

颱風風力預警技術研發與應用

陳淡容 于宜強 黃麗容 林冠伶 王潔如

國家災害防救科技中心

摘要

颱風影響期間，強風豪雨是致災的主因。在過去防災科技的研發中，定量降雨預警技術已是較成熟的防災科技在實務中也被廣泛應用。近年，綠能的積極開發的需求中，強風所導致的災害衝擊似乎又開始被重視。為了提升風力定量預警能力。本研究中，利用歷史颱風風力資料開發可以評估風災風險的展示系統，同時利用現行天氣預報的模式與系集預報系統，透過統計方式合成最佳化風力，大幅改善風力定量的預警能力。

關鍵字 颱風 風力預警

一、前言

台灣位於西北太平洋颱風經常行經的海域，每年平均都會有 3-4 個颱風影響台灣，每次影響台灣地區時，強風豪雨都會為台灣帶來明顯的災情。台灣是一個地形複雜的島嶼，高山約佔全島總面積的 47%。每當颱風登陸時，颱風受地形影響風雨結構變化快速，使得風雨預報不確定性變得非常大。過去的防災研究多以降雨災害為主題，颱風風力預警的研發相對是比較少。

過去研究中，風力預報多以風能估算為目標。在風力預報的方法可以分為物理模式、統計模式與混合法等三類（Chang 2014, Holland 1980, Kadhem 2017, Li et al. 2011, Liu et al. 2012, Nicksson 2017, Wijnands 2016）。物理模式是利用數值預報模式進行三維物理量的計算，透過觀測資料、流體力學理論、氣象動力與物理參數過程，可以進行風力變化的模擬。統計模式

的研發，除了過去以統計回歸方式開發預測模式外，近年也多採用人工智慧（AI）方法進行風力預估，這些都必須透過使用歷史資料進行風力預測系統的開發(Wei et al. 2018)。混合法則是利用數值預報的結果作為基礎資料，利用統計方法進行模式最佳化的估算，透過強化滿足使用需求來提高預報資料的可用性與價值。

林等人(2020)研究的是以颱風決定性預報為基礎，利用颱風路徑與強度開發混合法的最佳化風力預警技術。本研究利用今年(2021)影響台灣的烟花颱風為個案，進行颱風決定預報模式、系集預報、歷史颱風風力預警系統及最佳化風力預警方法的校驗與比較。

二、颱風風力預警方法介紹

國家災害防救科技中心針對颱風災害應變作業的需求，自 2020 年開始著手研發颱風風力預警技術。風力預

警的方法有三，(1)為利用數值預報模式進行颱風風力的預報；(2)利用歷史颱風風力資料透過最佳化路徑進行推估；(3)利用數值預報模式的即時風力預報資料透過最佳化路徑進行最佳化推估。在數值預報模式的研發，2019年起落實颱風中心系集架構進行優化，於2021年重新改版，現擁有19個系集成員，每日穩定進行19x4次的模擬。另外，過去與夏威夷大學合作引進NC2014颱風初始化模組，當颱風生成後，每日可進行4次的颱風預報。歷史颱風風力資料在風力預警的應用，是利用1993年至2019年總計156場侵臺颱風的測站風力資料做為基礎的資料庫，利用颱風位置進行風力選取與分析，可在應變期間快速提供風力風險分析的資訊。2020年著手利用混合法進行風力預警系統的開發，嘗試用數值預報模式當作基礎資料，利用統計方式進行最佳化技術開發(林等人，2020)。

三、烟花颱風(2021)個案測試

烟花颱風是2021年第二個發布警報的颱風，7月21日發布警報後移速減緩，轉向西北逐漸接近台灣東北部海域，直到24日中午解除海警，最接近台灣的階段是23日11時至24日11時的24小時(颱風歷程圖如圖1)。根據過去風力災害的分析，主要災害發生都以最大陣風過大為主要致災的原因。風力預警分析則以颱風最接近台灣陸地的24小時為主要分析的階段，評估預警系統中所出現的最大風力與

