

# 海流資訊應用於海上活動規劃之可行性探討

廖建明<sup>1</sup> 賴堅戊<sup>1</sup> 陳婉婷<sup>2</sup> 陳思樺<sup>1</sup>  
財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心<sup>1</sup>  
交通部中央氣象局海象測報中心<sup>2</sup>

## 摘要

本研究蒐集海象觀測資訊與建構台灣東北海域海流模擬為基礎，以2018年6月10日基隆外木山長泳活動造成多人受海象影響無法完賽事件為例，透過高頻雷達測流、基隆港波潮流觀測資料、氣象資料及台灣東北部海域海流模擬結果，檢討海象變化現象對於海上活動影響的可能因素。

關鍵字：海流觀測、海流模式、海上活動

## 一、前言

我國雖為海洋國家，民眾對海洋的認識和開放水域活動的參與卻很有限，或因源自早年戒嚴的影響，在民國77年以前，海洋與海岸為國防和治安維護要地，除漁民之外，一般民眾係不易親近海洋，以致海洋文化與開放水域教育發展較晚。發展至今臺灣各地雖已有帆船、輕艇、划船、滑水等各類型水域遊憩活動，但就水域運動地點之基礎設施、安全管理、競技訓練及產業發展來說，均有待政府加強輔(教育部，2017)。

政府為讓國人有機會親近水域，陸續修訂了遊艇管理規則、水域遊憩活動管理辦法等相關法規，國人可在經主管機關公告的水域範圍從事開放水域休閒運動。我國水域休閒運動蓬勃發展的關鍵，係91年行政院體育委員會積極推動「海洋運動發展計畫」、「大鵬灣海洋運動嘉年華」、「全民風浪板推廣計畫」……等計畫，作為發展水域休閒運動的重要依據，以鼓勵國人多親近水域從事水域相關的活動，豐富國人的休閒活動，進而落實海洋國家的政策。根據調查資料顯示，國人在水域休閒活動參與次數及參與率上，主要以游泳、海釣、海灘遊戲、浮潛、划船、衝浪、遊艇、駕駛、海灘排球、獨木舟等較多，顯示我國開放水域休閒運動已漸形成風潮。臺灣擁有良好的開放水域運動發展的天然條件，需要政府努力打造優質水域運動競技與訓練環境，並推動相關服務平臺，以吸引與培養優質之開放水域運動人才；同時優質的開放水域運動應努力建構產業化發展，推升臺灣的開放水域運動產業規模，並結合臺灣成熟的休閒與旅遊產業，發展出多樣化的休閒與開放水域運動市場(教育部，2017)。

台灣位於東亞大陸棚架緣上，全年有強勁的黑潮由南而北流經東部海域，冬季則有中國沿岸流由

北而南沿流經台灣海峽。而狹長的台灣海峽引致半日型潮波共振效應，在海峽的南北兩端開口，常年有潮波的無潮點存在，導致海峽內潮流流速強勁。在洋流匯集與強勁潮流的雙重影響下，台灣附近海域流況極為複雜。2018年6月10日基隆市舉行連辦11年的外木山海上長泳，但由於海象不佳導致472人體力不濟被海巡隊救上巡防艇(聯合新聞網，2018)。表1為2018年外木山長泳活動成績分析表，有登錄出發時間人數為2193人，未完賽人數為994人，未完賽人數接近五成。因此本文擬透過海象觀測與模擬的資料來探討此一事件發生時的海象狀況，希望能降低未來舉辦海上活動的風險。

表1 2018年外木山長泳活動成績分析表

出發時間	人數	未完賽人數	完賽最長時間	完賽最短時間	完賽平均時間	完賽時間標準差
<8:00	424	143	03:46:34	01:00:04	02:21:02	0:33
8:00-9:00	1479	571	03:31:31	00:59:29	02:20:37	0:27
>9:00	290	280	01:42:07	01:16:59	01:26:21	0:06

