



規避風浪之船舶航路 規劃技術優化

范揚洺、邱惠絹、王良生
潘琦、黃士哲、陳進益

國立成功大學近海水中心
中央氣象署海象氣候組

中華民國114年9月4日



國立成功大學近海水中心
Coastal Ocean Monitoring Center

近10年全球船舶損失數量統計

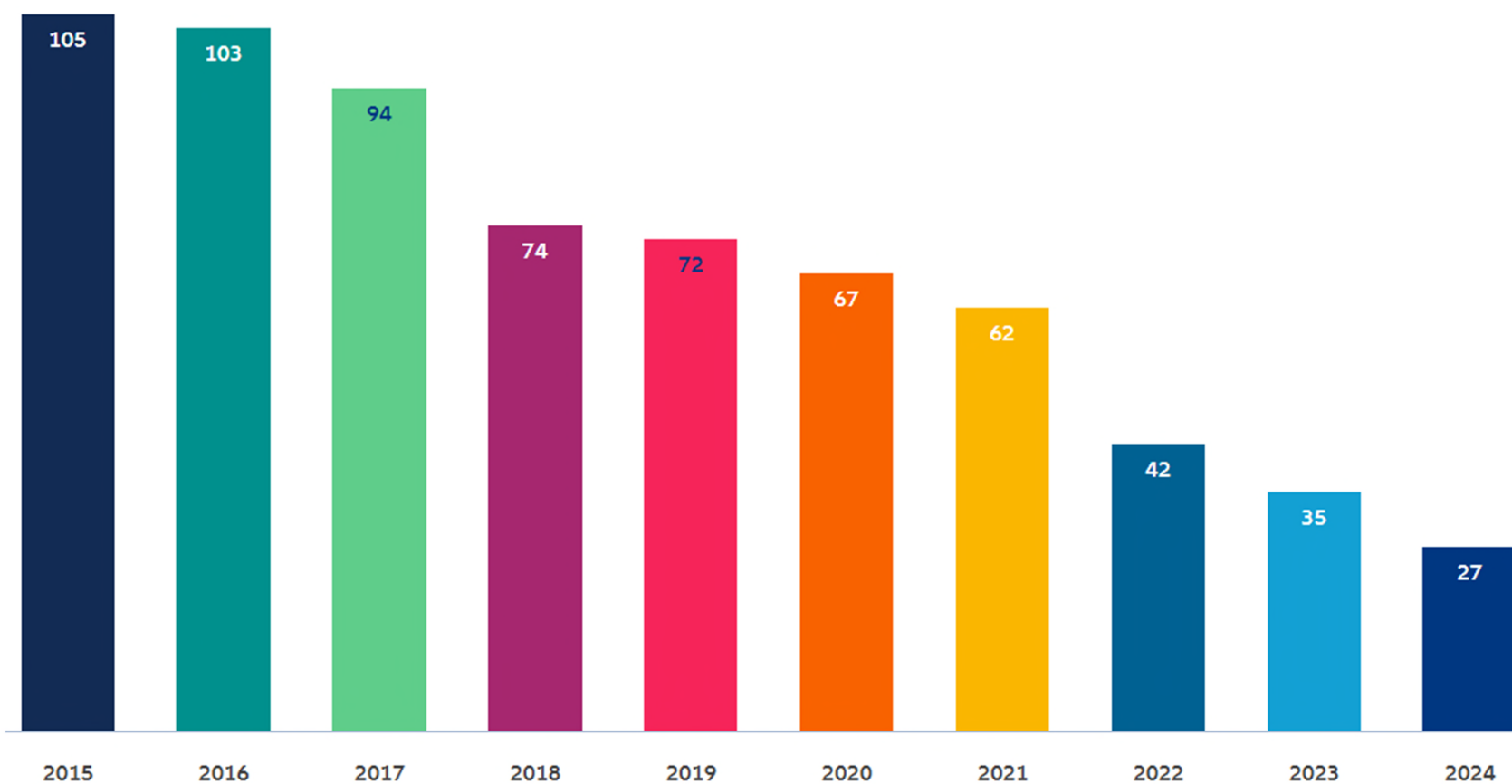
Losses in focus

近10年全球船舶損失數量統計

Total shipping losses by year

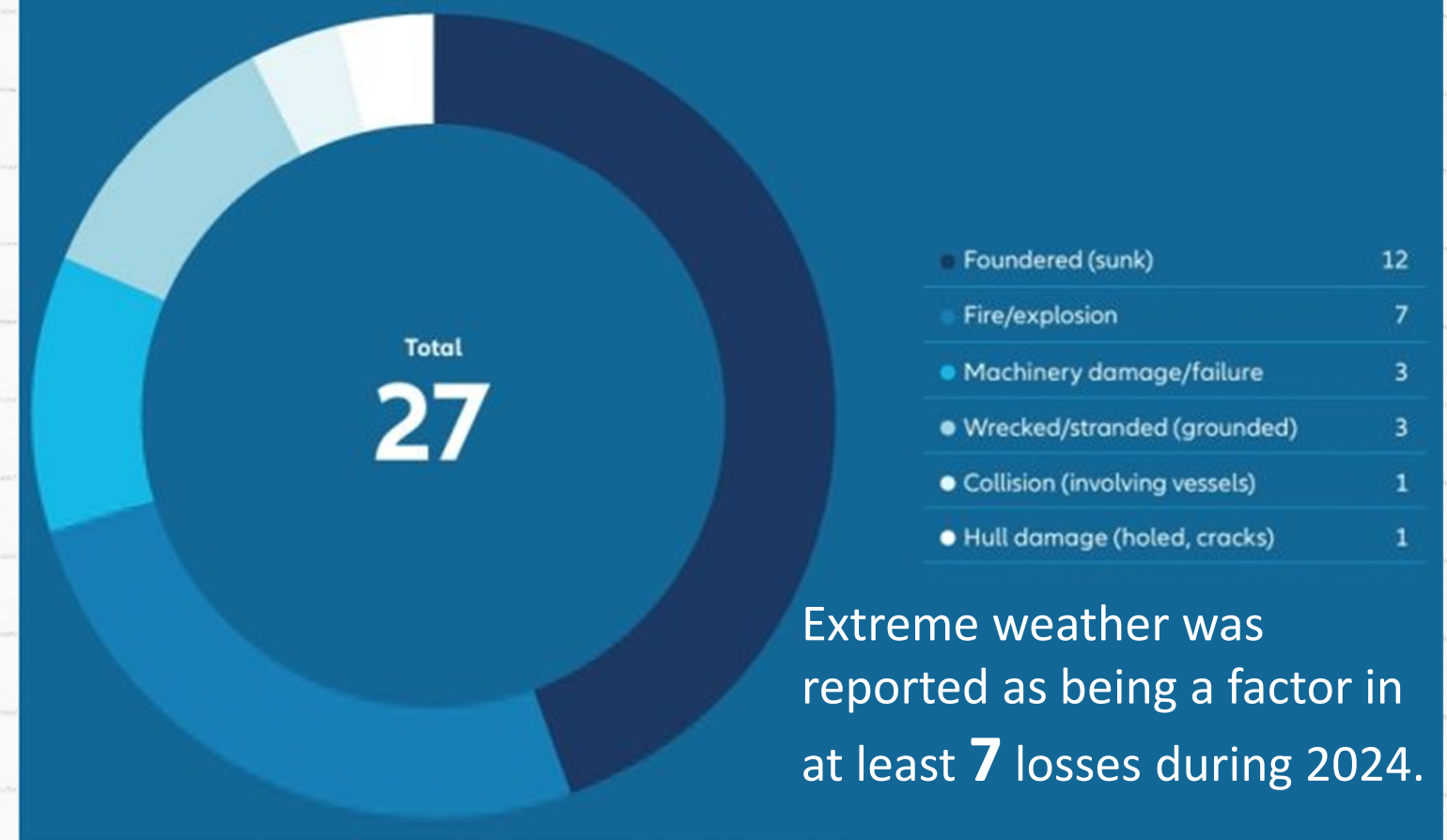
Vessels over 100GT only

The shipping industry has made significant improvements when it comes to maritime safety in recent years. During the 1990s the global fleet was losing 200+ vessels a year. This total had halved by 10 years ago and is now down to a record low of 27 as of the end of 2024.



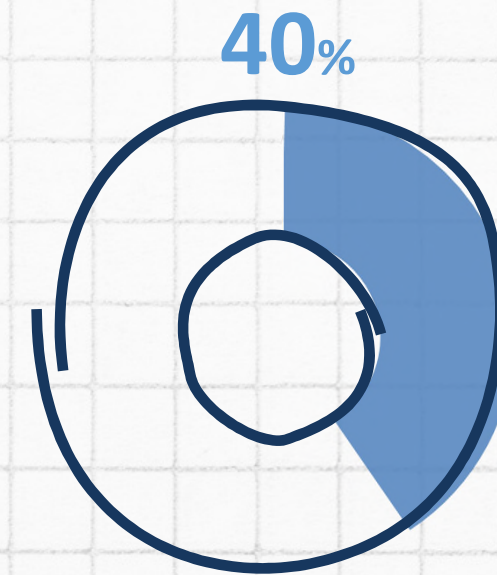
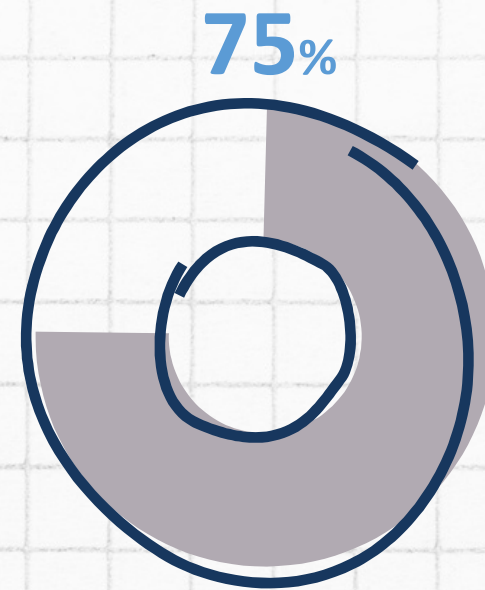
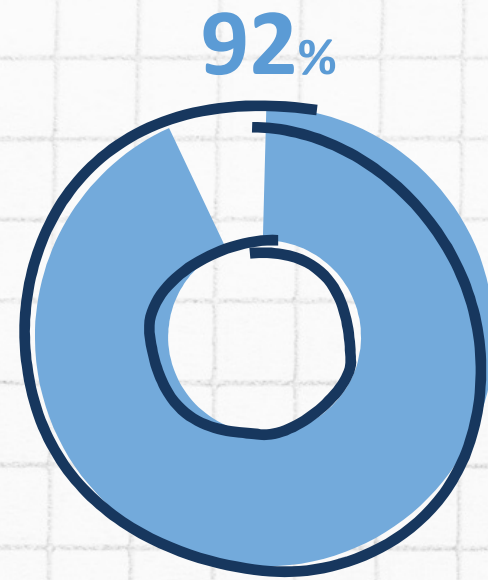
Causes of total loss 2024

