

應用厚度圖預報臺灣低氣壓 之發生及鋒面動向之研究*

徐 晉 淮

*A Study of Forecasting Cyclogenesis in Taiwan
and Front Movement by 700-1000mb Thickness Chart*

Chin-huai Hsu

Abstract

From January to March every year, the low pressures occurred in Taiwan area have direct influence not only on Taiwan weather but also on the weather of Japan within 24 hours. For this reason the sailors always regard the navigation in this area as an adventure during this period.

The average frontal zone of this period lies over 25°N , across north Taiwan. Taiwan is on the boundary between southeastern Asia and western Pacific, where cold air and warm air can meet together. That often causes a wave in frontal zone. Thereupon there will be a cyclogenesis in Taiwan area.

Based on the theory of thickness charts this study was to forecast and check cyclogenesis in Taiwan area. The result is as follows:

1. The border between the scattered isopycnic lines and the thickened ones in 700-1000mb thickness charts is where the frontal zone lies. If the frontal zone is located near Taiwan, we may have a cyclogenesis in Taiwan area.

2. To locate the frontal zone in 700-1000mb thickness chart, that is the area of most concentrated isopycnic lines. If isopycnic lines area arch-shaped curves with two ends bending toward ESE or WSW separately near Taiwan, it is more possible to have a cyclogenesis in Taiwan area.

3. To analyse the daily thickness-change lines is the effective measure to forecast cyclogenesis. When thickness increases (i. e. density becomes thinner), it is easy to have a cyclogenesis in Taiwan area.

4. The front track can be estimated by thickness-change and the movement of thickness increment.

In this study we used surface weather maps and 700mb charts to make thickness charts. Then we did variation analysis. This process is simple and easy to forecast cyclogenesis in Taiwan area.

* 本著作之完成得國家長期發展科學委員會之補助

一、前言

每年於一月二月及三月中在臺灣附近海面，特別在北部海面及東部海面發生之低氣壓，其次數甚多，所謂臺灣低氣壓或俗稱「臺灣和尚」，蓋一至三月間為其旺盛期。在短期24小時預報上，如事先未能斷定該區是否會發生低氣壓，則在預測臺灣及日本之天氣上可能發生甚大之謬誤，且亦因而危及該區船舶之航行，由於該低氣壓對臺灣天氣及日本天氣影響至鉅因之，我國氣象人員及日本氣象人員等一直努力不懈以研究臺灣低氣壓生成之預測方法，但迄未發現良好實用之法則以求提早發現臺灣低氣壓之發生。臺灣低氣壓之發生與兩氣團寒暖相差較明顯之鋒面上所形成之溫帶低氣壓之發生條件略同，但一般在鋒面上發生之小波動形成之低氣壓不僅容易發現而且亦可提前發現，反而臺灣低氣壓發生於高氣壓南面，兩異氣團寒暖相差不大且難以判別風切線 (Shear line) 之存在，在地面天氣圖或高空天氣圖難以發見其形成現象。第二次世界大戰期中，Petterssen 以差異分析法 (Differential Analysis) 為其有力之分析工具，利用厚度圖預報高空風以為轟炸之用，又德國由 Scherhag 領導之下發展另一厚度圖利用方法。戰後英國之 Sutcliffe 繼續研究厚度變化綜觀 (Synoptic) 氣象學的預報法則，擴充厚度圖之應用範圍。於1963年在臺灣省氣象局預報組由筆者發表利用 700 mb 至 1000mb 厚度圖，分析 850mb 等壓面天氣圖一文後在實際預報工作上遂開始每日製作厚度圖，至現在止已有五年之實際經驗，而所得之結果與理論完全符合，其利用價值至深且鉅，茲專對臺灣低氣壓之發生與厚度圖分析研究結果逐次詳述如下以作天氣分析與預報臺灣及其近海天氣之參考。

二、臺灣低氣壓之定義

於1922年由 J. Bjerknes 與 Solberg 所發表之極鋒學說，實為近世奠定最實用之天氣預報基礎，所謂溫帶低氣壓由其發生結構而大別為兩種，一為在極鋒上發生之鋒性低氣壓（在附圖 1 可看出，位於華北之1012毫巴之低氣壓及日本西南海面之1012毫巴之低氣壓均為在極鋒上所發生者，且有極明顯風切線存在）。二為不在鋒上或地形性之低氣壓兩種，此皆為熟知之事實，在第一章前言所提到之臺灣低氣壓與所謂鋒上發生之低氣壓，兩者其發生結構略有不同而且溫帶低氣壓之生成容易提早發見，而臺灣低氣壓（在附圖 2 可看出，位於臺灣之低氣壓不在鋒面上發生且沒

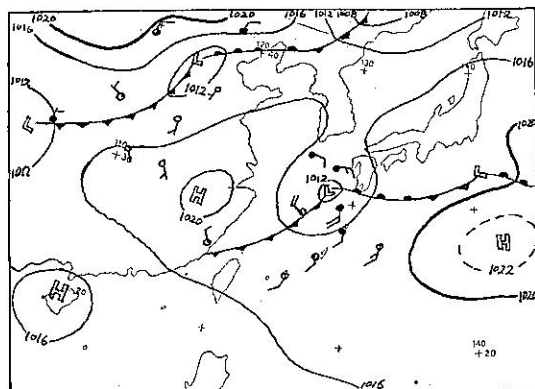


圖 1 : (Fig. 1:)
民國51年 3 月 5 日 20 時
地面天氣圖 (Surface map)
March 051200Z 1962

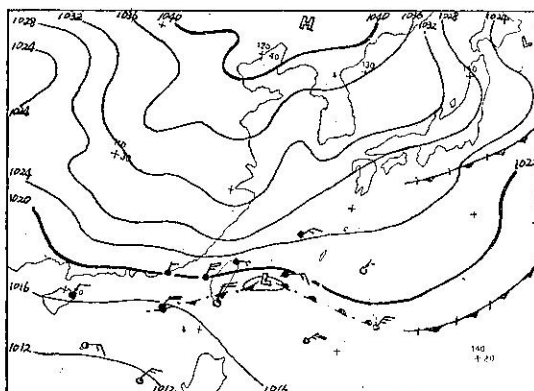


圖 2 : (Fig. 2:)
民國53年 2 月 22 日 20 時
地面天氣圖 (Surface map)
February 221200Z 1964

有明顯風切線之存在），其發生因所受之影響各種要素眾多較難預測，本文研究之對象限於臺灣低氣壓為求與一般其他地區所發生之溫帶低氣壓明確分別起見，特下定義如次，即「台灣氣壓係指每年 1 月至 3 月期間在臺灣沿海附近所發生之低氣壓，而發生區域不在明顯之風切線上者」。

三、氣壓場和溫度場之關係

正確的分析氣壓場和溫度場及其他氣象要素在空間結構及其過去的演變歷史，實為正確預報之重要基本前提，通常氣壓場在空間結構可以應用不同高度上之等壓線圖或等壓面高度圖以表示之。在實際作業上，在地面天氣圖用海平面等壓線，但高空之氣壓場却利用等壓面高度表示之。應用等壓面高度圖比固定高度上之等壓面圖較為方便。其優點之一，即在各個等

壓面上，地轉風速與空氣密度無關，地轉風之風速度可由等高線之疎密與所在地之緯度決定之，因之使各不同等壓面圖，直接相互比較，只需應用同一地轉風標尺就可以。另一優點，是從高空探測實際觀測資料，計算任一氣壓之高度，比計算任一高度之氣壓較為簡便，因為兩等壓面之厚度可由其平均虛溫予以決定。

要分析等壓面在空間之位置時，在氣象學上不採用普通高度而採用重力位高度 (Geopotential Height) Φ ；

$$d\Phi = g dz \text{ 或 } \Phi = \int_0^z g dz \dots\dots\dots(1)$$

其中 g 為重力加速度， z 為普通高度。重力位 (Geopotential) 之單位為高度差 1 公尺之重力位差稱 1 重力位公尺 (Geopotential meter)，以重力位公尺 (g. p. m.) 為單位之高度 Z 與普通高度 z 有

$$\begin{aligned} d\Phi = g dz = 9.8 Z \text{ 或 } Z = \frac{\Phi}{9.8} \\ = \frac{1}{9.8} \int_0^z g dZ \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

