

近代統計學在氣象學上的應用及其前瞻

徐爾灝

(南京大學氣象系)

簡單的統計方法，在氣象資料的整理，氣候學上用得很多，已有現成的教本，不預備在這裏講。較高深的統計方法和統計理論，在氣象學上用得不多；主要可分下列三方面講：

(一) 長期預報方面 又可分兩方面：

(1) 相關法的應用 相關法可說是各種統計方法在氣象學上應用最廣的一種，幾乎各種長期預報都要或多或少地用到牠。相關係數的計算，根據不同地點的相同的或不同的要素（簡單的，或複合的），或同一地點時間不同的或相同的要素。將相關法有系統地應用到氣象學上來，應歸功於 Walker 氏。瓦氏對長期預報的貢獻，如世界三大濤動的建立，由此預報某特殊區域未來氣候情形，差不多都是用的相關法。近年來在美國試行的每天預報法，其理論雖是動力的，但實施起來，如最基本的環流指數的預告，仍有賴於相關法以知其持續性。用相關法的原理來作長期預報，有相當成績，但不使人完全滿意；主要困難在不知道所得相關係數的持續性，以及對重要的控制因素瞭解得不夠全面。後一問題的解決主要是氣象的，前一問題的解決主要是統計的。如能應用進步的統計理論，對相關係數的連續性問題有相當解決，則長期預報的功效將能大大提高，這是我們要努力的。

(2) 週期性的研究 氣象要素的變化是有相當週期性的，要發現這些隱蔽着的週期，及判斷所得週期的真實性，就是統計學上的週期性研究。主要分為兩法：(1) Periodogram, 由 Schuster 建立，由簡譜分析着手。(2) Correlogram, 由 Fuhrich 建立，由計算 auto-correlation 着手。前法流行早而廣，但後法實比較優良。週期性在別的地球物理學科應用甚多，而在氣象學上應用較少，用來作預報的更少。如 Abbot, Cloyton 用太陽輻射強度的週期性來預報地面的天氣變化，很少人承認是有真實性的。不過我們得說現在氣象學上對週期性原理的應用並不充分，週期研究可能對長期預報有重大幫助，尤其 correlogrom 法值得注意。

(二) 短期預報方面 將統計方法應用到短報預報，是近幾年事，已有成績雖不大，但將來發展是極有希望的。將統計方法應用到短期預報，可能比應用到長期預報

更有效。不過因短期預報有現行 synoptic method，所以對統計方法的應用是向被忽略了。

(1) 用復相關法作短期預報 Schumann 證明，欲預報某一氣象要素，所用控制因素數目愈多(就空間及時間講)，則所得復相關係數愈高，而這復相關係數有一最高限值的存在。實際限制的準確度即以此最高限值為限值。他以南非洲十二個地點的氣壓來預報 24 小時後另一個地點的氣壓，所得的復相關係數在 .9 以上，這結果比用 synoptic method 來預報氣壓要準確得多。當然 Schumann 的方法應用別的氣象要素，別的地區是否同樣有效，還待研究；但這種嘗試指出了一條新的道路，值得我們來努力研究，補充與發展的。

(2) 用機率原理預報局部的某一氣象要素 這是近年來在美國尋求“客觀的”預報方法的產物。其方法是先找出影響某一氣象要素的各控制因素，計算各控制因素不同配合時該要素出現的機率；再就當時各控制因素的情形來預報。現時這方法已試用於降水量，霧，溫度突變等方面。據實施結果作比較，這種方法的準確度稍為比 synoptic method 要好。很顯然的，這種方法應用的範圍還可擴充，而且方法的本身也可改進。現在這方法祇限於短期預報，很可能推廣到長期預報方面去。蘇聯 Fedorov, Chudukov 在綜合氣候學裏建立了相當完善的天氣型分法。我們可以用這些天氣型作基本因素，再應用機率原理來預報較長期的未來的天氣。