January 1, 2024 to December 31, 2024. Vessels over 100GT only



圖片來源：ALLIANZ COMMERCIAL, Safety and Shipping Review 2025

2024年至少有7起船舶事故因惡劣海象導致，顯示出海象資訊對航行安全的重要影響。



海況數據與資訊對船舶航行的重要性

➤ 海況數據如何輔助航行決策

- ✓ 預測海氣象變化
- ✓ 優化航路的選擇

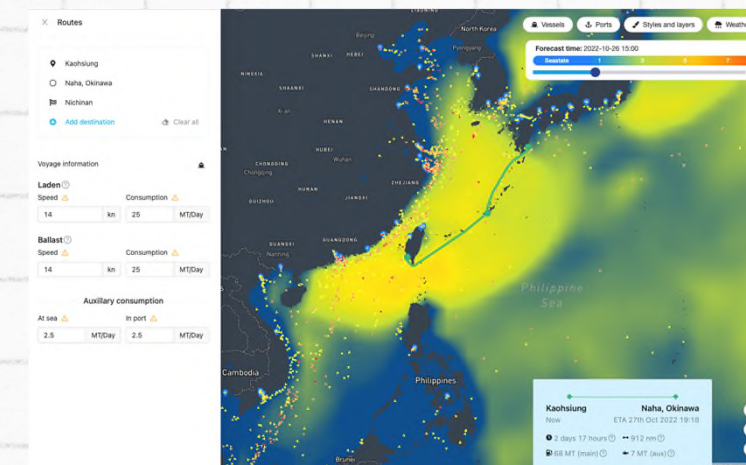
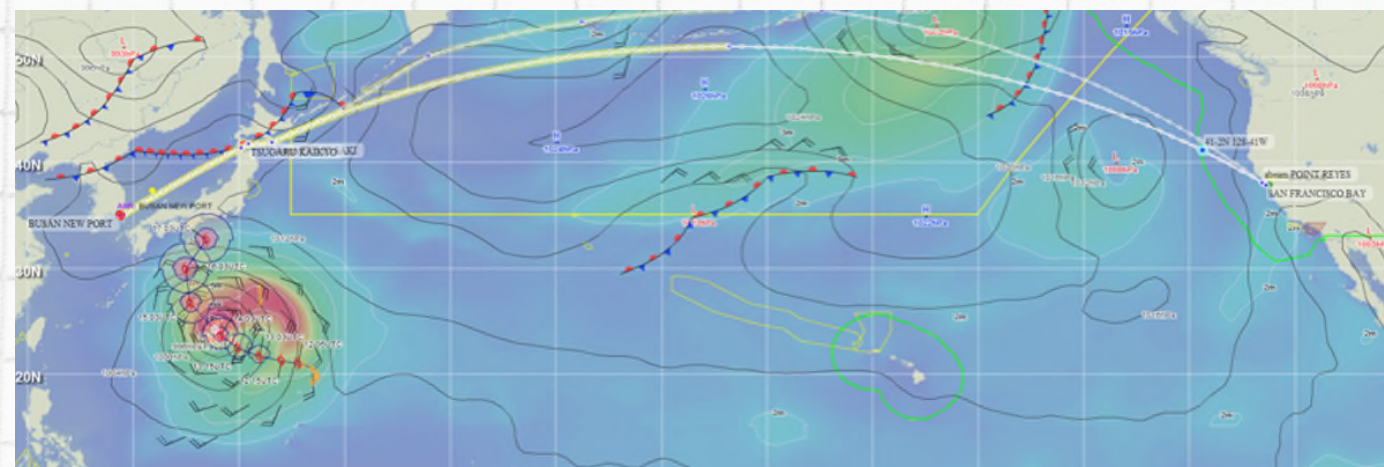
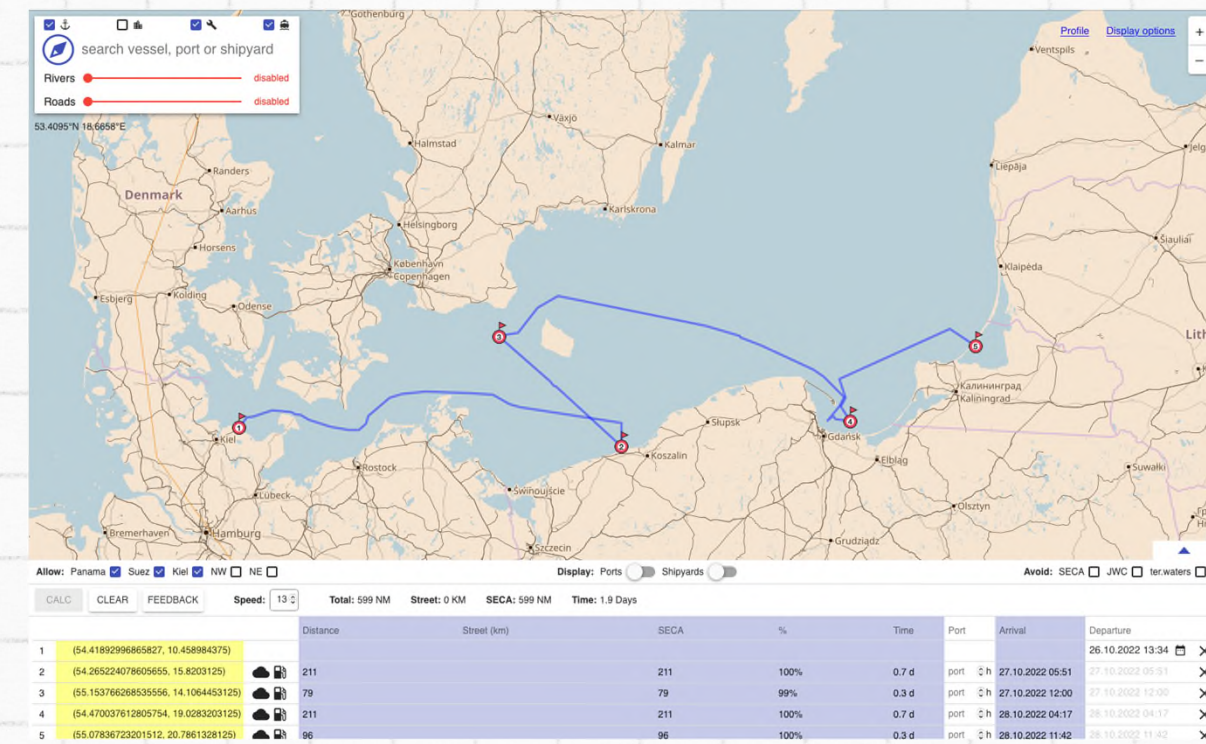
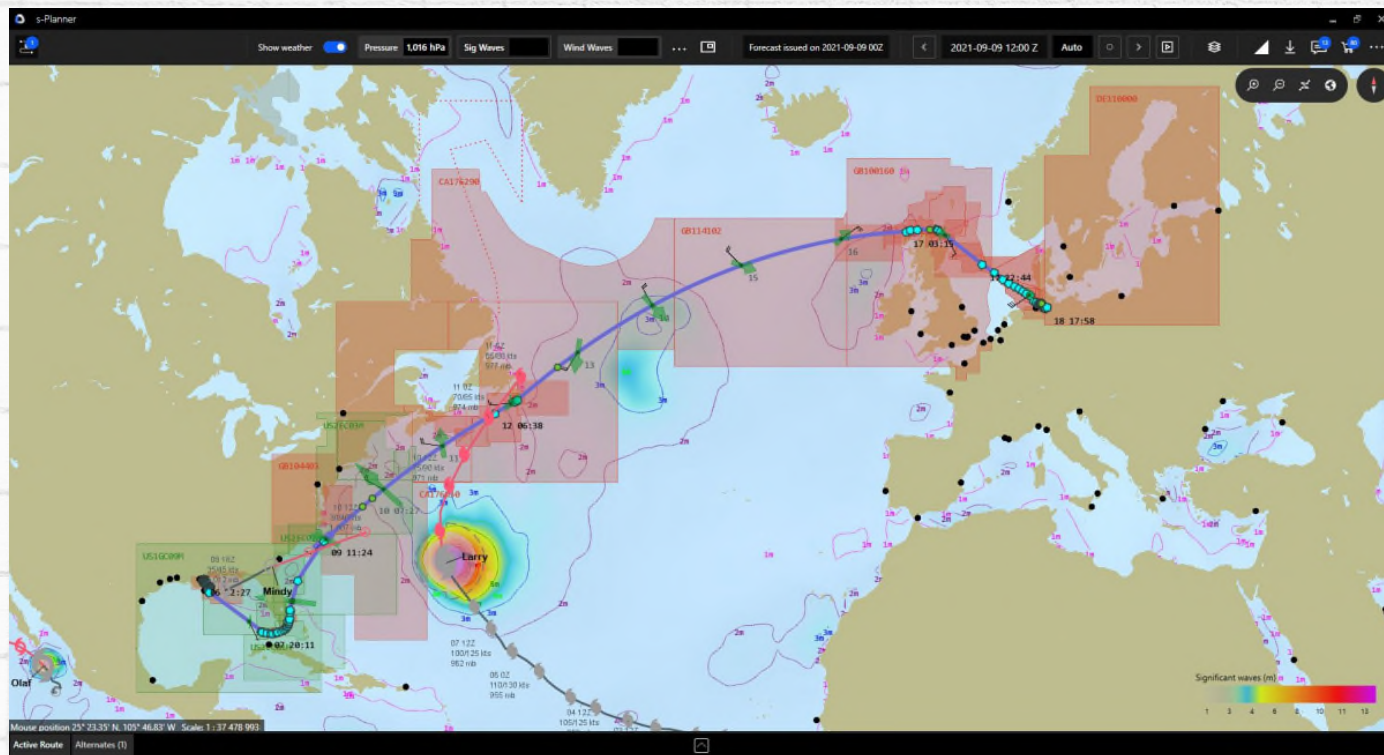
➤ 如何避免危險情況

