

國際化的地震資料中心

文／蕭乃祺、甘志文、莊雅婷

前言

氣象局從 1990 年代初期開始執行強地動觀測計畫（辛在勤，1993），建置現代化的地震觀測網與測報作業，過去 30 年來的成果國人有目共睹、有口皆碑，所累積的寶貴資料更是世界重要的瑰寶。為促進我國地球科學領域的學術發展，氣象局於 2006 年建置「地球物理資料管理系統」（Geophysical Database Management System，簡稱 GDMS），彙整地震、地球物理觀測儀器紀錄與地震資料，透過網站提供國內學術界下載研究使用（蕭乃祺等，2012；Shin et al., 2013）。

原系統建置至今已逾 15 年，在系統功能面與資料服務面上，皆已不符合管理者與使用者的需求。例如資料缺乏檢核機制、儀器參數提供不完整、資料檔未使用國際慣用格式、資料更新即時性不足等，皆會造成使用者資料索取與使用的不便。另外資料僅開放國內學者使用，亦侷限資料的應用效益，無法有效擴大國際學者對於臺灣地震的研究興趣。

有鑑於此，為進一步活化地震觀測資料的使用，對國內外的地球科學研究作出貢獻，進而提升臺灣在國際相關領域的能見度，氣象局於 2020 年開始建置新一代符合先進國際標準的資料管理系統與服務平臺。新系統名稱為「臺灣地震與地球物理資料管理系統」，英文名稱則沿用 GDMS，以建置標準化、自動化的資料典藏與服務系統為目標，期使我國成為國際地震資料中心之一。

新系統主要委託中央研究院地球科學研究所進行建置（梁文宗等，2020；梁文宗等，2021），該團隊具有地球物理相關領域資料服務推廣的實務經驗，並服務全球。經過雙方合作開發後，新系統於 2021 年初開始上線測試（圖 1），透過試營運彙整使用者回饋意見，持續優化與擴充系統功能，並於 2022 年正式宣布啟用，開始全面服務全球註冊的使用者（圖 2）。



