

# 多音束測深之地形解析：以日月潭潭底地形為例

劉佩琨、宋國士

國立台灣大學海洋研究所

## 摘要

本報告是利用 seabat-9001 之 60 多音束測深系統在日月潭所測量之水深資料，展示出在經過資料處理，利用電腦軟體所繪製之水下高解析地形。結果顯示出高頻地形之公尺級的水平解析以及公分級的垂直解析能力，非一般傳統之單音束測深資料所及；加上其系統之施測效率，多音束水下地形之測量當為千禧年後測深工作之必然趨勢。

## 一、前言

日月潭位於台灣中部地區，為台灣面積最大的湖泊（圖一），該潭之形成為利用原有的地形在日據時代（民國 23 年）完成位在西北角之新社壩及西南角的頭社壩，圍堵為封閉的地形區域，並且由濁水溪上游萬大溪武界處開鑿地下輸水涵管引水至日月潭東邊的大明湖入潭，蓄水成潭為兼顧抽續發電觀光灌溉等多功能之湖泊（宋國士,1999）。多音束測深系統自 70 年代發展至今，其中在淺水域地區所表現出地形之高解析能力，有目共睹（Hammerstad, et al., 1985; Hughes Clarke, 1993; Hughes Clarke, 1996）；而日月潭面積廣闊，水面平穩，實為多音束測深之適合場所。

本報告利用美製 seabat-9001 多音束測深系統（Reson,1994），在日月潭蒐集高解析地形資料，並經過差分處理、座標轉換、儀器幾何設定、水中聲速校正、剖面檢查、過濾奇異值等實驗室內資料處理流程後再利用 GMT（Generic Mapping Tools）繪製成地形圖。因為多音束資料可展示出平面上公尺級以及高程上公分級的解析能力；所以在日月潭潭底地形資料除了可顯示在日月潭底之各種微量（數公分至數十公分）形貌之起伏更可以在面狀上表露出潭底之線狀的地形構造；而本資料特別在 921 大地震後所收集，在解讀資料中發現潭底有走向為東北-西南向線狀地形特徵與日月潭外的主要斷層線走向相符，故該潭底之線狀地形生成或發展也許與地震之斷層活動有關。

## 二、實驗室資料處理

資料收集至實驗事後需要經過幾個步驟將資料修正（圖二處理流程圖）：

1. 室內定位差分位置之置換：現場位置資料為即時差分定位系統（RDGPS, Real time Differential Global Positioning System）所給予的定位資料，該資料主要的目的在於導航使用（誤差量約為 5 公尺），而置換成更為精確（誤差量約為 2 公尺）差分定位（DGPS, Differential Global Positioning System）資料。
2. 座標轉換：GPS 所給予的資料為 WGS84 座標系統（單位為度、分、秒），將該球面座標系統改為平面座標系統（單位為公尺）。
3. 水深值置換為高程值：將原有水深資料轉換成高程資料，該高程以平均海水面為零值。
4. 儀器架設之幾何參數：將現場儀器架設的幾何參數輸入至多音束測深處理軟體，以求得正確的水深及位置資料。
5. 聲速校正：利用溫鹽儀量測出調查地區各個深度的聲音傳遞速度給予處理軟體作聲速的校正。
6. 各儀器的資料傳輸時間延遲參數設定：資料收集級處理過程中需要各種感測器給予電腦正確的參數，其中必須將各感測器傳輸到電腦所需的時間加以同步，方能計算出正確的位置及水深資料。
7. 剖面檢查及淘選：將一次擊發所收集的 60 個水深值，檢視奇異值並排除之（圖三）。
8. 過濾高程之邊界值：如在日月潭地區該高程範圍為 719-748.48 公尺間，故將此範圍外的高程值去除。
9. 剖面疊何檢查：利用同一地區來回兩個航線之重

