

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(2.1)：不同掩星觀測算子對劇烈天氣個案預報之影

響效益報告(III)

計畫名稱：以掩星資料進行颱風與豪雨個案分析與模擬：調整偏折角

掩星觀測算子之觀測誤差，分析其對劇烈天氣個案之敏感

度，並比較不同掩星觀測算子(局部折射率、非局部折射率、

偏折角)對劇烈天氣個案預報之影響差別

執行期間： 2012/02/18~2013/02/17

分項工作管理人：黃清勇

參與人員：鄧雯心、吳俊澤

中 華 民 國 1 0 2 年 1 月

一、 摘要

雖然GPS 掩星觀測折射率(refractivity)同化已被證實為方便可靠的同化，對區域天氣預報亦有實質的改善，但目前全球模式同化GPS 掩星觀測時，大都使用局地偏折角(local bending angle) 觀測算子(observation operator)，直接在垂直層上觀測點進行同化。因為採用局地假設(即代表此局地點的偏折角)，不須求解二維的射線方程，因此無複雜的二維非局地偏折角觀測算子之耗時，同時相較於折射率同化，局地偏折角同化優勢在於可以直接使用更上游反演的射線路徑的偏折角。但預報模式並無偏折角變量，須由Abel transform將模式折射率反算出偏折角，再插分至觀測點來代表局部偏折角，並與觀測偏折角(非局地代表值)比較。我們已於100年度將局部偏折角算子建置於WRF VAR3.3及其向前算子建置於WRF EnKF，並完成同化測試及與折射率進行預報實驗比較。第二期本年度(101年度)的主要工作目標將更深入了解局部偏折角算子，進行分析改善及其觀測誤差最佳化，並針對不同同化算子進行系統性的實驗比較。依此子計畫交付項目，本年度工作目標如下：

1. 進行局地偏折角算子於同化系統WRF VAR3.3最佳化及觀測誤差調整，分析及改善局地偏折角算子，探討同化上游GPS偏折角觀測對2010年Fanapi預報模擬的影響及對預報之敏感度。
2. 導入福三掩星觀測，比較局地偏折角、局地折射率及非局地折射率之同化效益，探討對2010年Fanapi颱風個案預報之影響，。
3. 導入福三掩星觀測，比較同化局地偏折角、局地折射率及非局地折射率之分析效益，評估局地偏折角同化對於2012年梅雨預報模擬之影響。

二、 背景說明

FORMOSAT-3/COSMIC氣象研究目標主要在充分使用GPS掩星觀測資料於預報模式，藉以了解其對區域天氣預報及全球分析或預報改善之程度，同時探討衛星資料同化理論與技術之發展。所謂GPS掩星觀測，係利用小型低軌道

(low-earth-orbit; LEO)的衛星接收全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)訊號，經由無線電掩星(radio occultation)方法來估計電磁波穿過大氣圈時的偏折角(bending angle)，再據反演原理以算出大氣折射率(refractivity)的分布(詳見黃與朱，2004)。關於GPS掩星觀測資料的高精確程度，已有許多研究深入探討，並與無線電探空比較(Ware et al. 1996; Anthes et al. 2008)。

在導入GPS觀測之折射率或偏折角進行同化時，必須完成所謂的觀測算子(observation operator)。折射率(N)並非模式直接預報變數，因此須由觀測運算子將模式預報的氣象參數和折射率連結起來。折射率定義為 $N = (n-1) \times 10^6$ ， n 為折射指數(為在真空光速與在介質光速之比值)，由實驗得知 $N = 77.6 \frac{P}{T} + 3.73 \times 10^5 \frac{P_w}{T^2}$ ，其中 T 為溫度， P 為乾空氣壓， P_w 為水汽壓。此式為局地折射率(local refractivity)。而由GPS射線穿越大氣抵LEO之射線可反求出偏折角，再依Abel inversion方法(假設局地球對稱)則可導出折射率。在穿越低層大氣時，由於空氣密度較高、水平梯度亦較大，此由LEO觀測導出之折射率與局部折射率會有較大之誤差。使用偏折角來同化，即不必再假設穿越路徑之折射須嚴格對稱(相對於該近地點)，因此理論上其誤差較小(Zou et al. 1999; Sokolovskiy et al. 2005; Chen 2008; Chen et al. 2009)。而由GPS ray-tracing穿越大氣抵LEO之射線偏折角及其依Abel inversion方法(假設球對稱)導出之折射率，為積分路徑折射率(path refractivity)，反應切過近地點某路徑總折射效應。在穿越低層大氣時，由於空氣密度較高、水平梯度亦較大，此由LEO觀測導出之折射率與局部折射率會有較大之誤差。使用偏折角來同化，即不必再假設穿越路徑之折射須嚴格對稱(相對於該近地點)，因此理論上其誤差較小(Zou et al. 1999; Sokolovskiy et al. 2005)。

偏折角同化的運算子其難度較高，必須求 ray-tracing 方程，即 $d^2\bar{x}/d\tau^2 = n\bar{\nabla}n$ (\bar{x} 為射線位置向量)，以導出偏折角進而與觀測偏折角比較(Zou et al. 1999)。在有限區域模式及模擬較高解析度時，由於模式分析場水平變化大，此同化運算

子之價值函數 J 有不易收斂而耗時之缺點。過去 ray-tracing 模擬研究 (e.g., Zou et al. 1999) 亦指出影響偏折角僅於近地點附近之 600 公里半徑內之大氣。因此在相當好的近似下, 可以假設射線為直線, 由其反演計算出之折射率已非局地折射率, 因此與觀測之折射率本質相近。目前吾人已將同化沿射線路徑積分的折射率總量此算子 (nonlocal operator) 建置於 WRF 3DVAR 並完成颱風個案論文 (詳見 Chen et al. 2009; Kueh et al. 2009), 並已完成福三此非局地折射率觀測誤差之統計分析 (Chen et al. 2011)。

ECMWF 於 2006 年 12 月即已將 FORMOSAT-3/COSMIC 資料納入全球模式從事即時作業預報, 同化方法為使用全球模式 4DVAR 來同化局地偏折角, Healy (2007, 2008) 檢視全球模式的分析場及預報場, 發現加入 FORMOSAT-3/COSMIC 資料對上對流層及平流層之溫度場之分析及預報有非常正面的效益, 這個效益是在同化非常多種且數量大很多倍的其它衛星資料之後。目前中央氣象局使用 GSI (3DVAR) 來同化局地偏折角, 在全球模式 7 天的預報上發現可增加約 0.03 的正相關性, 當同化折射率時, 預報改進效益並未減少。

然而, 非局地偏折角的同化運算子其難度較高, 必須求 ray-tracing 方程, 即 $d^2\bar{x}/d\tau^2 = n\bar{\nabla}n$ (\bar{x} 為射線位置向量), 以算出實際模式偏折角進而與觀測偏折角比較 (Zou et al. 1999)。在有限區域模式及模擬較高解析度時, 由於模式分析場水平變化大, 此同化運算子之價值函數有不易收斂而耗時之缺點。目前在全球模式同化 GPS 掩星觀測時, 大都使用局地偏折角 (local bending angle), 優勢為直接使用更上游的掩星觀測之偏折角 (相較於折射率)。所謂 "local", 即假設此為模式局部值, 不須求 ray-tracing 方程, 在作業上非常簡單可行。但模式並無偏折角變量, 直接同化觀測之偏折角仍有困難, 因此須由 Abel transform 倒推模式局地折射率回模式局地偏折角, 再插分至觀測點位置得到局部偏折角才能與掩星觀測之偏折角進行比較或同化, 因此此法須完成 Abel transform

$\alpha(a) = -2a \int_{r_p}^{\infty} \frac{d \ln(n)/dr}{\sqrt{n^2 r^2 - a^2}} dr$ (a 為 impact parameter, r 為距地心距離) 的向前算子

(forward operator)、切線算子(tangent linear)及伴隨算子(adjoint operator)。我們在 100 年度已將自行發展之局部偏折角算子模導入 WRF VAR3.3。由於歐洲衛星中心(EUMETSAT)已將局地偏折角同化應用於 ECMWF 每日的全球作業預報，為比較本計畫 100 年度發展之局地偏折角算子之精確度，使用本計畫自行發展之偏折角算子(NCU 方法)及歐洲衛星中心發展 ROPP 之算子(GRAS SAF 方法)，則顯示使用 NCU 運算子計算之偏折角與觀測非常接近，最大差異量僅 $\pm 4 \times 10^{-5}$ (rad)，當使用 GRAS SAF 運算子，則最大誤差維持於 2×10^{-3} (rad)，主要因為 ECMWF 運算子在計算局地偏折角時使用一些假設，進行簡化近似計算，而 NCU 運算子則是直接計算(詳見 99 年度、100 年度之期末報告)。

我們在 100 年度之主要工作任務為分析及探討局地偏折角的同化效益，並與局地折射率同化進行比較，分析二者對於劇烈天氣個案分析與模擬的效益差異，主要針對莫拉克颱風及凡那比颱風，詳見 100 年度期末報告。其中以凡那比(Fanapi)颱風為例，取模擬初始時間，同化 2010 年 9 月 17 日 0000UTC 之福三掩星觀測(偏折角及折射率)，共計 22 筆資料，如圖 1。模擬實驗設計含

- none: 直接利用 NCEP FNL 分析場作為 WRF 模式 3.3 初始場，不進行資料同化，進行三層巢狀模擬。
- atmprf: 如 none，但同化福三偏折角。
- wetprf: 如 none，同化福三折射率。

由圖 2 模擬結果比較同化偏折角之結果與同化折射率之表現，雖然在路徑上較為南偏，但在中心模擬上可以得到較強的結果。wetprf(同化折射率)與 none(無同化)二者表現頗為接近，不似 atmprf(同化偏折角)來得明顯。對莫拉克颱風來說，同化偏折角似乎比同化折射率在路徑及強度上有較佳的表現，但仍未達到統計上顯著的程度。此初期研究顯示必須再探討偏折角同化效益，使其臻至最佳化，於本年度持續進行。

