

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

全球定位科學應用研究委託案(3/3)

101年度「全球定位科學應用研究中心」

期末報告

工作項目(2.2)：預報對觀測敏感度之系集資料同化系統建置報告

計畫名稱：以掩星資料進行颱風與豪雨個案分析與模擬：利用系集資

料同化系統，了解掩星資料對劇烈天氣預報之敏感度及效

益評估

執行期間： 2012/09/16~2012/01/29

分項工作管理人：楊舒芝

參與人員：高晟傑

中 華 民 國 1 0 1 年 月

## 一、 摘要

本計劃階段評估利用 WRF-LETKF 同化系統進行掩星折射率與偏折角之同化差異。並利用已發展之系集觀測影響評估工具針對 2008 年 6 月 15 日台灣附近的華衛三號掩星觀測資料影響進行評估，並以台灣西南岸附近之濕能量場作為評估標準。結果顯示，最接近台灣的掩星折射率的確對於台灣西南岸附近的水氣場預報最有貢獻。此外，離台灣距離就遠的掩星觀測貢獻則出現在中層大氣，透過平流等過程產生對台灣的局地正面影響。

## 二、 前言

在前期執行階段中藉由個案分析評估確立了 COSMIC 偏折角在 2008 年 SOWMex IOP8 強降水事件對於降雨強度及位置預報皆有重要的改善。相較於未同化掩星觀測的實驗結果，同化掩星觀測除了對濕度場有大幅改善外，同化偏折角亦可改善低層風場。因此對於低層幅合的位置與強度亦有幫助。

而偏折角的貢獻也透過傳統 data denial 的同化實驗方式驗證。實驗結果發現若無同化偏折角則無法呈現上述的改善量。此外，在前期階段系集觀測影響評估工具也成形，並可用以評估如探空等傳統觀測之貢獻。

## 三、 成果報告

### i. 掩星觀測對於豪雨個案同化及與預報影響

在本計劃期間已利用 NCU WRF-LETKF 同化系統進行 2008 年 6 月 13-16 日的同化實驗，並針對 6 月 16 日之豪大雨個案進行掩星觀測影響之分析及比較。

主要發現包括：

1. 掩星觀測對於區域數值模式預報有正面影響。其影響不僅於直接相關之熱力場變數(溫，濕度)，更可改善間接相關的風場。進而改善由南中國海至台灣之水氣輸送通道之水氣傳輸。
2. 掩星偏折角對於水氣場的垂直梯度有極高敏感度，因此表現局地高濕度的特徵，可幫助改善豪大雨區的低層水氣分布。

在此計畫階段主要進一步利用 WRF-LETKF 同化系統，分析同化掩星折射率與偏折角的差異。分析其系集斜方差矩陣發現(圖 1)，系集的敏感度主要來自於水氣場垂直梯度的不確定性。若限制此不確定性，則誤差特性(圖 1.d 及圖 2.d)則與使用折射率的背景誤差相似(圖 1.b 及圖 2.b)。

此外，利用系集離散(ensemble spread)分布特性也發現。模擬的系集偏折角的不確定性主要集中在低層大氣(圖 3.f)。而此特性也與水氣垂直梯度及其系集離散特性相同(圖 3.d 及 3.f)。相較之下，折射率的系集特性則較無此敏感度，且有系集離散程度過小的情況。而圖 3 的結果也顯示了同化偏折角的優勢出現於對水氣梯度的敏感度。對於改善大氣低層水氣量分布，進而影響區域降水特性可以產生重要的影響。

