

南 華 大 學

應 用 藝 術 與 設 計 學 系 碩 士 班

碩 士 論 文

A THESIS FOR THE DEGREE OF MASTER OF DESIGN

INSTITUTE OF APPLIED ART AND DESIGN

NANHUA UNIVERSITY

教室照明系統與電源開關操作之相容性研究

**A Study on The Compatibility of a Classroom Lighting
System and Its Switch Interface**

研 究 生：曾鐘慧

Graduate Student : Chung-Hui Tseng

指 導 教 授：蔡宏政

Advisor : Hung-Cheng Tsai

中 華 民 國 九 十 七 年 六 月

南 華 大 學

應用藝術與設計學系碩士班

碩 士 學 位 論 文

教室照明系統與電源開關操作之相容性研究

研究生：劉 冠 廷

經考試合格特此證明

口試委員：李傳厚

蕭世文

蔡宥政

指導教授：蔡宥政

系主任(所長)：林振陽

口試日期：中華民國九十七年六月二十日

謝誌

其實，從開始著手進行論文相關的計畫那天起，就從來不敢想像何時會是完成的時刻，而我們能做的只是努力地埋頭苦幹，不知不覺中竟已經到了寫謝誌的這一刻。能夠這麼順利地完成論文，最應該感謝地就是一直在我們背後不停地叮嚀、督促的蔡宏政老師，感謝他每個禮拜都花時間和我們討論論文的內容並適時地給予建議，才讓我遇到瓶頸時，得以迅速地解決問題，順利地進行下去。另外，也感謝班上的同學們、群智以及主任，總是在我需要幫助的時候，給予協助。

「謝啦!」，一直是無戰風的經典名詞，更在後來成為大家廣為流傳的口頭禪，沒想到竟然可以在此派上用場，做為結語。我想二年的時間不算長，卻留下了很多美好的回憶，各位：謝啦!

中文摘要

論文題目：教室照明系統與電源開關操作之相容性研究

研究生：曾鐘慧

指導教授：蔡宏政

本研究旨在探討目前公共空間照明系統電源開關操作介面的使用情況與問題點，以及了解教室照明系統在不同的方向與不同的介面組合搭配操作上的差異性進行討論。本研究在實驗部份，分為二部分進行了解，第一部份針對公共空間照明系統之電源開關介面使用情形之概況進行問卷調查，第二部份則是針對 36 位在校學生對教室照明系統與電源開關間的操作與認知上的差異性與錯誤率，進行更深入的 3D 模擬實驗探討。

本研究結論可以歸納如下列各點：

1. 無回饋性提示的按鍵介面與 LED 顯示的按鍵介面，為公共空間中較常使用的開關介面。
2. 當電燈、電扇等多種電源開關都配置在同一牆面上，若再加上開關介面相同度較高時，較易讓使用者增加操作的次數與使用的錯誤率。
3. 根據研究的結果可以推論，只要在照明系統與電源開關在配置前能事先做適當地空間規劃，並能以多數使用者的認知作適當地配置，就能排除兩者在空間上的相異，而達到一定程度的相容性。
4. 空白按鍵、無回饋性提示與 LED 顯示三種按鍵中，空白按鍵在操作判斷上，明顯比無回饋性提示與 LED 顯示二種介面來的困難。
5. 當照明系統位於受測者的左右兩側時，在介面上，所得到的反應是完全相反的操作方向，特別當按鍵是以橫向（左右）方式排列的介面最為明顯。當按鍵若是以縱向（上下）方式排列時，照明系統的方向對於操作上的判斷沒有差異，三者（左邊、右邊、對面）所得到的結果

是類似的。

6. 當照明系統位於受測者的對面方向時，一般還是以“右邊”方向的思考模式多於“左邊”方向在操作，而介面操作的反應方向主要是由右而左、上而下；當場景在左邊時，介面操作方向則是由左向右、上而下。
7. 在四排燈對應二個按鍵以及六排燈對應三個按鍵的操作情況，受測者的反應是有群體定型反應存在。
8. 受測者操作介面錯誤率的高低，主要受到介面按鍵本身的配置與場景方向的影響，其中由二個按鍵組合而成的介面，容易使受測者在操作上有較高的錯誤率。
9. 針對照明系統與電源開關介面的配置作出了以下的照明系統與介面之空間規劃建議：
 - (1) 同一空間不同電源開關的介面最好使用不同樣式的介面作區隔。
 - (2) 照明系統若是位於介面的對面方向時，電源開關按鍵的配置最好以右邊方向來配置。
 - (3) 照明系統與電源開關若以多對一的方式作配置時，照明系統的燈數最好以規律的方式為一單位，且電源開關的按鍵數最好是照明系統燈數的倍數作搭配。
 - (4) 照明系統若是以垂直方向為一個按鍵控制時，介面按鍵最好採用以橫向方式排列者；若是以水平方向為一個按鍵控制時，最好採用以上下方式排列者。

關鍵詞：空間相容性、電源開關、操作介面

ABSTRACT

Title of Thesis : A Study on the Compatibility of a Classroom Lighting System and Its Switch Interface

Name of Student : Chung-Hui Tseng **Advisor :** Hung-Cheng Tsai

The study aims that treat the usage and questions of switches interface in lighting system of the present public spaces and discuss the operational differences of classroom lighting system which collocate different directions and interfaces. The experiment in the study separates two parts, the first part is questionnaire which investigate the rough usage condition in the switches interfaces of lighting system, the second part proceeds with 3D computer modeling experiment to 36 students about the diversity and error rate in the switch operation and cognition of a classroom lighting system.

The conclusion in the study is summarized as follows:

1. The switch interface in the public space uses no feedback button interface or LED button interface often.
2. When different switches (such as lights, fans) collocate on a wall, it is easy to make users add operational frequency and error rate, especially the switches are similar.
3. According to the result of study, if only doing appropriate space plan before collocation lighting system and power switch and collocating by most users' cognition that can eliminate the different in space and accomplish respectable compatibility.
4. The empty button in operational judgment is more difficult than no feedback button or LED button.
5. When the lighting system locates at right and left side, the operating reaction of subjects are totally contrary, especially the buttons of interface are set by horizontal way. If they are vertical setting, the direction of

lighting system for operation is no different, because the result of the three kinds of buttons are similar.

6. When the lighting system locates at the opposing direction, subjects are used to operate by right direction more than left direction and the reaction direction are mainly from right to left, up to down. When the lighting system is on left side, the operating direction is from left to right, up to down.
7. Population stereotypes exist in subjects' reaction, when 4 rows of lights collocate 2 buttons and 6 rows of lights collocate 3 buttons.
8. The operating error rate is affected by buttons setting of interface and lighting system direction mainly, particularly the interfaces setting by 2 buttons are easier make higher error rate in subjects operating.
9. According to the collocation of lighting system and power switch, the following related space recommendations are made:
 - (1) Different power switch interface better uses different pattern to get higher differentiation in a same space.
 - (2) If lighting system is located at the across direction of interface, the buttons of power switch is better collocated according to the right direction.
 - (3) When lighting system and power switch collocate by pairing majority with one, the lighting number are better arranged by regular way to be a unit and the buttons of power switch are better a multiple of lighting number.
 - (4) As lighting system arranged by vertical way to be a unit is controlled by a button, its interface better adopts horizontal way to collocate; if by horizontal way to be a unit, its interface better uses straight way to collocate.

Keywords : Spatial Compatibility, Power Switch, Operating Interface

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	III
目 錄	V
表目錄	VII
圖目錄	VIII
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機與目的	2
1.3 研究範圍與對象	3
第二章 文獻探討	4
2.1 使用者相關認知模式	4
2.1.1 人的資訊處理過程	4
2.1.2 心理模式	6
2.2 控制裝置的設計	7
2.2.1 控制裝置的類型	8
2.2.2 控制裝置的設計考慮因素	9
2.3 相容性與對應關係	9
2.3.1 相容性	9
2.3.2 相容性的類型	10
2.3.3 群體定形反應	14
2.3.4 預設用途與自然局限	14
2.3.5 自然配對	15
2.4 照明系統之電源開關的介面種類	16
2.5 公共空間概況調查	19
2.6 文獻總結	24
第三章 研究方法與步驟	28
3.1 研究步驟與架構	28
3.2 實驗架構	29
3.2.1 前測問卷	29
3.2.2 後測實驗	30
第四章 實驗設計	31
4.1 開關介面現況問卷調查	31
4.1.1 受測者	31
4.1.2 問卷內容	31

4.2 照明系統與介面操作實驗.....	31
4.2.1 實驗一：照明系統與介面間配對測試.....	31
4.2.2 實驗二：介面操作學習與錯誤率實驗.....	41
第五章 問卷與實驗結果分析.....	47
5.1 問卷結果.....	47
5.1.1 基本資料.....	47
5.1.2 介面使用種類.....	47
5.1.3 介面使用情況.....	48
5.2 實驗一：照明系統與介面間配對測試結果.....	50
5.2.1 基本資料.....	50
5.2.2 結果分析.....	50
5.3 實驗二：介面操作學習與錯誤率實驗結果.....	59
5.3.1 基本資料.....	59
5.3.2 結果分析.....	59
第六章 結論與建議.....	63
6.1 結論.....	63
6.2 建議.....	68
參考文獻.....	70
Simplified Version in English.....	74

表目錄

表 5.1 問卷調查受測者基本資料統計表.....	47
表 5.2 問卷調查介面使用種類調查統計表.....	48
表 5.3 按鍵數與型式間的操作困難認同度統計結果.....	50
表 5.4 三個不同場景方向與 25 種介面間的配對之相異結果	55

圖目錄

圖 2.1 Wickens的人員資訊處理模型	5
圖 2.2 三類心智模式	6
圖 2.3 刺激、反應的空間位置與反應時間、失誤間的關係.....	12
圖 2.4 控制鈕與爐具的相對位置研究.....	13
圖 2.5 小開關	17
圖 2.6 中開關	17
圖 2.7 大開關	17
圖 2.8 單開關	17
圖 2.9 雙開關	17
圖 2.10 三開關	17
圖 2.11 四開關	17
圖 2.12 五開關	17
圖 2.13 六開關	17
圖 2.14 上下	18
圖 2.15 左右	18
圖 2.16 按壓	18
圖 2.17 感應	18
圖 2.18 空白	18
圖 2.19 電源開啟提示（無回饋）	18
圖 2.20 電源開啟提示（有回饋）	18
圖 2.21 電源與開關配對提示（文字）	18
圖 2.22 電源與開關配對提示（符號）	18
圖 2.23 南華大學教室照明系統與電源開關介面的相對位置	20
圖 2.24 南華大學教室照明系統與電源開關介面的相對位置	20
圖 2.25 中正大學教室照明系統與電源開關介面的相對位置	21
圖 2.26 中正大學教室照明系統與電源開關介面的相對位置	21
圖 2.27 台南縣文化局研習教室照明系統與電源開關介面的相對位置 ..	22
圖 2.28 台南縣文化局研習教室照明系統與電源開關介面的相對位置 ..	22
圖 2.29 嘉義市兒童館大廳照明系統與電源開關介面的相對位置	23
圖 2.30 成大醫學院會議室照明系統與電源開關介面的相對位置	23
圖 2.31 （左）：水平配置並運用與空間的自然配對介面.....	26
（右）：一般以垂直配置的電源開關介面.....	26
圖 3.1 研究架構圖	29

圖 4.1 實驗相關設備.....	32
圖 4.2 左、右、對面模擬場景.....	33
圖 4.3 模擬開關介面.....	33
圖 4.4 實驗模擬左邊二至六排燈場景.....	34
圖 4.5 實驗模擬右邊二至六排燈場景.....	35
圖 4.6 實驗模擬對面二至六排燈場景.....	35
圖 4.7 介面與三個不同場景間的實驗位置.....	36
圖 4.8 場景燈數與 25 種介面中的分配情況之一.....	37
圖 4.9 場景燈數與 25 種介面中的分配情況之二.....	38
圖 4.10 場景燈數與 25 種介面中的分配情況之三.....	39
圖 4.11 場景為右邊者之實驗說明簡圖.....	40
圖 4.12 實驗設備擺放位置與實驗進行狀況.....	40
圖 4.13 MICROMEDIA DREAMWEAVER MX 2004 場景製作.....	42
圖 4.14 開關介面操作畫面.....	42
圖 4.15 開關介面聯結左邊場景.....	43
圖 4.16 開關介面聯結右邊場景.....	43
圖 4.17 開關介面聯結對面場景.....	44
圖 4.18 右邊者之實驗說明簡圖.....	44
圖 4.19 實驗進行情況.....	45
圖 5.1 受測者對於 25 種介面配對的可能情形.....	51
圖 5.2 左、右、對面結果類似介面.....	52
圖 5.3 右、對面結果類似介面.....	53
圖 5.4 左、對面結果類似介面.....	53
圖 5.5 右、左結果完全相反介面表.....	54
圖 5.6 以縱向方式排列結果類似介面.....	56
圖 5.7 以橫向方式排列結果類似介面.....	57
圖 5.8 二開關對四排電燈以及三開關對六排電燈排列先後情形.....	59
圖 5.9 介面 3、5、16、25.....	61
圖 5.10 介面 18.....	62
圖 6.1 以二排燈搭配二個按鍵介面之操作方向.....	65
圖 6.2 多對一照明系統位於介面右邊時受測者的配對情形.....	66
圖 6.3 四排燈搭配二個按鍵.....	67
圖 6.4 照明系統以垂直與水平方向為一單位時開關介面按鍵應採用的排列方式.....	67

第一章 緒論

1.1 研究背景

目前的生活環境中，我們每天必須在電燈照明的狀況下生活數小時，電燈照明之好壞經由眼睛、工作效率以及生活之舒適性進而影響身心的健康（王家騏，1987）。在照明不足的情況下作業，除了眼睛對於物體的辨視能力降低外，所收集到的資訊也會隨之下降，進而影響工作的績效；此外，對於人的心理更會造成陰暗、沈悶及壓抑的感受。反之，充足的照度則會帶來明亮、開朗及舒適的感覺，甚至提供安全的保障。一般而言，照明的主要兩個目的為識別物件及增進環境氣氛，良好的照明不但要符合視覺的生理需求，也要達成情境的心理需要（李碩重，1994）。室內照明的方法有兩種：全般照明及局部照明，前者是將室內全體環境照明成均勻亮度的方法，後者則是只針對讀書、工作等必要的環境照明的方法；早期為了節省電力，工廠、辦公室等多使用局部性的照明方式，但隨著高效率的螢光燈的問世，現在多採用全般性照明（高啟光，1997）。顧名思義全般性照明在燈數的使用量上會比較多，當然在電源開關的數量上也會相對地增加，在這樣的情況下，我們一定都有為了哪一個開關控制哪一個燈而感到困擾過，甚至產生了某些麻煩；對於一般的使用者來說，都可能形成使用上的不便與錯誤，更遑論是小孩、高齡者或是殘障者的使用。然而，錯誤除了會使新使用者感到挫敗外，更可能導致一些嚴重的事故（Norman，1983）。

在我們的日常生活中所接觸到的物品數以千計，從日常必需品、3C 電子產品、交通工具等等。隨著時代及科技的進步與改良，這些產品不停地更新，如色彩、外形及功能上的變化。只是在這些我們天天接觸到

的物品上獲得嶄新改良的同時，使用者們對於這些變化在認知上，是否也同步更新了呢？我們從電視報導中發現，那些由於使用電器發生的意外事件以及交通意外事故等新聞層出不窮地傳出，就能了解答案並不是肯定的。認知心理學家 Donald A. Norman (2007) 認為這些由於科技進步而製造出來的產物，本應是用來幫助我們節省時間、提高工作效率和達到高品質工作成果的；然而如果這些新的設備是那麼好，為何我們需要專業人員或是使用者手冊才能使用呢？這些用品為什麼沒減少卻反而增加了使用者的壓迫感？Norman 認為這些都和物品本身的設計良好與否有著很大的關係。設計良好的用品不但容易了解，在使用上也簡單明瞭；反之，設計不良者則會造成使用者的困惑及操作上的困難。然而，在這個科技發達的新世紀裡，依然充斥著一些設計不良與導致人為錯誤的產品，進而造成人們的挫折感。因此，好的介面設計要考慮到使用者的需求，且依使用者需求設計出來的產品，在操作上應該要能減少使用者的挫折感及降低學習上的負擔（張鴻森，2006）。

1.2 研究動機與目的

居家空間的照明電源開關，一般來說，會因為不同空間的規劃與設計，而分散於屋子內的各個角落。比起居家空間，公共空間所使用的照明設備數量明顯較多，相對地，所使用的電源開關按鍵也增多，再加上電風扇、冷氣、麥克風及投影機等相關設備之開關，全部加總起來，少說會有 10 個以上的開關，甚至更多。在這樣的情況下，毫無關聯性的開關，被整齊地排列在一起，開關與開關之間又無明顯差異來幫助使用者知道不同開關的功能，隨之產生的即是使用者在操作上的困難度。這樣的設計想法，除了看起來整齊美觀外，便是在裝配上較容易，成本也較低廉，但卻容易增加人為錯誤的出現。

由於上述的背景與動機，因此有下列三項研究目的：

1. 了解目前公共空間的照明系統與電源開關介面的環境概況。
2. 了解受測者對於舊有照明系統操作介面的使用情形，並歸納出其問題點。
3. 照明系統配合不同方向與不同介面組合，探討受測者在操作上之差異性。

1.3 研究範圍與對象

本研究旨在探討目前公共空間照明系統電源開關操作介面的問題點，以及利用教室照明系統配合不同的方向與不同的介面組合搭配操作上的差異性進行討論，故在研究範圍及對象上主要限制於以下條件：

1. 在本研究的問卷中所探討的公共空間，主要以教室、辦公場所、活動中心等一般人較常會接觸，及使用到照明系統電源開關介面的空間為主。
2. 在實驗中主要以一般學生上課的教室為主要的探討環境。
3. 由於本研究在實驗上受限於實驗場地與受測者無法相互配合的因素，故採取電腦 3D 模擬操作。
4. 本研究在實驗設計中，所探討的方向，是以電源開關介面為中心，在其左邊、右邊以及對面的三個方向。
5. 本研究受測對象，主要分為二部分，在問卷部分，以一般大眾為發放問卷的對象，在實驗的部分則以在校的大學生為研究對象。

第二章 文獻探討

2.1 使用者相關認知模式

人機系統可以被視為一個完整的組合體，這個組合體包括人與機器組件的互動，此互動由“給予的輸入”與“期望的輸出”所產生（方裕民，2003）。所謂的人機互動是指人類與電腦或人類與機器接觸點的互動關係等相關的研究。簡言之，就是了解關於人們如何使用電腦的研究，以設計出更好、更符合使用者需求的系統（蔡欣蓓，2002）。人機互動包含了四種主要的構成要素（Preece，1998）：

1. 使用者（User）
2. 需要去做一項特定的作業（Task）或工作（Job）
3. 在特定的情境（Context）
4. 使用電腦系統（Computer System）

這四種構成要素都具有各自的特性，並且對於使用者和電腦系統互動的本質都有影響。

人機互動設計是將人機互動的目標具體化的作法，人機互動設計不同於軟體設計的概念，其所考量的不單只是技術面的運用，還強調應用使用者的相關知識，如使用者的認知心理等（柯建志，2005）。而使用者的認知正是人機互動的本質（張鴻森，2006），因此在了解人機互動設計前，有必要先對使用者相關的認知模式作進一步地探討。

2.1.1 人的資訊處理過程

人腦是一個超級資訊處理器，每一個簡單的日常活動，都包括著不同資訊的接收、篩選、判斷與決策。人的資訊處理是在大腦中進行，感

覺器官與系統經由神經的傳導，將外界的資訊送至大腦，大腦經過篩選、解讀與詮釋後，再將訊息及指令傳至手、腳、嘴等器官，作出適當的反應動作（許勝雄等，2000）。

人習慣以簡單的模式來替代或敘述複雜的程序與現象，模式的種類很多，如數學式、實體式與文字形式（張一岑，1997），而人類則是以一個三階段模式（Three-stage Model）來處理所有系統的資訊，這三個階段分別為：知覺（Perception）、認知（Cognition）及行動（Action）階段。外界刺激經過知覺階段進入系統，將訊息傳遞至認知階段，經由認知階段分析、比較、判斷、處理之後，作出適當的決策，再將決策傳至行動階段後，做出適當的反應動作。在三階段模式中，又可細分為幾個不同的部分，而形成了一個複雜的資訊處理模式。Wickens (1992)將人類從接收外界刺激開始，到作出反應時的一連串心智處理過程提出了一模型，此模型說明人類處理資訊的構成要素，其中包括了知覺（Perception）、記憶（Memory）、決策（Decision Making）、注意（Attention）、反應執行（Response execution）及回饋（Feedback）等（圖 2.1）。

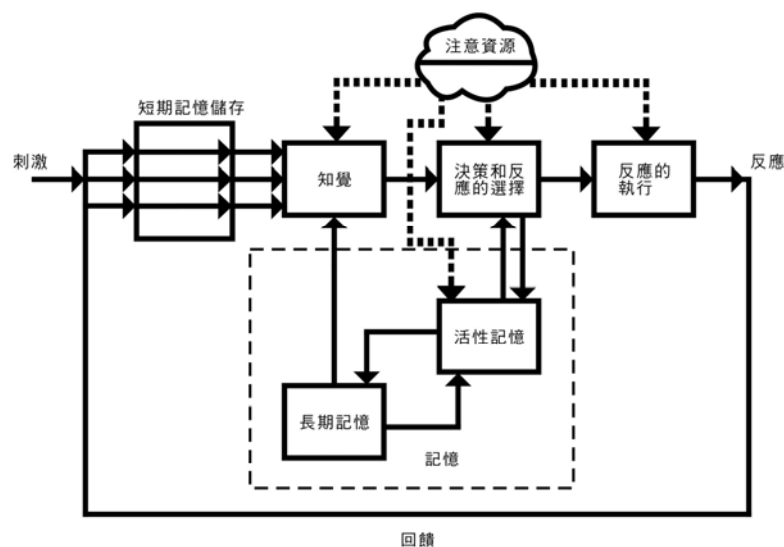


圖 2.1 Wickens 的人員資訊處理模型

資料來源：Wickens(1992), Engineering Psychology and Human Performance.

2.1.2 心理模式

在幾百年的演化歷程中，人類透過對外界環境的適應，逐漸發展了各種能力，形成了一個高度複雜的認知系統（方裕民，2003）。人們在每天接收著不同的訊息，經過處理之後，作出適當地反應，這種資訊的處理過程基本上就是事物如何在我們的周圍環境運作的概念模式。心理模式提供人們建立跨越鴻溝的橋樑架構，心理模式所提供的這個架構，雖然可能只在學習和解決困難的情況才會顯得重要，但在這些狀況下卻是必要的，這些架構允許使用者獲得可能的行動過程及系統反應（Norman，1986）。人們究竟如何利用認知系統，來與介面產生互動的，有必要從心理模式探討起。

心理模式可區分為：心智模式、設計模式、系統印象三類，人機介面設計最大的問題在於這三者間產生的偏差，這些偏差往往造成人機介面設計不當，進而導致使用者的心智模式與設計者的設計模式產生認知上的差異，造成使用者無法有效且正確地使用該系統（李青蓉等，1998），圖 2-2 描述了三者間的關係。

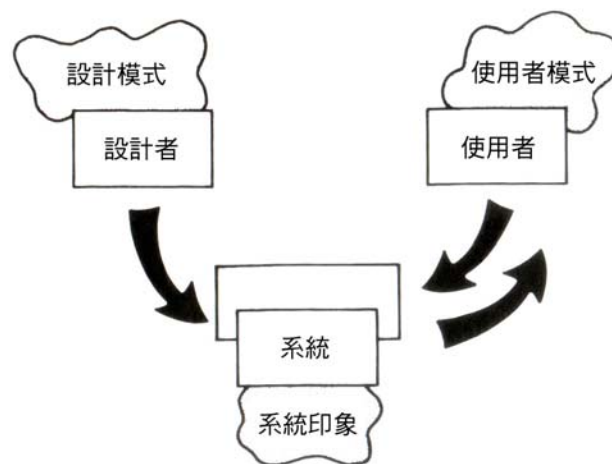


圖 2.2 三類心智模式

資料來源：Norman(1986), User centered system design: New perspectives on human-computer interaction.

設計者內心具有對產品的設計者心智模式，簡稱為設計模式。設計者根據此一模式，設計出一套能用、能學、能作用的系統，使用者才能因此獲得適合的心智模式，順利地與介面互動（Norman，2007）。心智模式是使用者對於電腦系統的呈現與操作所逐漸建構的相關概念，它提供了人們預知性與解釋性的能力，來了解人與物之間的互動。心智模式的產生大都由於使用者心中認為該物具有何種功能以及可見的構造（方裕民，2003）。而所謂可見的構造則稱之為系統印象，設計者所設計的系統必須具有適當的系統印象，否則使用者對於該系統會產生使用困難的情況。

一般來說，設計師具有非常完整及正確的系統模式，但在互動模式上卻很弱，他們或許很清楚系統如何運作的過程，但對於人們如何與系統運作的程序知道的並不多。相反地，產品的使用者對於系統模式的知識是貧乏且不正確的，但是透過使用的過程和經驗的累積而獲得了比設計師們還要完整及正確的互動模式，只有當設計師具備正確與完整的系統模式且獲得一個正確而完整的互動模式時，然後設計出一個能夠有效率的結合二種模式的系統介面才算是最佳設計的成果（Lidwell，2003）。

2.2 控制裝置的設計

人機介面，顧名思義，即人與機器間的媒介，其可廣泛地分為直接操控與間接操控。人機系統則以間接操控為主，因為是間接操控，故需經由介面，而此介於人與機器的介面，就是顯示器與控制器（李再長等，2005）。控制器使人們得以操控系統，且常伴隨顯示器一起使用。有時候，顯示與控制之間的分野並不清楚，例如電燈的開關，是一種控制裝置，但開關所示的位置，亦可標示現在是開還是關，所以也可算是一種顯示

(Bailey, 1995)。而在本研究中，僅作控制裝置的相關探討。

人們在日常生活和工作中所操作或控制的機制或系統類別，從簡單的電源開關到複雜的飛機操控裝置，形形色色，差異非常大(許勝雄等，2000)。控制是人對於機械設備的溝通工具，經由控制裝置，人可以導引機械設備至所欲到達的目標或狀態(張一岑，1997)。控制裝置的設計安排以及控制任務會直接影響人機系統中操作的安全與有效性(侯東旭、鄭世宏，2006)。

2.2.1 控制裝置的類型

驅動控制裝置的方式有很多，就人因工程的觀點來看，通常有三種分類的方式，依許勝雄等人在人因工程學一書，其說明如下：

1. 間斷型或連續型：間斷型控制器僅能傳送有限數目的狀態資訊，如電燈的「ON-OFF」開關；連續型控制器所能傳送的可以是一個連續量的任何值的訊息，如調光燈的控制器可以從無光連續調整光線至全亮的狀態。
2. 直線型或旋轉型：控制器沿著一條直線移動的方式則稱為直線型的控制器，常見的有：按鈕、滑桿等開關；而傳統的電話撥號盤、收音機上圓形的音量控制鈕等旋轉型裝置是沿著一個固定的圓弧而移動，則稱為旋轉型的控制器(張一岑，1997)。
3. 單維型或多維型：二者的差別在於依控制動作的幾何性質來作劃分；如按鈕、滑桿式開關或音量控制旋轉鈕在移動時，僅沿著單一方向，為單維型控制；若可以在一個平面上沿著二個方向移動者，則為雙維型控制，如鍵盤、飛機操縱桿或手提電腦的滑球。

而 Sanders 與 McCormick (1993) 依其操控的動作將控制劃分如下：

1. 啟動或關閉裝備：如鑰匙的開關(ON-OFF)動作。

2. 作為分開無聯繫裝置：作出分開或分別調整的動作，如選擇電視頻道。
3. 作為定量裝置：如利用溫度器選定某個溫度的動作，此乃屬分開無聯繫裝置的特殊情形。
4. 用作持續控制：如駕駛汽車動作。
5. 輸入資料：如操作電腦鍵盤動作。

2.2.2 控制裝置的設計考慮因素

控制器的類型其實並無所謂的好、壞之分，重點只在於適不適用以及是否有合乎其工作情境的類型。許多設計因素是成組地連接著各種型的控制。一般來說，我們在設計控制裝置時，要考慮的因素很多，包括顯示系統的搭配、操控者的技術熟練度、控制器硬體設計（李再長等，2005），其中最重要的因素就莫過於控制反應比、動作方向以及代號控制的方法（簡澤民，1995）。侯東旭、鄭世宏（2006）認為控制裝置的設計除了要考慮到操作者的能力和特性外，在心理層面的考量也是一個重要的因素，Andrew P. Bayliss（2007）則認為控制裝置在設計上的一個決定性的觀點為控制器的空間位置必須符合它們所調查出來的含義。

2.3 相容性與對應關係

2.3.1 相容性

相容性（Compatibility）是人因工程的中心，也是探討人類資訊處理問題時，必然離不開的概念。所謂的相容性，意指刺激與反應控制間的關係合乎人們的期望（李再長等，2005），然而任何設計的主要目標之一，就是使系統能夠符合人們的預期。如果設計者希望使用者在使用一項產品時，不須經常參考說明書，那產品的操作方式，就應該與使用者的期

望相容 (Cushman, 1996), 而使用者的期望主要則來自於過去的經驗。因此, 相容性與人們的習慣或群體定型反應 (Population Stereotype) 有密切的關係 (侯東旭、鄭世宏, 2006)。相容性的程度越大, 可獲得較快的學習成效、快速地反應時間、較少的錯誤以及減輕心智的負荷 (Wu, 1997)。而相容性相容程度的高低取決於二個不同的概念水準, 一為刺激反應特性的一致性, 二為刺激反應元素間配對的一致性 (Dassonville, 1998)。

2.3.2 相容性的類型

一般而言, 相容性的類型可分為: 概念上的相容性、移動上的相容性、空間上的相容性和感覺模態上的相容性; 其中與控制系統直接相關的相容性種類包括空間相容性及移動相容性。雖然這些不同類型的相容性在意義上皆有各自的差異性, 但都扮演共同的角色, 那就是牽連在感覺和知覺以及反應等歷程中, 作為這些歷程的中介 (賴鴻森, 2006)。四種類型的相容性各自簡述如下:

1. 概念相容性 (Conceptual Compatibility)

概念相容性係指符碼或符號, 符合人們所具有的概念聯想之程度。本質上, 概念相容性所涉及的符碼或符號對必須使用它們的人士具有意義性的程度 (許勝雄等, 2000)。例如在交通標誌中, 以梅花外形來代表國道高速公路之標示或是以紅色代表禁止通行及危險等。

2. 移動相容性 (Movement Compatibility)

移動相容性是指控制或顯示器的移動方向與所控制或顯示的系統反應一致的程度 (侯東旭、鄭世宏, 2006)。移動相容性部分係由控制器和顯示器的特性之影響, 另外也會受到此二者與使用者間的相對位置而左右 (許勝雄等, 2000)。當顯示器與控制鈕在同一平面上時,

一般控制鈕旋轉的方向會與顯示器的移動方向一致，例如旋鈕向右轉，顯示器的量表亦會向右移動（李再長等，2005）。關於控制與移動間相關的研究已經超過 50 年不曾間斷過，包括有直線式指示器與翻譯式控制器、直線式指示器與旋轉式控制器、圓式指示器與翻譯式控制器間等相關的研究，與電子顯示器與旋轉控制器間的移動相容性研究（Chan，2007）。賴鴻森（2006）曾針對人們在使用不同類型的控制鍵對應物件移動增量的相容性作過研究，研究中發現人們對於增量概念的強弱次序為：向上 > 向右 > 順時鐘方向為增量；另外，與控制物件向左或向右移動增量相較之下，人們在控制物件向上或向下移動增量，較不使用增量概念作為方向判斷的依據。而控制器移動的方向多半與社會習慣有關，例如在歐洲，開燈用的板鈕開關是向下方板動，而美國則是向上方板動，而離開西方世界，也許會遇到與期望完全不同的情況（Kroemer et al.，2002）。

3. 空間相容性（Spatial Compatibility）

空間相容性係指控制器及其關連顯示器在空間上的安排或配置相一致的程度。在設計一個安全有效的操作控制器與顯示器裝置，最普遍的就是使用符合空間刺激配對模式（Chen，2007）。空間相容性多數不是涉及顯示器與其對應控制器之間的實體類似性（Physical Similarity），便是與顯示器和控制器的實體配置（Physical Arrangement）有關。

(1) 顯示器和控制器間的實體類似性

所謂的顯示器和控制器間的實體類似性，即是相關連的顯示器和控制器，在實體特性上或操作方式上具有相當程度的對應性，亦即控制和它所控制的對象之間有一個空間上對等的關係；同樣

的，控制移動的方向，也應與它所控制的部件之移動方向一致，或至少是類似的（方裕民，2003）。Fitts 與 Seeger（1953）曾經作了相關的研究探討。該研究結合了三種不同的刺激與反應控制器，組合成九種情況（圖 2.3），而顯示器由燈泡依照組合的排列方式所構成。受測者必須根據亮燈的刺激位置快速地移動 1~2 個尖筆到燈亮的位置上，將燈觸滅，並記錄下反應時間、失誤率和資訊漏失量。該結果顯示，反應顯示器若是與刺激的控制器越符合，受測者所需時間越少，而錯誤的發生率也就越低，即 S_a-R_a ， S_b-R_b 與 S_c-R_c 這三個組合的績效最佳。另外，也顯示績效的好壞，不僅是決定於刺激反應個別的特性外，也取決於受測者的反應（Lien and Proctor, 2002）。

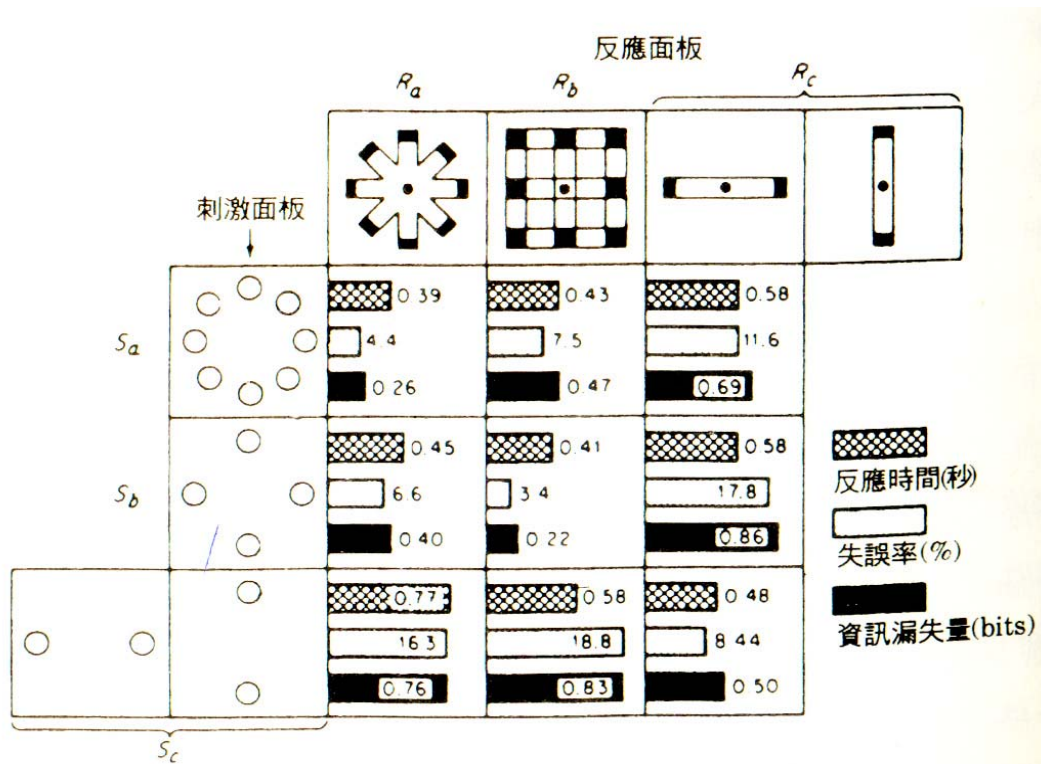


圖 2.3 刺激、反應的空間位置與反應時間、失誤間的關係

資料來源：Fitts & Seeger (1953), S-R compatibility: correspondence among paired elements within stimulus and response codes.

