

颱風影響台灣海峽南部流場之初步研究

邵煥傑¹ 曾若玄¹ 陳昭銘² 陳維翔³ 朱啟豪³ 滕春慈³

¹ 國立中山大學海洋科學系

² 國立高海科大海事科技資訊系

³ 中央氣象局海象測報中心

摘要

本研究主要利用高雄彌陀和台南七股海氣象浮標所觀測的風、水溫和表層海流長期資料以及同時段高雄永安 ADCP 錨碇串上的海流資料，分析 2016 年 9 月至 10 月期間，影響台灣周圍海域流場的三個颱風，分別為梅姬、艾利、海馬颱風。其中梅姬颱風為穿心颱風，而艾利與海馬颱風的路徑則是通過北南海，在三個颱風影響期間流速均有增強，梅姬登陸前後流向會隨風向而快速改變，海馬颱風雖然距離較遠且無發布警報，但是往北流速卻增強到 1-2 m/s。海流垂直分佈受颱風影響的深度範圍隨著颱風移動速度與風場的因素有所不同，梅姬影響的尺度約 60 公尺深，而艾利因滯留在北南海較久，影響的深度範圍達 80 公尺。除了流場的改變之外，隨著颱風路徑與距離遠近，也會造成水溫下降 2-6°C，穿心颱風影響的海表水溫降幅較大，由北南海通過的颱風則影響較小。

關鍵詞：颱風、海流、資料浮標、台灣海峽、表水溫、ADCP

A preliminary study on the ocean currents of Taiwan Strait affected by typhoons

Huan-Jie Shao^{*} Ruo-Shan Tseng Wei-Hsiang Chen Chi-Hao Chu Chung-Tsyr Terny

^{*} Ph. D. student, Department of Oceanography, National Sun Yat-sen University

ABSTRACT

This study investigates how the ocean currents of the Taiwan Strait are affected by the typhoons. Data sources consist of the current velocity, sea surface temperature, and wind measured onboard the data buoys of 彌陀、七股 and one moored ADCP current profiles at 永安 during the passage of three typhoons in September and October of 2016, i.e., Megi, Aere, and Haima. Megi made a landfall and swept across central Taiwan. Aere and Haima travelled through northern South China Sea (NSCS). Our results show that current speeds increased and the directions changed rapidly in accordance with the change of the wind as Megi affected Taiwan. Although typhoon alert was not issued for Haima, the northward current intensified to 1-2 m/s. Vertical extent of currents influenced by typhoons varies with translation speed and storm winds. For the case of Megi, currents from ocean surface extend to 60-m deep were apparently affected. On the other hand, currents at 80-m depth and above were influenced by Aere because this storm travelled slowly and lingered around in NSCS for several days. In addition to the currents, sea temperature also decreased 2-6°C as typhoon passed by. Megi resulted in a more marked temperature reduction, while Aere and Haima had a lesser effect.

Keywords: Typhoon; Ocean current; Data buoy; Taiwan Strait; Sea surface temperature; ADCP

一、前言

強烈的熱帶風暴每年在西太平洋夏、秋季頻繁

的出現，平均每年約 3-4 個颱風侵襲台灣，同時更有數十個甚至百個颱風未侵襲台灣但路經台灣周遭。

這些颱風對上層海洋(混合層)造成巨大的混合擾動，形成強烈的海氣交互運動，高溫海水讓颱風結構更為穩定、巨大，而強烈的風應力同時也增強流場的運動。然而不同的颱風強度和路徑對於各地的風速、雨量、波浪、暴潮影響的程度，過去已有許多相關的研究成果，但是對於台灣附近海域的海流和潮流有何影響，這方面過去的研究工作則相對較少。

Chang et al. (2010)使用漂流浮球和 QuickSCAT 風場資料觀測颱風所造成的強烈海表流，以 2005 年颱風海棠(Hai-Tang)和 2006 年颱風珊珊(Shan-Shan)為例，均增強台灣海峽的海表面流速，最大值为 1.7m/s 和 2m/s。Shen et al.(2017)在台灣海峽內佈放三組底旋 Acoustic Doppler current profilers (ADCP) 觀測颱風 5 組颱風對於海峽流場的影響，說明在強大的颱風 Bilis 之下，流場主要是以地轉流為主，而強但較小的颱風 Saomai 或稍弱一點的颱風 Bopha 則導致艾克曼流場(Ekman current)產生。

