

應用衛星資料估算颱風侵台期間之風力與雨量

潘大綱 呂貴寶

空軍氣象聯隊氣象中心

摘 要

不同區域生成與發展之颱風分別具備不同之特性(潘、2001)，故本研究仍延續上年度計劃將侵台颱風區分為兩大類，即生成、發展於西太平洋之西行颱風(westward)及生成、發展於南海之北上颱風(northward)；另將台灣區分為北部、中部、南部及東部等四個樣本研究區域，藉由統計迴歸方程分別計算西行及北上颱風在台灣各樣本研究區域中之衛星影像資料與實際侵台颱風風力、降水間之相關性；由於颱風之移動方向對台灣地區之颱風風力與降水預報扮演相當關鍵之角色，故本研究同時應用同步衛星影像資料，嘗試找出颱風行進方向與衛星影像梯度間之相關性，並以此相關性預測颱風之移動方向。

研究結果顯示，西行颱風之衛星影像資料在各樣本研究區域中對降水之相關性最高可達 0.6，但對中部地區之相關僅有 0.4，由此顯示地形對背風區之中部地區影響最大；另西行颱風之衛星影像資料在各樣本研究區域中對風力之相關性均在 0.5 至 0.55 間，其中同屬背風區之中部與南部地區之相關性均小於北部及東部地區；北上颱風之衛星影像資料在各樣本研究區域中對風力及降水之相關性均優於西行颱風，其中對風力之相關係數最高可達 0.7，對降水之相關係數均在 0.6 左右，惟東部地區對降水之相關性高達 0.8。

在應用衛星影像資料預測颱風移動路徑方面，向西及西北方移動之颱風，其移動方向預測準確度最好，若以 24 小時平均衛星影像資料分析，偏南行進之颱風路徑預測準確度則獲得明顯改善。

一、前言

由於台灣中央山脈之中尺度地形特徵加深颱風風力及降雨預報之複雜性，因此在台灣颱風風力及雨量之估算中，各地區風力及雨量估算模式之建立即為本研究之重點；由於颱風行進之方向關鍵性地決定台灣各地實際出現之風雨強度大小，故颱風行進方向之推估亦為本研究之目的。

本研究透過多重線性迴歸建立侵台颱風之紅外線衛星影像資料與颱風降水及風力間之估算模式。由於侵台颱風在台灣各地出現之風力及雨量差異甚大，因此本研究將台灣區分為四個區域，分別為北、中、南及東等區域，個別針對上述四個區域迴歸建立各個區域降水與風力估算模式，以符合防災上之實際需要。

本研究為「應用衛星影像資料在侵台颱風風力與雨量之估算」之第二年計畫，研究內容著重於應用衛星影像資料建立侵台颱風在各地區風力及雨量之估算模式，另應用衛星影像資料預測颱風行進方向亦為本研究之重點。

二、資料與方法

本研究為利用多重線性迴歸建立侵台颱風之紅外線衛星影像資料與颱風降水及風力間之估算模式，其中衛星影像資料為日本同步衛星 GMS-05 中之紅外線第一頻道資料，為配合美軍聯合警報中心所發布之颱風資料並參照本軍颱風資料報告，本研究選取之同步衛星影像資料為每六小時一次；地面實測資料(Groundtruth)為颱風侵襲期間之全省

各地雨量及風力地面觀測資料。其中畫分為北、中、南及東部四區；北部地區包含松山、桃園、中正及新竹等測站，中部地區包括台中、清泉崗及嘉義等測站，南部地區包括台南、岡山、高雄及屏東等測站，東部地區則包括宜蘭、花蓮及台東等測站。雨量資料選取時間及選取方式為以六小時內之各區域平均值做為對應每六小時衛星觀測樣本之實測值；風速資料選取時間及選取方式為六小時內之各區域之最大值做為對應每六小時衛星觀測樣本之實測值。

與上年度相同，本研究將實際暴風半徑到達台灣地區之颱風樣本區分為兩類，即西行颱風及北上颱風兩類；除上年度選取之九個西行颱風及七個北上颱風外另增加七個西行颱風及二個北上颱風為個案，附圖 1 為所有颱風個案路徑圖，由圖中可顯示本研究中所有颱風個案之移動路徑及空間分布概況。本研究中共統計十六個西行颱風個案，其中包括 86 個樣本，而北上颱風共有九個，其中包括 36 個樣本。

