



中央氣象局區域模式 地面資料同化技術之發展

江晉孝¹ 林慧娟² 陳依涵¹ 洪景山¹ 馮欽賜¹

¹中央氣象局氣象資訊中心

²美國國家大氣科學研究中心

2017/09/12

天氣分析研討會

臺灣 臺北

生活有氣象

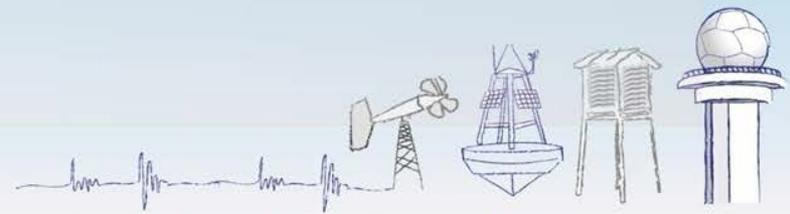
Outline



- ✚ 地面觀測資料種類
- ✚ Motivation
- ✚ 地面資料同化，計算 Innovation (O-B) 的兩種方法
- ✚ CWB 與 NCAR 之合作在此項工作上的精進與貢獻
- ✚ 對流尺度降水預報之表現 - 午後對流
- ✚ 結論與展望

Weather⁺

Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy



地面觀測資料種類



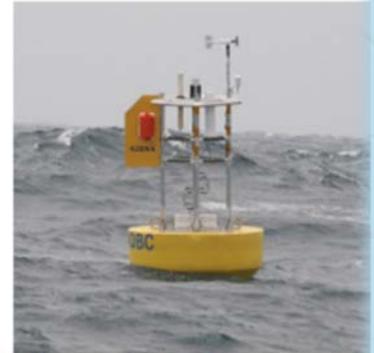
✈ Synop, Metar, AWS, Ship, Buoy, Sonde_sfc, QSCAT

Station 42065 - Near 42058 Central Caribbean

Owned and maintained by National Data Buoy Center
 2.3-meter NOOSS buoy
 AMPS payload
 14.926 N 75.046 W (14°55'35" N 75°2'45" W)

Site elevation: sea level
 Air temp height: 4 m above site elevation
 Anemometer height: 5 m above site elevation
 Barometer elevation: sea level
 Sea temp depth: 1 m below site elevation
 Water depth: 4145 m
 Watch circle radius: 3885 yards

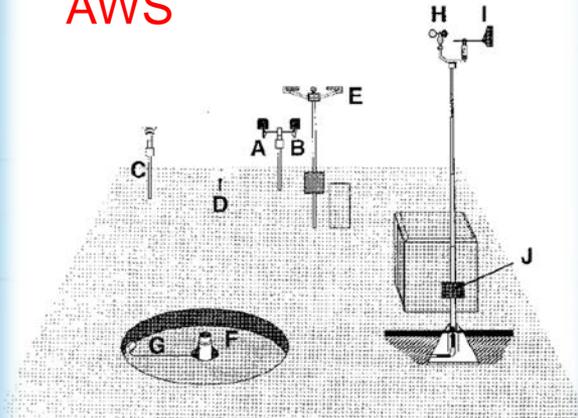
The buoy at station 42065 went adrift on 12/7/2011 and has since been recovered.



Buoy

CWB, Taipei, 10/6/2011

AWS



- A temperature (°C)
- B humidity (%)
- C global radiation (Joule/cm²)
- D grass minimum temperature (°C)
- E visibility
- F precipitation (mm)
- G precipitation period (min)
- H wind speed (m/s)
- I wind direction (degree)
- J air pressure (hPa)

QuikSCAT

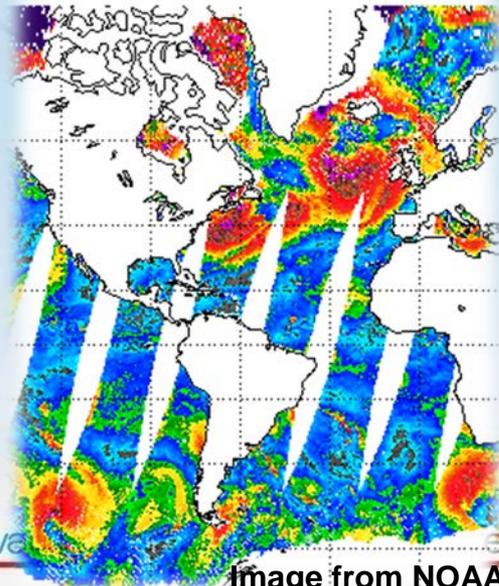
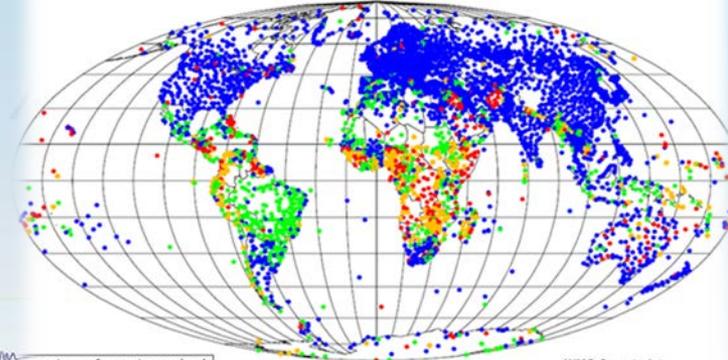


Image from NOAA

Synop

Annual Global Monitoring 1-15/10/2008
 SYNOP reports made at 00, 06, 12 and 18 UTC at RBSN stations



percentage of reports received:
 90 to 100% (2912 stations)
 45 to 90% (697 stations)
 Less than 45% (325 stations)
 Silent stations (350 stations)

WMO Secretariat

The designation employed and the presentation of material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the WMO Secretariat concerning the legal status of any country, territory, city or area.

