出國報告（出國類別：會議）

2024 國際無線電波海洋學研討會
出國報告

服務機關：國家海洋研究院
姓名職稱： 賴堅戊研究員
派赴國家/地區：英國/ 普利茅斯
出國期間：113年9月2日 至9月10日
報告日期：113年10月28日

摘要

本次參與 2024 年國際無線電波海洋學研討會（International Radiowave Oceanography Workshop, ROW），為國際間三大無線電波海洋學研討會的元老級會議。獲得國家科學技術委員會專題研究計畫經費補助。該研討會自 2001 年起由歐盟各國海洋雷達學術及研究機構定期主辦，旨在促進全球海洋雷達專家的知識交流。今年大會由英國普利茅斯大學（University of Plymouth）主辦，於 2024 年 9 月 3 日至 9 月 5 日在其海洋站舉行，並於 9 月 6 日舉行海洋雷達製造商主辦的使用者交流座談會。研討會內容涵蓋高頻雷達在海洋學的應用，包括海流、風、波浪、雷達技術發展及網路應用等主題，吸引了來自 12 國超過 50 名專家學者參與，為全球研究人員提供了成果交流及資料處理應用的平台，並確立未來研究重點。

會中，賴堅戊研究員發表了論文「整合海洋雷達觀測網絡_作業化運作的考量與見解」，介紹臺灣海洋雷達觀測網的推動現況，提升歐美學界對臺灣雷達系統運作的理解。本次會議的參與經驗，不僅增進了對國際海洋雷達研究趨勢的了解，也啟發了對於學術研究與產官學應用發展方向。

。

目錄

圖目錄

表目錄

一、目的

本次無線電海洋學國際研討會由國海院賴堅戊研究員實體與會，與各單位科研人員進行研討、交流，並於會中發表研究論文。本屆研討會的議題主要聚焦在（一）EuroGOOS HF Radar Task Team in-person progress meeting（歐盟全球海洋觀測系統高頻雷達任務小組會議）、（二）Currents（海流遙測技術）、（三）Radar Developments（雷達發展）、（四）Wind, Waves（風與波浪遙測技術）、（五）Networks and Applications（觀測網絡與應用）及Workshops and Fieldtrips（工作坊和雷達站實地考察）等。

二、與會過程

（一）行程

表 2 - 1 行程表與概要

國際無線電波海洋學研討會(International Radiowave Oceanography Workshop, ROW)行程表

天次	臺灣時間	行程概要
第1天	9月1日 (日)	高雄-桃園
第2天	9月2日 (一)	桃園-英國倫敦（起飛時間臺灣時間08:30）
第3天	9月3日 (二)	英國倫敦-普利茅斯（ROW Day1）
第4天	9月4日 (三)	普利茅斯（ROW Day2）
第5天	9月5日 (四)	普利茅斯（工作坊和雷達站實地考察）
第6天	9月6日 (五)	普利茅斯（本院使用高頻雷達系統工作坊）
第7-10天	9月7-10日 (六- 一)	普利茅斯-英國倫敦-桃園-高雄

（二）會議紀要

1. 議程一

9月3日上午，賴研究員列席“EuroGOOS HF Radar Task Team In-Person Progress Meeting”，EuroGOOS HF Radar Task Team旨在推動歐洲沿海高頻雷達活動的協調，並促進其技術發展與應用，該會議為歐盟主導於歐洲發展高頻雷達觀測網的工作進度彙報，並促進其技術發展與應用。該場次會議由專案計劃之主要研究者（Principal Investigator, PI）主持，與各區域中心之執行單位共同檢討各工作線的進展並制定2024至2026年的實施計畫(圖 2 - 1)。本次歐盟海洋雷達工作會議聚焦在1) 觀測網的永續經營管理、2) 高頻雷達資料分享節點以及3) 研發、產品與服務。基於過去多次參與美國NOAA主導的ROWG（Radiowave Operators Working Group）會議之經驗發現，歐洲國家雖然為世界上電磁學到無線電波遙測學的濫觴與研究重鎮，然而在歐盟區域的海洋雷達遙測網的發展，從測站數量、參與人數、實務應用等面向，都遠遠落後美國由NOAA主導的觀測網的發展。歐洲沿海高頻雷達工作隊在此會議中著重在永續經營與產品服務兩個議題，期望強化歐盟各國沿岸波浪海流遙測雷達站網的韌性與效益。

圖 2 - 1 歐盟高頻雷達觀測網工作會議計畫主持人與區域觀測網專家討論

2. 議程二

9月3日下午ROW國際研討會正式展開，議程連續進行兩場與海流（Currents）遙測有關的技術研討，第一場次由加利福尼亞大學聖塔克魯茲分校（University of California, Santa Cruz, UCSC）的Prof Jeffrey Paduan 和Helzel Messtechnik GmbH 的Thanh Huyen Tran博士主持。第一場海流專題研討中，分別有Prof Jeffrey Paduan、Dr. Thanh Huyen Tran、Dr Charles-Antoine Guerin、Dr Abïgaëlle Dussol及Dr Lucía Quirós-Collazos等5人，分別以A decade of surface current mapping along the U.S. West Coast: What does it say about vertical circulation magnitudes, distributions, and forcing?（美國西岸十年表層流測繪：垂直環流的強度、分布與驅動因素有何啟示？）、Small-scale eddies detected by VHF radar in the Western Scheldt estuary, The Netherlands（由極高頻雷達偵測到荷蘭西斯海爾特河口的小尺度渦流）、High-Frequency Radar observation of strong and contrasted currents: the Alderney race paradigm（高頻雷達觀測強勁且對比鮮明的海流：奧德尼海峽的典範）、Stokes Drift Mapping Using a Single High-Frequency Radar（使用單一高頻雷達的斯托克斯漂移測繪）及Characterisation of the turbulent properties of surface velocities in the North-Western Mediterranean Sea: analysis of the first year of measurements（西北地中海表面流動的湍流特性分析：第一年測量數據）為題進行報告。其中利福尼亞大學聖塔克魯茲分校（University of California, Santa Cruz, UCSC）的Prof. Jeffrey Paduan的報告，回顧了2012至2023年美國西海岸部署的60多個高頻雷達系統的觀測數據，並分析了風應力旋度與非線性項對海表面流體垂直運動的影響(圖 2 - 2)。我們在這個場次看到，透過海洋雷達長期、大範圍、高解析

