

桃園機場霧季天氣分析與測報作業

闕珮羽

臺北航空氣象中心，桃園縣，33742

摘要

桃園機場在冬末春初易有霧造成機場低能見度及低雲幕，嚴重時會停止起降，影響空中交通。若能進一步了解霧，事先在霧季來臨前準備，或許可以降低霧對空中交通的影響。本研究除了介紹桃園機場在霧季的測報作業及霧季特徵之外，也利用統計方法分析桃園機場近 34 年霧季長度的變化，以及霧季長度與海表面溫度、大氣參數之相關性。

在過去的氣候統計中，冬末春初是桃園機場最容易發生濃霧的時候，其中以 2、3 月的晚上九點過後至隔日早上十點最為頻繁，起霧時風向常是面海的方向(西南至東北)且風速不超過 5KT。在 1994 年後，霧季時間變化的週期由原先的 2~3 年變成約 4~6 年的週期，且整段時間也有 15~20 年較低頻的週期。在霧季長度與海表面溫度、大氣參數之相關性分析中，發現桃園機場每年的霧季長度與台灣西方海域的海表面溫度、大氣溫度場有負相關性，與台灣東方海域則有正相關性，且與太平洋中緯度大範圍地區的壓力場有正相關性。另外，霧季長度也與 1000hPa 的北風、東北風以及 925hPa、850hPa 的東南風、南風有相關性。由以上推論，霧季較長時，副熱帶氣壓較高、台灣東邊溫度較高、西邊溫度較低以及低層有冷空氣北下與暖空氣南上會合。

關鍵詞：桃園機場霧季、霧季長度的變化、低能見度

1. 前言

每年冬末春初是桃園機場最容易發生濃霧的時候，而桃園機場最常出現的霧為輻射霧、平流霧或是兩種同時存在的平流輻射霧，其中以平流霧、平流輻射霧影響的時間最長，而且不會因日出而消散。濃霧會造成機場低能見度及低雲幕，影響航空器的起降，癱瘓空中交通，若能進一步了解霧，事先在霧季來臨前準備，或許可以降低霧對空中交通的影響。

在前人的研究中，多以個案分析討論霧的基本特性與容易成霧的天氣型態，很少由氣候統計分析與大尺度的角度切入討論，因此在本文中，除了介紹桃園機場在霧季的測報作業及霧季特徵之外，也利用統計方法分析桃園機場近 34 年霧季長度的變化，以及霧季長度與海表面溫度、大氣參數之相關性。

2. 資料使用與研究方法

2.1 觀測資料使用

資料	使用參數	空間解析度	使用時間
桃園機場例行天氣及特別天氣觀測報告資料，利用此資料統計出桃園機場每年霧季時間長度	能見度(統計霧季時間長度)、風向 風速	只有桃園機場資料	1979~2012

NCEP/NCAR Reanalysis 2 http://nomad3.ncep.noaa.gov/ncep_data/index.html	風場、高度場、海平面氣壓、大氣溫度場	2.5° x 2.5°	1979~2012
HadISST http://badc.nerc.ac.uk/view/badc.nerc.ac.uk__ATOM__dataent_hadisst	海表面溫度	1° x 1°	1979~2012

2.2 研究方法

利用以下方法分析霧季長度時間資料與海表面溫度、各種大氣參數之間的關係，並針對霧季長度時間序列作分析。

(1) 迴歸分析

迴歸分析 (Regression Analysis) 是一種統計學上對數據進行分析的方法，主要是分析變數與變數之間的關係，並利用迴歸估計的結果進行推論與預測。迴歸分析可分為兩種，一種是簡單線性迴歸 (simple linear regression)，當迴歸式中除了應變數 (dependent variable) 外，只有一個自變數 (independent variable)，稱為簡單線性迴歸。另一種是複迴歸 (Multiple regression)，當自變數有兩個以上時，都稱為複迴歸。本研究皆使用簡單線性迴歸分析變數與變數之間的線性關係。

(2) 相關性分析

相關係數主要是告訴我們變項間的相關程度高或低，並沒有檢定自變數對應變數的影響，因此得到的相關係數只能說明這兩者變數是正相關、負相關或是無關，不能解讀為自變數對應變數的影響。

(3) 小波分析

小波轉換是一種被廣泛運用在信號處理上的數學轉換，與傅立葉變換最大的不同點在於小波轉換是一個二維的轉換，可以得知一個信號在時間與頻率上的分布情形。本文中使用莫萊小波分析 (morlet)。