之關係存在。在 1 公里以下之大氣層內重力位高度與幾何高度之間之差異不超過 0.5%，兩者相差微小。

若 P 毫巴等壓面之重力用 Z_p 表示 (例 Z_{1000} , Z_{700} , Z_{500} 等)，而 p_0 毫巴與 P 毫巴等壓面間兩層之厚度 (Thickness) 用 $Z_{p_0}^p$ 表示，則兩層間有下列關係；

$$Z_{p_0}^p = Z_p - Z_{p_0} \dots\dots\dots(3)$$

若 ρ 為空氣密度，則靜力學之方程式為

$$dp = -\rho g dZ \dots\dots\dots(4)$$

(2)式代入(4)式，可以得到等壓面高度圖之靜力學方程式如下；

$$dp = -9.8 \rho dZ \dots\dots\dots(5)$$

若 R 為氣體常數 T 為氣溫，則氣體方程式為

$$p = \rho R T \dots\dots\dots(6)$$

(6)式代入(5)式，可得

$$dZ = -\frac{RT}{9.8} \cdot \frac{dp}{p} \dots\dots\dots(7)$$

若取上式從 p_0 至 P 來積分，並使用 (3)式之關係則厚度 $Z_{p_0}^p$ 等於

$$\begin{aligned} Z_{p_0}^p = Z_p - Z_{p_0} &= -\frac{R}{9.8} \int_{p_0}^p T \frac{dp}{p} \\ &= \frac{R}{9.8} \bar{T} \ln \frac{p_0}{p} = K \bar{T} \log \frac{p_0}{p} \text{ (g. p. m.)} \\ &\dots\dots\dots(8) \end{aligned}$$

其中常數 $K = 67.442$ gp.m. per degree, $\bar{T}$ 為 p_0

與 P 等壓面間氣層的平均氣溫， $\ln$ 與 $\log$ 各為自然對數及常用對數之記號。嚴密說上述氣溫應該使用虛溫才對，如果氣溫低於零度時，虛溫及氣溫之差異小，可以略去不計。若比濕大於 3 克 / 千克時則不可省略。若 p_0 為海平面氣壓時

$$Z_p = K \bar{T} \log \frac{p_0}{p} \text{ (g.p.m.)} \dots\dots\dots(9)$$

故任一等壓面 P 之絕對重力位 Z_p 是跟海平面氣壓 p_0 及海平面與該等壓面間之氣層之平均氣溫有直接關係，若海平面氣壓愈高及該氣層之平均氣溫愈大時，等壓面之重力位高度也愈高。又從(8)式可以看出，當 P 及 p_0 一定時，厚度 $Z_{p_0}^p$ 是該氣層平均氣溫之函數，若平均氣溫愈高則 $Z_{p_0}^p$ 就愈大，如附圖 3 所示。等厚度線同時也是氣層的平均等溫線，唯在數值上有所不同而已。厚度圖上低值相當於冷區，高值相當於暖區，因此也可以判斷冷暖氣團之分佈情況，尤其在不相同氣團之間甚為明顯。冷暖鋒過境區域內平均溫度對比的大小如附圖 4 所示。又計算上式中之 $K \log \frac{p_0}{p}$ 之數值乘平均虛溫 $\bar{T}$ 結果，可以得該氣層之厚度。

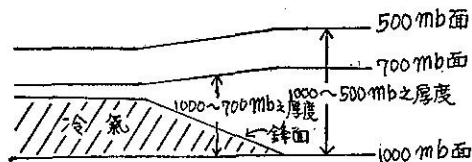


圖 3：(Fig. 3:) 氣溫與厚度
(Temperature and Thickness)

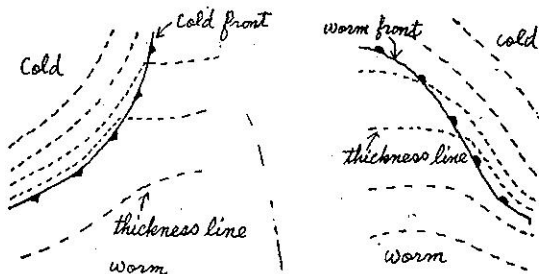


圖 4：(Fig. 4:) 氣團與厚度
(Air Mass and Thickness)

若 v 為空氣之比容，則

$$\begin{aligned} dZ &= -\frac{1}{9.8} \frac{1}{\rho} dp = -\frac{1}{9.8} v dp \\ \therefore Z_{p_0}^p &= Z_p - Z_{p_0} = \frac{1}{9.8} \frac{1}{\bar{\rho}} (p_0 - p) \\ &= \frac{1}{9.8} \bar{v} (p_0 - p) \dots\dots\dots(10) \end{aligned}$$

其中 $\bar{\rho}$ 及 $\bar{V}$ 各為氣層之平均密度及平均比容。因此，平均溫度線同時也就是等於平均比容線，並該氣層之厚度，與平均比容 $\bar{V}$ 成正比例，與平均密度 $\bar{\rho}$ 成反比例之關係。

如令 $p_0 - p = \Delta p = 1\text{mb}$ ，而相應之重力位高度之變化用 ΔZ 來表示，即

$$\Delta Z = \frac{1}{9.8} \cdot \frac{1}{\bar{\rho}} \dots\dots\dots(11)$$

空氣密度 $\bar{\rho}$ 愈小，單位氣壓重力位高度差 ΔZ 就愈大。反之 $\bar{\rho}$ 愈大則 ΔZ 就愈小。若使用氣體狀態方程式(6)之關係，則上式可以改寫如下；

$$\Delta Z = \frac{RT}{9.8} \cdot \frac{1}{p} = 29.29 \frac{T}{p} \dots\dots\dots(12)$$

所以在密度比較大之空氣中，氣壓隨高度之降低就要比在密度比較小之空氣中快些。又 P 愈小，亦高度愈高，則 ΔZ 愈大。因此在暖空氣中氣壓隨高度之降低，比在冷空氣中之降低要慢。若由(12)式計算 $\Delta p = 1\text{mb}$ 時之 ΔZ 之數值，制如附表 1 所示。由(10)及(11)式消去 $\bar{\rho}$ ，即可得

$$Z_p - Z_{p_0} = Z_{p_0}^p = (p_0 - p)\Delta Z$$

如果令 p_0 為海平面氣壓， P 為 1000mb 面，即可得 $Z_{1000} = (p_0 - 1000)\Delta Z = (p_0 - 1000) 8\text{g.p.m.}$ (13)

參閱附表 1 可以知道，如果只需其近似值時，可設 ΔZ 等於 8g.p.m. 。因為在近地面大氣層中，單位氣壓重力位高度差之值變化範圍很小，所以 p_{1000} 之重力位場與地面氣壓非常相似。

表 1. $\Delta p = 1\text{mb}$ (g.p.m.) 時之 ΔZ 之數值
(Table 1. The value of ΔZ for $\Delta p = 1\text{mb}$)

氣溫 (Temp.)		氣壓 (Pressure) 毫巴 (mb)					
°K	°C	960	980	1000	1020	1040	1060
213	-60	6.5	6.4	6.3	6.1	6.0	5.9
223	-50	6.8	6.7	6.5	6.4	6.3	6.2
233	-40	7.1	7.0	6.8	6.7	6.6	6.4
243	-30	7.4	7.3	7.1	7.0	6.8	6.7
253	-20	7.7	7.6	7.4	7.3	7.1	7.0
263	-10	8.0	7.9	7.7	7.6	7.5	7.3
273	0	8.3	8.2	8.0	7.8	7.7	7.5
283	+10	8.6	8.5	8.3	8.1	8.0	7.8
293	+20	8.9	8.8	8.6	8.4	8.3	8.1
303	+30	9.2	9.1	8.9	8.7	8.5	8.2
313	+40	9.6	9.4	9.2	9.0	8.8	8.6

四、厚度圖之繪製法

在等壓圖中，確定 p_0 及 P 氣壓面在空間之位置，須用 Z_{p_0} 及 Z_p 兩等高度線群表示，而其差異 $Z_{p_0}^p = Z_{p_0} - Z_p$ 稱為厚度 (Thickness)， $Z_{p_0}^p$ 之等值線稱為厚度線 (Thickness lines)，厚度線之分佈圖為厚度圖 (Thickness chart)。根據第二章之理論，厚度線亦即是該氣層的平均等溫線，同時也是平均等密度及平均等比容線。現行一般分析之等壓面天氣圖為 $1000, 850, 700, 500, 400, 300, 200$ 及 100mb 之等標準氣壓面圖，其中對於天氣分析上特別重要而被一般所採用者有四種，即一為分析暖氣侵入而被採用之 850mb 等壓面圖，第二為分析中層雲之動向而採用之 700mb 等壓面圖，第三為分析大氣運動之平均狀態所用之 500mb 等壓面圖，第四是 300mb 等壓面圖，可用以分析噴射氣流或對流層頂 (Tropopause)。

本文所採用者以 Z_{1000}^{700} 厚度圖為主，茲將該圖應用差異分析法 (Differential Analysis) 或圖解減法之繪製方法及其步驟詳述如下；

(a) 1000mb 等壓面圖之分析

通常一般氣象單位僅繪製海平面等壓線圖而不繪 1000mb 等壓面圖。但是根據第二章所述之理論我們已知 1000mb 之高度場與地面氣壓場非常相似，可以使用(13)式或附表 1 將海平面氣壓，換算為 1000mb 等壓面圖，在預報工作上為操作簡單與便利起見以…… $986, 989.5, 993, 996.5, 1000, 1003.5, 1007, 1010.5, 1014\text{mb}$ ……等 1000mb 為中心之 3.5mb 等間隔之等壓線 (因臺灣低氣壓發生在低緯度，在分析上為方便起見採用 3.5mb 通常以用 7mb 為宜) 當做 $-120, -90, -60, -30, 0, 30, 60, 90, 120, \text{g.p.m.}$ ……等之 30g.p.m. 等間隔之等高度線使用，則不需另加換算，即可以將海平面等壓線圖當做 1000mb 等壓面圖使用之。

