

## 強化災害性即時天氣預報(2/3)

# Fine Information of Formosa Weather II

主管單位：交通部 計畫編號：102-1502-02-05-05

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。本計畫預計以 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 102 年致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 1 篇、國內研討會論文 8 篇、研究報告 4 篇、製作教材 6 件及技術報告表 20 件。成果說明如下：

##### 3.1.1 強化災害性及即時鄉鎮預報技術方面：

1. 完成「客觀分析法地面溫度案例分析與 CUDA 技術應用」研討會議論文報告(馮等, 2013), 透過 2012 年幾個天氣案例之遮蔽測站實驗來分析包含克利金等三種客觀分析方法的表面溫度面化結果, 了解各方法的特性及其優缺點。該研究亦說明如何應用 NVIDIA CUDA (Compute Unified Device Architecture) 技術並結合 NVIDIA GTX260 圖形處理器(Graphic Processing Unit, GPU)來加速運算。
2. 完成「應用最小絕對壓縮挑選機制法建置溫度迴歸模型」研討會議論文報告(馮等, 2013), 說明使用最小絕對壓縮挑選機制法(Least Absolute Shrinkage and Selection Operator, LASSO)可較好處理統計模型變數因子間存在共線性(Collinearity)的問題。
3. 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, 2013), 了解不同閃電事件之發生與背景大氣之關係, 探索閃電發生之物理過程與大氣亂流與降雨之關連性,

##### 3.1.2 強對流偵測輔助系統方面：

1. 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, 期能有效延長即時天氣預報參考的可用時間。目前已發表 2 篇國內研討會論文、1 篇國際研討會論文及 2 份研究報告(李等, 2013)。
2. 研究辨識異質降水回波影像類似度、修正誤差工作, 除了逐步建立影像辨識法中的特徵辨識、影像切割等影像分析處理工具外; 另外, 建立並初步測試了不變動差影像比對方法, 以及透過二階動差做比對影像正規化後, 再計算影像類似度指標的方法, 初步研究得知:
  - (1) 不變動差法、小尺度特徵都不適合用來辨識異質影像的相似度。
  - (2) 本研究嘗試建立形態學影像分析工具、不同尺度的 Gabor 核函數、不同尺度的 Laplacian of Gaussian 核函數褶積等工具方法, 測試以其抹除小尺度特徵、建立中大尺度特徵指標; 配合使用 K-means 群聚分析找出指標類似的影像, 再以人眼判斷實際相似程度, 篩選決定應用各項特徵指標輔助判斷影像相似度的效益。
  - (3) 要應用二階動差標準化方法, 必須設定最大可容許旋轉角度門檻值, 以及最大可伸縮比率, 避免錯誤辨識。

