



海洋創新A世代— AI · Autonomy · Acoustics

2026中華民國海洋及水下技術協會年會

暨 第27屆海洋與水下技術研討會

論文摘要集

5/22 2026
Fri.

高雄軟體科技園區會議中心

序 言

隨著全球對海洋資源利用與環境永續議題的高度關注，海洋科技正面臨由傳統工程導向邁向智慧化與系統整合之關鍵轉型。本研討會以「海洋創新 A 世代 - AI · Autonomy · Acoustics」為主題，延續歷屆對海洋與水下技術之深耕基礎，進一步聚焦於人工智慧 (AI)、自主系統 (Autonomy) 與水中聲學 (Acoustics) 三大核心技術之融合發展，回應當前海洋科技跨領域整合與高階應用之趨勢。

在技術快速演進的背景下，海洋觀測與作業模式正由單一感測或單平台架構，轉型為跨感測模態、跨平台協同與多層級自主決策之複合系統。人工智慧技術的導入，使海洋資料得以進行高效率分析與即時解析；自主系統能力的提升，則進一步推動遠端操控、半自主乃至全自主海洋系統之實現；而水中聲學則持續在水下監控與感測、成像與通訊中扮演不可替代之關鍵角色。三者之交互整合，正逐步形塑新世代海洋科技之發展樣貌。

大會特別規劃三場專題演講，從國家政策、技術前瞻到產業應用，呈現海洋科技發展之多元面向。首先，以「臺灣海洋觀測系統建置與應用：國家海洋研究院的發展與成果」為題，回顧我國海洋觀測體系之建構歷程與關鍵成果，凸顯長期基礎建設對海洋治理與科研發展之重要性。其次，「海洋創新 A 世代 - 邁入深藍的技術神兵」將從前瞻科技視角，探討新興技術如何驅動海洋科技邁向更高層次之整合與應用。最後，「AI 領航 邁向智慧港灣 A 世代」則聚焦於人工智慧於港灣與海事場域之實際落地，展現智慧化系統在提升營運效率與安全管理上的潛力。

研討會議內容涵蓋上述核心技術之理論發展與實務應用，並特別關注其於水下技術整合、海洋觀測、文化資產調查、海洋能源開發、生態保育及永續治理等領域之應用需求與挑戰。透過跨領域觀點之交流與案例分享，期能促進技術創新與系統整合能力之提升，並強化我國在海洋科技領域之國際競爭力。

同時，亦感謝來自全國各界產官學研單位之踴躍投稿，投稿主題涵蓋人工智慧應用、自主系統發展、水中聲學技術，以及多元海洋場域之實務應用等，與本次主軸高度契合，充分展現我國在海洋科技領域之豐沛能量與跨域整合成果。

最後，期盼藉由此一會議，進一步匯聚各界能量，加速新興技術之研發與落地應用，為未來海洋探索、資源管理與環境監測奠定堅實之技術基礎。

第 27 屆海洋與水下技術研討會

研討會主席 邱永盛

謹誌於 2026 年 5 月 22 日

中華民國海洋及水下技術協會
115 年年會與會員大會暨第 27 屆海洋與水下技術研討會
籌備委員會工作人員名單

主任委員	楊偉甫
名譽主任委員	李志鵬
副主任委員	邱永盛
總幹事	簡連貴
副總幹事	黃偉柏、周佑誠
總務組	楊光哲、葉芝吟
會程組	陳信宏、周佑誠、謝孟璋、楊光哲
註冊組	葉芝吟、李汴軍、楊萬蓉、黃郁媚
活動組	臺灣港務公司
論文組	陳信宏、魏瑞昌、邱永盛、周佑誠、謝孟璋、王兆璋
提案及編輯組	簡連貴
出版組	張順雄、邱永盛
財務組	陳吉紀、邱永盛
獎章組	歐善惠
貴賓組	楊偉甫、簡連貴、許硯蓀、李汴軍、黃偉柏

中華民國海洋及水下技術協會

115 年年會與會員大會暨第 27 屆海洋與水下技術研討會

會 程 表

日期：115 年 5 月 22 日(星期五) 地點：高雄軟體園區

會議	時 間	會 程 內 容		
年會與會員大會 (C棟 B1 國際會議廳)	09:30-10:00	報 到：領取出席證、資料、紀念品		
	10:00-10:20	開幕典禮：理事長致詞、貴賓致詞		
	10:20-10:50	籌備委員會報告·會務報告·提案討論·頒獎		
	10:50-11:10	茶 敘		
	11:10-11:30	專題演講(一)：臺灣海洋觀測系統建置與應用：國家海洋研究院的發展與成果 主講人：陳璋玲 院長 海洋委員會國家海洋研究院		
	11:30-11:50	專題演講(二)：海洋創新A世代 – 邁入深藍的技術神兵 主講人：詹耀坤 主持人 國家中山科學研究院資訊通信研究所亢龍計畫		
	11:50-12:10	專題演講(三)：AI 領航 邁向智慧港灣A世代 主講人：王錦榮 總經理 臺灣港務股份有限公司		
	12:10-13:30	午 餐		
13:30-17:00	參觀活動 - 高雄港洲際碼頭參觀 (集合時間：13:30·地點：高雄港旅運中心群樓一樓)			
海洋與水下技術研討會 (A棟)	12:30-13:30	研討會報到		
	13:30-15:20	301 會議室	401 會議室	701 會議室
		A1: 水中聲學感測技術	A2: 海洋載具技術 I	A3: 水下作業系統
	15:20-15:40	茶 敘		
	15:40-17:30	301 會議室	401 會議室	701 會議室
		B1: 聲學訊號分析與處理	B2: 海洋載具技術 II	B3: 水下文資與海洋產業
18:00-20:30	晚宴與頒獎 (中鋼集團會館：高雄市前鎮區忠勤路 23 號 2 樓)			

研討會論文發表議程

A1：水中聲學感測技術

- 時間：13:30-15:20
- 地點：A棟 301 會議室
- 主持人：陳琪芳、吳柏賢

基於濾波器正交分頻多工水下聲學修正混沌強化串接邏輯正弦映射文字加密展頻隱藏通訊技術應用寬吻海豚聲

謝慶隆¹、林進豐¹、張順雄²、姚永正²

¹ 國立臺灣海洋大學 電機工程學系

² 國立高雄科技大學 半導體工程學

西子灣近岸海浪之分散式聲學連續監測與下一代基於光頻梳之 WDM-DAS 系統設計

林庭寬、洪裕涵

國立中山大學 光電工程學系

船舶水下噪音量測技術之現況與未來挑戰

王啟存¹、魏瑞昌²、謝孟璋²

¹ 國立中山大學 海洋科學與科技全英語博士學位學程

² 國立中山大學 海下科技研究所

崩波型碎波氣泡聲學特性與尺寸分布之實驗研究

林佑安、劉冠汶、楊瑞源

國立成功大學 水利及海洋工程學系

探討多層堆疊壓電換能器之水下聲學特性研究

陳胤齊、邱永盛

國立中山大學 海下科技研究所

A2：海洋載具技術 I

- 時間：13:30-15:20
- 地點：A棟 401 會議室
- 主持人：湛翔智、黃盛煒

簡易型自主式水下載具於淺海影像調查任務之設計與初步驗證

吳孟修、周佑誠

國立中山大學 海下科技研究所

自主水下載具控制與動力分配之嵌入式實現與實驗驗證

陳永裕¹、呂楷賢¹、施丞恩¹、郭俊霆²

¹國立成功大學 系統及船舶機電工程學系

²永亮股份有限公司

基於前向掃描聲納之 AUV 水下三維地形建模之研究

彭光源、王舜民

國立成功大學 系統及船舶機電工程研究所

水下履帶車系統設計與研製

張家溥、陳柏棋、宋雨霖

財團法人國家實驗研究院 台灣海洋科技研究中心

水下無人載具與海洋科技之應用

陳建璋¹、徐慶瑜²、陳雅惠²、苗志銘³、邱永盛⁴

¹國立中山大學 電機工程學系

²中華民國海軍軍官學校 船舶機械系

³國立屏東科技大學 生物機電工程系

⁴國立中山大學 海下科技研究所

整合 USV、一般船舶與 UAV 多平台遙測之水上水下無縫高精度三維模型建置

郭重言¹、李啓民¹、蔡旻軒¹、洪志偉²、陳麗雯³、蔣昊澐¹、劉庭瑜¹

¹國立成功大學 測量及空間資訊學系

²詮華國土測繪股份有限公司

³國家海洋研究院

A3：水下作業系統

- 時間：13:30-15:20
- 地點：A棟 701 會議室
- 主持人：趙修武、唐宏結

水下電動機械手臂軟體設計輔助

王若庭、王兆璋

國立中山大學 海下科技研究所

以 ROS2 為基礎之影像輔助多重輸入機械手臂操作介面開發

李育承、王兆璋

立中山大學 海下科技研究所

拖曳式載具海床調查作業之不同影像品質估算方法比較

陳睿騰、周佑誠

國立中山大學 海下科技研究所

UVC 發光二極體應用於預防水下生物附著

羅貫予¹、陳彥倫¹、謝孟璋²

¹國立高雄師範大學 工業科技教育學系

²國立中山大學 海下科技研究所

港灣鋼構實時腐蝕探頭之陰極保護設計最優化、腐蝕運維在地化及雜散電流腐蝕示警防災

王自強¹、鄭智文²、林俊達³、王笙宇⁴、趙立德⁵

¹王強科技有限公司

²臺灣港務股份有限公司 高雄港務分公司

³台灣世曦工程 港灣工程部

⁴金屬工業研究發展中心 海洋產業推廣服務處

⁵滙茂實業

兩孤立波於同向追越碰撞作用下之水下流場特性探討

林呈、羅立芳、閻菁菁、薛儒謙、林欣誼

國立中興大學 土木工程學系

B1：聲學訊號分析與處理

- 時間：15:40-17:30
- 地點：A棟 301 會議室
- 主持人：張順雄、劉冠汶

鯨豚喀搭聲定位與軌跡追蹤研究

楊凱傑¹、翁仕賢^{1,2}、胡惟鈞³、陳琪芳¹

¹ 國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系

² 洋聲股份有限公司

³ 國立臺灣大學 船舶及海洋技術研究中心

基於 YOLO 物件偵測模型於臺灣西部海豚哨叫聲自動偵測與聲學特徵分析

陳宜欣¹、胡惟鈞²、陳琪芳¹

¹ 國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系

² 國立臺灣大學 船舶及海洋技術研究中心

以水下聲學監測探討颱風對墾丁南灣淺海魚類訊號之影響

黃馨¹、邱永盛¹、楊穎堅²

¹ 國立中山大學 海下科技研究所

² 國立臺灣大學 海洋研究所

應用螺旋形陣列與 HR-CLEAN-SC 於多重噪音源定位技術建立

林時賢、吳柏賢

國立成功大學 系統及船舶機電工程學系

臺灣東南海域鯨豚哨叫聲偵測研究

蔡子亮¹、胡惟鈞²、陳琪芳¹

¹ 國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系

² 國立臺灣大學 船舶及海洋技術研究中心

基於稀疏聲學陣列之目標方位估測技術探討

溫柏諭、吳柏賢

國立成功大學 系統及船舶機電工程學系

B2：海洋載具技術 II

- 時間：15:40-17:30
- 地點：A棟 401 會議室
- 主持人：陳永裕、蕭毓宏

極淺水域無人水面載具之推進系統改良與感測整合

楊承穆、陳信宏

國立中山大學 海下科技研究所

無人船基地規劃與靠泊技術之可行性研究

湛翔智

知洋科技股份有限公司

基於 NPU 加速之無人船水下聲紋辨識之研究

鍾育仁¹、羅濬智¹、張翊翔¹、謝祥佑¹、胡沁榆²

¹ 中華民國海軍軍官學校 海洋科學系

² 中華民國海軍軍官學校 資訊管理系

Predictor-based leader-follower formation control of unmanned surface vehicles with communication delays

