

科學展具操作行為研究-以科博館奇妙的光為例

趙方麟 洪若君

朝陽科技大學 工業設計系

(投稿日期：民國 97 年 10 月 20 日，修訂日期：98 年 07 月 27 日，接受日期：98 年 07 月 30 日)

摘要：本研究以台中科學博物館科學中心奇妙的光展具；挑選觀察對象為「熱光」、「三種光」、「光之島」三項展具，含操作行為記錄以及展示偏好兩部分。操作行為記錄由研究者觀察及記錄觀眾操作展具的情形，展示偏好問卷是在觀眾操作完展具後填寫，反映觀眾對展具的評價，以了解影響觀眾操作意願之因素。歸納發現展具持續力以「熱光」較高，因為其展示效果明顯，觀眾會嘗試不同的效果，因此駐足時間長。持續力最低的為「光之島」，由於該展示組件多而令人不知所措。「三種光」多數觀眾未能將展具完整操作；常在看到單一效果後就停止而無法完整傳達。大部份的觀眾都不閱讀展版，通常會與同伴討論或獨自摸索後才閱讀展版說明。藉由三種展具歸納科學展具應具備的展示模式，須要變化效果明顯，操作方面與觀眾心智模式接近，以利於理解及接受；展示因果效果不明顯或是物件內涵複雜會導致操作困難與使用意願降低。

關鍵詞：奇妙的光、持續力、展示模式

壹、前言

展示教育的目的在於配合時代科學新知脈動，啟發社會大眾的科學知識，利用科技提供實作、互動式學習環境之教育工學

(Brown, Collins & Duguid, 1989)。以科學性、情境建構學習概念的科學展示，誘導青少年學子的制式外「科學探索」，使具有學習科學理念的博物館成為大眾終身學習科學的地方(陳輝樺, 1996)。「展示教具」以促使「展示品要能說話」的理念啟發觀眾興趣，

憑藉專業領域學識確保「展示品要能說對話」的真理性(Frank, 1986)。

本研究選取台中科博館光學科學展具為評估標的，首先選擇現有科學博物館中與光學相關的主要科學展具作為參考樣本，因為科學中心參觀者眾多且其為常設展覽，本研究選擇其中具代表性的三件光學展具為評估探討對象。

貳、文獻探討

一個好的、成功的科學展示，不光是憑靠決策人士的專長與喜好來決定，還需要了解使用者對於展示的互動模式。展示規劃如何才能掌握觀眾的心與眼，達到傳達知識的效果，是重要的探討議題。畢特古德（Bitgood, 1994）認為判斷展示的成敗有兩個途徑：觀眾的測量與專家的評論。觀眾的測量包括行為、知識及偏好之定性與定量的觀眾研究，可決定展示成功的特質為何，或某一項展示是否成功。「量的研究」包括：

（一）觀眾研究

1. 依觀眾對展品的反應，決定展示的成功與否。
2. 對特定的觀眾進行測試觀眾反應或經驗描述，以確知展示設計的各项變因。

（二）行為測量

1. 駐足（吸引力）：
以特定展品觀眾駐足的百分比為指標決定是否抓住觀眾的吸引力。
2. 觀看時間（持續力）：
每項展品觀眾平均觀看時間，觀眾駐足後須以最短的時間獲取訊息，展品能吸引住觀眾一段時間才能傳達訊息。
3. 社交作用：
是否促使觀眾群間的互動，包括詢問問題、向群內其他同伴解說，或討論展示說明等。
4. 人的操作：
特別是互動式或操作型展品，特點為觀眾易於觀看出動作與結果之關係，正確或不正確均有回饋，本身有操作指引性等。「質的測量」包括「偏好測量」、「態度改變」、「興趣的程度」、「滿足感」等。