Weather+ Service Observations

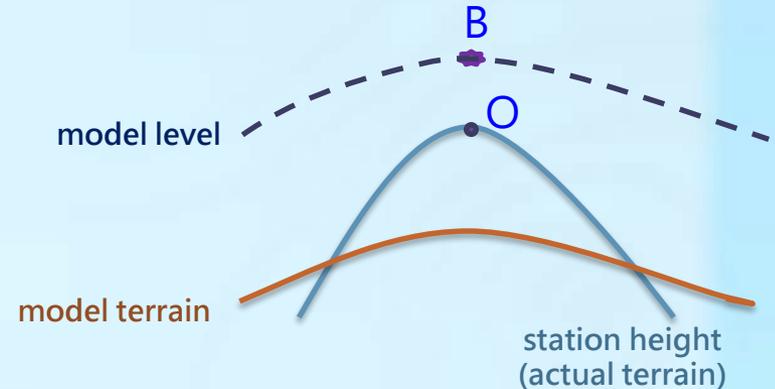
Motivation

✈ 處理地面資料同化所面臨的挑戰

✓ 要如何得到模式最低層的 Innovation (O-B) ?

✈ 模式最低層與觀測之間有一段距離，要如何妥善處理這個內外插的問題？

- ✈ 模式最低層高度
- ✈ 觀測站高度 (真實地形高度)
- ✈ 模式地形高度



✈ 針對QC的問題則有以下：

- ✓ 是否有考慮海陸分布？
- ✓ 模式地形與觀測站真實地形之差異？
- ✓ 其他

✓ 至於 Innovation 如何 extend 到自由大氣，則與背景誤差協方差 (BES) 有關，本研究只談論模式最低層的 Innovation 如何做。

地面資料同化， 計算 Innovation (O-B) 的兩種方法

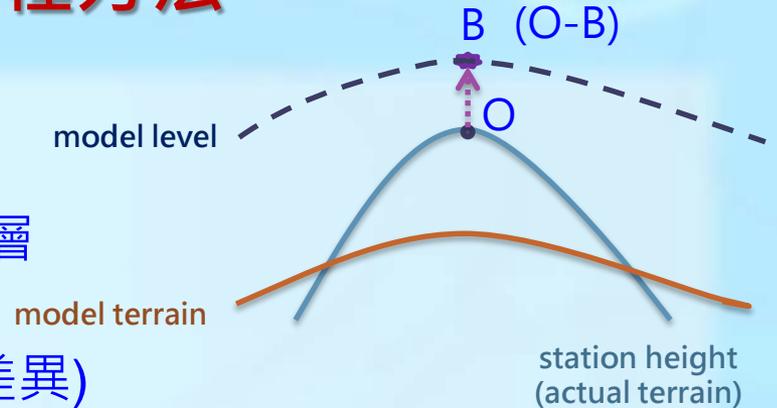
✎ Innovation 的計算是在**模式最低層**

→ 亦即把觀測資料修正到模式最低層

→ (隱含觀測點 innovation 被視為
模式最低層 innovation 的高度差異)

→ 若模式最低層夠低，上述高度差異就幾乎可忽略！

→ 不會涉及到模式地形與真實地形的差異



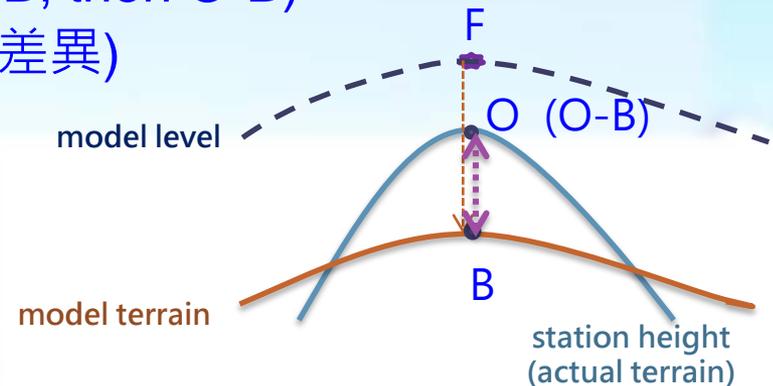
✎ Innovation 的計算是在**觀測點上**

→ 必須把模式值外插到觀測點 (F→B, then O-B)

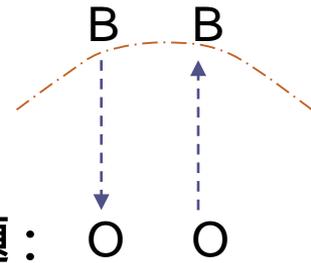
→ (隱含模式地形高度與測站高度之差異)

→ **模式地形是否與真實地形相近？**

此問題較難克服 ...



上述兩種方法皆會遇到的問題 ...



✎ 無論哪種方法，皆是在高度上進行的處理，會遇到以下問題：

✓ 溫度遞減率之適用性？

✎ (6.5° C/KM)--最簡單，但：

✎ 無法考慮到日夜變化 (尤其在模式下面幾層最明顯)

✎ Domain 有跨時區的問題

✓ 以相似理論 (Similarity theory) 取代溫度遞減率 ...

