

Assessing the anthropogenic threats to
Oceanic attractions of Taiwan:
A Study Using AIS Data

臺灣沿近海船舶活動 對海洋觀光與潛在 生態熱點之壓力評估

GREENPEACE 綠色和平

臺灣沿近海船舶活動對海洋觀光與潛在生態熱點之壓力 評估 **Assessing the anthropogenic threats to oceanic attractions of Taiwan: A study using AIS data**

綠色和平東亞分部臺北辦公室 2024 年 5 月 15 日發布

一、摘要

儘管擁有豐富的海洋生物多樣性以及發達的沿近海漁業，臺灣目前海洋保護區的比例僅有 8.38 %¹，且尚未通過旨在保障海洋生態環境的《海洋保育法》，使臺灣海洋生態仍飽受各種人為活動的衝擊，這不僅對生物多樣性構成威脅，亦可能阻礙觀光發展，並使漁業蒙受損失。評估人為海上活動對海洋生態的影響意義重大，且過去臺灣並未有相關研究結果呈現。有鑑於此，綠色和平以相位資訊的超巨量資料分析技術和國立臺灣海洋大學資工系與環境生物與漁業科學系許為元副教授的數據處理理論合作，分析臺灣周邊海域的船舶自動辨識系統 (AIS · Automatic identification system) 軌跡數據，並將其量化為壓力指標，以評估船舶活動對海洋生態造成的威脅程度。

本研究以船舶在海域中行經的距離 (下稱強度 · Intensity)、出現的頻率 (下稱佔用率 · Occupancy) 以及行經的時間 (下稱時間 · Time) 作為評估生態壓力的指標，並以 2023 年累積量為主，研究結果為全臺海域的三項壓力指標分別為每萬分之一經緯度方格點²的平均強度約 1.71 m、平均佔用率約 1.46 次、平均時間約 59 秒。而全臺六個觀光與潛在生態熱區—北海岸、澎湖、東海岸 (含綠島)、大鵬灣 (含小琉球)、墾丁、東北角 (含龜山島) 等區域—周邊海域的三項壓力指標幾乎皆高於全臺平均：強度指標以東北角的平均值約 8.3 m 為最高，依次為北海岸約 8.27 m、大鵬灣約 7.21 m、墾丁約 3.51 m、澎湖約 2.86 m、東海岸約 2.5 m。而佔用率以大鵬灣的平均值約 2.46 次為最高值，依次為北海岸約 2.13 次，東北角約為 2.01 次，墾丁約 1.91 次，東部約 1.61 次，澎湖約 1.46 次。以時間指標來看，大鵬灣的平均值約為 358 秒為最高，依次為北海岸約 324 秒，東北角約 297 秒，墾丁約 162 秒，澎湖約 131 秒，東海岸約 108 秒。

此研究結果顯示，臺灣周邊海域的資源利用呈現高度集中特性，亦即漁業活動、觀光遊憩和生態熱區之間存在著高度重疊。此一現象也凸顯這些觀光與潛在生態熱區亟需檢視其生態壓力所造成的衝擊與影響，並針對生態保育進行全觀的規劃與管理，以確保海洋資源的永續發展。

¹ 根據海洋委員會海洋保育署統計資料，截至本文撰寫時，臺灣海洋保護區數量為 69 處，共有 6 種類型，總海域面積為 5401.18 平方公里，佔領海外界線內水域之比例為 8.38 %。<https://mpa.oca.gov.tw/>

² 經緯度單位為 0.0001 度，即每單位經緯度方格點約為 11 平方公尺。

二、研究目的

為瞭解與量化臺灣周邊海域所受到人為海上船舶帶來的壓力程度，本研究使用船舶航行軌跡數據估算其帶給生態的壓力水平，以及估算觀光與潛在生態熱區的壓力指數。

三、研究方法

3.1 估算船舶累積壓力

2008年 B.S. Halpern et al. 曾以人類海上行為強度估算對海洋生態造成的壓力³，Madon et al. 也在2022年估算船舶對鯨豚造成壓力⁴。船舶對環境的影響包括物理性、化學性以及生物性⁵，物理性的衝擊包括：錨泊對底質的干擾、船隻碰撞大型海洋生物、船舶丟棄的垃圾與廢棄漁具等等，化學性的衝擊包括：油漆塗料、溫室氣體、廢水以及油汙排放等等，生物性的衝擊包括：人造光害、外來物種入侵等等。也就是說，船舶出現的越頻繁、越密集，對當地環境的衝擊就會越高。而本研究的主旨則是希望透過船舶活動的計算，作為海上人為活動密集程度的評判標準，並據以推估潛在的生態壓力。

