

側掃聲納影像之資料處理研究

張逸中¹

摘要

側掃聲納是海床探勘的重要工具之一，對於海床物體搜尋、定位或底質探勘都有很好的成效。此系統之關鍵技術在於聲納影像的資料處理，在此之前國內並無相關的研究，對於資料品質的掌握及進一步的學術研究都受到很大的限制。有鑑於此，本人以中山大學及台灣大學之側掃聲納原始音訊為基礎，完成了一個資料後處理系統。有賴於近年電腦硬體效能及視窗化作業系統的大幅進步，此系統的功能及使用者介面較外購軟體不遑多讓。由於聲納的高頻率特性，多年來訊號的擷取與處理一直受限於電腦的處理效能。展望未來聲納科技的趨勢，應該會隨著電腦處理能力的大幅提昇而有長足的進步，此時展開聲納系統的研發應是最好的時機。

The Data Processing of Sidescan Sonar Image

Yet-Chung Chang

ABSTRACT

The sidescan sonar image has become a more and more important tool for seafloor exploration recently. However, so far, there is no indigenous data processing software can be accessed. The expense of the foreign software and lack of knowledge about the processing details somehow forbid the further research or application of this tool. This reserch employs the digital raw data of sidescan sonar in National Sun Yat-Sen University and National Taiwan University as examples to develop a sidescan image post-processing system. Except the basic functions of sidescan image processing, it also provides a GIS-like data consultation function which makes the searching of high quality original image more easily. Because the fast improvement of computer performance in recent years, it is reasonal to expect many restrictions on high frequency sonar data proccessing will be released. In other words, the resolution and information provided by sonar system in the next few years can be far better than we have now. It is a good time to start the indegeous sonar system research now.

一、前言

側掃聲納可以提供海床的聲波散射強度影像，是海床探勘的重要工具之一。但由於它的成像原理與一般光學影像不同，無法直接使用已十分成熟的許多影像處理軟體加以處理。目前國內各學術機構雖分別擁有多套側掃聲納，但在資料處理方面仍完全

仰賴購自國外廠商的程式軟體，對於資料品質的掌握以及進一步的學術研究都是一大障礙。有鑑於此，筆者以中山大學及台灣大學現有之側掃聲納系統提供的原始音訊資料為基礎，進行此項自行研發資料處理系統之工作。

二、理論背景

側掃聲納之成像原理為向海床發出側向、寬而扁的波束；再循序接收由近至遠的海床回向散射

¹成大水工所助理研究員

(back-scattering)至聲納體的音訊；此時間序列的音訊強度再經過稱為斜距修正(slant-range correction)的幾何校正，將各時間序列的強度值投影到假想的平坦海床面上，便得到一條海床散射強度的掃描線，反覆此動作即可掃描出完整的海床影像(如圖 1)。

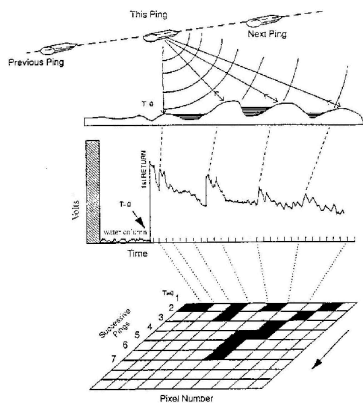


圖 1.側掃聲納成像原理示意圖

三、資料處理程序及實例

1.資料解讀

本研究現階段尚未自行安裝資料擷取系統，因此以原處理系統 EOSCAN(中山大學)及 SeaSone Hunter(台大)提供之數位訊號資料為基礎。首先寫作程式解讀系統提供的數位資料格式，並以必要之率定實驗確認其內定的關鍵參數。掌握原始資料格式後便據以寫作資料檢視程式，使用之程式語言為 Visual Basic 6.0。程式執行後可切換檢視相關參數的文字檔(如圖 2)，或檢視原始影像(如圖 3)。

