

侵台颱風對各民航機場的風場統計

童茂祥 徐光前

(台北市松山區濱江街 362 號)

摘要

由於台灣地形與地理位置所致，每年夏天台灣飽受颱風侵襲之苦，而各機場的風力預報是氣象中心在颱風期間所關心的氣象因子之一。為了能更準確地預報台灣地區 10 個民航機場的風力，藉由整合從 1962 年至 2005 年共 43 年的颱風資料與其定時定點觀測報文，而設計出一套侵台期間各民航機場的風場查尋系統，希冀能對氣象中心在颱風期間的預報作業上有顯著幫助。

在此套軟體中，只要輸入經度、緯度、中心氣壓、平均風速、移動方向等五大篩選因子及其各篩選因子的範圍，便能將所有符合的歷史風場資料依各機場圖形化顯示，並且將所有符合的颱風路徑圖依序羅列，以作預報作業參考之用。

一、前言

侵台颱風對台灣的危害，除了颱風本身所挾帶的暴雨之外，最讓人心驚的，便是伴隨而來的強風。此外，由於台灣本身的地形特殊(狹長形且有近 4000 公尺的中央山脈)，再加上侵台颱風的移動路徑十分地詭譎多變，因此對於地區性的強風預報，更顯得難以掌控。

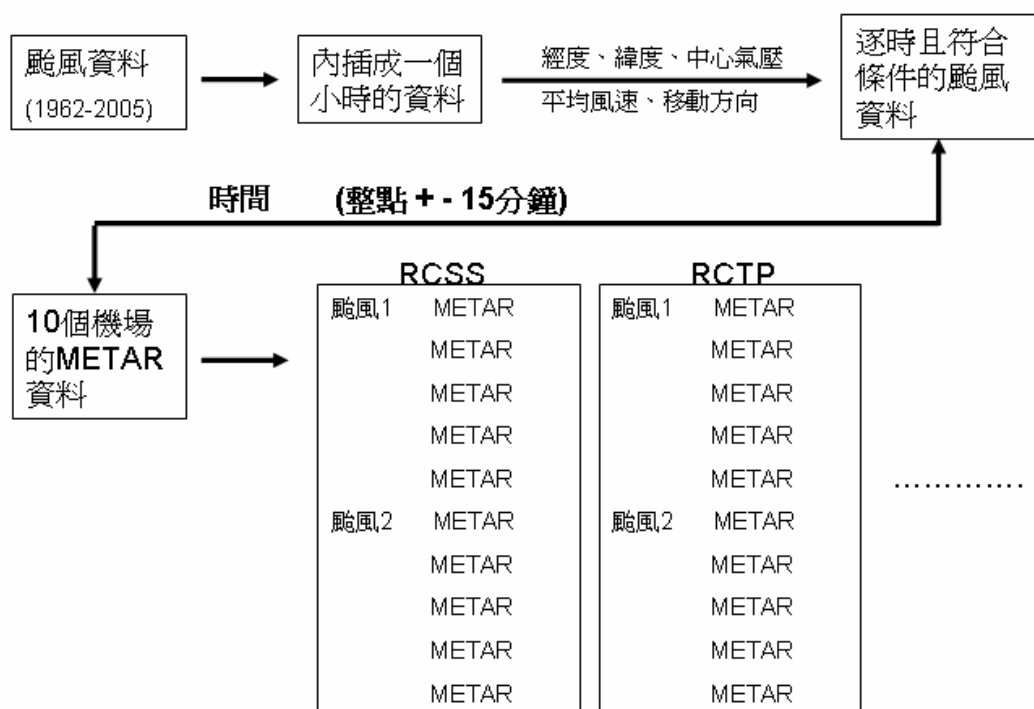
中央氣象局利用多年在颱風期間的各地測站資料，仔細分析颱風和各測站間的流場分布與颱風位置之關係，建立起八大西行侵台颱風流場類型與程序，並作多方驗證分析，其證明在侵台颱風的強度預報分析上，有其專業的參考價值，而在實際氣象作業應用上，亦可以從颱風與台灣的相對位置、颱風模式預報路徑與颱風本身的環流強度中，套用此流場模型以供預報員在作專業判斷上的參考依據之用。