迷思概念是一種學習者自己建構出來的，一種針對自己經驗的合理的解釋，但卻是一種不周全的解釋，學習者可能忽略許多應考慮的因素。教師必須運用學科教學知識

或各種更具像化及生活化等實驗，導正迷思概念。國內外對於光學迷思概念之相關研究如下：

一、影子的形成

Rice 和Feher(1987)指出有些學生認為影子的形成是經由反射或折射形成的。黃湘武和黃寶鈿（1989）指出有些學生以為投影就是光照射物體後，經由物體發出影像於屏幕中。這與陳忠志（1988）指出在無透鏡的狀態下，物體的像會直接被投影於屏幕上的觀點類似。有些研究提到學生會認為影子是物體再反射的結果（Rice & Feher,1988; Galili & Hazan,2000）。黃湘武和黃寶鈿（1989）指出學生認為光源強弱會影響影子的大小。Galili Hazan (2000)指出學生認為愈強的光源，所形成的影子愈大。Saxena (1991)指出許多學生沒有半影的觀念，不知半影是如何形成的。邱韻如（1998）提出影子形成的迷思概念：影子是被光「照」出來的。

二、光與顏色

Galili 和Hazan(2000)研究結果發現學生認為顏色是物體的性質，而與光的來源或是接受者無關；白色的光被視為是澄清或是沒有顏色的，它是最純的一種形式的光，所以可以清楚看透。學生不明瞭白色光是其他色光的結合。對於光的顏色與顏料的顏色之間產生困惑，導致學生認為光的混合有如顏料的混合(Feher & Meyer,1992)。

三、成像的概念

許榮富、洪振方（民82）以透鏡成像說明學生的迷思概念：對於平面鏡成像性質，學生對於實像與虛像的區別常感到相當困難。許有亮（民86）指出有不少學生認為平

面鏡成像是屬於實像。陳忠志（民77）指出學生對於光由一介質進入到另一介質時，有些學生不能確定光行的方向，及不知偏向何方。在Goldberg 和McDermott(1987)指出即使是大學生在透鏡成像思考上，認為凸透鏡形成一倒立實像時，會以此完整的像由燈泡透過透鏡。

本研究將對三種展具進行評估並檢討關學生學習「光」之學習困難和迷思概念，以有助於光之教學與教具和展具製作之改進。

參、研究步驟

本研究以科學博物館科學中心之奇妙的光科學展具做為工具調查來館參觀的民眾。在調查方面分為三個階段，第一階段為分析展具之操作持續力，以及觀察記錄觀眾於操

作時之行為；第二階段以發放問卷的方式，於觀眾操作完展具後填寫，問卷內容為詢問觀眾對展示之偏好；第三階段於資料統整後彙整出有關展具內涵與展示模式之建議。

所選擇之科學中心光科學展具對象為「熱光」、「三種光」、「光之島」，三種展具的比較敘述如表 1，三種展具的內容詳細敘述如下。

熱光展具操作步驟為：

- ◎ 請按「清除扭」清除電腦螢幕，強燈泡的亮度。
- ◎ 慢慢轉動控制桿，將測光器從一端移動到另一端。
- ◎ 當你轉動控制桿時，注視螢幕上出現的線，這一條線表示測光器量測到光譜上不同顏色光波的亮度。請注意測光器也會偵測到肉眼所看不到的波段。

熱光展具原理：

表 1：三種展具的比較

	熱光	三種光	光之島
光學原理	光譜、測光器量測不同光波的亮度、紅外光	光譜 三個波段的光	光合成、透鏡、折射與反射
主要控制	開關	更換濾光鏡	濾光鏡與透鏡位置 鏡子組立次序
主要零組件	曲柄 清除鍵	1號濾光鏡 2號濾光鏡 3號濾光鏡	彩色濾光鏡 凸透鏡 曲面鏡 凹透鏡



