

第二章 文獻探討

本章主要在說明相關文獻探討，包括資訊融入教學、完形心理學、視覺設計原理、幾何錯視。

2-1 資訊融入教學

2-1-1 意義與內涵

資訊融入教學就是將資訊科技融入課程、教材與教學中，讓資訊成為師生一向不可或缺的教學與學習工具，並使得資訊科技的使用成為在教室中日常活動的一部份，且能延伸視資訊科技為一個方法或一種程序，在任何時間、地點來尋找問題的解答（溫嘉榮，民 92）。

張國恩（1999），亦提到電腦融入教學的意義，係教師運用電腦科技於課堂教學與課後活動上，以培養學生運用科技與資訊的能力和主動探索與研究的精神，讓學生獨立思考與解決問題，並完成生涯規劃與終生學習。

Jonassen（1996）曾以 mindtools 說明教學科技有三層次的應用，分別是「學電腦知識（learning about computer）」、「從電腦學知識（learning from computer）」、「用電腦學知識（learning with computer）」。

Jonassen 對電腦三層次的應用，對應到我國資訊教育發展，分別是資訊概論（Computer literacy）、電腦輔助教學（CAI）、與資訊融入教學（technology implementation）；配合網際網路與通訊科技的發展、電腦科技、軟體設備、技術的快速進步，可以預見的是資訊科技將是現今教育與教學中的必要元素。

徐新逸（2003）指出，資訊融入教學的定義，狹義的解釋是應用資訊科技的技術、廣義的解釋是應用系統化教學設計的科學方式，以達成學習目標，並提供學習者有意義的學習歷程，以增進較佳的教與學之成效。並認為資訊融入教學可就四個應用面向進行，包括：（1）教學資源、（2）教學工具或教學環境、（3）教材傳播管道、（4）學習工具。

徐新逸（2002）整理 Moersch（1995）所提出的概念，將資訊融入教學程度從 0（不使用）至 6（精緻）分為七級，每一等級說明，歸納整理如下：

表格 2-1 資訊融入教學程度

融入程度	分類	狀況描述
0	不使用（None）	缺乏管道取得科技工具，也沒有時間實施使用。既有的科技是以文字為基礎（例如：講義、黑板、投影機）
1	知覺（Aware）	老師仍然沒有用在教學中，雖然老師接觸過電腦課程。（例如：整合式的學習系統、電腦套裝程式、電腦概論課程、文書處理學習軟體）。電腦為主的應用對教師個人的教學沒有一點點關連。

2	探索 (Explore)	科技工具是既有現存的教學的支援或補充。(例如：個別指導、教育遊戲、提供學習刺激)。科技是既有教學的延伸，或更豐富加值的練習活動。
3	融入 (Infuse)	有效使用科技工具：包括資料庫、試算表、成套相關聯的圖表、計算機、多媒體應用系統、桌上出版應用系統、電訊傳播應用系統、加強獨立教學事件 (例如：科學實驗、試算表分析結果、或者各個學校間透過電子傳播傳遞資料。)
4	整合 (Integrate)	科技工具被整合成一種方法，提供豐富的內容讓學生確切的了解概念、主題和歷程。科技 (例如：多媒體、電訊傳播、資料庫、試算表、文書處理) 被當作一個工具，用來定義和解決真實的、跟整體概念主題有關的問題。
5	擴充 (Expand)	科技的使用被延伸到教室以外。課堂中的教師積極主動地引起科技的應用，並且和企業、政府機關 (例如：聯絡 NASA，藉由 Internet 連結到外太空的世界)、研究機構、大學合作、經由問題解決、議題決定，拓展學生的學習經驗，學生的學習活動也環繞著一個主要的概念主題。
6	精緻 (Refine)	科技被視為過程、產出 (例如：發明、專利、新的軟體設計) 以及工具，幫助學生解決生活上的問題或議題。在這個文章脈絡下，科技是資訊顧問、解決問題、和 (或) 產品發展的中介。學生必須了解大部分的科技工具並事先做好準備。

吳正己 (2001) 指出，英代爾 e 教師計畫將資訊科技定位在教學輔助的角色，如何讓資訊科技的融入協助學生達到學習目標，是其教材製作及評量表設計時一再強調的重點。故而，設計資訊融入學習活動，首應考慮的是，針對學生的學習目標，是否有合適的資訊融入學習活動？資訊科技在活動中的使用是否必要？

到底教師或學生應用資訊科技可以從事哪些活動呢？英代爾 e 教師計畫中所涵括的活動包括：

1. 資訊蒐集 (使用瀏覽器)。
2. 教學或學習成果展示 (使用簡報、網頁)。
3. 文件製作 (使用文書處理)。
4. 溝通與分享 (使用 E-mail、摺頁冊、網頁、新聞稿等)。

該計畫課程因針對所有的教師而設計，採用的均是較簡單易上手的通用性 (General Purpose) 軟體，如 IE、PowerPoint、Publisher 及 Word 等。如果涵蓋範圍更廣泛，則應包括：

5. 資料的統計與分析（使用電子試算表）。
6. 輔助概念學習的活動（使用學科相關軟體）。

2-1-2 融入學科的方式

張國恩（1999）提到，教師在選定教材，如何利用電腦資源將其呈現出來，或電腦資源如何配合教學活動等，都是融入教學的接續工作，而一般教師較常用的三種模式分別為：

1. 電腦簡報的展示：為提高學習動機與教學效果，教材的簡報需結合有意義的多媒體展示，亦即指任一媒體的展現都需包含教學意義，而不只是有趣而已。
2. 電腦輔助教學軟體的運用：選擇適當的 CAI 軟體來幫助教師教學或學生課後學習。
3. 網際網路資源的使用：網際網路上有相當多的資源，可視之為大型教材庫，而其內容多樣化，教師可以將其擷取、整合到教案中，對編輯很有幫助。

針對第一點，張國恩（1999）更深入地提到，雖然簡報軟體可以結合多媒體作多變化的展示，但不適當的簡報方式會造成較差的教學效果，且對於中小學學生而言較不習慣。

為提高學習動機與教學效果，教材的簡報需結合「有意義的多媒體展示」或隱喻（Metaphor）效果。所謂有意義的多媒體展示或隱喻效果是指每一媒體的展現皆須包含教學意義，是學生能理解的，而不僅僅是有趣。換言之，任一媒體的展示對老師需有輔助教學的功能，對學生需有認知理解與認知掛勾（Cognition Hook）的效果。簡報若使用過多或太過複雜的媒體可能會造成多餘效應（Redundant effect）。多餘效應會引起認知負載（Cognition load）問題致使學習效果降低。另外，老師也可以指導學生使用簡報軟體將所學表達出來，以助知識重整。

溫嘉榮（2003）整理出以下的表格，說明現行教學中，各種資訊融入教學的方法：

表格 2-2 各種資訊融入的方法

應用範圍	工具	方式
教學大綱提示	PowerPoint、FrontPage & WWW	多媒體演示、作業題目
補充教材	Internet	資料蒐集、課堂講述
學生自學教材	Front page & WWW	適性化教材
師生互動	Net Meeting、E-Mail	師生溝通、問題解答、同儕學習、線上討論
線上測驗與評量	ASP & WWW	供學生課後練習，了解學生學習成就，作為教學之回饋
虛擬教室	Internet	跨校跨國的學習互動或網路合作

		學習
競賽活動	Internet	提供學生發揮創作園地大規模活動辦理
學生作業	PC OFFICE	學生利用電腦做作業及利用電腦學習
班級及學生資料	Excel、ACCESS、ASP	學生基本資料管理
親師溝通	E-Mail、Web	家庭聯絡簿

顏永進、何榮桂(2001)指出,在實施資訊融入教學時應考慮五個 W,即 Why、Who、When、Where、What 的因素。

1. Why

為何要進行資訊融入教學?

對於要進行的課程內容、性質,是否有其必要性?

學生的學習興趣與理解程度是否會因為資訊科技的融入而提高?

2. Who

資訊融入教學的實施者與對象為何?

教師本身應具有哪些資訊素養?

學生應具有哪些資訊技能?

3. When

何時進行融入教學最有效?

(並不是只有在課堂上的上課內容才可以進行資訊融入的教學,凡是與上課的內容有關的各種資料蒐集或是課程資料的準備、課程內容的討論等都是可以進行資訊融入教學的時機。)

4. Where

實施地點為何?

是電腦教室或配有「教室電腦」的一般教室或特別教室?

電腦與學生比例為何?

有無廣播系統或單槍投影機等輔助設備?

5. What

哪一類型的資訊科技可以融入教學中?

(所能融入的資訊科技類型與課程性質、教師及學生之資訊素養、現有軟硬體均有密切相關。)

張國恩(1999)提到,教師可利用電腦資源設計教案,設計融入教學的教案時應考慮下列項目:

1. 需求性:並非所有教材皆需要利用電腦來輔助教學,確有需要,則教案設計時所應用的電腦資源也必須滿足輔助教學的需求。
2. 可行性:在應用電腦融入教學時,所使用的電腦資源在學校現有的環境下必須能實行。
3. 符合學習理論:電腦融入教學的目的除了提高學生學習動機外,更大的作

用在於增進學習效果，故任何融入方式皆須滿足學習效果的提升。

4. 與原始學科教材之結合程度：融入教學的電腦資源與原始學科教材的差異不能太大，否則在實施教學時會造成認知負載過重。
5. 資源性：融入教學所運用的電腦資源是否容易取得或具有合法性，故設計教案時所考慮的教學資源應容易取得，並滿足智慧財產權。

何榮桂、吳正己、賴錦緣、藍玉如（1999）指出，數學領域整合資訊應用的方式。

1. 使用電腦作基本的算術運算、估算、或求近似值
2. 用電腦表示整數、分數、小數所代表的形式和意義
3. 利用電腦於變數、表示式、等式、幾何、分析、統計、機率等概念或課程的學習（如以電腦模擬模型進行幾何空間的了解）
4. 用電腦解線性方程式、函數、實數等問題
5. 用電腦進行資料的分析、統計與處理，並用電腦軟體解釋結果
6. 電腦輔助設計，如利用電腦圖形工具程式輔助幾何圖形的設計、表示函數圖、畫出散佈圖等
7. 利用電腦進行大量製造過程的控制；可學習的軟體，如試算表、動態幾何系統、代數系統、資料系統、圖形軟體等。

張國政（1999）指出，在數學領域利用資訊融入教材範圍，可以將抽象化的教材轉成視覺化的教材。有些教材所呈現的知識是很抽象的，學生不容易了解。例如，數學領域中的式子常令學生無法理解，造成學習動機低落。欲提高學習動機和增進學習效果，有必要將抽象化的教材以視覺化展現。例如，將數學函數以真實的圖形表現出來更有助於學生理解。視覺化展現的最好工具當屬電腦，尤其電腦多媒體性更能以多樣化的方式表達出易於理解的效果。

2-1-3 困境與解決辦法

王英洲（2003年）所提出的，影響教學媒體融入教學的關鍵因素如下：

1. 學校的教學媒體設備：教育部繼民國八十六年六月執行「電腦輔助教學軟體發展與推廣計畫」完畢之後，持續於民國八十六年七月開始推動「資訊教育基礎建設計畫」，並整合「台灣學術網路（TANet）到中小學計畫」，且於民國八十八年會計年度追加預算六十四億七千萬元，以加速建立資訊化的校園環境（韓善民，民87），為學校建立良好的教學媒體環境。而在軟體資源部分，從民國八十二年台灣省政府教育廳推動的教學媒體製作計畫，至做出許多優良的、適合中小學使用的教學媒體，並編成目錄供各級教師使用（台灣省教育廳，民82）。而教育部亦有專款用以補助各校，提升基本軟體教學資源。現在坊間也有不少的軟體公司，相繼投入學校教學媒體的製作開發可惜品質良莠不齊，內容常常無法合乎教師實際教學的需求，導致教師在選擇上增加許多困難。
2. 教室教學媒體的設置：若要順利推動各學習領域的教學體融入教學，則必須再充實普通教室內的視訊硬體設備，電腦與網路設備。因為良好的教學

