

氣象遙測資料同化對颱風模擬之影響

李精進¹ 汪建良² 陳萬金³

¹空軍第三基地天氣中心

²國防大學理工學院環境資訊及工程學系

³大華技術學院電子工程系

摘 要

本研究利用 WRF (Weather Research and Forecasting) 模式的三維變分方法(3DVAR, Three-Dimensional Variational Method), 研究同化衛星反演近海面 10 公尺風場資料, 對於模式颱風初始結構及後續模擬結果的影響。

本研究共計模擬與分析 5 個西北太平洋颱風, 計有 2005 年海棠(Haitang)颱風及龍王(Long-Wang)颱風、2007 年聖帕(Sepat)颱風、2008 年鳳凰(Fung-Wong)與 2009 年芭瑪(Parma)颱風等個案。在模擬中, 使用 QuikSCAT (Quick Scatterometer)風場, 藉以分析同化與未同化風場資料, 對個案颱風之路徑、強度、地表向上水氣及可感熱通量、雷達回波等模擬的影響效果。其中, 芭瑪颱風個案中, 亦同化 ASCAT (Advanced Scatterometer)風場資料, 以進一步分析同化兩種衛星風場資料對模擬之影響。

結果顯示, 在選取的個案中, 同化 QuikSCAT 風場後, 在改善路徑模擬方面, 以聖帕颱風最為明顯; 在第一次加入同化資料後的 72 小時期間內, 其路徑平均誤差有效降低約 75 公里。在其它颱風模擬中, 雖同化風場資料對模式颱風的路徑誤差修正有限, 但在颱風中心風速、水氣及可感熱通量的模擬, 皆有明顯增強的效果; 而對於後續模擬雷達回波強度也有所改善, 與實際觀測值較為接近。

此外, QuikSCAT 衛星目前已因機械問題停止觀測, 而由芭瑪颱風個案中, 同化 QuikSCAT、ASCAT 風場資料的比較而言, ASCAT 風場資料似可取代 QuikSCAT, 來延續同化衛星風場資料之相關研究與應用, 惟有待使用更多的個案模擬加以進一步驗證。

關鍵詞: 颱風路徑、颱風強度、WRF 模式、衛星遙測資料、資料同化。

一、前言

台灣位於西北太平洋颱風主要的移動路徑上, 根據統計, 平均每年約 3~4 個颱風侵襲台灣地區。每逢颱風警報發佈期間, 國軍單位參考各項氣象情資之研判, 須事先進行各項任務編組, 出動大批國軍弟兄進駐各警戒地區, 並成立各作戰區防颱中心, 協助各縣市政府前往低窪、高山地區投入防災、救援工作, 以防範災害事件發生, 因此若能事先預警, 精確地掌握颱風後續移動路徑及強度變化, 必將有效減低災害風險及人員傷亡。

由於傳統探空觀測資料網大多數集中在陸地上, 廣大的洋面和偏遠高山地區缺乏完

整的氣象觀測資料; 對於全球模式所提供的解析度仍嫌不足, 很顯然地無法提供模式最接近真實大氣狀態的初始場條件, 進而影響到數值模式模擬的結果。尤其以颱風系統而言, 目前常用於區域數值模式初始場之 $1^\circ \times 1^\circ$ 全球模式資料, 是不足以解析颱風結構與強度。因此, 需要更多的觀測資料來源, 例如: 衛星、雷達和投落送等觀測資料, 且利用適切的資料同化方法, 將觀測資料導入模式, 達到調整初始場之目的, 使其更接近實際大氣狀態, 來提升預報的準確度。

Xiao *et al.* (2007) 以 2002 年露莎(Rusa)颱風為研究個案, 使用都卜勒地基雷達觀測資料, 每 3 小時同化雷達回波強度與徑向風場的觀測資料, 進行 6、12 小時的模擬; 其

結果顯示，颱風中心預報位置分別減少 5.3 km 和 3.7 km 的誤差。Chen (2007) 模擬 Isidore (2002) 颶風分別同化 SSM/I (Special Sensor Microwave Imager) 和 QuikSCAT 風場資料，在此個案的模擬結果顯示，路徑和中心強度皆獲得改善。綜合上述研究成果，同化不同的觀測資料，對於數值模式模擬結果，都有正面改善之效果。

此外，在 Wu *et al.* (2006) 使用 MM5 模式中的 4DVAR (Four-Dimensional Variational Method) 進行虛擬渦漩資料同化 (BDA, Bogus Data Assimilation) 研究，解釋地轉調整過程是由風場所主導。根據地轉調整 (Geostrophic Adjustment) 理論，在低緯度地區，因具有較大的羅士比變形半徑 (Rossby Deformation Radius)，中尺度系統的地轉調整是由質量場調整至風場；利用植入假的虛擬渦漩，來達到接近實際颱風環流之風場；其研究結果顯示，同化風場的實驗組別能有效維持颱風強度，與本研究選擇同化衛星風場的概念相同。

二、研究方法

(一) 模式與同化資料來源

本研究是利用 WRF 模式 (The Weather Research and Forecasting Model) 的三維變分資料同化方法 3DVAR (Three-Dimensional Variational Method)，加入衛星反演近海面 10 m 風場資料進行模擬。所同化之資料包含 Quick Scatterometer (簡稱 QuikSCAT) 及 Advanced Scatterometer (簡稱 ASCAT) 之風場資料，兩者之資料特性分述如下。

