

# ASCAT 與 OSCAT 衛星散射儀風場整合 及其對颱風大小之分析應用

林書正<sup>1</sup>周昆炫<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 中國文化大學地學研究所

<sup>2</sup> 中國文化大學大氣科學系

## 摘要

本研究使用 NASA-JPL 所提供之 ASCAT 和 OSCAT 海面風場反演資料，進行資料驗證比對與風場整合分析。初步比對結果顯示 OSCAT 弱風區略為高估，強風時明顯低估，風速 5 - 20 m/s 區間兩者資料吻合度極佳；且經由風場整合後，提供了更高密度的空間涵蓋率，彌補使用單一散射儀(尤其是 ASCAT)觀測時掃描帶範圍過小的缺陷。透過上述兩散射儀於中等風速區的高度一致性特點，用以觀察 2013 年海燕颱風大小之評估，使用軸對稱分析的方式，計算由颱風中心向外 5 個緯度之範圍來評估颱風不同風速值的暴風圈大小，發現海燕在通過呂宋島前後暴風半徑有擴大的現象，該現象在 HWRF 預報也有出現類似的結果。進一步藉由 JMA RSMC 和 JTWC 的 best track 資料，分析 2010 年至 2013 年通過呂宋島颱風的暴風半徑之演變過程，發現有僅少部分颱風在通過呂宋島時暴風半徑擴大，這點與過去研究的統計結果類似。為了探究造成颱風通過陸地後暴風圈增大的環境條件及物理機制，使用 WRF model 針對海燕颱風進行模擬，實驗結果如預期的模擬出颱風通過呂宋島後暴風圈擴大的現象。未來將更深入地探討造成颱風在通過呂宋島之後暴風半徑擴大的環境影響及動力機制。

## 一、前言

散測儀觀測是透過主動式雷達，在所屬掛載之衛星通過的洋面發射電磁波，由於海表面粗糙度會使回波信號反映出不同的能量大小和散射型態，根據過去長期實驗結果所累積的經驗方法，反演出近海面風場資訊。在遙測及反演過程中，不論是外在的環境條件或反演的處理過程，皆可能影響資料的準確度。自從衛星散射儀啟用以來，資料精準度檢驗的工作便未曾停止過，使用包含船舶、飛機、浮標以及投落送等各種觀測資料。

Hawkins and Black (1983)使用船舶及飛機觀測數據，評估 SEASAT-A satellite scatterometer (SASS)該衛星散射儀 15~20 m/s 的風場數據的精準度；Quilfen and Bentamy (1994)使用 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)的 buoy 風場資料比對 European Remote Sensing Satellites (ERS-1)；Ebuchi et al. (2002)則以 Quick scatterometer (QuikSCAT)和 NOAA Buoy 兩

者相互比對；Bentamy et al. (2008)同時考慮了 Advanced Scatterometer (ASCAT)、QuikSCAT 和 buoy 三種不同觀測資料之間的差異；Chou et al. (2010, 2013)使用 GPS 投落送資料分別驗證 QuikSCAT 及 ASCAT 反演風場在颱風周圍環境下的精準度。綜合上述相關驗證的研究，整體而言，散測儀觀測資料的風速風向之均方根誤差得以控制在儀器設計之任務規範內 (2 m/s, 20°)，但以下幾點問題仍需要特別留意：(1)風速大於 20 m/s 的強風環境下，反演之風速值低估程度較大。(2)風場反演結果容易因大氣濕度或降雨系統的影響，使其精準度與穩定性明顯降低 (Weissman et al. 2012)。(3)不同的掃描方式(錐狀和扇形掃描)和波段頻率(C-band 和 Ku-band)存在不同的系統誤差之特徵。(4) Geophysical Model Function (GMF)版本差異也會對反演結果造成顯著的影響。

