

第一章 緒論

1-1 研究背景

許多研究指出：透過各式電腦多媒體軟、硬體的媒介，適當利用資訊科技的優勢來輔助教學，在數學科之學習成效及提昇學習動機上，可以獲得比傳統教學方式更佳的效果，目前較廣為使用的軟體有 GSP、Flash、Excel…等。然而，第一線現場的教師運用科技來協助教學的比例並不高，以利用 Word 來編輯考卷或講義、利用 Excel 來製作成績或透過網路搜尋教學資料最為常見。

數位落差是影響資訊融入教學普及程度的因素之一，包括：硬體設備上不足之限制與老師在軟體學習上的技術門檻限制…等。在此議題上，研究者認為 PowerPoint 具有下列特點，足以克服數位落差之不利因素：1. PowerPoint 之普及性有利於教材之流通；2. PowerPoint 易學易用，技術門檻比大多數軟體低，技術之學習與熟練所需的時間較短；3. PowerPoint 為通用型軟體，可作為各式軟體之整合平台，能有效累積教師製作教材的經驗；4. 僅需一部電腦、單槍投影機及布幕即可於課堂上實施教學。

另一方面，交通大學 Informath 工作室由數位落差著手，以教師授課為導向，發展外掛軟體「MathPS」，在 PowerPoint 上建構一個教師課堂教學活動的環境。就數學物件而言，MathPS 強大的繪圖與物件定位的功能，可透過簡單的介面來處理數學幾何物件與複雜結構構圖，彌補了 PowerPoint 在數學教材設計上的缺點。就課堂情境而言，MathPS 的按鈕式互動除了增強操作教材的彈性，更能滿足課堂互動的需要。簡言之，搭配 MathPS 的 PowerPoint 在功能上足以設計數學教材，並且適於課堂情境使用。

1-2 研究動機與目的

邱建偉(2005)對於在搭配 MathPS 的 PowerPoint 平台下，數學物件的製作、單一或複雜物件的控制及游標與按鈕的設置…等，進行深入的討論，並根據完形心理學之群化原理及視覺設計原理等理論，具體歸納出層次性、對比性、比較性、定位性、演化性、結構性、步驟性、關聯性、互動性及隨機性等十項數學簡報設計原則。

然而，在更深入探討相關理論後，我們發現問題的複雜程度隨之升高。因此，本研究即針對簡報教材設計原則及相關理論進行更精緻的探討，就視覺呈現層面歸納簡報教材之設計原則，並依照歸納的原則，製作範例教材，以供教師數位教材設計上的參考。研究之主要目的在於：1. 如何去除視覺雜訊與障礙？2. 如何呈現圖像之關聯性？3. 如何妥善運用互動呈現？



1-3 研究架構

在開發的數學教材中，研究者發現常有視覺雜訊阻礙數學內涵之呈現，無法視覺化呈現物件的關聯性，進而影響學生的學習。於是本研究針對資訊融入教學、知覺理論、視覺設計原理、雙碼理論、認知負荷理論…等文獻進行探討，並對數學課程內容、課堂情境及資訊工具進行分析，於本研究的第四、五、六章中，分別歸納出基本安排、靜態觀察、動態觀察、師生互動四大面向及視覺元素之設計原則，並製作教材案例。

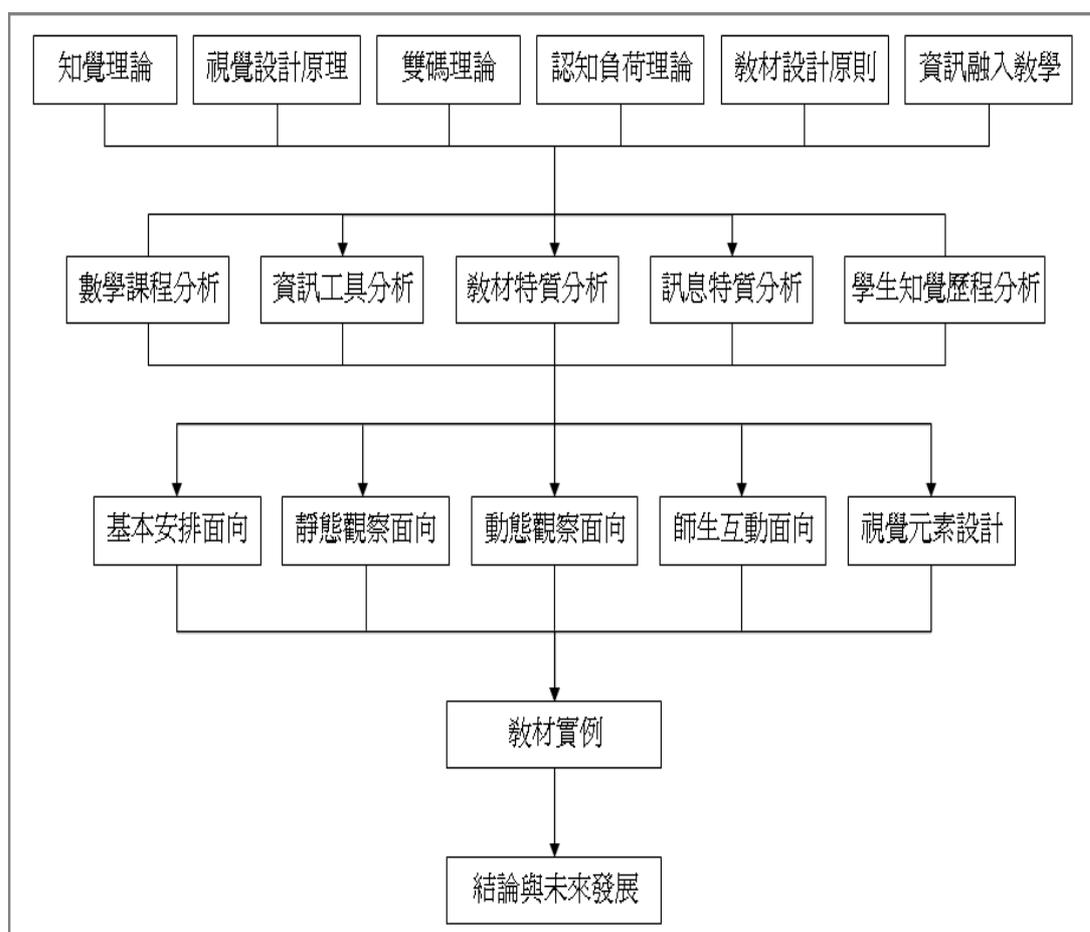


圖1-1：研究架構

1-4 名詞說明與研究限制

針對本研究中相關名詞說明如下：

1. 簡報軟體：目前市面上較普及的簡報軟體有 OpenOffice 內含的 Impress 及 Microsoft Office 內含的 PowerPoint，基於軟體的普及性和師生之操作的熟悉程度等兩項考量，本研究中簡報軟體指的是 PowerPoint。
2. 數學簡報系統：「數學簡報系統」(Mathematic Presentation System, *MathPS*) 是由交通大學 Informath 工作室陳明璋博士所策劃研發的 PowerPoint 外掛程式「MathPS」，適用於 PowerPoint 2002 以上版本。
3. 數學簡報教材：本研究將數學課堂上，老師以講解、簡報方式授課時所使用的教材稱為「數學簡報教材」。

本研究探討的課程內容侷限於依九十二年教育部頒布的數學領域課程綱要所編定的國中階段數學領域課程，所做的分析與歸納的教材呈現模式，無法全盤適用於其它年級或科目。另一方面，基於目前台灣中學階段課程之教學仍以教師授課為主，本研究將資訊科技定位為協助教師課堂授課的教具，設計之簡報教材必須搭配課堂上教師的講解，無法直接作為提供學生預習、複習之自學教材…等不同使用時機之教材。因此，歸納的設計原則在不同的科目、年級或使用時機，必須進一步探討。

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、知覺理論、視覺媒體設計原則、雙重編碼理論、認知負荷理論及數學教材設計原則。

2-1 資訊融入教學

Jonassen (2000) 指出資訊科技的發展有三個階段，分別是「從電腦學 (learning from computer)」、「學電腦 (learning about computer)」和「用電腦學 (learning with computer)」。將此三階段與我國資訊教育發展的進程對照，分別是電腦輔助教學、電腦課程的實施、資訊科技融入教學。

我國資訊教育的發展是從電腦輔助教學起，經由電腦課程的實施，到九年一貫課程中的資訊融入教學。這種脈絡正符合現今學習科技的發展，也滿足學習觀點的改變 (張國恩, 2002)。其中，學習觀點受到建構論主張知識是經學生探索等思考活動而建立的影響，強調以學生為中心的學習環境，老師的角色由知識傳遞者轉變為知識建立的協助者；學習科技則由早期注重如何利用科技建立一個學習環境，提供一些教學資源，讓學生從中獲得知識，轉變為注重如何把科技當作學習工具、伙伴，利用這些工具發展知識。

本節將探討資訊融入教學意義與內涵、應用的時機與模式、遭遇的困難與因應之道。

2-1-1 意義與目的

九年一貫課程中，學生應培養十大基本能力，其中「生涯規劃與終身學習」、「運用科技與資訊」、「主動探究與研究」及「獨立思考與解決問題」等能力皆與電腦融入教學有關。電腦融入教學的意義係指老師運用電腦科技於課堂教學和課後活動上，以培養學生運用科技與資訊的能力與主動探究與研究的精神，讓學生能獨立思考與解決問題，並完成生涯規劃與終身學習 (張國恩, 1999)。

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。

王全世（2000）指出：資訊科技融入教學是指將資訊科技融入於課程、教材與教學中，讓資訊科技成為師生一項不可或缺的教學工具與學習工具，使得資訊科技的使用成為在教室中日常教學活動的一部分，並且能延伸地視資訊科技為一個方法或一種程序，在任何時間任何地點來尋找問題的解答。他並指出將資訊科技融入教學有以下目的：

1. 培養學生的資訊素養。
2. 培養學生運用科技與資訊的能力。
3. 提升教學品質與成效。

Roblyer 和 Edwards（2000）認為有以下五個原因可解釋為何需要將資訊科技融入學科：

1. 資訊科技可增加學生學習動機。
2. 資訊科技具備特殊的教學潛力。
3. 資訊科技可支援不同的教學型態。
4. 資訊科技可增加教師的工作績效。
5. 資訊科技可培養學生資訊時代所需的技能。

Jonassen（2000）以建構學習的觀點，認為資訊科技融入教學可以在學生的學習上的提供以下五項功能（引自張國恩，2002）：

1. 電腦支援知識建構（Knowledge Construction）。
2. 電腦支援知識探索（Knowledge Explorations）。
3. 電腦支援做中學（Learning by Doing）。
4. 電腦支援合作學習（Collaborative Learning）。
5. 電腦支援反思學習（Learning by Reflection）。

2-1-2 應用時機

何榮桂（2002）指出實施資訊融入教學，應考慮下列三點：

1. 運用資訊科技輔助教或學僅是教學的方式之一，並不全然可以取代傳統的教學方式。教師運用資訊科技首應能否改進教學方法並增進學生的學習效果，切勿為融入而融入。
2. 視教材內容性質而定，並非所有科目皆適合與資訊科技整合，學科教師應檢視自己所熟悉的教材性質，並衡量本身之資訊素養，才考慮是否實施將資訊科技融入於教學活動中。
3. 資訊融入教學可發生於教學歷程中之任一階段，並非一定要在教室中進行。

張國恩（2002）則指出在設計資訊科技融入教學時應注意下列要點：

1. 需求性：

並非所有教材皆需要利用電腦來輔助教學，如果確有需要使用電腦來輔助教學時，設計之電腦資源必須能滿足輔助教學的需求。

2. 可行性：

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，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。

2-1-3 應用模式

張國恩（2002）列舉一般教師常用的電腦融入教學模式包括電腦簡報的展示、電腦輔助教學軟體及網際網路資源的應用。其中，電腦簡報的展示如同傳統的投影片教學，但需使用電腦簡報軟體製作，此種方式可結合多媒體做多樣化的展示，但不適當的簡報則會造成較差的效果。因此，為提高學習動機與教學效果，每一媒體的展現皆需包含教學意義，是學生能理解的，而非僅是有趣的；將抽象的概念以視覺化方式表現來幫助老師教學或學生課後學習，協助學生觀念的理解，或利用模擬軟體建立學習環境以協助學生操作練習等，都是 CAI 軟體的功用；網際網路上相當多的資源可視為大型教材庫，就內容而言，可大略分為網頁化書本型態、網路化 CAI 軟體、非同步論壇、遠距教學四種形式。

徐新逸（2003）則指出資訊融入教學可以就四個應用面向進行：

1. 教學資源

資訊科技當成教學資源，包含有教材、教學素材以及參考資料。教材用資訊科技來呈現，或許是網路化教材與電腦輔助教學軟體。

2. 教學工具或教學環境

資訊科技作為教學工具，成為黑板、粉筆、掛圖、壁報、錄放影機、電視之外的其他選擇。例如：利用電腦多媒體簡報軟體，搭配單槍投影機作為呈現材料工具。資訊科技亦可以成為教學環境的重要元素。例如：教室電腦的設置、建置無線網路的上網教學環境，作為教學活動的實施基礎。

3. 教材傳播管道

傳統式書面資料之教材的分享、更新與修正較不便利，而資訊科技在傳播上具備許多優勢，如透過光碟片、VOD、DVD、網路來傳播等。

4. 學習工具

Jonassen（2000）認為可利用資訊科技作為學生學習的認知或心智工具（cognitive tools or mind tools），例如：科技被視為學習過程、產出的工具，幫助學生解決生活上的問題或議題。

2-1-4 困境與解決之道

王英洲（2003）指出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：

包含教學媒體的軟、硬體設備是否合乎需求，教學媒體環境的整體規劃及教學媒體資源的適當分配等。

2. 教室教學媒體的設置：

必須充實普通教室內的視訊硬體設備、電腦與網路設備，以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：

教師的媒體素養，將影響到教學媒體融入教學的品質與教學模式的發展，所以，必須強化教師推展教學媒體融入教學的意願，並檢視教學媒體研習或培訓的課程內容，是否合乎實際應用需求？再者，師資培育機構應對相關培育課程進行調整，以提升初任教師的教學媒體應用能力。

4. 豐富的教材資源：

建立教材資源中心的網站，提供教材、教案、動態資料庫及公共討論園地等，增進使用教學媒體的靈活度及流通，更可因應課程及教材之變動，隨時修改教材內容以合乎教學需要。

何榮桂（2002）指出：教師普遍缺乏融入概念、缺乏實例及數位落差大為推動資訊融入的困難。其解決之道如下：

1. 加強老師職前及在職進修，讓學校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。

張國恩（2002）亦指出，爲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。

2-2 知覺理論

心理學家將外界的實際物體稱為遠側刺激，視網膜上的 2D 影像稱為近側刺激，近側刺激是由遠側刺激的接收所產生，但兩者是各自分離的事件。知覺可視為從包含在近側刺激中的訊息判斷遠側刺激的歷程。大體而言，知覺有以下幾項特徵：

