

運用互動科技於博物館展示之環境教育體驗研究

The Study on Applying Interactive Technology to Museum Exhibition for Environmental Education Experiences

王照明*
Chao-Ming Wang

郭書伶**
Shu-Ling Guo

(收件日期 105 年 12 月 9 日；接受日期 106 年 4 月 24 日)

摘 要

本研究運用互動科技探討博物館展示的環境教育議題。本研究藉由文獻探討與分析相關案例，提出本研究之設計原則，並了解互動科技運用於環境教育及博物館之現況；再以雛型開發法設計與實作出兩件不同互動類型的互動裝置—「地球小鯨魚」與「碳市」，並針對本研究作品進行公開展示、訪談、問卷調查及焦點團體訪談。研究結果發現，一、單人互動形式作品的環境教育學習認知評分高於多人互動形式作品，二、實體裝置作品的環境教育學習認知評分高於大螢幕圖像式裝置作品，三、互動裝置比起網頁教學更能提升環境教育之學習認知，且提升互動體驗能有效增加學習認知。

關鍵詞：互動藝術、互動體驗、博物館教育、環境教育

*國立雲林科技大學數位媒體設計系副教授（通訊作者）

**國立雲林科技大學數位媒體設計系碩士班碩士生

Abstract

This study tried to apply interactive technology to museum exhibition, and adopted the theme of environmental education. First, this paper generalized the design principles according to the result of literature review and cases analysis, and understood of interactive technology how to apply for environmental education in museums. Second, we designed and implemented two artworks that based on the results of the literature review, one of the artworks was a single-player entity device, called “earth little whale,” and the other was a multiplayer large screen device, called “carbon market.” Third, these two artworks were publicly exhibited, and participants took part in the interviews, questionnaires and focus group interviews. Based on the above, this research analyzed the findings and conclusions as follows. 1.The cognitive score of the single-player group was higher than the multiplayer group. 2.The cognitive score of the entity device group was higher than the large screen device group. 3.The cognitive score of participating interactive art was better than browsing the web in environmental education.

Key words: Interactive Art, Interactive Experience, Museum Exhibition, Environmental Education.

壹、緒論

隨著數位科技的進步帶動了互動多媒體的發展，博物館教育中也開始運用互動科技及新媒體來呈現博物館的教育內容，並以數位化及互動式讓參與者實際操作及體驗來建構學習經驗。從目前的博物館教育中可以發現，運用新媒體是現今博物館教育常見的類型，也被賦予更具互動性、趣味性的教育目的（丁維欣等人，2012）。這些以新媒體為呈現方式的展覽是否真的能詮釋要表達的內容及意涵，並達到教育目的值得本研究深入探討。雖然現今已有部份文獻探討新媒體於博物館教育之應用，但還較少探討新媒體裝置是否會影響學習成效。因此，本研究試圖探討新媒體裝置於博物館教育之應用，新媒體裝置是否會影響參與者的學習成效。有鑑於新媒體種類繁多，本研究僅就文獻探討所提出可能會影響參與者對新媒體藝術作品意涵理解程度的互動性所衍生之「互動體驗」、「互動形式」與「互動類型」進行對學習認知影響的實證研究和探討。

貳、文獻探討

一、互動科技

Ascott (1966) 提出互動理論概念，認為具有創造力的藝術作品應採取完全開放的表現形式，設計者不應只是單方面地表達自己的觀點，更要邀請觀眾和參與者進入作品中，與作品進行互動並享受具有創造力和想像力的互動過程（林大維、吳佩樺，2010）。展示裝置不能僅是以華麗的外表供人欣賞，而是要讓觀者與作品進行互動，並激發參與者思考與理解 (Rosenthal, 2003)。

二、互動科技運用於博物館展示

根據國際博物館協會 (ICOM) 於 2007 年對博物館的定義，博物館是個公開提供社會服務且非營利與常設性的機構，主要目的為教育、研究和賞析，並進行蒐集、保存、研究、溝通和展示有關人類與環境中有形和無形的文化遺產 (ICOM, 2007)。雖然，教育並不是博物館唯一的目的，但在臺灣，博物館卻被歸類為是以社會教育及終身學習為宗旨的非營利社教機構。

傳統的博物館展覽品為靜態展示，且不能碰觸，觀眾能與之互動的機會極少；近幾年因為互動科技的發展，開始有博物館引進互動展示的展覽品，提供參與者更多元的參觀體驗。透過互動作為創作者與觀眾間傳遞訊息的通道，經由互動，讓原本靜態的作品動起來，形成一種新穎的藝術。將展示、教育和科技媒體結合的博物館教育科技媒體大致可分為兩種類型：一種為博物館以互動技術進行展示，幫助觀眾了解科學原理；另一種為博物館聘請藝術家或數位媒體專家針對既有的展品，重新設計與製作一個新的體驗作品（丁維欣等人，2012）。本研究作品為針對後者，設計出以互動藝術詮釋既有教育內容並提供新穎互動體驗的藝術作品。

(一) 相關案例探討

在表 1 中，本研究收集以互動裝置或互動多媒體類型於博物館教育之相關案例來探討以往在這方面之研究，其互動介面以單人和多人並列，以觸控和非觸控並列，以便分析其差異性。從表 1 可以發現，目前多數運用於博物館教育的互動裝置以實體空間進行展示的裝置為較常見，作品比例排第二的，則以較不受到空間限制的電腦互動多媒體。互動模式皆以多人同時進行操作為主，且多是使用觸控式的操作方式；電腦互動多媒體的作品則沒有明確的互動模式，但仍以觸控式的操作技術為主。教育目的探討上，多以歷史事件或文物作為教育目的，部分以現今時事、環境議題與文化作為教育目的。有鑑於此，本研究將互動科技融入博物館教育之設計與研究中，並探討互動藝術運用於博物館教育是否能達到其教育成效。

表 1. 運用互動藝術於博物館教育之相關案例統整（本研究整理）

作品名稱	展演類型	互動介面	教育目的
Art of Dining (PentagramDesign, 2008)	互動裝置	多人觸控互動桌	學習 18 世紀的餐桌禮儀
Inside Explorer Table (InteractiveInstitute, 2014)	互動多媒體	單人觸控互動桌	學習考古文物的構造
行氣（吳淑敏，2007）	互動裝置	非接觸式感測器	臨摹宋代書法名帖的寫作
山水化境（青島新媒體藝術，2011）	互動裝置	多人觸控互動牆	與元朝名畫畫人物互動
SFPUC Digital Arts Panorama (Hurlbut, 2012)	互動裝置	多人觸控互動牆	了解環境議題
World That Was Table (VariateLabs, 2011)	互動多媒體	多人觸控互動桌	了解猶太人大屠殺故事

