

應用機器學習進行彩虹影像辨識與彩虹預報

許宸瑋,周昆炫

中國文化大學大氣與地質科學系

Outline

- 動機
- 前期研究分析及研究方法
- 應用QPF進行彩虹分析
- 應用時雨量圖進行彩虹分析
- 結論與未來工作

動機

- 彩虹是常見的大氣光學現象，除了具有觀賞價值外，也受到許多攝影及氣象愛好者的關注。然而，彩虹的發生需要同時具備降雨、日照及適當的觀測幾何條件，因此發生時間短暫且空間範圍有限，目前仍缺乏客觀且有效的彩虹預報方法。
- 另一方面，近年來機器學習已廣泛應用於影像辨識與氣象領域，因此本研究希望利用卷積神經網路（CNN），除了辨識彩虹影像外，也進一步結合中央氣象署QPF定量降水預報及時雨量資料，分析降雨型態與彩虹發生的關係，建立彩虹預測與即時判別模型，提供彩虹觀測及相關應用之參考。

彩虹影像辨識

- 訓練影像集裁切成 25×25 像素的影像區塊，作為CNN訓練資料進行模型訓練。再將測試影像集經人工篩選出含有彩虹的影像區塊後，將分類結果劃分為四個類別。

	Rainbow	No Rainbow
Prediction Value ≥ 0.5	True Positive (TP)	False Positive (FP)
Prediction Value ≤ 0.5	False Negative (FN)	True Negative (TN)

- Accuracy: $\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$

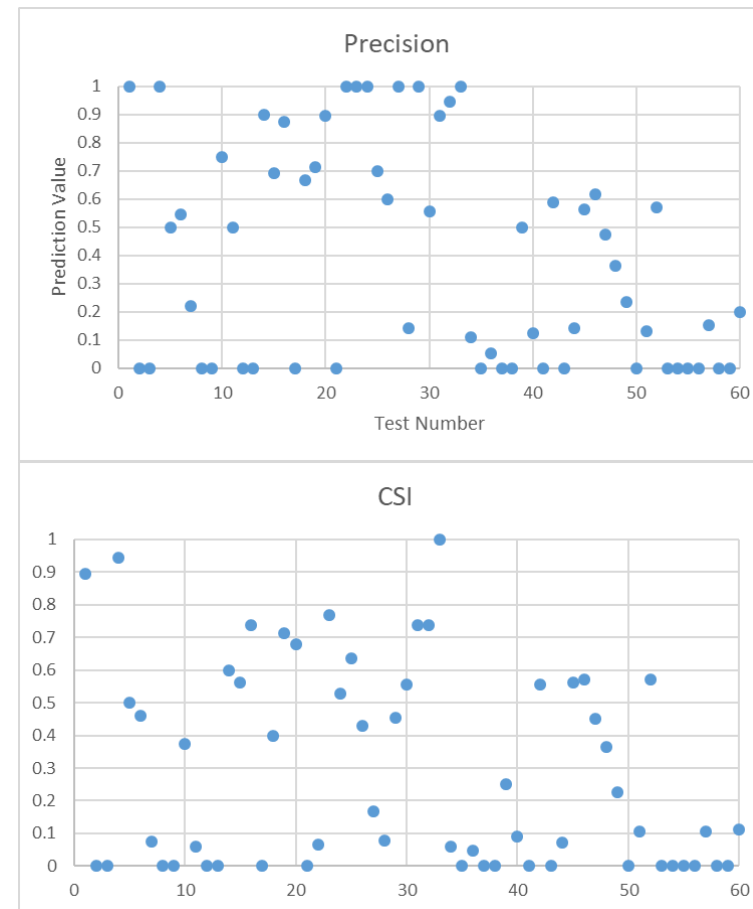
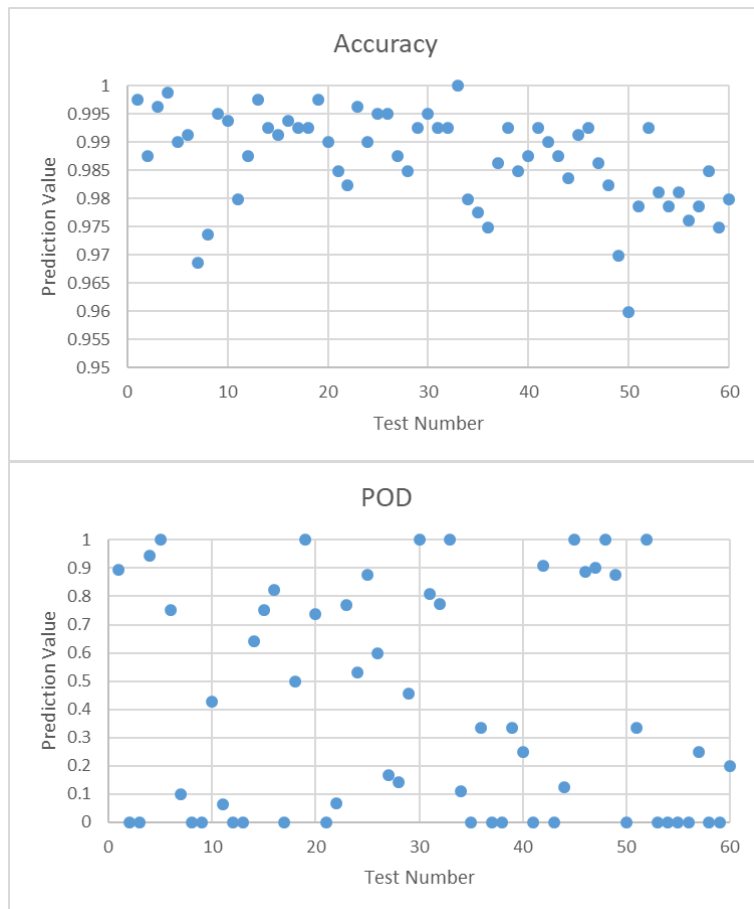
- Precision: $\frac{TP}{TP+FP}$

