# 歷史地震波形資料處理與分析

鄭世楠　王子賓
健行科技大學空間資訊與防災研究中心

蕭乃祺　江準熙　邱太乙
中央氣象局地震測報中心

## 摘　　要

本計畫擬針對目前中央氣象局地球物理資料庫系統(Geophysical Database Management System；GDMS)之歷史地震波形資料庫，發展一套歷史地震波形資料處理程序。處理程序包括數位化(Digitizing)、筆桿長度修正(Correction of arm length)、等間隔內插(Equal spacing interpolation)、基線修正(Baseline correction)、儀器效應修正(Instrument correction)、帶通濾波(Bandpass filter)等程序。應用發展的波形資料處理程序優先處理1906年梅山地震、1908年璞石閣地震、1935年新竹臺中地震等重大災害地震。所得結果除作研究震源機制、地震活動、板塊構造的基本參考資料。此外，本計畫持續整理1950-1958年宜蘭測候所收錄之原始波形紀錄58張，所得結果儲存於中央氣象局地球物理資料庫系統(Geophysical Database Management System；GDMS)之歷史地震波形資料庫。

**The project will develop a historical seimogram data processing procedures for the database of historical seismogram of Geophysical Database Management System (GDMS). Data process including digitizing, correction of arm length, equal spacing interpolation, baseline correction, instrument correction, and bandpass filter procedures. Waveform data processing program priority in major disasters earthquakes, such as the 1906 Meishan earthquake, the 1908 Basshisho earthquake, and the 1935 Hsinchu-Taichung earthquake. The results will serve as focal mechanism, seismic activity, plate tectonics studies reference. In addition, the project continued to organize 58 seismograms at I-lan observatory during 1950-1958. The results are stored in the database of historical seismograms of GDMS.**

# 壹、前言

地震儀的歷史相當短，有地震紀錄的地震僅剛超過一百年，1960年以後才有較佳解析度的地震紀錄，限制了地震學的研究，更顯得歷史地震波形與紀錄的重要性(Kanamori et al., 2010)。臺灣地區自1897年12月19日於臺北測候所設置格雷－米爾恩型地震儀(Gray-Milne seismograph)開始進入儀器觀測地震時期，其後陸續在各測候所各類型的地震儀。從早期無阻尼器之機械式地震儀至現代化高倍率的電磁式地震儀，包括格雷－米爾恩型地震儀(Gray-Milne Seismograph)、大森式水平地震儀(Omori horizontal seismograph)、大森式微動儀(Omori tremometer)、簡單地震儀(portable seismograph)、強震儀(strong motion seismograph)、威赫式地震儀(Wiechert seismograph)、加速度地震儀(acceleration seismograph)、電磁式地震儀(Electromagnetic seismograph)等。這段期間收錄了相當豐富且重要的歷史地震波形與紀錄。鄭世楠等(2013, 2014)建置了臺灣地區歷史地震波形資料庫，收錄了自1900年以來超過1,500張歷史地震波形紀錄，同時以網頁的方式(http://gdms.cwb.gov.tw/HisEq/index.php)展現相關資訊與歷史地震波形紀錄。由於只有波形影像紀錄，無法直接使用。有鑑於此，本計畫擬發展一套適合臺灣地區的歷史地震波形資料處理流程，將歷史地震波形影像檔數位化，經由數位化、筆桿長度修正、等間隔內插、基線修正、儀器響應修正與帶通濾波等處理後，即得到真實的地動記錄。以作為研究地震震源、地震活動、板塊構造以及評估地震災害潛能和工程規劃的基本參考資料。此外，氣象局儲存有超過十多萬張歷史地震波形紀錄尚未整理，本計畫擬將持續整理歷史地震波形紀錄，以充實中央氣象局地球物理資料庫系統(Geophysical Database Management System；GDMS)之歷史地震波形資料庫。

# 貳、研究方法及進行步驟

臺灣地區自1897年12月19日於臺北測候所設置格雷－米爾恩型地震儀(Gray-Milne seismograph)開始進入儀器觀測地震時期，並收錄了相當豐富的地震波形資料。從早期無阻尼器之機械式地震儀至現代化高倍率的電磁式地震儀，包括格雷－米爾恩型地震儀(Gray-Milne Seismograph)、大森式水平地震儀(Omori horizontal seismograph)、大森式微動儀(Omori tremometer)、簡單地震儀(portable seismograph)、強震儀(strong motion seismograph)、威赫式地震儀(Wiechert seismograph)、加速度地震儀(acceleration seismograph)、電磁式地震儀(Electromagnetic seismograph)等。鄭世楠等(2013, 2014)整理煙燻紀錄紙的歷史波形記錄，以300 dpi 的解析度儲存為數位影像檔，並分類為原始波形歷時紀錄、複製地震紀錄、微縮影片地震紀錄、文字敘述地震紀錄等四大類，建置成臺灣地區歷史地震波形資料庫(1900-1972)(網址：http://gdms.cwb.gov.tw/HisEq/)。本計畫針對原始波形歷時紀錄、複製地震紀錄、微縮影片地震紀錄等三類波形進行資料處理