疊區域之水深值作為比較，以檢視該水深資料的正確性，並將不合理的高程資料加以刪除。

10. 繪製地形圖檢視：將高程資料灑在調查地區以檢視資料之分佈情形作為至圖的準備工作。
11. 邊界化：將資料展示出來並決定邊界所在。
12. 網格化：依照所需要製作的地形圖以決定網格的大小。
13. 繪圖

### 三、資料展示及解釋

由日月潭潭底之高解析地形中可以顯示出人工開挖所造成的地形起伏形貌，如圖四之北區顯示出水社壩之水下形貌；南方可見到大觀一場進水口前所開挖的引水道，該尺寸寬為 30 公尺長為 220 公尺。圖五顯示為大觀二場（明湖抽蓄電廠）進水口之潭底地形，引水道西側較東側為深，並且可以觀察到引水道內的地形起伏較引水道外為甚。圖六為明潭抽蓄電廠進水口之地形圖，類似圖五所顯示。

日月潭之東部因為有武界引水入潭，所以將部分萬大溪之沉積物帶至日月潭內並發生堆積現象，並且在潭底以沖積扇的形貌堆積於武界出水口處，並且向西堆積行成兩個明顯之沖積扇（圖七）（宋國士，1999）。而位在較北的第二沖積扇的軸部有一個長約 500 公尺，寬約十公尺之地形凹槽（圖八）；就堆積扇的生成而言，尤其在軸部地區應該發展為一個堆積高區，但此凹槽地形之生成應該與沉積物受潭內抽蓄引水回流所沖蝕形成，或者是在地質上有構造經過而造成凹槽地形。

參考中央地質調查所繪製之台灣地區之構造地質圖（圖九），顯示出在日月潭附近有數條明顯之構造線以東北—西南走向偏南北方向之斷層構造線經過，特別是在日月潭東北方位置，如同上述的第二沖積扇地區；基於構造線的分布趨勢，本研究利用日月潭內之高解析地形，由潭之東北區域向西南個別檢視在潭底所形成之地形現狀及特徵。

圖十為日月潭之中部地區之高解析地形圖，圖中可顯示有一細微的線狀地形生成，有走向為東北—西南方向，長度約為 250 公尺；利用地形剖面檢視，在 BB' 剖面有近一公尺的落差，CC' 剖面約有 30 公分的起伏（圖十一、十二、十三）。

將觀察視窗延線狀向西南移動，可以觀察到大致上本區地形平坦，而由南北方向的模擬光源顯示在本區有東西走向之線狀地形成，長度約為 550 公尺，由 DD' 剖面顯示起伏量約為 12 公分（圖十四、十五、十六）。

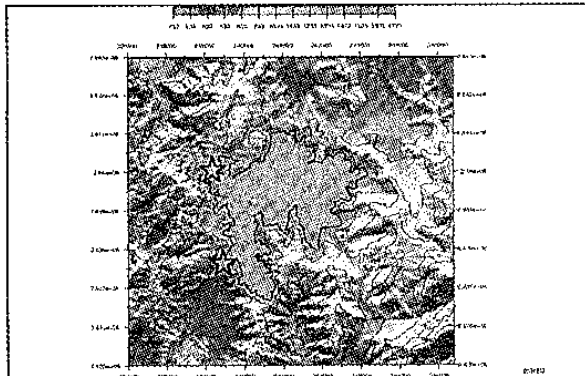
再將視窗移動至日月潭之中南地區如圖十七所示，由高頻之地形起伏可顯示出在圖的西南方有一個兩條西南—東北向的線狀產生，在該特徵上切割一條剖面線，如圖十八所顯示 EE' 剖面有約 40 公分的落差；圖十九為原始資料的分布展示，其中可見原始資料中色階之落差分布，可見該走向與主要的線狀地形走向相同。

