交通部中央氣象局委託研究計畫

期末報告

因應國際氣象新科技發展之策略規劃

A strategic and assessment plan related to the contemporary scientific and technical development of the meteorological community

計畫類別：　　國內計畫　　□ 國外計畫

計畫編號：MOTO-CWB-94-6M-09

執行期間：94 年 03 月 01 日至 94 年 12 月 31 日

計畫主持人：王作台

計畫顧問　：蔡清彥

執行單位　：國立中央大學 環境研究中心

中　華　民　國　94　年　12　月　22　日

摘　要

本計畫是執行因應國際氣象新科技發展之策略規劃，主要目的是考量國際間新的發展及氣象局的現況下，提出發展策略建議，執行方式為由計畫之資深顧問及主持人負責召集國內外學者及氣象局相關人員，以分組討論會及共同討論之方式來完成，共分為 10 個工作分組，各分組也分別就會議議題進行了更進一步的工作討論。

本計畫於 3 月份開始執行，在四月份由主持人及顧問就計畫之進行方式，進行了三次的討論，並於計畫執行期間在中央氣象局邀請參與國內外學者及氣象作業單位人員，共召開六次的工作會議，會議主席由本計畫的顧問蔡清彥教授主持。

計畫進行方式共邀集國內學者 24 位，國外學者 12 位及氣象作業單位中央氣象局及民航局 13 位人員參與，各小組的成員，在各次會議中分別就目前國內氣象技術、人力的培養及氣象作業上的一些困難與挑戰，並提出建議。計畫之執行透過此分組進行該領域的相關規劃及研究，在以提升氣象局預報能力的主要目標下，完成了模式（全球及區域）、颱風、雷達及 Wind Profiler、資料同化、衛星、氣候、大氣物理及化學、即時預報系統及組織/人力/國際參與等 10 個小組的規劃報告。在工作會議進行的同時，各分組也召開該組的小組會議，或相關領域的跨組聯席會議，增加分組之間關聯性的結合。

本策略規劃計畫經過了九個月的努力，在國內外學界及氣象局之全力支援下，共召開了六次大型工作會議及近十次的分組會議，集合了共識，針對攸關氣象局發展的九大技術領域，即全球模式、區域模式、颱風、衛星、雷達、資料同化、即時預報、氣候及大氣化學/物理等主題，對未來 5-10 年內氣象局可優先工作的項目及內容，都提出了初步之建議，而對要完成這些工作所須的人力資源及國際參與的加強，也提出了包含組織調整、協力中心之運作、基金會角色之加強等策略供氣象局參考。

因應國際氣象新科技發展之策略規劃

目　錄

一、計畫背景說明及預期目標

中央氣象局由民國 73 年起開始執行氣象業務“全面電腦化”，前後 16 年的期間，共完成了三期的計畫，具體的完成了電腦及網路通訊設備之建置，並在此基礎之下，完成了數值天氣預報作業系統，使氣象局的天氣預報作業，完全進入電腦化。同時，配合氣象局的施政計畫，也完成了新雷達佈建、衛星資料接收系統及地面觀測系統更新等重要的工作，這個階段的工作成果，是值得肯定的。

“氣象業務全面電腦化”計畫之完成，確實達到了集中氣象科技人力，加強台灣地區天氣預報及警報技術之發展，回應了國家經濟建設的需求，確保經濟建設之成果，而在此期間，同時成立的“氣象科技研究中心”，負責推動氣象科技研究發展，以提高氣象科技水準、及預報效能發展應用氣象研究、增進國際氣象科技交流及培育人才為主要目標，具體的擔任了氣象局內研究與發展的重要工作。這些年來，氣象局約聘了十多位具博士學位之人員加入，同時也培育了許多具體執行數值天氣預報及即時天氣預報等方面的人才，這一些人目前都是氣象局內主要的骨幹力量之一。

隨著氣象局三期計畫的完成，具體的完成了許多作業系統，包含有數值天氣預報系統、即時天氣預報系統、新雷達建置等工作，這些工作的完成，使得這些年來在台灣地區氣象預報技術之提升，有實質的貢獻，但也就在這些新工作完成之時，氣象局在人力上之調配就顯得非常困難，這些年來，氣象局的人力資源並未有明顯之增加，但新增的工作內容及完成的系統又相當多，在種情況之下，要去執行現所擬定的以“觀測現代化、預報精緻化及服務現代化”的發展策略，並同時要評估引入國際氣象界在模式、同化技術、衛星新資料及雷達新技術等最新進展的可行性，其所遭遇的問題與困難，是可以想見的，為了因應相關的調整是必須的。

本計畫的主要目的，即是針對氣象局的現況，配合氣象局的發展策略主軸及國際氣象新科技之發展之狀況，來完成一個中長期的策略規劃，使氣象局能因應上述的新的挑戰。

此策略規劃將針對氣象局的未來工作中可加強及調整之處做出建議，包括數值模式之整合及新發展規劃、新觀測儀器建置之可行性評估及時程建議，國際合作及人力調整等提出建議，做為氣象局未來五至十年中長期發展之重要參考。

二、國內外現況及相關發展

為了更清楚說明氣象局達成發展策略上所面臨的機會與挑戰，吾人分別就目前作業上之問題及氣象新技術之現況及相關發展，來做一個整體的說明。

1. 目前作業上之問題

（1）模式方面：

數值模式是數值預報非常重要的基礎，目前氣象局內針對不同之預報時程，分別由資訊中心、衛星中心及科技中心來負責三個不同之模式，資訊中心之作業系統，負責 1 至 5 日內之天氣預報之執行，衛星中心負責即時天氣預報作業（0-12 小時），科技中心則以另一種模式來作為進行動力短期氣候預報之基礎。

在目前有限的人力之下，要負責這些不同模式之作業，同時對其做改進，所花費之人力及資源，似乎有再檢討之必要。舉例來說，目前天氣預報作業（NFS），將要發展可以加入華衛 3 號資料的同化技術(全球模式及區域模式)，這是一個非常重要的工作，但在即時天氣預報系統(LAPS-MM5)，也在進行另一類的同化技術之發展(以雷達資料等為主)，此兩類的工作，如果是在同一個模式上進行，則可以相互分工，成果可以疊加。而如果 NFS 系統中的全球模式，可以做為短期氣候監測與預報研究的模式，也可使這方面的人力及成果，做有效的整合。這是相當值得深入了解做出調整的一個議題。

（2）人力調配及國際合作方面

早期局內有數值天氣預報小組，負責天氣預報系統之作業及研發工作，目前似乎已不再運作。但數值模式之發展經驗都可以分享，各自負責，各自發展的結果，整体的成果會受影響。在此階段，局內有關模式發展之整體策略未完成之前，此三個中心有參與模式的人員能有一個相互討論的平台，充份交換意見，是有必要的。

近幾年來，氣候的議題，變得相當重要，氣候的研究(監測與模擬)，內容廣泛，包含之議題相當廣，模式之須求也特別高，各先進國皆以極大之投資來進行此議題之研究。局內了解此議題之重要性，91 年起執行的計畫，即包含了氣候變異的課題，在此課題內，氣象局應優先採用國際合作之分式來進行，但面臨出國預算之編列相當困難，除國際專家來台指導之資源可以使用之外，相關之人員要到國際先進之氣候中心進行中長期之訓練，以做為學習先進模式(大氣海洋偶

合等)，增進整體能力的重要步驟，受限於出國旅費之額度，有其執行之困難，如何擬出策略，來充份使用國際上現有之成果，以事半功倍之方式發展局內氣候議題之研究，是相當值得思考的。

而同時此四期計畫(即氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫)中，回應整個社會大眾之期待，在進行此兩個時間尺度截然不同的現象，所做的資源分配之比例，也是一個值得再探討的議題。

（3）與防災相關之作業

颱洪之災害，對我國之經濟造成很大的影響，而此議題最重要的資訊之一，即是有關雨量之預報，但現階段我國政府內之分工由氣象局負責雨量之預報，但有關洪水部份及河川水位等與災害發生更有關係的工作，則由水利署負責。由雨量預報到洪水之預警，未能有一連貫之作業，使得在此問題上常有爭議，而未能有更好之解決，這三年來，在科技顧問組之協調下，氣候局與水利署已有較密切之互動，以前此二單位分屬交通部與經濟部，現都會納入新的環境資源部，因此在未來組織調整中，如能將水文氣象及水文技術工作及人力，資源納在整體氣象之工作內，則會使我國在颱洪之作業上，有更好的成績，而如未能在組織調整時得到解決，則日後也應在同一個部內，對此議題，以工作小組方式來進行，因之，由防災減洪觀念下所衍生的相關作業內容及方式，也值得一併檢討。

2. 氣象新科技發展之環境

（1）福衛三號資料之使用(GPS 掩星技術)

由我國國家太空中心主導的福衛三號衛星預計在 2006 年 3 月發射，此衛星將提供大量的即時觀測資料，可做為數值預報模式的重要初始資料，此資料必須以四維資料同化之分式來處理，才可以做為有用的初始條件。

此計畫是我國的重要施政成果之一，且因此福衛 3 號已有氣象衛星之簡稱（Lee and Rocken,2000；Kuo,2004），因此如何優先使用此資料，已經是氣象局必須積極面對的一個問題。目前局內已有少數之人力在進行資料同化技術之發展(三維變分法及四維變分法)，但大部份是由國內之學者來協助執行。由於國家太空中心也樂於見到此資料能大量的被使用，如何就與各相關單位磋商，確定資源之分配及人力問題積極規劃，以做出最好之因應，也是氣象局近期內須優先面對的議題之一。

（2）雙偏極化都卜勒氣象觀測技術

國外在雙偏極化都卜勒氣象觀測技術上的研究（Keeler et al.,2000；Bringi and Chandrasekar,2001），已有二十年多的歷史，而此觀測技術，可以提供雨量及降水粒徑分佈，除了對劇烈天氣之結構能更了解之外，這些資料，也可以為數值天氣預報中初始資料上，雲物理參數之主要來源，由於研究之成果具體。美國國家氣象局已規劃將其所有之一百多部 Nex-Rad 雷達做此方面之提昇，做為正常作業的一部份，目前局內之五分山雷達與此是同一種型號的。

中央大學近一年來，剛好也在進行雙偏極化都卜勒雷達更新之工作，使局內之人員對此問題有了實際的處理經驗。面對未來局內的預報精緻化的發展策略及社會大眾之須求，如何使局內之雷達提昇至具此功能，同時具體檢討局內雷達資料使用現況及優先改進之措施，都是值得進一步思考及評估

（3）與劇烈天氣相關的觀測技術及整體策略

如上所述，颱風及豪雨的預報，是我國在氣象作業上所面臨的主要問題及挑戰，也是氣象局之所以持續獨立存在之重要因素之一，因此，這個議題是氣象局在整體發展中，最優先的課題，因此，不論在觀測技術提昇，預報技術強化，資訊傳輸便捷等都應予以最優先之考慮。氣象局在此大原則之下，持續支持這方面之作業改進，使得目前在颱風路徑預報的準確度提昇及豪雨特報方面，皆有了很好之成果。但未來之發展，應如何進行？

數年前，為了收集更好之颱風外圍環流之資料，氣象局與國科會防災計畫合作進行了 Aerosonde 無人飛機觀測計畫，進行至今約有 7 年之時間，取得了一些成果，這一年來，Aerosonde 無人飛機在通訊方面，有不少實質的進展，以衛星通訊之方式來傳輸其所收集之資料，似已可有效的完成，局內目前仍有一些 Aerosonde，未來在此部分應如何處理，值得進一步評估。

此外，國科會自然處大氣學門，以實驗性的方式，正進行所謂的追風計畫，即以飛機為平台，在颱風接近時，前往投置”投落送（Dropsonde）”，以取得在該地區之大氣垂直結構資料，作為颱風預報作業時之重要初始資料之一，目前該作業已進行了一段時間，初步之成果顯示整個作業是有價值的，但整體經費之支出也相當可觀，第一期之計畫近期內結束，該項計畫正在申請第二期計畫（2005 年~2008 年）。針對此項新的觀測技術，中央氣象局應加以審慎之評估，了解其在提升颱風預報準確度上之貢獻，技術成熟度及所需之資源，才能做出明確的選擇。

而就整體資源分配來看，氣象局投入在此議題上之總經費（就研發部分），也應充分反映劇烈天氣議題之重要性，方為合理。由目前執行第四期計畫中的經驗，應可做為氣象局規劃下一個中期計畫(第五期)的重要參考。

（4）衛星資料之接收及接收系統更新

目前氣象局接收的氣象衛星，包含有美國、日本及大陸的，由於美國 NOAA 衛星的新系列將於 2008 年起有更動，氣象局目前的接收系統及相應的資料處理必須做更新，而這二年來，氣象局衛星中心也添購了接收 MODIS 儀器之資料（此 MODIS 儀器在 Aqura 及 Terra 衛星上）。

考量到日後環境資源部之成立，對於氣象之外一些環境參數需求將更為強烈，因此，構思如何在接收系統更新同時，列出時程，考量在防災、氣象、環境上整體可以使用的衛星資料及我國所需之資料（如土壤、水汽、懸浮微粒、值被、水文參數、大氣化學參數等），做出一些規劃，應是相當重要的課題。

而且國際上剛好正在推動 GEO（Groups on Earth Observation）10 年觀測計畫（GEOSS, 2005），此計畫是以永續發展角度，預期以 10 年之時間，來收集全球之資料，而所收集的資料，除了傳統天氣、氣候方面之效益用外，也將著重在水資源、生態系統、防災、健康、能源、農業及生物多樣性等與人類社會有密切相關的資料收集。

目前的中央氣象局，或是爾後以署之方式在環境資源部裡，顯然是唯一一個具有衛星接收及資料處理能力的單位，如何就國際上之發展，環境資源上之需要，氣象衛星資料等之需求，做一評估並擬出執行策略及工作時程，似乎也值得考量，如何與國際的 GEOSS 計畫所蒐集的資料有互動，也可是一個努力的方向。

（5）地面 GPS 接收系統之擴大應用

目前中央氣象局已有一百多個 GPS 地面接收站，此 GPS 接收主要之功能是監測地殼之細微變化，而成為地震監測之重要工具之一。但由於在接收資訊之同時，大氣可用水汽量亦可由同樣的資料中反演得出來，因此在擴大此項基礎投資之效益上來看，使此 GPS 資料站，亦可提供該位置之可用水汽量之總量（垂直積分量），除了了解大氣水汽之變化外，亦可作為即時天氣預報系統初始化或 NWP 中初始化的資料使用。

而要使 GPS 資料在氣象上有更佳的使用效果，地面接收站內有溫度、氣壓及溼度之微觀之必須的，這些變數有助於來修正可用水汽量垂直積分時之依據。

此部分之可行性也值得再研究。

了解了目前氣象局在作業上可能面臨之問題，了解到了國內外有關觀測儀器方面之新進展，考量到氣象局在預報作業上社會大眾的需求，同時，許多新的工作量一直加在氣象局的同仁上，氣象局也應有另一個減法的思考，即考量就目前所有的工作中，是否有一些可以分割出去，由民間產業及基金會可以來執行的內容及項目，使局內之人力可以有一些緩衝，更能有效執行新的規劃，但這一些應如何進行呢？這是本策略規劃要執行的實質內容，下一節將針對此策略規劃的經過做一個簡要的說明。

三、計畫執行經過

本計畫於 94 年 3 月中旬完成簽約及期初報告後，開始推動計畫報告中的工作進度，根據計畫報告書規劃執行方式廣邀國內外的專家學者及作業單位專責人員，根據不同領域進行分組，利用分組討論對目前氣象作業上及國際上氣象新科技發展進行了解，針對氣象各領域的發展趨勢，參考氣象局現況，提出具體可行的建議，作為氣象局未來制定中長期計畫時之重要參考依據。

為了解各分組執行進度，本計畫規劃了六次的工作會議，每次會議間隔六星期左右，藉由本計畫顧問蔡清彥教授主持的工作會議，召集各分組人員與會，本計畫已召開的工作會議之時程、會議主題及參與人員如表 1。

表 1 已召開之共同工作會議

共同工作會議	時間	出席人員	會議內容
1	94.5.5	國內外學者、氣象局及民航局相關人員	計畫內容報告及分組分工。
2	94.6.9	分組召集人及氣象局相關人員	分組對所負責工作內容瞭解及討論執行的共識。
3	94.7.14	分組召集人及氣象局相關人員	各分組初步工作報告，內容包含對各議題現況之說明，面臨之困難及可改進的方向等級討論。
4	94.9.2	分組召集人及氣象局相關人員	分組工作報告，對各議題提出初步建議及討論。
5	94.10.20	分組召集人及氣象局相關人員	分組工作報告，持續討論各組織建議方案。
6	94.11.28	分組召集人及氣象局相關人員	人力、資源需求建議及爭取資源策略之討論。

第一次於 5 月 5 日在中央氣象局召開工作會議，廣邀國內外計 24 位學者專家及作業單位中央氣象局、民航局 13 位人員共同參與討論，會中完成了未來計畫預計執行的領域分組、分組成員及分組的召集人，總共分成模式（全球及區域)、颱風、雷達及 Wind Profiler、資料同化、衛星、氣候、大氣物理及化學、即時預報系統及組織/人力/國際參與等 10 組，分組成員除國內的專家學者及作業單位外，另邀請了各領域的國外專家學者參加，詳細分組內容如表 2。與會人員提出目前國內氣象技術、人力的培養及氣象作業上的一些困難與挑戰，經由分組討論同時進行該領域的相關規劃及研究，各組最後提出該領域的規劃報告，並經共同會議中討論後才定案，第一次工作會議紀錄詳如附錄一。

表 2 本計畫各領域分組及成員。

內容	國內學者	國外學者	氣象局
模式(全球)	**楊明仁**、柯文雄 陳正達	林先建、莊漢明、 李瑞麟	馮欽賜
模式(區域)	**簡芳菁**、周仲島、 林沛練、蒲金標	郭英華、劉其聖	洪景山
颱風（模式、 觀測等）	**吳俊傑**、李清勝、 郭鴻基、林博雄、 林沛練、黃清勇	井建國、張偉正	葉天降
雷達 ＋ Wind Profiler	**周仲島**、廖宇慶、 陳台琦	李文兆	周思運
資料同化 (cosmic、衛星、 雷達等)	**黃清勇**、張忍成、 廖宇慶	郭英華、張偉正	滕春慈、曾建翰
衛星	**周明達**、**劉振榮**、 林依依	張偉正	丘台光
氣候	**許晃雄**、隋中興、 陳正達	張智北、張偉正	盧孟明
大氣化學及 物理	**林能暉**、陳正平、 王國英	王寶貫、廖國男	商俊盛
即時預報系統	**周仲島**、陳台琦	崔立	丘台光、周思運、 林秀雯
組織/人力/國際 參與	**蔡清彥**、王作台		紀水上、葉天降、 丘台光

※ 粗體字為各分組的召集人。

第二次工作會議於 6 月 9 日召開，此次會議主要參與人員為各分組召集人(或代理人)共 8 位，以及 10 位氣象局人員與會。會議內容為報告各小組目前的工作

進度，就現況的瞭解及提出所遭遇到的問題共同來討論，會中並對小組成員做些微的增加人力，在全球模式小組增加陳正達教授，區域模式小組的國外學者增加劉其聖博士，衛星小組召集人增加劉振榮教授為共同召集人，颱風小組增加黃清勇教授，而人力/組織/國際參與增加王作台教授。第二次工作會議紀錄詳如附錄二。

第三次工作會議於 7 月 14 日召開，此次會議主要參與人員為各分組召集人(或代理人)共 8 位，以及 10 位氣象局人員與會。會議內容為各分組分別對現況提出初步的說明，在模式部分，全球模式建議目前在美國應用不錯之模式—finite volumn GCM（Lin, 2004；Lin et al., 2004），可作為未來氣象局全球模式之參考，並建議考慮未來邀請林先建博士來台灣做更深入的瞭解；區域模式建議由廣為大氣科學界所使用之 WRF 模式，作為下一代氣象局區域模式的參考，可經由學界教授與研究生的共同研究，替氣象局訓練未來的工作者，當氣象局遇到模式上的瓶頸時，也可交由學界來處理，如此可解決目前氣象局人力不足的現象；颱風議題上，主要有三方面未來規劃的策略方向，分別是颱風期間氣象資料的取得、颱風模式的模擬及最後颱風預報及對外發布等涉略規劃；雷達議題，目前氣象局對象有雷達的功能提升計畫，預計在明年可以加裝完成 OPEN RDA，而我國目前對偏極化雷達資料的特性應用尚未成熟，建議在全面換裝偏極化雷達之前，應積極引進相關科學基礎研究，始可充分發揮換裝後雷達功能；資料同化議題，美國 NRL 願意來台灣協助氣象局從事資料同化部份的更新工作。就資料同化未來發展上區域模式較有發展空間及多元性，未來區域模式將走向 WRF 的 3DVAR（Klemp et al., 2003；Skamarock et al., 2005）。另關於如何將雷達資料置入資料同化中，也是未來發展的目標；衛星部份，氣象局已經完成心衛星的規劃工作，希望未來更能將這些資料應用到模式裡面，作多方面的應用；即時預報系統，自動即時預報系統，是利用模糊邏輯整合概念模式與數值預報產品，建立即時預報指引，系統架構引進並不代表就可以有效使用，區域性風暴雲動力特徵，中尺度環境不穩度特徵等參數，應該要有充分了解才能建立有效的預報系統。第三次工作會議紀錄如附錄三。

第四次工作會議原定於 9 月 1 日舉行，因為泰利颱風關係延至 9 月 2 日召開，此次會議主要參與人員為各分組召集人(或代理人)共 8 位，以及 10 位氣象局人員與會。會議就上次各分組所提內容做更進一? 的說明及新的策略方案提出，模