除了颱風路徑台灣時流場的變化之外，風和流所產生的湧升現象經常會使得海水溫度下降約 2-4 度 C。從數值模式和錨碇觀測中，發現在不同的颱風路徑，所發生的溫降方式也不一致。路徑穿越呂宋海峽到南海或台灣海峽南部的颱風，受到地形的因素暖水會先堆積，因此水表面溫度會先上升再下降，而穿心颱風的路徑大都直接降溫(Kuo et al., 2014)。Ko et al. (2014)利用衛星數據觀察和數值模擬說明海表溫的變化，受到 2010 年 10 月的颱風 Megi 以及東北季風與流場的作用下，南海形成大面積的降溫約 8 度 C。

本研究主要是以 2016 年 9 月至 10 月期間台灣周圍出現的三個颱風，分別為颱風梅姬、艾利以及海馬為例分析台灣附近的海氣象浮標所觀測的風、水溫和表層海流長期資料，並分析不同颱風路徑、強度、行進速度下的海洋反應，以探討海峽內部半日潮與風管效應明顯以及台灣西南外海潮流與風場相對較弱兩種狀況下，流場受颱風的影響。

二、資料分析

颱風最佳路徑與平均中心風速資料是從聯合颱風警戒中心 JTWC (Joint Typhoon Warning Center)的颱風資料庫中獲得。颱風期間，氣象浮標的風速計經常因為風速過大而受損，因此另外使用 University

Corporation fo Atmospheric Research(UCAR)所提供的重分析風場資料(NCEP Climate Forecast System Reanalysis, CFSR)作為輔助分析。

本研究所使用的流速資料包括台灣海洋科技研究中心所建置的環台岸基雷達系統(Taiwan Ocean Radar Observing System, TOROS)、七股氣象浮標、彌陀氣象浮標以及永安錨碇 ADCP 資料。永安錨碇 ADCP 佈放時間為 2016 年 9 月 19 日-10 月 11 日，所使用的是 RDI 300kHz ADCP，佈放位置水深約 200 公尺，ADCP 約位在 90 公尺水深向上打聲波，其設定為 10 分鐘一筆資料，每 4 公尺一個資料，最靠近表層資料約水下 19 公尺(圖 1)。氣象浮標是由成大近海水文中心所製造並佈放，所使用的 ADCP 為 600KHz，安裝於浮標下方鐵架向下打聲波，取第一層表面海流資料做分析。

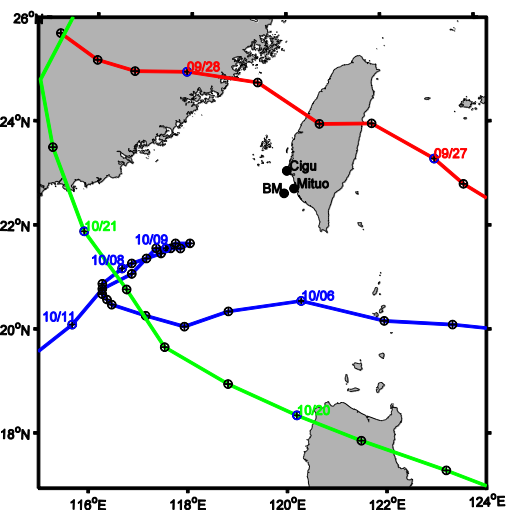


圖 1 颱風最佳路徑圖和七股(Cigu)、彌陀(Mituo)氣象站以及 ADCP 錨碇串(BM)位置圖；紅線代表梅姬路徑，藍線代表艾利路徑，綠線代表海馬路徑。

三、結果與討論

3.1 水平流場的變動

由過去歷史氣象浮標的資料中得知，七股流場的半日潮汐週期非常明確，同時與台灣海峽內的澎湖水道流場相似，朝北的平均流速大於朝南流速，最大值超過 1m/s。南邊的彌陀氣象浮標所觀察到的流速依然有著半日週期的潮汐，但漲退潮的流速比起七股流場弱上許多，最大流速值約 0.5m/s。

本研究將主要以 2016 年 9-10 月連續出現的三個颱風資料(圖 1)，來分析颱風對於台灣海峽以及西南海域流場的影響。梅姬為穿心颱，艾利則是由西穿越呂宋海峽後在北南海徘徊，海馬與艾利路徑相似，但並未停留在北南海，而是朝西北移動；三個颱風的資料如表 1，其中梅姬與海馬為中度颱風，艾利則是輕度颱風。

