

出國報告（出國類別：進修）

參加 SEISCOMP3 地震軟體訓練課程

服務機關：交通部中央氣象局

姓名職稱：陳達毅技士

派赴國家/地區：德國

出國期間：107 年 8 月 19 日至 9 月 5 日

報告日期：107 年 11 月 14 日

摘 要

地震監測系統 (Earthquake Monitoring System)涵蓋範圍包括資料接收、處理、展示、儲存及資料提供。現今世界上使用範圍最廣泛的 2 個地震監測系統，分別是由美國地質調查所開發的 Earthworm 和德國地球科學中心開發的 SeiscomP3。由於這 2 個地震監測系統不僅功能強大，而且皆為開放原始碼(Open Source)的免費軟體，因此全世界主要的地震觀測機構都使用這 2 個軟體執行地震監測任務。近年來 SeiscomP3 在圖形介面上的發展日趨成熟，使得該軟體具有十分強大的資料展示能力；在資料保存和提供方面，也有十分完善的機制。目前中央氣象局所有即時地震資料作業系統都架設於 Earthworm 軟體中，未來若能在作業中加入 SeiscomP3 軟體，取其長處並與原系統相結合，相信對於中央氣象局未來的地震測報業務會帶來很大的進步。本報告將詳細介紹 SeiscomP3 軟體以供日後中央氣象局地震監測系統進一步發展時參考。

目 次

一、目的	4
二、過程	5
三、心得及建議	19

一、目的

近年來地震觀測技術日新月異，由於高品質地震觀測設備投入，與地震觀測網密度提高，使得地震監測能力也隨之提升，但也因此使得管理和維護工作面臨極大挑戰。例如：如何詳細描述地震站在不同時期所適用的地震儀器參數、如何保存歷史地震資料、如何有效率地提供資料等等，都是觀測網擴大之後面臨的問題。

中央氣象局(以下簡稱氣象局)地震測報中心(以下簡稱地震中心)近年來積極投入提升地震測報能力，發展 24 位元地震觀測網和 24 位元地震預警系統，建立井下地震觀測網、海底地震觀測網，不僅全面更新地震觀測設備，更在軟體建設方面，發展以 Earthworm 軟體為架構的地震觀測系統，舉凡地震資料接收、處理、展示、傳輸及保存等等，都建立了一套標準流程，更進一步在此軟體架構下，自行開發了地震速報與地震預警系統。

Earthworm 軟體是由美國地質調查所於 1993 年開始發展的地震觀測軟體，初期目標是為了建立一套符合現代化需求的系統，以取代舊有的地震觀測系統。該軟體的特色包含以下 5 點：

1. 模組化：每一項主要功能都設計成一個模組，使得模組可以獨立運作不受干擾。
2. 跨平台：系統可以在不同作業系統下運作，方便系統移植到不同的環境。
3. 延展性：系統適合運用於小型地震觀測網，也適合運用於大型地震觀測網。
4. 連結性：十分容易與其他系統連結並交換資料。
5. 穩定性：自動化錯誤偵測與排除功能。

目前全世界 2 大免費且開放原始碼的地震觀測軟體，為美國地質調查所(USGS)的 Earthworm 系統和德國地球科學中心(GFZ)的 SeiscomP3 系統。Earthworm 系統與 SeiscomP3 系統都能夠發展出自動化地震監測系統，但各有所長。Earthworm 系統不僅架構分明，且基於前述 5 項特色，非常適合用以自行開發地震監測系統，因此地震中心能夠自行發展出一套功能完整的地震監測系統。但是另一方面，Earthworm 系統因缺乏完善的使用者圖形介面(Graphical User Interface)與資料庫，使得系統在資料展示和管理方面有所不足，SeiscomP3 系統則具有豐富的使用者圖形介面(Graphical User Interface)，能夠展示波形、地震資訊、測站狀態及測站分布圖，以及具有使用者互動資料處理介面；此外，SeiscomP3 運用 MySQL 資料庫，不僅存放完整的測站詮釋資料(metadata)，也保存所有系統處理過後

的地震資訊，提供網頁伺服器服務(Web Service)，讓使用者透過網頁瀏覽器下載所需資料。SeiscomP3 所提供的資料包括 3 種類型：

1. 地震波形資料。
2. 測站詮釋資料。
3. 地震資訊。

SeiscomP3 軟體具有十分強大的自動化地震資料處理能力，也提供十分方便有效率的地震資料後處理介面，適合日後在發生重大地震之後，短時間內快速解算餘震活動。

本次參加 SeiscomP3 地震軟體訓練課程，希望能將此免費且開放原始碼的地震監測系統引進氣象局使用，特別在資料管理、展示及提供等 3 個面向提升現有系統的能力。

二、過程

此次所參加的 SeiscomP3 教育訓練課程，是由德國地球科學中心(GFZ)的分公司 Gempa 所舉辦，每年 3 月和 8 月在德國波茨坦市各舉辦 1 次 SeiscomP3 基礎課程，於 4 月和 9 月各舉辦 1 次進階課程。採小班制教學，強調學員動手實作，課程參與人數約 8 人，成員來自世界各地。波茨坦市位於德國首都柏林近郊，是一個寧靜且充滿文化的古城市，氣候宜人，空氣清新，適合學習。表 1 為出國行程安排，圖 1 至圖 5 為課程期間相關照片，圖 6 至圖 18 為 SeiscomP3 系統相關圖片。

表 1、出國行程安排。

日期	地點與簡要說明
8 月 27 日~9 月 3 日	<ol style="list-style-type: none">1. 於德國波茨坦市進行教育訓練。2. 學習 SeiscomP3 安裝。3. 學習人工地震資料處理介面。4. 學習即時地震資料接收與處理。5. 學習建立測站詮釋資料。

	6. 學習下載歷史地震進行人工處理。 7. 學習如何調整系統參數。 8. 建立 SeiscomP3 教學簡報與所需軟體。 9. 討論未來合作方向。
9 月 4 日~9 月 5 日	4 日晚上 22:00 從德國法蘭克福機場搭機返回，5 日晚上 22:10 抵達桃園機場。



