

同步衛星數值化資料基本應用之探討與分析

(二) 雲系發展與降雨關係

易安成

摘要

不論綜觀天氣圖的分析或中尺度對流雲胞的發展，它們所造成的降雨往往不容易加以定量的預測，原因即在傳統的觀測儀器不夠理想；然而近年來衛星氣象觀測儀器的迅速發展，數值化資料的普遍應用，對於降雨量的求取，可說助益匪淺。本文的目的，即在嘗試並比較國外已經採用的方法，配合我們現有的數值化資料及本省特殊的地理環境，氣候因素和降雨條件予以低限方法的分析，然後再作定量的統計以求取降雨量的估計值。

一、前言

一般來說，雲胞(Cloud cell)的迅速發展與集中往往是造成降雨現象的主要因素，然而其間的定量關係却因傳統儀器與觀測技術的不足而未臻理想。近年來，歐美國家由於衛星技術的進步和觀測網的普遍設立，著手於雲量的探討者已不乏其人(Conover, 1962, 1963; Leese, 1964; Miller et al., 1970)，並企圖對各種降水現象作客觀與定量的分析。Shenk & Salomonson(1972)就曾運用衛星儀器在空間上的解像度(special resolution)來作雲量估計的摹擬；Reynolds & Vonder Haar(1976)則嘗試用雙波譜法(bispectral method)，同時運用VIS及IR的資料以計算雲胞內的各個參數，如：輻射強度、雲頂溫度、穿透係數及雲塊面積等；Kaveney et al.(1977)亦曾使用統計的方法將NOAA-4衛星所觀測到之資料計算雲塊厚度與高度，其結果不錯。另外，Dvorak(1975)更發展了一套模式，利用雲簇(cloud cluster)的大小辨別颱風的中心形狀(central features)與外圍結構(outer banding features)以推算T值(T-number)，從而決定颱風的強度及變化等；Phulpin et al.(1983)也曾以NOAA

衛星的高解像度雲圖，運用二維直方圖(2-D histogram)之方法來分析雲量，結果發現在紅外線附近波段(Near-Infrared channel)可以有效的對雲量發展加以追蹤。以上這些研究說明了衛星數值化資料在雲量方面之探討正欣欣向榮，所以邱(1984)綜合其結果，得知近年來許多學者利用繞極衛星的微波雷射儀(ESMR)直接求取降水，即可得到些許的定量結果，但是若能再配合同步衛星可見光與紅外線的觀測，則可更容易分析其降雨的變化情形，進而提高預報的準確性。因此，我們相信降雨量的大小與雲量多寡是正成相關(positive correlation)的，而衛星數值化資料則為不可或缺之工具，為此，曾(1983)就曾經證實若利用窗區(window channel)觀測及輻射傳遞方程式(radiative transfer equation)便可以推算出雲的高度和雲量，故衛星數值化資料建立後，低限方法(threshold method)的應用和雲量的探求與驗證，將是本文繼部份(-)後所要探討的重點(易，羅，1984；Yih, 1983)。

二、像元之對應面積

(Areas represented by pixels)

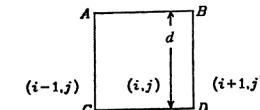
根據部份(-)的推導，我們可以運用梯形面積法(trapezoid area method)計算出衛星圖片中

~102~

每個像元所對應於地表之面積，其步驟如下：

(1) 網格點(i, j)可在衛星數值化資料非邊界值的任一位置，其周圍8個點的相應位置如圖一所示。

$(i-1,j-1)$ $(i,j-1)$ $(i+1,j-1)$



$(i-1,j+1)$ $(i,j+1)$ $(i+1,j+1)$

圖一 梯形ABCD之面積可以由其所在網格點(i, j)及週遭網格點之坐標加以求出。其中 d 為界於AB及CD之間的高度。

(2) 線 \overline{AB} 和 \overline{CD} 乃位於上下兩鄰近網格點的中間位置，故其確實之緯度值 φ 可分別由 $j & j - 1$ 及 $j & j + 1$ 的緯度值算出。