(三) 渦動理論方面 渦動理論可分為動力的學說，及統計的學說兩大派；後者又可分为兩方面：

(1) 一支由 Taylor 創始，由 von Karman 等人發展。這一支學說把渦動當作連續運動，研究各質點渦動速先後的相關係數(即所謂 Lagrangian correlation coefficient)，及各點渦動速分佈的相關係數(即所謂 Eulerian correlation coefficient)。Sutton 曾將這支學說應用到低層大氣的擴散問題來。

近年 Kolmogoroff, Onsager, Weizsäcker 等人提出關於渦動運動小型結構的新學說，即所謂“相似學說”(theory of similarity)。Batchelor 指出這種學說在氣象上可能有重要應用，並以大氣擴散問題為例，說明這學說的應用價值。

(2) 另一支由 Burgers 創始，由 Noether, Gebelin 等人發展。這派學說嘗試將統計力學的方法來研究渦動，還沒有直接應用到氣象學上來。但這種研究方法值得我們重視，其理由在下面再講。

上面將統計學在氣象學上已有的重要應用，簡略地提了一下。近代統計學是很發達的，過去在氣象學上的應用可說是非常不充分。除掉上面所提到的那些應用外(這些應用本身仍有待我們去修正，發展)，還有很多的進步的統計方法和原理，值得引用

到氣象學的研究領域裏來。這種更多的統計方法和原理的引用，不但可能，而且必要；這可使氣象學的研究獲得重大的，基本的進展。這種瞻望也可分為三方面說：

(一) 資料處理方面 氣象學的研究是離不開觀測紀錄的，我們的研究可說是開始於試求解釋紀錄所表現的事實，我們的研究結果又須待紀錄的證明。氣象觀測紀錄是非常龐大的，要從這龐大的材料中抽取其有用部份，換言之，要能“以簡馭繁”，就要借助於統計方法。目前狀況是祇運用了最初步的方法，如平均數，離均差，相對頻數等的計算；較複雜的統計方法就沒有用，致紀錄中所包含的有價值部份大多沒有被利用。要從資料中正確認識牠所包含的內在的意義是很不容易的；尤其我們所有的紀錄祇是大氣界中片段的材料，要從片段材料來推論整體更不容易。祇有借助於統計方法，我們方能“以偏見全”，不致為片段的，表面的現象所迷惑。無論以簡馭繁，或由偏見全，都需要統計方法，如頻數理論，抽樣理論等都是。

(二) 理論的證實方面 近世氣象學進展甚快，新的理論，新的學說出現很多。但有一缺點，許多理論學說的提出，往往祇舉若干例子，或與平均狀態對照一下，很難一定說牠對或不對。因為符合理論的例證固有，矛盾的例證也可找到。那末怎樣客觀地，有效地來證明一種理論的“對”(符合實際)，或“不對”(不符合實際)呢？這只有利用統計的原理與方法方能解決。在這方面如適合性測驗，獨立性測驗，均勻性測驗，差異性測驗等均可供我們應用。物理，化學上的理論對不對，取決於實驗，氣象學上理論的對不對無法做實驗，祇有藉助於統計原理與方法，這一點一般是被忽略了。我們要使氣象學獲得真正的進步，一定要能夠有效地證實或否定所提出的理論。

(三) 氣象學的基本研究方面 大氣的運動永遠是不穩定的，大氣中的騷動可說是或大或小的渦動。渦動的特點是偶然性非常大，開始時很小一點差別，甚至小到不能覺察，最後的結果可以大相懸殊。因此要百分之百地從開始狀態預計未來狀態，在理論上亦是不可能的。這種意見，以前 Defant, Wegner, Schmauss, Schumann, Rossini 等都指出過。最近 Eady 復強調指出這一點。我們要處理這種複雜多變的渦動運動，要在永久不穩定的體系中發現可預告的規律性，這些規律性一定是統計的，所用的方法必須是類似統計力學的方法。上文已提過 Burgers 等人用統計力學方法來研究小型的渦動，實指出一條新的道路。如果我們能將統計力學方法應用到大氣騷動的研究中來，無疑問的將使氣象學大大地向前跨進一步。