

黑潮衛星海面高度變化及其對 鮪旗魚漁獲分布之影響

曾振德、劉珮妤、陳世欽、孫志陸

水產試驗所企劃資訊組

黑潮及衛星海面高度簡介

黑潮 (Kuroshio) 源自北赤道洋流，是世界重要西邊界流之一。黑潮的流速快且流量大，可將高溫鹽海水，帶往高緯度的寒帶海域，達成地球熱平衡效應 (Nitani, 1972)。黑潮也被稱為魚類的高速公路，許多大洋性洄游魚類，經常跟隨著黑潮，進行季節性棲息分布。總之，黑潮對於西北太平洋海域的漁海況變化，扮演關鍵性角色，成為海洋學者主要的研究對象 (Zainuddin et al., 2006; Andres et al., 2008)。

過去有關黑潮流軸及其變動分析，日本海洋學者 Takahashi 及 Kawamura (2005) 曾利用 SeaWiFS 衛星海洋水色濃度， 0.17 mg/m^3 等值線，作為日本南方沿岸水與黑潮水之分界線。日本南方海域的黑潮流軸變動，也已被歸納為三種主要分布型態，包括非大蛇行近岸流軸、非大蛇行離岸流軸及大蛇行流軸等。

至於台灣周邊海域的黑潮相關研究，早期曾有中國的海洋學者完成黑潮流軸四季變動分析，發現台灣東部海域的黑潮，有夏季離岸、冬季近岸的現象 (Sun, 1987)，且黑潮最大表層流速可達到 3 節，亦即 150 cm/sec

(Nitani, 1972)。近年來，台灣海洋學者利用 10 年的 Sb-ADCP 船測流速流向資料，整合分析台灣東部海域的黑潮流幅範圍，發現台灣東部海域的黑潮流幅，呈現南寬北窄現象，平均流幅寬度約 170 km ，最窄流幅位於宜蘭海脊，僅約 120 km (Liang et al., 2003)。

利用衛星遙測觀測全球海域，可以取得不同的海洋參數資料 (包含海面水溫、海洋水色及海面高度等)，應用於表層海況之時空變動分析及其對大洋性洄游魚類棲息分布之影響 (Polovina and Howell, 2005)。1992 年 TOPEX/Poseidon 衛星成功發射後，利用衛星高度計得以觀測海面高度變化，提供大洋環流的時空動態分析及冷、暖水團分布等相關研究與應用 (Usui et al., 2008; Hsin et al., 2008)。其中，Ebuchi 及 Hanawa (2003) 曾利用衛星海面高度資料，探討日本南方海域黑潮主流軸的時空動態，發現冷、暖水團的分布會影響黑潮是否發生蛇行現象。Caruso 等 (2006) 則曾利用衛星海面高度及海面水溫資料，探究台灣南部海域黑潮支流入侵南中國海的形成機制及其時空變動特性。

由於黑潮經常是許多具有高經濟價值的大洋洄游性魚類移動及索餌棲息的重要海域，且黑潮有明顯的季節性及地域性的變動

特性，並與海洋環境因子有密切關係。因此，本研究利用衛星海面高度影像，解析黑潮的時空分布特性及其流軸變化，並探討黑潮對鮪旗魚等高度洄游魚類漁獲分布之影響。

衛星海面高度影像及鮪旗魚漁獲統計資料

本研究蒐集處理 1997—2007 年衛星海面高度影像資料，涵蓋海域範圍以黑潮及東海兩個大型海洋生態系統為主 (Sherman, et al., 1993) (圖 1)。再利用 ArcGIS 地理資訊系統的空間分析模組，將原始 HDF 格式的衛星海面高度資料，轉換成網格式數值圖層。

其次，蒐集處理 1950—2005 年 SPC 公開之西北太平洋海域鮪旗魚類，經緯度每 5 度見方之月別漁獲統計資料，並計算其月別單位努力漁獲量 (CPUE)，單位為每百鈎之漁獲尾數，彙整成月平均單位努力漁獲量的數值圖層。接著利用 ArcGIS 空間圖層套疊及地理統計模組，整合分析黑潮衛星海面高度影像與鮪旗魚類漁獲分布之相關性。

