

強化災害性即時天氣預報

Fine Information of Formosa Weather II

主管單位：交通部 計畫編號：103-1502-02-05-02

鄭明典

呂國臣

Ming-Dean Cheng

Kuo-Chen Lu

中央氣象局預報中心

摘要

為發展本土化之強降雨監測及預測技術，建置符合全國各鄉鎮尺度災害性天氣預報的作業需求之預報指引為目標，因此本計畫針對「強化鄉鎮尺度災害性及即時預報技術」及「強對流偵測輔助系統」方面進行重點研發，期望廣泛應用於日常即時劇烈天氣之監測及預警。除了增加即時觀測資料供作業監控及預警劇烈天氣外，亦可提升國內作業針對劇烈天氣之相關研究，進行開發本土化之預報技術，並藉由發表科學論文的方式，提升臺灣於相關技術之領導地位，同時對學術領域及作業應用均有正面助益。

關鍵詞：災害性天氣、即時天氣預報、鄉鎮預報。

Abstract

For the development of the localization of the heavy rainfall monitoring and forecasting techniques, this project is to build in the forecast guidance to meet the forecast needs on the Mesoscale Severe weather forecast in villages and towns of the country. The target of the plan for the "strengthening of the township-scale disasters and real-time forecasting techniques and the strong convective detect supporting systems, are focusing on research and development, the expectations widely used in day-to-day real-time severe weather monitoring and early warning. This project not only increase in the real-time observation data for monitoring and early warning of severe weather, but also enhance domestic operation for severe weather forecasting techniques. By way of published scientific papers, enhance Taiwan's leadership in related technologies status of academic fields and improve operational applications have positive benefits.

Keywords : Hazard weather; weather nowcasting; township weather forecast.

一、前言

臺灣常遭受颱風、豪雨、乾旱和寒潮等天氣災害的影響，因氣象災變所造成的經濟損失影響層面愈來愈廣，影響的程度亦愈來愈深，務必持續強化災害天氣預報或預警技術，以有效減輕災害損失。本計畫以 3 年時間，發展本土化之強降雨監測及預測技術，建置符合全國各鄉鎮尺度災害性天氣預報的作業需求之預報指引為目標。針對「強化鄉鎮尺度災害性及即時預報技術」及「強對流偵測輔助系統」方面進行重點研發，提昇本局災害性氣象科技研發能力及本土化氣象研究技術，增進劇烈強降雨天氣系統之監測及預報能力，提供防救災單位及一般社會大眾更即時精確之災害性天氣預警。

期望廣泛應用於日常即時劇烈天氣之監測及預警。除了增加即時觀測資料供作業監控及預警劇烈天氣外，亦可提升國內作業針對劇烈天氣之相關研究，進行開發本土化之預報技術，並藉由發表科學論文的方式，提升臺灣於相關技術之領導地位，同時對學術領域及作業應用均有正面助益。

二、計畫主要內容

中央氣象局執掌全國氣象和預報業務，長期致力於氣象觀測技術、科技研究、預報服務等領域。為因應氣候變遷、強對流環境降雨型態的變異以及複合式天然災害的威脅極需提升伴隨強對流系統的監測與定量降雨及劇烈天氣潛勢預報能力。本計畫規劃方案主要由 2 個相互關連的工作項目組成，包括「強化鄉鎮尺度災害性及即時預報技術」及「強對流偵測輔助系統」。

2.1 強化鄉鎮尺度災害性及即時預報技術

本項工作目的為建立鄉鎮尺度天氣預報作業流程的回饋機制，藉由小區域天氣預資料與實際量測資料之間的即時校驗，回饋到預報產品的調校過程，工作範圍包括發展滿足鄉鎮尺度之 2.5 公里格點之地面氣象真值(Ground Truth)分析技術、小尺度數值天氣預之系集預報(Ensemble Forecast)技術、高解析度統計降尺度 MOS(Model Output Statistics)技術、人工智慧之預報輔助系統，以及即時校驗及回饋流程系統的建立。其應用範圍包括顯著天氣系統的定量降水潛勢預報，例如颱風、梅雨鋒面等。

