

出國報告（出國類別：國際會議）

## 參加 2017 年美國地球物理聯合會秋季大會

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：美國

出國期間：106 年 12 月 10 日至 18 日

報告日期：107 年 1 月

## 摘要

美國地球物理聯合會(American Geophysical Union, AGU)為世界上規模最大的地球物理國際會議，每年的 12 月都在美國舉行，世界各國的科學家和相關廠商都會利用此機會互相交流與學習。陳達毅技士於會議中以海報形式發表論文，論文題目為:「An improvement of the Earthworm Based Earthquake Alarm Reporting system in Taiwan」。論文內容以介紹中央氣象局最新地震預警系統發展現況為主軸，可望讓世界各國的科學家了解該系統的技術背景與應用成效，有助於開拓臺灣在國際上的能見度，並且增加彼此在未來合作的機會。除此之外，此行也順道學習德國最新地震監測技術，並將此技術引進中央氣象局。近日經線上測試，成果頗令人印象深刻，預期能對未來地震監測工作帶來關鍵性進步。本文介紹研討會過程及最新研究成果，並提供研討會後心得及建議。

## 目次

一、目的 .....	4
二、過程 .....	4
三、心得及建議 .....	16

## 一、目的

近年來地震災害時有所聞，位處地震活躍區域的國家勢必無法避免地震對生命財產的威脅以及對社會和經濟的衝擊。在地震預測技術尚未成熟之前，地震預警系統無疑是目前最有效的防震減災工具之一。地震預警系統能夠在災害性的地震波侵襲目標區域之前提供地震警報，讓人員及自動化設備或交通設施提前採取緊急避難行動，以達到防震減災的目的。日本地震預警系統能夠在地震發生之後 10 秒內發出地震警報，但是地震觀測網密度與日本相當的臺灣，卻需要 15 秒才能發布警報，本次參加會議希望能藉由彼此交流了解我方不足之處並學習國外最新技術，期能找出方法縮短資料處理時間，達到 10 秒地震預警目標。

除此之外，此行也向世界各國學習最新的地震監測技術，期能有助於未來地震監測業務發展。中央氣象局地震觀測系統，近年來持續增加即時地震觀測站數量，因此系統在資料擷取，資料處理，和資料儲存都面臨極大的挑戰。藉由本次會議，除了可以了解世界各國地震觀測系統，透過交流和學習，也引進了德國地震觀測系統，相信在不久的將來可以讓中央氣象局地震觀測系統走向國際化，並提升整體效能。

另一方面，本次會議也順道了解近年來發展迅速的「物聯網技術」在地震監測上的應用。目前低價位的微機電地震儀不但能實際應用於地震觀測工作上，且具備可程式化特性，使得地震監測中心可以用較少的成本佈設高密度的監測網，並且可以有彈性地將各種地震監測演算法植入地震儀器中，如此對於未來的地震監測工作開創更多新的可能性，也對於地震預警系統的開發與應用提供更多選擇與彈性。

## 二、過程

美國地球物理聯合會(AGU)今年首次離開舊金山，改在紐奧良國際會議中心舉辦。研討會主題幾乎涵蓋所有地球科學領域，包含大氣、海洋、地質、水文、天文、地球物理、地形、天然災害…等，會議中主要參加地球物理領域中的「地震預警系統發展」。研討會共約22,000人參加，超過20,000個海報與口頭發表。本次會議於12月10日搭乘長榮航空抵達美國舊金山機場，經轉機於當日下午抵達紐奧良。住宿於會場旁，每日花2分鐘走路前

往研討會場。在研討會一週的時間，除了參與地震預警口頭報告會議以及海報交流之外，也參加了其它地震學研究相關討論，詳細行程如表一所示，圖一至圖三為陳達毅技士此次研討會主要參加的議題，圖四至圖五為會議期間相關照片。