(1) QuikSCAT 風場資料

1999年6月由美國太空總署發射升空，位於地表高度約 800 km，其掃描刈幅約 1800 km，每天可掃描地球將近 90% 面積。利用搭載在 QuikSCAT 衛星上的 SeaWinds 散射計發射微波，測量近海面風速、風向，藉由微波被海面波浪散射，再利用所接收到的回波大小和方位角來反演二維近海面風向、風速資訊，選用解析度 25 公里產品。本研究使用之資料下載自 PO.DACC (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center) 網站。

Chen (2007) 特別針對 QuikSCAT 衛星風場與投落送的觀測值進行校驗，其結果顯示 QuikSCAT 的風速比投落送觀測值大 0.3 m s⁻¹ 且風向的平均誤差在 20° 以內，顯示 QuikSCAT 衛星可提供良好的風場資料品質，故本研究不再進行資料校驗。

(2) ASCAT 風場資料

2006年10月由歐洲太空總署發射升空，搭載在 MetOp (Meteorological Operation) 衛星上，是一顆運用在氣象上的繞極軌道衛星，與 QuikSCAT 衛星相同，可提供海面近 10 m 的風向、風速產品，但其單一掃描刈幅範圍僅約 550 km。本文為延續同化衛星風場資料之研究與應用，特別針對 2009 年 9 月芭瑪颱風進行模擬，使用產品解析度仍為 25 km。更多詳細 ASCAT 資料格式說明與介紹及下載方式，可參考 Verhoef, A. and Stoffelen, A. (2010) 使用手冊。

(二) 實驗設計

本研究使用 WRF 模式 3.1.1 版，在 WRF 模式設定上，採用雙重巢狀網格 (Nested Grid) 架構 (D01 及 D02)，以 Two-Way Nesting 方式進行模擬；其兩層水平網格解析度分別為 45 km、15 km，網格點數分別為 100×80 及 100×82，垂直座標均為 45 層。D01 及 D02 網格涵蓋範圍分別為以西北太平洋及台灣東部海域為主 (圖 1)。參數化法設定，邊界層使用 Yonsei University (YSU) scheme；微物理參數化使用 Goddard GCE scheme；積雲參數化使用 Grell-Devenyi ensemble scheme。模式所使用的初始場資料，以美國國家環境預報中心 (NCEP, National Centers for Environmental Prediction) 每 6 小時的全球分析場資料 (1°×1° 解析度)，作為 WRF 模擬的初始場及邊界條件。

本文使用 WRF 3DVAR 進行資料同化模擬，是先以 NCEP 的分析場導入 WRF 模式，積分至同化的時間點，將模擬結果取出作為同化組的背景場，加入同化觀測資料後，再將新的分析場當作同化組的初始場，進行後續的模擬。詳細之模式同化介紹請參考 Wang *et al.* (2009)。本文將未同化衛星資料之組別設為控制組 (Control Run, 簡稱 CNTL 組)，

而有加入風場資料之組別設定為同化組 (Data Assimilation, 簡稱 DA 組)。在聖帕颱風與鳳凰颱風實驗組別中，分別進行兩次同化，以同化時間先後順序，依序設定為 DA1 組與 DA2 組。而芭瑪颱風個案分別同化 QuikSCAT 及 ASCAT 風場資料，實驗組別代號分別設定為 Q-DA 組與 A-DA 組。同化時間的窗區設定，是以進行同化的初始時間前、後一小時內，衛星所反演的風場資料皆當作初始時間進行同化，各 CNTL 組及 DA 組的模擬時間如圖 2，各同化組的衛星反演風場資料如圖 3 所示。

三、模擬結果與分析

(一) 路徑誤差分析

模擬颱風中心的定位方式，是由 D01 範圍取海面最低中心氣壓值的位置所訂定。為配合中央氣象局 (CWB, Central Weather Bureau)、日本氣象廳 (JMA, Japan Meteorological Agency) 每 6 小時之實際觀測資料比對，本研究僅針對模擬之 0000、0600、1200 及 1800 UTC 時，訂定颱風中心位置乙次，各組颱風 CWB 與 JMA 觀測路徑與模擬路徑如圖 4 所示。本研究選用 CWB 官方資料為依據，計算各實驗組每 6 小時的路徑誤差，統計如表 1。其中，鳳凰颱風 DA2 組在同化 QuikSCAT 衛星風場資料後隨即登陸，為避免受地形因素造成颱風中心位置計算上的誤差，故不列入統計。

在颱風中心位置分析中，以聖帕颱風 DA1 組模擬結果為最佳。此組之模擬，是在 CNTL 組模擬第 33 小時後，配合 QuikSCAT 衛星觀測時間，於 2007 年 8 月 14 日 0900 UTC 時同化風場資料。同化後，72 小時模擬期間內的路徑誤差，根據表 1 統計結果顯示，減少約 75 km。

在聖帕颱風之模擬，未進行資料同化前，CNTL 組所模擬的颱風中心位置，雖然落後 CWB 所訂定中心位置，但其路徑移動的趨勢仍屬一致，尚未完全偏離；然而，後續之路徑之所以出現明顯之誤差，由圖 4(c) 可以看出，主要是因為模擬颱風較實際颱風提前轉向。在進行風場同化後，DA1 組模擬颱風之