但是，倘若仔細地研讀氣象局作的研究，不難發現氣象局的流場分析尺度只是一個概括性區域性質的統計，而區域的範圍，大至可以含蓋整個西半部，小至可達一個縣市。這樣對於民航實際氣象作業的效用來說，雖具有參考價值，但卻不夠精確，仍是不符合各個民航機場對於風速預報的期待。再者，現在台灣各個民航機場的特性不一，如松山機場位於台北盆地，受基隆河口與淡水河口開口方向的影響甚巨，蘭嶼機場位於背山面，常受背風擾動之苦，桃園機場雖位於中央山脈北端之西，但對於經由台灣北部海域而西進的侵台颱風而言，仍無招架之力。因此，氣象局的概括性的區域統計，並不符合民航氣象作業的需求，亦無法提供給各家航空公司作其營運參考方針。

有鑑於此，臺北航空氣象中心(以下簡稱為氣象中心)認為既然氣象局的研究成果脫離民航氣象現實，那何不著手整理，在侵台颱風期間，各個民航機場受颱風風力影響之情形，除了有利於增進氣象觀測員在颱風期間，機場風力特性的認知之外，亦可以有效地協助氣象預報員編報颱風警報與各式航空氣象報文。此外，更可以提供各家航空公司作為其營運參考方針，達成三贏的局面。

二、資料處理流程

在「侵台颱風對各民航機場的風場統計」的計畫中，需要使用到兩種資料：第一種是氣象中心下所屬的 10 個航空氣象臺逐年的定時定點觀測天氣報文(METAR)，另一種是從台灣大學大氣研究資料庫中所得到的各年侵台颱風資料。雖然侵台颱風的資料範圍是從 1962 年至 2005 年共 43 年，但是由於 10 個航空氣象臺開臺時間不一，因此在作個別資料比對的時候，較晚開臺的氣象臺因為所含蓋年份較短，可想而知的，其所符合的資料數目必定會比較少，也可能會影響其統計結果。



圖一、「侵台颱風對各民航機場的風場統計」計畫中對於定時定點觀測天氣報文(METAR)與颱風資料的處理流程

圖一是「侵台颱風對各民航機場的風場統計」計畫中對於定時定點觀測天氣報文(METAR)與颱風資料的處理流程。首先，1996 年(民國 85 年)前的颱風資料是每六個小時一筆，而在 1997 年(民國 86 年)之後則改為每三個小時一筆，但是氣象中心的定時定點觀測天氣報文(METAR)則是每半個小時觀測一次，因此顯然雙方的觀測資料密度是有明顯地落差，為了要提升颱風資料的觀測密度以增加符合的有效個案數目，因此，在假設颱風於每六小時(或三小時)的觀測期間內，並沒有迅速變化的前提之下，將颱風資料(包含颱風路徑、颱風中心氣壓、颱風風向、風速等)線性內插成逐時的觀測資料，並利用前後的颱風位置計算颱風的移動方向。

當把颱風資料前處理(線性內插成逐時觀測資料)完畢之後，只要輸入想要查尋颱風的經緯度、中心氣壓值、平均颱風風速與颱風移動方向等五項後進行篩選，在一定可接受的範圍之內，即可以得到符合輸入條件的「逐時」颱風觀測資料。另外，要注意的是，五項條件的篩選項目都可以由預報員自行決定可接受範圍，如果可接受範圍越嚴謹的話，雖然搜尋的結果較具代表性，但同樣地也可能面臨到有效個案數目偏少的問題；如果範圍越寬鬆的話，也有可能將一些較不具代表性的個數選入而間接影響到之後的統計分析結果，因此預報員在決定可接受範圍的時候，需要特別的留心注意。此外，在不同的侵台時期(如 W36、W24 等)也可以依當時的狀況而加以調整可接受範圍的大小，使其在颱風渾