Data	Time	Range	Longitude	Latitude	Depth	Offset
00001	99/03/01	14:24:52.34	05 050	120 34635	22.45020	14.9
00002	99/03/01	14:24:52.39	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00003	99/03/01	14:24:52.50	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00004	99/03/01	14:24:52.56	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00005	99/03/01	14:24:52.67	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00006	99/03/01	14:24:52.72	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00007	99/03/01	14:24:52.83	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00008	99/03/01	14:24:52.89	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00009	99/03/01	14:24:52.94	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00010	99/03/01	14:24:53.05	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00011	99/03/01	14:24:53.11	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00012	99/03/01	14:24:53.22	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00013	99/03/01	14:24:53.27	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00014	99/03/01	14:24:53.38	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00015	99/03/01	14:24:53.44	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00016	99/03/01	14:24:53.55	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00017	99/03/01	14:24:53.66	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00018	99/03/01	14:24:53.77	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00019	99/03/01	14:24:53.82	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00020	99/03/01	14:24:53.93	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00021	99/03/01	14:24:53.99	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00022	99/03/01	14:24:54.05	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00023	99/03/01	14:24:54.10	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00024	99/03/01	14:24:54.15	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00025	99/03/01	14:24:54.21	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00026	99/03/01	14:24:54.32	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00027	99/03/01	14:24:54.37	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00028	99/03/01	14:24:54.48	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00029	99/03/01	14:24:54.53	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00030	99/03/01	14:24:54.59	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00031	99/03/01	14:24:54.70	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00032	99/03/01	14:24:54.75	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00033	99/03/01	14:24:54.86	045 045	120 34637	22.45020	14.9
00034	99/03/01	14:24:54.92	045 045	120 34635	22.45020	15.0
00035	99/03/01	14:24:54.97	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00036	99/03/01	14:24:55.08	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00037	99/03/01	14:24:55.14	045 045	120 34635	22.45020	14.9
00038	99/03/01	14:24:55.23	045 045	120 34635	22.45020	15.0

圖 2.文字檢視模式畫面

其中文字檢視內容包括：施測時間、掃描寬

度(scan range)、經緯度及水深值等等。原始影像檢視中則包括：全圖預覽(圖 3 左側)、點選放大視窗檢視(圖 3 中央)、資料導覽器(圖 3 右側)及散射強度剖面(圖 3 上側)等功能。此外兩種模式下都具有儲存或列印特定範圍資料的能力。

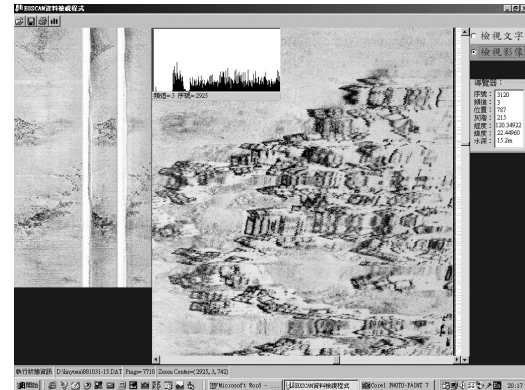


圖 3.影像檢視模式畫面

2.斜距修正

斜距修正的過程是先由原始資料剖面中判斷水深值，再假設兩側海床為等深度的平面，以此假設推算各時間回到聲納的音訊是來自海床上的哪一位置。此運算通常在施測現場即由處理系統的海床鎖定(bottom-lock)功能自動完成。

但是海床鎖定功能之基本假設是海底深度不應該有太急遽的變化。如果有，必然是雜訊而不予理會！這可以排除絕大多數隨機的海床辨識錯誤，例如水中懸浮物(像魚)造成的反射。但是副作用是一旦海床真的有急遽的起伏，就會造成連續長串的水深錯誤，間接的也使一整段的影像扭曲而難以使用。

對此情況最原始的對策是處理系統允許使用者在現場調整海床深度搜尋範圍或資料鎖定的強度(相鄰水深值允許的跳動幅度)。但這有賴於施測人員的經驗與警覺，而且不能回溯修正已錯誤的資料。在有了數位資料之後，事後處理成為可能，只要原始時間序列訊號能夠收錄，重新(甚至逐筆)辨識水深都有可能。但不幸的，多數處理軟體都不提供手動修復的功能(原因或許基於早期電腦使用者界面的限制或軟體設計者對其辨識程式的自信)。