在衛星參數方面，本研究共討論平均亮度溫度 (mean brightness temperature)、亮度溫度之標準偏差 (standard deviation)、最低亮度溫度 (minimum brightness temperature)、小於 235k 之雲面積 (A235) 及小於 210k 之雲面積 (A210) 等五項參數。另分別以颱風眼為中心向外 25 公里、50 公里、100 公里及 200 公里等範圍為衛星樣本研究區，並分別在四個區域內分別計算上述五個衛星參數；上述之雲面積定義為樣本研究區內像元 (pixel) 數之總合。

本研究透過多重迴歸方程 (Multivariate regression eq.) 計算各研究區域中衛星影像參數與地面實測降水與風力間之相關性，以建立各區域之颱風降水及風力估算模式，同時由其中探討颱風侵台時中央山脈對各地區之影響特性。

本研究另針對利奇馬等六個侵台颱風共 31 筆資料作雲頂高度梯度分析，研究期間各

颱風之實際移動路徑如圖 2 所示。

在分析颱風移動路徑中分為兩個步驟，第一個步驟將各颱風之各資料時間的實際移動路徑區分為 N、NW、W、SW、S、SE、E 及 NE 等八個方位，統計結果共可得到 18 筆 NW 方位、6 筆 W 方位、5 筆 SW 方位、2 筆 S 方位資料，同時將衛星影像以颱風眼為中心向外 15 個像元 (約 75 公里) 半徑範圍內找出雲系發展最高的一點，定義此點為颱風中心之雲高，並以颱風中心向外同樣區分為八個方位，另於每個方位中取距離颱風中心 20、30、40、50、60、70、80、90、100 像元等九個半徑，分別求得各半徑在各方位中的雲頂高度梯度，及各半徑範圍之雲頂高度差，由此梯度值比較與颱風實際移動路徑間之相關性。

本步驟於每個半徑之八個方位中選擇雲頂高度梯度最大的前三個方位，定義為預測之可能移動方向，另再以此預報時間到之一次資料時間中颱風實際移動路徑方向為實際颱風移動方向，作為預測颱風移動方向之驗證，而前述之最大三個雲頂高度梯度即為此移動方向之樣本，以此類推共可得 502 個西北行進樣本、166 個朝西行進樣本、128 個西南行進樣本及 55 個朝南行進樣本；由於颱風雲系分布可能非對稱，這會造成在各方向估算之雲頂高度梯度之相關比較上易產生較大誤差，因此本研究之第二步驟即為計算每日之平均衛星雲圖，藉以減少因上述非對稱的颱風雲系分布而產生的誤差；本研究因配合颱風定位資料，每日僅有 4 筆雲圖樣本，故此處之平均衛星雲圖為每日 4 個相隔 6 小時之雲圖平均值，同樣地，在此平均雲圖中亦同樣分別計算各半徑在各方位中的雲頂高度梯度，以分析探討其與颱風實際移動方向間之相關。

三、研究結果

附表 1 為衛星影像十四項參數與颱風降水在各地區之迴歸係數對照表，由表中可知

在西行颱風個案中相關性最佳的地區為東部及北部地區，其相關係數均為 0.59，相關性最差的為中部地區，其相關係數為 0.4；在北上颱風個案中，衛星參數與各地颱風降雨間之相關係數，各地均在 0.66 以上。

附表 2 為十四項衛星參數與颱風在各地區最大風速之迴歸相關係數對照表；由附表中可知無論是西行或北上颱風，各地區之最大風速與衛星參數間之相關性均在 0.5 以上，其中北上颱風較西行颱風表現佳，正如同衛星參數與颱風降水間之相關表現，其對颱風最大風速間之相關性仍以東部及南部地區最佳，其相關係數分別為 0.69 及 0.66，由此可推論北上颱風之環流風場範圍亦具較西行颱風之環流風場小之特性；而南部及東部地區之颱風風速應為颱風直接吹襲為主，受地形破壞或加強之效應較少，故其相關係數較大。

西行颱風中最大風速與衛星參數間之相關性，各地均在 0.5 至 0.56 間，差異不大，但中部及南部地區之相關係數相對較小，此應為地形影響所致；東部地區之迴歸相關係數仍最佳，由此可之無論是對颱風降水或是對颱風最大風速之迴歸相關性，東部地區均為各地區中之相關性最佳處。

