



114 年第三十九屆天氣分析與預報研討會  
A9 114年丹娜絲颱風與0728西南氣流氣象災防特輯

# 應用AI對丹娜絲颱風與西南氣流事件之表現分析

劉正欽、科技發展組NWP/MLWP團隊、海象氣候組降尺度團隊

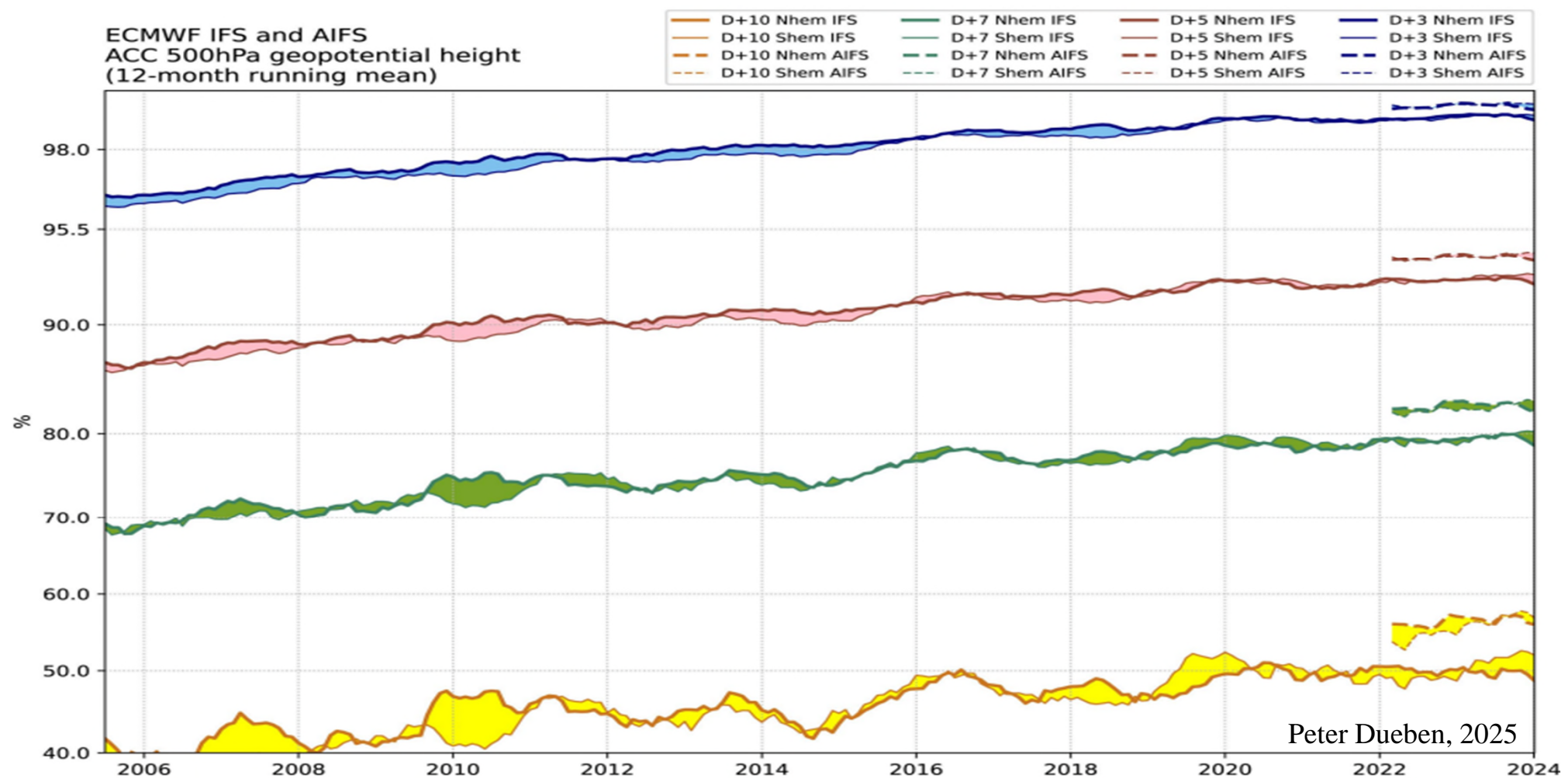
2025/09/02

# 大綱

- AI天氣模型現況與氣象署AI天氣模型背景介紹
- 應用AI對丹娜絲颱風之表現分析
- 應用AI對西南氣流事件之表現分析
- 小結與未來方向

# AI天氣模型現況與氣象署AI天氣模型背景介紹

## 關注機器學習天氣模型(Machine Learning Weather Prediction, MLWP)



# AI天氣模型現況與氣象署AI天氣模型背景介紹

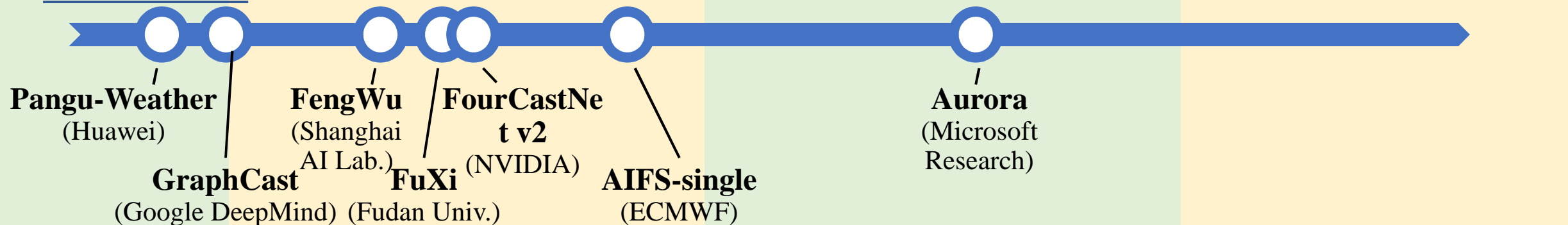
2022 年

2023 年

2024 年

2025 年

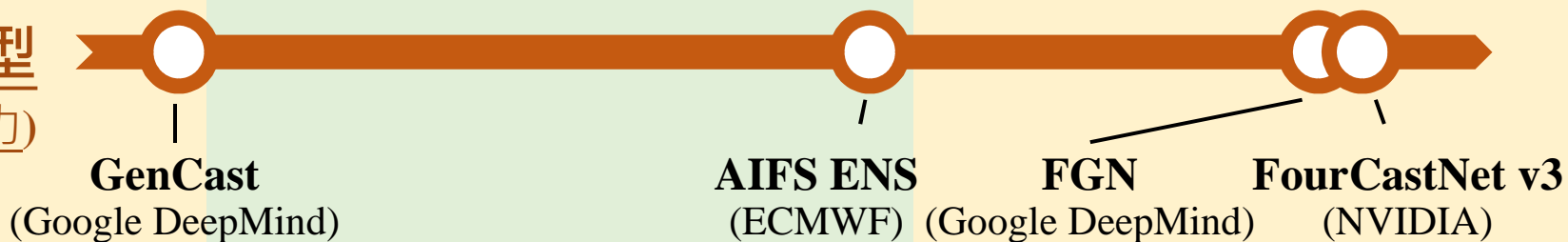
## 第 1 代模型 (單一 / 決定性預報模型)



## 第 2 代模型

(系集 / 機率性預報模型 / 有展期預報潛力)

(部份參考 WMO AI for Weather Task Team 定義)



## 第 3 代模型 ??

(End to End / Direct Observation Prediction)

Aardvark、GrahpDOP、Huracan、FuXi weather

- ※ 當今的 MLWP 作業預報仍完全仰賴傳統 NWP 模式及資料同化技術提供其訓練資料及預報初始場。
- ※ 系集MLWP模型由「擴散模型」往「運用系集資料讓CRPS最小化」方式前進。
- ※ 多數模型依舊以Transformer(vision, shifted window v1 and v2)架構建立(Transformer是一種圖神經網路)。
- ※ 開始有MLWP模型訓練框架以加速開發及應用

