

**NAR Labs** 國家實驗研究院

# 台灣颱風洪水研究中心

Taiwan Typhoon and Flood Research Institute

## 對流尺度資料同化之研究：三維及四 維資料同化方法單點測試實驗

林忠義<sup>1</sup> 林勤芳<sup>2</sup> 劉嘉騏<sup>1</sup> 洪景山<sup>2</sup>

台灣颱風洪水研究中心<sup>1</sup>

中央氣象局氣象資訊中心<sup>2</sup>

承諾·熱情·創新

[www.narlabs.org.tw](http://www.narlabs.org.tw)

# 報告大綱

---

- 新版雷達回波同化方法簡介
- 同化單點回波測試
- 同化兩點回波測試
- CV5及CV7的比較
- 3DVAR及4DVAR的比較

# 1、新版雷達回波同化方法簡介

---

- 舊版本的問題：For the same background  $q_r$ , and underestimated increment of  $dq_r$  (dry bias) is obtained. (Hongli Wang, Juanzhen Sun, 2012)
- 新版本的改進：An indirect radar reflectivity assimilation scheme. Instead of assimilating radar reflectivity, **assimilate  $q_r$  and  $q_v$  derived from reflectivity.**

- The following two terms are added

$$J_{qr} = \frac{1}{2} (q_r - q_r^b)^T \mathbf{B}_{qr}^{-1} (q_r - q_r^b) + \frac{1}{2} (q_r - q_r^o)^T \mathbf{R}_{qr}^{-1} (q_r - q_r^o)$$

$$J_{qv} = \frac{1}{2} (q_v - q_v^o)^T \mathbf{R}_{qv}^{-1} (q_v - q_v^o)$$

- 先將雷達觀測回波轉換成 $q_r$ 和 $q_v$ ，再同化進模式中
- 以下分別介紹 $q_r^o$ 和 $q_v^o$ 的計算方法。

# $q_r^o$ 的計算

- 原始Sun and Crook (1997)之回波轉換公式

$$Z = 43.1 + 17.5 \log(\rho q_r)$$

- 新版本參考Gao (2011)的研究，加入snow和hail對回波的貢獻

$$Z = \begin{cases} Z(q_r) & T_b > 5^\circ\text{C} \\ Z(q_s) + Z(q_h) & T_b < -5^\circ\text{C} \\ \alpha Z(q_r) + (1 - \alpha)[Z(q_s) + Z(q_h)] & -5^\circ\text{C} < T_b < 5^\circ\text{C} \end{cases}$$

- 其中 $T_b$ 為該點背景場的溫度， $\alpha$ 為一個線性的權重係數，當 $T_b = 5$ 時， $\alpha$ 為1；而 $T_b = -5$ 為時， $\alpha$ 為0。透過此式將觀測回波轉換成 $q_r$ 進行同化

# $q_v^o$ 的計算

---

- 新版程式同化 $q_v$ 的方式是，假設”in-cloud humidity is saturated”，實際上的作法為給一門檻值，當觀測回波大於此門檻值時，就令該點的 $q_v^o$ 等於飽和水汽 $q_{vs}$
- 此法有兩個主要的不確定性：
  - 如何決定in-cloud region，目前的是假設觀測回波大於30dBZ時，就令其為cloud region
  - 該點的飽和水汽 $q_{vs}$ 是透過背景場的P和T計算所得，因此背景場的quality會影響到 $q_{vs}$ 的計算。

## 2、單點測試

- 同化單點回波實驗一：背景場有回波(位置：北緯22.999度，東經122.578，高度3339公尺)，dBZ\_innovation=10，dBZ\_OBS=50.006

變數	值	(單位)
Model_qr (B)	0.818195	(g/kg)
Model_qs	0	(g/kg)
Model_qg	0	(g/kg)
Model_tc	9.56	(°C)
Model_rho	0.8136	(kg/m <sup>3</sup> )
Model_dBZ	40.006	(dBZ)
Obs_dBZ	50.006	(dBZ)
Obs_qr (O)	3.049834	(g/kg)
Ana_qr (A)	2.918634	(g/kg)
O-B	2.231639	(g/kg)
A-B	2.100439	(g/kg)

- 同化單點回波實驗二：背景場無回波(位置：北緯21.159度，東經119.004，高度5459公尺)， dBZ\_innovation=10， dBZ\_OBS=10

