

台灣東部外洋颱風季節海流觀測資料的初步探討

饒國清¹ 施孟憲² 黃清哲³ 滕春慈⁴

¹ 國立成功大學近海水文中心組長

² 國立成功大學近海水文中心工程師

³ 國立成功大學水利及海洋工程學系教授及近海水文中心主任

⁴ 氣象局海象測報中心主任

摘要

本文利用中央氣象局在東部海域 300 公里外，水深約 5600 m 處的深海資料浮標，於 2012 年 7 月至 10 月之間所觀測到的海流資料，分析颱風季節海流特性。根據浮標在 7~10 月間觀測到的海流資料，以長週期 MM 及 MSF 分潮及全日潮流為主要成分，但在颱風通過浮標期間，區域性風場造成的風驅流快速成長，且轉為海流最大成分。此外在秋季的 9~10 月平日風速達 10.0 m/s 時段，風驅流也轉趨明顯，然而夏季 7~8 月平日的風驅流並不明顯。最後本文分析 2012 年 2 個颱風期間浮標流速變化，發現當颱風最接近浮標時會測到最大流速；颱風通過時或是離開浮標一段時間後，浮標所在海域皆觀測到 2 個順時針海流渦旋。這可能是因為颱風汲取海上的熱量後，造成水溫下降，並與鄰近較高溫度水團混合，而形成的海流渦旋。但此海流渦旋規模只有此海域中尺度渦旋的 1/10，這之間相關性與差異，未來仍需要更多資料來加以探討。

關鍵詞：深海資料浮標、風驅流、海流渦旋、中尺度渦旋

Preliminary Study for Ocean Current Data at the Offshore of Eastern Taiwan during Typhoon Season

Kuo-Ching Jao* Mon-Shen Shi Ching-Jer Huang Terng-Chuen Tey

* Leader of R&D Department, Coastal Ocean Monitoring Center, National Cheng Kung University

ABSTRACT

The ocean current data in July to October 2012 were analyzed to study the characteristic of ocean current during typhoon season in this paper for eastern Taiwan data buoy of Central Weather Bureau which was deployed at the 300 km offshore and 5600 m water depth. The main ingredients of ocean current are MM, MSF and Diurnal tidal components according to ocean current data from data buoy in July to October 2012. While, when the typhoon passes by the data buoy, the wind-driven current will grow up rapidly due to local wind field, and be the main component of ocean current. Furthermore, the daily wind speed reaches 10 m/s in September to October during Autumn, the wind-driven current becomes obvious, but the daily wind-driven current is not obvious in July to August during Summer. Finally, ocean current data of the buoy during two typhoon periods in 2012 are analyzed, the max. ocean current velocity is obtained when the typhoon gets close to the buoy, and two clockwise eddies are observed when typhoon gets close to the buoy or leaves the buoy. It is perhaps because that water temperature drops as the heat energy is extracted by the typhoon, and mixed with the high temperature water mass nearby forming current eddy. While its scale is 1/10 of the mesoscale eddy, and more information is needed to investigate the difference between them.

Keywords: Deep ocean data buoy; Wind-driven current; Ocean current eddy; Mesoscale eddy

一、前言

台灣四周的海流型態不同，這是因為洋流、潮流及區域性風驅流在時空上的分布差異，造成台灣東西部及南北端海域海流皆不相同。洋流在台灣四周的夏季期間主要有由南向北流黑潮及南海海流，其中，黑潮還分為台灣東岸黑潮主流及台灣西岸的黑潮支流。冬季時期洋流除了由南向北流的黑潮外，還有由北南下的中國沿岸流，南北洋流在澎湖以北海域交會。台灣四周潮流部分，與潮差大小有關。在台灣海峽中部，從東邊台中至西邊金門的海域的潮差最大，其潮流速度也最大，台灣東部潮差次之，台灣東北及西南部潮差最小，潮流也最小。至於季風或區域風場所造成風驅流與風場強弱有關，一般來說，颱風所造成風驅流最大，東北季風的風驅流次之，西南季風期間風驅流最不明顯。

