

「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」

全球模式小組會議資料

召集人：楊明仁

組員：柯文雄

林先建 NASA/GFDL

莊漢明

李瑞麟

馮欽賜

葉正  
001.20.2005 15100

# 中央氣象局全球模式未來規劃建議

中大水文所 楊明仁

## 一、背景

目前作業中之中央氣象局全球波譜模式系統是在民國 79 年至 83 年的「氣象業務全面電腦化第二期計畫」下，由美國模式專家、國內學者與中央氣象局 NWP 小組共同合作建立而成，當時主要參考的對象為美國海軍的 NOGAPS 全球模式系統。隨著氣象業務全面電腦化第三期(民國 84 年至 89 年)及第四期計畫(民國 90 年迄今)的延續，促使電腦容量及速度的更新，氣象局全球波譜模式亦隨之提高水平及垂直的解析度(水平 179 波及垂直 30 層)，部份物理參數法於國內外專家顧問的建議指導下有所更新，不過預報模式的主體架構大致不變，尤其動力的部份。

氣象局全球波譜模式的發展與運作，迄今(民國 94 年 10 月)約有 15 年左右的歷史，期間由於人力的限制致使發展的腳步較慢，相對於現今其他國家氣象作業單位(如美國的 NCEP 及歐洲的 ECMWF)全球模式持續不斷地進展或積極邁入新一代數值模式，現在的中央氣象局全球模式的整體設計架構、動力及物理方法已略顯老舊，是該重新檢討與設計的時刻！

本全球模式研究小組(成員包括中央大學楊明仁教授、台灣大學柯文雄教授、台灣師範大學陳正達教授、及氣象局馮欽賜科長)經過多次討論會商，審慎評估全世界各氣象作業及研究單位所使用的全球模式發展趨勢，一致認為目前在美國 NOAA/Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) 林先建博士(Dr. Shian-Jiann Lin)發展的有限體積全球模式(finite-volume GCM)，是一個十分值得氣象局參考及學習的全球模式架構。同時本研究小組亦認知到目前數值模式發展日趨複雜，為了各個模式部份模組(module)間的交換及互通耦合(coupling)的方便，如大氣模式與海洋模式間的耦合，模式程式的撰寫應當採用共同的程式架構，例如現行美國 NASA、NCAR 及 GFDL 正在共同推廣的 ESMF (Earth System Modeling Framework)架構，以方便未來模式與模式間的訊息傳遞與資訊交流。以下本小組將就有限體積全球模式(finite-volume GCM；簡稱 fvGCM)及 ESMF 部份，做一簡單介紹，以做為未來中央氣象局全球模式發展改進的參考藍圖。

### (一) fvGCM

林先建博士對於 fvGCM 的發展工作，主要於 1980 年代末期至 1990 年代初期在美國 NASA 的 Goddard Space Flight Center (GSFC)所進行(請參

閱 Rood 1987; Lin et al.1994)。林先建博士去年(2004 年)在 Monthly Weather Review 發表一篇論文(Lin 2004)，對於其 fvGCM 動力模組部份做一完整的介紹。他的 fvGCM 動力模組是在一跟隨地形(terrain-following)的座標系統，於垂直上使用控制體積(control-volume)的 Lagrangian 座標架構，並且在不考慮數值擴散作用下，可確定保守流體的質量、動量及總能量。在水平方向，林先建博士的 fvGCM 使用 2 維的 semi-Lagrangian 通量形式差分，並確定保守純量場及絕對渦度場，亦確定不會出現在波譜模式於物理空間及相位空間轉換時常見的 Gibbs oscillation 現象。由於此 fvGCM 在垂直方向採用 Lagrangian 座標架構，可以減少在 Eulerian 座標中因 CFL 條件對於積分時步( $\Delta t$ )的限制，因此可以在計算上使用較大的積分時步，故於長時間預報上較有效率。

美國 NASA GSFC 於 2004 年 3 月開始於其 Columbia Altix 電腦叢組(共有 512 nodes，通常使用 240~508 CPU)測始 fvGCM，他們約花了 3~4 星期將模式程式調整至最佳平行式效能；他們於 2004 年 8 月開始進行接近即時預報(near real-time)的數值天氣預報，目前每日進行 2 次預報(使用 00 UTC 及 12 UTC 的初始場資料)。現行每日預報之 fvGCM 的模式架構為水平解析度 0.25 度(約 28 公里)而垂直為 32 層，若使用 NASA Ames Research Center 的 Columbia Altix 電腦叢組(Linux Cluster)512 CPU 中的 240 CPU，做 5 天的天氣預報僅需 3700 秒(約 61.67 分鐘)的時間，計算速度相當快速。目前此 NASA fvGCM 對於 2002 年及 2004 年的颱風路徑預報表現相當良好，細節部份可參閱 Atlas et al.(2005)這篇文章。

圖 1 為 NASA fvGCM 對於 Isidore(2002)颶風的路徑預報結果。圖中表顯指示，fvGCM 預報的颶風路徑，十分接近實際颶風路徑；而且隨著模式初始時間的調整，預報路徑越來越接近真實颶風路徑。特別強調的是，fvGCM 可以相當準確預報 Isidore 颶風於墨西哥 Yucatan 半島登陸打轉後再往北直撲美國路易士安娜州，此與實際颶風路徑相當吻合。圖 2 為 NASA fvGCM 預測 Isidore 颶風登陸後的海平面氣壓分布(圖 2a)及所對應的 NCEP 氣壓分析場(圖 2b)。透過這 2 張圖的比較，明顯看出 fvGCM 由於其較高的水平解析度(0.25 度)，可以對颶風眼的強度及結構有較精確的掌握。由圖 2c 與圖 2b 此兩張通過颶風眼的垂直結構圖來看，NASA fvGCM 可以相當精確地模擬出颶風中心及眼牆的細微結構。

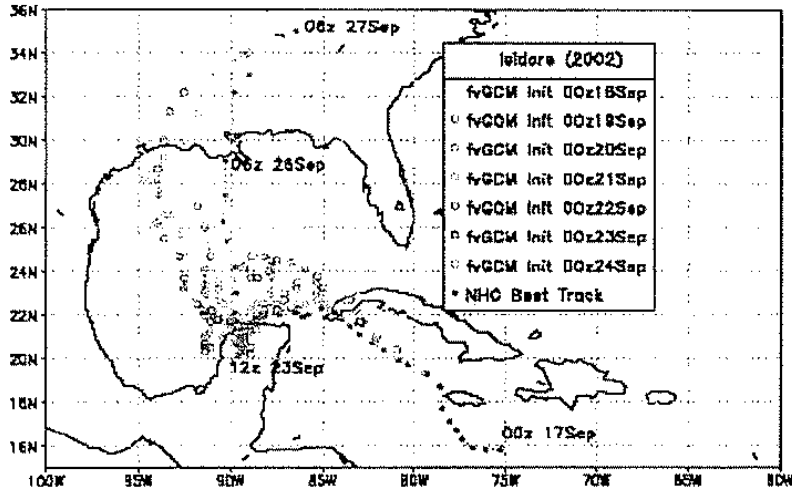


圖 1：NASA fvGCM 對 Isidore(2002) 颶風的路徑預報結果。每一點代表每 6 小時的颶風中心位置(取自 Atlas et al. 2005)。

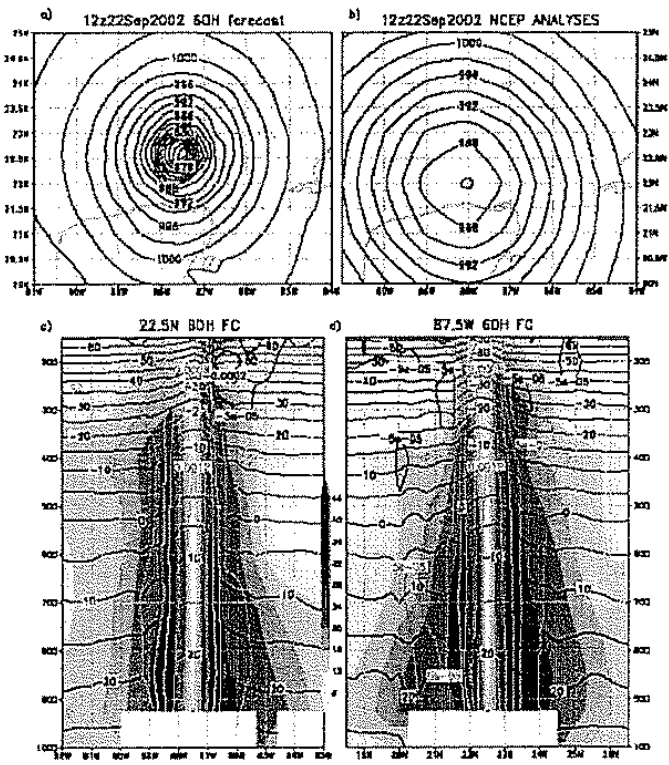


Figure 4. SLP (hPa) relative to 1200 UTC 22 September 2002: 60-hour forecast (a), NCEP validating analyses (b). Vertical cross sections relative to the 60-hour fvGCM forecast (c,d). Plotted are wind speed ( $\text{ms}^{-1}$ , shaded), relative vorticity ( $\text{s}^{-1}$ , thick red/blue line), temperature ( $^{\circ}\text{C}$ , solid black line).

