

利用 SHIPS 開發資料 改進颱風強度類比預報模式之研究

林碩彥 蔡孝忠
淡江大學水資源及環境工程學系
淡江大學水環境資訊研究中心

摘要

本研究嘗試改進颱風強度類比預報模式，採用 Tsai and Elsberry(2014)之颱風強度類比預報模式 (Weighted Analog Intensity Prediction ; WAIP)，配合 SHIPS 開發資料 (Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme Developmental Data)之垂直風切、颱風可能最大強度 (Maximum Potential Intensity)、海表面溫度 (Sea Surface Temperature)、海洋熱容量 (Ocean Heat Content)...等大氣及海洋環境因子，建立五天颱風強度預報模式，模式簡稱為 WAIPs，並探討加入 SHIPS 預報因子後的預報改進效果。

本研究以 2000-2007 之颱風個案資料之進行預報模式開發，透過逐步迴歸(Stepwise Regression)選取重要性較顯著之預報因子，預報校驗測試的部分則是採用 2008-2012 之颱風個案資料。校驗結果顯示，WAIPs 在加入 SHIPS 預報因子後，各預報時段皆較原始 WAIP 有較佳之表現。WAIPs 之 RMSE (Root Mean Square Error)於各預報時段可改進 WAIP、SHIPSa 及 SHIPSb 最高約可達 11%、12.5%及 15%。本研究亦特別分析 RI (Rapid Intensification)個案之強度預報改進程度。分析結果顯示，WAIPs 在各個區域的改進程度相當顯著，以 72 小時預報為例，改進最為明顯的區域為 140°E-150°E、北緯 10°N-20°N 之範圍，RMSE 可減少 9 kt。120 小時之預報校驗顯示，台灣附近海域之改進效果較為顯著，RMSE 約可減少 8.8 kt，南海海域之 RMSE 亦可減少 6.6 kt。

一、研究方法及資料

本研究嘗試改進 Tsai and Elsberry (2014) 之颱風強度類比預報模式 (Weighted Analog Intensity Prediction ; WAIP)，將大氣以及海洋等相關環境影響因子納入考慮，探討原始模式加入其他預報因子後的預報改進效果。

颱風強度相關之大氣及海洋環境因子採用 SHIPS 開發資料 (Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme Development Data ; DeMaria et al., 2005)，資料變數包含颱風中心經緯度、衛星紅外線亮度溫度 (brightness temperature)、垂直風切、氣溫、海表面溫度 (Sea Surface Temperature)、颱風可能最大強度 (Maximum Potential Intensity)、海洋熱容量 (Ocean Heat Content)...等因子，建立五天颱風強度預報迴歸模式，探討 WAIP 加入 SHIPS 預報因子之改進程度，模式簡稱為 WAIPs。此外，本研究亦測試僅使用 SHIPS 開發資料建立統計預報模式之預報技術，模式命名為 SHIPSa。另外再分析 SHIPSa 模式去除海洋熱容量相關預報因子後之颱風強度預報技術，此模式簡稱為 SHIPSb。本研究採用 2000-2007 年之資料為

模式訓練組，透過逐步迴歸 (Stepwise Regression)，篩選重要性較顯著之預報因子。

二、模式預報改進初步分析

逐步迴歸之分析結果顯示，垂直風切在 12-60 小時的選入次序較為優先，但 72-120 小時之重要性便逐漸降低。海洋熱容量則是在所有預報時段皆被納入迴歸模式，代表此變數對於颱風強度變化的重要性。

本研究另以 2008-2012 獨立個案資料之進行預報校驗測試。相較於原始 WAIP 模式而言，在加入 SHIPS 預報因子後，WAIPs 在各預報時段皆較 WAIP 有較佳之表現(表 1 及表 2)。以 60-120 小時為例，校驗資料 R^2 值之預報改進百分比約 19-39%。相較於 SHIPSa，WAIPs 在 60-120 小時之校驗資料 R^2 值改進可達 23-37%。相較於不包含海洋相關預報因子之 SHIPSb 模式，WAIPs 於 60-120 小時預報可改進 30-48%。若以 RMSE (Root Mean Square Error)而言，WAIPs 於各預報時段最高可分別改進 WAIP、SHIPSa 及 SHIPSb 達 11%、12.5%及 15%。WAIPs 各時段預報之 MAE (Mean Absolute Error)亦小於其他三種模式。