圖 1. 氣象局新 GDMS 提供全球註冊使用者申請資料的網站首頁，網址為 <https://gdmsn.cwb.gov.tw/>。

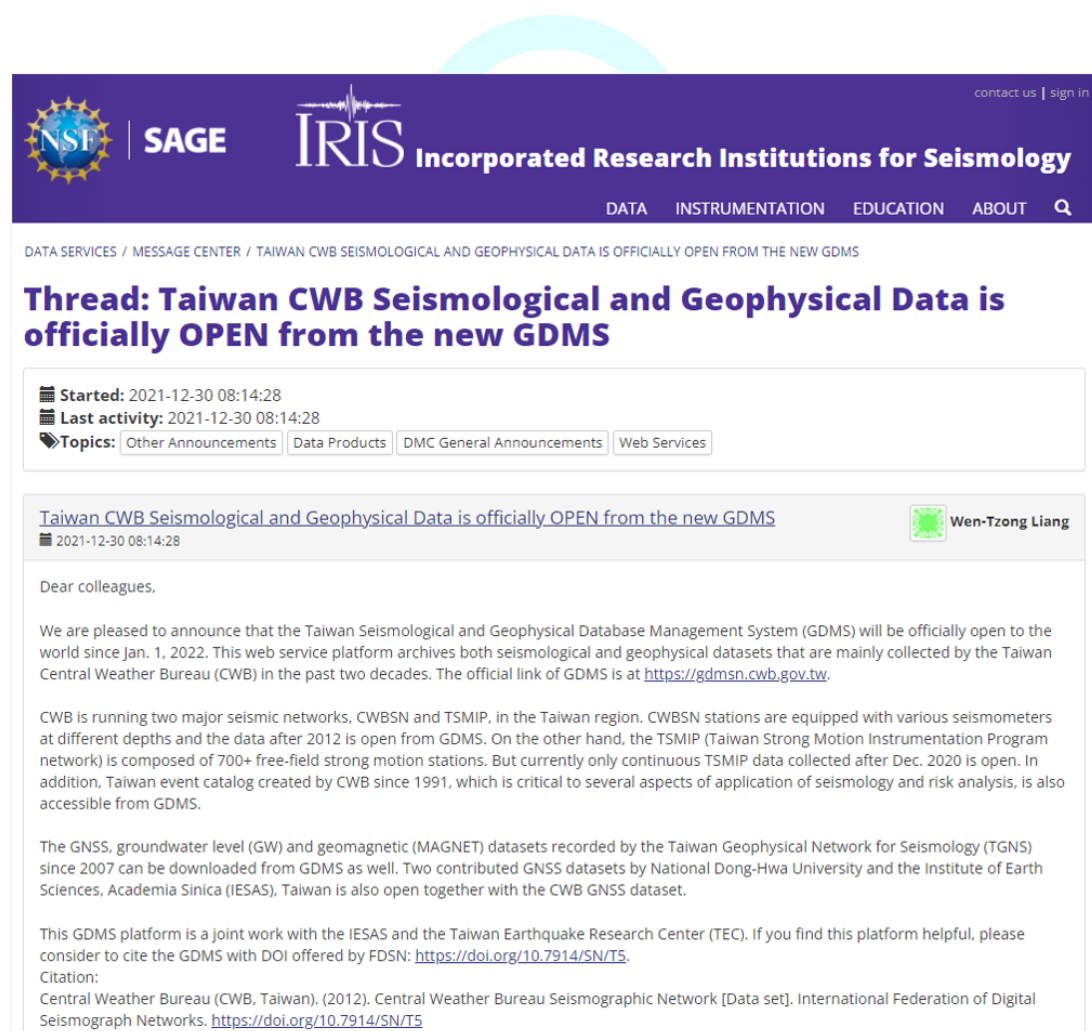


圖 2. 新 GDMS 於 2022 年正式開始服務全球學術界與教育界的使用者
| 中研院梁文宗博士提供

特色

新系統以「先進國家國際標準」為規範，經參考美國 IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology)、歐盟 ORFEUS (Observatories & Research Facilities for European Seismology)、日本 NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience) 等全球三大資料服務中心，管理與提供近即時地震、地球物理符合國際標準格式的觀測資料。其主要特色包含：

一、提供儀器觀測連續紀錄（完整性）

完整提供氣象局地震、地球物理相關儀器所蒐集的連續紀錄。地震資料包括短週期地震儀、強震儀、寬頻地震儀所記錄的震動波形，取樣率每秒 100 點。地球物理資料則包括全球導航衛星系統 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 所記錄的地表變形、水位計的地下水位、磁力儀的地磁強度等 3 種資料，其中 GNSS 觀測資料的取樣率為每 30 秒 1 點，水位計與磁力儀資料的取樣率則是每秒 1 點。

另外，新系統最大進步是觀測儀器詮釋資料 (metadata) 的管理與提供，詮釋資料主要描述測站位置、營運歷史與維護紀錄，同時提供詳細的儀器響應 (instrument response)，對於使用者將原始資料 (raw data) 還原至真實物理量，進而分析資料非常重要。

二、資料檔符合國際標準格式（通用性）

儀器觀測資料與詮釋資料均採用國際標準格式，同時資料查詢、瀏覽與下載介面，亦參考國際上先進的資料中心設計。觀測資料方面，地震波形資料採用 SEED (Standard for the Exchange of Earthquake Data) 格式，方便數據的交換與歸檔，同時已有許多發展成熟的軟體或函式庫可以直接使用。GNSS 資料亦採用通用的 RINEX (Receiver Independent Exchange Format) 格式，地磁資料採用 IAGA2002 格式，地下水位則因資料較單純，採純文字檔方式提供。

詮釋資料方面，地震儀採用 dataless SEED 以及 StationXML 兩種格式存檔，GNSS、水位計和磁力儀則以純文字、試算表或資料表等方式儲存，同時相關資訊亦全部轉入資料庫線上管理。

三、以即時或近即時更新頻率提供最新資料（即時性）

新系統在資料更新的頻率上進行優化調整，所有地震儀的波形資料會一直開放至現在時間的 15 分鐘前，因此使用者除了可以蒐集連續資料外，並能在大地震後，馬上下

載震波紀錄進行分析。另外地球物理資料則每日產製 1 個檔案，開放到前一天。

四、開放全世界學術界下載資料（國際性）

新 GDMS 開放全球的學術界與教育界使用，預期可以吸引國內外有興趣的學者、教師與學生投入臺灣地震相關議題的研究，促進我國地球科學領域的研究發展，同時有助於我國成為全球重要地震資料的服務中心之一。

