

# 臺灣桃園國際機場 2015 年 03 月 09 日低空風切現象之研究

## 中央氣象局106年天氣分析與預報研討會

李承祐  
國立台南大學

宋偉國  
空軍航空技術學院

### 摘 要

本研究旨在利用WRF模式探討臺灣桃園國際機場2015年03月09日低空風切現象，WRF模式為一廣泛使用之中尺度氣象預報系統，然而低空風切乃一小範圍之天氣現象，故本研究首先以文獻探討和數據探討低空風切之特性、現象以及其所造成之危害，再者討論WRF模式及其運作原理，並針對2015年03月09日00時至2015年03月10日00時所發生之低空風切現象，利用WRF數值預報模式進行運算和nc1及RIP4繪製出圖，進而探討其所發生之原因，最後從預報之結果討論以中尺度氣象預報系統預測低空風切之可行性。

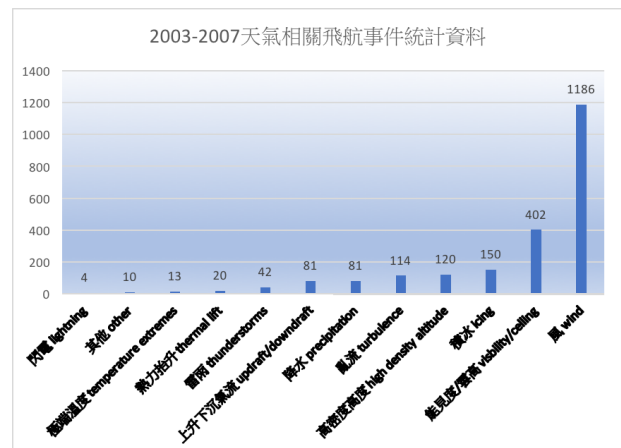
關鍵字：低空風切、WRF Model

## 一、前言

飛機，一向被稱之為世界最安全之交通工具，然而航機失事一次可能有數十甚至數百之民眾喪生，故探討飛行安全便成為航空領域中一重要之學問與學科。影響飛行安全的因素，可大致區分為人為、機件、及天候三大種類，其中根據Federal Aviation Administration、Aviation Safety Information Analysis and Sharing (2010) 共同研究與統計之發現，2003年至2007年間國際上共發生8,657件之航空意外事件，其中就有1,740件之意外與天氣現象相關(約佔20.1%，僅次於人為因素)，由此可見天候是影響飛行安全的因素之一大主因，再者2003年至2007年和天氣相關之飛航意外事件中(共2,223件，如下圖一)即有1,186件與「風」之因素相關(約佔53%)，可見風對於飛航事故之發生佔有一席之地，故此研究將針對「風」此類因素中之風切現象進行氣象模式模擬之研究。

與風相關之因素其一便是「風切」，其為一於小範圍區域間突然且劇烈之風向以及風速改變之現象(Federal Aviation Administration[FAA], 2016)，然而風切均有可能出現於各不同高度之空層，但「低

空」時航機之性能參數均位於臨界值(蒲金標、徐茂林、游志遠、劉珍雲，2014)，故航機於起降階段所遭遇到之低空風切常造成航空之悲劇，有鑒於航空史上多次因低空風切致使之事件，多數為不及防備而導致，故天氣之預報為航空安全課題中相當重要之一環。

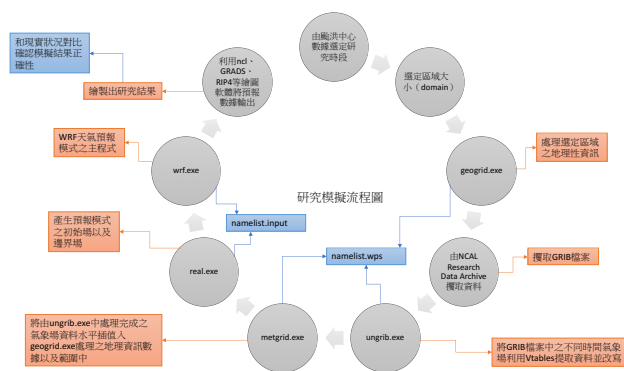


圖一、2003-2007年天氣相關飛航事件統計資料  
(改自FAA Weather-Related Aviation Accident Study 2003-2007)