移動路徑，明顯地較 CNTL 組在 2007 年 8 月 14 至 16 日之間持續向西前進後，方才轉向西北方向前進；雖然後續與實際登陸位置仍有約 195 km 誤差，但對於路徑修正有明顯改善的效果。

由 2007 年 8 月 14 日至 15 日之間的 500 hPa 高空圖 (圖 5) 可以看出，太平洋高壓勢力明顯向西延伸，是聖帕颱風在此一期間持續向西南西方前進的原因。由

圖 6 比較 CNTL 組及 DA1 組之 2007 年 8 月 14 日三個時間點的 500 hPa 等高線分佈，可以明顯地看出 DA1 組之 5880 GPM 等值線較 CNTL 組，更向西南方伸展。這可用來說明，同化衛星風場對於改進聖帕颱風路徑模擬，原因在於改善對於颱風所處環境場之模擬。而由圖 3(c) 可以看出，QuikSCAT 風場之涵蓋範圍包含颱風本身，以及其東北方向之廣大洋面，有助於模式有效掌握颱風所處之環境場，也就是颱風之駛流場，進而改善颱風之路徑模擬。

海棠颱風、龍王颱風的 DA 組，其路徑模擬結果與 CNTL 組相比較，並無明顯改進。探討其主要原因，這兩個颱風模擬個案中，在進行同化風場資料之前，CNTL 組的模擬結果與 CWB 發佈的颱風中心位置，由圖 4(a)、(b) 可看出，已經約 100 公里以上的誤差存在，導致在加入同化風場資料後，模式已無法有效地將颱風中心調整回正確的中心位置，以至於後續模擬颱風路徑的結果並無法有效地改善。

鳳凰颱風的路徑模擬結果如圖 4(d)，CNTL 組與 DA 組的模擬路徑相近，原因在於加入同化資料時，CNTL 組與 CWB 公佈的路徑差異不大，即使加入 QuikSCAT 衛星風場資料後，其修正颱風中心位置的效果有限。在芭瑪颱風 Q-DA 組與 A-DA 組的模擬結果 [圖 4(e)、(f)]，亦有相同的情形。

(二) 風速增益量及颱風海平面中心氣壓分析

在風速增益量之分析，因 CNTL 組與 DA 組隨著模擬時間增長而造成兩組模擬結果的颱風中心位置逐漸偏移，導致風速進行相減時，容易出現正、負偶極的現象，故後

續分析，取各實驗組模擬颱風中心半徑 100 km 及 250 km 範圍內，在加入同化資料後 12 小時的期間內，取該區域內網格點上的平均風速，來分析風速的增益量。其中，因聖帕及鳳凰颱風 DA2 組在同化風場資料後 12 小時內，颱風中心隨即登陸，不列入統計外，其餘模擬個案統計結果如表 2。結果顯示，同化 QuikSCAT 風場的組別，在模擬颱風中心 100 km 範圍內，風速均有所增加，在模擬颱風個案中，以龍王颱風增益量最大，增加約 77.7%。以芭瑪颱風而言，同化 QuikSCAT 風場之增益量約為 15.2%，但同化 ASCAT 風場則幾乎沒有改變，造成此差異可能與同化時間點已接近陸地，且 ASCAT 風場涵蓋範圍較小有關。

若將風速增益量計算範圍擴大至颱風半徑 250 km 之內時，可以看出增益量明顯降低，聖帕颱風個案甚至出現負值，這顯示同化衛星近海面風場，對於增加颱風內部環流較有幫助，而較外圍之環流則助益較小。如圖 3(h) 所示，由於芭瑪颱風半徑 250 km 之內，已包含許多陸地，在可同化的衛星反演風場資料減少情況下，其風速增益量由 15.2% 驟降至 0.3%。

在海平面中心氣壓值分析，除了鳳凰颱風的模擬結果 CNTL 組、DA 組的模擬結果與 CWB 公佈之中心氣壓值數據(圖 10)較為接近外；其餘的模擬個案，海棠颱風(圖 7)、龍王颱風(圖 8)、聖帕颱風(圖 9)和芭瑪颱風(圖 11、12)海平面中心氣壓值模擬結果，雖趨勢變化能有效掌握，但其颱風的強度仍嫌不足，顯示在加入衛星風場資料之後，並無法有效改善颱風中心氣壓值，此模擬結果和黃與王(2008)同化 QuikSCAT 衛星風場的結果相同。

(三) 水氣通量及可感熱通量分析

由 Emanuel *et al.* (1994) 所提出的 WISHE (Wind Induced Surface Heat Exchange) 理論，在颱風形成或發展的期間，海氣交互作用常扮演著重要的因素，因大氣中的潛熱釋放是由地表面水氣蒸發作用所引起，而水氣蒸發作用的速度往往取決於風速的大小。由風速增益量分析結果討論得知，在同化 QuikSCAT

風場後，颱風中心半徑 100 公里的範圍內，其底層平均風速都有增強的效果，雖龍王颱風底層風速增益量為最大，但其後續路徑誤差甚大，故後續僅針對鳳凰颱風個案，進一步分析各實驗組的地表向上水氣與可感熱通量之變化量，以探討有利於增強颱風環流結構之因素。而芭瑪颱風的分析，則用以比較同化 QuikSCAT 及 ASCAT 風場的異同。

