

# 強化小區域及劇烈天氣即時預報系統

## Development of Small-scale Nowcasting Operation System

主管單位：交通部 計畫編號：108-1502-02-17-02

呂國臣

Kuo-Chen Lu

中央氣象局預報中心

### 摘要

為提升災害性天氣的即時監測及預報技術，並持續精進小區域（鄉鎮尺度）劇烈天氣的即時預報技術，以發展本土化之機率型預報指引，建置災害性天氣警特報的作業機制。因此本計畫由「資料蒐集分析與預報技術研發」及「輔助系統建置與資訊效能升級」2大分項目標組成。以現有的氣象監測網及預報技術為基礎，透過觀測資料分析技術，產出高精密度地面分析場，應用觀測結合數值模式於預報技術的開發，至下游的輔助系統與軟硬體優化之目標策略，再輔以科技研發動能與資訊系統服務的支援，強化小區域劇烈天氣即時預報技術，並完善鄉鎮尺度警特報的發布作業流程。

關鍵詞：小區域及劇烈天氣、即時預報系統、鄉鎮預報。

### Abstract

To improve the real-time monitoring and nowcasting technique for the small-scale (township) hazard weather, this project that continues to increase the short-term forecast ability is proposed. Two main strategies, “data analysis and forecast technique development” and “supportive system construction and efficiency upgrade”, are planned and conducted to achieve the project goal. Based on the current observational network and township forecast, the observational data are analyzed to produce the surface meteorological analysis field with high spacial and temporal resolution. This high resolution analyses that are combined with the numerical weather prediction model can assist in developing forecast technique for finer-scale areas. In addition, the functionality and efficiency of supplementary information systems are enhanced to support the subjective decision-making process and to shorten time of issuing warning as well. Therefore, both forecast technique development and information system upgrade are implemented to further complete the operational process of issuing the township-scale warning for the severe weather.

Keywords: Small-scale and severe weather; nowcasting system; township forecast

## 一、前言

近十幾年來，不論世界氣象單位或本局在觀測技術、觀測資料品質和數值模式預報表現等方面皆有進展，然而，對於劇烈天氣的即時預報能力仍是相當有限，尤其是與臺灣防災息息相關的定量降水預報能力更顯嚴重不足。隨著國內對於天氣預報服務及防災需求日增，再加上未來可能的氣候暖化導致極端天氣事件出現頻率增加之衝擊，因此，強化氣象即時監測、發展新興預報技術和指引、及進行本土化預報作業整合是未來因應災害性天氣事件必須調適和思考的作為，有其迫切需求。

不論從民眾需求面、防災救災面、未來氣候變遷影響上來說，將災害性天氣預報拓展至小區域範圍是不可避免的趨勢。本計畫依據發展精緻化氣象預報和防災減災的綜合施政重點，再配合國家科技施政綱要規劃，藉由資料整集分析、技術理論開發、輔助資訊系統建置與優化等工作策略，達到精進劇烈天氣即時預報作業能力的效益。因此在提供更細緻化的劇烈天氣即時預報資訊和警特報發布的作業流程中扮演獨特且重要的角色，具提升預警作業能力及防災資訊服務水準之功能。此外，本計畫亦應用其他計畫的部分成果，強化落實於預報作業流程所需的技術及決策輔助平台，同時也與客製化監測服務的發展有互惠和相輔相成的效果。

## 二、計畫主要內容

本計畫配合政府最新的科技施政政策與達成本計畫強化小區域劇烈天氣即時預報技術和作業能力之總目標，規劃由「資料蒐集分析與預報技術研發」及「輔助系統建置與資訊效能升級」兩個層面訂定六個子項計畫，其對應的執行策略概述如下表。

分項目標	子項計畫名稱	執行策略重點
資料蒐集分析 與預報技術研 發	小尺度地面氣象分析場 應用	<ul style="list-style-type: none"><li>● 發展多重觀測之交叉檢覈技術。</li><li>● 新增氣象分析場並提升原有分析場之區域性精準度。</li><li>● 發展風速和輻射預報指引模組。</li><li>● 提升時間空間解析度之調整作業。</li><li>● 優化叢集系統。</li><li>● 資料檢覈及相關產品網頁呈現圖形化。</li></ul>
	閃電監測資料應用與技 術研發	<ul style="list-style-type: none"><li>● 開發閃電躍升預報技術的校驗工具。</li><li>● 探討閃電與雙偏極化雷達觀測</li></ul>