只融入教學環境，應該讓師生在教室可以隨時地運用設備進行教學活動。

3. 教師的教學媒體素養：至民國八十七年為止，中小學教師受過電腦應用訓練的比例為 34%（張湘瑜，民 87），而在未來仍將加強在職教師的資訊素養，並預定於民國九十年，將使國小至高職教師百分之百均具備資訊基本應用能力（何榮桂，民 88）。教師是推動教學媒體融入教學的靈魂人物，如果教師無意推行教學媒體融入教學，那麼政府以及教育單位的努力，都是白費。

溫嘉榮（2003）提出推動資訊教育可行的策略：

1. 多方面應用各種管道，引導教師運用資訊於其教學之中，積極提升教師的資訊素養。
2. 開辦具學分的遠距教學課程，供各地教師透過網路學習觀念與技能。
3. 辦理教師資訊能力檢測，以確立教師具備應有的資訊素養。
4. 為加強學生學習互動，擴大學習團隊，宜透過校際間的結盟及網路互動建立學習社群。
5. 規定各學科應建置學科網路學習資源，並鼓勵每位老師建立個人網頁供本身教學之用。
6. 鼓勵校內各班建置班級網頁，以活絡班級資訊學習風氣，並透過競賽提升網頁內涵及品質。
7. 教育主管單位可與國內各大網站，建立策略結盟關係，提供現有資源給教師，以建立教師網路社群。
8. 多辦理網路學習活動及競賽，以引導學生多運用網路學習，並廣辦頒發獎狀以提高參與的誘因。

張國恩（2002）提出，為了排除資訊融入教學的困難，教育主管機關與學校可在短時間內完成下列事項：

1. 老師電腦基本能力的培訓。
2. 適於融入教學的校園電腦環境之建立。
3. 電腦融入教學認知的推廣。
4. 教材教法的編製研習。
5. 軟體資源的發展與推行。

何榮桂（2002）提出，推動資訊融入的困難大致有下列三點：

1. 教師普遍缺乏融入概念：資訊科技融入教學並非如想像的困難，很多老師以為必須具備純熟的資訊素養或要有齊全的設備才能實施；事實不然，只要願意嘗試，就有成功的機會。
2. 缺乏實例：很多老師因為無實際的例子可供參考，所以不知道從何做起，因此在推動之初，提供具體可行的實例至為重要。
3. 數位落差大：整體來說，台灣的數位落差雖然存在，但不嚴重，但其存在提醒我們要注意，儘量使其縮小。

解決之道也有三點：

1. 加強老師職前及在職進修，讓老師在課後有獲取新知的機會。
2. 政府、學校及老師，應積極開發共享資源。
3. 發展教育優先區計畫，對於偏遠或財政較匱乏的地方優先給予支助，才能創造均等的教育機會。

徐新逸（2003）指出，進行資訊融入教學的過程中，所有參與的成員都有其個別的角色與任務，需要的專業發展模式亦有區別，以下對學校成員的角色與任務進行歸納，整理出下列資料。

表格 2-3 學校成員的角色與任務

成員	角色	任務內容
校長	領導者	推廣正確的資訊融入教學觀念 領導全校發展主題特色 協助創建科技委員會或資訊小組 促成非正式的老師社群組織 提供行政的支持 建立跨校合作的關係 尋求社會資源的支持
行政人員	行政與教學支持者	依據教學需求規劃校內專業發展的課程與活動 執行校內專業發展課程 依據教學需求採購設備 設計適當的管理機制 推廣發展完成的資訊融入教學課程
資訊科技專業人員	資訊組長 系統管理師	推廣正確的資訊融入教學觀念 選用並管理知識管理的平台 提供即時的技術支援 擔任資訊融入教學設計的諮詢顧問 擔任資訊科技專業發展的訓練師 對設備採購提出專業建議
老師	教學設計者 與評鑑者	主動參與專業發展課程與活動 進行教學設計（教材教案之設計、製作、選用與評鑑） 參與社群共同成長 進行行動研究、並分享研究成果。對設備採購提出專業建議

表格 2-4 學校成員的角色與專業發展內容

成員	角色	任務內容
校長	領導者與評鑑者	資訊融入教學的正確觀念 領導統御能力 資訊科技應用能力與評鑑的能力

行政人員	行政與教學支持者	資訊融入教學的正確觀念 資訊科技應用能力 以資訊科技執行校務行政工作的能力與評鑑的能力
資訊科技專業技術人員	資訊組長 系統管理師	資訊融入教學的正確觀念 學校進行知識管理的模式與方法 資訊專業技能 資訊教育訓練能力 資訊設備管理維護之專業知識
老師	教學設計者 與評鑑者	各學習領域的專業知識 資訊融入教學的正確觀念 教學設計 各學習領域適用的教學策略 應用資訊融入教學的教學策略 資訊科技的基本應用能力 資訊科技的限制 行動研究

參考文獻

- (1) 溫嘉榮，教師如何將資訊融入學科成為教學工具，教育研究月刊，105，p75-105，2003.
- (2) 王英洲，教學媒體融入教學面臨的阻礙。資訊與教育雜誌，85，5-14，2003.
- (3) 張國恩，資訊融入各科教學之內涵與實施，資訊與教育雜誌，72，2-11，1999.
- (4) Jonasson, D. H.(1996).*Learning from, learning about, and learning with computing:A rationale for mindtools*.In *Computers in the Classroom: Mindtools for critical thinking*(pp.1-22).Englewood Cliffs,NJ:Prentice-Hall.
- (5) 顏永進、何榮桂，資訊科技融入學習領域設計策略初探，【新世紀課程教學】九年一貫課程題教育研討會論文集，台北：教育部，2001.
- (6) 張國恩，從學習科技的發展看資訊融入教學的內涵，資訊教育，16-25，2002.
- (7) 吳正己，從英代爾 e 教師計畫談資訊融入教學。資訊與教育雜誌。85，15-21，2001.
- (8) 徐新逸，學校推動資訊融入教學的實施策略探究，教學科技與媒體，64，68-84，2003.
- (9) 王全世，資訊科技融入教學之意義與內涵，資訊與教育雜誌，80，23-31，2000.
- (10) 陳泰安，九年一貫課程教師資訊素養能力之探究，資訊與教育雜誌，91，50-59，2002.
- (11) 何榮桂，台灣資訊教育的現況與發展—兼論資訊科技融入教學，2002.
- (12) 何榮桂，從九年一貫新課程規劃看我國資訊教育未來的發展，資訊與教育

- 雜誌，85，5-14。資訊與教育雜誌，87，22-48，2001.
- (13) 謝琇玲、陳碧姬、郭閔然，由教師資訊素養談資訊融入教學之道，資訊與教育雜誌，92，87-95，2002.



2-2 完形心理學

2-2-1 名詞釋義

蔡方姿（民 87），於論文當中整理相關名詞釋義：

1. 完形心理學：完形心理派強調以知覺組織的原理原則去理解各種知覺現象。如：形狀知覺、大小知覺、空間知覺、運動知覺、錯覺、以及知覺的恆常。（黃榮村，民 76 年）
2. 完形（Gestalt）：「格式塔」的本意為形狀、整體、或整體的形狀。而在心理學上的說法是指人類對事物的知覺並非根據此事物的各個分離的片段，而是以一個有意義的整體為單位。因此，把各個部分或各個因素集成一個具有意義的整體，即為完形。
3. 群化原則：所謂「群化原則」就是利用知覺群組（perceptual grouping）的方式，將人們所接收到的刺激，賦予連結及次序的關係。格式塔心理學源自二十世紀初期的德國，提出幾個有名的知覺組織原則：
 - （1）接近律（principle of proximity）；
 - （2）相似律（principle of similarity）；
 - （3）封閉律（principle of closure）；
 - （4）連續律（principle of good continuation）；
 - （5）單純性或完整性（principle of prägnanz）；
 - （6）共同命運律（common fate）。

完形(Gestalt)是德文，原意為形狀、圖形。「Gestalt」一字和英文中的「form」、「configuration」、「structure」、「shape」、「pattern」等單字有相似意義。Gestalt 有兩種涵義：一是指形狀（shape）或形式（form）的意思，也就是指物體的性質；另一種涵義是指一個具體的實體和它具有特殊形狀或形式的特徵（Kurt Koffka 原著，黎焯譯，2000）。

2-2-2 完形心理學

完形心理學（Gestalt Psychology），被翻譯為「格士塔心理學」，學派於 1912 年在德國創立，後期傳入美國發展。

綜觀「完形」心理學的發展歷史，由早期研究人類的知覺現象開始，當後來應用在學習、認知、諮商的心理學領域，貢獻可說十分卓越。由於它的主要理論是由德國學者以德文撰寫的，內容艱澀難懂，加上學習者很少，使得這個學派逐漸為人淡忘，他的發展僅僅只有 20 年左右光景。

1950 年代由於航空運輸的普及，美國科學家為了飛航技術的理由，開始研究人類的視覺與環境的關係，過去「完形」心理學研究發展的許多視覺理論，才又重新受到科學家重視。

1970 年代隨著電腦科技的昌盛，為了「人工智慧」研究的需求，關於大腦、神經的視覺生理及心理學的研究有了十分重大的突破與成就，在科學家逐漸揭開人類視覺生理之謎的同時，才又重新檢視並肯定過去「完形」心理學派對於人類

視覺認知所做的貢獻。

1970 年代起「認知」心理學開始蓬勃發展，「完形」心理學過去的研究成果也為「認知」心理學奠定深厚的基石。因此許多心理學家將「完形」心理學視為「認知」心理學的先驅。

魏泰默 (Max Wertheimer, 1880~1943) 是完形心理學的創建者，另有二位代表人物，分別是考夫卡 (Kurt Koffka, 1886~1941) 與柯勒 (Wolfgang Kohler, 1887~1967)；而海安姆 (Rudolf Arnheim) 則是使得完形心理學得以大放異彩的重要人物。

完形論的三位領導人對「完形」一詞，分別做過不同的解釋，介紹如下 (葉政鑫整理，民 90)。

1. 魏泰默 (Max Wertheimer, 1880~1943)：一個整體，其特性非由其個別元素的特性所決定，而是由整體內部的性質所決定。他比較了一個完形與一個總和的不同；一個集合乃是各部份的總和，只有當你將各個部分依次地放置在一起，而不影響其中任何一個部分的品質改變時，才能稱之為集合。
2. 考夫卡 (Kurt Koffka, 1886~1941)：組織是導致一個完形的過程，組織與機會的分配正好相反。
3. 柯勒 (Wolfgang Kohler, 1887~1967)：「完形」具有雙層意義：「除了形狀或形式的涵意之外，它本身是一個具體的存在，而可能有一種形狀為其特性之一」。他又指出：完形心理學所重視的是第二種意義，即指一種特殊的實體及其在感覺場域中的組織。

2-2-3 完形心理與數學學習

魏泰默 (Max Wertheimer)，提出相當多的完形心理原則，他對於問題解決也相當關心。

魏泰默 (1959) 特別關心問題解決，他提供著名科學家 (例如：伽利略、愛因斯坦) 發表數學問題，就像小孩子般利用完形描述來進行問題解決的插曲。根據他的說法，成功的問題解決態度本質是要能夠看到問題的全部結構。

完形理論可以應用到人們學習的各個方面，雖然它最直接地應用到知覺與問題解決。魏泰默也提供例子來說明完形原理對於數學學習的影響，最經典的是孩子們發現平行四邊形的區域。只要平行四邊形是有規律的圖形，標準程序有可能是管用的 (從基準線的夾角畫垂直線)。然而，假如平行四邊形是新奇形狀或提供定位，這個標準程序將不被使用，孩子們被迫以平行四邊形的真實結構來解決問題。