在鳳凰颱風模擬中，由表 3 可以看出，颱風中心半徑 100 km 內，網格點之平均水氣及可感熱通量，DA1 組較 CNTL 組分別增益 33.3% 及 75.3%；但延伸計算範圍至半徑 250 km 後，則發現 DA1 組反較 CNTL 組減少。這與之前比較風速增益量時之特性相符，也就是在 100 至 250 km 間，風速在同化後是減少的，因而造成兩者通量均減少。這或許可說明為何同化近海面風場，無法達到增強颱風之原因。另外，由同化風場資料 63 小時後水氣通量及可感熱通量之分佈(圖 13)顯示，在颱風中心周圍水氣通量大於 0.4 g m^{-2} 、可感熱通量大於 200 W m^{-2} 的範圍，DA1 組均比 CNTL 組為大。顯示對於水氣及可感熱通量之增益，效應可延伸至後續之模擬。

在 2009 年芭瑪颱風 10 月 3 日 0100 ~ 0400 UTC 時的模擬結果，可以得知 CNTL 組、Q-DA 組、A-DA 組的水氣通量(圖 14)與可感熱通量(圖 15)模擬結果相似。雖然由風速增量分析得知，Q-DA 組的風速比 CNTL 組增加約 15.2%，但可能如同前一節中所討論，由於颱風已接近菲律賓陸地，使得同化效果有所限制，進而影響地表水氣及可感熱通量之增強效果。

(四) 雷達回波強度分析

在 2008 年鳳凰颱風個案中，7 月 28 日 0000 UTC 雷達回波[圖 16(a)、(b)]及垂直速度剖面[圖 16(c)、(d)]，可以發現 DA1 組具有較強之回波及較大的垂直速度場。綜合上述結果分析，雖然同化 QuikSCAT 資料只有包含近海面 10 m 的風場資訊，但隨著模式對時間的積分，在模擬鳳凰颱風個案中，因水平風速的增強，使得同化組具有較大的水氣通量及垂直速度，進而增強降水回波，較為接近觀測結果。

而 2009 年芭瑪颱風在 10 月 2 日 1300 UTC 加入 ASCAT 風場資料後 1~4 小時，其 CNTL 組、Q-DA 組和 A-DA 組的雷達回波值模擬結果相互比較後，發現三組之間的模擬差異不大(圖略)，其原因與水氣通量及可感熱通量分析相同，在此不再贅述。

四、結論

綜合研判在模擬颱風個案中，比較 CNTL 組與 DA 組之間的路徑誤差，除聖帕颱風個案的路徑模擬，受惠於同化衛星風場對颱風環境駛流場模擬的修正，而有效地降低約 75 km 的路徑誤差外，其餘個案皆未有明顯的改善。在本研究模擬個案中，颱風個案路徑模擬未能改善的原因，主要可歸納為兩大類：第一類為模擬颱風之位置，如海棠颱風與龍王颱風模擬結果，在同化資料前，CNTL 組已與實際路徑差異甚大，即使再加入同化資料後，模式仍無法調整回正確的位置；第二類為加入同化資料後，CNTL 組與 CWB 的路徑差異不大，如鳳凰颱風、芭瑪颱風模擬個案，在加入同化資料後，DA 組的結果與 CNTL 組的模擬路徑類似，使得其改善結果有限。但由分析結果得知，同化衛星近海面風場資料對於模擬路徑的改善，雖未必能達到強烈之正面貢獻，但也不至於使路徑模擬的結果產生太大的負面影響。因此，同化衛星風場仍值得未來繼續發展之方向。

在聖帕颱風模擬個案中，颱風的風速增益量於中心半徑 100 km 內均為正值，而 250 km 之內則增益量減少，甚至出現負值。這顯示，同化衛星反演低層風場後，有助增強颱風內部環流，而外圍之環流則助益較小。在鳳凰颱風個案模擬因半徑 100 km 內風速增量增加，進一步分析地表水氣及可感熱通量分析，可得知底層風速的增強，造成兩者明顯增加；並進一步使得雷達回波的模擬表現，更接近實際狀況。但在半徑 250 km 內計算水氣及可感熱通量，則有減少的現象，這有待進一步的研究分析。

2009 年芭瑪颱風的模擬結果中，雖然看到同化 QuikSCAT 與 ASCAT 風場在風速增益量的差異，但可能由於颱風已逐漸接近陸地，使得可供同化之海面風場資料有限，導

致兩者之路徑誤差、海平面垂直水氣、可感熱通量及雷達回波等，與 CNTL 組沒有明顯之差異。若要得到對於同化這兩種衛星風場的差異，仍有待更多個案平行模擬的比較。

五、未來展望

本文所使用的 QuikSCAT 及 ASCAT 風場資料，都僅侷限同化近海面 10 公尺的二維風場資料，並無氣壓、溫度及溼度場等大氣垂直剖面資料，因此對於颱風垂直結構的改善仍有所限制；未來可添加其它觀測資料，例如：無人飛行載具 UAV (Unmanned Aerial Vehicles)、投落送(Dropwindsonde)、GPS 衛星、衛星高層風場及輻射量、氣象雷達等觀測或反演資料，更進一步探討其影響及相關敏感度之測試，來彌補本研究僅加入二維風場資料不足之處。

誌謝

本文感謝中央氣象局洪景山博士在模式執行及分析，以及中央大學莊嘉欣小姐在資料同化技術上的協助。本研究在國科會 NSC 98-2625-M-233-002 專案計畫經費支援下完成。

