

雷雨遷徙預報問題之討論

A Discussion of Forecasting Problems Concerning Thunderstorm Migration

學術發展組

雷雨之屬性有「劇烈」，「突發」等特徵，故人類活動為求獲得安全保障，非多方探求新知予以取捨趨避不為功。諸如瞭解雷雨屬性，加強短期預報，改良預報技術及促進預報準確程度均屬之。一旦吾人能運用這種情報，淺言之，可幫助計劃戶外活動（如旅行、野餐、娛樂、遊戲以諸多運動節目等）。進言之，對軍民航空之空管及減少失事傷亡等更利莫大耶！所以我們說：「瞭解雷強度，位置是航管人員之本職。」

這種細節預報，如透過運用氣象監視雷達，實屬簡易可行。氣象雷達不僅可探定雷雨之位置，同時對其強度範圍以及運行方向，均可瞭如指掌。尤其雷達監視人員，其訓練不需要高深氣象學理之嚴格瞭解，彼等所需僅普通氣象常識及觀測經驗已足。至於雷雨本身之潛在運動與發展每因時季及地理參數之複雜變化，雖專門氣象人員亦難臻完滿判斷識別境界。

有關雷雨運行問題，近已由美國國家大氣研究中心（NCAR）的牛頓（Chester W. Newton）及氣象局臨時指派至NCAR服務的佛克豪斯（James C. Fankhauser）予以試驗。並在坎薩斯城提前完成氣象局國家劇烈雷雨計劃。於1964年3月25日在芝加哥大學雲物理學及動力學國家會議提出其成果報告。

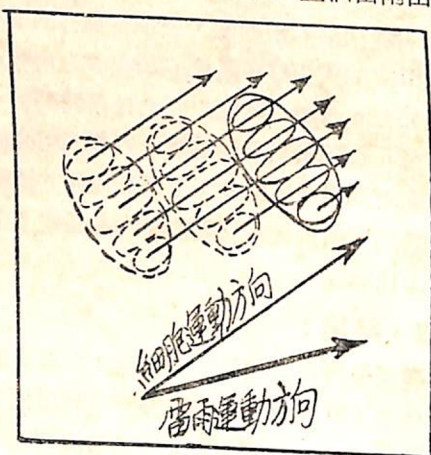
雷雨細胞討論

吾人現所知之雷雨內部結構，多係根據以地面為基準及雷雨計劃——1946—1949年——由美氣象局與數政府機構合作從事之重要研究——所獲飛機觀測分析而得。運用雷雨計劃資料，芝大的Horace R. Byers及Roscoe R. Braham教授證明標準雷雨多為團塊狀凝聚細胞所組成。這些細胞，其中之一可佔地數英里之遙。含有煙囪狀活躍的上下運動空氣——即所謂「上升與下降氣流」。一個別細胞的生存壽命特徵，其時限約半小時至一小時，而大雷雨的叢式連續進化細胞則可脫此窠臼延生十二時之久。

單細胞雷雨的雷達觀測，曾於1949年及1953年分別由雷雨計劃及德州A及M大學之M. G. H. Ligda氏做過分析。此型雷雨之運動據云與透過雲層厚度之平均風及常接近平均風之中對流層風密切有關。

雷雨之發展及其運動關係

在上述研究中，牛頓與佛克豪斯氏所注意者為多細胞雷雨運動。就美國南方大平原言，彼等發現其運動形態及細胞之衰亡或繁殖程序，乃為控制雷雨預報之最主要因子。舉一雷雨之典型例證（參見圖一），其細胞運動指向東北、整個雷雨由數細胞



雷雨及其細胞動向圖
圖一

組成叢式迭居連續位置，新細胞成位於原細胞之右，陳細胞萎謝於原細胞之左。此種繁殖結果對一雷雨之運動，卒使其總方向被導於其各個細胞的偏右路徑。（如雷雨運動方向）

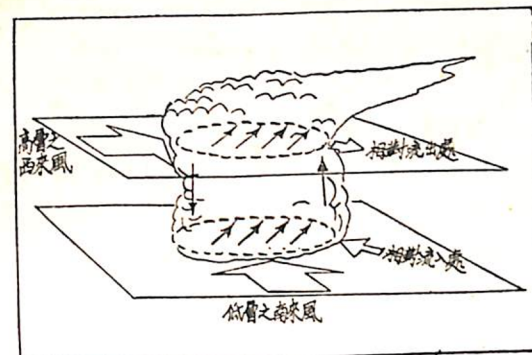
以經過美國大平原的標準劇烈雷雨為例，有二環境相同之雷雨，而其移動方向竟相差達90°之巨者。小雷雨之運動多偏向「雲生層」平均風向的左方，而大型者反行其道約偏其右60°。

