

西北太平洋颱風快速增強 之機率預報模式開發

佘佳宜 蔡孝忠 張麗秋

淡江大學水資源及環境工程系
淡江大學水環境資訊研究中心

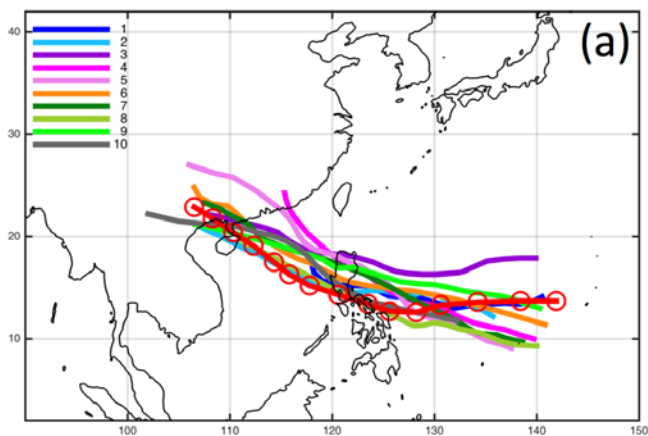
簡報大綱

- ▶ 研究背景
 - ▶ 颱風強度快速增強(Rapid Intensification; RI)
- ▶ 相關研究
- ▶ 研究資料與方法
- ▶ 初步評估結果
- ▶ 預報範例
- ▶ 初步結論及未來方向

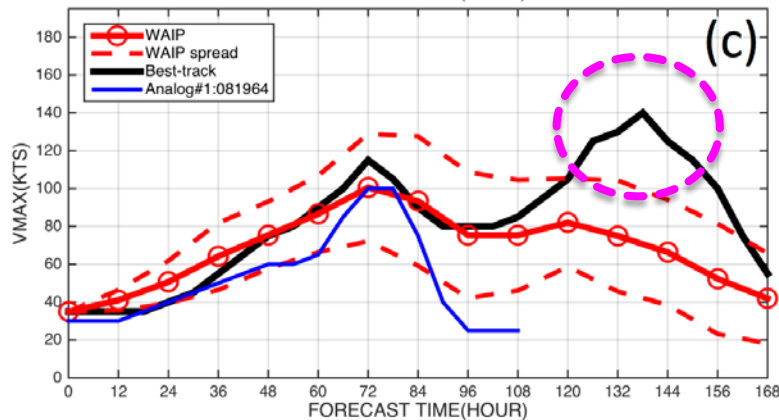
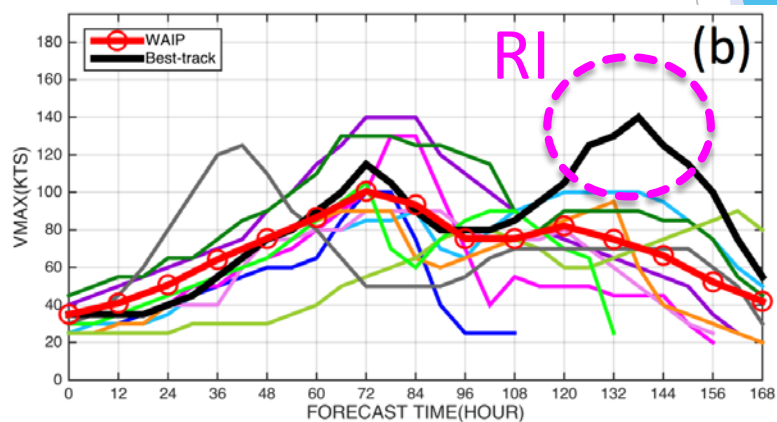
研究背景

▶ Rapid Intensification(RI)

- ▶ NHC定義：颱風近中心最大風速於24小時內增強30 kt以上
- ▶ 導致颱風強度預報出現顯著誤差



2014年7月12日1200 UTC



研究背景

► RI預報指引(guidance)之開發:

1. 衛星資料

- 使用各種波段之衛星資料，分析颱風結構特徵
- 短時間之預警
 - 通常小於24小時

2. 模式及觀測資料

- 配合統計方法開發機率預報模式
 - Rapid Intensification Index (RII)
- 預報領先時間(lead time)較長
 - 可達48小時或更長

相關研究

- ▶ Kaplan et al. (2010):
 - ▶ 使用SHIPS 開發資料(Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme Developmental Data)之大氣及海洋環境變數(DeMaria et al. 2005)
 - ▶ 羅吉斯迴歸(Logistic Regression)
 - ▶ 考慮不同RI強度：24小時增強25、30及35kt以上
 - ▶ 大西洋及東太平洋
- ▶ Rozoff and Kossin(2011):
 - ▶ 比較羅吉斯迴歸與貝氏模型(Bayesian Model)
- ▶ Shu et al. (2012):
 - ▶ 西北太平洋
 - ▶ 除了RI之外，亦探討颱風強度緩慢增強(SC)及颱風強度快速衰減(RD)
- ▶ Kaplan et al. (2015):
 - ▶ 考慮多種預報領先時間：12, 24, 36及48小時

研究目的及使用資料

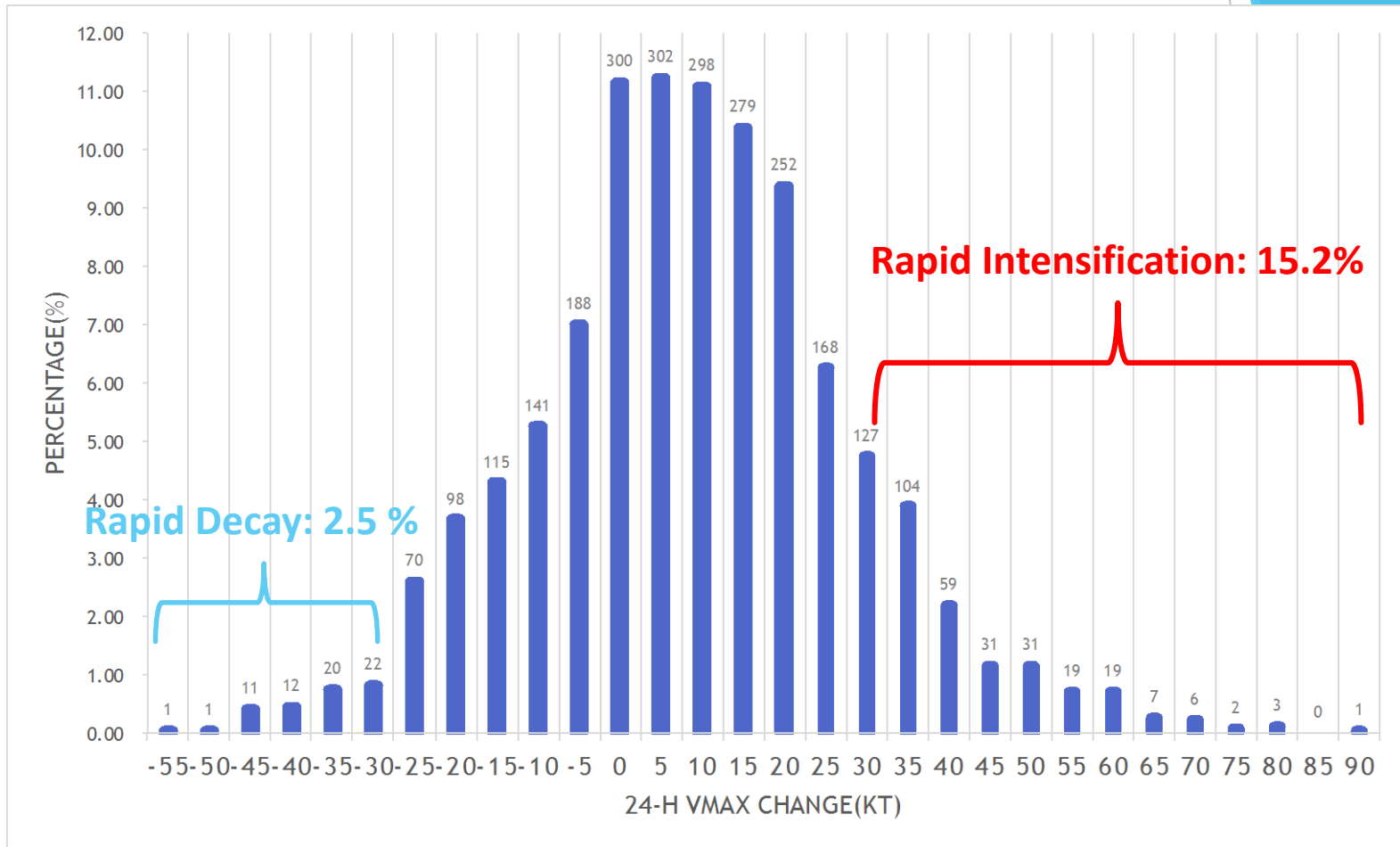
▶ 研究目的

- ▶ 開發未來24小時RI發生機率之統計預報模式，提供颱風預報作業參考
 - ▶ 採用標準：24小時強度差異為**30 kt**

▶ 使用資料

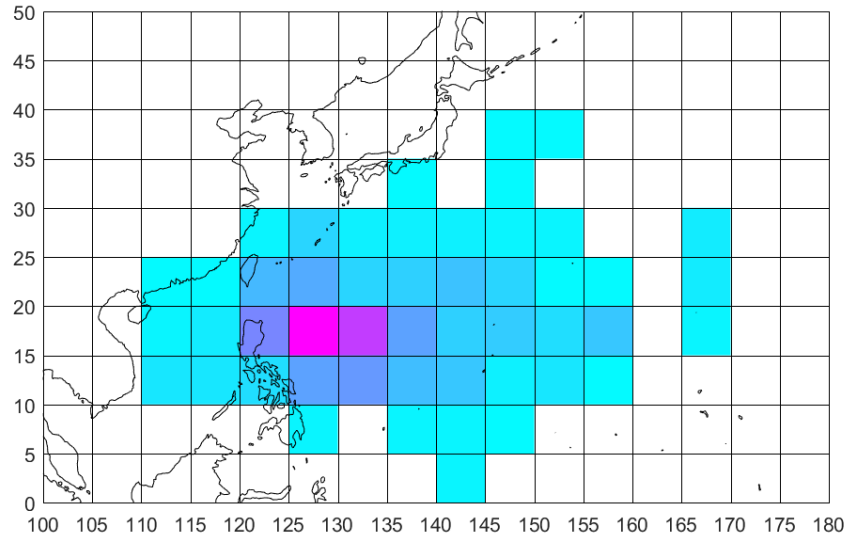
- ▶ SHIPS 開發資料之大氣及海洋環境變數
 - ▶ 2000-2012
 - ▶ 依颱風個案隨機選取訓練組及測試組：60%及40%
- ▶ 嘗試納入 Tsai and Elsberry (2014) 之颱風強度類比模式 (Weighted Analog Intensity Prediction ; WAIP)
 - ▶ 預報因子：颱風路徑預報與目前中心最大風速
 - ▶ WAIP在西北太平洋絕大部分的區域具有不錯之預報技術，尤其是路徑通過菲律賓呂宋島之颱風個案
 - ▶ 預報技術與STIPS模式相近

