

105年 天氣分析與預報研討會

高解析度奇異向量對中央氣象局全球模式系集颱風路徑系統預報之影響

鄧雯心¹ 曾建翰¹ 陳登舜¹ 陳建河² 賴永鑫¹ 孫于力² 黃清勇³ 楊舒芝³

中央氣象局氣象科技研究中心¹

中央氣象局氣象資訊中心²

中央大學大氣科學系³

前言

- **103年** - 完成建置T319L40的颱風路徑系集預報之原型，利用奇異向量方法建立初始系集擾動，加入東亞區域的初始擾動場，改善颱風路徑系集預報整體離散度及準確度。
- **104年** - 完成1.系集颱風路徑預報系統作業化需求之建置，及颱風相關產品輸出、診斷系集擾動的工具。2.完成全球模式升級測試，由T319L40更替為T511L60模式。包含提升模式水平與垂直解析度、物理參數化法、及提升切線伴隨模式垂直解析度。
- **105年** - 收集2015年7月颱風個案並與104年完成之低解析度颱風個案比較，評估在升級之後，高解析度奇異向量對颱風路徑預報之影響，以助於我們了解高低解析度奇異向量之異同及預報表現。

研究方法

► 奇異向量(Singular Vector ,SVs)計算：

- 奇異向量法為目前歐洲中期天氣預報中心(ECMWF)主要使用的系集初始化方法，其目標為計算大氣基本場的不穩定初始擾動做為系集成員。
- 假設擾動成長在某一時間內符合線性發展並可用切線性模式近似擾動發展，再利用解特徵值方式求出預報時間內成長最快速的一組擾動。
- SVs的計算選取範圍在以颱風中心 $15^{\circ} \times 10^{\circ}$ 的範圍。西太平洋的颱風目前是另外採用了東亞區域範圍的SVs，計算範圍大小為 $20^{\circ} \text{N}-60^{\circ} \text{N}$, $100^{\circ} \text{E}-180^{\circ} \text{E}$ ，調整東亞主槽附近的大尺度環流場，將SVs對不同颱風區域與東亞大尺度範圍各計算一次，選擇計算結果前20組擾動系集成員，經由NMC法，取其向量大小，放大SVs後，再經過倍數放大擾動後，線性相加組合，加入全球模式之初始場中，得到20組不同的擾動系集成員，預期可取得颱風路徑分歧較合理的系集結果。

TY表颱風範圍定義所算的SVs，EA表東亞地區範圍所算的SVs，而 $Factor_{TY}=10$ ， $Factor_{EA}=5$ ，TY區域會隨著颱風中心位置的不同而改變：

$$Perturb_{TY} = SV_{S_{TY}} / |SV_{S_{TY}}| \times |NMC| \times Factor_{TY}$$

$$Perturb_{EA} = SV_{S_{EA}} / |SV_{S_{EA}}| \times |NMC| \times Factor_{EA}$$

$$Perturb = Perturb_{TY} + Perturb_{EA}$$

➤ T319L40 -> T511L60

- 模式垂直座標從sigma座標變為sigma-pressure混合座標
- 水平、垂直解析度；模式層頂10hPa -> 0.1hPa
- 奇異向量的部分，考慮到垂直解析度的解析能力較水平解析度低，故垂直分層配合高解析度模式升級。而奇異向量所得到的水平擾動，大約是波長數百到數千公里的波動，T42的水平解析度已經能解析，考量計算成本，所以未做提升水平解析度的配合運算

- ✓ T319L40 / T511L60系集預報結果
- ✓ T511L60大西洋颶風Joaquin敏感度實驗
- ✓ 結論

1) T319L40 / T511L60系集預報結果

- 以2015年7月四個颱風和同時期低解析度的結果比較：包括使用流函數檢視兩者初始場和預報48hr的擾動差異，以及統計路徑誤差和系集散度，藉以評估系集預報的代表性。

CWB GFS EPS for Typhoon track (GET)			
Resolution	Deterministic Model		T319L40 / T511L60
	Ensembles		T319L40 / T511L60
	Tangent Linear/Adjoin Model		T42L40 / T42L60
Singular Vector	Nested Domain	East Asia	20°N-60°N, 100°E-180°E
		Typhoon	15° × 10°
	Optimization Time	48hrs	
Ensemble Size	20		
Forecast Length	5-day		

- 中央氣象局全球模式系集颱風路徑預報系統架構

颱風編號	颱風名稱	颱風強度	開始時間	結束時間
1509	昌鴻(CHAN-HOM)	中度颱風	15063012	15071218
1510	蓮花(LINFA)	輕度颱風	15070212	15070918
1511	南卡(NANGKA)	強烈颱風	15070318	15071712
1512	哈洛拉(HALOLA)	中度颱風	15071300	15072606