在分析預測颱風之行進方向方面，附表 3 至附表 6 為颱風實際移動方向中各方向之預報頻率，由附表 3 及附表 4 中顯示實際朝西北方向移動之颱風，其在西北方向上之雲頂高度梯度預測頻率亦為最大，實際朝西方向移動之颱風，其雲頂高度梯度預測頻率之最大值雖仍然位於西北方向上，但明顯減少，位於西方向上之雲頂高度梯度預測頻率僅略少於西北方，而值得注意的是東南及東方向上之雲頂高度梯度預測頻率較實際西北向移動颱風之同方向預測頻率增加許多。然而如附表 5 及附表 6 所示，實際朝西南及南方向移動之颱風，其在西南及南方向上之雲頂高度梯度預測頻率並非為最大，相反地，最大值仍然在西北及西方向上，不過其北向

及西北向梯度頻率已明顯減少，而偏南向及東向之梯度頻率卻顯著增加。

綜合以上之分析可發現，若西北向之雲頂高度梯度預測頻率最大，且偏南及東方向之梯度頻率均相對較低，則颱風朝西北行進之可能性最大，但若偏南及東方向之梯度頻率相對增加，則颱風有朝西方向移動之趨勢；另若偏南及東方向之梯度頻率大幅增加，甚至大於或幾近於偏北、偏西方向之雲頂高度梯度頻率，此時颱風則有偏西南或南方向移動之可能性。

四、小結

- (一) 衛星影像十四項參數與颱風降水在各地區之迴歸相關係數，西行颱風中以南部及東部地區最佳，北上颱風中仍以東部地區最佳，其餘地區次之，但經過針對各地區之颱風樣本篩檢後，西行颱風中相關性最佳地區落於北部及東部地區，北上颱風中仍以南部及東部地區最佳，且北上颱風之相關性遠較西行颱風表現佳。
- (二) 衛星影像十四項參數與颱風降水在各地區之迴歸相關係數，西行颱風中以南部及東部地區最佳，北上颱風中仍以東部地區最佳，其餘地區次之，但經過針對各地區之颱風樣本篩檢後，西行颱風中相關性最佳地區落於北部及東部地區，北上颱風中仍以南部及東部地區最佳，且北上颱風之相關性遠較西行颱風表現佳。
- (三) 衛星影像十四項參數與颱風降水在各地區之迴歸相關係數，西行颱風中以中部地區最低，且經修正颱風樣本後之改善有限，此應為西行颱風於台灣中部地區產生之次環流造成較「異常」之降水所導致。
- (四) 衛星影像十四項參術語颱風降水在各地區之迴歸相關係數，西行颱風中，各地區均介於 0.5 至 0.56 間，差

異不大，惟表現最佳者仍為東部地區，北上颱風中，相關係數最佳的地區為南部及東部，且北上颱風之相關係數表現均較西行颱風佳。

(五) 無論是衛星參數對颱風降水或是對最大風速間之迴歸相關係數，北上颱風均較西行颱風表現佳，北上颱風中又以東部及南部地區之相關性最佳。

(六) 由於本研究中之颱風樣本均為生成於西太平洋之西行颱風，故於研究中發現實際颱風移動之雲圖中，其偏西北及西方向之雲頂高度梯度均較其他方向之雲頂高度梯度大，此結果似乎顯示颱風移動方向與其移行類別相關，故後續之研究中應與颱風風雨估算相同，區分颱風生成源地及移行方向。

(七) 本研究中利用每日 4 張雲圖求得日平均雲圖以減少颱風雲系之不對稱性，若能增加每日雲圖數量，最多計算 24 張，應更能改善颱風雲系之不對稱性，求得更準確之各方位平均雲頂高度梯度值。

致謝

本研究為國科會計畫 NSC91-2625-Z-072-001-AP1 支持之成果，研究期間，空軍氣象中心提供電腦使用環境及各種歷史資料，在此特表致謝。

參考文獻

- 王時鼎、謝信良、鄭明典、葉天降、1998：侵台颱風流型與颱風路徑走向間之關係研究，天氣分析與預報研討會論文彙編，268-275。
- 徐天佑、呂貴寶，1994：颱風降水之個案研究，氣象預報與分析 141 期，P23-30。
- 徐天佑、沈哇、李紀恩，1996：利用衛星觀測資料研判分析台灣及其鄰近區域

