

雷達追蹤颱風法

鄭俠評

本文商榷過去追蹤颱風方法及其所定中心間之差異情況。目前發展中之新方法，乃以對數螺旋曲線透明板來找出颱風中心之位置。這種曲線板能正確地表示出雷達測得之螺旋形降水帶及其與颱風中心位置之關係。

從多次觀測所得，颱風前方約四百哩處，常有狹窄而明顯的颱風線，其影像比其後方的螺旋形帶影像更為顯著。這種颱風前驅線，與螺旋形雨帶之出現及移動，有顯著的不同，此或可供預測颱風未來行徑參考。

一、總 論

G. Dunn 氏 (1956) 稱：在雷達應用之前，颱風在海上時因報告稀少，所定之颱風中心位置，經常與實際位置相差達緯度一度。以後應用飛機雷達雖能較為準確，惟在 1956 年之前，因導航及儀器性能限制，準確性仍有二十至三十哩之差誤。即使應用地面雷達，所定中心位置多有出入，準確性仍未能改善。直到 I. E. Kessler 及 D. Atles 二氏 (1956) 研究林肯實驗室與 Montauk 雷達網之資料，係同時對一架在颱風眼內的飛機追蹤定位，來決定 Edna 颱風 (1954) 的中心位置。當時雙方測定之資料，尚能互相照合，差誤已在 8 哩以下。二氏並說明在雷達幕上有時不出現吾人熟知的颱風眼及雲牆，即甚難以選擇一些特徵影像，用以決定颱風中心。

H. Waxlex 氏曾對 1954 年 9 月間美國佛羅里達州 (Florida) 颶風作雷達觀測資料之研究，惟當時若干早期研究員均以為雨帶是圓形，甚至後來實際觀測資料已確實顯示雨帶為螺旋形時，若干觀測員仍用圓形觀念來確定颱風中心位置。

本文係取用 1945-1955 年間七個颱風雷達觀測之單一圖片及逐時圖片作為研究資料，用以瞭解螺旋形雨帶之幾何形態及其與中心位置的關係，希望將來使用雷達追蹤颱風，更能準確有效。

二、資料之分析

(一) 螺旋形雨帶之數理解釋：

曾經試用多種數學公式，用以計算觀測所得之螺旋形雨帶與颱風中心之關係，結果各有優劣，最後導出一種對數螺旋曲線公式：

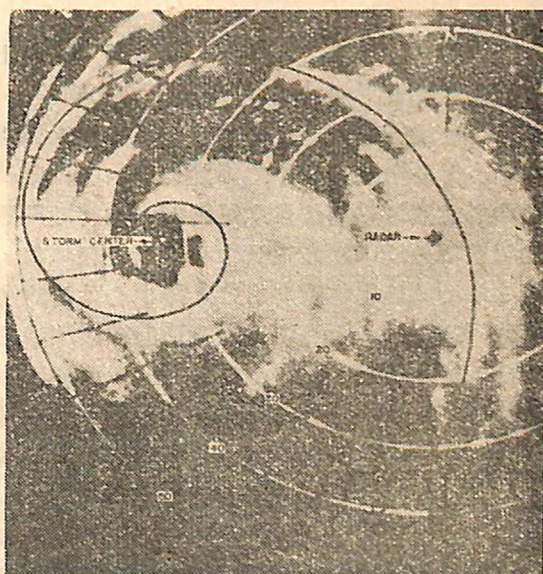
$$\ln \gamma = A + B\theta \quad (1)$$

式中 γ 為颱風中心至雨帶上某點間之半徑， θ 為半徑與一假定原始軸間交角， AB 為常數。

上項公式，係由前述五個颱風之四百四十三次雷達雨帶觀測資料，用「最小二乘方法」得出者。每一雨帶之「交角」，係用下式加以計算。

$$B = \tan \alpha \quad (2)$$

B 為 (1) 式內之常數， α 為雨帶與同圓心之螺旋形曲線間之交角。圖一舉例係以 $\alpha = 15^\circ$ 之螺旋形曲線透明板覆蓋於 Connie 熱帶風暴雷達幕上之圖片。