式部分，全球模式 finite volume GCM 對於颶風及熱帶地區的天氣系統模擬，顯示有較佳的預報能力，目前初始場是使用 NCEP 的資料，未來希望應用資料同化系統，將 NASA 的高解析度衛星資料提供給模式使用。林先建博士將於 10 月份回國參加氣象局的研討會，屆時對於如何協助氣象局建立 finite volume GCM 的事宜，將可以仔細討論；區域模式部分，於上次會議中提出氣象局與學界之間的合作及配合，並共同來發展 WRF 模式在台灣地區的應用，此次也提出氣象局建置 WRF 四個階段的時間表及如何與國外相互交換彼此的經驗；颱風議題上，先前提出了觀測、模擬及預報三個策略方向，此次針對觀測部分，不論是衛星、雷達、投落送及剖風儀等資料，皆應做適當的整合，必須與模式同化，以達到改進颱風分析、模擬及預報之最大成效；雷達方面，建議氣象局，首先將五分山雷達在美國進行偏極化升級，而雷達資料必須置入模式資料同化部分，方能對預報有較直接的貢獻。剖風儀建置受到土地及頻率的困難，但此對颱風的觀測十分重要；資料同化的使用資料方面，衛星資料可以優先使用，雷達資料目前有一些初步的應用，但是系統性的應用尚未確定，是一個需要努力的方向。而氣象局也規劃未來三年 2006~2008 年建構資料同化系統的時間表；衛星資料實際應用未受到重視，特別是繞極軌道衛星的應用非常缺乏，在實際作業運用上，繞極軌道衛星會比同步衛星只是提供衛星雲圖更具有效果，未來可考慮加強在繞極軌道衛星上的應用。另建議氣象局評估並提出需求，由相關學者思索哪些新科技可以應用在災害分析上。未來希望安排研討會，邀請國外學者專家，針對氣象局所提出的需求提供意見與建言；氣候議題，氣象科技在國際合作是必要的，在氣候應用上，系集與超系集預報是主流，只依靠單一機構完成是很困難的，所以跨國機構合作是一個趨勢；大氣化學與物理隨著氣象科技演進，此方面資料的觀測即取得顯得重要，目前一些模式，如全球模式及 WRF 模式都需要物理化學的資訊，例如氣膠與雲物理的資訊。除了與國內學校及研究機構合作外，與國際合作交流也是重要的課題，在亞洲地區已經有監測聯網規劃，希望可以增加這部分的人力，促進資料的交換；組織、人力與國際參與，希望各分組在 11 月底或 12 月初時，針對實際所需要的人力、經費與設備提出建議，經過彙整後將會提出報告。第四次工作會議紀錄如附錄四。

本計畫執行經過多次的會議討論，對於策略規劃已有初步的結果，為擴大參與層面及廣納多方對此初步結果意見，因此第五次工作會議於氣象局舉辦之

「天氣及預報研討會」會議期間舉行，進行初步的策略規劃成果報告，主要就目前規劃策略建議事項、規劃期程及所需人力的配置提出報告，時間在 10 月 20 日下午 3 點，會中由各分組召集人報告 10~15 分鐘的策略規劃草案，並接受在場人士（包括國內外學者、氣象局同仁及學生）之提問，作為未來策略規劃修正之參考。本次成果報告的相關資料如附錄五。

第六次工作會議於 11 月 28 日召開，由各分組召集人或代理人參與此次會議，主題為人力、資源需求建議及爭取資源策略之討論。會中首先邀請氣象局人事室主任就目前氣象局的人力編制作說明，供大家接續討論人力時之參考，目前氣象局預算職員有 594 人、聘用人員 28 人及約僱 3 人共 625 人，現有職員 579 人、聘用 27 人及約僱 3 人共 609 人。再來由各分組對其所完成之策略規劃做進一? 說明，主要說明對其所提的策略規劃人力需求，各分組都覺得應增加人力來因應未來氣象局新的業務，如新的全球及區域模式引進、應用及研究改進等，都需要有專業的人員來協助，因此在全球模式建議增加 3 人（博士 2 人、碩士 1 人），區域模式 3 人；在颱風領域，雷達資料、衛星資料與投落送資料的處理，對於颱風預報相當重要，需要博士級人員 1 人，而颱風強度與降雨預測上，也需要博士級 1 人；雷達方面，建議雷達站氣象人員，平日不需輪班可以調回，只由電子人員輪班進行設備維修，如遇颱風可以採取配套措施，由氣象人員進行加班輪班；資料同化方面，此部分需要投入相當大的人力，全球模式配合 GSI 需要 1 人，而 WRF 模式配合 4D VAR 或 EnKF（Ott et al., 2004）需要 2 人；衛星領域，專注於衛星工作的人力缺乏，需要增加 4 個人力，包含兩位博士級及兩位碩士級人力，其中兩位博士級人力，主要進行新衛星設備系統的開發以及新技術的學習與應用；即時預報系統，此小組為不定編制，而是以任務編組方式，由衛星中心支援即時預報系統的作業，在未成立新中心之前，仍由衛星中心支援；氣候領域，目前氣象局在氣候問題的議題研究的比重較低，未來希望能夠增加比重，期望能與國際接軌，建議在此領域能有博士級 7 人(包含作業與研發)，碩士級 14 人，進行包括大氣模式、海洋模式、區域氣候、統計預報方法及診斷分析等方面的工作，但現階段可針對優先的模式發展來進行，約需 3 位人力；大氣化學與物理領域，可在政府改造後，環境資源部成立，再討論相關議題。第六次工作會議紀錄如附錄六。

在工作會議進行的同時，各分組也因其個別的需要，分別召開小組會議或相

關領域的跨組聯席會議，增加分組之間關聯性的結合。本計畫共召開六次的工作會議（五次分組會議及一次成果發表），每次會議都有特定的主題，針對各分組所提出的初步建議，進行討論，達到共識後之內容，則將為此計畫之重要結論，本計畫在下一節中所要提出的初步建議都是在此 6 次會議中取得之共識與結論，才正式提出。

四、策略規劃建議

參考六次會議的結論，並依需求，將整體策略規劃，分成兩大部分，一部分是未來五至十年氣象局應優先發展的技術及作法之說明，而所有的技術評估之建議，都是希望能對氣象局在整體預報能力之提升上有幫助；另一部分則是如何爭取足夠的人力與資源來完成第一個部分中，所建議要進行的工作重點，現分別就此兩部分說明如下：

1. 未來工作的重點建議

氣象局經過十多年的努力，已有很好的基礎，但展望國際上模式之新發展，觀測儀器之多樣化及電腦資源能力之提升可供氣象局借鏡，因此本計畫分別就（1）全球模式，（2）區域模式，（3）颱風，（4）衛星，（5）雷達，（6）資料同化，（7）氣候，（8）即時預報系統及（9）大氣化學與物理等九個方向，就各個議題未來短中期之工作內容及所需之資源，做出具體建議，而整體的目標是希望能提升氣象局的整體預報能力。

（1）全球模式：建議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。規劃分成以下五階段來完成此全球模式之建構：

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)：建立氣象局 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 氣象局 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)：完成氣象局 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)：進行第一代氣象局 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。

為達成以上階段預估須有博士級數值模式專家 1~2 人及碩士級人員 1~2 人協助模式測試及程式平行化。電腦資源視當時氣象局的電腦硬體資源而定，但為確保未來氣象局 fvGCM 可以實際上線運作，所需電腦硬體資源應確保當 fvGCM 的架構為水平解析度 0.25 度及垂直 40 層時，做 5 天的預報僅需 1 小時的計算時間(clocktime)。

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。同化的部分則著重等同 3DVAR 之發展（如 GSI)，目前並不建議進入 4DVAR 之同化工作。

(2) 區域模式：規劃分成以下四階段來完成此區域模式之建構：

第一階段：即日起至 2006 年 12 月，目前可做個案分析，進行 WRF 模式作業性測試、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，並進行颱風初始化，將 WRF 模式整合至氣象局的作業環境，在新的超級電腦測試 WRF 模式等。

第二階段： 2007 年 1 月至 2007 年 6 月，進行平行作業測試（45/15/5 km 解析度)，對平行作業測試進行校驗與診斷及 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，WRF 模式上線作業（45/15/5 km 解析度)，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)。

在如此的規劃下，對於氣象局 WRF 模式作業化人力需求約 3 人，其他相關資源有國內外專家學者諮詢、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、國際學者專家交流和出國參加研討與交流等經費補助、特定相關議題研究(如 Surface and PBL process、高解析度地表參數（地形、landuse…）、降水過程、開發新的校驗方法及系集預報)及颱風初始化與改善颱風預報。

同時建議學界所發展數值模式系集預報產品，積極與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。但在執行 WRF 模式之同時，應先瞭解目前 WRF 預報所增的電腦資源及其未在 EMSF 架構下的相關問題（Mass, 2005），同時因模式語言/結構與傳統語法不同，氣象局內參與人員之經驗銜接，與目前作業的 NFS 區域模式做平行測試及成果比較的工作也應一併注意。

（3）颱風：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的太平洋地區，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。

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；在氣象局的努力及國科會在過去幾年所重點支持的颱風研究，已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。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。

在此議題下的工作重點如前所述，包括了觀測、模擬與預報，(i) 在觀測方面，應著重的議題包括了投落送/無人飛機策略性觀測及資料應用，以了解颱風眼牆結構及所謂敏感區域的界定及觀測，充分利用衛星與雷達網連之資料，同時可加強東沙島之觀測（硬體設施加強）及強化多重資料之整合；(ii) 在數值模式方面，充分利用現有的NFS 作業模式，同時在對發展中的 WRF 模式，進行同化技術之發展（3D 或 4DVAR）及預報系統之改進，電腦資源之提升等工作；(iii) 預報策略方面，應分別就 0~30 小時及 24~72 小時的時間，做不同重點之工作 0~30 小時應著重在雨量及風速之預報，24~72 小時應強化在颱風路徑之預報，而這些都是對我國防救災工作方面上極為重要的上游資訊也是氣象局在我國整體環境監測防災減災工作上重要的一個環節。

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。同時不論是衛星（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。此外在研究方面，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。而此颱洪的議題，或可作為氣象局推動重要計畫的關鍵議題，來做為爭取更多資源之代表性力量。

（4）雷達：雷達需改善定量降水估計。在氣象局S-Band (10cm)網連雷達上，五份山雷達隨NEXRAD升級為雙偏極化雷達，七股雷達應升級為雙偏極化雷

達，並加裝水氣觀測信號處理器。由於地形阻擋或離雷達較遠，導致網連雷達觀測缺乏的地區，建議水利署與氣象局聯合規劃建制降水雷達網，可針對都會區架設X-Band (3cm)雙偏極化雷達，針對集水區或土石流嚴重地區，架設X-Band 或 C-Band(5cm) 可移動式雙偏極化雷達。國科會與氣象局聯合規劃建置機動式雙偏極化都卜勒雷達。

在人力需求上，目前雷達站人員有氣象人員及負責雷達維修的電子人員，未來可考慮將雷達站的氣象人員調回，由電子人員負責輪值雷達站，維持雷達正常運轉即可，如此獲致的人力足可供未來雷達策略規劃中的工作事項，不需在增加氣象局人力額外負擔。

（5）資料同化：資料同化的使用資料方面，衛星資料可以優先使用，雷達資料目前有一些初步的應用，但是系統性的應用尚未確定，是一個需要努力的方向。另外 FORSAT-3 資料，氣象局仍在建置中，未來可以提供進一步應用。人才訓練是非常重要的，不論學術界或氣象局可以透過計畫或國際合作，派遣人員到國外進修，如在 NCAR 接受研發的訓練與學習，不只是當使用者，更要能夠視需要針對模式加以改進。氣象局在建構資料同化系統規劃的三階段時間表如下：

第一階段 2006/7：WRF VAR 上線作業。

第二階段 2007/6：包括三層 domain 分別為 45、15 與 5 公里網格解析度的 WRF 模式上線作業。

第三階段 2008/1：將網格解析度提高為 27、9 與 3 公里，並整合應用氣象局現有的資料。

人力需求上，將資料同化分成二個部分來解決，全球模式及 WRF 模式所搭配的資料同化技術不同，所需人力各自分開，如全球模式搭配 GSI 的同化技術需要 1 人，WRF 搭配 4DVAR 技術需要 1 人，另 WRF 搭配 EnKF 也需要 1 人，共計 3 人。

（6）衛星：希望衛星資料能更廣泛的應用，並思索哪些新科技可以應用在災害分析上，進一步將衛星功能發揮的淋漓盡致。繞極軌道衛星的應用非常缺乏，在實際作業運用上，繞極軌道衛星會比同步衛星只是提供衛星雲圖更具有效果，未來可考慮加強在繞極軌道衛星上的應用。將 AMSU 微波反演探空資料進行衛星資料同化，應用在颱風預報上，顯示有可期待的進步空間，

也是未來努力的方向。預計時程分成三個階段：

第一階段：2005-2007 年，預計完成工作項目有：

a. 建新接收站解決電波干擾問題。

b. 完成 MTSAT-2 的系統建置，持續接收同步衛星信號，提高時間解析度。

c. 完成 METOP/NPP 的系統建置，增加接收軌道衛星信號，提高颱風發展監測能力。

第二階段： 2008-2010 年，預計完成工作項目有：

a. 完成 NPOESS 新軌道衛星接收處理系統建置，提高衛星觀測的垂直解析度，發展衛星資料同化。

b. 完成衛星電子資料庫建置。

第三階段： 2011-2014 年，預計完成工作項目有：

a. 參與國際 GPM 研究計畫，提高雨量觀測準確度。

b. 完成採購建置ＨＹＤＲＯＳ軌道氣象衛星系統，提高水文觀測準確度。

c. 數值預報模式中大量使用氣象衛星資料。

因應三階段的人力需求，除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需 2 人，增加發展衛星資料同化技術在數值模式應用需 2 人，而增加發展衛星資料在環境監測（陸地、氣象、海洋）應用技術人力則需要 6 人。所需人力如此多，在氣象局人力不足的強況下，應增加與國內大學與及研究機構的合作方式（國內委託計畫）來發展衛星資料應用技術，在國際上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。

以上策略規劃，若能實際完成預期可獲致以下之成效。第一階段，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豪雨強風的應用價值，加速資料處理速度以符合災變天氣的需求；第二階段，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；第三階段，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，協助氣象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，並協助環保署進行空氣污染模擬的準確度。

目前美國在推動NPOESS之規劃上預算問題進度也落後，吾人應持續追蹤此議題之發展，並仍因美國所進行時程之改變而做必要的調整。

(7) 氣候：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。因此在規劃時程上，分成短期、短中期、中長期及長期目標如下：

短期目標：成立氣候協力研究中心，

a. 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。

b. 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）。

c. 由研究生將氣象局提出的特定需求，當成碩博士論文。

d. 氣象局提供適當的計算資源與資料，協助計畫的進行。

e. 重新檢討人力配置，加強單位間的合作，提升研發效率。

f. 加強國際合作，APEC Climate Center 於 2005 年 11 月成立，應積極參與國際氣候預報活動，增加知名度，觀摩學習，取得氣候預報的數據資料 。

短中期目標：持續發展氣候模式，

a. 統計預報與動力-統計預報並重 ；

b. 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 ；

c. 「CWB-Universities allied seasonal forecast system」計劃，NCEP，JMA … 。

中長期目標：

a. 持續發展氣象局全球模式，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（APEC Climate Network)的重要窗口。

b. 持續進行區域氣候預報實驗 。

c. 長期研發計畫的擬定，繼續將氣候研發列入未來的第五期計畫。

長期目標：持續發展海氣耦合氣候預報模式。

如要對所有的氣候議題都要觸及，則人力短缺是最迫切的問題，遠高於任何技術性問題，此一問題解決，才能推動氣象局研發工作的發展，因此含現有氣象局人員，在氣候領域上長期的人力需求至少要有 7 位具博士級人員、碩士級人員 14 人，但目前階段性的需求，3 位專任研究人員之加入，可勉強因應未來 3 年的工作，長期而言，宜落實此方案。而成立類似 JMA 與 KMA MRI 的研發機構，應也是可嚐試及努力的方向之一。

同時在氣候議題上，考量到國內之現況及此議題之國際性/區域性相當強，如何優先選擇工作的重點，而多借助國外已有之經驗及能力，也應是局內應做的自我評估及確認的優先工作項目。

（8）即時預報系統：建議分成二部分，一是對流分析與即時預報系統建置：自動即時預報系統，是利用模糊邏輯整合概念模式與數值預報產品，建立即時預報指引，系統架構引進並不代表就可以有效使用，區域性風暴雲動力特徵，中尺度環境不穩度特徵等參數，應該要有充分了解才能建立有效的預報系統。應該加強相關中尺度現象和中尺度過程之基礎研究，尤其是台灣地區複雜之海岸以及地形效應對局部天氣的影響。另一是剖風儀資料應用計畫：剖風儀測風雷達可以提供 10~15 分鐘一組台灣地區垂直剖面水平風資料，協助預報人員即時掌握中尺度環境氣流的變化，對於極短期預報（3~12 小時）工作將有突破性的幫助，同時發展 RAPID UPDATE CYCLE 系統，同化剖風儀資料於模式內，進行極短期中尺度天氣預報。對流分析與即時預報系統內有三個系統，劇烈天氣警報系統（WDSS）、暴雨監測系統（FFMP）及自動即時預報系統（ANC），氣象局現在已經引進 WDSS，FFMP 和 ANC 則預定在 2008 引進。

目前預報中心的即時預報小組並不是正式的編制，由衛星中心派人支援的任務編組，在未成立新的中心之前，仍由衛星中心來支援。

（9）大氣物理及化學：中央氣象局研擬發展計畫，可參考國際現況並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。

目前台灣對於此議題的背景資料相當缺乏，由於此部分的資料對於未來氣象模式應用極為重要，如模式中微物理機制及氣膠資料(影響降水、輻射等作用)，過去都是使用美國當地觀測的背景資料，是否適用在亞洲或台灣上，都需要再做進一步的評估。因此建議以下工作事項：

a. 包含輻射、大氣化學之世界氣象組織標準測站。

b. 針對氣候變遷相關議題進行長期觀測，其項目有：

（a）加強臭氧送觀測。

（b）建立長期大氣中二氧化碳濃度的監測記錄。

（c）氣膠與光學特性。

（d）雲物理。

c. 南海熱帶背景大氣測站:除可進行海洋氣象資訊收集外,亦可宣示主權。

以上建議事項，氣象局並不一定都要獨自來做，可透過國內外策略合作方式來完成，彼此資料相互共享，如此在有限的資源下得到最大的效果，其方式有：

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：與美國 NOAA 及東亞國家日本、韓國及中國大陸等進行合作。

（a） 亞洲區域合作、監測聯網、資料交換。

（b） IOP，儀器 SOP、QA/QC 比對。

（c） 定期舉辦研討會、工作會及教育訓練。

在人力需求上，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。

此議題主要是因應政府組織改造及環境資源部之成立而進行的規劃，執行的進度與政府組織再造的時程有關，現階段可思考的是是否有那一些工作項目可優先列為目前氣象局應及早進行的項目。

2. 資源爭取及組織調整方面之建議

氣象局應與國內學術界及相關單位（國科會、水利署等）進行更密切的合作，有效利用國內現有之資源，擴大本身任務的範圍，並掌握有利的時機，爭取更多的預算，來完成在上一節中所擬議的技術發展工作，以確保氣象局的技術水平。

氣象局現有之預算員額有 625 位，目前分配在測站的人數不算少，因此，就組織調整的大方向來看數點初步建議，供氣象局參考：

（1）可考慮將四等測站全面自動化，並評估一縣市有二個以上測站的功能及分工，使效果充分發揮，並可評估加強保全之配套後，是否能使一些工作人員進行專業的科研工作。

（2）雷達站內之電子人員及氣象人員之分工，應可再檢討，氣象人員之工作內容應予以強化，使其有實際處理雷達資料的機會，提升其能力。

（3）雷達站與鄰近測站之分工與特色應在釐清，使人力之功能作最有效之發揮，部分人力可以加強誘因方式，引導其專業能力之提升。

（4）對具高學歷之測站人員，應有公平公開之機制，使其回到局內參與科研，而因此對測站人力之影響，可另有配套措施來解決。

（5）依前述規劃，則有機會來滿足執行此新議題中所需的人力，除了上述的局內組織調整之建議外，氣象局也應考慮：

a. 以協力中心或整合計畫委託之方式與學界合作將經費撥付學界，由學界以任務導向之方式來協助氣象局就所處理的優先科研議題，在前述組織調整後仍有不足的人力，可以此方式安排，以增加人力。

b. 強化基金會之角色，目前國內也有數個與大氣及海洋相關的基金會。

c. 國家級科發單位之設立。國科會海科中心中可擴大到海氣交互作用及氣候相關議題，國研院內擬議的颱洪中心，也是學界與氣象局可努力的重點。

五、結語

本策略規劃計畫經過了九個月的努力，在國內外學界及氣象局之全力支援下，共召開了六次大型工作會議及近十次的分組會議，集合了共識，針對攸關氣象局發展的九大技術領域，即全球模式、區域模式、颱風、衛星、雷達、資料同化、即時預報、氣候及大氣化學/物理等主題，對未來 5-10 年內氣象局可優先工作的項目及內容，都提出了初步之建議，而對要完成這些工作所須的人力資源及國際參與的加強，也提出了包含組織調整、協力中心之運作、基金會角色之加強等策略供氣象局參考。

吾人對國內外學界之參與，氣象局之支援，使此計畫能完成初步之成果，表示最大之感謝。此九個月的工作，指出了可努力的工作議題及可努力的人力與資源調整及爭取等策略，但如何具體的落實，則仍有待更進一步的細步規劃及在大環境許可之下的資源爭取，這兩大工作主軸。

氣象局仍應持續推動，以確實能具體因這些規劃而完成第五期計畫工作規劃，做為具體爭取資源、預算的重要文件。

參考文獻

Bringi, V.N., and V. Chandrasekar, 2001: Polarimetric Doppler Weather Radar: Principles and Applications. Cambridge University Press.

GEOSS, 2005: GEOSS Group on Earth Observation system of systems) 10 years implementation Plan, Published by Group on Earth Observations, ISBN, 92-9092-986-3 (can download from http://earthobservations.org/)

Klemp, J. B., W. C. Skamarock, and O. Fuhrer, 2003: Numerical Consistency of Metric Terms in Terrain Following Coordinates, *Mon. Wea. Rev.*, 131, 1229-1239.

Keeler, R.J., J. Lutz and J. Vivekanandan, 2000: S-Pol: NCAR polarimetric Doppler research radar, *IGARRS-2000*, IEEE, Honolulu, HI, 24-28.

Kuo, Y. H. et al. ,2004 : Inversion and error estimation of GPS radio occultation data. *J. Meteor. Soc. Japan*, 82, 507-531

Lee, L. C., and C. Rocken, 2000: Applications of Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere & Climate? R. Kursinski (Ed.), Springer, ISBN 962-430-135-2.

Lin, S-J., 2004: A Vertically lagrangian finite-volume Dynamical Core for Global Models. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 2293-2307.

Lin, S-J., R. Atlas, and K-S. Yeh, 2004: Global weather prediction and high-end computing at NASA. Computing in Science and Engineering, 6, 29-35.