圖 1、陳達毅技士攝影於會場外。

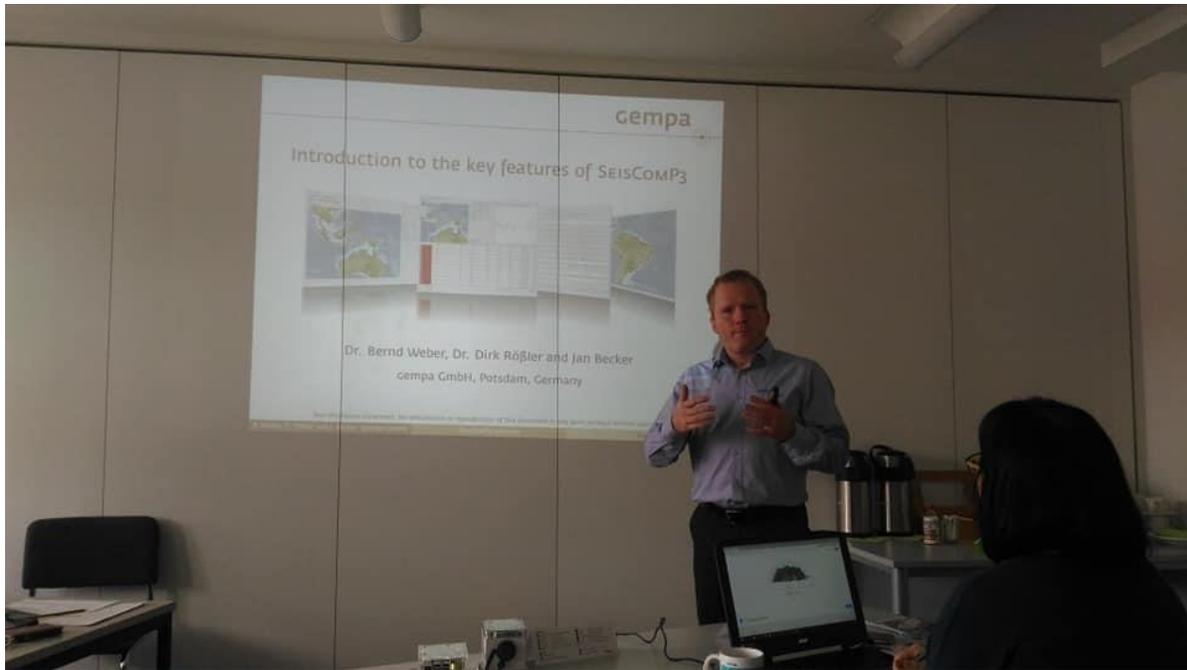


圖 2、課程講師 Dirk Rossler 開場。



圖 3、課程講師 Dirk Rossler 介紹 SeiscomP3 軟體。

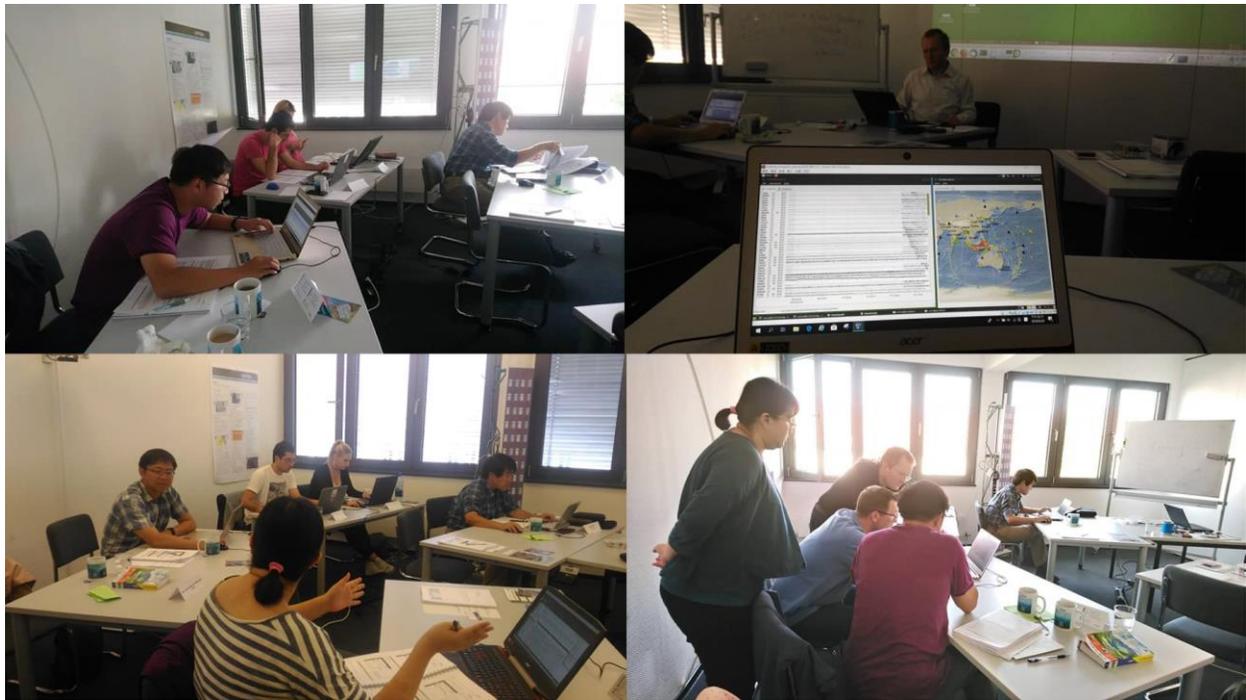


圖 4、(左上圖)實際動手操作；(右上圖)自行架設的系統接收到地震訊號並完成定位；(左下圖) 學員相互討論；(右下圖) 學員相互討論。

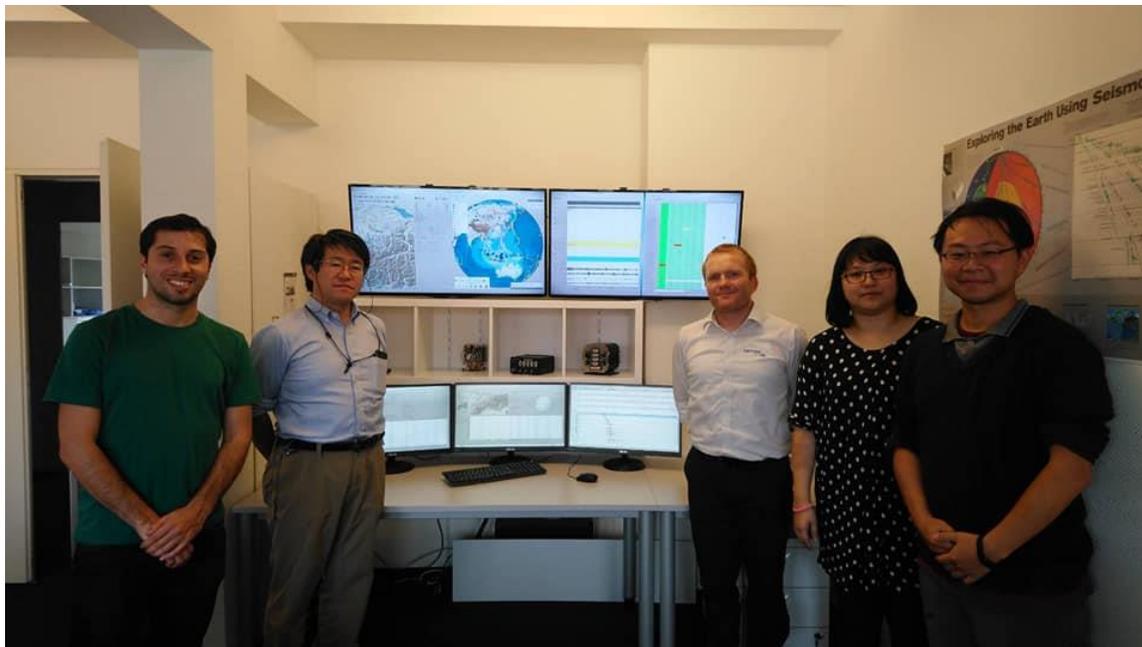


圖 5、課程講師與學員合影。(右 1)陳達毅技士，(右 2)三聯科技詹雅婷工程師，(右 3) 課程講師 Dirk Rossler，(左 1)哥斯大黎加大學 Luis，(左 2)京都大學大見士朗副教授。

參與研討會過程中，學習內容分述如下：

(一) Seiscomp3 軟體安裝：

1. 採用 Linux 作業系統，Ubuntu18.04，預先安裝有用套件，指令如下：

```
sudo apt-get install vim screen python-pip git telnet wget ntp
```

2. 將電腦的 local time 設定為 UTC 時區，指令如下：

```
sudo timedatectl set-timezone UTC
```

3. 從網頁：www.seiscomp3.org/downloader 下載下列 3 種檔案：

```
seiscomp3-version-os-architecture.tar.gz
```

```
seiscomp3-version-os-doc.tar.gz
```

```
seiscomp3-maps.tar.gz
```

4. 解壓縮

```
tar xvf Seiscomp3-version-os-architecture.tar.gz
```

```
tar xvf Seiscomp3-version-os-doc.tar.gz
```

```
tar xvf Seiscomp3-version-os-doc.tar.gz
```

5. 將線上申請的 license 檔案放入目錄

```
mkdir -p ~/.seiscomp3/key
```

```
cp path/License* ~/.seiscomp3/key
```

6. 安裝 Linux 軟體

```
sudo apt-get update
```

```
seiscomp --asroot install-deps base mariadb-server
```

```