		<p>間的定性關係研究以及發展閃電潛勢預報技術。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 配合即時預報作業需求調整現有技術與產品。</li> </ul>
	發展統計預報作業系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 格點逐時溫度機率預報。</li> <li>● 發展統計風力預報。</li> </ul>
	強化極短時強對流預報監測及預報整合系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 提升長延時定量降水預報能力。</li> <li>● 開發整合數值模式系集成員風場預報產品。</li> <li>● 發展基於雷達反演三維風場資料的類比法定量降水預報技術。</li> </ul>
	高解析度數值模式之研發與應用	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 發展 2 公里解析度的對流尺度系集預報系統。</li> <li>● 進行 1 公里解析度模式預報系統之設計、評估和作業性測試。</li> </ul>
輔助系統建置與資訊效能升級	發展線上劇烈天氣系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 開發線上劇烈天氣查詢系統。</li> <li>● 建立特殊劇烈天氣系統互動式分析功能雛型介面。</li> </ul>
	容器化分散式運算叢集系統建置	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 規劃並建置以 Docker 為技術基礎之容器化分散式運算叢集及配套支援系統。</li> <li>● 開發適用於分散式運算叢集之容器調度及監管工具。</li> <li>● 移植現有預報資訊作業程序至容器化分散式運算叢集中運行。</li> </ul>

### 三、計畫主要成果

#### 3.1 學術研究

本計畫致力於提升災害性天氣預報技術，以達到建立本局發布小區域之災害性天氣警特報的作業能力和建置符合全國各鄉鎮尺度災害性天氣預報的作業化需求之預報指引。108 年度完成國內研討會論文 5 篇、研究報告 4 件、形成課程教材 6 件、技術報告 16 件、主辦 1 場國內研討會。主要研究成果摘述如下：

- (1) 利用蒐集到的觀測資料進行資料比對與分析的工作，包括比對臺電閃電偵測系統與本局閃電系統的資料異同、分析閃電落雷在時空上發生和分布的特性，完成比對分析報告(陳等，2019)，以有效增進對兩者閃電系統異同之了解，利於應用閃電資料於劇烈天氣即時監測的參考價值。在閃電偵測系統所蒐集之資料，亦可提供學界進行學術研究。
- (2) 完成「應用貝氏模型平均法於太平洋颱風路徑預報之探討」研討會議論文報告(許等，2019)，本研究引進貝氏模型平均法 (Bayesian Model Averaging，以下簡稱 BMA)，此方法乃藉由產製各個模式成員預報誤差機率密度函數(Probability density function)，運用最大似然法則(Maximum Likelihood) 進行權重整合，以取得最佳預報準確度的路徑。本報告探討本局如何應用 BMA 方法於颱風路徑預報，並與 OBEST(Observation-Based Ensemble Subsetting Technique)預報方法比較近期颱風校驗之成效。另外完成「頻率配對法應用於台灣地區風速網格預報校正」研討會議論文報告(陳等，2019)，本研究嘗試以頻率配對校正法(Zhu and Luo, 2015)對台灣地區的風速網格預報進行修正，該方法假設由固定空間範圍內之格點風速預報與觀測時序資料有著相近型態(Pattern)，譬如相同時間點的網格預報與分析場網格在排序後具有對應性但是量值可能有所差異，因此可以選出一個範圍內時間與空間的觀測與分析場資料，將具有相同發生頻率的門檻累積值的預報與分析場進行配對，再將預報值向分析場調整。希望可對藉由給予不同風速區間各自不同的調整來達到對台灣地區風速網格預報較佳的調整效果。
- (3) 完成「頻率配對法應用於台灣地區風速網格預報校正」研討會議論文報告(陳等，2019)以頻率配對校正法對台灣地區的風速網格預報進行修正，該方法假設由固定空間範圍內之格點風速預報與觀測時序資料有著相近型態(Pattern)，譬如相同時間點的網格預報與分析場網格在排序後具有對應性但是量值可能有所差異，因此可以選出一個範圍內時間與空間的觀測與分析場資料，將具有相同發生頻率的門檻累積值的預報與分析場進行配對，再將預報值向分析場調整。希望可對藉由給予不同風速區間各自不同的調整來達到對台灣地區風速網格預報較佳的調整效果。

### 3.2 技術創新

為提昇本局小區域災害性天氣即時預報技術，強化科技研發能力，以增進小區域及劇烈天氣系統之監測及預報能力，本計畫在技術創新方面主要成果摘述如下：

- (1) 對於每日午後對流日第一次達到某降雨門檻作為校驗基準，發展閃電躍升預警此降雨門檻的列聯表技術指標值(命中值、誤報值與失誤值)在空間格點分布的面化圖，可提供閃電躍升預警的校驗參考。此外，亦開發以大數據機器學習方法中的決策樹(decision tree)分析技術，探討閃電躍升搭配已發生條件下(閃電數量與累積降雨量)的達大雨門檻(40 mm/hr)之機率，以強化閃電躍升預警短時強降雨的應用價值(圖 1)。