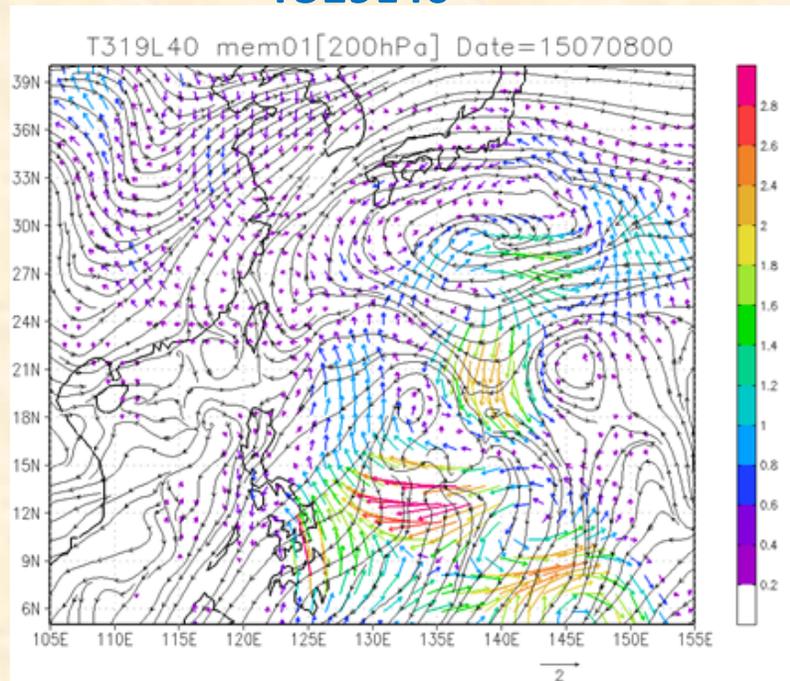
- 2015年7月颱風個案列表

A. 初始擾動場結構

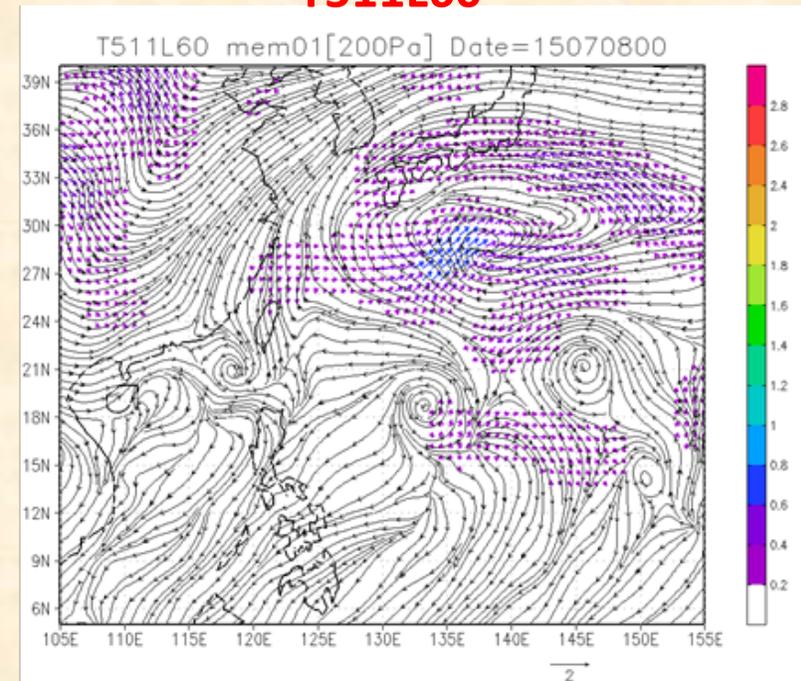
- 2015070800第一個系集成員奇異向量風場擾動，黑色線為初始場流線。

T319L40