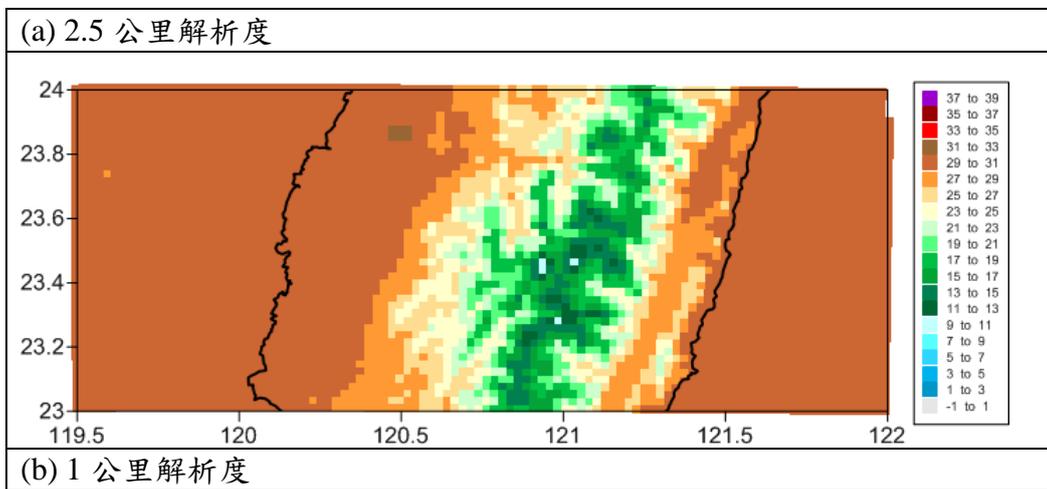
#### 3.2 技術創新

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：

### 3.2.1 強化災害性及即時鄉鎮預報技術方面：

1. 完成「動態模式輸出統計法」(DMOS)氣溫建模暨上線預報作業環境，以及新建 1 個「DMOS/MOS 校驗產品繪製與顯示介面」，提供統計預報發展人員有一個便於監看統計預報表現結果的網頁型平台。另外，為能在日後整合系集模式預報資料並提供機率性天氣要素產品，102 年度同時進行系集模式統計降尺度預報方法研發，完成『系集核密度模式輸出統計方法』(Ensemble Kernel Density Model Output Statistic，簡稱 EKDMOS)的實作測試。
2. 現行預報作業資料眾多、程序繁複，且大多分散各處。本計畫發展作業控管系統，可提供統一的資料儲存管理服務，儲存觀測、官方預報、模式預報及統計預報等資料，並視其他系統之需求供應相關資料，以增加預報作業能力並減少人員在資料維護上所需付出的心力及時間。另考量到大量預報資料之儲存與計算非現有單機架構可處理，故於 101 年開始發展叢集系統，進行基礎功能建設，至 102 年度已可以於叢集環境正常驅動工作並產出階段性產品。
3. 完成空間解析度 1 公里之地面天氣分析模組開發，與 2.5 公里內插結果比較，1 公里內插結果較為平滑(如圖 3.1 至 3.2)，且資料較為連續，亦與測站觀測值較為接近。為有效減低高解析度網格點內插運算耗時，利用 ACML 函式庫 `dgemv` 進行無陣與向量乘積運算。資料顯示，優化後內插運算速度較優化前提升 75% 以上。



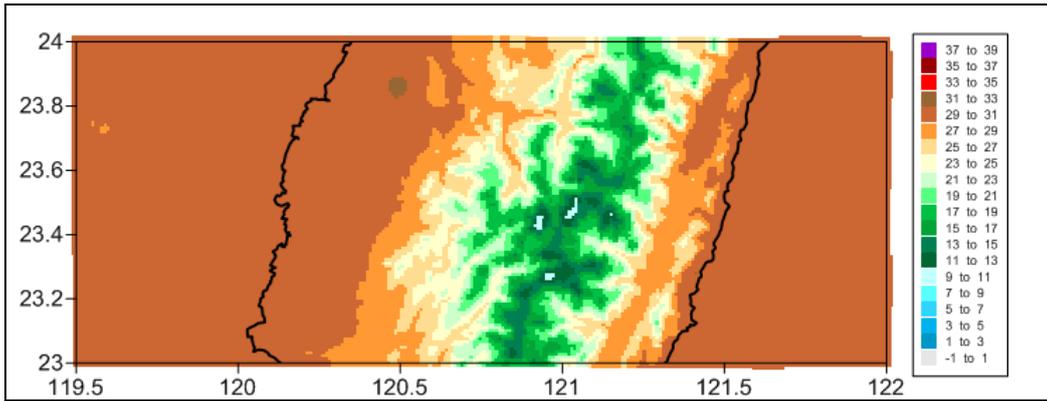


圖 3.1 2011 年 8 月 8 日 8 時中部地區不同解析度網格地面真實溫度場面化圖比較。

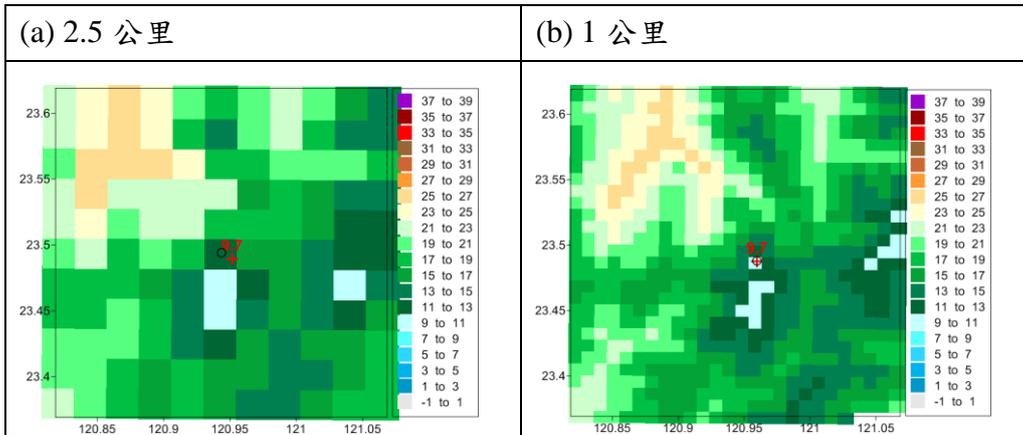
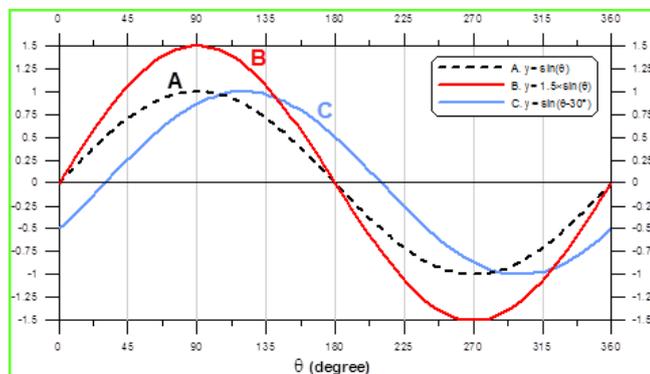