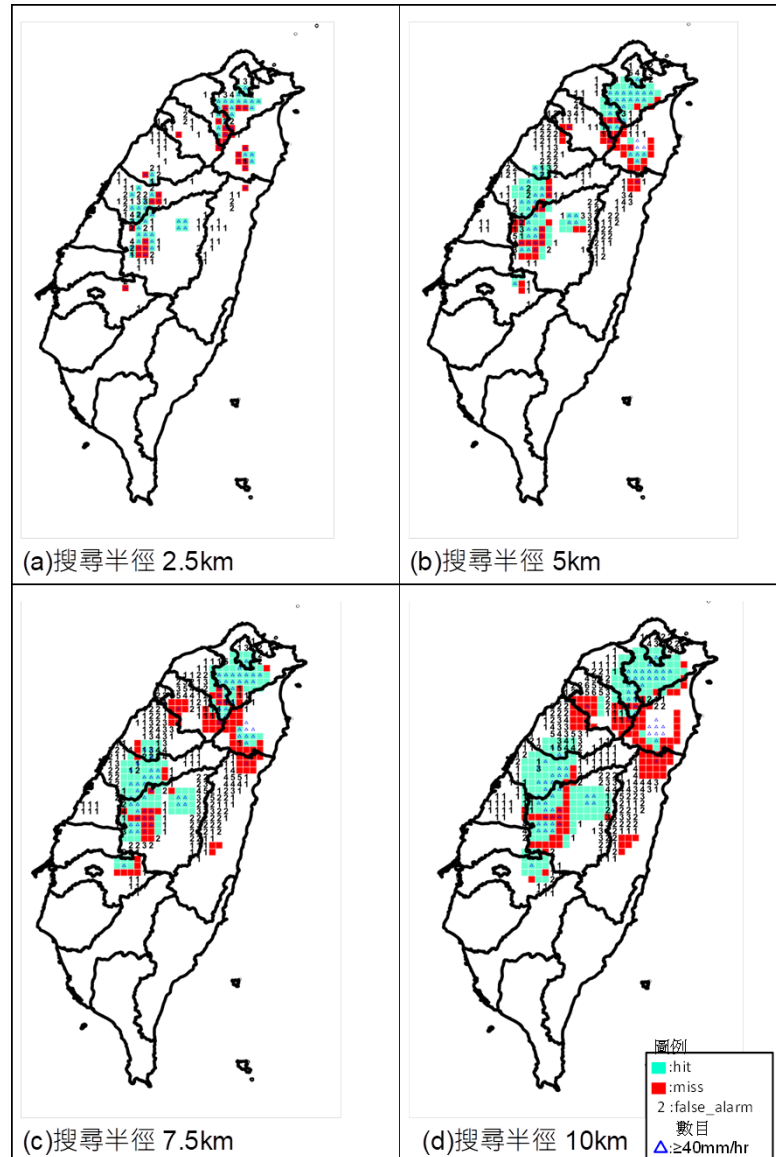


圖 1. 針對 2017 年 6 月 11 日臺灣午後對流事件，以  $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$  網格解析度在不同閃電配置搜尋半徑所計算閃電躍升，預警當日第一次達到降雨門檻 40 mm/hr 的列聯表技術指標值，搜尋半徑分別為 (a) 2.5 km、(b) 5 km、(c) 7.5 km 和 (d) 10 km。淺藍色格點表示命中，紅色格點表示失誤，標有數字的格點表示閃電躍升預警誤報值。

- (2) 配合本局未來二週預報的發展，發展前二週統計預報技術，針對有提供二週系集資料的模式進行分析，包括美國國家環境預測中心(The National Centers for Environmental Prediction, NCEP)所產製的全球系集預報模式(Global Ensemble Forecast System, GEFS)資料，以及局內的全球系集預測系統(Global Ensemble Prediction System, GEPS)，藉由分析溫度、相對溼度、風速、6 小時累積降水等變數後，對於模式在不同預報時間與不同變數的掌握能有更一步的了解。另外，亦使用 Schaake Shuffle 方法，以過去的觀測資料作為樣板，測試模