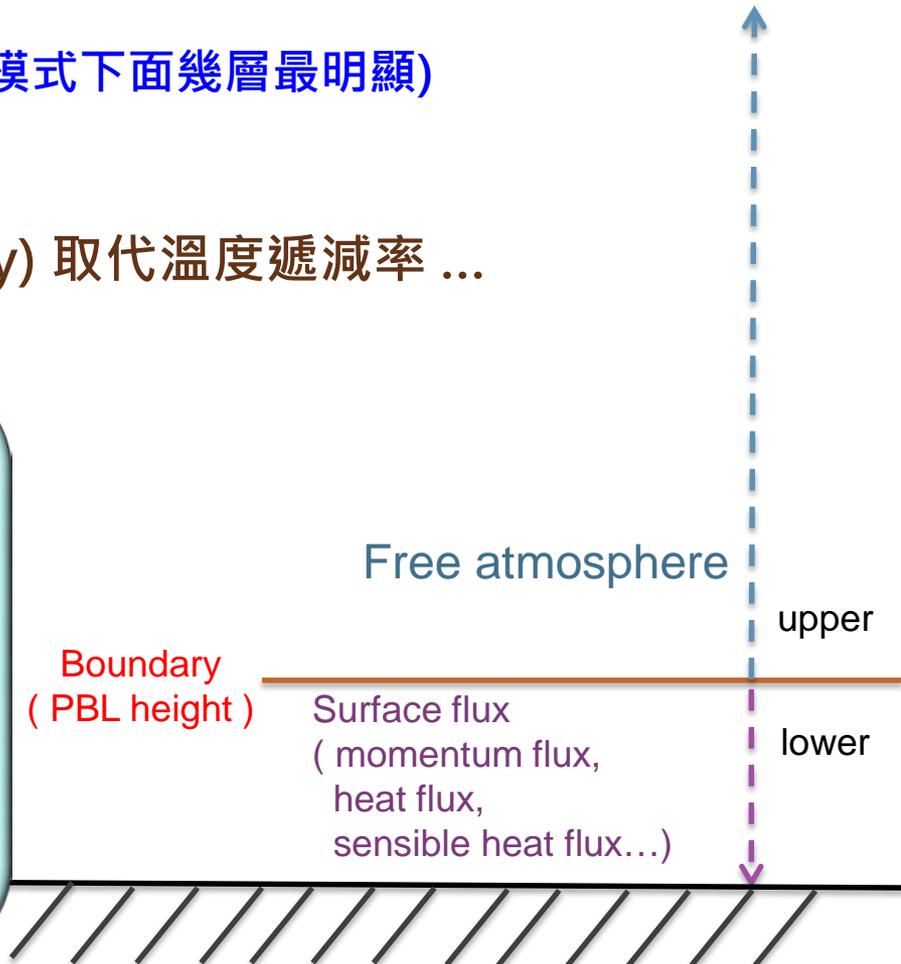
相似理論可用來決定邊界層內的大氣如何分布：

→ 以模式預報的近地面大氣參數來決定以 **log profile** 型態分布的大氣狀態 (為具有日夜變化的地面通量之函數)

→ 此 **log profile** 亦可決定邊界層內大氣混合的程度與邊界層高度

→ 可考慮到日夜變化

→ 得到較正確的溫度遞減率與風速的垂直分布



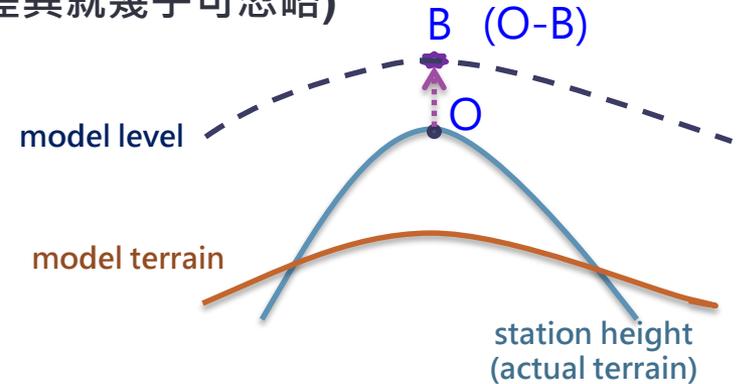
WRFDA

sfc_assi_options = 1 (sfc1)

✎ **Innovation** 的計算是在模式最低層，亦即把觀測資料修正到模式最低層—UKMO也是用此方法 (若模式最低層夠低，模式最低層與觀測高度之差異就幾乎可忽略)

✎ 可避免模式地形與真實地形之差異

✎ 直接使用一般溫度遞減率，未考慮日夜變化 (若模式最低層夠低，則日夜變化的重要性較低)



WRFDA

sfc_assi_options = 2 (sfc2)

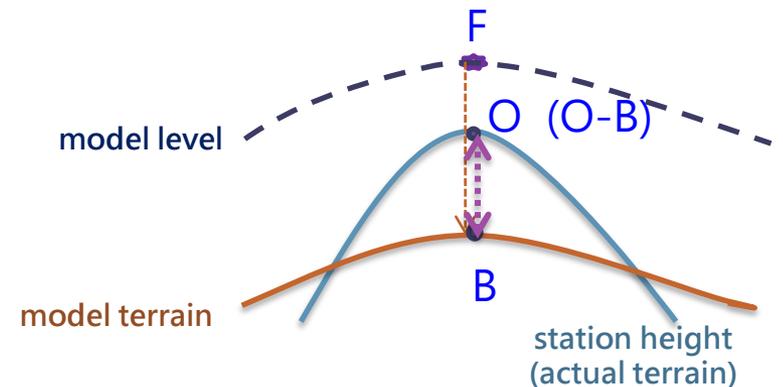
✎ **Innovation** 的計算是在觀測點上，必須把模式值外插到觀測點 (透過相似理論)

✎ 引進相似理論可考慮到日夜變化

✎ 模式地形與真實地形之差異是主要誤差來源

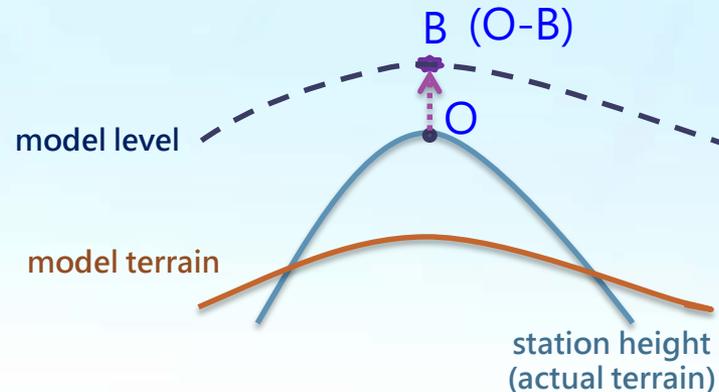
✎ 相似理論中，穩定度函數 (psim、psih)、摩擦速度 (ust) 等變數之間的相互關聯與求解不易

✎ 需撰寫相似理論之觀測算符，較複雜



CWBWRF 選用哪種方法？

- ✎ 目前本局區域模式最低層高度約20米，若使用一般溫度遞減率 (6.5度/KM) 與相似理論的比較，20米內插下來後，兩者的溫度差異遠小於模式地形與實際地形之間差異所帶來的影響。
- ✎ **Innovation** 的計算是在**模式最低層 (sfc1)** 不會涉及到模式地形與實際地形之差異，因此**選擇為 CWBWRF 地面資料同化之方法！**





選擇 Innovation 的計算是在模式最低層 (sfc1)