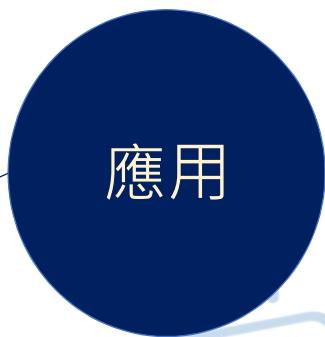
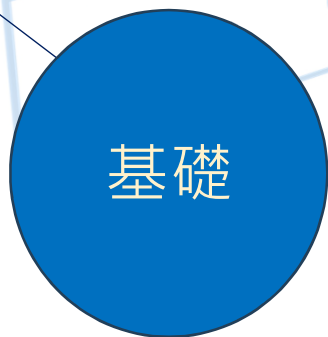
# AI天氣模型現況與氣象署AI天氣模型背景介紹

氣象署面對

1. 模型快速的推陳出新
2. 新的軟體框架



- 高速運算電腦建置
- 資料整集
  - (二) A2-1 連國淵等
  - (二) A2-2 沈彥志等
 再分析資料並非只為AI



- 開源第一代MLWP(決定性)相關應用
  - (三) A2-24 林宗翰等、(四) A3-16 陳昀靖等
- 開源第二代MLWP(系集)相關應用
  - (四) A7-4 凌文海等、(四) A7-5 趙子瑩等
- MLWP預報邊界之應用
  - (三) A2-10 Hua Hsu 等
- ....
- 區域MLWP模型開發
- AI降尺度於氣候之發展
  - (四) A3-15 李清騰等
- AI降尺度於天氣之發展
- NWP加值應用
  - (三) A7-6 楊榮瑜等、(三) A4-7 蔡金成等
- ....

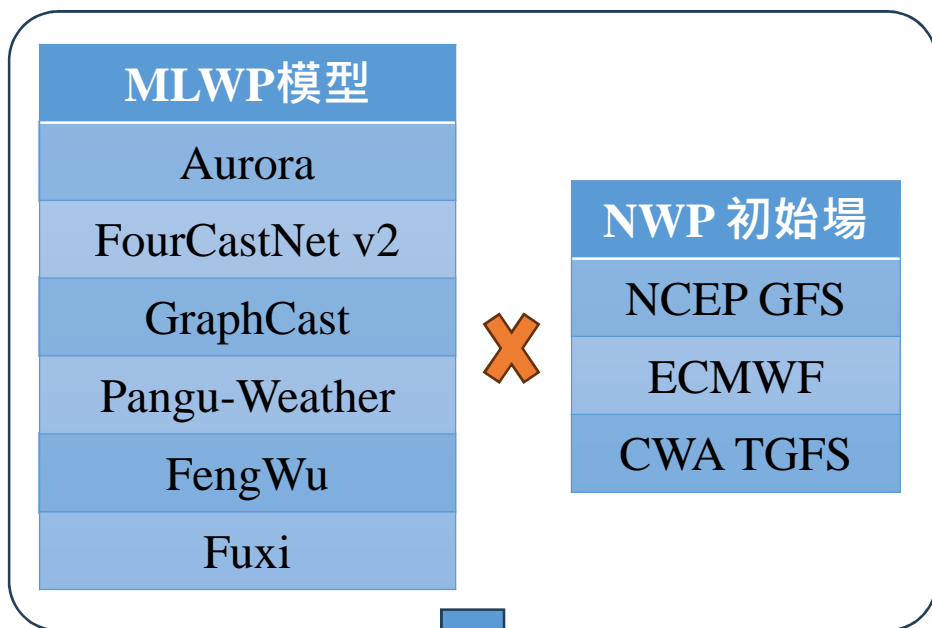


為什麼要用AI？

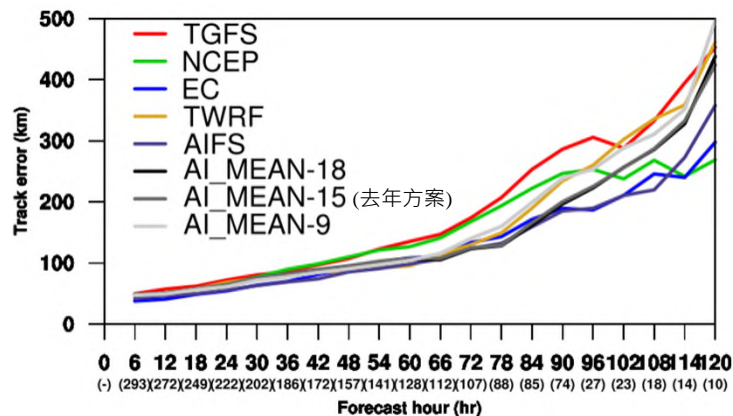
1. 商機→私人公司
2. 科學的支持，通用近似定理(universal approximation theorem)  
→人工神經網絡近似任意(連續)函數的能力

# AI天氣模型現況與氣象署AI天氣模型背景介紹

## 針對2024全年度西北太平洋26個颱風進行評估

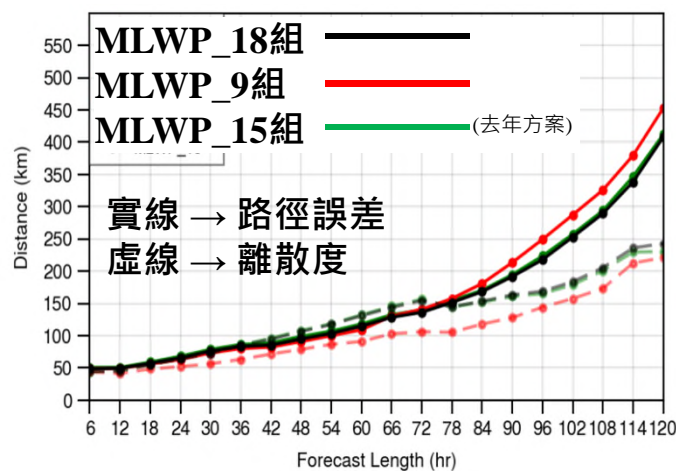


目前主要提供客觀颱風路徑預報



### 颱風路徑預報

大致上MLWP颱風路徑預報(AI\_MEAN)表現3天內優於傳統物理模式之颱風路徑預報。



### MLWP路徑離散度表現

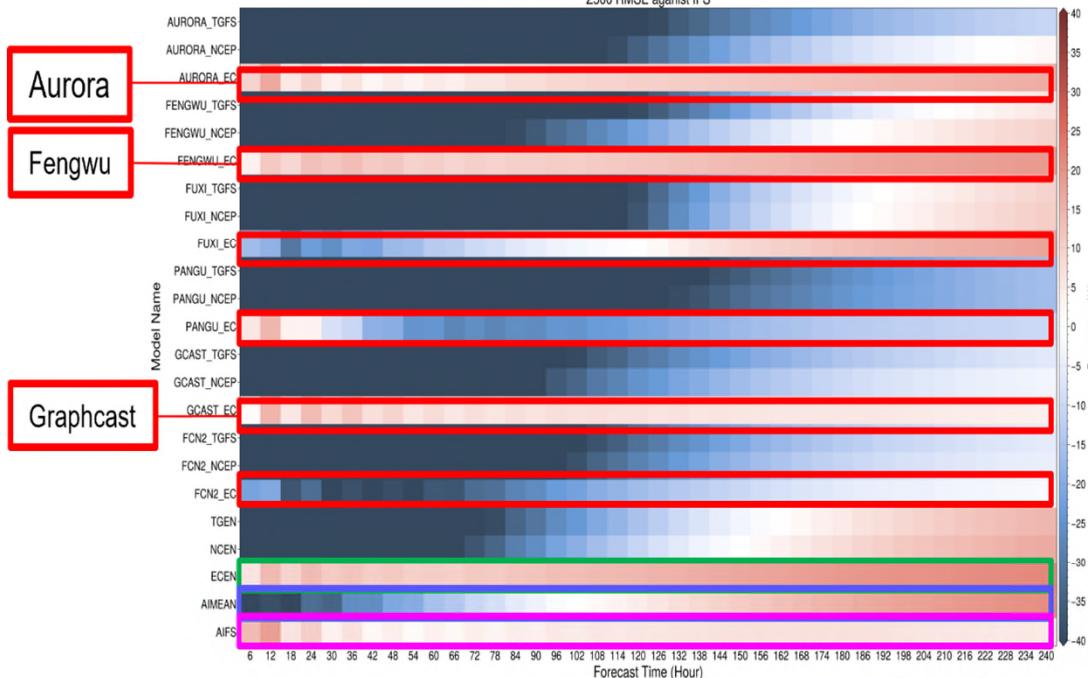
1. MLWP\_15(去年方案)和MLWP\_18路徑離散度表現相近。
2. MLWP\_9路徑預報與離散度皆稍差。