資料

GDMS 所提供資料主要為氣象局地震、地球物理觀測網測站儀器的連續紀錄，以及臺灣的地震目錄。經過 30 年來的持續經營，氣象局已經建置 3 個全方位、高密度的觀測網，包括中央氣象局地震觀測網（Central Weather Bureau Seismographic Network, CWBSN）、臺灣強地動觀測網（Taiwan Strong Motion Instrumentation Program network, TSMIP）、臺灣地球物理觀測網（Taiwan Geophysical Network for Seismology, TGNS）（蕭乃祺，2019）。地震目錄則是透過氣象局地震定位專業的同仁，仔細挑選地震波相而完成，過程耗時且無法完全以機器取代，為地震方面學術與災害研究非常寶貴的資料庫。

資料種類與研究用途介紹如下：

一、中央氣象局地震觀測網 CWBSN

CWBSN 目前運作中的測站數量超過 150 站，安裝的地震儀包括短週期地震儀、強震儀與寬頻地震儀。寬頻地震儀與短週期地震儀皆是速度型地震儀，可以記錄非常微小地震的震動訊號，加上寬頻地震儀具有記錄長週期訊號的能力，因此也可以偵測震央距離超過 1000 公里以上的遠震。強震儀則是加速度型地震儀，可以忠實記錄強烈地震的波形紀錄，不會發生失真飽和的情形。測站位置除地表站外，為了避免人為雜訊的干擾，亦建置數十座井下地震儀觀測站，將地震儀安裝在平均深度 300 公尺的井內，另外為擴大地震監測範圍，在東部海域亦建置數座海底地震儀觀測站。

地震儀觀測資料可以提供臺灣地震活動、孕震構造與地震科學的相關研究，同時亦可應用於防災領域，例如有感地震的速報預警、震後山崩及土壤液化快速評估等。新系統將提供 CWBSN 地表站與井下站地震儀器的連續波形資料，目前提供下載的測站數約為 120 站（圖 3），可下載資料時間從 2012 年 1 月 1 日開始，一直開放到現在時間的 15 分鐘前。

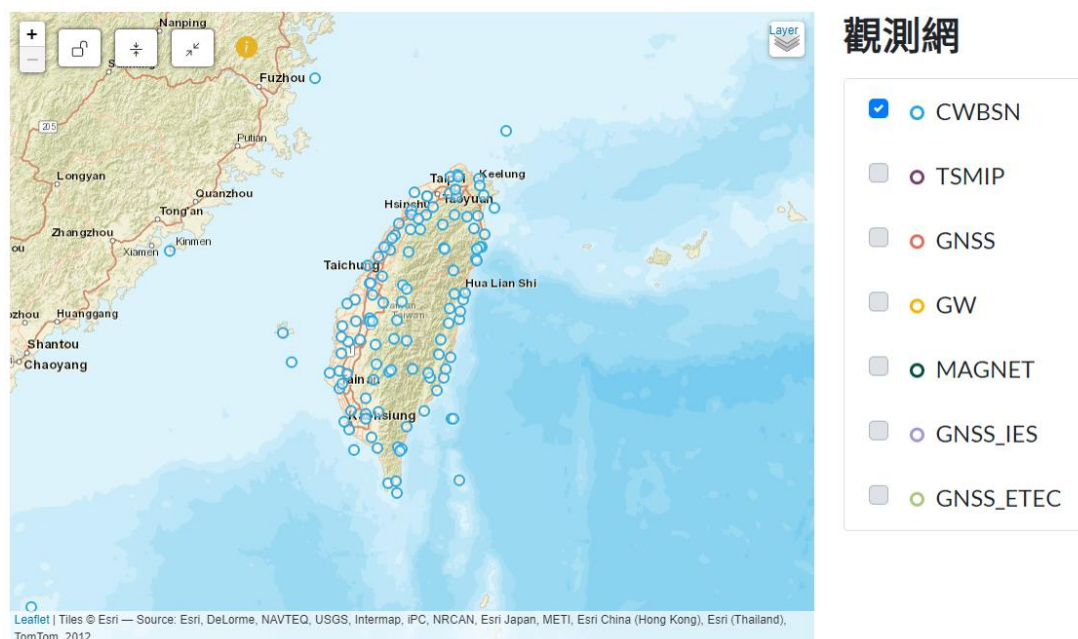


圖 3. 新 GDMS 現階段提供中央氣象局地震觀測網 CWBSN 資料的測站分布，測站類型包括地表與井下地震儀觀測站，測站數約 120 站，儀器種類則有短週期地震儀、強震儀與寬頻地震。

