

# 風速資料檢覈技術改進之研究

陳怡苙<sup>1</sup> 林秉煜<sup>2</sup> 黃椿喜<sup>2</sup> 黃于盈<sup>2</sup> 鄭安孺<sup>1</sup> 蔡慧瑩<sup>1</sup>  
多采科技有限公司<sup>1</sup> 交通部中央氣象局<sup>2</sup>

## 摘要

風速觀測資料受測站位置、地理環境、氣壓、以及外來天氣系統的影響，在時間序列上，風的變化經常為起伏不定的，而相鄰測站的風也不似其他氣象因子有絕對程度的相關性，如蘇澳站與宜蘭站，兩站雖相距不遠(距離約為6.7km)，但在颱風期間，隨颱風中心位置的不同，兩站間風的相關性可以由0.8變化到0.3不等。氣象局於民國105年根據歷史氣壓與風速的觀測資料，歸納平均風風速資料合理範圍以及建立定/靜風的延續時間門檻，本研究為在既有的基礎上，改進風資料的檢覈技術，將風速資料依氣候條件分期重新統計不同季節風速資料的合理範圍，納入空間檢覈邏輯，並將新的風速資料檢覈方法，推廣應用於陣風。

新建置之風速資料檢覈方法主要分為三個程序，首先依氣候特徵將資料分為10~4月東北季風期、6~9月颱風與西南風期、以及5月轉換期三期，逐期建立風速資料合理範圍門檻值，初步篩檢出明顯錯誤的資料；長時間風速不變的資料，若持續時間超過定/靜風的延續時間門檻值，得合理懷疑儀器有誤；空間檢覈則為逐時建立風速對測站經度、緯度、高度、坡度、坡向、到海邊的距離、以及氣壓等參數的迴歸模式，統計各期估計風對觀測風的容許誤差門檻值，即時檢覈過程中風速差值超過門檻值的資料再佐以當時氣壓觀測資料輔助判斷風速觀測資料是否合理。陣風與平均風資料檢覈各有不同的門檻值，但同時間的觀測資料必須符合物理上的合理性，若陣風風速小於平均風風速、或者風速紀錄為0m/s但風向有變化者，則風速資料有誤。

以歷史資料進行測試，分析結果顯示新建置風速資料檢覈技術表現良好，可以有效篩檢出明顯錯誤、物理上不合理、儀器錯誤、以及因其他原因突增或驟減等異常紀錄，但不會發生將颱風時期高風速資料誤判為錯誤的情形。

## 一、前言

風速觀測資料可能因儀器故障、未校正或人為疏失產生記錄錯誤，導致資料使用者在使用資料時造成誤判，因此建置風速資料檢覈機制，篩檢出錯誤記錄的資料。並且發現最大風速經常出現在颱風期間，使模式有可能低估，讓正確的風速資料被誤判為錯誤資料。

本研究將一年依氣候特徵分為三期歸納平均風風速資料檢覈門檻值、統計歷史資料建立定/靜風的延續時間門檻，並加入空間檢覈邏輯，建置風速資料檢覈機制。

## 二、檢覈方法與分析

風速資料檢覈方法主要分為三個程序，合理範圍檢覈、定/靜風檢覈及空間檢覈。茲說明檢覈方法如下：

### (一) 合理範圍檢覈

合理範圍檢覈是由統計歷史的觀測資料，找到資料在物理上的最大可能上限值，從而篩除過大而明顯的錯誤資料。風是由氣壓的梯度變化所造成的，因此

風的合理範圍訂定必須要納入氣壓的條件。臺灣地區每年的10月至次年4月盛行東北季風，5月氣候漸由東北季風轉換為西南季風，6月至9月盛行西南風，因此依氣候將風資料分為三期，分別是：10~4月、5月、以及6~9月，分別建立合理範圍門檻值。