Gestalt Theory 更進一步影響到 Information Pickup Theory (J.Gibson)，Gibson 利用 Gestalt Theory 的理論基礎，發展出 Information Pickup Theory，大部分 Gibson 關於知覺的想法被發展與實現在第二次世界大戰期間飛行員的訓練上。

同時 Gestalt Theory 也影響到 van Hiele 的幾何思考層次理論。van Hiele 的幾何思考層次理論是由荷蘭的數學教育學家 Dina van Hiele-Geldof 和她的丈夫 Pierre Marie van Hiele 根據完形心理學的結構論，以及皮亞傑 (J.Piaget) 的認知理論

(Moline,1990;van Hiele,1986) 歷經多年深入地研究，終於在西元 1957 年，有系統地發展出所謂的「van Hiele 理論」。

根據這個理論，學生的幾何思考可分為五個層次，學生在老師適當的教學過程後，將依序經歷這五個層次。

層次一（基本層次）：視覺（Visualization）

層次二：分析（Analysis）

層次三：非形式演繹／抽象（Informal Deduction／Abstract）

層次四：演繹（Deduction）

層次五：嚴密系統（Rigor）

van Hiele 層次的幾何思考模式有其特性。Usisikin（1982）將思考層次的特性分為固定順序（fixed sequence）、比鄰（adjacency）、特質（distinction）、分離（separation）、達成（attainment）；Crowley（1987）則分為連續性（sequential）、進展性（advancement）、內在與外在（intrinsic and extrinsic）、語言（linguistics）、不協調（mismatch）。

2-2-4 群化原理

我們可以從文獻裡了解到，完形心理的應用層面相當廣，而本研究並非著重於完形理論對於學習的部分，我們將著重於討論完形理論所發展出來的相關視覺原則，過去的教學媒體設計通常憑著直覺與靈感設計出作品，這些直覺與靈感常常是正確的，但也偶爾犯下錯誤。直到完形心理學家經由圖形研究，歸納出「群化原則」，給予視覺設計者設計的依循。

所謂「群化原則」就是利用知覺群組（perceptual grouping）的方法，將人所接收到的刺激，賦予連結及次序的關係。群化（grouping）是完形心理學重要的原理及主張，最先是魏泰默所制訂，指的是：某些部分看起來更加相近相屬的事實。而這些原則也可說只是一個基本原理的運用—即「類似原則」。這原則說，一個形象的某些部分在知覺特質上的互相類似之程度，可以決定它們看起來是否互相隸屬的程度為何（吳盛木，1986）。

完形心理學的群化原則，各專家有不同的分類法；如下表：

表格 2-5 完形心理學群化原則的各家說法（林庭如整理，民 89）

作者	群化法則	文獻出處
Anderson, J. R., 1980	1. proximity 2. similarity 3. good continuation 4. closure	Anderson, J. R. (1990)
Bruce, V., Green, P. R., & Georgeson, M. A., 1996	1. proximity 2. similarity 3. common fate 4. good continuation	Bruce, V., Green, P. R., & Georgeson, M. A. (1996). p. 106.

	<ul style="list-style-type: none"> 5. closure 6. relative size, surroundedness, orientation, and symmetry 7. the law of prägnanz 	
Glass, A. L., Holyoak, K. J., & Santa, J. L., 1979	<ul style="list-style-type: none"> 1. proximity 2. similarity 3. good continuation 4. closure 	Glass, A. L., Holyoak, K. J., & Santa, J. L. (1979).
Haberlandt, Karl, 1997	<ul style="list-style-type: none"> 1. proximity 2. similarity 3. common region 4. continuation 5. closure 	Haberlandt, Karl (1997). p. 59.
Hebb, 1949	<ul style="list-style-type: none"> 1. proximity 2. similarity 3. common fate 4. continuity 5. closure 	Wilding, J. M. (1983)..p. 60.
Hershenson, Maurice, 1999	<ul style="list-style-type: none"> 1. proximity 2. similarity 3. closure 4. good continuation 5. common fate 	Hershenson, Maurice (1999).
Solso, R. L., 1994	<ul style="list-style-type: none"> 1. proximity 2. similarity 3. prägnanz 4. closure 	Solso, R. L. (1994). p.87.
王秀雄，民 80	<ul style="list-style-type: none"> 1.類似的原則 <ul style="list-style-type: none"> (1)大小的類似 (2)形的類似 (3)明度或色的類似 2.近接（或接近）的原則 3.長度原則 4.空間方向的類似 5.閉鎖原則 6.好的連續原則 7.對稱原則 	王秀雄（民 80）。233 頁。

	8.共同命運之原則 9.分節原則 10.方向的類似 11.速度的類似	
呂清夫，民 73	1.接近性 2.類似性 3.閉鎖性 4.連續性 5.規則性	呂清夫（民 73）。154 頁。
張恬君，民 86	1.接近性(proximity) 2.相似性(similarity) 3.共同的運動方向(common fate) 4.良好的連續 (good continuation) 5.封閉性(closure) 6.相關大小、周圍環境、方向、對稱性(relative size,surroundedness,orientation and symmetry) 7. prägnanz 法則	張恬君等著(民 86)。106 頁。
楊清田，民 86	1.近接 2.類同 3.閉合 4.好的形態要因 5.共同命運的要因	楊清田（民 86）。102 頁。
劉思量，民 78	1.大小類似 2.造型類似 3.明度或色彩類似 4.位置類似 5.空間方向類似 6.方向類似 7.速度類似	劉思量（民 78）。157 頁。

比較上述各派之說法，歸納出下列主要的六個群化原則，為本研究主要參考的數學教材設計理論。

1. 接近律（principle of proximity）

畫面中同樣性質的東西分散時，我們大腦會根據他們在畫面內的空間位置來群組物件，距離上比較接近的物件容易結合成一群組，兩個物件越

是接近，則對彼此越有吸引力，會被群組為一個視覺元素。

接近律是一個很有效的認知組織原理，設計上最有力的方法。

由於接近律的關係，我們會產生視覺的群組作用。

圖 A，我們看到的並不是九個點，而是三個群組。

圖 B 並沒有明顯的群組現象發生。

圖 C 有明顯的兩個群組發生，左上角有三個點，右下角五個點

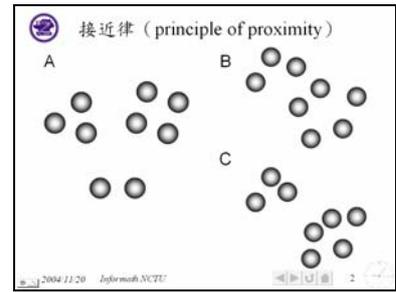


圖 2- 1 接近律-1

以數學的三角堆垛為例，第一層一個球、第二層三個球、第三層六個球、第四層十個球。

圖 A，由於我們將各層分開較遠，我們的視覺很容易可以察覺到四個群組發生。

圖 B，由於各層距離較近，不易察覺四個群組的產生。

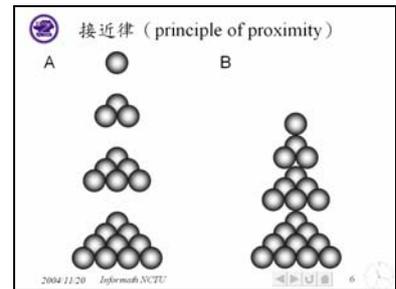


圖 2- 2 接近律-2



由於行列間距的差異。

圖 A 的黑點，由於行間距的關係強於列間距，被知覺為「行」。

圖 B 的黑點，由於列間距的關係強於行間距，被知覺作「列」。

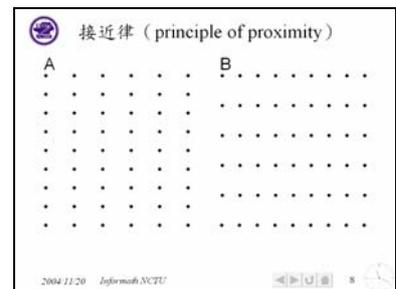


圖 2- 3 接近律-3

(資料來源：Colin Ware，
2004,Information
Visualization,p204)

2. 相似律 (principle of similarity)；

物件的形狀也能決定他們如何被群組，類似的物件會被群組在一起。設計要素如色彩、造型、大小、明度、方向、速度等等。如果具有類似特性，極容易被我們知覺為群組。

- 圖 A 未經處理的圖
- 圖 B 色彩對群化的影響
- 圖 C 大小對群化的影響
- 圖 D 形狀對群化的影響

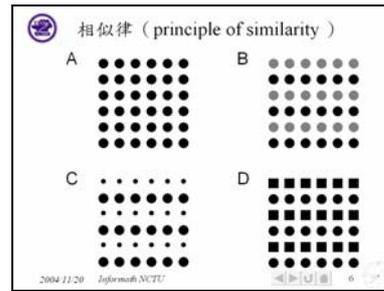


圖 2-4 相似律-1

- 圖 A、B，同時運用大小、色彩，對群化的影響
- 圖 C、D，同時運用大小、色彩、形狀，對群化的影響

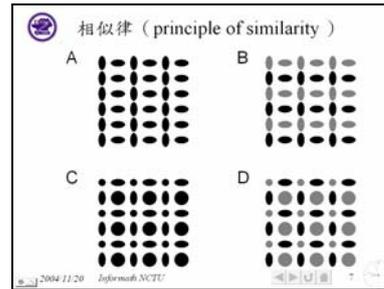


圖 2-5 相似律-2

(資料來源：Colin Ware，
2004, Information
Visualization, p204)

3. 封閉律 (principle of closure)：

當圖形的界線被遮蔽或缺少部分輪廓時，人類的知覺系統會自動補齊被遮蔽或缺少的部分，使圖形看起來是完整的整體。無論何處封閉的外型來看，有一強大的認知傾向將範圍之間分為「內部」、「外部」。

- 圖 A，我們看到的是一個矩形、被矩形遮住的圓。並非圖 B，一個矩形，以及一個圓弧。
- 圖 C、D，由於接近律的作用，圖 C 被視為 1,2,2,2,1 的五組直線，相關位置並沒有改變，把直線更換成弧線，此時就形成圖 D 之 2,2,2,2 四組括弧。

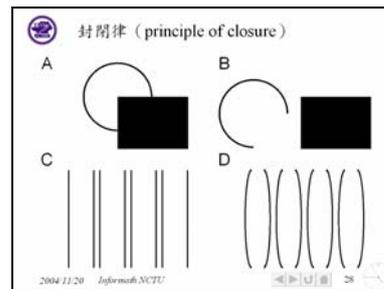


圖 2-6 封閉律-2

由此可知，數學上括弧的運用，包括大括弧、中括弧、小括弧都是封閉律的運用。(資料來源：Colin Ware，
2004, Information
Visualization, p210)

以數學的三角堆垛為例，該層有十個球。離我們最近的是四顆完整的球，其他的球都被前面的球遮住一部份。但是在我們的視覺認知裡，我們依然把後面的物件視作完整的球，這就是封閉律的作用。

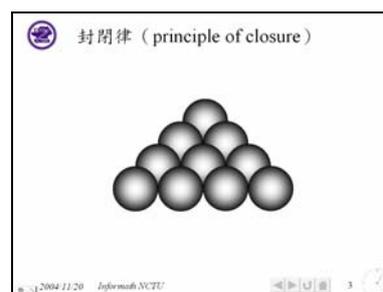


圖 2- 7 封閉律-3

以數學的集合圖為例，
圖 A 為兩個集合的情形
圖 B 是三個集合的情形
圖 C 是四個集合的情形

利用封閉性，我們可以描繪出集合中的各種情形。

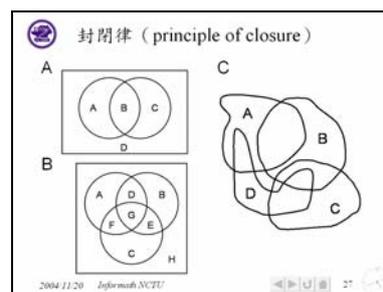


圖 2- 8 封閉律-4

(資料來源：Colin Ware，
2004,Information
Visualization,p211)