- Probability of Detection (POD): $\frac{TP}{TP+FN}$

- CSI: $\frac{TP}{TP+FP+FN}$

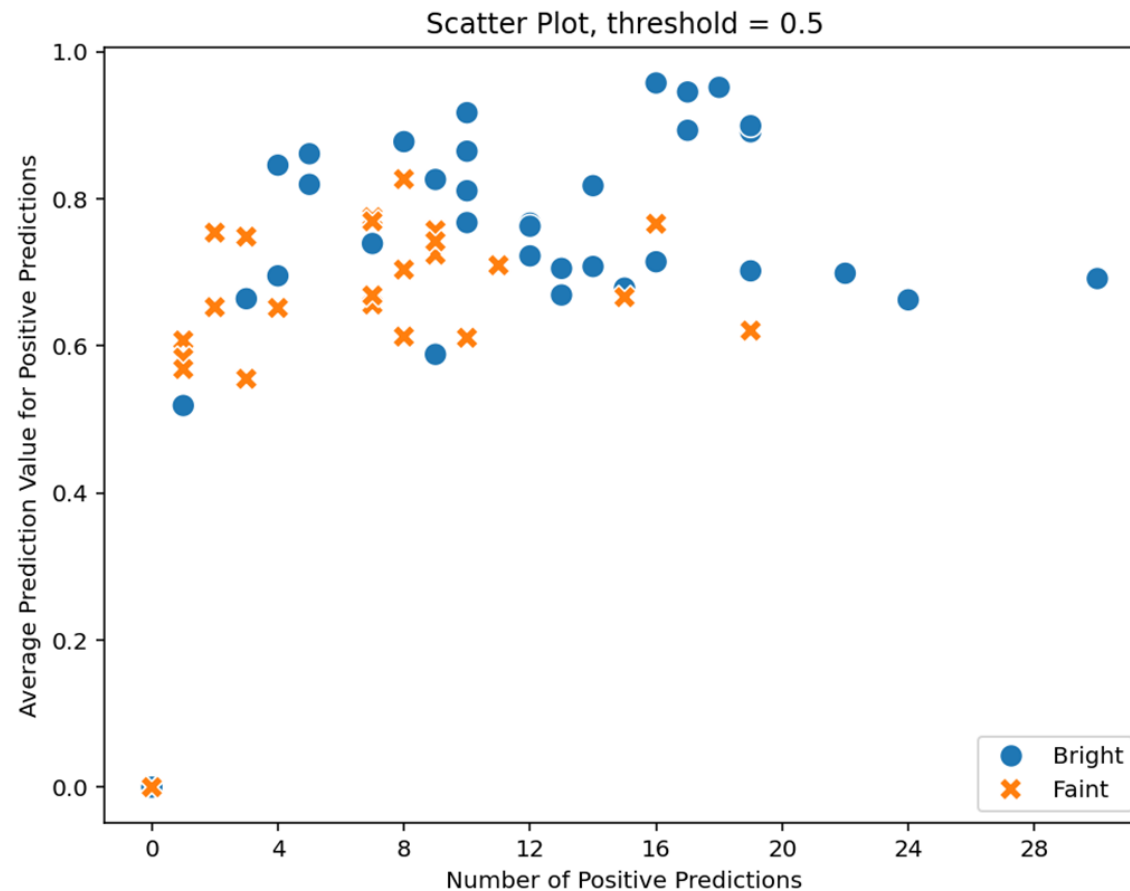


彩虹影像辨識



- 以準確度而言，所有測試圖片都在0.95以上
- 以精確度來說，明顯分布不均，少部分個案幾乎沒有誤判，但有許多圖片出現將無彩虹誤判為有彩虹的狀況
- 以偵測率來說，少部分個案幾乎將彩虹部分辨識出，但也有不少的真正有彩虹的圖片沒有完整辨識
- 綜合上述兩點所得出CSI，有出現完美且幾乎沒有誤判的個案，但僅是極少數。