三、環境教育

Stapp (1969) 為環境教育的目的為促使公民學習有關生態環境的知識及相關議題，認識環境造成的問題，並積極提出解決的方法。有鑑於近代工業發展迅速，造成地球環境的破壞，1970 年代聯合國環境規劃署召開了多場重要的環境會議，其中的貝爾格勒憲章，訂立了環境教育的目標和目的，並成為各國制定環境教育目標的準則 (United Nations Environment Programme, 1975)。貝爾格勒憲章提出環境教育的目標是協助個人或團體獲得整體環境的相關認知 (awareness)、知識 (knowledge)、態度 (attitude)、技能 (skill)、評估能力 (evaluation ability)，以及參與 (participation)，且必須以終身學習、跨領域整合的方式探討全球環境問題、區域差異，以及現在和未來環境趨勢，並以環境的觀點檢視人類的發展。近期的環境教育趨勢是以全球化的角度去推動相關政策，我國目前便積極推動低碳社會策略。而本研究作品便以我國目前重視的環境保育之一的碳足跡標籤概念為主題；碳足

跡標籤概念是近幾年才被提出的新觀念，屬於節能減碳的教育。而節能減碳為新的環境議題，為現在公民必須學習的重要課題（楊冠政，1997）。

我國的環境教育法於 2011 年 6 月 5 日開始實施。依據環境教育法之規定，我國學生及公教人員每年需參與 4 小時以上的環境教育課程或活動，但高中職以上學生並未強制參與。換言之，1993 年以後出生的國民，在求學期間未接受過專業的環境教育，而近幾年才被提出的碳足跡概念更少接觸。本研究針對此問題提出以互動藝術運用於博物館教育，藉由博物館教育的終身學習和公開展覽特性，幫助尚未學習相關概念的成人學習者了解環境教育議題。

（一）相關案例探討

針對目前運用互動藝術於環境教育相關主題的案例進行探討，並針對互動模式及教育目的進行分析，藉此了解目前相關作品的創作趨勢和脈絡，評估運用在環境教育上是否有其需要改進的地方，將列入本研究第二件作品之參考依據。

表 2. 以環境教育為主題之互動裝置藝術作品統整（本研究整理）

作品名稱	互動介面	環境教育認知
Tangible Earth (Shinichi, 2008)	球型觸控顯示裝置	認識地球環境的形成原因
Grower(Raaf, 2004)	偵測二氧化碳濃度	透過觀察發現人與自然依賴關係
LF 光田計畫 (無有有限公司, 2012)	偵測風速或聲音	了解環境破壞造成的現象
黃蝶翠谷 (xXtraLab, 2008)	放置積木於特定區域	學習造林有利於環境的影響
Dream Water Wonderland (Hörner and Antlfinger, 2010)	接近裝置	了解核能發電造成的影響
Unheeded Advice (曾靖越, 2008)	戴上內裝風扇的頭盔	網路族群對環保議題的關注程度

四、小結

本研究文獻探討主要針對互動科技、博物館教育，以及環境教育進行探討並歸納初步的結論，列為研究方法和作品設計的參考依據。各小節重點敘述如下：

（一）運用互動科技於博物館教育之設計原則

本研究參考賴鼎陞與張哲斌(2005)與 Head（引自 Ahmad, Abbas, Yusof, & Taib, 2013）提出的數位展示設計原則，修改為適於互動科技之設計原則，並列入本研究作品設計之參考，詳細內容包含：(1) 作品形式以可讓多人同時使用之大螢幕展示為原則；(2) 作品設計可以情境故事引導觀眾進入學習情境；(3) 展覽佈置以實物、主題看板表現出整體

效果；(4) 互動過程中須適時給予回饋和驚喜，藉此提升參與的感受；(5) 作品設計以教學內容及意涵為主，較不過分著重於新媒體之運用和表現；(6) 提供進一步個人化的延伸學習機會；(7) 作品設計要與主題密切相關，並以所要表達之主題風格為呈現準則。

(二) 以環境議題為主題之互動科技作品形式

1. 互動裝置類型

本研究透過統整目前較為知名的博物館教育之互動裝置相關作品，發現目前博物館教育最常使用的類型為數位內容及互動裝置；而以環境議題為主題之作品以數位內容及互動裝置類型，各開發一件作品。

2. 互動模式與技術

本研究從表 1 之分析，多數以環境議題為主題之互動裝置，與運用於博物館教育之互動原則中的「作品形式以可讓多人同時使用之大螢幕展示為原則」大相逕庭，為了解此項是否適合列入博物館教育，將此點列入作品設計參考。此外，多數藝術家採實體互動裝置來闡述環境議題，與博物館教育較常使用的大螢幕圖像式觸控有所不同，因此也此列入設計考量，透過研究評估兩者對環境教育學習的影響。

3. 環境教育學習認知

目前以環境教育為主之作品，其主要目的是讓參與者了解目前的環境議題為主。因此，本研究探討到的近期環境教育趨勢「低碳社會」、「節能減碳」議題，採用目前我國政府正在推動的「碳足跡標籤」概念作為本研究作品主題。

(三) 互動體驗評估方式

本研究旨在探討運用不同互動形式之互動藝術作品於博物館教育，是否會影響學習認知。為了探討參與者與作品互動的互動體驗是否會影響學習認知，採用 Schmitt (1999) 提出的五種策略體驗模組：感官、感覺、思考、行動與關聯作為本研究互動體驗訪談題目之依據。

(四) 學習認知評估方式

人類的環境教育發展過程為認知、意識、行動，最終發展為運動共四個步驟，而環境認知便是環境教育的第一步，透過教育提升民眾對環境保育的觀念和認知是環境教育的首要課題（蕭新煌，1990）。本研究的學習認知評估部分，將針對碳足跡概念的環境認知進行評量。

參、研究方法與設計

一、研究方法

本研究使用文獻探討、雛型開發、訪談法、問卷調查法與焦點團體訪談法。研究施測流程於公開展示期間，首先進行約 5 分鐘的作品概念介紹與操作說明、接著進行約 10 分

鐘的實際體驗，最後讓參與者進行約 5 分鐘的填寫問卷。待作品修正後，進行第二次公開展示，於展示後邀請參與者進行焦點團體訪談，以驗證問卷調查所得之資料及作品成效，展示期間施測流程如圖 1。

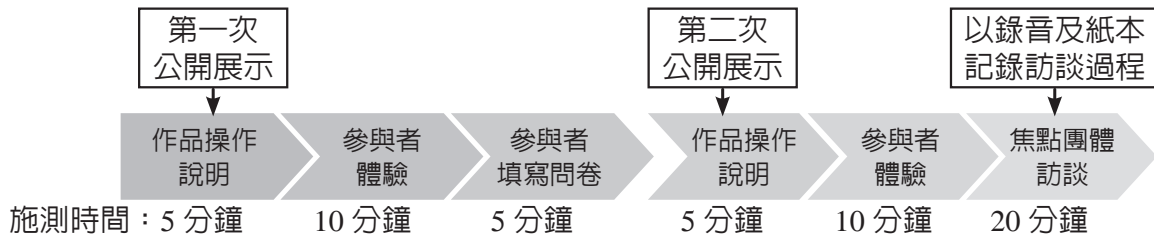


圖 1. 公開展示期間研究方法施測流程(本研究繪製)