2.2 發展強對流偵測輔助系統

本項工作目的為發展適合於本國本土化實作之強對流降雨偵測及預測系統。首先，在觀測資料方面，希望能夠建置符合氣象監測及預報需求之閃電觀測系統，預期藉由閃電資料可提前預警強對流降雨發生的特性，以強化對流降雨之預警監測能力。此外，將與美國 NCAR 合作發展之雷達資料分析及對流系統預測技術(Variational Doppler Radar Analysis System; VDRAS)。在降雨預測整合系統方面，將參考採用可即時調校的 ARMOR(Adjustment of Rain From Model with Radar)技術，用高解析度數值天氣預模式之定量降水預報，並即時整合雷達估計降水量及外延(Extrapolation)預測，再做適當的調校，使其可應用於 0-3 小時極短時定量降水預報。

三、計畫主要成果

3.1 學術研究

本計畫 103 年致力於提昇氣象預報能力，針對「強化災害性及即時鄉鎮預技術」及「強對流偵測輔助系統」方面進行重點研發，共有國際研討會論文 2 篇、國內研討會論文 13 篇、研究報告 4 篇、製作教材 4 件及技術報告表 12 件。主要成果說明如下：

1. 完成「鄉鎮尺度統計降尺度預報成效評估 - 2013~2014 年冬季氣溫預報校驗」研討會議論文報告(許等, 2014)，探討 MOS 在臺灣地區不同區域和地形冬季氣溫預報的表現，分析討論將測站資料內插再預報、以及先做測站點預報再內插 2 種方法的預報校驗結果。
2. 完成「DMOS 應用於臺灣地區之溫度預報表現與分析」研討會議論文報告(黃等, 2014 年)，透過 102 年至 103 年的冬季的預報表現，展現 DMOS 在冬季上的預報能力及實際作業的適用性與應用價值。
3. 完成「應用 EKDMOS 發展系集模式溫度機率預報」研討會議論文報告(馮等, 2014)，分析如何使用系集核密度模式輸出統計方法(Ensemble Kernel Density Model Output Statistic, EKDMOS)整合系集模式輸出層場資料，評估提供溫度機率預報產品的可行性。
4. 完成「應用 BMA 發展多模式 MOS 策略溫度機率預報」研討會議論文報告(馮等, 2014)，以臺灣測站溫度機率預報為例，分析應用貝氏定理(Bayesian Model Averaging, BMA)整合多模式溫度預報為機率預報指引的可行性。
5. 開發國內閃電偵測定位技術，設計並建立主動式閃電偵測系統(朱等, 2014)，完成氣象局各閃電偵測站的環境電磁波背景值分析、閃電偵測站其排列組合模擬定位誤差分析之完整分析結果及建議，本研究案所規劃的主動式偵測系統，將可直接用於傳統閃電偵測系統的校驗，判斷傳統偵測系統獲得資訊的準確度，與可能的校正參數，提高傳統閃電偵測系統的可信度與精度。
6. 本計畫嘗試結合雷達估計降雨實況的趨勢與數值模式合理掌握中尺度系統趨勢的優點，建立定量降水預報及定量降水機率預報(Probability Quantitative Precipitation Forecasts, PQPF)的評估方法，並研發出三個演算式雛形，包括:(1) 降水系統移速場估計演算式，(2) 利用雷達觀測選擇類似的系集 NWP 定量降水預報產品，(3) 時空融合雷達和類似的系集定量降水預報產品，期能有效延長即時天氣預報參考的可用時間。目前已發表 4 篇國內研討會論文(黃等, 2014)、1 篇國際研討會論文(黃, 2014)及 2 份研究報告(李等, 2014)。

3.2 技術創新

為提昇本局災害性氣象科技研發能力、本土化氣象研究技術、增進對於劇烈強降雨天氣系統之監測及預報能力，以提供防救災單位及一般社會大眾更即時、精確之災害性天氣預警資訊，在技術創新方面主要成果如下：