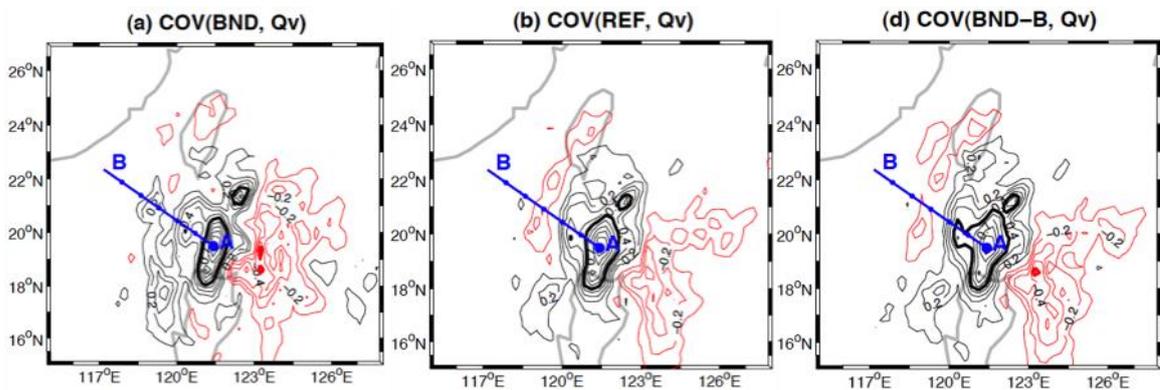


圖 1 觀測與背景場水氣之點誤差斜方差(a)觀測點變數為模擬的偏折角系集, (b) 觀測點變數為模擬的折射率系集及(d)觀測點變數為模擬的偏折角系集，但限制垂直梯度之不確定性。