3. 桃園機場霧季的測報作業

桃園機場位於台灣西北部的桃園縣大園鄉，目前共有兩條跑道，分別為 R05L/R23R 與 R05R/R23L。桃園機場在冬末春初易有霧造成機場低能見度及低雲幕，嚴重時會停止起降，或是延遲起飛及降落時間，造成航班大亂，影響空中交通。但並非有霧飛機就會停止起降，還需要通過種種門檻，以下介紹桃園機場在起霧時的測報作業。

當守視天氣時發現盛行能見度小於 1000 公尺時，觀測員判斷起霧，發特別天氣報告將資訊公布出去。當任一跑道 RVR 小於 750 公尺，通知管制人員並發布特別天氣，管制人員實施第一階段低能見度作業，RVR 小於 550 公尺時，管制人員實施第二階段低能見度作業。當 RVR 小於 750 公尺時，R05R/R23L 低於降落標準，RVR 小於 500 公尺時，R05R/R23L 低於起飛標準，RVR 小於 300 公尺時，R05L/R23R 低於降落標準，RVR 小於 175 公尺時，兩條跑道皆低於起飛降落標準，以上階段都要通知管制人員並發布特別天氣 (可參考表 1)。

盛行能見度小於 1000 公尺	起霧
兩條跑道任一 RVR 小於 750 公尺	管制人員第一階段低能見度作業
兩條跑道任一 RVR 小於 550 公尺	管制人員第二階段低能見度作業
RVR 小於 750 公尺	R05R/R23L 低於降落標準
RVR 小於 500 公尺	R05R/R23L 低於起飛標準
RVR 小於 300 公尺	R05L/R23R 低於降落標準
RVR 小於 175 公尺	R05L/R23R 低於起飛標準

表 1. 桃園機場霧季測報作業

桃園機場在 2012 年共有 22 天霧日，其中有 11 日低於起降標準，影響了無數航班，由此可知，濃霧對桃園機場的影響很大，若可以了解影響霧季時間的氣象參數有哪些，或許可以在霧季來臨前先作準備，使影響降到最低。因此在接下來的章節，本文就桃園機場霧的基本特徵及可能影響霧季時間的氣象參數做討論。

4. 桃園機場濃霧氣候特徵

圖 1 為 1979 年至 2012 年每月霧日佔全年的比例，桃園機場的霧季主要是 1 至 3 月，其中 2、3 月發生頻率最高，因在冬春季節交替時，暖濕的空氣遇上冷的表面，較容易有霧形成，其餘月份有霧的頻率不高。而桃園機場的濃霧最常發生在晚上九點過後至隔日早上十點(圖 2)，因為夜晚溫度下降，相對濕度提高，到了白天太陽照射，溫度升高，相對濕度降低，故發生濃霧的機會降低。霧發生時風速微弱，有將近百分之八十的頻率發生風速在 5KT 以下，又以 3 至 5KT 發生的頻率最高(圖 3)。桃園機場地理位置特別，西南、西、西北、北及東北面皆面向台灣海峽，當吹西南、西、西北、北或東北風時，有利於平流霧進入機場，所以吹這些風較容易起霧(圖 4)，以吹微弱北風時起霧頻率最高，而機場東及東南面因是林口台地及丘陵地，故吹東風及東南風時起霧的機會不高。