24-h TC Intensity Change (2000-2012)

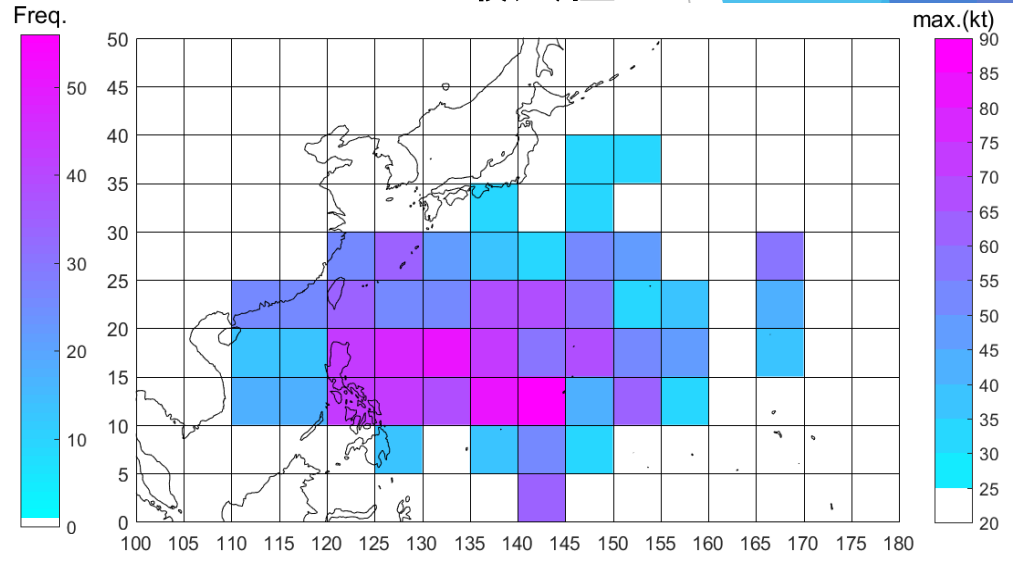


RI個案之空間分布 (2000-2012)

發生次數



最大值



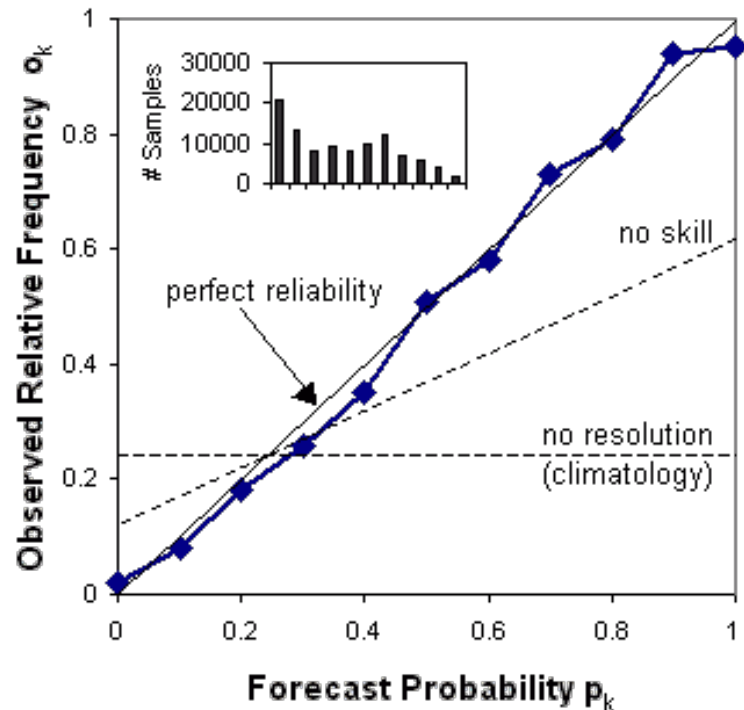
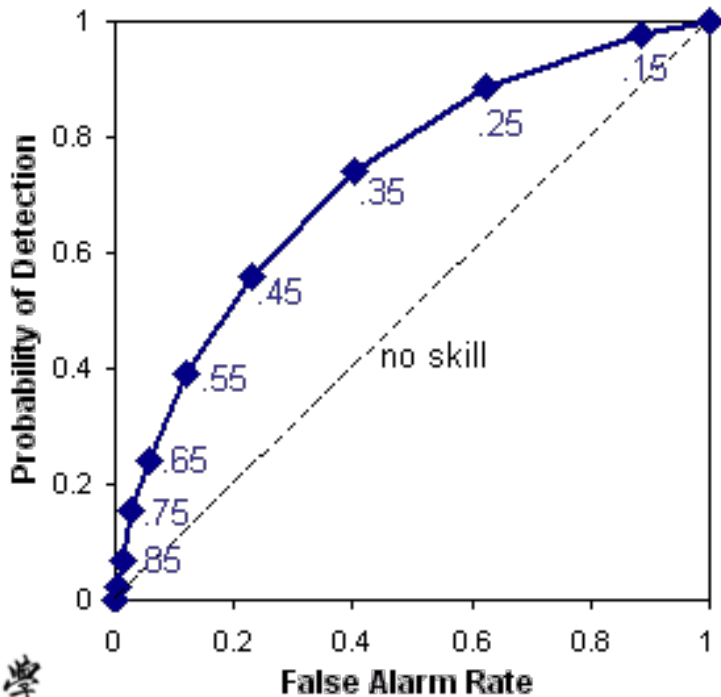
模式開發流程

1. 使用羅吉斯迴歸(Logistical Regression)建立機率預報模式
 - ▶ 測試不同預報變數(predictor)之組合：
 - ▶ Model A: WAIP類比預報模式 + SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)
 - ▶ Model B: SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)
 - ▶ Model C: SHIPS開發資料(僅使用大氣環境因子)
 - ▶ Model D: WAIP類比預報模式
2. 倒傳遞類神經網路(Back Propagation Neural Net ; BPNN)
 - ▶ 採用相同預報變數，測試類神經網路之預報改進效果
3. 以BPNN再次測試原本未被納入之因子
 - ▶ 以颱風潛熱(Tropical Cyclone Heat Potential)為測試目標

模式校驗-1

▶ 機率式校驗

- ROC曲線(Receiver Operating Characteristic Curve)
 - ROC曲線下面積 (Area Under Curve ; AUC)
- Reliability Diagram
 - 偏離對角線(理想值)之距離平均



模式校驗-2

▶ 二元式(binary)校驗

- 將機率預報(0~1)→轉換為二元變數(0或1)
 - 機率門檻值之決定標準：
 - 預兆得分(threat score)
- 列聯表(contingency table)
 - 敏感度(sensitivity)
 - 特異度(specificity)
 - 準確度(accuracy)
 - 誤報比值(false alarm ratio)
 - 誤報比率(false alarm rate)

$$TS = \frac{hits}{hits + misses + false\ alarms}$$

	RI (觀測)	無RI (觀測)
RI (預報)	Hits (命中)	False Alarms (誤報)
無RI (預報)	Misses (漏報)	Correct rejection (正確拒絕)

1. 初步成果-羅吉斯迴歸

Predictors

預報因子 納入順序	Model A	Model B	Model C	Model D
1	WAIP	ATCHP	DVMAX	WAIP
2	DVMAX	DVMAX	BTAV	
3	BTAV	BTAV	SHRD	
4	SHRD	SHRD	CSST	
5	TCHP	REFC	REFC	
6	REFC	POT	POT	
7	SDBT	SDBT	SPD	
8		SPD	SDBT	
9		LAT	RHLO	
10		COHC		
11		TOHC		

Model A: WAIP類比預報模式 + SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)

Model B: SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)

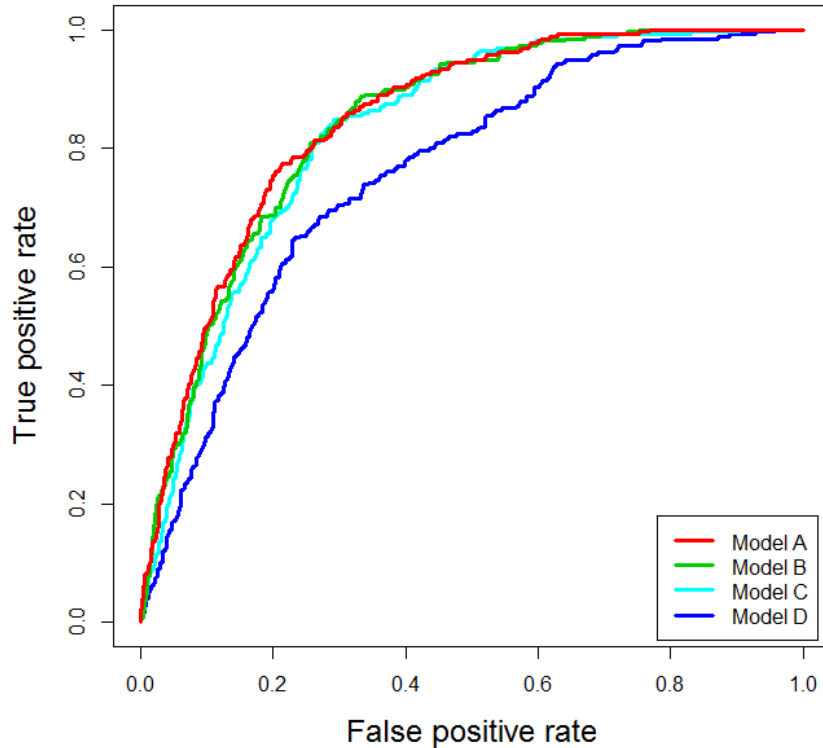
Model C: SHIPS開發資料(僅使用大氣環境因子)