(2) 顯示器和控制器的實體配置

對應的顯示器和控制器，不論是在實驗測試或理性的思考上的結果，都顯示只要是配置成對應的樣式，都獲得最佳的績效。這種實體配置相容性的相關研究中，最經典的則屬以日常所用的四個燃燒盤及其控制鈕所作的測試研究。Chapanis 與 Lindenbaum (1959) (圖 2.4) 呈現了不同配置方式的燃燒盤和控制鈕給受測者，要求他們依指示轉開特定的燃燒盤，並記錄錯誤次數的百分比。

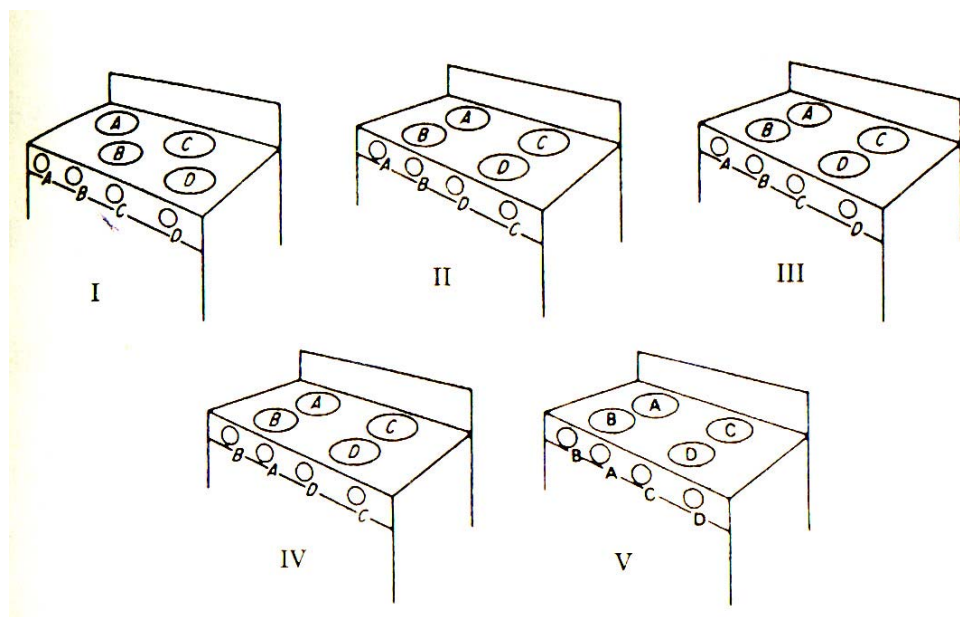


圖 2.4 控制鈕與爐具的相對位置研究

資料來源：Chapanis & Lindenbaum, (1959), A Reactions Time Study of Four Control-Display Linkages.

二個研究結果都顯示，當燃燒爐以直線排列時，以第二種配置方式的使用正確率為最佳；另外，若是以受測者的主觀測試其偏好，選擇第三種的偏好比率則較高。由此可看出，人們所偏好的配置不見得會獲得最佳水準的績效，但控制器與顯示器間的配置關係，應以實際績效為主要的決定依據，而非人們的主觀偏好。

4. 模態相容性 (Modality Compatibility)

所謂的模態相容性係指刺激來源型式與人員反應型式彼此相一致的

程度（侯東旭、鄭世宏，2006）。例如刺激為口頭命令，在反應的形式上則以聲音（口頭回答）較為適合。

2.3.3 群體定形反應

群體定形反應或刻板印象，原本為社會心理學的用詞，指的原是一社會群體具有類似的人格特質或文化特性，以致造成人們對某些事物形成的一種相同成見（許勝雄等，2000）。若是針對控制器的操作行為上，指的則是人類最自然、最習慣的動作，而且這種習慣動作並不是經由訓練而獲致，而是自然而然的，每個人所共有的；簡言之，即人們自然且常作的動作（Bailey，1995）。人們的某些群體定形反應可能會因為其文化傳統的不同而有所影響，這也是為什麼某些設備的設計，必須適應國家的習性，當然也包括刻板的反應。然而，並非所有的群體定形反應都是根深蒂固、一成不變的，就像不是所有為右手操作者設計的配置，也會同樣能適合於慣用左手的人（鄔慎智等，1999）。

2.3.4 預設用途與自然局限

Affordance 一詞初期由知覺心理學家 Gibson 創造出的名詞，意指不同的物質特性提供不同的動物所需及不同的行為；動物能藉由察覺環境中的物質特性，來達到生存上的所需，於是這種生物與環境中物質的對應關係便稱之為 Affordance。由於 Affordance 在國內並沒有統一的名稱，因此在本研究中採用 Donald A. Norman 在設計心理學中文版一書中，所使用的預設用途一詞。Affordance 的觀念在 1988 年由 Norman 引進設計界後，進而演變成為增進產品的能見度及可用性的一種方法（You，2006）。

介面主要利用自然局限(Natural Constraint)和預設用途(Affordance)

二種示意來引導使用者採取適當的行動；預設用途示意其可能性的範圍，而自然局限則縮小了可行性的方式 (Norman, 2007)。與介面有關的局限方式一共有三種，分別為：物理的、意義與文化的以及邏輯的。物理的局限 (Physical Constraint) 依賴物理世界的性質來決定操作，限制了硬體介面可能的操作方法 (方裕民, 2003)。而意義與文化的局限及邏輯的局限與自然配對有著密不可分的關係。意義與文化的局限主要是依據一些傳統與普遍性的知識來限制可行的方法；邏輯的局限則是自然配對中的一項功用，主要是藉由心理上的同理心來運作的，如有兩個電燈開關，左邊的開關控制左邊的燈，右邊的開關控制右邊的燈，這便有很好的自然配對。

2.3.5 自然配對

配對原來是意指二件物件之間的關係，而在設計心理學一書中，Norman 將其用來解釋使用者在操作一產品時，其動作與結果間的關係，亦即每一個操作動作都能直接匹配到想要達到的功能上。若是針對介面設計來說，所涉及的便是使用者進行控制、機器受控制後的變化與真實世界產生的結果三者間的相互關係。而自然配對便是把這些相互間的關係設計得合宜、正確，且容易學習而且永遠記得。自然配對是利用人們心理上的同理心，再配合物理環境與空間的類比以及文化的準則，來提供使用者立即且有效的理解。

1. 物理環境的類比：所謂的物環境的類比，即是依賴物理世界的性質來決定操作的方式，讓使用者在未做其他動作前，被局限於做適當的動作 (Norman, 2007)。
2. 空間的類比：空間的類比，亦屬於物理環境的類比。此類比則是運用控制和其控制的對象在空間上相似，達到彼此間的一種對等關係。

3. 文化的準則：即利用一些人為接受的傳統或社會的習慣作為操作上的線索。

這樣的原理雖然簡單、容易理解，卻很容易被忽略。現今的產品常常會以功能主義為主要的訴求，當一項產品同時具備很多功能的同時，都會相對地增加產品本身的大小以及操作上的複雜性；只是現代人追求的不僅是多功能，更要求體積小，而這樣的結果變是大大地擴增了介面上的操作困難度。在日常生活中，這樣的用品多到難以計數，而我們天天都能接觸到的照明系統的電源開關便是一個很好的例子。一般而言，電燈通常是配置於天花板上，然而開關則是以並排的方式被安排在牆上。天花板兩度空間的電燈與牆上一度空間的開關，自然不符合自然配對中的空間類比原則，加上電機技工一般是按照燈與燈的相對位置來安排開關的位置，因為這樣的排列看來整齊，裝配容易且成本低，這樣的設計卻容易產生人為的錯誤。Norman（2007）認為，如果電燈開關能以水平的方式而非垂直地裝置，這樣一來開關的空間排列就能和電燈的空間排列一致，這樣便能符合自然配對的原理。







2.4 照明系統之電源開關的介面種類

照明系統之電源開關的介面種類有很多，在本研究中，依國內較常見的介面，依其屬性分別歸納為以下四種類型：

1. 依按鍵的大小：

		
<p align="center">圖 2.5 小開關</p> <p>資料來源: 上海開關網， 2007.12.16</p>	<p align="center">圖 2.6 中開關</p> <p>資料來源: 良興 EcLife 購 物網，2007.12.16</p>	<p align="center">圖 2.7 大開關</p> <p>資料來源: 上海開關網， 2007.12.16</p>

2. 依按鍵的數量：

		
<p align="center">圖 2.8 單開關</p> <p>資料來源: 豐立自動控 制，2007.12.16</p>	<p align="center">圖 2.9 雙開關</p> <p>資料來源: 豐立自動控 制，2007.12.16</p>	<p align="center">圖 2.10 三開關</p> <p>資料來源: 豐立自動控 制，2007.12.16</p>
		
<p align="center">圖 2.11 四開關</p> <p>資料來源: 豐立自動控 制，2007.12.16</p>	<p align="center">圖 2.12 五開關</p> <p>資料來源: 豐立自動控 制，2007.12.16</p>	<p align="center">圖 2.13 六開關</p> <p>資料來源: 豐立自動控 制，2007.12.16</p>

3. 依按鍵的操作方向性：

			
<p>圖 2.14 上下</p> <p>資料來源: 上海開關網, 2007.12.16</p>	<p>圖 2.15 左右</p> <p>資料來源: 駿發公司, 2007.12.16</p>	<p>圖 2.16 按壓</p> <p>資料來源: 上海開關網, 2007.12.16</p>	<p>圖 2.17 感應</p> <p>資料來源: 上海開關網, 2007.12.16</p>

4. 依按鍵功能性：

		
<p>圖 2.18 空白</p> <p>資料來源: 上海開關網, 2007.12.16</p>	<p>圖 2.19 電源開啟提示 (無回饋)</p> <p>資料來源: 上海開關網, 2007.12.16</p>	<p>圖 2.20 電源開啟提示 (有回饋)</p> <p>資料來源: 駿發公司, 2007.12.16</p>
		
<p>圖 2.21 電源與開關配對提示 (文字)</p> <p>資料來源: 駿發公司, 2007.12.16</p>	<p>圖 2.22 電源與開關配對提示 (符號)</p> <p>資料來源: 楊誌雄、林振陽, (2006), 2006 兩岸藝術與設計學術研究成果發表會論文集</p>	

根據上述的表格中得知目前市面上的電源開關介面，其外型與功能上都有些許的差異；從這些分類可以發現，依按鍵大小分類中的中開關，是我們在日常生活中最常見也最常接觸到的，而隨著高齡化社會的來

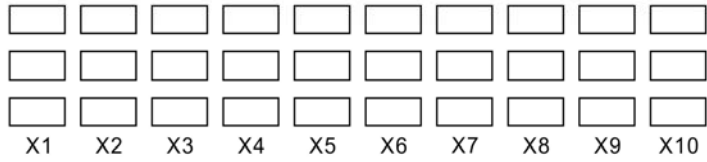
臨，按鍵的開關也隨之變大，如此一來，可以使手部功能及視力日益退化的年長者或者有手部功能等障礙的殘障者，可以藉由介面按鍵觸碰範圍的擴大，而達到方便操作的目的。除此之外，由於早期的按鍵完全是空白的，故在操作時，常造成讓人分不清楚該按鍵究竟是處於 ON 或 OFF 的狀態；因此在設計上，漸漸改良成在按鍵上多增加無回饋性的提示或有回饋性的 LED 顯示器；另外，我們經常會因為在一個空間內，到處都是各式各樣電源開關的聚集，因而常常讓使用者因為不曉得哪個開關應該控制哪個燈而困擾，故也隨之有在按鍵上標示控制目標的文字提醒功能。而在近幾年來，也出現了有別於過去舊有按鍵式的介面；它是利用圖像的設計來提醒使用者該開關控制的目標。

2.5 公共空間概況調查

由於照明系統的電源開關大多是經由一個空間裡所設置的燈數的多寡，來決定開關介面的按鍵數量，因為有必要對公共空間的環境，作概略性的理解。由於公共空間的範圍相當廣泛，因此該概況的調查中，主要以教室、活動中心等一般人常會接觸、使用到照明系統電源開關介面的空間為主。

此一概況調查主要以雲嘉南地區的大專院校以及活動中心為訪查的對象，包括南華大學、中正大學、嘉義市兒童館與台南縣文化中心等一般民眾較有機會接觸其電燈開關介面的公共空間。圖 2.5~ 12 為各訪查地點之照明系統與電源開關介面的位置分布圖與配對的情形。

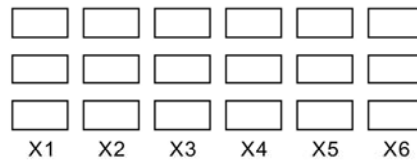
南華大學R134



- A--->X1
- B--->X3,X4
- C--->X6,X7
- D--->X9,X10
- E--->X2
- F--->X5,X8

圖 2.23 南華大學教室照明系統與電源開關介面的相對位置

南華大學R207



- A--->X1
- B--->X3,X4
- C--->X5,X6
- D--->X2

圖 2.24 南華大學教室照明系統與電源開關介面的相對位置

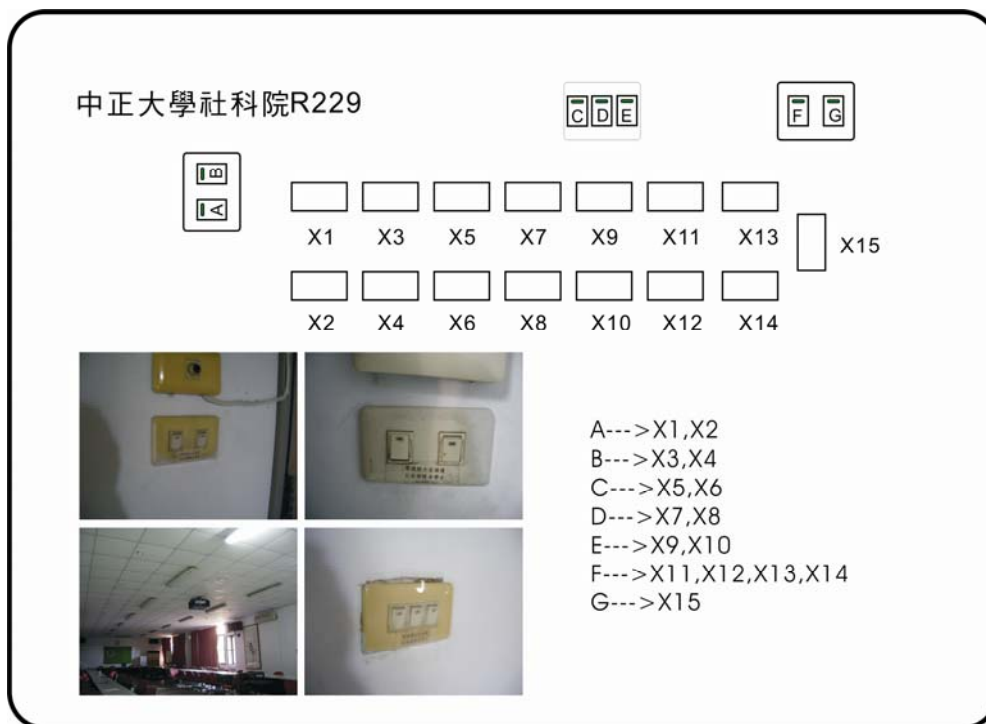


圖 2.25 中正大學教室照明系統與電源開關介面的相對位置

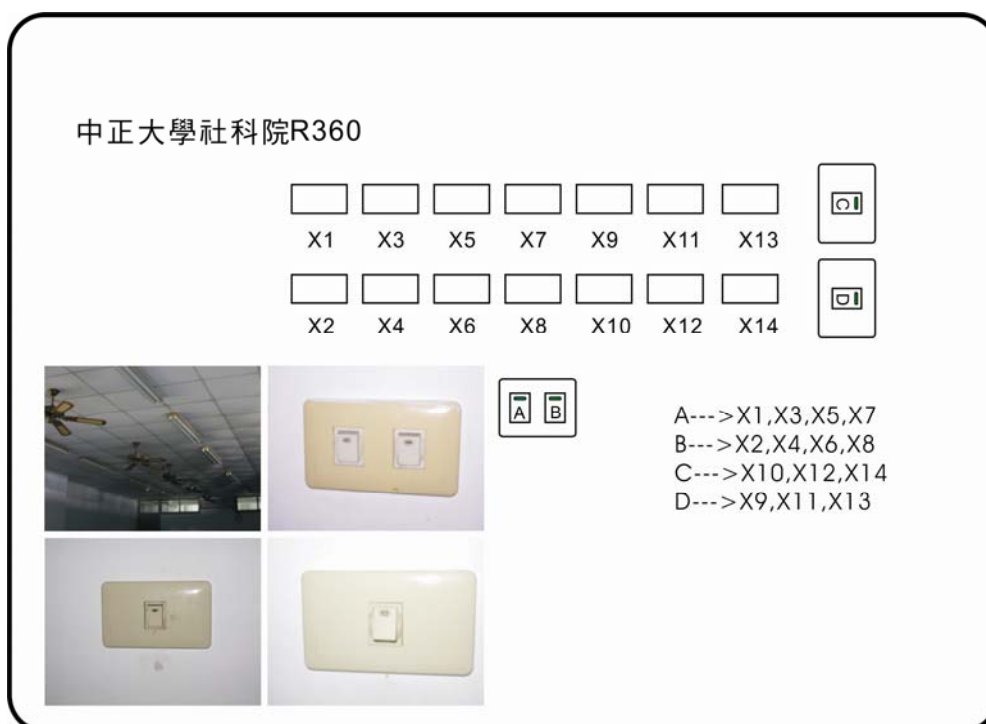


圖 2.26 中正大學教室照明系統與電源開關介面的相對位置

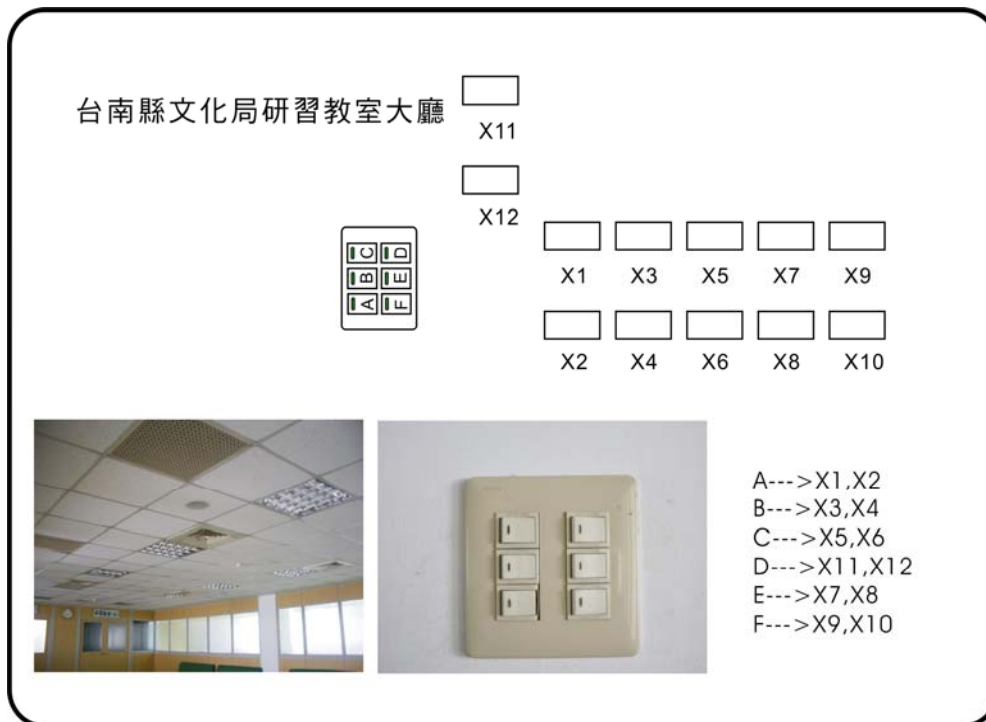


圖 2.27 台南縣文化局研習教室照明系統與電源開關介面的相對位置

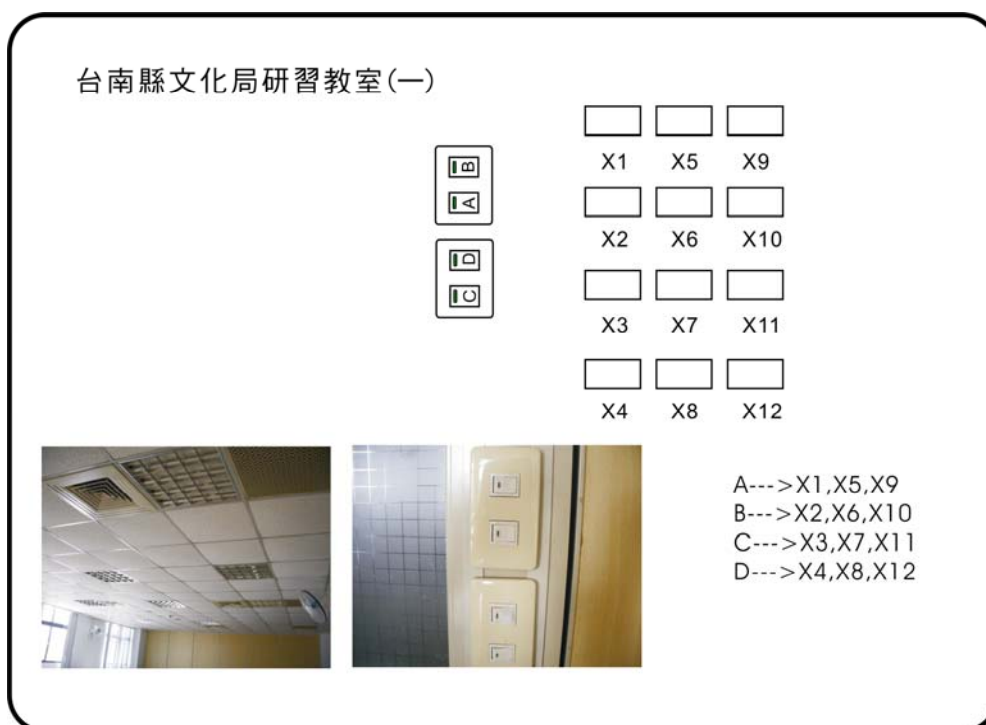


圖 2.28 台南縣文化局研習教室照明系統與電源開關介面的相對位置

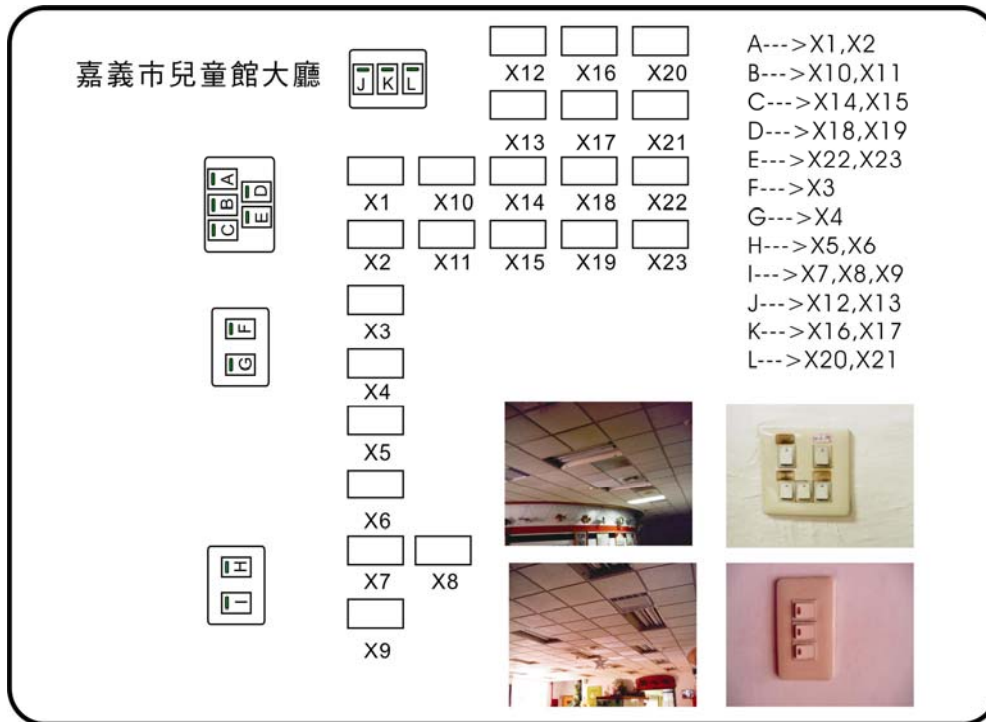


圖 2.29 嘉義市兒童館大廳照明系統與電源開關介面的相對位置

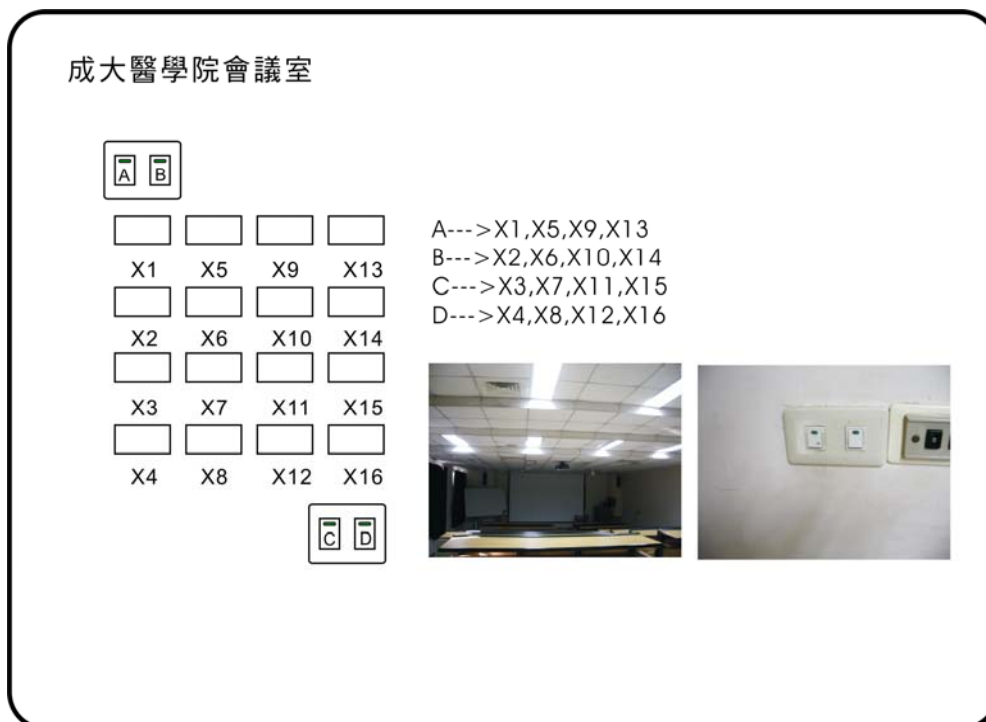


圖 2.30 成大醫學院會議室照明系統與電源開關介面的相對位置

在所訪查的公共空間中，歸納出以下的結論：

1. 公共空間主要皆是矩形面積為多，而照明系統是依據整個空間的大小，平均分布於天花板上。
2. 由於公共空間所需要的燈數較多，因為照明系統與電源開關的關係，並不採用一對一的配置，而是一個開關按鍵會控制 2 個以上的電燈，即以 2 個以上的燈數為一個單位，配合上一個開關按鍵。
3. 照明系統與電源開關的配置情形，所呈現的狀態很混亂，並沒有一定的規則，有的會以水平方式，有的則是以垂直的方式配置，以配對的方式排列的情況不明顯。
4. 在電源開關的安排上，主要有二種方式，一為散佈於四周的牆面上，二為集中於一個牆面上的某處，且多數的情形皆會設置於門口附近的位置。
5. 由於公共空間的燈數較多，電源開關的介面也是由各不同數量的介面按鍵組合而成，在所訪查的地點中，就包括有一、二、三、五以及六個的按鍵開關，而數量以二與三的按鍵介面最多。