## 二、研究方法

本研究為使用WRF (Weather Research and Forecast model) 天氣預報模式3.4.2版本, WRF天氣預報模式為近年來被各國氣象單位廣泛使用之一中尺度氣象預報模式, 本模式為美國國家大氣研究中心 (NCAR)、美國國家海洋暨大氣總署 (NOAA) 其中之國家環境預報中心 (NCEP) 及地球系統研究實驗室 (ESRL)、美國空軍氣象局 (AFWA)、美國海軍研究實驗室 (NRL) 等單位共同合作開發。WRF為一非靜力平衡之動力模式, 因而可用於大氣研究與實務預報上。

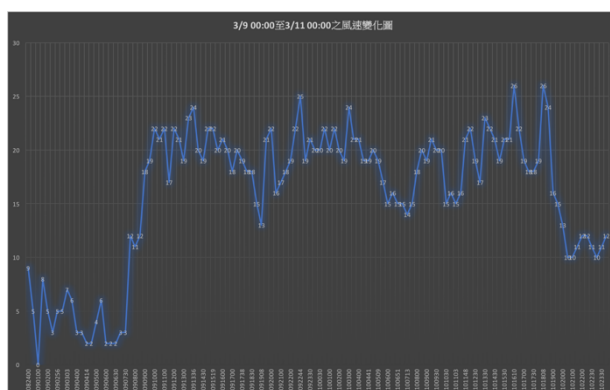
WRF天氣預報模式主要包括以下兩主要程式所組成 (National Center for Atmospheric Research, 2016): 其一為WPS (WRF Preprocessing System), WPS主要為處理輸入數據之預備處理系統, 包含geogrid.exe、ungrib.exe及metgrid.exe三程式。geogrid.exe之目的為處理地理性資訊(如土壤、植被、地形、地形高度、年平均之深層土壤溫度、反照率、坡度等)以及地圖區域(domain); ungrib.exe將GRIB檔案中之不同時間氣象場(meteorological fields)利用Vtables提取資料並改寫, 此些氣象場資料包含垂直方向之速度、水平方向之速度、風場數據資料、大氣壓力、空氣密度、大氣溫度等數據資料; 至於metgrid.exe將由ungrib.exe中處理完成之氣象場(meteorological fields)資料水平插值入geogrid.exe處理之地理資訊數據以及範圍中。此外, 尚有一為namelist.wps, 此主要之功能為輸入數值預報模式需要之一些參數, 包含經緯度、地圖區域之起始範圍、預報模式運行之日期等, 已令geogrid.exe、ungrib.exe及metgrid.exe三程式正確之運行。另一為WRF包含real.exe和ideal.exe兩程式, 依其名可見一為使用真實之數據另一為於理想之環境假設下使用, 本研究所使用之數據為真實數據, 故使用real.exe, real.exe主要之功能為產生預報模式之初始場以及邊界場, 以及此預報模式之主要程式wrf.exe。同namelist.wps之功用, 另設有一namelist.input, 此主要之功能為設定起始終止之時間以及一些環境參數如輻射、雲、雪等等, 以利real.exe及wrf.exe得以順利進行。最後, 當WRF天氣預報模式將數據運算完成後, 可利用ncl、GRADS、RIP4等繪圖軟體將預報數據輸出, 使吾人可較容易之讀取資料, 以上之模擬流程如下圖二所示。