在應用上，Liu and Chan (1999) 使用 ERS 衛星風

場資料計算相對渦度來定義颱風大小(size)，結合 15 m/s 的風速半徑(R15)分析 1991-1996 年颱風 size 的統計特性，發現颱風發展的大小在不同海域和季節有很大的關連性。美國國家颶風研究中心(NHC)使用 QuikSCAT 風場資料於作業上的應用，舉凡熱帶氣旋之中心定位、強度估計及暴風半徑等分析，有效地克服了廣大洋面之風場資料取得不易的問題(Brennan et al. 2009)。Chavas and Emanuel (2010)與 Chan and Chan (2012)也使用最完整的 QuikSCAT 風場資料來進行颱風大小與結構的氣候統計分析。Chavas and Emanuel (2010)分析 1999-2008 年全球熱帶氣旋的中心軸對稱平均風速 12 m/s 的風速半徑(R12)，計算結果指出全球熱帶氣旋氣候平均值的 R12 為 197 公里，且各洋面上的平均值有明顯的差異。Chan and Chan (2012)則分析 1999-2009 年西北太平洋的中心軸對稱平均風速 17 m/s 的風速半徑(R17)，其計算結果為  $2.13^\circ$ ；另外，也計算熱帶氣旋的中心  $1^\circ$ - $2.5^\circ$  的軸對稱平均風速，藉以代表熱帶氣旋的壯度(strength)，所計算的氣候平均壯度為 18.7 m/s。

綜合上述得知，雖然衛星散射儀風場資料的準確性仍有待更多的研究來確認，但其對於颱風結構分析與預報上的確有其效益。QuikSCAT 是過去所有衛星散射儀運作最久、品質也最理想的一顆衛星散射儀，但是目前此衛星已無法繼續提供海面風場資訊。因此，如何延續過去 QuikSCAT 衛星風場所做的研究成果與其後續應用，乃是目前相當重要的科研議題。

本研究之首要重點為整合 ASCAT 與 OSCAT 衛星散射儀風場，目前兩顆衛星散射儀風場均運作於部分國外研究單已經納入即時分析的衛星資料產品中。然而由於繞極軌道衛星的掃瞄範圍並不大，且無法針對同一個位置或移動的天氣系統進行連續觀測，因此有些地方會出現掃瞄不連續的情形。因此若能結合兩種衛星的掃瞄資料，則可減少部分空間掃瞄不足的問題，如此將能對特定的天氣系統獲得較完整且連續的散射儀海面風場資料。

## 二、資料

ASCAT 掛載於 MetOp-A 繞極軌道衛星，2006 年

10 月 19 日由歐洲太空總署(European Space Agency, ESA)完成升空部屬，飛行高度約 800 公里，繞行地球一圈(掃描帶)週期約 101 分鐘。ASCAT 儀器設計為兩組垂直偏極化天線，而前、中、後天線相對於衛星飛行方向的角度分別為  $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $135^\circ$ 。前、後兩支天線所發射之電磁波的入射角範圍介於  $34^\circ$  至  $64^\circ$  之間，而中間的天線發射之電磁波入射角則為  $25^\circ$  至  $53^\circ$  的範圍(圖 1a)。使用 C-band 波段(頻率約 5.255 GHz)雙扇形之波束掃描，當 ASCAT 通過時，地表同時會有兩條掃描帶軌跡，掃描帶寬度約 500 公里，中間掃描帶間隔約為 700 公里，每日約可涵蓋 70% 全球無冰海洋。(ASCAT Wind Product User Manual, 2012)

OceanSat-2 scatterometer (OSCAT) 掛載於 Oceansat-2 繞極軌道衛星，由印度太空研究中心(Indian Space Research Organization, ISRO)於 2009 年 9 月 23 日升空部屬，飛行高度約 720 公里，每個掃描帶週期約 99 分鐘。OSCAT 儀器設計只有兩支雷達天線，垂直及水平偏極化各一支，發射之電磁波入射角與鉛錘線夾角分別約  $49^\circ$  及  $43^\circ$ (圖 1b)。使用 Ku-band 波段(頻率約 13.515GHz)錐狀圓形掃描，雷達天線旋轉速率為 20 rpm，掃描帶寬度約 1800 公里，每日可覆蓋全球無冰洋面範圍約 90%。(OSCAT Wind Product User Manual, 2012)

