

利用多波束聲納及多頻率魚探機繪製 珊瑚礁魚群聚集狀況

黃星翰¹、賴繼昌^{1、2}、呂學榮²、吳龍靜¹ 摘譯

¹水產試驗所沿海資源研究中心、²國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學系

前言

聲納在漁業上的發展運用已經有 50 年以上的歷史，對於生態系的研究及管理有著許多貢獻。聲納技術主要優點為具有快速調查大範圍區域的能力，能準確辨析遠程生物訊號，雖然較缺乏生物體大小的選擇性及分類能力，不過仍是相當重要的支援技術。

一般在漁業上使用聲納都是進行單一物種的豐度指數調查以計算其系群量，但將聲納或魚探運用在珊瑚礁生態系仍相當罕見，這類的調查多半透過潛水員或是遙控水下載具在一個相當小的範圍直接進行，以取得珊瑚礁物種的詳細資訊、聚集情況、豐度及棲息地關係。較少利用聲納進行調查之原因有：(1)當物種多樣性高時，聲波回訊辨析物種能力有限；(2)辨析稀疏分散的生物或是貼近地形複雜、高低起伏大之海底生物時極具挑戰。然而，當物種組成資料不夠或是缺乏時，聲納調查亦可取得其他訊息指標，在生物多樣性高的珊瑚礁生態系中，與物種種類無關的重要數據，如生物量、魚體大小、棲地使用模式及魚群分布，這些指標仍是海洋保護區的重要因子。

許多珊瑚礁魚種係以群聚的方式棲息，

是底層或中表層魚種的主要獵捕對象，在整體生態系的食物鏈地位相當重要，特別是以珊瑚礁周邊為主要產卵場之魚種在漁業管理上尤為重要，這類魚種於產卵繁殖時期會聚集於珊瑚礁附近，不幸的是，漁民大多會利用這樣的魚類行為進行漁獲作業，進而大幅增加此類魚種的漁撈壓力。聲納用於漁業調查提供一個快速且合適的方法評估大量聚集性魚類，尤其是物種組合相當均勻的群體。

聲納系統中，聲波波束為垂直角度入射的分割波束音鼓，波束較窄（通常小於 15 度），可以有較好的垂直解析率，並能更佳地探測靠近海底之魚體，不過較窄的波束寬度亦可能難以探測分布較為稀疏的小群體，且波束可能無法完全囊括大群體的整個群體，僅能探測到其中一個斷面，假設這個斷面位於群體的中心處，以平均值的估算方式加上體積的等距量，就可以推算群體的大小。此外，不同調查的方式，如網格式及星型探測模式來調查聚集區域，亦會得到明顯不同的群體形狀及結構。

透過高頻率多波束聲納與分割波束魚探機結合運用調查珊瑚礁生態系之魚群聚集結構與分布，多波束聲納（multi-beam sonar）同時用來進行珊瑚礁生態系之海底地形與近

底棲地的調查。使用寬波束寬度之多波束聲納快速繪製群聚在魚礁附近之大群體魚群的三維結構，並與分割波束魚探機相互比較。

調查方法

結合多波束聲納與分割波束魚探機，多波束聲納型號為 Reson 7125，頻率為 400 kHz 可使用 256 個波束，每個波束之波束角度縱面為 1 度、橫面為 0.7 度，脈波長度為 120 μ s，發波間隔使用自動隨海底深度調整之模式。分割波束魚探機型號為 Simrad EK60，頻率為 38、120、200 kHz，為了降低波束聲納與分割波束魚探機彼此互相干擾，兩者連結接收回訊間隔器，兩聲系統同時發波確保探測相同位置，EK60 各頻率脈波長之選擇：120 及 200 kHz 為 128 μ s，38 kHz 為 256 μ s。

回訊資料處理是使用 Echoview 版本 5.1，透過後處理軟體檢查是否有雜訊或是來自其他設備的干擾並予以消除，並且透過後

處理軟體觀看兩聲納系統的一致性（圖 1），再使用後處理軟體模組以半自動地方式從背景雜訊中辨析、描繪出魚群。此項模組所參考的數據為回訊的體積與尺寸大小，根據由分割波束魚探機所收錄之連續回訊亦可判別是否為個體魚。從個體魚回訊的反射強度推估魚體長度並與實際現場所測之長度作比較，進而將平均的個體魚回訊轉換體長數據，配合魚群回訊以回訊積分法量化計算魚群數量，佐證 3D 魚群回訊體積尺寸，估計魚在聚合時的總數。聲納調查的同時，若海域環境情況許可下，盡可能運用光學設備、遙控設備、潛水員等方法，同步記錄魚群物種、組成及數量等資訊。

