

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 地球科學科

040501

地震的圖像模型建立

國立新營高級中學

作者姓名：

高二 李穎

指導老師：

沈珮伶 翁相擇

中華民國第 四十五 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：高中組

作品名稱：地震的圖像模型建立

關 鍵 詞：地理資訊系統、地震能量釋放型態

編 號：

<摘要>

本研究主要以一連串地震分析，來討論台灣地區地震能量釋放的型態。首先求出地震活動參數，接著再繪製地震規模的年發生率，最後推算台灣地區地震能量釋放時前餘震與主震所占之比重。

在地震參數上，發現地震活動度較高的月份中，在該月都發生了芮氏規模六級以上的大地震，因其餘震發生的頻率較小震頻繁，因此造成其 a 值較大。另外本研究發現，在大地震來臨之前，地震 A 值會升高，應可視為其 A 值升高之因是由於前震的關係。

在地震規模年發生率方面，繪製出圖表，最後發現台灣地區地震仍以小震多，另外大地震則有一定週期。

在研究最後，了解台灣地區地震常數之後，本研究更以 ESRI 的 GIS 軟體 ArcView9.0 版輸出台灣地震目錄，並從中了解台灣的震測儀器發展。

<Abstract>

This research presents a series of earthquake analyses to discuss earthquake' s energy release type.

First, we evaluated earthquake' s constant and charted the percentage of earthquake measurement every year. Finally, count the after-shocks and the major earthquake measuring 6.0 and above on the ML happening in Taiwan area.

Because the after-shock frequency is more than light earthquakes, as a result it causes the "a" enumeration is large.

According to the percentage of earthquake measurement happening frequency every year, we illustrate a chart. Finally we find that in Taiwan area mirror earth- quakes account for a large percentage and major earthquakes happened regularly.

When we realize the constant of earthquake, the study folds a variety of layers by using ArcView 9.0 edition of GIS (Geography Information System) of ESRI , knowing the earthquake in Taiwan.

壹、研究動機與目的

近年來無論台灣亦或世界各地皆不斷發生重大地震災害，最近的例子就是日本新潟所發生的大地震，連防震做得十分徹底的日本，在地震時皆受到如此重創，基於此我們更需要了解台灣過去幾年所發生在時空分布上種種特性。

地震發生是無法避免的，以目前科技及現在的科學知識，要預測地震實在是困難重重，因此當務之急應著重於如何避免或減輕發生地震後所會帶來的災害，所以決定以地震危害度分析的研究方法，來探討台灣地震型態，進而提醒大家，如何避免再一次發生如此嚴重的地震災害。

GIS (Geography Information System) 亦稱地理資訊系統，是研究地震危害度課題統整與分析的一門利器。GIS 可以在統計分析之後，透過人機介面將研究成果以地圖方式輸出，其好處是讓研究成果不僅僅表達數字，而是經由地圖與統計方法擷取可靠而有用的資訊。

貳、研究設備與器材

- 一、個人電腦一台 (Pentium 4、512MB ram)
- 二、ARCGIS 9.0 一套
- 三、微軟 OFFICE 2003

參、研究方法

一、資料蒐集與來源

本研究使用的資料是由中央氣象局之 FTP 站所下載。另外，亦閱讀他人之論文，從中尋求學習課題解決之道。

二、求出地震活動參數

芮氏規模定則為： $\log \lambda M = a - bM$

式中「M」為地震規模

「 λ_M 」指單位時間內發生規模大於 M 的次數

「a、b」為區域常數。b 值越大，表示該地區的小震比較多；b 值越小，表示該地區之大震比較多。而 a 值大則代表震源區地震活動度高。因此可以由 a 值看出該震區地震活動度，由 b 值看出該地區釋放地震情形是大震多還是小震多。

這個部分主要是利用芮氏規模與其單位時間內發生次數的經驗式找出 a、b 值，有了 a、b 值後，就可以了解該震源時空分區的地震特性分佈。由於此實驗分析數據不適用於 EXCEL 軟體，因此，決定自行設計一個 C 程式，由該程式來回歸求算 a、b 值。資料來源自中央氣象局 FTP 站所下載的資料，依照每一筆資料規模找出大於該筆資料的地震規模有幾筆，這個步驟所得的常數值便為 λM ，得到之後，就以 $\log \lambda M$ 與 M 之間的線性關係，回歸出 a、b 值。

三、繪製地震規模與年發生率之關係圖

一般地震危害度分析，主要以統計方法或其他數學模式進行分析工作，目的為推算出某一場址在地震發生的年發生率或回歸期。分析可得出地震規模與年發生率的關係，應當是幫助本研究了解台灣地區之地震型態的好方法之一。

首先以年為單位，並且以一級為單位統計各地震芮氏規模發生次數，以次數除以年，所得出來的比值便是該規模地震事件年發生率。接著，求出各規模區間年發生率之後，就可以繪製折線圖了。若是次數大震較多，表示能量釋放在大震上較多，反之則為小震多。

四、分析大震前後的地震能量釋放形式

在我們觀察過地震次數分佈後，若以芮氏規模七級為分野，那麼在比值上便會發現大震釋放數非常少，在數據上較沒有意義。因此計劃以規模 6 的地震作為分野，求出規模 6 以上與規模小於 6 的比值，藉此了解台灣之前大震與小震在能量釋放中所扮演的角色。

$$\xi = E1/E2$$

E1：代表規模小於 6 的能量；E2：指規模大於等於 6 的能量。

在能量定義上，我們使用古騰堡-黎克特(Gutenberg-Richter)模式：

$$\text{Log}E = 11.8 + 1.5ML$$

E 為地震的能量，單位則是耳格 (erg)。

五、分析結果

綜合比較各種參數： a 、 b 、 ξ 值，藉此分析台灣地震型態。以參數值差異輸入 GIS 系統中，並用 GIS 疊合台灣圖層，並且使用 ArcView 延伸模組：地理統計分析師將所輸入之參數圖像化，使台灣地震特性可以更容易令人了解，以供日後建設參考。

