

# 利用高頻測流雷達觀測颱風期間海表面流場變化—以蘇力颱風為例

郭天俠、楊穎堅\*、王青、汪威

國立臺灣大學海洋研究所

## 摘要

蘇澳、漢本兩高頻雷達海流監測站自100年4月11日起，至今已連續在臺灣東北部海域觀測並記錄三年多的表層海流資料。本文闡述雷達觀測期間，颱風來襲前後海表面流場隨風場的變動。由於颱風期間無法從事海上觀測作業，藉由遙測海流資料，可以有效觀察上層海洋對於風場變化之反應，以及雷達量測流場與其他觀測資料之差異。

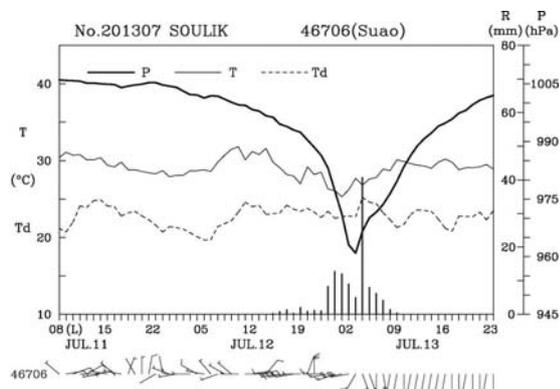
關鍵字：高頻雷達、颱風、表面海流

## 一、前言

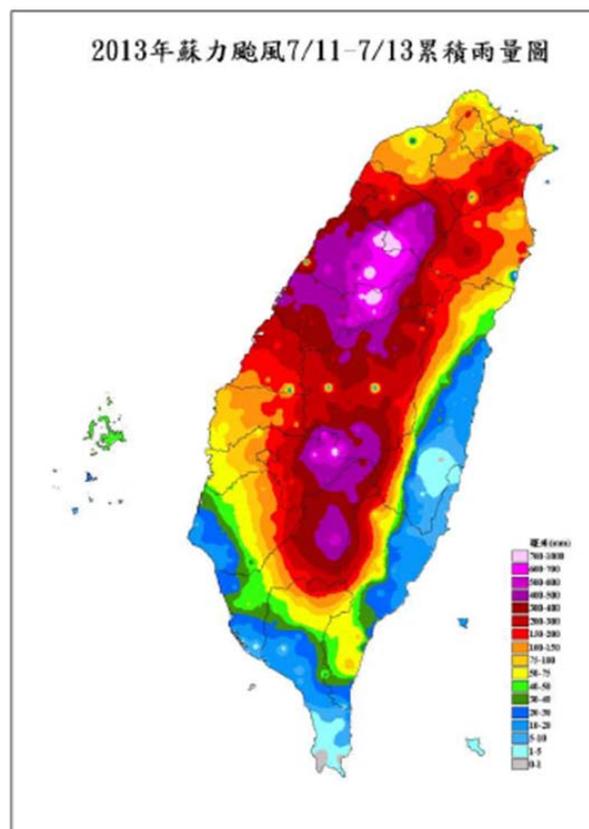
蘇澳、漢本兩CODAR高頻雷達海流監測站自100年4月11日起，至今已全年無休地連續在臺灣東北部海域觀測並記錄三年多的表層海流資料。監測站緊鄰海濱，為無人測站，長期受到烈日曝曬、與高鹽份海風日夜吹拂，安置於室外之設備及周邊硬體皆需謹慎的定期保養；然而，雖然遙測系統之維護管理甚屬不易，其卻可提供長時間、大範圍之表面海流資料，於極端或惡劣的天災發生時，只要經過謹慎評估與事先防範，高頻雷達可有效探測到寶貴的激烈天氣情報，如颱風即為一例。本文展示蘇力颱風期間，高頻測流雷達量測之臺灣東北部海域的海表面流場變化，討論雷達量測海表面受颱風影響之特性。

## 二、蘇力颱風

2013年7月11日，颱風蘇力(SOULIK)自太平洋中央、約東經145度，北緯20度附近生成，持續往西北西移動並不斷增強，至距離臺灣1000公里處成為強烈颱風，中心最大風速高達51 m/s，接近臺灣東北部海面時強度略減為中度颱風，略為向西北移動，並在臺灣標準時間13日3時於宜蘭登陸，8時於新竹出海，16時朝福建方向進入大陸(摘自中央氣象局颱風資料庫)。圖一為蘇力颱風期間中央氣象局蘇澳測站風向、風速、雨量、溫度、露點、氣壓等逐時氣象資訊，圖二為累積雨量分佈(取自中央氣象局颱風雨量報告)。



