

GPS PWV資料同化雨量分析—以2009年莫拉克颱風為例

馮信璋 宋偉國
空軍航空技術學院

摘要

統計過去20年間，於西北太平洋地區，進入中央氣象局颱風警戒區域範圍，發布颱風警報的颱風計有125例，相當於台灣地區每年平均約受到6.25例颱風影響。颱風季節帶來的豐富水量，為台灣島上重要的水資源來源，而颱風移動速度、移動路徑、強度、水氣量以及地形等因素，使得各地區降水量分布差異，故有效預報降水量應視為一項重要課題。

近20年間，GPS衛星觀測應用廣泛，不受空間、時間限制，可克服雲層厚度與天候不佳等情況。本文將以2009年莫拉克颱風作為研究對象，將GPS掩星觀測 PWV可降水資料，藉由中尺度數值天氣預報模式（WRF），經三維變分資料同化（3DVAR）程序，進行數值模擬；以分析其差異性，驗證可降水資料對於數值天氣預報模式產品改善情況。

測站降水量模擬分析比較，經資料同化可降水資料，逐時修正預估降水，更接近於真實，隨模擬時間增加，M-PWV組改善效果越顯著。測站降水量資料同化修正效果，資料同化過程中加入GPS PWV可降水訊號，於恆春測站約可減少9.5%誤差的修正效果，永康測站則有8.6%。故資料同化過程中加入GPS PWV可降水訊號，在測站降水量預報，誤差修正是一定程度。

關鍵字：GPS、PWV、WRF、莫拉克颱風、資料同化

一、前言

氣象數值天氣預報模式的過程中，往往因為初始場資料準確度、全球模式之初始場解析度不佳等問題，中、小型天氣系統模擬分析時，較無法反應真實天氣狀態。其解決辦法，於數值天氣預報模式過程中加入全球觀測資料（Observations, OBS）而達到修正初始場，改善天氣預報產品之目的。尤其台灣地區每年7至9月份颱風季節期間，可推演太平洋洋面上生成之熱帶低壓、颱風，應可提高預報效果。

[1]颱風數值預報模擬的其主要重點，為雲雨分布、降水情況、移動路徑、與颱風強度等。颱風降水預報低估主要原因，為模式較無法估算颱風移速，致颱風迅速通過台灣而造成雨量預報不足情況，又台灣本島地形因素及四周廣大洋面上資料缺乏，形成環境流場與實際情況差異。故傳統觀測方式，較受限於空間與時間的問題。[2]GPS現今主要使用於空間定位、導航與大地測量，可克服雲層及天候問題，全球可高達98%的訊號覆蓋率，可提供精準的三維空間定位；較為特別則是，可作為觀測大氣中的水氣；GPS掩星觀測，是利用低軌道衛星接收自離地2萬公里高空GPS衛星訊號，當電磁波穿透過密度不同的大氣層時，發生折射和延遲現象，致使低軌衛星GPS接收器

接收電磁波的相位發生改變情況，其偏折角、折射率可反演垂直空間之溫、濕度資料，可最為天氣預報及科學研究使用。

本研究以2009年莫拉克颱風為例，藉由中尺度數值天氣預報模式（WRF）將GPS PWV可降水量資料，進行資料同化模擬分析，以探討預報結果與實際情況之差異。

二、資料與方法

本研究資料時間取用2009年8月7日1200UTC之FNL檔，作為研究個案初始場資料。使用NCAR網站中，NCEP GRIB Datasets資料庫FNL檔，資料解析度1度×1度、每6小時一筆資料。

資料同化過程中使用之觀測資料，取自於CISLRDA網站資料庫（NCEP ADP Global Upper Air Observational Weather Data）[6]網站，符合Little_R格式適用於WRF或MM5模式的觀測資料（OBS）。GPS PWV可降水量資料，於台灣地區本島、離（外）島共計167個GPS連續觀測站資料，原始資料共獲取55847筆觀測資料。GPS PWV原始資料須經GAMIT軟體經解算後，利用自行編寫gFrotran語言，轉換成符合Little_R格式檔案。

實際降水量資料，取用[3]「財團法人國家實驗研

究院台灣颱風洪水研究中心」之「大氣水文研究資料庫」網站，獲取符合本研究個案期間相關氣象數據。而實際雷達回波與累積降水量資料，則取用[4]「中央氣象局」網站之颱風資料庫，作為相關對照圖表資料。

本研究為求數值模擬資料同化的差異性，將研究分成實驗組與對照組。將以 2009 年莫拉克颱風為實驗組，中央氣象局實際天氣報告為對照組。先將個案分別進行 WRF 電腦數值預報模擬、加入觀測數據 (OBS) 經資料同化後之 WRF 電腦數值預報模擬、加入觀測數據 (OBS) 及 GPS PWV 可降水量資料經資料同化後 WRF 電腦數值預報模擬等結果，再進行分析討論，研究實驗分組表。

