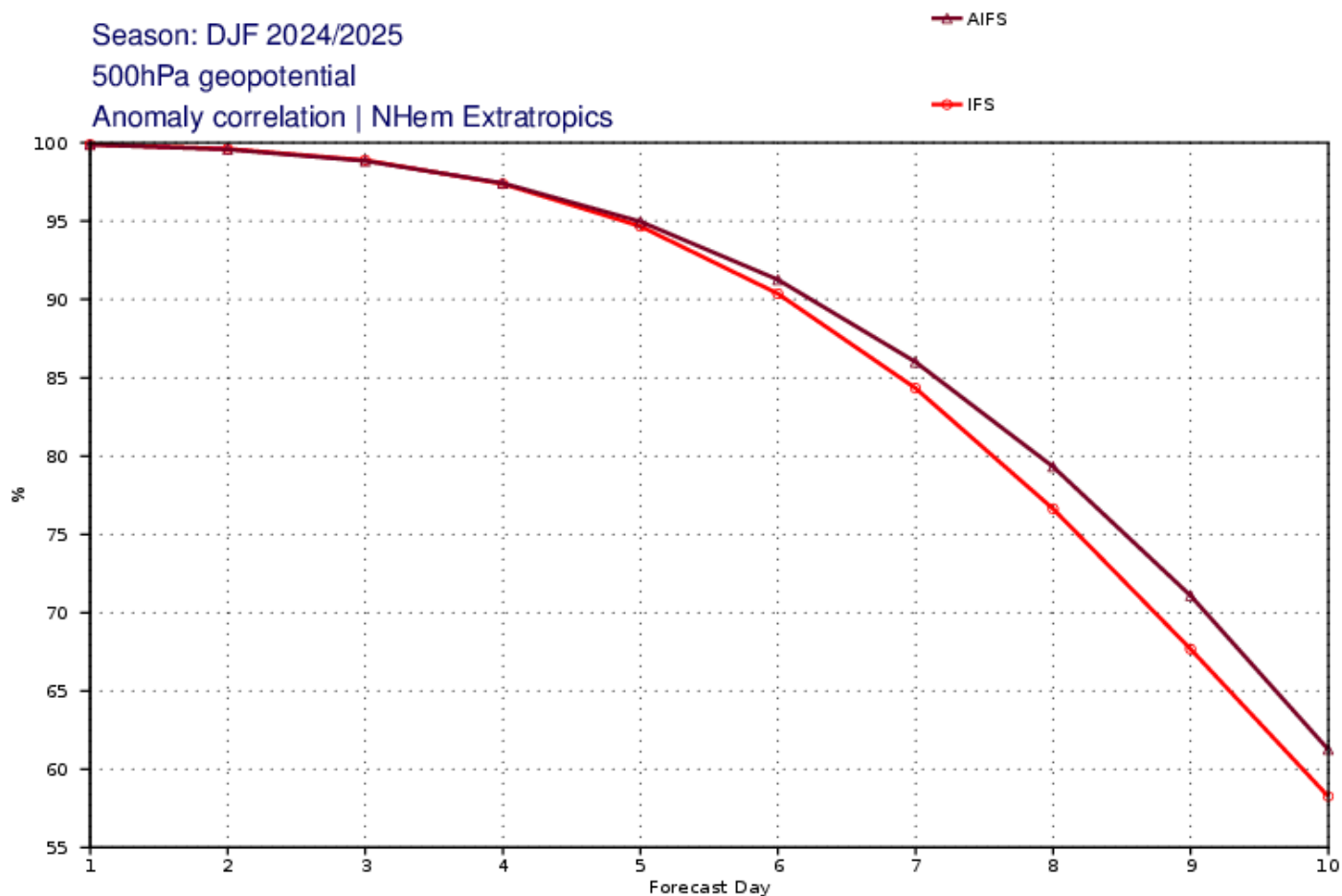
### Skill Score (RPSS)

#### Week3



NWP預報資訊套入降尺度模型  
預報至第三週能仍有預報技術

# MLWP的預報能力表現



- MLWP 於 10 天後預報表現？
- Weekly 校驗評估？
- 台灣地區校驗評估？

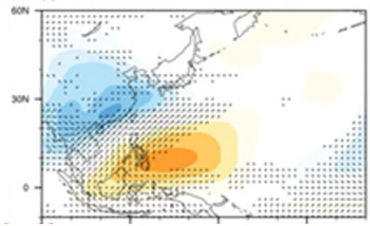
[https://charts.ecmwf.int/products/plwww\\_3m\\_fc\\_aifs\\_wp\\_mean?area=Northern%20Extra-tropics&parameter=Geopotential%20500hPa&score=Anomaly%20correlation](https://charts.ecmwf.int/products/plwww_3m_fc_aifs_wp_mean?area=Northern%20Extra-tropics&parameter=Geopotential%20500hPa&score=Anomaly%20correlation)

