

模組化簡易地震儀教具設計開發

國立科學工藝博物館 助理研究員 / 洪煌凱

本簡易地震儀教具以中學物理課程學習為基礎，並可延伸地球科學與防災教育之實踐應用。此次教具開發，改善了過去此類教具之成本較高與無法量產之缺點，以刀模製作與簡化接線的方式進行教具設計；此外，震動波形顯示器則利用行動裝置（如平板電腦、行動電話等）取代利用桌電、筆電。本教具已實際應用於工作坊、教師研習活動，經評估已可實際用於校園課堂使用與活動性質之工作坊使用。

一、簡介

地震儀的發展提升了地震學在地球物理領域上的重要性，也進一步獲得了地震預警之具體實踐。由於用途之不同，各式地震儀被創造並且廣布於地表，寬頻地震儀的特性適合量測遠震，可用來探測地球內部之分層特性；強震儀則可量測附近之震度，提供強震狀態下之震度分布。用於地球探測與國家地震預警之地震儀須具備較高之精度與穩定性，其造價較為高昂。而現今電子產業技術發達，每個人身上配備的手機均搭載陀螺儀，透過合適之 App，即能直接呈現其震動之方向與幅度。然而目前量測震動之儀器，均為封裝精密的感測儀，學生或是一般民眾只能透過面板上數字讀取資訊，而無法得知擷取物理量背後之原理。

正因如此，可提供輔助物理的學習也被近代發展出來。美國普渡大學 Larry Braile 創造了 AS-1 教育用地震儀 (web.ics.purdue.edu/~braile/，如圖 1)，透過結合彈簧與槓桿之裝置，擷取垂直向之震動程度；再利用強力磁鐵與電磁鐵的磁生電作用，將震動量轉為電流。最後再利用資料擷取器將電流的變化，在電腦上呈現出地震波型。

中研院地球所承 AS-1 地震儀，製作自行開發之版本，將原利用油槽製作之阻尼系統改為磁阻力系統，如圖 2 所示。此版本地震儀之材料成本約為 2 萬元，可在校園進行推廣學習，也能實際擷取地震波形。後續地球所再製作 DIY 版本，稱作 TEC-100，將地震儀尺寸縮小，支架材質由原先之鋁架換為木質，有效降低成本，即為本文提及之模組化地震儀材料包的前身。

本模組化地震儀，其目的用於科普教育推廣，主要呈現此地震儀背後之物理意涵，包含槓桿原理、磁生電定理、以及冷次定律，將地震儀骨架以刀模方式進行量產，並用材料包方式進行開發，接收之振動訊號則利用手機螢幕進行觀察，擴增使用之便利性。

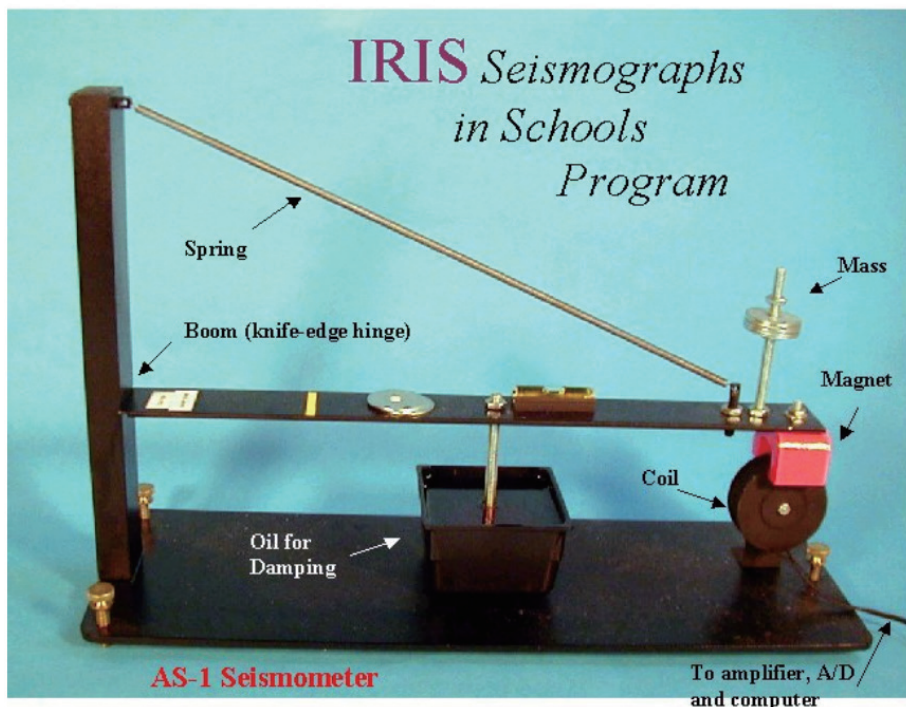


圖 1. AS-1 地震儀之原始設計圖象
(資料來源：美國普渡大學網頁，<https://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/as1mag/as1mag1.pdf>)