4. 連續律 (principle of good continuation)；

我們的視覺喜歡平滑、連續的物件，並非一個突然改變的方向，連續的圖形、符號，亦具自然組織成群的傾向。好的連續性原理被應用在畫圖問題，包括網路的節點以及他們的連接線。

圖 A，使用平滑曲線連接物件

圖 B，使用折線連接物件

很明顯的，圖 A 比較容易看出兩物件的連續性。

我們繪圖，習慣利用直線作為兩物件的連結，事實上，當物件開始複雜，利用直線連結的習慣應該受到修正。

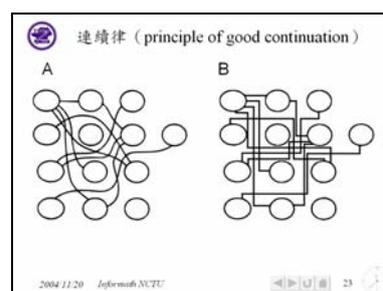


圖 2- 9 封閉律-1

(資料來源：Colin Ware，
2004,Information
Visualization,p207)

圖 A，以數學的二次函數與直線圖形為例，二次函數圖形朝上，與直線產生兩個交點。

我們視覺認知會把連續的圖形視為圖 B 的兩個物件，並非圖 C 兩個不規則弧線，這就是連續律。

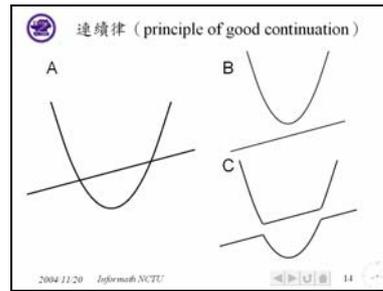


圖 2- 10 封閉律-2

連續性跟以下關係作比較

- (A) 接近性
- (B) 大小
- (C) 顏色
- (D) 形狀

是最有效的群化原理。

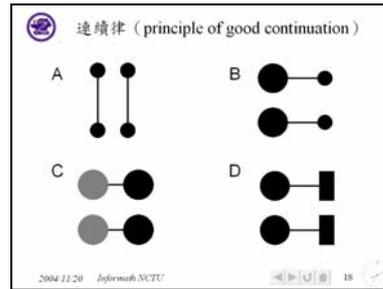


圖 2- 11 封閉律-3

(資料來源：Colin Ware，
2004,Information
Visualization,p207)

5. 單純性或完整性 (principle of prägnanz)；

人類的視覺具有喜歡看到「對稱」或「完整」圖形的傾向，也具「簡單」、「單純」、「基本幾何架構」的偏好傾向。人類觀賞圖形時，因為求完整而自然會忽略圖形的被切割破壞，稱之為「單純性或完整性」。

我們認知到以下現象：

圖 A 為三角形與矩形的疊合圖形，我們並不會被知覺為多邊形。

而是圖 B 的三角形與矩形。

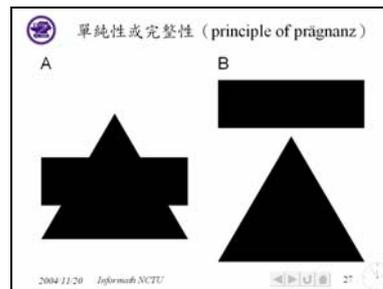


圖 2- 12 完整性

6. 共同命運律 (common fate)：

是指圖形的部分，如果具有良好的外形和共同特性，則會被視為一體；或圖形中若干單位若以同速度或同方向移動，則易被視為屬於同一知覺單位的傾向，稱共同命運律。(資料來源：葉政鑫，民 91) 而王秀雄先生的說法是：畫面上的造型，雖然形、色、方向等都極端差異，可是其機能與命運具共同性時，知覺就自然會將其結合為一群；如：花與花瓶、酒與酒杯、鞋與襪，易於群化。

一直線斜過三對平行線，這直線各截呈現以同速度或同方向移動，則易被視為屬於同一知覺單位的傾向，稱為共同命運律

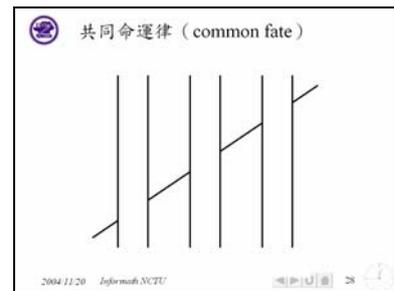


圖 2-13 共同命運律

(資料來源：葉政鑫，民 91)

這些群化原則的發現，使得完形心理學派提出一句名言：「全部不等於部分的總和。」這句話在數學上是不合邏輯的，但是他的真實意義是：對各個分立部分的知覺總合，並不等於整體的知覺。

對於教學媒體設計者而言，人類經過一連串視覺、知覺的程序後，往往因為許多因素的干擾，會使得視覺認知與實際間產生差異。而完形心理學是探討人類對於圖像的認知反應的一種學問，因此希望多研究些視覺法則，並期盼能因了解而活用於數位數學教學媒體設計中，以求達到製作更精準、良好的設計作品。

參考文獻

- (1) 蔡芳姿，完形心理學群化原理應用於數位影像之創作研究，台北，民 87。
- (2) 陳錦雄，點元素於視覺設計之構成研究，台北，民 88。
- (3) Colin Ware, Information Visualization-Perception for Design, 2004.
- (4) <http://gc.shu.edu.tw/~tjchiang/indite/GestaltPsychology/gestalt-02-02.htm>
- (5) <http://tip.psychology.org/wertheim.html>

2-3 視覺設計原理

2-3-1 圖形

「物」視認之條件：「物」具有三種屬性，即「形」、「色彩」、「明度」。

我們能識認出某一物來，這種視覺現象，就是說這一物之「形」、「色彩」、「明度」，與背景物之「形」、「色彩」、「明度」有所差異而不融合於背景。換句話說，我們能識別出「物」之存在者，背景之作用很大。背景使得前景浮現出來，而使我們之視覺有所知覺。

英國視覺心理學家佛弄博士（M.D.Vernon）之研究，我們的視覺能識認出物之存在者，一物之「形」、「色彩」與「明度」跟周圍物之「形」、「色彩」與「明度」有所差異時，才能識認出來，而這三種視認條件中「明度」佔得更重要。當我們能視認出某一物之形，從其周圍浮現出來使我們有所知覺時，則這物外型之輪廓有異於背景。而輪廓之知覺最主要者，賴於對象之表面與背景之間有明度差才能知覺出來。

由此可見我們的視覺能識認出「物」之存在者，必須具備下列三條件：

1. 「明度」，在三條件中佔據最重要的地位。
2. 「色彩」，有了明度差，色相差才能視認出。
3. 「形」，有了明度差與色相差才能辨認出形。

根據美國 Moon and Spencer 兩教授的研究，色相調和最大的關鍵在於適當之明度差，次為彩度差，然後才是色相。

在視覺心理學上，把視覺對象從其背景浮現出來，而讓我們視認到的物叫作「圖」（Figure），其周圍之背景叫做「地」（Ground）。「圖」與「地」間，其形、色與明度必須有些差異，我們才能視認其存在。由此我們可得到一結論，在視覺上我們能識認出某一物，而在這「圖」必須從周圍之「地」分節（Subdivided）出來，所以「物視認之條件」完全在於「圖」與「地」的關係上。

圖與地的性質如下：

表格 2-6 圖與地的性質

圖	地
前進性	後退性
密度高，緊密性，凝聚性	密度低而鬆弛，隨時可被侵略
令人產生強烈視覺印象	視覺印象弱
有充實感	無充實感
具有明確之形	其形不明確
境界線是屬於圖的	地無固有的境界線

在色彩學上常提起暖色是前進色，冷色是後退色，這是把「圖與地」之性質不考慮進去時，才可以如此解釋。若把「圖與地」之性質考慮進去，則「圖」上之冷色照樣有前進性，而「地」雖塗暖色仍有後退性。

2-3-2 圖與地（物與背景）的原理

把視覺對象從其背景中浮現出來，讓我們視認得到的東西叫做「圖」(figure)，其周圍的背景叫做「地」(ground)。

將「圖與地」之現象作有系統性、科學性、學術性的研究，開端者是哥本哈根的魯賓 (E.Rubin 1886-1951)。接著荷夫卡 (Kurt Koffka)、佛弄、蔑茲格 (W.Metzger) 以及安海姆 (Arnheim) 等人，亦陸續研究發現「圖與地」關係的新原理。

視野裡如有兩個不同性質的範圍時，哪一部分看成『圖』？哪部分是『地』？主要是受刺激條件、觀者的經驗、態度所影響，尤其是兩個容易成為圖的刺激條件相等時，圖與地會隨時反轉。

例如著名的魯賓(E.Rubin)之盃與臉形反轉圖，是我們討論圖與地經常舉的例子；他認為看出形狀的足「圖」，圍繞圖的空間就是「地」——如果看中間白色的部分，就知覺為盃；但再看兩邊黑的部分，就有相對的臉形出現，剛才的白色部分就解釋為背景，這兩種「圖」與「地」相互反轉，但不可能同時知覺兩種。

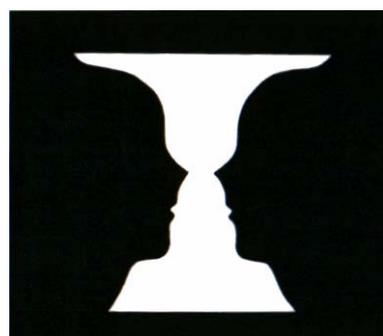


圖 2- 14 魯賓盃與臉形反轉圖

由於我們對於教材設計，需要在數學簡報系統中，產生大量的「圖」，我們需要了解「圖」與「地」的原理，才能在設計出正確的圖形，讓學習者產生正確的圖形知覺，「圖」、「地」的分立，是圖形知覺的重要基礎。

當我們的視野中，多數的圖形均有成為「圖」的條件，必然產生競爭的狀態，若兩者勢均力敵時，「圖」與「地」的地位不穩定，就會產生「反轉」的現象。這種現象在三度空間的生活中很少發生，但在二度空間的平面上，由於判斷「圖」，其線索有限，因此「反轉」較容易發生。

因「圖」、「地」關係曖昧而造成的反轉，即稱為「圖、地反轉」圖形。這種圖形，由於「圖」「地」均可表達意義，因此又稱「多義圖形」。

針對「圖」與「地」的識別原理，整理王秀雄、陳俊宏、楊東民、陳錦雄等人的研究，將「圖」與「地」的識別原理分類如下：

1. 被包圍的形、閉鎖的形成為「圖」，包圍者卻成為「地」。

黑色正方形被外圍的白地閉鎖，黑色正方形成為「圖」，外面的白地就成為「地」。

黑色正方形又包圍著內面的白色圓形，此時內面的白色圓形對外面的黑色正方形來說就成為「圖」，而黑色正方形就成為「地」了。



圖 2- 15 圖地原理-1

2. 小面積者成爲圖，大面積者成爲地。

黑色長方形之間沒有包圍關係，因爲與白地相比較，面積較小，因此會被視爲「圖」，面積大者就成爲「地」。



圖 2- 16 圖地原理-2

兩個正方形，右上角比較小，左下角比較大，此時小正方形密度大，凝結形內的密度以及它的凝結力均力強者成爲「圖」的可能性就大了。比大正方形內的密度及凝結力大得多。



圖 2- 17 圖地原理-3

(資料來源：王秀雄，1981, 美術心理學,p130)

