

颱風壯度與大小對台灣風雨之影響

吳聖宇¹ 周昆炫²

地學研究所¹ 大氣科學系²

中國文化大學

摘 要

2015年及2016年共有4個路徑、結構相似，但是不同強度的颱風登陸台灣，不過風雨表現的狀況並非跟颱風強度呈現正相關，因此讓我們想要探討除了強度之外的因素對台灣風雨的影響。Merrill and Gray (1984)及Weatherford and Gray (1988)均曾提出颱風壯度(Strength)的概念，另外包括Chan and Chan (2012)等人利用衛星觀測資料分析颱風強度、壯度與大小之間變化的相關性。本研究利用NCEP-GFS及CFSR的模式分析資料計算颱風的壯度及大小，發現颱風壯度跟大小之間有良好的正相關性，颱風強度跟壯度、大小之間的相關性較差。三個因素之間有不同的變化情況，包括三者變化一致、強度巔峰過後壯度跟大小仍持續增加以及颱風大小最大值出現在強度巔峰之前等三種類型。過去的研究發現颱風對台灣風雨的影響因素包括颱風路徑、結構、速度及綜觀環境等，本研究則著重於探討颱風強度、壯度與大小跟台灣風雨的關係。針對台灣整體風雨的分析結果發現颱風壯度及大小跟風雨指標之間的相關性較好，跟強度的相關性較低。針對不同路徑的分析則發現，第二類路徑颱風的強度跟風雨指標相關性較好，風力指標尤其明顯，第三類路徑颱風的大小跟風雨指標的相關性較好，雨量指標尤其明顯。針對不同測站在不同路徑下的分析結果發現，接近颱風內核區的測站風雨指標跟颱風強度的相關性較好，位於颱風外圍區域的測站其風雨指標跟颱風大小的相關性較好。颱風的壯度及大小對台灣風雨的發生有相當程度的影響，即使是強度較弱的颱風，也可能因為具有較大的壯度或大小而引發大範圍的強風大雨，因此在防災作業上除了颱風強度外，颱風的壯度及大小也應該一併列入考量。

關鍵字：颱風壯度、颱風大小、風雨指標

一、前言

西元2015年及2016年間一共有4個不同強度的颱風先後登陸台灣，包括強烈颱風杜鵑、強烈颱風尼伯特以及中度颱風蘇迪勒、中度颱風梅姬等。這4個颱風均為西行路徑登陸台灣的颱風，除了尼伯特颱風登陸點較為偏南(台東)，其他三者的登陸點都在宜蘭到花蓮間。4個颱風侵台的時間點分布在夏季的7-9月，而且沒有明顯的不對稱結構以及西南氣流、東北季風等外圍綜觀環境系統的伴隨，移動速度均為偏快的類型。就颱風強度而言，杜鵑、尼伯特的強度較強(強烈颱風)，蘇迪勒、梅姬颱風的強度較弱(中度颱風)，但是從全台灣氣象觀測站實際觀測的風雨情況以及造成災害程度的角度而言，後兩者的影響程度似乎要大上許多，跟一般大眾傳統印象中，強度越強的颱風可能造成影響越大的情況不盡相同。因此，在其他條件沒有明顯差異的情況下，我們開始注意到除了颱風強度之外，其他可能影響風雨發生情況的因素。

依據Merrill and Gray (1984)的研究結果，颱風壯度跟颱風大小也可能是影響風雨發生情況的因素之一，因此本研究要探討如何利用現有資料計算颱風的壯度以及大小，再進一步分析這兩個因素跟實際觀測風雨數字之間的相關性情況。

本研究利用NCEP-GFS (The National Centers for Environmental Prediction Climate Forecast System Reanalysis - Global Forecast System)全球模式的初始分析場資料以及CFSR (Climate Forecast System Reanalysis)的全球再分析資料，計算自1980年到2016年間侵襲台灣的颱風之壯度以及大小，並且跟中央氣象局屬氣象站實際觀測之風雨數字所計算的10項風雨指標進行相關性的比較分析，希望找出除了颱風強度之外，颱風壯度及颱風大小跟台灣風雨程度之間的相關性，以提供防災作業時，風雨評估的另一種參考依據。

二、研究資料與方法

自2015年7月起，美國國家環境預測中心(The National Centers for Environmental Prediction Climate Forecast System Reanalysis, NCEP)開始提供水平空間解析度為0.25度的全球預報模式(Global Forecast System, GFS)資料，包括有初始分析場以及預報場兩部分，由於水平空間解析度較先前(0.5度)為佳，在初始分析場的部分對於颱風內部環流風場結構的模擬提供了更為細緻且相對較為接近實際的資訊，時間解析度為6小時一筆(0000, 0600, 1200, 1800 UTC)，而且是全球模式，沒有資料空缺或不連續的問題，適用於本研究的進行，因此本研究使用NCEP-GFS水平空間解析度0.25度，全球預報模式的初始分析場資料中所包含的海平面10米風場來進行個案颱風的壯度及大小的計算處理。

但是NCEP-GFS水平空間解析度0.25度資料只從2015年7月份開始提供，為了計算更早期的颱風個案，本研究另外使用了同樣為NCEP所提供的氣候預測系統(Climat Forecast System Reanalysis, CFSR)的再分析資料，水平空間解析度為0.5度，垂直解析度有37層，時間解析度為6小時一筆(0000, 0600, 1200, 1800 UTC)，提供時間可追溯至1979年起，同樣利用其中所包含的海平面10米風場來計算選取個案颱風的大小以供研究進行。

風雨觀測資料則是選取中央氣象局包括台灣本島及澎湖、東吉島、蘭嶼在內共計27個局屬測站(不包括金門、馬祖及觀測時間較短的新屋站)，在每一個案颱風警報發布期間所觀測到的逐時平均風、陣風及逐時降雨量等觀測資料，並且利用這些實際的觀測資料來計算10項風雨指標的數值。本研究將分析自1980年以來侵襲台灣的個案颱風之壯度、大小與實際觀測風雨指標之間的相關性情況。

依照 Weatherford and Gray (1988)對於壯度的定義為半徑 1.0 度到 2.5 度之間區域的平均風速大小，故本研究將自颱風中心開始，往外以軸對稱方式每半徑0.1度計算一次平均風速，一直到半徑 10.0度為止，共計會得到 100 個軸對稱的平均風速值。利用這些資料就可以畫出自颱風中心向外到距中心 10 個經緯度範圍內的平均風速變化剖面圖，再依據 Weatherford and Gray (1988)的定義，選取自半徑 1.0 度到 2.5 度之間的平均風速進行加總後取平均，所得到的數值即為該颱風某一個時間點的壯度，由於一天會有四個時間點的資料，因此每一天將會有 4 個颱風壯度值，最後再以颱風 R34 即將碰觸到陸地前的壯度值作為該個案颱風侵台的壯度。

氣候預測系統(CFSR)提供自1979年起，水平解析度為0.5度的全球再分析資料，由於解析度較差，因此對於颱風內部風場的模擬相對較差，計算壯度

時較容易出現失真的狀況，環流大小的模擬跟利用 NCEP-GFS 0.25度資料所計算的結果差異不大，故本研究將利用此項資料計算個案颱風的大小，也就是R34的數值，同樣選取即將碰觸到陸地前之R34作為該個案颱風的大小。