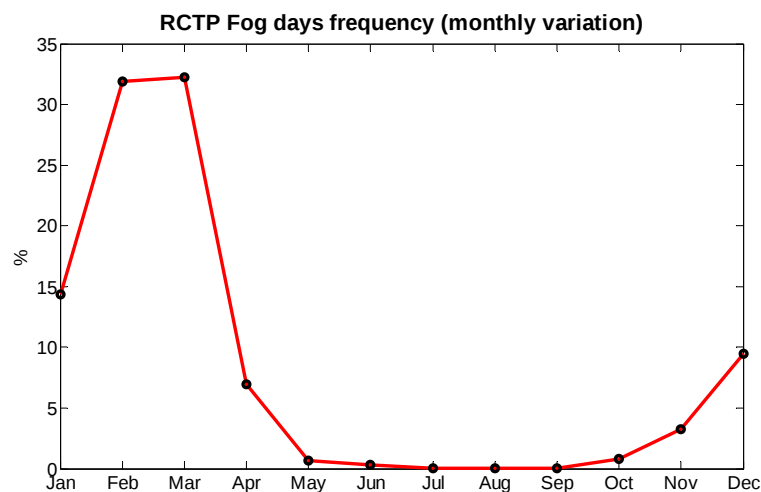


圖 1. 1979 年至 2012 年桃園機場每月霧日佔全年的比例

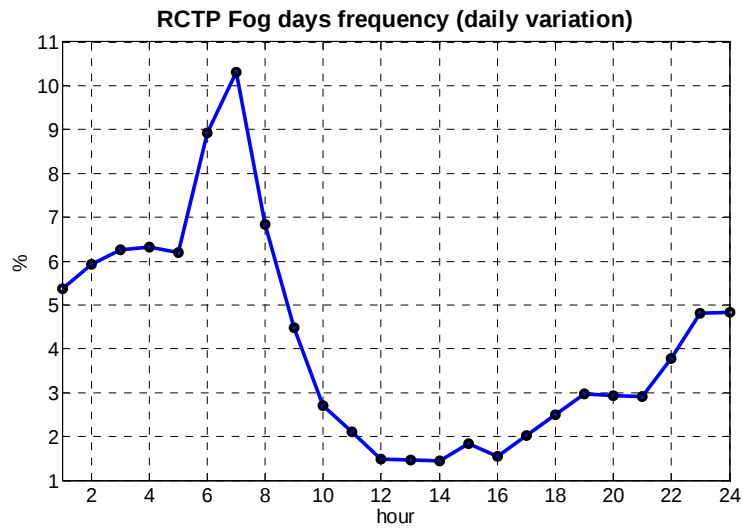


圖 2. 1979 年至 2012 年桃園機場起霧時間的日變化

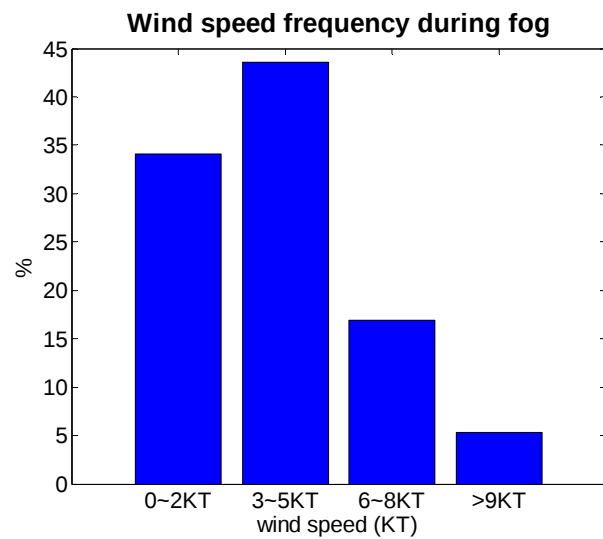


圖 3. 桃園機場起霧時的平均風速

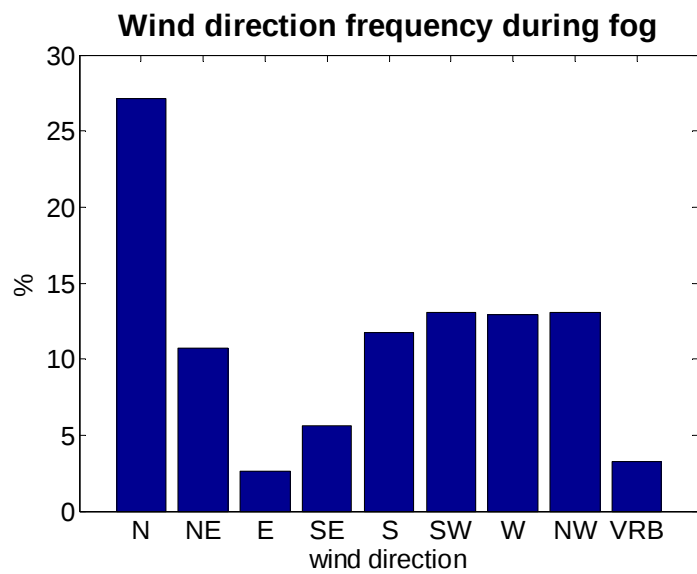


圖 4. 桃園機場起霧時的風向頻率

接著我們想要先了解桃園機場霧季長度的時間序列特徵，藉由小波分析可以得知時間序列在不同年份有哪些週期。圖 5 為桃園機場 1979 年至 2012 年霧季時間的變化及此數列的小波分析，從圖中可發現霧的時間序列在大約 1994 年之前有大約 2~3 年的週期，在 1994 年之後週期變長，變成大約 4~6 年的週期，表示霧季時間在 1994 年之前，年與年之間的變化劇烈，在 1994 年之後，年與年之間的變化較和緩。另外在整段分析時間中，也有 15~20 年較低頻的週期。