3. 密度高或有紋理描寫者易成爲「圖」。

在圖形填滿紋理，會提高圖形的密度。
圖 A 有紋理，圓的內部密度增高許多，圓的內部形成「圖」。

圖 B 沒有紋理。

圖 C 有紋理，圓的外部密度增高許多，圓的外部形成「圖」。

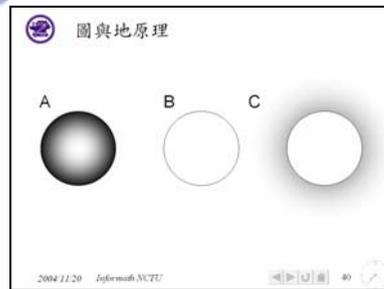


圖 2- 18 圖地原理-4

4. 二形位於上下之位置，而其面積、形狀均相同，只色彩或明度有差異，此時位於下面的形，易成爲「圖」。根據安海姆實驗說明，如有圖形上下都相等時，它們在畫面上的重度並不相等，位於下方之形，易成爲「圖」。

古希臘建築裝飾上的「波形帶」。

圖 A，黑色波形帶位於下方，在視覺上，比較容易視成「圖」。

圖 B，白色波形帶位於下方，在視覺上，比較容易視成「圖」。



圖 2- 19 圖地原理-5

(資料來源：王秀雄，1981, 美術心理學,p135)

5. 對稱性之形易成爲「圖」。

黑白兩形狀並列著，面積相等。

左圖的白形因爲左右輪廓對稱，因此白形就成爲「圖」，黑形成爲「地」。

右圖的黑形因爲左右輪廓對稱，因此黑形就成爲「圖」，白形成爲「地」。

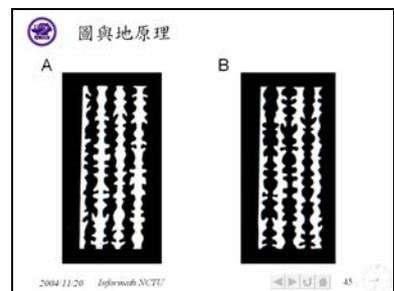


圖 2- 20 圖地原理-6

(資料來源：藤澤英昭，1992,p67)

樓梯用的欄杆，凹進去的形狀，其輪廓形成了左右對稱之局面，因此它凌駕凸出且不對稱之形而成爲「圖」。



圖 2- 21 圖地原理-7

(資料來源：王秀雄，1981, 美術心理學,p138)

6. 有對稱形時，則凸形易成爲「圖」之可能較大。

凸出之形與凹進之形，均具有對稱之輪廓，此時何者是「圖」，何者是「地」，我們很難得到一明確之影像。

根據魯賓之研究，在此局面下凸出之形在大多數人的眼裡就有形成「圖」的力量存在。

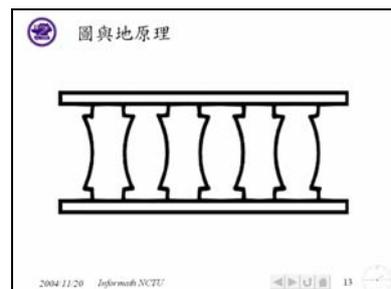


圖 2- 22 圖地原理-8

(資料來源：王秀雄，1981, 美術心理學,p138)

7. 相鄰兩形均具越簡單之形，就越成爲「圖」。日常看慣的形，亦易成爲「圖」。

圖 A，黑色面積小於白色面積，但是因爲白色有簡單的輪廓，而且接近生活常見的圓形，它就具有「圖」的性格。
圖 B，黑色較單純，就形成「圖」。

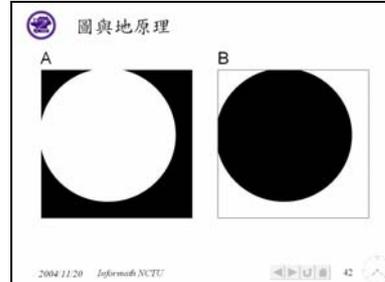


圖 2- 23 圖地原理-9

8. 形之方向與我們視野的水平垂直坐標相一致者，易成爲「圖」。

圖 A，八等分圓並未強調任何部分，因爲垂直與水平常帶給我們安定穩重的感覺，其重量大於斜方向，因此水平、垂直之白色十字會先被察覺爲「圖」。
圖 B，因爲斜方向之十字加上黑色，易被察覺爲「圖」。

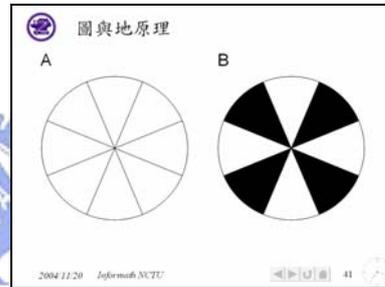


圖 2- 24 圖地原理-10

9. 有動感、旋轉感之形，易成爲「圖」，靜止之形易成爲「地」。

圖形是由點所構成的，其中有些點具有動感，連接起來形成漩渦狀，有旋轉的感覺，就跟比較鬆散的點脫離，具有前進性，自然擁有「圖」的性格。

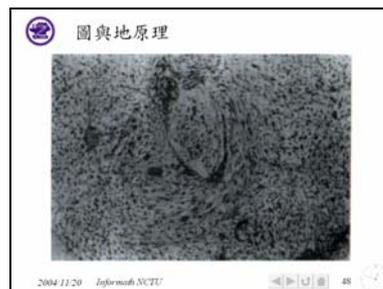


圖 2- 25 圖地原理-11

(資料來源：王秀雄，1981, 美術心理學,p138)

10. 下方向上突出的比上方向下垂的易成爲「圖」。

圖 A，下方的白色山峰，讓我們產生白色山峰是往前浮現，黑色圖形成為天空的性質往後退縮。

圖 B，是圖 A 的倒置，黑色圖形反倒成為黑色山峰往前浮現，白色山峰成為白色圖形往後退縮。

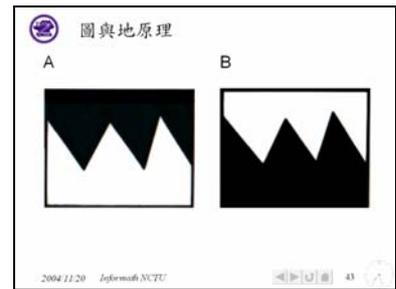


圖 2- 26 圖地原理-12

(資料來源：王秀雄，1981, 美術心理學,p135)

11. 等寬度比的變化容易成為「圖」。

圖 A，白色部分比黑色部分具有等寬度比特性，所以在視覺上，白色容易被視作「圖」，黑色容易被視作「地」。

圖 B，黑色部分比白色部分具有等寬度比特性，所以在視覺上，黑色容易被視作「圖」，白色容易被視作「地」。

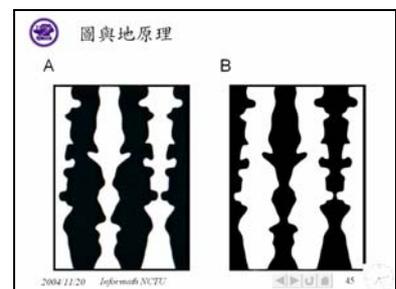


圖 2- 27 圖地原理-13

(資料來源：藤澤英昭，1992,p67)

12. 群化的圖形

經由群化的作用，我們會先注意到圖形的中心有個菱形，比較不會注意菱形是由中空的圓構成的。



圖 2- 28 圖地原理-18

13. 已有經驗的圖形，過去曾經看過的或印象深刻的圖形等等。

黑色的圖是不規則，白色的圖是常見的心形。當這兩個圖疊合出現時，我們會把有經驗的白色心形圖形視作「圖」，把黑色不常見的不規則圖視作「地」。



14. 反覆的圖形容易看成「圖」。
15. 在畫面中具有特異或不同性質的圖形
16. 位於畫面中央的圖形

圖與地的現象差異

1. 「圖」的範圍具有形，地就沒有形。「圖」與地反轉時，首先看成「圖」的與後來看成「圖」的，並非對立，而是變成襯托「圖」的背景。
2. 「圖」與地的分界線足屬於圖的輪廓線，不能視為地的範圍。
3. 成為地的部分在圖的背後延伸擴散，看成「圖」在前(上)方，地在後(下)方。
4. 「圖」具有一般實際事物的性格(密度高、有緊密性、凝縮性)，地具有材料的性格(密度低而鬆弛)。
5. 在反轉的圖形中，看成「圖」的部分顏色較濃。
6. 「圖」的部分比地的部分具有豐富的構造。
7. 「圖」的部分一般都突出在前方(有前進性)。
8. 「圖」的印象性較強，容易被注意、被記憶，地的印象性弱。

「圖」具有明確的形，密度高，易引起我們注意，最重要的是它具有前進性；而「地」不具有明確的形，其密度低，形是漠然不明確，易被我們忽略，並從「圖」的位置往後退縮之感覺。因此「圖」與「地」間，在二次元之畫面上就造成空間感。

但是只重視「圖」而忽略「地」的作用，等於也忽視「圖」的存在，並且這種畫面易失去平衡，沒有安定感。一個好的作品對於「地」的布置與安排所費的苦心，絕不遜於對「圖」所下的功夫。

「圖」讓他們具有「圖」的性格使它前進。同時從「背景」(地)處有一股牽制的力量使「圖」安定在畫面適當的位置。

知覺刺激的強度不是絕對性，而是相對性的。某一色或某一形的刺激強度，與其說尤其本身來決定，還不如說與其周圍的其他刺激之相對關係如何，才能決定。舉例來說，如果在教材設計時，需要使用紅色來引起觀眾的注意，此時紅色之強度與其說在於紅色本身，還不如說與其他顏色之關係如何，才能決定這個紅色的刺激強度。此時紅色周圍的顏色，最好使用補色或準補色，並且與紅色成明度差，彩度最好低於紅色的彩度，如此才能增強這紅色。

同理，「圖」本身的刺激強度絕非絕對性，而與「地」之關係如何才能決定，換言之，是與「地」成為相對關係的。

格式塔心理學家安海姆說，知覺與感覺相異，知覺向來是主動的，是力之體制所構成的。因此我們看到「圖」，它的領域不僅限於被「地」所包圍的領域裡，它們具有積極地、活潑地向外伸長之力。因此在我們知覺上，「圖」是向「地」伸長它的力量，縮短「地」的面積。所以「地」在我們感覺上，往往比其實際面積

還小。

一個物件（線條、形狀、造形）會從一個場中站出來，而這個物件即被稱之為圖形（figure），而其場或背景則被稱為底（ground）。有時候這被稱為「正負空間」。對平面設計師來說，了解人們如何感知圖與地是很重要的。因為人們先觀看並集中心思在圖上而非底。

圖底無法立即一起被看到。而是分開序列地被觀看到。最著名的例子便是愛德格羅賓（Edgar Rubin）的經典例子，一個人可以看到瓶子或兩個人面對面的造型，但無法在同一時間出現。

圖被視為有邊框的，而底為無邊界的。更甚者，圖的邊界傾向於使內部的空間顯得更密集。

2-3-3 畫面之構成

畫面之構成，「平衡」在教材設計時，首先要重視的工作。「平衡」的畫面乃是意味著具有良好的配置。換言之，形、方向以及位置等造型要素，在其畫面都安排的很適當、很緊湊，絲毫不能改變它，而且畫面的整體是由必然性的部分所組織的。整個畫面充滿了緊湊感與生命力，能引學習者之共鳴。

我們的畫面不是空虛無力所構成物理空間，而是有看不見的力場所構成。這種看不到的引力就決定畫面上平衡的重要要素。畫面上的「形」，無論位於任何位置，畢竟受到這種看不見的力場構造所影響。如果把力場整理下來，可以得到如右圖的「力場構造圖」。