Mass, C., 2005: The Uncoordinated Giant: Why U.S. Weather Research and Prediction Are Not Achieving Their Potential. Bulletin, AMS, (in Revision).

Ott, E., B.R. Hunt, I. Szunyogh, A.V. Zimin, E.J. Kostelich, M. Kostelich, M. Corazza, T. Sauer, E. Kalnay, D.J. Patil, and J.A. Yorke, 2004: A Local Ensemble Kalman Filter for Atmospheric Data Assimilation. *Tellus*, Vol. 56A, pp. 415-428.

Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, W. Wang and J. G. Powers, 2005: A Description of the Advanced Research WRF Version NCAR Technical Note.

Wicker, L. J., and W. C. Skamarock, 2002: Time splitting methods for elastic models using forward time schemes. *Mon. Wea. Rev.*, 130, 2088-2097.

附　錄　一

第一次工作會議紀錄

時間：94 年 5 月 5 日
地點：中央氣象局 2 樓會議室
主席：蔡清彥教授

「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」第一次工作會議
會議記錄

會議時間：九十四年五月五日中午十二時

會議地點：中央氣象局 205 會議室

會議主席：蔡清彥教授

出席人員：

辛江霖	王作台	許晃雄	柯文雄	郭鴻基
李清勝	吳俊傑	陳正平	林依依	劉振榮
陳台琦	廖宇慶	林沛練	楊明仁	陳正達
簡芳菁	張忍成	彭啟明	王寶貫	張偉正
廖國男	李文兆	張智北	許　亮	紀水上
鄭明典	丘台光	葉天降	滕春慈	周思運
盧孟明	商俊盛	曾建翰	馮欽賜	蒲金標
王崑洲				

會議內容：

一、　紀副局長水上簡介未來中央部會組織再造後，中央氣象局的定位與組織概況草案。目前草案規劃方向中央部會成立環境資源部，與氣象局目前有關的為下設有大氣暨海洋署，相關草案規劃如附件。

二、會議總結

（一）有關整體規劃架構方面

- 即時預報系統應單獨成立一組，並應充分應用到氣象雷達等方面的資料。
- 同化的課題相當重要，除了 COSMIC 資料外，雷達衛星方面之資料也應納入。

（二）有關人力的部份

- 氣象局沒有足夠的研發人力，應優先考慮以協力中心之方式來解決人力不足的問題，經費由氣象局提供，但主要的科研以氣象局所需的為主在受委託之協力中心進行，協力中心可考慮設在大學或相關基金會內，同時氣象局與大學及中研院之合作應再加強。
- 氣象局對社會服務太多，造成許多人力投注在此方面，在新的氣象法施行之後，應該把一些社會服務的項目釋放給民間氣象組織來發布，減少氣象局本身人力投入。
- 而氣象局本身與學界的合作很重要，氣象局應該提出本身的需求，來與學界尋求合作共同研究發展。希望氣象局與學界的角色應是以夥伴關係來共同進行研究發展。

（三）模式方面

- WRF 模式目前的應用與研究上仍存有許多問題尚待解決，需進一步評估考量。同時以 ESMF 架構的模式思維也應一併列入考量。
- 全球模式不需要從無到有發展，可參考目前現有的全球模式即可，但是一些如資料同化、物理參數等，則必須有建立自己的能力。
- 應有獨立的計畫來驗證整體預報之成效。

（四）衛星

- 除了做好資料接收外，應加強衛星資料之應用。同時美國新的 N-POESS 衛星會提供比目前多十倍以上之資料，此規劃應對此類的狀況做充分之評估，以利後續之實際執行。

（五）資料同化

- 資料同化單獨成立一組，除 cosmic 資料外並將雷達、衛星資料等納入。
- Local 資料的同化對於預報有極大的幫助，應規劃如何使國內可獲取台灣鄰近地區的資料。

（六）大氣物理及化學

- 目前空氣品質預報是由環保署來做,但是環保署的人力及訓練來做此工作能力有限，未來政府組織再造之後，在規劃中應該考量如何使氣象局能扮演的角色擴大。
- 未來模式越來越朝向精緻化,氣膠的微物理機制對於降水及動力有極重要的影響，因此未來於此方面之了解應有更多的研發。

（七）颱風

- 投落送的計畫,應優先探討及研究對台灣颱風路徑影響較敏感的地區，以利後續的實際作業。
- 就颱風過去氣象局人力幾乎投入在預報上,希望氣象局未來能有單獨的 team 來分析、研究及發展預報此劇烈的天氣。

（八）即時預報系統

- 就氣象局的業務而言，部分任務是提供下游單位所需的資料，政府再造後，此種跨領域需求會更為密切，最重要的是降水量預報，而且是極短期的 now casting 預報。同時應加強預報技術應用整合。
- 氣象局應優先將 now casting 的預報作為首要的工作，而雷達、衛星等資料是相當重要的。

（九）氣候

- 目前對於氣候的研究，所投入的人力很少，應考慮以協力中心方式增加人力。
- 目前 4 期計畫在此議題上已有很好的規劃,能考量之處為優先執行有作業化機會的課題。

（十）雷達

- 國內已有的偏極化雷達研究之經驗相當寶貴,氣象局在規劃未來應多加利用此部分之國內經驗。
- 應評估完成偏極化雷達所需之資源，並審慎進行規劃。

三、參與人力分組

內容	國內學者	國外學者	氣象局
模式(全球)	楊明仁、柯文雄	林先建、莊漢明、李瑞麟	馮欽賜
模式(區域)	簡芳菁、周仲島、林沛練、蒲金標	郭英華	洪景山
颱風（模式、觀測等）	吳俊傑、李清勝、郭鴻基、林博雄、林沛練	井建國、張偉正	葉天降
雷達 + Wind Profiler	周仲島、廖宇慶、陳台琦	李文兆	周思運
資料同化 (cosmic、衛星、雷達等)	黃清勇、張忍成、廖宇慶	郭英華、張偉正	滕春慈、曾建翰
衛星	周明達、劉振榮、林依依	張偉正	丘台光
氣候	許晃雄、隋中興、陳正達	張智北、張偉正	盧孟明
大氣化學及物理	林能暉、陳正平、王國英	王寶貫、廖國男	商俊盛
即時預報系統	周仲島、陳台琦	崔立	丘台光、周思運、林秀雯
組織/人力/國際參與	蔡清彥		紀水上、葉天降、丘台光

主席結論：

非常希望看到氣象局與學校合作，目前產學合作已經相當成熟，希望在未來半年大家能撥空來參與此規劃工作，此也可以規劃出大家未來的研究方向，謝謝大家的參與。

環境資源部組織架構圖（草案）

環境資源部

- 司（設　）
- 國　務司（設　）
- 國土規劃司（設　）
- 環境管理司（設　）
- 司（設　）
- 流域　司（設　）
- 資源管理司（設　）
- 司（設　）

（以上為業務單位）

（以下為輔助單位）

- 務管理（設　）
- 管理（設5　）
- （設　）
- 資　管理（設　）
- （設　）
- （設　）

國土規劃

水資源

- 國土資源署【下設城鄉規劃、新生地發展、新市鎮發展、都市發展、國土測繪、國土發展、礦業、地質調查、遙測及航測等9個分署】
- 水資源署【下設台北水源特定區管理、北區水資源、中區水資源、南區水資源、水利規劃5個分署及淡水河流域等10個河川分署，並監管臺灣省自來水公司】
- 森林暨自然保育署【下設台北分署等12個分署】
- 大氣暨海洋署【下設海岸、海洋資源保育等2個分署】
- 環境保護署【下設下水道、環境化學用藥管理等2個分署】
- 核能暨輻射安全署【下設南部分署】

地　分

申辦服務、許可、稽查、督察

- 北區環境資源中心
- 中區環境資源中心
- 南區環境資源中心
- 區環境資源中心

環境資源研究院

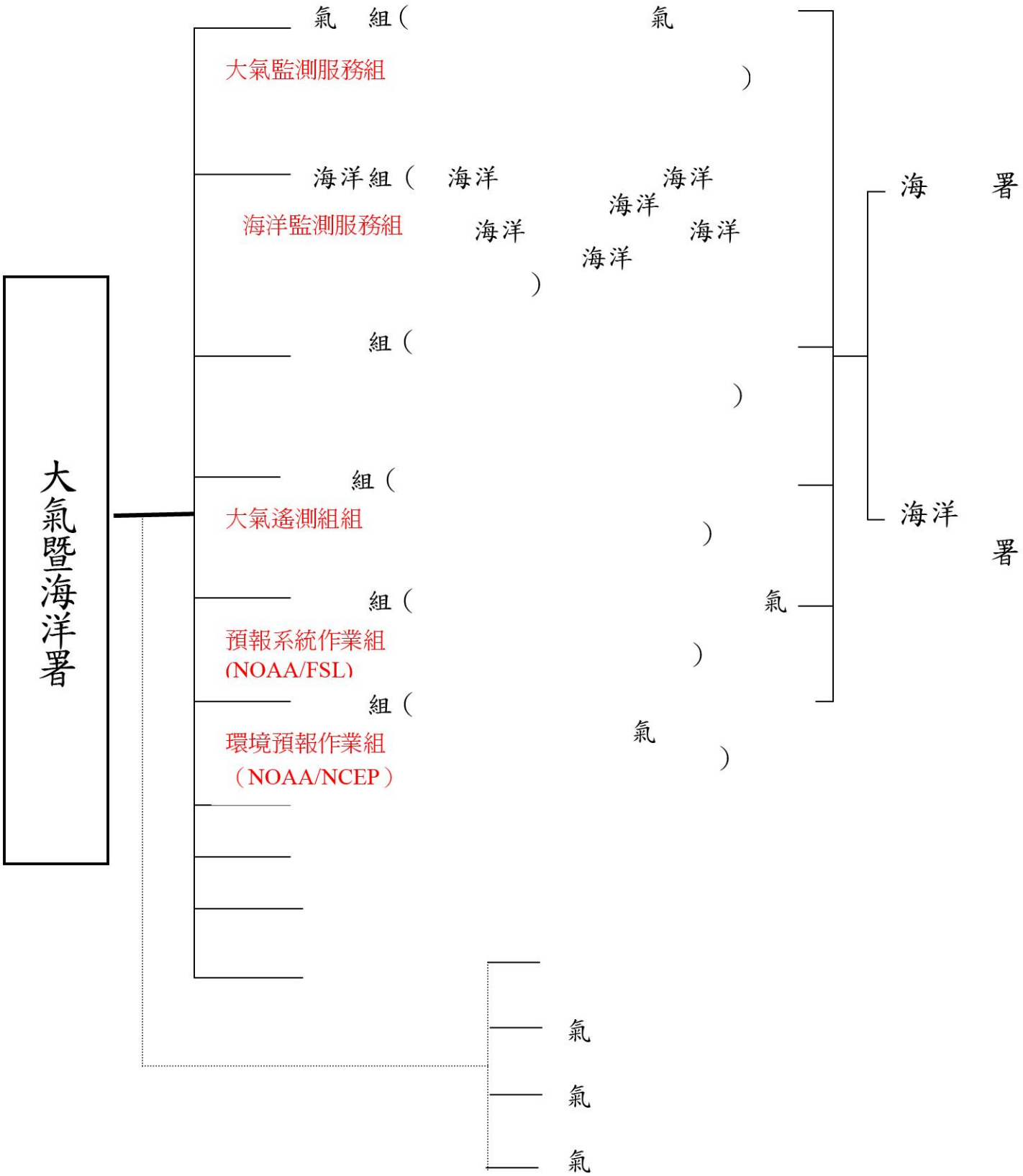
1.環保署環境保護人員訓練所 2.環保署環境檢驗所 3.內政部建築研究所 4.行政院原能會核能研究所 5.行政院國科會國家災害防救科技中心（限環境及資源相關研發）6.國家海洋科學研究中心（建議：國家大氣暨海洋科學研究中心）7 經濟部水利規劃試驗所（限試驗及研究）8 行政院農委會林業試驗所及特有生物保育中心

附圖二

環境資源部

- 綜合計畫司【下設綜合計畫、環境正義及永續發展、環境評估與監督、環境資源教育宣導、證照管理、綠色消費、管制考核、公害陳情及糾紛處理等八科】
- 國際事務司【下設國際公約、國際事務規劃、國際政策、國際合作、國際組織、科技發展等六科】
- 國土規劃司【下設國土計畫、都市計畫、住宅及建築管理規劃、地籍政策規劃、地權政策規劃、地價政策規劃、礦產資源規劃、地質規劃等八科】
- 環境管理司【下設環境管理計畫、環境衛生管理、毒化物管理、環境用藥管理、一般廢棄物管理、有害廢棄物管理、資源回收再利用、室內空氣品質管制等八科】
- 污染防制司【下設空氣污染、河川水污染、生活廢水污染、土壤及地下水污染、海洋污染、核能管制及輻射安全、水庫及湖泊水污染、噪音振動光害
- 流域經營司【下設流域計畫、流域發展、流域監測、坡地保育、坡地治理、河川經理、大氣及海洋、海岸及溼地等八科】
- 資源管理司【下設資源計畫、土地管理、水資源、森林資源、海洋資源、國家公園、遊憩資源、自然保育等八科】
- 災害防治司【下設環境監測、災害減緩、資源整備、災害應變、復建督導、防災科技、災害調查、防災計畫等八科】
- 總務管理處【下設文書、事物、財產出納、檔案、議事及公文管制考核、公共關係等六科】
- 人事管理處【下設計畫綜合、組編任免、考核訓練、待遇福利、人資管理等五科】
- 主計處【下設預概算籌編、會計帳務管理、內部審核、所屬預決算及基金管理、綜合管理及統計調查、公務統計及決策統計分析等六科】
- 資訊管理處【下設規劃設計、資料蒐集及品管、行政管理資訊、業務應用推廣、資安及網管、技術支援及設施管理等六科】
- 政風處【下設綜合業務、政風預防、政風查處、維護業務等四科】
- 法制處【下設綜合法制、環境保護法制、自然保育法制、水資源法制、國土資源法制、氣象、海洋與地震及核能管制與輻射安全等六科】

大氣暨海洋署組織架構圖（草案）



附　錄　二

第二次工作會議紀錄

時間：94 年 6 月 9 日
地點：中央氣象局 2 樓會議室
主席：蔡清彥教授

「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」第二次工作會議

會議記錄

會議時間：九十四年六月九日下午二時
會議地點：中央氣象局 205 會議室
會議主席：蔡清彥教授
出席人員：

紀水上	王作台	周明達（請假）
許晃雄（陳正達代）	周仲島（請假）	吳俊傑（請假）
劉振榮	林能暉	黃清勇
楊明仁	簡芳菁	葉天降
鄭明典	丘台光	滕春慈
盧孟明	周思運	曾建翰（請假）
商俊盛（鄭琇孺代）	馮欽賜	洪景山

會議內容：

一、首先請王作台老師說明上次會議紀錄，再由各分組召集人就目前的一些工作進度及未來規劃做說明。

一、　王作台老師說明：

1. 此次會議只邀集各分組的召集人，首先說明 5 月 5 日召開第一次工作會議的內容，並與大家溝通工作內容，瞭解進度及各分組在推動上有無困難。
2. 上次會議進行僅是反應與會國內外學者專家的意見，並接受大家所提建議，如在人力上增加 now casting 分組及模式上增加參考 ESMF 架構。
3. 本計畫未來在蔡老師主持的工作會議如各位的會議資料，預計召開 6 次工作會議，其中第 5 及 6 次會議為擴大會議，將邀集所有人員與會，未來會議時間為暫定；而各分組在召開小組會議時，可以將召開日期告知，若時間允許也會參與該分組會議。

三、目前工作說明及討論（各分組）

1. 模式（全球）：楊明仁/馮欽賜

   藉由 6 月 3 日中大 90 週年校慶，經與 NCEP 莊漢明博士、NASA 陶為國博士及氣象局馮欽賜科長討論，初步結果如下：

   - NCEP 的全球模式在莊博士的努力下，已經改成 EMSF 軟體共同架構，好處是模式建立參考 EMSF 架構，以後模式間的交換訊息及組裝都很方便。
   - NASA 的 finite volume GCM 算是蠻先進的模式，其動力 code 參考林先建博士的 semi-Lagrangian 動力架構，物理上則是根據 NCAR 的 CCM，好處就是採用 semi-Lagrangian 它的△t 可以取的很大，而模式解析度也可以到 0.25 度。此模式在去年的颱風季節模擬颱風移動的速度及路徑都預報的不錯，並獲得 NASA 的頒獎。
   - 初步規劃方向，建議氣象局的全球模式未來是否可以參考 EMSF 的軟體架構，動力上則參考林先建博士所發展的動力架構。
   - 鑒於氣象局本身人力問題，可考慮先由學術機關來擔任此模式建立的工作，並由氣象局提供經費；未來一年陳正達教授將赴美國 GFDL 一

年，可請陳教授先行評估及瞭解。

2. 模式（區域）：簡芳菁/洪景山

目前尚未有全數成員到齊開會，但是最近在氣象局台大及師大的會議中，大概得到以下幾個未來方向：

- 作業單位氣象局及民航局在與 NCAR 的合作下，未來區域模式將會以執行 WRF 為主。
- 學界師大、台大及中大在氣象局的委託下，都有在執行 WRF 模式，目前都是以 real time 為主，但是各自執行不同的初始場及物理參數化，這些經驗可以作為未來氣象局或民航局的參考。
- 氣象局執行 WRF 已經快一年經驗，目前工作在如何將 WRF 與作業系統融合一起，而 WRF 要預報的好則必須與資料同化系統結合，這方面最為花費人力，所幸這在過去已經不錯的經驗；而在模式的經驗上必須有科學基礎，所以在過去與學界合作就是在累積這些模式經驗。
- 目前氣象局問題在於人力上的不足，目前僅 1 個人力在 WRF 上，保守估計須有 4 個人力。日後民航局 Run 的 WRF，與氣象局的 NFS 及 WRF 之關係，仍待進一步釐清。
- 氣象局在 NWP 模式方面應保有修改模式之能力，才能維持相當之技術水準。

3. 颱風：葉天降

分成三個部分來探討：

- 投落送：優先探討投落送對颱風路徑影響敏感性地區的研究，作為後續實際作業應用。此部分吳老師與研究群已著手研究，相信已有初步成果可以作為作業上的參考。
- 模式：目前颱風預報已經與區域模式及全球模式結合在一起，因此不需要再有另一個的模式，但是在初始資料的處理上，可能需要在加強。
- 作業上：上次會議希望氣象局能有一個單獨的 team 來做颱風的分析與研究。預報中心目前有成立一個颱風預報小組，但是建議未來也能結合到衛星中心的人力，成立一個專責團隊來從事颱風路徑預報等工作。

4. 資料同化：黃清勇/滕春慈

- 未來規劃資料同化應用在氣象局全球模式及區域模式上，最重要是如何將衛星與雷達資料結合，使得資料同化做的更好。
- WRF 模式正在發展 4DVAR，大陸方面的人才參與相當積極，國內面臨此趨勢，應儘早有所因應。
- 3DVAR 目前氣象局與 NCAR 郭英華博士有所合作，將 WRF 3DVAR 同化技術放在區域模式（NFS），目前區域模式維持 NFS 系統，未來將視氣象局如何規劃，提出學界的看法及國外發展趨勢，氣象局視其人力及資源等作最佳的分配。
- WRF 目前已有衛星及雷達的資料同化，目前應去了解有多少東西在其中，此部分應該儘快來做；COSMIC 現在已經有固定的資料放入資料同化，將來福衛三號衛星的資料如何加入資料同化，將初始場做的更好，此在區域預報上極為重要。
- 颱風模式的初始觀測資料也需要與資料同化搭配，此部分已與吳俊傑教授交換過意見；而將來 WRF 持續發展下去，假如 Hurricane WRF 的結果不錯的話，是否可以取代目前的 NFS，這有待進一步的評估。

5. 衛星：劉振榮/丘台光
   - 在 2008-2012 年之間，國際上有三個主要的衛星計畫，分別是 GPM、Hydros 及 N-POESS，其中又以 N-POESS 最為重要，它集合了所有繞極軌道衛星的資料（NOAA、DMSP、TRMM 等），未來資料量相當大，氣象局應儘早做準備；而 Hydros 衛星可以監測到土壤含水、水汽等資料，並有雷達在其中；而 GPM 針對降水的觀測，也含有雷達，目前周明達教授在國內規劃我國參與 GPM 的部份。
   - 未來此三個衛星在後續整體應用上相當重要，因此未來有必要加以深入了解及規劃，以後這些資料對於資料同化或即時天氣監測提供不錯的資訊，尤其是降水的觀測及估算會有很大的幫助。
   - 目前氣象局已經規劃接收 N-POESS 的資料，未來衛星接收及資料將有可能遷移到新竹。
6. 氣候：陳正達
   - 氣象局在氣候方面已有不錯的規劃，未來方向是在於如何去落實，最主要仍是在於人力需求問題，在目前氣象局沒有多於人力的情況下，這有賴於透過未來的協力中心來解決。
   - 氣候變遷的議題也很重要，政府組織在造後，在環境資源部內應有此項工作，而在大氣海洋署內也可以有一些規劃。
7. 大氣化學及物理：林能暉
   - 就現況，目前美國在 NOAA 下有二個單位 CMDL 及 ARL，其中 CMDL 作長期性的氣候監測工作，而 ARL 主要是大氣環境應用，因此其成果會支援美國環保署。美國環保署在資源分配上，僅作管理的工作，而研發部分則與 NOAA 合作。國內在此部分因氣象局人力關係，長久以來並未有太大的涉入，都是由環保署編列預算，委託學界來幫助他們建置模式。
   - 未來規劃方向：背景站監測網的設立，目前環保署已經與中大合作在鹿林山設立一個站，氣象局本身在蘭嶼也有一個背景站，未來可以開發的在彭佳嶼及南海設立背景站，背景站的大氣物理部分又可以作為福衛二號及三號的地面校驗，這目前也與 NASA 在談。
   - 在廣義的大氣物理化學遙測技術結合衛星及垂直剖面的的觀測上，目前氣象局少有涉入，僅應用在氣象衛星上，未來仍有與民間或學界共同合作空間。
   - 在國際合作上，向來大氣物理化學是很容易切入，應積極加入全球或區域的監測網，在聯合國下的 WMO 及 UNEP 有相關的大氣物理及化學聯網，台灣可以加入此監測網；另近期亞洲大氣污染問題引起相當大重視，日本及韓國積極想取代美國在東亞的角色，而台灣在此方面的能量並不比日韓差，台灣應積極扮演在東亞地區大氣污染的角色。
8. 組織/人力/國際參與：蔡清彥
   - 在人力上，陳正達老師加入全球模式，黃清勇老師加在颱風組，在區域模式的國外學者新增劉其聖博士。
   - 國際組織及人力部份，加入王作台老師。