氣象局陣風較完整的紀錄始於1999年，本研究中取1999~2019年各測站1小時觀測資料進行統計。作法上首先將資料分期，考慮到資料的連續性，各期的資料除該期應有月分資料外，並包含前後月各15天的資料。然後參考2015年「小區域暨災害性天氣資料分析與建置案」計畫所推導的氣壓靜力平衡公式，推算各測站逐時的海平面氣壓，令

$$P = P_0 \left( \frac{b_0}{b_0 + b_1 \cdot h} \right)^{\frac{M \cdot g}{R \cdot b_1}}$$

其中，氣體常數 $R \approx 8.314\text{J/mol} \cdot \text{k}$ ，分子量 $M \approx 28.8\text{g/mol}$ ，重力加速度 $g \approx 9.81\text{m/s}^2$ ， $b_0$ 和 $b_1$ 為擬合溫度 $T$ 隨測站高程 $h$ 變化的線性方程式之截距和斜率， $T = b_0 + b_1 \cdot h$ 。

分期統計各測站1小時風速與海平面氣壓，繪製散布圖，結果如圖1所示，圖中，灰色十字所示為測站資料；紅色十字為明顯錯誤資料。由散布圖可觀察到平均風風速5-25m/s(3-10級風)間的資料呈線性，因

此取此段平行風風速資料與其所對應最大海平面氣壓迴歸得線性方程分別為：

第I期： $V = (1056 - P_0)/0.98$

第II期： $V = (1042 - P_0)/0.86$

第III期： $V = (1047 - P_0)/1.16$

其中， $V$ 為風速(m/s)、 $P_0$ 為海平面氣壓(hPa)，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，將平行風風速上限分別設為：

第I期：51m/s

第II期：44m/s

第III期：62m/s

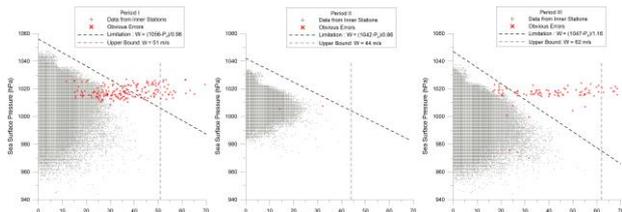


圖1 平均風風速與海平面氣壓散布圖

陣風資料方面，分期統計各測站1小時陣風風速與海平面氣壓，繪製散布圖，結果如圖2所示，圖中，灰色十字所示為測站資料；紅色十字為明顯錯誤資料。由散布圖可觀察到不同期海平面氣壓範圍以及最大陣風值略有不同，陣風風速5-40m/s(約3-12級風)間的上限資料呈線性，取此段陣風風速資料與其所對應最大海平面氣壓進行線性迴歸，經主觀判斷調整後得到陣風對海平面氣壓的上限值，分別為：

第I期： $V = (1054 - P_0)/0.6$

第II期： $V = (1040 - P_0)/0.56$

第III期： $V = (1045 - P_0)/0.66$

考量未來可能的氣候變遷以及其他不確定因素，因此將陣風風速上限門檻值以歷史最大風速加上5m/s，分別設為：

第I期：73m/s

第II期：68m/s

第III期：83m/s

以上5m/s大概約為一個風級級距。

陣風風速下限門檻值則為0，且其必須大於等於平均風。

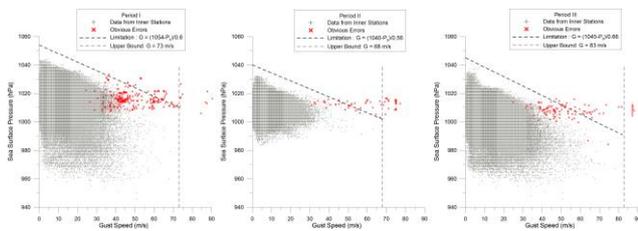


圖2 陣風風速與海平面氣壓散布圖

當風速資料通過合理範圍檢覈後需再進行物理性合理檢覈，物理上不合理的資料多為平均風風速大

於陣風風速、或者風速紀錄為0m/s但風向有變化者，此時判定風速資料有誤。

圖3所示為2014年10月18日至27日C0F9A0中竹林站及其鄰近467490臺中站氣壓以及平均風與陣風時序圖，中竹林站於23日11時有一筆高達90.3m/s的紀錄，前後時段陣風與平均風以及鄰近臺中站風速都小於5級風(<10.8m/s)，90.3m/s的紀錄也超出第I期陣風風速上限門檻值73m/s，因此判斷為錯誤資料。

