

出國報告（出國類別：國際會議）

## 參加 2023 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 課長

派赴國家：日本

出國期間：112 年 5 月 20 日至 28 日

報告日期：112 年 8 月

## 摘 要

日本地球科學聯合會(Japan Geoscience Union, JPGU) 除了探討科學領域問題也涉獵防災教育相關主題，主要目的在提供科學家、年輕的研究學者、教育單位學生及老師等，相互交流與學習的機會。JPGU 的使命是推動地球科學的發展，為解決全球面臨的地球環境和自然災害等問題作出貢獻。本次出席日本地球科學聯合會，主要參與的主題為強地動與地震災害，於會議中以口頭報告形式發表研究論文，論文題目為：「即時地震波場於臺灣地震預警系統的應用」。地震預警系統能在地震發生之後快速計算出地震對各地區可能造成的危害大小，並且在該地震所產生的破壞性地震波抵達前發出告警，讓人員與自動化設備能夠爭取數秒至數十秒的反應時間，以減輕地震對生命財產所帶來的損失。然而，地震預警系統有時因複雜的地震破裂情形，譬如：短時間內發生多筆地震事件或是特殊的地震波形，造成地震預警系統無法正確預估各地震動情形。此時，若能基於觀測資料發展即時地震波場，藉由實際觀測值直接進行推估，雖因等待實測數據而花費些許時間，但是卻能大大提升準確度，且仍具有一定的預警效果。藉由參加本次研討會，除了將上述研究成果與日本學者交流討論，同時學習日本於地震監測儀器研發的經驗，以持續精進我國地震預警技術並深化國內地震監測能力。

## 目 次

一、目的 .....	4
二、過程 .....	4
三、心得及建議 .....	7
附錄、報告投影片 .....	11

## 一、目的

地震預警系統是一個重要的科技工具，可以在地震發生後迅速評估可能對各地區帶來的危害程度。此系統的目的是在破壞性地震波到達前提供警報，使人員和自動化設備能夠獲得幾秒到數十秒的反應時間，以減輕地震對生命和財產的損失。然而，地震預警系統有時面臨複雜的地震破裂情況，例如在短時間內發生多次地震事件或出現特殊的地震波形，這些情況可能使系統難以正確預測地震動態。因此，一種解決方案是基於實際觀測數據發展即時地震波場，直接使用實際觀測值進行推估。雖然這種方法需要等待實際測量數據，可能會花費些許時間，但卻能大幅提高預測準確度，且仍具有一定的預警效果。透過觀測資料發展即時地震波場的方法，可以更詳實地了解地震的發展和傳播過程。這種方法基於實際觀測數據，利用數學模型和計算方法將觀測結果轉換為有用的地震資訊。這樣做的好處是能夠更準確地預測地震動態，包括地震波的強度、到達時間和可能造成的危害程度。

本次出席日本地球科學聯合會，除了與日本學者討論我們的研究成果，同時學習日本在地震防災教育方面的經驗。於會中聆聽其他國家學者的演講，了解他們的研究成果和技術創新，彼此互相學習，共同推動地震預警技術的發展。

## 二、過程

本次日本地球科學研討會於千葉幕張國際會議中心舉辦，由於疫情的緣故研討會仍以實體出席與線上出席等兩種方式進行。會議的議題規劃及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、防災教育……等。本次研討會共有 7,868 人參加 (其中 5,802 人實體參加會議)，包含 228 個討論子題。本次出訪人赴日本參加之出國行程如表 1，於 5 月 20 日搭乘中華航空抵達日本羽田機場，抵達旅館後，為隔日口頭報告預作準備。5 月 21 日上午搭乘電車前往位於千葉幕張的研討會場，完成報到手續後，聆聽關於地震監測系統發展與應用的相關報告，並於會議中發表口頭報告，圖 1 紅色粗框即為出訪人本次發表口頭報告的場次，名稱為 strong ground motion and earthquake disaster。論文題目為：「即時地震波場於臺灣地震預警系統的應用」，論文內容簡述如下：地震預警系統是一項關鍵的科技工具，能夠在地震發生後迅速評估可能對不同地區造成的危害程度。然而，傳統的地震預警系統在處理複雜地震破裂情

況時可能面臨困難，例如在短時間內發生多次地震或出現特殊地震波形。為了提升地震觀測能力並強化預警系統，建議可以連續監測地震波在廣泛區域內的傳播情況，提出基於實際觀測數據發展即時地震波場的方法。這種方法利用數學模型和計算方法，將觀測到的地震波形轉換為有用的地震資訊。此方法的好處是能夠更準確地預測地震動態，並提供更可靠的預警信息。報告之投影片如附錄，參與研討會之相關相片如圖 2 至圖 5。會後與京都大學山田真澄副教授、我國及日本相關學者餐敘並討論未來研究合作機會。