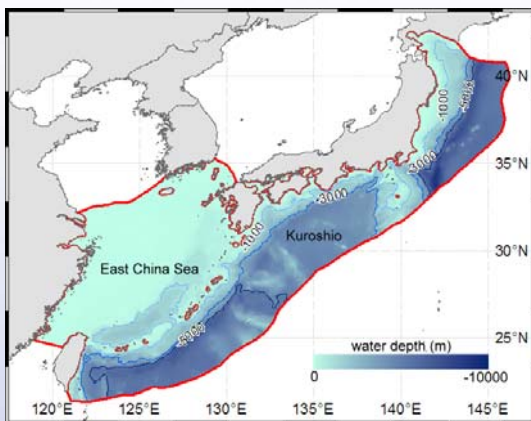


圖 1 本研究涵蓋的海域範圍包含黑潮及東海大型海洋生態系統

黑潮衛星海面高度變化及其主流軸指標之建立

由分析結果顯示，黑潮海域之衛星海面高度月別變化，介於 215—245 cm (圖 2)，其平均值為 228 cm，最小值為 2 月的 214 cm，最大值為 8 月的 243 cm。基本上，黑潮流勢強弱會受到北太平洋亞熱帶環流變動的影響，當夏季時期亞熱帶環流逐漸往高緯度海域推移時，其順時針循環的環流會牽引黑潮流勢增強，使得黑潮衛星海面高度相對提高 (8 月時達最高值)。相反地，當冬季時期亞熱帶環流逐漸往低緯度海域退縮時，也會造成黑潮流勢減弱，使得黑潮衛星海面高度相對降低 (2 月時達最低值)。

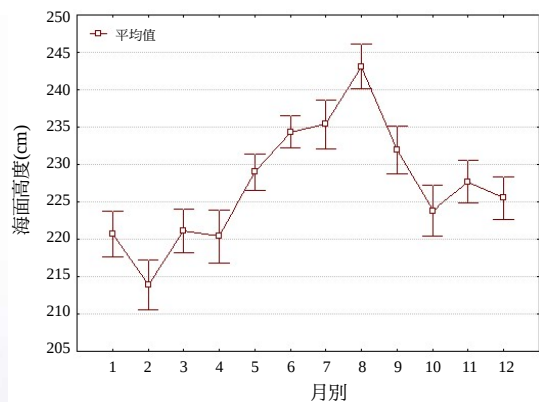


圖 2 黑潮海域之衛星海面高度月平均值變化圖

另外，為利用衛星海面高度建立黑潮主流軸指標，首先將 Argos 衛星浮標表層流速值大於 75 cm/sec 定義為黑潮主流海域，萃取其衛星海面高度值，再區分成 75—100、100—150、150—200、200—250 及大於 250 cm 等五個不同級距，進行不同表層流速級距之衛星海面高度直方圖分析。結果顯示，黑潮

主流海域之表層流速值介於 75–150 cm/sec (亦即 1.5–3.0 節)，而其衛星海面高度值介於 220–260 cm。

由於黑潮主流域內之 Argos 表層流速又以 100–150 cm/sec 的觀測值為最多，可視為黑潮主流軸海域，其對應的衛星海面高度

值為 220–240 cm。因此，選定衛星海面高度平均值 230 cm 作為冬季時期 (即 1–5 及 12 月) 各月黑潮主流軸指標，並以衛星海面高度平均值 240 cm 作為夏季時期 (即 6–11 月) 各月黑潮主流軸指標 (圖 3)。由圖 3 分析結果顯示，黑潮主流軸通過台灣東部海域