美國國家航空暨太空總署(NASA)的噴射推進實驗室(JPL)有針對 ASCAT 和 OSCAT 觀測資料進行處理與儲存等工作，於 2007 年 3 月 28 日開始對外提供 ASCAT 風場數據，反演海面高度 10 公尺的等效風場，有 25 公里和 12.5 公里(2009 年 3 月 3 日)兩種解析度。每條衛星軌道會有兩條掃描帶，同一個緯度上相鄰軌道之掃描帶資料的時間，約略相差 101 分鐘，一天之內總共有 14 條軌道資料，也就是會在地球表面留下 28 個掃描帶(圖 2a,b)。每天會通過同一個地區兩次，且掃描帶通過同一個地區的時間誤差小於 30 分鐘；例如 ASCAT 在台灣附近的下降通過(Descending Pass)時間與上升通過(Ascending Pass)時間大約分別為 00 UTC 和 12 UTC。2010 年 1 月 16 日則開始提供 OSCAT 的風場反演資料，同樣反演海面高度 10 公尺的風場，目前僅提供 25 公里解資度資料，與 ASCAT 類似一天之

內會有 14 條軌道資料(圖 2c,d)，同一個緯度相鄰軌道之掃描帶資料的時間間隔約 99 分鐘，同樣每天會通過同一個地區兩次，不同的是 OSCAT 在下降及上升通過台灣附近區域的時間分別約為 03 UTC 和 15 UTC。

### 三、ASCAT 與 OSCAT 風場整合

在資料整合前，首先進行了 ASCAT 與 OSCAT 風速資料比對，參考 Bentamy et al. (2008, 2012) 兩度比對 QuikSCAT 和 ASCAT 的方法，空間及時間差異分別設定為 50 公里及 3 小時。比對有效樣本如圖 3a 所示，樣本數超過 15 萬，幾乎遍布全球洋面；而兩者風速差異 OSCAT 弱風時略微低估，強風時則顯著高估，但在風速值介於 5 - 20 m/s 之間兩者資料吻合度極高(圖 3b)，此一特性有利於本研究用於分析颱風 30 或 34 knots (R30 或 R34) 暴風半徑之評估工作。

整合方式則是設計一 25 公里間距的網格，在每個隔點上搜尋 25 公里方圓範圍內包含 ASCAT 及 OSCAT 的風速資料，並對其做算術平均來代表該格點上整合風場之風速值(圖 4a)。以 2013 年海燕颱風為例，根據颱風當時的移動速度，將 ASCAT 及 OSCAT 風場資料調整到 00 UTC (或 12 UTC) 的對應空間(圖 4b)。也就是所謂的相對颱風移速的位置調整後(storm relative location, SRL)之整合風場，如此可獲得較合理且完整的颱風風場結構分析。另外，比較整合風場(圖 4a,b)與個別散射儀風場(圖 4c,d)可見，經過兩散射儀風場整合後改善了個別散射儀掃描帶間隔過大的問題(尤其是 ASCAT)。

### 四、整合風場應用於颱風大小之分析

利用上述 SRL 整合風場資料應用於 2013 年海燕颱風個案暴風圈大小評估之分析，如圖 5 所示，將風速值高於 30 knots 的範圍以色階表示，參考 JTWC 發布的颱風中心定位，由中心向外 5 個緯度的範圍作軸對稱平均，計算出 R30 及 R34 暴風半徑的大小。圖 5a 和 5b 為 2013 年 11 月 7 日海燕颱風尚未登陸菲律賓群島的風場觀測，圖 5c 和 5d 為 2013 年 11 月 9 日颱風通過菲律賓群島後的觀測風速，根據 R30 及 R34 大小的變化可以看到颱風在通過陸地後暴風圈有變大的

