

科技博物館兒童教具與展示開發實務 — 以聲音的平板共振為例

曾瑞蓮

國立科學工藝博物館助理研究員兼兒童科學園廳長

壹、博物館的教育與娛樂功能

1960 年代後「博物館運動」興起，新型的「觀眾導向、經驗導向、未來導向」的博物館，以科學博物館為主從美國開始蓬勃發展起來(張譽騰，1994)。新興的博物館多以鼓勵觀眾參與、氣氛活潑、不拘形式、用經驗導向(Experience oriented)的方式營運。因此規劃多種互動參與的方式，觀眾可以動手觸摸、可以自己做實驗、可以利用電腦進行模擬遊戲，運用多重感官來進行試探。博物館營造出歡迎動手、鼓勵參與的作風，讓觀眾在參與的過程中習得科技的概念與方法過程(Danilov, 1982)。在這波互動展示風潮中，最受矚目的首推舊金山的探索館(Exploratorium)，該館更將廣受歡迎的科學互動展示設計出版為三冊展示指引(exhibit cookbooks)，使得互動展品得以複製到世界各國的科學中心。配合科技產品的發展和運用，結合聲光影音特效的展品益形豐富與多元，科學中心在世界各地廣受遊客喜愛，然而在「互動性」、「可操作」的原則下設計出的展示品，常可見到觀眾只是樂於見到自己的動作引發了展品的「反應」，卻不關心展品「為何這樣反應」。所以也逐漸產生了「科學中心」等於「遊樂場」的疑義。

從 19 世紀初起，博物館就已是一種教育機構了，但到了二次大戰以後，博物館教育才被視為一項專業。直至現在，教育的功能被視為世界上大多數博物館的主要任務與目標，在國際博物館協會(International Council of Museums)和美國博物館協會(American Association of Museums)的組織章程中，都很明確的將教育列為博物館的主要功能之一(王啓祥，2008)。而博物館娛樂功能的彰顯，確

認於英國博物館協會（MA）於西元 1998 年的新定義：「博物館讓觀眾探索藏品以獲得啓發、學習與樂趣...」，標示出學習、啓發和樂趣在博物館的重要性。美國博物館協會（AAM）與國際博物館協會（ICOM）也明確的表示，有無藏品已不是認定博物館的標準，科學中心或是兒童博物館，都被納入博物館的範疇。因此提供社會大眾學習、休閒、娛樂已成為現代博物館的重要使命。但在教育和休閒娛樂之間，博物館應如何去取捨、協調，或利用娛樂的包裝讓博物館教育內涵更爲一般觀眾所接受，抑或屈服票房、參觀人數的壓力，以教育之名行娛樂之實，這是現今博物館人員需審慎思考的問題。

貳、博物館學習的特色

Vygotsky 認爲學習與認知是一種社會文化現象，而個體思想的型式(thinking patterns)或心智技能(intellectual skills)並非自然生成，而是受到社會文化的經驗所塑造而成。這樣的認知主張，近幾年在博物館學習的運用上，也引發了特別的探討。Ansbacher 認爲每個人的探索過程都是獨特的，這與個人的過去經驗和具備的過程技能有關，但環境在探索過程中可扮演重要的支援角色(范賢娟，2007)。Hooper-Greenhill 等人（Hooper-Greenhill et al., 2003）認爲博物館中的學習不同於制式教育環境的學習，重點之一即爲博物館的觀眾非常多元，包含學校團體、家庭團體、同儕團體和不同背景的個體，無論在年齡、社會地位或動機方面，均具有異質性，具有不同學習風格、不同的動機與訴求，運用博物館的目的也不盡相同。Falk & Dierking（1992）也提出觀眾在博物館中的學習是一種複雜的互動經驗的觀點，認爲在博物館環境的學習過程中，結合了個人因素、環境因素及社會因素的影響，所提供的是脈絡相關的（contextually relevant）學習機會，因此所引發的是包含社會、空間、概念、美感等統整性的學習。除以上觀點，Falk 等人（Falk, Koran & Dierking, 1986）另外還整理出一些重要的看法，包含博物館提供一個自由選擇的環境，更爲適合用於自行建構參觀目標的觀眾、博物館的學習是非評量性的和非競爭性的，以及博物館是一個社交環境，鼓勵團體互動學習。

