

出國報告（出國類別：開會）

參加 2025 年日本地球科學聯合會

服務機關：交通部中央氣象署 地震測報中心

姓名職稱：陳達毅 科長

派赴國家/地區：日本/千葉

出國期間：114 年 5 月 23 日、28~31 日

報告日期：114 年 8 月 8 日

研習摘要

本次出國參與 2025 年日本地球科學聯合會 (JPGU)，係代表交通部中央氣象署(以下簡稱本署)地震測報中心針對地震預警技術進行前瞻觀摩與國際交流。透過參與研討會與海報區交流，了解大語言模型在地球科學研究的最新應用，另外也蒐集相關資料，了解日本氣象廳與日本氣象研究所的組織架構與未來發展方向，也與日本學者交流地震預警技術。會議期間亦發表兩次口頭報告，分別針對 2025 年 1 月 21 日嘉義大埔地震期間本署預警系統之即時應變表現進行說明，以及本署地震監測系統進行說明，同時和與會專家交流討論。整體而言，本次研習不僅提升我方對國際技術趨勢的掌握，更具體強化了在觀測策略、系統建構與跨國協作面向的規劃視野，對本署未來地震測報業務推動具實質助益。

目次

研習摘要.....	1
目次.....	2
參訪目的.....	3
參訪及學習過程.....	4
(一) 出國行程規劃表及學習歷程.....	4
(二) 會議參與大綱.....	5
(三) 會議學習回顧.....	6
(四) 口頭報告與回饋.....	8
心得及建議.....	10

參訪目的

臺灣位處環太平洋地震帶，坐落在歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的交界處，地震活動頻繁，使得強震風險成為我們必須嚴肅面對的課題。為了持續強化本署在地震預警技術上的前瞻性與實用性，加強與國際頂尖學者交流並觀摩最新技術，是我們義不容辭的責任。此次出席「2025 年日本地球科學聯合會（JPGU）」，將本署在地震預警領域的最新研究成果與實務經驗，展示給全球的地球科學界，提升臺灣在國際舞台上的專業聲量；更重要的是，我們將藉此機會深入學習日本在地震預警系統架構與觀測策略上精進的方式。日本作為地震頻繁且預警技術高度發展的國家，其實貴經驗對我們具有極高的借鏡價值。透過這次的交流與觀摩，我們期盼能將這些國際先進的理念與做法帶回臺灣，轉化為具體的改進方案，進一步提升我國地震預警系統的效能與韌性，為全民提供更及時、更精準的地震防災資訊。本次參訪之具體目的如下：

1. 掌握國際間地震預警技術發展，了解地震預警系統的極限與改良的方向。
2. 了解日本氣象廳組織架構與運作模式與防災預警規劃，借鏡日本經驗，有助於規劃未來地震測報業務的發展方向。
3. 了解日本地震觀測網測站分布與儀器特性，以及如何應用於地震預警系統。
4. 了解大語言模型的發展趨勢，並借鏡日本在地震科學上的應用經驗。
5. 藉由與儀器製造商及資訊平臺單位之經驗交流，了解地震監測最新技術。

參訪及學習過程

一、出國行程規劃表及學習歷程

日期	地點	工作摘要
114 年 5 月 23 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，當天下午 1 點 10 分抵達日本。
114 年 5 月 24 日至 5 月 27 日	個人休假	私人行程
114 年 5 月 28 日至 5 月 30 日	日本千葉	參與研討會期間
114 年 5 月 31 日	日本東京羽田機場- 臺灣松山機場	從日本千葉至東京羽田機場，搭 乘下午 2 點 30 分班機返回臺灣。



圖 1、作者參與 2025 年日本地球科學聯合會（JPGU）照片。



圖 2、2025 年日本地球科學聯合會（JPGU）海報會場。

二、 會議參與大綱

● 會議學習回顧

- (一) 大語言模型發展與應用
- (二) 日本氣象廳在災害預防與監測的發展與未來展望
- (三) 地震預警技術交流
- (四) 地震儀器技術的最新發展

● 口頭報告與回饋

- (一) 地震預警系統在 2025 年規模 6.4 大埔地震的表現評估
- (二) 中央氣象署即時地震觀測系統的現況與未來發展

三、會議重點回顧

(一) 大語言模型發展與應用

本次會議中多篇演講聚焦於大語言模型（Large Language Model, LLM）在地震科學領域應用，顯示這些技術已成為提升地震預警、災害應變及科學研究效率的重要工具。大語言模型具體應用項目如下：