取自氣象局新 GDMS 網站

二、臺灣強地動觀測網 TSMIP

為完整蒐集臺灣各都會區地盤的強震波形紀錄，氣象局於 1990 年代初期開始建置高密度的強地動觀測網 TSMIP，截至目前總共設有 700 座以上的自由場強震站。測站安裝的地震儀全部為強震儀，皆採用力平衡式加速度計 FBA (Force Balance Accelerometer) 感應器，可以完整記錄大地震的劇烈震動，對於臺灣的強地動研究、震區劃分調整、耐震設計規範以及地震工程應用非常珍貴。儀器解析度從早期的 16 位元已經全部升級成 24 位元，對於震幅的解析能力提升 200 倍左右。

氣象局從 2015 年開始將測站逐步升級為即時站，並規劃在 2024 年將即時站的數量擴增到 600 座。新系統將提供 TSMIP 即時強震站的連續波形資料，目前提供下載的測站數約為 420 站 (圖 4)，後續會依據測站升級狀況逐步增加數量，可下載資料時間從 2020 年 12 月 1 日開始，一直開放到現在時間的 15 分鐘前。

三、臺灣地球物理觀測網 TGNS

為了推動地震前兆的研究，氣象局在集集地震發生後開始建置臺灣地球物理觀測網 TGNS，包括全面建置高精度的全球定位系統 GPS (Global Positioning System) 觀測站，以及地下水觀測站，並與國立中央大學合作，技術轉移接手維護地球磁場觀測站與大地電場觀測站。2012 年起 GPS 測站儀器陸續升級成全球導航衛星系統 GNSS 儀器，

可以進行多星系統的觀測。

TGNS 觀測網目前運作中的測站包括 163 座 GNSS 觀測站、6 座地下水位觀測站、12 座地球磁場觀測站以及 20 座大地電場觀測站，所蒐集的資料對於臺灣環境背景值的相關研究非常寶貴。例如 GNSS 觀測資料經解算後，可以獲得臺灣各地地表位移的時間序列，除了可以提供氣象局進行地震前兆研究外，亦是同震位移、火山活動、地層下陷、地層滑動等監測重要的參考資訊。

新 GDMS 將提供 TGNS 中 GNSS 觀測站、地下水位觀測站、地球磁場觀測站的儀器觀測資料，測站總數約為 210 站（圖 5），時間皆從 2007 年 1 月 1 日開始，每日 1 個檔案，開放到前一天。另外氣象局透過合作，交換獲得中研院地球所與國立東華大學臺灣東部地震研究中心的 GNSS 站觀測資料，經過兩個單位同意後，其所維護約 80 站的資料亦可透過 GDMS 提供。