博物館學習環境存在這麼多與學校教育環境不同的特性，傳統的學習理論並無法完全適用於這個場域，多年來的博物館教育發展過程中，皮亞傑的「認知心理學」、布魯納的「探索學習理論」、杜威的「經驗學習理論」等相關理論，多能被適時適地的引用推廣著，但也尚未彙整發展出博物館獨特的學習理論。

Ansbacher 以杜威的「經驗學習」理論為基礎，分析博物館觀眾的參觀經驗，建議博物館不應把自己定位為資訊的提供者，而應自許為觀眾經驗的建構者。這種「以經驗為基礎的展示」(experience-based exhibits)期待能為參觀者創造出豐富的經驗內涵，使觀眾達到對知識的真正理解 (范賢娟，2007)。Johnson (2005) 也有類似的看法，認為博物館的學習是以學習者為中心，學習者是主動參與學習過程、新知識與意義的建構者，換句話說，即是博物館不僅只定位於知識呈現的地方，應進而成為學習者知識生成的所在。一般而言，學習者常經由團體互動中進行知識的協議，由其中來建構出個人的知識。若人們能在特定的環境、事物上有共同的經歷與互動，即會擁有共同的認知結構，才能互相溝通知識 (郭重吉，1992)。因此博物館在進行展示規劃和活動設計時，除了應該關心展示的安排能引起討論嗎？會激發觀眾去分享與發現嗎？(林彩岫譯，1997)，也要將促成觀眾互動的物理條件列為展示設計的重點要項，例如展座空間的安排是否為多角形，便利小團體的共同參與。因為參觀博物館主要是種社會活動，因此這種社會互動的發生應運用空間的安排與互動設施的處理來予以促成，特別是對有小孩同行的團體格外重要(李惠文譯，1997)。

美國探索館館長歐本海默曾提到，博物館可能成為學習的良好場所，它可使觀眾將學習過的東西串聯整合在一起，提供直覺及親身經驗的環境促進觀眾的學習效能，並使進一步的學習變得更為輕鬆愉快 (蕭瑞棠，2004)。教育學者長久以來便認為具體的經驗是有效的學習之道。不分年齡，人們對於不熟悉的領域，還是需要透過具象的實物，或實際的操弄才能將之內化，建立自我的理解和意義 (蔡秉宸、靳知勤，2004)。博物館應發揮實體展示的特色，將自己定位為提供參觀者豐富經驗的探索環境，讓觀眾藉由第一手的親身經歷，來產生對個人

心智有價值的意義。所以博物館在規劃展示時，應思考如何促成觀眾對展品的互動投入，以鼓勵或帶動觀眾探索的歷程（范賢娟，2007）。

在展示設計的過程當中，策展人除了主題內容的規劃呈現外，應關懷觀眾可經由展示「觀察到什麼」、「做了什麼」、「發現了什麼」，以確保展示的教育功能。Screven 認為進行展品設計時，需先將單元展示目標詳列出來，包含以下三方面：（引自朱耀明，2004）

- 一、希望觀眾參觀展示時，期望它使用的行為動詞，如摸摸看、聽聽看等。
- 二、預設這些行為發生的條件，如：具吸引力的環境佈置、音效的引導。
- 三、可接受參觀者的最起碼的行為表現，如：觀察、動手操作等。

以上可知，觀眾參觀行為的動態表現是展品學習效益是否彰顯的指標，這種引發觀察與發現、從嘗試錯誤中得到直接回饋的過程，或由問題的提出到解決方案的執行，都是在博物館中，特別是科技類博物館預期在展示與教育活動裡，期待能引導觀眾產生的探索過程，而這種體驗與能力的培養，也切合科學過程的內涵：問題導向、運用觀察、探究、實驗的特色，且科學過程的技巧可以普及到一般生活之中的特性（熊召弟等，1996），更切合科技博物館提昇大眾科技應用能力的取向。

博物館是一個開放自由的學習場域，觀眾的異質性高，每次參觀或參與活動的學習目標皆由觀眾自行建構，博物館人員僅能憑藉豐富的學習環境與規劃良好的學習內容，來引發有效益的學習行為。綜合博物館觀眾特性與學習特色，針對科技類博物館彙整兒童展示與教材發展的重要規劃考量如下：

- 一、學習者中心：學習的主體為觀眾，除了以大眾關心的議題為內容外，各項展示、教育活動以及現場輔助教育人力的重要功能，在於引起參與動機、引發討論議題和提供自行探索的必要協助，而非去主導學習的過程。
- 二、鼓勵參與：提供直覺的、輕鬆的參與環境，簡單的開始程序，使觀眾能自在的投入參與，減低面對不熟悉物件的困窘與排拒感。