註：資料來源外木山長泳協會網站

## 二、觀測資料收集

本文收集了台灣海洋科技研究中心的岸基海洋雷達測流資料(Taiwan Ocean Radar Observing System, TOROS)，其為台灣沿海19座集成式高頻海洋雷達(CODAR SeaSonde系統)，目前此觀測平台逐時提供台灣周遭約150公里範圍內、10公里格網解析之表層海流資訊。在錨碇單點觀測資料方面，收集了交通部運輸研究所港灣研究中心於基隆港東防波堤堤頭(該處水深44公尺)所設的即時海象監測系統、港內的潮位及氣象觀測系統。中央氣象局於台灣東北海域的富貴角浮標(新北市石門區富貴角北方0.5公里，水深31公尺)、龍洞浮標(龍洞遊艇港外海，離岸約0.25

公里，該處水深約27公尺)等單點觀測海氣象資料，其地理位置如圖1中所示。



圖 1 測站位置圖

### 三、海流模擬

利用海洋中心POM模式建置台灣東北海域高解析度海流模式，利用巢狀格網計算方式，連接海洋中心海象預測模式(廖等人, 2015)，利用資料同化後的台灣海域模式提供東北海域高解析度海流模式合理的洋流與潮流邊界條件，並以模擬結果討論2018年6月份外木山海域的海流特性。

而台灣東北海域高解析度海流模式之相關的模式設定與說明如下：

#### (一) 格網設定

為了提高解析度降低計算資源的需求，採用巢狀格網方式進行台灣海域高解析度海流模擬，採用西北太平洋、台灣海域及台灣東北海域格網進行逐層計算。如圖2分別為西北太平洋(N2)、台灣海域(T3)及台灣東北海域(TS-NE)之計算領域地形水深圖，其計算格網間距小於水深資料庫格網間距區域則採線性內插方式，而模式格網設定亦如表2中所示。

#### (二) 海流數值模式

而海潮流數值模式則使用美國普林斯頓海洋模式(Princeton Ocean Model, POM) (Blumberg and Mellor, 1983)，其能描述三維的海洋變化物理現象，關於模式詳細內容可參考Mellor (2003)。

#### (三) 大氣模式與邊界資料

由於海流模式中包含了一個提供洋流邊界條件的西北太平洋模式，為提供此模式所需的氣象邊界條件，使用NCEP/NCAR再分析場資料(NCEP/NCAR Reanalysis 1) (Kalnay等人, 1996)，其資料為模式運算後資料同化之分析場結果，資料時間範圍自1948年至今，時間解析度為每6小時一筆，空間格網為T62 Gaussian Grid資料範圍涵蓋全球。利用海面通量計算方式，進行海面風剪應力、溫度與鹽度通量等表面邊界條件之計算，而模式鹽度與溫度起始資料以WOD13 (Boyer等人, 2013)海洋資料庫的月平均氣候值。

考慮天文潮汐為近岸海域之重要影響因素，故利用邊界條件處理方式來模擬台灣海域洋流與潮流同時存在之流況。利用台灣海域洋流模式(T3模式)

為基礎，採用OTPS (OSU Tidal Prediction Software, <http://volkov.oce.orst.edu/tides/global.html>) 來建立天文潮位邊界，配合西北太平洋海域模式(N2模式)所輸出之海流流速與水位，將潮汐與洋流模式之水位兩者相加後，並考慮遠域之潮汐流速影響分量很小，以洋流模式結果做為流速主要成分，提供台灣海域模式(T3)所需的水位與流速邊界條件進行模擬計算。而台灣東北海域之邊界條件則採用台灣海域模式(T3)的模擬結果，內插水位、流速、溫度及鹽度至模式邊界上。

#### (四) 資料同化

根據廖等人(2015)之研究，資料同化技術可有效提高西北太平洋與台灣海域之海流模擬精度，故本研究之西北太平洋與台灣海域模式亦使用AVISO (<http://www.aviso.altimetry.fr/duacs>) 衛星海面測高資料做為資料同化的主要來源，並使用Ko和Wang (2014)之高低頻分離的資料同化技術，避免低頻之衛星海面測高資料造成數值模式中原有高頻特徵消失。由於台灣東北海域模式水深較淺且靠近陸地，故並未使用衛星測高資料進行同化。