本研究使用船舶的自動辨識系統 (Automatic Identification System，以下簡稱 AIS) 所產生的數據⁶，由 AIS 所發出的資訊包括：GPS位置、航向與船速等。以 2023 年為時間範圍、以臺灣本島縣市與澎湖海岸線向外延伸 12 海里之海域為地理範圍，並篩選出漁船和遊憩船舶的數據⁷，以 0.0001 x 0.0001 經緯度方格為單元，並在每一個方格點中計算以下兩種指標來衡量人類海上行為造成的壓力：(1) 強度 (Intensity)：船舶在特定時間尺度內在單元內行駛的總距離，單位為公尺 (m)。(2) 佔用率 (Occupancy)：船舶在特定時間尺度內在單元內出現的頻率次數，單位為次數 (次)。(3) 時間 (Time)：船舶在特定時間尺度內在單元內穿越所經過的時間長度，單位為秒數 (秒)。詳細的資料產生方式如附件一所示。

³ B.S. Halpern, S. Walbridge, K.A. Selkoe, C.V. Kappel, F. Micheli, C. D'Agrosa, J. F. Bruno, K.S. Casey, C. Ebert, H.E. Fox, R. Fujita, D. Heinemann, H.S. Lenihan, E. M.P. Madin, M.T. Perry, E.R. Selig, M. Spalding, R. Steneck, R. Watson, A global map of human impact on marine ecosystems, *Science* Vol. 319 (5865) (2008) 948–952, <https://doi.org/10.1126/science.1149345>.

⁴ Madon, Bénédicte, et al. "Pairing AIS data and underwater topography to assess maritime traffic pressures on cetaceans: Case study in the Guadeloupean waters of the Agoa sanctuary." *Marine Policy* 143 (2022): 105160.

⁵ Byrnes, T.A.; Dunn, R.J.K. Boating- and Shipping-Related Environmental Impacts and Example Management Measures: A Review. *J. Mar. Sci. Eng.* 2020, 8, 908. <https://doi.org/10.3390/jmse8110908>

⁶ AIS 是安裝在船舶上的一套定位追蹤系統，主要目的為避免海上碰撞事故，也是目前少數可藉由公開數據 (open source) 管道瞭解人類海上活動的方式之一。

⁷ 觀光船與漁船通常在沿近海活動，相對遠洋航行的商船對沿近海的生態系影響較大，故本次調查以這兩種船舶活動作為資料蒐集標的。

3.2 估算觀光與潛在生態熱點範圍的船舶累積壓力

本研究以北海岸及觀音山國家風景區、東北角暨宜蘭海岸國家風景區、東海岸國家風景區、墾丁國家公園與大鵬灣風景區，以及澎湖國家風景區的海岸線範圍為基礎，向外延伸 3 海里的海域範圍，作為觀光與潛在的生態熱點範圍⁸，簡稱為北海岸、東北角（含龜山島）、東海岸（含綠島）、墾丁、大鵬灣（含小琉球）、澎湖。並以地理資訊系統軟體與上述估計之全臺灣船舶累積壓力地圖套疊，並取得觀光與潛在生態熱點範圍內的船舶累積壓力。

四、研究假設與限制

4.1 研究假設

- 船舶在海上活動的強度、佔用率會對海洋生態造成不同程度的壓力。
- 在選定的國家風景區及國家公園等潛在生態熱點範圍內，其生態對船舶壓力更敏感。

4.2 研究限制

- 受限於無線電台接收訊息或是未收到訊號的可能性，AIS 數據本身就會有潛在的誤差存在。
- 使用 AIS 數據可能無法完全涵蓋所有的船舶活動，因現行法規未強制 20 噸以下船隻安裝，因此研究未取得小型船舶相關數據⁹。本研究所取得的 2023 年 AIS 數據來自 8,345 艘船舶，然而根據 2022 年漁業統計年報，動力漁船就有 12,178 艘，亦即 AIS 數據僅能呈現部分實際情況。
- 本研究僅考量船舶的航行與停留時間等因素對生態造成的壓力，但並未納入其他可能的威脅因素，如：沿岸汙染、工程開發等。