三、創造經驗：運用真實物件的感動和動手操作的歷程，為觀眾創造第一手的親身經驗。

四、引發討論：主題的話題性，觀察和運作過程的驚奇與樂趣，是否能因操作方式的改變而製造不同的結果，「發現」的樂趣可以帶來後續的分享討論。

五、多人互動：操作的形式與台面的設計，便利小團體的互動參與，才能提供共同的經驗與互動，激發對談與鷹架學習，建構個人的知識。

參、平板共振教具與展示的開發

博物館教育活動教材的來源廣泛，教育人員需配合館內展示主題的需求，引入或開發、改良兼具吸引力和教育性的活動內容。誠如筆者在 2007 年於中山大學舉辦的物理教學與示範研討會論文發表時所提及，博物館教育人員的專長並不在於研發創造新的事物，重點是在教材的組合、改編及闡釋的創意。工博館自 1997 年開幕迄今，便致力於引進國內外有趣的科技(學)教材教具，也經由世界知名博物館的參訪行程，吸收新知開拓視野，十幾年來的發展成果，不僅在教育推廣活動成效斐然，在教材教具開發上，更有獨特的風格與效益。歷年來所引進、推出的各式研習型、闖關型活動內容，都可以在南部地區各縣市每年的科學園遊會中看到近似的活動，而小學與幼稚園老師也熱中於將從博物館習得的活動內容，在課堂中讓學生體驗操作(曾瑞蓮，2006)。近幾年更運用教具開發的經驗，發展互動展品，期使能有效的提升博物館參觀的學習效益。

兒童的科學學習，一般皆由生活上所熟知關切的議題開始，聲音便是一個可親又熟悉的主題，聲音的高低(頻率)、大小(響度)、音色，都能直接的由耳朵來辨識，操控性和變化性都高，很適合作為科學過程能力培養與科學態度養成的入門主題，被廣泛介紹於中小學課程之內，在兒童或科技博物館中，也是不可或缺的展示內容。本文所發展的平板振動教材，運用到駐波的原理，在高中的物理課程中，僅只提到一維方向的駐波，二維的駐波圖形已超出高中課程範圍，但由於它令人驚歎的變化，所以在博物館中還是經常被使用。

克拉尼圖形是以十九世紀初，德國科學家克拉尼(Ernst Chlandi 1756-1827)而命名，1787年他改進伽利略的方金屬板振動，用提琴的弓弦取代銼子磨擦，使金屬板振動，平板上灑上沙子，當到達某個共振頻率時，節點上的沙子仍是靜止的，不在節點上的沙子會持續跳動，一直到移動至節點為止，此時平板上的沙子排列出駐波的圖案(賀定貝、王雅惠，2003)。這種美麗的共振圖形，只要看過的人都會留下深刻的印象，許多博物館中都有此項展品，往往能吸引許多大小朋友的駐足驚嘆，雖不了解為什麼，但多會被這種自然的神奇與美麗現象所吸引。國立自然科學博物館(簡稱科博館)從美國探索館引進此項展品，台北科學教育館中，也有利用木槌敲擊平板和用弓弦摩擦平板製造克拉尼圖形的展示，不過若想形成幾種不同頻率的圖案，在操作上有一定的難度。國內逢甲大學賀定貝老師在2003年物理教學及示範研討會中，發表用簡單工具自製的儀器製作克拉尼圖形，同時也運用波驅動器(wave driver)和函數信號產生器來控制頻率，產生各式各樣的駐波圖案。類似的設施，清華大學戴明鳳教授也在清大科普教育網站(2009)上發表介紹。2005年科博館「形」的特展中，也由虎尾高中蘇裕年老師開發製作類似的設施。

在工博館內本項教具的發展引進歷程，對博物館兒童觀眾而言，可就可親得多了。大約在十年前(1999或1998)，工博館與親子教育聯盟(CPM)合作，邀請日本知名科學演示專家西村聰一到台灣來進行演示教學，西村老師帶來了著名的靜電水母系列活動，同時也介紹了「跳舞的鹽巴」活動，活動的道具很簡單，一個鍋子或桶子，上面緊繃著深色塑膠袋，要儘量拉平，上方灑上一些鹽巴，觀眾可利用各種角度、各個方向對著桶子大叫，聲音夠大，塑膠袋上的鹽巴就會開心的跳躍起來。操作者可以用紙張遮住嘴巴，證實不是因為嘴巴吹出的氣流使鹽巴亂動。西村老師介紹到此，非常神奇，但這項活動工博館用來說明麼呢？空氣是聲音傳導的介質；聲音的大小變化引發的鹽巴跳動幅度不同(用視覺來感受聲音)；對著繃緊的塑膠袋(沒有下方的桶子)大叫，上方的鹽巴不太會跳舞，顯示了一般樂器(吉他、大鼓等)音箱的功用。