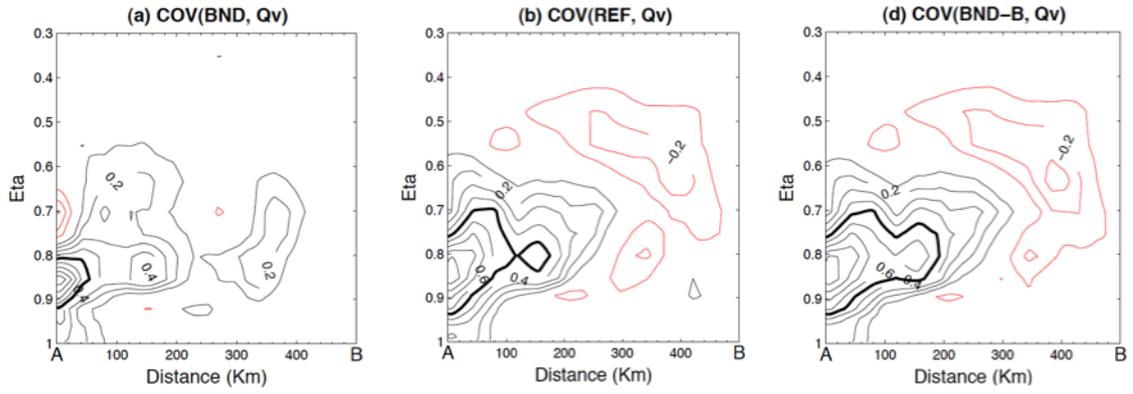


圖 2 與圖 1 相同，但為圖 1 中 AB 線上之垂直剖面結構。A 為觀測點位置。

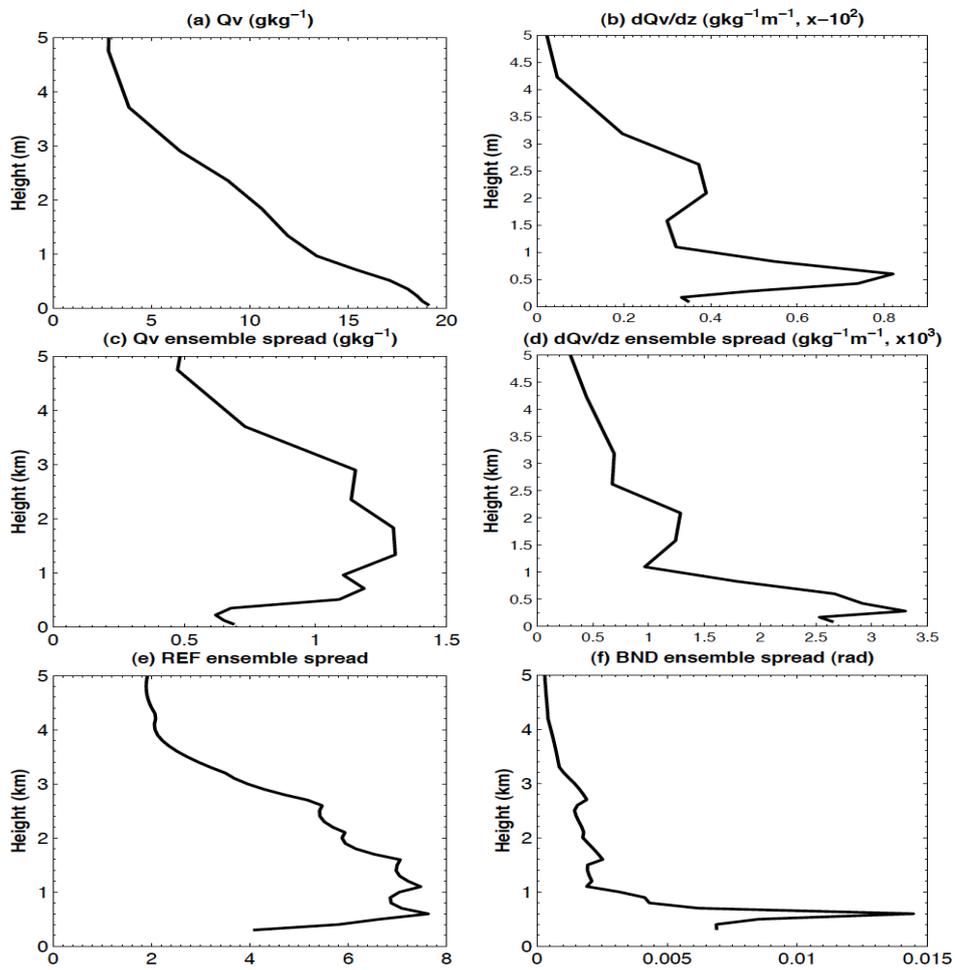


圖 3 各變數在圖 1 中 A 點之垂直分佈(a)水氣，(b)水氣梯度，(c)水氣系集離散度，(d)水氣垂直梯度系集離散度，(e)模擬折射率系集離散度及 (d)模擬偏折角系集離散度。

所得的研究成果(如下列)已部分提交國際期刊(目前在審查階段)，並已在國際會議中進行口頭報告。詳細論文內容請參見附件。

- Peer-review paper:
  - Yang, S.-C., S.-Y. Chen, S.-H. Chen, C.-Y. Huang and C.-S. Chen, 2013: Evaluating the impact of the COSMIC-RO bending angle data on predicting the heavy precipitation episode on 16 June 2008 during SoWMEX-IOP8. *Mon. Wea. Rev.*, submitted.
- Oral presentation in the international conference:
  - Yang, S.-C., S.-Y. Chen, S.-H. Chen, C.-Y. Huang and C.-S. Chen, 2013: Evaluating the impact of the COSMIC-RO bending angle data on predicting the heavy precipitation episode on 16 June 2008 during SoWMEX-IOP8. 2013 93<sup>rd</sup> American Meteorology Society Meeting, Austin, Texas