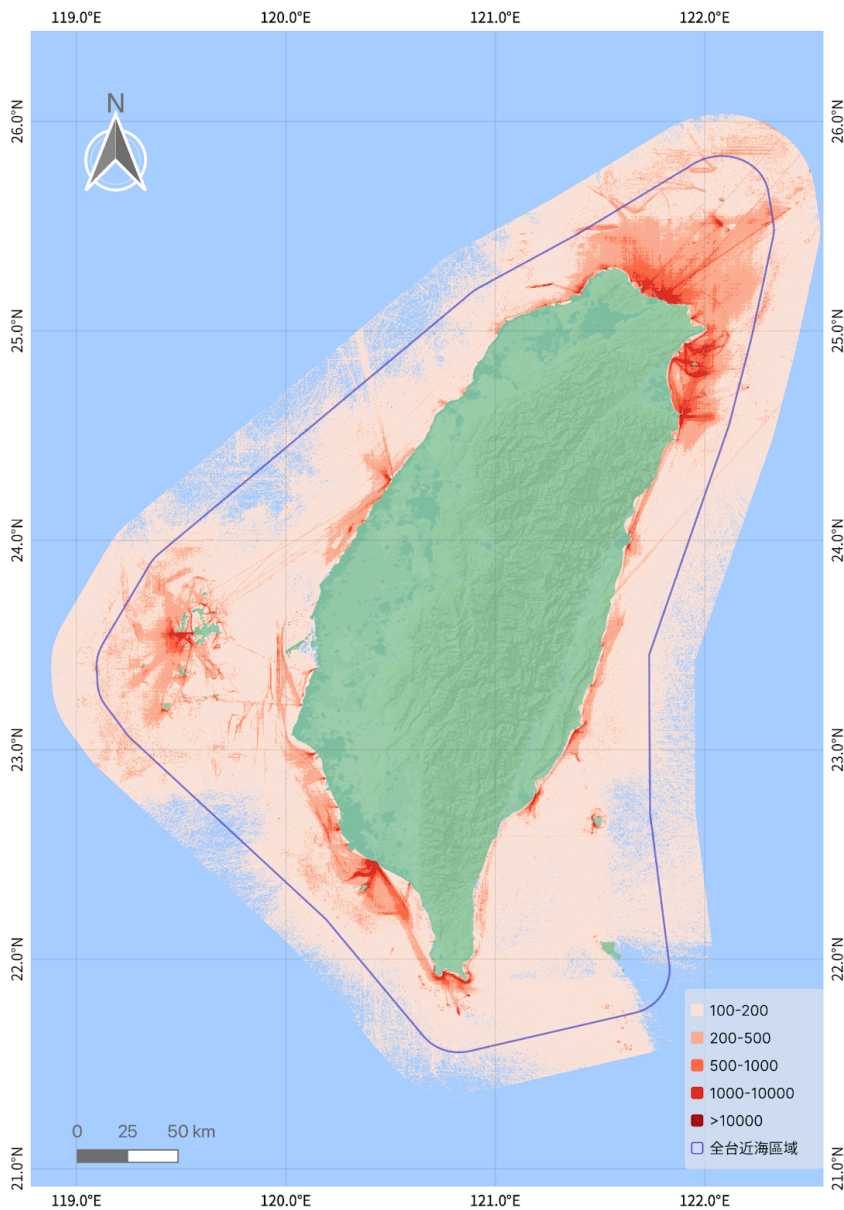
⁸ 臺灣沿岸生態系類型豐富，包括：珊瑚礁、岩礁、海草床、紅樹林、淺海熱泉等不同類型生態系，相對離岸的大陸棚與大洋生態系，也是生物多樣性最高的區域，因此本研究以沿岸區域作為分析範圍。

⁹ 交通部於 2018 年修正《船舶設備規則》，擴大 AIS 裝設範圍至 20 噸以上的各式船隻，然農委會漁業署至 2023 年 4 月 26 日才發布《沿近海漁船船舶自動辨識系統船載臺應遵行事項》，要求 20 噸以上漁船開啟 AIS。
◦ https://www.fa.gov.tw/view.php?id=45&theme=FisheriesAct_LAW