由日月潭內各區塊上對東北—西南走向之線狀地形分布及其高程上之落差由一公尺至十幾公分之量級之特徵，故將各個線狀分布之位置、尺寸繪製於圖二十，該圖大致有走向為東北—西南向；而日月潭的地質背景主要是以漸新世早期之白冷層為主（圖二十一），並包含的漸新世中晚期之水長流層；該地層在日月潭之分布以東北向西南方向分布，且在日月潭東北方切入地點大致與第二沖積扇相同，似乎說明日月潭的主要地質構造走向地層走向有關；故日月潭內之線狀地形特徵應該與當地之地質活動，特別是構造上之斷層活動有關。

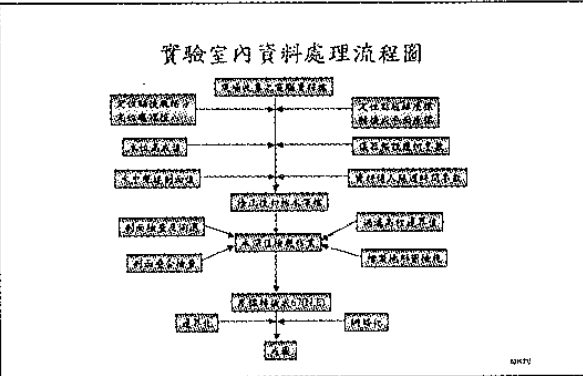
經由以上所論述之日月潭底地形特徵分析該地形特徵，乃是基於利用多音束系統及資料處理所得到之高解析水下地形資料可以達到平面公尺級以及深度公分級的測量精度，以及相較於傳統單音束測深系統 60 倍以上之效率提昇，故多音束測深系統所提供之高解析地形資料勢必為將來水下地形測量，甚至用來調查地表線型構造之最佳選擇。

#### 四、參考資料

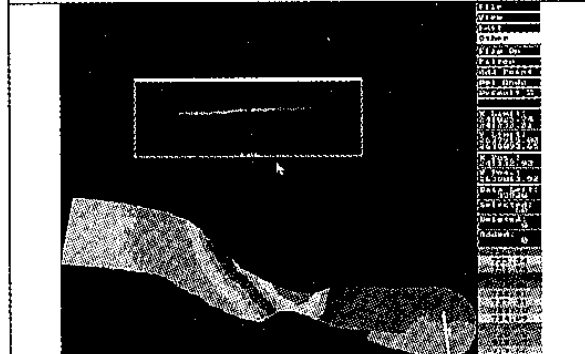
1. 中興工程顧問社，1991，濁水溪上游支流引水計利用計劃可行性研究第一階段綜合規劃研究報告第一冊，台灣電力公司。
2. 宋國士，1997，德基、霧社水庫及日月潭地形調查技術之改善（期末報告），台灣電力公司。
3. 宋國士，1999，濁水河流域水庫泥沙淤積效應及其水力發電之再生能力之評估（I）
4. 宋國士，2000，濁水河流域水庫泥沙淤積效應及其水力發電之再生能力之評估（II）
5. Hammerstad, E., Lovik, A., Minde, S., Krane, L. Steinset, M., 1985, Field Performance of the Benigraph High-Resolution Multibeam Seafloor Mapping System. *MTS-IEEE Ocean 2*, 682-685
6. Hughes Clarke, J. E., 1993, The Potential for Seabed Classification Using Backscatter from Shallow Water Multibeam Sonar, *Proc. Inst. Acoust., Acoustic Classification and Mapping of the Seabed 15*, 381-388, Bath, U.K., April, 1993.
7. Reson, 1994, *SeaBat 9001 Operators Manual Ver. 2.2*
8. Hughes Clarke, J. E., J. E. Mayer, L. A. and Wells, D. E., 1996, Shallow-Water Imaging Multibeam Sonar: A New Tool for Investigating Seafloor Process in the Coastal Zone and on the Continental shelf, in Pratson, L. F. and Edward, M. (eds), *Advanced in Seafloor Mapping using Sidescan Sonar and Multibeam Bathymetry Data*, *Mar. Geophys. Res.* 118, 607-629.