表 1 颱風基本資料表

年	月	日期	颱風名稱	最大風速
2016	9	23-28	梅姬(MEGI)	45m/s
2016	10	5-11	艾利(AERE)	18m/s
2016	10	15-21	海馬(HAIMA)	無警報發布

圖 2 為 2016 年 9-10 月颱風侵台期間彌陀氣象浮標以及 ADCP 錨碇串測量到的水下 19 公尺流速資料。在 9 月 26 日-27 日期間，兩個測量站的流向均受到梅姬颱風外圍風場的影響轉為南流，同時溫度下降約-6 度 C；風場資料自 9 月 28 日後因風速計損壞後就無資料，利用重分析風場資料還是可以明顯觀察出風向由北轉南，同時朝北流速增強(圖 3)。在颱風未登陸時，南流平均約 0.3m/s，而颱風登陸後，流速增大為平均 0.6m/s；當風速轉向後的北流平均約 1m/s，比起平均北流 0.5m/s 大 1 倍。

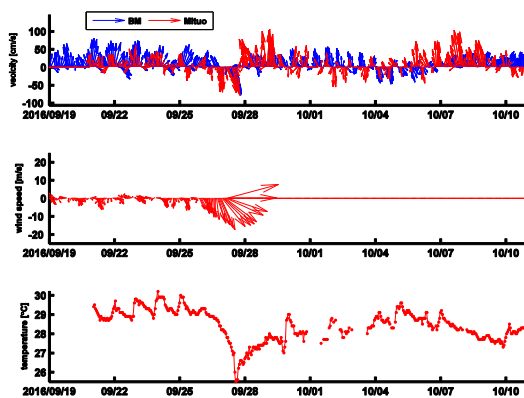


圖 2 ADCP 錨碇資料(藍線)和彌陀氣象浮標資料(紅線)，由上至下分別為時序流矢圖、時序風矢圖與溫度時序變化圖。

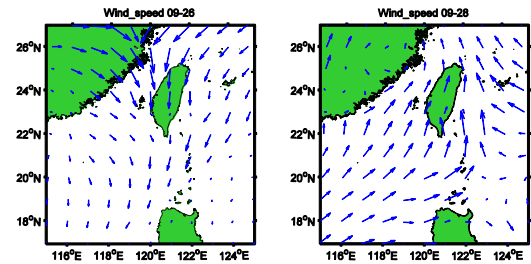


圖 3 重分析風場圖，由左至右分別為 9/26 和 9/28 的風場概況。

颱風艾利在 10/5 穿越呂宋海峽之後停留在北南海徘徊，並未直接入侵到台灣海峽內，但從海流資料來看(圖 2)，在 10/6-10/8 期間仍受到風場的影響有著較大的北流發生，平均約 1m/s，此外溫降雖不像梅姬侵台一樣，但依然有約-2 度 C 的降幅。圖 4 為颱風海馬發生期間，七股與彌陀測站的時序流速、風速和溫度圖。其中 10/21-22，海馬位在氣象浮標的第四相位，主要以南風為主，因此在彌陀海域均以北流為主，而七股的潮汐現象雖然明顯，但此時的北流也增強許多。

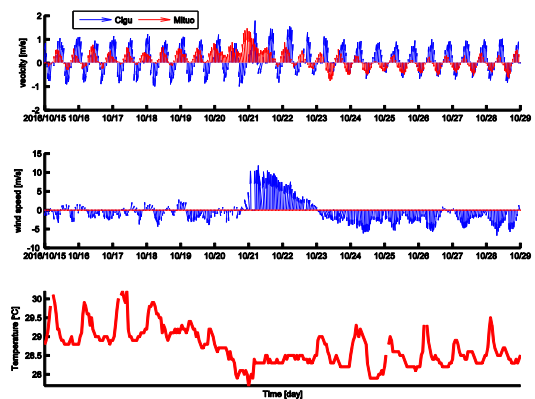


圖 4 七股(藍線)、彌陀(紅線)氣象浮標資料，由上而下分別為時序流矢圖、時序風矢圖和時序溫度圖。

3.2 流場的垂直結構

2016 年 6 月所佈放的 ADCP 錨碇串資料成功捕捉到梅姬和艾利路經台灣與北南海期間的時間序列流速剖面資料；從氣象浮標觀測到梅姬颱風風速約 20m/s 東北風，時間約在 9 月 27 日 UTC 18:00，