圖一、蘇澳站氣象要素逐時變化圖(中央氣象局)。

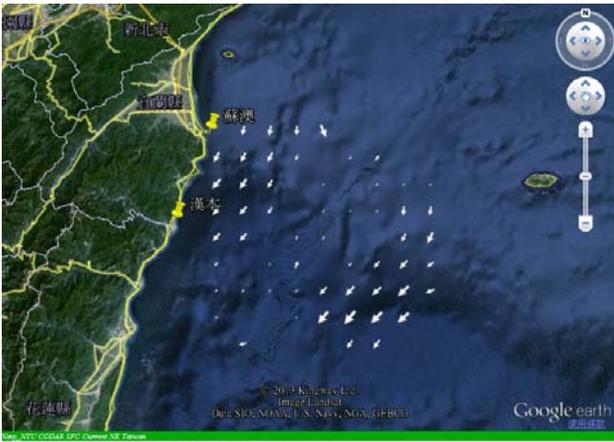


圖二、蘇力颱風期間(2013年7月11日至7月13日)全臺各地累積雨量分佈圖(中央氣象局)。

於蘇力颱風肆虐期間，幾乎所有海上觀測作業皆暫時停擺，近颱風路徑之船隻也需駛離，在颱風暴風圈半徑內的海表面流場變化，僅有岸基雷達較有機會獲得大範圍的即時觀測海流。

## 三、CODAR雷達系統

蘇澳及漢本遙測系統自2011年4月起正式運作，雷達站位置如圖三所示，雷達原始資料經過篩選、校正、轉換後得出徑向海流，再將兩站徑流回傳至中控系統(目前設置於臺灣大學海洋研究所)並網格化成得出4小時平均之逐時表面流場(Fang et al., 2011)，並自動上傳至即時展示網頁(<http://codar.oc.ntu.edu.tw>)。