1. 利用「模式輸出統計法」(MOS) 技術擴展「紫外線指數預報」以及「國際都市氣溫預報」。此外，為能在日後整合多預報模式系集成員(ensemble members)並提供機率性天氣要素產品，本年度試以現有資料格式建置 BMA(Bayesian

Model Averaging) 機率預報離形模組，並以實例進行氣溫機率預報測試。目前已能提供「氣溫預報」和「當日最大紫外線指數」作業所需指引 Ensemble Kernel Density Model Output Statistic，簡稱 EKDMOS) 的實作測試。

2. 完成一項溫度機率預報方法研發，以貝氏定理(Bayesian Model Averaging, BMA)進行實作測試，使能為日後整合系集模式預報資料並提供機率性天氣要素產品所需技術提供參考。
3. 完成發布颱風警報期間 6 小時定量降雨預報建置與測試作業，並於 103 年哈吉貝颱風期間正式上線使用(圖 3.1)，可提供政府、企業及民眾對氣象災害更精緻的防災預警資料，較原先設計之 12 小時定量降雨預報，時間解析度縮短 50%。

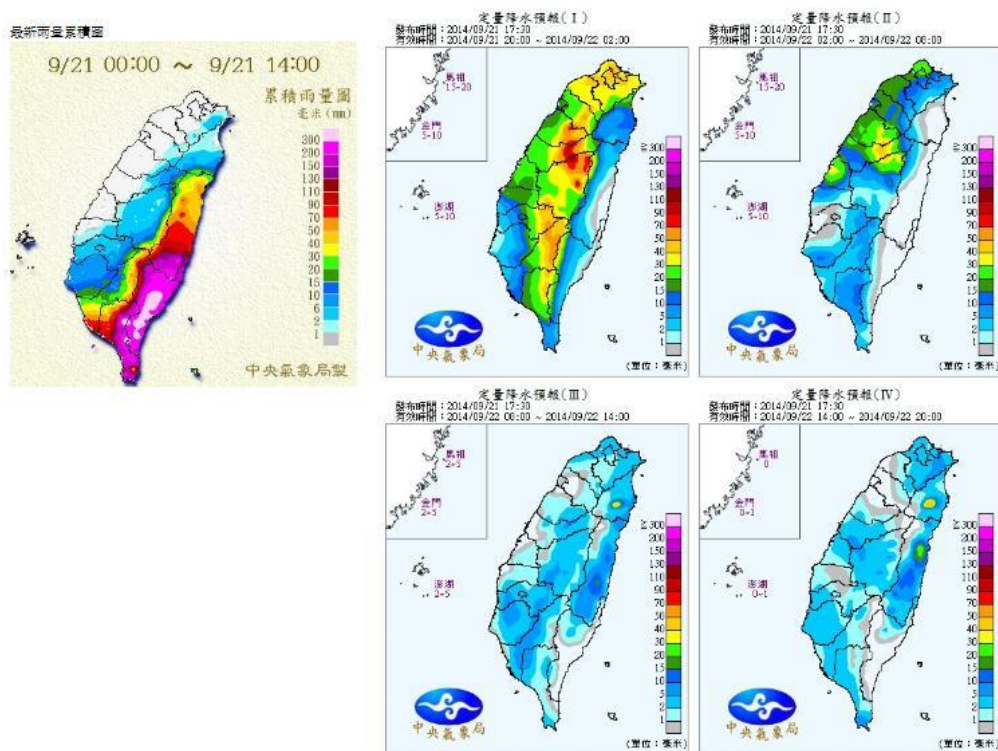


圖 3.1 颱風警報期間 6 小時定量降雨預報圖

4. 完成 4 項預報辨識技術的研發並建置相關子系統，導入預報作業程序使用，包括:(1) 數值預報模式之地面氣壓場與歷史地面氣壓分析之比對;(2) 數值預報模式之高度場與歷史高度場分析之比對結果;(3) 數值預報模式之濕度場與歷史濕度場分析之比對結果(圖 3.2);(4) 數值預報模式之氣流場與歷史氣流場分析之比對結果，上述辨識技術可用於瞭解預報場與歷史個案的相似度。