六、建立歷史地震目錄

我們使用中央氣象局的 DETABASE，由於中央氣象局所取得資料格式是 *.DAT 格式，因此我們將其先轉為 *.TXT；接著使用 EXCEL 將其轉為 *.XLS 進而轉為 *.CSV，轉檔完成之後，將 *.CSV 檔匯入 ARCVIEW 內，輸出地震分布圖，做為地震目錄的呈現。

肆、研究結果與討論

一、地震活動參數

求出地震參數 a 、 b 值後，將 a 、 b 值繪製成折線圖，並且求出 a 、 b 的平均值。

結果討論 I：

a 值方面，在折線圖中，發現有幾個月地震活動頻率高於平均值甚多，在此提出討論，共有 1986 年 11 月、1999 年 9 月、1999 年 10 月、1990 年 12 月。

首先是 1986 年 11 月，其地震活動度 a 值高達 5.28 之多，為本研究採用之地震目錄至 2003 年 12 月止最多的。根據地震資料顯示，在該月發生了知名的花蓮地震，震央在花蓮東偏南 10 公里，當時死亡人口 13 人，房屋倒塌 37 棟；蘇花公路及橫貫公路全線中斷，另外最為人所知的應屬中和華陽市場 2/3 房屋倒塌。

再來是 1990 年的 12 月，該月接連兩天在花蓮地區發生 2 次六級以上大地震，因此造成其 a 值為近百年來第四名，也是地震常數 a 值超過 5 的一筆資料。

而在 1999 年 9 月發生了一個世界知名的「921 大地震」，當然，因為有了 921 大地震也使得 1999 年 9 月的 a 值躍升為百年來第二大。為什麼 921 大地震比 1986 年的花蓮地震規模還要大，可是卻不是第一大，在這裡發現：由於本研究所整理出來的地震目錄以月為單位，花蓮地震發生在當月 15 日，可是 921 大地震發生在該月 21 日，自然有些餘震能量釋放情形便被累計至 1999 年的 10 月，也因為如此，在 1999 年的 10 月，其 a 值也是位居第三。

如相關研究與參數的物理意義統計表示，由地震 a 值可判斷地震活動度，因此由本實驗可判斷，在 921 大地震後，在十月仍然有與 921 主震後的相關能量釋放。

結果討論 II：

在觀察完每個月的 A 值之後，我們仍對在大地震前後地震的 A、B 值會有所變動這個現象感到十分有興趣，因此本研究便繼續進行每日的地震 A、B 值分析。(如圖二)

我們以與每月的地震 AB 值回歸分析相同的方法進行每日的地震 A、B 值研究工作，是使用相同的 C 語言程式。

我們發現，在九二一大地震來臨之前的前一天，地震的 A 值竟大幅提高，在平常的日子，地震的 A 值都大略在 2~3 之間，但是在九二一大地震前夕（九月二十日），當天之 A 值飆升至 4.1 左右（九月二十一當天之 A 值為 5.1），有鑑於此，我們便推論，是否在大地震發生的前夕都會有 A 值升高的情形呢？爲了要知道是否每個地震皆爲如此，我們決定再拿 1986 年十一月十五日所發生在花蓮之大地震來實驗分析。

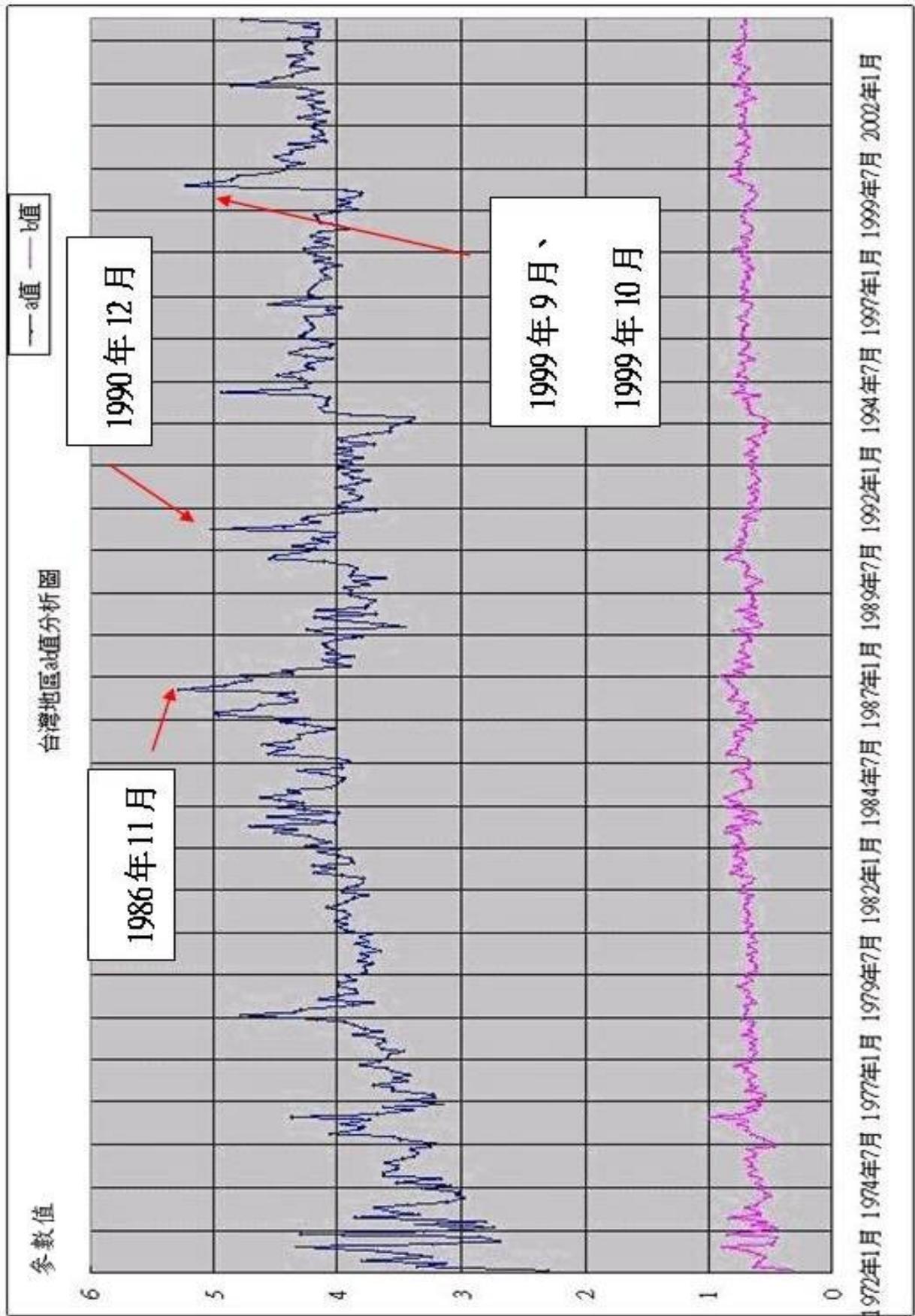
如圖三，1986 年十一月十四日的 A 值，亦有上升的趨勢，爲 3.59 較之前 2.2~3.2 之間要高，而十一月十五日當天的 A 值爲 4.55。