表 2 巢狀格網之範圍與計算條件

模式	模式範圍	解析度	地形水深
N2	99E~149E 2N~41.2N	0.08 度	ETOPO1
T3	117E~124.5E 18N~26.5N	0.02 度	海洋資料庫 500m
TS-NE	121.1~121.9E 25.1~25.6N	1000m~ 100m	海洋資料庫 200m

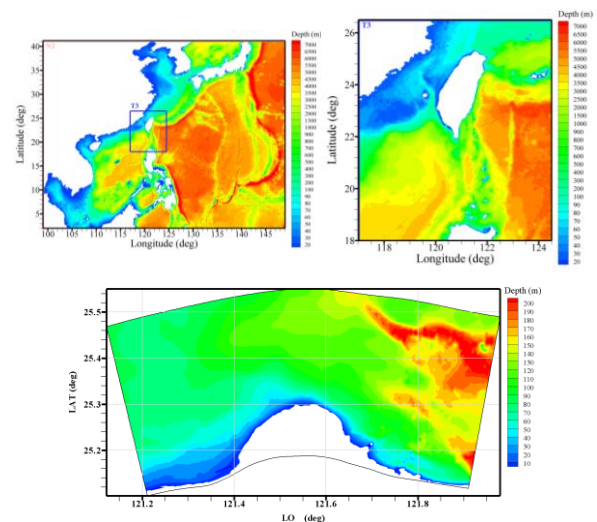


圖 2 西北太平洋(N2)、台灣海域(T3)及西南海域(TS-NE)之計算範圍與地形水深圖

### 四、結果討論

關於模擬時間，西北太平洋模式起始時間為1980年1月1日，模擬至2018年7月，而資料同化模式起始時間為1993年1月1日，衛星海面高度偏差更新

時間間距為1日，而模式參數如廖等人(2015)中所述，相關海表面大氣資料邊界條件利用內插方式引入模式計算。台灣海域模式之模式起始時間為1990年1月1日，而東北海域模式則由2018年1月1日作為起始時間。

圖3為2018年6月1日至15日之台灣東北海域各觀測點與海流模擬結果之時序列圖，圖中由上至下分別為海流流速、方向、基隆港潮位、風速、風向、有義波高、波向及海面溫度等，而黑色虛線、綠色與紅色實線分別表示港研中心於基隆港、中央氣象局於富貴角、龍洞之觀測值，橘色實線為海洋中心TOROS表面海流於富貴角之觀測值(擷取最靠近富貴角測站之資料)，及藍色、黑色實心、空心圓點為TS-NE模式於富貴角、外木山海岸及澳底海岸之輸出結果。由圖中富貴角浮標測站(綠色)、TS-NE模式(藍色)及TOROS(橘色)之海面流速比較可知，三者變化趨勢一致，而浮標觀測流速與模式模擬流速的強弱大小也具合理性，而TOROS流速由於時間與空間平均的因素造成流速在某些時段較小。由海流方向來看，TOROS觀測、模式輸出與浮標海流方向也具一致性。整體而言，台灣北部海域富貴角處之海流為半日潮特性，漲潮與退潮最大流速約為0.8至1.2公尺每秒，大潮時段流速略強，而漲潮段流向西(約270度)、退潮段向東北東(約75度)。由港研中心於基隆港東防波堤堤頭之海流觀測值(黑色虛線)可知，基隆港外海流速較富貴角處為弱，但流向仍具有退潮向西、漲潮向東北東的特性。而龍洞測站(紅色實線)的流向明顯與富貴角、基隆港外海不同，呈現退潮向北北東、漲潮向西的特性，其應該與龍洞測站受鼻頭角岬頭地形影響而與東北海域漲退潮流向呈現不一致的現象。而觀察模式所輸出的外木山海岸外流速與流向變化，最強流速約出現在退潮時期，漲潮時期流速明顯較小，退潮時段由高潮時之西北流向轉向西，漲潮潮段由低潮時之東南流向轉向東，轉向時間與外海流向轉變有明顯差距，一般而言海流轉向時間較外海流向提早2至4小時。而澳底海岸外海流流速明顯較外木山海岸外為小，在高低潮時段流向大多向北，在漲潮時段流向大多由北轉向南。對照台灣東北海域大多漲潮向西、退潮向東的現象，外木山海岸、澳底海岸及龍洞海域的漲退潮海流特性明顯不同，推究其原因應該都與東北海岸多岬頭地形所產生的局部海流現象有關。