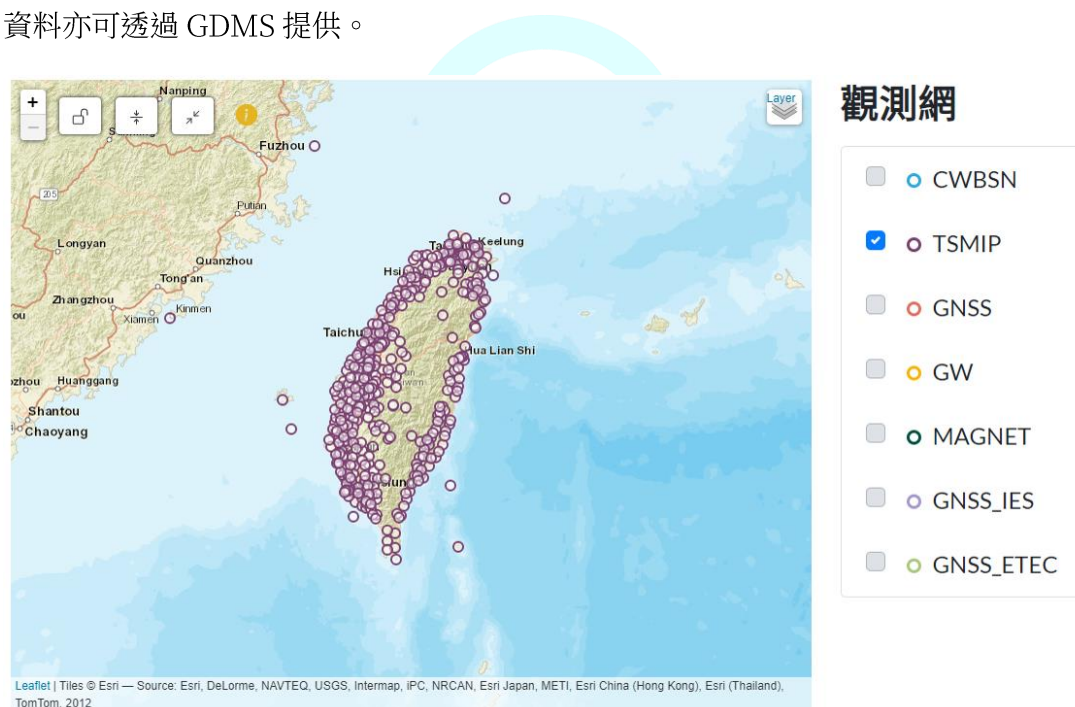


圖 4. 新 GDMS 現階段提供臺灣強地動觀測網 TSMIP 資料的測站分布，測站類型皆為即時地表強震站，站數約 420 站。

圖片取自氣象局新 GDMS 網站。

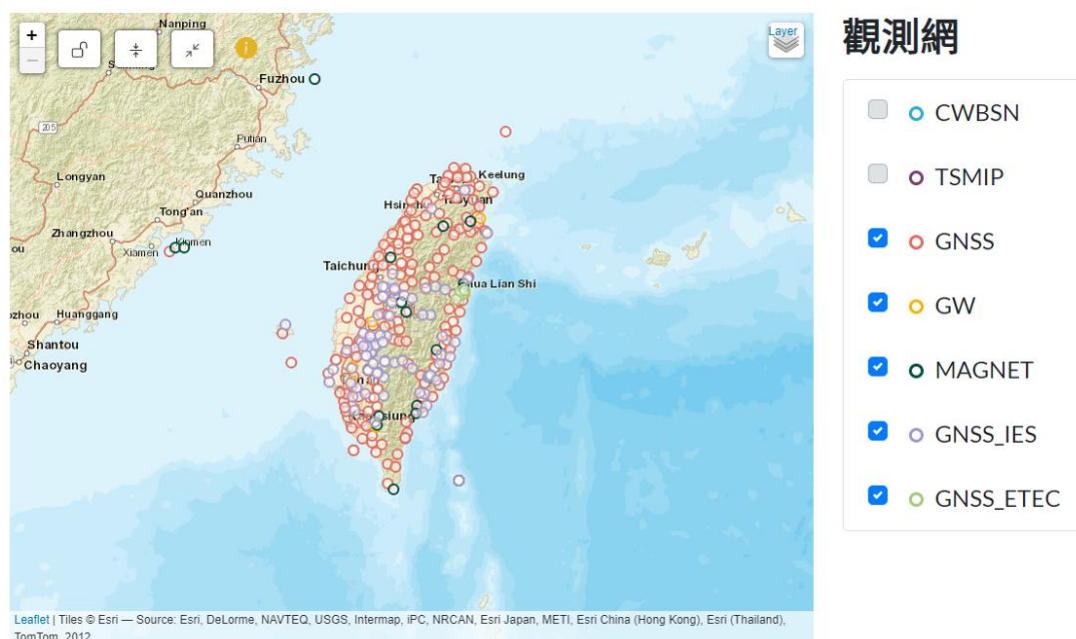


圖 5. 新 GDMS 現階段提供臺灣地球物理觀測網 TGNS 資料的測站分布，測站類型包括 GNSS 觀測站、地下水位觀測站 (GW)、地球磁場觀測站 (MAGNET) 等；另外中研院地球所 (IES) 與東華大學東部地震中心 (ETEC) 所建置的 GNSS 站觀測資料亦可透過 GDMS 提供，總測站數約 290 站

■ 圖片取自氣象局新 GDMS 網站。

四、地震目錄

由於觀測儀器解析度與站房環境品質的提升，臺灣地震目錄的地震數量，由原先每年平均約 2 萬筆，從 2012 年起大幅增加至 4 萬筆，完整記錄臺灣地區規模 1.5 以上的地震，對於臺灣地區的地震活動、速度構造與孕震構造等相關研究，提供豐富的基礎資料。地震目錄的資料時間從 1991 年 1 月 1 日開始，提供到當下前 1 個月，時間超過 30 年，累積的地震數量超過 77 萬筆 (圖 6)。