seiscomp --asroot install-deps base gui
```

```
seiscomp --asroot install-deps fdsnws
```

7. 設定系統環境變數

```
~/.seiscomp3/bin/seiscomp print env >> ~/.bashrc
```

8. 設定資料庫

```
sudo systemctl restart mariadb
```

```
mysql -u sysop -p seiscomp3 < /seiscomp3/share/db/mysql.sql
```

9. 設定 seiscomp3

seiscomp setup

seiscomp enable [module]

seiscomp start

seiscomp status

(二) SeiscomP3 匯入新測站：

1. 取得測站詮釋資料：

進入 <http://service.iris.edu/fdsnws/station/docs/1/builder/>

IRIS Incorporated Research Institutions for Seismology

Web Services / FDSNWS / Station / Docs / v. 1 / Builder

URL Builder: station v.1

Service interface URL Builder Help Revisions

Use this form to build a URL to the **station** web service. Notice that as you edit the form, the link is automatically updated. Usage

Network: IU

Station: ANMO

Location: 00

Channel: LH?,BH*

Start Time: 2011-06-07T07:00:00

End Time: 2011-06-07T07:00:00

Level: station

Format: StationXML

Location:

All:

Lat/Lon Box:

Lat/Lon Radius:

Additional Options:

Include Restricted Channels: Yes No

Include Comments: True False

Include Data Availability:

Line up availabilities with available data:

Advanced search:

圖 6、透過 IRIS 網頁下載測站詮釋資料。

輸入資料後，選擇 level 為 response，format 為 StationXML，自動產生 URL，在終端機上使用 wget 取得資料。

2. 將資料匯入 seiscomp3 中

scconfig -> inventory -> import -> choose correct format

轉換資料格式：

fdsnXML to seiscomp3XML：`fdsnxml2inv -f fdsn.xml > sc3.xml`

Dataless Seed to seiscomp3XML : `dlsv2inv -f dataless.seed > sc3.xml`

(三) SeiscomP3 接收即時資料與自動偵測地震：

scconfig 提供圖形使用者介面，供使用者設定系統參數

Module configuration : 用來設定模組參數

Station bindings : 各模組參數與測站的配對

Profile : 參數內容

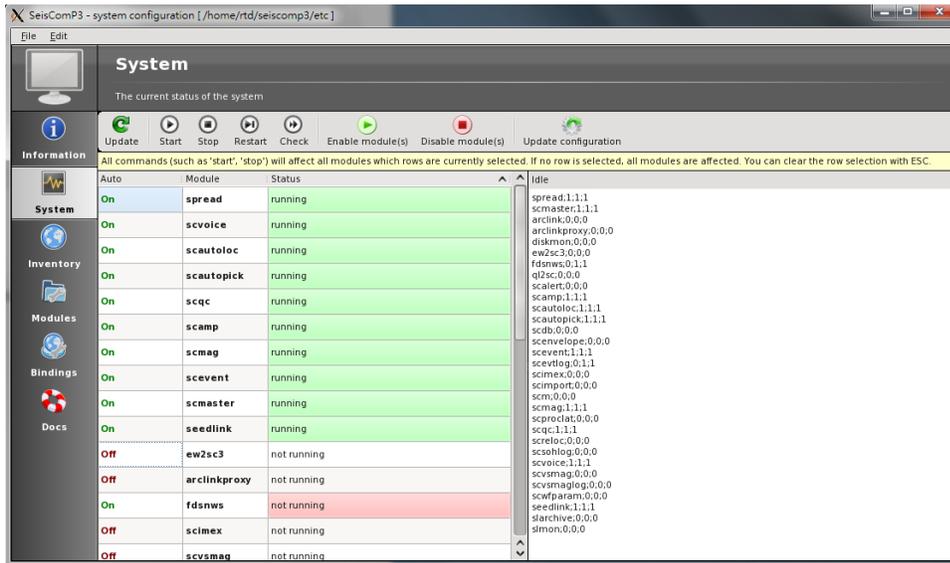


圖 7、透過 scconfig 介面，觀看系統各模組狀態。

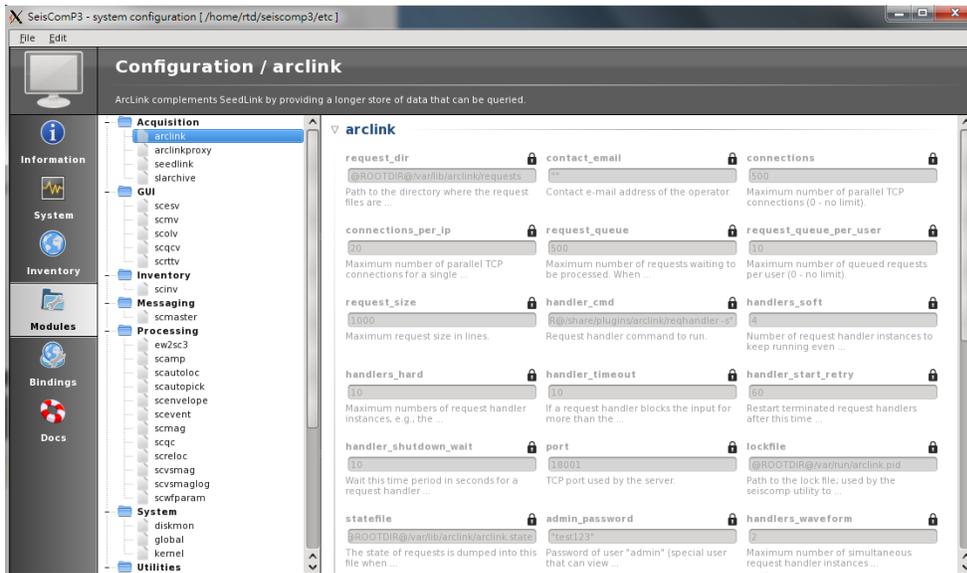


圖 8、透過 scconfig 介面，修改系統各模組參數。

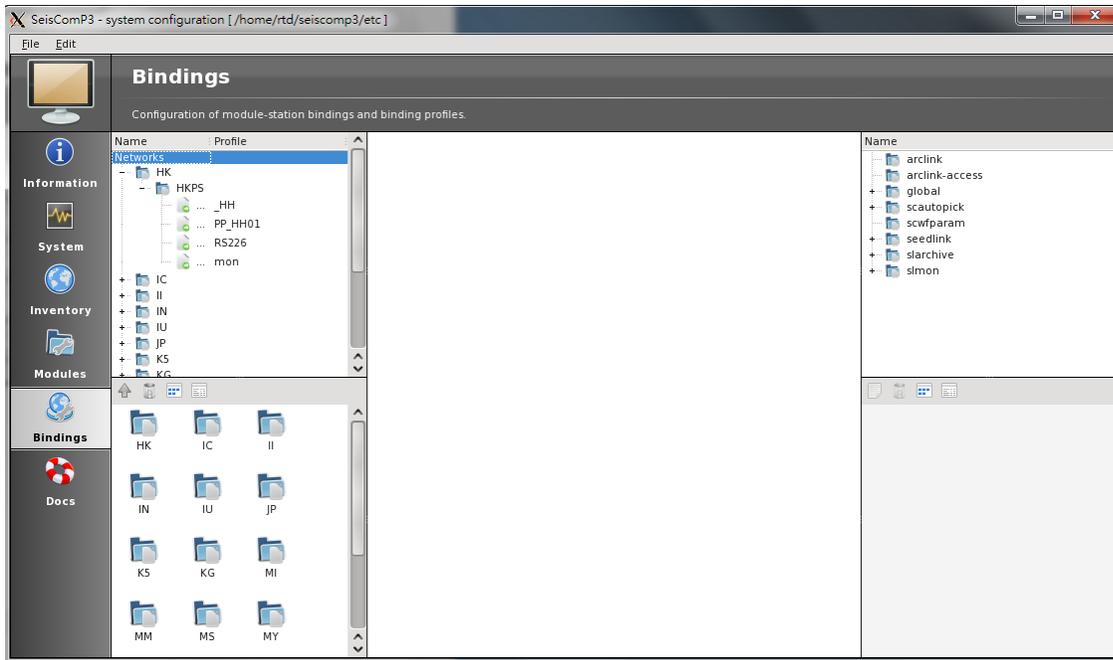


圖 9、透過 sconfig 介面，將各測站參數進行配對。

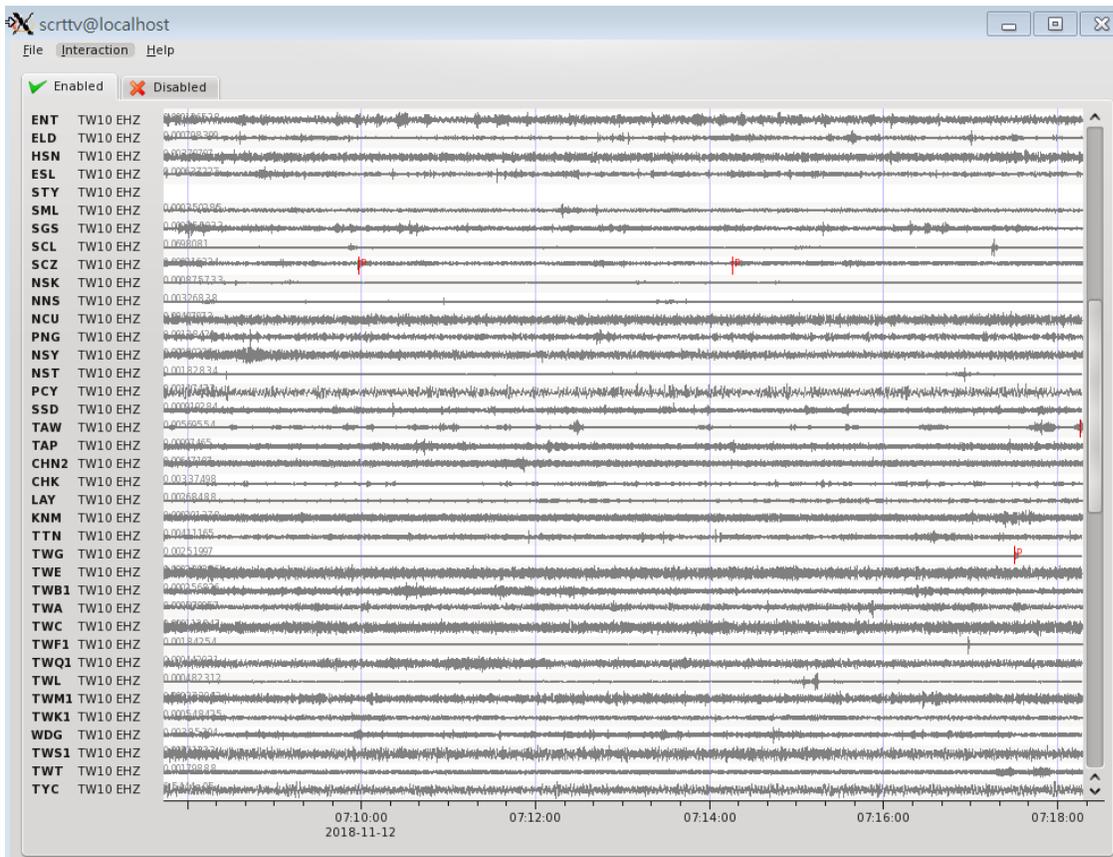


圖 10、透過 scrttv 介面，查看即時地震波形。

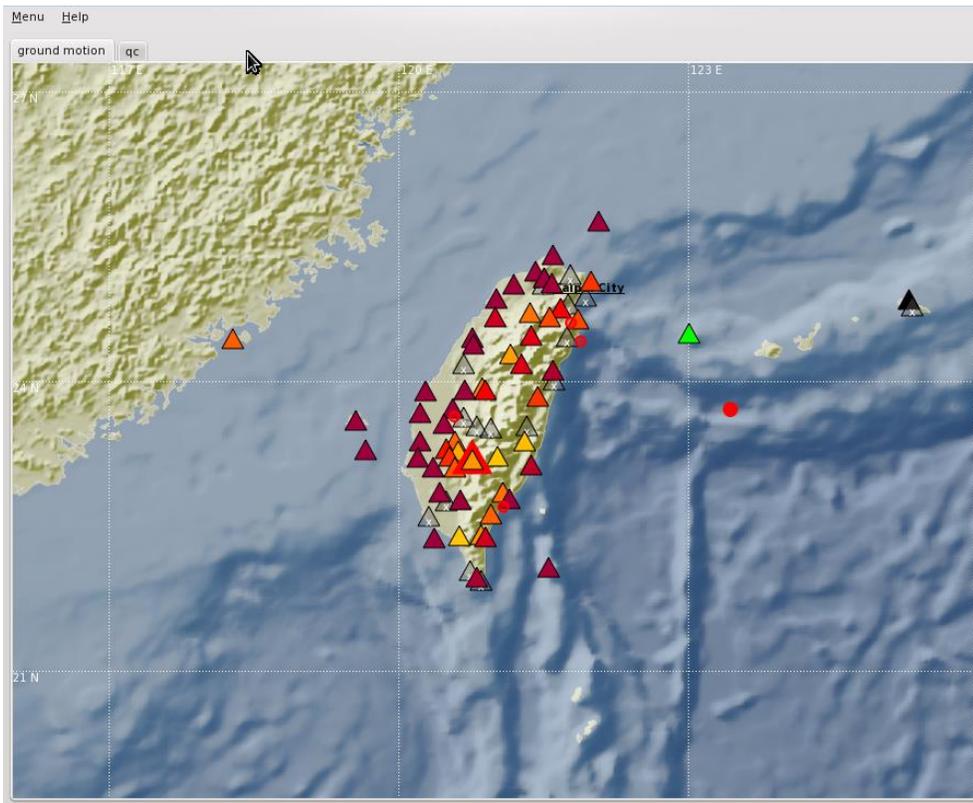


圖 11、透過 scmv 介面，查看個測站狀態。

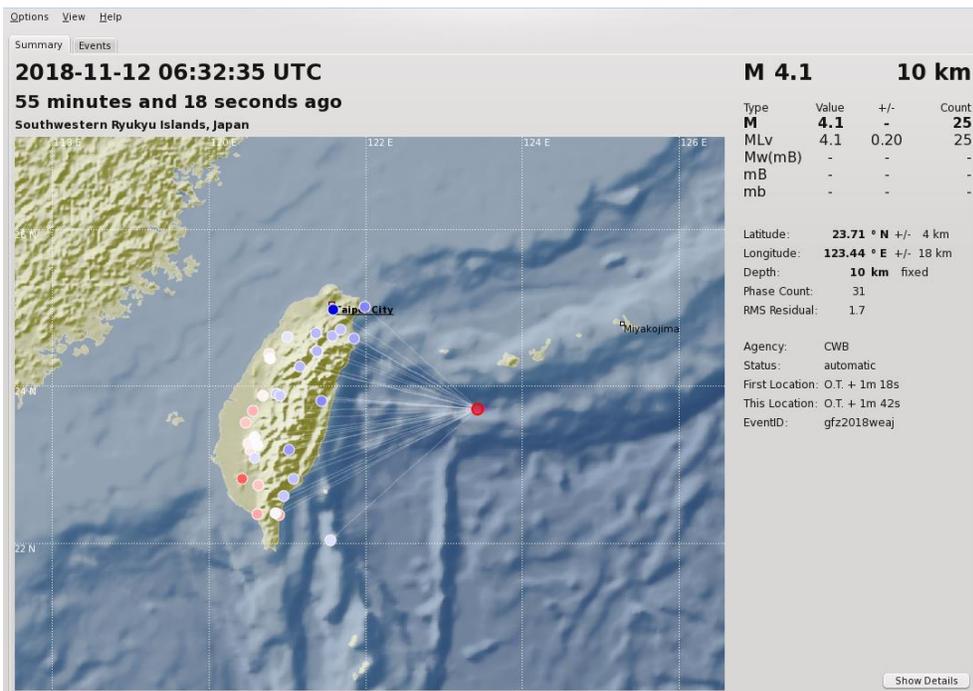


圖 12、透過 scesv 介面，查看地震資訊。

待蒐集完資料之後，首先要為每一個測站建立測站詮釋資料，接著將此詮釋資料輸入進 SeiscomP3 系統中，再用 SeiscomP3 系統之自動資料處理模組預處理後，最後再進入人工處理階段。自動化處理指令如下：

- `scautopick --ep --playback -I file://mymsee.file -d localhost/seiscomp3 > picks.xml`
- `scautoloc --ep picks.xml -d localhost/seiscomp3 > origins.xml`
- `scamp --ep origins.xml -I file://mymsee.file -d localhost/seiscomp3 -v > amps.xml`
- `scmag --ep amps.xml -d localhost/seiscomp3 -v > mags.xml`
- `scevent --ep mags.xml -d localhost/seiscomp3 -v > events.xml`
- `scdb -i events.xml -d localhost/seiscomp3 -v`