結果討論 III：

因爲由 b 值方面可看出台灣地震能量釋放情形，這一點是很重要的，因爲地震所累積能量是一定的，只是其能量以大震或小震的釋放方式不同，便會對參數帶來差異；一個地區的地震，若在平日以小小的規模分別釋放，能量就不會累積，可是相反的，若一個地區平日都沒有發生地震，直到有一天，僅在一次發出能量，此地震的大小可想而知。

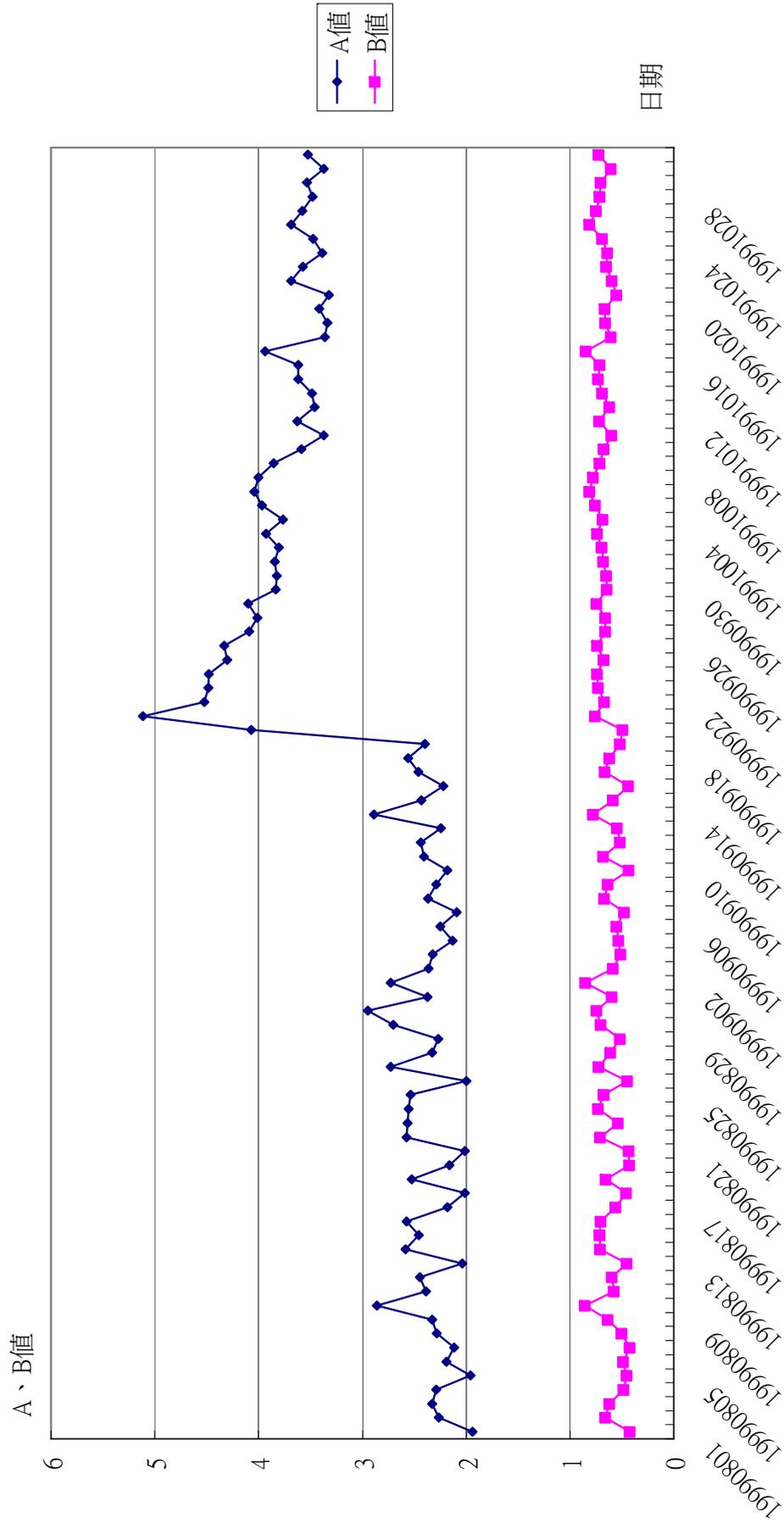
實際的例子，就像是 921 大地震，車籠埔斷層僅在百年前活動過，在 1999 年 9 月 21 日那一天，便以大震釋放模式釋放了積存已久的能量。

