

側掃聲納海床影像之資料處理研究

The data processing of the sea bottom image obtained by sidescan sonar

張遠中¹ 田文敏²

1.國立成功大學水工試驗所 2.國立中山大學海洋環境及工程學系

摘要

本研究針對中山大學之 Klein 側掃聲納自行研發完成一套資料後處理系統。除了具備一般外購軟體之基本功能如斜距修正及影像拼圖之外，也嘗試以 GIS 的架構建立側掃聲納資料的查詢系統。本研究團隊並積極研究以電腦內建之音效卡收錄聲納音訊的可行性，目前實驗室階段測試已經完成，且資料取樣品質可超越國內現有的多數外購處理系統，近期內應可完成海上測試，建立一套完整的資料收錄及處理系統，對於國內側掃聲納研究與運用的自主性將有一定的助益。

Abstract

This research has developed a post-processing system for the Klein Sidescan Sonar, which is the first indigenous system in Taiwan. Except the basic functions that the other systems can do, it also provides a data consulting function, which is similar to a GIS system. An experiment to record the sonar signal digitally by Sound Blaster Card embedded in multimedia computer has been also successfully accomplished in laboratory and the data quality can be better than most systems so far we know in Taiwan. A real time data acquisition and processing system thus become possible to be established all by ourselves. A main advantage of this research is to make the researches and applications of the sidescan sonar be more independent and convenient in Taiwan.

一、前言

側掃聲納可以提供海床的聲波散射強度影像，是探勘海床的重要工具之一。對於海底地貌、底質的探勘，或海底物體的搜尋、定位都有很好的成效。但由於資料處理程序相當繁雜，成像原理也與一般光學影像不同，無法直接使用已十分成熟的許多市售影像軟體加以處理。

目前國內各學術機構雖分別擁有多套側掃聲納，但在資料收錄及處理方面仍仰賴購自國外廠商的專業軟硬體。由於無法自行處理第一手資料，對於資料品質的掌握以及進一步的學術研究形成一種障礙。有鑑於此，筆者等人以中山大學現有之側掃聲納系統為基礎，嘗試建立一完整的資料收錄及處理系統。

二、研究方法

本研究首先以 Klein Sidescan Sonar 使用的 EOSCAN 資料處理系統所擷取的原始音訊數位資料為基礎，寫作程式解讀其資料格式，並以必要之率定實驗確認其內定的關鍵參數。掌握資料格式及參數後便據以寫作程式，讀取原始資料，並逐步進行水深辨識、斜距修正(Slant Range Correction)、航速航向修正及影像強度修正等處理。

在上述修正處理完成後，再根據各筆資料的 GPS 定位及航向等參數繪製各掃描線的空間投影，完成全測區的拼圖(Mosaic)影像，過程中並建立資料連結檔，使拼圖上各點與使用之原始資料檔案位置產生連結，在爾後使用此拼圖時便可如同使用 GIS 系統一般，以滑鼠點選的方式迅速調閱最高解析度的原始資料。

在聲納音訊收錄系統的研究方面，由於一般市售多媒體電腦內建的音效卡(一般而言多為 Sound Blaster Card)，其錄音品質可達到 16bit-44.1kHz(CD 音質)的水準，比目前國內所使用的各個側掃聲納系統所提供的錄音品質(8bit-8~20kHz)高出約二至三倍，且無須另外購置硬體。我們便

嘗試以 Visual Basic 程式語言及 Windows API 函數寫作以音效卡錄製聲納音訊的程式 Sound Blaster Recorder(以下簡稱 SBR)，作為聲納音訊即時收錄的工具。

測試時先在實驗室內由 EOSCAN 系統及 SBR 同步收錄音訊，再作比較。初步結果顯示兩者訊號形式並無不同，但因後者取樣率高達 EOSCAN 系統的三倍左右，資料的空間解析度也高了三倍；且因為較寬的動態取樣範圍(Dynamic Range, from 8 bit to 16 bits)，可以解析更微弱或強度差異較小的音訊。近日內將繼續進行海上測試的實驗，以進一步確定其資料收錄的品質及穩定性。