圖 2：NASA fvGCM 預測 Isidore (2002) 颶風登陸後的海平面氣壓分佈 (圖 2a) 及所對應的 NCEP 氣壓分析場 (圖 2b)；圖 2c 與圖 2b 此兩張通過颶風眼的垂直結構圖 (取自 Atlas et al. 2005)。

表 1 為 NASA fvGCM 對於 2002 年的 Gustav、Isidore 颶風及 2004 年的 Bonnie、Charley 颶風的中心氣壓及路徑誤差對照表。在氣壓方面，好的預報僅差 1 hPa (如 2002 年 Isidore 颶風於 9 月 18 日 00Z 的預報)，差的預報誤差可達 31 hPa (如 2004 年 Charley 颶風於 8 月 13 日 12Z 的預報)。在 48 小時路徑誤差部份，最好的誤差僅有 90 公里(如 2002 年 Isidore 颶風於 9 月 20 日 00Z 的預報)，最壞的誤差可達 390 公里(如 2004 年 Charley 颶風於 8 月 12 日 12Z 的預報)。平均而言，此 NASA fvGCM 對於颶風強度及路徑預報的表現，不亞於美國 NCEP 現行官方的 GFDL 颶風模式的預報水準，甚至有過之而無不及！

Table 1. Summary of Results<sup>a</sup>

IT	Ob/An	MSC	DE 48,72,96,120	DEL
<i>2002: Gustav (Min obs slp 960 hPa at 06z 12Sep)</i>				
00z8Sep	nontropical	980	150,190,820,-	-
00z9Sep	1004/1007	977	140,140,-,-	-
<i>2002: Isidore (Min obs slp 934 hPa at 12z 23Sep)</i>				
00z18Sep	1006/1007	968	260,240,430,630	240,-,-
00z19Sep	998/1005	962	280,300,340,410	100,-,-
00z20Sep	979/999	958	90,120,110,210	70,20,-
00z21Sep	964/991	948	140,130,170,280	-,-50,-
00z22Sep	947/984	963	190,280,470,-	-,-50,-
00z23Sep	950/982	974	200,400,-,-	-,-,330
00z24Sep	980/989	986	340,-,-,-	-,-,260
<i>2004: Bonnie (Min obs slp 1000 hPa at 15z 11Aug)</i>				
00z11Aug	1004/1011	1000	-,-,-,-	530
12z11Aug	1000/1010	1003	-,-,-,-	270
00z12Aug	1000/1010	1002	-,-,-,-	160
<i>2004: Charley (Min obs slp 941 hPa 21z 13Aug)</i>				
00z11Aug	999/NC	1008	240,100,220,-	30
12z11Aug	997/1011	1006	110,420,-,-	70
00z12Aug	993/1009	999	210,-,-,-	140
12z12Aug	984/1009	995	390,-,-,-	270
00z13Aug	975/1002	987	-,-,-,-	300
12z13Aug	967/998	993	-,-,-,-	30

<sup>a</sup>First column: initialization time (IT). Second: center slp (hPa) at IT: observed vs. analyzed (Ob/An). NC = no closed circulation. Third: minimum simulated center slp (MSC, hPa). Fourth: Displacement error (DE, km) at 48, 72, 96 and 120 hours (not computed after ET). Fifth: DE (km) at landfall (triple for Isidore).

表 1: NASA fvGCM 對 Gustav、Isidore、Bonnie、Charley 颶風的中心氣壓及路徑誤差對照表(取自 Atlas et al. 2005)。

## (二) ESMF

Earth System Modeling Framework (ESMF)為美國許多氣象研究及作

業單位的軟體工程師及科學家們所共同發起推廣使用的模式設計架構。其目的在於方便未來不同模式與模式間的資訊共通或是程式模組間的交換始用，細節內容可以參考此 ESMF 網站：<http://www.esmf.ucar.edu>。基本上此 ESMF 架構是在現行各個程式設計者或是模式撰寫者的原始程式(Use Code)上，加上一 ESMF Superstructure，以方便不同程式(模組)間之模式輸出的耦合連接；同時在原始程式之下，再加上一 ESMF Infrastructure，放上共同需要的原始資料，以方便於共通資料間的存取連接。許多 ESMF 範例、測試程式、及教材，都已放在此網站上。值得一提的是，林先建博士的 NASA fvGCM 業已改寫成 ESMF 的語言架構，可以很方便地與其他數值模式互通耦合！

## 二、 完成此項目之時程與進度

經過本小組成員的幾次會商討論後，我們認為未來氣象局全球模式的動力模組部分可以採用美國 NOAA/GFDL 林先建博士的 fvGCM 動力模組架構，物理模組部分則可套用現行氣象局全球模式的物理參數法模組而加以適當修改。預計完成此項目之時程如下：

第一階段(2006 年 1~12 月)：瞭解林先建博士 fvGCM 動力模組的設計原理及基本架構。取得 fvGCM 的測試版本，於氣象局電腦主機上進行執行測試(testing run)，並做必要的調整及平行化處理。

第二階段(2007 年 1~12 月)：建立 CWB fvGCM 動力模組雛型，並放入現有氣象局模式的物理參數法模組。

第三階段(2008 年 1~12 月)：修改 CWB fvGCM 模式雛型，於氣象局電腦上做預報測試，針對平行化的計算效率作最佳化調整。

第四階段(2009 年 1~12 月)：完成 CWB fvGCM 第一代版本，針對過去天氣個案進行準作業測試。研究放入非靜力平衡動力模組(Nonhydrostatic dynamics module)。

第五階段(2010 年 1~12 月)：進行第一代 CWB fvGCM 與現有氣象局全球模式的準作業平行化測試(parallel testing run)，針對重大天氣個案(如梅雨及颱風)，評估非靜力平衡動力效應的影響程度。

## 三、 完成此項目所需資源

經過小組成員的會商討論後，我們認為在中央氣象局現有全球模式小組人力編制下，所需額外增加資源如下：

人力資源：博士級數值模式專家 1~2 名  
碩士級人員 1~2 名協助模式測試及程式平行化

電腦資源：實際需求應視當時氣象局的電腦硬體資源而定。但為確保未來 CWB fvGCM 可以實際上線運作，所需電腦硬體資源應確保當 CWB fvGCM 的架構為水平解析度 0.25 度及垂直 40 層時，做五天的預報僅需 1 小時的計算時間(clocktime)。

#### 四、 預期成效

預期未來新一代全球模式研發 5 年後，中央氣象局可以有嶄新的全球模式(暫且命名為 CWB fvGCM)，有全新的動力架構及更精確的數值方法，水平解析度可達 0.25 經度(約 28 公里左右)。此新一代的全球模式對於重大的天氣及區域氣候現象(如梅雨及颱風)，應有較佳的預報能力，而且未來可以延伸考慮非靜力平衡動力效應。

#### 參考文獻：

- Atlas, R., O. Reale, B.-W. Shen, S.-J. Lin, J.-D. Chern, W. Putman, T. Lee, K.-S. Yeh, M. Bosilovich, and J. Radakovich, 2005: Hurricane forecasting with the high-resolution NASA finite volume general circulation model. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L03807, doi:10.1029/2004GL021513.
- Lin, S.-J., W. C. Chao, Y. C. Sui, and G. K. Walker, 1994: A class of the van Leer-type transport schemes and its applications to the moisture transport in a general circulation model. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 1575-1593.
- Lin, S.-J., 2004: A “vertically Lagrangian” finite-volume dynamical core for global models. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 2293-2307.
- Rood, R. B., 1987: Numerical advection algorithms and their role in atmospheric transport and chemistry models. *Rev. Geophys.*, 25, 71-100.

# 「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」

## 區域模式小組會議資料

召集人：簡芳菁

組員：周仲島

林沛練

郭英華

蒲金標

洪景山



## 因應國際氣象新科技發展之策略規劃--- 區域模式部份

- 一、國內利用 WRF 進行準作業(quasi-operation)氣象預報的大學有台灣師大地科系、台大大氣系、中央大氣系聯合執行的『動力模式降雨系集與降尺度預報實驗』，此計畫由中央氣象局委託執行。三個學校各自執行 WRF 模擬，再將產品彙整於網站展示，並產生系集預報之產品。另外中大水文所也利用 WRF 執行每日一次之氣象預報。
- 二、目前國內各氣象相關科系皆有學者利用 WRF 進行研究，包括有梅雨季豪雨、颱風研究、及氣候研究等。
- 三、學界對 WRF 的反應頗為熱烈，因中央氣象局委託計畫的資助，日前在中大大氣系舉辦了為期兩天的 WRF 教學訓練課程，共吸引了七十多位學員報名參加。未來使用 WRF 進行研究的人數將急速攀升。
- 四、中央氣象局使用 WRF 的好處包括：
  1. CWB 可以節省其人力，卻可受惠於由 NCAR 及世界各地使用者貢獻的模式發展工作。
  2. 大學因使用 WRF 進行研究，故可幫 CWB 訓練人才。
  3. CWB 可將一些特殊的 WRF 預報問題交由大學教授進行研究，互相交流。
  4. 利用 WRF 模式成爲社區模式，可以進行以下研究：中尺度預報、區域預報、短期預報(結合資料同化)、颱風預報、民航預報、區域氣候模擬。
  5. CWB 應將模式人力專注在 WRF 的台灣化(localization)上，例如：發展合適台灣地區使用之物理過程，進而回餽給 WRF 研究群，增加 CWB 的能見度；加強資料同化工作，可利用雷達資料，COSMIC 衛星資料等。
- 五、例如學界藉由委託計畫『動力模式降雨系集與降尺度預報實驗』，與中央氣象局在 WRF 模擬經驗上進行交流，並爲中央氣象局訓練人才，做爲未來模式發展之後盾。