現象。進一步地分析距颱風中心 100 公里的外圍平均風速剖面(圖 6)，發現颱風通過菲律賓後的風速剖面(橙線)的涵蓋範圍比通過前(藍線)大，也就是說颱風經過陸地的破壞後，近中心最大風速雖然變弱，但整體強風涵蓋範圍(壯度)反而變大了。另外，也加入了 JTWC 和 JMA 於 2013 年 11 月 6 日至 11 月 9 日針對海燕颱風暴風圈及近中心最大風速的估計(圖 7)，兩作業警報單位之最大風速強度估計的趨勢是一致的，颱風在通過陸地後中心強度明顯減弱，而暴風半徑方面 JMA 的估計跟散射儀整合風場一致都增加，而 JTWC 的估計較為保守，登陸前後的暴風半徑維持一樣。此外，海燕颱風在通過菲律賓群島之後暴風半徑增大的現象，在 Hurricane WRF (HWRF) 預報中也有出現類似的結果(圖未示)。

為了探究造成颱風通過陸地後暴風圈增大的環境條件及物理機制，使用 WRF model 針對海燕颱風進行模擬。實驗設計使用三層網格，解析度分別為 30、10 和 3.33 公里，內兩層網格則使用追蹤颱風中心位置的移動網格，模擬時間為 2014 年 11 月 4 日 00 UTC 至 11 月 10 日 00 UTC 共計 144 小時，分成原始地形(CTL)和無菲律賓地形(OP)兩組實驗進行模擬，其模擬結果如圖 8 所示。CTL 和 OP 兩組實驗的路徑非常接近，和 JMA 所公布之路徑相比略為偏北(圖 8a)。在強度(海平面最低氣壓)模擬的結果部分，CTL 實驗於 11 月 8 日 00 UTC 大約是颱風接觸到陸地之前強度達到最強，而 OP 實驗在同一時間強度仍持續增強，實驗模擬與 JMA 公布之最大強度約差了 20~30 hPa 左右，且由強度開始遞減的時間點來看，CTL 實驗颱風移動速度及接觸陸地的時間較慢(約 6-12 小時)，但並不影響本研究對於颱風通過陸地前後之風場演變的分析。就 R30 和 R34 的分析結果如圖 8c,d 所示，OP 實驗因為沒有菲律賓地形的干擾，颱風的暴風半徑穩定的持續增加，峰值約出現於模擬時間的第 130 小時；CTL 實驗在受菲律賓地形影響期間，明顯暴風半徑的成長受阻，但是在颱風通過地形之後，暴風半徑再次的開始擴大，峰值出現的時間比 OP 實驗晚，大約出現在模擬時間的第 135-140 小時左右。

## 五、總結與討論

研究中使用 NASA JPL 所提供之 25 公里解析度的 ASCAT 和 OSCAT 散射儀風場資料進行驗證比對及資料整合，兩散射儀比對結果顯示，OSCAT 於弱風環境下風速有些微高估的趨勢，而在強風環境時則存在明顯地低估現象，但兩者在 5-20 m/s 之中等風速區間資料吻合度極高，此特性有助於在本研究將使用散射儀風場於颱風 R30 或 R34 的分析應用。另外，兩散射儀風場經過 SRL 資料整合後的結果，可以獲得更完整且空間覆蓋度更廣的風場資料，有效改善單一散射儀掃描帶間隔過大的問題(尤其是 ASCAT)。緊接著利用 SRL 整合風場配合軸對稱分析，觀察 2013 年海燕颱風通過菲律賓群島前後之暴風圈的變化，此外也加入了 JTWC、JMA、HWRP 及 WRF 等多種平台的分析，證實了 SRL 整合風場的應用，可以有效觀測颱風受陸地影響前後之暴風圈大小的演變過程。

