

# 飛機與氣象雷達亂流觀測之關係 編輯室

Associations Between Aircraft Measurements of Turbulence And Weather Radar Measurements.

## 撮 要

飛機已由雷達觀測雷雨區亂流資料之助而獲致導引，雖亂流常被發現於含有高度反射性及有尖端回波之區，然如只靠單一的回波參數，即可發現安排在雷雨中之亂流，截目前止仍無此獨特通信技術。一項含有某些附屬時間關係的風場和降水場理論，暗示雷達回波與亂流即時存在的一致性統計，勿寧為更精確之方法。為研究雷達回波與亂流關係之統計基礎，所列大綱如后。

## 一、引言

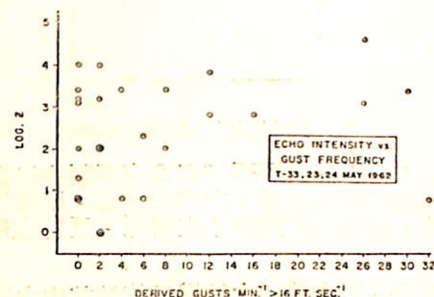
有增無已的空中交通密報與飛機速度，已加劇安全問題之處理，排定時間表進行空域之亂流偵察飛行，至為對此問題改進之善舉。美氣象局的「國家劇烈風暴計劃」(The national Severe Storms Project) 與其他政府各署(美空軍；航空系統師，空軍劍橋研究實驗室；聯邦航空署；及國家航空太空署等)合作曾以被高性能噴射機所遭遇之亂流記錄而作與雷達資料之比較，裨獲對飛行員及地面航管人員作業有益的揭露亂流強度與位置的可能準據。用為飛機穿刺的作業程序，已見述於1961年Van Thullenar，此著作正被美國氣象局的國家劇烈風暴實驗室(NSSL) Norman, Oklahoma繼續中。

## 二、代表性資料

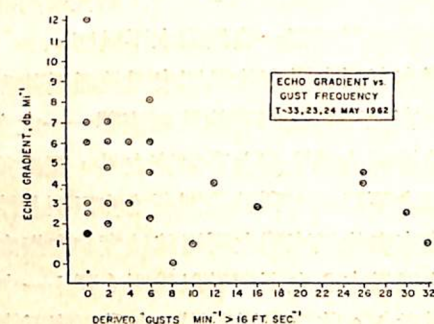
此處吾人要顧及所解得風暴內陣風速及雷達反射率等參數的一致性。陣風速係根據飛機空速記錄，飛機之正常加速，周圍大氣條件，飛機常數及陣風風力水平變化假定(1-Cosx) (Pratt Walker, 1954)。一項特解的陣風速係根據飛機平飛時之紀錄資料，即沿一(1-Cosx)剖面1.25平均弦長(平均弦長為飛機翼緣及尾緣間之平均距離)，將產生飛機應有加速之最大速報。

雷達反射因子係獲得於平面位置指示器的圖相，由利用WSR-57雷達天線升高到說明相當於飛機的量而成。作業天線掃描之時間間距為每15秒一次而雷達接收器感光度為6db階段。雷達感光度約與降水量平方成比例(Atlas, 1954)。

圖1—3說明資料從被雷達和飛機於穿過雷雨區



圖一：回波強度對 $>16 \text{ ft sec}^{-1}$ 的陣風頻率圖。其中雷達反射要素值係沿飛機穿雲路徑以2分鐘之間隔和30秒的陣風速所決定者。重合圈表示資料的複合。