- ✓ 及時調整航路
- ✓ 減少事故風險

國內外既有的航路規劃服務

➤ 氣象導航公司 StormGeo, WNI

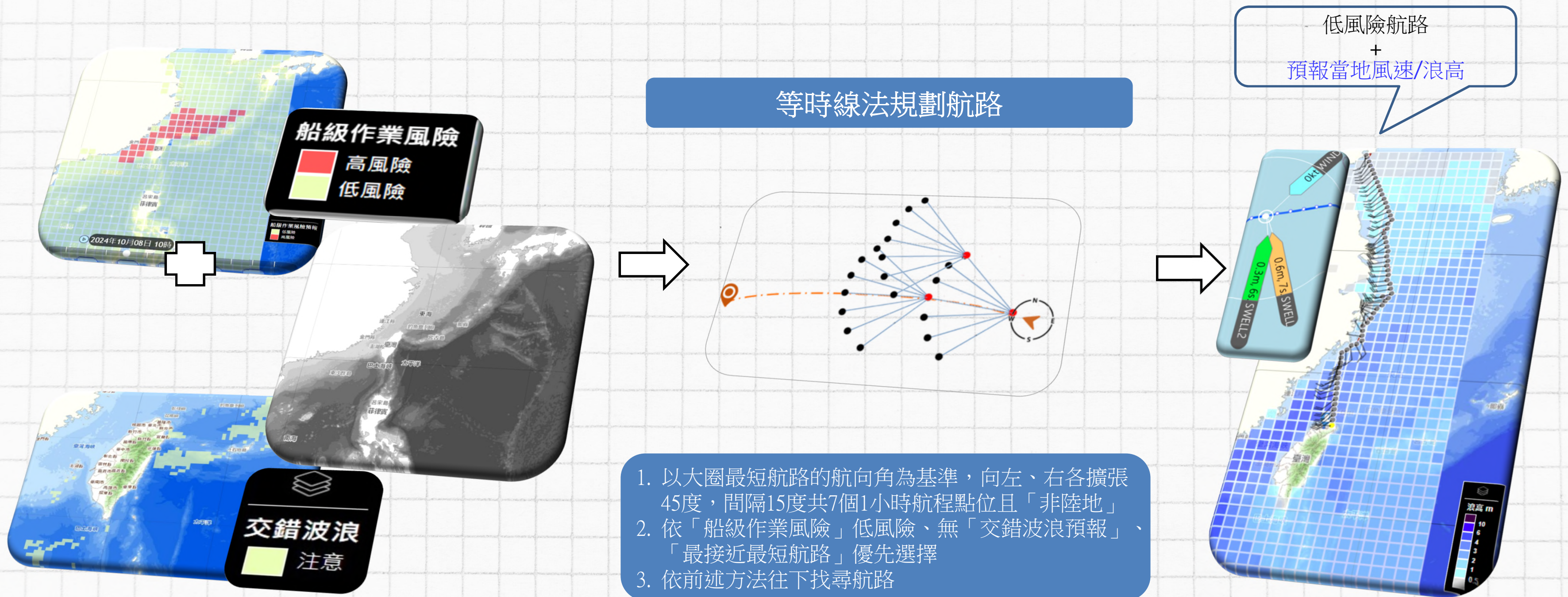
➤ 公開網站 searoutes, searoutes

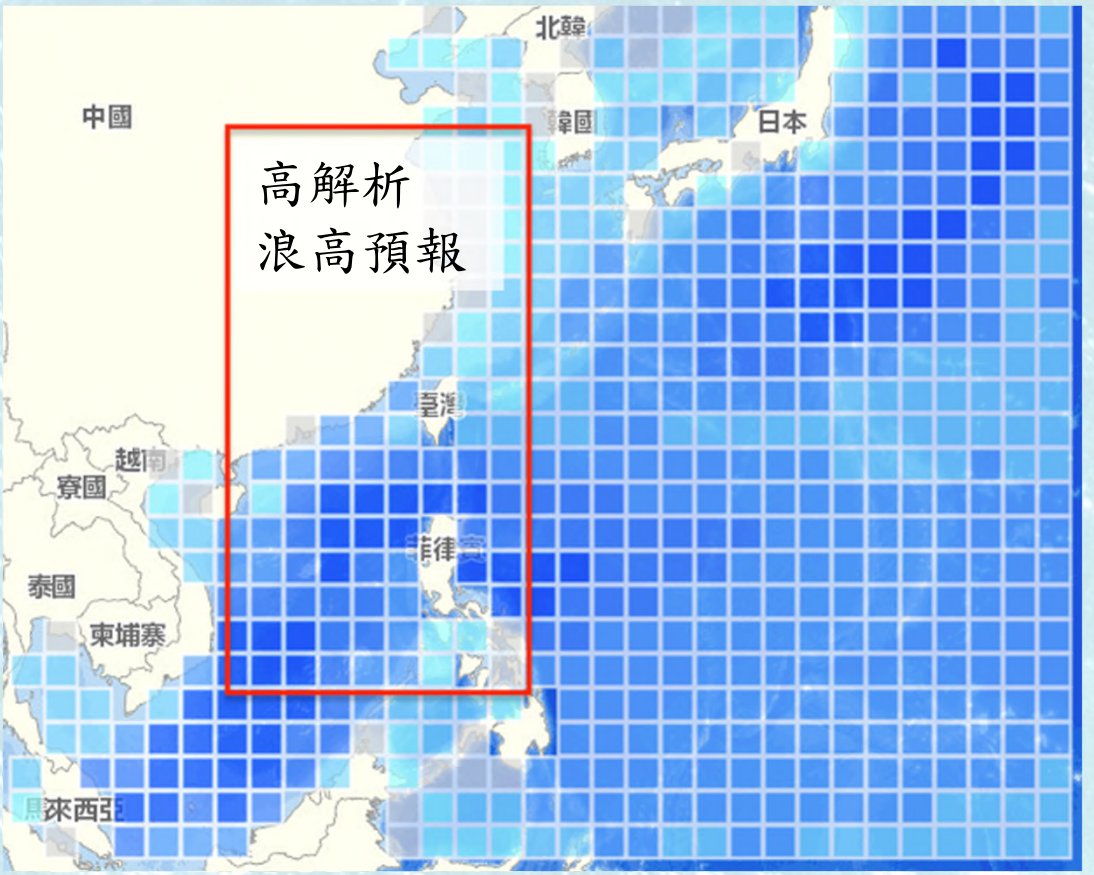
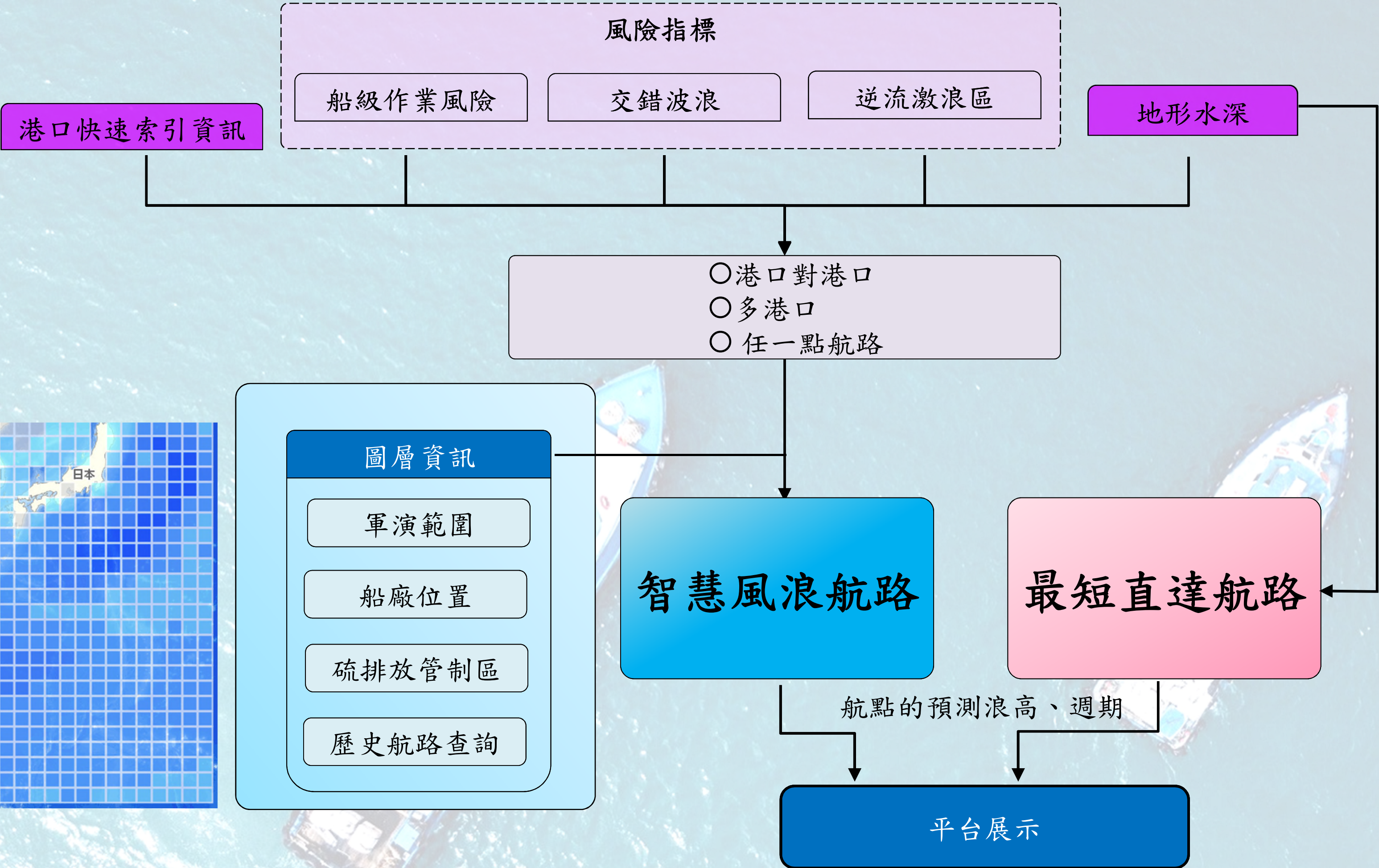


- ✓ 氣象導航公司：適合商業航運和大型船隻，優勢在於精準性、客製化以及即時更新的高精度海氣象預報，但成本較高。
- ✓ 公開網站：適合小型船隻和休閒航行，雖然價格實惠且易於使用，但精度和服務覆蓋範圍有限。

智慧風浪航路規劃技術

用於航路規劃主要方法：等時線法 (海氣象變化與水深)、動態規劃法、尋路與遺傳演算法 (降低油耗)、機器學習 (降低油耗與預計到達時間)





