

風速觀測資料品質檢覈技術之研究

鄭安孺¹ 陳怡玟¹ 于芃¹ 李天浩² 顧欣怡³ 黃于盈³
多采科技有限公司¹ 國立台灣大學水工試驗所² 交通部中央氣象局³

摘要

風速及風向受區域性及天氣系統影響甚大，設站環境相似或相近的站，其風速及風向表現也不相同。本研究分析 2005 至 2015 年間風速及風向資料，發現不同天氣系統下風向變化無明顯差異；風速資料則可應用合理範圍篩檢、時間合理性檢覈、靜/定風持續時間檢覈有效篩檢錯誤資料。

合理範圍篩檢是依 3~10 級風風速及其對應的海平面氣壓資料迴歸得之線性方程式，作為檢覈上限且風速資料應小於 66m/s。考慮到風速受季節影響，將一年分為五期，分別為 12-2 月、3-4 月、5-6 月、7-9 月、及 10-11 月，逐期統計小時風速及風速差門檻值進行時間合理性檢覈。靜/定風持續時間篩檢則是持續記錄風速、風向及氣壓沒有變化的時數，判斷是否落於靜/定風門檻值內，已決定測站觀測值是否通過檢覈。

以近 3 年資料進行分析，研究結果顯示，本研究提出的風速資料檢覈方法，可篩檢出過大/小的風速、前後時間風速紀錄異常、連續長時間資料無變化的明顯異常紀錄資料。

一、前言

臺灣地區處於環太平洋沿海，夏季易受颱風侵襲，冬季則受東北季風影響，而強風可能為台灣造成嚴重的災害。目前氣象單位可依據各地測站回傳的風速及風向資料，預報最大風速及陣風狀況，但在某些情況下，可能因儀器故障或人為疏失，而有錯誤紀錄發生，因此需先歸納風速資料檢覈機制，於接收資料時，即時篩選出錯誤資料，以提供預報人員準確的觀測資料。

本研究利用氣象局測站的風速、風向及氣壓觀測資料，提出應用合理範圍篩檢、時間合理性檢覈、靜/定風持續時間檢覈的檢覈機制建立風速資料檢覈方法。

二、資料分析

(一) 風速資料

圖 1 為 1965 年至 2015 年共 50 年風速資料分布，圖中，紅色柱狀為經人工初步判斷為明顯異常的風速資料，去除明顯異常資料後，統計最大及次大風速發生於 1966 年 9 月 6 日 17 時寇拉颱風期間彭佳嶼站的 62.7m/s 及 1968 年 9 月 5 日 5 時范迪颱風期間蘭嶼站的 55.7m/s。檢視風速大於 30m/s (11 級風) 資料多發生於颱風期間。統計過去 50 年颱風及非颱風期間測站風速大於 11.5m/s(6 級風)、17.5m/s(8 級風)、24.5m/s(10 級風) 分布，並以人工篩檢非颱風期間各站風速達暴風等級(>24.5m/s) 的異常資料後繪製各站最大風速面化圖(圖 2)，圖中顯示，非颱風期間離島及玉山站風速曾有大於 24.5m/s 紀錄，北部沿海地區則超過 17.5m/s；颱風期間除離島跟玉山站外，由於颱風多由東而西侵

台，臺灣東部及東北部沿海地區風速多超過 24.5m/s，而其他地區集中於 11.5~24.5m/s 間。

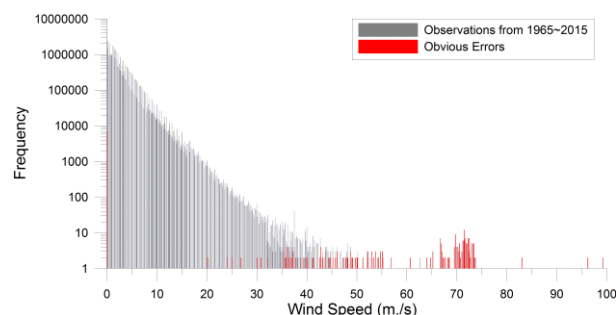


圖 1 1965 至 2015 年風速資料分布

其中，風速錯誤資料有單一時間發生，也有一段長時間資料有問題的狀況，其可能為儀器故障或未校正所致。圖 3 為 C0S830 長濱站 2010 年 12 月 8 日至 12 日風速及氣壓資料時序圖，這段時間長濱站風速介於 0~3m/s 間，但 10 日 8 時風速突升至 90m/s，9 時又降至 0.3m/s，氣壓無明顯變化，判斷應為錯誤資料。紅葉山站於 1998 年 8 月 22 至 31 日 10 時風速資料跳動幅度大，最高達 99.9m/s，且此段時間有數筆風速紀錄為-9997(因不明原因或故障而無資料)，圖 4 為紅葉山站及其鄰近站 C0S710 鹿野站風速時序圖。經判斷紅葉山站此段時間紀錄異常。