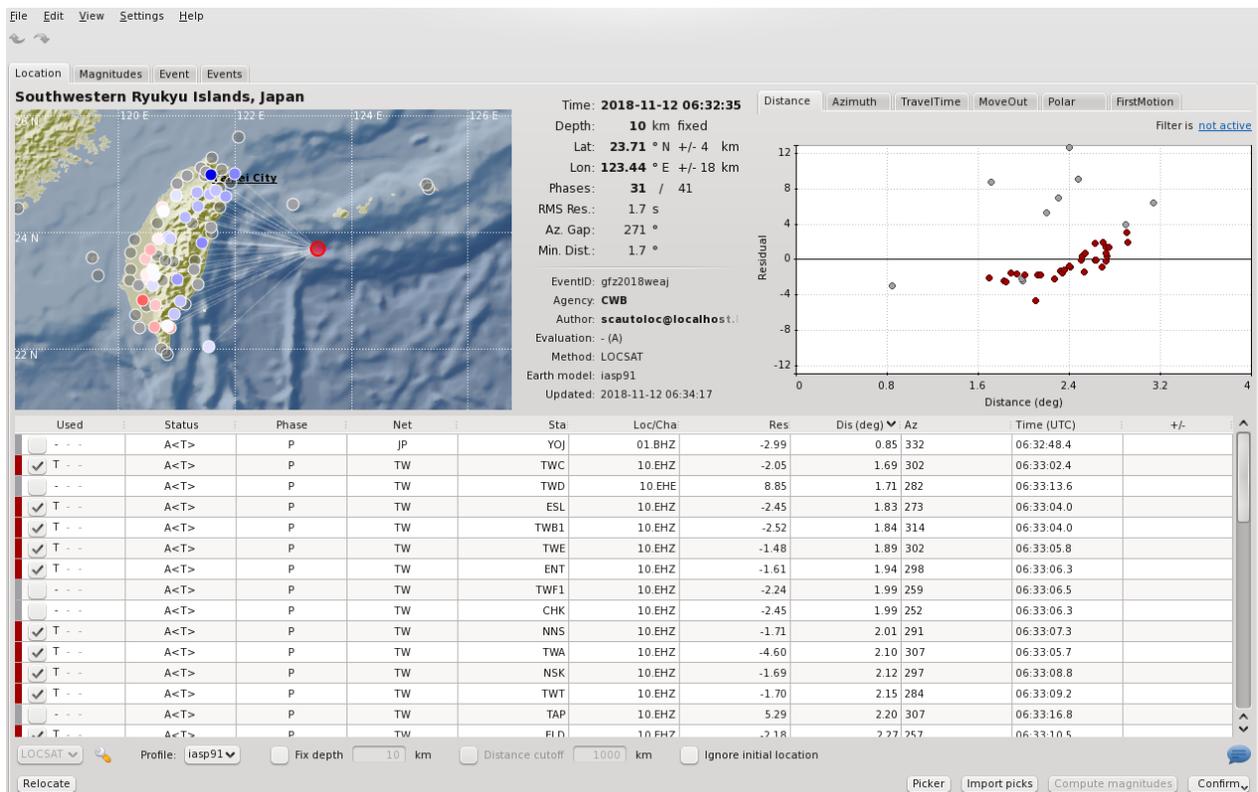


圖 15、透過 scolv 介面，進行地震重定位。

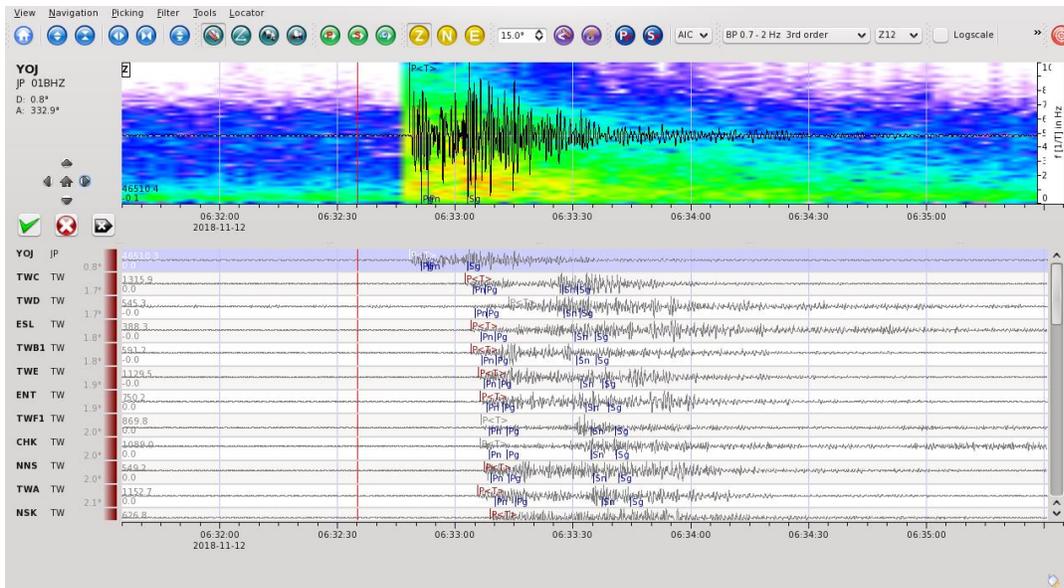


圖 16、透過 scolv 介面，進行地震波形重新 picking。

(五) SeiscomP3 即時展示歷史地震(real-time playback)：

1. 選取 miniseed 格式檔案
2. 按照時間將資料排序：`scmssort -v -E <infile> <outfile>`
3. 打開相關使用者圖形介面：`scrttv`; `scmv`; `scesv`; `scolv`
4. 開始模擬: `msrtsimul -v mymseed.file`

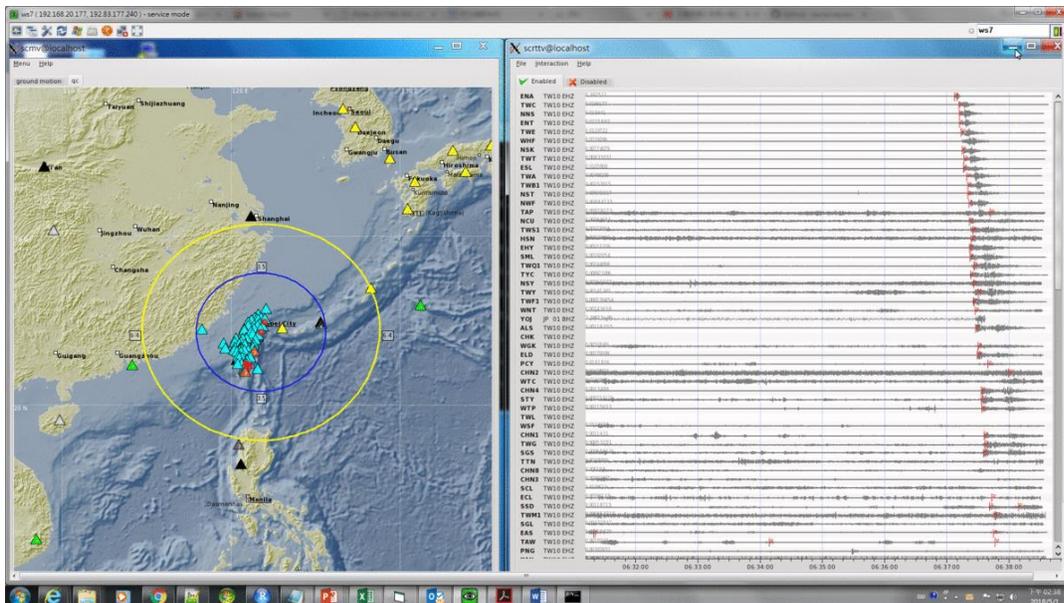


圖 17、即時展示歷史地震。

(六) SeiscomP3 參數調整：

在自動挑選 P 波波相時，可以透過不同的組合改善挑選的準確度：

- RMHP(10)>>ITAPER(30)>>BW(4,1.0,10)>>STALTA(1,40)

其中 RMHP 表示高頻移動平均，ITAPER 表示截取時間窗長度，BW 表示 Butterworth 濾波器，STALTA 表示短時間窗與長時間窗。另外在進行定位時，可以修改速度模型和格點搜尋法中的格點。在進行規模計算時，可以修改震波衰減公式。