圖二、研究模擬流程圖

### 三、研究時間區段之選定

根據風切之定義, 小範圍區域間突然且劇烈之風向以及風速改變之現象, 因此吾人利用台灣颱風洪水研究中心之大氣水文研究資料庫所提供之民用航空局桃園機場地面觀測資料進而而選定研究之時間, 由下圖三(其中橫軸為時間、垂直軸為風速節)可見2015年03月09日00時至07時30分間風速均低於10節以下, 2015年03月09日07時51分至08時30分間風速升至10至15節間, 並於2015年03月09日10時左右風速升至20節上下, 並持續一日多之時間, 風向部分並無太過大幅度之改變均為偏北風,

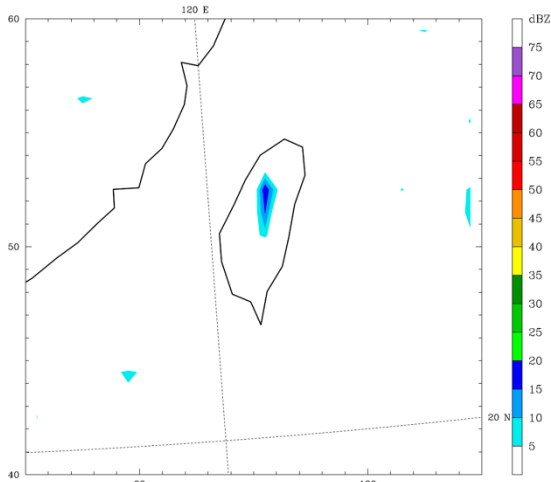


圖三、3/9 00:00至3/11 00:00之風速變化圖 (改自颱風中心大氣水文資料庫之民航局桃園機場地面觀測數據)

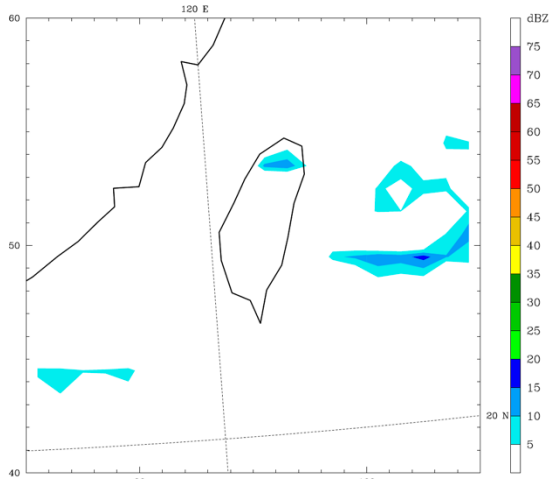
### 四、研究案例分析

蕭華、蒲金標(2003)於《航空氣象學》一書中, 依低空風切發生之天氣及地形因素可分為雷雨、鋒面、背風波低空滾轉亂流等七項因素, 本研究利用WRF數值預報模式進行2015年03月09日00:00開始至2015年03月11日00:00之預報分析, 首先將以降雨型態進行探討, 下圖四至圖六為雷達回波預報圖, 吾人可由圖中發現, 2015年03月08日18:00 UTC至2015年03月09日06:00 UTC期間內, 臺灣桃園國際機

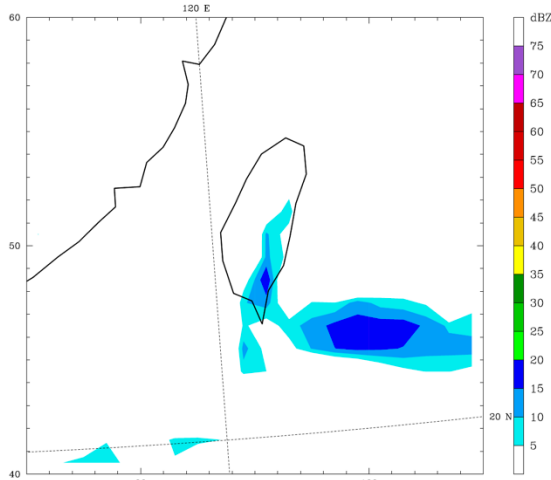
場周邊之雷達回波強度均不超過20 dBZ，故吾認為此時段之風切現象所發生因素並非因雷雨所致，應為較乾燥之天氣類型。