利用 2005 至 2015 年風速資料，將資料正規化後迴歸各期半變異圖，如圖 5 所示。分析步驟如下：

- (1) 逐時計算各時間所有測站風速資料(不含缺漏資料)的平均值， $\mu_i = \sum_{j=1}^n p_{i,j} / n_i$ ， $p_{i,j} > 0, \forall i$ ；
- (2) 逐時求取各時間所有風速資料(不含缺漏資料)的變異數， $\sigma_i^2 = \sum_{j=1}^n (p_{i,j} - \mu_i)^2 / (n_i - 1)$ ；
- (3) 將每筆對數風速以該時間不同站資料數值的

變異數作正規化，即令 $z_{i,t} = p_{i,t} / \sigma_t$ ；

- (4) 用所有 $z_{i,t}$ 資料求取半變異圖，半變異圖使用含金塊效應 C_0 的指數模型，其中變異數 σ_s^2 的數值理論上應該接近 1：

$$\gamma(d_{ij}) = C_0 + [\sigma_s^2 - C_0] \left[1 - \exp\left(-\frac{d_{ij}}{L}\right) \right]$$

是否有金塊效應並不影響各期影響半徑的結果，因此，直接使用含有金塊效應的指數模型進行分析。

圖中，灰色十字為觀測樣本資料的原始半變異數、紅色實心圓為實驗半變異數、藍色實線則為實驗半變異數所配套的半變異圖函數。由圖可觀察到各期正規化半變異圖差異不大，影響半徑介於 47~85 公里之間。由變異數反映相關係數趨勢 $\rho = \frac{\text{cov}}{\sigma^2} = \exp\left(-\frac{d}{L}\right)$ ，其中， ρ 為相關係數、 σ 為變異數、 cov 為協變異數、 L 為影響半徑、 d 為站與站間的距離。假設當影響半徑 60km，相關係數為 0.707 時，站與站間的距離約 20 公里。

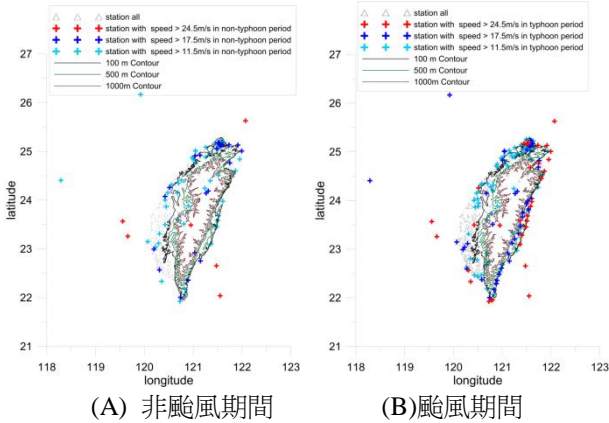


圖 2 各站發生最大風速統計

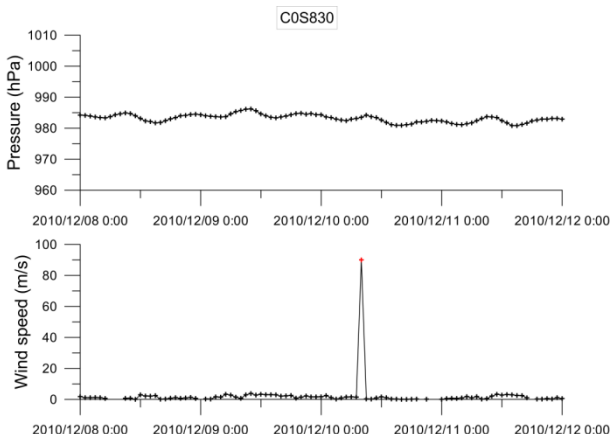


圖 3 COS830 長濱站 2010 年 12 月 8 日至 12 日風速及氣壓資料時序圖

各站挑選其周圍 20 公里內的站做為參考站，利用平均法及距離倒數法估計該站風速，並統計 2005 至 2015 年各站觀測與估計值的差值絕對值分布，如圖 6。圖中可知，當累積機率達 99.95% 時，平均法及距離倒數法的觀測與估計值差值絕對值分別為