主席結論：

今天非常感謝大家來參與此會議。下次會議在七月份，詳細時間再做安排。

人力分組（2005 年 6 月）

內容	國內學者	國外學者	氣象局
模式(全球)	楊明仁、柯文雄、***陳正達***	林先建、莊漢明、李瑞麟	馮欽賜
模式(區域)	簡芳菁、周仲島、林沛練、蒲金標	郭英華、***劉其聖***	洪景山
颱風（模式、觀測等）	吳俊傑、李清勝、郭鴻基、林博雄、林沛練、***黃清勇***	井建國、張偉正	葉天降
雷達 + Wind Profiler	周仲島、廖宇慶、陳台琦	李文兆	周思運
資料同化(cosmic、衛星、雷達等)	黃清勇、張忍成、廖宇慶	郭英華、張偉正	滕春慈、曾建翰
衛星	周明達、劉振榮、林依依	張偉正	丘台光
氣候	許晃雄、隋中興、陳正達	張智北、張偉正	盧孟明
大氣化學及物理	林能暉、陳正平、王國英	王寶貫、廖國男	商俊盛
即時預報系統	周仲島、陳台琦	崔立	丘台光、周思運、林秀雯
組織/人力/國際參與	蔡清彥、***王作台***		紀水上、葉天降、丘台光

附　錄　三

第三次工作會議紀錄

時間：94 年 7 月 14 日
地點：中央氣象局 319 會議室
主席：蔡清彥教授

「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」第三次工作會議

會議記錄

會議時間：九十四年七月十四日下午三時
會議地點：中央氣象局 319 會議室
會議主席：蔡清彥教授
出席人員：

紀水上	王作台	周明達
許晃雄（陳正達代）	周仲島	吳俊傑
劉振榮	林能暉（請假）	黃清勇
楊明仁	簡芳菁	葉天降（請假）
鄭明典（程家平代）	丘台光	滕春慈（請假）
林秀雯	盧孟明（蕭志惠代）	周思運（請假）
曾建翰（請假）	商俊盛	馮欽賜
洪景山		

會議內容：

一、 本人代表氣象局感謝大家出席會議，來幫氣象局探討各領域的未來發展。首先請王作台老師說明工作進度。

二、 王作台老師說明：

1. 首先感謝大家在暑假期間能撥空來參與會議，此次會議為第三次工作會議，會議主要是各分組的工作報告，包括議題現況說明、面臨的問題及可改進的方向。
2. 鄭主任今天有事不能出席，他寫了個意見，指出 WRF 模式的應用是一個潮流，氣象局因應此潮流也必須來了解 WRF 的發展，氣象局如何維持原有技術能力及結合國際上的新發展，是未來區域模式在規劃上最大的困難及挑戰。
3. 劉其聖博士最近傳來一篇 Clifford Mass 將要發表在 Bulletin of AMS 的文章，主要是探討在資訊時代下，不只有官方可以做數值預報，任何大學都可以來進行 NWP 實時預報，對於官方及大學所做的 NWP 有何差別，二者之間的定位為何，對美國是一個挑戰，對我們也是同樣的問題，會後在 e-mail 給大家作參考。

三、目前工作說明及討論（各分組）

1. 模式（全球）：楊明仁/馮欽賜
   - 經與 GFDL 林先建博士聯繫後，林博士很樂意參與此工作。另外 finite volume GCM 仍持續發展當中，且 NASA 的版本在去年颱風季節，對颱風的路徑及強度都表現的很好。目前並與海洋模式結合在一起正在測試中。
   - 林先建表達樂意協助氣象局來建立此全球模式，為利溝通方便，擬邀請他回國作面對面的討論，經費希望由國內如氣象局或國科會來支應。
2. 模式（區域）：簡芳菁/洪景山
   - 本小組討論結果，氣象局使用 WRF 作為 operation 模式有以下好處：1. 氣象局可以從世界上許多單位許多研究者得到一些發展的經驗；2.在台灣的大學，教授可以跟學生共同使用 WRF 來從事研究工作，幫助氣象局來訓練未來的工作者；3. 當氣象局在預報或發展上遇到困難時，可以將這些問題交給大學來處理，如此有更多的人力來協助氣象局發展 WRF 模式。
   - 氣象局各中心有各自的不同模式在進行，以 WRF 而言，氣象局可以考慮把 WRF 作為共通的模式，可進行中尺度預報、區域預報、即時預報、颱風預報、航空氣象、區域氣候模擬等等工作，這樣可以減少氣象局在資源上的投注及節省人力。但具體

如何操作，及與 NFS 如何進行平行測試及比較，仍待更一步評估。

- 日後區域模式的發展(給 WRF)，我們應將重點在如何 localize，怎樣的物理機制適用在台灣，這是需要花費很多的時間，並且在資料同化上也可以結合本地的雷達、衛星及 COSMIC 等資料。
- 中國為發展自己的模式曾投入 GRAPES 曾投入 30 位人力專門來發展，但是後來發展不下去，最後只能擷取其他模式發展的物理過程及數值方法等來結合，其中 90%來自 WRF，國內是否有那個能力來投住如此的人力資源發展模式是值得探討。

3. 颱風：吳俊傑

- 在小組成員上除原有規劃名單外，希望加入與颱風業務息息相關的預報中心吳德榮主任及林秀雯副主任。
- 颱風小組在上個月與資料同化小組共同召開聯席會，得到一些未來的策略，主要有三個議題，分別是颱風天氣象資料的來源及可改進的空間、颱風模式可能有那些策略及颱風預報策略等，作為未來規劃的參考。
- 在觀測上，除周老師提到未來氣象局剖風儀的設置外，在颱風過後的一些豪雨問題，與南海天氣的移入有關，因此加強對東沙島觀測設備，對於天氣的掌握很有幫助；另外雷達網的建置，目前廖宇慶老師已經在著手規劃，目前雷達除作估計外，如何將雷達資料進入資料同化，這是未來一個方向，另外衛星也是。
- 颱風預報模式，氣象局在去年 NFS 預報的不錯，所以並不需要有額外資料的加入，主要是模式本身就有放 40 個假的 sounding 在裡面，未來如何將真的資料放入也需要有人去做，氣象局並無人力在做此工作，目前由研究生與氣象局在探討此問題，所以有好的資料如投落送等資料，並不見得能為模式所用，未來可以跟學界合作來解決此問題。
- 颱風預報上在 1~3 天主要是路徑的預報，更近一點則是降雨、風力的問題，而季節上的預測目前仍很困難。而預報有其不確定性，所以在做颱風預報時，如何讓民眾媒體了解此不確定性，即使氣象局已經預報的很好，但是仍受到外界的誤解，此應為策略的問題，氣象局應思考颱風預報發布的相關策略。
- 目前在規劃上，人力是一個大問題，未來也將規劃出人力配置供參考，否則規劃策略做的在好人力跟不上，在執行上也是有困難。

4. 雷達：周仲島

- 都普勒雷達雙偏級化功能提升計畫內容與時程

  氣象局功能提升計畫時程將與美國氣象局相關計畫時程緊密配合，美國氣象局正在各雷達站加裝 OPEN RDA（RVP8，可以直接或取 Level 1 訊號資料，可以發展更新的演算法），氣象局已經編列預算預定於明年加裝完畢。美國氣象局原預定在 2008 年將所有都普勒雷達加裝雙偏極化功能，現階段計畫有些延遲，主要原因是 ZDR 校驗問題尚未解決，預定在 2009~2010 年完成。

  我國現階段對雙偏極化雷達資料的特性與應用尚未成熟，定量降雨估計和預報的需求又甚為殷切，建議氣象局全面換裝雙偏極化功能之前，應積極引進相關科學基礎研究，始可充分發揮換裝後雷達功能。
- 測風雷達（剖風儀）建置計畫內容與時程

  氣象局積極建置我國測風（剖風儀）雷達網，預定建置固定式五架移動式一架，五架固定式中，三架屬於對流層測風雷達高度達 16 公里（預定北中南各一），兩架屬於邊界層測風雷達高度達 5 公里（預定建置在離島馬祖及東沙）。計畫完成後將與國內其他的剖風儀建構成全國聯網系統，資料並將即時上傳 GTS，供各單位使用，全部計畫預計 2008 年完成。

5. 資料同化：黃清勇

- NRL 表達很強意願來協助氣象局從事資料同化部分的更新工作。
- 就資料同化未來發展面向，區域模式較有發展空間及多元性，而全球模式部分則調整性較小。未來區域模式的資料同化將走向 WRF 的 3DVAR，提供資料給 NFS，因此 NFS 的資料同化發展應該已經凍結，至於 NFS 的預報結果氣象局也應該進行探討；全球模式未來是否走向 NCEP 的 GSI，氣象局目前也有在評估，但是目前尚未打算將原有的 SSI 換掉。
- 許多同仁反應到資料同化對於短期預報的重要性，尤其是台灣災難預報在 0~12 小時上的預報資料同化扮演重要的角色，如何改善如此短時間的預報能力，則需要資料同化技術的建立。
- 關於雷達的資料同化部分，目前台灣全島的雷達資料尚未放入資料同化，如何將此雷達資料放入資料同化，是未來迫切必須投入的方向。

6.衛星：劉振榮/周明達

- 在衛星資料接收部分，目前氣象局已經在規劃相關新衛星資料的接收工作，但是未來規劃，不希望只有資料接收，而是能將此資料應用到模式裡面，能有多方面的應用。
- 應用衛星資料在颱風降水的估算，目前用外推方式作 6 小時的估算，國際上是用平移方式來估算，而本人發展了用旋轉方式來估算，未來仍會加入其他方式來改進，這些基礎都是建立在 SSMI 上，目前資料上都是用網路來取得，未來則可由 N-POESS 接收得到，這些方法會再評估，以供實際作業參考。

7. 即時預報系統：周仲島

- 對流分析與即時預報系統建置計畫內容與時程
  氣象局現有 QPESUMS 系統僅有雨量預估與分類功能，缺乏整合預報能力，僅用外延法（TREC 計算風暴移動速度）成效有限，相關研發工作缺乏，氣象局發展 LAPS-WRF 系統直接預報雨量，但缺乏雲動力參數作為模式參數設定，成效有限。對流分析與即時預報系統內有三個系統，劇烈天氣警報系統（WDSS）暴雨監測系統（FFMP）及自動即時預報系統（ANC），氣象局現在已經引進 WDSS，FFMP 和 ANC 則預定在 2008 引進。自動即時預報系統，是利用模糊邏輯整合概念模式與數值預報產品，建立即時預報指引，系統架構引進並不代表就可以有效使用，區域性風暴雲動力特徵，中尺度環境不穩度特徵等參數，應該要有充分了解才能建立有效的預報系統。
- 剖風儀資料應用計畫
  剖風儀測風雷達可以提供 10~15 分鐘一組台灣地區垂直剖面水平風資料，可以協助預報人員，即時掌握中尺度環境氣流的變化，對於極短期預報（3~12 小時）工作將有突破性的幫助，同時發展 RAPID UPDATE CYCLE 系統，同化剖風儀資料於模式內，進行極短期中尺度天氣預報。

主席結論：

下次會議預計在九月一日召開各分組召集人會議，希望能有具體的建議，來進一步討論。同時在 10 月份氣象預報與分析研討會上可以有一個場次，由參與本計畫的同仁，就其所提之初步策略建議，做正式說明，以集思廣益作為修正之參考。

附　錄　四

第四次工作會議紀錄

時間：94 年 9 月 2 日
地點：中央氣象局 2 樓會議室
主席：蔡清彥教授

「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」第四次工作會議

會議記錄

會議時間：九十四年九月二日上午九時三十分

會議地點：中央氣象局 205 會議室

會議主席：蔡清彥教授

出席人員：

紀水上	王作台	周明達（請假）
周仲島（陳台琦代）	吳俊傑	林依依
劉振榮	林能暉（陳正平代）	黃清勇
楊明仁	簡芳菁	葉天降
鄭明典	丘台光	王光華
滕春慈（請假）	林秀雯（請假）	盧孟明（請假）
周思運	曾建翰（請假）	商俊盛
馮欽賜	洪景山	陳建河

會議內容：

一、原本會議應於昨日(9/1)召開，因泰利颱風關係，臨時通知大家改在今天，很感謝大家能撥空參與。首先請王作台老師說明工作進度。

二、王作台老師說明：

1. 由於颱風影響使會議匆促延期，造成大家不便感到非常地抱歉。
2. 此次會議為第四次工作會議，會議規劃的主題是提出各領域的初步建議方案，而下一次工作會議，將針對初步建議方案做進一步討論。
3. 氣象局將於在十月十八至二十日召開氣象與預報分析研討會，而在第三次工作會議中有一個重要的結論，就是將我們提出的初步建議，於十月二十日下午的議程中提出報告，希望各分組召集人，可以針對各議題的初步建議，提出 10 至 15 分鐘的報告。

三、目前工作說明及討論（各分組）

1. 模式（全球）：楊明仁
   - 林先建博士將回國參與 10 月份在氣象局的研討會，屆時對於如何協助氣象局建立 finite volume GCM 的事宜，將可以仔細討論。
   - finite volume GCM 對於颶風及熱帶地區的天氣系統模擬，顯示有較佳的預報能力。當前主要的目標在於使用更好的初始資料，目前初始場是使用 NCEP 的資料，未來希望應用資料同化系統，將 NASA 的高解析度衛星資料提供給模式使用。
   - 針對目前 NASA 所使用的 finite volume GCM 簡介，如簡報資料(略)。
2. 模式（區域）：簡芳菁/洪景山
   - 本小組討論結果，就學界觀點提供給中央氣象局建構 WRF 模式之參考：
     - 可提升國內各大學在 WRF 模式經驗和研究成果來與中央氣象局密切交流。包括委託研究計畫及各大學即時 WRF 模擬結果之交換與經驗交流，另可請大學教授開設 WRF 專題講座或專題演講等。
     - 增加與國際 WRF 模式專家交流機會。包含邀請國外 WRF 專家進行短期技術指導

與訪問、派員參與國際 WRF 研討會以及定期辦理台灣地區 WRF 研討會（兩年一次）。

- 氣象局建構 WRF 模式的時間表，分為四個階段：
  - 第一階段（現在～2006 年 10 月）：由個案研究與敏感度測試，得知 WRF 模式的表現，並獲得物理過程的最佳組合；整合 WRF 模式至中央氣象局的作業環境中；讓 WRF 模式在氣象局的新電腦上測試執行。
  - 第二階段（2006 年 10 月～2007 年 6 月）：使用包含三層 domain，分別為 45、15 與 5 公里網格解析度的 WRF 模式，並與氣象局作業模式平行執行。此階段可以進行以下工作：測試 WRF 模式整合到氣象局作業環境的效能與穩定性，與資料同化系統結合，並與 NFS 或其他模式比較結果。
  - 第三階段（2007 年 7 月～2008 年 12 月）：如 WRF 模式之測試表現優於 NFS 模式，則使 WRF 模式成為氣象局的作業模式。
  - 第四階段（2007 年 8 月以後）：將模式網格解析度提高為 27、9 與 3 公里。
- 目前需要有更多的人力來全力投入氣象局 WRF 模式的發展。另外也需要學術界的協助，例如透過國科會或氣象局委託的計畫，提供議題的合作與諮詢的角色。而國際的協助，例如 NCAR，可以提供相當有利的幫助。

3. 颱風：吳俊傑
   - 觀測、模擬同化及預報三者必須整合配套。
   - 針對觀測部分，不論是衛星、雷達、投落送及剖風儀等資料，皆應做適當的整合，必須與模式同化，以達到改進颱風分析、模擬及預報之最大成效。
   - 颱風是台灣地區最嚴重之災害天氣系統，氣象局務必有完整專門之颱風預測、模擬同化及預報人力。
   - 台灣的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。
4. 雷達：陳台琦
   - 雷達資料必須進行資料同化，與模式結合後才能對預報有較直接的貢獻。
   - 偏極化雷達採用 KDP、ZDR 反演雨滴粒徑，對降水估計有較佳的成效。
   - 建議氣象局，首先將五分山雷達在美國進行偏極化升級，接著可考慮七股雷達站也進行偏極化升級並著手水汽偵測的信號處理改善。
   - 剖風儀建置完成需要到 2012 年左右，土地及頻率的取得是較困難的部分，但此部分對颱風的觀測十分重要，如建置在東沙島則對西南氣流將有很好的掌握。
5. 資料同化：黃清勇
   - 氣象局建構資料同化系統的規劃時間表：
     - 2006/7： WRF VAR 上線作業。
     - 2007/6： 讓包括三層 domain，分別為 45、15 與 5 公里網格解析度的 WRF 模式上線作業。
     - 2008/1： 將網格解析度提高為 27、9 與 3 公里，並整合應用氣象局現有的資料。
   - 資料同化的使用資料方面，衛星資料可以優先使用，雷達資料目前有一些初步的應

用，但是系統性的應用尚未確定，是一個需要努力的方向。另外 FORSAT-3 資料，氣象局仍在建置中，未來可以提供進一步應用。

- 人才訓練是非常重要的，不論學術界或氣象局可以透過計畫或國際合作，派遣人員到國外進修，如 NCAR，接受研發的訓練與學習，不只是當使用者，更要能夠視需要針對模式加以改進。

6. 衛星：劉振榮/王光華

- 多年以來，氣象局衛星中心並沒有完全發揮功能，未來希望跟學界以溝通協調方式，使衛星資料能更廣泛的應用，進一步將衛星功能發揮的淋漓盡致。首先由氣象局評估並提出需求，由相關學者思索哪些新科技可以應用在災害分析上。未來希望安排研討會，邀請國外學者專家，針對氣象局所提出的需求提供意見與建言。
- 衛星資料實際應用未受到重視，特別是繞極軌道衛星的應用非常缺乏，在實際作業運用上，繞極軌道衛星會比同步衛星只是提供衛星雲圖更具有效果，未來可考慮加強在繞極軌道衛星上的應用。
- 將 AMSU 微波反演探空資料進行衛星資料同化，應用在颱風預報上，顯示有可期待的進步空間。

7. 氣候：鄭明典

- 氣象局規劃中的氣候計畫，包含預報、監測與分析三個重點，但是必須具備有氣候中心的規模才能推動，所以主要的問題不是在規劃上，而是在執行面。
- 氣象科技在國際合作是必要的，在氣候應用上，系集與超系集預報是主流，只依靠單一機構完成是很困難的，所以跨國機構合作是一個趨勢。APEC Climate Center 即將在 11 月份正式運作，將統合亞洲地區的氣候資訊，提供我們氣候發展的標準。目前與學界單位的研究群合作，以符合國際水準為目標，同時提升國內氣候科技的水準。
- 氣象局內部協調、聯繫與合作缺乏制度化，如有制度化的合作機制將可以統籌各部門的資源，這是需要思考的方向。

8. 大氣化學與物理：陳正平

- 隨著氣象科技演進，大氣物理化學的資訊顯得重要，目前一些模式，如全球模式及 WRF 模式都需要物理化學的資訊，例如氣膠與雲物理的資訊。未來可以增加重點測站對大氣物理化學與輻射的觀測，包括局本部測站與背景測站，其中背景測站如蘭嶼、彭佳嶼與南海。
- 氣膠的觀測很缺乏，目前只有板橋測站有，但是運作似乎有問題，而只有單一測站並無背景資料，目前無法提供 WRF 模式加入氣膠物理機制所需的資料。
- 本小組討論結果，提出初步的規劃：
  - 在設備方面的需求包含輻射、大氣化學之 WMO 標準測站、背景大氣測站以及增加氣候變遷長期觀測項目，例如臭氧、二氧化碳、氣膠與雲物理的觀測。
  - 採取策略合作是未來發展的方向，除了與國內學校及研究機構合作外，與國際合作交流也是重要的課題，在亞洲地區已經有監測聯網規劃，希望可以增加這部分的人力，促進資料的交換。另外蘭嶼的觀測資料與板橋臭氧 sonde 資料，國際

上愈來愈受到重視，未來可以提供作為國際合作的橋樑。

- 在人力方面的需求，希望可以規劃大氣化學物理應用組，除正規編制人力外，其餘以委外方式運用。另外在儀器的維護校驗方面也需要配置人力。

9. 組織/人力/國際參與：蔡清彥

- 希望在 11 月底或 12 月初時，各位可以針對實際所需要的人力、經費與設備提出建議，經過彙整後將會提出報告，報告的內容，見附註一。

主席結論：

感謝各位同仁撥空參加這次的會議，下次會議預計在氣象局的氣象與預報分析研討會中舉行，時間預定於十月二十日下午三點，希望參與本計畫的同仁，可以針對初步建議做持續的討論，就所提出之初步策略建議做正式說明，群體討論集思廣益作為修正之參考。

附註一：

各小組對所提出的建議議題（或項目），請依議題（或項目）分別說明，說明的內容，請儘可能包含有（i）背景（建議此項目之理由）；（ii）完成此項目之時程與進度；（iii）完成此項目所須之資源；（iv）預期成效。報告以五頁左右為原則。

附　錄　五

第五次工作會議簡報資料

時間：94 年 10 月 20 日

地點：中央氣象局

全 球 模 式

中央氣象局全球模式未來規劃建議

全球模式研究小組:
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
中央氣象局 馮欽賜科長

國外專家顧問:
NRL 張偉正 博士
GFDL 林先建 博士
NCEP 莊漢明 博士
JPL 李瑞麟 博士

一. 背景

民國79年至83年:「氣象業務全面電腦化第二期計畫」
由美國專家/國內學者/氣象局NWP小組共同建立全球波譜預報系統

民國84年至89年:「氣象業務全面電腦化第三期計畫」
全球波譜模式亦隨之提高水平及垂直的解析度
(水平120波及垂直30層)

民國90年至94年:「氣象業務全面電腦化第四期計畫」
水平及垂直的解析度再提高
(水平179波及垂直30層)

➔氣象局全球模式的發展從民國79年迄今，約有15年歷史，整個模式設計動力架構及物理方法都已老舊，氣象局全球模式是該重新檢討與設計的時刻!

