

研究計畫機關：交通部民用航空局
CAA-ANWS-106-3-02

颱風期間各民航機場的風場氣候統計模式之研究



交通部民用航空局

中華民國一〇六年十二月

民用航空局自行研究報告摘要表

研究計畫名稱：颱風期間各民航機場的風場氣候統計模式之研究	
研究計畫主辦單位：飛航服務總臺 主 管：余曉鵬 計畫主持人 ：許秀妮 研究人員：氣象中心全體預報員 聯絡電話：(03)3841454 傳真電話：(03)3865575	研究期間： 自 106 年 1 月 至 106 年 12 月
關鍵詞：終端機場天氣預報、最大風力、颱風、氣候統計	
摘要： 統計資料顯示平均每年約有 3-4 個颱風侵襲臺灣地區，且颱風期間風場預報對飛航安全與飛航效益具相當大的重要性。在颱風警報階段期間，臺北航空氣象中心除依據作業規範發布 18-30 小時各民航機場預報外，另針對各機場發布未來 24 小時內最大風力預報產品。本研究目標為提升風力預報準確度及配合預警作業需求，加強颱風風場客觀機率預報技術及整合 2008 年本中心自行研究所研發之「颱風風場查詢系統」，建立臺北飛航情報區 10 個民航機場（包括北部：松山、桃園；南部：高雄、恆春；東部：臺東、綠島、蘭嶼；金馬：金門、北竿、南竿）颱風期間風場氣候資料庫，藉由氣候統計及類比法在統計預報上的穩定及重現性優點，統計分析颱風中心所在位置對應時之機場觀測風場資料，供做為客觀颱風風場預報的參考工具。在實際預報作業上，預報員可依颱風中心位置、路徑與環流強度等，套用該機場之颱風風場潛勢圖，以評估在氣候平狀況下機場風場變化趨勢。此模式之建立可兼顧作業上之方便性和時效性，輔助預報員研判各機場長時間之風場預報。另本計畫針對颱風個案之特徵，透過採用合適之預報指引及統計指標，進一步對氣候統計風場預報作修正，有效突顯氣候平均狀態之外可能出現之風力型態，以降低氣候平均法對颱風風力預報低估的弱點。	
出版日期：106 年 12 月	頁數：91
管制等級： 密日期為 年 月 日， ☐ 主辦單位視情況辦理解密） 密日期為 年 月 日， ☐ 主辦單位視情況辦理解密） 一般	
備註：	

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROGRAM
CIVIL AERONAUTICS ADMINISTRATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE : A Climatology Model for Forecasting Winds during Typhoon affecting Taipei FIR	
DIVISION : Air Navigation and Weather Services (ANWS) DIVISION CHIEF : Sheau Peng Yu PRINCIPAL INVESTICATOR : Sau Nei Hui PROJECT STAFF : TAMC PHONE : (03)3841454 FAX : (03)3865575	PROJECT PERIOD: FROM : Jan 2017 TO : Dec 2017
KEY WORD : Terminal Aerodrome Forecast, Maximum Wind, Typhoon, Climatology Model	
ABSTRACT : According to the statistics developed by the Central Weather Bureau, 3-4 typhoons affect Taiwan every year. One of the most challenging problems for the prediction of aerodrome weather is the wind fields when typhoon approach Taipei FIR. Taipei Aeronautical Meteorological Center provides 18-30 hours forecast and the maximum wind for the civil aerodrome within the typhoon warning periods. Thus, a usable scheme to forecast wind fields during the typhoon period is highly desired. A climatology wind model for the 10 civil aerodromes are developed. The model could provide hourly wind forecast at any aerodrome for a given typhoon center. Different typhoon intensity and track are established by using the classification from the Central Weather Bureau and the wind pattern along the forecasted typhoon are also available. This reliable and straightforward climatology model can contribute significantly to operational forecast.	
DATA OF PUBLICATION : Dec 2017	NUMBER OF PAGES : 91
CLASSIFICATION : ☐ SECRET ☐ CONFIDENTIAL ☒ UNCLASSIFIED	
REMARK :	

目錄

中文摘要表	I
英文摘要表	II
目錄	III
圖目錄	IV
一、前言	1
二、研究方法	
(一) 機場風力氣候統計預估系統設計概念	4
(二) 資料處理流程	5
三、研究成果	
(一) 各民航機場風場潛勢圖	7
(二) 風場統計預估系統	9
(三) 風場搜尋資料庫	11
四、歷史個案分析與實際預報測試	
(一) 逐時風場預報	12
(二) 最大風力預報	15
五、結論	16
六、參考資料	18
七、附件	
(一) 松山機場風場潛勢圖	41
(二) 桃園機場風場潛勢圖	54
(三) 高雄機場風場潛勢圖	67
(四) 風場統計預估系統資料查詢及列印簡易說明	80
附錄：審查意見與回覆	92

圖目錄

圖 1:中央氣象局之侵臺颱風 9 大路徑分類圖示	20
圖 2:相對於颱風中心位置桃園機場之風場眾數潛勢圖.....	21
圖 3:桃園機場 W00 及 W12 颱風警報階段時之歷史颱風中心位置分布 圖	22
圖 4:相對於颱風中心位置松山機場之風場眾數潛勢圖.....	23
圖 5:相對於颱風中心位置高雄機場之風場數潛勢圖.....	24
圖 6:風場統計預估系統輸入及輸出版面.....	25
圖 7:桃園機場最大陣風分布(陰影區)及中央氣象局於 2016 年 9 月 24、25、 26 及 27 日每日 00Z 時針對中度颱風梅姬發布之預報路徑(虛線)及實 際路徑(颱風標示線)比較.....	26
圖 8:臺東豐年機場最大陣風分布(陰影區)及七家(PAG 菲律賓、KMA 韓 國、CWB 臺灣、NMC 中國、JMA 日本、JTWC 美國、HKO 香港) 於 2016 年 7 月 6 日 00Z 針對強烈颱風尼伯特發布之預報路徑(虛線) 及實際路徑(颱風標示線)比較.....	27
圖 9:依類似路徑(兩點颱風中心位置)查詢之歷史個案列表.....	28
圖 10:依欲查詢颱風中心位置之歷史個案列表.....	29
圖 11:依欲查詢之風場搜尋歷史颱風.....	30
圖 12:桃園機場觀測風場之側風達 30KT 或以上(左)與平均風達 45KT 或以 上(右)時之歷史颱風中心位置分布	31
圖 13:2015 年輕度颱風蓮花警報單。	32
圖 14:2015 年 7 月 6 日 00Z 至 7 月 8 日 15Z 期間，高雄機場實際觀測和 氣候統計預報逐時風向、風速及陣風分布圖。	33
圖 15:參考中央氣象局 7 月 3 日 00Z 至 7 月 8 日 00Z 期間發布之颱風 路徑預報，氣候統計對高雄機場逐時風向及風速之預報與實際觀測 比較。	34
圖 16:2015 年中度颱風蘇迪勒警報單	35
圖 17:2015 年 8 月 6 日 00Z 至 8 月 8 日 23Z 期間，桃園機場逐時風 向、風速及陣風實際觀測和氣候統計預報分布圖。	36
圖 18:2015 年 8 月 6 日 00Z 至 8 月 8 日 23Z 期間，松山機場逐時風 向、風速及陣風實際觀測和氣候統計預報分布圖。	37
圖 19:強烈颱風尼伯特機場觀測與氣候統計最大風力值	38
圖 20:強烈颱風莫蘭蒂機場觀測與氣候統計最大風力值	39
圖 21:中度颱風梅姬機場觀測與氣候統計最大風力值	40

颱風期間各民航機場的風場氣候統計模式之研究

一、前言

根據中央氣象局 1911 年至 2010 年侵臺颱風統計資料顯示，平均每年有 3-4 個颱風侵襲臺灣地區，當中以 7 至 9 月份發生之次數最多，約佔全年發生次數之 78%，顯示颱風為夏秋兩季對臺北飛航情報區(以下簡稱本區)最具威脅性的天氣系統。在飛航安全上，自颱風暴風圈接近、侵襲至離開本區機場期間，受颱風及其外圍環流影響下，颱風挾帶著豐沛的降雨與強勁的風勢，使本區機場可出現強陣風、側風、風切與強陣雨等惡劣天氣現象，造成航空器在起飛與降落作業操作上困難度及危險性大幅增加，或因天候不良因素而需採取重飛或選擇於備降機場降落狀況。另在航路飛行方面，颱風可伴隨劇烈對流雲系、亂流及積冰等顯著危害天氣之出現，無形對飛航安全造成一定之潛在性威脅。而在飛航效益上，在颱風侵襲機場期間，常導致大量航班延誤或取消，甚至機械故障等各種損失，除為旅客帶來不便外，更讓各協調應變單位包括航空公司、航空管制及航空站管理等增加作業上之壓力。因此為加強侵臺颱風風場預報技術研究之發展，依飛航服務對象之需求強化相關預報作業產品，臺北航空氣象中心(以下簡稱氣象中心)致力於精進颱風風力預報之準確度，以提升航空氣象服務品質，並期能達成「飛航安全，世界一流，飛航服務，顧客滿意」之願景。

目前颱風風場預報技術，大致可分為數值模式預報法和氣候統計法（含類比法）兩大類。在數值模式預報法，雖然在完整物理架構下，數值模式很可能可以模擬出合理的颱風風場分布，但由於諸多因素的影響，在實際預報

作業時，卻常存在難以掌握的不確定性。尤其是模式之颱風路徑預報有所偏差時，各機場風場將顯著偏離實際觀測，造成使用價值不高。同時數值模式對臺灣地形效應所導致的風場特徵掌握較差，無法直接利用。在氣候統計法方面，建基於歷史颱風資料的統計應用，考慮颱風位置、移向及當地地形所影響因素下歷史案例的重現性，提供颱風影響期間機場風力之依據，在實際作業上具一定之參考價值。此氣候統計法在颱風降雨預報上已廣泛利用(王等(1983、1985)、葉等(1999)、Chang et al.(1993)、Lee et al.(2006))，惟航空氣象較著重之風場預報並未被發展應用。

近年來氣象中心積極進行颱風期間風場預報技術相關之研究，並開發客觀統計預報輔助工具系統，在實際預報作業上具相當高之參考價值。氣象中心於2008年建立「颱風風場查詢系統」(童等人2008;童2015)，依輸入欲預報之颱風位置、強度等特定條件及容許誤差範圍等資料，系統即可顯示各機場相對應的「逐時」歷史颱風觀測資料及統計分析，提供各機場未來24小時內最大風速、最大陣風與風向的時間序列變化資訊。另於2011年建立「颱風接近期間各機場風力類神經網路分析系統」(童等人2011)，此系統運用類神經網路的非線性迴歸特質，並加入時間軸輸入與內插功能，以評估颱風接近期間各機場的風場變化。此兩套系統在相互運用比對下，輔助預報員研判各機場風場分布狀況，符合預報作業上的方便性、時效性和準確性。

依據氣象中心例行作業規範，在颱風警報階段期間，除依據作業規範發布各民航機場18-30小時預報外，另針對各機場發布未來24小時內最大風力預報產品。本研究目標為提升風力預報準確度、加強颱風風場客觀機率預報技術及整合2008年本中心自行研究所研發之「颱風風場查詢系統」，建立本區10個民航機場（包括北部：松山、桃園；南部：高雄，恆春；東部：臺東、

綠島、蘭嶼；金馬：金門、北竿、南竿）颱風期間風場氣候資料庫，藉由氣候統計及類比法在統計預報上的穩定及重現性優點，統計分析颱風中心所在位置對應之機場歷史觀測風場資料。在實際預報作業上，預報員可依颱風中心位置、模式預報颱風路徑與颱風本身的環流強度等，套用該機場之颱風風場潛勢圖，為一客觀颱風風場預報參考工具。此模式之建立可兼顧作業上之方便性和時效性，輔助預報員迅速了解颱風處於不同位置和條件下各機場風場變化趨勢，並適合應用於長達 **72** 小時的風場預報研判上。另針對颱風個案之特徵，透過採用合適之預報指引及統計指標，進一步對氣候統計風場預報作修正，有效突顯氣候平均狀態之外可能出現之風力型態，以降低氣候平均法對颱風風力預報低估的弱點。同時配合颱風路徑扇形機率預報背景下，此模式可依路徑之不確定性統計分析各機場可能出現之風力分布及機率，以提供更詳盡及多元化之風場預報產品供相關單位參考，並發展颱風風場客觀機率預報技術及提升航空氣象服務品質。

二、研究方法

(一)機場風力氣候統計預估系統設計概念

由於臺灣地形陡峭，颱風風場型態與颱風中心相對的位置有很強的連結。本研究模仿王（1983、1985、1992）和李(2007、2008)等人利用平均法發展颱風雨量氣候模式之做法，將其統計預報法應用在颱風風場上，以分析颱風侵臺期間各民航機場之風場分布狀況。此氣候統計法考量歷史案例的重現性，具有統計預報穩定性的優點。利用歷史風場觀測與颱風路徑，建立颱風期間各機場風場的「氣候」統計分布，適用於一般典型平均狀態的颱風，但對非典型颱風(伴隨雲雨帶)會有低估陣風的情況。

由於上述氣候法僅考慮受颱風中心位置及移向因素，而得到在地形影響下各機場氣候平均統計風場，並未針對個別颱風結構特徵加以修正。因此為突顯颱風個案間之特徵，本研究透過分析歷史颱風個案的風場特性，提供風場預報調整之參考指引。使用者可透過合適條件（包括路徑、強度及暴風半徑大小等）之篩選和各種統計指標（中位數、眾數、平均值及標準差等），在進行風場統計計算時，根據颱風特徵調整模式計算時所採用之權重，以掌握氣候平均法對較極端風力低估的情形，而結合平均法與持續法之「差異持續法」和「比差法」之應用，也有效改善平均法使用上偏差的情形。

(二)資料處理流程

- 1、蒐集 1970至2015 年中央氣象局發布之歷史颱風個案（共280個）路徑資料 <http://rdc28.cwb.gov.tw/>及本區各民航機場（共 10 個機場，包括北部：松山、桃園；南部：高雄，恆春；東部：臺東、綠島、蘭嶼；金馬：金門、北竿、南竿）可取得之例行天氣報告(部分機場夜間無觀測)及特別天氣報告之風場觀測資料。
- 2、將歷史颱風個案由每六小時路徑資料內插成每一小時之颱風中心位置經緯度及中心氣壓。
- 3、當颱風中心進入本區守視範圍(北緯 15-30 度、東經 113-135 度)內，找出其對應時間點各民航機場之（十分鐘平均風向、風速及陣風，單位為KT 海涅／小時）風場觀測資料，並計算其跑道側風值和陣風與平均風速之比。
- 4、將上述風場資料配置在每 0.5×0.5 度（約 55 公里）的網格中，建立歷年颱風經過該網格區域時各民航機場所出現之風場資料。每一網格內容包含
 - (1) 歷年颱風經過該網格區域時之觀測次數;
 - (2) 該機場觀測風場之統計指標，包括平均值、眾數、中位數及標準差；
 - (3) 統計最大平均風及陣風等資訊；
- 5、另將上述網格資料繪畫成圖，製作本區各民航機場相對於颱風中心位置之風場潛勢圖。

- 6、另依不同之預報指引（颱風侵襲月份、路徑類別、近臺中心強度及近臺7級風暴風半徑）分類並進行統計分析，針對颱風特徵進行風場修正。

三、研究成果

(一)各民航機場風場潛勢圖

各機場風場潛勢圖為利用簡單的氣候統計及類比法結果，依颱風中心位置與機場的相對位置、颱風模式預報路徑與颱風本身的環流強度等，套用於該機場之風場潛勢圖，以顯示颱風期間各機場風場的分布情形。本研究利用**1970至2015年(共46年)侵臺颱風(共280個)**期間資料，製作本區各民航機場(包括北部：松山、桃園；南部：高雄，恆春；東部：臺東、綠島、蘭嶼；金馬：金門、北竿、南竿)風向、平均風及陣風潛勢圖，並依歷史侵臺颱風個案之強度(輕度颱風**90**個；中度颱風**116**個；強烈颱風**74**個)及侵臺**9**類路徑(圖1)進行分類及統計。因眾數在統計學上為指一組數據中出現次數最多的變數值，且具代表性及不受極端數據影響之優點，故本研究採用機場例行天氣報告資料，繪製本區三大機場(松山、桃園及高雄)眾數風場潛勢圖供參考(如附件)。實際預報作業應用此風場潛勢圖時，可根據中央氣象局發布之颱風路徑預報，依颱風中心所在的位置及移動趨勢，找到颱風於該網格位置時各機場的風場資訊，即為沿預測颱風路徑各機場平均狀況下之風場分布及變化趨勢。此簡易之預報法可同時兼顧作業上的方便性、時效性和準確性，輔助預報員研判長期預報時間的風場變化趨勢。

圖2、4及5分別為桃園、松山和高雄機場於颱風進入本區守視範圍內，颱風中心位置相對於該機場風場(十分鐘平均風向、風速、陣風及跑道側風值)眾數潛勢圖。結果顯示，當颱風中心自東經**125**度接近本區後，各機場受颱風環流影響風速增強，以桃園機場風速及陣風增強最為顯著，分別達**25KT**和**35KT**以上(圖2)，此時桃園機場已進階至**W12**颱風警報階段(圖3)。

尤其當颱風中心位於北緯 21-25 度、東經120-123 度之網格點時，桃園機場風速極大值最為顯著，此時桃園機場進階 W00 颱風警報階段。在風向方面，當颱風自西北太平洋向西行侵臺時，若颱風中心位於北緯 24.5-27 度、東經 122-125 度之範圍內，桃園機場可出現西北風，伴隨強側風之發生。若颱風中心在北緯 24.5 度以南，則桃園機場風向為東北至東風。若颱風中心位於臺灣海峽，桃園機場可吹東至東南風。若颱風中心在臺灣北部海面，則桃園機場以西南風為主。而在松山機場(圖 4)，因受北方大屯山系的地形屏障阻擋，颱風侵襲期間若環境風場偏西北至北風時，松山機場的風速較弱、風向較為不定。較強的風力應來自沒有地形屏障的東方基隆河口吹入，即颱風中心於東北部登陸和離開陸地時，分別出現偏東及東南風，風速及陣風可達 20KT和30KT 以上。另一較強風力為颱風中心位於北部外海，此時松山機場以偏西風為主，風速及陣風可達 25KT和35KT。而在高雄機場(圖 5)，自颱風中心接近東部陸地、登陸於中南部及遠離在臺灣海峽時，受颱風環流及引進的西南氣流影響下，出現偏南至西南風，風速及陣風可達 20KT和30KT 以上，最顯著側風則出現在颱風中心位於北緯 22-23 度、東經119-120 度時。

(二)風場統計預估系統

除上述圖形顯示外，本研究編寫程式碼提供預報作業之用。預報員僅需輸入颱風路徑(日期、緯度、經度)預報資訊，執行程式後輸出各機場沿預測 颱風路徑(每 3 小時內插)之風場統計指標如圖 6，其中包括眾數(風向、風速、陣風);中位數(風速、陣風);最大平均風(風向、風速、陣風);最大陣風(風 向、風速、陣風);平均數(風速、陣風);標準差(風速、陣風)參考值。此自動化程式可呈現連續時間的風場變化，提供正確參考資料，節省預報作業人力與讀圖時間。風場統計預估值程式版面介紹及使用流程分述如下：

- 1、首先蒐集中央氣象局或國內外颱風颱風路徑預報資料，研判颱風未來之動態。
- 2、輸入路徑預報資料後，氣候統計模式輸出颱風於此網格點之風力統計資訊。
- 3、依颱風與機場之距離(暴風圈影響範圍)進行風力調整。

在目前颱風預報能力侷限下，隨預報時間越長，颱風路徑誤差越大。另各國氣象作業單位所使用的數值預報模式不同，故各家預報颱風路徑也出現分歧。為配合颱風路徑扇形機率預報背景下，本風場統計預估系統可依颱風路徑之不確定性統計分析各機場可能出現之風力分布及機率，提供更詳盡及多元化之風場預報產品供相關單位參考，提升颱風風場客觀機率預報技術。此系統實際應用說明如下：

- 1、圖7 為桃園機場最大陣風分布及中央氣象局於 2016年9月24至27 日期間針對中度颱風梅姬發布之預報路徑及實際路徑比較，顯示隨颱風路徑出現往北修正趨勢，桃園機場最大陣風值將增強。

2、圖 8 為臺東豐年機場最大陣風分布及七家(菲律賓、韓國、臺灣、中國、日本、美國及香港)於 2016年7月6日00Z 針對強烈颱風尼伯特發布之預報路徑及實際路徑比較，顯示實際路徑較為南偏，故強陣風之情形將更為顯著。

(三) 風場搜尋資料庫

本研究所建立之氣候統計系統除可提供風場預估資料外，亦為一氣象大數據之資料庫，提供風場查詢功能之應用，可依預測風力查詢歷史颱風資料(颱風中心位置及強度)等，其查詢功能包括：

- 1、依類似颱風路徑(兩點颱風中心位置)之歷史個案列表(圖 9)。
- 2、依欲查詢颱風中心位置之歷史個案列表(圖 10)。
- 3、依欲查詢之風場(風向 ± 10 度或;兩風向間或;風向 ± 30 度與風速 $\pm 8KT$ 及陣風 $\pm 18KT$)搜尋歷史颱風個案，將符合搜尋條件之歷史颱風中心位置繪圖 (圖 11)。

實際應用上，除可提供使用者快速查詢對應某特定颱風資訊某機場可能產生的風向風速外，亦可針對特定風場(例如飛航作業最低標準)查詢歷史颱風個案中心之位置。如圖 12 為桃園機場觀測風場之側風達 30KT 或以上與平均風速達45KT 或以上時之歷史颱風中心位置分布所示，假若颱風走勢將經過這些分布點時，機場可因風場因素影響正常起降作業。故此查詢系統可輔助風險評估分析，藉以有效掌握颱風對該機場可能造成之影響程度、範圍及時間點，滿足使用者各種不同的作業需求。

四、歷史個案分析與實際預報測試

(一)逐時風場預報

為了解颱風風場氣候模式之預報能力，將氣候統計模式預報結果與實際觀測進行差異評估，並作為未來針對個別颱風的特徵選取最佳化預報指引或統計指標之依據。在進行個案校驗時，透過計算平均絕對誤差
$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |F_i - O_i|$$

觀測風場為 O_i ，預報風場為 F_i ，資料點數為 N ，反應觀測及預報場之整體風場分布差異。

1、2015 年 7 月 6-9 日輕度颱風蓮花(LINFA)

圖13 為蓮花颱風之路徑: 6 日颱風中心在鵝鑾鼻南方海面，且移動緩慢；7 日颱風逐漸由北北東轉西北移動；8 日颱風在海峽南部向西移動，對南部高雄機場影響較大。利用上述實際之路徑資料，針對高雄機場進行颱風期間(7 月6日 00Z至7月8日15Z)風場預估之校驗，計算各預報指引及統計指標之逐時平均絕對誤差，結果顯示在統計預報計算時，以選取全部個案預報指引，並搭配中位數統計指標時，其預報誤差最小，逐時平均絕對誤差在十分鐘平均風向為51.89度、風速及陣風分別2.98及3.0KT。圖14 為高雄機場實際觀測和氣候統計預報逐時風向、風速及陣風分布圖，可見氣候統計預報為反映風場之平均狀態，對機場風場變化趨勢有合理掌握。

此個案在模式路徑預報與實際差異較大，導致氣候統計預報對風場之準確度較差。原於 7 月5 至6 日颱風路徑預測颱風在接近巴士海峽後，未來將朝北北東方向接近臺灣南部。但實際颱風路徑為轉西移動接近臺灣海峽南方，僅對臺灣近海造成威脅。6 日颱風中心在鵝鑾鼻南南西方海面，且移動緩慢，

7 日後颱風逐漸由北北東轉西北移動，9 日颱風中心轉向西移動。直至 7 日 00Z，颱風路徑預報才向西修正。圖 15 為參考中央氣象局 7 月 3 日 00Z 至 7 月 8 日 00Z 期間發布之颱風路徑預報，製作高雄機場氣候統計預報之逐時風速及風向分布圖。比較各時段之氣候統計預報結果顯示，隨颱風路徑預報於 7 日 00Z 逐漸修正，氣候統計預報結果亦隨之變動，與實際觀測更為接近。由此可見，颱風侵襲期間氣候統計預報結果之準確度極度依賴於颱風路徑預報之準確性。

2、 2015 年 8 月 6-9 日中度颱風蘇迪勒(SOUDELOR)

圖 16 為蘇迪勒颱風之路徑：於 7 日晚間颱風中心位於花蓮東南東方海面，以中度颱風上限逼近本區；8 日清晨颱風中心由花蓮秀林鄉登陸，早上於雲林縣出海，至晚間由福建進入大陸，對北部機場影響甚大。利用上述實際之路徑資料，分別針對桃園機場與松山機場，進行颱風期間(8 月 6 日 00Z 至 8 月 8 日 23Z)風場預估之校驗，結果顯示在統計預報計算時，風速及陣風預報採用颱風路徑作為預報指引，並搭配平均數加一個標準差統計指標，及風向預報採用全部個案預報指引和中位數統計指標時，其預報誤差最小。桃園機場逐時平均絕對誤差在十分鐘平均風向為 24.55 度、風速及陣風分別 5.03 及 8.31KT。松山機場逐時平均絕對誤差在十分鐘平均風向為 14.86 度、風速及陣風分別 5.74 及 9.18KT。圖 17 和圖 18 分別為桃園與松山機場實際觀測和氣候統計預報逐時風向、風速及陣風分布圖，可見氣候統計預報在作業上提供一定之參考應用價值。

透過計算平均絕對誤差，初步經過個案之測試驗證後，顯示若依颱風路徑、颱風強度、颱風之七級風暴風半徑以及颱風侵襲月份等條件，篩選具有

類似特徵的颱風，而進一步調整氣候統計風場預報結果，更能掌握颱風環流之大小，對颱風風場有較更準確之掌握。

(二)最大風力預報

當颱風接近機場時，常因短暫極端風力之出現，對飛航作業造成威脅。本系統可提供歷史觀測之最大風力統計資訊作為依據，以輔助本中心最大風力之預報。

由2016年強烈颱風尼伯特(圖 19)與莫蘭蒂(圖 20)及中度颱風梅姬(圖 21)平均風速及陣風竹堆疊直條圖來看，比較實際觀測及本系統預估之風場，結果顯示本系統可反應當颱風接近某機場期間最大風力出現之情形，有助於掌握各機場最大風力分布及影響時期。

五、結論

颱風期間風場預報在飛航安全與飛航效益具相當大的重要性，對飛航管制單位、航空站管理單位及航空公司航運及調度作業等有很大的影響。因此臺北航空氣象中心積極加強侵臺颱風風場之研究，精進颱風風場預報之準確率。本研究希望藉由氣候統計模式穩定與重現性的優點，參考學者在颱風雨量氣候模式之研究，把其技術應用於侵臺颱風風場預報上。此氣候統計模式透過颱風位置與臺灣地形風場的關係，統計分析颱風中心所在位置對應之機場歷史觀測風場資料，為一颱風期間各民航機場風場客觀預報參考工具。此模式之建立可兼顧作業上之方便性和時效性，輔助預報員迅速了解颱風處於不同位置和條件下各機場風場變化趨勢，符合較長時段風場預報快速作業之需求。另為未來發展颱風風場客觀機率預報技術及提升航空氣象服務品質，在颱風路徑扇形機率預報背景下，此模式可預測各機場出現風力之分布及機率，輔助預報員作專業風場預報研判，並提供更詳盡及多元化之風場預報產品供相關單位參考。

針對臺北飛航情報區 10 個民航機場，當颱風進入守視範圍北緯 15-30 度，東經 113-135 度內，以經緯度各 0.5 度(約 55km)網格點為間距，自 1970-2015 年期間，共 280 個颱風經過該網格區域時，建立各機場風場的統計資料庫，作為預測颱風風場的基礎資料，並將網格資料繪圖而得相對於颱風中心位置該機場之風場潛勢圖。此預先製作之風場圖考慮颱風大小外，還有颱風之移速及強度可協助研判起風和減弱的時段。另針對欲預報颱風個案之特徵，加以篩選所採用之預報指引（颱風侵襲月份、路徑類別、近臺中心強度、近臺 7 級風暴風半徑）等，利用所挑選特徵相似之歷史個案作為背景風場資料進行統計預報。透過各統計指標之統計特性，對風力預報再作進一步修正，有

效突顯氣候平均狀態之外可能出現之風力型態，以改善氣候統計法對較極端風力低估的弱點。在實際應用上，預報員需依據所有數值模式的資料與綜觀尺度和中尺度分析技術決定未來颱風的位置、強度和結構特徵，再依據各客觀風場分析工具之資訊，預測未來各機場出現的風場及最大風力狀況。

整體而言，上述的研究成果，在長達 72 小時颱風風場預報上具有一定的參考應用價值，並配合颱風路徑預報的不確定性，進而評估各風力預報出現機率及分布。另從個案校驗結果顯示，利用上述之風場統計預估值作為預報值，並建立最佳之預報指引為：(1)當颱風直接侵襲某機場，以統計最大風速值為預報值；(2)當某機場受颱風內圈(半徑 100km)影響，以風場統計平均值加1 個標準差為預報值；(3)當某機場受颱風外圈(半徑 100km 外)影響，以風場統計平均值為預報值。目前此系統已納入預報作業參考，後續將透過預報員使用心得回饋與建議事項，持續強化系統自動化流程及資料庫介面與顯示功能，以快速有效產出資訊，符合實際作業之需求。期望透過本研究之持續執行，以加強颱風期間風力場預報技術及發展客觀機率預報技術模式。另未來將透過即時雷達回波觀測資料之風雨資訊，針對個別颱風之特徵作適當之風力修正，以提供更即時精準及細部風場預報。另需注意若颱風路徑預報有偏差時，亦會導致系統預估之風場分布將顯著偏離實際觀測，故精準之颱風路徑（速度與方向）預報，此為最關鍵之一。

六、參考資料

王時鼎、陳泰然與謝信良，1983：臺灣颱風降雨特性及其預報研究(一)，行政院國家科學委員會防災科技研究報告，72-13 號，54 頁。

王時鼎、陳泰然與謝信良，1985：臺灣颱風降雨特性及其預報研究(二)，行政院國家科學委員會防災科技研究報告，73-47 號，100 頁。

王時鼎，1992：侵臺颱風路徑、強度、結構及風雨整合研究，國科會防災科技研究報告，80-73 號，285 頁。

葉天降、吳石吉與謝信良，1999：簡單統計方法於台灣地區颱風降水預測之研究(一)預測方法與台北颱風降水之預測校驗，大氣科學，27，395-412。

李清勝，2007：颱風臨臺路徑與侵臺風雨預報技術發展暨預報實驗-子計畫 由臺灣南方北上侵臺颱風之分析、模擬與概念模式之發展（III），行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，NSC95-2625-Z-002-005-，共 117 頁。

李清勝，2008：颱風中尺度定量降雨預報技術之改進（I），行政院國家科學委員會自然處永續學門防災科技研究報告，NSC96-2625-Z-002-004-，共 132 頁。

童茂祥、徐光前與莊清堯，2008：侵臺颱風對各民航機場的風場統計，CAA-ANWS-097-3-01。

童茂祥、陳心懋與莊清堯，2011：颱風接近期間各機場風力類神經網路分析系統建置及應用，CAA-ANWS-100-3-01。

童茂祥，2015:相對於輕度颱風中心位置之民航機場的風場，飛行安全夏刊。

童茂祥，2015:相對於中度颱風中心位置之民航機場的風場，飛行安全秋刊。

童茂祥，2015:相對於強烈颱風中心位置之民航機場的風場，飛行安全冬刊。Lee, C.-S., Huang, L.-R., and Chen, D. Y.-C.: The modification of the typhoon rainfall climatology model in Taiwan, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 65-74, <https://doi.org/10.5194/nhess-13-65-2013>, 2013.