周(2009)為分析颱風降雨對台灣影響程度的大小，曾提出利用颱風警報發布期間實際觀測的每小時雨量計算不同長度的延時降雨量，作為個案颱風降雨強弱評估的標準。本研究選取中央氣象局共27個局屬測站在個案颱風警報發布期間所觀測到的每小時雨量值、每小時平均風速以及瞬間最大風速等資料，計算每一個測站包括最大時雨量、最大6小時累積雨量、最大12小時累積雨量、最大24小時累積雨量、總雨量、警報期間平均時雨量、時雨量 ≥ 10 mm的小時數、最大平均風速、最大瞬間風速以及平均風速 ≥ 10 m/s的小時數等共計10項風雨指標，再以這些風雨指標的數值跟個案颱風的壯度、大小進行相關性比較。

三、壯度、強度及大小變化之探討

依據第二節的方式，我們以NCEP-GFS水平空間解析度0.25度資料計算了自2015年7月到2016年10月間，西北太平洋上強度大於等於Category.3的颱風個案(共計22個個案)每日之壯度與大小，強度的資料直接使用JTWC最佳路徑資料中所提供的數值，再針對這22個颱風生命過程中壯度、強度及大小三者之間變化以及相關性進行分析及討論。

Chan and Chan (2012)經由QuikSCAT衛星的海面風場反演資料，統計分析發現熱帶氣旋的大小(R17)和壯度(OCS)之間的相關係數高達0.9，強度與大小(R17)、壯度(OCS)的相關性較低。若將上述22個颱風個案計算所得的壯度、大小及強度之數值進行同樣的相關性比較，可得到圖1(壯度與大小)、圖2(壯度與強度)以及圖3(強度與大小)的結果。由圖中可見到，壯度跟大小的相關性很好， R^2 達到0.82，相對的，壯度與強度以及強度與大小之間的相關性並不明顯，這樣的結果與Chan and Chan (2012)利用QuikSCAT衛星資料所得到的研究結果相同。

強度、壯度及大小三者之間的變化情況大致可以分成三種類型。第一類型為颱風的壯度、大小隨著颱風強度的增強減弱而呈現正相關的變化，此類型颱風強度減弱的原因大多是因為颱風中心登陸陸地，結構受到地形破壞而造成強度減弱。以2016年莫蘭蒂颱風為例(圖4)，可看出其大小及壯度隨著強度增強而持續增加，一直到2016/09/15/0800UTC颱風中心登陸福建後強度減弱，颱風的大小及壯度也跟著減小，三者的變化曲線大致相同。

第二類型為颱風強度達到巔峰之後開始逐漸衰弱，但是颱風的壯度跟大小並未隨著颱風強度下降

而減小，可能維持不變甚至反而有稍微增大的趨勢。此類型的颱風強度達到巔峰並開始衰弱的階段颱風中心大多還在海上，強度減弱的主因大多是因為環境條件不利於颱風強度的維持而開始減弱。因為第二類型的颱風強度極盛期發生在海面上，雖然颱風中心近岸時強度已經減弱，但是其壯度跟大小仍大，甚至持續增加，很可能對於被侵襲地點周圍廣泛區域都帶來明顯的風雨，是需要特別注意留意的颱風類型。以2015年侵台的蘇迪勒颱風(圖5)為例，其生命過程中最大的強度在2015/08/04/0000UTC時發生，之後強度逐漸減弱，但是它的大小及壯度卻反而呈現持續增大的狀況，一直到2015/08/07/1800UTC颱風中心登陸台灣後才開始減小。如果以颱風強度的觀點來看，蘇迪勒颱風侵襲台灣時強度並非巔峰，已經處於減弱階段，但是如果從颱風壯度跟大小的觀點來看，蘇迪勒颱風侵襲台灣時反而是它的壯度跟大小達到最大值的時分，因此蘇迪勒颱風對台灣陸地的威脅程度其實並未隨它的強度減弱而減小，事後的風雨觀測亦證實蘇迪勒颱風為台灣各地都帶來了相當明顯的風雨及災害。

第三類型為颱風大小的最大值出現在颱風強度達到巔峰之前，接近巔峰時颱風的大小反而逐漸減小。以2015年的柯普颱風(圖6)為例，颱風強度越大，大小反而縮小的原因可能跟颱風旋轉增強，環流往內收縮的機制有關，這種類型的颱風風雨可能相當集中於內核區，範圍小但是破壞力強，對於被中心直接侵襲的地點有很大的威脅性，也需要特別加以注意。

四、2015-2016年侵台颱風個案研究

利用第二節所提到的方法以NCEP-GFS水平空間解析度0.25度資料計算2015-2016年侵襲台灣的蘇迪勒、杜鵑、尼伯特以及梅姬等4個颱風侵台前的壯度及大小(R34)，颱風強度則直接取用同一時間點的JTWC最佳路徑強度資料，計算所得的結果列於圖8，對應的海平面10米風場圖則列於圖9(以蘇迪勒颱風為例)。

由表1可以看出，在這4個颱風中，颱風壯度及大小最大者都是蘇迪勒颱風，梅姬颱風排名第二，兩者的壯度跟大小差異不大。尼伯特颱風雖然強度最強，但是颱風壯度及大小都是4個颱風之中最小者，杜鵑颱風的壯度及大小則在4個颱風中排名第三。若將R34接觸陸地前一刻這個時間點，距中心向外半徑每0.1度的平均風速值畫成自中心向外的平均風速變化曲線圖，可得到圖8的結果。由圖8中可看出，雖然尼伯特、杜鵑這兩個颱風近中心1.0度以內的平均風速值明顯大於蘇迪勒以及梅姬兩個颱風，颱風強度較強，但是超過半徑1.0度(約110公里)之後就呈現向外迅速遞減的趨勢，尼伯特颱風向外遞減的

幅度又比杜鵑颱風要明顯，顯示尼伯特跟杜鵑這兩個颱風的強風非常集中在近中心的區域，也就是距中心1.0度以內的內核(inner core)區域。相對的，蘇迪勒跟梅姬這兩個颱風平均風速最大的位置落在半徑1.0度到1.5度之間，而且往外遞減的幅度較小，平均風速20 m/s的範圍可以從颱風中心往外一直延伸到半徑3.0度到4.0度之間，R34的範圍可以延伸到距中心向外半徑4.0度到5.0度之間。雖然蘇迪勒跟梅姬颱風內核區的風速較弱，但是颱風的大小卻比尼伯特及杜鵑颱風要大上許多，依照Weatherford and Gray (1988)定義所計算的颱風壯度(半徑1.0度到2.5度之間的平均風速值)也明顯比尼伯特及杜鵑颱風要來得大。由強度、壯度跟大小的差異正好可以將這4個颱風分為強度較強但是壯度、大小較小(杜鵑颱風、尼伯特颱風)，以及強度較弱但是壯度、大小較大(蘇迪勒颱風、梅姬颱風)的兩個組別。

利用第二節所提到的風雨指標計算方式，以全台灣27個局屬測站的觀測資料，分別計算2015-2016年4個侵台颱風的10項風雨指標數值，並將計算後所得的結果列於表2。由表2中可看出，以全台灣平均的角度而言，這10項風雨指標不論是風力或是雨量的指標都是蘇迪勒颱風最大，之後依序為梅姬颱風、杜鵑颱風，最小者則為尼伯特颱風，10項風雨指標的計算結果都呈現一致的排列情況。顯示蘇迪勒颱風、梅姬颱風為全台灣帶來了普遍、廣泛性的強風大雨現象，尼伯特颱風的風雨影響範圍相對較小。