氣象局參考及學習的未來全球模式架構:

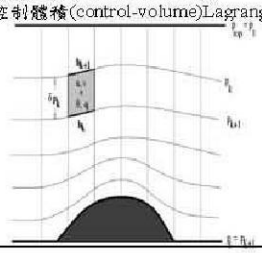
➔ NOAA/GFDL 林先建博士(Dr. Shian-Jiann Lin)的
有限體積全球模式(finite-volume GCM; fvGCM)

➔美國NASA、NCAR 、NCEP及GFDL共同推廣的
ESMF (Earth System Modeling Framework)架構

一. fvGCM

NASA fvGCM的發展工作，主要是林先建博士於1990年代在NASA/Goddard Space Flight Center (GSFC)進行(Rood 1987; Lin et al. 1994; Lin and Rood 1996; Lin 2004)。

fvGCM動力模組:
地形處理➔跟隨地形(terrain-following)
垂直方向➔控制體積(control-volume)Lagrangian座標架構



fvGCM動力模組:
地形處理➔跟隨地形(terrain-following)
垂直方向➔控制體積(control-volume)Lagrangian座標架構
➔保守流體的質量、動量及總能量
水平方向➔2維的semi-Lagrangian通量形式
➔保守純量場(scalar tracer)及絕對渦度場
➔不會出現Gibbs oscillation現象。

由於在垂直方向採用Lagrangian座標架構
➔可以減少CFL條件對於積分時步(Δt)的限制
➔故於長時間積分預報上較有效率。

NASA fvGCM's Operation

➔ 2004年3月開始於Ames Research Center的Columbia Altix電腦叢組測試fvGCM，
➔ 約花了3~4星期將模式程式調整至最佳平行化效能
➔ 2004年8月開始進行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 near real-time NASA fvGCM
➔模式架構為水平解析度0.25度(約28公里)而垂直為32層
➔使用NASA Ames Research Center的Columbia Altix電腦叢組(SGI Linux Cluster/512 CPU)中的240 CPU
➔做5天的預報僅需3700秒(約61.67分鐘)

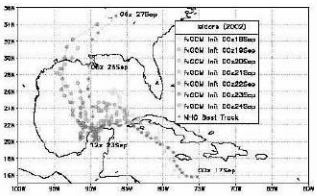


圖1：NASA fvGCM對Isidore(2002)颶風的路徑預報結果。
每一點代表每6小時的颶風中心位置(取自Atlas et al. 2005)。

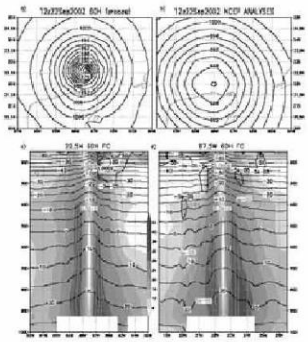


Figure 4. Slp (hPa) relative to 1200 UTC 22 September 2002: 60-hour forecast (a), NCEP validating analyses (b). Vertical cross sections relative to the 60-hour fvGCM forecast (c,d). Plotted are wind speed (ms^{-1}, shaded), relative vorticity (s^{-1} thick red/blue line), temperature (°C, solid black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

取自Atlas et al. (2005)

取自Atlas et al. (2005)

Table 1. Summary of Results*

IT	Obs/An	MSC	DE 48,72,96,120	DEL
2002: Gustav (Min obs slp 960 hPa at 00z 12Sep)				
00z08Sep	nontropical	980	130,190,820,–	–
00z09Sep	1004/1007	977	140,140,–,–	–
2002: Isidore (Min obs slp 958 hPa at 12z 22Sep)				
00z18Sep	1006/1007	988	240,240,430,630	240,–,–
00z19Sep	958/1005	962	280,360,340,410	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	954	200,400,–,–	–,–,330
00z24Sep	980/989	986	340,–,–,–	–,–,260
2004: Bonnie (Min obs slp 1000 hPa at 15z 11Aug)				
00z11Aug	1004/1011	1000	–,–,–,–	530
12z11Aug	1000/1010	1003	–,–,–,–	270
00z12Aug	1000/1010	1002	–,–,–,–	160
2004: Charley (Min obs slp 941 hPa 21z 13Aug)				
00z11Aug	999/NC	1008	240,180,220,–	30
12z11Aug	997/1011	1006	110,420,–,–	70
00z12Aug	993/1009	999	230,–,–,–	140
12z12Aug	984/1009	995	180,–,–,–	270
00z13Aug	938/1002	987	–,–,–,–	300
12z13Aug	967/998	993	–,–,–,–	30

*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).

➔ NASA fvGCM對於颶風強度及路徑預報的表現，不亞於美國現行官方NCEP/GFDL颶風模式的預報水準，甚至有過之而無不及！

二. ESMF

發展➔ Earth System Modeling Framework (ESMF)為美國許多氣象研究及作業單位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

目的➔ 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

ESMF網站➔ http://www.esmf.ucar.edu

ESMF架構

➔在各模式撰寫者的原始程式(Use Code)上，加上ESMF Superstructure，以方便不同程式(模組)間之模式輸出的耦合連接

➔在原始程式之下，再加上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

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

小組建議➔未來氣象局全球模式的動力模組部分可以採用林先建博士的fvGCM動力模組架構
物理模組部分可套用現行氣象局全球模式物理參數法模式而加以適當修改

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 fvGFS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 fvGFS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 fvGFS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 fvGFS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

小組成員認為氣象局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
→碩士級程式平行化電腦專家1~2名

電腦資源→為確保未來CWB fvGFS 可以實際上線運作，
所需電腦硬體資源應確保當CWB fvGFS的架構為
水平解析度0.25度及垂直40層時，
做5天的預報僅需1小時的計算時間(clocktime)。

四. 預期成效

預期經過5年研發後，中央氣象局可以有

→嶄新的全球模式(暫且命名為CWB fvGFS)
→全新的動力架構(semi-Lagrangian)
→更高階精確的數值方法
→水平解析度可達0.25度(約28公里左右)
→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
→未來可以延伸考慮非靜力平衡動力效應
(Nonhydrotatic Dynamics)

區 域 模 式

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
模式(全球)	楊明仁、柯文雄	林允達、莊潔明、李應麟	鍾敬勝
模式(區域)	簡芳菁、周仲島、林沛練、鍾全祿	郭英華	謝景山
颱風（模式、觀測等）	吳俊毅、李清勝、郭鴻基、林博雄、林沛練	許建國、張偉正	葉天降
雷達＋Wind Profiler	周仲島、廖宇慶、陳台琦	李文炘	周昭遐
資料同化(cosmic、衛星、雷達等)	黃清勇、張昭成、廖宇慶	郭英華、張偉正	勝秦慶、曾建勳
衛星	周明達、劉振榮、林俊傑	張偉正	立台光
氣候	許晃雄、陳中興、陳正達	張智北、張偉正	盧孟明
大氣化學及物理	林能暉、陳正平、王國英	王寶貫、廖國男	陶俊盛
即時預報系統	周仲島、陳台琦	自立	立台光、周昭遐、林秀雯
組織/人力/國際參與	張清勇		紀水上、葉天降、立台光

中央氣象局區域模式策略規劃

壹、國內學界WRF現況

1、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，再將產品集整於網站展示，並產生系集預報之產品。
- 中大水文所也利用WRF執行每日一次之氣象預報。

2、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。

3、學界對WRF的反應頗為熱烈，因中央氣象局委託計畫的實助，暑假在中大大氣系舉辦為期兩天的WRF教學訓練課程，共吸引了七十多位學員報名參加。可以預見，未來使用WRF進行研究的人數將急速攀升。

貳、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模式成為社區模式，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，進而回饋給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。

參、對中央氣象局WRF建議

1、提升國內各大學在WRF模式經驗與研究成果上與中央氣象局密切交流：

- 委託計畫，主題規劃應至少包括物理過程測試、長期（跨季、跨年）的校驗評估、資料同化等。
- 各大學即時WRF模擬結果之交換與經驗之交流。
- 邀請大學教授設置WRF專題講座、專題演講等。

2、增加與國際WRF模式專家交流機會：

- 邀請國外WRF專家進行組期技術指導與訪問。
- 派員參與國際WRF研討會。
- 定期辦理台灣地區WRF研討會（兩年一次）。

動力模式降雨系集與降尺度預報實驗

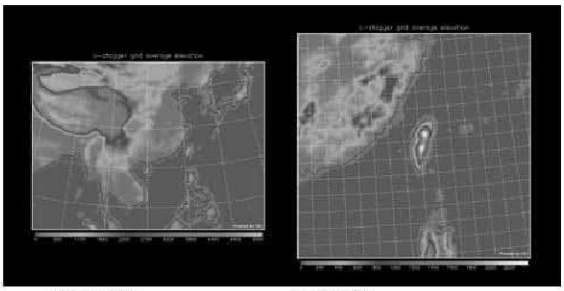
MEFSEA: WRF-MM5 ensemble (since May 15 2004)

- 師範大學執行WRF模式，雙層巢狀網格，水平解析度為45及15公里（圖1及圖2 ），垂直有31層。使用的物理過程包括有Kain-Fritsch（new Eta）積雲參數法，WSM 5-class微物理方法，及MRF邊界層參數法。使用之初始資料來自NCEP AVN模式。
- 中央大學執行MM5模式雙層巢狀網格，水平解析度為45及15公里，最外層Domain及垂直層數與WRF模式一致，使用的物理方式包括有Grell積雲參數法，Mixed-phase微物理過程，及MRF邊界層參數法。初始資料一樣來自NCEP AVN，以下簡稱MM5N。
- 台灣大學也是執行MM5模式，模式設定及物理方法與中央大學相同但使用中央氣象局全球模式之資料當作初始及邊界條件，以下簡稱MM5C。

New MEFSEA (since May 12 2005)

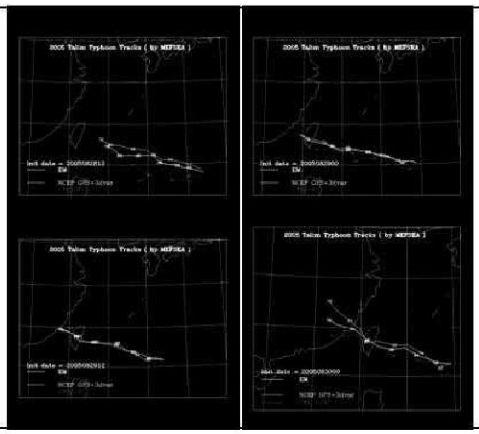
WRF ensemble (3 WRF members)

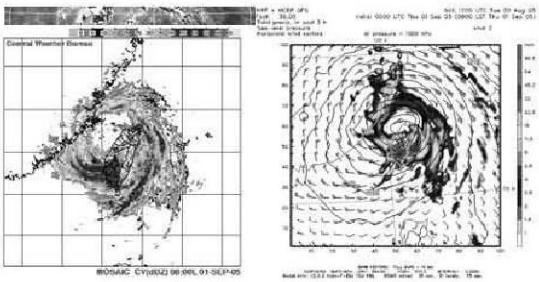
- 台灣大學、中央大學、師範大學從九十四年元月開始進行新年度數值天氣預報系統之設計與評估工作，並於五月12日起開始執行三組即時的WRF中尺度模式，使用之物理過程為前一年度獲得之最佳組合，包括Kain-Fritsh積雲參數法、WSM-5class雲物理過程、YSU邊界層參數法等，三個模式不同在於初始資料之變化，包含CWB GFS、NCEP GFS、及NCEP GFS加WRF 3D-Var。
- 各執行單位每日執行0000UTC與1200UTC兩次模擬，預報長度為72小時，各單位執行時間之長短不一，但出圖時間至少能維持每日下午4點及清晨4點之前完成，產品之展示則放在以下之網站：http://pblap.atm.ncu.edu.tw/mefsea。



140*105*31
Fig. 1: Domain 1 (45 km)

100*100*31
Fig. 2: Domain 2 (15 km)





Schedule for CWB WRF

- Phase 1:
  Current ~ Oct 2006
  - Sensitivity study for WRF model configuration
  - Setup and integrate WRF to CWB's operational environment
  - Testing on the CWB new HPC system
- Phase 2:
  Oct 2006 ~ Jun 2007
  - Parallel run in 45/15/5-km resolution
- Phase 3:
  Jul 2007 ~ Dec 2007
  - WRF operation in 45/15/5-km resolution
- Phase 4:
  Jan 2008 ~
  - WRF operation in 27/9/3-km resolution

Activities in phase 1 (1/3)

- Verify WRF performance
  - Case study
    - MCS
    - Typhoon
    - Frontal system
    - Local circulation
  - Statistics of the WRF forecast
    - Error statistics for a period run (1~3 months)
      - Cold start run (IC from NFS)
      - Update cycle run

Activities in phase 1 (2/3)

- Sensitivity study
  - Optimal configuration for physical parameterization scheme
  - Domain size and resolution
    - In particular in high resolution
  - Initial conditions

Activities in phase 1 (3/3)

- Setup and integrate WRF into CWB's operational environment:
  - NWP control system
  - Data assimilation system
  - Verification system
  - Product generation
- Typhoon initialization
- Testing on the new HPC system

Goal in phase 1

- To ensure the WRF model is running in a reasonable way
- To integrate WRF model into CWB's operational environment
- To ensure the WRF can be operated well in CWB's new HPC system
- To well understand the forecast performance and construct the optimal configuration

Activities in phase 2

(Oct 2006 ~ Jun 2007)

- Parallel run in 45/15/5-km resolution
  - Fine tune the computational performance
  - Test the integration of WRF model and operation environment
  - Compare the results with NFS and other models

Schedule for CWB WRF

- Phase 1:
  Current ~ Oct 2006
  - Sensitivity study for WRF model configuration
  - Setup and integrate WRF to CWB's operational environment
  - Testing on the CWB new HPC system
- Phase 2:
  Oct 2006 ~ Jun 2007
  - Parallel run in 45/15/5-km resolution
- Phase 3:
  Jul 2007 ~ Dec 2007
  - WRF operation in 45/15/5-km resolution
- Phase 4:
  Jan 2008 ~
  - WRF operation in 27/9/3-km resolution

Man power

- Regional model team:
  6
- Work on WRF:
  ~2.0

Requirement from CWB

- Man power
  - 3 more
- Topic
  - Surface and PBL process
  - Microphysics
  - Verification
  - Product generation
  - Typhoon initialization

颱　　風

因應國際氣象新科技發展之策略規劃

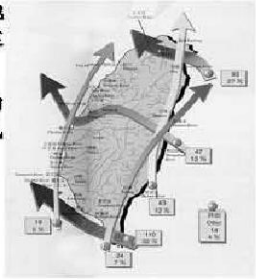
颱風小組

Chun-Chieh Wu (吳俊傑)
Department of Atmospheric Sciences
National Taiwan University

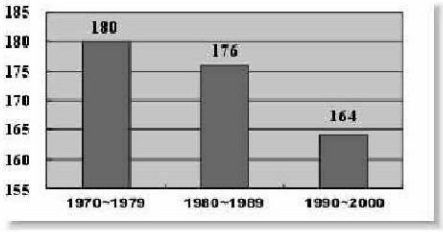
成員：
NTU：吳俊傑(召集人)、李清勝、郭鴻基、林博雄
NCU：黃清勇、林沛練
CWB：葉天降、吳德榮、林秀雯
國外：張偉正、井建國

臺灣的颱風洪水災害

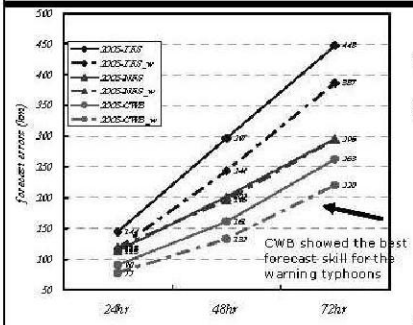
- 自1897年至2004年間侵臺颱風共計401次，平均每年達3.75次颱風。
- 近40年來颱風所造成之平均年損失達174億元，約為國民生產毛額之0.33% 。
- 臺灣與颱洪
  - 颱風→ 災害（洪）
  - 無颱風→缺水（旱）
  - 颱風最頻繁的地方之一



中央氣象局颱風24小時路徑預報誤差



Forecast errors of NFS, TFS, CWB in 2005



Why improved?

Systematic?

From TC Yeh

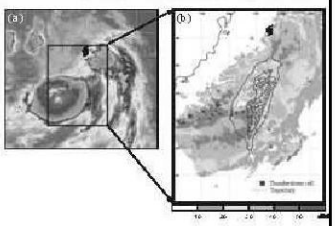
科技的極限 VS. 社會的期待

24至36小時前有較佳能力預測數十至近百公里豪大雨區域（地形鎖住效應）

數小時與數十公里範圍中小尺度的氣象預報仍是挑戰

2001年潭美颱風，無預警情形下，中尺度對流，五小時下355mm豪雨，重創高雄市

七二水災、2004敏督利颱風



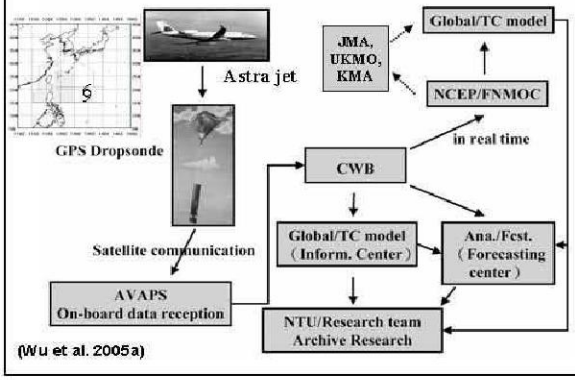
Critical lead time for policy making?
- 放假及緊急疏散
- 水門關閉時機
- 水庫洩洪時機
- 分洪道啟用時機
- 指定考試舉行與否

西南氣流以及中尺度對流

地形降雨或平地降雨？

晚上降雨或下午降雨？

Flow chart of DOTSTAR



(Wu et al. 2005a)

DOTSTAR

Results of DOTSTAR in 2003-2005

- Overview of DOTSTAR in 2003-2005: 15 typhoons, 19 missions, 99flight hours, 312 dropsdones
- International collaboration (HRD, NCEP, FNMOC, JMA, UKMO)
- International Project (ONR-international program, US Navy)
- Other data users (NTU, NCU, PCCU, NTNU, U. of Hawaii, Qingdao, Shanghai, Chinese Academy of Sci., NACR, ...)
- Real-time data use at CWB
- Surface wind analyses (radius of the gale-force wind)
- Dynamics of boundary layer and air-sea interaction under the typhoon environment
- Validation with the remote-sensing data
  - Satellite wind and temperature fields
  - Radar data
  - GPS/MET data
- Model impact study (NCEP, CWB, FNMOC, JMA, UKMO) and evaluation
- Research on the targeted observation and data assimilation

Radius of gale-force wind estimated based on the DOTSTAR data

Year	Typhoon	CWB	DOTSTAR	CWB estimate
2003	Dujuan	250 km	350 km	under
2004	Nida	No Warning		
	Conson	150 km	100 km	over
	Mindulle1	200 km	300 km	under
	Mindulle2	250 km	350 km	under
	Mindulle3	250 km	350 km	under
	Megi	No Warning		
	Aere	200 km	350 km	under
	Meari	200 km	250 km	under
	Nock-Ten	250 km	300 km	under
	Nanmadol	250 km	350 km	under
2005	Haitang1	250 km	350 km	under
	Haitang2	280 km	350 km	under
	Matsa	200 km	350 km	under
	Sanvu	150 km	150 km	in agreement
	Khanun	200 km	200 km	in agreement
	Longwang1	200 km	200 km	in agreement
	Longwang2	200 km	200 km	in agreement

DOTSTAR Dropsondes data impact in numerical models, 2004

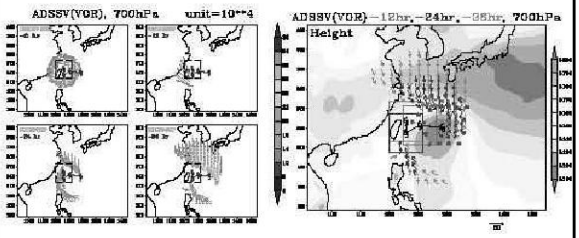
Forecast Time (hr)	12	24	36	48	60	72	AVE
Global Model Track Error Reduction (%)							
NCEP GFS	21	9	24	27*	-5	18	15
FNMOC NOGAPS	15	7	8	6	22	13	12
JMA GSM	32*	25	19	21	14	14	20
Ensemble of three Global Model	20*	12	17*	18*	19*	20	19
Regional Model Track Error Reduction (%)							
GFDL	-2	-20	-9	-7	14	25	0
WRF(AVNO)	24*	23	22	29	12	11	16
WRF(AVNN+3DVAR)	10	13	14	9	0	7	8
NFS (With Bogus sounding)	-1	-6	-8	-18	-26	-17	-13
NFS (Without Bogus sounding)	8	9	17	-1	-1	4	6

2004 NWP TC Forecast Verification

Km (case number)

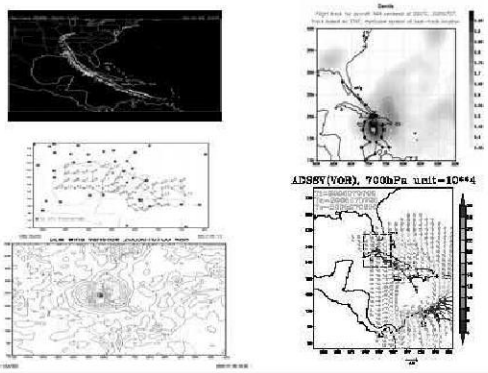
	Forecast Period (h)			
Model ID	12	24	48	72
UK	85(334)	137(301)	234(262)	361(212)
GFS	91(337)	138(314)	225(256)	351(207)
GFS (DOTSTAR cases, ND)	76(10)	133(9)	246(8)	294(6)
GFS(DOTSTAR cases, WD)	60(10)	122(9)	181(8)	242(6)
NOGAPS				
NOGAPS(DOTSTAR cases, ND)	95(10)	167(9)	367(8)	501(7)
NOGAPS(DOTSTAR cases, WD)	81(10)	155(9)	344(8)	436(7)
JMA GSM		189(313)	285(257)	392(211)
JMA(DOTSTAR cases. ND)		151(5)	355(5)	403(4)
JMA(DOTSTAR cases, WD)		114(5)	279(5)	353(4)

Courtesy from CWB



- Higher sensitivity to the north of Typhoon Meari
- More impact on the meridional movement
- The sensitive areas match some of the dropsondes deployment locations in DOTSTAR

Dennis 2005070700



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

強化重點

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

強化重點

颱風預報

- 颱風預報策略：

0-30 h – rainfall and wind (mesoscale features and the terrain effect are very important). The estimation of the accumulated rainfall of a storm over a city/region is another very important task 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.