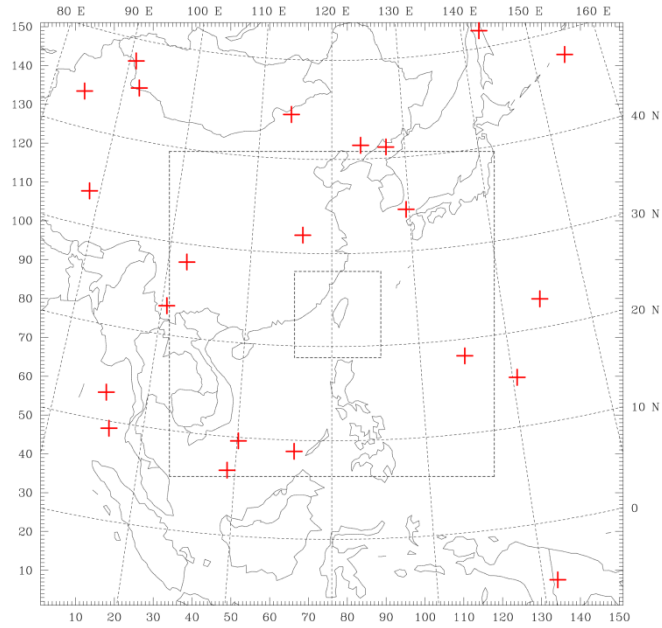


圖 1. 凡那比(Fanapi)颱風之 GPS 掩星觀測分布圖，分析時間 2010 年 9 月 17 日 0000 UTC 之 ± 3 小時同化窗內，共計 22 筆資料。及 WRF Domain1(151*151)、Domain 2(253*253)、Domain 3(151*151)網格分布圖。

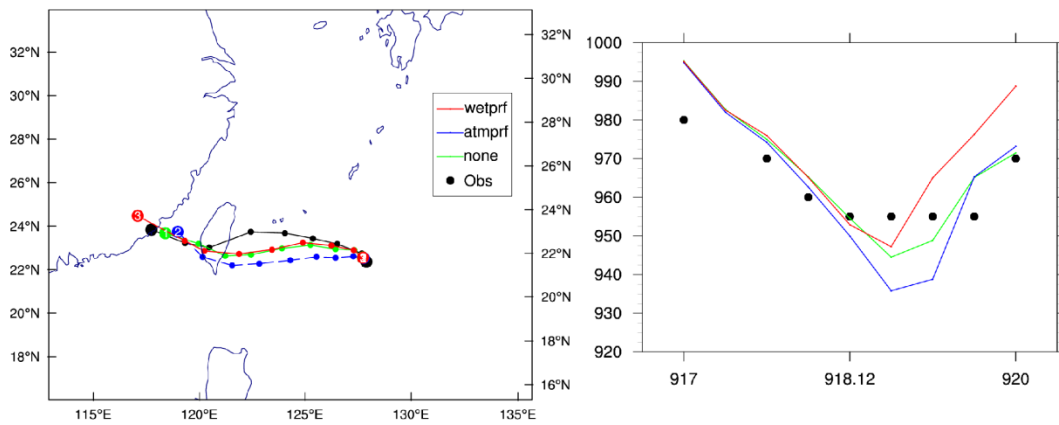


圖 2. Fanapi(2010)模擬結果，(左)模擬路徑，(右)模擬之颱風中心最低氣壓(打點為觀測值)。

本年度(101年度)依交付項目需求，繼續過去研發工作，在此子計畫針對不同GPS觀測同化算子進行系統性實驗比較。為客觀比較，我們使用氣象局及颱風洪

中心相同的WRF VAR同化系統，本計畫之研究成果因此可以迅速回饋於上述兩個單位來參考。基本上，本計畫所進行的三種觀測同化算子已是目前國際作業單位及學術研究上之前鋒，如能獲至清晰的正面結論，對推展我國福三資料的應用價值將會更上層樓。

三、 成果報告

針對 2010 年影響台灣之梅姬(Megi)颱風個案使用 WRF V3.3 以及 WRFDA V3.3 進行模擬實驗，以 WRF 3DVAR 的資料同化方法進行同化。模式初始場使用 NCEP/AVN 全球模式分析資料，模擬實驗為三層巢狀網格，梅姬颱風模式網格數則為 181×172、211×211、241×241，水平解析度三層分別為 45、15 和 5 公里，垂直層數為 35 層。對此個案測試延伸，除了局地折射率及偏折角外，實驗另同化非局地折射率。分別為控制組(簡稱 CTL)，表示不同化資料;同化 WRFDAv3.3 版 FORMOSAT-3 GPS RO 局地折射率資料(簡稱 REFv3.3);同化 FORMOSAT-3 GPS RO 局地偏折角資料(簡稱 LBA)；同化 WRFDAv3.2 版 FORMOSAT-3 GPS RO 局地折射率資料(簡稱 REFv3.2);同化 FORMOSAT-3 GPS RO 非局地折射率資料(簡稱 EPH)。討論兩個不同初始時間的個案模擬結果，分別為初始時間 10/17 0000 UTC，預報 72 小時，同化資料點數 31 點；初始時間 10/19 0000 UTC，預報 72 小時，同化資料點數 35 點(表 1)。圖 3 為模式巢狀網格大小設定。

梅姬颱風在 10 月 13 日於關島西南西方海面生成，向西北移動，增強為強烈颱風後轉西南西方向行進，18 日中午前後颱風中心登入呂宋島，穿過呂宋島後，19 日減弱為中度颱風，並轉為向西北西至西北方向移動。20 日之後移動方向轉為向北至北北東，移動速度趨緩。21 日受颱風外圍環流與東北季風的交互作用影響，最大時雨量 21 日在宜蘭縣蘇澳一帶降下達 181 mm 的驚人降雨，造成宜蘭地區嚴重淹水及蘇花公路坍方意外。

模擬初始時間為 10/17 0000 UTC 時，模擬結果顯示(圖 4)，在第一、第二天，

各實驗路徑都與最佳路徑的方向一致，但颱風移速較快；在登陸呂宋島後 REFv3.2、REFv3.3 和 LBA 皆稍微偏北；在移出呂宋島後，除 CTL 外，其他實驗路徑誤差大幅增加且向西南方偏移；不過，在模擬第三天有抓到向西北偏轉的情況，但此時路徑誤差仍大。各實驗平均路徑誤差從 65~80 km，其中以 CTL 路徑誤差最小。雨量模擬結果顯示，各實驗在第二天呈現宜蘭及東部地區的雨量大值，但與實際觀測雨量有相當的差距，模擬第三天的降雨極值位置與實際觀測相差更多(圖略)。

模擬初始時間為 10/19 0000 UTC 時，模擬結果顯示(圖 5)，各實驗路徑誤差在第一天皆小於 50 km，颱風移動方向與最佳路徑接近；但在第二天觀測路徑向北移動時，模擬出的結果卻皆轉向東北移動，各實驗路徑誤差始逐漸增加，且在第三天方向持續往東北、移速又變快，造成誤差增加的幅度更大。比較各組實驗結果，REFv3.2、REFv3.3 與 CTL 差異不大，平均路徑誤差約 98 km；但 EPH 的路徑誤差有明顯減小，平均 81 km。另外，比較中心氣壓變化(圖 6)，各實驗在第二、三天的變化趨勢接近；除 LBA 外，各實驗的中心氣壓皆在 10/21 0600UTC 為最強，且低於觀測結果。降雨結果部分，模擬第一天(圖 7)降雨主要在東部地區，各實驗降雨分布相差不大，且皆有預報出東北部的降雨，但降雨極值比觀測大。將降雨預報得分(圖 8)門檻設計自 10 mm 至 120 mm，各實驗以 EPH 分數為最高(最高達 0.3)，尤其以 50~130 mm 的大雨區間最為明顯，而 BS 則各實驗皆呈現高估情形。模擬第二天(圖 9)颱風向北移動接近台灣，各實驗也皆預報出宜蘭地區大量的降雨，但位置稍偏南，模擬降雨極值也偏多但 LBA 較少而接近觀測值。降雨預報得分(圖 10)反而以 CTL 有較高得分(最高達 0.45)，各實驗 ETS 平均約在 0.2 左右。到模擬第三天時，其路徑及降雨皆與真實相差甚多，故省略討論。

Initial Time	Event	GPS RO
2010-10-17 0000UTC (72hr)	Typhoon Megi	31
2010-10-19 0000UTC (72hr)	Typhoon Megi	35

表 1. 颱風個案模擬的初始時間與同化的 GPS RO 資料筆數。

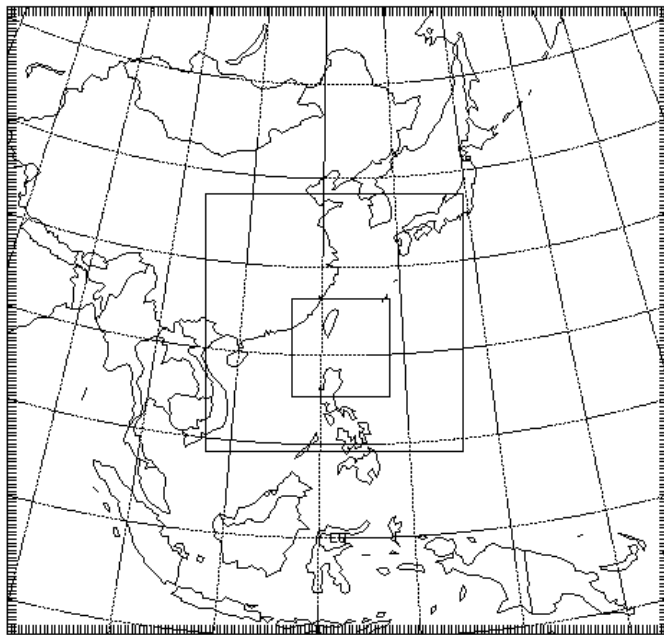


圖 3. 模式三層巢狀網格所涵蓋的區域，網格總數以及網格解析度分別為，第一層 181×172，解析度為 45km、第二層 211×211，解析度為 15 公里、第三層 241×241，解析度為 5 公里。