風特性之研究 (II)，NSC- 85- 2111-M- 072- 001- AP1。

徐天佑、劉崇治、李國光，1997：利用衛星資料研判颱風變化情形。天氣分析與預報研討會，P311- P312。

徐天佑、沈哇、張凱軍，1997：利用衛星觀測資料研判分析台灣及其鄰近區域颱風特性之研究 (III)，NSC- 86- 2111-M- 072- 001- AP1。

徐天佑、張凱軍、呂貴寶、劉崇治，1997：颱風雲系與結構之探討，第六屆國防科技與學術研討會，P644-650。

謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降、1998：百年侵台颱風路徑圖集及其應用，中央氣象局研究報告，CWB86-1M-01 PP497。

劉振榮、呂貴寶、徐天佑，1992：應用同步衛星資料估算臺灣地區對流降雨，大氣科學，第 20 期第 3 號，233-265。

潘大綱，2001：應用衛星影像資料在侵台颱風風力與雨量之估算 (I)，NSC 91-2625-Z-072-001-AP1。

呂貴寶、呂崇華、潘大綱、張培臣，2003：應用同步衛星資料在颱風移動方向之探討，天氣分析與預報研討會，463-468。

Arkin,P.A.(1979).The relationship between fractional coverage of high cloud and rainfall accumulations during GATE over the B-scale array. Mon.Wea.Rev. 107, 1382-1387.

Barrett,E.C.,and D.W.Martin,1981：The use of satellite data in rainfall monitoring. Academic Press, 340pp.

Griffith,C.G.,W.L.Woodly,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.

Lin, Y. L., D. W. Hamilto and C. Y. Huang,

1977: Orographic influence on propagating tropical cyclones. Preprints, 22nd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology. Amer. Meteo. Soc., Fort Collins, Co, 244-245.

Ma, K.F., C.T.Lee,Y.B.Tsai,T.C.Shin,and J. Mori,1999：The Chi Chi Taiwan earthquake：large surface displacement on an inland thrust fault, Eos, Trans. AGU, 80, 605-611.

Pan, Peter Da-Gang and K-P Lu., 2003：Statistics forecast on precipitation over Taiwan area during typhoon invasion using GMS-5 data. Preprints, 12 th conf. on Satellite Meteorology and Oceanography. Long Beach CA, AMS., p2.21. (in press)

Ronald,B.S,1997: The theoretical and observational studies of tropical cyclones. Workshop on Typhoon Research in the Taiwan area. P6-8.

Shiel,S,L.,1996:The integrated study on quantitative forecast of precipitation in Chia-Nan area general project (II) ,Tech.report,National science Council of Taiwan, 161 pp.

Sui, C. H., C. Y. Huang, Y. B. Tasi, C. S. Chen, P.L.Lin,S.L.Shieh,M.H.Li, Y. A. Liou, T. C. Wang, R. S. Wu, G. R. Liou, and Y.H. Chu.,2002：Meteorology-hydrology study target typhoon NARI and Taipei flood Eos, Trans. AGU,83,265-270.

Vernon F.Dvorak, Frank Smigielsk, 1993：A workbook on tropical cloud systems observed in satellite imagery, 1993, NOAA.

Wilk,D.S, 1995：Statistical methods in the atmospheric science. Academic Press, 467 pp.

Yeh, T. C., K. N. Huang and D. S. Chen 1977:

A numerical study of orography effect on typhoon Herb. Preprints, 22nd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology. Amer. Meteo Soc., Fort Collins, Co, 242-243.

Statistical study with GMS-05 data on precipitation and wind strength over Taiwan area during typhoon invasion

Peter Da-Gang Pan Kuei-Pao Lu

Weather Center, Weather Wing, C.A.F. R.O.C.

ABSTRACT

Typhoons are one of the main natural disasters that often inflict severe damages to the Taiwan area. Based on climatic data for the past 20 years, Taiwan is a typhoon-prone country, where it is hit annually by at least four typhoons of varying degrees. The strong wind and heavy rainfall that often accompany these storms, poses a serious threat to people's lives and property. In addition, it also causes a tremendous inconvenience to everyone, and may temporally halt the island's industrial output. However, the Central Mountain Range, which runs from the northern part of the island to the southern part, has a pivotal influence over a typhoon's approaching path, resulting in further complications in the storm's wind strength and rainfall forecast.