參考文獻

- 黃清勇與王潔如，2008：衛星遙測資料三維變分同化對於颱風模擬的影響，*大氣科學*，第 36 期，第 4 號，249-274。
- Chen, S. H., 2007: The Impact of Assimilation SSM/I and QuikSCAT Satellite Winds on Hurricane Isidore Simulations," *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 135, Issue 2, 549-566.
- Emanuel, K. A., Neelin, J. D., and Bretherton, C. S., 1994: On Large-Scale Circulation in Convecting Atmospheres," *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, Vol. 120, Issue 591, 1111-1143.
- Ftp://podaac.jpl.nasa.gov/pub/ocean_wind/quikscat/
- Verhoef, A., and Stoffelen, A., 2010: *ASCAT Wind Product User Manual*, Ocean and Sea Ice SAF Technical Note SAF/OSI/CDOP/KNMI/TEC/MA/ 126, Ver. 1.8, 1-23.
- Wang, W., Bruyere, C., Duda, M., Dudhia, J.,

Gill, D., Lin, H. C., Michalakes, J., and Rizvi, S., and Zhang, X., 2009: User's Guide for Advanced Research WRF (ARW) Modeling System Version 3, NCAR TECHNICAL NOTE.

Wu, C. C., and Chou, K. H., "Tropical Cyclone Initialization and Prediction Based on Four-Dimensional Variational Data Assimilation," *Wea. Forecasting*, Vol. 63, Issue 9, 2383-2395, 2006.

Xiao, Q., and Sun, J., 2007: Multiple-Radar Data Assimilation and Short-Range Quantitative Precipitation Forecasting of a Squall Line Observed during IHOP 2002," *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 135, Issue 10, 3381-3404.

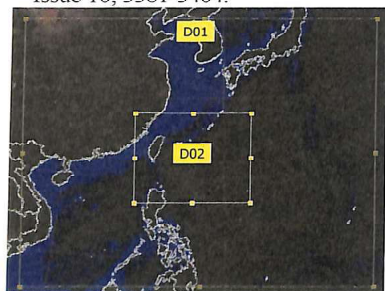
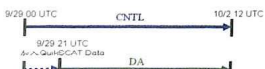


圖1 巢狀網格範圍示意圖。

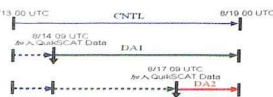
(a) 2005年海棠颱風



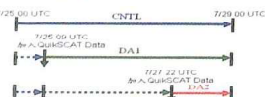
(b) 2005年龍王颱風



(c) 2007年聖帕颱風



(d) 2008年鳳凰颱風



(e) 2009年芭瑪颱風

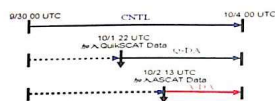


圖2 各颱風模擬時間序列圖。

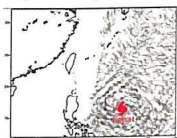
(a) 2005年海棠



(b) 2005年龍王



(c) 2007年聖帕颱風 (DA1組)



(d) 2007年聖帕颱風 (DA2組)



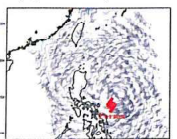
(e) 2008年鳳凰颱風 (DA1組)



(f) 2008年鳳凰颱風 (DA2組)



(g) 2009年芭瑪颱風 (Q-DA組)

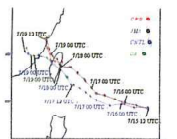


(h) 2009年芭瑪颱風 (A-DA組)

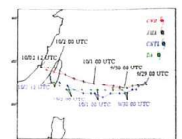


圖3 (a)~(g)分別為各模擬颱風同化組之 QuikSCAT 衛星反演風場資料示意圖；(h)為ASCAT反演風場。風速單位： $m s^{-1}$ ，風羽長桿表示 $5 m s^{-1}$ 。

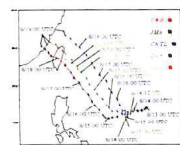
(a) 2005年海棠



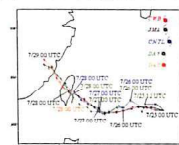
(b) 2005年龍王



(c) 2007年聖帕颱風



(d) 2008年鳳凰颱風



(e) 2009年芭瑪颱風 (Q-DA組)



(f) 2009年芭瑪颱風 (A-DA組)



圖4 各實驗組模擬颱風之路徑圖。

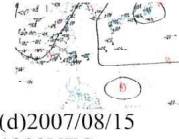
表1 各實驗組模擬平均路徑誤差。

個案	組別	平均誤差(km)
2005年海棠颱風	CNTL	117.1
	DA	110.6
2005年龍王颱風	CNTL	148.2
	DA	115.6
2007年聖帕颱風	CNTL	273.5
	DA1	198.6
	DA2	194.1
2008年鳳凰颱風	CNTL	48.2
	DA1	56.3
2009年芭瑪颱風	CNTL	74.3
	Q-DA	86.9
	A-DA	126.8

(a) 2007/08/14 0000UTC



(b) 2007/08/14 1200UTC



(c) 2007/08/15 0000UTC



(d) 2007/08/15 1200UTC

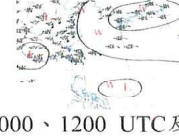
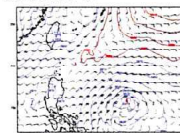


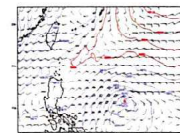
圖5 2007年8月14日0000、1200 UTC及15日0000、1200 UTC 500 hPa高空圖。圖