圖一： $\alpha = 15^\circ$ 之螺旋形曲線透明板覆蓋於 Connie 熱帶風暴雷達幕上之情形
(1955 年 8 月 12 日 1446 E.S.T. 美國北卡羅林納州 HATTERAS 雷達站攝)

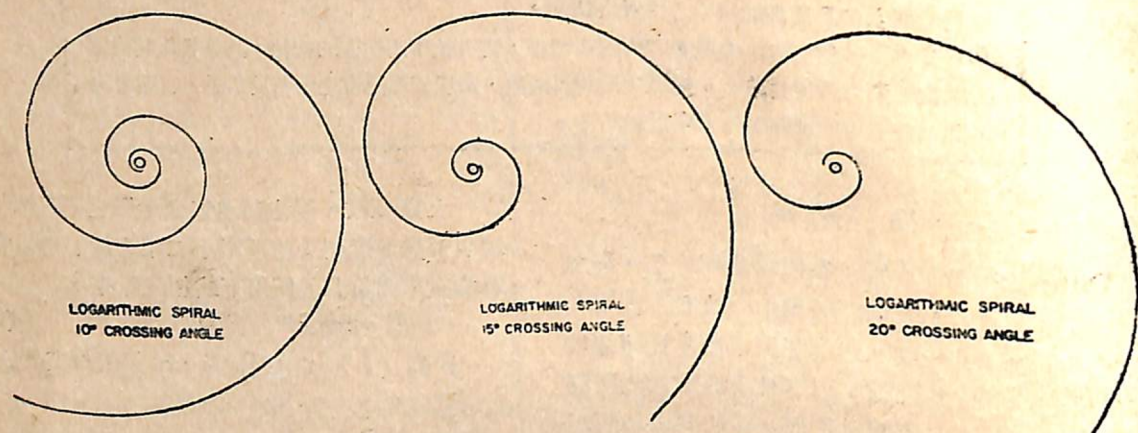
新近有將對數螺旋曲線公式修訂為：

$$\ln(\gamma - \gamma_0) = A_1 + B_1\theta \quad (3)$$

此式係對 (1) 式若干細微缺點而作修訂，雖在某些情況有用，但却在雷達幕及圖片比例尺上發生問題，因此實作上仍欠適用。

(二) 對數螺旋曲線之運用：

目前所用之透明板計有 $\alpha = 10^\circ$ (圖二), 15° (圖三), 20° (圖四) 三種, 如將其應用於平均雨帶半徑在五十哩以下者, 颱風中心準確性通常在六海里以內; 如平均半徑大於五十哩, 則準確性在十海里以內。由於將螺旋形曲線去對正雨帶難以完全吻合,



圖二：10°交角之對數螺旋形曲線透明板

圖三：15°交角之對數螺旋形曲線透明板

圖四：20°交角之對數螺旋形曲線透明板

如雷達幕上顯示之雨帶弧度為 180° 及以上, 則選用任何種螺旋形曲線板, 均不致有何誤差。如為 $90^\circ-180^\circ$, 須細心選擇。如小於 90° , 則十分困難。颱風中心距離愈遠, 雨帶之弧度愈小, 則決定準確之颱風中心位置愈感困難且愈難精確。如將颱風過去行徑加以精微分析, 雖發現其中心行動十分怪異, 如將雨帶之中心與外緣作平均修訂, 則中心位置尚可修改, 不致過於奇特。因此利用螺旋形曲線與雨帶相配合之方法, 所定出之颱風中心位置行徑, 可以消除若干微小變化, 而得出颱風之主要移動行徑。此在雷達完全看不到影像或影像過多過亂而使颱風眼不易發見時, 應用此法定位, 極有幫助。例如 1954 年之 Edna 颶風, 因其時雷達幕上出現數個「雷達眼」, 無法決定應追蹤何者, 全藉此法決定真中心, 證明使用對數螺旋形曲線定位法甚有價值。