過去 Brand and Blelloch (1972) 曾統計分析 1960~1970 年間颱風通過菲律賓前後之最外圈封閉等壓線(radius of the outer closed surface isobar, ROCI)大小的變化，統計結果發現颱風在通過菲律賓之後，絕大部分個案之 ROCI 會變小，只有少部分(約 17%)個案 ROCI 是變大的現象。本研究也透過 JTWC、JMA 及散射儀觀測資料，分析了 2010-2013 年間通過菲律賓前後之颱風 R34 大小的變化，在 15 個通過菲律賓群島的颱風當中，有 5 個颱風 R34 暴風半徑在通過陸地之後是增加的。就上述的統計顯示颱風在通過菲律賓群島之後，暴風圈大小會增加的個案其實佔少數，但到底造成該現象的天氣條件為何？未來希望進一步地結合觀測與模式模擬的分析，釐清造成颱風通過菲律賓之後暴風圈增加之有利的環境因子和物理機制。

## 六、參考文獻

Brand, S., J. W. Blelloch, 1973: Changes in the Characteristics of Typhoons Crossing the Philippines. *J. Appl. Meteor.*, 12, 104–109. doi:http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(1973)012<0104:CITCOT>2.0.CO;2

Bentamy, A., D. Croize-Fillon, and C. Perigaud, 2008: Characterization of ASCAT measurements based on buoy and QuikSCAT wind vector observations. *Ocean Sci.*, 4, 265–274.

Bentamy, A., S. A. Grodsky, J. A. Carton, D. Croizé-Fillon, and B. Chapron, 2012: Matching ASCAT and QuikSCAT winds. *J. Geophys. Res.*, 117, C02011, doi:10.1029/2011JC007479.

Brennan, M. J., C. C. Hennon, and R. D. Knabb, 2009: The operational use of QuikSCAT ocean surface vector winds at the National Hurricane Center. *Weather Forecasting*, 24, 621–645, doi:10.1175/2008WAF222188.1.

Chavas, D. R. and K. A. Emanuel, 2010: A QuikSCAT climatology of tropical cyclone size. *Geophys. Res. Lett.*, 37, L18816, doi:10.1029/2010GL044558.

Chan, K. T. F., J. C. L. Chan, 2012: Size and Strength of Tropical Cyclones as Inferred from QuikSCAT Data. *Mon. Wea. Rev.*, 140, 811–824.

Chou, K.-H., C.-C. Wu, P.-H. Lin, and S. Majumdar, 2010: Validation of QuikSCAT wind vectors by dropwindsonde data from Dropwindsonde Observations for Typhoon Surveillance Near the Taiwan Region (DOTSTAR). *J. Geophys. Res.*, 115, D02109, doi:10.1029/2009JD012131.

Chou, K.-H., C.-C. Wu, and S.-Z. Lin, 2013: Assessment of the ASCAT wind error characteristics by global dropwindsonde observations. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 9011–9021, doi:10.1002/jgrd.50724.

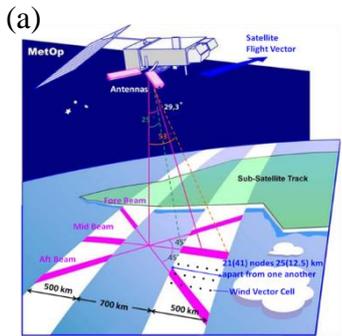
Ebuchi, N., H. C. Graber, and M. J. Caruso, 2002: Evaluation of wind vectors observed by QuikSCAT/SeaWinds using ocean buoy data. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 19, 2049–2062, doi:10.1175/1520-0426(2002)019<2049:EOWVOB>2.0.CO;2.

Hawkins, J. D., and P. G. Black, 1983: Seasat scatterometer detection of gale force winds near tropical cyclones. *J. Geophys. Res.*, 88, 1674–1682, doi:10.1029/JC088iC03 p01674.