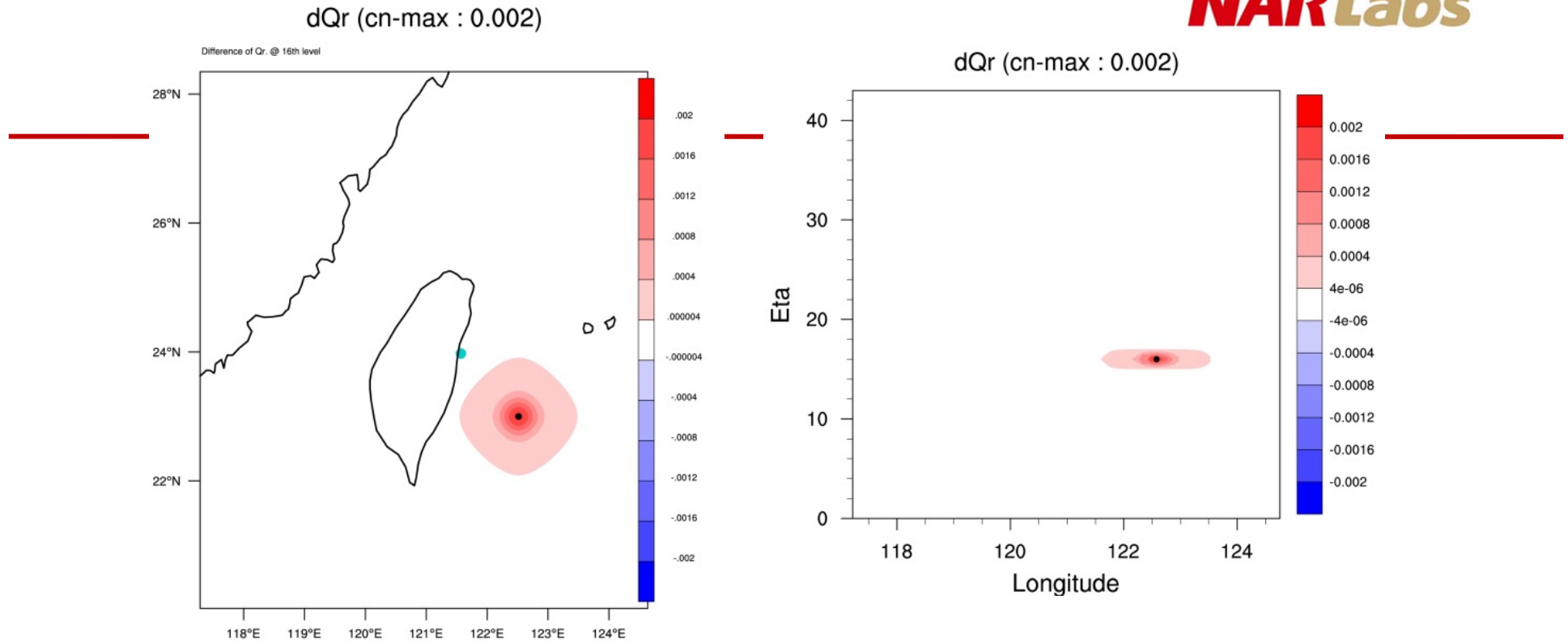
變數	值	(單位)
Model_qr (B)	0	(g/kg)
Model_qs	0	(g/kg)
Model_qg	0	(g/kg)
Model_tc	-1.03	(°C)
Model_rho	0.6700	(kg/m <sup>3</sup> )
Model_dBZ	NAN	(dBZ)
Obs_dBZ	10.000	(dBZ)
Obs_qr (O)	0.0087	(g/kg)
Obs_qs	0.0111	(g/kg)
Obs_qh	0.0027	(g/kg)
Ana_qr (A)	0.0086	(g/kg)
O-B	0.0086	(g/kg)
A-B	0.0086	(g/kg)



- 同化單點回波實驗三：背景場無回波(位置：北緯21.159度，東經119.004，高度5459公尺)， dBZ\_innovation=50， dBZ\_OBS=50

變數	值	(單位)
Model_qr (B)	0	(g/kg)
Model_qs	0	(g/kg)
Model_qg	0	(g/kg)
Model_tc	-1.03	(°C)
Model_rho	0.6700	(kg/m <sup>3</sup> )
Model_dBZ	NAN	(dBZ)
Obs_dBZ	50.000	(dBZ)
Obs_qr (O)	0.0700	(g/kg)
Obs_qs	0.0119	(g/kg)
Obs_qh	0.0604	(g/kg)
Ana_qr (A)	0.0689	(g/kg)
O-B	0.0689	(g/kg)
A-B	0.0689	(g/kg)

- 
- 實驗一和實驗二，同樣是10dBZ的innovation；  
實驗一和實驗三，同樣是50dBZ的觀測回波，  
但是在背景場不同的條件下，透過新版同  
化方法，得到的 $d_{qr}$  (A-B)相差甚多(2.1和  
0.069 g/kg)。