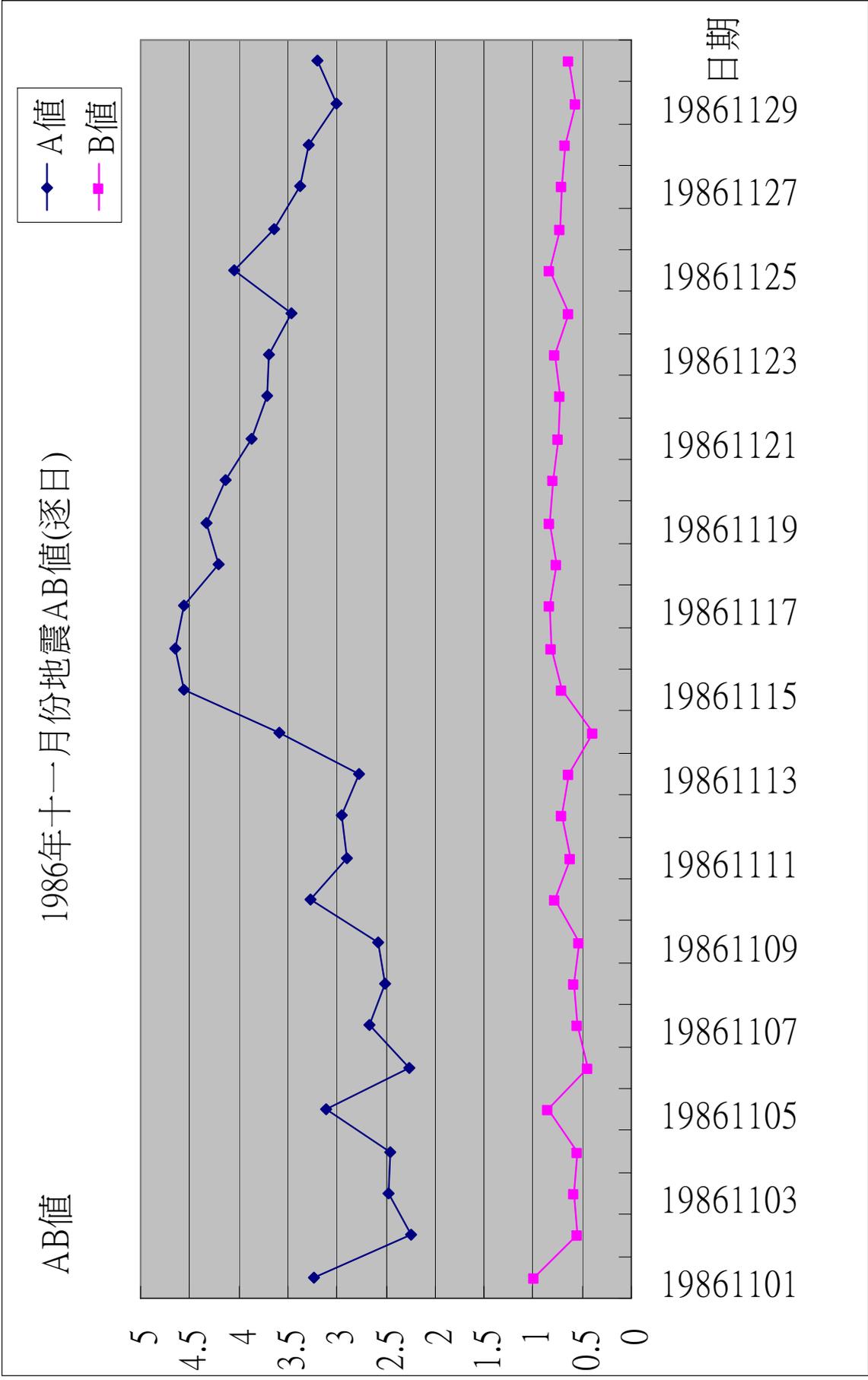
在實驗中，發現我們所設定的分區便是整個台灣地區，由於 b 值需要比較才能得知該參數大小的意義，因此 b 值在目前研究中不會有差異，這個方面，將在日後以 GIS 軟體輔助，將台灣加以分區，如此一來便可加以比較台灣各地 b 值的差異。



〈圖一〉

921大地震前後之地震A、B值變化趨勢圖(每日)