強化重點

颱風預報

- 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.

Summary statements:

・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及無人飛機觀測上已有創新進展、有必要持續支持發展及精進(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。
・不論是衛星雷達、投落送、無人飛機、剖風儀等資料皆應做最佳之整合，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。

Summary statements:

- 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.

WSN05 recommendation-2

- B. Nowcasting systems - Golding

1. Choosing the appropriate balance between NWP, Extrapolation and Conceptual Models. NWP is certainly gaining rapidly in capability at the storm scale, and projections indicate that it will be possible to make very short range NWP forecasts available within one hour of data time. The critical area needing further development is in provision and assimilation of fine scale observations. Both extrapolation and conceptual models were originally manual techniques, which have been reproduced automatically with varying degrees of success. Both can be expected to retain a role in nowcasting for lead times shorter than the processing time for NWP (i.e. ~1 hour). They also provide a cheap alternative to NWP for specific problems. While automation of extrapolation has been generally successful, there are few examples of the successful automation of conceptual models. This may be related to the difficulty of pattern recognition, problems arising from the artificial limit to patterns that fit, or to the inherent nonlinearity of interaction with the environment. In general, it would appear that nonlinear modelling is a better approach to solving these problems.
2. Role of the human

   Presentations at the symposium provide a wide spectrum of views on the role of the human in nowcasting. There is a clear issue about the scope of responsibility, with the greatest benefits found where manual responsibility is restricted to a rather small area – perhaps for range of one radar. A related issue is that, whereas an experienced forecaster can routinely improve on automated products, inexperienced forecasters can equally routinely degrade them, so that there is a substantial additional cost in lengthy training if all operational input is to be from experienced staff. In other words, a human role appears to be justified only if the cost of the human resource is small and/or the potential benefits large. Where the staff cost is high or the weather impacts are modest, automation appears to be the preferred route. However, even in this situation, there is strong evidence of a continuing need for human quality control of the final warnings, and of human interpretation of the forecasts for sensitive users.
3. Monitoring

   Automated systems need to have a much higher degree of reliability than those that merely form an input to the forecaster. In particular, automated monitoring and quality control of automated end products will be needed.

WSN05 recommendation-3

C. Issues on NWP and data assimilation- Koizumi

- 1. NWP and data assimilation are required to provide reliable atmospheric states in a timely manner. In order to meet the requirements, aside from improving NWP model and data assimilation system themselves, we are to exploit all available observational data (not only radar reflectivity).
- 2. Currently many people seem to think that time-consuming data assimilation method like 4D-Var is not practical to be used in nowcasting/ very-short-range-forecasting context. However, since "cross-over zone" from extrapolation to NWP is currently later than 3 hours, timeliness of NWP forecast does not seem to be so urgent requirement as its accuracy, which suggests that time-consuming data assimilation methods (4D-Var, ensemble Kalman filter etc.) are worth trying even in nowcasting/very-short-range-forecasting context.
- 3. Estimating and providing "Uncertainty" of model forecasts is getting more and more important. However, there is no standard method to estimate it yet. Since model errors for mesoscale events can have quite ill-shaped (e.g. not Gaussian) probability distribution, it is not guaranteed that "ensemble method" provides appropriate estimation of model errors. Error estimation methods and their limitations are to be investigated.

WSN05 Recommendation-4

D. Verification – Ebert

- 1. The observations used to verify nowcasts and very short range forecasts almost always contain some level of uncertainty, but this is not generally taken into account in the verification. The impact of the observational error is to artificially increase the apparent error of the forecast, making it look worse than it actually is. Methods are needed to quantify the impact of observational error on the verification results. This is currently an area of research, with the methods proposed so far requiring an accurate measurement of the observation error against some "gold standard".
- 2. When verifying forecasts, and especially when comparing forecast systems against each other, it is advisable to quantify the uncertainty (due to sampling error) in the verification results themselves. One approach is to estimate confidence intervals on the results using resampling techniques.
- 3. As the spatial and temporal resolution of forecasts continues to increase and forecasts appear more realistic (compared to radar data, for example), it is becoming clear that "standard" verification metrics like RMS and CSI do not reflect the increased value of the forecasts. Indeed, the traditional scores frequently get worse at higher resolution as it becomes more difficult for the forecast to achieve a perfect match. New verification methods that take scale into account, either through scale decomposition or using multiple scales, are able to quantify the skill of the forecasts at time and space scales that are predictable. Object-oriented techniques verify the location, size, amplitude, and other properties of weather entities (storms, for example) in a holistic way, as opposed to the usual gridpoint-to-gridpoint comparisons. The use of these new verification approaches should be encouraged.
- 4. Decision makers, whether they be operational forecasters or external users of forecasts, benefit from verification information that goes beyond simple accuracy measures. Verification information that is focused on helping the user to make a better decision is needed. One example is the assessment of forecast value as a function of cost/loss ratio. Other metrics and diagnostics may be determined by working closely with the users to understand their decision making processes.

WSN05 recommendation-5

- E. Testbeds - Walt Dabberdt
- 1. Issue: except for research projects, we are attempting to do hi-res nowcasting and short-range mesoscale forecasting with a synoptic scale observing system.
- 2. Challenge: how to match scale and scope of operational observing systems with the needs for modeling and analysis?
- 3. Two broad categories of issues – technical/scientific issues and 'pragmatic' issues.
- 4. Technical/scientific issues and comments (pertaining to the operational observational challenge).

Nowcasts and short-range mesoscale forecasts are observations limited

Need more and better observations; Denser networks face the curse of dimensionality (and associated costs)

Need 'appropriate' measurements; Water vapor is poorly sampled

Same for 3D temperature field; Microphysical observations

PBL is a special and very important case; Static vs dynamic sampling

Bottom line: we don't have a good understanding of the sensitivity of improvements in forecasts to improvements in the observing systems

- 5. Pragmatic *issues* pertaining to improved operational observing systems

Need to understand who are the users of analyses and forecast products; Need to understand what information they want and need; Need to optimize observing networks to solve users' problems

How to benefit from the overlapping observational requirements for different yet complementary applications (many applications that are not focused on clouds and precipitation)

Need to develop alliances among the various federal, state and local agencies

Need to develop effective partnerships among the public, private and academic sectors: the costs of improved observing systems are too great to be borne by the public sector alone; also, there is no single "killer application" – need to design observing systems that address multiple needs and multiple applications

- 6. Bottom Line: testbeds provide the mechanism to effectively resolve the technical and pragmatic issues leading to improved, operational observing systems and analyses and forecasts.
- 7. Stakeholders and users should be involved in all phases
- 8. Testbeds are long-term enterprises; cannot be successful if they are short-lived.

雷　　達

雷達改善定量降水估計建議

氣象局S-Band (10cm)網達雷達

1. 氣象局五股山雷達能NEXRAD升級為雙偏極化雷達
2. 氣象局七股雷達升級為雙偏極化雷達
3. 七股雷達加裝水氣觀測信號處理器

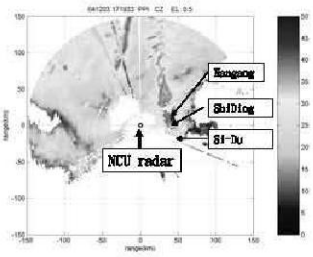
由於地形阻擋或離雷達較遠地區導致網達雷達觀測缺乏的地區

水利署與氣象局聯合規劃建制降水雷達網

1. 可針對都會區架設X-Band (3cm)雙偏極化雷達
2. 可針對集水區或土石流嚴重地區
   架設X-Band 或 C-Band(5cm) 可移動式雙偏極化雷達

國科會與氣象局聯合規劃建制機動式雙偏極化都卜勒雷達

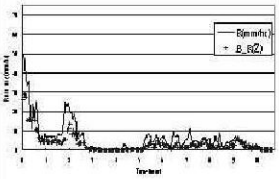
偏極化雷達降雨率準確性



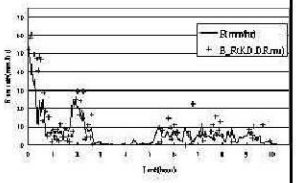
2004/12/04 01:19 to 11:49

Nan-Gang J-W disdrometer
Shi-Ding rain gauge
Si-Du raingauge

Nan-Gang

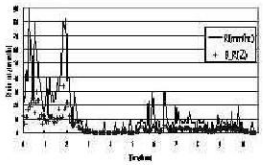


Rainfall using single Z-R relation

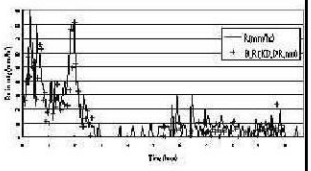


Rainfall using
DSD retrieved from polarimetric variables ZDR and KDP

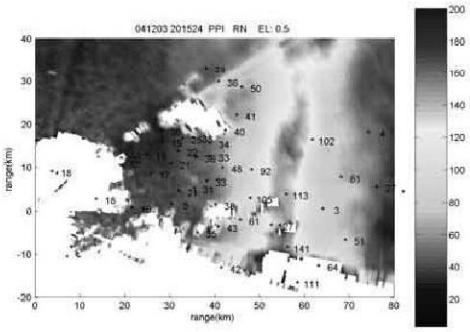
Shi-Du terrain blocking



Rainfall using single Z-R relation



Rainfall using
DSD retrieved from polarimetric variables ZDR and KDP



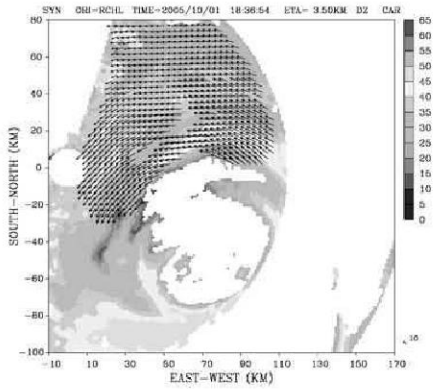
可移動式雷達規格重點

1. 取得在經費範圍內最高規格之雷達
2. Turn key system vs. 國內研發製造(如中科院)
3. C-Band vs. X-Band

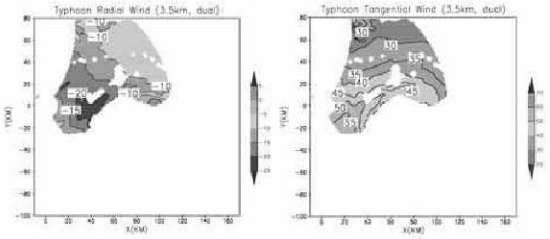
C-Band 優點	缺點
距離可較遠（120Km ）	同樣大小天線 精度較差（antenna beam width）
衰減較少	較耗電（energy consuming）某些地點可能無法架設
	造價較貴

X-Band 優點	缺點
1˚天線很輕	距離近 （60Km）
有衰減問題但 偏極化功能可以解決這個問題	
輕便容易移動	
比較安全	

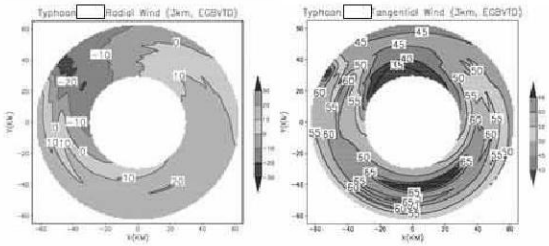
龍王颱風之
EGBVTD和雙雷達合成



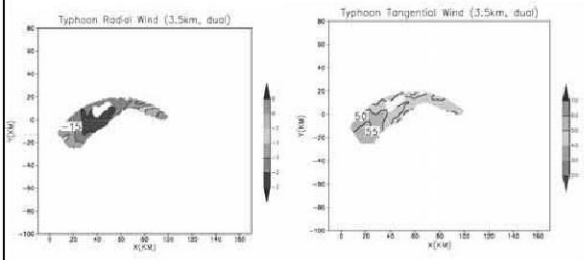
18:36 dul

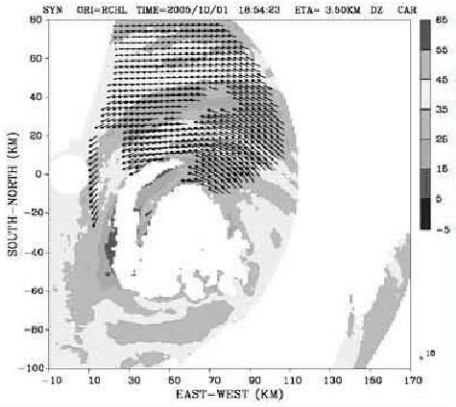


18:36 EGBVTD

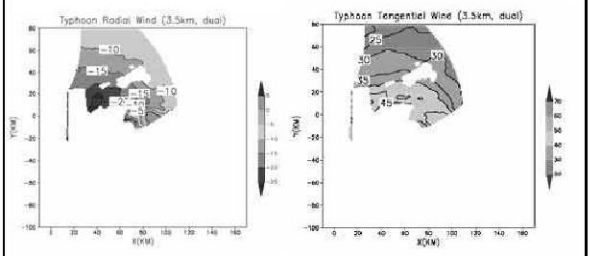


18:36 dul

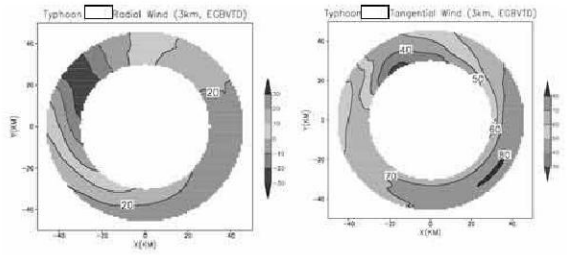




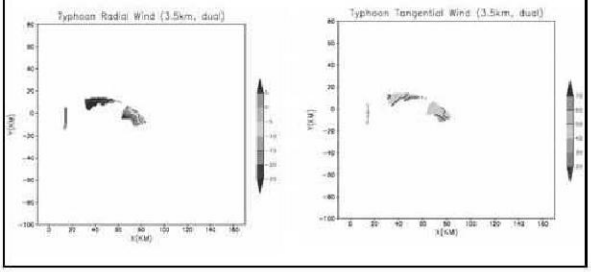
Dul 18:56



18:56 EGBVTD



18:56 dul



資 料 同 化

Data Assimilation Strategy at CWB

I. Data Assimilation at CWB (2005/07/12)

Issues:

- Current Status of DA at CWB?
- DA development and models (localized vs. nonlocal)?
- Priority of data ingestion for regional model?
- Priority of data ingestion for global model?
- DA system for regional model (WRF vs. NFS)?
- DA system for global model (NCEP GSI vs. SSI) or others
- FORMOSAT-3 RO data assimilation of CWB global/regional model?

Discussions:

鄭明典: DA knowledge and control of data resource, new DA skills, NRL connection for improving DA at CWB and keeping DA updated (S. Chang). CWB will rely on CWB's staffs in developing DA and enhancing capacity. More flexibility of DA for regional models but less for global models.

業天降： Tests on global model with typhoon bogussing. Track prediction is not superior to international level. Currently, OI is used in the regional model initialization. Dropsonde data impacts on typhoon track predictions at CWB are not obvious. Tests on WRF 3DVAR will be a focus. Background error covariances will be investigated. FORMOSAT-3 data impact will be studied through WRF 3DVAR to NFS. Radar-retrieved wind will be ingested into NFS. Improvement on regular ensemble methods is expected.

曾建翰： Regional DA will move to WRF 3DVAR for NFS. Consider new observations, especially for satellite data resource. DA for various data in WRF 3DVAR needs to be developed.

李清勝： Need more focuses. Disaster mitigation in Taiwan emphasizes 0-12 h forecast on small-scale phenomena. Radar data usage is at top priority. Model ensemble forecast has resulted in improvement. DA is a key issue to typhoon prediction.

郭鴻基：Echo the importance of 0-12 h forecast. Supporting observations, DA, models and resolution for small-scale local prediction all are important. Predication of mesoscale structures in large-scale environment is essentially important.

吳俊傑： Dropsonde data do have some impact in international hurricane models. Need to investigate why CWB models have no impact.

周明達： Both 0-12 h and 24-72 h predictions are important and need to be improved.

業天降： Need more fare evaluation for CWB intense rainfall forecast.

廖宇慶： QPE before QPF needs further improvement. Dual polarization radar at Chi-Ku may be desirable for improving QPE and QPF.

曾建翰： Need powerful computers for small-scale prediction.

張忍成： NCEP GSI is still under evaluation, but CWB has interest.

王作台： Radar data exchange with China will be helpful for CWB weather prediction.

II. Data Assimilation at CWB (2005/09/02)

(Some idea based on a meeting with Bill and Terng on 08/27/2005 at Boulder)

- Items scheduled to be committed
  - 2006/7: WRF VAR on line
  - 2007/6: WRF 45/15/5 on line
  - 2008/1: WRF 27/9/3 on line with all current CWB data.
- Items suggested for DA
  - 4DVAR/EnKF implementation for regional prediction.
  - EnKF for global prediction
  - GSI vs. SSI for global model. GSI should be evaluated.
- Priority of Data for DA
  - Satellite radiance currently available
  - Radar radial wind and reflectivity echo
  - GPS RO (for FORSAT-3/COSMIC) and GPS PW (network)
  - Automated soundings
- Training and collaborating related to DA
  - Two key workers to collaborating units (6 months to one year) per year
  - Involved in international developments
  - Bi-lateral or own projects (Hurricane-WRF, DA with GPS PW and RO, etc.)
- Issues to be concerned about for CWB
  - Are CWB own global models necessary? (from web site supports)
  - Are 4DVAR and EnKF to be implemented? (WRF 4DVAR 2007-fall)
  - Island-wide GPS PW sites (with surface measurements) on line?
  - New island-wide automated soundings (wind profiles as meso net)?
  - Dropsonde data for operational mode?

Summary:

CWB is facing a much greater challenge on DA, mainly due to new data sources to be assimilated for improvement on both global and regional predictions. CWB must consider its own man power and future capacity to adjust itself ready for such improvement. The issues listed remain to be pondered over. In short, CWB has its own missions with expected performances that are subject to international comparisons. The community just wants to see its success under smooth transition, and more important, with feedbacks to and from the community.

III. Data Assimilation at CWB (2005/10/20)

- WRF VAR

  WRF VAR is the preprocessor of WRF that can assimilate a variety of types of data for providing better initial conditions in a regular run or a cycling run. The WRF VAR should be maintained as a standard operation level as possible with improving model background error covariance statistics and various observation error covariance statistics. The time table for operational WRF VAR (by next July) is sound, in terms of the transition of both computer and model assimilation system. However, the current CWB lacks of manpowers in optimizing a localized WRF VAR and thus should re-group related staffs and full-time research assistants. Although questions on WRF VAR have been raised by panel members, the background information can be used from any global model assimilation with a number

of types of satellite data. WRF VAR, still under development, will be very potential and promising to meet our expectation for providing powerful initialization. In particular, WRF 4DVAR has been nearly completed and can be used in nearing future. WRF 4DVAR is believed to serve a prototype of tool for short-term small-scale prediction, despite some arguments on current WRF VAR by a panel member. According to the NCAR WRF VAR team, WRF-Var has many other capabilities that many other operational systems do not have:

- Ground-based and space-based GPS data assimilation
- Radar data assimilation (assimilating both radial velocity and reflectivity)
- a general framework that support 3D-Var and 4D-Var assimilation
- WRF 4D-Var will be available in about one year.
- NCAR is also actively developing an ensemble Kalman Filter data assimilation system based on WRF
- Capability to perform data assimilation from cloud-scale to mesoscale and global scale (this requires the use of a non-hydrostatic model, such as the NCAR WRF).

Thus, the completed WRF VAR would allow a user to compare 3D-Var, 4D-Var, and EnKF systems to assimilate the same data, using the same forecast model. This would open the door for many exciting research, particularly, in the area of mesoscale and cloud-resolving scale data assimilation. It would also have important applications to nowcasting and very short range forecasting.

- FORMOSAT-3 IOP Campaign & FORMOSAT-3/COSMIC Missions

  CWB should take an active role in FORMOSAT-3 IOP Campaign to show the impact of FORMOSAT-3 IOP data on regional as well as global prediction. It should also be kept in the way of better usage of all FORMOSAT-3 data during the satellite mission. CWB may help provide a complete evaluation of the satellite observations from a constellation of six LEOs, to fulfill the motivation of the initiated national program by demonstrating the VALUE in real-time application.
- GFS SSI vs. GSI

  The SSI is an out-of-date product and NCEP is no longer supportive of its maintenance. Therefore, it is strongly suggested that SSI be replaced in nearing future by GSI with more recent assimilation operators. Comparisons between SSI and GSI performances should be extensively made with a careful check-out for useful prediction indices.
- Radar data assimilation

  All the panel members realized the importance of radar data assimilation for short-term rainfall forecast. To raise QPF capability, CWB is working hard to blend radar data into model information, but not in a 3DVAR fashion. It is suggested that CWB should form a permanent radar assimilation team to fully exploit the DA skill and build its own error statistics. This task is believed to play the critical role in QPF associated with typhoons impinging Taiwan area.
- Ground-based GPS PW assimilation

  With the island-wide ground-based GPS PW observations, useful moisture information is available for

QPF over Taiwan. Japan also has an island-wide and denser GPS PW stations, but not in a real-time mode. CWB must take this advantage and begin to set up the automated island-wide surface stations, which are very helpful for reconstruct initial moisture conditions over Taiwan and should lead to improvement of QPF capacity.

- Satellite radiance assimilation (SRA)

  Most of satellite radiance data in different usage can be assimilated by updated WRF VAR shortly. Thus, CWB-related people may need to get involved in the new WRF Var infrastructure for such SRA in order to modify the codes for optimal application. SRA is also a very important task in operational global models. The current CWB SSI has some capacity of SRA but faces to an update by a new analysis scheme (GSI). It is suggested that CWB should get involved in GSI and make decisions on its update very soon. Does the CWB people need to maintain an operational global model or even keep developing an updated one? This is a matter of DA since DA is critical to global prediction.

- WRF 4DVAR

  WRF 4DVAR will become available by 2007. A beta version of WRF 4DVAR can be tested prior to formal release and can be provided by NCAR by the next summer. With much improved computational power, WRF 4DVAR should deserve an investment, in particular, for severe weather near Taiwan. Cycling 3DVAR is workable for larger-scale initialization and prediction. The model constraint is much more important when spatially and temporally dense data (e.g., radar observations) are to be assimilated for QPF on small scale. CWB may begin to build up an environment for the advent of WRF 4DVAR.