海域上海流特性是以現場調查為主要方法。台灣周遭海流調查大部分是採用底錠式海流儀方式，至於台灣外洋海流調查則是以船及漂流式浮標調查方式為主，但這種調查方式無法長期而完整蒐集外洋特定海域海流資料，以進一步討論海流分布及特性。然而氣象局設置的台東外洋資料浮標已於 2006 年珊瑚颱風發布海上警報期間，提供了第一手觀測資料，氣象局因能掌握颱風的規模及強度（李汙軍等，2007），並於 2010 年起加入氣象局作業化浮標觀測網之中，扮演東部海域海象重要觀測站，2012 年起整合剖面流速儀，可作為東部外洋長期海流觀測，期間歷經中度颱風天秤及強烈颱風杰拉華通過此海域，皆蒐集到完整海流資料。此外，在台灣東部海域海流相關研究中，Roemmich (2001) 利用衛星資料之相關研究，發現緯度 22 度海域存在中尺度渦流(Meso-scale eddy)，是因為黑潮與暖水團交互作用所造成海流旋轉現象，渦流直徑超過 100 公里，渦流環流速度在 10~30 cm/s。

台灣位於颱風常侵襲地區，每年的 4 月到 11 月常有影響台灣的颱風。其中根據氣象局 1958 年至 2012 年的資料統計，每年平均有 3~4 個颱風侵襲台灣地區，而颱風侵台次數的百分比超過 10%(含)以上依序分別為 8、7、9 及 10 月，其中 7 及 8 月為夏季、9 月及 10 月為秋季，這些月分本文統稱為台灣的颱風季節。本文希望透過蒐集台東外洋資料浮標在 2012 年颱風季節期間的海流及風速觀測資料，對

於東部海域的洋流、潮流、風驅流與渦流現象做初步探討。

二、台東外洋資料浮標

2.1 浮標位置與功能

台東外洋資料浮標位置決定是根據近十年通過台灣附近的颱風路徑統計而定，平均影響或侵襲台灣本島之颱風有超過 67%於侵台之前通過台灣東方之海域，由台灣東岸海域西行為最常發生之侵台颱風路徑。在考量可提前 24 小時掌握這些颱風環流特性，所以 2009 年起將資料浮標位置確定於台東的東南邊約 300 公里處(如圖 1)，水深達 5600 公尺，如此可協助預報員提早掌握颱風環流暴風半徑的大小，提昇颱風未來動向預報的能力。

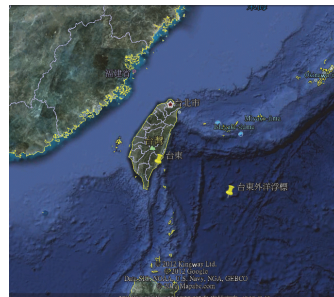


圖 1 台東外洋資料浮標位置圖

2.2 浮標觀測系統

台東外洋資料浮標觀測項目包括兩組風速風向計、一組波浪儀、一組氣壓計、一組全球衛星定位系統、一組氣溫計及兩組水溫計。此外考量東部外洋為黑潮主要影響區域，所以 2012 年起亦新增一組剖面流速儀。

2.3 浮標監控品管

為了確保資料品質與正確性，安裝在浮標系統的觀測儀器皆通過氣象局檢校中心的檢校合格，並與標準站於浮標出廠前進行 7 天以上資料比對合格。外洋浮標資料在整點 10 分後透過衛星自動發報回傳至監控中心後，隨即由自動監控程式將資料自動品管與累積即時回傳近 24 小時的觀測成功率，並由專人定時執行人工品管，確認及過濾回傳資料的品質。

三、研究方法

3.1 風速分析方法

資料浮標風速觀測為整點前 10 分鐘記錄一次，取樣頻率為 2 Hz，平均風速為 1,200 點原始資料平均值，平均風向為 1,200 點原始風向資料以向量法相加後平均值，陣風為 1,200 點原始資料中每 3 秒之平均值，其平均最大值即為陣風值。