# MLWP+AI後處理方法

- MLWP 模式 : FourcastNetv2( FCN2 ) **Input Initial : ERA5**
- MLWP 訓練期 : 1979-2015 ( ERA5 )
- 觀測降雨 : **TaiSA** 1km 台灣高解析網格資料 ( 1998 - )
- 模型訓練 / 校驗期 : 1998-2015 / 2016-2023 (每週預報2次)
- 模型架構 :

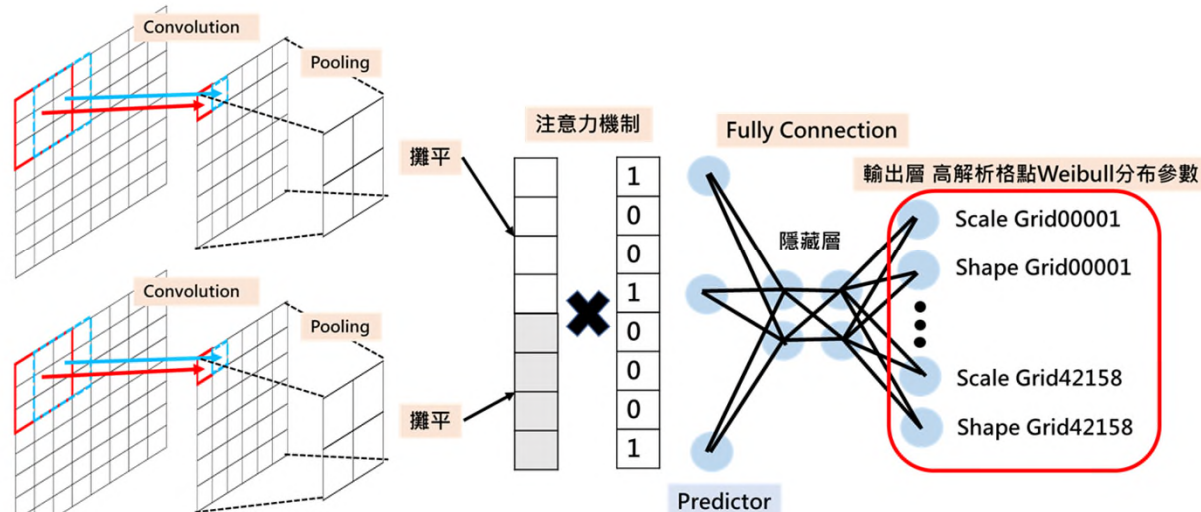
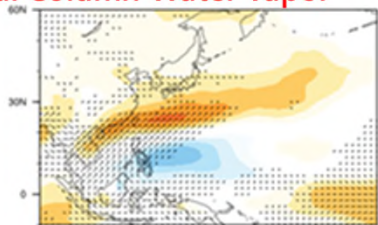
FCN2 預報 Week3