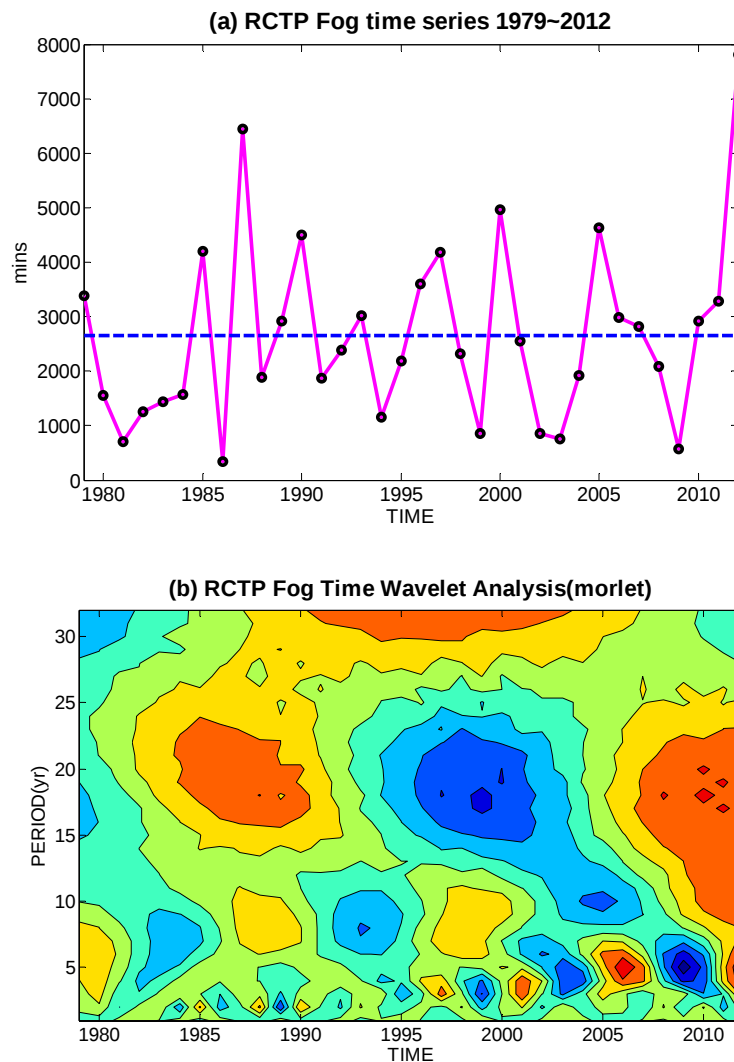


圖 5. (a) 1979 年至 2012 年桃園機場霧季長度的年變化；(b) 1979 年至 2012 年桃園機場霧季長度變化的小波分析

5. 統計分析結果與討論

為了解桃園機場霧季時間長度的變化與氣象參數的關係，在本節中，利用 NCEP Reanalysis 2 再分析資料、HadISST 的海表面溫度資料與桃園機場霧季時間的變化做相關性分析。前人的研究通常是選取台灣附近的區域，將大氣及海平面溫度參數做區域平均得到參數的時序資料，再利用參數時序資料與霧季資料做相關性分析及迴歸分析，鮮少討論桃園機場的霧季長度與西北太平洋地區氣象參數在空間上的關聯性，因此本文著重在桃園機場霧季資料與台灣鄰近地區之氣象要素就空間分布上一一討論。

5.1 桃園機場霧季時序資料與海表面溫度的關係

因桃園機場會受從海上移入的平流霧影響，故可推論海表面溫度可能與桃園機場的霧季時間長度有所關聯。圖 6 為桃園機場 1979 年至 2012 年霧季時間序列與西北太平洋海表面溫度的相關性分析，圖中可發現霧季的長度與台灣西方海域的海表面溫度有負相關性，與台灣東方海域的海表面溫度有正相關性。表示霧季時間較長時，西方海域的海表面溫度較低，而東方海域的海表面溫度較高。

