

出國報告（出國類別：國際會議）

參加 2016 年日本地球科學聯合會

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：日本

出國期間：105 年 5 月 21 日至 26 日

報告日期：106 年 4 月 19 日

摘要

日本地球科學聯合會(Japan Geoscience Union, JPGU) 探討的科學領域涵蓋地球、行星及太空等學科，每年在日本千葉縣舉辦，會中大部分是以日文發表，少數幾個子題是以英文發表。本次出席日本地球科學聯合會，主要參與地震預警系統發展這一主題，於會議中以口頭報告形式發表論文:「臺灣地震預警系統成效分析」。全世界的地震預警系統中，日本新幹線是最早將地震預警訊息用於地震防災的單位，墨西哥則是最早將地震預警訊息向一般民眾發布的國家，2007年日本成為全世界第二個向一般民眾發布地震預警訊息的國家，臺灣則是從 2016 年開始成為第三個。地震預警系統近年來蓬勃發展，美國、義大利、土耳其、西班牙、中國大陸、韓國、印度等也積極進行研究中。此次參加日本地球科學聯合會除了瞭解世界各國地震預警系統發展狀況並學習其最新技術之外，也嘗試與日本氣象廳地震預警系統專家交流並創造日後合作與訪問機會。本出國報告除了介紹研討會過程並介紹日本與美國的地震預警系統，另外提供參加研討會後心得，以及未來地震預警系統發展方向。

目 次

一、目的	4
二、過程	4
三、心得與建議	12
附錄一：議程	14
附錄二：報告投影片	15
附錄三、相關照片	25

一、目的

在地震發生之後，地震預警系統能夠快速地計算出地震的位置與規模，並且在地震波尚未侵襲目標區域前提供地震資訊，讓使用者能夠根據此資訊提前準備，以達到防震減災的目的。地震預警系統在中央氣象局運作超過十年，過去僅有少數特定機構接收此系統產生的預警訊息。從 2012 年起中央氣象局使用 Earthworm 平台整合來自不同種類的即時觀測資料，並且以此系統進行臺灣地震活動監測。中央氣象局近年來發展的 Earthworm Based Earthquake Alarm Reporting (eBEAR) 系統與過去系統相比能夠縮短資料處理時間並且提升預警資訊的精準度。eBEAR 系統中包含三個於 Earthworm 環境下新開發的模組。這些新的模組可以處理：P 波到時挑選、波相組合、地震定位、規模計算及預警訊息發布。實際系統運作情形顯示：對於島內及島外地震，平均處理時效分別為地震發生之後 15 秒及 26 秒，比起過去的預警系統平均島內地震快 3.2 秒，島外地震快 5.5 秒。

目前 eBEAR 系統已經將預警訊息於地震發生之後即時地傳遞到全國中小學，以爭取在強烈地震波抵達學校前的數秒到數十秒時間發出警報。本次出席日本地球科學聯合會，所發表的論文主要內容在闡述 eBEAR 系統的方法與成效，希望能藉此機會讓國外學者瞭解臺灣的地震預警系統發展現況，創造相互交流與學習的機會，另外也藉由觀摩各國地震預警技術與各國科學家交流並分享經驗，提供日後系統改進時的建議。

二、過程

日本地球科學研討會於千葉幕張國際會議中心舉辦，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，主要參加地球物理領域中的「地震預警系統發展」項目。本次研討共有 7,240 人參加，有 194 討論子題，其中有 63 個是以英文演說的國際議程。本次參加日本地球科學研討會，於 5 月 21 日搭乘中華航空抵達日本成田機場。住宿於千葉市區，每日花 30 分鐘搭乘電車前往千葉幕張研討會場。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，包括：地震觀測網、背景雜訊分析、地震統計分析、震源破裂過程…等。在地震預警討論會場中，與國內外學者交換研究心得，並互相了解研究內容。會後與日本學者討論並交換意

見。會議中感受到各國對於地震預警系統的研發都投入相當的心力，體會到地震預警系統並不是孤獨的一條路，在國際上可以找到一群朋友共同研究與討論，讓此系統的發展更加完善。附錄一為研討會完整議程(5月22日~26日)，職發表論文於 Earthquake Early Warning development 議題，被排於5月22日上午，下午則為 Real-time monitoring and prediction 議題，22日之部分議程見圖一。

Venue	Capacity	May 22 (SUN)			
		AM1 9:00-10:30	AM2 10:45-12:15	PM1 13:45-15:15	PM2 15:30-17:00
101 A (1F)	63	G-03 Outreach			
101 B	63	B-PT03 *Biocalcification and Proxies		S-GL37 Regional geology and tectonics	
102	146	H-CG27 Scientists and Stakeholders	A-OS14 Ocean Mixing Processes	A-OS04 *Ocean Mixing Frontiers	
103	166	P-EM04 *Space Weather			
104	166	P-PS13 Lunar science and exploration			P-CG10 *Small Solar
105	166	S-EM05 *Geomagnetic secular variation		H-CG26 Earth's changing surface	
106	96	S-SS01 *Earthquake Early Warning development		S-SS29 Real-time monitoring and prediction	
International Conference Room	456	0-03 Advances in Earth & Planetary Science	0-02 Presentations by high school students	0-04 Geoparks in Japan	
Convention Hall A	400	S-VC48 Volcanoes, igneous activities, forecast			
Convention Hall B	400	0-05 Earth science and nuclear power plants		G-02 Disaster prevention education	
201 A	126	S-SS26 Crustal Structure		B-CG04 *Earth and Planetary Frontiers	
201 B	123	S-IT07 *Structure, dynamics of deep interiors			S-SS04 *Rethinking PSHA
202	52	H-TT08 *HD-topography & geophysical measurement		0-06 What is "diversity promotion" in JpGU?	

圖一、研討會議程(粗框部分為發表論文的議題以及地震即時監測與預測議題)。

下表為行程安排與工作紀要，重點內容則分述以下：

日期	地點與簡要說明
105 年 5 月 21 日 (星期六)	於臺灣桃園國際機場出發，抵達東京成田機場
105 年 5 月 22 日～26 日 (星期日～星期四)	參加 2016 年日本地球科學聯合會並發表論文。會議結束後 當日晚上返國。