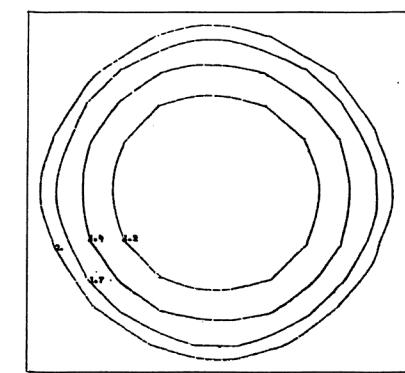
(3) 同理，線 \overline{AC} 及 \overline{BD} 的確實經度值亦可分別經由 $i - 1 & i$ 及 $i & i + 1$ 算出。

(4) 線段 \overline{AB} 或 \overline{CD} 的長度即分別等於A、B或C、D之間經度差乘以隨緯度變化之因子 $(\frac{2\pi R_e \sin \varphi}{360})$ 而得。其中 R_e 與 φ 分別為地球半徑及緯度值。

(5) 另外，間於線 \overline{AB} 和 \overline{CD} 之距離 d 則是將兩者之間的經度差乘以一常數 110 ($1^\circ \text{lat} = 110 \text{ km}$)而得，故 $d = \overline{AC} = \overline{BD}$ 。

(6) 位於任一網格位置(i, j)之面積，即可應用梯形面積法 $[\frac{1}{2} (AB + CD) \times d]$ 求得。

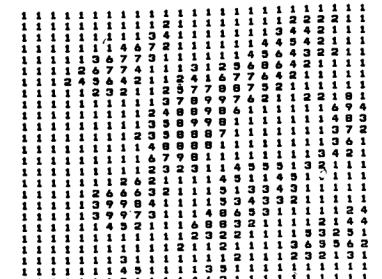
圖二說明了各個網格點的解像度與正投影點(ssp)所在位置解像度之比值。結果顯示當網格像元離正投影點越遠時，其解像度越差(即含蓋面積增大，比值增加)。因此，判斷一張衛星雲圖，其解像度之高低是不容忽略的。



圖二 各網格點的對應面積與正投影點(ssp)面積之比值。其等比值線(isoarea lines)之表示如圖所示，資料採自部份一之圖五。

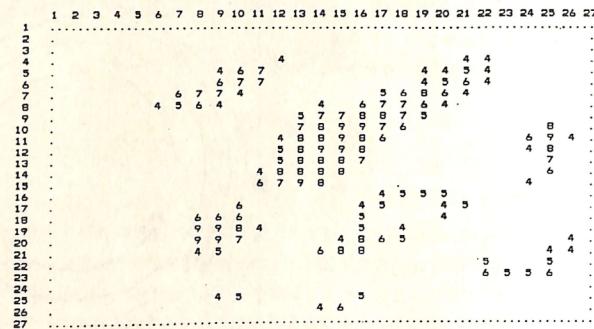
三、低限方法(Threshold method)<註>

由於衛星圖片中的數據資料在未經處理前是雜亂無章的，人們並非對所有的資料都有興趣，故低限方法的目的即是要將重要的雲塊顯現出來，才能再繼續加以處理。以圖三為例，它是一假想衛星數值化資料的數字矩陣(25×25)，其靈敏度(sensitivity)為1至9，其中小於4的信號可能是雜波或輻射較弱的原因所致(亦可能是不致形成降雨的雲所致)。所以低限方法的運用便在將這些數值用電腦加以自動化的過濾處理，並將重要資料表示出來。



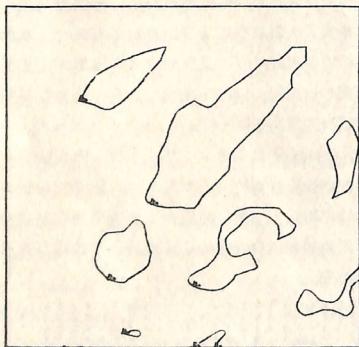
圖三 一假想同步衛星所測得的數值化資料矩陣(25×25)

~103~



圖四 將圖三中小於4的資料予以低限方法的過濾處理後，所從新呈現之形態。其中序號1與27為方便處理與識別而冠上。

圖四的結果便是把經過處理後之重要雲系加以從現；而圖五則是將此等不規則的雲系以繪圖機自動的標示出來。



圖五 同樣是把圖三中小於4的資料予以過濾，並將顯著雲系由繪圖機自動標出，以方便雲塊之識別。

至於臨界值的選取則需依賴當地氣候的統計資料、雲塊種類及其垂直發展的速度等因素來作決定。（另外關於雲塊在水平方向移動的情形因考慮因素較多，本文將暫不討論）。圖六中的指數分別表示了各個雲塊的所有像元它所在的網格位置，其中共有8個雲塊且大小、形狀各自互異，但是在經過

