

颱風風力預警研究

林冠伶 陳淡容 王潔如 朱容練 于宜強 黃柏誠
國家災害防救科技中心氣象組

摘要

本研究分析過去歷史侵臺颱風路徑與最大風速觀測資料，並嘗試以數值模式進行歷史颱風模擬，希望了解模式模擬颱風風速之可用性，評估以此提供風力災害風險資訊於颱風應變期間使用之可行性。分析結果顯示，1993至2018年颱風侵臺期間之最大風速資料，以路徑2與路徑3造成台灣地區的平均風力最大，也是主要風災高致災風險的路徑。颱風侵臺期間超過7級風力之測站以外島蘭嶼、彭佳嶼與東吉島機率最高，其次為東北角的鼻頭角與三貂角。10級風則以蘭嶼最多，其次為彭佳嶼及鼻頭角。颱風模擬部分，利用Nguyen and Chen (2011,2014)颱風初始化模式為工具，進行歷史颱風風場資料重建，以路徑3之2015年蘇迪勒颱風為例，與觀測風速進行比較分析發現，雖然在模擬颱風登陸前於東部沿岸以及登陸時，北部沿海的風速模擬有高估的現象，但是整體而言，模式能有效模擬強風分布，對於風速的變化趨勢，也有一定程度的掌握能力。

關鍵字：颱風、風速、颱風初始化

一、前言

近年來颱風防災技術多是針對雨量、防洪、淹水進行技術開發，加上觀測雨量站的增密與防災降雨雷達的興建，在硬體與軟體上皆加強了降雨及淹水預警的能力。但除了雨量以外，近年來颱風帶來的風力災害亦對臺灣造成巨大經濟損失，以2015年蘇迪勒颱風為例，共有8台風力發電機毀損，全臺約有450萬戶停電，突破1996年賀伯颱風279萬戶的紀錄，其中以彰化地區65萬戶最多，臺北市路樹損壞約7000餘棵(張等，2015)。對於風力的研究的部分，由於風力觀測站並不如雨量站廣設，且受限於臺灣地區地形複雜，模式中難以解析局部風力資訊，是過去研究中較少討論的項目，但在防災務實上確實有了解颱風風力預警的需求。因此，本研究由歷史颱風出發，進行風力統計，期望了解那些類型的颱風對於臺灣地區的影響最為劇烈。並以模式為工具，了解颱風期間風力模擬的能力，以展望未來風力預警發展。

二、文獻回顧

回顧國內風力研究，曾與共(2015)以中央氣象局系集模式風定暈降水技術架構，發展了系集模式風速預報技術(Ensemble model based Typhoon Wind Speed Forecast, ETWind)，以給定之颱風路徑進行模式資料篩選與排序，將系集模擬結果結合為一筆風速預報資料，統計結果顯示以第十百分位數的預報結果較為接近實際觀測風速，颱風越強模式越容易高估平均風速，在極端風速上此方法會有低估的情形。蔡等(2016)以臺灣定暈降水系集預報實驗20組系集模式，透過即時校驗進行最佳化系集平均之實驗，結果顯示以預報第1-6小時之預報能力挑選前4-6名成員(25%)，能夠改進模

式預報之風速；在陣風部分，以基因遺傳演算法推估逐時最大陣風的均方根誤差較小。

近年來由於離岸風機建置需求殷切，推動了臺灣離岸地區風場研究的進程，黃等(2018)將1949-2019年氣象局於颱風警報期間發布之手繪風速圖網格化，以推估50年重現期之風速極值，合成為10米高風速與100米高風速(為風機輪轂高度)，推估結果顯示章濱外海的風速極值為 50ms^{-1} 以上，其他地區則為 40ms^{-1} 以上。黃等(2019)以WRF與MM5模式模擬歷史54個颱風資料，進行重現其為50年之極限風速推估，其結果顯示中部章濱外海地區的風電潛力區為 $50-60\text{ms}^{-1}$ 間，比北部與南部區域的 $45-55\text{ms}^{-1}$ 要高，這是由於臺灣海峽狹管效應所造成風場加速的現象，上述研究可提供離岸風機選址風場評估資訊。