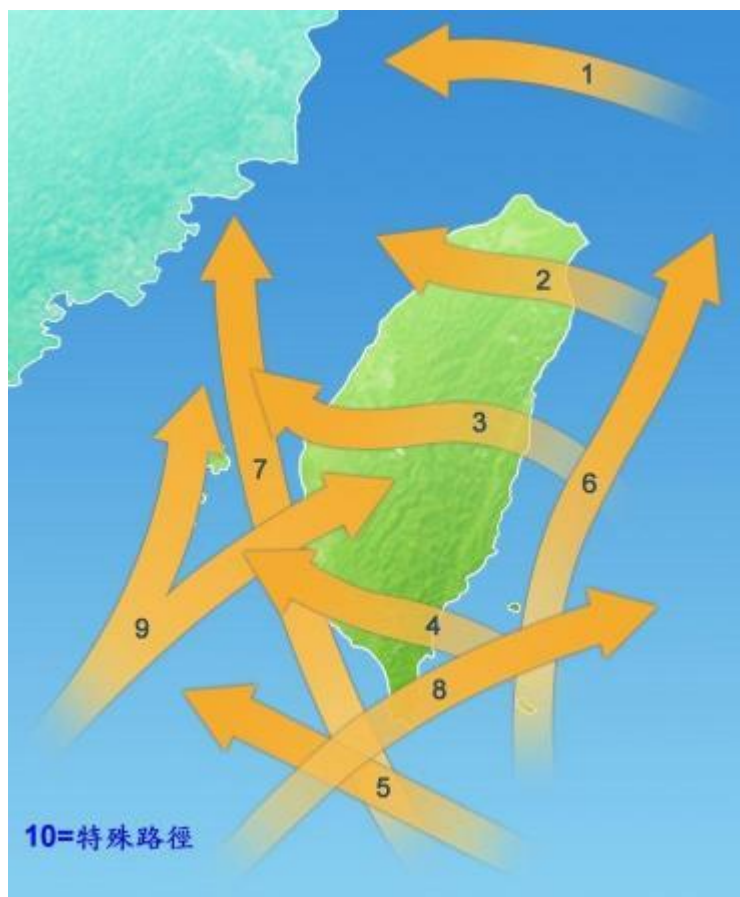


圖 1 中央氣象局之侵臺颱風9大路徑分類圖示。(摘自
<http://rdc28.cwb.gov.tw/TDB/ntdb/pageControl/basic>)

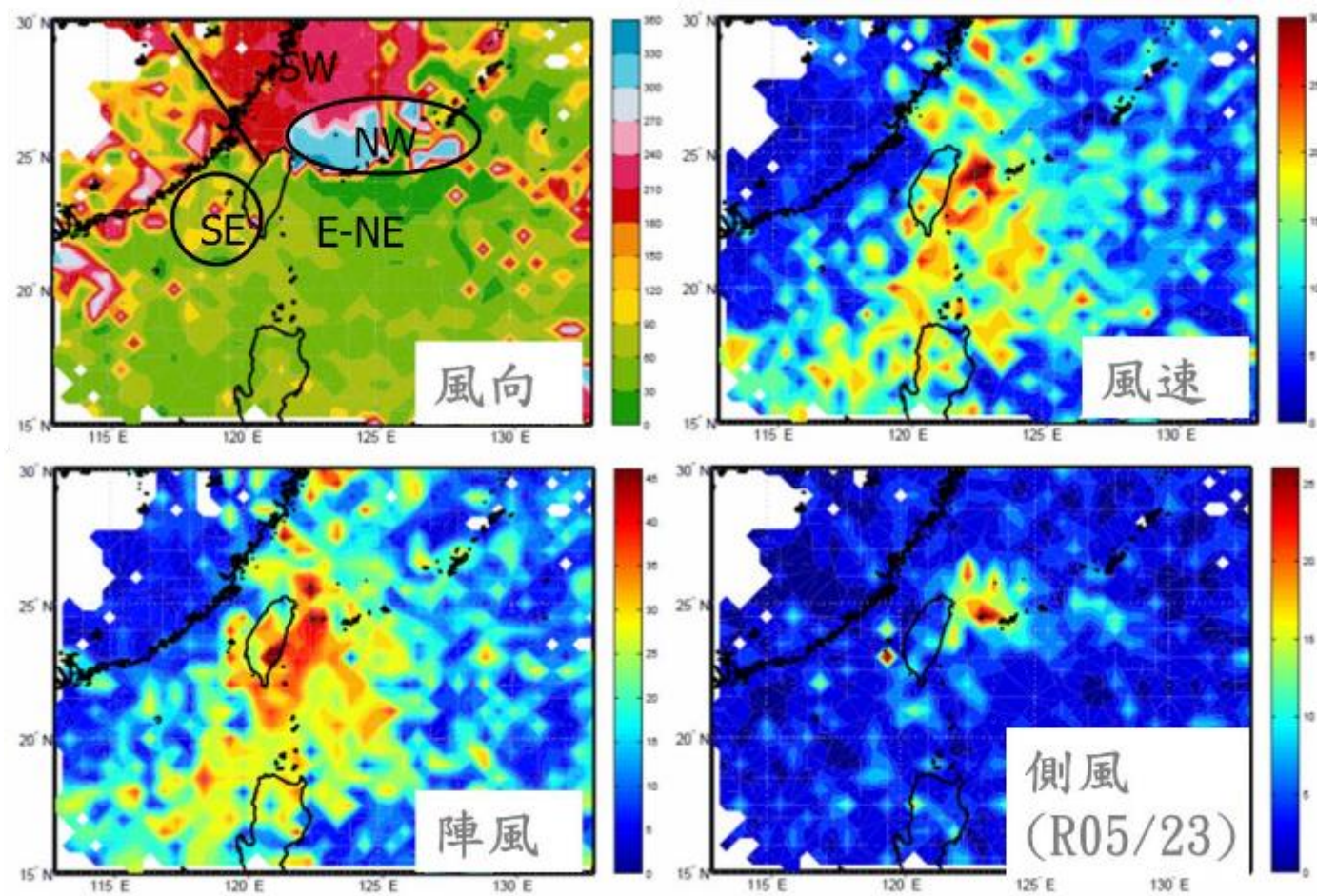


圖 2 相對於颱風中心位置桃園機場之風場（十分鐘平均風向、風速、陣風及跑道側風值）眾數潛勢圖。

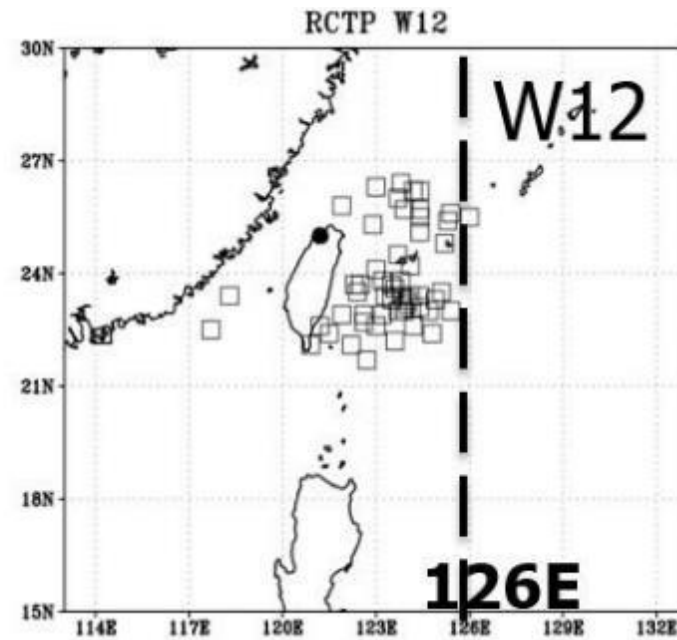
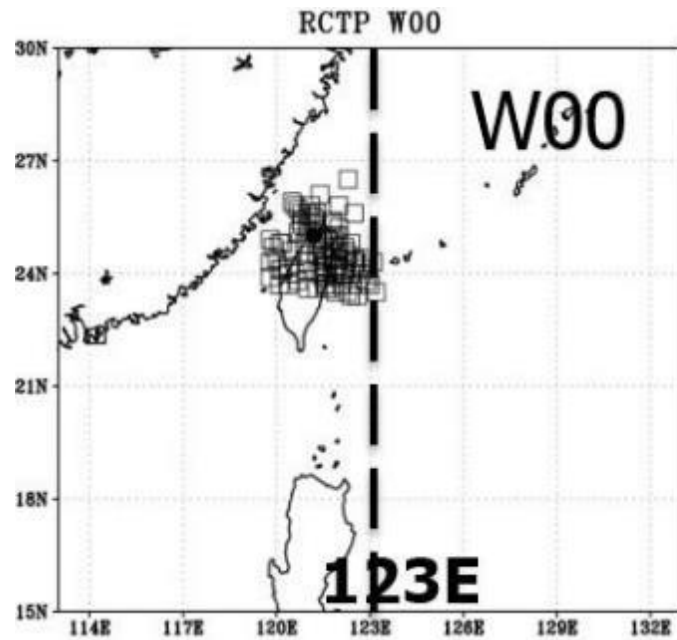


圖3 桃園機場W00 及W12 颱風警報階段時之歷史颱風中心位置分布圖。W00 及W12 警報分別為自警報發布時間起，預測風速達 34KT 或以上之暴風圈正在侵襲或將在未來 6~12 小時之間到達或侵該機場。

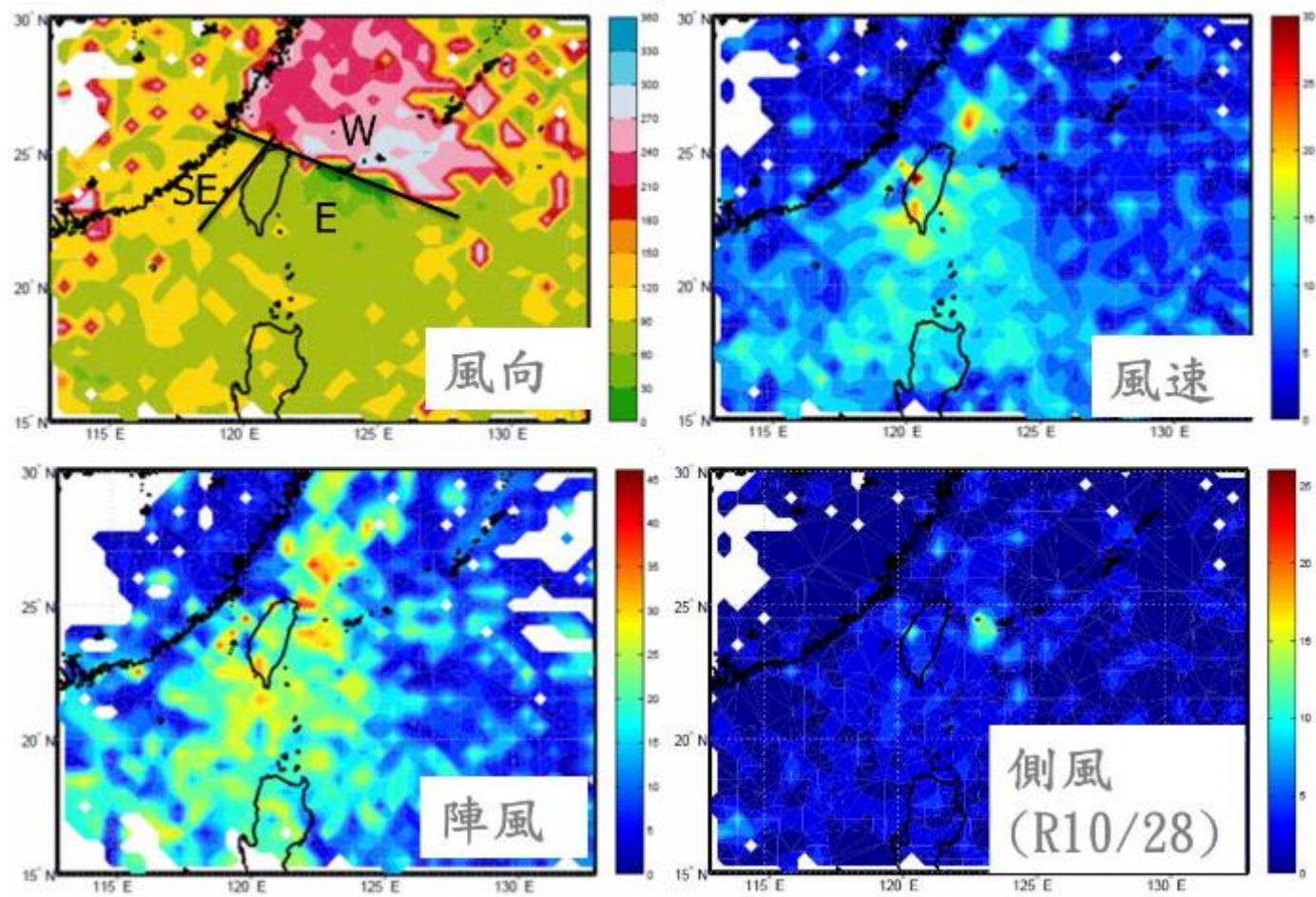


圖 4 相對於颱風中心位置松山機場之風場（十分鐘平均風向、風速、陣風及跑道側風值）眾數潛勢圖。

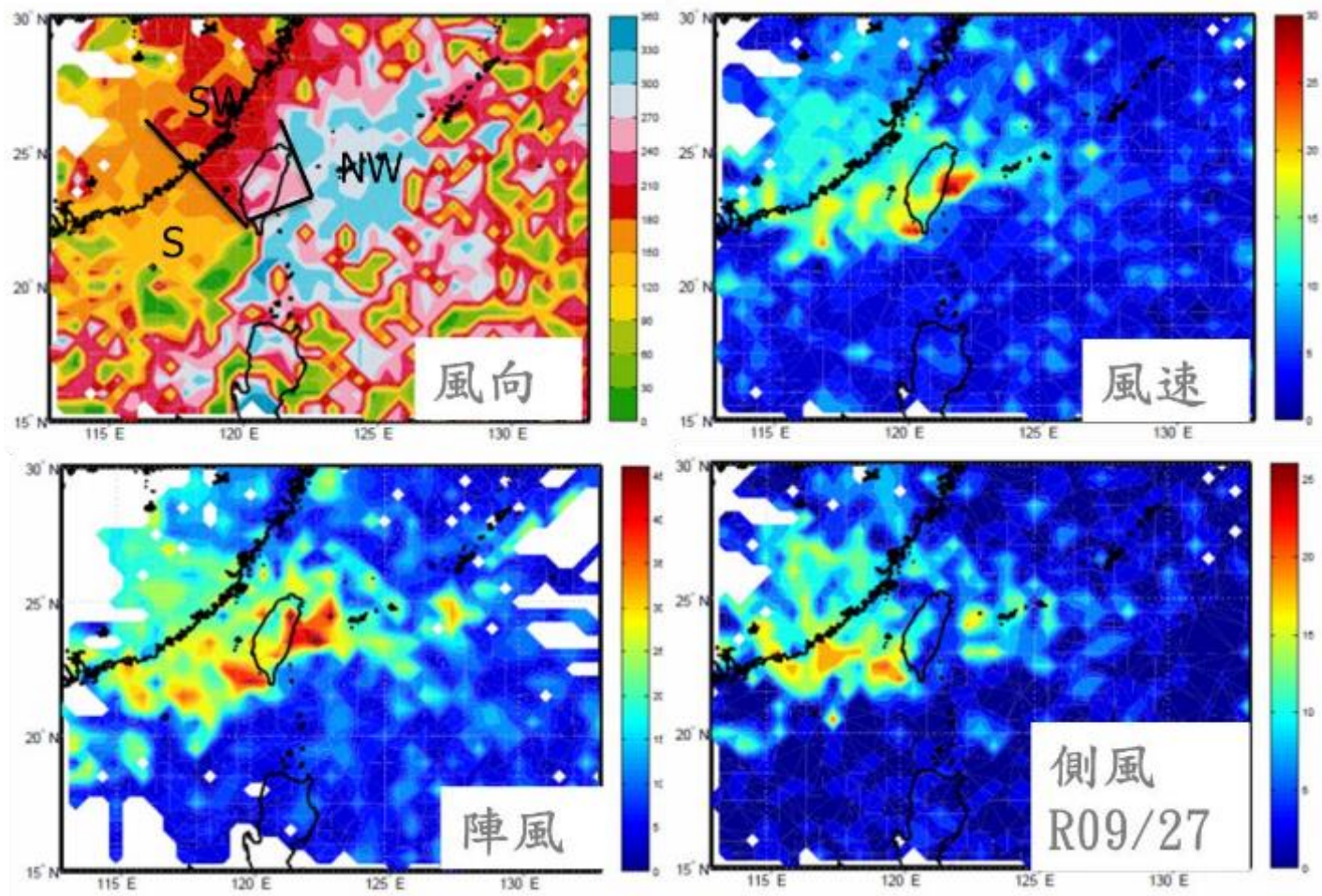
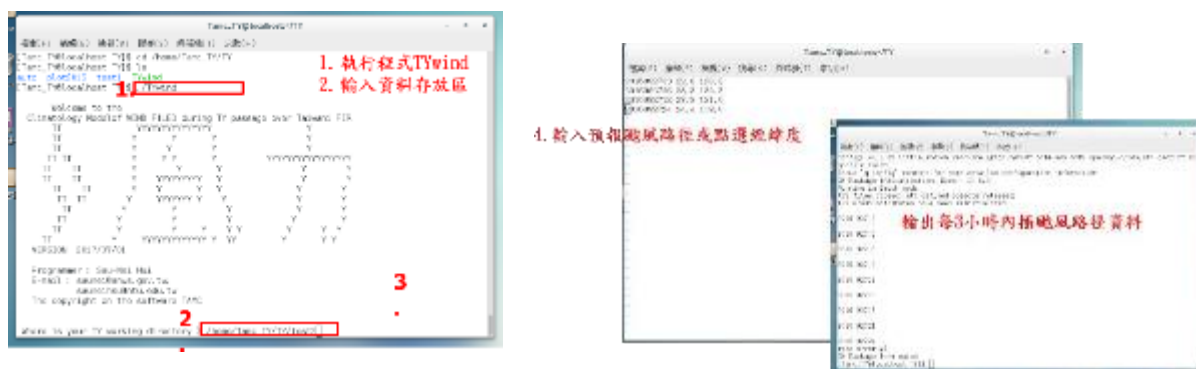


圖 5 相對於颱風中心位置高雄機場之風場（十分鐘平均風向、風速、陣風及跑道側風值）眾數潛勢圖。



結果輸出awindXX.txt

```
[Tmc_TY@localhost TY]$ cd ./test2/
[Tmc_TY@localhost test2]$ ls
a1hr.out      awindKW.txt   case.bat
a3hr.out      awindLY.txt   fcst.nlis
awindBS.txt   awindMT.txt   FG
awindFG.txt   awindSS.txt   FN
awindFN.txt   awindTP.txt   GI
awindGI.txt   bin           KH
awindKH.txt   BS           KW
[Tmc_TY@localhost test2]$
```

```
2016 927 0      22.00 123.30
MOD 40 19 86 MED 19 38 MAXW 50 84 51 MAXG 40 38 57
MEN 21.2378 82.6182 STD 7.18985 10.1849

2016 927 3      23.05 122.75
MOD 40 20 34 MED 21 32.5 MAXW 40 42 57 MAXG 40 40 59
MEN 21.0089 82.37 STD 7.57285 11.157

2016 927 6      23.30 122.20
MOD 40 20 34 MED 25 38 MAXW 40 49 55 MAXG 40 45 58
MEN 25.6525 89.7939 STD 10.0285 13.4951

2016 927 9      23.56 121.60
MOD 70 24 48 MED 29 48 MAXW 80 40 56 MAXG 50 37 60
MEN 27.7086 41.7755 STD 7.44865 9.68924

2016 92712      23.80 121.00
MOD 70 21 34 MED 25 36 MAXW 100 55 82 MAXG 100 55 82
MEN 27.4821 41.5225 STD 10.1759 13.0292

2016 92715      23.97 120.51
MOD 30 23 35 MED 23 35 MAXW 100 52 71 MAXG 100 50 71
MEN 22.6667 35.2024 STD 10.4093 13.858

2016 92718      24.18 120.01
MOD 50 4 50 MED 13 33 MAXW 110 88 58 MAXG 110 84 55
MEN 14.2308 33.7547 STD 9.58232 11.6095

2016 92721      24.27 119.50
MOD 280 5 25 MED 5 20 MAXW 110 22 33 MAXG 110 22 33
MEN 8.87879 18.1789 STD 5.96216 7.8895

2016 92724      24.40 119.00
MOD 150 4 6 MED 7 13 MAXW 100 17 26 MAXG 100 17 26
MEN 7.96774 13.1081 STD 4.03869 5.6291
```

圖 6 風場統計預估系統輸入及輸出版面。

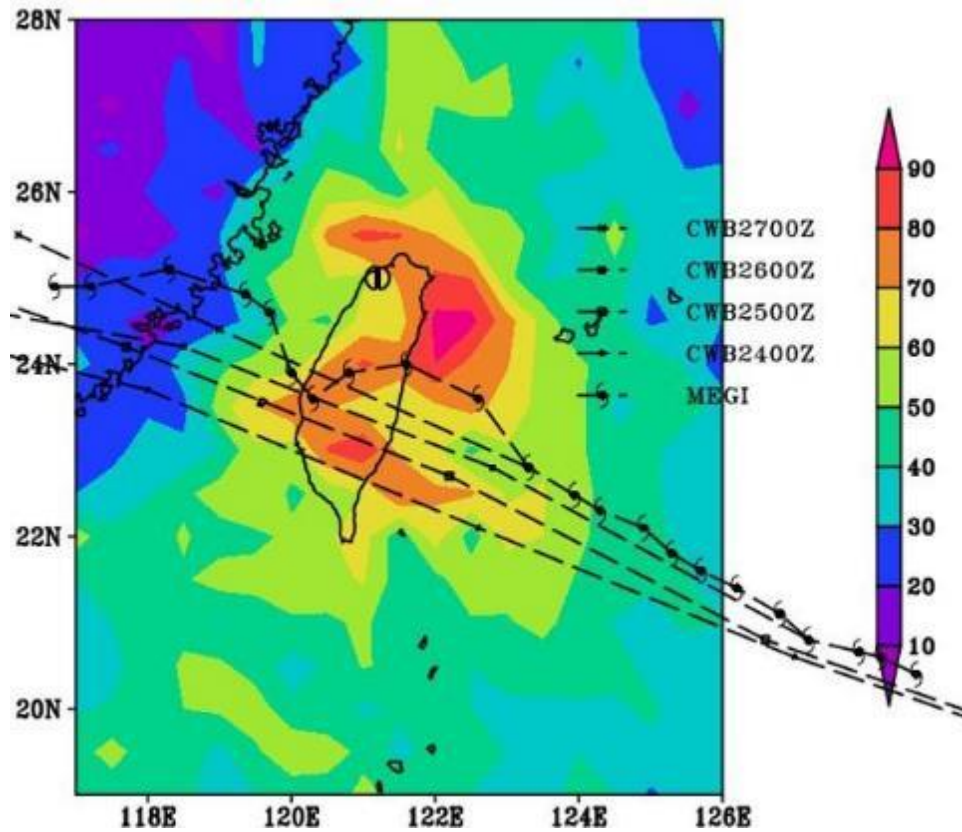


圖7 桃園機場最大陣風分布(陰影區)及中央氣象局於 2016年9月24、25、26及27日每日00Z 時針對中度颱風梅姬發布之預報路徑(虛線)及實際路徑(颱風標示線)比較。

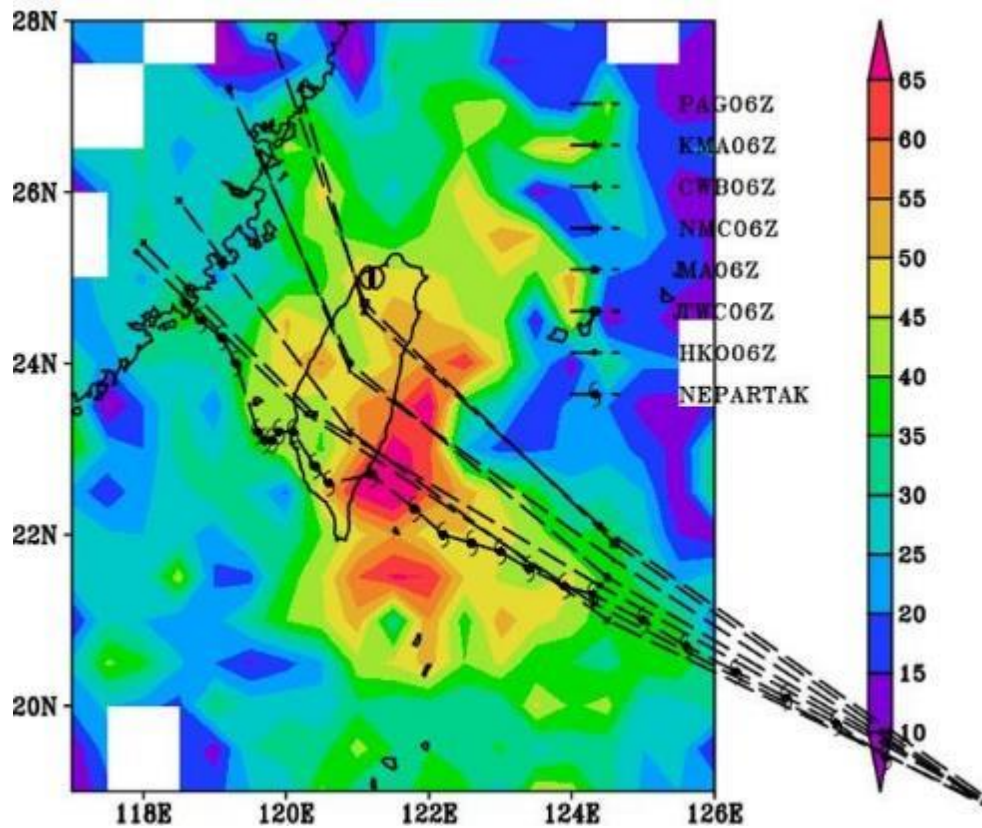


圖8 臺東豐年機場最大陣風分布(陰影區)及七家(PAG 菲律賓、KMA 韓國、CWB 臺灣、NMC 中國、JMA 日本、JTWC 美國、HKO 香港)於2016年7月6日00Z針對強烈颱風尼伯特發布之預報路徑(虛線)及實際路徑(颱風標示線) 比較。

依類似路徑(兩點颱風中心位置)之歷史個案

```
[Tamc_TY@localhost test2]$ vi awindTP.txt
[Tamc_TY@localhost test2]$ cd QCASE/
[Tamc_TY@localhost QCASE]$ ls
a.out          dummy.ctl      FGall_wind.txt  fort.48         KHall_wind.txt  LYall_wind.txt  query1.txt      SSall_wind.txt  track.gs
BSall_wind.txt dummy.dat      FNall_wind.txt  GIall_wind.txt  KWall_wind.txt  MTall_wind.txt  query2.txt      TPall_wind.txt
[Tamc_TY@localhost QCASE]$ ./a.out
ENTER (SS, TP, KH, BS, FG, MT, FN, GI, LY, KW)
TP
ENTER (aLAT)
24.0
ENTER aLON
122.0
ENTER (bLAT)
25.0
ENTER bLON
121.0

      1981. JUNE          28
      1994. GLADYS       35
      2005. HAITANG      40
      2007. KROSA        45
      2008. JANGMI       45
      2008. KALMAEGI     28
[Tamc_TY@localhost QCASE]$
```

輸入

1. 查詢之機場
2. 颱風中心位置(第1點經緯度)
3. (第2點經緯度)

輸出

經過此兩點颱風中心位置之歷史颱風個案
(颱風名稱及強度)

圖 9 依類似路徑(兩點颱風中心位置)查詢之歷史個案列表。

依欲查詢颱風中心位置之歷史個案

[Tunc,TY3local\host QCASE] ed ../QLOCATION/									
[Tunc,TY3local\host QLOCATION] ls									
SSell_wind.txt ESell_wind.txt ESell_wind.txt ESell_wind.txt ESell_wind.txt ESell_wind.txt ESell_wind.txt ESell_wind.txt ESell_wind.txt ESell_wind.txt									
[Tunc,TY3local\host QLOCATION] ./loc0.1b.exe									
ENTER (SS,TP,KH,BS,FG,MT,FH,GI,LY,KW)									
TP									
ENTER (LAT)									
24.0									
ENTER LON									
122.0									
[Tunc,TY3local\host QLOCATION] cat query.txt									
1981 61317 0	22.87	122.13	28	30	18	80	1.5	6.5	1981. IKE
1981 6131780	22.87	122.13	28	30	18	29	1.5	9.5	1981. IKE
1986 82213 0	24.14	122.01	38	10	33	50	1.5	21.2	1986. WAYNE
1986 8221390	24.14	122.01	38	940	30	47	1.5	20.2	1986. WAYNE
1987 72111 0	23.95	122.05	30	10	12	15	1.2	7.7	1987. VERNON
1987 7211190	23.95	122.05	30	80	13	18	1.4	6.5	1987. VERNON
1990 51913 0	24.05	121.93	18	60	19	80	1.8	0.0	1990. MARIAN
1990 5191390	24.05	121.93	18	60	19	28	1.8	0.0	1990. MARIAN
200011 1 8 0	24.10	122.10	88	20	33	54	1.5	16.5	2000. XANGSANE
200011 1 880	24.10	122.10	88	10	34	51	1.5	21.9	2000. XANGSANE
2004 91123 0	23.90	122.13	15	10	21	88	1.5	13.5	2004. HATMA
2004 9112390	23.90	122.13	15	10	23	40	1.7	14.8	2004. HATMA
2005 71813 0	24.05	121.88	51	60	24	99	1.5	4.2	2005. HAITANG
2005 7181390	24.05	121.88	51	50	25	89	1.5	0.0	2005. HAITANG
2005 71813 0	24.14	121.94	51	70	25	85	1.4	0.6	2005. HAITANG
2005 7181390	24.14	121.94	51	70	31	47	1.5	10.6	2005. HAITANG
2009 92915 0	24.07	122.13	51	80	59	69	1.3	19.1	2009. JANGMI
2009 9291590	24.07	122.13	51	30	62	88	1.3	31.0	2009. JANGMI

圖 10 依欲查詢颱風中心位置之歷史個案列表。

依欲查詢之風場搜尋歷史個案

```
[Tamc_TY@localhost QWIND]$ ./caseWGT
ENTER (SS, TP, KH, BS, FG, MT, FN, GI, LY, KW)
TP
ENTER WDIR
100
ENTER WSPD
50
ENTER WGUST
70
ENTER WSDE
0
```

輸入

1. 查詢之機場
2. 風向
3. 風速
4. 陣風
5. 側風

```
[Tamc_TY@localhost QWIND]$ cat query.txt
1982 729 7 0 22.92 120.86 53 100 55 89 1.6 42.1
1982 729 8 0 23.00 120.70 42 100 54 81 1.5 41.4
1982 72910 0 23.22 120.29 42 100 52 73 1.4 39.8
1982 7291030 23.22 120.29 42 100 56 80 1.4 42.9
1994 71022 0 23.79 120.95 53 100 55 82 1.5 42.1
1994 71023 0 23.97 120.66 53 100 50 71 1.4 38.3
[Tamc_TY@localhost QWIND]$
```