基於以上考慮，本系統發展的斜距修正程式，除了具備基本的鎖定功能外，也允許使用者調

整鎖定運算的相關參數，因為是後資料處理(post-processing)，可以視情況反覆測試調整，必要時也可以直接手動調整。為資料處理者提供了最大的處理彈性，因水深辨識錯誤而導致影像扭曲的遺憾應可徹底解決。

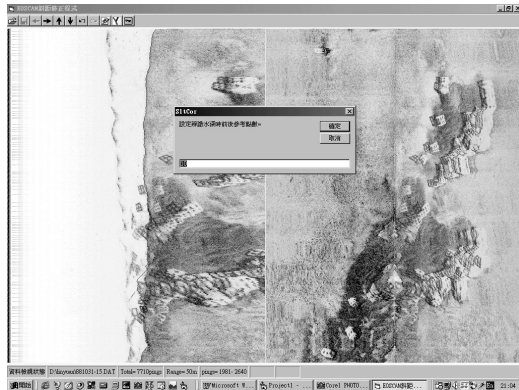


圖 4.斜距修正程式執行畫面

程式操作畫面如圖 4.所示，左側為水深線辨識視窗，以原始時間序列剖面為背景，辨識結果以紅線標示，資料辨識正確與否一目了然。若用來辨識水深的原始剖面影像極差時亦可選擇以另一側資料作為辨識基礎(側掃聲納具有左右兩個頻道)。畫面中央的對話盒顯示使用者要求改變鎖定參數時的情況；畫面右側則顯示修正後的海床影像。此圖例所示為高雄外海所投擲的人工漁礁。

3.拼圖影像(Mosaic)

此項處理的功能是將之前處理完成的帶狀影像資料，根據施測時的衛星導航數據正確的投影成海床平面影像。其中的技術關鍵包括：第一、衛星定位資料取得的頻率(約每秒一次)，通常遠小於聲納發射頻率(每秒十餘次)，必須作合理的資料內插及平滑化。第二、聲納體通常拖曳於船隻後方一段距離，而衛星定位系統則設於船上，兩者位置必須加以修正。這兩點處理不佳時便會導致目標物在掃描的重疊區域產生錯位。

本系統的處理程式是以資料時距為參考參數，據以內差每一筆資料的定位值，再以移動平均(Moving Average)的方式將位置資料平滑化。圖 5 是台灣大學海洋研究所在南灣地區測得的資料，經本系統的相關處理後所得的拼圖影像。掃描區左右兩側有珊瑚礁分布，中央淺色區則為砂質海床。

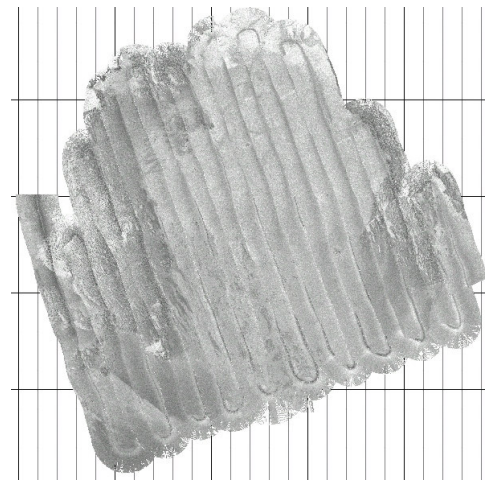


圖 5.南灣海床側掃聲納影像拼圖

4.影像查詢

側掃聲納影像資料的使用上另一個困難是資料的調閱。雖然數位影像，尤其是拼圖影像得以製作之後，整體預覽的問題獲得解決。但因為原始影像像素對應的實際寬度往往只有數十公分，若完全按此解析度製作拼圖影像，單一圖檔將大到一般電腦無法處理的地步(數百 Mega bytes 以上)，即使可以載入，也會因為記憶體耗盡而使得系統執行速度變得十分緩慢。因此多數拼圖影像都有約十分之一或更大的資料縮減。這無疑的又是另一個遺憾。