綜整上述的結果，進行颱風強度、壯度、大小與風雨指標之間的相關性分析，其中颱風壯度與10項風雨指標的相關性比較結果列於圖10。由圖10可以看出，從4個颱風的壯度來看，壯度最大的蘇迪勒颱風在10項風雨指標的表現也是最大的情況，相對的，壯度最小的尼伯特颱風則在10項風雨指標中的排名均為最小。若是從4個颱風的強度來看，侵台時強度最強者為尼伯特颱風(130 knots)，其次為杜鵑颱風(125 knots)，不過10項風雨指標計算的結果卻是強度較弱的蘇迪勒颱風(110 knots)及梅姬颱風(115 knots)比較大。再從颱風的大小跟10項風雨指標的相關性來看，也會呈現跟壯度相同的排列結果，即10項風雨指標的數字以颱風大小最大的蘇迪勒颱風為最大。

由2015-2016年4個侵台颱風的分析結果可以看出，相似路徑、結構的侵台颱風所帶來的風雨影響程度並不一定跟颱風強度呈現正相關，強度越強的颱風侵襲台灣時，並不見得會帶來較廣泛的強風大雨，反而是強度較弱，但是壯度或大小較大的颱風可能帶來相對較為廣泛的強風大雨現象，對於全台灣都可能造成明顯的影響。

五、1980-2016年侵台颱風個案研究

同樣利用第二節的方式，改以CFSR水平解析度0.5度再分析資料計算自1980年起，經由第2、3、4類西行路徑侵襲登陸台灣的颱風之颱風大小，共有29個颱風，再加上以第6、7類北行路徑侵襲並登陸台灣的3個颱風，共計32個颱風個案，還有JTWC最佳路徑所得到的強度資料等，均列表於表3。利用中央氣象局27個局屬測站於颱風警報發布期間實際觀測所得的風雨資料，計算所選取個案的10項風雨指標之全台灣平均值，並將計算所得的結果列於表4。

利用表1跟表2所得到的結果，將颱風大小(R34)跟10項風雨指標的全台平均值分別進行相關性比較，所得結果排列於圖11，由這些結果可看出颱風大小跟10項風雨指標之間都具有中等相關性，其中相關性最好的是颱風大小跟最大1小時雨量，判定係數(R^2)為0.49，相關係數(r)則為0.7，整體的趨勢可以顯示出當颱風大小越大，全台灣所觀測到的風雨也會越大的情況。

接著同時比較颱風強度跟10項風雨指標的相關性，並且將兩組所得到的相關係數結果並列顯示於圖9。由圖9中可看到，颱風大小跟風雨指標之間的相關係數明顯較高，即颱風大小跟風雨指標的相關性優於跟強度的相關性，除了最大陣風跟颱風強度的相關係數稍大於跟颱風大小的相關係數之外，其他9項指標都是跟颱風大小的相關係數較大，在雨量指標的部分尤其明顯，風力指標部分則是跟颱風強度、大小的相關性差不多。顯然颱風的大小跟降雨之間有較好的正相關，颱風的大小與強度跟風速之間兩者都有較好的正相關性。

接著我們希望進一步了解不同分類路徑的颱風強度、大小跟風雨指標全台平均值之間的相關性。因此分別將第2類路徑颱風個案(10個颱風)跟第3類路徑颱風個案(16個颱風)分別進行跟前述相同的相關性比較，第4類颱風以及北行的第6、7類颱風因為個案數較少，因此將先略過不進行分析，比較後的相關係數結果顯示於圖12(a,b)。圖12(a)是第2類路徑個案的相關係數比較，圖12(b)則是第3類路徑個案的相關係數比較。

由圖12(a)可看出，第2類路徑個案的10項風雨指標相關係數中，有8項跟颱風強度的相關係數較高，尤其是在風力指標(最大平均風、最大瞬間陣風)特別明顯，僅有總雨量、平均風速 $\geq 10\text{m/s}$ 時數這兩項指標跟颱風大小的相關係數較高。雖然以第2類路徑的颱風個案而言，颱風強度跟風雨指標的相關性看似優於跟颱風大小的相關性，但是相關係數較高(大於0.4)的指標僅有5項(3個雨量指標跟2個風力指標)，只有風力指標的部分明確顯示跟颱風強度的相關性較好。相對的，由圖12(b)可看出，第3類路徑的颱風個

案呈現颱風大小跟風雨指標之間有明顯較好的相關性，10項指標跟颱風大小的相關係數均高於跟颱風強度的相關係數，而且相關係數都大於0.5以上，但是颱風強度跟風力指標還是有較高的相關性存在。

上述的結果顯示，第2類路徑颱風個案的風雨指標跟颱風強度的相關性較好，強度越強的颱風可能帶來越明顯的風雨，風力指標的部分相關性明確，雨量指標的相關性稍低。第3類路徑颱風個案的風雨指標跟颱風大小的相關性較好，大小越大的颱風可能帶來越明顯的風雨，不論風力或降雨指標的相關性都十分明確。由於第3類路徑的颱風個案數有16個，已經佔總個案數32個的一半，對於所有32個颱風個案的總計情況具有較大的影響力，因此颱風大小跟風雨指標之間相關性頗佳，可達到中等相關的程度(相關係數0.5-0.7之間)。因此若是以全台灣27個局屬觀測站整體平均的風雨指標來看，第3類路徑的颱風之風雨指標跟颱風的大小有較好的相關性，第2類路徑的颱風之風雨指標則跟颱風的強度有較好的相關性。

接下來我們將進一步針對不同路徑分類，個別分站的風雨指標跟颱風大小、強度之間的相關性進行更細部的分析。由於颱風侵台期間累積雨量最大的時間大多集中在暴風圈通過陸地的期間，而這個期間大致為1天左右，因此雨量指標的部分僅選擇24小時最大降雨量作為判斷的標準。風速指標的部分則是因為影響瞬間陣風的因素較多，因此選擇最大平均風速作為風速的判斷標準。利用這兩個風力跟雨量的指標進行後續的相關性的分析。

首先在全台灣27個局屬測站中選出11個平地站，包括基隆、台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、恆春、台東、花蓮、宜蘭等，選出1個山區測站即阿里山，以及1個外島測站即澎湖。接著統計這13個測站個別的雨量指標(24小時最大降雨量)以及風力指標(最大平均風速)，再分別跟第2、第3類路徑颱風個案的颱風大小、強度進行相關性分析，所得結果呈現於圖13(a,b)及圖14(a,b)。

由圖13(a,b)中可看出，第2類路徑颱風接近颱風中心經過區域的基隆、台北及宜蘭測站，當颱風強度越強者，24小時最大降雨量也越大，兩者的相關係數越高。但是相對的，較為遠離颱風中心的西半部測站，包括新竹以南到恆春(台中站除外)以及外島的澎湖測站等，則是颱風大小越大者，24小時降雨量越大，兩者的相關係數越高。至於風力指標部分，圖12中也可看出13個測站中除了台南跟宜蘭站之外，其餘11個測站的風力指標都是跟颱風強度之間的相關係數較高，也就是當颱風強度較強的時候，帶來的平均風會比較強。不論是北部的基隆、台北、新竹測站或是西半部的測站，相關係數普遍都達到中度相關(相關係數0.5-0.7之間)。

圖14(a,b)可看出第3類路徑的結果，除了位於東部的花蓮站其24小時最大降雨量跟颱風強度的相關係數較高之外，其他12個測站的24小時最大降雨量都是跟颱風大小的相關係數較高。由於第3類路徑的颱風中心是從蘇澳以南到花蓮縣沿海一帶登陸，因此花蓮站較為靠近颱風中心，直接受颱風內核區眼牆的影響，所以推測颱風強度越強者，花蓮站的降雨也會越明顯。其他測站都位於颱風外核區域，受到颱風外圍環流雲雨帶的影響為主，因此當颱風大小越大者，外圍環流雲雨帶可能包圍住整個台灣島，跟地形之間的交互作用越明顯，且持續的時間也越長，造成的降雨就會越大，降雨的範圍也會越廣。