表一、出國行程安排。

(一) 日本地震預警系統運作 8 年來回顧

自從 2007 年 10 月 1 日起，日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA)開始正式對全國民眾發布緊急地震預警訊息。根據預估震度的大小，決定是否發布地震預警訊息。地震預警使用的地震觀測網包含 200 個日本氣象廳 地震儀，800 個 NIED(National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention) 地震儀。2007 到 2009 年地震預警的表現良好。2008 年 IWATE-MIYAGI 地震成功的提供許多地方即時的地震預警訊息。到了 2011 年 3 月 1 日，地震預警系統擴展地震觀測網，其中在陸地上新增 12 個站，在東南海增加 5 個海底地震儀。在 2011 年東日本大地震中，針對 Tohoku 地區，預警系統成功地在地震 S 波來襲之前發布警訊。但是在關東地區，由於低估了震度，導致無法及時提供預警訊息。在此地震過後，高頻度的餘震活動使得地震預警系統發布了許多警報，其中也包含了錯誤的警報。造成地震預警系統效能低落的原因有兩個：(1)將多個同時發生的小地震誤認為是一個大地震;(2)在災害區測站不足或是訊號斷線。在 2012 年日本氣象廳 從觀測資料中引入場址放大參數，提升震度預估的能力。但是在 2013 年 8 月 8 日，由於從海底地震儀來的不正常地震資料，發布了一個錯誤的預警報告，造成了經濟活動的影響，例如列車停駛。2015 年日本氣象廳持續擴展地震觀測網以提高地震預警系統效能。使用 15 個深度約 500 公尺的深井地震儀，2 個海底地震儀以及更新 50 個 JMA 地震儀。日本氣象廳計畫採用 180 個海底地震儀擴展外海地震監測能力，另外再設置 410 震度計用來檢驗。等到資料品質穩定之後，日本氣象廳預訂使用新的演算法來解決短時間內發生多個地震事件的問題。

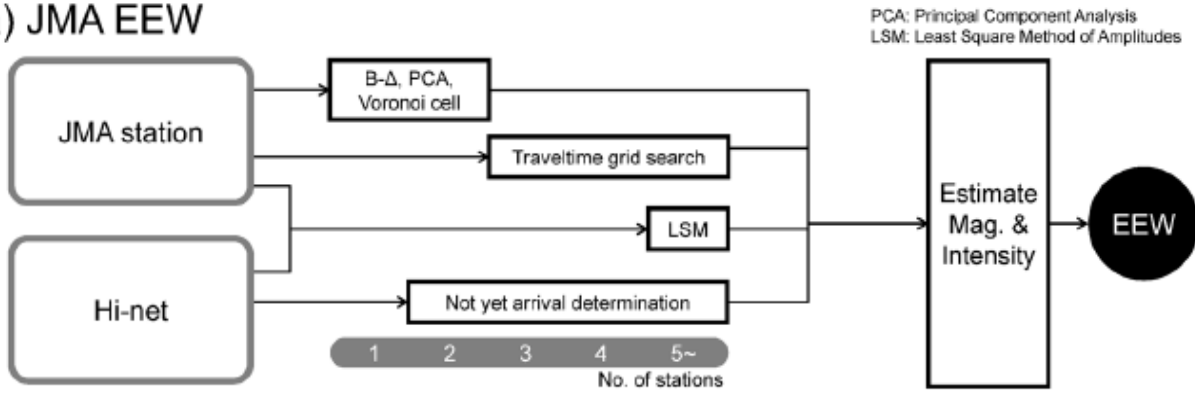
(二) 美國地震預警系統發展

相較於美國其他地區，美國西岸是地震危害度最高的地區，歷史上曾經發生過多起大地震引起相當嚴重的災害性，1906 年發生規模 7.9 的 San Francisco 地震，造成超過 3,000 人以上傷亡；1989 年發生規模 6.9 的 Loma Prieta 地震，造成數十人傷亡，因此美國地質調查所與數個大學及研究機構針對此區域共同合作開發地震預警系統（稱為 ShakeAlert 系統），該系統能夠在地震發生之後，強烈地震波尚未侵襲目標區域之前能夠提早告知目標區內的民眾或是自動控制設備，以達到防災與減災的目的。該系統將地震科學實際應用在生活中，讓民眾和自動化系統在強烈地震波抵達前，擁有反應時間最多達 1 分鐘，可以有效降低生命財產的損失。美國地質調查所和許多合作夥伴致力在實行 ShakeAlert 系統在美國西岸的三個州：Washington, Oregon 和 California。ShakeAlert 系統建立在美國地質調查所地震觀測網。此系統從 2012 年開始向特定使用者發布預警訊息，2015 年將訊息送往 Washington 和 Oregon。最快可以在地震發生後 4 秒送出訊息。要達到完全向大眾發布訊息，需要 1000 臺地震儀，以及更可靠的通訊，還有教育民眾如何使用此訊息。

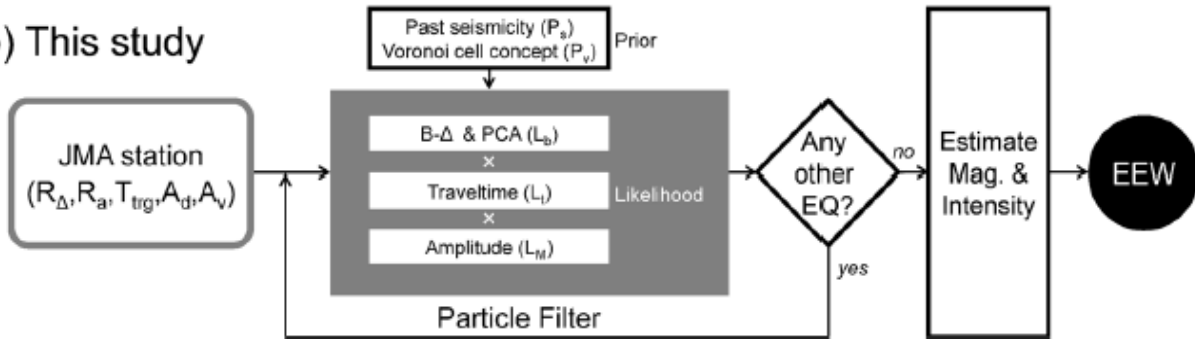
(三) 最新日本地震預警系統研發中的技術

在 2011 年所發生規模 9.0 的東日本大地震後造成了許多餘震，而且大部分的地震都是在相當短的時間間隔內發生，甚至於是在幾乎同一個時間點發生多起地震。目前地震預警系統技術無法處理此短時間內密集的地震現象，系統往往會誤認多起地震為同一地震事件，造成高估地震規模，成為誤報(false alarm)。過去日本的地震預警系統採取 3 階段地震定位（圖二(a)），首先採用單站的 B-Delta 方法，接著採用格點搜尋法，以及最小平方法，分別在不同階段根據所蒐集到的資料量多寡，盡可能提供既快速又準確的地震資訊。此方法針對單一地震事件有很好的結果，但是對於短時間內多重地震事件而言卻會造成誤報。因此日本氣象廳正著手改善其地震預警系統，並提出新方法。如圖二(b)所示，使用 B-delta 法與震波走時及震幅等資料，代入機率模型找出最有可能發生地震的地區，同時再分析粒子運動方式以判斷是否發生多重地震事件。圖三(a)與(b) 分別表示在同一時間內發生 2 起地震時，找出最有可能發生地震的地方。