沌不明的時候，有較多的個案可以參考，而在越接近台灣的時候，又可以縮小可接受範圍以提高搜尋結果的代表性。

經過程式的計算比對，篩選出「逐時」且符合條件的颱風資料之後，其資料與氣象中心航空氣象觀測臺的定時定點天氣觀測報文(METAR)兩者之間的唯一共通點就是「時間」。利用「時間」為兩種資料的橋樑，便可以找出相對應的定時定點天氣觀測報文(METAR)(如圖一)，並且加以統計分析。為了增加統計分析的母群體數量，當找出相對應的定時定點天氣觀測報文之後(METAR)，在其觀測時間前後各 15 分鐘內所發布的定點特別天氣觀測報文(SPECI)，便一同視為有效個案而納入統計分析之中。

另外一點值得注意的是：當一個颱風所其對應的有效個案包含太多定點特別天氣觀測報文(SPECI)的話，便會無形中增加此颱風風場特性的權重，而造成風場統計結果的偏斜。為了避免誤導預報員的客觀判斷，因此在風場搜尋之前，預報員可以根據當時的颱風狀況以及本身的主觀判斷，決定是否將定點特別天氣觀測報文(SPECI)納入統計分析的有效個案之中。一旦決定要剔除定點特別天氣觀測報文(SPECI)後，雖然風場統計結果可以過濾掉其所造成的偏斜效應，但同時也降低了統計分析母群體數量。