<b>Monday A.M.</b>			
<b>PA11C</b>	Methods for Assessing the Impact and Value of Earth Observations and Geospatial Data for Decision Making	8:00 A.M.	255-257
<b>Paleoceanography and Paleoclimatology</b>			
<b>PP11A</b>	Development and Validation of Organic Geochemical Proxies Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>PP11B</b>	High-Resolution, High-Latitude Marine Proxies Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>PP11C</b>	Linking Paleoclimatic Information from Natural Archives and Instrumental Data: Forcing Factors on Climatic Variability Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>PP11D</b>	Paleoceanography and Paleoclimatology General Contributions Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>PP11E</b>	Development and Application of Coral Proxies for Ocean Change I	8:00 A.M.	344-345
<b>PP11F</b>	Geoscience Approaches to Studying the Lineage of Human Evolution I	8:00 A.M.	343
<b>Seismology</b>			
<b>S11A</b>	Citizen Science in Seismology Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>S11B</b>	Multifault, Multisegment Ruptures in Complex Tectonic Regimes I Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>S11C</b>	Seismology Contributions: Advances in Instrumentation and Installation Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>S11D</b>	Advances in Full Waveform Modeling, Inversion, and Imaging I	8:00 A.M.	222
<b>S11E</b>	Induced and Triggered Earthquakes: Theory, Observations, Impact I	8:00 A.M.	220-221
<b>SPA-Aeronomy</b>			
<b>SA11A</b>	General Contributions in Aeronomy Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>SA11B</b>	Solar Eclipse Effects on the Upper Atmosphere I	8:00 A.M.	252-254
<b>SPA-Solar and Heliospheric Physics</b>			
<b>SH11A</b>	Energy Dissipation and Particle Energization in Turbulent Plasmas Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>SH11B</b>	Fundamental Physics of the Solar Corona and Inner Heliosphere Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>SH11C</b>	Advances in Observations, Data-Constrained Modeling, and Predictions of Solar Activity from the Deep Interior to the Corona I	8:00 A.M.	R02-R03
<b>SPA-Magnetospheric Physics</b>			
<b>SM11A</b>	Dayside Processes and Solar Wind-Magnetosphere Coupling II Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>SM11B</b>	Magnetospheric Response to Transient Solar Wind Phenomena II Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>SM11C</b>	Physics of Magnetic Reconnection Beyond 2-D Laminar Models in Space and in the Laboratory II Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F
<b>SM11D</b>	Plasma Energization During Collisionless Magnetic Reconnection II Posters	8:00 A.M.	Poster Hall D-F

圖一、研討會議程 (粗框部分為參與議題)。

Thursday P.M.			
<b>H44I</b>	Runoff Generation in Snow-Dominated Regions: Connecting Seasonal Snowpacks and Streamflow Response I	4:00 P.M.	295-296
<b>Earth and Space Science Informatics</b>			
<b>IN44A</b> ☉	Challenges and Benefits of Open-Source Software and Open Data II	4:00 P.M.	228-230
<b>IN44B</b>	International Collaboration on Environmental Data and Service Infrastructures, Practices, Access, and Technologies II	4:00 P.M.	231-232
<b>Mineral and Rock Physics</b>			
<b>MR44A</b>	Shale and Mudstone Multiphysics II	4:00 P.M.	206-207
<b>Natural Hazards</b>			
<b>NH44A</b>	Extreme Space Weather Benchmarks: Phase 1 Update and Next Steps	4:00 P.M.	243-244
<b>NH44B</b>	Underwater Landslides: Triggering Mechanisms, Timing, and Mechanics	4:00 P.M.	245
<b>Near Surface Geophysics</b>			
<b>NS44A</b>	Open-Source Software in the Geosciences	4:00 P.M.	238-239
<b>Ocean Sciences</b>			
<b>OS44A</b> ☉	Naturally Occurring Gas Hydrates II	4:00 P.M.	278-279
<b>Planetary Sciences</b>			
<b>P44A</b>	Nature, Distribution, and Evolution of Organic Matter in the Solar System I	4:00 P.M.	R09
<b>P44B</b> ☉	The Dynamic Moon: Insights from Apollo Through the Lunar Reconnaissance Orbiter II	4:00 P.M.	R04-R05
<b>Public Affairs</b>			
<b>PA44A</b> ☉	Science to Action: Toward More Effective Decision Maker-Scientist Partnerships II	4:00 P.M.	255-257
<b>Paleoceanography and Paleoclimatology</b>			
<b>PP44A</b> ☉	Chronostratigraphic Advances Integrating Paleomagnetism, Tephra, Climate Correlation, and Other Stratigraphic and Proxy Methods to Solve Earth System Processes and Events I	4:00 P.M.	352
<b>PP44B</b>	Limnology, Paleolimnology, Limnogeology: A Celebration of Lakes I	4:00 P.M.	343
<b>PP44C</b>	Paleoperspectives on Circulation, Winds, and Nutrients: Examples from the Pacific and Indian Oceans I	4:00 P.M.	344-345
<b>Seismology</b>			
<b>S44A</b>	Geophysical Acoustics I	4:00 P.M.	222
<b>S44B</b>	Seismic Source Parameter Studies: Inversion and Uncertainty II	4:00 P.M.	220-221
<b>S44C</b>	Seismology Contributions: Earthquakes III	4:00 P.M.	217-219
<b>SPA-Aeronomy</b>			
<b>SA44A</b>	Large- and Small-Scale Drivers and Responses in the Ionosphere-Thermosphere System I	4:00 P.M.	R01

圖二、研討會議程 (本次會議地震預警報告安排在粗框部分)。

S53B: Seismology Contributions: Earthquakes IV Posters

Contributions on earthquakes that do not naturally fall under the scope of any of the special sessions.