風力指標的部分可看出在13個測站中，有9個測站跟颱風大小之間的相關係數較高，也就是當颱風大小越大時，這9個測站出現的平均風速越強，中南部測站(包括澎湖)的相關性尤其明顯。推測環流大小較大的颱風，中心南側自台灣海峽引進西南風的情況可能較為明顯，為迎風面的中南部測站帶來較強的平均陣風。相對的，最大平均風跟颱風強度之相關性較好的測站包括台北、新竹、阿里山及台東等4個測站，推測強度較強的颱風以第3類路徑侵襲台灣時，中心北側環流帶動的偏東風及東北風可能會較為明顯，造成台北及新竹的最大平均風速跟颱風強度之間相關性較高。

總和上述的討論結果，第2類路徑的颱風個案，多數測站的風雨指標跟颱風強度之間的相關性較高，尤其是靠近颱風中心的北台灣最為明顯，第3類路徑的颱風個案則是多數測站的風雨指標跟颱風大小之間的相關性較高。整體而言，接近颱風中心的測站風雨指標跟颱風強度的相關性較好，離中心較遠的測站風雨指標則跟颱風大小的相關性較佳。

六、結論

過去的許多研究已經針對颱風強度、壯度、大小三者之間的變化做出許多分析，使用的資料各有不同，大部分的研究都是使用飛機或衛星的實際觀測資料，本研究則是直接使用全球預報模式的初始分析場資料以及再分析資料計算，得到的結果跟前人的研究相似。

根據過去的研究結果，颱風環流造成台灣風雨發生情況的原因可歸納包括颱風路徑、颱風結構、颱風移動速度、台灣地形以及外圍綜觀系統影響等等，本研究則是著重於探討颱風強度、壯度、大小跟風雨發生情況之間的相關性，尤其是颱風壯度、大小的部分，在過去的研究中較少有人提及，總和前述的討論，可簡單做出下面的幾點結論：

(1)利用NCEP-GFS水平解析度0.25度全球模式初始分析場資料以軸對稱方式計算2015年到2016年間，西北太平洋上22個颱風個案的壯度、大小，再

配合JTWC所提供的最佳路徑中的強度資料，進行三者之間的相關性比較，可發現壯度跟大小之間有很好的相關性，壯度跟強度、大小跟強度之間的相關性偏低，與Chan and Chan (2012)使用QuikSCAT的海面風場反演資料所得到的研究結果相符。因此假設當缺乏較好的資料計算颱風壯度時，可能可以用颱風的大小值來代替。同時，22個颱風個案的強度、壯度、大小三者之間的變化情況大致可以分成三類，第一類為強度、壯度、大小三者變化呈現正相關，第二類為颱風強度過了最強的巔峰之後，颱風的壯度及大小仍繼續增加，可能為侵襲區域帶來大範圍風雨，第三類為颱風大小在強度達巔峰之前來到最大，越接近巔峰反而逐漸減小，風雨集中，對於登陸點附近威脅極大。

(2)由2015年跟2016年4個侵台颱風之統計分析結果顯示，壯度、大小越大的颱風其風雨指標也越大，為台灣造成的風雨情況越明顯且範圍越廣，有良好的正相關性，風雨指標跟颱風強度之間的相關性反而較低，代表並非強度越強的颱風帶來的風雨越大，即使強度較弱的颱風，如果具有較大的壯度及大小時，仍可能為台灣帶來明顯且廣泛的風雨，因此在防災工作上不能因為侵台颱風強度較弱就掉以輕心。

(3)1980年到2016年共計32個侵台颱風之統計分析結果顯示，以全台灣測站平均的風雨指標而言，跟颱風的大小較好的相關性，即颱風大小越大，造成的風雨越明顯，尤其是雨量指標的部分，相關性都可達到中度相關，風力指標的部分則是跟颱風大小及颱風強度都有一定的相關性，颱風強度可能造成極端值風速，颱風大小則影響強風發生的範圍。若將第2類路徑個案跟第3類路徑個案分開來看，第2類路徑個案的風雨指標跟颱風強度的相關性較佳，第3類路徑個案的風雨指標跟颱風大小的相關性較佳，因為第3類路徑的個案數較多，因此若看全部的個案，則風雨指標跟颱風大小的相關性較佳。

(4)若將進一步將不同路徑、個別測站的風雨指標分開比較其相關性，第2類路徑的颱風個案，風雨指標跟颱風強度相關性較高的測站佔多數，尤其是較為靠近颱風中心的北台灣測站，風力指標的部分又比雨量指標要來得明顯。第3類路徑的颱風個案，絕大部分測站的風雨指標都跟颱風大小的相關性較高，雨量指標的部分尤其明顯。整體而言，颱風強度對中心登陸點周圍的風雨指標有明顯正相關，颱風大小則對於外圍區域的風雨指標有較高的相關性。

七、參考文獻

林雨我、徐晉淮，1988：侵襲台灣颱風之降雨分布研究，氣象學報，34-3，196-215頁。

- 李清勝、張亦郎、翁進登、蔡得攸、許惠娟、李啟宏，1997：侵台颱風伴隨降水特性分析，中央氣象局委託研究計畫期末報告(CWB-86-2M-03)，共37頁。
- 李清勝、鄭光浩、陳柏孚、謝宜桓、鄧旭峰，2015：侵台颱風過山期間雨帶重建之初步研究，大氣科學，43，69-90頁。
- 李清勝、羅英哲、張龍耀，2007：琳恩颱風(1987)與東北季風交互作用產生強降水之研究，大氣科學，35，13-33頁。
- 李清勝、郭鴻基、張麒偉，2005：颱風強度與定量降水機率預警作業化研究，中央氣象局委託計畫成果報告(MOTC-CWB-94-2M-06)，共95頁。
- 李清勝、郭鴻基、張麒偉，2006：颱風強度與定量降水機率預警作業化研究，中央氣象局委託計畫成果報告(MOTC-CWB-95-2M-02)，共109頁。
- 周仲島、李清勝，2010：莫拉克颱風綜觀環境及降雨特徵分析，大氣科學，38，21-38頁。
- 周仲島，2009：台灣地區劇烈降雨與侵台颱風變異趨勢與辨識研究(I)，氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究計畫-子計畫一。
- 周昆炫、遲正祥、葉峻銘、沈逸翎，2014：凡那比颱風(2010)侵台期間降水與結構演變之數值模擬探討，大氣科學，42，181-206頁。
- 許晃雄、李明營，2010：莫拉克颱風的多重尺度背景環流：大氣科學，38，1-20頁。
- 俞家忠，1982：通過台灣北部海上颱風與台灣中南部豪雨之研究，大氣科學，9，95-112頁。郭鴻基，2011：地形影響颱風異常變化之探討，中央氣象局委託研究計畫期末報告(MOTC-CWB-100-M-02)，共71頁。
- 魏元恆、謝信良、林民生、蕭長庚，1972：台灣颱風降雨預報之研究，氣象學報，18-3，1-21頁。
- Candis, L. W., and William M. G., 1988: Typhoon structure as revealed by aircraft reconnaissance. Part 2: Structural variability, *Mon. Wea. Rev.*, 116, 1044-1056.
- Chan, K. T. K., J. C. L. Chan, 2012: Size and strength of tropical cyclones as inferred from QuikSCAT data. *Mon. Wea. Rev.*, 140, 811-824.
- Gerg, J. H., and Robert T. M., 1984: On the dynamics of tropical cyclone structural changes, *Quart. J. R. Met. Soc.*, 110, 723-745.
- Knaff, J. A., S. P. Longmore, and D. A. Molenaar, 2014: An objective satellite-based tropical cyclone size climatology. *J. Climate*, 27, 455-476.
- Lee, C.-S., K. K. Cheung, W.-T. Fang, and R. L. Elsberry, 2010: Initial maintenance of tropical cyclone size in the western North Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 138, 3207-3223.
- Liu, K. S., and Johnny C. L. Chan, 1999: Size of Tropical Cyclones as Inferred from ERS-1 and ERS-2 Data, *Mon. Wea. Rev.*, 127, 2992-3001.
- Moyer, A. C., J. L. Evans, and M. Powell, 2007: Comparison of observed gale radius statistics. *Meteor. Atmos. Phys.*, 97, 41-55.
- Wu, C.-C., K.-H. Chou, H.-J. Cheng, and Y. Wang, 2003: Eyewall contraction, breakdown and reformation in a landfalling typhoon. *Geophys. Res. Lett.*, 30.
- Wu, L., W. Tian, Q. Liu, J. Cao, and J. A. Knaff, 2015: Implications of the observed relationship between tropical cyclone size and intensity over the western North Pacific. *J. Climate*, 28, 9501-9506.