地觀測海流產品，為瞭解中尺度、小尺度的海流特徵，如渦旋、紊流等，提供了目前科技上尚無可替代的觀測資訊，也解開了更多對於區域海流特徵的謎題或誤解。

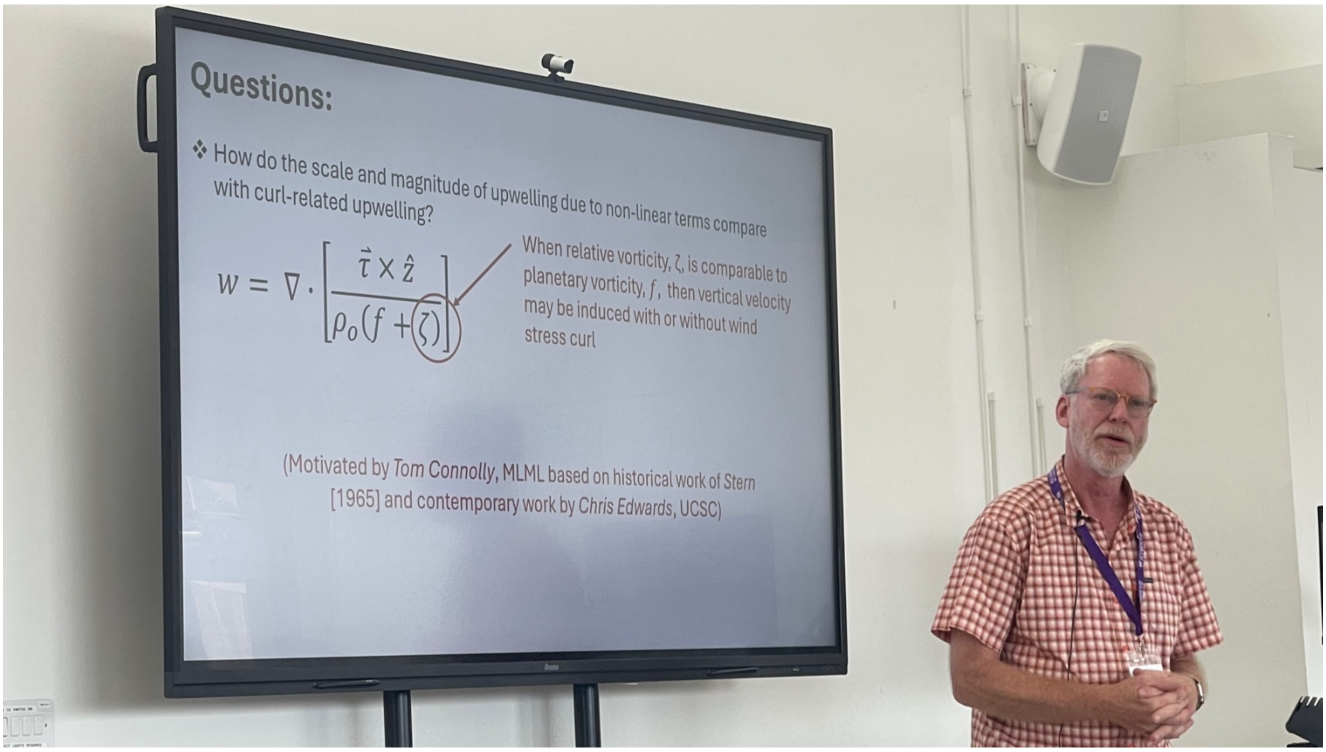


圖 2 - 2 Session 1會議論文發表者就表面海流特徵與湧升之關係進行論述

3. 議程三

第二場次由AZTI的Anna Rubio博士及Helzel Messtechnik GmbH 的Thanh Huyen Tran博士生主持，Tran Thanh Huyen、Dr. Guiomar López、Sloane Bertin、Dr. Anna Rubio及Prof. Hwa Chien等人分別以Coastal circulation along the middle-southern coasts of Vietnam characterized by HF radar and modelling（越南中南部沿海的環流特徵：基於高頻雷達與模式模擬的研究）、An evaluation of gap-filling methodologies for HF radar（高頻雷達數據填補方法的評估）、Identifying coastal Current Convergence Structures in the southeastern Bay of Biscay by a combination of HF radar and Lagrangian measurements of surface current velocities: application to Floating Marine Litter（結合高頻雷達與拉格朗日表層流速測量技術，識別比斯開灣東南部的海岸流收斂結構：應用於漂浮海洋垃圾）、Combining HF radar and glider data to study physical-biogeochemical coupling in the SE Bay of Biscay（結合高頻雷達與滑翔機數據研究比斯開灣東南部的物理-生物地球化學耦合）及First Observation of Tsunami- Kuroshio-Tide Interaction by Taiwan High-Frequency Radar Network（臺灣高頻雷達網首次觀測到海嘯-黑潮-潮汐相互作用）等題目，分享高頻雷達在海流遙測上的新發展(圖 2 - 3)。這個議程裡有許多基於高頻雷達遙測海流產品結合其他海洋科技來實現觀測品質提升、觀測應用等新進展，藉由學者專家的分享與討論，為與會者提供了更多整合海洋監測的想法。