圖四、3/8 1800 UTC 雷達回波預報圖

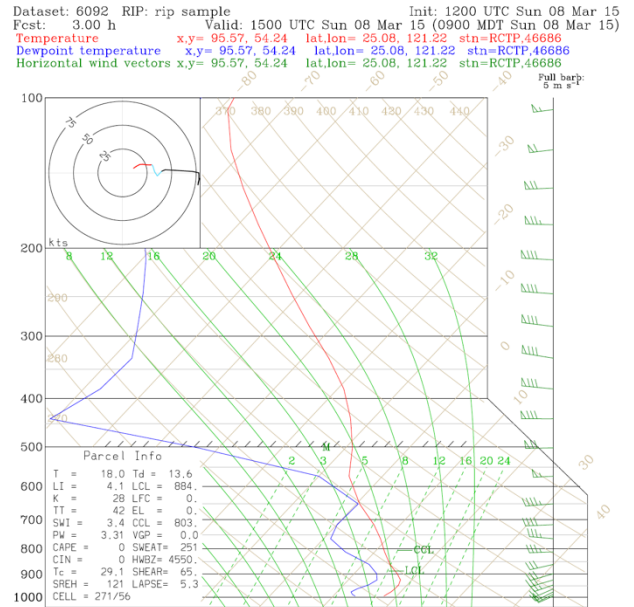


圖五、3/9 0000 UTC 雷達回波預報圖

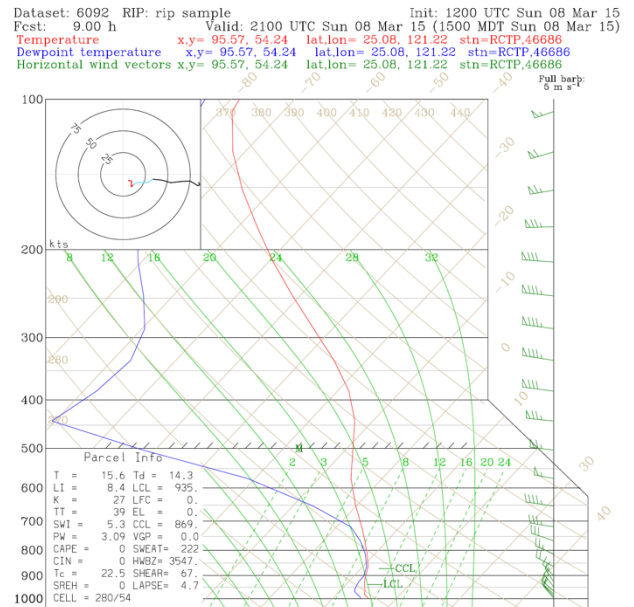


圖六、3/9 0600 UTC 雷達回波預報圖

再者，下圖七至圖九為臺灣桃園國際機場之斜溫預報圖，從斜溫圖右側中之垂直高度各層之風場圖可發現，地面風由2015年03月08日18:00 UTC之西風至2015年03月08日21:00 UTC先轉變為西北西之風向，最後至2015年03月09日00:00 UTC時變為東北風並持續至少12小時，因而吾人推測此時應為冷鋒過境之東北季風型態。再者，地面氣溫亦是隨著時間降低(由攝氏18度降至14.5度)，且溫度曲線於2015年03月09日00:00 UTC時出現逆溫之現象，故此時段之風切應因「鋒面」過境所致。