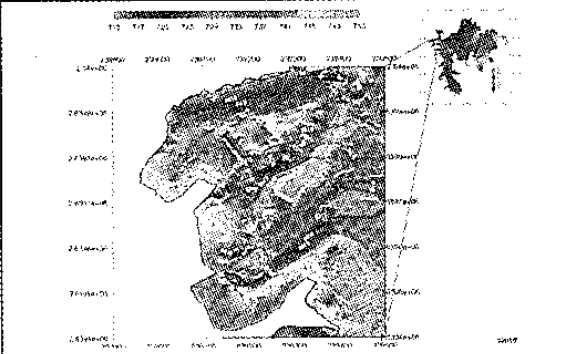
圖一日月潭周圍之地形，其中打星型符號處，西北角為水社壩，西南角為頭社壩。



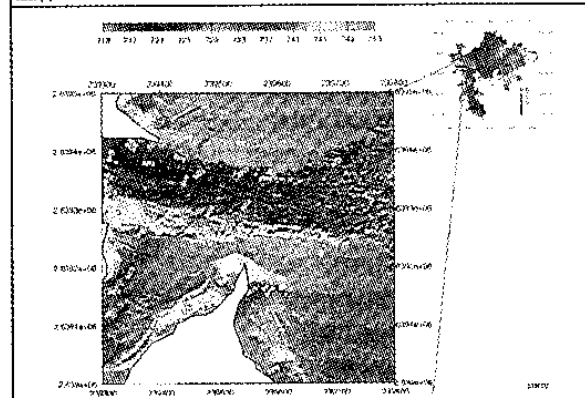
圖二實驗室內之多音束資料處理流程圖



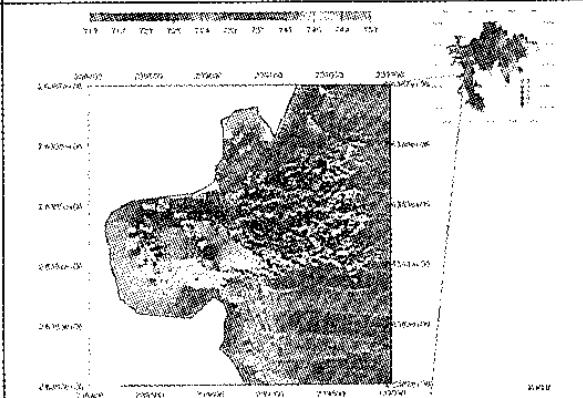
圖三利用 Depth 軟體檢視多音束水深值之分布及奇異值剔除工作



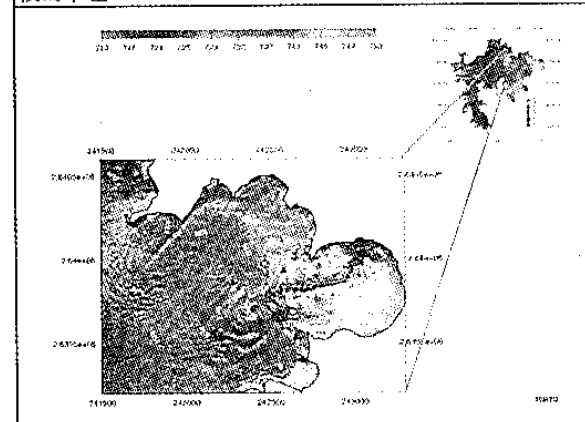
圖四大觀一場進水口之水下地形，可見明顯有人工開挖之引水道，其中光滑區域為無水深值處。