分組步驟如下：

M-WRF 組：以 2009 年莫拉克颱風初始場資料不經資料同化過程，使用數值天氣預報系統直接進行模擬 WRF，取得預報結果。

M-OBS 組：以 2009 年莫拉克颱風初始場資料，進行資料同化程序，於每六小時加入觀測資料 OBS 檔，逐次更新邊界層資料，再以數值天氣預報系統 WRF 進行模擬，週而復始，直至結束，取得預報結果。

M-PWV 組：以 2009 年莫拉克颱風初始場資料，進行資料同化程序，於每六小時加入觀測資料 OBS 檔及 GPS PWV 解算數據，逐次更新邊界層資料，再以 WRF 數值天氣預報系統進行模擬，週而復始，直至結束，取得預報結果。

三、研究結果

測站降水量模擬分析比較，由恆春測站時雨量 M-WRF、M-OBS、M-PWV 組，前 6 小時因尚未資料同化，模擬降水情況均相同；開始資料同化後，M-OBS 及 M-PWV 組修正降水情況，略為接近實際情況；另 M-OBS 組於第 19 小時後、M-PWV 組第 25 至 31 小時，出現些許偏離情況，實際降水量與模擬降水量時序圖如圖 1 所示。由趨勢圖(圖 2)可知，M-WRF 組隨模擬時間增加，與實際結果差異趨於明顯，M-OBS 組於模擬後半階段亦有相同情況，M-PWV 組可逐時修正預估降水，更接近於真實。

由永康測站時雨量 M-WRF、M-OBS、M-PWV 組，前 6 小時因尚未資料同化，模擬降水情況均相同；第 12、18、24、30、36 小時，M-OBS 及 M-PWV 組，出現些許偏離情況；M-PWV 組相較於 M-OBS 組，

較接近於實際情況，實際降水量與模擬降水量時序圖如圖 3 所示。由趨勢圖(圖 4)可知，M-WRF 組則於第 7 小時後，隨模擬時間增加，與實際結果差異趨於明顯，M-OBS 組於模擬後半階段亦有相同情況，M-OBS 組及 M-PWV 組可逐時修正預估降水，更接近於真實。

測站降水量資料同化修正效果，467590 恆春測站(表 1)第 12、18、24、30、36 小時平均減少誤差，M-PWV 組修正效果均優於 M-OBS 組；整體 M-OBS 組修正誤差 88.8%，M-PWV 組修正誤差 98.3%；故資料同化過程中加入 GPS PWV 可降水訊號約可減少 9.5%的誤差。467420 永康測站(表 2)第 12、18、24、30、36 小時平均減少誤差，M-PWV 組修正效果均優於 M-OBS 組；整體 M-OBS 組修正誤差 80.1%，M-PWV 組修正誤差 88.7%；故資料同化過程中加入 GPS PWV 可降水訊號約可減少 8.6%的誤差。

綜合以上，測站降水量資料同化修正效果，恆春、永康測站修正情況符合預期，表現良好。

四、討論

本研究以 2009 年 8 月份莫拉克颱風為例，取用該期間全球分析場資料 (FNL)、全球觀測資料 (OBS) 及 GPS PWV 可降水資料，進行資料同化模擬分析與比對。

測站降水量模擬分析比較，模擬三組初期前六小時因尚未資料同化，模擬降水情況均相同；經資料同化後，M-OBS 及 M-PWV 組修正降水估算，略為接近實際情況；隨模擬時間增加，M-WRF 組誤差愈來愈顯著；M-OBS 組雖經資料同化，但後半階段模擬亦有相同偏差情況；反觀 M-PWV 組加入 PWV 可降水資料，逐時修正預估降水，更接近於真實，隨模擬時間增加，M-PWV 組改善效果越顯著。

測站降水量資料同化修正效果，資料同化過程中加入 GPS PWV 可降水訊號，於恆春測站約可減少 9.5%誤差的修正效果，永康測站減少 8.6%。資料同化過程中加入 GPS PWV 可降水訊號，在測站降水量預報，誤差修正是有一定程度。

由本次研究可知，中尺度數值天氣預報模式將 GPS PWV 可降水量資料，進行颱風期間資料同化模擬分析，對於模擬預報資料會有修正的效果。[1]目前颱風數值預報模式尚也有些侷限，如台灣的地形、颱風與海洋交互作用、颱風動力與物理原理不完整、觀測

報告不完整、多重空間與時間尺度交互作用等。以上的議題都是未來待慢慢改進的，颱風數值模擬也是漸漸可以獲得改善的。

五、參考文獻

1. 吳俊傑, 黃清勇, 楊明仁, 簡芳菁, 洪景山, and 顏自雄. 颱風數值模擬之現況與挑戰 – 2009 年莫拉克颱風. 大氣科學, 2010. 38(2): p. 99-134.
2. 王潔如, 財團法人國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心. GPS 掩星觀測. 2015; Available from: <http://www.ttfri.narl.org.tw/sp/?p=1667>.
3. 財團法人國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心. 大氣水文研究資料庫. Available from: <http://dbahr.narlabs.org.tw>.
4. 中央氣象局. 颱風資料庫. Available from: http://rdc28.cwb.gov.tw/TDB/ntdb/pageControl/ty_warning.
5. NCAR. Available GRIB Datasets. Available from: http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/download/free_data.html.
6. NCAR. and UCAR. NCEP ADP Global Upper Air Observational Weather Data. Available from: <https://rda.ucar.edu/datasets/ds351.0/?hash=!access>.