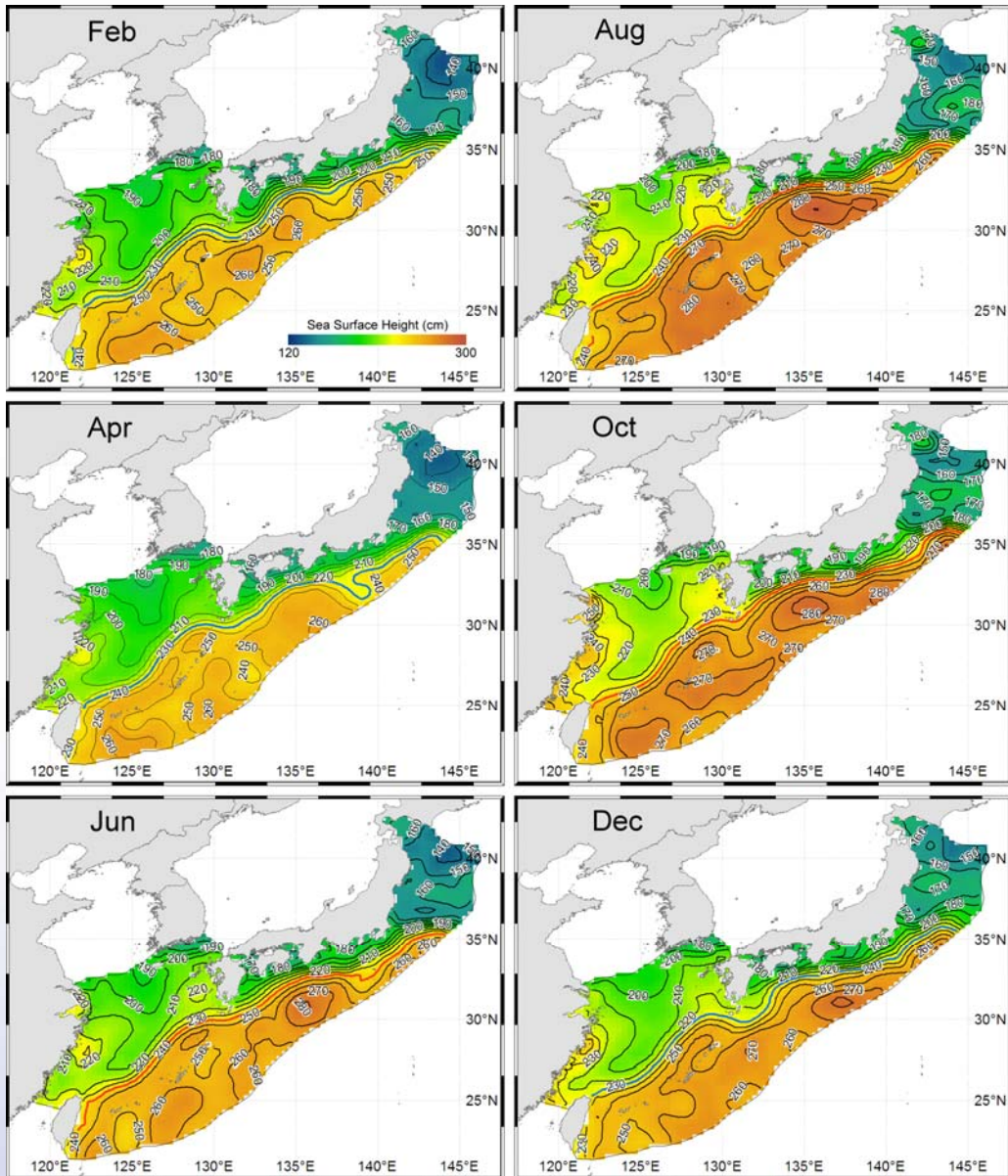


圖 3 黑潮海域衛星海面高度月平均影像及其等值線分布圖。圖中藍色線為 230cm 等值線(代表冬季時期之黑潮流軸指標)，紅色線為 240cm 等值線(代表夏季時期之黑潮流軸指標)