							Display switching
201A International	201B International	202 International	International Conference Room	301A International	301B International	302 International	
[J] Oral [A-CG43] Kuroshio Large Meander  Flash Talk	[J] Oral [H-QR03] Quaternary, Diachronic dynamics of human- environment Flash Talk	[J] Oral [M-IS22] History X Earth and Planetary Science 9:00 AM - 10:30 AM Flash Talk	[J] Oral [S-CG58] New Developments in fluid-rock Interactions: From Flash Talk	[J] Oral [S-CG60] Shallow Fault Zone Structure and Seismic Hazard Assessment Flash Talk	[J] Oral [M-GI29] Data- driven geosciences 9:00 AM - 10:15 AM Flash Talk	[J] Oral [S-SS07] Seismic wave propagation Theory and Application Flash Talk	
[E] Oral [A-CG30] Extratropical oceans and atmosphere Flash Talk	[J] Oral [H-QR03] Quaternary, Diachronic dynamics of human- environment Flash Talk	[J] Oral [M-IS22] History X Earth and Planetary Science 10:45 AM - 12:00 PM Flash Talk	[J] Oral [S-SS09] Strong Ground Motion and Earthquake Disaster Flash Talk	[J] Oral [S-CG60] Shallow Fault Zone Structure and Seismic Hazard Flash Talk	[J] Oral [S-TT44] Seismic Big Data Analysis Based on the State- of-the-Art of Flash Talk	[J] Oral [S-CG55] Driving Solid Earth Science through Machine Learning 10:45 AM - 12:15 PM	
[E] Oral [A-CG30] Extratropical oceans and atmosphere Flash Talk	[J] Oral [M-IS11] Geopark 1:45 PM - 3:00 PM Flash Talk	[J] Oral [H-CG24] Advanced life support systems with closed bio- ecosystems and Flash Talk	[J] Oral [S-CG58] New Developments in fluid-rock Interactions: From Flash Talk	[J] Oral [S-SS09] Strong Ground Motion and Earthquake Disaster Flash Talk	[J] Oral [S-SS07] Seismic wave propagation: Theory and Application Flash Talk	[J] Oral [S-CG55] Driving Solid Earth Science through Machine Learning Flash Talk	
[E] Oral [A-CG30] Extratropical oceans and atmosphere Flash Talk	[J] Oral [H-QR03] Quaternary, Diachronic dynamics of human- environment Flash Talk	[J] Oral [M-ZZ39] Studies of Geoscience : historical, philosophical and Flash Talk	[J] Oral [S-CG58] New Developments in fluid-rock Interactions: From Flash Talk	[J] Oral [S-SS09] Strong Ground Motion and Earthquake Disaster Flash Talk	[J] Oral [S-SS07] Seismic wave propagation: Theory and Application Flash Talk	[J] Oral [S-CG55] Driving Solid Earth Science through Machine Learning Flash Talk	

圖 1、研討會議程(紅色粗框部分為作者所參加的議題)。



圖 2、作者攝影於會場外。



圖 3、海報會場。



圖 4、作者口頭報告。



圖 5、作者口頭報告。

表一、出國行程。

日期	地點	工作摘要
112年5月20日	臺灣松山機場-日本東京羽田機場	上午9點自松山機場出發，於當天下午1點10分抵達日本，安頓之後，為隔日研討會的口頭報告預作準備。
112年5月21日	日本千葉	參加研討會並以口頭報告方式發表論文，並聆聽其他地震相關報告。
112年5月22日至5月28日	個人休假	5月28日下午2點30分從日本東京羽田機場搭機返回。

地震預警系統在日本一直扮演著重要的角色，並且一直在不斷強化和精進。為了應對複雜的地震情況，日本持續致力於開發新的地震監測技術，並結合光纖和光學干涉技術以提升地震觀測能力和強化預警系統。與會觀察到的國際發展重點與趨勢如下(目前還在研究階段，尚無與防災體系的聯結)：