但事實上，對著鹽巴狂叫，並不是每位博物館觀眾都做得出來的事情，為降低其操作難度和困窘度，工博館利用小型教學用麥克風和音箱來作為舉辦此項活動輔助的道具之一，利用麥克風來提高聲音的響度，使得參與者只要輕輕的發出聲音，就能看到鹽巴開心的舞動，當然利用擴大器和音箱會過濾部分聲音的頻率，但並不影響本項教具想要闡述的內容，所以就成為第二代的產品。

提高聲音的響度並不僅只一種做法，參與活動觀眾可以改變聲音的高低來試試看，也可以用管狀物將聲音直接引到塑膠薄膜上，或用杯子、手或各種材質圍成喇叭狀來當道具使用嘗試，桶子大小可改變，薄膜材質可變化，鹽巴也可以換成糖或沙子來試試，在兒童科學研習活動中，這便成了操作簡單，效益明顯的小隊問題解決創作題材。

戲劇性的轉變是發生於 2006 年，工博館、科博館與智高公司(GIGO)合作，邀請日本學研科學創造研究所湯本博文所長來進行教學演示，當示範者將跳舞的鹽巴道具拿出來時，大家心中都覺得早就玩過了，但等湯本所長一開口，奇妙的事情發生了，顯然受過聲樂訓練的講師，發出穩定、持續的單音，鹽巴真的在跳舞，不同的是還跳出了好美的圖案，克拉尼圖形就著樣呈現在大家的面前，靈光一閃，克拉尼圖形和跳舞的鹽巴這兩個事件有了連結。後來發現，有此感受的不僅止於筆著，中部的湯士模老師(2009)和林宣安老師(2006)顯然一樣深受感動，後來都開發了很棒的教具出來。

並非人人都是聲樂家，事實上要用人的聲音來產生既明顯又美麗又可以變化自如的克拉尼圖形真的很難，但身為博物館員，和觀眾分享這種科學的神奇與美麗是很重要的工作，所以本館的工作團隊便開始著手修正本項教具。在容易操作、效果明顯、多人共享、高度樂趣和科學真實呈現的前提下，要發展出讓觀眾能體會自己聲音帶來的感動的教具開發計畫便展開了。幸運的是有過去操作「跳舞的鹽巴」的相關經驗，了解均勻平整的薄膜、大大的共振空間、提高聲音響度的喇叭都是必要的，也由於開發系列聲學教具的歷程也到了成熟的階段，從昆特管的開發中有了使用保麗龍球的經驗，多次的嘗試，讓我們找到了教具的合理設

置方式。

利用大鼓的空間和鼓面，提供良好的共振效果，喇叭在外部達不到我們預期的效益，所以就將它藏在大鼓內部，鹽巴的跳躍沒有保麗龍球來得有精神和明顯，所以鼓面上置放的是薄薄一層保麗龍球，配合隔音的需求與操作的便利，在鼓皮上方又多了一個壓克力罩，很幸運的由於這個密閉的空間，又影響加大鼓面的振動，雖然對平板振動加入了另一項影響因素，但對於本活動所想顯示的：看到聲波的振動、探討聲音的響度、頻率、共振等概念並不相衝突。教具完成了，觀眾只要對著麥克風講話、唱歌、大叫，保麗龍球就能跳躍出有趣的圖案，活動一推出，就發現老少咸宜，大家最樂於參與的，還是這種和個人直接相關、由自己的操作來引發可變化的結果，差異性高並易於觀察比較的活動類型。由於活動的成功，開發小組又繼續努力將其發展成展示，目前已設置於工博館兒童科學園奇幻國展廳之內。