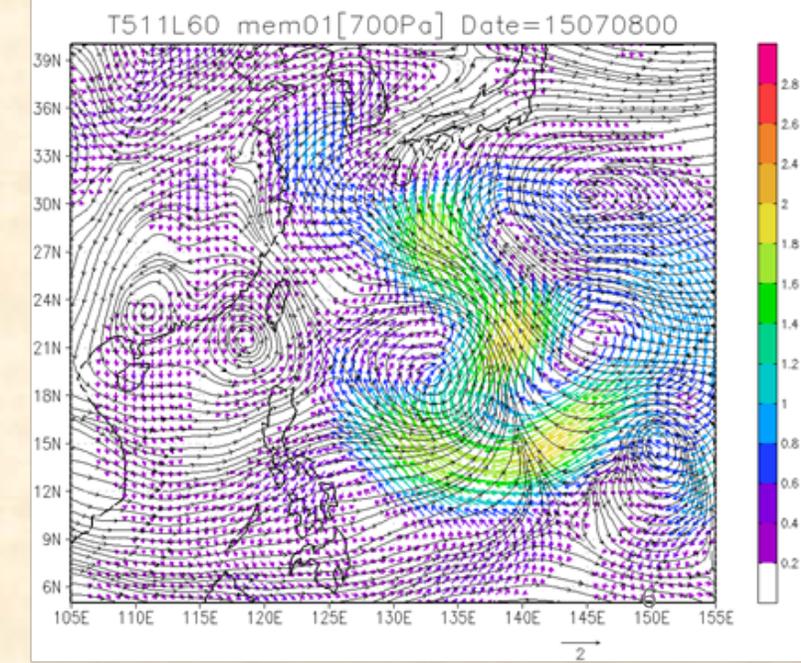
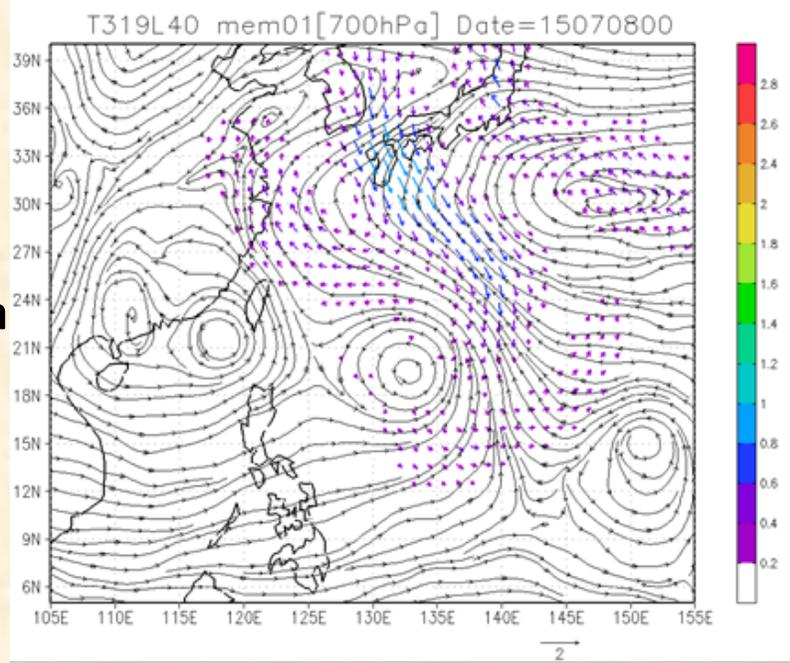
200hPa



T511L60

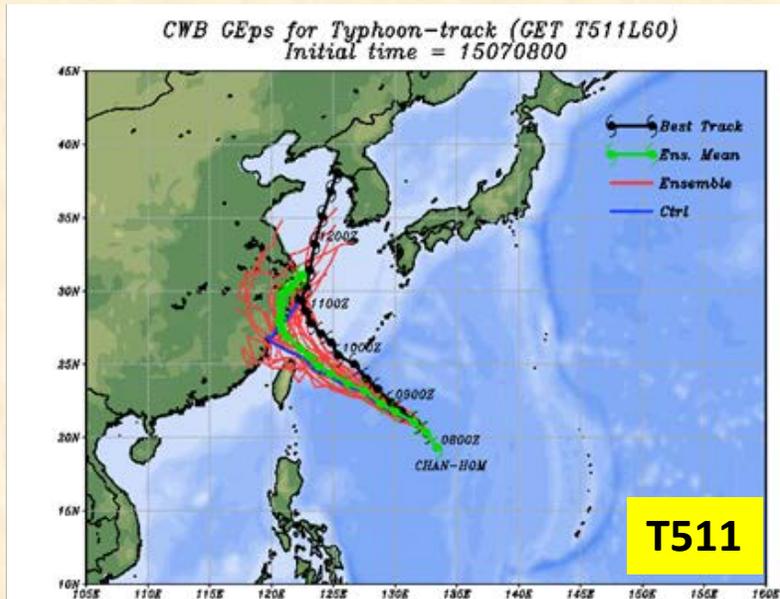
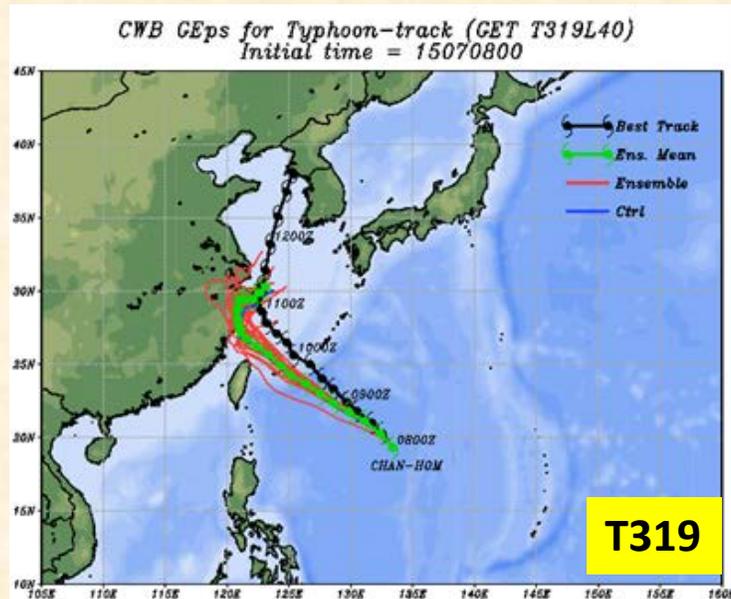