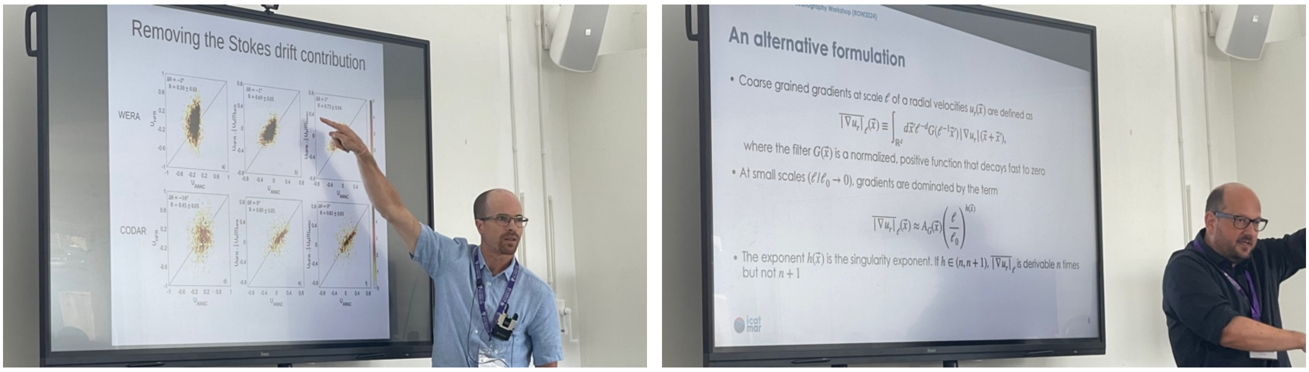


圖 2 - 3 Session 2與會學者發表雷達資料處理之研究結果

4. 議程四

9月4日上午，議題三為海洋雷達發展，由英國學者Prof. Lucy Wyatt and Liang Yu共同主持。接下來，共計6篇報告，分別為Dr. Brian Emery的Estimating Scattering Patch Area for a Direction Finding HF Radar（用於方向尋找的高頻雷達散射區域估算）、Dr. Anthony Kirincich的Revisiting HF ground wave propagation losses over the ocean: a comparison of long term observations and models（重新探討海洋上高頻地波傳輸損失：長期觀測與模型的比較）、Prof. Xiongbin Wu的A MIMO-Based Dual-Frequency High-Frequency Surface Wave Radar System（基於多輸入多輸出（MIMO）的雙頻高頻表面波雷達系統）、Prof. Weimin Huang的Target Joint Detection and Tracking Using Reinforcement Learning for Compact HFSWR（使用強化學習進行緊湊型高頻表面波雷達的目標聯合檢測與追蹤）、Dr. Dale Trockel的Innovative Tools For HF Radar Challenges（高頻雷達挑戰的創新工具）、Prof. Pierre Flament的The Generic High Frequency Doppler Radar: progress report and recent developments（通用高頻多普勒雷達：進展報告與最新發展）以及Prof. Eric W. Gill的Recent Developments in HF Radar at Memorial University’s Radar Remote Sensing Laboratory（紐芬蘭紀念大學雷達遙測實驗室在高頻雷達方面的最新發展）等，報導了歐、美、中各國在海洋雷達遙測系統設計的新發展，透過這次實體與會得以一窺海洋雷達系統新技術研發過程，並與研發單位的技術人員進行了解(圖 2 - 4)，初步盤點雙站模式以及目標物偵測之技術於我國現有雷達系統具有導入的潛力，後續將持續與美國與加拿大的研究團隊聯繫交流，釐清技術細節與可能的合作發誓。

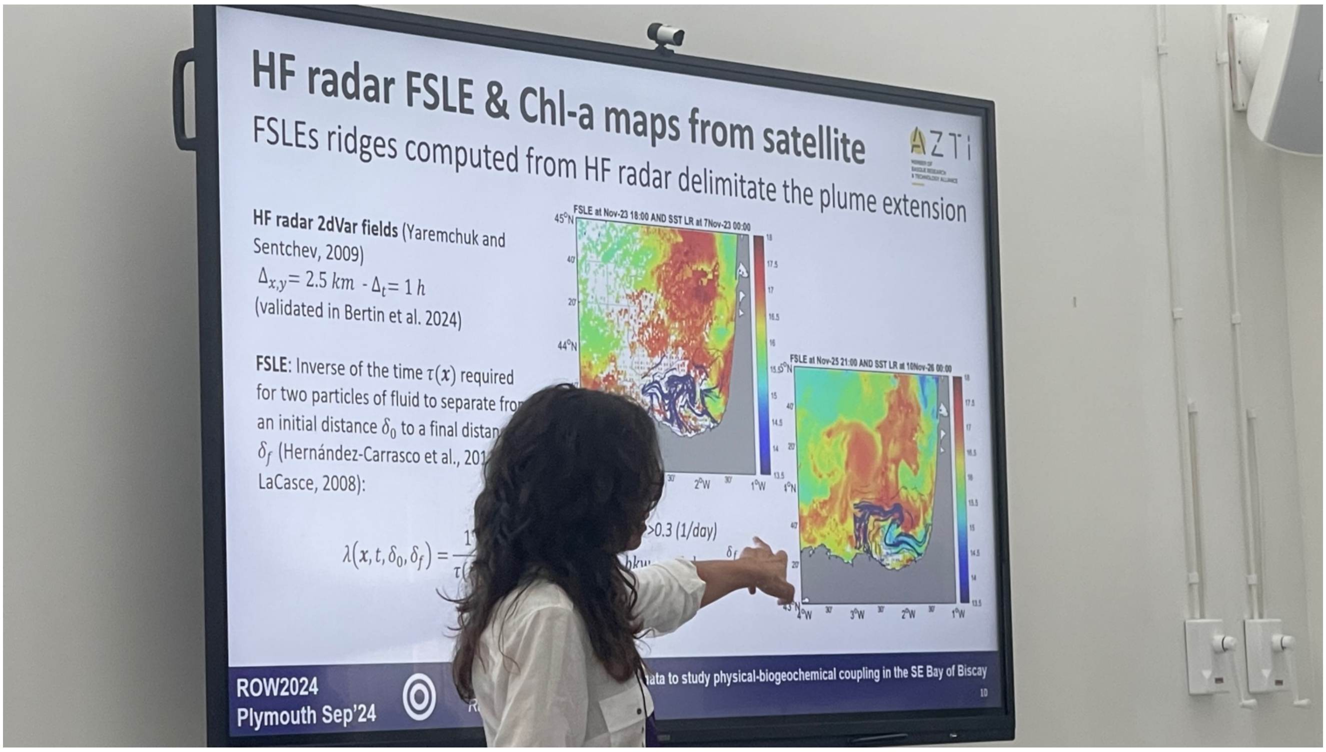


圖 2 - 4 Session 3與會者發表運用高頻雷達測流資料進行水團分析並與衛星遙測葉綠素甲之比對

5. 議程五

在接近中午時分，第四場次Wind, Waves（風與波浪）的觀測技術的討論，由Dr. Guiomar Lopez 與Maria Fernandes主持，分別由Xiaoyan Li、Prof. Cedric Chavanne、Prof. Lucy Wyatt、Dr. Charles-Antoine GUERIN、Dr. Maria Fernandes以及Prof. Reza Shahidi等人分別以Experiment Verification of Ocean Surface Wind Fields Using MIMO HFSWR（使用多輸入多輸出高頻表面波雷達驗證海洋表面風場實驗）、Estimation of the wind field with a single high frequency radar（單一高頻雷達的風場估算）、Seaview Sensing recent software developments（Seaview Sensing 的最新軟體發展）、Recent progresses in HF radar estimation of ocean wave parameters and application to the Toulon site（高頻雷達在海浪參數估算方面的最新進展及在土倫站的應用）、Recent developments on SeaSonde wave measurement（SeaSonde 海浪測量的最新發展）以及Rank filtering for significant wave height estimation from HF radar data（用於高頻雷達數據的示性波高估算之排序濾波）等議題進行報告，這些新技術對於雷達波反演海面風場及波浪場提出了新的方法及實證，為海洋雷達為來提供更可靠的海氣邊界層交互作用的長期、連續、高解析的監測產品帶來了新的機會 (圖 2 - 5)。