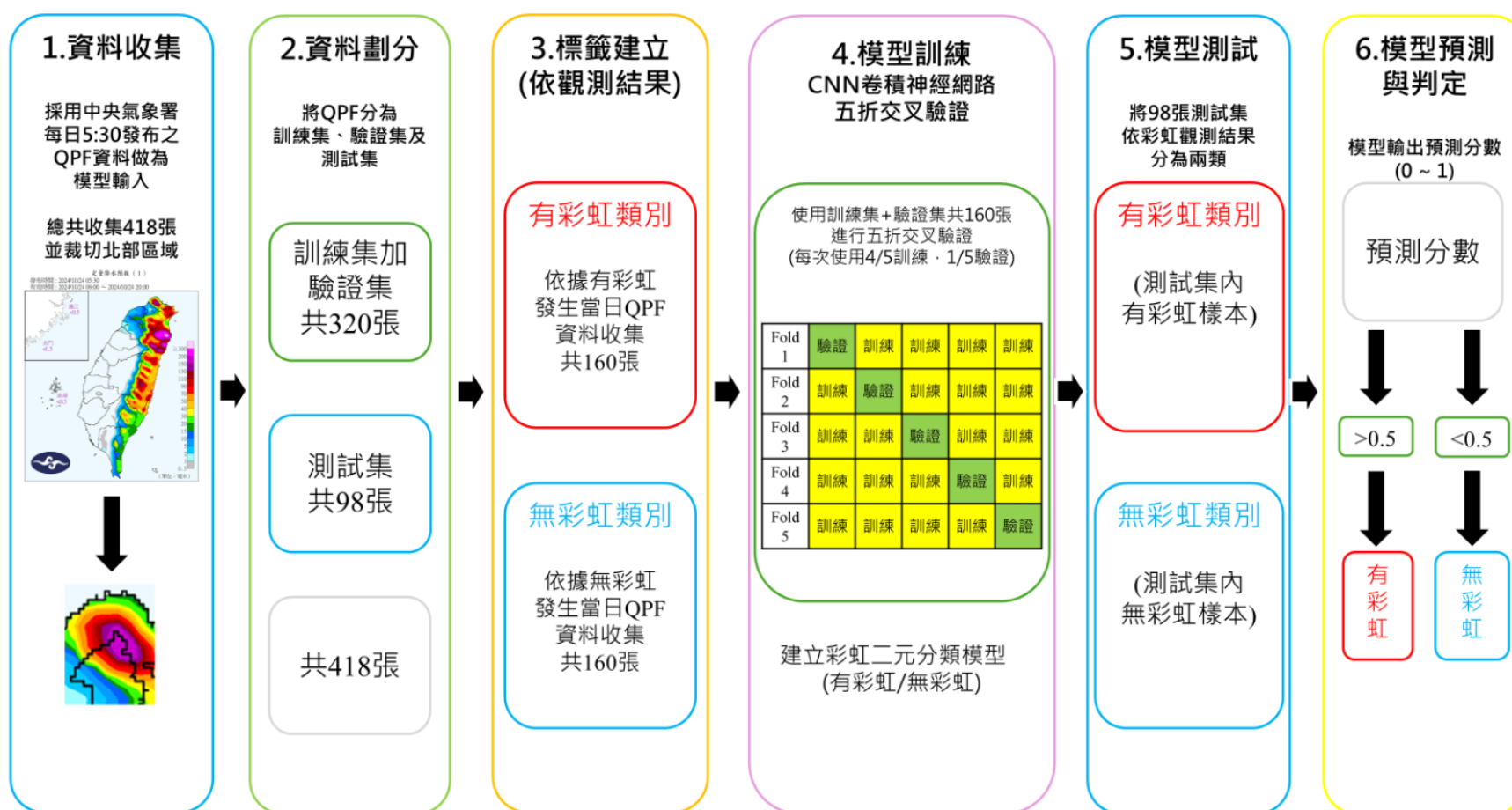
彩虹影像辨識



- 明亮組彩虹有較多像素的判定為Positive，且有較高的Prediction Value
- 淡色組彩虹判定為Positive的像素數量較少，且Prediction Value較低。

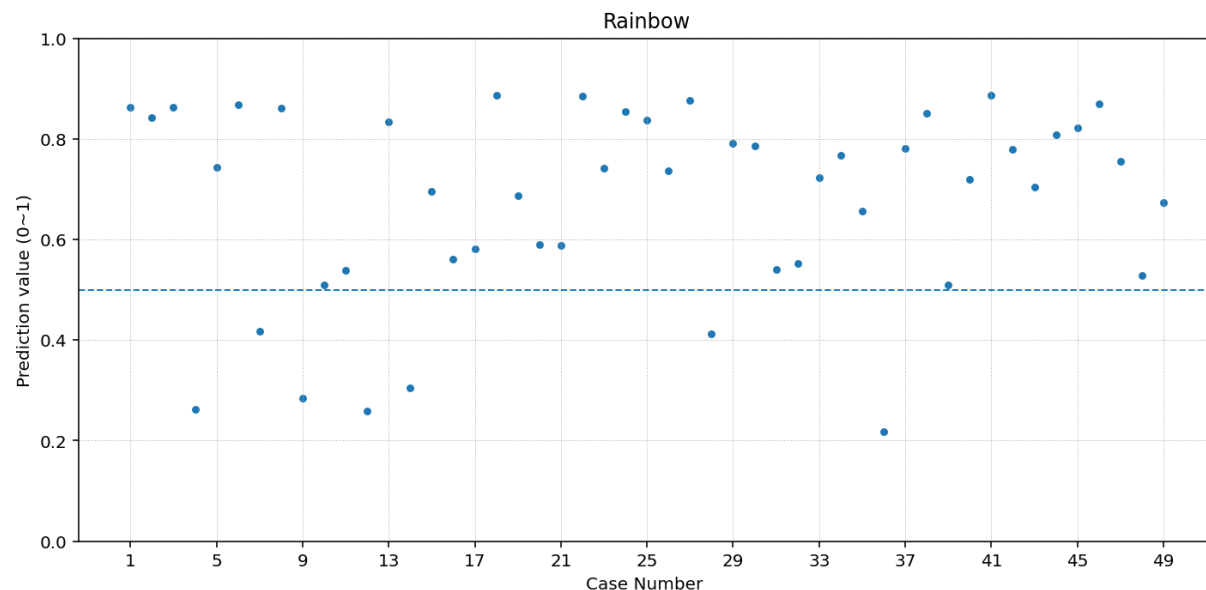
應用QPF進行彩虹分析

- 本研究採用中央氣象署每日上午5時30分發布之12小時QPF資料作為模型輸入，依實際觀測結果(2019~2025年10月至1月)分為有彩虹日與無彩虹日進行訓練，建立彩虹二元分類模型。模型完成後，以Recall及F1 Score評估辨識效能，分析QPF降水分布對彩虹發生之判別能力，並評估其作為彩虹預測依據的可行性。



應用QPF進行彩虹分析

- 將樣本分為有彩虹及無彩虹類別
- 利用中央氣象署QPF資料並以雙北地區作為裁切之範圍。
- 原始資料集有75x100兩種尺寸，
- 訓練集為每類別160張，進行五折交叉驗證，因此每一折每類別將有32張作為驗證集，測試集為每類別49張。