本研究計畫以三年爲期，在國內之學術機構執行數值天氣模擬，最終將涵蓋師範大學、台灣大學、中央大學等數值預報點，再以中央氣象局爲中心，串連形成一數值天氣預報聯合網路系統。本計畫除了發展數值模式系集預報產品外，並將和氣象局數值天氣預報小組密切配合，在人力、數值模式經驗和產品模組等各方面互相交流，以提升學校和氣象局對數值預報的專業經驗。數值模擬所產生的資料也將即時回傳至中央氣象局，以提供預報中心天氣預報作業更多的預報指引。

第一年完成項目：

1. 數值天氣預報系統之評估

針對 WRF 模式的物理模組進行測試，以了解最適合台灣地區之模式設定。

2. 即時預報系統之建置

執行三組即時模式預報(WRF,2MMS with different ICs)，預報結果公布網站。

3. 開發中尺度模式預報產品。

4. 建置系集預報系統。

第二年執行項目：

1. 建置三個即時的 WRF 模式預報系統，包括三個不同初始場，NCEP GFS、CWB GFS、NCEP GFS + 3-D VAR。延長預報長度至 72 小時。

2. 評估不同模式設定(解析度、模擬範圍、3-D VAR)的模擬差異。

3. 即時預報校驗系統之建立。

4. 利用 Super ensemble 的方式產生系集預報產品。

## 六、CWB WRF 模式作業時程

第一階段：即日起至 2006 年 12 月

目標：

1. 個案分析。

2. 進行 WRF 模式作業性測試，包括 cold start run、update cycle run 以及初始、邊界條件的選擇。

3. 進行 WRF 模式敏感度測試，以決定模式設定（包括積分範圍，水平、垂直解析度等）和物理參數化法的組態。

4. 颱風初始化。

5. 產品產製。

6. 將 WRF 模式整合至 CWB 的作業環境。

7. 在新的超級電腦測試 WRF 模式。

第二階段：2007 年 1 月至 2007 年 6 月

1. 平行作業測試（45/15/5 km 解析度）。

2. 對平行作業測試進行校驗與診斷。

3. WRF 模式、同化系統與計算效能之調校。

第三階段：2007 年 7 月至 2007 年 12 月

1. WRF 模式上線作業（45/15/5 km 解析度）。

2. 測試、評估與調校高解析度作業模式。

第四階段：2008 年 1 月

WRF 模式上線作業（27/9/3 km 解析度）。

七、CWB WRF 模式與國、內外相關單位合作現況

1. CWB委託計畫：MEFSEA
2. 陶為國-microphysics
3. 莊秉潔--Surface process
4. NCAR-- Operation and data assimilation
5. CAA

八、CWB WRF 模式作業化現有人力：2.0/year

未來人力需求：3.0/year

九、其他需求

1. 國內、外專家學者諮詢。
2. 氣象局或國科會計畫（防災型整合計畫成立WRF模式研究群）支援。
3. 國際學者專家交流和出國參加研討與交流等經費補助。
4. 特定相關議題：
  - 4.1 Surface and PBL process
  - 4.2 高解析度地表參數（地形、landuse...）
  - 4.3 降水過程-microphysic/CUP
  - 4.4 開發新的校驗方法
  - 4.5 Ensemble forecast
  - 4.6 颱風初始化與改善颱風預報

# 「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」

## 颱風小組會議資料

召集人：吳俊傑

組員：李清勝

郭鴻基

林博雄

林沛練

井建國

張偉正

葉天降

# 因應國際氣象新科技發展之策略規劃

## 颱風小組建議報告

成員：

NTU：吳俊傑(召集人、主筆)、李清勝、郭鴻基、林博雄

NCU：黃清勇、林沛練

CWB：葉天降、吳德榮、林秀雯

國外：張偉正、井建國

### 前言

颱風是自然界最具破壞力的天氣系統，也是台灣最重要的災變天氣，但其所帶來的雨量也是台灣地區最重要的水資源之一。民國85年的賀伯颱風、87年的瑞伯颱風與芭比絲颱風、89年的象神颱風、90年的桃芝及納莉颱風重創台灣，造成重大人員傷亡及經濟與農業損失、93年的敏督利（七二水災）及艾利颱風也帶來嚴重災情；而91年台灣地區旱象因納克利及雷馬遜颱風侵台而解除。這些例子再再凸顯颱風對台灣的重要性。綜合而言，颱風的影響在於：(1) 直接間接的經濟、交通建設、農業災害、社會安定、水利、土木建築...等破壞災害（持續的豪雨、強風和暴潮所導致之淹水、土石流、坍方、海水倒灌...等）；(2) 過度預警的颱風假期（侵台乃至離台後）對經濟面之重大衝擊；以及(3)水資源之管理與規劃。

因此如何提升我們對於颱風的瞭解及預報能力，是國內大氣科學研究的最重要課題之一、更是中央氣象局責無旁貸的首要改進議題。

由於颱風生命期之絕大部分皆於海面上度過，而西北太平洋島嶼中測站稀少，尤其是在台灣的東—東南方數千公里以上之太平洋地區，幾乎沒有任何觀測站。因此當颱風位於台灣附近時，台灣本島雖有觀測資料，但測站涵蓋空間及密度仍嫌不足，而台灣周圍海域除衛星和雷達觀測外，幾無任何其他傳統觀測資料；資料的極度匱乏，導致基礎颱風研究和路徑預報之應用研究相當受到限制；其中，路徑預報的準確度則會進一步決定風雨預報能力。是以和其他的氣象研究條件比較，資料缺乏是颱風研究進步的一大致命傷。

颱風路徑預報作業上，除了大尺度駛流場的資料不足外，颱風本身的強度及暴風半徑資料不易掌握，更是決定預報路徑正確性的重要因子。此外，當颱風接近台灣地區時，中央山脈高聳、複雜的地形，對颱風伴隨之對流和環流結構有相當顯著的影響，且複雜地形會改變靠近台灣之颱風的路徑，也使風雨與路徑預報更為困難；而地形作用導致之颱風結構變化與局部豪雨產生，乃至颱風離台後引入豪雨，皆為學術上與應用上深具挑戰之研究課題(Wu and Kuo 1999)。

國內的颱風研究及預報在過去數十年的努力推動下，已具相當成績；特別是國科會在過去幾年所重點支持的颱風研究，更為未來

颱風研究之再提升及預報改進再突破奠下良好基礎。為了克服傳統觀測資料不足之困境，加強觀測資料之取得與分析，並透過數值模式進行模擬及同化，以瞭解颱風移動、強度變化、與地形及海洋交互作用，以及改進預報與防災等重要颱風相關議題，乃是台灣地區颱風預報研究突破的重要方向。這些研究可望增進對於颱風學理之瞭解，改進颱風路徑與降雨量預報準確度，提昇我國在颱風研究領域之國際地位，並扮演西北太平洋及東亞地區颱風研究的領導角色。

台灣的颱風研究，在整個受颱風侵襲之西北太平洋及東亞區域及國家中，應可扮演重要角色，並占有一席之地。儘管如此，受限於學理之不足、觀測資料之侷限、及電腦模擬及同化系統之不夠完善，颱風路徑及風雨預報技術仍有其極限。加上台灣之特殊地形影響與台灣許多區域環境對於颱風所帶來豪雨的脆弱性，使得颱風路徑及風雨預報之精準度與否對於台灣份外敏感。

颱風在台灣地區是受到相當矚目的議題，媒體與社會大眾也每每為中央氣象局颱風路徑及風雨分佈預報準確度良否議論紛紛、有所質疑。因此，我們認為中央氣象局務必與國內外相關研究單位密切合作、找出關鍵並具提可行突破重點、以改進台灣地區的颱風預報。

以下是颱風小組所做建議：

### 強化重點

#### 颱風觀測

- Dropsopnde/aerosonde 策略性觀測及資料應用

(it would be helpful to improve the eye and eyewall observation, and conduct the targeted observation over the sensitive area)

- 衛星資料應用
- 都卜勒雷達網建立
- wind profiler 建立
- 加強東沙島觀測
- 多重資料之整合

#### 數值模式

- 颱風模式發展: NFS, WRF and other models

(The first step is to truly understand and determine what community model is. CWB should exploit a community model that has been proven by operational test and check-out, is capable of producing better operational products, manageable by CWB modelers and programmers, satisfies the execution time requirement, and has potential for further improvement).

- 四維同化技術： 3D-VAR, 4D-VAR
- 數值預報系統改進及 computer upgrade

#### 颱風預報

- 颱風預報策略：



0-30 h - rainfall and wind (convective/mesoscale systems and the terrain effect are very important). The prediction of the accumulated rainfall of a storm over a city/region is one of the important tasks for CWB.