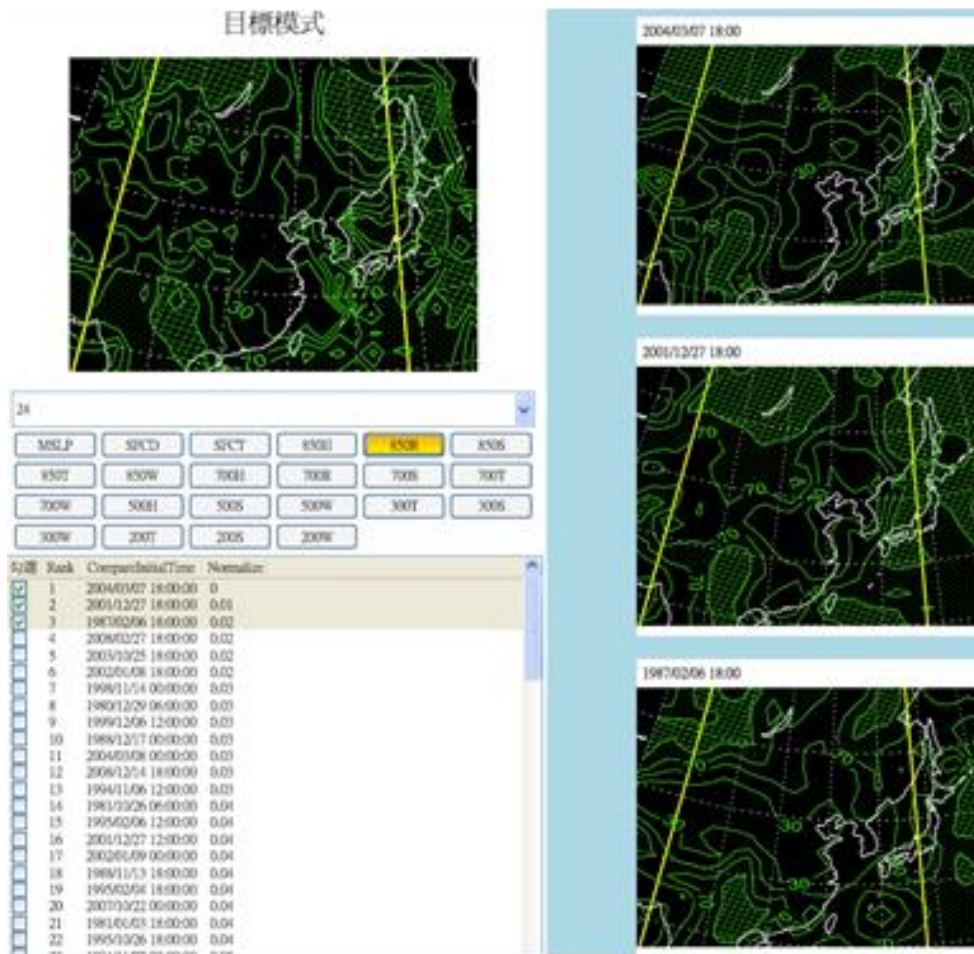


圖 3.2 850 百帕之濕度場比對結果圖

5. 發展分析繪圖工具模組，針對檢覈及地面氣象分析場成果，開發可輔助研判分析成果的繪圖工具模組。包括時間序列圖、半變異圖、散布圖和面化圖等等(圖 3.3, 圖 3.4)，可協助即時判斷地面分析場之優劣和合理性。