Ship Class Operation Risk Forecast

船級作業風險預報

- 依據不同噸位之艦艇或漁船，考慮其耐浪波高及風速，提供海上作業人員查詢海上作業風險等資訊服務。
- 更新頻率：每 6 小時 1 次
- 預報長度：96 小時

巡防艇 20 噸以下、漁船 CT2 以下

巡防艇 20-60 噸以下、漁船 CT3 以下

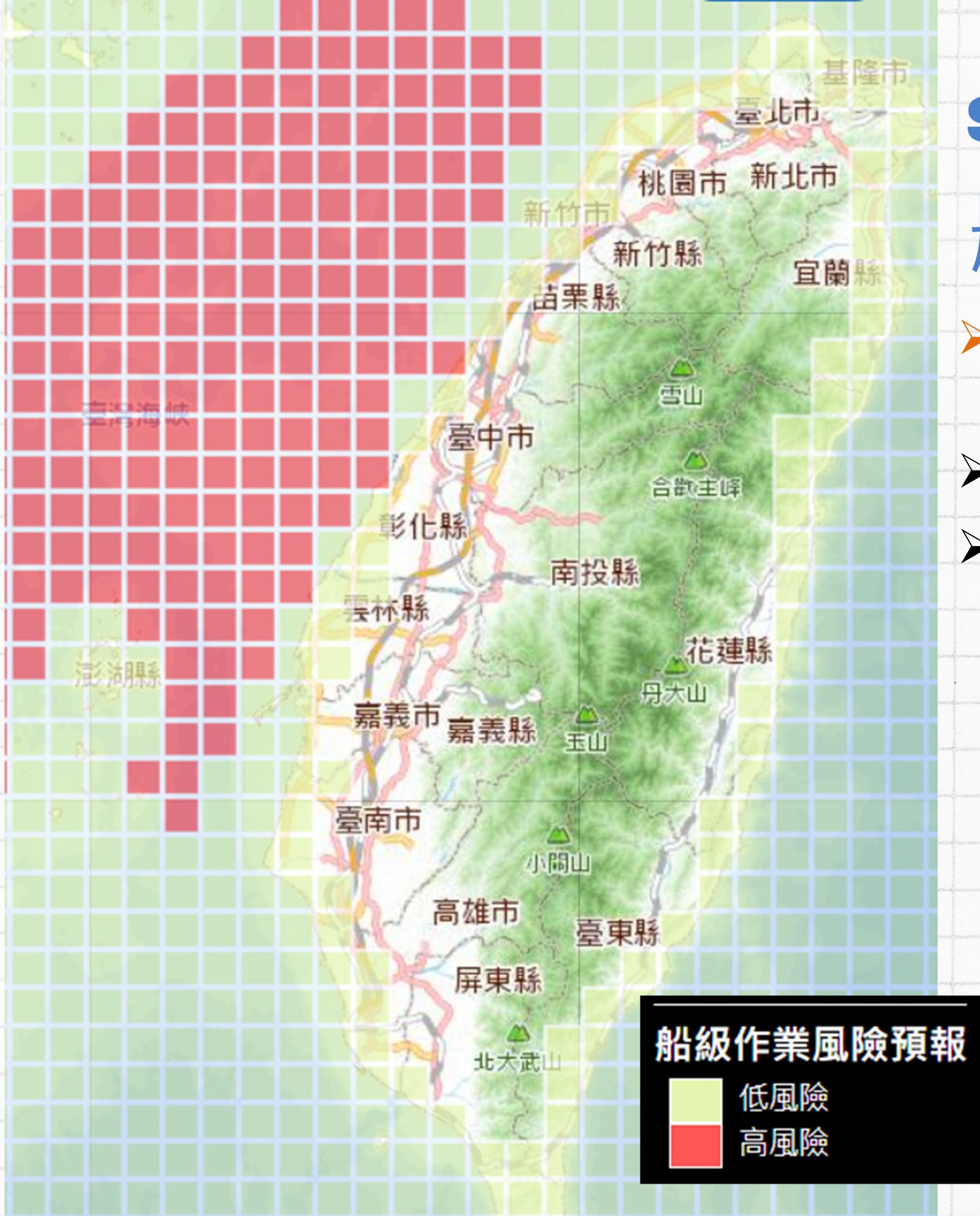
巡防艇 60 噸以上、漁船 CT4-CT6

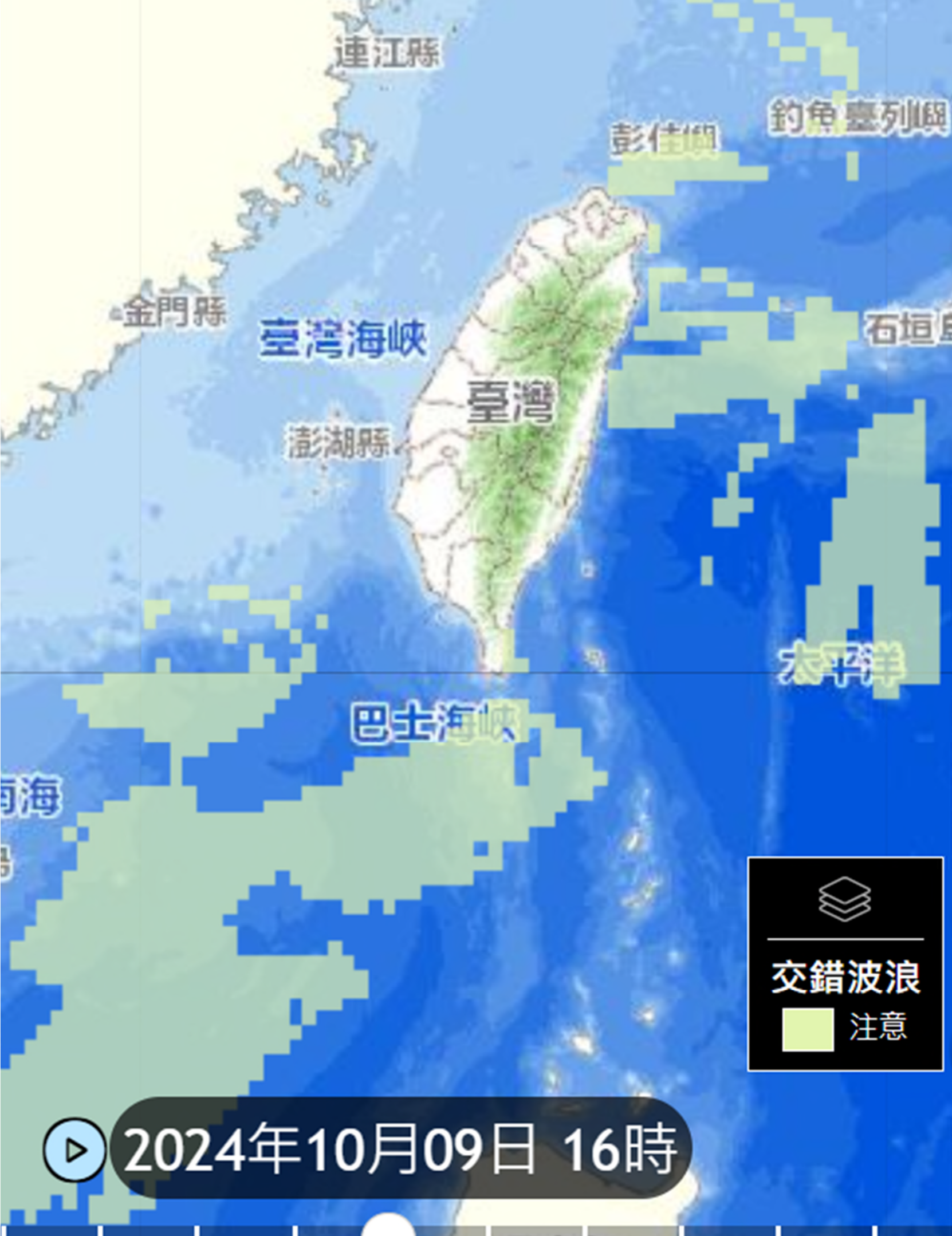
巡防艦、巡護船、漁船 CT7-CT8

動力小船

船級作業風險預報

低風險
高風險

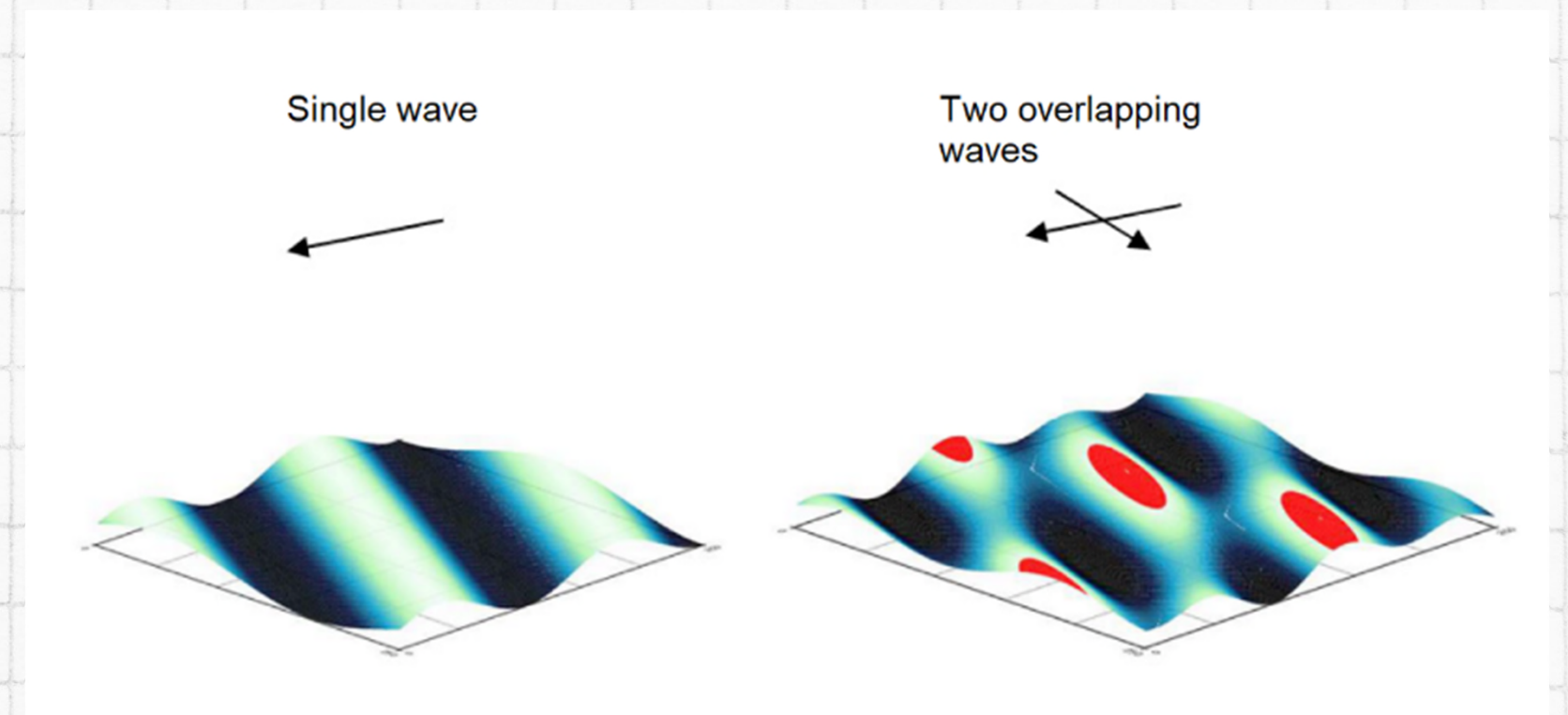




Cross Wave

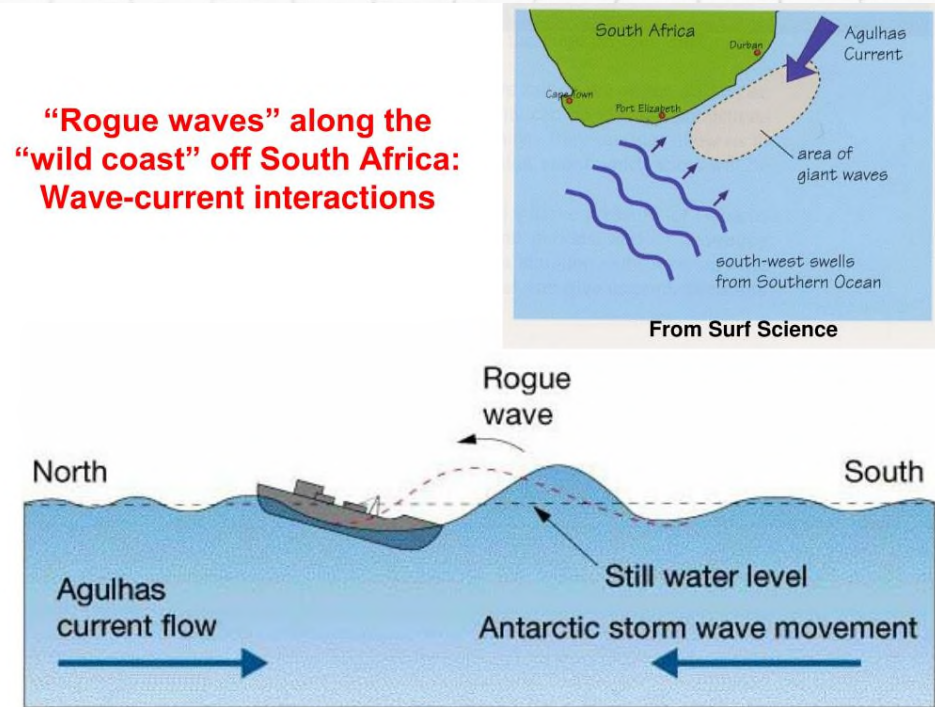
交錯波浪(三角湧)區域

- 大洋中的波浪若**來自多個方向**，將形成複雜浪況，增加船舶航行的側身不穩或翻覆風險。
- 利用氣象署即時波浪預測模式，計算交錯波浪區域，**提供警示資訊**。
- 警示資訊的空間解析度為 $1/10^\circ$ ，時間解析度1小時，每6小時預報一次，預報長度達96小時。