WAIPs 之 MAE 最高可較 WAIP 減少 12.5%。WAIPs 對 SHIPs_a 之改進則以 48 小時及 84 小時預報最為顯著，可改進至少 11%。WAIPs 之 RMSE 可分別優於 WAIP 及 SHIPs_a 模式約 11% 及 10%。WAIPs 之 RMSE 亦可優於 SHIPs_b 達 10% 以上，其中以 108 小時預報改進最為顯著，可改進約 17%。

當顯著。以 72 小時預報為例(圖 3)，改進最為顯著的區域為 140°E-150°E、10°N-20°N 之範圍，RMSE 可減少 9 kt。120 小時之 RI 案例預報改進校驗顯示(圖 4)，台灣附近海域之改進效果較為明顯，RMSE 平均可減少約 8.8 kt，南海海域之 RMSE 亦較原始模式減少 6.6 kt。

三、模式改進效果及 RI 個案之區域分析

WAIPs 於各個地理位置之改進分析結果如圖 1 及圖 2。72 小時預報 RMSE 於 140°E-150°E、10°N-20°N 之範圍可減少 10.2 kt，於台灣附近海域亦可減少約 3.5 kt。在 120 小時預報的部分，改進較顯著區域為日本附近之海域，RMSE 可減少約 5 kt，台灣附近區域平均亦有 2.7 kt 的改進效果。

本研究亦針對 RI 個案分析強度預報誤差。分析結果顯示，WAIPs 在各個區域的改進程度相

參考文獻

- DeMaria, M., M. Mainelli, L.K. Shay, J.A. Knaff and J. Kaplan, 2005: Further Improvements in the Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme (SHIPS). *Wea. Forecasting*, 20, 531-543.
- Tsai, H.-C., and R. L. Elsberry, 2014: Applications of situation-dependent intensity and intensity spread predictions based on a weighted analog technique. *Asia-Pacific J. Atmos. Sci.*, 50, 4, 507-51

表 1. 各模式之預報校驗指標比較

小時 模式	校驗指標	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
WAIP	R ²	0.90	0.75	0.59	0.48	0.42	0.38	0.37	0.36	0.32	0.29
	MB	-0.08	-0.55	-1.42	-2.08	-2.48	-2.98	-3.10	-2.71	-2.07	-0.92
	MAE	7.53	12.42	15.83	18.08	19.51	20.43	21.00	20.87	20.76	20.40
	RMSE	10.28	16.17	20.37	23.02	24.70	25.54	25.66	25.51	25.56	25.39
WAIPs	R ²	0.92	0.78	0.64	0.53	0.49	0.46	0.44	0.42	0.43	0.40
	MB	0.70	1.73	2.26	2.45	2.62	2.35	3.69	3.82	3.97	5.66
	MAE	6.59	11.52	15.27	17.56	18.64	19.35	20.06	20.31	19.98	20.02
	RMSE	9.16	14.95	19.22	21.77	22.99	23.79	24.28	24.45	23.68	23.89
SHIPs _a	R ²	0.91	0.75	0.56	0.42	0.38	0.36	0.32	0.34	0.32	0.33
	MB	0.77	1.94	2.97	3.83	3.81	3.88	6.34	6.87	8.50	8.73
	MAE	6.80	12.12	16.73	19.87	20.64	21.41	22.61	22.12	22.15	21.40
	RMSE	9.61	16.36	21.52	24.68	25.59	26.30	27.33	26.81	26.98	26.12
SHIPs _b	R ²	0.91	0.73	0.53	0.38	0.33	0.26	0.21	0.20	0.21	0.19
	MB	0.31	0.95	1.15	0.80	1.60	2.26	3.89	5.16	6.63	7.54
	MAE	6.77	12.26	16.91	20.06	21.57	23.40	24.30	24.55	24.03	23.55
	RMSE	9.69	16.72	21.97	25.11	26.41	28.02	28.84	29.02	28.47	28.03

表 2. WAIPs 相較於 WAIP、SHIPSa 及 SHIPSb 之預報改進百分比(%)

模式	小時	校驗指標	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
			WAIP	R ²	2.27	5.13	7.47	10.62	17.70	20.35	19.51	16.94
MAE	12.50	7.21		3.54	2.86	4.45	5.26	4.48	2.65	3.80	1.83	
RMSE	10.90	7.54		5.64	5.41	6.92	6.85	5.38	4.15	7.38	5.91	
SHIPSa	R ²	0.83	5.18	14.48	26.25	27.91	29.13	36.94	25.35	33.67	22.73	
	MAE	3.15	4.89	8.71	11.61	9.72	9.60	11.30	8.16	9.83	6.43	
	RMSE	4.61	8.63	10.70	11.77	10.17	9.52	11.15	8.79	12.23	8.52	
SHIPSb	R ²	1.04	7.42	20.39	39.06	49.61	77.53	104.12	107.67	107.87	108.18	
	MAE	2.69	6.01	9.68	12.46	13.61	17.31	17.47	17.24	16.88	14.99	
	RMSE	5.43	10.57	12.50	13.30	12.93	15.07	15.81	15.75	16.85	14.77	