1. 相對性：對於物體的知覺，會受到該物體周圍刺激性質的影響。例如，一般人站在巨人身旁，會顯的較為矮小。
2. 選擇性：知覺是有選擇性的，並不是所有的刺激都有相等的反應，我們經常只集中在少數刺激上（陳俊宏、楊東民，1998）。Kemp & Smellie (1994) 指出由於瞬間可能有無數個刺激發生，個體只能選擇性地反應其中之一二。而選擇乃依據個人的意願或當時最能引起個體注意所作的決定。
3. 恆常性：儘管物件在視網膜影像的大小和形狀發生很大的變化，但它的知覺大小和形狀仍然不變，稱為知覺恆常（李素卿譯，2003）。知覺的恆常性除了受刺激物本身組織特性的影響外，還與本身的經驗有相當的關聯性（林俊良，2004）。
4. 整體性：完形心理學者 Wertheimer 指出：「心理現象中，整體並不等於部分之和，整體乃是先於部分而又決定各個部分」。Koffka 指出：「部分之總合不等於整體，因此整體不能分割；整體是由各部分所決定。反之，各部分也由整體所決定」（黎煒譯，2000）。
5. 組織性：知覺具有組織性，它可以靈活組織各種孤立的造型，使其成為知覺的整體，而非雜亂的線條、點或顏色（林俊良，2004）。完形心理學者認為我們對於接近的、相似的、連續的部份物體，常常主動加以有系統地組織（Anderson，1990）。

Zimbardo 和 Gerrig 認為廣泛層面而言，知覺（perception）意味著理解外在環境中的物體和事件的整體歷程（游恆山譯，1997）。並將這個歷程區分為感覺、知覺組織、對物體的檢定／辨認三個階段。分別敘述如下：

1. 感覺（sensation）：

外在的物理能量（如光線或聲波）依照感覺接受器所受的刺激轉化成大腦的神經活動。此階段已出現刺激選擇和變換，以視覺為例，視網膜細胞重視邊線、稜角和光度差異，然而不會被恆定、不變動的刺激所激發。

在此同時，大腦皮質細胞則從它們得自視網膜神經細胞的輸入中抽取有關特徵和空間頻率的訊息。

2. 知覺組織 (perceptual organization) :

將簡單的感覺特徵 (如顏色、稜端和線條) 綜合 (統合與組合) 成事後可以辨認的物體之知覺表象，亦即來自感覺偵測器的訊息被大腦處理器所組織、修正，將刺激形象和元素轉變成可被認識的形體。此階段可能涉及對物體的可能大小、形狀、移動、距離和方位的估計，此估計統合了我們過去的知識、接收自感官的現存證據及知覺背景內的刺激。

3. 檢定／辨認 (identification／recognition) :

作用在於指派意義給知覺表象。「物體看起來像什麼？」的知覺問題轉換為檢定的問題—「這物體是什麼？」，也轉換為辯認問題—「該物體有什麼功能？」。爲了檢定和辨認某物爲何、名稱及如何適當的應對它，便涉及認知歷程—包括有關該物體的記憶、價值觀、信念與態度。

Zimbardo 和 Gerrig 指出：在感覺的處理階段，物理能量會被偵測到，並轉換成神經能量和感覺經驗；在組織階段，大腦把感覺組織成前後一貫的心象，並產生物體和型態的知覺；在檢定階段，物體的知覺表象會和記憶表徵互做比較，以辨認出熟悉和有意義的物體。例如：懸掛在你左方牆壁上的一幅圖畫，在感覺階段：圖畫對應到視網膜上一個梯形，圖畫的上、下邊朝向右方聚集，左、右邊的長度不相等；在知覺階段：會把梯形看成是一個三度空間中向遠處延伸的矩形，圖畫的上、下邊平行，左、右邊知覺成相等的長度，對觀測物的物理特性發展出某種堅實的假設；在最後的辨認階段，你辨認這個矩形的物體爲一幅圖畫。

對於知覺的歷程，存在不同的看法，有學者主張所有外界的知識都是直接來自感官，沒有任何內在表徵涉入，知覺是從下往上的歷程所驅動；另有學者主張知覺仰賴內在歷程，是由上行歷程及下行歷程所驅動。簡要說明如下：

1. Helmholtz 傳統理論：

Helmholtz 強調「經驗」在知覺中的重要性，主張感官所提供不足的訊息可以藉由無意識推論而增加，因爲這些推論會對感覺訊息加添意義。他指出知覺是所呈現的刺激跟內在假設、期望、知識、動機與情緒方面的因素之間交互影響，所得到的最終產物，是一種主動建構的過程。

2. Gibson 生態視覺：

Gibson 指出：抵達眼睛的光型態是一種光的配列，此種有結構的光包含了來自環境並照射到眼睛的視覺訊息，提供關於空間內物件佈局的明確或不變訊息，知覺牽涉到直接透過共振作用揀取由光的配列所提供的豐富訊息，幾乎沒有訊息處理涉入其中（李素卿譯，2003）。因此，沒有必要去考慮原始的感覺，亦不需要去尋找較高水平的知覺推論系統，簡言之，知覺是直接的。

Zimbardo 和 Gerrig 則認為「資料引導的歷程」以物理現實為基礎，處理片段的訊息，然後把刺激之具體的、物理的特徵轉換為生理譯碼，最終成為抽象的表徵；同時產生了對立的歷程，當在解釋知覺物體時，「概念引導的歷程」涉及知覺者的過去經驗、知識、預期、記憶、動機、文化背景和語言。當我們知覺自己的環境時，這兩種歷程經常交互作用（游恆山譯，1997）。Eysenck 和 Keane 指出當觀看的情境良好時，視知覺可能大部份取決於上行歷程；當觀看的情境因刺激呈現的時間急速或刺激不夠清楚而惡化時，就需要下行歷程（李素卿譯，2003）。

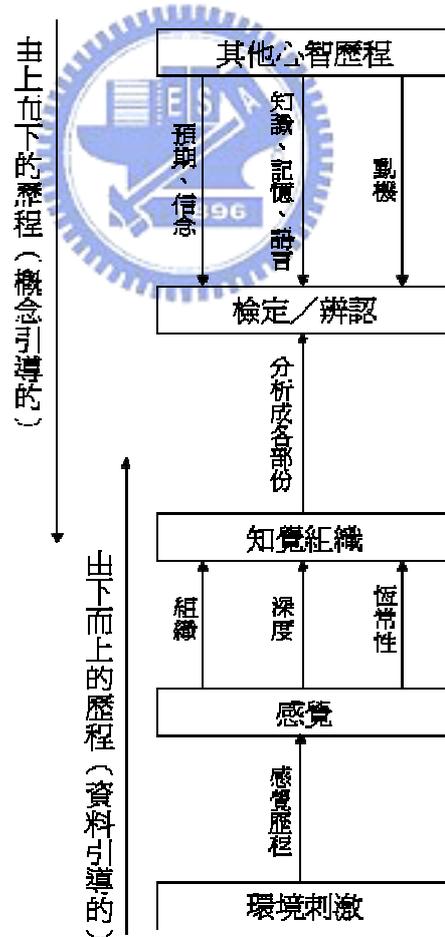


圖 2-1：知覺歷程（引自游恆山譯，1997）

另外，Winn（1993）將知覺歷程大致區分為三個階段：前注意知覺、注意知覺與解釋。分別敘述如下（引自楊美雪，2002）：

1. 前注意知覺（preattentive perceptual processing）：

Winn 認為個體專注於某個訊息前，對訊息的印象很重要，這個印象會影響個體稍後選擇、處理與解釋該訊息。研究發現，個體在時間短時會看整體，但若時間稍長便會留意各部份（Navon，1977）。

2. 注意知覺（attentive perceptual processing）：

注意知覺的歷程中，個體會選擇及組織所接觸到的訊息。Winn 認為個體比較會注意與眾不同的訊息，所謂不同包括訊息的內容、組織方式、形式等的獨特性。再者，學習者注意訊息的順序會受其呈現的順序或箭頭、標號等的影響。

3. 解釋（interpretation）：

經過前注意知覺、注意知覺後即為賦予意義的階段。Winn 認為訊息的理解需要心力，且因個體知識背景的差異，對同樣的訊息也可能有不同的解釋。

以下針對注意力、知覺分離、圖地原理、群化原則、深度知覺及模式辨認等知覺歷程進行討論。

2-2-1 注意力、視覺搜尋

注意力的功能之一是選擇某部份的感覺輸入，以供進一步處理（游恆山譯，1997）。對於注意力有以下幾種不同的理論，各有其實徵研究證明：

1. 過濾器理論：

過濾器理論認為同時呈現的刺激或訊息平行（同時）進入一個感覺緩衝區裡，在這短暫的儲存時間裡，訊息受到物理屬性的分析，利用這些屬性分析的結果，過濾器過濾無需進一步處理的訊息，只有經由受到注意的管道所傳遞的訊息，才能被偵測器所偵測，進行深一層的處理。

2. 減弱理論：

減弱理論認為注意的過濾並不像一個簡單的開關器一樣，截然關閉無需注意的訊息。注意的過濾作用應該只是使未受注意的訊息處在不完全或減弱的處理狀態，以利有限容量之管道傳遞必須注意的訊息。在此模式中，受注意的頻道遠比不受注意的頻道得到較多的處理，但被忽略的訊息仍然得到某些較高水平、有意義的分析。

3. 後期選擇理論：

後期選擇理指出早期訊息的處理是沒有選擇性的，所有的刺激（即使同時呈現）都能自動的受到分析而達到辨識的效果，亦即達到刺激辨識之前的訊息處理是相當自動化的，注意力的機制是發生在刺激辨識之後。

Yantis (1993) 指出影響注意力焦點的選擇有兩種要素：目標導向的選擇、刺激驅動的注意。目標導向的選擇反映出你對自己注意的物體作出選擇，和你自己的目標有連帶關係；而當刺激的特性本身自動地引起你的注意時，便發生刺激驅動的注意，此和觀察者局部的目標無關（摘自李素卿、游恆山譯）。Yantis (1998) 指出由刺激驅動的注意控制會比由目標驅動的注意控制來的快速和有力（李素卿譯，2003）。另外，Yantis & Jonides (1984) 指出我們傾向於注意強烈的、新奇的、變化的、非預期的、特別的和突顯的環境刺激（游恆山譯，1997）。

Posner 認為視覺注意牽涉到把注意力從某個刺激上鬆脫開來，轉移到另一個刺激，或把注意力鎖定在新刺激上（鄭日昌、周軍譯，2003）。我們日常生活中使用集中視覺注意的最主要方法之一是視覺搜尋，最具影響力的視覺搜尋取向是由 Treisman 所提出的特徵整合論（the feature integration theory）。該理論將物件特徵（如：顏色、大小及特定方位的線條等）和物件本身作了區分，並據此將視覺加工過程分為特徵登記及特徵整合兩個階段，簡述如下：

1. 特徵登記階段：

在此階段中，視覺系統從光刺激模式中提取特徵。提取特徵一種平行的、自動化的加工過程，不需要集中性注意。此階段對於找出環境中能以單一特性來界定的物體相當純熟，你可以平行地在環境中搜尋一個單一顯著的特性。Treisman 假定，視覺早期階段只能檢測少數獨立的特徵，這些特徵包括顏色、大小、反差、傾斜性、曲率和線段端點等。

2. 特徵整合階段：

在此階段中，知覺系統把彼此分開的特徵正確聯繫起來，形成某一物體的表徵。此時需要集中性注意，是一種非自動化、序列的處理。

特徵整合階段比特徵登記階段慢，特別是當集合的數量很多時。此外，特徵組合可能會受到儲存知識的影響，在缺乏集中注意或相關儲存知識的情況下，來自不同物件的特徵會被隨機組合起來，產生「錯覺結合」。

Treisman & Sato (1990) 認為目標物和擾亂物的相似程度會影響到視覺搜尋的時間。他們發現，視覺在搜尋由一個以上的特徵所界定的物件目標時，它的搜尋範圍通常會侷限在那些至少擁有目標物一個特徵的擾亂物之內。例如，當你正在一個由藍色三角形，紅色圓圈以及紅色三角形組成的展示物中尋找一個藍色圓圈時，你會忽略掉紅色三角形。Humphreys、Riddoch & Quinlan (1985) 實驗證據顯示當非目標物都是一樣的時候，視覺搜尋會非常快速（李素卿譯，2003）。

Wolfe (1998) 指出視覺搜尋一開始會牽涉到有效率的以特徵為本的處理，之後才是比較沒有效率的搜尋過程。基本特徵的初始處理會產生一張活化地圖，在這張地圖中，視覺展示物的每一個項目都有它自己的活化層次。假設有一個人正在尋找紅色的水平目標物，特徵處理就會活化所有紅色物件和所有水平物件。接著依各項的活化層次而定，注意力會被引導到各項目上，通常是從活化層次最高的那些項目開始。Wolfe 指出：「似乎有八到十個基本特徵存在，包括顏色、方位、運動、大小、曲線、深度、微調支距、色澤以及交點。」（李素卿譯，2003）

2-2-2 知覺分離（perceptual segregation）

知覺組織的第一項任務是將視網膜上數百萬個獨立神經元反應拼湊找出前後連貫的區域及邊界所在，此種知覺分離歷程的主要訊息來自色彩與質地，色彩或質地上的陡然變化表示兩個區域之間的邊界（摘自游恆山譯，1997）。

知覺分離是視知覺的基本議題，指的是對於呈現在我們面前的視覺訊息，我們有能力判斷哪些部分是一體的，而形成不同的物件（李素卿譯，2003）。

2-2-3 圖地原理

接下來，知覺組織會根據知覺分離的結果，將各個區域區分為「圖」與「地」。王秀雄（1975）指出：在視覺心理學上，把視覺對象從其背景浮現出來，而讓我們視認得到的物叫做「圖」（Figure），其周圍之背景叫做「地」（Ground）。圖與地之間，其形、色與明度必須有些差異，我們才能視認其存在。

最早有系統研究圖地關係的是 Rubin，他在 1914 年以「魯賓之杯」說明視覺場中存在「圖」與「地」兩股勢均力敵的認知概念。Rubin 的研究指出：「正常的視知覺包含圖形和背景兩個部分；圖形是視覺的焦點，具有明確的外形輪廓；圖形以外的部分則是較被忽視的背景」。王秀雄（1975）則指出：我們能認出物之存在，背景之作用很大，背景使得前景之物浮現出來，而使我們之視覺有所知覺。

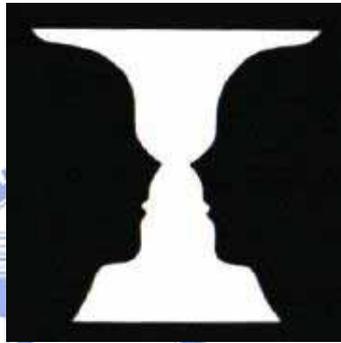


圖 2-2：魯賓之杯

完形心理學者將 Rubin 的研究納入其理論體系中，並強調圖形與背景分離（figure-background segregation）在知覺組織上的重要性。他們指出一般人都有將知覺場域中的刺激單元組成有意義整體的傾向，在這個整體中，分為兩部分，一是「圖」，另一個是「地」。「圖」的輪廓清晰、意義鮮明，擁有某種獨特的形式或形狀；「地」則襯托出「圖」的形態及方位參考，性質和「圖」相反。圖和地同為構成整體的兩部分，兩者之間有互補作用，沒有背景，圖形便不成其為圖形；沒有圖形，背景便失去其作用和價值。