Stream Function 850hPa

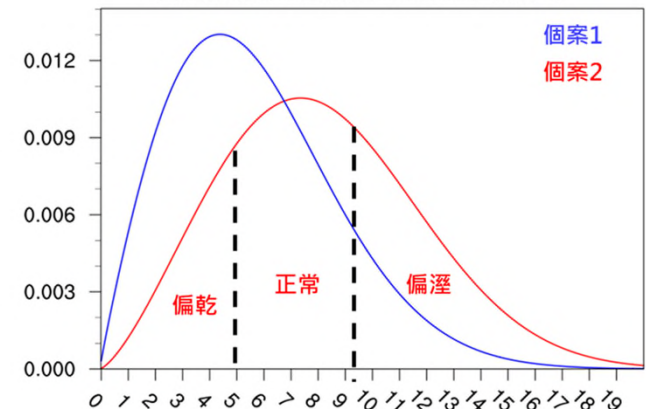


FCN2 預報 Week3

Total Column Water Vapor

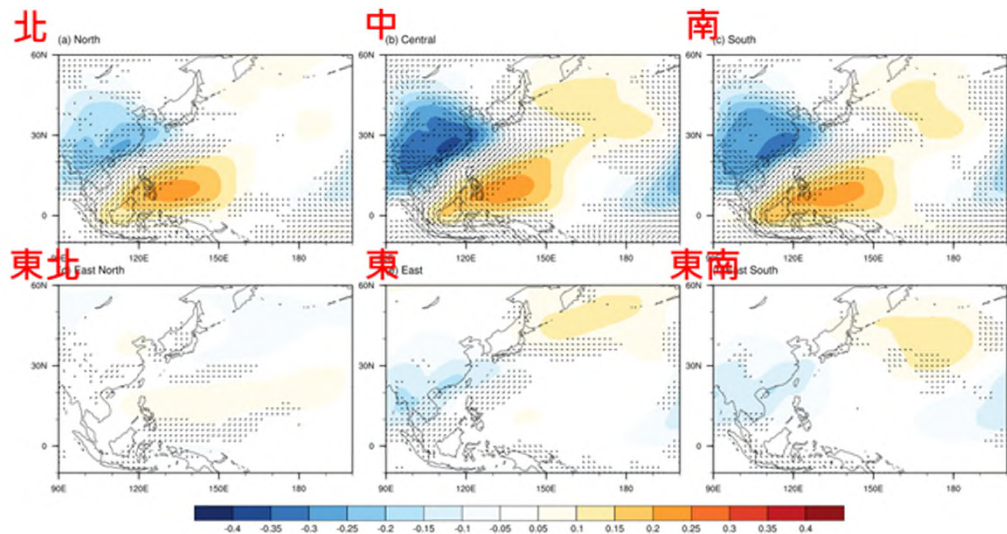


台北預報第3週雨量Weibull參數分布

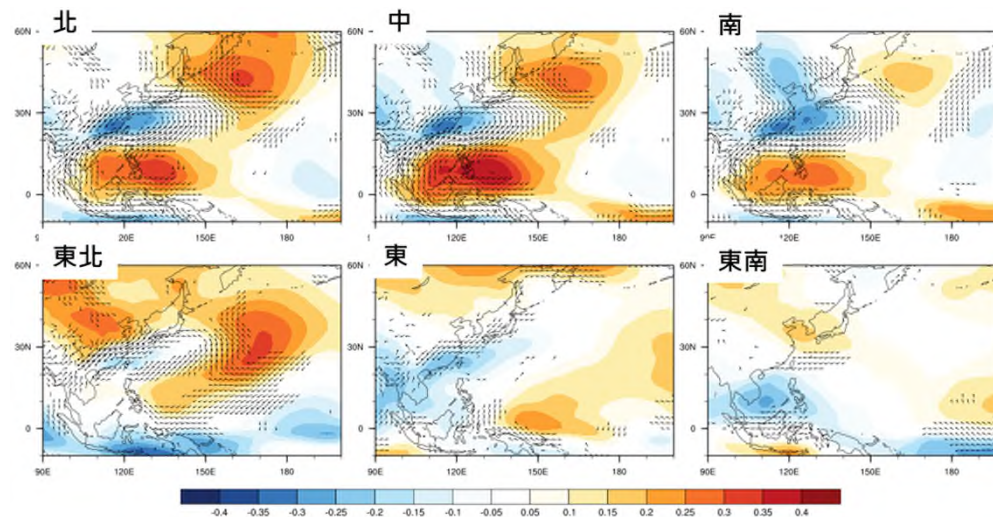


# 環流場與觀測場之春季Week3相關係數分佈圖

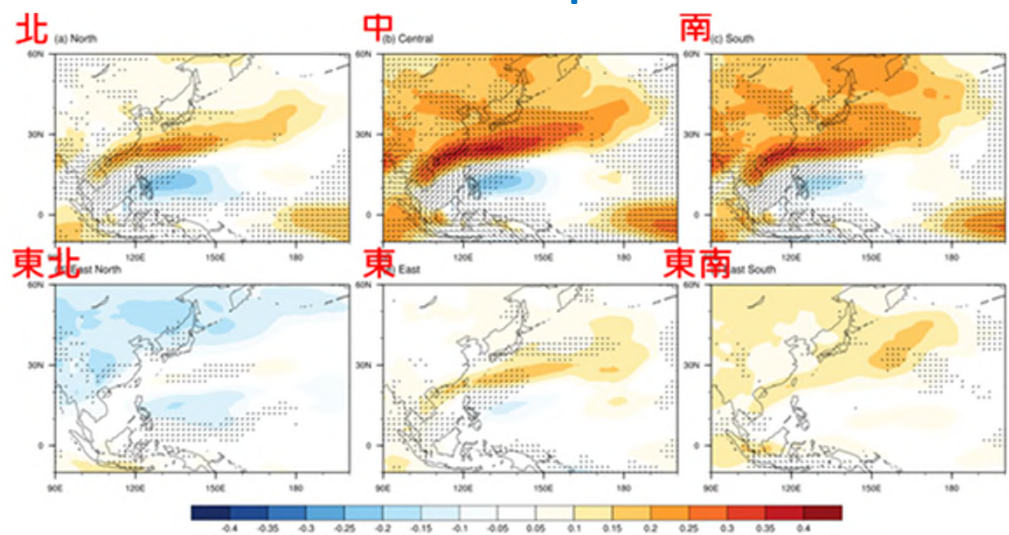
FCN2 Stream Function 850hPa 與觀測降雨 CorrMap