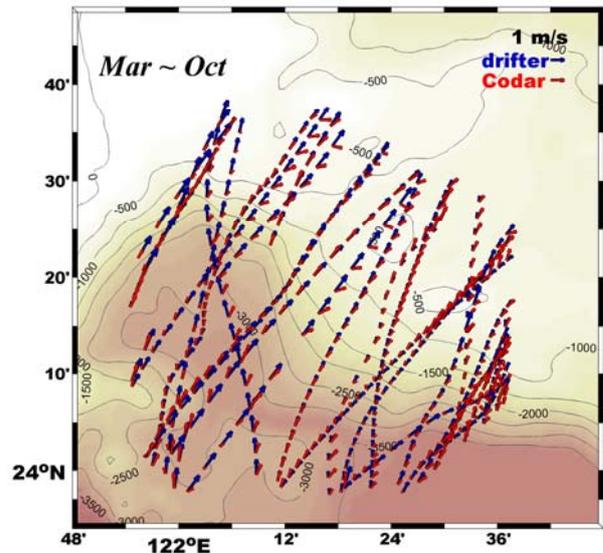
觀測時間(GMT): 2013-07-12-1000Z

圖三、蘇澳與漢本雷達觀測區網格分佈示意圖。擷取自即時展示網頁<http://codar.oc.ntu.edu.tw>。

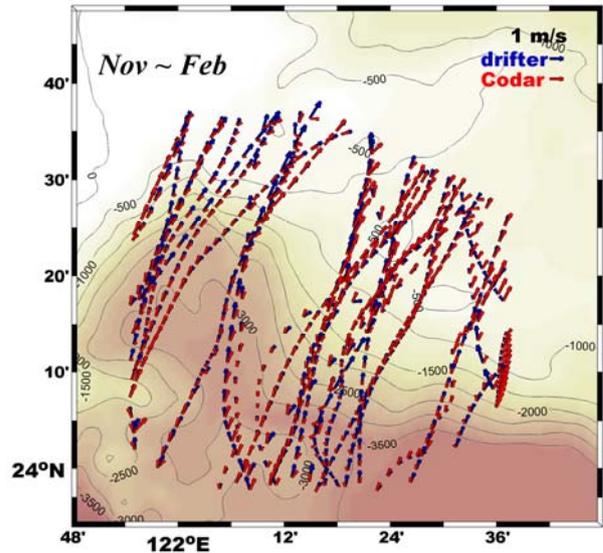
由於這些大面積、高解析度網格化的表面逐時海流資料十分有限，較難與其它類似觀測資料比較，目前最常見的是與GPS浮標軌跡驗證，雖然浮標觀測深度不同(其中以水下15公尺數量最多)，且採樣範圍不一(由單一測線上漂流軌跡推算)，但數量愈多，則仍據有統計意義。自2011年4月至2013年6月為止，本研究已蒐集漂經觀測海域且資料品質為優的浮標共計64組，包括GDP全球浮標計畫(Global Drifter Program)所施放的SVP浮標(Lumpkin and Pazos, 2006)以及SVP (Surface Velocity Program)浮標，這些浮標資料均係由美國國家海洋大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)負責資料品管與維護，各浮標之測量深度為水下15 m，NOAA所釋出之浮標軌跡與相關參數資料的時間間隔為6小時(Hansen and Poulain, 1996)。這64組浮標漂經觀測海域之時間分佈為春夏期間(3至10月)共31組，強東北風冬季(11至2月)共33組，其漂流速度與同時間CODAR雷達觀測流速分佈分別如圖四、圖五所示。

由圖可見，無論冬或春夏季，CODAR測得之流速在遠離測站的觀測區東邊界邊緣處與浮標漂流速度差異較大，因僅能利用CODAR觀測邊緣的幾個觀測格點進行一維內插或外插有關，此時插值誤差易被放大，因此比對結果較無意義。另一方面，若將浮標資料按照上述之分季方式與CODAR同時間同點位所測流速、流向整體比對，其結果如圖六所示，顯示春夏季期間浮標漂流速度平均較CODAR觀測流速大20%；至於11月至2月期間CODAR與浮標的平均流速相對差值僅約7%左右。可能與春夏期間颱風經過或梅雨季強降雨，造成分層海流垂直變化增大有關。

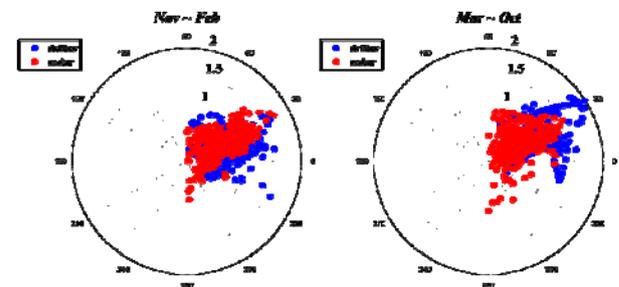
整體而言，儘管雷達表面海流流速量測結果普遍較浮標漂流速度為小，原因其一為CODAR資料係經過多次時間與空間平均處理，但浮標流速則取決於其軌跡點位之時間間隔，且二者差值相對穩定且不隨時間發生急劇變化；至於流向方面，浮標和雷達所測並無明顯的系統性差異，二者流向多集中東北方。此結果說明CODAR海流與三年來64組浮標觀測之物理性質一致，雷達量測誤差亦在可接受範圍內。



圖四、春夏時節(3月到10月間)流經CODAR觀測海域且資料品質為優的漂流浮標流速(藍色，深度為15 m)與同時間CODAR觀測流速(紅色，相當水下1 m)比較。