Chia-Chun Lin, Ming-Han Tsai, Hung-Ping Su, Jen-Hwa Guo

國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系

海洋管道機器人的開發

陳震宇¹、黃盛煒¹、陳冠宇²

¹ 國立臺灣海洋大學 系統工程暨造船學系授

² 國立臺灣大學 船舶及海洋技術研究中心

基於深度學習之台灣東北海域海床生物影像自動辨識

薛芳妤¹、周佑誠²

¹ 國立中山大學 海洋科學系

² 國立中山大學 海下科技研究所

B3：水下文資與海洋產業

- 時間：15:40-17:30
- 地點：A棟 701 會議室
- 主持人：簡連貴、董東璟

海洋監測產業關鍵人才與職務屬性之探討

張珮錡¹、魏孟君¹、周瑋珊²

¹ 國家海洋研究院 綜合規劃及人力培訓中心

² 國立成功大學 水工試驗所

臺灣海洋文化與觀光遊憩產業關鍵人力需求與職務樣貌研析

張珮錡¹、施瓊華¹、周瑋珊²

¹ 國家海洋研究院 綜合規劃及人力培訓中心

² 國立成功大學 水工試驗所

基於多模態調查資料建構水文空間資料方塊流程之研究：以水下文化資產調查場域為例

陳冠宇¹、黃千芬²、劉金源¹

¹ 淡江大學 電機工程學系

² 國立臺灣大學 海洋研究所

AI 驅動之 ESG 永續治理模型：水下文化資產保育績效之量化評估與應用

麥永竝

國立高雄科技大學 財務金融學院

可調變減搖飛輪阻尼系統應用於浮式平台之實驗研究

黃瀚寬¹、曾以帆¹、唐宏結²、芮向磊¹

¹ 國立中山大學 海洋環境及工程學系

² 國立台灣海洋大學 海洋工程科技學士學位學程(系)

洋流發電機於拖曳情況下之運動響應

許植証、趙修武

國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系

論文摘要目錄

A1：水中聲學感測技術

- 基於濾波器正交分頻多工水下聲學修正混沌強化串接邏輯正弦映射文字加密
展頻隱藏通訊技術應用寬吻海豚聲…………… 1
謝慶隆、林進豐、張順雄、姚永正
- 西子灣近岸海浪之分散式聲學連續監測與下一代基於光頻梳之 WDM-DAS
系統設計…………… 2
林庭寬、洪裕涵
- 船舶水下噪音量測技術之現況與未來挑戰…………… 3
王啟存、魏瑞昌、謝孟璋
- 崩波型碎波氣泡聲學特性與尺寸分布之實驗研究…………… 4
林佑安、劉冠汶、楊瑞源
- 探討多層堆疊壓電換能器之水下聲學特性研究…………… 5
陳胤齊、邱永盛

A2：海洋載具技術 I

- 簡易型自主式水下載具於淺海影像調查任務之設計與初步驗證…………… 6
吳孟修、周佑誠
- 自主水下載具控制與動力分配之嵌入式實現與實驗驗證…………… 7
陳永裕、呂楷賢、施丞恩、郭俊霆
- 基於前向掃描聲納之 AUV 水下三維地形建模之研究…………… 8
彭光源、王舜民
- 水下履帶車系統設計與研製…………… 9
張家溥、陳柏棋、宋雨霖
- 水下無人載具與海洋科技之應用…………… 10
陳建璋、徐慶瑜、陳雅惠、苗志銘、邱永盛
- 整合 USV、一般船舶與 UAV 多平台遙測之水上水下無縫高精度三維模型建置…11
郭重言、李啓民、蔡旻軒、洪志偉、陳麗雯、蔣昊濤、劉庭瑜

A3：水下作業系統

- 水下電動機械手臂軟體設計輔助12
王若庭、王兆璋
- 以 ROS2 為基礎之影像輔助多重輸入機械手臂操作介面開發14
李育承、王兆璋
- 拖曳式載具海床調查作業之不同影像品質估算方法比較15
陳睿騰、周佑誠
- UVC 發光二極體應用於預防水下生物附著16
羅貫予、陳彥倫、謝孟璋
- 港灣鋼構實時腐蝕探頭之陰極保護設計最優化、腐蝕運維在地化及雜散電流
腐蝕示警防災17
王自強、鄭智文、林俊達、王笙宇、趙立德
- 兩孤立波於同向追越碰撞作用下之水下流場特性探討18
林呈、羅立芳、閻菁菁、薛儒謙、林欣誼

B1：聲學訊號分析與處理

- 鯨豚喀搭聲定位與軌跡追蹤研究19
楊凱傑、翁仕賢、胡惟鈞、陳琪芳
- 基於 YOLO 物件偵測模型於臺灣西部海豚哨叫聲自動偵測與聲學特徵分析20
陳宜欣、胡惟鈞、陳琪芳
- 以水下聲學監測探討颱風對墾丁南灣淺海魚類訊號之影響21
黃馨、邱永盛、楊穎堅
- 應用螺旋形陣列與 HR-CLEAN-SC 於多重噪音源定位技術建立22
林時賢、吳柏賢
- 臺灣東南海域鯨豚哨叫聲偵測研究23
蔡子亮、胡惟鈞、陳琪芳
- 基於稀疏聲學陣列之目標方位估測技術探討24
溫柏諭、吳柏賢

B2：海洋載具技術 II

- 極淺水域無人水面載具之推進系統改良與感測整合25
楊承穆、陳信宏
- 無人船基地規劃與靠泊技術之可行性研究26
湛翔智
- 基於 NPU 加速之無人船水下聲紋辨識之研究27
鍾育仁、羅濬智、張翊翔、謝祥佑、胡沁榆
- Predictor-based leader-follower formation control of unmanned surface vehicles with communication delays**28
Chia-Chun Lin, Ming-Han Tsai, Hung-Ping Su, Jen-Hwa Guo
- 海洋管道機器人的開發29
陳震宇、黃盛煒、陳冠宇
- 基於深度學習之台灣東北海域海床生物影像自動辨識30
薛芳妤、周佑誠

B3：水下文資與海洋產業

- 海洋監測產業關鍵人才與職務屬性之探討31
張珮錡、魏孟君、周瑋珊
- 臺灣海洋文化與觀光遊憩產業關鍵人力需求與職務樣貌研析32
張珮錡、施瓊華、周瑋珊
- 基於多模態調查資料建構水文空間資料方塊流程之研究：以水下文化資產調查場域為例33
陳冠宇、黃千芬、劉金源
- AI 驅動之 ESG 永續治理模型：水下文化資產保育績效之量化評估與應用35
麥永竝
- 可調變減搖飛輪阻尼系統應用於浮式平台之實驗研究36
黃瀚寬、曾以帆、唐宏結、芮向磊
- 洋流發電機於拖曳情況下之運動響應37
許植証、趙修武

基於濾波器正交分頻多工水下聲學修正混沌強化串接邏輯正弦映射文字加密展頻隱藏通訊技術應用寬吻海豚聲紋

謝慶隆¹ 林進豐² 張順雄³ 姚永正⁴

摘要

隱藏式通訊技術源起於藏頭詩與隱寫術，分為將文字資訊隱直接藏於媒體例如聲音、影像與視訊等多媒體訊號或將文字資訊隱藏於多媒體，並將具隱藏訊息多媒體訊號進行加密兩類，為先進水中聲學通訊實體層關鍵技術之一。本文整合具展頻因子為 16 之修正混沌強化串接邏輯正弦映射文字展頻加密機制，8x8 間隔器寬吻海豚聲紋資料隱藏方法，(2000,1000) 低密度奇偶檢查碼編碼機制，四相位偏移調變和濾波器正交分頻多工調變。

本文將文字資訊應用具展頻因子為 16 之修正混沌強化串接邏輯正弦映射文字展頻加密機制進行加密，並將混沌展頻加密文字訊號輸入 8x8 間隔器，輸出混沌展頻加密間隔文字訊號，並將混沌展頻加密間隔文字訊號隱藏至寬吻海豚聲紋輪廓，並將具混沌展頻加密間隔文字隱藏訊號之寬吻海豚聲紋應用水中聲學濾波器正交分頻多工調變技術，探究隱藏式水中聲學通訊技術效能。

模擬結果顯示，訊號雜訊比為 6.14 dB，傳輸位元錯誤率為 9.61×10^{-4} ，加解密參數完全相同，文字資訊可正確解隱藏與正確解密，文字資訊可視覺正確辨識，平均振幅變化強度隱藏參數為 0.0054，原始文字字串字元(char)串流和所接收正確解密文字字串字元變化率為 0%，本文所提出隱藏式水中聲學通訊技術具優越正確解隱藏與解密效能；訊號雜訊比為 6.14 dB，傳輸位元錯誤率為 9.70×10^{-4} ，正確解隱藏，加密參數為 (0.101、4、0.11、9700)，解密參數為 (0.1、4、0.1、10000)；文字資訊可正確解隱藏與錯誤解密，文字資訊無法視覺正確辨識，平均振幅變化強度隱藏參數為 0.0053，原始文字字串字元(char)串流和所接收正確解密文字字串字元變化率為 100%，本文所提出隱藏式水中聲學通訊技術具優越錯誤解密效能。

關鍵詞：隱藏式水中聲學通訊、修正混沌強化串接邏輯正弦映射、文字展頻加密、濾波器正交分頻多工調變、平均振幅變化強度隱藏參數

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 114-2221-E-992-054

¹ 國立臺灣海洋大學電機工程研究所 博士班研究生

² 國立臺灣海洋大學電機工程學系 副教授

³ 國立高雄科技大學半導體工程學系 教授

⁴ 國立高雄科技大學半導體工程學系 助理教授

西子灣近岸海浪之分散式聲學連續監測與下一代基於 光頻梳之 WDM-DAS 系統設計

林庭寬¹ 洪裕涵²

摘要

分散式光纖聲學感測 (DAS) 透過量測光纖中瑞利散射回波的相位變化，可實現長距離、高解析度之連續聲學監測。近年研究趨向利用既有海底通訊光纖進行感測以降低部署成本，然而國內技術發展仍高度仰賴昂貴的國外商用系統。為推動海洋感測技術自主化，本研究致力發展國產化 DAS 系統，並進一步提出基於光學頻率梳之波分複用 (WDM-DAS) 架構，以突破現有技術瓶頸。

本研究首先完成自主化 DAS 系統之建置，並利用國立中山大學向西子灣外海延伸之實驗型海底光纜進行實地量測。該海纜全長約 1 公里，包含 200 公尺沙灘段與 800 公尺海床段。實驗結果顯示，本系統能成功偵測海流變化等自然現象，並可依據量測數據計算流速隨離岸遠近的空間分布。此成果充分驗證了利用既有海纜進行海洋環境監測之可行性，並為未來船舶活動偵測與海纜安全監控提供基礎數據。