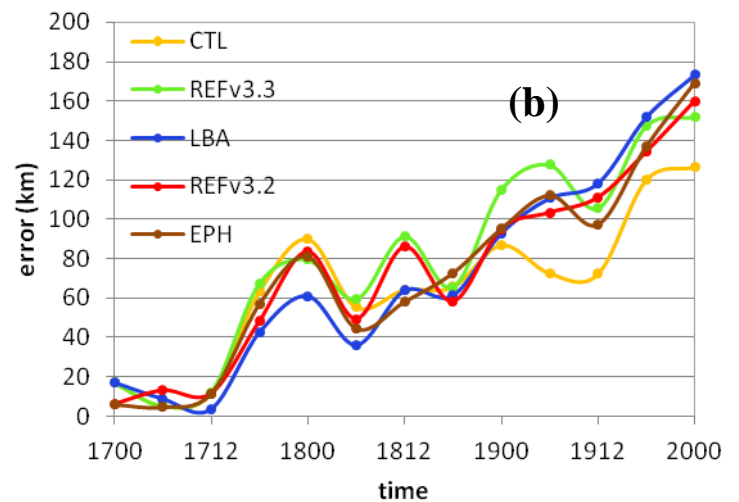
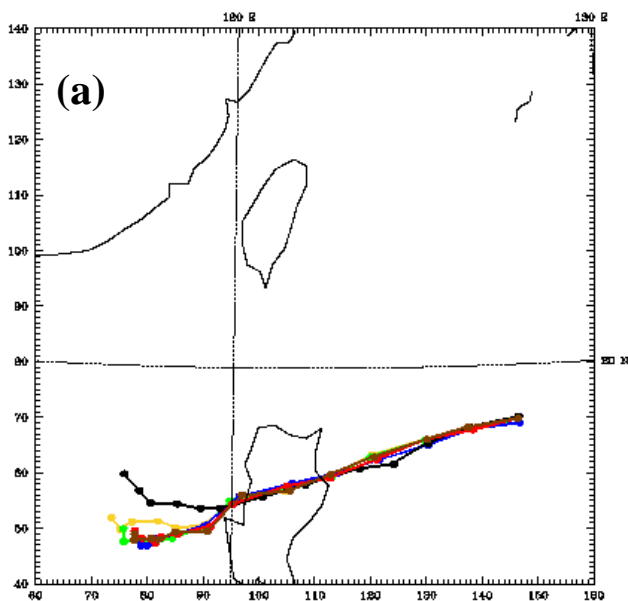


圖 4. (a)梅姬颱風初始時間為 10/17 0000 UTC 之最佳路徑(黑線)與各實驗模擬路徑圖，每 6 小時標示一點 (b)每 6 小時各實驗之路徑預報平均誤差。

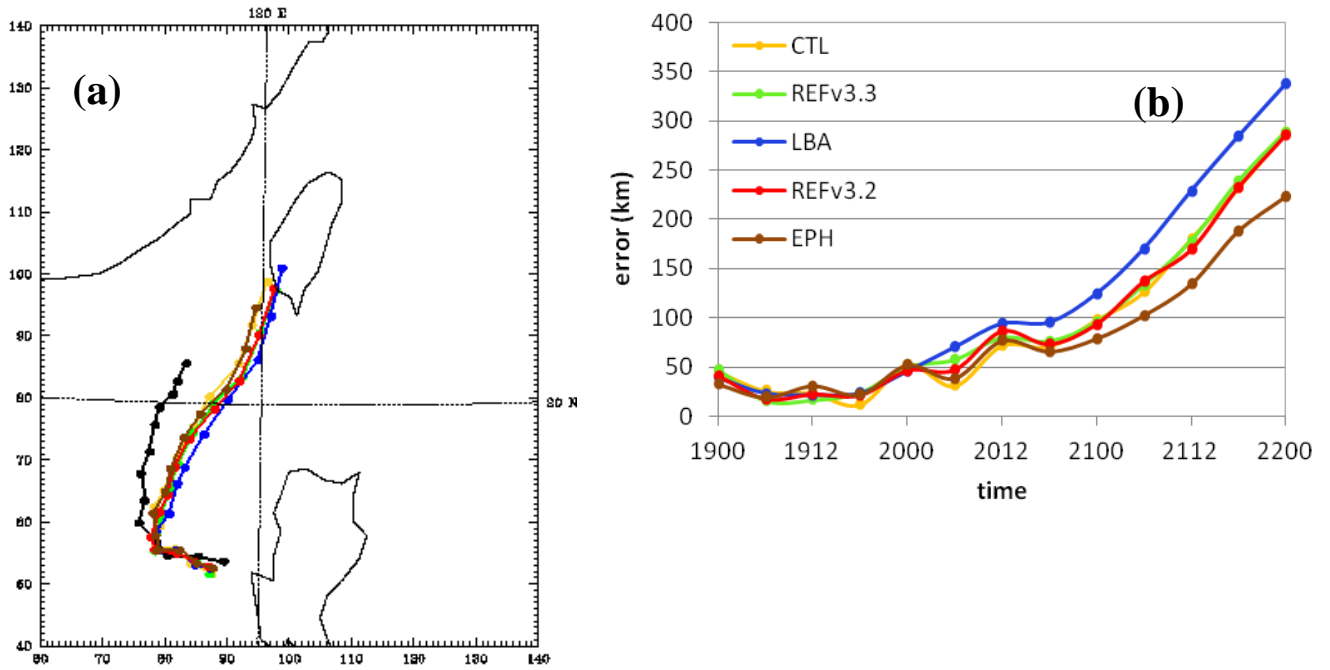


圖 5. (a)梅姬颱風初始時間為 10/19 0000 UTC 之最佳路徑(黑線)與各實驗模擬路徑圖，每 6 小時標示一點 (b)每 6 小時各實驗之路徑預報平均誤差。

