

● 中央氣象局「數值天氣預報作業」簡介

壹、發展背景

數值天氣預報(Numerical Weather Prediction, NWP) 是全世界氣象研發及作業單位積極發展的客觀預報技術，此技術是依大氣的物理特性及動力原理，將描述大氣運動及天氣系統發展的方程組以差分方程表示後的模式，利用超級電腦的快速運算進行大氣的結構分析，並推估天氣系統的未來演變，所得的資料可以產製大範圍天氣系統的預報圖，為發布逐日天氣預報的重要參考資訊。

NWP 採用的模式極其複雜，預報執行又有時間上的緊迫性，要在預定的時程前完成所需要的計算資源非常龐大，並非一般電腦所能負荷，需要透過超級電腦執行。中央氣象局(以下簡稱本局)自 1984 年起推行氣象業務全面電腦化計劃，致力發展 NWP 技術，至 1989 年間完成第一代預報系統發展，包含客觀分析、全球模式、區域模式、颱風路徑預報等技術，配合 1987 年 6 月建置的國內第一部超級電腦 CDC-CYBER 205，於 1990 年正式上線作業。此後，每隔 5 至 6 年配合 NWP 技術的提升皆進行超級電腦設備之升級，期間依序歷經 CRAY YMP8I、FUJITSU VPP5000、IBM P5-575 Cluster 1600 等超級電腦系統，現行作業的 FUJITSU FX10 於 2013 年建置，隸屬第五代系統，NWP 模式中最細的解析度也進步至每 4 公里即有 1 個預報點。