AS-1 地震儀

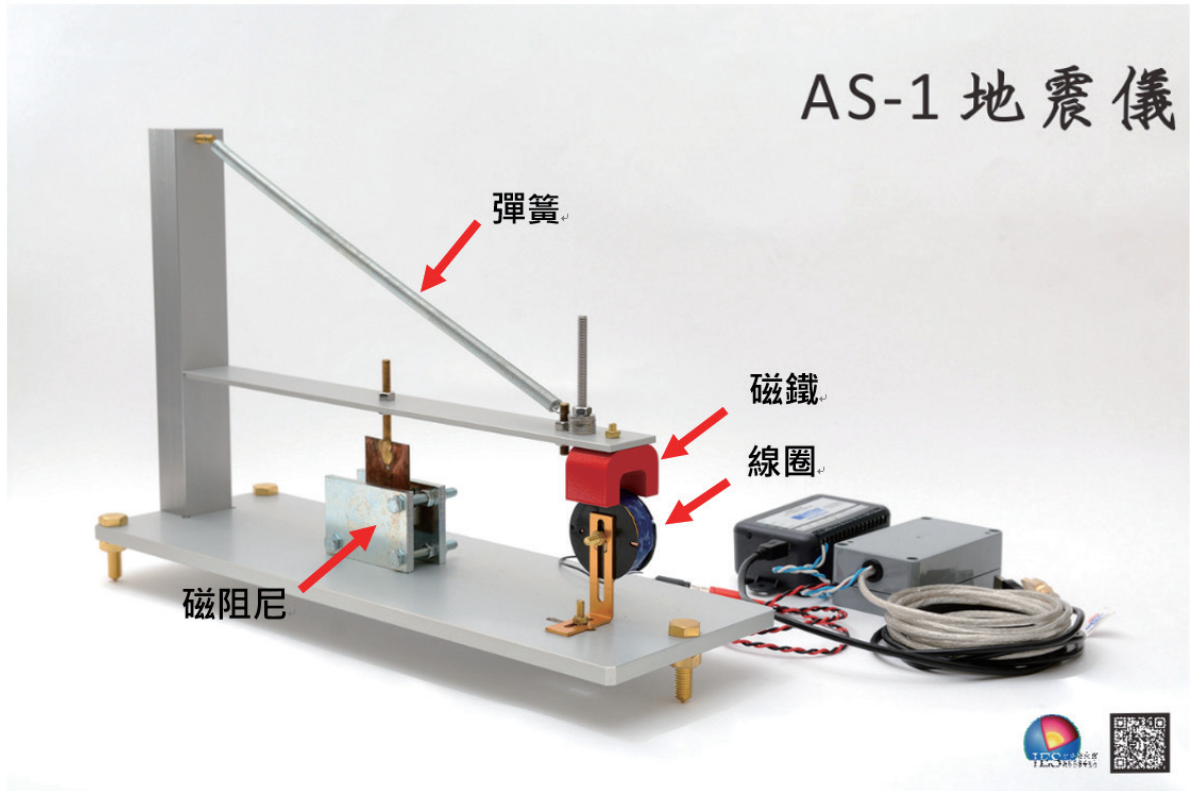


圖 2. 中研院地球所開發之 AS-1 地震儀設計圖象 (資料來源：中研院地球所)

二、教具設計特色與重點

(一) 骨架模組化

本教具為產生可量測垂直向震動之裝置，需有一組固定式與可活動的骨架(圖3、4、5)，透過彈簧接合後，則能在地表發生震動時，觸動彈簧之伸縮而產生垂直向之位移變化(圖6)，藉由活動骨架上之強力磁鐵與固定端上之電磁鐵之電磁交互作用，得以引發電磁鐵之電流變化。透過骨架模組設計，我們將教具所需之構件製成一 B5 尺寸之木製模片，如圖 7。使用者只要將模片內構件取出並依說明書進行組裝，即可完成教具之骨架。經由骨架模組化後，透過大量製作的過程，可以降低教具成本以及教具體積，增加教具使用之便利性。