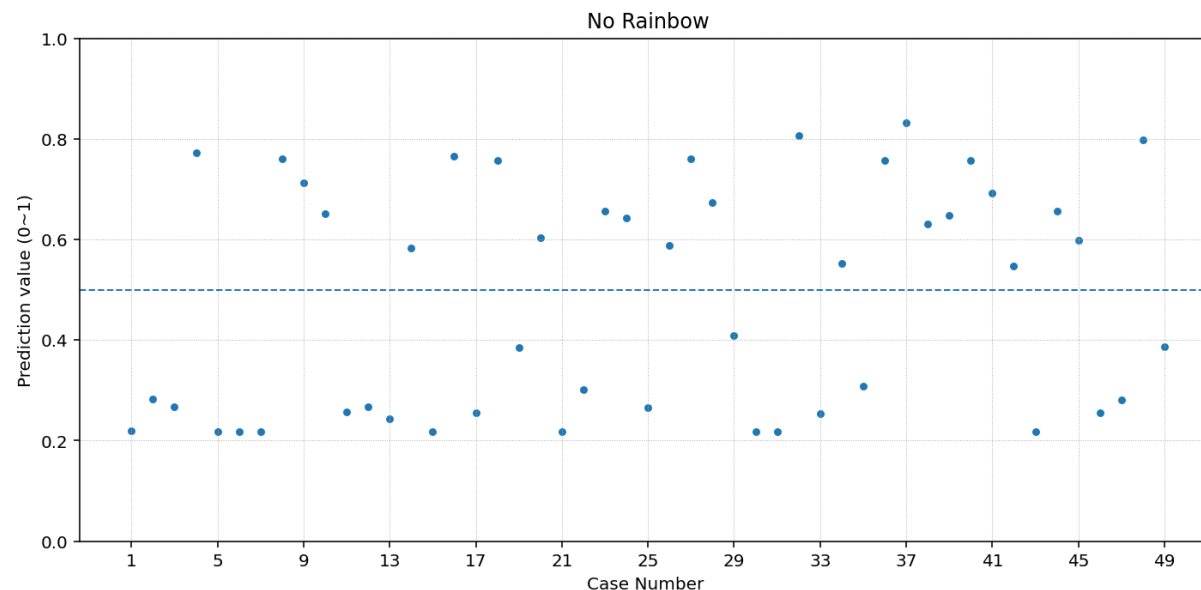


Recall:0.857
F1 score:0.913

	Rainbow	No Rainbow
Prediction Value ≥ 0.5	True Positive (TP)	False Positive (FP)
Prediction Value ≤ 0.5	False Negative (FN)	True Negative (TN)

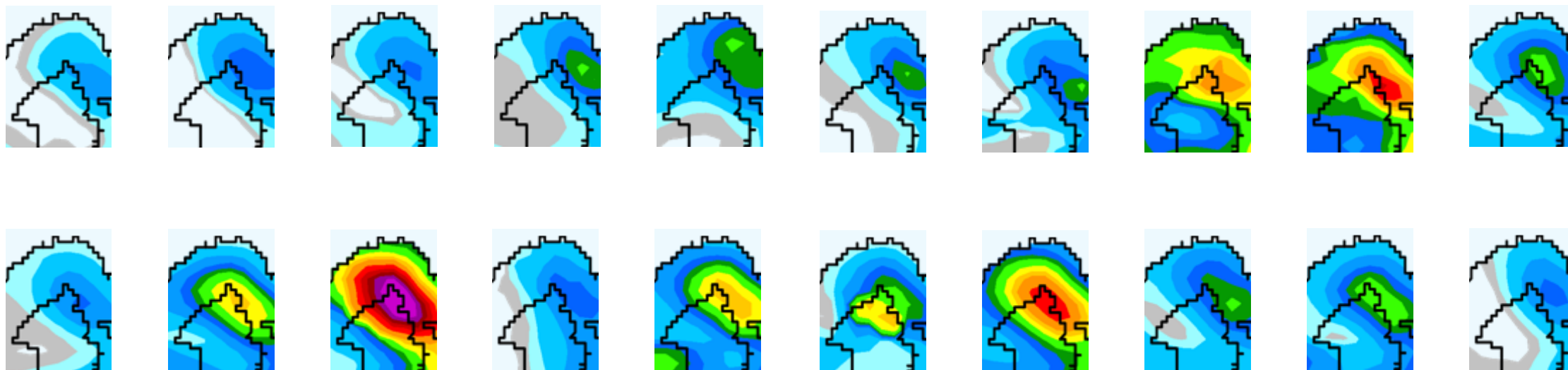
$$\text{Recall: } \frac{TP}{TP+FN}$$

$$\text{F1 score: } \frac{2TP}{2TP+FN}$$



Recall:0.489
F1 score:0.657

有彩虹(True Alarm)



- 有彩虹個案之QPF降水分布多呈現局部性、帶狀或塊狀降雨，降雨區主要位於裁切區域之一側，而非均勻覆蓋整個研究區。大部分個案以藍色、淺藍色及綠色為主，代表預報降雨量多屬弱至中等降雨，僅少數個案出現黃色、橘色或紅色之較強降雨區。

有彩虹(False Alarm)



- 屬於有彩虹類別但模型判定為無彩虹之個案，其QPF降水分布多呈現降雨範圍較小、降雨強度偏弱之特徵，且未形成明顯帶狀或塊狀降雨分布。部分個案甚至幾乎無明顯降雨，因此模型較傾向判定為無彩虹。

無彩虹(True Alarm)



- 屬於無彩虹類別且模型正確判定為無彩虹之個案，其QPF降水分布多呈現無降雨或極弱降雨之特徵。大部分影像以白色及灰色為主，僅少數個案於研究區局部出現淺藍色降雨區，代表預報降雨量偏低且降雨範圍有限。整體降雨分布缺乏明顯帶狀或塊狀結構，降雨訊號零散且不連續，顯示研究區內缺乏有利於彩虹形成之降雨條件，因此模型能正確判定為無彩虹。