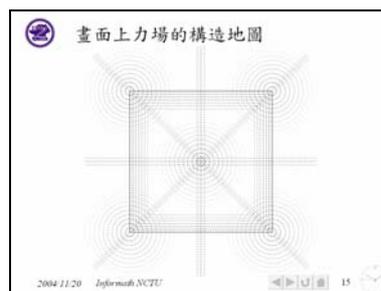


圖 2-30 畫面上力場的構造地圖

從這圖可以獲知，畫面上之形受到垂直線與水平線所構成之十字形之「力線」影響最大，對角線也會產生「力線」，但不如十字形之引力那樣大。畫面中央就是這四條力線之引力相互維持均衡之局面，所以圓板位於此位置就顯得最安定。畫面中心之引力最大之外，畫面之四個角隅亦具有引力，可是其引力大約等於中心引力四分之一，換言之，四個角隅之引力，合計起來，才等於中心之引力。（王秀雄，民 80 年）

影響平衡的因素「重度」：

1. 形的重度是以離開畫面中心之距離如何而決定；換言之，靠近中心者其重度越輕，遠離中心者其重度越重。

因為畫面中間的重度較輕，所以中間的圓面積看起來就比左右兩個圓較小。

藝術創作者在創作作品時，為了維持畫面平衡，通常會把中間的圓畫得比左右兩個圓大些，用來修正重度所產生的影響。

數學教材設計而言，不需要修正，但是要讓學習者了解到這是正常的視覺現象，進而建立視覺經驗。

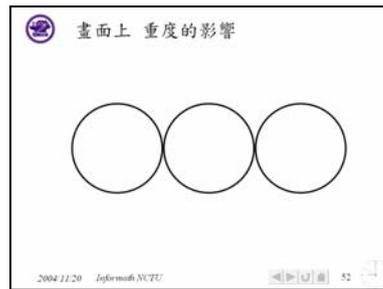


圖 2- 31 畫面重度-1

(資料來源：王秀雄，1981, 美術心理學,p216)

2. 位於畫面上部之形比下部之形較重。

藍費羅 (Herbert S. Langfld) 報告中說：「令實驗者不用量尺而用目測的方法，把垂直線二等分時，大部分人都把二等分點，比實際二等分點往上稍移一點，如此在我們視覺上才顯得有二等分之感覺。可是正確的量尺把垂直線二等分時，則此二等分線在我們視覺上產生上長下短之感。」

因為上部之形，往往比下部之形顯得較重的緣故，為了解決這個上下不均衡的重度現象，就不得不把下面的形加大。

因此英文字母「S」、數字「8」會把下半部拉長。

圖 A，為正常的「S」、「8」

圖 B，為顛倒的「S」、「8」

對於視覺來說，感覺很明顯是不一樣的。



圖 2- 32 畫面重度-2

(資料來源：王秀雄，1981, 美術心理學,p218)

因此書法撰寫的「中」、「申」會把下半部拉長。

圖 A，為正常的「中」、「申」

圖 B，為顛倒的「中」、「申」

對於視覺來說，感覺很明顯是不一樣的。



圖 2- 33 畫面重度-3

3. 畫面上右邊的東西比左邊的重。

圖 A，直線由左上至右下，給人下降的感覺。
圖 B，直線由左下至右上，給人上升的感覺。
我們的視覺方向，常從由左而右觀看的關係，所以畫面上左邊的東西與右邊的東西，給我們的視覺價值就不相等。

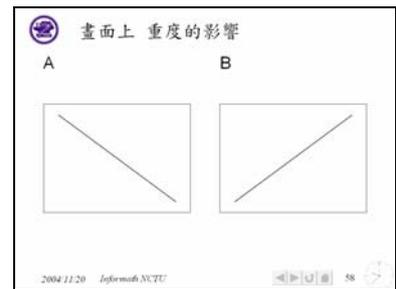


圖 2-34 畫面重度-4

4. 就色彩來說，同面積時赤色比青色重，明色比暗色重。

明色在畫面上來說，會發生膨脹之作用，因此暗色爲了補救平衡效果，必須把它的面積放大。

圖 A、B，是全等的正方形，圖 A 是明色、圖 B 是暗色，看起來圖 A 比圖 B 稍大。
圖 C、D，是全等的十字形，圖 C 是明色、圖 D 是暗色，看起來圖 C 比圖 D 稍大。

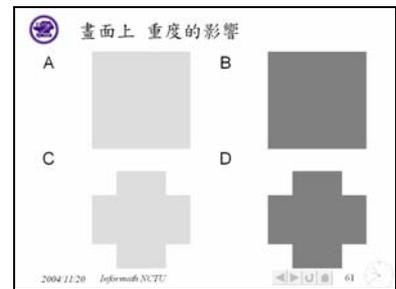


圖 2-35 畫面重度-5

5. 畫面內若有易引起觀者關心或注意的主題者，其形雖小亦將發揮很大的重度。



畫面中都是以圓形構成，但是右下角出現一個禁止標誌，雖然只有一個，但是卻發揮很大的重度。



圖 2-36 畫面重度-6

6. 孤立的東西，其重度較大。

圖 A，一個圓
圖 B，十六個圓
畫面上，雖然圖 A 只有一個圓，但是因爲它是孤立的圖形，它的重度大於圖 B 的十六個圓。

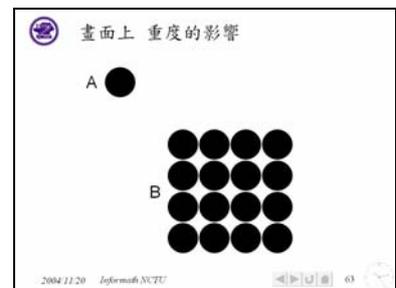


圖 2-37 畫面重度-7

7. 單純的幾何形，或有規則之形比不規則之形，其重度較大。又垂直之形，比傾斜之形其重度較大。

圖 A，是正方形，屬於規則形

圖 B，是任意四邊形，屬於不規則形。

雖然大小相近，但是由於正方形比任意四邊形有規則，正方形的重度會大於任意四邊形。

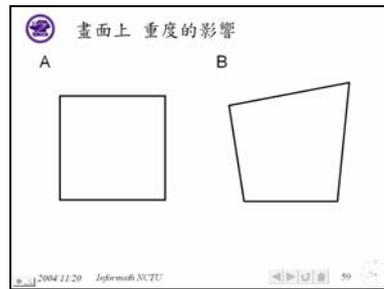


圖 2- 38 畫面重度-8

圖 A，是長方形，垂直於畫面

圖 B，是長方形，傾斜於畫面

兩個長方形一樣，但是因為垂直的長方形看起來比傾斜的長方形有規則，垂直的長方形重度大於傾斜的長方形。

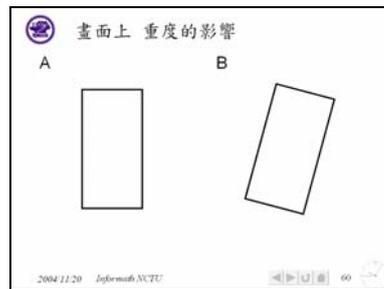


圖 2- 39 畫面重度-9

8. 就畫面內的空間來說，離開觀察者越遠，其重度越重。



2-3-4 訊息設計

我們要進行媒體設計，除了瞭解到如何處理畫面，我們更進一步要瞭解如何在畫面當中，處理要傳達給學習者的訊息。

徐新逸、廖佩如（2004）指出，對於傳統的訊息設計原則，Seels 等人將學習類別劃分為五大類，並提供一個學習類別和訊息設計原則的參照表。

表格 2-7 學習類別與訊息設計原則 (Seels,et.al.,1996)

學習類別	原則
回憶/記憶	使相關的事物，產生連結的意義 重復出現訊息以加強記憶 給予有助記憶的提示字句
概念學習	有系統地由淺入深按序呈現 讓學生指出或使用該概念
問題解決	幫助取得資訊 提供將問題結構化的指引 協助如何辨別相關的資訊及不相關的資訊
改變態度	提供多方資訊，讓學習者自己體會，學習的目標是值得的、可靠的 提供論點，讓學習者的認知與需求取得平衡
動作技能	提供心智練習的線索 呈現的方式（如靜態與動態）應配合技能類別 依照技能的特性，以適當的順序呈現

數位學習與傳統教室上課方式的迥異，因為學習場域的移轉，令訊息設計的利基點產生差異，因此有必要對其進行更深入的研究。又因為數位學習設計的實務現場，將知識內容界定為學習元件（Learning Object）的概念，不同類別的學習元件有其對應之教學目標與教學內容。學習元件的內隱結構外顯成為數位學習內容，其過程需要應用適當的訊息設計理論來進行學習元件的開發、教學訊息的呈現與回饋的設計，亦可知訊息設計理論在數位學習時代的重要性。各種不同的數位學習知識類型都有其適合的不同教學方法與訊息設計原則，歸納如下表。

表格 2-8 數位學習知識類型之訊息設計原則

知識類型	定義	訊息設計原則
事實	特殊和獨特資料或句子	提供文字搭配圖片，圖片要標示清楚，並進行事實的陳述 使相關的事物，產生連結的意義 重復出現訊息已加強記憶 給予有助記憶的提示字句
概念	種類是包含多樣的例子	進行概念的定義 提供文字搭配圖片，圖片並標示清楚 提供例子、類比的學習資訊

		有系統地由淺入深按序呈現 讓學生指出或使用該概念
過程	大量事件或活動	提供學習地圖 提供詳細的學習流程表
程序	任務完成是伴隨著一步驟跟 隨著一步驟	提供詳細的學習步驟表 以串流影像加上 PowerPoint 的講解 方式
原則	任務完成藉著合適的引導	提供學習指印 提供多元的學習範例

Clark 與 Mayer (2003) 藉由認知學習理論提供了幾個重要的概念用來解釋學習：

1. 人類記憶有兩個訊息處理的管道：視覺與聽覺。
2. 人類訊息處理能力是有限的。
3. 學習的發生是在記憶系統中進行主動的處理。
4. 新的知識與技能要從長期記憶區提取出來遷移到工作上。

Clark 與 Mayer (2003) 指出工作記憶是認知的中心，因為是所有主動思考發生的地方，但是工作記憶是屬於有限的記憶容量，學習是要求能將工作記憶裡的知識和技能，能和已知的知識整合入長期記憶裡，這樣的方式稱為「編碼 (Encoding)」，而工作記憶裡發生主動的過程稱為「練習 (rehearsal)」，然而當回到工作上時，學習者必須能將長期記憶裡的知識和技能「檢索 (retrieve)」出來回到工作記憶，如果缺乏檢索的能力，將無法造成學習遷移。

為此，Clark 與 Mayer (2003) 提出如何經營網路課程的訊息處理之具體建議如下：

1. 在課程中重要的訊息呈現。
2. 管理有限的工作記憶容量，儘量減少認知的負擔，讓工作記憶保持有空間以便於練習和整合的過程。
3. 整合聽覺和視覺感官訊息，會更有助於學習。
4. 為了能從長期記憶裡檢索出新知識到工作記憶裡網路課程必須能包含符合工作情境上脈絡的例子和練習，才能成功的檢索和遷移知識。
5. 教導學習者利用「後設認知技能 (metacognitive skills)」來管理整個學習的過程，例如：可使用「自我檢核表」來幫助學習者辨識出學習的鴻溝。

另外，Clark 與 Mayer (2003) 呼籲訊息設計必須符合學習原則，提出多媒體、連續、形式、重複、統一、擬人化、練習、善用實例、及培養問題解決的技巧之九種設計原則，以下將列出部分設計原則的具體作法：

1. 多媒體原則：強調用圖文比用文字佳
 - (1) 呈現教學內容多用圖片與文字。
 - (2) 使用相關圖片時，請跟內容相關。
 - (3) 闡述具體事實、概念、及其中部分所代表性的圖片。

- (4) 顯示變數間的關係，或將看不到的圖像具像化並用以解釋性的圖表。
善用案例或圖片。
- (5) 闡述過程、程序、及原則時，多用流程圖、動畫呈現想法與主題間的關係時，多用組織圖。
2. 連續原則：圖文應該放在相近的地方
 - (1) 畫面中要將解釋性的文字跟關係的圖片放在一起。
 - (2) 以問題當作同一頁面中回饋。
 - (3) 程序性指導的步驟要跟相關習題出現在同一頁面。
 - (4) 使用如跳出文字的技術，並減少圖文並茂的圖片。
3. 形式原則：如果有文字與旁白，文字內容是配合旁白
 - (1) 使用講解的方式來解釋畫面上的圖片或動畫。
 - (2) 此用學習者可參考的紙本資料。
4. 統一原則：加上有趣且無關的內容，將造成學習困擾
 - (1) 不要出現無關的背景音樂或音效。
 - (2) 不要使用相關但非必要的圖片或影片。
 - (3) 以斜體字呈現內容的重點。

參考文獻

- (1) 王秀雄，美術心理學：創造、視覺與造型心理，台北市，1991.
- (2) 陳俊宏、楊東民，視覺傳達設計概論，台北市，2001.
- (3) Craig Denton, *Graphis for Visual Communication*, 1998.
- (4) 徐新逸、廖佩如，數位學習知識類型與訊息設計之探討，教育研究月刊，125，5-16，2004.
- (5) Clark, R., & Mayer, R.(2003). *E-Learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. San Francisco: Jossey-Bass.

