

AI氣象模式系集作業化研究

氣象組 江宙君、林冠伶、吳宜昭、徐理寰、林欣弘、朱容練、于宜強

摘要

本研究針對當前具代表性的AI氣象預測模式——Pangu-Weather (PGW)、GraphCast (GC) 與FourCastNet v2 (FCN2)——進行系統性的建置與安裝測試，並成功將三套AI模型導入高效能運算環境中進行作業化部署。研究建立標準化輸入流程，整合ECMWF與NCEP兩種全球初始場資料來源，確保模型能以統一框架進行預報試算與效能評估。此一建置成果為AI模式應用於實務預報系統提供操作依據與技術基礎。在建置完成後，研究進一步針對2024年侵台的四個颱風（凱米、山陀兒、康芮、天兔）進行AI預測模式的路徑預報能力評估。結果顯示，在短期預報（48小時內）中，使用EC初始場的PGW與GC（PGW-EC、GC-EC）表現最佳；而在中期預報（72–120小時）階段，PGW-NCEP表現出最穩定且低誤差的預測能力。個案分析進一步指出，各模式在不同颱風條件下與不同初始場組合之間存在顯著差異。例如康芮與天兔個案中，NCEP初始場優於EC，而凱米個案則相反。整體結果顯示：AI模式已具備作業化潛能，而不同初始場對預報結果的影響亦不可忽視。建議未來作業系統應發展「多模型、多初始場整合」之系集預報策略，並持續優化模型的初始場適應性與長期穩定性，以提升颱風預測之準確度與可靠性。



模式介紹

FourCastNet

為輝達公司(NVIDIA)負責開發模型的核心架構並與數個研究學術單位合作開發的AI模型。FourCastNet採用自適應傅立葉神經算子 (Adaptive Fourier Neural Operator, AFNO) 和Transformer (Vision Transformer, ViT) 兩大技術架構。

01 FourCastNet

02 FourCastNet V2

03 CorrDiff

04 GraphCast

05 Pangu-Weather

CorrDiff

由 NVIDIA 與中央氣象署及防災科技中心共同開發與洛帝，主要針對台灣地區進行粗解析度（25公里）到高解析度（2公里）的氣象降尺度與雷達最大回波的生成。

GraphCast

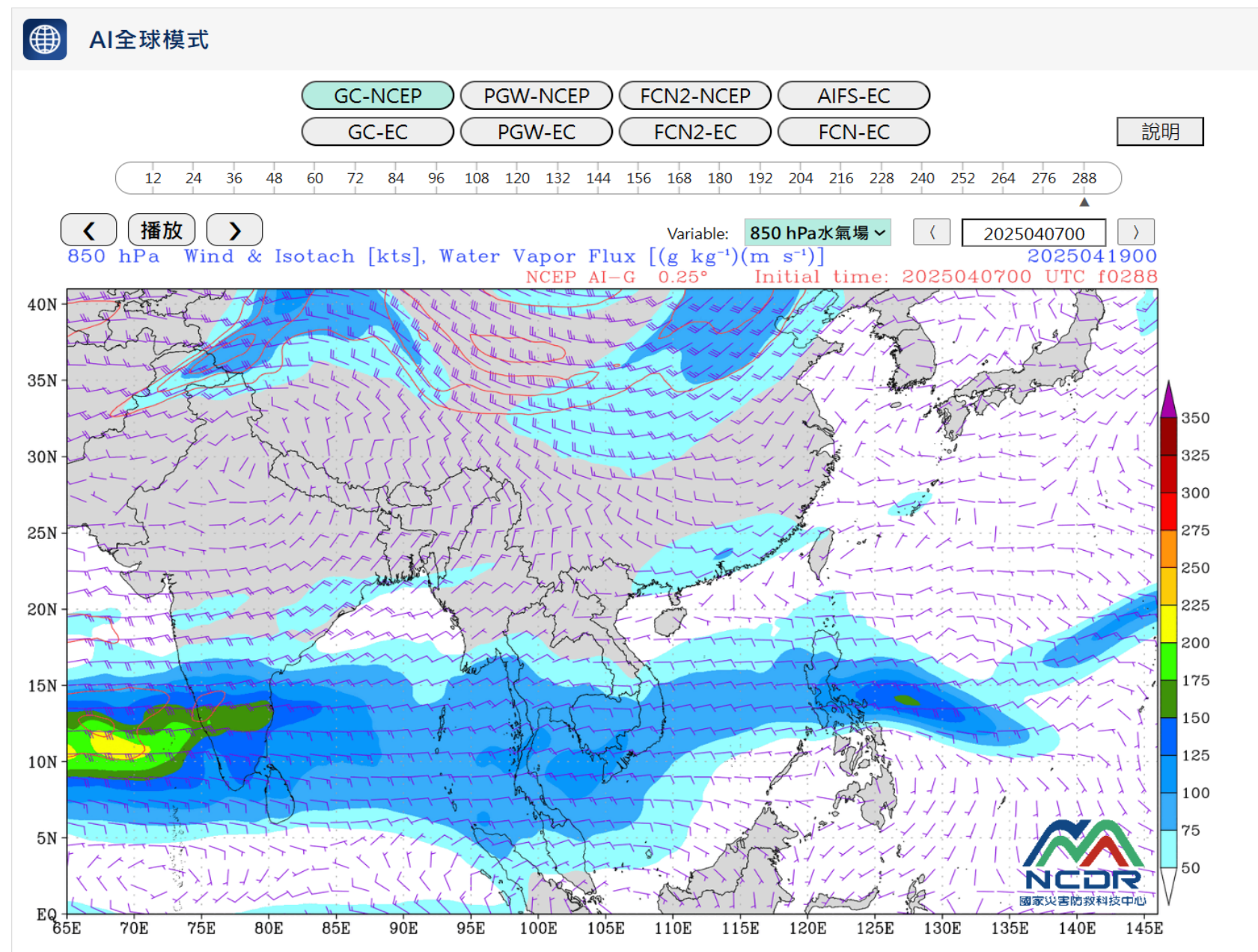
由 Google DeepMind 開發，使用GNN架構，主要由三個部分構成：編碼器將氣象資料轉為特徵向量，處理器透過消息傳遞機制傳遞空間資訊，解碼器再重建為全球天氣預測圖。