圖 3.2 2011 年 8 月 8 日 8 時玉山站周圍不同解析度網格地面真實溫度場面化圖比較(紅色+字為玉山站觀測資料，黑色圓圈為不同解析度最近 網格點位置)。

### 3.2.2 強對流偵測輔助系統方面：

1. 完成採用二維傅立葉轉換(2D FFT)擷取天氣圖特徵，以此計算兩張天氣圖之間的相似度，並以各個波數對應之強度給予適當權重，可過濾較不重要之波數或雜訊。建置完成利用此方法即時比對數值模式預報場和歷史分析場之相似度，找出最相似的歷史個案以協助預報員了解小區域的天氣變化強況。



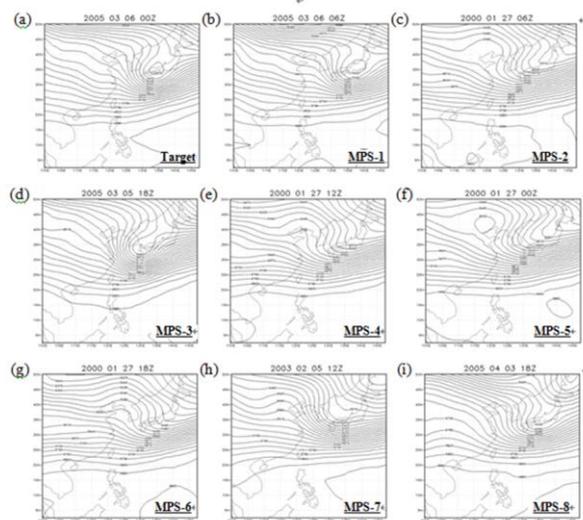


圖 3.3 2005 年 3 月 6 日 Soudelor 之 WRF Reanalysis 500mb 高度場比對結果。

2. 完成可以適用於估計非颱風降水系統移速的線性 ABLER(Advection Based Lagrangian-Eulerian Regression)演算法，並利用 WRF(Weather Research and Forecasting)模式模擬 2012/06/12 梅雨案例輸出降水回波測試，以及 2012 年五月與六月梅雨鋒面雷達觀測資料案例分析，研究發現因為臺灣地形造成的移速場非均勻性，使第一層全域 ABLER 法估計移速場的效益不高，只能作為類似背景場。第二層區域 ABLER 法估計移速場，因為資料範圍較大，通常有較為充足的有效資料數量，移速估計相對穩定，最有參考價值。第三層 ABLER 區塊估計的移速場具有細節變化，適合應用於台灣附近，唯資料數量偏少，移速估計的不確定性較高，時間空間的震盪變化梯度較大；未來可以考慮透過區塊重疊範圍不斷增大方式，取得足夠使迴歸問題穩定的觀測資料作迴歸，改善第三層 ABLER 區塊估計移速場的正確性和穩定性。
3. 增進臺灣地區弱綜觀天氣條件下之午後對流之預報，並增進系統於進行四維變分資料同化之計算效能，至於發展包含地形之新版本變分都卜勒雷達同化系統將可有效掌握與臺灣複雜地形相關之小尺度天氣特徵，如海陸風效應、山谷風環流以及與激發對流天氣系統發展之地舉升等機制，以增進預結果之合理性。此新技術之應用將可強化對於臺灣地區之對流系統發生、成長、衰減及移動的預測能力。
4. 建置完成即時比對颱風預報路徑與歷史颱風路徑之相似度之系統，並可由此系統看到歷史颱風的相關強度、雨量、暴風半徑和路徑等資料(如圖 3.4)。以協助預報員預報颱風路徑變化。