CWB 與 NCAR 之合作
在此地面資料同化方法上進行改進

Weather⁺

Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy



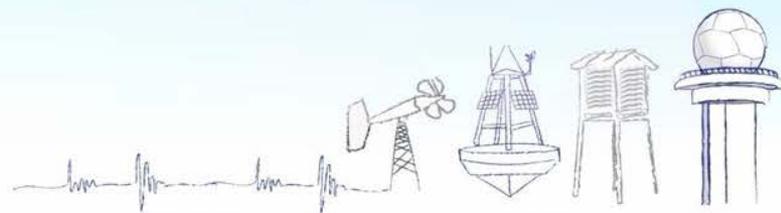
在 sfc1 上主要改進項目 (only for SYNOP)

✚ 更嚴謹的空間內插方法

✚ 修正水氣分析增量過小之問題

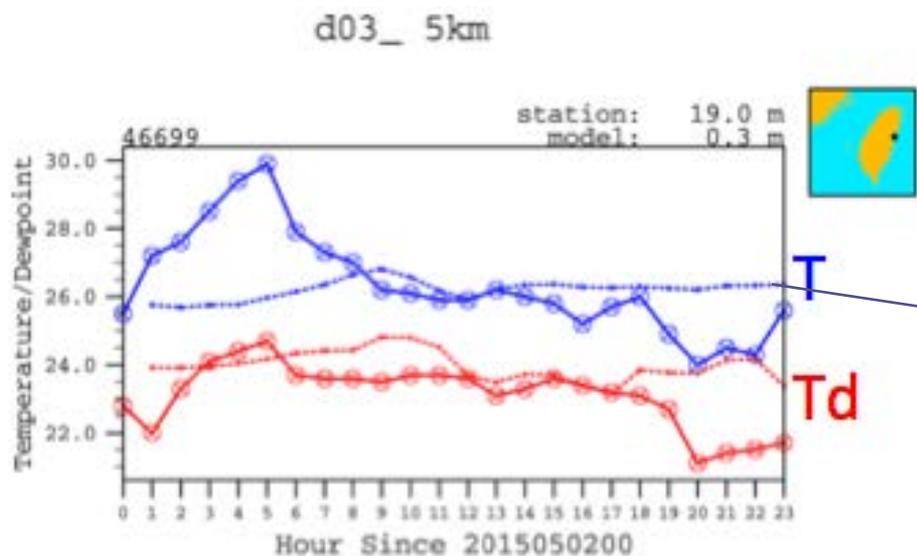
Weather⁺

Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy



sfc_assi_options = 1

→ 未考慮觀測值和模式之間的海陸狀態是否一致，亦即以簡單的四點空間內插方法來計算之背景值



圓圈實線為逐時的觀測。
點線為 5 公里 模式逐時預報
藍線：2 米溫度
紅線：2 米露點溫度
initialized at 2015050200.

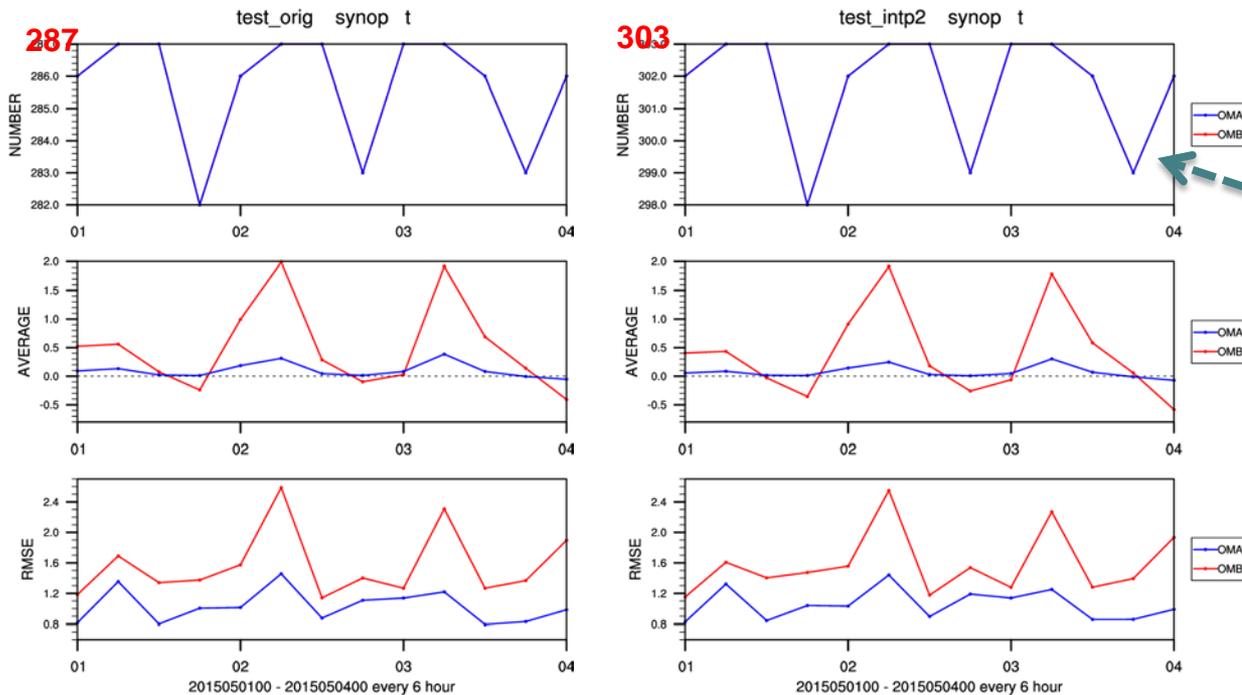
花蓮站 (46699) 在模式中，被誤以為是在海上的點，因此失去了白天太陽加熱的因素，而導致氣溫沒有日夜變化

`sfc_assi_options = 1`

修改空間內插方法 only for SYNOP

- ✓ 使用具有與觀測海陸類型一致、最小高度差、最接近的模式網格點之值作為計算 Innovation (O-B) 的背景值
- ✓ 提供新的程式與 namelist variable : `sfc_hori_intp_options = 2`