圖 1：熱光展具



圖 2：三種光展具



圖 3：光之島展具

- ◎ 請你仔細觀察螢幕上的曲線，有沒有發現曲線的尖峰緊鄰可見光光譜的左側，這說明燈泡所發出的光波，大部分是在肉眼看不見的這個波段，這個波段的光波稱之為『紅外光』。
- ◎ 雖然你看不到紅外光可是能夠感覺到它的存在。當你站在火堆前時，火堆輻射出的紅外光會讓你感到溫暖。這個白熱的燈泡所輻射出來的能量約百分之十為可見光，其餘大部分的輻射能量是紅外光。
- ◎ 因為螢光燈和鈉光燈消耗在紅外光波段的能量比較少所以他們的照明效率比較高。

三種光展具操作步驟:

把左手移到藍線上的光束裡，注意你所看到的光和光在你手上的感覺

- ◎ 將你的手保持在原處，拿起『1』號濾光鏡。你看到有什麼不同嗎？你感受到有什麼不一樣嗎？
- ◎ 放下『1』號濾光鏡，昇起『2』號濾光鏡。你看到有什麼不同嗎？你感受到有什麼不一樣嗎？
- ◎ 放下『2』號濾光鏡，拿起『3』號濾光鏡，將你的手保持在藍線上面。透過濾光鏡，似乎沒有看到什麼，但將螢光幕移到藍線上，觀察有什麼不同？把手或螢光幕移到黑線上，再拿起濾光鏡，觀察與之前放在藍線上有什麼不同。

三種光展具原理:

- ◎ 燈泡發出『可見光』、『紅外光』、『紫外光』三個波段的光。可見光讓你能看見週遭的事物。雖然你看不見紅外光，可是能感覺到它的熱。不能看見或感覺到紫外光，可是能利用螢光幕來檢視它的存在。這三個波段的光經過透鏡的聚焦在黑線上形成小斑點。

光之島展具操作步驟:

- ◎ 透鏡會折射光。在鼓形物上的十道細長裂縫造成十束白色光線，將凸透鏡靠近鼓形物，看看是否凸透鏡的折射使光束聚合。
- ◎ 用凹透鏡代替凸透鏡，並讓光線是從透鏡彎曲的一面照射出去，看看是否凸透鏡使光束分散。
- ◎ 彩色濾光鏡會阻擋光的某些顏色。各在紅、藍、綠色光之前放個濾光鏡，看看哪些顏色能穿過有色濾光片，哪些顏色被阻擋了？
- ◎ 用曲面鏡來反射白光的一些光束。凹面的鏡子有如凸透鏡，可聚合反射的光束；凸面的鏡子則如凹透鏡般將光束分開來。
- ◎ 在紅色光線前擺一個平面鏡，移動鏡子以便將紅色反射到白色屏幕上。用另一面鏡子也使綠光反射到屏幕上並和紅光重疊。看看混合的顏色是否造成黃光。
- ◎ 試著用這些鏡子來混合藍光和紅光，或組合藍光和綠光。假如你把三色光都混在一起，會發生什麼事呢？
- ◎ 將你的手指放在屏幕前有兩色或兩色以上的光重疊的地方，製造出彩色的影子。
- ◎ 稜鏡把白光分散成各種色光。在一束白光中慢慢轉動稜鏡，就會看見七彩的顏色在桌面上成扇形展開。

肆、研究結果

茲將三種展具「熱光」、「三種光」以及「光之島」的比較評估與分析結果分述如下：

一、觀眾操作行為記錄

本研究之調查樣本選擇以隨機方式，若觀眾於展具前駐足時間超過 3 秒鐘以上，且並動手做，則開始記錄；觀察記錄之數量為

表 2：觀眾停留展具時間

	熱光	三種光	光之島
最長時間	1 分 28 秒	1 分 29 秒	1 分 25 秒
最短時間	12 秒	9 秒	10 秒
平均時間	51.10 秒	43.27 秒	35.63 秒