3.2 海流觀測及分析

ADCP 的觀測原理為利用音鼓發射出固定頻率之聲波，當此聲波在水中碰到隨著海流移動的微小顆粒或懸浮物體時，該聲波將產生反射並傳回儀器，該聲波會改變頻率，將可依都卜勒效應公式，計算出海流流速。觀測的流速剖面資料為取樣頻率為 0.5Hz，每 6 分鐘計算 1 筆平均值，每筆流速剖面資料為每 1m 一層，流速資料標準偏差為 0.5 cm/s。

四、結果與討論

4.1 夏季海流變化分析

本節主要探討是颱風最常侵襲 7~8 月的夏季海流特性，根據台東外洋資料浮標在 2012 年 7 月至 8 月的夏季海流資料，計算出夏季潮流橢圓。夏季潮流橢圓由圖 2 可看出，最大潮流為 27.6 天的 MM 分潮，漲退潮方向約為東北東及西南西，分潮最大潮流流速 9.8 cm/s，其次為全日潮分量 K1、O1 及週期 14.8 天 MSF 分潮，分潮最大潮流流速各為 6.3 cm/s、5.4 cm/s、5.2 cm/s。

本文挑選 2012 年 7 月 13 日至 8 月 31 日浮標的夏季海流及風速資料，包括海流流速、流向及風速、風向等變化，如圖 3 所示。依照圖 3 海流流速變化可得知，7 月海流變化幅度較大，且觀測期間夏季最大流速發生在 7 月 23 日 16 時達 118.7 cm/s，但當時風速只有 6.9 m/s，顯示當時區域風場不是海流主要成因。進一步比對觀測期間夏季海流及風速變化，發現兩者之間變化趨勢不盡相同，只有在颱風影響期間，才較有相關性。根據圖 3 海流流向及風速風向變化，瞭解到海流與風速變化方向沒有存在一定相關性，只有在 7 月底蘇拉颱風及 8 月 21 日天坪颱風期間，海流方向約為向西流，而同時風向為從東往西方向吹，兩者之間才具相關性。