Time series of temperature (K) OMB/OMA



O-B: 紅線
O-A: 藍線

修正後，能同化更多的地面測站資料

`sfc_assi_options = 1`

修正水氣分析增量偏小的問題 **only for SYNOP**

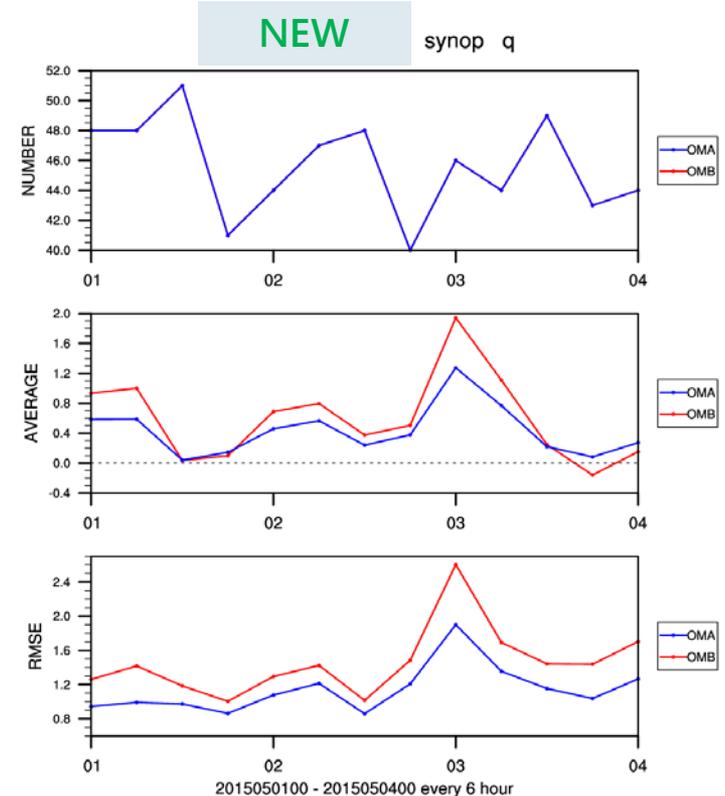
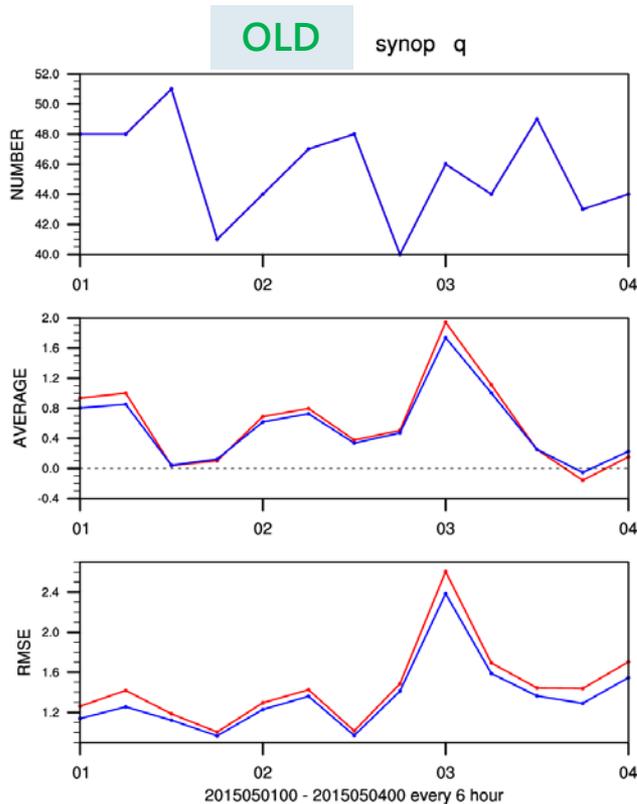
- ✓ 由 RH 誤差轉至 q 誤差的轉換過程，會導致很大的 q 誤差產生，造成同化後水氣分析增量偏小，即使將觀測資料的 RH 誤差減小至為 1%，仍然對於水氣分析增量之調整改進有限

→ O-A 與 O-B 差異不大，
顯示水氣觀測資料無法發揮效用

- ✓ 使用修正後的方法，其轉換後得到的 q 誤差值大幅降低
- ✓ 提供新的程式與 namelist variable：
`q_error_options = 2`
- ✓ O-A 明顯降低，顯示水氣觀測資訊有確實使用

Qvapor
(g/kg)