ERA5 Stream Function 850hPa 與觀測降雨 CorrMap



FCN2 Total Column Water Vapor 與觀測降雨 CorrMap



- FCN2預報3週後仍有能力預報預報出與台灣降雨相關之大尺度環流分布
- FCN2預報3週後與降雨相關之變數也具有參考價值
- 東北部降雨相關之大尺度環流預報較差



# 預報表現

## FCN2 預報台灣Week3降雨 RPSS (2016 - 2023)

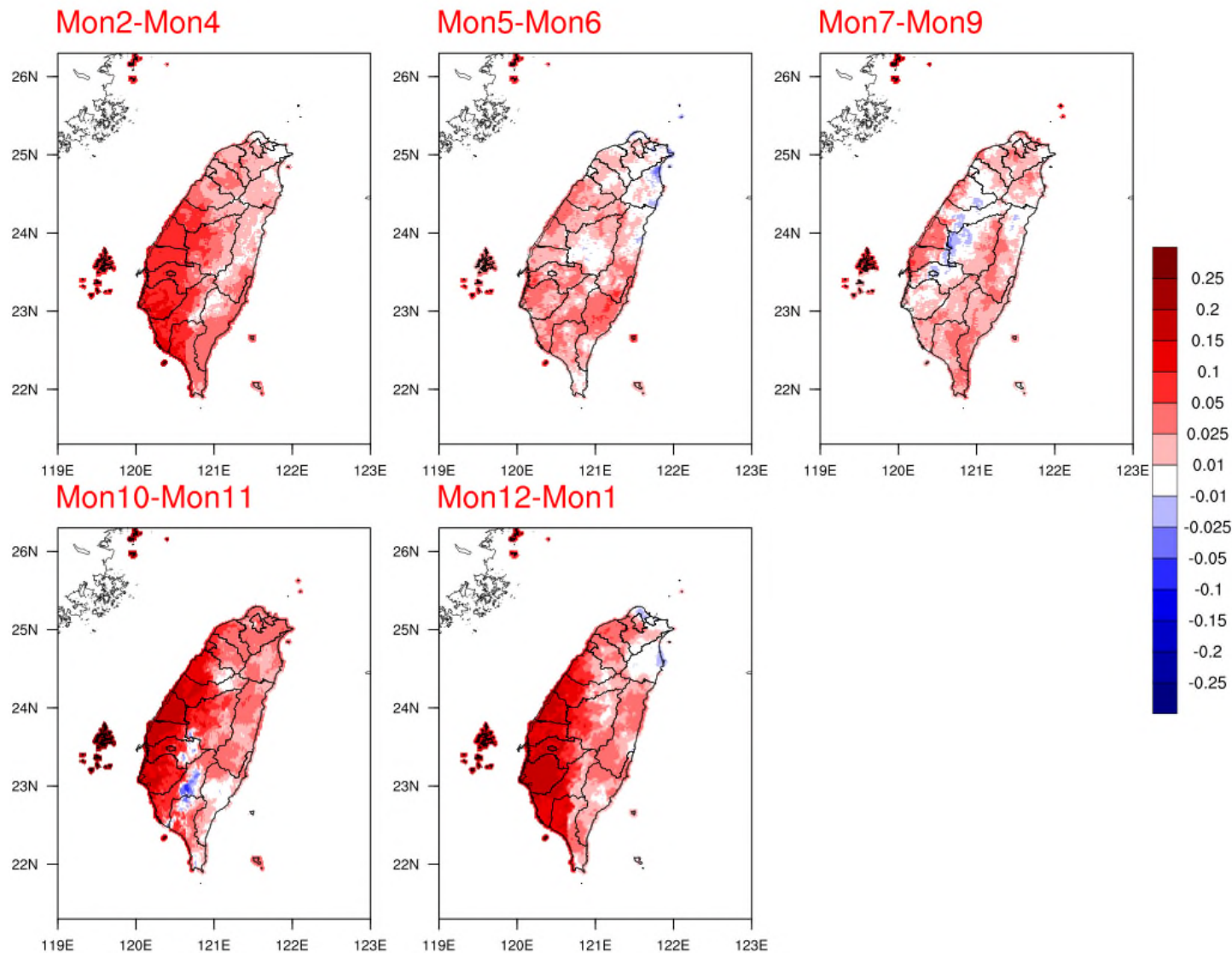
### RPSS(Rank Probability Skill Score)