Friday, 15 December 2017 13:40 - 18:00

📍 New Orleans Ernest N. Morial Convention Center - Poster Hall D-F

Papers

**S53B-0661** A analysis system for comparing the performance evaluation of the earthquake early warning system

**Yun-Jeong Seong<sup>1</sup>**, **Jung-ho Park<sup>2</sup>**, **In Seub Lim<sup>2</sup>**, **Jihwan Pak<sup>2</sup>** and **Roungyi KIM<sup>2</sup>**,  
(1)KIGAM Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon, Korea, Republic of (South), (2)KIGAM Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon, South Korea

**S53B-0662** A Comparison of Earthquake Early Warning Approaches: Challenges and Benefits

**Emrah Yenier<sup>1</sup>**, **Neil Spriggs<sup>1</sup>** and **Dario Baturan<sup>2</sup>**, (1)Nanometrics Inc, Kanata, ON, Canada, (2)Carleton University, Ottawa, ON, Canada

**S53B-0663** Station Corrected PGA Prediction for Onsite EEWs in Western Taiwan

**Kuo-Liang Wen**, National Central University, Institute of Geophysics, Taoyuan, Taiwan, **Meng-Hsuan Shih SR**, National Central University, Institute of Geophysics, Taoyuan, Taiwan and **Jyun-Yan Huang**, National Center for Research on Earthquake Engineering, Taipei, Taiwan

**S53B-0664** An improvement of the Earthworm Based Earthquake Alarm Reporting system in Taiwan

**DA-YI Chen**, Central Weather Bureau, Taiwan, Taipei, Taiwan, **Nai-Chi Hsiao**, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan and **Wu Yih-Min**, NTU National Taiwan University, Taipei, Taiwan

**S53B-0665** Rebuilding the Bulletin of the International Seismological Centre (ISC)

**Lonn Nathaniel Brown**, **Kathrin Lieser**, **James Harris**, **Blessing Shumba**, **Rebecca Verney**, **Dmitry A Storchak**, **Domenico Di Giacomo** and **Emily Delahaye**, International Seismological Centre (ISC), Thatcham, United Kingdom

**S53B-0666** Simultaneous inversion of intrinsic and scattering attenuation parameters incorporating multiple scattering effect

**Masashi Ogiso**, Meteorological Research Institute, Ibaraki, Japan

**S53B-0667** Short-Period Surface Wave Based Seismic Event Relocation

**Austin White-Gaynor<sup>1</sup>**, **Michael Clevejand<sup>2</sup>**, **Andrew Nyblade<sup>1</sup>**, **Jonas A. Kintner<sup>1</sup>**, **Kyle Homman<sup>1</sup>** and **Charles J Ammon<sup>1</sup>**, (1)Pennsylvania State University Main Campus, University Park, PA, United States, (2)Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, United States

**S53B-0668** Using different ways to determine the focal depth of the 2014 Ludian Ms 6.5 earthquake

ABSTRACT WITHDRAWN

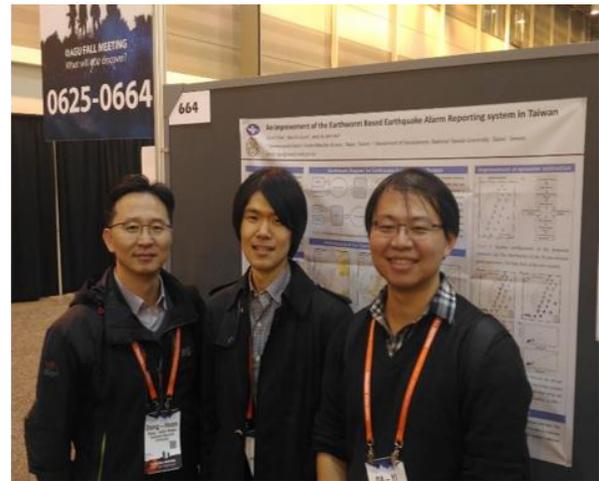
**S53B-0669** An Attempt to Rationalize the Depth-Distance Correction  $Q(\Delta, h)$  of the  $m_b$  Formula

**Nooshin Saloor**, Northwestern University, Evanston, IL, United States and **Emile Okal**, Northwestern University, Department of Earth and Planetary Sciences, Evanston, IL, United States

圖三、研討會海報發表(粗框部分為陳達毅技士所發表的題目)。



圖四、(左圖)陳達毅技士於 AGU 海報前留影。(右圖) 陳達毅技士與臺灣學者李昭興教授(左一)共進午餐。



圖五、(左圖) 陳達毅技士與臺灣學者梁文宗老師(右一)於會場中合影。(右圖)與韓國 Sheen 教授(左一)及日本學者(小寺) (左二)於陳達毅技士海報前留影。

下表為行程安排與工作紀要，重點內容則分述以下：

表一、出國行程安排。

日期	地點與簡要說明
106年12月10日 (星期日)	上午 10:55 於臺灣桃園國際機場出發，抵達舊金山後，經轉機於下午 4:57 抵達紐奧良。
106年12月11日 (星期一)	參與地震預警相關議題 參與地震觀測網相關議題
106年12月12日 (星期二)	學習德國地震觀測系統(SeiscomP3) 參與地震觀測網相關議題
106年12月13日 (星期三)	參觀 RaspberryShake 儀器並討論 學習德國地震觀測系統(SeiscomP3) 訪美國地震科學聯合會(Incorporated Research Institute for Seismology, IRIS)攤位
106年12月14日 (星期四)	整理此行出國報告 學習德國地震觀測系統(SeiscomP3) 參加地震預警相關議題
106年12月15日 (星期五)	學習德國地震觀測系統(SeiscomP3) 張貼地震預警海報並解說 搭車至休士頓
106年12月16日 (星期六)	由休士頓搭機返回臺灣桃園國際機場