13.2m/s 及 13.3m/s。

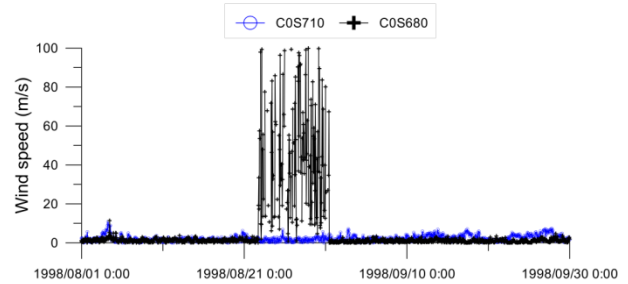


圖 4 COS680 紅葉山站 1998 年 8 月 1 日至 9 月 30 日與鄰近站 COS710 鹿野風速資料時序圖

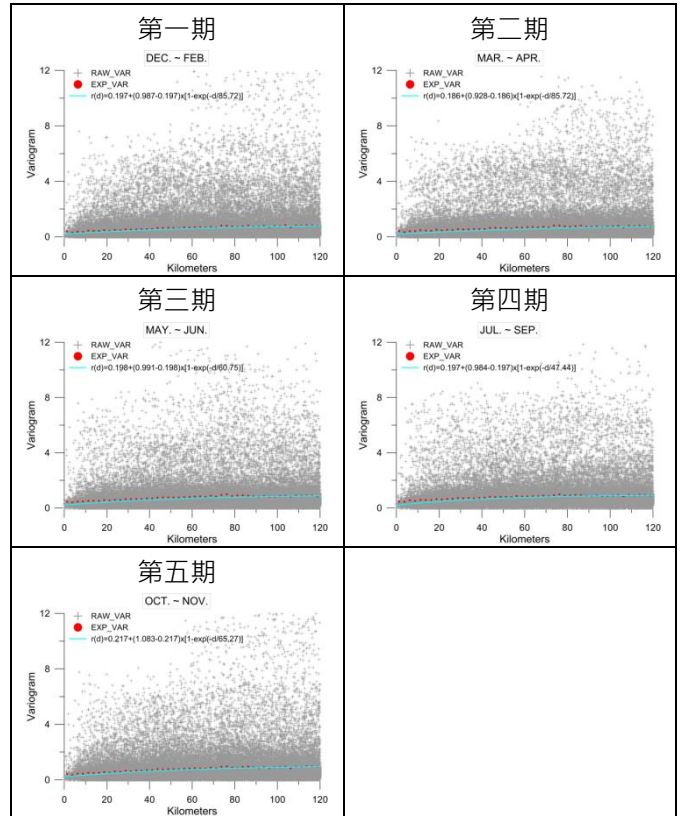


圖 5 2005 至 2015 年風速資料統計之正規化半變異圖

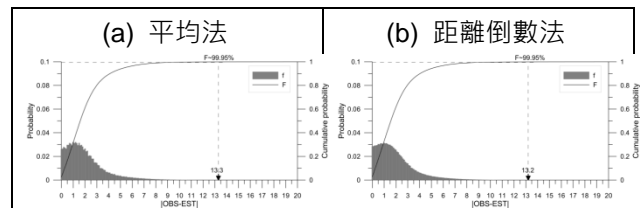


圖 6 觀測值-估計值機率分布

統計非颱風期間觀測值與估計值差值絕對值超過 15m/s 時各站發生次數分布，發現差值絕對值超過 15m/s 的個案多發生於東北部地區，尤以 C0A950 鼻頭角與 C0A970 三貂角最為頻繁。2013 年 11 月 7 日 21 時至 8 日 3 時，C0A950 鼻頭角觀測值-估計值介於 16-17m/s 之間，圖 8 為鼻頭角站及其周圍 20 公里參考站分布圖，圖 9 為鼻頭角站及其參考站 C0A880 福隆站、C0A890 雙溪站、466940 基隆站 2013 年 11 月 5 日至 10 日風速及氣壓時序圖。圖中黑色十字為

鼻頭角站、紅色十字為觀測值-估計值大於 15m/s 的時間點。由氣象局 11 月 5 日 4 時路上強風特報得知，受東北季風影響，臺灣沿海空曠地區有 9 至 10 級強陣風出現，此段時間風速資料應為合理。鼻頭角位於東北角海岸的岬角，其參考站多位於內陸地區，故風速會較鼻頭角弱，以這些參考站推估鼻頭角風速會有低估現象。