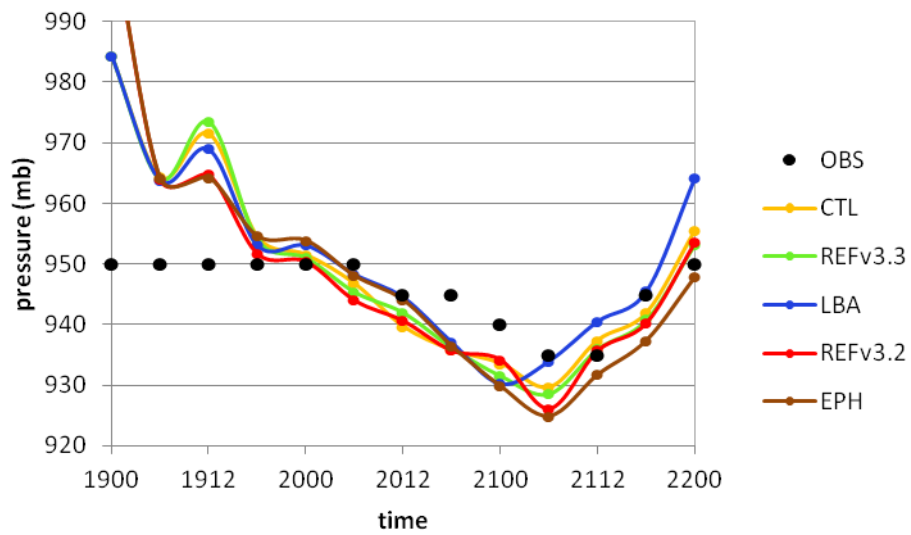


圖 6. 梅姬颱風初始時間為 10/19 0000 UTC 之每 6 小時各實驗的中心最低氣壓觀測及預報結果。

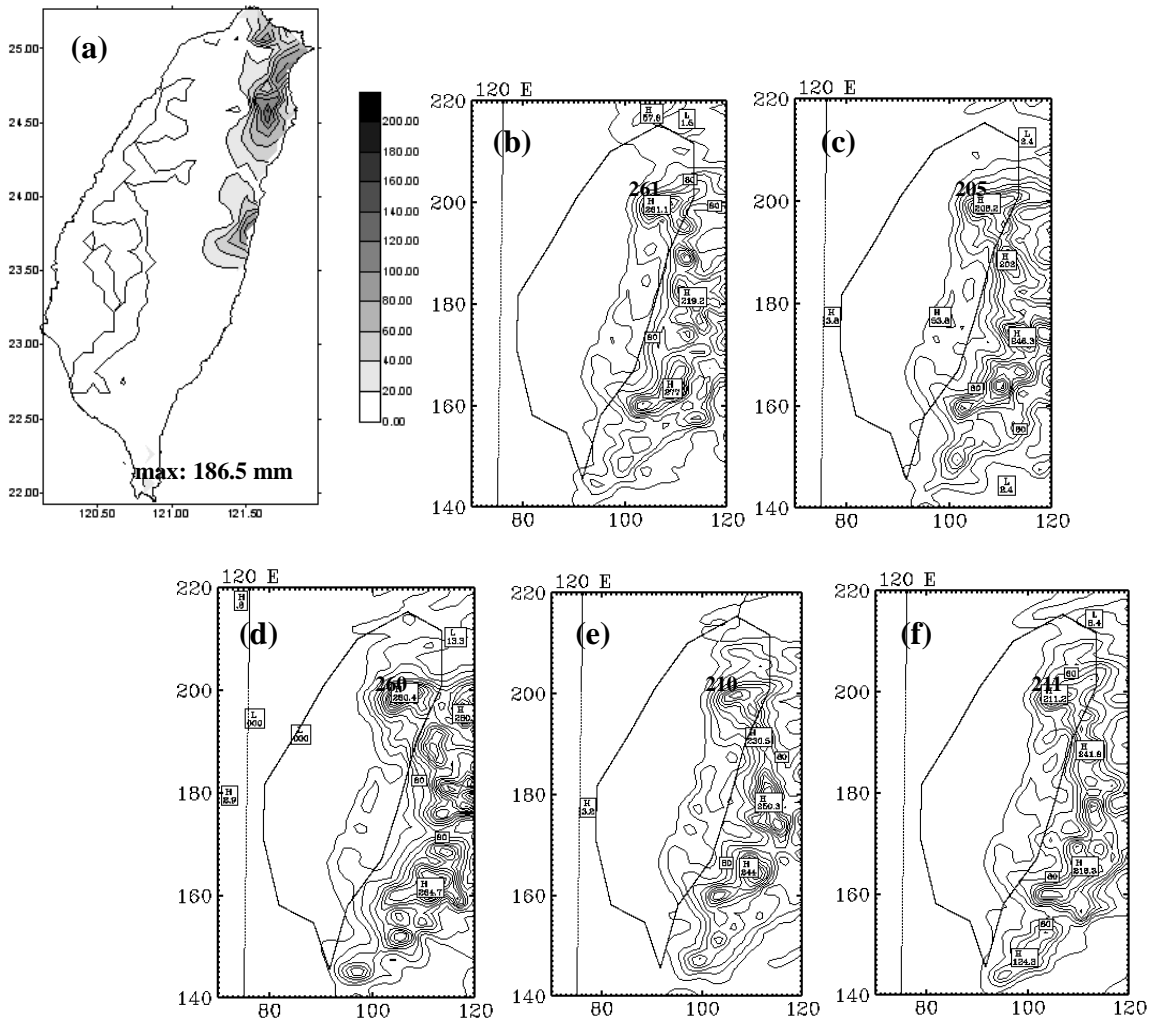


圖 7. 梅姬颱風初始時間為 10/19 0000 UTC 模擬第一天(10/19 0000 UTC ~ 10/20 0000 UTC)之 24 小時累積降雨量(domain 3)。(a)為實際觀測雨量，(b)為實驗 CTL，(c)為實驗 REFv3.3，(d)為實驗 LBA，(e)為實驗 REFv3.2，(f)為實驗 EPH。等值線間距為 20 mm。

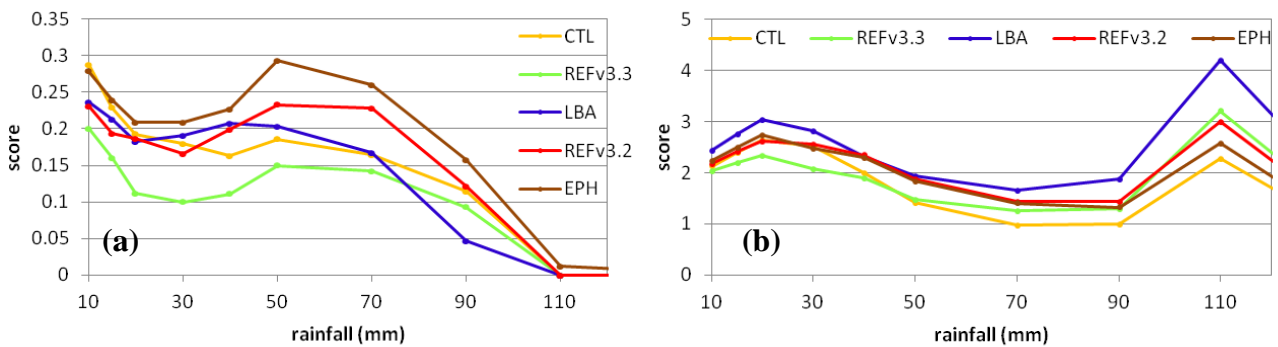


圖 8. 各實驗模擬第一天(10/19 0000 UTC ~ 10/20 0000 UTC)之 24 小時累積降雨量(a)降雨預報得分(ETS) (b)偏離係數得分(BS)。

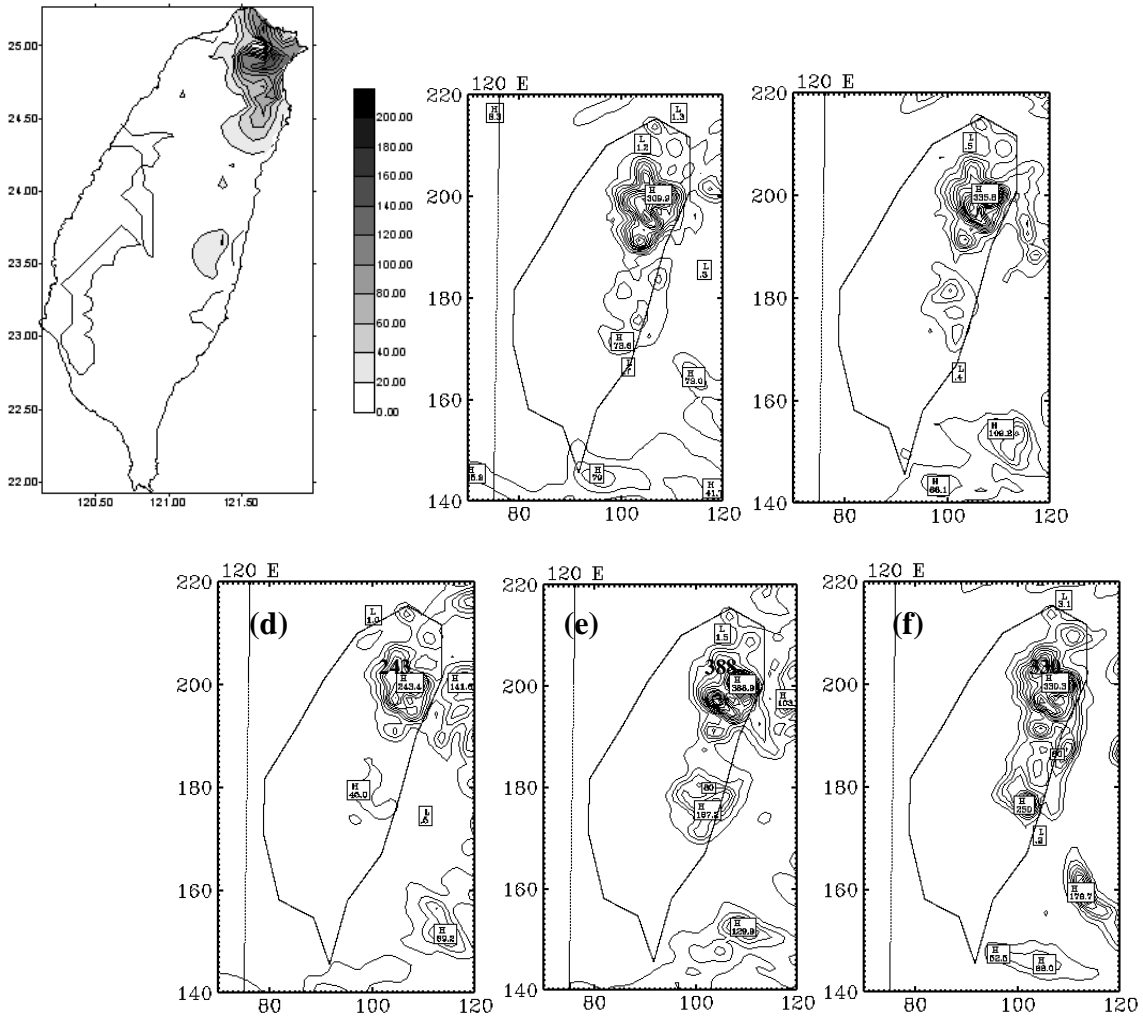


圖 9. 同圖 7，但為梅姬颱風初始時間為 10/19 0000 UTC 模擬第二天(10/20 0000 UTC ~ 10/21 0000 UTC)之 24 小時累積降雨量(domain 3)。

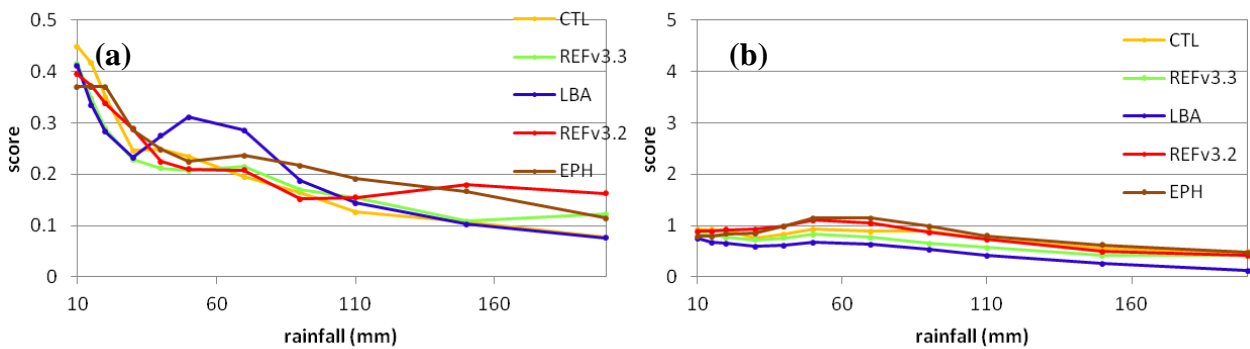


圖 10. 同圖 8，但為各實驗模擬第二天(10/20 0000 UTC ~ 10/21 0000 UTC)之 24 小時累積降雨量(a)降雨預報得分(ETS) (b)偏離係數得分(BS)。

另調整局地偏折角算子觀測誤差，觀測誤差垂直分布如圖 11，以初始時間 10/19 0000UTC 個案測試不同觀測誤差對梅姬颱風模擬結果的路徑、路徑誤差及降雨影響。實驗描述如表 2。