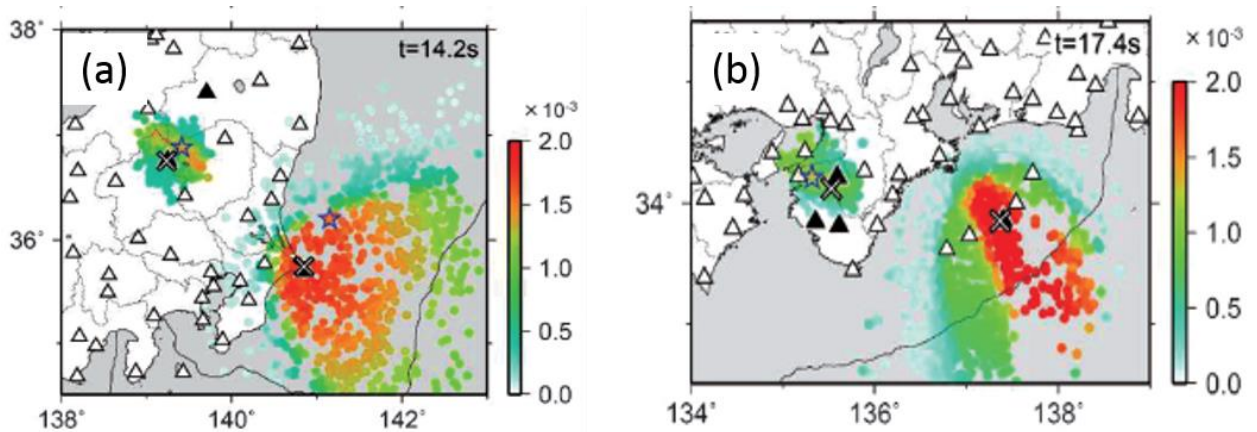
(a) JMA EEW



(b) This study



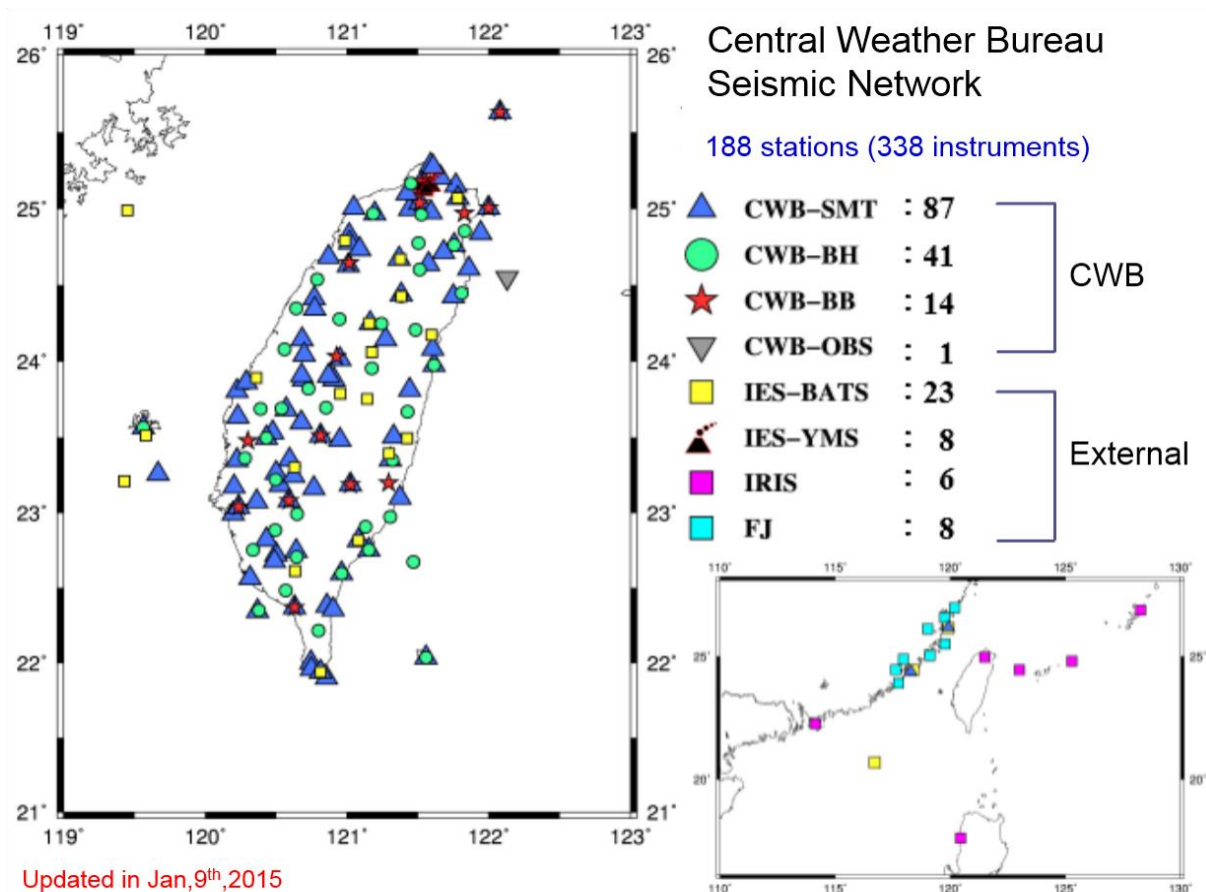
圖二、日本地震預警系統技術概要，圖(a)表示原架構，圖(b)表示新原架構 (取自(Tamaribuchi et. al., 2014) 地震 第2輯 第67卷 41-55頁)。



圖三、日本地震預警系統技術成果，圖(a)與圖(b) 分別表示在同一時間內發生2起地震時，找出最有可能發生地震的地方 (取自(Tamaribuchi et. al., 2014) 地震 第2輯 第67卷 41-55頁)。