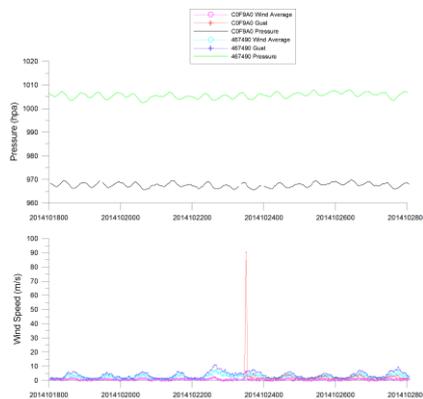


圖3 2014年10月18日至27日C0F9A0中竹林站及其鄰近467490臺中站氣壓以及平均風與陣風時序圖

(二) 定靜風檢覈

風速資料若是持續很長一段時間不變，通常是因為風速很小趨近於靜風，或是因為儀器故障的緣故。本研究以2000-2019年共20年之原始風以及已檢覈之氣壓資料進行定風分析，得到各站定風最長持續時間如圖4所示，圖中橫軸為站的序號，前31站為人工站；第32~436為自動站；437~468為農業站；469~478為機場測站；488站以後為已廢站之歷史測站：

1. 紫色柱狀圖所示為平均風速、風向與氣壓均不變，最長延續時間。圖中顯示，所有站最長延續時間均不超過3小時。
2. 藍色柱狀圖所示為平均風速與氣壓均不變，最長延續時間。圖中顯示，人工站最長延續時間均不超過4小時，自動站最長延續時間不超過5小時。
3. 粉色柱狀圖所示為平均風速與風向均不變，最長延續時間。圖中顯示，人工站最長延續時間均不超過7小時。自動站最長延續時間雖有超過7小時者，但經人工檢視多為錯誤資料。如：C0U960翠峰湖站於2018年03月09日23時至10日07時連續9小時平均風速均為0.3m/s，風向均為350度，如圖5所示。在這段期間內，翠峰湖站陣風風速與陣風風向紀錄亦同樣為0.3m/s與350度，但是氣壓值有變化。正常狀況下，翠峰湖站的風速是大於鄰近(相距約9公里)C0UA30白嶺站的風速，但是在這段其間，翠峰湖站不僅小於白嶺站，且白嶺站的風速與風向均有變化，因此合理懷疑這段時間內翠峰湖站風資料有誤。

4. 灰色柱狀圖所示為不考慮風向與氣壓等其他因素，平均風速不變最長延續時間。人工站部分最長延續為467550玉山站17小時，分別為2006年6月18日14時至19日6時及2006年6月21日14時至22日6時，風速為0.5m/s，風向與氣壓均有變化，如圖6所示，此兩組資料經氣象局人員確認這兩組皆為正確。自動站部分，有三個站出現最延續時間達18小時，分別是C0X190安平站、C0T820天祥站、C0Z300東里站，此三站的特性都是經常出現連續時間低風速的資料，其究係局部地形效應影響還是儀器問題無法單就資料面判斷得知。另，C0X190天祥站自2014年07月10日20時至12日15時連續44小時風速持續0.3m/s，依經驗判斷應為錯誤。

若只考慮風速達3級(3.3m/s)以上的定風，則統計結果如圖7所示，除467550玉山站於2006年02月04日19時至05日07時風速連續13小時維持3.8m/s(參考圖8)以及467620蘭嶼站於2005年09月02日01時至08時風速連續8小時維持6.0m/s外(參考圖9)，其他時間各站定風最長連續時間不超過6小時。