與分析。為了將原始的地震記錄轉換成為真實的地動位移，必需進行適當的處理。本計畫的資料處理過流程如圖1所示。

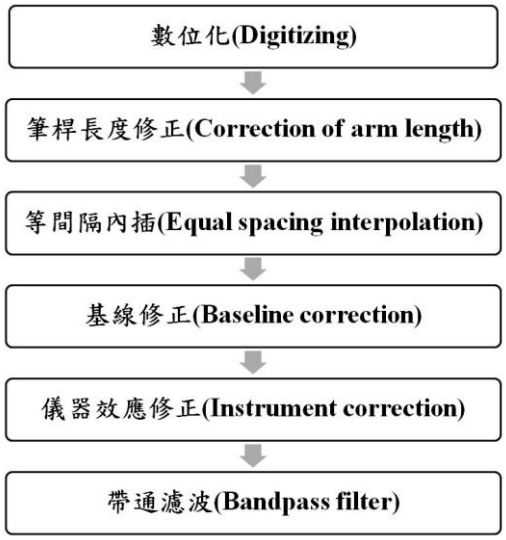
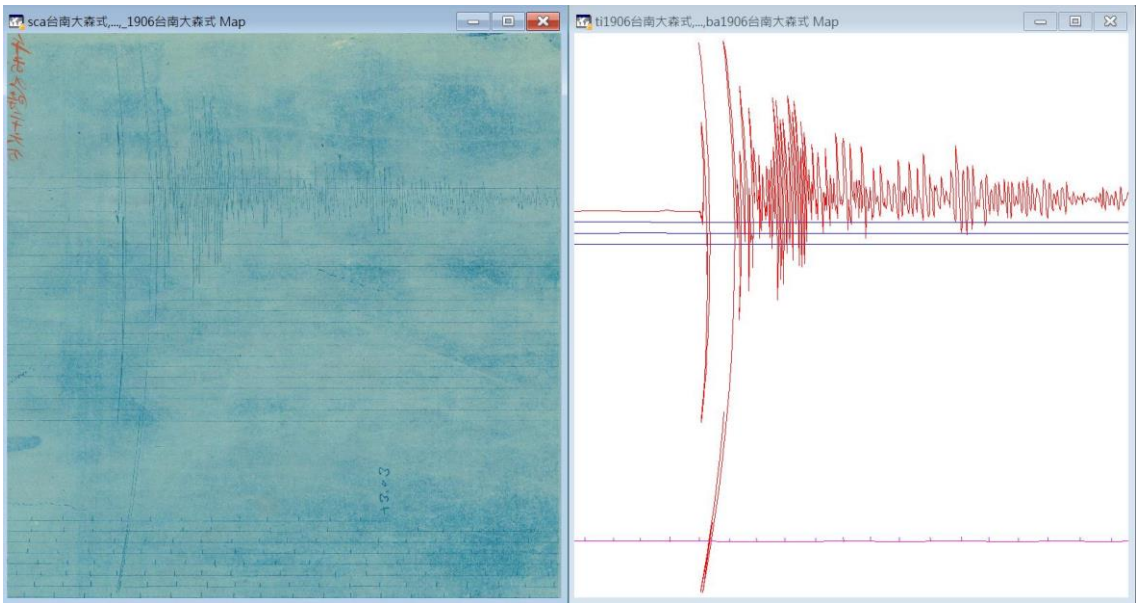


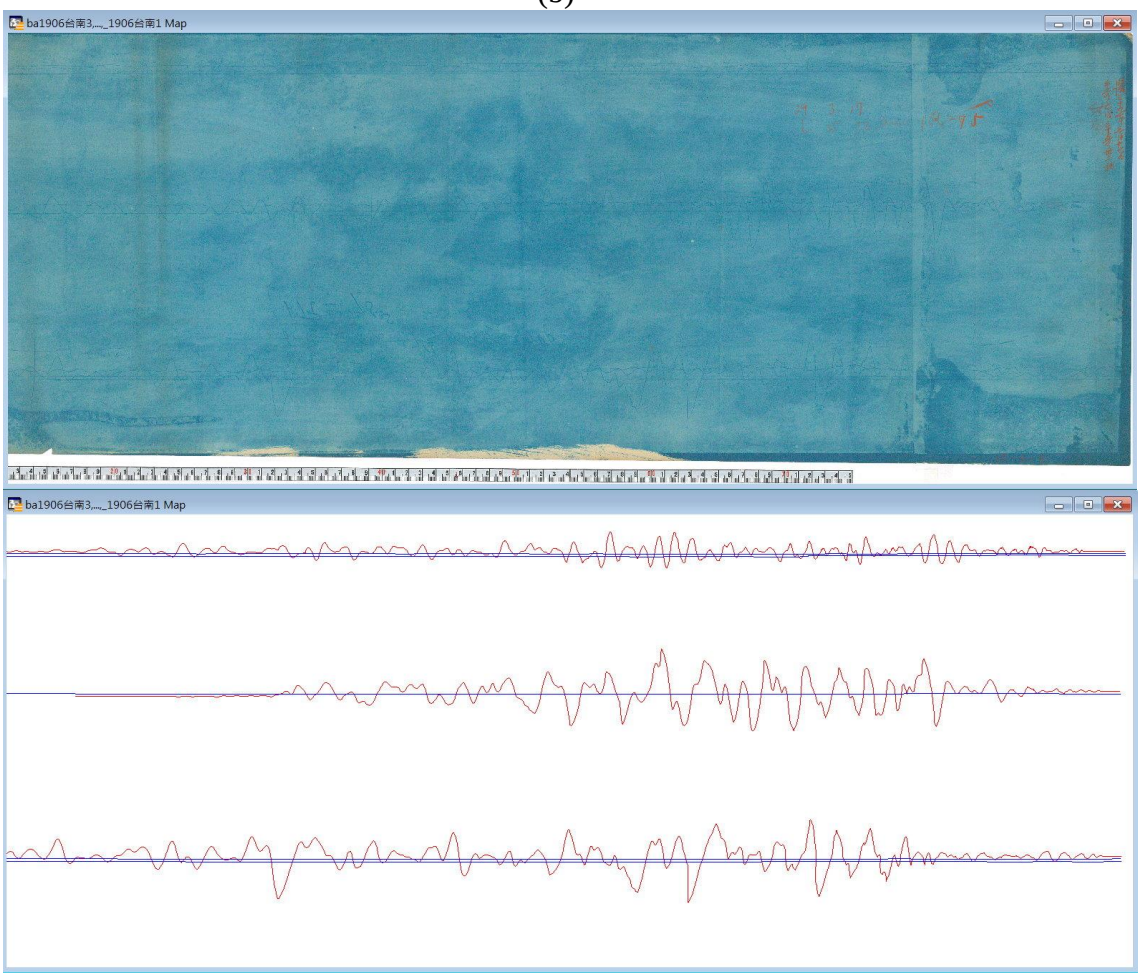

圖 1、歷史地震波形資料處理過流程示意圖。

歷史地震波形資料處理過流程包括數位化(Digitizing)、筆桿長度修正(Correction of arm length)、等間隔內插(Equal spacing interpolation)、基線修正(Baseline correction)、儀器效應修正(Instrument correction)、帶通濾波(Bandpass filter)等，並以中央研究院地球科學研究所處理SMA-1強震儀之類比式地震記錄的方法與計算機程式(Hudson, 1979；王惠敏,1988)做為資料處理的骨架。

(一)數位化(Digitizing)：數位化處理步驟參照林燈河(1987)、Inoue. and Matsumoto (1988)、葉永田等(1997, 1998)的方法為基礎，本計畫將以往類比式記錄的數位化程序，修改以數位式地震紀錄影像進行數位化工作。由臺灣歷史地震波形資料庫中篩選有關1906年梅山地震、1908年璞石閣地震、1935年新竹臺中地震的波形記錄的影像檔(300 dpi)，使用地理資訊系統軟體MapInfo進行數位化工作，數位化結果如圖2至圖4所示。