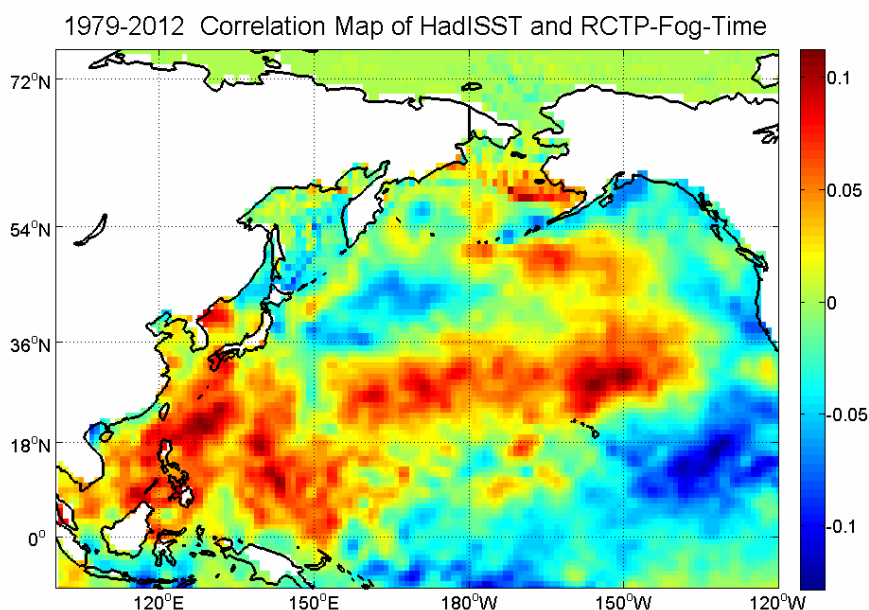


圖 6. 桃園機場 1979 年至 2012 年霧季時間序列與西北太平洋海表面溫度的相關性分析

5.2 桃園機場霧季時序資料與低層大氣溫度場的關係

在溫度場的部分，由圖 7 可以發現相關性以台灣西部沿海做分界，以東有正相關性，以西有負相關性。表示霧季時間較長，台灣西部沿海西方大氣溫度較低，而東方大氣溫度較高。

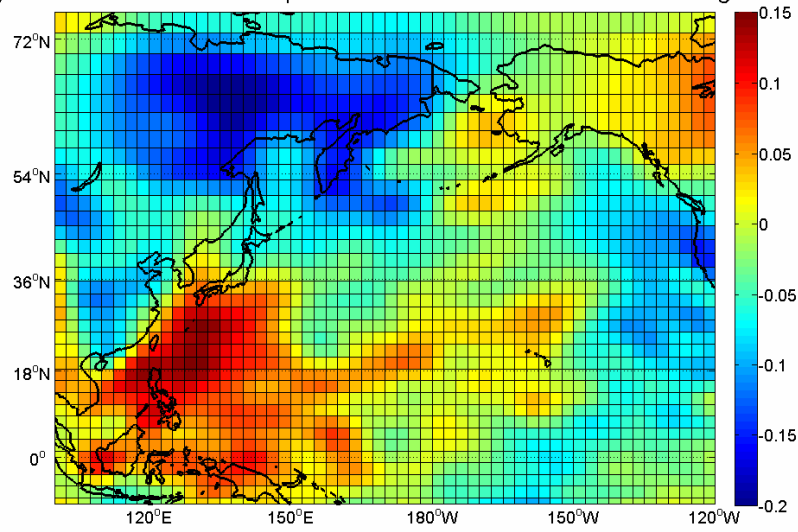
5.3 桃園機場霧季時序資料與低層壓力場的關係

霧季時序資料與壓力場的相關性從海表面氣壓、1000hPa、925hPa 至 850hPa 的差異不大(圖 8)，在西經 160、170 度，北緯 40 度附近的正相關性最高，且與太平洋中緯度大範圍地區的壓力場有正相關性。表示太平洋中緯度的壓力較高時，霧季時間可能較長。