二、研究變項

本研究實驗部分針對以環境教育為主題之不同互動形式互動裝置，運用於博物館教育時，是否會影響參與者之學習認知進行訪談及問卷施測之研究。本實驗之研究變項包含：(1) 自變項：為不同互動形式之互動裝置；(2) 依變項：為使用者對碳足跡和碳標籤之概念認知與互動體驗；(3) 控制變項：可能會影響結果的個人背景因素，本研究各變項之關係如圖 2。

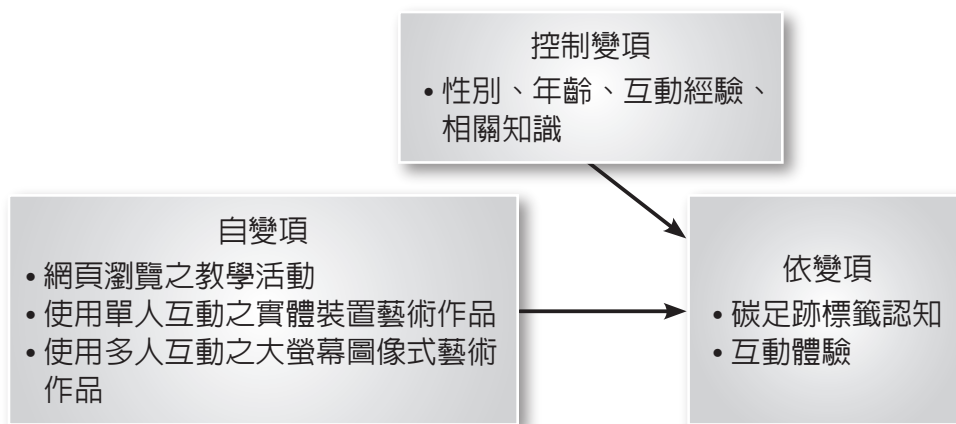


圖 2. 本研究變項關係示意圖 (本研究繪製)

三、問卷調查

本研究問卷調查旨在探討運用互動裝置於環境教育是否會影響學習者的學習認知。自變數為使用單人或多人互動裝置及一般教學形式（參與網頁瀏覽之環境教育活動），依變數為學習者與本研究作品互動後及參與教學活動後之碳足跡標籤認知，以及與作品互動後之互動體驗。控制組為參與過一般教學活動之民衆，實驗組為與本研究設計之單人及多人互動作品之參與者。而問卷分為兩大部分，分別是碳足跡標籤認知與互動體驗感受，而問卷又細分出不同測量向度，問卷內容如表 3、表 4 所示，兩表各問項計分方式採 Likert

Scale 1~5 為基準。

表 3. 碳足跡標籤認知問項（本研究整理）

測量向度	問項
碳足跡的概念	1. 我更加了解碳足跡是指一個產品從製造、使用到廢棄等生命週期各階段所產生的溫室氣體。 2. 我更加了解購買任何產品的同時，會製造一定的二氧化碳。 3. 我更加了解減少購買瓶裝水可以降低二氧化碳的排放。
碳標籤的概念	4. 我更加了解透過碳標籤制度的施行，能使產品各階段的碳排放來源透明化 5. 我更加了解碳標籤可促使消費者正確地使用產品 6. 我更加了解實施碳標籤制度可促使企業調整其產品碳排放量較大的製程
碳標籤的影響	7. 我更加相信具有碳標籤的產品為環保產品 8. 我更加認為使用碳標籤商品對環境保護有重大貢獻 9. 我更加認為施行碳標籤制度有助於提昇生活品質 10. 我更加認為業者申請碳標籤是實現社會責任的重要一環

表 4. 互動體驗問項（本研究整理）

測量向度	問向
感官	1. 這件作品會吸引我的注意 2. 這件作品讓我印象深刻 3. 我覺得這件作品很有趣
感覺	4. 與這件作品互動，會讓我產生愉悅的 5. 與這件作品互動，讓我對這件作品產生好感 6. 這件作品會激起我的情緒反應
思考	7. 與這件作品互動，讓我對碳足跡或碳標籤議題產生好奇 8. 這件作品會讓我聯想到其他環境議題 9. 這件作品會讓我思考它所表達的意涵
行動	10. 與這件作品互動，會讓我想再去了解碳足跡與碳標籤 11. 與這件作品互動，讓我對碳足跡與碳標籤更加了解 12. 與這件作品互動後，我願意花更多時間了解碳足跡與碳標籤
關聯	13. 這件作品確實傳達碳足跡標籤的內容 14. 與這件作品互動，會讓我覺得碳足跡標籤對環境保育是重要的 15. 我會想與其他人分享與這件作品互動的體驗或相關議題

四、第一次施測設計

本研究之研究對象，以 21 歲以上之一般大眾為主，並以參加公開展示與之參與者為

主要受測人員。本研究採便利抽樣 (Convenience Sampling) 的方式於展示現場徵求願意參與施測之民衆，兩組實驗組皆徵求 40 位以上的受測者，總共 83 名參與訪談及問卷施測。另外，也徵求 33 位民衆瀏覽官方「臺灣產品碳足跡資訊網」後，進行問卷施測作為控制組。第一次施測所包含：(一) 個人基本資料；(二) 碳足跡標籤認知問卷；(三) 互動體驗問卷；(四) 互動體驗訪談大綱。

第一次公開展示施測包含訪談與問卷調查。單一受測者於同天內完成三階段實驗流程，三組則各於不同日期分開展示與施測。本實驗之參與者為我國 21 歲以上民衆，單一實驗組與控制組以徵求 30 位參與者為標準，總共 116 名，以便利抽樣的方式於展示現場徵求施測民衆。實驗 A 組使用互動多媒體，實驗 B 組使用互動裝置。實驗處理階段會先簡短介紹碳足跡與碳標籤之概念，接著讓參與者自行與藝術作品互動，並提供參與者進一步紀錄與分享環境議題的時間。問卷施測階段則先填寫碳足跡與碳標籤認知問卷與個人背景資料，接著會從兩組實驗組隨機抽取 20 位參與者進行訪談，詳細之實驗施測程序如圖 3。