為進一步提升系統的訊號品質、穩定性與抗干擾能力，本研究亦發展了基於相位鎖定窄線寬光學頻率梳 (PNOFC) 的多載波 WDM-DAS 技術。透過單一微波參考訊號驅動聯級光注入鎖定半導體雷射，成功產生 20 GHz 間隔、具 kHz 等級窄線寬之多載波光頻梳。在 1 公里光纖結合 600 Hz 外部擾動模擬的實測中，各梳線皆能精準還原振動訊號，且訊雜比 (SNR) 超過 24 dB，展現極高的感測性能與相干一致性。

綜合上述，本研究從系統實證與關鍵光源技術雙管齊下。不僅確立了自主研發之 DAS 系統於實際海洋環境中的監測能力，更透過 PNOFC 技術大幅優化了感測穩定度，共同為未來大規模水下感測網路的建置奠定堅實的技術基礎。

關鍵詞：分散式光纖聲學感測、聲學監測、海洋感測技術、相位鎖定窄線寬光學頻率梳、聯級光注入鎖定半導體雷射

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 113-2221-E-110-031-MY3

¹ 國立中山大學光電工程學系 博士班研究生

² 國立中山大學光電工程學系 助理教授

船舶水下噪音量測技術之現況與未來挑戰

王啟存¹ 魏瑞昌² 謝孟璋³

摘要

隨著全球海洋保護意識提升與國際海事組織 (IMO) 多年探討，對船舶排放之水下噪音日益重視亦逐步研擬管制措施，而標準化及可施行的量測技術也將成為造船產業對於水下噪音量測的核心課題。本文針對現行船舶水下噪音量測方法進行系統性綜述。首先，深入對比 ISO 17208 與船級協會等國際主流規範在量測場域、儀器佈置及數據或標準上的差異；其次，分析深海與淺海環境對傳播損失修正及背景噪音所帶來的技術挑戰。透過彙整國內外實船量測案例，總結現行方法在船舶水下噪音量測於實務上所面臨之挑戰。最後，針對未來量測流程的標準化與實際可施行之方法提出展望，旨在為船舶水下噪音量測方法提供具價值的理論參考與實務指南。

關鍵詞：船舶噪音、水下噪音規範、水下噪音量測方法

¹ 國立中山大學海洋科學與科技全英語博士學位學程 博士生

² 國立中山大學海下科技研究所 助理教授

³ 國立中山大學海下科技研究所 助理教授

崩波型碎波氣泡聲學特性與尺寸分布之實驗研究

林佑安¹ 劉冠汶^{2,*} 楊瑞源³

摘要

大洋中較大尺度之碎波現象，已透過水槽實驗量測碎波氣泡聲音並配合經驗公式，建立氣泡尺寸與波浪能量耗散率之關係(Zou et al. 2022)。然而，針對近岸地區碎波過程中所生成氣泡之相關研究仍有限。因此，本研究旨在探討波浪於近岸因潛化而發生破碎時，其所產生之氣泡尺寸分布特性。本研究於國立成功大學水工試驗所流力實驗室造波水槽中進行實驗。水槽長 20 公尺、寬 0.5 公尺、深 0.7 公尺，並設有直推式造波機。藉由於水槽底部設置坡度為 1/20 之人工緩坡，使波浪於傳播過程中發生潛化，進而形成崩波型碎波(spilling breaker)。實驗條件包括水深 20 公分與 30 公分、波浪週期 0.8 秒與 1.3 秒，以及波高 4 公分、6 公分與 8 公分，以模擬不同碎波強度下之氣泡生成情形。研究方法為於碎波帶下方布設水下聽音器(hydrophone)，量測碎波過程中氣泡生成所產生之聲音訊號。由於氣泡於形成初期會因振動而輻射聲音，且其輻射頻率與氣泡半徑呈反比，因此可藉由聲學訊號推估氣泡尺寸。本研究初步分析結果顯示，可擷取持續時間約 0.025 秒之氣泡聲音訊號，並進一步透過頻譜分析辨識氣泡尺寸及其分布特性。本研究同步利用高速攝影機記錄碎波發展歷程及氣泡群動態演變，並嘗試由影像估算單位體積含氣率，以進一步推估碎波之能量衰減(Na et al. 2020)。未來將進一步比較聲學分析與光學方法所得結果，以評估被動式聲學技術應用於近岸碎波氣泡尺寸分布研究之可行性與適用性。

關鍵詞：碎波氣泡聲學特性、崩波型碎波、氣泡尺寸分布、造波水槽實驗

¹ 國立成功大學水利及海洋工程學系 碩士生

² 國立成功大學水利及海洋工程學系 助理教授；通訊作者 (E-mail: kwliu@gs.ncku.edu.tw)

³ 國立成功大學水利及海洋工程學系 教授

探討多層堆疊壓電換能器之水下聲學特性研究

陳胤齊¹ 邱永盛²

摘要

近年來，聲學技術於水下量測與通訊領域發展迅速，並廣泛應用於海洋探測、海底地形測繪、水下導航以及海洋資源調查等相關領域。其中，聲納（Sonar）與水聽器（Hydrophone）為水下聲學系統中的核心元件，負責聲波訊號的發射與接收，並將水下聲學訊號轉換為電訊號，以進行距離量測、目標定位與環境監測。然而，傳統聲納系統多採用單一指向性（Unidirectional）換能器，其設計雖可將聲能集中於特定方向以提升探測距離，但在實際應用中仍存在偵測範圍有限與多方向聲源感測能力不足等問題。此外，換能器的電聲轉換效率亦為系統性能的重要影響因素，因此如何透過結構設計降低電氣阻抗並提升能量耦合效率，成為水下換能器設計的重要研究課題。

本研究提出一種整合異質壓電材料之複合式水下換能器結構。利用兩種壓電材料在機械與電聲特性上的差異，透過結構配置實現軸向（Axial）與徑向（Radial）聲波發射，以突破傳統單一指向性聲納的限制並形成多方向聲場分佈。在機械設計方面，本研究採用壓電環堆疊結構並導入預應力螺栓（Stress Rod）施加預應力，以提升壓電陶瓷在高功率運作下的機械穩定性與發射效率。此外，透過壓電堆疊的並聯電路配置有效降低系統等效電氣阻抗，改善換能器與驅動電路之阻抗匹配，進而提升電聲轉換效率與聲能耦合能力。

研究過程中首先建立完整的幾何與物理模型，並利用有限元素分析（Finite Element Analysis, FEA）進行多物理場數值模擬，透過阻抗頻譜與聲場分佈分析評估不同設計參數對換能器性能之影響，包括共振頻率、聲壓輸出及電聲轉換效率。透過模擬結果進行設計最佳化，以找出最佳發射共振點與結構配置。研究結果顯示，本研究所提出之異質壓電複合換能器可有效實現多方向聲波發射並提升電聲轉換效率，為廣域水下聲學探測與通訊系統提供一種具潛力的新型換能器設計。

關鍵詞：有限元素法、水中聲學、水下電聲換能器、壓電堆疊、水下機電

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 114-2218-E-110-009-

¹國立中山大學海下科技研究所 碩士班研究生

²國立中山大學海下科技研究所 教授

簡易型自主式水下載具於淺海影像調查任務之設計與 初步驗證

吳孟修¹ 周佑誠²

摘要

淺海域 (約 100 公尺以淺) 涵蓋近岸與沿岸環境，例如東沙環礁及其周邊海域，對於海床影像記錄與環境調查具有重要研究與應用價值。現行常見作業方式多依賴小型船舶搭載遙控式水下載具 (Remotely operated vehicle, ROV) 或由潛水員進行調查。然而，ROV 受限於纜線長度與作業範圍，潛水員亦受到水深與作業風險限制，難以長時間進行大範圍調查。相較之下，自主式水下載具 (Autonomous underwater vehicle, AUV) 不受纜線拘束，能長時間自主運作，適合應用於淺海域影像調查與環境監測。本研究設計並實作一套輕便、可靠且具經濟性之 AUV 系統，以提升淺海影像調查任務之可行性。本研究完成 IUT AUV-II 第 1 版 (IUT AUV-II v1) 之設計與實作。載具採流線型外形，配置水平與垂直推進器以執行前進、轉彎、上升與下潛等基本運動，並透過定深、定高與定艏向控制維持穩定航行。系統搭載相機、LED 照明燈、高度計、深度計與慣性測量單元，並整合電力與通訊架構，以電源系統透過多組電壓轉換模組提供各感測器與控制模組所需電壓。為驗證系統性能，本研究於水池、港灣與開放海域進行多階段測試，並於小琉球附近海域設置定位浮標，規劃 IUT AUV-II v1 自起點航行至指定浮標後迴轉並返回原點，以評估其航行穩定性與抗海流能力。實驗結果顯示，該載具能在指定入水深度、航向與任務時間限制下穩定執行海床攝影任務，並取得可用於後續影像拼接之海床影像資料。透過相機像素焦距、影像解析度與高度計量測之離底高度，可估算單張影像之拍攝範圍；結合影像拼接結果，可進一步估算航行距離與影像覆蓋範圍，並重建對應航行軌跡之海床圖像，驗證本系統在淺海環境下進行影像調查與資料蒐集的可行性。然而，在實際海流影響下，載具仍可能產生被動側漂現象，導致影像拼接結果出現鋸齒狀誤差。此外，本研究亦進行載具機械設計改良並發展第二版平台，同時建立硬體迴路模擬系統以進行初步模擬測試。未來將進一步結合視覺、慣性與高度資訊之導航方法，以改善側漂問題並提升影像調查任務的穩定性與可靠性。

關鍵詞：自主式水下載具、淺海影像調查、無主動橫移推進

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 114-2221-E-110-041

¹ 國立中山大學海下科技研究所 碩士班研究生

² 國立中山大學海下科技研究所 副教授

自主水下載具控制與動力分配之嵌入式實現與實驗驗證

陳永裕¹ 呂楷賢² 施丞恩³ 郭俊霆⁴

摘要

自主水下載具 (Autonomous Underwater Vehicle, AUV) 已成為當前水下載具領域中最具發展潛力之核心技術之一，其應用範疇涵蓋軍事與民生經濟等多元領域。隨著自動化與智慧化技術的持續演進，AUV 之自主化發展已屬不可逆之趨勢。在建構完整之自主水下載具系統過程中，控制律設計與動力分配機制之建立，為首要且關鍵之研究課題。受惠於近年電子技術與嵌入式系統之快速發展，微控制器 (Microcontroller) 已具備足以支撐複雜演算法運算之能力，使 AUV 系統得以朝向小型化與低成本化發展。相較於傳統以工業電腦為核心之架構，本文所建構之系統採用微控制器作為主要運算平台，以提升系統整體之整合性與可攜性。此外，藉由開源程式語言 Python 之高開發效率特性，使得演算法設計與實作過程得以大幅縮短開發時程。在控制方法方面，鑑於現行 AUV 控制律已趨成熟，本研究聚焦於動力分配問題，旨在將控制律所產生之控制輸入有效且合理地映射至各致動器。本研究採用具強健補償項之回授線性化控制 (Robust Feedback Linearization Control)，並結合具輸出限制條件之動力分配模型，作為整體控制架構之核心。透過 DVL 與 IMU 所提供之量測資訊，可即時獲得載具之姿態與運動狀態，並將其回饋至控制律中，以生成對應之控制力，再經由動力分配機制分配至各致動器執行。為建立致動器輸出力與控制指令之間之非線性關係，本研究採用模糊理論 (Fuzzy Modeling) 進行建模，以提升系統對不確定性與非線性效應之適應能力。本研究所使用之 AUV 平台配置兩顆主推進器及八個舵機，可實現六自由度之運動控制。最後，透過數值模擬與實際實驗驗證，本研究所提出之方法具備良好之可行性與參考價值。具體成果如下：1.完成控制律與動力分配之整合設計、2.建立 AUV 演算法實驗平台、3.完成 AUV 軟硬體系統之整合與驗證。