24-72h - track - including the improving the consensus track

forecast (specifically designed for Taiwan) for operational forecasting, while trying to obtain more useful model outputs (such as JMA's typhoon track model and others)

- Address the uncertainty of the forecasts appropriately, and link it to the disaster mitigation agencies, media, and the public.
- Who are CWB's customers?-- Disaster mitigation agencies are on the top important lists
- What are CWB's customers' needs? - The mitigation agencies need the information as where, when and what amount of the heavy rainfall will happen. This critical information will help the decision-making of the optimal arrangement of the mitigation efforts (such as the relocation of the water pumps from some areas of less threat to other areas under threat.
- What are the goals of typhoon forecast improvements in the next five years?
- What can or should the CWB do in the mitigation aspect of the disaster prevention process?
- Evaluation of current forecast/operation process.

## 結語

- 颱風是台灣地區最嚴重之災害天氣系統，氣象局務必要爭取並投入更多經費強化颱風觀測、分析、模擬同化及預報。為達上述目標、亦需建置完整、長期之颱風觀測、分析、模擬同化及預報之專業人力。
- 觀測、模擬同化及預報三者必須整合配套。
- 針對觀測部分 - 國內過去幾年在投落送觀測及無人飛機

(Aerosonde)觀測上已有創新進展、有必要持續支持發展並精進 (including targeted observations for the initial sensitive areas and the observations near the eye and eyewall)、以對氣象局颱風分析與預報達到最大效益。

- 不論是衛星 (含福衛三號)、雷達、投落送、無人飛機、剖風儀等資料皆應做最佳整合，亦應與模式同化，以達改進颱風分析、模擬及預報之最大成效。

- 台灣地形對於颱風之路徑及中尺度特徵扮演重要角色，此為相當特殊及重要的科學及預報問題，值得特別注重與加強。

- Transition from research to operation.

- The road map to guide the above process and a mechanism to facilitate it. How, where, who, and when?

- Look for support for all the above items.

「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」

衛星小組會議資料

召集人：劉振榮

組員：周明達

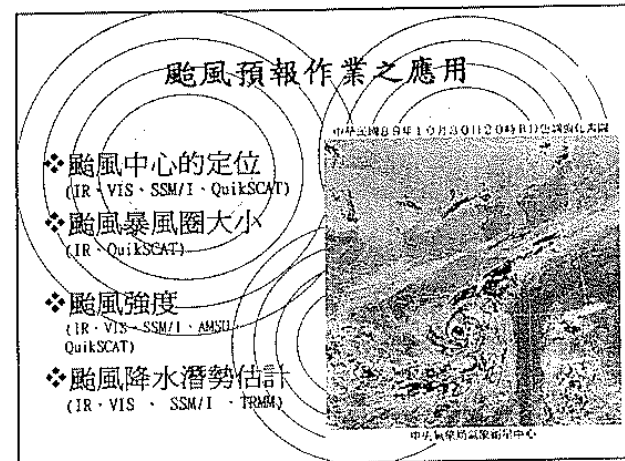
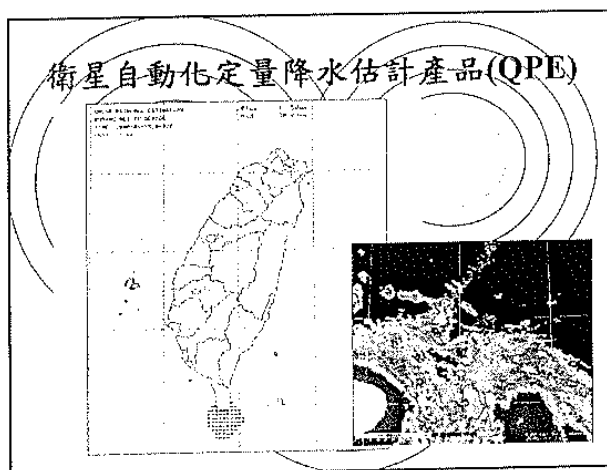
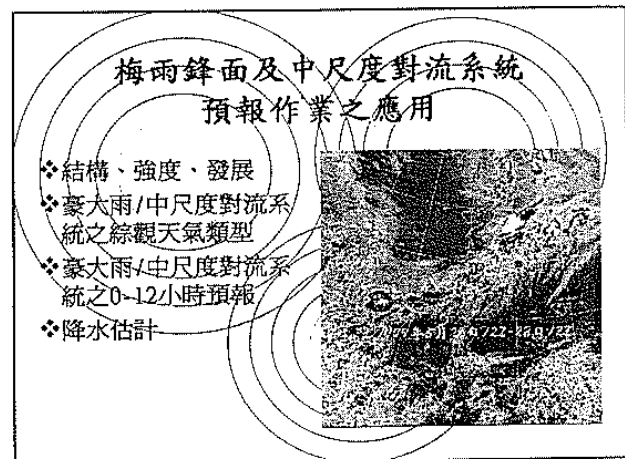
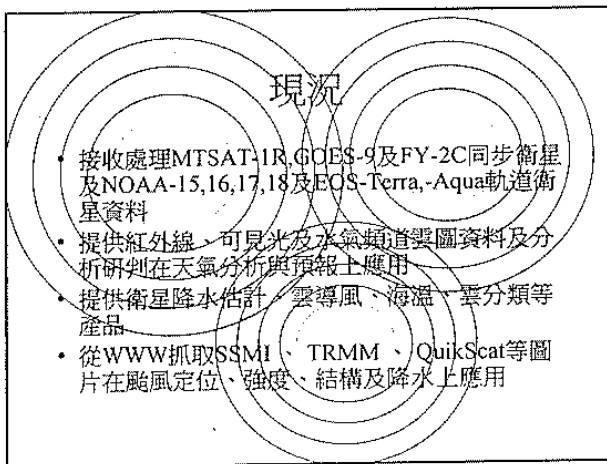
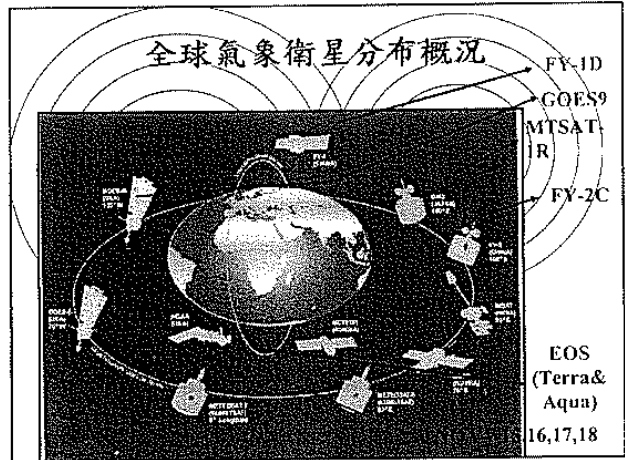
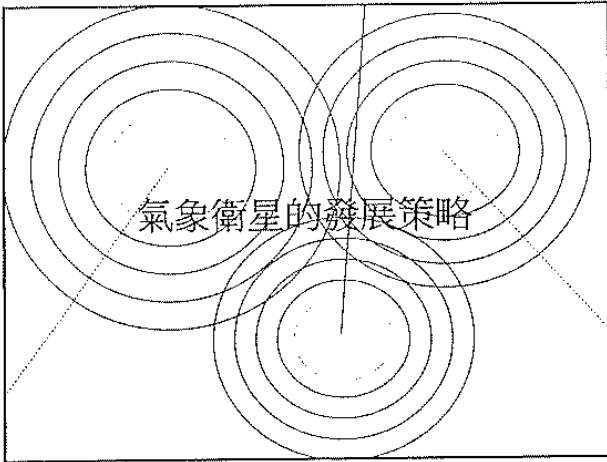
林依依