(一) 光纖感測器於地震監測上的應用

光纖作為感測元件，將其部署在地震區域內，以接收地震產生的應變信號。當地震波通過時，會對光纖產生微小的應變，該應變可以被光纖 DAS (Distributed Acoustic Sensing) 系統偵測到並轉換為數據。將光纖布線部署在地下或地面，並與光纖傳輸設備連接。這些光纖可以沿著地震區域的地表或地下鋪設，以監測地震波的傳播和影響。新瀉工科學校於校園內 3000 公尺的觀測井中裝設此裝置，成功地監測到「能登地區」規模 3.5 地震的 P 波與 S 波訊號。由於此裝置為光學元件，在鋪設時不含任何電子元件，因此能夠在高溫高壓的極端環境中進行觀測。未來可以應用在二氧化碳封存場域中，進行誘發地震的監測。DAS 系統已經被應用於油井的監測，在地震監測方面目前也有愈來愈多的應用。DAS 系統可以在空間中很短的距離內密集採樣訊號，時間取樣率高，而總觀測長度可以超過 50 公里。因此，DAS 系統用於地震觀測，相當於是一個密集的線性陣列。日本東京大學地震研究所將 DAS 系統裝於海底電纜上備用的光纖，能夠清楚記錄周遭地區及遠地的地震訊，也配合地球物理探測計畫，可以清楚接收海中空氣槍(air gun)訊號，並呈現出海底地形與地層構造。

(二) 光學地震儀的發展與應用

利用光的干涉原理所設計的光學地震儀，基本的概念來自於：當雷射光於兩個狹縫中各自產生繞射光，再經過彼此干涉之後會形成干涉條紋。若這兩個狹縫相對位置發生變化，干涉條紋也會跟著改變。因此，經過適當的裝置，讓其中一個狹縫在地震來臨時能隨地表震動，另一個狹縫能保持相對不動，接下來只要能對干涉條紋進行量化的測定，就能夠測量出地震動的訊號。基於此原理，與傳統地震儀相比，光學干涉地震儀具有的優勢包括：高敏感度、高頻寬、高精準度、利於布置觀測陣列、能於極端環境中運作。為了更深入研究月球構造，以及配合下一個階段即將展開的月球探測任務，日本東京大學地震研究所進行光學地震儀的設計與研究，目前已經能夠將此地震儀實際應用於地震監測工作。

### 三、心得與建議

地震是極具破壞性的自然災害，對於人們的生命財產安全造成重大威脅。因此，強化及完善地震監測與預警系統具有重要意義。近年來，光纖監測與光學干涉技術已經得到愈來愈多的研究和應用，並展現出提升地震觀測能力的巨大潛力。藉由此行了解日本在此方面運作方式，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，出訪人的報告重點與結論如下：

(一) 光學地震儀的發展必須結合學術界與產業界的能量才有機會研發成功。學術界能夠協助確認被記錄到的地震資料是否可信，以及相關的紀錄如何分析，才能用於實際的地震工作上。光學地震儀具備許多目前傳統地震儀不具備的特性，譬如頻寬大且敏銳度高，未來應用深具潛力。

(二) 光纖地震監測系統於海洋和陸地上都已經有成功的監測案例。地震測報中心應該儘速挑選測試場域，並且實際執行監測工作，儘早開始累積相關經驗，才能在未來知道如何規劃新的地震觀測系統。

(三) 由於地震觀測網的測站密度日益提高，產生大量的地震紀錄，因此地震觀測資料處理，需引進新的工具與方法，才能有效率地建置完整的地震目錄。

(四) 地震觀測系統需考慮其韌性與彈性。用容器化的角度來區分系統中的各個服務，再將這些容器安裝於多個伺服器所建立的叢集系統中，可以避免服務因電腦硬體故障而中斷。內部系統中的地震資料傳遞與交換可以藉由建立 MQTT 或是 Kafka 系統，有效率且有彈性地進行。

- (五) 地震預警系統中，野外地震資料的傳遞約需 1 至 2 秒才能由中心站接收與處理，為了能縮短此時間，可以考慮發展邊緣運算系統，將計算資源放在現地的地震儀旁邊直接接收地震資料並偵測 P 波抵達時間與計算 P 波即時振幅，透過網路傳回訊息。由於所傳送的資料較波形資料小，因此有機會縮短原本的資料傳遞時間。
- (六) 考慮將臺灣地理空間網格化，並以此為地震預警資訊的發布範圍，避免因縣市幅員廣大，造成警報的發布與實際的地震動情形存有誤差。
- (七) 發展即時震度系統。除了傳統的警報發布條件之外，讓地震預警系統也能夠依據實際觀測到的地動數值決定是否發布警報。如此可以避免該發警報而未發警報的情形。
- (八) 發展地震預報模式。地震活動度的變化往往與隨之是否會發生大地震有頗大科學關聯性，透過統計方法建立預測模型，將來可以提供一項地震預報的服務。