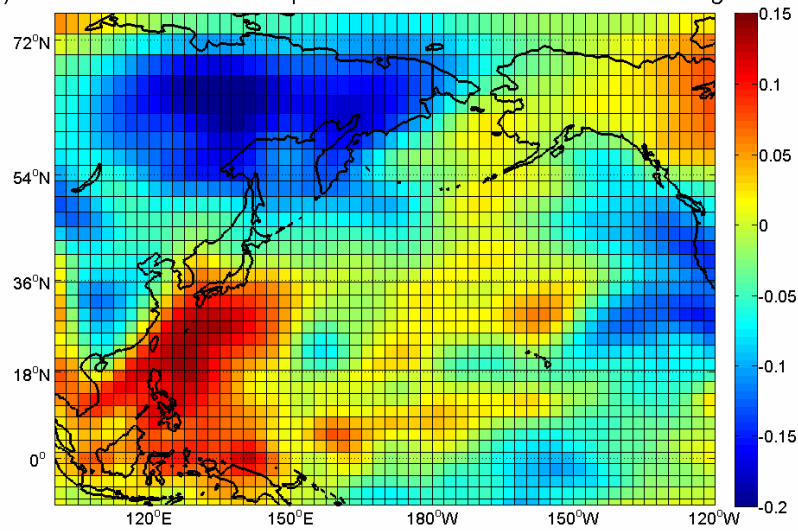
5.4 桃園機場霧季時序資料與低層風場的關係

圖 9 為桃園機場霧季時序資料分別與 1000hPa、925hPa 及 850hPa 風場資料的迴歸分析，在與 1000hPa 的迴歸分析中(圖 9 a)，可發現風場仍以台灣西部沿海分界，沿海以西與北風、東北風有相關性，沿海以東則與東風有相關性。在與 925Pa 的迴歸分析中(圖 9 b)，可發現風場與東風、東南風有相關性。到了 850Pa 的迴歸分析中(圖 9 c)，可發現風場與東南風、南風有相關性。由以上推論，在 1000hPa 台灣西部沿海以西有北風帶來較冷的空氣，而東邊有東風帶來較暖的空氣，另外，925hPa 及 850hPa 也有東南風、南風帶來暖空氣，因此台灣西部沿海處於冷暖交界地帶，有利於濃霧發生。

(a)1979-2012 Correlation Map of NCEP-1000hPa-TEMP and RCTP-Fog-Time



(b)1979-2012 Correlation Map of NCEP-925hPa-TEMP and RCTP-Fog-Time



(c)1979-2012 Correlation Map of NCEP-850hPa-TEMP and RCTP-Fog-Time

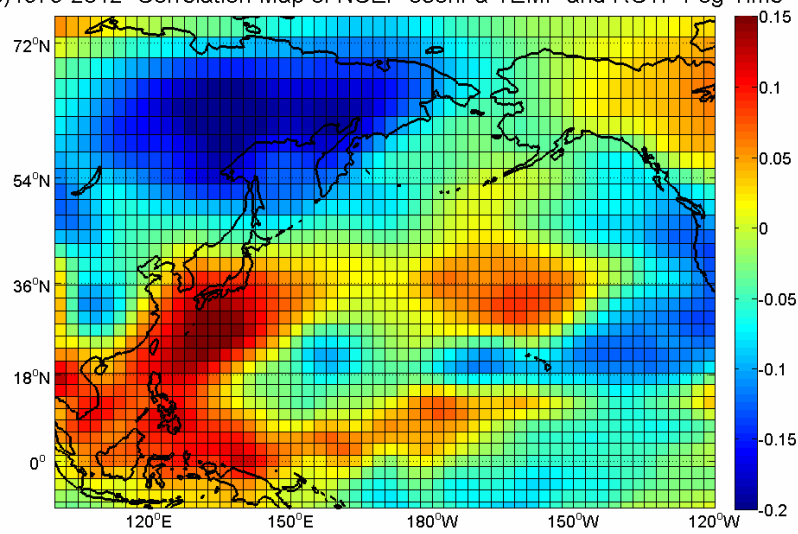


圖 7. 桃園機場 1979 年至 2012 年霧季時間序列與(a) 1000hPa 大氣溫度場(b) 925hPa 大氣溫度場 (c)850hPa 大氣溫度場 的相關性分析