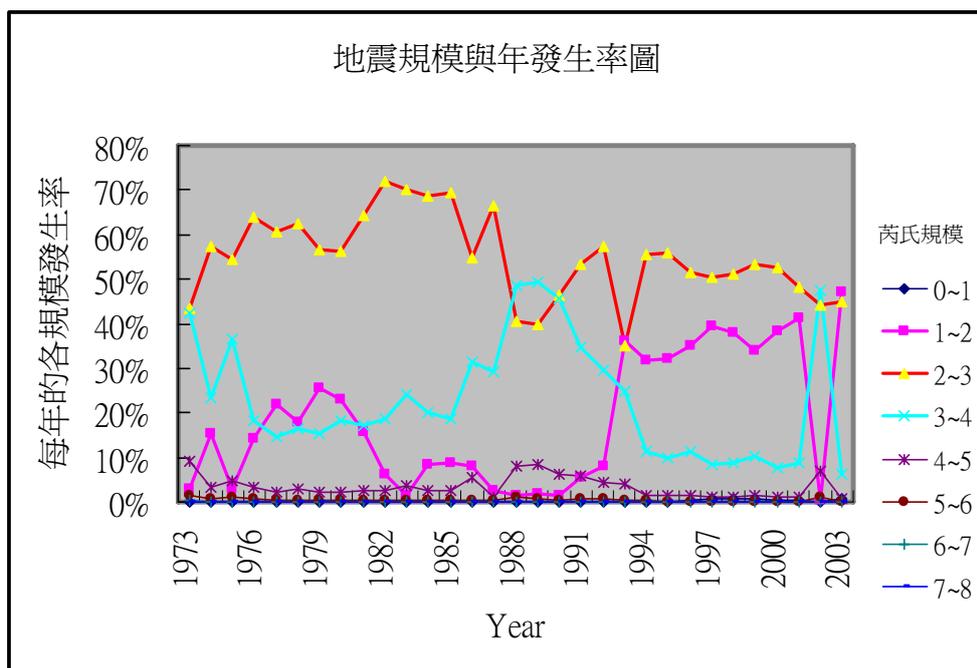


〈圖三〉

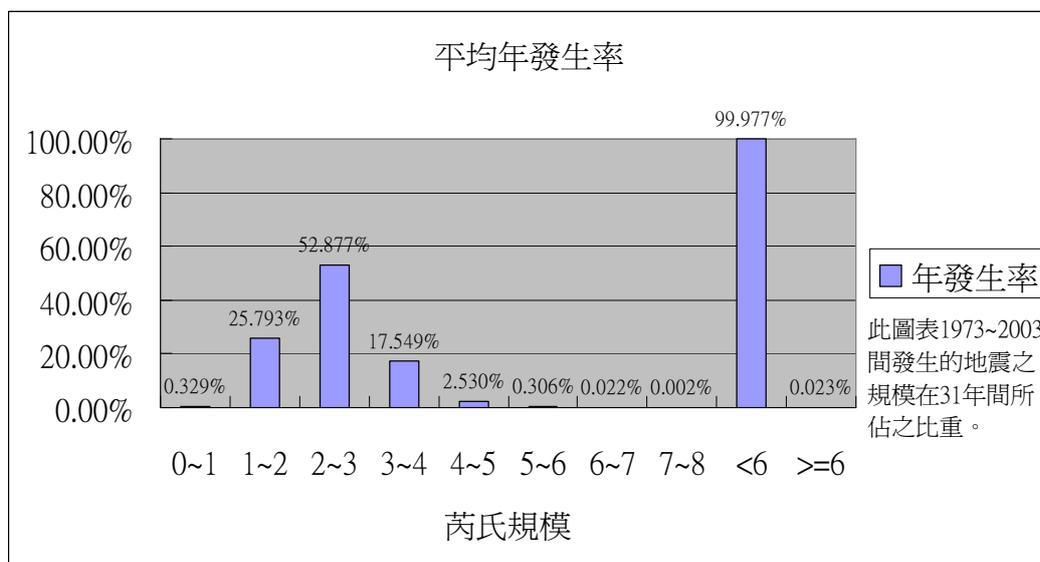
二、地震活動年發生率圖

依照前文所述，繪製出折線圖後，可以從中發現，台灣地區主要還是規模小的地震所發生的「次數」較多。而且依照圖四發現，在圖中，若是 2~3 級地震多則 1~2 級地震便少，我們認為那是因為分級方式所造成。

在這個實驗部份，由於是以次數來繪製折線圖，可是在此必須提出一個懷疑，難道單憑次數即可判定地震能量已經逐漸釋放？若是小震亦多，可是釋放小震的能量不及地震能量累積的多，地震的能量仍舊不斷累積。也因為如此，我們再設計了一個以能量的比值為比較依據的數據分析工作。