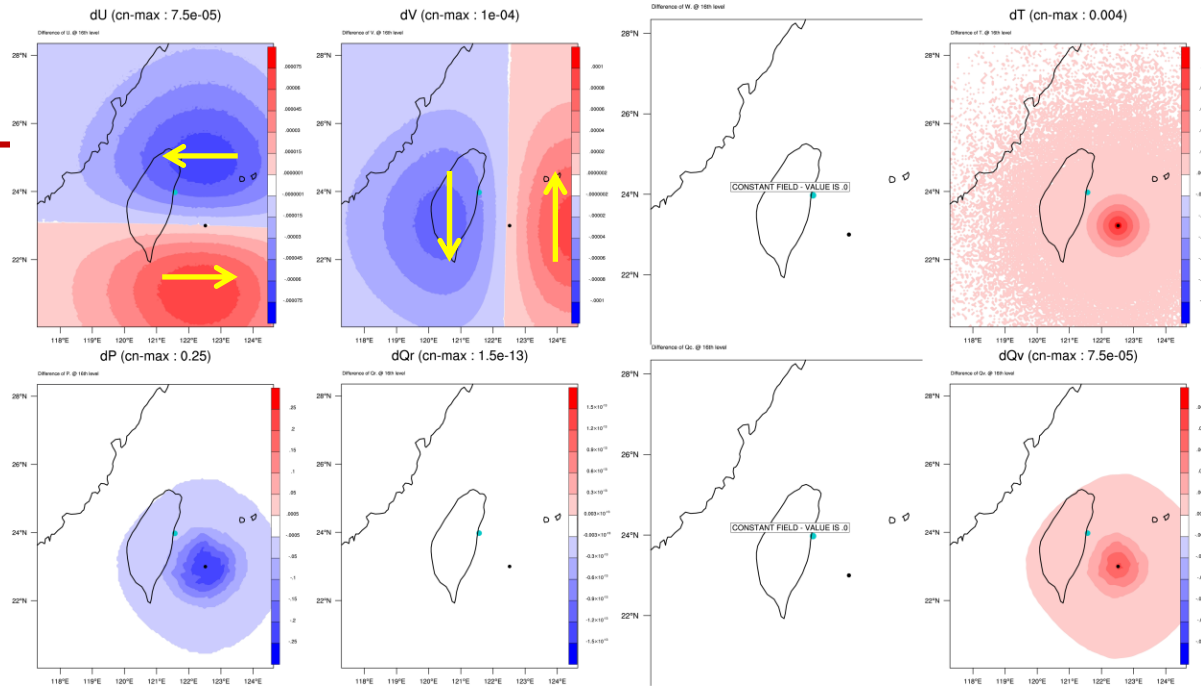


- 圖中顯示，若僅同化 $q_r$ ，因其為獨立變數，則只會影響到 $q_r$ 的增量，對其他變數並無影響。

- 同化單點回波實驗四：僅同化水汽項

obs dBZ	obs Qv (=model_qs)	Qv O-B (inv)	Qv O-A	Qv A-B (inc)	ana Qv
20.006	11.1014	-888888	0		
30.006	11.1014	0.2182	0.1569	0.0613	10.9445
40.006	11.1014	0.2182	0.1569	0.0613	10.9445
50.006	11.1014	0.2182	0.1569	0.0613	10.9445

- 當觀測回波大於30dBZ的時候，才有 $q_v$ 的 innovation，只要該點的觀測回波值大於30dBZ，都假設該點已經飽和，所以其觀測水汽 $q_v^{obs}$ 皆為11.1014(g/kg)，而innovation皆為0.2182。



- 僅同化 $q_v$ 時，對其他變數的影響，為當水汽增加時，會產生正值的增溫、氣旋方向的風場以及導致該點氣壓值降低

### 3、兩點測試 (1/2)

- 單雷達\_兩點觀測

- Point 1 (22.999, 122.578), model\_qr=0.8182 (B)
- Point 2 (23.000, 122.528), model\_qr=1.1906 (B)
- 單點各自單獨同化：

	obs dBZ	obs Qr	O-B	O-A	A-B	ana Qr
Point 1	41.006	0.9332	0.115	0.0315	0.0835	0.9017
Point 2	41.006	0.9332	-0.2575	-0.0708	-0.1867	1.0039

- 兩點同時同化：

	obs dBZ	obs Qr	O-B	O-A	A-B	ana Qr
Point 1	41.006	0.9332	0.115	0.1624	-0.0474	0.7708
Point 2	41.006	0.9332	-0.2575	-0.1857	-0.0718	1.1188



### 3、兩點測試 (2/2)

- 雙雷達\_單點觀測

- Point at (22.999, 122.578), model\_qr=0.8182 (B)

- 兩顆雷達在該點得到相同的觀測值：

	obs dBZ	obs Qr	O-B	O-A	A-B	ana Qr
Radar1	41.006	0.9332	0.115	0.0182	0.0968	0.915
Radar2	41.006	0.9332	0.115	0.0182	0.0968	0.915

Higher Than Single Obs Value  
**0.9017**

- 兩顆雷達在該點得到不同的觀測值：

	obs dBZ	obs Qr	O-B	O-A	A-B	ana Qr
Radar1	41.006	0.9332	0.115	0.4677	-0.3527	0.4656
Radar2	21.006	0.0672	-0.751	-0.3984	-0.3526	0.4656

- One point will has only one analysis value

## 4、CV5及CV7的比較

---

- 兩種不同的控制變數的設定如下：

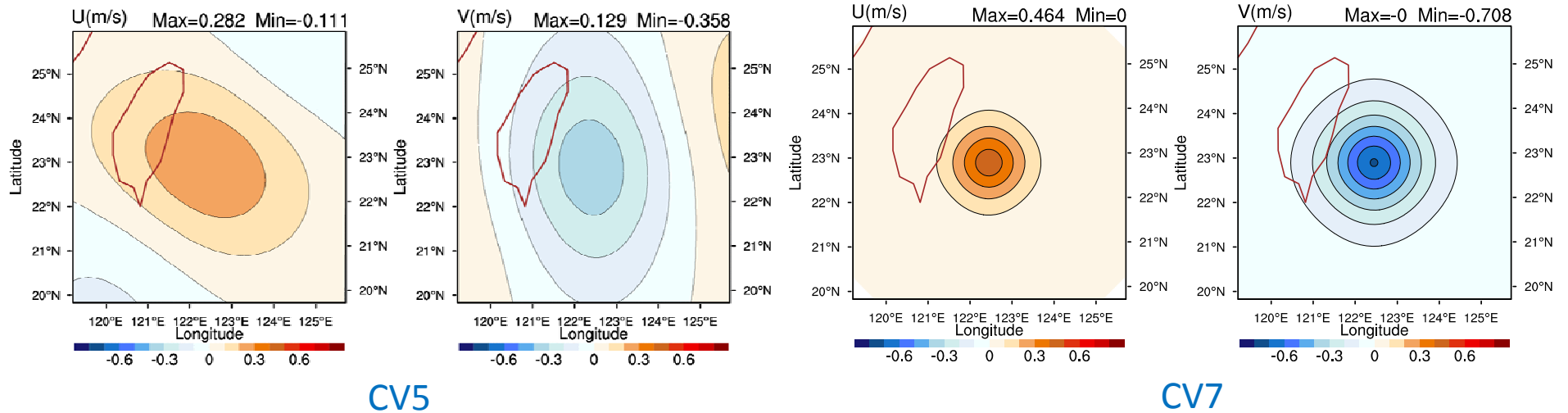
CV- $\psi\chi$ :  $\psi, \chi_u, P_{su}, T_u, RH_s$