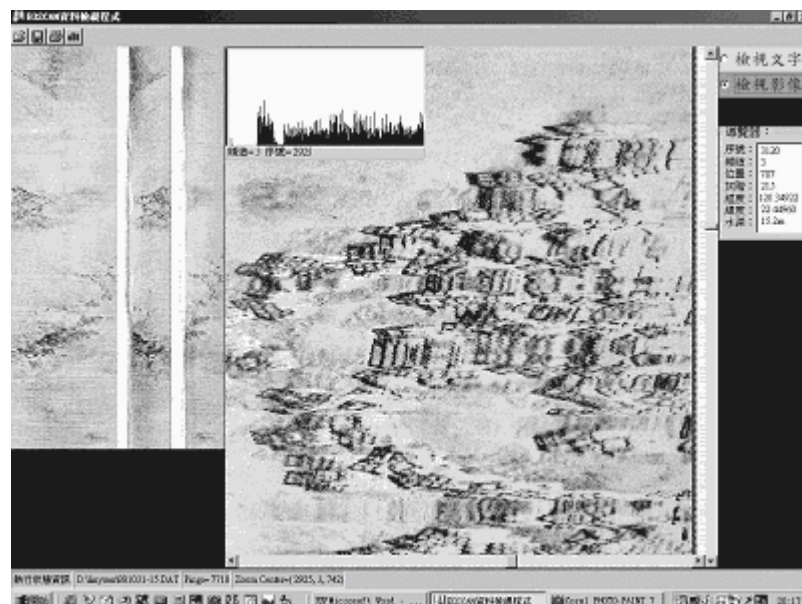
三、研究成果

此研究以後資料處理起始，為保留發展階段對程式軟體進行修改的彈性空間，減少除錯的困難度，目前分為資料檢視程式、斜距修正程式、影像拼圖程式及 SBR 程式等四個獨立運作的部分。待各部分測試穩定運作流暢之後將逐步整合為單一軟體。以下分別介紹各程式的功能及運作情況：

(一) 資料檢視程式

由於側掃聲納屬於高解析度的影像資料，施測時資料量以每秒數十 KB 的速率累積，單一檔案達到數十甚至數百 MB 是常有的事，不論是否使用專用軟體，欲檢視此類檔案通常十分不便。目前一般軟體多採用模擬紙捲滾動的 waterfall 播放模式展示資料，對於資料的全貌及目標物間的相關距離位置較難掌握。

本程式在檢視影像的功能方面則模仿一般影像處理軟體的預覽、縮放及導覽等功能。當檔案載入後(如圖一)，銀幕左方會顯示一個預覽影像，中央大半區域為一個放大視窗，最右側則為一個資訊導覽視窗。使用者可用滑鼠點選預覽圖中欲檢視的位置，置入放大視窗中，亦可使用放大視窗邊緣的捲軸移動檢視位置，達到與傳統 waterfall 展示模式一樣的效果；在此期間，導覽視窗則隨著滑鼠移動顯示經緯度等相關數值資料。

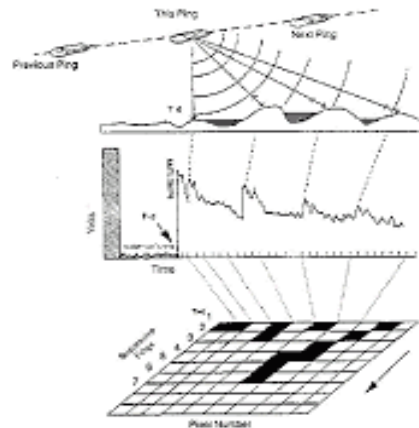


圖一、資料檢視程式執行畫面(人工漁礁)

此外這個程式也提供檔頭資料文字檢視、列印、繪製散射強度剖面(圖一上方中央)及轉換影像為 BMP 格式等服務，這意味著我們也可以經由格式轉換後使用任何市售影像軟體來處理資料！側掃聲納資料不再是閉鎖於專用處理系統之內的資料孤兒。

(二) 斜距修正程式

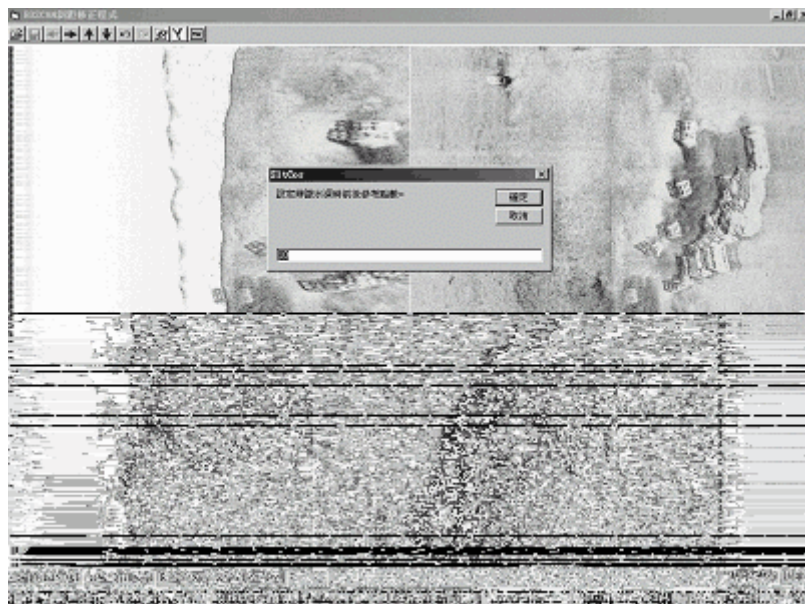
斜距修正的功能是將原始收錄的時間序列資料經過水深辨識後作一個假想的平面投影，成為聲納影像(如圖二)。其前半段與一般測深儀的水深辨識功能無異，卻也一樣會因地形崎嶇或擊中水中懸浮物而偶有水深辨識錯誤的問題。對側掃聲納而言，辨識錯誤的結果是影像也因此嚴重扭曲。