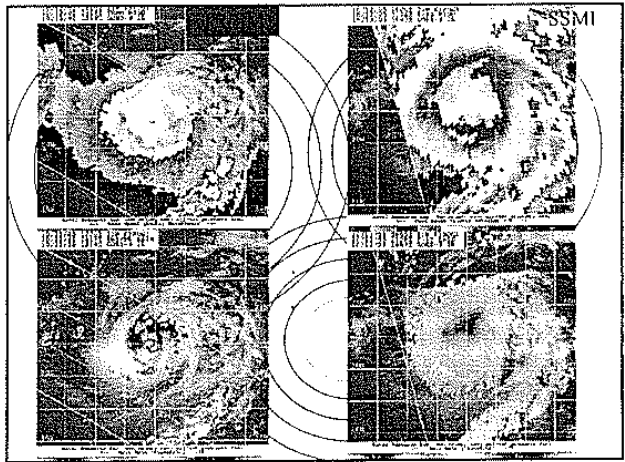
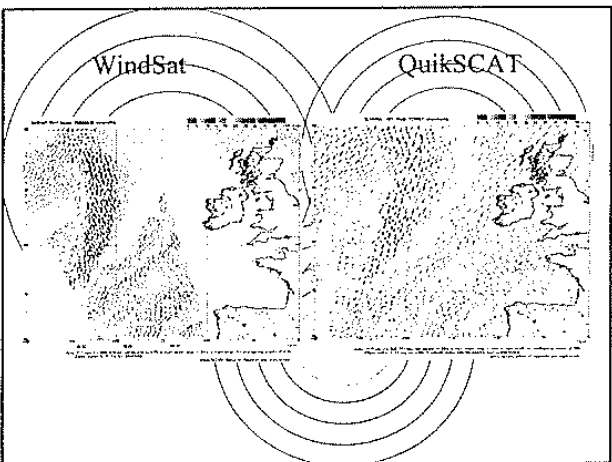
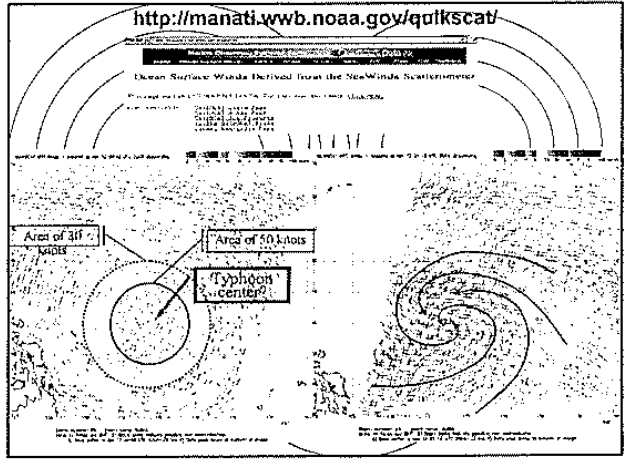
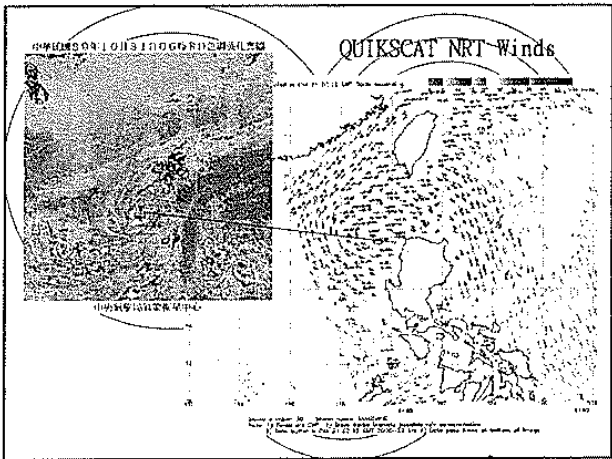
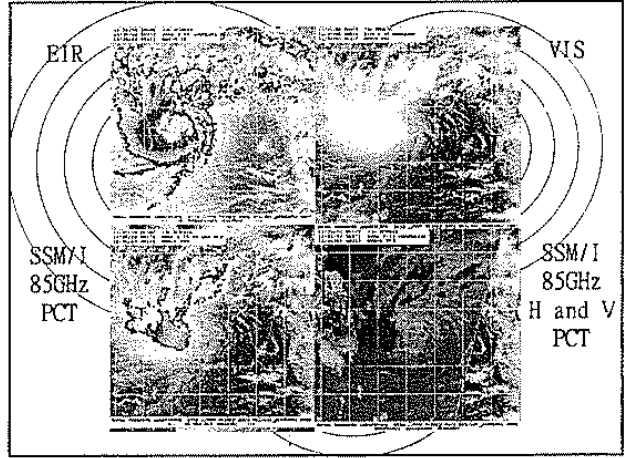
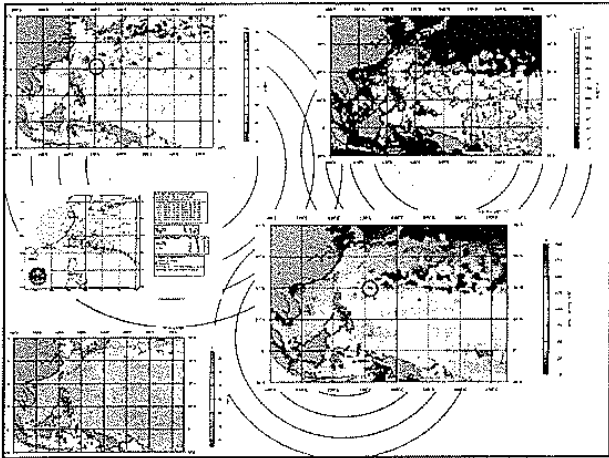
張偉正

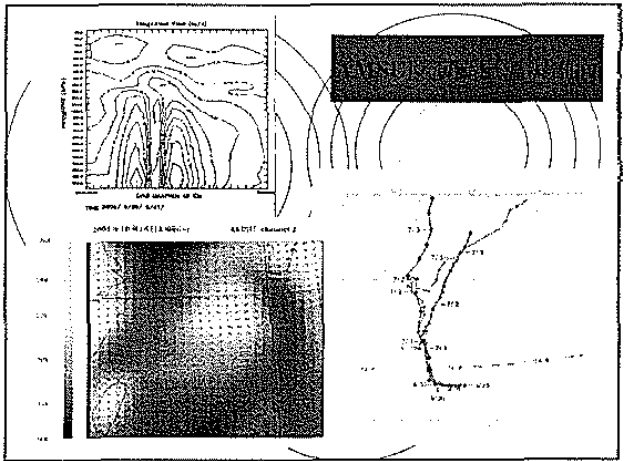
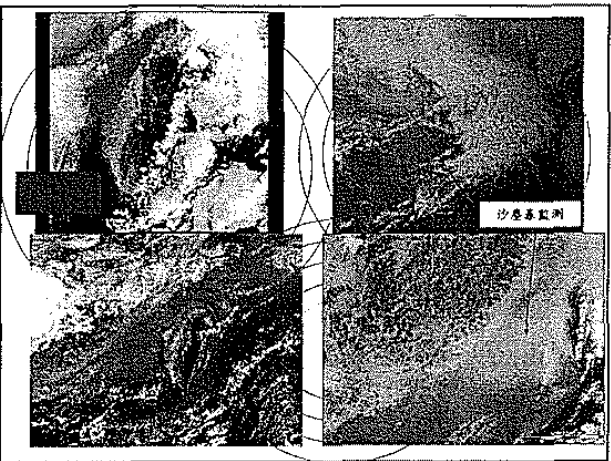
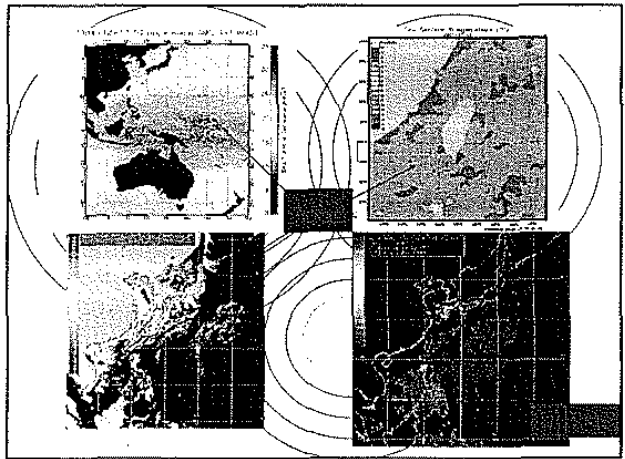
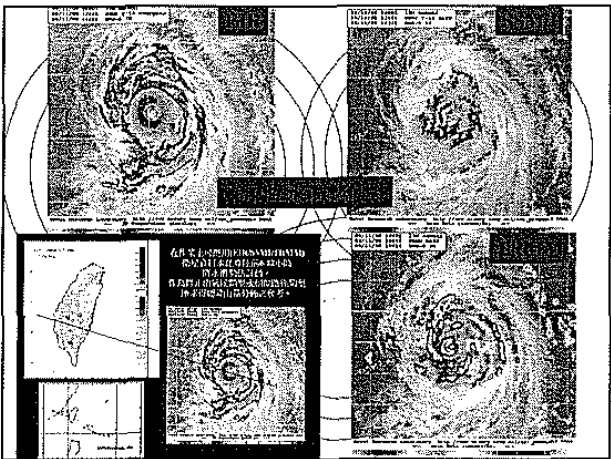
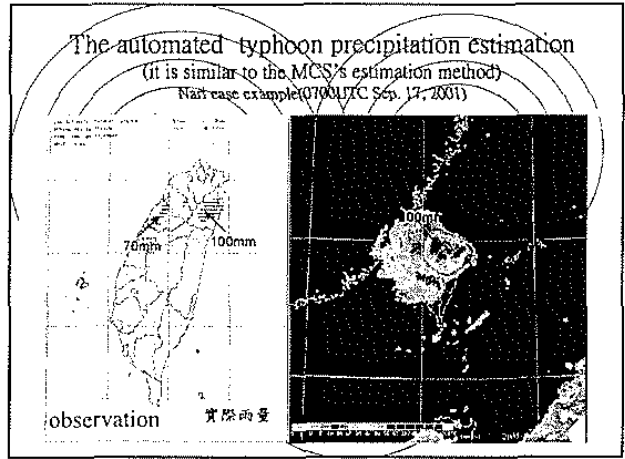
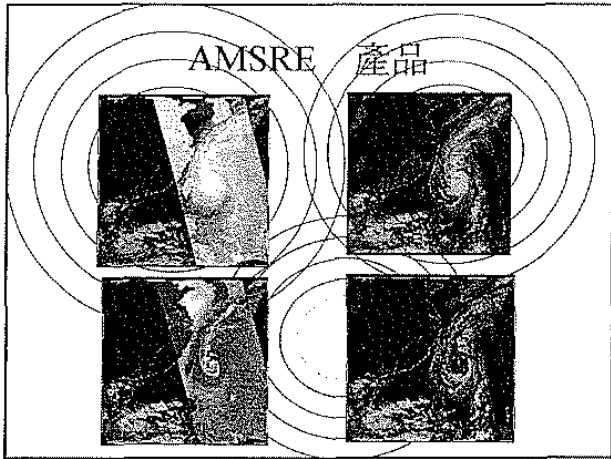
丘台光