# AI天氣模型現況與氣象署AI天氣模型背景介紹

2024年5月~2025年4月全球範圍對ERA5進行10天預報校驗；紅色/藍色比 IFS 好/差

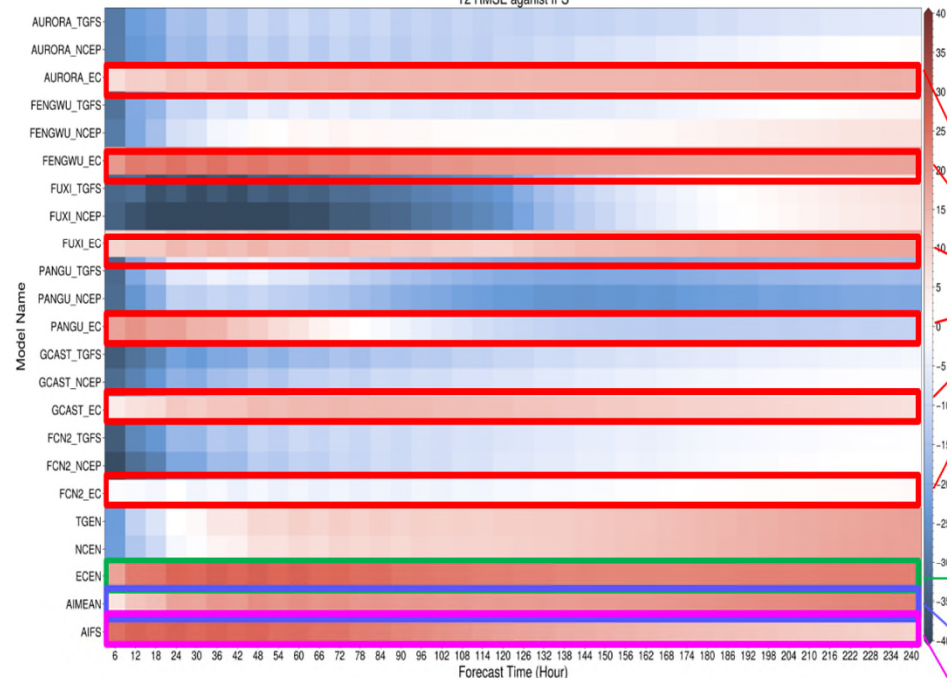
500hPa 高度場

Z500 RMSE against IFS



2米 溫度場

T2 RMSE against IFS



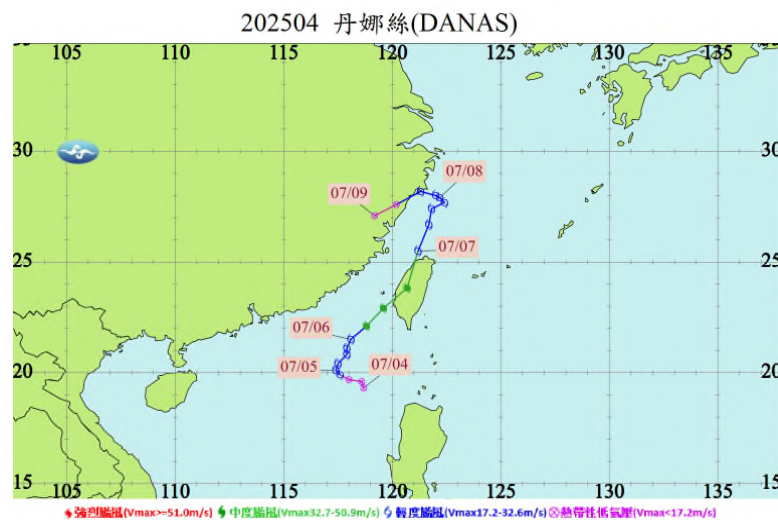
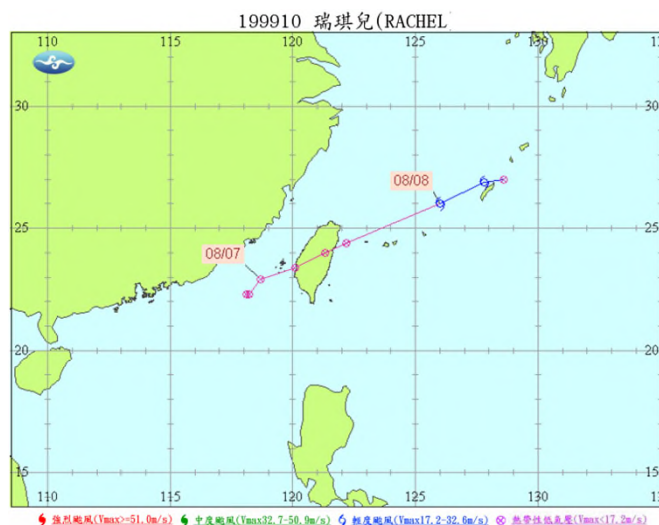
以EC IFS為初始場，6個MLWP模型

ECEN  
AIMEAN  
AIFS

- 以EC IFS為初始場的MLWP模型大部分皆優於IFS決定性預報。
- 以EC IFS為初始場的MLWP多模型平均(ECEN)結果優於IFS，亦優於AIFS。
- MLWP模型中以Aurora, Fengwu與Graphcast預報誤差較小。
- MLWP多模型平均(AIMEAN)預報除96小時前500hPa高度場外，其餘皆優於IFS預報。

# 應用AI對丹娜絲颱風之表現分析

- 1979到2017，台灣西部登陸的颱風
  - 1986 韋恩/彰化、1990 瑪麗安/臺南、1995 荻安娜/彰化、1998 妮蔻兒/臺南、  
**1999 瑞琪兒/嘉義**



MLWP訓練資料中，有5個颱風從西部登陸，那相對少的資料下，對於丹娜絲颱風的預報？  
記憶還是學到大氣動力??