逆流激浪區

- 即時提供**逆流區波浪**資訊
- 增進**中、小型船隻**之航行作業安全



$$\frac{H_s}{H_{s0}} = \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{4U}{C_0} + \sqrt{1 + \frac{4U}{C_0}}}}$$

$$H_{s0} > 1m \cdot H_s / H_{s0} > 1.05$$

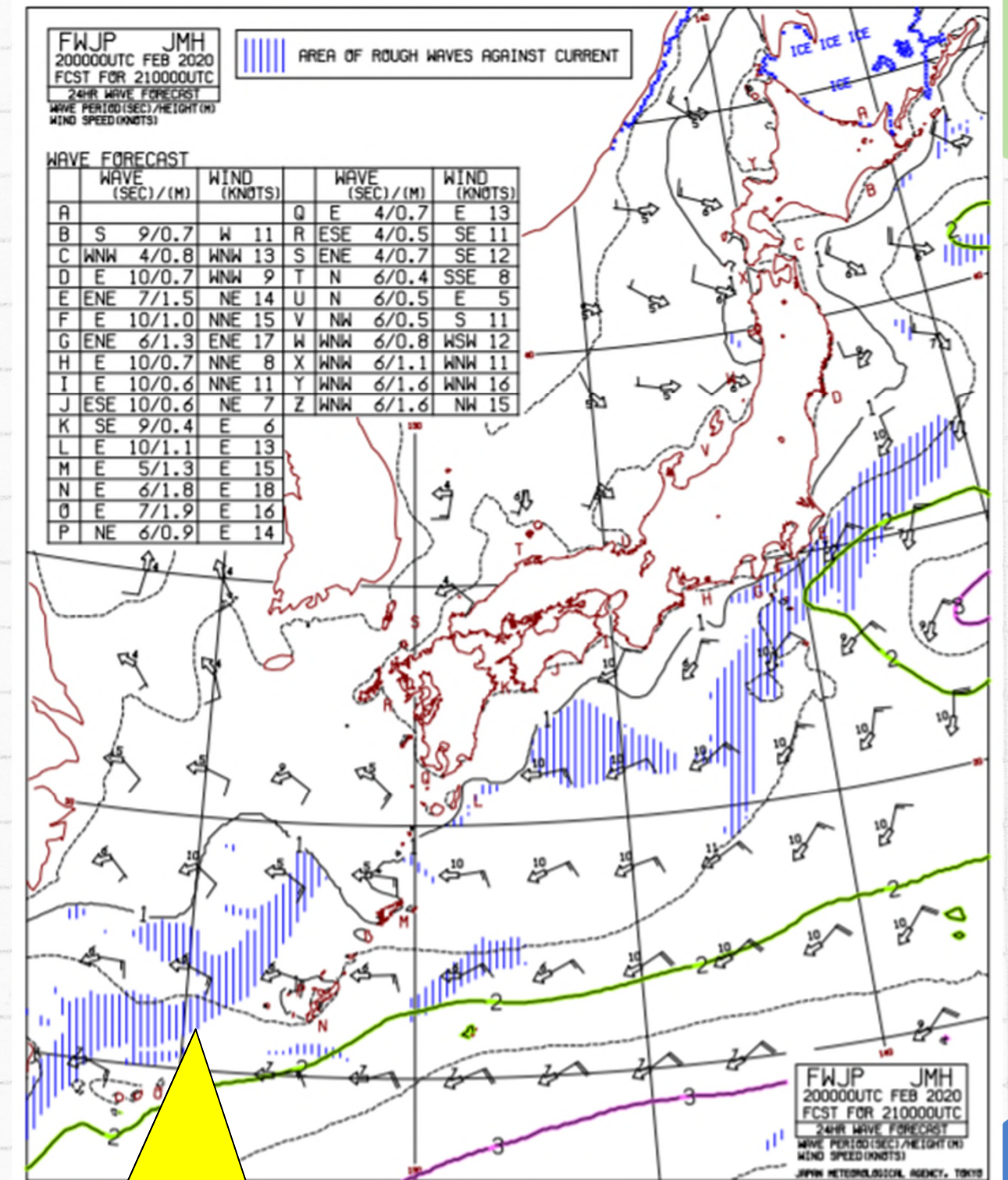
C_0 波速

(wave speed, celerity)或稱位相速度 (phase velocity)

U 流速

H_s 變化後波高

H_{s0} 變化前波高



日本氣象局JMA近岸海域頂流波之警示範圍

優化港口間航路規劃技術

➤ 擴展航路規劃範圍

- ✓ 波浪預報資料時間與空間整合

WW3H10KM 高解析(小範圍)

WW3 低解析(大範圍)

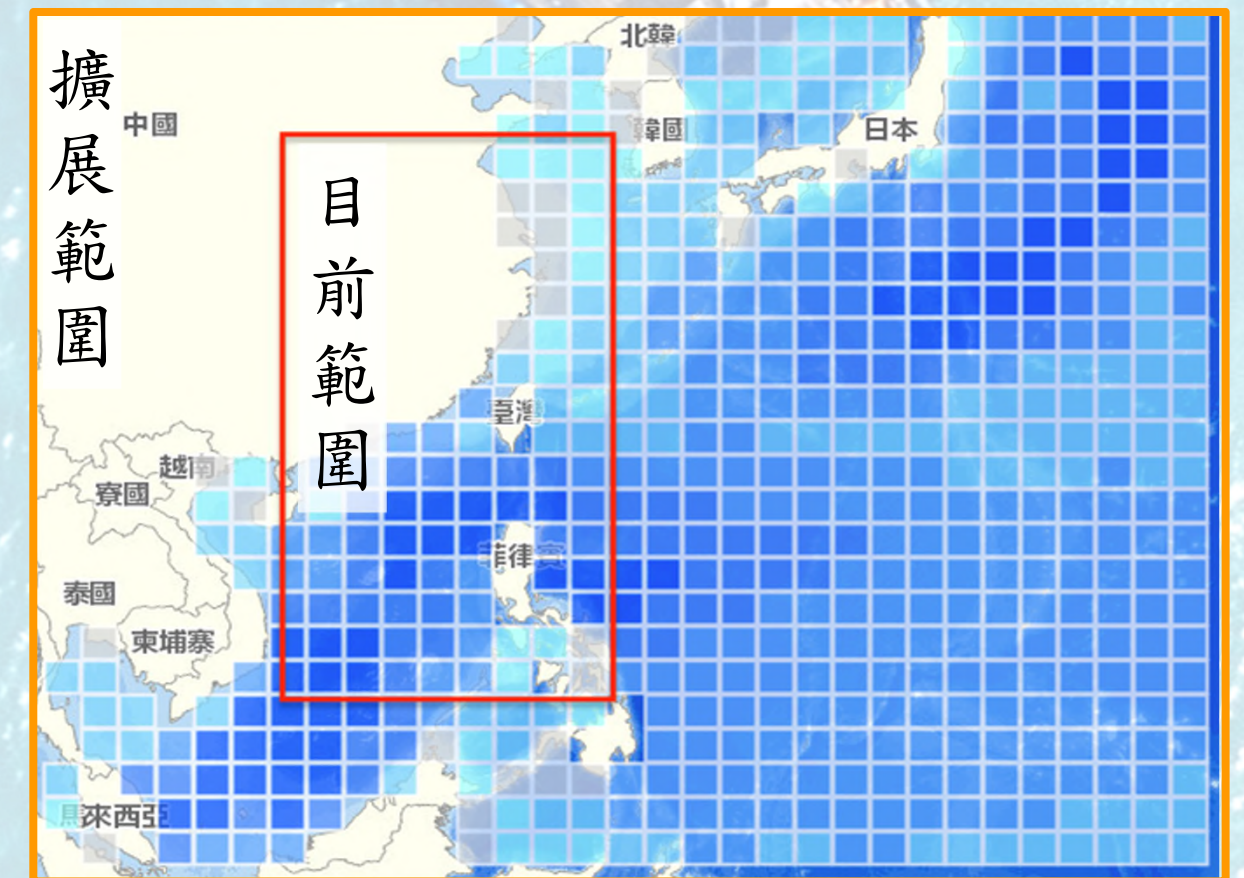
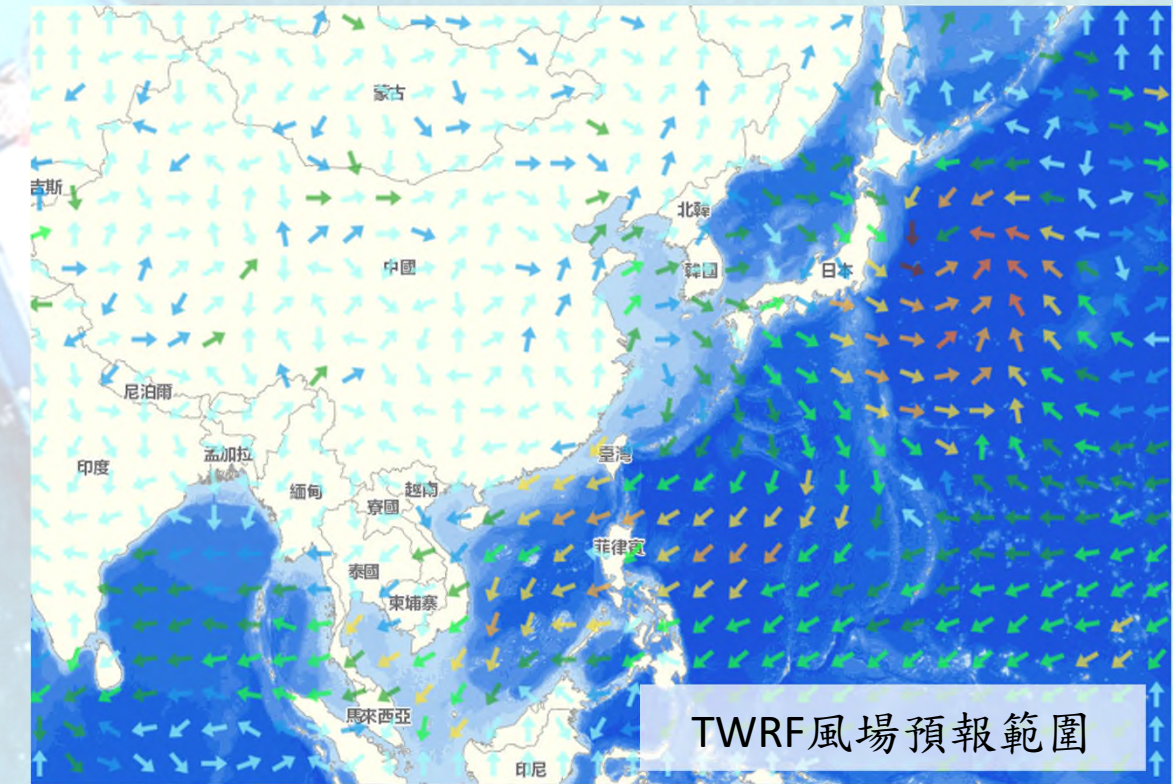