關鍵詞：自主水下載具實現、強健控制器、動力分配

¹ 國立成功大學系統及船舶機電工程學系 教授

² 國立成功大學系統所 碩士班研究生

³ 國立成功大學系統所 碩士班研究生

⁴ 永亮股份有限公司 專案工程師

基於前向掃描聲納之 AUV 水下三維地形建模之研究

彭光源¹ 王舜民²

摘要

在無全球定位系統 (GPS) 支援的水下環境中，如何建立可靠的地形模型為自主水下載具 (AUV) 之關鍵課題。相較於易受能見度與光照影響的光學感測器，聲納具備較佳的環境適應能力，適合應用於水下地形建模與導航。本研究提出一套基於前向掃描聲納 (Forward-Looking Sonar, FLS) 之水下三維地形建模方法，重點在於利用二維前向掃描聲納資料重建三維水下地形。前向掃描聲納可提供平面之距離資訊，透過結合載具運動過程中的姿態與航位推估 (Dead Reckoning) 資料，將不同時間取得之二維量測進行空間整合，進而重建三維地形結構。系統核心是以 ROS2 (Robot Operating System 2) 軟體框架與 Pixhawk 6C 硬體控制器建構自主式水下載具，並搭載前傾 45 度之二維前向掃描聲納，以持續量測前方環境。其聲納資料由極座標轉換至載具與世界座標系，並結合慣性量測單元(IMU)與航位資訊進行點雲累積，建立局部三維地形模型。實驗結果顯示，本方法可有效將二維聲納資料轉換為具空間結構之三維點雲，並呈現水下地形輪廓。研究證明，利用二維前向掃描聲納進行三維地形建模具備可行性與成本優勢，可作為水下導航、環境感知與 SLAM 之基礎。

關鍵詞：前向掃描聲納、環境建模、ROS2、Pixhawk、水下載具

¹ 國立成功大學系統及船舶機電工程研究所 碩士班研究生

² 國立成功大學系統及船舶機電工程研究所 講師

水下履帶車系統設計與研製

張家溥¹ 陳柏棋² 宋雨霖³

摘要

本研究旨在開發一套用於水下清洗與維護之水下履帶式作業平台，其設計可應用於各類工業水池或水庫之沉積物清潔。水池底部在長期運轉下易堆積沉積物與碎屑，若未定期清理將影響系統效率與安全性。傳統人工潛水清淤作業風險較高，而一般懸浮式水下無人載具(ROV)在搭載重型清淤工具時穩定性不足，且定位控制難度較高，難以產生足夠之下壓力進行精準的貼地清洗。

為解決上述問題，本研究開發之水下履帶車捨棄了傳統 ROV 的推進器設計，以載具自重建立與池底的穩固接觸，藉此提供清潔工具所需的作用力，避免推進器水流揚塵。在系統運作上，該載具採用岸基系統供電(110 - 220V AC)，透過 70 公尺之動力與訊號複合電纜進行遠端操控。載具核心包含三組自主研发之水下馬達；兩組驅動左右履帶，一組驅動清潔刷頭。為符合狹窄通道之機身寬度限制並兼顧越障動力，履帶驅動模組採用縱向配置，並整合傘齒輪傳動機構以轉向並放大輸出扭矩。在關鍵的馬達密封技術上，本研究提出一種「局部油艙」的密封設計，僅於軸封區域建立微型補償油室，成功通過等效 100 公尺水深之壓力測試，顯著提升結構可靠度並降低維護成本。

在清潔機構方面，前端旋轉刷頭用於刷除池底污垢，並配合後端抽吸管將沉積物即時抽吸、輸送至岸基過濾系統，避免污染物擴散。此外，為因應複雜的池底地形，該刷頭模組可藉由線性致動器驅動抬升 5 公分之垂直高度，避免機構碰撞，賦予載具跨越池底結構障礙之能力。觀測系統則配備兩組自主研发之 AHD 類比高畫質水下攝影機，分別安裝於前端雲台及後端固定座，提供低延遲之即時影像監控。本系統最終已於水下環境完成整體機電整合與動態測試，成功驗證了其清淤效能與越障機構之實用性。

關鍵詞：水下馬達、水下履帶車、水下無人遙控載具

¹ 財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心 正工程師

² 財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心 正工程師

³ 財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心 助理工程師

水下無人載具與海洋科技之應用

陳建璋¹ 徐慶瑜² 陳雅惠³ 苗志銘⁴ 邱永盛⁵

摘要

傳統獵雷作業方式大多依賴艦艇、人員進入高風險的環境進行排除，不僅作業風險高，人工排除效率也極低。相較之下，水下無人載具可長時間潛航、具有高度靈活性等優點，最重要的是能在無人員危害風險的狀態下執行任務，因此本研究目標發展水下獵雷技術使用的水下無人載具，建構一套可應用於水雷搜尋、辨識、定位等功能的水下無人載具。水下無人載具首先必須擁有自主導控能力，能依照預先規劃的任務路徑進行海域巡航，並在航行過程中配合感測器及水下定位技術修正航行姿態。本研究包含無人水下載具之系統整合與結構設計，並針對其水動力特性進行分析，同時建立運動軌跡模擬機制，來評估水下無人載具在不同操作下的運動行為。在此架構下進一步整合水下通訊與定位技術，並結合水面儲能系統與無人載具導引控制系統，完成整體系統建構與開發。

關鍵詞：自主導控、水下無線充電、載具結構設計、水動力分析、水下定位技術

致謝：本研究承國家中山科學研究院補助，計畫編號 NCSIST-ACOM-114-2139001

¹ 國立中山大學電機工程學系 副教授

² 中華民國海軍軍官學校船舶機械系 教授

³ 中華民國海軍軍官學校船舶機械系 助理教授

⁴ 國立屏東科技大學生物機電工程系 教授

⁵ 國立中山大學海下科技研究所 特聘教授

整合 USV、一般船舶與 UAV 多平台遙測之水上水下無縫高精度三維模型建置

郭重言¹ 李啓民² 蔡旻軒³ 洪志偉⁴ 陳麗雯⁵ 蔣昊澐³ 劉庭瑜³

摘要

電子航行圖(Electronic Navigational Chart, ENC)製作與三維陸域模型建置，對於近岸環境之航行安全維護與海岸管理作業具有重要意義。本研究整合高精度 GNSS/IMU 系統，以獲取無人船 (Unmanned Surface Vehicle, USV) 和一般船舶之高精度位置與姿態資訊，並搭載多音束測深儀 (Multibeam Echo Sounder, MBES) 執行以橢球高為基準之水深測量。針對測深資料之品質控制與雜訊處理，除傳統人工濾除外，本研究進一步採用分位數濾波 (quantile filter)、多解析度 M 估計法 (multi-resolution M-estimator) 及組合不確定度與水深估計器 (Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator, CUBE) 等結合方法，以及利用核點卷積 (Kernel Point Convolution, KPConv) 進行半自動化水深異常值偵測以提升資料處理效率。在高程基準轉換方面，本研究利用離距模型 (SEPARation model, SEP) 將橢球高水深轉換至以最低天文潮面 (Lowest Astronomical Tide, LAT) 為基準之水深以符合 ENC 製作需求。此外，透過整合無人船光達(LiDAR)和無人機 (Unmanned Ariel Vehicle, UAV) 影像及 LiDAR 點雲資料，以建構水上水下無縫之高解析度三維空間資訊。本研究以台南亞果遊艇港、新竹南寮漁港及花蓮港南部近岸為測試區域，驗證所提之方法於複雜近岸環境下之可行性與精度。成果顯示，本整合式測繪方法與資料處理流程對於港灣管理、海岸監測及智慧海域應用具有重要貢獻。

關鍵詞：水深測量、多音束測深、無人船、無人機、光達

致謝：本研究由國家科學及技術委員會 (NSTC 113-2121-M-006-019; NSTC 114-2121-M-006-005)、國家海洋研究院(NAMR-114003)、內政部(114PC022503A)支持進行。

¹ 國立成功大學測量及空間資訊學系 教授

² 國立成功大學測量及空間資訊學系 助理教授

³ 國立成功大學測量及空間資訊學系 碩士班研究生

⁴ 詮華國土測繪股份有限公司 副總經理

⁵ 國家海洋研究院 副研究員

水下電動機械手臂軟體設計輔助

王若庭¹ 王兆璋²

摘要

目前國內尚無國產水下機械手臂能力，僅有少數研究單位自行研製科研用之原型機。隨著海洋科學研究、水下探測、海洋資源開發及海底設備維修等需求日益增加，水下載具搭配水下機械手臂愈顯重要。然而，由於水下作業環境具有水壓、腐蝕以及防水等問題，因此在設計與元件選型上需比一般陸上機械系統考量更多因素，設計流程相對複雜。

在傳統的機械手臂設計流程中，元件選型往往需依據機構尺寸、桿件重量以及作業負載等條件進行多次迭代計算，以確保各關節致動器能夠承受實際運作時所需的力矩。當任一桿件尺寸、材料特性或外部負載條件改變時，會連帶影響整體機構之受力分布。因此離基座較近的關節所需承受之力矩需求依序往外隨之變動。此情況下，原先選定之馬達、減速機或其他致動元件可能無法滿足更新後之負載需求，設計者必須重新進行力矩分析與元件選型。若採用傳統人工方式逐一進行計算與比對，不僅耗時，也容易因計算過程繁瑣而產生誤差，這個程序影響設計效率與可靠度，也很難找到一個滿足作業性能的最佳設計。

因此，如何透過軟體協助設計者快速完成設計分析與元件選型，是提升系統設計效率的重要課題。本研究旨在開發一套水下機械手臂軟體設計輔助系統，透過程式計算，快速完成各關節力矩分析、元件負載評估以及適合元件之篩選。相較於一般陸上機械手臂，水下機械手臂在設計時需額外考量水壓與水密結構、浮力以及流體阻力等環境因素，這些條件會直接影響機構受力與致動器負載，使得設計過程更加複雜。

此外，在蒐集元件資料方面，本研究透過網路爬蟲技術，自多家廠商網站蒐集大量馬達、減速機及相關機械元件之規格資料，並將其整理。此方法不僅能有效提升資料蒐集效率，也能降低人工整理資料過程中可能產生的錯誤。透過完整且系統化的元件資料集，本研究開發之軟體系統得以快速搜尋與比對適合之元件規格，進一步提升設計過程的便利性與準確性。

¹ 國立中山大學海下科技研究所 碩士班研究生

² 國立中山大學海下科技研究所教授

綜合而言，本研究透過建立元件資料庫並結合自動化分析工具，期望能簡化水下機械手臂設計流程，降低人工計算的負擔，並提升元件選型之效率與可靠度，進而為未來水下機械系統之研發與設計提供一套具實用價值之輔助工具。

