

# 深度學習颱風測報技術

## Deep Learning Technique for Tropical Cyclone

蕭純珉<sup>1</sup> 黃椿喜<sup>1</sup> 劉品妍<sup>1</sup> 許乃寧<sup>1</sup> 郭毓揚<sup>2</sup> 陳柏孚<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中央氣象署 <sup>2</sup>國立臺灣大學

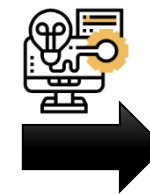
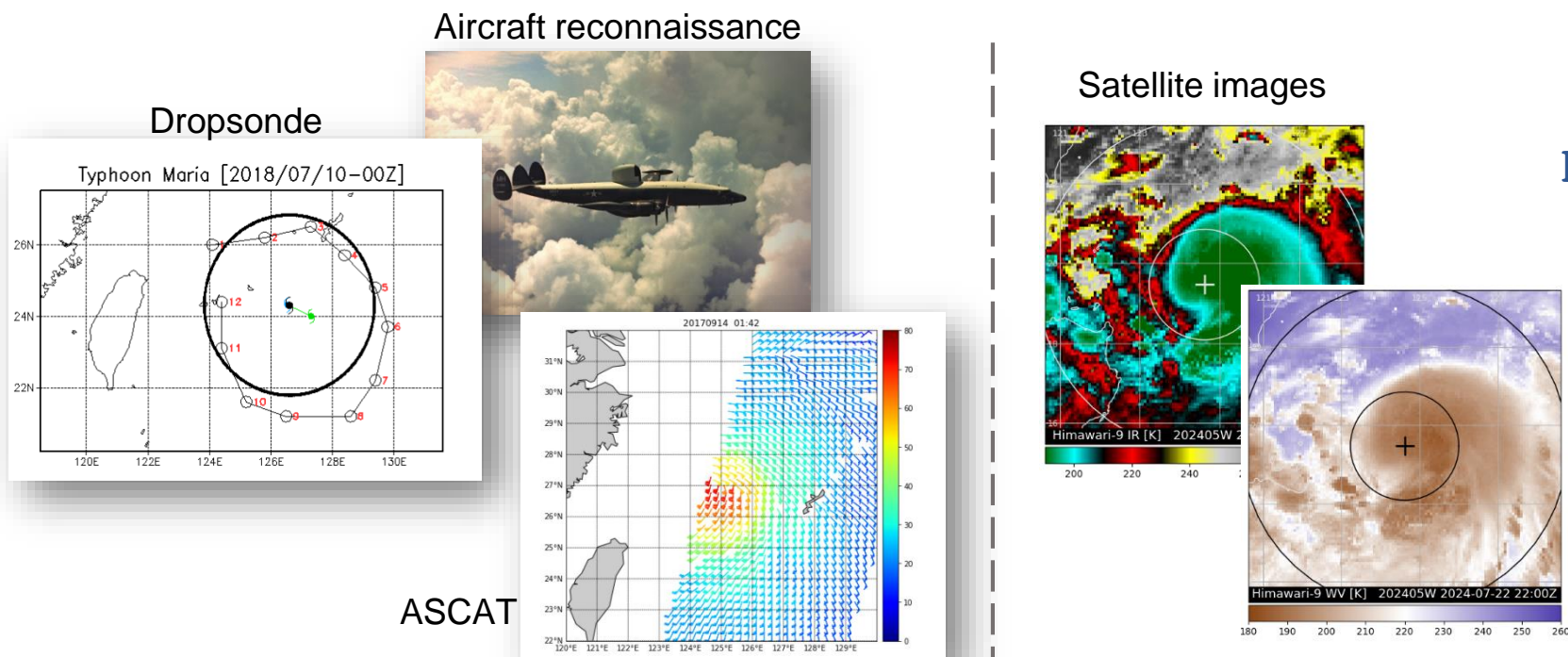
<sup>1</sup>Central Weather Administration

<sup>2</sup>National Taiwan University

# 前言 - 颱風結構測報

- 傳統風力預報的挑戰：觀測資料稀少、經驗依賴、主觀性
- 深度學習的優勢：處理複雜資料能力、資料驅動、客觀性

利用深度學習處理複雜衛星資料，獲取符合物理直覺且易於氣象預報／研究使用之颱風結構資訊



# DLTC Route Map

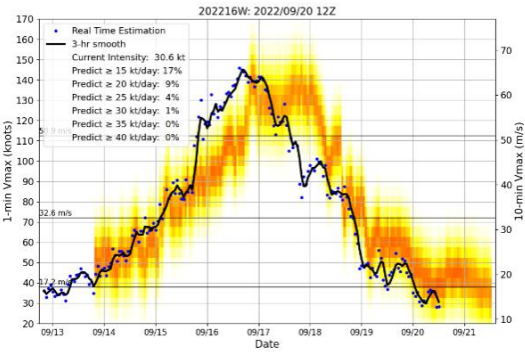
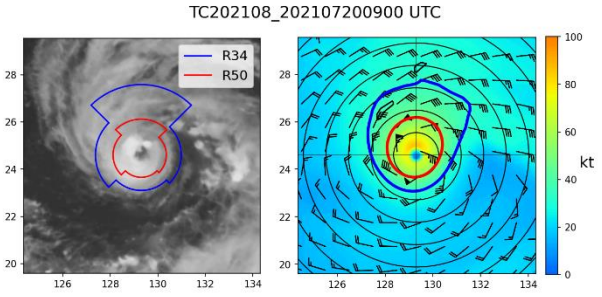
## 2020