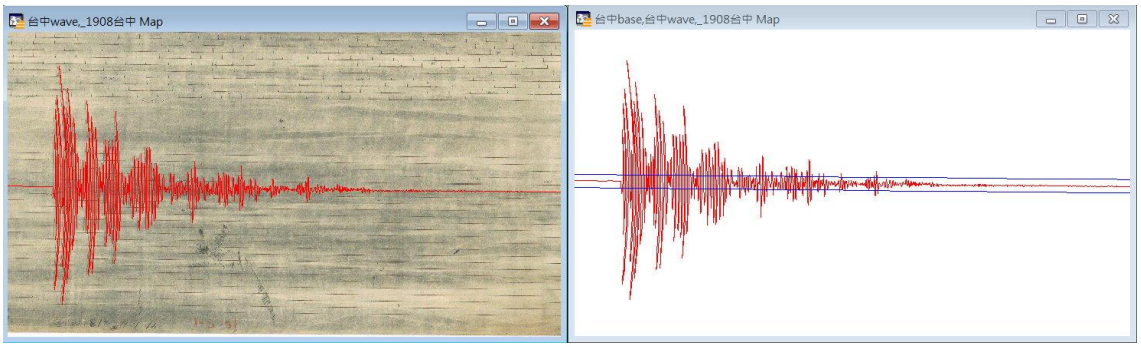



(b)

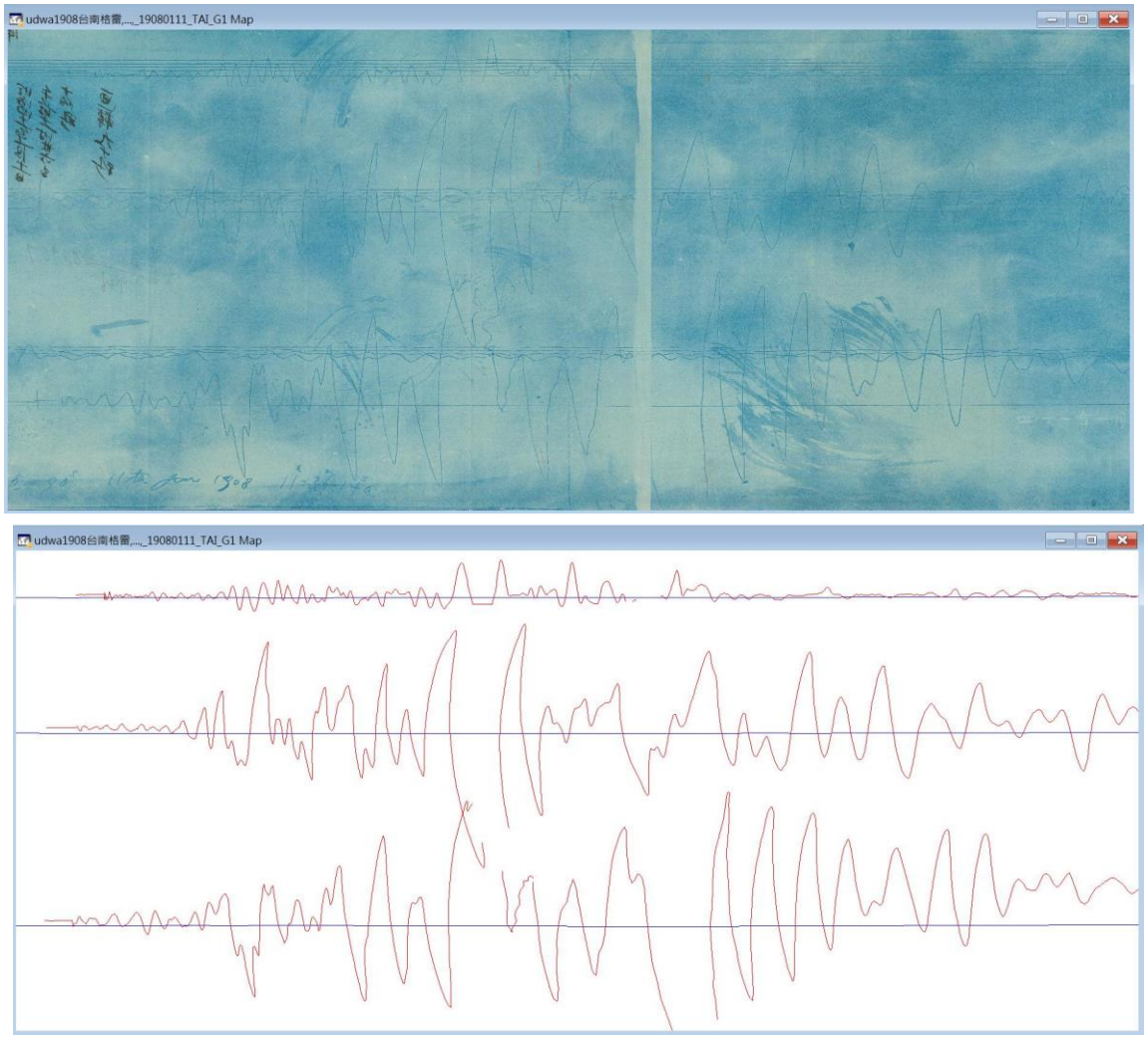



(a)

圖 2、1906 年梅山地震波形紀錄數位化情形：(a).臺南測候所格雷－米爾恩型地震儀收錄之波形，上圖為微縮影片數化後的影像檔，下圖為波形數位化情形，由上而下依序為上下、北南、西東方向；(b).臺南測候所大森式水平地震儀收錄之波形與數位化情形。