應予說明者, 此一螺旋形曲線係根據 (1) 式繪出, 與雷達幕之大小或比例尺無關, 可用於任何雷達幕及雷達圖片。

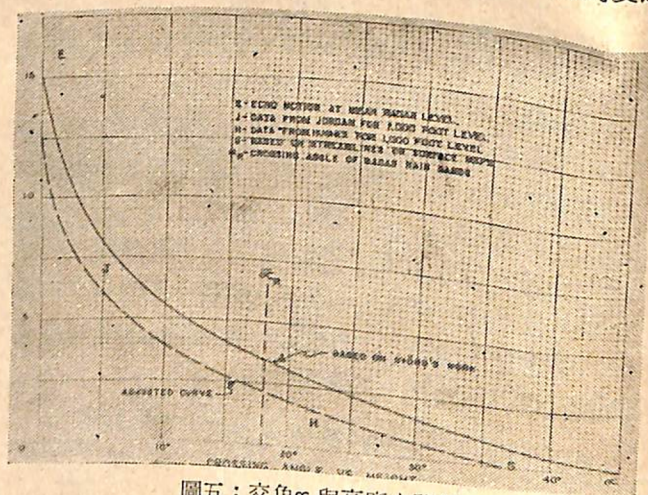
(三) 颱風雨帶與其他有關因素間關係:

此項研究尚未完成, 惟初步工作顯示雨帶之平均交角隨颱風中心所在緯度之增高而增加。照此研究之颱風, 多數雨帶均出現於颱風前方及右前象限。

圖五示交角 α 與高度變化之二曲線, 實線根據

必有相當偏差存在, 故對上述五個颱風四百四十三次雨帶研究中, 僅應用 $\alpha = 15^\circ$ 、 20° 兩種螺旋形曲線透明板, 即有百分之八十三均可使颱風中心落在最大半徑十五哩之範圍內。

S.J. Syono 氏 (1944) 之純理論繪成。點線係參照下列各因素修正之結果; S 為螺旋曲線所覆區域內, 地面氣流線之交角; H 與 J 為從 L.A. Hugles (1952) 及 E.S. Jordan (1953) 二氏之資料而得不同高度之



圖五：交角 α 與高度之關係

交角; E 為平均一萬六千呎高度之雷達面上, 影像移動所產生之交角。此等曲線, 僅依若干實際颱風所得情況, 據以求一結論, 可能不盡適合, 但尚不致有太大出入: 雖然雨帶平均係於一萬六千呎 (且甚少在五干呎以下) 觀測所得, 但其形狀仍受其下方四千呎處

(多數可能以二千五百呎附近為主) 之輻合及對流活動影響而形成。

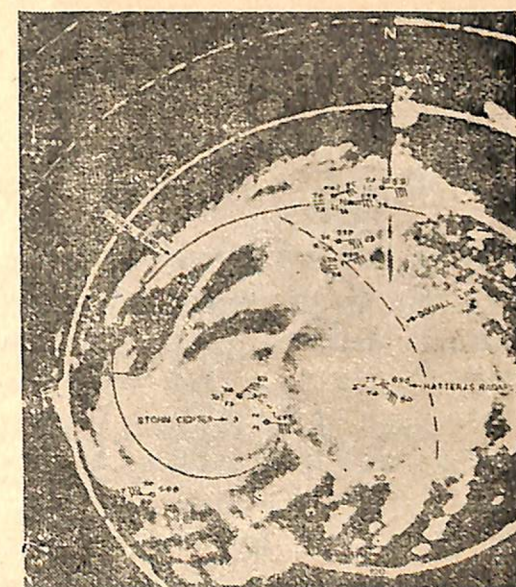
三、颱風前之颱風線

颱風前之颱風線為狹窄而清晰的影像, 比常出現於颱風前三百至四百哩之螺旋形雨帶更為濃密顯著。位置適當之雷達, 且能早期即予注意觀測颱風者, 多能測到此種颱風線。此等颱風線, 其影像係沿颱風行徑之方向移動, 但決非氣旋式颱風環流之一部份。

曾觀測到有二百五十哩長之颱風線穿越螺旋形雨帶環流, 如 Easy (1948)、Ione (1955) 熱帶風暴內, 均發現此等現象。圖六示 Ione 中颱風線與地面天氣關係, 當時 Ione 正在停滯尚未轉向東北, 而颱風線則已向東方移動。