五、研究結果

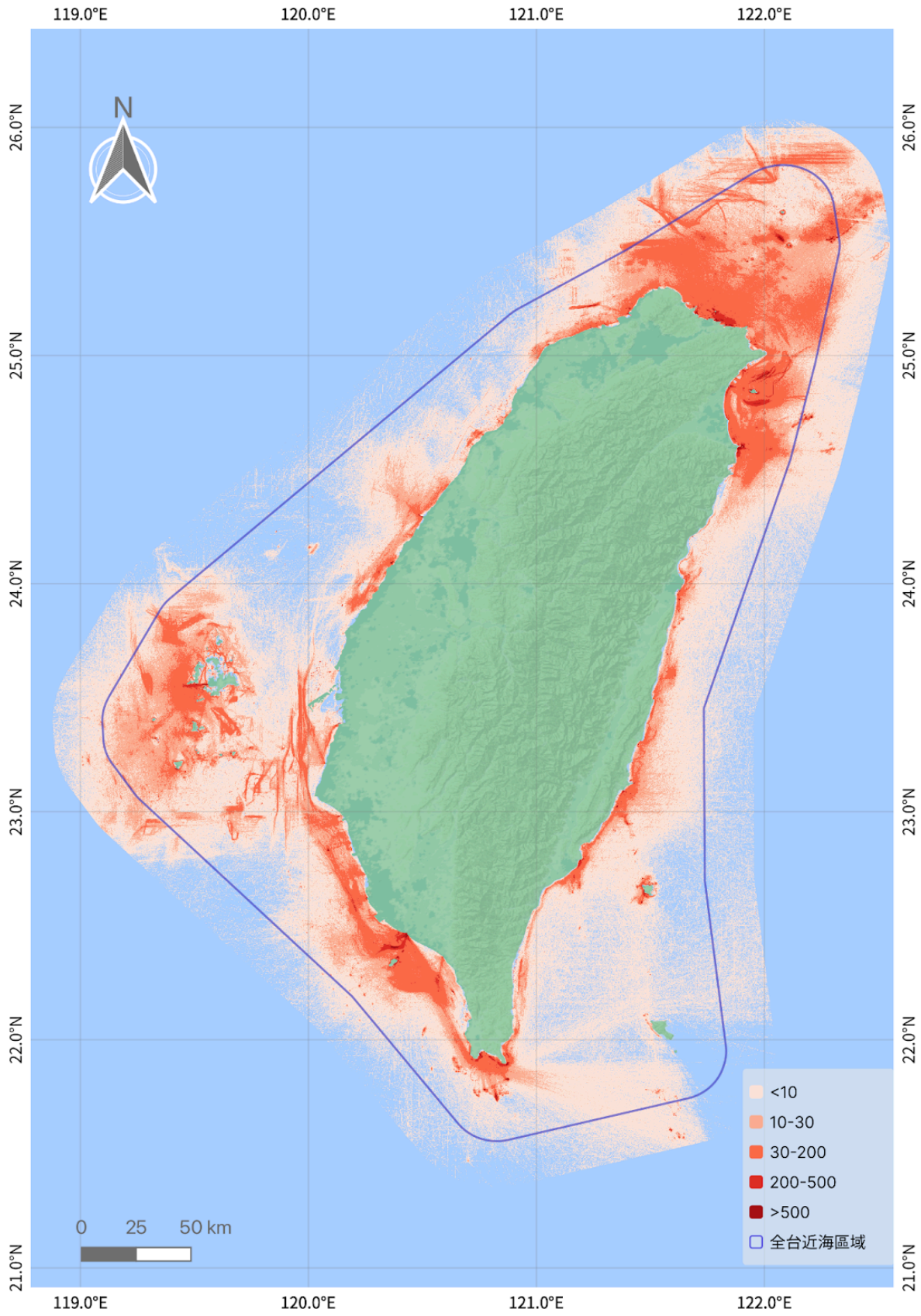
5.1 臺灣周邊海域船舶壓力

在三項壓力指標估算中，全臺沿近海域每萬分之一經緯度方格的平均強度約為 1.71 m、平均佔用率約為 1.46 次、平均時間約為 59 秒。下圖分別為三種船舶壓力指標的全臺分佈圖¹⁰。