1. 模擬結果的特徵提取與解釋: LLMs 能自動解釋地震強度分佈圖中的強震區域和場地特性，並探索自然語言用於功能優化，預期將應用於自動檢測異常值和提供解釋，取代過去手動分析。
2. 地震相關社群數據的自動化分析: LLMs 成功分析網路新聞文章及其用戶評論，尤其在歸納特定類別評論、分析文章態度與評論傾向、追蹤公眾對科學家態度的時間變化，以及評論的聚類分析方面，展現了高效處理大量社會數據和即時監測社會反應的潛力。
3. 地震與火山問答的自動生成: 利用檢索增強生成（RAG）技術，LLMs 能從官方文件中生成地震和火山相關問題的答案。

整體而言，這些研究報告共同揭示了大型語言模型和人工智慧在地震及災害研究領域的巨大潛力。從提升研究效率、自動化數據分析到改進災害應變和預警能力。

(二) 日本氣象廳在災害預防與監測的發展與未來展望

日本氣象廳自 1875 年成立以來，致力於監測和預測自然現象，以保護國民生命財產免受災害威脅。在氣象業務健全發展的使命下，氣象廳不斷引入最新科學技術並加強產官學及國際合作，以期建立一個安全、強韌且充滿活力的社會。日本氣象廳的核心業務圍繞災害預防、交通安全、產業發展和國際合作。氣象廳職員數則保持在 5000 人左右，相關說明如下：

1. 日本氣象廳的組織架構: 日本氣象廳的組織結構旨在有效管理和執行其多樣化的氣象、地震和火山監測業務。總部（本庁）：設有氣象廳長官、次長和氣象防災監。下設總務部、信息基礎部、大氣海洋部和地震火山部等內部

部局。地方支部局：包括 5 個管區氣象臺（札幌、仙台、東京、大阪、福岡）、1 個沖繩氣象台、50 個地方氣象台、2 個測候所、5 個航空地方氣象台和 2 個航空測候所。設施等機構：設有氣象研究所、氣象衛星中心、高層氣象台、地磁氣觀測所和氣象大學校。

2. 氣象觀測與預報：每日進行氣象觀測，並自 1884 年起發布天氣預報。利用氣象雷達、AMeDAS 和氣象衛星（如「向日葵」）進行監測和預測。發布各種警報、注意報和特別警報（如暴風、大雨、大雪、高潮、海浪、洪水、雷電、濃霧、乾燥、雪崩、霜、低溫、積雪、結冰、融雪）。提供「Kiki Kuru」（危險度分佈）服務，以顏色區分土砂災害、浸水災害和洪水災害的危險等級，每 10 分鐘更新。自 2022 年起，開始提前半天預警線性降水帶造成的大雨。
3. 地震與海嘯監測和信息發布：自 1875 年起進行地震觀測，並於 1884 年全國性展開震度觀測。24 小時利用約 1,800 個地震儀和 4,400 個震度計監測地震活動。地震發生後數秒內發布「緊急地震速報」，並在約 1 分半後發布「震度速報」。發布「海嘯警報・注意報」及海嘯信息，提供海嘯到達預測時刻和高度。對南海海槽和日本海溝・千島海溝等潛在巨大地震區域進行 24 小時監測，並發布「南海海槽地震臨時情報」和「北海道・三陸沖後發地震注意情報」。
4. 火山活動監測和信息發布：自 1911 年設立淺間火山觀測所，開啟火山觀測業務。對日本全國 111 座活火山中的 50 座常時觀測火山進行 24 小時監測，並發布「噴火警報」和「噴火警戒級別」。發布「降灰預報」，預測降灰量和小型噴石的落下範圍。
5. 地球環境監測與預測：監測溫室氣體（如二氧化碳）、黃沙、臭氧層、紫外線等，並發布相關信息。分析氣候變遷相關數據，發布如「日本氣候變遷 2025」等報告。
6. 航空與船舶氣象服務：為航空器提供機場氣象觀測、預報、亂氣流、雷雲、積