Model D: WAIP類比預報模式

1. 初步成果-羅吉斯迴歸

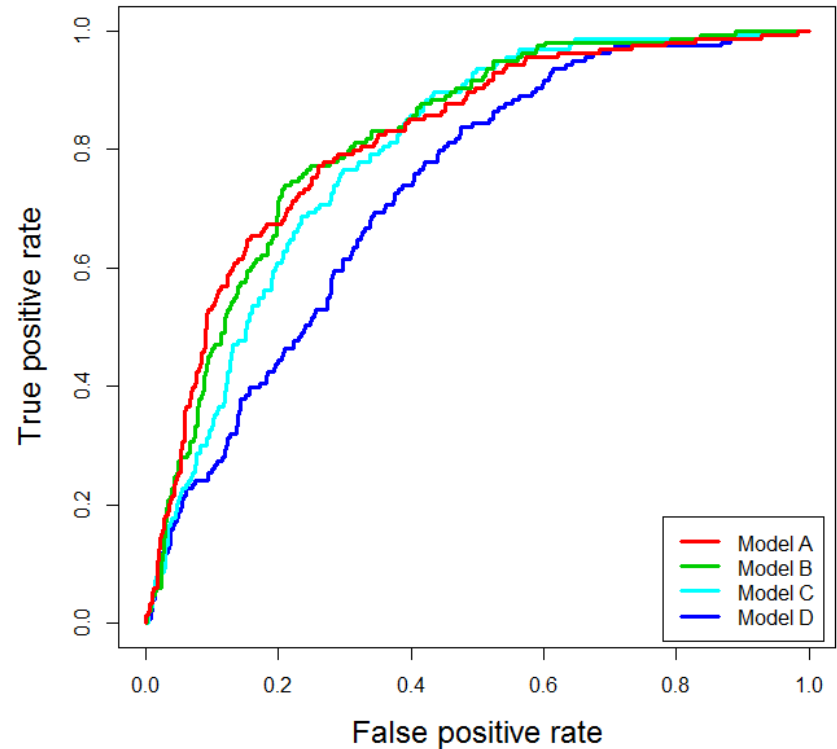
ROC Curve

訓練組



ROC Curve

測試組



Model A: WAIP類比預報模式 + SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)

Model B: SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)

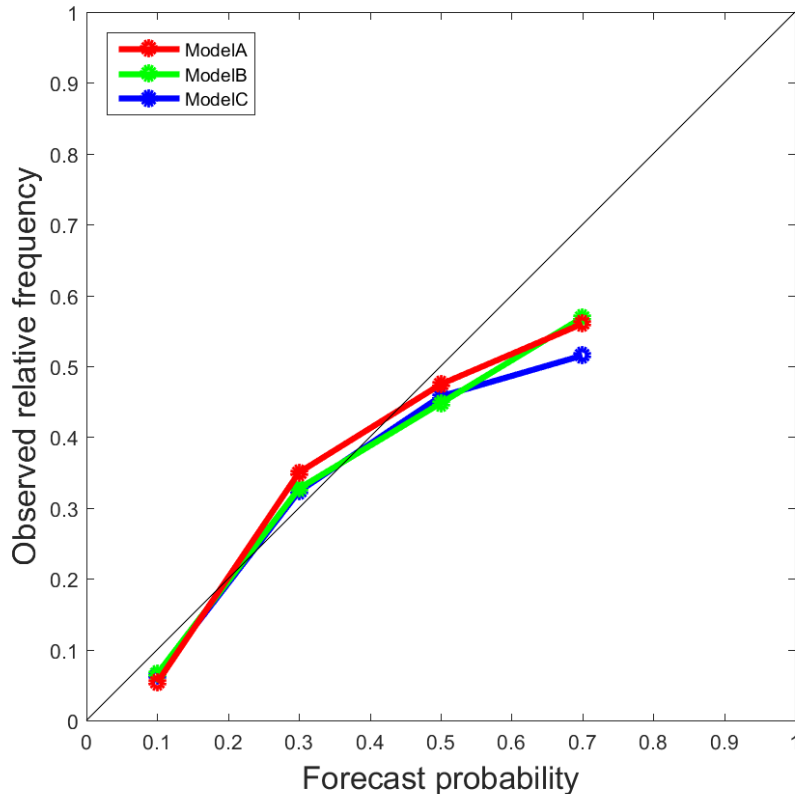
Model C: SHIPS開發資料(僅使用大氣環境因子)

Model D: WAIP類比預報模式

1. 初步成果-羅吉斯迴歸

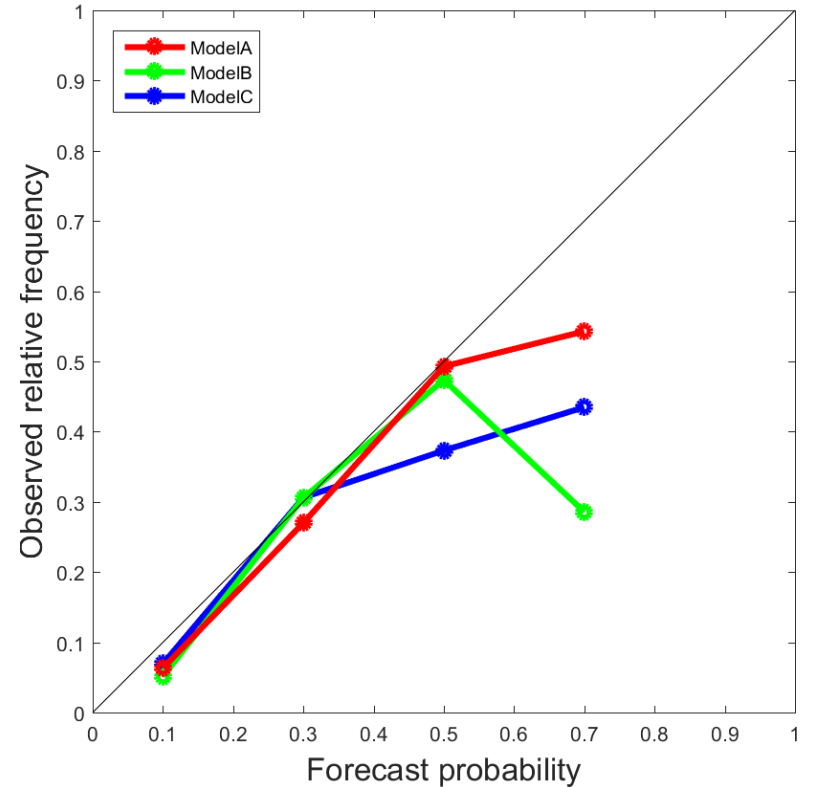
Reliability Diagram

訓練組



Reliability Diagram

測試組



Model A: WAIP類比預報模式 + SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)

Model B: SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)

Model C: SHIPS開發資料(僅使用大氣環境因子)

Model D: WAIP類比預報模式

1. 初步成果-羅吉斯迴歸

機率式校驗

模式評估		Model A	Model B	Model C	Model D
AUC	訓練組	0.846	0.840	0.829	0.758
	測試組	0.816	0.818	0.795	
平均距離	訓練組	0.046	0.043	0.051	
	測試組	0.041	0.089	0.076	

Model A: WAIP類比預報模式 + SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)

Model B: SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)

Model C: SHIPS開發資料(僅使用大氣環境因子)

Model D: WAIP類比預報模式

1. 初步成果-羅吉斯迴歸

機率式校驗

二元式校驗

模式評估		Model A	Model B	Model C	Model D
H-L檢定(p-value)	訓練組	0.107	0.086	0.078	0.007
AUC	訓練組	0.846	0.840	0.829	0.758
	測試組	0.816	0.818	0.795	
最佳門檻值		0.20	0.15	0.15	
敏感度(%)	訓練組	76.17	83.2	85.55	
	測試組	67.32	78.43	74.51	
特異度(%)	訓練組	79.54	71.34	68.54	
	測試組	80.09	70.67	70.89	
準確度(%)	訓練組	79.00	73.23	71.24	
	測試組	78.27	71.77	71.40	
誤報比率(%) (False alarm rate)	訓練組	20.46	28.66	31.46	
	測試組	19.91	29.33	29.11	
誤報比值(%) (False alarm ratio)	訓練組	58.69	64.56	66.05	
	測試組	64.11	69.31	70.23	
預兆得分(%) (Threat score)	訓練組	36.59	33.07	32.11	
	測試組	30.56	28.30	27.01	

Model A: WAIP類比預報模式 + SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)