(七) SeiscomP3 資料管理：

在 SeiscomP3 系統中有許多資料可以透過指令或是網頁取得。一般而言地震資料可以分成 3 類：

1. 地震波形。
2. 測站詮釋資料。
3. 地震資訊。

在 SeiscomP3 系統中提供 Web Service 方式，讓使用者非常方便取得資料。

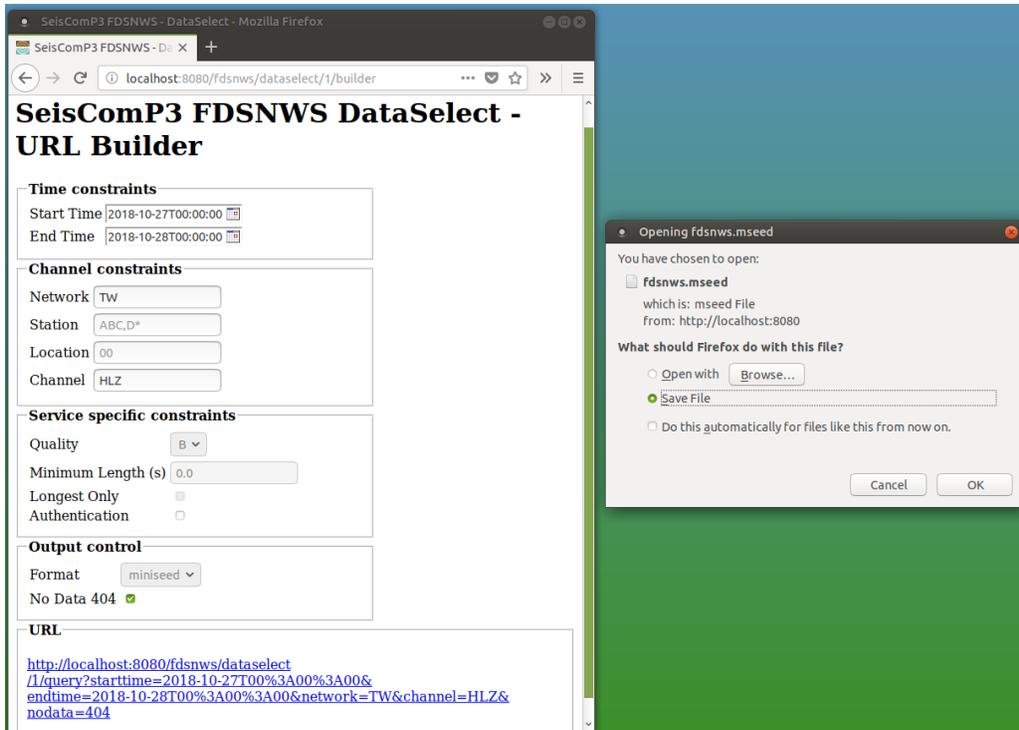


圖 18、透過 Web Service 方式，取得波形資料。

另外也可以透過各種指令取得資料：

1. 展示 Evnet ID： `scevtls -d localhost/seiscomp3`
2. 下載波形資料： `scevtstreams -d localhost/seiscomp3 -E <eventID> -L 0 -m 300 | scart -dsvE --list - /home/sysop/seiscomp3/var/lib/archive > mseed.sorted`
3. 下載波形資料： `scart -dsvE -t “2013-01-10 00:00:00~2013-01-10 00:10:00” <archive_Dir> <mseed_File>`
4. 下載地震目錄及波相資訊： `scbulletin -E <EventID> -d localhost/seiscomp3 -3 > <filename>`
5. 下載地震資訊： `scxmldump -d localhost/seiscomp3 -E <EventID> -PAMFf -o event.xml`
6. 下載測站詮釋資料： `scxmldump -d localhost/seiscomp3 -If -o inventory.xml`
7. 下載系統參數： `scxmldump -d localhost/seiscomp3 -Cf -o config.xml`
8. 上傳資料到資料庫： `scdb -i event.xml -d localhost/seiscomp3`
9. 清除資料庫，只保留最近幾天： `scdbstrip -d localhost/seiscomp3 --days 30`
10. 上傳波形資料到目錄： `scart -I <mseed_File> <archive_Dir>`
11. 上傳一組波形資料： `cat <all your miniseed Files> | scmssort -u | scart -I file://- <archive_Dir>`
12. 波形資料排序： `scmssort -u <initial_mseed_File> <out_mseed_File>`

(八) SeiscomP3 系統擴充與發展：

SeiscomP3 系統提供 Python 語言的開發環境，使用者可以自行撰寫 Python 程式與系統溝通，再配合近年來在 Python 語言中發展的地震資料處理套件 ObsPy，讓使用者有更大的發展空間。以下列出 ObsPy 套件的各項功能：

1. 讀寫任何地震資料格式。
2. 能夠和資料中心的伺服器連線，以擷取資料。
3. 強大的地震訊號處理模組。
4. 支援測站詮釋資料。

另外，SeiscomP3 還提供以 Python 語言撰寫的系統發展工具，包含以下功能：

1. 客戶端程式連線到系統訊息伺服器。
2. 從系統資料庫取得測站詮釋資料。
3. 從系統取得波形資料。

三、心得與建議

SeiscomP3 軟體由德國地球科學中心所發展，能夠肩負起地震資料中心的各項任務，包括：即時資料接收與傳輸、資料保存與提供、地震資訊發布及資料展示等。相較於美國地質調查所發展的 Earthworm 系統，兩套系統雖都有相似的功能，但是在某些地方還是各有所長，因此若能將兩套系統結合，各取所長，一定能夠提升並改進氣象局現有的系統。未來發展方向如下：

- (一) 針對遠地地震資訊掌握，目前依靠美國地質調查所或太平洋海嘯警報中心所提供的地震資訊，較為費時。若採用 SeiscomP3 接收全球即時地震資料，並且自動化定位，該系統所提供的震源資訊，可以比美國地質調查所或太平洋海嘯警報中心在網頁上公告的時間快數分鐘，未來若進一步能夠建立全球性的自動化震源機制解系統，更可以模擬海嘯抵達時的海浪波高，如此對我國的海嘯防災有極大的助益。
- (二) SeiscomP3 系統有一套完善的自動化資料處理流程與地震後人工處理流程，未來若氣象局要精進地震資料處理程序，可以參考此一架構，做更進一步的發展。
- (三) SeiscomP3 系統有強大的圖形展示介面和資料提供介面，也有完善的即時資料傳輸機制，除了地震資料外，任何的時間序列資料(例如：潮位、雨量、地下水水位……等)都可以透過此系統，進行資料傳輸、保存、展示與提供。

建議如下：

- (一) 目前氣象局地震預警系統解算地震定位時所採用的方法為 Geiger 反演法，相較於隔點搜尋法較為費時，建議參考 SeiscomP3 系統中的地震定位方法，並投入更多時間，密集進行測試，可望將地震預警系統資料處理時間再縮短數秒。
- (二) 資料保存與提供是每個地震觀測中心的任務之一，氣象局在完成高密度與高品質的地震觀測網後，一直缺乏有系統地投入人力建置標準的測站詮釋資料，導致資料的可用性降低，研究學者無法輕易且正確地使用資料，因此建議氣象局應該重視測站詮釋資料的建立與管理。
- (三) SeiscomP3 系統的 Web Service 功能十分適合於資料提供，建議氣象局的地球物理資料管理系統能夠朝此方向努力，建立類似的系統，以提供方便且簡單的資料下載模式。