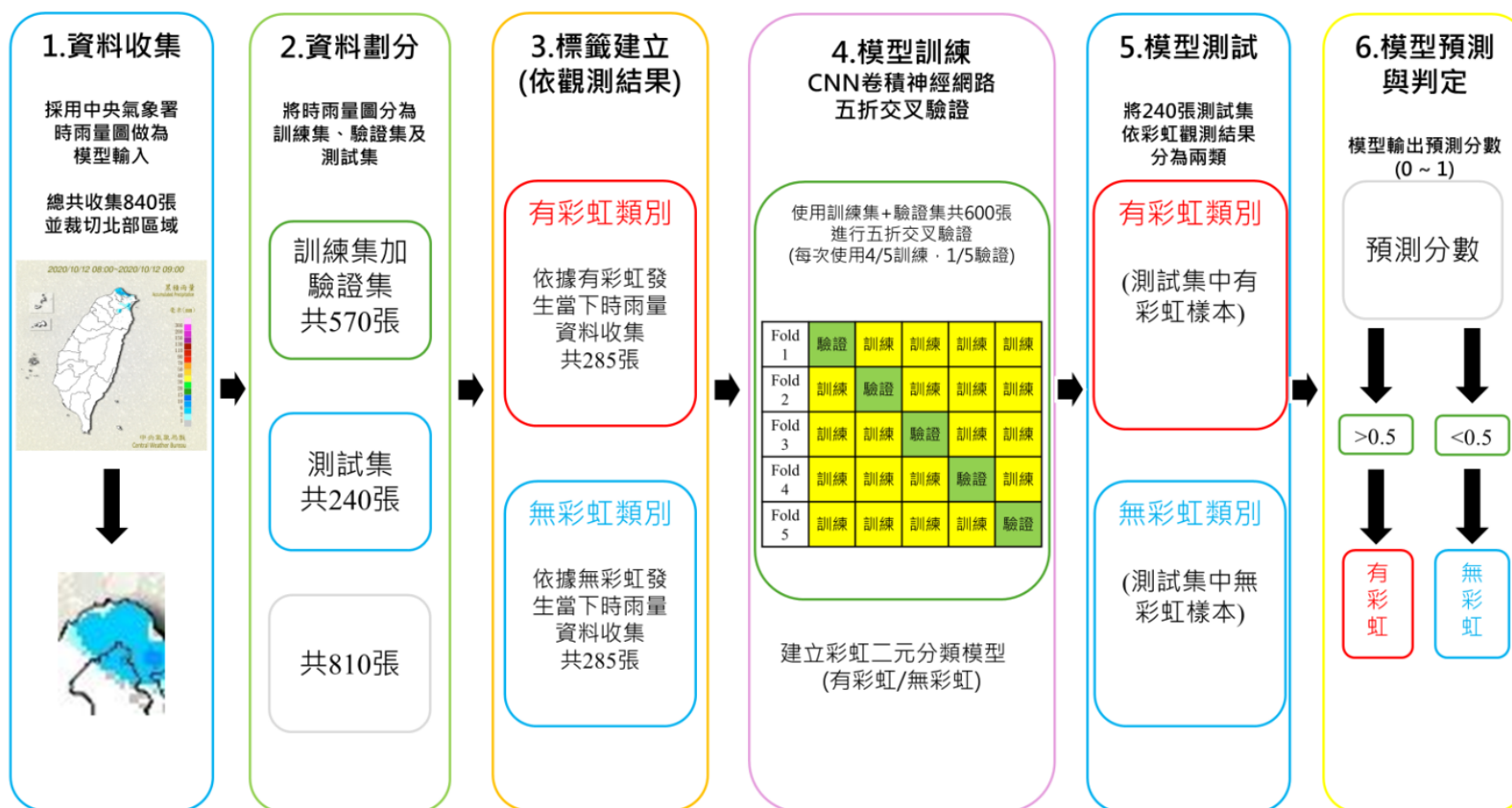
無彩虹(False Alarm)



- 無彩虹類別錯誤預測為有彩虹類別，QPF型態為多呈現弱至中等降雨型態，降雨主要分布於北海岸及一帶。多數個案以淺藍色及藍色降雨區為主，顯示降雨強度偏弱至中等；部分個案則出現綠色、黃色甚至橙色降雨區，代表局部地區具有較高之降雨強度。整體而言，降雨分布具有一定連續性。

應用時雨量進行彩虹分析

- 本研究採用中央氣象署時雨量圖作為模型輸入，依彩虹觀測結果(2019~2025年10月至1月)分為有彩虹及無彩虹兩類進行訓練，建立彩虹二元分類模型。模型完成後，以 Recall 及 F1 Score 評估辨識效能，分析彩虹發生當下之降雨分布特徵，並評估時雨量資料作為彩虹判別依據之可行性。