CV-UV:  $u, v, P_s, T, RH_s$

- 其中CV- $\psi\chi$ 即為CV5，而CV-UV則為CV7
- T, P 在 CV-UV 中為完整的變數而不是非平衡項(unbalanced)，是因為在CV-UV中假設各控制變數之間為互相獨立的

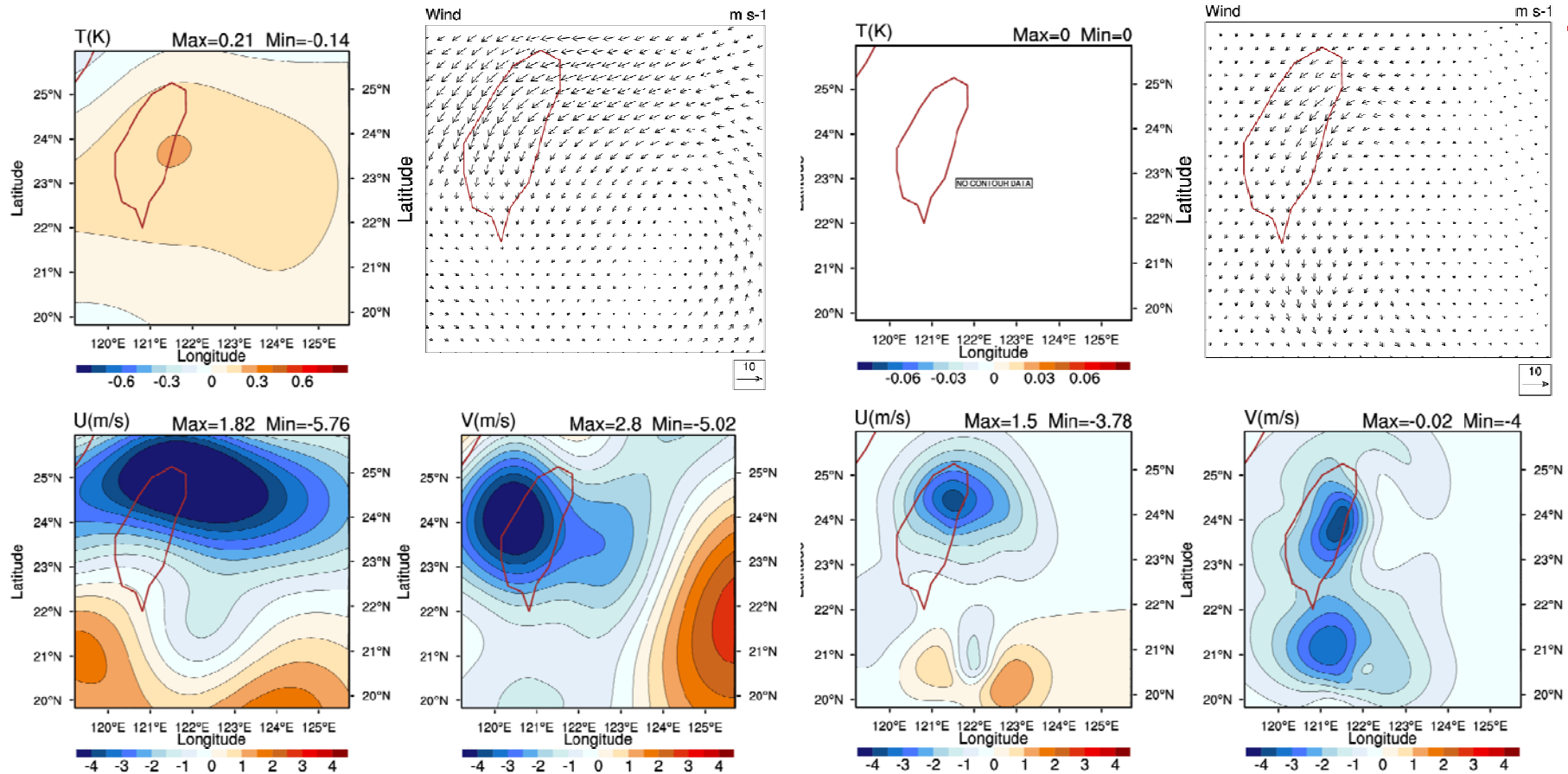