同時也是溫度最低的時候。圖 5 為梅姬經過台灣 ADCP 錨碇串所測量到的垂直剖面流矢圖，深度範圍為約 10m-90m。當 9 月 27 日梅姬外圍風場登陸時，台灣海峽內的流場就受到東北風的影響轉為朝南為主的流場，其影響的深度從 10m 逐漸變深，到 9 月 28 日則是流場受到颱風影響深度最深的時候約 60m。隨著梅姬朝著西北移動，西南風增強，因此流場也轉為以朝北為主的流場持續到約 9 月 29 日。

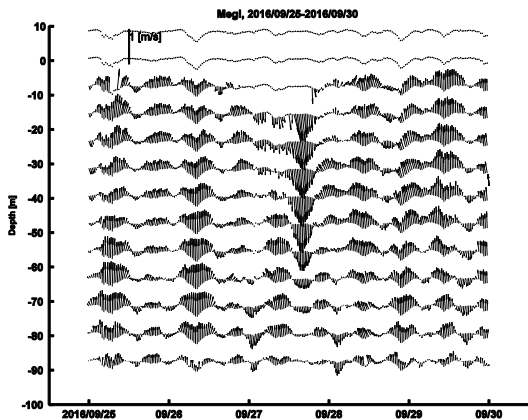


圖 5 颱風梅姬路經台灣期間，9 月 25 日至 9 月 29 日錨碇串上 ADCP 所量測到的時序流矢剖面圖。

受到風場強烈的擾動，經常會伴隨著湧升流的現象，下層的冷水將上湧至海表面，以上述的梅姬颱風為例，水溫最低的時間約在 9 月 27 日 UTC 18:00，似乎是湧升現象最強烈的時間。利用計算艾克曼厚度 (D_E) 經驗公式：

$$D_E = \frac{7.6}{\sqrt{\sin(\varphi)}} U_{10} \dots\dots\dots (1)$$

U_{10} 約為 20m/s， φ 為錨碇串所在緯度約 $22.7^\circ N$ 。

估算出的 D_E 約 61m 與上述垂直流場受到風場影響的範圍(60m)差不多。

圖 6 為 2016 年 10 月 7 日至 11 日期間艾利在北南海徘徊時 ADCP 所測量到的時序流矢剖面圖。由風場來看(圖 7)，當艾利徘徊在北南海時，為台灣海峽帶來強烈的西南風，使得流場在這段時間均為朝北。在 10 月 8 日，影響的深度約為 30m，隨著徘徊的時間增加，風場作用的時間也增長，從 10 月 9 日到 11 日開始，水深 80m 以上的流場均為朝北，