三、歷史侵台颱風風力分析

統計1993-2018年歷史侵臺颱風之風場觀測資料與颱風路徑分類，觀測資料為中央氣象局測站風速與JTWC最佳颱風路徑資料(JTWC, 2018)。JTWC最佳路徑資料的時間解析度為每6小時一筆，但由於測站風速資料為每小時一筆，為了後續計算作業方便，本研究將JTWC資料的位置(經度、緯度)資料線性內插為每小時一筆資料，共統計147場颱風，以中央氣象局颱風強度分類，其中輕度颱風40場，中度颱風97場，強烈颱風10場，路徑密度分布如圖1。統計單場颱風最大風速之發生測站的位置，以蘭嶼測站為最多，147場颱風中共有53次的最大風速值發生於該站，其次為彭佳嶼站，共發生28次，第三為鼻頭角站，發生19次。依中央氣象局颱風路徑分類，統計不同路徑造成之觀測風場極值，以第3類通過臺

灣中部向西或西北前進者最高，共有17個颱風，最大風速為 55.3ms^{-1} ，其次為第2類：通過臺灣北部向西或西北前進者，共有11個颱風，最大風速為 48.0ms^{-1} ，為近年造成侵臺颱風風力較顯著的路徑(圖2)。颱風侵臺期間超過7級風力之測站以外島蘭嶼、彭佳嶼與東吉島機率最高，其次為東北角的鼻頭角與三貂角。10級風則以蘭嶼最多，其次為彭佳嶼及鼻頭角。經由上述統計結果，我們選定第3類路徑颱風為實驗目標，進行歷史颱風模擬。

四、歷史颱風模擬與分析

為了瞭解模式模擬之風場特徵，本文選用Nguyen and Chen(2011,2014)開發之颱風初始化模式作為歷史颱風模擬工具。此模式特點為針對初始時間的颱風以增強暖心結構的方式，進行風速強度調整，經初始化調整後，對於後續模擬的強度、路徑、雨量皆能有效改善。前人研究顯示此模式可呈現颱風其期間不對稱與雨帶真實特徵(Chen et al.,2014)，使模擬結果更貼近實際觀測。

颱風初始化模式以Weather Research Forecasting(WRF) model Advanced version (ARW) v3.3.1模式為基礎，兩層巢狀網格，解析度為18公里與6公里，預報時間為72小時，初始條件與邊界條件使用ECMWF ERA5再分析場資料(C3S,2017)，資料解析度為 0.25° ，垂直共38層。由於颱風初始化模式需要使用颱風觀測資料提供颱風位置與強度資訊，使用JTWC最佳路徑資料為颱風調整目標值，颱風模擬時間為海上颱風警報期間，每間格6小時進行一場颱風模擬，每場颱風在進行風速調整後進行72小時預報，以2015年蘇迪勒颱風為例，共進行10場模擬(圖3)，每一觀測時間點都有1~10筆模擬資料(第1-6小時有1筆資料，第7-12小時有2筆資料，以此類推)。

Lin et al.(2020)為了針對不同颱風類型對於農作物災害種類進行分析，建立統計模型，將颱風分類為風災型颱風(wind type)及降雨型颱風(rain type)兩類，本研究我們利用該方法，挑選風災型颱風中的2015年蘇迪勒、2016年梅姬，與降雨型颱風的2009年莫拉克颱風，進行歷史颱風模擬與分析。