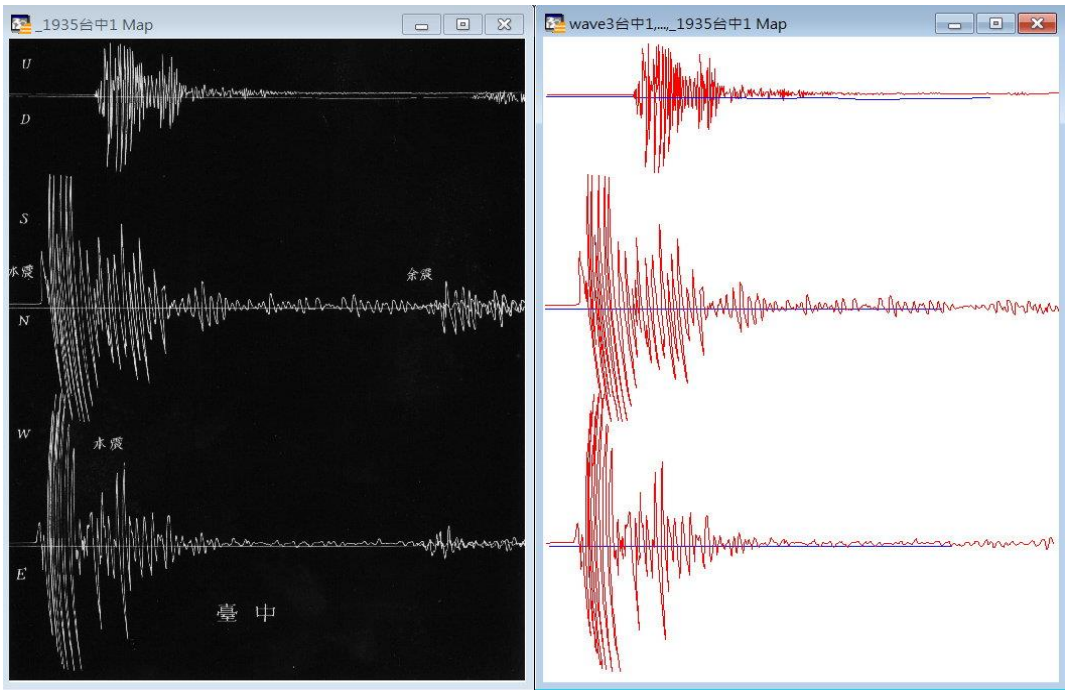



(b)

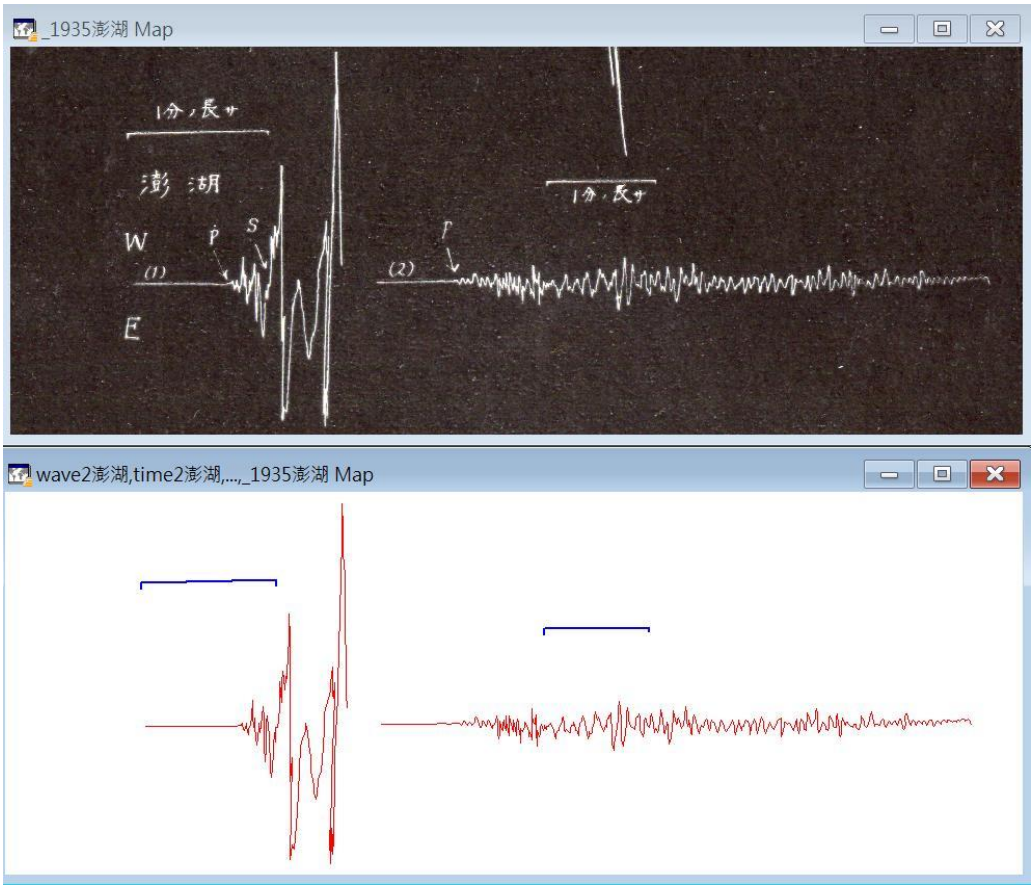



(a)

圖 3、1908 年璞石閣地震波形紀錄數位化情形：(a).臺南測候所格雷－米爾恩地震儀收錄之波形記錄數化情形；(b).臺中測候所大森式水平地震儀收錄之波形紀錄數位化情形。



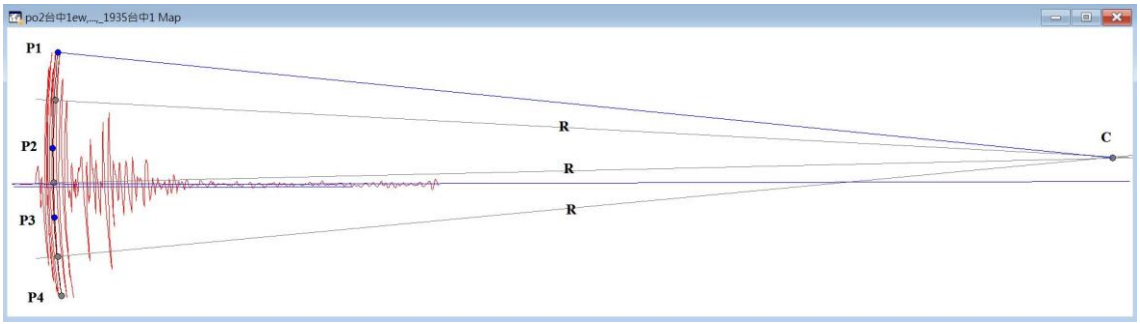

(a)




(b)

圖 4、1935 年新竹臺中地震波形紀錄數位化情形：(a).澎湖測候所大森式水平地震儀收錄之波形與數化情形；(b).臺中測候所今村式二倍強震儀收錄之波形紀錄數位化情形。