圖與地同為整體中之部分，二者可以互相轉換角色，即：圖可轉換成地，地也能轉換為圖。區別之關鍵在於觀察者知覺的選擇：被注意到的部分為圖，其餘的部分則為地，而知覺的選擇則受到刺激條件、觀察時的心理態度及生活經驗所影響。以「魯賓之杯」為例，當注意力集中於白色部分時，會看到兩個側臉；當注意力集中於黑色部分時，所看到的則是杯子的形態。黑與白兩者因注意力的不同，皆可成為「圖」，但無法同時將黑、白雙方以「圖」的知覺方式存在。

吳菁樺（2004）在碩士論文中因「圖」與「地」特性之不同，歸納如下：

1. 形態上：於整體來說，具有明確的形態者易成爲「圖」，相對的「地」則無明確的形態，凸形者、對稱者亦成爲圖。
2. 色彩上：以畫面中主從的飽和度來分辨其對等關係，飽和度高或者顏色較濃的易成圖，屬於平面色的，飽和度低且顏色較淡則易成「地」。
3. 構造特性：依其整體圖與地之密度高低、緊密鬆散來區分，「圖」屬於物質性、圖面式的感覺，有統整性構造、緊密性、個性化高，具有豐富的構造。「地」則屬於材質性的、背景式的感覺，擴展的連續性質，構造性低，鬆散而缺乏個性，且不具有豐富的構造。
4. 位置特性：「圖」具有前進性，有浮出的感覺；「地」則具有後退性，有下沉的感覺。
5. 輪廓線：「圖」具有境界線且是屬於圖的輪廓線有境界線；「地」不占境界線且不能視爲地的範圍。
6. 注目性：「圖」令人注目的、容易引起注意；「地」則容易被人忽視。

綜合整理多項研究（王秀雄，1975；邱建偉，2005），歸納出容易成爲「圖」的條件如下：

1. 小面積者成爲圖，大面積者成爲地，如圖2-3；面積越小，其凝結力越強，密度越高，所具圖之性格越大，如圖 2-4。



圖 2-3：圖地原理-1
（引自王秀雄，1975）



圖 2-4：圖地原理-2
（引自王秀雄，1975）

2. 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。

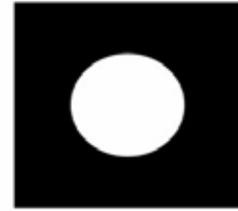


圖 2-5：圖地原理-3

(引自邱建偉，2005)

3. 在一形上施以紋理描寫，會提高其密度。密度高或有紋理描寫者易成為圖。

圖A之圓的內部有紋理描寫，與圖B相比較，其密度增高許多，圓的內部形成「圖」。

圖C之圓的外部有紋理描寫，看起來好像閉鎖的圓形被挖了一個洞，圓的外部形成「圖」。

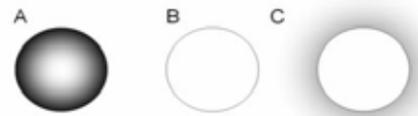


圖 2-6：圖地原理-4

(引自邱建偉，2005)

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，此時位於下面之形，易成為圖。

圖A中下方的白色部分，讓我們感覺像白色山峰是往前浮現，黑色部分成為天空往後退縮。

圖B中下方黑色部分成為黑色山峰往前浮現，白色部分為天空往後退縮。

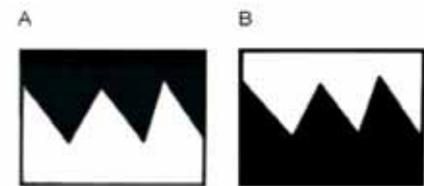


圖 2-7：圖地原理-5

(引自王秀雄，1975)

5. 對稱性之形容易被視為圖。

圖A中白色部分因其左右輪廓對稱，在視覺上，白色部分容易被視作圖，黑色部分容易被視作地。

圖B中黑色部分為對稱之形狀，在視覺上，黑色部分容易被視作圖，白色部分容易被視作地。

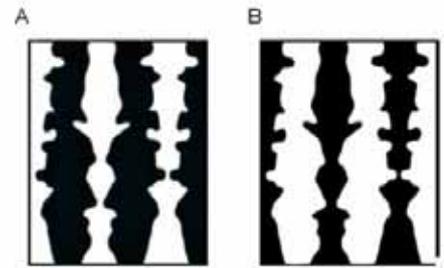


圖 2-8：圖地原理-6

(引自王秀雄，1975)

6. 相鄰二形均為對稱之形時，則凸形易成為圖之可能較大。

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

魯賓指出：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 2-9：圖地原理-7

(引自王秀雄，1975)

7. 形之方向與我們視野的水平垂直坐標相一致的形，易成為「圖」。

圖A中八等分圓並未強調任何部分，因為垂直與水平常帶給我們安定穩重的感覺，因此水平、垂直之白色十字會先被察覺為「圖」。

圖B中因為斜方向之十字加上黑色，易被察覺為「圖」。

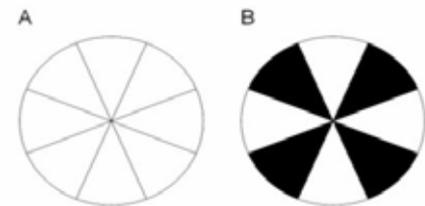


圖 2-10：圖地原理-8

(引自邱建偉，2005)

8. 已有經驗、過去曾經看過的或印象深刻的形，容易成為圖。

黑色部分是不規則形狀，白色部分則是常見的心形。當這兩個圖出現時，我們會把有經驗的白色心形視為「圖」，把黑色不規則部分視為「地」。



圖 2-11：圖地原理-9

(引自邱建偉，2005)

9. 可以群化的圖形，容易成為圖。

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。

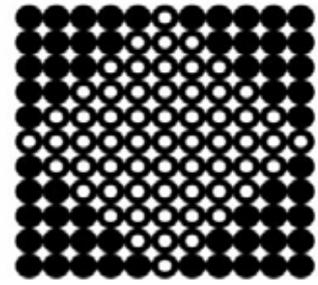


圖 2-12：圖地原理-10
(引自邱建偉，2005)

10. 越單純的形，就越容易成為圖。

11. 反覆的形，容易被視為圖。

12. 有動感、旋轉感之形易成為圖，反之，靜止之形易成為地。

13. 在畫面中具有特異或不同性質的圖形，容易成為圖。



2-2-4 群化原理

「群化原理」就是利用知覺組群（**Perceptual Grouping**）的方法，將人們接收到的刺激，賦予連結及次序的關係。最先為魏泰默所制定，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）。

本研究擬就接近律、相似律、封閉律、連續律、單純律、共同命運等六個原則進行討論。

1. 單純律（**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」。

完形心理學派以單純律為視覺的基本定律，**Koffka**（1935）指出：「在幾種幾何上可能的組織中，真正會被知覺出來的是那種擁有最佳、最簡單和最穩定形狀的組織」。任何刺激物的形象總是儘可能在所給予條件允許下，以最單純的結構呈現出來。

視覺上會將圖A視為圖B中一個三角形和一個矩形，而非一個多邊形。

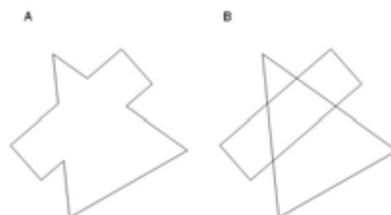


圖 2-13：單純律

（引自游恆山譯，1997）

2. 接近律 (principle of proximity) :

對於具有相同性質的物件，大腦會依其在空間上位置來群組物件，距離較近的物件，容易形成一群。另外，不同的元素如果位置彼此靠近，就容易被視為一個整體。視覺場中元素與元素間之距離及空間之配置，會影響它們知覺上的關聯性。

圖A：會自然將其分為三群，而非獨立的九個點。

圖B：沒有明顯的群組現象。

圖C：會自然將其分為三群。

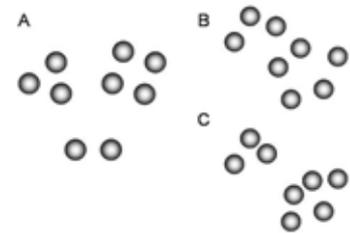


圖 2-14：接近律

(引自邱建偉，2005)

3. 相似律 (principle of similarity) :

具有類似的性質或設計要素之物件，較容易形成一群。其中設計要素包含色彩、造型、大小、明度、方向、速度等。換句話說，當「視覺場」中的眾多元素彼此間的形狀、尺寸、色彩、屬性、動作、方向、數量或意義十分近似時，這些不同的元素會被視為彼此有所關聯，而形成一個整體的概念。其中，「對稱」提供一種視覺上的平衡 (balance)，可說是相似律的一個特例。

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。

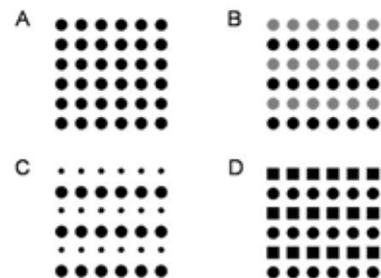


圖 2-15：相似律

(引自邱建偉，2005)

4. 封閉律 (principle of closure) :

觀賞者面對個人十分熟悉的圖像時，如果圖像的線條或形狀處於接近完成的狀態，則有被知覺或記憶成更接近完成的傾向。例如，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。

圖 A：會看成一個矩形和一個被遮蔽一部分的圓形，而非圖 B 中的一個矩形和圓弧。

圖 C：視為 1,2,2,2,1 的五組直線。

圖 D：保持圖 C 中的相關位置，而將直線更換成弧線，會看成 2,2,2,2 的四組括弧。

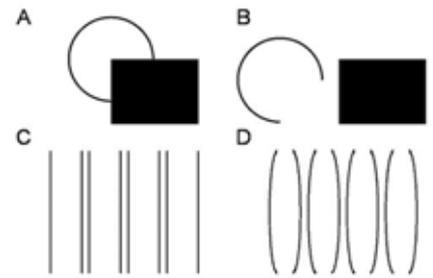


圖 2-16：封閉律
(引自邱建偉，2005)

5. 連續律 (principle of good continuation) :

連續的圖形、符號，亦具自然組織成群的傾向。從另一個角度而言，當人們觀賞圖像中的線條，不論直線或是曲線，即使被少數的元素所干擾阻斷，仍可利用人類的知覺系統整合成連續而不中斷之線條，此種認知的特性稱為「連續律」。

視覺上會將圖 A 視為圖 B 中一條的拋物線和一條直線，而非圖 C 中的不規則線段。

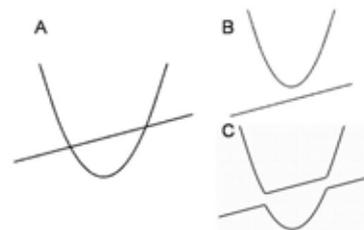
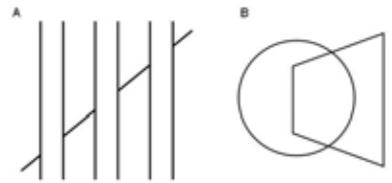


圖 2-17：連續律
(引自邱建偉，2005)

6. 共同命運律 (common fate)

具有良好的外形 (good contour) 和共同特性的圖形，比較容易被視為一群，稱共同命運律 (葉政鑫，2002)。另外，蔣載榮 (2002) 指出：「共同命運律」是指當視覺元素的功能、動作及變化彼此相互一致時，有被知覺為一個整體和單一形式與動作的傾向。嚴格來說，可算是「相似律」的一種特例。學者王秀雄 (1975) 則指出：畫面上的造形，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。

圖A：一直線斜過三對平行線，這直線各截，呈現出一個良好的外形，易被視為同一知覺單位。



圖B：圓和四邊形各自呈現良好外形或具有共同命運，看起來各自獨立而不相屬。

圖 2-18：命運共同律
(引自葉政鑫，2002)

當上述原則有衝突時，完形心理學者並不強調當中所涉及的複雜性。Quinlan & Wilton (1998) 的研究指出以下觀念：受試者起初是根據接近性來對圖示中的視覺元素進行分組或分類。如果在一項特徵或多項特徵上有所差異的元素已經被暫時地聚集在一起 (組內誤配)，則額外的歷程就會被用到。如果在特徵上有組內誤配，但組間相配的情況發生 (如圖A)，此時受試者會根據接近性或根據相似性來做分類的選擇。如果有組內和組間誤配的情況發生，則接近性就會被忽略，受試者通常會根據顏色作分類。就圖B和圖C而言，多數受試者會根據共同顏色而非共同形狀作分類。

圖A顯示牽涉到接近性與相似性之間的衝突。

圖B和圖C顯示牽涉到形狀與顏色之間的衝突。

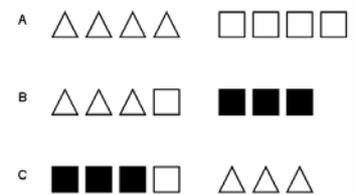


圖 2-19：群化原理
(引自李素卿譯，2003)

葉政鑫（2002）指出以上諸定律可依各自組織因素中之共同特性分為三類：

1. 「表層因素」（**peripheral factors**）：凡刺激集中於視覺場域的表面或四周者。如「接近律」、「相似律」、「連續律」和「共同運動律」等。
2. 「中央因素」（**central factor**）：機體本身先有一套既定的組織型式，然後將此種型式強加於新刺激上。
3. 「增強因素」（**reinforcement factors**）：加強圖形本身已大致呈現的特性，使其儘量像它所欲表現的圖形。如「封閉律」、「共同命運律」及「單純律」。



2-2-5 形狀辨認

「形狀辨識」的能力是一個普遍存在、無所不在的心理能力，也是個體很早便擁有的能力之一（鄭昭明，1996）。形狀辨識具有靈巧性與恆常性，簡述如下：

1. 靈巧性：我們能忍受高度的物理變異，譬如我們可以辨識出外觀、樣式不同的椅子；另外，讓很多人寫下同一個字，雖然筆跡不同，但我們也能辨認它們是同一個字。
2. 恆常性：開門過程中，雖然門在視網膜上會呈現不同形狀的影像，但我們仍能認出它們是同一物體。

林俊良（2004）指出真正有效和積極的視覺辨認有如下三個決定性的因素：

1. 發掘特徵：

透過視覺對象的特徵，眼睛可以避免過量的視訊處理，將注意力集中在視覺認知對象的視覺特徵。

2. 整合圖式：

零散沒有組織的視覺訊號，既無法成就任何形狀，更談不上傳遞視覺意義。視覺訊息必須依正確、適當的比例擺放，遵循一定的視覺邏輯，才能展現完整的視覺形象。

3. 決定性要素：

一個決定性的、造型上的要素就能將一個視覺對象在視覺環境中突顯出來，加快視覺辨認的速度、完整的呈現，同時更能防止表現意圖被任意扭曲、誤解或忽略。

以下討論幾種形狀辨識歷程的理論：

1. 模版比對（template-matching theory）：

我們所曾經接觸過的事物，都會在腦子中形成它們的烙印或模版。當呈現外界圖形時，它的形狀與腦內所儲存的大量模板一一比對，當其中一個模版與圖形吻合時，就產生辨識的效果。商品條碼就是模版比對的應用，但模版比對比較無法解釋人類模式辨別的複雜性。