<圖四>



<圖五>

三、地震能量釋放形式

依據圖六可以看出，近年來地震活動度，在小地震能量釋放上越趨活躍。不過，也由於如此，可從中推斷，目前應屬地震的相對平靜期（因為大地震並未發生）。



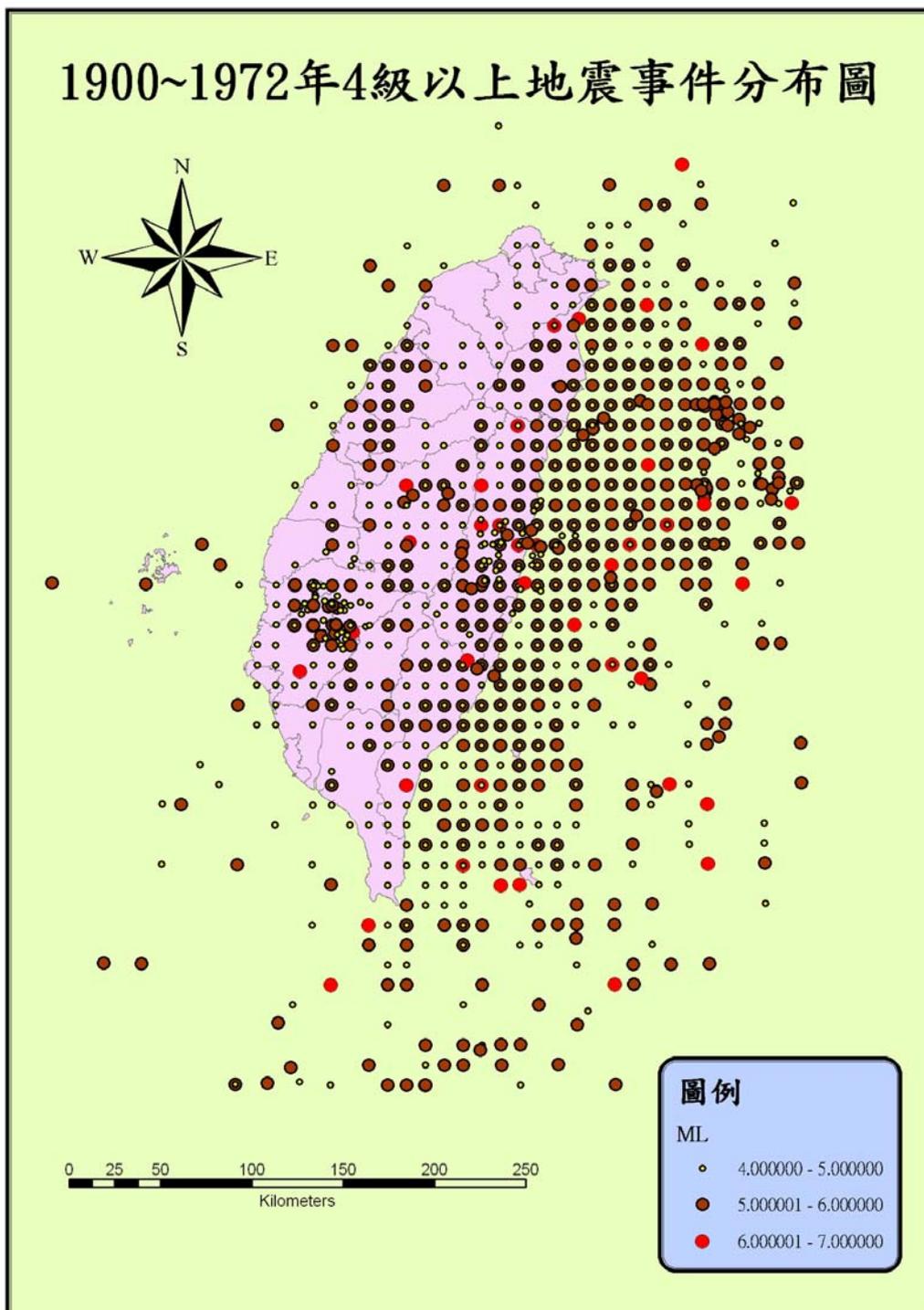
<圖六>

四、地震目錄輸出

在 GIS 中建置地震資料庫是一件相當必要的事，建立在 GIS 資料庫中的地震資料可以很迅速的被查詢、篩選、展示及應用，同時在系統中做各種相關圖層的套疊便可很輕易的幫助我們了解地震的危險度。