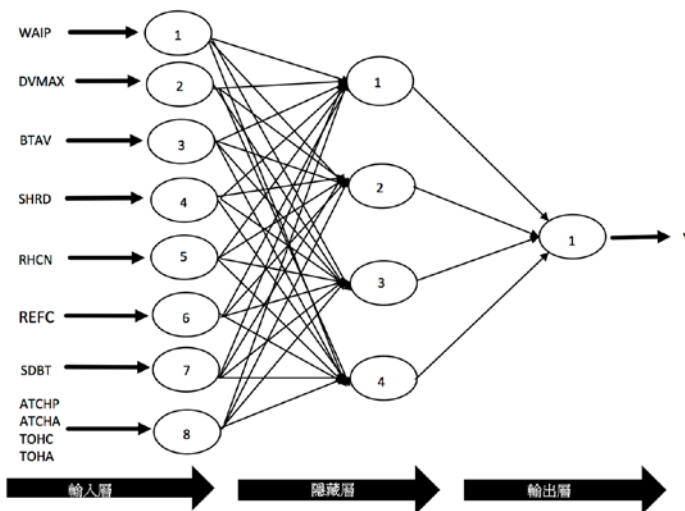
Model B: SHIPS開發資料(大氣及海洋環境因子)

Model C: SHIPS開發資料(僅使用大氣環境因子)

Model D: WAIP類比預報模式

2. 羅吉斯迴歸 vs BPNN

模式 診斷		羅吉斯迴歸 Model A	BPNN Model A
AUC	訓練組	0.846	0.855
	測試組	0.816	0.831
平均距離	訓練組	0.046	0.025
	測試組	0.041	0.032



2. 羅吉斯迴歸 vs BPNN

診斷		模式	羅吉斯迴歸 Model A	BPNN Model A
機率式校驗	AUC	訓練組	0.846	0.855
		測試組	0.816	0.831
最佳門檻值			0.2	0.3
二元式校驗	敏感度(%)	訓練組	76.17	67.96
		測試組	67.32	60.13
	特異度(%)	訓練組	79.54	84.78
		測試組	80.09	87.12
	準確度(%)	訓練組	79.00	82.08
		測試組	78.27	83.29
	誤報比率(%) (False alarm rate)	訓練組	20.46	15.22
		測試組	19.91	12.88
	誤報比值(%) (False alarm ratio)	訓練組	58.69	53.93
		測試組	64.11	56.40
預兆得分(%) (Threat score)	訓練組	36.59	37.85	
	測試組	30.56	33.82	

3. BPNN加入TCHP累積量之測試

- TCHP在羅吉斯迴歸模式的變數篩選過程之重要性較低
 - 且TCHP累積量之相關變數皆未被納入模式
 - 羅吉斯迴歸為線性模式
- 以BPNN測試TCHP之重要性
 - TOHC: 過去24小時(T-24~T)之TCHP累積值
 - TOHA: 過去24小時(T-24~T)之TCHP距平累積值
 - ATCHP: 未來24小時(T~T+24)之TCHP累積值
 - ATCHA: 未來24小時(T~T+24)之TCHP距平累積值

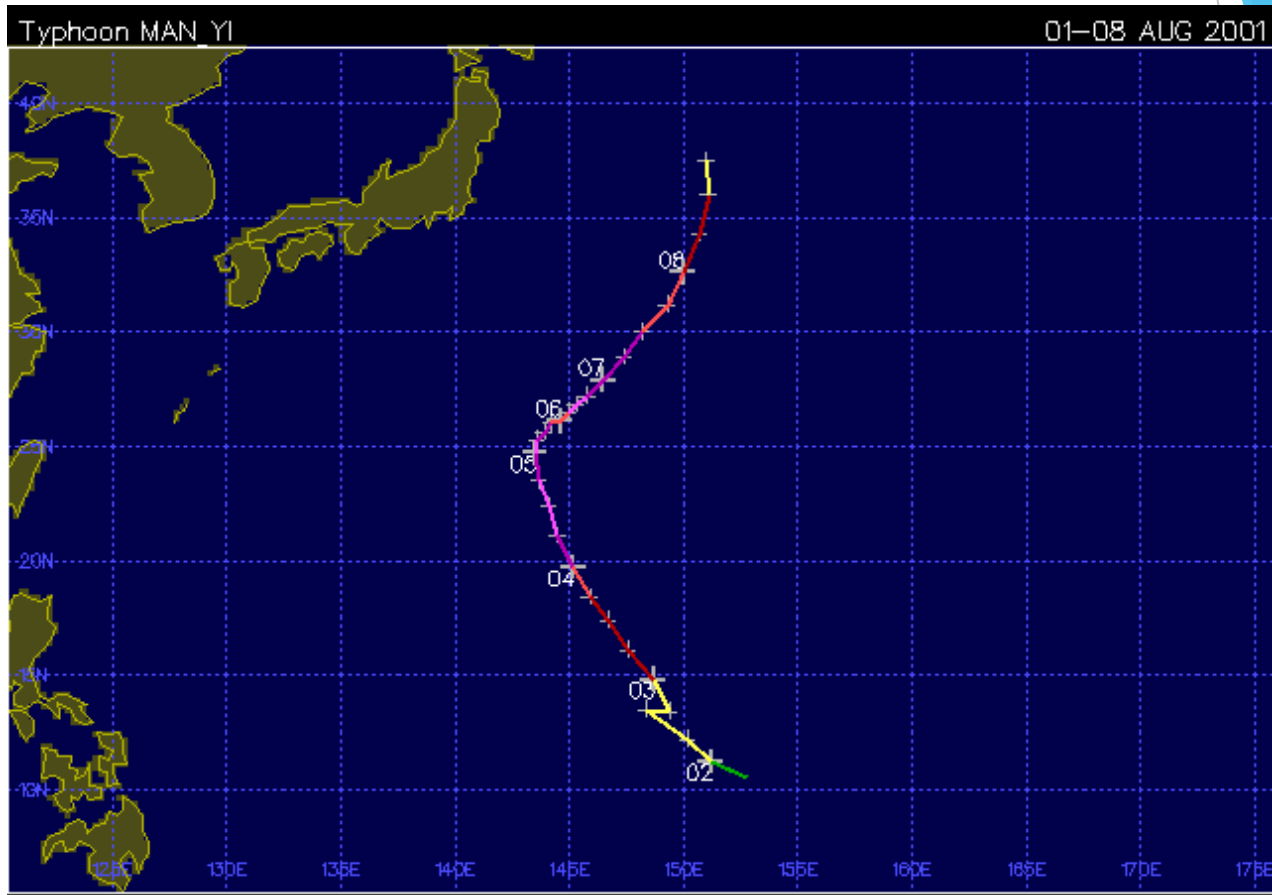
3. BPNN加入TCHP累積量之測試

診斷		模式		
		BPNN	BPNN + ATCHA	BPNN + TOHC
AUC	訓練組	0.855	0.872	0.875
	測試組	0.831	0.822	0.818
平均距離	訓練組	0.025	0.031	0.020
	測試組	0.032	0.031	0.087
Threat score(%)	訓練組	37.85	40.12	39.77
	測試組	33.82	33.10	34.30

以此模式進行
預報範例測試

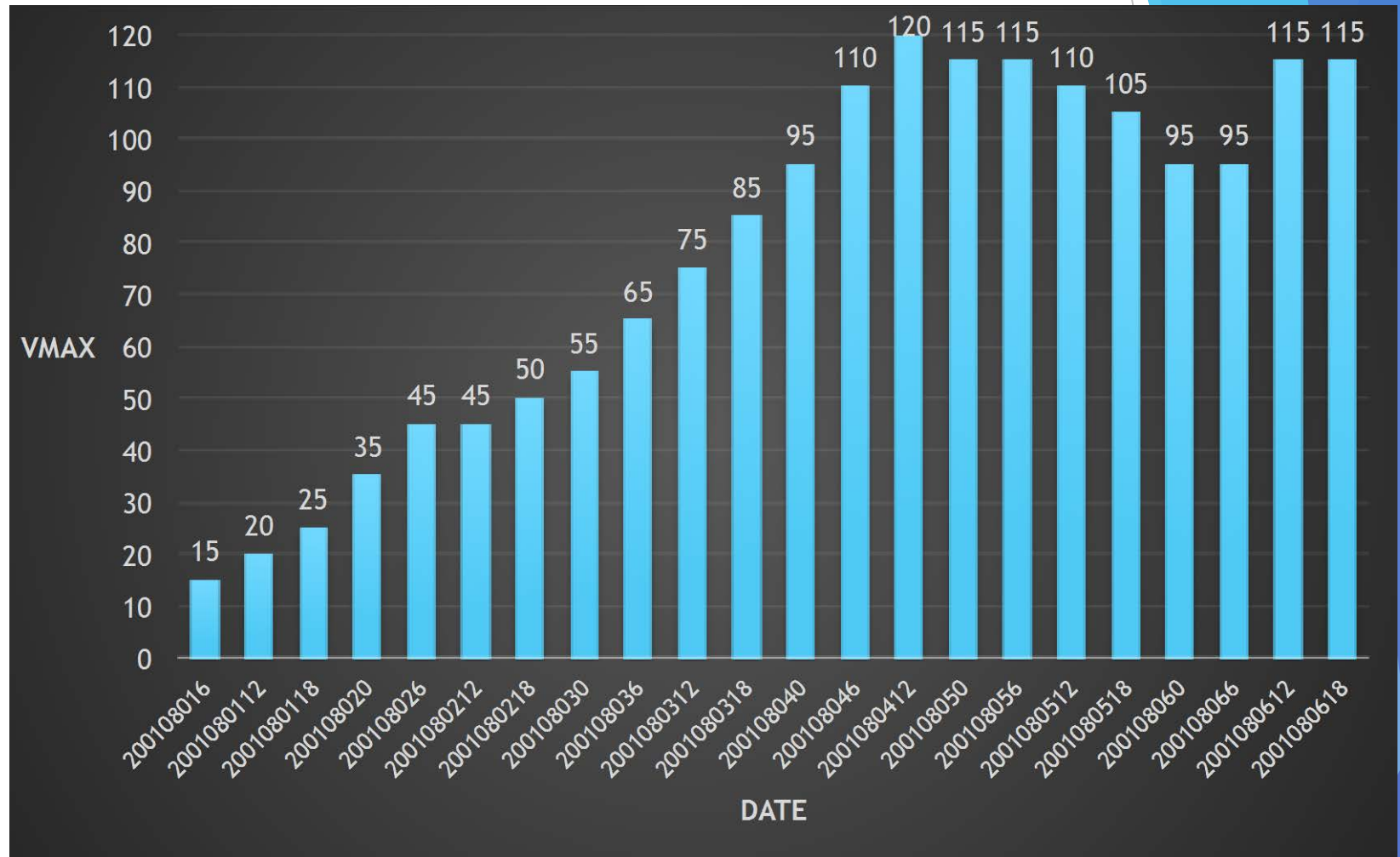
預報範例1：Typhoon MAN-YI(132001)