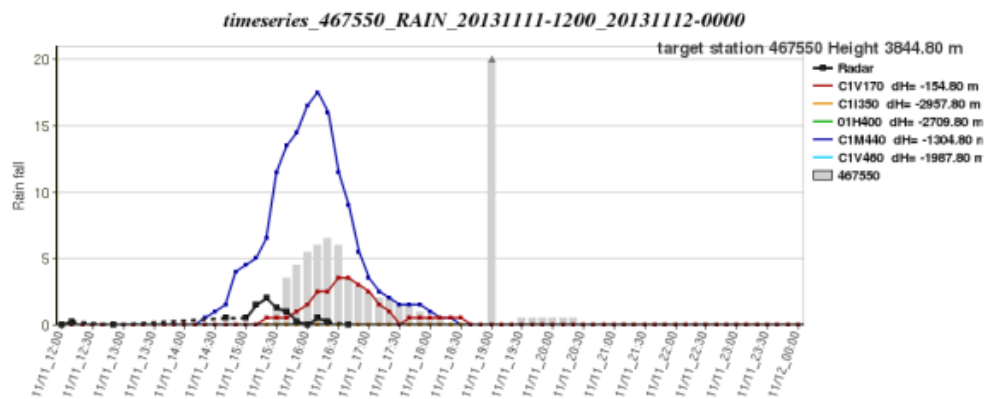


圖 3.3 玉山站及其參考站雨量時序圖範例。

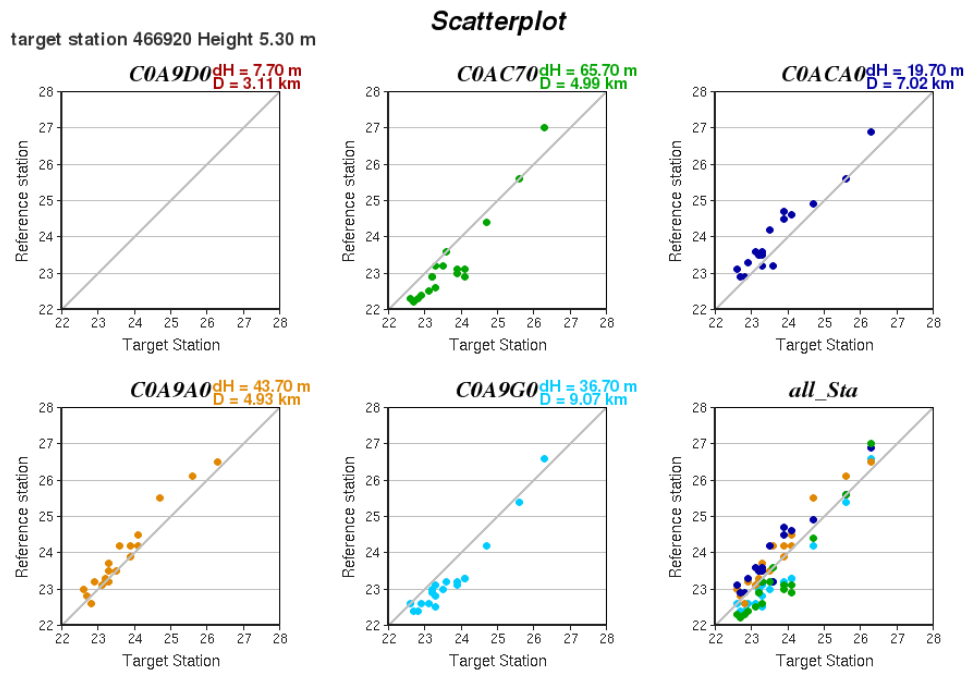


圖 3.4 臺北站及其參考站溫度資料散布圖範例。

6. 應用歷史事件探討午後雷陣雨對溫度變化之影響，並研擬排除溫度檢覈誤判機制。當降雨發生時，相對溼度增高，氣溫降低，而午後雷陣雨常發生於局部地區，局部區域測站溫度突降後，與周圍測站溫度差異變大，易誤判為錯誤資料。統整 92-102 年夏季午後有降雨時各氣象局測站最大溫降資料，歸納出夏季午後溫降門檻值：

