

主動式超音波應用於珊瑚的辨識與分類

許弘毅*¹ 陳稷康**² 李蔚欣**³ 陳易呈**⁴

*國立虎尾科技大學 車輛工程學系

**陽明交通大學 電機工程學系

關鍵詞：海洋生態、生態保育、珊瑚、主動式超音波、辨識與分類

摘要

珊瑚礁，這種主要形成於熱帶和亞熱帶水域的海洋生態系以其獨特的生態多樣性和生態學功能而聞名。然而，由於全球暖化等環境變化現象給珊瑚礁帶來了前所未有的威脅。透過研究全球暖化與珊瑚礁之間的交互作用，我們可以制定更具體和可行的保護策略，並促進珊瑚礁的永續發展。本文提出一種新型態的珊瑚研究方式。此研究方式將會使得珊瑚研究不在局限於表面的資訊，而是能夠獲得到珊瑚的內部資訊。透過對珊瑚發射一高頻率脈衝訊號並觀察其反射波型。我們發現了幾種珊瑚有著不同的波型。這些不同的波型將有助於我們將珊瑚進行辨識與分類。

¹ 聯絡作者 許弘毅 (pcvv4h2h@nfu.edu.tw)

² 聯絡作者 陳稷康 (ngchen@nycu.edu.tw)

³ 聯絡作者 李蔚欣 (x0963231755@gmail.com)

⁴ 聯絡作者 陳易呈 (yicheng.ee12@nycu.edu.tw)

前言

珊瑚礁是地球上最令人嘆為觀止的海洋景觀之一，其由硬珊瑚所構成的堅固結構為無數海洋生物提供了理想的棲息地。這片色彩繽紛的生態系由無數的生物所構成，其中珊瑚是珊瑚礁建造者的重要角色之一。然而，全球暖化引起的海水溫度上升導致的白化現象，正在威脅珊瑚礁生態。為了觀測珊瑚礁的狀況，許多研究利用光學和聲納從海洋環境中收集信息，進而分析與觀測珊瑚礁的狀態[1,2]。有些研究甚至使用了人工智慧來協助進行分析與研究[3,4]。然而，由於水面的折射或不同光譜帶的吸收程度不同，透過光學方法所收集到的影像數據容易產生失真。此外，透過影像數據分析的方法只能捕捉珊瑚表面的變化，無法深入了解其內部或更精細的細節。因此，本文提出一種利用高頻率的超音波的辨識方法用以取代傳統的珊瑚影像辨識方式。

在聲音系統應用於海洋環境方面，聲納技術在海洋地形探測中扮演了關鍵角色，聲納的反射和折射提供了深海地形的詳細信息[5]。聲納和回音定位系統可用於追蹤和監測海洋生物的移動，對魚群分布和行為進行實時觀察[6]。另外，聲納技術還能用於監測海洋溫度、海流和聲速剖面[7]。在聲納系統中，與傳統的低頻聲納系統相比，高頻率的脈衝能夠提供更多的資訊，儘管代價是將偵測範圍縮小到相較於低頻率的10%以下[8]。但是高頻率的脈衝系統可以用於檢查內部結構。在本研究中，將利用高頻率的脈衝的穿透性來檢測珊瑚的內部資訊，用以辨識與分類不同種類的珊瑚。

一般而言，由於1MHz的超音波在組織中的穿透深度可能在數公分至十數公分之間。因此，在這項研究中，1 MHz 正弦波形式被以脈衝形式傳輸到單晶感測器，用於對珊瑚進行A模式成像，然後在示波器上顯示和收集。資料在經過過濾之後，我們發現不同的珊瑚有著不同的反射波型。這個發現將提供一種全新型態的珊瑚辨識方式。

本論文所提供的新型態超音波珊瑚辨識方式的優點如下：

1. 非侵入式研究

相較於傳統的採樣或影像方法，超音波可以對珊瑚進行即時的觀察，而不需進行實際的接觸或擾動。

2. 高深度穿透

超音波具有穿透組織的能力。這使得超音波可以深入珊瑚的結構，提供更深層次的資訊。

3. 高水下環境適應性

超音波辨識法在水下環境中的適應性較強。相較於光學影像技術，它不受水中環境的散射和吸收的影響較大。這使得在水深、水濁或水下能見度較差的情況下，超音波仍能提供可靠的資訊。