成功預報RI個案



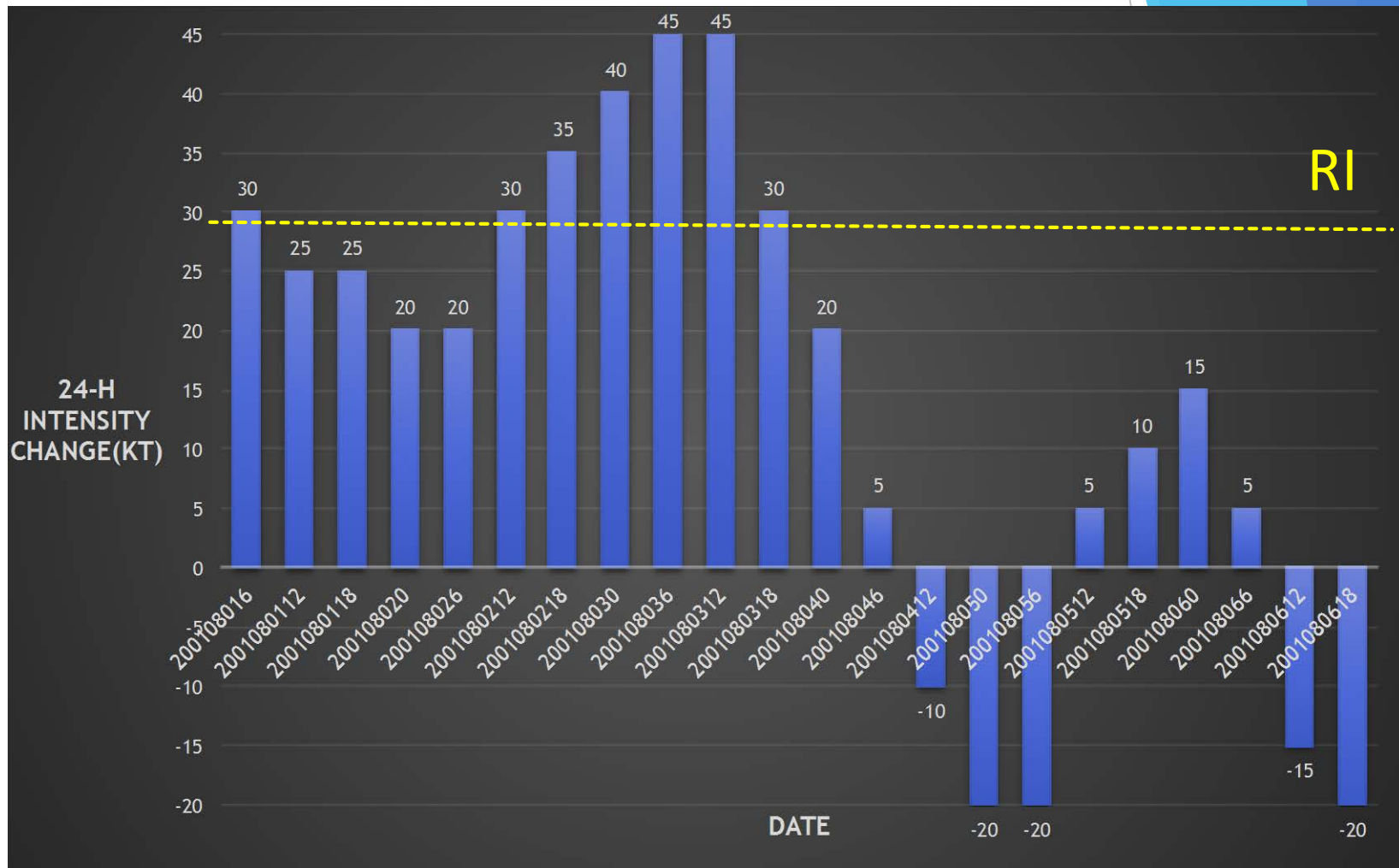
預報範例1：Typhoon MAN-YI(132001)

成功預報RI個案



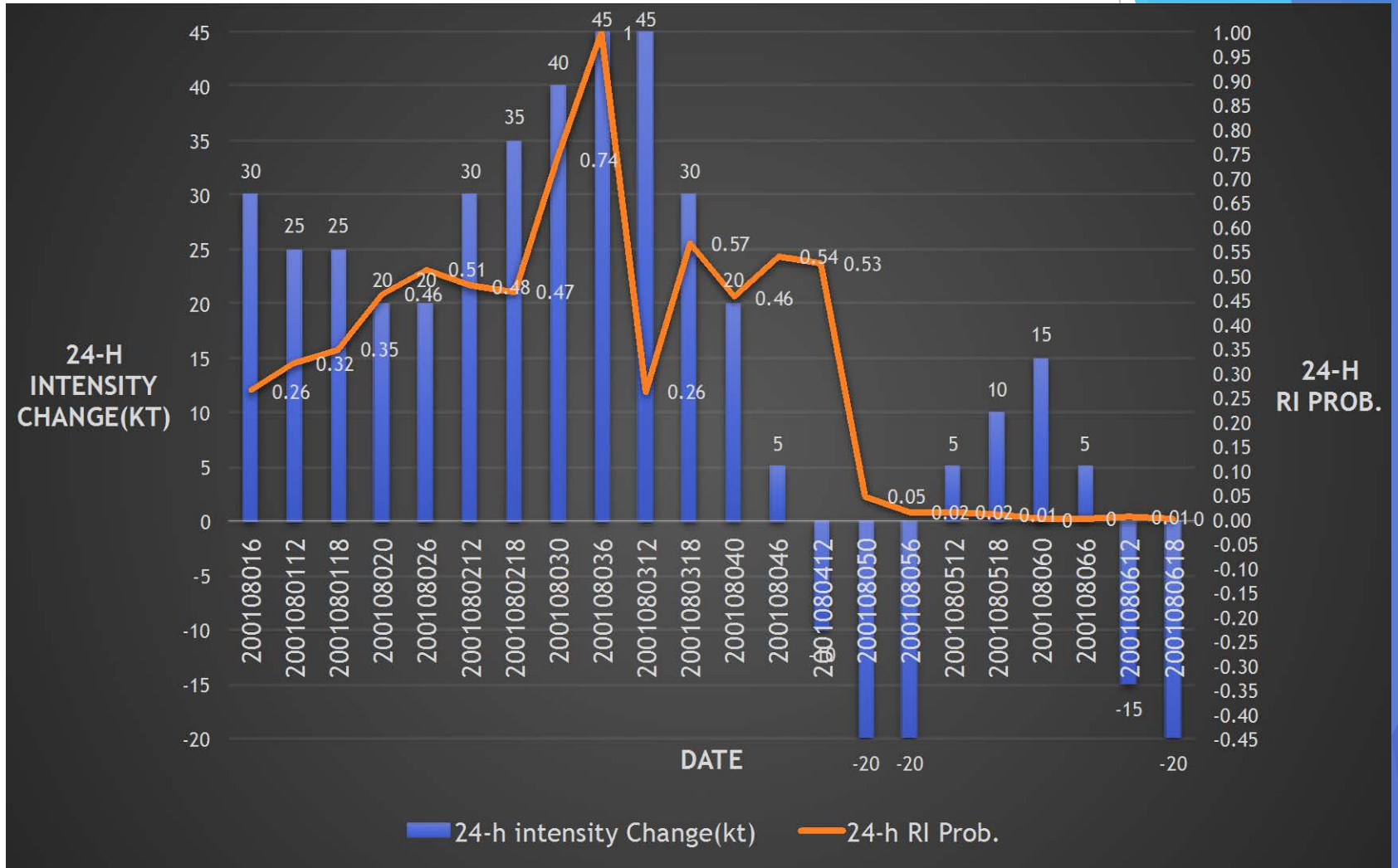
預報範例1：Typhoon MAN-YI(132001)