強度估計

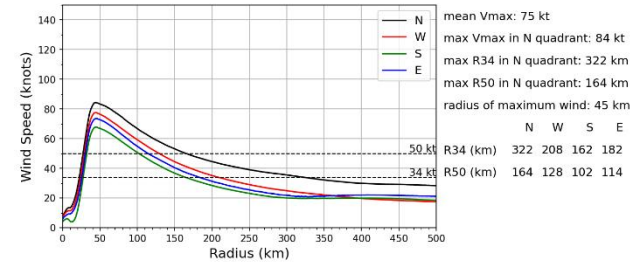


## 2021

軸對稱結構



21/2  
24-h  
強度預報



## 22/23

高解析二維對流分析

高解析二維風場分析

颱風結構預報



## 24

颱風中心定位模式

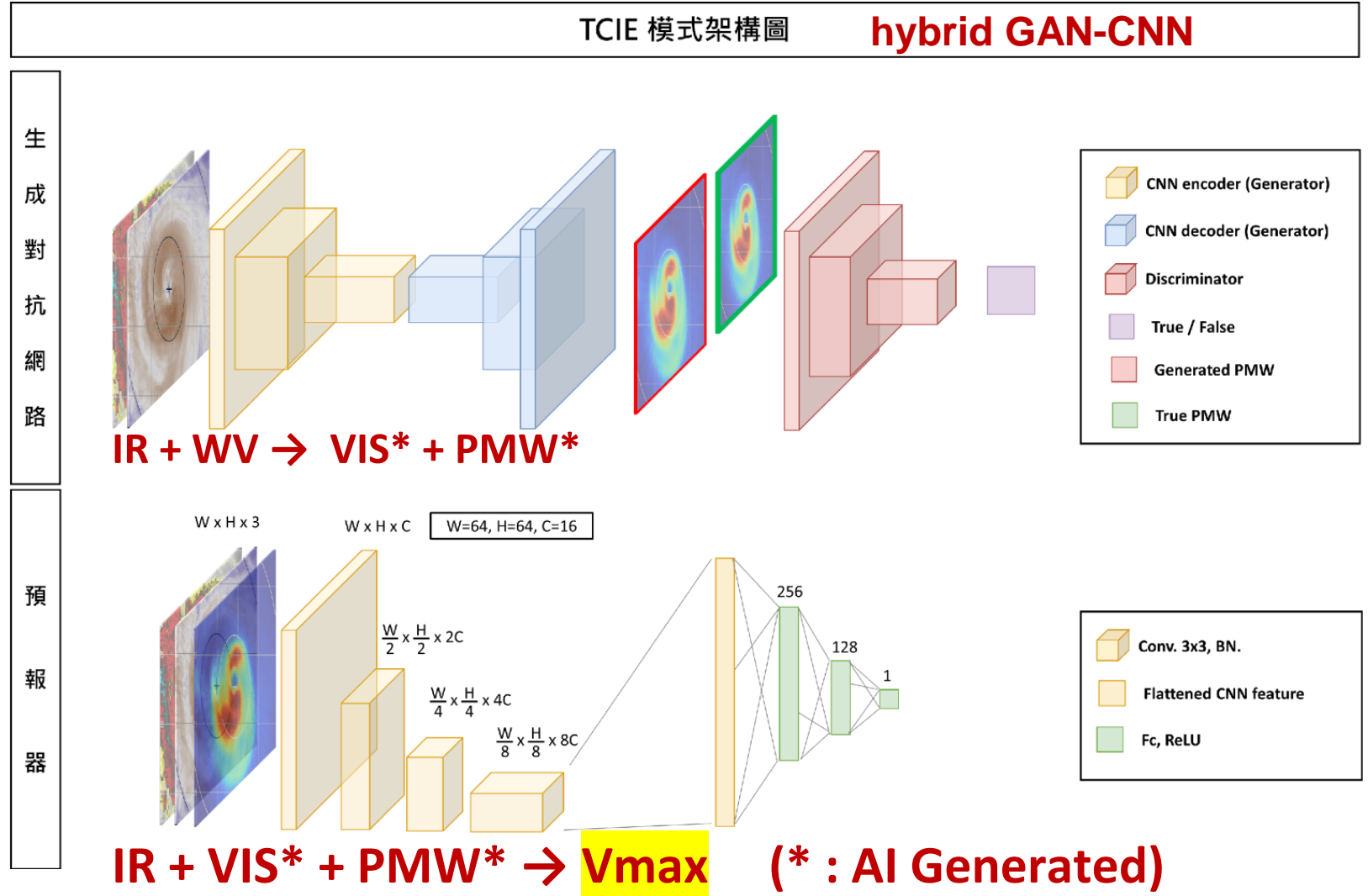
整合性作業化流程

重預報實驗及校驗結果

# DLTC 各模式介紹

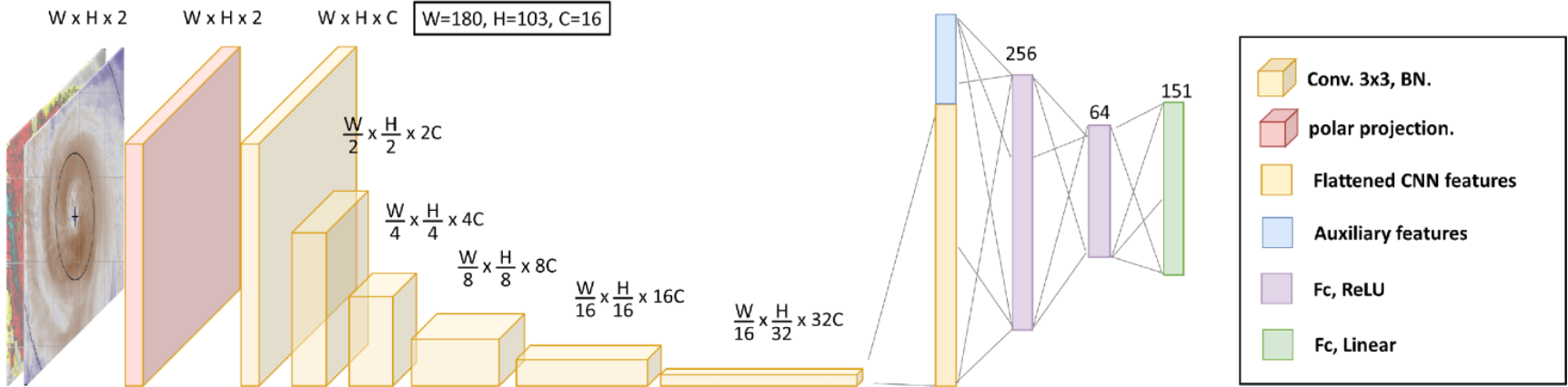
	訓練資料時間	輸入資料	輸出資料	標籤資料	參考文獻
TCIE 颱風強度估計	2004-2018	IR / WV/環境參數	近中心最大風速	Best track	Chen B.-F. et al. 2019 Chen B. et al. 2021a
TCSA 軸對稱結構分析	2004-2018	IR /環境參數	軸對稱平均風場剖面	Modified profile (蕭 · 2022)	蕭 · 2022 Chen B. et al. 2021b
TCRI 颱風強度預報	2004-2020	IR /環境參數	+24小時預報Vmax	Best track	Chen et al. 2022 陳與李 · 2021
TCRE 颱風結構預報	2004-2020	IR /環境參數	+24小時預報R <sub>34</sub>	TCSA重預報R34	2023 – 多采委外
DeepRainband 颱風對流分析	2014-2019	IR /WV	擬真PMW雲圖	NRL TC page PMW雲圖	李與陳 · 2022
Positioning 颱風定位修正	2004-2018	IR	中心偏移量	中心偏移量	陳 · 2024
DSAT-2D 颱風二維風場分析	2014-2020	IR/WV/環境風場	二維風場	Modified ASCAT	李與陳 · 2023
132-h IKE 颱風IKE短中期預報	2004-2020	環境參數	+132h預報 IKE	TCSA重預報 IKE	2024 – 多采委外