式高溫與低溫藉由 Schaake Shuffle 調整後的效果顯示 6 天之後的改善情況較 6 天內更為明顯(圖 2)。

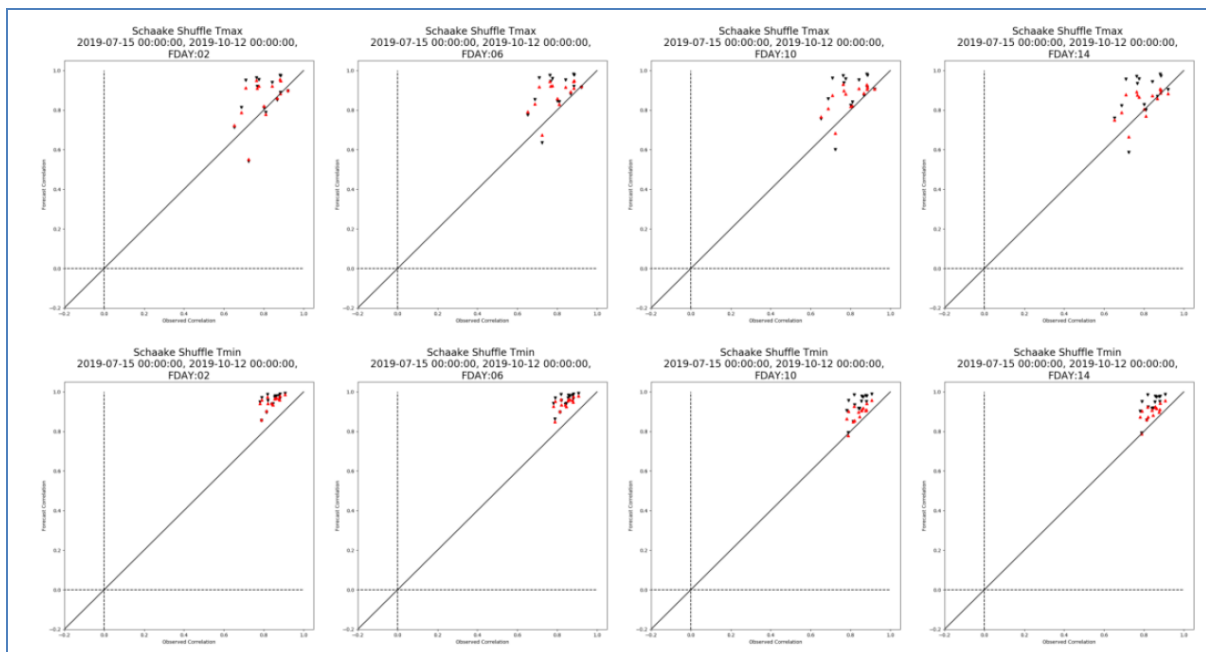


圖 2. 格點上高溫與低溫洗牌法後結果，上排是高溫的測試結果，下排是低溫的測試結果，由左而右依序是 2 天、6 天、10 天、14 天的預報，橫軸是觀測空間中格點的相關係數，縱軸是預報空間中格點的相關係數。黑點是洗牌法處理前的相關係數，紅點是洗牌法處理後的相關係數。

- (3) 發展數值模式強風預報能力校驗分析，考量強風預報作業相當倚賴數值模式輸出結果，但除了模式自身存在的系統性偏差外，各地區風力強弱明顯受風向與季節因素影響，而需做系統性的偏差校正。108 年度利用數值模式風場模擬的誤差特性發展風力預報可用指引，包含 DCA(decaying average)、FMM(Frequency Matching Method 頻率配對校正法)和 MTM (Mapping Table Method 對映表法)的誤差交叉比對，結果顯示，若以強風預報為主要考量，FMM 可以有最佳修正的表現。
- (4) 研發對流尺度的系集預報系統(Convective-scale Ensemble Prediction System; CEPS)，107-108 年進行 2 年的 CEPS 擾動實驗，地面校驗或高空分析都顯示，目前 CEPS 測試平台的單一擾動在常見的氣象參數上顯示不足以產生足夠的離散度，將持續綜合所有擾動方式的整合測試，建立一組預報作業的離型，並針對午後對流之定量降水預報進行時空離散度的校驗分析，用以評估發展機率預報產品的可行性。
- (5) 修正本局區域數值預報作業模式(WRFM04)預報的地面溫度及風速有著溫度預報過低及風速預報過強的系統性偏差，發展機器學習技術使之適用於修正 WRFM04 在地面溫度及地面風速預報遇到的系統性偏差，未來預計將建立模型的基礎資料增加，預計能提升地面溫度和地面風速預報產品的預報能力。
- (6) 建立測站平均風與測站陣風、測站平均風、陣風與模式風力統計分析與迴歸關