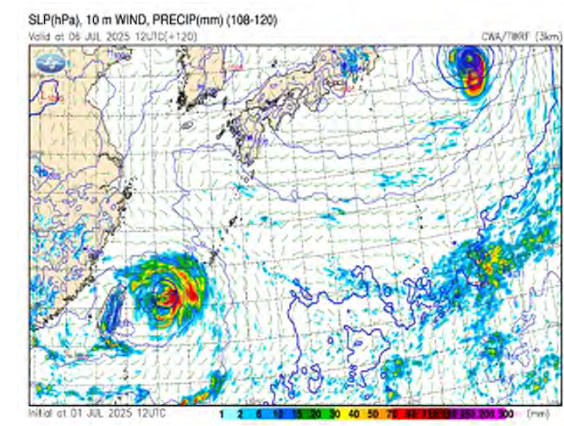
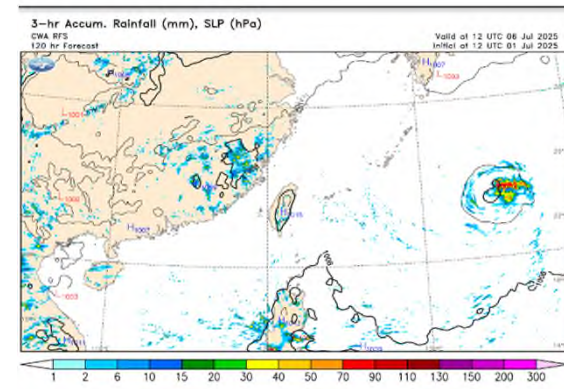
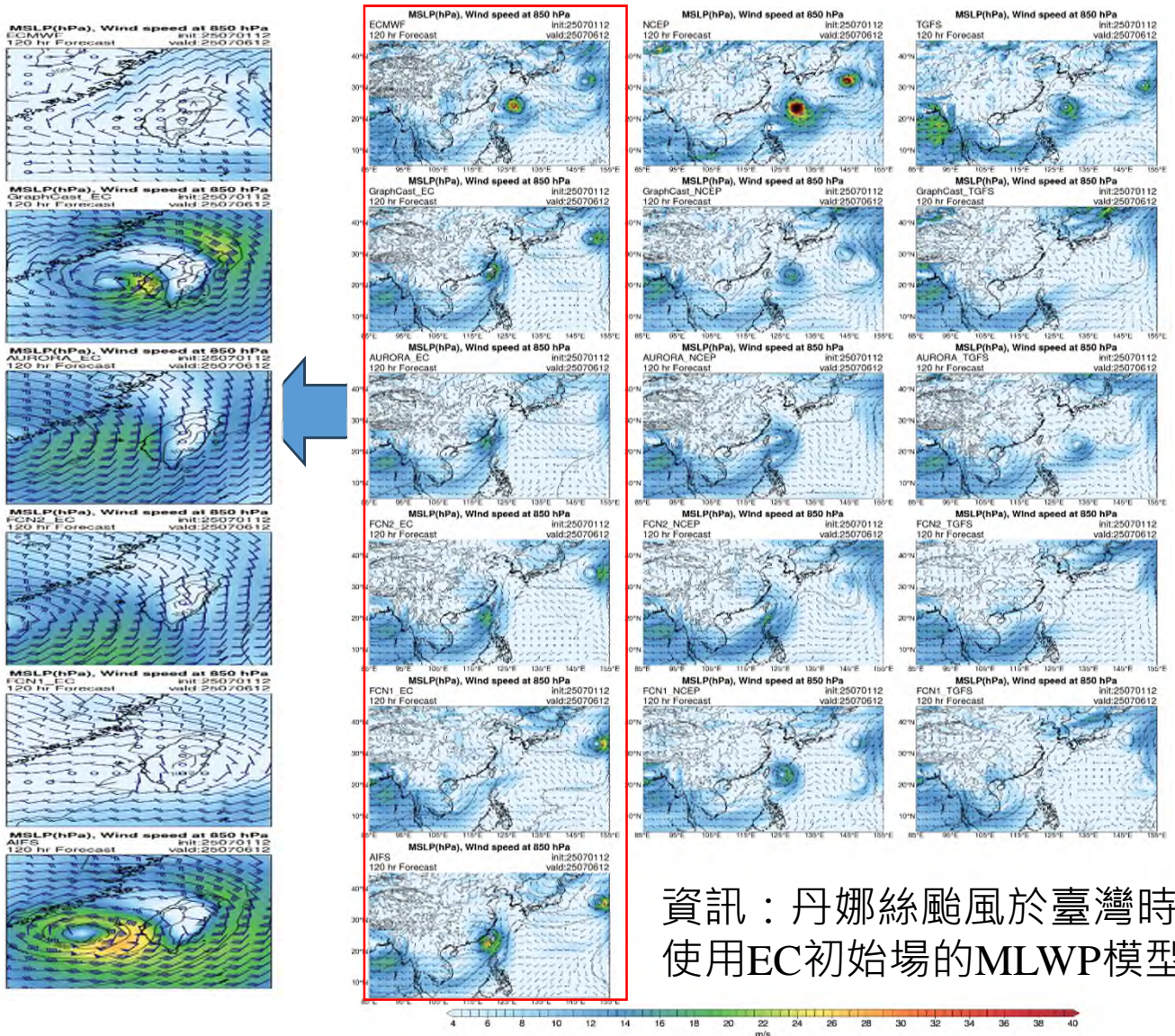
支持某種程度上有「學」到大氣動力，並非只是形態記憶：Hakim and Masanam (2024);  
Xu et al., (2024); Rackow et al., (2024); Baño-Medina et al., (2025)

Sun et al., (2025)

→ AI weather models **learn dynamics to some degree**, rather than simply memorizing patterns.

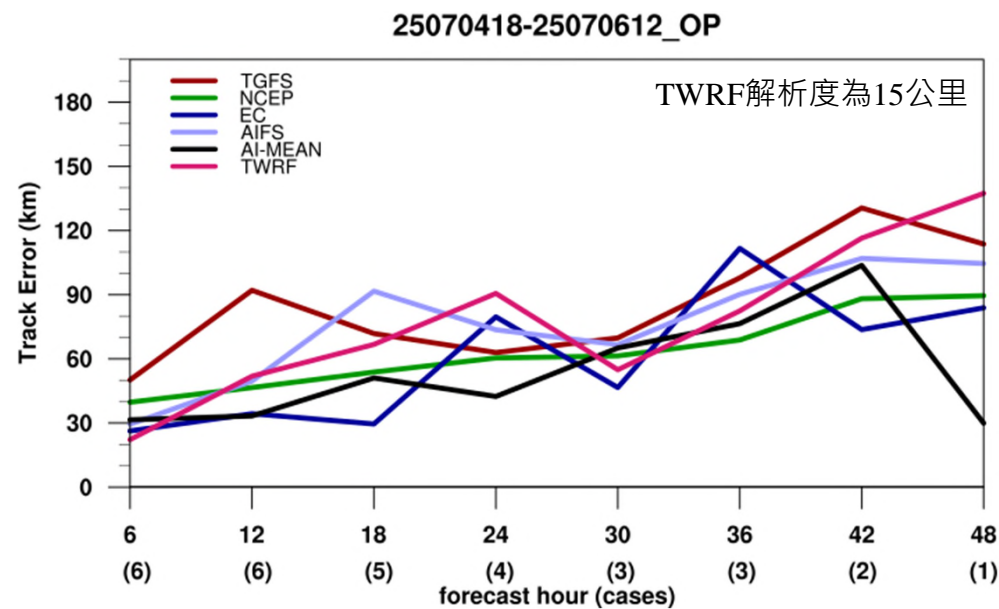
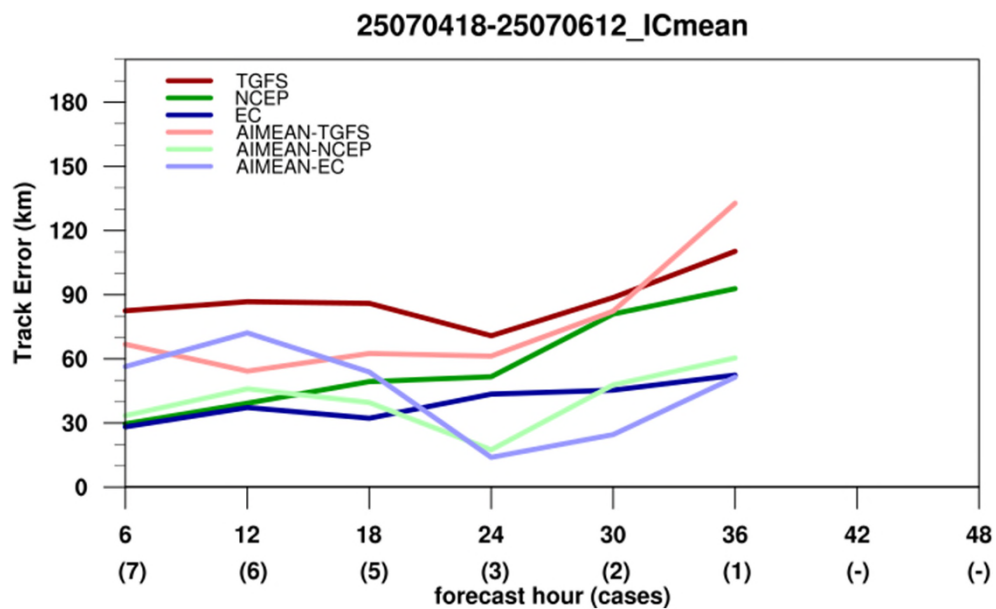
# 應用AI對丹娜絲颱風之表現分析