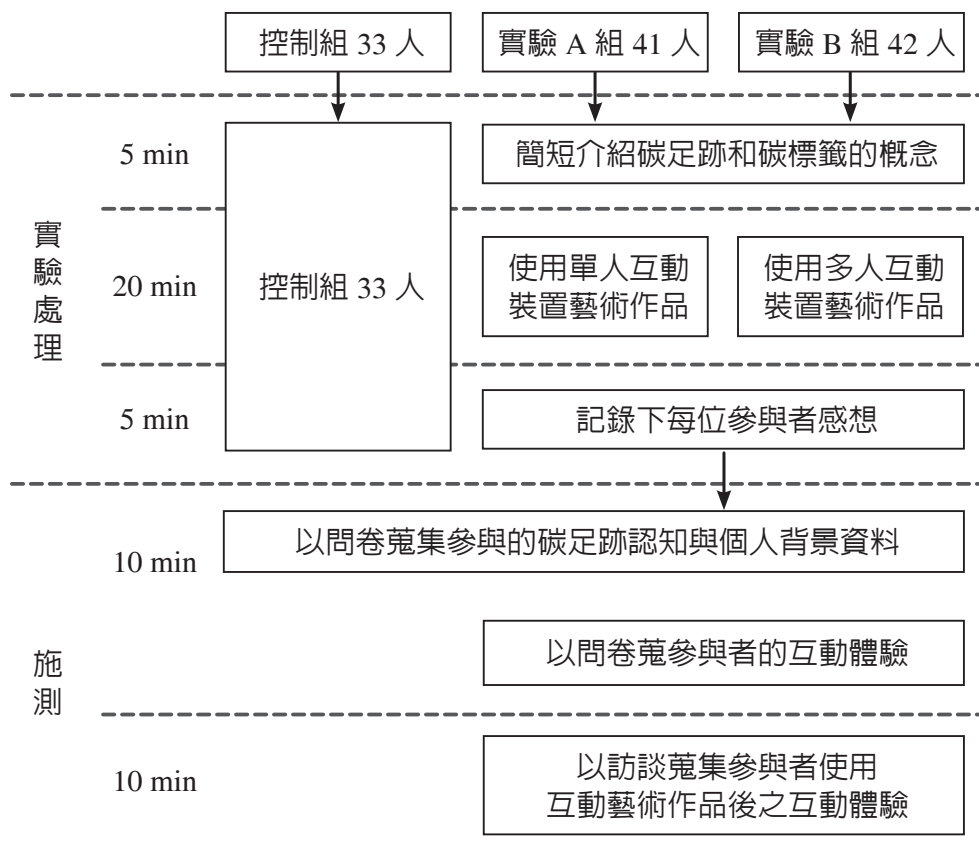


圖 3. 本研究之施測程序(本研究繪製)

五、第二次施測設計

第二次公開展示是在第一次公開展示一個月後執行，以焦點團體訪談進行，本研究於公開展示間，邀請兩組實驗組的參與者進行焦點團體訪談，透過兩組焦點團體訪談來解讀公開展示時的問卷及訪談資料。參與者將針對一般網頁教學方式，與參與互動裝置之教學

方式進行討論。本研究之焦點團體訪談總共舉辦兩場，實驗 A 組之訪談對象 6 名，皆體驗過本研究作品「地球小鯨魚」；實驗 B 組之訪談對象 6 名，參與者皆體驗過作品「碳市」。

本研究之焦點團體訪談，兩組訪談分兩場進行，每組訪談時間為 2 至 3 小時。開場說明為主持人說明討論主題、研究目的，以及討論時發表規則。焦點團體訪談部分則由主持人依序提出要討論之問題，並給予參與者數分鐘的時間將想法書寫於紙張上，接著請每位參與者分享其想法，最後由主持人簡略報告整場討論的摘要，並請參與者確認，確認無誤後結束訪談。本研究探討之主題內容分為四大部分：互動藝術與網頁教學比較、互動藝術的類型與形式、單一作品之互動體驗與研究發現討論。

肆、作品設計與實作

一、作品一「地球小鯨魚」

(一) 設計說明

「地球小鯨魚」的教育目標為宣導碳足跡標籤的概念，並參考以往以環境議題為主題之互動裝置，採單人操作之裝置來表達。作品採用實體互動介面 (TUI)，以內部裝設 RFID tag 的市售產品為操作媒介。使用者可以直接從小鯨魚給的回饋中探尋碳足跡對地球環境的影響。作品示意如圖 4，主要含以下三個部分：

1. 碳足跡標籤產品展示架：展示市面上具有碳標籤之產品。產品展示架上也放有一些不具備碳標籤的飲料產品，便於使用者比較。此外，每件產品內都裝有 RFID tag，讓使用者將產品放置於碳足跡磅秤上時，可以準確讀取產品的資料。
2. 碳足跡磅秤：內部裝有 RFID reader 的磅秤造型裝置，用於讀取使用者放置於磅秤上的產品資料，並將購買該產品會產生的二氧化碳排放量以數字的形式顯示於磅秤的數字顯示器上。
3. 迷你地球：為一顆代表地球的球型玻璃，代表地球生物的小鯨魚裝置則漂浮其中。當使用者將產品放置於磅秤上時，迷你地球內的小鯨魚便會給予回饋。小鯨魚的回饋有兩種，分別是開心地游動轉圈及翻肚死亡。



圖 4. 「地球小鯨魚」示意圖（本研究繪製）

(二) 互動流程

互動方式為參與者從產品展示架選取產品，再將該產品放置於碳足跡磅秤上。由於產品皆裝設 RFID tag，因此透過磅秤內部的 RFID reader 讀取產品編號，電腦便會判斷該產品是否具有碳足跡標籤。若該產品為具備碳足跡標籤之產品，迷你地球裡的小鯨魚便會表達出開心的動作；反之，若該產品並不具備碳足跡標籤，便會表現出環境破壞帶來物種滅亡的情境。互動流程如圖 5。

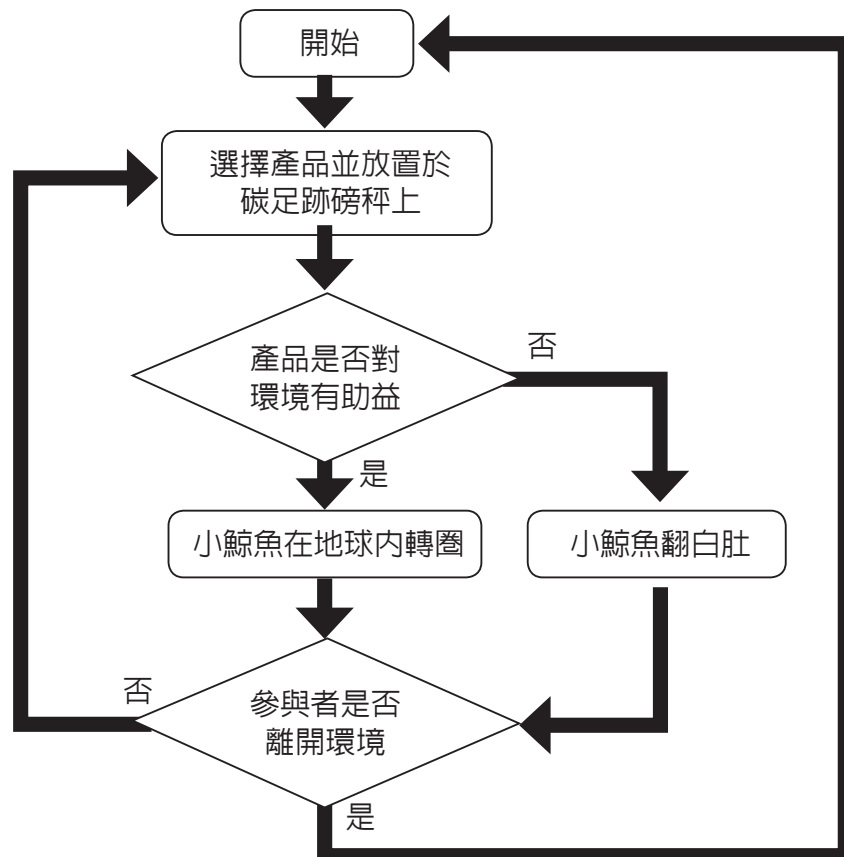


圖 5. 作品「地球小鯨魚」互動流程圖（本研究繪製）

(三) 技術說明

「地球小鯨魚」主要使用技術為使用 Arduino 單晶片與程式控制，以及 RFID 無線通訊技術。分別在產品內容裝設 RFID tag，並於碳足跡磅秤內裝置 RFID reader；根據 tag 資料來控制小鯨魚的動作。開發環境軟硬體設備如下表 5，迷你地球內的相關構造與小鯨魚活動技術另外分述。

