

NCTS

暑期數值天氣預報簡介課程

8月12、13日；台灣大學天文數學館101室

伴隨人類電腦的發明與應用，數值模式使得天氣與氣候大氣科學成為實驗科學，數值模式的發展與改善也需要觀測資料的驗證，大量氣象觀測資料處理分析，也是屬於大數據科學重要的應用，而數值天氣預報也帶動超級電腦的發展，目前世界最尖端的電腦就是用於氣象科學的天氣與氣候。數值天氣預報是20世紀最重要的數學科學發展的領域，對於跨尺度非線性數學與複雜系統計算與預報，十分重要，除了帶動氣候科學數值實驗外，也對於天氣預報與國計民生的實際應用，影響深遠。本短期課程將結合學理與實際應用，分別由郭鴻基教授與中央氣象局洪景山博士講授數值天氣預報簡介，授課下列議題：

- (1) Weather by the numbers and the science
- (2) The history of numerical weather prediction
- (3) The challenge of numerical weather prediction
- (4) The predictability and the uncertainty of the weathers

行星上大氣的成分是氣體，既然是氣體，因此大氣是會流動的。就氣體而言，描述氣體在當下的狀態，舉凡溫度、壓力、濕度和風速等，並推估這些狀態在未來時間的時、空分佈，這就是天氣預報。那，我們如何「推估」這些大氣狀態在未來的時空分佈呢？我們可以憑經驗，例如用去年同一天的天氣來推估；也可以用持續法，例如用今天的天氣推估明天的天氣；當然，我們可以參考更多的資料，經由有效的訓練與經驗累積，同樣地也可以提升天氣預報能力。但現今的天氣預報作業早已超越經驗掛帥的年代，而是積極採用科學的方法，即所謂的數值天氣預報技術，提供全球定時、定點、定量，一至七日的逐日天氣預報。甚或基於海水表面溫度可預報度之存在而提昇至季節乃至年際變化的預報，例如預報「聖嬰現象」的成功經驗以及3至6個月的短期氣候預報等。以上天氣或氣候預報能力之提升，無不建立在數值天氣預報技術的基礎。

自1950年代開始，我們就理解到，行星大氣的運動特性和水的運動特性非常類似，雖然水和空氣具有截然不同的特性，但是描述其流動的道理卻是相通的。因此氣象學家一旦瞭解了可以用水的運動特性來描述行星大氣的流動，因此我們就把自牛頓以來發展的流體力學應用在大氣上。基本上，大氣或水運動的特性可以用一組以數學方程式表示的物理定理來表達，由這些物理定理可以計算大氣的量或場（如溫度、風向和風速及濕度等）在未來的變化。如果我們可以求得這組代表物理定理的數學式的解，我們就可以由目前的天氣狀態推演出對未來天氣現象的描述，這也就是天氣預報。這組數學方程式可以簡化以概略描述大氣系統的運作，但是當我們對大氣的行為瞭解的越透徹，我們就能用更精確的數學來描述這個大氣系統，可以預期的，這個數學系統的解會越接近真實大氣的演變，因此，天氣預報的準確度也就隨之增加。

然而，隨著描述大氣運動過程的數學系統越趨複雜，我們反而無法在數學上求得完全正確的解答以提供我們對未來大氣行為的描述。在此我們只能透過數值方法來獲得趨近解，同樣地，數值方法的精確度也會影響天氣預報的準確度。而將建構此一大氣系統的數學方程式利用數值方法以求解，並據以進行天氣預報，這就是我們所謂的數值天氣預報。此一數值化的數學系統則稱為數值模式，用以模擬地球大氣系統的運動行為。因此，數值天氣預報是一門結合大氣科學、數學與數值方法的科學，而隨著我們對大氣科學、數學與數值方法的精進

瞭解，我們所賴以進行數值天氣預報的數值模式也就更接近真實大氣，其所求得之解同時也更接近實際大氣的運作，於是，天氣預報變得更準了。

在另一方面，為能求得精確的數值解，電腦成為必要的工具，用來協助我們用一組有限的數值解來代表大氣場並計算出大氣的未來狀態。如果代表大氣場的數值解之空間解析度越低，那麼所得的大氣未來狀態就越不詳細、對天氣預報的助益就越小；如果代表大氣場的數值解之空間解析度越高，就得利用較昂貴的電腦資源才能計算出解答來。當然，代表大氣場的解析度越高，所得的大氣未來狀態就越詳細、對天氣預報的助益就越大。是故，資訊（電腦）技術的進步在數值天氣預報的應用發展上佔有極關鍵性的地位，幾乎在任一時期數值天氣預報系統都使用了當代最快速的電腦。數值天氣預報系統也唯有使用最快速的電腦才能展現其突出的預報應用價值。目前世界各先進氣象作業中心，仍然以採購最高價位的超級電腦為維持高水準數值天氣預報作業的必要手段。

跟所有的數學問題一樣，對於一個包含時間、空間維度的數學系統求解，我們必須先提供這個數學系統一個初始場，這個初始場即反映出當下地球大氣的特性，包括溫度、壓力、風和濕度等。初始場的精確度決定了數值解的精確度，也就是天氣預報的準確度，這對中短期數值天氣預報而言更是如此。這個數學系統所需的初始場有賴各種觀測系統對地球大氣的觀測，例如傳統氣象探空所提供大氣三度空間的溫度、濕度和風場的觀測，此仍是目前最準確可靠的氣象資料來源之一。但是並非所有國家都有能力也有興趣支持此項觀測業務，例如非洲與南美的觀測就很少。再者，探空觀測有賴於人力作業，因此廣大洋面的資料仍相當缺乏。相對於傳統定時定點的氣象觀測，新近增加的所謂非傳統氣象觀測，如我國福衛3號衛星提供之獨一無二的掩星觀測，其他衛星的遙測、飛機氣象報告及地面的雷達、剖風儀等，這些都是新一代的觀測系統。如何將這些不同屬性的觀測資料揉合在一起，並提供給數值模式做為初始場之用，這個過程就稱為資料同化，是整個數值預報過程中最重要的環節之一。

數值天氣預報於五十年代開始發展，到八十年代便成為中短期天氣預報不可或缺的參考基準。數值天氣預報的成功因素包括足夠與準確的氣象觀測資料配合有效的資料同化技術、合理精確的數值天氣預報模式、及具高速運算能力的電腦資源等，因此，我們可以說數值天氣預報是大氣科學的總其成者。而隨著數值天氣預報技術的提升，如何拓展數值天氣預報產品的應用，包括天氣與氣候預報、飛航、環境品質預測、水文與水資源管理、坡地災害、乃至火山爆發、沙塵暴、核子污染傳送等等，甚至結合所謂大數據（Big data）的資料探勘技術，以挖掘大量資料背後所蘊藏珍貴資訊，乃至創造人類的知識，這都是值得進一步被探討與研究發展的議題。

授課老師：

郭鴻基(臺灣大學大氣科學系)

洪景山(交通部中央氣象局)

時間：8月12日(三)

09:30 – 12:00 Talk 1 (郭鴻基)

12:00 – 13:30 Lunch

13:30 – 16:00 Talk 2 (洪景山)

8月13日(四)

09:30 – 12:00 Talk 1 (洪景山)

12:00 – 13:30 Lunch

13:30 – 16:00 Talk 2 (洪景山)

Contact:

邱小姐

ac@ncts.ntu.edu.tw

02-3366-8812

P.S.

參加本活動無需報名!