關鍵詞：水下機械手臂、靜力學、機構設計、DH 參數、演算法

致謝：本研究承教育部補助，計畫名稱：國家重點領域頂尖研究中心-科學導向海洋科技研發中心

以 ROS2 為基礎之影像輔助多重輸入機械手臂操作介面開發

李育承¹ 王兆璋²

摘要

海洋能源開發、海底電纜維護、海洋探測與地質採樣等作業，常以水下遙控無人載具(Remotely Operated Vehicle; ROV)搭載機械手臂執行任務。然而，水下環境有低能見度、海流擾動、操作員視角受限等現象，這此因素會增加操作負擔外且降低作業效率與控制精度。為改善上述問題，本研究以 Reach Robotics 所開發之 4 自由度水下機械手臂作為開發平台，建立一套以 ROS2(Robot Operating System 2)為通訊核心之影像輔助多重輸入操作介面。我們整合主從搖桿(Master arm)與軌跡球(Track Ball)作為輸入裝置，並提供手臂即時姿態，以提升操控直覺性與作業效率。ROS2 作為通訊核心，其採用 Publisher/Subscriber 通訊機制之分散式架構，整合所有需要交換資料的元件或子系統以節點(Node)的形式進行控制指令與系統資料之交換。為整合不同輸入裝置之控制需求，本研究進一步建立手臂之運動學模型，作為多重輸入操作介面之共通控制基礎。首先，利用標準 Denavit-Hartenberg 參數定義手臂各連桿(Link)在空間中的幾何關係，並推導各關節(Joint)之齊次變換矩陣(Homogeneous transformation matrix)。透過正運動學(Forward kinematics)求得末端執行器在空間中的姿態與位置，並利用 Jacobian 矩陣求得末端執行器速度與關節角速度之映射關係。基於此，Master arm 採主從控制模式，將操作端從動桿件對應至手臂各關節之運動，使操作員可直接進行姿態調整與關節控制。相較之下，軌跡球則是輸入控制末端執行器之移動增量(Δx 、 Δy 、 Δz)，使操作員可更直覺控制手臂末端之運動，進而提升操作靈活性。目前本研究已完成操控端與水下端之通訊架構、多重輸入裝置控制、機械手臂運動學推導以及即時姿態顯示介面之整合，後續將進一步針對不同輸入裝置進行使用者體驗實驗，並以特定任務完成時間為指標進行評估，以資後續改善。

關鍵詞：水下機械手臂、ROS2、Jacobian、OpenGL

致謝：本研究承教育部補助，計畫名稱：國家重點領域頂尖研究中心-科學導向海洋科技研發中心

¹ 國立中山大學海下科技研究所 碩士班研究生

² 國立中山大學海下科技研究所 教授

拖曳式載具海床調查作業之 不同影像品質估算方法比較

¹ 陳睿騰 ² 周佑誠

摘要

拖曳式載具 (Deep-towed vehicle, DTV) 常用於海床光學影像調查。然而在實際海域作業中，影像品質常受到載具離底高度、水體混濁度與照明條件等因素影響。目前船上研究人員多依賴人工目視方式判斷影像品質，缺乏客觀且可量化的評估方法。本研究以國立中山大學海下科技研究所開發之拖曳式載具於台灣周遭海域取得之海床影像資料為基礎，建立影像品質估算流程並比較不同估算方法之性能。首先計算多項影像品質參數，包括色彩、灰階、銳利度與對比度等影像品質參數。接著由多位評分者依據絕對類別評分量表 (Absolute category rating, ACR) 對影像進行主觀評分。在影像品質評分整合方式上，本研究比較兩種方法：第一種方法直接以評分平均值作為影像品質評分；第二種方法則利用模糊推論系統 (Fuzzy inference system, FIS)，將評分之平均值、標準差與全距作為輸入，以推論影像之整體品質評分。相較於單純使用平均值的方法，模糊推論系統可同時考量評分分布特性，使影像品質評分更能反映人眼對影像品質之主觀感知。其後利用 Pearson 相關分析評估影像品質參數與影像品質評分之關聯性，並依據相關程度選取參數以建立影像品質估算模型。在影像品質估算模型方面，本研究比較多元線性回歸 (Multiple linear regression, MLR) 與 XGBoost (Extreme gradient boosting) 模型之預測性能。本研究透過驗證影像資料之實驗結果，比較不同影像品質評分整合方式與不同預測模型之影像品質估算性能。本研究之結果可作為未來拖曳式載具海床影像調查作業中自動化影像品質評估方法之參考。

關鍵詞：拖曳式載具、海床影像品質、影像品質估算、模糊推論系統、XGBoost

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 113-2221-E-110-071

¹ 國立中山大學海下科技研究所 碩士班研究生

² 國立中山大學海下科技研究所 副教授

UVC 發光二極體應用於預防水下生物附著

羅貫予¹ 陳彥倫² 謝孟璋^{3,*}

摘要

在水質監測中，精確的連續數據對於評估水體狀態與環境變化至關重要。以濁度量測為例：蔡侑錦學者 (2021) 於國立中山大學海洋環境及工程學系碩士論文的指出，底層水體的濁度變化與底泥釋放之營養鹽濃度呈現顯著正相關。同如張嘉玲等學者 (2014) 於農業工程學報所提出的問題，高濁度環境亦會嚴重干擾總磷等營養鹽指標的辨識度，進而影響優養化評估。然而，在進行長期水下觀測時，光學感測設備尤其是濁度計，常因生物附著而導致數據穩定性與準確性不佳。當濁度計因生物附著而產生假性高濁度時，便影響了真實的水文資訊。為解決此水下光學感測設備量測數據失真的現象，本研究透過微控制器搭配 UVC 發光二極體，設計一預防水下生物附著的模組。透過實驗評估 UVC 發光二極體對減少感測設備表面生物附著的效果。實驗結果顯示，UVC 發光二極體能有效抑制生物附著。本研究確立了此方法之有效性，可有效預防水下生物附著的現象，以延長觀測時間，更為未來獲取長期穩定的真實水下數據提供技術基礎。

關鍵詞：生物附著、UVC 發光二極體、微控制器

¹ 國立高雄師範大學工業科技教育學系 學士班學生

² 國立高雄師範大學工業科技教育學系 副教授

^{3,*} 國立中山大學海下科技研究所 助理教授

港灣鋼構實時腐蝕探頭之陰極保護設計最優化 、腐蝕運維在地化及雜散電流腐蝕示警防災

王自強¹ 鄭智文² 林俊達³ 王笙宇⁴ 趙立德⁵

摘要

港灣構造物(如鋼管樁、鋼板樁及鋼管板樁等)位處嚴峻的海洋腐蝕環境中，受到高鹽、高溫、高低潮位、腐蝕細菌及洋流擾動的反覆作用，鋼材腐蝕快速，如無完善的防治規劃，材料減薄不僅降低結構強度，影響使用壽年並有無預警坍塌壞損的可能。

臺灣各地海氣象迥然不同、海域腐蝕生態系也包羅萬象，港灣構造物陰極保護系統的設計，如防蝕電流密度(idc)、鋼構極化電位(EON、EOFF)及連動的材料腐蝕速率等有著極高的在地化需求，在無完整數據的狀況下，現況與預期總有不小的落差。此外鋼構的雜散/迷失電流腐蝕減薄率在近年的水下檢測數據竟可達 1~2mm/年 (標準 0.01~0.02mm/年)，風險巨大，確實棘手必須防範。

現所倚賴的人工腐蝕檢測在碼頭鋼構執行時常因視線差且佈滿海生物而無法準確判讀、精密但複雜的量測工作速率差而數據太少、同時台灣社會的少子化及工作多元性，造成這類高風險的潛水專業工作人員斷層、新手上陣、訓練不足，常出現同一案場前後期數據矛盾，鋼構嚴重銹損緊急修復等事件。

有鑑於此，我司於新建置的棧橋碼頭安裝水下多功能腐蝕探頭(電阻式 ER Probe)，長期(10 年)且固定(一天一筆)記錄碳鋼試片在不同冠牆位置、高低水位的數據。我們期待運用實時探頭技術來累積「港灣腐蝕大數據」，建立資料庫幫助實踐防蝕設計最優化、維運工作在地化，同時提供雜散電流發生時的預警防災功能。

關鍵字：腐蝕在地化、雜散電流腐蝕、腐蝕大數據、防蝕設計最優化、維運計畫在地化。

¹ 王強科技有限公司 執行長

² 臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司 總工程師

³ 台灣世曦工程港灣工程部 副理

⁴ 金屬工業計畫發展中心海洋產業推廣服務 工程師

⁵ 滙茂實業 總經理

兩孤立波於同向追越碰撞作用下之水下流場特性探討

林 呈¹ 羅立芳² 閻菁菁³ 薛儒謙⁴ 林欣誼⁵

摘要

本研究利用高時間解析度之粒子影像測速儀(HSPIV)技術，結合全水深之水下質點軌跡可視化觀測法以及速度場量測技術，探討兩個孤立波於水平底床上發生同向追越碰撞作用時之水下流場特性。實驗中藉由伺服馬達產生首個孤立波，經牆面反射後與第二波於相同方向運行，產生非線性追越交互過程，並針對不同波高比條件進行系統性分析。實驗結果將孤立波同向追越碰撞之波形重合類型分為雙峰、平坦及單峰等三類，並透過可視化影像觀察波峰交疊之碰撞融合，以及流場內部速度結構演變過程，可知孤立波在同向追越交互過程中，主要是受到垂直速度的影響互相干擾，而水平速度則幾乎未受到影響，亦即融合後流場仍具穩定推進性。

關鍵詞：孤立波、追越碰撞、水下、HSPIV

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 112-2221-E-005-074-MY3

¹ 國立中興大學土木工程學系 教授

² 國立中興大學土木工程學系 博士班研究生

³ 國立中興大學土木工程學系 碩士

⁴ 國立中興大學土木工程學系 碩士

⁵ 國立中興大學土木工程學系 學士班學生

鯨豚喀搭聲定位與軌跡追蹤研究

楊凱傑¹ 翁仕賢^{2,3} 胡惟鈞⁴ 陳琪芳⁵

摘要

近年來，隨著臺灣西部海域離岸風電產業的發展，鯨豚生態保育議題備受各界重視。被動式聲學監測 (Passive Acoustic Monitoring, PAM) 為監測水下鯨豚的重要技術。本研究針對鯨豚發出的連續喀搭聲 (click train) 進行水下定位，藉由描繪其移動軌跡，以期分析鯨豚在特定棲地中的行為模式。拖曳式聲學陣列在定位時，常受限於左右模糊性 (left-right ambiguity) 而難以獲取精確的二維空間座標，本研究結合拖曳式陣列與底碇式水下麥克風，利用拖曳式陣列的到達時間差 (Time Difference of Arrival, TDOA) 計算出聲源方位角，接著計算拖曳式陣列與底碇式設備接收同訊號的 TDOA，建構雙曲線，方位角射線與雙曲線的幾何交點即為聲源位置。此外，為評估複雜水下環境的影響，亦導入 Bellhop 聲線模型，模擬聲速剖面與多路徑效應以驗證定位誤差。本研究結果顯示，此架構能有效結合兩種 PAM 方法，成功實現鯨豚連續軌跡追蹤，為海洋生態聲學監測提供了一套具高度實用性與工程價值的定位方法。