在風速部分，基隆港測站在6/1至6/15期間僅在6/11出現10公尺每秒的風速，大部分時間風速介於2至6公尺每秒之間，在6/10風速僅有2公尺每秒，但龍洞浮標有測得6公尺每秒的風速，風向大多是東風與北風。而波高隨著風速變化，僅在6/11風速增強時波高出現接近2公尺，其餘時間波高變化並不明顯，6/10波高約在0.5公尺左右，並無明顯變化。同時，富貴角、基隆港及龍洞測站所測得的波高值具有一致

性，而波向在此段時期大多介於東北至北向，表示此時期東北海域波浪分布受地形影響所產生的地域性變異特性較小。而海面溫度方面，水溫介於攝氏26至28之間，除了富貴角海域會出現明顯短暫降溫現象外，整體而言水溫變化不大。

為了探究2018年6月10日外木山長泳活動時期的海象變化，故把圖3中之時序列資料放大來看，圖4為觀測與模擬資料於台灣東北部海域之時序列圖，圖中資料時間為2018/6/9 00:00至2018/6/11 00:00，紅色虛線方框內為2018/6/10 06:00至12:00之活動期間的資料。由基隆港潮位資料可知，活動期間為退潮段，外海流向介於東至東北東之間，流速由最強的1.2公尺每秒轉弱至零。由黑色實心圓點之外木山海岸外流速資料變動趨勢，流速漸增至0.5公尺每秒，流向由東轉向西。而空心圓點之澳底海岸外則是流速維持於0.2公尺每秒，流向接近向北。而風速資料僅在龍洞測站有明顯上升至5公尺每秒之趨勢，其餘波高、波向及水溫在活動期間並無明顯變化。由圖中外木山海岸外流向變化趨勢可知，在退潮段海岸外流向與外海流向明顯不同，在長泳活動期間的流向大致向西，其與當地長泳經驗是接近的(游泳多多網站，<http://www.swimdodo.com/how-do-kl-sea-swim/>)，故活動進行期間為退潮，以經驗而言海流是適宜由東向西進行長泳活動的。

為了更進一步探究可能的原因，利用圖5為東北部海域表面海流平面分布圖來說明，各小圖為2018年6月10日5時至12時之逐時表面海流分布，圖中黑色箭頭與等值色塊為TS-NE模擬結果，紅色粗箭頭為TOROS觀測結果，圖中黑色箭頭與紅色箭頭流向大致上是一致的，除了流向快速轉變時，TOROS觀測結果與模擬結果在某些區域略有差異，此為TOROS現有設定為90分鐘觀測之平均值，可能造成差異之原因。由表面海流分布中可知，退潮時段外海海流向西流經野柳岬頭時由於突堤遮蔽之地形效應，在外木山至澳底海岸外產生明顯的順時針渦流，故造成海岸外的流向與外海明顯不同。而渦流形成時間與活動時間是一致的，渦流形成後渦心靠近外木山外海，在外木山至澳底海岸之間即渦流之第三象限流向是朝向外海，如果長泳選手進入渦流之第三象限可能會造成較費力而被帶向外海的現象。