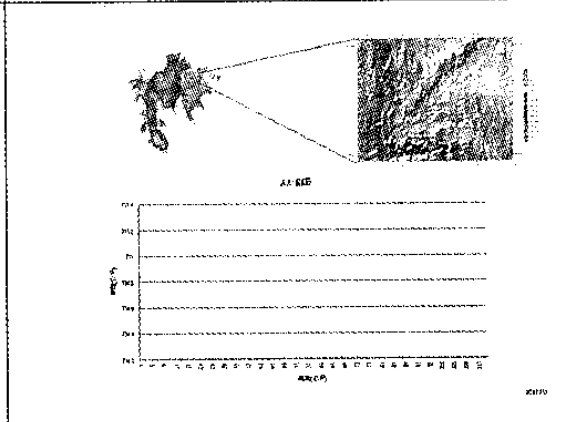
圖五大觀二廠（明湖抽蓄電廠）進水口之水下地形，可見水道內外之地形形貌有明顯之不同，水道內較為崎嶇，外測則較為平坦。



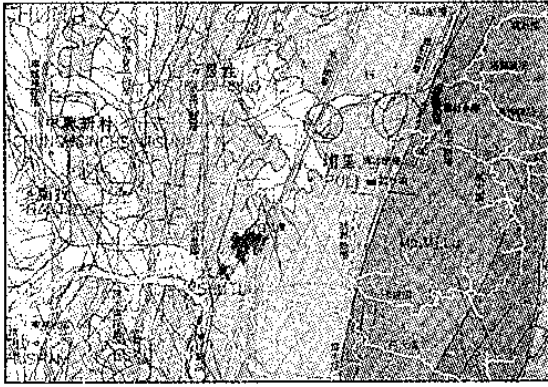
圖六明潭抽蓄電廠進水口之地形圖，大致上與大觀二場進水口相似，其中可見之平滑處為無水深資料區域。



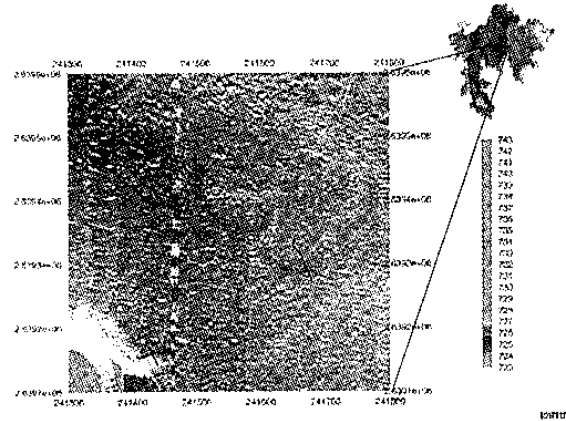
圖七日月潭武界入水口外測之兩個沖積扇，較為北側為第二沖積扇，在其沖積扇的軸部有明顯地形凹區，可能為構造引起或是潭內水流沖蝕而成。



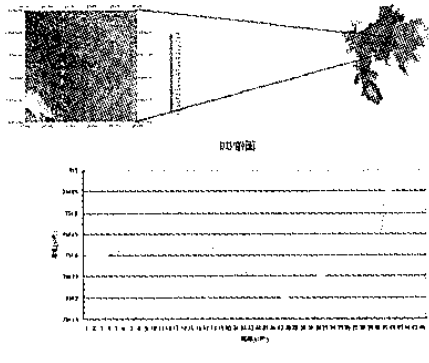
圖八第二沖積扇上之剖面位置及剖面圖，該圖指出該凹槽之寬度約為 60-70 公尺寬，高程差 1.2 公尺，走向為東北-西南向



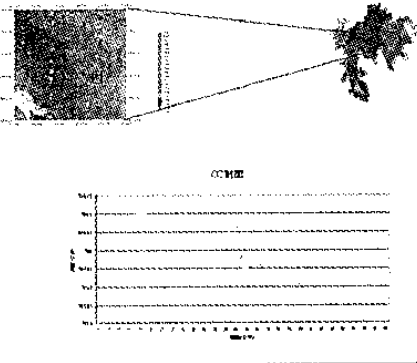
圖九構造圖顯示日月潭西側有水里坑斷層，東側有地震斷層，並且有 2-3 條斷層經過日月潭地區（摘自中央地質調查所，台灣新地體構造圖，1997）。