(二)筆桿長度修正(Correction of arm length)：機械式地震儀的感應器之訊息透過筆桿記錄在滾筒上的燻煙紙。當振幅較大時即會產生圓弧的現象(圖 2-4)。此項修正即是去除由筆桿造成的圓弧效應。本文參考 Inoue and Matsumoto (1988)、葉永田等(1996, 1997)之方法來計算筆桿的長度，方法如圖 5 所示：先挑選振幅較大且較明顯的波相，推求出此波相的等時線(如圖 5 中之虛線)，次由點圖數位板讀出等時線上的 4 個點；P1、P2、P3 與 P4，最後由線段 P1.P2、P2.P3、P3.P4 的垂直中分線之交點得到 C，則線段 P1.C(=P2.C =P3.C)的長度即為筆桿的長度(R)。




R：筆桿長度　C：筆桿的原點　P1,P2,P3,P4：參考點

圖 5、估算筆桿長度的方法(修改自 Inoue and Matsumoto, 1988、葉永田等,1996, 1997)

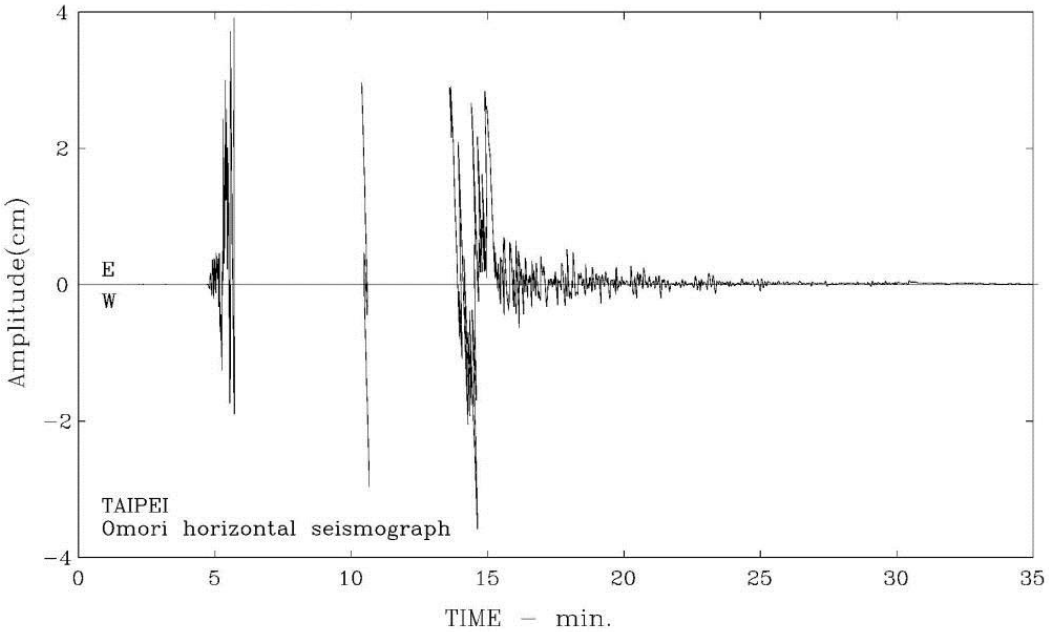



圖 6、筆桿長度修正後的波形：1906 年梅山地震在臺北測候所大森式水平地震儀收錄之波形。

(三)等間隔內插(Equal spacing interpolation)：為利於後續之資料處理與計算機程式之運算，並配合後續帶通濾波器的切除頻率(cut-off frequency)10.0 Hz 與終止頻率(roll-off frequency)12.5 Hz 的範圍，本研究將數位化後之非等間隔的歷時數位記錄，內插為每秒 10 點之等間隔記錄，即每點間隔(Δt)為 0.1 秒。

(四)基線修正(Baseline correction)：基線修正的方法主要是採用最小二乘法(least square method)去除基線傾斜的現象，再由零均值基線修正(zero-mean base-line correction)去除基線偏移的誤差。

(五)儀器效應修正(Instrument correction)：因安裝與保養的情形不同，各地觀測所的儀器參數略有不同，其中最主要儀器參數為自然周期($T_0$; natural period)與阻尼比(ν; damping ratio，又稱為制震度)，有了位移強震儀的阻尼比ν與固有周期 $T_0$ 後，即可推求儀器的響應曲線(instrument response curve, U)與相位延遲(phase lag, δ)，各項機械式地震儀響應曲線與相位延遲分布如圖 7 所示：

$$U = \frac{V}{\sqrt{(u^2-1)^2+4h^2u^2}} \tag{1}$$

$$\delta = \arctan\frac{2hu}{1-u^2} \tag{2}$$

式中 V 為靜態倍率(static magnification)，μ=T/T0，T 為地動周期；h 為阻尼常數(damping constant)：

$$h = 0.773\frac{\Lambda}{\sqrt{1+0.53720\Lambda^2}} \tag{3}$$

式中Λ為對數衰減率(logarithmic decrement)。

$$\Lambda = \log_{10}(v) \tag{4}$$

此項修正的目的即是去除儀器效應，而將所收錄的訊號還原為真實的地動。本文是利用快速富氏轉換(Fast Fourier Transform; FFT)在頻率域進行儀器響應修正。