圖二、斜距修正處理示意圖

對於絕大多數的側掃聲納而言，水深辨識是在施測現場便已完成。若儲存於硬碟或磁帶中的是已修正的影像，則扭曲便無法經由後資料處理加以修復。反之，若有原始的時間序列資料，則可以經由本程式在資料後處理時重新辨識水深，必要時改變辨識參數或直接手動編輯作最恰當的水深辨識。換言之，因水深錯誤造成的影像扭曲將確定可以完全修復。

程式執行畫面如圖三，基本上它是一個自動化水深辨識的程式，能根據原始時間序列資料(畫面左半部)辨識連續的水深值，再據此作成右半部的斜距修正後影像。此程式的水深辨識能力並不比一般的側掃聲納強，但是在辨識不理想時它提供了兩個補救措施：



圖三、斜距修正程式執行畫面

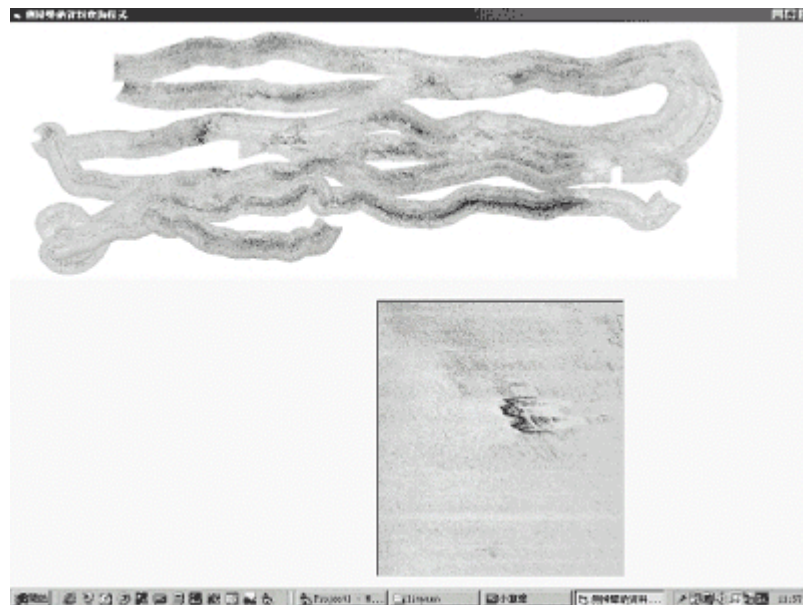
一是調整辨識參數，例如在海床線模糊時可以加大辨識時參考的資料長度，使程式可以從更大尺度決定海床的概略位置；二是直接以滑鼠或鍵盤逐點標出海床線。這兩個功能給了資料處理者修復影像最大的彈性。

此外若選擇關閉辨識功能，此程式與一般側掃聲納的 waterfall 播放功能一樣，也可用來檢視資料。導覽資訊方面與檢視程式類似，但相關資訊顯示在畫面下方的狀態列中，無導覽視窗。此程式的另一任務是在資料收錄系統完成後作為即時資料顯示程式，屆時此程式將可選擇由音效卡輸入聲納音訊作即時的斜距修正，並儲存影像及 GPS 定位等相關資料。

(三) 影像拼圖及原始影像調閱程式

影像拼圖的處理步驟包括：一、將所有欲拼接的檔案影像資料連結；二、讀取各掃描線之定位資料，由前後相關性計算航向；三、讀取水深，根據航向及水深將各影像點投影到航線兩側，同時使投影位置與資料在原始檔案中的位置產生連結。這期間使用者可以自行選定投影影像的解析度，最後的輸出為一 BMP 圖檔及一連結資訊檔。