~104~

四、降雨關係

通常雲塊的成長速率是決定於通量指數（Flux index）的大小，亦即空氣被併入雲塊時的通量（Sikdar et al., 1970）。一般而言，一個雷雨胞的強度可由其系統內鐵砧狀卷雲的擴張程

1st cloud																
412	511	510	610	509	609	709	710	608	708	808	809	707	807	806		
2nd cloud																
421	422	520	521	522	519	617	620	621	618	710	719	720	721	817	818	
916	917	918	919	915	912	1015	1016	1017	1018	814	914	1014	1114	1115	1116	1117
1214	1215	1216	1217	1212	1312	1313	1314	1315	1316	1411	1412	1413	1414	1415	1511	1512
3rd cloud																
1025	1124	1125	1126	1224	1225	1325	1425	1524								
4th cloud																
1617	1616	1716	1717	1619	1816	1620	1720	1916	1721	1620	2015	2016	2017	2114	2115	2116
5th cloud																
1710	1809	1810	1808	1908	1909	1910	1911	2008	2009	2010	2108	2109				
6th cloud																
2026	2125	2126	2225	2324	2325	2323	2222	2322								
7th cloud																
2309	2510															
8th cloud																
2516	2615	2614														

圖六 以軟體方法將圖三中同一雲系之各個網格點位置分別標出，以利進一步之分析

度而推算出來，其間的關係則可利用連續方程式（continuity equation）來表示之：

$$\nabla_h \cdot V_c = \frac{1}{A_c} \frac{d A_c}{d t} \quad (1)$$

$$\text{或 } \nabla_h \cdot V_c = A_c^{-1} \int V_n d\ell \quad (2)$$

其中 ∇_h 是水平向梯度， V_c 是砧狀雲週邊的成長速率， $\frac{d A_c}{d t}$ 乃是運用衛星雲圖連續觀測後所得到之定量結果， V_n 則為多邊形之邊界。有了以上的基本假設， Mack 及 Wylie (1982) 便利用「分析面積的方法」來估計水滴的凝結率，他們首先計算砧狀雲的平均幅散度（i.e. \bar{M}_c 值）。因為

$$\bar{M}_c = - A_c g^{-1} \int_{P_1}^{P_2} \frac{\nabla_h \cdot V_c}{V_n} dP \quad (3)$$

其中 g 是重力常數， P_1 、 P_2 分別是雲底及雲頂之氣壓值。然後進入率（Entrainment rate） λ ：

$$\lambda = \frac{1}{M_c} \frac{d M_c}{d p} \quad (4)$$

此時某一定壓面之質量傳遞 $M_c(p)$ 則可寫成下式

$$M_c(p) = M_c(p_{lof}) \exp [(\rho - \rho_{lof}) \lambda] \quad (5)$$

這裡 lof 表示外流層（layer of outflow）。有了以上的推導，水滴凝結率（condensation rate） C 即可在經過積分後加以求出：

$$C = \int_{P_{lof}}^{P_{lof}} M_c [(\lambda (q_e - q_c)) - \frac{dq_c}{dp}] dP \quad (6)$$

其中 lof 表示內流層（layer of inflow）， q_e 是雲塊的混合比， q_c 則是環境的飽和混合比。因此，降雨量的推算在加上氣候資料的統計後便應運而生。

另外， Griffith et. al. (1978) 也曾根據連續的雲圖資料、地面的雨量觀測結果及統計結果來尋找雲塊面積與降雨量間的相關，結果發現(+) 在可見光及紅外線的圖片中，其反射亮度（brightness: reflected radiance）與輻射溫度(

temperature: emitted radiance) 均可視為降雨的主要參數；(?) 雲塊的面積可以視作降雨區域的決定因子，及(?) 雲塊發展速率可以視為降雨強度的指標，所以在他們的統計圖表中對於雨量的探求均有相當的準確性。