輸出

1982. ANDY
1982. ANDY
1982. ANDY
1982. ANDY
1994. TIM
1994. TIM

曾出現此風場之歷史颱風個案

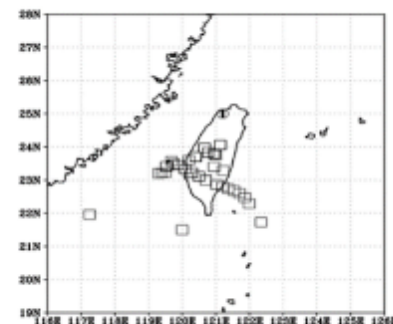


圖 11 依欲查詢之風場搜尋歷史颱風個案中心位置並繪圖。

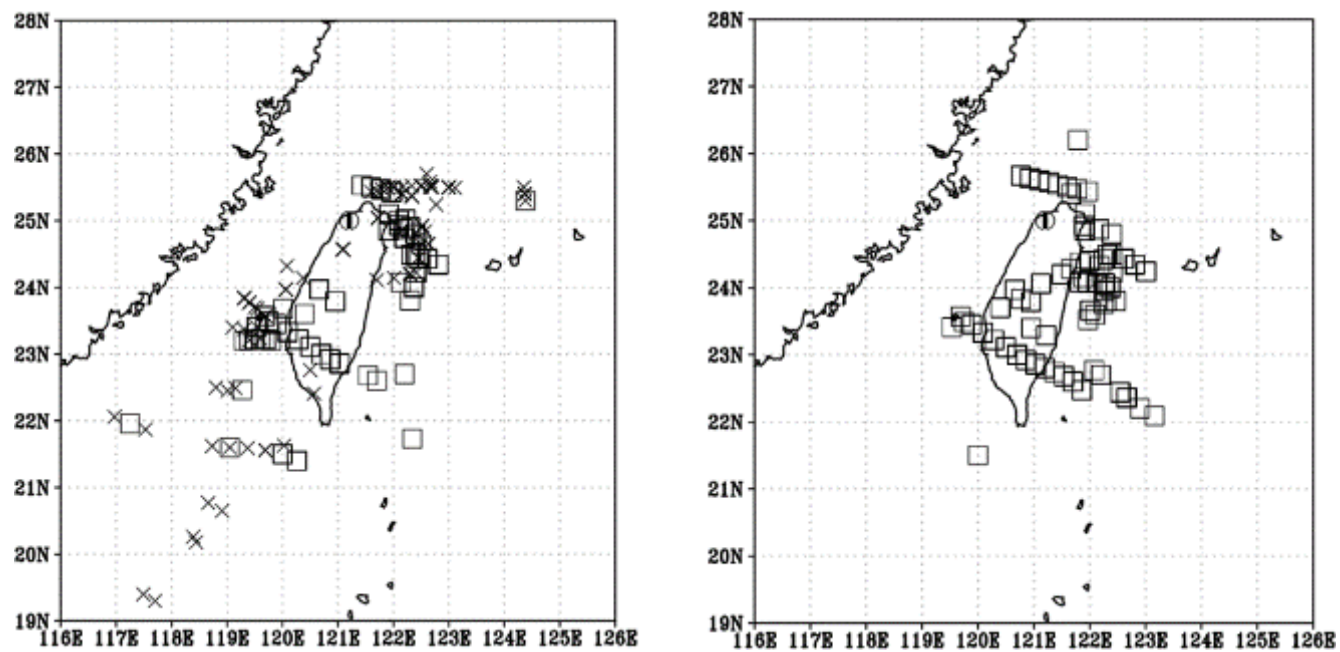


圖12 桃園機場觀測風場之側風達 30KT 或以上(左)與平均風達 45KT 或以上(右)時之歷史颱風中心位置分布。

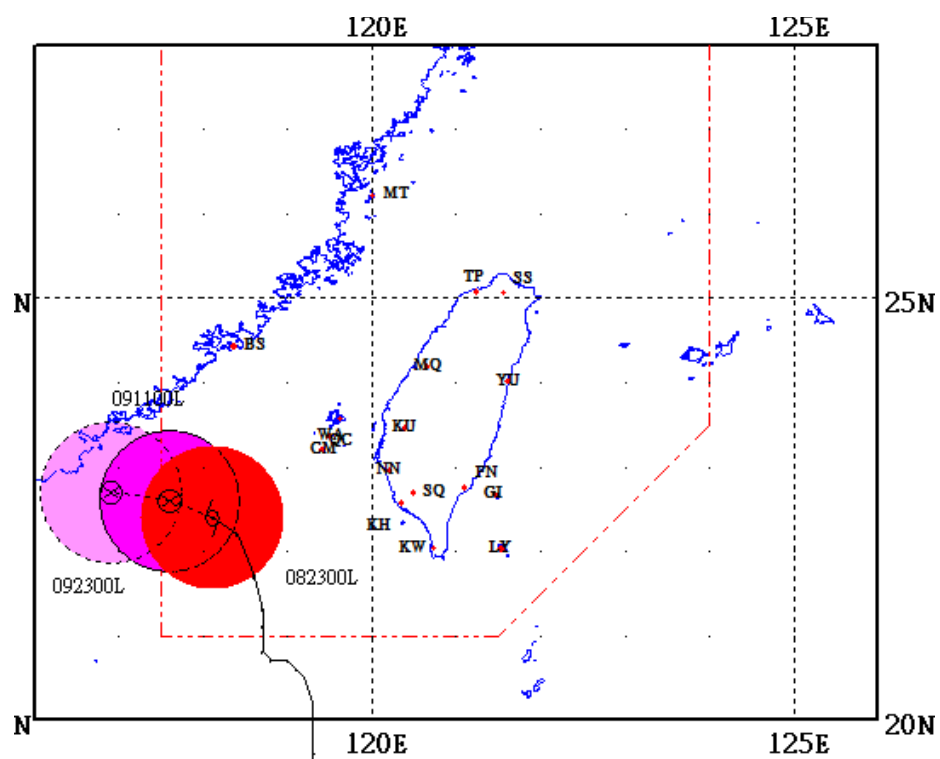


圖13 2015 年輕度颱風蓮花警報單。

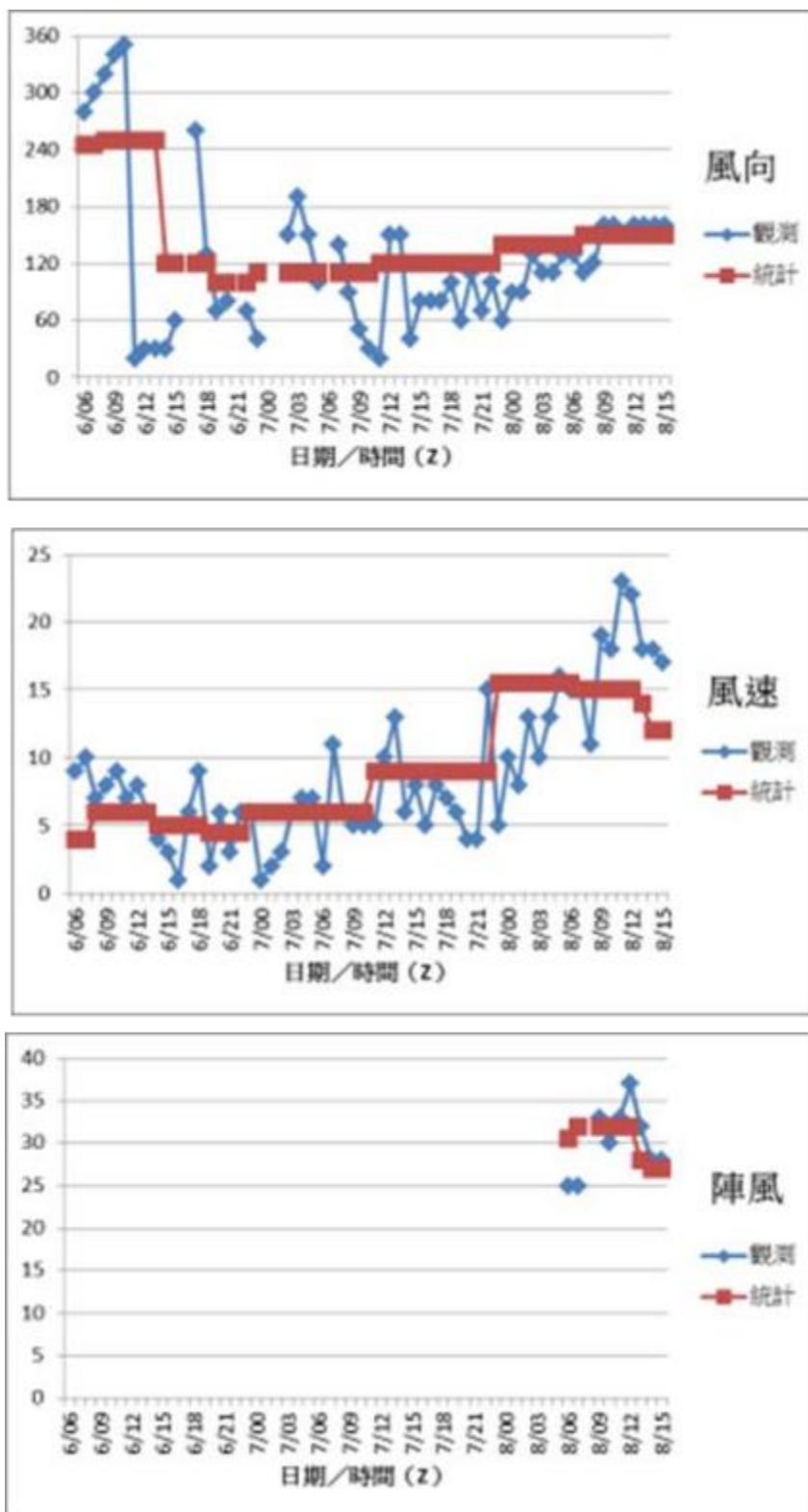


圖14 2015年7月6日00Z至7月8日15Z 期間，高雄機場實際觀測和氣候統計預報逐時風向、風速及陣風分布圖。

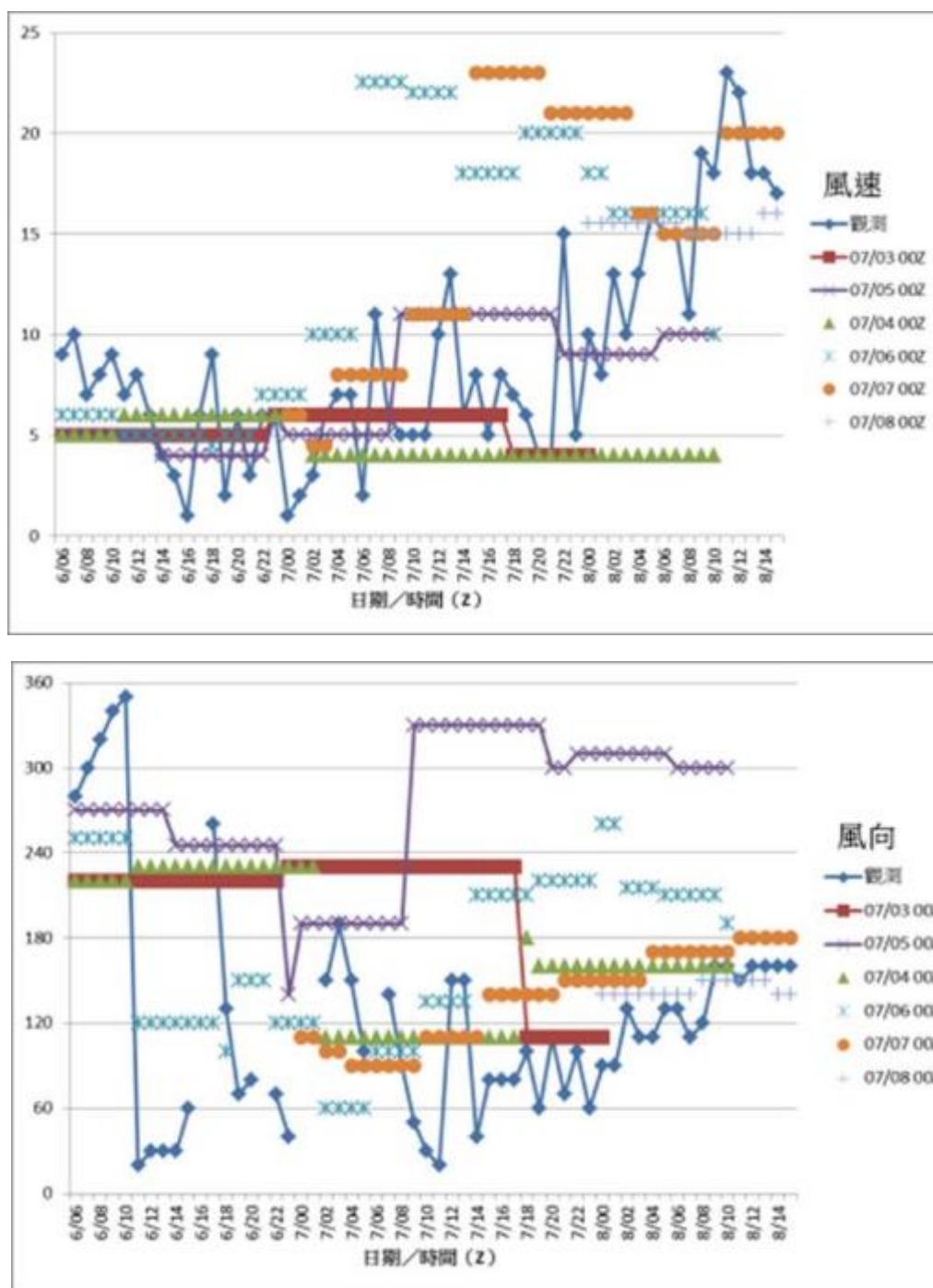


圖15 參考中央氣象局 7月3日00Z至7月8日00Z 期間發布之颱風路徑預報，氣候統計對高雄機場逐時風向及風速之預報與實際觀測比較。

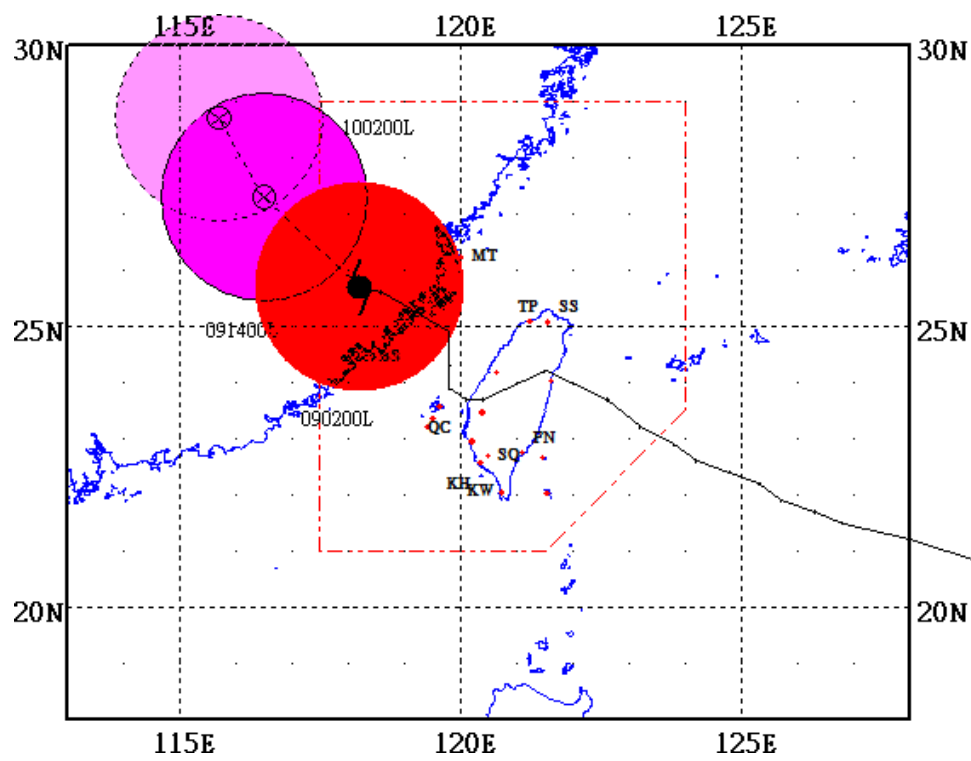


圖16 2015 年中度颱風蘇迪勒警報單。

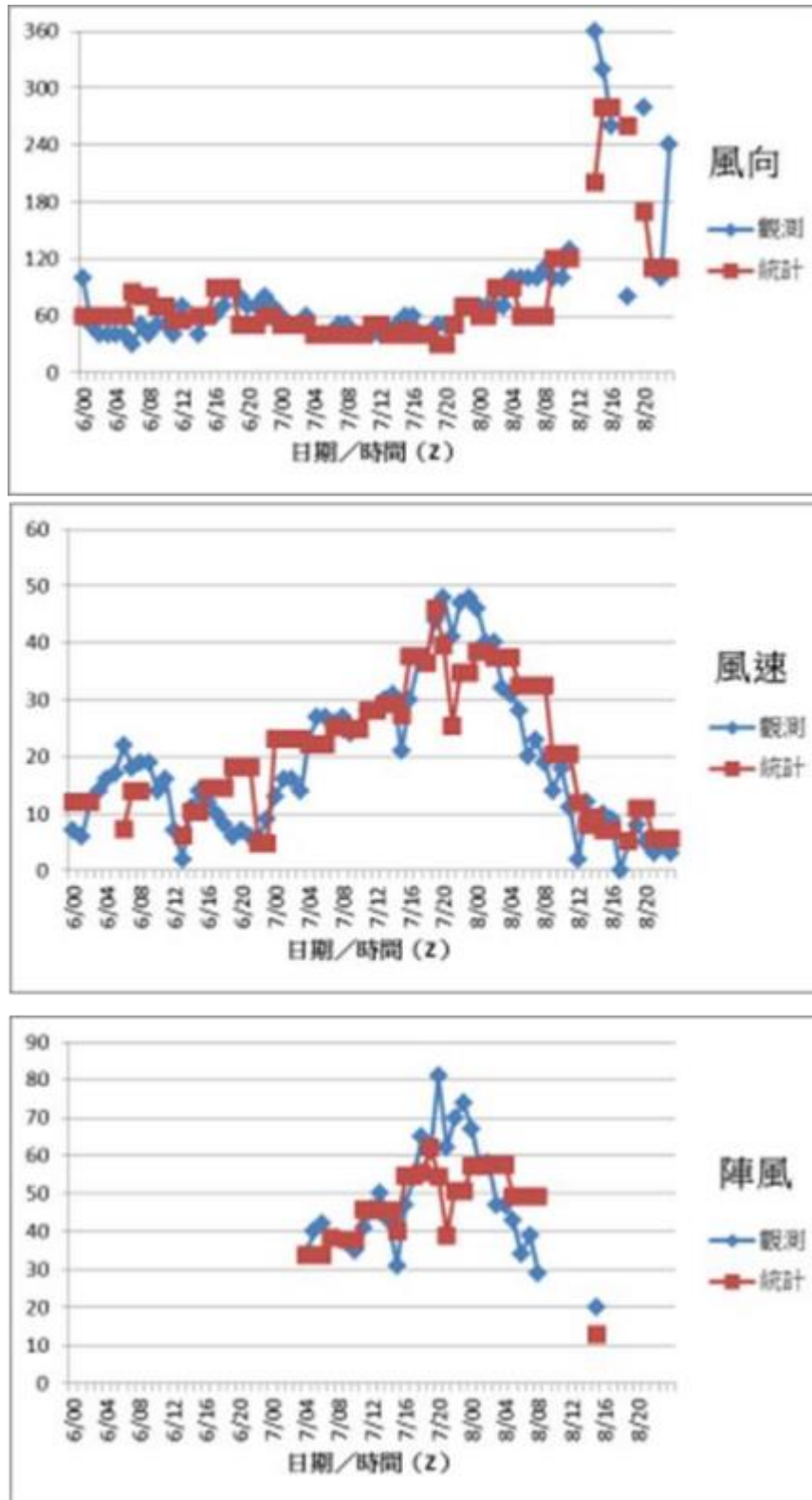


圖17 2015年8月6日00Z至8月23Z 期間，桃園機場逐時風向、風速及陣風實際觀測和氣候統計預報分布圖。

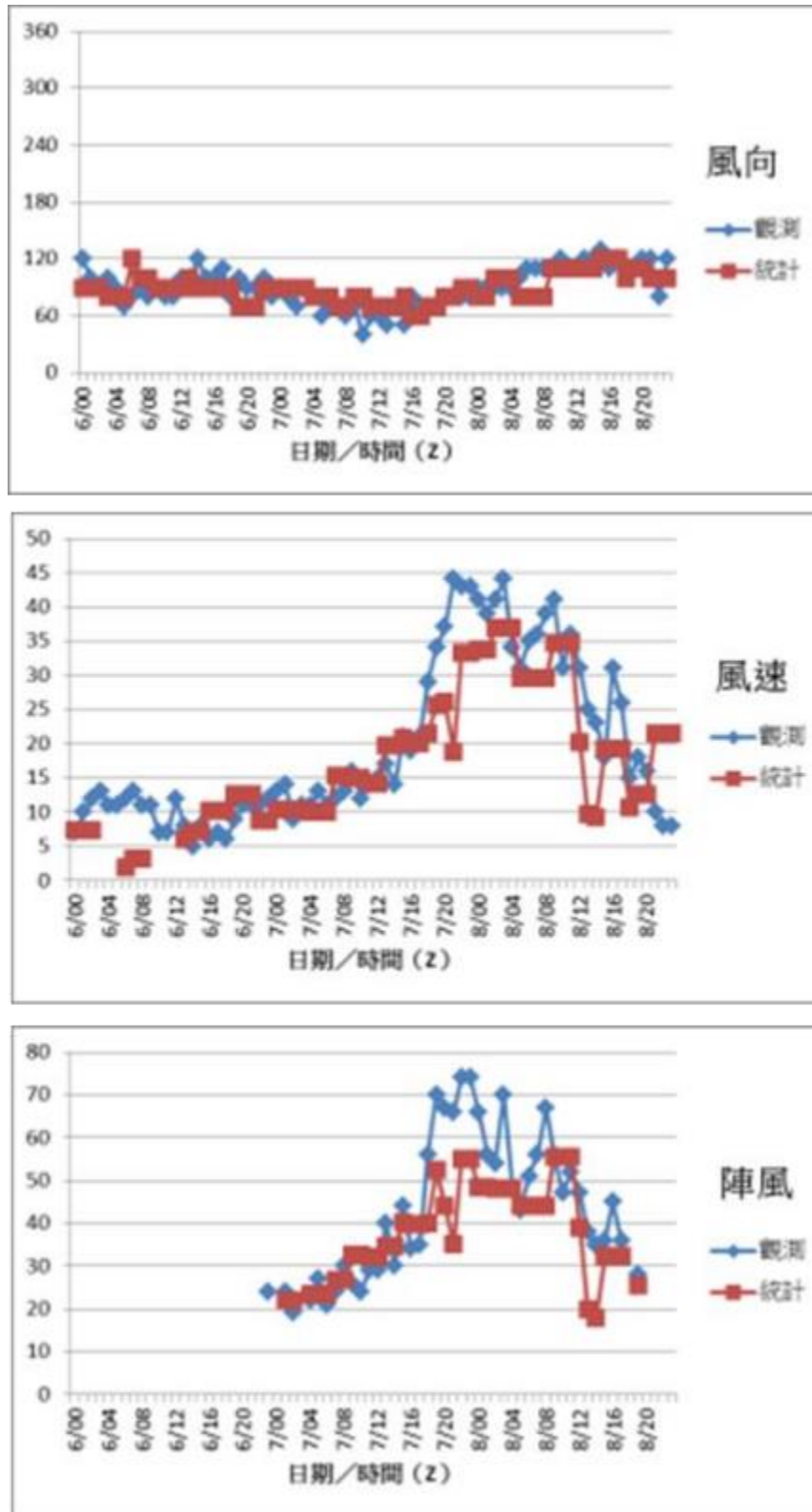


圖18 2015年8月6日00Z至8日23Z 期間，松山機場逐時風向、風速及陣風實際觀測和氣候統計預報分布圖。

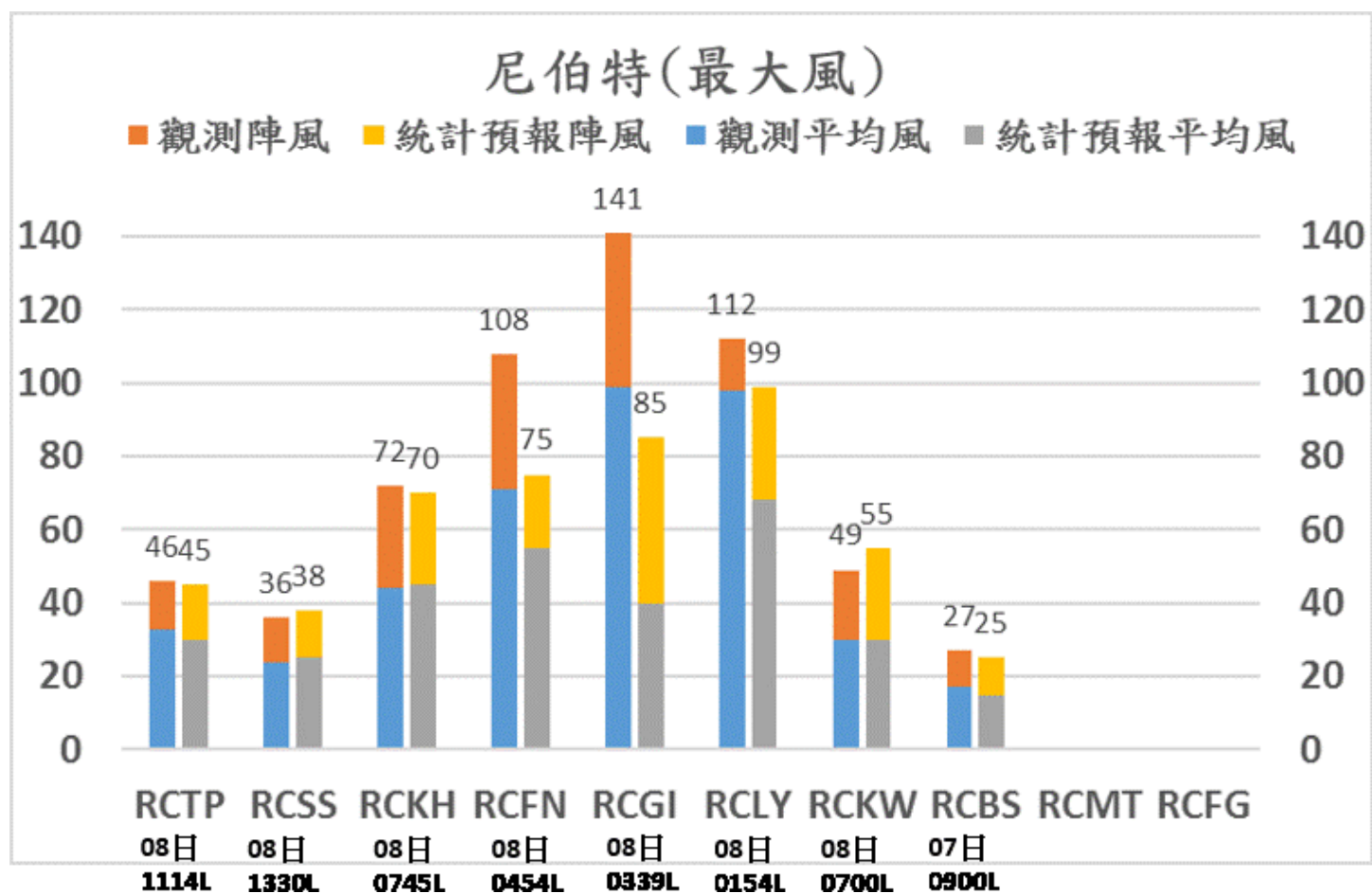


圖19 強烈颱風尼伯特機場觀測與氣候統計最大風力值之比較，其最大風出現之時間點標示於橫軸下方。

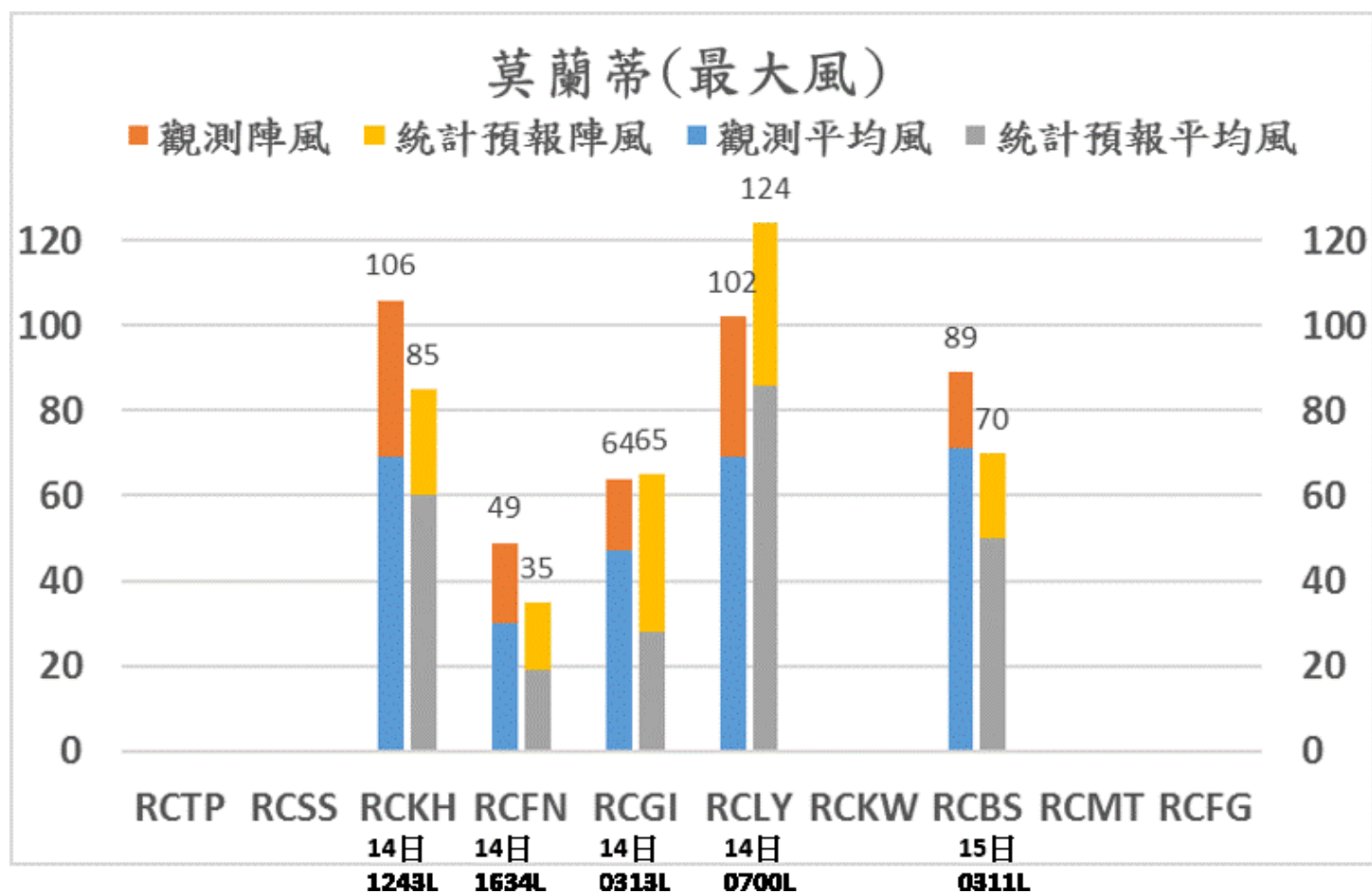


圖20 強烈颱風莫蘭蒂機場觀測與氣候統計最大風力值，其最大風出現之時間點標示於橫軸下方。

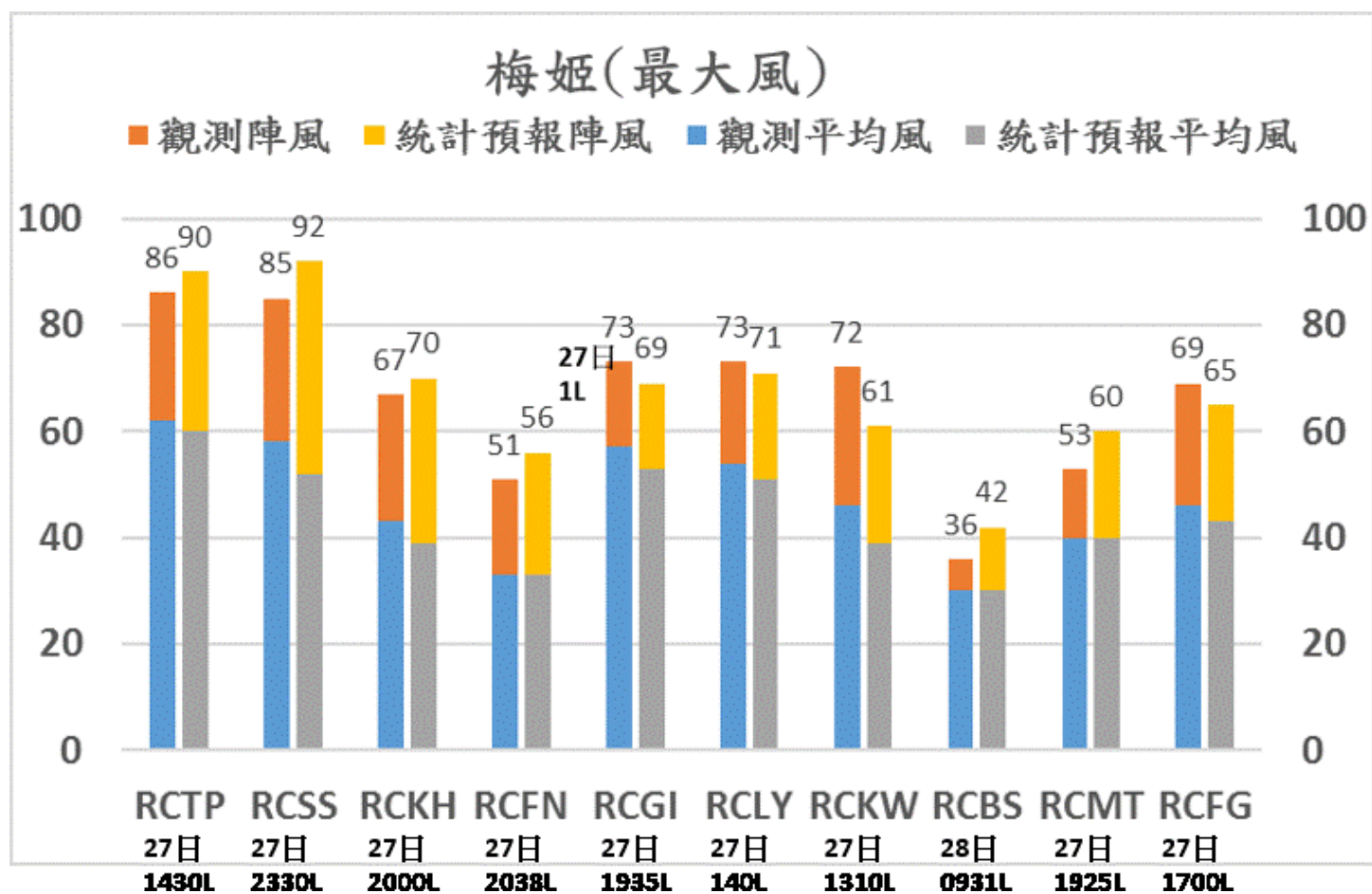


圖21 中度颱風梅姬機場觀測與氣候統計最大風力值，其最大風出現之時間點標示於橫軸下方。

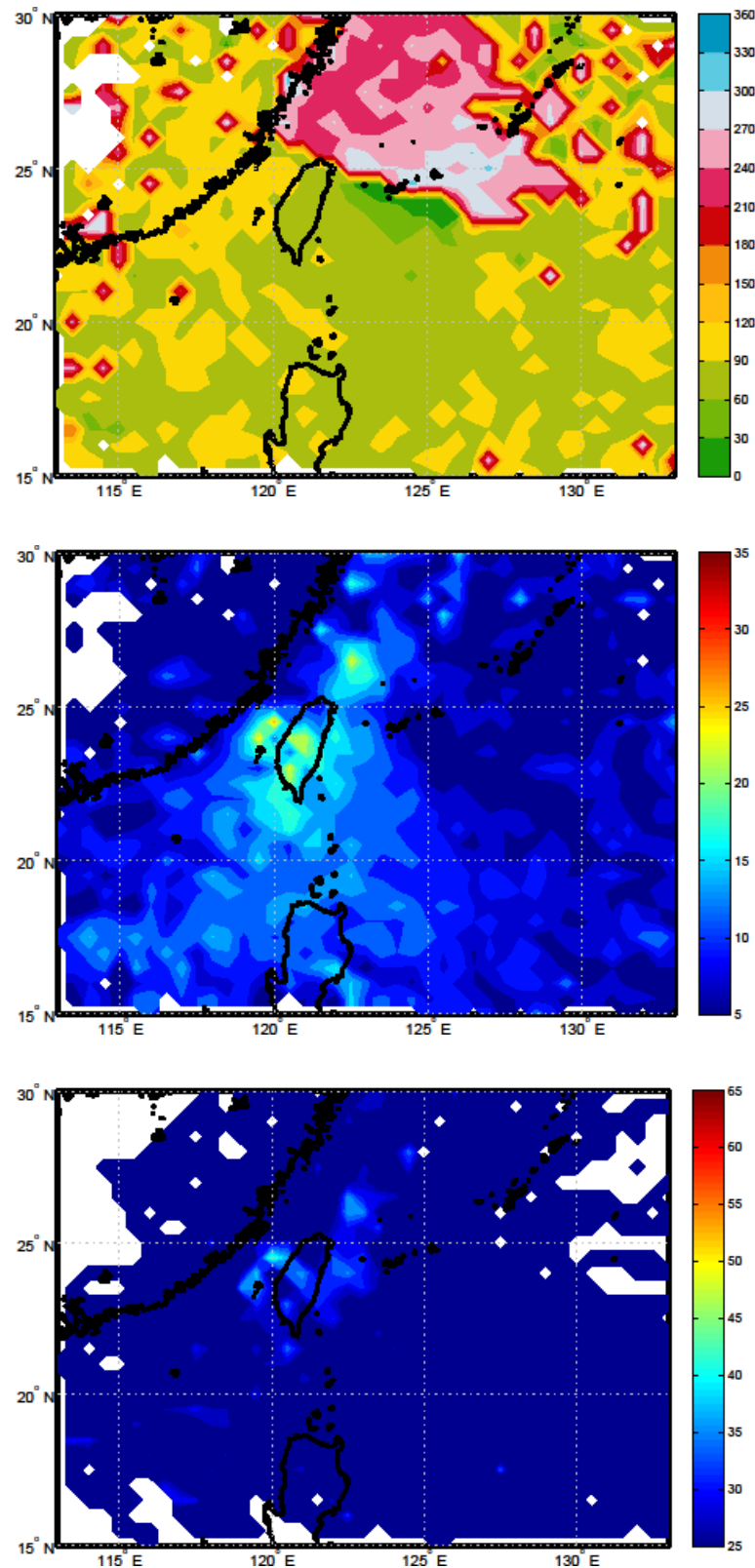


圖 1 所有侵臺颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

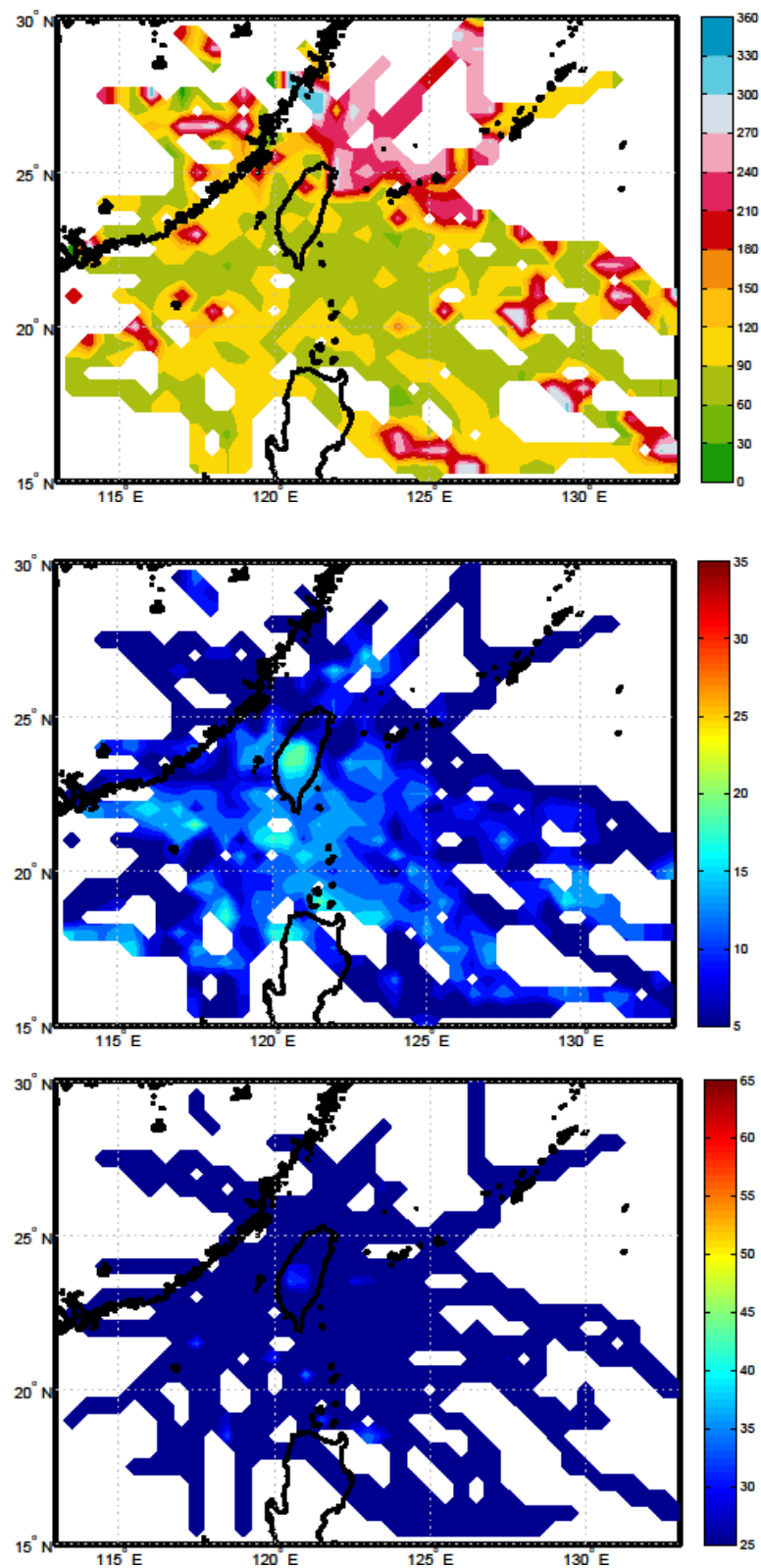


圖 2 侵臺輕度颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