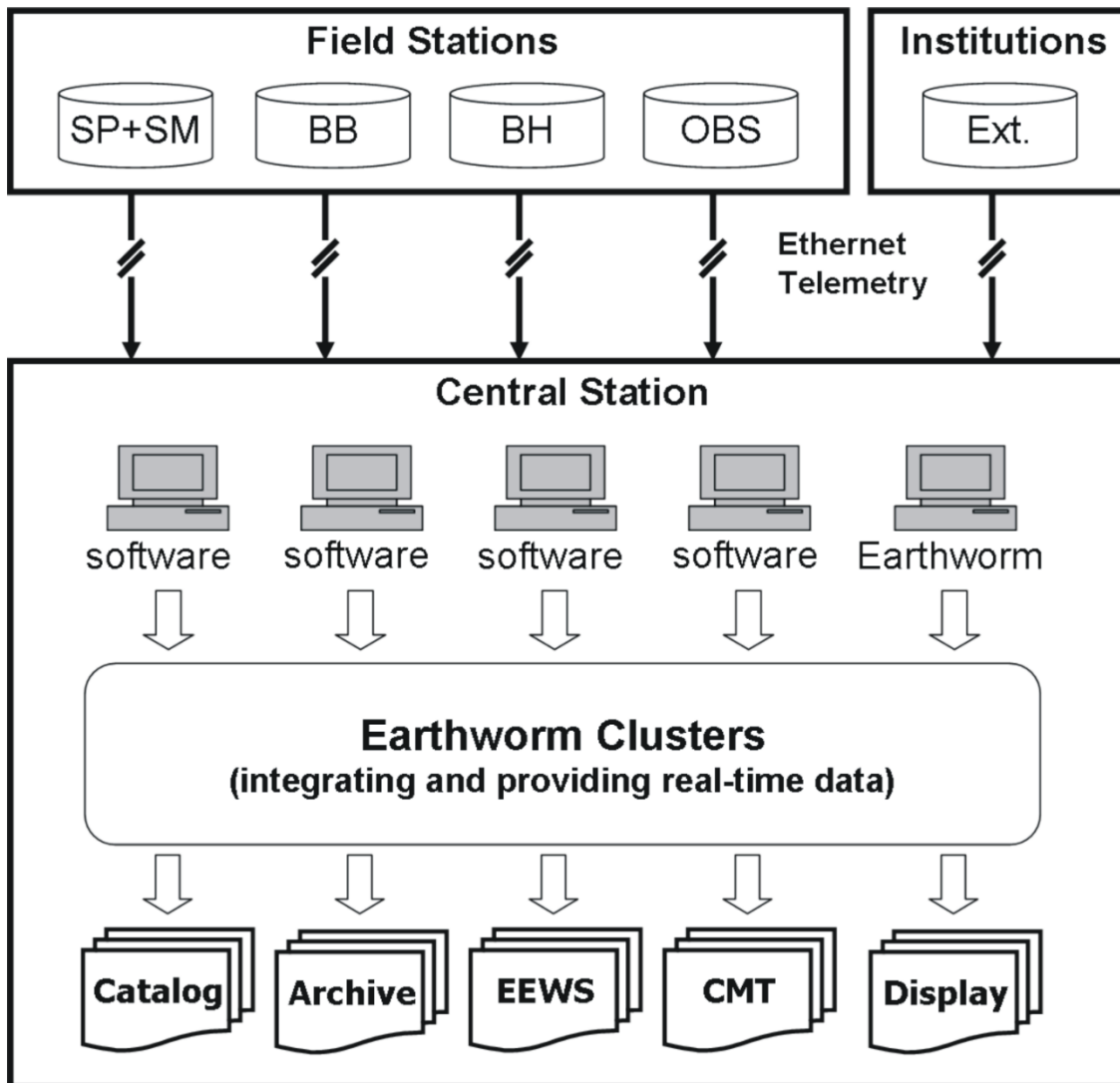
(四) 發表論文主要報告內容

發表論文在報告中央氣象局地震預警系統以及成效，首先介紹中央氣象局所建置之地震觀測網，臺灣的地震觀測網具有兩項特點：密度高與包覆範圍廣。截至 2015 年 1 月共有 188 個測站，詳如圖四，338 個儀器。在臺灣島內的地震測站間距平均為 5 公里，密度相當高。另外透過資料交換，接收鄰近國家地震站資料，可以拓展地震監測的範圍，特別是臺灣有超過 70% 的地震發生在東部外海，地震監測需要外圍的地震測站幫助，才能提升地震監測的能力與準確度。



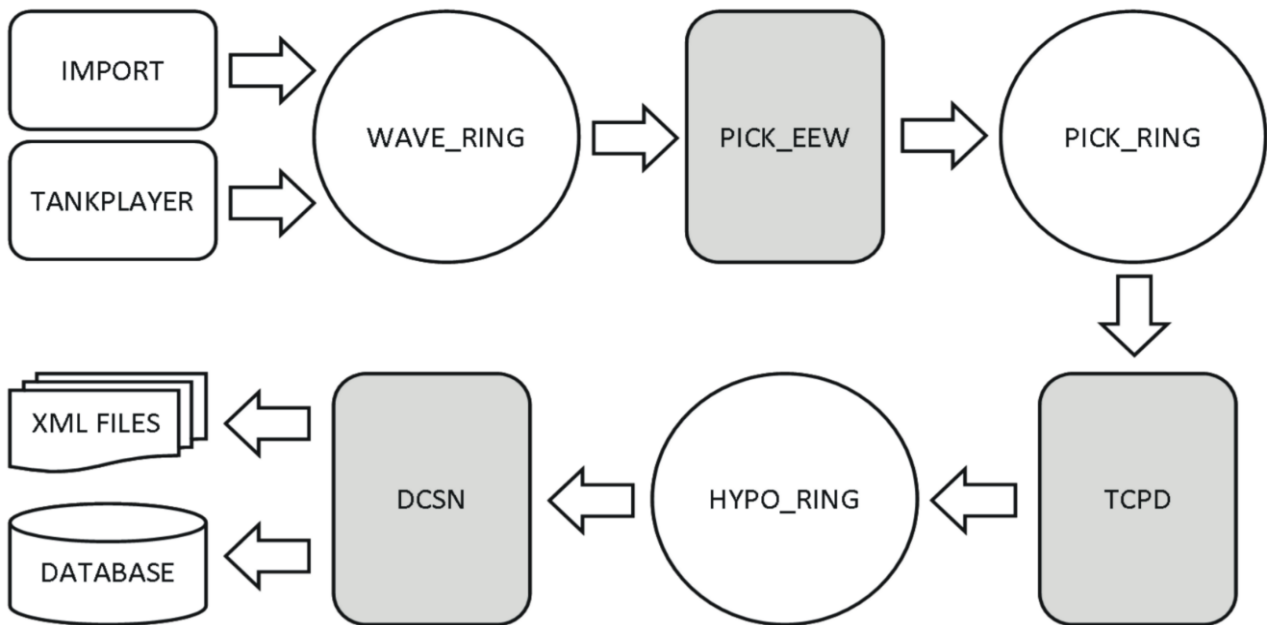
圖四、台灣地震觀測網。

即時地震資料則透過網路傳輸到資料處理中心，在資料處理中心裡有三層式架構(如圖五)，第一層負責資料接收，第二層負責資料整合，第三層負責資料應用。在資料中心由不同的接收軟體將資料進入到之後，由數台 Earthworm 系統將即時資料整合，並提供服務，供第三層電腦進行資料處理、展示或儲存。



圖五、台灣地震觀測網資料處理中心架構。

圖六是中央氣象局地震預警系統架構圖，其中方框代表模組，圓圈代表共享記憶體。即時資料由 IMPORT 模組輸入到共享記憶體，由 PICK_EEW 模組作地震波偵測，取出地震 P 波的到達時間並且計算 P 波抵達後 3 秒內的最大位移振幅值，在將這些資料傳到下一個共享記憶體，再由 TCPD 模組進行地震定位與規模計算，得到地震資訊後，再傳入下一個共享記憶體，最後由 DCSN 模組決定哪些資訊需要被發送。