另外，新系統特別針對重大地震設計資料快取的功能，當氣象局發布規模 6.0 以上的地震報告時，會自動擷取地震波資料，並按 CWBSN、TSMIP 分群輸出 SEED 與 SAC (Seismic Analysis Code) 格式的資料檔，方便使用者迅速下載研究，並可適度減緩系統在短時間內遇到大量資料索取所造成的負載。以 2022 年 3 月 23 日規模 6.7 東部海域地震為例，新 GDMS 在地震發生後，及時提供 CWBSN 與 TSMIP 測站地震儀的觀測資料 (圖 7)，其中 CWBSN 有 83 站共 228 部地震儀的紀錄，包括短週期紀錄 38 筆、強震紀錄 145 筆以及寬頻紀錄 45 筆，TSMIP 則有 280 站的強震儀紀錄供下載。

至 2021 年底，新 GDMS 系統整個資料量約達 35TB，預估未來每年將會增加 12TB 的資料量。

維運

新 GDMS 主要運作伺服器包括網頁伺服器、訂單伺服器、上傳伺服器與資料伺服器，考量網路頻寬負載與資通安全需求，訂單與資料透過專線傳送，並設計雙重的防火牆（梁文宗等，2021）。資料索取與提供的流程如下（圖 8）：使用者透過網頁伺服器索取資料後，首先會將訂單透過專線送進第 1 道防火牆內的訂單伺服器。由於第 2 道防火牆內的資料伺服器會隨時主動詢問是否有新訂單，所以當發現訂單時，將觸發系統開始處理訂單資料。當完成打包後，資料會先被送到第 2 道防火牆外的上傳伺服器，並由該伺服器再將資料穿過第 1 道防火牆傳回網頁伺服器，同時通知使用者資料處理狀態。訂單資料會在使用者的帳戶保留 7 天，逾時將自動刪除。

新 GDMS 系統與網頁程式皆經過源碼檢測與弱點掃描，內容也都符合政府網站服務管理規範與無障礙規範，同時亦邀請使用者參加系統的壓力測試，並填寫滿意度調查。上線後，氣象局將持續與中研院的工作團隊合作，於國內外相關會議與研討會上進行推廣宣傳，並參考使用者回饋意見與國際發展需求，進行滾動式系統功能擴充，以符合多數使用者需求與期待，實踐永續經營理念。

為強化服務品質與國際能見度，新 GDMS 資料服務已經向國際聯合地震觀測網（International Federation of Digital Seismograph Networks，簡稱 FDSN，網址 <https://www.fdsn.org>）申請註冊數位物件識別碼（Digital Object Identifier，簡稱 DOI）。FDSN 是一個全球性組織，該組織透過聯合世界各地不同的地震觀測網或觀測站，進行數位資料開放的合作模式，促進世界各地的科學家進一步推動地球科學發展與地震活動研究。DOI 為網路環境的共通的辨識符號，是一個具有永久性與唯一性的辨識碼，使用者除可直接透過 DOI 取得數位資訊外，又因 DOI 連結服務永久有效，是以能夠強化數位資訊服務的品質與提昇國際能見度。

氣象局地震與地球物理觀測網儀器種類眾多且多元，維護不易，為達到國際化地震資料中心的目標，必須長久維持資料的穩定性與正確性。氣象局刻正發展新的儀器維護與參數連動機制（圖 9），重新設計完善的訊號校驗流程，同時針對儀器的維護、更新與替換，皆會嚴格要求同步更新詮釋資料，俟此連動機制與新 GDMS 銜接後，將更有效維護觀測資料與詮釋資料的可靠性。