氣象署高解析度模式也未能提前5天掌握



資訊：丹娜絲颱風於臺灣時間7/6 23:40 嘉義縣布袋鎮登陸  
使用EC初始場的MLWP模型可提前5天有颱風影響台灣甚至登陸之訊號

# 應用AI對丹娜絲颱風之表現分析



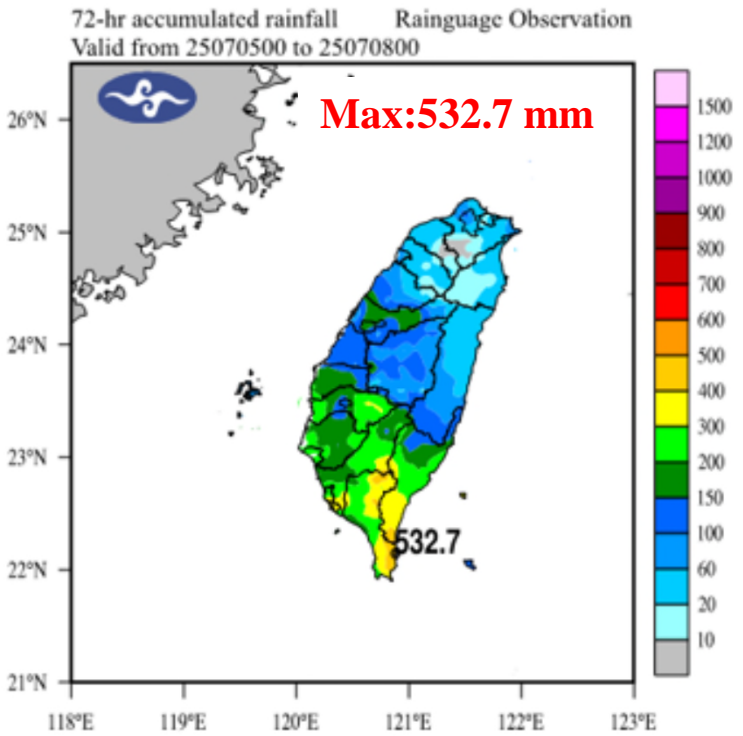
使用相同NWP初始場的MLWP模型系集平均與各傳統NWP相比，在24小時的預報，以EC為初始場的MLWP系集(AIMEAN-EC)表現最好。但整體平均而言，以傳統的EC與AIMEAN-NCEP會最好。

將18種MLWP模型的系集平均與EC的AIFS及各傳統NWP相比，18種MLWP模型的系集平均(AI-MEAN)在整體平均表現較佳

**備註：因個案數太少，無統計上的意義，僅提供參考**

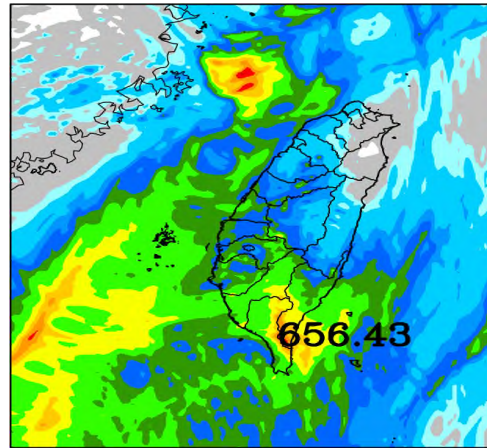
# 應用AI對丹娜絲颱風之表現分析

## 觀測(72小時累積降水)

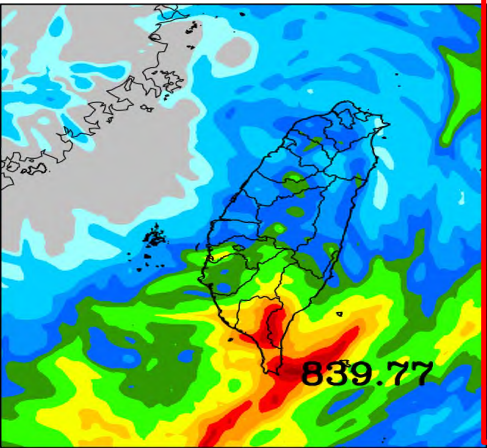


傳統數值預報  
降雨預報掌握  
較優於AI 模型

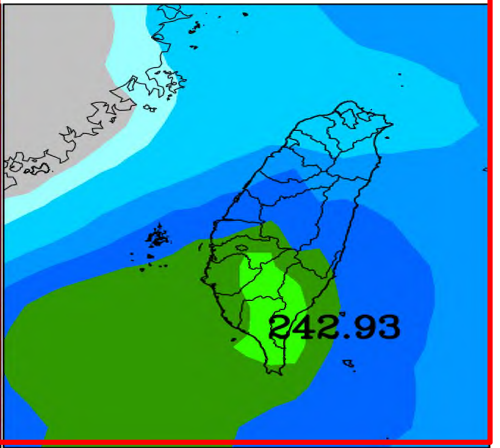
## TWRF



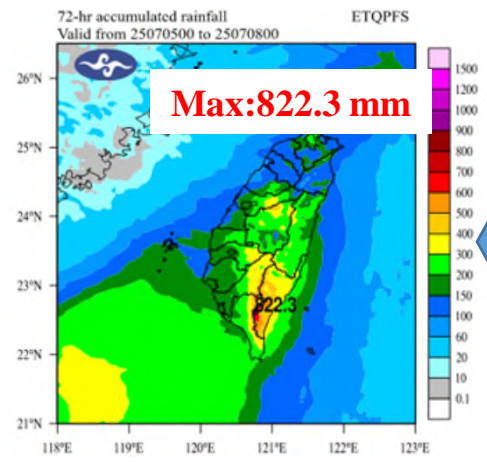
## TGFS-nest



## GRAPHCAST-EC



## ETQPF

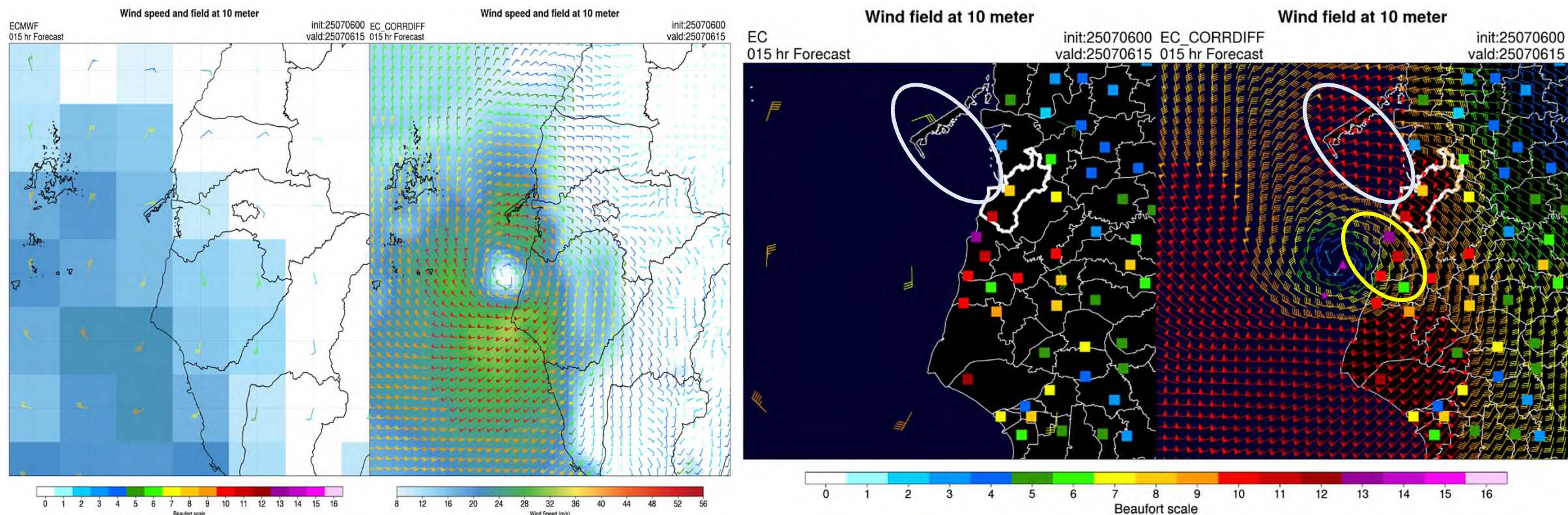


AIMEAN  
預報路徑導入  
ETQPF

降雨預測不足

# 應用AI對丹娜絲颱風之表現分析

- AI降尺度(CorrDiff)之定性表現(降尺度EC之IFS)