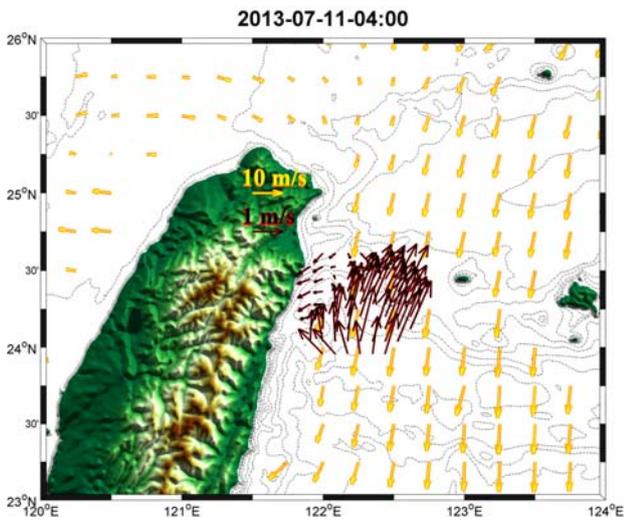
圖五、同圖四但為強東北季風之冬季(11月到2月)。



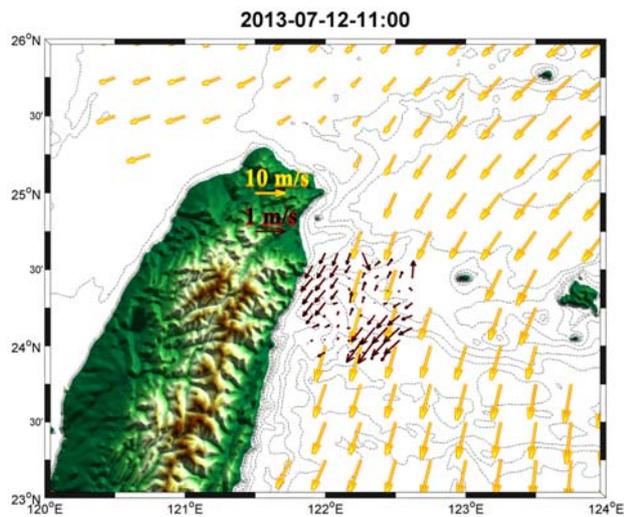
圖六、11至2月強東北季風期間(左)、3至10月春夏季間(右)，CODAR流速(紅)與浮標流速(藍)比較。

#### 四、表面海流觀測結果

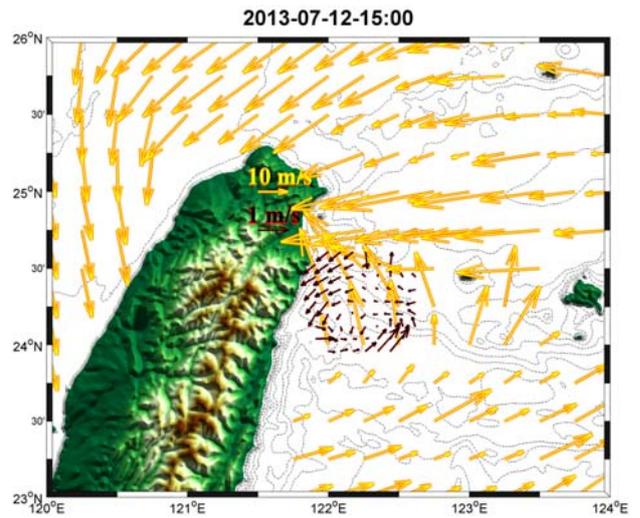
由圖一可知，颱風中心於臺灣標準時(TST)7月13日3時左右最接近位於蘇澳沿海的氣象觀測站，也就是世界時(UTC)7月12日19時，而海面氣壓受其外圍環流影響，於UTC時間11日14時開始下降，東北沿岸近海感受風力影響更早也更明顯。如圖七為11日4時(UTC)的雷達觀測表面流(深紅色箭矢)和11日2時至5時之Oceansat-2 Scatterometer (OSCAT, Jaruwatanadilok, et al., 2013)風速向量(橘黃色箭矢)分佈，此時強颱風蘇力暴風中心距雷達觀測海域約900公里，外圍風系開始影響臺灣東北海面，但時間尚短，測得海流仍以由南向北流經臺灣東岸的黑潮為主要成份(同前圖六所示)，最大流速約1.5 m/s。



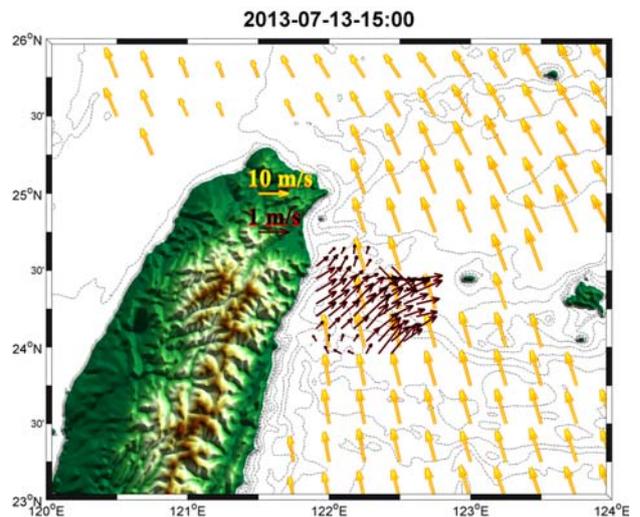
圖七、2013年7月11日4時(UTC)之CODAR雷達觀測表面流(深紅色箭矢)以及Oceansat-2 Scatterometer (OSCAT, Jaruwatanadilok, et al., 2013)風速向量(橘黃色箭矢, 取樣時間為7月11日2至5時)分佈。