(b) 差異分析法 (或圖解減法)

待各標準等壓面圖分析完畢後，即可使用差異分析法以繪製厚度圖，該法為最簡便之厚度圖之作法，差異分析法是無向量場加減之圖解法，在近代天氣分析中，例如作渦度圖及平均圖等，為極被重用之方法，茲簡單的說明如下：

首先以向量場 Q_1 及 Q_2 之圖解減法以

$$\Delta = Q_2 - Q_1 \dots\dots\dots(14)$$

說明之， Q_2 以粗線， Q_1 以細線兩種曲線群之圖解

減法，如附圖 5 所示。圖中 A 點之 Q_1 及 Q_2 數值相減為 9，而其對角線上之 B 點之 Δ 值同時也是 9。如此 $\Delta = 9$ 之等值線，可以由 A、B 之兩端延長而繪成之，其他之 Δ 等值線可以同樣繪成，不必一一計算後再繪 Δ 等值線，非常簡捷。

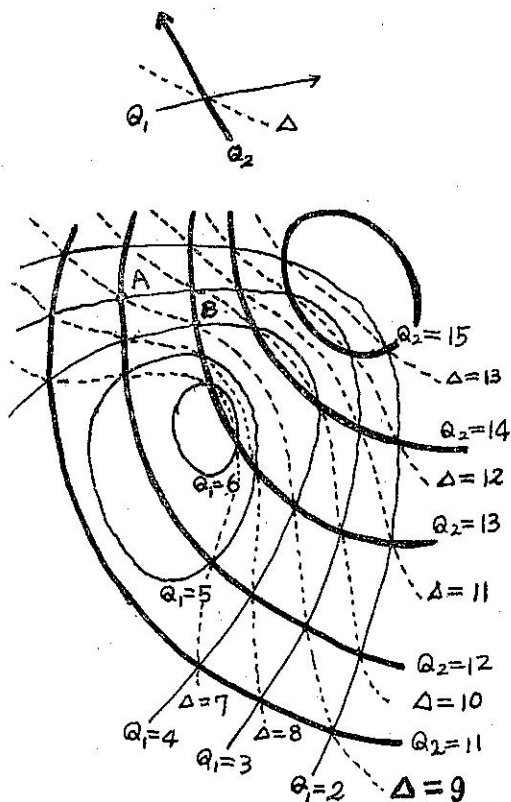


圖 5：(Fig. 5:) $\Delta = Q_2 - Q_1$ 之圖解減法
Graphical subtraction of the
Pattern of Q_1 and Q_2

(c) 厚度圖之繪製法

需要繪製厚度圖時，首先須準備該氣層之頂及底之兩等壓面圖，本文之兩層為 Z_{1000} 及 Z_{700} 。用空白天氣圖乙張，透明膠紙三張，以及各色畫磁鉛筆等，以下分述繪製厚度圖之步驟：

〔步驟一〕 將三張透明膠紙分別自空白天氣圖上相當位置三點以上當做標點，此三張透明膠紙上所定之標點須重合一致。

〔步驟二〕 用顏色畫磁鉛筆，將 Z_{1000} 圖之高度線全描於透明紙 A 上，此時等高度線以使用不同顏色相間繪出為佳，如 30g.p.m. 90g.p.m. 150g.p.m. 等高度線使用紅色繪描，60g.p.m. 120g.p.m. 180g.p.m. 等高度線使用藍色繪描之。

〔步驟三〕 使用步驟二之方法，用紅藍兩顏色，將 Z_{700} 圖之高度線亦同樣以 30g.p.m. 之間隔全部描於透明紙 B 上。

〔步驟四〕 透明紙 C 及 A 與 B 圖覆於空白天氣圖上，而使三張圖之標點完全重合對正並將 C 置於最上面，依照差異分析之減法，將 A 及 B 兩組等高度線相減，並 $Z_{700} - Z_{1000}$ 之數值分別記入於 C 圖之曲線群中，則可以得厚度圖 Z_{1000}^{700} 。

於第四步驟之兩等高度線群相減之作業時，注意同顏色之交點可以連接成曲線，又異顏色之交點又可以連接，但同色交點與異色交點則不可以連接及使用過之交點不可再使用。

〔步驟五〕 將空白天氣圖覆於 G 圖上，而使其標點位置完全對正，用普通繪圖鉛筆將 C 圖上之等厚度線全部描於空白天氣圖上，並附註其數值，則即為完成之厚度圖，描繪時以在設有照明複寫臺上作業較迅速，以上厚度圖之繪製法各步驟及特別使用不同顏色及透明紙之方法，由臺灣省氣象局預報組所首創而應用以來，深感方便。反之用同一顏色及天氣圖原圖繪製厚度圖，即不僅費時費力且錯誤較多，在實際工作上不甚適合。

五、臺灣低氣壓之發生次數

由第二章所下定義之臺灣低氣壓於最近 24 年間發生次數由日本印刷天氣圖抽出結果如府表 2，僅包括 12 月，1 月，2 月，3 月及 4 月份，其他各月發生次數不多，夏季各月幾為皆無。由附表可以看出 2 月份發生次數最多為 68 次平均每月有 3 次，次之 1 月及 3 月各為 45 次及 41 次平均為 2 次，12 月及 4 月其發生次數甚減少每月平均不到 1 次，故本文之研究以 1 月至 3 月之三個月旺盛期為對象，又 1943 年至 1966 年之 24 年間之發生次數似有明顯周期，以波數分析結果，振幅最大者是波數 1 即 24 年周期，太陽黑子活動周期之兩倍及次大振幅之波數 2 即 12 年周期與太陽黑子活動周期符合，再次以波數 2 與太陽黑子活動周期比較結果如附圖 6，由附圖 6 可以看出，太陽黑子較少年，即 1953，1964 年是臺灣低氣壓發生次數較多年即 1951 年（太陽黑子較少年前兩年發生）及 1963 年（太陽黑子較少年前 1 年發生），反之太陽黑子數較多年 1947 年及 1958 年為低氣壓發生次數較少年即 1945 年（太陽黑子多年前 2 年發生）與 1957 年（太陽黑子多年前 1 年發生），兩者關係極為密切，如照此周期 1969 年即明年 1 月至 3 月在臺灣附近發生之低氣壓次數有增加之趨勢。

表 2. 臺灣低氣壓之發生次數
Table 2. Monthly Frequencies
of Taiwan Low
(1943~1966)

Month Year	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	To tal	Total of Jan.Feb.Mar.
1943	0	2	2	0	0	4	4
1944	2	2	2	0	0	6	4
1945	0	1	3	1	0	5	5
1946	1	0	0	1	0	2	1
1947	1	2	3	1	0	7	6
1948	1	2	2	1	0	6	5
1949	1	2	2	2	1	8	6
1950	0	1	4	2	2	9	7
1951	1	3	4	4	2	14	11
1952	0	2	4	3	0	9	9
1953	2	2	3	2	2	11	7
1954	1	4	4	3	1	13	11
1955	0	3	4	2	1	10	9
1956	0	3	5	3	1	12	11
1957	0	0	6	3	0	9	9
1958	0	0	3	1	1	5	4
1959	0	1	3	1	0	5	5
1960	0	2	1	1	0	4	4
1961	1	1	5	1	0	8	7
1962	0	1	1	2	0	4	4
1963	0	1	1	1	0	3	3
1964	1	3	3	2	0	9	8
1965	2	3	1	2	1	9	6
1966	2	4	2	2	1	11	8
Total	16	45	68	41	13	183	154
Mean	0.7	1.9	2.8	1.7	0.5	7.6	6.4