- 午後雷陣雨多發生於 5 至 9 月及 13 至 17 時。
- 1 小時溫降不超過 12 度。
- 降雨量多寡與溫降大小無關。
- 測站每小時最大溫降不同

當溫降發生於有降雨的夏季午後，取得同一小時的溫降門檻值與當站歷史溫降最大門檻值，並以兩筆門檻值的最小值作為溫降合理性檢覈門檻值。比較溫降是否落於門檻值內，以決定是否接受測站觀測值為真。利用上述方式，可有效降低連續時間合理性檢覈對於午後陣雨溫降造成的誤判。

7. 開發極短時強對流預報之降水移速場估計，針對臺灣降水觀測和預報，研發出三個演算式雛形，在研究方法上獲得突破，成果和經驗已經足以支持進行系統作業化，包括：(1)降水系統移速場估計演算式，(2)利用雷達觀測選擇類似的系集 NWP 定量降水預報產品，(3)時空融合雷達和類似的系集定量降水預報產品。上述三個演算式有助於改進目前極短期預報技術的瓶頸，預期可將目前系集定量降水預報輸出的時間解析度為 3hr 提高為 1hr，並利用雷達觀測估計的降水系統的移速場輔助，以移流方式作時間一空間的內插，將時

間解析度提升到 1-10 分鐘。

8. 規劃閃電主動式偵測系統，建構新的定位天線陣列，用以觀測閃電位置。閃電發生時，大量的能量釋放，造成大氣中中性粒子的大量游離，產生電漿不規則體，利用同相雷達的回波機制，將可進行定位，定位結果可與閃電偵測系統進行比對，對閃電系統進行校驗。目前本局已建立 10 座閃電落雷偵測系統，分布於馬祖、金門、東吉島、彭佳嶼、蘭嶼、新屋、五分山、日月潭、嘉義、高雄，可比臺灣電力公司提供更大範圍的閃電監測與定位資訊，對氣象預報將具有相當實用的價值(圖 3.5、圖 3.6)。