圖六、地震預警系統架構。

在研討會中，也詳細報告中央氣象局地震預警系統之成效，並以 105 年 2 月 6 日美濃地震為例說明此系統之實際運作情形，以及面臨之挑戰，詳細之報告資料列於附錄二。

三、心得與建議


透過參與國際研討會，可以了解別的國家在地震預警領域的發展情形。會後與研究學者的交流也十分重要，互相建立關係，保持聯絡，在未來可以互相合作解決問題。聽講的過程中，深深佩服研究學者能夠在客觀且定量的基礎下對問題提出有科學根據的評估。相同的問題，一般人可能僅僅根據自身經驗或是他人經驗，就匆促提出方法，或是可能想不出方法。我深深思考著，為什麼研究學者能夠想出這樣的方法呢？他們對問題觀察深入，有很好的學術背景，因此不僅能抓住問題的核心，還能夠從過去的學術知識中找到相應的方法，在透過個人的巧思，提出有科學根據的評估方法，最後再應用此方法在觀測數據上，就能夠形成一份有科學數據支撐的客觀報告。向研究學者們學習，平日藉由參加研究室的論文與研究進度報告，訓練自己抓住問題核心，也趁此機會補足在知識領域上缺乏的部分。

臺灣與日本同為地震活動相當劇烈與頻繁的國家，在活躍的板塊運動作用之下，相較於其它國家每年都有驚人的地震數量，有時會發生導致災害的地震，因此提升地震監測能力與改良地震預警技術一直都是兩國持續努力的目標。此行有機會深刻了解日本地震預警系統運作方式，深深覺得有許多地方值得我們學習，綜合此次活動過程之觀察，心得與建議如下：

1. 建議我們在評估地震預警系統處理時效時，能夠以第一個測站接收到 P 波的時間當做參考時間，讓地震預警系統所產生的每一個報告都可以根據此時間計算出相對的處理時間，避免採用根據每一個報告的發震時間當做參考。由於發震時間會隨著地震定位的結果改變，若使用報告的發震時間當做參考容易造成誤解。
2. 地震預警系統產生報告中，並非每一報都會對外發布，必須符合發布門檻才會對外發布，因此在描述地震預警系統所產生的報告時容易造成誤解。在同一個地震事件中，建議將地震預警系統所產生的每一個結果都稱為「解」，在所有「解」之中具有符合警報條件且對外發送的「解」就稱為「報告」，如此凡是稱為地震預警系統第幾解的都是系統內部資訊，稱做地震預警報告的都是對外發送的警報。
3. 目前中央氣象局的地震預警系統僅根據地震規模決定是否對外發布警報，若地震發生在外海，即使地震規模夠大對於臺灣島內仍然沒有顯著的影響，若仍然提供預警訊息容易造成困擾，參考日本的經驗，了解到必須預估地震震度達到一定的門檻才對外發送警報，如此才可以避免過度發送警報，讓警報真正發揮效用。

4. 會議中有機會與日本氣象廳負責地震預警系統的專家進行交流，在彼此留下連絡方式之後，於回國後仍持續保持聯絡並交換研究心得。雖嘗試邀請對方來中央氣象局訪問，礙於政治因素對方表示無法與臺灣官方正式交流。建議可與臺灣相關研究學者合作，由其出面邀請日本氣象廳專家到台灣訪問，藉以促進兩國地震預警技術更深入的交流。
5. 此行有機會認識美國地震預警專家 Richard Allen，在會議中與其討論如何使用臺灣自由場強地動紀錄研究美濃地震所造成斷層破裂情形，將來若有機會將此技術應用在即時地震觀測網上，可以在地震發生之後更迅速掌握地震災情，有助於防救災單位擬訂震後應變計畫。
6. 此次會議深深覺得地震預警系統研究工作，必須長期的投入並且多與國際學者交流才能持續進展。近年來地震預警技術逐漸受國際社會所重視，位處於地震活躍地區的國家都想要發展此一技術以減少地震災害所帶來的生命財產損失。由於資訊科技與儀器科技的迅速進展，從無到有實現一套地震預警系統不再是遙不可及。臺灣在全世界發展地震預警的國家中起步相當早，有能力將地震預警經驗與技術提供週遭起步較晚的國家參考，譬如：韓國、越南、印度與菲律賓。建議能與上述國家建立實質的地震預警技術交流關係，將臺灣的地震預警技術與經驗與國外交流，一方面可以藉此測試臺灣的地震預警，透過累積更多經驗加強改善系統，另一方面可藉此交流讓世界更認識臺灣。

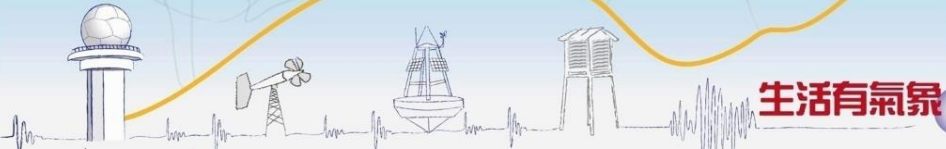
附錄二：報告投影片



The Performance of Earthworm Based Earthquake Alarm Reporting System in Taiwan


Ta-Yi (Da-Yi) Chen¹, Nai-Chi Hsiao¹, Yih-Min Wu²

¹Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan
²Department of Geosciences, National Taiwan University, Taiwan




生活有氣象

Weather+ Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy



Outline

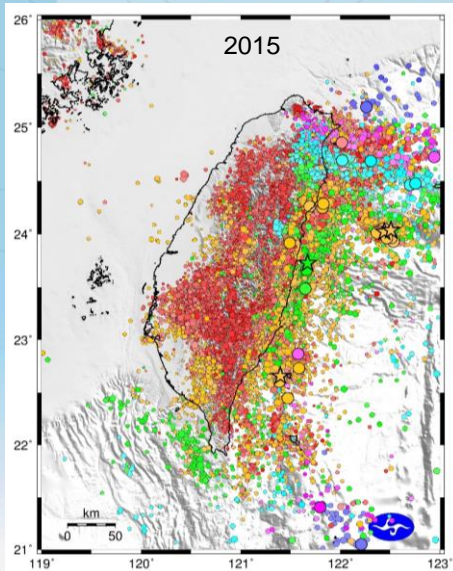
- ✦ Seismicity in Taiwan
- ✦ Seismic Network and Data Center
- ✦ Earthworm software
- ✦ Earthquake Early Warning (EEW) System
- ✦ Performance of the EEW system
- ✦ Damage Case Study– 6th, February, 2016 earthquake (M_L 6.6)
- ✦ Challenges of the EEW system
- ✦ Summary
- ✦ Reference