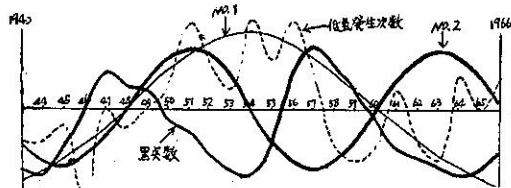


圖 6 : (Fig. 6:) 位氣壓發生周期與黑點周期
Period of Taiwan Low's Frequencies
and Sun-Spot

六、臺灣低氣壓之發生實例

由第三章氣壓場和溫度場之關係所得等厚度線即是兩氣層間之平均等溫度線，僅在數值上有所不同而

已，且厚度圖上之低值相當於冷區，高值相當於暖區，因之由此也可以判斷冷暖氣團之分佈情況，尤其應用於分析低氣壓之發生更為利便。茲以第四章厚度圖之繪製法，所分析結果，舉1964年2月21日至23日之圖為例如附圖7A、B、C、D及E。最先由附圖7·A為1964年2月21日1200Z之700毫巴與1000毫巴之厚度圖（按照第四章繪成）即 Z_{1000}^{700} 圖，圖中等密度線在日本南方海面與西南西方延伸經過琉球海面及臺灣附近至華南，而在華南有向西北西走後再次向西南西方走，且位於暖區間及較密集處，按等密度線密集且在冷暖區間處必有鋒面帶（Frontal zone）存在，在附圖中以粗線表示之。鋒面帶在地面天氣圖難以判斷，但在一般較長的鋒面帶上極容易發生低氣壓，因之預報時即應開始注意其變化，次之由2月22日之 Z_{1000}^{700} 厚度圖附圖7·B可以看出鋒面帶如21日位置大略相同，但在本省附近的等密度線之走向都有顯著改變，成為發生低氣型之標準模型，即在圖中A點有向東南東及西南西兩方向之小山型厚度線出現。再由22日與21日之 Z_{1000}^{700} 厚度圖間之變差圖，即附圖7·D可以看出在臺灣地區有暖氣進入之趨勢，因而可決定臺灣低氣壓之發生，蓋其過程與J. Bjerkness之低氣壓發生論相符合，由附圖7·C可以看出23日 Z_{1000}^{700} 厚度圖在臺灣附近發生之低氣壓已顯著發展且已移到琉球海面，即A點帶有東南方向之暖鋒及西南方向之冷鋒，且由附圖7·E（23日 Z_{1000}^{700} 與22日 Z_{1000}^{700} 厚度圖之變差圖）可以看出W辦即暖氣向50度方向移動，並已增強到60g.p.m.高度，因之預測此低氣壓迅速向東北移動後在日本南方海面有發達之趨勢，附圖7·

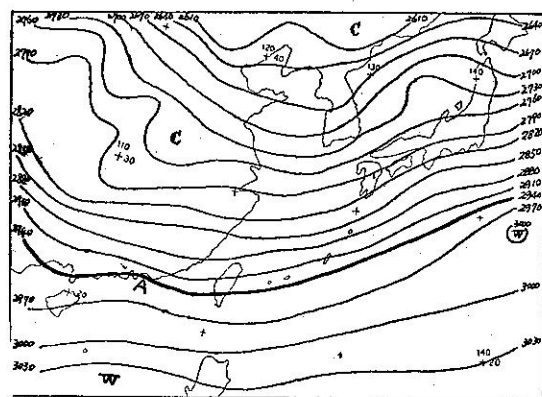


圖 7. A 厚度圖 Z_{1000}^{700}
(Fig. 7. A Thickness Chart Z_{1000}^{700})
民國53年2月21日20時
(Feb. 211200Z 1964)

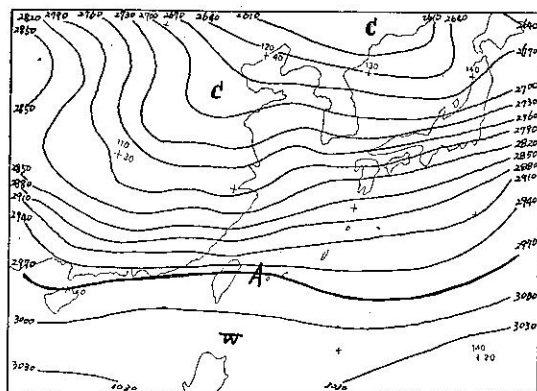


圖 7.B 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 7.B Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國53年 2月22日20時
(Feb. 221200Z 1964)

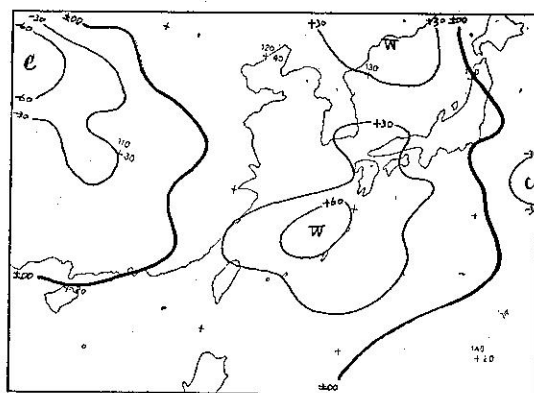


圖 7.E 厚度變差圖
(Fig. 7.E Thickness Tendency Chart)
民國53年 2月22~23日20時
(Feb. 2212~2312Z 1964)

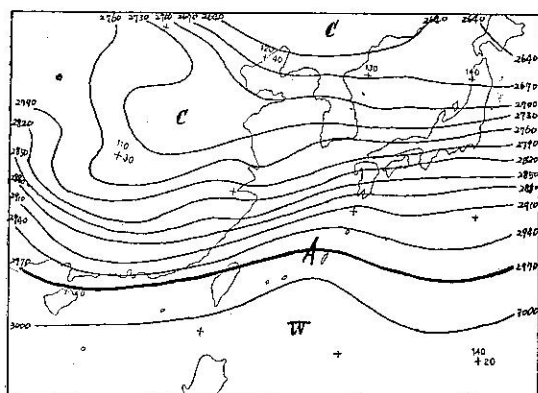


圖 7.C 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 7.C Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國53年 2月23日20時
(Feb. 231200Z 1964)

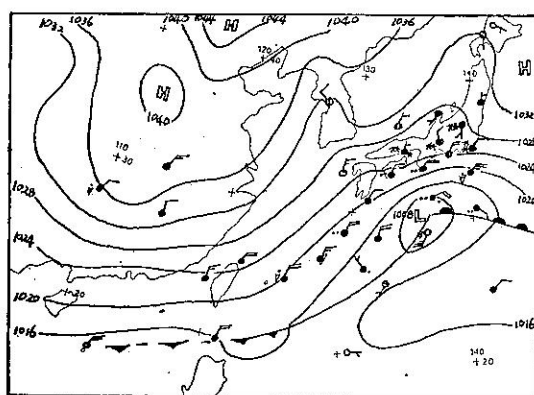


圖 7.F 地面天氣圖
(Fig. 7.F Surface map)
民國53年 2月24日20時
(Feb. 241200Z 1964)

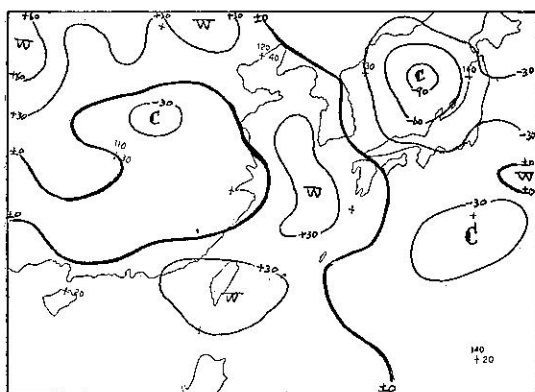


圖 7.D 厚度變差圖
(Fig. 7.D Thickness Tendency Chart)
民國53年 2月21~22日20時
(Feb. 2112~2212Z 1964)

F是24日之地面天氣圖由該圖即可看出日本南方海面之低氣壓已發達到1000毫巴且影響及於日本本州、四國、九州以及其附近海面。海面風速已達25哩以上，日本東京附近並有降雪，由此可見臺灣低氣壓影響航行安全甚大。由上舉實例，可知用本辦法以預報臺灣低氣壓之發生可提早一天測得，實頗具時效。下面是臺灣低氣發生時之 Z_{700}^{1000} 之厚度圖與未發生時之地面天氣圖及厚度圖（如附圖 8 • A及B）比較，兩者有顯著差別，即民國56年 2月 5日 1200Z之地面天氣圖（附圖 8 • A）中，低氣壓之發生不在高氣壓南面之臺灣附近，而在高氣壓之背面即在我國西南地區發生，次之由 Z_{700}^{1000} 厚度圖（附圖 8 • B）可以看出鋒面帶即密度較大之處（以粗線表示），其位置在較高緯度即從琉球之那霸附近向西北方向朝走，在A點華中附

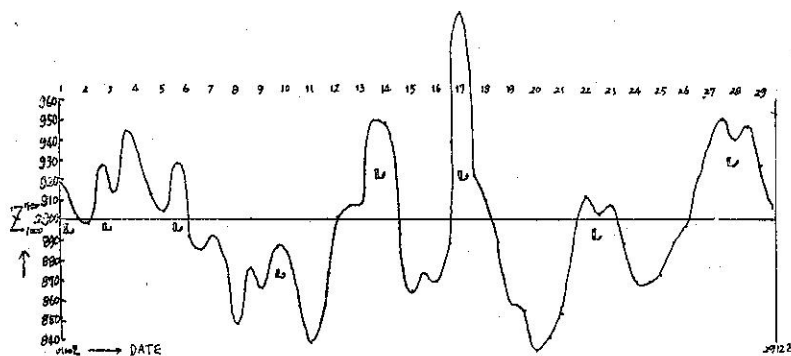


圖 9：臺灣低氣壓之發生與臺北之卷度 Z_{1000}^{700} (民國57年2月份)
Fig. 9: The Frequency of Taiwan Low and Thickness Z_{1000}^{700} in Taipei (Feb. 1968)