各測站最大風力出現的時間的表現。

颱風應變期間作業化的模式包含系集預報模式與颱風決定性預報模式，由於烟花颱風警報發布的初期，所有數值預報的颱風路徑都呈現非常接近台灣東北部後轉北，因此在系集預報與決定性預報的最大風力明顯偏大(如圖2f)。倘若使用最佳路徑選取歷史颱風的最大風力則與觀測的趨勢相似，僅台灣中部梧棲、台南沿海及澎湖離島部分測站風力偏大(圖2d)。由上述結果可知，影響颱風風力預報最大的因素為颱風的路徑，因此利用歷史颱風的觀測風力資料透過颱風位置所選取的風力預警資訊，可以有效掌握風力的趨勢與規模。

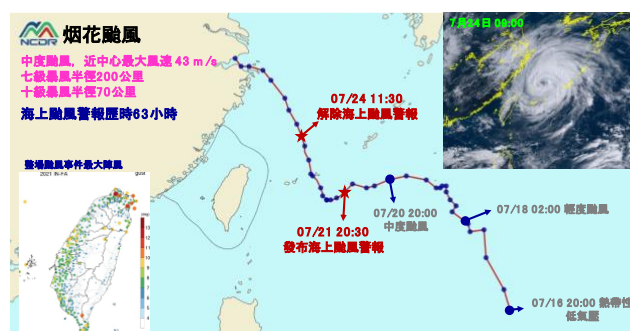


圖 1. 烟花颱風歷程與出現最大陣風

利用林等(2020)風力預警技術的方法，倘若氣象局可以提供準確的路徑與強度的預報資訊，利用颱風中心位置與氣壓的資訊去選取作業的數值預報資料，進行風力最佳化修正。作業化模式中颱風決定性預報模式有針對颱風的強度與環流進行初始化修正，系集預報系統則沒有，因此在此則將此二組預報分別進行最佳化合成及比對。最佳化的方式採取與林等(2020)相同的方法，即是位置與強度不同權

重方式進行合成，合成的權重使用與前述研究相同的權重比率（位置：氣壓） $= (1.0 : 0.0)$ 、 $(0.9 : 0.1)$ 、 $(0.8 : 0.2)$ 三組。颱風接近階段最大風力的比較如圖 3，此方法均可以呈現最大風出現的區域，分別為台灣北部地區與恆春半島，其次為台灣的中部地區。在此利用平均誤差、絕對誤差、RMSE、空間的相關係數及平均誤差百分比、最大風力出現平均誤差時間，量化評估最佳化結果。利用系集預報平均最大風力的均方根誤差為 23.94；空間的相關係數為-0.1，利用決定性預報(NC2014)合成的最大風力平均均方根誤差為 5.03(4.70、5.18、5.23)；空間的相關係數平均為 0.29(0.40、0.24、0.24)，系集預報成員合成的最大風力平均均方根誤差為 4.59(4.47、4.67、4.64)；空間的相關係數平均為 0.54(0.49、0.57、0.56)。個別誤差校驗方法比較如表 1，分析其結果可以發現，直接使用系集平均的結果無法排除系集系統性誤差，如同烟花颱風系集存在系統性誤差過大時，其結果無法利用系集方式有效過得修正。倘若氣象局或是其他作業單位可以利用最佳化的預報路徑與強度時，透過最佳化方式可以大幅修正風力預警結果。系集預報擁有 19 組成員，決定性預報則為 1 組，最佳化的方式較適合系集多成員的預報結果，利用位置與強度同時權重可以得到較好的預報結果。決定性預報由於成員過少，僅使用位置修正即可以獲得較好的結果，考慮強度反而獲得較差的結果。

表 1. 颱風決定性預報(NC2014)與系集預報最佳化最大風力誤差比較

NC2014	0.8-0.2		0.9-0.1		1.0-0.0	
	平均	最大	平均	最大	平均	最大
平均誤差	5.33	-0.16	4.84	-0.25	3.82	-0.54
MAE	5.44	4.06	4.95	4.01	4.09	3.63
RMSE	6.26	5.23	5.74	5.18	4.93	4.70
相關係數	0.39	0.24	0.42	0.24	0.43	0.40
EWM	1.18	0.32	1.07	0.32	0.88	0.29
ETM	8.53	8.23	8.85	8.60	9.49	9.30
Ensemble	0.8-0.2		0.9-0.1		1.0-0.0	
	平均	最大	平均	最大	平均	最大
平均誤差	2.62	-2.41	2.75	-2.46	2.64	-1.17
MAE	3.03	3.72	3.12	3.74	3.07	3.45
RMSE	3.78	4.64	3.86	4.67	3.85	4.47
相關係數	0.53	0.56	0.53	0.57	0.53	0.49
EWM	0.66	0.29	0.68	0.30	0.67	0.27
ETM	7.29	7.29	7.01	7.02	9.56	9.51