2-4 幾何錯視

2-4-1 幾何錯視的產生：

所謂的「錯視」是指眼睛的錯覺，一種將對象物（刺激）之大小、形狀、色澤以及明暗等關係，明顯地判斷錯誤的現象。「錯視」充其量只不過是一種顯著的視覺分歧現象；而且，此一現象並不異常，而是一種正常的視知覺現象。

一般來說，我們所見的東西並非其實在的本體，也非其實在之互相關係位置；也就是說我們的知識並不能正確地傳譯我們的視覺，有時候，錯覺的發生是由於眼睛本身的構造關係所致，換句話說，我們的概念與知覺都不一定是完全正確或適當的，好在大部分已夠我們實際應用。我們的知覺，只有一小部分是來自物體，其餘大部分都來自人之本身。

錯覺，通常而論，雖非生理上的，但是其原因有時不易解釋。顯然的，有很多情形是出於判斷的錯誤。一般說，同一棵樹立著的時候要比橫在地上時要長些，線條、面積、體積等看到的與實際都不相同，比方說，一個有色的物體，它的外表隨他處的環境而改變。

錯覺的種類不但多而且變化無端，故早已引起科學家的注意與興趣。錯覺現象，富娛樂性、富實用性、也負欺騙性、或有害性，這全看觀點如何而定。

錯視當中包含種種的現象：

1. 幾何學錯視之多種現象。
2. 基於多義圖形（或曖昧圖形）之錯視。
3. 基於逆理圖形（或矛盾圖形）之錯視。
4. 月之錯視（moon illusion）：

月亮或太陽接近水平線或地平線時，其形狀要比中天高掛時大得多的現象。

5. 對比錯視（illusion of contrast）：

明亮之對比、色澤之對比、圖形大小之對比以及彎曲對比（包括幾何學之錯視）。

6. 運動之錯視：

它包括將靜止的對象視為動態、將動態對象視為靜態之現象、假現運動、誘導運動、自動運動、瀑布之錯視等等知覺現象。現在，此類之運動錯覺，大多被歸類於運動知覺的領域處理。

7. 傾斜之錯覺：

向下傾斜看成向上傾斜，或是將緩上傾斜看成急上傾斜之現象。這常常是汽車發生道路交通事故的原因。

8. 方向判斷之錯視：

將空間之方位或位置弄錯的知覺。90° 或 180° 角時，方向感覺容易發生分歧現象。

不正確地安排幾何圖形，將導致幾何錯視的產生，幾何錯視將會使得我們的

幾何教材設計事半功倍，以下將針對幾何錯視現象做分類與說明，藉由幾何錯視的認識，幫助數學媒體設計人員關心幾何錯視的產生，藉此修正幾何圖形的擺放技巧；以及教學過程中，協助學習者進行幾何經驗的修正，我們不可忽視非常可觀的經驗修正之影響，這類經驗是成年人視覺的基礎，如果在教學時能將幾何錯視的現象考慮進去，將有助於建立學習者正確的視覺經驗。

這類錯覺容易於幾何圖形中呈現，有些部分我們能做有效的修正，但是我們卻無法將這個經驗在常見場合裡正確應用。一個正方形，在觀察時，看起來比較高，其實涉及到垂直與水平視覺的錯視。

有關於幾何學錯視的研究在 1890 年代最為盛行，所謂的幾何學錯視指的是在我們的視覺中，大小、方向、角度、曲線等等平面圖形之幾何學關係，和用量尺或量角器所測出來的關係，有顯著的分歧現象。

幾何學的錯視中，最早發現的是 1855 年歐皮爾（Oppel）所研究發表的“分割距離錯視”，被分割的比沒有分割的看起來要大。

有一段很長的時間，大家都以為幾何錯視是由於角度的高估（overstimation）或低估（understimation），但這種說法，現在已經被認為不妥了。無論如何，許多錯覺都因角度的存在而發生，則為不可否認之事實。

2-4-2 幾何錯視的種類：

上述錯視現象，其大小（長度、面積）、方向、角度、曲線等平面圖形之幾何學關係，和以量尺或量角器所測出來的客觀關係，有顯著的分歧現象。在主要的錯視圖形中，大都以發現者或研究者的名字命名。他們均嘗試過種種的幾何學錯視之合理分類，然而至今均尚未確立。

以下的分類法是較為簡便的一種方法：

1. 角度、方向的錯視（illusions of angle and direction）：

這是分線的方向因附加圖形條件的影響，而產生的一種視覺偏差現象。一般而言，我們常會把銳角看得過大；然而在特殊的圖形條件下，我們也會把銳角看得過小（逆錯視）。主要的錯視圖形有

(1) 亞賓浩斯（Ebbinghaus, H）圖形

錯視圖



圖 2-40 亞賓浩斯錯視圖形-1

原始圖



圖 2-41 亞賓浩斯錯視圖形-2

兩條直線（主線、條件線）銳角相交，客觀上在主線的延長線有一判

斷線，然而在主觀上，這條判斷線看起來卻好像在銳角的內側。也就是銳角會過大錯視現象。

(2) 傑魯納 (Zollner, F) 圖形

傑魯納 (Zollner) 是第一位以圖示說明幾何錯視者，他發現在長平行線向水平線成 45° 角時，錯覺的現象最為顯著。這個原因為何，據傑魯納說乃是由於其斜向的錯覺經驗較小之故。他堅持認為推斷發散或聚合比推斷平行所花的時間為少。

如果距離太遠而不能看出橫線時，錯覺便會消失，其效果則依短橫線與主線傾斜的角度而定，最後效果的角度大約是 300° 角

錯視圖

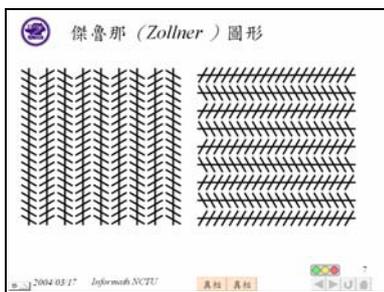


圖 2-42 傑魯納錯視圖形-1

原始圖

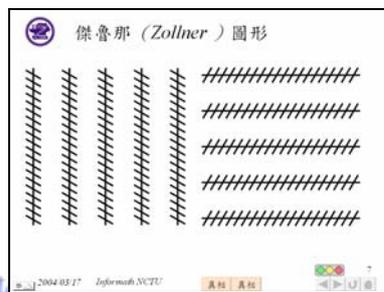


圖 2-43 傑魯納錯視圖形-2

幾條直線在客觀上均是平行，但在主觀上，這幾條直線看起來沒有平行，卻朝著與多數交叉線傾斜方向的相反方向傾斜。

(3) 波更得魯夫 (Poggendorff, J.C.) 圖形

錯視圖

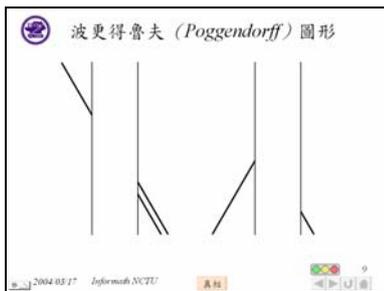


圖 2-44 波更得魯夫錯視圖形-1

原始圖



圖 2-45 波更得魯夫錯視圖形-2

在圖 A 的斜線被兩條垂直線割斷，左側斜線之延長究竟是連接到右側的哪一條斜線上，我們往往會產生誤判。圖 B 的兩條斜線之交會點，也會讓人產生錯覺。

2. 彎曲錯視 (illusions of straightness and curvature)

這是一種直線因圖形條件的影響而讓人誤認為是曲線，而曲線的彎曲度因圖形條件的影響，會讓我們覺得更加彎曲的一種錯視現象。主要的錯視圖形有

(1) 黑林 (Hering, E.) 彎曲錯視圖形

錯視圖

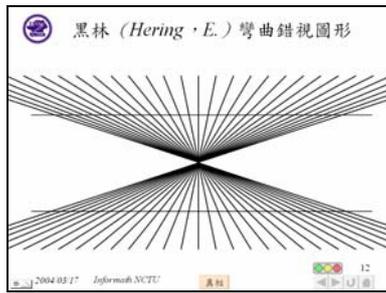


圖 2-46 黑林彎曲錯視圖形-1

原始圖



圖 2-47 黑林彎曲錯視圖形-2

和放射線交叉的兩條平行線，因受放射線的影響，讓我們看起來並不像平行線，而是兩條彎曲的線條。

(2) 汪德 (Wundt, W.) 圖形

汪德 (Wundt, W.) 對比之角錯視圖形：

錯視圖

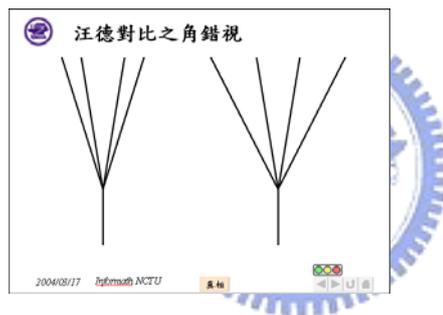


圖 2-48 汪德對比之角錯視圖形-1

原始圖

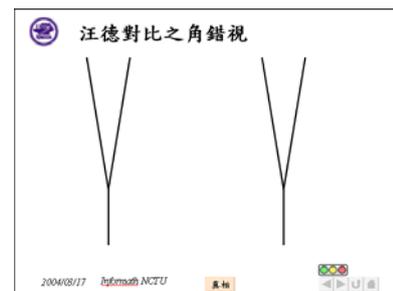


圖 2-49 汪德對比之角錯視圖形-2

兩個圖形的內側夾角相同，但看起來卻是不一樣，這是因為內側角被夾在大小互異的兩個角之影響。

汪德 (Wundt, W.) 彎曲錯視圖形：

錯視圖

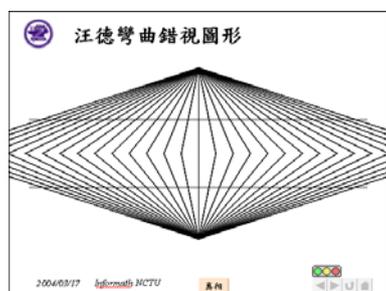


圖 2-50 汪德彎曲錯視圖形-1

原始圖



圖 2-51 汪德彎曲錯視圖形-2

和黑林圖形相似，只是放射線的集中點在外，使兩條平行線產生內凹的感覺。

(3) 黑夫勒 (Hofler, A.) 彎曲對比錯視圖形



圖 2- 52 黑夫勒之彎曲對比錯視圖形-1 圖 2- 53 黑夫勒之彎曲對比錯視圖形-2

在圖中夾於中間的圓弧 A 和 B，在客觀上的其弧度是相同的，可是在主觀上，看起來被弧度較小的曲線所包圍的圓弧要來得大。

3. 大小 (長度、距離、面積) 之錯視 (illusions of length, distance and area)

