

研發混合機器學習與數值模式之新一代颱風預報系統 AITWRF

Development of AITWRF: A Next-Generation Hybrid Machine Learning and Numerical Weather Prediction System for Typhoon Forecasting

徐驊¹ (Hsu H.) 陳得松¹ (Chen D.-S.) 鄭浚騰¹ (Cheng C.-T.) 劉正欽¹ (Liu C.-C.) 林伯勳¹ (Lin P.-S.) 蕭玲鳳¹
(Hsiao L.-F.) 蔡子衿¹ (Tsai T.-C.) 連國淵¹ (Lien G.-Y.) 蔡雅婷¹ (Tsai Y.-T.) 彭順台² (Peng M.) 沙聖浩¹ (Sha
S.-H.) 黃康寧¹ (Huang K.-N.) 張保亮³ (Chang P.-L.) 馮欽賜³ (Fong C.-T.) 洪景山³ (Hong J.-S.) 郭鴻基⁴
(Kuo H.-C.)

¹中央氣象署科技發展組 ²科羅拉多大學科羅拉多泉分校 ³中央氣象署 ⁴國立臺灣大學

¹Technology Development Division, Central Weather Administration

²University of Colorado Colorado Springs, United States

³Central Weather Administration

⁴National Taiwan University

摘 要

近年來，機器學習天氣預報模式（Machine Learning-based Weather Prediction, MLWP）在全球天氣預報領域展現優異效能，部分預報指標（如颱風路徑）已顯著超越傳統物理數值天氣預報模式（Numerical Weather Prediction, NWP）。然而，受限於空間解析度，MLWP 於區域尺度之應用仍面臨瓶頸，尤其對颱風內部結構及其伴隨之風雨空間分布，其表徵能力仍有待提升。本研究提出一融合機器學習與傳統物理模式之新型混合架構颱風預報系統—AITWRF。此系統採用歐洲中期天氣預報中心（ECMWF）傳統全球數值模式 IFS 之分析場與預報場，作為中央氣象署 TWRF 颱風預報系統之partial cycle初始場與側邊界條件；同時，透過波譜納進（Spectral Nudging）技術，於預報過程中持續導入 ECMWF 人工智慧預報系統（AIFS）之大尺度環流資訊，使 AITWRF 兼具傳統物理模式與 AI 預報模型之雙重優勢。

本研究初步針對 2024~2025 年選取 11 個颱風共 79 個案，其中特別包含傳統NWP模式如TWRF、IFS較難掌握路徑預報之珊珊、柯羅莎等颱風進行系統性驗證。結果顯示，AITWRF 於外層15公里及內層3公里網格模式下之120小時颱風路徑預報，其誤差可分別改善約50%與35%。此外，在3公里高解析度預報中，AITWRF 不僅完整保留了 TWRF 既有之高解析度降雨預報能力，亦能精確模擬出颱風接近臺灣時受複雜地形影響之路徑演變特徵。本研究研發之混合架構能成功將全球 AI 模型之大尺度預報優勢無縫導入區域模式，在維持高解析度局地特徵的同時，大幅提升路徑預報精度，為新一代颱風預報系統之發展提供具備高度可行性與潛力之指引方向。

關鍵字：颱風預報、混合架構、機器學習、波譜納進、高解析度模擬