圖 12 為路徑及中心氣壓變化的模擬結果，各實驗從第二天開始皆與觀測相差很多；局地偏折角算子(LBA)三種觀測誤差的路徑模擬和 CTL 在第一天近乎重合，但自第二天開始的誤差都大於 CTL 的結果，平均路徑誤差分別為 96 km (CTL)、102 km (LBA1)、109 km (LBA3)和 115 km (LBA10)，顯示相較未同化結果 CTL 也沒有明顯改善。LBA10 有最大路徑誤差，但其中心氣壓較弱，與觀測結果較相近；另兩種觀測誤差的結果(LBA1、LBA3)則與 CTL 相差不大，在第二至第三天時皆比觀測的中心氣壓還強。

圖 13 為各實驗雨量模擬第一天的結果，和前項實驗結果類似，皆能預報出東部、東北部地區降雨，但雨量高估，其中又以 LBA3 的降雨極值高估最多；各實驗平均 ETS 約落在 0.1、0.2 附近(圖 14(a)(b))，而 LBA3 在大雨(50~130 mm)預報分數較高。同樣的，降雨模擬第二天的結果(圖 13)也與前項實驗相似，降雨極值位置偏南；不同觀測誤差在此個案中對降雨的位置並無明顯的改善，而其中又以 LBA10 的降雨極值高估最多。另以 ETS 評估(圖 14(c)(d))，各實驗分數平均約 0.3，在大雨時以 LBA1 分數高，但至豪雨規模時則分數皆降至 0.2 以下，可能跟降雨位置有些偏南也有關係。

Event	Description	Observation error
CTL	未同化	
LBA1	同化局地偏折角	圖 11 中 1%，不隨緯度變化。
LBA3	同化局地偏折角	圖 11 中 3%，不隨緯度變化。
LBA10	同化局地偏折角	圖 11 中 10%，不隨緯度變化。

表 2. 局地偏折角算子觀測誤差測試實驗設定。

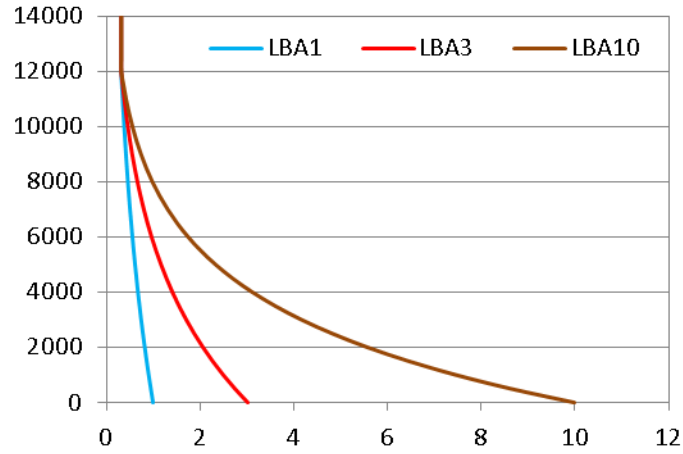


圖 11. 局地偏折角算子觀測誤差測試各實驗垂直分布圖，縱軸為高度，單位為公尺；橫軸為觀測誤差百分比。

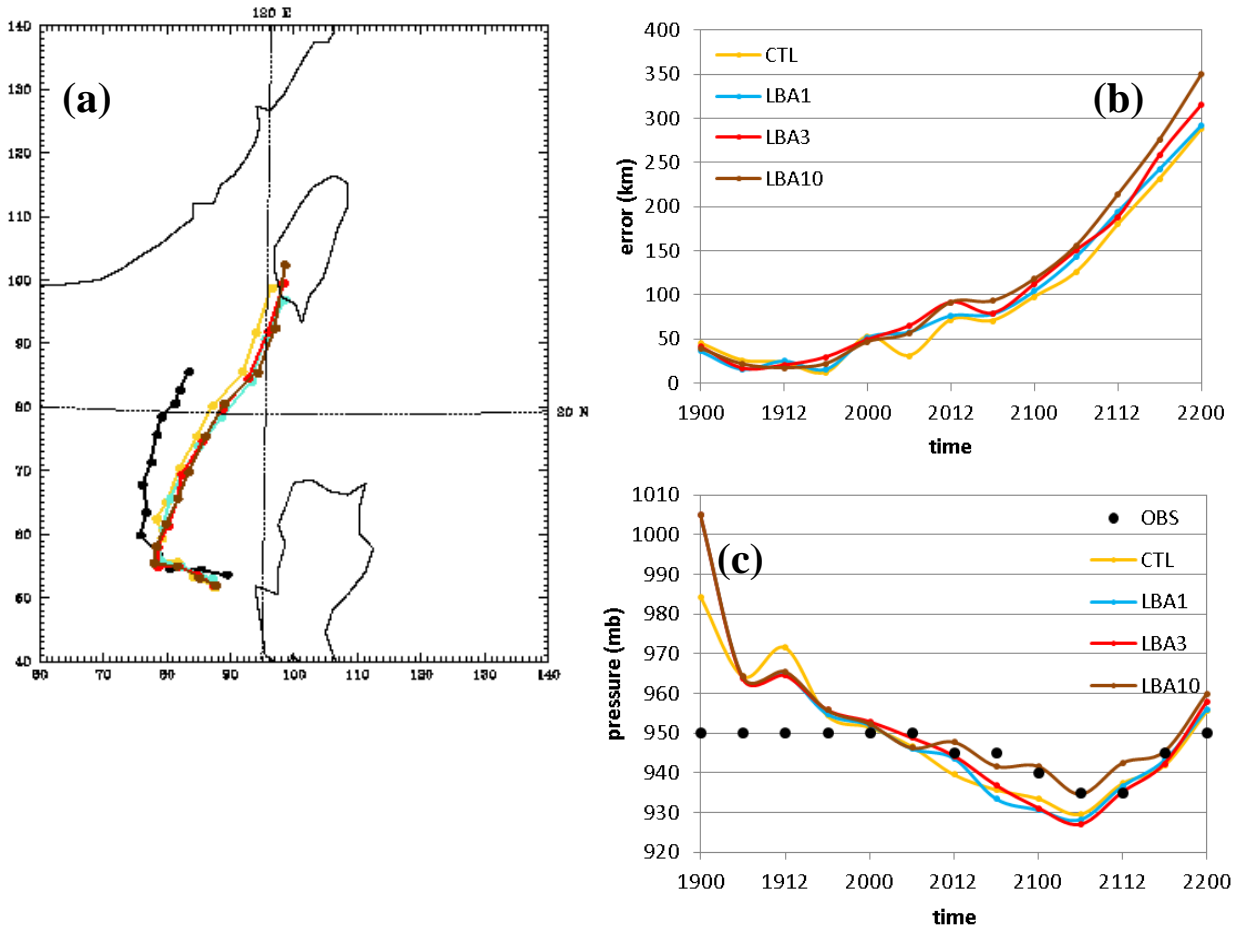


圖 12. 梅姬颱風初始時間為 10/19 0000 UTC 之 (a) 最佳路徑 (黑線) 與本部份各實驗模擬路徑圖，每 6 小時標示一點 (b) 每 6 小時各實驗之路徑預報平均誤差 (c) 每 6 小時各實驗的中心最低氣壓觀測及預報結果。