中，菲律賓東方海面之低壓即為聖帕颱風。(資料來源：中央氣象局。)

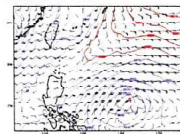
(a) 2007/08/14 0900UTC



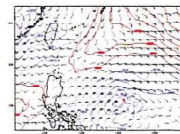
(b)



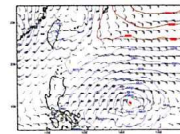
(c) 2007/08/14 1200UTC



(d)



(e) 2007/08/14 1800UTC



(f)

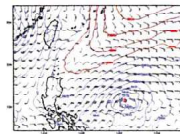


圖6 (a)、(c)及(e)分別為模擬2007年聖帕颱風8月14日0900、1200及1800 UTC 500 hPa高空圖CNTL組模擬結果；(b)、(d)及(f)時間相同，但為DA1組。等值線單位：GPM；風速單位： $m s^{-1}$ ，風羽長桿表示 $5 m s^{-1}$ 。

表2 各組組別在颱風中心半徑100、250 km內，網格點之平均近海面10 m風速，以同化資料時間點後1至12小時，每1小時資料累積計算平均。

個案	組別	半徑 100 km		半徑 250 km	
		風速 (m s ⁻¹)	增益量 (%)	風速 (m s ⁻¹)	增益量 (%)
海棠颱風	CNTL	26.18	3.5	26.15	1.3
	DA	27.09		26.48	
龍王颱風	CNTL	5.19	77.7	9.55	1.4
	DA	9.23		9.68	
聖帕颱風	CNTL	15.14	5.7	15.56	-7.7
	DA1	16.00		14.36	
鳳凰颱風	CNTL	7.08	17.1	10.89	1.5
	DA1	8.29		11.06	
芭瑪颱風	CNTL	21.05	15.2	20.83	0.3
	Q-DA	24.25		20.89	
風	CNTL	20.77	< 0.01	18.85	-0.1
	A-DA	20.77		18.83	

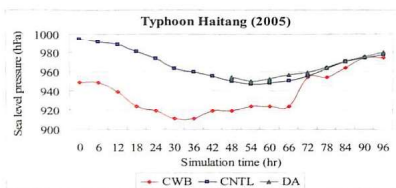


圖7 模擬2005年海棠颱風CNTL組、DA組海平面中心氣壓時序圖。

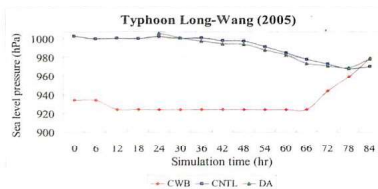


圖8 模擬2005年龍王颱風CNTL組、DA組海平面中心氣壓時序圖。

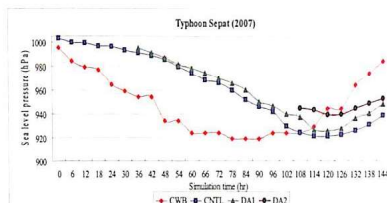


圖9 模擬2007年聖帕颱風CNTL組、DA1組與DA2組海平面中心氣壓時序圖。

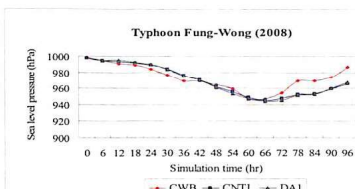


圖10 模擬2008年鳳凰颱風CNTL組、DA1組海平面中心氣壓時序圖。

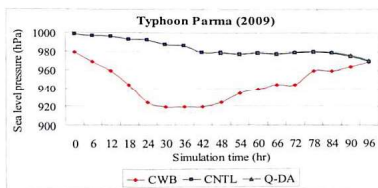


圖11 模擬2009年芭瑪颱風CNTL組、Q-DA組海平面中心氣壓時序圖。

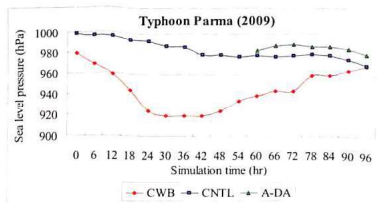
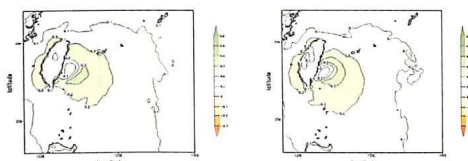


圖12 模擬2009年芭瑪颱風CNTL組、A-DA組海平面中心氣壓時序圖。

表3 鳳凰颱風中心半徑100、250 km內，網格點之平均水氣及可感熱通量，以同化資料時間點後1至12小時，每1小時資料累積計算平均。

通量	組別	半徑 100 km	半徑 250 km
水氣通量 (g m ⁻²)	CNTL	0.06	0.11
	DA1	0.08	0.10
	增益量 (%)	33.3	-9.1
可感熱通量 (W m ⁻²)	CNTL	9.52	21.18
	DA1	16.69	19.61
	增益量 (%)	75.3	-7.4

(a) CNTL 組水氣通量 (b) DA1 組水氣通量



(c) CNTL 組可感熱通量 (d) DA1 組可感熱通量

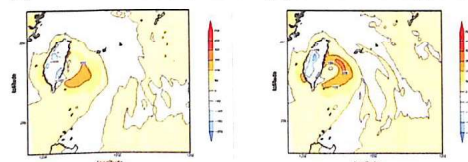


圖13 (a)、(c)分別為模擬2008年鳳凰颱風7月28日0000 UTC CNTL組地表向上水氣通量(單位: g m⁻²)及可感熱通量(單位: W m⁻²); (b)及(d)分別與(a)、(c)相同,但為DA1組。