成功預報RI個案



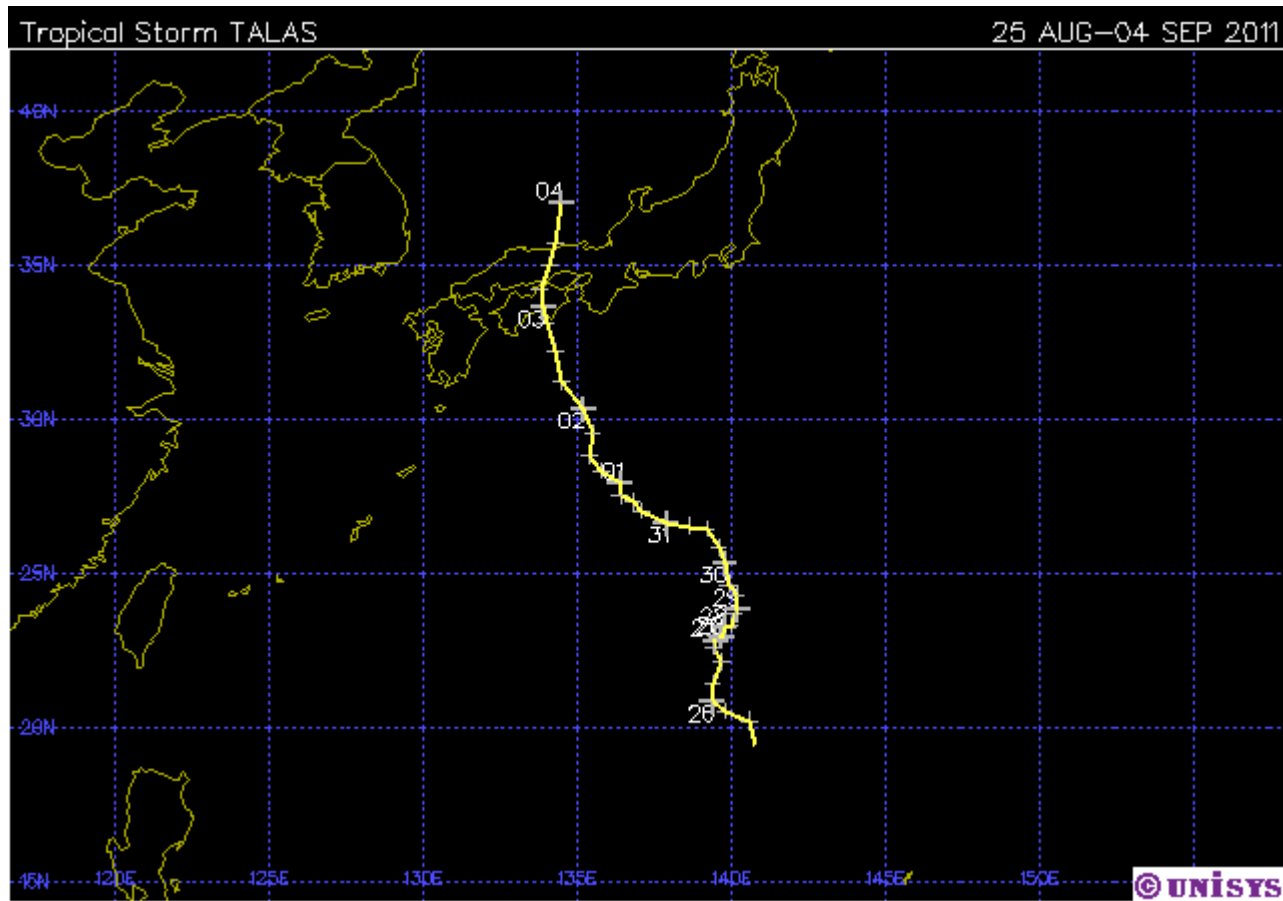
預報範例1：Typhoon MAN-YI(132001)

成功預報RI個案



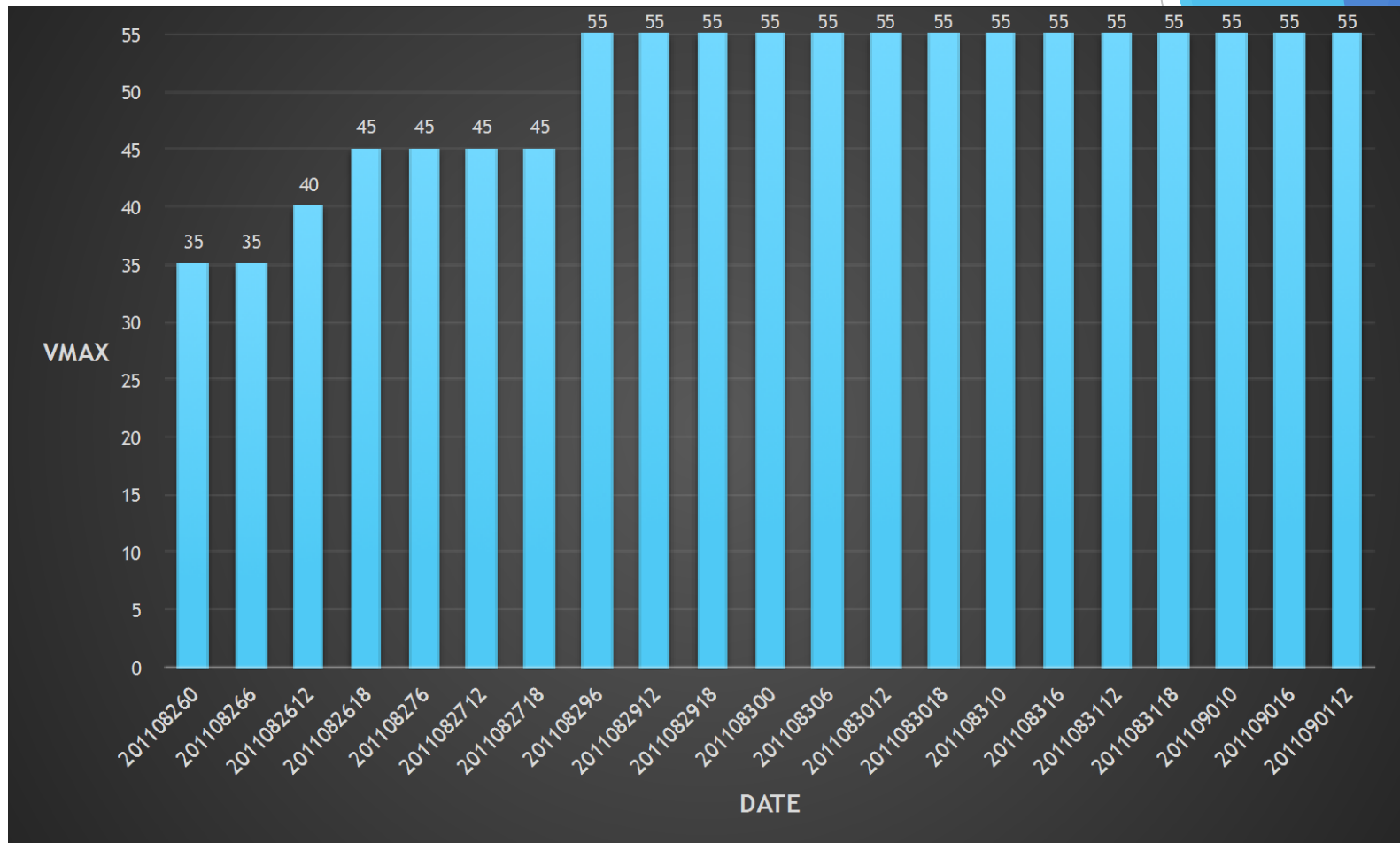
預報範例2：TS TALAS(152011)

成功預報無RI



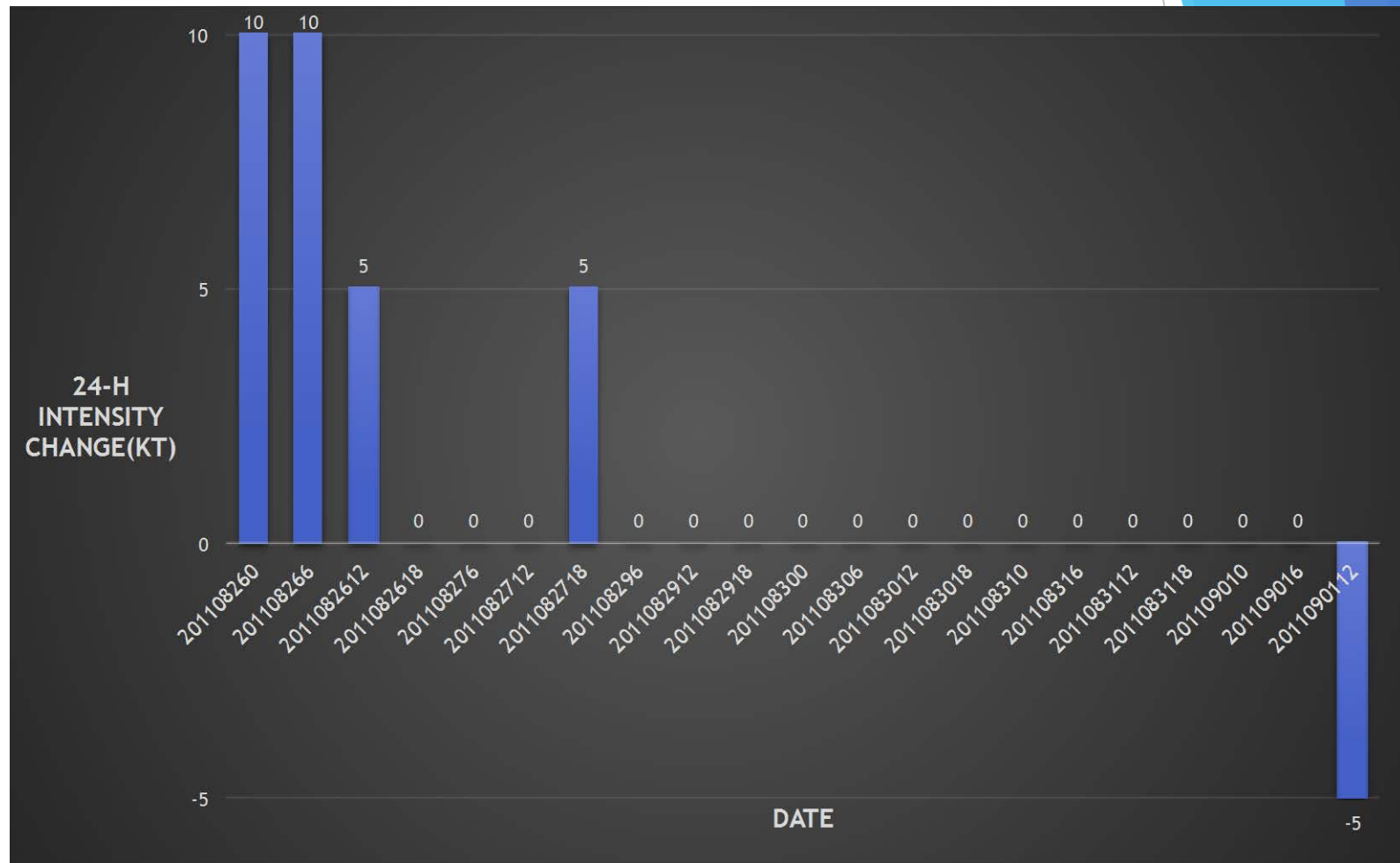
預報範例2：TS TALAS(152011)