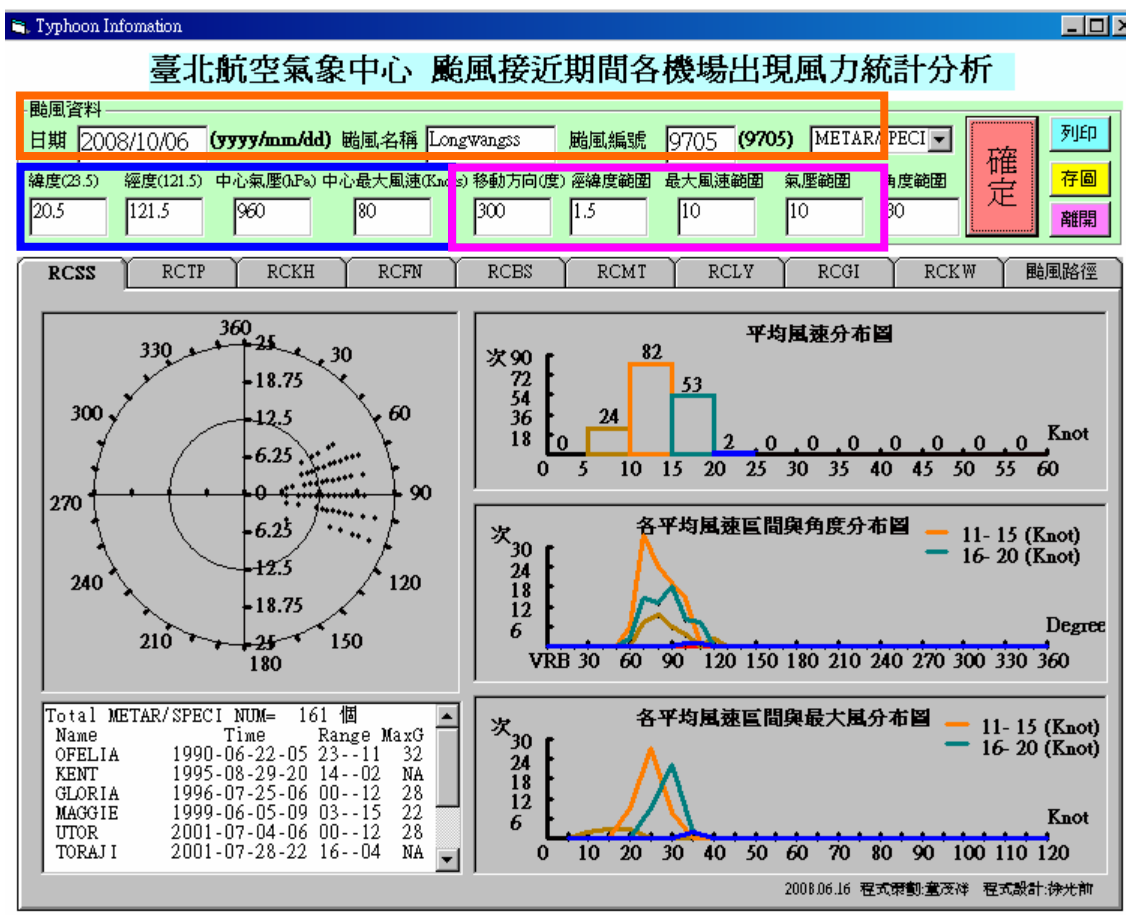
三、颱風風場搜尋與顯示版面介紹

颱風風場搜尋版面的配置，可以分作颱風基本資料輸入版面(圖二)、搜尋結果圖形化版面(圖二)與歷史颱風路徑參考版面(圖三)等三個區塊來討論。首先，在颱風基本資料輸入版面(淺綠色部份)，第一行(橙色方框內)要輸入查尋颱風的日期、颱風英文名字及颱風國際編號，在最後面選單的部份，是讓預報員自行選擇是否要將定點特別天氣觀測報文(SPECI)從有效個案中剔除，當選擇「Only METAR」的時候，便會搜尋程式便會自動過濾定點特別天氣觀測報文(SPECI)，當選擇「METAR/SPECI」時，則會包含。

第二行左邊(藍色方框內)輸入所要搜尋颱風的條件，依序為經度、緯度(精確到小數點下一位，單位：度)、颱風中心氣壓(整數，單位：hPa)、颱風中心最大持續風速(整數，單位：Knot)、颱風移動方向(整數，單位：度)等五項條件式；在第二行右邊(紫色方框內)輸入的為各項條件的可接受範圍，依序為經緯度、颱風中心最大持續風速、中心氣壓、移動方向。

當輸入颱風條件與可接受範圍後，點擊「確定」後，程式便會開始計算比對，並根據搜尋結果繪製成圖，以利預報員解讀。在搜尋結果圖形化版面(灰色部份)，上方共有 10 個分頁，前 9 個分頁代表氣象中心 9 個航空氣象觀測臺(松山、桃園、高雄、豐年、金門、北竿、蘭嶼、綠島、恆春等九站，由於南竿觀測臺與北竿觀測臺相近，故只取北竿觀測臺為馬祖代表)，第 10 個分頁為颱風路徑參考版面(圖三，後有詳述)。

在 9 個航空氣象觀測臺版面，其配置是相同的：左一是所有符合條件的定時定點觀測報文(METAR)之風向風速分布圖，圓形代表風向，軸長代表風速大小，從這張風向風速分布圖可以瞭解到，在符合搜尋條件的情況下，各個觀測臺的風向分布範圍與風速的強弱大小。以圖二左一松山航空氣象臺為例，可以清楚地看到其風向分布是介於 60 度至 110 之間，而風速是介於 6KT 至 25KT 之間，但觀測到風速最多的，是介於 12.5KT 至 18.75KT 之間。