表 5. 開發軟體設備表（本研究整理）

開發軟體	硬體設備
<ul style="list-style-type: none"> • Arduino • Illustrator CS6 	<ul style="list-style-type: none"> • PC 電腦 • Arduino UNO • RFID reader & tag

迷你地球內部裝置分為兩個部分，第一部分為小鯨魚內部配置，第二部分則為控制小鯨魚轉圈與翻肚的桌下結構，詳細說明如下，並可參照圖 6：

1. 小鯨魚內部配置：小鯨魚的內部在頭頂位置配置重物，腹部則配置強力磁鐵。重物的整體重量比強力磁鐵的重量要來的重，因此在沒有其他因素干擾的情況下，小鯨魚會呈現翻白肚的狀況；但當下方有磁力接近時，強力磁力的磁力會將小鯨魚轉正讓頭頂朝上。
2. 桌下結構：桌下結構為鑲有3個強力磁鐵的圓盤、2個步進馬達(控制圓盤轉動及移動)，以及轉軸、線性滑軌和繩索。當電腦接收到使用具有碳標籤的產品，便會啓動馬達，讓小鯨魚轉圈游動；反之，會控制馬達移動使圓盤遠離，藉此讓小鯨魚失去磁力，而重物的重量會讓小鯨魚翻肚。

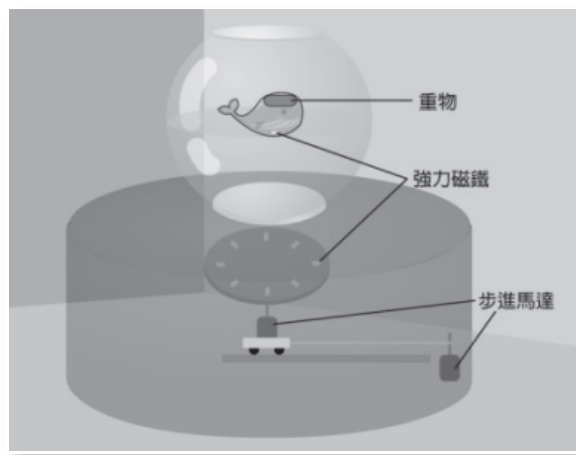


圖 6. 迷你地球內部構造圖（本研究繪製）

（四）公開展示

單人互動裝置藝術作品於公開場域進行第一次公開展示，並根據結果進行作品的修正，於修正完畢後進行第二次公開展示，如圖 7(a) 至 (b)。



(a)第一次公開展示



(b)第二次公開展示

圖 7. 公開展示情形（本研究拍攝）

二、作品二「碳市」

(一) 設計說明

「碳市」(Carbon Market) 採用多人互動的互動裝置藝術，且為大螢幕的圖像式觸控桌形式，目的為宣導碳足跡標籤的概念。作品採用圖形化使用者介面 (GUI)，以多人觸控式互動桌為操作平臺，最多可讓 6 位參與者同時使用，如圖 8。每位參與者可控制一間工廠，選擇運送產品的交通工具，運輸工具會影響產品生產過程中製造的二氧化碳。所以，參與者需要一起合作和溝通，找出降低碳排放量的方法，以阻止全球碳排放量超標造成地球環境危機。本作品希望透過多人合作知方式，找出解決全球暖化環境問題的方法，並了解碳足跡標籤的概念。

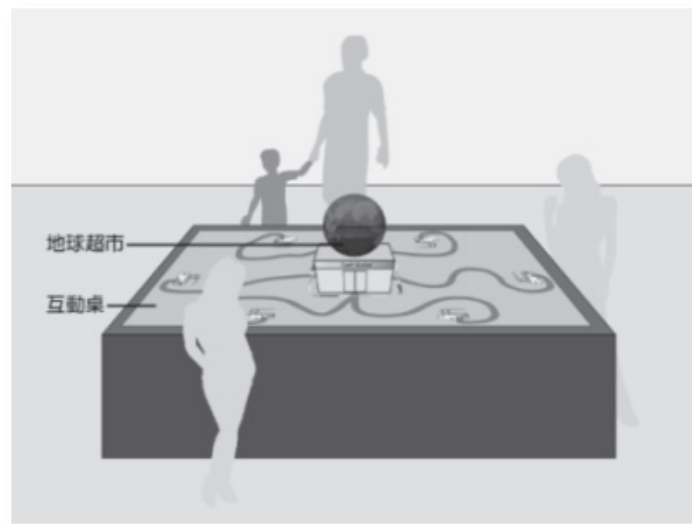


圖 8. 「碳市」示意圖 (本研究繪製)

作品中，參與者操作的內容為選擇產品及運輸方式，每種運輸方式的時間、產品生產過程中製造的碳排放量，以及每趟運輸所載運的糧食量皆不同。運輸方式有四種：飛機、貨船、火車與貨車。此外有兩項可以控制的指數，其一為地球總碳排放量，其二為地球糧食庫存量，如圖 9。參與者要製造產品以供給地球人口生存所需，糧食會隨著時間不斷減少，當庫存降到 0 時，因為糧食不夠任務失敗；另一方面，製造產品的過程會不斷製造二氧化碳，參與者必須選擇適當的運輸工具降低碳排放量，當地球整體碳排放量超過地球可負荷的上限時，表示地球因溫室氣體過量而毀滅，表任務失敗。換言之，遊戲開始時定總碳排放量於為 60%，達到 100% 遊戲失敗，降至 0% 則遊戲過關；地球糧食庫存量於遊戲開始時設定為 40%，達到 100% 便不會再增加，但仍會隨時間減少，降低至 0% 則遊戲失敗。互動桌中央的實體地球超市裝置會隨著地球總碳排放量的指數改變而有不同的顏色變化；如下圖 10 的五個顏色變化由左到右分別為：碳排放量 0% 至 20%、21% 至 40%、41% 至 60%、61% 至 80%、81% 至 100% 時的地球超市顏色變化。



圖 9. 遊戲控制指數 (本研究繪製)

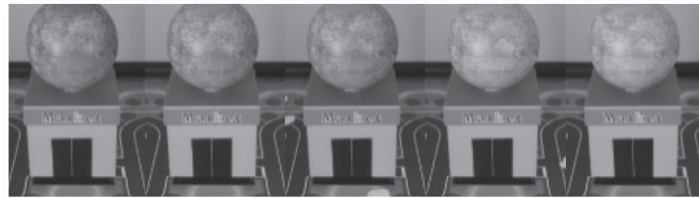


圖 10. 地球顏色變化 (本研究拍攝)