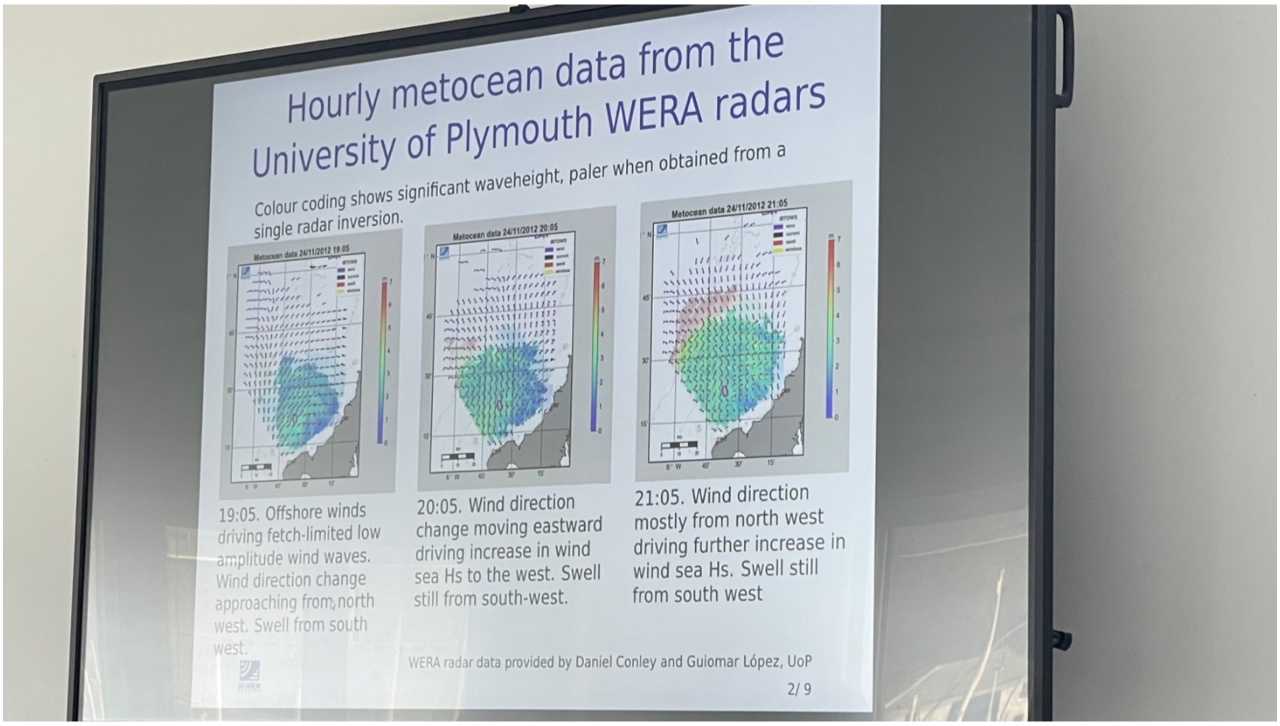


圖 2 - 5 Session 4主辦單位報告普利茅斯大學雷達網反演之逐時更新風場變化資訊

6. 議程六

在下午的第五場次，是Prof. Daniel Conley and Emanuele Ingrassia所主持的Networks and Applications（觀測網與應用）主題。該場次計有Yi-Chieh Lu、Dr. Fulvio Capodici、Prof. Giuseppe Ciraolo、Dr. Lorenzo Corgnati、Dr. Thomas Helzel及本人各自以Machine Learning-Based Short-Term Forecasts through High-Frequency Radar Ocean Current Maps to Enhance Maritime Emergency Response（基於機器學習的短期預測：透過高頻雷達海流圖增強海事應急響應）、Radar Hf installation along the Italian coasts in the PNRR MER project framework（在義大利海岸沿線安裝高頻雷達：PNRR MER 項目框架）、The CALYPSO HF network in the Sicily-Malta channel: past activities and future perspectives（西西里-馬爾他海峽中的 CALYPSO 高頻雷達網絡：過去活動與未來展望）、The European HFR Node: High Frequency data from providers to users（歐洲高頻雷達節點：從數據提供者到使用者的高頻數據）、WERA for dual-use applications to protect off-shore infrastructure（WERA 的雙重用途應用以保護離岸基礎設施）以及Integration of Ocean Radar Observation Networks: Operational Considerations and Insights（海洋雷達觀測網絡的整合：運營考量與見解）為題，分享海洋雷達觀測網路的運作與應用，議程中我們看到台灣、美國、義大利、德國等國家海洋雷達觀測網的海流產品導入人工智慧的近期發展以及嘗試運用於提升包括海難搜救、油污應變等海岸防災的應用實例(圖 2 - 6)。

圖 2 - 6 Session 5與會專家學者分享海洋雷達觀測網在海洋事務的應用情形

7. 議程七

除了理論與實務的研討會交流，世界三大主要海洋雷達研發單位亦於9月5日及6日辦理海洋雷達工作坊，會議目的在與使用者交流雷達設計和問題討論。賴研究員出席The Generic High Frequency Doppler Radar及CODAR Radar兩硬體系統的運作經驗及問題研討(圖 2 - 7)。會議期間，雷達硬體專家也為我國海洋雷達進行初步的評估，認為國海院目前維運的雷達系統的雷達回波品質甚佳，並對我國發展的即時訊號品質監測系統給予讚賞。我們也就如何更經濟、更即時地進行訊號品質監測，提出結合自動船舶動態系統資訊（Automatic Identification System，AIS）試驗性建議，亦將嘗試於下一年度經費許可下，選定部分測站進行嘗試，以提升我國雷達運作品質的監控措施。

圖 2 - 7 ROW研討會side meeting海洋雷達工作坊，與會者就陣列海洋雷達系統之硬體與訊號分析問題進行研討

三、心得及建議

本次出席的ROW會議（International Radiowave Oceanography Workshop）和ROWG（Radiowave Operators Working Group）、ORCA（Ocean Radar Conference for Asia/Pacific）為世界三大海洋雷達的國際研討會，各會議分別以歐洲、美洲及亞太地區為主要辦理場域(圖 3 - 1)。賴研究員在過去12年間分別出席過三會議，並於2014年於高雄主辦第2屆ORCA會議。出席這些海洋雷達國際研討會，與世界各國的海洋雷達研發者、維運者及海洋學研究員齊聚，不僅獲得最新的研發趨勢，更能有機會向各國專家介紹臺灣發展海洋雷達的進展。本次交流會議心得摘述如下：