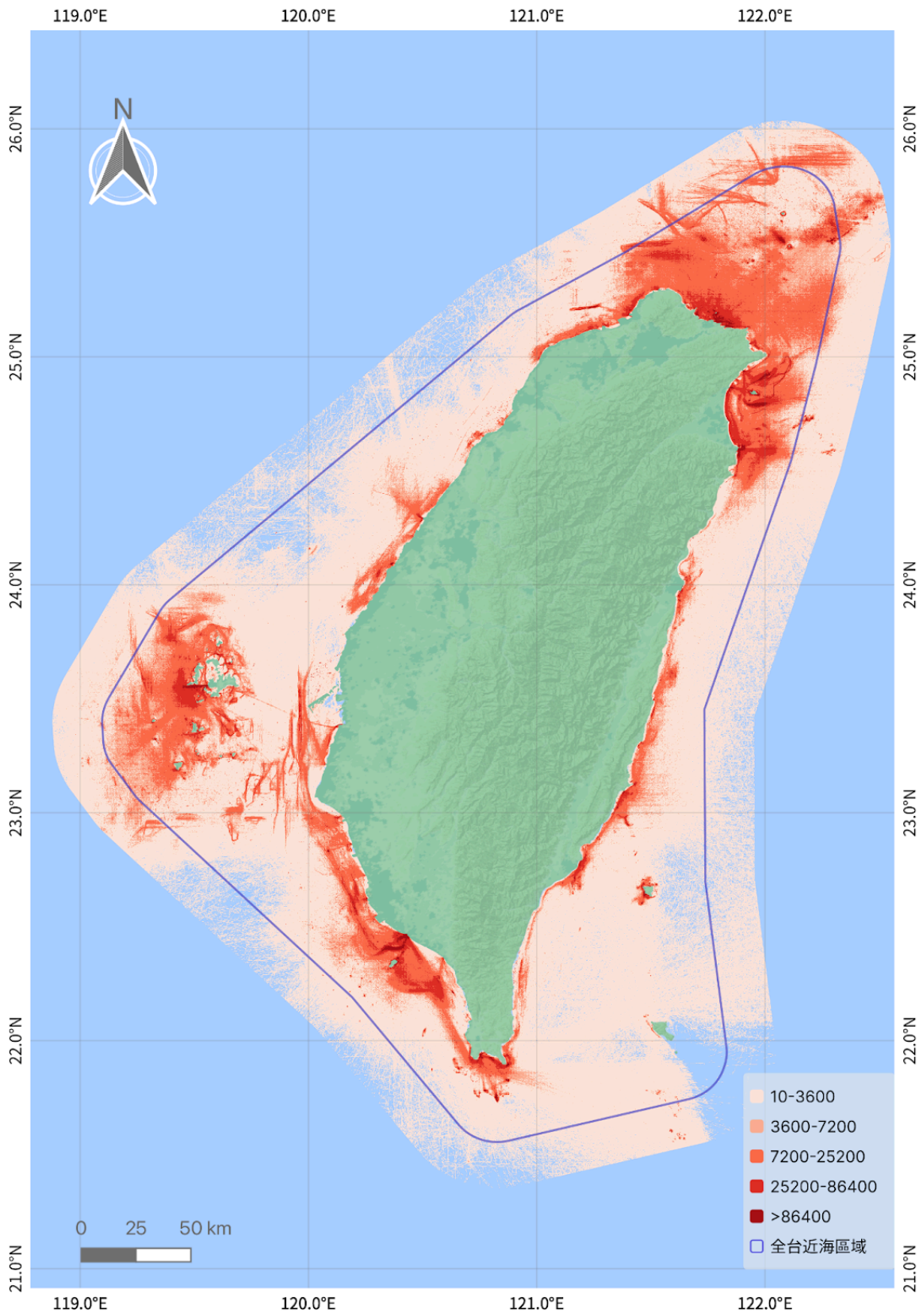


圖一、臺灣周邊海域於 2023 年的船舶強度分布圖

¹⁰ 此報告中所有的分佈圖皆以每 0.001 經緯度方格點所繪製而成。



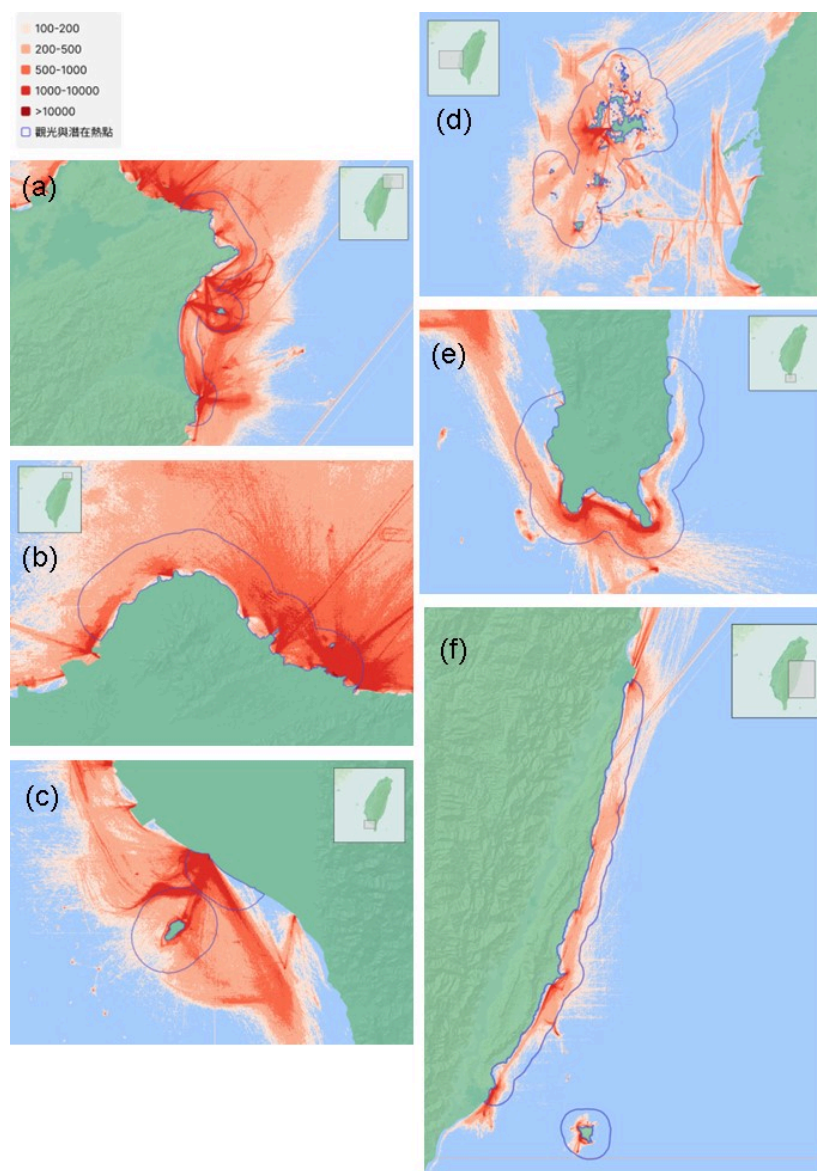
圖二、臺灣周邊海域於 2023 年的船舶佔用率分布圖



圖三、臺灣周邊海域於 2023 年的船舶時間分布圖