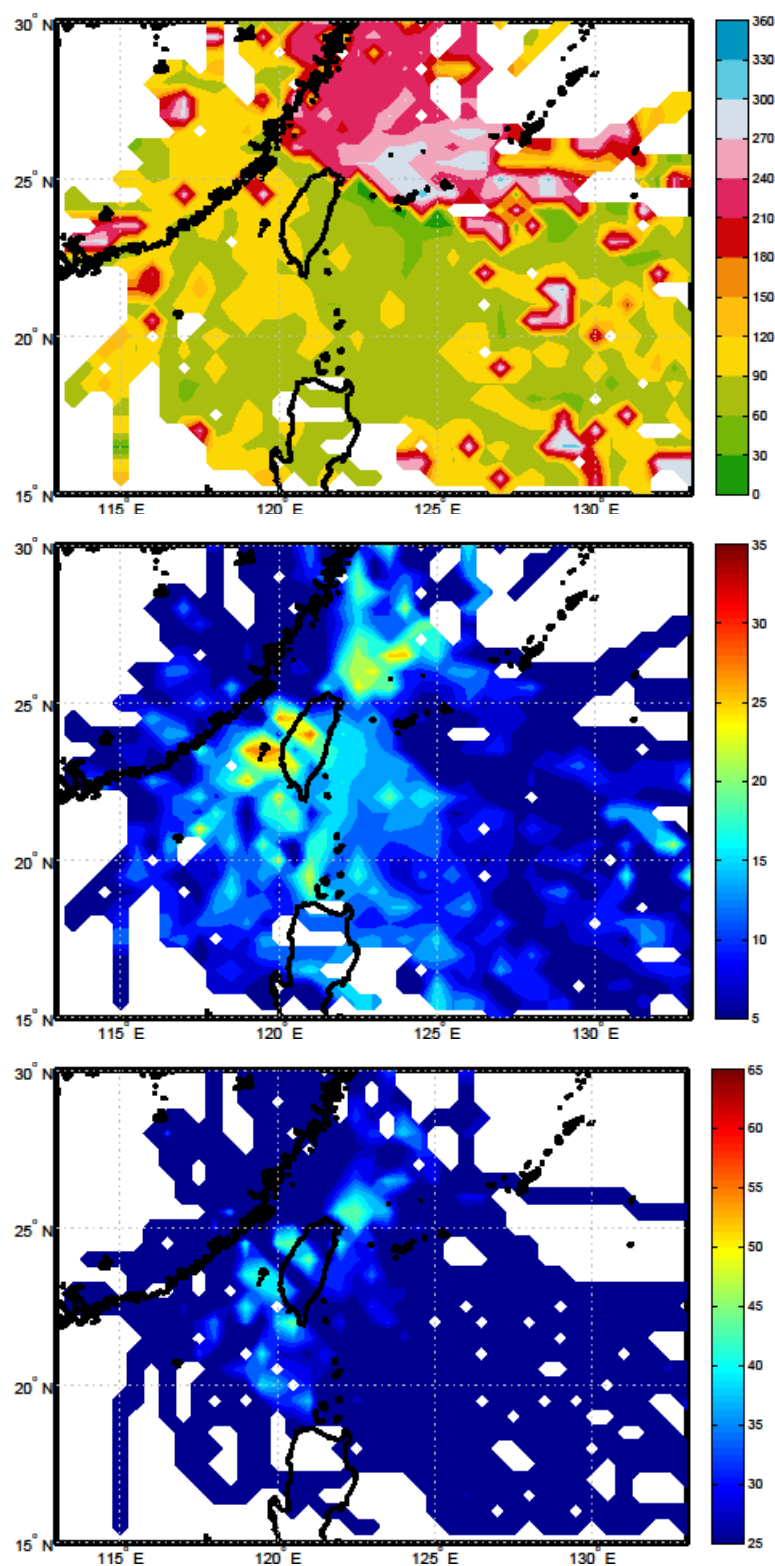


圖 3 侵臺中度颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

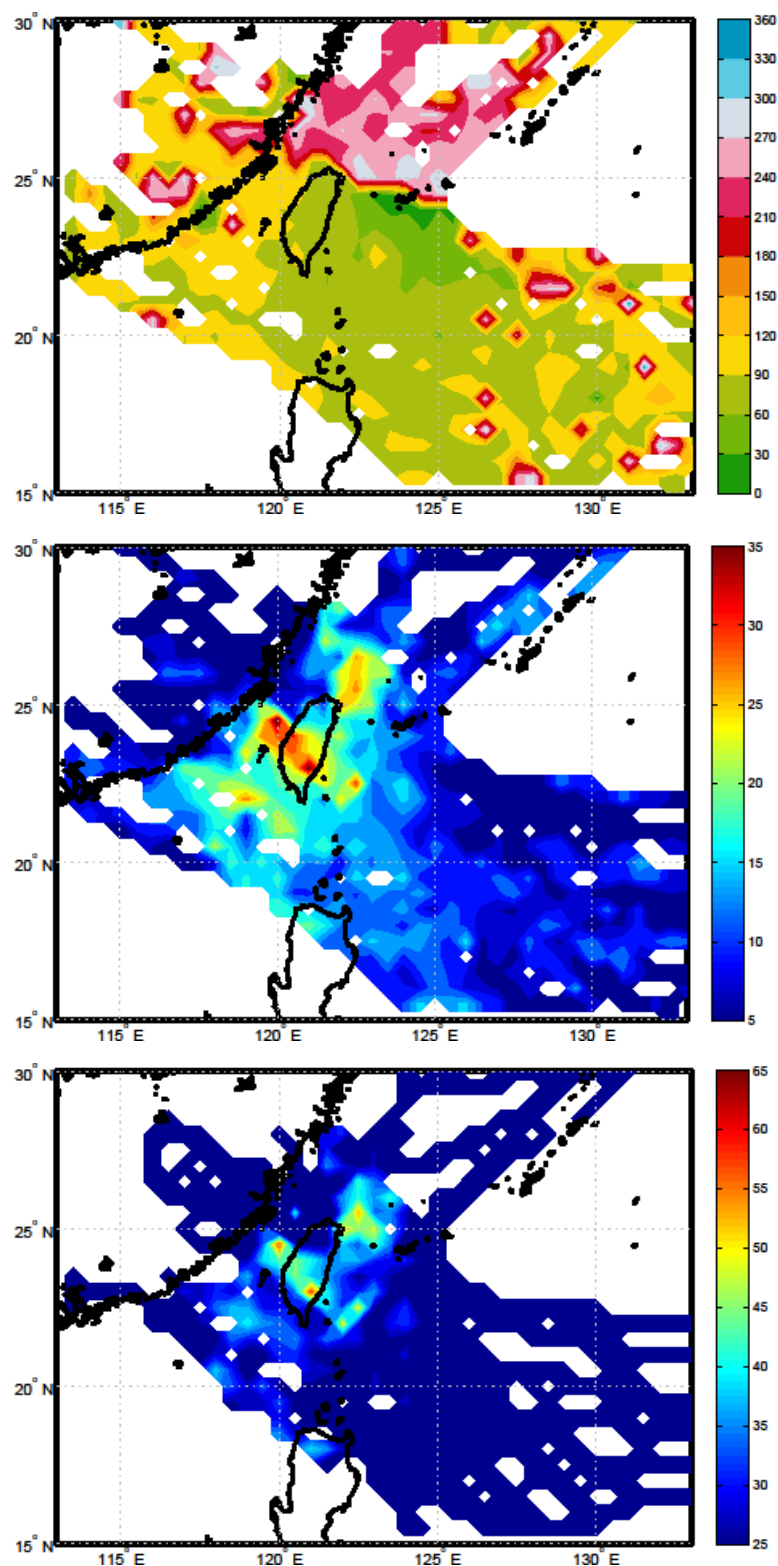


圖 4 侵臺強烈颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

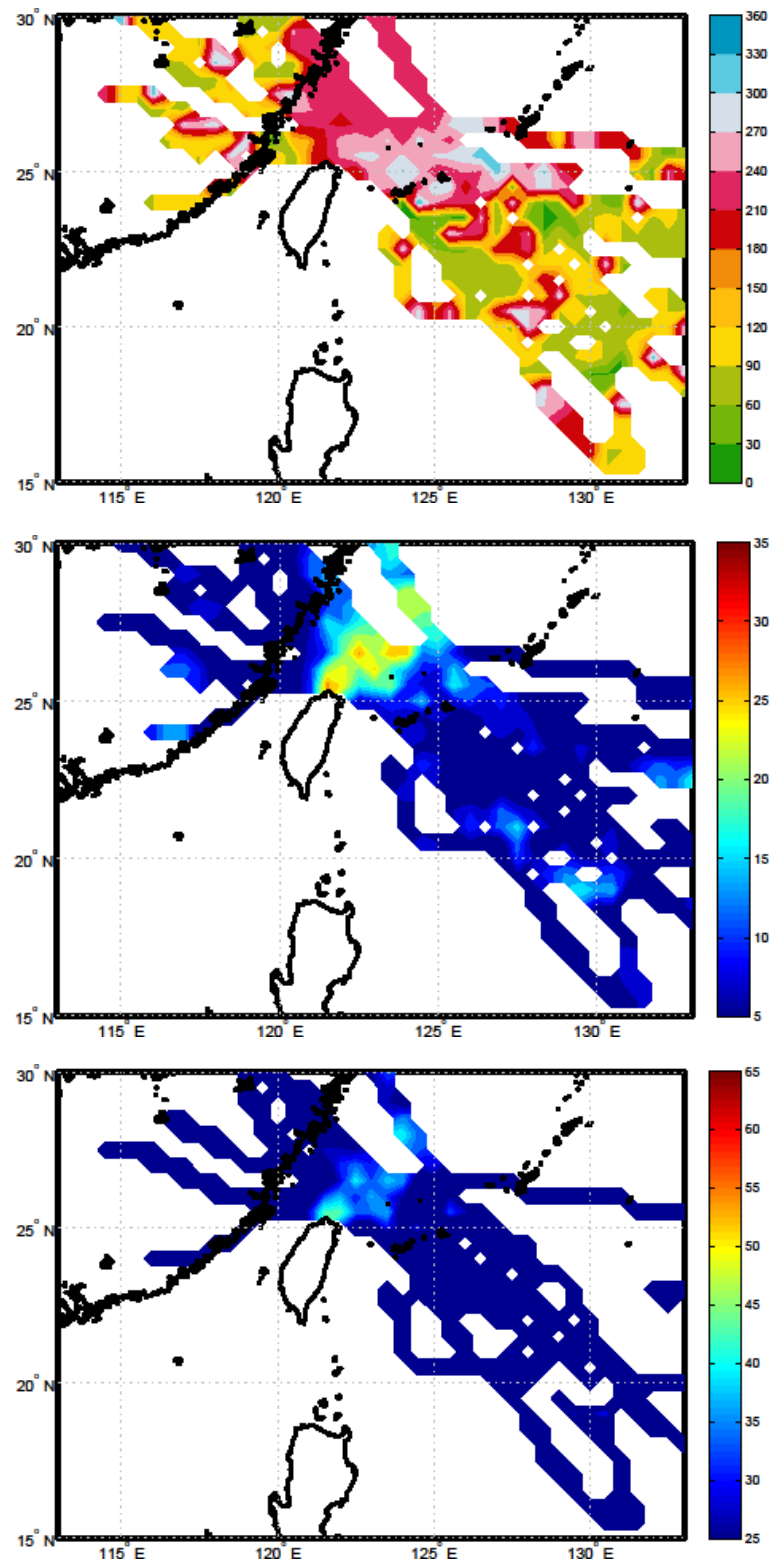


圖 5 侵臺路徑第 1 類颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

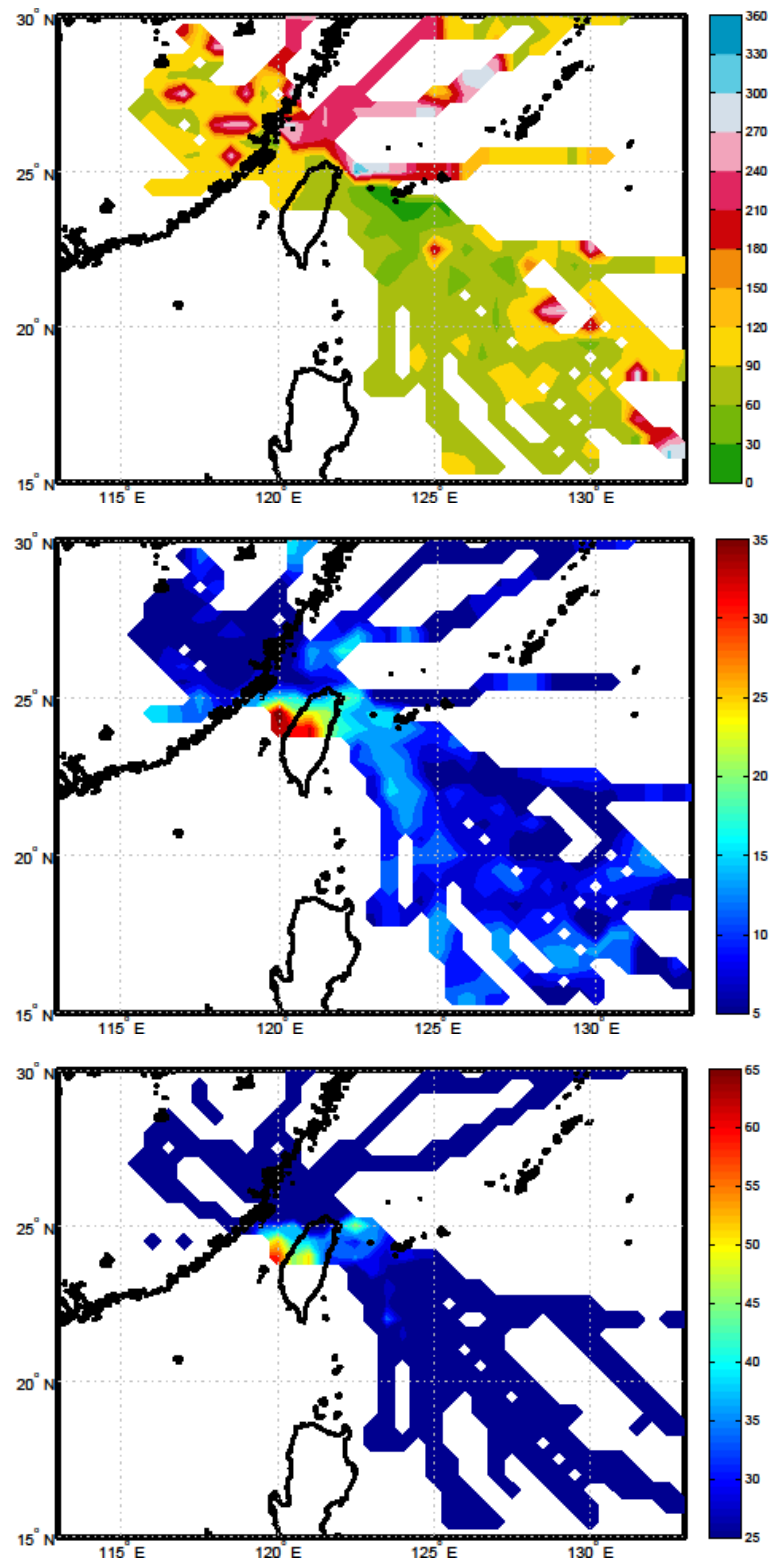


圖 6 侵臺路徑第 2 類颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

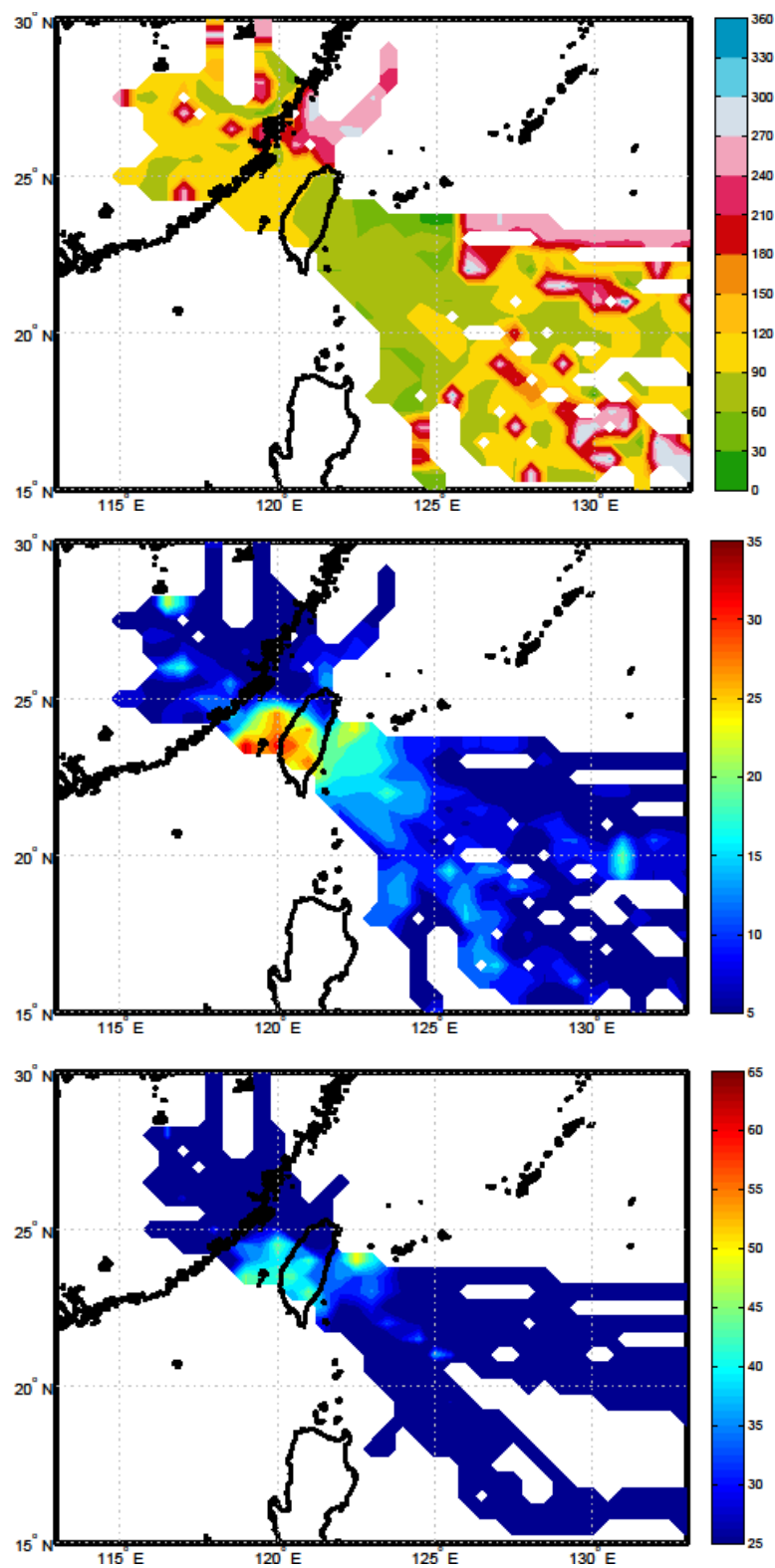


圖 7 侵臺路徑第 3 類颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

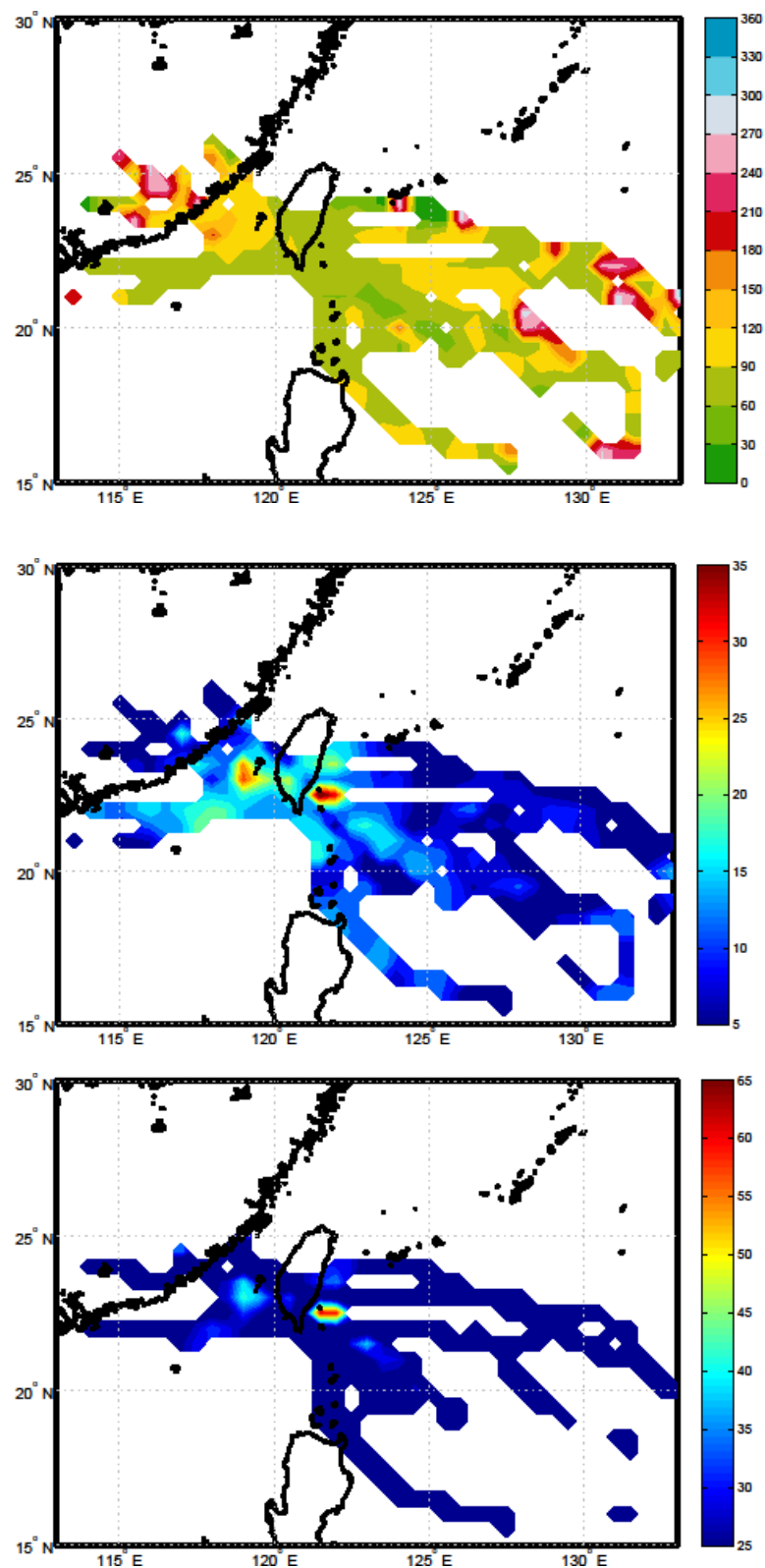


圖 8 侵臺路徑第 4 類颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風

向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

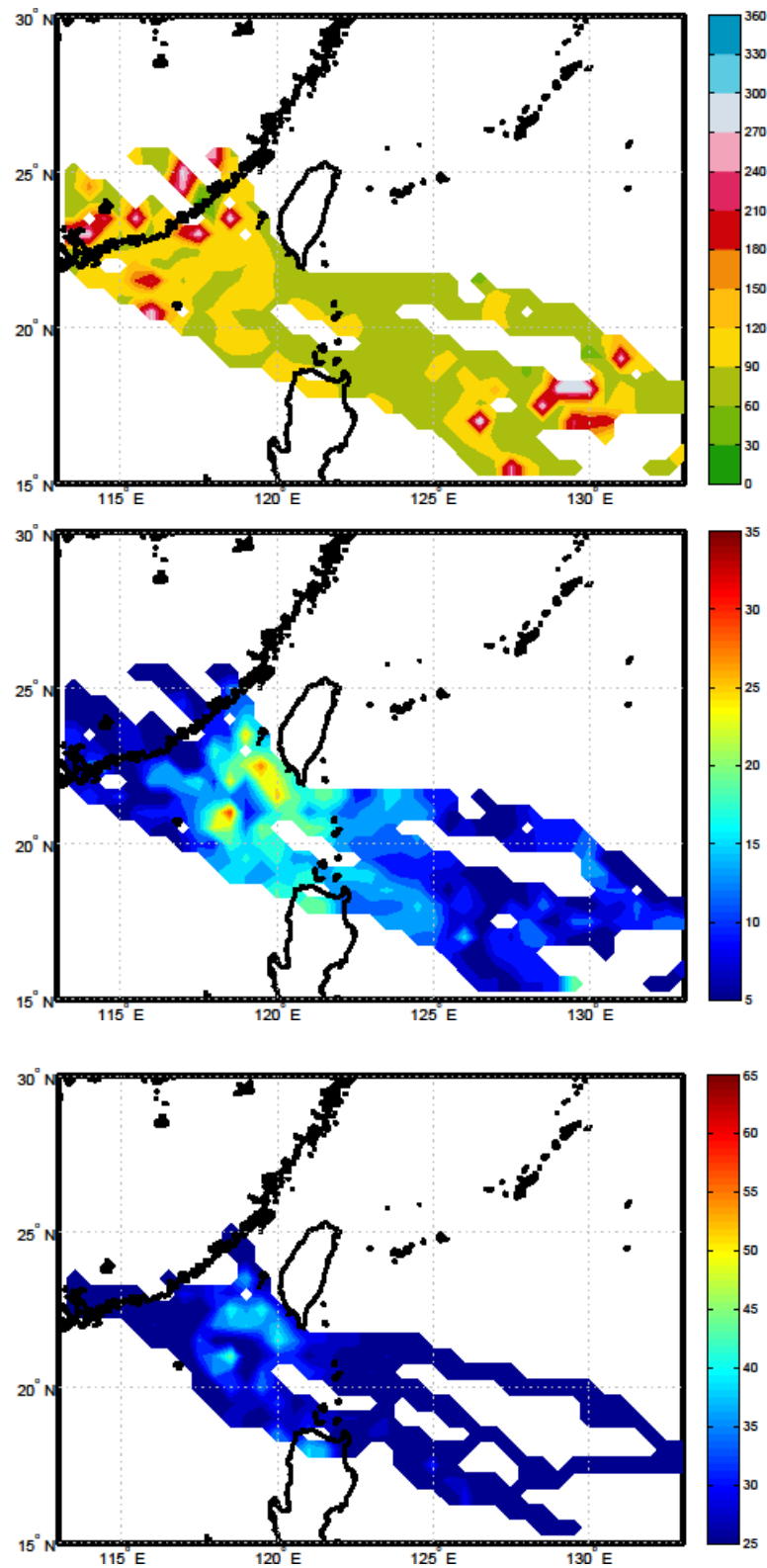


圖 9 侵臺路徑第 5 類颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風

向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

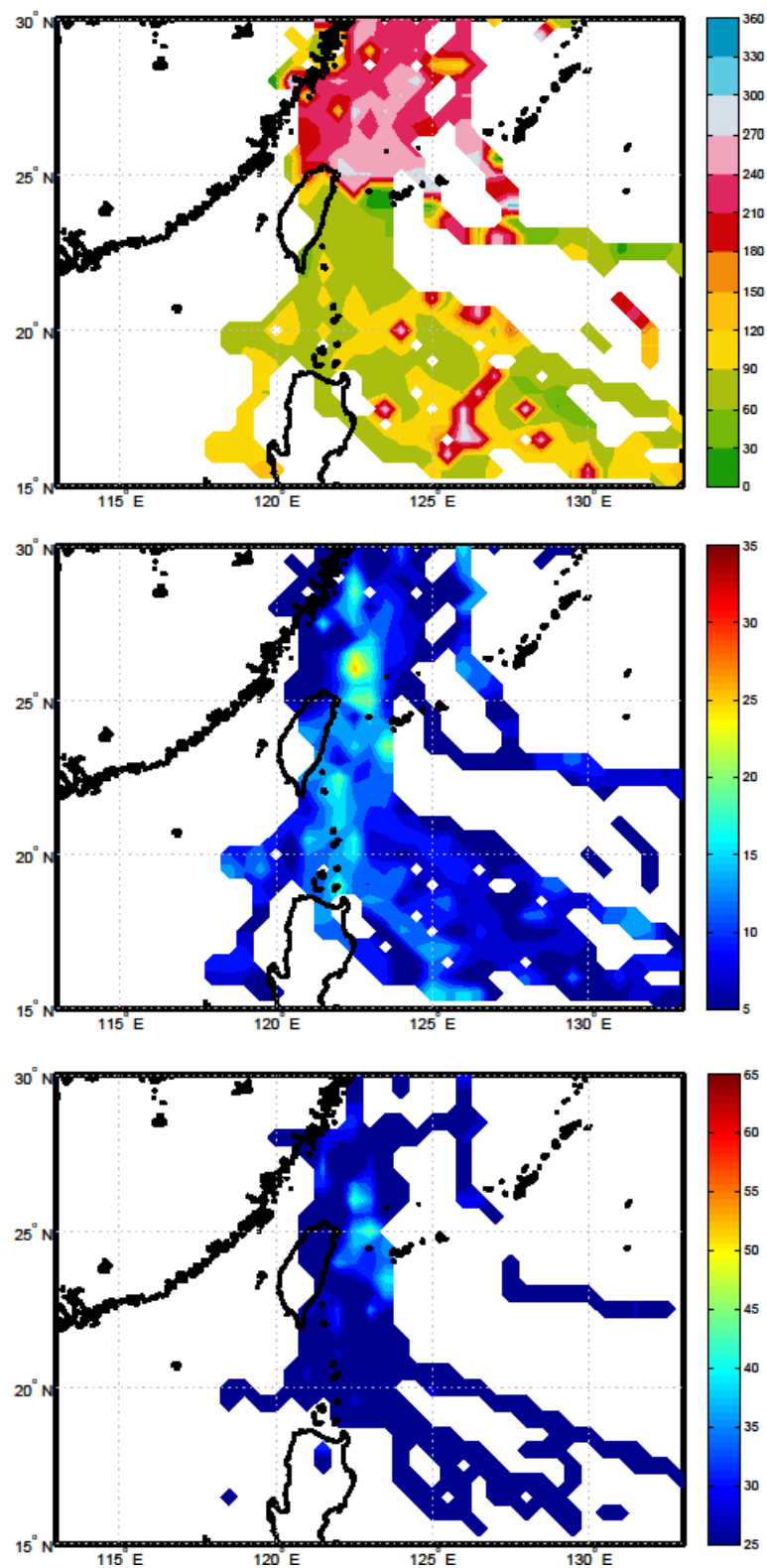


圖 10 侵臺路徑第 6 類颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

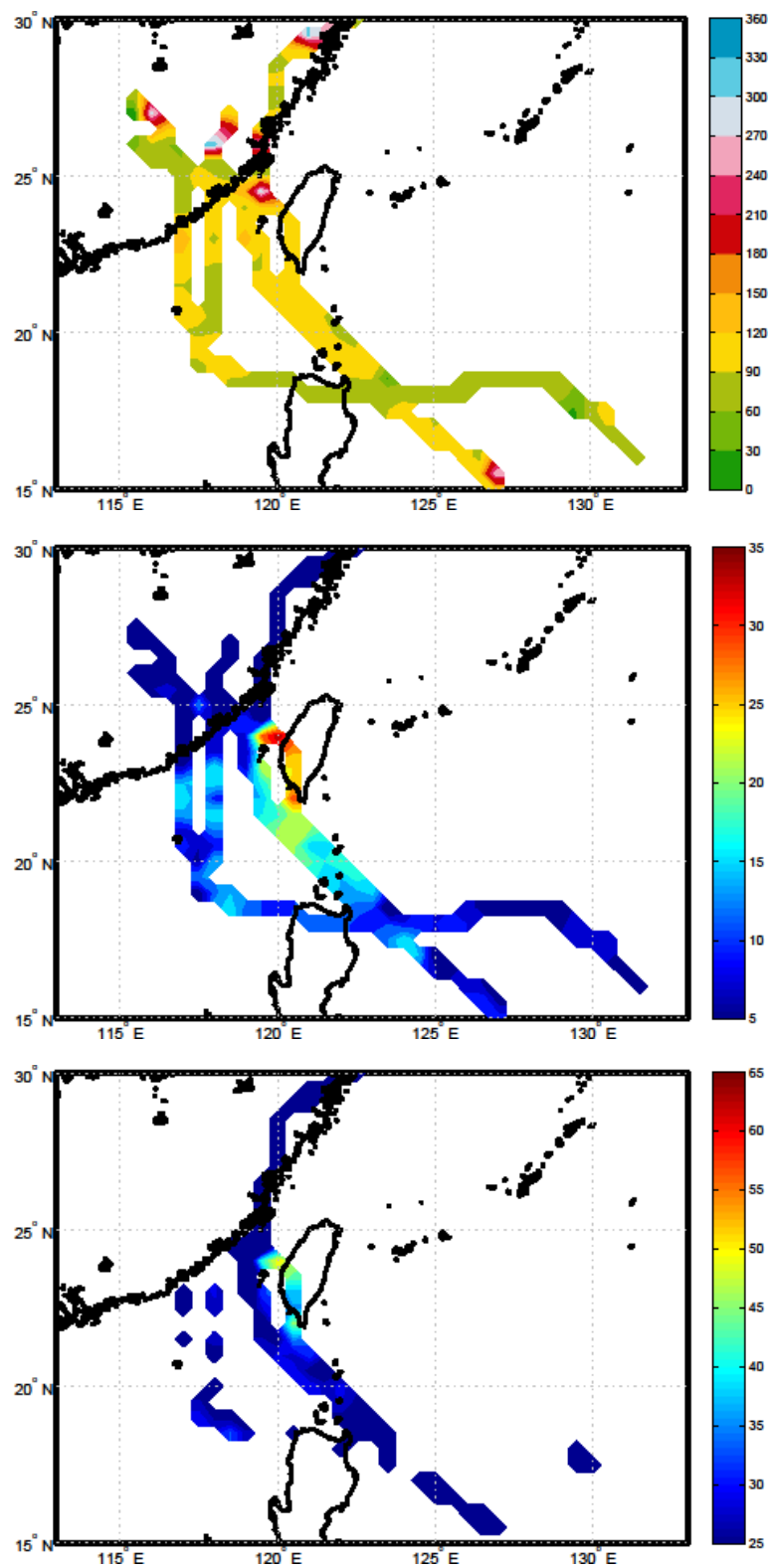


圖 11 侵臺路徑第 7 類颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

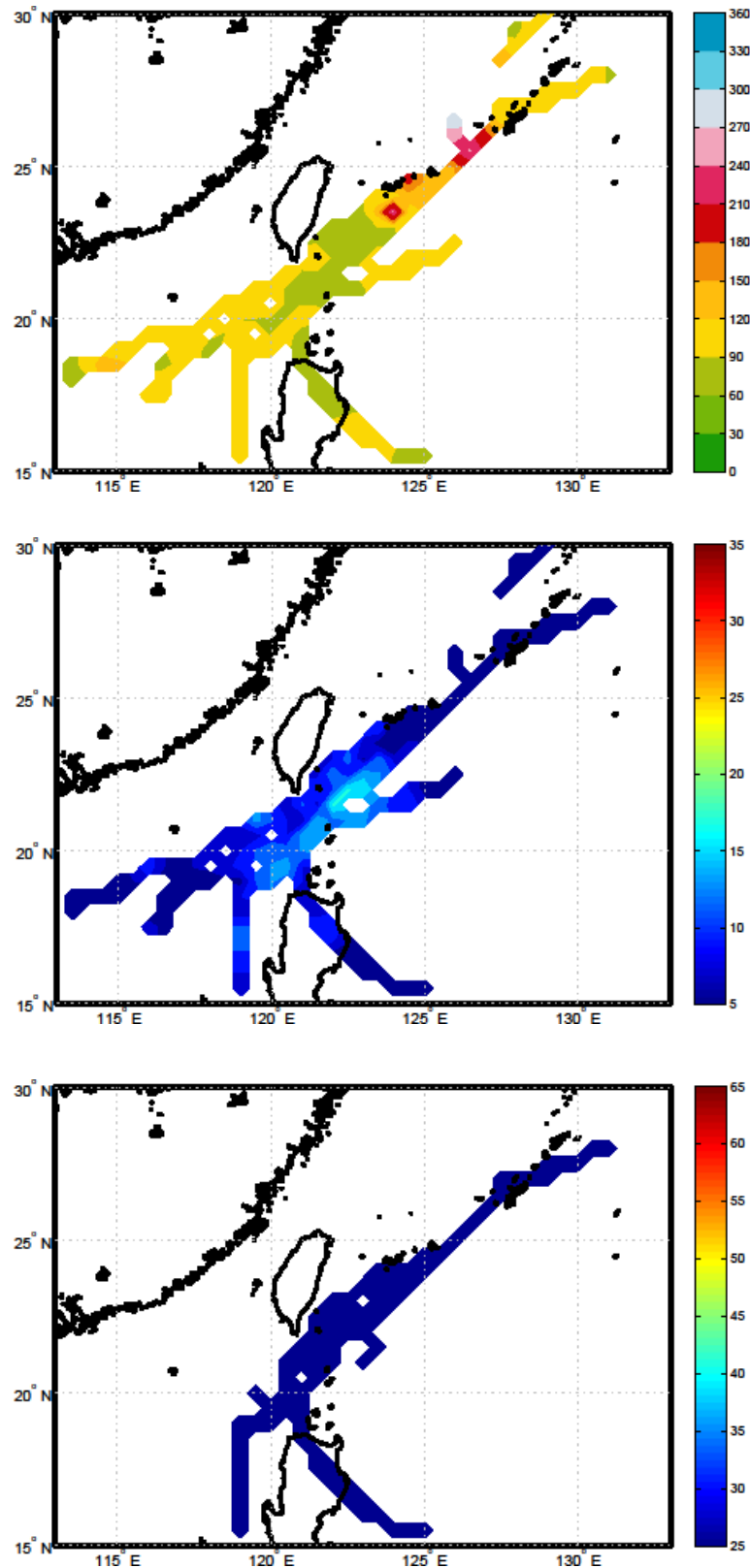


圖 12 侵臺路徑第 8 類颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均
風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