2.6 文獻總結

本研究旨在探討教室照明系統與電源開關之相容性研究，研究中蒐集了使用者相關認知模式、控制裝置的設計、以及相容性原則與對應性關係的相關文獻探討；綜合前述文獻探討的論點及介面種類的介紹，歸納出以下的結論：

1. 使用者相關認知模式探討

本項目探討的目的在於了解心智模式、設計模式以及系統印象三者間的關係，而這三者間所產生的偏差，也是造成使用者的心智模式與設

計者的設計模式間認知上差異的主因。在我們平時使用舊有照明系統的電源開關時，經常會發生按了按鍵之後，經常會發生電燈亮的位置並沒有與心理所預期的目標一致。

2. 控制裝置的設計

照明系統與電源開關間的關係，若就控制和顯示裝置的角度來說，使用者經由電源開關來控制照明系統，而照明系統則是以電燈的亮燈作為使用者操作後的結果顯示，因此，電源開關屬於控制裝置，而顯示裝置則屬於顯示裝置；由於電燈的開關本身除了是一種控制裝置外，在開關的按鍵上，同樣顯示了電燈現在所呈現的狀態，因此介面本身亦可說是顯示裝置。在按鍵的提示上，無回饋性的提示及有回饋性的LED顯示，本是用來提醒使用者其開與關的狀態，但在日常生活的實際狀況中，經常是二個以上的按鍵並列，當按鍵越多，開啟和開關的按鍵同時並存的情形下，這些功能是否能發揮辨識功能或是讓使用者更加混亂還有待釐清；另外，楊誌雄、林振陽（2006）在居家環境e化產品操作介面適應性所作的研究中，對於居家照明系統使用操作介面就是以圖像符號的提示介面作為研究的內容，結果發現有部分圖像在操作上，令受測者產生另類解讀，無法達到易操作的目的。上述的這些介面在操作上，限制了使用者只能以上下或左右按壓的方式操作，因此提供了使用者很明顯的物理侷限與預設用途，讓使用者不致於會使用其它錯誤的操作方式，而造成困擾。

3. 相容性與對應性關係

就照明系統與電源開關間的空間相容性上來說，二者之間在空間上的配置，並沒有達到一致的程度，一方面是由於照明系統與開關間所處的空間不同，二則是因為開關介面的設計考慮到節省空間及美化的因

素，因而採用規則垂直排列或水平排列的方式（圖 2-5 右）；如果在安排上沒有運用到空間相容性的優點，那更遑論是自然配對了，而這也是一般人在日常使用上，最常面臨到的問題；而 Norman 對於這個問題，所提出的觀點，則是認為應該將電源開關與照明系統一樣，以水平的方式配置，讓二者之間達到一個空間上的類比，並將開關的空間排列做得和燈的空間排列一致，這樣便符合了自然配對的原理（圖 2-5 左）。但是這樣的設計，與傳統式的設計相比，雖然解決了空間上的差異性，卻也因此佔用了更大的空間，在台灣這種地狹人稠的地形其實並不是那麼合適；除此之外，由於每個室內空間的面積和配置的方式都不盡相同，要在介面上將開關的空間排列做得和燈的空間排列成一致的方式，屬於客製化的產品，並不能通用在所有的空間上。

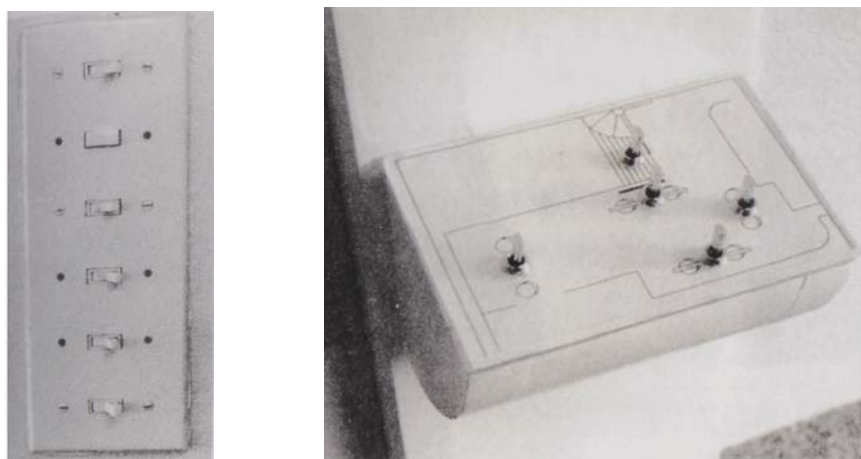


圖 2.31（左）：水平配置並運用與空間的自然配對介面
（右）：一般以垂直配置的電源開關介面

資料來源：Norman, (1983), 《The design of everyday things》

另外，Arnout R. H. Fischer (1999)對於 Norman 所提出的自然配對原則，也提出了不同的見解，他認為雖然此原則是一個簡單易理解的方法，但是卻至少存在著兩個開放性的問題：一為介面的哪些部分可以使用自然配對來形容以及會有哪些效果，二者為物理環境的類比以及文化的準

則實際上為何。因此他也認為如果自然配對要成為設計師在設計時一個明確的準則，就必要考慮到以下的問題：

- (1) 自然配對的潛在價值以及範圍等的所有架構應該被有系統地闡述出來。
- (2) 現有可行的資料及模式應該被轉換為能夠適用於自然配對架構的方法。

第三章 研究方法與步驟

3.1 研究步驟與架構

本研究架構主要分為三大部分：第一部分，針對相關文獻進行討論，其中包括：使用者認知模式探討、控制裝置設計以及相容性與對應關係分析。再者，針對現有公共空間的照明系統與其電源開關做初步的現況調查，歸納出目前現有的配置狀況，並根據歸納的結果作為實驗設計的基礎。第二部分為實驗設計，可分為三個階段：首先針對使用者對於電燈與其電源開關的使用現況，及其空間相容性與自然配對的概念等作初步的問卷調查，並分析出受測者對於照明系統與電源開關間使用的相關結果。再者，利用電腦 3D 模擬不同方向的場景與不同的介面組合，對受測者進行兩者間的配對，並同時記錄受測者的答案；之後將所統計出來的結果，依多數人的答案，作為第二次測試的正確解答；受測者隨機分配不同場景方向，進行回饋性的學習測試，比較第一次與第二次實驗間的差異性。第三部分為實驗分析，此一部分將問卷與實驗結果，透過電腦統計軟體 SPSS 進行分析，針對開關介面的使用情形、空間相容性與自然配對上的認知差異、不同方向的場景間以及不同介面的組合所產生的差異性以及學習過後的績效比較等進行相關的分析。圖 3.1 為本研究之架構圖。

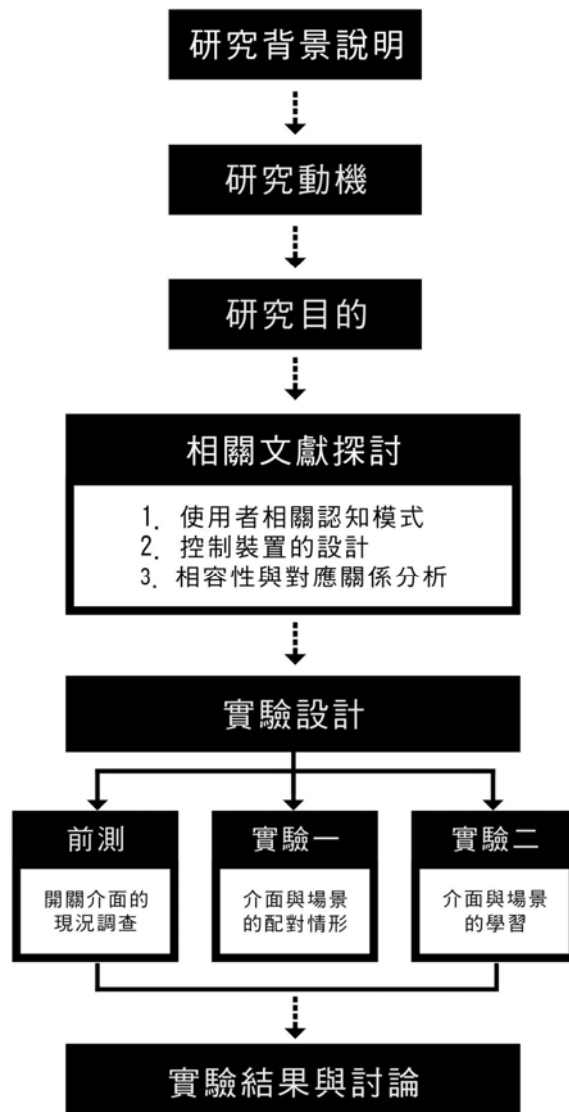


圖 3.1 研究架構圖

3.2 實驗架構

3.2.1 前測問卷

問卷部分主要針對一般使用者較容易接觸到電源開關的公共空間為主要的調查範圍。問卷的內容可分為三部分，第一部分請受測者填寫簡

單的個人基本資料，如性別與年齡等；第二部分為介面的使用種類，用以了解一般民眾於公共空間最常接觸到的介面按鍵種類；第三部分為介面種類使用情況調查，主要目的在於發現使用者對於公共空間照明系統的電源開關操作介面的位置、各種按鍵介面的狀態以及配對認知的情形。

3.2.2 後測實驗

在後測實驗的部分，則將公共空間的範圍縮小到教室空間，進一步針對在校學生對教室照明系統與電源開關間的操作與認知上的差異性與錯誤率，進行更深入的實驗探討。實驗主要分為兩階段，第一階段首先針對教室照明系統與電源開關介面作電腦模擬測試，讓受測者依其照明系統與電源開關間位置的關係，反應出其所認為兩者間應該的相對位置；第二階段則利用第一階段受測者的答案，依多數人的相同反應作為第二階段的正確答案，再針對第一階段的受測者進行有回饋性的學習電腦模擬操作測試。

第四章 實驗設計

4.1 開關介面現況問卷調查

4.1.1 受測者

問卷調查主要針對有機會接觸到公共空間的各年齡層為對象。本問卷共發放了 130 份，回收有效問卷共 103 份，回收率為 79.2%。受測者中包括有學生、上班族、醫院志工等。

4.1.2 問卷內容

除了個人的基本資料外，問卷主要有介面使用的種類及介面使用的情況二大部分，其中在介面使用的內容主要有：不同按鍵介面並排影響操作的情形、介面按鍵上的標示（空白、無回饋標示及 LED 顯示標示）對操作之影響程度、介面按鍵上的標示隨按鍵數量增多的影響情形，以及受測者對於照明系統與操作介面間的配對認知。

4.2 照明系統與介面操作實驗

4.2.1 實驗一：照明系統與介面間配對測試

1. 實驗對象

實驗一主要針對學校教室的照明系統與電源開關介面的調查，以在校學生為研究對象；在實驗進行前，被實驗者皆被充份告知此實驗的目的以及對實驗測試的流程與內容。本實驗共有 36 名受測者，對象皆為南華大學應用藝術與設計系大學部與研究所的學生，男性 16 名、女性 20 名，年齡範圍從 19~27 歲，平均年齡為 22.58 歲（SD = 2.12）。

2. 實驗設備

實驗設備共分硬體與軟體二部分。在硬體部分（如圖 4.1），以藍天 14 吋筆記型電腦，Intel Celeron M 1.3G 中央處理器，作為介面顯示及操作使用。大同 14 吋筆記型電腦，Genuine Intel Pentium II 中央處理器，作為場景播放使用。另外在場景模擬的部分，利用 TOSHIBA TDP91 的投影機，將場景投射至白色牆面上。在實驗用軟體部分，包含利用 3dsMAX 9 軟體進行三 D 教室空間之左邊、右邊與對面的方向建景（如圖 4.2），之後轉入 POWERPOINT 2000 軟體完成場景的實驗測試題型。另外在介面操作的部分，先在 CORELDRAW 12 軟體進行介面底圖的繪製，再輸入 RAPID 8.01 進行按鍵的編排（如圖 4.3）。



圖 4.1 實驗相關設備

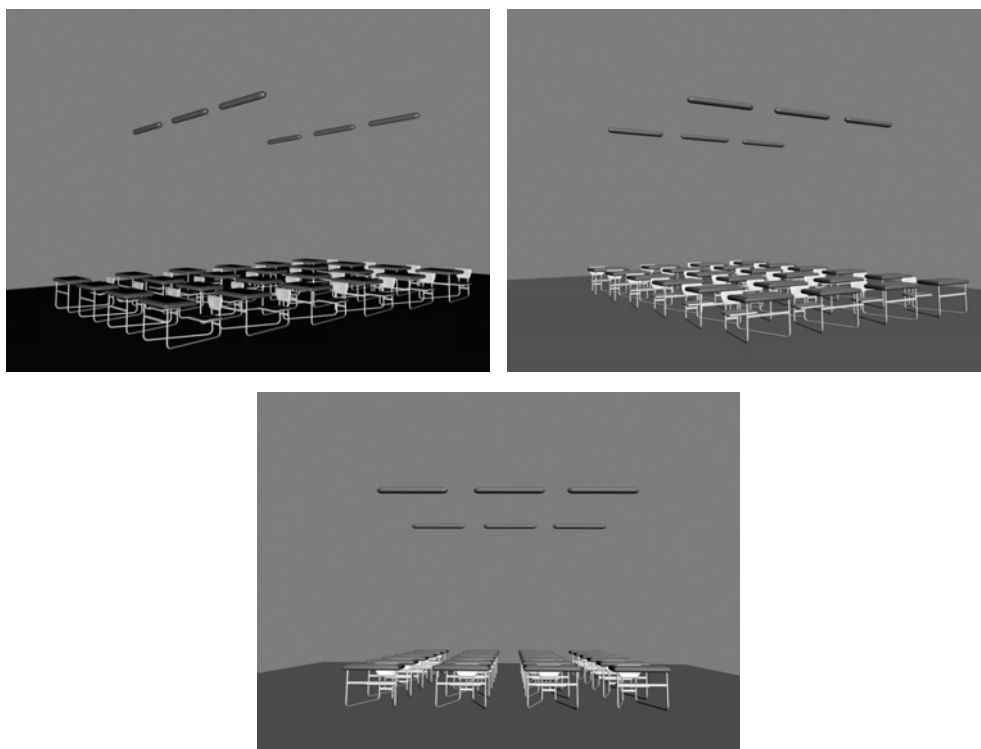


圖 4.2 左、右、對面模擬場景



圖 4.3 模擬開關介面

3. 實驗流程

本實驗為教室照明系統與電源開關介面的電腦模擬測試。首先在教室的模擬場景的部分，一共模擬了三個不同方向的角度，配合上二、三、四、五與六排燈的場景，並利用投影機投射於受測者的左邊、右邊或是後面的牆面上，如圖 4.4~4.6；另外由於場景的燈數分別有二、三、四、

五以及六排燈，因此在開關介面上除了以一對一的方式配對外（即二排燈對二個按鍵，三排燈對三個按鍵，以此類推），還有四對二與六對三的情況（即四排燈對二個按鍵，六排燈對三個按鍵）如圖 4.8；故在開關介面上，採用前階段現況調查中，較常使用的二個與三個按鍵的狀況；利用二個與三個按鍵組合而成的介面配合上述的所有情況，共排列出 25 種介面(如圖 4.8~4.10)，經由隨機打散 25 種介面後搭配上不同方向的照明系統場景，再對受測者進行實驗測試，而受測者每個人都必須測試過所有的介面，該實驗才算完成。由於實驗中有三個不同方向場景的需求，因此將受測者分為左、右與對面三組(如圖 4.7)，每組共 12 名受測者。受測者必須依其被安排的位置以及投影的亮燈排數之變換，配合位於自己前方的開關介面，直覺地反應出其所認為兩者間應該的相對位置，而由研究者播放場景並記錄下受測者的反應結果，圖 4.11 為場景為右邊者之實驗說明簡圖，圖 4.12 為實驗設備擺放位置與實驗進行狀況。