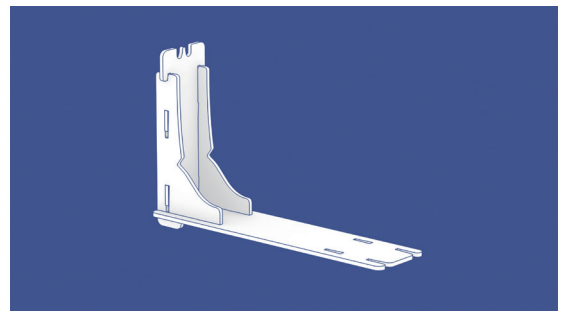


圖 3. 教具中之固定式骨架

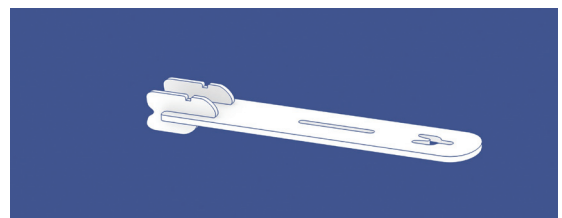


圖 4. 教具中之活動式骨架

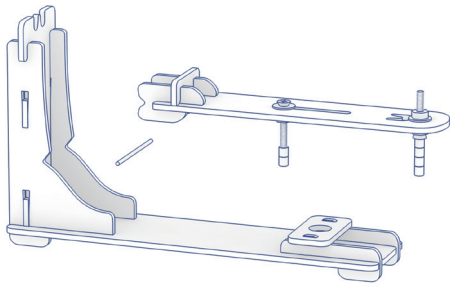


圖 5. 教具中固定式與活動式骨架之圖示

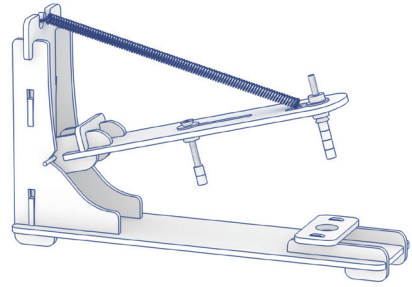


圖 6. 教具中利用彈簧接合二骨架之圖示。

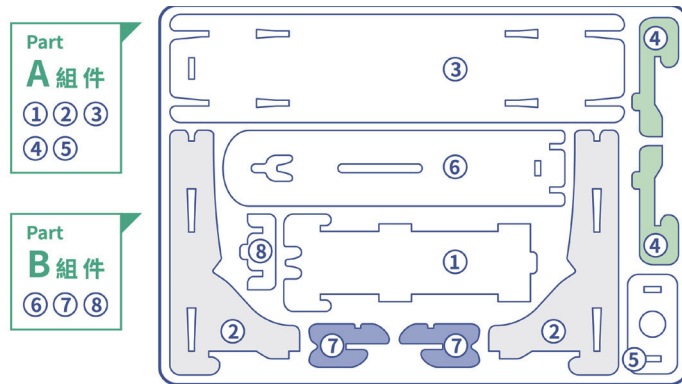


圖 7. 本教具開發之木製模片 (B5 尺寸)

(二) 波形顯示輕量化

本教具之波形顯示介面，如圖 8 所示，取代原有設計之桌上型電腦或是筆記型電腦，利用民眾平常使用之手機為介面進行設計；此外，顯示介面不以 App 形式進行製作，而是以響應式網頁進行開發，以免去 App 維護成本與相關資安問題。