$$RPS = \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (CDF_{FC,k} - CDF_{OBS,k})^2$$

RPS = 0 完美預報  
RPS越大 代表預報得越差

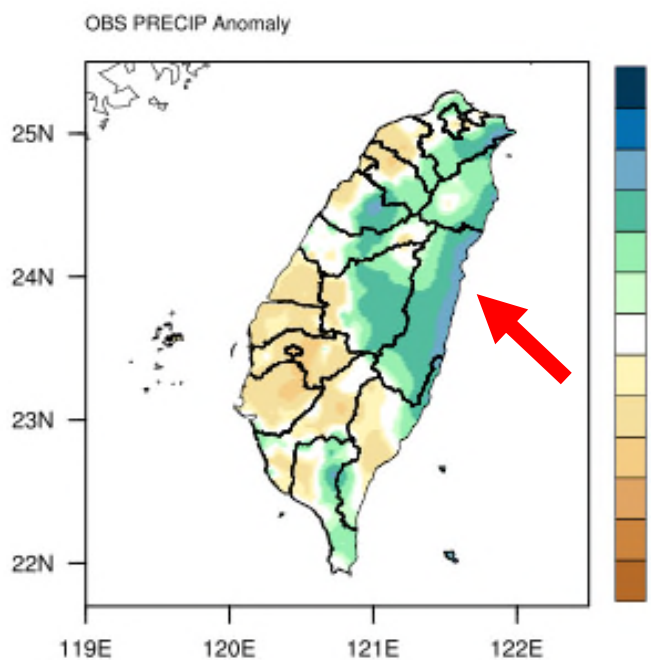
$$RPSS = \frac{\overline{RPS} - \overline{RPS}_{reference}}{0 - \overline{RPS}_{reference}} = 1 - \frac{\overline{RPS}}{\overline{RPS}_{reference}}$$