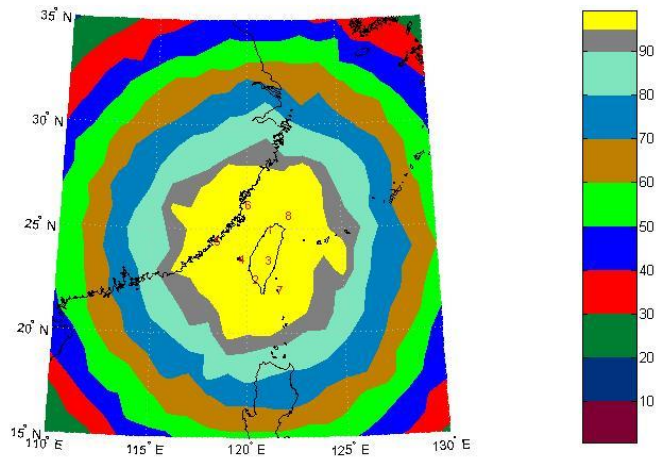


圖 3.5 閃電網路偵測效率示意圖。

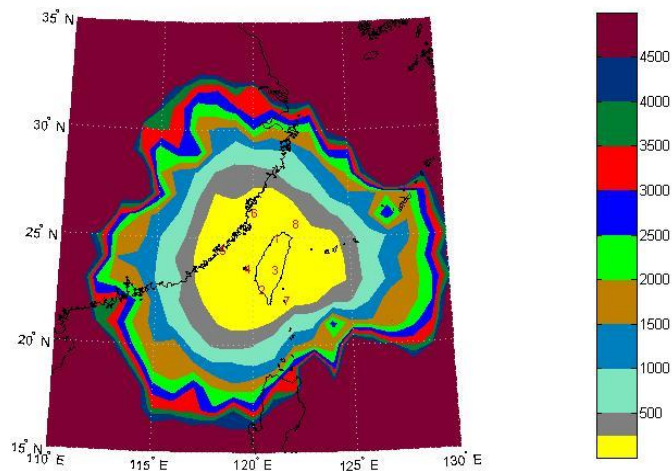


圖 3.6 閃電網路定位精確度示意圖。

3.3 經濟效益

氣象資訊對經濟影響甚鉅，氣象資訊在各行各業的應用加值的面向不管是生產

面、市場面或是政府的決策面，都天氣息息相關，例如農業產業之種苗採收、颱風菜價調節、災害補助與保險機制等。提升氣象資訊的準確度與細緻度將可有效促進國內產業發展。本計畫研究發展之小尺度災害性天氣預報技術，目的即在改善過去大範圍長時距的氣象預報，提高預測精度。目前其成果已落實至縣市防災單位之預警，提供 2.5 公里解析度之預報產品，大幅改善過去僅以臺灣北中南區之大範圍預報。本計畫執行之「強化災害性及即時鄉鎮預報技術」及「強對流偵測輔助系統」之技術發展，適可提升本局小區域預報技術之效能，研發成果雖無法直接量化估計經濟的產值，但可間接的減少巨大的經濟損失，尤其是與短期劇烈降雨天氣相關的產業例如農業、漁業及養殖業，皆可獲益，此外其他大多數產業亦會間接因劇烈降雨天氣預報技術改進，獲得更有效之防災資訊而減少經濟損失。

3.4 社會影響

本計畫發展完成之成果皆已落實到本局業務面，對社會發展及環境安全永續皆具正面貢獻。例如 WRF 系集預報定量降雨技術，已應用於氣象局預報作業流程，提供縣市尺度之定量降雨參考值，對原先以大區域的豪雨事件預報，以可有效縮小至以縣市為單位之豪大雨事件預報，在防災應變領域應用面有極大的參考價值。此外，閃電事件無論直接擊中或間接傳導的，對於人民生命財產安全有直接的威脅，更常造成各項設施的損毀，對民生的影響甚鉅；本計畫對評估閃電偵測系統的成效，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，對於天氣預報之精進、對流性天氣系統的掌握、重要建築設施之安全等，均可產生重要且關鍵的效益。

本計畫發展之細緻化預報技術不僅於都會區，更延伸至高山氣象，例如 101 年新增「原鄉部落」預報和天氣現況之資訊，提供高山部落氣象監測及預報等精緻化服務，資料分析技術應用係基於本計畫發展之 2.5 公里解析度網格點地面氣象分析場。102 年持續強化效率，提升本局官網發布的時間由整點進步到可提前至 20 分鐘，並以滾動式的即時預測產品，透過預報實驗方式於 102 年起即時提供大甲媽祖繞境進香氣象服務所需 9 天 8 夜之 21 鄉鎮、80 餘座廟宇、330 公里路程的即時氣象資料。103 年與客家委員會合作，於 103 年 4 月 9 日推出「客庄氣象」服務(圖 6.17)，本局於 103 年 4 月 9 日與客家委員會合作，推出「客庄氣象」服務，提供 69 個客家文化重點發展區及 130 個客庄旅遊景點的氣象服務，並在網站上提供客語教學，讓民眾能掌握客庄旅遊景點天氣外，亦能由氣象中深入了解客庄文化及語言。(參考網頁 <http://www.cwb.gov.tw/V7/forecast/entertainment/hakka/>)。此成效不僅可推廣應用於小區域及在地化的氣象預報，更有助於日後氣象產業業務發展，對顧客提供客製化的氣象專業服務。

閃電事件無論直接擊中或間接傳導的，對於人民生命財產安全有直接的威脅，更常造成各項設施的損毀，對民生的影響甚鉅；本計畫對評估閃電偵測系統的成效，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，對於天氣預報之精進、對流性天氣系統的掌握、重要建築設施之安全等，均可產生重要且關鍵的效益。閃電監測是一種重要的氣象觀測輔助手段，可配合雷達回波或衛星雲圖等資訊予以加