成功預報無RI



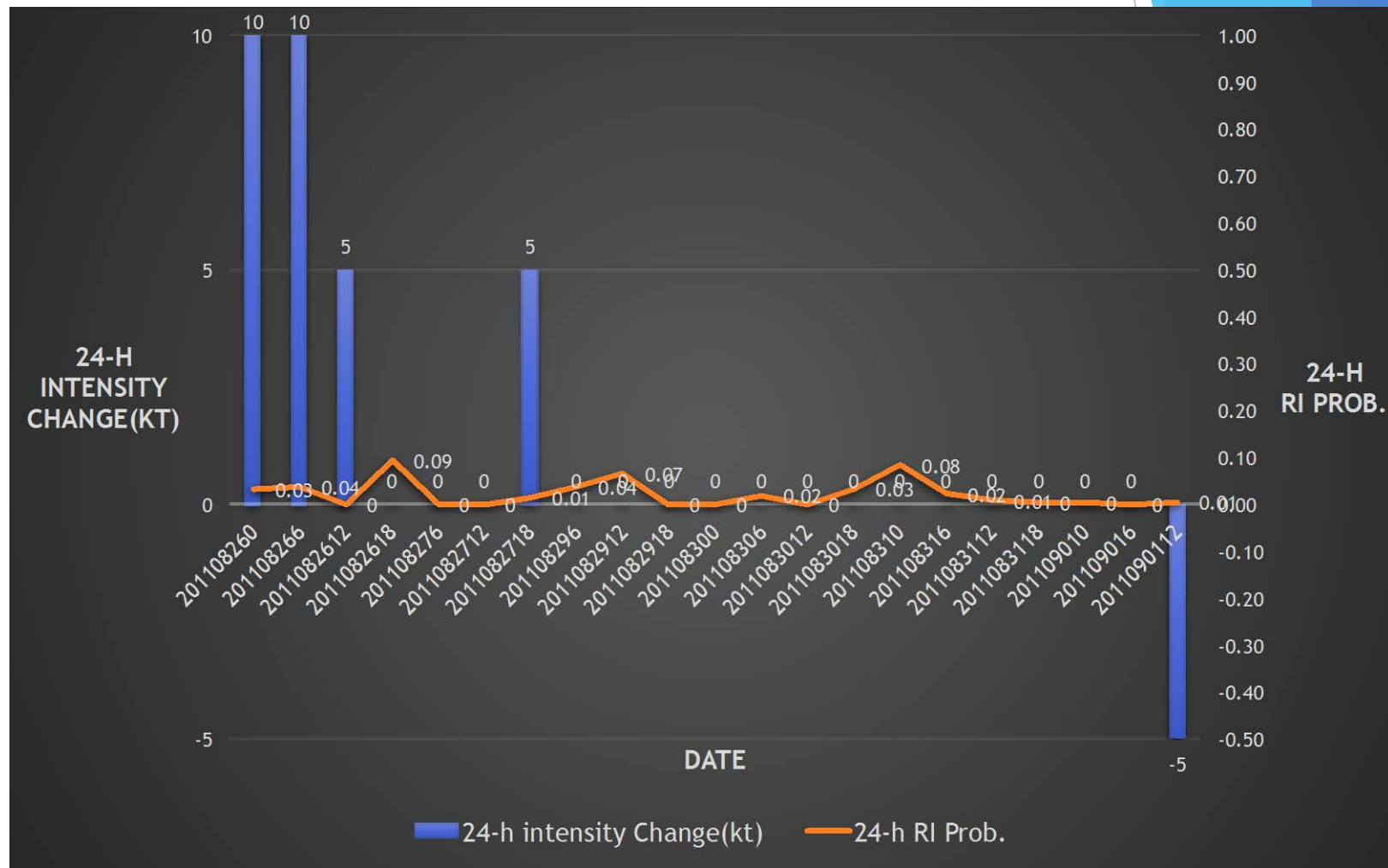
預報範例2：TS TALAS(152011)

成功預報無RI

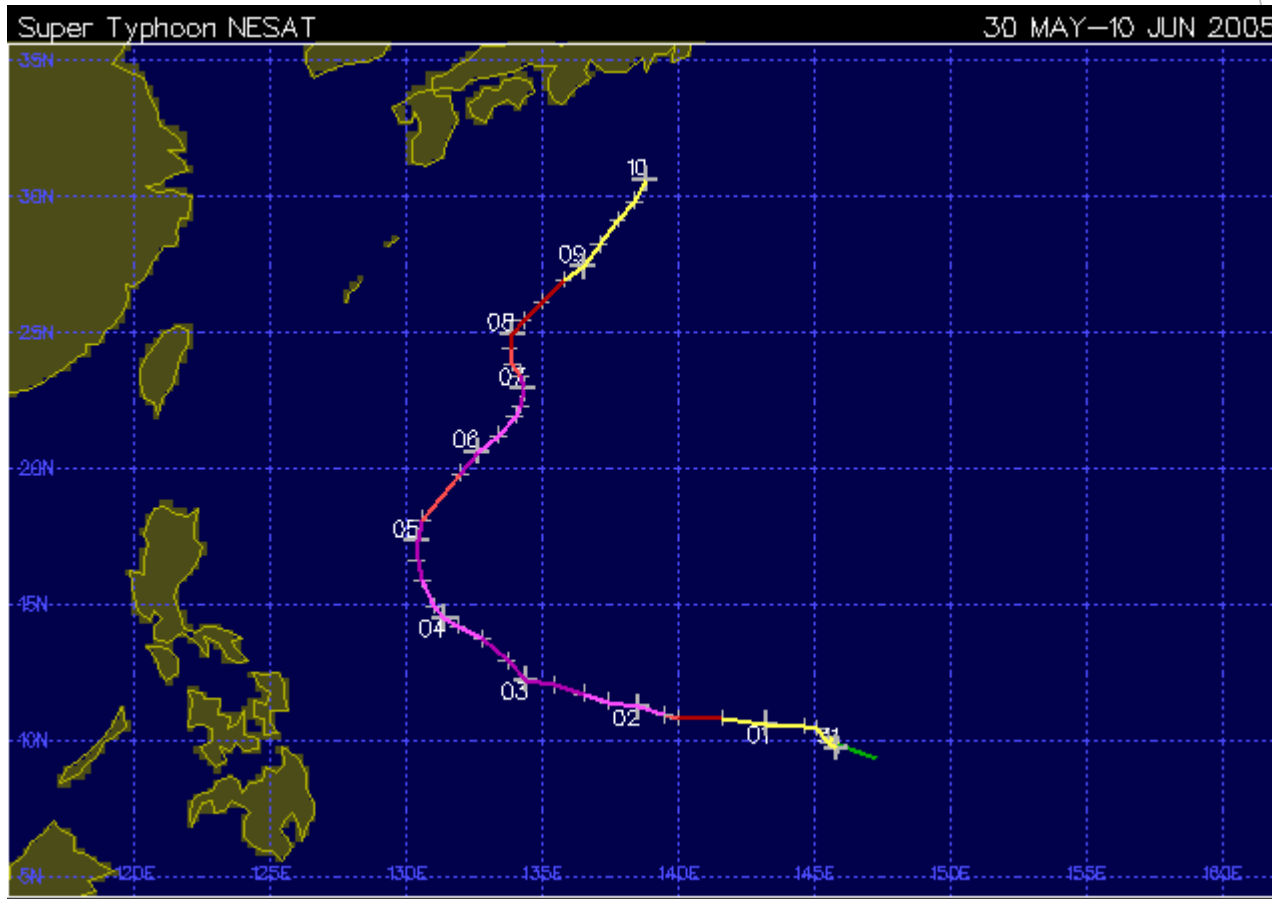


預報範例2：TS TALAS(152011)