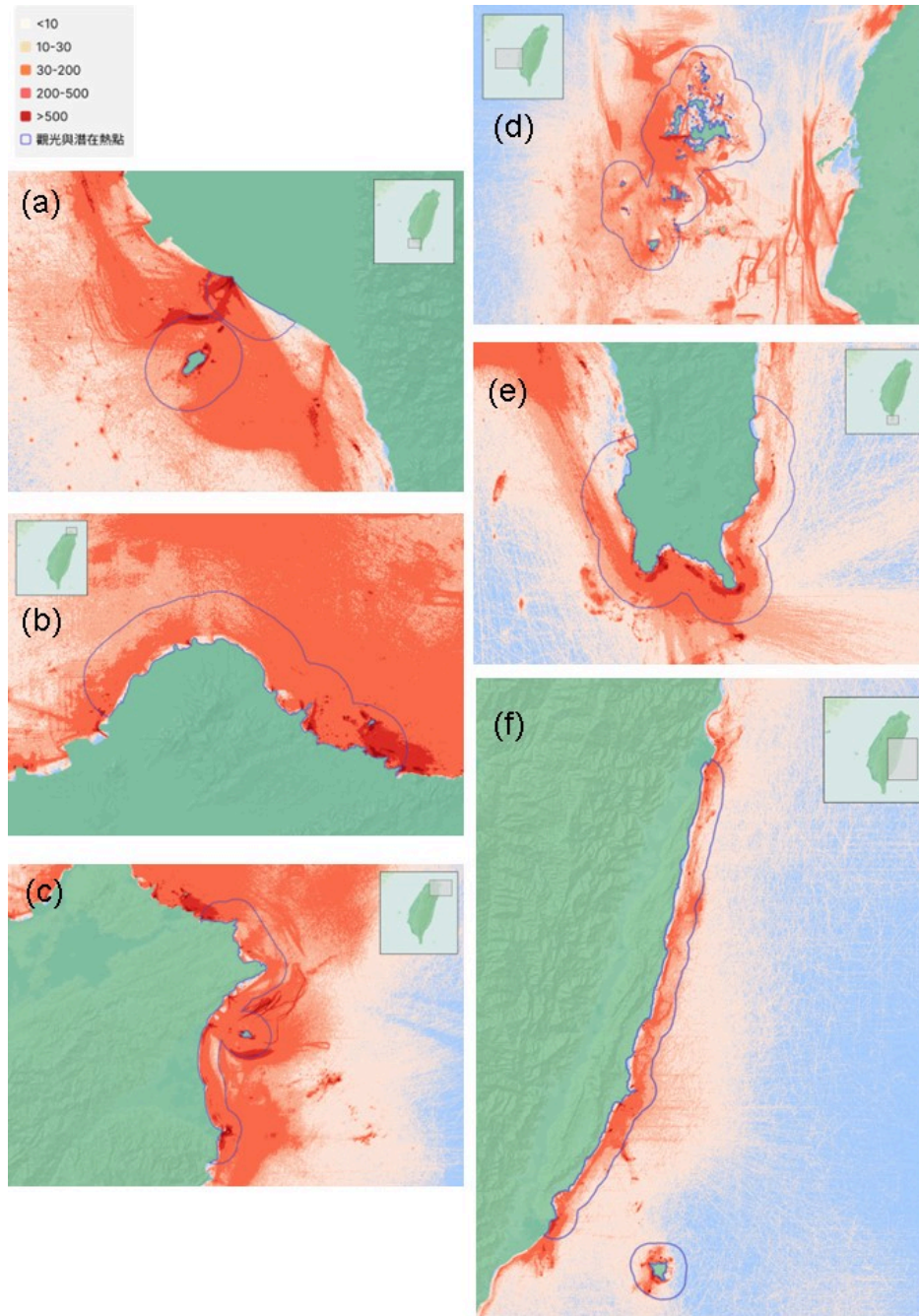
5.2 觀光與潛在生態熱點海域船舶壓力

在壓力指標強度的平均值估算中，全臺六個觀光與潛在生態熱區周邊海域每 0.0001 經緯度方格的依次分別為：東北角（含龜山島）約 8.3 m，北海岸約 8.27 m，大鵬灣（含小琉球）約 7.21 m，澎湖約 2.86 m，墾丁約 3.51 m，東海岸（含綠島）約 2.5 m，皆高於上述之全臺海域的平均值約 1.71 m。