700hPa

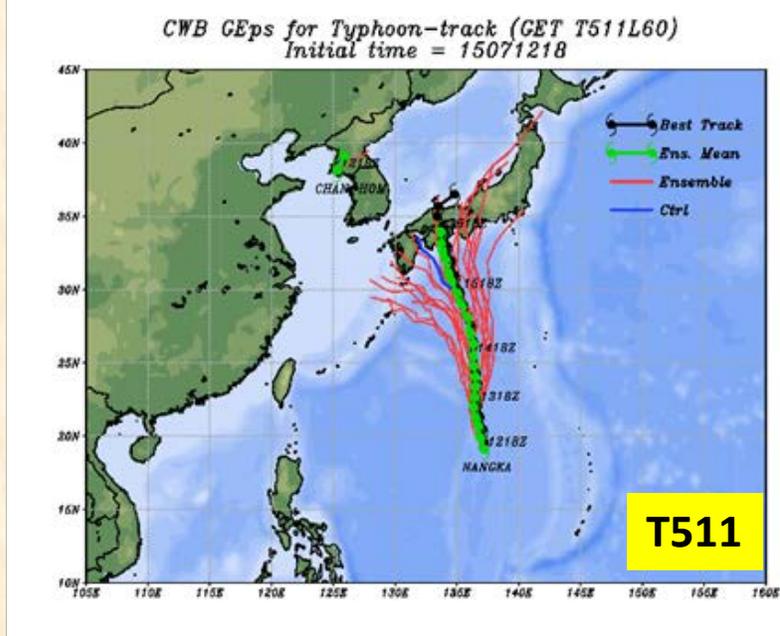
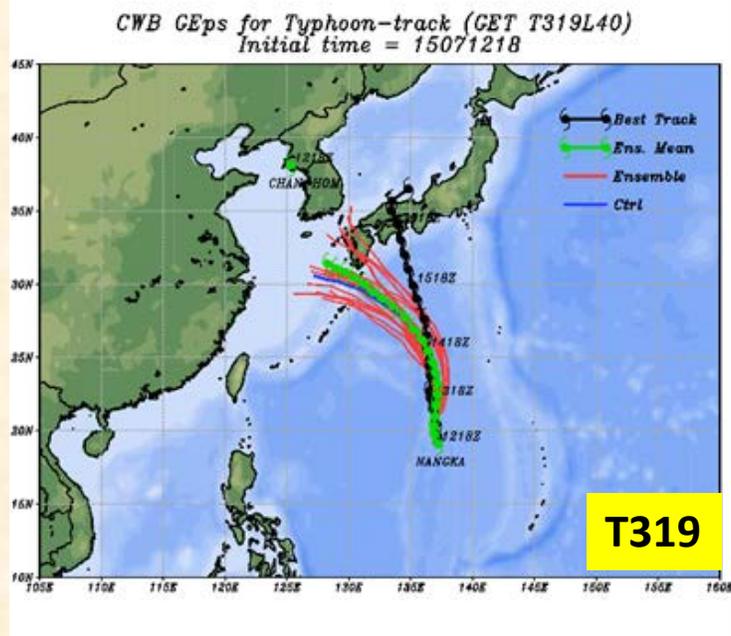