圖四是原始影像調閱程式輸入拼圖影像後，點選特定目標時顯示的情況。其中左上方為拼圖影像，下方為點選位置的原始影像。



圖四、原始影像調閱程式執行畫面

因為通常一張拼圖影像的原始資料可多達數百 MB 以上，若由拼圖程式按其應有的解析度(約 10cm 的數量級)繪製成單一圖檔，檔案會大到一般軟體無法讀取的地步；即使可以讀取也會因為檔案遠遠大於一般電腦的記憶體容量，使一切電腦動作變得奇慢無比。但解析度降低後使得拼圖影像變得比原始資料模糊許多，要調閱原始影像又必須回到 waterfall 的播放畫面慢慢搜尋，十分不便。

本程式的目的便是為這個兩難問題提出的 一個解決方案。首先以較低解析的拼圖影像作為預覽圖(通常為幾個 MB)，載入圖檔的同時也載入圖檔各點所使用原始資料的位置連結檔。當滑鼠點選影像上某一點時，電腦根據滑鼠位置搜尋連結檔取得原始資料在檔案中的位置，以隨機檔直接讀取的方式讀取該段資料並顯示於放大視窗。因為最龐大的原始資料檔不需全部載入，記憶體不會爆滿，電腦可以正常運作；又因為連結檔的存在，讀取原始資料時不需經過搜尋的動作，非常

快速！此種架構與一般常見的 GIS 十分相似。

(四) 音效卡錄音程式

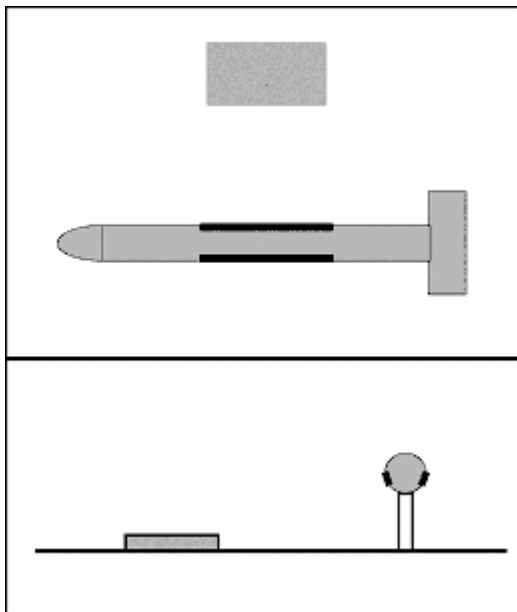
由於近年來電腦軟硬體效能的大幅提昇及多媒體電腦的普遍需求，以往視為專業功能的音訊數位化已能由一般電腦中的音效卡順利執行，且資料品質猶勝於早期動輒數十萬元的數位系統。以取樣動態範圍(Dynamic Range)來說，目前側掃聲納的業界標準為 8bit/sample (256 色階)；而音效卡則能輕易達到 16bit(65536 階)！

在取樣頻率方面，目前多數聲納系統取樣率多在 8-20kHz 之間，而音效卡則可以達到 44.1kHz！目前除了多波束測深儀需要處理數十個頻道的資料，遠遠超過音效卡處理能力之外，其他多數聲納的數位化應該都可由音效卡完成！

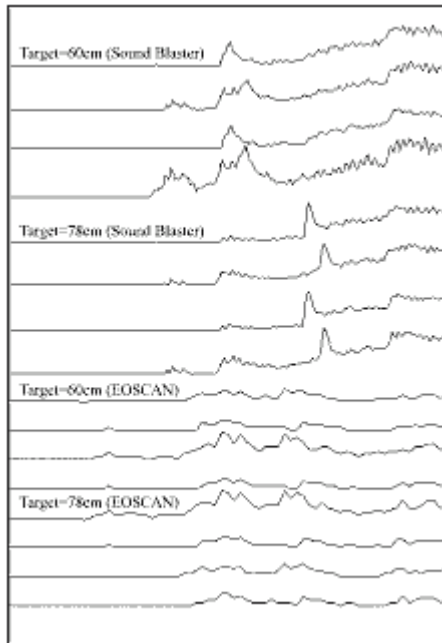
由於目前側掃聲納的發射頻率多在 100-500kHz 之間，處理系統的取樣率皆屬嚴重不足取樣，任何取樣品質的提高皆可自動提高資料品質無須更動任何聲納機電部分的硬體。加以目前電腦週邊設備如硬碟機存取及銀幕顯示等速率都已達到每秒數十 MB 以上，高速取樣時的資料存取與顯示都不成問題。由此推論，以音效卡取代聲納數位化系統的時機已經成熟，並能同時帶來資料品質提昇及硬體成本降低的效益。