Typhoons that develop at different regions own different characteristics (Pan, 2001). Therefore, this study dividing these tropical storms into two separate classes. One class is the genesis of westward-moving typhoons in the Western Pacific Ocean, the another is the development of northward-moving typhoons from the South China Sea. The island is subsequently divided into four research areas--- northern, central, southern and eastern Taiwan. A statistical regression equation is employed in calculating the correlation of the wind intensity and rainfall from satellite images focused on each respective research area. Due to the fact that the typhoon's directional movement plays a key role in forecasting the wind strength and rainfall, this research seeks to find the correlation of a typhoon's track with the satellite image gradient, and thus by using this information to predict the typhoon's future movement.

Results indicate the correlation of satellite images of westward moving typhoons for each research area with the rainfall can reach as high as 0.6, but for central Taiwan it merely reaches 0.4. This shows that the terrain has the most profound affect over the leeward side of central Taiwan. The correlation with the wind strength is in between 0.5 to 0.56, where it is lower for the central and southern parts of the island. As for northern moving typhoons, the correlations are much higher, attaining a value of 0.7 with the wind, and 0.6 with the rainfall (correlation with eastern Taiwan reaches as high as 0.8).

In regards to applying satellite image data in predicting a typhoon's track, the accuracy is higher for western or northwestern moving cyclones. If 24 hour-averaged satellite images are analyzed, the precision in forecast of southward moving typhoons is greatly enhanced.

附表 1：各颱風樣本之十四項衛星影像參數與各地區平均降雨量間之相關係數對照表（修正後）。

西行颱風			
地區	降雨估算模式	相關係數	標準偏差
北部	$R=35.27-0.008(D210)-0.0022(D235)+0.42(C200)+0.64(B200)-0.83(A200)-0.47(C100)-0.82(B100)+1.12(A100)+0.16(C50)+0.13(B50)-0.7(A50)+0.18(C25)+0.3(B25)+0.033(A25)$	0.59	4.64
中部	$R=-44.69-0.0028(D210)+0.01(D235)-0.23(C200)-0.13(B200)+0.31(A200)+0.0085(C100)-0.12(B100)+0.3(A100)-0.079(C50)-0.052(B50)-0.34(A50)-0.21(C25)-0.028(B25)+0.24(A25)$	0.40	6.19
南部	$R=-24.66-0.005(D210)+0.00007(D235)-0.28(C200)-0.27(B200)+0.41(A200)-0.18(C100)-0.22(B100)-0.23(A100)+0.14(C50)+0.15(B50)-0.027(A50)-0.47(C25)-0.066(B25)+0.12(A25)$	0.55	5.08
東部	$R=1.37+0.002(D210)-0.002(D235)+0.2(C200)+0.097(B200)-0.017(A200)-0.69(C100)-0.46(B100)+0.43(A100)-0.053(C50)-0.039(B50)-0.23(A50)-0.56(C25)-0.11(B25)+0.36(A25)$	0.59	5.12
北上颱風			
地區	降雨估算模式	相關係數	標準偏差
北部	$R=35.27-0.008(D210)-0.0022(D235)+0.42(C200)+0.64(B200)-0.83(A200)-0.47(C100)-0.82(B100)+1.12(A100)+0.16(C50)+0.13(B50)-0.7(A50)+0.18(C25)+0.3(B25)+0.033(A25)$	0.66	4.07
中部	$R=-44.69-0.0028(D210)+0.01(D235)-0.23(C200)-0.13(B200)+0.31(A200)+0.0085(C100)-0.12(B100)+0.3(A100)-0.079(C50)-0.052(B50)-0.34(A50)-0.21(C25)-0.028(B25)+0.24(A25)$	0.71	1.08
南部	$R=-24.66-0.005(D210)+0.00007(D235)-0.28(C200)-0.27(B200)+0.41(A200)-0.18(C100)-0.22(B100)-0.23(A100)+0.14(C50)+0.15(B50)-0.027(A50)-0.47(C25)-0.066(B25)+0.12(A25)$	0.74	1.93
東部	$R=1.37+0.002(D210)-0.002(D235)+0.2(C200)+0.097(B200)-0.017(A200)-0.69(C100)-0.46(B100)+0.43(A100)-0.053(C50)-0.039(B50)-0.23(A50)-0.56(C25)-0.11(B25)+0.36(A25)$	0.80	4.22
A(25)：半徑 25KM 內之平均亮度溫度 A(200)：半徑 200KM 內之平均亮度溫度 B(25)：半徑 25KM 內之最低亮度溫度 B(200)：半徑 200KM 內之最低亮度溫度 C(25)：半徑 25KM 內溫度之標準偏差 C(200)：半徑 200KM 內溫度之標準偏差 A(50)：半徑 50KM 內之平均亮度溫度 D(235)：半徑 200KM 內小於 235K 之雲面積(PIXEL) B(50)：半徑 50KM 內之最低亮度溫度 D(210)：半徑 200KM 內小於 210K 之雲面積(PIXEL) C(50)：半徑 50KM 內溫度之標準偏差 A(100)：半徑 50KM 內之平均亮度溫度 B(100)：半徑 50KM 內之最低亮度溫度 C(100)：半徑 50KM 內溫度之標準偏差			