參與研討會過程中，學習內容分述如下:

(一) 韓國地震預警系統發展現況:

第一階段的韓國地震預警系統於 2015 年 1 月開始運作。這個階段的目標是在偵測到規模 5.0 以上的地震之後 50 秒內發布警報。在系統運作 2 年半之中，發布三次警報，分別是發生於 2016 年 7 月 5 日的外海地震規模 5.0，以及發生於 2016 年 9 月 12 日在韓國半島的地震規模分別是 5.1 和 5.8。本研究比較地震預警系統定位結果與韓國氣象廳地震目錄的差異，到目前為止所有規模大於 3.0 的地震都能被準確的偵測到。

(二) 地震預警系統原理:

地震預警系統的主要目標是對於正在發生的地震，在它的災害性震波抵達之前，提供警報。為了達到這個目標，需要一個很穩定的地震觀測系統，很快速的地震偵測演算法以及很快速的資訊傳遞系統。大部分地震預警系統都是根據兩種不同的方法: 現地型和區域型。現地型採用初達 P 波資訊推估當地震度，若預估震度超過門檻即對當地發出警報，此方法不需要知道地震的位置和規模，只需要預估震度。區域型方法，依賴震央附近的地震站提供 P 波資訊，估算地震位置及規模，再根據此訊息配合地動衰減模型，預估所有區域的震度值。此方法才能夠對於所有區域發布警報。現地型方法只能針對地震儀設置的地區發布警報。

(三) 現地型地震預警系統中預估公式修正

在地震預警系統中，大部分的最大加速度地動值(Peak Ground Acceleration, PGA)都是由強地動模型(Ground Motion Prediction Equation, GMPE)估算而來的。由於每個地震儀設置的地方有不同的場址效應，經由 P 波初動資訊推估 PGA 仍然存在相當的誤差，需先採用測站修正，改善地震預警系統所計算的震央位置和規模。接著，根據每一個測站不同的場址修正 GMPE 公式。直接由最大位移值推估現地的 PGA 值。

#### (四) 日本地震預警最新研究:

對於一個大地震在產生震波之後造成的地動量的估算，傳統上都需要考慮震源參數才能進行，最近日本提出一套方法，可以只根據觀測到的地動值所形成的波場，推估鄰近可能的地動數值。由於此方法原本必須依靠 S 波資訊才能運作，如果可以根據 P 波資訊進行推估，將可以節省許多時間。該究指出，使用 P 波極性變化來偵測 P 波訊號，確實可以在不失精準度的情況下，節省資料處理時間。

#### (五) 地震監測技術研究(ObsPy):

近年來在 Python 語言中發展的地震資料處理套件 ObsPy，已經廣泛被運用在地震監測與地震資料處理中，應用範圍包括：

- 讀寫任何地震資料格式。包含波形資料 (MiniSEED, SAC, SEG-Y, Reftek, ...) 以及測站資料 (SEED, StationXML, SC3ML, ...) 和地震資訊 (QuakeML, ZMAP, ...)。
- 能夠和資料中心的伺服器連線，以擷取資料: (FDSNWS, ArcLink, SeedLink, ...)。
- 強大的地震訊號處理模組。
- 提供資料展示及第三方程式支援。

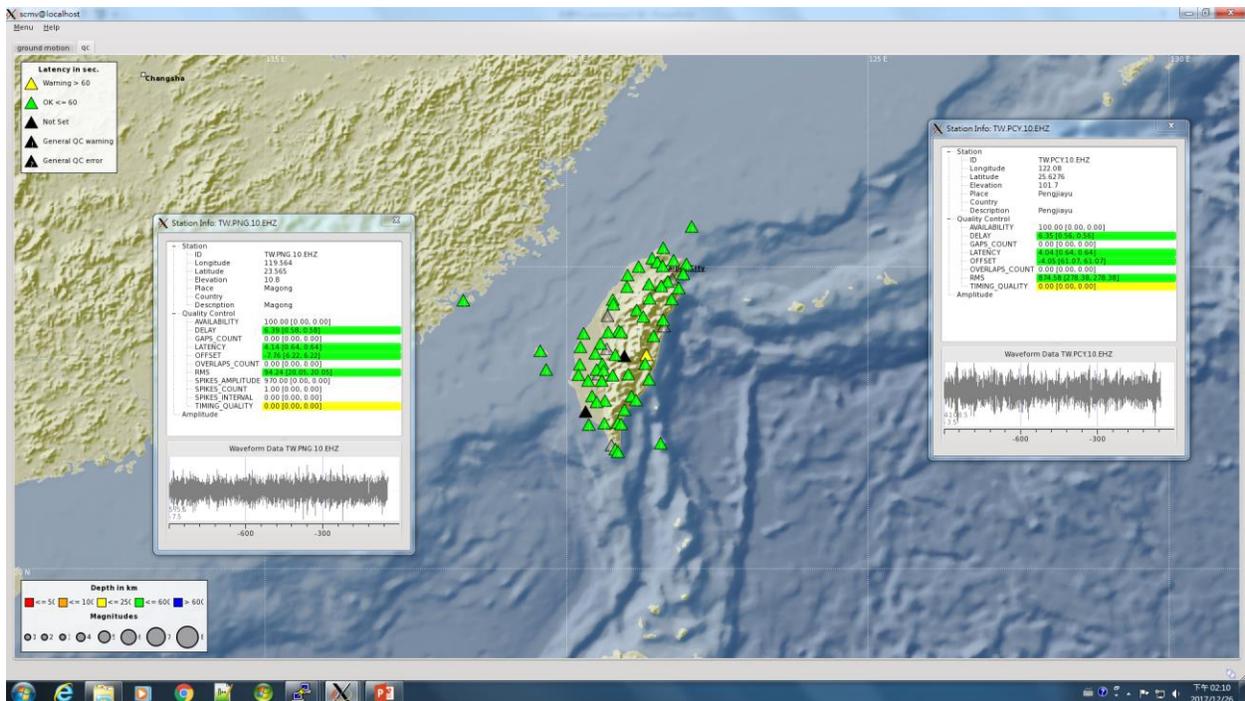
ObsPy 發展超過 8 年，已經成功地讓許多地震學家廣泛地使用，新的功能包含：