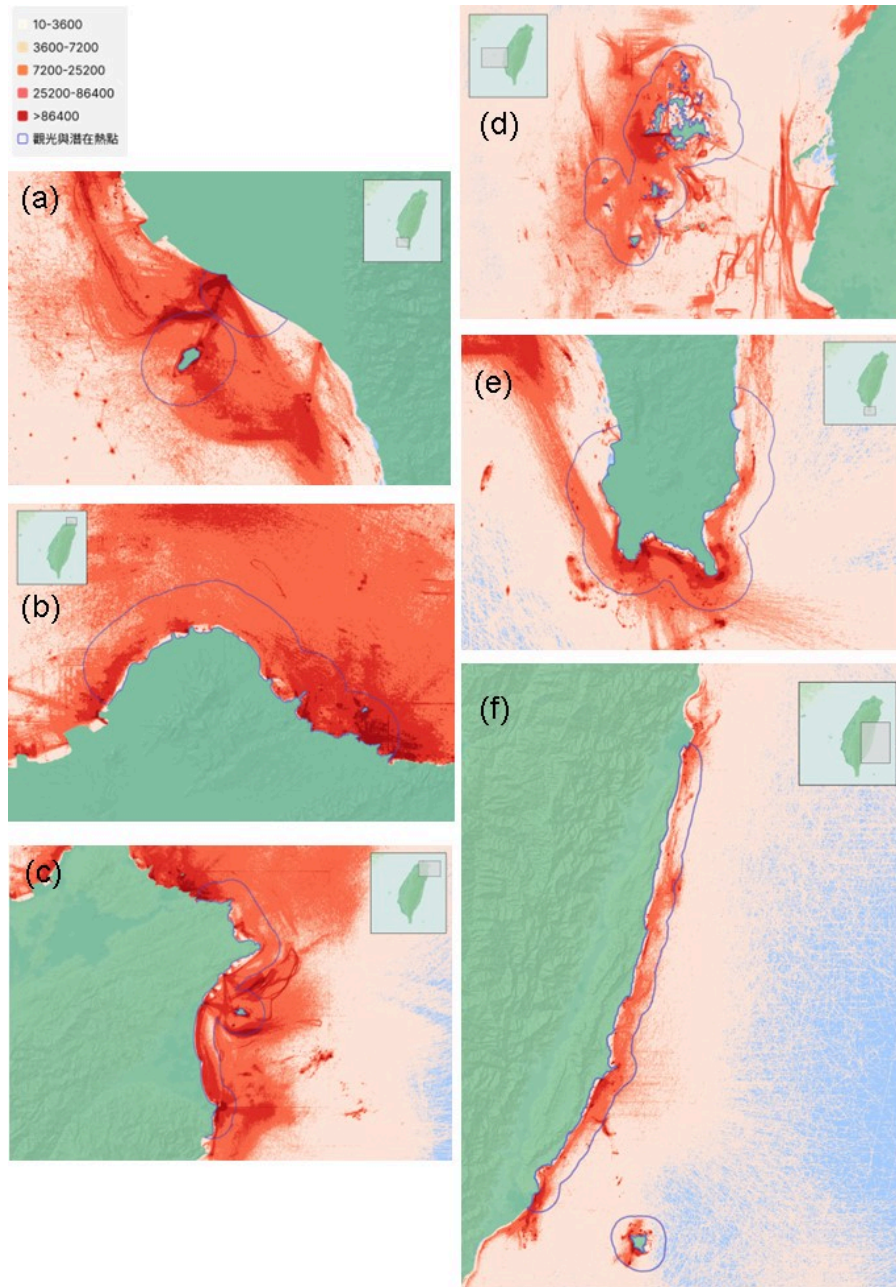
圖四、觀光與潛在生態熱區於 2023 年的船舶強度分佈圖。(a) 東北角 (b) 北海岸 (c) 大鵬灣 (d) 澎湖 (e) 墾丁 (f) 東海岸

而平均佔用率值依次分別為：大鵬灣約 2.46 次，北海岸約 2.13 次，東北角約 2.01 次，墾丁約 1.91 次，東海岸約 1.61 次，澎湖約 1.46 次（如圖四），前五個地點的數值皆高於上述之全臺海域的平均值約 1.46 次。



圖五、觀光與潛在生態熱區於 2023 年的船舶佔用率分佈圖。(a) 大鵬灣 (b) 北海岸 (c) 東北角 (d) 澎湖 (e) 墾丁 (f) 東海岸

第三個指標平均時間依次分別為：大鵬灣約 358 秒，北海岸約 324 秒，東北角約 297 秒，墾丁約 162 秒，澎湖約 131 秒，東海岸約 108 秒，皆高於上述之全臺海域的平均值約 59 秒。