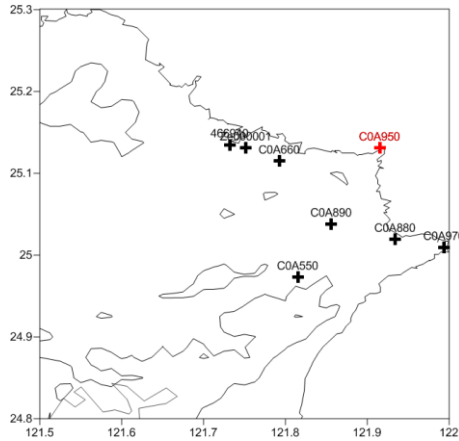


圖 8 C0A950 鼻頭角站及其參考站分布

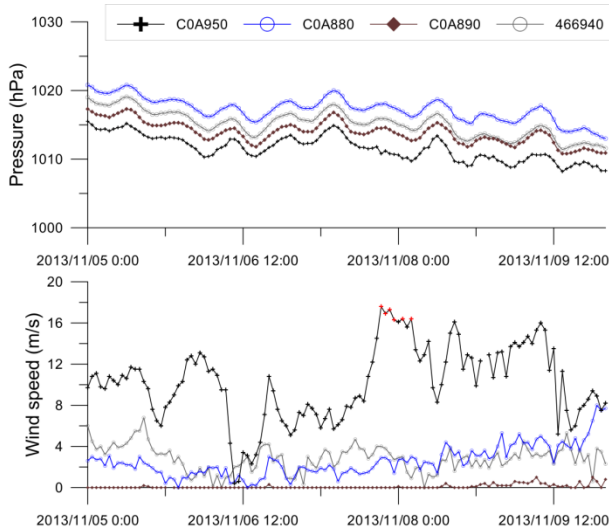


圖 9 C0A950 鼻頭角站及其參考站 2013 年 11 月 5 日至 10 日風速及氣壓資料時序圖

圖 10 為 C0A950 鼻頭角站及其參考站 C0A970 三貂角站近 50 年第一期(12-2 月)與第三期(7-9 月)風速資料散布圖。鼻頭角站與三貂角站皆位於臺灣東北角海岸。三貂角站距鼻頭角站約 14 公里，兩站皆位於東北角海岸的岬角且高程差相近，鼻頭角站高程 118m、三貂角站高程 116m，當東北季風來臨時，雖然兩站都位於迎風面，但兩站風速差可能超過 30m/s。以第一期資料為例，2006 年 12 月 19 日 22 時鼻頭角站及三貂角站風速分別為 17.2m/s 及 1.4m/s，風速差 15.8m/s(圖 11)；2002 年 1 月 14 日 13 時鼻頭角站風速遠低於三貂角站，兩站風速分別為 3.5m/s 及 17.4m/s，風速差 13.9m/s(圖 12)。上述兩組個案發現，鼻頭角站風速高於三貂角站，三貂角站風速亦可能大於鼻頭角，

兩站間並無固定規律。

風速資料受測站位置及天氣系統影響甚大，沿海測站與都市測站風速資料趨勢不一，且就算設站環境相似或者兩站距離相近，亦無法歸納出測站與其參考站間的規律，應納入其它氣象變數或條件作為參考站篩選依據。

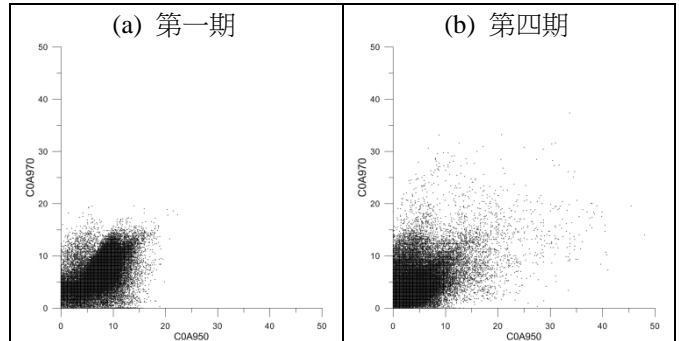


圖 10 C0A950 鼻頭角站與 C0A970 三貂角站各期風速散布圖

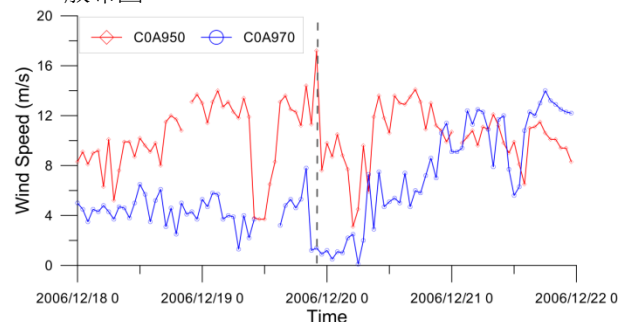


圖 11 C0A950 鼻頭角站與 C0A970 三貂角站 2006 年 12 月 18 日至 22 日風速資料時序圖

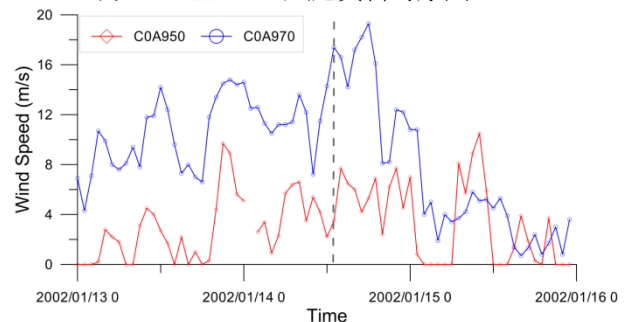


圖 12 C0A950 鼻頭角站與 C0A970 三貂角站 2002 年 1 月 13 日至 16 日風速資料時序圖

(二) 風向資料

檢視 2015 年測站連續時間風向資料變化，各站皆曾發生連續時間風向 180 度變化的個案，鞍部站 466910 位於山上，受東北風影響較為明顯；板橋站 466880 及 467420 永康站分別為北/南部觀測資料較久遠的測站。2015 年 3 月 8 日 15 時發布陸上強風特報，而 466910 鞍部站 2015 年 3 月 8 日 16 時風速 0.3m/s、風向 200 度，下一時間風速 2.4m/s、風向 20 度，風速並無強烈變化但風向卻有 180 度的變化，如圖 13(a) 所示；2005 年 466880 板橋站於 1 月 16 日 20 時至 21 時風向由 80 度轉變為 260 度(圖 13(b))、2015 年 467420