- 支援測站詮釋資料。
- 可以連線 Nominal Response Library (NRL)，快速取得測站詮釋資料。
- 改善與 EarthWorm 軟體連線的模組。
- 改善讀寫 MiniSEED 格式的模組。
- 改善畫圖功能 (spectrograms, PSD of discrete frequencies over time, ..)。
- 支援項目包含：
  - 讀取 ArcLink Inventory XML
  - 寫出 SeisComp3 ML (SC3ML)
  - 寫出 StationTXT format

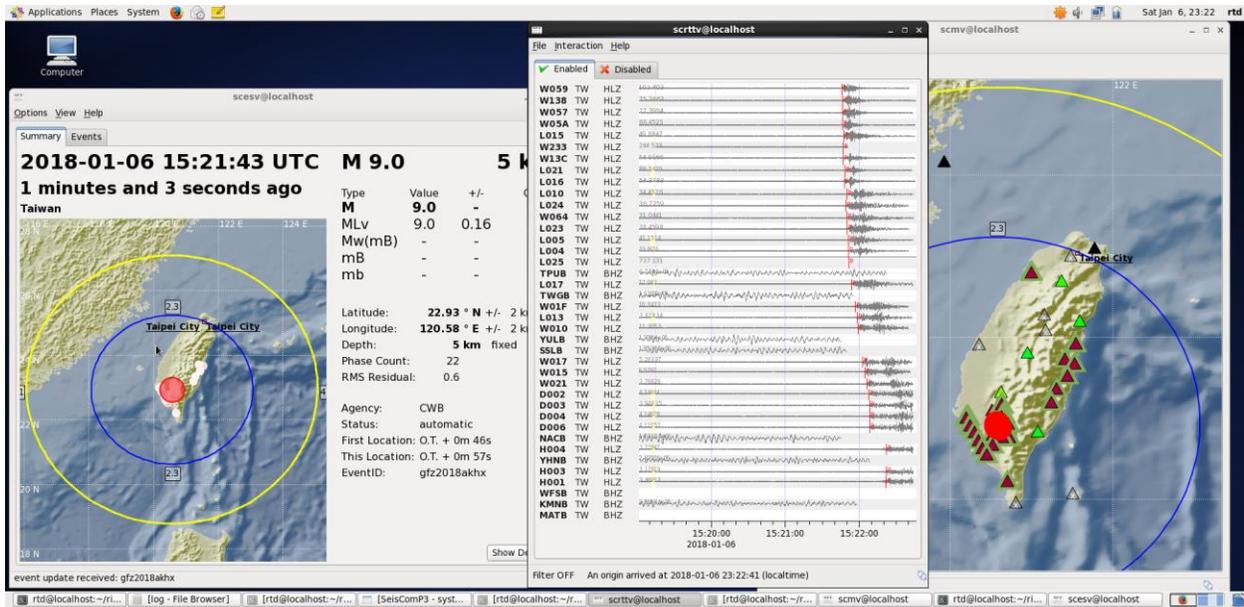
## (六) 地震監測技術研究(Seiscomp3):

Seiscomp3 由德國地球科學研究中心(GFZ)所開發，是一個免費且開放原始碼的軟體，其功能相當於由美國地質調查所發展的 Earthworm 軟體。近年來，Seiscomp3 在使用者介面上的發展日趨成熟，使得該軟體不僅能夠自動化蒐集即時資料，處理資料，也能夠將處理結果以圖形介面展示。藉由研習 Seiscomp3，能夠引進最新地震測報、火山觀測及海纜觀測系統、資料整合平臺開發技術與後端防災應用科技等，以提升中央氣象局地震測報效能與防災效益。Seiscomp3 是免費的地震軟體，有強大的資處理與展示功能，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。於會議期間經過多次嘗試與詢問，獲得成果如下:

1. 能夠進行即時地震活動監控，如圖六及圖七所示。
2. 能夠即時顯示測站狀況，如圖八所示。
3. 能夠做地震後的資料分析，如圖九所示。
4. 能夠即時處理全球地震活動並展示資訊，如圖十所示。



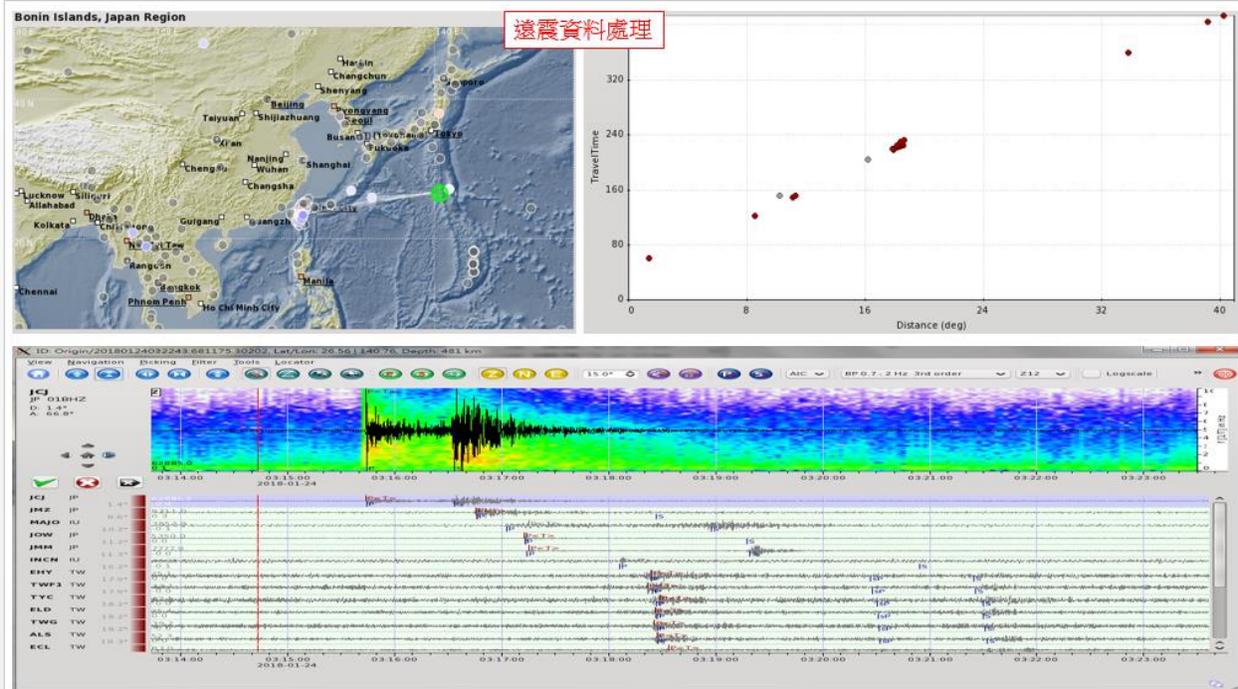
圖六、即時波形監控



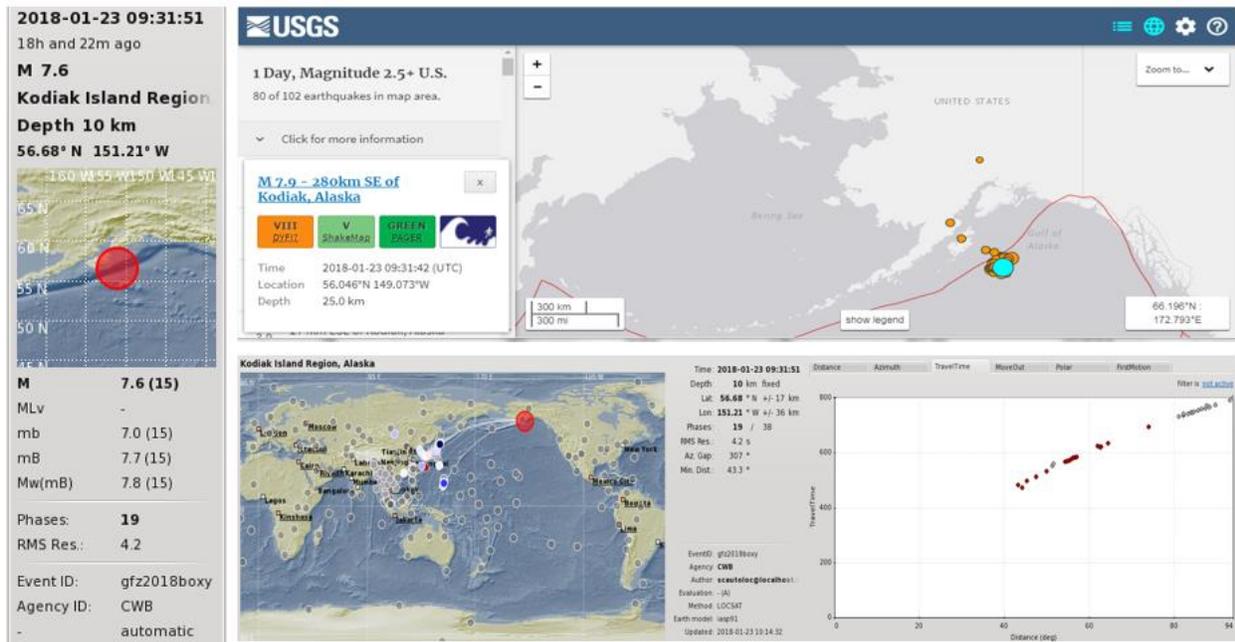
圖七、即時地震活動監控

streamID	enabled	latency	delay	timing q...	offset	rms	gaps co...	overlap...	availabi...	spikes c...
TW.ALS.10.EHZ	on	6.4 s	5.1 s	0	-13.25	18.56	0	0	100%	
TW.CHK.10.EHZ	on	4.2 s	6.9 s	0	-40.99	81.42	0	0	100%	1.00
TW.CHN1.10.EHZ	on	4.5 s	6.3 s	0	7.26	22.30	0	0	100%	
TW.CHN2.10.EHZ	on	2.4 s	8.4 s	0	-3.72	519.72	1	0	98%	
TW.CHN3.10.EHZ	on	3.3 s	7.6 s	0	-10.75	343.87	0	0	100%	1.00
TW.CHN4.10.EHZ	on	7.1 s	3.5 s	0	-35.85	23.61	0	0	100%	
TW.CHN5.10.EHZ	on	5.8 s	5.0 s	0	-37.76	14.03	0	0	100%	
TW.CHN8.10.EHZ	on	3.9 s	6.8 s	0	-15.18	251.97	0	0	100%	
TW.EAS.10.EHZ	on	5.1 s	5.2 s	0	-1.97	37.60	0	0	100%	
TW.ECL.10.EHZ	on	4.3 s	6.4 s	0	-15.61	17.71	0	0	100%	
TW.EGS.10.EHZ	on	4.5 s	6.0 s	0	-5.29	45.76	0	0	100%	
TW.EHY.10.EHZ	on	5.9 s	5.1 s	0	-63.43	10.98	0	0	100%	
TW.ELD.10.EHZ	on	5.3 s	5.5 s	0	-10.77	17.36	0	0	100%	