此外，從圖 4 夏季海流頻譜分析可得知，全日潮能量明顯，且另外存在週期達 7~27 天的海流。這

些成分海流除了與潮流 MM 及 MSF 分潮有關連外，也可能是颱風所造成 7 天週期的風驅流與洋流。然而上述分析都證實本海域夏季平日的區域性風驅流不明顯情形。

綜合上述比對分析，夏季海流以長週期 MM 及 MSF 分潮及全日潮流主導，颱風影響期間，區域性風場造成的風驅流則轉趨明顯。

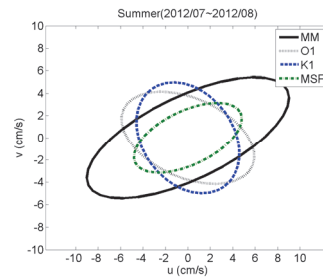


圖 2 台東外洋浮標 2012 年 7~8 月潮流橢圓

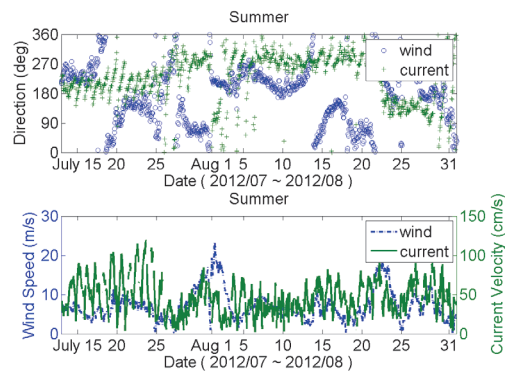


圖 3 台東外洋浮標 2012 年 7~8 月風速及海流變化

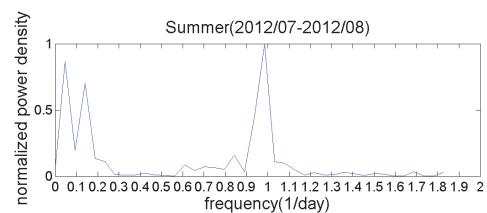


圖 4 台東外洋浮標 2012 年 7~8 月海流頻譜分析

4.2 秋季海流變化分析

本節主要探討颱風侵襲頻率季節第二高的 9~10 月秋季海流特性。根據台東外洋資料浮標在 2012 年 9 月至 10 月的秋季海流資料，計算出秋季潮流橢圓。秋季潮流橢圓由圖 5 可看出，最大潮流為 27.6 天的 MM 分潮，漲退潮方向約為北北東及南南西，分潮最大潮流流速 7.0 cm/s，其餘排序為週

期 14.8 日最大潮流流速 4.2 cm/s 的 MSF 分潮、週期 1 日最大潮流流速 3.9 cm/s 的 KI 分潮、週期半日最大潮流流速 3.4 cm/s 的 M2 分潮。這些潮流分量均較夏季分潮來的小。

本文挑選 2012 年 9 月 1 日至 10 月 31 日浮標的秋季海流及風速資料，包括海流流速、流向及風速、風向等變化，如圖 6~7 所示。依照圖 6 海流流速變化可得知，9 月海流變化幅度較小，大部分均在 50 cm/s 以內，且風速與海流變化趨勢較相同主要有兩個波段，包括平日風速達 10.0 m/s 時段及颱風期間。其中平日平均風速達 10.0 m/s 時段為 9 月 15~16 日，風向由從東吹轉從北吹，海流也有同步變大趨勢，最大流速達 50.0 cm/s，流向往西轉南南西，這證實風及流之間相關性。此外在杰拉華颱風影響期間，海流流速明顯大幅成長，研判是當時風速受颱風影響轉大對流所造成，且最大平均風速發生在 9 月 28 日 00 時達 32.8 m/s，最大流速則是發生在 9 月 28 日 02 時達 116.7 cm/s。以上分析顯示 9 月份在風速達 10.0 m/s 時段及颱風期間的兩個波段，區域風場是造成海流主要成因，其他時段則風驅流較不明顯。

根據圖 7 海流流向及風速風向變化，瞭解到 10 月分海流平均流速較 9 月分未受颱風影響平均流速來的大，其中平均風速超過或接近 10 m/s 時段，共有 7~13 日、15~18 日及 24~25 日三個波段。風速第一波段變化為 7~13 日，在 12 日平均風速最大達 16.0 m/s 以上，風向為從北吹，海流最大流速達 77.0 cm/s，流向為往西南西，這種海流為標準風驅流，除受長期穩定風向風場影響外，並受地球自轉柯氏力在北半球會有向右轉向 45 度情形。風速第二波段變化為 15~18 日，平均風速雖然維持在 10.0 m/s，同時間海流流速維持在 30.0~50.0 cm/s，風向保持為從西北至北吹，流向為往南南西至南流。風速第三波段變化為 24~25 日，平均風速雖然接近 10.0 m/s，海流最大流速也接近 50.0 cm/s，風向保持為從東北至東北東吹，流向為往西至西北流。基此，10 月分的這三個波段風驅流以第一波段最明顯，第二及第三波段風驅流則較小，而其他時段的風驅流則不明顯。此外，從圖 8~9 秋季 9~10 月海流頻譜分析可得知，能量分佈最大為週期 27.5 日 MM 分潮，其次是全日潮及週期 14.8 日 MSF 分潮，最後為週期 2~6 日的風驅流。