圖二、颱風風場搜尋版；淺綠色底的部份為颱風基本資料輸入版面，而灰色底的部份為搜尋結果圖形化版面。

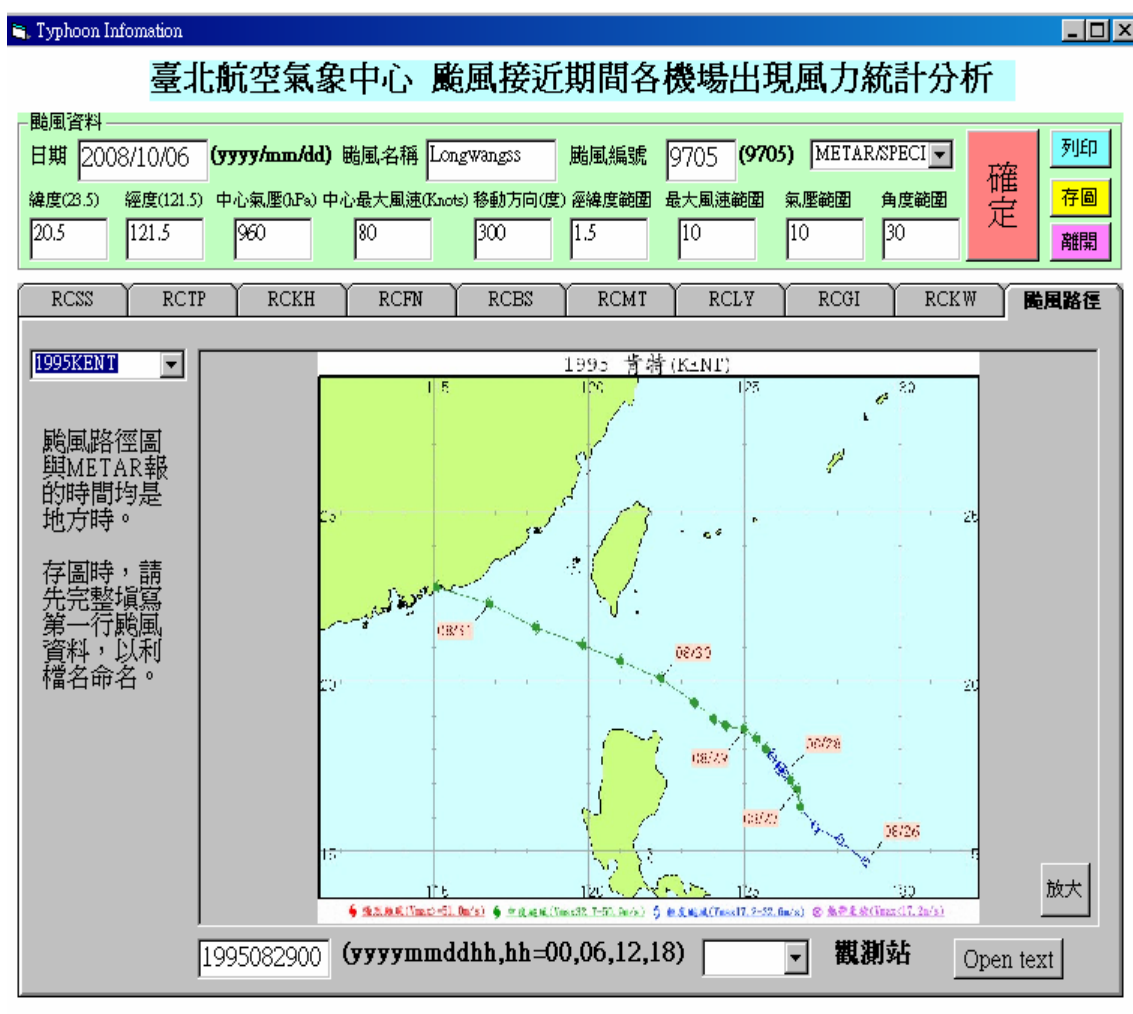
右一一是所有符合條件的定時定點觀測報文(METAR)之平均風速分布圖，橫軸是以每 5KT 為級距，最高到 60KT，縱軸為觀測次數，由圖可以清楚地瞭解到，在何種風速觀測級距間，觀測次數最多，何者次之，以提供預報員在颱風期間編報終端機場預報(TAF)平均風速的參考。以圖二右一松山航空氣象臺為例，平均風速介於 11KT 至 15KT 的觀測次數達 82 次，介於 16KT 至 20KT 的觀測次數達 53 次。