Weather+ Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy

2

Seismicity in Taiwan

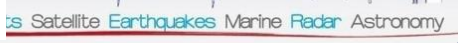
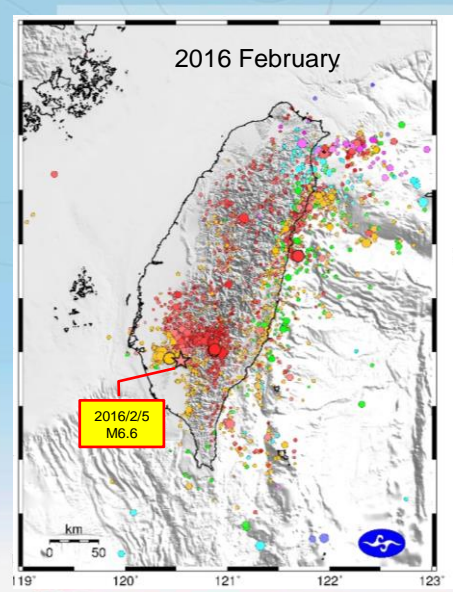


Earthquake Statistics in 2015

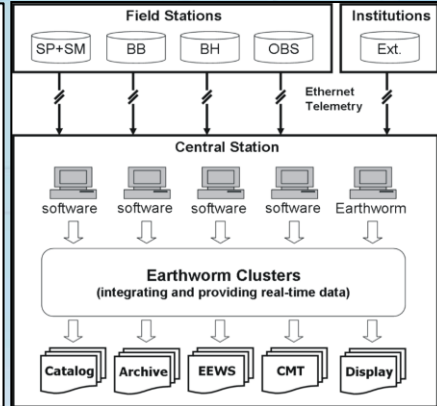
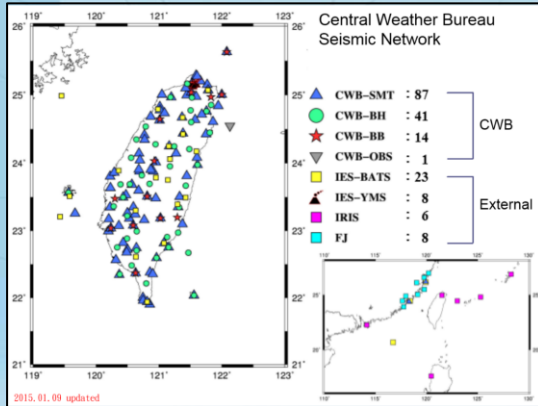
Range	Number
Magnitude 7 up	0
Magnitude 6-7	5
Magnitude 5-6	29
Magnitude 4-5	157
Magnitude 0-7	44,837



Damage Earthquake in February 2016



Seismic Network and Data Center



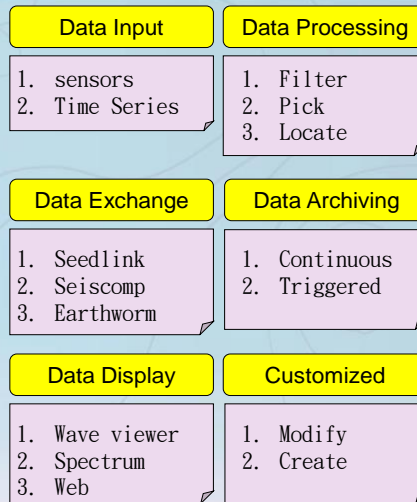
Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy



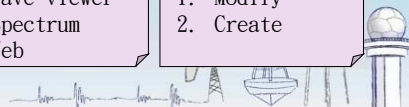
Earthworm Software



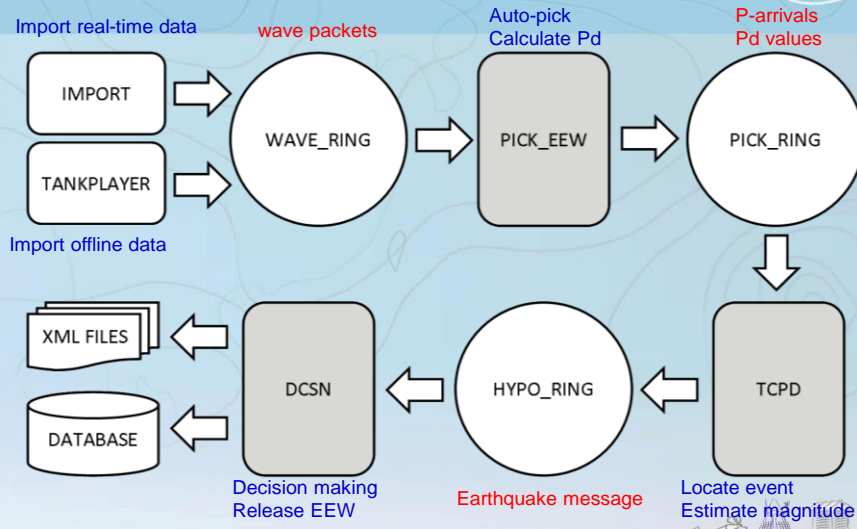
- ✚ Earthworm project was started in 1993. Initially it was developed by the **USGS** and designed for providing rapid notification of seismic events.
- ✚ Earthworm is **free** and **open source** software.
- ✚ Earthworm can be used in diverse operating system: **Windows, Linux, Solaris, Mac.**



Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy



Flowchart of the EEW system



Weather+

Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy

7

Source Parameters Determination

Hypocenter

- At least six triggers, start to locate the event.
- Using **Geiger's method** for determining epicenter with half space velocity model .
- Using **grid search** method for the depth, with depths ranging from 10 km to 100 km in steps of 10 km.

Magnitude

- The peak displacement value, P_d , is used to estimate magnitude by the empirical formula of M_{Pd} .

For BroadBand Sensor:

$$M_{pd} = 5.000 + 1.102 \times \log_{10}(P_d) + 1.737 \times \log_{10}(R)$$

For Acceleration Sensor:

$$M_{pd} = 5.067 + 1.281 \times \log_{10}(P_d) + 1.760 \times \log_{10}(R)$$

For Short-Period Sensor:

$$M_{pd} = 4.811 + 1.089 \times \log_{10}(P_d) + 1.738 \times \log_{10}(R)$$

(Chen, 2015)

Weather+

Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy

Preventing from False Alarm



Earthquake message

- ✦ At least 6 stations.
- ✦ RMS less than 0.8.
- ✦ Proceed updating procedure.

Large event



Small event



EEW report

- ✦ Skip the first and second earthquake message.
- ✦ Take the third earthquake message as the first EEW report.



