

臺灣各地區風速與颱風位置之關係

胡 三 奇

The Relationship between Wind Velocity Distribution over Taiwan and the Typhoon Positions

San-Chi Hu

Abstract

In order to find the relationship between wind velocity distribution over Taiwan area and the position of Typhoons a dynamical model was established through correlation analysis of thirteen years data. The theoretical velocity computed by the model, than, is related to the observed velocity through a non-linear regression equation. This two-step objective method can be used to forecast the wind velocity for each major station of Taiwan. The verification is also presented.

一、前 言

臺灣地處 25° 37' 53" 與 21° 45' 25" N 之間，正當西太平洋颱風之要衝，一年平均有 3.7 至 3.8 次颱風侵襲，對本省之危害甚大。概言之，其災害可分為風、雨二類，前者不但對建築物、農作物有害，對航空器之影響尤大。但因中央山脈縱貫全省，連綿 300 餘公里，每當颱風侵襲時，其低層風場結構受山脈之阻擋與破壞，使各地風速分佈與颱風原始者迥然不同，致在實際作業中，氣象單位做風力預報，常遭遇甚大困難。因此本文針對此項困難，以一簡單的颱風動力結構模式，將十三 (1958~1970) 年來侵襲臺灣的颱風資料，用統計的方法來研究侵襲臺灣風速分佈之情形，以發展出一套完整的預報方程式，並利用 1971、1972 年颱風資料，代入上述所得之預報方程式以測定其效果如何，盼能供給預報單位做參考。

二、資料之處理

在一般颱風預報的作業，預報方法有二：一為主觀預報，一為客觀預報。主觀預報由於相關因子太多，且颱風結構的理論未完備，雖近年來有不少的學者不斷的研究，例如 1943 年的 Hughes 做出

之熱帶風暴內下層風之分佈圖，並說明了風場分佈中心與氣壓中心不一致，1960 年 Malkus 與 Sand H. Riehl 所提出颱風對稱型之動力結構，1972 年 Denny, J. S. 使用大量飛行資料強調風場的不對稱及分佈情形等等，亦只能估計颱風內風場可能的分佈情況，對於颱風內固定點之風速，則大都未能確言其值，如再考慮山脈的阻擋與越山效應，就更難確定固定點之風速了。

至於使用客觀預報方法，僅考慮風速與颱風中心之關係，由以往颱風資料，純以統計方法，求得兩者之間的關係方程式，亦甚感困難。因此本文首先對所有颱風資料，做一統計相關試驗與分析，以確定最重要的相關因子，並假設一可用之動力模式方程式。本文所採用的颱風資料為十三年來中心在 19°N 以上，128°E~117°E 間的颱風之最大陣風、中心點位置、颱風眼半徑、30 Knots 之暴風半徑、50 Knots 的暴風半徑及各測站在同一時間所觀測之風速。在相關試驗中，我們發現 $\ln r$ 與 $\ln V$ (在此 r 為中心至測站之距離， V 為測站風速)，在最大暴風半徑 (R.M.W.) 以外地區似乎有線性關係。而在 R.M.W. 內區域， $\ln V$ 與邊界值及 R.M.W. 的大小亦有相當之關係，因

※本文之完成曾獲國家科學委員會之補助

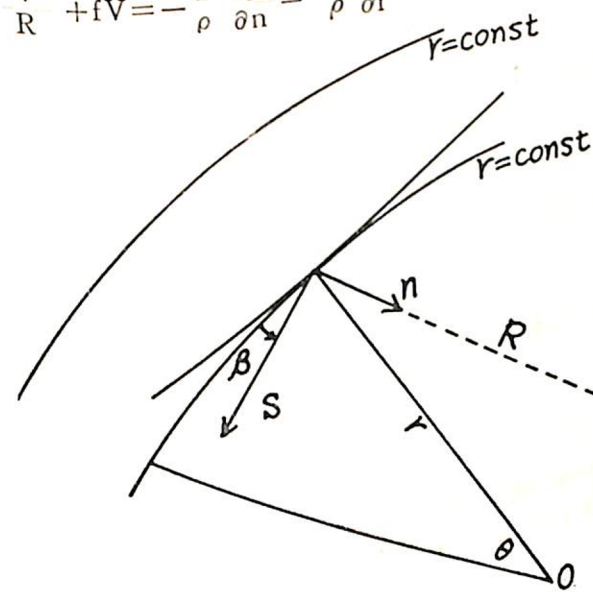
此假設了下節所示之動力模型。依此動力模式之方程式先求得測站風速之理論值，由此理論值與實際觀測值用統計之方法求得兩者之間之關係方程式，最後並做地形之修正。