強鋒面系統、午後對流等劇烈天氣狀況之預報，目前本局已建立 10 座閃電落雷偵測系統，分布於馬祖、金門、東吉島、彭佳嶼、蘭嶼、新屋、五分山、日月潭、嘉義、高雄，可比臺灣電力公司提供更大範圍的閃電監測與定位資訊，對氣象預報將具有相當實用的價值，閃電定位系統提供的預報服務，可有效避免閃電事件對航空、電力、通訊、軍事等部門造成損害，也提供民眾對於防範劇烈天氣有更優質的資訊，保護大家的安全。

四、結論與建議

颱風、豪雨、乾旱和寒潮等氣象災害變常造成臺灣重大的經濟損失，因此務必持續強化災害天氣預報或預警技術，以有效減輕災害損失。為期三年的科技計畫「強化災害性即時天氣預報」即在強化鄉鎮尺度災害性及即時預報技術以及建置強對流偵測輔助系統方面進行重點研發，研發成果已逐步應用於氣象預報作業流程。而本計畫發展之 2.5 公里解析度網格點地面氣象分析場，其資料分析技術可應用於氣象監測及預報等精緻化服務，如原鄉部落預報、客庄氣象、大甲媽祖遶境、自行車節天氣預報、、、等客製化氣象服務。未來將精進 1 公里解析度網格點地面氣象分析場技術，以提升氣象加值應用服務。本計畫完成建立 10 座閃電落雷偵測系統，分布於馬祖、金門、東吉島、彭佳嶼、蘭嶼、新屋、五分山、日月潭、嘉義、高雄，可比臺灣電力公司提供更大範圍的閃電監測與定位資訊，對氣象預報將具有相當實用的價值，預期未來閃電定位系統提供的預報服務，可有效避免閃電事件對航空、電力、通訊、軍事等部門造成損害，也提供民眾對於防範劇烈天氣有更優質的資訊，保護大家的安全。

參考文獻

1. Treng-Shi Huang, 2014: Extended Ensemble Nowcasting Technique Using Recognition on Radar and High Resolution Regional Ensemble System. 2014 APEC Typhoon Symposium.
2. 許乃寧、黃嘉美、陳雲蘭、劉家豪，2014：鄉鎮尺度統計降尺度預成效評估-2013~2014 年冬季氣溫網格預報校驗。103 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，A5-6。
3. 黃嘉美、許乃寧、陳雲蘭、彭眾恩、簡菟蓉，2014：DMOS 應用於臺灣地區之溫度預報表現與分析。103 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，A5-2。
4. 馮智勇、林佑蓉、劉家豪、蔡雅婷、陳雲蘭，2014：應用 EKDMOS 發展系集模式溫度機率預報。103 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，A5-4。
5. 馮智勇、劉家豪、林佑蓉、蔡雅婷、陳雲蘭，2014：應用 BMA 發展多模式 MOS 策略溫度機率預報。103 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，A5-8。

6. 朱延祥、蘇清論，2014：「103 年度強化災害性即時天氣預報-建置閃電偵測系統技術之研究」期中/末報告書，交通部中央氣象局。
7. 黃椿喜、洪景山、葉世瑄、呂國臣，2014：從定量降水預報、定量降水機率預報到機率定量降水預報。103 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，A6-1。
8. 馮智勇、林佑蓉、劉家豪、陳雲蘭，2014：應用最小絕對壓縮挑選機制法建置溫度迴歸模型之研究。102 年天氣分析與預報研討會論文彙編，交通部中央氣象局，A2-108。
9. 陳新淦、黃椿喜、呂國臣、洪景山、張博雄，2014：發展模式與觀測雷達回波。103 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，A6-3。
10. 陳姿瑾、陳新淦、葉世瑄、黃椿喜、呂國臣，2014：分析動差不變量方法在辨識降雨回波圖形的特徵。103 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，A6-4。
11. 洪國展、李天浩、馮智勇、黃椿嘉、丘君翹、林彥廷，2014：以改良式 ABLER 法應用於臺灣地區降雨系統移速場外延估計。103 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，A20-30。
12. 李天浩，2014：「建置降雨特徵移速預報辨識研究(3/3)」期中/末報告書，交通部中央氣象局。