有鑑於此，我們以 VB 程式及 Windows API 函數寫作了以音效卡為錄音工具的 SBR 程式並在實驗室內作了一個近距離的聲納訊號測試，實驗配置如圖五。在實驗室內以書本為目標物發射聲納訊號，並以 EOSCAN 及 SBR 分別接收音訊，結果如圖六所示。由於聲波在大氣中衰減量約百倍於海水(Kinsler et al., 1980)，因此實驗中距聲納 60cm 處的衰減效應約相當於海水中 60m 的距離，仍屬側掃聲納可以正常偵測的範圍。

圖六中結果顯示 SBR 的橫向資料密度及縱向的相對強度解析皆優於 EOSCAN 系統，音效卡的資料收錄品質在此得到證實。由於本文截稿時海上測試資料尚未完成，預計本研討會召開時將有實測資料可供展示。



圖五、聲納音訊接收實驗配置圖



圖六、SBR 及 EOSCAN 聲納音訊比較圖

四、討論

本研究為國內首度自行研發側掃聲納資料處理系統的嘗試。目前在後資料處理方面已有良好的效能，在資料收錄及系統整合方面則在努力之中。整體而言，已經證明了自行研發處理系統的可行性。

側掃聲納的資料擷取與處理都屬於對電腦效能有高度需求的一項科技，需要高速的數位化設備，配合精緻快速的處理能力及大量的資料存取及顯示速度。在以往，受限於這些與硬體效能或電腦低階程式掌控能力有關的技術，使得由學術機構自行研發資料收錄及處理系統非常困難。但是有賴於近年電腦科技的進步，這些限制正快速的解除之中，低價高效率的電腦設備及方便的程式發展工具(如 VB)，使得由使用者自行研發聲納處理系統成為可行。

在此趨勢下，聲納資料處理的主導權應可由聲納廠商漸漸轉移到學術研究機構。所帶來的效益是學術機構對聲納科技研究的自主性將大幅提高，不必再遷就價格昂貴卻未必符合研究需求的聲納專用軟硬體。

由於音效卡已能取代一般聲納的數位化設備(多波束測深儀除外)，資料處理系統的數位化設備與專用軟體的必然關係可以解除。使用者可以自由選擇處理軟體，對市場競爭機能及處理品質的提昇有很大的幫助。以國內現況來說，如果聲納處理系統不再受制於聲納廠商，以往必須集中大量資源於少數機構以購買昂貴處理系統的惡性競爭情況將得以紓解，更多的機構及人力可以投入聲納研發的行列，也可以迅速提昇相關研究之水準。

一個值得注意的趨勢是：聲納的發射訊號頻率早已達到 500kHz 的水準，展望未來，由於物理條件的限制，更高頻率的聲納由於能量衰減的問題，在野外環境並不實用，應該難有突破；但相對的，目前資料擷取及處理的範圍僅在發射頻率的十分之一以下，其原因顯然受制於電腦的處理能力！在近年電腦效能迅速提升的狀況下，未來相當時間內，聲納科技的發展空間應該在於更快更精緻的擷取並處理訊號，新一代的聲納系統，可能只是換裝一個更好的電腦及軟體而已！

在此趨勢下，聲納系統的效能優劣將回歸到學術界主導的資料處理能力上。這種歷史的演變也曾在震測探勘的發展史中出現。這個認知正是本研究積極進行的主要動力之一，應值得聲納相關學者作為參考。

參考文獻

- 1.王國榮著(2000), “Visual Basic 6.0 Windows API 講座”, 旗標出版社
- 2.彭明柳編著(1999), “Visual Basic 6 中文專業版徹底研究”, 博碩文化公司出版
- 3.Kinsler, L.E., 1980, “Fundamentals of Acoustics”, p.154-159
- 4.Johnson, H.P., 1990, “The interpretation of side scan sonar”, *Reviews of Geophysics*, vol.28, p.357-380
- 5.Reed, T.B. & D. Hussong, 1989, “Digital image processing techniques for enhancement and classification of SeaMARC II side scan sonar imagery”, *J. Geophys. Res.*, vol.94, no.B6, p.7469-7490
- 6.Searle, R.C., 1990, “GLORIA image processing: The state of art”, *Marine Geophysical Res.*, vol.12, p.21-39

本系統於龜山島附近海域實測畫面