Neisser (1967) 對模版理論提出修正。他認為在比對之前，如先對圖形的刺激做局部性運作、常態化運作，則同一個模版可以用來識別許多圖形的刺激，就毋須將每個圖型刺激都形成模版。其中局部性運作主要目的是消除圖形刺激上不必要的雜訊；常態化運作主要功能是把過大、過小、傾斜或扭曲的圖形刺激轉變成為一個標準或常態的刺激。

2. 範型比對 (prototype- matching theory) :

範型是指頭腦中儲存著代表一組物體的關鍵特徵的表徵，如人的範型可能是一個頭、兩隻手、兩條腿、能直立行走。該理論認為形狀辨識是基於腦內「範型」對外界事物的比對。而對於特定的物體或事件，腦中除了儲存它的範型外，還加上一系列的變異。

3. 特徵理論 (feature- matching theory) :

該理論認為每種形狀都包含一組特定的屬性或特性。形狀辨識歷程的第一步是從視覺刺激中抽取種種特徵，之後把這組特徵組合起來，接著在把他們跟儲存在記憶裡的訊息比較。模式識別的過程就是由一個特徵覺察系統提供的信息來建造一個模式的過程。

4. 成份識別理論 (recognition by components theory) :

Biederman (1987) 認為大約有三十六種不同的幾何離子 (geons) 存在，足以描述我們所能辨識和確認的所有物件 (李素卿譯，2003)。

物件由一些被稱為幾何離子的基本形狀組成，而幾何離子是由「邊」的抽取歷程所決定。例如：Biederman (1987) 把一些模糊的線條畫給受試者觀看，當提供凹陷處訊息的線條被去掉時，辨識圖畫會比其他輪廓被刪除時困難 (李素卿譯，2003)。

物體的二維視覺圖像由一些簡單的幾何離子所組成，每個離子在視網膜上形成一個獨特的刺激型態，這種獨特性規則可以讓你回過頭來從一個感覺刺激型態中堅定地推測環境的物體看起來像什麼，物體是透過確認其組成的幾何離子及其關係而得到識別。

2-3 視覺設計原理

想要在傳播過程中視覺化所欲傳遞的圖形象徵或概念構想，必須要妥當的運用視覺要素，營造出合乎理想的畫面構圖，方能使接收者樂於觀看並正確無誤的接收訊息，這種安排就是視覺設計。視覺設計可使視覺類教學媒體的呈現更吸引人（李宗薇，1994）。

本節就影響畫面外觀的因素，包括版面配置、平衡、文字及色彩等進行討論。

2-3-1 版面配置

張玉燕（1994）指出：根據美國學者研究觀眾觀看照片時之眼睛運動的資料顯示，觀眾傾向於先看畫面左上方的部分。如圖 2-20，當中的百分比顯示觀眾先看該畫面部分的比例，可發現約有六成的觀眾傾向先看畫面的左半部（66%）或上半部（61%）。

根據上述研究的啓示，我們可以將主要訊息的開頭放在眼睛最先接觸到的部位，而當訊息放在右下方時，則必須藉色彩等之刻意安排，吸引觀眾的注意力。

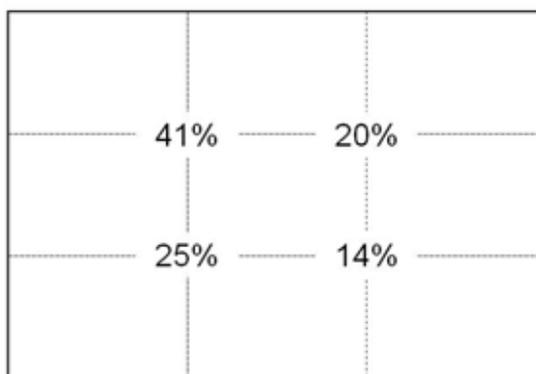


圖 2-20：觀眾看畫面部分的百分比（引自張玉燕，1994）

當你將主要的素材放置在合宜的位置，並在畫面上作適當的編排時，觀眾不需要花費很大的心力去理解事物間的關係，而可很自在的專注於去了解所欲傳達的訊息。建立事物間關係最簡單的方法便是將其並列排列。如圖 2-21，當物件的邊緣整齊的排列於一個假想的直線或橫線上，我們會認為這些素材是排列整齊（這些假想線應與畫面邊緣平行）。對於較無特定形狀的物件，則假想將其框於一個方形的框框中，再以該方框邊緣作為排列的依據（如圖 2-22）（朱則剛譯，2002）。

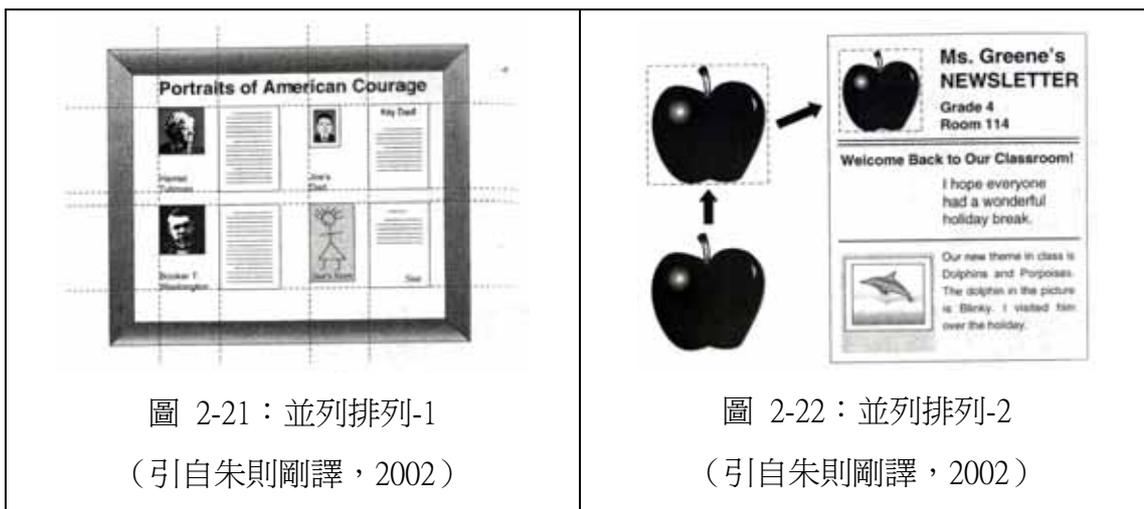
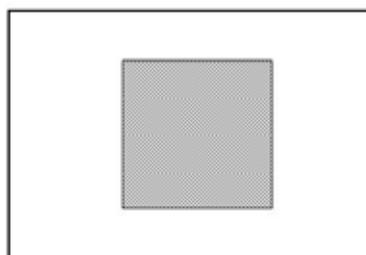


圖 2-21：並列排列-1
(引自朱則剛譯，2002)

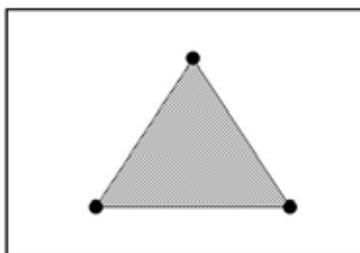
圖 2-22：並列排列-2
(引自朱則剛譯，2002)

此外，利用觀眾所熟悉的形狀，作為版面編排的依據，也可使觀眾在觀看時不須花很大的心力來集中注意力，節錄張玉燕（1994）所歸納版面配置的基本圖形及其所予人的感受如下：



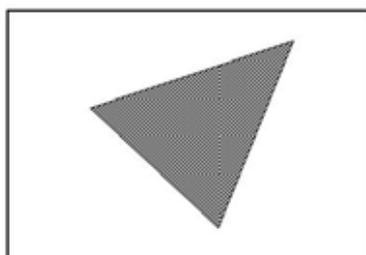
中心點構圖有強調主題的功能，給予人穩定的感受，但若處理不當會流於單調。

圖 2-23：中心點構圖



三角形構圖予人穩定的感受。若在三頂點上安置物件，則比置於一直線上，更能予人空間感。

圖 2-24：三角形構圖



逆三角形構圖給予人不安定的感受。

圖 2-25：逆三角形構圖

另有一個可採用的版面配置原則為「三分定律」：安排在畫面上三等分線附近的主體，均會顯現出重要性與活力，並有暗示動作的作用。而畫面上最強勢與最有動力的位置，是三等分線的交點（尤其是左上方的交點）。最穩定及最無趣味性的位置則是正中央框內的位置。如將主體放置於邊緣或畫面角落，則會產生不平衡、不舒服的感覺（張玉燕，1994；朱則剛譯，1995）。

最後，綜合多位學者（張玉燕，1994；李宗薇，1994；徐照麗，1999）的研究，列舉版面配置的原則如下：

1. 突顯重點：必須檢查欲傳達的訊息重點是否有被強調，並消除可能使學習者分心的不相關線索。藉由大小、形狀、顏色或方位等之差異可以產生對比，與其周圍不同、產生對比的元素，會顯得特別突出。明顯的箭頭記號亦可用來作為吸引觀眾的指標。
2. 每張投影片都有明顯的標題：標題若提綱挈領，則具有統整內容的功效，而為了使標題醒目，標題字體應大於內容字體，或以加框、底線或不同顏色等方式突顯，並置於畫面上端的中間。此外，標題不宜太長，原則上不要超過八個字。
3. 內容單純：每個畫面內容的量以能清楚呈現為原則，視覺要素要簡潔明瞭，讓觀眾能迅速集中注意力、掌握重點。
4. 範圍適當：畫面周圍適當留下空白位置，可以使圖文更加明顯突出，另一方面，可避免因視覺配置的擁擠，而讓觀眾有雜亂的感覺。
5. 格式一致：同一套教材的格式最好類似，觀眾對內容之格式熟悉，可以加快處理主要訊息的速度。
6. 文字部分必須使用清晰、易讀的字型，並保持適當、一致的行距與字距。

2-3-2 平衡

「平衡」意味著各元素在畫面具有良好的配置，是教材設計之構圖的首要原則。當軸兩端的元素份量相等時，予人一種對稱或平衡的感覺—水平的、垂直的或兩者兼具。當一個圖案重複出現在左右兩邊時，此種平衡稱為對稱平衡。而在大部分場合，設計展覽者為了達到吸引觀眾注意，藉以傳播資訊的目的，通常喜歡用不對稱的平衡來呈現畫面。若畫面兩端的份量是呈明顯的不成比例的分配，則會予人不調和、不愉快的感覺（張玉燕，1994）。

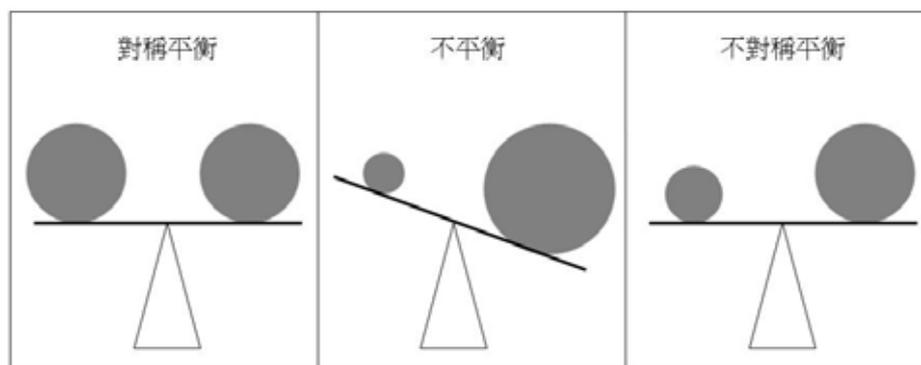


圖 2-26：平衡變化之例（引自張玉燕，1994）

王秀雄（1975）指出：畫面上的「形」，無論位於任何位置，都受到看不見的力場構造所影響，此種看不見之引力決定了畫面上形之「重度」，此種隨畫面之位置而起的重度變化，是影響畫面「平衡」的重要因素。他將力場整理如圖 2-27，並指出：1. 畫面上之形受到垂直線與水平線所構成之十字形「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。畫面中央是這四條力線之引力相互均衡之地方，位於此位置之形顯得最安定；2. 畫面之四個角落亦具有引力，但大約等於中心引力的四分之一。如果將形至於中心與角落的中點時，形還是會產生被畫面中心之引力拉近之知覺。

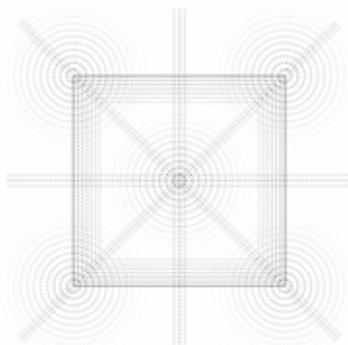


圖 2-27：力場構造圖（王秀雄，1975）

以下綜合多項研究（王秀雄，1975；邱建偉，2005），整理「重度」相關發現如下：

1. 形的重度是以離開畫面中心之距離如何而決定；靠近中心者其重度越輕，遠離中心者其重度越重。
2. 畫面上位於中心者其重要性較大，但重度較小。所以在繪畫上，重要人物通常置於畫面中央，以突顯其重要性；並且將其放大，以平衡其重度。

畫面中間的重度較輕，在視覺上中間的圓看起來比左右兩個圓小一點。如果要彌補此一現象，則必須將中間的原稍微放大一些，如此在視覺上才會感覺一樣大。

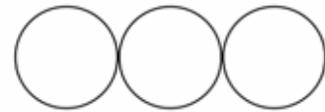


圖 2-28：畫面重度-1
（引自王秀雄，1975）

3. 位於畫面上部之形比下部之形較重。

上部之形，往往顯得比下部之形較重，爲了均衡此重度不等的現象，常會把下面的形加大。例如英文字母「S」、數字「8」會把下半部拉長，才有比較安定的感覺。



圖A：下半部拉長的「S」、「8」
圖B：下半部拉長的「S」、「8」

圖 2-29：畫面重度-2
（引自王秀雄，1975）

4. 視覺方向常由左而右觀看，所以畫面上左邊與右邊的東西，給我們的視覺價值並不相等，畫面上右邊的東西比左邊的重。

圖A中由左上至右下之直線，給人下降的感覺。

圖B中由左下至右上之直線，給人上升的感覺。

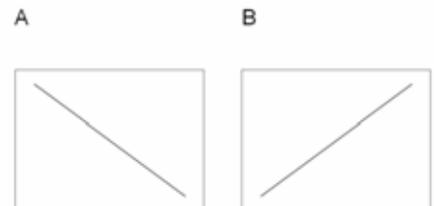


圖 2-30：畫面重度-3
（引自王秀雄，1975）

5. 孤立的東西，其重度較大。

雖然圖A 只有一個圓，但是因為它是孤立的圖形，它的重度大於圖B 的十六個圓。

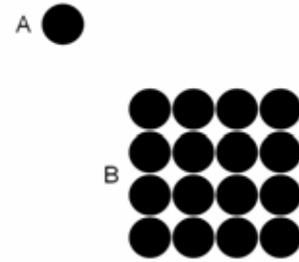


圖 2-31：畫面重度-4
(引自邱建偉，2005)