結果

探測結果發現兩大群魚群，其中一個魚群經水下無人載具（ROV）辨析後得知為蘇里南異孔石鱸（*Anisotremus surinamensis*），

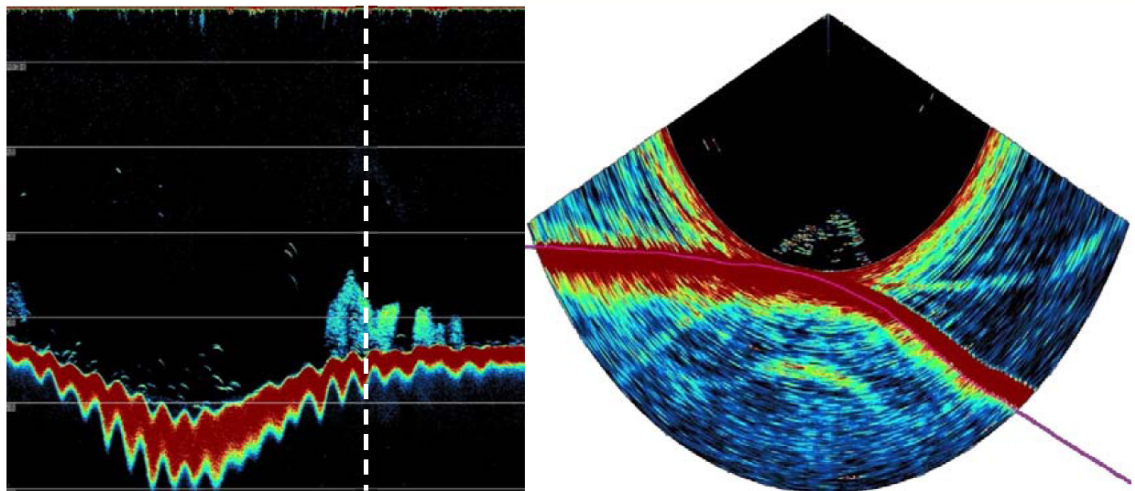


圖 1 左側為分割波束魚探機收錄之回訊畫面，右側為多波束聲納之回訊畫面，左側圖中白線為右側多波束聲納同步的時間點，右側圖中紅線為額外標註之海底線，由此線可知橫斷面之海底仍存在深度變化

根據魚群回訊計算出其體積為 101 m^3 (圖 2)，魚群回訊中的平均個體魚反射強度為 -32.2 dB ，這樣的強度經換算其體長約為 $28-35 \text{ cm}$ 體長，由 ROV 所回饋的資訊中，估算魚群約 90 尾。

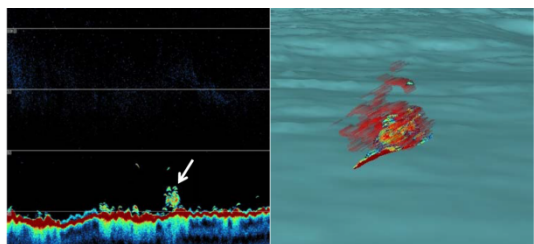


圖 2 左側為分割波束魚探機收錄之回訊畫面，右側為多波束聲納同步左圖之 3D 回訊畫面，直接將魚群結構呈現於畫面中

另一群魚為尖胸隆頭魚 (*Clepticus parrae*)，魚群回訊體積尺寸為 112 m 長、 10 m 高，追蹤這群魚的回訊距離達 19 m ，魚群體積為 640 m^3 ，平均個體魚反射強度為 -43.3 dB ，經換算體長為 $11-15 \text{ cm}$ 。分割波束魚探機中呈現出兩個不連續的魚群 (圖 3)，但實際上這兩個不連續的魚群是接續在一起的一個魚群 (圖 4)，但因為分割波束魚探機只能探測到一個小的魚群斷面，因此畫面上看到兩個不連續魚群。

討論

使用分割波束魚探機與多波束聲納系統調查珊瑚礁魚類生態系時，儘管兩套系統是獨立的，但同步兩系統，所觀測到的海底環境、魚群表現更加準確，也能更清楚海洋資源的狀況。從探測結果的例子，得知音波波束較窄的分割波束魚探機可能會造成魚群判別的失誤與評估魚群密度時的誤差。使用音

波波束寬廣的多波束聲納系統能大幅增加研究海域空間，並且也能更加了解魚群分布。

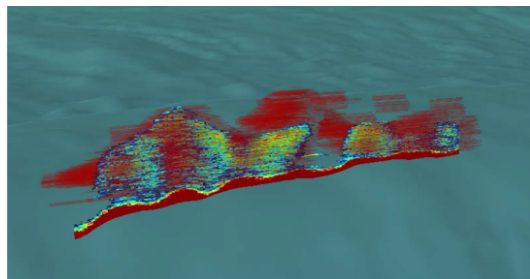


圖 3 由多波束聲納所收錄之 3D 魚群回訊圖，魚群結構呈現一個曲狀

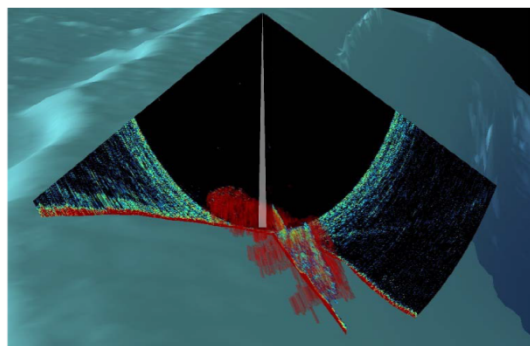


圖 4 多波束聲納收錄之 3D 魚群回訊，圖中白色三角狀範圍為分割波束魚探機探測之範圍，由此可知分割波束魚探機僅能探測魚群之一小部分

雖然多波束聲納系統可以提供勝過分割波束魚探機的魚群三維空間結構，但在評估魚群豐度時仍具有難度，需要加入多個變數考量，比如魚體的俯仰角度、魚群過於密集時所造成之個體魚反射強度辨識與測值偏差，這些都可能造成生物量的估算偏差，而未來若能精確掌握變數並且帶入聲學系統，將能更精確的了解水下生態系統。

註：本文摘譯自 J. C. Taylor and Erik Ebert (2012) Mapping coral reef fish schools and aggregations with high-frequency multibeam and split-beam sonars.