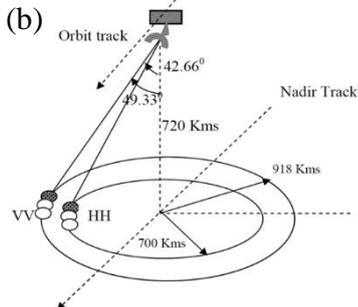
Liu, K. S., and Johnny C. L. Chan, 1999: Size of Tropical Cyclones as Inferred from ERS-1 and ERS-2 Data. *Mon. Weather. Rev.*, 127, 2992–3001, doi:10.1175/1520-0493(1999)127<2992:SOTCAI>2.0.CO;2.

Weissman, D. E., B. W. Stiles, S. M. Hristova-Veleva, D. G. Long, D. K. Smith, K. A. Hilburn, W. L. Jones, 2012: Challenges to Satellite Sensors of Ocean Winds: Addressing Precipitation Effects. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 29, 356–374.

## 七、附錄(圖表說明)



Source : ASCAT wind product user manual (2012)



Source : OSCAT wind product user manual (2012)

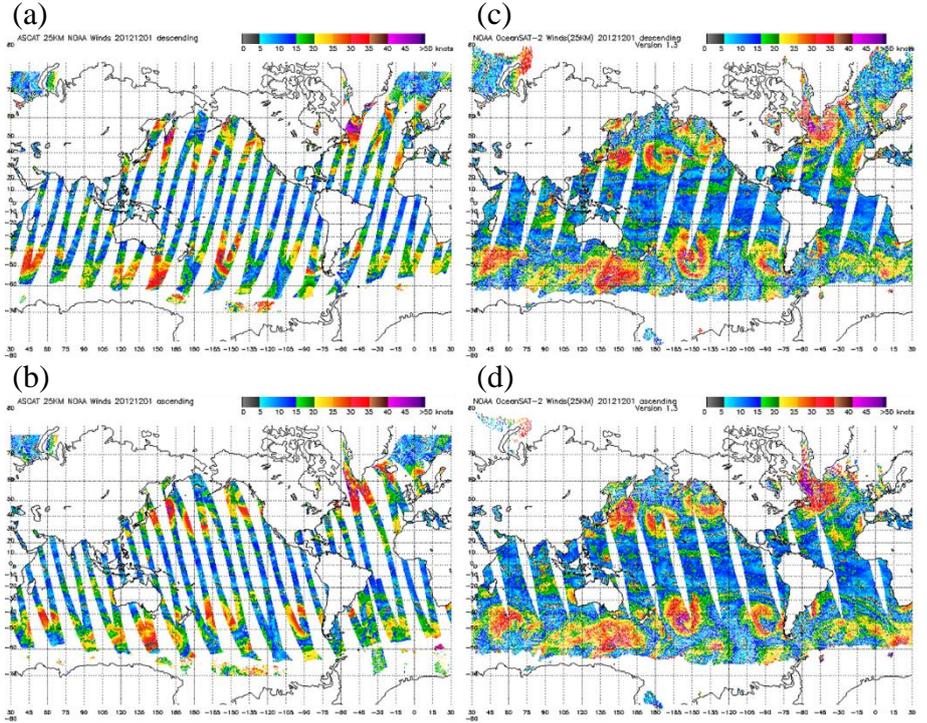


圖 1 (a) ASCAT 和(b) OSCAT 衛星  
散射儀器與掃描帶示意圖。

圖 2 (a)(b) ASCAT 及(c)(d) OSCAT 每天於全球洋面之掃瞄帶的空間幾何分佈。資料來源：<http://manati.star.nesdis.noaa.gov/>