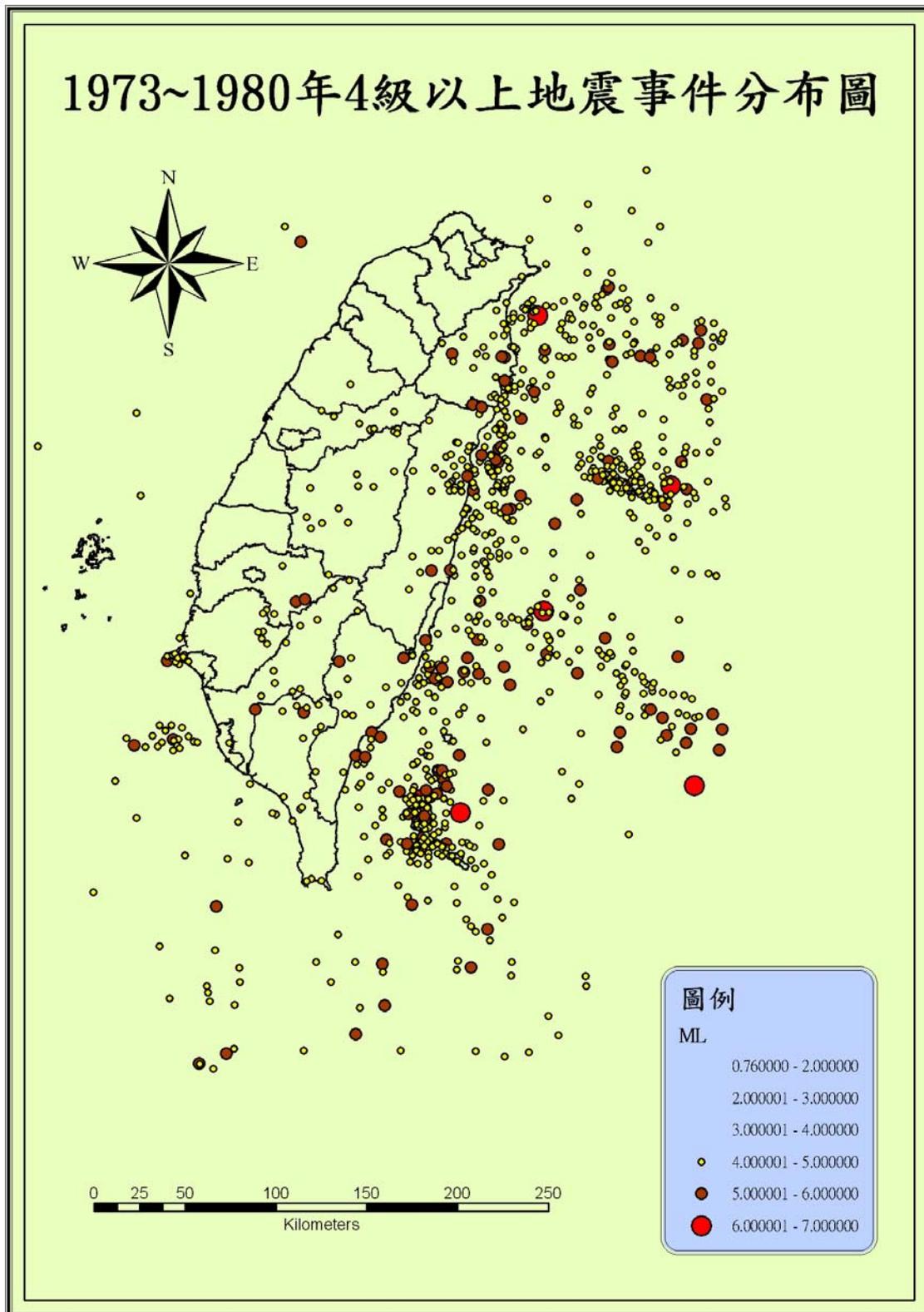
在此輸出所建立的地震目錄，藉此來學習 GIS 技巧，並且了解台灣地震儀器史。

1. 1900~1972 年之地震事件分布，因為當時地震儀器並沒有十分準確，因此地震事件便分布成網格狀。

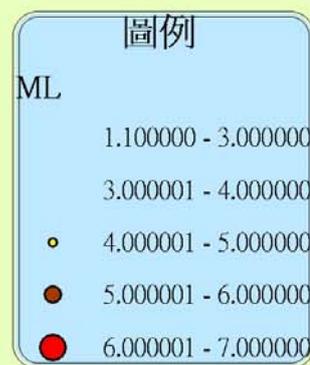
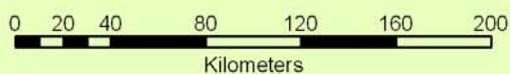
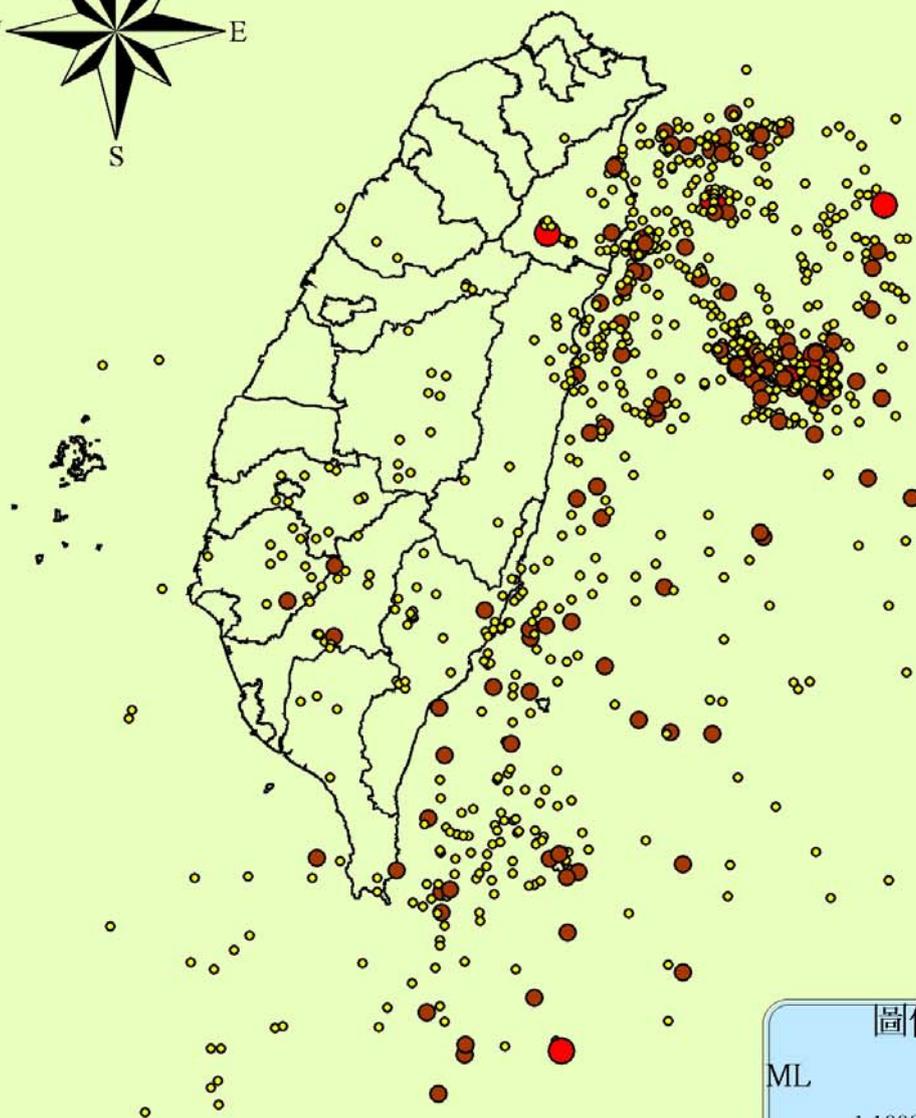


2. 1973~1980 年之地震分布圖

由於 1973 年後地震儀器轉換，因此資料量也變多了，所以在此，本研究將地震目錄區隔為約 5 年一組，以保持圖表輸出清晰度。



1981~1985年4級以上地震事件分布圖



伍、結論

本研究設計的分析方法與結果中，由各項研究數據，可以發現，台灣地震型態皆為小震多，偶爾發生大地震則只分布在某些久未發生地震的斷層上。

在地震 A 值的數據分析方面本研究發現，在大地震來臨之前，地震的 A 值會有上升的情況，由於 A 值是代表當時的地震活動度，因此或可說是該大地震的前震所引起 A 值的升高。就此而言，本研究已利用 A 值及其圖像模型找出大地震前的發震型態及蘊震模式。