6. 若有易引起觀者關心或注意的主題，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 2-32：畫面重度-5
(引自邱建偉，2005)

7. 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。

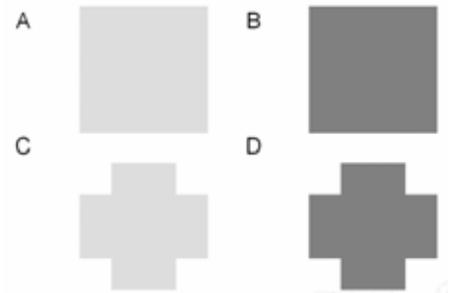


圖 2-33：畫面重度-6
(引自邱建偉，2005)

8. 單純的幾何形或有規則之形的重度比不規則形之重度大。又垂直之形的重度比傾斜之形的重度大。

大小相近的A、B兩圖形，較規則的圖A的重度比較大。

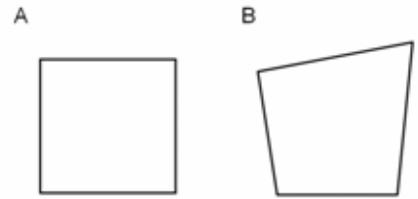


圖 2-34：畫面重度-7

(引自邱建偉，2005)

A、B兩圖形為兩個全等的長方形，但圖A的長方形與畫面垂直，其重度比較大。

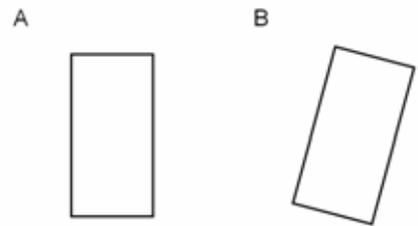


圖 2-35：畫面重度-8

(引自邱建偉，2005)



2-3-3 文字

放映性媒體之文字的字體必須配合呈現的內容予人整體感，以教學用途的媒體而言，簡潔易讀的字型較裝飾性的字型為佳。英文字以哥德體和羅馬體易讀、易寫，中文字則以容易辨認的楷書、黑體、仿宋及宋體為主（張玉燕，1994）。

字體的大小對於可讀性而言有關鍵性的影響，原則上觀眾每距離媒體 2.5 公尺左右，應維持大約 0.65 公分高的字體設計。字的字距及行距也會影響可讀性，如果字距及行距太近會使字擠在一起，太遠則會讓彼此顯得似乎沒有關聯，都會造成閱讀上的困難。一般而言，行距應比小寫字母的平均高度稍微小一點。

文字的色彩應用，要同時注意到它與背景色彩的對比，以維持易讀性，並在需強調某些訊息時，能達到吸引注意力的作用，讓人一眼即看出重點。下表為一般非放映性媒體的文字與背景配色參考：

表 2-1：非放映性媒體配色參考表（節錄自張玉燕，1994）

背景顏色	文字顏色
白	紅、綠、藍、黑、棕、紫
黃	紅、藍、黑、棕、綠
黑	白、紅、淺藍、綠
淺 藍	黃、棕、紫、黑、深藍、紅
深 藍	紅、綠、黃、白
淺 綠	棕、紅、黑
深 綠	黑、白、黃
淺 紅	綠、黑、藍
暗 紅	綠、白、黃

綜合多位學者的看法，文字之設計原則尚有以下幾點：

1. 字體變化不超過三種，且各字型也應注意協調一致。
2. 必須注意每一畫面之總字量與四周留白空間。
3. 以斜體字、粗體字或底線來強化重點。
4. 英文以小寫字體為主，必要時才用大寫字母，在標題很短時，則不妨使用大寫字母。

2-3-4 色彩

色彩的運用，在圖像吸引注意力及意念傳達上有重要的功效。適切的色彩選擇不僅可以強化與豐富圖像設計，並對氣氛與動作有暗示作用。色彩的一些其它功能包括：1. 以實際色彩提高圖像的高真實感；2. 指示出共同性與差異性；3. 強調出重要的資訊與細節；4. 創造出特定的情緒反應（朱則剛譯，1995）。

本節將針對色彩的要素、對比、調和與錯覺、配色原則等進行討論。

2-3-4-1 色彩要素與色相環

一般而言，色彩基本上具有三種屬性，即所謂的色彩三要素，簡述如下：

1. 色相：色相是光譜上各種顏色的命名，是一種約定成俗、區別色彩的稱呼。
2. 明度：明度是指色彩明暗的程度，與光的反射率有關。對同一色相而言，如果明度越高，則其顏色越明亮；反之，則其顏色越灰暗。純色中以黃色的明度最高；無彩色中，明度最高的是白色，最低的是黑色，而在白色與黑色之間，還有各種深淺不同的灰色，構成所謂的「明度系列」。
3. 彩度：彩度是指色彩的純度或飽和度，對同一色相而言，如果彩度越高，顏色越鮮豔；反之，則其顏色越灰。純色中以紅色的彩度最高。

伊登十二色相環以紅、黃、青三原色為基礎，加上三原色兩兩等量混合的第二次色：橙、綠、紫，及三原色及第二次色等量混合的第三次色：紅橙、黃橙、黃綠、藍綠、藍紫、紅紫，由此發展為十二色相環，環中六個補色對分別位於直徑相對的兩端。



圖 2-36：伊登十二色相環

2-3-4-2 色彩的對比、調和與錯覺

色彩受到其他誘導色的影響而產生與原本單獨觀看時不一樣的感覺，此差異性即為色彩對比，以下討論色相對比、明度對比、彩度對比、補色對比、寒暖對比及面積對比。

1. 色相對比：

一色彩受其它色彩影響，產生色相的感覺產生變化或偏移，稱為色相對比。如：將相同的橙色分別放在紅色和黃色的背景中，則紅色背景中的橙色受到藍綠色之影響而偏黃，黃色背景中的橙色受到紫色之影響而偏紅。

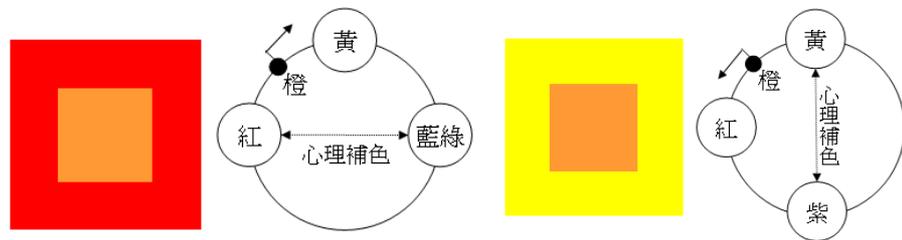


圖 2-37：色相對比（引自鄭國裕、林馨聳，1990）

黃、紅、青三原色彼此之間的對比特別強烈、活潑又明快，第二次色橙、綠、紫的對比或第三次色的對比，則轉為柔和、含蓄。

2. 補色對比：

一色彩色相對比中，色彩越接近補色，對比效果越強烈。補色對比與色相對比最大的差異在於補色對比不會有色相偏移的現象，其對比色彩所產生的補色殘像，會增加了彼此的色彩飽和度，使色彩更為明艷。

補色對比的色彩，當其明度與彩度相近時，會產生強烈醒目效果，如紅與綠；當其明度與彩度差較大時，其對比效果反而較為調和，如黃與紫。

3. 明度對比：

一色彩受其它色彩的影響，使明度感覺產生變化或偏移，稱為明度對比。明度對比會使亮的部分比原來更亮，暗的部分比原來更暗。例如：將相同明度的灰色分別放置在黑色和白色的背景中，則黑色背景中的灰色較亮，白色背景中的灰色偏暗。

各個純色中，黃色的明度最高，橙、綠色屬中明度，紅、青色屬中低明度，紫色的明度最低。

4. 彩度對比：

一色彩受其它色彩的影響，使彩度感覺產生差異，稱為彩度對比。彩度對比會使鮮明的色彩顯得越鮮明，灰濁的色彩顯得越灰濁。即在高彩度背景中的色彩會比原來灰濁些；而在低彩度背景中的色彩會比原來鮮明些。

5. 面積對比：

兩種以上色彩並置時，若要使色彩間之對比有均衡感，各色所佔的面積必須有不同的比例。面積對比和彩度或明度對比相反，通常面積大者應採用低明度或低彩度，面積小者應採用高明度或高彩度，才能達到視覺均衡。計算各色如何配置才能取得面積均衡的方式，常見的有曼塞爾及哥德兩種面積對比理論。

當兩種以上的色彩放在一起，產生彼此共鳴而無衝突的感覺時，稱為調和。配色是否調和會使人產生愉快或不愉快的感覺。色彩調和可大致分為類似調和（同中取異）與對比調和（異中取同），簡述如下：

1. 類似調和：採用相同、類似的色相、明度或彩度來配色，配色效果柔和、穩定，具有統一的效果，但有時會太單調、沉悶，必須作適度的變化來增加配色的效果。
2. 對比調和：採用對比明顯的色相、明度或彩度來作配色，配色效果活潑，容易引起注意，但有時會太複雜、混亂，必須適度的協調，來緩和過於強烈的對比效果。例如：降低彩度、明度的差異來緩和色相的對比效果；減少色彩種類，來緩和彩度、明度對比效果。

色彩對於物理性質有關的感覺，如寒暖、距離、面積、體積、重量等，會產生明顯的影響而產生錯覺，分別列舉如下：

1. 寒暖錯覺：

寒、暖是指人們對色彩的感覺。一般而言，暖色系有紅、橙、黃等色，寒色系有藍、藍綠、藍紫等，綠、紫屬於中性色。同一色相之顏色，亦有寒暖之別，明度低的色彩會覺得較為暖和；明度高的色彩反而會有趨向寒冷、清涼的感覺。例如，提高紅色的明度成為粉紅色會有較清涼的感覺；降低青色的明度成為暗青色，則會有暖和的感覺。

2. 距離錯覺：

距離相同的色彩，有些感覺比較近，有些則感覺比較遠，這種錯覺在兩種以上色彩的搭配時，才會有明顯的效果。一般而言，暖色系的色彩具有前進感，寒色系則有後退感。明度的高低也會影響距離感，通常明度高的色彩具有前進感，明度低的色彩有後退感。適當的運用可增加畫面的層次性。

3. 面積錯覺：

面積相同的色彩，有些看起來比實際大小大一些，有些顏色則相反。通常溫暖色、明亮色和前進色，有擴散的效果，感覺會比實際上大一些，稱為「膨脹色」；寒冷色、深暗色和後退色，有收縮的效果，稱為「收縮色」。如臥室的色彩會因明度高，而使空間有膨脹寬敞的感覺；如果明度較低，空間有收縮的壓迫感。

4. 重量錯覺：

不同的色彩會使同樣的物體產生不同的重量感。色彩的重量錯覺，主要和明度有關，明度高的色彩感覺較輕，明度低的色彩感覺較重。輕、重色彩的位置和比例，是影響配色動感的重要因素，通常重色在上方，容易產生活潑的動感；重色在下方，則容易形成安定的穩重感。

5. 色彩的透明錯覺：

色彩在重複或多色排列時，在中央位置上，有些色彩會形成明顯的透明感。依色彩明彩度規律的變化排列，也會形成透明感，尤其以同色系色彩最為明顯，如黑灰黑或灰黑灰的組合，中間的色塊即會產生透明感，依彩度的高低高或低高低的組合，有會有上述的透明錯覺。

2-3-4-3 色彩配色之類型與原則

配色並沒有一定的法則，綜合多位學者（李銘龍，1994；鄭國裕、林馨聳，1990）的研究，條列以色相為主、以明度為主、以彩度為主的三種配色基本類型如下：

1. 以色相為主的配色：

一般以色相為主的配色，大多都會以色相環為根據，按照色彩在色相環上的位置所形成的角度，可分為同一色相配色、近似色相配色、對比色相配色、互補色相配色。

- (1) 同一色相配色：同一色相之顏色，以明度變化，所構成的配色效果，稱為同一色相配色。由於配色的範圍只有單色的明暗、深淺變化，使人感覺是溫和、協調，但容易流於單調乏味。
- (2) 近似色相配色：在色相環中兩色距離小於 60 度的配色，稱為近似色相配色。近似色的配色，主要是依靠近似色間的共同點來產生調和作用，距離的角度愈大，愈顯得活潑而富朝氣；距離的角度愈小，愈具有穩定感和統一性。
- (3) 對比色相配色：在色相環中兩色距離 120 度至 150 度的配色，稱為對比色相配色。其調和原理是因為對比色系與指定色之補色間有類似色的關係。一般而言，對比色相配色時最好使用明度、彩度或面積等方式使兩者間維持賓主的關係才能比較調和。
- (4) 補色色相配色：位於色相環上直徑兩端的配色稱為補色配色，補色的配色是對比最為強烈的配色，如果彩度都很高的話，會令人產生刺眼、心跳加速、衝激性強烈等不調和之感覺，必需用明度、彩度變化的方式緩衝，才能比較調和。

多色相的配色，容易產生雜亂的感覺，而失去調和感，宜先選定色相環上某一色相或色系為主色，再依序選用其它色彩來搭配。以下討論三色相、四色相的配色（鄭國裕、林馨聳，1990）：

- (1) 三色相的配色，可採用正三角形或等腰三角形的三角配色法。正三角形上三色均等之顏色組合具有緊張感，可以得到對比強烈、活潑、華麗的配色效果；等腰三角形上的顏色組合，必須區分出賓主關係，可以得到安定、穩重的配色效果。

(2) 四色相的配色，可以採用正方形或長方形的四角配色法。前者具有兩對補色，對比強烈；後者對比較弱，統一感較強。

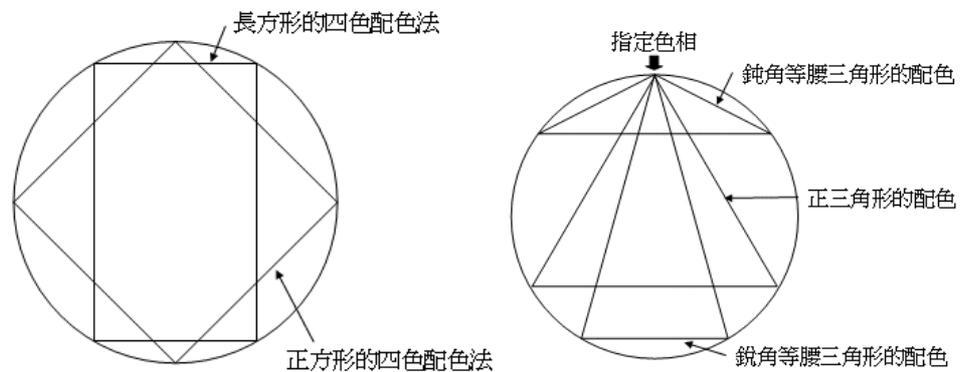


圖 2-38：以色相環製作三色相、四色相的配色方法

(引自鄭國裕、林馨聳，1990)