各展具均為 150 個樣本，樣本總計 450 個。觀眾於操作奇妙的光展具之持續力分析方式為記錄觀眾於各展具之操作時間，取其平均值如表 2 所列。

觀眾停留於「熱光」的平均時間為 51.10 秒，個人停留最長與最短時間分別為 1 分 28 秒與 12 秒，在「三種光」的平均時間為 43.27 秒，個人停留最長與最短時間分別為 1 分 29 秒與 9 秒，在「光之島」的平均時間為 35.63 秒，個人停留最長與最短時間分別為 1 分 25 秒與 10 秒。

由表 2 發現，各展具的停留時間在 35-50 秒之間，由於參觀者多，大部分觀眾為避免耽誤其他觀眾參觀時間，通常都只將展具操作過一次後，看到該展具所呈現的效果，便讓給其他觀眾。常有部分觀眾會因為不懂如何操作或者展具呈現不如預期效果而失去操作意願，停留時間也就比較短暫。只有少數觀眾會與陪同前來的同伴討論並再次嘗試，因此也就拉長了停留的時間。

根據以下圖 4、圖 5、圖 6 觀眾使用之時間分佈圖來看，三項展具最長停留時間都在 2 分鐘內，且「三種光」展具及「光之島」展具的觀眾，多數停留時間在 45 秒左右。其中「三種光」佔了 64% 的觀眾，而「光之島」則佔了 76% 的觀眾。但是三項展具的持續力都不高，其中「光之島」持續力是最低的，「熱光」展具的時間分佈較接近常態分析，其持續力為三項展具中較高的。

如圖 4 所示觀眾於「熱光」停留時間超過 1 分鐘以上有 51 位觀眾，而有 66% 的觀眾(99 人)未超過 1 分鐘。觀察中發現；由於展具操作時需要以微調的方式操控，而有多數觀眾會以快速轉動旋鈕的方式，期待看到展示效果，因此有些變化不大的效果就不易注意到。觀眾通常看到較明顯的展示效果後便離開，只有少數觀眾會依照展版指示再操作其它變化。

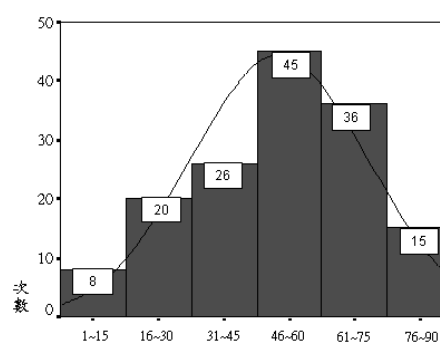


圖 4：熱光觀眾操作時間分佈

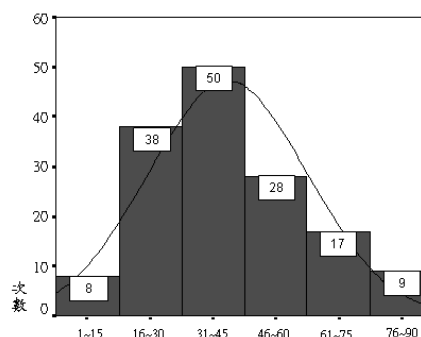


圖 5：三種光觀眾操作時間分佈

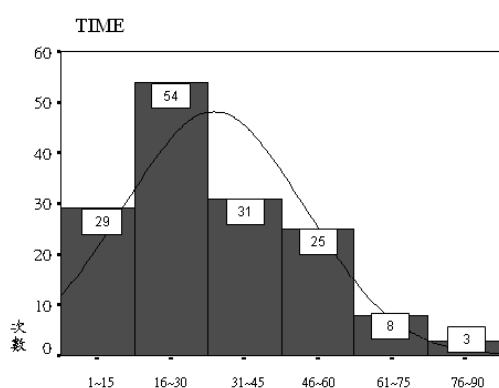


圖 6：光之島觀眾停留時間分佈

如圖 5，觀眾停留於「三種光」之時間為 2 分鐘以內，停留時間最多。為 31-45 秒共 (50 人)。停留時間超過 1 分鐘的有 26 位觀眾，未超過 30 秒的有 46 位。觀察中發現少數停留時間超過 1 分鐘的觀眾，都會專注的觀看光的變化，並嘗試操作出不一樣的變化，且有些觀眾會在操作完教導其他人。