透過以上的資料分析，台灣海域潮流、洋流與地形的交互作用產生複雜的海流現象，本文利用一高解析度海流模式可以模擬地形所產生的海流流動特性，對於海上活動規劃應有助益。

## 五、結論

本研究蒐集海象觀測資訊與建構台灣東北海域海流模擬為基礎，以2018年6月10日基隆外木山長泳活動造成多人受海象影響無法完賽事件為例，透過

高頻雷達測流、基隆港波潮流觀測資料、氣象資料及台灣東北部海域海流模擬結果，檢討海象變化對於海上活動影響的可能因素。其結果發現外木山長泳活動期間之海象是適宜長泳活動進行，但由於活動海域之海流受到地形效應影響產生局部渦流現象，渦流多變的特性可能對海上活動安全產生影響。

由於海上活動日益頻繁，透過觀測或模擬資料的事先推估的工作應進行，而近岸模擬的工作亦須高解析度的地形資料與事先的模擬驗證。而海象觀測與預測資料的應用亦須了解其原理，與資料本身的時間空間代表意義等，避免扭曲或誤解資料造成錯誤的判斷。若政府相關單位能加速針對海上活動重點海域進行海象特性的調查或預測工作，才能保障海上活動安全性、健全海上活動產業發展。

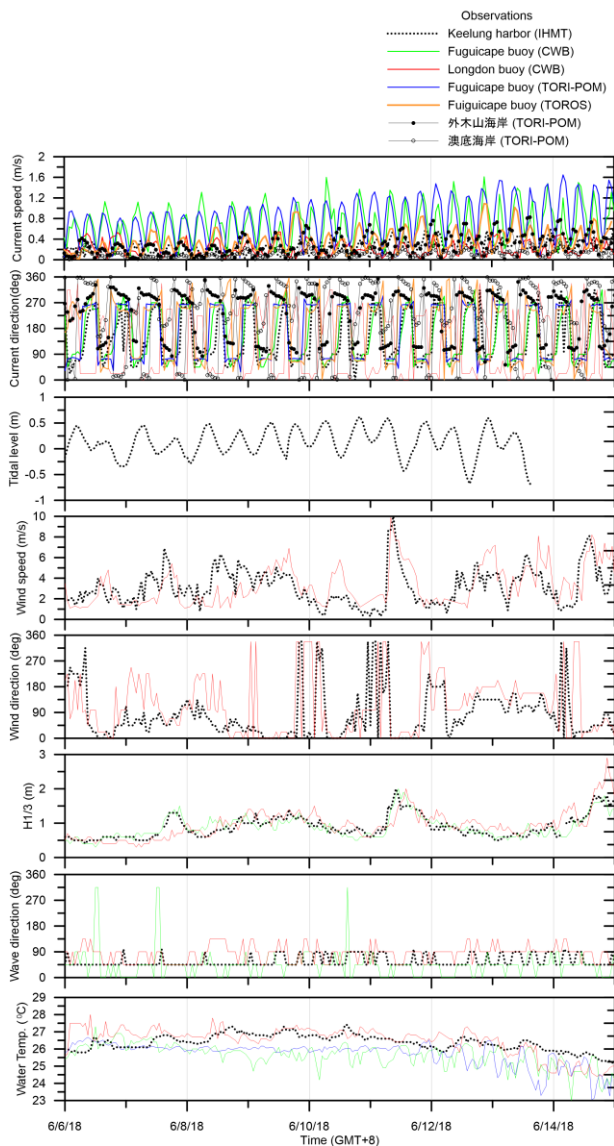


圖3 觀測與模擬資料於台灣東北海域之時序列圖  
(2018/06/01~2018/06/15)