四、結語

颱風應變期間，細緻風力估計是強化災害管理重要的資訊，尤其是地方政府要考慮停班課與防災物資機具調度。現行風力預報多仰賴數值預報包含決定性預報模式或系集預報系統。在不同的颱風個案的預報結果中，都會存在的明顯的不確定因素，不論事利用颱風初始化或者是多模式系集平均方式，當系統性誤差過大時，都不能利用物理方式有效修正預報結果，仍需期待透過預報作業方式獲得最佳化颱風的預報路徑。當獲得最佳化的預報路徑與強度，即可利用作業的數值預報結果，透過颱風位置與強度進行最佳化風力合成，獲得風災風險分析所需要的時間空間量化資訊。

參考文獻

林冠伶，陳淡容，王潔如，朱容練，于宜強，黃柏誠，2020: 颱風風力預警研究。110 年天氣分析與預報研討會，中央氣象局，台北市。

- Chang,W.Y. 2014: A Literature Review of Wind Forecasting Methods. *Journal of Power and Energy Engineering*, 2, 161-168.
- Holland, G.J. 1980: An analytical model of the wind and pressure profiles in hurricanes. *Mon. Weather Rev.* 108, 1212–1218.
- Kadhem, A.A.; Wahab, N.I.A.; Aris, I.; Jasni, J.; Abdalla, A.N. 2017: Advanced wind speed prediction model based on a combination of Weibull distribution and an artificial neural network. *Energies*, 10, 1744.
- Li, G.; Shi, J.; Zhou, J. 2011: Bayesian adaptive combination of short-term wind speed forecasts from neural network models. *Renew. Energy*, 36, 352–359.
- Liu, H.; Tian, H.; Li, Y. 2012: Comparison of two new ARIMA-ANN and ARIMA-Kalman hybrid methods for wind speed prediction. *Appl. Energy*, 98, 415–424.
- Nicksson C. A. de Freitas, 2017: "Wind Speed Forecasting: A Review." *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, vol. 8, no. 1, pp. 04-08.
- Wei, C.-C.; Peng, P.-C.; Tsai, C.-H.; Huang, C.-L. ,2018: Regional Forecasting of Wind Speeds during Typhoon Landfall in Taiwan: A Case Study of Westward-Moving Typhoons. *Atmosphere*, 9, 141. <https://doi.org/10.3390/atmos9040141>
- Wijnands, J.S.; Qian, G.; Kuleshov, Y. 2016: Spline-based modelling of near-surface wind speeds in tropical cyclones. *Appl. Math. Model.*, 40, 8685–8707.