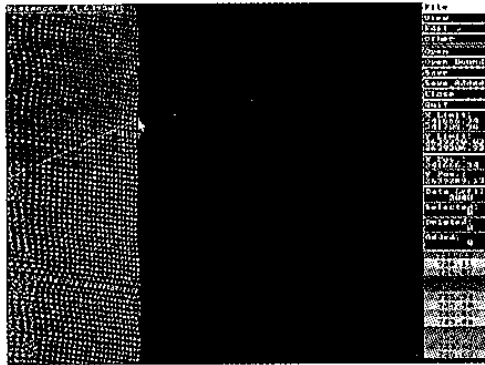
圖十圖中之南部地區可以察覺有細微的地形線狀分布，走向大致維持東北—西南方向，並標示兩個線狀地形上之剖面位置，該圖中垂直分布的帶狀為測勘時儀器誤差及航線效應所引起。



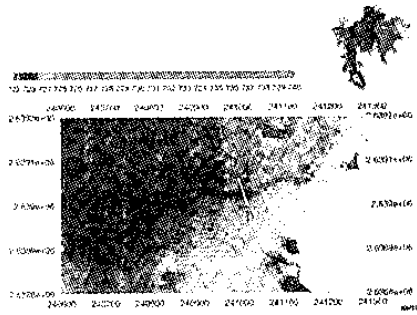
圖十一剖面 BB' 顯示寬 25 公尺，25 公分之垂直落差



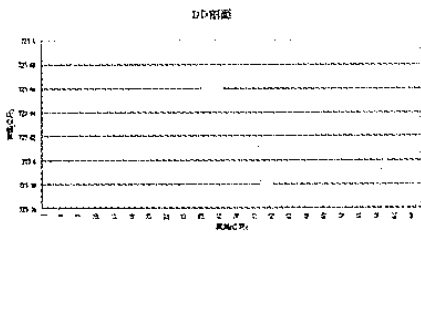
圖十二 CC' 剖面顯示 30 公分落差



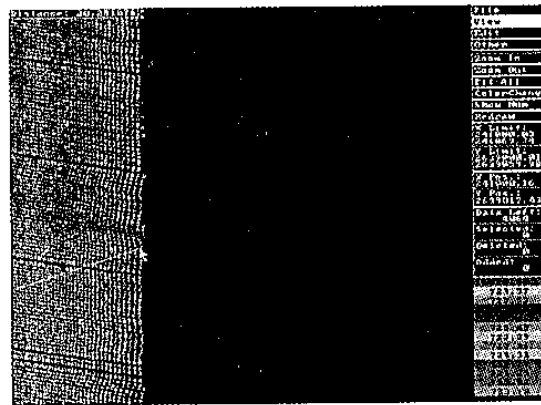
圖十三 CC' 位置之水深原始資料點之分布，由色階上可見有地形上之落差出現。



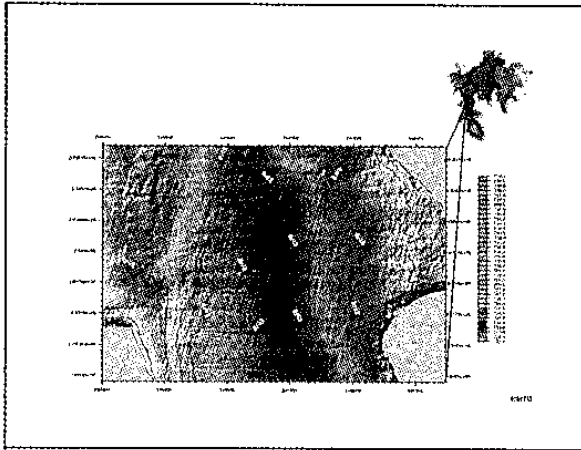
圖十四位於日月潭南部，可見明顯以東北東走向之線狀地形，長度約為 550 公尺。



