

建立補震網—

雲端學地震

文 陳卉瑄

專欄文章

天·地

Earth Science

根據世界銀行於 2005 年發布的全球天然災害危機分析，六種主要天然災害分別為地震、火山、山崩土石流、洪災、旱災和颱風。1950~2010 年共 291 個天災事件，僅有 29% 為地震、海嘯和火山造成，遠小於 65% 的颱風、洪災和山崩土石流事件，然而 236 萬的致死人數中，卻有高達 56% 的人數是由於地震、海嘯和火山事件。

天然災害可以複合性地發生。全世界暴露於三種天然災害以上的國家中，臺灣有 73.1% 的土地和人口受到複合型天然災害威脅，名列世界第一，這個統計數據明確指出了臺灣人民對天災防範的必要性。過去政府機構在防災的推廣和訓練，一般僅告知災害發生時的應變行動。

「聽令而行卻不知其所以然」最大的問題，就是常有「不會發生在我身上」的迷思概念，

導致疏忽災害危險性並作出錯誤決策，因此，如何將攸關性命的決策和科學背景連結，說服民眾想像災害即將到來時應做的最佳準備，變成是最重要的防災課題。

地震科學教育的新頁

為了將地震科學平民化，讓民眾不輕信謠言，並知其所以然。在 2013 年五月開始，由臺師大地科系陳卉瑄老師團隊和科教所吳昱鋒博士主導的「臺灣地震學園」，與中研院地科所梁文宗博士團隊和網格中心嚴漢偉博士主導的「臺灣地震科學雲端學習平台」充分合作，鼓勵地震志工安裝低價地震儀，以向資料資訊自由交流的國民地震網邁進，並由學術端進行教學材料研發和地震遊戲配套，經由試教確認教材的吸引力，再進行國小、國中和高中種子教師招募，讓母教材轉化成不同年齡層皆適用的教學版本。



陳卉瑄 / 身為地震學家，我的研究主軸在偵測分析各種特殊的地震活動，以理解深部斷層行為和地震特徵之間的關係。目前為臺灣師大地球科學系副教授。



平台教學內容

第一單元，孤兒海嘯。西元 1700，年發生在日本的大海嘯，竟沒有對應的地震？遍尋在環太平洋隱沒帶過去地震海嘯的痕跡，地質學家發現了這個規模超過 9 的地震，原來是發生在離日本 8000 公里遠的卡斯卡迪亞：一個從沒發生過任何規模 7.5 以上地震的隱沒帶！

【你將學到】1. 隱沒帶哪裡會孕震？2. 災害性的海嘯和地震的關係 3. 如何尋找古地震和海嘯的痕跡。

第二單元，找到地震。這個實作單元和第一單元緊密連結。在地震儀蓬勃發展的現代，找到地震只需要具備解讀地震波的能力。如果中央氣象局地震測報中心緊急宣布，機房燒毀無法做地震定位，徵求地震志工，你會不會利用 P 和 S 波判釋，自己做地

震定位？

【你將學到】1. 地震波的種類有哪些？2. P 波和 S 波的判釋 3. 如何利用 P 和 S 波時間差作地震定位。

第三單元，南亞大海嘯。印尼蘇門答臘以北的海底，發生了規模 9.3 的地震，這是 1960 年以來全世界規模最大的地震。地震發生在向東北隱沒的印澳板塊上，一路以約 2 km/s 的驚人速度向西北破裂，200 秒後（約 3 分鐘），破裂延伸到約 400 公里遠的地方。這個地震持續搖晃了地表長達 8 分鐘之久，而地震後 15 分鐘，海嘯襲擊了印尼的亞齊省，造成當地約十七萬人喪生。為什麼這麼多人會不知道海嘯即將來臨？這個故事會告訴你，地震規模的決定是海嘯預警的關鍵！

【你將學到】1. 地震波振幅大小和地震規模的關係？2. 海嘯前有沒有警訊？3. 海嘯預警系統需要甚麼資訊？

第四單元，玩出震度。這個實作單元和第三單元緊密連結。只要測量地震圖的最大峰值加速度，就可以算出震度和地震規模。這個單元由新馬德里地震群的故事開始講起：1811 年 12 月 16 日，美國中部的密蘇里州的災難由一個規模 7.7 的地震開始，緊接著一系列的餘震，這群地震造成了密西西