根據以上統計結果，歸納出平均風的定風資料檢覈邏輯如下：

- (1) 平均風風速小於3級且不變，若定風資料持續超過18小時後即視為錯誤。
- (2) 平均風風速小於3級，風速和風向均不變，若定風資料持續超過8小時後即視為錯誤。
- (3) 平均風風速小於3級，風速和氣壓均不變，若定風資料持續超過5小時後即視為錯誤。
- (4) 平均風風速大於3級且不變，若定風資料持續超過13小時後即視為錯誤。
- (5) 平均風風速大於3級，風速和風向均不變，若定風資料持續超過4小時後即視為錯誤。
- (6) 平均風風速大於3級，風速和氣壓均不變，若定風資料持續超過3小時後即視為錯誤。
- (7) 風速，風向及氣壓均不變，若定風資料持續超過3小時後即視為錯誤。

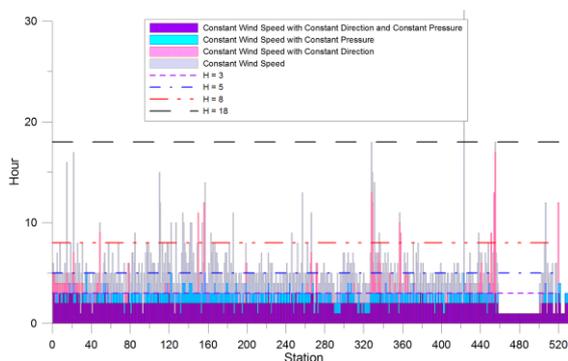


圖4 2000至2019年各站定風最長持續時間統計

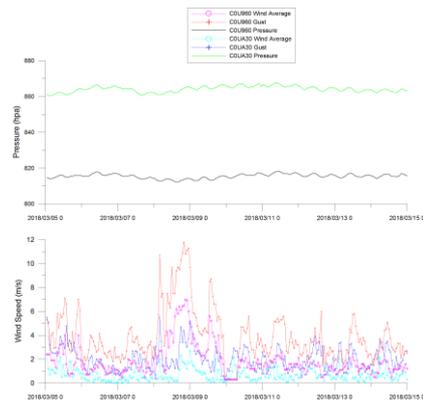


圖5 2018年03月05日至14日C0U960翠峰湖站及其鄰近C0UA30白嶺站氣壓以及平均風與陣風時序圖

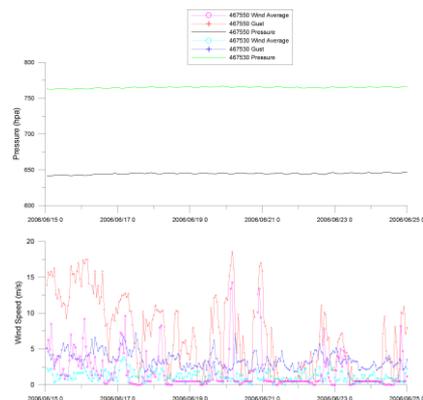


圖6 2006年06月15日至24日467550玉山站及467530阿里山站氣壓以及平均風與陣風時序圖

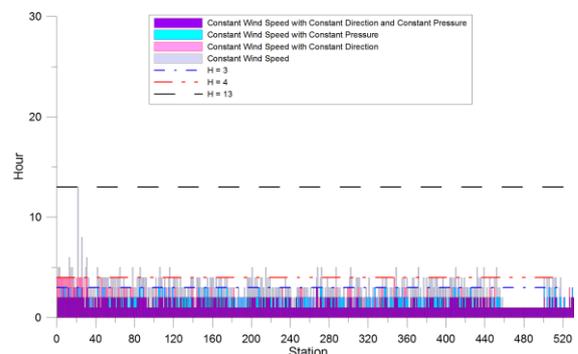


圖7 2000至2019年各站3級以上定風最長持續時間統計

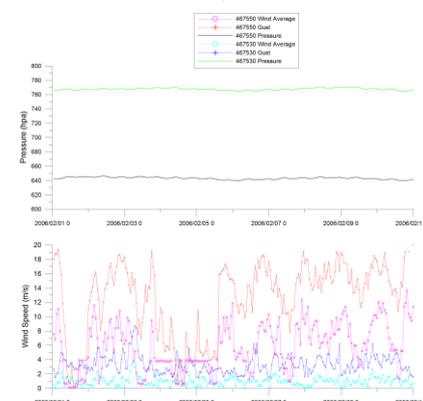


圖8 2006年02月01日至10日467550玉山站及467530阿里山站氣壓以及平均風與陣風時序圖