三、動力模式

為討論方便計，採用之距離之參考座標系為 S.n.Z.，在此 S 為沿軌跡之距離，n 為軌跡法線方向座標，Z 為垂直座標，此座標系重疊於圓柱座標系如圖所示， β 為與颱風中心 O 恆為 r 之圓與軌跡線的交角，軌跡曲率半徑為 R，如此運動方程式為

$$\frac{dV}{dt} \cong V \frac{\partial V}{\partial s} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial s} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{sz}}{\partial z} \quad (1)$$

$$= \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} \sin \beta + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{sz}}{\partial z} \quad (2)$$



上式中 τ_{sz} 為切應力分量。

進一步，做如下之假設

- (1) 颱風幾乎是穩定或變化緩慢。
- (2) 氣壓場近乎向徑對稱，即 $\frac{\partial p}{r \partial \theta} \ll \frac{\partial p}{\partial r}$
- (3) $W \frac{\partial V}{\partial z} \ll V \frac{\partial V}{\partial s}$
- (4) 在低層風場中，橫向擾亂傳輸的切線分量，比垂直運動所傳輸的切線動量為小。
- (5) 近地區域，風向與高度無關，即 $\frac{\partial \tau_{nz}}{\partial z}$ 可不計。

以 $R = \frac{r}{\cos \beta}$ 代入 (2) 式，並由 (1)、(2) 兩式消去壓力梯度項，可得

$$\frac{V^2}{R} \sin \beta + fV \tan \beta - V \frac{\partial V}{\partial s} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{sz}}{\partial z} \quad (3)$$

對 (3) 式就整個厚度為 δZ 之內流層 (Inflow layer) 求平均，可得

$$\delta Z \left[\frac{\bar{V}^2}{r} \sin \beta + f \bar{V} \tan \beta - \bar{V} \frac{\partial \bar{V}}{\partial s} \right] = Z_{s0} = K_F \rho_0 V_0^2 \quad (4)$$

在此 $\bar{V}$ 表垂直平均， K_F 為一係數，下標 0 表地面性質。為方便計，以後 $\sim$ 均刪去不用。又因，

$$\frac{\partial V}{\partial s} = \frac{\partial V}{\partial r} \sin \beta \quad \text{則 (4) 式可變為}$$

$$\frac{dV}{dr} + V \left[\frac{1}{r} - \frac{K_F}{\sin \beta \delta z} \right] = -\frac{f}{\cos \beta} \quad (5)$$

設 V_θ 為風之切線速度

$V_\theta = V \cos \beta$ ，(5) 式即可改為

$$\frac{dV_\theta}{dr} + V_\theta \left[\frac{1}{r} + C(r) \right] = -f \quad (6)$$

在此 $C(r) = \frac{-K_F}{\sin \beta \delta z}$ ，Palmen 和 Riehl 氏

(1957) 得 $\frac{K_F}{\delta z} = 136 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$ ，

而 $\sin \beta$ 之值，分兩部份討論，在外區即 $r > r_1$ 時 (r_1 約為 100km) $\sin \beta = \sin \beta_L$ ，在此 β_L 為常數；在內區即 $r < r_1$ 時， $\sin \beta$ 為線性遞減，當 $r = r_E$ (r_E 為颱風眼半徑，約為 25km)， $\sin \beta = 0$