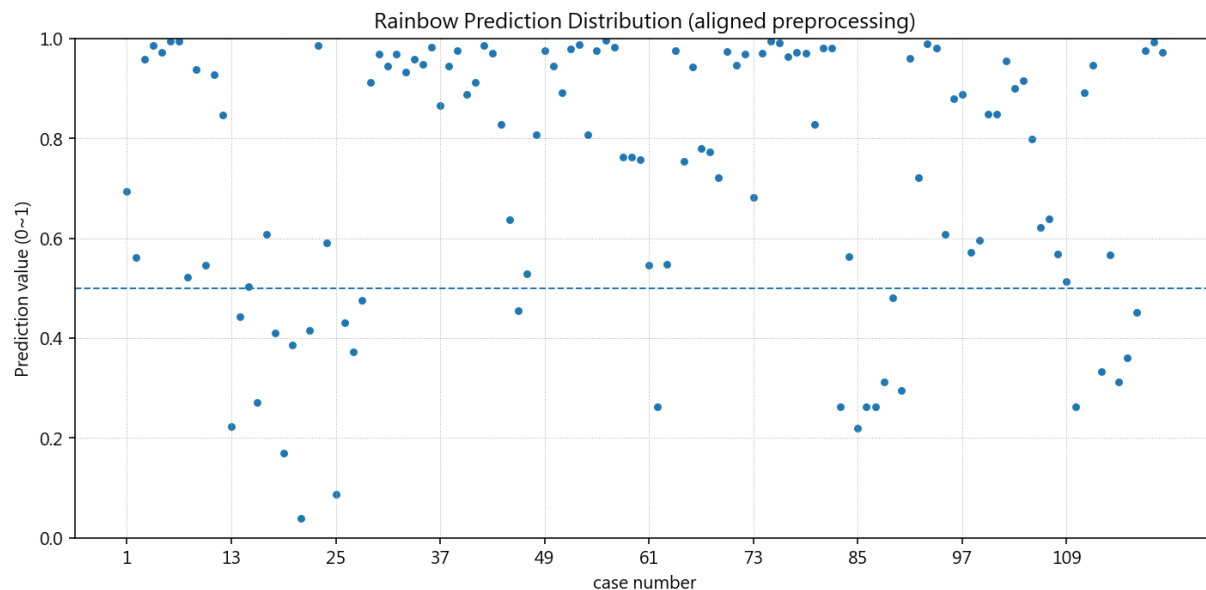
應用時雨量進行彩虹分析

- 將樣本分為有彩虹及無彩虹類別
- 利用中央氣象署時雨量資料並以雙北地區作為裁切之範圍。
- 原始資料集尺寸為45x60，
- 訓練集為每類別240張，驗證集為60張，測試集為每類別120張。

	Rainbow	No Rainbow
Prediction Value ≥ 0.5	True Positive (TP)	False Positive (FP)
Prediction Value ≤ 0.5	False Negative (FN)	True Negative (TN)

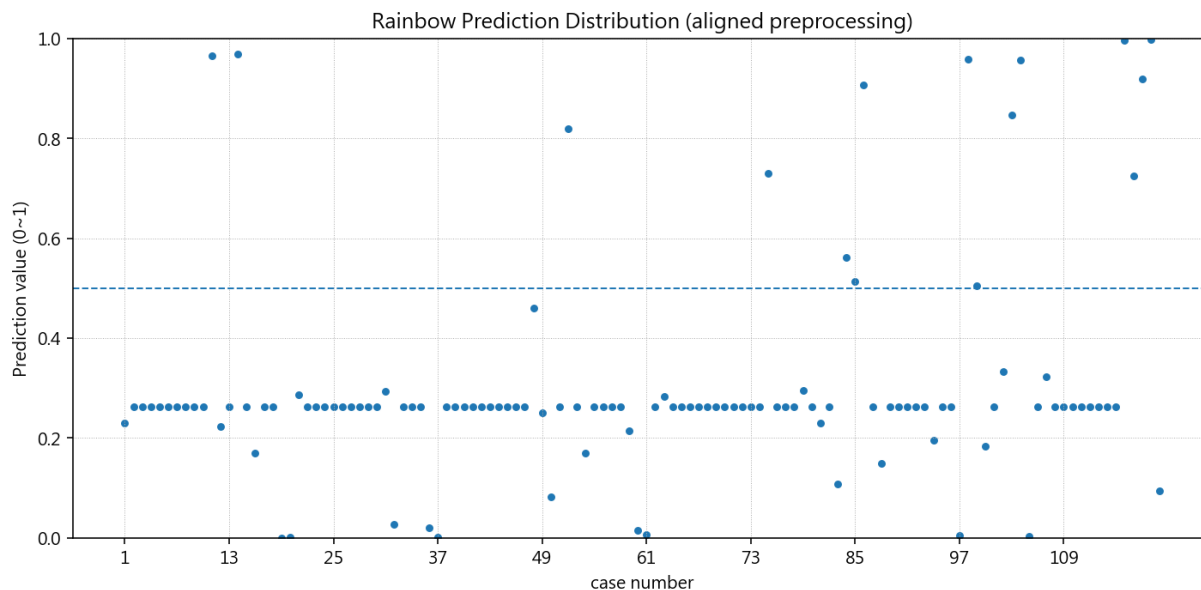
$$\text{Recall} : \frac{TP}{TP+FN}$$

$$\text{F1 score} : \frac{2TP}{2TP+FN}$$



Recall:0.783

F1 score:0.878



Recall:0.875

F1 score:0.933

有彩虹(True Alarm)



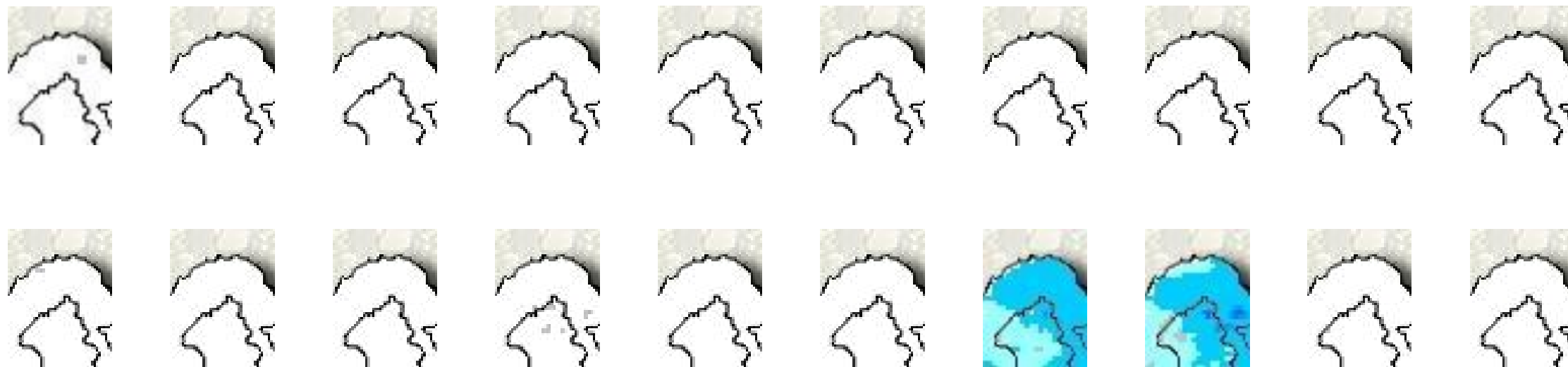
- 模型正確辨識之有彩虹個案，其時雨量圖多呈現局部且連續之降雨分布，降雨區主要位於北側及東北側，降雨強度以弱至中等降雨為主，但未完全覆蓋整個區域，形成局部降雨特徵。少數個案雖僅出現零星降雨，但仍可觀察到明顯降雨訊號，顯示此類降雨分布具有一定的一致性，因此模型能有效辨識為有彩虹事件。