永康站 10 月 22 日 16 時風向 330 度，17 時風向變為 150 度(圖 13(c))。以上分析可知，連續時間風向變化達 180 度是合理的。

且統計各站各期連續風速達強風(10.8m/s)等時，其風向變化頻率發現各站各期風向變化 0-180 度都曾發生，以 467440 高雄站為例，圖 14 為各期風向變化頻率分布圖，無法歸納各站風向變化門檻值。

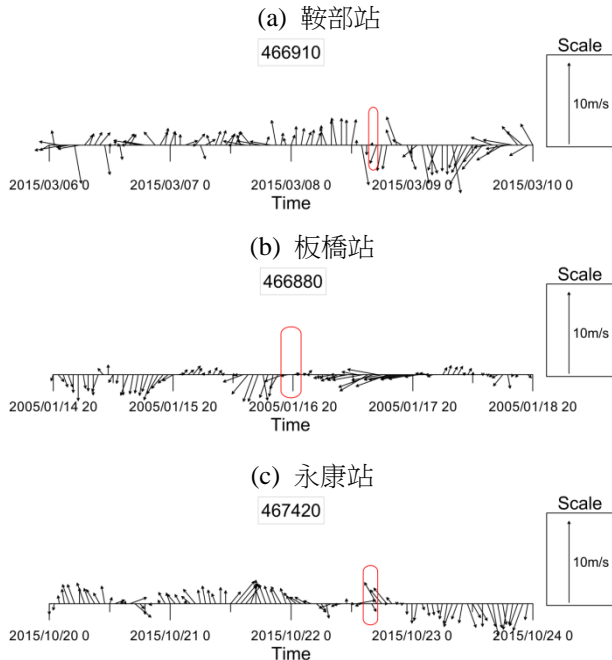


圖 13 測站風向變化時序圖

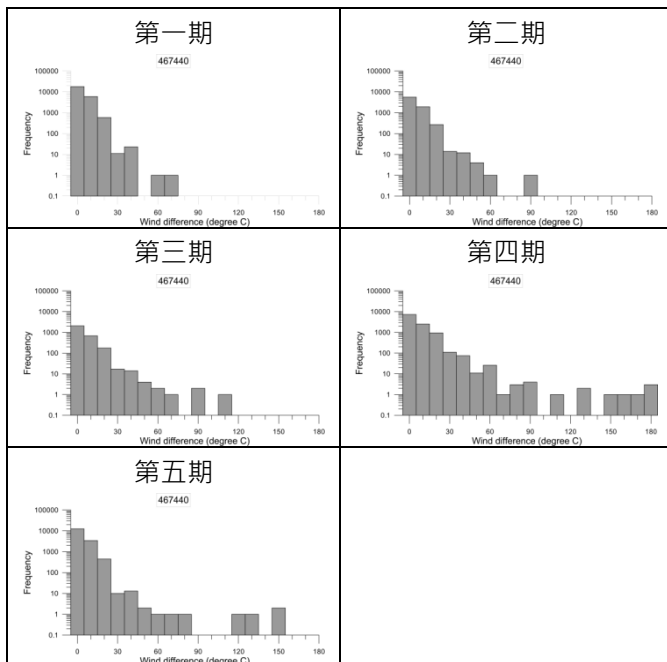


圖 14 467440 高雄站站各期風速達強風等級時風向變化分布

三、檢覈方法與分析

本研究取 1965 年至 2015 年風速資料進行分析與

統計，歸納出風速資料檢覈邏輯，詳細說明如下：

(一) 合理範圍

利用 2015 年「小區域暨災害性天氣資料分析與建置案」推導的氣壓配套曲線公式

$$P = P_0 \left(\frac{b_0}{b_0 + b_1 h} \right)^{\frac{0.0288 \times 9.81}{8.314 \times b_1}}$$
 計算海平面氣壓，並統計 2005 至 2014 年全台測站風速與海平面氣壓，繪製散布圖如圖 15 所示。圖中，灰色十字為本島測站資料、圓圈為離島測站資料、紅色十字為明顯錯誤資料。由散布圖可觀察到風速 5-25m/s(3-10 級風)間的資料呈線性，因此取此段風速資料與其所對應最大海平面氣壓迴歸得一線性方程 $v = (1056 - P_0)/1.2$ ，其中， v 為風速(m/s)、 P_0 為海平面氣壓(hPa)，如圖中藍色虛線，此方程式可包絡所有資料。

此外，參照聯合颱風警報中心(Joint Typhoon Warning Center, JTWC)訂定超級颱風風速標準，將風速上限則設為 66m/s(約 130kt, 17 級風)。