比河的改道，成為美國史上規模最大的地震之一。當時有位住在辛辛那提的醫生丹尼爾將感受到的地震寫了下來，並將不同的搖晃程度分級，而臺灣，我們也有自己的震度分級表。在沒有地震儀的古老年代，由口說或歷史描述的最大震度區，就是最接近地震的位置。而透過震度與距離的關係，也能告訴我們這個地震的規模有多大。

【你將學到】1. 如何利用地動加速度求得地震規模？2. 如何利用地動加速度找到地震位置？

第五單元，法醫地震學。地震儀，經常能記錄到天上地下的祕密活動，地震學家可以搖身變成偵探，帶你解開核爆、隕石撞擊或礦坑災難的謎團。這個故事從 2007 年造成六名礦工死亡的礦坑災難說起，當時這起災難，礦區管理者堅持：不是礦坑不穩，而是附近地震引發的塌陷！然而，就讓證據說話，美國西部數百部的地震儀（USArray 觀測網）早已秘密地記錄下這起事件。地震學家詳細分析了周遭 16 個地震站所記錄的訊號，發現礦坑位置附近測站的第一個到達波相，一致地都是波谷（下動），證明是向內壓縮的坍塌，而非構造地震所觸發。

【你將學到】1. 礦坑塌陷

的地震波特徵 2. 核爆的地震波特徵。

第六單元，斷層怎麼動。這個實作單元和第五單元緊密連結。P 波的初動（first motion）有的向上（波峰），有的向下（波谷），對應著其所在區域為壓縮或伸張區。經過簡單選取地震波第一個到達的波相，你可以辨別是上動或下動。這些資訊，讓你找出這個地震的斷層面，也就是明確指出它的走向、傾角和在斷層面上的滑移方向。

【你將學到】 1. 確定 P 波初動 2. 利用不同測站的初動資訊，決定斷層面解（正斷層、逆斷層還是走向滑移斷層？）

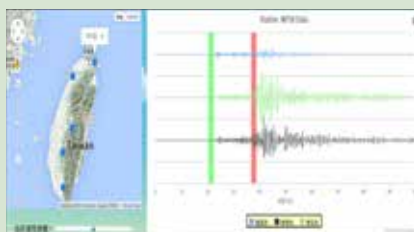
這六大單元的教學資源架構，目的除了讓地震科學更生動有趣，亦欲提升志工科學的概念。當你申請捕震網的低價感測器（QCN sensor），將之安裝在家裡或學校，就能成為一個貢獻資料的志工；當地震發生時，每個志工測站都能分享其接收的地震資料，並利用解讀地震波的技能，自己挑戰地震速報：決定地震的位置、規模、詳細震度圖和對應的斷層面解。