綜合上述比對分析，秋季海流以長週期 MM 及 MSF 分潮及全日潮流主導，颱風影響期間或是風速達 10.0 m/s，區域性風場造成的風驅流則轉趨明顯。

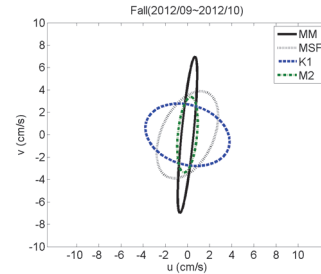


圖 5 台東外洋浮標 2012 年 9~10 月潮流橢圓

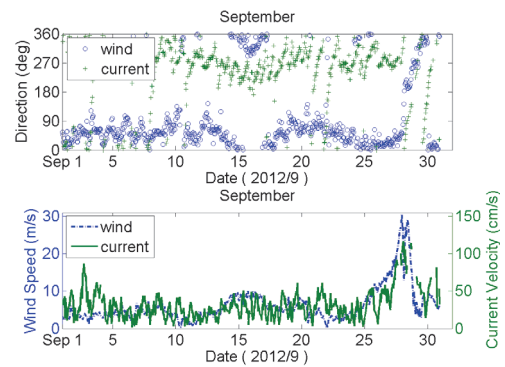


圖 6 台東外洋浮標 2012 年 9 月風速及海流變化

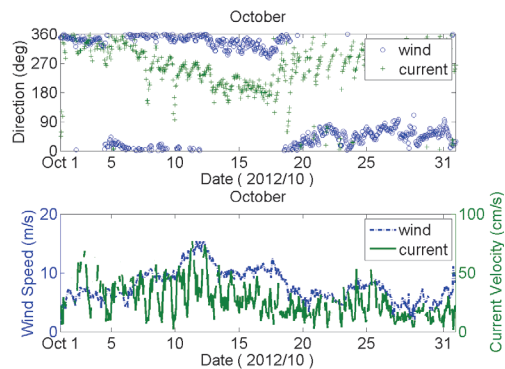


圖 7 台東外洋浮標 2012 年 10 月風速及海流變化

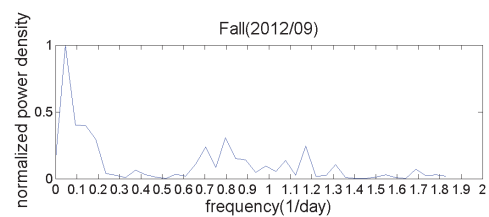


圖 8 台東外洋浮標 2012 年 9 月海流頻譜分析

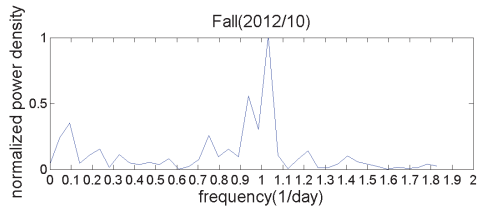


圖 9 台東外洋浮標 2012 年 10 月海流頻譜分析

4.3 颱風期間海流及渦漩變化分析

本文分析颱風季節 2012 年 7 月~10 月，共有蘇拉、天秤及杰拉華等 3 個颱風通過或影響台東外洋資料浮標處，其中天秤颱風路徑特殊，杰拉華為強度颱風，本文以這兩個颱風期間浮標資料分析海流特性。

天秤颱風(國際命名：TEMBIN)警報期間為 8 月 21 日 14 時 30 分至 28 日 23 時 30 分，其中 8 月 22 日通過台東外洋浮標上方海域。根據圖 10 台東外洋浮標在天秤颱風期間的海流變化，瞭解到颱風在浮標附近時流向為自西向轉為南向，而颱風最靠近浮標時，觀測到最大海流流速為 93.6 cm/s、流向 227 度(約西南向)。颱風在台灣及東沙島海域及通過台灣東部海域時，浮標量測到流向保持東南至南向，且有幾個波段變化，當颱風遠離台灣及浮標後，於 29 日凌晨浮標時觀測到最大海流流速為 118.9 cm/s、流向 118 度(約東南東向)。由圖 11 及圖 12 進一步檢視，颱風在遠離台灣北部後，發現 8 月 29 日至 8 月 30 日、8 月 30 日至 31 日兩個時段發生 2 個較明顯的順時針海流渦漩變化，這些渦漩在浮標錨錠位置東南方向，渦漩形狀類似圓形及橢圓形。