# DLTC各模式介紹 - Tropical Cyclone Intensity Estimate

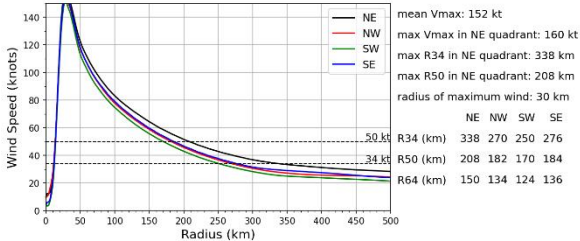
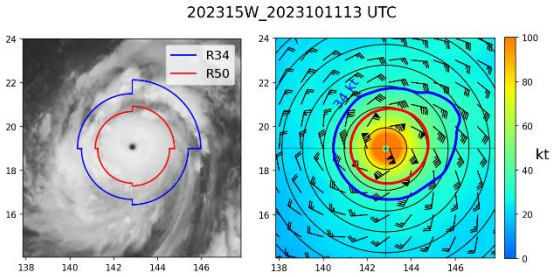
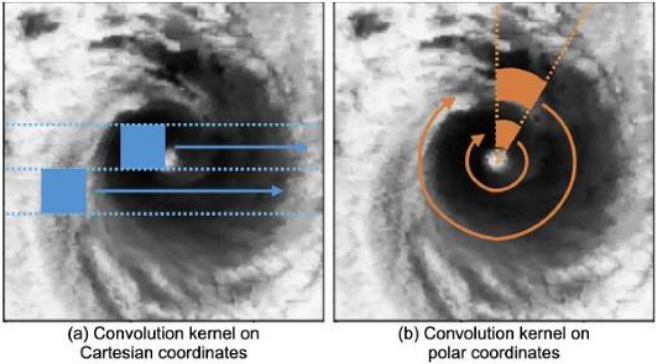


# DLTC各模式介紹 - Tropical Cyclone Structure Analysis

## TCSA 模式架構圖 Polar CNN

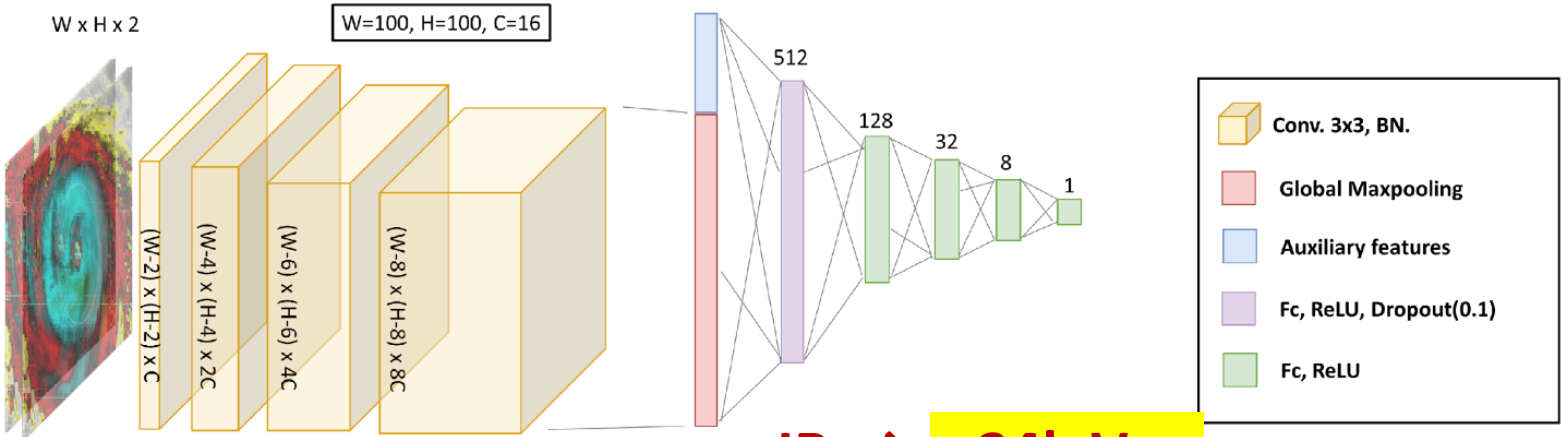


IR → TC profiles



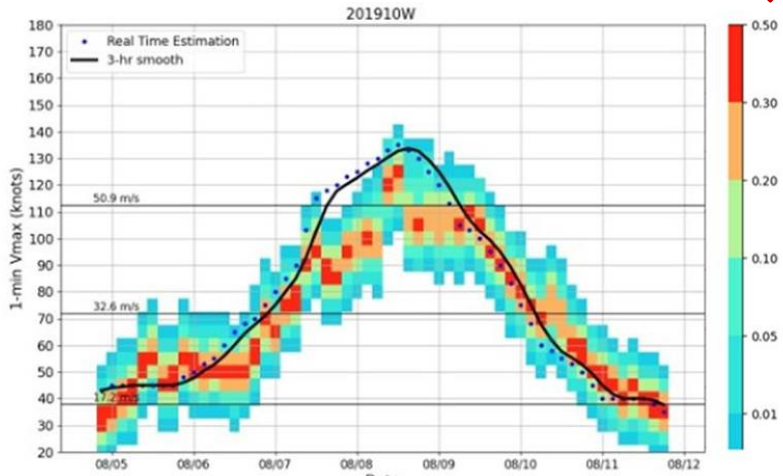
# DLTC各模式介紹 - Tropical Cyclone Rapid Intensification

TCRI / TCRE 模式架構圖 CNN



# Environment	# TC info
SST	Vmax
POT	R34_PF
TPW	basin
T200	TC_lat
U200	tc_speed
RH700	delta_V_3h
RH850	delta_V_6h
VOR850	delta_V_12h
Dis2Land	delta_V_24h
shr	delta_R_3h
Imf	delta_R_6h
local_time	delta_R_12h
	delta_R_24h

IR → + 24h V<sub>max</sub>



	Year (20xx)																
	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
M <sub>1</sub>	v	v															
M <sub>2</sub>		v	v														
M <sub>3</sub>			v	v													
⋮				v	v						v	v					
M <sub>12</sub>												v	v				
M <sub>13</sub>													v	v			
M <sub>14</sub>														v	v		