然而，雖然根據統計結果，平均風速介於 10KT 至 15KT 的觀測次數有 82 次之多，但是我們卻無法得知這 82 次的觀測資料中，風向的分布情況，因此圖二右二便是依各風速觀測級距，將其觀測資料依風向分布繪製成折線圖。以松山航空氣象臺為例，在 11KT 至 15KT 的風速級距中，風向多是集中在 60-100 度之間，而以 70 度的觀測次數最多，在 16KT 至 20KT 的風速級距中，風向多是集中在 60-120 度之間，而以 90 度的觀測次數最多。藉由各級距的風向分布圖，可以讓預報員在颱風期間對於平均風向與風向變化量上有更好的掌握。

在颱風期間，除了平均風速與平均風向的變化受到重視之外，航空公司亦特別重視可能最大風的風速。圖二右三是各風速觀測級距的最大風風速的分布圖，以松山航空氣象臺為例，在 11KT 至 15KT 的風速觀測級距中，最大風風速分布在 15KT 至 35KT 之間，而觀測次數最多是在 25KT，風速觀測級距在 16KT 至 20KT 之間的，最大風風速分布在約在 25KT 至 40KT 之間，觀測次數最多在 30KT。藉由各風速觀測級距的最大風風速分布圖，可以讓預報員在颱風期間，對於機場可能出現最大風速提供

其參考的依據。

因為颱風變化為逐時且連續的過程，而所輸入的颱風搜尋條件也有其範圍限制，因此，搜尋所得符合條件的定時定點天氣觀測報文通常也是在某段時間區間內，但是各個氣象臺在颱風期間所觀測到的最大風速可能出現在符合條件的時間區間之外，亦或在定點特別天氣報文(SPECI)中出現。是故，為了彌補圖二右三圖對最大風風速的表現不足，我們以符合條件的時間區間中的第一筆觀測資料為中心，往前往後各六小時搜尋其最大風速，並紀錄於圖二左二文字方框之中。另外要注意的是，在 2000 年(民國 89 年)11 月前，定時定點觀測報文(METAR)並沒有特別紀錄最大風風速的資料，只有當陣風風速大於平均風速 10KT 以上，才會特別紀錄，而在 2000 年(民國 89 年)11 月後，則無論陣風風速是否大於平均風速 10KT 以上，均要紀錄，因此使得在圖二左二的文字方框內，會有某些颱風的最大風風速為「NA」的情形。



圖三、颱風風場搜尋版面：歷史颱風路徑參考版面

在分頁第 10 頁是颱風路徑參考版面(圖三)，當輸入颱風條件執行程式後，此頁面會以松山航空氣象臺為基準，將其符合條件的歷史颱風個案顯示出來，左邊選單羅列的，是颱風發生的年份與颱風英文名稱，預報員可以利用此頁面，瀏覽符合條件的颱風路徑，以找出最符合目前情況的歷史颱風。若颱風路徑圖因縮小比例而顯得模糊而不能清楚分辨位置時，可以點選右下角「放大」的按鈕，將颱風

路徑圖恢復原來的比例。

此外，這兒所顯示的颱風路徑圖是從中央氣象局颱風資料庫下載而來的，在圖上，每天的 00、06、12、18UTC 各有一個颱風中心位置定位，因此若欲知當時的定時定點天氣觀測報文(METAR)或定點特別天氣報(SPECI)時，只要在圖下方的空格欄位上輸入年、月、日、時(YYYYMMDDHH)共 10 碼與航空氣象觀測站的代碼(如 RCSS)之後，再點選「Open text」，便會將搜尋時間點前 6 小時，後 18 小時的報文資料，並以文字檔的方式顯示(如圖四)。因為只是考慮到颱風期間的風場變化情形，所以所獲取的天氣觀測報文只顯示到風場的欄位，餘下則加以省略，讓預報員更一目瞭然其風向風速的變化趨勢，並作為編報終端機場預報(TAF)時的參考。為了使預報員作業上更為方便，當預報員在下拉式選單中，切換不同的颱風路徑的時候，日期欄位會自動地更新，預報員只要確認更新的日期與小時是不是符合本身的需求，若符合，則可以直接點選「Open text」來看過去報文，若不符合，預報員只需手動重新輸入日期與小時即可。