RPSS = 1 完美預報  
> 0 有預報技術  
< 0 無預報技術

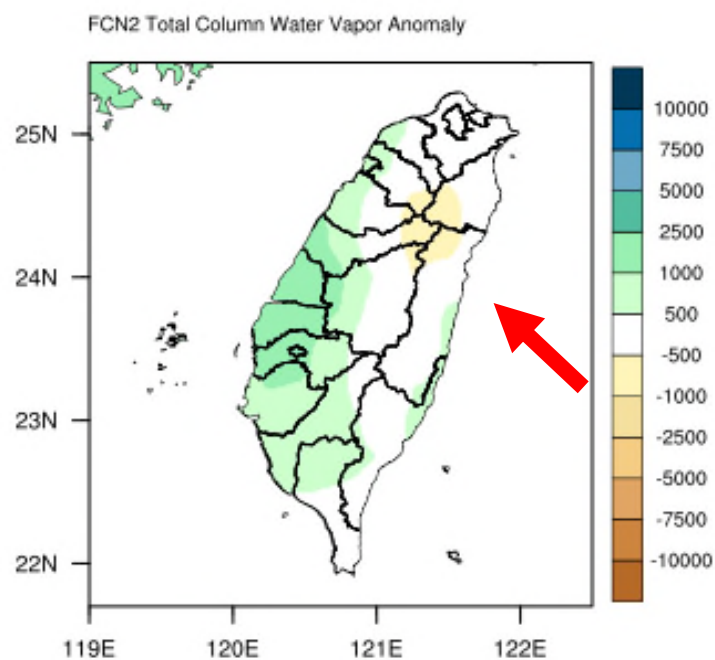


# 預報表現-個案分析

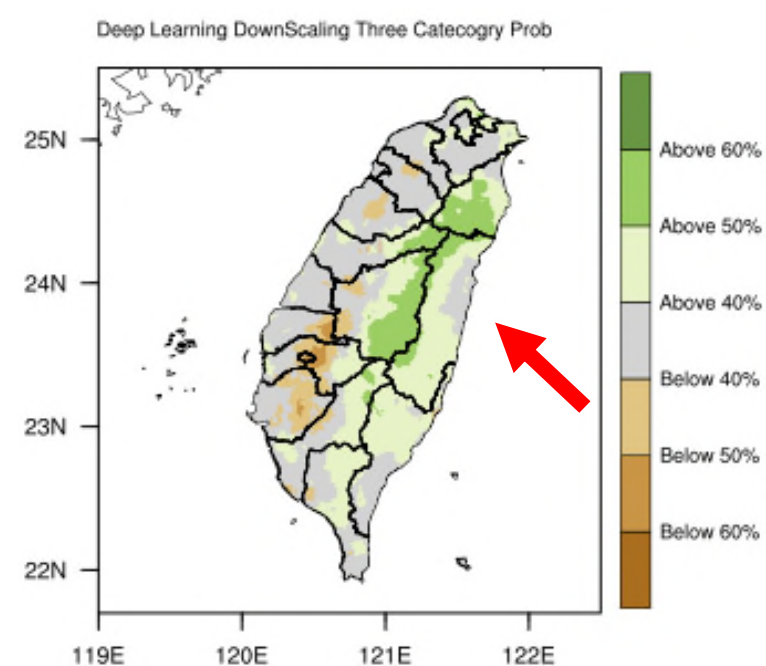
TC Case Week3 Forecast ( Valid : 20210908-20210914 )



**觀測場**  
(西半部乾、東半部濕)



**FCN2預報場(RAW)**



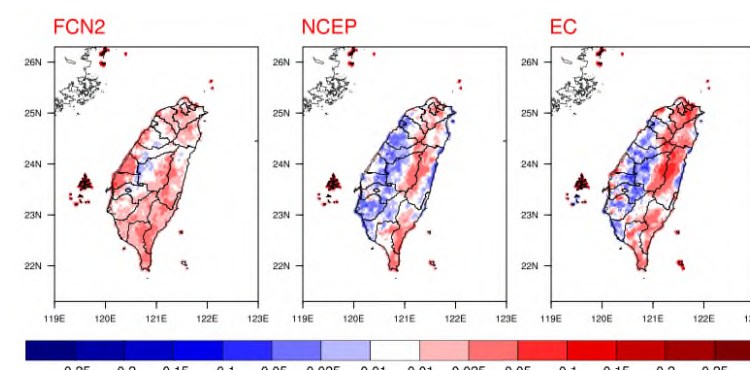
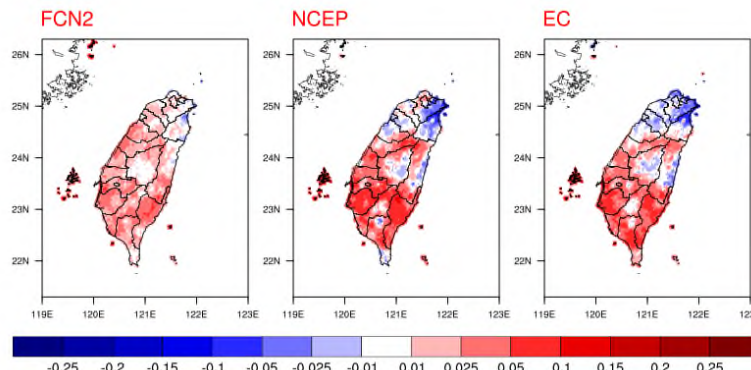
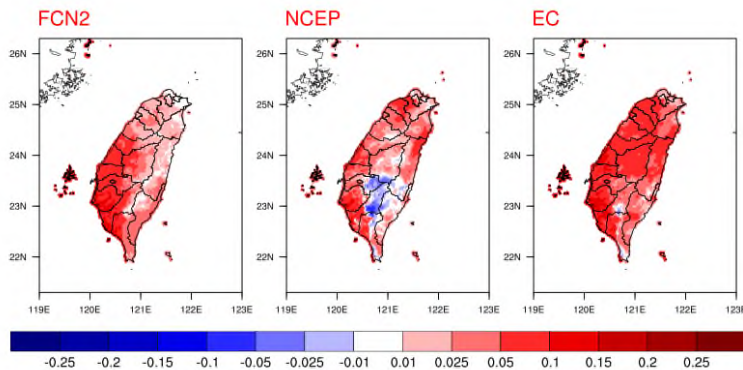
**AI後處理**