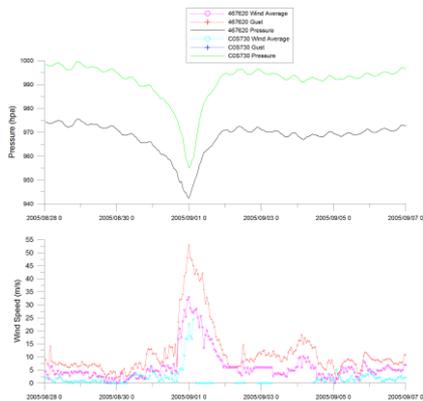


圖9 2005年08月29日至09月06日10日467620蘭嶼站及C0S730綠島站氣壓以及平均風與陣風時序圖

圖10所示為各站靜風最長持續時間柱狀圖，其中，

1. 藍色柱狀圖所示為氣壓不變，平均風為靜風最長延續時間。圖中顯示，人工站最長延續時間均不超過6小時，自動站最長延續時間超過6小時者經人工檢視多為錯誤資料。
2. 粉色柱狀圖所示為平均風與陣風均為零，平均風為靜風最長延續時間。由於自動站有許多錯誤的資料，因此以人工站為訂定門檻的標準
3. 灰色柱狀圖所示為不考慮氣壓與陣風等因素，平均風為靜風最長延續時間。

根據檢視結果，歸納平均風的靜風資料檢覈邏輯如下：

- (1) 平均風速 $\leq 0.2\text{m/s}$ ，風速不變，若靜風資料超過20小時後即視為錯誤。
- (2) 平均風速 $\leq 0.2\text{m/s}$ ，風速和氣壓均不變，若靜風資料超過6小時後即視為錯誤。
- (3) 平均風速 $\leq 0.2\text{m/s}$ ，陣風風速=0，且氣壓不變，若靜風資料超過5小時後即視為錯誤。

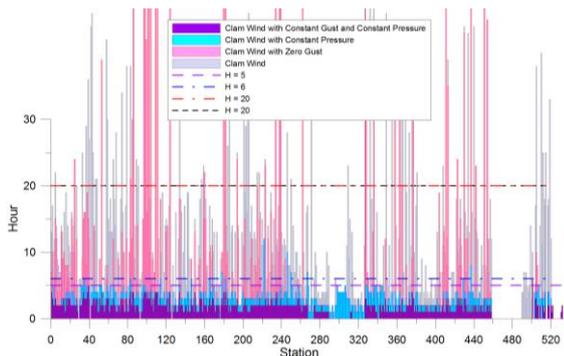


圖10 2000至2019年各站靜風最長持續時間統計

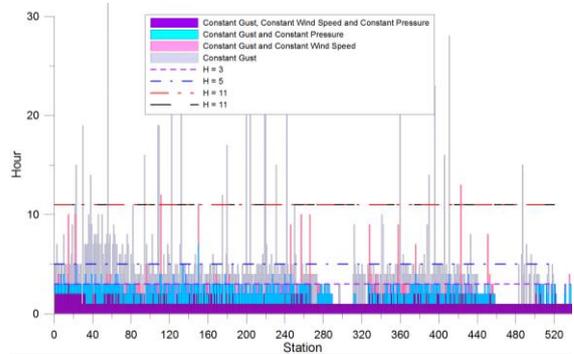
在陣風資料方面，統計1999至2019年各站陣風為定風持續最長時間，結果如圖11所示：

1. 人工站陣風最長持續不變的時間為2001年03月05日19時至06日11時467770梧棲站持續19小時為 $6.1\text{m/s}$ ，如圖12所示。在梧棲站陣風為定風的時段其平均風是有變化的且與467490臺中站的平均