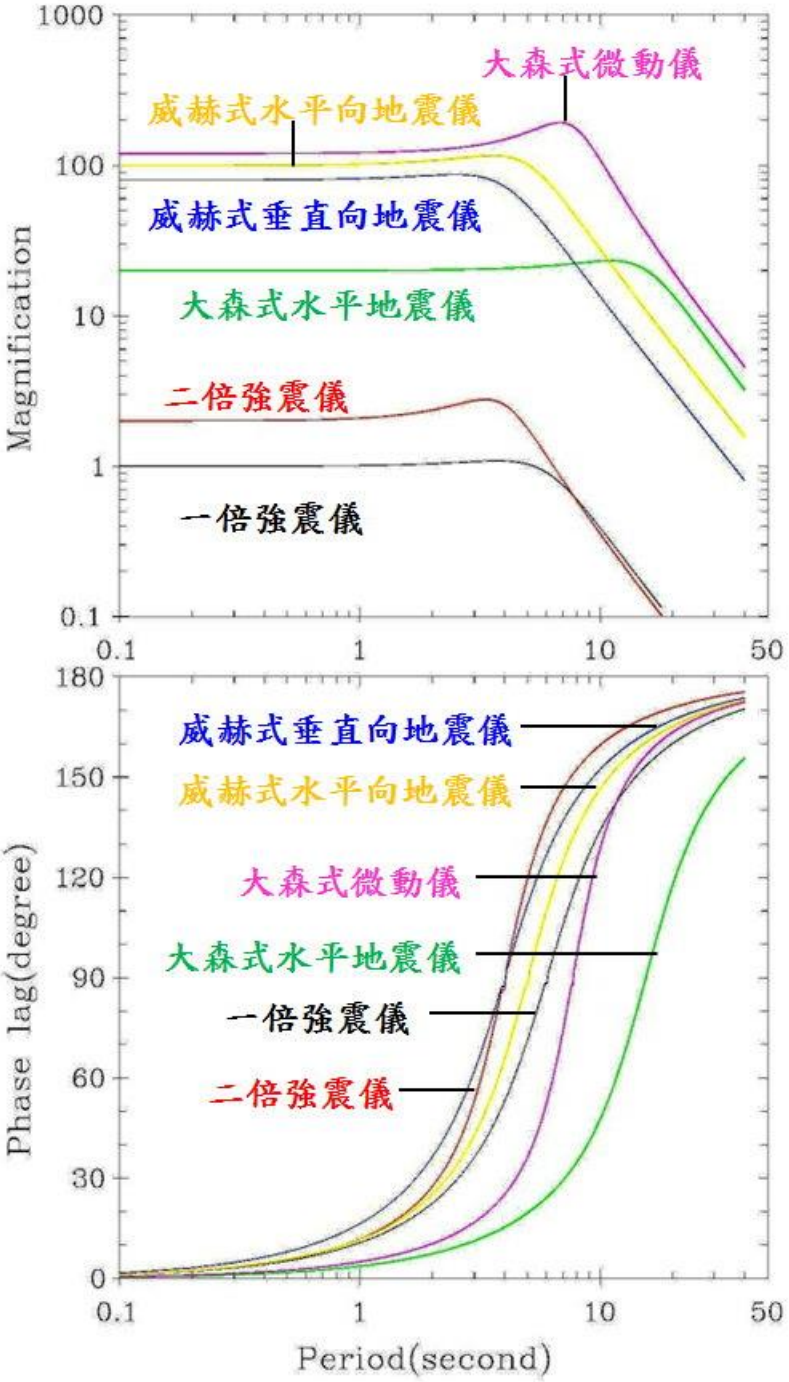
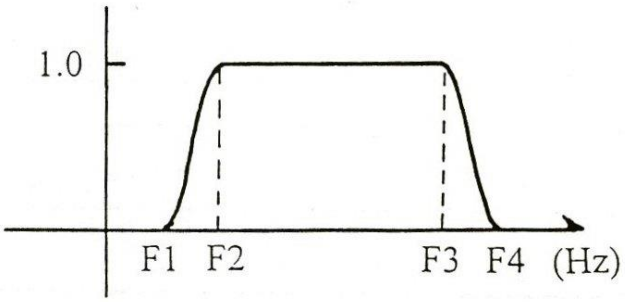



圖 7、各種機械式地震儀之儀器響應與相位延遲曲線示意圖。

(六)帶通濾波(Bandpass filter)：由於數位化處理過程可能引進高頻雜訊(noise)，而在儀器效應修正時可能造成低頻雜訊的放大。為去除可能引進的高頻與低頻的雜訊，我們採用帶通濾波器以去除這些雜訊。由於垂直向與水平向的儀器自然周期不同，儀器響應亦異，經以放大倍率 0.8 倍(3dB)的頻率做為高通(high pass)的邊界，考慮取樣頻率為每秒 10 點，垂直向與水平向均採用 10 Hz (0.1 秒)做為切除頻率(cut-off frequency)，終止頻率(roll-off frequency)則是 12.5 Hz；低通(low pass)則參考個別波形紀錄的長短做為切除頻率與終止頻率，圖 8 為帶通濾波器示意圖，




F1, F4：終止頻率；F2, F3：切除頻率

圖 8、帶通濾波器示意圖。

# 參、波形資料

本計畫直接由中央氣象局「臺灣歷史地震波形資料庫(1900-1972)」(網址：http://gdms.cwb.gov.tw/HisEq/)篩選出1906年3月17日梅山地震、1908年1月11日璞石閣地震、1935年4月21日新竹臺中地震所收錄之歷史地震波形記錄。目前共整理1906年3月17日梅山地震波形記錄6張，12個分量紀錄：包括臺北測候所格雷－米爾恩地震儀與大森式水平地震儀所收錄的波形、臺南測候所格雷－米爾恩地震儀與大森式水平地震儀所收錄的波形、澎湖測候所格雷－米爾恩地震儀所收錄的波形、與臺中測候所大森式水平地震儀所收錄的波形，均為微縮影片。1908年1月11日璞石閣地震計有波形記錄8張，12個分量紀錄：包括臺北測候所格雷－米爾恩地震儀與大森式水平地震儀所收錄的波形、臺南測候所格雷－米爾恩地震儀與大森式水平地震儀所收錄的波形、臺中測候所大森式水平地震儀所收錄之記錄、恆春測候所大森式水平地震儀所收錄之記錄、澎湖測候所大森式水平地震儀所收錄之記錄、臺東測候所大森式水平地震儀所收錄之記錄，均為微縮影片。1935年新竹臺中地震計有波形記錄15張，34分量紀錄：包括臺北測候所今村式二倍強震儀所收錄之波形、臺南測候所今村式二倍強震儀與威赫式地震儀所收錄之波形、恆春測候所今村式二倍強震儀與威赫式地震儀所收錄之波形、花蓮測候所大森式二倍強震儀與威赫式地震儀所收錄之波形、臺東測候所威赫式地震儀所收錄之波形、阿里山測候所大森式二倍強震儀所收錄之波形、高雄測候所大森式二倍強震儀所收錄之波形、澎湖測候所大森式水平地震儀所收錄之波形、與臺中測候所今村式二倍強震儀所收錄之波形，除臺南測候所為原始波形記錄外，其他均為複製型波形記錄，詳細資料如表1所示。

本計畫另一重點工作為持續處理歷史波形記錄，持續整理出1950-1958年宜蘭測候所收錄之原始波形紀錄59張，主要為中央氣象臺是簡單地震儀、大森式二倍強震儀、與威赫式地震儀所收錄之波形記錄。處理完畢，結果存入中央氣象局「臺灣歷史地震波形資料庫(1900-1972)」，詳細資料如表2所示。