Pangu-Weather

華為公司研發的AI模型，以3D的深度神經網路Transformer模型(3D Earth-specific transformer, 3DEST)為架構。



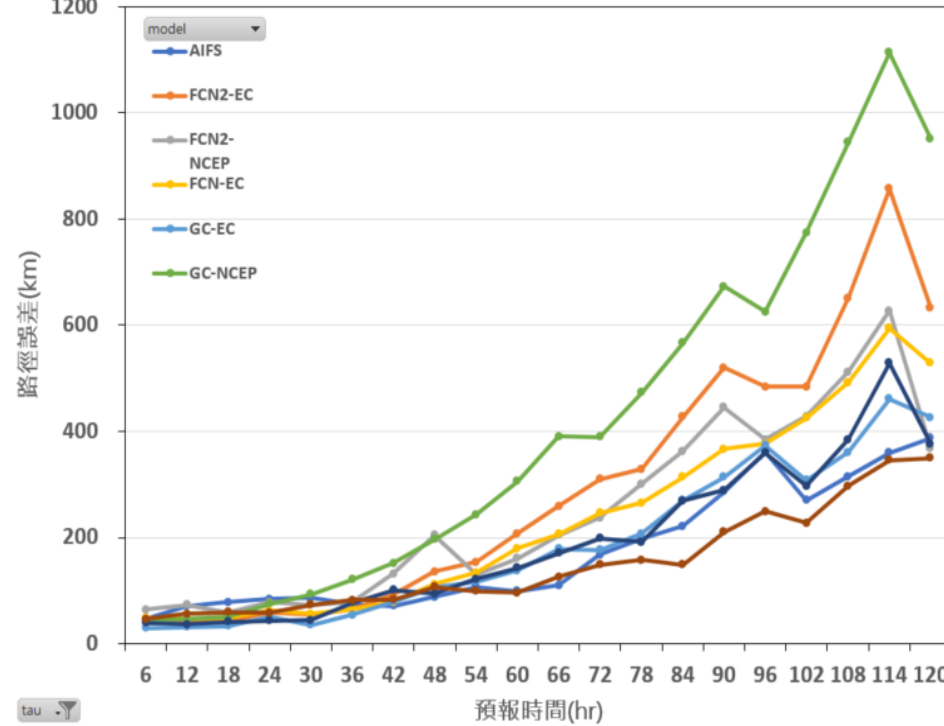
多項AI模型正在重塑氣象預測技術。Pangu-Weather 採用3D Transformer架構，能準確預測颱風路徑，優於ECMWF-HRES。FourCastNet 結合AFNO與Transformer，適用於全球模擬，升級版 FourCastNet V2 採用球面傅立葉神經算子 (SFNO)，提升長期預報穩定性。GraphCast 使用圖神經網路，擅長模擬複雜氣象結構，對熱帶氣旋與大氣河流具高預測準確度。CorrDiff 則專注台灣地區的降尺度應用，將粗解析度資料提升至高解析雷達影像，支援區域精細預報。這些AI模型展現出效率、精度與應用靈活性的多重優勢。本產品已於WATCH網頁上線作業化測試。