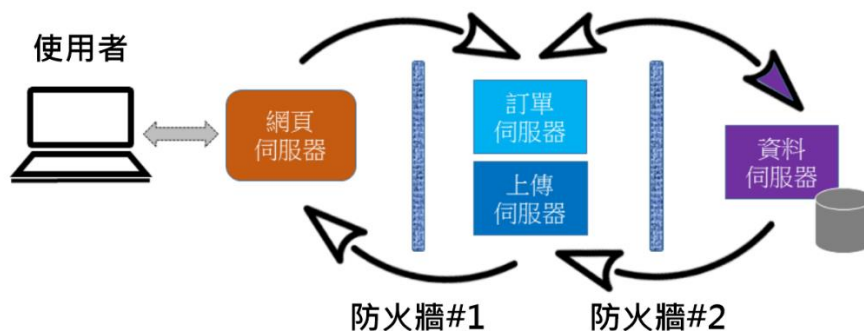


圖 8. 新 GDMS 資料服務系統架構與作業流程圖 (梁文宗等, 2021)。

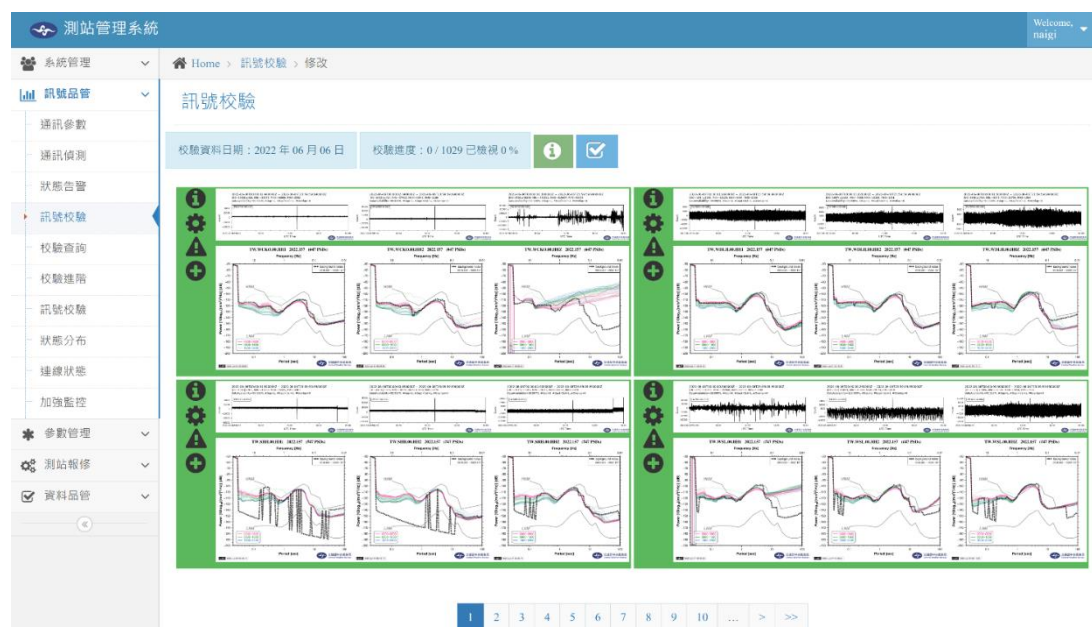


圖 9. 氣象局同仁例行校驗地震儀訊號的展示頁面，透過人工目視震波紀錄與功譜密度機率函數等方式檢查地震儀訊號的品質。

圖片取自氣象局地震測站管理系統

蕭乃祺
中央氣象局地震測報中心副主任
甘志文
中央氣象局地震測報中心技士
莊雅婷
中央氣象局地震測報中心研究助理

參考文獻

- [1] 辛在勤，1993：臺灣地區強地動觀測計畫，臺灣地區強地動觀測計畫研討會論文集，1-10 頁。
- [2] 梁文宗、李文蕙、李其芳，2020：臺灣地震與地球物理資料管理系統建置案完工報告書，中央研究院地球科學研究所，共 60 頁。
- [3] 梁文宗、李文蕙、李其芳，2021：氣象局「110 年度臺灣地震與地球物理資料管理系統」擴充案完工報告書，中央研究院地球科學研究所，共 53 頁。
- [4] 蕭乃祺、林孝維、黃靖閑、張建興，2012：中央氣象局地球物理資料管理系統，2012 年臺灣海洋資料工作坊暨海洋雷達論壇（摘要），共 2 頁。
- [5] 蕭乃祺，2019：臺灣地震測報的發展，科學研習月刊，第 58 卷第 6 期。
- [6] Shin, T.-C., C.-H. Chang, H.-C. Pu, H.-W. Lin, and P.- L. Leu (2013). The Geophysical Database Management System in Taiwan, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.* 24, 11-18, doi: 10.3319/TAO.2012.09.20.01(T).