4. 珊瑚健康評估

超音波可以用於評估珊瑚的健康狀態，例如檢測白化現象、計算珊瑚蟲數量、觀測組織密度變化等。這有助於科學家們更早地發現可能影響珊瑚健康的問題，並採取相應的保護措施。

系統架構

整體的超音波珊瑚辨識系統實驗架構如下圖1所示。

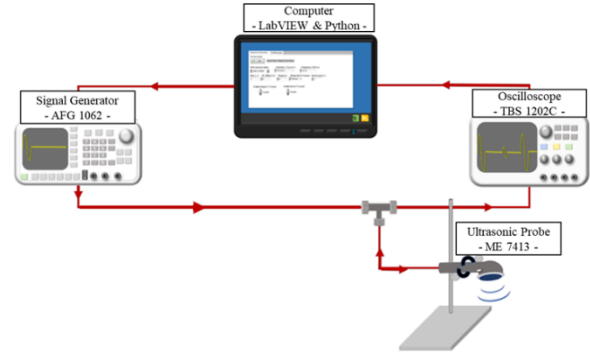


圖1, 整體系統實驗架構

利用電腦讓訊號產生器產生1 MHz 的正弦波形式訊號，並透過醫療用的超音波探頭髮射至珊瑚。之後再由示波器獲取其反射波型資料，並將此資料傳送回電腦分析。

實驗情況如下圖2所示。在實驗中，為了減少外部的干擾，珊瑚被放置於一個約長20分的正方形玻璃缸。此缸內的水為靜水。並且在珊瑚下方鋪設了珊瑚沙用以模擬真實海洋的海底環境。

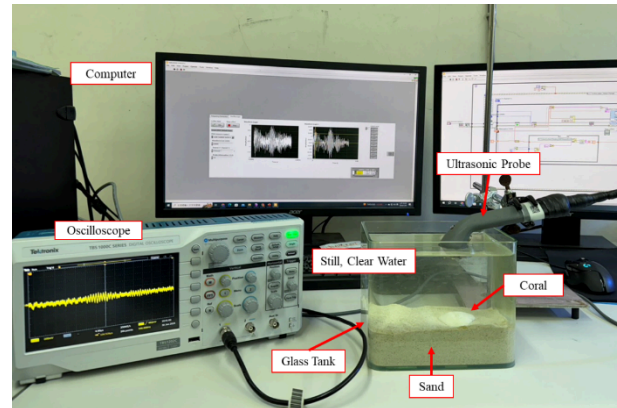


圖2, 超音波珊瑚辨識實驗

1. 珊瑚反射資料

使用在本研究的探頭名為ME7413，是由梅特勒電子公司製造。它具有圓形發射面，面積為 5cm^2 。設計發射頻率為 1 MHz 的超音波。可以用下面的公式來計算超音波的近場距離：

$$D_n = \frac{r^2 \times f}{v}$$

其中， r 為發射面半徑， f 為超音波頻率， v 為超音波傳遞速度。經由公式，我們可以預期目標物的反射波型於示波器上的位置。如下圖3所示，我們可以得知，後面的波型為目標物珊瑚的反射波型。

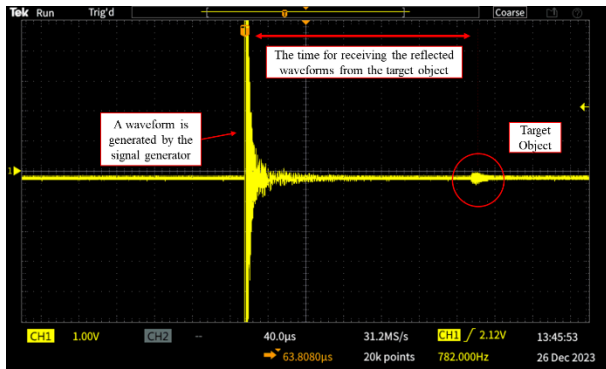


圖3, 計算目標物體的反射波型位置

2. 資料處理

在獲取到目標珊瑚的反射波型資料之後, 後續的資料處理的流程圖如下所示:

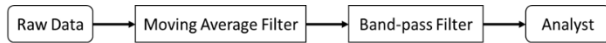


圖4, 資料處理流程圖

獲取的原始資料首先經過平均濾波器, 用以減少與平滑反射訊號中的雜訊。之後, 透過傅立葉轉換得到的頻域資料, 我們可以得知除了目標的1 MHz 以外, 尚有許多雜訊, 如下圖所示。

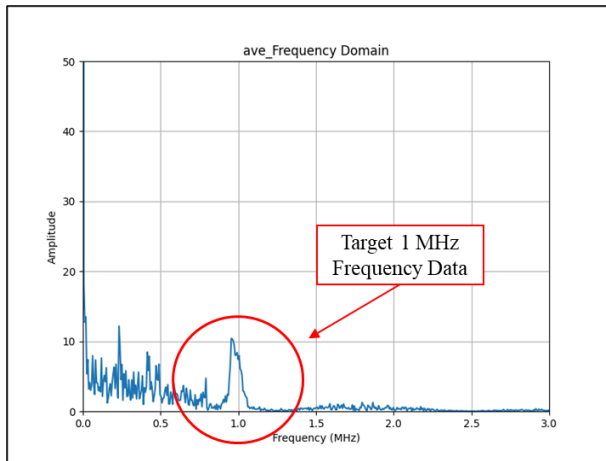


圖5, 頻域資料

因此, 將經過平均濾波器的資料再次經帶通濾波器處理, 用以只留下1 MHz 的頻率資料。此外, 为了更好的觀測反射波型的趨勢, 將經過處理的資料取絕對值, 即可得到處理完成的珊瑚反射波型。