附表 2：各颱風樣本之十四項衛星影像參數與各地區最大風速間之相關係數對照表。

西行颱風			
地區	最大風速估算模式	相關係數	標準偏差
北部	$R=-31.1+0.004(D210)+0.015(D235)-0.69(C200)-0.66(B200)+1.07(A200)+0.64(C100)+0.95(B100)-1.84(A100)+0.002(C50)+0.17(B50)+1.22(A50)-0.99(C25)-1.21(B25)+0.54(A25)$	0.55	13.49
中部	$R=-61.6-0.007(D210)+0.019(D235)-0.46(C200)-0.043(B200)+0.59(A200)+0.15(C100)+0.21(B100)-0.73(A100)+0.16(C50)-0.15(B50)+0.81(A50)-0.91(C25)-0.68(B25)+0.33(A25)$	0.52	13.86
南部	$R=-46.12+0.008(D210)-0.002(D235)-0.43(C200)-0.17(B200)+0.3(A200)-0.01(C100)+0.33(B100)-0.3(A100)+0.27(C50)-0.18(B50)+1.06(A50)-0.39(C25)-0.43(B25)-0.27(A25)$	0.50	11.72
東部	$R=-4.45+0.003(D210)+0.014(D235)-0.7(C200)-0.67(B200)+0.9(A200)+0.25(C100)+0.53(B100)-0.79(A100)-0.47(C50)-0.14(B50)+0.44(A50)-1.2(C25)-1.07(B25)+0.91(A25)$	0.56	16.09
北上颱風			
地區	最大風速估算模式	相關係數	標準偏差
北部	$R=-628.45+0.03(D210)+0.07(D235)+0.3(C200)-0.83(B200)+3.98(A200)-0.45(C100)-0.27(B100)-0.7(A100)-1.77(C50)-0.6(B50)+0.12(A50)-0.64(C25)-0.5(B25)+1.23(A25)$	0.58	10.86
中部	$R=-553.6+0.029(D210)+0.055(D235)+1.22(C200)+0.91(B200)+1.13(A200)+0.035(C100)+0.51(B100)+0.71(A100)-1.72(C50)-0.91(B50)-0.51(A50)-1.49(C25)-2.2(B25)+2.6(A25)$	0.55	13.07
南部	$R=60.18-0.01(D210)+0.008(D235)+0.018(C200)+1.19(B200)-2.03(A200)+0.83(C100)+0.24(B100)+2.78(A100)-1.53(C50)-0.93(B50)-2.73(A50)-1.07(C25)-1.52(B25)+2.91(A25)$	0.66	11.61
東部	$R=-143.96+0.004(D210)+0.026(D235)-0.83(C200)-0.3(B200)-0.1(A200)-1.72(C100)-1.62(B100)+4.89(A100)-0.75(C50)-0.89(B50)-4.02(A50)+2.2(C25)+2.17(B25)+0.49(A25)$	0.69	11.37

A(25)：半徑 25KM 內之平均亮度溫度 A(200)：半徑 200KM 內之平均亮度溫度
 B(25)：半徑 25KM 內之最低亮度溫度 B(200)：半徑 200KM 內之最低亮度溫度
 C(25)：半徑 25KM 內溫度之標準偏差 C(200)：半徑 200KM 內溫度之標準偏差
 A(50)：半徑 50KM 內之平均亮度溫度 D(235)：半徑 200KM 內小於 235K 之雲面積(PIXEL)
 B(50)：半徑 50KM 內之最低亮度溫度 D(210)：半徑 200KM 內小於 210K 之雲面積(PIXEL)
 C(50)：半徑 50KM 內溫度之標準偏差 A(100)：半徑 50KM 內之平均亮度溫度
 B(100)：半徑 50KM 內之最低亮度溫度 C(100)：半徑 50KM 內溫度之標準偏差