表1、數位化波形記錄一覽表

| 測候所 | 地震儀 | 分量 | 波形記錄種類 |
|---|---|---|---|
| 1906 年 3 月 17 日梅山地震 | | | |
| 臺北 | 格雷－米爾恩型地震儀 | NS, EW, UD | 微縮影片 |
| | 大森式水平地震儀 | EW | 微縮影片 |
| 臺南 | 格雷－米爾恩型地震儀 | NS, EW, UD | 微縮影片 |
| | 大森式水平地震儀 | EW | 微縮影片 |
| 澎湖 | 格雷－米爾恩型地震儀 | NS, EW, UD | 微縮影片 |
| 臺中 | 大森式水平地震儀 | EW | 微縮影片 |
| 1908 年 1 月 11 日璞石閣地震 | | | |
| 臺北 | 格雷－米爾恩型地震儀 | NS, EW, UD | 微縮影片 |
| | 大森式水平地震儀 | EW | 微縮影片 |
| 臺南 | 格雷－米爾恩型地震儀 | NS, EW, UD | 微縮影片 |
| | 大森式水平地震儀 | EW | 微縮影片 |
| 臺中 | 大森式水平地震儀 | EW | 微縮影片 |
| 恆春 | 大森式水平地震儀 | EW | 微縮影片 |
| 澎湖 | 大森式水平地震儀 | EW | 微縮影片 |
| 臺東 | 大森式水平地震儀 | EW | 微縮影片 |
| 1935 年 4 月 21 日新竹臺中地震 | | | |
| 臺北 | 今村式二倍強震儀 | NS, EW, UD | 複製波形 |
| 臺南 | 今村式二倍強震儀 | NS, EW, UD | 原始波形 |
| | 威赫式地震儀 | NS, EW | 原始波形 |
| 恆春 | 今村式二倍強震儀 | NS, EW, UD | 複製波形 |
| | 威赫式地震儀 | NS, EW, UD | 複製波形 |
| 花蓮 | 大森式二倍強震儀 | NS, EW, UD | 複製波形 |
| | 威赫式地震儀 | NS, EW, UD | 複製波形 |
| 臺東 | 威赫式地震儀 | NS, EW, UD | 複製波形 |
| 阿里山 | 大森式二倍強震儀 | NS, EW, UD | 複製波形 |
| 高雄 | 大森式二倍強震儀 | NS, EW, UD | 複製波形 |
| 澎湖 | 大森式水平地震儀 | EW | 複製波形 |
| 臺中 | 今村式二倍強震儀 | NS, EW, UD | 複製波形 |

表 2、本計畫處理之宜蘭測候所收錄之歷史地震波形紀錄一覽表

| 影像編碼 | 資料庫編碼 | 備註 |
|---|---|---|
| 1950-01 | 19501228_ILA_P2 | |
| 1950-02 | 19501106_ILA_P2 | |
| 1950-03 | 19501125_ILA_P2 | ML=4.6 |
| 1950-04 | 19501120_ILA_P2 | ML=5.4 |
| 1950-05 | 19501118_ILA_P2 | ML=5.0 |
| 1950-06 | 19501210_ILA_P2 | |
| 1950-07 | 19501108_ILA_P2 | ML=4.6 |
| 1950-08 | 19501102_ILA_P2 | ML=5.7 |
| 1951-01 | 19510127_ILA_P2 | |
| 1951-02 | 19510328_ILA_P2 | ML=4.1 |
| 1952-01 | 19520507_ILA_P2 | |
| 1952-02 | 19520510_ILA_P2 | |
| 1952-03 | 19511113_ILA_P2 | ML=5.2 |
| 1952-04 | 19520113_ILA_S2 | ML=4.7 |
| 1952-05 | 19520303_ILA_P2 | 遠震 |
| 1952-06 | 19521222_ILA_P2 | ML=5.2 |
| 1952-07 | 19521222_ILA_S2 | ML=5.2 |
| 1952-08 | 19521229_ILA_P2 | ML=5.7 |
| 1952-09 | 19520918_ILA_P2 | |
| 1952-10 | 19520525_ILA_P2 | ML=5.4 |
| 1952-11 | 19520521_ILA_P2 | |
| 1952-12 | 19520515_ILA_P2 | |
| 1952-13 | 19520313_ILA_P2 | |
| 1952-14 | 19521126_ILA_P2 | |
| 1952-15 | 19521123_ILA_P2 | |
| 1952-16 | 19521124_ILA_P2 | |
| 1952-17 | 19521115_ILA_P2 | ML=4.9 |
| 1952-18 | 19521112_ILA_P2 | |
| 1952-19 | 19521104_ILA_P2 | 遠震 |
| 1952-20 | 19521111_ILA_P2 | ML=4.6 |
| 1952-21 | 19521109_ILA_P2 | ML=4.5 |
| 1952-22 | 19521108_ILA_P2 | ML=5.4 |

表 2、本計畫處理之宜蘭測候所收錄之歷史地震波形紀錄一覽表(續)

| 影像編碼 | 資料庫編碼 | 備註 |
|---|---|---|
| 1955-01 | 19550222_ILA_S2 | ML=5.0 |
| 1955-02 | 19550212_ILA_P2 | ML=4.9 |
| 1955-03 | 19550225_ILA_P2 | ML=5.2 |
| 1955-04 | 19550209_ILA_P2 | ML=4.5 |
| 1955-05 | 19550222_ILA_P2 | ML=5.0 |
| 1955-06 | 19550103_ILA_P2 | ML=4.7 |
| 1955-07 | 19550110_ILA_P2 | ML=4.2 |
| 1956-01 | 19560211_ILA_P2 | |
| 1956-02 | 19560226_ILA_P2 | |
| 1956-03 | 19560215_ILA_P2 | ML=4.5 |
| 1956-04 | 19560220_ILA_P2 | |
| 1956-05 | 19560206_ILA_P2 | ML=5.4 |
| 1951-01 | 195112?? | 無法辨識 |
| 1952-01 | 19520303_ILA_W1 | |
| 1952-02 | 19521228_ILA_S2 | |
| 1953-01 | 19520222_ILA_W2 | |
| 1953-02 | 19530829_ILA_W2 | |
| 1953-03 | 19530926_ILA_W2 | |
| 1953-04 | 19530818_ILA_W2 | |
| 1953-05 | 19530812_ILA_W2 | |
| 1953-06 | 19530821_ILA_W2 | ML=5.2 |
| 1953-07 | 19530819_ILA_W2 | |
| 1954-01 | 19540312_ILA_W2 | |
| 1955-01 | 19550128_ILA_W2 | |
| 1956-01 | 19560206_ILA_S2 | ML=5.4 |
| 1956-02 | 19560220_ILA_S2 | |
| 1958-01 | 19581204_ILA_P2 | |
| | | |