杰拉華颱風(國際命名：JELAWAT)警報期間為 9 月 27 日 2 時 30 分至 9 月 28 日 20 時 30 分，其中 28 日凌晨通過台東外洋浮標。根據圖 13 台東外洋浮標在杰拉華颱風期間的海流變化，瞭解到颱風最靠近浮標時，觀測到最大海流流速為 116.7 cm/s、流向 338 度(約北北西向)，且颱風在浮標附近時就開始發生順時針渦流轉向，發生渦流時間提早至颱風影響時段，與蘇拉颱風及天秤颱風不同。此外流速隨颱風離開而轉小。進一步檢視，發現颱風浮標附近開始，由圖 14 及圖 15 所示，發生 2 個較明顯的順時針海流渦流變化，這些渦流在浮標錨錠位置南邊及西南方向，渦流形狀類似圓形及橢圓形。

綜合以上 2 個颱風期間浮標量測到流速變化，歸納出，若颱風移動路徑很靠近浮標，例如杰拉華颱風，則最大流速會發生在颱風於浮標附近時段。颱風靠近浮標時或通過後一段時間，皆有發生 2 個順時針海流渦流，這可能與颱風對當時海域的熱量變化有關，因為颱風通過時會汲取海上的熱量，造成受影響海域水溫偏低，由圖 16 可看出台東外洋浮標在杰拉華颱風期間水溫確實發生下降。浮標所在處低溫水團再與鄰近海域溫度較高水團混合，而形成海流渦流變化。