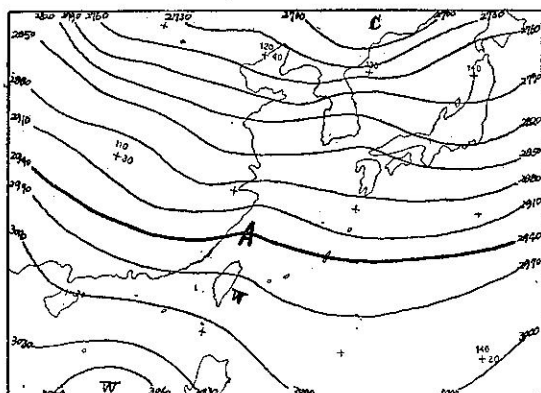


圖 10. A 厚度圖 Z_{1000}^{700}
(Fig. 10. A Thickness Chart Z_{1000}^{700})
民國53年1月6日20時
(Jan. 061200 Z 1964)

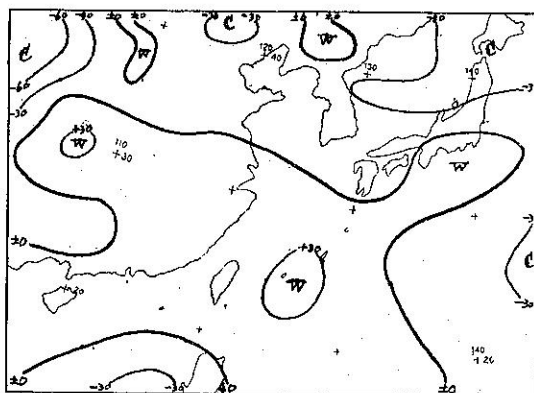


圖 10. C 厚度變差圖
(Fig. 10. C Thickness Tendency Chart)
民國53年1月6~7日20時
(Jan. 0612~0712 Z 1964)

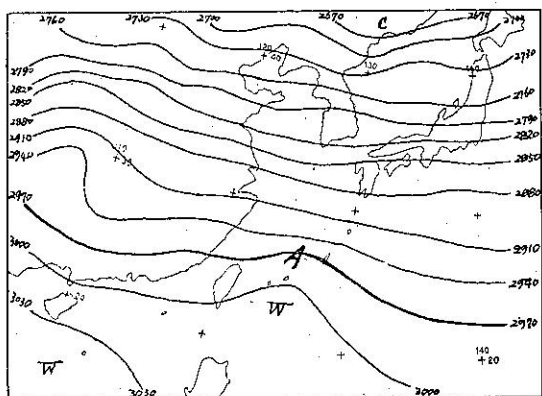


圖 10. B 厚度圖 Z_{1000}^{700}
(Fig. 10. B Thickness Chart Z_{1000}^{700})
民國53年1月7日20時
(Jan. 091200 Z 1964)

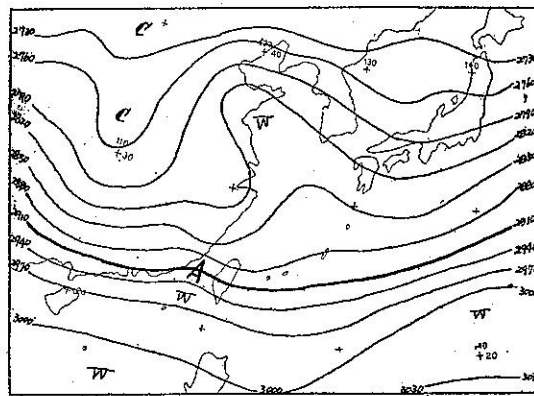


圖 11. A 厚度圖 Z_{1000}^{700}
(Fig. 11. A Thickness Chart Z_{1000}^{700})
民國53年1月25日20時
(Jan. 251200 Z 1964)

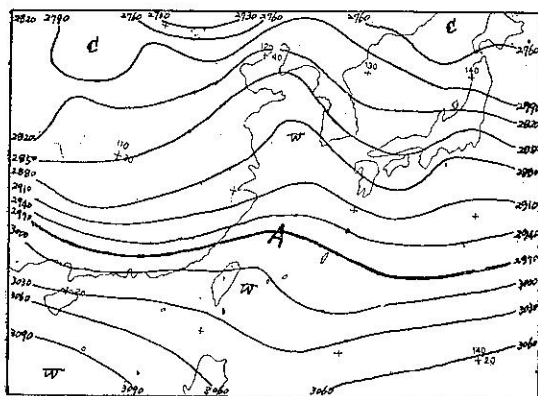


圖 11. B 厚度圖 Z_{700}^{100J}
(Fig. 11.B Thickness Chart Z_{700}^{100J})
民國53年 1月26日20時
(Jan. 261200 Z 1964)

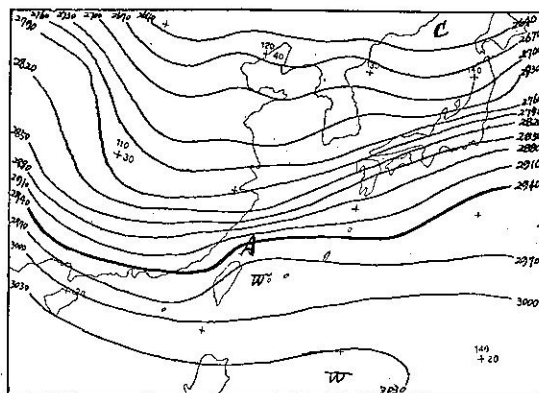


圖 12. B 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 12.B Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國53年 2月17日20時
(Feb. 171200 Z 1964)

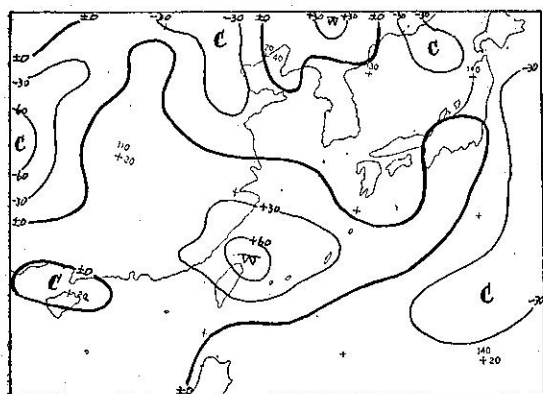


圖 11. C 厚度變差圖
(Fig. 11.C Thickness Tendency Chart)
民國53年 1月25~26日20時
(Jan. 2512~2612 Z 1964)

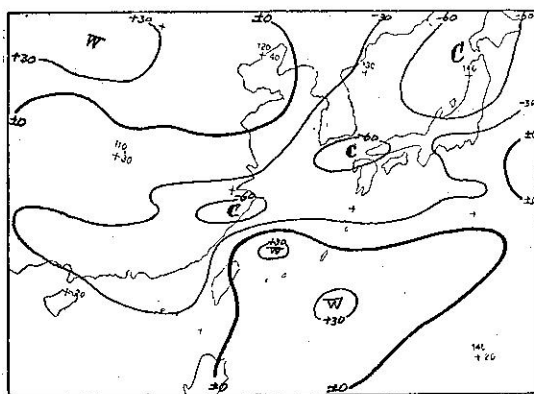


圖 12. C 厚度變差圖
(Fig. 12.C Thickness Tendency Chart)
民國53年 2月16~17日20時
(Feb. 1612~1712 Z 1964)

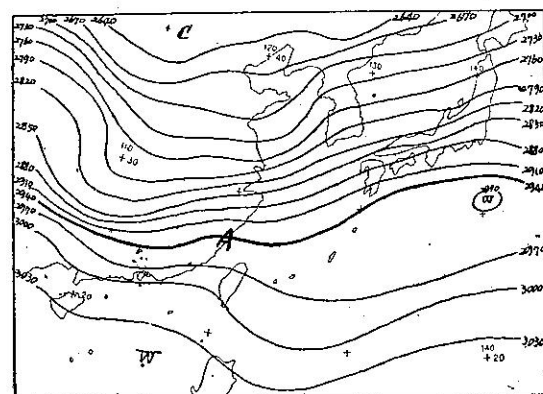


圖 12. A 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 12.A Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國53年 2月16日20時
(Feb. 161200 Z 1964)

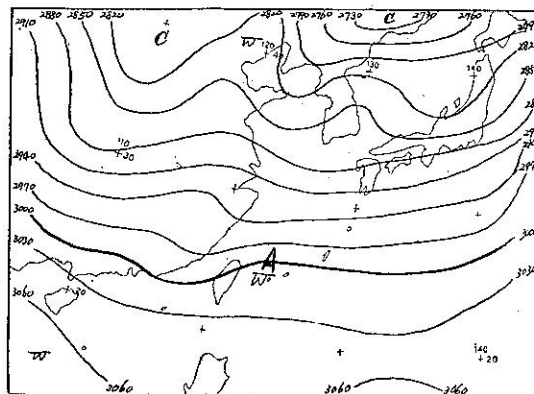


圖 13. A 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 13.A Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國53年 3月5日20時
(Mar. 051200 Z 1964)