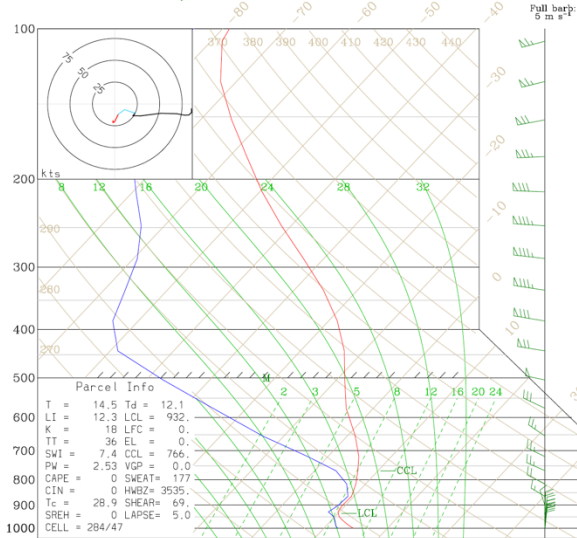
圖七、3/8 1800 UTC 斜溫預報圖



圖八、3/8 2100 UTC 斜溫預報圖

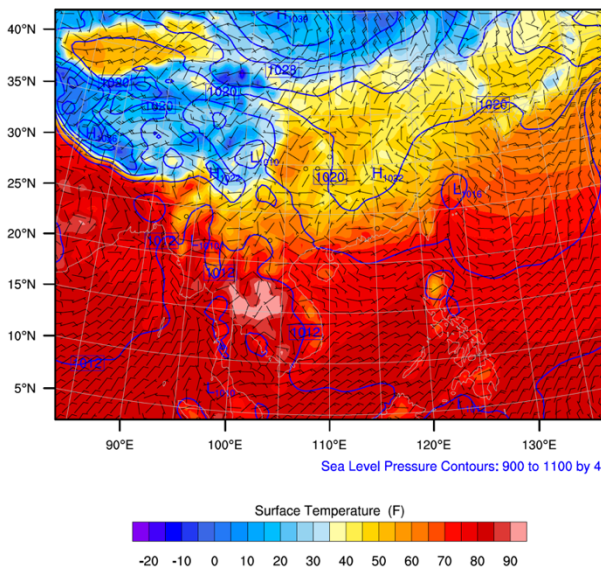


Dataset: 6092 RIP: rip sample Init: 1200 UTC Sun 08 Mar 15  
 Fcst: 12:00 h Valid: 0000 UTC Mon 09 Mar 15 (1800 MDT Sun 08 Mar 15)  
 Temperature x,y= 95.57, 54.24 lat,lon= 25.08, 121.22 stn=RCTP.46686  
 Dewpoint temperature x,y= 95.57, 54.24 lat,lon= 25.08, 121.22 stn=RCTP.46686  
 Horizontal wind vectors x,y= 95.57, 54.24 lat,lon= 25.08, 121.22 stn=RCTP.46686