B. 颱風路徑差異及統計結果

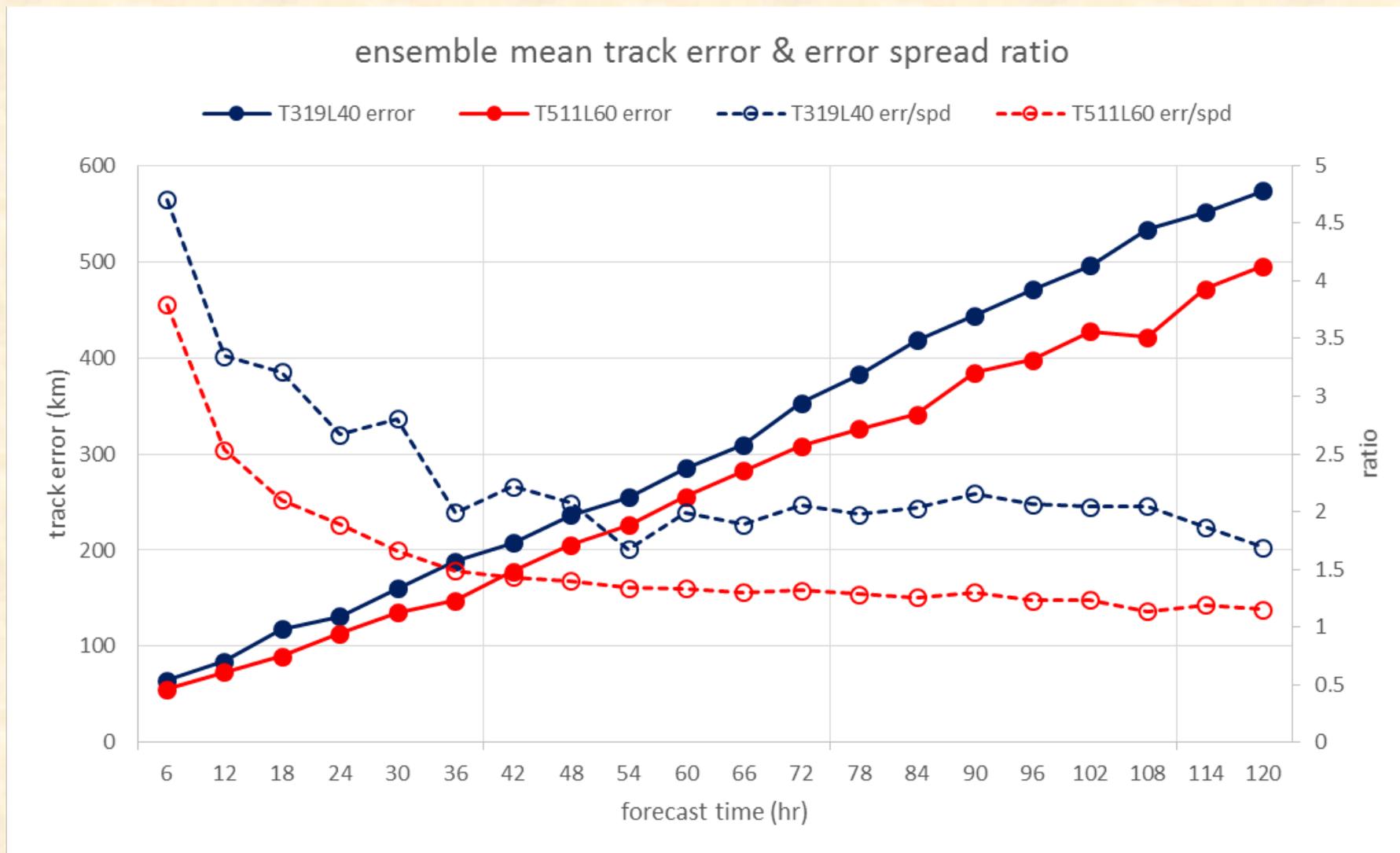
- 昌鴻颱風及南卡颱風路徑預報結果。紅色是系集成員預報，綠色是系集平均，藍色是原模式控制組，黑色是颱風觀測。