冰和火山灰等信息，確保飛行安全。為船舶提供海上惡劣天氣預報圖、波浪預報圖以及海上風速、波浪、海面水溫、海流等信息，確保航運安全和經濟性。

7. 日本氣象廳的未來展望：持續創新和強化其服務，以應對不斷變化的氣候和自然災害挑戰。他們將持續投資於最新科學技術，例如引進「次期靜止氣象衛星」以實現大氣三維觀測，並提升超級電腦系統的功能，以提高颱風和線性降水帶的預測精度。氣象廳的目標是逐步縮短災害信息的發布時間，透過不斷改進防災氣象信息，氣象廳旨在傳達危機感給國民，促使更早、更及時的避難行動。在國際合作方面，日本氣象廳將繼續在全球氣象、海洋和地震領域扮演領導角色，積極參與世界氣象組織（WMO）等國際機構的活動，並向發展中國家提供技術支援，以共同應對全球性的氣候和災害問題。

整體而言，日本氣象廳正朝著更精準、更迅速、更普及的災害信息服務邁進，並在全球自然災害應對中扮演關鍵角色。

(三) 日本最新地震預警技術

HypoTD 方法的核心優勢在於其獨特的定位策略，它並非從零開始計算震源位置，而是透過比較待定位事件與已知範本地震的波形相似性。這意味著系統會從龐大的資料庫中，選擇與待定位地震波形特徵最接近的範本地震，並以此作為其初始位置。這種「以已知校正未知」的策略，能夠大幅減少初始誤差，為後續的精確定位奠定堅實的基礎。透過對地震波形細緻的特徵比對，HypoTD 能夠更準確地捕捉到每個地震事件獨特的「指紋」，從而找到最佳的初始定位點，這對於最終定位結果的精確性至關重要。更值得一提的是，HypoTD 的強大之處還體現在其處理複雜地震情境的能力。傳統定位方法在面對多個地震事件同時發生時，常常因為波形疊加而難以區分，導致定位結果模糊或錯誤。然而，HypoTD 透過一項巧妙的驗證方式，證明了其在這種挑戰性情境下的潛力：研究人員特意生成了兩個到最近測站到時相同的相鄰地震，並利用 HypoTD 進行同時定位。實驗結

果令人振奮，即使在這種極具挑戰性的條件下，HypoTD 依然能夠成功且準確地分離並定位出這兩個同時發生的地震。這項驗證不僅突顯了 HypoTD 在處理複雜地震事件時的穩健性，也預示著它在未來地震預警系統中，特別是在地震序列或群震事件的精確分析上，將發揮關鍵作用。

(四) 地震儀器的最新發展

Epson M-A370AD10 是一款專為需要高精確度振動測量應用而設計的低噪音、體積小巧的三軸加速度計。這款產品匯聚了愛普生在微機電系統（MEMS）和石英晶體技術領域的深厚專業知識，使其在性能上達到卓越水準。在當今各類精密工業與科研應用中，從結構健康監測到高精度導航，對振動測量的精確性與穩定性要求日益提高。M-A370AD10 正是為了滿足這些嚴苛需求而生。其低噪音特性確保了即使在微弱振動環境下也能捕捉到清晰的訊號，大幅提升了數據的可靠性。同時，其緊湊的體積使其能輕鬆整合到空間受限的各式設備與系統中，提供彈性的部署方案。這款加速度計的問世，不僅展現了愛普生在傳感器技術上的領先地位，更為需要精準振動數據的應用場景提供了強大的工具，協助工程師與研究人員進行更深入、更準確的分析與控制，進而推動相關領域的技術進步與創新。