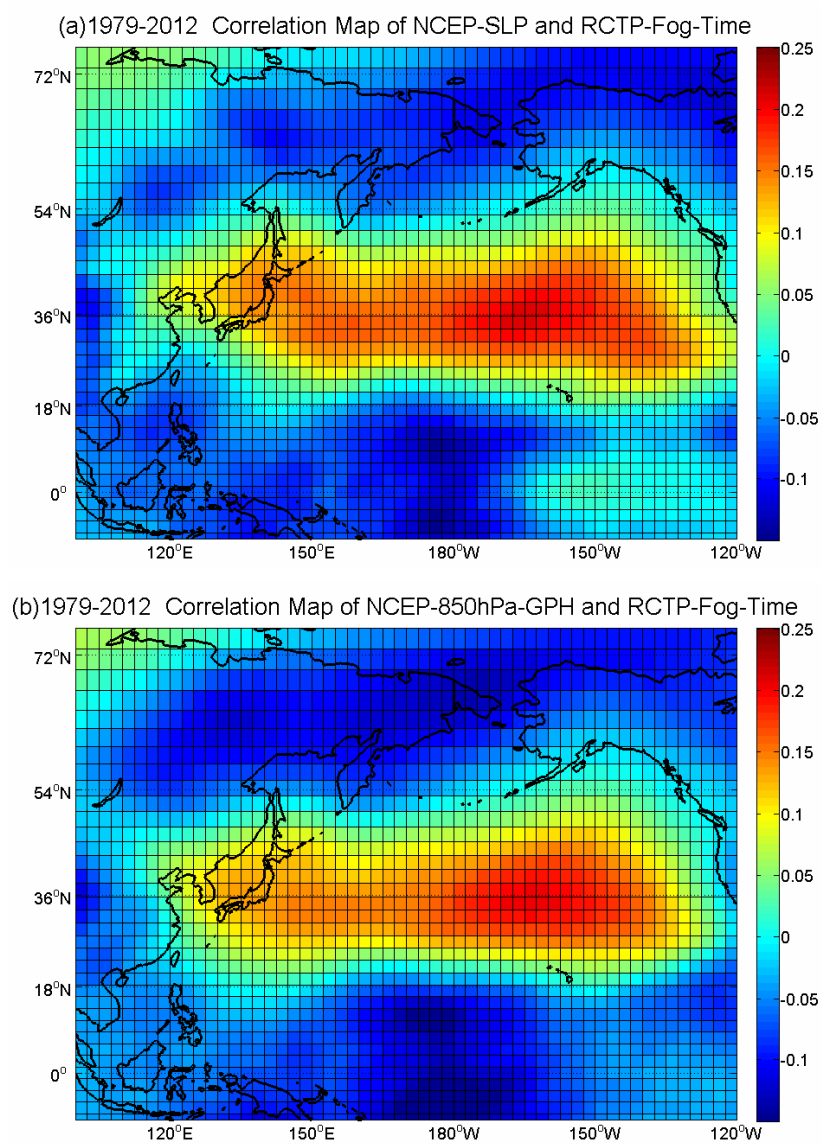
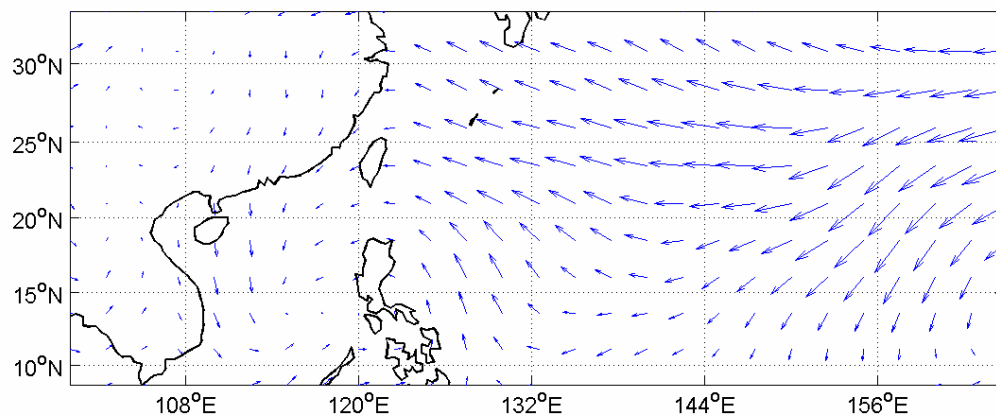
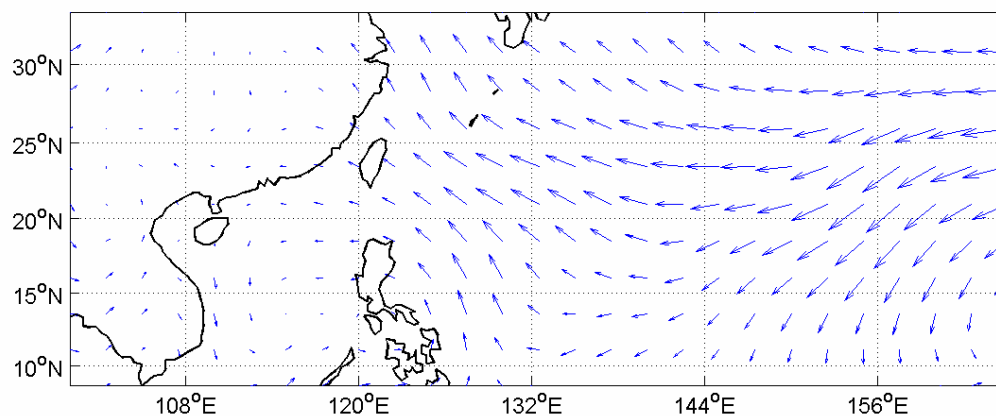