## ii. 利用系集預報敏感度評估工具評估掩星觀測影響

在本次執行期間已利用系集預報敏感度評估工具進行初步觀測影響評估，所選取的對預報誤差影響評估標準定義在濕能量模 (Ehrendorfer et al. 1999)上：

$$J = De^2 = \frac{L_v^2}{C_p T_r} \sum_{i,j,k} S_k q_v^2 \quad (1)$$

式(1)中， $q_v$  為 water vapor mixing ratio,  $L_v$  latent heat constant,  $C_p$  為 specific heat of air at constant pressure,  $T_r$  為參考溫度。

用以評估的觀測資料為 2008 年 6 月 15 日接近台灣的掩星觀測資料，如圖 1”• ”所示。此外，評估的影響範圍定義為以 6/16 日當天台灣豪大雨區域(台南永康)為中心，半徑 500 km 的範圍內的水氣場(濕能量場)。在前人的研究中已確立傳統的探空資料因其具有高準確性，對於改善及維持分析場準確度有極高的貢獻。與各類觀測相比，其單位觀測貢獻量(observation impact per observation)而言更是名列前茅(Baker et al., 2004)。因此，我們首先利用此工具判斷傳統探空的風場資訊對 12 小時濕能量場的影響。如圖 2.a 所示，在鋒面前區位於海面上的探空對於水氣場的修正大多有正面的貢獻(負值代表減少預報誤差)。而此也確立了風