(二) 時間合理範圍檢覈

上圖可發現，僅用合理範圍檢覈無法完全將錯誤資料篩檢出，故需進一步進行風速資料時間合理範圍篩檢。利用 1965 至 2015 年合理的最大風速資料，分期歸納各站各期最大風速面化圖，如圖 16 所示，發現最大風速多發生於離島，第四、五期東部地區受颱風影響風速易超過 28.5m/s (11 級風)。

時間檢覈是先判斷該站風速是否落於門檻值內，若是，則進一步計算該站前後時間風速差，透過檢視小時風速差變化是否通過小時風速差門檻值進行簡單的判斷。圖 17 所示為氣象局各站風速門檻值，圖中橫軸依各期測站風速由大至小排序、咖啡色實線風速門檻值、灰色柱狀為各站近 50 年曾發生最大風速值。各期各站風速門檻值挑選邏輯是以 5m/s 為一級距，且風速門檻值最小為 15m/s，若最大風速與 A 級距風速差值大於 2.5m/s，則門檻值為 A 級距，若差值小於等於 2.5m/s 則門檻直設為 A+1 級距，舉例說明：第二期蘭嶼最大風速為 34.3m/s，其與 35m/s 級距相差僅 0.7m/s，故門檻值會設為 40m/s，鼻頭角最大風速為 20.3m/s，其與 25m/s 級距相差 4.7m/s，故門檻值設為 25m/s；各站分期最大/最小時風速差門檻值亦以同樣方式設定，且其門檻值最小為 ±10m/s。

(三) 靜/定風持續時間檢覈

圖 18 所示為各站定風持續最長時間分布圖。圖中，C0X190 安平站連續 44 小時風速紀錄為 0.3m/s；467550 玉山站連續 17 小時風速紀錄為 0.5m/s。圖 19 為安平站 2014 年 7 月風速及氣壓與鄰近站 C0X080 佳里站風速時序圖，安平站 7 月 10 日 20 時至 12 日 15 時連續 44 小時風速維持在 0.3m/s，風向、氣壓皆有變化。圖 20 為玉山站 2006 年 6 月 17 日至 25 日風

速及氣壓時序圖，其中，6月18日14時至19日6時及6月21日14時至22日6時連續17小時風速不變，6月23日14時至24日5時連續16小時風速不變，但風向、氣壓有變化。經氣象局人員確認這兩組皆為正確資料。圖21所示為各站定靜風(風速風向皆為0)持續最長時間分布圖。其中，連續19小時靜風的個案發生於2006年1月13日19時至14日14時467650日月潭站(圖22所示)，但氣壓有變化，此個案經氣象局人員確認為正確資料。

綜合上述分析將定風門檻訂為(1)風速風向皆不變時，門檻值為7小時，(2)風速風向皆不變，且氣壓不變，門檻值設為3小時。勁風門檻為(1)風速風向皆為0時，門檻值為24小時，(2)風速風向為0且氣壓不變，門檻值設為5小時。

綜合上述分析，風速資料可應用合理範圍篩檢、時間合理性檢覈、靜/定風持續時間檢覈有效篩檢錯誤資料，檢覈流程如圖23所示。

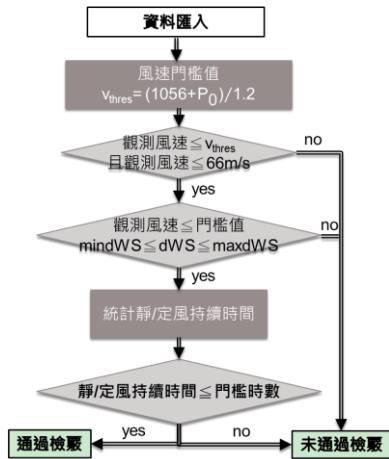


圖 23 風速資料檢覈流程

四、結果與討論

風速及風向資料受區域性及天氣系統影響甚大，且設站環境相似或相近的測站，其風速及風向表現也不相同。本研究分析1965至2015年風速與風向資料後得知，風向變化範圍由0-180度皆可能發生，不同天氣系統狀況下，風向變化並無明顯差異；而風速部分，目前還無法歸納出各測站間的相關性，以C0A950鼻頭角與C0A970三貂角站為例，兩站地理環境相似，相距約14公里，高程差2公尺，但其風速並無固定規律或固定風速差存在，難以歸納出站與站間互相檢覈的邏輯。

本研究目前提出的風速資料檢覈方式，可篩檢出明顯異常的紀錄，例如：過大/小的風速紀錄、前後時間風速紀錄異常、連續長時間資料無變化...等。而風向資料目前無法建立檢覈邏輯。

五、參考文獻

交通部中央氣象局，”小區域暨災害性天氣資料分析與應用建置案”期末報告書，2015。
交通部中央氣象局，”105年度小區域暨災害性天氣資料分析與應用建置案”期末報告書，2016