船級作業風險
指標模組

交錯波浪模組

逆流激浪區模組

指標範圍擴大

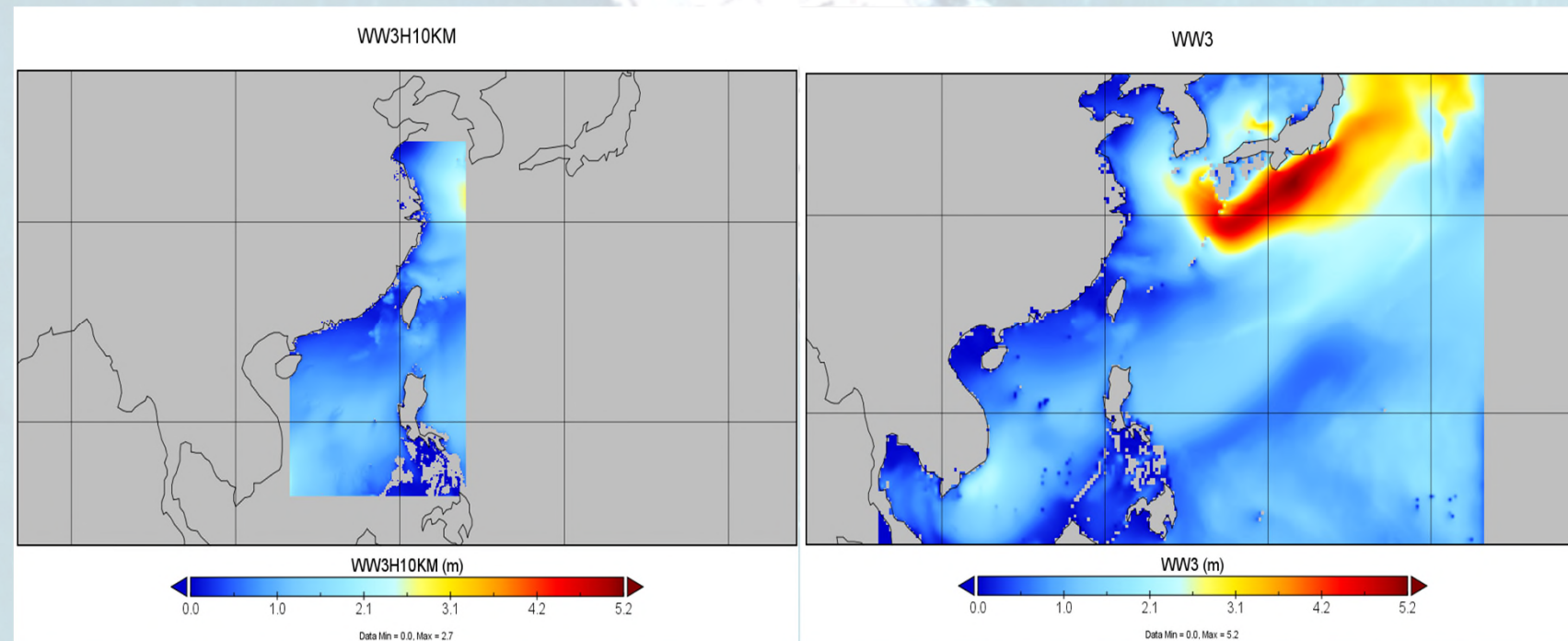


空間解析度：1/10°(目前範圍)、1/4°(擴展範圍)