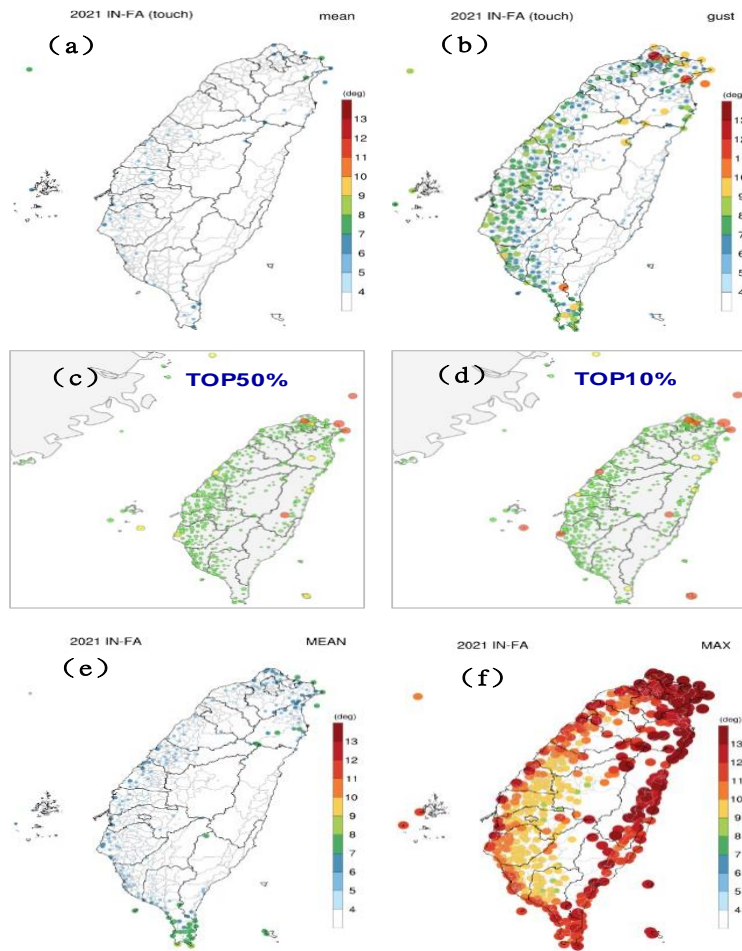


圖 2. 烟花颱風最接近台灣階段，平均風力與最大陣風比較。(a) 觀測平均風、(b) 最大風力(陣風)；(c) 歷史颱風前 50%平均風(視為平均風)、(d) 歷史颱風前 10%平均風力(視為陣風)；(e) 系集平均風、(f) 系集最大風力(陣風)。

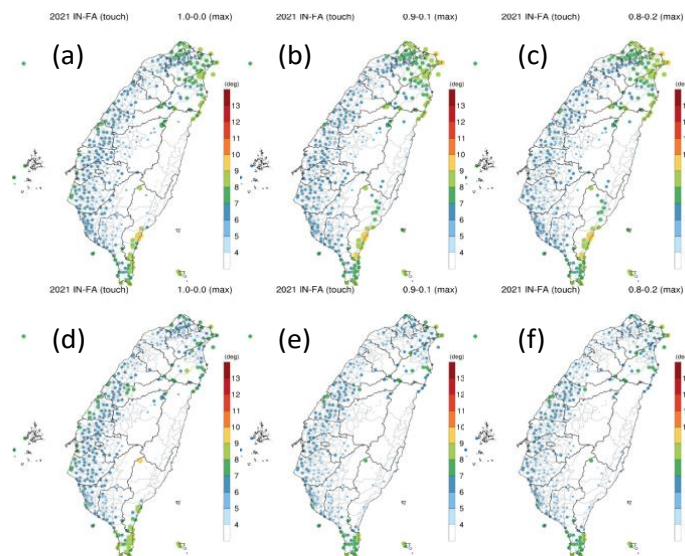


圖 3. 颱風決定性預報(NC2014)與系集預報最佳化最大風力比較，(a) NC2014 1.0:0.0、(b) NC2014 0.9:0.1、(c) NC2014 0.8:0.2；(d) 系集 1.0:0.0、(e) 系集 0.9:0.1、(f) 系集 0.8:0.2。

The development and application of typhoon's wind early warning technology

Dan-Rong Chen, Yi-Chiang Yu, Li-Rung Hwang, Kuan-Ling Lin, Jei-Ru Wang

National Science and Technology Center for Disaster Reduction

Abstract

During the typhoon affecting Taiwan, the strong wind and heavy rainfall are the main causes of disasters. The quantitative precipitation forecast, a technology is more mature and widely used in the past development of the early warning. In recent year, the impact of wind damage seems to be emphasized for the increase demands of green energy. In this study, for improving the ability of wind quantitative early warning, one the wind damage risk assessment display to be developed by the wind observation of station during history typhoon events. At the same time, one statistical method of optimize typhoon wind speed forecast to be researched using the weather forecast model and the ensemble forecast system. This results can improve the capability of wind quantitative wind speed forecast for the early warning for typhoon.

Keyword Typhoon, The early warning for wind damage