即 $\sin \beta = \sin \beta_L \frac{r - r_E}{r_1 - r_E}$ ，

因此 (6) 式之解亦分兩部份來討論。

(-) 外兩區， $C(r) = C$ 為一常數，則 (6) 式之解為

$$V_\theta r = \frac{f}{C^2} (1 - Cr) + C_1 e^{-Cr} \quad (7)$$

C_1 為積分常數，以下述方法決定之，當 $r = r_0$ (r_0 約為 500km) 相對渦旋度為零，即

$$\frac{dV_\theta}{dr} + \frac{V_\theta}{r} = 0, \text{ 由此可得}$$

$$C_1 = \frac{-f}{C^2} e^{Cr_0}$$

$$V_\theta r = \frac{f}{C^2} [1 - Cr - e^{C(r_0 - r)}] \quad (8)$$

(二)內雨區：因 $\sin \beta = \sin \beta_L \frac{r-r_E}{r_1-r_E}$ ，且 $f \approx 0$

，所以(6)式之解為

$$V_{\theta} r = C_2 [r - r_E] - (r_1 - r_E) C \dots\dots\dots(9)$$

C_2 亦為積分常數，由(8)式中將 $r=r_1$ 代入，求出的 V_{θ} 值，再代入(9)求得。

在最大暴風半徑外，J.S. MALKUS 氏由(8)式求得之 V_{θ} 與 r 的關係，可以較簡單之關係式表示如下：

$$V_{\theta} r^x = \text{常數} \dots\dots\dots(10)$$

在此 x 為一常數。

為預報方便計，當測站在最大暴風半徑外時，我們採用(10)式為動力模式，而測站在最大暴風半徑內時，則採用(9)式為動力模式。且因颱風結構幾乎是對稱，所以 $V \approx V_{\theta}$ 。

四、動力預報方程式

本節討論由上述之動力模式，來求得測站風速理論值之方法；

(A)最大暴風半徑外地區：

對(10)式取對數，可得

$$\ln(V) + x \ln(r) = K \dots\dots\dots(11)$$

上式中 x 與 K 均為常數，可由已知颱風資料求得

$$\ln(V) = \ln(V_m) - \frac{[\ln(r_{50}/3) - \ln(r)] \times \ln(V_m)}{\ln(r_{50}/3) - \ln(r_E)} \dots\dots\dots(15)$$

上式中 V_m 為颱風最大風速

又當 $r > \frac{r_{50}}{3}$ 時，我們可得

$$\ln(V) = \ln(V_m) + \frac{[\ln(r_{50}/3) - \ln(r)] \times [\ln(V_m) - \ln(50)]}{\ln(3)} \dots\dots\dots(16)$$

(C)颱風最大風速小於 50knots 時，我們可得

$$\ln(V) = \ln(V_m) + \frac{[\ln(V_m) - \ln(30)] \times [\ln(r) - \ln(r_E)]}{\ln(r_E) - \ln(r_{30})} \dots\dots\dots(17)$$

五、統計修正

由上節各方程式所求得各測站的理論風速值與測站實際觀測值通常並不一致。此乃因測站風速並非僅是距離 r 之函數，還有其他因子會影響它。例如地形，因測站各方向之地形絕對不會完全一樣，故對同強度的颱風，雖與測站等距離，若其所在方位不同，測站所測得之風速亦不同。因此以臺北為例，配合其地形，把颱風位置與臺北位置的方向角，就方位角 $0^\circ \sim 90^\circ$ 、 $90^\circ \sim 120^\circ$ 、 $120^\circ \sim 150^\circ$ 、 $150^\circ \sim 180^\circ$ 、 $180^\circ \sim 195^\circ$ 、 $195^\circ \sim 210^\circ$ 、 $210^\circ \sim 240^\circ$ 、 $240^\circ \sim 270^\circ$ 、 $270^\circ \sim 300^\circ$ 、 $300^\circ \sim 360^\circ$ (以

代入上式，則(11)式變為

$$\ln(V) = \ln(50) + [\ln(50) - \ln(30)] \times \frac{\ln(r) - \ln(r_{50})}{\ln(r_{50}) - \ln(r_{30})} \dots\dots(12)$$

上式中 r_{50} 、 r_{30} 分別為 50 knots 與 30 knots 颱風半徑。

(B)最大暴風半徑內地區：此區較為複雜，故用兩種不同的方法，求其理論風速值。

方法一：將(9)式取對數，可得

$$\ln(V_{\theta}) + \ln(r) = -(r_1 - r_E) C \ln(r - r_E) + \ln C_2 \dots\dots(13)$$

上式中之 $C=5.8944 \times 10^{-5} m^{-1}$ (J.S. MALKUS)， C_2 則由 $r_1=r_{50}$ ， $r=r_{50}$ ， $V=50$ ， $r_E=13.636$ (此為平均值，若觀測資料中有 r_E 當以該值代入)

$$\ln C_2 = \ln(50) + \ln(r_{50}) - (r_{50} - 13.636) \times 5.8944 \times 10^{-5} \times \ln(r_{50} - 13.636) \dots\dots\dots(14)$$

方法二：我們假設最大風速產生在 $r = \frac{r_{50}}{3}$ 處

，且由此向颱風眼遞減。則當 $r < \frac{r_{50}}{3}$ 時，我們可得

$$\ln(V) = \ln(V_m) - \frac{[\ln(r_{50}/3) - \ln(r)] \times \ln(V_m)}{\ln(r_{50}/3) - \ln(r_E)} \dots\dots\dots(15)$$