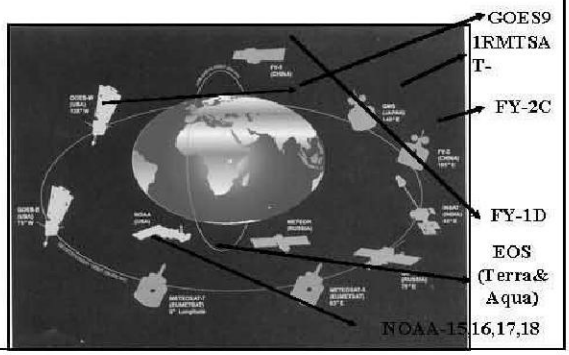
- Hurricane-WRF with bogus DA

  With vortex bogussing through 4DVAR, the initialized hurricane may be more truly resolved by the model, thus producing more consistent prediction. This task may combine dropsonde observations and other satellite information for optimizing vortex profiles. Therefore, a portion of the dropsonde information should be very desirable once BDA becomes matured and the seasoned modelers are well trained by the predictions sampled from different BDA methods. Hurricane-WRF with bogus DA will act to potentially replace current operational typhoon model. It tells no season why WRF cannot be applied to typhoon predictions with WRF VAR. The work of ensemble WRF runs at CWB is a step to reveal potential shortages of WRF. However, WRF VAR with BDA is still little experienced and CWB may start to investigate a potential operational typhoon model. This issue is more relevant to typhoon model development and improvement, in spite of that such initialization is also a matter of DA.

衛　　星

氣象衛星的發展策略

全球氣象衛星分布概況

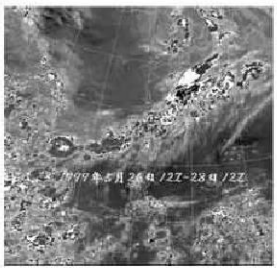


現況

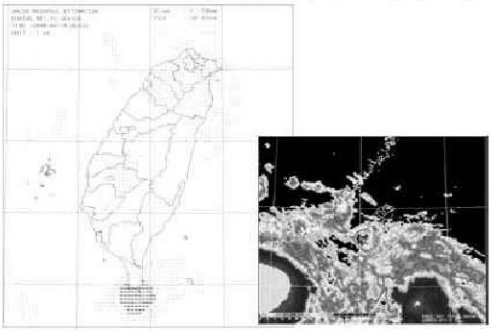
- 接收處理MTSAT-1R,GOES-9及FY-2C同步衛星及NOAA-15,16,17,18及EOS-Terra,-Aqua軌道衛星資料
- 提供紅外線、可見光及水氣頻道雲圖資料及分析研判在天氣分析與預報上應用
- 提供衛星降水估計、雲導風、海溫、雲分類等產品
- 從WWW抓取SSMI 、 TRMM 、 QuikScat等圖片在颱風定位、強度、結構及降水上應用

梅雨鋒面及中尺度對流系統預報作業之應用

- ❖結構、強度、發展
- ❖臺大雨/中尺度對流系統之綜觀天氣類型
- ❖臺大雨/中尺度對流系統之0-12小時定性預報
- ❖降水估計

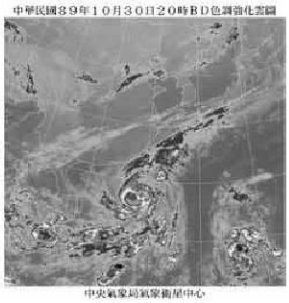


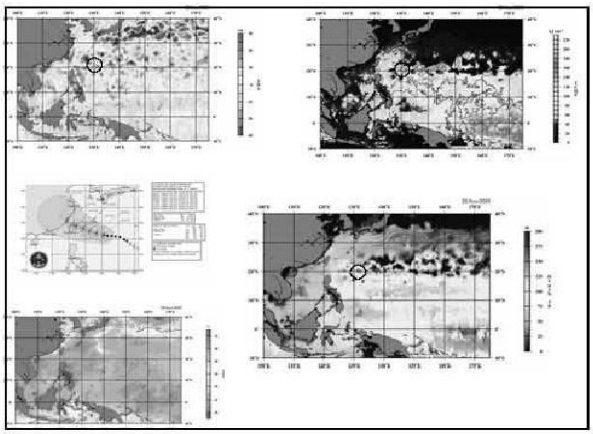
衛星自動化定量降水估計產品(QPE)

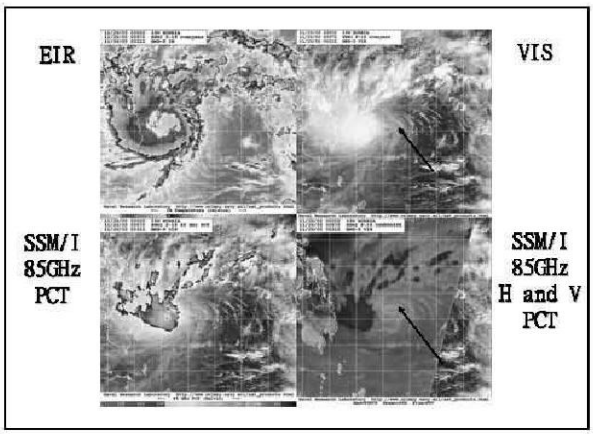


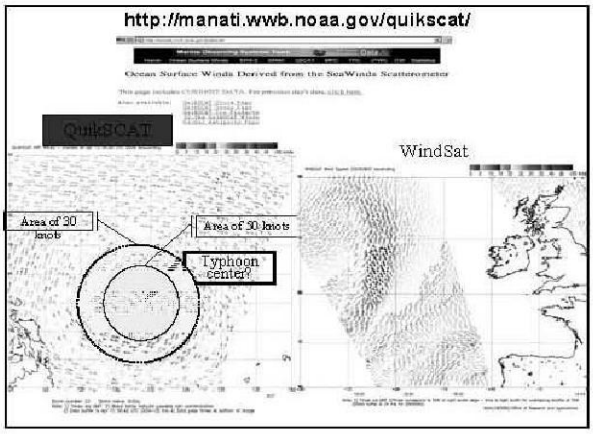
颱風預報作業之應用

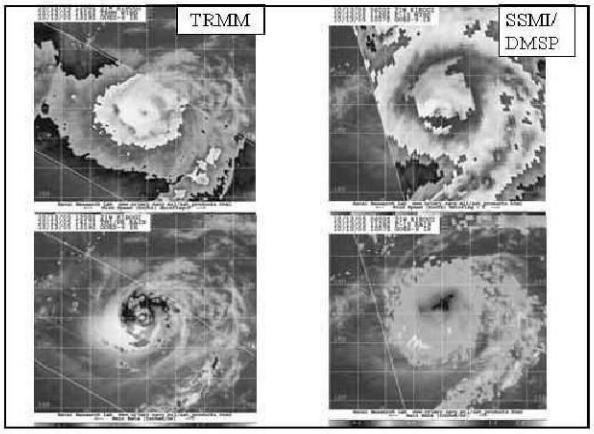
- ❖颱風中心的定位
  (IR、VIS、SSM/I、QuikSCAT)
- ❖颱風暴風圈大小
  (IR、QuikSCAT)
- ❖颱風強度
  (IR、VIS、SSM/I、AMSU、QuikSCAT)
- ❖颱風降水潛勢估計
  (IR、VIS 、 SSM/I 、TRMM)

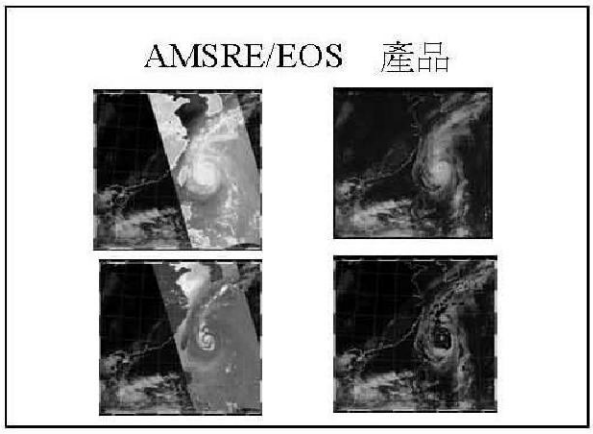


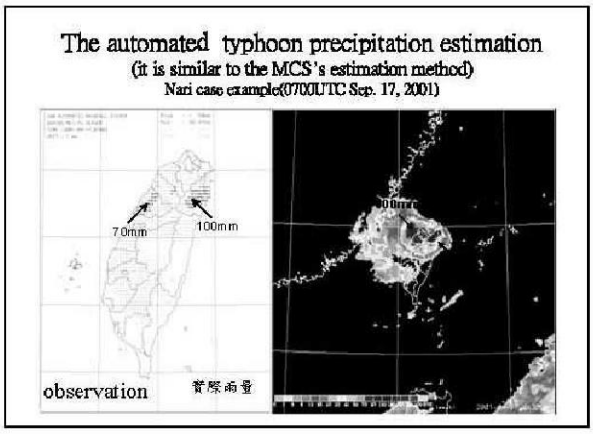



EIR
VIS
SSM/I
85GHz
PCT
SSM/I
85GHz
H and V
PCT


http://manati.wwb.noaa.gov/quikscat/
Ocean Surface Winds Derived from the SeaWinds Scatterometer
QuikSCAT
WindSat
Area of 30 knots
Area of 30 knots
Typhoon center?

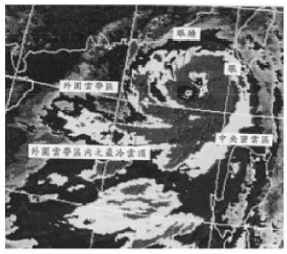

TRMM
SSMI/
DMSP

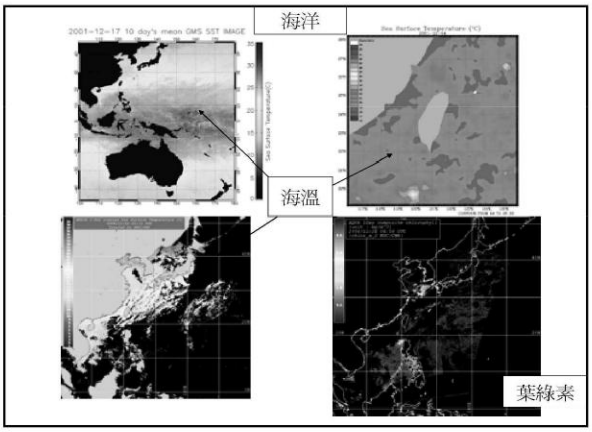

AMSRE/EOS 產品

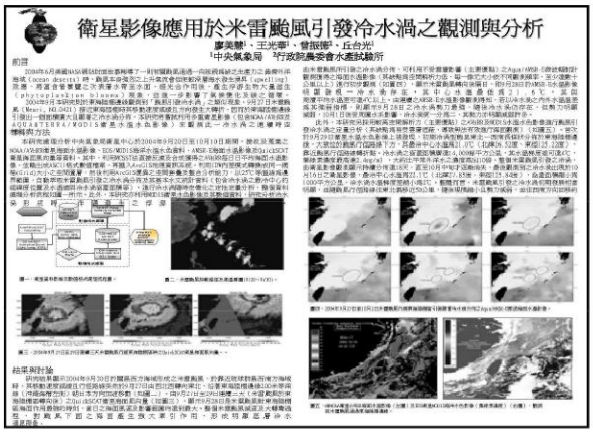

The automated typhoon precipitation estimation
(it is similar to the MCS's estimation method)
Nari case example(0700UTC Sep. 17, 2001)
7.0mm
100mm
observation
實際雨量

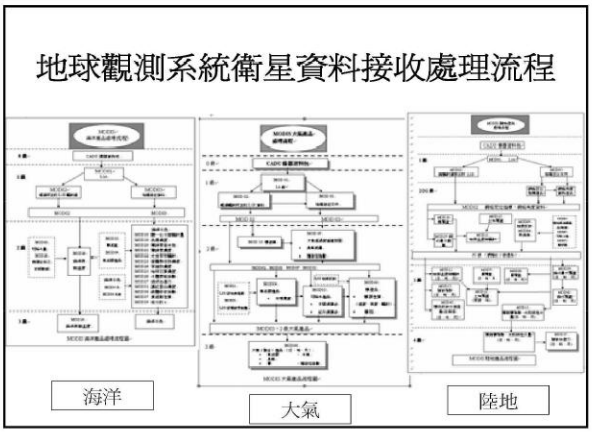
颱風降水潛勢估計方法

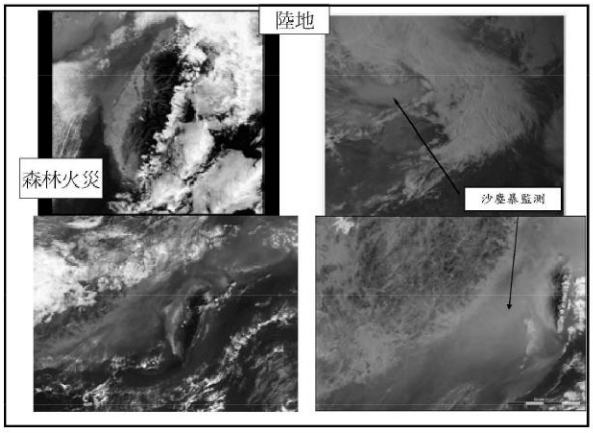
- 比較連續兩張雲圖，在第二張圖辨認和定出颱風之雲牆(WC)，中央密雲區(CDO)，外圍雲區(OBA)及外圍冷對流雲區(ECT)
- 颱風降水潛勢大小(RP)，爲各雲型之降雨率(R)與各雲型之直徑大小(D)相乘加總後再除以颱風之移動速度
- **RP=(RWC*DWC+RCDO*DCDO+ROBA*DOBA+RECT*DECT)/V**

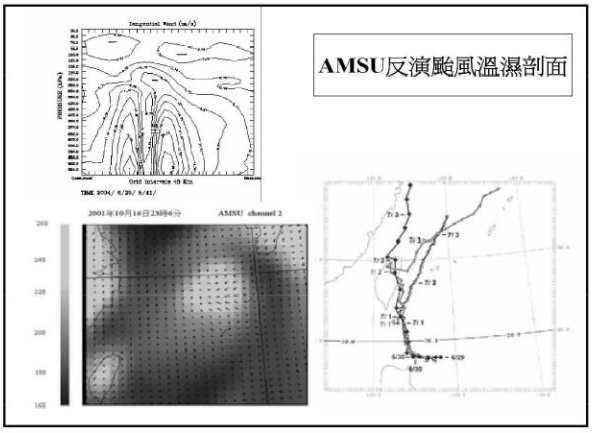


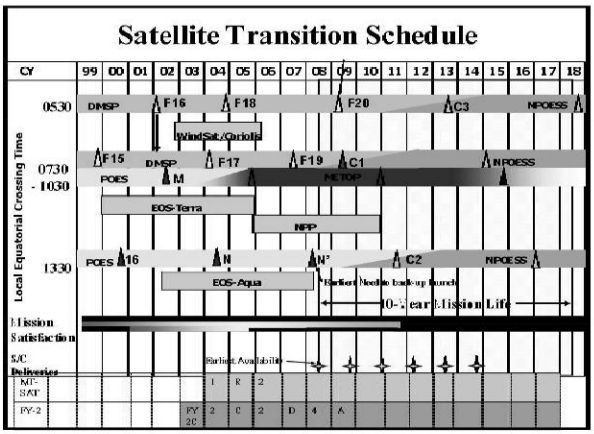


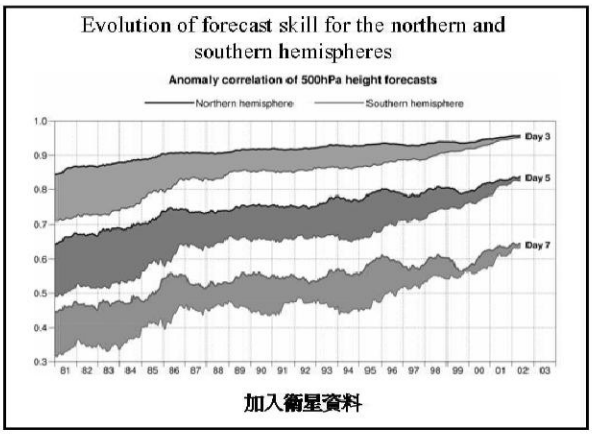


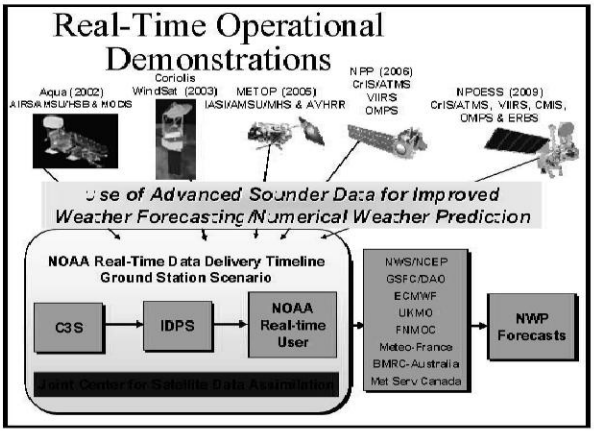


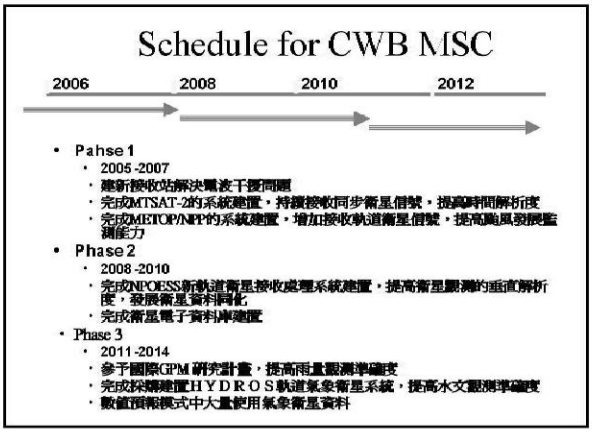












Activities in Phase 1

- **硬體工程**
- **房舍工程(2006-2007)**
  - 於合適地點建設新衛星接收站
- **MTSAT-2建置(2006)**
  - 完成MTSAT-2軟體及天線等硬體採購、安裝建置
  - 新建同步氣象衛星資料各式影像製作及傳送系統軟體
  - 整合所有觀測觀測資料格式、地理座標等
- **METOP接收處理(2006)**
- **NPP接收處理(2007)**

Activities in Phase 1

- **軟體工程**
- **監測追縱颱風的發展**
  - 颱風的暴風圈估計大小
  - 颱風的強度變化
  - 颱風的結構
  - 颱風的降雨與降雨潛勢
- **豪雨監測技術發展**
  - 整合紅外線/可見光/微波頻道發展最佳降水估計技術
- **衛星資料同化技術引進測試**
  - 由AMSU微波反演探空進行衛星資料同化
- **衛星資料在海洋上應用技術發展**
  - 海溫、暖渦、暖流、葉綠素含量

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豪雨強風的應用價值
- 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MTSAT-3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
  - 增強地面觀測及雷達資料的整合，以期更準確連行衛星雨量估計及其他乃至參數的驗證
  - 建置三維觀測資料顯示系統，使觀測資料更清楚的顯示
- 颱風豪雨監測技術發展
  - 整合紅外線/可見光/微波頻道發展最佳降水估計技術
  - 颱風強度暴風範圍結構監測技術發展
- 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
- 持續颱風豪雨監測技術發展
- 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判(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

- 增加與國內大學與及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

氣　　候

「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

中央氣象局
2005.10.20

20世紀大氣科學研究的最大貢獻之一：
「準確」的天氣預報至5-10天

21世紀的挑戰：「準確」的氣候預報（月-年）

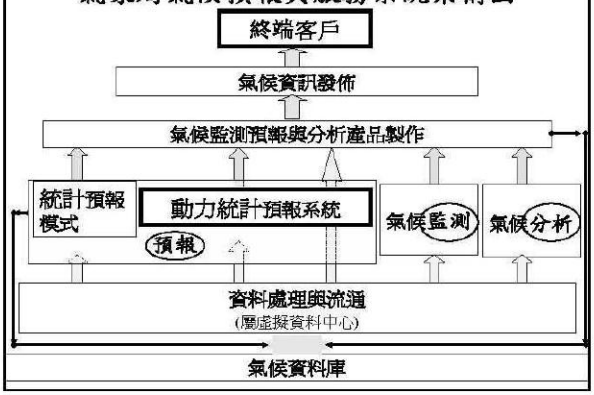
- 挑戰：如何提高準確度？
  - ❖ 有科學依據的經驗不多（只有幾十年）
  - ❖ 對影響氣候的因子的瞭解有限 （聖嬰現象等）
  - ❖ 氣候模式已經十分複雜，但是有不少缺點
  - ❖ 是否所有氣候都可預報？科學的極限？

長期預報課任務：
長期天氣預報和氣候監測

➢ 月長期天氣預報：
以系集預報（NCEP、JMA）為主
➢ 季長期天氣預報：
傳統的統計方法、國外系集預報（缺乏數據資料）

未來發展：有效的運用統計方法，詮釋系集預報產品，降尺度台灣地區的氣候機率預報
瓶頸：系集預報準確度

氣象局氣候預報與服務系統架構圖



「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫」
氣候分析診斷與預報系統

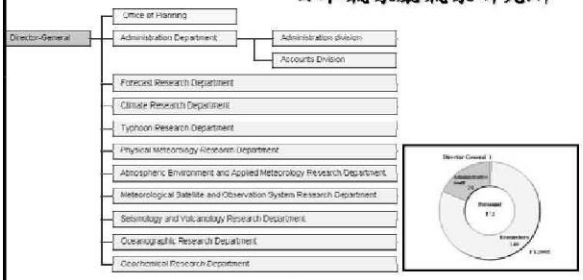
- 建立二步法(tow-tier)動力統計預報系統，預定2008年進入準作業狀態
- 建立動力降尺度氣候預報系統
- 建立氣候分析與綜觀氣候監測預報輔助系統

瓶頸

長期預報課：
- 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
- 預報與研發兼顧，工作項目多，人力嚴重缺乏

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。
- 目前配置的人力與計畫規模所需人力，小了一個數量級。（與日本、韓國、中國相差甚大）