肆、結語

近幾年來，國內科技(學)博物館對教育活動辦理的重視程度日漸提高，無論在值與量上都有明顯的提升，博物館的科教活動的內容與特質，也逐漸在中小學校自然與生活科技課程內容發展上，有了指標性的引導作用。而一般的家長對於博物館教育形象大多抱持肯定的態度，對博物館提供的教育資源多表現認同和需求，所以博物館只要提供有品質的學習經驗，通常都會受到觀眾熱烈的支持。因此，博物館的展示和科教活動規劃需要更謹慎的進行，如何能善用博物館的優勢，審慎的考量其兼具娛樂和教育性的特質，讓展示和教具能發揮博物館學習的特性，便是博物館科教人員應該努力的標的。

近年來由於政府教育主管單位大力推廣和多位大學校院教授的致力投入，在科教教材、教具的開發領域上，參與的人員日益增多，成果也日益精良。配合上

網路的發表平台及強大的資料搜尋功能，讓教育相關人員在教材的搜尋、編製過程遠較以往便利。工具齊備了，所需要的是一顆熱情的心和組織的創意，看到有趣的教具會讓您感動、開心嗎？就像動畫大師宮崎駿一般，心裡永遠住著一位小頑童，保持好奇心、動手嘗試體驗、培養創造性思考及問題解決等能力，不僅是科技教育的教學特色，同時也應是科技教育人員需親身實踐的事項。



平板振動教具—音波沙畫 活動現場 曾瑞蓮攝



奇幻國展品—音波沙畫 曾瑞蓮攝

參考文獻

- 王啓祥，2008。博物館觀眾學習成果與影響研究的發展與啓示，博物館學季刊，22(4)：91-107。
- 朱耀明(2004)。九年一貫探索館展示廳自然與生活科技展示內涵之研究。國立科學工藝博物館 93 年委託研究計畫。
- 李惠文譯(1997)。有效展示的設計。博物館學季刊，11(2)，29-39。
- 林彩岫譯(民 86)。建構主義者的博物館學習理論。博物館學季刊，11(4)，27-30。
- 林宜安(2006)。上帝的抽象畫--克拉尼圖形。2006 年物理教學與實驗研討會論文。線上檢索日期：98 年 3 月 2 日，網址：
<http://www.phys.ncue.edu.tw/~physeduc/conference/paper/13.pdf>
- 范賢娟(2007)：以經驗為基礎的博物館學習理論。博物館學季刊，21(1)，73-83。
- 郭重吉(1992)。從建構主義觀點探討中小學數理教學的改進。科學發展月刊，20(5)，548-570。
- 張譽騰(1994)。全球村中博物館的未來。台北：稻鄉。
- 賀定貝、王雅惠(2003)。克拉得尼平板振動。2003 年物理教學與實驗研討會論文。線上檢索日期：98 年 3 月 2 日，網址：
<http://www.cna.edu.tw/~sas/ccna/disc-phy/OA2.pdf>
- 曾瑞蓮(2006)。聲音的科學--魔音筒。2006 年物理教學與實驗研討會論文，未出版。
- 湯士模(2009)。克拉尼圖形。線上檢索日期：98 年 3 月 2 日，網址：
<http://physical.tcfsh.tc.edu.tw/physical/physdemo/other/o-4/o-4.htm>
- 熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫譯(1996)。科學學習心理學。台北市：心理。
- 蔡秉宸、靳知勤(2004)。藉情境學習提升民眾科學素養：以科學博物館教育為例。博物館學季刊，18(2)，129-137。
- 戴明鳳(2009)。Chladni Patterns(克拉尼圖形)。國立清華大學物理系科普教育網站。線上檢索日期：98 年 3 月 2 日，網址：

- <http://140.114.80.32/schoolpad/front/bin/ptdetail.phtml?Part=58&Category=20>
- 蕭瑞棠(2004)。博物館環境：另一種學習理念初探。博物館學季刊，18(1)，63-71。
- Daniilov, V. J. (1982). *Science and Technology Centers*. Cambridge : MIT Press.
- Falk, J. H. & Dierking, L. D., 1992. *The Museum Experience*. Washington, D.C.: Whalesback Books.
- Falk, J. H., Koran, J. J., Jr. & Dierking, L. D., 1986. The things of science: Assessing the learning potential of science museums. *Science Education*, 70(5): 503-508.
- Hooper-Greenhill, E. et al., 2003. *Measuring the Outcomes and Impact of Learning in Museums, Archives and Libraries: The Learning Impact Research Project Paper*. Leicester: Research Centre for Museums and Galleries.
- Johnson, C., 2005. Science centers as learning environments: Defining our impact. *Dimensions*, November/ December, pp. 3-5.