CHAM-HON



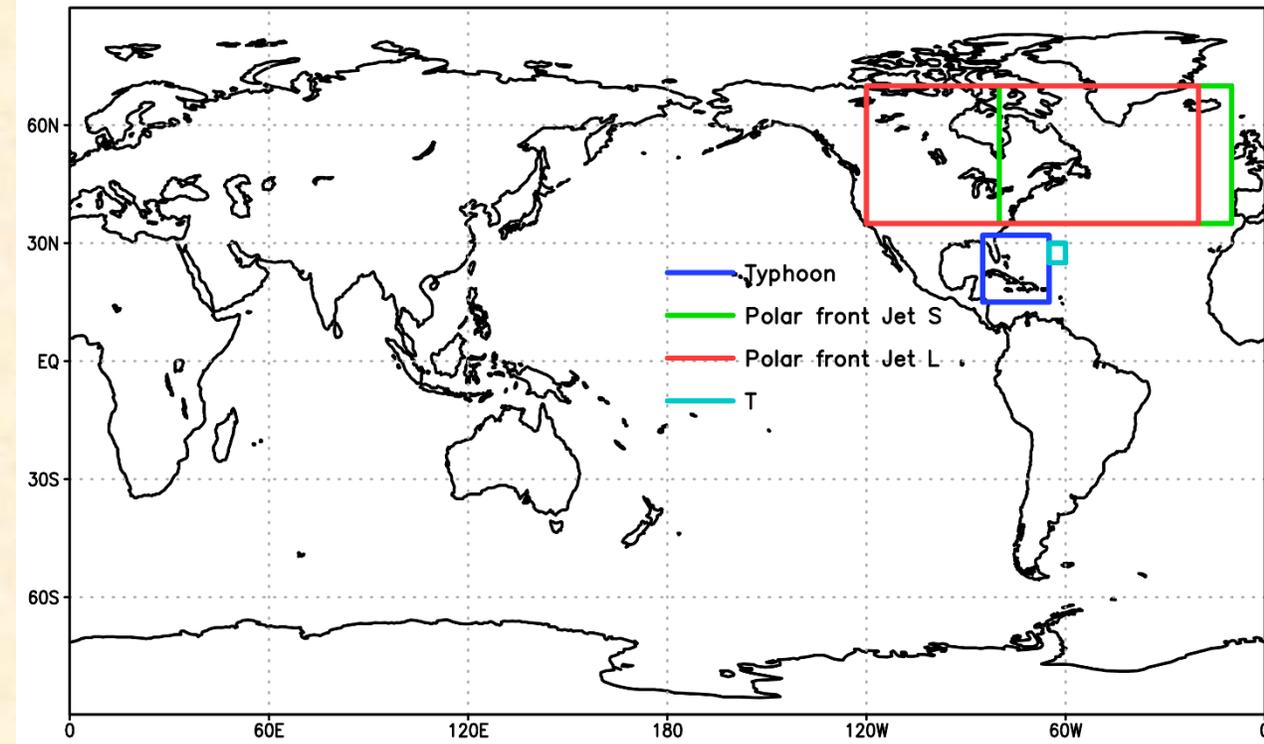
NANGKA



- 颱風路徑系集統計預報誤差及系集離散度。分別以藍色、紅色實線代表T319L40和T511L60系集平均預報路徑誤差；以虛線代表預報期間路徑誤差與離散度的比值，藍色為T319L40，紅色為T511L60。