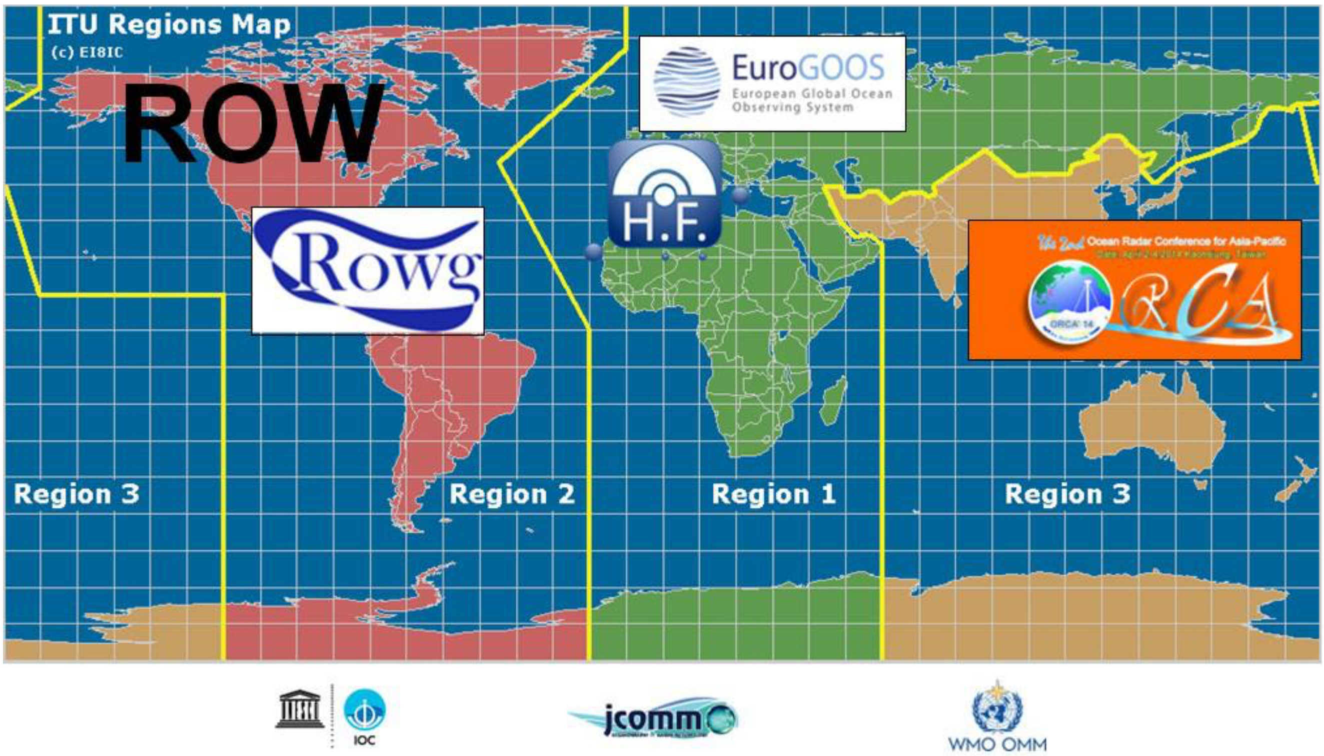


圖 3 - 1 國際三大海洋雷達研討會（ROW、ROWG和ORCA）

(一)會議主題與專業涵蓋：會議聚焦於海洋雷達技術，包括雷達系統硬體建置、訊號處理、資料反演、資料品質管理以及資料整合應用等，參加者涵蓋各方面的專家學者。

(二)學術報告與研究成果：本次參與了多場海洋雷達相關主題的學術論文發表，內容充滿前沿研究成果，使研究人員對全球海洋雷達的研究進展有了深入理解。

(三)與國際學者互動：與重要期刊上的作者面對面交流，討論研究成果，增進了對各國海洋雷達技術創新思維的了解，為日後研究提供寶貴參考。

(四)學術交流的重要性：參與國際學術會議讓學生體會到學術交流的價值，會議提供來自全球的最新研究成果分享及廣泛的學術資源和交流平台。

(五)小型專業會議的優勢：此次會議規模較小但領域集中，聚集了專家學者，提供了更多互

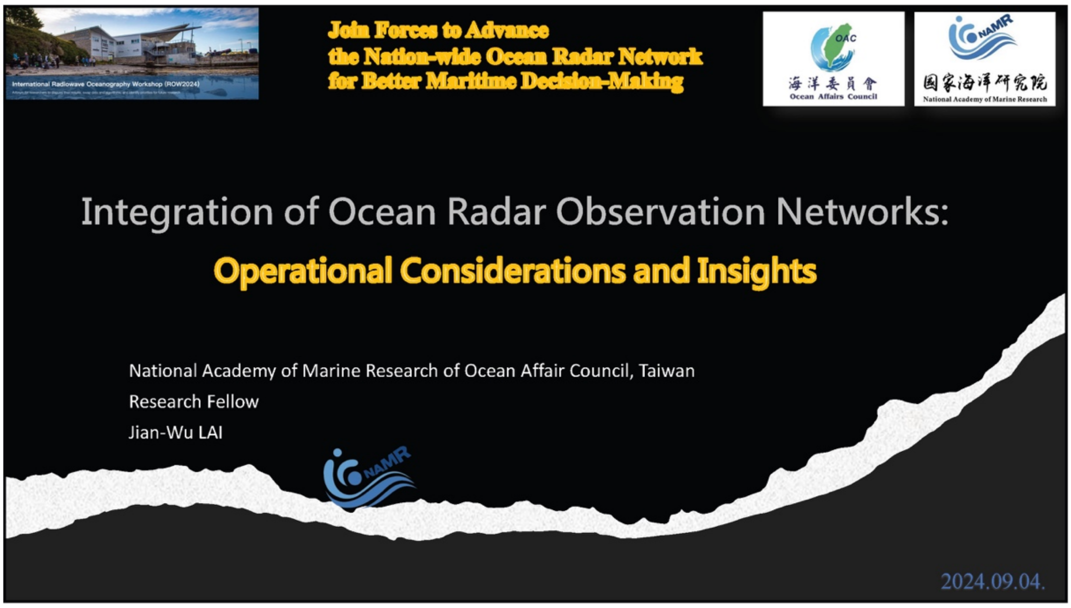
動與交流機會。

本院賴研究員此次在國科會專題研究計畫「基於機器學習及雷達遙測海流在東南海域黑潮流場短時預報模組開發（計畫編號：NSTC 112-2221-E-A55-002 -）」前往英國出席研討會並報告，會議期間與國際專家學者進行交流會議，相關見聞將對我國發展中的跨部會整合海洋雷達觀測網的技術研發、站網規劃、數據運用等產生立即的助益。後續建議朝下列方向進行：

(一) 鼓勵海洋雷達網參與單位持續發表論文並派員出席國際會議。

(二) 爭取亞太海洋雷達國際研討會（ORCA）在台舉辦。

四、附錄_與會簡報



1

Evidence-based Governance

Search & Rescue Incidents

There are approximately **200 to 300** maritime search and rescue incidents in Taiwan each year on average. These incidents cover a variety of rescue operations, including ship distress, drowning accidents, and missing fishermen.