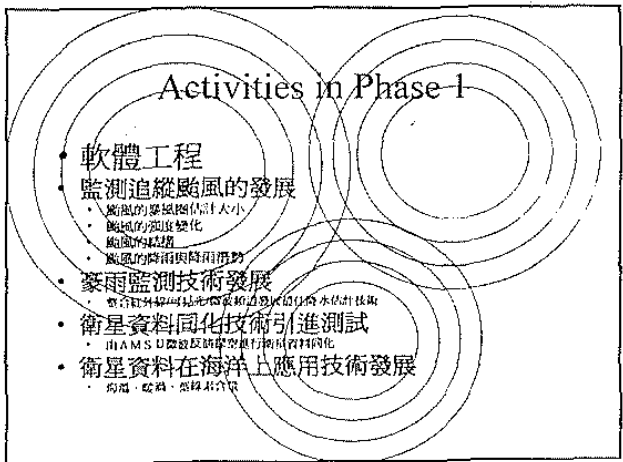
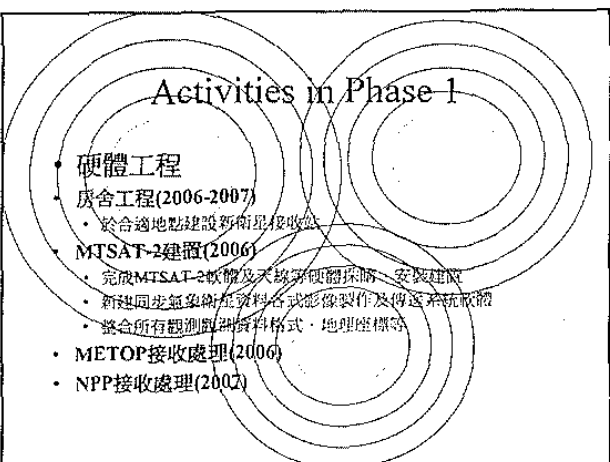
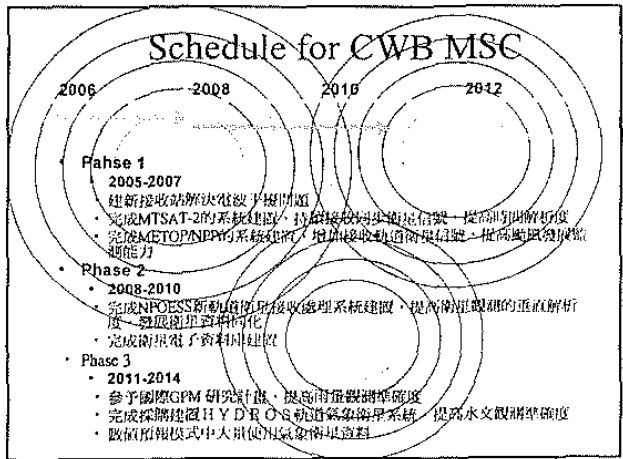
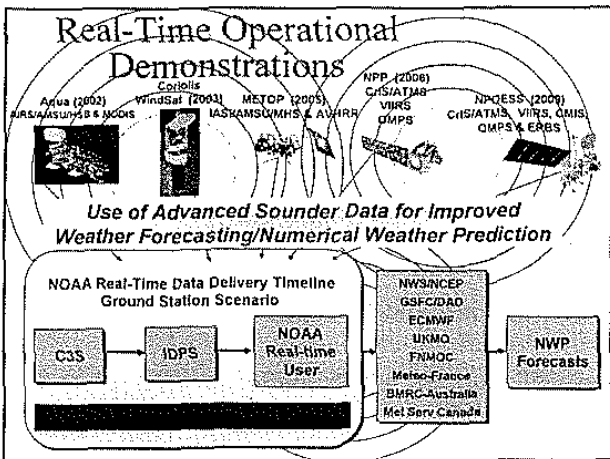
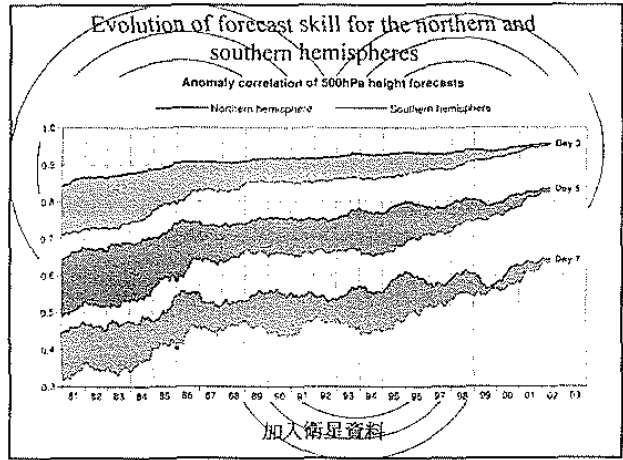
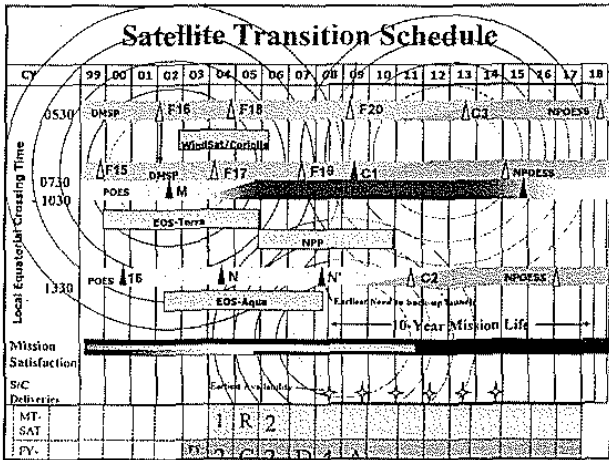
# 「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」

## 衛星組報告









### Goal in Phase 1

- 提高目前同步衛星觀測資料服務的時間解析度
- 整合軌道氣象衛星與同步氣象影像資料，提高衛星資料在颱風監測暴雨強風的應用價值
- 加速資料處理速度以符合災變天氣的需求

### Activities in Phase 2

- 硬體工程
- 採購建置NPOESS軌道氣象衛星系統
- 採購建置MITSUBISHI及FY-4同步氣象衛星系統
- 建置衛星電子資料庫
  - 建置可儲存至少10年的衛星觀測資料電子資料庫

### Activities in Phase 2

- 軟體工程
- 整合地面觀測及衛星資料的驗證能力
  - 增進地面觀測及衛星資料的整合，以期準確進行衛星雨量估計及其他多量參數的驗證
  - 建置三維觀測資料顯示系統，使觀測資料更清楚的顯示
- 颱風暴雨監測技術發展
  - 整合紅外線/可見光/微波測濕度最佳降水估計技術
  - 颱風強度風範對流監測技術發展
- 衛星資料同化技術發展於作業數值模式應用
- 加強衛星資料在海洋上應用技術發展
- 衛星資料在環境監測上應用技術發展

### Goal in Phase 2

- 提高軌道氣象衛星的三維立體觀測能力，發展衛星資料同化提供數值天氣預報及洪水預報、空氣污染預報等模式的初始場
- 提升衛星資料在環境監測應用能力
- 提供台灣及臨近地區衛星氣象的氣候分析及颱風路徑分析的電子資料庫

### Activities in Phase 3

- 硬體工程
- 持續接收處理全球同步及軌道氣象衛星資料系統
- 採購建置HYDROS軌道氣象衛星系統
- 接收處理GPM衛星資料系統

### Activities in Phase 3

- 軟體工程
- 持續颱風暴雨監測技術發展
- 持續衛星資料同化技術發展於作業數值模式應用
- 發展利用HYDROS衛星資料在水文上應用
- 持續衛星資料在海洋上應用技術發展
- 持續衛星資料在環境監測上應用技術發展
- 參與全球GPM計畫發展降雨研究



### Goal in Phase 3

- 提昇臺灣於國際氣象衛星研究的地位
- 增進台灣地區氣象衛星資料使用效能與層面
- 協助本局提高區域性數值天氣預報模式的準確度
- 協助水利相關單位提高洪水預報的準確度
- 協助環保署進行空氣污染模擬的準確度

### 人力規畫-現況

- 接收處理衛星共有10個衛星
  - MTSAT-1R, FY-2C, GOES-9, 3個
  - NOAA-15, 16, 17, 18, EOS/Terra, Aqua, FY-1D, 7個
  - 2006新增METOP 1個
- 人力配置
  - 系統及網路管理: 2人
  - 天線系統規畫維修: 2人
  - 機房環境工程: 2人
  - 同步衛星資料處理傳送: 3人
  - 軌道衛星資料處理傳送: 3人
  - 衛星資料應用技術發展: 5人
  - 衛星資料供應宣導服務: 5人
  - 衛星資料24小時作業接收處理分析研製(輪班): 15人
  - 短時監測與預報系統建置運作及發展: 10人