關鍵詞：到達時間差、被動式聲學監測、鯨豚定位、拖曳式聲學陣列、水下聲學

¹ 國立臺灣大學工程科學與海洋工程研究所 碩士班研究生

² 洋聲股份有限公司 生態經理

³ 國立臺灣大學工程科學與海洋工程研究所 博士候選人

⁴ 國立臺灣大學船舶及海洋技術研究中心 助理研究員

⁵ 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 教授

基於 YOLO 物件偵測模型於臺灣西部海豚哨叫聲自動偵測與聲學特徵分析

陳宜欣¹ 胡惟鈞² 陳琪芳³

摘要

被動式聲學監測(Passive Acoustic Monitoring, PAM)提供一種非侵入方式，可長期觀測鯨豚發聲行為及其與環境變化的關聯。本研究以臺灣西部海域為研究區域，利用涵蓋四季的水下聲學資料，分析海豚哨叫聲(whistles)的時序分布與聲學特性。鯨豚哨叫聲分析過去多仰賴人工檢視，或在自動偵測後進行人工驗證，處理流程繁瑣且不易擴展至長時間連續資料。為提升分析效率本研究建立一套基於 YOLOv8 物件偵測演算法的自動化哨叫聲偵測與參數化分析方法。透過物件偵測架構，模型可在時頻圖中辨識哨叫聲事件，並以邊界框方式完成事件定位。模型輸出結果可直接取得哨叫聲的開始時間、結束時間、起始頻率與結束頻率等關鍵聲學參數，進而分析其持續時間與頻帶特性。訓練完成後，模型應用於全年資料集，以比較不同季節間哨叫聲活動與聲學特徵的變化趨勢，同時整合環境因子，探討環境條件與哨叫聲出現頻率及聲學特性之間的關聯。模型訓練結果顯示準確率達 85%以上，具備穩定的哨叫聲偵測能力。初步結果指出，不同季節間哨叫聲分布呈現差異，且海水溫度與哨叫聲出現頻率之間可能存在關聯性。所提出的方法具備自動化、可擴展及可重現等優點，可應用於長期鯨豚監測，並具潛力延伸至棲地評估及海豚溝通行為與環境互動相關研究。

關鍵詞：被動式聲學監測、海豚哨叫聲、物件偵測、YOLOv8、聲譜圖分析

¹ 國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系 碩士研究生

² 國立臺灣大學 工學院海洋及船舶技術研究中心 助理研究員

³ 國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系 教授

以水下聲學監測探討颱風對墾丁南灣 淺海魚類訊號之影響

黃馨¹ 邱永盛² 楊穎堅³

摘要

本研究利用被動聲學監測 (Passive Acoustic Monitoring, PAM) 資料，透過三階段訊號處理流程篩選並分析墾丁南灣魚類鳴叫聲，並結合潮汐、風速與海溫等環境因子，探討魚鳴活動的時間變化與可能影響。魚鳴處理部分使用短時傅立葉轉換 (STFT) 對長時間錄音進行頻譜分析，在頻帶範圍內計算頻譜能量，再以能量門檻值偵測聲學事件，將候選魚鳴的片段自原始音檔中裁切並輸出，再以模板比對方法進一步篩選出魚鳴事件，並針對篩選出的魚鳴訊號進行聲學特徵分析計算脈衝數 (pulse number)、脈衝持續時間 (pulse duration)、脈衝間隔 (inter-pulse interval, IPI)、聲音持續時間 (sound duration)，並透過頻譜分析取得主頻 (dominant frequency) 與基頻 (fundamental frequency) 等聲學參數。

在完成魚鳴事件辨識與參數統計後，本研究進一步將魚鳴與潮汐、風速與海溫資料進行比較分析，特別關注颱風期間及其前後的環境變化。颱風通過時通常伴隨強風與浪高增加，會顯著提升海洋背景噪音並改變水體結構，可能影響魚類聲音傳播與行為模式。分析結果顯示，對於偵測到之魚鳴，其於颱風期間之偵測數量與上述三個因素 (潮汐、風速與海溫) 呈現延遲二十四至四十八個小時的趨勢。在颱風影響期間，風速增加與海洋擾動可能導致魚鳴偵測率下降，而在颱風過後隨著海況逐漸恢復，魚鳴活動有逐步增加甚至倍增的趨勢。此外，魚鳴出現時間亦與潮汐週期呈現一定關聯，顯示魚類活動可能受到潮汐動力與棲地環境變化的共同影響，進一步影響鳴叫頻率與出現時機。本研究透過聲學訊號處理與環境資料整合分析，說明颱風事件可能對海洋聲景與魚類聲學行為產生短期影響，並提供長時間監測海域魚類活動與極端氣象事件關聯的方法與基礎資料。

關鍵詞：南灣、颱風、魚類鳴叫

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 113-2218-E-110-010-

¹國立中山大學海下科技研究所 碩士班研究生

²國立中山大學海下科技研究所 教授

³國立臺灣大學海洋研究所 教授

應用螺旋形陣列與 HR-CLEAN-SC 於多重噪音源定位 技術建立

林時賢¹ 吳柏賢²

摘要

在聲學成像與定位領域中，空間解析度與動態範圍為評估演算法性能之核心指標。傳統波束成形(Delay-and-Sum Beamforming, DAS)因計算穩定且實作簡單，長期作為聲學成像之基準方法。然而，其空間解析度受瑞利準則限制，主瓣寬度與波長成正比，在低頻或有限孔徑條件下，難以分離距離相近聲源且動態範圍受限。本研究系統性比較 DAS 與三種去卷積方法(CLEAN-PSF、CLEAN-SC、HR-CLEAN-SC)於近距離雙聲源條件下之聲學成像表現，並以空間解析度、峰值分離能力與動態範圍作為評估指標。CLEAN-PSF 透過理論點擴散函數(PSF)之迭代減法程序逐步移除主峰及其旁瓣，可有效提升空間解析度並恢復圖像清晰，缺點是當聲源具有延展性或相干性時，易產生陣幅估計偏差。CLEAN-SC 透過估計與主峰位置相關之聲源分量，直接對交叉譜矩陣進行去卷積，其過程具備較佳的物理一致性，然而在極近距離多聲源情境下，因 PSF 主瓣重疊，仍可能受到鄰近聲源干擾而限制其聲源分離能力。HR-CLEAN-SC 於點擴散函數主瓣範圍內選取干擾最小之替代標記點以估計聲源分量，使其更接近真實聲源分布，進而降低多源互擾並提升峰值銳利度與動態範圍。結果顯示，HR-CLEAN-SC 在主瓣重疊情況下能有效分離相鄰聲源，其峰值清晰度與動態範圍均顯著優於傳統方法，驗證其具備高解析度聲學成像性能與複雜聲場定位應用之潛力。

關鍵詞：聲學成像、聲源定位、反卷積、波束成形

¹ 國立成功大學系統及船舶機電工程學系 碩士班研究生

² 國立成功大學系統及船舶機電工程學系 助理教授

臺灣東南海域鯨豚哨叫聲偵測研究

蔡子亮¹ 胡惟鈞² 陳琪芳³

摘要

水下被動式聲學監測 (Passive Acoustic Monitoring, PAM) 本身不發出訊號，為一種對環境相對友善的量測方式，已成為現今海洋環境生態與鯨豚研究的重要技術。台灣周邊海域有超過三分之一的鯨豚物種活動紀錄，本研究針對較缺乏資料的台灣東南海域進行長期水下聲訊蒐集，對資料進行自動化聲紋偵測，並對鯨豚的哨叫聲 (whistles) 進行聲紋特徵辨識與訊號擷取，進而確認其出沒的時間段，嘗試探討東南海域鯨豚的活動模式。本研究進一步將偵測結果應用於日夜分析，透過比較白天與夜晚的鯨豚發聲事件的頻率與時間分佈差異，評估環境日夜交替對其活動及溝通行為的潛在因素。本研究結果顯示 PAM 在長期環境監測分析上的實用性，可應用於海洋生態環境保育，並對棲地管理提供具體的科學量化依據。

關鍵詞：被動式聲學監測、哨叫聲、自動化偵測

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 114-2221-E-002-146 -

¹ 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 碩士班研究生

² 國立臺灣大學船舶及海洋技術研究中心 助理研究員

³ 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 教授

基於稀疏聲學陣列之目標方位估測技術探討

溫柏諭*¹ 吳柏賢**

摘要

在聲學陣列訊號處理中，當實體感測器數量受限時，均勻分佈陣列孔徑通常需要在高頻空間混疊抑制與低頻方位解析度之間權衡。稀疏陣列能夠在相同感測器數量條件下，提供更大陣列孔徑與提升陣列自由度，進而改善寬頻方位估測性能。本研究以重定位改進嵌套陣列（Relocating Improved Nested Array, RINA）為基礎，其核心特性為可建構無孔洞虛擬共陣列，並結合交叉相關域（Cross-Correlation Domain, C-CD）方法進行目標方位估測。研究以實體麥克風陣列為驗證平台，並針對 C-CD 方法進行模組化比較，對比傳統 MUSIC、基礎交叉相關域法（Basic C-CD）、空間平滑交叉相關域法（SS C-CD）以及納入廣義特徵值問題（Generalized Eigenvalue Problem, GEP）雜訊補償之完整交叉相關域法（Full C-CD）之效能差異。結果顯示，RINA 架構有助於擴展陣列之有效工作頻帶；在演算法層面，空間平滑處理對多重訊號源解析能力具有關鍵影響，而 GEP 雜訊補償則可進一步提升估測穩定性並抑制殘餘偽峰。模擬與實驗結果表明，相較於傳統方法在極端頻段容易失效且伴隨偽峰，完整 C-CD 演算法不僅能精確解析目標方位並有效抑制偽峰，亦進一步突破實體陣列於高、低頻段的方位估測限制，顯示其於寬頻聲學陣列應用中的可行性與穩定性。本研究結果可作為後續寬頻水下聲學陣列與定位系統設計之參考。

關鍵詞：波達方向估計、重定位改進嵌套陣列、交叉相關域演算法、虛擬共陣列。

本研究承蒙國科會經費資助，計畫編號：NSTC 114-2221-E-006-118，謹在此致上誠摯感謝之意。

* 國立成功大學 系統及船舶機電工程學系 碩士生

** 國立成功大學 系統及船舶機電工程學系 助理教授

極淺水域無人水面載具之推進系統改良與感測整合

楊承穆¹ 陳信宏²

摘要

臺灣本島與離島沿岸淺水域蘊藏豐富的生態多樣性，亦具有重要地質研究價值（例如探討陸域海域斷層之連續性及其構造活動）。同時，沿岸淺海域亦是關鍵基礎設施的安全樞紐，例如海纜與天然氣管線登陸段。然而極淺水域存在吃水深度限制與地形複雜度，傳統中大型船舶難以進入，導致這些區域長期缺乏高精度水深測繪資料與完整的地質構造、生態調查資料。為突破傳統調查方法在此類環境中的侷限性，本研究團隊先前改裝 MOKAI-ES-Kape 四行程引擎驅動之水噴推進小艇，設計為適合極淺水域作業的無人水面載具（Unmanned Surface Vehicle, USV），並完成無線遠端操控系統開發，於小琉球和西子灣海域完成初步測試。然而 MOKAI-ES-Kape 原始引擎系統存在許多缺陷；其一，欠缺離合裝置，使引擎於怠速時仍持續帶動噴水馬達運轉，導致 USV 於怠速狀態下無法靜止；其二，採用化油器供油系統，雖具成本低廉的優點，但燃油控制精度差，空燃比易受環境影響而偏濃或偏稀，降低引擎效率與穩定性。同時，化油器易因汽油揮發殘留物造成噴嘴阻塞或是浮桶針閥卡滯，導致引擎啟動困難。為改善上述問題，本研究以電動無刷馬達取代原有引擎，做為噴水推進系統的動力來源，以提升速度控制精度並降低維護成本。同時透過直線推桿機構操縱噴嘴偏轉角度，以改變水噴方向以達成 USV 轉向控制。本研究亦整合多感測器以支援海洋調查，包括：多組水面攝影機建構環景影像、側掃聲納用於海床地形與目標探測、高度計監測 USV 離底高度、全球導航衛星系統（GNSS）提供精確水面定位、以及慣性測量單元（IMU）量測艏向與姿態。所有資料除儲存於 USV 主控電腦外，亦透過長距離無線通訊即時回傳，使操作員即時掌握 USV 狀態並調整操控。遠端操控系統由載具端與岸端構成：載具端整合中控電腦、2.5 GHz 長距離通訊系統、感測與電力系統；岸端則由主控電腦整合 2.5 GHz 長距離通訊系統與人機介面，支援 10Mbps@3 km 的遠端命令與資料傳輸。本研究亦規劃 USV 實海域性能測試，搭載鹽溫深儀記錄器（CTD logger）量測海水表層溫鹽資料，並驗證 USV 之遠端操縱運動性能與系統運作穩定性。