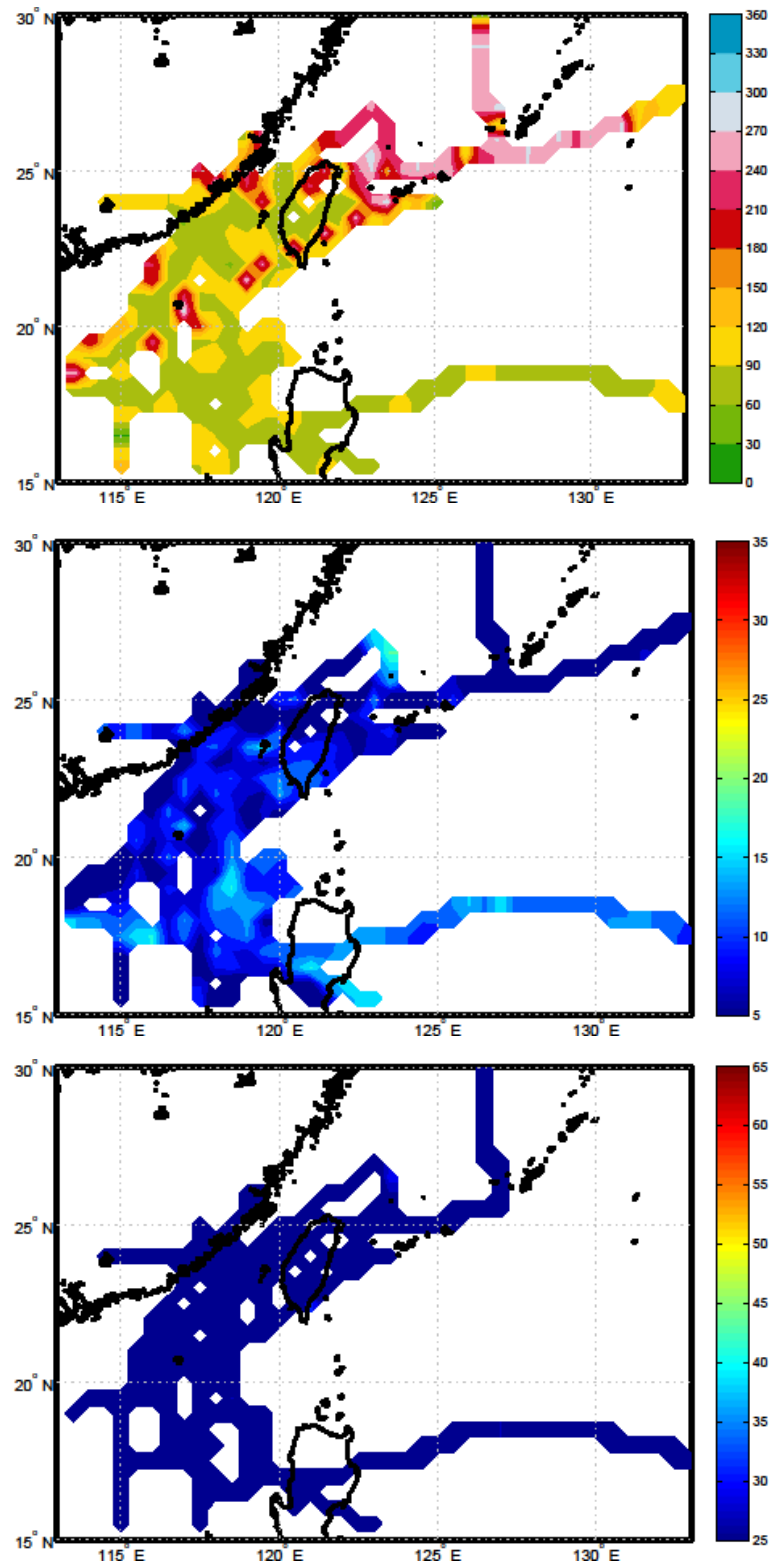


圖 13 侵臺路徑第 9 類颱風中心位置相對於松山機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

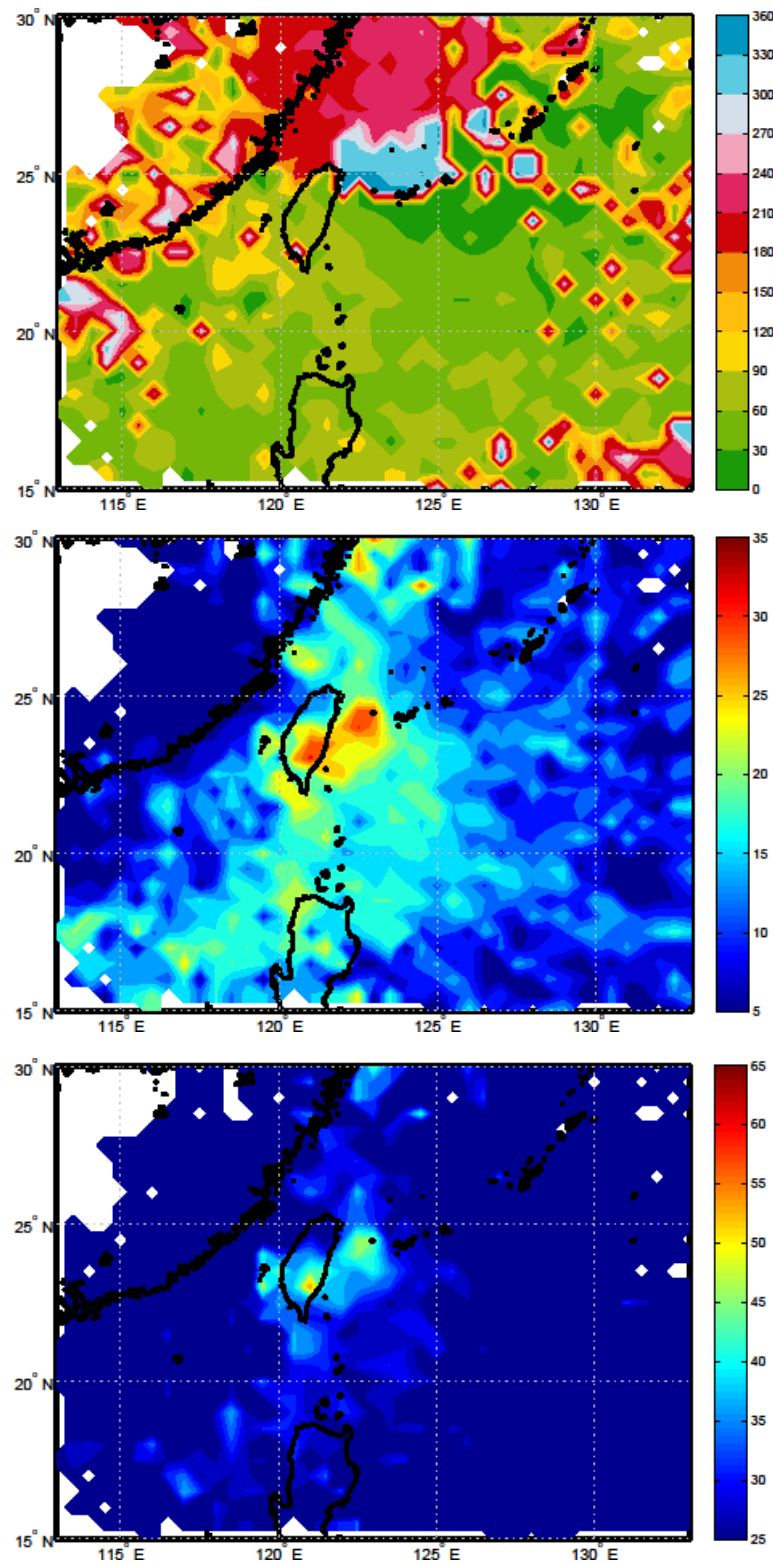


圖 14 所有侵臺颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

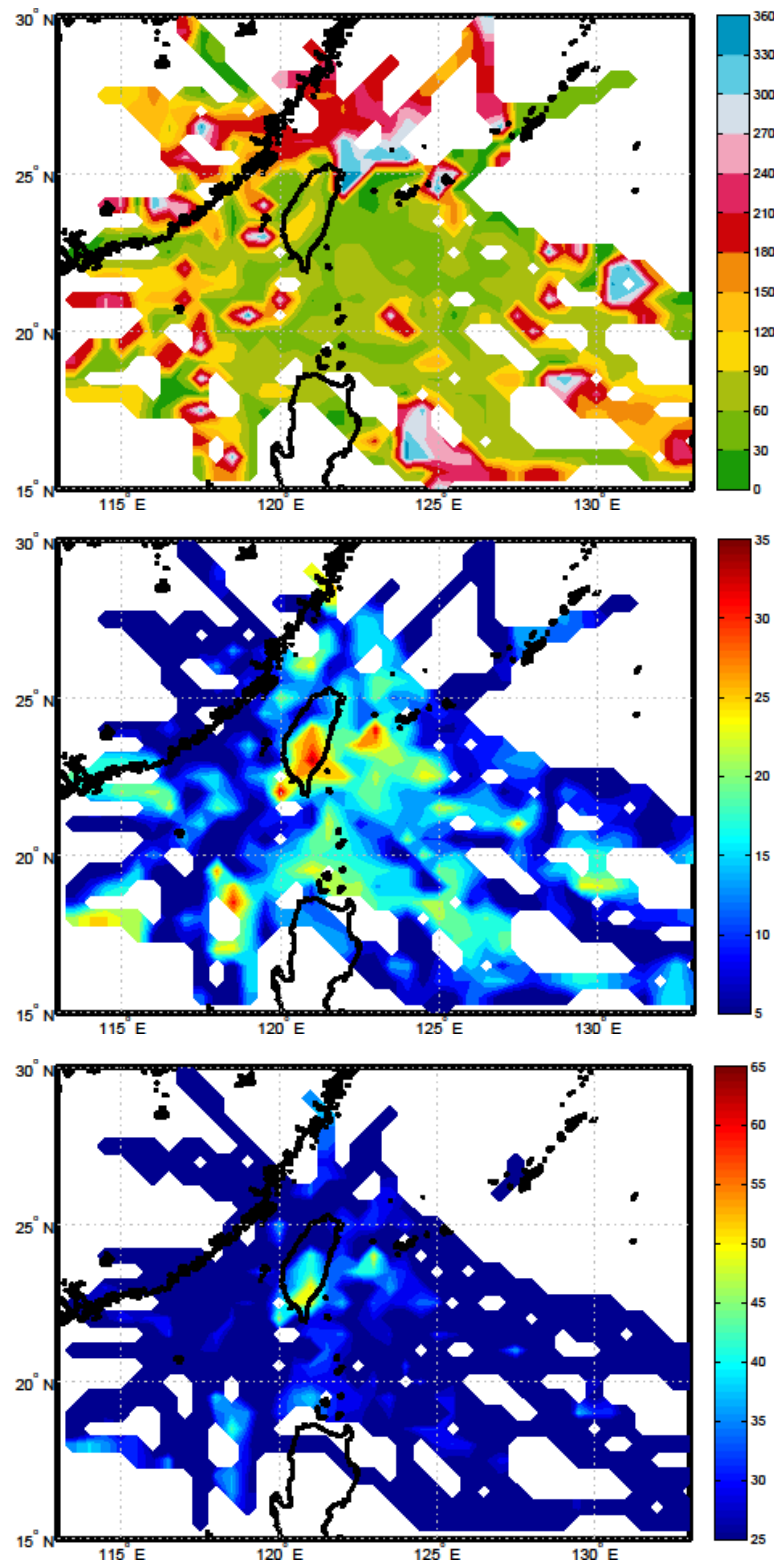


圖 15 侵臺輕度颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

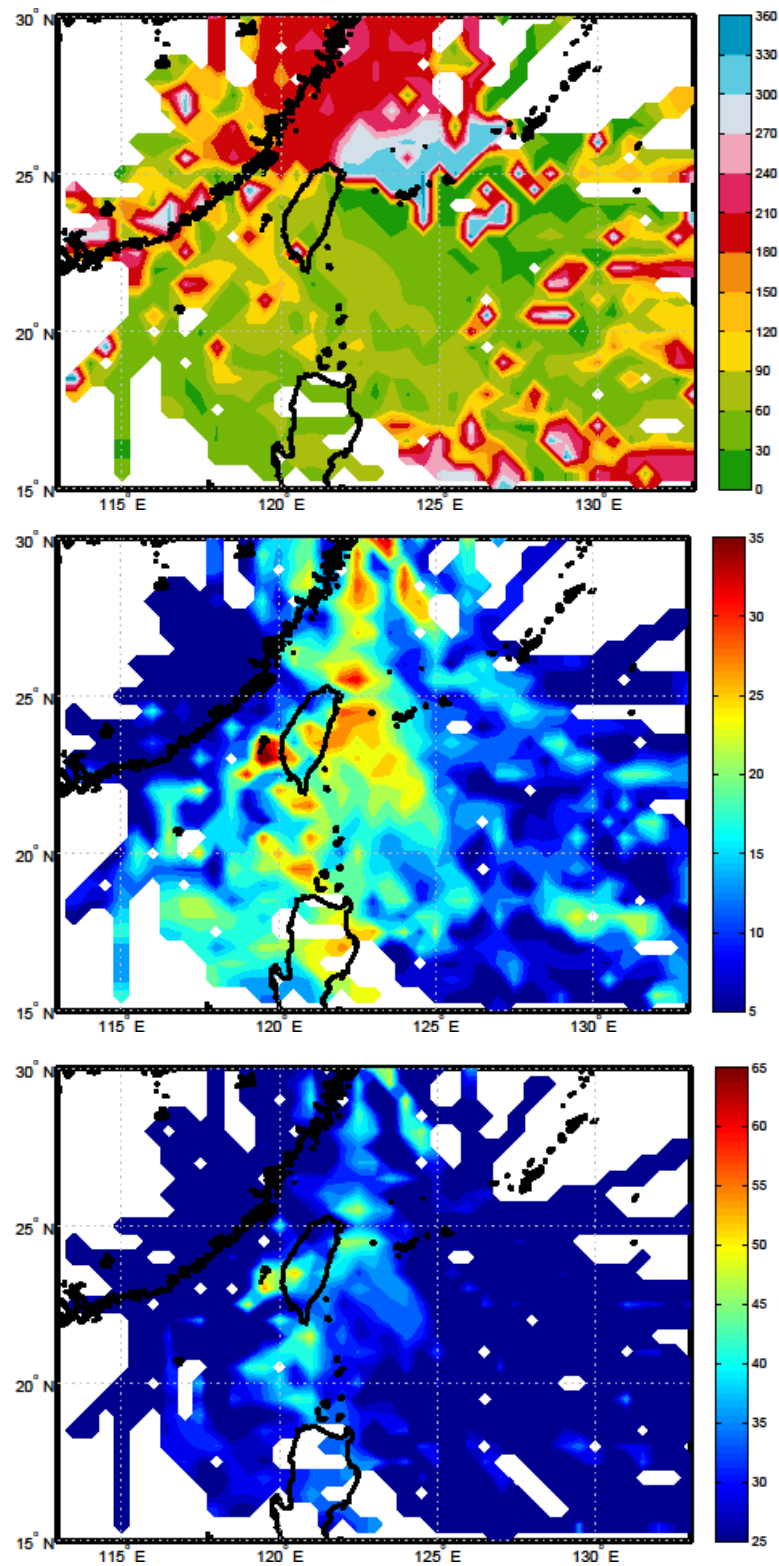


圖 16 侵臺中度颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

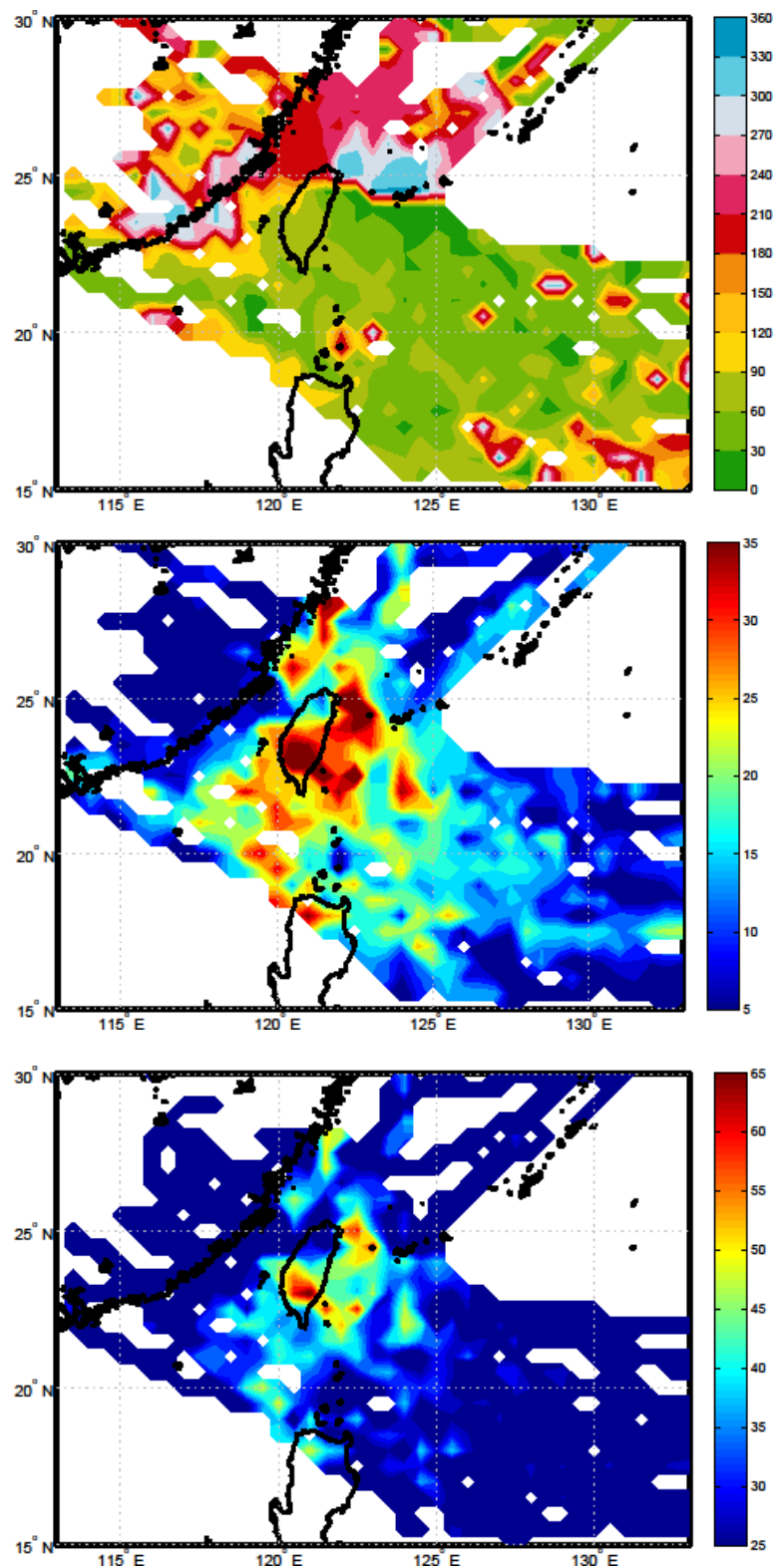


圖 17 侵臺強烈颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

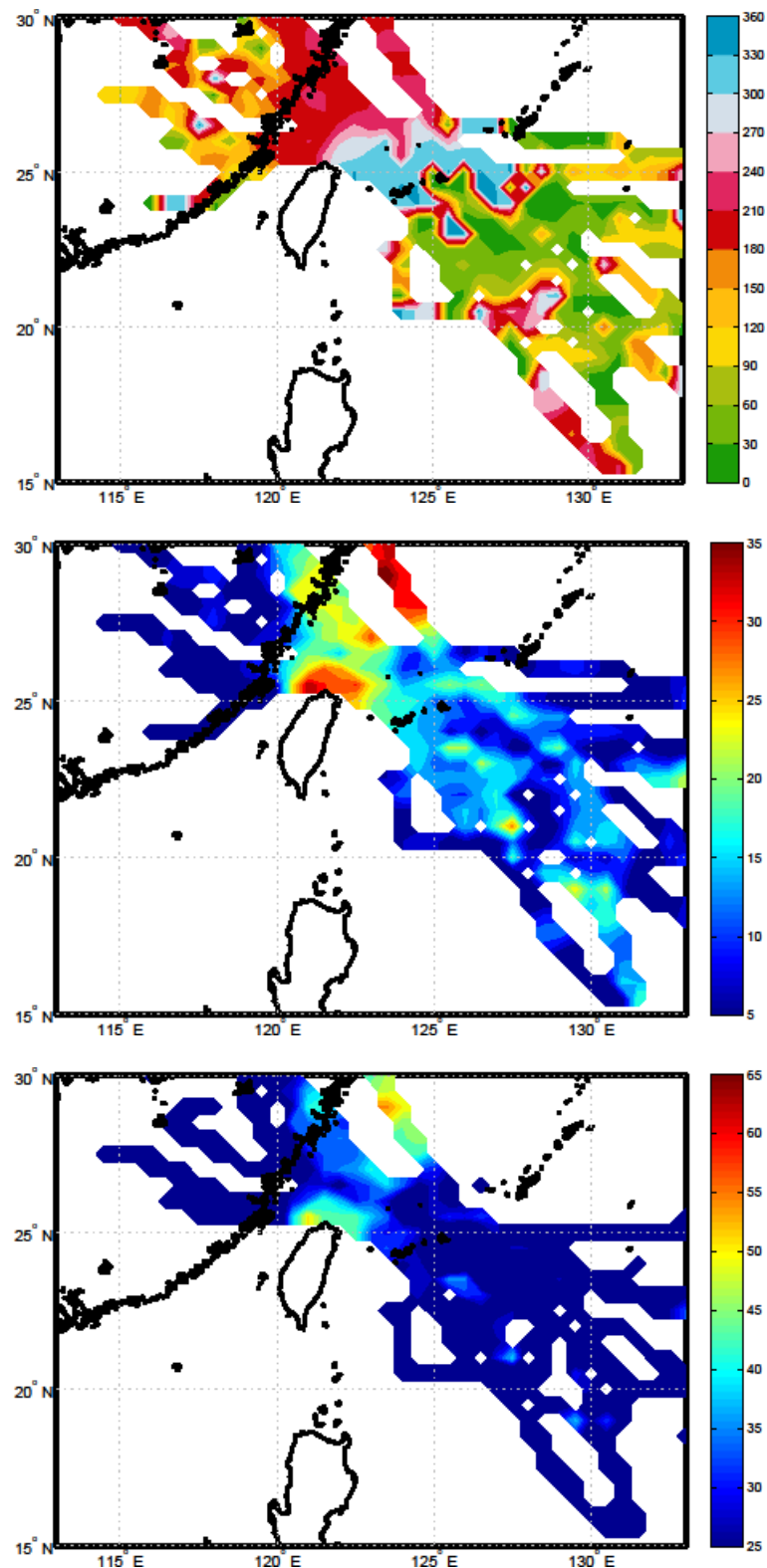


圖 18 侵臺路徑第 1 類颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

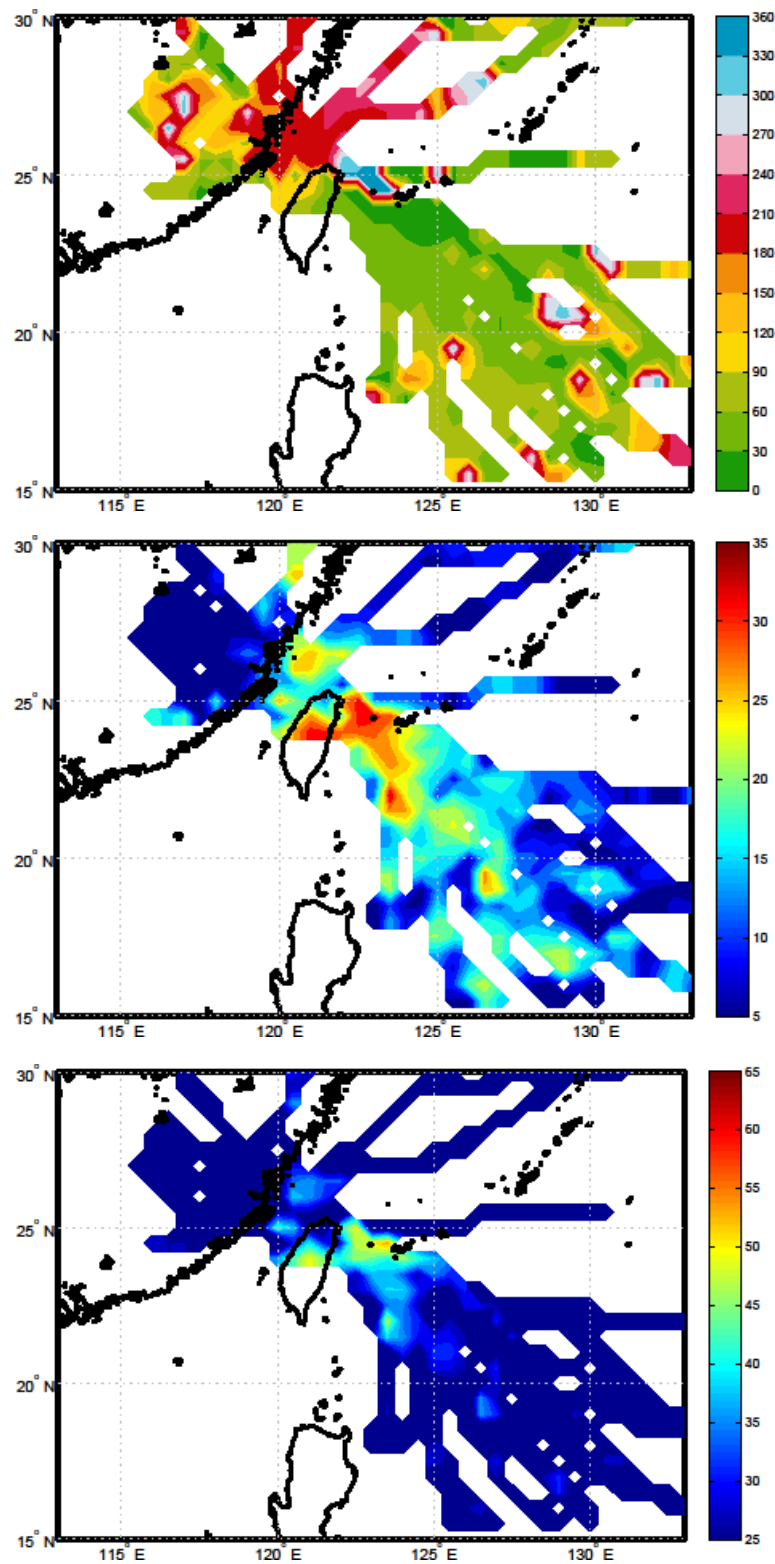


圖 19 侵臺路徑第 2 類颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

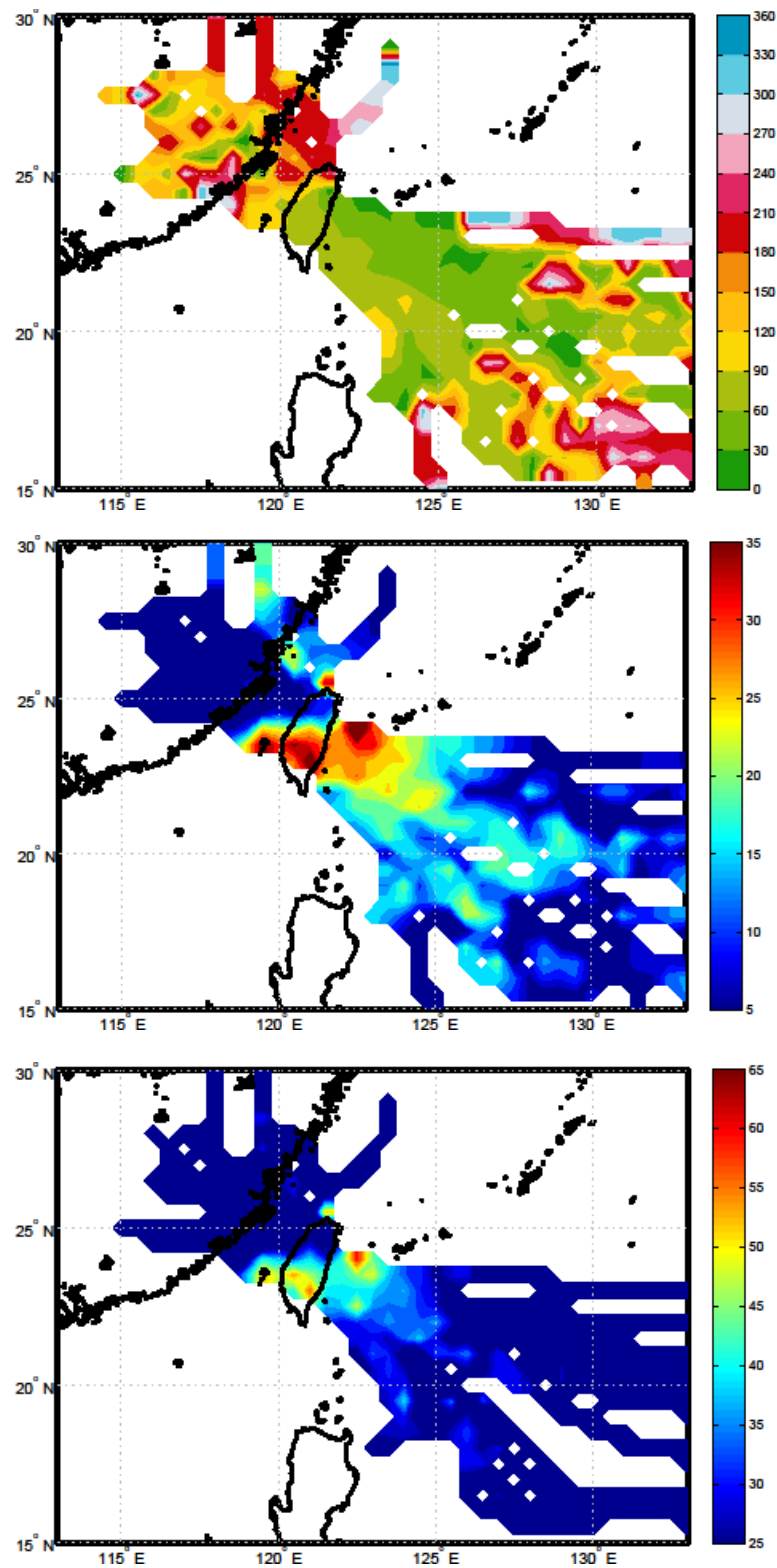


圖 20 侵臺路徑第 3 類颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

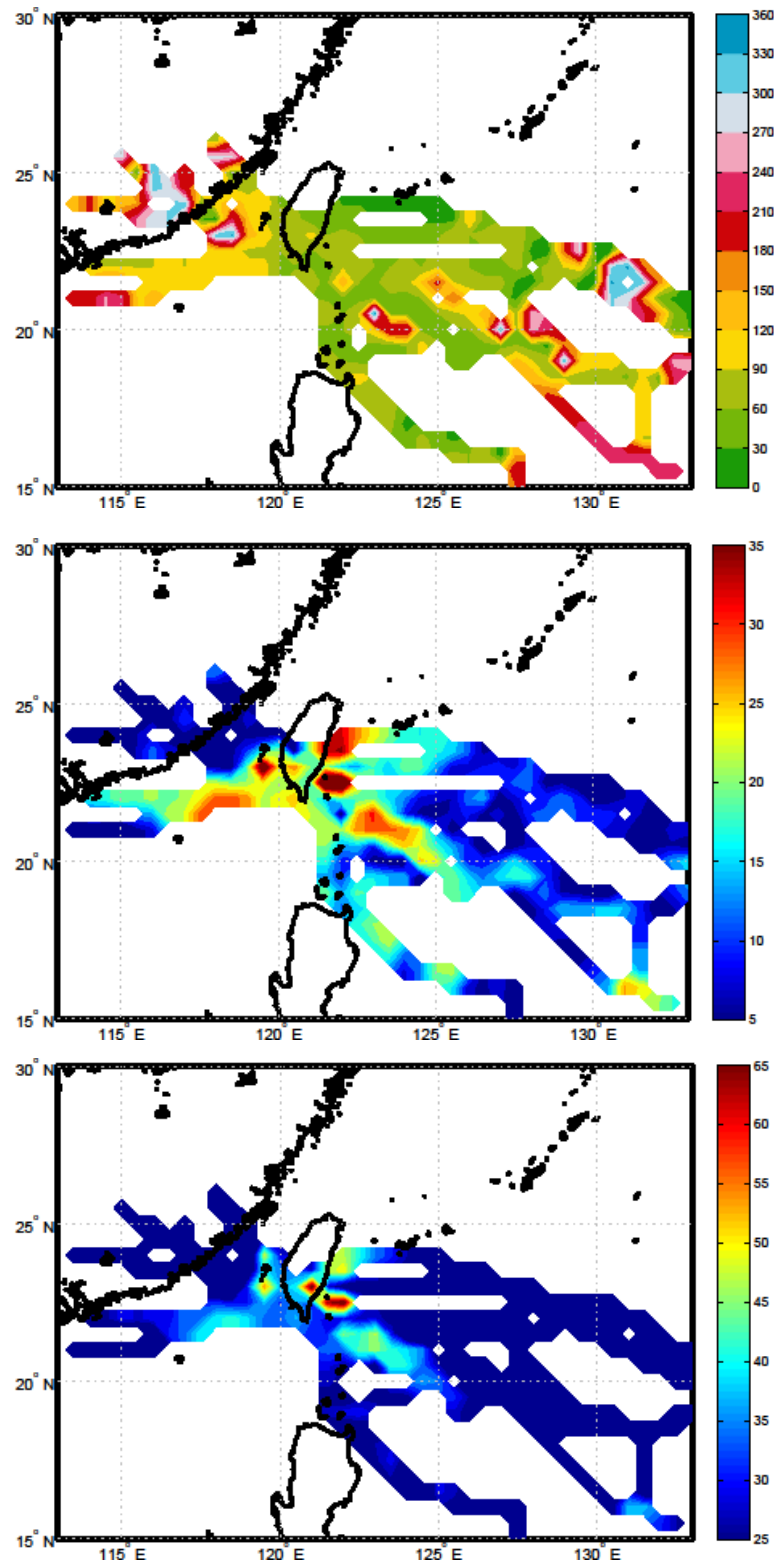


圖 21 侵臺路徑第 4 類颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