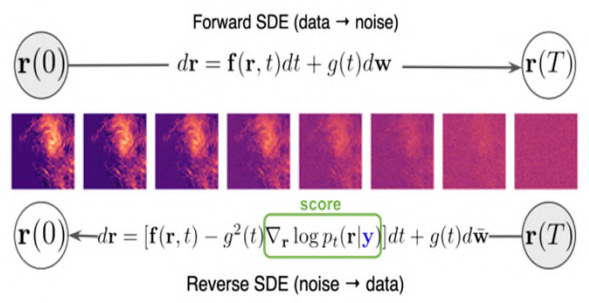
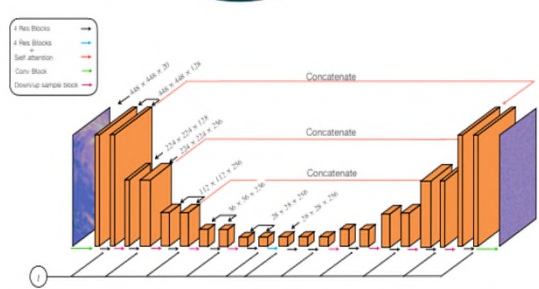
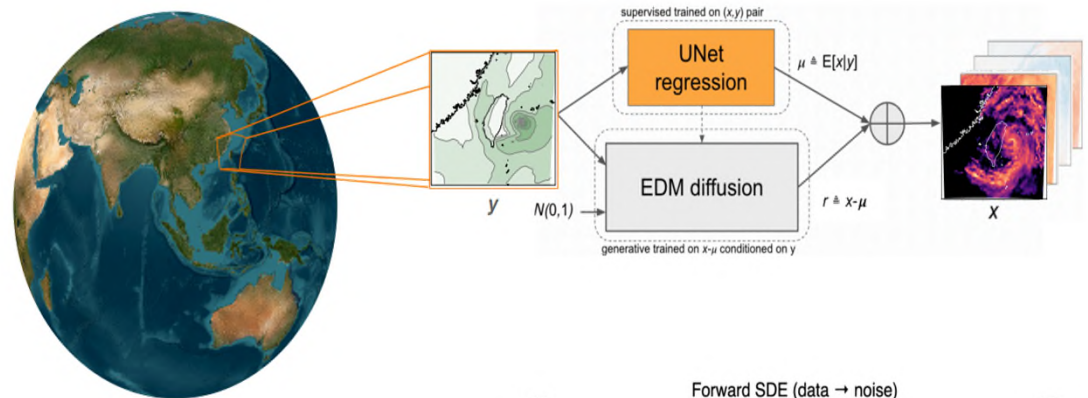
- 預報與實際位置在時間上相近，位置也相近。
- 降尺度後能強化風速，如白色橢圓圈起來的範圍，風級由7級提升至10級。
- 眼牆東北側(黃色橢圓)無法反映觀測風速，差距3至4級風速

# 應用AI對西南氣流事件之表現分析

## CorrDiff by Nvidia

取台灣鄰近格點(ERA5)，並進行雙線性內插至RWRf格點

沒有降水  
RWRf\_DS



X → 2X → 4X (乘2)  
X → 2X → 4X (除2)

氣候組將訓練流程優化

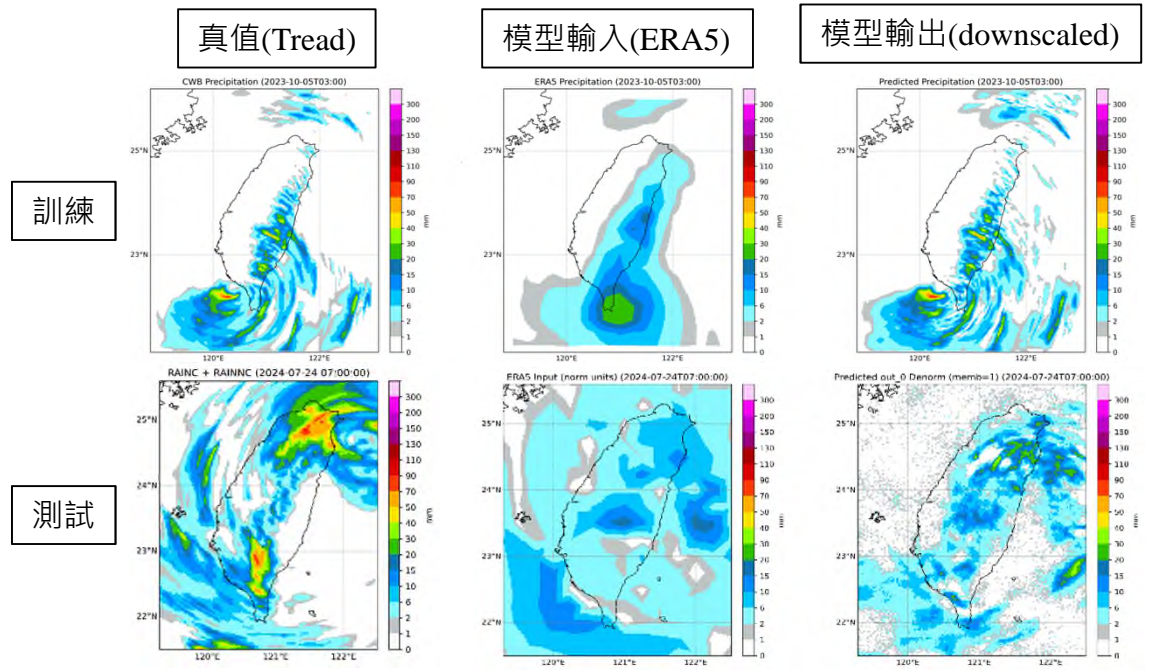
有降水  
TREAD\_DS

將RWRf資料換成TREAD資料

年：2019~2023(共43824筆資料)

模型輸入：時雨量、MSLP、U10、V10、T2、terrain height

模型輸出：時雨量、MSLP、U10、V10、T2、RH2



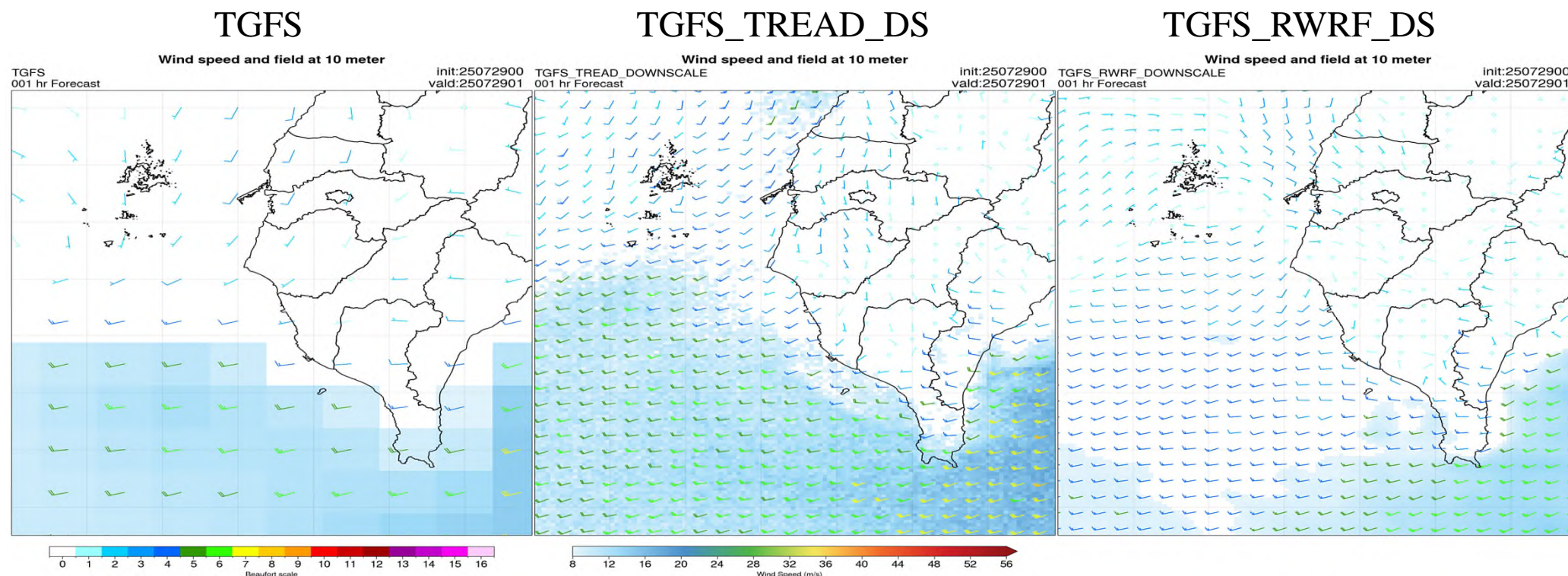
1. 將套件更新(modulus → physicsnemo)
2. 解決長方形維度不一致問題
3. 確認GPU叢集跨節點訓練效率可線性提升
4. 已於高速運算電腦平行