# 附錄：報告投影片



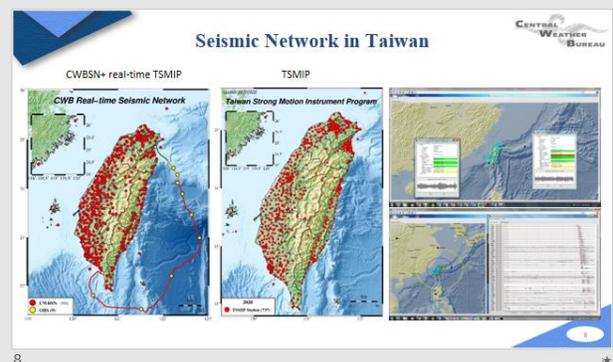
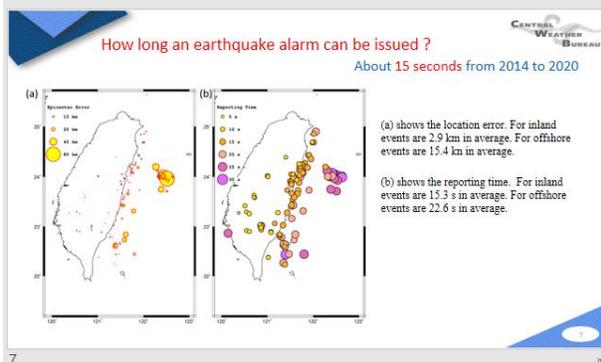
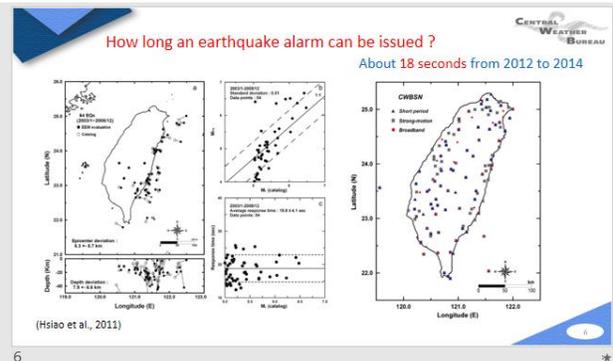
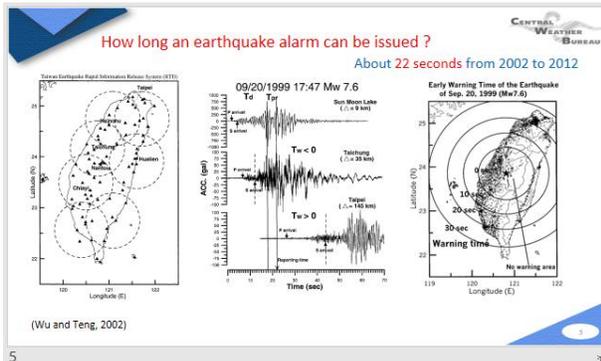
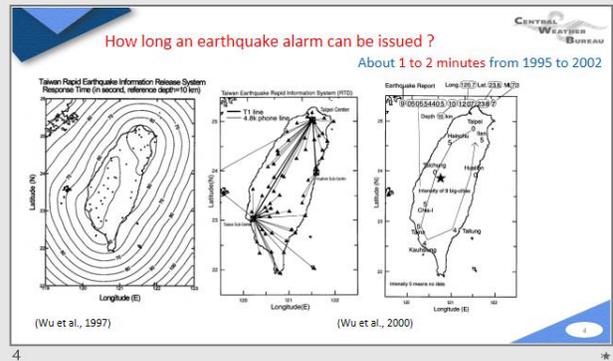
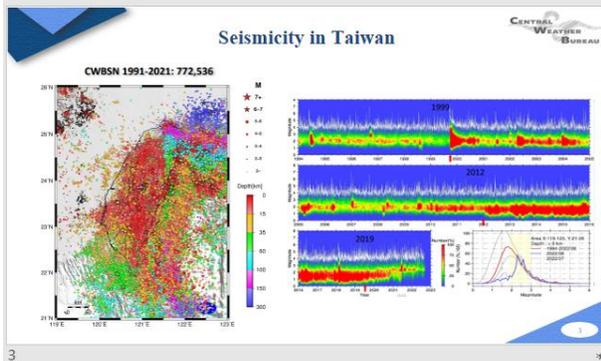
## Application of the real-time seismic wave field on the earthquake early warning system