有彩虹(False Alarm)



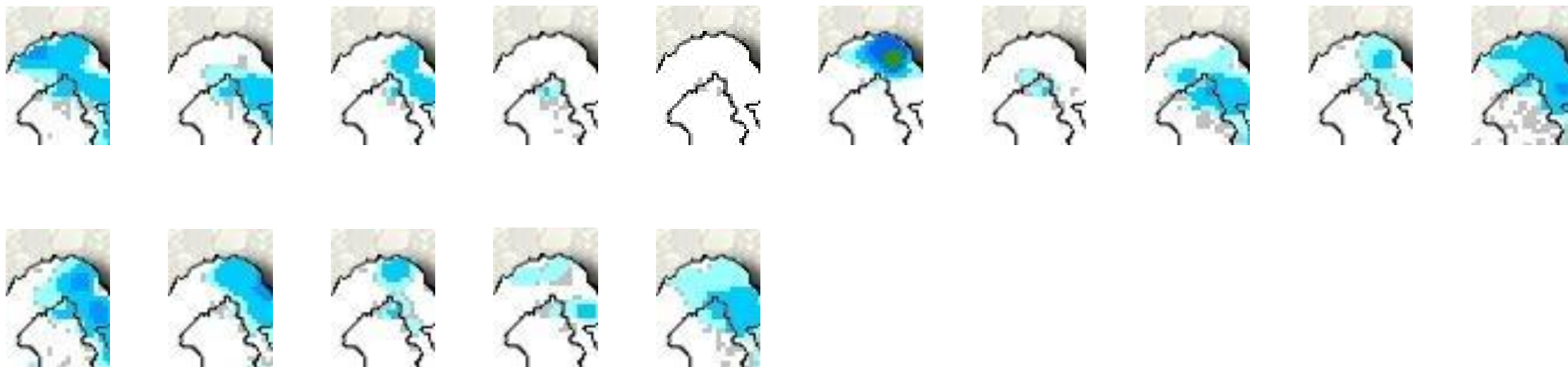
- 模型誤判為無彩虹之個案，其時雨量分布以零星弱降雨為主，多數個案僅於局部區域出現小範圍淺藍色降雨，部分個案甚至幾乎無明顯降雨訊號。整體而言，降雨範圍有限。

無彩虹(True Alarm)



- 模型正確辨識為無彩虹之個案，其時雨量圖多未呈現明顯降雨訊號，大部分影像幾乎無降雨分布，僅少數個案於研究區局部出現弱降雨。整體降雨範圍小、強度低，且未形成連續降雨結構，因此模型可有效辨識為無彩虹事件。

無彩虹(False Alarm)



- 模型誤判為有彩虹之個案，其時雨量圖普遍具有明顯的局部降雨特徵，降雨主要分布於北側及東北側，且多呈連續帶狀或塊狀結構。整體降雨強度以弱至中等降雨為主，部分個案具有較高之局部降雨強度。

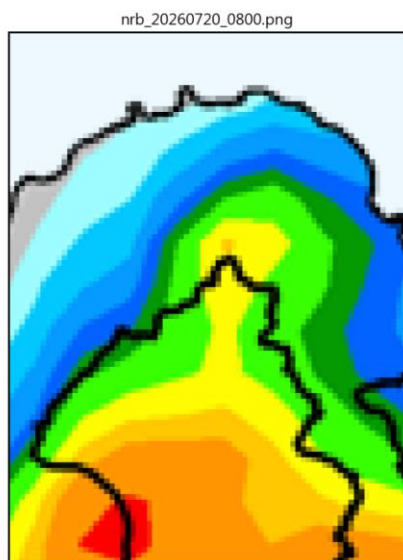
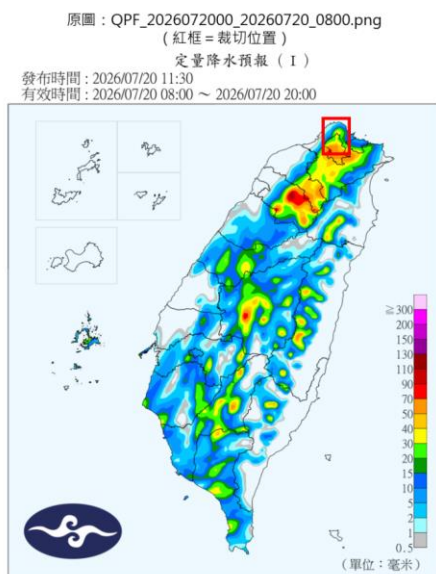
結論及未來工作

- 在QPF測試分析可以得出在有彩虹類別具有較良好測試分析，無彩虹類別則表現較差，而在降雨型式部分，預報為有較明顯降雨容易判讀並分類為有彩虹類別，反之，預報為零星及無降雨類別則容易判讀為無彩虹類別。
- 在時雨量測試分析得出在有彩虹類別及無彩虹均具有較良好的分析結果，在判讀部分，與QPF測試結果相似，有較顯著降雨容易判讀為有彩虹，零星及無明顯降雨或全區域顯著降雨容易判讀為無彩虹結果。
- 總體而言，在QPF測試分析整體仍有改善空間，但已能初步判讀有彩虹降雨型式的能力，時雨量進行即時判讀則有較好結果，但分析及判別能力仍需進一步改善，未來將持續增加樣本數量及改善樣本品質，並持續將模型進行更新。