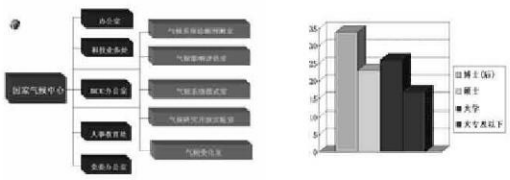
日本氣象廳氣象研究所



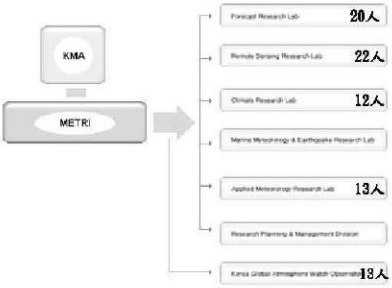
Climate Research Department: 25人

- Climate System (The 1st Laboratory)
- Long-Range Weather Forecast. (The 2nd Laboratory)
- Cloud and Radiation (The 3rd Laboratory)
- Global Warming (The 4th Laboratory)
- Climate analysis (The 5th Laboratory)

中國國家氣候中心



韓國氣象廳氣象研究所



策略

提升氣象局氣候預報能力，首要之務為*<u>改善人力短缺與缺乏彈性的制度</u>*，其次才是研發方向與內容。

具體建議

1. 成立氣象局/大學氣候協力研究中心（短期目標）
   - ❖ 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。
   - ❖ 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）
   - ❖ 由研究生將氣象局提出的特定需求，當成碩博士論文。
   - ❖ 氣象局提供適當的計算資源與資料，協助計畫的進行。
   - ❖ 重新檢討人力配置，加強單位間的合作，提升研發效率。

2. 發展具科學基礎的台灣氣候預報系統（短中期目標）
   - ❖ 統計預報與動力-統計預報並重
   - ❖ 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
   - ❖ 「CWB-Universities allied seasonal forecast system」計劃，NCEP，JMA …

3. 持續發展氣候模式（中長期目標）

- 持續發展氣象局全球模式：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（APEC Climate Network)的重要窗口
- 持續進行區域氣候預報實驗
- 持續發展海氣耦合氣候預報模式（長期目標）

4. 加強國際合作（短期目標）

- APEC Climate Center（今年11月成立）
- 積極參與國際氣候預報活動：
  增加知名度，觀摩學習，取得氣候預報的數據資料
- 待突破之處：
  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（透過協力中心）

5. 長期研發計畫的擬定（中長期目標）

- 繼續將氣候研發列入未來的第五期計畫

結語

- 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。
- 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。
- 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。
- 如果能成立類似JMA、KMA、CMA的研發機構，是最佳的選擇，

謝謝

即 時 預 報 系 統

NOWCASTING
即時預報系統

OCTOBER 2005

Very Short-Range Forecasting (VSRF) System(2002-2008project)

- Dealing with 0-12hr short-term quantitative precipitation forecasts (QPF) on severe weather systems
  - MCS in Mei-Yu fronts
  - Typhoons
- Approaches
  - Radar (0-3hr)– QPESUMS
  - Model (3-12hr)– LAPS-MM5/WRF (hot-start MM5/WRF)

取自丘台光等2005

OUTLOOK of QPESUMS

- 0-3hr QPF on-line operation & verification
  - System improvement
- Lightening data：
  - Convective precipitation
- Dual polarization data and technique：
  - Precipitation type (solid, liquid, etc.)
  - Convective & stratiform precipitation
- Customer-oriented QPESUMS products
  - For different disaster mitigation agencies

OUTLOOK of VSRF – LAPS-MM5

- Real-Time verification system on-line
  - System improvement
- Introducing non-conventional source：
  - Model atmosphere closer to reality
    - Satellite winds
    - Sea surface winds (QuikScat, WindSat, etc.)
    - COSMIC (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere & Climate)
- 3DVAR
  - Model atmosphere closer to reality
- LAPS-WRF on-line

對流分析與即時預報系統建置問題與對策

- 氣象局現有QPESUMS系統僅有雨量預估與分類功能，缺乏整合預報能力，僅用外延法（TREC計算風暴移動速度）成效有限，相關研發工作缺乏，氣象局發展LAPS-WRF系統直接預報雨量，但缺乏雲動力參數作為模式參數設定，成效有限。對流分析與即時預報系統內有三個系統，劇烈天氣警報系統（WDSS）暴雨監測系統（FFMP）及自動即時預報系統（ANC），氣象局現在已經引進WDSS，FFMP和ANC則預定在2008引進。自動即時預報系統，是利用模糊邏輯整合概念模式與數值預報產品，建立即時預報指引，系統架構引進並不代表就可以有效使用，區域性風暴雲動力特徵，中尺度環境不穩度特徵等參數，應該要有充分了解才能建立有效的預報系統。
- **對策：應該加強相關中尺度現象和中尺度過程之基礎研究，尤其是台灣地區複雜之海岸以及地形效應對局部天氣的影響。**

WSN05 recommendation-1

A. Science issues - Zawadzki and Wilson

- 1. The crossover point where NWP improves over extrapolation depends more on the radar coverage than model resolution. This is one way to say that the extent and resolution of the observations and the model science are more important than model resolution.

Observations – For example the resolution of observations of water vapor or the resolution of boundary layer divergence just may be more important than model resolution in pin pointing the future location and intensity of convective storms.

Science – For example is the model microphysics good enough to determine the timing and characteristics of thunderstorm outflows. These items are critical for determining storm evolution and secondary initiation.

- 2. We need to quantify the uncertainties in Nowcasting so we can define in a probabilistic manner the nowcast. For example there may be a developing storm for which we want to define its likelihood to become severe. There are conceptual models based on years of research to do just this. These models include meteorological variables like CAPE, vertical wind shear and radar characteristics. What is needed is quantification of how variations in the magnitude of these parameters effect the probability of the storm becoming severe. We note that ensembles and fuzzy logic are well suited for deriving nowcast probabilities.

WSN05 recommendation-2

- B. Nowcasting systems - Golding

1. Choosing the appropriate balance between NWP, Extrapolation and Conceptual Models. NWP is certainly gaining rapidly in capability at the storm scale, and projections indicate that it will be possible to make very short range NWP forecasts available within one hour of data time. The critical area needing further development is in provision and assimilation of fine scale observations. Both extrapolation and conceptual models were originally manual techniques, which have been reproduced automatically with varying degrees of success. Both can be expected to retain a role in nowcasting for lead times shorter than the processing time for NWP (i.e. ~1 hour). They also provide a cheap alternative to NWP for specific problems. While automation of extrapolation has been generally successful, there are few examples of the successful automation of conceptual models. This may be related to the difficulty of pattern recognition, problems arising from the artificial limit to systems that fit, or to the inherent nonlinearity of interaction with the environment. In general, it would appear that nonlinear modelling is a better approach to solving these problems.
2. Role of the human

   Presentations at the symposium provide a wide spectrum of views on the role of the human in nowcasting. There is a clear issue about the scope of responsibility, with the greatest benefits found where manual responsibility is restricted to a rather small area – perhaps for range of one radar. A related issue is that, whereas an experienced forecaster can routinely improve on automated products, inexperienced forecasters can equally routinely degrade them, so that there is a substantial additional cost in lengthy training if all operational input is to be from experienced staff. In other words, a human role appears to be justified only if the cost of the human resource is small and/or the potential benefits large. Where the staff cost is high or the weather impacts are modest, automation appears to be the preferred route. However, even in this situation, there is strong evidence of a continuing need for human quality control of the final warnings, and of human interpretation of the forecasts for sensitive users.
3. Monitoring

   Automated systems need to have a much higher degree of reliability than those that merely form an input to the forecaster. In particular, automated monitoring and quality control of automated end products will be needed.

WSN05 recommendation-3

C. Issues on NWP and data assimilation- Koizumi

- 1. NWP and data assimilation are required to provide reliable atmospheric states in a timely manner. In order to meet the requirements, aside from improving NWP model and data assimilation system themselves, we are to exploit all available observational data (not only radar reflectivity).
- 2. Currently many people seem to think that time-consuming data assimilation method like 4D-Var is not practical to be used in nowcasting/ very-short-range-forecasting context. However, since "cross-over zone" from extrapolation to NWP is currently later than 3 hours, timeliness of NWP forecast does not seem to be so urgent requirement as its accuracy, which suggests that time-consuming data assimilation methods (4D-Var, ensemble Kalman filter etc.) are worth trying even in nowcasting/very-short-range-forecasting context.
- 3. Estimating and providing "Uncertainty" of model forecasts is getting more and more important. However, there is no standard method to estimate it yet. Since model errors for mesoscale events can have quite ill-shaped (e.g. not Gaussian) probability distribution, it is not guaranteed that "ensemble method" provides appropriate estimation of model errors. Error estimation methods and their limitations are to be investigated.

WSN05 Recommendation-4

D. Verification – Ebert

- 1. The observations used to verify nowcasts and very short range forecasts almost always contain some level of uncertainty, but this is not generally taken into account in the verification. The impact of the observational error is to artificially increase the apparent error of the forecast, making it look worse than it actually is. Methods are needed to quantify the impact of observational error on the verification results. This is currently an area of research, with the methods proposed so far requiring an accurate measurement of the observation error against some "gold standard".
- 2. When verifying forecasts, and especially when comparing forecast systems against each other, it is advisable to quantify the uncertainty (due to sampling error) in the verification results themselves. One approach is to estimate confidence intervals on the results using resampling techniques.
- 3. As the spatial and temporal resolution of forecasts continues to increase and forecasts appear more realistic (compared to radar data, for example), it is becoming clear that "standard" verification metrics like RMS and CSI do not reflect the increased value of the forecasts. Indeed, the traditional scores frequently get worse at higher resolution as it becomes more difficult for the forecast to achieve a perfect match. New verification methods that take scale into account, either through scale decomposition or using multiple scales, are able to quantify the skill of the forecasts at time and space scales that are predictable. Object-oriented techniques verify the location, size, amplitude, and other properties of weather entities (storms, for example) in a holistic way, as opposed to the usual gridpoint-to-gridpoint comparisons. The use of these new verification approaches should be encouraged.
- 4. Decision makers, whether they be operational forecasters or external users of forecasts, benefit from verification information that goes beyond simple accuracy measures. Verification information that is focused on helping the user to make a better decision is needed. One example is the assessment of forecast value as a function of cost/loss ratio. Other metrics and diagnostics may be determined by working closely with the users to understand their decision making processes.

WSN05 recommendation-5

- E. Testbeds - Walt Dabberdt
- 1. Issue: except for research projects, we are attempting to do hi-res nowcasting and short-range mesoscale forecasting with a synoptic scale observing system.
- 2. Challenge: how to match scale and scope of operational observing systems with the needs for modeling and analysis?
- 3. Two broad categories of issues – technical/scientific issues and 'pragmatic' issues.
- 4. Technical/scientific issues and comments (pertaining to the operational observational challenge).

Nowcasts and short-range mesoscale forecasts are observations limited

Need more and better observations; Denser networks face the curse of dimensionality (and associated costs)

Need 'appropriate' measurements; Water vapor is poorly sampled

Same for 3D temperature field; Microphysical observations

PBL is a special and very important case; Static vs dynamic sampling

Bottom line: we don't have a good understanding of the sensitivity of improvements in forecasts to improvements in the observing systems

- 5. Pragmatic *issues* pertaining to improved operational observing systems

Need to understand who are the users of analyses and forecast products; Need to understand what information they want and need; Need to optimize observing networks to solve users' problems

How to benefit from the overlapping observational requirements for different yet complementary applications (many applications that are not focused on clouds and precipitation)

Need to develop alliances among the various federal, state and local agencies

Need to develop effective partnerships among the public, private and academic sectors: the costs of improved observing systems are too great to be borne by the public sector alone; also, there is no single "killer application" – need to design observing systems that address multiple needs and multiple applications

- 6. Bottom Line: testbeds provide the mechanism to effectively resolve the technical and pragmatic issues leading to improved, operational observing systems and analyses and forecasts.
- 7. Stakeholders and users should be involved in all phases
- 8. Testbeds are long-term enterprises; cannot be successful if they are short-lived.

附　錄　六

第六次工作會議紀錄

時間：94 年 11 月 28 日
地點：中央氣象局 2 樓會議室
主席：蔡清彥教授

「因應國際氣象新科技發展之策略規劃」第六次工作會議

會議記錄

會議時間：九十四年十一月二十八日下午二時

會議地點：中央氣象局 205 會議室

會議主席：蔡清彥教授

出席人員：

紀水上	王作台	周仲島（呂國臣代）
吳俊傑	劉振榮（林依依代）	黃清勇
林能暉（請假）	楊明仁	簡芳菁（請假）
葉天降（請假）	鄭明典	丘台光
滕春慈（請假）	林秀雯（請假）	盧孟明
周思運	曾建翰（請假）	商俊盛（請假）
馮欽賜	洪景山	氣象局人事室王主任

會議內容：

一、本人代表氣象局感謝大家出席會議，首先針對氣象局現有人力配置，請人事室王主任提出報告，接續請王作台老師進行策略與資源討論。

二、人事室王主任：

1. 目前預算職員為 594 人，聘用 28 人，約僱 3 人，合計 625 人；實際上現有職員為 579 人，聘用 27 人，約僱 3 人，合計 609 人。
2. 組織架構，包含局長、副局長與主任秘書各一名，詳細內容，如附件一。

三、王作台老師說明：

1. 首先謝謝大家對於本計畫的支持，此次會議主要討論兩個議題，相關技術發展評估及問題與資源調配策略，其中資源調配策略包含資源爭取人力增加。
2. 首先針對第一個議題，我把過去大家所提供的建議整理，並提出關鍵問題，看看大家是否同意或是有其他看法。而在第二個議題，我們將針對爭取資源與人力增加的策略與討論。

四、目前工作說明及討論（各分組）

1. 模式（全球）：楊明仁
   - 林先建博士已經公開 finite volume GCM 模式讓大家使用，NASA 正式作業已經使用 NECP 的 GSI 同化技術，所以我們使用 GSI 同化應該是沒有問題的。
   - 需求人力方面，博士需要增加 2 人，碩士增加 1 人；另外需要增加協力中心。
2. 模式（區域）：簡芳菁/洪景山
   - 人力需求方面，不拘經歷學歷，共計需要增加 3 個人力。另外針對颱風的模擬，需要人力 1 員。
   - 議題需求方面，WRF 模式是 community model，希望透過兩個管道增加氣象局資源，第一透過氣象局委託計畫，可以任務導向，比較貼近氣象局需求；第二由國科會成立 WRF 研究群，推動整合計畫，主要以研究導向為主。
   - 目前持續針對模式之間的比較，在作業上進行模組化，使校驗工作迅速上線提升效

率，原因 WRF 未來可能將不斷演進更新，如果執行工作能提供模組化，將可以更有效率的進行測試，評估新的模式啟用。

- WRF 與 NFS 比較 comparable。氣象局未來的超級電腦，足以應付迎面而來的模擬。Code 門檻較高是事實，但因為是 community 所以比較不是問題，overhead 較高是因為提供較精確的計算。

3. 颱風：吳俊傑
   - 在未來，氣象局與國研院颱洪中心勢必需要做區隔，此點的確需要詳加計畫。
   - 關於人力配置上，如成立協力中心，雖然工作性質較具有彈性，但較無工作保障；而從事公務人員，雖然有工作保障，但不一定能發揮專長。所以協力中心的定位，未來也必須仔細規劃。
   - 在氣象局內成立專門的颱風預報小組以及整合已有的小組，專職從事研究與預報，長期耕耘颱風研究與預報的議題。
   - 人力需求方面，在颱風預報領域，雷達資料、衛星資料與投落送資料進行處理，需要博士級的研究人員 1 人；而在颱風強度與降雨預測上，也需要博士級人力 1 人。
4. 雷達：呂國臣
   - 氣象局已經完成 X-Band 雷達網連部份。
   - 五分山雷達部分，希望可以跟隨美國一起雙偏級化升級；而七股雷達部分，則需要觀看德國的動向。
   - 提議加裝水氣觀測信號處理器方面，因為購買不到商業化的設備，所以目前尚不可行的。另外建議購買可移動式雷達方面，由於耗費的人力資源更多，目前也不可行。
   - 現有資料應該徹底的充分應用，QPSUM 與資料同化應該加強應用。
   - 建議雷達站氣象人員，平日不需輪班可以調回，只需要由電子人員輪班進行設備維修。如遇颱風可以採取配套措施，由氣象人員進行加班輪班。
5. 資料同化：黃清勇
   - 對於預報中心，區域模式進行 4D VAR 建構是必須的；3D VAR 因缺乏時間方程，所以功能受限，缺乏預報能力。
   - 除了將 3D VAR 與 NFS 結合，重點在 4D VAR 建構，首先進行 WRF 模式 4D VAR 的建構，同時考慮 EnKF 的建構，因為 EnKF 不需要投入大量時間。
   - 人力需求方面，全球模式配合 GSI 需要 1 人；而 WRF 模式配合 4D VAR 或 EnKF，共計需要 2 人。
6. 衛星：林依依
   - 人力需求方面，衛星中心專注於衛星工作的人力缺乏，需要增加 4 個人力，包含兩位博士級及兩位碩士級人力，其中兩位博士級人力，主要進行新衛星設備系統的開發以及新技術的學習與應用。
7. 即時預報：
   - 不定編制，而是以任務編組方式，由衛星中心支援即時預報系統的作業。在未成立新中心之前，仍由衛星中心支援。
8. 氣候：許晃雄

- 目前氣象局在氣候問題的議題研究的比重較低，未來希望能夠增加比重，期望能與國際接軌。
- 建議可以透過協力中心，讓學術界與氣象局的合作，讓學生更有向心力，有更多的工作機會與願景。
- 需求人力方面，博士級人員 7 人，包含作業與研發人員，碩士級人員 14 人，專職模式發展的工作。

9. 大氣化學與物理：

- 政府改造後，再討論相關議題，如成立環境資源部。

10. 組織/人力/國際參與：蔡清彥

- 氣象站的人力配置必須做調整：
  - 四等站，如：台東、成功、大武與蘭嶼，建議取消人工觀測，改以自動測站取代。
  - 三等站，減少人力觀測，例如：一縣市兩個測站，撤掉一個改為自動測站。可以因應情況，逐年減少。
  - 針對氣象三等站與四等站，建議爭取測站內具有博士與碩士學歷的人員，返回氣象局內發揮專長。
  - 二等站，建議雷達氣象人員改變工作性質，進行雷達資料開發應用。
  - 必須加入配套措施。

主席結論：

首先可進行人力調動，可配合任務分組方式，以因應體制上的限制。整合性研究計畫與跨領域範圍的規劃，可以提供安排人力以及爭取國家更多的資源，也能夠由非氣象局體制取得經費。

會議討論議題

(I) 相關技術發展評估及問題

(II) 資源調配策略

-現有人力狀況及預算規模說明

-資源爭取及人力增加之策略討論

策略規劃說明

- 目前已分全球模式、區域模式、颱風、衛星、雷達、同化技術、氣候、大氣化學與物理、及時預報系統九個技術分組。
- 各分組已做了評估分析及提出資源需求。

技術評估說明:(1) 全球模式

- 建議以fvGCM作為新的全球模式的數值架構，物理參數化部分由氣象局現有的模組。
- 預計2009年完成CWB fvGCM第一代版本，2010年進入準平行化測試。
- 議題 (i) 要搭配何種同化技術？
  - (ii) 水平解析度可到0.25度，與區域模式之競合關係為何？

(2) 區域模式

- 建議以引入WRF為發展之主要架構，國內學界之經驗，對調配出一個最適組合的作業模式有幫助。
- 預計2007年進行平行測試，2007年底左右上線作業 (45/15/5 km)，2008年為27/9/3 km。
- 議題 (i) 與現有NFS之成效比較，是否一定比較好？
  - (ii) WRF之計算overhead及氣象局現有經驗之傳承？
  - (iii) 瞭解code之門檻較高，且非EMSF架構，如何克服？

(3) 颱風

- 可作為一個爭取額外資源的策略課題。
- 應在颱風觀測、分析、模擬同化及預報等方面努力，且此工作需有相互之配套。
- 觀測策略之評估 (關鍵地點之評估)、技術發展之重點 (如颱風環流與台灣地形之交互作用)、同化技術發展 (含衛星雷達等) 都是重點方向。

(3) 颱風 (續)

- 議題
  - (i) 氣象局應主導，但如何與擬議中的國研院颱洪中心做區隔。
  - (ii) 應包含防災之分量 (防洪、土石流) 在內做全國之整體規劃，如何確保CWB之角色能充分發揮？

(4) 同化部分

- 優先發展衛星資料部分，以GPS RO及GPS PW為優先。
- 可行之同化技術，包括4D VAR，EnKF，全球模式部分應考慮GSI。
- 議題：
  - (i) 雷達資料之優先性？0-12小時降水預測之改進有很大需求。
  - (ii) 在fvGCM之下，是否配GSI可行？
  - (iii) 區域部分，4D VAR或是EnKF較佳？

（5）衛星部分

・未來十年分三個phase，有完整分期規劃。

・議題

（i）衛星資料應用方面技術發展？

（ii）NPOESS可能delay甚或取消，是否會有影響？

（6）雷達部分

・ S－Band雷達網速

・五分山及七股雷達升級為雙偏極化

・七股雷達另加水氣觀測信號處理器

・與水利署合作(S-Band雷達於都會區及集水區)

・可移動雷達

議題：

(i)偏極化升級的技術，國內人員扮演的角色？

(ii)現有資料之充份使用策略？

（7）即時預報系統

・QPESUMS系統之強化，0-3小時QPF即時作業。

・改進LAPS-MM5為LAPS-WRF。

・朝WDSS（劇烈天氣警報系統）系統進而到暴雨監測

及自動即時預報系統等方向發展。

・應有對中尺度過程之基礎，及台灣地區海岸/地形效應對局部天氣影響等方面之配套科研計畫。

議題：

（i）發展後的系統，如何使預報中心的人員願意用，並參與改進？

（8）氣候

・持續朝原定之四期計畫方向執行

・發展具科學基礎的台灣氣候預報系統

・氣候模式之持續發展

議題：(i)氣候問題在整體氣象局整個議題中的比重應為何？

(ii)國科會扮演之角色為何？

(iii)協力中心或新的研發機構？

（9）大氣物理與化學

・在新組織架構下應有大氣化學物理應用科。

・應建立符合WMO標準的測站(含輻射及大氣化學)

・相關氣候變遷之長期觀測(O_3，CO_2，Aerosol等)

議題：

(i)政府改造前，可強化的部份為何？

（II）資源調配策略

－現有人力狀況及預算規模說明

－資源爭取及人力增加之策略討論

- 與學校共同成立協力中心？
- 強化基金會之角色？
- 新研究單位之設立？
- 局內現有之組織及人力調整？