有鑑於此，本系統提供了一個點選查詢的功能(見圖 6)。以按比例縮減的拼圖影像為背景，資料使用者可以點選有興趣的區域，調閱詳細的資料。此功能的產生方式是在製作拼圖影像時，同步產生一個對應於拼圖影像的聯結矩陣，指出每一影像點繪圖時使用的原始資料在檔案中的位置；當滑鼠點選該點時，電腦便直接擷取該位置前後一小段的影像，於放大視窗中展示。在此架構下，其他相關文字或圖形資料亦可附屬於不同圖層，形成一個完整的海床 GIS 資料系統。

四、討論

此項研究目前進行時程尚短，許多系統間的整合、執行效能及穩定性的測試都還有待加強，但由研究過程中已經看到許多新功能開發的可能性。之後的主要研究方向應該是增加系統即時(real time)處理的能力，使得資料蒐集與處理可以在同一軟體架構下進行；並運用目前電腦較強的處理能力，適

度提高接收訊號的頻率及品質。

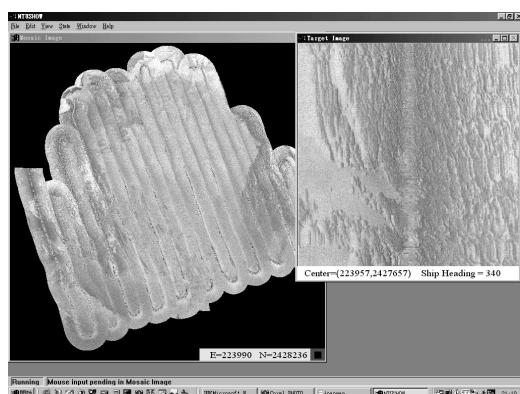


圖 6.高解析原始資料查詢畫面

展望聲納科技的發展趨勢，由於硬體設計受到物理因素的限制，發展已趨遲緩；多數研究已朝向資料擷取方式以及資料處理運算法的方向進行。例如以側掃聲納為本體的干涉式多點側深儀(國內工研院已有購置)，便是以多個頻道接收海床散射，再以各頻道訊號的相位差計算散射源方向，而得到多點測深的效果。雖然目前因為辨識的正確性受到質疑尚未被廣泛接受，但其學理上的可行性則無庸置疑。

此外，目前的可攜式(portable)多波束測深儀(multi-beam echosounder)所使用的 beam-forming 技術也是揚棄設計數十個硬體聲納陣列的傳統做法，而以類似側掃聲納的寬束聲源發射訊號，再由數十個低指向性接收原件所得的訊號，經過交叉運算、增強後得到高指向性的效果。如果沒有此項技術，按聲學原理要設計一個 1° 束寬的聲納，音鼓面將有數十公分寬，那麼六十個波束的測深儀就一定大到無法攜帶(portable)了。

這些研究方向的改變，都有硬體漸趨簡化(成本降低)，接收及處理訊號方式益趨複雜(對電腦相關設備依賴度提高)的共同特色。在此趨勢下，聲納科技未來的關鍵技術將是電腦效能、資料處理運算法及軟體設計能力，而非硬體製作的技術。換言之，現在投入聲納系統研發，所需的硬體成本極低，而發展空間卻極為寬廣。希望本研究能提供學界一個思考方向，加速投入新一代聲納系統的研發，使國內的聲納探勘品質及相關研究能趨近甚或超越國際水準。

致謝

本研究至今得以順利進行首先必須感謝中山大學田文敏教授持續的提供聲納影像資料，並不時與本人進行有益的討論。更要感謝台大海研所宋國士教授多年的指導，提供本人研究所需的學理基礎與實作經驗，並在本人離校後持續提供聲納資料以供研究。最後要感謝愛妻馬青芬，在我日以繼夜寫作程式時能照顧家庭，使我沒有後顧之憂。

參考文獻

- 1.彭國倫著(1997),“精通 Fortran90 程式設計”, 碁峰資訊公司出版
- 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.王國榮著(2000),“Visual Basic 6.0 Windows API 講座”, 旗標出版社
- 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

非文章內容！

希望的發表方式：口頭報告

需要之設備：電腦單槍投影機

作者聯絡資料：

張逸中

成功大學水工試驗所助理研究員

台南市大學路一號

E-mail: sonar@mail.ncku.edu.tw

TEL: (06)2351550

FAX: (06)2094867

2000 年兩岸港口與海岸開發投稿論文