圖 8. 桃園機場 1979 年至 2012 年霧季時間序列與 (a) 海表面氣壓 (b) 850hPa 壓力場的相關性分析

(a)1979-2012 Multiple-linear Regression Map of NCEP 1000hPa UV velocity onto RCTP FOG TIME



(b)1979-2012 Multiple-linear Regression Map of NCEP 925hPa UV velocity onto RCTP FOG TIME



(c)1979-2012 Multiple-linear Regression Map of NCEP 850hPa UV velocity onto RCTP FOG TIME

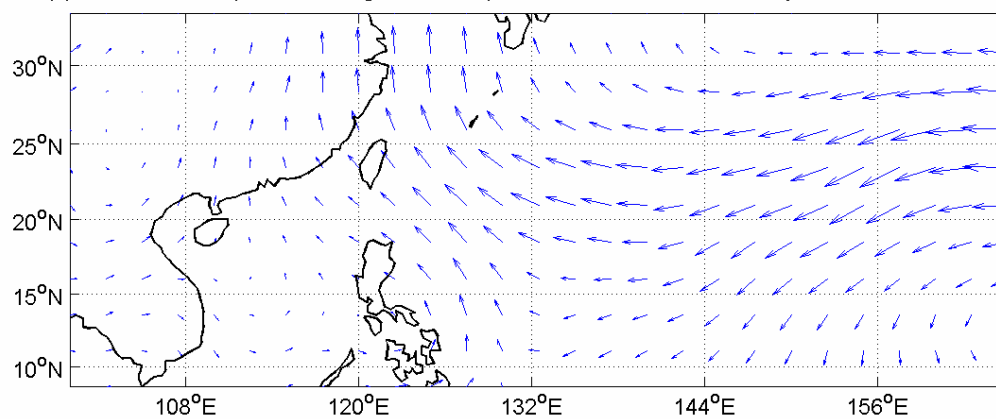


圖 9. 桃園機場 1979 年至 2012 年霧季時間序列與(a) 1000hPa 風場(b) 925hPa 風場(c) 850hPa 風場的迴歸分析

由以上可推論，長時間下霧季可能跟與副熱帶高壓的變化有所關聯，當副熱帶氣壓較高時，霧季可能較長。而台灣位於大陸與海洋的交界，地理位置特別，在近地表若有北邊來的冷空氣，在低層有東邊、南邊來的暖空氣，兩者配合之下容易有較長的霧季。

6. 結論與未來展望

每年的冬末春初是桃園機場最容易發生濃霧的時候，尤其在 2、3 月的晚上九點過後至隔日早上十點最為頻繁，起霧時的風向常是面海的方向(西南至東北)且風速不超過 5KT。在 1994 年後，霧季時間變化的週期由原先的 2~3 年變成約 4~6 年的週期，而且整段時間也有 15~20 年較低頻的週期。

桃園機場每年的霧季長度與台灣西方海域的海表面溫度、大氣溫度場有負相關性，與台灣東方海域則有正相關性，且與太平洋中緯度大範圍地區的壓力場有正相關性。另外，霧季長度也與 1000hPa 的北風、東北風以及 925hPa、850hPa 的東南風、南風有相關性。由以上推論，霧季較長時，副熱帶氣壓較高、台灣東邊溫度較高、西邊溫度較低以及低層有冷空氣北下與暖空氣南上會合。

霧季長度所受的影響很多，雖然可以發現其與某些大氣參數有相關性，但是相關性並沒有很好，可能是本文只用桃園機場的觀測資料，範圍涵蓋不夠廣，未來可考慮多選幾個鄰近的站一起分析。

參考文獻

簡慶芳，2003：濃霧、中正國際機場與低能見度，飛航天氣，第3期，28-36。

楊志文，2008：淺談農曆春節（一、二月）桃園機場大霧成因，飛航天氣，第9期，4-11。

藍嘉偉，2012：桃園機場霧季長度之年際變化分析探討，2012年第七屆海峽兩岸航空氣象與飛行安全研討會論文集3。

桃園航空氣象臺業務手冊。