# CV5 v.s. CV7- 單點同化徑



由徑向風的單點測試可看出CV7的同化結果為單純uv分量

# CV5 v.s. CV7- 2012060100 real radar data



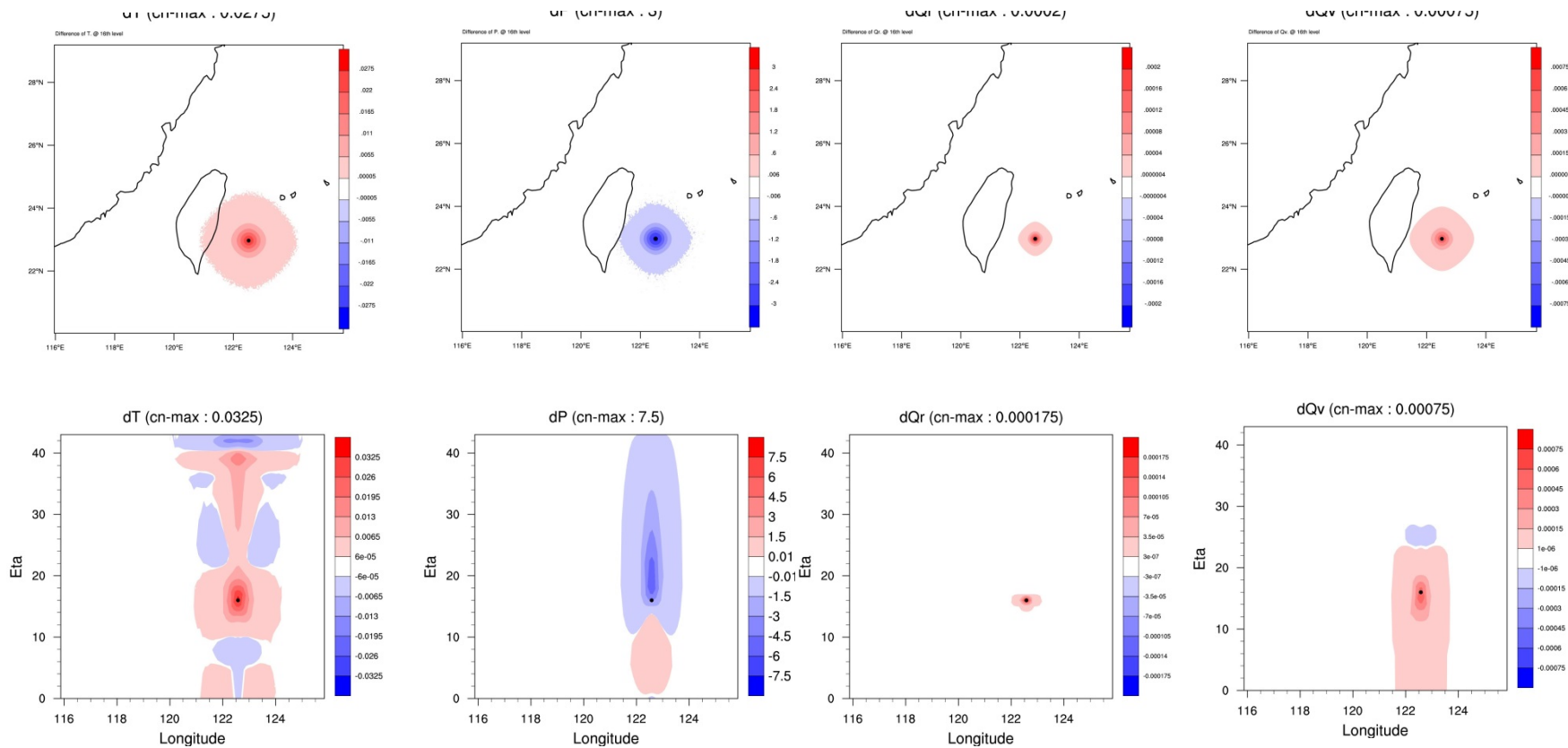
CV5

CV7

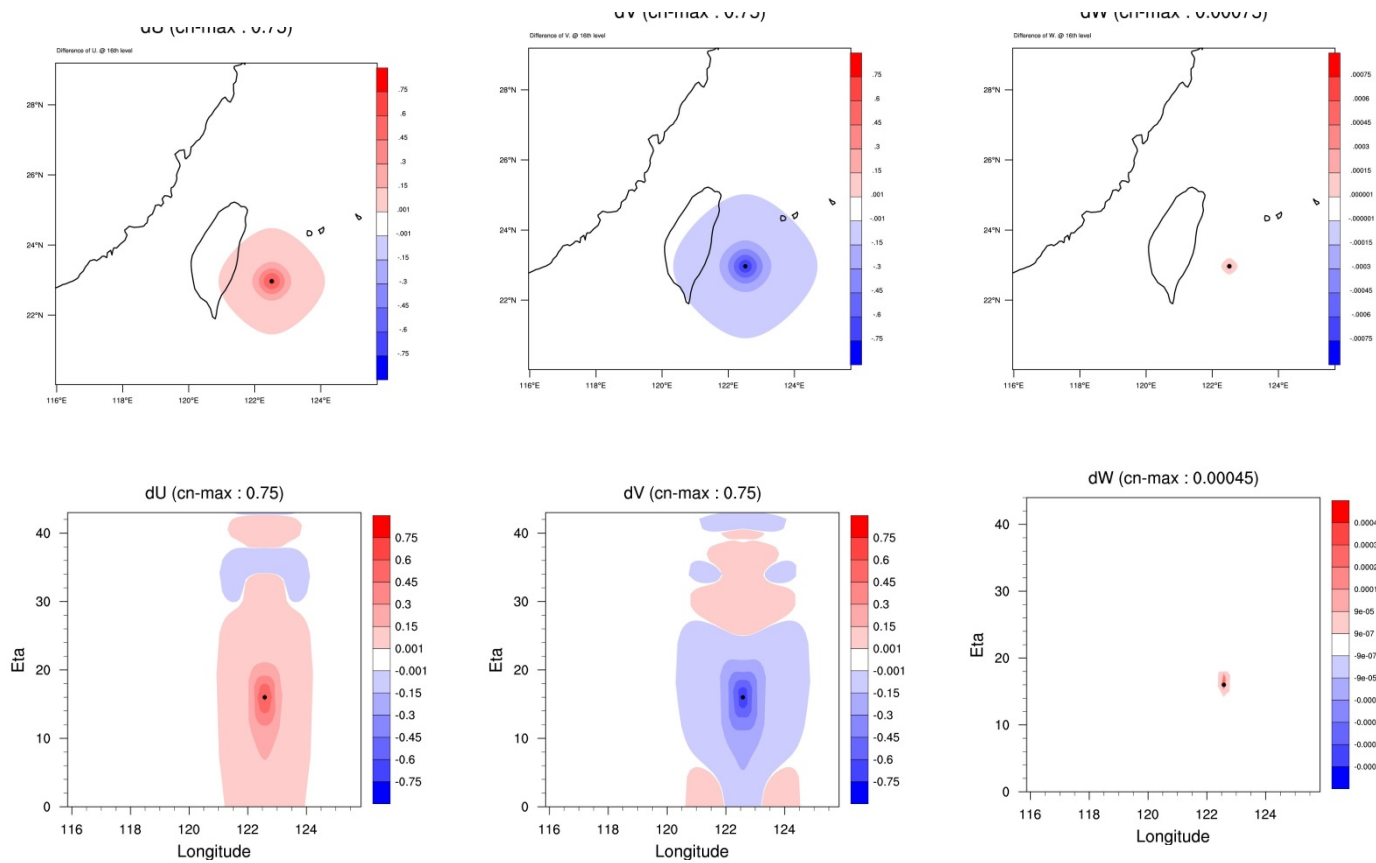