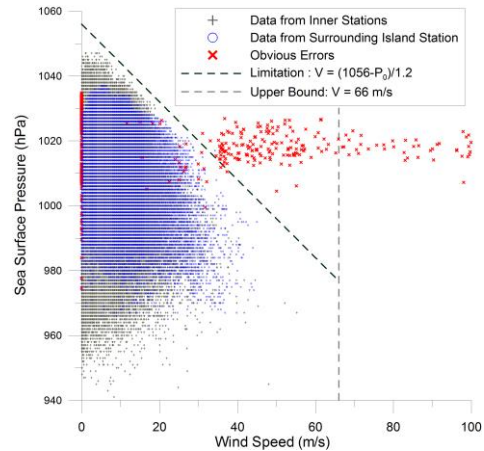


圖 15 風速與海平面氣壓散布圖

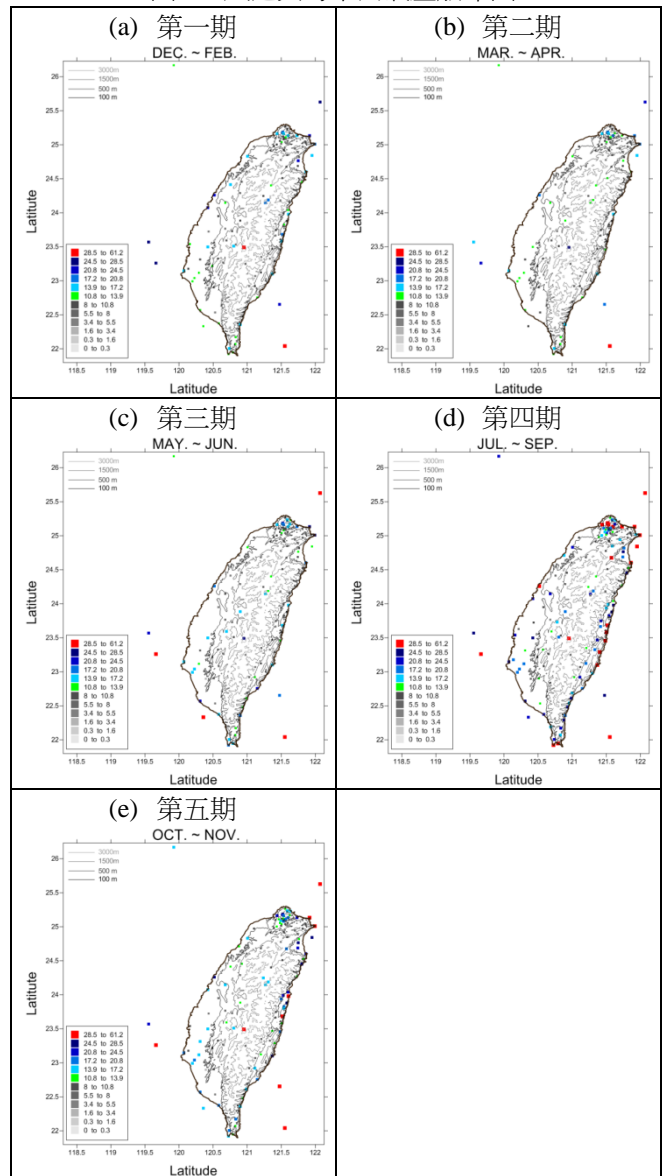


圖 16 各站分期最大風速分布圖

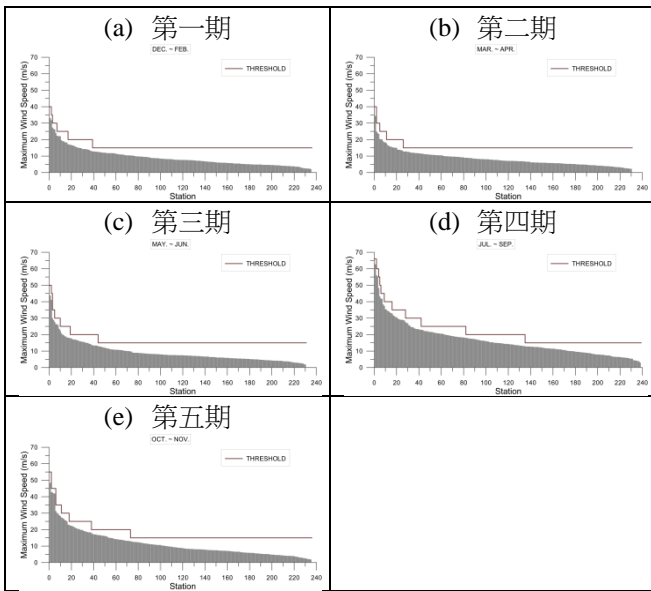


圖 17 氣象局測站各期最大風速散佈圖

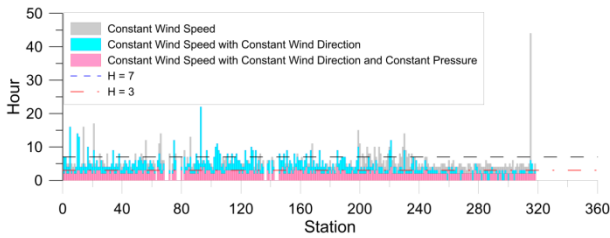


圖 18 2005 至 2015 年各站定風最長持續時間統計

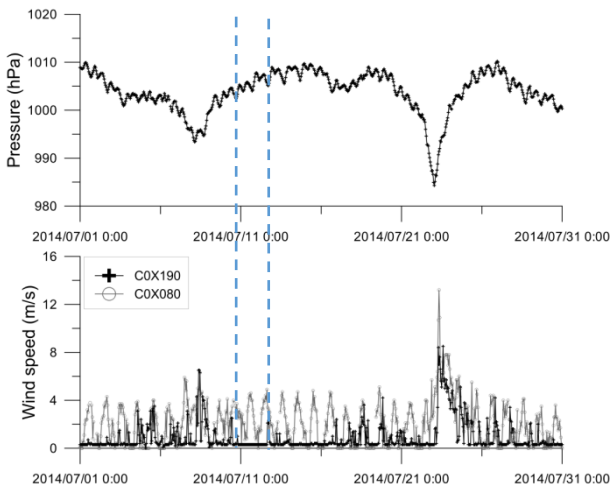