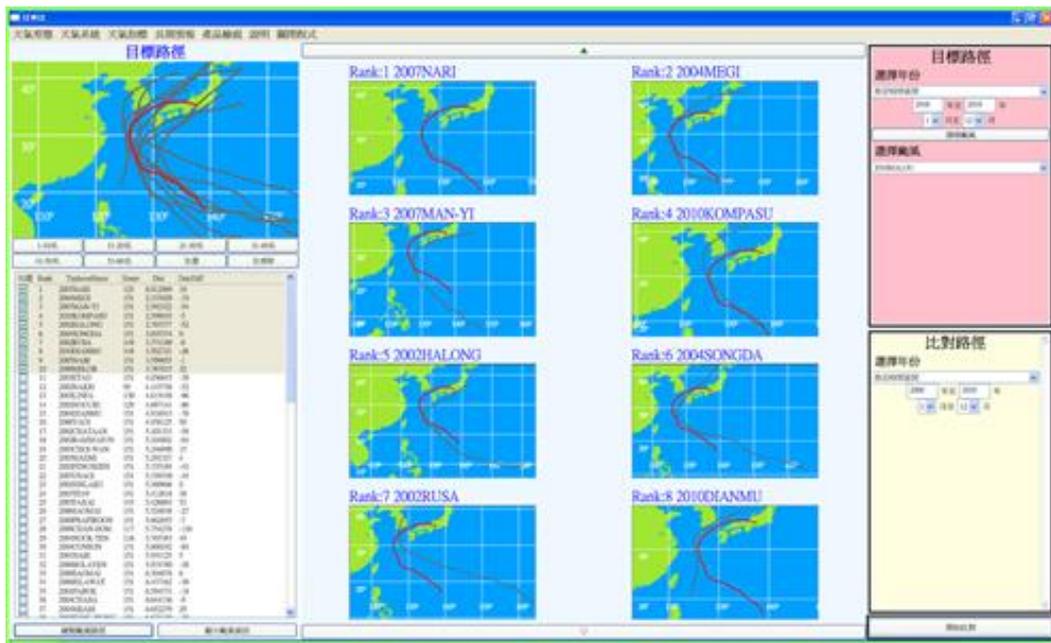


圖 3.4 主動式智慧空八氣辨識系統(DVID)之八氣辨識功能(颶風路徑辨識)。

### 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，透過預報實驗方式即時提供 102 年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。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。

#### 四、展望

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。本計畫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，整合不同科研領域的專家共同參與，強化與創新天氣預報的應用技術，以輔助預報人員預報之決策，改善災害性天氣的預測能力有效提升定量降水預報技術，提供防救災單位應用，降低天氣災害的影響，維護國家、社會及人民的生命財產安全。

#### 參考文獻

1. Tim-Hau, Lee, 2013: The Advection Based Lagrangian-Eulerian Regression (ABLER) Scheme for Storm Tracking. 2013 APEC Typhoon Symposium.
2. 李天浩、張鳳吟、丘君翹、蔡雅婷、黃椿喜、劉承昕，2013：應用 QPESUMS 資料迴歸估計台灣地區降雨系統移速場。102 年天氣分析與預報研討會論文彙編，A2-147。
3. 李天浩、陳翠玲、陳品妤、陳孟詩、李明營、陳雲蘭，2013：颱風地形降雨趨勢分析及其山區雨量估計影響之探討。102 年天氣分析與預報研討會論文彙編，A2-123。
4. 顧欣怡、鄭安孺、陳怡玟、呂國臣，2013：高解析度地面即時氣象資料空間分析。2013 海峽兩岸災害性天氣分析與預報研討會論文彙編，41-51 頁。
5. 鄭安孺、李天浩、顧欣怡、陳怡玟、林忠義，2013：應用雷達定量降雨估計改進雨量檢覈技術。102 年天氣分析與預報研討會論文彙編，A2-87。
6. 馮智勇、劉家豪、林佑蓉、葉雅婷、陳雲蘭，2013：客觀分析法地面溫度案例分析與 CUDA 技術應用。102 年天氣分析與預報研討會論文彙編，A2-92。
7. 馮智勇、林佑蓉、劉家豪、陳雲蘭，2013：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，A2-108。
8. 朱延祥、蘇清論，2013：主動式閃電偵測系統。102 年天氣分析與預報研討會論文彙編，A1-76。

9. 陳姿瑾、黃椿喜、呂國臣，2013：利用高解析度氣象網格資料分析臺灣各區域溫度特性。102年天氣分析與預報研討會論文彙編，A3-15。交通部中央氣象局「強化災害性即時天氣預報-建置閃電偵測系統技術之研究案」期中/期末報告書，2013。
10. 交通部中央氣象局「建置降雨特徵移速預報辨識研究(2/3)」期中/末報告書，2013。