風與陣風變化趨勢近似，因此可推斷梧棲站19小時定陣風資料為錯誤。

2. 人工站陣風次長持續不變的時間為2001年01月06日18時至07月08時467571新竹站持續15小時為 $6.0\text{m/s}$ ，如圖13所示。由圖中可觀測得知，在此時段的前後，新竹站亦多次出現陣風持續長時間維持 $6.0\text{m/s}$ 而平均風時序有變化的紀錄，類似的狀況也發生在2002年01月(參考圖14之範例)，推斷這些資料應為錯誤，而新竹站早期的陣風資料品質不佳。
3. 2005年11月02日17時至03日03時467550玉山站平均風與陣風持續11小時為 $0.7\text{m/s}$ ，如圖15所示；另2006年05月13日14時至23時 467550玉山站平均風與陣風持續10小時為 $0.7\text{m/s}$ ，如圖16所示，同時段阿里山站的風速亦均小，因此此二組資料為正確可能性高。

(A) 所有陣風統計結果



(B) 僅3級以上陣風統計結果

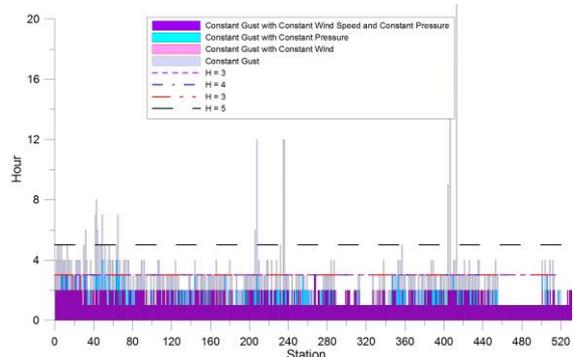


圖11 1999至2019年各站陣風為定風最長持續時間統計

若陣風風速達3級以上，則陣風最長持續時間為5小時；若平均風速均也同樣不變，則最長持續時間不會超過3小時。

根據以上檢視結果，歸納陣風的定風資料檢覈邏輯如下：

- (1) 僅考慮陣風資料時，若陣風風速小於3級，持續超過11小時後視為錯誤；若陣風資料風速達3級以上，則持續超過5小時後即視為錯誤。

- (2) 陣風風速與氣壓均不變，若陣風風速小於3級，持續超過5小時後視為錯誤；若陣風資料風速達3級以上，則持續超過4小時後視為錯誤。
- (3) 陣風、平均風、以及氣壓均不變，若陣風資料持續超過3小時後即視為錯誤。

陣風為靜風時，平均風亦必須為靜風，根據前段對於平均風靜風分析的第3點結論，平均風速 $\leq 0.2$ ，陣風風速=0，且氣壓不變，若靜風資料超過5小時後即視為錯誤，同樣的標準也適用於陣風。

持續性資料檢覈對於歷史資料的檢覈有明顯效益，可以協助判斷測站儀器哪個時段有明顯的故障，如圖11所示許多自動站都曾經出現長時間陣風紀錄不變的問題(參考圖中灰色柱狀圖所示)。但在即時資料檢覈上，只有在資料持續不變時間超過設定的門檻值後，後面時間的資料才會被標記為錯誤。

### (三) 空間檢覈

風資料的空間檢覈是一個具難度的課題，因為風不僅與大環境氣候有關，也會受到局部地形的影響，如植生、建物所造成的屏障或風切。

本研究引用民國108年度研發的風迴歸模式來估計測站風，然後將觀測值與估計值比較，如果兩者的差異過大，則測站觀測值可能有誤。風迴歸模式方程式如下：

$$w = a_0 + a_1d + a_2h + a_3h^2 + a_4Slp + a_5x + a_6y + a_7P + a_8xy + a_9Asp$$

其中， $w$ 為風速； $a_0 \sim a_9$ 為迴歸參數； $d$ 為測站到海邊的距離； $h$ 為測站高度； $Slp$ 為測站坡度； $x$ 為測站經度； $y$ 為測站緯度； $P$ 為氣壓； $Asp$ 為測站坡向。