14 models

Chen et al. 2022; 陳與李, 2021

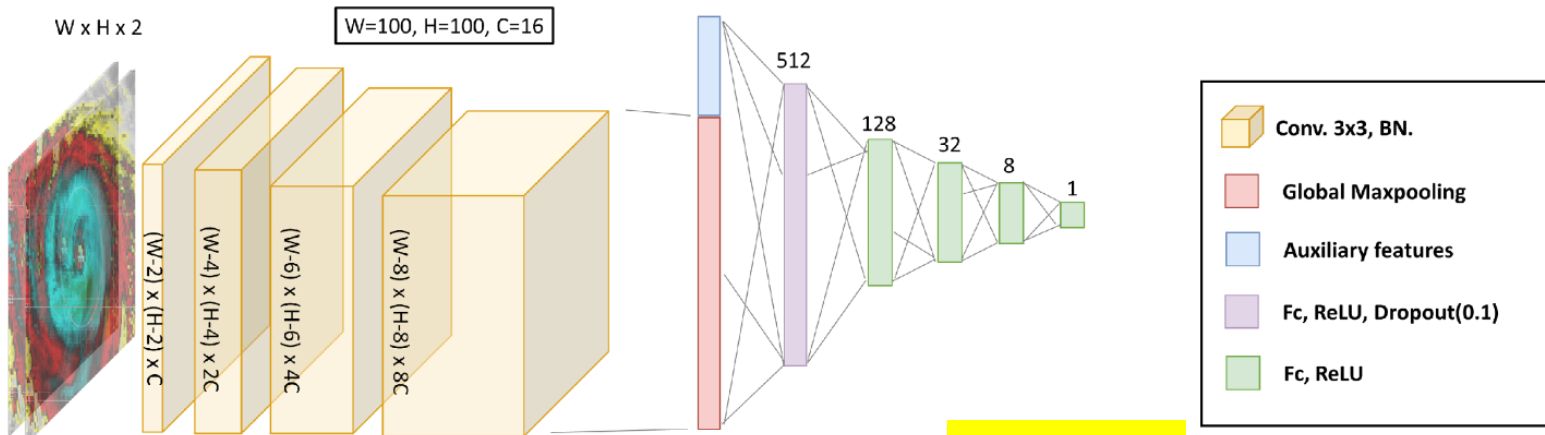


WCDR  
資料の學習  
研發小組

# DLTC各模式介紹 - Tropical Cyclone Rapid Expansion

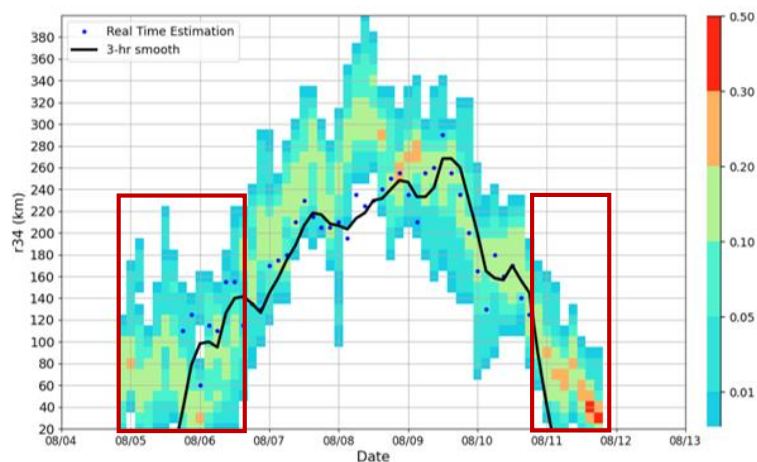
TCRI / TCRE 模式架構圖

CNN



IR → + 24h R<sub>34</sub>

# Environment	# TC info
SST	Vmax
POT	R34_PF
TPW	basin
T200	TC_lat
U200	tc_speed
RH700	delta_V_3h
RH850	delta_V_6h
VOR850	delta_V_12h
Dis2Land	delta_V_24h
shr	delta_R_3h
Imf	delta_R_6h
local_time	delta_R_12h
	delta_R_24h



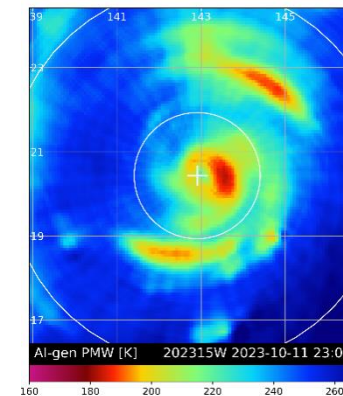
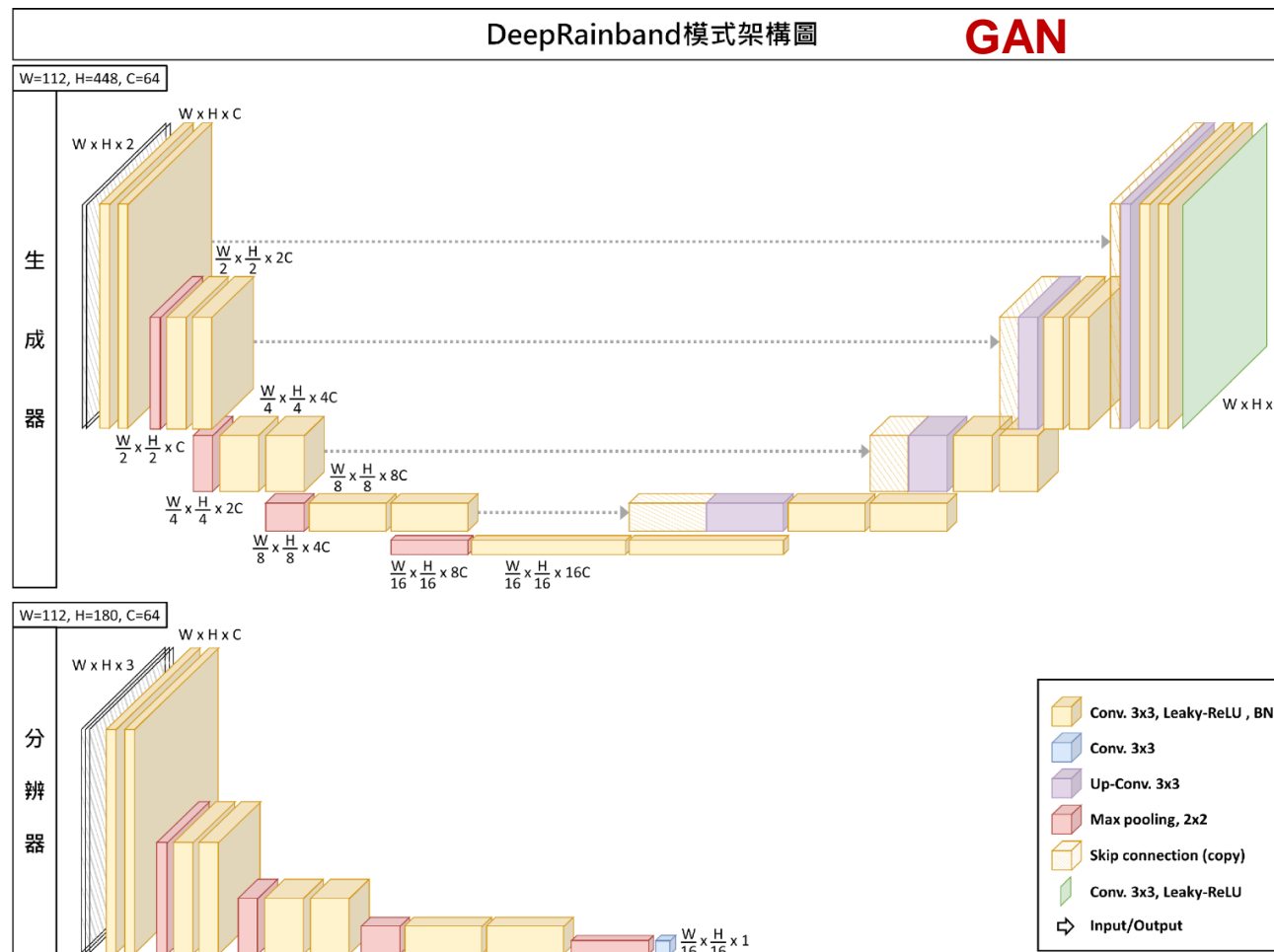
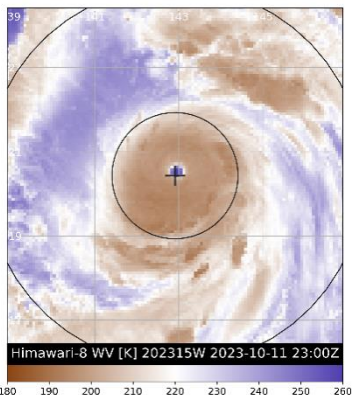
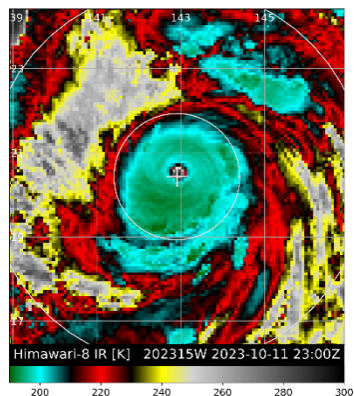
模式會預報出不合理的暴風半徑 ( R<sub>34</sub> )