(二) 互動流程

「碳市」主要互動方式為選擇產品運送到市場所要使用的交通工具。參與者選擇代表該交通工具的圖示且拖移置負責控制的工廠上，便會出現對應小動畫將產品運送到市場，這時產品會貼上碳足跡標籤，表示該產品生產過程中所產生的碳排放量。系統會判斷所使用的運輸方式是否會對環境造成危害，並增減地球總體的碳排放量。當運送幾次貨物後，總體的碳排放量會因參與者的操作而有所增減，若總碳排放量超過上限，則任務失敗。若總碳排放量降至 0%，則遊戲勝利，如圖 11。此外，糧食庫存量會隨著產品的製造而增加，並隨著時間而減少，若降至 0% 則遊戲失敗，但糧食庫存量非本遊戲的主要訴求，所以並未列入遊戲中。

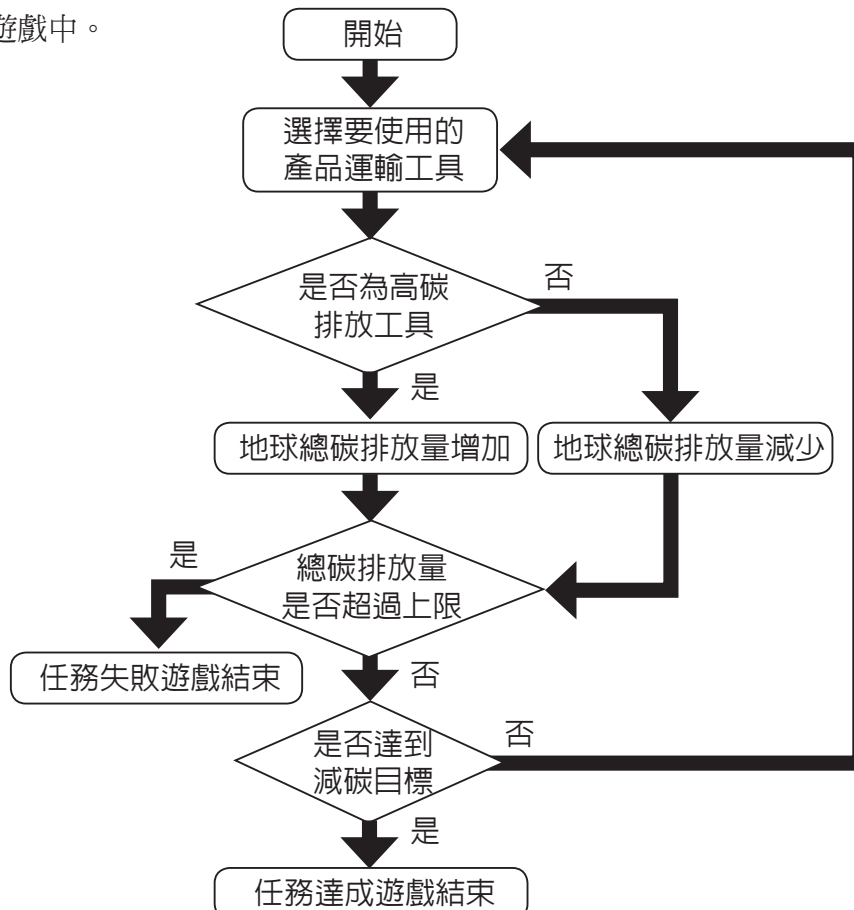


圖 11. 「碳市」互動流程圖 (本研究繪製)

(三) 技術說明

「碳市」主要使用之操作平臺為多點觸控螢幕，以 Flash 程式進行設計和控制，並支援多人同時操作和互動。此外，地球超市之實體裝置為使用 Arduino 單晶片搭配藍芽模組進行 LED 顏色控制。開發環境及軟硬體設備表如表 6 所示。

表 6. 作品「碳市」開發軟體設備表（本研究整理）

開發軟體	硬體設備
<ul style="list-style-type: none"> • Illustrator CS6 • Photoshop CS6 • Flash CS6 • Arduino 	<ul style="list-style-type: none"> • PC 電腦 • 多點觸控式互動桌 • Arduino mini • 藍芽模組

(四) 公開展示

多人互動裝置藝術作品於公開場域進行第一次公開展示，並根據結果進行作品的修正，於修正完畢後進行第二次公開展示，如圖 12(a), (b)。



(a)第一次公開展示額



(b)第二次公開展示

圖 12. 公開展示情形（本研究拍攝）

伍、研究分析

一、問卷調查

(一) 信效度分析

本研究問卷之碳足跡標籤認知部分，使用因素分析法檢驗其建構效度，其 KMO 值為 .57 且 Bartlett 檢定結果顯著，表示本資料適合進行因素分析。並採用主成分分析法，

配合最大變異法進行轉軸，取得本問卷的三建構類別之信度結果，分別為：碳足跡的概念、碳標籤的概念、碳標籤的影響，而依序的 Cronbach's alpha 為 .87、.78 與 .69，皆在可信賴範圍。而互動體驗部分，共有五個建構類別向度：感官、感覺、思考、行動與關聯。這五個因素的 Cronbach's alpha 分別為 .83、.78、.60、.75 與 .76，五個因素的信度都在可信賴範圍。

(二) 控制變項之影響

為排除控制變項可能造成的影響，透過共變數分析發現「性別」與組別間的交互作用未達到顯著 $F(2,110) = .59, p > .05$ 。代表性別與組別間，在碳足跡標籤認知上沒有交互作用，但單就「性別」因子，「性別」會影響碳足跡標籤認知，且影響已達顯著 $F(1,110) = 4.10, p < .05$ 。以及，「是否學習過相關知識」與組別之間的交互作用未達到顯著 $F(1,79) = .00, p > .05$ 。代表「是否學習過相關知識」與組別間，在碳足跡標籤認知上沒有交互作用存在，但單就「是否學習過相關知識」來探討，「是否學習過相關知識」會影響碳足跡標籤認知，且影響效果達顯著 $F(1,79) = 8.70, p < .05$ 。故在後續分析皆將這兩個因素列入共變數並排除其影響。

(三) 碳足跡標籤認知之實驗結果

在排除共變數的影響後，三個組別在碳足跡標籤認知上並無顯著的影響 ($F(2,112) = .35; p > .05$)。但觀察其平均數，可發現實驗 A 組整體評分高於實驗 B 組，且實驗 B 組高於控制組。唯「碳足跡的概念」向度雖未達到顯著差異，但平均值卻呈現控制組評分高於實驗 A 組，而實驗 A 組高於實驗 B 組，如表 7。

表 7. 碳足跡標籤認知之描述性統計資料（本研究整理）

Group		碳足跡的概念	碳標籤的概念	碳標籤的影響	總計	N
控制組 (網頁瀏覽)	M	4.2727	3.9091	3.9848	4.0556	33
	SD	.45227	.63066	.67297	.45991	
實驗 A 組 (地球小鯨魚)	M	4.1382	4.1220	4.1951	4.1518	41
	SD	.73777	.69824	.64351	.62426	
實驗 B 組 (碳市)	M	3.9921	4.0714	4.1131	4.0589	42
	SD	.54344	.60052	.54995	.50402	
總計	M	4.1236	4.0431	4.1056	4.0908	116
	SD	.60358	.64536	.62044	.53575	