取2015~2019年逐時風觀測資料估計空間檢覈門檻值，作法如下：

1. 將平均風與陣風分開，逐時建模，估計測站風速。因為模式中共有9個參數，因此要求至少要有9筆觀測值，也因此，本模式不適用於早期資料估計。
2. 依氣候特徵將資料分為三期，分別是：10~4月東北季風、6~9月西南季風、以及5月轉換期。逐站、逐期，統計各站於各期間內觀測風與估計風的差值。
3. 逐期，將所有站的差值由小到大排序，取累積機率為99.995%的差值為門檻值初估值。經人為主觀判斷調整後，決定風空間檢覈差值的上、下邊界門檻值。超過上邊界門檻值的資料並非絕對為錯誤，特別是在颱風期間模式有低估的可能，因此在颱風期間應放寬檢覈標準。而颱風是否來臨將以氣壓資料作為輔佐判斷。

最終選定的空間檢覈門檻值為如表1所列。

若風速資料符合以下條件，視為錯誤：

1. 平均風觀測風速與估計風速的差值介於上邊界門檻及99.995%信心區間之間，且估計風速 $\leq 3.3\text{m/s}$ ；差值介於下邊界門檻及99.995%信心區間之間，且觀測風速 $\leq 0.2\text{m/s}$ 。

2. 陣風觀測風速與估計風速的差值介於上邊界門檻及99.995%信心區間之間，且估計風速 $\leq 5.4\text{m/s}$ ；差值介於下邊界門檻及99.995%信心區間之間，且觀測風速 $\leq 1.5\text{m/s}$ 。
3. 平均風及陣風觀測風速與估計風速的差值超過上下邊界門檻。若於6~10月颱風期間，超過上邊界門檻，但氣壓差小於 $-8\text{hPa}$ ，則通過檢覈。氣壓差是用來判斷颱風或低氣壓期的標準，其門檻值係由經驗值所主觀認定。

圖17以及圖18分別為C0A570桶後站於2015年04月記錄到12級陣風以及於2017年07月尼莎颱風期間紀錄到13級陣風的案例，以本研究所研發的空間資料檢覈技術，可以準確判斷出圖17的12級陣風為錯誤，而圖18的13級陣風為正確。

## 三、結果與討論

本研究以歷史資料進行測試，研究結果顯示新建置之平均風及陣風風速資料檢覈可有效篩檢出錯誤資料，如：明顯不合理風速記錄、長時間無變化風速資料、儀器錯誤、物理上不合理等。分期建置門檻值可防止颱風期間高風速資料被誤判為錯誤資料。

## 四、參考文獻

- 交通部中央氣象局, 2016: “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
- 交通部中央氣象局, 2017: “小區域氣象分析暨預報技術與系統建置案”，期末報告書