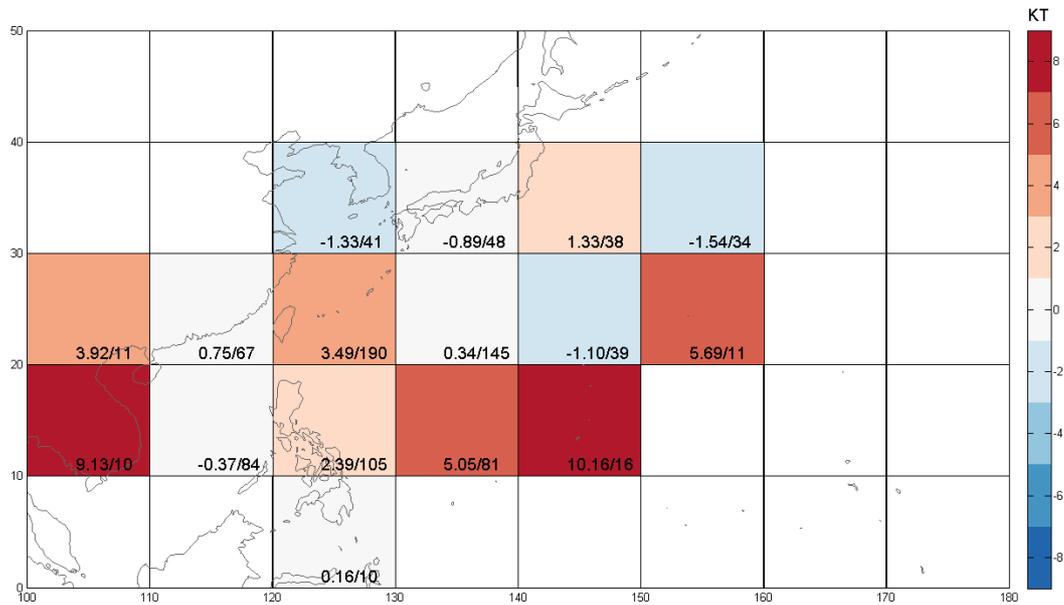


圖1. 預報RMSE改進分佈圖: 72小時

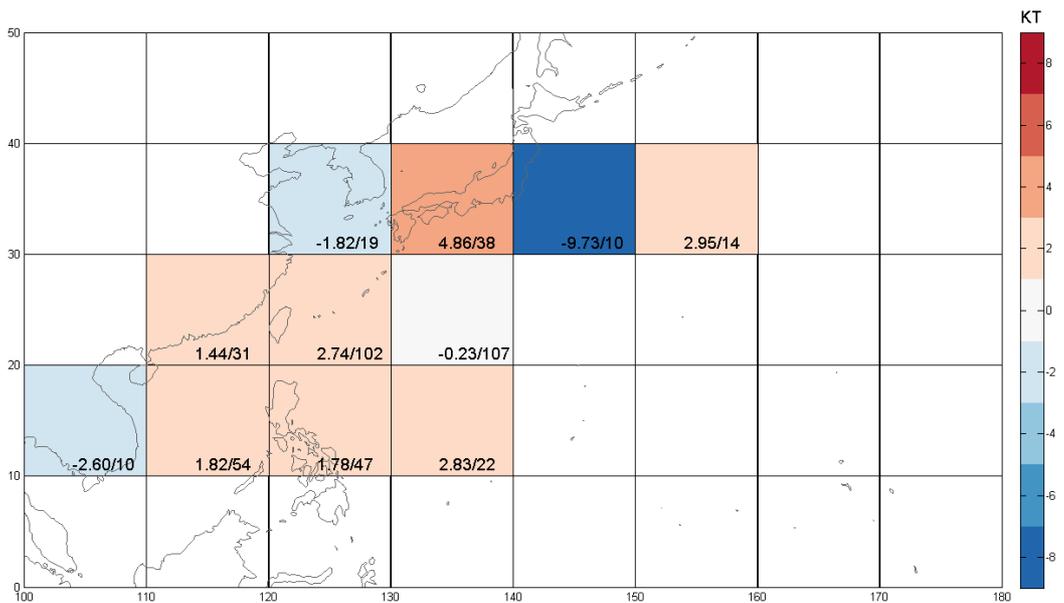


圖2. 預報RMSE改進分佈圖: 120小時