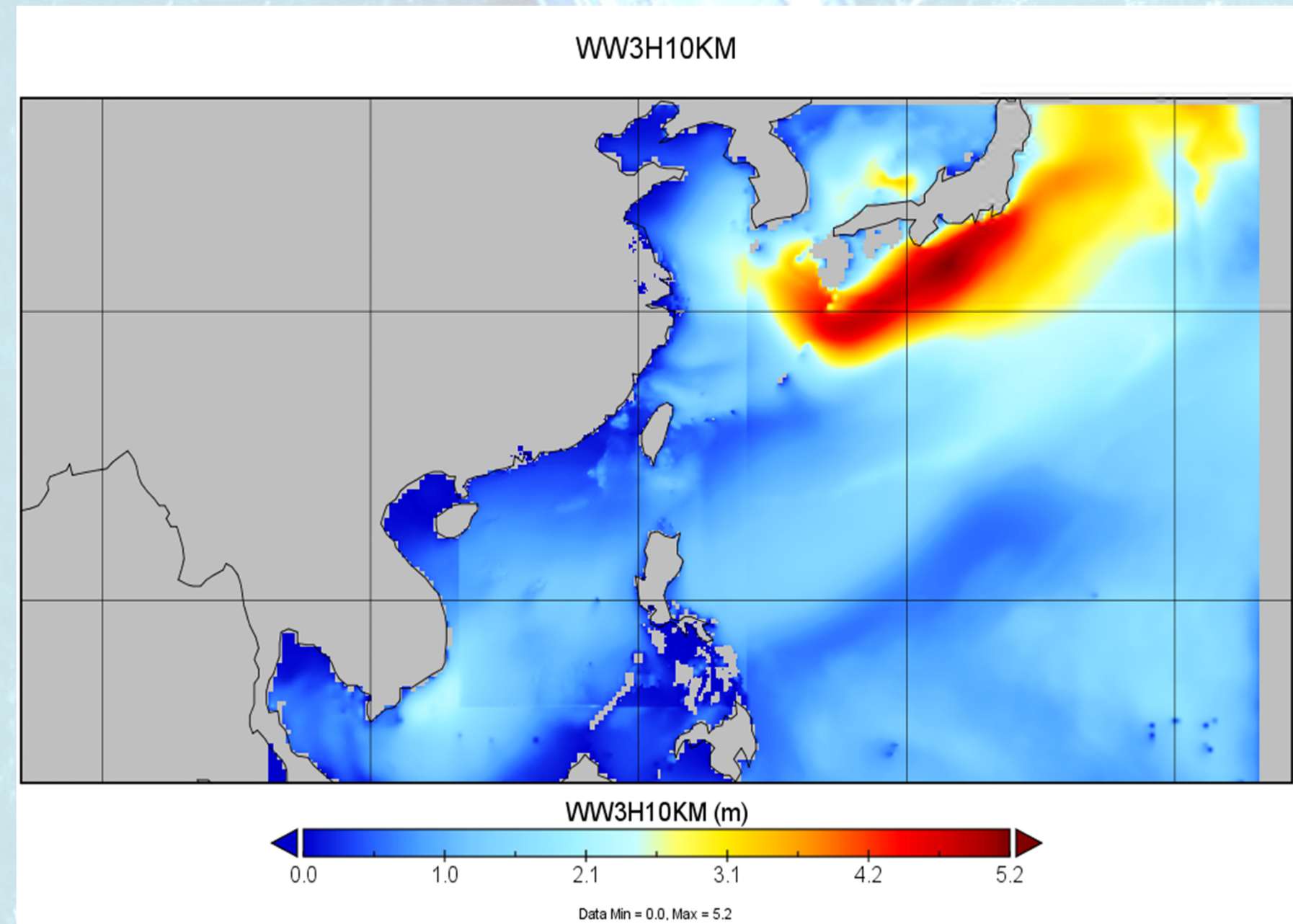
優化港口間航路規劃技術

➤ 擴展航路規劃範圍

- ✓ 波浪預報資料時間與空間整合



左圖：WW3H10KM 高解析(小範圍)時間解析度1小時
右圖：WW3 低解析(大範圍) 時間解析度3小時



優化港口間航路規劃技術

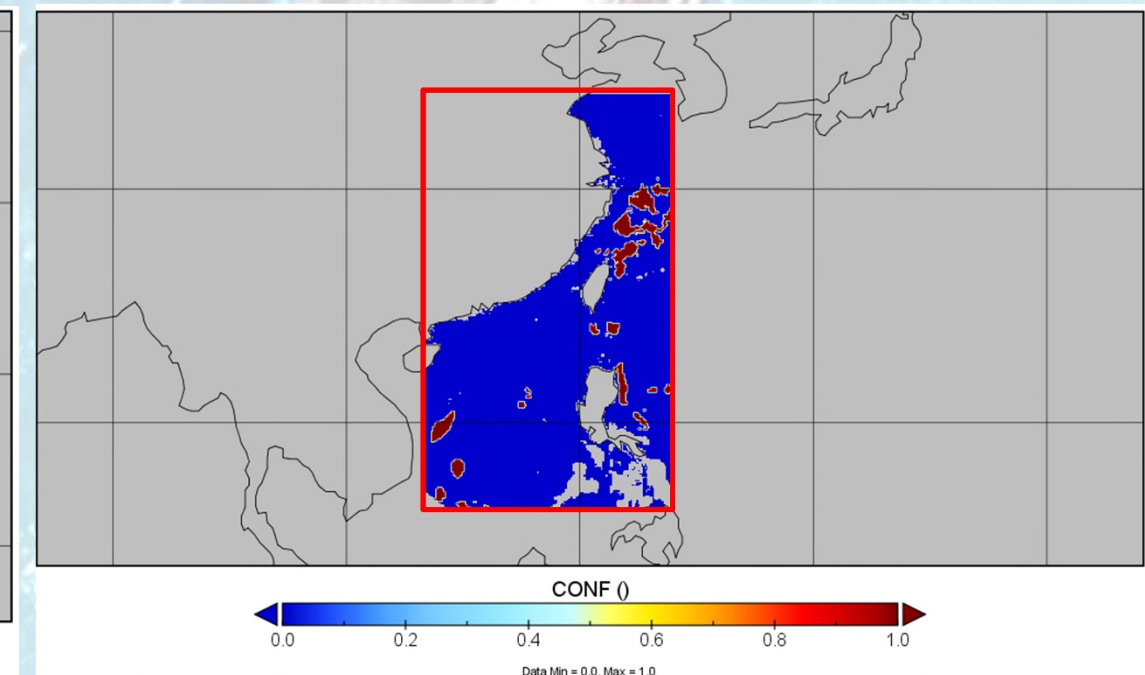
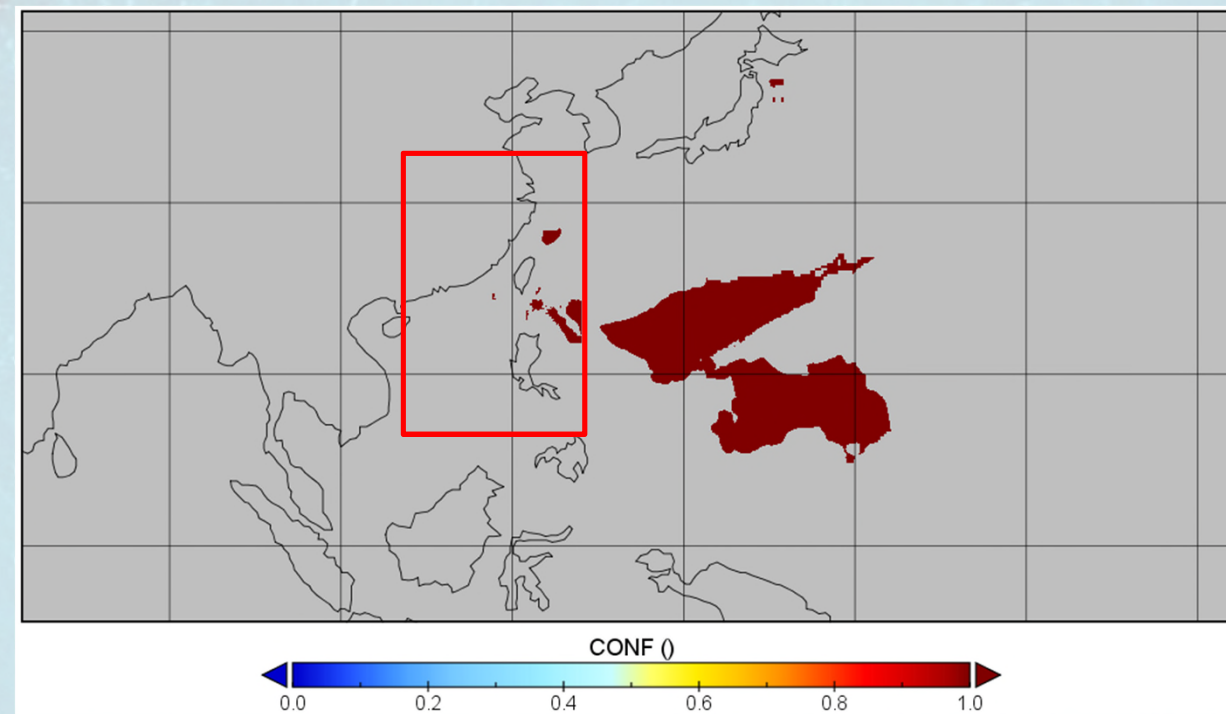
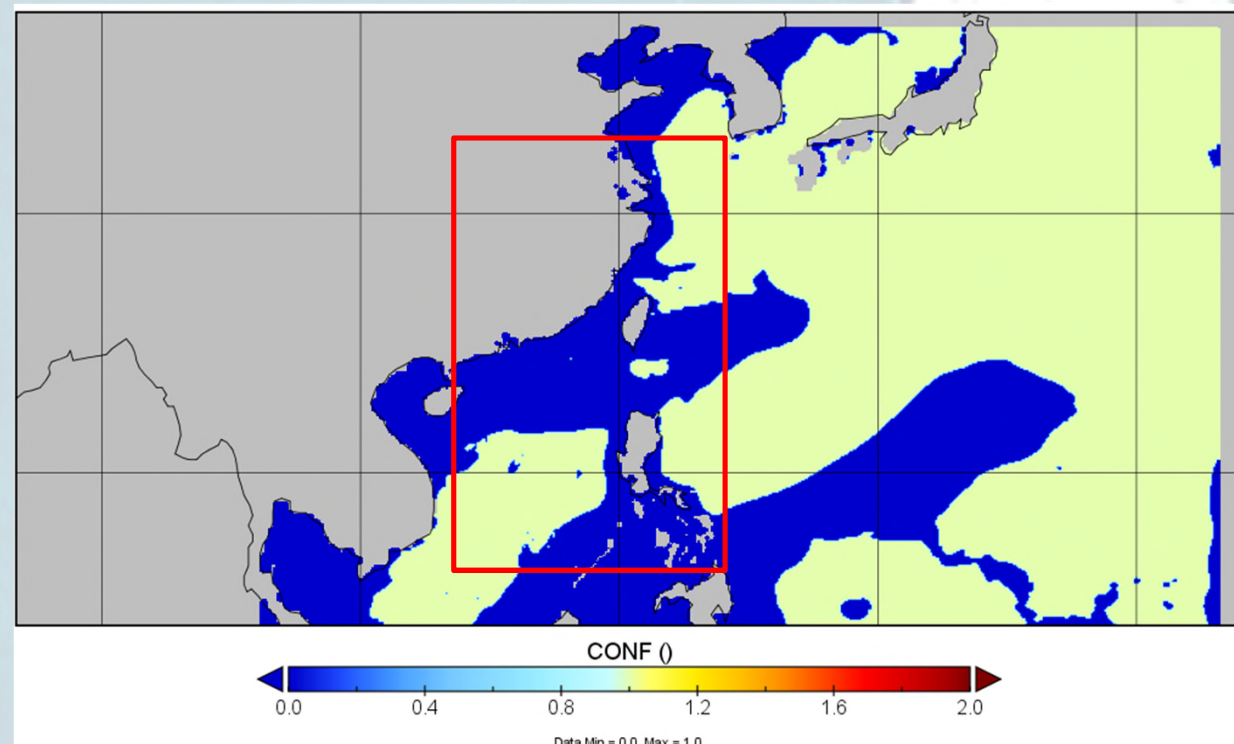
➤ 擴展航路規劃範圍

- ✓ 擴大風險指標應用範圍

船級舒適度(交通船、遊艇120呎以上)

交錯波浪

逆流激浪區



註：紅框為WW3高解析範圍

優化港口間航路規劃技術

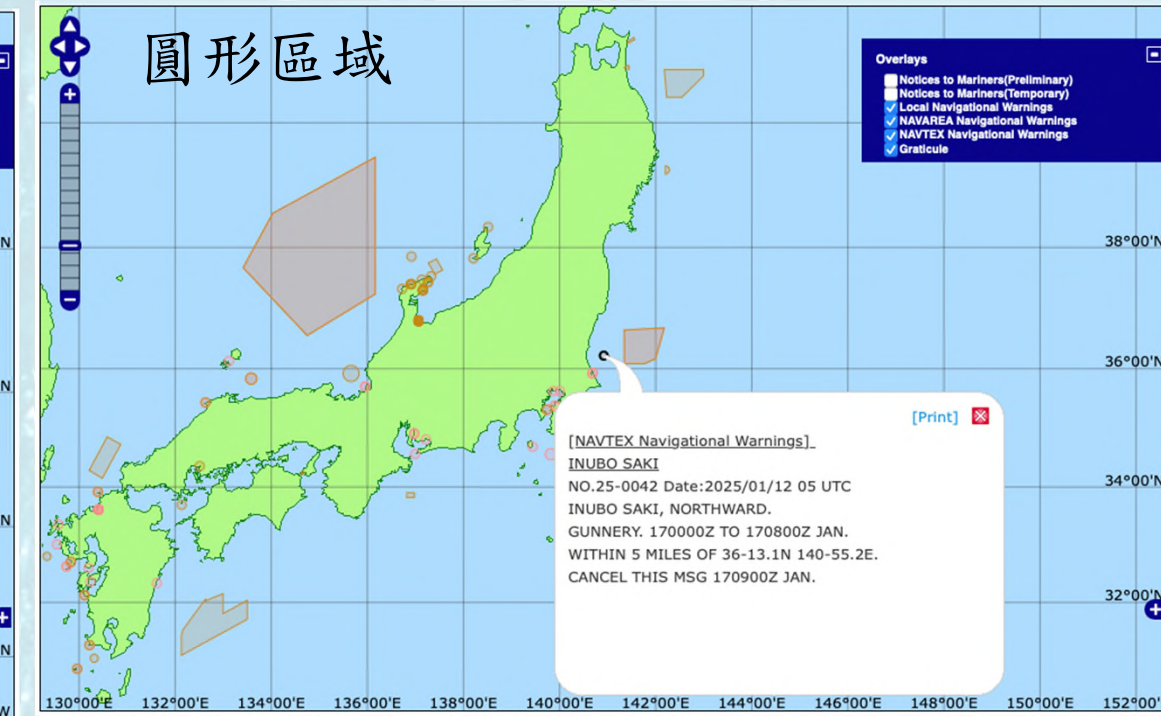
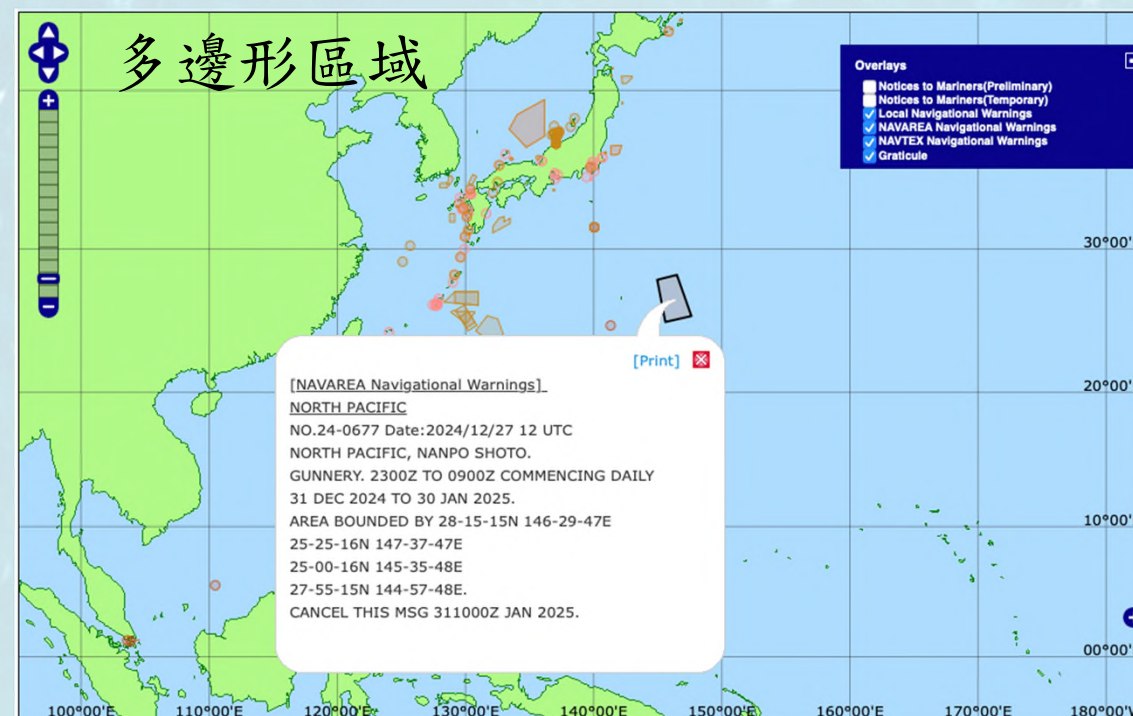
➤ 擴大演習範圍之地理資訊