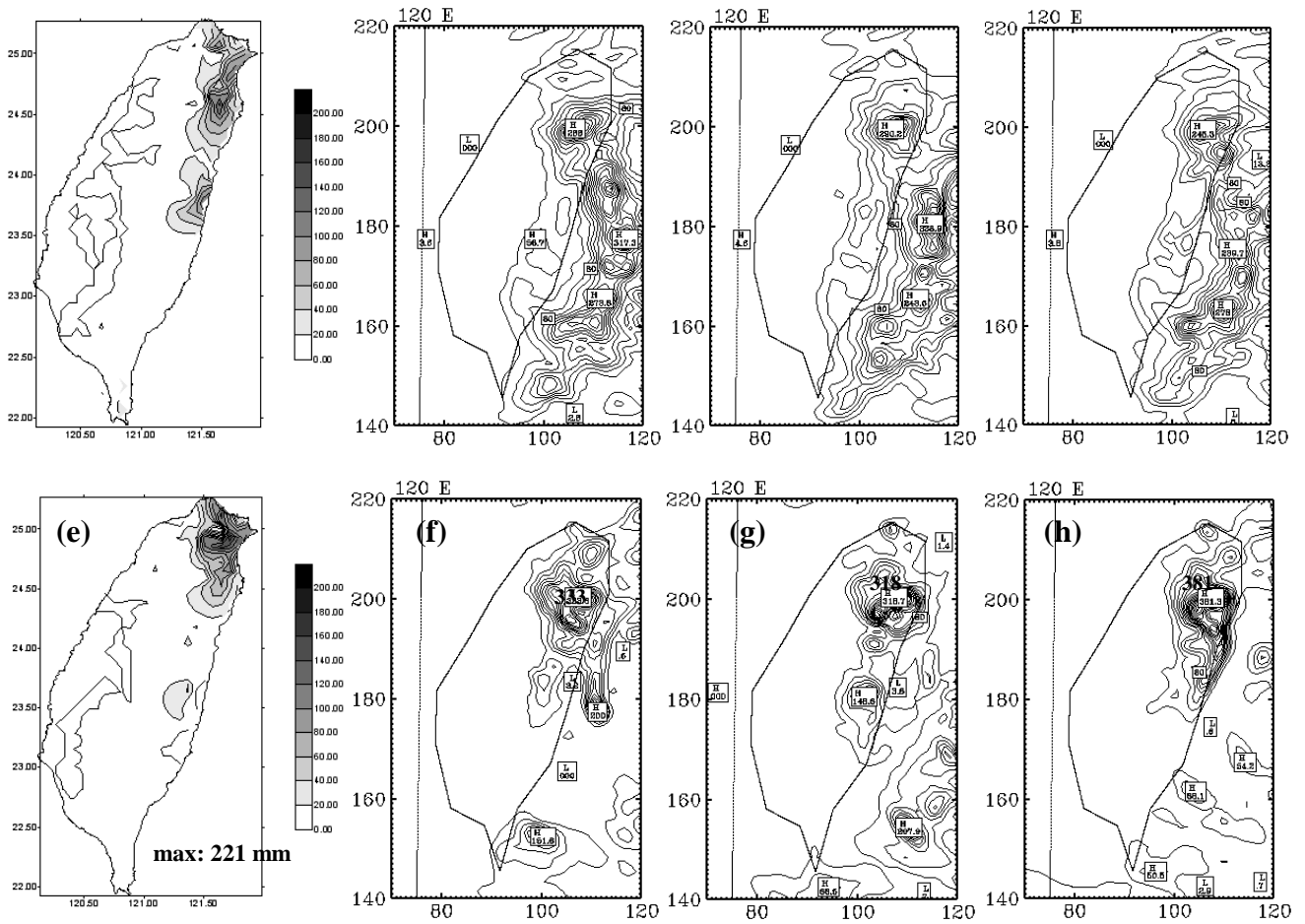


圖 13. 梅姬颱風初始時間為 10/19 0000 UTC 模擬第一天(10/19 0000 UTC ~ 10/20 0000 UTC)之 24 小時累積降雨量(domain 3)。(a)為實際觀測雨量，(b)為實驗 LBA1，(c)為實驗 LBA3，(d)為實驗 LBA10；(e)(f)(g)(h)同(a)(b)(c)(d)，但為模擬第二天(10/20 0000 UTC ~ 10/21 0000 UTC)結果。等值線間距為 20 mm。

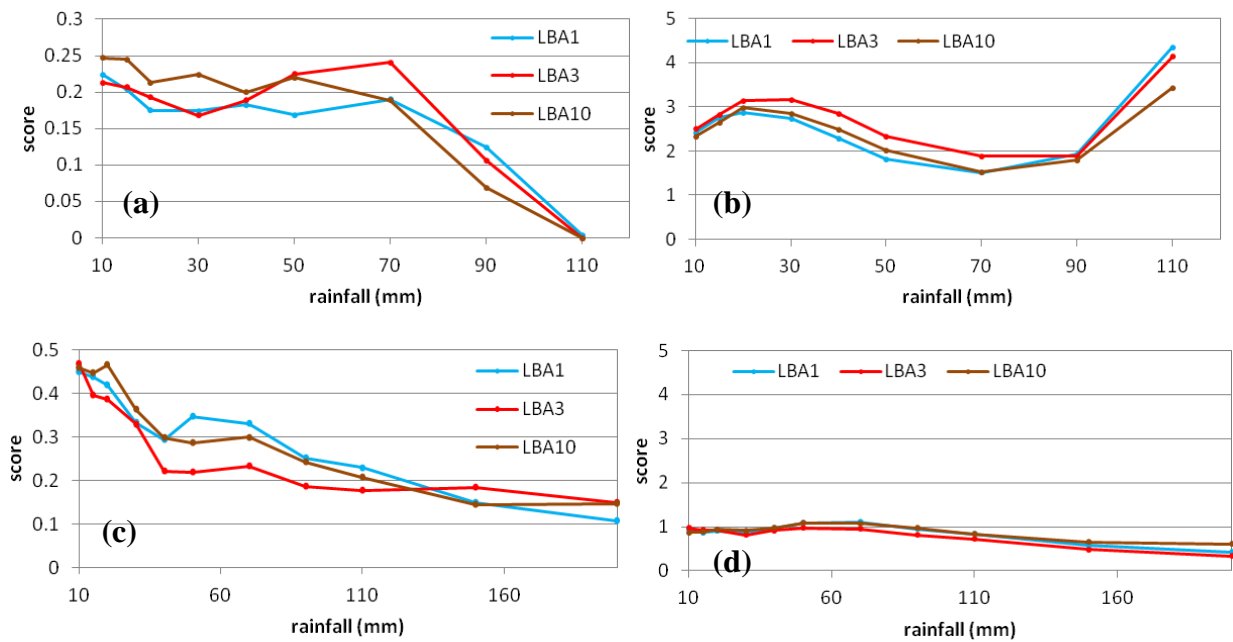


圖 14. 各實驗模擬第一天(10/19 0000 UTC ~ 10/20 0000 UTC)之 24 小時累積降雨量之(a)降雨預報得分(ETS) (b)偏離係數得分(BS)；(c)(d)同(a)(b)但為模擬第二天結果。

針對 2012 年我們選取台灣地區所發生的六月中旬梅雨個案，同樣使用 WRF V3.3 以及 WRFDA V3.3 進行模擬實驗，以 WRF 3DVAR 的資料同化方法進行同化。模式初始場使用 NCEP/FNL 全球模式再分析資料，每 6 小時一筆，解析度為 $1^0 \times 1^0$ 。模擬實驗為三層巢狀網格，解析度分別為 45 km、15 km、5 km，水平網格點數為 181×181 、 211×211 、 241×241 ，比 Fanapi 個案網格稍大，垂直層數為 35 層，用 YSU 邊界層參數化、WSM 3-class simple ice 微物理參數化及 Kain-Fritsch 積雲參數化(第三層中關閉)，測試同化局地折射率、偏折角及非局地折射率的結果。分別有控制組(簡稱 CTL)，表示不同化資料；同化 WRFDAv3.3 版 FORMOSAT-3 GPS RO 局地折射率資料(簡稱 REF)；同化 FORMOSAT-3 GPS RO 局地偏折角資料(簡稱 LBA)；同化 FORMOSAT-3 GPS RO 非局地折射率資料(簡稱 EPH)。個案初始時間為 06/10 0600 UTC，預報 96 小時，同化資料點數 20 點。

圖 15 為模式巢狀網格大小設定。

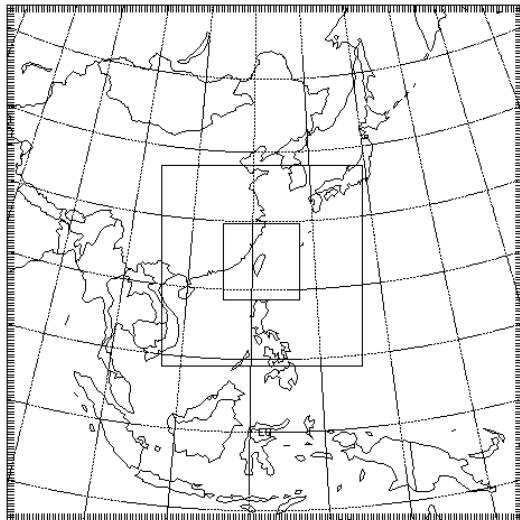
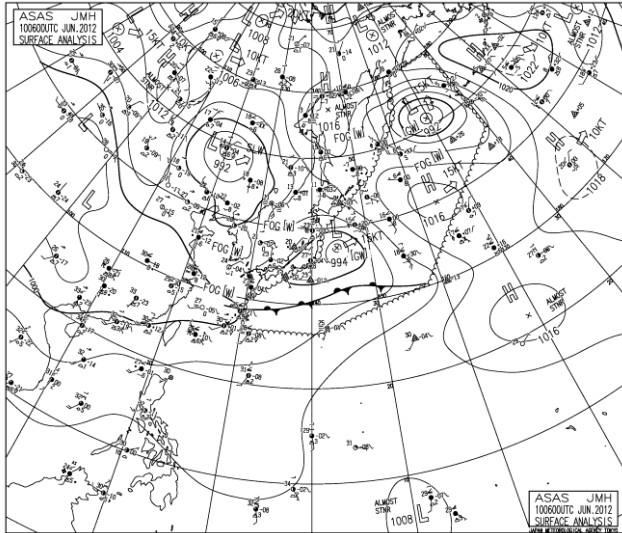


圖 15. 模式三層巢狀網格所涵蓋的區域，網格總數以及網格解析度分別為，第一層 181×181 ，解析度為 45km、第二層 211×211 ，解析度為 15 公里、第三層 241×241 ，解析度為 5 公里。

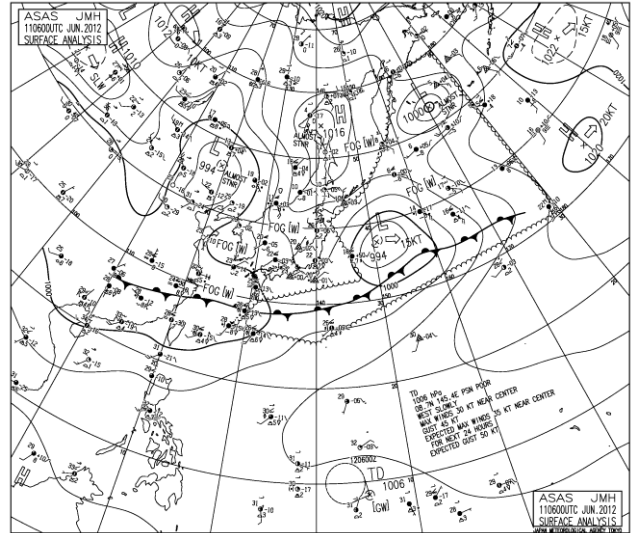
此梅雨個案由地面天氣圖(圖 16)可看出滯留鋒(梅雨鋒面)從西太平洋向台灣及華南地區一帶延伸，在 6 月 10-14 日接近和通過台灣，造成台灣天氣的不穩定和連綿的降雨。在梅雨鋒面和西南氣流引進豐沛水氣的影響下，造成全台梅雨鋒面期間人員傷亡、撤離、道路中斷封閉和淹水等災害損失。