TW.ENA.10.EHZ	on	4.0 s	6.8 s	0	-16.71	58.65	0	0	100%	1.00
TW.ENT.10.EHZ	on	6.5 s	4.3 s	0	-40.17	14.91	0	0	100%	
TW.ESL.10.EHZ	on	4.7 s	5.8 s	0	-49.90	29.27	0	0	100%	
TW.HEN.10.EHZ	off									
TW.HSN.10.EHZ	on	3.5 s	7.0 s	0	3.66	360.32	0	0	100%	
TW.HWA.10.EHZ	off									
TW.ILA.10.EHZ	off									
TW.KNM.10.EHZ	on	5.5 s	5.4 s	0	-22.61	13.37	0	0	100%	
TW.LAY.10.EHZ	on	3.2 s	7.5 s	0	-17.72	137.39	0	0	100%	
TW.NCU.10.EHZ	on	3.8 s	7.1 s	0	-1.31	378.55	0	0	100%	
TW.NNS.10.EHZ	on	5.6 s	5.2 s	0	-60.53	22.91	0	0	100%	
TW.NSK.10.EHZ	on	5.8 s	4.8 s	0	-8.39	13.28	0	0	100%	
TW.NST.10.EHZ	on	4.9 s	5.4 s	0	15.73	35.74	0	0	100%	
TW.NSY.10.EHZ	on	9 m 7.5 s	9 m 17....	0	-66.01	88.96	9	0	3%	

圖八、即時資料狀況監控



圖九、遠地地震資料處理



圖十、即時遠地地震定位與 USGS 結果比較

## 7. 微機電地震儀 (Raspberry Shake):

近年來物聯網技術突飛猛進，各種開發面板及小型的感應器如雨後春筍般出現在市場上。本次於 AGU 會議中發現一套便宜且可以程式化的地震儀系統，名為 Raspberry Shake，如圖十一所示。簡單來說，是將速度型地震儀(Geophone)連接在開發板樹梅派(Raspberry Pi)上面，再將濾波及資料存取程式放入開發板上，成為一個地震儀，名為 Raspberry Shake 是由巴拿馬一家名為 OSOP 公司所發展的。該公司不僅提供地震儀器也支援軟體系統建置，是一個在地震監測方面能提供全面服務的公司。