雷雨運動變化多端，牛頓與佛克豪斯二氏建議，其主要不同應歸於新雷雨細胞之「繁殖率」。由美國的雷達觀測及英國百朗寧氏（Keith A. Browning）以及1960年倫敦大學的劉德蘭氏（Frank

H. Ludlam）之大量冰雹雷雨觀測，業經證明新細胞之成長，標準的，多數發生於已有雷雨羣之右側，與圖一所述者正不謀而合。且發現新細胞排列於其右方之「成長率」愈大，雷雨運動偏向其各個細胞運動之右方的「差異率」亦愈大。

風速與雷雨之方向

為預測此種系統化之繁殖，1959年曾由二位牛頓先生（前者如前述，後者之全名為Harriet R. Newton）共同提出一項假說。以一典型情勢孕育而成之劇烈雷雨，其周圍之風常隨高度順鐘向變化。（參見圖二）在低層（約5,000呎）一般為



圖二 大雷雨周圍其風速隨高度順轉偏右，不穩定濕空氣從右下側進入雲中，以增補該處新對流細胞形成之所需。

30—50哩/時之風速為南來風；而對流層頂接近雷雨頂部（平均40,000呎），則常為60—120哩/時的西北—西南風。由於上升下降氣流的拌攪混合，使雷雨內部的平均水平空氣運動，無論速度與方向趨於居間狀態，勢如「騎牆」。居此上下層間者屬於亂雲。因而，在固定的高層或低層一雷雨以大異其趣的方向與速度進行其水平運動。

據推理，雷雨之行誼，在大規模空氣環流中，酷似一「橋墩式」之障礙物，以之歸化溪流，而分脈絡。有聚集上流竭澤下流之效。然於大氣則此交互作用更趨複雜。因此障礙物——雷雨——其本身即在流動且呈包圍之實質。此空氣之流動可對正此

實物分別從上下層之不同方向流入。

一項風場的分析可說明當風向隨高度右轉時，則風與雷雨的相對運動，其合成氣流係從下層之右側進入雷雨中，且流出處亦為其上層之同方向，而該方向適有利於新雲之形成。

似此，當風變隨高度右偏，可使二牛頓氏所舉薦之繁殖模式與雷達所測之雷雨發展形態相容不悖。彼等對雷雨與環境之相互作用力分析，證明此種繁殖之影響，當巨型雷雨直徑甚大時為最大，當範圍甚小時則可忽略不計。所以彼等之結論為：雷雨愈大，平均風向之偏右運動亦愈速。

可用濕空氣之計算

雖上述模式討論，可為雷雨結構之定性分析，但對實際雷雨軌跡預報所需之定量分析仍付闕如。基此，前牛頓氏與佛克豪斯氏，就濕氣之供求觀念以定量敘述表達其動向，以杜偏頗而塞過不及之弊。

當一雷雨透過下層氣團而運動時，該處正有甚多可用水汽大量凝聚，此種趨向於熱平衡過程之水汽，適為變成降水之定量或成分。二氏假設降雨釋出之水量，與雷雨範圍約成適當比例，且約為其直徑之平方。由雷雨低層風所攜帶的水汽量，與雲的直徑成直接比例。被攔截的水汽亦與雷雨低層之相對風速成適當比例。因濕空氣之所以繼續不斷予取予求的供給，在於平衡空中水汽因降水之損失，故較大雷雨中之相對速度必大於較小雷雨者明矣！

此外，以雷雨移向之位置言，如雷雨移至平均風向之右方，則其相對速度必增強，否則，必減弱。

牛佛兩氏據雷雨研究，所已發現之上述簡則，已迭經試驗，對標準雷雨運動相當正確，雖其重大改變已當予顧及。多數研究事例之統計分析，使利用或然率理論預報一固定雷雨向一特有位置運動，應屬可能，一旦當預報雷雨套入這一公式時。此一概念可為短期雷雨預報物理統計基礎最終發展的重要步驟。（完）

取材於NCAR Quarterly July, 1964