圖八、同圖七，但為7月12日11時(UTC)，風速資料取樣時間為11日14時至12日11時(此時颱風中心已更接近雷達觀測海域)。



圖九、同圖七，但為7月12日15時(UTC)，風速資料取樣時間為12日14時至16時。



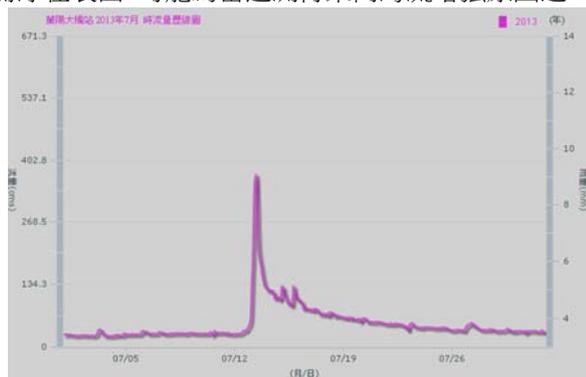
圖十、同圖七，但為7月13日15時(UTC)，風速資料取樣時間為13日13時至16時。

而30小時以後，颱風中心已接近觀測海面，但移動速度減慢，風力作用於海面時間延長，海面水流受風向影響，呈現180度反轉向南流，最大流速約1 m/s，如圖八所示。

颱風登陸時，最大風速達48 m/s，且開始加速轉向西北移動，受到如此強大、持續改變的外力影響下，海面流況呈現逆時針渦旋狀分佈(如圖九)，中心流速最小，僅約0.1 m/s，四周則約0.5 m/s至1 m/s。由於早期臺灣附近颱風經過的表面海流資料甚少，其中物理過程與動力機制值得後續探討。

7月13日15時(UTC)，蘇力颱風已登陸福建並逐漸遠離，由圖十可知，此時表面海流尚未調整回到由南向北流的平均狀態，而是出現較強的東西向流速由陸地離岸流向海。初步推測可能原因之一或許與蘇力颱風帶來的強降雨有關。圖十一為經濟部水利署提供的蘭陽溪沿岸蘭陽大橋站2013年7月河川流量時序列(橫軸單位為臺灣標準時間)，其中13日9時洪峰流量高

達370 cms，如此大量低鹽分淡水沖入海中，因密度低而浮在表面，可能為雷達測得東向海流增強原因之一。



圖十一、經濟部水利署2013年7月蘭陽溪流域之蘭陽大橋站逐時河川流量時序。

## 五、結語

本文以蘇力颱風為例，利用高頻測流雷達觀測結果，探討颱風期間表面海流變化與颱風位置的關係。由於颱風期間無法從事海上觀測作業，藉由遙測海流資料，可以有效觀察上層海洋對於風場變化之反應。未來期可收集更多不同種類的觀測資料，比較其中差異與相關性，彌補單一觀測之不足，以進一步更深入的討論相關動力。

## 六、謝誌

本研究係科技部研究計畫103-2611-M-002-012與103-2623-E-002-013-D提供研究經費，作業期間承海巡署北巡局、海巡署北巡局白來分安檢所等大力協助，在此一併致謝。

## 七、參考文獻

- Fang Y.-C, J. Wang, Y.-J. Yang, J.-C. Mau, and M.-J. Huang, 2011, "Preliminary Results of CODAR Surface Current Observations Northeast of Taiwan", International Workshop on Operating System for Marine Environment Monitoring and Forecasting, 59-77.
- Hansen, D.V. and P.-Marie Poulain, 1996 : "Quality Control and Interpolations of WOCE/TOGA Drifter Data", Journal of Atmospheric and Oceanic Technology., 13, 900-909.
- Lumpkin, R. and M. Pazos, 2006 : "Measuring surface currents with Surface Velocity Program drifters: the instrument, its data, and some recent results". In: Lagrangian Analysis and Prediction of Coastal and Ocean Dynamics (LAPCOD) ed. Griffa, A., A. D. Kirwan, A. J. Mariano, T. Ozgokmen, and T. Rossby, Chapter 2.
- S. Jaruwatanadilok, B. W. Stiles, and A. G. Fore, 2013, "Cross calibration between QuikSCAT and OceanSAT-2." submitted to IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.