附表 3：實際西北向移動颱風預測各方向出現頻率。附表 4：實際西向移動颱風預測各方向出現頻率。

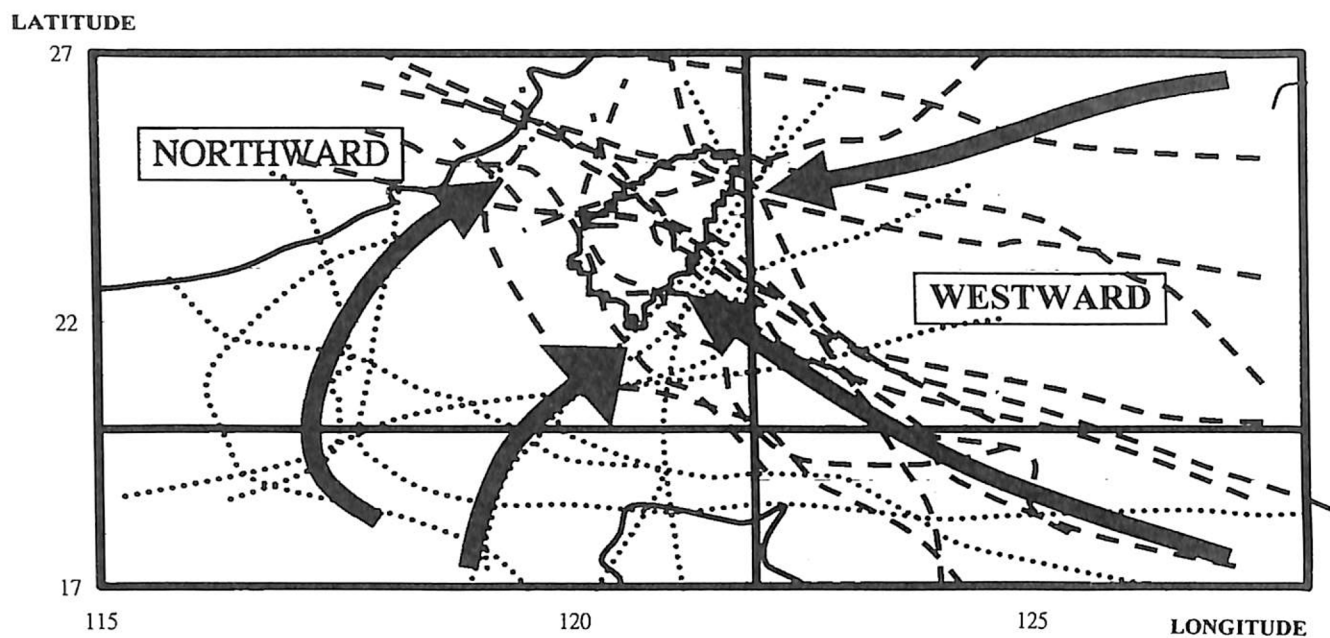
方向 半徑 出現頻率	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE
20pixel	11	17	11	7	0	4	2	8
30pixel	12	16	10	4	2	5	0	8
40pixel	13	15	7	2	4	7	1	7
50pixel	12	10	7	2	3	8	1	12
60pixel	10	14	9	2	3	5	2	10
70pixel	12	14	11	0	4	2	4	10
80pixel	11	16	10	1	1	4	4	7
90pixel	12	16	10	1	1	5	2	7
100pixel	11	17	10	2	1	2	2	9

方向 半徑 出現頻率	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE
20pixel	4	5	2	1	1	1	3	2
30pixel	5	5	2	0	0	2	1	3
40pixel	5	4	4	0	0	1	1	4
50pixel	3	5	4	0	0	2	1	3
60pixel	5	5	4	0	0	1	1	2
70pixel	1	2	5	1	2	4	3	1
80pixel	1	1	2	1	2	5	4	2
90pixel	2	3	3	2	2	2	2	3
100pixel	2	2	3	2	2	4	2	0