3. 實驗結果

在本研究中, 兩種珊瑚(包含活體與骸骨)被進行了處理與分析。這兩種珊瑚分別是蕈珊瑚跟團塊珊瑚。其實驗結果如下圖6所示。

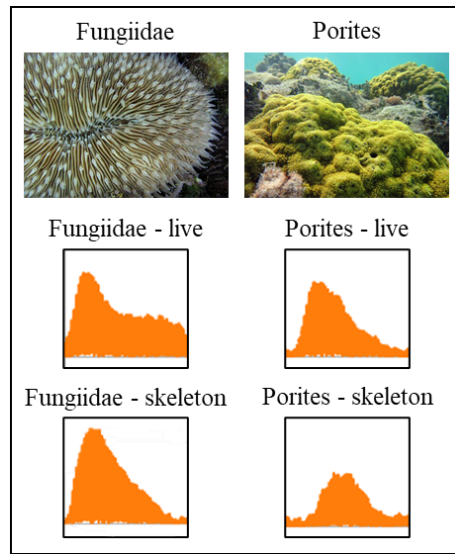


圖6, 實驗結果[9]

可以從圖中看出, 兩種珊瑚的兩種型態、共四種的波型都有所不同。在蕈珊瑚的反射波型中, 活體的波型在經歷一個高反射之後, 趨於平坦。然後在其骸骨的反射波型中, 只有一個高反射波型而已, 之後迅速收斂。而在團塊珊瑚的反射波型中, 活體的波形在一個高反射之後, 其下降趨勢相比蕈珊瑚還要更快。而在團塊珊瑚骸骨的反射波型中, 可以看出明顯與其他三種有所不同, 其反射波型相對比較低緩。

結論

在本研究中, 首次報告了使用超聲波針對珊瑚進行了辨識與分類的研究。利用將高頻率的超音波發射至珊瑚, 並收集其反射波型來進行辨別。從實驗結果可以得知, 不同物種的珊瑚其反射波型存在著差異。此外, 同物種的珊瑚其活體與骨骼之間也存在著差異。這結果顯示了利用超音波來針對珊瑚進行辨識與分析的可能性與發展性。

致謝

此研究被國家科學委員會以 NSTC110-2634-F-019-002和 NSTC111-2634-F-019-001的資助號支援。並感謝國立臺灣海洋大學的識名信也教授協助進行此項研究。

參考文獻

1. Negahdaripour, S., Sekkati, H., & Pirsivash, H. (2009). Opti-acoustic stereo imaging: On system calibration and 3-D target reconstruction. *IEEE Transactions on image processing*, 18(6), 1203-1214.
2. Negahdaripour, S., & Taatian, A. (2010). 3-D motion estimation by integrating visual cues in 2-D multi-modal opti-acoustic stereo sequences. *Computer vision and image understanding*, 114(8), 928-941.
3. Clausen, C. D., & Roth, A. A. (1975). Effect of temperature and temperature adaptation on calcification rate in the hermatypic coral *Pocillopora damicornis*. *Marine Biology*, 33, 93-100.

4. Gonzalez-Rivero, M., Beijbom, O., Rodriguez-Ramirez, A., Bryant, D. E., Ganase, A., Gonzalez-Marrero, Y., ... & Hoegh-Guldberg, O. (2020). Monitoring of coral reefs using artificial intelligence: A feasible and cost-effective approach. *Remote Sensing*, 12(3), 489.
5. Ellis, T., McNames, J., Zurk, L., Lotz, J., & Ecochard, J. L. (2007, September). Echosounder depth tracking with the Extended Kalman Filter. In *OCEANS 2007* (pp. 1-7). IEEE.
6. Jones, R. E., Griffin, R. A., & Unsworth, R. K. (2021). Adaptive Resolution Imaging Sonar (ARIS) as a tool for marine fish identification. *Fisheries Research*, 243, 106092.
7. Phillips, J. D., & Dean, D. F. (1991). Multichannel acoustic reflection profiling of ocean watermass temperature/salinity interfaces. In *Ocean Variability & Acoustic Propagation* (pp. 199-214). Dordrecht: Springer Netherlands.
8. Negahdaripour, S. (2010, September). On 3-D reconstruction from stereo FS sonar imaging. In *OCEANS 2010 MTS/IEEE SEATTLE* (pp. 1-6). IEEE.
9. <https://en.wikipedia.org/wiki/>