關鍵詞：無人水面載具、電動無刷馬達、極淺海域、環景影像、側掃聲納

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 114-2221-E-110-035-MY2

¹ 國立中山大學海下科技研究所 碩士班研究生

² 國立中山大學海下科技研究所 教授

無人船基地規劃與靠泊技術之可行性研究

湛翔智¹

摘要

無人船在領海水域內的用途與功能有國土防禦、海上運輸、安全監控、環境調查等，未來總量需求有大增趨勢，現有監管方式與港口設施應進一步調整。本研究提出無人船主要功能概述，彙整相關技術需求，如物聯網科技、人工智慧、感測器技術等，並以國內外發展現況與趨勢為例，說明無人船基地規劃之挑戰與關鍵點。此外，無人船在港口靠泊技術是達成無人船全面自主化的關鍵，但目前研究不多且技術尚未成熟，本文盤點無人船靠泊關鍵技術，並說明導入最新物聯網科技與人工智慧演算法之基本概念，提升無人船基地管理之效。

關鍵詞：無人船、基地規劃、靠泊技術、物聯網科技、人工智慧

¹ 知洋科技股份有限公司 總經理

基於 NPU 加速之無人船水下聲紋辨識之研究

鍾育仁¹ 羅濬智² 張翊翔³ 謝祥佑⁴ 胡沁榆⁵

摘要

隨著智慧海洋與無人載具技術之快速發展，無人水面載具(Unmanned Surface Vehicle, USV)已逐漸成為海洋監測、海事安全與環境感知之關鍵平台。船舶水下聲學訊號具有高度複雜性，其組成來源涵蓋主機、輔機、減速齒輪及螺旋槳等機械系統所產生之耦合聲學特徵，其中螺旋槳或推進器運轉所產生之聲紋特徵，具有作為目標辨識與狀態判斷之潛力。然而，如何在資源受限之平台上有效擷取與辨識此類時頻特徵，仍為一項具挑戰性之課題。

本研究主要針對無人水面載具水下動態特性進行辨識，透過四支水下聽音器組成之陣列進行同步聲訊擷取，並利用短時傅立葉轉換(Short-Time Fourier Transform, STFT)將時域訊號轉換為時頻特徵圖，以探討螺旋槳運轉之水下動態行為。在特徵辨識方面，本研究嘗試利用卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)進行聲紋特徵學習與分類，並將模型部署於 Snapdragon 平台，結合神經處理單元(Neural Processing Unit, NPU)進行運算與推論。實驗結果顯示，該方法可在維持辨識效能的同時，降低功耗並提升運算效率，適用於資源受限環境中邊緣運算的執行。期望本研究成果可進一步運用於水下環境的感知技術，建立一個可部署於邊緣裝置的水下聲學辨識系統。

關鍵詞：無人水面載具(Unmanned Surface Vehicle, USV)、神經處理單元(neural processing unit, NPU)、卷積神經網路(convolutional neural network, CNN)

¹ 海軍官校海洋科學系副教授兼資訊圖書中心主任

² 海軍官校海洋科學系學生

³ 海軍官校海洋科學系學生

⁴ 海軍官校海洋科學系學生

⁵ 海軍官校資訊管理系學生

Predictor-based Leader-Follower Formation Control of Unmanned Surface Vehicles with Communication Delays

Chia-Chun Lin¹ Ming-Han Tsai² Hung-Ping Su³ Jen-Hwa Guo⁴

Abstract

This study investigates the leader-follower formation control problem of unmanned surface vehicles (USVs) under communication delay. Communication delays prevent the follower from accessing real-time leader state information, which degrades tracking performance and may lead to system instability. To address this issue, a predictor-based formation control method is proposed, which reconstructs the current leader state using delayed measurements and integrates a nonlinear trajectory tracking controller for delay compensation. In the delay-free case, Lyapunov methods are employed to establish that the formation tracking error system is globally asymptotically stable. When communication delay is considered, the predictor is shown to reconstruct the leader state effectively, rendering the delayed system equivalent to the delay-free system. The overall system is then shown to be globally asymptotically stable based on cascade stability theory. Finally, simulations under various delay conditions are conducted to validate the effectiveness of the proposed method. The results demonstrate that the proposed approach can effectively mitigate the adverse effects of communication delay and maintain stable formation tracking performance.

Keywords: Unmanned surface vehicle, Leader-follower formation, Tracking control, Communication delay, Predictor

¹ 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 碩士班研究生

² 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 碩士

³ 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 碩士班研究生

⁴ 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 教授

海洋管道機器人的開發

陳震宇¹ 黃盛煒² 陳冠宇³

摘要

臺灣位處海島，隨著離岸風電產業蓬勃發展，海上電力傳輸至陸地電網需仰賴龐大的海底電纜系統。在電纜「上岸段」鋪設工程中，常採用水平導向鑽掘（HDD）等非開挖工法穿越海堤，然而地下地層條件複雜，施工過程常因岩石硬塊或土質變異，導致實際鑽掘路徑偏離原始設計。由於管道深埋地下，竣工後實際空間軌跡難以掌握，若缺乏有效量測手段，未來在維護、損壞偵測或周遭工程施工時，將面臨巨大的定位風險與成本。為此，本研究開發一套具高度實務價值的海洋管道機器人，旨在不依賴外部 GPS 訊號的環境下實現精準定位。硬體設計上，本研究研發的小型機器人雛形採用「壁壓式三輪機構」，透過彈簧支撐結構產生向外壓力使載具緊貼管壁，確保在垂直或斜管中仍能保持居中穩定行進，避免滑動產生的量測誤差。感測系統整合了高精度慣性測量單元（IMU），包含三軸加速度計、陀螺儀、磁力計，並配備里程計以紀錄位移資訊。技術核心在於克服陀螺儀長時間積分產生的「角度漂移」，本計畫發展多感測器融合演算法，採用「四位元素法」進行姿態解算，避免歐拉角的奇異點問題。系統以陀螺儀高頻採樣為基礎，同步利用加速度計感測重力方向及磁力計感測地磁北極作為回授校正，確保長距離運動後仍具準確方位角。為驗證可靠性，本研究建置一小型模擬管道場域，並預先以光學雷達測量真實座標作為基準。實驗中透過等速牽引收集動態數據，經後處理運算重建之管線三維軌跡與實際配置具高度一致性，線性誤差與角度偏差均符合工程精度，證實了本技術在無訊號環境下的自主定位能力。本研究已完成從硬體雛形、感測整合到演算法的完整開發，不僅解決海上 HDD 管道竣工軌跡難以量測的痛點，更為未來管道缺陷檢測與智慧化維運奠定基礎。

關鍵詞：海洋管道機器人、水平導向鑽掘（HDD）、慣性感測器、多感測器融合、三維管線重建。

致謝： 作者感謝國家科學技術委員會對本研究的資助（項目編號：NSTC 113-2221-E-002 -164）

¹ 國立臺灣海洋大學 系統工程暨造船學系 碩士生

² 國立臺灣海洋大學 系統工程暨造船學系 助理教授

³ 國立臺灣大學 船舶及海洋技術研究中心 副研究員

基於深度學習之台灣東北海域海床生物影像自動辨識

薛芳妤¹ 周佑誠²

摘要

深海環境長期受限於觀測困難與資料取得不易，仍有大量未知的生物與生態特徵有待探索。隨著水下無人載具技術的發展，高解析度海床影像得以大量取得，然而其資料量龐大，傳統人工判讀方式在時間與人力上皆面臨限制。本研究利用國立中山大學海下科技研究所自行研發之深海拖曳式載具 (Deep-towed vehicle) 所取得之台灣東北海域海床影像，進行影像前處理、資料篩選與資料增強，建立深海生物影像資料集，並採用 YOLOv8 深度學習模型進行自動辨識。本研究針對九類海床生物建立訓練資料集，並透過影像標註與資料擴增提升模型學習效果。實驗結果顯示，所建構之模型整體辨識準確率可達約 88%，顯示其具備初步辨識不同類群深海生物之能力，並可用於輔助大規模影像資料之篩選與初步分類。相較於傳統人工判讀方式，本方法可提升影像分析效率，並降低人力負擔。本研究成果可作為深海生物影像分析之參考，並具應用於生物多樣性調查之潛力。

關鍵詞：深度學習、YOLOv8、深海生物影像、台灣東北海域、影像辨識

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 114-2813-C-110-035-E

¹ 國立中山大學海洋科學系 大學部學生

² 國立中山大學海下科技研究所 副教授

海洋監測產業關鍵人才與職務屬性之探討

張珮綺¹ 魏孟君² 周瑋珊³

摘要

隨著海洋科技持續發展及海洋產業領域逐步擴展，海洋監測相關技術在海域觀測、環境資料蒐集、監測設備操作與維運，以及海洋資料分析等面向的重要性日益提升。伴隨智慧監測設備與無人載具等技術發展，海洋監測產業之工作內容與技術需求逐漸多元化，產業對具備跨領域專業能力之人才需求隨之增加。然而，目前國內對於海洋監測產業之職務類型、人才需求，以及相關人才培育與職能發展規劃仍較缺乏。

本研究以海洋監測產業為研究範疇，透過盤點國內外相關資料，採次級資料分析法、專家訪談及專家團體會議等研究方法，結合質性資料之整理與綜合分析，統整海洋監測產業之發展現況、產業動態與人才需求關鍵面向。針對海洋監測相關職務之工作內容、專業知識與技能需求進行探討，分析產業所需之關鍵人才類型與主要職務類別，並整理各類職務之職務屬性與能力需求結構。

分析結果顯示，海洋監測產業之職務可大致區分為海域作業與陸域支援兩類型職務，其中海域作業職務主要涉及海洋探測與海上監測作業，陸域支援職務則涵蓋資料處理、系統開發與技術整合等工作內容。整體而言，透過產業資料分析與職務盤點結果顯示，「海洋探測」與「系統整合」可視為海洋監測產業之核心職類，顯示該產業對跨領域技術整合與專業能力之需求日益提升。

本研究之成果有助於建構海洋監測產業關鍵人才與職務屬性之分析架構，並可作為海洋產業人才培育、課程規劃及職能發展之重要參考依據。

關鍵詞：海洋監測產業、職務屬性、海洋產業人才培育

致謝：本研究承國科會補助，計畫編號 NSTC 114-2221-E-110-000-

¹ 國家海洋研究院綜合規劃及人力培訓中心 副研究員

² 國家海洋研究院綜合規劃及人力培訓中心 研究助理

³ 國立成功大學水工試驗所 助理研究員

臺灣海洋文化與觀光遊憩產業關鍵人力需求與 職務樣貌研析

張珮錡¹ 施瓊華² 周瑋珊³

摘要

因應《海洋產業發展條例》之推行與《2025 國家海洋政策白皮書》人才培育方針，本研究聚焦於「海洋文化」與「海洋觀光遊憩」產業範疇，旨在盤點此兩大產業之關鍵人力需求，透過文獻整理、深度訪談及專家團體會議，建構產業職務藍圖並釐清職能需求樣貌。