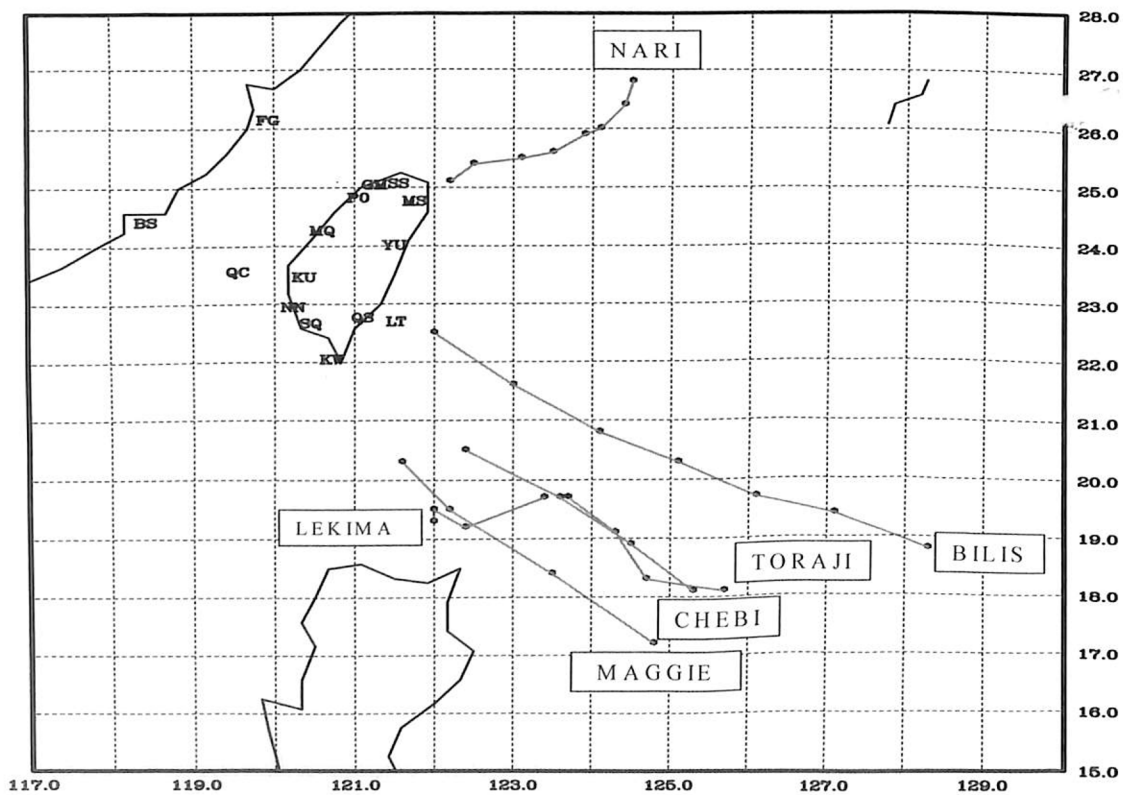
附表 5：實際西南向移動颱風預測各方向出現頻率。附表 6：實際南向移動颱風預測各方向出現頻率。

方向 半徑 出現頻率	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE
20pixel	2	3	1	2	4	2	1	2
30pixel	0	3	3	2	3	2	0	2
40pixel	2	5	3	2	1	1	0	1
50pixel	3	5	1	1	3	0	1	1
60pixel	3	3	5	0	1	2	0	1
70pixel	3	3	3	1	1	2	0	2
80pixel	3	4	2	0	1	4	0	1
90pixel	1	3	2	1	2	4	1	1
100pixel	1	3	3	1	1	2	2	2

方向 半徑 出現頻率	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE
20pixel	2	2	1	0	0	0	1	0
30pixel	0	1	1	0	1	1	1	1
40pixel	1	0	2	1	1	1	0	0
50pixel	1	1	2	0	1	1	0	0
60pixel	0	2	2	1	0	0	1	1
70pixel	0	0	2	0	2	1	1	0
80pixel	1	1	2	0	0	1	1	0
90pixel	0	1	1	0	0	1	2	1
100pixel	0	2	1	0	0	1	2	0



附圖 1：颱風風雨估算中之各颱風樣本路徑圖。



附圖 2：颱風移動方向估算中之各颱風樣本路徑圖。