Oil Spill Incidents

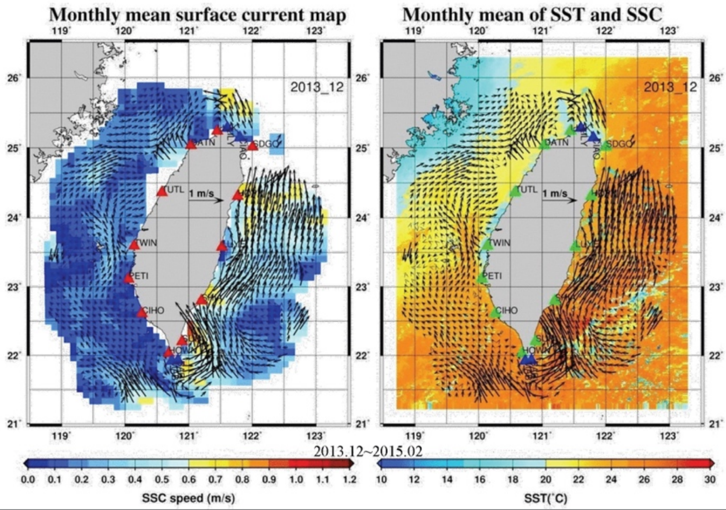
An average of **10 to 20** marine oil spill incidents occur annually in Taiwanese sea. The causes of these incidents mainly include oil leaks from ships, industrial discharges, and accidental events.

Recreation Activity Accidents

There are an average of **150 to 200** drowning incidents related to marine recreational activities each year in Taiwan. These accidents most commonly occur during the summer, particularly at popular beaches, snorkeling areas, and water activity sites.

2

1st Stage of Taiwan's HFR Network (CODAR system)



NSTC 國科會 NARLabs 國家實驗研究院 TORI

4

How to Improve the Role of Ocean Radar System

Science Community

Academy, University, Institution

- Hardwar Technique / EE
- Inversion Algorithm / EE & OE & OS
- Coastal & Oceanography / OE & OS

Murmurs : Accuracy?
Coverage? 2DH? Ionospheric Effects?

Operational Department

Ocean Affair, Marine Transportation, Ocean Disaster

- Search & Rescue / Coast Guard
- Oil Spill Response / OCA & EPA
  Marine Traffic / Maritime Port Bureau
- Marine Disaster / NCDR

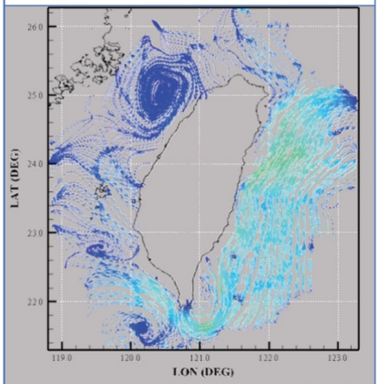
...ds? Accuracy? Precision? Resolution? Coverage? 2DH? Stability for Operation? Products and Applications?

➢ High Quality Dataset
➢ Products/Service for Ocean Affair Governance

5

2nd Stage of Taiwan's HFR Network

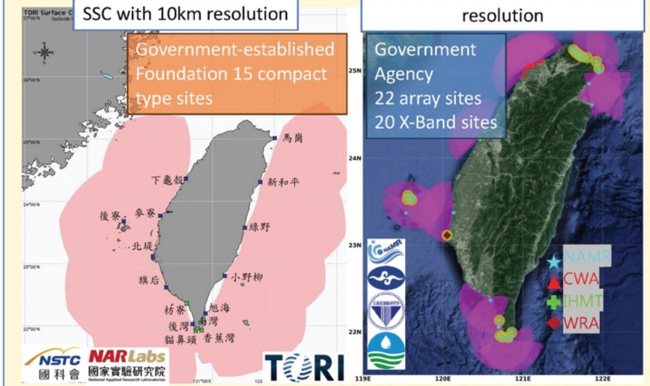
The only near real-time ocean current system covering territorial waters



2009~2019年 （19 CODAR sites ）

<Far Field>
SSC with 10km resolution

<Near Field>
SSC and wave field with 0.5km resolution



2024 Current status of radar observation network
（57 fixed stations & 4 mobile stations）

6

Integrated Radar Observation Network Around Taiwan for Near and Far Observation

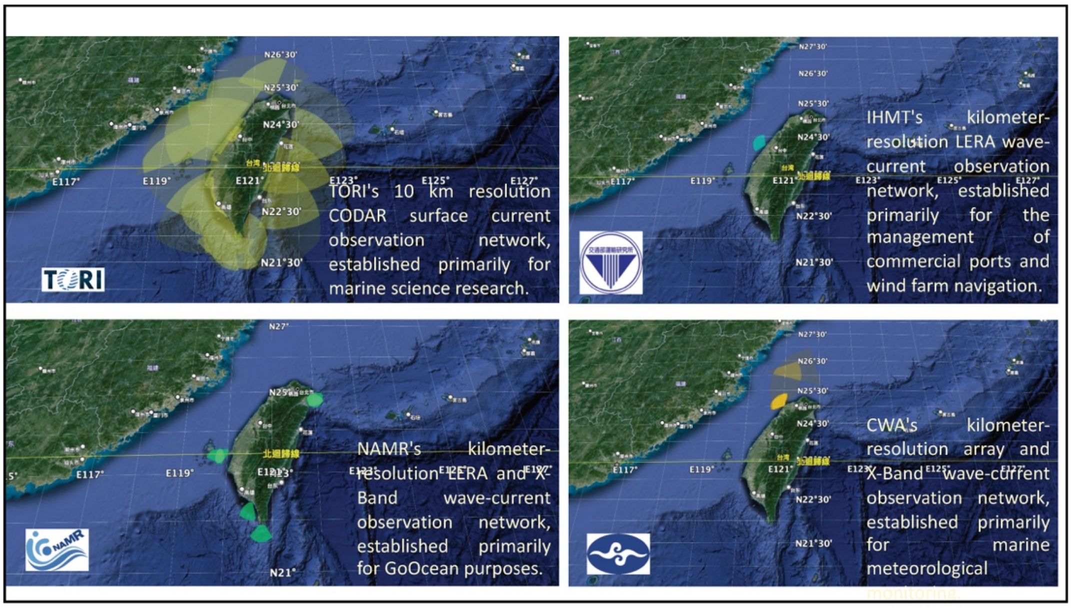
Strengthening Exclusive Economic Zone Monitoring: Utilizing high-frequency (5~8 MHz) radars with a 10 km resolution to observe real-time information on surface currents and other data in approximately two-thirds of the Exclusive Economic Zone surrounding Taiwan.

Enhancing Territorial/Contiguous Zone Monitoring：Enhancing Territorial/Contiguous Zone Monitoring: Using high-frequency (13~30 MHz) array radars with a 0.5 km resolution to observe real-time information on waves and currents in important activity areas within 24 nautical miles of Taiwan and the Penghu Islands.