圖十一、Raspberry Shake，圖中顯示一個單軸的速度型地震儀，以及 Raspberry Pi 開發板。該開發板內建訊號濾波程式以及 SesicomP3 軟體，能夠透過網路將即時資料傳達遞給地震資料處理中心。

### 三、心得與建議

AGU 研討會是國際上規模最大的地球物理研討會，其中包含眾多主題，討論的議題也十分廣泛，不可能完全參與每一個議題，也不可能吸收與了解所有內容。為了避免走馬看花，空手而回，本次參與會議之前即鎖定地震預警與地震觀測技術等相關議題，抱著必須帶回實質成效的決心，在會議中花費相當多的時間與德國科學家學習德國地震觀測系統 (SeiscomP3)，經過數日來回詢問以及會議空檔時間不斷的測試，終於在研討會期間對於該系統有初步了解。由於此系統不但具有強大資料處理和展示功能，也是開放原始碼的免費軟體，在接收美國地球科學聯合會提供的全球即時地震資料之後，對於臺灣觀測網範圍外的地震也能夠快速的自動化處理。當我們面臨臺灣附近國家或是太平洋上所發生規模 7.0 以上的地震時，此系統可以在美國地質調查所網頁公告地震訊息之前，提早提供地震資訊，如此對於我國的地震防災和海嘯防災有很大的助益。

中央氣象局 24 位元地震預警系統自從 2014 年運作以來，島內地震發生後約 15 秒時間，地震預警系統才能發布警報。相較與地震觀測網密度與臺灣相當的日本，他們的地震預警系統能夠在地震發生後 10 秒內提供警報。參加 AGU 會議了解到，目前地震預警資料處理演算法已經發展相當成熟，以臺灣的地震觀測網基礎，要發展 10 秒地震預警系統不是一件困難的事情，相信在引進新的演算法之後，經過一段時間線上測試之後，有機會達成島內地震發生後 10 秒內發布地震警報的目標。

物聯網架構下的微機電地震儀系統功能愈來愈完整，許多研究顯示這類型的地震儀的確可以運用於地震活動監測上。不僅如此，這些微機電地震儀訊號，藉由 Earthworm 或是 SeiscomP3 也可以傳送給地震資料處理中心。擁有價格優勢的微機電地震儀，能夠輕易地購置很大的數量，達到加密地震觀測網的目的。另外，此類型地震儀器提供了可程式化的介面，讓地震監測人員可以將自行開發的演算法放入地震儀中，做更彈性的運用。

地震監測與預警技術日新月異，參與 AGU 會議能夠增加與世界各國科學家交流與討論的機會，也可以帶回實質有意義的技術或想法，藉此提升我國於這方面的能力。此行參加 AGU 會議有深刻的感受，心得建議如下：

(一) SeiscomP3 軟體能夠快速提供遠地地震資訊，建議海嘯模擬系統可以在該系統偵測到規模 7.0 以上深度小於 40 公里的地震發生後，自動化提供海嘯到時模擬。特別是發生

於臺灣鄰近海域的地震，海嘯波抵達時間在 30 分鐘內，若是採用該系統所提供的震源資訊，可以比美國地質調查所或是日本氣象廳於網頁上公告的時間快數分鐘。未來若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) 臺灣的地震觀測網經過系統升級之後，無論是資料品質或是測站密度都比 2012 年以前提升許多。在此架構之下中央氣象局地震預警系統，確實具備地震後 10 秒內提供警報的條件，近年來藉由參與多次國際會議，逐漸了解各種地震預警演算法的優劣，也找出適合臺灣的演算機制。建議加速這方面研究進展，投入更多時間密集進行測試，早日將此系統上線提供更快速的警報。
- (三) 微機電地震儀發展至今，一直維持價格便宜的優勢，且近年來軟體發展迅速，此類型地震儀可以輕易的傳送資料給地震監測系統。在眾多的地震監測系統，Earthworm 和 SeiscomP3 是兩個功能最強大的免費且開放原始碼軟體。建議在做防震教育推廣工作時，可以向中小學推廣安裝微機電地震儀，讓學生參與地震監測活動，將地震與防災概念深植於學生心中，另一方面也可以將該資料傳回中央氣象局以增加地震網密度。
- (四) 中央氣象局 24 位元地震監測系統對於資料保存與提供等方面一直以來無法完全滿足學術界對於資料品質和資料完整度的需求，所提供波形資料的格式，詮釋資料的完整性與正確性等，一直無法達到國際標準，如此不僅對於地震科學研究形成阻礙，也對於中央氣象局在資料維護上造成困難。地震詮釋資料(metadata)能夠描述地震站所在位置，以及儀器在不同頻率的響應，因此，使用者在取得此資料之後，才能夠將原始的紀錄還原成真實的地動紀錄，做後續的研究與應用。本次會議中拜訪美國地震科學聯合會(Incorporated Research Institute for Seismology, IRIS)，從中學習到資料管理的觀念與方法。因此建議，中央氣象局應該著手開始建立符合國際標準的地震詮釋資料(metadata)，並且建立檢查機制，以確保此資料的完整性和正確性。