在降雨模擬方面，第一天(06/10 0600 UTC ~ 06/11 0600 UTC)之24小時累積降雨量(圖17)，觀測雨量最大值為616 mm，降雨主要落於中南部山區。各個實驗都有模擬到中南部的降雨位置，但模擬的降雨量都較觀測值低，其中以實驗REF的降雨極值較接近觀測值。依中央氣象局24小時累積雨量分級定義(50~130 mm 大雨，130~200 mm稱為豪雨，200~350 mm 稱為大豪雨，大於350 mm 稱為超大豪雨)，設定各個降雨門檻值，利用Equitable Threat Score (ETS)，對降雨模擬進行客觀校驗。當 $ETS > 0$ 表示有技術得分的預報， $ETS = 1$ 表示完美的預報， $ETS < 0$ 則是代表沒有技術得分的預報。第一天降雨模擬的ETS分數(圖17f)，各實驗都很接近，對於大雨到大豪雨都有預報能力，其最高得分約0.3，顯示對大雨有較佳的預報。第二天(06/11 0600 UTC ~ 06/12 0600 UTC)之24小時累積降雨量(圖18)，北中南部都有降雨，觀測最大雨量值為566 mm，各實驗(除CTL)都有模擬出從北到南的降雨且雨量極值都較實驗CTL更接近觀測，顯示同化GPS RO資料的助益。第二天降雨模擬的ETS分數(圖18f)，各實驗都優於實驗CTL，顯示同化GPS RO資料有助於提昇降雨預報能力，其中實驗REF最高得分約0.3，顯示對於豪雨和大豪雨有一定的預報能力。

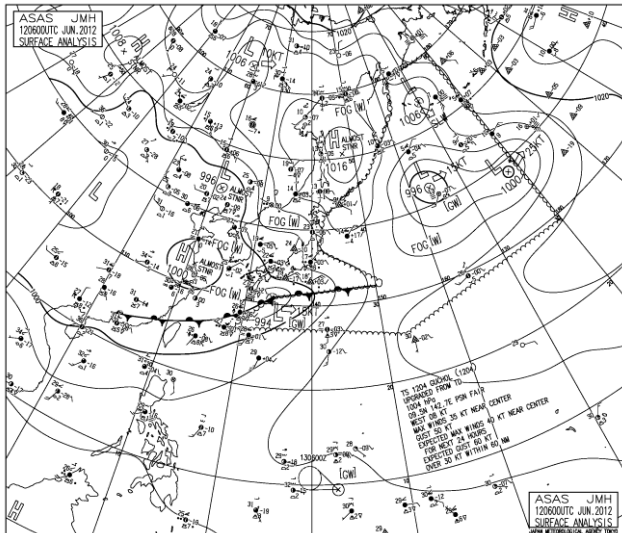
此梅雨個案初始時間為06/10 0600 UTC，同化資料點數有20點，為了同化更多資料，將同化初始時間往前移24小時，即自06/09 0600 UTC開始進行週期性資料同化，將同化後的最佳分析場積分預報六小時，再以模式預報場為同化背景場，進行資料同化，以六小時為一個循環，至06/10 0600 UTC(預報初始時間)，再自此預報初始時間積分96小時。從降雨模擬的ETS得分(圖19)顯示週期性資料同化並未進一步提昇降雨預報能力，這是因為提前24小時作長時間的預報導致模式誤差累積，以致於ETS分數不增反降。此外，我們也使用和氣象局及颱風中心相同的WRF VAR同化系統(OP24)，模擬結果顯示ETS分數在實驗EPH和OP24版本的是相近的，偶有些許較佳的降水預報得分且都優於實驗CTL。



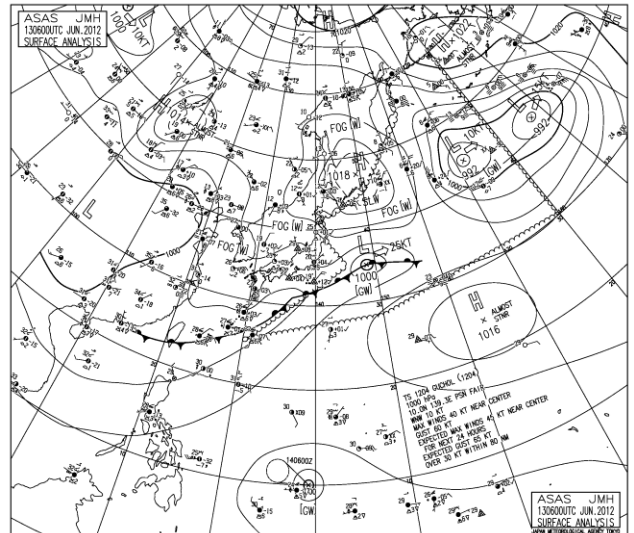
6/10 06UTC



6/11 06UTC



6/12 06UTC



6/13 06UTC

圖 16. 2012 年 6 月 10-14 日 06UTC 東亞地區日本氣象廳地面天氣圖。

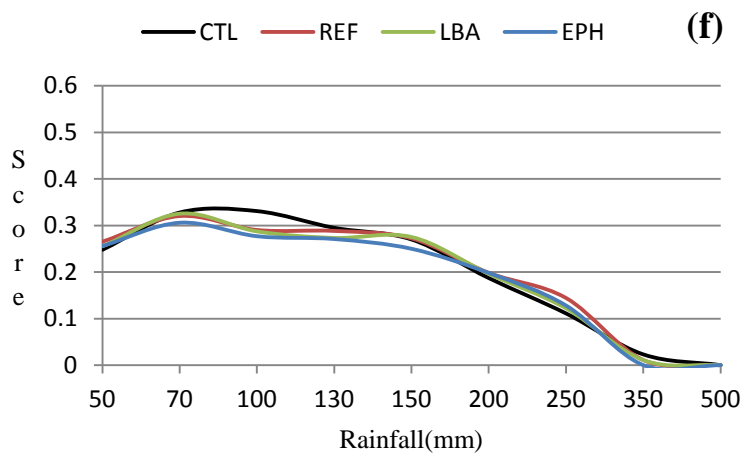
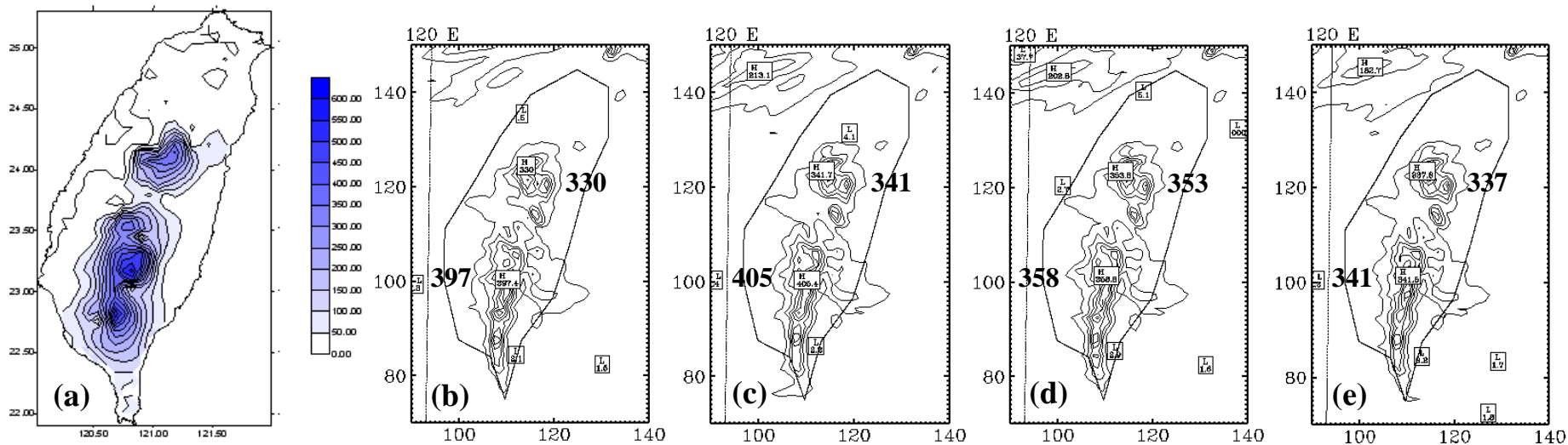


圖 17. 六月中旬梅雨個案，初始時間為 06/10 0600 UTC 模擬第一天(06/10 0600 UTC ~ 06/11 0600 UTC)之 24 小時累積降雨量(domain 3)。(a)為實際觀測雨量，(b)為實驗 CTL，(c)為實驗 REF，(d)為實驗 LBA，(e)為實驗 EPH，等值線間距為 50 mm；(f)為降雨預報得分(ETS)。