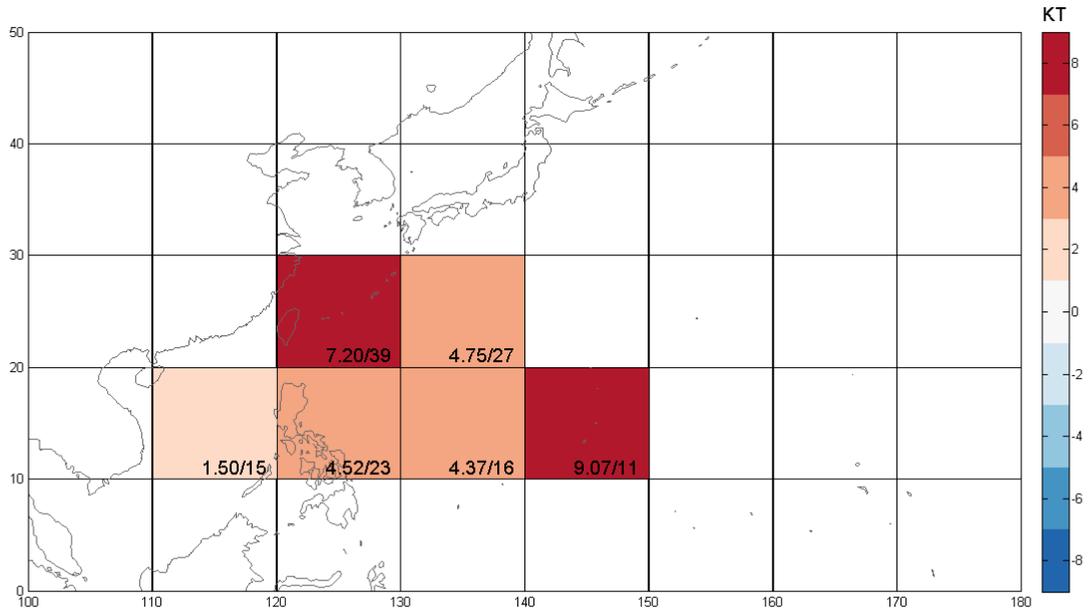


圖3. RI個案之RMSE改進空間分佈圖: 72小時

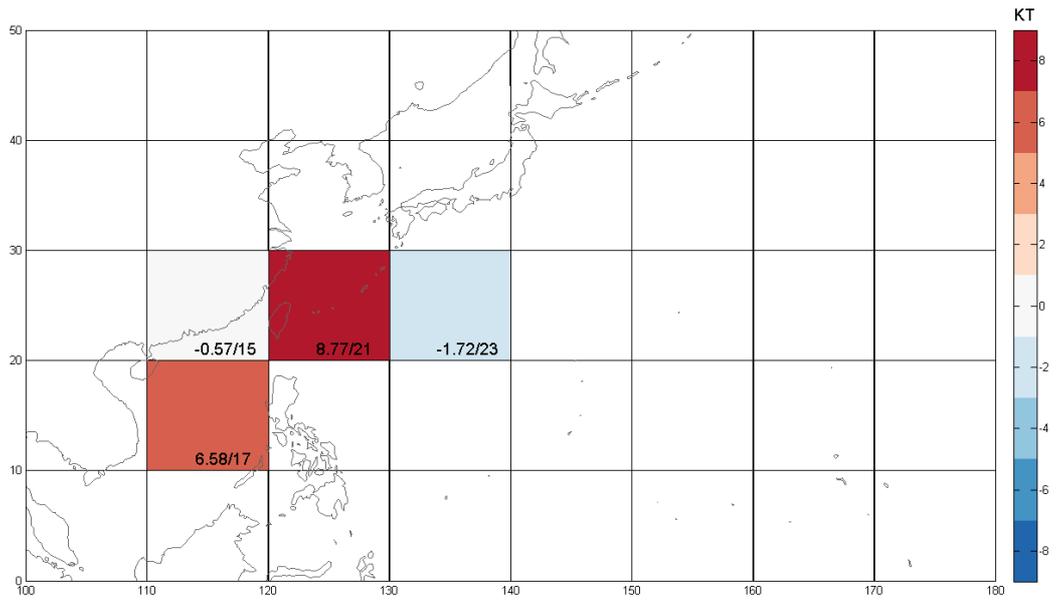


圖4. RI個案之RMSE改進空間分佈圖: 120小時