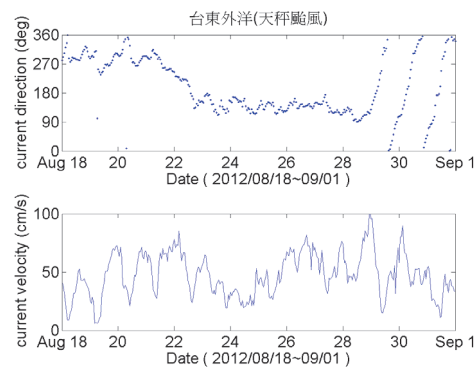


圖 10 台東外洋浮標在天秤颱風期間 (2012/08/18~2012/08/31)海流變化

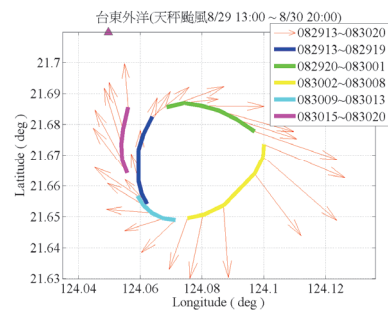


圖 11 台東外洋浮標在天秤颱風期間 (2012/08/29~2012/08/30) 第一個渦流變化

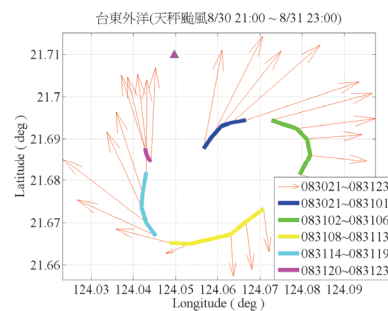


圖 12 台東外洋浮標在天秤颱風期間 (2012/08/30~2012/08/31) 第二個渦流變化

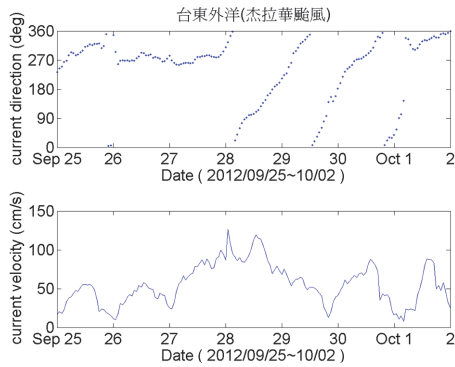


圖 13 台東外洋浮標在杰拉華颱風期間 (2012/09/25~2012/10/01)海流變化

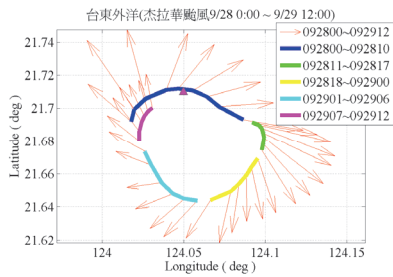


圖 14 台東外洋浮標在杰拉華颱風期間 (2012/09/28~2012/09/29) 第一個渦流變化

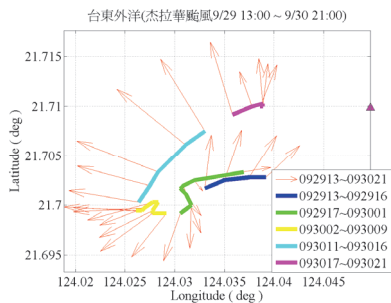


圖 15 台東外洋浮標在杰拉華颱風期間 (2012/09/29~2012/09/30) 第二個渦流變化

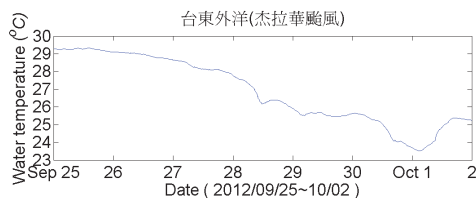


圖 16 台東外洋浮標在杰拉華颱風期間水溫變化

本文選擇台灣東南邊 300 公里外之開闊海域台東外洋資料浮標，並以 2012 年 7 月至 10 月之間的觀測資料，分析颱風季節的潮流、風驅流及洋流成分變化。根據浮標在 7~8 月時觀測到的海流以長週期 MM 及 MSF 分潮及全日潮流主導，颱風影響期間，區域性風場造成的風驅流則明顯快速成長。9~10 月海流亦是以長週期 MM 及 MSF 分潮及全日潮流主導，颱風影響期間風驅流也很明顯。此外，秋季平日平均風速達 10.0 m/s 時段，風驅流則轉趨明顯，這與夏季平日風驅流皆不明顯的特性不同。最後綜合本文對 2 個颱風期間浮標量測到的流速變化分析，發現颱風通過時或是離開浮標一段時間後，皆發生 2 個順時針海流渦流，且這段時間發現水溫確實下降，這可能與颱風對當時海域的熱量變化有關，造成受颱風影響海域水溫偏低，加上與鄰近海域溫度較高水團混合，所造成海流渦流變化，這與此海域以往研究提到常發生中尺度渦流的形成機制雷同，但規模顯然小了很多。

謝誌

本文作者感謝中央氣象局提供台東外洋資料浮標之觀測資料，使本論文得以順利完成。

參考文獻

1. 李汴軍、徐月娟、高家俊、饒國清、施孟憲(2007) 「深海資料浮標作業能量建立」，*海洋及水下科技季刊*，第 17 卷，第一期，第 36-39 頁。
2. Cheng, Y.H., Ho, C.R., Zheng, Q. and Kuo, N.J. (2014) Statistical characteristics of mesoscale eddies in the North Pacific derived from satellite altimetry, *Remote Sens.* 6, 5164-5183.
3. Hwang, C., Wu, C.R. and Kao, R. (2004) TOPEX/Poseidon observations of mesoscale eddies over the subtropical countercurrent: Kinematic characteristics of an anticyclonic eddy and a cyclonic eddy, *J. Geophys. Res.*, 109, C08013.
4. Roemmich, D. and Gilson, J. (2001) Eddy transport of heat and thermocline waters in the North Pacific: A key to interannual/decadal climate variability? *J. Phys. Oceanogr.* 31, 675-687.

五、結論