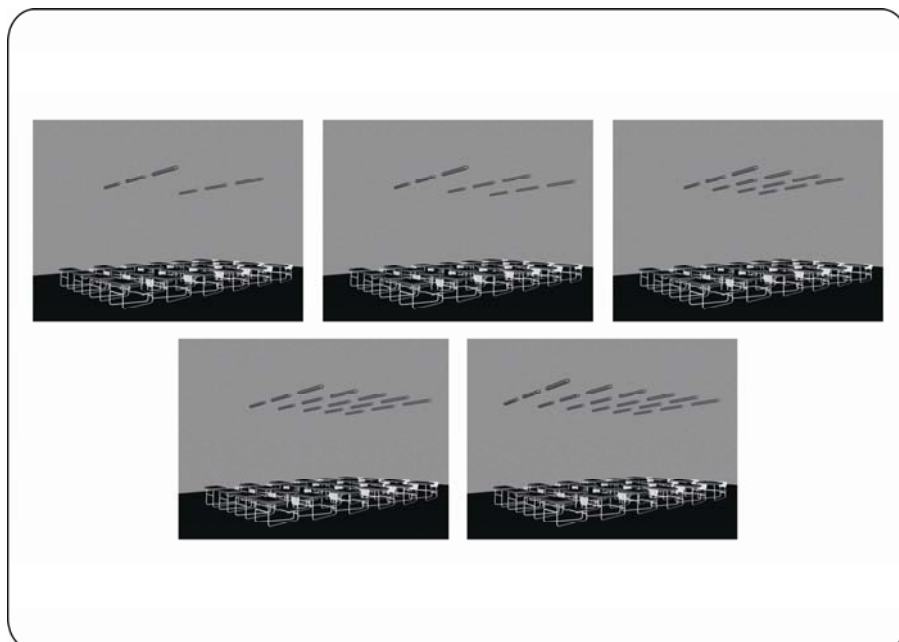


圖 4.4 實驗模擬左邊二至六排燈場景

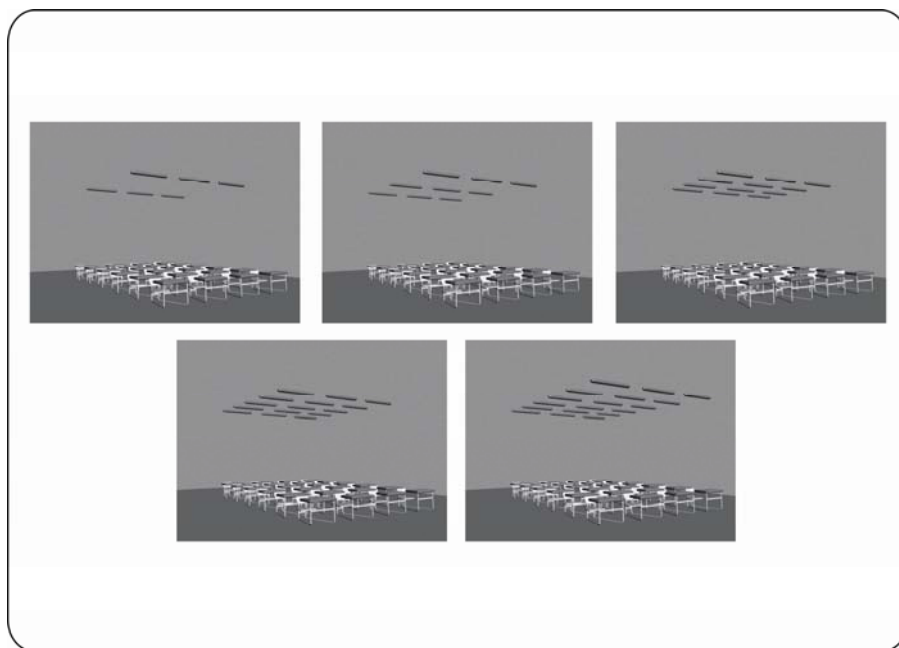


圖 4.5 實驗模擬右邊二至六排燈場景

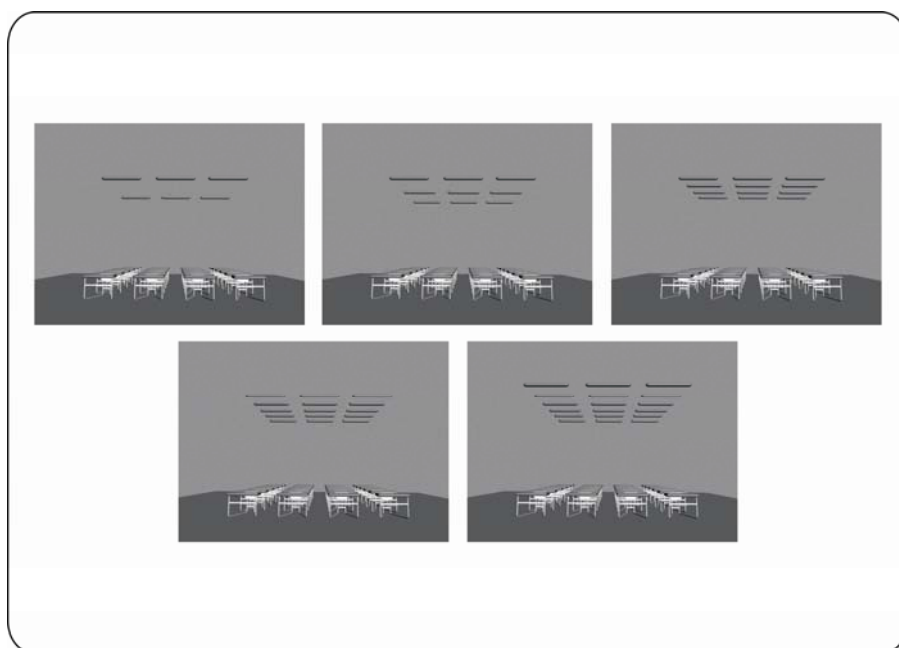


圖 4.6 實驗模擬對面二至六排燈場景

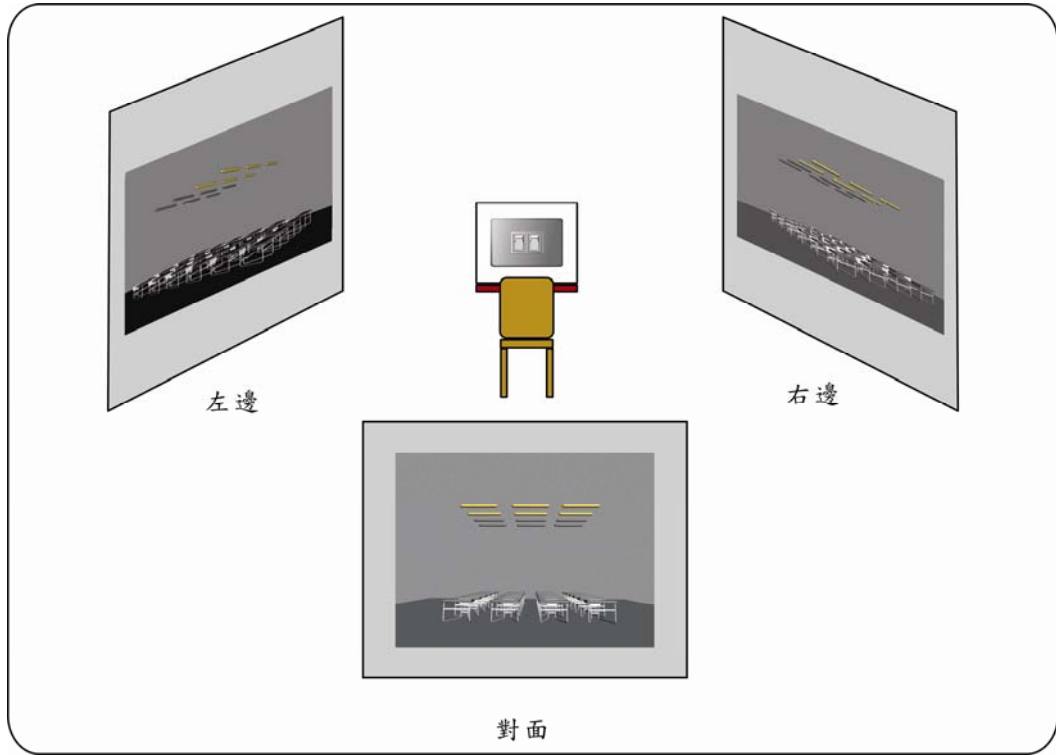


圖 4.7 介面與三個不同場景間的實驗位置

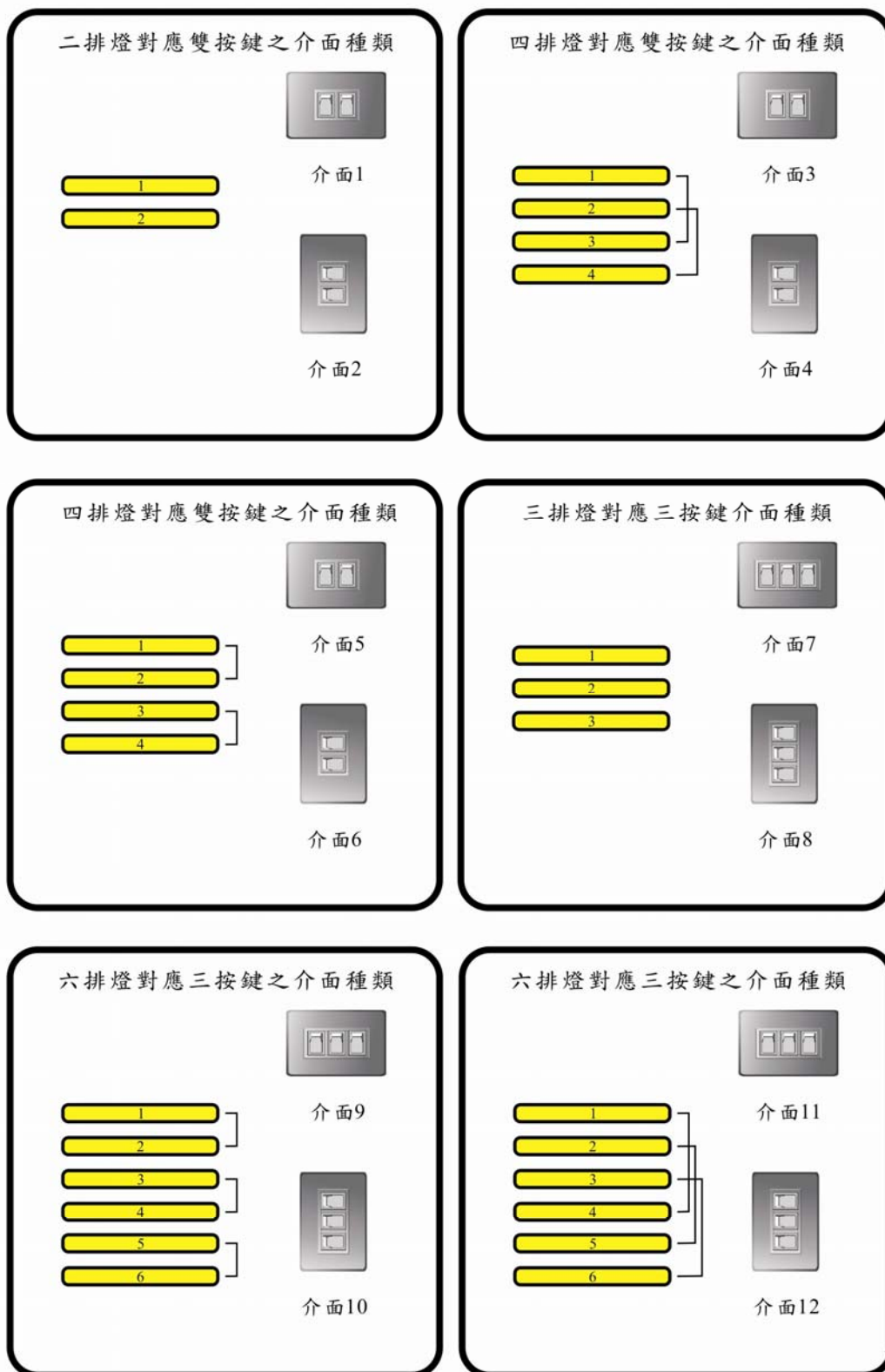


圖 4.8 場景燈數與 25 種介面中的分配情況之一

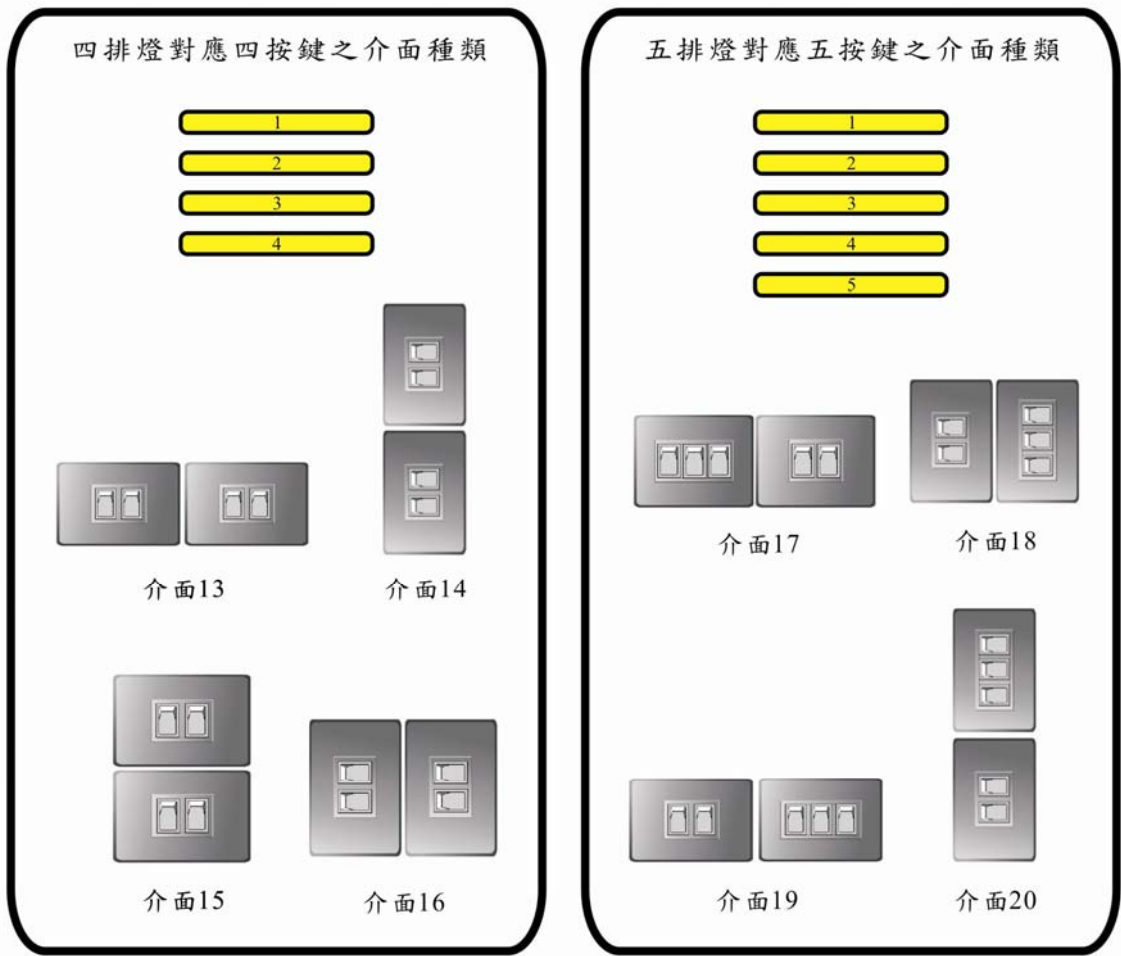


圖 4.9 場景燈數與 25 種介面中的分配情況之二

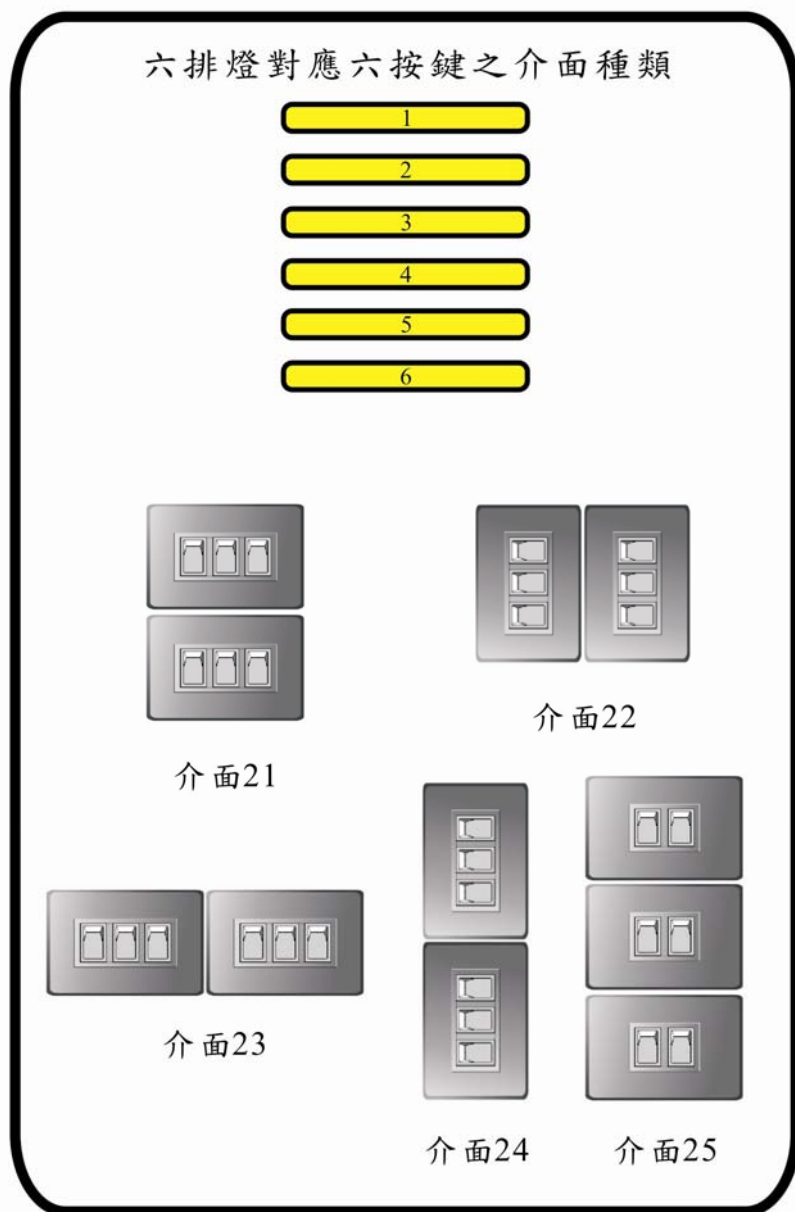


圖 4.10 場景燈數與 25 種介面中的分配情況之三

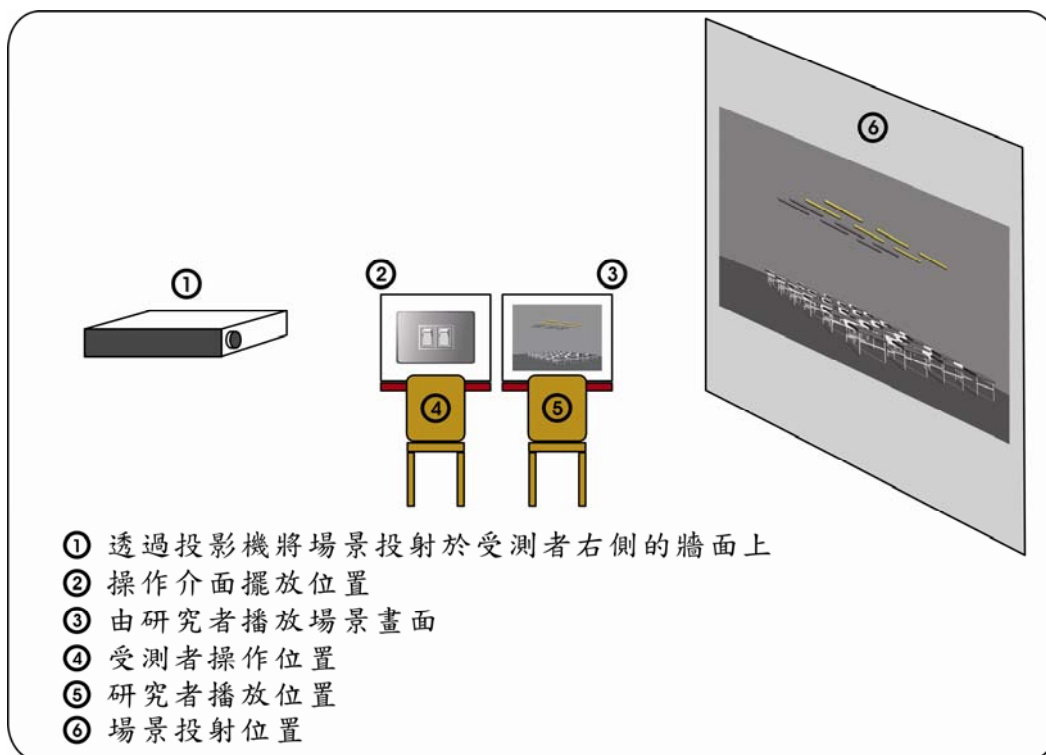


圖 4.11 場景為右邊者之實驗說明簡圖

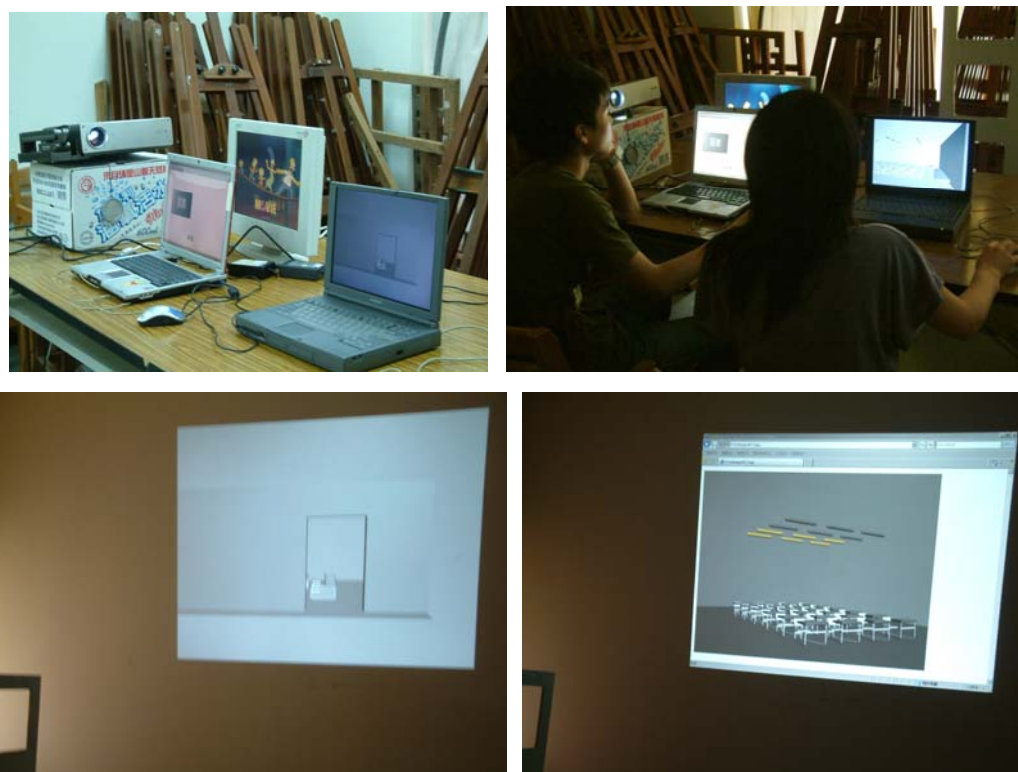


圖 4.12 實驗設備擺放位置與實驗進行狀況

4. 實驗結果分析

實驗進行完畢後，收集並整理所有受測者對於照明系統與開關介面間的配對結果。由於根據場景的方向而將受測者拆成左邊、右邊與對面三組，因此可以獲得三組不同方向的配對結果與 25 種介面間的相同與相異之處，並作為後續分析的原始資料。

4.2.2 實驗二：介面操作學習與錯誤率實驗

1. 實驗對象

實驗二的受測對象，與實驗一為同一組受測者，共有 36 名受測者，男性 16 名、女性 20 名，年齡範圍從 19~27 歲，平均年齡為 22.58 歲 (SD = 2.12)。

2. 實驗設備

可分為硬體與軟體二部分，硬體方面，以藍天 14 吋筆記型電腦，Intel Celeron M 1.3G 中央處理器，作為介面顯示及操作使用；在場景的部分，同樣利用 TOSHIBA TDP91 的投影機，將場景投射至牆面上。而軟體部分，以 3dsMAX 9 軟體進行三 D 教室空間之左邊、右邊與對面的方向建景（如圖 4.2），之後轉入 MICROMEDIA DREAMWEAVER MX 2004 軟體，將介面與電燈場景的部分都轉入該軟體（如圖 4.13），製作成互動性的連結網頁程式（如圖 4.13~4.17）。

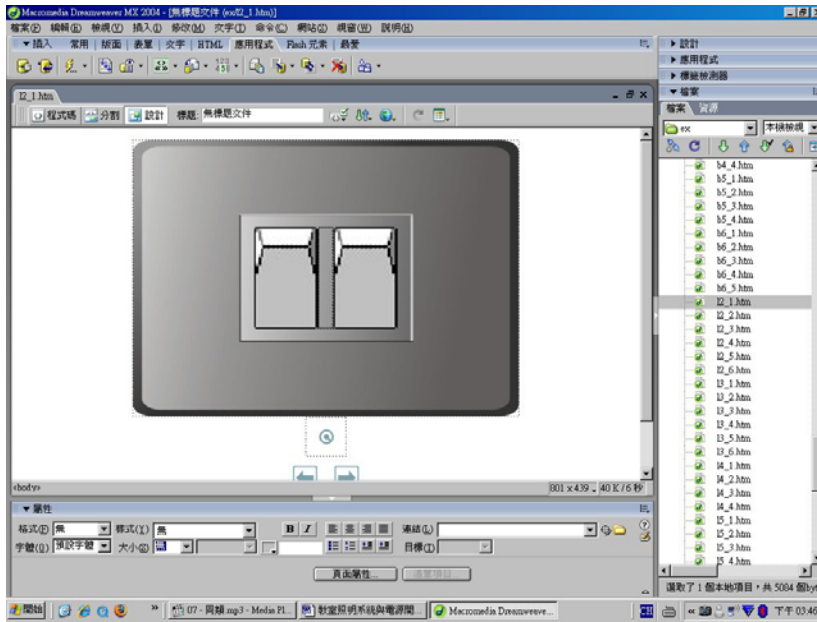


圖 4.13 MICROMEDIA DREAMWEAVER MX 2004 場景製作



圖 4.14 開關介面操作畫面

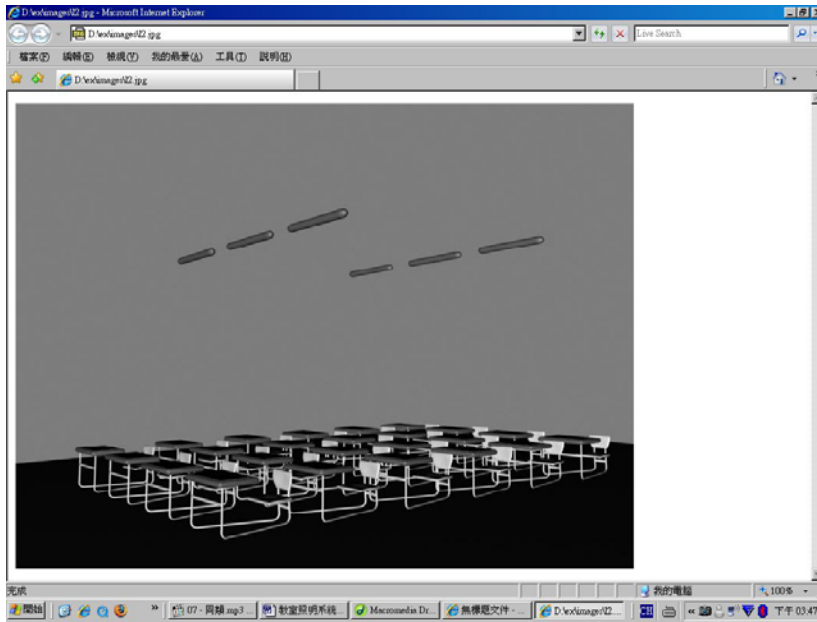


圖 4.15 開關介面聯結左邊場景

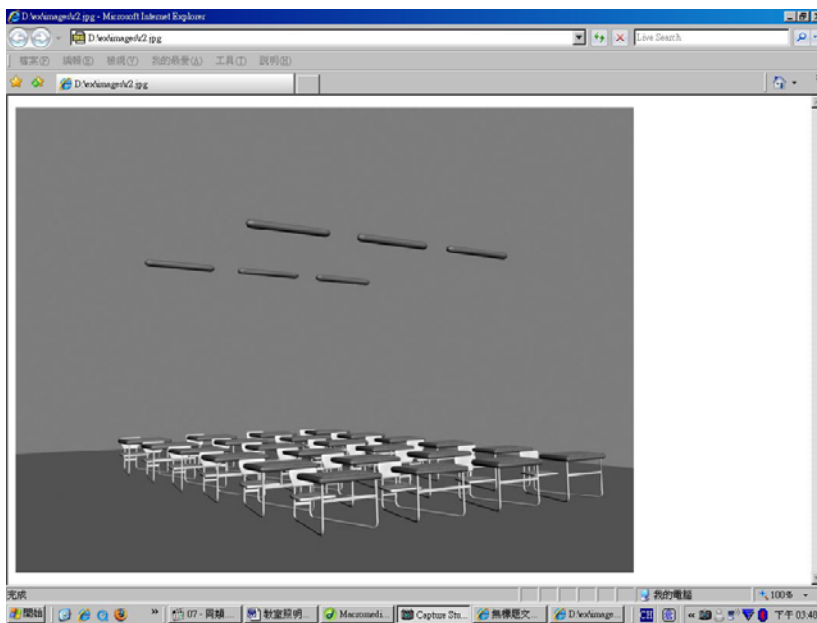


圖 4.16 開關介面聯結右邊場景

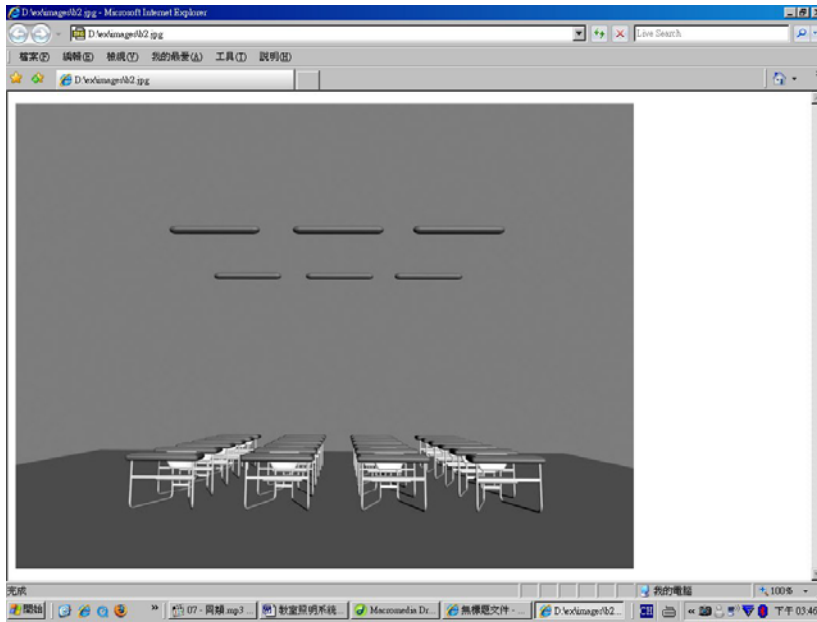


圖 4.17 開關介面聯結對面場景

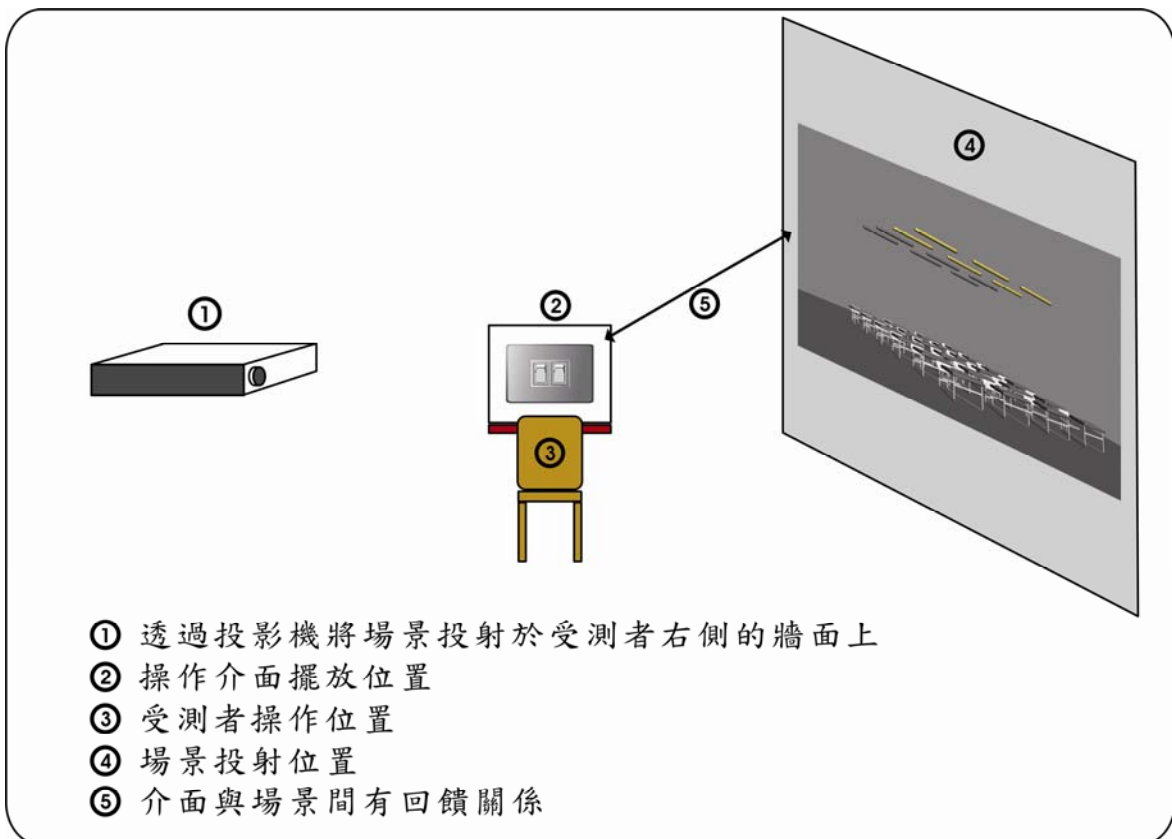


圖 4.18 右邊者之實驗說明簡圖

3. 實驗流程

實驗二於實驗一完成後一個禮拜進行，目的是為了避免實驗一的測試結果影響到第二次的實驗。本次實驗採用有回饋性的測試，受測者操作了開關介面後，結果會直接反應於場景上，即介面與模擬場景間有回饋性。在本實驗中，場景依舊分為左、右與對面三個方向，受測者仍根據場景的方向分為三組，每組 12 名，而分配到的場景與實驗一完全相同，即 A 受測者在實驗一被分配到左邊的場景，在實驗二分配到的依舊為左邊場景。在實驗二進行前，受測者會先被告知實驗二與實驗一的場景與介面安排方式是相同的，但差別在於按鍵介面與場景的電燈之間是有回饋性的（如圖 4.18），並且按鍵與排燈間的關係，是利用第一次實驗的結果而來。在實驗一開始，投影畫面會先出現沒有亮燈的場景，讓受測者了解按鍵與場景間的關係之後，再根據研究者的指示，操作位於自己前方的按鍵介面，如果受測者的答案正確，就繼續下一題，若答案錯誤，受測者就必須一直按到所指示的排燈亮起為止，才能進行下一題，直到 25 個介面全都完成為主，實驗才算結束，圖 4.19 為實驗進行情況。

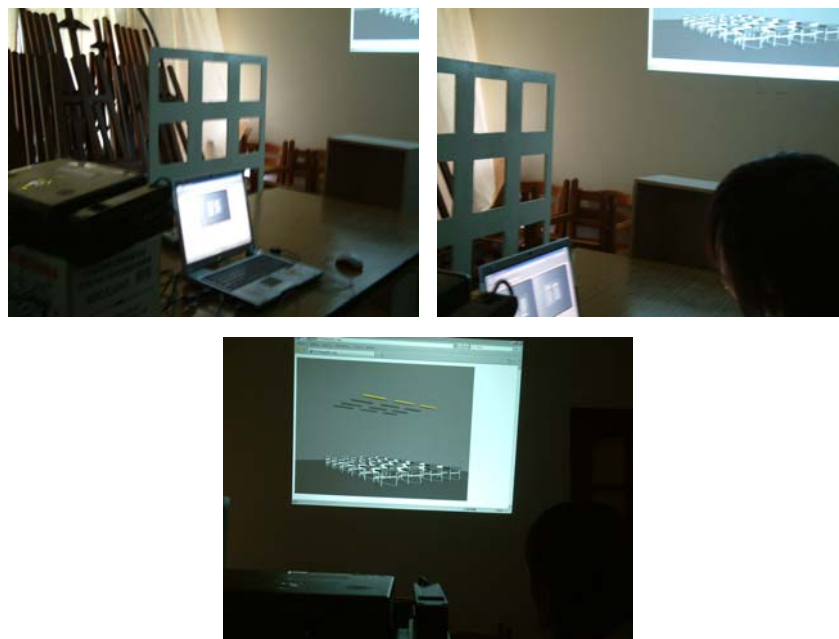


圖 4.19 實驗進行情況

4. 實驗結果分析

實驗進行結束之後，統整 36 位受測者於不同方向的場景下，操作開關介面的反應結果。實驗二依舊如實驗一，把受測者依場景的不同方向分成三組作測試，每一組的受測人員皆與實驗一相同，並且實驗二的互動結果是根據實驗所統計出來多數人的配對反應結果而來的，因此可以比較出實驗一與實驗二間受測者的差異性，如三個不同方向的場景間以及 25 種介面間之差異、操作過程中的學習影響性以及錯誤率等結果，以作為後續探討的分析資料。

第五章 問卷與實驗結果分析

5.1 問卷結果

問卷結果分為三個部分，第一部分為問卷的基本資料，第二部分為介面使用種類，最後一部分為介面種類使用的情況。

5.1.1 基本資料

受測者基本資料結果，如表 5-1 所示，男性 31 名，女性 72 名，其年齡範圍在 20 至 65 歲間，包含有 20~29 歲 34 位、30~39 歲 47 位、40~49 歲 10 位、50~59 歲 10 位、60 歲以上 2 位（如表 5.1）。

表 5.1 問卷調查受測者基本資料統計表

項目	內容	次數	百分比
性別	男	31	30.1
	女	73	69.9
年齡	20~29 歲	34	33
	30~39 歲	47	45.6
	40~49 歲	10	9.7
	50~59 歲	10	9.7
	60 歲以上	2	1.9

5.1.2 介面使用種類

從問卷的結果（如表 5.2），可以看出無回饋性提示的開關介面，為受測者在公共場所中最常接觸到的開關介面，在問卷調查的種類中，所佔的比例最高（76.7%），其次為 LED 顯示介面（41.7%）、完全空白介面（24.3%）、LED 顯示大按鍵介面（13.4%），最後為 LED 顯示並可文字標示介面（2.9%）。

表 5.2 問卷調查介面使用種類調查統計表

介面種類	使用情形			
	有使用過	(%)	沒使用過	(%)
 完全空白	25	24.3	78	75.7
 無回饋性提示	79	76.7	24	23.3
 LED 顯示	43	41.7	60	58.3
 (豐立自動控制, 2007.12.16) LED 顯示大按鍵	14	13.4	89	86.4
 (豐立自動控制, 2007.12.16) LED 顯示並可文字標示	3	2.9	100	97.1
其他	1	1	102	99

5.1.3 介面使用情況

在介面使用情況中，可分為三個類別：位置、操作、相容性。首先，在位置的問題中，有 81.5% 的受測者同意電燈、電扇等電源開關集中在

同一牆面上，容易讓人混亂；另外，在“電燈、電扇等電源開關長得都很類似，常使人不曉得該按哪一個”的題目中，則有 79.6% 的受測者表示認同。在操作題型中，有 84.4% 的受測者認為電燈與電扇等電源開關應該以不同的型式呈現，有 76.7% 的受測者認為他們在開關對應電燈的控制上，常常遇到操作上的錯誤，有 71.9% 認為他們經常要操作多次才能真正找到要開的燈，有 91.3% 認為電燈開關的介面應該有改善的空間。

在電源開關與照明系統間的配對相容性問題，有 82% 的受測者對於開關介面與電燈的操作上，左邊的電燈就應該由左邊的開關控制，反之，右邊則由右邊控制，81.6% 則認為前排的電燈則是應由上排的開關控制，後排的電燈則由下排的開關控制。

在操作的題型中，另外也調查了關於空白按鍵、無回饋性提示按鍵與 LED 提示按鍵個別間是否會因為按鍵的增加而造成操作上的困難度與三個介面間在操作上是否有差異性。從表 5.3 的受測者操作困難的認同度結果來看，整體上受測者認為空白按鍵的操作困難度明顯比無回饋性提示按鍵與 LED 提示按鍵高，在按鍵增多時是否增加操作困難度方面，從空白按鍵的按鍵數比例變化來看（65%、53.4%、69%、68%、59.2%），並沒有太大的變化，因此可以推論出空白按鍵本身在操作上對受測者來說，已具有判斷的困難，其並不會因為按鍵數的增減而有所影響。反而是在無回饋性提示按鍵上，比例明顯有隨著按鍵數增多而增加操作困難的情形存在（23.3%、20%、35.9%、36.9%、35%），而 LED 提示按鍵則也有因為按鍵數的變多而影響操作的情況存在，只是在比例上沒有無回饋性那麼高（20.3%、23.3%、25.2%、30.1%、25.3%）。另外從變異數分析的結果來看，從二個按鍵到六個按鍵的介面組合，空白按鍵、無回饋性提示按鍵與 LED 提示按鍵相比較，空白按鍵的結果如下：二個按鍵為

$F_{(2,204)}=51.910$ ， $P=.000 < .05$ ，三個按鍵為 $F_{(2,204)}=32.731$ ， $P=.000 < .05$ ，四個按鍵為 $F_{(2,204)}=39.834$ ， $P=.000 < .05$ ，五個按鍵為 $F_{(2,204)}=34.729$ ， $P=.000 < .05$ ，六個按鍵為 $F_{(2,204)}=27.735$ ， $P=.000 < .05$ ，從事後比較可以看出，將三個不同按鍵作兩兩比較，空白按鍵均達顯著水準，而無回饋性提示按鍵與 LED 提示按鍵皆無顯著性，顯示出按鍵本身有無提示對於使用者在操作上的確有所影響。

表 5.3 按鍵數與型式間的操作困難認同度統計結果

按鍵數	型式	空白	無回饋性提示	LED 提示
2		65%	23.3%	20.3%
3		53.4%	20.3%	23.3%
4		69%	35.9%	25.2%
5		68%	36.9%	30.1%
6		59.2%	35%	25.3%

5.2 實驗一：照明系統與介面間配對測試結果

5.2.1 基本資料

受測者為南華大學應用藝術與設計學系學生，共36名，其中男性16位，女性20位，平均年齡為22.58 (median=20，SD=2.12)，其中在慣用手部份，右撇子33名，左撇子3名。

5.2.2 結果分析

根據實驗一的結果，分別依受測者就三個不同場景方向與25種介面間的配對結果之相同與相異處作討論。圖5.1說明了在25種介面中，受測者根據實驗的設計情形，依其主觀對應認知判斷所作出的配對情形，以I1為例，受測者一共有三種對應的方式，各以a1、a2、a3的代號簡稱之。

首先，根據圖5.1受測者的配對可能情形來看，介面按鍵以縱向方式排列的可能情況明顯少於橫向方式排列者。

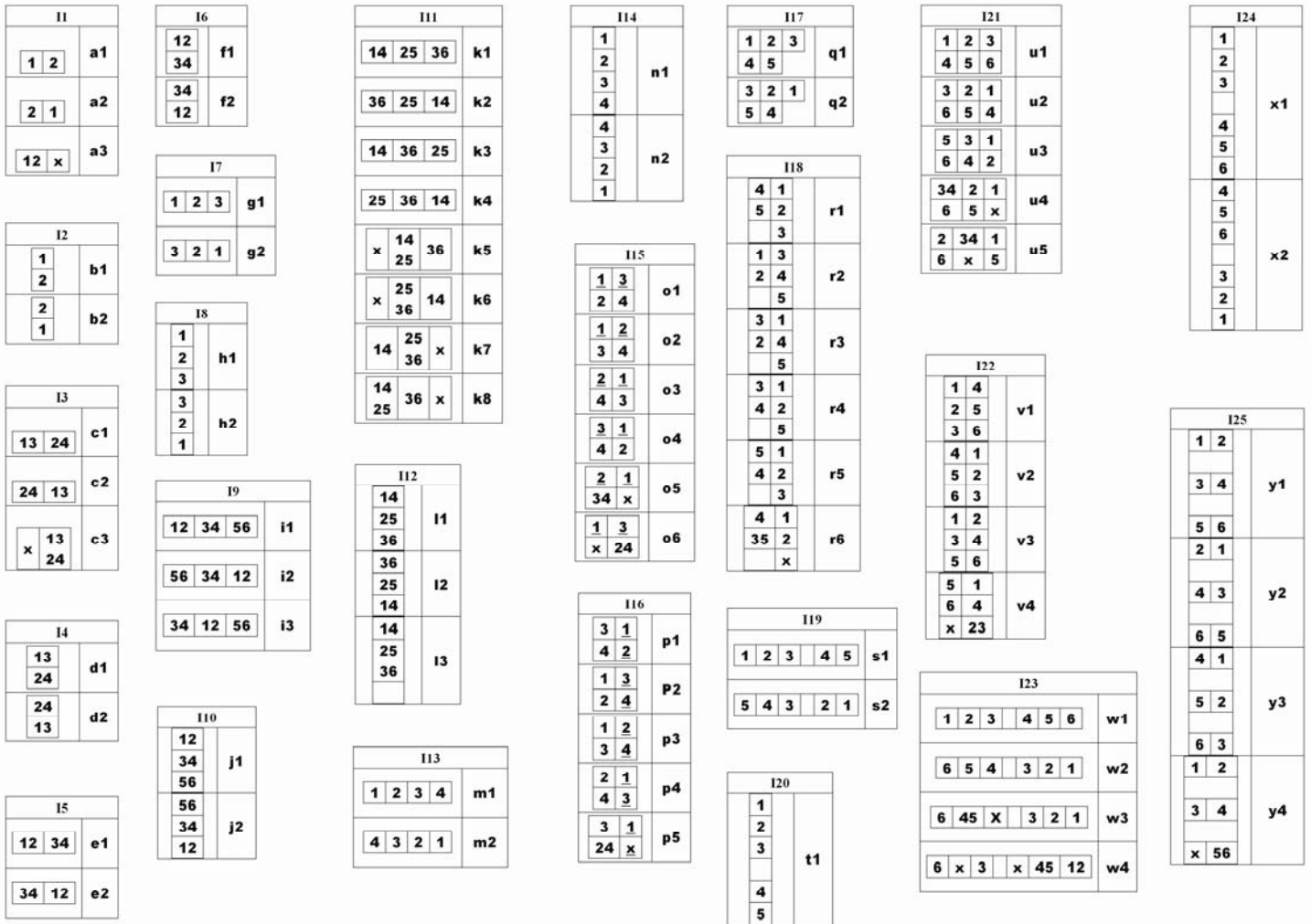


圖 5.1 受測者對於 25 種介面配對的可能情形

依據描述統計的結果，將25個介面依其場景的方向作出以下的歸納：

1. 左、右、對面結果類似：第1、2、4、5、6、8、10、12、14、20、24 介面（如圖5.2）；
2. 右、對面結果類似：第7、9、11、13、15、17、19、21、22、23介面（如圖5.3）；
3. 左、對面結果類似：第3、18介面（如圖5.4）；