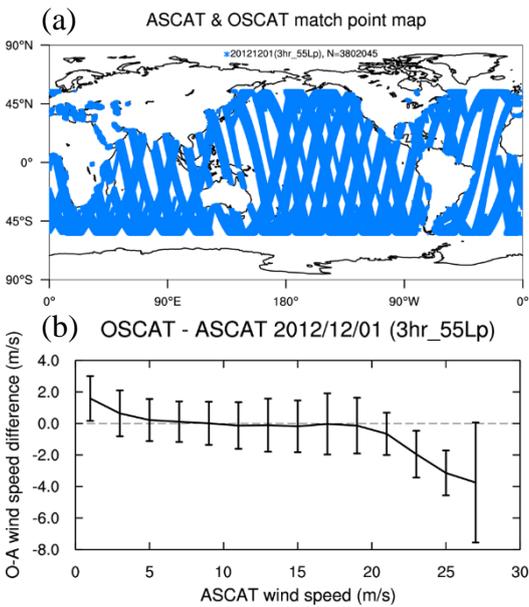


圖 3 ASCAT 與 OSCAT 比對之有效樣本(a)  
空間分布和(b)平均誤差及標準差。

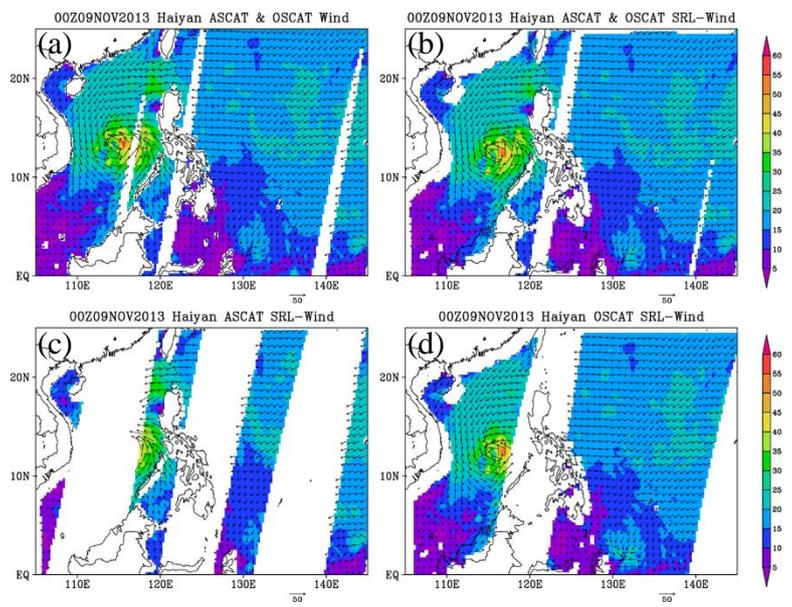


圖 4 ASCAT 與 OSCAT(a)未修正之整合風場及(b)相對颱風位置  
修正(SRL)之整合風場，(c)(d)分別為 ASCAT 和 OSCAT 個別  
SRL 之整合風場。

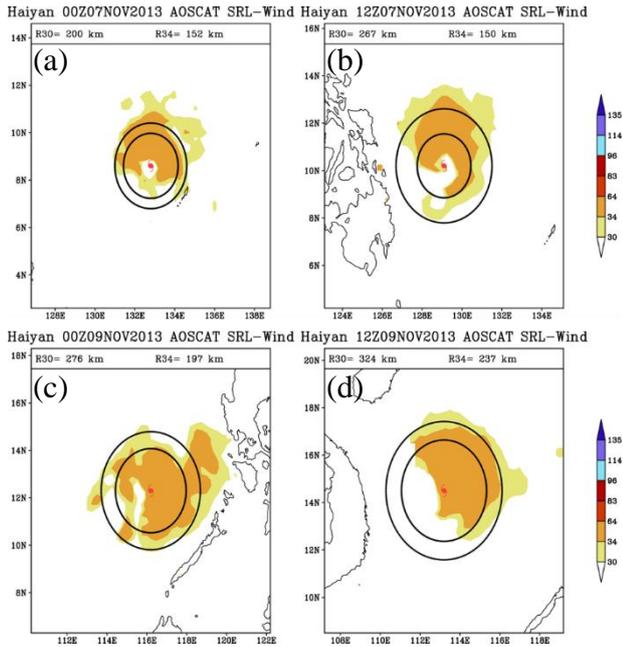


圖 5 ASCAT 與 OSCAT 於 2013 年海燕颱風個案經 SRL 之整合風場觀測資料，通過菲律賓群島 (a)(b)前、(c)(d)後之 30 knot(R30)與 34 knots (R34)暴風半徑估計。