原因為R<sub>34</sub>只有在強度大於34節時才有暴風半徑的估計值，資料本身具有不連續特性所導致的問題。

→於今年下半期計畫更新TCRE的預報目標為颱風累積動能 ( IKE )



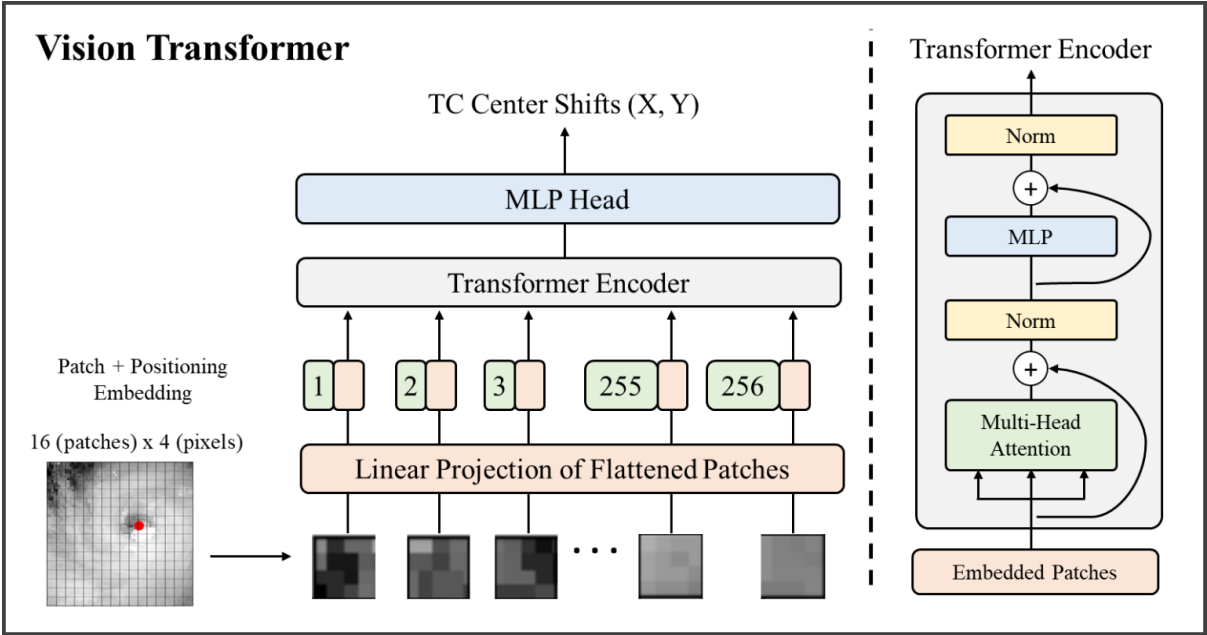
# DLTC各模式介紹 – Deep-Rainband



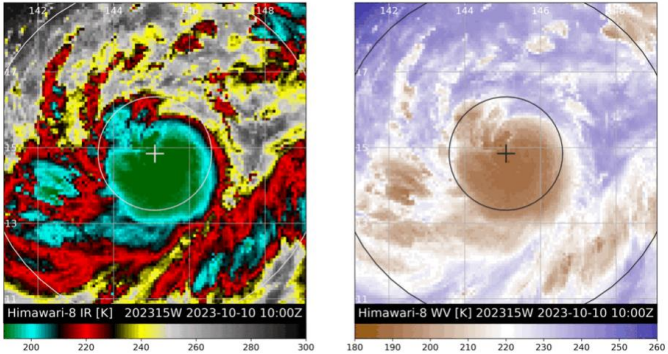
IR + WV → PMW\*

# DLTC各模式介紹 - Positioning

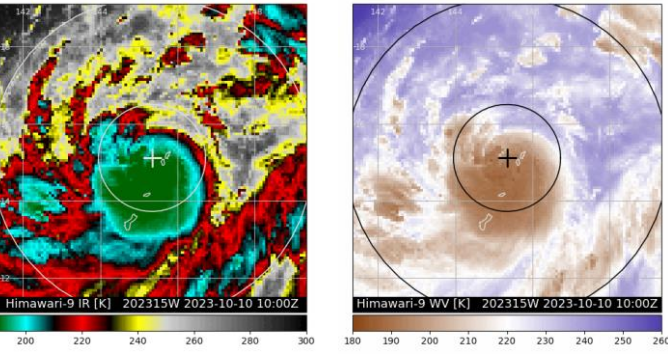
## 即時颱風定位偏移之自動修正



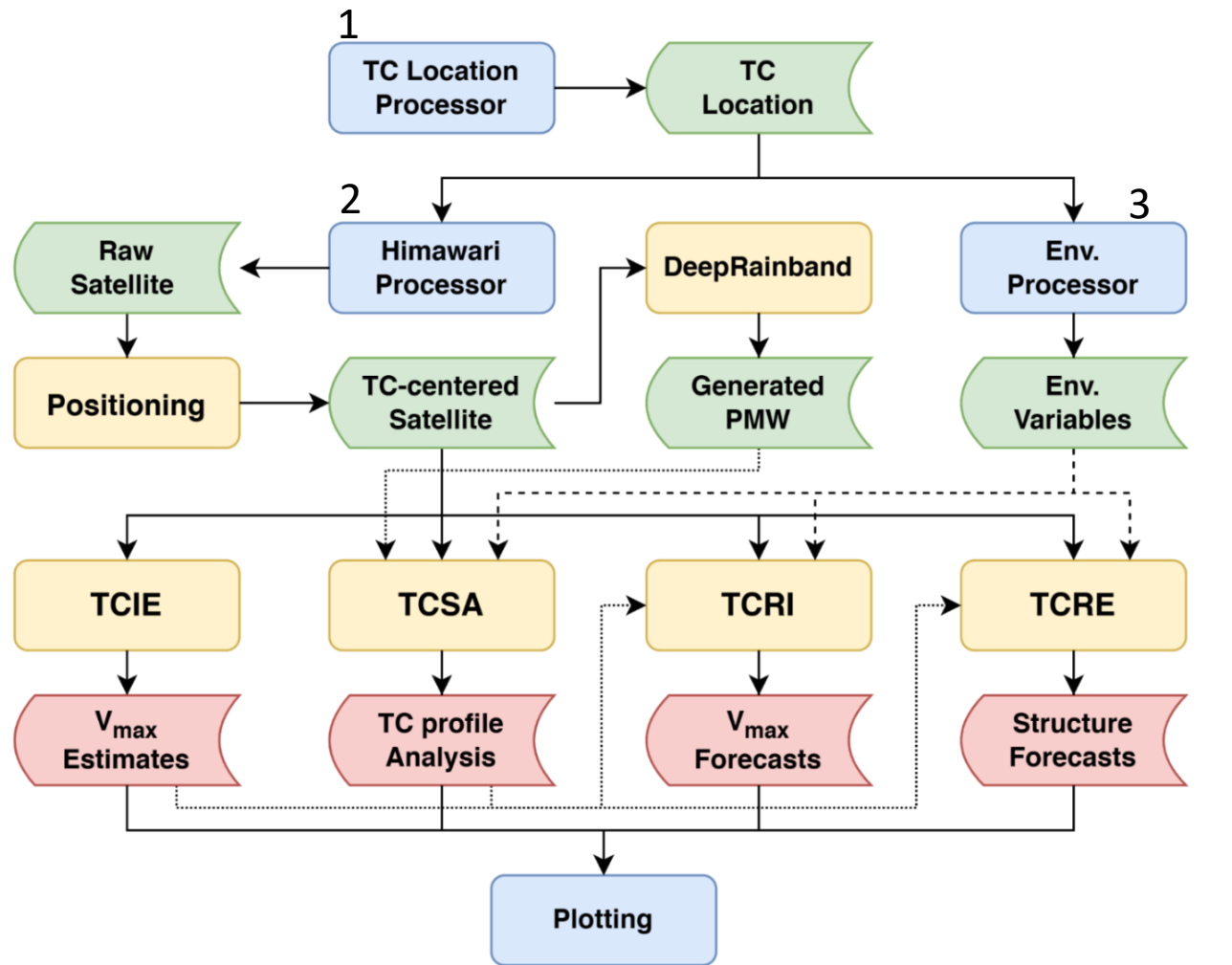