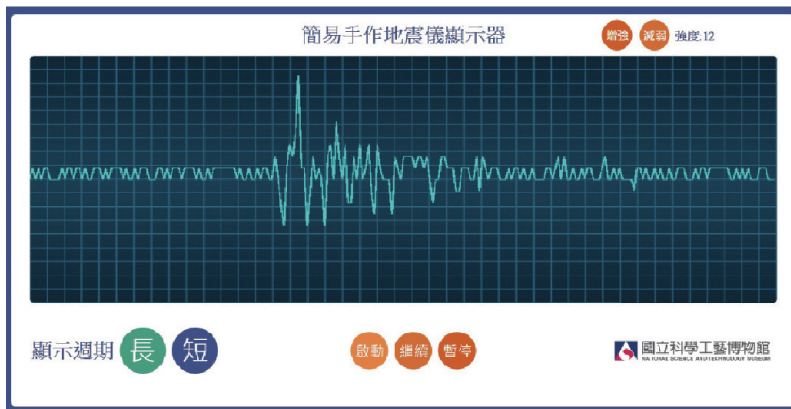


圖 8. 配合本教具操作之自製波形顯示介面 (響應式網頁)

(三) 線路接線精簡化

本教具利用手機使用之音訊接頭進行手機與電磁鐵之連接，由於一般手機的音源線同時具有喇叭與麥克風之功能，而本教具僅將電磁鐵之電流變化取代麥克風收音訊號。因此，本教具利用電阻將喇叭功能屏蔽，故接線部分包含了音源線、電磁鐵與電阻，而接線方式則利用快接接頭取代焊接，節省課堂中之材料準備與學習時間（如圖 9）。

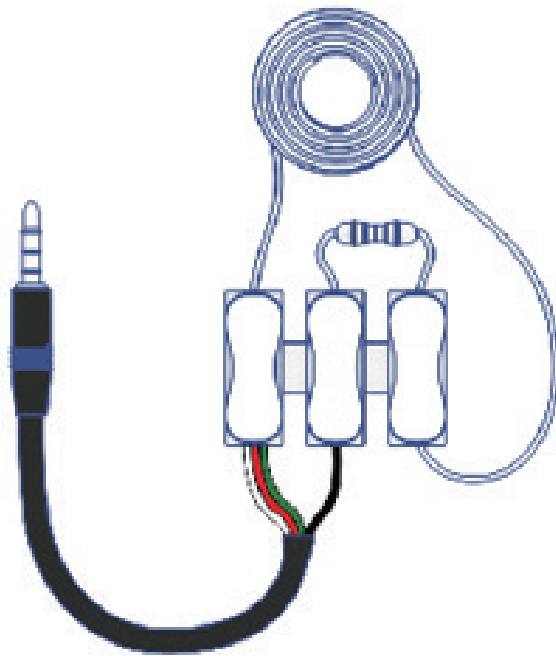


圖 9. 連接音源線與電磁鐵之接線方式（利用快接接頭）

三、可學習之物理概念

(一) 槓桿定律

本教具在組裝過程中，會學到測量學中「定平」的步驟，也就是將活動式骨架調整水平之狀態。透過材料包所提供的鐵製墊片，進行配重調整，呼應了國中物理之槓桿原理。

(二) 法拉第定律

本教具在感應到地表搖晃時，活動式骨架上配置的強力磁鐵也隨之產生上下移動，而其下的電磁鐵與相互作用造成磁生電，進而在波形顯示器上產生電流變化之情形（地震波形）。

(三) 冷次定律

本教具包含一段鋁管和配置於活動式骨架中段之強力磁鐵，相互作用可產生類似於阻尼器的效應，進而提升該教具量測更大震度之能力。

四、測試與推廣

本教具開發後，以本館太空飛行探索館為場域進行工作坊辦理，並於 2022 年 8 月與三聯科技教育基金會合作辦理火星震工作坊，藉以評估民眾之接受度 (圖 10、11)。後續於 2023 年教育部辦理之校園防災總動員活動及 9 月份台北科教館均有辦理以民眾為對象之工作坊體驗。



圖 10.「量測火星震」科普教育活動民眾體驗實景



圖 11. 科工館與三聯科技教育基金會合作之科普教育活動臉書宣傳

五、結論

本教具以中研院地球所開發之改良式 AS-1 地震儀出發，進行 DIY 材料包之開發與製作，簡化組裝流程並改以攜帶式載具之波形介面，提高於工作坊或校園進行學習推廣。學習原理包含槓桿原理、法拉第定律以及冷次定律，呼應 108 課綱之素養導向學習精神。未來將持續開發相關課程與學習活動，拓展民眾對科普地震儀的認知與理解。

參考資料

- [1] Braille, L., Hall-Wallace, M., Aster, R., and Taber, J. (2003). The IRIS. education and outreach program. *Seismol. Res. Lett.* 74, 503–510. doi: 10.1785/gssrl.74.5.503