雖然降溫的幅度較小(約 2 度，圖 4)，但流場的變化比起中颱梅姬所帶來的影響大上許多。

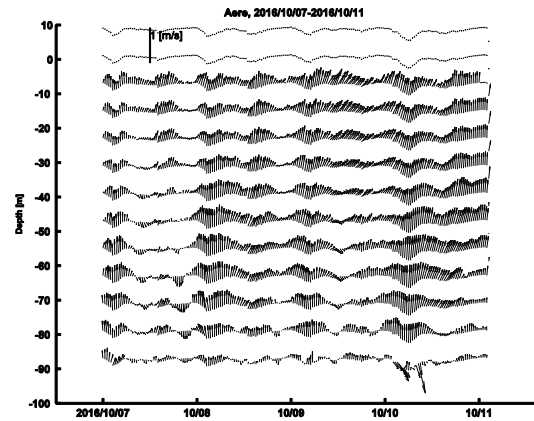


圖 6 颱風艾利滯留在北南海期間，10 月 07 日至 10 月 11 日錨碇串上 ADCP 所量測到的時序流矢剖面圖。

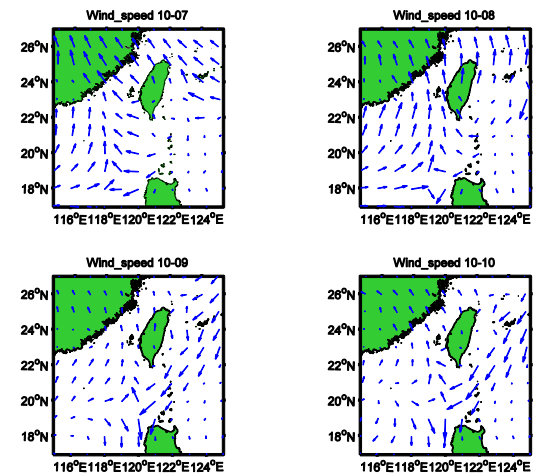


圖 7 重分析風場圖，10 月 07 日至 10 月 10 日。

3.3 流場的平面分布

台灣海洋科技研究中心(TORI)所建置的環台測流雷達(TOROS)提供了台灣周圍海域的合成表面海流逐時資料，但是在颱風的強風影響之下部份雷達站經常會被吹壞而無法正常運作。圖 8 為海馬颱風影響期間在 2016/10/21/12:00 的台灣西南海域合成流場圖，當時超級颱風海馬位在高雄西方海上接近香港，台灣西南海域吹的是西南風，由合成流場圖可知約以 $22^\circ 30' N$ 為分界，北邊流場為向北流，南

邊流場則為向南流，在高雄鄰近海域形成了一個逆鐘向的氣旋式渦流，近岸的彌陀浮標站為向北流，離岸的永安錨碇站則為向南流，此結果與彌陀浮標的 ADCP 表層海流觀測值一致(圖 4)。

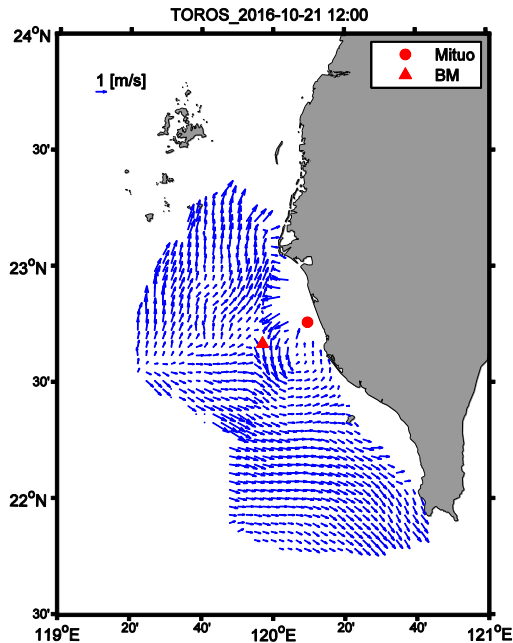


圖 8 2016/10/21 TOROS 所觀測到的平面流場結構。圓點為彌陀浮標位置，三角點為錨碇位置。

四、結論

颱風對於台灣海峽的流場影響不僅止於穿心颱風或是有登陸台灣並發佈陸上颱風警報的颱風，以本研究初步對 2016 年夏季-秋季間三個颱風的分析為例，海表面的流場會隨著颱風風場的改變而增強或減弱。以七股海域而言，潮汐的特徵較為強烈，颱風風場只會消長漲退潮的流速，因此由流矢圖就可以明顯看出潮汐特徵。而彌陀海域的潮汐特徵較弱，風場的影響讓此海域的平均流向均和風向相同，潮汐特徵變得更為不顯著。

颱風風場隨著作用的時間增長，所影響的深度也會增加，以梅姬颱風和海馬颱風為例，颱風梅姬在 9 月 27 日至 28 日的平均行進速度約 15km/h，而颱風艾利在 10 月 7 日至 10 日間的平均行進速度小於 5km/h，兩個颱風影響台灣西南海域的水深相差約 20m，雖然艾利距離台灣較遠，但因為風場影響時間較長，影響流場的深度也較深。

謝誌

承蒙氣象局計畫經費之補助以及水利署與台灣海洋科技研究中心提供水文資料使本研究得以順利完成，謹致謝忱。

參考文獻

1. Chang, Y.-C., Tseng, R.-S. and Centurioni, L. R., (2010) Typhoon-Induce Strong Surface Flows in the Taiwan Strait and Pacific, *Journal of Oceanography*, Vol. 66, 175-182.
2. Kuo, Y.-C., Lee, M.-A. and Chern, C.-S., (2014) Typhoon-Induce ocean responses off the southwest coast of Taiwan, *Ocean Dynamics*, 64, 1569-1581.
3. Ko, D.-S., Chao, S.-H., Wu, C.-C. and Lin, I.-I. (2010) Impacts of Typhoon Megi(2010) on the South China Sea, *Journal of Geophysical Research*, 10.1002/2013JC009785.
4. Shen, J., Qiu, Y., Zhang, S. and Kuang, F., (2017) Observation of Tropical Cyclone-Induced Shallow Water Currents in Taiwan Strait, *Journal of Geophysical Research*, 10.1002/2017JC012737.