場訊息對於水氣傳輸的重要性。若僅考慮圖 2.a 中有正面貢獻的觀測，且以單位探空的貢獻來看(圖 2.b)，各層的貢獻量皆很重要。而此也反映出高準確度探空觀測的重要性。

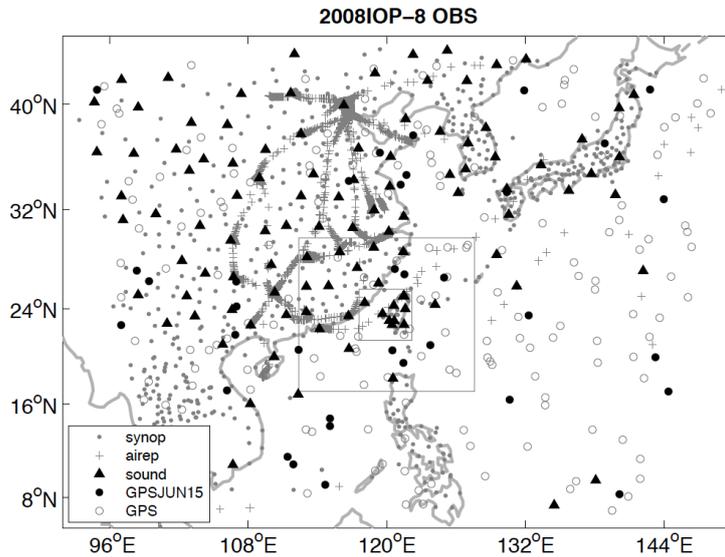


圖 4 同化實驗所使用之觀測分布

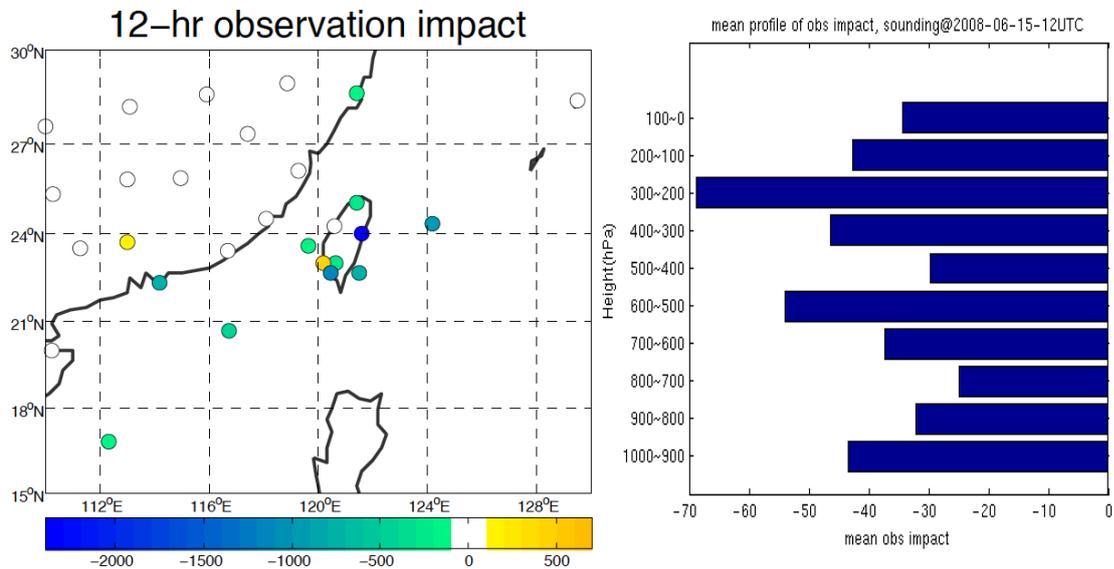


圖 5(a)探空觀測對於 12 小時預報(濕能量)之影響及(b)為單位觀測的影響

圖 6 則為掩星偏折角對濕能量的 12 小時觀測影響，且影響範圍定義與圖 5a 之計算相同。若就單一 profile 的總貢獻而言，離台灣最接近的 profile 對水汽場的正面影響最為明顯，其中以菲律賓東方外海(available at 06/15 12Z)的 profile 對低層的貢獻最為突出(如圖 7b)。而在台灣南方外海的 profile 對於台灣西南岸的水氣分布亦有正面影響，已時間上來看在 00Z 的 profile 正貢獻主要在低層(圖 7a)，而 18Z 的 profile 貢獻則可延伸置中層。推測因為在 16 日 06Z(12-hr 預報)已接近下豪大雨的時間，高濕度層相當深厚。若以傳統的 data denial 的方式來看，若在 15 日 18Z 沒有同化此台灣南方海面的掩星資料時，則台灣西南部外海的水氣量大幅減少(圖 8c vs. 8b)，因而會影響接下來的水氣場及降雨預報。但若僅同化此 profile(圖 8d)，便能恢復大部分在圖 8b 顯示的水汽。

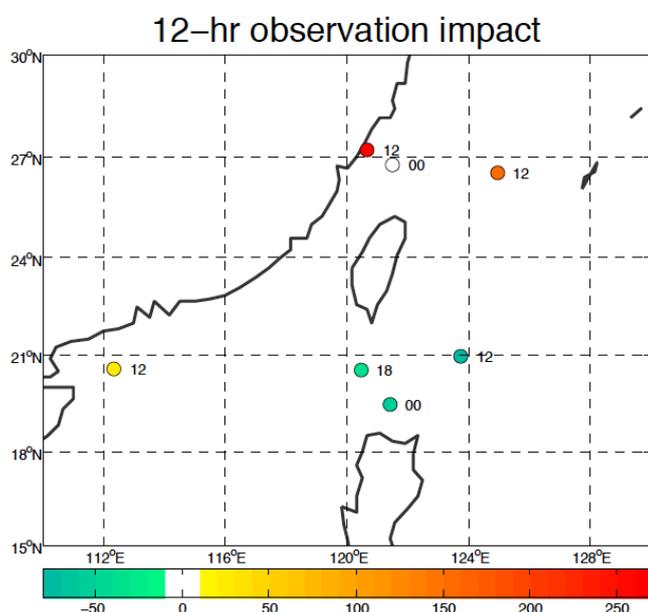


圖 6 (a)偏折角觀測對於 12 小時預報(濕能量)之影響

此外，我們也注意到雖然在鋒面上方的觀測總貢獻量呈現負貢獻(位於圖 6 中國大陸東岸處)。但若細看其貢獻垂直分佈(圖 7c)可知與其他海上 profile 不同，其貢獻主要在中層約 4 公里處。而此也顯示了不同高度的觀測平流等動力傳輸對下游區域產生貢獻。