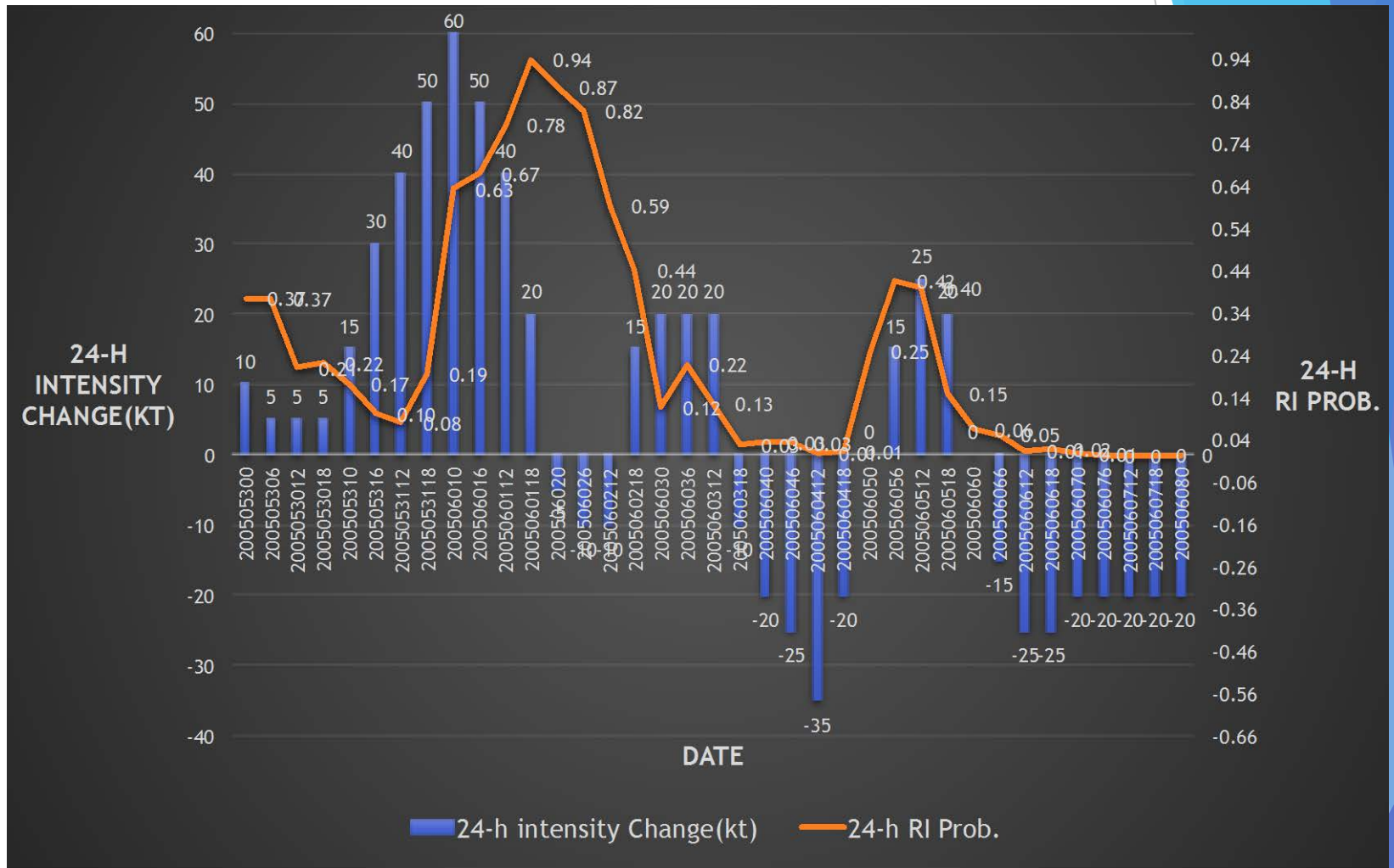
成功預報無RI



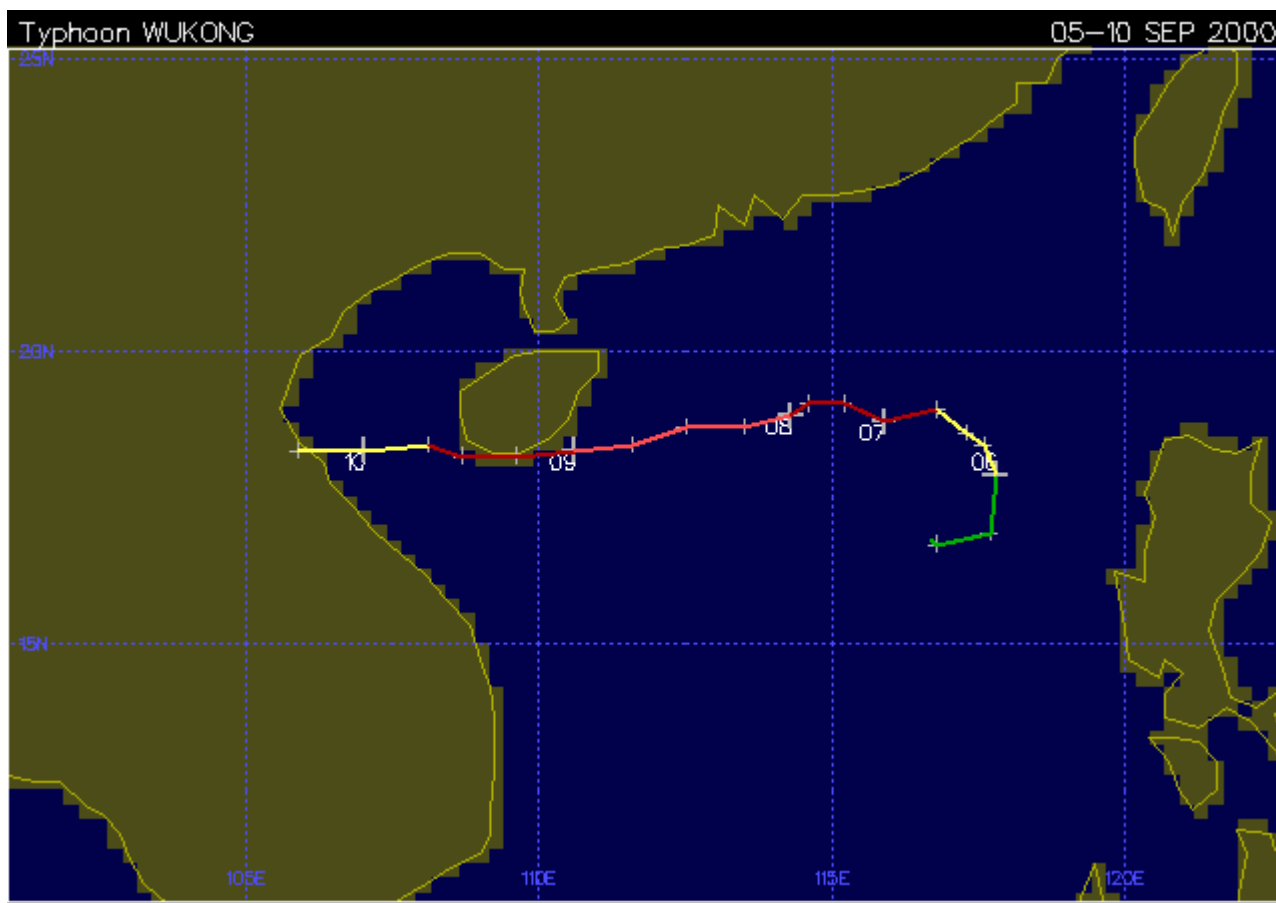
預報範例3：Typhoon NESAT(042005) 誤報個案



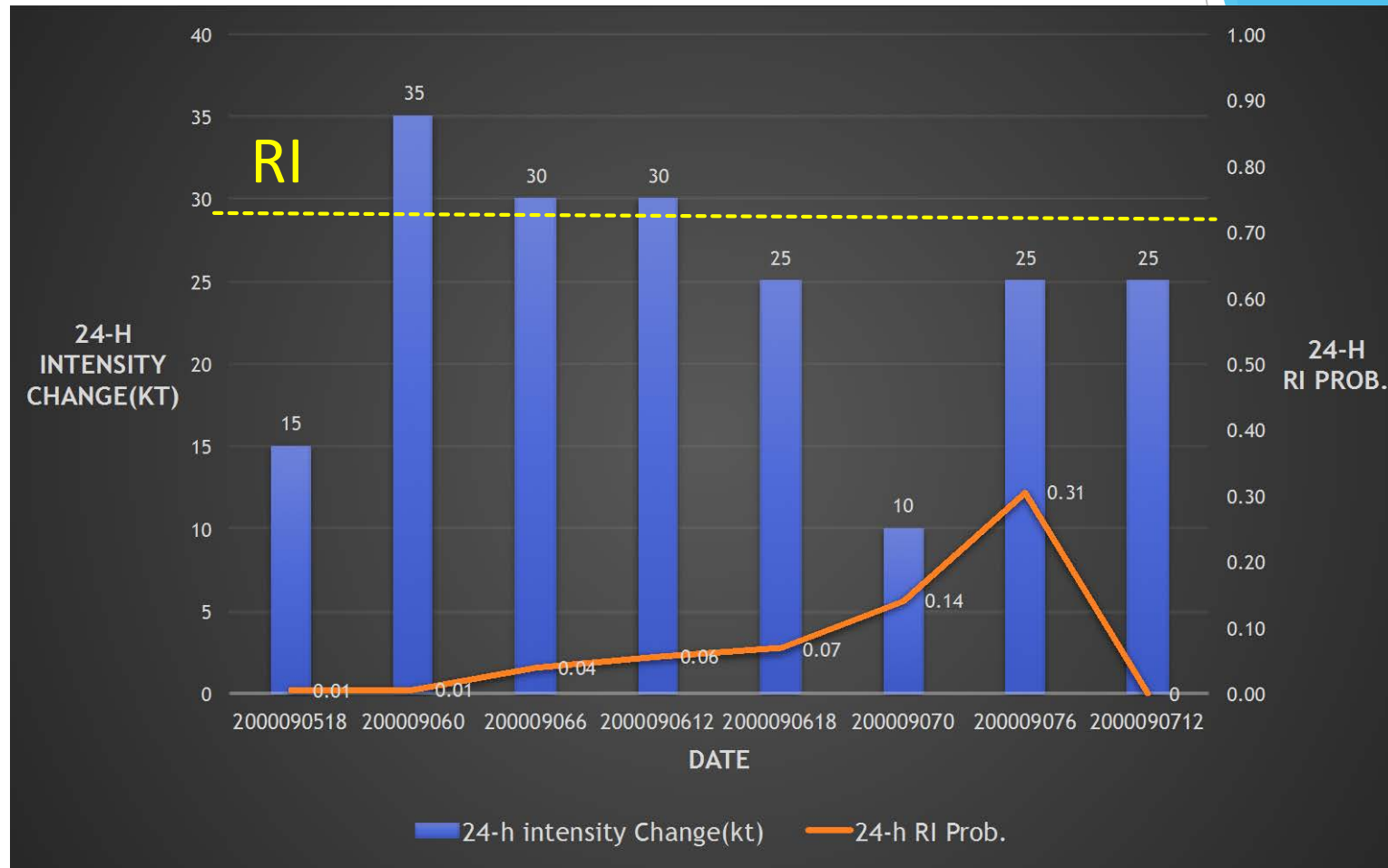
預報範例3：Typhoon NESAT (042005) 誤報個案



預報範例4：Typhoon WUKONG(232000) 漏報個案



預報範例4：Typhoon WUKONG(232000) 漏報個案



初步結論及未來方向

▶ 初步結論：RI機率預報模式

- ▶ 預報領先時間為24小時
- ▶ 測試羅吉斯迴歸及類神經網路
- ▶ 加入類比模式可減少模式之predictor數量
- ▶ BPNN可進一步改進RI機率預報模式
- ▶ Threat Score: 0.3-0.4

▶ 未來方向

- ▶ 嘗試延長預報領先時間: 36-48小時
- ▶ 相較於整體資料樣本而言，RI事件僅佔~15%
 - ▶ 多數資料為正常強度變化或非RI事件
 - ▶ 修改迴歸模式之目標函數(objective function)

Thank You!