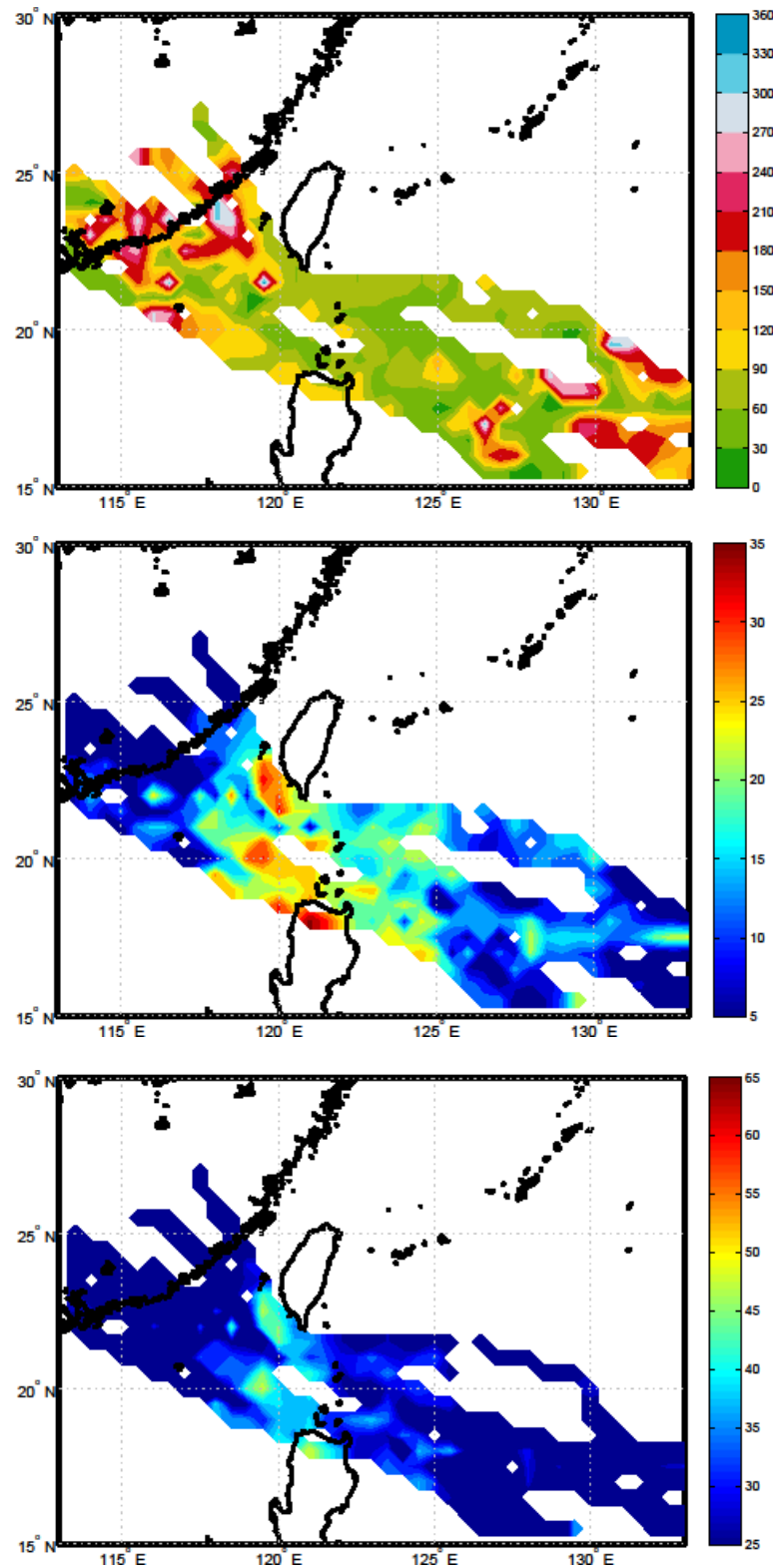


圖 22 侵臺路徑第 5 類颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

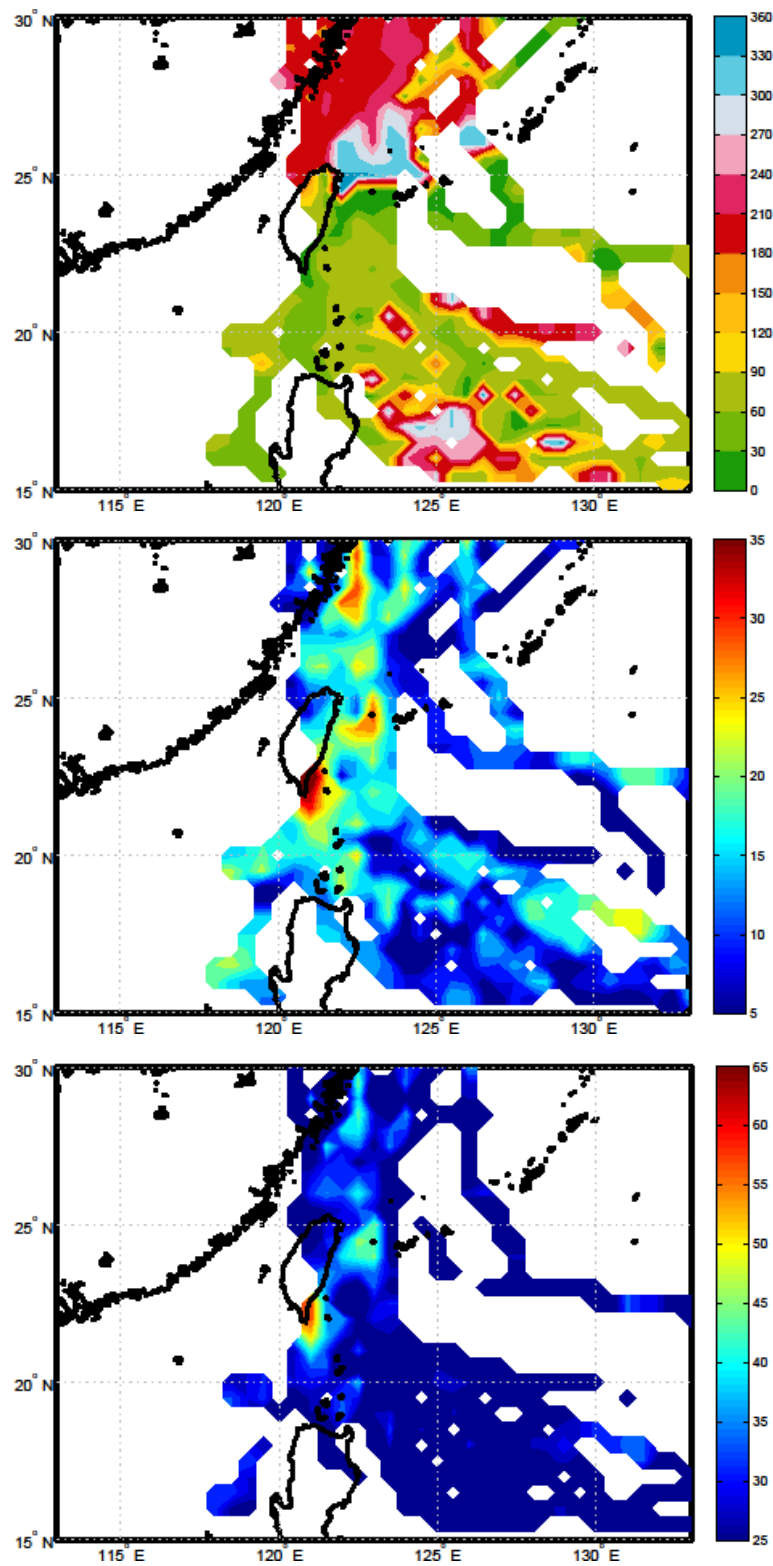


圖 23 侵臺路徑第 6 類颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

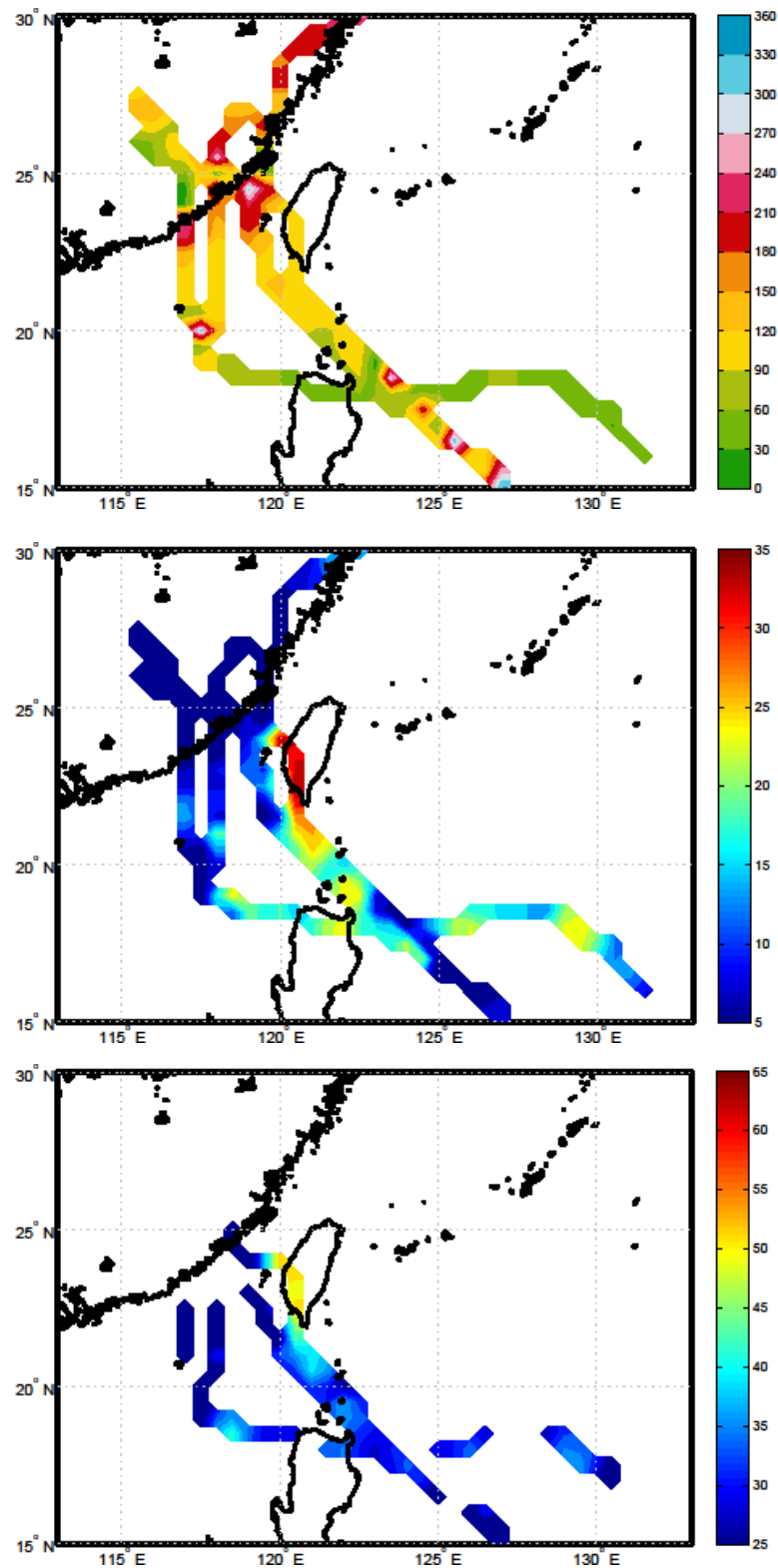


圖 24 侵臺路徑第 7 類颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

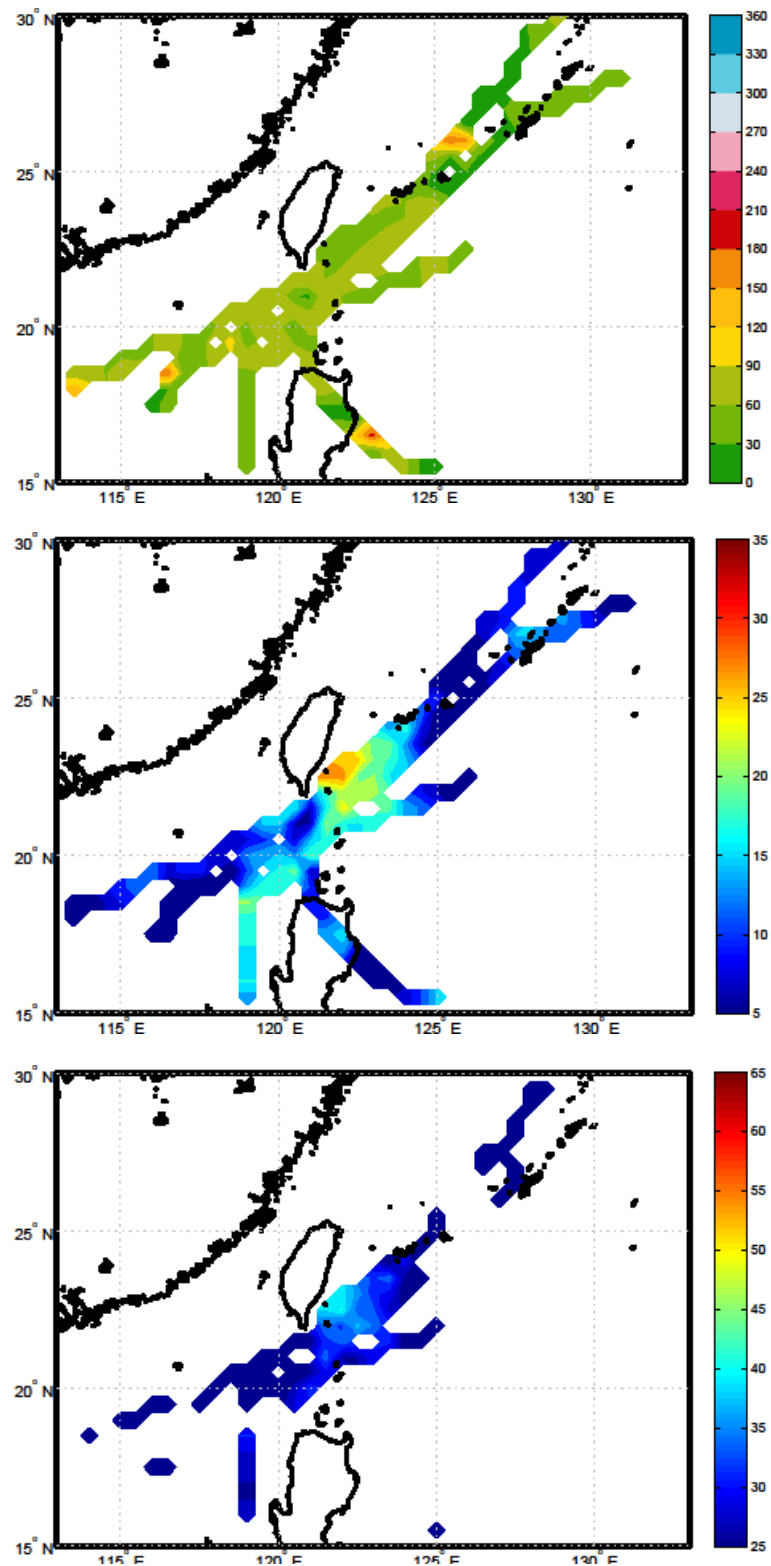


圖 25 侵臺路徑第 8 類颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

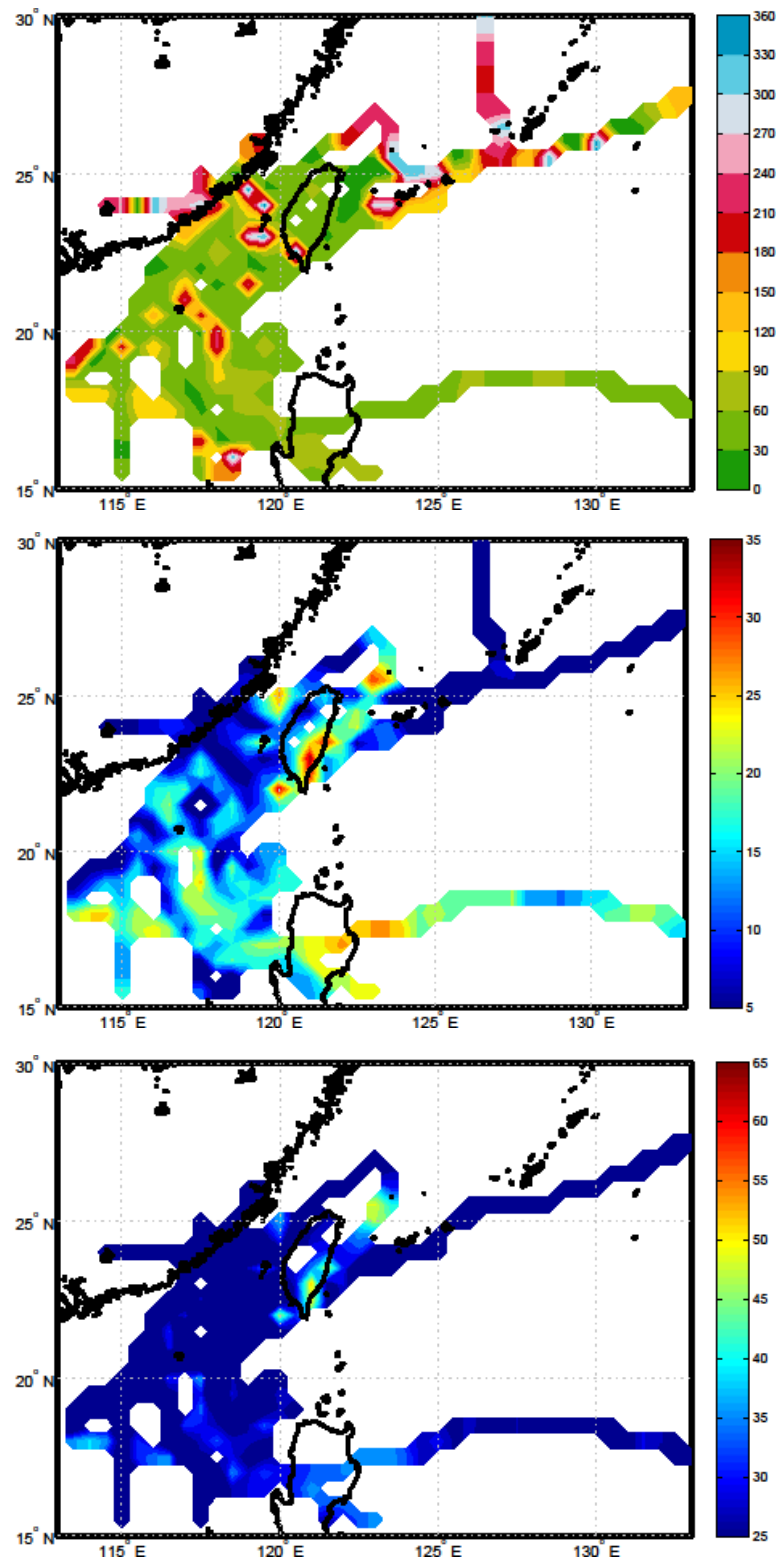


圖 26 侵臺路徑第 9 類颱風中心位置相對於桃園機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

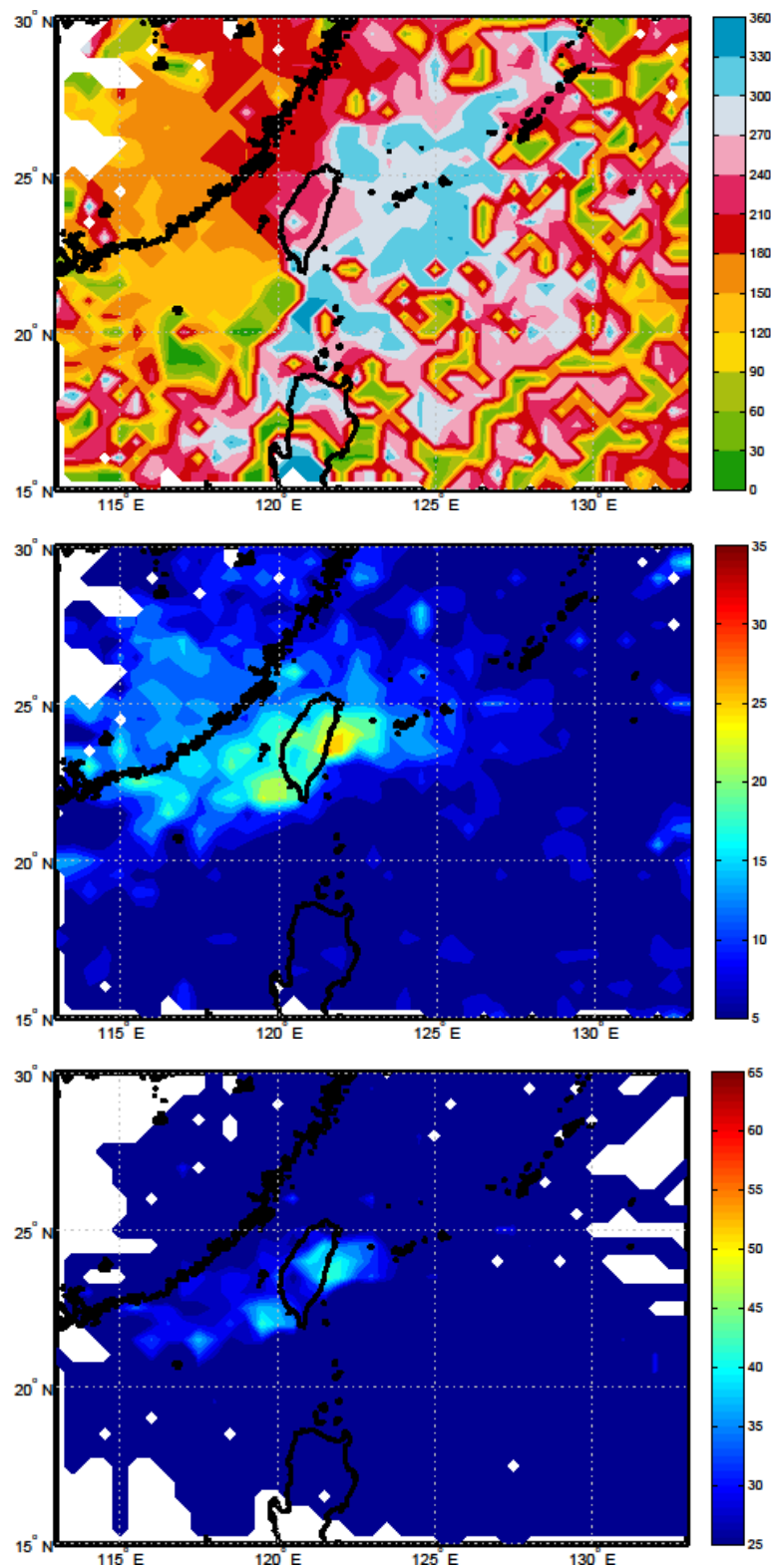


圖 27 所有侵臺颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

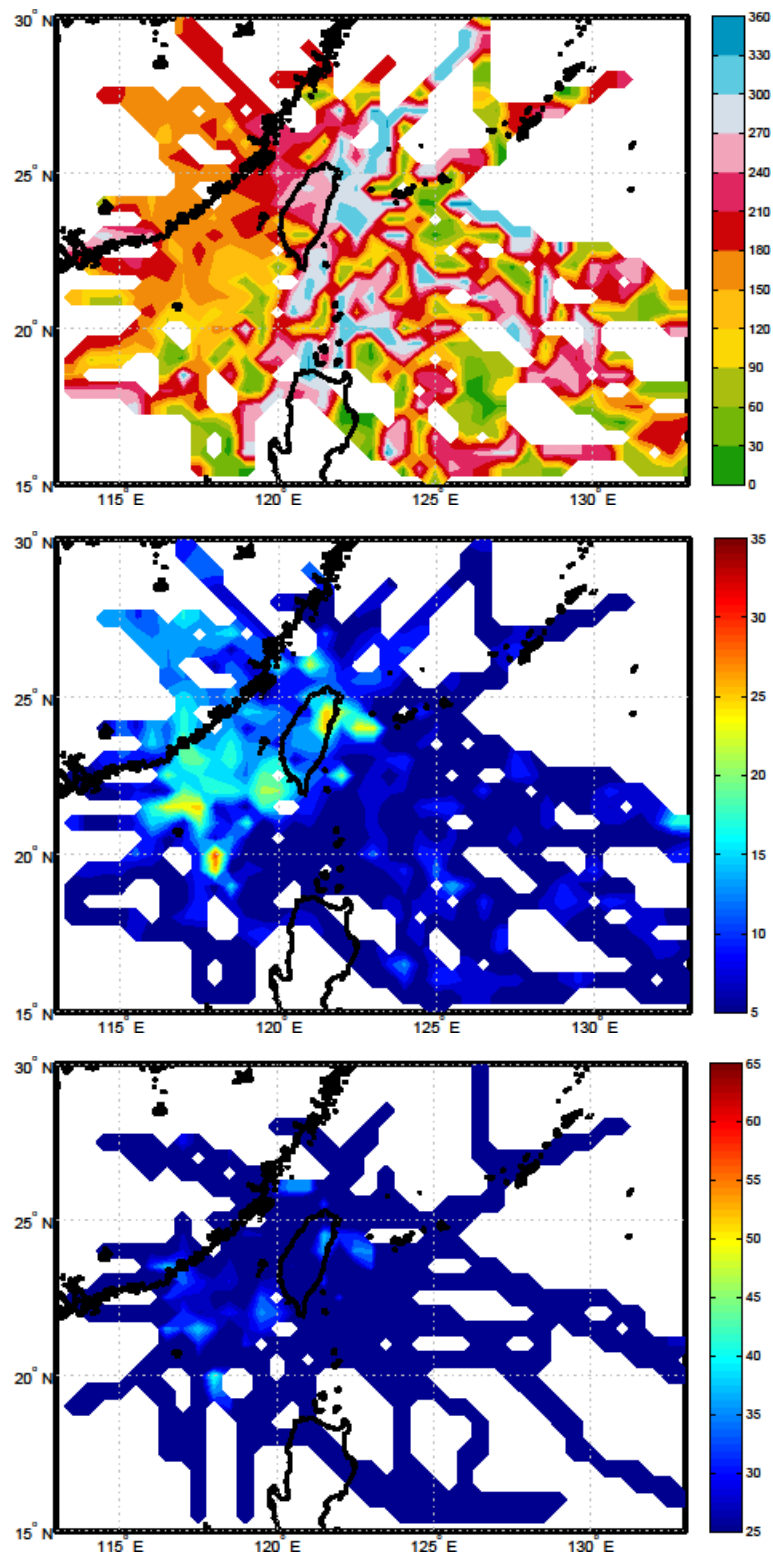


圖 28 侵臺輕度颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

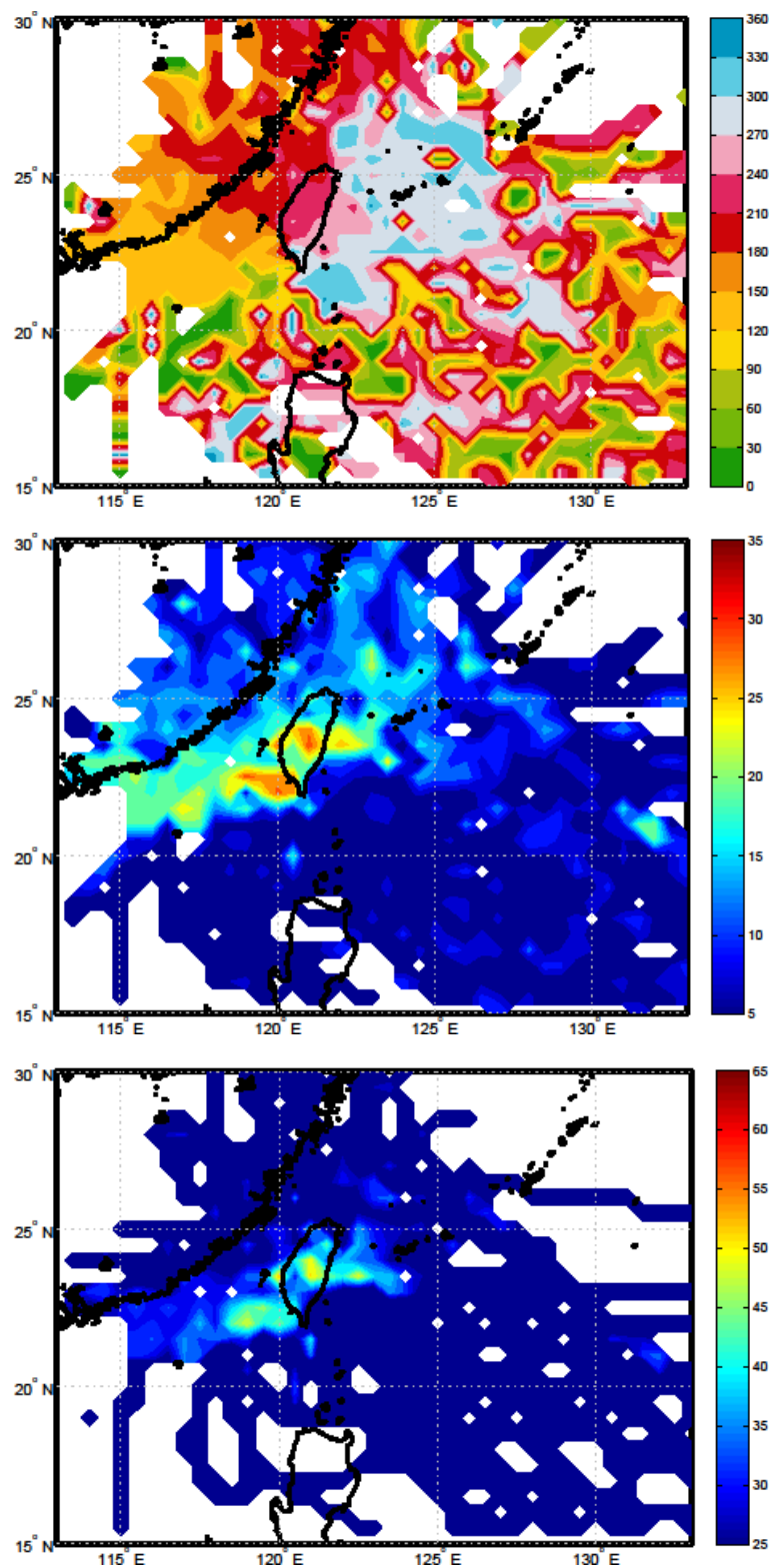


圖 29 侵臺中度颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

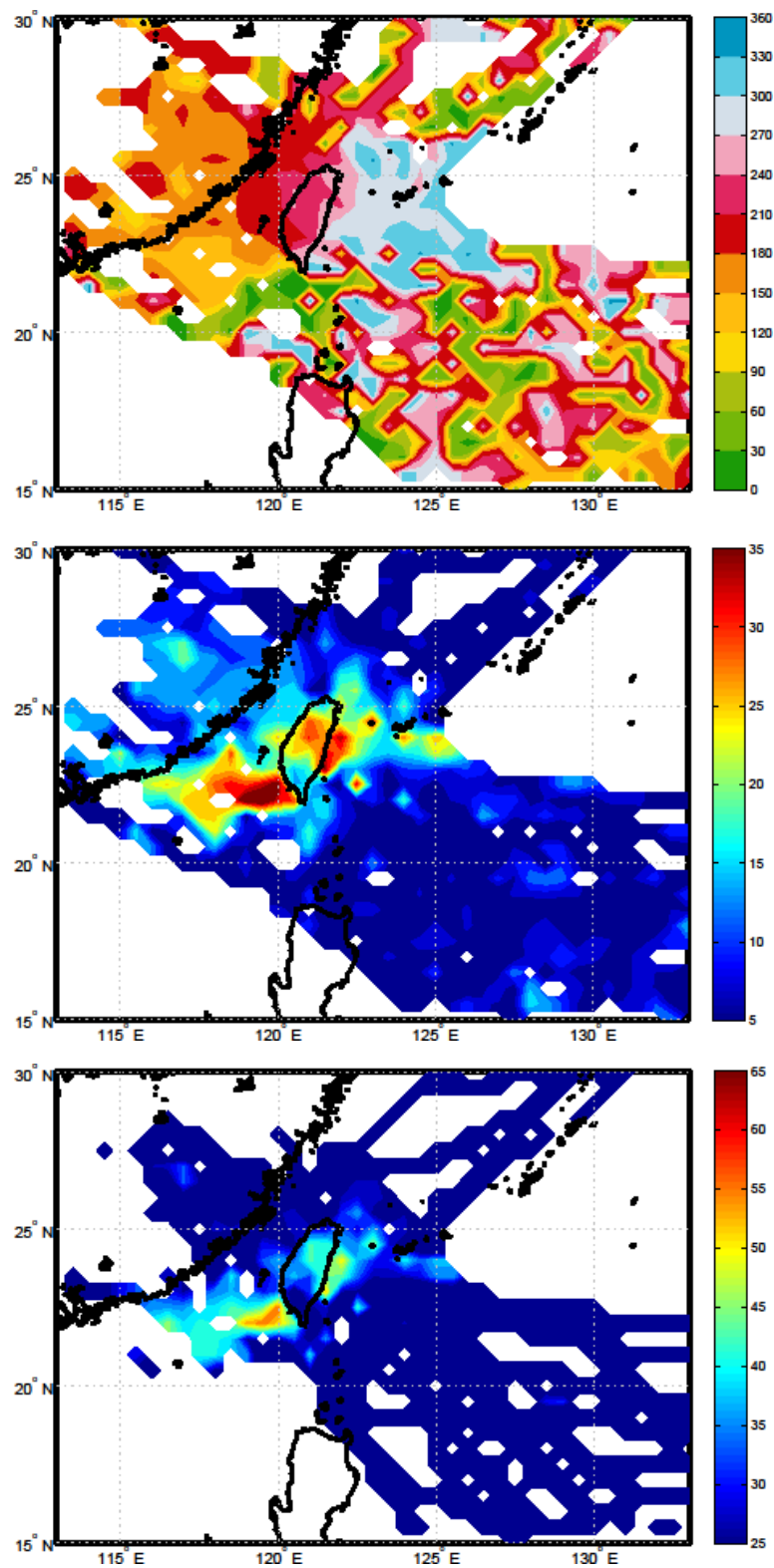


圖 30 侵臺強烈颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

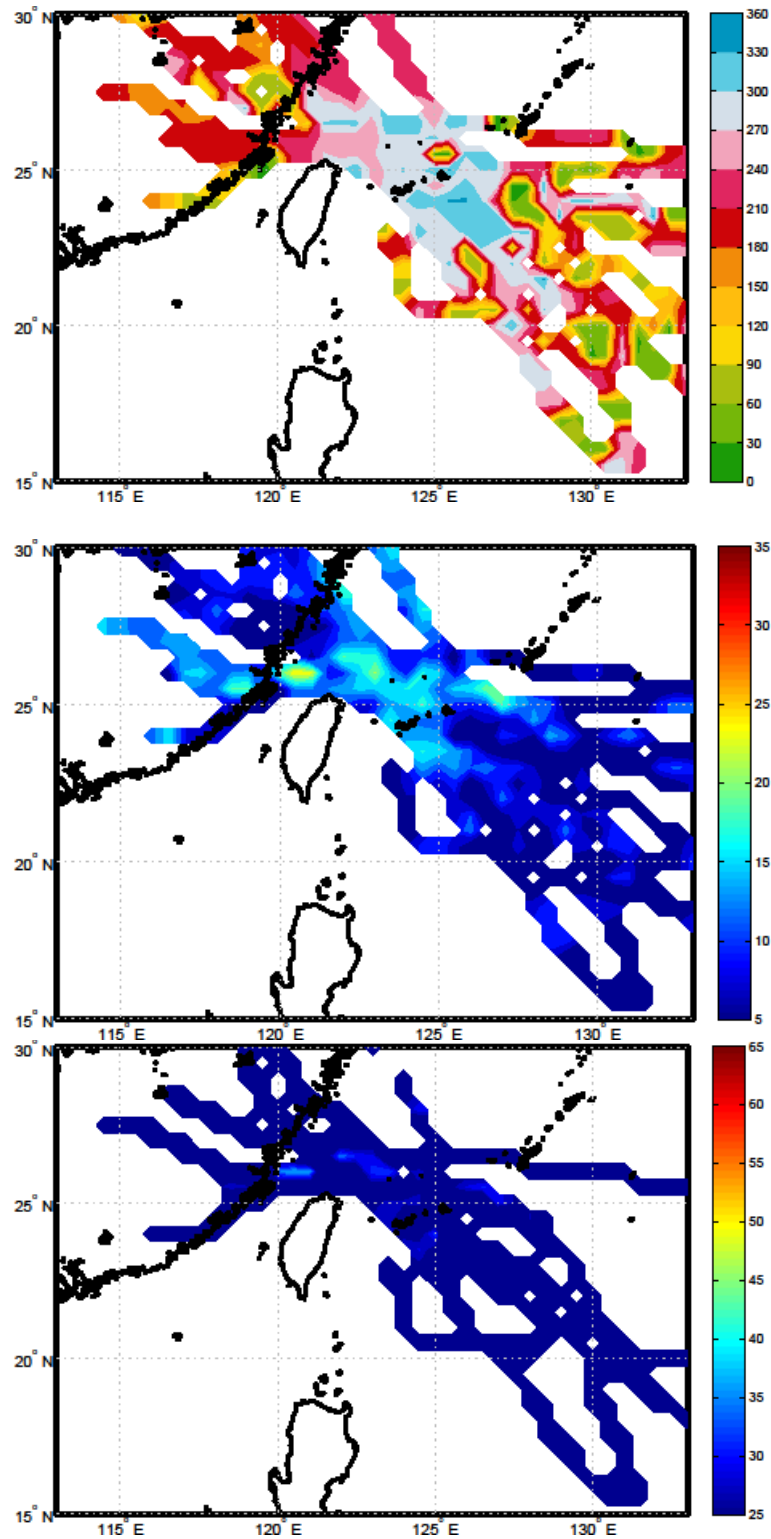