接下來的這個年度，我們計畫將研究數據，分析成果，再輔以 GIS 做更進一步研究分析。

陸、參考文獻

一、中文期刊論文

1. 陳頌文，1995，由模擬斷層錯位分布估計地動加速度，國立中正大學地震研究所碩士論文
2. 傅玉琳，2003，台灣小規模地震再發統計模式參數研究，國立中正大學地震研究所碩士論文
3. 潘燕弘，1998，嘉南地區地震危險度分析-以 GIS 為工具，國立中正大學地震研究所碩士論文
4. 鄭錦桐，1997，台灣地區地震危害度分析－使用新的震源分區，國立中央大學地球物理研究所碩士論文
5. 歐國斌，1994，台灣西南部地動估計（二）：地殼參數和震源參數之研究，行政院國科會專題研究計畫成果報告，NSC 83-0414-P-194-002-B
6. 鄭錦桐、李錫堤、蔡義本，1998，利用地理資訊系統輔助地震危害度分析，地工技術 69：41~50
7. 葉永田、鄭世楠、李靜、辛在勤、陳承俊，1994，台灣數個地震目錄的地震定位與規模之評估，交通部中央氣象局地震測報中心技術報告，CWB-82-2E-01
8. 羅俊雄、葉超雄、葉永田，蔡益超，1991，台灣地區地震危害度分析及其方法研究，國立台灣大學工學院地震工程研究中心報告
9. 羅俊雄、簡文郁，1993，台灣地區地震危害度分析-程式建立，中央氣象局計畫，CEER R82-06

二、英文期刊論文

1. ESRI, INC , 1992 , Understanding GIS the ARC/INFO Method, Redland, CA, 433p
2. Gutenberg, B. And Richer, C. F. , 1944 , Frequency of earthquake in California, Bull. Seism. Soc. Am, 34, pp.185-188
3. Yi-Ben Tsai、Ming-Wey Huang , Strong ground motion characteristics of the Chi-Chi, Taiwan earthquake of September 21, 1999. , Earthquake Engineering and Engineering Seismology Volume 2, NO.1, March 2000, pp. 1-21

三、中文圖書

1. 陳錦嫻 , 2003 , GIS 技術與實務應用 , 新文京開發出版有限公司
2. 蔡博文、許巖璨 (2001) 新一代地理資訊系統－ArcView8.X 剖析 , 崧旭
3. 林祥偉、孫志鴻、許巖璨 (2002) ArcView 8.X 進階篇 , 崧旭

< 附錄 >

說明：附錄一為求算地震常數的 C 語言程式

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

void clean_array(long int count_times[],long int count_acc[])
{
for(int k=0;k<800;count_times[k]=0,count_acc[k]=0,k++);
}

void calc_acc(long int count_times[],long int count_acc[])
{
count_acc[799]=count_times[799];
for(int j=798;j+1>0;count_acc[j]=count_times[j]+count_acc[j+1],j--);
}

void calc_reg(long int count_times[],long int count_acc[],int tmp_year,int tmp_month,char
tmp_str[])
{
double sigmaxy=0,sigmax=0,sigmay=0,sigmaxsquare=0,a,b;
int j,k;
double tmp_k,tmp_j;
for(k=0, j=0;k<800;k++)
{
if(count_acc[k]!=0 && count_times[k]!=0)
{
j++;
tmp_k=k;
sigmaxy=sigmaxy+(tmp_k+1)/100*log10(count_acc[k]);
```

```

        sigmax=(tmp_k+1.0)/100+sigmax;
        sigmay=sigmay+log10(count_acc[k]);
        sigmaxsquare=sigmaxsquare+(tmp_k+1)*(tmp_k+1)/10000;
    }
}
if(j!=0&&j!=1)
{
    tmp_j=j;
    b=(sigmax*sigmay-tmp_j*sigmaxy)/(tmp_j*sigmaxsquare-sigmax*sigmax);
    a=sigmay/tmp_j+sigmax/tmp_j*b;
    sprintf(tmp_str,"%d,%d,%lf,%lf\n",tmp_year,tmp_month,a,b);
}
else
    sprintf(tmp_str,"%d,%d,can't calc\n",tmp_year,tmp_month);
}

void get_words(int start_no,int get_no,char buffer[],char get_word_str[])
{
    for(int i=0;i<get_no;get_word_str[i]= buffer[start_no+i],i++);
    get_word_str[i]='\0';
}

long int count_times[800], count_acc[800];
void main (void)
{
    long int count_times[800], count_acc[800];
    FILE *fp_in,*fp_out;
    fp_in=fopen("e_o_data.txt","r");
    fp_out=fopen("e_o_mont.txt","w");

```

```

int tmp_year,tmp_month,i=0,now_year,now_month,tmp_value,count_first=0;
double now_level;
clean_array(count_times,count_acc);
char buffer[200],get_word_str[5],tmp_str[100];
while(fgets(buffer,200,fp_in))
    {
        get_words(0,4,buffer,get_word_str);
        now_year=atoi(get_word_str);
        get_words(4,2,buffer,get_word_str);
        now_month=atoi(get_word_str);
        get_words(39,4,buffer,get_word_str);
        now_level=atof(get_word_str);
        if(count_first==1&&tmp_month!=now_month)
            {
                calc_acc(count_times,count_acc);
                calc_reg(count_times,count_acc,tmp_year,tmp_month,tmp_str);
                fputs(tmp_str,fp_out);
                i=0;
                clean_array(count_times,count_acc);
            }
        else
            i=1;
        tmp_year = now_year;
        tmp_month=now_month;
        tmp_value=floor(now_level*100-0.5);
        count_times[tmp_value]++;
        count_first=1;
    }
get_words(0,4,buffer,get_word_str);

```

```
now_year=atoi(get_word_str);
get_words(4,2,buffer,get_word_str);
now_month=atoi(get_word_str);
get_words(39,4,buffer,get_word_str);
now_level=atof(get_word_str);
calc_acc(count_times,count_acc);
calc_reg(count_times,count_acc,tmp_year,tmp_month,tmp_str);
fputs(tmp_str,fp_out);
fclose(fp_in);
fclose(fp_out);
}
```

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 地球科學科

040501

地震的圖像模型建立

國立新營高級中學

評語：

1. 缺代規模與次數關係圖。
2. 逐日計算時，誤差會很大。
3. 能藉相關資料，統計分析其特色，值得肯定。