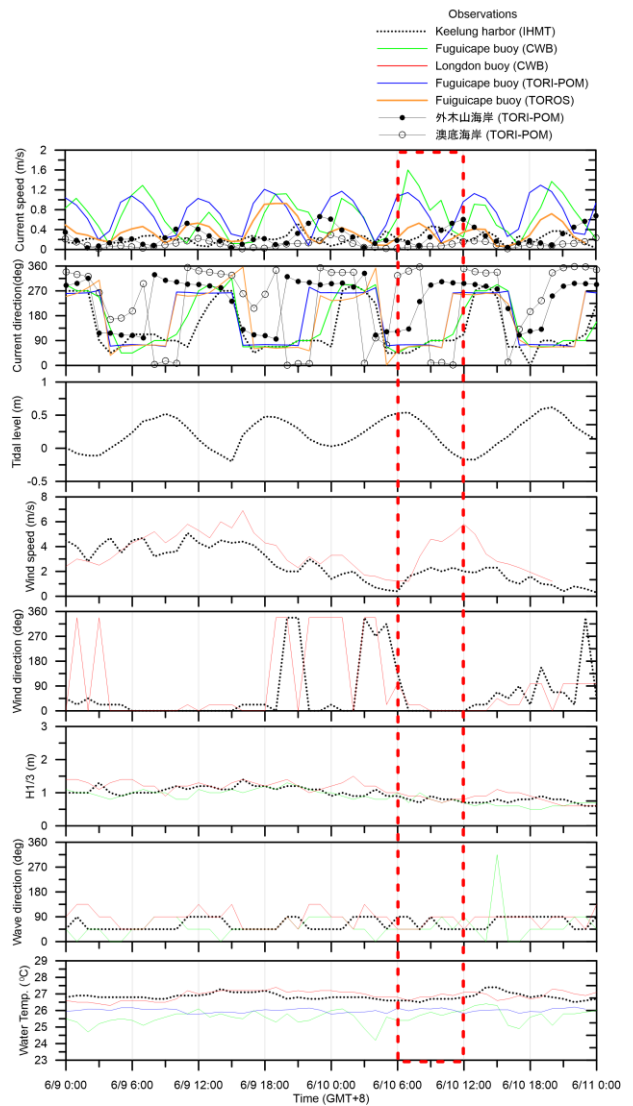


圖4 觀測與模擬資料於台灣東北海域之時序列圖  
(2018/06/09 00:00~2018/06/11 00:00)