RCSS_Metar_data_during_TY.txt x						
1	"R"	1	1996.07.18	"00:58:22"	"180100"	350,1
2	"RS"	1	1996.07.18	"01:58:37"	"180200"	230,5
3	"R"	1	1996.07.18	"02:58:16"	"180300"	0,0
4	"R"	1	1996.07.18	"03:58:16"	"180400"	0,0
5	"R"	1	1996.07.18	"04:58:36"	"180500"	0,0
6	"R"	1	1996.07.18	"05:58:15"	"180600"	0,0
7	"R"	2	1996.07.18	"06:28:17"	"180630"	0,0
8	"R"	1	1996.07.18	"06:58:15"	"180700"	0,0
9	"R"	2	1996.07.18	"07:28:36"	"180730"	0,0
10	"R"	1	1996.07.18	"08:00:38"	"180800"	150,1
11	"S"	3	1996.07.18	"08:08:00"	"180808"	90,1
12	"R"	2	1996.07.18	"08:28:17"	"180830"	0,0
13	"R"	1	1996.07.18	"08:58:16"	"180900"	340,3
14	"R"	2	1996.07.18	"09:28:17"	"180930"	340,2
15	"R"	1	1996.07.18	"09:58:16"	"181000"	350,2
16	"R"	2	1996.07.18	"10:28:17"	"181030"	70,3
17	"S"	3	1996.07.18	"10:39:17"	"181039"	70,3
18	"R"	1	1996.07.18	"10:58:35"	"181100"	50,1
19	"R"	2	1996.07.18	"11:32:11"	"181130"	110,4
20	"R"	1	1996.07.18	"11:58:30"	"181200"	100,1
21	"R"	2	1996.07.18	"12:28:19"	"181230"	110,7
22	"R"	1	1996.07.18	"12:58:17"	"181300"	100,7
23	"R"	2	1996.07.18	"13:28:18"	"181330"	100,6
24	"R"	1	1996.07.18	"14:00:10"	"181400"	110,6
25	"R"	2	1996.07.18	"14:30:45"	"181430"	100,6
26	"S"	3	1996.07.18	"14:42:02"	"181440"	100,6
27	"R"	1	1996.07.18	"14:59:10"	"181500"	100,3
28	"S"	3	1996.07.18	"15:15:40"	"181514"	80,3
29	"R"	2	1996.07.18	"15:30:46"	"181530"	210,5
30	"R"	1	1996.07.18	"15:58:38"	"181600"	170,9

前一個欄位是風向，
後一個欄位是風速。

圖四：當在颱風路徑參考版面下的查尋報文欄位中，輸入 YYYYMMDDHH (如：1996071806)後，系統會自動搜尋在時間點前 6 小時，後 18 小時共 24 小時內的天氣觀測報文(METAR 與 SPECI)。

當預報員在颱風基本資料輸入版面輸入欲搜尋的資料並且按「確定」鍵後，程式會依據所篩選出來颱風個數的多寡，而需花費約 1 至 2 分鐘不等的時間才能執行完畢，為了避免預報員在 2 分鐘內，久候不耐而多次重複點選「確定」鍵，造成程式執行或作業系統當機，因此在每次搜尋結果完成之後，便會自動地彈跳出「資料搜尋完成」的對話方框，藉此提醒預報員，資料搜尋完畢，可以開始檢視查尋結果，但在「資料搜尋完成」對話框未出現前，希望預報員耐心久候一下，不要再點選搜尋版面，以維護程式與作業系統的執行順暢。