由同化真實雷達資料徑向風結果可發現  
CV7風場增量較能呈現小尺度的天氣現象

# 5、3DVAR及4DVAR的比較

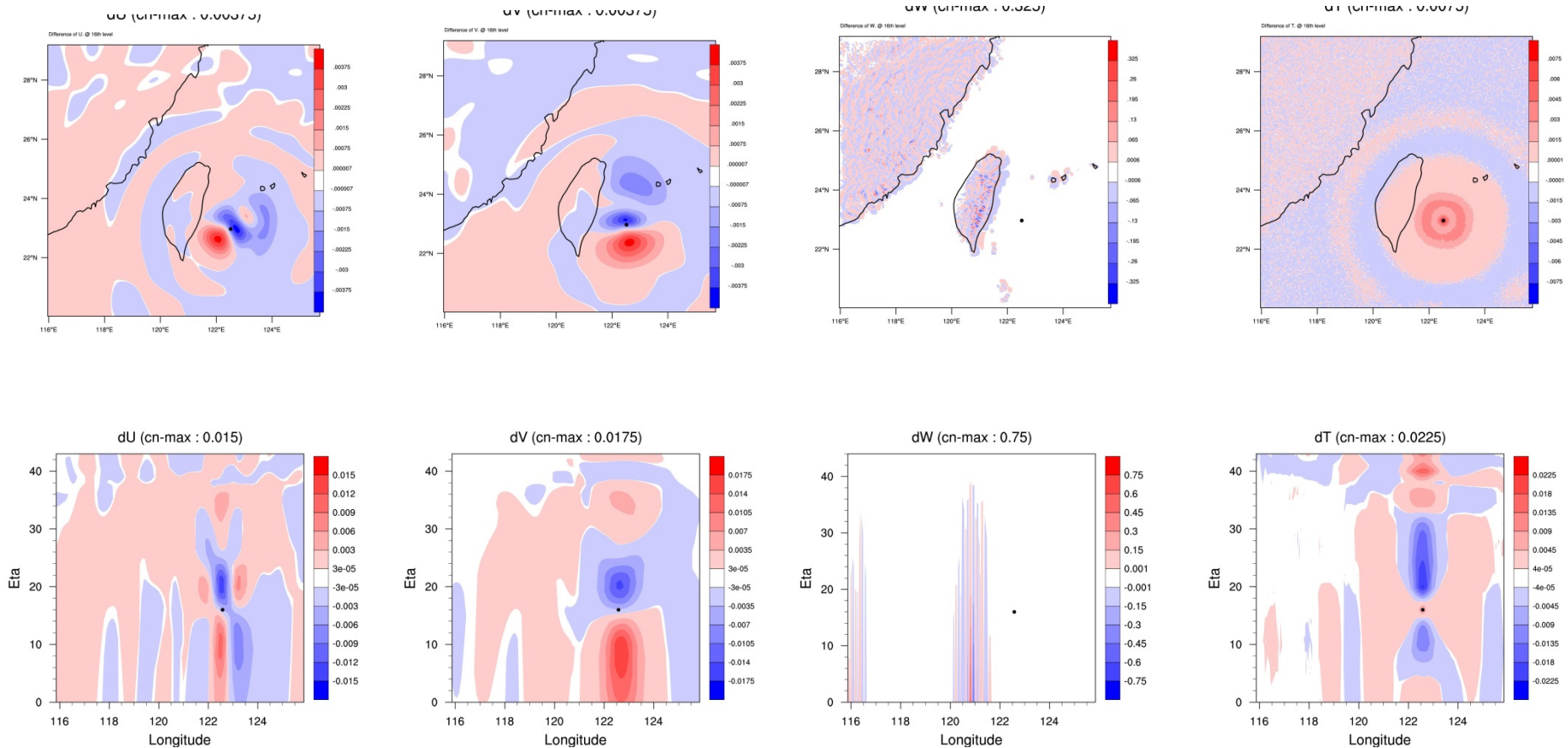
- 同化單點回波 (3DVAR, CV7)
- 位置東經122.578，北緯22.999，高程3339.0