(四) 互動體驗之實驗結果

採用共變數分析 (ANCOVA) 去除會影響研究結果之共變數（性別、是否學習過相關知識），發現兩個實驗組整體而言在互動體驗上並不會有顯著的影響；但觀察兩組的平均數，發現互動體驗評分實驗 A 組高於實驗 B 組，如表 8。

表 8. 互動體驗之描述性統計資料 (本研究整理)

group		感官	感覺	思考	行動	關聯	總計	N
實驗 A 組 (地球小鯨魚)	M	4.4634	4.1138	4.2602	4.0894	4.3171	4.2488	41
	SD	.49373	.61739	.57981	.72274	.58191	.48809	
實驗 B 組 (碳市)	M	4.3333	4.0952	4.1270	4.0635	4.0397	4.1317	42
	SD	.54100	.58103	.55069	.63859	.67556	.49551	
總計	M	4.3976	4.1044	4.1928	4.0763	4.1767	4.1896	83
	SD	.51917	.59567	.56578	.67740	.64252	.49238	

(五) 小結

針對兩組實驗組與控制組的碳足跡標籤認知進行分析比較，並針對兩組實驗組的互動體驗進行分析比較，條列本研究問卷調查之發現如下：

1. 針對控制組與兩組實驗組的碳足跡標籤認知評分來探討，單人互動裝置藝術作品進行教學有最佳的評分結果，接著為多人互動裝置藝術作品，網頁教學活動的效果則最差。
2. 學習認知評分析中的「碳足跡的概念」向度上，採用網頁瀏覽的學習方式卻高於採用互動裝置藝術進行教學活動的學習方式。
3. 針對兩組實驗組的互動體驗評分來探討，不管是整體或個別向度，教學活動評分皆為單人互動裝置藝術，優於多人互動裝置藝術。
4. 互動體驗越佳的參與者，其學習認知越佳，且兩組實驗組皆呈現相同現象。

二、焦點團體訪談

(一) 訪談過程與內容

本研究於第二次公開展示的參與者中，挑選每組各 6 位，共 12 位參與者參加焦點團體訪談，期望透過焦點團體訪談解讀第一次公開展示之問卷資料。主要訪談內容區分為四個部份：(1) 環境教育展的影響、(2) 採用互動裝置與網頁教學之比較、(3) 博物館中適合的互動裝置類型與形式、(4) 本研究作品之互動體驗比較，分析結論如下：

1. 環境教育展中的互動體驗可以讓人產生興趣並留下深刻印象

環境教育展的參與者對於過去參與過的環境教育展中最有印象的內容是互動體驗的部分，譬如受訪者 B-1 表示：「花博和農博我都有參與到。最有印象的話也是跟互動有關係，因為普通的就是一個解說版加一些東西，可是有互動的話我會覺得這樣的展覽比較吸引人。」但沒有特定一種互動作品形式會讓人最有印象。比起學校教育，互動裝置更容易讓人對環境議題產生興趣及印象，甚至更加重視該議題，如 B-1 認為：「可以更輕易地

去瞭解敘述的事情，因為你是用體驗的方式去了解，而且會更印象深刻；我覺得會更重視」。

2. 互動裝置比起網頁教學更能提升學習認知

網頁教學在製作上較不受題材限制，並能快速瀏覽、快速取得資訊的優點，但缺點是內容單調且繁雜。而互動裝置的優點為多元、豐富的體驗，讓人產生深刻印象，缺點為展覽地點的限制，以及無法即時取得展覽內容的相關訊息。受訪者 B-3 則指出：「網頁它畢竟只是知識而已，雖然可以深入了解，但是應用這些知識的時機可能就不是這麼多。互動裝置藝術雖然只是給你一個體驗，但是我覺得如果藉由著個互動裝置體驗到這樣的教學，我可能反而會比網站上學到的東西更有實用性。所以我會傾向互動裝置給我的實際行動較能將那個感受跟別人說。」

3. 博物館中適合多人互動及大螢幕圖像式的互動裝置

博物館因為參觀人數多，採用多人互動形式以可提供更多互動機會。A-5 認為：「多人會有不同的效果，我也想看一下別人怎麼使用，也可以跟朋友互動，不想單獨一個人學習。同樣也希望可以有人數或時間上的限制」。但仍需考量參觀民衆較少時，只有單一使用者的情況進行設計。此外，雖然實體互動裝置因為提供多元的互動體驗較受參與者喜愛，但 B-3 指出：「因為大螢幕給使用者的限制比較不會那麼多，因為現在大螢幕都有動作辨識，實體互動還要看每個人的年齡、身高，操作就有些受限制，大螢幕可能就比较沒有，我覺得博物館應該要以各年齡層為考量，所以要以大螢幕為主」。考量博物館參與人數多且民衆年齡層廣泛，操作限制少的大螢幕圖像式裝置較為適合博物館的環境。

4. 多人互動比起單人互動形式更能提升學習認知

本研究兩件互動裝置，單人互動之實體裝置「地球小鯨魚」與多人互動之大螢幕圖像式裝置「碳市」在感覺體驗、行動體驗與關連體驗上並沒有太大的差異，感官體驗則各有需改進之處，如 A-6 表示：「感官則有待改善，因為小鯨魚我只記牠翻肚，其他回饋比較沒有」。「碳市」部分，受訪者 B-2 表示：「我覺得感官有點需要加強，因為那時候我不太清楚是哪個人（引發事件）的」。唯思考體驗部分，多人互動形式因為多了讓參與者互相討論及一起想辦法操作互動的機會，可以大幅增加學習認知，如受訪者 B-4 表示：「因為也像是一個小任務，過程中我會想去解任務，去思考什麼樣的交通工具會有甚麼樣的結果。」

（二）小結

1. 互動裝置提供多元的互動體驗比起網頁教學更能增加學習認知

互動裝置因為豐富的體驗讓人有深刻印象，所以在學習認知上有較佳的評分。但因裝置呈現的概念對於成年人來說過於簡單，在較為簡單的議題上以互動的方式呈現會有多此一舉的情況，並在學習認知上造成反效果。換言之，影響互動對學習認知影響的因素，增加較大幅年齡差距與呈現議題這些需要探討的因素。

2. 單人互動形式因為較不會受到他人干擾，故有較佳的互動體驗

單人互動形式之互動體驗評分高於多人互動形式，受訪者表示多人互動形式較適合博物館的環境，但也承認單人互動較不會受到影響，互動體驗感受較佳。

三、研究分析小結

本研究綜整研究方法所得之結果，進行分析及交叉比對後得出以下發現：

- (一) 互動裝置提供多元的互動體驗比起網頁教學更能增加學習認知。
- (二) 互動裝置呈現的概念過於簡單，會使學習認知降低。
- (三) 單人互動形式因為較不受到他人干擾，故有較佳的互動體驗。
- (四) 實體互動裝置較受到喜愛，但博物館仍需考量參觀人數採用大螢幕圖像式的互動裝置。
- (五) 提升互動體驗能有效增加學習認知。