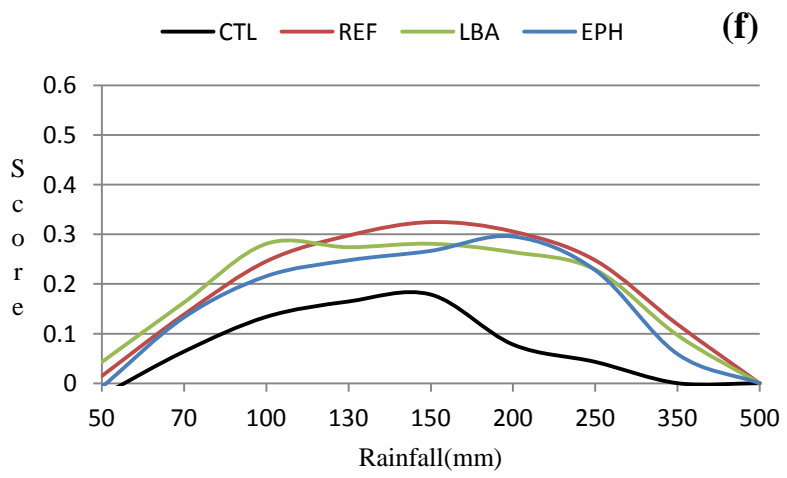
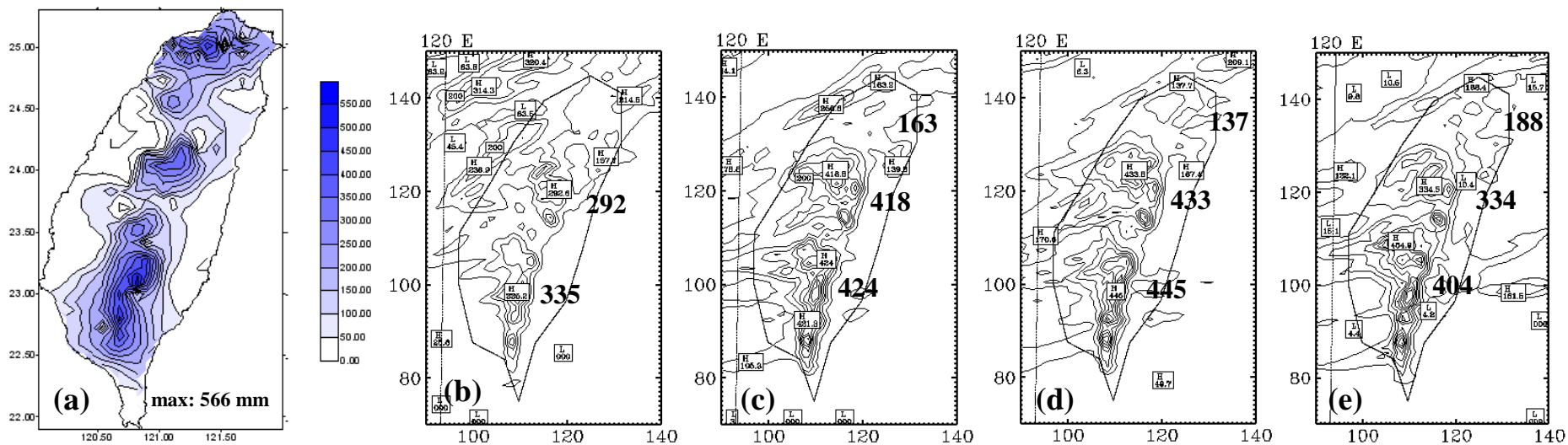


圖 18. 同圖 5，但為模擬第二天(06/11 0600 UTC ~ 06/12 0600 UTC)之 24 小時累積降雨量(domain 3)。

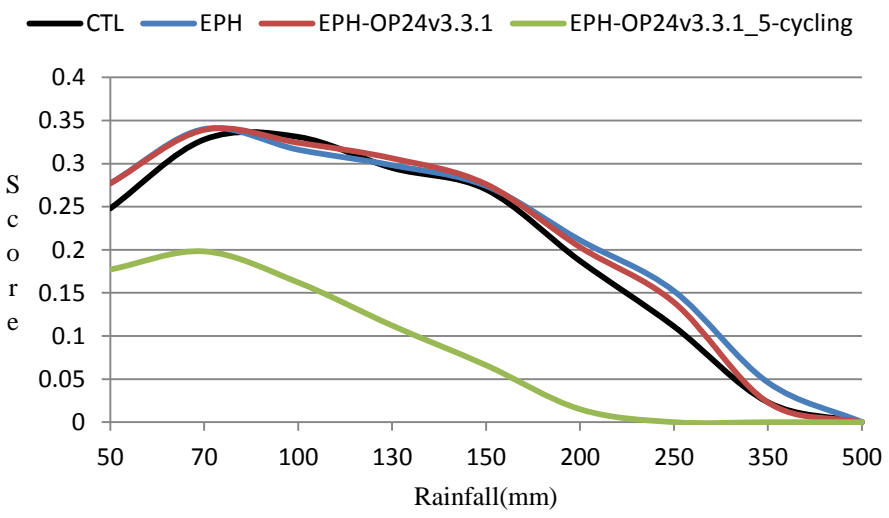
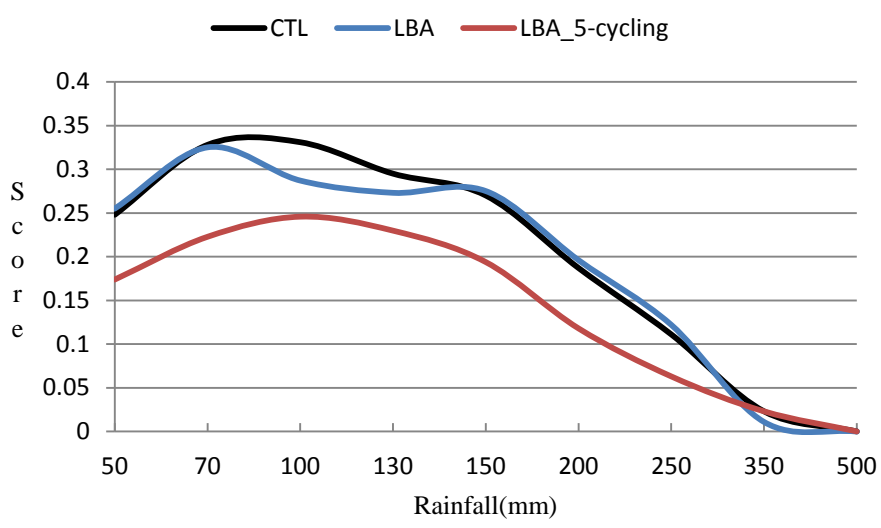
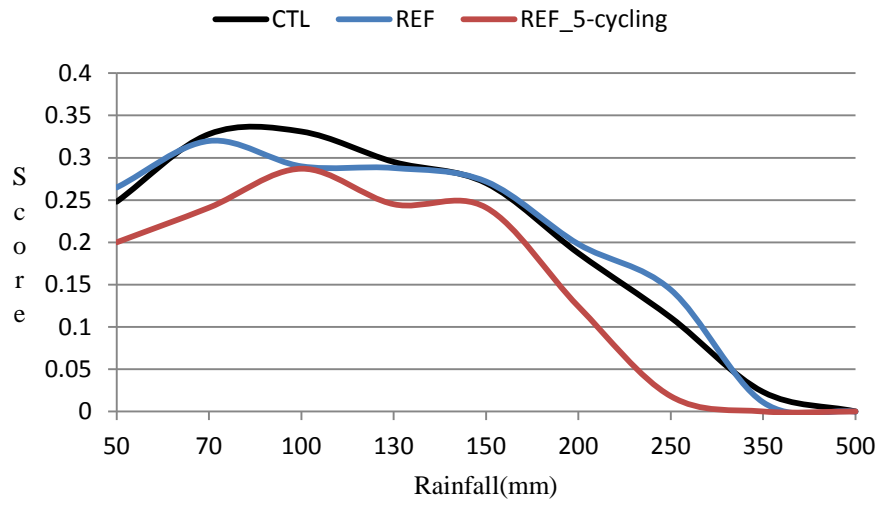


圖 19. 模擬第一天(06/10 0600 UTC ~ 06/11 0600 UTC)之 24 小時累積降雨量的降雨預報得分(ETS)。(a)為實驗 REF，(b)為實驗 LBA，(c)為實驗 EPH。

四、 結語

梅姬颱風個案模擬結果顯示，在初始時間為 10/17 0000UTC 時，各同化實驗的路徑預報結果在一開始方向接近但移速較快，在模擬第三天也有預報出西北方向的偏轉；在初始時間為 10/19 0000UTC 時，則是以 EPH 路徑誤差最小，各實驗與最佳路徑的差異主要在於模擬第三天時，路徑皆向東北方行進但移速過快；且模擬的中心氣壓也較觀測結果強。另外在雨量的部分，各實驗雨量高值皆出現在宜蘭及東部地區，降雨區域分布也接近觀測；而初始時間為 10/19 0000UTC 時，兩天的累積降雨 ETS 得分平均約在 0.2 ~ 0.3，各同化實驗差異不明顯，但 EPH 有改善降雨預報分數。兩時間個案在模擬第三天時，各同化實驗皆呈現觀測與模擬降雨分布差異大的結果。

另以初始時間為 10/19 0000UTC 的個案，測試同化局地偏折角算子不同觀測誤差垂直分布的結果。在路徑上是以 LBA10 的誤差最大，且三個同化實驗都未對 CTL 結果改善；另外，在降雨預報部份，三個誤差測試實驗也與其他同化實驗有相同降雨位置，但降雨偏多。目前持續分析及改善局地偏折角算子，並以不同觀測誤差測試，使同化觀測資料對模擬結果能發揮必要的影響；同時另以不同個案測試各資料同化的結果。

在梅雨的模擬方面，由模擬的降雨型態和 ETS 預報得分，顯示同化 GPS RO 資料對於降雨模擬的助益，尤其是第二天最為明顯。對於大雨和豪雨有一定的預報能力。此外，為同化更多資料，將同化初始時間前移 24 小時開始，進行六小時為一個循環的週期性資料同化，但降雨模擬的 ETS 得分顯示週期性資料同化並未進一步提升降雨預報能力，這是因為提前 24 小時作長時間的預報導致模式誤差累積，以致於 ETS 分數不增反降。此外，我們也使用和氣象局及颱洪中心相同的 WRF VAR 同化系統(OP24)，模擬結果顯示 ETS 分數在實驗 EPH 和 OP24 版本的是相近的，偶有些許較佳的降水預報得分且都優於實驗 CTL。

五、 自評表

原規劃目標	完成與否	說明
局地偏折角算子於同化系統 WRF VAR3.3最佳化及觀測誤差調整	100%	有進行觀測誤差調整，測試誤差對局地偏折角算子於同化系統中所造成之影響。
比較同化局地偏折角、局地折射率及非局地折射率之效益、進行颱風個案Fanapi模擬實驗	100%	已完成 Megi 颱風比較同化局地偏折角、局地折射率及非局地折射率之模擬實驗。
持續分析及改善局地偏折角算子	100%	已進行個案測試算子。
比較同化局地偏折角、局地折射率及非局地折射率、評估福三觀測對於台灣地區天氣(2012年梅雨及颱風)預報模擬之影響及效益	100%	已完成。
分析整理	100%	與研究進度同時整理。
撰寫報告	100%	與研究進度同時整理。