修正前



修正後



# New DLTC Workflow



## Input Data

1. TC location (CIMSS ADT)
2. Himawari-9 (NOAA-AWS)
3. NCEP-GFS

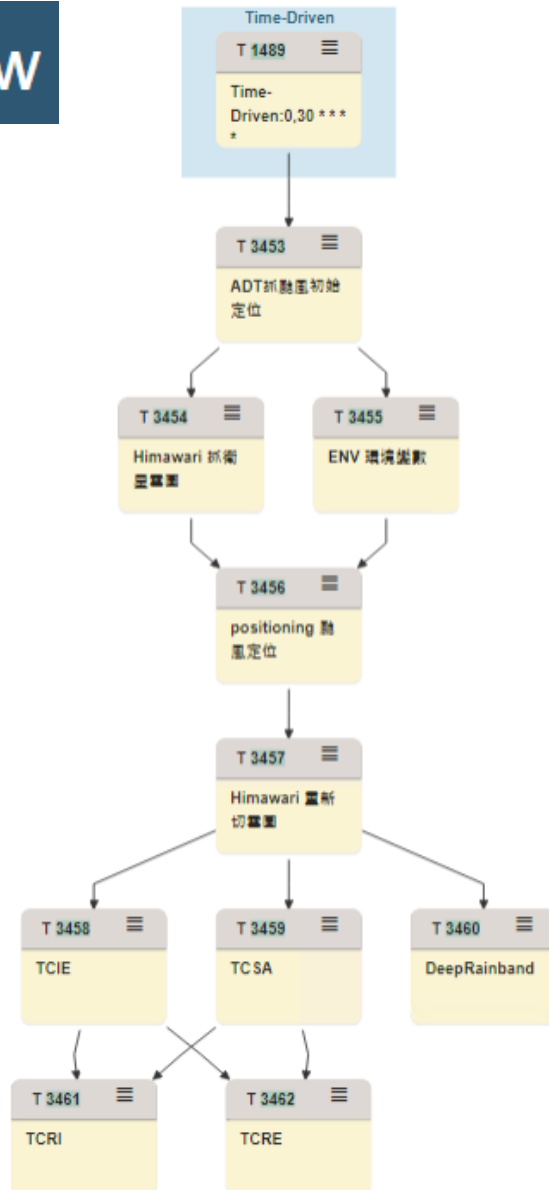


## Containerized jobs

1. Update New models
2. Easy to deploy

■ Procedural Processing 
 ■ Deep Learning Models 
 ■ Work-in-process Data 
 ■ Final Product Data