圖六、觀光與潛在生態熱區於 2023 年的船舶時間分佈圖。(a) 大鵬灣 (b) 北海岸 (c) 東北角 (d) 澎湖 (e) 墾丁 (f) 東海岸

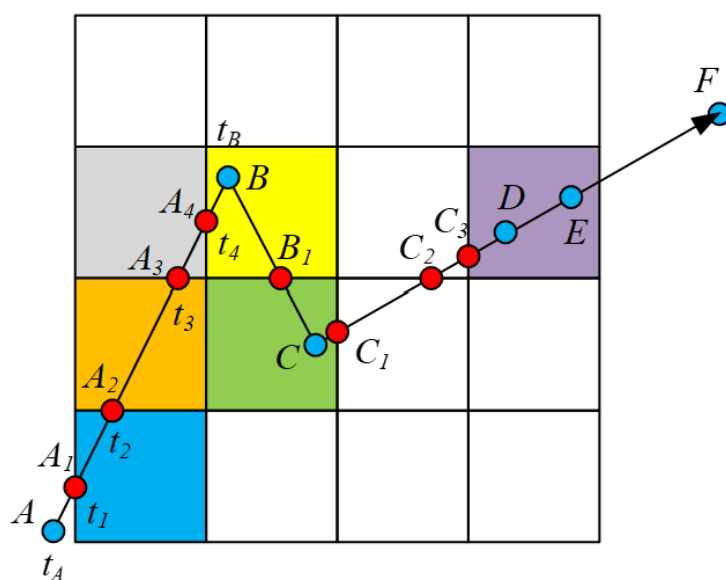
附件一、資料產生方式

資料獲取

- 本研究使用 AIS 資料是由航港局建置的 14 座基站與 19 座行標台所收集而來。
- 其中以 2023 年所收集的 AIS 過濾出臺灣海域常出現的 Type 30 (Fishing) 以及 Type 37 (Pleasure craft)。每艘船舶都有 MMSI 編號，其前三碼為國碼。本研究使用國碼 416 (臺灣) 的資料。需注意 MMSI 難以強制執行，故可能有船舶隨意填寫其編號。

圖層計算

- 本次研究共計算出三種圖層分別為單位方格點內的累積航行距離 (強度，Intensity)、單位方格點內的點位數 (佔有率，Occupancy) 以及單位方格點內的累積航行時間 (時間，Time)。



- 佔用率 (Occupancy)：本次研究因為 AIS 資料每個點位的間隔可以短至 2 秒，故採用高解析度 (0.0001 經緯度) 的方格點來統計。統計方法僅須看該點位 AIS 所抱之 GPS 經緯度座標就可以算出該點位應該位於哪個方格點內。為了加速運算，我們限制了經緯度範圍至涵蓋臺灣的方框北緯 21 至 27 度，東經 118 至 124 度。如上圖中，AIS 樣本點為 A、B、C、D、E 及 F，所累積得資料則是黃色方格中有 1 點 (次)、綠色方格中有 1 點 (次)，

紫色方格中有 2 點（次）。此指標數值越高代表有船舶越常在該方格點內。

- 強度（Intensity）：第一階段是將具備同樣 MMSI 的訊號依時間排序組成一條航跡。假設有一條航跡如上圖，我們需要將航跡給切成數段來計算每個方格點內的實際長度。例如：A 至 B 的 AIS 點位，會經過 3 個方格點，我們必須計算該線段與方格點的交點（ A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 ）並將航段切成幾個線段。另因為臺灣全域的緯度差異所產生的誤差小，所以直接使用歐幾里得距離（Euclidean distance）方式計算長度，而不是使用計算量需求極大的大圓距離（Great circle distance）方式計算¹¹。計算過程中總共產生 126,914,714,858 個線段，但經由上述範圍（即北緯 21 至 27 度，東經 118 至 124 度）過濾後則剩下 2,053,777,421 個線段，然後再將線段資料合併統計入方格點內，數值越高代表有船舶在該方格點內航行的距離越多。
- 時間（Time）：同時也是 Accumulated traversing time。如上圖，當我們使用 AIS 線段（A · B）計算航線軌跡通過的藍色、橘色以及灰色方格所累積的時間，假設 A 點的時間為 t_A ，B 點的時間為 t_B ，依照（A · B）線段的長度等比例分配到所經過的方格點，透過計算（ A_1 · A_2 ）（ A_2 · A_3 ）（ A_3 · A_4 ）與整個線段（A · B）的比例，可以找出 A_1 的點的時間 t_1 、 A_2 的點的時間 t_2 、 A_3 的點的時間 t_3 、以及 A_4 的點的時間 t_4 ，並建立出從 A 點航行到 B 點過程中經過每個方格點的邊界時間序列（ t_A · t_1 · t_2 · t_3 · t_4 · t_B ）。接著將航跡序列的時間相減，即 $t_2 - t_1$ ，就可以得到（ A_1 · A_2 ）所花費的時間並累積在藍色方格點中。同樣地再計算 $t_3 - t_2$ ，就可以得到（ A_2 · A_3 ）所花費的時間並累積在橘色方格點。以此類推，最終可以獲得藍色、橘色以及灰色方格內所累積的時間。

¹¹ 雖然此方法運算速度快，但因地球非平面的原因，所以算出的數值會比實際數值小一些。