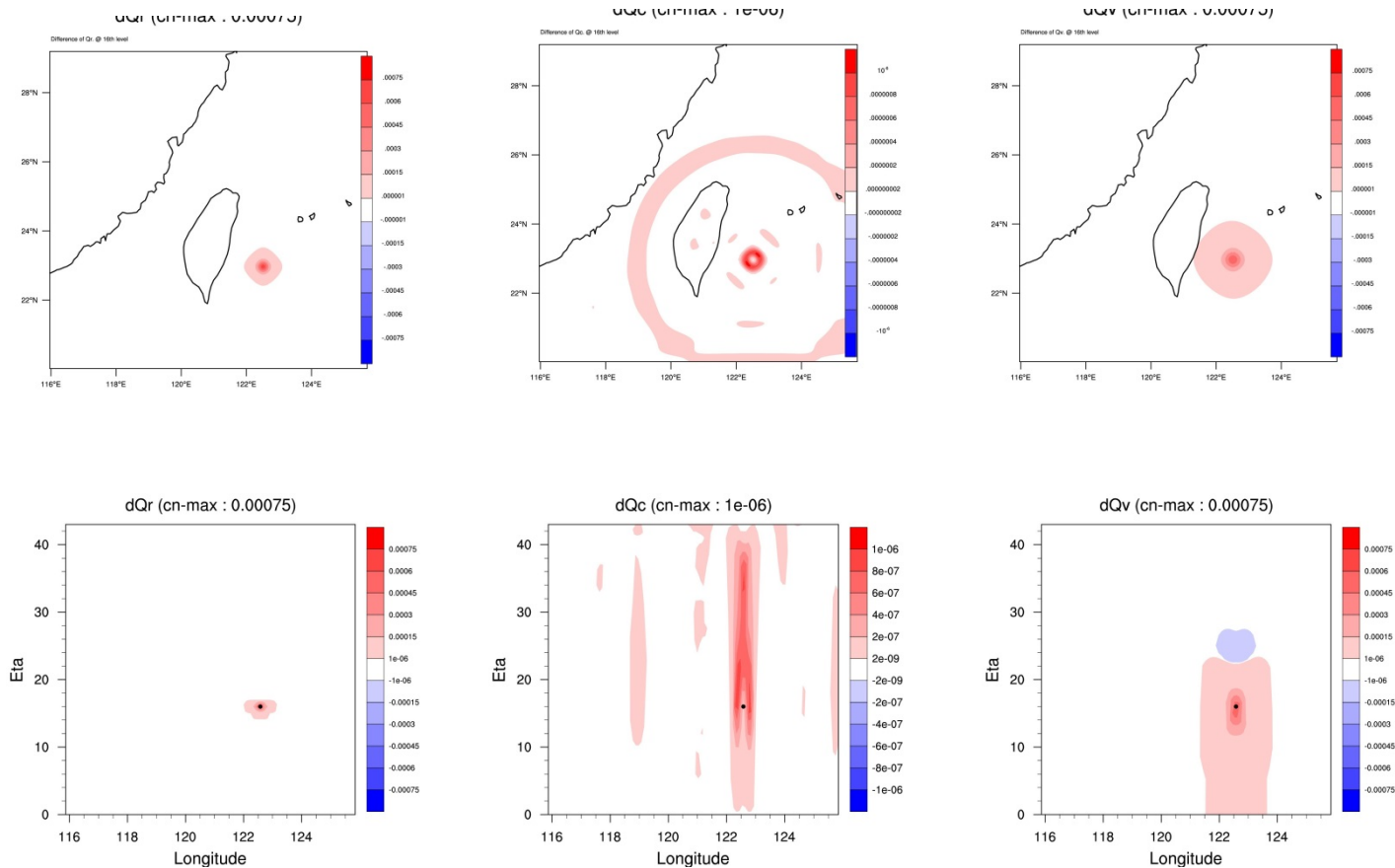
• 同化單點徑向風 (3DVAR, CV7)