後，轉向進入日本沖繩海槽，再沿著東海陸棚邊緣往東北方向延伸，至北緯 30 度海域時，向東通過吐噶啦海峽，最後進入日本南方海域。其中，黑潮主流軸通過東海陸棚邊緣時，其各月主流軸分布位置幾乎相同，成為黑潮變動過程中最穩定的海域。事實上，Ebuchi 及 Hanawa (2003) 與 Nakamura 等 (2003) 曾利用日本氣象廳發布的黑潮主流軸速報圖，分析得知北緯 30 度附近海域，黑潮主流軸相對呈現較小的變動狀況。相反地，台灣東部海域及東北部海域，黑潮主流軸有較大的時空變動。其次，冬季時期的黑潮主流軸，較靠近台灣東海岸，夏季時期的黑潮主流軸，則明顯往台灣東部外海偏移，此種冬季近岸、夏季離岸現象，研判應與整個北太平洋亞熱帶環流季節性的緯度向推移及東亞海域受冬季盛行東北風及夏季盛行西南季風有密切的相關性。另外，黑潮通過吐噶啦海峽進入日本南方海域後，於東經 131—134 度，其主流軸也出現較大的空間變動特性，隨後於東經 137—140 度，也發現另一個主流軸變動更大的海域，亦即黑潮發生大蛇行現象的主要海域。

黑潮衛星海面高度距平值變化及其對鮪旗魚漁獲分布之影響

本研究利用衛星海面高度距平值，偵測冷、暖水團分布海域。其中，距平值呈現負值區，即為冷水團分布海域（圖 4 中藍色封閉區塊），而距平值呈現正值區，即為暖水團分布海域（圖 4 中紅色封閉區塊）。

當冬季時期黑潮通過吐噶啦海峽，進入

日本南方海域後，首先於 2 月時出現兩個距平值負值區的冷水團，分布於東經 130—140 度及北緯 30—33 度，隨後於 4 月出現距平值正值區的暖水團，分布於東經 140—145 度及北緯 33—35 度。這些於日本南方黑潮海域形成之冷、暖水團，會影響黑潮主流軸分布位置，並經常被認為與黑潮大蛇行現象有密切關連 (Kawai, 1969; Maximenko, 2002; Kawabe, 2005)。

另分析衛星海面高度推算之地衡流變化，發現冷水團之表層流向呈現出逆時針旋轉，而暖水團之表層流向則為順時針方向。其中，1—5 月黑潮表層流速較大海域，均出現於冷、暖水團海域，最大表層流速發生於東經 140—145 度及北緯 35 度。其次，夏季時期 8 月時，首先出現兩個距平值正值區的暖水團，分布於東經 132—137 度及北緯 30—33 度，隨後於 10 月出現距平值負值區的冷水團，緊靠日本南方沿岸海域，分布於東經 136—138 度及北緯 33—34 度。此外，7—11 月黑潮表層流速較大海域，亦出現於冷、暖水團海域，最大表層流速發生於東經 140—145 度及北緯 34—36 度。

本研究為探討黑潮表層時空動態對鮪旗魚漁獲分布之影響，將漁獲資料分成鮪魚、旗魚及其他魚類等三大類，並分別計算其月別單位努力漁獲量（每百鈎之漁獲尾數），再利用 ArcGIS 處理成數值圖層，然後套疊於黑潮衛星海面高度距平值影像及地衡流分布圖（圖 4）。其中，1—3 月時，黑潮衛星海面高度距平值偏低，且於日本南方海域出現明顯的冷水團分布，此時對應的漁獲種類以鮪魚類為最多，約佔總漁獲組成 90% 以上，鮪

旗魚單位努力漁獲量可達每百鉤捕獲 4—5 尾。再者，6—11 月時，黑潮衛星海面高度距平值明顯呈現正值分布，此時對應的旗魚類漁獲明顯提高，但鮪旗魚單位努力漁獲量則明顯下降，僅為每百鉤捕獲 3 尾以下。另外，由黑潮海域之鮪、旗魚類月平均單位努力漁獲量變化，發現鮪魚類的月平均單位努

力漁獲量，約為每百鉤捕獲 1.5 尾，且呈現冬季較高，夏季較低的現象。然而，旗魚類的月平均單位努力漁獲量，每百鉤漁獲在 0.5 尾以下，但冬季明顯低於夏季。整體而言，黑潮海域內之鮪旗魚月平均單位努力漁獲量，會呈現出冬季時期較高，而夏季時期較低的季節性變動狀況。