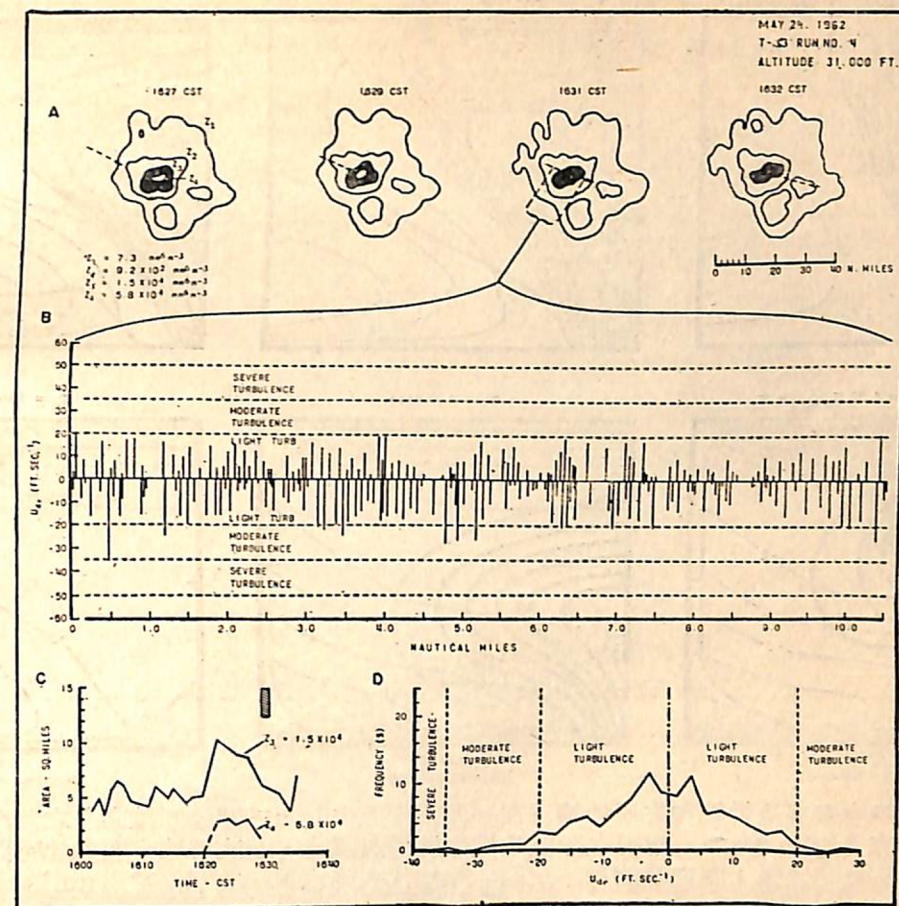


圖二：回波梯度對 $>16 \text{ ft sec}^{-1}$ 的陣風頻率圖。(說明同圖一)

期間同時紀錄後之分化情形。

圖一表示雷達反射與大於每秒十六呎之陣風頻率的簡單關係，該陣風頻率係於五月廿三日及廿四日由T-33穿過雷雨時所經歷者。同樣，圖二乃根據同樣的飛行，所表示在風暴和陣風頻率內雷達反射梯度之簡單關係。

圖三為1962年5月24日——T-33往返穿越——



圖三：雷雨穿刺由T-33所收集之資料圖(A)關係雷達代表風暴的飛機路徑，北方為上。(B)與飛機穿過雷雨心一致的陣風時間歷程選擇部份。(C)由選定雷達反射值等值線封閉的時間歷程區。(D)全穿刺期之陣風速頻率分佈圖。

雷雨所遭遇的某些亂流，該風暴之回波區迅速減少，故可假定為生命週期的最後階段。

這些分解圖及其餘資料告訴吾人，某些位置的回波與亂流內某特別位置之即時雷達反射並不太一致。總之，應加說明者，這些無意義的資料與概念衝突；該概念即甚多嚴重亂流可因給予所有雷雨一寬泛的停泊處而趨避免，(Beckwith, 1961)而較強及高度反射的風暴，平均而言，係伴隨更嚴重的亂流存在。尤其，回波與亂流伴隨的統計特性可為資料的說明。

## 三、觀測的物理解釋

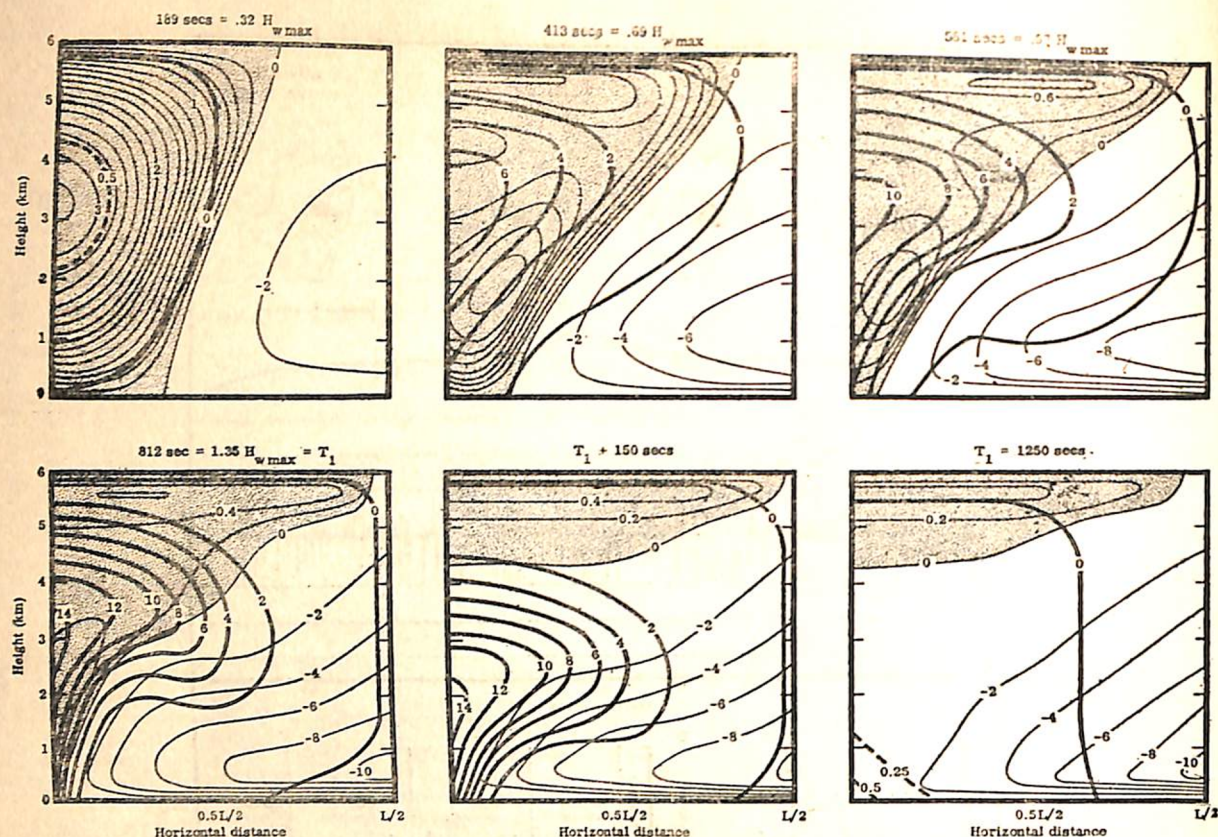
垂直對流細胞的風場以及其所伴隨的雲和降水分佈間之關係研究，可供上述結果之解釋。例如；在一飽和大氣中考慮一模式之垂直細胞，其中之運動繼續安定，直至空氣實質的顛覆。雲與降水在如是細胞中發展，經如微物理程序的凝結，雲分子