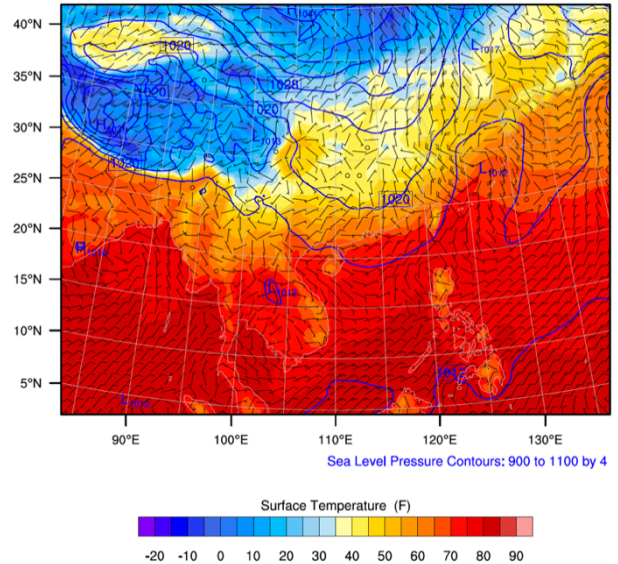


圖九、3/9 0000 UTC 斜溫預報圖

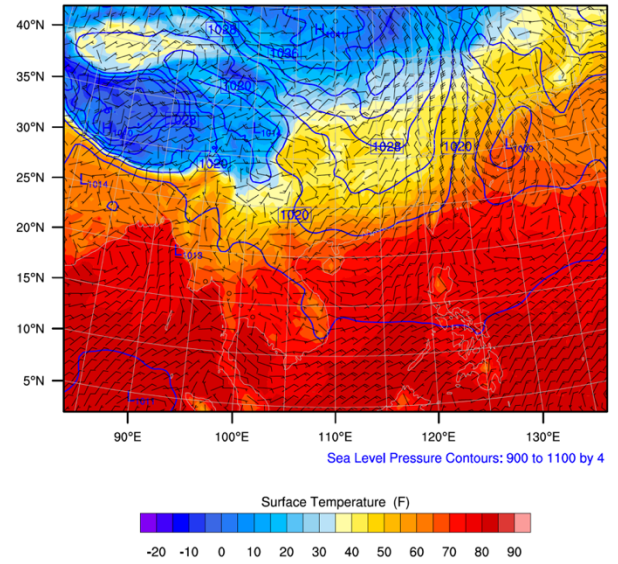
藉由觀察下圖十至十三之風場及等壓線圖可發現，2015年03月08日12:00 UTC時（如圖十）左上側中國大陸之內陸地區具有一強大大陸高氣壓，而位於此時台灣之氣壓介於1010至1020百帕（hPa）間，到了2015年03月09日0000 UTC時（如圖十二），台灣北部上空已有1020百帕（hPa）之等壓線通過，再者，由於風向較為不定之處為距鋒面處附近，2015年03月08日12:00 UTC時風向較為不定處約於中國華南一帶，至2015年03月09日0000 UTC時已靠近台灣海峽，故可推測此時段之天氣型態為「冷鋒鋒面」通過。