# DLTC Dockerflow in WFC



## Input Data

1. TC location (CIMSS ADT)
2. Himawari-9 (NOAA-AWS)
3. NCEP-GFS

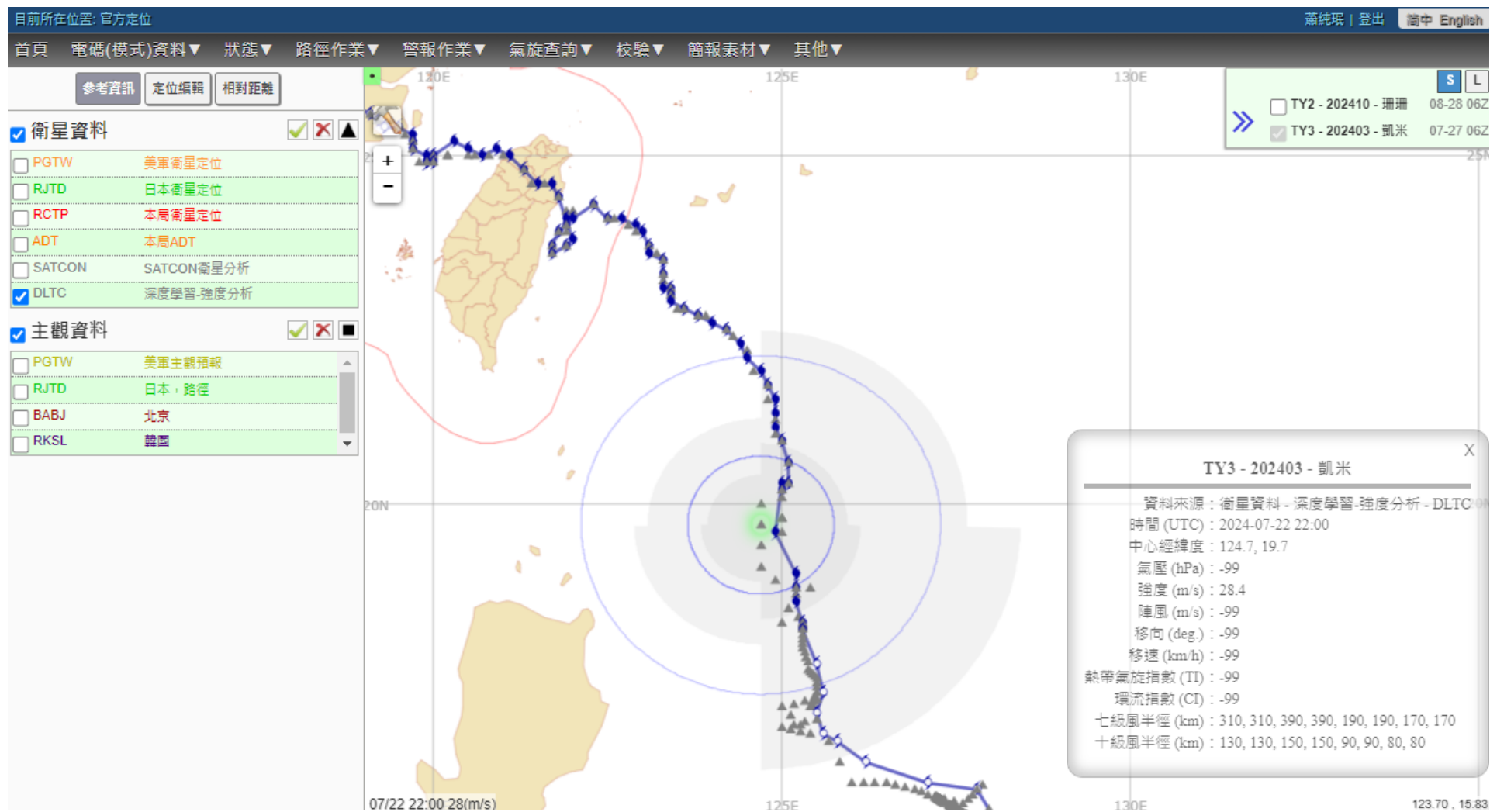
## Containerized jobs

1. Update New models
2. Easy to deploy

# 產品呈現

## TAFIS & TSWP

# TAFIS強度結構指引整合



強度

TCIE

暴風半徑

TCSA

# iWFC – iTyphoon 網頁連結

Home 風力 24時雨量 2日總雨量 3日總雨量 4日總雨量  
颱風與綜觀 最新 TSWP

目前洋面上有氣旋/颱風 目前時間：2024年 08/28\_12:00 檢視模式：非颱風/ 颱風  
TD/TY：11. 珊珊 (SHANSHAN) 初始時間：08/29\_00:00

TD/TY：11. 珊珊 (SHANSHAN) 模式：NCEP-GFS

AI-模式 颱風濾波/駛流 颱風結構 颱風移速分析  
駛流 即時風力觀測

TSWP 9-day QPF | 6-hour QPF | AI for TCs | Products | About

短中期降水預報  
9-day QPF

極短期降水預報  
6-hour QPF

深度學習颱風分析  
AI for TCs

TSWP  
台灣劇烈天氣實驗預報產品展示頁面  
Taiwan Severe Weather Page for Experimental Forecast Products

Center for Weather Climate and Disaster Research  
National Taiwan University  
Address: No. 1, Sec. 4, Roosevelt Rd., Taipei 10617, Taiwan(R.O.C.)  
ntutswp@gmail.com