擴大演習範圍資訊涵蓋海域，提醒船舶避開演習區域，以降低海上航行風險。

The screenshot shows the JCG website interface. At the top, it says "Hydrographic and Oceanographic Department Japan Coast Guard". Below that, there's a "VISUAL INFORMATION" section with links for "Notices to Mariners", "Navigational Warnings", and "Weekly Summary". The main content area is titled "NAVAREA XI" and includes a "Caution" box with a warning about the information's purpose. Below that, there's a table of exercises for 2025, with the first two rows highlighted in red.

Number	Category	Title	visualpage
0065	Exercises	SOUTH CHINA SEA NORTHERN PART. GUNNERY. 17 TO 22 FEB.	visualpage
0064	Exercises	SOUTH CHINA SEA NORTHERN PART. GUNNERY. 17 TO 21 FEB. AREA BOUNDED BY	visualpage
0063	Exercises	PHILIPPINES. GUNNERY. 12 TO 14 FEB. AREA BOUNDED BY	visualpage
0062	Exercises	SOUTH CHINA SEA NORTHERN PART. GUNNERY. UNTIL 14 FEB. AREA BOUNDED BY	visualpage
0061	Submerged facilities	EAST CHINA SEA. SUBMARINE CABLE WORKS BY	visualpage
0060	Other	NAVAREA XI WARNING MESSAGES IN FORCE 081200Z FEB. ONLY THOSE MESSAGES ISSUED	

- 國際來源：國際海事組織 (IMO) 和國際海道測量組織 (IHO)
https://www1.kaiho.mlit.go.jp/TUHO/keiho/navarea11_en.html

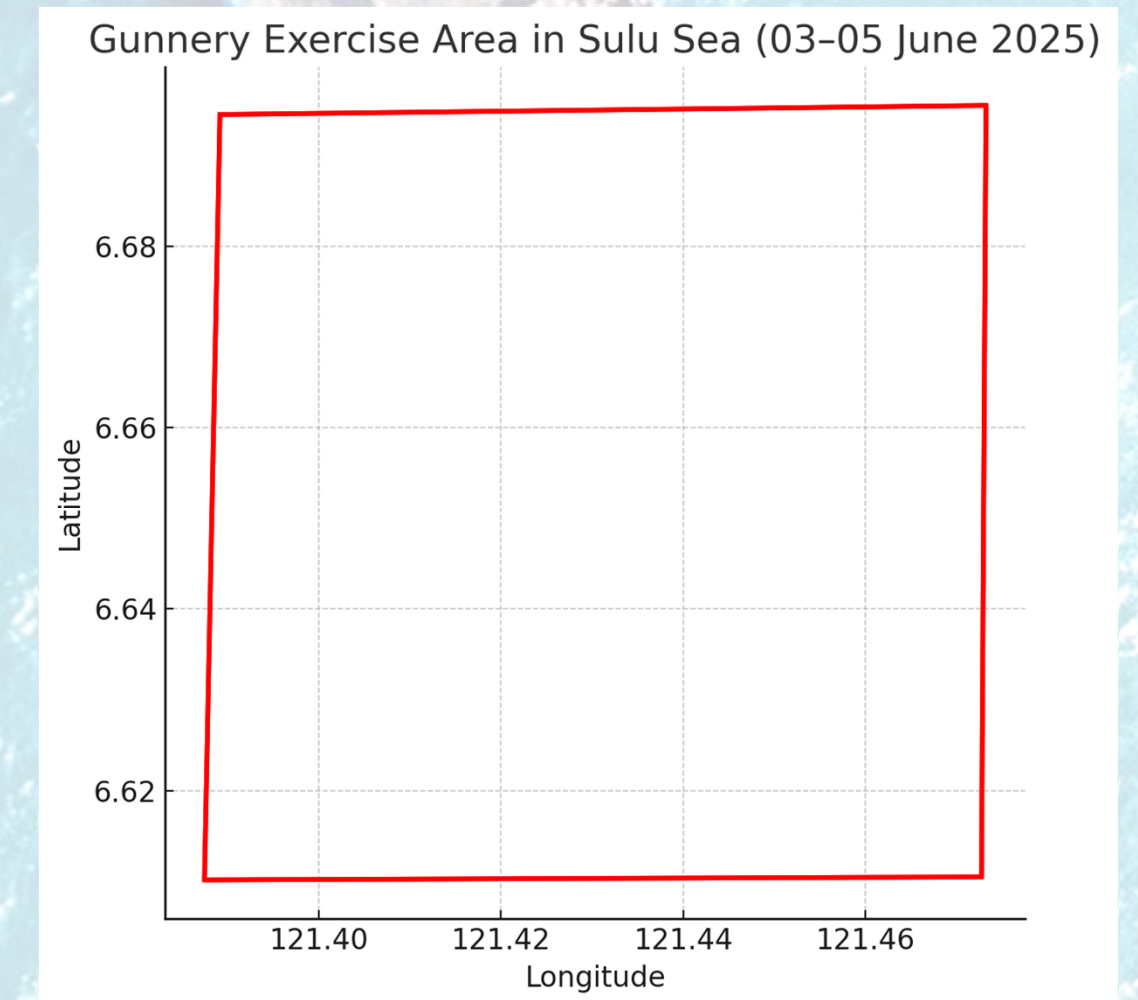
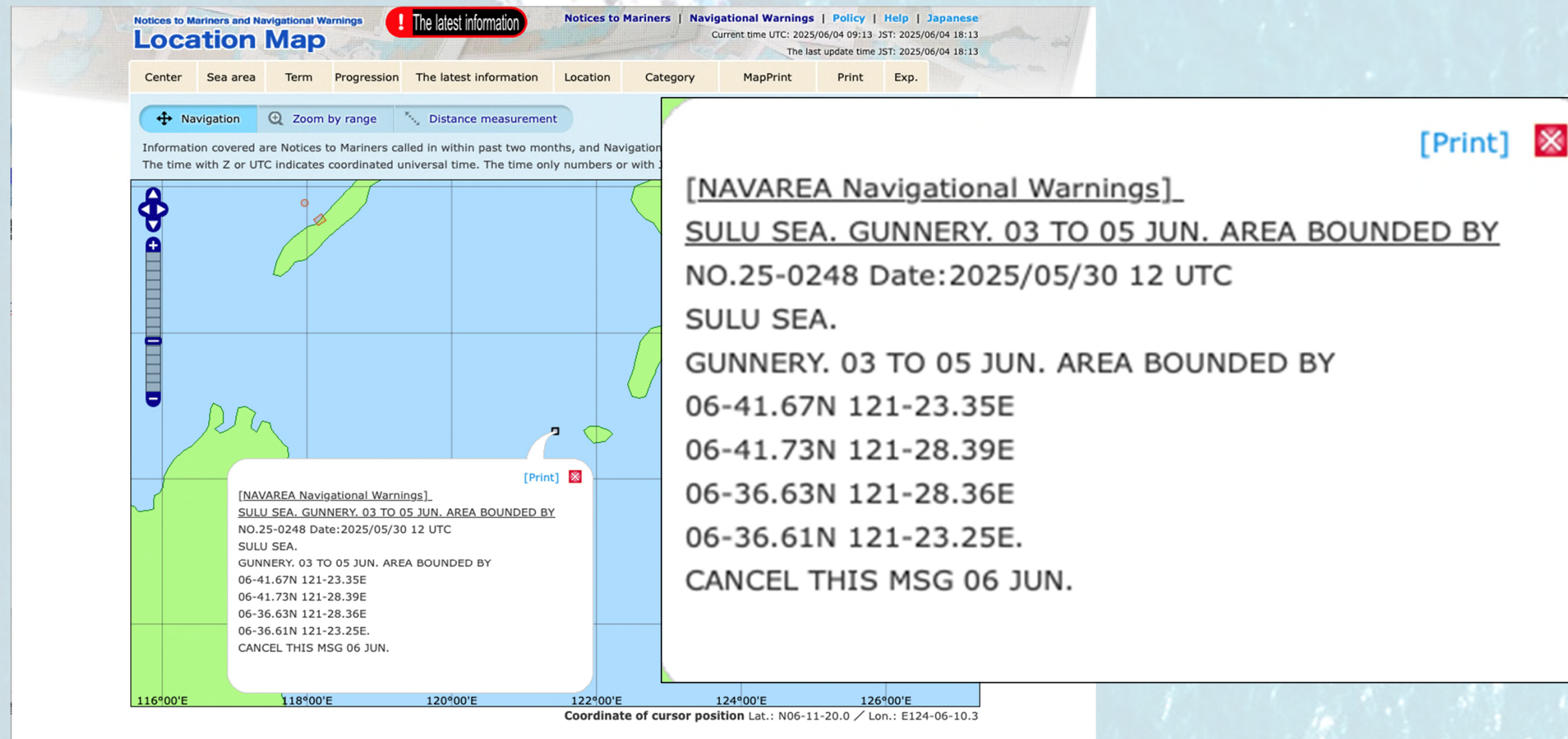


優化港口間航路規劃技術

➤ 擴大演習範圍之地理資訊

- ✓ 透過回傳的GeoJSON取得多邊形(polygon)、單點(point)等空間資料，以及點位加半徑的事件則自動轉為圓形多邊形。

測試案例



階段性成果與後續工作規劃

- 整合高解析與低解析波浪預報，預報涵蓋範圍已擴展至東海、南海、黃海及西北太平洋。
- 擴大船級作業風險與交錯波浪等風險指標的適用範圍，強化航路規劃於更廣域海域的應用能力。
- 可自動化擷取國際航行警告 (NAVAREA) 及演習資訊，有助於船舶即時掌握潛在海域風險，提升航行安全性。
- 後續將支援平台上線，並新增KML匯出功能，強化資訊應用便利性。

簡報結束
敬請指導