研究結果顯示，該產業範疇可整合為「資產保存與工藝傳承」、「文創品牌推廣」、「觀光遊憩與地方創生」及「教育推廣服務」四大領域。經職務屬性剖析，將關鍵人力需求分為兩大體系：(1)陸域職務：以海洋課程設計、環境教育、行程設計及專業策展為主；(2)海域職務：以水下攝影師、潛水教練、觀光船駕駛及 SUP 教練為主要缺口。研究進一步發現，海洋職能呈現高度「跨域整合」特性，可延伸如潛水安全、海洋文化資源詮釋、海洋生態導覽及數位影像處理等職能。

爰此，本研究針對海洋產業人力之增能培訓提出具體建議方向，包含文化資產詮釋、水下攝影專業訓練、海洋文化導覽及海域活動安全課程等。建議透過系統化職能建置，可對接產業實務需求，強化從業人員之跨域整合能力，進而協助建構具專業深度之海洋人才體系。

關鍵詞：海洋文化、海洋觀光遊憩、職務樣貌、關鍵人力需求、職能

¹ 國家海洋研究院綜合規劃及人力培訓中心副研究員

² 國家海洋研究院 專任助理

³ 國立成功大學水工試驗所 助理研究員

基於多模態調查資料建構水文空間資料方塊流程之研究： 以水下文化資產調查場域為例

An Integration Pipeline for Hydrospatial Data Cube Based on Multi-modal Survey Data: A Case Study of Underwater Cultural Heritage Survey Sites.

陳冠宇¹ 黃千芬² 劉金源³

一般而言，水下調查任務常需部署多種探測儀器，然各感測器輸出之物理資料格式與空間解析度存在高度異質性。傳統處理流程高度仰賴封閉式商用軟體，導致巨量探測資料流於破碎化，難以建立全域之空間連結與綜合判讀。為突破此異質資料融合瓶頸，本研究提出一套標準化建構水文空間資料方塊（Hydrospatial Data Cube）之流程。該架構旨在透過高精度的空間整合技術，將多波束測深、側掃聲納、淺層地層剖面及磁力儀等多模態輸出，精確映射至統一的三維網格座標系中，藉此完整呈現水下場域之總體空間資訊。在特徵萃取階段，本系統直接解析各儀器之原始訊號並實作深度之空間與物理校正，將多源數據結構化為四大水文空間特徵圖層：地貌層、海床底質層、淺地層與地球物理層。此分層架構完整刻畫了由海床構形、表層底質至底土深處之三維物理環境，實現了跨模態異質特徵之高精度垂直網格對齊。為無縫橋接後續之人工智慧應用，本架構更於各特徵圖層內建空間信心度遮罩以量化資料品質。此設計使單一資料方塊不僅能全方位呈現水下場域之立體空間關聯，更直接對應了深度學習模型所需之多通道輸入格式，為模型提供了具備品質感知能力之訓練矩陣。總結而言，本研究之核心貢獻在於確立並實作了一套標準化之水文空間資料方塊架構。以實際之水下文化資產探測資料為例，本研究證實此特徵萃取與網格化流程能有效消除跨儀器之空間分析壁壘，將繁瑣且各自獨立的原始數據，重構為具備嚴格空間對齊特性的多維度實體。此架構不僅在根本上解決了巨量探測資料在存取與跨域分析上的瓶頸，其產出之高保真、多通道特徵陣列，更顯著提升了水下空間資訊綜合判讀之效能，為未來無縫導入深度學習模型進行水下特徵辨識與場域分類，提供了最具運算效率且標準化的基礎。

關鍵詞：水下文化資產調查、多模態資料、水文空間、資料方塊、聲學特徵提取

¹ 淡江大學電機工程學系碩士班研究生

² 國立臺灣大學海洋研究所教授兼所長

³ 淡江大學電機工程學系特聘講座教授

參考文獻

1. 劉金源，牡丹水庫抽蓄水力發電計畫可行性研究水下文化資產調查，黎明工程顧問股份有限公司，114/08/01-115/09/30
2. 黃千芬、劉金源 (2015)，臺東知本溪河口附近海域環境調查資料之探究分析 (104 年度委託研究計畫期末報告)，臺灣深層海水資源利用學會
3. Bodus-Olkowska, I., & Uriasz, J. (2022). Parametric classification of ferromagnetic bottom objects based on an image analysis of magnetic anomaly map. *Annual of Navigation*, 28, 18–35.
4. Hains, D. (2020). WHAT IS HYDROSPATIAL? *The International Hydrographic Review*, 23.
5. Nguyen, K. X., Qiao, F., Trembanis, A., & Peng, X. (2024). SeafloorAI: A Large-scale Vision-Language Dataset for Seafloor Geological Survey. *38th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2024) Track on Datasets and Benchmarks*.
6. van den Brenk, S., Huisman, H., Willemse, N. W., Smit, B., & van Os, B. J. H. (2025). Magnetometer mapping of drowned prehistoric landscapes for Archaeological Heritage Management in the Netherlands. *Archaeological Prospection*, 32(1), 3-18. <https://doi.org/10.1002/arp.1925>
7. Zhao, J., Yan, J., Zhang, H., & Meng, J. (2017). A New Radiometric Correction Method for Side-Scan Sonar Images in Consideration of Seabed Sediment Variation. *Remote Sensing*, 9(6), 575. <https://doi.org/10.3390/rs9060575>
8. Zhou, Q., Li, X., Zheng, J., Li, X., Kan, G., & Liu, B. (2024). Inversion of Sub-Bottom Profile Based on the Sediment Acoustic Empirical Relationship in the Northern South China Sea. *Remote Sensing*, 16(4), 631. <https://doi.org/10.3390/rs16040631>

AI 驅動之 ESG 永續治理模型： 水下文化資產保育績效之量化評估與應用

麥永竝¹

摘要

水下文化資產(Underwater Cultural Heritage, UCH)長期遵循 2001 年 UNESCO 公約「現地保存為優先」原則。然而，在氣候變遷與海域開發壓力下，波浪衝擊、沉積物移動及海水酸化等環境因子持續威脅遺址結構，加以水下監測技術門檻高、跨部會治理碎片化及資源不足，使實務保育面臨顯著挑戰。臺灣雖已施行《水下文化資產保存法》，但在即時監測與跨域資料整合上仍存落差。

本研究提出 AI 驅動之 ESG 永續治理模型，建構水下文化資產保育績效之量化評估框架。方法上結合文獻回顧與國際案例比較(澳洲、日本、荷蘭)，並以澎湖「重光號」沉船與基隆港遺址為實證案例(代表不同歷史類型與風險情境)。指標體系依 ESG 三構面建構，權重設定採用多準則決策分析(MCDA)結合層級分析法(AHP)。同時整合 AI 聲納影像辨識與數位孿生技術，輔助水下遺址動態監測與資料分析。

初步實證顯示，AI 輔助監測可提升遺址辨識效率並降低人工判讀負擔，惟其效能受限於影像品質、資料稀缺及環境不確定性；ESG 框架有助系統化呈現治理績效，但須避免過度量化導致文化價值稀釋。臺灣在社會參與與制度基礎上具優勢，惟跨域資料整合與長期資金機制仍為結構性限制。

本研究整合水下技術與 ESG 治理，提出具成本意識之量化評估工具，可作為海洋空間規劃與政策決策之參考，並強調技術應用須結合在地社群參與及 UNESCO 原則，以避免技術導向偏誤。本成果可為臺灣及亞太地區水下文化資產智慧化治理提供具體可操作框架。

關鍵詞：水下文化資產、AI 聲納影像辨識、數位孿生、ESG 永續治理、多準則決策分析

¹ 國立高雄科技大學財務金融學院 博士候選人

可調變減搖飛輪阻尼系統應用於浮式平台之實驗研究

黃瀚寬¹ 曾以帆² 唐宏結³ 芮向磊¹

摘要

基於角動量守恆物理概念，本研究研發主動式可調變減搖阻尼系統，相較於傳統裝置，主動控制系統能透過即時回饋偵測平台姿態，動態調整補償力矩，以期在複雜海況下達成更佳之運動抑制效果，透過水工模型試驗探討可調變減搖阻尼系統對提升浮式平台穩定性之適用。試驗於國立中山大學海洋環境及工程學系之斷面水槽進行，採用縮尺 1/80 之模型浮台作為試驗結構物，建立一套使用 Arduino 架構下之控制系統，整合陀螺儀、PWM 控制器以及伺服馬達，透過即時回饋和閉迴路控制進行「進動角控制 (M1)」與「飛輪轉速補償控制 (M2)」兩項模式之性能評估。試驗結果顯示，減搖阻尼控制於 3cm 的波高條件下展現良好之效益，於週期 1.0s 時 Pitch 減衰效率最高可達 54%；然而隨著波高增加至 10cm，該系統之效益顯著下降。此外，在應用進動角主動控制時，受限於伺服馬達驅動慣量與平台動力耦合效應，易引發平台自發性晃動，導致 Pitch 方向之響應不降反升，僅在接近平台自然週期之共振區間，進動角控制模式表現出約 8% 至 17% 之減搖效果。本研究評估兩種主動控制策略在浮式平台上的減搖效果，證實控制飛輪轉速在特定波浪環境下具有顯著減搖效果，本試驗數據可作為未來優化主動減搖飛輪阻尼系統之參考依據。

關鍵詞：角動量守恆、主動式減搖系統、Arduino 控制架構、縮尺模型試驗

¹ 國立中山大學海洋環境及工程學系碩士生

² 國立中山大學海洋環境及工程學系副教授

³ 國立台灣海洋大學海洋工程科技學士學位學程(系) 助理教授

洋流發電機於拖曳情況下之運動響應

許植証¹ 趙修武²

摘要

本研究探討洋流發電機系統於波流耦合作用下之運動響應與繫纜張力，評估其拖曳穩定性。首先利用 ANSYS AQWA 與 STAR-CCM+ 預測水動力特性與阻力，再透過 OrcaFlex 模擬繫纜張力，最後求解運動方程式獲得系統之運動響應與纜繩張力。本研究於水深 100 m、速度 0.5-1.5 m/s 條件下模擬拖曳行為，考慮不同海況與波向，分析波能量與波向對洋流發電機運動響應之影響。模擬結果顯示，速度降低使得洋流發電機所需淨浮力減小以維持目標拖曳深度，且當速度小於 0.5 m/s 時洋流發電機有上浮水面的風險。速度對平均沒水深度、縱搖運動及繫纜張力具有顯著影響；隨速度增加，平均沒水深度與繫纜張力增加但縱搖運動平均值降低，速度對拖纜張力之影響較不顯著。波向對洋流發電機運動響應影響有限，多數最大響應出現在 0° 時波流同向的條件下。隨波能量增加，洋流發電機運動響應振幅亦隨之增大；在速度為 1.5 m/s 條件下，沒水深度隨波能量增加而變淺，最淺沒水深度約為 22.71 m，縱搖運動最大值可達 5.47°，主纜、副纜及拖纜之最大張力分別為 0.305 MN、0.166 MN 與 0.499 MN，均遠低於纜繩斷裂張力 1.96 MN。

關鍵詞：洋流發電機、拖曳、運動響應、纜繩張力

¹ 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 碩士班研究生

² 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 教授