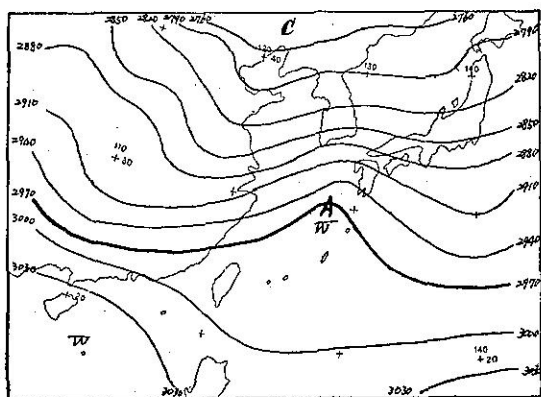


圖13. B 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 13. B Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國53年3月6日20時
(Mar. 061200 Z 1964)

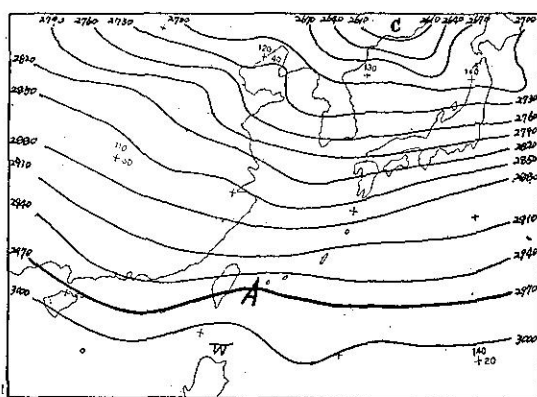


圖14. B 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 14. B Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國54年1月2日20時
(Jan. 021200 Z 1965)

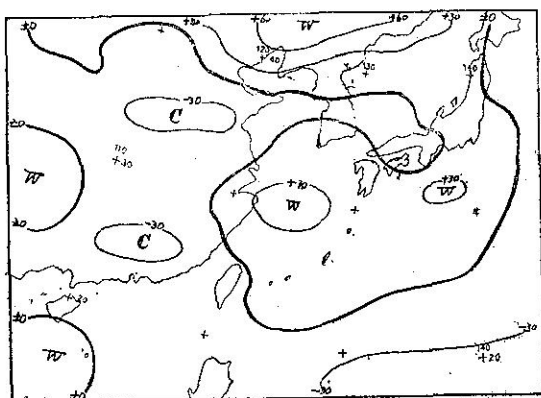


圖13. C 厚度變差圖
(Fig. 13. C Thickness Tendency Chart)
民國53年3月5~6日20時
(Mar. 0512~0612 Z 1964)



圖14. C 厚度變差圖
(Fig. 14. C Thickness Tendency Chart)
民國54年1月1~2日20時
(Jan. 0112~0212 Z 1965)

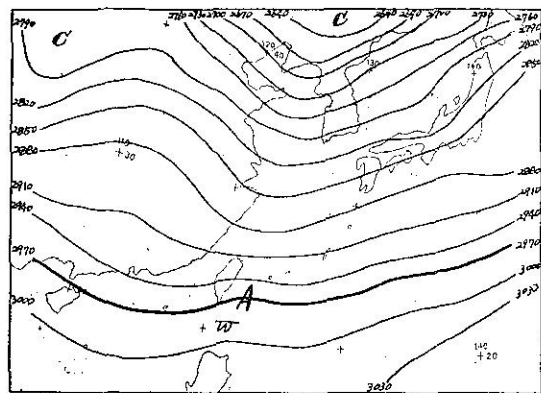


圖14. A 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 14. A Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國54年1月1日20時
(Jan. 011200 Z 1965)

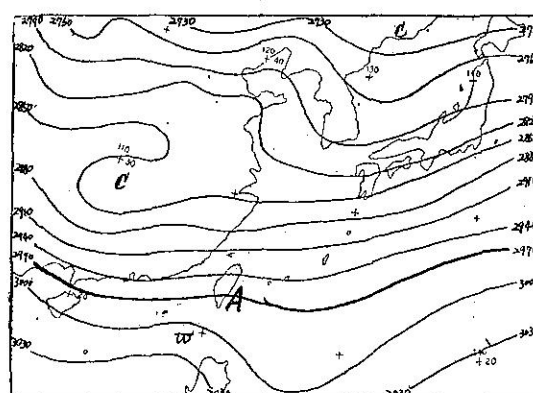


圖15. A 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 15. A Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國54年1月6日20時
(Jan. 061200 Z 1965)

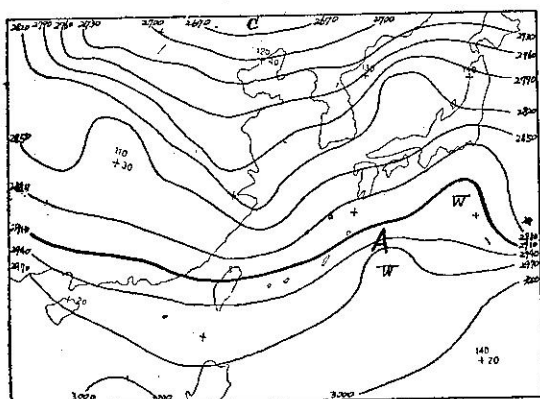


圖 15. B 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 15. B Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國54年1月7日20時
(Jan. 071200 Z 1965)

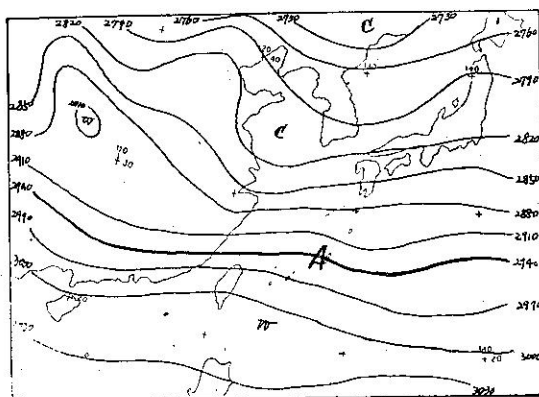
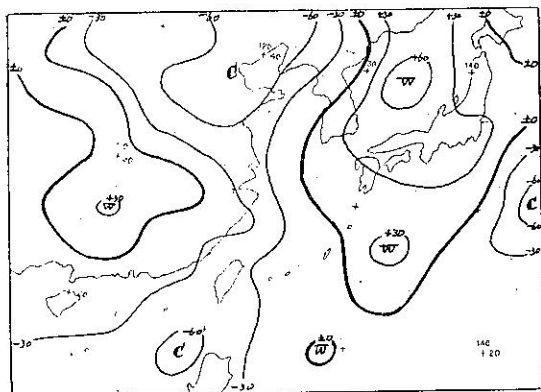


圖 16. B 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 16. B Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國54年2月27日20時
(Feb. 271200 Z 1965)



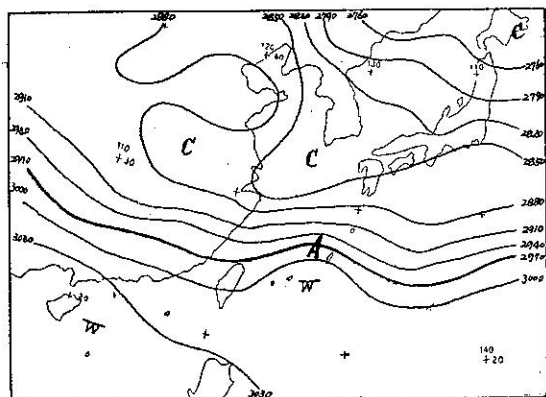


圖 17. B 厚度圖 Z_{700}
(Fig. 17. B Thickness Chart Z_{700})
民國 54 年 3 月 29 日 20 時
(Mar. 291200 Z 1965)

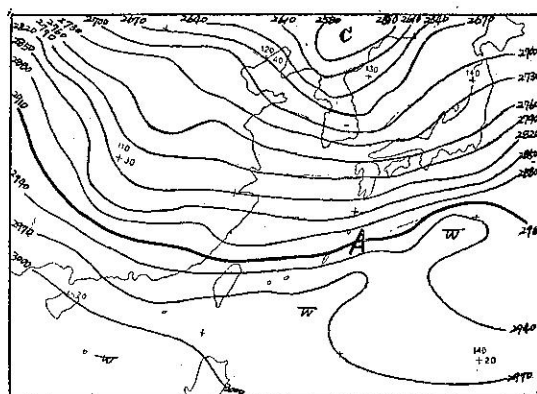


圖 18. B 厚度圖 Z_{700}
(Fig. 18. B Thickness Chart Z_{700})
民國 55 年 1 月 23 日 20 時
(Jan. 231200 Z 1966)