上式中 V_m 為颱風最大風速

又當 $r > \frac{r_{50}}{3}$ 時，我們可得

$$\ln(V) = \ln(V_m) + \frac{[\ln(r_{50}/3) - \ln(r)] \times [\ln(V_m) - \ln(50)]}{\ln(3)} \dots\dots\dots(16)$$

(C)颱風最大風速小於 50knots 時，我們可得

$$\ln(V) = \ln(V_m) + \frac{[\ln(V_m) - \ln(30)] \times [\ln(r) - \ln(r_E)]}{\ln(r_E) - \ln(r_{30})} \dots\dots\dots(17)$$

正北為 0°) 等十區內的颱風，分別就理論值與實際值做非線性迴歸方程如下：

若 V_T 表由第四部份將 r 代入求得的風速理論值

V 表測站觀測值

我們假設兩者之間的關係為

$$V = \sum_{k=0}^m A_k V_T^K \dots\dots\dots(18)$$

上式 A_k 為迴歸方程係數， m 為次數。

$$J = \sum_{i=0}^n [V_i - \sum_{K=0}^m A_K V_{Ti}]^2 \dots\dots\dots(19)$$

使 J 為極小時的 A_K ， $K=0, 1, 2, \dots, m$ 應為

，上式 n 為組數。

$$\frac{\partial J}{\partial A_j} = 0, \quad j=0, 1, 2, \dots, m \dots\dots(20)$$

$$\text{可得 } \sum_{k=0}^m (\sum_{i=1}^n V_i^j V_{Ti}^k) A_K = \sum_{i=1}^n V_i^j V_{Ti}^j \quad j=0, 1, 2, \dots, m \dots\dots(21)$$

上式 $m+1$ 個聯立線性方程式，稱為法方程式，令

$$b_{jk} = \sum_{i=1}^n V_i^k V_{Ti}^j \quad j, k=0, 1, \dots, m \dots\dots(22)$$

$$C_j = \sum_{i=1}^n V_i^j V_{Ti}^j \quad j=0, 1, \dots, m \dots\dots(23)$$

展開(21)式可得

$$b_{00}A_0 + b_{01}A_1 + \dots + b_{0m}A_m = C_0$$

$$b_{10}A_0 + b_{11}A_1 + \dots + b_{1m}A_m = C_1$$

$$\dots\dots\dots$$

觀測值	13	22	23	15	6	11	11	13	8
理論值	19.52	18.48	17.10	15.66	20.58	20.62	12.99	12.82	30.91
預報值	7.76	18.867	18.5	18.13	7.75	7.75	7.62	7.61	11.95
觀測值	12	23	17	28	23	17	12	30	28
理論值	34.72	13.69	14.94	42.65	31.92	26.01	10.05	39.89	26.29
預報值	14.41	21.57	22.73	19.0	22.1	21.97	18.8	29.5	21.05
觀測值	6	15	18						
理論值	18.20	32.52	33.20						
預報值	7.68	12.14	13.52						

表九 (單位 knots)

平均觀測風速：17.19

觀測風速的標準偏差：7.33

估計標準偏差：4.35

現在我們以蒲氏風級的區間來考察預報結果，如果預報值在上下級風速的區間內算正確的話，以恆春站的預報結果，其準確率為 76.2%，即二十一次的預報中十六次是正確，五次失敗，而且失敗的預測最多不會跨過一級以上。

八、討 論

由以上的結果，我們可依下列方式進行預報，先由颱風中心與測站距離 r 代入第四部份的方程式，先求得測站風速的理論值，再將此理論值代入

$$b_{m0}A_0 + b_{m1}A_1 + \dots + b_{mm}A_m = C_m \dots\dots(24)$$

解這 $m+1$ 個聯立方程式，可得 $A_0, A_1, \dots, A_m$ 。當 m 大時，解聯立方程式非常困難，因此常用增加 m 之值，使

$\sigma^2 = \frac{\delta^2}{n-m-1}$ ， $\delta^2 = \text{Min}(J)$ 達臨界點時， m 為最佳方程式的次數。