2. 以明度為主的配色：

明度差一階相當於彩度差四階，明度對於調和效果的影響相當大，提高顏色的明度時，色彩間的對比會減弱、調和效果會增強，大部分對比所產生的不調和都可由明度的調整來補救。

高明度的配色，具有輕快、柔和、清爽的感覺，但如明度變化太少，則易產生鬆散的感覺。中明度的配色，較高明度配色具有重量感，配色效果較溫和、中庸，但容易產生沉悶的感覺。低明度的配色最具厚重感，配色效果較穩重、樸素，但易產生過於沉重、陰暗的效果。以明度為主的配色，除主要色外，必須加入少量另兩種明度的色彩，使配色效果更有層次，不會過於鬆散或沉悶。

3. 以彩度為主的配色：

通常我們感受彩度差異所形成的效果比明度差異形成的小，若要有相同程度的效果差異時，彩度差異必須比明度差異大很多。

高彩度的配色，色感鮮明、強烈，容易引起注意，如果色彩相近，則有柔和的感覺，明度的變化則可以緩和強烈的效果。低彩度的配色，色感樸素、柔和，如果增加色相或明度的變化，可增加對比效果，使配色更為活潑。

列舉配色的原則如下：

1. 均衡：

均衡是指兩種以上的色彩搭配時，視覺上感覺色彩間平穩、安定，彼此相等。色彩的面積的大小及彩度、明度的差異及色彩所在的位置，都是影響色彩均衡的要素。例如：明度高的色彩在上，明度低的色彩在下的配色，比較穩定而有均衡感。

2. 強調：

配色通常具有目的，運用色彩之搭配，可以將主題強調出來。加大明度、彩度或面積的差異，會增加強調的效果，但須避免對比太過強烈而失去調和及均衡。強調主題的色彩面積不宜太大，且必須位於適當位置，如果另有其它對比強烈的配色，必須將其減弱，才能突顯主題，避免混亂。

3. 主調：

在整體畫面的各種色彩中，加入一共通性的色彩，使色彩多樣的畫面，產生統一協調的感覺。這個共通性的色彩，具有支配整體色彩的效果，使畫面形成以其為主的基本色調。主調色彩的運用，可使整體色彩更調和、更加強色彩的訴求主題。可採用色相主調色、明度主調色及彩度主調色三種方式。

4. 漸層：

將色彩按照色環順序、明度、彩度高低或面積大小排列，都會形成漸層效果。漸層的配色效果，能使視線自然地產生流動，對於畫面整體的視覺動線及主題的引導和強調，都是很重要的配色元素。

5. 律動：

色彩的組合，會產生運動感，漸層效果配色，即具有明顯的律動效果。寒冷色會向溫暖色律動，彩度低色會向彩度高色律動，色環上的紅、黃、藍三大色系的色彩，也會有相互律動的效果。

2-3-4-4 色彩的明視度與注目度

在設計視覺媒體時，爲了達到有效溝通的目的，必須慎重處理色彩的明視度與注目性，說明如下：

1. 明視度：

圖形與背景的色彩，會因兩者之色相、明度、彩度及面積大小的差異，而產生容易看清楚與不容易看清楚的差別，此即色彩的明視度，明視度高的配色代表主體能被清楚地看到。影響明視度之關鍵在於主體與背景色彩的明度差，明度差越大，則明視度高；反之，則明視度低。明視度高、明視度低的配色排序如表 2-2。

表 2-2：明視度高、明視度低的配色排序（節錄自張玉燕，1994）

	明視度高之配色排序					明視度低的配色排序				
順序	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
背景色	黑	黃	黑	紫	紫	黃	白	紅	紅	黑
圖像色	黃	黑	白	黃	白	白	黃	綠	藍	紫

2. 注目度：

有些色彩的特性容易引起觀眾的注意，並從多種顏色中脫穎而出，具有醒目的效果，即色彩的注目度。通常暖色系、明亮色和彩度高的色彩之注目度較高，表 2-3 爲單一色相注目度最高的顏色排序；另外，色彩之注目度會受到背景色的影響，表 2-4 爲各純色在黑、白色背景上注目性排序。

表 2-3：單一色相注目性排序

順序	1	2	3	4	5	6	7	8	9
色彩	朱紅	橙紅	橙	金黃	黃	黃綠	藍	綠	黑

表 2-4：各純色在黑、白色背景上注目性排序

順序	1	2	3	4	5	6	7	8	9
白底	紫	青紫	青	青綠	綠	紅紫	紅	橙	黃綠
黑底	黃	黃橙	黃綠	橙	紅	綠	紅紫	青綠	青

2-3-4-5 色彩的相關研究

列舉色彩的研究如下：

1. 李蕭鋌（1986）指出：1961年代，**Brent Berlin** 及**Paul Kay** 於加州大學柏克萊分校進行了一個著名的實驗，他們找來分別以阿拉伯語、廣東話、希伯來文、泰語等二十種語言為母語的一群人，請受試者以直接並且準確的方式，描述他們語言中有關顏色的字彙。研究發現儘管各個語言所用的詞彙在起源和聲音上差異極大，但大致上與藍、綠、黃、紅等主要顏色相對應。
2. 鍾兆慧（2001）在其論文－「國小兒童色彩排序能力」之研究中，根據實驗結果指出：一、三、五年級的學生普遍對紅色、黃色、綠色、藍色四色中的最純色的色彩排序能力較佳，顯示人類對於唯一的、不能再分解的色彩，其辨識能力較為敏銳。
3. 張明勳（1999）藉由人類直覺認知的色彩空間，及對色彩情感的意象空間，探討與色彩調和之間的關係。其中色彩與知覺空間的研究，可以看出受測者對色彩的差異認知判斷，主要是以色相及明度為主。
4. 色彩與色彩之間，共同的元素越是少，則它們的分離性越是來得明確。因此，那三原色：藍、紅、黃，是最徹底地互相分離的，因為它們之間沒有什麼共同點。兩個基本色的混色，也是和第三個基本色完全分離的，例如：橙色與藍色、紫色與黃色、綠色與紅色。此種排外性的區別，在一幅繪畫作品之構圖裡，有助於面與面之間的界線之確立。（李長憶譯，p354）

列舉色彩於視覺教材中的功用與使用原則之研究如下：

1. 色彩的適當選用，可幫助人們辨識物件間的區隔與角色輕重，也可促進整體視覺效果的一貫性。此外，使用特定的色彩組合，或在複雜圖解中作局部著色，將可增強資訊重點、易讀性與清晰程度之達成（Kemp & Smellie，1994）。
2. Dwyer 的實驗研究發現色彩是增強學生達成某些學習目標的重要因素。使用色彩時要能表現出事物各部分的關係或使色彩具有區辨刺激的作用。若無法發揮前述的作用，則應該加上其他的暗示技巧，如箭頭、動作、特寫、畫線、陰影、紋路等以吸引學習者對中心資料的注意力（張玉燕，1994）。
3. 大部分的學習者比較喜歡彩色的圖像勝於黑白的圖像。但是，除了色彩與所學的內容有關的情形，一般而言，有無色彩對學習效果並沒有顯著的差異（朱則剛譯，2002）。

4. 張玉燕（1994）指出：同一展示中，若使用過多的顏色會徒然破壞畫面的調和，應力求用色單純。
5. Dennis Pett 於 1989 年針對如何才能有效運用色彩來設計出較理想的視覺媒體，提出原則如下（引自張玉燕，1994）：
 - (1). 採用和實物相同的色彩和容易辨認的色彩有助於學習。
 - (2). 顏色對不同文化背景的人具有不同的意義，因此設計時要考慮色彩對觀眾的意義。
 - (3). 對顏色之喜好因人而異，冷色系統似乎較適宜用於成年觀眾。
 - (4). 利用色彩形成文字與背景的高明度對比，避免在紅藍背景上配以暗色文字。使用灰色背景或該物體之補色背景以強調物體的色彩。
 - (5). 注意色彩的連續使用。根據前後的脈絡關係考慮色彩的能見度。

鄭國裕、林馨聳（1990）指出色彩與幾何圖形間存有某種客觀上的關連，李銘龍（1994）將幾種主要色彩整理如下：

1. 紅色：正方形四個內角都是直角，四邊等長，具有強烈、充實、明確的特性，符合紅色的感覺。
2. 橙色：橙色是由紅黃調成；在形狀上，由正方形和正三角形折衷而成的長方形、梯形，符合橙色的感覺。
3. 黃色：正三角形的內角都是60度的銳角，具有尖銳、積極、擴張的特性，符合黃色的感覺。
4. 綠色：綠色是由黃藍調成；在形狀上，由正三角形和圓形折衷而成的六邊形、圓弧三角形，符合綠色的感覺。
5. 藍色：圓形具有圓滑、輕快、流動的特性，符合藍色的感覺。
6. 紫色：紫色是由藍紅調成；在形狀上，由圓形和正方形折衷而成的橢圓形，符合紫色的感覺。。

李銘龍（1994）也指出由色彩的形狀感中，可以發現色彩和形狀中的角度大小亦有關係。康定斯基（W. Kandinsky）把角度與色彩的關係界定為：1. 鈍角：有鈍拙、柔弱感，以寒色為代表；2. 銳角：有敏銳、強烈感，以暖色為代表。即是銳角：黃色（30度）、橙色。直角：紅色（90度）。鈍角：紫色（120度）、藍色（150度）。

2-4 相關理論

本節將討論雙重編碼理論、認知負荷理論、數學簡報設計原則。

2-4-1 雙重編碼理論

Paivio 根據其它學者針對圖形與文字在學習成效上研究的結果，認為人類不止具有單一的記憶儲存方式，因而提出雙重編碼理論（Dual-Coding Theory），指出人類擁有兩套互動而又獨立處理不同類別資訊的系統：語文系統、非語文系統。

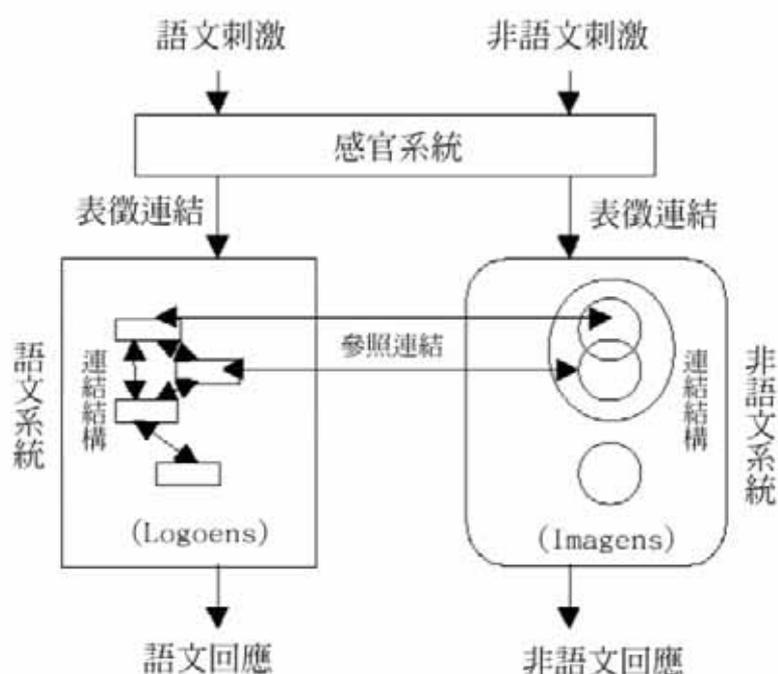


圖 2-39：雙重編碼理論結構圖（摘自Paivio, 1986）

此兩套系統對訊息的處理及組織的方式不同，語文系統內的基本單位為語文元（Logogens），接收語文方面的刺激，並將這些語文刺激的資訊具像化，編碼後儲存在文字記憶區中，其訊息偏向個別的、循序的、語法的方式來處理和組織；非語文系統的基本單位為圖像元（Imagens），接受視覺化資訊，將圖形具像化，編碼後儲存在圖像記憶區中，偏向以整體的、並行或集合方式來處理和組織資訊。

此兩套系統具有三種連結關係，簡述如下（郭璟諭，2003）：

1. 表徵性連結（**Representational Connection**）：

表徵性連結是指個體接觸到外界刺激時，直接引起的表徵作用。語文性刺激進入記憶系統後，會被編成特定的語意碼，或啓動相對應的語文表徵；相同地，圖像性刺激進入記憶系統後，也會以圖像的形式被編為意象碼，或引發相對應的意象表徵。

2. 關連性連結（**Associative Connection**）：

關聯性連結是指同一系統中，擁有相同屬性的元素間所形成的連結關係。Paivio（1986）認為：記憶系統中各元素的組織是有階層性的，人們會依性質、型態、種類、特徵或其他分類原則，將互有關聯的元素組織在一起；而這些同類的元素可能又屬於更大類別下的一個分支（Paivio & Begg, 1981）。

3. 參照性連結（**Referential Connection**）：

語文系統及非語文系統之間的組織藉由參照聯結得以相互交流，語詞可以激發意象，意象亦可能激發語意，兩個系統之間透過相互參照而產生聯結。Paivio（1986）認為，給予適當的情境線索，會提高參照連結發生的可能（例如，以圖片來展示文字內容）。參照性連結一旦建立，日後若面臨適當的情境或外來刺激，個體將會自動地自兩種表徵系統中啓動相關符號以供運思。資訊若能以語文與非語文兩種形式編入長期記憶中，日後回憶的成效將可大為增進。Mayer & Sims（1994）指出：文字資訊與視覺資訊同時呈現比先後呈現更能有效的幫助建立「參照鏈結」。

Paivio（1971）提出人類的圖像系統比語文系統有較好的處理能力，而且當一個觀念的呈現方式是透過這兩種系統同時呈現，會比只利用其中一種呈現方式來的好。其對圖像處理系統比較好的解釋為：當我們看到一個圖片時，會自動的將圖片轉換成語文的方式來處理；但當看到一個文字時，卻不易把它轉換成影像。

雙碼理論並不是說兩個編碼加在一起比一個好，而是插圖和文字之間有強而有力的連結，才能輔助讀者建立文字性和視覺化資訊的認知相關性，產生觀念的學習（范懿文、陳彙芳，2000）。

徐易稜（2001）在其碩士論文中整理多位學者之實徵性研究指出：對學習者而言，圖形搭配文字的呈現方式，比純文字的呈現方式，有較佳的學習效果。而且將多媒體中的不同媒體以整合同時呈現的方式，比將多媒體中的不同媒體以分開循序呈現的方式，有較好的學習效果。其列舉之研究有二：

1. Mayer & Gallini（1990）以紙本的科學教科書為教材，研究發現將圖片與文字同時整合在同一頁的學習效果較好，將圖片與文字分開循序放置不同頁的學習效果則較差；Mayer & Anderson（1991,1992）的研究則是利用電腦作成的數位教材作實驗，所得出的結果亦然。
2. Mayer & Sims（1994）分別以打氣筒原理、人體呼吸系統原理等不同的數位化多媒體教材，作為實驗的教材內容，分成「圖文整合同時呈現」與「圖文分開循序呈現」兩組，發現將圖片與文字同時整合的學習效果較好。