如圖 6，「光之島」有 54 位觀眾停留時間在 16-30 秒之間，超過 1 分鐘僅有 11 位

觀眾，而停留時間未超過 30 秒的觀眾佔了 55.3%(83 人)。觀察發現：大多數的觀眾雖然知道如何操作展具，但卻不容易操作出展示效果，而沒有耐心繼續操作。而少數停留時間超過 1 分鐘之觀眾，通常也沒有完整操作完展具，僅有操作出部份效果就離開。

二、觀眾操作行為分析

將觀察記錄依據是否越讀展版解說、操作態度是否專注、操作結果是否達到展具預設之結果，並將結果記錄於下列表格之中。

根據表 3，有 87.3%的觀眾不看展版解說，也有 11.3%的觀眾是邊看邊操作展具，只有少數 1.3%的觀眾會閱讀完展版解說後操作展具；但從操作結果來看，有高達 88%的觀眾成功操作展具。完整操作出展具所能呈現的效果，且有 89.3%的觀眾是專注的在操作展具，再經由表 4 與表 5 交叉分析結果顯示，不看展版解說而成功操作展具的有 113 人，而邊看邊操作成功的 17 人均能成功完成；而閱讀完再操作則有 2 人成功且無人

表 3：熱光觀察記錄分析

	展版解說			操作態度		操作結果	
	閱讀完操作	不看	邊看邊操作	專注	不專注	成功	失敗
次數	2	131	17	134	16	132	18
百分比	1.3	87.3	11.3	89.3	10.7	88.0	12.0

表 4：三種光之觀察記錄

	展版解說			操作態度		操作結果	
	閱讀完操作	不看	邊看邊操作	專注	不專注	成功	失敗
次數	14	123	13	133	17	125	25
百分比	9.3	82.0	8.7	88.7	11.3	83.3	16.7

失敗，在操作態度方面，專注操作成功的人數有 131 人其中有 3 人失敗。

根據表 4 結果，三種光展具有 8.7% 的觀眾會邊看展版解說邊操作，有 82% 的觀眾則不看展版解說，閱讀完操作的觀眾僅佔 9.3%。從操作情形來看，成功操作展具的觀眾佔 83.3% (125 人)；操作失敗的觀眾佔 16.7% (25 人)。而 150 個觀眾中，有 88.7% (133 人) 是專注的在操作展具。再經由表 3 與 5 交叉分析結果顯示，少數閱讀完操作的觀眾中，有 14 個操作成功，邊看邊操作的觀眾成功操作則有 11 人，而不看展版解說的 100 個觀眾中，有 23 個人失敗其比率最多；因此展版的內涵有助於操作成功率提高。

三種光的操作順序方面，有 51.3% (77 人) 的觀眾第一操作的是 3 號遮光鏡，也有觀眾第一操作選擇 1 號遮光鏡佔 28.7% (43 人)，選擇第二順位操作的有 44.7% (67 人) 為展版，也有觀眾第二操作選擇 1 號遮光鏡佔 32% (48 人)；第三順位操作 2 號遮光鏡有 (32 人) 佔 21.3%，但第四操作選擇 2 號遮光鏡佔 64% (96 人)。在「光之島」操作方面，由於包含物件過多，且雜亂無序，觀眾操作時往往不知所措；且展版距離太遠，文字內容看不清楚，不符合人體工學造成操作時困難度較高，因此許多的觀眾會放棄，是最不容易成功操作的展具。