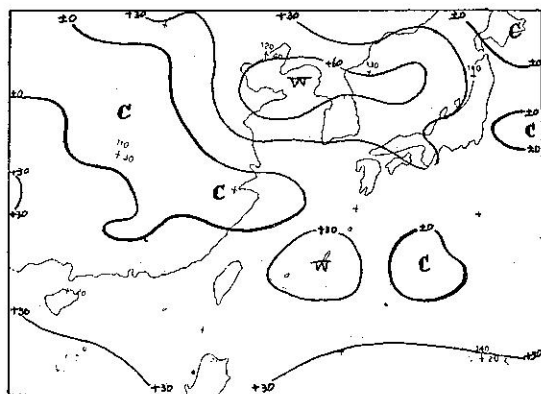


圖 17. C 厚度變差圖
(Fig. 17. C Thickness Tendency Chart)
民國 54 年 3 月 28~29 日 20 時
(Mar. 2812~2912 Z 1965)

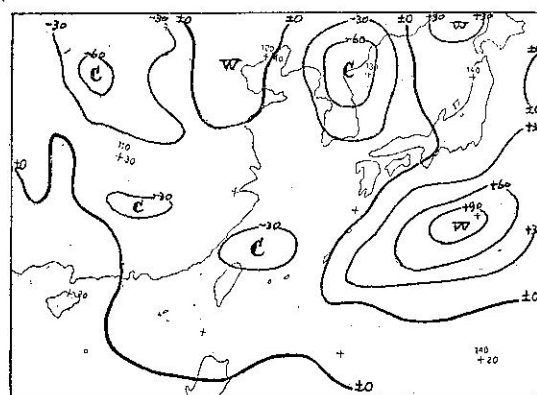


圖 18. C 厚度變差圖
(Fig. 18. C Thickness Tendency Chart)
民國 55 年 1 月 22~23 日 20 時
(Jan. 2212~2312 Z 1966)

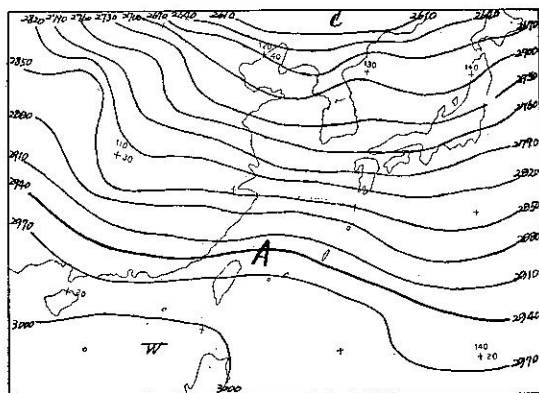


圖 18. A 厚度圖 Z_{1000}
(Fig. 18. A Thickness Chart Z_{1000})
民國 55 年 1 月 22 日 20 時
(Jan. 221200 Z 1966)

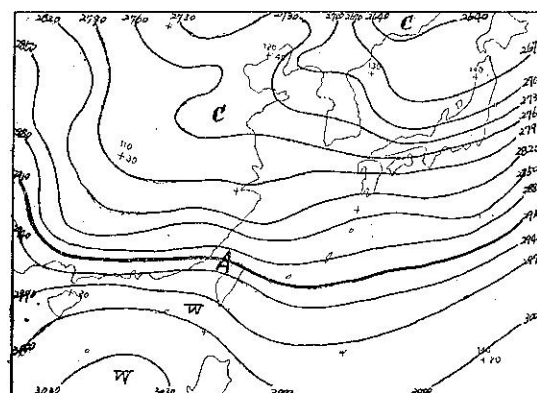


圖 19. A 厚度圖 Z_{1000}
(Fig. 19. A Thickness Chart Z_{1000})
民國 55 年 2 月 23 日 20 時
(Feb. 231200 Z 1966)

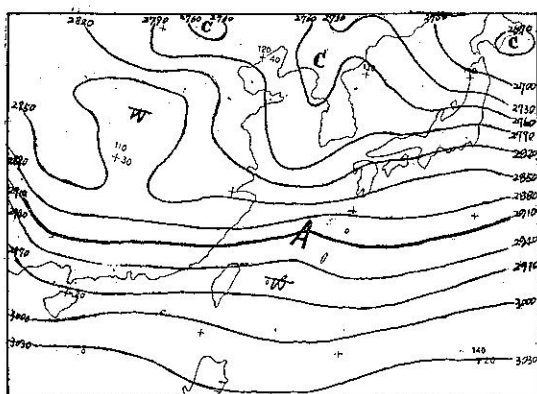


圖19. B 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 19. B Thickness Chart Z_{1000}^{700})
民國55年2月24日20時
(Feb. 241200 Z 1966)

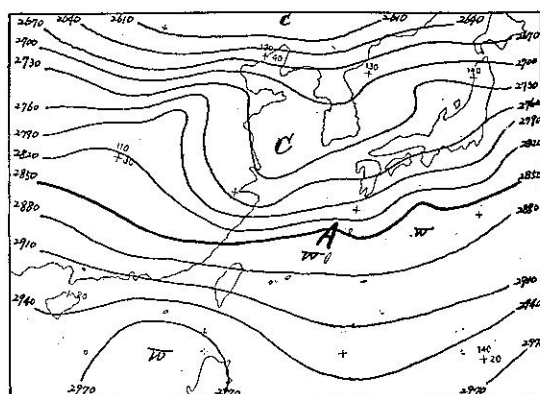
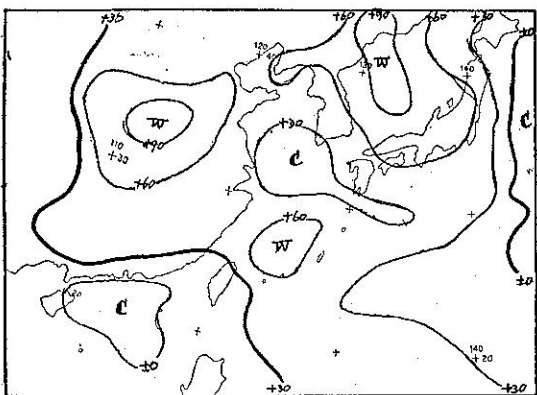


圖20. B 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 20. B Thickness Chart Z_{1000}^{700})
民國56年1月6日20時
(Jan. 061200 Z 1967)



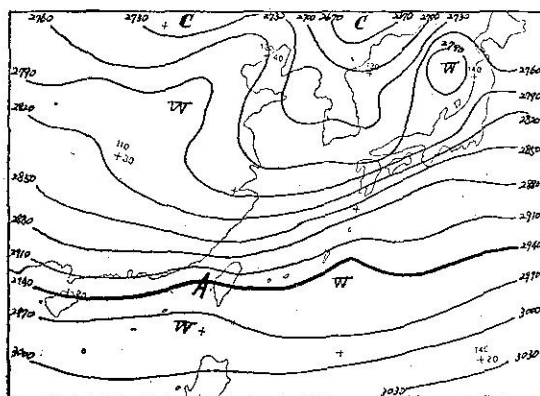


圖 21. B 厚度圖 Z_{1000}^{700}
(Fig. 21. B Thickness Chart Z_{1000}^{700})
民國56年1月11日20時
(Jan. 111200 Z 1967)

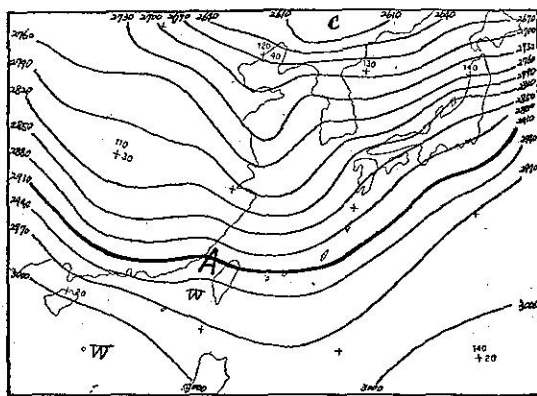


圖 22. B 厚度圖 Z_{1000}^{700}
(Fig. 22. B Thickness Chart Z_{1000}^{700})
民國 56 年 1 月 29 日 20 時
(Jan. 29 1200 Z 1967)

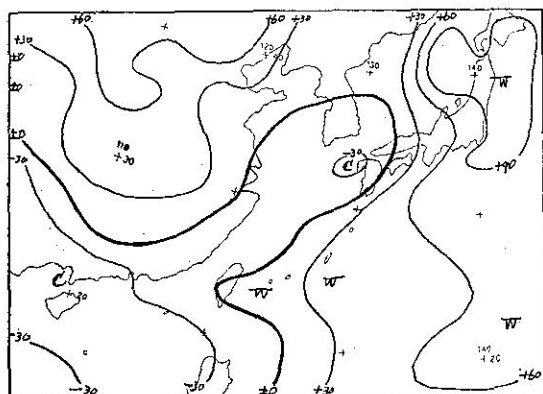


圖 21.C 厚度變差圖
(Fig. 21.C Thickness Tendency Chart)
民國56年1月10~11日20時
(Jan. 1012~1112 Z 1967)