2-4-2 認知負荷理論

「認知負荷」(Cognitive Load)源自於歐美的人體工學與人因工學領域，從心理、生理與認知層面，探討工作與任務對執行者的影響與適合性。最早應用在軍事訓練及各種企業上，稱為「心智工作負荷」(mental workload)，並以此為指標作為任務、工作或操作系統設計上的參考，盡量減少任務與工作對執行者的心智負荷，以增加執行時的績效(黃克文，1996)。

Sweller 發現學生要由初學者變成熟練者，最重要的是在學習過程中，要能獲得學習的概念，形成學習概念的基模，從而建立自己的解題策略與模式；然而在學習的過程中，有其他的因素會影響到基模與策略的形成，那是一些與學習內容無關的資訊，會佔據「短期記憶」，而造成認知上的負荷。因此，他致力於探討學習者的認知層面，因教學方法、教學內容而產生的「認知負荷」，在學習過程中對概念獲得的負面影響，從而建立了「認知負荷理論」(陳密桃，2003)。

宋曜廷(2000)認為「認知負荷」乃指在執行某種作業的過程中，因作業特性所需的認知能量(Capacities)或認知資源(Resources)而造成認知系統(特別是運作記憶)的負載狀態。

陳密桃(2003)指出「認知負荷」係指個體在執行某種工作、作業或任務過程中，個體所感受到心智負荷和心智努力的負載狀態，就訊息處理理論而言，「認知負荷」係指運作記憶的負荷(working memory load)。她亦指出：認知負荷具有個別性，同一任務或學習對不同的人而言，會有不同程度的認知負荷，此外，即使相同程度的認知負荷，對能力高的人不會造成影響，但對能力低者而言，則可能造成很大的心智負擔，而影響學習成效。

Sweller 所提出的認知負荷理論對人類認知架構有四項基本假設(陳密桃，2003；翁嘉鴻，2001；宋曜廷，2000)：

1. 工作記憶(Working Memory)的容量是有限的：

對於新資訊的接收，必須依賴工作記憶對資訊作更深入的認識與理解，理解之後刻意予以保留，使之轉換為長期記憶。若待處理的訊息或材料本身的內部成分相互關連性很強，要相互參照才能了解，則更耗費短期記憶容量，因而產生更大的認知負荷，造成學習困難。

2. 長期記憶(Long-Term Memory)本身沒有容量的限制：

人類的長期記憶所儲存無盡的知識內容，是專家和生手差別的主要來源。專家在長期記憶中儲存了龐大的特定問題狀態知識，以及相對應的解

題策略。在面對問題時，專家可以立即提取相對應的解題策略，但生手卻無法立即接觸到有效的解題策略，因此需要在短期記憶中進行推理和搜索，因而需耗費工作記憶的容量，較易產生認知負荷，造成學習困難。

3. 長期記憶中之內容主要以基模（Schema）的型態儲存

基模包含了訊息的成分，它由簡單到複雜，由粗略到精緻的建構過程，亦即專門知能發展的過程。因為許多佔用記憶容量的訊息成分，可以融合成一個複雜的基模，而變成一個單一的處理單位，所以，基模除了在長期記憶中可以發揮組織和儲存訊息的功能外，亦可以在工作記憶區發揮降低記憶負荷的功能。

4. 基模運作自動化（Schema Automation）是基模建構的重要過程

人類處理訊息的方式有二，一為發生在意識的層面控制式處理，佔用許多工作記憶的空間；另一為較少為意識所監控自動式處理，佔用極少的工作記憶空間。自動化的訊息處理可降低工作記憶的負荷，若藉由充分的練習可以將基模的運作自動化，當基模運作自動化後，可以節省許多工作記憶區的空间，進而降低工作記憶區之負荷，便可同時對更多訊息作同時或更深入的處理。

Marcus 等人（1996）指出，在教學過程中，影響認知負荷的因素，分別為「學習者的先備經驗」、「教材的本質」、「教材的組織」，簡述如下（陳蜜桃，2003；翁嘉鴻，2001）：

1. 學習者的先備經驗（Prior Experience）：

相同的教材對不同的學習者會有不同的認知負荷，原因變在於學習者的先備經驗有所不同。個體的先備經驗會在學習記憶區形成基模，學習者是否能夠瞭解學習內容的關鍵在於資訊量是否超出工作記憶區的負荷，若能將新的資訊與自動化的基模作整合，將可降低工作記憶區的負荷。因此先備經驗的有無可說是認知負荷的首要來源，藉由適當的基模可以降低認知負荷、幫助學習。

3. 教材的組織（Organization）：

因應不同資訊的特性，應以適當的方式來呈現，不當的使用，將造成學習者無謂的認知負荷。例如，圖形利於空間關係的呈現、文字適合以循序的方式來處理。

2. 教材的本質 (Nature of the Material) :

教材元件相關連的程度是造成認知負荷的另一個原因。對學習者來說，低元件關連的教材較易於瞭解，原因在於該元件可以獨立的被處理，而不需參照其他資訊來源；但面對高元件關連程度的教材時，儘管元件的數量與前者相同或更少，亦可能難於瞭解，其原因在於學習者必須將較多的元件同時置入工作記憶區中來思考，如此將造成較高的認知負荷而阻礙學習。

Sweller 等人 (1998) 則以教材設計的觀點，將認知負荷的來源分「內在認知負荷 (Intrinsic cognitive Load)」、「外在認知負荷 (Extraneous cognitive load)」及「增生認知負荷 (Germane cognitive load)」三類 (陳蜜桃, 2003; 翁嘉鴻, 2001)，簡述如下：

1. 內在認知負荷主要和教材的本身的難易度、教材元件間的相關連程度及學習者的先備經驗有關，不容易靠教材設計的改良而降低。
2. 外在認知負荷與教材的組織和呈現方式有關，不同的教材組織與呈現方式會有不同大小的外在認知負荷。藉由資料呈現、資訊組織等方面的設計，妥善安排教材，可以降低外在認知負荷，讓學習者更能善用有限的工作記憶區來處理與學習內容相關的資訊。
3. 增生認知負荷為幫助學習者建立基模的過程，所增加的負荷。必須在總認知負荷量 (內在認知負荷、外在認知負荷和增生認知負荷之總合) 不超過學習者所能承受的範圍內，適當的引入增生認知負荷才有意義。

Sweller 等人 (1998) 歸納以認知負荷理論為主題的實證研究，進而提出教學設計之原則，可分為七種效果，包含：開放目標效果 (Goal-Free Effect)、示例效果 (Worked Example Effect)、完成問題效果 (Completion Problem Effect)、分散注意力效果 (Split-Attention Effect)、形式效果 (Modality Effect)、重複效果 (Redundancy Effect)、變化效果 (Variability Effect)。以下僅就形式效果、分散注意力效果、重複效果及示例效果進行探討 (陳蜜桃, 2003; 郭璟諭, 2003; 翁嘉鴻, 2001)。

1. 形式效果：

讓學習者同時藉由不同的感官刺激 (視覺與聽覺) 來接收資訊，例如：圖形解說與聲音旁白的呈現，將可增加工作記憶區的空間，這些增加的空間可降低認知負荷程度，進而提升學習成效。

當資訊以雙重感官的方式呈現，會增加工作記憶區的容量，因此當資訊以視覺及聽覺夾雜時，其效果會比只有視覺或純聽覺來的好（Mousavi, et al., 1995；Sweller, et al., 1998）。

若是文字與聲音旁白同時出現，則因為文字與聲音所在工作記憶區同屬於語文系統所以兩者同時出現反而會增加工作記憶的負荷。此外，若資訊結合不同的感官刺激但以循序的方式來呈現，則無法達到形式效果（Mayer, 1997；Tiene, 2000）。

2. 分散注意力效果：

當學習者必須將多重訊息互相參照整合才能理解學習內容時，如果這些訊息安排在分散的位置（例如圖形和文字解說分開放置）或出現時間不一致（如動畫和旁白分開出現），則會導致學習者需將注意力分散到各處，增加了認知負荷，也降低學習效果。

將相同內容的資訊以整合方式呈現，會比花費心力將不同來源資訊整合起來，較有效地獲得資訊。例如：數學教材中，如果將角度或長度都標示在圖形上，會比僅以文字敘述來得容易學習；又如將文字的解釋放在該文字的旁邊或同一頁面，會比翻頁對照來得容易學習。此和 Mayer & Anderson 於1992 所提出的連續原理相符，該原理指出：當文字和圖片在時間、空間上連續呈現時，多媒體的教學效果會增加。

3. 重複效果：

當學習者面對由多種方式呈現的資訊時，如果僅由單一的呈現方式即可完整的傳達意義，但卻將相同的資訊，以不同方式同時呈現時，則會發生重複效果。此時，大量訊息同時進入到工作記憶將會導致其過度負荷，降低了學習效果。若將重複的資訊整合入主要的資訊中，學習者會無可避免的去處理所有的資訊，如此亦會增加認知上的負荷。

有學者發現當圖片與文字分別都能解釋內容時，若二者同時放置一起，將強迫讀者去建立二者間的關聯，這多此一舉的現象非但不能加強學習效果，反而會造成認知負荷（范懿文，陳彙芳，2000）。

4. 示例效果：

教師在教導程序性知識前，若能呈現適當的解題例子，將可協助學生對於問題狀態和解題步驟建構出較完整的基模，也可協助降低外在認知負荷。

2-4-3 數學簡報設計原則

邱建偉（2005）依據視覺原理、設計理論與數學教材的特性，將數學簡報之設計原則歸納為「層次性」、「對比性」、「比較性」、「定位性」、「演化性」、「結構性」、「步驟性」、「關連性」、「互動性」、「隨機性」等十項，條列如下：

1. 層次性

當圖形有重疊現象時，必須考慮圖形的層次問題，才能突顯要呈現給學習者的主題。

2. 對比性

強化即時訊息，使其扮演「圖」的角色；淡化非即時訊息，使其扮演「地」的角色，透過兩者間的對比，讓學習者在最短的時間內獲得所需的訊息。

3. 比較性

因為素材需要作觀念的比較，才能讓學習者了解到數學觀念是可互相對照的，所以我們將需要比較的素材放在同一頁面，並控制要比較的物件同時出現，達到讓學習者比較的目的。

4. 定位性

資訊的呈現，由最原始的訊息開始擴展出來，畫面上訊息的移位，會產生視覺雜訊，造成數學觀念比較的困難度。必須透過定位的複製技巧，使得資訊擴展時，畫面產生的訊息在視覺上不會晃動。

5. 演化性

因為素材需要作演化的比較，才能使學習者觀察出數學形的變化，為了處理數學的演化概念，同時讓資訊有累積的關係，提出演化性作為處理的依據。

6. 結構性

數學素材的處理，如果文字物件與圖形物件屬於相同結構，為了讓學習者更容易注意到結構性的問題，我們建議將相關物件作一致化處理，包括利用顏色、大小，並運用接近性，將物件放置在適當位置。

7. 步驟性

數學觀念大多數需要逐步講解，尤其複雜的觀念，更需要逐步陳述。利用數學簡報系統設計，將複雜觀念步驟化，節省手寫板書的時間，可以專心於內容的陳述上。

8. 關連性

由於簡報畫面的限制，無法在中央畫面容納下所有的資訊，所以部分資訊只能安排在畫面其他位置，爲了確保該訊息與原來要闡述訊息的關係，我們運用顏色、形狀、線段、箭頭，建立兩個訊息的關連性。

9. 互動性

部分數學教材需要具有互動性，給學習者有思考的機會，隨著學生的反應，逐一呈現，依學生的反應再進行下個步驟。透過互動性才能與學習者進行假設、討論、對話，此時就需要適當的按鈕物件協助教材設計，我們常用的互動性按鈕有開關、互動開關、多層次多元按鈕、全開關。

這個原則的提出，是爲了教學上的適性教學，讓學習者能隨著教學者而產生互動。與『隨機性』最大的不同，『互動性』主要還是由教學者進行主導。教學者可以在畫面中安排適當的互動模組，在教學過程中，嚐試著與學習者互動。

10. 隨機性

數學素材具有更高程度的隨機性，爲了教學需要，因此我們設計多元按鈕，來達成隨機性的操作，可以在課堂當中，讓學生的想法呈現出來，由學生來主導，老師來操作的一種模式，由簡單的結構，產生完整的變化，並直接呈現在畫面上。

此原則是爲適性教學而提出，讓學習者能隨著教學者而產生互動。與『互動性』最大的不同，『隨機性』可以完全由學習者進行主導。

第三章 資訊融入數學領域教學

本章針對數學領域之課程元件、融入教學之資訊工具、教師授課導向之媒體教材特質三項進行分析。

3-1 九年一貫數學領域課程元件分析

目前國中三個年級之數學領域的教材，都是依據九年一貫數學領域暫行綱要所編撰。而基於對學生計算能力不足的疑慮、與後國民教育課程銜接上的困難、國際上的比較等因素，教育部於九十二年修訂頒布數學領域課程綱要，於九十四學年度起，自一年級及七年級同步逐年實施，屆時即將採用依據數學領域課程綱要所編定的教材。

九年國民義務教育之數學領域部份區分為四個階段：階段一為一至三年級，階段二為四、五年級，階段三為六、七年級，階段四為八、九年級。數學內容則分為數與量（N）、幾何（S）、代數（A）、統計與機率（D）、連結等五大主題。其中，數學內部的連結貫穿數與量、幾何、代數、統計與機率等四個主題，強調解題能力的培養；數學外部的連結則強調生活及其他領域中數學問題的察覺、轉化、解題、溝通、評析諸能力的培養。

此外，數學領域課程綱要的能力指標是依據主題及階段學習能力而制定，但是因為多數指標須採分年進階式教學才能達成其教學目標，因此由階段能力指標演繹出更細緻的分年細目及詮釋，利於老師掌握各年級進度目標。

在課程內容部分，國小階段課程以〔數與量〕為中心主題，四年級必須學會整數的四則運算，六年級時則必須學會分數的四則運算。〔幾何〕、〔代數〕、〔統計與機率〕等主題則以預備知識教學為主。國中階段則先由負數的介紹，再次讓學生熟練整數、分數與小數的四則運算，結構上以先代數、後幾何、再統計的理念進行規劃。具體而言，總體目標、國小、國中階段的具體目標分別如下：

1. 總體目標：

- (1) 培養學生的演算能力、抽象能力、推論能力及溝通能力。
- (2) 學習應用問題的解題方法。
- (3) 奠定下一階段的數學基礎。

(4) 培養欣賞數學的態度及能力。

2. 國小階段目標：

(1)在第一階段（一至三年級）能掌握數、量、形的概念。

(2)在第二階段（四至五年級）能熟練非負整數的四則與混合計算，培養流暢的數字感。

(3)在小學畢業前，能熟練小數與分數的四則計算；能利用常用數量關係，解決日常生活的問題；能認識簡單幾何形體的幾何性質、並理解其面積與體積公式；能報讀簡單統計圖形並理解其概念。