2) 大西洋颶風Joaquin敏感度實驗

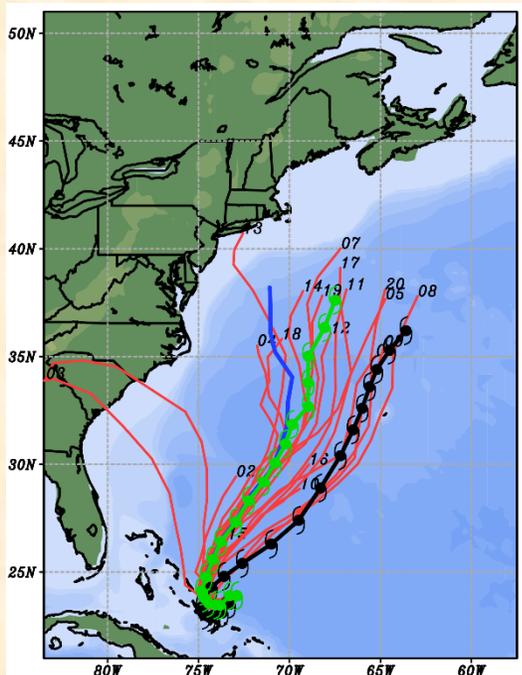
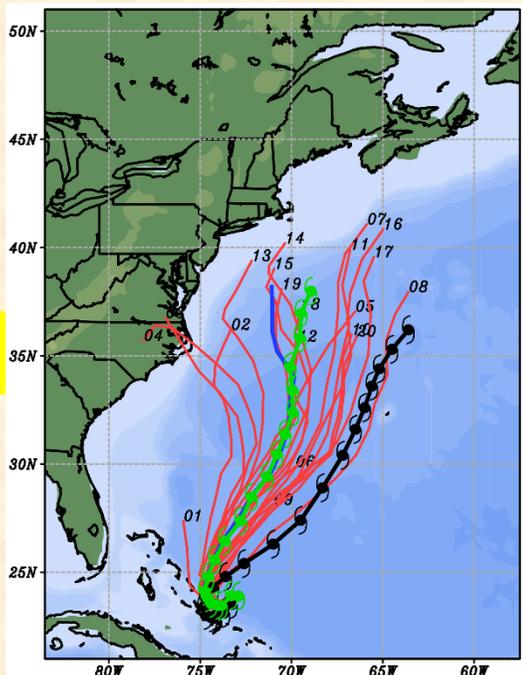
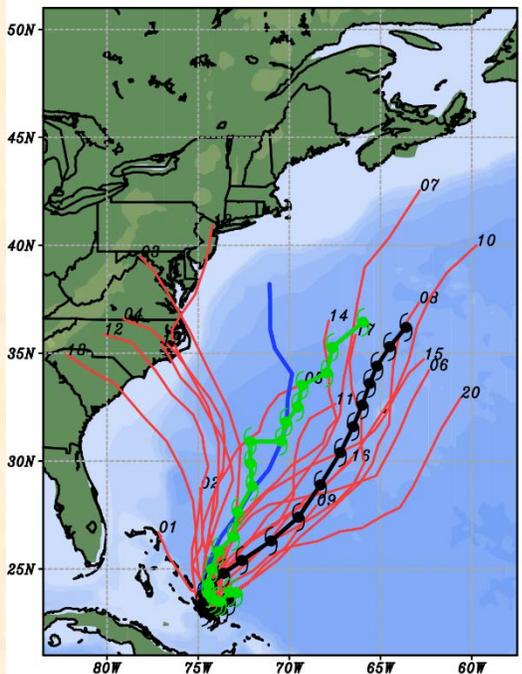
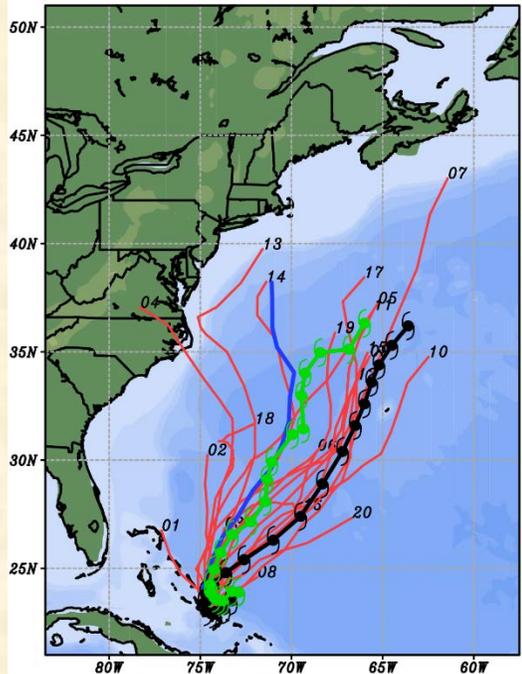
- 考慮影響此地區與颶風路徑有關的動力擾動量，確立一個或多個SVs擾動區域，計算影響颶風路徑的大尺度系統擾動範圍。
- 目標區域的位置和大小是在計算時決定初始擾動其中一個相當重要的因素，還有擾動的振幅。改變擾動的大小及目標區域，以颶風期間之2015100100做分析代表，檢視不同設定對路徑的影響。