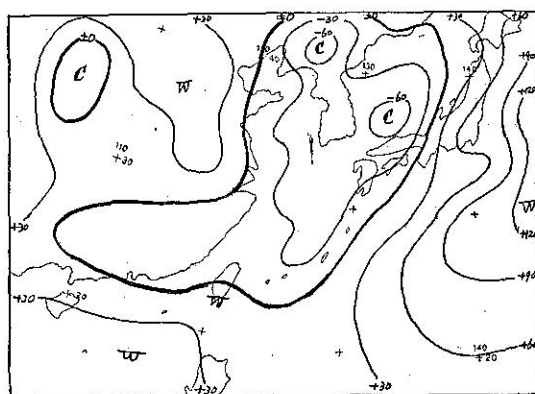


圖 22.C 厚度變差圖
(Fig. 22.C Thickness Tendency Chart)
民國56年1月28~29日20時
(Jan. 2812~2912 Z 1967)

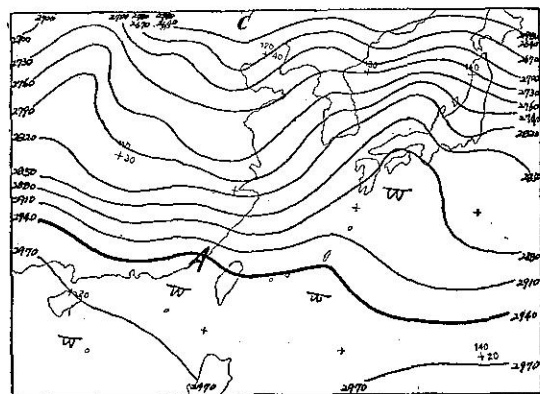


圖 22. A 厚度圖 Z_{1966}^{700}
(Fig. 22. A Thickness Chart Z_{1966}^{700})
民國56年1月28日20時
(Jan. 281200 Z 1967)

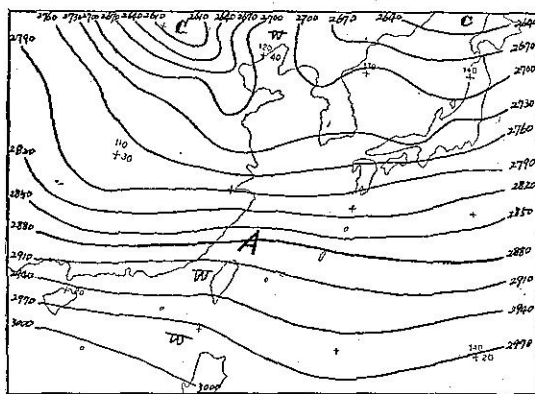


圖 23. A 厚度圖 Z_{1000}^{700}
(Fig. 23. A Thickness Chart Z_{1000}^{700})
民國56年2月1日20時
(Feb. 011200 Z 1967)

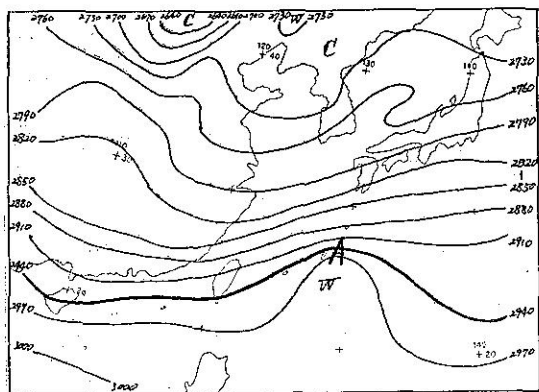


圖 23. B 厚度圖 Z_{700}^{1000}
(Fig. 23. B Thickness Chart Z_{700}^{1000})
民國 56 年 2 月 2 日 20 時
(Feb. 021200 Z 1967)

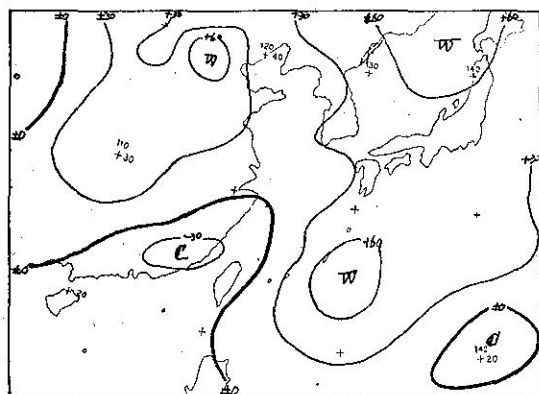


圖 23. C 厚度變差圖
(Fig. 23. C Thickness Tendency Chart)
民國 56 年 2 月 1 ~ 2 日 20 時
(Feb. 0112 ~ 0212 Z 1967)

七、分析結果

分析臺灣低氣壓之發生，其方法極多，最簡便者為應用地面天氣圖分析，各測站之風向變化，天氣變化及氣壓變化等發現鋒面帶及小波動之形成，但此種種之變化，有者因受地形影響或阻塞難以提前發現，或即在地面圖上能看出各要素之變化時，實際臺灣低氣壓業以生成，對預報作業言可說已失去時效，但若應用本文所求得 700 毫巴與 1000 毫巴厚度圖則可提早求出鋒面帶之位置及小波動之存在，概括言之應用本法分析將有下列各種優點。

- (1) Z_{700}^{1000} 厚度圖即表示 700 毫巴與 1000 毫巴間之平均等密度線，不必另經複雜換算及繪製等密度線，而只有差異分析法可一次繪成。
- (2) Z_{700}^{1000} 厚度圖表示之鋒面帶即等密度線走向均成東西方向，且位於等密度線之密集處與等密度線之稀疏處之中間（請參閱附圖 4），易於發現，可提 24 小時發現臺灣低氣壓之發生。
- (3) Z_{700}^{1000} 厚度圖，接近地面附近，但不受地形，

日射等其他因素影響，資料具有正確性。

- (4) Z_{700}^{1000} 厚度圖，分析低氣壓之發生極容易，如等密度線呈小山型時（各附圖之 A、B 圖中之 A 點）必有低氣壓之發生，等密度線無變化只有單一方時低氣壓無發生可能。
- (5) 低氣壓發展及鋒面之動向，應用厚度變差圖較易預報，即各附圖 C 中 W（密度變疎處）之數增值加時，低氣壓也相對發展，W 之移動方向即低氣壓及鋒面之移動方向，土○線如與緯度線略成平行，則表示鋒面帶停滯不動。
- (6) 如資料不足時，可應用臺灣附近之二三探空測站，直接計算 700 毫巴及 1000 毫巴之厚度而繪成日變化曲線圖（附圖 9），用以預報臺灣低氣壓之發生，在預報作業上亦非常簡便。

八、結 論

每年一至三月間在臺灣附近所發生之小低氣壓不僅直接影響臺灣天氣而在二十四小時內其影響且遠及日本，致該期該帶船隻航行視為畏途。本研究係根據厚度圖之學理，應用差異分析法圖解法，繪製 1964 年至 1967 年間之臺灣低氣壓發生時厚度圖附圖 10 至 23 一印證，在臺灣附近之鋒面帶上之等密度線有波動型時可決定低氣壓之發生，此差異分析法操作簡捷，在每日作業中以預報臺灣低氣壓之生成裨益甚大，且其他地區發生之低氣壓亦同時可分析，對天氣預報幫助不少。至希預報人員加以試用，應在每日繪成地面天氣圖及高空圖外，增繪厚度圖，並培植經驗，以確實掌握低氣壓之生成，以增進預報之時效與效率。

參考文獻

1. 柴山武 (1960) : 500-1000mb 厚層圖による台風，進路預報，研究時報 12 卷 8 號。
2. 山下洋 (1960) : 700-1000mb 層厚による東北地方南部における雨雪の限界の預報，研究時報 12 卷 7 號。
3. 徐晉淮 (1963) : 850mb 等壓面天氣圖之分析及應用，氣象簡訊 225 期至 233 期。
4. 有住直介 (1952-1953) : 高層天氣圖解析の手引，測候時報 19, No. 9~20, No. 15,
5. 澤田龍吉 (1955) : 天氣圖解析の基礎，預報研究ノート 6, No. 45.
6. Sawyer, J. S. (1950) : Formation of secondary depressions in relation to the thickness pattern. Met. Mag. 79, 1-5,
7. Sutcliffe, G. (1948) : The use of upper air thickness pattern in general forecasting, Met. Mag. 77, 145-152.
8. Sutcliffe, R. C. and Forsdyke, A. G. (1950) : The theory and use upper air thickness pattern in Forecasting. Quart. J. Roy. Met. Soc., 76, 189-217.
9. Haworth, C. and Housman, J. (1957) : Anticyclones in relation to a particular thickness pattern. The Met. Mag. 86, 321-332.