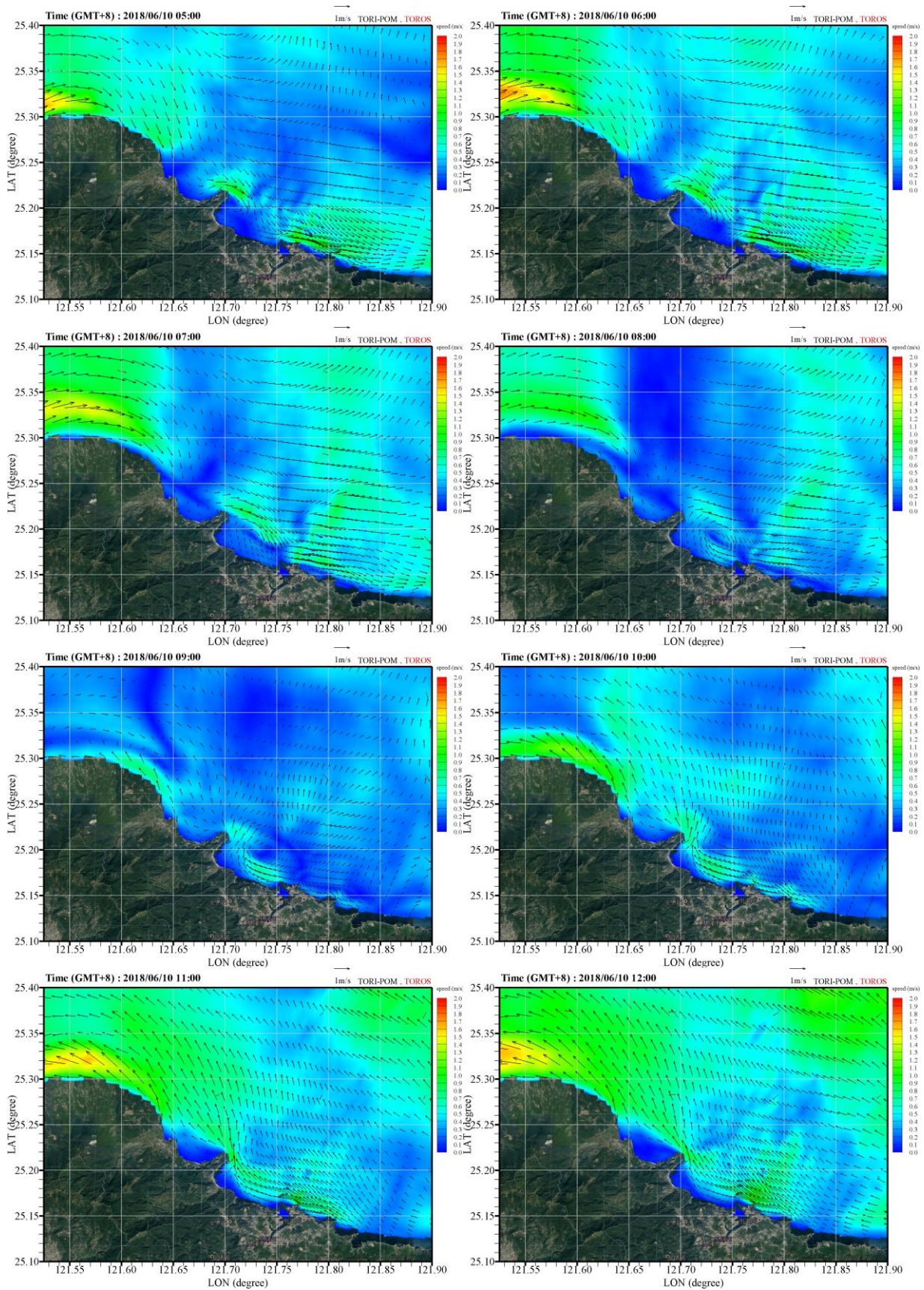


圖5 台灣東北海域表面海流逐時分布圖(2018/06/10 05:00~2018/06/10 12:00)

## 參考文獻

- Blumberg, A.F., and G.L. Mellor, 1983: "Diagnostic and prognostic numerical circulation studies of the South Atlantic Bight," J. Geophys. Res., 88, 4579-4592.
- Boyer, T.P., J. I. Antonov, O. K. Baranova, C. Coleman, H. E. Garcia, A. Grodsky, D. R. Johnson, R. A. Locarnini, A. V. Mishonov, T.D. O'Brien, C.R. Paver, J.R. Reagan, D. Seidov, I. V. Smolyar, and M. M. Zweng, 2013: World Ocean Database 2013, NOAA Atlas NESDIS 72, S. Levitus, Ed., A. Mishonov, Technical Ed.; Silver Spring, MD, 209 pp., <http://doi.org/10.7289/V5NZ85MT>
- Kalnay et al., 1996: "The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project," Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-470.
- Ko, D. S. and D-P Wang, 2014: Intra-Americas Sea Nowcast/Forecast System Ocean Reanalysis to Support Improvement of Oil-Spill Risk Analysis in the Gulf of Mexico by Multi-Model Approach, Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Herndon, VA. BOEM 2014-1003.
- Mellor, G. L., 2003: Users guide for a three-dimensional, primitive equation, numerical ocean model, Program in Atmospheric and Oceanic Sciences, Princeton University, Princeton.
- 廖建明、楊益、賴堅戎、陳思樺，2015：海洋數值模式資料同化模擬驗證，104年天氣分析與預報研討會論文集，台北。
- 教育部，2017：前瞻基礎建設-城鄉建設營造休閒運動環境計畫。
- 聯合新聞網，2018：外木山長泳浪大 472人體力不濟上救生艇，<https://udn.com/news/story/11322/3191422>。