# 肆、結果與討論

本計畫針對臺灣地區1900-1972年收錄之歷史地震波形庫，建置數位化資料處理流程，包括數位化、筆桿長度修正、等間隔內插、基線修正、儀器響應修正與帶通濾波等處理後，即得到真實的地動記錄。本計畫將以往類比式記錄的數位化程序，修改以數位式地震紀錄影像進行數位化工作，直接在電腦螢幕進行數化，使得工作更為有效率，同時大為降低數化過程引進的誤差。

本年度計畫共處理1906年3月17日梅山地震、1908年1月11日璞石閣地震、1935年4月21日新竹臺中地震等三個地震，在各測候所收錄之歷史地震波形記錄。目前共整理1906年梅山地震波形記錄6張，12個分量紀錄，主要為格雷－米爾恩型地震儀與大森式水平地震儀所收錄之記錄；1908年璞石閣地震計有波形記錄8張，12個分量紀錄，主要為格雷－米爾恩型地震儀與大森式水平地震儀所收錄之記錄；1935年新竹臺中地震計有波形記錄15張，34分量紀錄，詳細資料如表1所示。由於1930年代以前使用的地震儀：格雷－米爾恩型地震儀與大森式水平地震儀未裝設阻尼器(制震器)，欠缺阻尼值(制震度)，故此時期的地震波形只進行數位化、筆桿長度修正、等間隔內插、基線修正等程序，未進行儀器響應修正與帶通濾波等處理。此外，1906年3月17日梅山地震與1908年1月11日璞石閣地震在臺北測候所格雷－米爾恩型地震儀所收錄之波形記錄均不清楚，故未進行數化程序。

由於機械式地震儀波形記錄在煙熏紀錄紙上，不像現今儀器直接記錄為數位數值，故誤差較大。除了儀器本身的誤差外，主要的誤差包括：(1).煙燻記錄紙燻煙的濃淡，過濃時摩擦力較大，波形軌跡亦較寬，降低其解析度，太淡時摩擦力較小，波形軌跡較不清晰，大大降低辨別率；(2).複製過程引進誤差，包括原始記錄扭曲變形、製作為微縮影片後再放大、複製印刷過程引進的誤差、以及轉換為數位影像檔時的誤差；(3).數化過程產生的誤差，在數化過程中點圖時引進高頻的誤差；(4).筆桿長度修正的誤差，由於欠缺筆桿長度的資料，僅能由波形中推算，當振幅越大時誤差越小，振幅越小誤差越大；(5).儀器響應修正的誤差，部分儀器參數資料欠缺，僅能由前次地震或下次地震時的記錄資料暫代。

本計畫另一重點工作為持續處理歷史波形記錄，持續整理出1950-1958年宜蘭測候所收錄之原始波形紀錄59張，其中一張波形記錄無法辨識期時間與地震儀器種類，計有58張歷史波形紀錄處理完畢，將存入臺灣歷史地震波形紀錄資料庫，詳細資料如表2所示。

# 伍、結論

1. 本計畫針對臺灣地區1900-1972年收錄之歷史地震波形庫，建置數位化資料處理流程，包括數位化、筆桿長度修正、等間隔內插、基線修正、儀器響應修正與帶通濾波等處理後，即得到真實的地動記錄。本計畫將以往類比式記錄的數位化程序，修改以數位式地震紀錄影像進行數位化工作，直接在電腦螢幕進行數化，使得工作更為有效率，同時大為降低數化過程引進的誤差。

2. 進行1906年3月17日梅山地震、1908年1月11日璞石閣地震與1935年4月21日新竹臺中地震所收錄的歷史地震波形數化工作，將歷史地震波形紀錄轉換為真實的地動記錄，以供後續相關研究使用。

3. 整理出1950-1958年宜蘭測候所收錄之原始波形紀錄59張，其中一張波形記錄無法辨識期時間與地震儀器種類，計有58張歷史波形紀錄處理完畢，所得結果存入中央氣象局「臺灣歷史地震波形資料庫(1900-1972)」。

# 參考文獻


中央氣象台，1959，地震觀測法，第四版，東京，145 頁(日文)。

王惠敏，1988，強震資料處理軟體系統之設計，國立臺灣大學海洋研究所碩士論文，87頁。

林燈河，1987，1935年新竹－臺中烈震的震源機制，國立中央大學地球物理研究所碩士論文。

葉永田、鄭世楠、溫國樑、呂佩玲、江嘉豪，1997，臺北歷史強地動記錄之分析，紀念臺灣地區氣象測報一百年，天氣分析與預報研討會，海象與地震論文彙編，臺北，三月，671-676。

葉永田、鄭世楠、呂佩玲、江嘉豪，1998，歷史地震之強震資料處理與分析，中央氣象局地震技術報告彙編，第18卷，131-156。

鄭世楠、王子賓、江嘉豪、蔡宜宏、潘昌志，2013，臺灣地區歷史地震波形與紀錄之整理，中央氣象局地震記述報告彙編，第 62 卷，369-384 頁。

鄭世楠、王子賓、張建興，2014，臺灣地區歷史地震波形與紀錄之整理(II)，中央氣象局地震記述報告彙編(列印中)。

Hudson, D. E., 1979. Reading and interpreting strong motion accelerograms. EERI, Berkeley California, 112pp.

Inoue, R. and T. Matsumoto, 1988. Digitization and processing of the J.M.A. strong motion records in the period of 2 to 20 sec from none great earthquakes. in Historical Seismograms and Earthquakes of the World, edit by W.H.K. Lee, H. Meyers and K. Shimazaki, 390-400.

Lee, P. H, 1987, Historical earthquakes and the seismograms in Taiwan. In Historical Seismograms and Earthquakes of the World, edited by W.H.K. Lee, H. Meyers and K. Shimazaki, 241-252.

Nigam, N.C. and P.C. Jennings, 1968. Digitital calculation of response sepctra from strong-motion earthquake records. Earthquake Research Laboratory, EERL 68-77. California Institute of Technology, Pasadena.

臺灣歷史地震波形資料庫(1900-1972)，2013/11/15 更新版，網址：

http://gdms.cwb.gov.tw/HisEq/