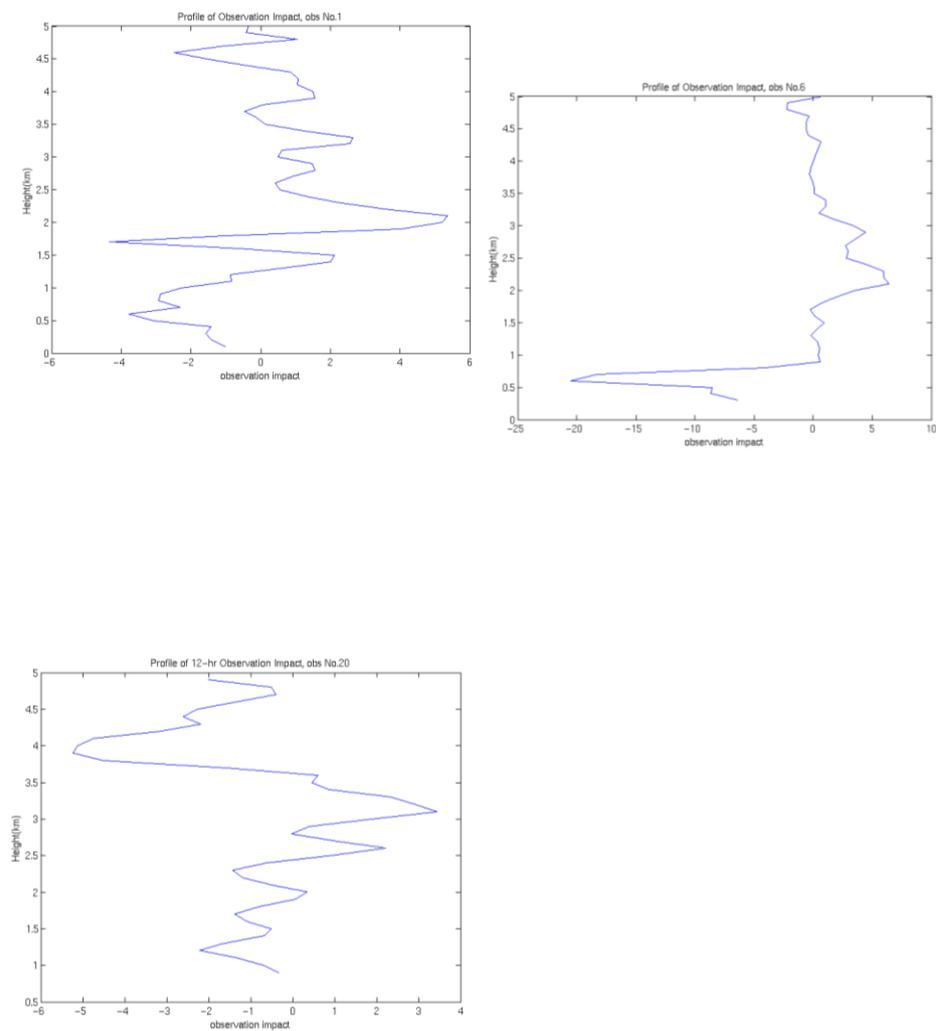


圖 7 單一偏折角觀測影響垂直分佈，各 profile 分別位於:左上: 06/15 00Z 台灣北方海面，右上: 06/15 12Z 台灣東南方海面及左下: 06/15 12Z 中國大陸東岸。

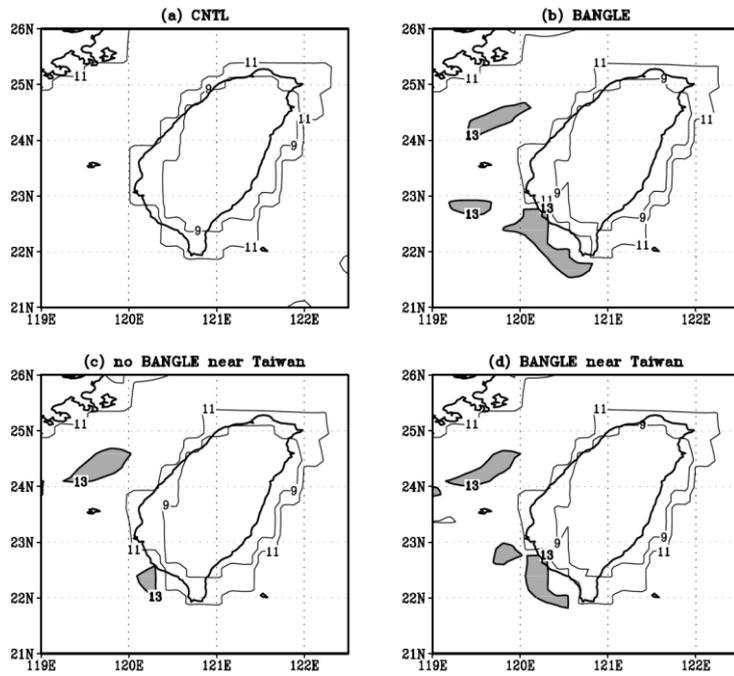


圖 8 可降水量(地面至 500hPa 之總水汽量)：(a)沒有使用掩星資料，(b)使用掩星資料，(c)剔除台灣南方之偏折角 profile, (d)在 06/15 18Z 僅使用台灣南方之偏折角資料。