4. 右、左結果完全相反：第3、7、9、11、13、15、16、17、18、19、21、22、23介面（如圖5.5）；

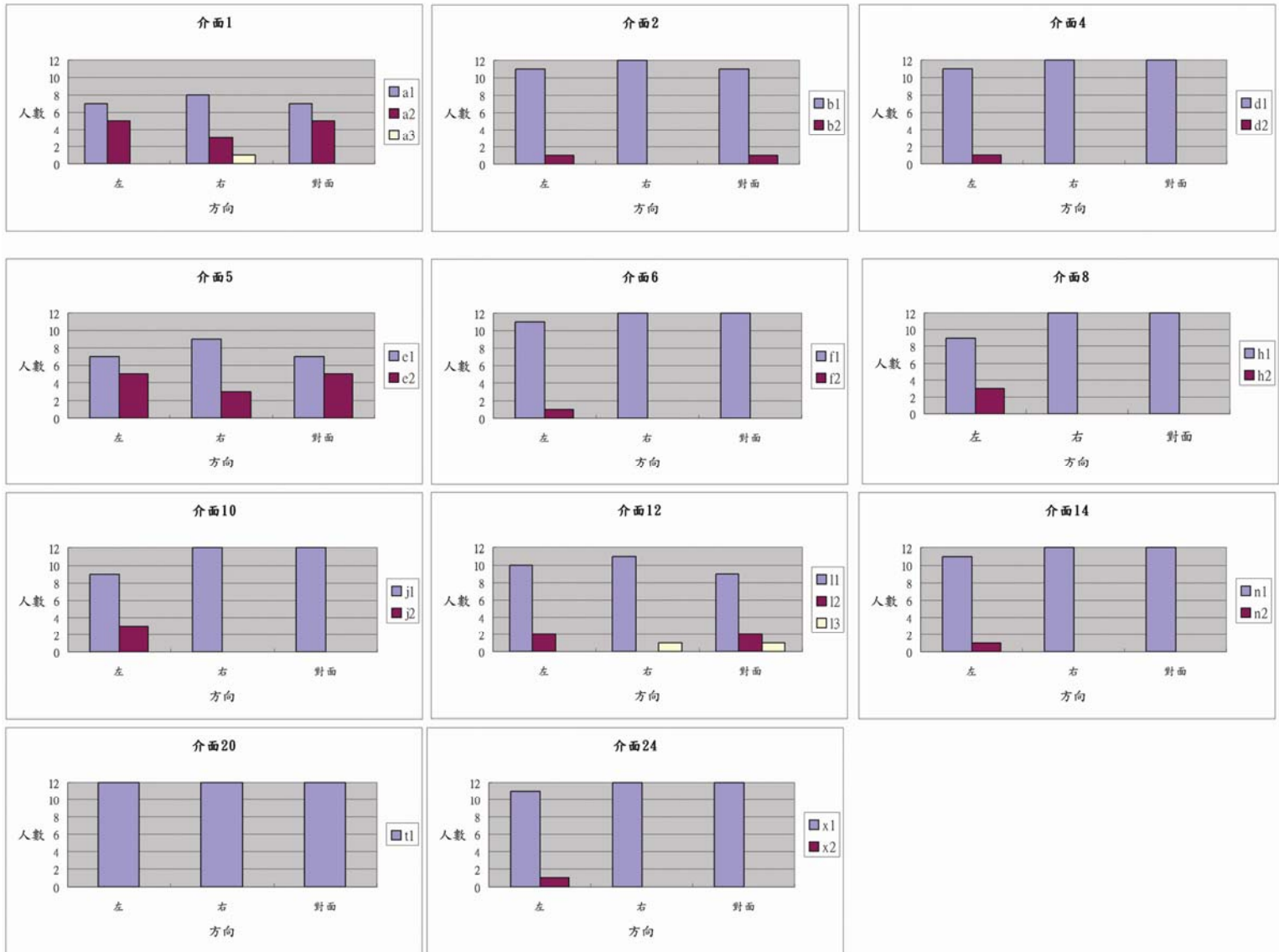


圖 5.2 左、右、對面結果類似介面

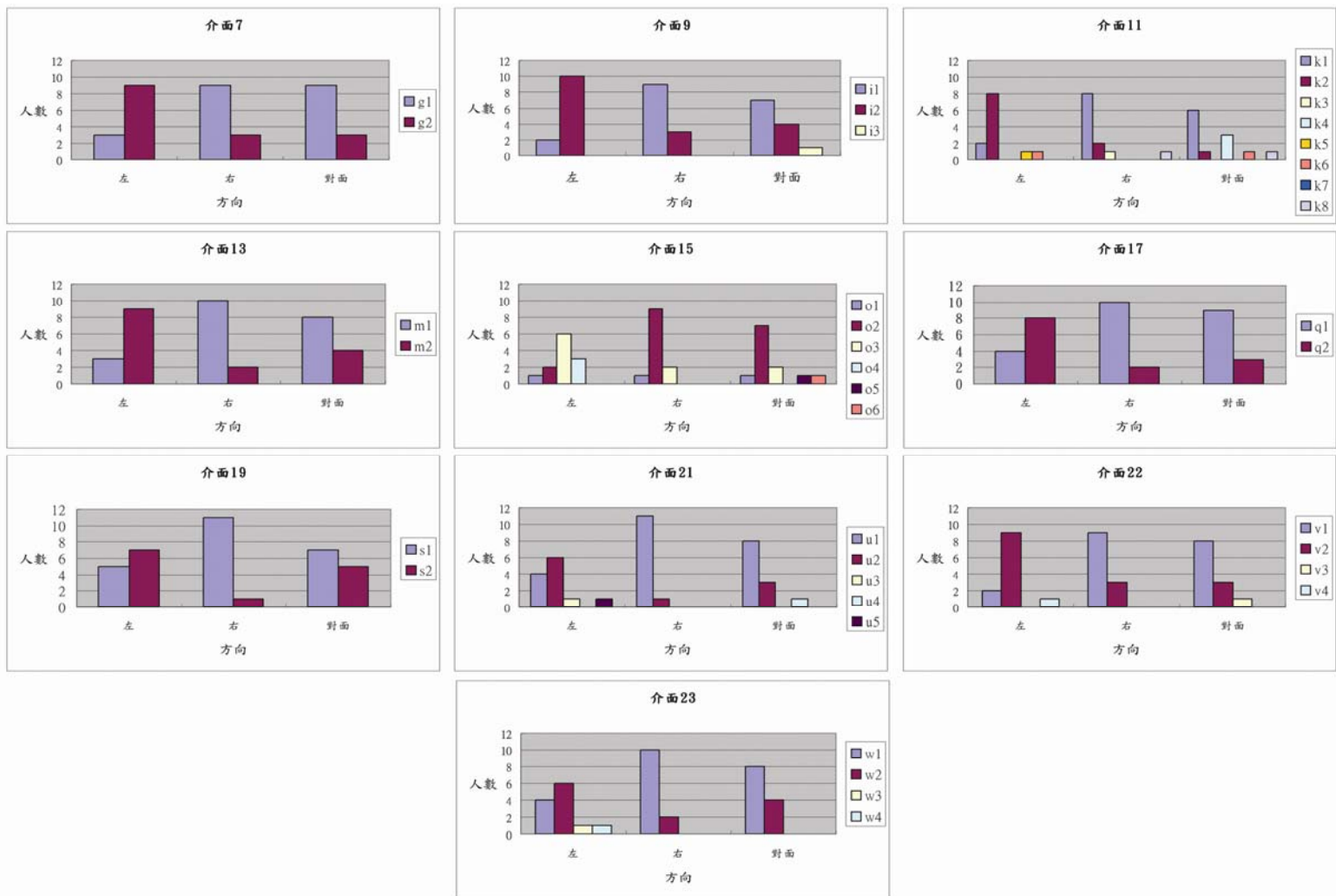


圖 5.3 右、對面結果類似介面

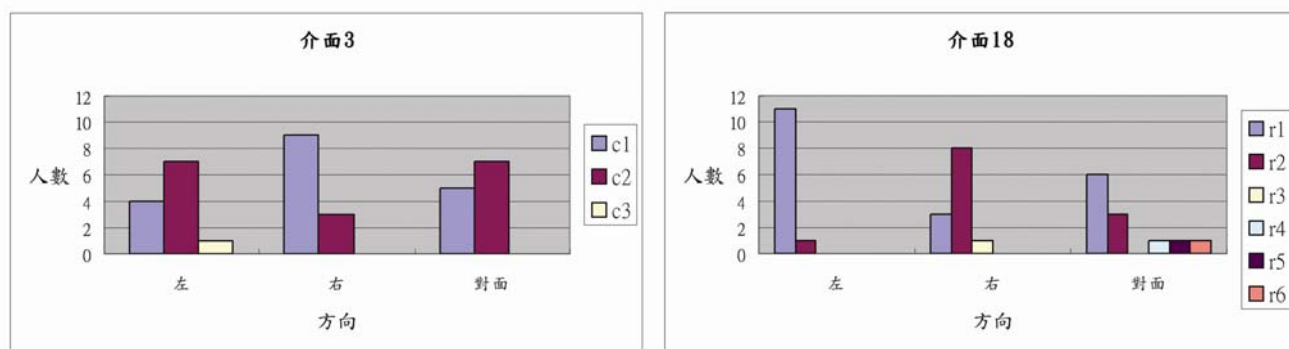


圖 5.4 左、對面結果類似介面

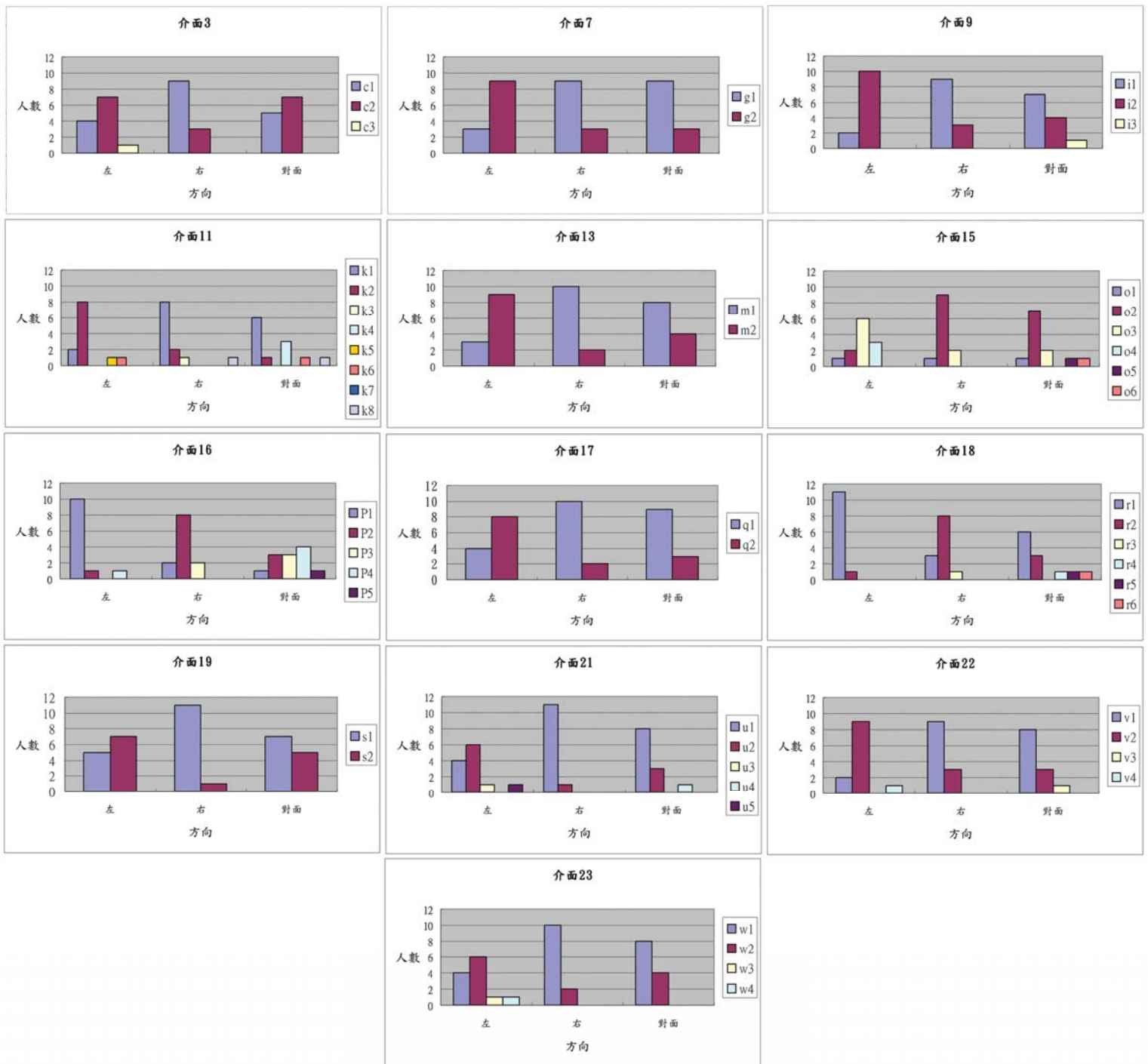


圖 5.5 右、左結果完全相反介面表

表 5.4 三個不同場景方向與 25 種介面間的配對之相異結果

方向	介面編號	介面樣式																																							
左、右、對面相似	1、2、4、5、6、8、10、12、 14、20、24	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr></table>	1	2	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr></table>	1	2	<table border="1"><tr><td>13</td><td>24</td></tr></table>	13	24	<table border="1"><tr><td>12</td><td>34</td></tr></table>	12	34	<table border="1"><tr><td>12</td><td>34</td></tr></table>	12	34	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	1	2	3																					
		1	2																																						
		1	2																																						
13	24																																								
12	34																																								
12	34																																								
1	2	3																																							
<table border="1"><tr><td>12</td><td>34</td><td>56</td></tr></table>	12	34	56	<table border="1"><tr><td>14</td><td>25</td><td>36</td></tr></table>	14	25	36	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6									
12	34	56																																							
14	25	36																																							
1	2	3	4																																						
1	2	3	4	5																																					
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	1	2	3	<table border="1"><tr><td>12</td><td>34</td><td>56</td></tr></table>	12	34	56	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	1	2	3	<table border="1"><tr><td>14</td><td>25</td><td>36</td></tr></table>	14	25	36	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6													
1	2	3																																							
12	34	56																																							
1	2	3																																							
14	25	36																																							
1	2	3	4	5																																					
1	2	3	4	5	6																																				
右、對面相似	7、9、11、13、15、17、19、 21、22、23	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	1	2	3	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6								
		1	2	3																																					
		1	2	3	4	5	6																																		
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6		
1	2	3	4																																						
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
左、對面相似	3、18	<table border="1"><tr><td>24</td><td>13</td></tr></table>	24	13	<table border="1"><tr><td>24</td><td>13</td></tr></table>	24	13	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	1	2	3	<table border="1"><tr><td>12</td><td>34</td><td>56</td></tr></table>	12	34	56	<table border="1"><tr><td>4</td><td>1</td><td>5</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	4	1	5	2	3	<table border="1"><tr><td>14</td><td>25</td><td>36</td></tr></table>	14	25	36																
		24	13																																						
		24	13																																						
1	2	3																																							
12	34	56																																							
4	1	5	2	3																																					
14	25	36																																							
<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6		
1	2	3	4																																						
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
左、右相反	3、7、9、11、13、15、16、17、 18、19、21、22、23	<table border="1"><tr><td>4</td><td>1</td><td>5</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	4	1	5	2	3	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6						
		4	1	5	2	3																																			
		1	2	3	4	5	6																																		
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				
1	2	3	4	5	6																																				

根據上述的歸納，將其製成如表 5.4 的分類。由該表中得知，若開關介面以縱向（上下）方式排列者，左邊、右邊和對面的方向對於受測者來說是類似的，如第 2、4、6、8、10、12、14、20、24 介面（如圖 5.6），並沒有太大的差異性；開關介面若是以橫向（左右）方式排列者，則會產生右與對面的結果類似，且左右的結果會完全相反的結果，如第 7、9、11、13、15、17、19、21、22、23（如圖 5.7）。

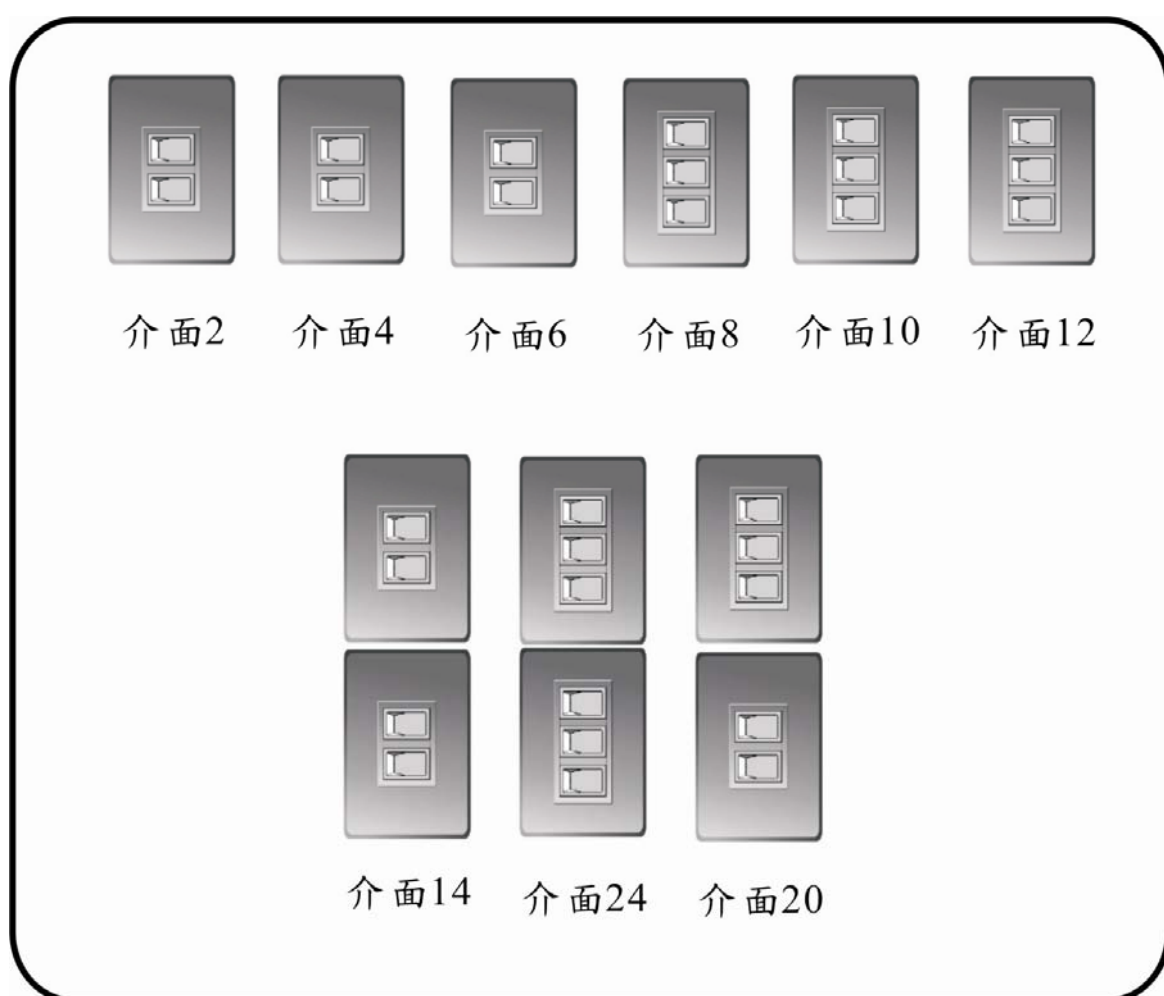


圖 5.6 以縱向方式排列結果類似介面

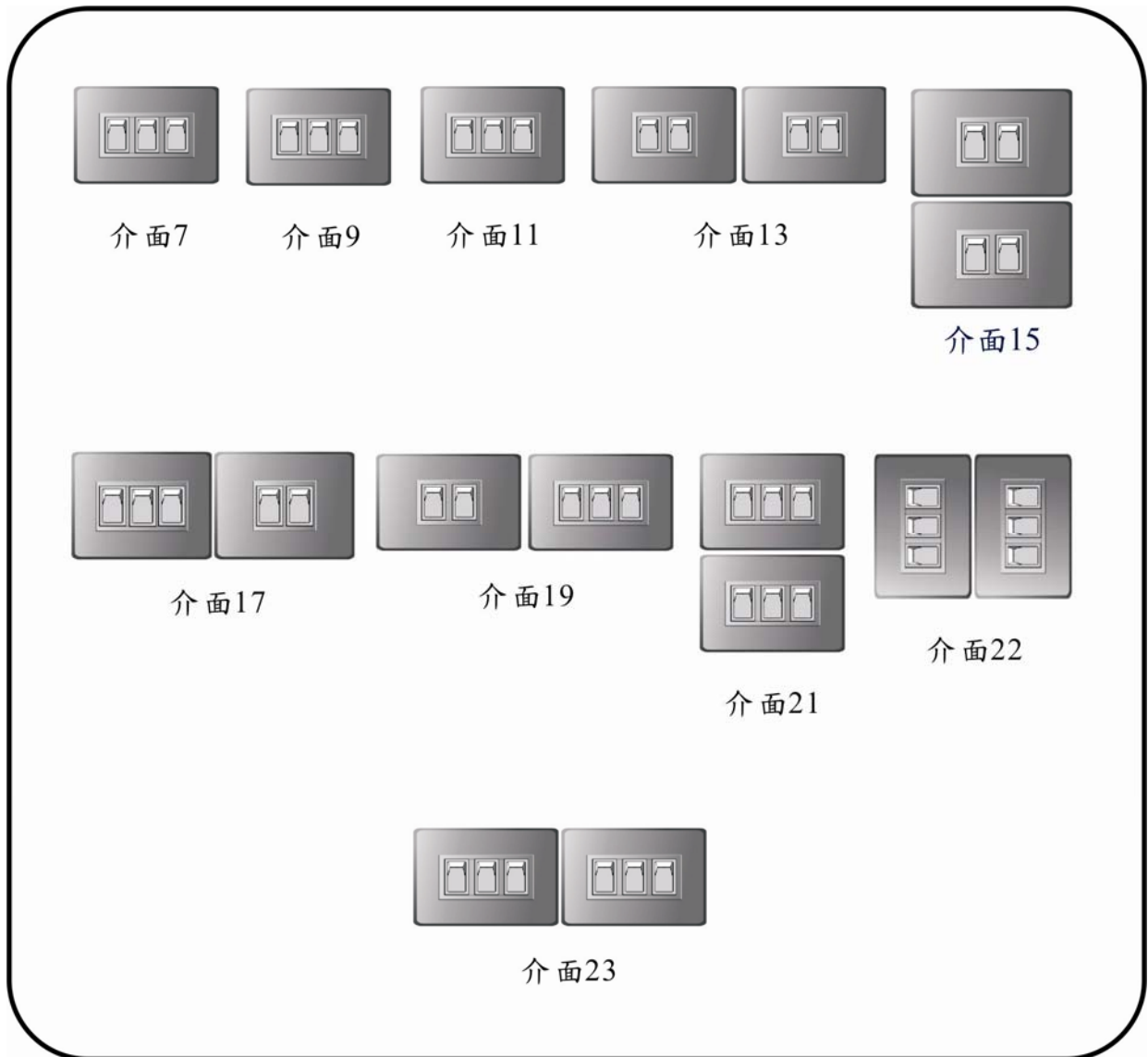


圖 5.7 以橫向方式排列結果類似介面

另外，根據卡方檢定的結果發現進一步發現：

- 介面7 ($X^2_{(2)} = 8.229$, $P = .016 < .05$)、
- 介面9 ($X^2_{(4)} = 11.392$, $P = .022 < .05$)、
- 介面11 ($X^2_{(14)} = 26.318$, $P = .024 < .05$)、
- 介面13 ($X^2_{(2)} = 8.914$, $P = .012 < .05$)、
- 介面16 ($X^2_{(8)} = 27.731$, $P = .001 < .05$)、
- 介面17 ($X^2_{(2)} = 7.465$, $P = .024 < .05$)、

介面18 ($X^2_{(10)} = 19.400$, $P = .035 < .05$)、

介面22 ($X^2_{(6)} = 13.326$, $P = .038 < .05$)；

以上這些介面都有明顯的顯著性，可見照明系統與電源開關間的關係對於受測者在操作上的確有所影響；故可以得知受測者在介面的操作上會因為場景方向（左、右、對面）的改變而有不同的結果，其中場景以左右的方向影響最甚，右邊與對面以及左邊與對面的比較則不明顯。而所謂的不同，則是在於受測者在二者間的相互配對上，有所差異性，若場景是在右邊和對面的情況下，受測者的反應方向主要是從右而左、上而下；而在左邊的情況下，則是從左而右、上而下的順序操作；此外，在卡方檢定中顯示，男女在左、右與對面的不同場景下，對 25 種介面中所作出的反應，並沒有顯著的差異性。再者，在 2 對 4（二個開關按鍵搭配四排電燈）以及 3 對 6（三個開關按鍵搭配六排電燈）的情形中發現，電燈排數若是以 12、34、56 的排列下，受測者習慣以 123456 的順序作排列；如果是以 13、24 與 14、25、36 的排列，受測者則是會依據 13、24 與 14、25、36 中的 1、2、3 作為排列順序的依據（如圖 5.8）。

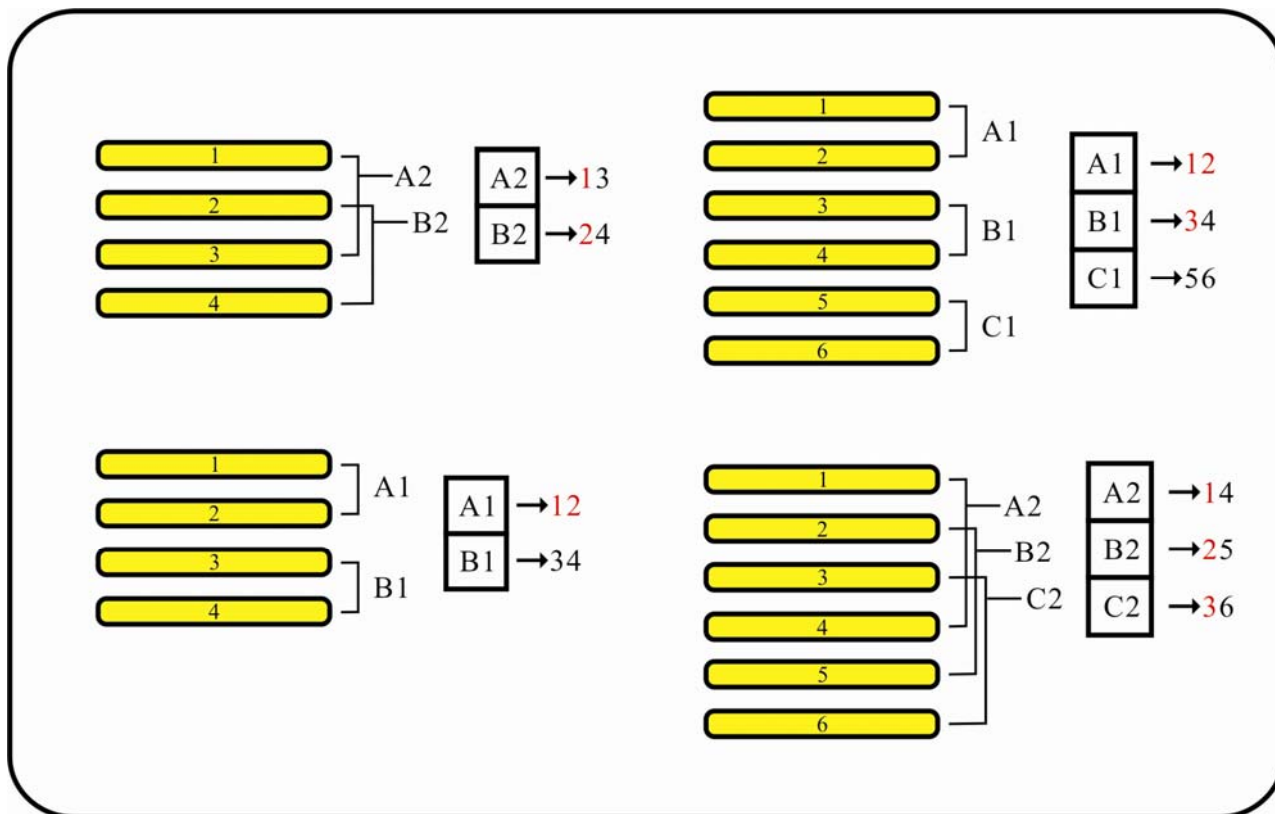


圖 5.8 二開關對四排電燈以及三開關對六排電燈排列先後情形

5.3 實驗二：介面操作學習與錯誤率實驗結果

5.3.1 基本資料

實驗二的受測對象與實驗一相同，皆為南華大學應用藝術與設計學系學生，共 36 名，其中男性 16 位，女性 20 位，平均年齡為 22.58(median=20, SD=2.12)，在慣用手方面，右撇子 33 名，左撇子 3 名。

5.3.2 結果分析

受測者即使經過了第一次實驗後，在第二次實驗的學習過程中，對於方向順序的認知並沒有一定的答案，即使受測者第一次實驗的受測反應和第二次實驗所訂定的正確答案相同，卻依舊還是會有錯誤的情況發生。

由卡方檢定的結果可看出，錯誤率的高低與介面的安排有所關聯；其中介面3 ($P = .001$)、介面5 ($P = .001$)、介面16 ($P = .004$)、介面18 ($P = .004$)、介面25 ($P = .013$) 這些介面都具有顯著性，而介面3、5、16、25這4個介面（如圖5.9）皆是由二個按鍵的介面組合而成，按鍵數分別為2、4、6個，就介面3和5來說或許其錯誤率顯著有部分原來是來自於一個按鍵控制2排燈導致，但與其他由3個按鍵控制6排燈的介面比較起來，其錯誤率並沒像介面3和5一樣具有顯著性，另外介面16、25皆是由一個按鍵控制一排燈，但在錯誤率上明顯地較其他的介面還高；因此，由此可看出按二個按鍵對於受測者來說在操作上容易造成混亂，而造成混亂的主因是介面面板上按鍵位置的安排而不在於控制燈數的多寡。此外，介面3、5、25的排列方式是由橫向方式排列，比起其他以縱向方式排列的二個按鍵組合在錯誤率上有明顯的顯著性，可見若以電燈的相對應或類似的方式，安排介面按鍵的位置，在操作上會得到較高的正確率，如以縱向安排的方式。介面16在按鍵上的安排雖然是以縱向方式排列，但卻是由二個縱向的介面組合而成，受測者在操作上可能會有應該以左右方式還是上下方式操作的矛盾，因而造成操作上錯誤較高的情況。