由表 5 光之島觀察記錄可發現，由於「光之島」展版位於展具後方，多數的觀眾不容易看清楚內容，因此在不知如何操作時，只能先靠自己摸索或與同伴討論。有些觀眾因不知如何操作，拿著物件隨意亂擺而無法感受其效果，因此放棄。有些觀眾則在操作時，引來其他觀眾的注意，便停止轉身離開，可能是害怕操作錯誤而不好意思。雖然有一些觀眾是拿著展具物件，一邊閱讀展版說明準備操作；但在看完部份說明後，便放下物件離開了；可能是因為覺得物件多，不知如何運用；雖然想需要在展版中尋求協助，但仍看不懂如何操作。

三、操作難易度分析

綜合三份操作難易調查示於圖 7 展具之操作難易度比較盒形圖，可發現光之島之中位數為 4.0 明顯較其它兩者為低。「熱光」以簡單所佔比例最高 45%、感到困難佔 11%。「三種光」展具操作難易度，有 21% 的觀眾覺得適中，僅有 9% 的觀眾在操作展具後感到困難。「光之島」展具操作難易度，有 31% 的觀眾在操作展具後感到困難，有 9% 的觀眾在操作展具後感到很困難。

由以上所述，「熱光」由於展示內涵簡明，因此在操作方面絕大部份觀眾都能理解及接受，是三項展具中較容易操作的；「三種

表 5：光之島觀察記錄分析

	展版解說			操作態度		操作結果	
	閱讀完操作	不看	邊看邊操作	專注	不專注	成功	失敗
次數	6	141	3	120	30	112	38
百分比	4.0	94.0	2.0	80.0	20.0	74.7	25.3

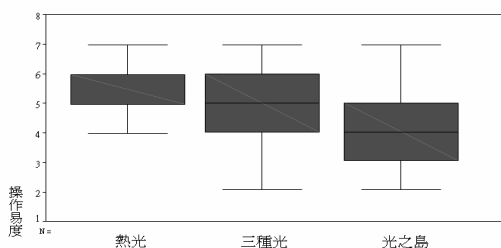


圖 7：展具操作難易度比較盒形圖

光」展具之操作程度，觀眾則認為適中，不會太難，但有科學背景知識的，在操作時會更容易；而「光之島」展具，由於展示內涵多元且展具組件多又複雜，因此大多數的觀眾認為在操作上是比較困難的。教具設計者若只著重於如何讓科學或物理原理呈現，並未考量到人因操作與指引，將造成使用性下降。例如在人因工程方面，許多人認為「光之島」高度不合理，由於兒童之身高不足，展示物件距離操作者遠，通常需要家長從旁指導幫忙。反觀成人因常需彎腰示範，如果在人潮眾多的時段，操作時易受圍觀的人群干擾。

在展示偏好方面，觀眾大部份認為展具所應具有的：第一要有展具吸引力，才能引起觀眾的好奇求知心態。第二為展示要生動有趣，通常觀眾沒有耐心操作內容枯燥乏味的展具，造成持續力降低。第三則是展具操作要容易，展具若是操作困難將會降低觀眾操作及學習的意願。

四、迷思概念與操作展示改進

大多數的觀眾認為「光之島」展具操作比較困難，其影響觀眾操作的因素包含：1. 展具的吸引力不足，觀眾停留時間較短，2. 從問卷分析得知，展版解說不清楚，科學知識較難傳達，3. 從現場實物之發現，展具配

置不良。若究其造成的原因可分為二類：

1. 展具操作介面未能符合使用者預期，造成操作困擾，此部份宜從使用者介面的造型與圖示指引進行改善；過去有所謂形隨機能(Form follow function)，然而在互動性增高的展具，能夠指引互動的順利進行，更為重要，此即謂形隨互動(Form follow interaction)。
2. 使用者先具之迷思概念，造成操作之結果不如預期。科學概念清楚傳達以及互動操作，也是展具應具備的。亦即透過操作能引導使用者思考發現或澄清科學概念。此部份宜從現象變化的單純化，令使用者在做之中澄清相關變化的因果關係，透過親身體驗進行迷思概念調整。