八、附錄 (圖表說明)

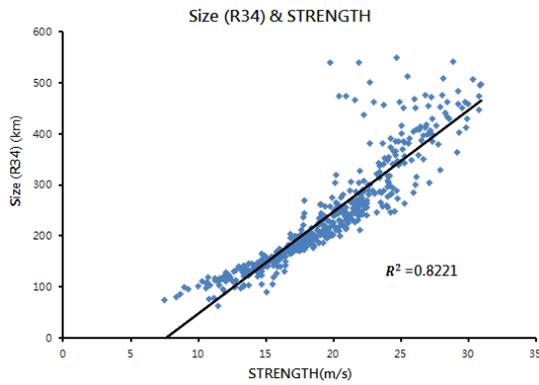


圖 1. 2015-2016 年 22 個颱風個案之壯度與大小度相關性，個案數為 503 筆。

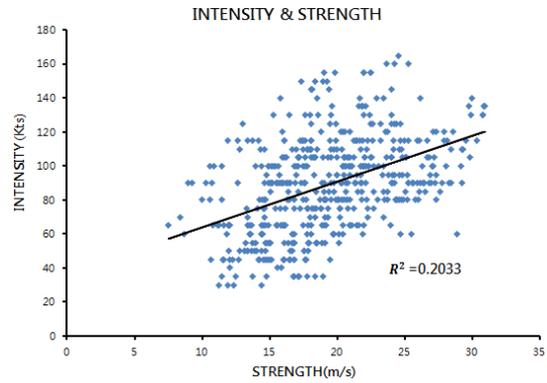


圖 2. 2015-2016 年 22 個颱風個案之強度與壯度相關性，個案數為 503 筆。

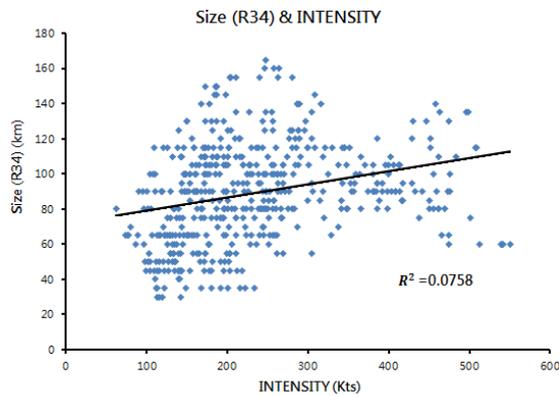


圖 3. 2015-2016 年 22 個颱風個案之大小與強度相關性，個案數為 503 筆。

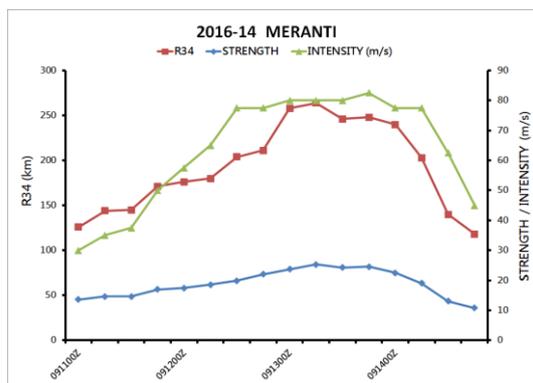


圖 4. 2016 年莫蘭蒂颱風壯度、強度以及大小變化曲線圖

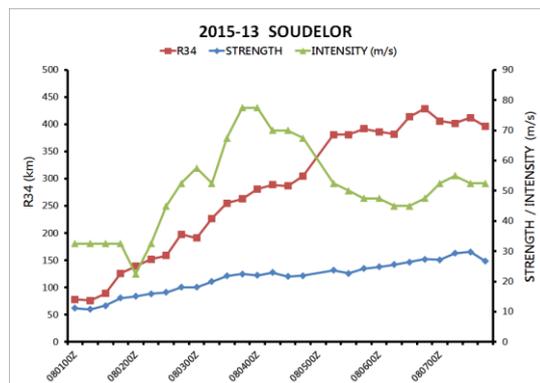


圖 5. 2015 年蘇迪勒颱風壯度、強度以及大小變化曲線圖

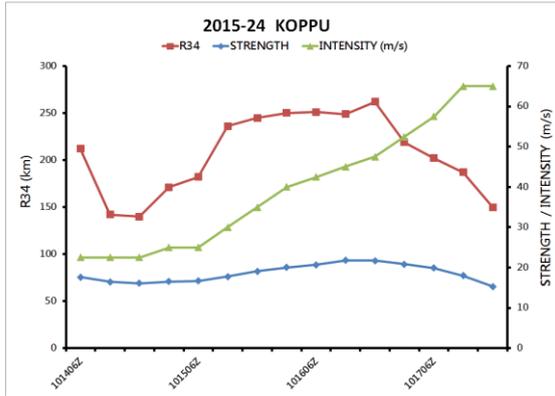


圖 6.2015 年巨爵颱風壯度、強度以及大小變化曲線圖