# Week3 降雨三分類機率預報RPSS

Mon2 – Mon4

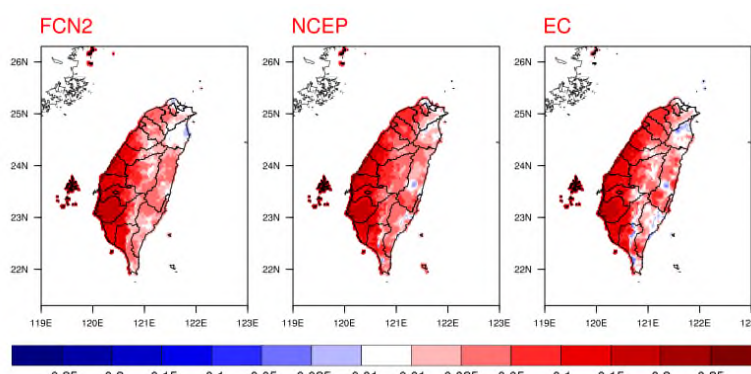
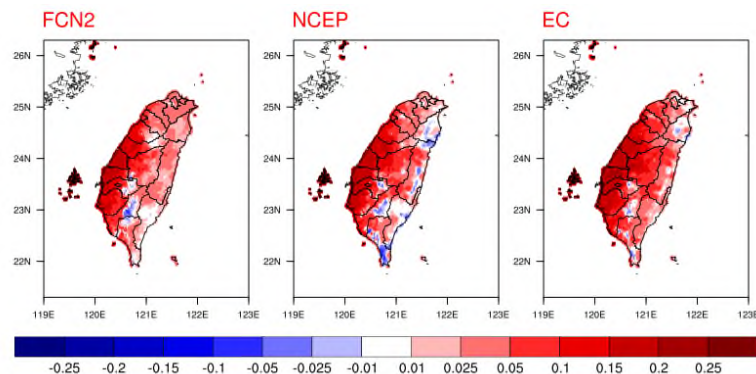
Mon5 – Mon6