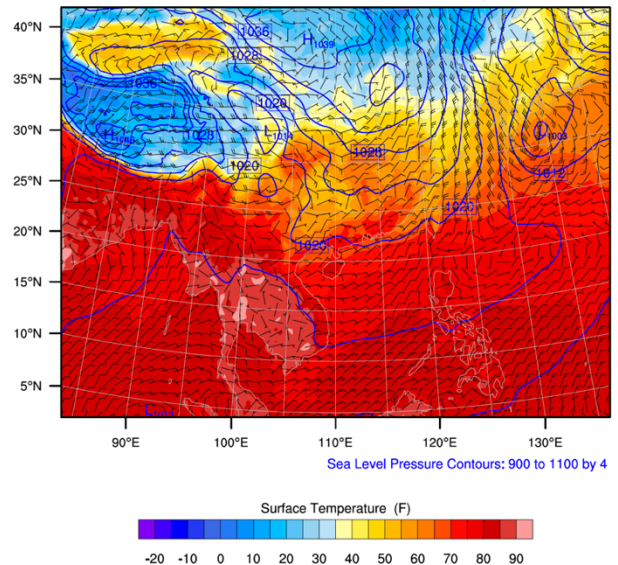
圖十、3/8 1200 UTC 風場及等壓線圖



圖十一、3/8 1800 UTC 風場及等壓線圖

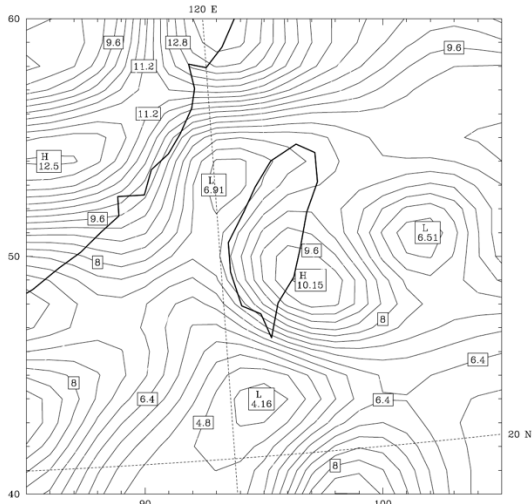


圖十二、3/9 0000 UTC 風場及等壓線圖

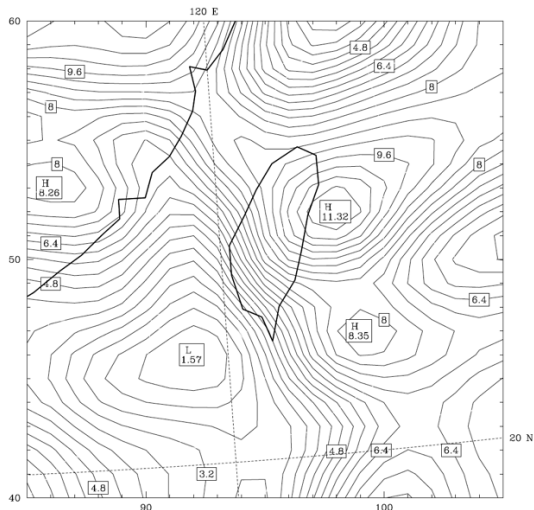


圖十三、3/9 0600 UTC 風場及等壓線圖

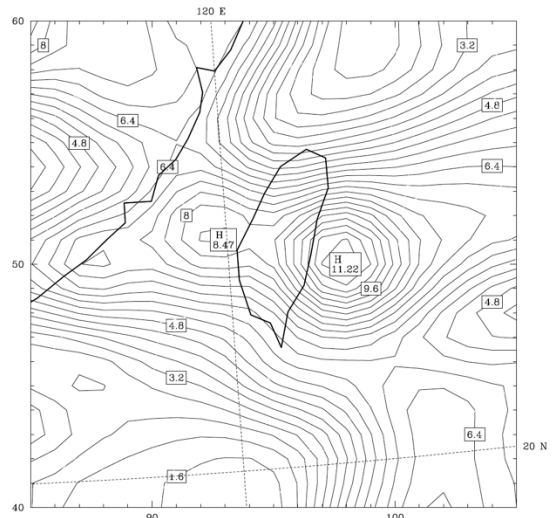
下圖十四至十六為各時段之地面至1公里高度內之水平風切等值線圖，圖十四中可發現在3月8日21:00 UTC時水平風切約為7至8節間，到了風速突然增強之時段（3月9日00:00 UTC），水平風切微幅增加到9至10節間，之後到了3月9日03:00 UTC水平風切逐漸降低。下圖十七至十九為各時段之地面至2公里高度內之水平風切等值線圖，由圖中可讀得由3月8日21:00 UTC至3月9日03:00 UTC，水平風切之大小由約13至14節提升至約15至16節，然後降至約09至10節。由以上之結果吾人發現，風切發生時地面風速雖提升許多（約10節），然而風切有增加但幅度並未有吾人想像中的大幅度。