陸、結論

本研究針對互動裝置運用於環境教育議題並以博物館為場域，透過探討過去學者提出之設計原則與相關作品案例，來了解目前互動裝置運用於環境教育與博物館的現況，並參考相關文獻設計與實作出兩件環境教育之互動裝置—單人互動之實體裝置藝術作品「地球小鯨魚」與多人互動之大螢幕圖像式裝置「碳市」。最後針對本研究兩件作品進行公開展示、問卷調查及焦點團體訪談等相關研究，藉此探討運用不同互動類型與形式之互動裝置於環境教育並以博物館為場域，所造成的互動體驗是否會影響參與者的環境教育之學習認知。根據本研究針對節能減碳議題所做之資料分析與討論，研究發現如下：

一、不同互動形式之互動裝置運用於環境教育議題，單人互動形式作品的環境教育學習認知評分高於多人互動形式作品

本研究發現單人互動形式作品的互動體驗評分不管是整體或個別向度皆高於多人互動形式作品。透過訪談發現，若操作流程與互動機制等設計妥當，讓參與者之間有互相討論的機會可增加學習認知，但實際上，因為單人互動形式作品較不會受到他人干擾，在互動體驗感受上通常會有較佳的結果。唯考量博物館為數眾多的參觀人數，建議博物館主要採用較適合博物館的開放空間及為數眾多參觀者的多人互動形式，但仍需考慮到單一參與者互動的情況。

二、不同互動類型之互動裝置運用於環境教育議題，實體裝置作品的環境教育學習認知評分高於大螢幕圖像式裝置作品

本研究發現實體裝置藝術的互動體驗評分，不管是整體或個別向度皆高於大螢幕圖像式裝置藝術作品。透過訪談發現，以往一般民衆到博物館參觀多是觀看實體的展覽物，故

圖像式互動多媒體展示會讓人覺得不真實。此外，提供多元的感官體驗的實體互動裝置因為讓人印象較為深刻，較受到參與者的喜愛。但考量博物館眾多參與者的環境因素，大螢幕圖像式裝置較少操作限制，以及可服務較多人的特性較適合博物館的環境，但可適時增加一些實體裝置藝術作品。

三、互動裝置比起網頁教學更能提升環境教育之學習認知，且提升互動體驗能有效增加學習認知

本研究發現互動體驗越佳的參與者，其學習認知也越佳。透過訪談發現，比起網頁教學，一般人接觸互動裝置的機會較少，因此互動裝置較能使參與者產生興趣，進而提升學習認知。但裝置所要表達的概念若過於簡單，卻採用複雜的方式來呈現，對於具備成熟思考的成人會顯得多此一舉，反之對於兒童或許有不同見解；為此，互動裝置運用於博物館教育，尚須探討不同年齡層，以及作品概念難易度的問題。目前本研究僅能證實，較佳的互動體驗可得到較高的學習認知，但不能證實過度的互動是否會影響學習，此點仍有待未來後續研究者進行探討。

參考文獻

一、中文部份：

- xXtraLab. (2008) 黃蝶翠谷 Retrieved March 18, 2014, from <http://www.youtube.com/watch?v=RmKlik99ZQk>
- 丁維欣、莊冠群、戴采如、黃琬淳、翁菁邑、林均霈 (2012)。博物館教育科技媒體：五個值得思考的問題。《博物館與文化》，4，169-196。
- 林大維、吳佩樺 (2010)。互動藝術脈絡與其美學之研究。《藝術學報》，87，31-54。
- 吳淑敏 (2007)。「行氣」Flow of Qi @2007 奧地利電子藝術節。線上檢索日期：2014年3月30日。網址：<http://blog.roodo.com/kiplingchao/archives/14311573.html>
- 青鳥新媒體藝術 (2011)。富春山居圖與麗訊科技精湛的投影科技饗宴。線上檢索日期：2014年3月30日。網址：http://www.vivitekasia.com/news_view.aspx?id=117
- 無有有限公司 (2012)。LF 光田企劃 Light Farm。線上檢索日期：2014年3月18日。網址：<https://www.facebook.com/lfwooyo>
- 曾靖越 (2008)。Unheeded Advice。線上檢索日期：2014年3月18日。網址：http://www.cute.edu.tw/dmdweb/119_edm_3.htm
- 楊冠政 (1997)。環境教育。臺北：明文書局。
- 賴鼎陸、張哲斌 (2005)。博物館數位展示與活動設計：以「宋徽宗的御花園」巡迴展為例。載於國家教育研究院主編，數位學習在故宮（一）館校合作策略、應用與實務（頁73-88）。台北：國家教育研究院籌備處。
- 蕭新煌 (1990)。環境意識。臺北：行政院國家科學委員會。

二、英文部分：

- Ahmad, S., Abbas, M. Y., Yusof, W. Z. M., & Taib, M. Z. M. (2013). Museum Learning: Using Research as Best Practice in Creating Future Museum Exhibition. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 105, 370-382.
- Ascott, R. (1966). Behaviourist art and cybernetic vision. *Cybernetica*, 9(4), 247.
- Hörner, U., & Antlfinger, M. (2010). Dream Water Wonderland. Retrieved March 18, 2014, from http://digitalartfestival.tw/daf11/invillageCreation_en.html
- Hurlbut, J. (2012). SFPUC Digital Arts Panorama. Retrieved March 30, 2014, from <http://cargocollective.com/jameshurlbut>
- ICOM. (2007). Museum Definition. Retrieved March 14, 2014, from <http://icom.museum/the-vision/museum-definition/>
- InteractiveInstitute. (2014). THE VERGE: MUSEUM LETS VISITORS 'DIGITALLY UNWRAP' AN EGYPTIAN MUMMY. Retrieved March 30, 2014, from <https://www.tii.se/PentagramDesign>.
- PentagramDesign. (2008). New Work: Detroit Institute of Arts. Retrieved March 30, 2014, from <http://new.pentagram.com/2008/05/new-work-detroit-institute-of-1/>
- Raaf, S. (2004). Grower. Retrieved March 18, 2014, from http://raaf.org/Electronic_Works/Grower/Grower_frames.html
- Rosenthal, M. (2003). *Understanding installation art : from Duchamp to Holzer*. London: Prestel Pub.
- Schmitt, B. (1999). Experiential Marketing. *Journal of marketing management*, 15(1), 53-67.
- Shinichi, T. (2008). Five "Tangible Earth". Retrieved March 18, 2014, from <http://www.tangible-earth.com/>
- Stapp, W. B. (1969). The Concept of Environmental Education. *Journal of environmental education*, 1(1), 30-31.
- United Nations Environment Programme. (1975). The Belgrade Charter: a framework for environmental education. Retrieved March 18, 2014, from http://www.unesco.org/ulis/cgi-bin/ulis.pl?catno=17772&set=5327D926_2_133&gp=1&lin=1&ll=1
- VariateLabs. (2011). LAMH World That Was Touch Table. Retrieved March 31, 2014, from http://www.variatelabs.com/lamh_world_that_was_touchtable/