除了著眼於核心測量性能，更深入考慮了實際應用中的便捷性與可靠性。其中一個關鍵的技術優勢在於其能夠直接輸出數位訊號。這項功能省去了傳統類比訊號轉換過程中所需的額外電路與步驟，不僅簡化了系統設計，更重要的是，有效減少了轉換過程中的誤差，確保數據的原始精度得以最大程度的保留。這對於需要高保真度數據的應用場景來說，無疑是一大福音。此外，M-A370AD10 還具備簡單配置的特性，這使得用戶能夠快速地將其整合到現有系統中，大幅縮短了開發與部署時間。而其另一項突出優勢是高抗電磁干擾 (EMI) 能力，這讓感測器在實際部署時更加方便，並能在電磁環境複雜的工業廠房、戶外通訊基站，甚至是嚴峻的航空航太等場所穩定運行。強大的抗 EMI

能力有效地減少了外部雜訊對測量數據的影響，確保了在各種惡劣環境下數據的準確性與可靠性。

四、口頭報告與回饋

本次代表本署有 2 個口頭報告，報告題目為「Assessing the CWA EEW System's Response to the 2025 Dapu M6.4 Taiwan Earthquake」。本研究評估了地震預警（EEW）系統在 2025 年大埔 M6.4 地震中的應對表現。本次地震中，本署在預警效能上取得了突破性的提升，寫下臺灣地震預警的新里程碑。相較於 2010 年甲仙地震首次預警時間 27.0 秒、盲區 86 公里，以及 2016 年美濃地震的 12.0 秒預警時間、28 公里盲區，大埔地震的表現可謂脫胎換骨。僅需 7.9 秒的首次預警時間，將危險的盲區縮小至 12 公里，這項數據不僅代表著預警速度的大幅躍進，更意味著民眾擁有更充裕的時間應變，將地震帶來的損失降至最低。這份亮眼的成績單，主要歸功於本署在地震監測網絡上的前瞻性布局與持續投資。從 2010 年的 91 個即時地震站，到 2025 年已建置多達 603 個即時地震站，密集的測站網絡大幅提升了地震波形資料的獲取速度與精確度。不僅如此，9 個海底地震儀（OBS）的整合運用，更是縮短了地震波從震源傳遞至陸上測站的寶貴時間，為預警爭取了數秒黃金時間。這些基礎設施的強化，搭配持續優化的演算法，確保了系統能迅速識別地震事件，並對 19 個城市發布警報，且預測強度準確率高達 90%，展現了本署在地震預警領域的領先實力與社會責任。

另外一個，報告題目為「Real-time Seismic Data Processing and Monitoring at CWA Current Status and Future Directions」。本研究評估了本署地震預警系統的卓越表現，除了仰賴硬體設施的升級，更體現了其在軟體技術與營運管理上的精進。在技術架構層面，本署積極擁抱開源精神，採用 Earthworm 和 SeisComP 等開源軟體進行即時資料處理與地震預警。這些廣受全球地震學界認可的開源工具，為本署的地震預警系統提供了穩定且高效的後端支援，使其能快速處理龐大的地震數據流。值得一提的是，本署甚至將地震預警系統在 Docker Hub 上

提供，這不僅展現了本署在技術透明化與社群共享方面的努力，也為全球地震預警技術的發展貢獻了臺灣的智慧。然而，僅有強大的後端處理能力是不夠的，即時的系統監控與營運可視化同樣重要。為此，本署導入了 Grafana，建立了動態儀表板，使得系統的即時狀態、數據延遲、預警發布情況及海嘯波高等關鍵資訊一目瞭然。這套視覺化的監控系統，大幅提升了營運的可視化與感知力，讓技術人員能夠迅速掌握系統的健康狀況，及時發現並排除潛在問題，確保預警服務的穩定性和可靠性。



Assessing the CWA EEW System's Response to the 2025 Dapu M6.4 Taiwan Earthquake



Da-Yi Chen, Guan-Yi Song, Yu-Hsuan Chang

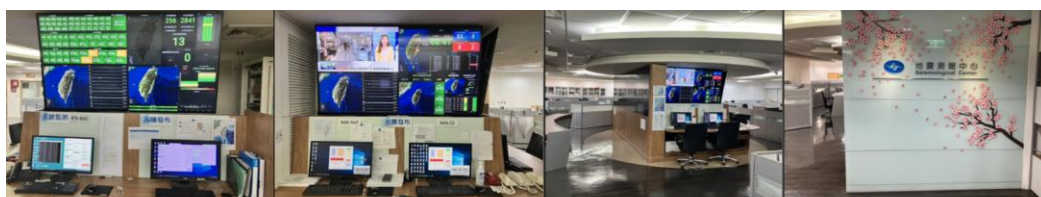
Seismological Center, Central Weather Administration, Taiwan