茲與文獻探討中有關學生學習「光」之學習困難和迷思概念做連結，可發現部份人錯誤的認為顏色是物體的性質，而與光的來源或是接受者無關；部份人不明瞭白色光是其他色光的結合，導致對於光色與顏色之間產生困惑。在折射概念上，部份人對光由一介質進入到另一介質時，不能確定光行進的方向亦不知偏向何方。「光之島」展具的組件多造成複雜的因果關係，因此宜在操作變數上簡化，才能有助於光教學展具之改進。

伍、結論

綜合以上由觀眾在三項展具選出之展示要素，觀眾認為展具應有吸引力，外型美觀之展具比較能引起觀眾注意，也較能引發觀眾嘗試的意願。其次展具必須具生動有趣，才能達到繼續科學探索之目的與效果；且在操作展具時，展具應能使操作者容易操作，其使用方式簡單明瞭，而不會因為操作錯誤而產生排斥的感覺。觀察歸納出以下發現：

1. 展具持續力以「熱光」較高，其展示效果明顯，觀眾會想操作不同的效果出來，因此駐足時間長。持續力最低的為「光之島」，由於展示物件多，而不知所措。
2. 大部份的觀眾都不閱讀展版的內容，不看展版而操作成功者，以「熱光」操作成功的比例較高。多數觀眾駐足於展具前，第一動作為隨意轉動旋鈕觀察展示變化，通常在展示效果呈現後，才會開始閱讀展示說明。
3. 「熱光」展示效果明顯，因此大部份觀眾都能理解及接受，是較容易操作的。「光之島」展具，由於展示效果較不明顯且物件複雜，因此操作比較困難。

藉由三種展具觀察，科學展具須要變化效果明顯，操作方面與觀眾心智模式接近，以利於理解及接受；展示因果效果不明顯或是物件內涵複雜會導致操作困難與使用意願降低。科學概念清楚傳達的互動操作是展具設計所應具備的，如此才能透過操作引導使用者思考發現或澄清科學概念。

參考文獻

1. 吳政勳(2003)。高中學生光學迷思概念之研究。國立台灣師範大學物理教育研究所碩士論文，台北。
2. 邱建宏(2005)。利用二段式紙筆測驗探討中部地區高一、二學生光學迷思概念之研究。國立彰化師範大學物理研究所碩士論文，彰化。
3. 邱美虹(2000)。概念改變研究之省思與啓示。科學教育學刊，8(1)，1-34。
4. 陳慧娟(2001)。碳酸鈣礦物展觀眾行為研究。博物館學季刊，15(3)。
5. 陳輝樺(1998)。科學中心的科技展示。博物館學季刊，12(1)。
6. 黃可欣(2006)。科學概念二階段評量診斷工具之發展－以國中光學概念評測為例。慈濟大學教育研究所碩士論文，花蓮。
7. 蔡秉志(2003)。創意教具之介面要素研究--以台中科博館教具為例。私立大葉大學設計研究所碩士論文，彰化。

Study on Operation Behavior of Scientific Facilities in Museum -- Wonderful Light Exhibition

Fang-Lin Chao Zo-Juan Hong
Chaoyang University of Technology

Abstract

This research was implemented in the wonderful light exhibition in Taichung Science museum, the scientific center. The choices objects of observation were “the hot light” “three kind of light” and “island of the light”. The operation behavior were observed, the questionnaire was collected to reflect the audience feeling and factors of design improvement.

The holding power of “the hot light” was high, because its demonstration effect is obvious and the audience can attempt the different effect smoothly. The “island of the light” had low acceptance and need to improve. ” Three kind of light” shown proper integrity operation and had high acceptance too. The majority audience did not read panel, after the usage they might meet with the companion for discussing. From the observation, the science demonstration should have clear cause and effect, the response should be obvious. From the operation aspect, designer has to understand the audience mental model, which favors user’s understanding and acceptance. Complex interaction or parts can cause the operation difficulties and degrade the usability.

Key words: Wonderful light, Holding power, Display mode.