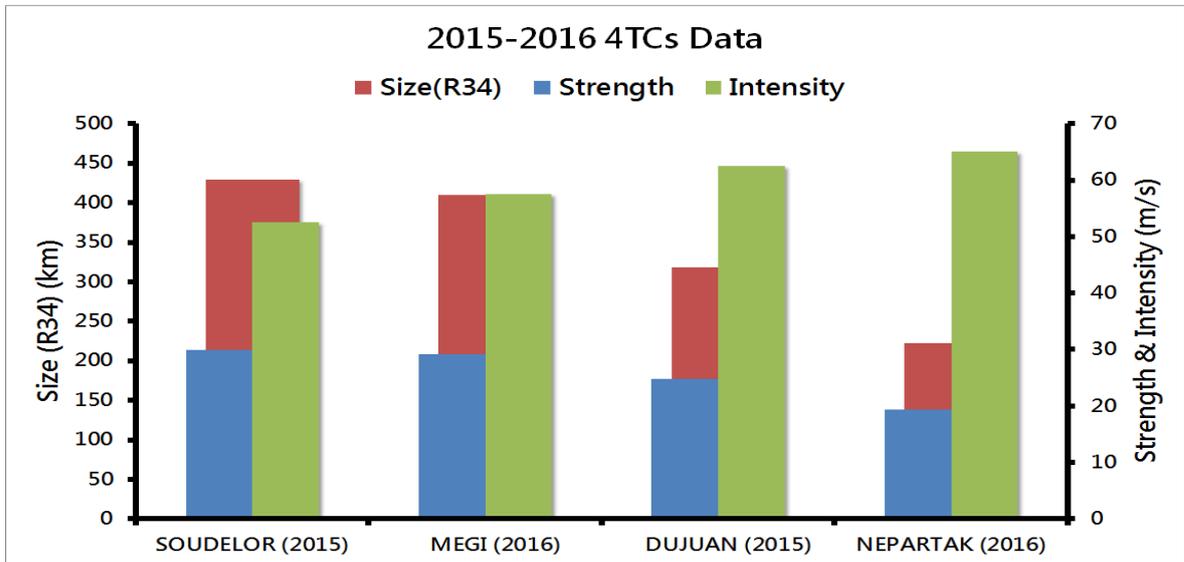


圖 7. 2015-2016 年 4 個侵台颱風的強度、壯度以及大小比較圖。

00Z07AUG2015-GFS20150807 10m Wind

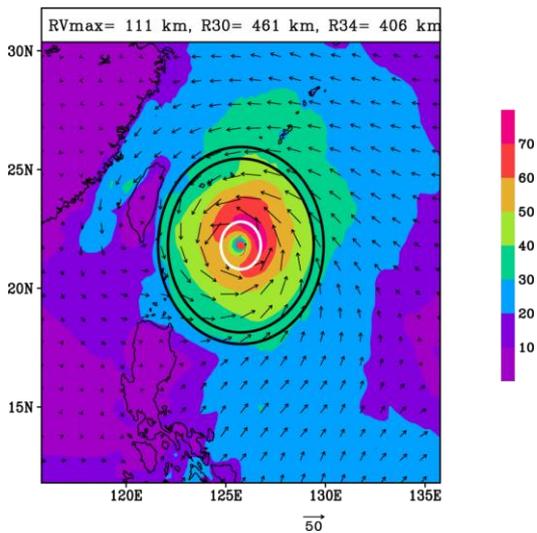


圖 8. 2015 年蘇迪勒颱風海平面 10 米風場圖。RVmax 為最大風速半徑、R30 為風速 30-knots 的風速半徑、R34 為風速 34-knots 的風速半徑。

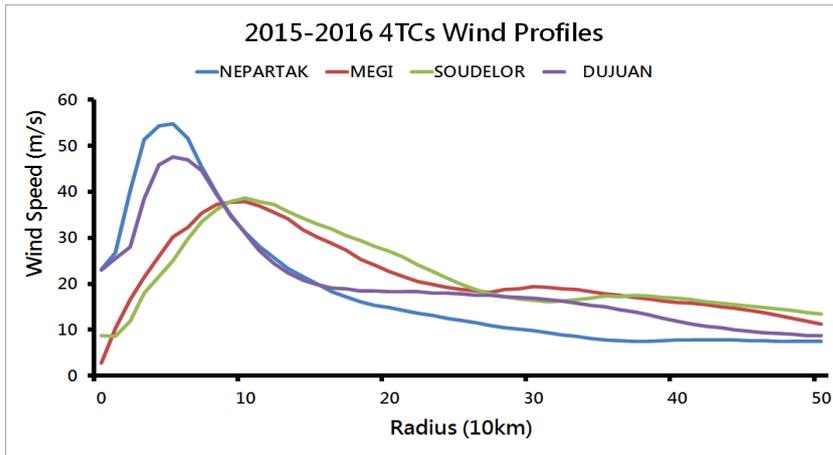


圖 9. 2015-2016 年 4 個侵台颱風 R34 接觸陸地前自中心向外的平均風速變化曲線圖。

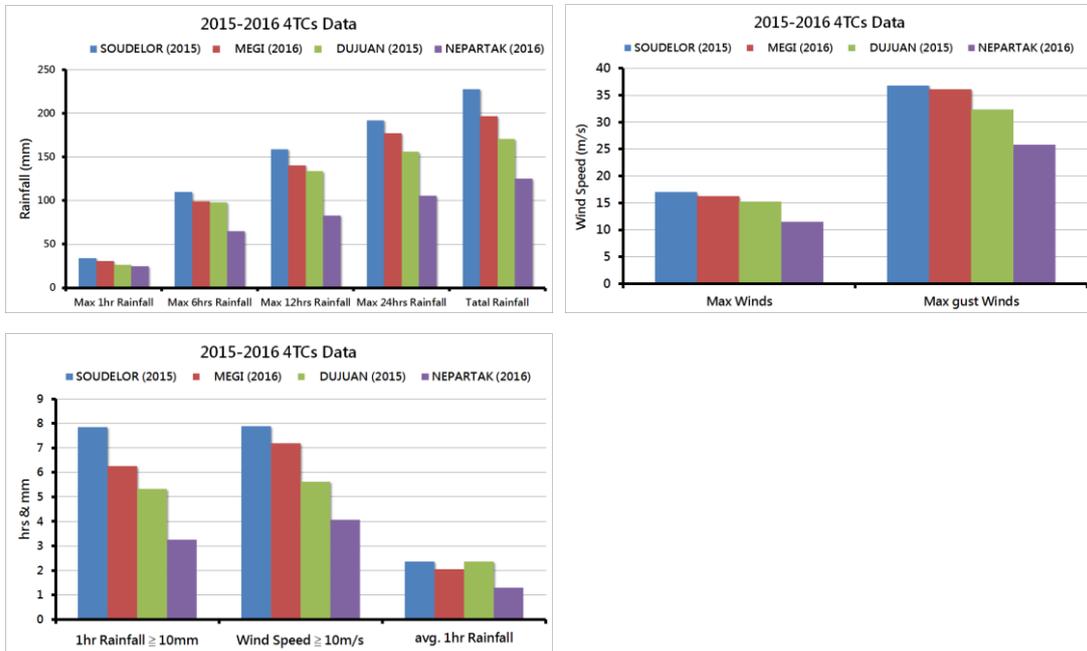


圖 10. 2015-2016 年 4 個侵台颱風之壯度與 10 項風雨指標的相關性比較結果。

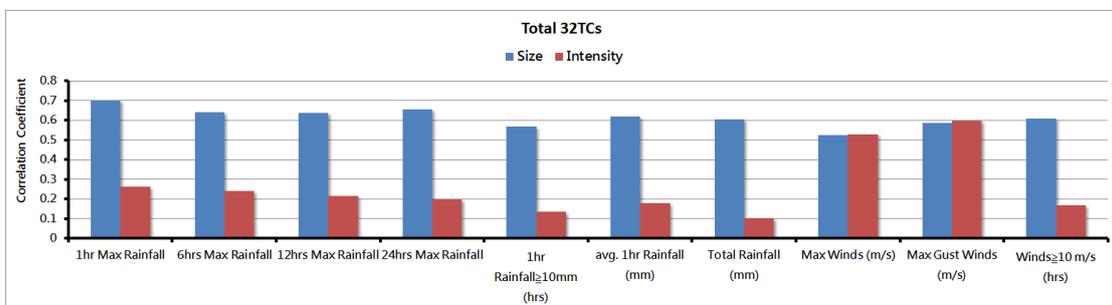
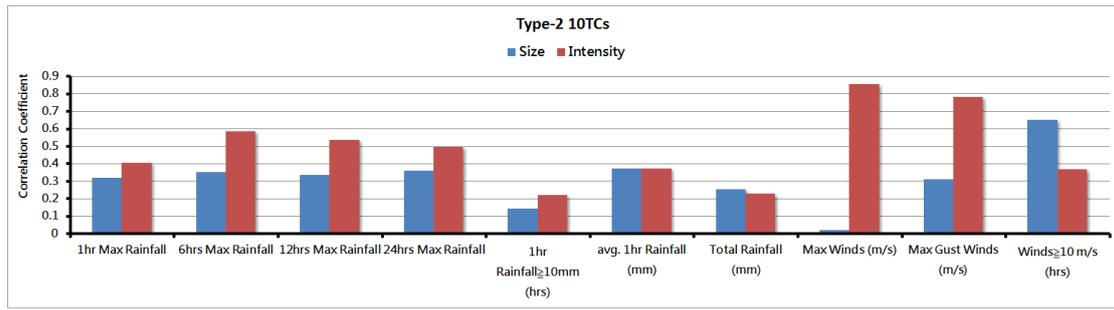