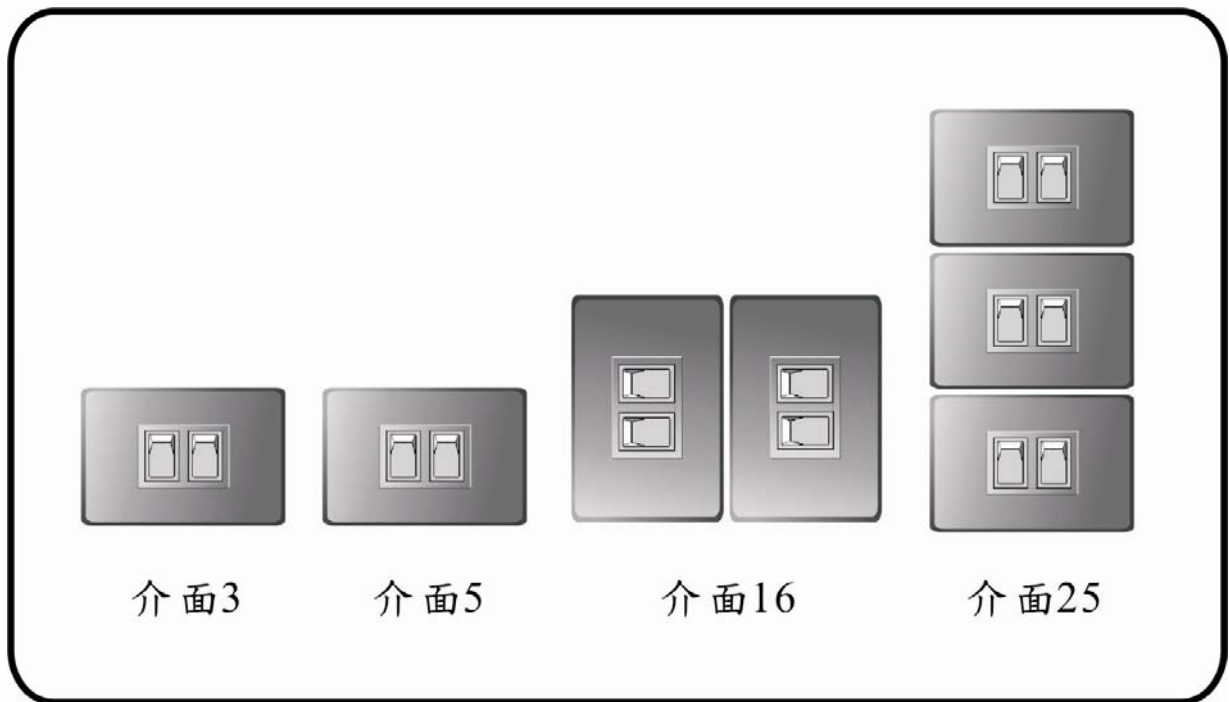


圖 5.9 介面 3、5、16、25

另外介面18（如圖5.10）是所有具有顯著性的介面中，唯一不是由2個按鍵介面的倍數組合而成的；如果從實驗一的結果來看，受測者在介面18中，在對面方向的主觀對應認知就產生了5種排列的可能組合，因此從實驗二錯誤率（左0%、右8%、對面52%）來看，左右與對面的結果有很大的變化，若再將所有介面可能的排列組合超過6種的介面（如圖5.1）挑出來，分別有介面11、15、21三者，介面11（左8%、右20%、對面29%）、介面15（左52%、右33%、對面20%）與介面21（左8%、右14%、對面14%）的錯誤率並沒有很明顯的差異性，而主要的原因除了是方向性的因素外，推測介面按鍵多寡與介面的組合方式可能也是影響受測者的因素之一，介面11只有三個按鍵，相對地受測者在思考反應的時間較快也較容易做出決定，而介面18是由二個與三個按鍵的介面組合而成的，在介面的面板上受測者除要花時間思考五個按鍵的位置外，還必須針對究竟是從哪個介面（二個按鍵與三個按鍵）去排列起，而造成錯誤率高的可能

原因之一。另外，在卡方檢定中，性別的不同對於錯誤率並沒有太大的差異性，因此電源開關的操作錯誤率與性別並沒有直接的關係。

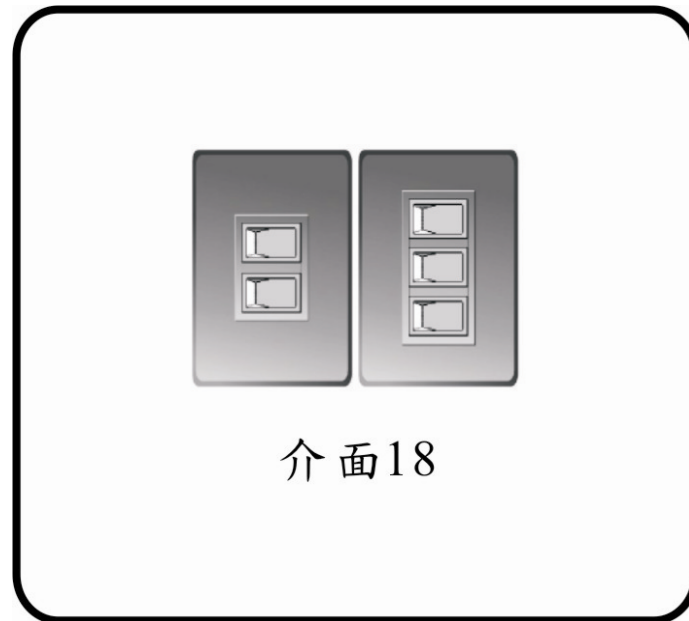


圖 5.10 介面 18

另外，再將這五個有顯著性的介面，進行單因子變異數分析，在介面3、5、16、18、25，這五個介面在不同方向場景比較下，其錯誤率間有明顯的顯著性，因此可推論這些介面的高錯誤率，除了介面本身的因素影響之外，照明系統與介面間的相互位置也會影響其操作的效率。

第六章 結論與建議

6.1 結論

在本研究中，主要先針對一般民眾對於公共空間照明系統與開關介面間在操作上所遇到操作困難作相關的探討，之後再進一步地將公共空間縮小為教室的空間，對在校學生在照明系統與電源開關間的操作與認知上，進行更深入的實驗探討。研究總結如下：

1. 在受測問卷的介面總類中，以無回饋性提示的按鍵介面與 LED 顯示的按鍵介面為公共空間中，較常被使用的開關介面。
2. 在介面使用情況，當電燈、電扇等電源開關都配置在同一牆面上，很容易讓人混亂，加上電燈、電扇等開關在外觀上的相似度高時，更會讓使用者增加操作的次數與使用的錯誤率。因此，公共空間若是在配置上必須使用到二個以上的電源開關介面時，建議最好能使用不同樣式的介面作為區分，來降低使用者在操作上的錯誤。另外，多數受測者認為為了操作上的便利，電源開關的介面應該還有改善的空間。
3. 根據研究的結果，公共空間照明系統與電源開關間，並沒有妥善地運用空間相容性或自然配對的原則作配置，而造成兩者不相容的主因為公共空間多是在建物建造完成之後，配置人員再以其能最方便、快速地方式完成照明系統的相關配置，因此在過程中，完全沒有考慮到使用者可能的使用模式。Norman (2007)認為兩者無法達到良好的相容性主要原因來自於兩者空間的不同而造成，但從問卷調查的結果可以發現，照明系統與電源開關雖然分處於二個不同的空間位置，但受測者卻能依其認知上的配對原理來操作，例如：左排電燈搭配介面左邊的按鍵，右邊電燈搭配右邊的按鍵，前排的電燈搭配介面上排的開關，

後排的電燈搭配介面下排的開關。因此，根據研究的結果可以推論，只要在照明系統與電源開關在配置前能事先做適當地空間規劃，並能以多數使用者的認知作適當地配置，就能排除兩者在空間上的相異，而達到一定程度的相容性。

4. 在空白、無回饋性提示與 LED 顯示三種按鍵中，空白按鍵在操作上，因為少了開與關的互動性提示，讓使用者在判斷按鍵狀態時，增加其困難度與錯誤率，另外，由於空白按鍵的缺點，讓使用效率降低，即使按鍵變多，在操作的困難度上，並沒有太大的差異性，可見按鍵本身的不良，並沒有受到按鍵的增減而升高或降低；無回饋性提示按鍵在使用上，雖然因為多了提示，在操作時，沒有像空白按鍵那麼難以判斷，但隨著按鍵的增多，它的操作困難度有增高的趨勢。而 LED 顯示按鍵的結果與無回饋性提示按鍵相似，但影響的程度似乎比較小，推論原因在於 LED 顯示按鍵與使用者有操作的回饋互動，能立即告知使用者目前的狀態，而降低了操作判斷的困難。
5. 在照明系統與介面間配對測試實驗中，照明系統與電源開關間的位置，對於使用者在操作時的判斷有一定的影響。根據實驗的結果，當照明系統位於受測者的左右兩側時，所得到的反應是完全相反的操作方向，特別當按鍵是以橫向（左右）方式排列的介面最為明顯。當按鍵若是以縱向（上下）方式排列時，照明系統的方向對於操作上的判斷沒有差異，三者所得到的結果是類似的。
6. 在照明系統的不同方向中，雖然說“對面”方向的實驗結果並沒有完全與左邊或右邊一樣，但從實驗的結果看來，當照明系統位於受測者的對面方向時，一般還是以“右邊”方向的思考模式多於“左邊”方向在操作，而介面的反應方向主要是由右而左、上而下；當照明系統

位於在左邊時，介面的反應則是由左向右、上而下的方向。圖 6.1 為二排燈搭配二個按鍵介面來說明受測者在不同方向搭配介面時，他們的介面操作反應方向。

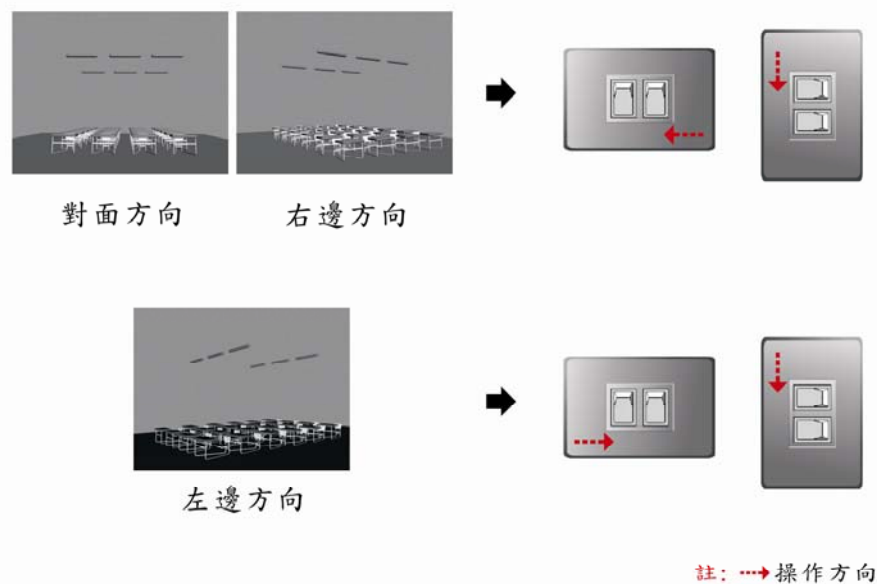


圖 6.1 以二排燈搭配二個按鍵介面之操作方向

7. 在四排燈搭配二個按鍵以及六排燈搭配三個按鍵的操作情況，受測者的反應是有群體定型反應存在。根據實驗結果，受測者習慣以 12345... 的數字排列順序作為操作的判斷，若以四排燈搭配兩個按鍵：當電燈是以 12、34 排兩兩為一個按鍵控制時，受測者會將 12 配上第一個按鍵、34 配第二個按鍵；當電燈以 13、24 排為一個按鍵控制時，受測者會將 13 配上第一個按鍵、24 配上第二個按鍵。若是以六排燈搭配三個按鍵：當電燈是以 12、34、56 排兩兩為一個按鍵控制時，受測者會將 12 配上第一個按鍵、34 配第二個按鍵、56 配最後一個按鍵的順序去排列；另外，當電燈以 14、25、36 排為一個按鍵控制時，受測者則會將 14 配上第一個按鍵、25 配中間的按鍵、36 配最後一個按鍵的順序。圖 6.2 以照明系統在電源開關介面的右邊方向作例子說明。

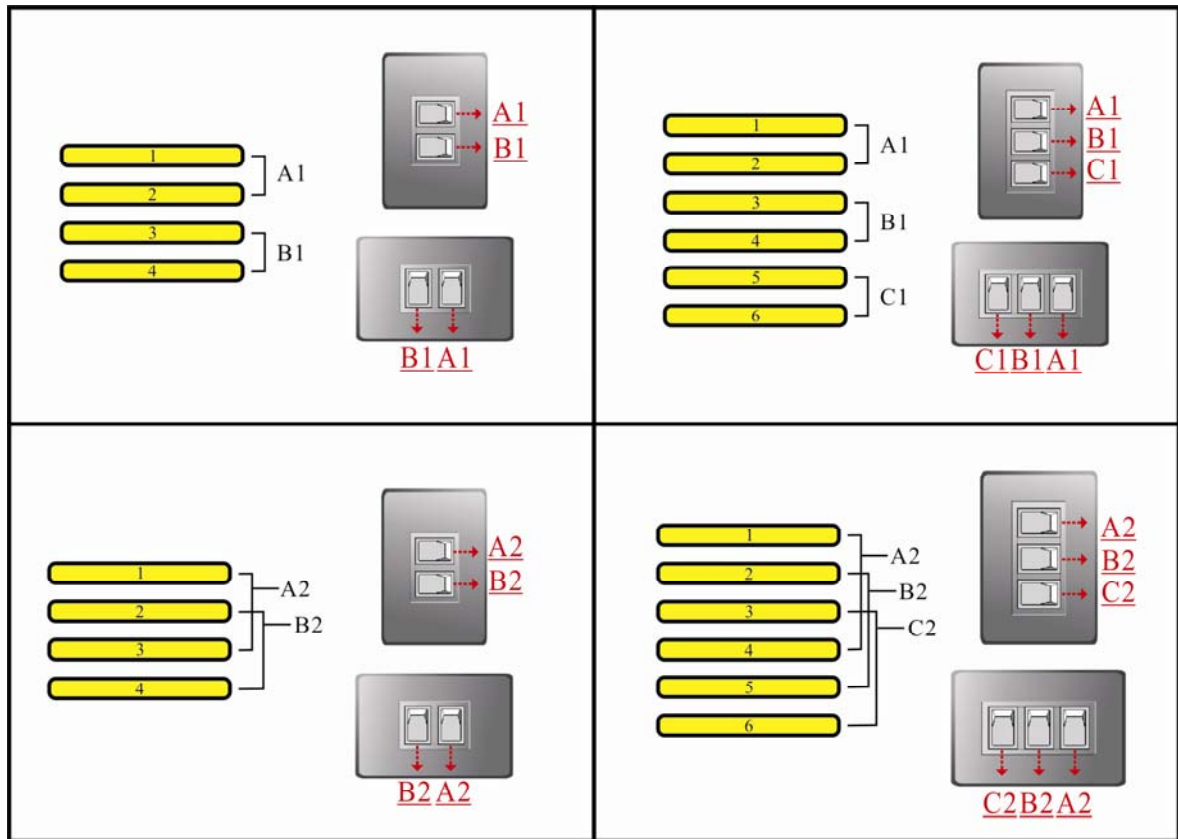


圖 6.2 多對一照明系統位於介面右邊時受測者的配對情形

8. 在介面操作學習與錯誤率實驗裡，受測者操作介面的錯誤率高低，主要受到介面按鍵本身的配置與場景方向的影響，其中由二個按鍵組合而成的介面容易使受測者在操作上有較高的錯誤率。
9. 首先藉由問卷與實驗的結果，針對照明系統與電源開關介面的配置作出了以下的照明系統與介面之空間規劃建議：
 - (1) 同一空間不同電源開關的介面最好使用不同樣式的介面作區隔。
 - (2) 照明系統若是位於介面的對面方向時，電源開關按鍵的配置最好以右邊方向來配置。
 - (3) 照明系統與電源開關若以多對一的方式作配置時，照明系統的燈數最好以規律的方式為一單位，且照明系統的燈數與電源開關的按鍵數最好以除的盡的數量作搭配，若以四排燈搭配二個按鍵為例子說明（圖

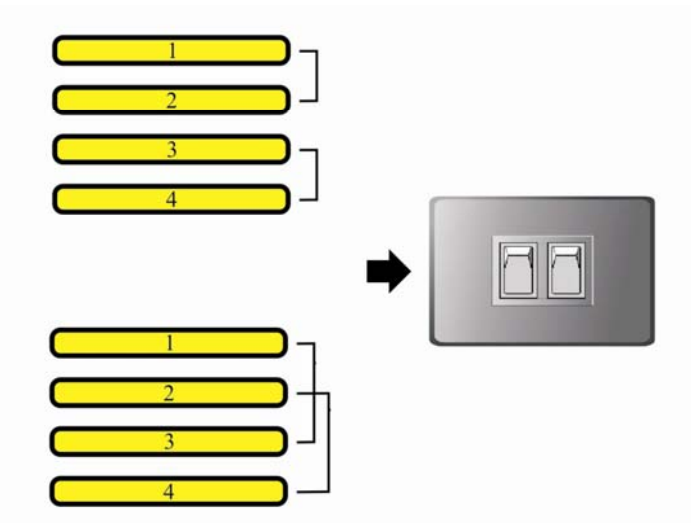


圖 6.3 四排燈搭配二個按鍵

(4) 照明系統若是以垂直方向為一個按鍵控制時，介面按鍵最好採用以橫向方式排列者；若是以水平方向為一個按鍵控制時，最好採用以上下方式排列者（如圖 6.4）。

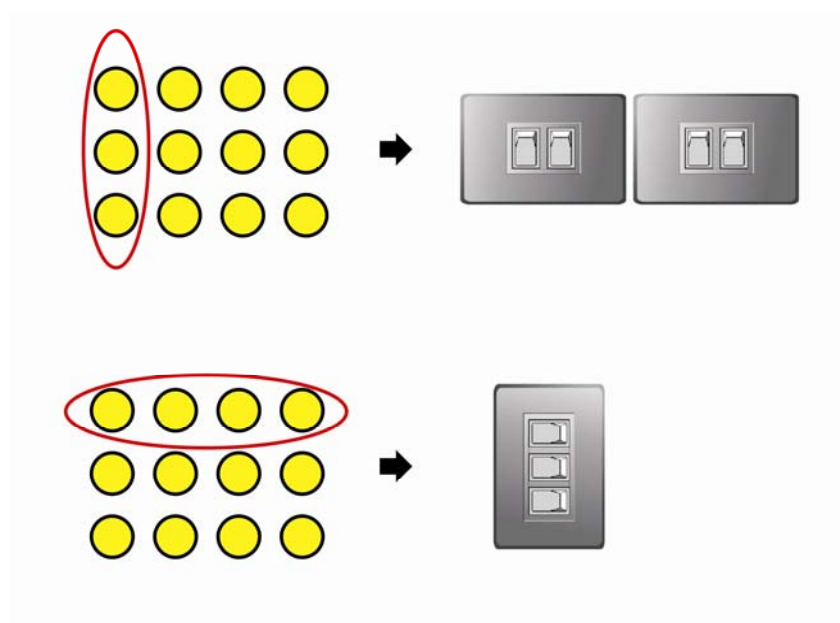


圖 6.4 照明系統以垂直與水平方向為一單位時開關介面按鍵應採用的排列方式

6.2 建議

本研究根據上述研究的結果，列出以下建議：

1. 本研究主要針對現有介面與照明系統進行操作介面與相互位置間的相關問題來探討顯示與控制二者分處於不同空間時，使用者是否會運用既有的相容性概念來操作，根據實驗結果可知這樣的概念是存在的，但對受測者來說，介面本身依舊有操作上的困難，多數人認為介面仍有改善的空間，故照明系統開關介面的改良研究可作為後續的研究發展。
2. 研究中，僅在問卷部分針對大眾作調查，實驗部分則是針對年輕人為主要的研究對象，Proctor (2005) 曾經指出在每天的生活中，年輕人和高齡者都必須為各種感知到刺激作出快速且正確的反應，但控制與顯示器本身的結構設計並不能讓使用者作出有效地反應選擇，特別是高齡者，故他認為有必要深入了解哪些不相容的因素造成了老年人在操作上的問題。因此日後可依本研究的主題另外針對高齡者作為實驗對象，所以得出來的結果，可與年輕人作比較，並作為老人活動中心等高齡者較常接觸的場所之空間照明系統的配置建議。
3. 由於在實驗對象中，右撇子與左撇子的比例不均，其原因為右撇子明顯佔多數，基於時間上的考量，無法找到相當數量的左撇子，因此在進行統計的相關分析後，慣用手的差異性並沒有顯著的不同，故為了研究的客觀性，慣用手並未作相關的探討，也因此無法得知在操作上的錯誤率，慣用手是否為影響因素之一，日後可作為深入探討的議題。
4. 本研究在照明系統與開關介面間，主要以一排燈對應一個按鍵的方式進行研究，多排燈對應一個按鍵的情況不多，且以較規律的方式排列，若能針對多對一的情況進行更多的比較分析，或許對於整個研究來說

會更深入。

參考文獻

中文部份

1. 王家騏，1987，家庭電器實務，國家出版社，台北。
2. Sally W. Olds, Diane E. Papalia，黃慧真譯，1992，發展心理學，桂冠圖書股份有限公司，台北。
3. 李碩重編著，1994，照明設計學，全華科技圖書股份有限公司，台北。
4. 簡澤民，1995，人體工程學，財團法人徐氏基金會，台北。
5. Robert W. Bailey，林修如譯，1995，應用人因工程學，桂冠圖書股份有限公司，台北。
6. Karl Kroemer, Henrike Kroemer, Katrin Kroemer-Elbert，劉又升譯，1996，人體工學－容易與有效設計法，六合出版社，台北。
7. William H Cushman，蔡登傳，宋同正譯，1996，產品設計的人因工程，六合出版社，台北。
8. 高啟光，1997，照明設計，儒林圖書有限公司，台北。
9. 張一岑，1997，人因工程學，揚智文化事業股份有限公司，台北。
10. 李青蓉，魏丕信，施郁芬，邱昭彰，1998，人機介面設計，國立空中大學，台北。
11. Jenny Preece，陳建豪譯，1998，人機介面與互動入門：電腦之人因工程，和碩科技文化有限公司，台北。
12. Kroemer Grandjean，鄔慎智，藍俊雄，藍天雄，汪慧瑜譯，1999，人因工程，高立圖書有限公司，台北。
13. 許勝雄，彭游，吳水丕，2000，人因工程，滄海書局，台中。
14. 蔡欣蓓，2001，學童專用滑鼠人機介面安全研究與發展，國立成功大

- 學，碩士論文。
15. 方裕民，2003，人與物的對話－互動介面設計理論與實務，田園城市文化事業有限公司，台北。
 16. 柯建志，2004，情境設計與使用者中心設計於發展互動系統之比較性研究，國立交通大學，碩士論文。
 17. 李再長，黃雪玲，李永輝，王明揚，2005，人因工程，華泰文化事業股份有限公司，台北。
 18. 張鴻森，2006，產品介面中物件移動與控制鍵操作方向之相容性研究，國立雲林科技大學，碩士論文。
 19. 侯東旭，鄭世宏，2006，二版人因工程，中興管理顧問公司，台北。
 20. 楊誌雄、林振陽，2006，高齡者對居家環境 e 化產品介面適應性研究，2006 兩岸藝術與設計學術研究成果發表會論文集，頁 72-83，7 月。
 21. Donald A. Norman，卓耀宗譯，2007，設計&日常生活：如何選擇安全好用的日常生活用品，遠流出版事業有限公司，台北。
 22. 上海開關網，<http://www.6180.com.cn/>。
 23. 良興EcLife購物網，
<http://www.eclife.com.tw/led/0703300041/0704090009/>。
 24. 豐立自動控制，<http://fonlee.fonlee.com.tw/>。
 25. 駿發公司，<http://www.juhnfa.com.tw/>。

外文部份

1. Bayliss P. Andrew, 2007, “Mixed Signals: Stimulus-Response Compatibility and Car Indicator Light Configuration” , Applied Cognition Psychology vol. 21(5): p.669-676.
2. Chan W. H., Chan H.S. Alan, 2007, “Movement Compatibility for Rotary Control and Digital Display” , Engineering Letters vol. 14(1): p.2.
3. Chapanis, A. and Lindenbaum, L.E., 1959, “A Reactions Time Study of Four Control-Display Linkages” , Human Factors vol. 1(4): p.1-7.
4. Chen Chun-wei, Lee Chang-framw, Cai Deng-chuan, 2007, “The Effects of Individual Spatial Cognitive Styles and Spatial Stimulus-Response Pairing Patterns on Choice Reaction Time” , 設計學報, 第 12 卷第一期。
5. Dassonville Paul, Lewis M. Scott, Foster E. Heather, Ashe James, 1998, “Choice and stimulus-response compatibility affect duration of response selection” , cognitive brain research vol. 7(3): p.235-240.
6. Fischer R. H. Arnout, 1999, “Intuitive Interfaces” , J F Schouten School for User-System Interaction Research.
7. Fitts, P. M. & Seeger, C. M., 1953, “S-R compatibility: correspondence among paired elements within stimulus and response codes” , Journal of Experimental Psychology vol. 46: p.199-210.
8. Lidwell William, Holden Kritina, and Butler Jill, 2003, Universal Principles of Design, Rockport Publishers, USA.
9. Norman A. Donald, 1983, “Design Rules Based on Analyses of Human Error” , Communications of the ACM vol. 26(4): p.254-258.
10. Proctor W. Robert, Vu L. Kim-Phung, Pick F. David, 2005, “Aging and Response Selection in Spatial Choice Tasks” , Human Factors vol. 47(2):

p.250-269.

11. Sanders, M. S., McCormick, E. J., 1993, Human Factors in Engineering and Design 7th edition, McGraw-Hill, New York.
12. Wickens, C. D., 1992, Engineering Psychology and Human Performance, HarperCollins Publishers, Inc.
13. Wu Swei-Pi, 1996, “Further Studies on the Spatial Compatibility of Four Control-Display Linkages ” , International Journal of Industrial Ergonomics vol. 19(5): p.353-360.
14. You Hsiao-Chen, 2007, “Applications of Affordance and Semantics in Product Design” , Design Studies vol. 28(1): p.23-38.

Simplified Version in English

A STUDY ON THE COMPATIBILITY OF A CLASSROOM LIGHTING SYSTEM AND ITS SWITCH INTERFACE

Chung-Hui Tseng

Hung-Cheng Tsai

Abstract

The study aims that treat the usage and questions of switches interface in lighting system of the present public spaces and discuss the operational differences of classroom lighting system which collocate different directions and interfaces. The experiment in the study separates two parts, the first part is questionnaire which investigate the rough usage condition in the switches interfaces of lighting system, the second part proceeds with 3D computer modeling experiment to 36 students about the diversity and error rate in the switch operation and cognition of a classroom lighting system.

The conclusion in the study is summarized as follows:

1. The switch interface in the public space uses no feedback button interface or LED button interface often.
2. When different switches (such as lights, fans) collocate on a wall, it is easy to make users add operational frequency and error rate, especially the switches are similar.
3. According to the result of study, if only doing appropriate space plan before collocation lighting system and power switch and collocating by most users' cognition that can eliminate the different in space and accomplish respectable compatibility.
4. The empty button in operational judgment is more difficult than no feedback button or LED button.
5. When the lighting system locates at right and left side, the operating reaction of subjects are totally contrary, especially the buttons of interface are set by horizontal way. If they are vertical setting, the direction of lighting system for operation is no different, because the result of the three kinds of buttons are similar.
6. When the lighting system locates at the opposing direction, subjects are used to operate by right side more than left side and the reaction direction are mainly from right to left,

up to down. When the lighting system is on left side, the operating direction is from left to right, up to down.

7. Population stereotypes exist in subjects' reaction, when 4 rows of lights collocated 2 buttons and 6 rows of lights collocate 3 buttons.
8. The operating error rate is affected by buttons setting of interface and lighting system direction mainly, particularly the interfaces setting with 2 buttons are easier make higher error rate in subjects operating.
9. According to the collocation of lighting system and power switch, the following related space recommendations are made:
 - (1) Different power switch interface better uses different pattern to get higher differentiation in a same space.
 - (2) If lighting system is located at the across side of interface, the buttons of power switch is better collocated according to the right side.
 - (3) When lighting system and power switch collocate by pairing majority with one, the lighting number are better arranged by regular way to be a unit and the buttons of power switch are better a multiple of lighting number.
 - (4) As lighting system arranged by vertical way to be a unit is controlled by a button, its interface better adopts horizontal way to collocate; if by horizontal way to be a unit, its interface better uses straight way to collocate.

Keywords : spatial compatibility, power switch, operating interface

1. Introduction

The lighting system of home is dispersed different corners according to its space design generally. The lighting equipments used in a public space are much more than home obviously. Therefore, its power switches relatively increase. Aside from lighting system, there are 10 related switches such as fans, air-conditioner, microphone, and projector and above, even more. In this condition, no related switches are arrayed regularly and their patterns are no obvious different to assist users to organize that makes hard using. In addition to regular appearance, this design is easy to configure, and the cost is cheaper, but it is easy to make human negligence. Hence, purposes of the study are as follows:

1. Find out that environment condition about lighting system and power switches of public space.
2. Find out the usage in lighting system and operating interface and generalize the

difficulties.

3. Treating subjects' operating difference in the collocations experiments of directions and interfaces.

1.1 Related literatures

HCI is a medium between human and machine that can comprehensively divide into direct and indirect operating. HC system belongs to indirect operating so that it needs an interface between human and machine. They are displays and controls (Lee etc, 2005). Controls make human operating a system and usually accompany displays to be used. Actually, the borderline between display and control is not clear, for instance, the lighting switch, it is a kind of control, and it also show the switch's condition, therefore it is also a kind of display at the same time (Bailey, 1995). Operating systems in our daily life have a obvious difference from simple power switch to plane operating collocation (Xu etc, 2000). Control is a human communicating tool with machine. Through control device, human can direct machine to desired target (Zhang, 1997). The arrangement of control device design will directly affect operating safe and effectiveness in operating (Hou and Zheng, 2006). The point of control is only on its applications and if it suit working situation. In general, there are many factors to be considered when designing control device, including indicators, operator's proficiency, and hardware design of control (Lee etc, 2005). But nothing is more important than C/R ratio, act direction and code controlling way (Jian, 1995). Beside operator's ability and character, Hou and Zheng thought that the psychological factor is also a considerable factor. Andrew P. Bayliss (2007) thought one crucial aspect of indicators is that their spatial positioning is compatible with the meaning they convey. The concept of stimulus-response compatibility has become a fundamental concept in designing an interface for use. This principle states that when a stimulus and response share common factors the reaction of the user will be both more efficient and more effective (Fischer, 1999). Fitts and Seeger (1953) were the first to demonstrate SRC effects, a stimulus set consisting of lights in a certain pattern and a response set of controls in another pattern were tested together (Fischer, 1999). It showed that RT was shorter and error rate lower when the response panel corresponded physically with the stimulus display than when it did not. Compatibility is the central concept in human factors, also one cannot discuss human information processing without reference to a concept. Compatibility refers to the relation of stimuli and responses to human expectations. A major goal in any design is to

make the system compatible with human expectations. If designers intend that users use any products without depending on specification, the operational way of product should be compatible with human expectations (Cushman, 1996), and human expectations mainly come from their past experiences. Hence, compatibility has a close relation with human customs or population stereotype. A greater degree of compatibility will result in faster learning, faster response times, fewer errors, and a reduced mental workload (Wu, 1997). In general, three types of compatibility have been identified: conceptual, movement, spatial, and modality. Spatial compatibility and movement compatibility have directly relation with controls system.

Population stereotype is a noun in social psychology originally. In human factors, it refers to that a social group has analogical personalities or cultural characteristic to result in human arising a same stereotyping for something. If aim at operational action of controls, it means the most natural and accustomed action of human, the action doesn't come from training but naturally, everyone has in common. In short, it is an action that people take naturally. Some of population stereotypes may be affected by cultural different, that why some facilities' design have to adapt to nations customs, of course including the reaction of stereotype. However, not all population stereotypes are confirmed and invariable as not all collocations that are designed for right-handed can adjust to left-handed people as well (Wu, 1999).