係，108 年度利用測站平均風和陣風，分別與數值模式預報風場建立迴歸關係，並利用此關係校正數值模式預報風場，以做為日後改善強風區段的預報校正效果應用參考所需。

- (7) 優化災害性天氣資料庫，以提供更多元化且客製之氣象資訊給使用者，108 年新增豪大雨特報之前置時間(Leading time)校驗，可提供預報員即時或天氣類型上特報發布的成效，提升預報品質並了解精進方向。
- (8) 導入虛擬容器技術 Docker，強化叢集化作業系統及分散式資料庫管理功能，可提升加快新資料產出作業的部屬效率，同時當作業程序或上游資料有異常時，能更快掌握狀況並加以排除。

### 3.3 經濟效益

本計畫發展的預報技術雖然無法直接增加經濟的產值，但可間接減少巨大的經濟損失，降低天氣災害帶來的影響，尤其是與短期劇烈降雨天氣相關的產業，最直接相關的例如農業、漁業及養殖業，其他大多數產業亦會間接因劇烈降雨天氣預報技術改進而減少經濟損失，並能保障國家、社會及人民的生命財產安全。

### 3.4 社會影響

本計畫主要為提供預報指引，並針對防救災需求，開發預報產品，提供民眾及政府單位預警資訊並因應災變天氣做好防救災之準備工作，對社會發展及環境安全永續發展皆具正面貢獻。

由於全球暖化及都市化的環境變遷背景下，近年溫度變化甚鉅，經常造成國民健康、勞動條件、學生活動、農漁業災害與能源調度困難等重大影響。氣象局應用本計畫科研技術，於 108 年 11 月 1 日推出「低溫特報燈號分級」服務，並於 12 月 7 日首次發布，強化低溫特報分級，依據低溫事件之絕對低溫與持續時間，定義黃、橙、紅 3 色燈號(圖 3)，提供中央及縣市政府依據不同燈號之低溫特報進行應變措施。

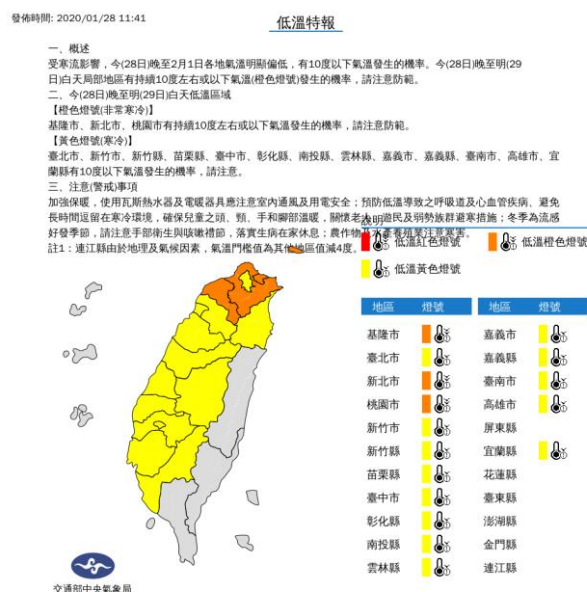


圖 3. 低溫低溫特報燈號分級發布圖。



#### 四、結論與建議

重大氣象災變常造成臺灣巨大的經濟損失，加之未來可能的氣候暖化導致極端天氣事件出現頻率增加之衝擊，對社會、經濟及民生等影響甚鉅，因此強化氣象即時監測、提升氣象預報技術以因應日益嚴峻的氣象災變一直為本局致力的目標。為落實災害性天氣預報，本計畫規劃以氣象局現有的氣象監測及預報技術為基礎，研發災害性天氣預報系統，建置災害性天氣警特報作業機制，以因應未來民眾服務和防災應變需求。

#### 參考文獻

1. 陳新淦、馮欽賜、林秉煜、葉明生、鄭安孺、劉承翰，2019：閃電躍升應用於臺灣強降雨預警之分析研究。2019 兩岸颱風暴雨暨短期氣候學術研討會。
2. 葉明生、陳新淦、林秉煜、馮欽賜、鄭安孺、劉承翰，2019：臺灣地區閃電躍升對降雨預警之探討。108 年天氣分析與預報研討會論文摘要彙編，交通部中央氣象局，A3-9
3. 許乃寧、賈愛玫、林秉煜、陳昱聰、馮智勇 2，2019：應用貝氏模型平均法於太平洋颱風路徑預報之探討，108 年天氣分析與預報研討會論文摘要彙編，交通部中央氣象局，A4-34。
4. 陳昱聰、劉承昕、馮智勇、林秉煜、賈愛玫、許乃寧、陳新淦，2019：頻率配對法應用於台灣地區網格風速預報校正。108 年天氣分析與預報研討會論文摘要彙編，交通部中央氣象局，A4-30。