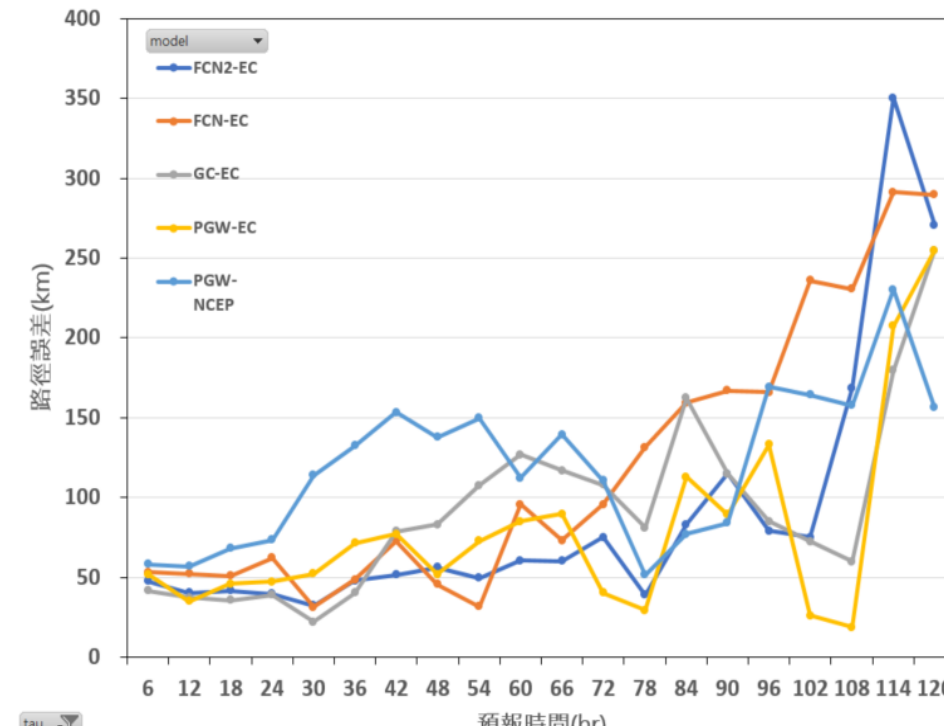
侵台颱風模擬比較

本研究針對2024年侵台的四個颱風（凱米、山陀兒、康芮、天兔），系統性評估三種國際AI全球模式——Pangu-Weather (PGW)、GraphCast (GC) 與FourCastNet v2 (FCN2) 在不同初始場 (ECMWF、NCEP) 下的路徑預報能力。結果顯示，在短期預報（48小時）中，GC-EC與PGW-EC表現最佳；中期預報（72–120小時）則以PGW-NCEP誤差最低。整體而言，PGW展現出最穩定的路徑定位能力。各颱風個案中，初始場對預報結果影響顯著。例如，凱米颱風中PGW-NCEP的誤差高於其他模式；而康芮與天兔個案中，NCEP初始場表現相對更優。山陀兒個案則顯示即使模式相同，初始場差異也可導致預報性能差異。本研究強調：無單一初始場或模式在所有颱風條件下皆最優。未來應發展多初始場、多模式的系集預報系統，以強化預報準確性與穩定性，並進一步探討颱風型態與模式適應性之間的關聯。

2024年颱風路徑綜合誤差比較



2024年凱米颱風路徑誤差比較



總結

本研究針對當前代表性的AI氣象預測模型——Pangu-Weather、GraphCast與FourCastNet v2，評估其於2024年侵台颱風個案中的路徑預報能力。結果顯示，AI模型整體展現出相較於傳統數值預報系統更高的效率與精度，特別是在颱風早期追蹤與中期預測上表現出色。其中，Pangu-Weather於多數個案中呈現穩定且優越的路徑預報能力，而GraphCast則在使用ECMWF初始場時表現良好，展現其對極端天氣事件的適應性。此外，研究顯示「初始場選擇」為影響預報精度的關鍵因素。相同模型在不同初始場 (EC vs. NCEP) 下可能產生顯著差異，且不同颱風個案中最佳組合亦不一致，反映出預報性能具有明顯的個案依賴性。因此，本研究建議未來氣象預報應朝向多模式、多初始場的系集預報系統發展，以提升整體預測穩定性與可靠性。整體而言，AI氣象模式已具備實作潛力，未來透過技術整合與模式優化，有望在作業化天氣預報中發揮更關鍵的角色，並成為應對極端氣候與提升防災能力的重要科技工具。

參考文獻

- International Telecommunication Union(2024), United Nations Activities on Artificial Intelligence (AI) 2023, Retrieved from https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/gen/S-GEN-UNACT-2023-PDF-E.pdf
- World Meteorology Organization(2024), AI bringing innovation to Earth system prediction. Retrieved from <https://wmo.int/media/update/ai-bringing-innovation-earth-system-prediction>