由於同一個預報時間會有多組預報模擬資料，本研究依據各模擬結果的距離和氣壓誤差進行颱風路徑拼接測試實驗。將同一時間的模擬結果之距離誤差與氣壓誤差標準化，針對相同預報時間，以不同權重進行系集成員排序，挑選出誤差值最小的系集成員，以進行後續風場資訊製作。為了同時考慮距離誤差與氣壓誤差，將權重比例設定為：1.0:0.0、0.9:0.1、0.8:0.2，共三種合成方法(圖4)。比較GFS 0.25° 再分析場與模式模擬的10米高風速場(圖5)，在颱風登陸前(20150807 18:00UTC)，在東部地區會有模擬風速明顯偏大，颱風登陸中(20150808 00:00UTC)北部、東部有風速高估，颱風登陸後6小時出海時(20150808 06:00 UTC)以颱風位置所

在之西半部地區有風速高估，也就是模式模擬的颱風整體風場皆高於實際觀測值。為了與測站風速比較，進行颱風風場資料網格化，模式的三種合成方法在最大風速會有明顯高估的特徵，而三種拼接方式之測站最大風速分布沒有明顯差異，模式能有效模擬出強風分布(東北角、澎湖)，但模式風場最大風速發生於登陸北側，與實際觀測有差異。將各站颱風警報期間的時序(每小時)與模擬值相比(圖6)，表現較佳的測站相關係數最高可達0.92，全台測站中，以東部與南投相關性明顯較低，苗栗、雲林、嘉義相關性稍低，臺南內陸地區相關性亦稍差，其中東部與苗栗地區風力相關係數偏低的特徵可能與測站位於地形阻擋背風區或有關。三種不同權重的拼接測試中，以距離：氣壓為0.8:0.2的相關性最高(表1)。

為了要瞭解此種方法是否也適用於降雨型颱風與其他風災型颱風，本研究以2009年莫拉克(降雨型)與2016年梅姬(風災型)颱風進行個案模擬。莫拉克颱風為降雨型颱風，其最大風速偏小，警報期間風速時序以三種權重方法統計的相關係數平均值為0.55-0.59，以距離：氣壓為0.8:0.2的相關性最高，各站風速時序相關係數在北部、東北部、東部地區偏低(表1、圖6)，上述地區於颱風登陸後模式有風速預報過大的現象。2016年梅姬颱風所模擬的最大風速則是以外島風力偏大，北部沿海於颱風警報期間的風速時序相關係數平均值為0.74，而東部與內陸地區的風力與實測值的相關係數仍相對較差。

五、結語

本文分析過去歷史侵臺颱風路徑與最大風速觀測資料，並選取路徑分類3之歷史颱風，以颱風初始化模式進行颱風模擬。為了解不同路徑拼接方法對於風場合成的影響，以三種不同距離與氣壓權重進行測試，結果顯示距離：氣壓以0.8:0.2所得之風場與觀測值間的相關係數較高。比較降雨型颱風與風災型颱風發現，風災型颱風的風場時序與觀測的相關性較高，但需注意此方法在東部與平地內陸地區的相關係數在3個個案中皆有偏低的情形。未來將持續進行不同路徑分類歷史颱風之觀測與模擬風場評估，以供風力預警使用。

參考文獻

- 張志新、王俞婷、傅建旋、林又青、張駿輝、劉哲欣、呂喬茵、吳啟瑞、蘇元風，2015年蘇迪勒颱風災害調查彙整報告，2015：國家災害防救科技中心，48頁。
- 曾千祐、洪景山，2015：系集模式颱風風速預報之技術發展，104年天氣分析與預報討論會。

黃冠鈞、鄧仁星、陳建蒲、朱熾儒，2018:臺灣網格化極限風速推估，107年天氣分析與預報討論會。

黃冠鈞、鄧仁星、陳建蒲、朱熾儒，2019:臺灣離岸風電區域極限風速推估，108年天氣分析與預報討論會。

蔡金成、王潔如、蕭玲鳳、李滄勝，2016:系集多模式系統之風速預報評估與陣風推估，105年天氣分析與預報討論會。

Copernicus Climate Change Service (C3S) ,2017: ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate . Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), Available at : <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home> [Accessed 1st July 2020].