氣象中心於 7 月 27 日 0300UTC 時對豐年機場，於 27 日 1200UTC 時對松山機場、桃園機場，於 27 日 1500UTC 時對高雄小港機場發布 W12，並利用此軟體預測各民航機場可能出現平均風向、平均風速及最大陣風，並與實際所觀測到的風場比較，其比較結果如表一所示。誤差的計算方法為：

$$\text{誤差} = \frac{\text{實際值} - \text{預測值}}{\text{預測值}} * 100\% \quad (\text{四捨五入至整數})$$

(負值表示預報值偏大，正值表示預報值偏小)

對於平均風向來說，除了豐年機場對於風向預報較不好之外，其它三個本島主要機場而言，其平均風向的差值在 20 度之內，而松山機場的平均風向預報更百分百準確；對於平均風速而言，松山機場與豐年機場的誤差較大(達 23%以上)，而桃園機場與高雄機場的誤差較小(約在 10%以上)；對於最大陣風而言，除了桃園機場的誤差較大之外(達 18%)，其餘的機場誤差約在 10%左右)。對於這次鳳凰颱風的本島機場風場預報，台東豐年機場在平均風向與平均風速表現最差，但最大陣風誤差還在平均值附近，松山機場在平均風向與最大陣風表示現最好，但平均風速上卻不盡理想，桃園機場在平均風向與平均風速表現良好，但最大陣風卻表現最糟，而高雄機場相對於另外三個機場而言，在三方面表現都很不錯。

整體來說，這套軟體對於松山機場、桃園機場與高雄小港機場，在鳳凰颱風期間，除了松山機場的平均風速與桃園機場的最大陣風預報偏強之外，其它方面對於實際風場都有不錯的掌握，但是對於台東豐年機場而言，風場的掌握並不是很好，平均風速預報偏強，平均風向角度預報偏大，但對於最大陣風的掌握，卻是不錯。

機場	預測風場	實際風場	平均風向 差值	平均風速 誤差	最大陣風 誤差
松山機場	08035G50KT	08027G46KT	0	-23%	-8%
桃園機場	05040G60KT	07039G49KT	20	-3%	-18%
高雄機場	24035G50KT	25039G56KT	10	11%	12%
豐年機場	35035G50KT	27025G56KT	-80	-29%	12%

表一、鳳凰颱風期間對松山、小港、豐年與桃園機場的預報風場與實際風場之誤差

五、結論

在颱風侵襲台灣期間，由於台灣地形複雜且高山羅布，再加上區域性地形特徵(如：盆地地形)所引發的中小尺度大氣系統，使得台灣各機場風場的變化一直是最難預報的，也是長久以來預報員在編報終端機場預報(TAF)時最頭痛的問題。除此之外，航空公司在颱風期間對於各機場風向、風速的變化與風速的最大值一直都很關心，除了直接影響到航空公司航班的正常營運、班機調度上的問題(如：要不要讓飛機飛到別的機場躲避颱風等等)之外，颱風來臨前的外圍環流會使得機場附近低層風切亂流(無論是水平風切亂流或垂直風切亂流)機會提高，其環流雨帶常造成機場低能見度與低雲幕現象，對於航班起降安全造成潛在的巨大威脅，因此氣象中心同仁在颱風期間作業上一直不敢掉以輕心。

但是一直以來氣象中心在颱風期間作業時，並沒有一套客觀風場資料可供參考，多年以來的作業方式，除了依靠各氣象單位(中央氣象局 CWB，日本氣象廳 JMA 等等)的模式預報之外，一直都是憑恃資深預報員的經驗判斷。因此，在颱風期間，若當各單位的模式預報結果分歧的時候，或是若當經驗不足的預報員當班的時候，在預報作業上就似乎顯得無所憑恃。爲了改善此一情況，也爲了提供給預報員在颱風期間有更多的參考工具，才會研發此一颱風風場查尋軟體，希冀能對氣象中心在颱風期間的預報作業上有顯著幫助。