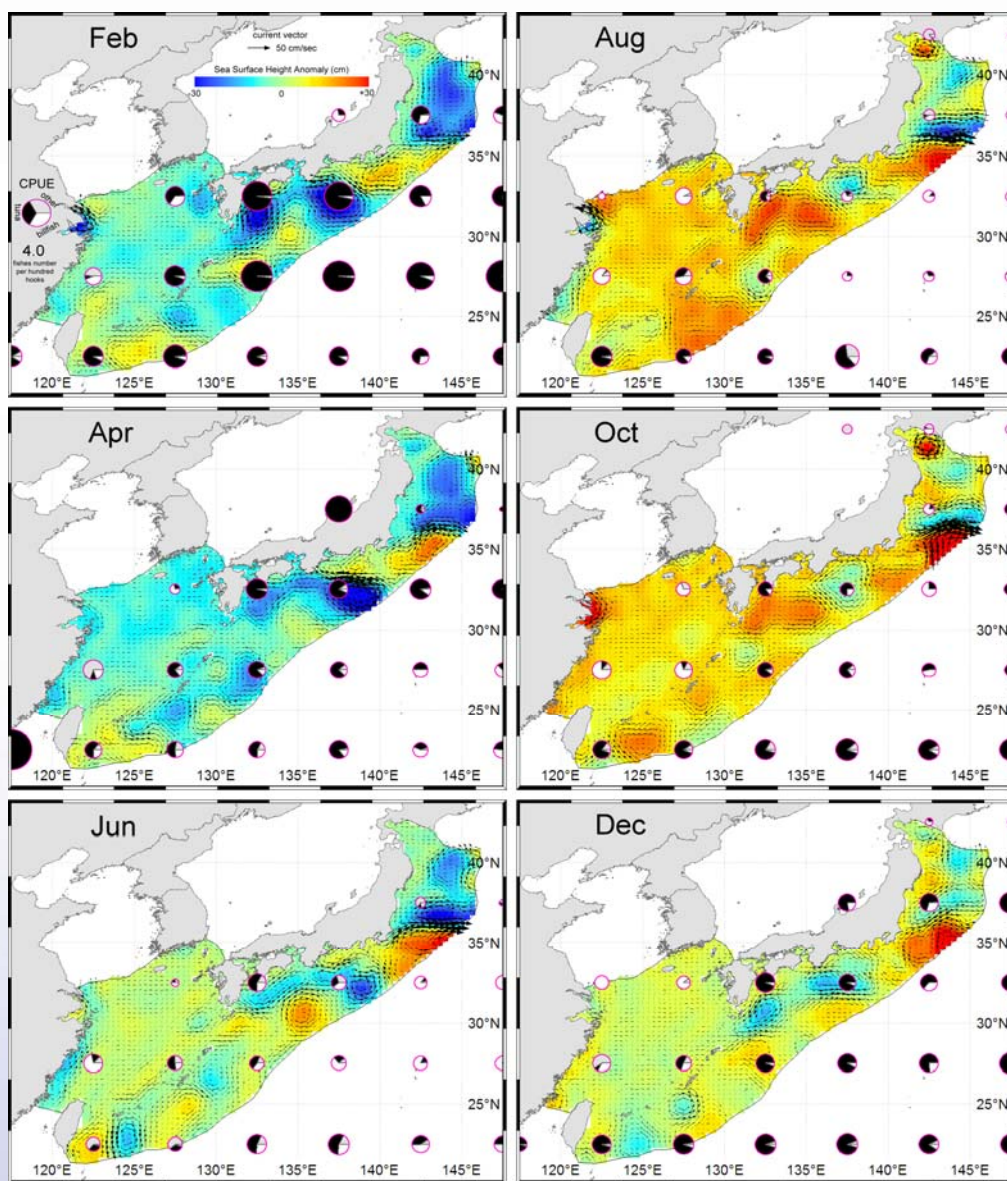


圖 4 黑潮海域之鮪旗魚月平均單位努力漁獲量及衛星海面高度距平值影像與地衡流分布圖