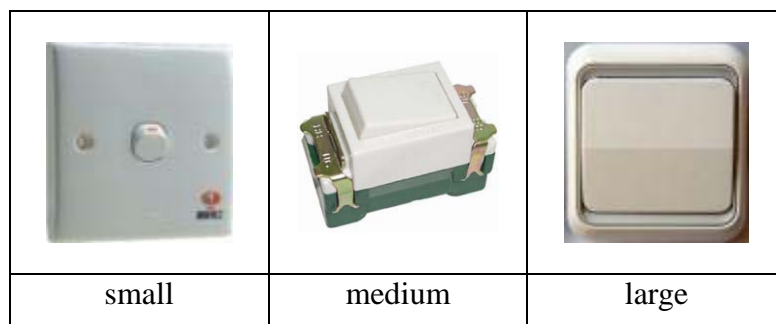
The term **Affordance** Gibson coined denotes the use-value of environmental objects taken with reference to the intrinsic physical features of an organism. Since its introduction to the design community by Norman in 1988, it has become a means to enhance the visibility and the usability of a product (You, 2006). Interface mainly employs natural constraint and affordance to direct users to adopt appropriate action. Affordance hints possibilities and natural constraints reduce practicability (Norman, 2007). There are 3 kinds of constraints: physical, semantic, and cultural constraints. Physical constraints depend on the feature of physical world to decide its operating and limit the potential operating ways (Fang, 2003). Semantic, cultural, and logical constraints have a close relation with natural mapping. They limit possible way according some customs and normal knowledge. Logical constraints are the function of natural mapping that operate by mental empathy, as that there are 2 power switches, left switch controls left

light and right power switch controls right light that have a great mapping. Mapping originally denotes the relation among two objects. Norman employs it to explain that when operating a product, the relation of action and result, namely, each operating action can directly match desirable function. If aim at interface design, it concerns a mutual relation among proceeding to control, changing after operating machine, and the result in real world. Natural mapping, namely, design the relation to be convenience and correct and learn easily and remember perpetually. It employs human empathy and cooperates physical environment, space analogy, and cultural standards to provide users understanding immediately.

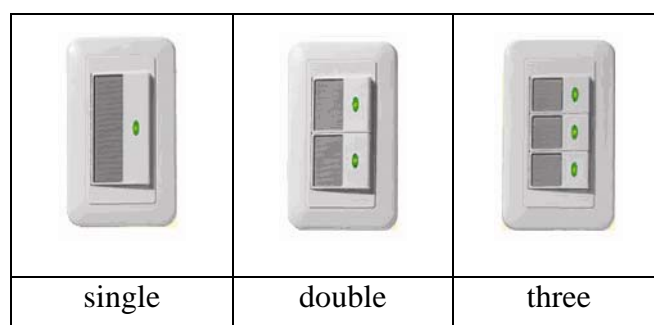
1.2 present investigations in power switches and public spaces




The power switches of lighting system have many categories, therefore generalizing 4 types in the study according to familiar interfaces in Taiwan.

(1) Size of button :







(2) Number of button :





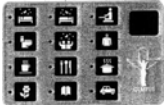


		
four	five	six

(3) Operating direction :

			
Up and down	Left and right	push	sensor

(4) Function :

				
empty	No-feedback hint	LED hint	Hint of LED with words	Symbols hint

According to generalization above, current interfaces of power switch have a few differences in their appearances and functions. The categorizations can found that the button used mostly in our daily life is medium one. As aging society's coming, the size of button is getting bigger so that elders and defectives with hand functional problem can conveniently operate by larger touching range. Additionally, initial button is empty appearance that makes users difficulty in organizing button's state. In order to improve operation, buttons of no-feedback hint and LED hint appeared. Besides, there are lots of switches in a space that is hard to organize so that button is added words and symbols hint functions.

The amount of power switch is decided by lighting system in an environment. Therefore the rough investigation of public space is necessary. The public spaces investigated in the study were mainly community centers, classrooms, and offices which the public has opportunities to operate the interfaces in our daily life. They included Nan Hua University, Zhong Zheng University, Children Building in Chiayi City, and Cultural Center in Tainan County. The result is as follows:

1. The areas of public space mostly rectangle and were regularly dispersed on ceiling according its area.
2. Because it is necessary to have more lights in a public space, the collocation of lighting system and power switch is pairing majority with one, in another word, 2 lights and above are controlled by a button.
3. There was no regular collocation between lighting system and power switch. Some were horizontal ways, some were vertical ways. Collocation of mapping is few.
4. There are two ways to arrange the location of power switch: dispersing walls around and gathering on a certain wall especially near door.
5. Because there were many lights, the interfaces were combined by one and above buttons. The interfaces in the investigation included 1 to 6 buttons and the most were the interfaces combined with 2 and 3 buttons.

All of the above are as the basis of the following experiment.

2. Methods

There are three parts in experiment design. First of all, usage situation, spatial compatibility, and the concept of natural mapping in lights and power switches are investigated. Furthermore, proceeding mapping test of combination of sense directions and interface by 3D computer modeling and recording subjects answers and according to the majority's answer to be the correct answer in the second feedback 3D computer modeling test. Lastly, compare with the first test.

2.1 Questionnaire

2.1.1 Subjects

The questionnaire mainly aimed at subjects of different disparity age who often contact with public spaces. There were 130 copies of questionnaire, including 103 available copies

and 27 ineffective copies, the availability rate is 79.2%. The subjects included students, office workers, hospital volunteers, etc.

2.1.2 Data collection

Except the basic information, there are two parts as usage kind of interface and the usage conditions of interface. The contents contained the operating condition in interfaces of different button aligned, the operating affected degree of the labels (empty label, no feedback label and LED label) in buttons of interface, the affected condition of the buttons labels of interface when the buttons are incrementally, and subjects mapping cognition between lighting system and operating interface.

2.2 Experiment 1

2.2.1 Subjects

Experiment 1 aimed at the investigation on lighting system of school's classroom and power switches of interface. The subjects of study are academic students. Before experiment, the subjects were informed the purpose, the procedure, and the content of experiment. There are 36 subjects who are students and graduate students in Applied Art and Design Department of NHU University in the experiment, including 16 males and 20 females, their ages ranged from 19 to 27 years with the average age being 22.58 years (SD = 2.12).

2.2.2 Apparatus

The apparatus used in this experiment consists of hardware and software. In the part of hardware, Clevo 14" notebook which contains a central processor of Intel Celeron M 1.3G was used to be interface operation and display. About scenes, Tatung 14" notebook which contains a central processor of Genuine Intel Pentium II was used to be the scenes playing and used the projector of TOSHIBA TDP91 to project them to a wall.

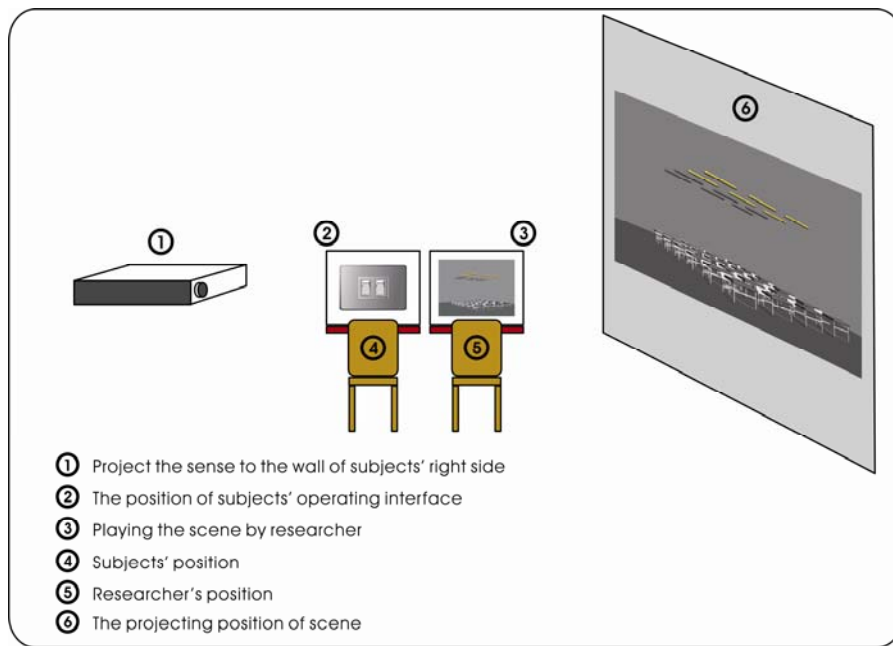


Fig.1 The rough situation of experiment 1 in the scene of right side

2.2.3 Experimental procedure

The experiment was a computer modeling test about classroom lighting system and power switches of interface. First of all, there were three different directions collocating 2, 3, 4, 5, and 6 rows of lights in classroom modeling scenes, projecting them on the wall of subjects' left, right, and back side by projector. Besides, owing to there were 2, 3, 4, 5, and 6 rows of lights in the scenes, the collocating ways of lights and buttons were pairing 1 with 1, 4 with 2, and 6 with 3. On the switches of interface, it adopted 2 and 3 buttons that are often be used in former present investigation. According as the interfaces which combined with 2 and 3 buttons collocated the scenes above-mentioned and made up 25 kinds of interfaces. After randomizing all scenes and 25 kinds of interfaces, it would proceed experiment to subjects, and the subjects had to test all of interfaces, the procedure of experiment was done. There were three kinds of scenes demand so that we separated all subjects into 3 groups according to the directions (left, right and back), each group had 12 subjects. They had to match the power switch in front of them with the scene they were arranged and reacted directly the relative opposition. All procedures of subjects' reactions would be recorded by researcher.

2.3 Experiment 2

2.3.1 Subjects

The subjects of experiment 2 were same as the experiment 1. there were still 36 subjects, including 16 males and 20 females, their ages ranged from 19 to 27 years with the average age being 22.58 years (SD = 2.12 years).

2.3.2 Apparatus

In the part of hardware, Clevo 14吋 notebook which contains a central processor of Intel Celeron M 1.3G was used to be interface operation and display. About scenes, Tatung 14吋 notebook which contains a central processor of Genuine Intel Pentium II was used to be the scenes playing and used the projector of TOSHIBA TDP91 to project them to a wall.

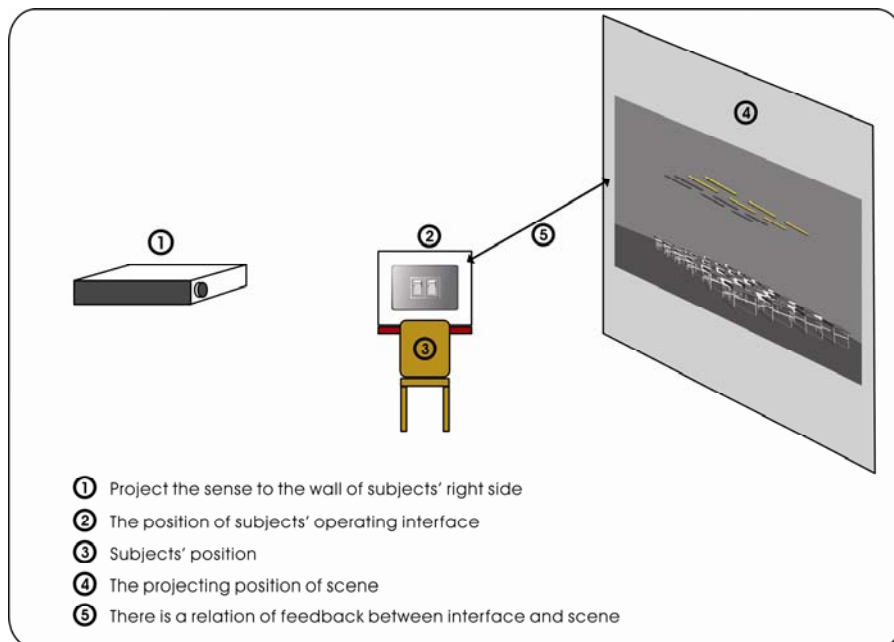


Fig2. The rough situation of experiment 2 in the scene of right side

2.3.3 Experimental procedure

The experiment 2 would carry out after a week of experiment 1 to avoid that the result of experiment 1 affects the second experiment. The experiment 2 was a feedback test. After operating interfaces, the reaction result would directly show on the scene of monitor; namely, interfaces and scenes had feedback. It still divided direction into left, right, and back side, and then separated subjects into 3 groups according to three directions, each group has 12 subjects. The scene they were arranged was same as the experiment 1, that is, if subjects A was arranged to test the left scene in the experiment 1, he was also arranged to test left scene in the experiment 2. Before the experiment 2, subjects were informed that

the arrangement of scene and interface was same as the experiment 1, but the difference was on having feedback between scene and interface, and the relationship of feedback came from the result of the experiment 1. At the beginning of the experiment, monitor would show the scene which the lights were all closed. When subjects understood the relationship of buttons and scenes, they would operate the interface in front of them according researcher's direction. If their answers were right, keep doing next question, but if not, they had to keeping operating until the right answer showing. When 25 interfaces were tested, the experiment 2 was completed.

3. Results and discussion

3.1 Questionnaire

The basic information result of subjects is as shown in fig. 5-1. A total of 103 subjects (31 males and 72 females) participated in this questionnaire, their ages ranged from 20 to 65 years.

Table1. The subjects' basic information of questionnaire



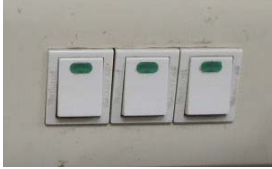

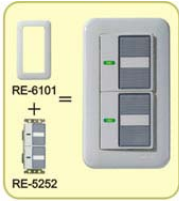
item	content	times	%
Gender	male	31	30.1
	female	73	69.9
Age	20~29	34	33
	30~39	47	45.6
	40~49	10	9.7
	50~59	10	9.7
	60 above	2	1.9

3.1.1 The usage variety of interfaces

The result of questionnaire showed that the interface which subjects used most in public space was no-feedback label interface, it has 76.7% which is the highest, next one is LED interface (41.7%), empty interface (24.3%), and then interface of LED and big button (13.4%), the lowest is LED interface which has words label (2.9%).

Table2. The result about the categories of interface usage

interface	Usage Situation			
	used	(%)	non-used	(%)

	25	24.3	78	75.7
empty				
	79	76.7	24	23.3
No-feedback hint				
	43	41.7	60	58.3
LED hint				
	14	13.4	89	86.4
Large button with LED hint				
	3	2.9	100	97.1
LED with words hint				
others	1	1	102	99

3.1.2 The usage condition of interfaces

There were three classifications in usage of interfaces: position, operation, and compatibility. First of all, there were 81.5% subjects agreed that all power switches such as lights, fans etc., gathered on the same wall is easy to confuse in operating, besides, the questions of "when power switches' appearances of lights, fans etc., are similar that was hard to judge" got 79.6% agreement. In the operation related questions, there were 84.4%

subjects agreed that the power switches of lights and fans etc., should display different appearances, 76.7% agreed that they often make mistakes on operating between lights and switches, 91.3% agreed that interface of power switches should be improved.

In mapping compatibility, there were 82% thought that lights at left should be controlled by switch of left side, contrariwise, lights of right side should be controlled by right side switch. 81.6% thought that the front row of light should be controlled by upper switch, and back row of light should be controlled by under switch.

In addition, switches with empty buttons, no-feedback buttons, and LED button were investigated about the difference when buttons add if they will make operating difficult. As shown in fig 5-3, subjects thought that the interface with empty buttons in operating difficulty was higher than interface with no-feedback buttons or with LED buttons. About buttons' adding that will affect operating difficult or not, according to the proportion of empty buttons (65%, 53.4%, 69%, 68%, 59.2%), it made no difference, hence we could deduce that empty button in itself has operating difficulty to subjects so that it wouldn't be affected by increase of button's number. On the contrary, the proportions of no-feedback button showed that the operating difficulty increased when buttons added (23.3%、20.3%、35.9%、36.9%、35%), and same as LED button, but the latter condition (20.3%、23.3%、25.2%、30.1%、25.3%) was not obvious as no-feedback button. According to analysis of variance (ANOVA), the comparison in three kinds of buttons from 2 buttons to 6 buttons, the result of empty button is as follows: 2 buttons $F_{(2,204)} = 51.910$, $P = .000 < .05$, 3 buttons $F_{(2,204)} = 32.731$, $P = .000 < .05$, 4 buttons $F_{(2,204)} = 39.834$, $P = .000 < .05$, 5 buttons $F_{(2,204)} = 34.729$, $P = .000 < .05$, 6 buttons $F_{(2,204)} = 27.735$, $P = .000 < .05$, and further, LSD shows that there was significant difference in empty button, but neither no-feedback nor LED button was no significant difference. Aforementioned results reveal that a button with hint or not has a definite effect on operating.

Table3. The result of operating difficulty (% = agreement degree)

Pattern Number	empty	No-feedback hint	LED hint
2	65%	23.3%	20.3%
3	53.4%	20.3%	23.3%

4	69%	35.9%	25.2%
5	68%	36.9%	30.1%
6	59.2%	35%	25.3%

3.2 Experiment

3.2.1 A test of mapping between lighting system and interfaces

The result of experiment 1 was discussed according to the same and the different between three directions and 25 kinds interfaces. Fig 3 denotes the mapping result which subjects depended on their subjective mapping cognition about 25 interfaces. Take I1, there were 3 mapping ways from subjects and called a1, a2, and a3. First of all, Fig 3 showed that the situations of interface with vertical way were less than with horizontal way.

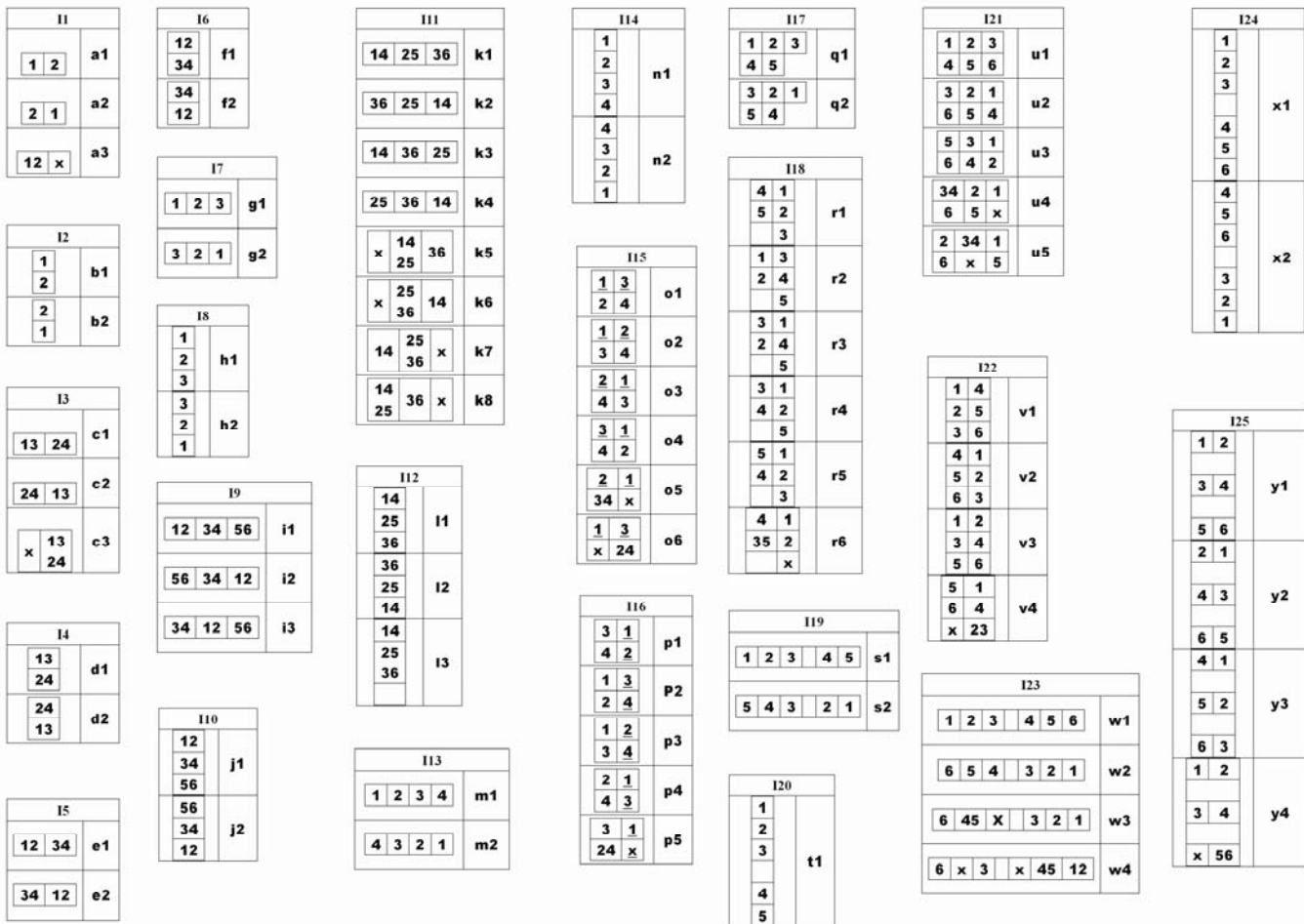


Fig 3. The mapping situations of 25 kinds of interfaces

Generalize some conclusions from 25 interfaces of statistics result according to three scene directions as follows:

1. interfaces analogue in left, right and across side: 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 20, 24(Fig 4);
2. interfaces analogue in right and across side: 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 22, 23(Fig 5);
3. interfaces analogue in left and across side: 3, 18(Fig 6);
4. opposite interfaces in right and left side: 3, 7, 9, 11, 13,15, 16, 17, 18,19, 21,22, 23(Fig 7);

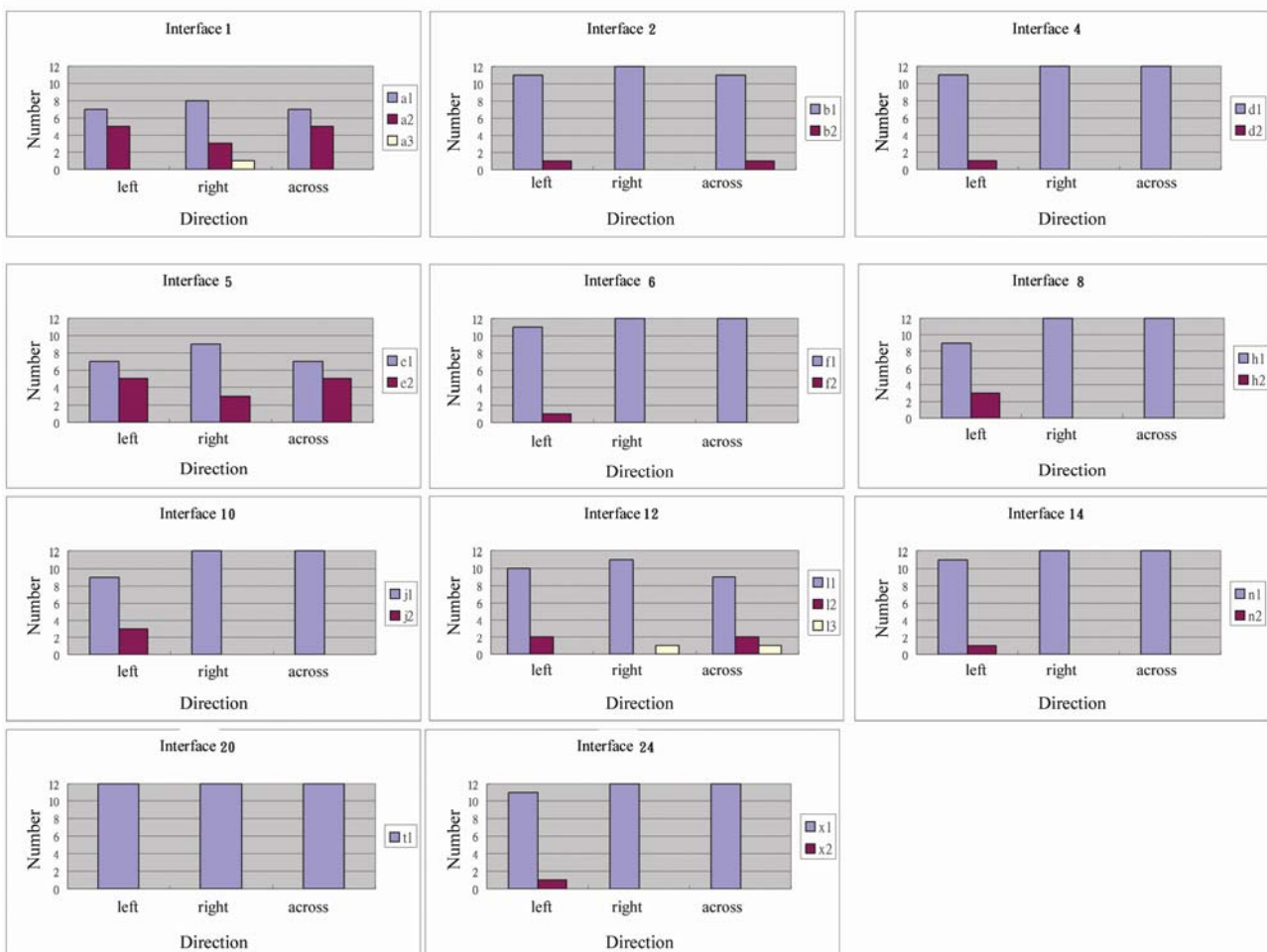


Fig. 4 Interfaces analogue in left, right and across side

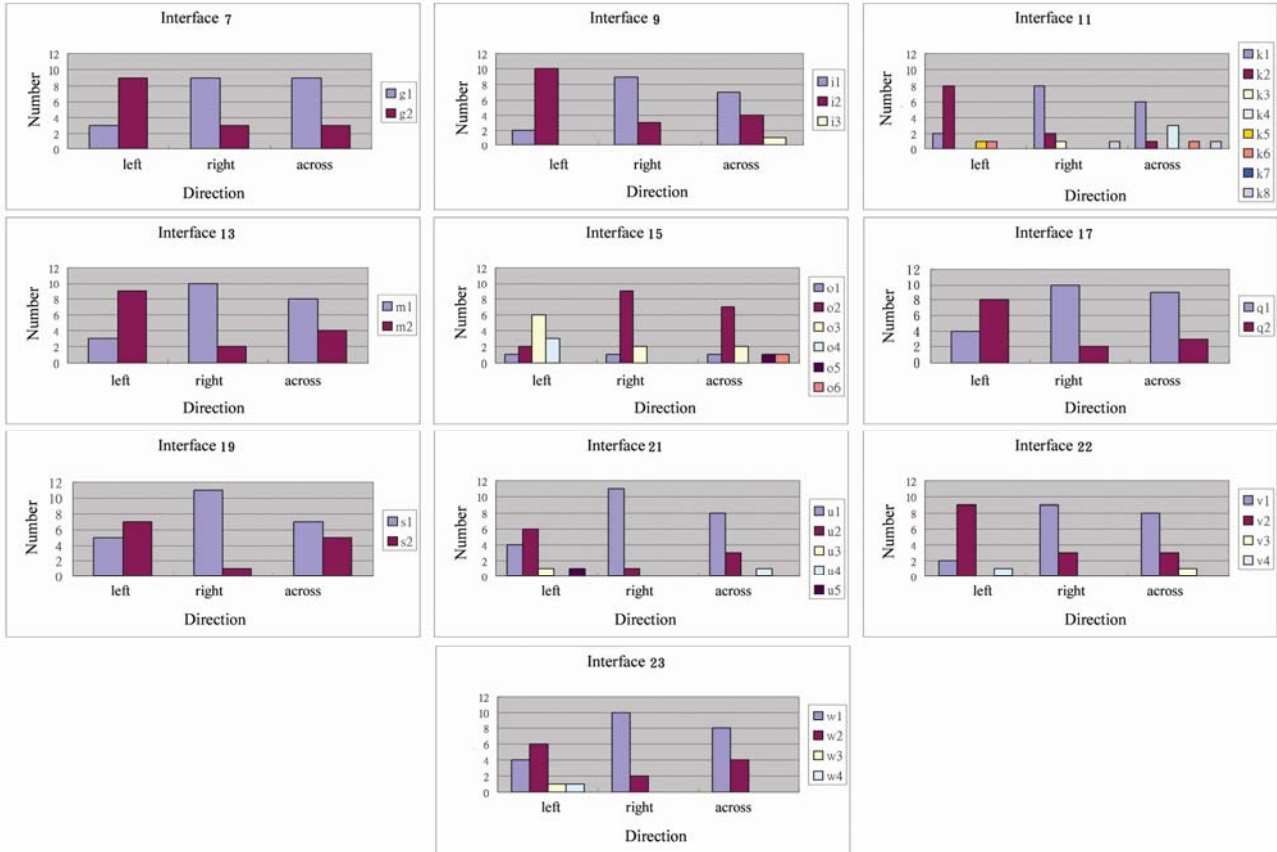


Fig.5 Interfaces analogue in right and across side

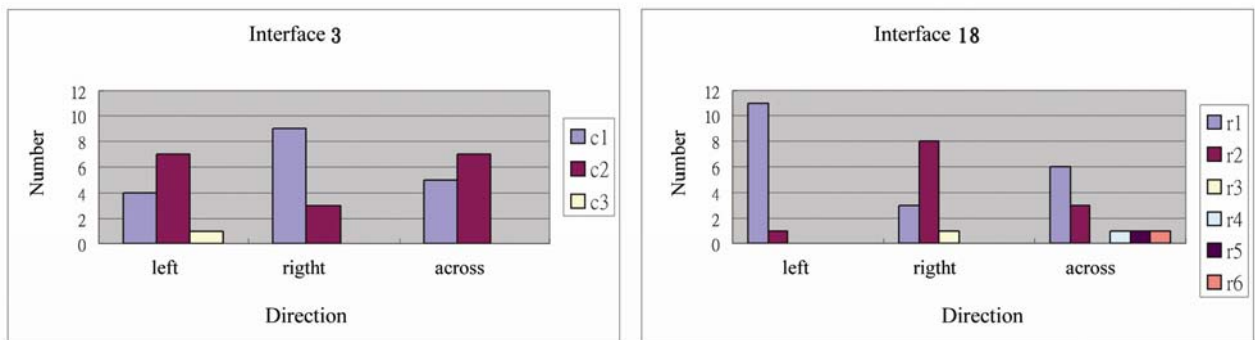


Fig. 6 Interfaces analogue in left and across side

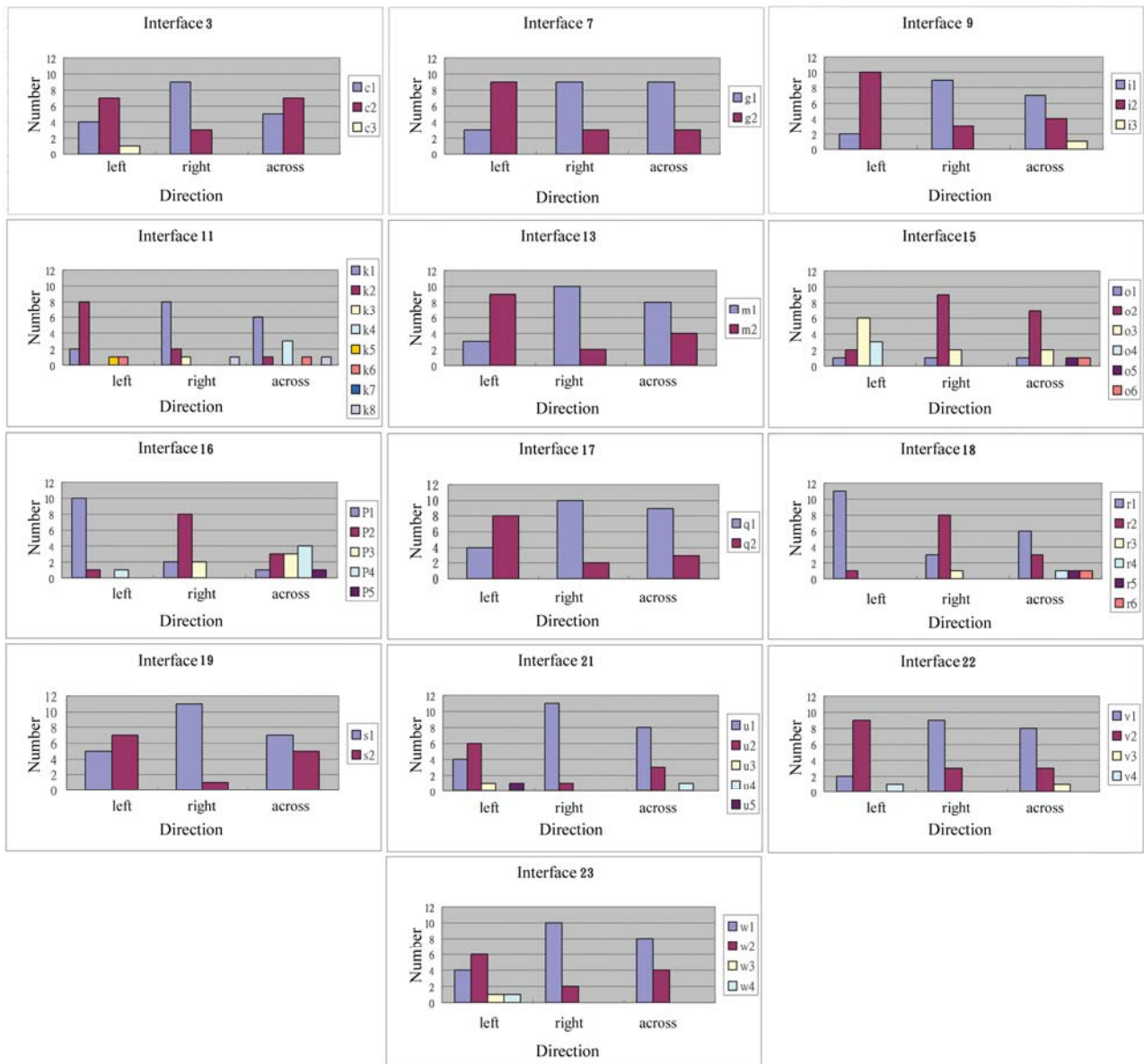


Fig.7 opposite interfaces in right and left side

Table.3 Analogue and opposite results of mapping between 3 scene directions and 25 kinds of interfaces

Direction	Interfaces	Mapping between interaces and lighting system																								
Analogue in left, right and across side	1、2、4、5、6、8、10、12、14、20、24	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr></table>	1	2	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td></tr></table>	1	2	<table border="1"><tr><td>13</td><td>24</td></tr></table>	13	24	<table border="1"><tr><td>12</td><td>34</td></tr></table>	12	34	<table border="1"><tr><td>12</td><td>34</td></tr></table>	12	34	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	1	2	3						
		1	2																							
1	2																									
13	24																									
12	34																									
12	34																									
1	2	3																								
<table border="1"><tr><td>12</td><td>34</td><td>56</td></tr></table>	12	34	56	<table border="1"><tr><td>14</td><td>25</td><td>36</td></tr></table>	14	25	36	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	
12	34	56																								
14	25	36																								
1	2	3	4																							
1	2	3	4	5																						
1	2	3	4	5	6																					
Analogue in right and across side	7、9、11、13、15、17、19、21、22、23	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	1	2	3	<table border="1"><tr><td>12</td><td>34</td><td>56</td></tr></table>	12	34	56	<table border="1"><tr><td>14</td><td>25</td><td>36</td></tr></table>	14	25	36	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4			
		1	2	3																						
		12	34	56																						
14	25	36																								
1	2	3	4																							
1	2	3	4																							
<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6			
1	2	3	4																							
1	2	3	4	5																						
1	2	3	4	5																						
1	2	3	4	5	6																					
<table border="1"><tr><td>1</td><td>4</td><td>2</td><td>5</td><td>3</td><td>6</td></tr></table>	1	4	2	5	3	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6													
1	4	2	5	3	6																					
1	2	3	4	5	6																					
Analogue in left and across side	3、18		<table border="1"><tr><td>24</td><td>13</td></tr></table>	24	13		<table border="1"><tr><td>4</td><td>1</td><td>5</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	4	1	5	2	3														
24	13																									
4	1	5	2	3																						
Opposite interfaces in right and left side	3、7、9、11、13、15、16、17、18、19、21、22、23	<table border="1"><tr><td>24</td><td>13</td></tr></table>	24	13	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	1	2	3	<table border="1"><tr><td>12</td><td>34</td><td>56</td></tr></table>	12	34	56	<table border="1"><tr><td>14</td><td>25</td><td>36</td></tr></table>	14	25	36										
		24	13																							
		1	2	3																						
		12	34	56																						
14	25	36																								
<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4	<table border="1"><tr><td>3</td><td>1</td><td>4</td><td>2</td></tr></table>	3	1	4	2	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	1	2	3	4							
1	2	3	4																							
1	2	3	4																							
3	1	4	2																							
1	2	3	4																							
<table border="1"><tr><td>4</td><td>1</td><td>5</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	4	1	5	2	3	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	5	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"><tr><td>1</td><td>4</td><td>2</td><td>5</td><td>3</td><td>6</td></tr></table>	1	4	2	5	3	6	
4	1	5	2	3																						
1	2	3	4	5																						
1	2	3	4	5	6																					
1	4	2	5	3	6																					
<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6																				
1	2	3	4	5	6																					

Besides, above generalization are classified as Table 3. From Table3, there were analogical and no obvious different in 3 directions (left, right, and across), if switches were arrayed by vertical way, such as interfaces of 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 20, 24 (Fig 8).If by horizontal way, the result of right and across were similar and left and right had opposite results, such as 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 22, 23(Fig 9).