圖 11. 1980-2016 年 32 個颱風個案之颱風大小(R34)、颱風強度與 10 項風雨指標的全台平均值之相關係數比較。

(a)



(b)

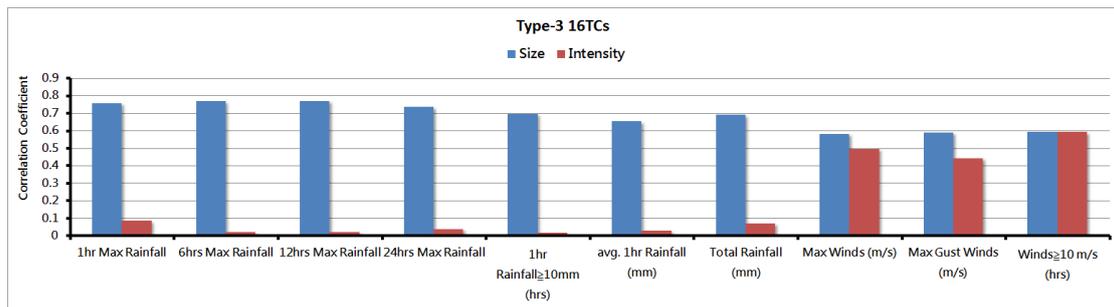
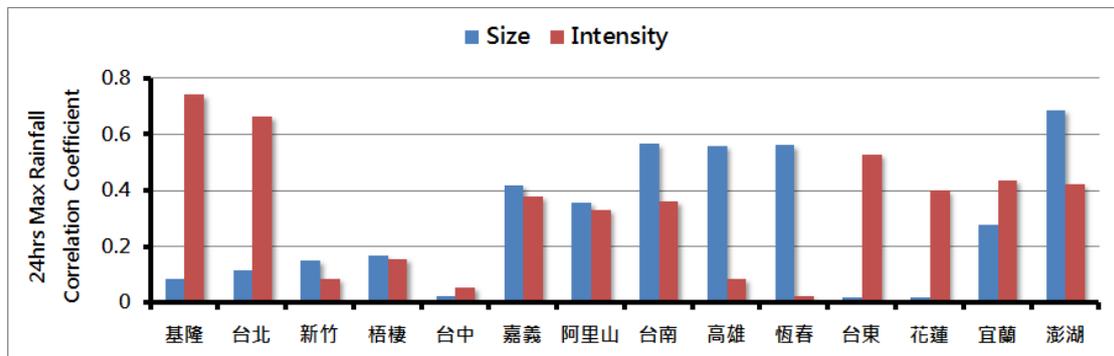


圖 12 1980-2016 年不同分類路徑颱風個案之颱風大小(R34)、颱風強度與 10 項風雨指標的全台平均值相關係數比較。(a)第二類路徑(10 個颱風)、(b)第三類路徑(16 個颱風)。

(a)



(b)

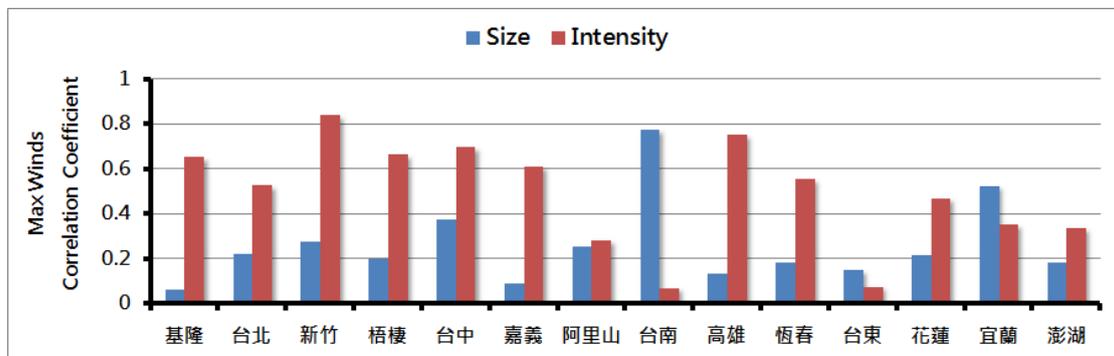
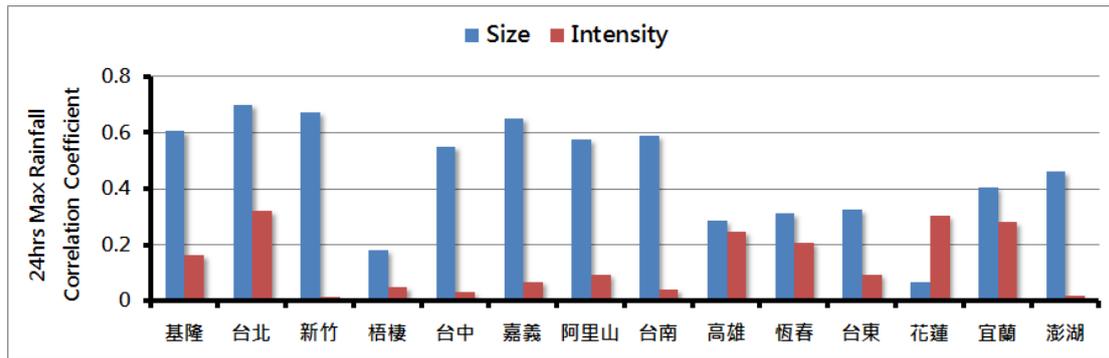


圖 13.第 2 類路徑 10 個颱風個案的颱風大小、強度跟 13 個測站的相關係數比較。(a) 24 小時最大降雨量，(b)最大平均風之相關係數比較。

(a)



(b)

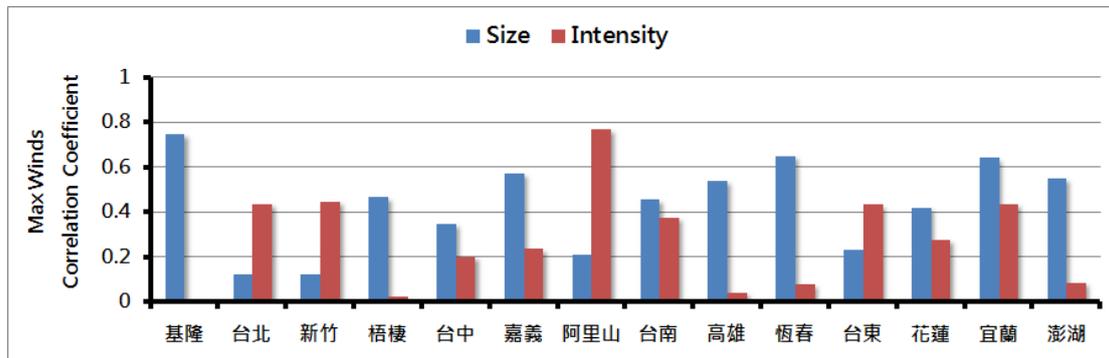


圖 14.第 3 類路徑 16 個颱風個案的颱風大小、強度跟 13 個測站的相關係數比較。(a)24 小時最大降雨量，(b)最大平均風之相關係數比較。

颱風名稱 (年份)	路徑分類	Strength(m/s)	Intensity(m/s)	Size(R34)(km)
蘇迪勒颱風 (2015)	3	29.8	52.5	429
梅姬颱風 (2016)	3	29.2	57.5	409
杜鵑颱風 (2015)	2	24.7	62.5	318
尼伯特颱風 (2016)	4	19.2	65.0	222