O-B: 紅線
O-A: 藍線



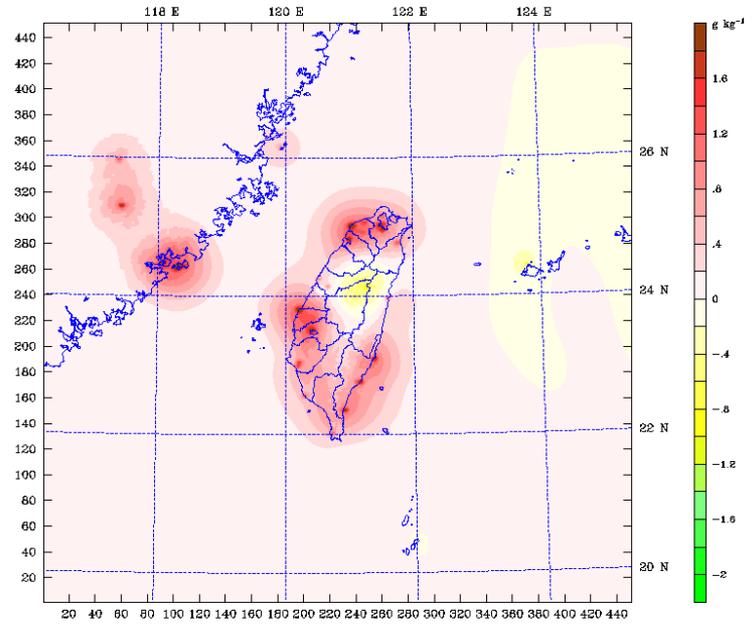
(3DVAR)
2 km
resolution

將觀測資料的 RH 誤差減小，可有效增加水氣的分析增量

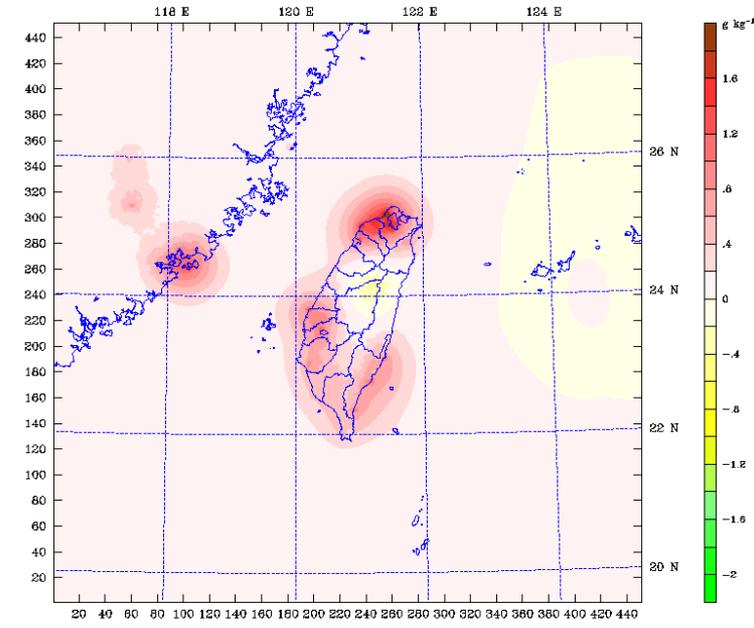
Dataset: sfc1 hori2 q2 r RIP: ripqvp sfc diff Init: 0600 UTC Sun 14 Jun 15
Fcast: 0.00 h Valid: 0600 UTC Sun 14 Jun 15 (0000 MDT Sun 14 Jun 15)
Water vapor mixing ratio at pressure = 1000 hPa
(diff. from case=fg, time= 0.00)

Dataset: sfc1 hori2 q2 RIP: ripqvp sfc diff Init: 0600 UTC Sun 14 Jun 15
Fcast: 0.00 h Valid: 0600 UTC Sun 14 Jun 15 (0000 MDT Sun 14 Jun 15)
Water vapor mixing ratio at pressure = 1000 hPa
(diff. from case=fg, time= 0.00)

Qv
analysis
increment



Model Info: IPUT KF YSU PBL Goddard Noah LSM 2.0 km, 51 levels, 12 sec
DIFF: simple KM: 2D Smagor



Model Info: IPUT KF YSU PBL Goddard Noah LSM 2.0 km, 51 levels, 12 sec
DIFF: simple KM: 2D Smagor

RH_error = 5 %
→ 水氣分析增量增加

RH_error = 10 %

新的水氣修正方法
同化較多水氣觀測資料 (q2)

觀測資料量
之比較
(3DVAR)

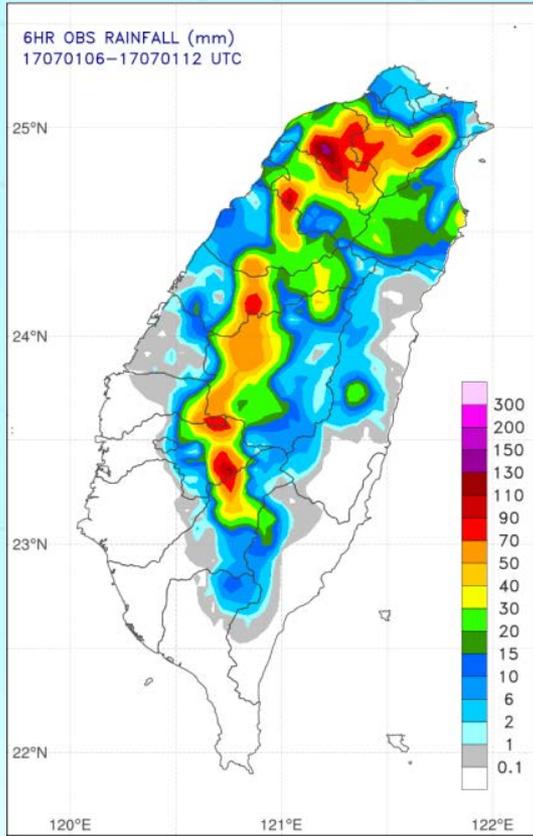
		sfc1_h2_q2	sfc1_h2	sfc1_q2	sfc1
U	used	288	288	264	264
	rej	8	8	6	6
V	used	287	287	262	262
	rej	9	9	8	8
T	used	307	307	282	282
	rej	0	0	0	0
Q	used	58	47	58	47
	rej	1	1	1	1
Ps	used	266	266	255	255
	rej	24	24	13	13

新的空間內插方法
同化較多觀測資料 (h2)