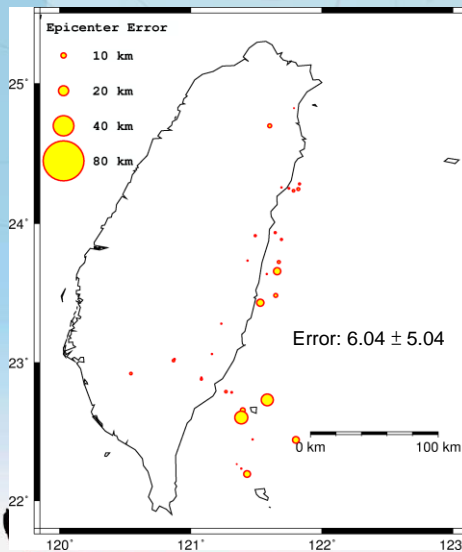
Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy



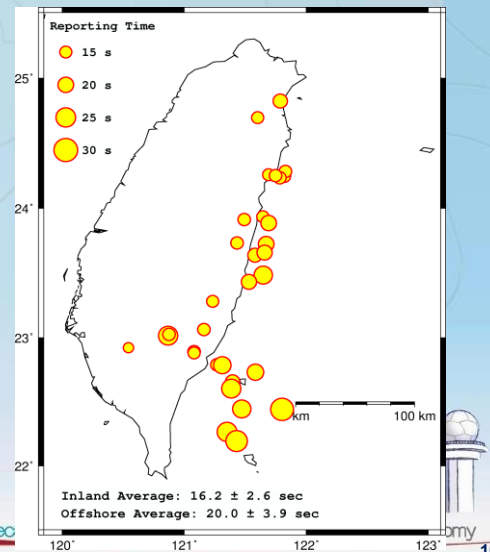
Performance of the EEW system

$M_L \geq 5.0$
 Lon. 119~122
 Lat. 21~26
 Dep. ≤ 100 km

Location Error



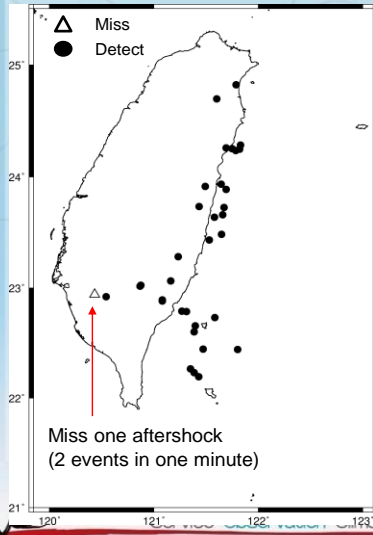
Reporting Time (after origin time)



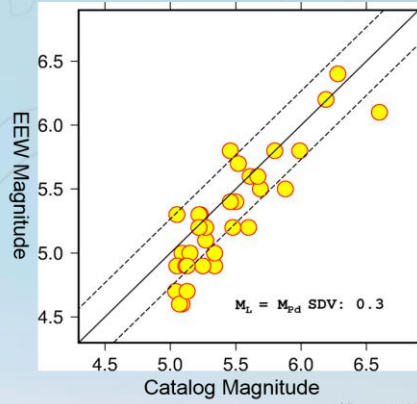
Performance of the EEW system

$M_L \geq 5.0$
 Lon. 119~122
 Lat. 21~26
 Dep. ≤ 100 km

Miss Event



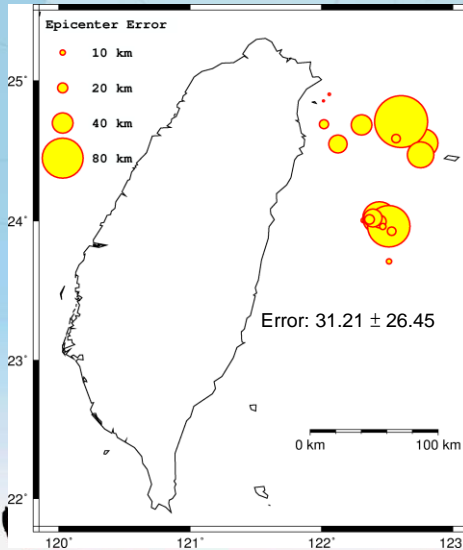
Magnitude Error



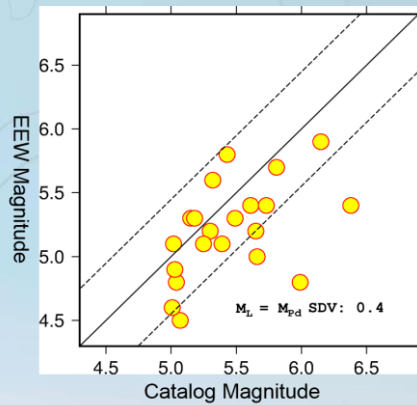
EEW system for offshore events

$M_L \geq 5.0$
 Lon. 122 ~ 123
 Lat. 21~26
 Dep. ≤ 100 km

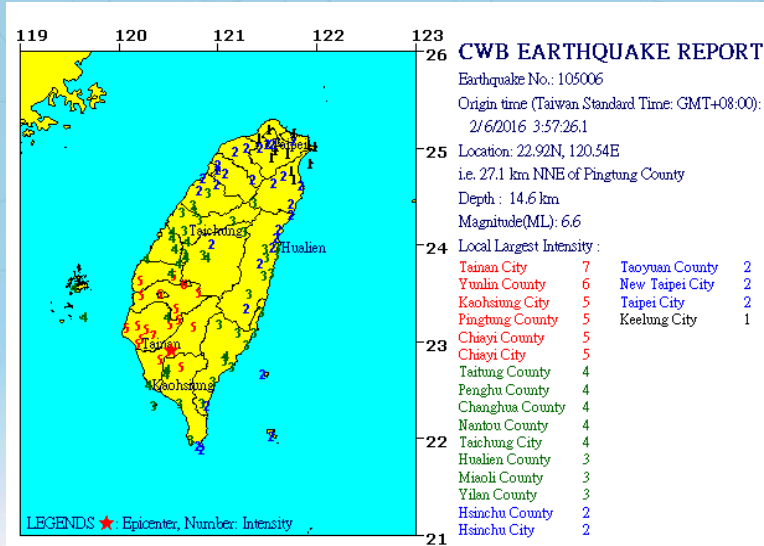
Location Error



Magnitude Error



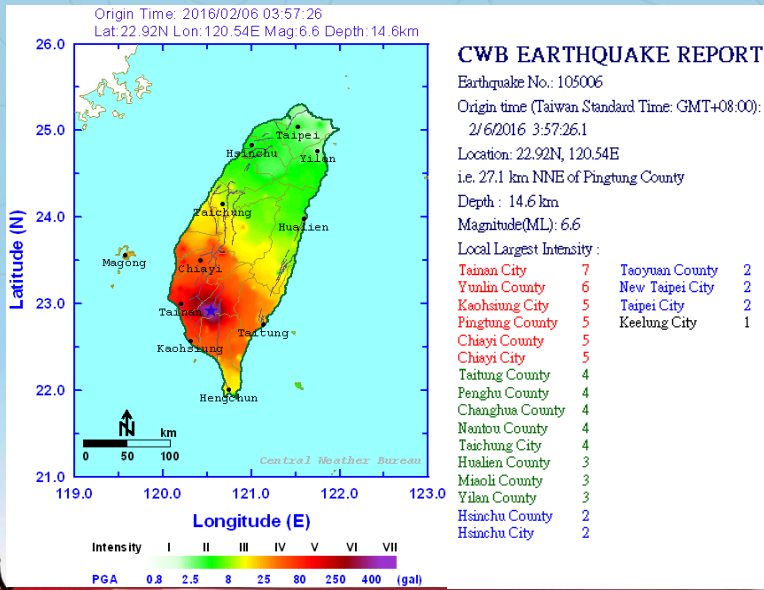
Damage Case Study – 2016 February, M_L 6.6