表 1 2015-2016 年 4 個侵台颱風侵襲台灣前之壯度、大小、強度表

颱風名稱 (年份)	A	B	C	D	E
蘇迪勒颱風 (2015)	33.7	109.4	158.5	191.6	7.9
梅姬颱風 (2016)	30.2	98.7	139.9	176.6	6.3
杜鵑颱風 (2015)	26.1	97.6	133.2	155.4	5.3
尼伯特颱風 (2016)	24.4	64.6	82.6	105.1	3.3
颱風名稱 (年份)	F	G	H	I	J
蘇迪勒颱風 (2015)	2.4	227.3	17.0	36.8	7.9
梅姬颱風 (2016)	2.1	196.4	16.2	36.1	7.2
杜鵑颱風 (2015)	2.4	170.3	15.2	32.4	5.6
尼伯特颱風 (2016)	1.3	124.9	11.5	25.8	4.1

表 2 2015-2016 年 4 個侵台颱風造成之 10 項風雨指標數值。A.最大時雨量、B.最大 6 小時累積雨量、C.最大 12 小時累積雨量、D.最大 24 小時累積雨量、E.時雨量 ≥ 10 mm 的小時數、F.警報期間平均時雨量、G.總雨量、H.最大平均風速、I.最大瞬間風速以及 J.平均風速 ≥ 10 m/s 的小時數。

颱風名稱 (年份)	路徑分類	Intensity(m/s)	Size(R34)(km)
諾瑞斯颱風 (1980)	2	45.0	218
楊希颱風 (1990)	2	45.0	315
賀伯颱風 (1996)	2	65.0	426
碧利斯颱風 (2006)	2	22.5	432
柯羅莎颱風 (2007)	2	62.5	422
辛樂克颱風 (2008)	2	50.0	265
薔蜜颱風 (2008)	2	57.5	247
蘇拉颱風 (2012)	2	42.5	326
蘇力颱風 (2013)	2	42.5	243
杜鵑颱風 (2015)	2	62.5	318
艾貝颱風 (1986)	3	47.5	335
黛特颱風 (1990)	3	35.0	359
歐馬颱風 (1992)	3	30.0	245
提姆颱風 (1994)	3	62.5	272
安珀颱風 (1997)	3	47.5	281
碧利斯颱風 (2000)	3	70.0	278
海棠颱風 (2005)	3	62.5	402
泰利颱風 (2005)	3	57.5	301
龍王颱風 (2005)	3	60.0	221
聖帕颱風 (2007)	3	57.5	253
鳳凰颱風 (2008)	3	47.5	308
莫拉克颱風 (2009)	3	40.0	427
凡那比颱風 (2010)	3	52.5	246
麥德姆颱風 (2014)	3	42.5	267
蘇迪勒颱風 (2015)	3	52.5	429
梅姬颱風 (2016)	3	57.5	409
安迪颱風 (1982)	4	60.0	438
黛特颱風 (1982)	4	30.0	154
厄伯特颱風 (2016)	4	65.0	222
道格颱風 (1994)	6	62.5	327
納坦颱風 (2004)	6	45.0	200
葛樂禮颱風 (1996)	7	45.0	208

表 3 1980-2016 年西北太平洋颱風個案之強度與大小表。

颱風名稱 (年份)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
諾瑞斯颱風 (1980)	22.2	66.2	98.7	124	3.8	1.8	129	14.7	25.3	4.5
楊希颱風 (1990)	32.6	100	139	180	6.6	2.4	234	13.5	30.9	6.6
賀伯颱風 (1996)	38.7	146	228	315	10.6	3.8	367	16.1	36	7.8
碧利斯颱風 (2006)	25.8	74.6	109	146	7.1	2.3	216	11.4	25.2	6.2
柯羅莎颱風 (2007)	28.1	105	156	213	8.3	2.6	249	14.8	34.7	7.4
辛樂克颱風 (2008)	33.1	112	168	242	14.9	3	431	12.5	28	7.4
薈蜜颱風 (2008)	32.2	108	165	219	10.3	3.1	264	14.6	31.8	5.6
蘇拉颱風 (2012)	32.1	124	194	250	10.2	2.8	333	12.2	22.5	5.7
蘇力颱風 (2013)	24	86.5	126	155	4.9	2.1	153	13.5	30	3.3
杜鵑颱風 (2015)	26.1	97.6	133	155	5.3	2.4	170	15.2	32.4	5.6
艾貝颱風 (1986)	23.5	83.7	121	170	7.5	2	235	17.1	34.1	13.2
黛特颱風 (1990)	22.4	62.9	87.1	115	3.6	2	145	13.5	28.6	6.5
歐馬颱風 (1992)	20.4	66.6	88.9	113	3.1	1.7	123	12.7	26.5	4.9
提姆颱風 (1994)	21.6	59.4	83	110	3.5	1.8	128	15.6	33.4	9.6
安珀颱風 (1997)	22.6	61	85.4	112	3.6	1.7	122	13.4	30.6	4.2
碧利斯颱風 (2000)	24.3	74.2	101	139	5.7	2.3	168	15.7	33.4	4.6
海棠颱風 (2005)	39.6	119	181	271	14.9	3.5	421	15.6	31.2	8.7
泰利颱風 (2005)	33.2	109	160	201	7.4	2.9	212	16.6	35.2	5
龍王颱風 (2005)	18.4	50.2	61.4	66.7	2.1	0.7	71	13.8	27.8	3.7
聖帕颱風 (2007)	26.9	77.7	111	148	6.5	2.2	213	13.6	29	5.9
鳳凰颱風 (2008)	28.2	80	118	161	6.4	2.1	197	13.3	27.9	7
莫拉克颱風 (2009)	41.2	138	214	342	18.2	4.1	587	16.1	33.6	10.4
凡那比颱風 (2010)	24.2	77.5	108	137	5	1.6	151	14.8	31.7	5.1
麥德姆颱風 (2014)	27.5	82.9	118	162	5.7	2.5	179	12.1	26.6	3.2
蘇迪勒颱風 (2015)	33.7	109	159	192	7.9	2.4	227	17	36.8	7.9
梅姬颱風 (2016)	30.2	98.7	140	177	6.3	2.1	196	16.2	36.1	7.2
安迪颱風 (1982)	33.2	78.8	115	170	6.8	2	235	18.9	34.7	11
黛特颱風 (1982)	15.9	45.7	56.5	66.8	2	1	73.3	12.3	22.2	3.5
厄伯特颱風 (2016)	24.4	64.6	82.6	105	3.3	1.3	125	11.5	25.8	4.1
道格颱風 (1994)	23.2	80.3	115	168	7.9	2.3	234	15.6	32.7	7.3
納坦颱風 (2004)	17.1	53.7	68.5	78.3	2.6	0.8	25.3	14	28.9	7.2
葛樂體颱風 (1996)	17.1	41.7	61.8	89.3	3.6	1.4	134	13.2	27	5.6

表 4 1980-2016 年 32 個侵台颱風造成之 10 項風雨指標數值。A.最大時雨量、B.最大 6 小時累積雨量、C.最大 12 小時累積雨量、D.最大 24 小時累積雨量、E.時雨量 ≥ 10 mm 的小時數、F.警報期間平均時雨量、G.總雨量、H.最大平均風速、I.最大瞬間風速以及 J.平均風速 ≥ 10 m/s 的小時數。