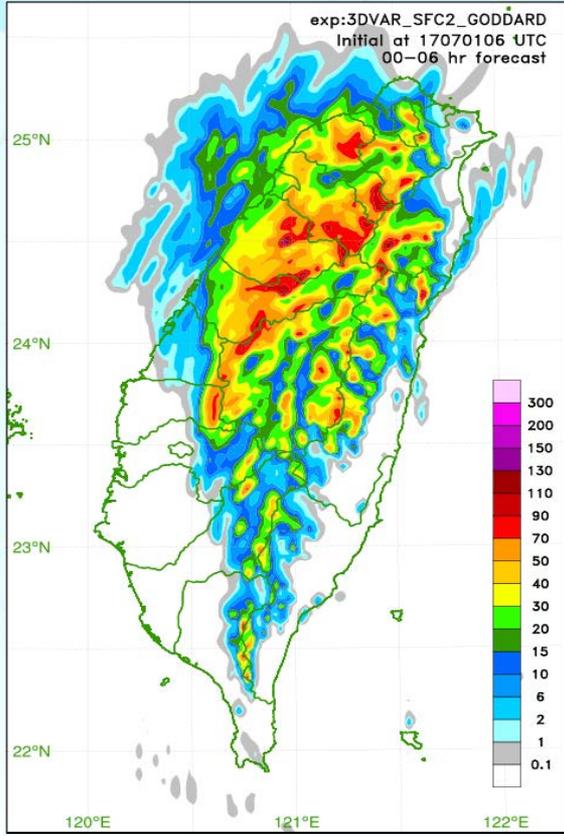
2 km

對流尺度降水預報之表現 - 午後對流

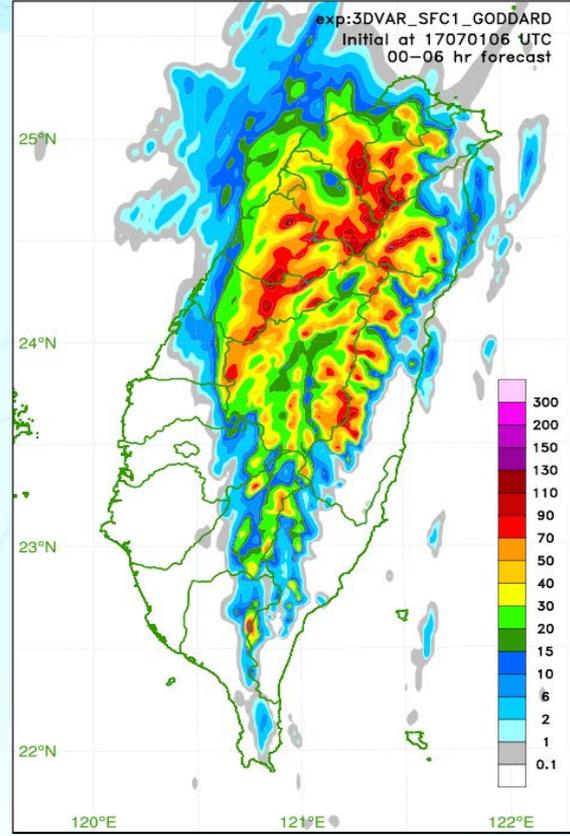
2017070106-2017070112 UTC 6 hr Rainfall



OBS



3DVAR
-SFC2
-GODDARD



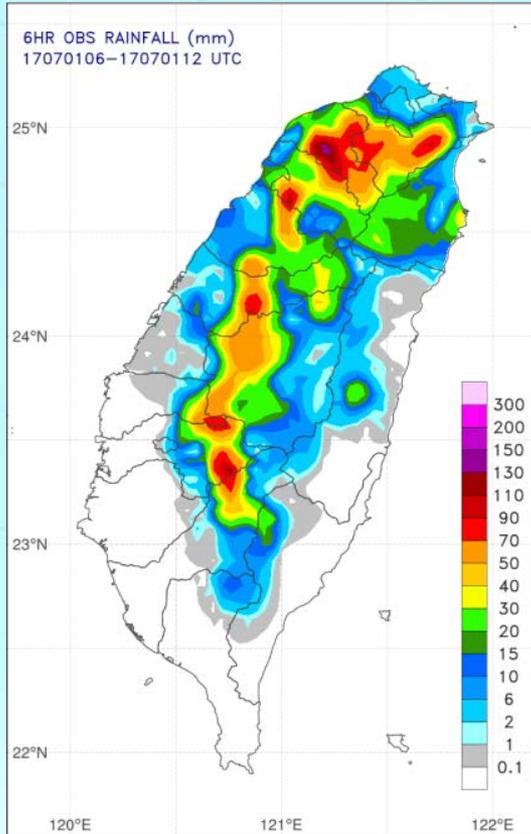
3DVAR
-SFC1
-GODDARD

2 km

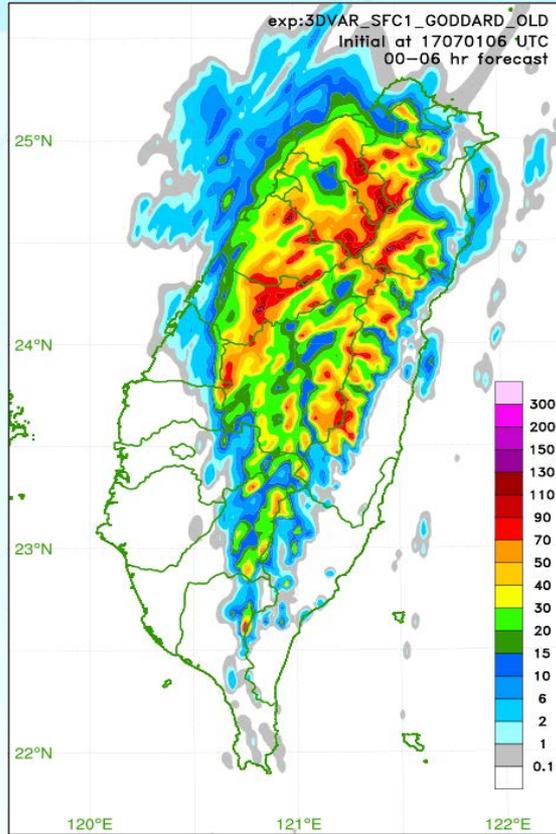
對流尺度降水預報之表現 - 午後對流

SFC1
改進前後

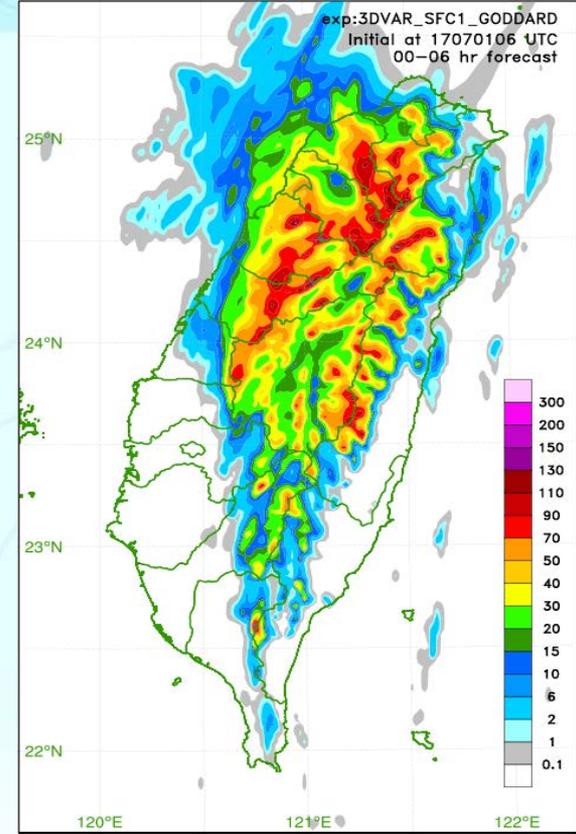
2017070106-2017070112 UTC 6 hr Rainfall



OBS



3DVAR
-SFC1-OLD
-GODDARD



3DVAR
-SFC1
-GODDARD

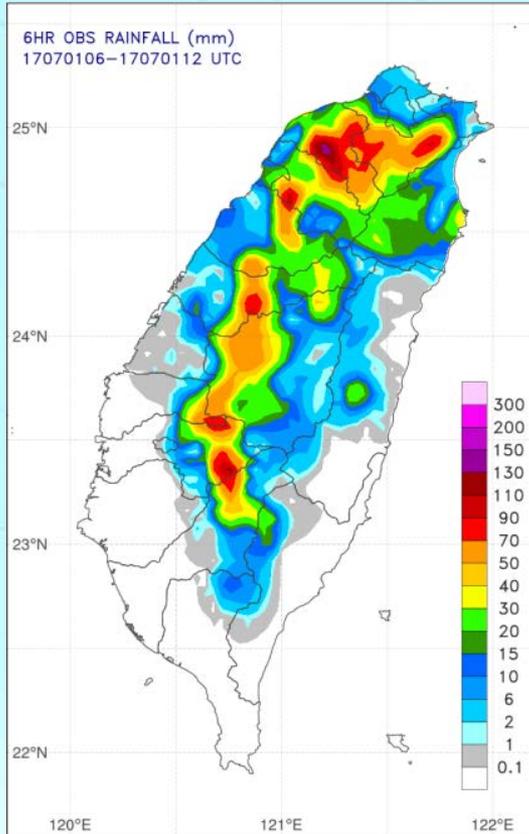


2 km

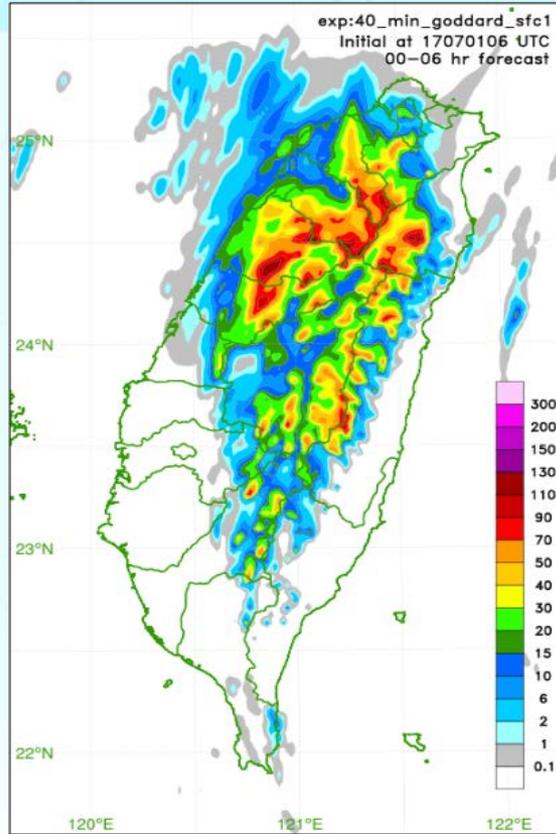
對流尺度降水預報之表現 - 午後對流

3DVAR