Mon7 – Mon9



Mon10 – Mon11

Mon12 – Mon1

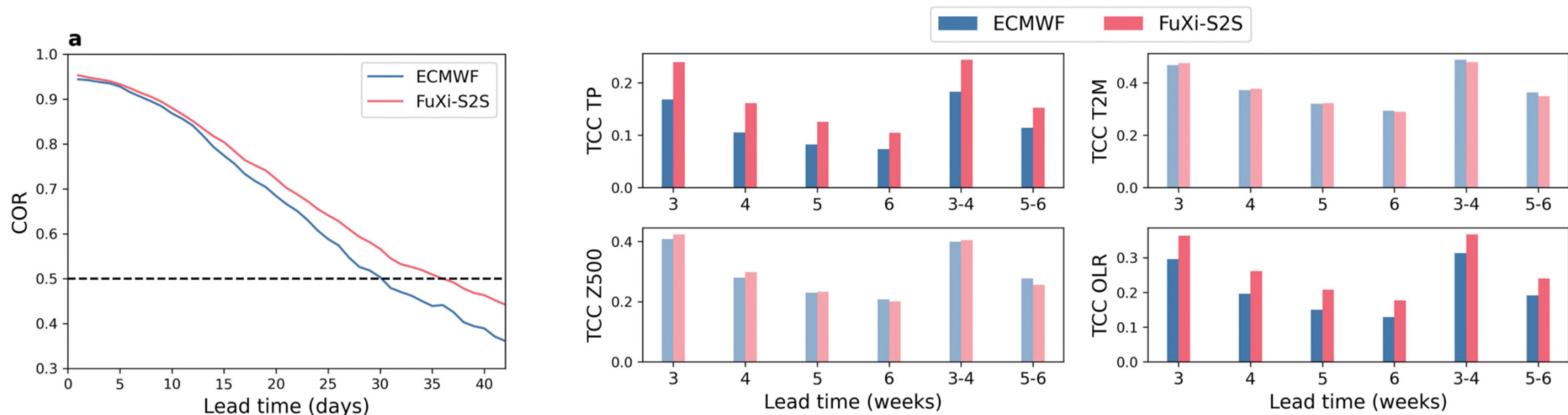


- 由於訓練及校驗樣本差異大，無法明確說明何種模式表現最佳
- 整體來說FCN2預報至第三週表現較好，尤其在梅雨季及夏季其表現更穩定

模式	歷史預報資料時段	預報頻率	逐月訓練樣本數	測試時段
FourcastNetv2	1998 – 2015	一週2次	大約290筆	2016 -- 2023
NCEPGEFSv12	2000 – 2019	一週1次	大約160筆	2022 -- 2024
EC	2002 – 2021	一週5-6次 (only逐年累積)	大約830筆	2022 -- 2024

# 結論及未來工作

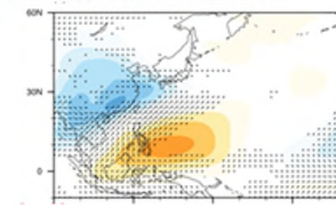
- 詳細評估MLWP 於預報第3週，第4週的預報能力
- 不同季節的預報能力不同，如何提高夏季降水的預報能力
- 評估不同 MLWP 模型的預報表現 ( GenCast, FuXi-S2S, ACE2 )



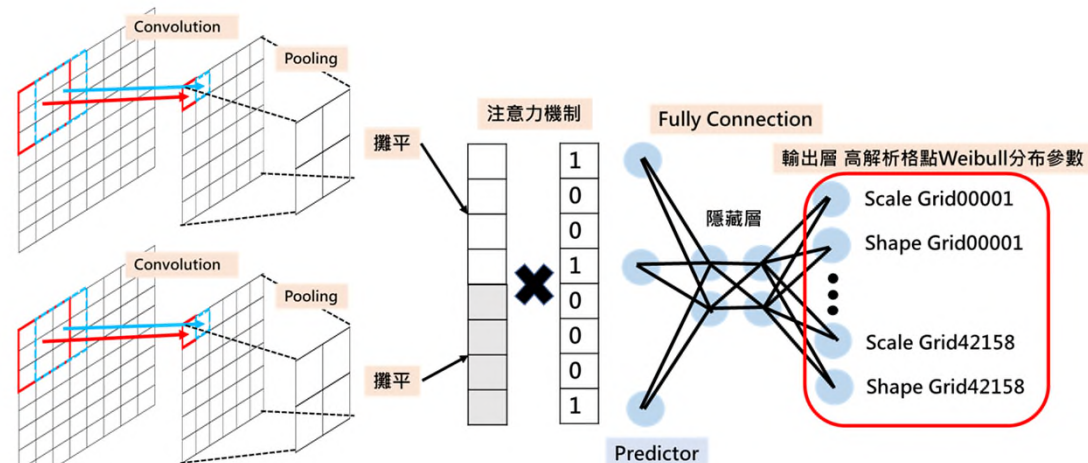
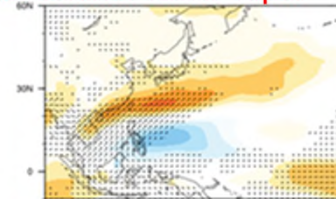
Chen et al. [2024] A machine learning model that outperforms conventional global subseasonal forecast models



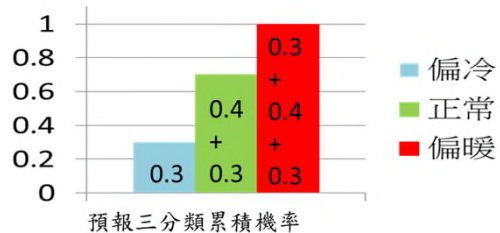
FCN2 預報 Week3  
Stream Function 850hPa



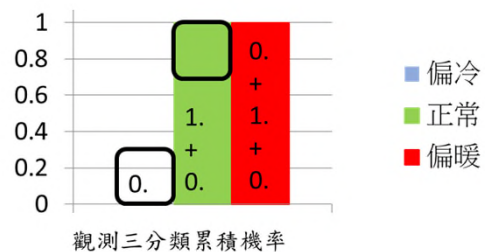
FCN2 預報 Week3  
Total Column Water Vapor



預報三分類機率  
(0.3, 0.4, 0.3)



觀測三分類機率  
(0, 1, 0)



Correlaton Map (OBS PRECIP & Model Precip)