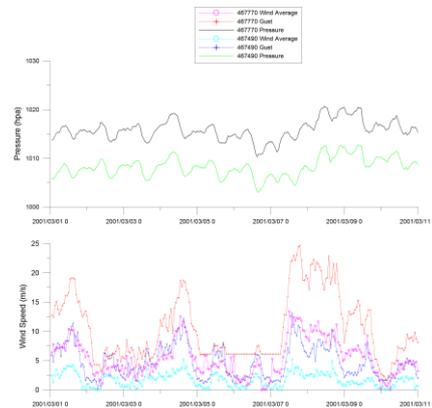


圖12 2001年03月01日至10日467770梧棲站及其鄰近467490臺中站氣壓以及平均風與陣風時序圖

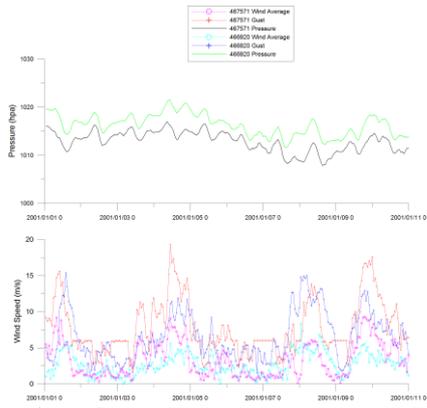


圖13 2001年01月01日至10日467571新竹站及466920臺北站氣壓以及平均風與陣風時序圖

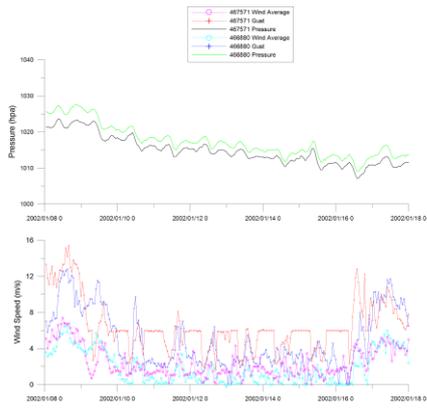


圖14 2002年01月08日至17日467571新竹站及466880板橋站氣壓以及平均風與陣風時序圖

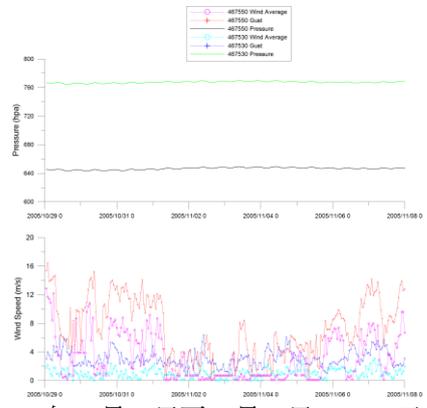


圖15 2005年10月29日至11月07日467550玉山站及467530阿里山站氣壓以及平均風與陣風時序圖

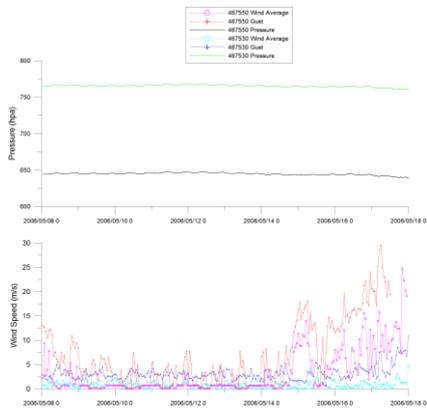


圖16 2006年05月08日至17日467550玉山站及467530阿里山站氣壓以及平均風與陣風時序圖

表1 平均風與陣風估計差值門檻值

資料類別	期別	99.995% 信心區間		上邊界門檻 (m/s)
		下邊界門檻 (m/s)		
平均風	I (東北季風)	-11	15	22
	II (轉換期)	-8	13	22
	III (西南季風)	-12	16	45
陣風	I (東北季風)	-18	20	32
	II (轉換期)	-16	16	25
	III (西南季風)	-27	20	39

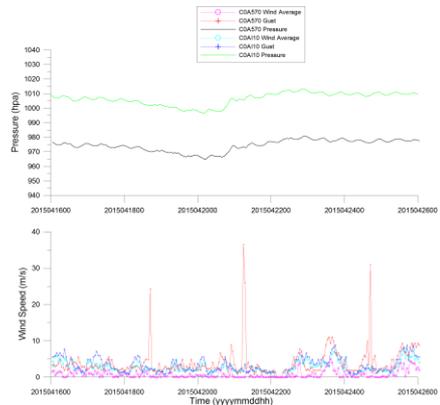


圖17 2015年04月16日至25日C0A570桶後站及其鄰近C0A110屈尺站氣壓以及平均風與陣風時序圖

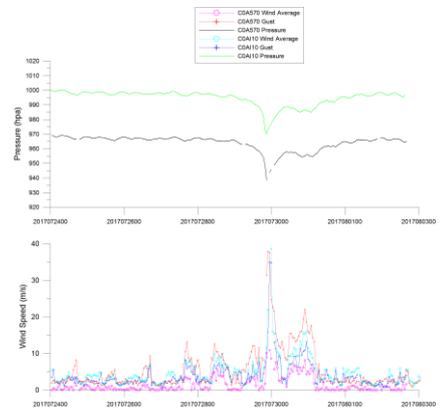


圖18 2017年07月24日至08月02日C0A570桶後站及其鄰近C0A110屈尺站氣壓以及平均風與陣風時序圖