五、小 結

由於台灣地區位處於亞熱帶，屬於多變性的海洋性氣候，這與歐美的天氣系統完全不同，是以降雨型態亦大有差別，加之國內衛星氣象發展的起步較晚，使得統計資料不足，故建立一套完整的資料庫，比較各種方法的優劣及適用性，區別單獨對流雲胞和成群雲塊發展系統的不同處、辯識雲頂溫度和雲高的方法、及低限方法臨界值的取決等均將是本文日後所要探討的重點；如此同步衛星數值化資料才能在電腦自動化作業的配合下，迅速而正確地估計各降雨因子，從而有效的預報降雨量，使人工作更為方便。

六、致 謝

本文承副聯隊長劉上校之指正與建議及主任梁中校的鼓勵，獲益良多，特此誌謝。

<註>本文部份(+)的 Threshold method 原譯為門檻方法，在此特要感謝台大氣研所曾忠一教授給予此名一較正確之譯名“低限方法”，作者於此更正之。

參考文獻

- 邱爾文，1984：氣象衛星數據資料應用成效之評介。天氣分析與預報研討會論文彙編，179—197。
- 曾忠一，1983：雲、地表以及陽光的效應。大氣遙測，第七章，234—249。
- 易安成，羅欣成，1984：同步衛星數值化資料基本應用之探討與分析(+)。氣象預報與分析，99，21—27。
- Conover, J.H., 1962 : Cloud interpretation from satellite altitudes. AFCRL-62-680.

- _____, 1983: Cloud interpretation from satellite altitudes. AFCRL-62-680, Suppl. 1.
- Dvorak, V. R., 1975 : Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery. Mon. Wea. Rev., 103, 420-430.
- Griffith, C. G., W. L. Woody, P. G. Grube, D.W. Martin, J. Stout, and D. N. Sikdar, 1978 : Rain estimation from geosynchronous satellite imagery-visible and infrared studies. Mon. Wea. Rev., 106, 1153-1171.
- Kaveney, W. J., R.G. Feddes and K.N. Liou, 1977 : Statistical inference of cloud thickness from NOAA-4 scanning radiometer data. Mon. Wea. Rev., 105, 100-107.
- Leese, J.A., 1964 : Quantitative interpretation of low-level cumuliform cloud patterns as seen in meteorological satellite videographs. Final Rep., Contract Cwb-10795, Univ. of Mich., Ann Arbor, 205 pp.
- Mack, R. A., and D. P. Wylie, 1982 : An estimation of condensation rates in three severe storm systems from satellite observation of the convective mass flux. Mon. Wea. Rev., 110, 725-743.
- Miller, D. b., A. L. Booth and R. E. Miller, 1970 : An automated method of esti-
- mating total cloud amount from mesoscale satellite data. Preprints Symp. Tropical Meteorology, Honolulu, Amer. Meteor. Soc., AIII - 1 - AIII-7.
- Phulpin, T., M. Derrien and A. Brard, 1983 : A two-dimensional histogram procedure to analyze cloud cover from NOAA satellite high-resolution imagery. J. Appl. Meteor., 22, 1332-1345.
- Reynolds, D.W., and T. H. Vonder Haar, 1976 : A bispectral method for cloud parameter identification. Mon. Wea. Rev., 105, 446-457.
- Shenk, W. E., and V. V. Salomonson, 1972 : A simulation study explaining the effects of sensor special resolution on estimates of cloud cover from satellite. J. Appl. Meteor., 11, 214-220.
- Sikdar, D. N., V. E. Suomi, and C. E. Anderson, 1970 : Convective transport of mass and energy in severe storms over the United States-An estimate from a geostationary altitude. Tellus, 5, 521-532.
- Yih, A. C., 1983 : Basic Technique in using satellite date to deal with some meso-scale meteorological problems. Seminar Rep., St. Louis Univ., St. Louis, MO, 53 pp.

On the Basic Application of the Geosynchronous Satellite Digital Data (+) the Correlation Between the Cloud Development and the Precipitation

An-Cherng Yih

ABSTRACT

The rainfall rate caused by either the analysis of synoptic weather charts or the development of a mesoscale convective cloud cell is not easy to predict quantitatively. Because the deficiency of the traditional observational instrument. However, the satellite meteorology is developing very quickly and the application of the satellite digitized data is very popular. Thus, they are helpful to forecast the precipitation. In this study, our purpose is to try and to compare various methods which were used in American. Then, using the threshold method to analyze a developing cloud and getting a quantitative rainfall rate.