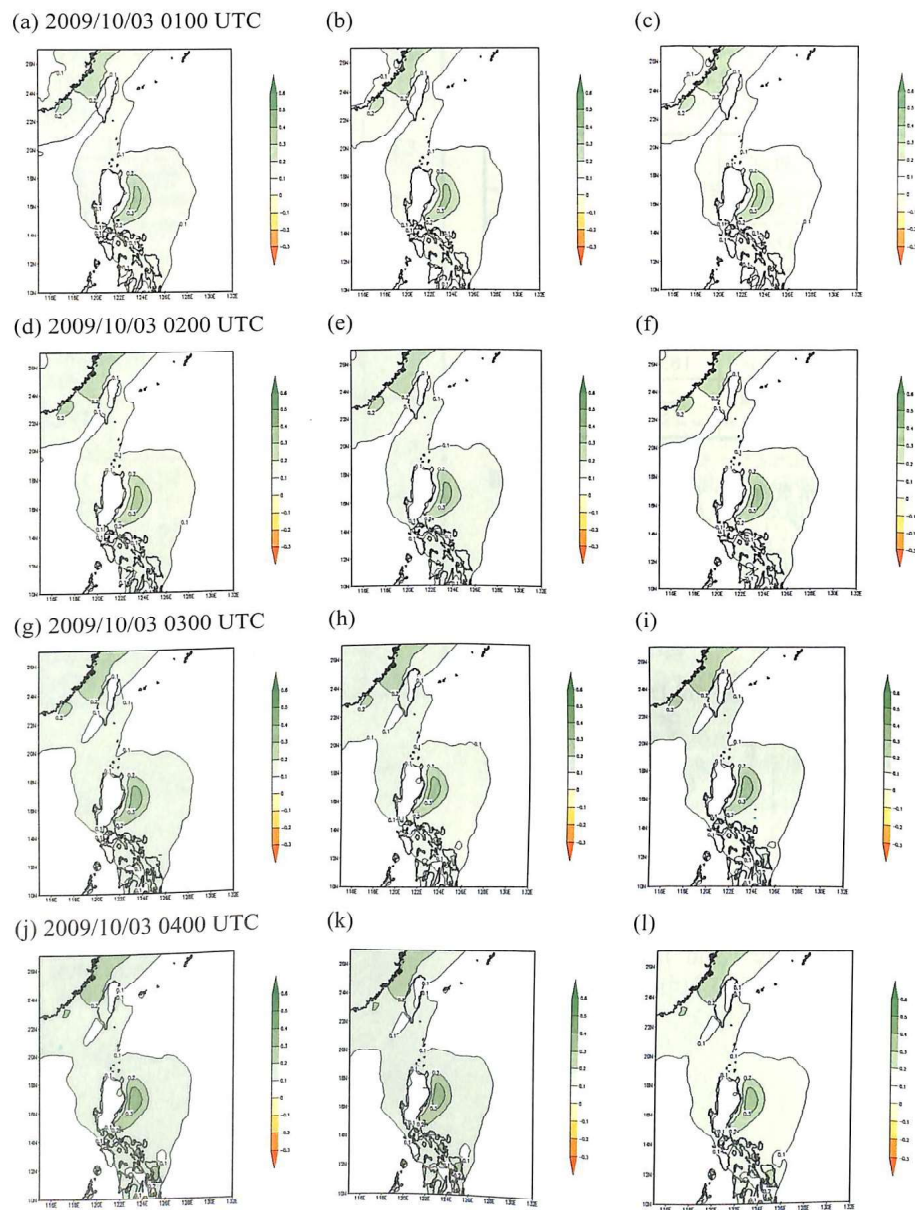


圖14 (a)、(d)、(g)及(j)分別為模擬2009年10月3日0100~0400 UTC 芭瑪颱風CNTL組地表面向上水氣通量圖(單位: $g\ m^{-2}$) ; (b)、(e)、(h)及(k)時間分別與(a)、(d)、(g)及(j)相同, 但為Q-DA組; (c)、(f)、(i)及(l)為A-DA組。