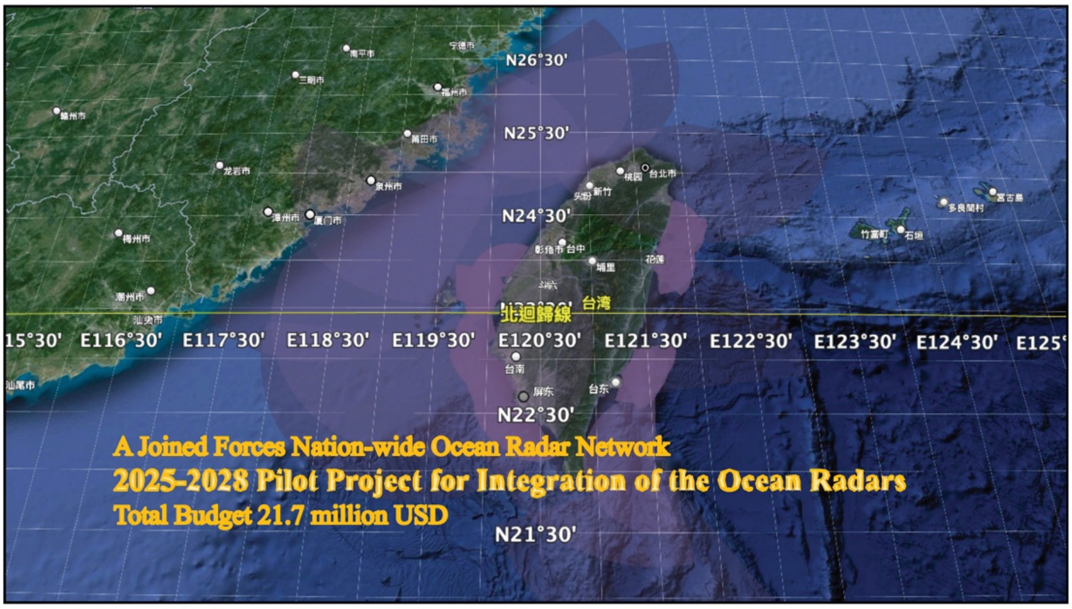
Enhancing Monitoring of High-Risk Coastal Areas：Enhancing Monitoring of High-Risk Coastal Areas: Utilizing microwave radars and optical imaging systems to monitor real-time information on waves, currents, rip currents, and human activity.

7

3


TORI's 10 km resolution CODAR surface current observation network, established primarily for marine science research.
IHMT's kilometer-resolution LERA wave-current observation network, established primarily for the management of commercial ports and wind farm navigation.
NAMR's kilometer-resolution LERA and X-Band wave-current observation network, established primarily for GoOcean purposes.
CWA's kilometer-resolution array and X-Band wave-current observation network, established primarily for marine meteorological
TORI
NAMR

8


N26°30'
N25°30'
N24°30'
N22°30'
N21°30'
E116°30'
E117°30'
E118°30'
E119°30'
E120°30'
E121°30'
E122°30'
E123°30'
E124°30'
北迴歸線
台湾
A Joined Forces Nation-wide Ocean Radar Network
2025-2028 Pilot Project for Integration of the Ocean Radars
Total Budget 21.7 million USD

9

4

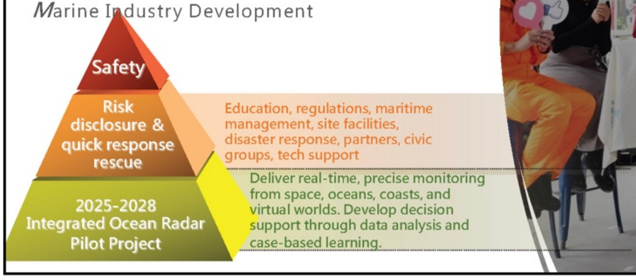
Developing Marine Radar Monitoring Information Applications with a Focus on Maritime Safety

- **National Security:**
  1. **Search and Rescue**: Ensuring that people in distress during navigation, fishing, and other activities receive rapid assistance.
  2. **Navigation Safety**: Ensuring the safe conduct of commercial shipping, recreational navigation, and other marine activities, including nautical safety, meteorological services, and maritime regulation.
  3. **Marine Environmental Protection**: Preventing marine pollution, such as oil spills, chemical leaks, and plastic and garbage pollution, while protecting marine ecosystems.
  4. **Fisheries Resource Management**:
  5. **Anti-Piracy and Anti-Smuggling Activities:** Combating maritime criminal activities such as piracy, smuggling, and human trafficking.
  6. **Marine Resource Development**: Safely and efficiently developing marine resources such as oil, natural gas, minerals, and marine energy.
  7. **Compliance with Maritime Laws and Regulations**:
  8. **Maritime Emergency Response**: Quickly responding to maritime accidents and natural disasters (such as tsunamis and storms).
  9. **Maritime Traffic Management**: Improving the efficiency and safety of maritime traffic through traffic separation schemes and maritime traffic management services.