六、各測站的迴歸係數 A_K 值

由五節方法，由理論值求得最後預報值，當然比理論值更接近觀測值。各測站的 A_K 值分別列於表一至表八。

七、預報結果與誤差探討

我們以 1971、1972 二年間七個颱風的資料來討論預報結果，以恆春站為例，見下表：

第五部份的迴歸方程式，此方程式中的迴歸係數 A_k 由第六部份可得，由此就可求得該測站的預報值，這中間的運算過程甚為簡單，用桌上計算器即可迅速完成。

將 1971、1972 年內的七個颱風以上述方法預報測站風速，發現當測站在颱風半徑外時，其結果與實際情形甚為吻合。但當測站在颱風半徑內時，其產生的誤差較大，此原因大概是由於以下幾點：

- (1) 所使用的資料太大，以致影響其結果。
- (2) 所考慮的因子太少。
- (3) 颱風內部的十分複雜，而具(9)式之模式不符合實際情形。

若我們能使用較多年的颱風資料，並將考慮的因子加多，例如測站的氣壓，颱風的移動速度方向等，並改變所使用的模式，例如將(9)式改爲 Sheu D.J. (1972) 所提的 Vr^{-1} = 常數。也許可以得到較好的結果，關於這方面的工作實在有待日後再做進一步的研究，並非非常盼望氣象先進與同仁不吝賜正。

九、參考資料

1. Hughes, L. A. (1952) : Journal of

Meteorology Vol.9 P422-428.

2. Malkus, J. S. (1958) : Journal of Meteorology Vol.15 P337-349.
3. Malkus J. S. and Riehl. H. (1960) : Tellus. Vol.12 P1-P20.
4. Michio Yani (1964) : Review of Geophysics, Vol.2 No. 2 May.
5. Palmer, C. E. (1951) : Compendium of Meteorology P859-P880
6. Riehl. H. (1954) : Tropical Meteorology Chapter 11.
7. Sheu, D. J. (1972) : NOAA-22-65-72 (G) NSFGA 19937.
8. 威啓勳，關壯濤：颱風理論與預報。

十、誌 謝

本文承行政院國家科學委員會補助經費始得以完成，此外交通部並對電訊研究所給予使用電子計算機方面之便利，中央氣象局與空軍氣象中心熱心提供有關之颱風資料，及於資料處理時徐士哲君之協助，作者均衷心感謝。

園 地 公 開

歡 迎 賜 稿

松 山 站

類 別	方位角(度)	A ₀	A ₁	A ₂
暴 風 半 徑 外	0~90	47.1651	-2.10956	0.0298555
	90~120	-3.91963	0.831247	-0.00653042
	120~150	24.1426	-0.849094	0.0168053
	150~180	-4.99696	1.26397	-0.0109827
	180~195	25.1126	-0.956269	-0.0282789
	195~210	55.7957	-3.99443	0.104187
	210~240	17.8874	-0.446709	0.0236331
內	240~270	-22.5931	2.03209	-0.0219568
	270~300	0.869368	0.437580	-0.00467124
	300~360	0.764325	0.525100	-0.00458711
暴 風 半 徑 內	0 方法一	3.05416	0.516206	-0.00173045
	90 方法二	72.5212	-0.815696	0.00459125
	90 方法一	-57.8818	2.1150	-0.0108707
	180 方法二	-24.6099	1.20977	-0.00398031
內	180 方法一	23.6213	0.412759	-0.00262543
	360 方法二	17.3533	0.576916	-0.00378246

表 一

新 竹 站

類 別	方位角(度)	A ₀	A ₁	A ₂
暴 風 半 徑 外	0~90	11.5228	-0.336075	0.0108457
	90~120	23.0318	-0.838291	0.0228036
	120~150	7.47221	0.744195	-0.0102636
	150~180	4.53912	0.978086	-0.0150031
	180~195	15.0192	-0.537120	0.0247077
	195~225	123.132	-6.61243	0.0976826
	225~270	-13.8372	1.96977	-0.0386841
內	270~360	-0.4637346	0.6234155	0.0000
	0 方法一	-9.37842	0.974193	-0.00531089
	150 方法二	26.20	0.0653	0.0000
內	150 方法一	14.46	0.093	
	360 方法二	26.08	0.73	

表 二

台中西屯站

類別	方位角(度)	A ₀	A ₁	A ₂
暴	0~90	-0.811645	0.491400	-0.000755243
	90~120	10.4422	0.134946	0.00219690
風	120~150	-6.39091	0.921244	-0.00998600
	150~165	63.2802	-4.05396	0.0760055
半	165~180	35.9650	-1.98726	0.0401105
	180~195	-0.00431446	4.54835	-0.0897173
徑	195~210	-20.9832	2.19597	-0.0357565
	210~240	0.299295	0.551435	-0.00989073
外	240~270	-16.2817	1.06224	-0.00587230
	270~360	-10.5244	1.80097	-0.0233202
暴徑	0	47.6179	-0.409476	0.00131833
風	1		-0.589863	0.000810740
半內	360	56.3086		