4DVAR

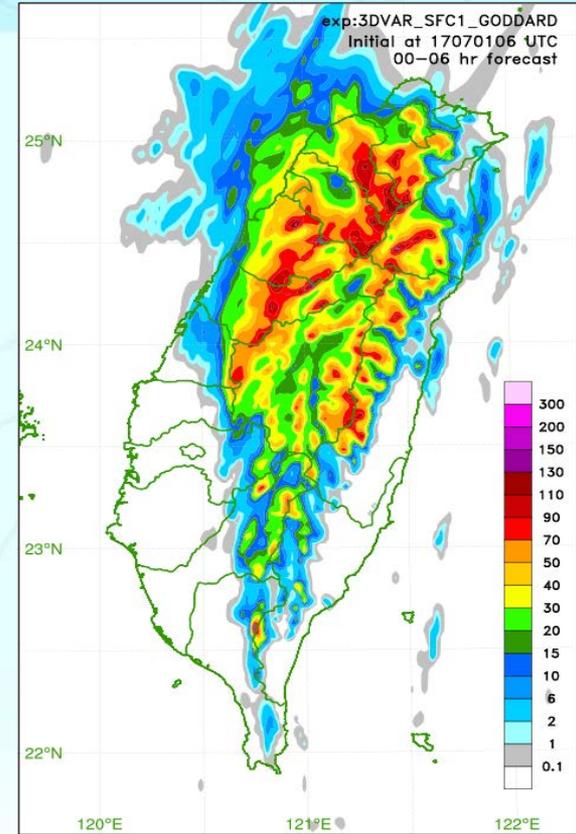
2017070106-2017070112 UTC 6 hr Rainfall



OBS



4DVAR
-40MIN-SFC1
-GODDARD



3DVAR
-SFC1
-GODDARD

結論與展望

- 🍌 地面資料同化，選擇 Innovation 的計算在模式最低層 (sfc1)，可避免模式地形與實際地形之間的差異所造成之誤差。
- 🍌 相似理論雖能提供擁有日夜變化訊息的溫度遞減率，但若模式最低層夠低，則其與一般溫度遞減率之差異就較不顯著。
- 🍌 透過 CWB 與 NCAR 之合作，我們改進了空間內插方法、修正水氣分析增量過小的問題，進而提升觀測資料使用量與其正確性。
- 🍌 在午後對流的降水預報上，sfc1 獲得較佳的降雨分布與極值；4DVAR 則能掌握較佳的降水分布範圍，但在西部地區的強降水分布範圍就掌握的較差。
- 🍌 如何更有效地使用地面觀測資料 (同化策略的調整與各種地面資料的用法等等 ...)，以及搭配雷達資料同化來提升對流尺度降水預報的準確度，都是未來努力的目標。

THANKS



Weather⁺

Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy