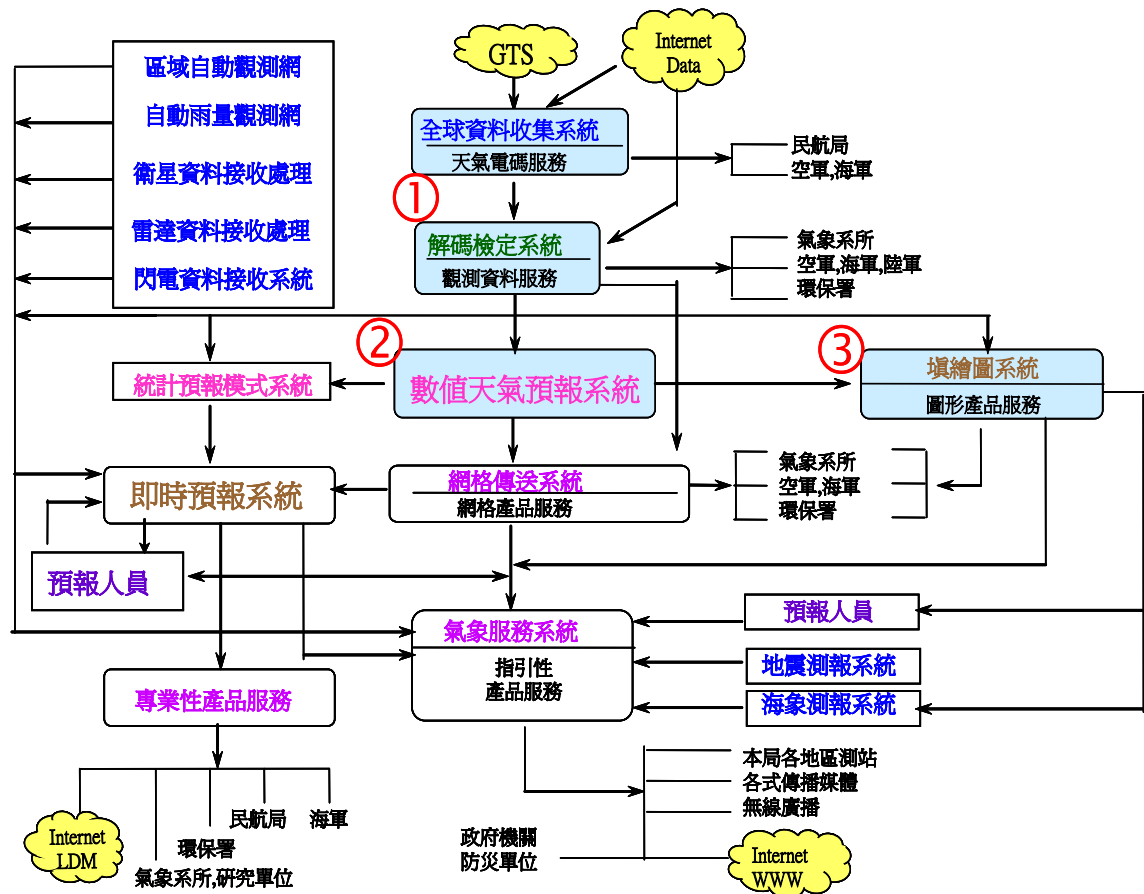


圖 1 數值天氣預報與各作業系統關係圖

NWP 作業與其他許多系統息息相關，圖 1 是目前本局 NWP 作業系統與其上、下游的關係架構圖，完整的作業(圖 1 中有底色的作業)需經過資料收集、模式預報、輸出繪圖等過程，在分工上，資料收集(圖 1 中①)由氣象電碼接收轉發系統(Meteorological-message Interchange & Process System, MIPS)及自動氣象資料處理系統(Automatic Meteorological Data Processing System, AMDP)負責；模式預報由數值天氣預報研發小組提供預報模式，交由預報控制系統(Numerical Weather Prediction Control System, NCS)小組進行預報流程的管控(圖 1 中②)；輸出繪圖是填繪圖系統(Grapher System, GRA)的主要任務(圖 1 中③)。

貳、作業現況

本局現行的 NWP 作業執行下列 4 套預報系統，全球預報系統(Global Forecast System, GFS)、區域天氣研究預報模式(Weather Research and Forecasting model, WRF)、非靜力區域預報系統(Non-hydrostatic Forecast System, NFS)及系集預報系統(Ensemble Forecast System, EFS)，共 12 組預報模式，預報後端尚含校驗及統計作業，項目則包括不同氣象場之各種評分計算。NWP 維持不間斷的作業，在人力及物力上都需要投入大量的資源，所有的負責同仁 24 小時待命嚴密監控，即時解決系統不正常運作的問題，以求達到即時解決問題的服務水準，讓作業執行不間斷，提供預報人員即時的天氣預報參考資訊。相關的系統運作詳述如下：

一、資料收集

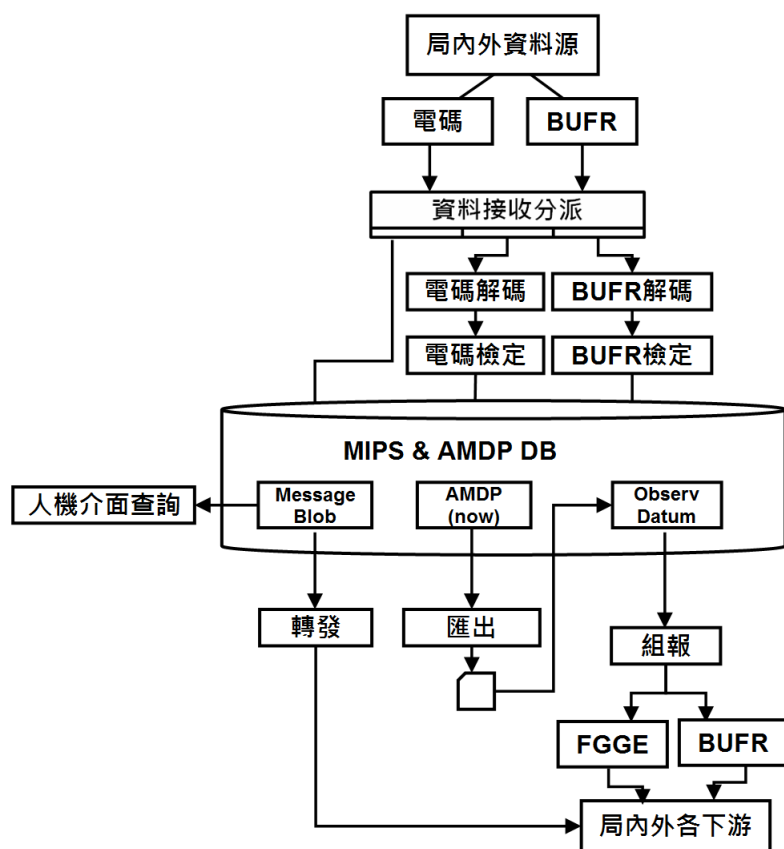


圖 2 MIPS 及 AMDP 的作業架構圖

預報模式的執行需先進行觀測資料及邊界資料的收集，MIPS 是氣象局的氣象電碼總收發系統，透過全球通信系統(Global Telecommunication System, GTS)或專線方式，負責接收來自本局的局屬測站、國內其他單位、世界各地觀測資料的氣象電碼及國外氣象作業中心產製的 NWP 資料，經分解儲存後，轉發給局內、外之需求單位使用；AMDP 負責將 MIPS 所收到各種氣象資料及系統本身自網際網路(Internet)上所抓取的資料，解碼並進行資料品質檢定，再經過相關的格式轉換後，提供給局內、外各單位使用，同時進行國際廣播並在組報後傳送到日本東京國際氣象中心，MIPS 及 AMDP 的作業架構如圖 2，當收集的資料完成後即通知 NCS 啟動 NWP 作業。

二、模式預報

NCS 主要依據超級電腦上排定之 NWP 作業時程表，負責執行氣象局各種 NWP 模式的預報及各種相關資料的校驗、統計與儲存工作的流程控管，提供日常所需的模式預報結果，當預報完成後即通知 GRA 啟動繪圖作業。

在實際預報作業的程序中，原則上配合著全球氣象觀測的時間(00、06、12、18 UTC)分成 4 個作業時段，預報作業的執行前需先由上游(MIPS 及 AMDP)系統取得所需的觀測及國外模式預報資料，為了能收集足夠多的觀測結果，表訂的主作業 (Major run) 允許的最早啟動時間原則上為觀測時間後 3 小時，亦即 UTC + 3 (本地時間 11、17、23、05 點)，最晚啟動時間以能在時限內提供預報中心完整的資訊為限制條件，其中作業皆由全球預報模式的分析及處理先行，區域預報模式在取得需要的相關資料後再行啟動。

由於在主要預報作業啟動時可能尚未收集到所有的觀測資料，因此多數模式會在每次下一趟主作業將開始之前再執行一次 6 小時的後置預報 (Post run)，利用比較完整的觀測資料進行模式計算，再將比較好的預報結果提供給下一次主要預報，進行分析場產製使用，圖 3 是每日各時段作業的啟動及模式運作時程表。

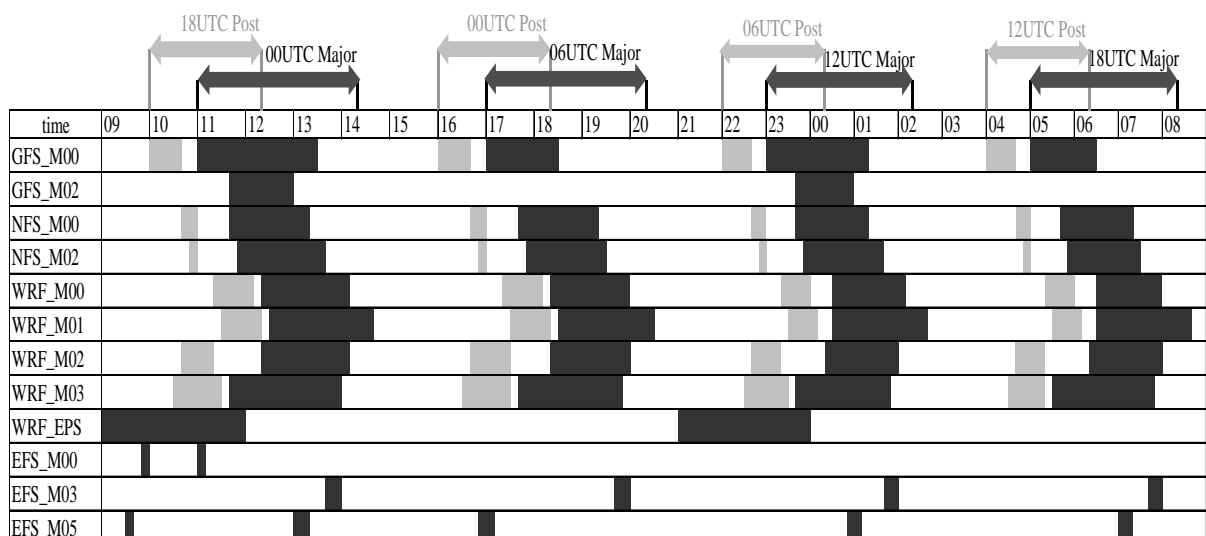


圖3 每日各時段作業的啟動及模式運作時程表

三、輸出繪圖及展示

GRA 主要負責執行 NWP 作業中觀測資料填圖及模式預報結果繪圖的任務，現行作業繪製的圖檔包括各種觀測資料、本局各種預報模式產品、各模式的校驗統計結果及國外氣象作業中心產製的模式預報產品。

當上游資料源(AMDP 或 NCS)傳送訊息進入 GRA 所指定的訊息儲存倉儲後，系統透過流程控制程式驅動作業核心軟體(Linux Kernel)所支援的偵測機制，自動偵測訊息是否到位並解析訊息內容，而後系統依據訊息的定義，將訊息重新組合成特定動作，以固定觸發的運作方式依序進行圖形產品產製、圖形產品檔案格式轉換、檔案傳送，並啟動監控機制進行作業監控(作業架構如圖 4)。

為支援大量數值圖形產品的產出(現行作業系統每日產製超過 40,000 張的圖形產品)，於圖形產品產製作業、圖形產品檔案格式轉換作業時，系統採用多處理器處理(Multi-processing)功能，視當下系統資源狀況將工作負載均勻地分配到所有可用的處理器上，以達充分利用系統硬體資源，進而提高產製效能的作業目標。

圖形產製完成後以兩種服務方式進行即時作業提供，一是以約定的檔案傳輸協定(FTP, File Transfer Protocol)方式將產品傳送給使用者，二是以約定的訊息知會(notify)方式告知使用者至系統的資料池(data pool)取用。

產製的圖形可經由局屬官網(<http://www.cwb.gov.tw>)展示給一般民眾知悉，亦可透過本局的天氣資料整合暨即時預報系統(Weather Integration and Nowcasting System, WINS)進行更細緻的顯示，此系統提供整合性的雷達、衛星、傳統氣象觀測資料和數值預報產品之查詢與顯示，實為提供學界及氣象預報單位即時掌握天氣監測及數值預報產品的唯一管道，現行透過雲端的機制已將圖形產品傳送至海軍、空軍、民航局、環保署、水利署及國內各大學(包含台灣大學，台北師範大學，中央大學，成功大學，中興大學，文化大學)等單位。

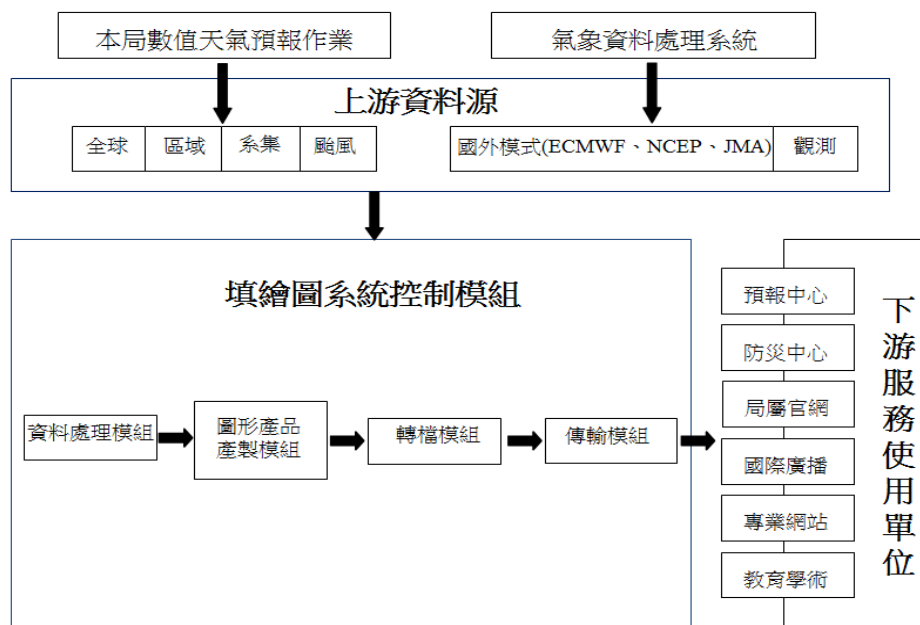


圖4 GRA的作業架構圖

參、未來發展

NWP 作業包含了模式執行所需之資料接收、模式預報積分運算、數值產品圖檔製作、預報資料提供與展示，實為相當繁瑣且複雜的作業系統，爲了提高預報準確度，本局投注相當的人力，不斷的改進現有之預報模式及作業，以期降低民眾因天氣災害導致的生命財產損失，現階段主要的工作項目有：

一、資料接收

在資料接收上因應國際間觀測資料傳輸格式的改變，資料處理系統正積極進行系統更新，預期可以提供更精確的觀測資料外，資料的交換及傳輸上更能與國際接軌。

二、模式發展

超級電腦在2014年將由現行的FX10升級至P-FX10，全系統總運算效能值可達1.2P flops，爲前代IBM-P5系統的92倍，強大的運算資源將提供預報模式發展最有力的支援，預期NWP模式中最細的預報點的間隔將能提高到每3公里或2公里，細緻度將大增。

配合升級的超級電腦運作，亦將逐步進行流程管控的優化，以利更即時的預報資料產製。

三、繪圖展示

填繪圖系統加入新的運作概念及技術，進行新繪圖套件的開發及作業流程的設計，並結合地理資訊與圖形資料提供更多元的綜合資訊。

肆、結語

本局在提供民眾更多氣象資訊與提升學術交流的目標下，將建置數值天氣預報產品的專業顯示系統，預期提供多種數值模式的預報產品，讓使用者依不同需求掌握所需的氣象資訊與知識。期盼在提供更高品質的數值天氣預報產品時，更能加速氣象資訊活用化，增進氣象資料之應用經濟價值。

(本文由交通部中央氣象局資訊中心提供)