地震志工的認證關關

前面所述的三個實作單元（單元二、四、六），依地震資訊面，獨立成四個遊戲。每個遊

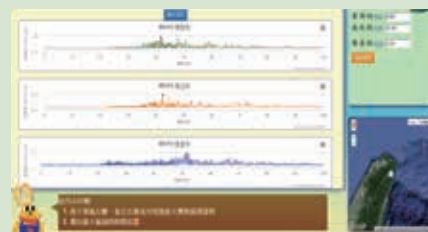
實作認證遊戲畫面

1. 地震在哪裡？



利用三個以上測站 P 和 S 初達波的判釋，決定地震位置。

2. 震度有多大？



利用五個以上測站三個分量（垂直、南北和東西向）振幅最高峰的判釋，決定最大地表加速度（PGA）。

戲都過關，即獲取地震志工的認證，此時全臺灣的地震大小志工，皆可進入同一個平台進行地震資訊的貢獻和交流。

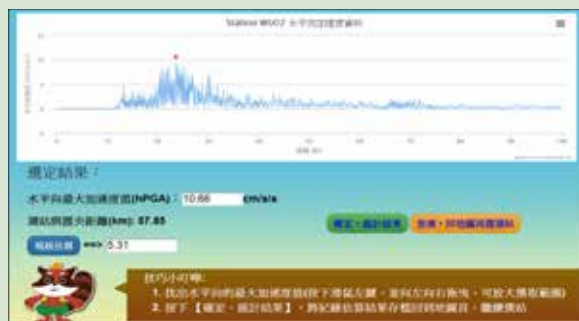
地震速報自己來

這是一個近即時地震志工擂台，包含了以上所述的四個認證遊戲，和近即時地震闖關擂台。近即時地震波形由全臺灣各地的志工測站貢獻而來，志工測站分別由 QCN 捕震網和 Palert 強震網，規模四以上地震發生後約 10 分鐘，志工皆可參與地震定位、震度、規模和震源機制的決定，資料開放的三天內，除了與其他志工挑戰者進行積分比賽之外，亦可藉進階問題，激發自願者的科學興趣，將讓地震科學和防災教育轉化成持續不斷的學習。目前此平台歡迎各位

有興趣教師，在課堂進行試教，以做為未來精進平台功能的準備。

認證遊戲前四關：地震在哪裡、震度有多大、規模有多大、地震斷層怎麼動的建議上課時數各為一節，包含 30 分鐘教材和 20 分鐘上機試做。教材的播放檔可在地震學園網頁瀏覽，並向其申請教材 ppt 檔案。四節課過後，即可讓學生回家挑戰闖關擂台。闖關擂台，是以地震位置、規模和中央氣象局公告值的差異、震度總測站數和震源機制解正確與否進行積分計算。我們同時也開發了地震志工知識、態度和技能三個面向的素養問卷，並和競賽擂台的積分結果作相關性比較，這些結果分析會同時回饋給志工教師，作為日後教材修改和研發的參考。

3. 規模有多大？



利用五個以上測站水平分量振幅最高峰的判釋，配合「地震在哪裡」遊戲所得到之震央離測站距離，決定地震規模。

4. 地震斷層怎麼動？



利用 20 個以上測站 P 波初動的判釋，決定斷層面解。

致謝

在此感謝所有工作團隊的辛勞和努力。地震遊戲程式設計團隊：中研院地科所梁文宗博士、黃淑真小姐主導，中研院地科所 / 師大地科系葉庭禎小姐協助。地震遊戲圖像設計團隊：北科大互動設計系王聖銘教授、黃馨慧小姐主導，學生林佩樺、單士歡、林雅涵、張雅筑協助。地震學園原型教材研發與推廣：國立臺灣師範大學地球科學系陳卉瑄教授主導，種子教師團隊余俊樑、謝淑慧、董巧盈、王亭雅、蔣倩雯 老師（新北市板橋區沙崙國小）；錢宜新、邱宇平老師（桃園縣立同德國中）；曹嘉修（高雄市三民區陽明國中）；林郁梅老師（臺北市第一女子高級中學）；張凱雯老師（屏東高中）；呂廷鈺老師（新竹市立成德高中）；張淵淑老師（臺北市中山女高）；臺北市政府消防局黃筱真小姐協助。科教現場教學觀測、研發素養及成效：國立臺灣師範大學科學教育研究所吳昱鋒博士主導，國立臺灣師範大學地球科學系研究生張顯協助。分散式應用平台與模擬分析：中研院資創中心和網格計算中心嚴漢偉博士主導。同時並要感謝臺大地質科學系吳逸民老師地震預警 Palert 強震網供教育推廣所用，讓全臺地震志工能共享地震資料。



地震速報自己來



「地震速報自己來」登入畫面。需申請 QCN 感測器、安裝完成後，即擁有帳號密碼，成為地震志工。地震志工擁有權限，登入後經由「推薦小志工」加入該校學生的 email 和帳號。



擁有帳號密碼的 QCN 志工，需要通過 1~4 的認證遊戲，方能進入競賽播臺，挑戰當日的地震。規模四以上的地震在發生後 10 分鐘內至三天，皆在此競賽播臺開放資料互享，供所有志工 / 小志工進行積分比賽。

延伸閱讀

1. Dille, M., Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis, Synthesis Report, International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank and Columbia University, 2005.
2. Wu, Y. M. et al., A high-density seismic network for earthquake early warning in Taiwan based on low cost sensors, *Seism. Res. Lett.*, Vol. 84: 1048-1054, 2013.