2025.05.29 @ JPGU

[PPT file is available here.](#)



圖 3、2025 年日本地球科學聯合會（JPGU），口頭報告 1 投影片。



Real-Time Seismic Data Processing and Monitoring at CWA Current Status and Future Directions



Da-Yi Chen, Guan-Yi Song, Yu-Hsuan Chang

Seismological Center, Central Weather Administration, Taiwan

2025.05.29 @ JPGU

[PPT file is available here.](#)



圖 4、2025 年日本地球科學聯合會（JPGU），口頭報告 2 投影片。

心得及建議

本次赴日參與研討會，在技術交流與實務觀摩上收穫頗豐。臺灣的地震預警系統（EEW）在站網密度與預警時效上已達世界頂尖水準，但在應對複雜情境、應用前瞻技術及跨領域整合方面，日本的經驗仍極具參考價值。綜整參與會議的所有心得提出以下業務建議：

（一）推動大語言模型的應用，從「概念」走向「實戰」：

日本不僅將大語言模型（LLM）用於問答系統，更深入地應用於模擬數據的特徵提取、社會反應的自動化分析，甚至輔助程式碼生成。這顯示 AI 在地震科學領域的應用已不再是理論探討，而是能實際提升研究效率與應變能力的工具。未來將朝「利用歷史數據訓練大型語言模型」計畫具體化的目標前進。內部知識庫建置可以仿效日本的 RAG 技術，建立一個能快速查詢內部規章、地震歷史資料與儀器手冊的問答系統。在輿情分析方面，地震發生後，自動化分析主要新聞網站留言區與社群媒體，以掌握公眾關切議題與情緒，作為未來防災宣導與溝通的參考。

（二）引進優良演算法以提升地震預警系統準確度

除了增加測站密度，日本的研究更著重於演算法的革新。例如，HypoTD 方法能應對「同時發生多起地震」的複雜情況，而基於現地預警模型則能有效整合雜訊判斷與警報發布，實現更快速、輕量化的預警。未來可以考慮導入並測試新型演算法，針對特定場域進行效能優化。HypoTD 在處理複雜地震事件時的穩健性，也預示著它在未來地震預警系統中，特別是在地震序列或群震事件的精確分析上，將發揮關鍵作用。

（三）地震監測儀器持續改良

EPSON 三軸加速度計，其「低噪音、小型化、數位直接輸出、抗電磁干擾（EMI）」等特性，反映了地震儀器發展的趨勢。這不僅關乎儀器性能，更直接影響到測站部署的便利性、數據品質與長期維護的成本。更新儀器採購與部署策略，

重視全生命週期效益，未來在擴充或汰換地震觀測儀器時，除了傳統的精度指標外，也可以將下列項目列入評估重點：考慮體積小、易於安裝、抗干擾能力，以及數位化整合，具備數位直接輸出的儀器，以簡化系統架構並減少訊號轉換可能產生的誤差。

綜合上述，本署在地震預警領域的發展並未止步，正積極探索人工智慧技術的應用，以期將預警效能推向新的高度。利用龐大的歷史地震數據訓練大型語言模型，這項前瞻性研究旨在透過深度學習的強大能力，讓人工智慧模型從海量的地震波形、地質構造、歷史預警記錄中學習複雜的模式，進而更精準地識別地震信號的微小變化，縮短地震速報時間，並提升地震規模與影響範圍的預測精度。透過人工智慧的輔助，本署不僅能進一步提升現有預警系統的反應速度與準確性，更有望發展出能預判潛在地震風險、優化警報發布策略的新能力。這項創新性的技術導入，象徵著臺灣在地震預警領域正從傳統的物理模型驅動，邁向數據驅動與智能預測的新紀元。



圖 5、作者參於 2025 年日本地球科學聯合會（JPGU）進行口頭報告。