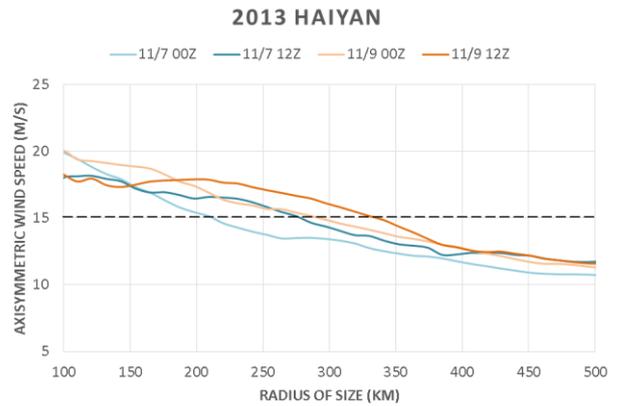


圖 6 2013 年海燕颱風個案 SRL 之整合風場資料通過菲律賓群島 (a)(b)前、(c)(d)後外圍的軸對稱平均風速分析。

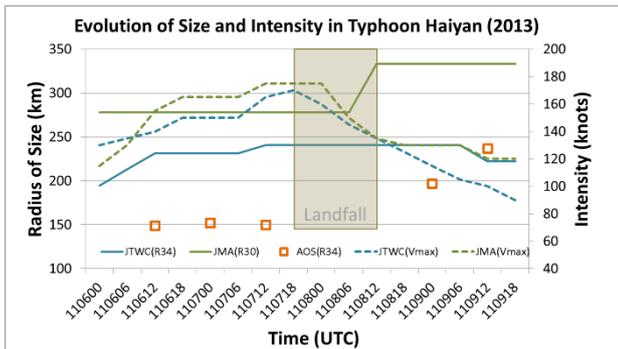


圖 7 2013 年海燕颱風於通過菲律賓群島前後，JTWC、JMA 和 SRL 整合風場估計之暴風半徑和近中心最大風速的演變過程。

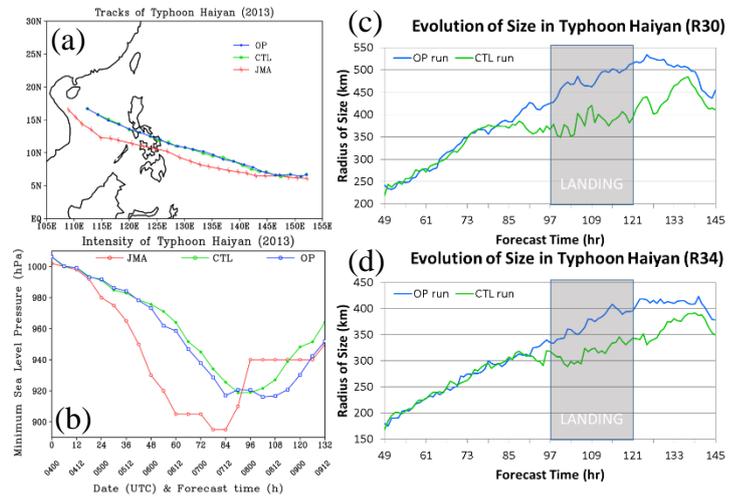


圖 8 2013 年海燕颱風個案的 WRF 數值模式模擬之 (a) 路徑、(b) 海平面氣壓、(c) 30 knots 及 (d) 34 knots 暴風範圍之演變過程。