這是一種長、寬、面積、距離等之大小，因圖形條件的影響而產生過大錯視或過小錯視的象限。主要的錯視圖形有：

(1) 繆勒利亞 (Muller-Lyer) 箭頭錯視圖形

西元 1889 年，繆勒利亞發表此一錯視之記述以來，經過了很多的實驗及各項的說明，許多的學術雜誌也轉載相關的變形圖，引起各界對於此一錯視的廣泛興趣。

實驗顯示，矢羽線的夾角條件和錯視量的關係正好成反比，也就是說當矢羽線越長錯視量會隨著呈現倒 U 型變化。



圖 2- 54 繆勒利亞箭頭錯視圖形-1

圖 2- 55 繆勒利亞箭頭錯視圖形-2

外向圖形呈現出過大的錯視現象，內向圖形則呈現過小的錯視現象，而且向外圖形的絕對錯視量 (絕對值) 遠比內向圖形大。

不同方向的兩種箭頭中間之直線，其客觀長度是相等的，可是看起來卻是箭頭向內間的直線，要比箭頭向外間的直線要來得長。

(2) 桑德 (Sander) 分割錯視圖形

錯視圖

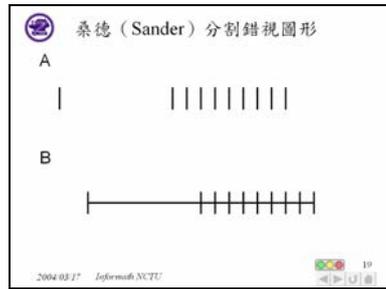


圖 2- 56 桑德分割錯視圖形-1

原始圖

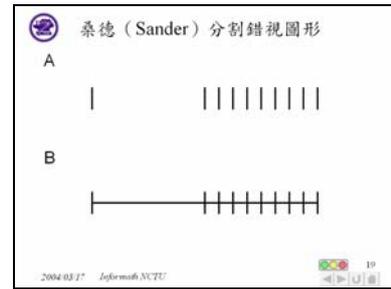


圖 2- 57 桑德分割錯視圖形-2

圖中 A 和 B 的空間 (長度) 在客觀上是一樣的, 但是沒有分割的, 看起來比分割過的空间 (長度) 小。

(3) 底爾伯夫 (Delboeuf, J.L.R) 圖形 (同心圓之同化、對比) 大小錯視圖形

錯視圖

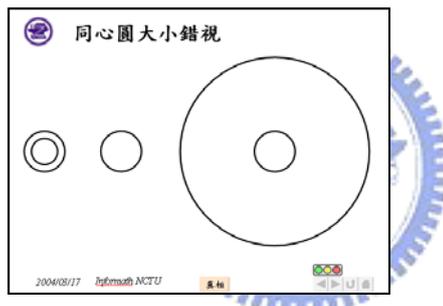


圖 2- 58 底爾伯夫同心圓大小錯視圖形-1

原始圖

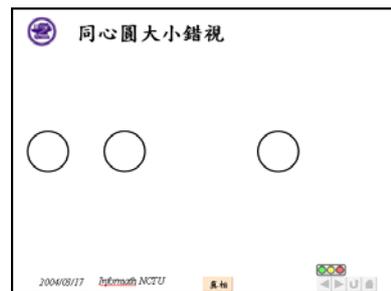


圖 2- 59 底爾伯夫同心圓大小錯視圖形-2

兩個同心圓之內圓大小, 在客觀上是相等的, 可是在主觀上, 我們會覺得外圓較小的內圓比較大, 而外圓較大的內圓比較小。

(4) 亞賓浩斯 (Ebbinghaus, H.) 圖形 (圓之對比) 錯視圖形

錯視圖

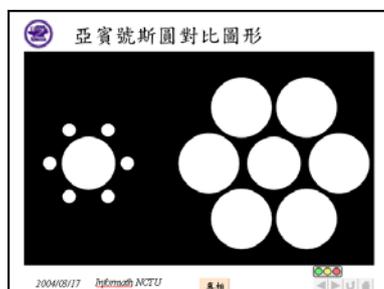


圖 2- 60 亞賓浩斯圓之對比錯視圖形-1

原始圖

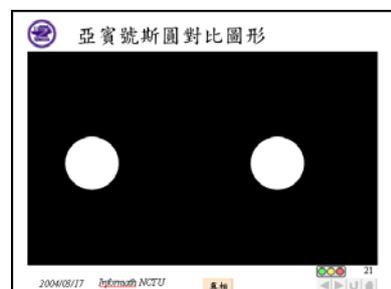


圖 2- 61 亞賓浩斯圓之對比錯視圖形-2

被大圓包圍在中間的圓, 與被小圓包圍在中間的圓, 其大小在客觀上是相同的, 可是受到周圍支援的對比影響, 讓我們覺得其大小有顯著

的不同。

(5) 傑史特洛 (Jastrow, J.) 錯視圖形

錯視圖

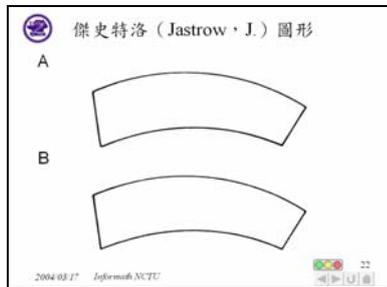


圖 2- 62 傑史特洛錯視圖形-1

原始圖

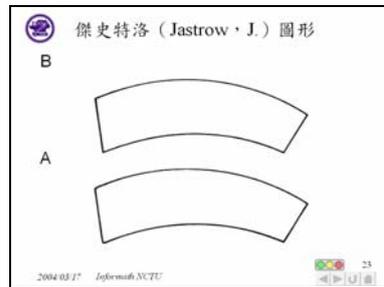


圖 2- 63 傑史特洛錯視圖形-2

雖然是完全相同的扇形，可是在主觀上我們會覺得下面的扇形比較大，上面的扇形比較小。

(6) 彭佐 (Ponzo, M.) 圖形

錯視圖

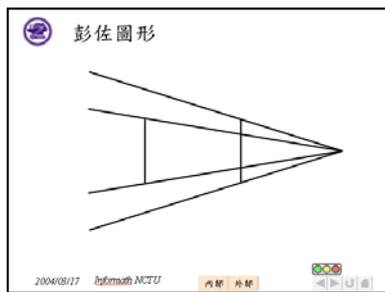


圖 2- 64 彭佐之錯視圖形-1

原始圖

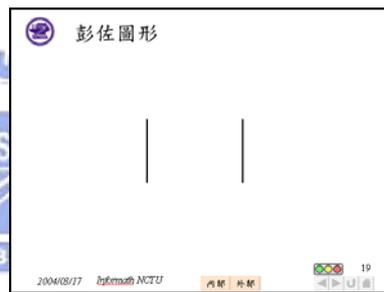


圖 2- 65 彭佐之錯視圖形-2

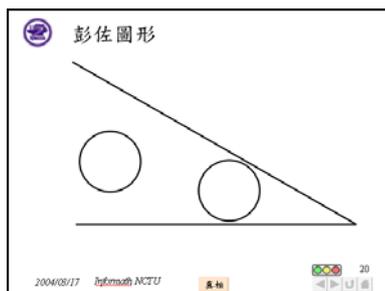


圖 2- 66 彭佐之錯視圖形-3

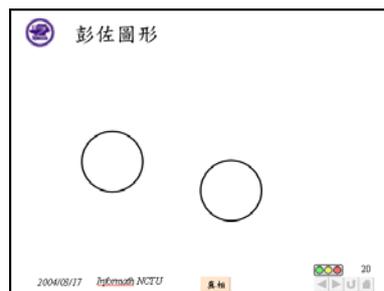


圖 2- 67 彭佐之錯視圖形-4

兩條長度相等的直線，因為對比角度內的關係，所以看起來並不相等；或大小相同的兩個圓，所以看起來其大小也不相同，越是接近角的頂點，看起來感覺越大。

4. 直線曲線的錯視

歐比松 (Orbison) 直線曲線錯視圖形：

錯視圖

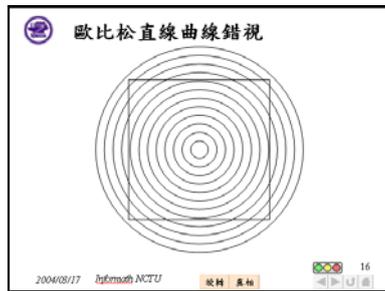


圖 2- 68 歐比松直線曲線錯視圖形-1

原始圖

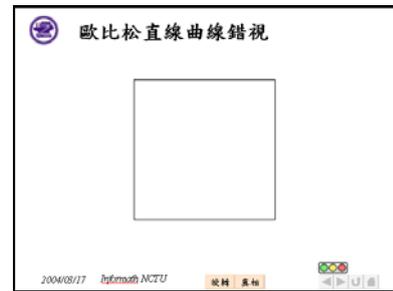


圖 2- 69 歐比松直線曲線錯視圖形-2

在同心圓上重疊著正方形的各邊，讓人覺得中央部分好像被中心吸引著，而產生強烈的彎曲效果。

5. 長度、距離、面積的錯視

(1) 黑爾姆荷魯茲 (Helmholtz) 正方形錯視圖形：

錯視圖

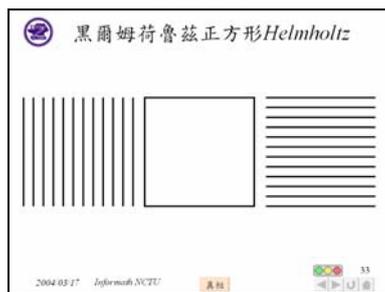


圖 2- 70 黑爾姆荷魯茲正方形錯視圖形

-1

原始圖

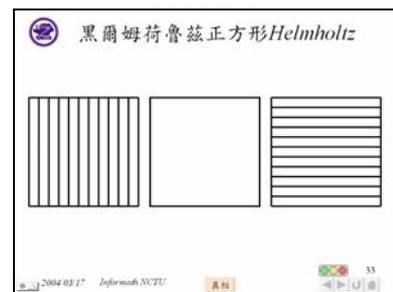


圖 2- 71 黑爾姆荷魯茲正方形錯視圖形

-2

三個具有相同面積的正方形，看起來有分割過的面積好像比沒有分割過的面積要來得大，而垂直線分割的圖形，有向左右擴大的感覺，水平線分割的圖形，則有上下擴大的感覺。

(2) 垂直—水平錯視 (T 圖形)：

錯視圖

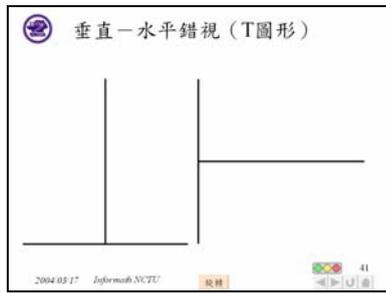


圖 2- 72 垂直-水平錯視圖形-1

原始圖

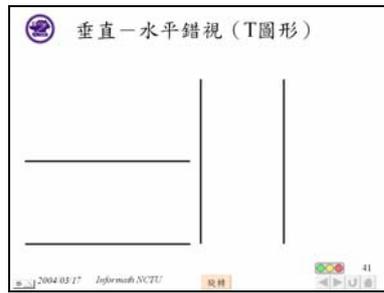


圖 2- 73 垂直-水平錯視圖形-2

圖中的垂直線和水平線在客觀上是相同長度的，但垂直線確有較長的視覺效果。又，垂直線和水平線做 T 型直角相交，則被分割的線段看起來會比較短。

參考文獻

- (1) 陳俊宏、楊東民，視覺傳達設計概論，台北市，1998.
- (2) 今井省吾（著）、沙興亞（譯），錯視圖形，台北市，1988.
- (3) 田成俠，視覺錯覺，台北市，1969.