圖 31 侵臺路徑第 1 類颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

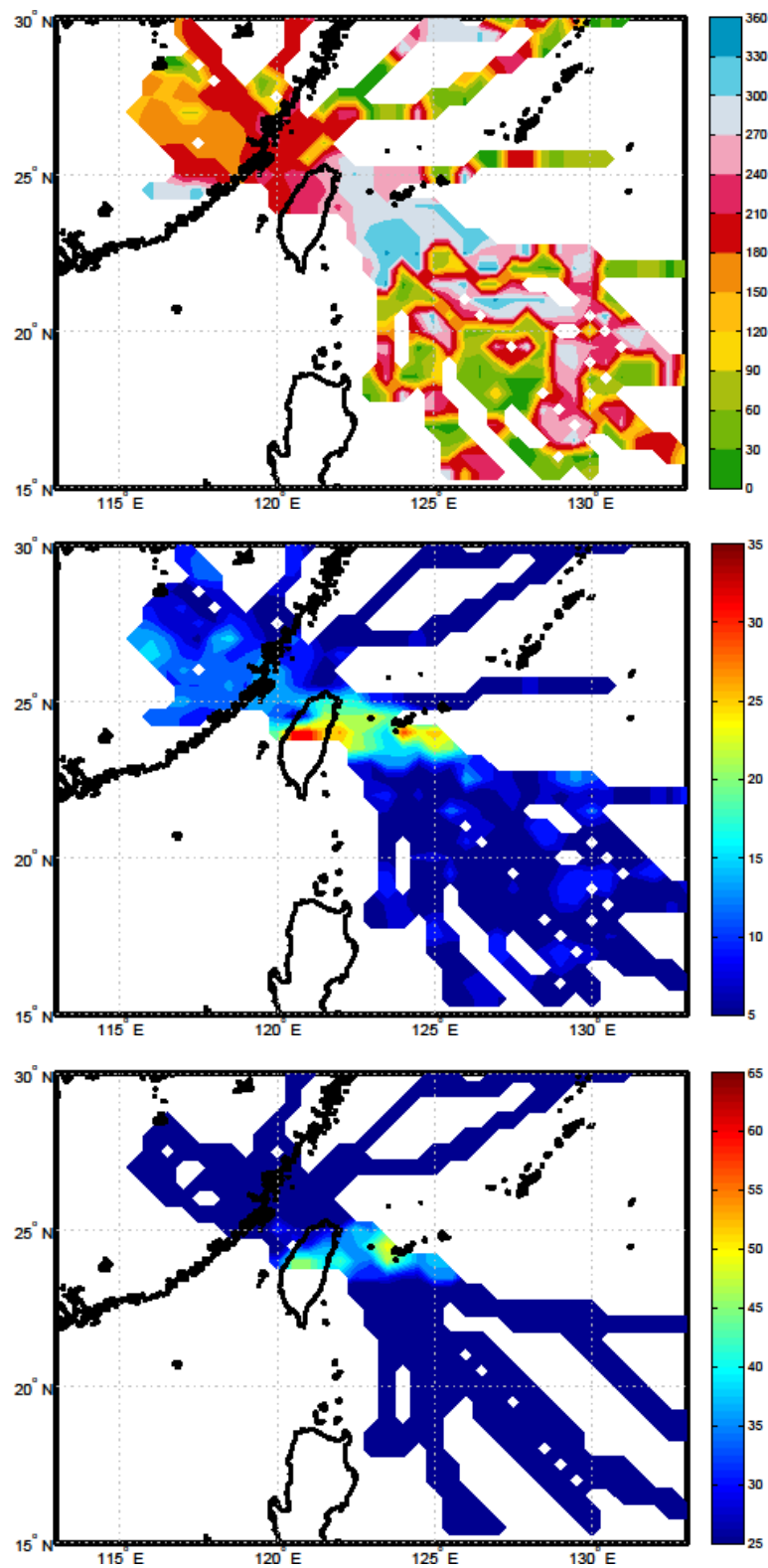


圖 32 侵臺路徑第 2 類颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

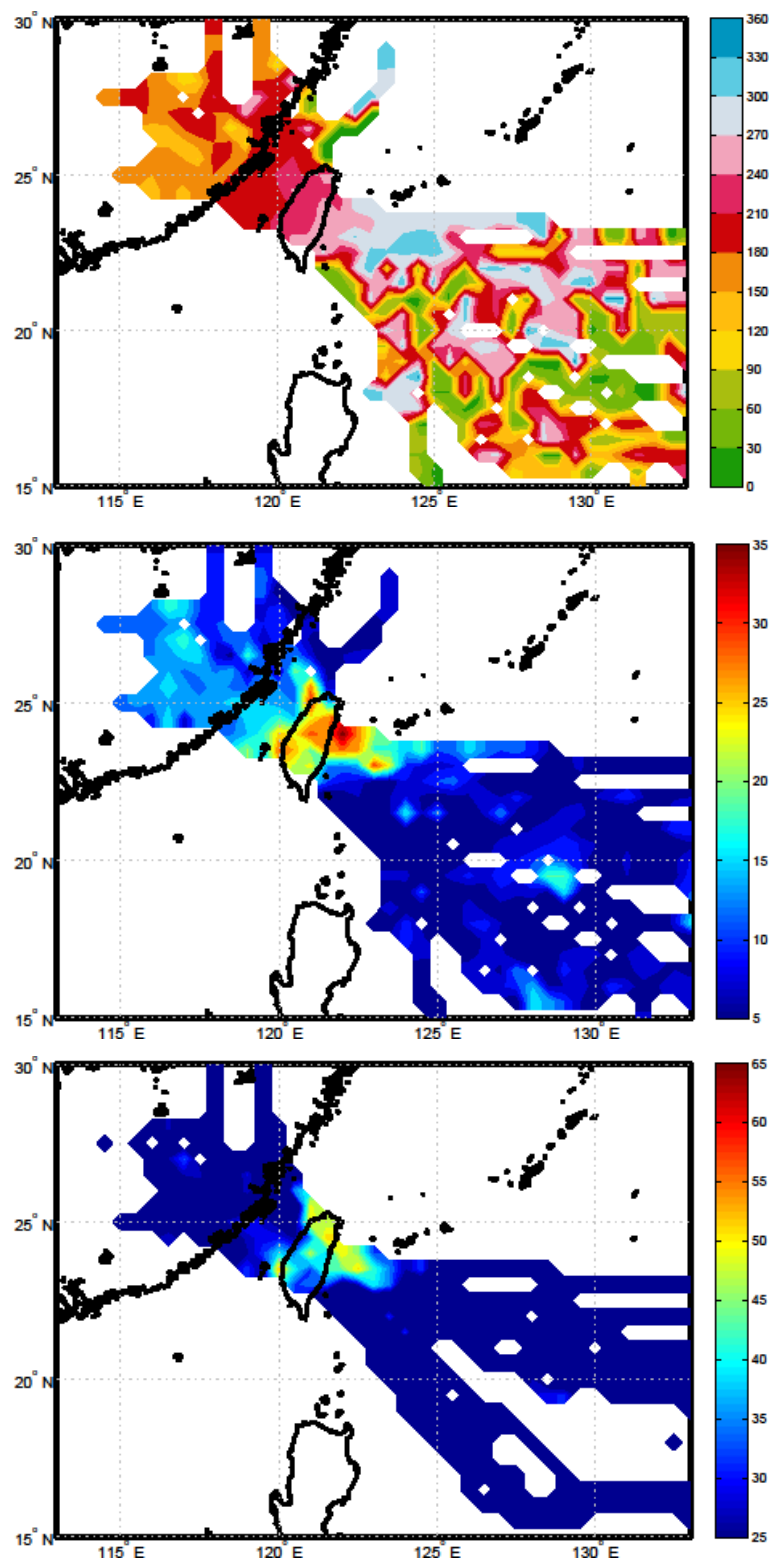


圖 33 侵臺路徑第 3 類颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

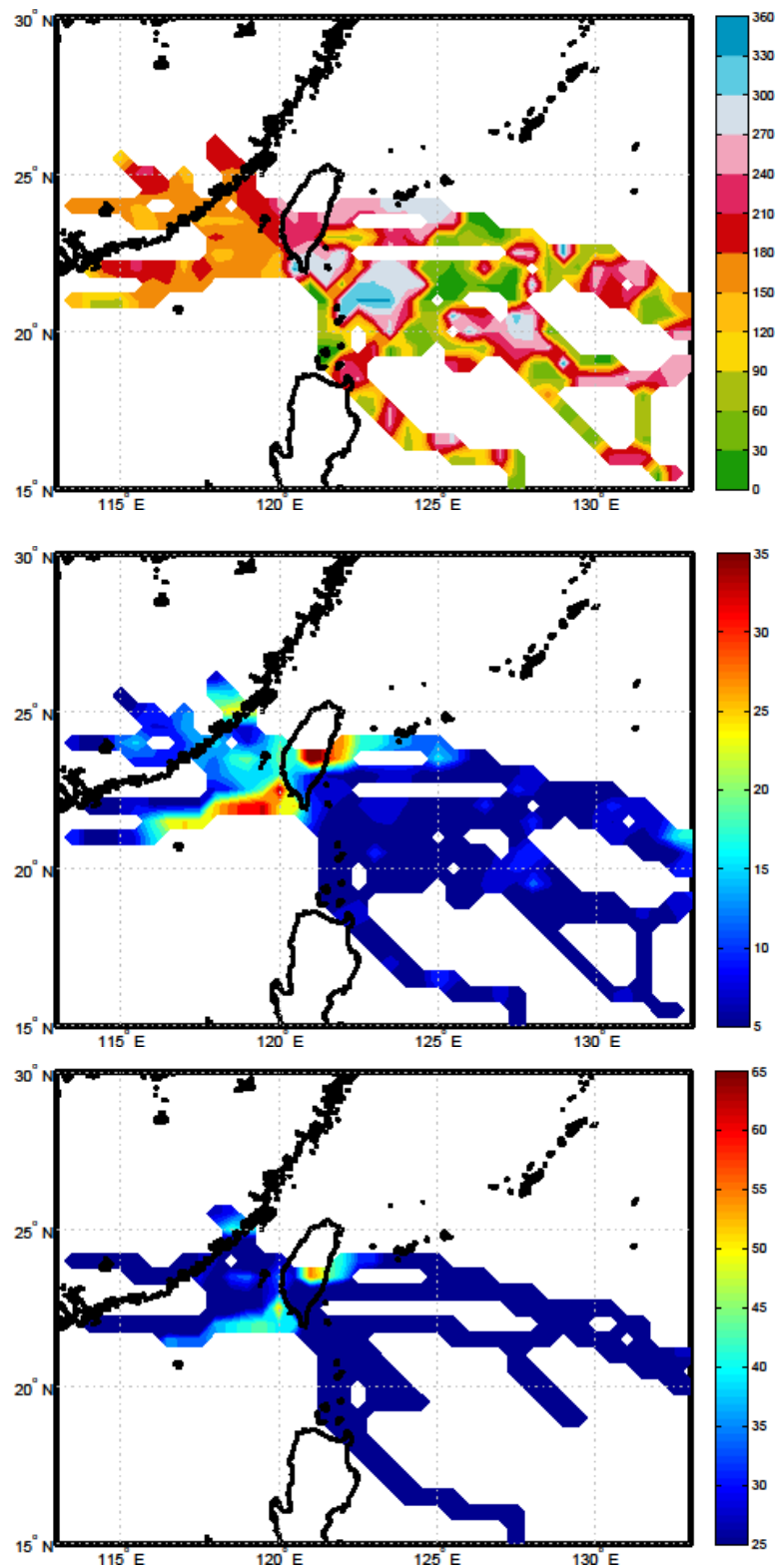


圖 34 侵臺路徑第 4 類颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

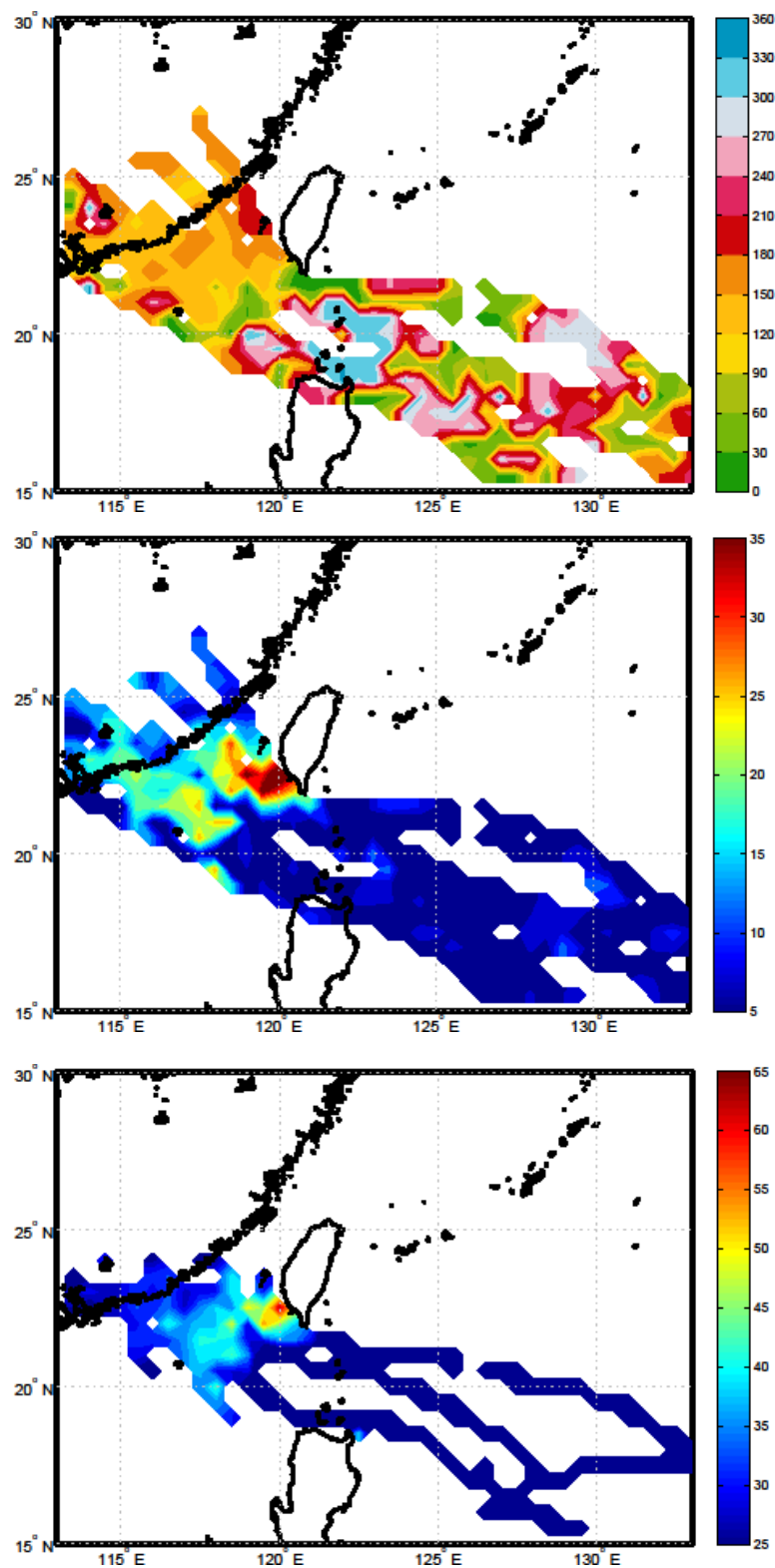


圖 35 侵臺路徑第 5 類颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

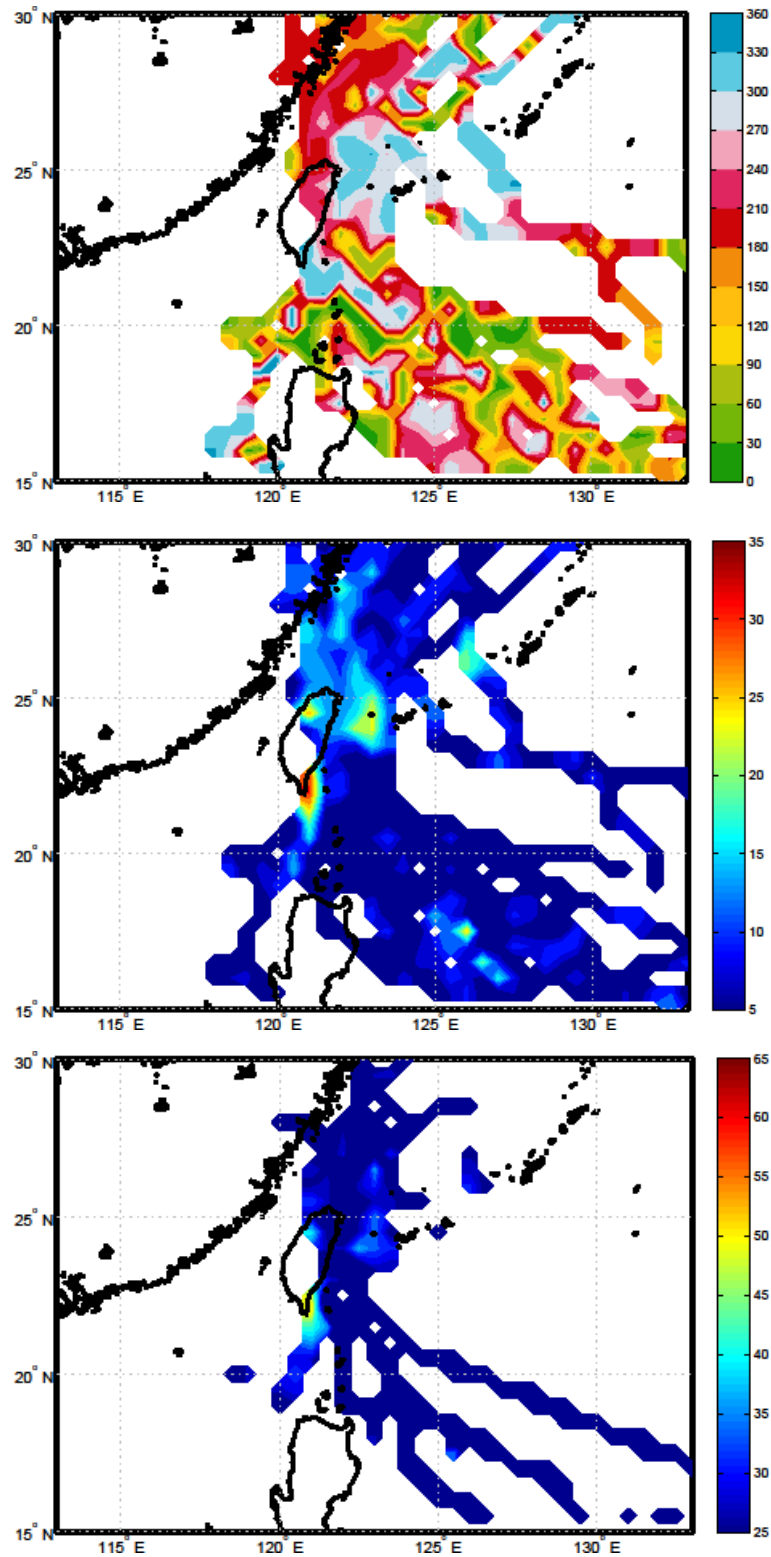


圖 36 侵臺路徑第 6 類颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

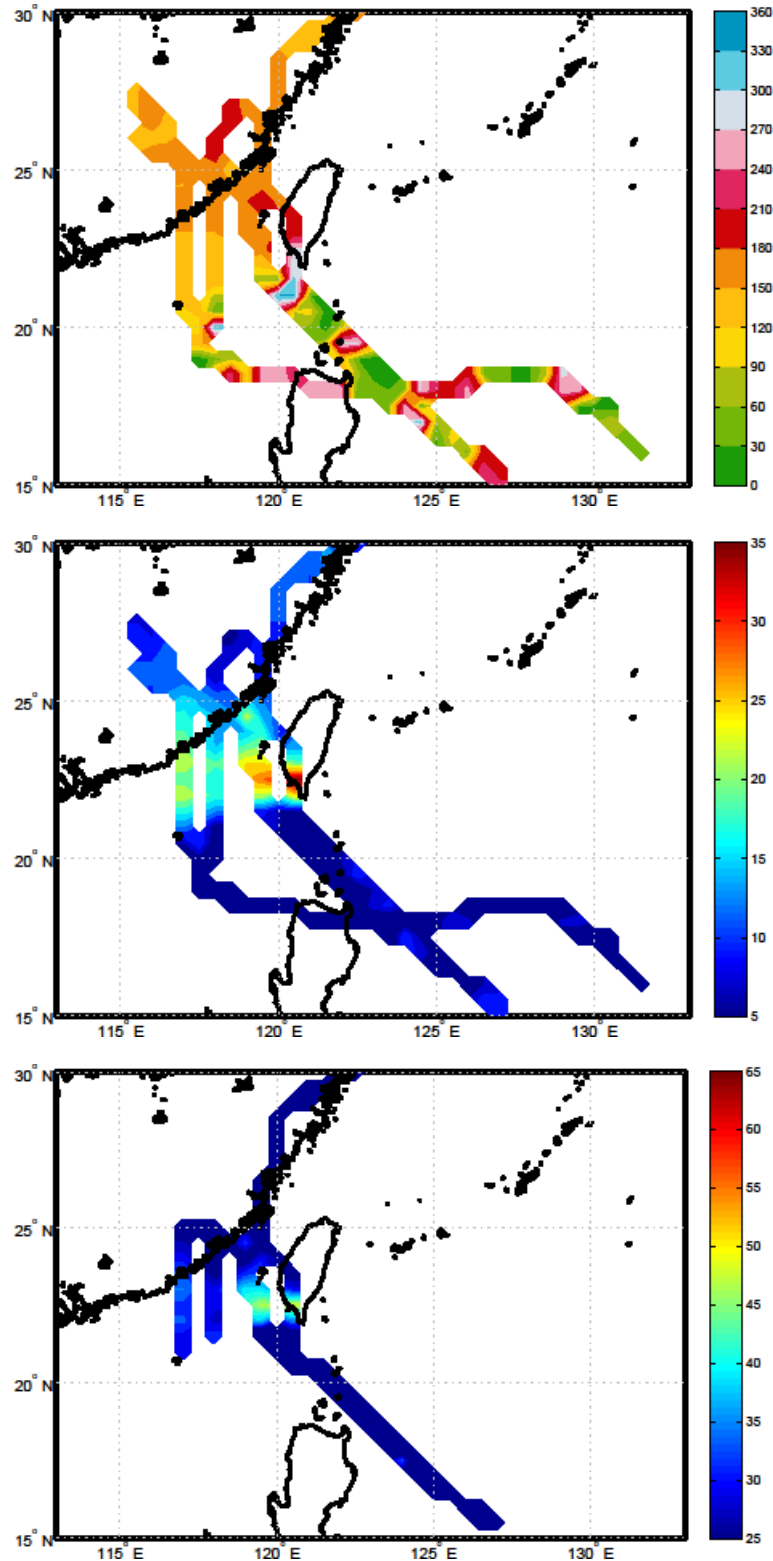


圖 37 侵臺路徑第 7 類颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

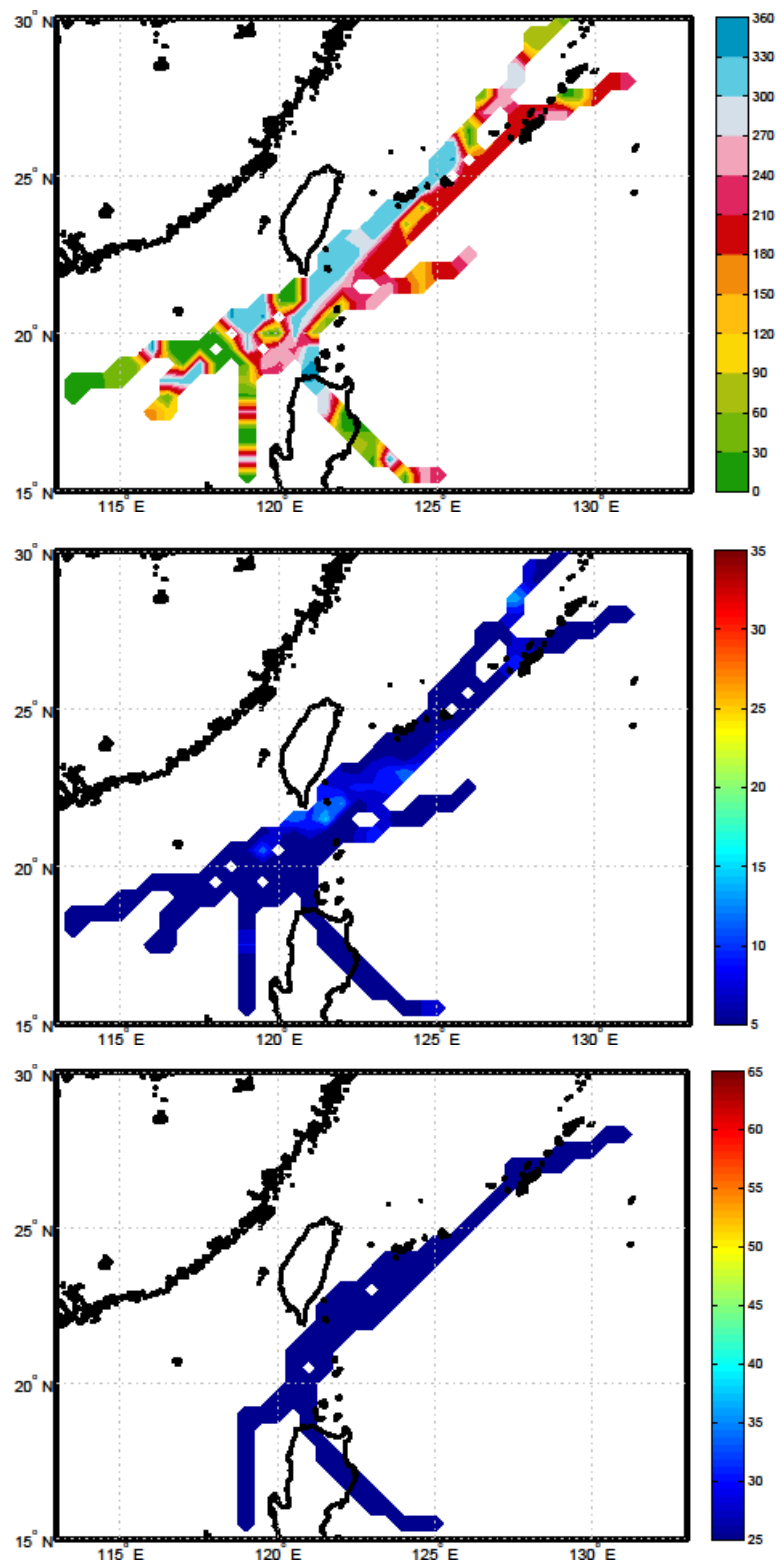


圖 38 侵臺路徑第 8 類颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

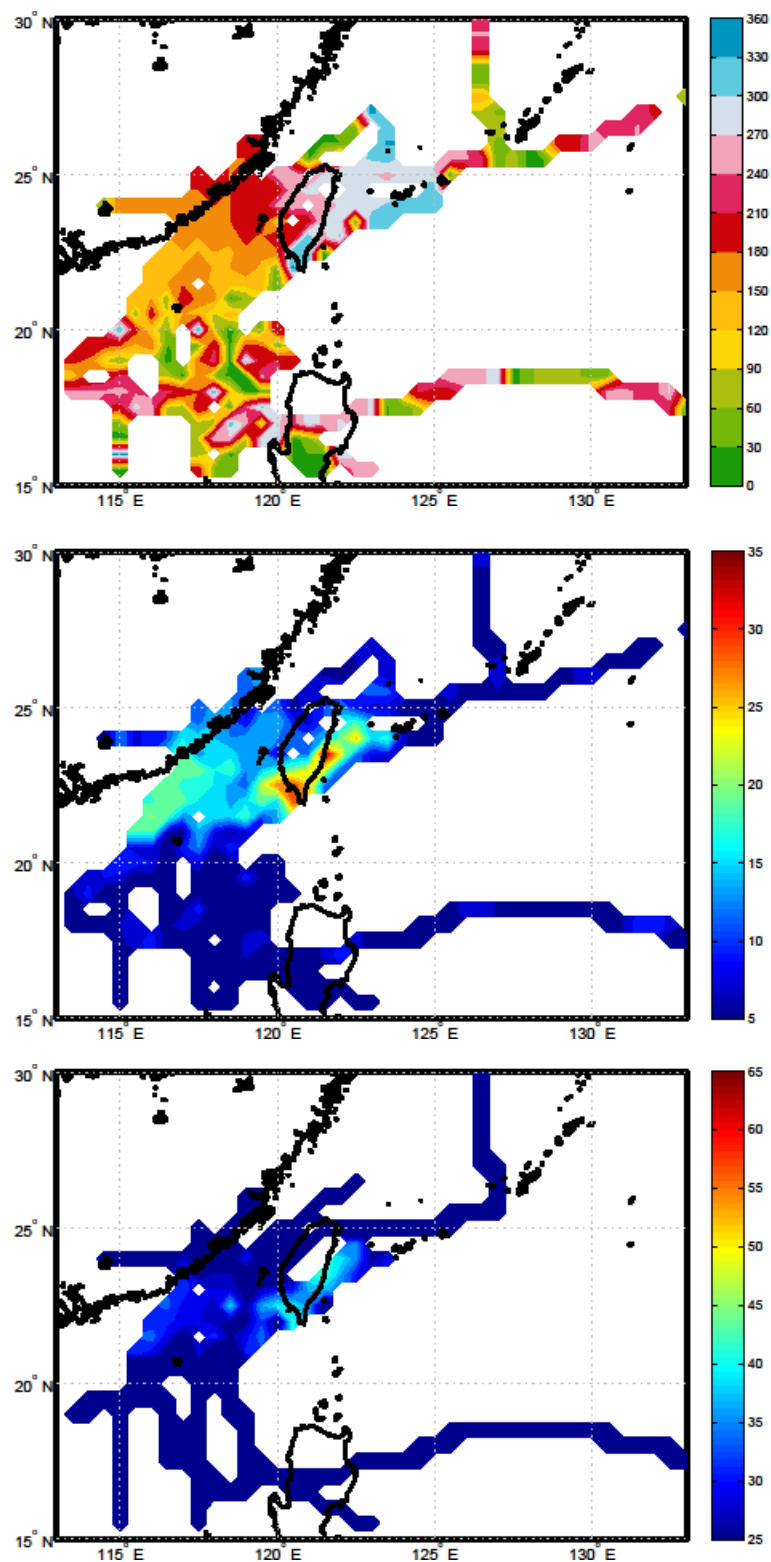


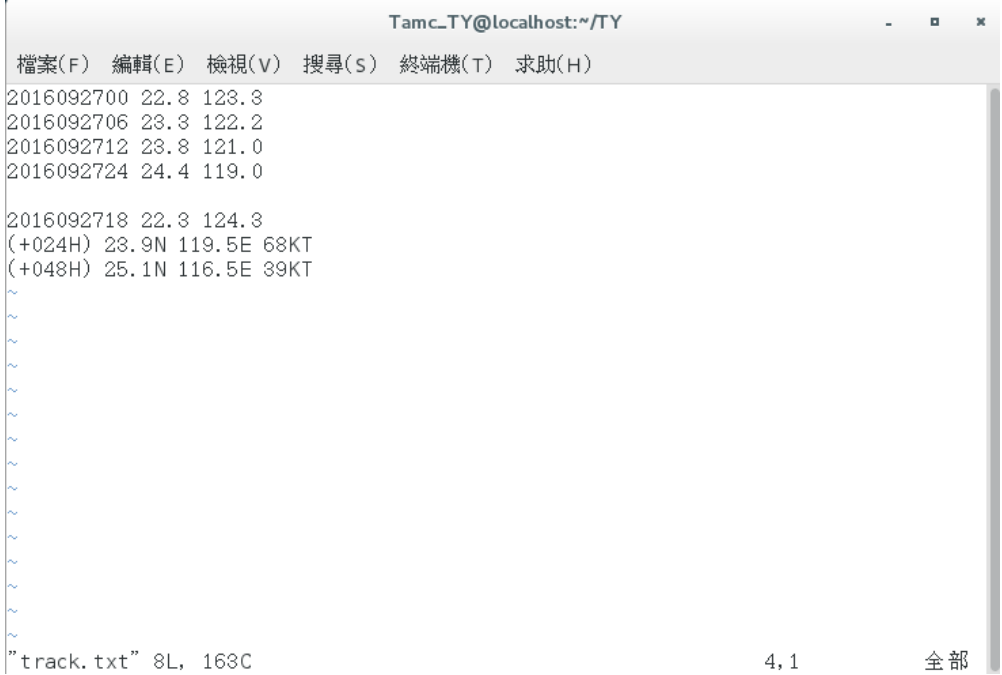
圖 39 侵臺路徑第 9 類颱風中心位置相對於高雄機場之十分鐘平均風向、風速及陣風之眾數值風場潛勢圖。