# 應用AI對西南氣流事件之表現分析

備註-滿足TREAD降尺度模型的0.25度水平解析度之NWP，目前僅氣象署發展之TGFS

- 西南氣流10米風，降尺度TGFS
  - 初始時間-25072900

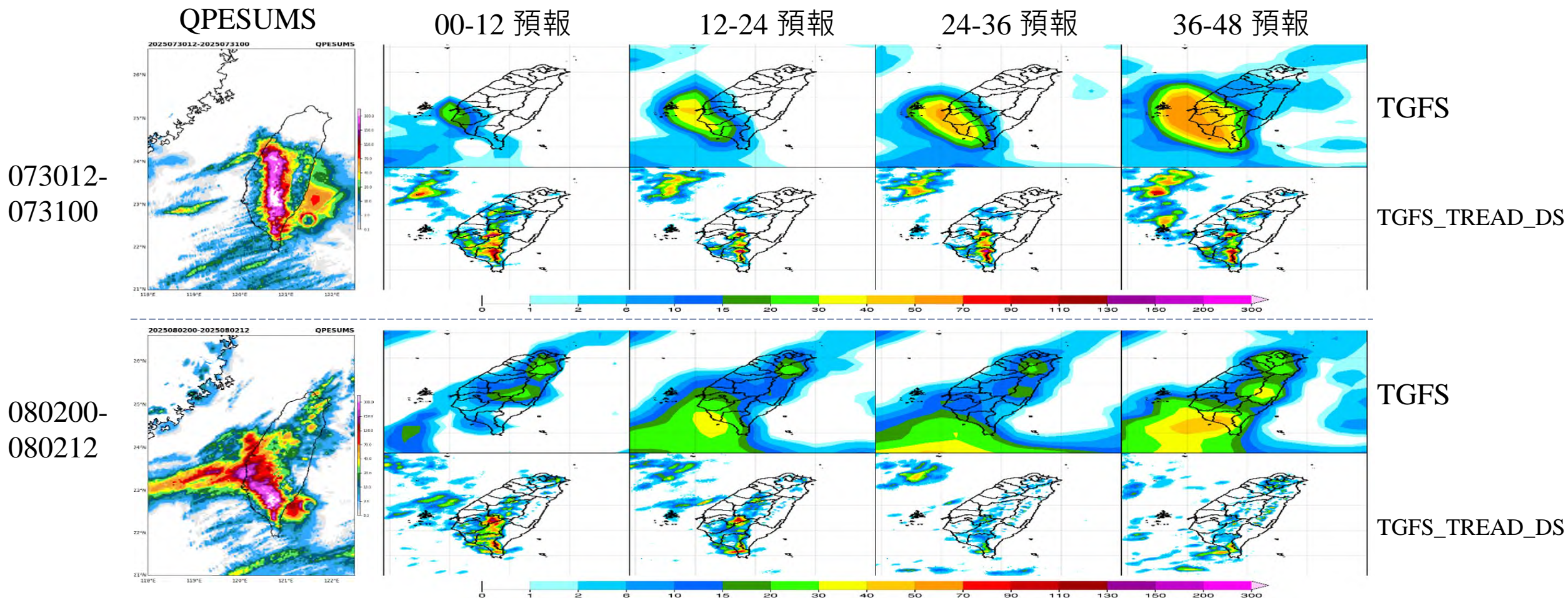
NWP/MLWP\_TREAD\_DS → 使用TREAD\_DS降尺度  
NWP/MLWP\_RWRF\_DS → 使用RWRF\_DS降尺度



- TGFS\_TREAD\_DS及TGFS\_RWRF\_DS降尺度後能強化風速
- TGFS\_TREAD\_DS強化風速較TGFS\_RWRF\_DS強(此個案定性分析)
- 風速可強化1至2級

# 應用AI對西南氣流事件之表現分析

備註-滿足TREAD降尺度模型的0.25度水平解析度之NWP，目前僅氣象署發展之TGFS

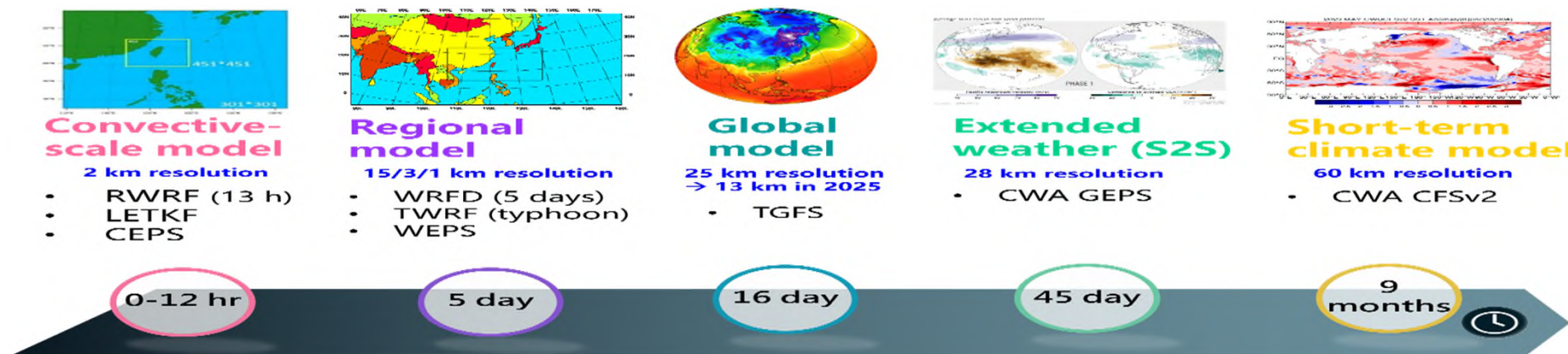


073012-  
073100

080200-  
080212

- 降尺度的降水能夠反映地形資訊
- 降尺度後的雨量有提升，但低估明顯，可以透由偏差修正方法進行改善

# 小結與未來方向



## NWP很重要

- AI天氣能夠成功的關鍵因素之一→ 如再分析資料
- 應用不同時間尺度NWP資料→ AI加值NWP
- 不同時間尺度NWP加入AI元素→ hybrid
- 補足目前AI的劣勢→ 如AI降水離NWP表現還有一段距離