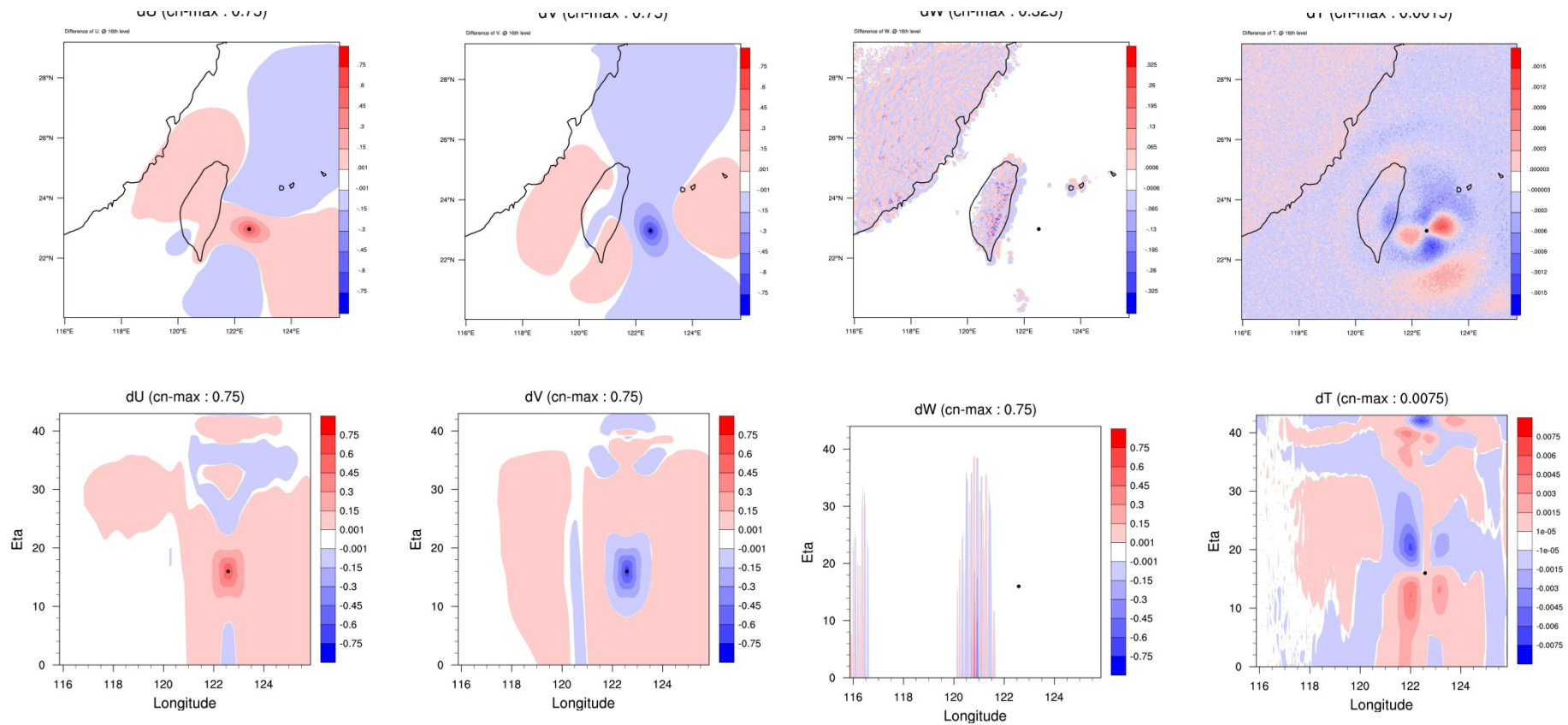
• 同化單點回波 (4DVAR, CV7 for UVWT)



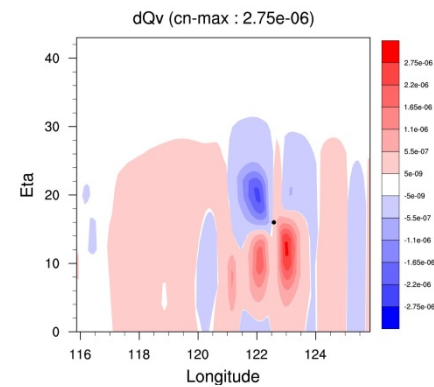
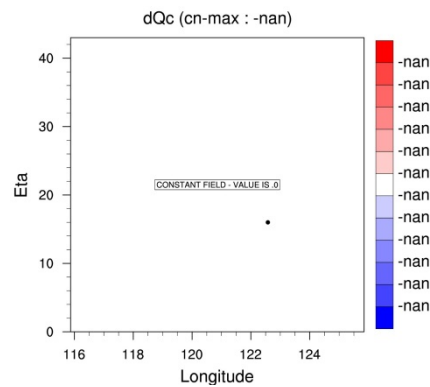
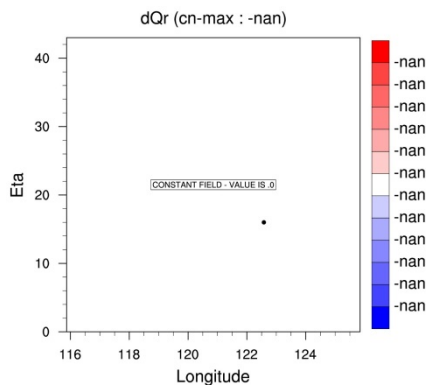
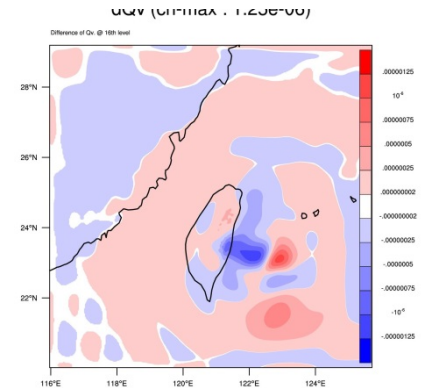
- 同化單點回波 (4DVAR, CV7 for Qr Qc Qv)



• 同化單點徑向風 (4DVAR, CV7 for UVWT)



• 同化單點徑向風 (4DVAR, CV7 for Qr Qc Qv)





# 小結

---

- 藉由單點同化結果，可進一步了解同化雷達觀測資料後對模式分析場的影響，以利能更清楚了解雷達資料同化的特性。
- 後續同化完整雷達觀測資料時，依據此分析結果，較能解釋其預報結果。
- 其他組員將就對流尺度之資料同化的其他面向及預報結果進行討論。

**THE END**  
**THANKS**