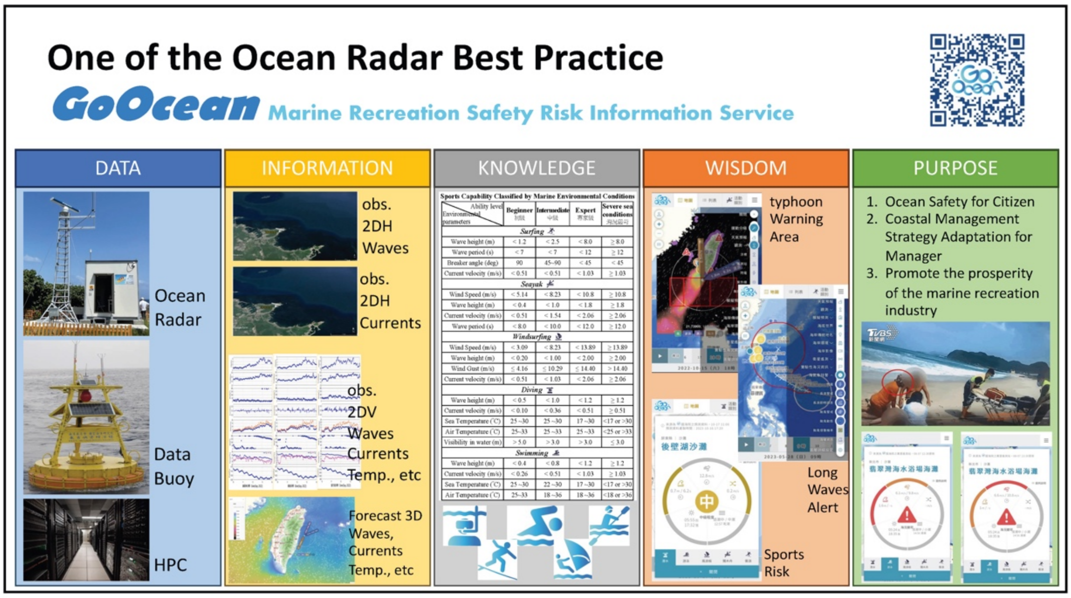
11

Responsibilities and Duties of the Ocean Affairs Council

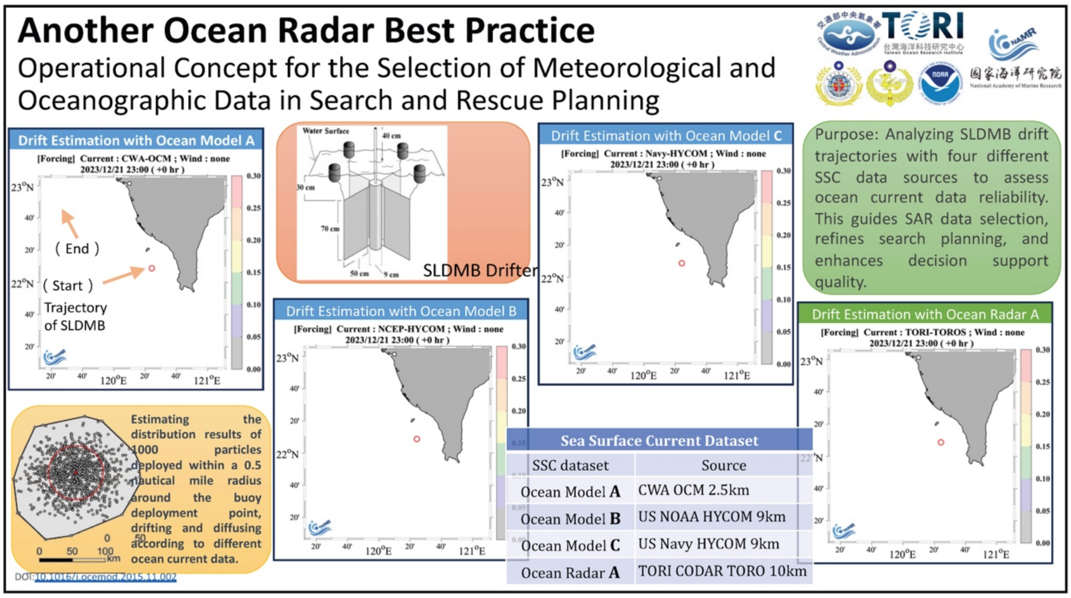
- 3S National *S*ecurity, Public *S*ecurity, Ocean *S*afety
- 4M *M*arine Pollution Prevention, *M*arine Debris Management, *M*arine Ecology Conservation, *M*arine Industry Development



12


One of the Ocean Radar Best Practice
GoOcean Marine Recreation Safety Risk Information Service
DATA
INFORMATION
KNOWLEDGE
WISDOM
PURPOSE
Ocean Radar
Data Buoy
HPC
obs. 2DH Waves
obs. 2DH Currents
obs. 2DV Waves Currents Temp., etc
Forecast 3D Waves, Currents Temp., etc
Sports Capability Classified by Marine Environmental Conditions
Surfing
Seayak
Windsurfing
Diving
Swimming
typhoon Warning Area
Long Waves Alert
Sports Risk
1. Ocean Safety for Citizen
2. Coastal Management Strategy Adaptation for Manager
3. Promote the prosperity of the marine recreation industry

13


Another Ocean Radar Best Practice
Operational Concept for the Selection of Meteorological and Oceanographic Data in Search and Rescue Planning
TORI
Drift Estimation with Ocean Model A
[Forcing] Current : CWA-OCM ; Wind : none
2023/12/21 23:00 (+0 hr)
(End)
(Start)
Trajectory of SLDMB
SLDMB Drifter
Drift Estimation with Ocean Model B
[Forcing] Current : NCEP-HYCOM ; Wind : none
Drift Estimation with Ocean Model C
[Forcing] Current : Navy-HYCOM ; Wind : none
Drift Estimation with Ocean Radar A
[Forcing] Current : TORI-TOROS ; Wind : none
Purpose: Analyzing SLDMB drift trajectories with four different SSC data sources to assess ocean current data reliability. This guides SAR data selection, refines search planning, and enhances decision support quality.
Estimating the distribution results of 1000 particles deployed within a 0.5 nautical mile radius around the buoy deployment point, drifting and diffusing according to different ocean current data.
DOI:10.1016/j.ocemod.2015.11.002
Sea Surface Current Dataset
SSC dataset | Source
Ocean Model A | CWA OCM 2.5km
Ocean Model B | US NOAA HYCOM 9km
Ocean Model C | US Navy HYCOM 9km
Ocean Radar A | TORI CODAR TORO 10km

14

Meteotsunami 2018/10/27

LongFong fishery harbor Taiwan (October 27, 2018)

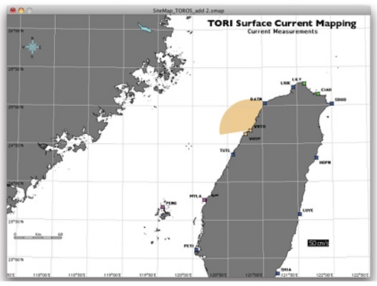
15

15

Meteotsunami 2018/10/27

Is is possible to detect the phenomena?

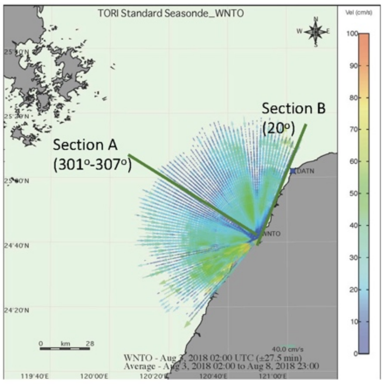
It is lucky that we were implementing a commission project at the time.

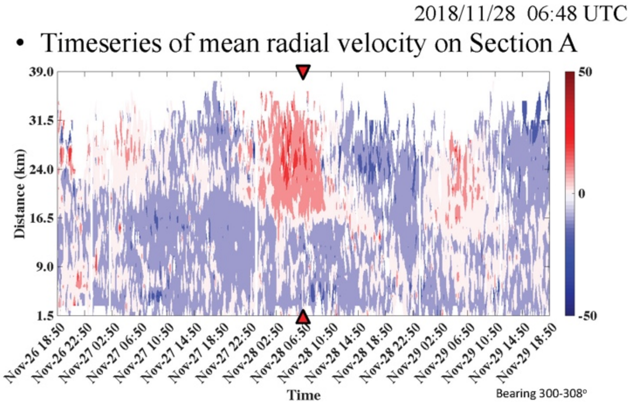


The established temporal 24MHz high-frequency radar system. (Left: Coverage of WNTO 24MHz CODAR site; Right: Photo of the temporal radar on the roof of TCG watchhouse)

16

Meteotsunami 2018/10/27





17

18