Da-Yi Chen  
Seismological Center, Central Weather Bureau of Taiwan  
2023.05.21

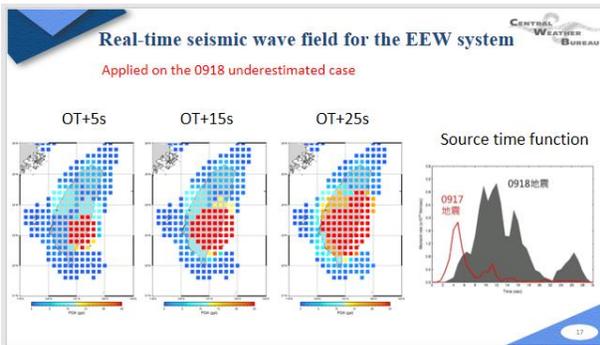
## Contents

- Background
  - Seismicity in Taiwan
  - Development of the EEW system
- Challenge of the EEW system
  - Underestimate magnitude
  - False alarm
- Real-time seismic wave field
- Conclusions

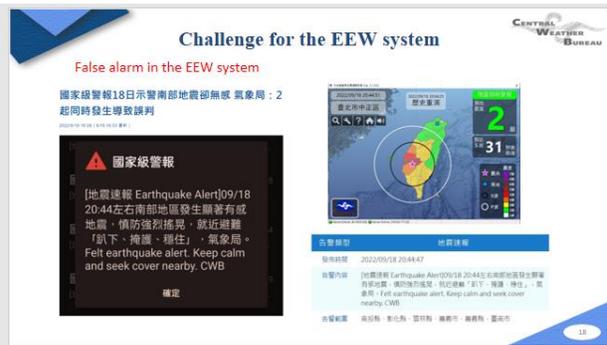




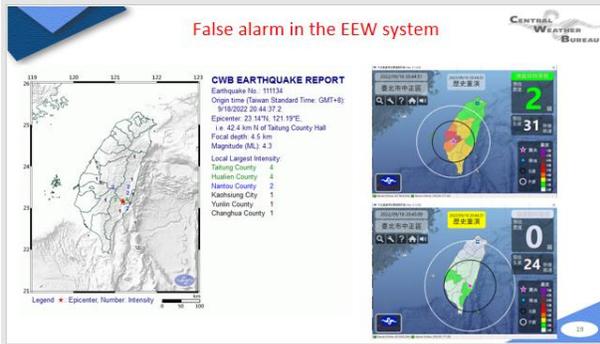




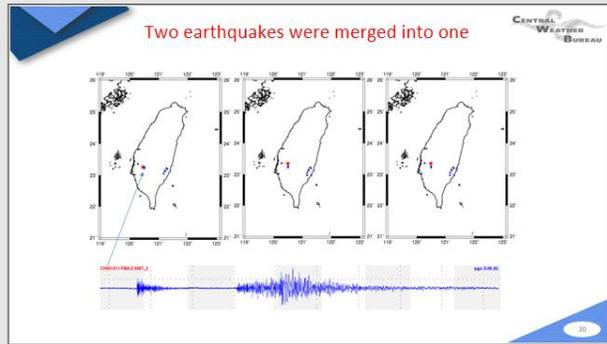
17



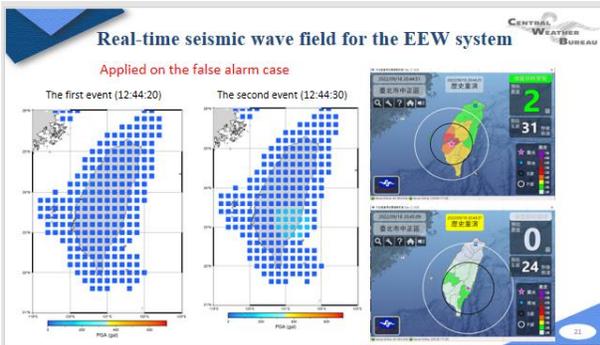
18



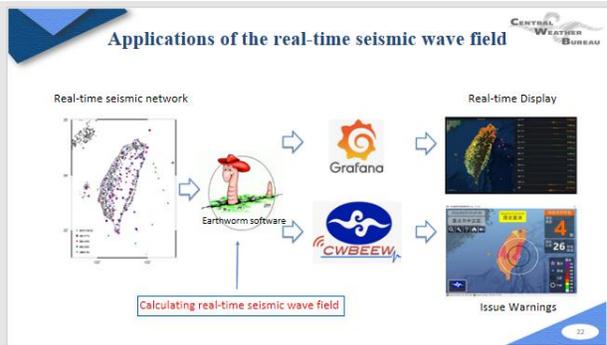
19



20



21



22

### Seismic data available online

<https://gdmsn.cwb.gov.tw/> Free for registration and download data

中央氣象局  
臺灣地震與地球物理資料管理系統

23

Thank you for your attention

oceanicdayi@gmail.com

Contact me!

24