圖 19 2006 年 7 月 COX190 安平站及鄰近站 COX080 佳里站風速及安平站氣壓時序圖

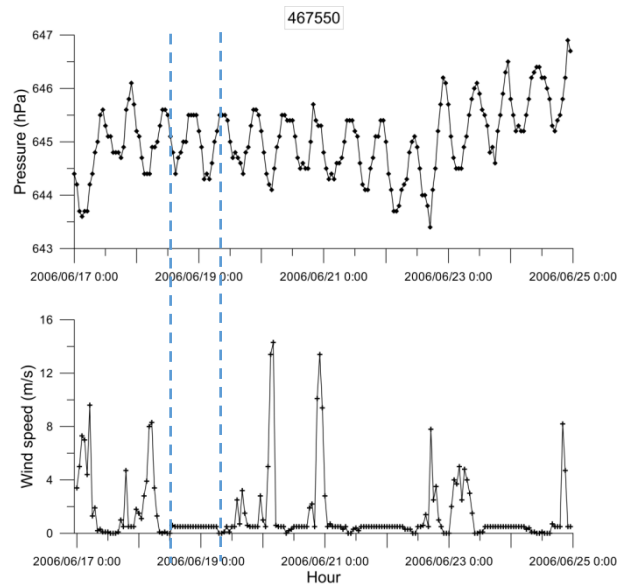


圖 20 2006 年 6 月 17 至 25 日 467550 玉山站風速及氣壓時序圖

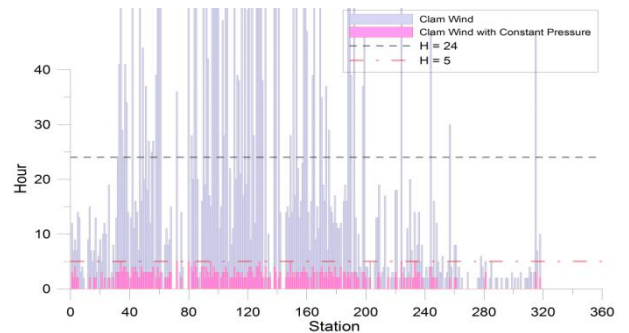


圖 21 2005 至 2015 年各站靜風最長持續時間統計

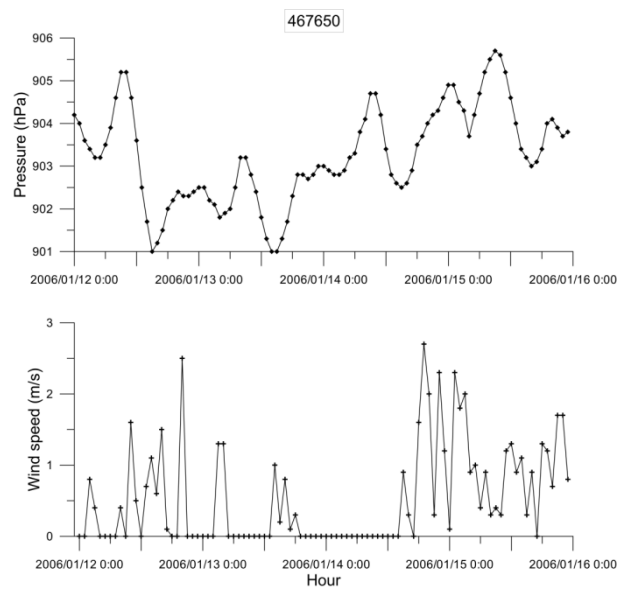


圖 22 467650 日月潭站 2006 年 1 月 12 至 16 日風速及氣壓時序圖