表三

馬公站

類別	方位角(度)	A ₀	A ₁	A ₂
暴	0~30	39.3760	-1.43974	0.0288079
	30~60	19.3703	-1.21698	0.0361187
風	60~90	14.5105	0.344254	0.00113898
	90~105	10.3818	0.763787	-0.00611412
半	105~120	-7.06360	2.26489	-0.0307976
	120~135	-46.0516	5.16175	-0.0866185
徑	135~150	-5.95390	1.76504	-0.0212830
	150~180	-12.7724	2.96469	-0.0580162
外	180~225	-44.0934	4.43806	-0.0712282
	225~270	-87.8575	7.66409	-0.122630
	270~360	38.4330	-1.15795	0.0241530
暴徑	0	49.1105	-0.310720	0.00206778
風	1		0.336056	-0.00240751
半內	360	33.4781		

表四

台南站

類別	方位角(度)	A ₀	A ₁	A ₂
暴	0~90	10.3301	-0.101017	0.00946880
	90~120	13.7652	-0.396683	0.00816342
風	120~150	22.0286	-1.14175	0.0236357
	150~180	25.0834	-0.933017	0.0150610
半	180~210	-10.1319	1.15940	-0.0144256
	210~270	31.9474	-1.60219	0.0313531
徑	270~360	65.6360	-3.38411	0.0581247
暴徑	0	20.7916	-0.563613	0.0467480
風	180	53.0919	-0.989956	0.00696705
半內	180	133.530	-12.9130	0.384540
	360	129.414	-3.43669	0.0295893

表五

恒春站

類別	方位角(度)	A ₀	A ₁	A ₂
暴	0~60	14.5981	0.197165	0.00183028
	60~90	6.42442	0.139701	-0.00364950
風	90~120	35.7039	-2.05187	0.0333338
	120~150	51.0400	-2.97171	0.0556122
半	150~180	-63.8681	5.51803	-0.0824202
	180~210	-36.5346	3.66244	-0.0526747
徑	210~270	6.17325	1.08690	-0.0184299
	270~360	10.4821	0.116567	0.00903901
暴	0	30.7030	0.100736	0.00222071
風	1	27.4965	-0.341173	
半	180	29.6208	-0.0466685	
	180	6.97750	0.368998	-0.00282272
徑	180	32.527	0.943	
半內	360			

表六

花蓮站

類別	方位角(度)	A ₀	A ₁	A ₂
暴風半徑外	0~90	-2.93611	0.654961	-0.0103623
	90~120	21.8160	-0.992543	0.0139834
	120~150	9.85587	-0.0197304	0.00785840
	150~180	-10.4643	1.47384	-0.0217795
	180~210	7.49625	0.0181896	-0.0000405269
	210~240	-7.0185450	1.39650	-0.0300781
	240~270	18.5450	-1.58351	0.0462930
	270~300	-12.3289	1.30742	-0.02131721
暴風半徑內	0 方法一	62.0741	-5.70293	0.157020
	180 方法二	25.1385	-0.434778	0.00455956
	180 方法一	37.3071	-1.66278	0.0192481
	360 方法二	-3.02628	0.288209	0.000758762

表 七

台東站

類別	方位角(度)	A ₀	A ₁	A ₂
暴風半徑外	0~90	-0.0252797	0.442012	-0.00484052
	90~110	-0.823730	0.664583	-0.00176048
	120~150	26.5970	-0.830441	0.0176792
	150~180	60.3781	-0.0273774	0.0449561
	180~210	-6.14874	1.62302	-0.0278389
	210~240	-2.04807	0.740623	-0.0100562
	240~270	18.5942	-0.811979	0.0132553
	270~315	6.11278	-0.200426	0.00921858
暴風半徑內	315~360	8.67714	-0.0803865	0.00670848
	0 方法一	5.59746	1.31243	-0.0321402
	90 方法二	54.2286	-0.934178	0.00479882
	90 方法一	34.8237	-1.67723	0.0490759
	180 方法二	32.8087	1.47774	-0.00902291
	180 方法一	25.6179	0.969660	-0.0969647
	360 方法二	0.000221377	7.07199	-0.0493043

表 八