的結合，雲因雨滴的添附，和蒸發等的數學模式幫助檢查(Kessler等, 1964)。一些由計算機所獲之結果說明如圖四。沿圖中前三圖每圖中座標之左為上升氣流模式，右為下降氣流。至第四圖之時間，其環流開始為零，因空氣至此呈實質的顛覆，然後降水輕易發生。

注意粗線代表之意義，係說明前四圖中所發展之降水情形，比較而言，如風場不變，可能有利於雷達回波發展。

第一圖相當於發展的第一階段，始早於降水甫即形成，表示一至為稠密的模型雲(細線)，回波甚弱，風型相同一直維持達第四圖形。相反，第五圖模式之降水為豪雨及一有強烈回波梯度的強雷達回波；然而在此模式中，此發展階段係和一風的缺乏現象相伴隨。在真正之大氣中，有人可能爭執，圖五的降水可能與下降氣流相伴隨。顯然，在任何





圖四：雲、降水發展及從飽和之原始情況在一模式環流中（上三圖為順鐘向）之蒸汽不足現象圖。其中最大上升氣流為  $10 \text{ m sec}^{-1}$ 。空氣之顛覆悉發生於第四圖時，環流零線亦順應此時間。細線所包括之點畫法區為含雲之等值區；空白為飽和不足區。粗線代表降水量，其單位悉為  $\text{gm}^3$ 。



圖五：由國家劇烈風暴實驗室 SWR-57 雷達所顯示之颱風線圖，時間為 1964 年 4 月 12 日。

情形下，不定而複雜的真正大氣中，降水量與雷達回波之發展，均因附屬時間程序與風場有關，而即時安排好的回波與風參數觀測應被所期，以表示可觀的散播。

#### 四、回波與亂流的統計關係

風與亂流雖彷彿不若即時的雷達反射參數，可將詳情細節予以準確的圖示化，然理論與經驗說明其有重要的存在關係。如是，發生於有強烈回波梯度的強回波較水平齊一回波更為習見。同樣的似真性表示一含有凝結水和有特殊體積，形像，發展時期，強度及亂流的對流空氣環流之大氣量，是與關係統計特性的雷達回波場相伴隨的。

圖五是一颱風線的雷達訊號，代表具有對安全及空中預定交通有嚴重問題的劇烈天氣。此種雷達資料現在被國家劇烈風暴實驗室以數字處理並由 Kessler 及 Russo 1963 a,b 被計算機計劃分析處理，客觀的決定平均回波強度及強度變度，形成帶狀，帶向，長度特性，發展率及型要素運動等之趨勢。這些資料與亂流情報結合，予研究機穿過回波區飛行期，並以雷達沿飛航航路進行觀測做成記錄。這樣以穿過可特別識別的天氣趨勢之飛行所連帶的人為因素和經濟價值之合理估計，以及與此因素等有關的作戰決策之製訂，均可供為改進之基礎。（完）——取材於 1965 年 8 月份 Bulletin of The American Meteorological Society——