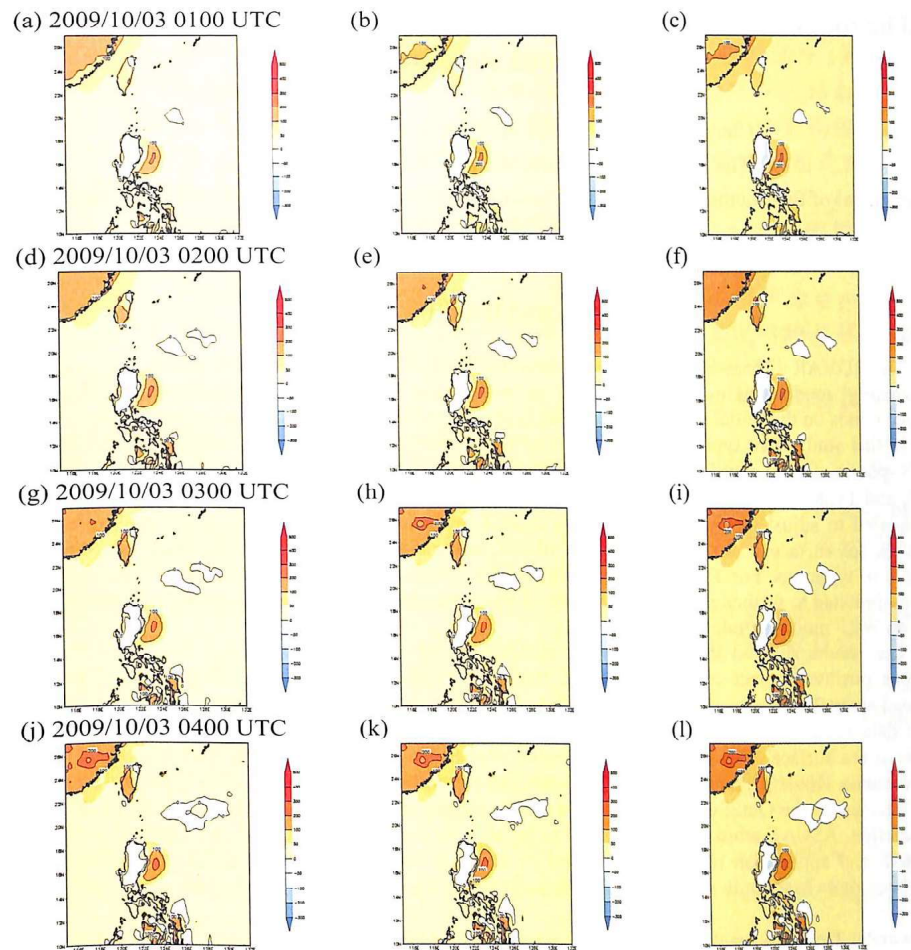


圖15 (a)、(d)、(g)及(j)分別為模擬2009年10月3日0100~0400 UTC 芭瑪颱風CNTL組地表面向上可感熱通量圖(單位: $W\ m^{-2}$) ; (b)、(e)、(h)及(k)時間分別與(a)、(d)、(g)及(j)相同, 但為Q-DA組; (c)、(f)、(i)及(l)為A-DA組。

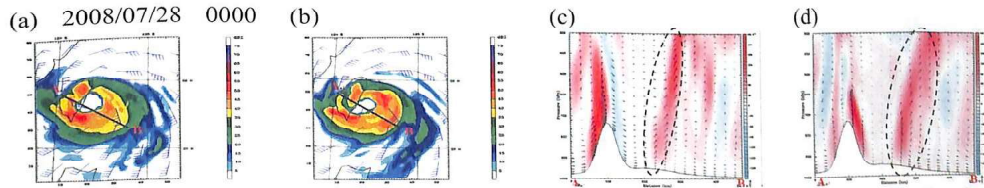


圖16 (a)、(b)分別為2008年鳳凰颱風CNTL組、DA1組模擬7月28日0000 UTC雷達回波圖, 黑色A-B切線之剖面圖分別如(c)、(d)所示。(c)、(d)圖中, 色階代表垂直速度場, 單位: $cm\ s^{-1}$, 向量部分為風場方向及大小。縱座標為氣壓, 單位: hPa; 橫座標為距離, 單位: km。

The impact of meteorological remote sensing data assimilation on typhoons simulation

Ching-Chin Lee¹, Jian-Liang Wang², Wann-Jin Chen³

¹The 3rd Weather Center, Weather Wing, C.A.F., R.O.C.

²Department of Environmental Information and Engineering, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University

³Department of Electronic Engineering, Ta Hwa Institute of Technology

ABSTRACT

The 3DVAR (Three-Dimensional Variational Method) of the WRF (Weather Research and Forecasting) model was used in this study to investigate the impact of assimilation of 10-m sea surface winds on the initial structure of model typhoon and the following simulation results.

In this study, five typhoons over the Northwest Pacific Ocean were simulated and analyzed. For Typhoons Haitang and Long-Wang in 2005, Typhoon Sepat in 2007, Typhoon Fung-Wong in 2008, and Typhoon Parma in 2009, QuikSCAT (Quick Scatterometer) satellite wind field data were assimilated to adjust the initial field of the model. Impacts on the simulation of typhoon tracks, strength, sea surface water vapor and heat fluxes, and radar reflectivity were analyzed before the landfall of typhoons. For Typhoon Parma, ASCAT (Advanced Scatterometer) wind field data were also assimilated to further analyze the impact of the assimilation of these two kinds of satellite wind data on WRF model simulation.

The results showed that assimilation of QuikSCAT satellite wind field data had the most obvious positive impact on the simulated track of Typhoon Sepat. The 72-hr track error was reduced about 75 km after the first time of data assimilation. For other typhoons, assimilation of the wind data enhanced the simulation of typhoon's inner-core wind speeds, water vapor and heat fluxes at sea surface. The simulated radar echo intensity was also improved and seemed closer to observations. However, there was no significant improvement on track error for these typhoons.

Besides, as the QuikSCAT wind data were no longer available due to mechanical problems of the satellite, ASCAT wind field data seem to be able to replace the QuikSCAT data to extend the research and application of the assimilation of satellite wind data, at least for Typhoon Parma. However, more case studies need to be carried out to have a more solid conclusion about it.

Keywords: Typhoon track, typhoon intensity, WRF model, satellite remote sensing data, data assimilation.