皆支持NWP的發展(一定數量的CPU需求), NWP依舊是防災資訊的重要資料來源



基礎建設很重要 - 高速運算電腦支援  
觀測系統很重要 - 氣象站、氣象雷達、氣象衛星等

# 小結與未來方向

## MLWP應用及研發

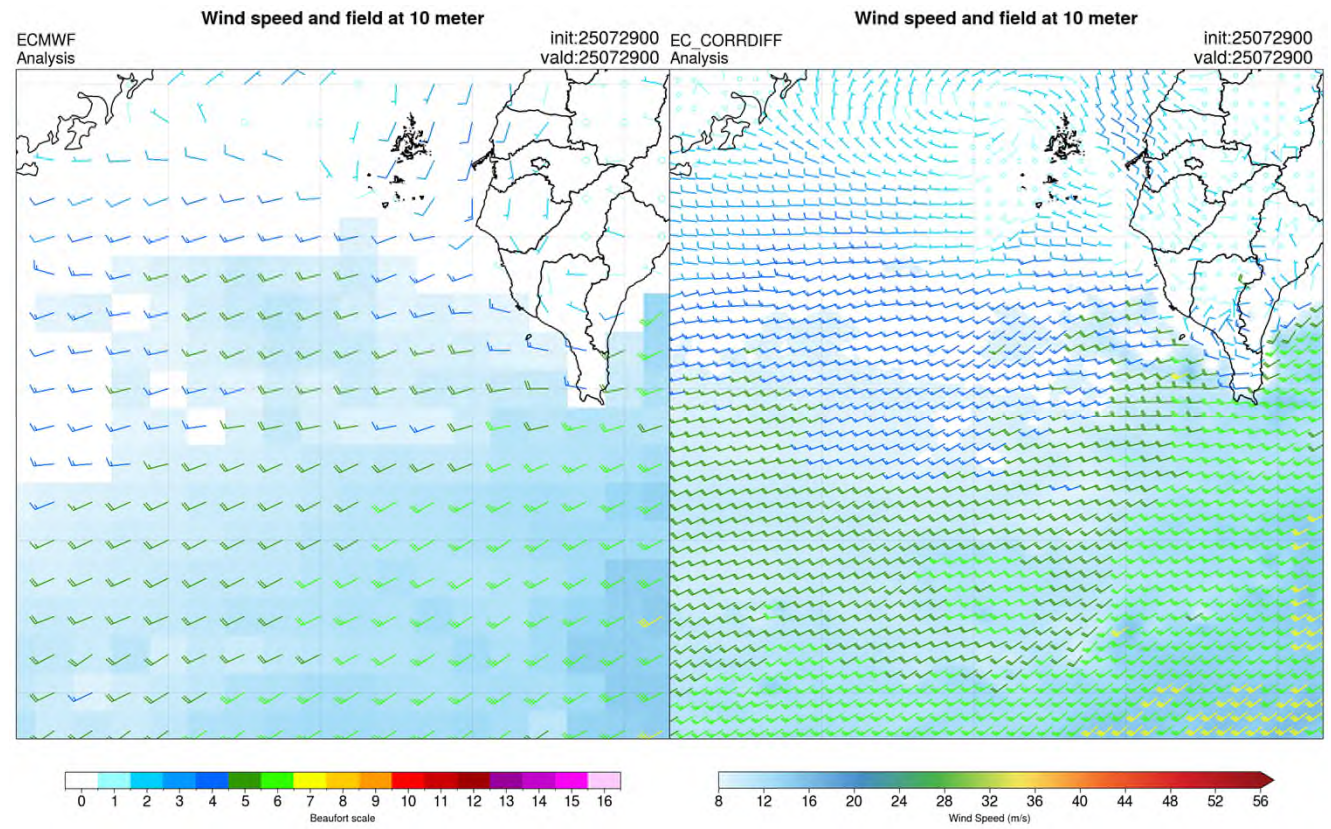
- MLWP由去年至今年，在颱風路徑應用上有著穩定的客觀預報表現，可對災防預判調度有實質的助益。
- MLWP推陳出新頻率相對NWP高，傾向使用社群及整合性工具(如earth2studio)，以提供更完整及更新穎的資料讓災防單位應用。對氣象署而言，除了保有持續接軌MLWP應用外，亦可將更多人力投入AI天氣相關技術開發。
- 系集MLWP模型應用，如系集颱風路徑，讓災防單位可以有決策風險的依據。
- 區域MLWP模型開發(學研界及國際合作)。

## 天氣AI降尺度

- 強化天氣AI降尺度模型(如拉長訓練資料時間)及其校驗結果。
- 發展一套可以介接MLWP及NWP之AI天氣降尺度模型，可提供大量系集高解度(2公里)產品，如系集風速，讓災防單位可以有決策風險之依據。
- 發展小時累積降水降尺度模型，供災防及跨域應用。
- 降尺度技術亦由本署海象氣候組針對氣候服務進行應用與發展。

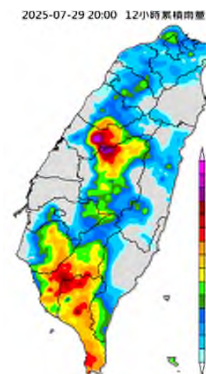
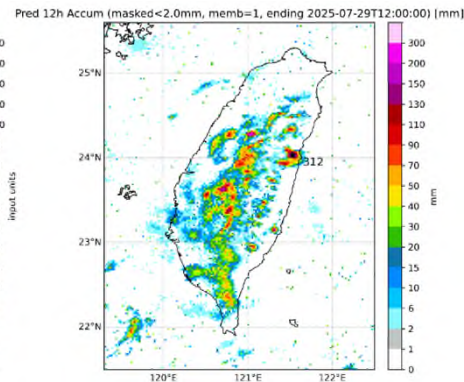
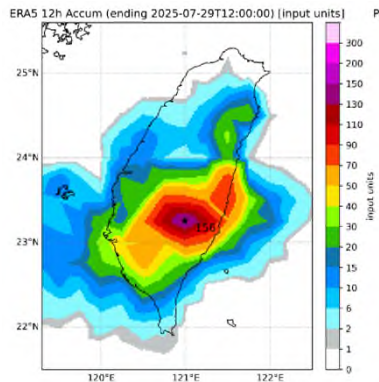


# 應用AI對西南氣流事件之表現分析

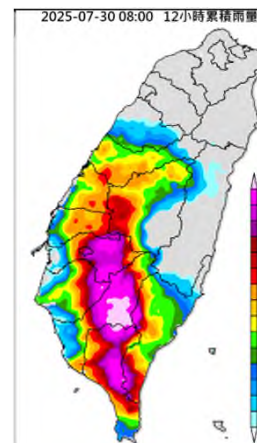
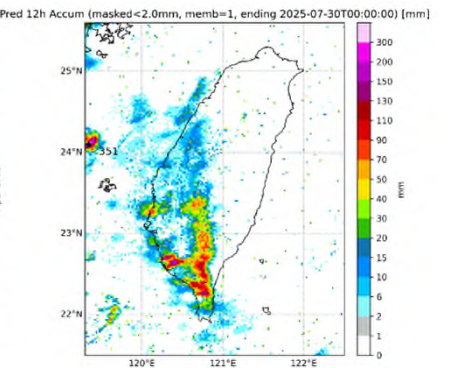
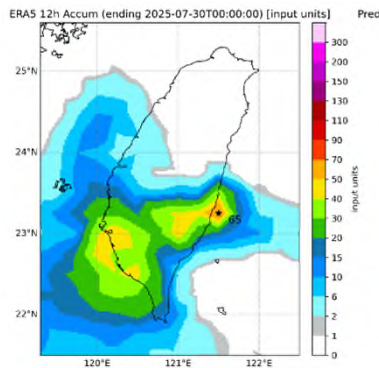


# 應用AI對西南氣流事件之表現分析

2025/07/29 00Z -  
2025/07/29 12Z

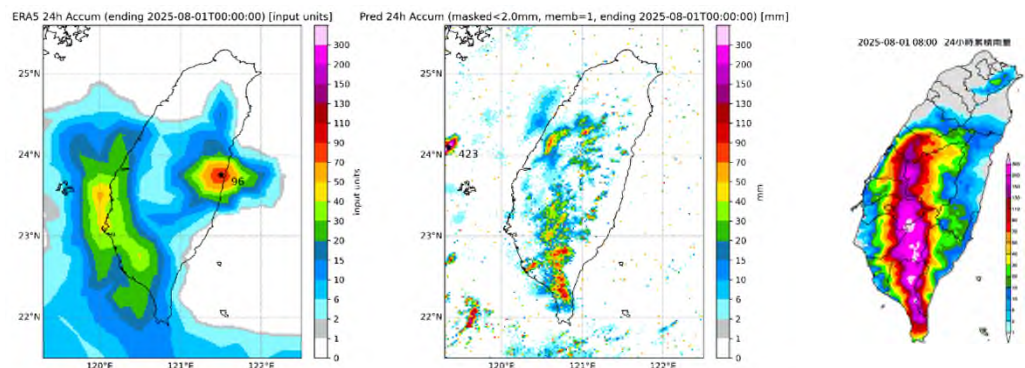


2025/07/29 12Z -  
2025/07/30 00Z



# 應用AI對西南氣流事件之表現分析

2025/07/31 00Z -  
2025/08/01 00Z



2025/08/01 00Z -  
2025/08/02 00Z