氣候天氣災害研究中心  
Center for Weather Climate and Disaster Research

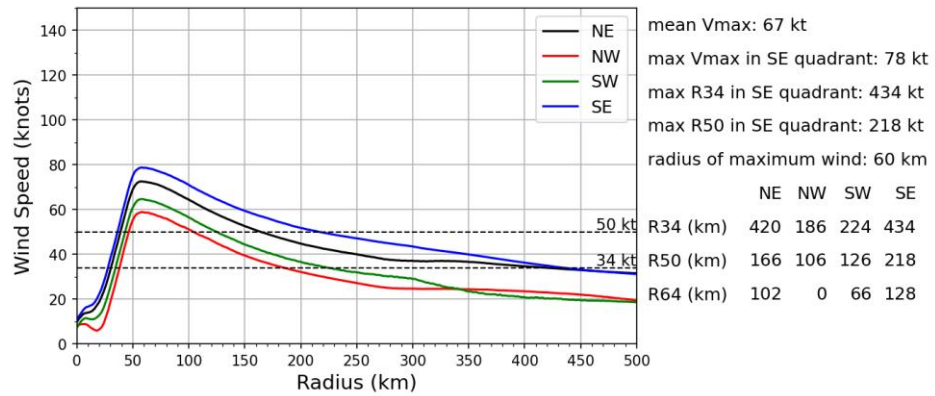
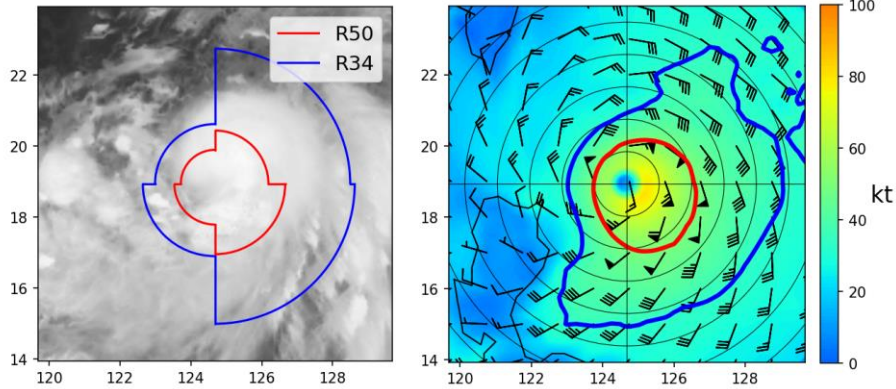
交通部中央氣象局  
Central Weather Bureau

國立臺灣大學  
National Taiwan University

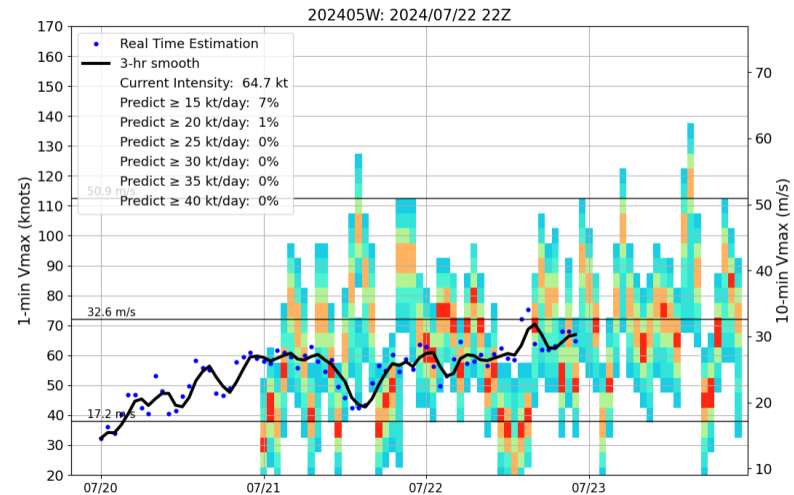
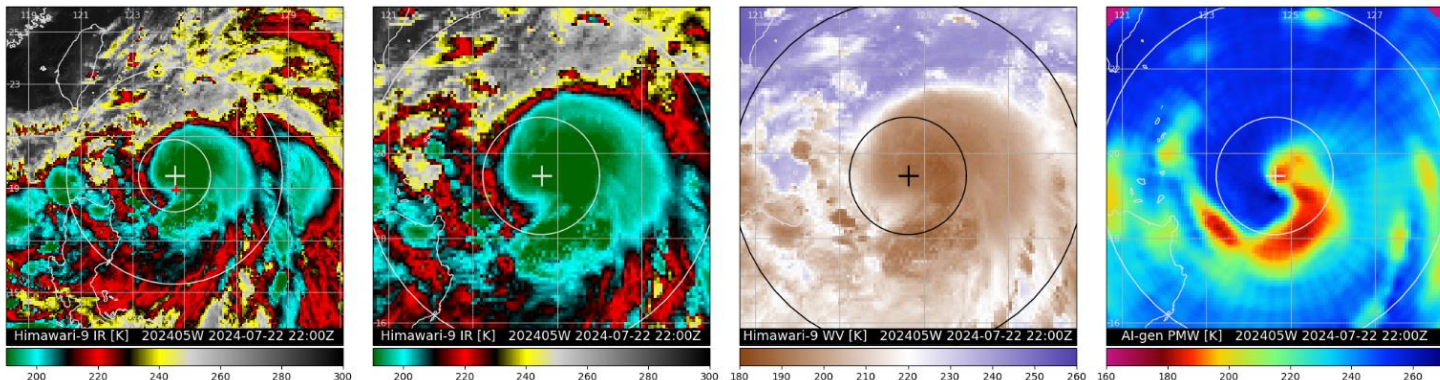
# TSWP 颱風產品呈現

202405W\_2024072222 UTC

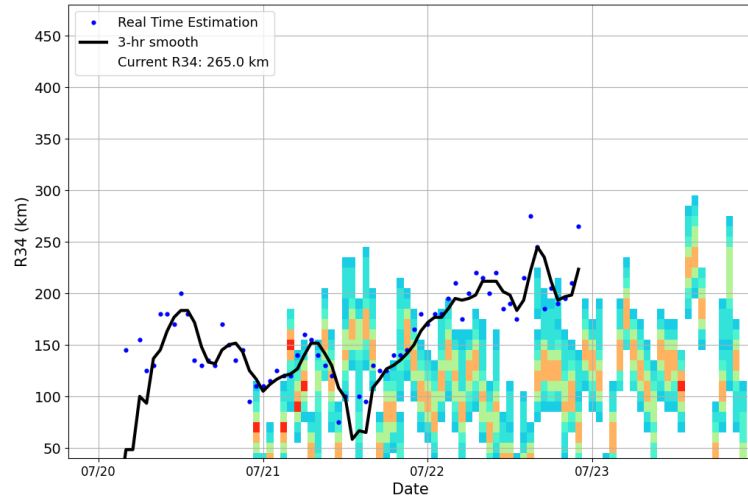
TCSA



Deep-Rainband



TCRI



TCRE



# 總結

- **AI颱風結構測報系統 ( DLTC ) :**
  - 颱風中心定位模式(Positioning)
  - 颱風對流結構分析模式(Deep-Rainband)
  - 颱風強度估計(TCIE)
  - 颱風結構分析(TCSA)
  - 颱風強度預報(TCRI)
  - 颱風結構預報(TCRE)
  - 颱風二維風場分析(DSAT-2D)
  - 颱風IKE短中期預報 (132h IKE Prediction)
- **作業化部署：**已作業化部署於預報中心DockerFlow系統和台大TSWP網頁，並建構易於更新模式與除錯的流程架構。
- **未來工作：**
  - 將針對2020-2023的西太平洋颱風個案，進行DLTC重預報實驗
  - 發展DSAT-2D颱風二維風場分析模式、颱風IKE預報
  - 持續改進現行作業化模型