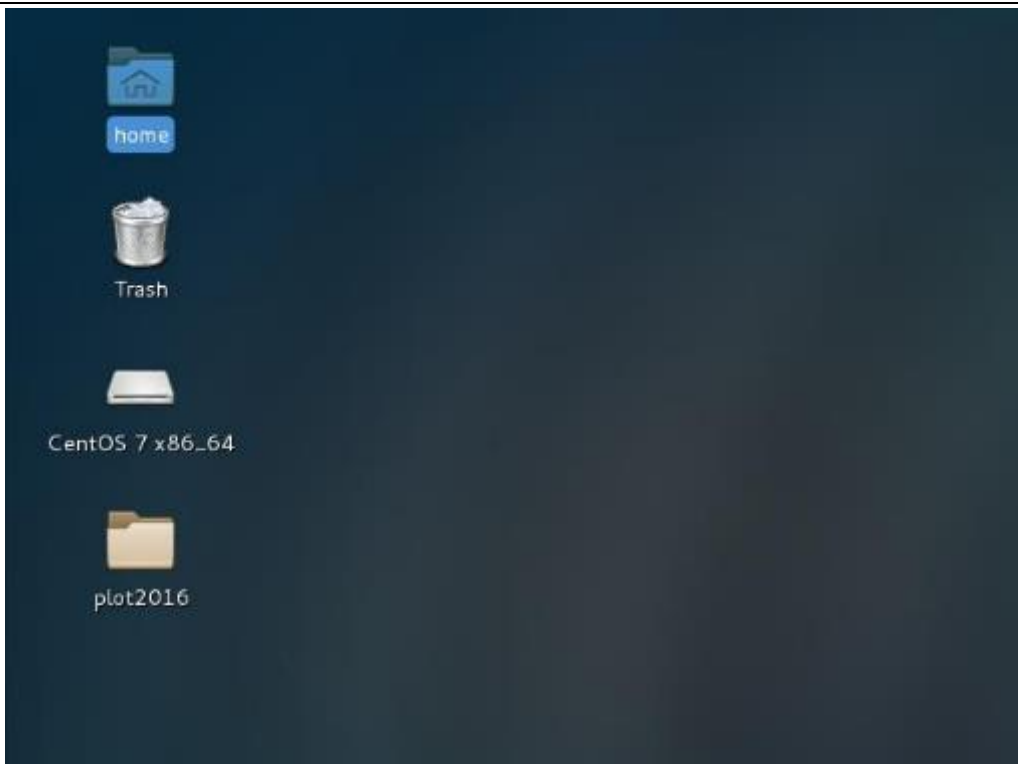
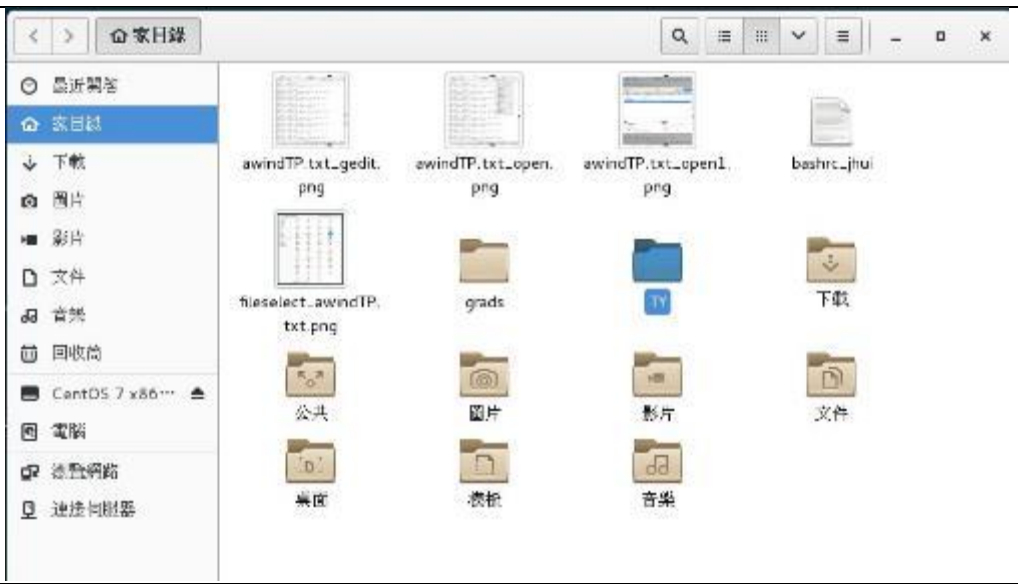
風場統計預估系統資料查詢及列印簡易說明

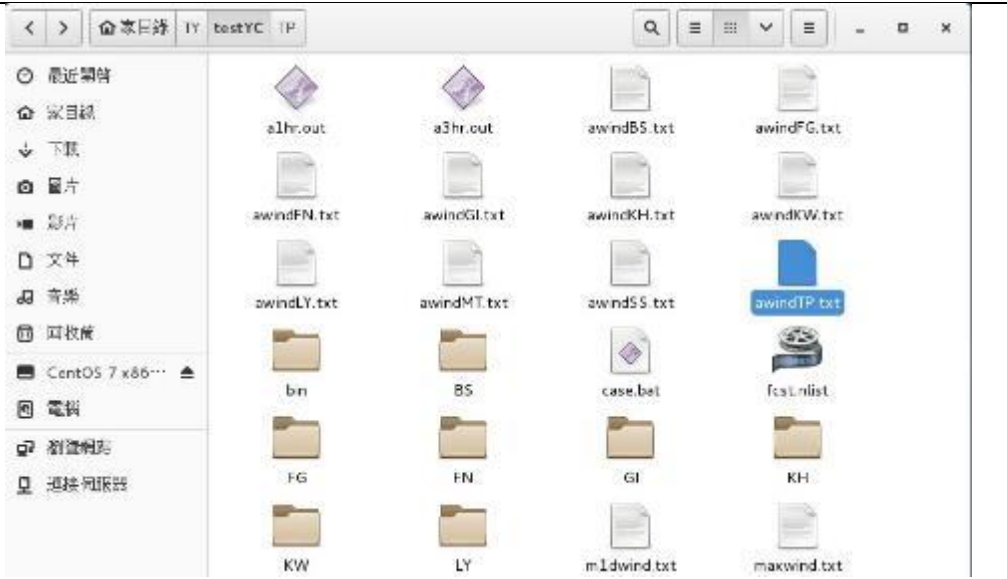
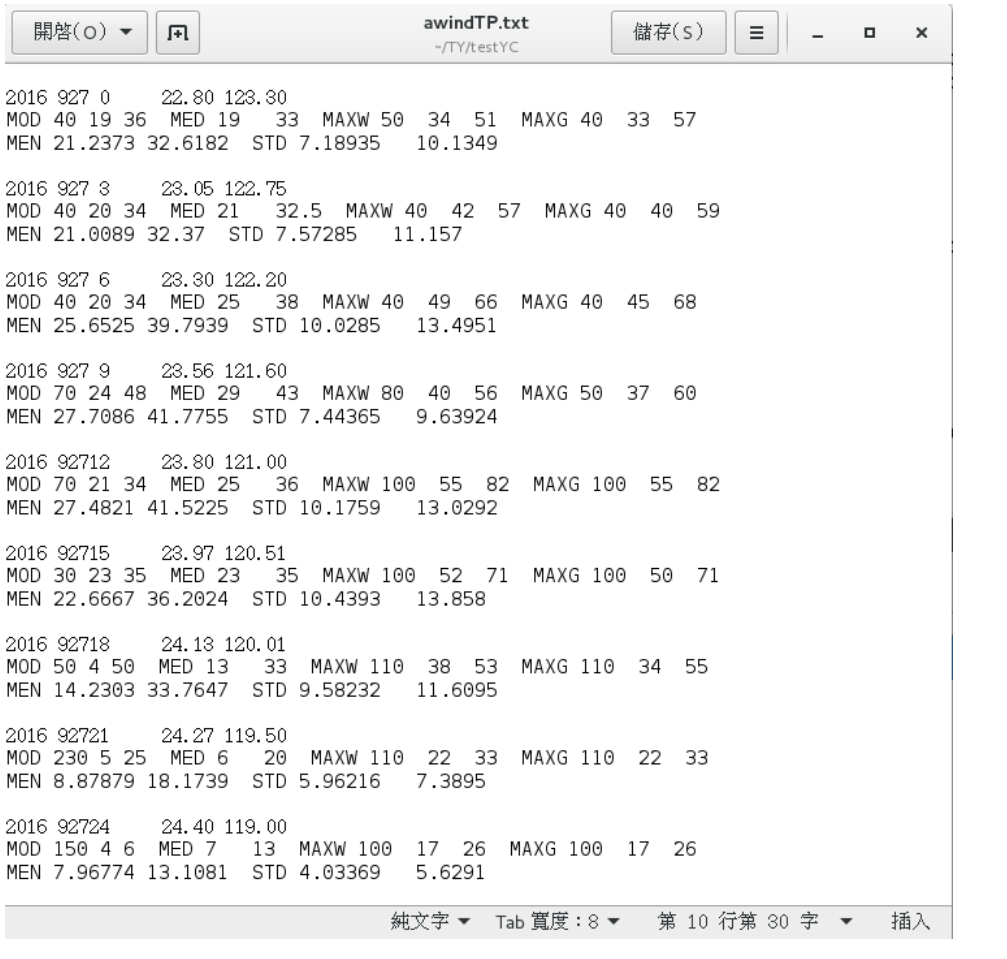
於Lab登入Tamc_TY@10.10.72.67，密碼為:tamc1234。進入linux之視窗作業環境，分別執行

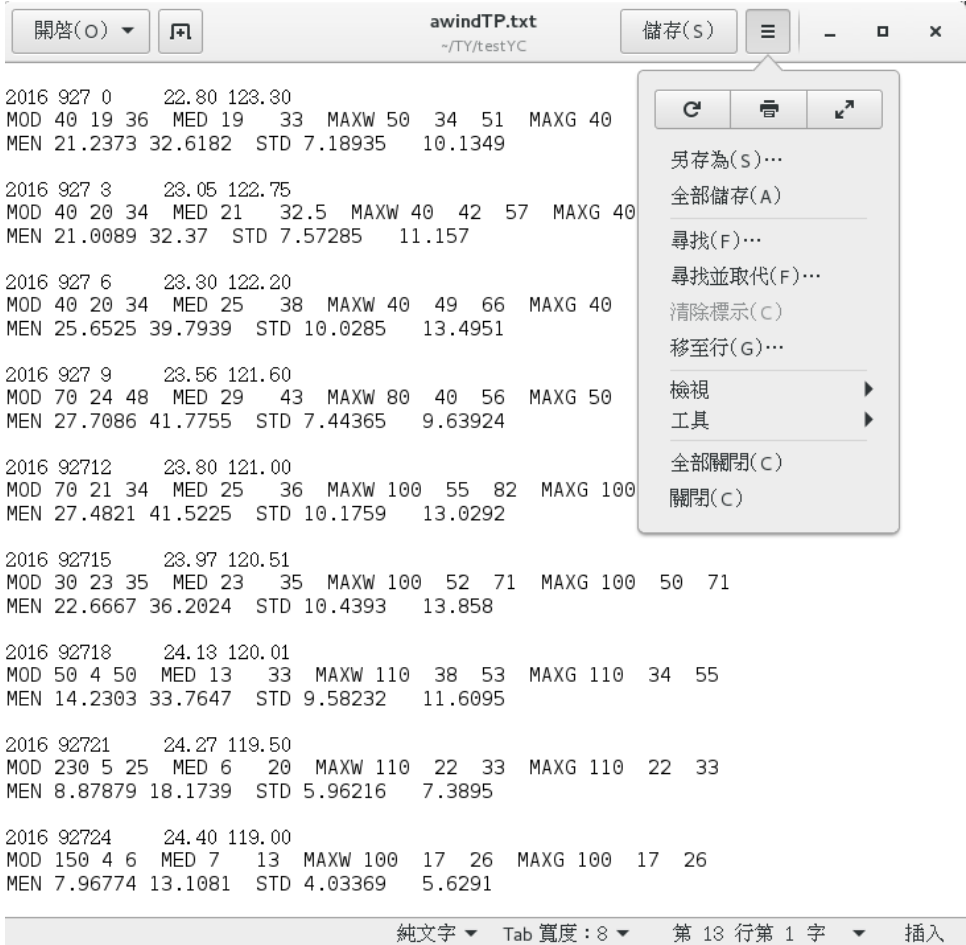
1. 颱風風力資料查詢及列印

步驟	執行指令
1	 由左上方應用程式下拉選單，選取「終端機」並執行操作指令

4	
	修改輸入颱風每 6 小時路徑資料，並儲存。
5	
	程式執行完畢，出現“GX Package Terminated”

6	
	於桌面開啟檔案管理程式
7	
	點選 TY 目錄

8	
點選風場輸出資料，如 awindTP.txt	
9	
檢視輸出資料，格式為時間，範例為 2016 年 9 月 27 日 00L 的位置，MOD 為風向風速陣風之眾數，MED 為風速陣風之中位數，MAXW 為風向風速陣風之最大平均，MAXG 為最大陣風之風向風速及陣風，MEN 為風速及陣風之平均，STD 為風速陣風之標準差。	

10	 開啓(O) [icon] awindTP.txt 儲存(S) [icon] [icon] [icon] [icon] 2016 927 0 22.80 123.30 MOD 40 19 36 MED 19 33 MAXW 50 34 51 MAXG 40 MEN 21.2373 32.6182 STD 7.18935 10.1349 2016 927 3 23.05 122.75 MOD 40 20 34 MED 21 32.5 MAXW 40 42 57 MAXG 40 MEN 21.0089 32.37 STD 7.57285 11.157 2016 927 6 23.30 122.20 MOD 40 20 34 MED 25 38 MAXW 40 49 66 MAXG 40 MEN 25.6525 39.7939 STD 10.0285 13.4951 2016 927 9 23.56 121.60 MOD 70 24 48 MED 29 43 MAXW 80 40 56 MAXG 50 MEN 27.7086 41.7755 STD 7.44365 9.63924 2016 92712 23.80 121.00 MOD 70 21 34 MED 25 36 MAXW 100 55 82 MAXG 100 MEN 27.4821 41.5225 STD 10.1759 13.0292 2016 92715 23.97 120.51 MOD 30 23 35 MED 23 35 MAXW 100 52 71 MAXG 100 50 71 MEN 22.6667 36.2024 STD 10.4393 13.858 2016 92718 24.13 120.01 MOD 50 4 50 MED 13 33 MAXW 110 38 53 MAXG 110 34 55 MEN 14.2303 33.7647 STD 9.58232 11.6095 2016 92721 24.27 119.50 MOD 230 5 25 MED 6 20 MAXW 110 22 33 MAXG 110 22 33 MEN 8.87879 18.1739 STD 5.96216 7.3895 2016 92724 24.40 119.00 MOD 150 4 6 MED 7 13 MAXW 100 17 26 MAXG 100 17 26 MEN 7.96774 13.1081 STD 4.03369 5.6291 純文字 ▾ Tab 寬度: 8 ▾ 第 13 行第 1 字 ▾ 插入
	欲列印風場資訊可點選右上方選項之印表機圖示
11	 取消(C) 列印 預覽(V) 列印(P) 一般 頁面設定 文字編輯器 列印工作 圖片品質 顏色 進階 印表機 位置 狀態 列印至檔案 HP-LaserJet-9050-MFP Data file sent successfully. 範圍 ☒ 所有頁面(A) ☐ 目前頁面(U) ☐ 頁數(E): 列印份數 份數(S): 1 - + ☐ 順序(O) ☐ 反序(R)
	點選印表機名稱，點擊「列印」即可將風場參考資訊印出。

2.查詢通過 2 個經緯度之間的颱風資訊

	<pre>[Tamc_TY@lab1 testYC]\$ cd QCASE [Tamc_TY@lab1 QCASE]\$ ls 2pointcase.exe Gllall_wind.txt MTall_wind.txt dummy.dat track.gs BSall_wind.txt KHall_wind.txt SSall_wind.txt fort.43 FGall_wind.txt KWall_wind.txt TPall_wind.txt query1.txt FNall_wind.txt LYall_wind.txt dummy.ctl query2.txt [Tamc_TY@lab1 QCASE]\$./2pointcase.exe ENTER (SS,TP,KH,BS,FG,MT,FN,GI,LY,KW) TP ENTER (aLAT) 24.0 ENTER aLON 122.0 ENTER (bLAT) 25.0 ENTER bLON 121.0 1981.JUNE 23 1994.GLADYS 35 2005.HAITANG 40 2007.KROSA 45 2008.JANGMI 45 2008.KALMAEGI 23</pre>
	3.查詢符合颱風中心位置之歷史個案(地方時) <pre>[Tamc_TY@lab1 testYC]\$ cd QLOCATION/ [Tamc_TY@lab1 QLOCATION]\$ ls BSall_wind.txt Gllall_wind.txt LYall_wind.txt TPall_wind.txt query.txt FGall_wind.txt KHall_wind.txt MTall_wind.txt loc0.15.exe FNall_wind.txt KWall_wind.txt SSall_wind.txt loc0.25.exe [Tamc_TY@lab1 QLOCATION]\$./loc0.15.exe ENTER (SS,TP,KH,BS,FG,MT,FN,GI,LY,KW) TP ENTER (LAT) 24.0 ENTER LON 122.0</pre>

[Tmc_TY@lab1 QLOCATION]\$ cat query.txt										
1981 61317 0	23.87	122.13	23	30	19	30	1.6	6.5	1981.IKE	
1981 6131730	23.87	122.13	23	20	19	29	1.5	9.5	1981.IKE	
1986 82213 0	24.14	122.01	38	10	33	50	1.5	21.2	1986.WAYNE	
1986 8221330	24.14	122.01	38	340	30	47	1.6	28.2	1986.WAYNE	
1987 72111 0	23.95	122.05	30	10	12	15	1.2	7.7	1987.VERNON	
1987 7211130	23.95	122.05	30	80	13	18	1.4	6.5	1987.VERNON	
1990 51913 0	24.05	121.93	18	50	19	30	1.6	0.0	1990.MARIAN	
1990 5191330	24.05	121.93	18	50	18	28	1.6	0.0	1990.MARIAN	
200011 1 8 0	24.10	122.10	33	20	33	54	1.6	16.5	2000.XANGSANE	
200011 1 830	24.10	122.10	33	10	34	51	1.5	21.9	2000.XANGSANE	
2004 91123 0	23.90	122.13	15	10	21	33	1.6	13.5	2004.HAIMA	
2004 9112330	23.90	122.13	15	10	23	40	1.7	14.8	2004.HAIMA	
2005 71812 0	24.05	121.88	51	60	24	39	1.6	4.2	2005.HAITANG	
2005 7181230	24.05	121.88	51	50	26	39	1.5	0.0	2005.HAITANG	
2005 71813 0	24.14	121.94	51	70	25	35	1.4	8.6	2005.HAITANG	
2005 7181330	24.14	121.94	51	70	31	47	1.5	10.6	2005.HAITANG	
2008 92816 0	24.07	122.13	51	30	53	69	1.3	18.1	2008.JANGMI	
2008 9281630	24.07	122.13	51	20	62	83	1.3	31.0	2008.JANGMI	
2008 92817 0	24.08	121.97	51	30	60	90	1.5	20.5	2008.JANGMI	
2008 9281730	24.08	121.97	51	50	52	76	1.5	0.0	2008.JANGMI	
2008 71720 0	24.10	122.10	33	60	6	9	1.5	1.0	2008.KALMAEGI	
2008 7172030	24.10	122.10	33	30	5	9	1.8	1.7	2008.KALMAEGI	
2012 8 2 3 0	24.10	122.13	38	10	31	44	1.4	19.9	2012.SAOLA	
2012 8 2 330	24.10	122.13	38	20	31	44	1.4	15.5	2012.SAOLA	
2012 8 2 4 0	24.07	122.06	38	20	31	46	1.5	15.5	2012.SAOLA	
2012 8 2 430	24.07	122.06	38	10	29	41	1.4	18.6	2012.SAOLA	
2012 8 2 5 0	24.03	121.99	38	10	30	45	1.5	19.3	2012.SAOLA	
2012 8 2 530	24.03	121.99	38	10	29	44	1.5	18.6	2012.SAOLA	
2012 8 2 6 0	24.00	121.93	38	10	28	41	1.5	18.0	2012.SAOLA	
2012 8 2 630	24.00	121.93	38	10	31	41	1.3	19.9	2012.SAOLA	
2012 8 2 7 0	23.98	121.86	38	20	33	46	1.4	16.5	2012.SAOLA	
2012 8 2 730	23.98	121.86	38	20	33	45	1.4	16.5	2012.SAOLA	
2014 92120 0	24.10	122.00	25	110	14	24	1.7	12.1	2014.FUNG-WONG	
2014 9212030	24.10	122.00	25	240	5	9	1.8	0.9	2014.FUNG-WONG	
2016 92713 0	23.94	121.96	45	30	51	71	1.4	17.4	2016.MEGI	
2016 9271330	23.94	121.96	45	30	52	69	1.3	17.8	2016.MEGI	

4. 查詢符合風場歷史資料(地方時)

	<pre> [Tamc_TY@lab1 testYC]\$ cd QWIND [Tamc_TY@lab1 QWIND]\$ ls BSall_wind.txt KHall_wind.txt QDISP caseW8G18TD30 dummy.dat FGall_wind.txt KWall_wind.txt SSall_wind.txt caseWGT query.txt FNall_wind.txt LYall_wind.txt TPall_wind.txt caseWGTD10 track.gs Glall_wind.txt MTall_wind.txt caseDIR12 dummy.ctl [Tamc_TY@lab1 QWIND]\$./caseWGT ENTER (SS,TP,KH,BS,FG,MT,FN,GI,LY,KW) TP ENTER WDIR 100 ENTER WSPD 50 ENTER WGUST 70 ENTER WSDE 0 [Tamc_TY@lab1 QWIND]\$ cat query.txt 1982 729 7 0 22.92 120.86 53 100 55 89 1.6 42.1 1982.ANDY 1982 729 8 0 23.00 120.70 42 100 54 81 1.5 41.4 1982.ANDY 1982 72910 0 23.22 120.29 42 100 52 73 1.4 39.8 1982.ANDY 1982 7291030 23.22 120.29 42 100 56 80 1.4 42.9 1982.ANDY 1994 71022 0 23.79 120.95 53 100 55 82 1.5 42.1 1994.TIM 1994 71023 0 23.97 120.66 53 100 50 71 1.4 38.3 1994.TIM </pre>									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

5. 查詢符合風場(風向+-10 度)歷史個案(地方時)

	<pre> [Tamc_TY@lab1 QWIND]\$./caseWGTD10 ENTER (SS,TP,KH,BS,FG,MT,FN,GI,LY,KW) TP ENTER WDIR 100 ENTER WSPD 50 ENTER WGUST 70 ENTER WSDE 0 </pre>									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	[Tamc_TY@lab1 QWIND]\$ cat query.txt									
	1982 729 7 0	22.92	120.86 53	100	55	89	1.6	42.1	1982.ANDY	
	1982 729 8 0	23.00	120.70 42	100	54	81	1.5	41.4	1982.ANDY	
	1982 729 930	23.11	120.50 42	90	51	74	1.5	32.8	1982.ANDY	
	1982 72910 0	23.22	120.29 42	100	52	73	1.4	39.8	1982.ANDY	
	1982 7291030	23.22	120.29 42	100	56	80	1.4	42.9	1982.ANDY	
	1982 7291130	23.33	120.09 42	110	50	74	1.5	43.3	1982.ANDY	
	1982 72912 0	23.45	119.89 42	110	52	77	1.5	45.0	1982.ANDY	
	1994 71022 0	23.79	120.95 53	100	55	82	1.5	42.1	1994.TIM	
	1994 71023 0	23.97	120.66 53	100	50	71	1.4	38.3	1994.TIM	
	[Tamc_TY@lab1 QWIND]\$									

6. 查詢符合風場(兩風向間)之歷史個案(地方時)

	[Tamc_TY@lab1 QWIND]\$./caseDIR12									
	ENTER (SS,TP,KH,BS,FG,MT,FN,GI,LY,KW)									
	TP									
	ENTER WDIR rdir1									
	60									
	ENTER WDIR rdir2									
	100									
	ENTER WSPD									
	50									
	ENTER WGUST									
	70									
	ENTER WSDE									
	0									
	[Tamc_TY@lab1 QWIND]\$ cat query.txt									
	1982 729 3 0	22.68	121.54 53	80	52	77	1.5	26.0	1982.ANDY	
	1982 729 7 0	22.92	120.86 53	100	55	89	1.6	42.1	1982.ANDY	
	1982 729 8 0	23.00	120.70 42	100	54	81	1.5	41.4	1982.ANDY	
	1982 729 930	23.11	120.50 42	90	51	74	1.5	32.8	1982.ANDY	
	1982 72910 0	23.22	120.29 42	100	52	73	1.4	39.8	1982.ANDY	
	1982 7291030	23.22	120.29 42	100	56	80	1.4	42.9	1982.ANDY	
	1994 71022 0	23.79	120.95 53	100	55	82	1.5	42.1	1994.TIM	
	1994 71023 0	23.97	120.66 53	100	50	71	1.4	38.3	1994.TIM	
	[Tamc_TY@lab1 QWIND]\$									

7. 查詢風向+-30 度、風速+-8KT、陣風+-18KT 歷史個案(地方時)

[Tmc_TY@lab1 QWIND]\$./caseW8G18TD30										
ENTER (SS,TP,KH,BS,FG,MT,FN,GI,LY,KW)										
TP										
ENTER WDIR										
100										
ENTER WSPD										
50										
ENTER WGUST										
70										
ENTER WSDE										
0										
[Tmc_TY@lab1 QWIND]\$ cat query.txt										
1979 8 120 0	21.50	120.00	60	110	45	58	1.3	39.0	1979.HOPE	
1979 8 2 5 0	21.96	117.25	58	110	44	55	1.2	38.1	1979.HOPE	
1982 72821 0	21.73	122.34	60	110	43	56	1.3	37.2	1982.ANDY	
1982 72824 0	22.29	121.99	60	80	42	59	1.4	21.0	1982.ANDY	
1982 729 1 0	22.47	121.86	60	80	51	69	1.4	25.5	1982.ANDY	
1982 729 2 0	22.60	121.70	53	90	48	63	1.3	30.9	1982.ANDY	
1982 729 3 0	22.68	121.54	53	80	52	77	1.5	26.0	1982.ANDY	
1982 729 4 0	22.74	121.37	53	90	43	54	1.3	27.6	1982.ANDY	
1982 729 5 0	22.80	121.20	53	80	45	62	1.4	22.5	1982.ANDY	
1982 729 6 0	22.86	121.03	53	90	44	66	1.5	28.3	1982.ANDY	
1982 729 630	22.86	121.03	53	90	47	69	1.5	30.2	1982.ANDY	
1982 729 8 0	23.00	120.70	42	100	54	81	1.5	41.4	1982.ANDY	
1982 729 830	23.00	120.70	42	90	48	68	1.4	30.9	1982.ANDY	
1982 729 9 0	23.11	120.50	42	80	46	61	1.3	23.0	1982.ANDY	
1982 729 930	23.11	120.50	42	90	51	74	1.5	32.8	1982.ANDY	
1982 72910 0	23.22	120.29	42	100	52	73	1.4	39.8	1982.ANDY	
1982 7291030	23.22	120.29	42	100	56	80	1.4	42.9	1982.ANDY	
1982 72911 0	23.33	120.09	42	100	48	70	1.5	36.8	1982.ANDY	
1982 7291130	23.33	120.09	42	110	50	74	1.5	43.3	1982.ANDY	
1982 72912 0	23.45	119.89	42	110	52	77	1.5	45.0	1982.ANDY	
1982 7291230	23.45	119.89	42	110	50	69	1.4	43.3	1982.ANDY	
1982 72913 0	23.57	119.69	42	120	42	69	1.6	39.5	1982.ANDY	
1982 81511 0	23.22	119.50	28	110	42	57	1.4	36.4	1982.DOT	
1982 8151230	23.21	119.40	28	110	42	58	1.4	36.4	1982.DOT	
1982 81513 0	23.20	119.30	28	110	42	58	1.4	36.4	1982.DOT	

	1990 9 72330	23.29	121.22	38	80	47	63	1.3	23.5	1990.DOT
	1990 9 724 0	23.40	120.95	38	70	45	66	1.5	15.4	1990.DOT
	1990 9 8 5 0	23.49	119.75	33	110	45	60	1.3	39.0	1990.DOT
	1990 9 8 6 0	23.41	119.53	33	120	45	61	1.4	42.3	1990.DOT
	1990 9 8 630	23.41	119.53	33	120	42	56	1.3	39.5	1990.DOT
	1994 71022 0	23.79	120.95	53	100	55	82	1.5	42.1	1994.TIM
	1994 7102230	23.79	120.95	53	90	49	73	1.5	31.5	1994.TIM
	1994 71023 0	23.97	120.66	53	100	50	71	1.4	38.3	1994.TIM
	1994 7102330	23.97	120.66	53	110	42	66	1.6	36.4	1994.TIM
	2000 823 2 0	23.60	120.20	45	90	43	63	1.5	27.6	2000.BILIS
	200510 2 730	23.75	121.00	51	90	43	60	1.4	27.6	2005.LONGWANG
	2015 8 8 6 0	24.06	121.13	48	70	47	70	1.5	16.1	2015.SOUDELOR
	2015 8 8 630	24.06	121.13	48	70	46	67	1.5	15.7	2015.SOUDELOR
	2015 8 8 7 0	23.83	120.77	48	70	48	74	1.5	16.4	2015.SOUDELOR
	2015 8 8 730	23.83	120.77	48	70	42	65	1.5	14.4	2015.SOUDELOR
	2015 8 8 8 0	23.70	120.40	45	70	46	67	1.5	15.7	2015.SOUDELOR
	2015 8 8 830	23.70	120.40	45	70	46	71	1.5	15.7	2015.SOUDELOR

審查意見與回覆

一、審查意見

- (一) 本研究採用類似颱風降雨氣候模式方法，針對全台 10 個民用機場研發風力預報技術，並提供預報指引；雖然研究成果和報告內容之撰寫仍有可改進空間(尤其是部分附圖字體太小)，但在有限經費和人力下、能在一年內即完成此份報告，實屬難能可貴。然而應用此技術時仍需注意地形和雨帶所帶來的複雜度。
- (二) 準確的航空氣象預報不僅與維護飛安有密切關係，且能提供航空公司在航班調度作業的有效參考，以提高營運效益。
- (三) 臺灣狹長陡峭的地形加上中央山脈與雪山山脈，造成的地形較為複雜，因此，風場變化受地形效應的影響也較為明顯。目前作業中的數值模式預報對於小尺度系統的掌握並不理想，何況是機場定點的風場預報。於颱風暴風圈接近與侵襲期間，將模式所輸出之各民用機場的風場預報值與實際風場比較後，確認不能直接使用。因此利用氣候統計法來預測各民用機場的風場（包含風向、平均風速與最大風速）是目前較為合適的。
- (四) 原先氣候統計法的統計圖表雖然十分完整，但較為複雜，需要有多數預報經驗的預報員才能判讀做出主觀預報。此研究結果的優

點是，將上中位數、眾數及平均差等統計指標來簡化及縮小研判的範圍，使預報員易於研判並做出合理的客觀預報，尤其對於新進預報員是一項很好的參考工具。

(五) 預報員於作業時發現困擾後，利用空餘時間自行研究探討可行之解決方式，值得鼓勵與嘉許。

(六) 幾項疑點，請釐清或修正：

1、目錄第三項的研究成果之(一)，應為第 8 頁。

2、目錄增加七、附件。

3、第 16 頁第二段之圖 19、圖 20 及圖 21 的橫軸，加上標示最大風出現的時間點較適宜。

(七) 本研究案有助於輔助預報員颱風預報作業，研判機場之風場預報，提高颱風預報作業上的時效性和準確性。

二、審查意見回覆

有關第(六)點第(3)項，已於本文圖 19、圖 20 及圖 21 之橫軸下方標示最大風出現的時間點以作說明。

後續研究之建議與回覆

一、後續研究之建議

- (一) 颱風風力氣候模式雖僅考慮颱風位置(可再加上其他特性)，但卻具有相當高參考價值，尤其可做為 **No-Skill** 的評估指引。再者，此模式簡單快速(可以只考慮颱風預報路徑)且可再考慮其他因素進行預報結果之改進(如 **Lee et al.2013** 針對颱風降雨氣候模式所完成者)；建議未來可考慮颱風強度和暴風半徑資料再進行改進，並做到純客觀的預報方式。
- (二) 建議將詳細的操作步驟撰寫成手冊，利於預報員使用。
- (三) 持續收集颱風資料，擴增資料庫。
- (四) 有準確的颱風路徑預報，才会有準確的各機場風力預報，因此需探討如何加強颱風路徑的預報能力。
- (五) 建議思考如何讓使用者瞭解颱風路徑誤差的風險，適時提供使用者作為決策參考。

二、後續研究之建議回覆

- (一) 本研究同樣採用氣象局颱風 **9** 大路徑作分類，預報員可依第 **1-5** 類西行及第 **6-9** 類北行颱風路徑作各機場風場研判。另伴隨東北季風共伴之颱風為發生於秋季之個案，可參考本研究以月份(**11月**)

分類之結果。另本研究亦進一步以颱風強度資料作改進，校驗結果顯示以颱風強度及路徑分類進行篩選後，其氣候統計預報結果最為接近實際機場觀測。另考量颱風暴風半徑資料並非完整及具系統性之檢驗(事後重新分析)，故本研究僅於風場查詢功能納入颱風暴風半徑資料供搜尋。

- (二) 本系統操作步驟手冊已於 106 年 7 月完成撰寫並於預報技術研討會進行系統操作使用說明，相關資料詳如附件四。
- (三) 本系統將持續更新資料庫，目前系統已收集至 2016 年之颱風資料，並於颱風作業期間進行系統測試與驗證。
- (四) 本中心參考中央氣象局發布之颱風中心位置、中心氣壓、近中心最大風速、暴風半徑、移動方向、移動速度及預測位置等資料，製作相關颱風作業產品(包括颱風警報單、民航機場最大風力預報及顯著危害天氣資訊等)，故研議持續與中央氣象局進行預報技術交流，並於颱風作業期間進行密切的預報資料交換及討論，以掌握最新資訊，並適時修正預報。
- (五) 目前本中心於颱風期間提供之視訊諮詢服務為一渠道向航空業者說明最新的颱風動態訊息，此視訊諮詢由航空業者提出需求後，簽派員或機師可於飛航服務總臺轄下之桃園、松山及高雄情報諮詢臺與本中心颱風小組進行颱風視訊討論，會中由本中心颱風作

業小組進行颱風動態報告(說明預報不確定性)及針對航空公司人員關切問題作解答，讓航空公司及早因應後續航班安排及航務規劃。另未來透過精進預、測報技術與產品開發，輔助詮釋風力預報不確定性之機率，呈現風險範圍供決策參考之用。