### 人力規畫-未來需求

- 維持原有接收處理衛星系統運作外增加接收處理新衛星接收處理運作所需人力(2人)
- 增加發展衛星資料同化技術在數值模式應用人力(2人)
- 增加發展衛星資料在環境監測(陸地、氣象、海洋)應用技術人力(6人)

### 人力需求來源

- 增加與國內大學與研究機構的合作方式(國內委託計畫)發展衛星資料應用技術
- 與美日等氣象衛星研究機構或相關的大學的合作方式(國外委託計畫)發展衛星相關應用產品
- 與美國NRL合作方式提升本中心作業產品開發能力
- 透過組織整併人力調整方式增加人力

「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」

氣候小組會議資料

召集人：許晃雄

組員：隋中興

陳正達

張智北

張偉正

盧孟明

# 「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」

## 氣候組報告

國內：許晃雄、隋中興、陳正達、盧孟明

國外：張智北、張偉正

### 1. 前言

二十世紀大氣科學的最大成就之一，就是將天氣預報能力延長至理論的極限。相對而言，目前的氣候預報與 Walker 爵士在二十世紀初的氣候預報相比，雖然統計與動力方法進步了許多，預報準確度的提升卻未成等比例地提高。可能原因有以下幾點：1) 氣候預報的發展較遲，2) 氣候現象時間尺度遠大於天氣現象，累積個案不多，經驗不足，不易得到高相關的統計數字，對氣候現象的瞭解有限，3) 數值模式不完善，誤差大，無法進行長期預報，4) 許多氣候現象的可預報度低，甚至無可預報度。由此觀之，氣候預報面臨的困難遠大於天氣預報。也因為如此，氣候預報在國際學界與作業界都被視為二十一世紀大氣科學的重要發展目標之一。

台灣雖小，但是本地與鄰近地區的地形十分複雜，又深受多變的東亞/西北太平洋季風系統的影響，面臨的氣候的複雜度相當高。天氣與中尺度系統（包括颱風）雖然變化迅速，但是仍舊有明顯的年際變化，這些系統的活躍程度，受到季節/年際氣候變化的影響相當明顯。因此，即使從中小尺度系統觀之，氣候預測也是不可或缺。

過去十多年來，氣象局的氣候預報逐漸從經驗外推的方式，到統計預報，到最近的數值預報，進展明顯可見。氣象局相關同仁功不可沒。面對政府與社會大眾對氣候預測日漸殷切的需求（更多的資訊與更高的準確度），氣象局於數年前提出第四期計畫-「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫」，其中的重要目標之一就是發展氣候預報。該計畫內容完整，但是在實際執行層面面臨瓶頸。本組成員仔細分析氣象局的現狀，參考國外案例與氣候預報未來的發展趨勢，在本

報告中提出具體建議。我們認為這些建議如果能落實，氣象局的氣候預報研發實力會有立即的明顯改善，氣候預報能力也會因此逐漸提升。本報告內容包括，氣象局氣候預報作業與第四期計畫概述，發展瓶頸，以及突破現況之建議。

## 2. 氣候預報作業與第四期計畫現況

### 2.1 氣候預報作業

氣候預報的執行單位為預報中心長期預報課，目前課長 1 位，課員 4 位。預報分為兩大方向：月長期天氣預報與季長期天氣預報。月長期預報的主要依據為 JMA 與 NCEP 的展期系集數值天氣預報，參酌主觀經驗判斷。季長期預報的主要依據為統計預報、國外季節預報，參酌主觀經驗判斷。國外預報部分，前者有部分數據資料可以運用，後者則多只能透過網路取得主要氣候預報中心的圖檔加以研判，無法進一步利用（如發展動力-統計預報模式）。未來的發展方向為，有效的利用統計降尺度方法，詮釋系集預報產品，進行台灣的氣候機率預報。長期課的工作，除了氣候預報，還包括氣候資料的收集、氣候監測與診斷，以及統計模式的評估與發展。

### 2.2 第四期計畫

第四期計畫氣候變異部分可以分為五大層次：1) 氣候資料庫與資料處理展示系統，2) 氣候分析診斷與預報系統，3) 氣候預報決策系統，4) 氣候資訊發送系統。其中最重要的氣候分析診斷與預報系統，包括統計預報、動力-統計預報、氣候監測與診斷。發展的重心為動力季節預報系統（包括系列海氣耦合模式、大氣環流模式、全球與區域海溫預報模式、降尺度模組、超系集模組、系集事後預報氣候資料等）、針對特定季節（如春雨、梅雨、颱風等）建立統計與概念模式、決策支援系統。

第四期計畫的氣候分析診斷與預報系統目前進行中的工作分為三大類別：

- 1) 建立二步法(two-tier)動力統計預報系統，預定 2008 年進入準作業狀態。主要參與發展人員包括翁叔平、胡志文、陳昭銘、童雅卿、汪鳳如五位資深研究

或技術人員以及五位研究助理。另外計畫聘請具有國際聲望與在國際的主要氣候或季風計畫居領導地位張智北、王斌等擔任顧問，指導並監督系統發展，並對氣象局氣候預報的長遠發展提出建言。

- 2) 建立動力降尺度氣候預報系統。主要負責人為蕭志惠博士以及研究助理一人。氣象局科技中心多年聘請美國環境模擬中心(NCEP/EMC)莊漢明博士指導蕭博士從事系統發展，蕭博士與美國氣候預報研究院(IRI)亦保持長期聯繫。
- 3) 建立氣候分析與綜觀氣候監測預報輔助系統。主要負責人為盧孟明博士以及研究助理兩位。除了加強與監測預報作業需求相關的研究工作以外，計畫每年舉辦氣候預報論壇兩次，另還邀請位具國際聲望的學者至氣象局傳授新知，充實預報人員專業知識，提升分析判斷能力。

### 3. 發展瓶頸

#### 3.1 氣候預報作業

本組的分析發現主要瓶頸如下：1) 國外系集預報的數據資料難以取得，無法發展客觀的動力-統計降尺度統計模式，僅能以目視方式判圖，作主觀判斷，難以評估預報技術，2) 預報與研發兼顧，工作項目多，人力嚴重缺乏，工作人員無暇思索對異常氣候的詮釋與預報方法的改進。這些主客觀瓶頸亟待改善。

#### 3.2 第四期計畫

第四期計畫規劃十分完善，如果完成，基本上是一個完整的氣候中心的架構。但是，目前配置的人力與計畫規模所需人力，幾乎小了一個數量級。專職研究人員僅有 7 位，其他為其他單位支援人員(第四期計畫發展工作非其專職業務)與計畫助理。支援人員因為第四期計畫發展工作非其專職業務，無法專心投入，成效大打折扣。計畫助理流動性高，多無法獨立作業，研發能力有限。計畫專職人員也多同時擔任一項以上的任務，影響其研發效率。氣候預報系統的建立，需要相當多的人力。以美國 NCEP 為例，去年為了讓新的氣候預報模式上線，動用

21 位研究員。與亞洲鄰近國家相比，氣象局的氣候研發人力資源也遠遠落後於日本與韓國。日本除了 JMA 的氣候預報人員，在 MRI 總共 140 位研究人員中，約有 25 位研發人員進行各項氣候研究與模式發展。韓國情形類似，除了 KMA 的氣候預報人員，在 METRI 的氣候研究室還有約 12 位研發人員。由此觀之，以第四期計畫的規模而言，氣象局氣候研發人力嚴重不足。

### 3.3 單位間的協調合作

本組人員發現科技中心與長期預報課各有研發工作。最佳的狀況應是，科技中心負責研發，長期預報課利用前者研發出的工具，進行預報與評估預報方法，並將評估結果回饋至科技中心。此一上下游的合作模式尚未建立，顯現二單位的協調合作不夠密切，有待加強。在氣候資料庫的建立方面，牽涉到資訊中心、科技中心與長期預報課，雖然資料庫的建制仍持續進行中，三單位之間的協調，仍有加強的空間。

## 4. 具體建議

氣象局第四期計畫有關氣候變異的規劃十分完整，為氣象局未來的氣候預測研發與作業系統，繪出宏觀與遠見兼具的藍圖。這項規劃如果可以確實落實，氣象局的氣候預報能力一定會有顯著與立即的提昇。主要的問題在於如何落實。本組人員發現無論是負責預報作業的長期預報課，或是負責研發的第四期計畫團隊，都有人力嚴重缺乏的問題。提升氣象局氣候預報能力，首要之務為改善人力短缺與組織僵化的狀況，其次才是研發方向與內容。具體建議如下。

### 1) 成立氣候協力研究中心（短期目標）

有鑑於政府再造的主要策略為精簡人事，短期內在氣象局內部增加研發與作業人力，幾乎不可能。我們建議成立氣象局/大學氣候協力研究中心，由氣象局提出具體的研發需求，利用大學較為充裕的人力資源，和適合聘用科技人員的人事制度，合作完成第四期計畫的主要研發項目。協力研究中心