#### 四、討論

在進行影響評估時須選擇適當的分析場作為最理想的真實場，但在區域分析同化中，若使用全球再分析場當做真實場對於水氣場怎可能無法代表與劇烈天氣有關的區域特性如對流系統等。但若使用區域分析場(如 WRF-LETKF analysis)，在目前副高位置仍會有綜觀尺度掌握度仍不佳的困難出現。但整體而言，用哪一種分析場當做理想真實場所得的相對的正負影響仍一致(如圖 9 所示)。因此建議除看每個 profile 的整理貢獻量外，可進一步分層區分出區域貢獻特性。

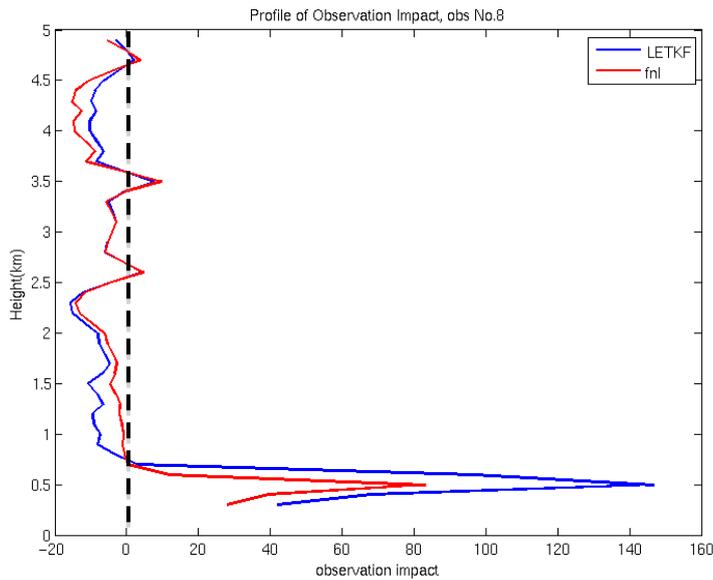


圖 9 利用 NCEP FNL(紅線)及 WRF-LETKF(藍線)分析場當作真實場計算 06/15 00Z 離台灣最近的掩星偏折角觀測影響。

系集為主的觀測評估法的困難之處為系集離散度對不確定性的代表能力，若系集無法合理代表不確定性，便可能會大幅降低觀測影響評估效果。

## 五、結語

透過本期計畫以成功地測試華衛三號掩星觀測資料對於梅雨期間劇烈降水事件的影響。結果顯示，掩星觀測對於改善低層濕度場有重要的改善，且間接對於風場亦有正面的影響。因此可改善降水預報。尤其是偏折角觀測資料對於降水的強度及位置皆有重要的改善，主要的原因為其對濕度的垂直梯度極為敏感，因此更加強降水區域的局地濕度分布。

此外，系集觀測影響評估工具(EnFSO)已建立完成。目前可針對不同的目標區域及不同的預報誤差定義進行觀測影響評估。利用 2008 年 6 月 15 日的華衛三號掩星觀測資料進行觀測影響評估確立，離台灣最近的觀測資料的確對於強烈濕傳輸範圍內的濕能量場有最大的貢獻。此外，雖然有些掩星觀測單一總貢獻量呈現負影響，但仍能利用 EnFSO 的工具估算並釐清此觀測在不同高度層仍能對感興

趣的區域有正面的影響。

但因為本計劃階段仍屬工具建立及測試階段，僅針對單一個案進行評估，仍有樣本數不足的問題。未來期望能針對不同年的梅雨季節，更全面評估掩星觀測對於區域天氣預報的影響。

## 六、自評表

原規劃目標	完成與否	說明
建立系集預報敏感度評估工具	100%	計算及繪圖程式已建立完成
測試各種觀測影響之敏感度實驗	100%	已先就 2008 年 6 月 15 日的傳統探空及掩星觀測進行測試。
出國學習與討論：與系集預報敏感度工具原提出學者進行討論	100%	赴美國馬里蘭大學與 Prof. Kalnay 及 Mitoshi 討論觀測影響的計算與考量觀測在局地化之下對於不同網格點有不同的貢獻。
評估同化偏折角對於預報模擬之影響(FSO)	100%	已分別針對傳統 data denial 及系集觀測影響評估工具進行評估。
分析整理	100%	已針對部分結果進行分析整理，並已提交至國際期刊 (Monthly Weather Review)
撰寫報告	100%	