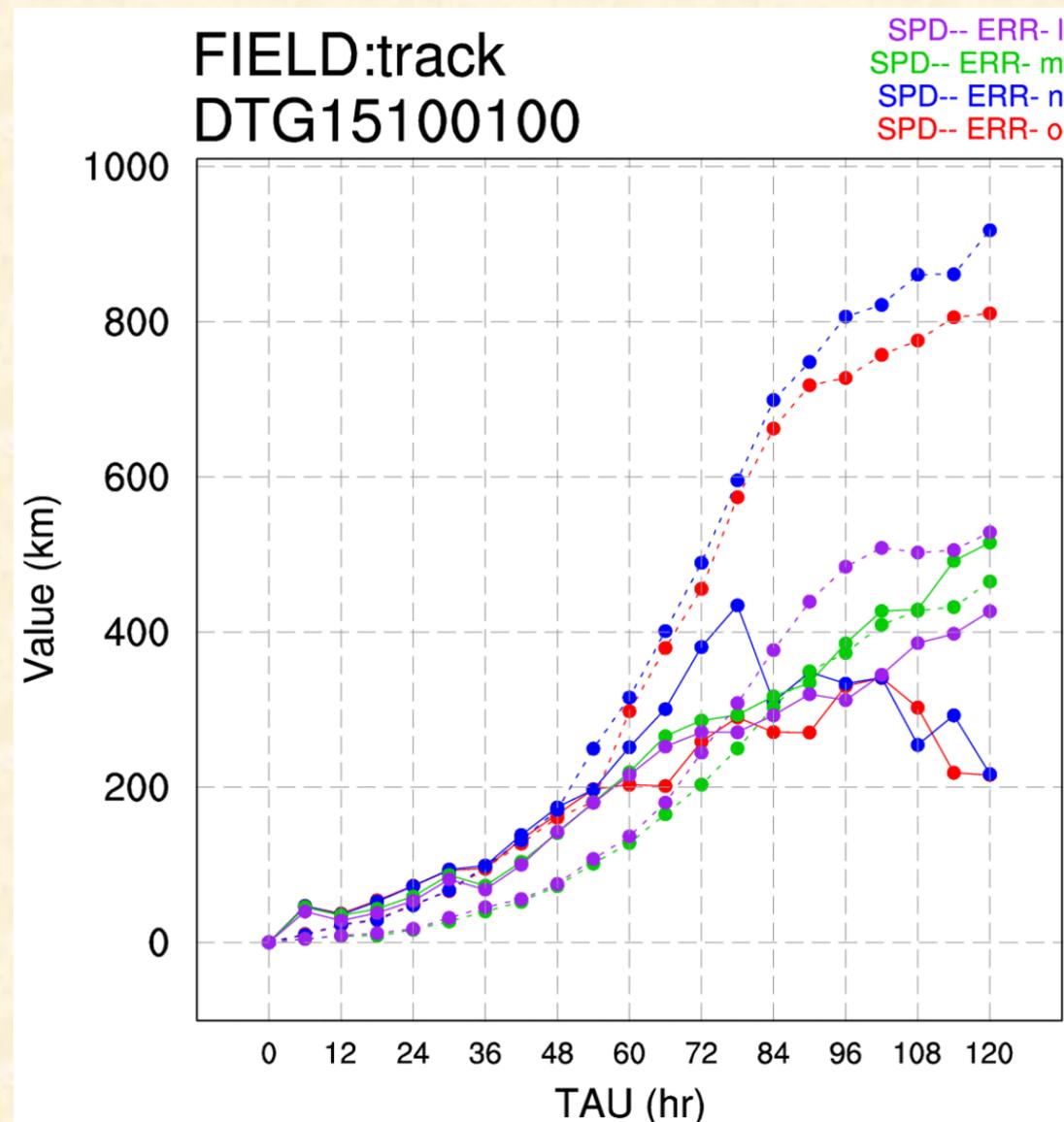
- 敏感度實驗SVs目標區域範圍示意圖。(a)藍色為颱風區域(TY)；(b)綠色為小範圍的polar front jet區域；(c)紅色為較大範圍的polar front jet區域。

- 敏感度實驗設定

實驗代稱	SVS目標區域	FACTOR TY	FACTOR PJ
O	TY	10	X
N	TY+PJS(80°W-10°W, 35°N-70°N)	10	5
M	TY+PJL(120°W-20°W, 35°N-70°N)	4	2
L	TY+T(65°W-60°W, 25°N-30°N)	4	2



- 2015100100 颶風Joaquin系集路徑預報個案。紅色線是系集成員預報結果，綠色線是系集平均，藍色線是原模式控制組路徑，黑色線是觀測路徑。
- 2015100100颶風Joaquin路徑誤差(實線)及系集散度(虛線)。



結論

- 比較T511L60和T319L40的系集預報差異：
- 高解析度系集預報系統優勢在於其初始場較能解析颱風結構，模式的物理參數也有更新。兩種解析度的SVs的風場擾動量級不同，且強調的動力敏感度也有高度上的差異，高解析度的擾動成長隨著預報時間所增加的幅度和範圍都較大。
- 在統計路徑誤差及系集散度方面：高解析度的系集散度大小及趨勢和系集預報誤差相似，顯示其系集預報有較足夠的代表性，低解析度的系集散度則過小，且系集平均的五天預報有較大路徑誤差。統計結果不僅改善了颱風路徑預報誤差，系集散度也有增加。
- 在大西洋區域改變計算SVs的區域範圍及擾動振幅，發現使用與西太平洋區域颱風相同的擾動係數，會造成颶風Joaquin的系集路徑散布太大，在減小擾動的振幅後，能得到較合理的系集預報結果，接近觀測路徑的系集也相對增加，但是對於本區域的SVs的擾動係數及範圍，仍須進行更多個案實驗，才能確立一個比較合理的、適用於大西洋颶風的計算區域、量級，而取得其路徑分歧較合理的系集結果。