u



Damage Case Study – 2016 February, M_L 6.6



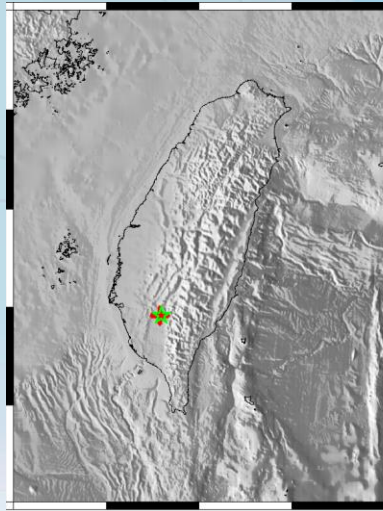
u



Contents of the Earthquake Early Warning



Order	Time after first detected P wave (sec)	Time after earthquake occurrence(sec)	Dep. (km)	Mag.	Number of station	Error (km/mag)
1	8.55	12.85	10	5.8	9	5.66/-0.8
2	9.06	13.36	10	5.9	12	5.55/-0.7
3	9.46	13.76	10	6.1	13	5.55/-0.5
4	9.97	14.27	10	6	16	5.55/-0.6
5	10.67	14.97	20	6.1	18	4.96/-0.5
6	10.98	15.28	10	6.1	19	5.55/-0.5
7	11.99	16.29	10	6.1	22	5.55/-0.5
8	12.70	17.00	10	6.2	24	4.44/-0.4



Sea View Cruise Vessel Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy

15

Earthquake Early Warning Disseminations



Weather+

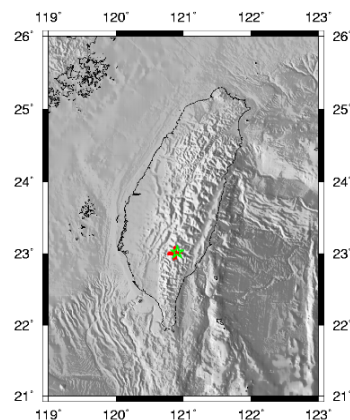
Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy

Challenge of the EEW system : Multi-Event



發布主機：236

報數	報告發送時間	處理時間 (sec)	緯度	經度	深度 (km)	規模	使用測站數	與RTD 誤差 (km/mag)
1	2016-02-18 09:09:32	13.5	23.02	120.87	10	3.2	7	0/-2.1
2	2016-02-18 09:09:32	13.5	23.02	120.87	10	3.3	8	0/-2
3	2016-02-18 09:09:33	14.6	23.01	120.86	10	3	10	1.57/-2.3
4	2016-02-18 09:09:33	15.3	23.01	120.87	10	3.1	12	1.11/-2.2
5	2016-02-18 09:09:36	18	23.01	120.89	10	3.1	15	2.48/-2.2
6	2016-02-18 09:09:37	18.5	23	120.86	10	3.1	16	2.48/-2.2
7	2016-02-18 09:09:39	20.5	22.99	120.86	10	3.2	17	3.51/-2.1
8	2016-02-18 09:09:48	29.8	23	120.86	10	3.2	20	2.48/-2.1
9	2016-02-18 09:10:03	24	23.02	120.91	10	5.2	25	4.44/-0.1



Weather+

Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy



Summary



- ✚ The performance of the EEW system is:
 - for inland events, location error is less than **5 km**,
 - magnitude error is about **0.3**, reporting time is about **16 sec** after the earthquake occurrences.
- ✚ Two challenges for the EEW system:
 - (1) Offshore events location
 - (2) Multi-events distinguish

Another big issue: Large Event ??

Weather

Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy



Reference



Chen, D. Y., Hsiao, N. C., and Wu, Y. M. (2015). [The Earthworm Based Earthquake Alarm Reporting System in Taiwan](#), *Bull. Seismol. Soc. Am.* **105**, 568-579.

Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 105, No. 2A, pp. 568-579, April 2015, doi: 10.178501.20140147

The Earthworm Based Earthquake Alarm Reporting System in Taiwan

by Da-Yi Chen,* Nai-Chi Hsiao, and Yih-Min Wu

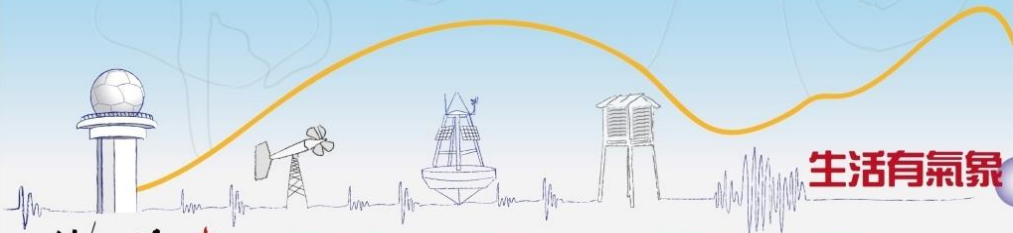
Abstract For more than 10 years, the Central Weather Bureau of Taiwan has operated an earthquake early warning (EEW) system and has issued warnings for specific agencies. For the past two years, the Earthworm platform has been used to integrate real-time seismic data streams from different types of seismic stations and to monitor seismicity in Taiwan. Using the Earthworm platform, the Earthworm Based Earthquake Alarm Reporting (eBEAR) system is currently in development for shortening reporting times and improving the accuracy of warnings for EEW purposes. The eBEAR system consists of new Earthworm modules for managing *P*-wave phase picking, trigger associations, hypocenter locations, magnitude estimations, and alert filtering prior to broadcasting. Here, we outline the methodology and performance of the eBEAR system. To calibrate the eBEAR system, an offline test was implemented using 154 earthquakes with magnitudes ranging from M_L 4.0 to 6.5. In a comparison of online performance using the current EEW system, the eBEAR system reduced reporting times and improved the accuracy of offshore earthquake locations and magnitudes. Online performance of the eBEAR system indicated that the average reporting times afforded by the system are approximately 15 and 26 s for inland and offshore earthquakes, respectively. The eBEAR system now delivers warnings to elementary and junior high schools in Taiwan.



Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy



Thanks for your attention.



生活有氣象

Weather+ Service Observation Climate Forecasts Satellite Earthquakes Marine Radar Astronomy

附錄三、相關照片



圖七、職攝影於會場外。



圖八、職(右2)會後與日本學者合影，左1日本氣象廳留利功史，左2京都大學教授山田真澄，右1日本氣象廳小寺佑貴，右二為作者。