Chen, Chih-Ying, Yi-Leng Chen, and Hiep Van Nguyen, 2014: The Spin-up Process of a Cyclone Vortex in a Tropical Cyclone Initialization Scheme and Its Impact on the Initial TC Structure. *SOLA*, **10**, 93-97.

Joint Typhoon Warning Center(JTWC), 2018: Tropical Cyclone Best Track Data Site. [Available online from <https://www.metoc.navy.mil/jtwc/jtwc.html?western-pacific>]

Lin, Y., W. Wang, C. Lai, and Y. Lin, 2020: Typhoon Type Index: A New Index for Understanding the Rain or Wind Characteristics of Typhoons and Its Application to Agricultural Losses and Crop Vulnerability. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **59**, 973–989, <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-19-0208.1>.

Nguyen, Hiep Van and Yi-Leng Chen, 2011: High-Resolution Initialization and Simulations of Typhoon Morakot (2009). *Mon. Wea. Rev.*, **139**, 1463–1491.

Nguyen, Hiep Van and Yi-Leng Chen, 2014: Improvements to a Tropical Cyclone Initialization Scheme and Impacts on Forecasts. *Mon. Wea. Rev.*, **142**, 4340–4356.

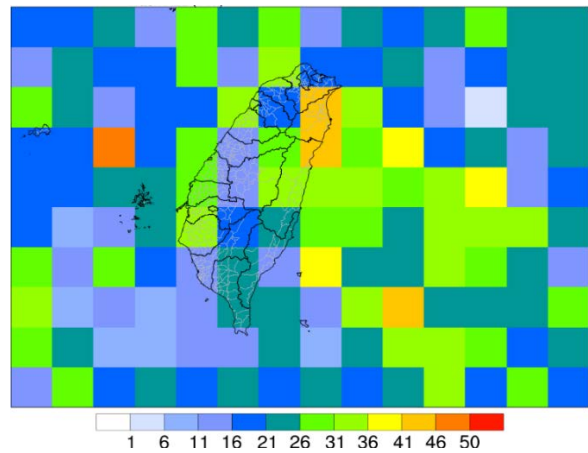


圖 1、1993-2018 年歷史侵臺颱風路徑密度圖

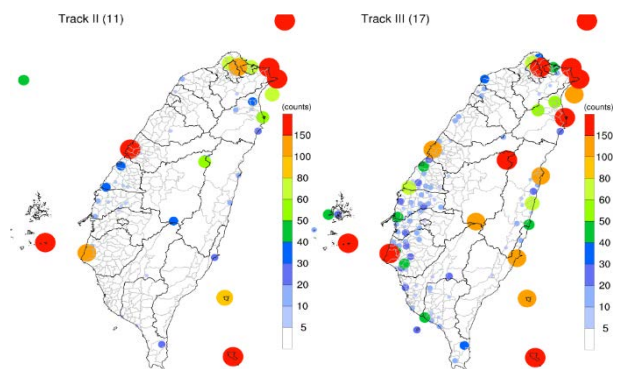


圖 2、1993-2018 年颱風第 2 類與第 3 類路徑歷史觀測最大平均風速值，左圖為第 2 類路徑，右圖為第 3 類路徑

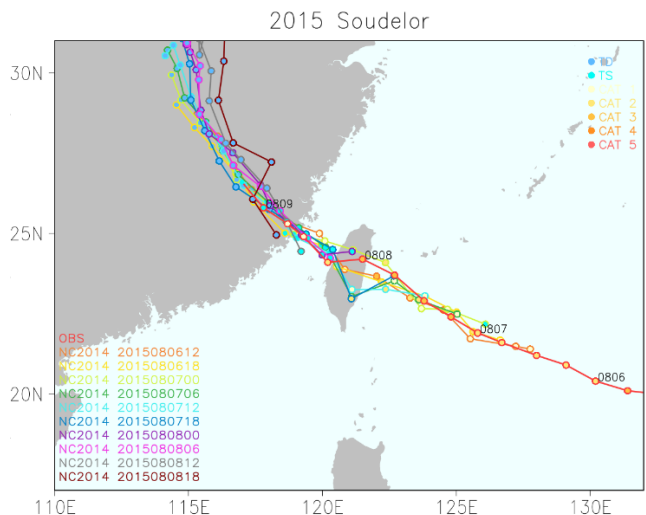


圖 3、使用颱風初始化模式進行 2015 年蘇迪勒颱風模擬，模擬與觀測颱風路徑

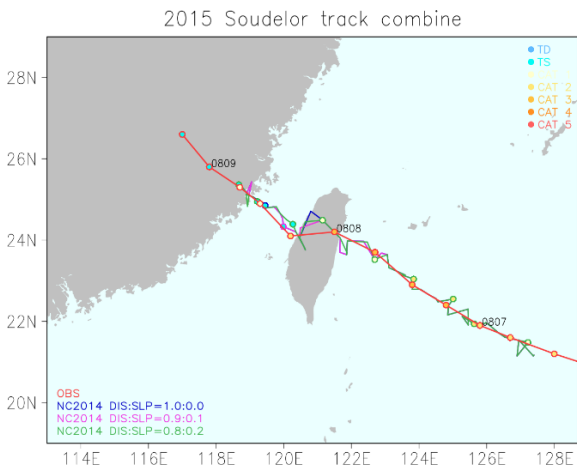


圖4、以不同權重進行颱風風場合成之2015年蘇迪勒颱風路徑

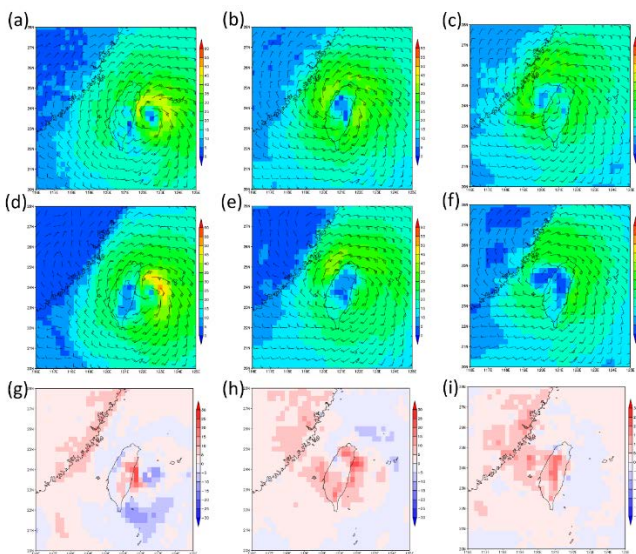


圖5、(a)(b)(c)為GFS 0.25度再分析場，(d)(e)(f)為颱風初始化模擬結果，(g)(h)(i)為颱風去初始化模擬減去GFS 0.25度再分析場，(a)(d)(g)時間為颱風登陸前20150807 18:00 UTC，(b)(e)(h)時間為颱風登陸中20150808 00:00 UTC，(c)(f)(i)為颱風登陸後6小時出海20150808 06:00 UTC

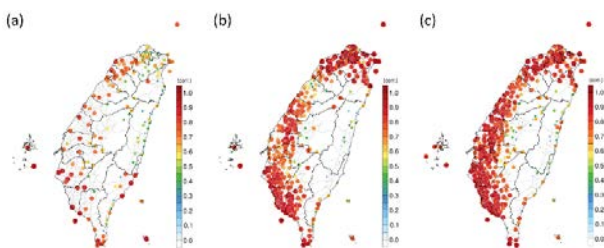


圖6、模式與觀測風場颱風警報期間風場時序相關係數，時間為颱風警報期間，颱風拼接方法選取距離與氣壓權重比0.8:0.2 (a)2009年莫拉克颱風 (b)2015年蘇迪勒颱風 (c)2016年梅姬颱風