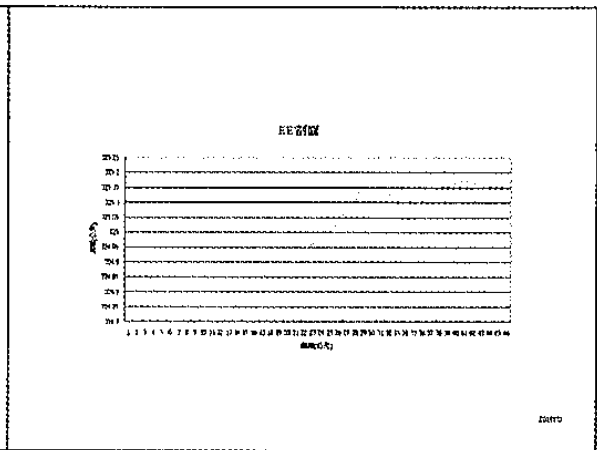
圖十五垂直落差約為 10 公分，寬度約為 20 公尺。



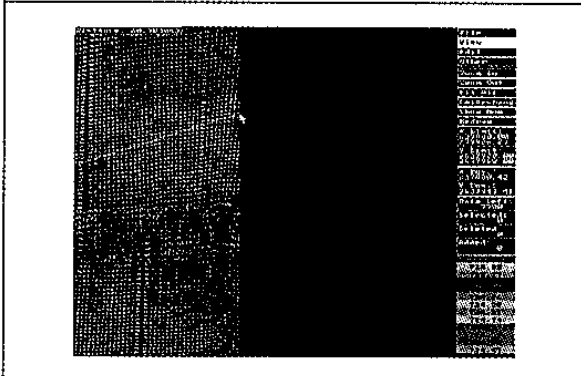
圖十六 DD' 剖面之原始資料展示。



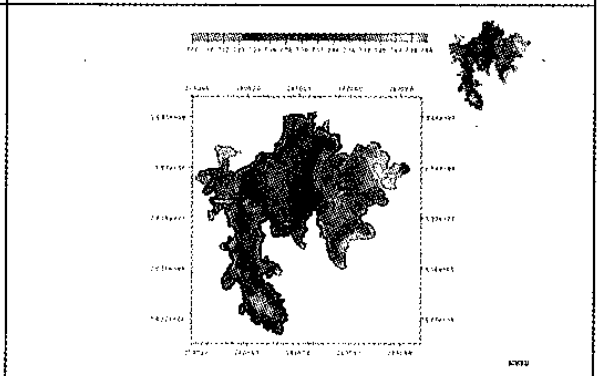
圖十七西南處可見東北—西南走向之線狀地形。



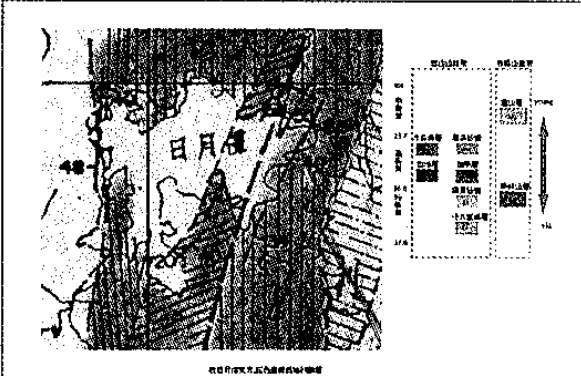
圖十八 EE'剖面之位置如圖十七所示，落差約為 45 公分，寬度為 30 公尺。



圖十九 EE'剖面之原始資料顯示，有明顯之色階差異，走向與圖十七相同。



圖二十將各個地形線狀分部繪至於全圖上，可見該線狀之走向皆以東北—西南向。



圖二十一日月潭附近之地質圖，主要以漸新世早期之白冷層及漸新世中晚期之水長流層兩種地層為主，而且水長流層之分布主要以東北向西南為主。