四、結 論

並非所有颱風在雷達幕上均能連續地測得清晰影像, 通常只要有少數螺旋形影像, 即可用以準確地估定颱風中心位置。本文所提供的三種螺旋形曲線, 有助於判定颱風中心位置, 對雷達追蹤颱風作業極有價值。



圖六：Ione 熱帶風暴內颱風線穿越螺旋形雨帶之情形
(1955年9月19日1033 E.S.T. 美國北卡羅林納州 HATTERAS 雷達站攝)

地形氣象學 (Topometeorology)

林碧初譯

氣象學與氣候學常依研究之範圍加以區分, 並於字首冠以大 (Macro-)、中 (Meso-)、小 (Micro-) 等字, 雖則其分野並不明確。

按 M. Tepper 氏 (1959) 稱, 大範圍氣象學 (Macrometeorology) 係研究大氣之運動, 如行星波、氣旋、反氣旋、界面、颱風等。此等系統之水平範圍超過 300 哩, 其設置觀測站之間隔以 100-300 哩已足。

中範圍氣象學 (Mesometeorology) 如 T. Fujita 等氏 (1956) 之描述, 乃研究較小範圍之大氣運動現象, 如中範圍高壓 (Mesohigh)、中範圍低壓 (Mesolow)、及氣壓脊跳線 (Pressure jump line), 由劇烈天氣之詳細分析顯示出。分析上所需觀測站之間隔, 通常為 20-30 哩。此項間隔, 若非不可能, 甚難對範圍小於 30 哩之大氣運動之物理程序加以描述與研究。

R. G. Geiger 氏 (1950) 對小至數公尺之大氣運動, 大至山谷風等所有現象, 包容於小範圍氣象學 (Micrometeorology) 內。然小範圍氣象學並非一般想像僅包括山谷風階段之範圍。美國氣象學會字彙 (American Meteorology Society Glossary 1959 年版) 則將山谷風併入中範圍氣象學內, 因後者之定義為「局部效應」(Local effect) 至氣旋及反氣旋以下之任何大氣現象 (但不包括氣旋與反氣旋)。農業上, 曾將小範圍氣象學應用於農作收穫之氣象條件內

。因此, 似乎有理由劃分小範圍氣象學為研究發生在植物及森林上方之一切大氣現象, 對無植物之地區則指在地面近層之大氣情況。

G. W. Thornthwaite 氏 (1953) 認為小範圍氣象學或中範圍氣象學均不能適當地表示出吾人想像之局部氣候或一地之氣候。因此, 氏特介紹「地形氣候」(Topoclimate) 一辭, 並對地形氣候學 (Topoclimatology) 加以研究。美氣象局 M. J. Schroeder 氏 (1960) 建議採用地形氣象學 (Topometeorology) 一詞, 認為係研究介於小範圍氣象學與中範圍氣象學間之大氣程序與運動。其範圍應包括山谷風、陸海風、及局部風暴等之大氣環流。地形 (Topo) 一字係源於希臘文「τόπος」, 其意為地方 (Place) 或所在地 (Locality)。該字具有地形學 (Topography) 之內涵, 而地形學上的特徵, 在本範圍內之許多大氣運動與程序上, 扮演一主要之角色。

吾人可將上述諸名辭, 以 10 乘冪區分如 T:

小範圍 10^0 哩 = 1 哩	範圍 0—3 哩
地形 10^1 哩 = 10 哩	範圍 3—30 哩
中範圍 10^2 哩 = 100 哩	範圍 30—300 哩
大範圍 10^3 哩 = 1,000 哩	範圍 超過 300 哩

其間之分界近於 10 之 0.5 乘冪即 $10^{0.5}$, $10^{1.5}$ 等。正如 Tepper 氏指稱, 大氣之運動, 多半係連續者。任何等級之區分均純屬人為, 實無需硬性規定。因此, 上述之劃分, 僅供研究參考上之方便耳。

(譯自 Bulletin of AMS Vol. 42, No. 8, Aug. 1961)