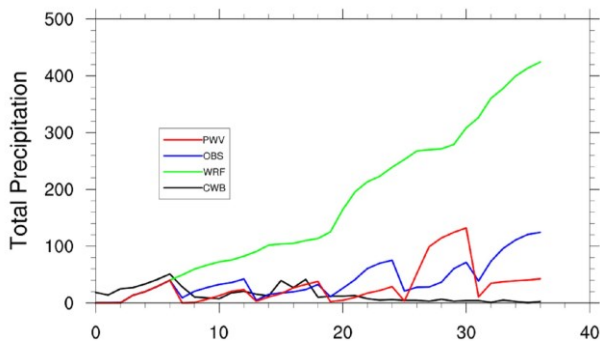


圖 1 恆春測站 (467590) 模擬與實際降水量時序圖

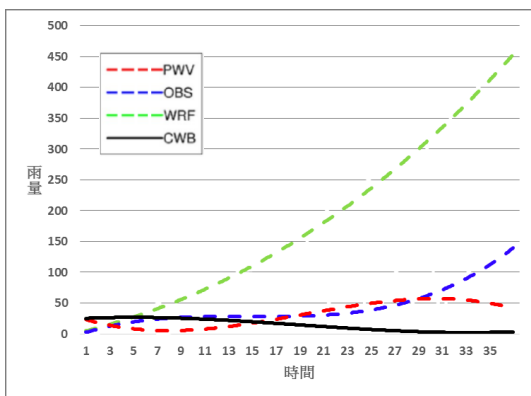


圖 2 恆春測站 (467590) 模擬與實際降水量趨勢圖

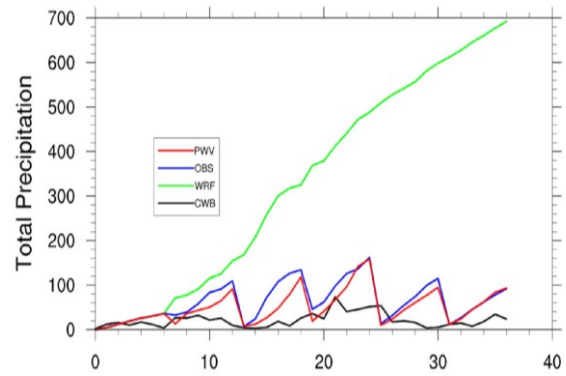


圖 3 永康測站 (467420) 模擬與實際降水量時序圖

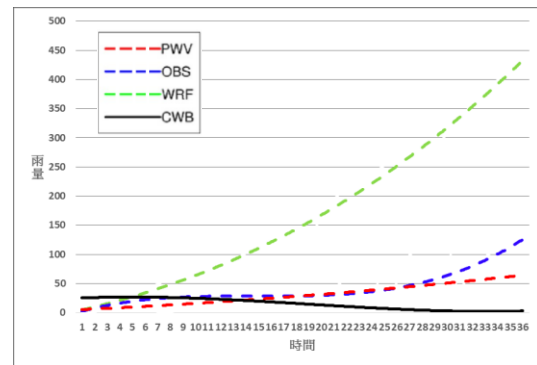


圖 4 永康測站 (467420) 模擬與實際降水量趨勢圖

表 1 恆春測站 (467590) 誤差修正情況表

模擬時間(小時)	每6小時平均減少誤差(%)	
	$\frac{M - OBS}{M - WRF}$	$\frac{M - PWV}{M - WRF}$
12	-89.2%	-124.0%
18	-109.8%	-106.9%
24	-81.8%	-98.8%
30	-86.8%	-69.9%
36	-76.6%	-91.9%
整體平均減少誤差	減少88.8%	減少98.3%

表 2 永康測站 (467420) 誤差修正情況表

模擬時間(小時)	每6小時平均減少誤差(%)	
	$\frac{M - OBS}{M - WRF}$	$\frac{M - PWV}{M - WRF}$
12	-52.6%	-77.4%
18	-75.9%	-86.8%
24	-85.2%	-90.2%
30	-92.2%	-94.6%
36	-94.7%	-94.6%
整體平均減少誤差	-80.1%	-88.7%