可聘請專職研究員進行持續性的研發工作(包括氣象局部份研究發展人才轉任)，亦可由研究生將氣象局提出的特定需求，當成碩博士論文，不僅提升學術水準，也兼具實用價值。氣象局也應提供適當的計算資源與資料，協助計畫的進行。如此，不但可以稍解人力不足的困境，也可以提供研究所畢業生工作機會，鼓勵優秀人才繼續從事氣候研究，為氣象局培育人才。我們建議，可以透過成立協力中心的過程，重新檢討人力配置，加強單位間的合作，提升研發效率。人力短缺及人事制度不適合科技發展、出國參加國際合作、會議的各種限制等等是氣象局各項研發工作普遍面臨的問題，所以我們認為協力研究中心的概念，也適用於氣象局在其他重要預報作業領域，如颱風、豪雨預報及數值預報的研發。

## 2) 發展具科學基礎的台灣氣候預報系統 (短中期目標)

由於人力有限，建議優先發展以台灣氣候為主體的氣候預報系統。此系統包括統計預報與動力-統計預報。在動力預報還未能取代統計預報之前，統計預報仍應持續發展。動力-統計預報則應善用國際氣候中心的全球氣候預報，進行統計與動力降尺度預報。前者利用台灣氣候與全球氣候模式模擬之氣候間的統計關係，進行統計降尺度。後者則以全球模式之預報驅動區域模式，直接進行動力降尺度。目前，在氣象局支助的「CWB-Universities allied seasonal forecast system」計畫，每季利用五個大氣環流模式 (ECHAM4.6, CWBGFS, NTUGCM, CCMS, NCEPGSM) 進行 2-tier 季節預報，並且已經完成 1981-2003 事後預報，這些資料都可以用來進行統計與動力降尺度氣候預報。除此之外，若有需要亦可與 NCEP 和 JMA 聯繫，設法取得該二中心的系集氣候預報資料。預報產品的製作必須要依據國際慣用方法呈現預報可信程度，產品的呈現方式亦需配合使用者的需求。

## 3) 持續發展氣候模式 (中長期目標)

- a. 氣象局全球模式已經正式上線進行定期氣候預報，該模式的氣候預報產品是氣象局氣候研發國際化的重要窗口，氣象局應該持續發展該預報模式。
- b. 氣象局目前採用 RSM 進行區域氣候預報實驗，建議持續發展。
- c. 建議氣象局持續發展海氣耦合氣候預報模式。由於該類模式十分複雜，需要相當的人力長期投入研發工作，建議列為長程目標。模式的選擇，建議先採用國外已經可以上線的模式，進行測試與學習，培養氣候模式研發人才，對該模式作適當修改，成為氣象局的海氣耦合模式。

#### 4) 加強國際合作 (短期目標)

由於氣候預報的高困難度，目前沒有任何一個氣候中心的預報可以領先群雄，一個新的系集預報趨勢因此開始在國際間形成。這個趨勢就是收集各氣候中心的系集預報，利用統計方法，進行超系集預報，提供最佳預報產品。韓國首開風氣之先，幾年前，在 APEC 之下，成立 APEC Climate Network，並將於今年 11 月 APEC 在釜山開會期間，成立 APEC Climate Center，成立第一個國際性質的氣候預報中心。該中心固定收集十多個大氣環流模式的季節預報，氣象局的 GFS 也是其中一個模式。氣象局應該利用此一機會，積極參與國際氣候預報活動，不僅增加知名度，也可積極觀摩學習，並取得氣候預報的數據資料。但因受政府部門各種制度過於僵化不適合管理科技工作，氣象局的研究與技術人員難以直接參與國際技術與學術交流活動學習觀摩，若不能在做法上有所突破，目標勢必難以達成。

#### 5) 長期研發計畫的擬定 (中長期目標)

氣候研發工作需要長期支助，第四期計畫將於 2007 年結束，我們建議在第五期計畫中繼續規劃氣候變異的研發工作。為一勞永逸解決人力短缺問



題，建議氣象局積極規劃成立類似韓國與日本 MRI 的氣象研發中心，或與學界共同規劃推動成立任務明確的長期氣象局/大學協力研究機構。

## 5. 結語

本組討論過程中，花最多精神，也是最頭痛的問題，就是人力短缺。我們認為這是氣象局最迫切、最需要突破的關卡。足夠且源源不絕的優秀人才的急迫性，遠高於任何技術性問題（如，該採用哪一個模式）。此一問題沒有解決，氣象局研發工作的未來發展，絕對不樂觀，即使採用最好的模式也發揮不出應有的水準。解決此一問題的難度極高，本組的「氣象局/大學協力研究中心」建議，雖不一定能完全解決此一問題，但是應該是一個值得嘗試的可行辦法。我們建議氣象局與學界儘速組成一推動小組積極評估可能性，規劃相關事宜，落實該方案。當然，如果能成立類似 JMA 與 KMA MRI 的研發機構，應是最佳的選擇，然或非兩三年內可以實現的。

# 「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」

## 大氣化學及物理小組會議資料

召集人：林能暉

組員：陳正平

王國英

王寶貫

廖國男

商俊盛

# 大氣化學物理組

林能暉、陳正平、王國英、商俊盛

## 一、前言

世界主要國家的氣象主管單位在大氣化學與物理領域所扮演角色，基本上可分為長期氣候監測與短期氣象與環境資訊提供。

前者為因應氣候變異所進行之：

(1)大氣化學觀測，包含微量氣體、大氣氣膠、降水化學等項目之時空，乃至垂直面之分布，且為排除鄰近人為活動干擾，觀測場址經常選擇在偏遠地區，例如，高山（美國夏威夷 Mauna Loa 全球大氣背景站，約 3,300 公尺，隸屬 NOAA/CMDL，氣候監測與診斷實驗室；中國青海瓦里關全球大氣背景站，約 3,800 公尺，隸屬中國國家氣象局氣科院）、海洋（美屬薩摩亞島全球大氣背景站，隸屬 NOAA/CMDL；日本南鳥島全球大氣背景站，隸屬日本氣象廳觀測部）等，其觀測成果主要作為監控全球/區域大氣化學場長期變化及其對氣候影響，並作為探討大氣、海洋、生物圈間交互作用之基線資料。

(2)大氣物理觀測，包含大氣輻射、氣膠光學等項目，通常與大氣化學監測同步，主要為監測大氣輻射場與大氣氣膠間交互作用，以了解全球輻射能量收支平衡，及區域氣候變化受區域性排放氣

膠影響，例如，工業排放、沙塵、生質燃燒、火山灰等。

後者為提供短期氣象與環境資訊所進行之：

(1) 大氣化學觀測，例如，臭氧探空、飛機觀測等非為環保單位之經常性空氣污染觀測項目，實為進行大氣傳送或短期區域氣候影響所為者。

(2) 大氣物理觀測，包含氣象探空、聲波雷達、剖風儀、飛機觀測等，或發展大氣模式，提供大氣基本場資訊與即時環境預測或研究者。

中央氣象局研擬中長程計畫發展該領域可以上述國際現況為依據，考量現行我國各單位功能性，以監測目的區隔與其他單位之分工，並強化在氣候變遷及大氣海洋交互作用課題上，補強在長期監測項目之不足，建立經常性負責單位與人力編制，提升人員專業能力。

## 二、 現況分析

中央氣象局局本部目前雖有第二組負責測報業務，但主要為氣象預報目的，輔以第三科之大氣化學與大氣物理觀測，但編制人力有限，經費不足，目前固定進行大氣輻射、臭氧探空、臭氧垂直總量、降水酸鹼值等項目，部份資料提供至 WMO 資料庫。另有各地測站、探空站等氣象資料販售與民間使用單位。

以上現況反應出氣象局目前在該領域之窘境，即相對於傳統氣象而言：

- (1)重要性未被認知，部份可發揮之功能為其他單位取代，例如，環保署監資處為空氣污染監測目的，建置北中南逆溫儀、中部剖風儀等。
- (2)人力與經費嚴重不足，僅能配合 WMO 全球監測目的，例如，提供臭氧垂直濃度分布，略盡地球氣象人棉薄之力，而未能善用我國海島高山、海陸交界、季風交替帶等地理與環境優勢，發揮中繼樞紐角色，強化研究環境、發展觀測平台、培育優秀人才、拓展國際合作，以創造我國在此領域之區域領導地位，發揮影響力。
- (3)人員專業性仍待強化，目前人力大多為氣象高普考職系，專長於傳統氣象領域，對於大氣化學與大氣物理新興領域認知有限，以中大、台大大氣系招收在職進修研究生幾無以此領域為研究論文者，可以窺知一二。

### 三、發展策略

#### (一)工作要項

- (a)大氣輻射-
- (b)大氣化學-
- (c)雲物理-

(d)背景大氣量測-蘭嶼、澎佳嶼、南海(宣示主權、海洋氣象資訊收集)

(e)環境應用-支援其他部會資訊需求

## (二)人力設備

(a)人力：應規劃大氣化學物理應用組/科，至少需 20 人次，除正式編制人力，其餘以委外方式運用。

(b)設備：

- 含輻射、大氣化學之 WMO 標準測站
- 氣候變遷長期觀測項目
  - O<sub>3</sub> (加強臭氧透觀測)
  - CO<sub>2</sub>
  - Aerosol 與光學特性
  - 雲物理
- 南海熱帶背景大氣測站

## (三)策略合作

(a)國內學校、研究機構 - 資源共享、協力中心、人員訓練

(b)國際合作 - US-NOAA、Japan、Korea、China 合作

- 亞洲區域合作、監測聯網、資料交換
- IOP, 儀器 SOP、QA/QC 比對
- 定期研討會、工作會、教育訓練