結論及未來工作-應用QPF進行彩虹預報

- 為提升研究成果之應用性，本研究進一步建置一套基於定量降水預報（QPF）之彩虹自動預測系統。系統可自動擷取中央氣象署最新發布之12小時QPF圖資，並依研究設定之地理範圍進行影像裁切與前處理，使其符合模型輸入格式。完成處理後，裁切影像將自動匯入已訓練完成之卷積神經網路（CNN）模型進行推論，輸出彩虹發生之預測機率。

QPF 定量降水預報裁切預覽



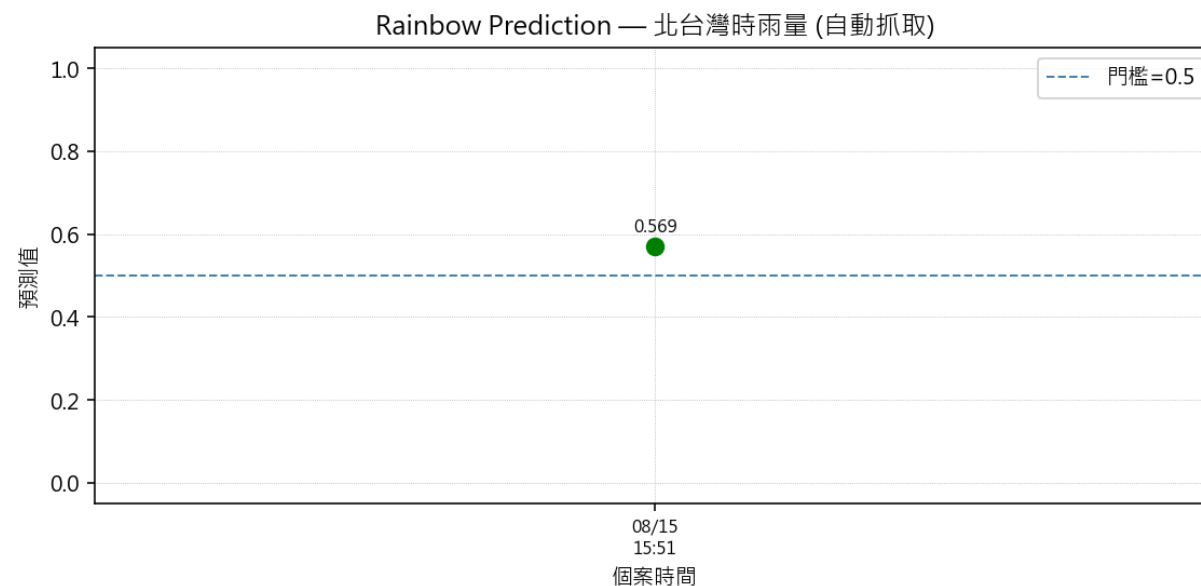
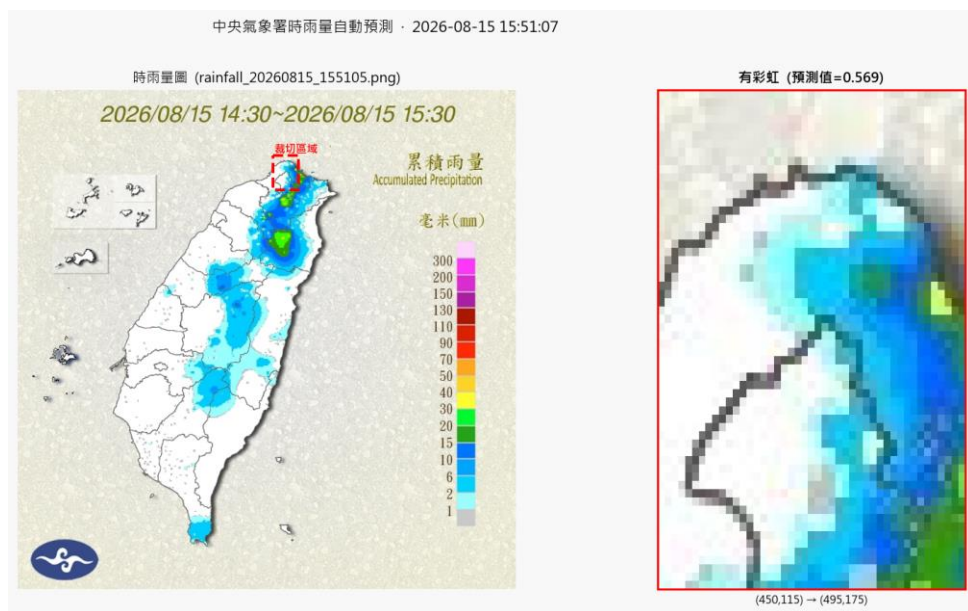
QPF 12H 彩虹預測散佈圖



- 系統以模型輸出的預測分數作為彩虹發生之判別依據，當預測分數大於0.5時，即判定該時段具有彩虹發生之可能性；反之，若預測分數低於0.5，則判定為無彩虹發生。透過此自動化流程，可即時整合最新QPF資料並快速完成彩虹發生機率之預測，提供彩虹觀測、旅遊資訊及相關氣象應用之參考，亦展現本研究模型於實務預報上的應用潛力。

結論及未來工作-應用時雨量圖進行彩虹預報

- 為驗證研究成果之即時應用能力，本研究建置一套結合中央氣象署時雨量圖之彩虹即時判別系統。系統可自動擷取最新發布之時雨量圖資，並依研究設定之研究區域完成影像裁切與前處理，再將處理後之影像輸入已完成訓練之卷積神經網路（CNN）模型，分析當下降雨分布特徵與彩虹發生之關聯性，並輸出彩虹發生之預測分數。



- 本系統以模型輸出之預測分數作為判別依據，當分數高於0.5時，表示當前降雨型態符合彩虹發生條件，判定具有彩虹發生之可能性；若低於0.5，則判定為無彩虹發生。系統可同步顯示時雨量圖、裁切後影像、預測分數及判別結果，提供使用者快速掌握即時降雨型態與彩虹發生之關係，並可作為彩虹觀測與模型驗證之輔助工具。

感謝聆聽