表1、各測站10米高風場觀測與模擬風場時序相關係數，統計時間為颱風警報期間

測站代碼	測站名稱	2009莫拉克			2015蘇迪勒			2016梅姬		
		距離:氣壓	距離:氣壓	距離:氣壓	距離:氣壓	距離:氣壓	距離:氣壓	距離:氣壓	距離:氣壓	
		0.8:0.2	0.9:0.1	1.0:0.0	0.8:0.2	0.9:0.1	1.0:0.0	0.8:0.2	0.9:0.1	1.0:0.0
466880	板橋	0.65	0.68	0.61	0.57	0.57	0.55	0.68	0.67	0.65
466900	淡水	0.28	0.28	0.28	0.91	0.91	0.91	0.82	0.83	0.83
466910	鞍部	0.11	0.08	0.04	0.79	0.79	0.78	0.72	0.73	0.73
466920	臺北	0.61	0.6	0.55	0.92	0.92	0.88	0.89	0.89	0.89
466930	竹子湖	0.42	0.38	0.33	0.62	0.61	0.55	0.67	0.65	0.65
466940	基隆	0.45	0.4	0.35	0.89	0.89	0.82	0.9	0.9	0.9
466950	彭佳嶼	0.77	0.79	0.78	0.91	0.91	0.9	0.87	0.87	0.87
466990	花蓮	0.47	0.46	0.43	0.52	0.48	0.51	0.71	0.71	0.7
467050	新屋	-	-	-	0.9	0.91	0.89	0.94	0.93	0.94
467060	蘇澳	0.51	0.39	0.35	0.9	0.9	0.7	0.84	0.84	0.84
467080	宜蘭	0.56	0.5	0.45	0.88	0.88	0.83	0.9	0.9	0.9
467110	金門	0.55	0.56	0.59	0.52	0.51	0.53	0.39	0.4	0.41
467300	東吉島	0.9	0.9	0.88	0.92	0.91	0.91	0.88	0.88	0.89
467350	澎湖	0.82	0.83	0.83	0.82	0.83	0.85	0.73	0.72	0.68
467410	臺南	0.85	0.85	0.85	0.9	0.89	0.91	0.95	0.95	0.96
467420	永康	0.85	0.85	0.85	0.89	0.88	0.91	0.95	0.95	0.95
467440	高雄	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.9	0.91	0.92	0.92
467480	嘉義	0.74	0.72	0.73	0.77	0.78	0.81	0.9	0.9	0.88
467490	臺中	0.74	0.72	0.7	0.79	0.78	0.73	0.86	0.85	0.85
467530	阿里山	0.64	0.57	0.59	0.78	0.75	0.81	0.65	0.66	0.64
467540	大武	0.58	0.59	0.58	0.75	0.75	0.77	0.83	0.82	0.8
467550	玉山	0.31	0.35	0.34	0.63	0.61	0.68	0.53	0.54	0.55
467571	新竹	0.74	0.71	0.64	0.76	0.76	0.8	0.85	0.83	0.83
467590	恆春	0.87	0.88	0.89	0.89	0.89	0.9	0.89	0.9	0.89
467610	成功	0.8	0.76	0.76	0.19	0.18	0.21	0.34	0.29	0.36
467620	蘭嶼	0.89	0.88	0.88	0.75	0.75	0.78	0.71	0.71	0.69
467650	日月潭	0.58	0.52	0.54	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.66
467660	臺東	0.89	0.91	0.91	0.62	0.63	0.66	0.65	0.66	0.68
467770	梧棲	0.79	0.75	0.72	0.84	0.83	0.8	0.88	0.88	0.89
467780	七股	0.9	0.91	0.89	0.91	0.9	0.92	-	-	-
467990	馬祖	0.43	0.41	0.36	0.63	0.66	0.72	0.83	0.8	0.8