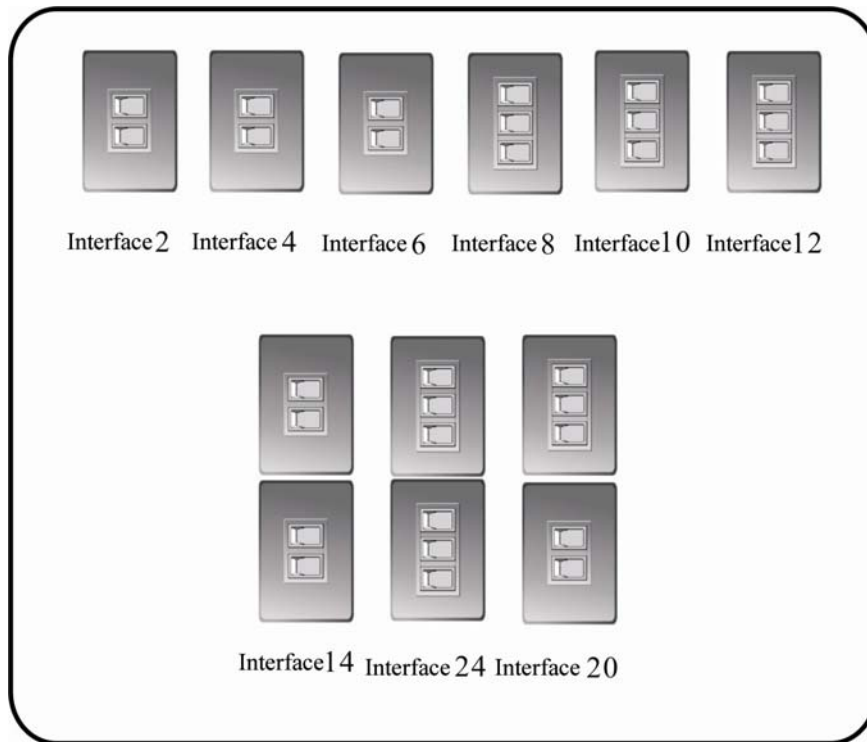


Fig.8 Analogies of interfaces with vertical way

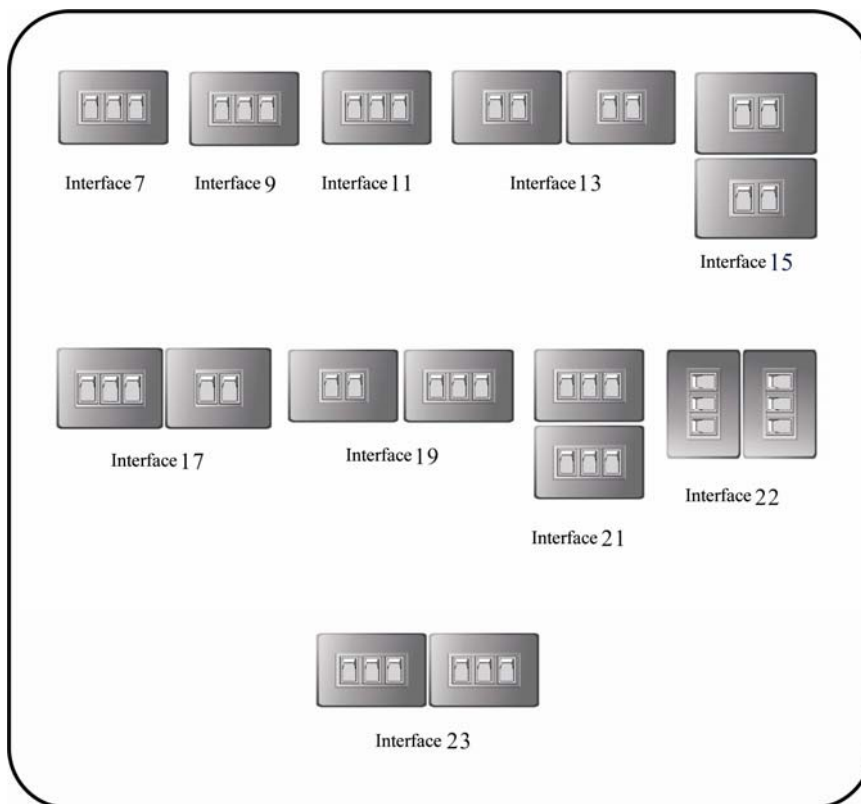


Fig.9 Analogies of interfaces with horizontal way

The result of chi-square test is as follows:

Interface 7($X^2_{(2)}= 8.229$, $P = .016 < .05$),

9($X^2_{(4)}= 11.392$, $P = .022 < .05$),

11($X^2_{(14)}=26.318$, $P = .024 < .05$),

13($X^2_{(2)}= 8.914$, $P = .012 < .05$),

16($X^2_{(8)}= 27.731$, $P = .001 < .05$),

17($X^2_{(2)}=7.465$, $P = .024 < .05$),

18($X^2_{(10)}= 19.400$, $P = .035 < .05$),

22($X^2_{(6)}=13.326$, $P = .038 < .05$);

There was significant difference among above interfaces. They showed that the relation between lighting system and switches exactly affected subjects' operation. Therefore, there were different results when the direction of sense was changed, especially the directions of left and right. So-called difference means that there was different in mapping between lights of sense direction and switches. If sense located on right and across, the reaction direction of subjects was from right to left, up to down, if it located on left, the reaction was from left to right, up to down. But there was no significant difference among gender. In addition, the situation of 2 with 4(2 switches collocated 4 rows of lights) and 3 with 6 showed that population stereotype existed. When lights were arrayed by 12, 34, 56, subjects' reactions followed as the order of 123456 and if lights were arrayed by 13, 24, or 14, 25, 36, their reactions depended on the order of 1, 2, 3(Fig 10).

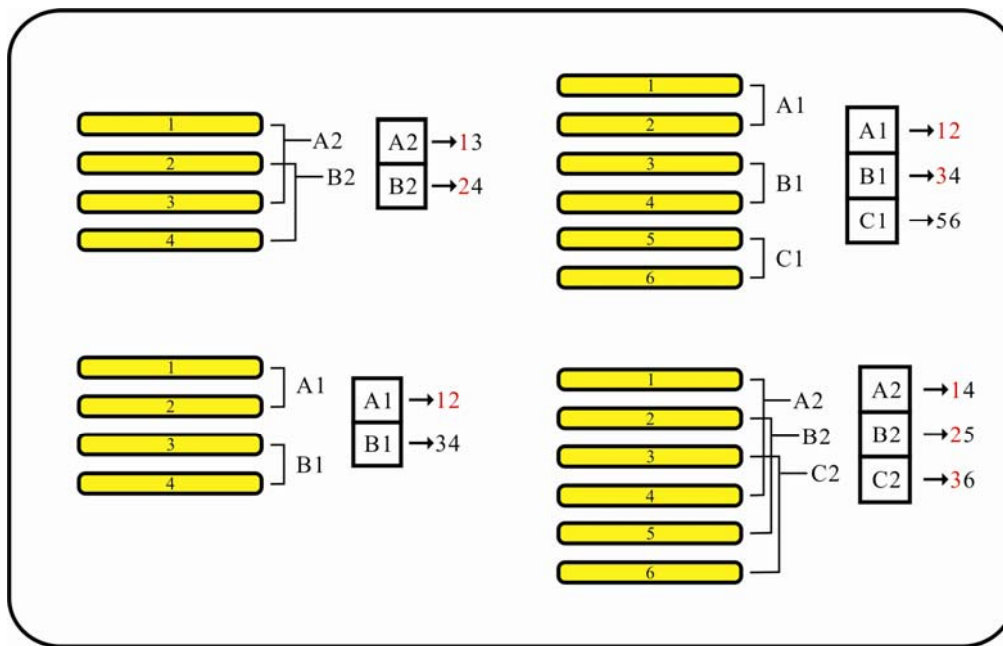


Fig.10 Mapping of pairing majority(lights) with one(button)

3.2.2 Experiment of learning and mistake rate in interface operation

Through subjects had an experience of the first experiment, there were still no specific answers about cognition of direction order on the second one. Even if subject's answer was same as the second one, he (or she) still made wrong mapping on the second experiment. It revealed that error rate is related with the arrangement of interface from chi-square test. Interface 3 ($P = .001$), 5 ($P = .001$), 16($P = .004$), 18($P = .004$), 25($P = .013$) had significant differences. They are combined 2 buttons among Interface 3, 5, 16, 25(Fig 11), their number of buttons were individually 2, 4, 6. The error rate of Interface 3 and 5 may partly come from a button controlling 2 rows of lights, but others like 3 buttons controlling 6 rows of lights had no difference. In addition, Interface 16 and 25 were a button controlling a row of light, but their error rates were higher than others. Hence, it showed that a interface combined by 2 buttons made operating confusion and the main reason wasn't the number of lights, but button position. Interface 3, 5, and 25 with horizontal way had more significant differences than others with vertical way, so the arrangement of buttons better collocate with mapping of lighting system that can get higher correct rate, such as vertical way to array. Through arrangement of Interface 16 was with vertical, but it still had higher error rate. The reason may come from that there were double interfaces and the buttons became a 2x2 form, therefore, it's not easy to operate by horizontal or vertical

way.

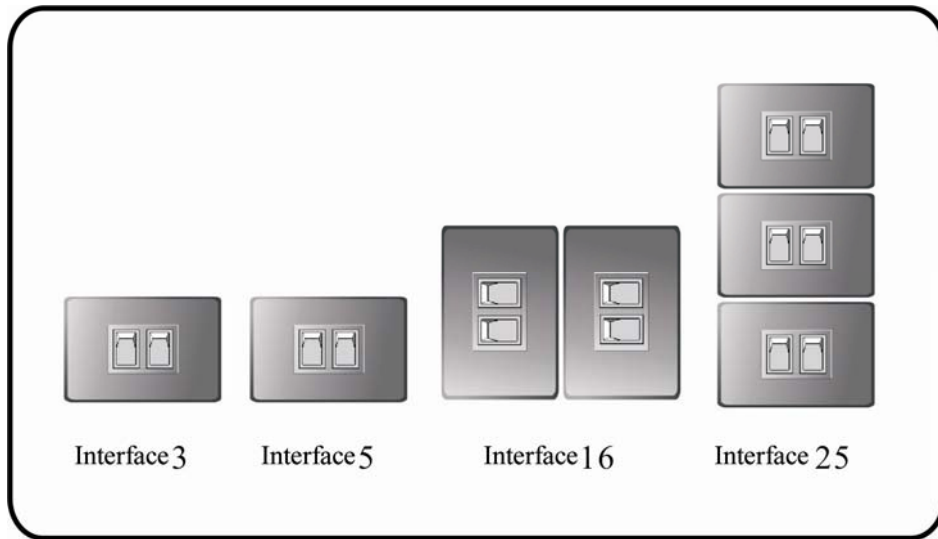


Fig.11 Interface3、5、16、25

Interface 18(Fig 12) was not combined by multiple of 2 buttons. According as the result of experiment 1, there were 5 kinds of mapping situations on the direction of across and the error rates of experiment 2 had a significant difference (left 0%, right 8%, across 52%)among three directions. If compare with Interface 11, 15, and 21 which had over 6 mapping situations, their error rates were individually Interface 11 (left 8%, right 20%, across 29%), Interface 15 (left 52%, right 33%, across 20%), Interface 21 (left 8%, right 14%, across14%), they had no significant differences among 3 directions. In addition to directions, the number of button and the way of combination may be the one of important reasons to affect subjects. There were 3 buttons on Interface 11 that was easy to decide the operation, but Interface 18 with the combination of 2 and 3 buttons may take more time to consider the positions of 5 buttons and should start from which interface that may account for higher error rate.

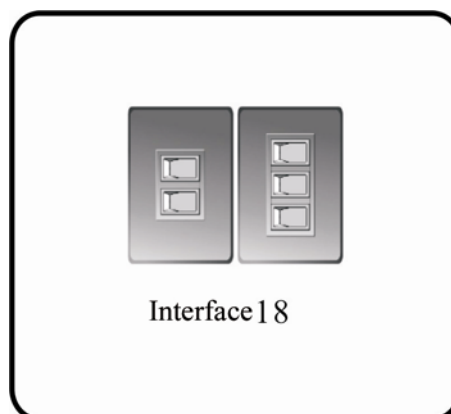


Fig.12 Interface18

Besides, the data of Interface 3, 5, 16, 18, 25 were statistically analyzed using the one way ANOVA, there were significant differences. In addition to above interface, the result showed that the position among lighting system and interface was a factor to affect operating efficiency.

4. Conclusions and recommendations

According all of the above, the conclusions are made as follows:

1. The switch interface in the public space uses no feedback button interface or LED button interface often.
2. When different switches (such as lights, fans) collocate on a wall, it is easy to make users add operational frequency and error rate, especially the switches are similar. Therefore, when public space needs 2 interfaces and above on collocation, interfaces better choose different patterns to easily organize and reduce operating errors. The majority argues that interface of power switch should have a great improvement in order to operation.
3. In the study, lighting system and power switch of republic space didn't properly apply spatial compatibility or natural mapping to collocate and the main incompatible reason is that the collocating worker fast set the related collocations without considering user. Norman(2007) argued that the incompatible reason come from space differences. However, it found that subjects can operate according their cognitive mapping, for instance, left light collocates left button, light on right collocates right button, and former light collocates upper button. Therefore, if only we can make proper plan according to majority mapping cognition before collocation, it can get fairly compatibility.
4. The empty button in operational judgment is more difficult than no feedback button or LED button. When empty button was added, it had no significant difference in operating difficulty, obviously, the main reason about difficulty of empty button is no hint but not its number. No feedback button was better than the empty one, but when button added, the operating difficulty increased. LED button had similar result with no feedback button, but the effect was less than no feedback one. Owing to feedback hint, LED button can remind user its condition and reduce difficulty of judgement.

5. In the experiment of mapping test, the position between lighting system and power switch definitely had affection to users operation. The result of experiment revealed that when lighting system located on subjects' left and right side, subjects reactions had opposite operating direction, especially button was arranged by horizontal way. Button with vertical way was no affection on operating judgement for three directions of lighting system.
6. Through the result of experiment on across side was not completely same as left or right side, but subjects are used to operate with the model of right side more than left side when the lighting system locates on their across side. If lighting system was located on right side, subjects' reaction was from right to left, up to down; if it was located on left side, it was from left to right, up to down(Fig 13).

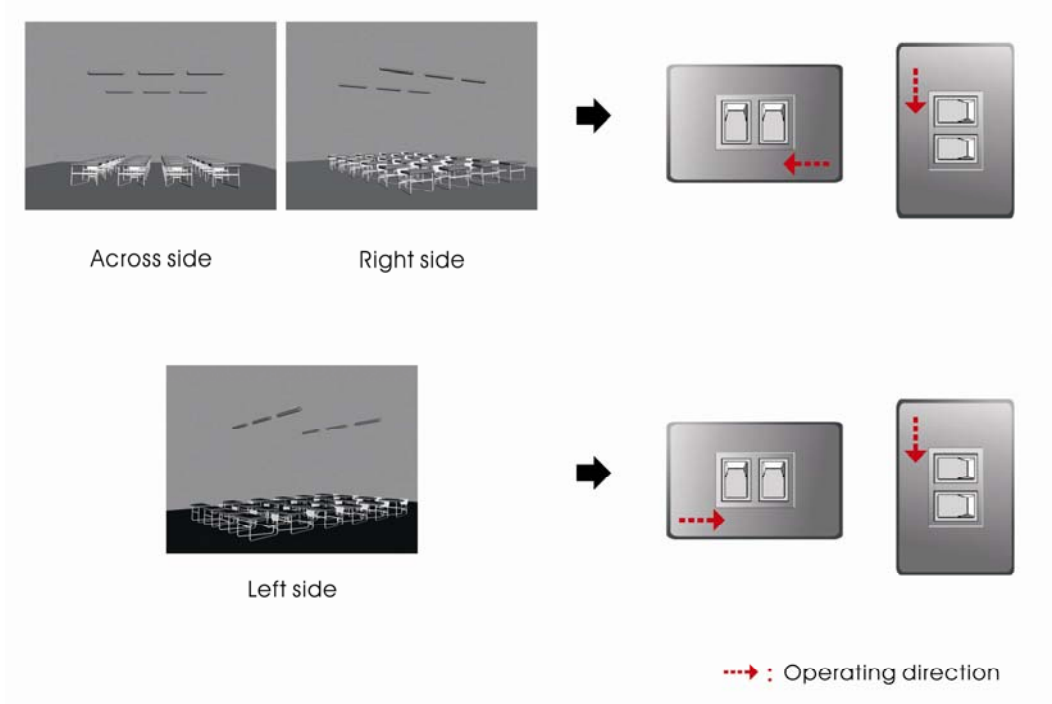


Fig.13 Operating direction of 2 rows of lights by 2buttons

7. Population stereotypes exist in subjects' reaction, when 4 rows of lights collocated 2 buttons and 6 rows of lights collocate 3 buttons. Subjects are used to operate by the order of 1, 2, 3, 4, 5..... Fig 14 showed the related mapping situations when lighting system is located on right side.

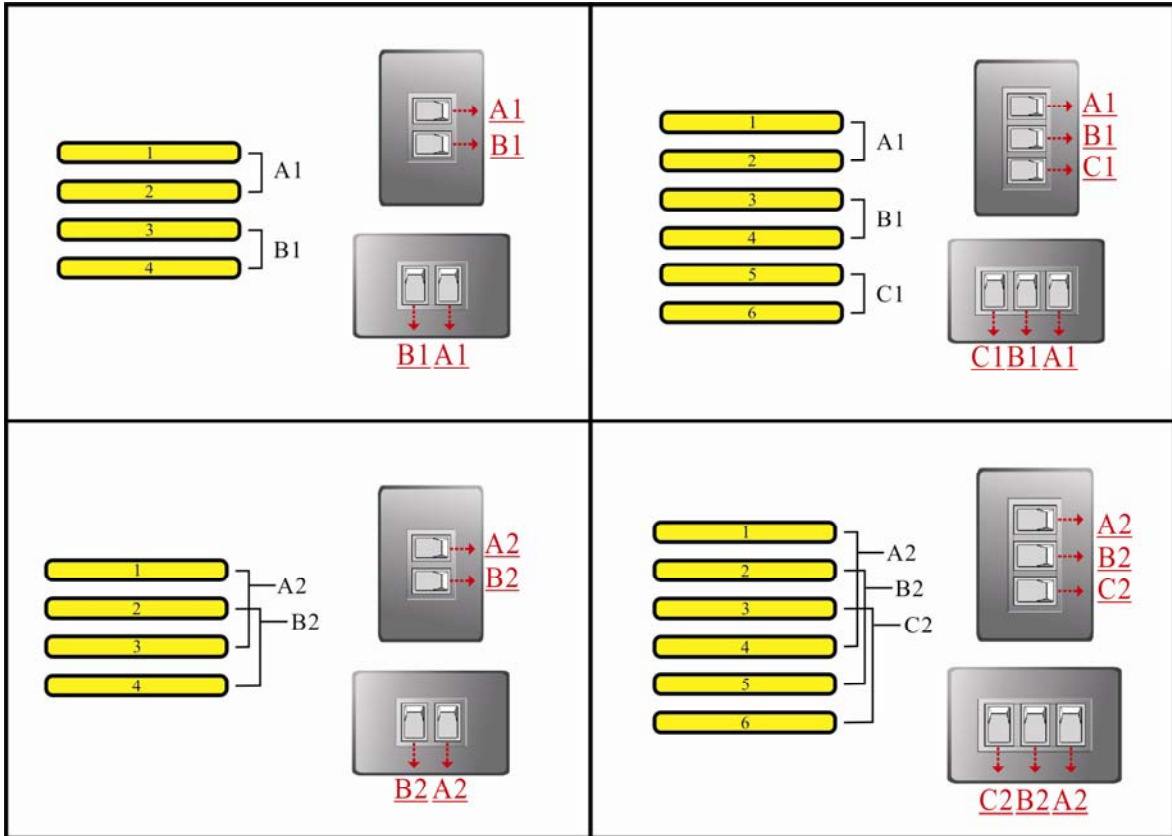


Fig.14 Mapping of pairing multiple with 1 of interface located on right side

8. The operating error rate is affected by buttons setting of interface and lighting system direction mainly, particularly the interfaces setting by 2 buttons are easier make higher error rate in subjects operating.
9. According to the collocation of lighting system and power switch, the following related space recommendations are made:
 - (1) Different power switch interface better uses different pattern to get higher differentiation in a same space.
 - (2) If lighting system is located at the across side of interface, the buttons of power switch is better collocated according to the right side.
 - (3) When lighting system and power switch collocate by pairing majority with one, the lighting number are better arranged by regular way to be a unit and the buttons of power switch are better a multiple of lighting number(Fig 15).

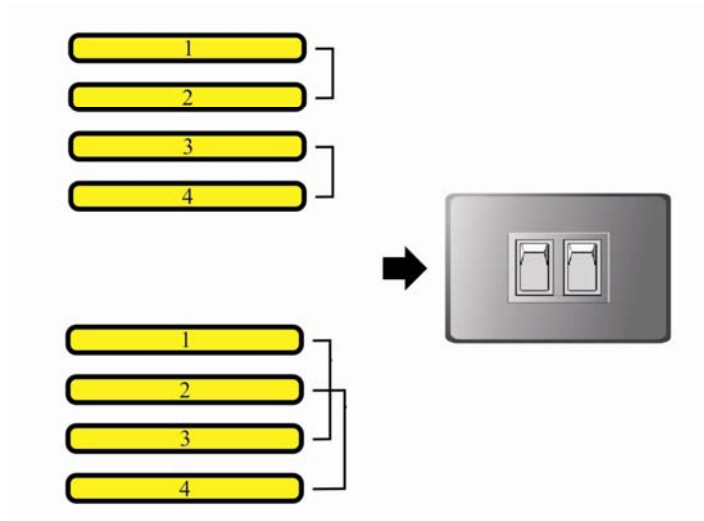


Fig.15 pairing 4 (lights) with 2(buttons)

- (4) As lighting system arranged by vertical way to be a unit is controlled by a button, its interface better adopts horizontal way to collocate; if by horizontal way to be a unit, its interface better uses straight way to arrange (Fig 16).

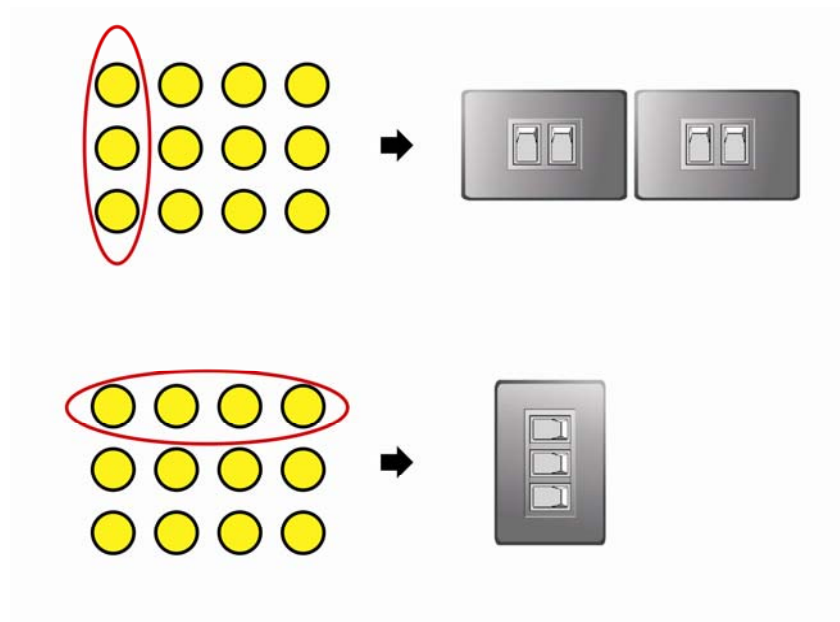


Fig.16 The collocating way of buttons as lighting system arranged by vertical way and horizontal way to be a unit

Finally, the following recommendations are made:

1. The most subjects argue that the interface of power switch should have a great improvement that can be a follow-up research.

2. In the experiment of study was aimed at young adults, Proctor(2005) pointed that it is important to determine what specific aspects of incompatibility are problematic for older adults and the extent to which incompatibility affects their performance more than it does that of younger adults. Therefore older adults can be investigated with the same topic in the future and the result can compare with younger adults.
3. Right-handed subjects were more than left-handed in the experiment. On the basis of objectivity, so it was be discussed in the study. If it is a factor to affect operation that is worth treating in the future.

References

1. Bailey W. Robert, Lin, X. R.(Translated), 1995, Applied Human Factors, Gui-guan Books LTd., Taipei.
2. Bayliss P. Andrew, 2007, Mixed Signals: Stimulus-Response Compatibility and Car Indicator Light Configuration, Appl. Cognit. Psychol. 21(5): 669-676.
3. Cushman H.William, Tsai, D. C., & Song, T. Z.(Translated), Ergonomics in Product Design, Liu-he Publisher, Tapei.
4. Dassonville Paul, Lewis M. Scott, Foster E. Heather, Ashe James, 1998, Choice and stimulus-response compatibility affect duration of response selection, cognitive brain research 7(3): 235-240.
5. Fang, Y. M, 2003, Dialogue of Human and Things—Theory and Practicality in Interaction Interface, Tian-yuan City Cultural Enterprise LTd., Taipei.
6. Fischer R. H. Arnout, 1999, Intuitive Interfaces, J F Schouten School for User-System Interaction Research.
7. Fitts, P. M. & Seeger, C. M., 1953, S-R compatibility: correspondence among paired elements within stimulus and response codes, Journal of Experimental Psychology 46:199-210.
8. Hou, D. X., Zheng, S. H., 2006, Ergonomics 2th Version, Zhong-xing Administrative Consultancy Company, Taipei.
9. Jian, Z. M., 1995, Ergonomics, Xu Legal Foundation, Taipei.
10. Karl Kroemer, Henrike Kroemer, Katrin Kroemer-Elbert, Liu, U. S.(Translated), 1996, Ergonomics: How to Design for Ease & Efficiency, Liu-he Publisher, Taipei.
11. Kroemer Grandjean, Wu, S. Z., & Lan, J. X., & Lan, T. X., & Wang, H. Y.(Translated), 1999, Ergonomics, Gao-li Books Limited Company, Taipei.

12. Lee, Z. Z., Huang, X. L., Lee, Y. H., Wang, M. Y., 2005, Ergonomics, Hua-tai Cultural Enterprise LTd., Taipei.
13. Norman A. Donald, Zhuo, Y. Z.(Translated), 2007, The design of Everyday Things: How to Choose Safe and Functional Products, Yuan-liu Publishing Enterprise Limited Company, Taipei.
14. Norman A. Donald, 1983, Design Rules Based on Analyses of Human Error, Communications of the ACM 26(4): 254-258.
15. Proctor W. Robert, Vu L. Kim-Phung, Pick F. David,2005, Aging and Response Selection in Spatial Choice Tasks, Human Factors 47(2): 250-269.
16. Wu Swei-Pi, 1996, Further Studies on the Spatial Compatibility of Four Control-Display Linkages, International Journal of Industrial Ergonomics 19(5)353-360.
17. Wickens, C. D., 1992, Engineering Psychology and Human Performance, HarperCollins Publishers, Inc.
18. Xu, S. X., Peng, Y., Wu, S. P., 2000, Human Factors in Engineering and Design, Cang-hai Publishing House, Taichung.
19. You Hsiao-Chen, 2007, Applications of Affordance and Semantics in Product Design, Design Studies 28(1): 23-38.
20. Zhang, Y. C., 1997, Human Factors, Yang-zhi Cultural Enterprise LTd., Taipei.