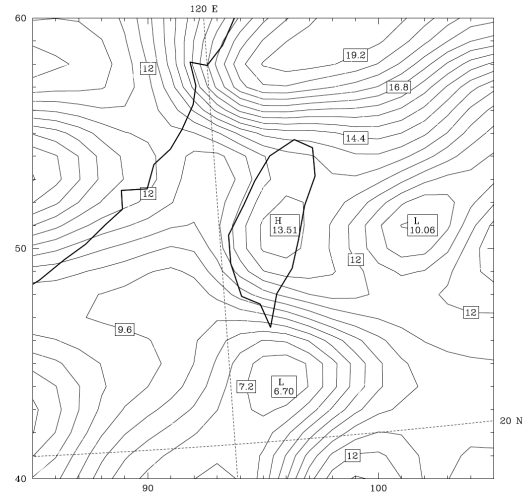
圖十四、3/8 2100 UTC地面至1公里高度之水平風切等值線圖（單位：節）



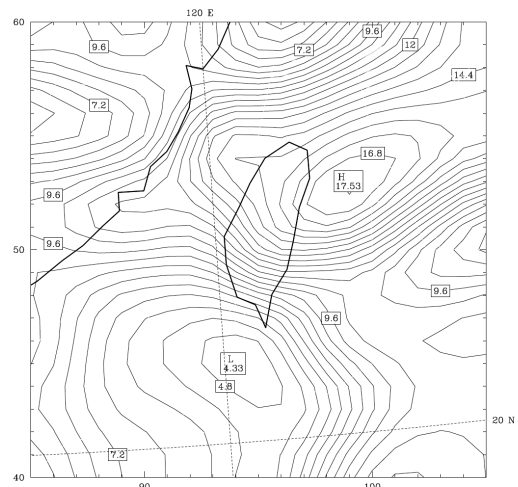
圖十五、3/9 0000 UTC地面至1公里高度之水平風切等值線圖（單位：節）



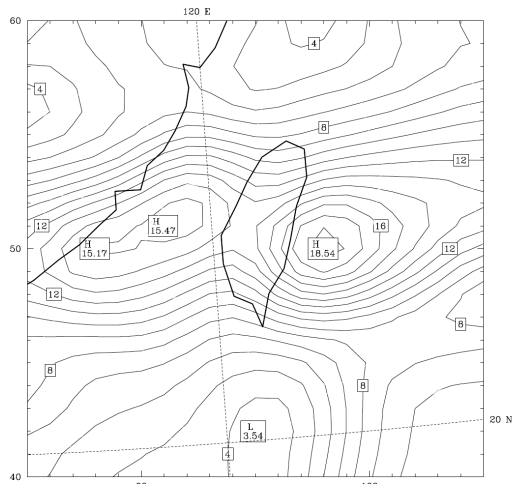
圖十六、3/9 0300 UTC地面至1公里高度之水平風切等值線圖（單位：節）



圖十七、3/8 2100 UTC地面至2公里高度之水平風切等值線圖（單位：節）



圖十八、3/9 0000 UTC地面至2公里高度之水平風切等值線圖（單位：節）



圖十九、3/9 0300 UTC地面至2公里高度之水平風切等值線圖

## 五、結論

以上之研究結果使吾人有以下數點結論：一、由以上預報之推論故認為2015年03月09日臺灣桃園國際機場所發生之風切現象，係因來自於中國大陸之大陸性冷性團南移之冷鋒鋒面所致。二、冷鋒鋒面過境時所伴隨之天氣現象，可能致使風切之突然發生，然而致使高風速之鋒場型態持續時間許久，可達至數日。三、本研究所使用之WRF模式屬於中尺度之天氣預報模式，吾人藉此研究發現可利用中尺度之預報模式來預測大範圍之天氣型態，藉由認知何氣象型態易於產生風切之現象，進而提早將資訊提供予航空管制員轉達於航空器駕駛員，最終達到提升飛航安全之目的。

## 參考文獻

- Federal Aviation Administration , Aviation Safety Information Analysis and Sharing (2010) . WEATHER-RELATED AVIATION ACCIDENT STUDY 2003–2007 . Retrieved from :  
<http://www.asias.faa.gov/i/2003-2007weatherrelatedaviationaccidentstudy.pdf> .
- Federal Aviation Administration (2016) . Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge. Retrieved from :  
[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/phak/](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/)
- 蒲金標、徐茂林、游志遠、劉珍雲 (2014) 。台灣低壓鋒面與松山機場低空風切個案研究。航空安全及管理季刊，1卷3期，頁227-243。
- 蕭華、蒲金標 (2003) 。航空氣象學。臺北市：秀威資訊科技