3. 國中階段目標：

(1) 能理解坐標的表示，並熟練代數的運算及數的四則運算。

(2) 能理解三角形及圓的基本幾何性質，並學習簡單的幾何推理。

(3) 能理解統計、機率的意義，並認識各種簡易統計方法。

由於分年細目的訂定，九十四學年度起，各版本教科書的基本架構都大同小異。基於現場大多數教師都是依照選定之教科書內容授課，以下綜合各版本，摘要各年級出現的課程主題及能力指標，以利了解整個國中階段之數學課程面貌：

1. 七年級：課程僅安排數與量、代數兩大主題。

(1) 數與量：以數系擴充到負數為主體，並定義負數的運算規則，再配合二元一次式的經驗來學比例式。

表 3-1：七年級「數與量」之能力指標與課程內容

能力指標	課程主題及內容
N-3-08 能認識負數，並將負數標記在數線上，以理解正負數之比較。	整數與數線
N-3-09 能理解加、減運算在數線上的對應操作。	1. 正數與負數
N-3-10 能理解絕對值的意義。	2. 數線
N-3-11 能熟練正負數的混合四則運算。	3. 數的大小
N-3-12 能認識指數的記號與指數律。	4. 絕對值
N-3-13 能認識科學記號，並理解其運算規則。	5. 整數的四則混合計算
	6. 整數指數的運算律
	7. 命數系統(科學記號)

<p>N-3-01 能認識質數、合數，並做質因數分解。</p> <p>N-3-02 能理解最大公因數、最小公倍數與兩數互質的意義，並用來將分數約成最簡分數。</p> <p>N-3-11 能熟練正負數的混合四則運算。</p> <p>N-3-12 能認識指數的記號與指數律。</p>	<p>分數的計算</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 因數與倍數 2. 最大公因數與最小公倍數 3. 正負分數的四則運算 4. 指數律與科學記號
<p>N-3-05 能理解比、比例、比值與正、反比的意義，並解決生活中的問題。</p> <p>N-3-06 能理解速度的概念與應用，認識速度的普遍單位及換算，並處理相關的計算問題。</p> <p>N-3-07 能熟練比例式的基本運算。</p>	<p>比與比例式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 比與比值 2. 比例式 3. 連比

(2) 代數：侷限在一次式，以數線的方式來說明一元一次不等式解的幾何意義，以直角座標說明二元一次方程式圖形與解的意義。

表 3-2：七年級「代數」之能力指標與課程內容

能力指標	課程主題及內容
<p>A-3-01 能做基本的代數運算。</p> <p>A-3-02 能理解並應用等量公理。</p> <p>A-3-04 能用含未知數的等式或不等式，表示具體情境中的問題，並解釋算式與原問題情境的關係。</p> <p>A-3-05 能理解生活中常用的數量關係，並恰當運用於解釋問題或將問題列成算式。</p> <p>A-3-06 能發展策略，解決含未知數之算式題，並驗算其解的合理性。</p> <p>A-3-08 能熟練一元一次方程式的解法。</p>	<p>一元一次方程式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 代數式的運算 2. 方程式列式與解法 3. 等量公理 4. 移項規則

<p>A-3-04 能用含未知數的等式或不等式，表示具體情境中的問題，並解釋算式與原問題情境的關係。</p> <p>A-3-05 能理解生活中常用的數量關係，並恰當運用於解釋問題或將問題列成算式。</p> <p>A-3-06 能發展策略，解決含未知數之算式題，並驗算其解的合理性。</p> <p>A-3-09 能檢驗、判斷一元一次不等式的解並描述其意義。</p>	<p>一元一次不等式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 不等式的列式與解的意義 2. 不等式解的範圍
<p>A-3-10 能理解二元一次方程式的意義。</p> <p>A-3-11 能理解平面直角坐標系，並畫出線型函數圖形。</p> <p>A-3-12 能運用直角坐標系及方位距離來標定位置。</p>	<p>二元一次方程式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 方程式的列式 2. 直角坐標平面 3. 二元一次方程式圖形
<p>A-3-07 能運用變數表示式，說明數量樣式之間的關係。</p> <p>A-3-11 能理解平面直角坐標系，並畫出線型函數圖形。</p>	<p>函數及其圖形</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 變數與函數 2. 函數與線型函數
<p>A-3-11 能理解平面直角坐標系，並畫出線型函數圖形。</p> <p>A-3-13 能熟練二元一次聯立方程式的解法並理解其解的意義。</p>	<p>二元一次聯立方程式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 聯立方程式的列式與解的意義 2. 聯立方程式解的圖示 3. 代入、加減消去法

2. 八年級：

(1) 數與量：包括平方根、近似值、等差數列與等差級數等主題。

表 3-3：八年級「數與量」之能力指標與課程內容

能力指標	課程主題及內容
N-4-01 能認識二次方根及其近似值。 N-4-02 能理解二次方根的四則運算。	平方根與近似值 1. 平方根的意義 2. 平方根的加減乘除 3. 平方根近似值的意義與取法（十分逼近法） 4. 平方根有理化
N-4-03 能辨識具規則性的數列。 N-4-04 能理解等差數列的樣式、規則性及未知量。 N-4-05 能辨識等差級數的樣式、規則性及理解未知量求法。	數列與級數 1. 數列規律的觀察 2. 等差數列 3. 等差級數

(2) 代數：以乘法公式中的平方公式為主體，擴展到多項式的運算，多項式的乘除法，包含直式與橫式的算法。利用提公因式與分組分解、乘法公式、十字交乘法等方法來做因式分解。除上述因式分解方法外，也利用配方法及解的公式來解二次方程式。

表 3-4：八年級「代數」之能力指標與課程內容

能力指標	課程主題及內容
A-4-01 能熟練乘法公式。 A-4-02 能認識多項式，並熟練其四則運算。	乘法公式與多項式 1. 乘法公式 2. 多項式的加減乘除運算

A-4-04 能熟練多項式的因式分解。	多項式的因式分解 1. 因式與倍式 2. 提公因式與分組分解 3. 乘法公式做因式分解 4. 十字交乘法做因式分解
A-4-04 能熟練多項式的因式分解。 A-4-05 能熟練一元二次整係數方程式的解法。	一元二次方程式 1. 方程式的列式 2. 提出公因式解方程式 3. 以十字交乘法解方程式 4. 以配方法解方程式 5. 方程式解的公式 6. 應用問題

(3) 幾何：平面圖形侷限在三角形、多邊形與平行四邊形；尺規做圖則為角與線段的複製、平分及垂直線等。

表 3-5：八年級「幾何」之能力指標與課程內容

能力指標	課程主題及內容
S-4-01 能利用形體的幾何性質來定義某一類形體。 S-4-02 能指出合於所給定性質的形體。 S-4-03 能描述複合形體構成要素間的可能關係。 S-4-04 能利用形體的性質解決幾何問題。 S-4-06 能理解平面上兩直線互相平行、垂直的概念。 S-4-07 能根據直尺、圓規操作過程的敘述，完成尺規作圖。	簡單的幾何圖形 1. 生活中的平面圖形 2. 點、線、角、垂直與平分 3. 尺規做圖 4. 生活中的立體圖形
S-4-05 能運用面積計算導出勾股定理。	勾股定理

S-4-08 能理解三角形的幾何性質。	三角形的基本性質 1. 三角形的內角和與外角和 2. 三角形的全等 3. 三角形的邊角關係
S-4-06 能理解平面上兩直線互相平行、垂直的概念。 S-4-09 能理解多邊形的幾何性質。 S-4-11 能理解平行線的定義與相關性質。	平行四邊形與多邊形 1. 平行線 2. 平行四邊形 3. 多邊形的內角和與外角和

3. 九年級：

(1) 代數：二次函數的意義、圖形、最大值與最小值是代數主題的核心。

表 3-6：九年級「代數」之能力指標與課程內容

能力指標	課程主題及內容
A-4-06 能理解二次函數的圖形及應用。 A-4-07 能理解拋物線之對稱性。	簡易二次函數圖形 1. 配方法與二次函數圖形 2. 二次函數的最大、最小值 3. 二次函數與拋物線

(2) 幾何：包含多邊形相似性質、三角形全等性質、三角形三心及圓的相關性質。推理能力的培養是國中數學教育的重點之一。國中階段的學習仍舊以學生以有的幾何直覺經驗為前導，但強調主體或概念的明確定義，及幾何量的代數運算。學習的內容是由非形式化的推理逐漸提升至形式化的推理。對於幾何推理的行成，僅強調幾個簡單步驟的推理。

表 3-7：九年級「幾何」之能力指標與課程內容

能力指標	課程主題及內容
S-4-11 能理解平行線的定義與相關性質。 S-4-12 能檢驗兩平面圖形是否相似。 S-4-13 能運用相似三角形的性質進行測量。	相似形 1. 平行線截線性質 2. 相似形的意義 3. 相似三角形及其應用
S-4-14 能理解圓的幾何性質。	圓形 1. 直線與圓及兩圓位置關係 2. 圓心角、圓周角與弦切角 3. 圓內角與圓外角 4. 圓的內幕、外幕與切割線的性質
S-4-13 能運用相似三角形的性質進行測量。 S-4-14 能理解圓的幾何性質。 S-4-15 能利用三角形及圓的性質作推理。	幾何與證明 1. 簡單的幾何推理 2. 綜合證題法 3. 三角形之外心、內心、重心的基本性質與推理

(3) 機率與統計：引進盒狀圖的概念，突顯第25及第75百分位間的資料位置，以判斷資料的集中或分散狀況。

表 3-8：九年級「機率與統計」之能力指標與課程內容

能力指標	課程主題及內容
D-4-01 能報讀百分位數，並認識個體在群體中相對地位的情形。	次數分配與資料展示 1. 有序資料整理與次數分配 2. 直方圖與折線圖 3. 百分位數

D-4-02 能利用統計量，例如：平均數、中位數及眾數等，來認識資料集中的位置。	算術平均數、中位數和眾數
D-4-03 能利用統計量，例如：全距、四分位距等，來認識資料分散的情形。	全距、四分位距與盒狀圖 1. 四分位數與四分位距 2. 全距 3. 盒狀圖
D-4-04 能在具體情境中認識機率的觀念。	機率與抽樣 1. 以機會認識機率 2. 以簡單實驗理解抽樣與隨機性質

基於研究需要，將國中階段數學課程內容做以下分類：

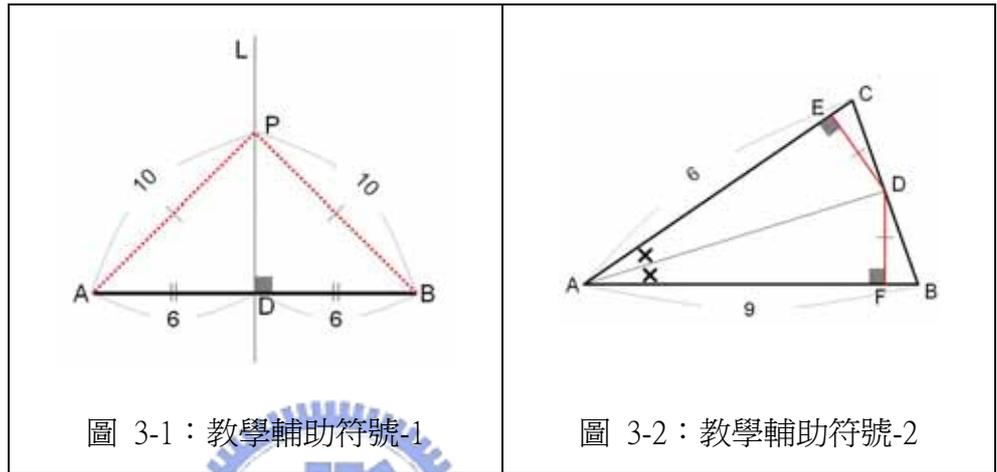
1. 符號：

- 
- (1) 四則運算符號： $+$ 、 $-$ 、 \times 、 \div 、指數。
 - (2) 關係符號： \leq 、 \geq 、 $<$ 、 $>$ 、 $=$ 、 \perp 、 $//$ 、 \cong 、 \sqcup 。
 - (3) 幾何符號： Δ 、 \square 、 \angle 、線段及弧之符號。

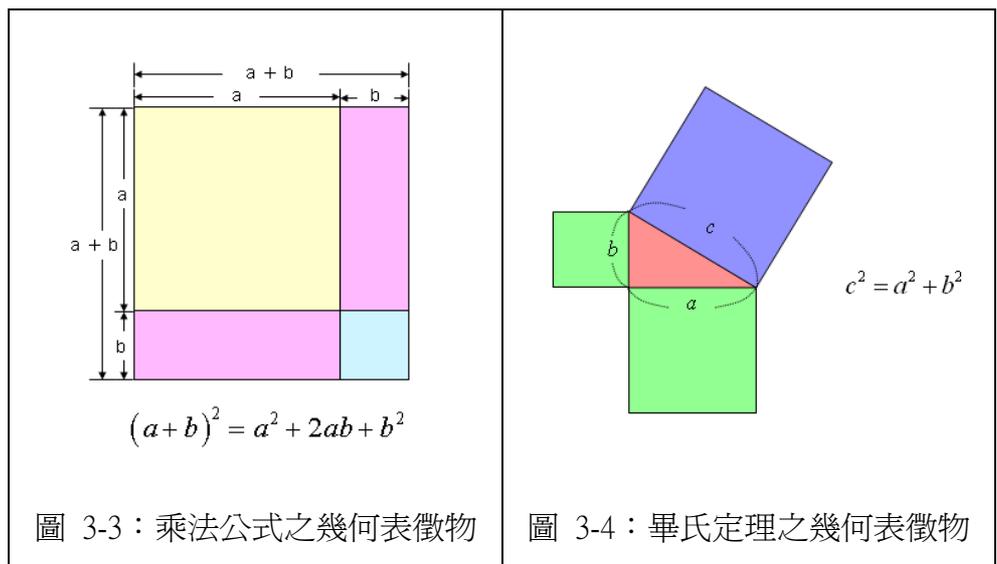
2. 圖像化幾何物件：

- (1) 點：多邊形或拋物線頂點，交點，三角形的外心、重心、內心，圓心，線段的等分點、中點、端點，垂足，切點。
- (2) 線：直線、線段，切線，平行線、垂直線、中垂線、角平分線、中線、高，圓上之弦、半徑、直徑，多邊形之邊、對角線。
- (3) 曲線：圓周、弧、拋物線。
- (4) 角：內角、外角、同位角、內錯角、同側內角、對頂角、對應角、圓上之圓周角、圓心角、弦切角。
- (5) 平面圖形：多邊形、圓、扇形、弓形。
- (6) 立體圖形：柱體（圓柱、角柱），錐體（圓錐、角錐），正方體、長方體。

- (7) 數線與座標平面。
- (8) 統計圖表：次數分配表、直方圖、折線圖、盒狀圖。
- (9) 教學輔助符號：包含標示長度、角度相等之等量符號，如：以「x」來標示角度之相等，以線段數目之差異來代表長度值之相等；及標示長度值、角度值之圖文整合符號，如：以弧線輔助標示線段之長度值，以小正方形來標示 90° 。



- (10) 幾何表徵物：以幾何圖形面積之切割拼湊來表徵代數運算式。如：以長方形面積來表徵乘法公式及十字交乘法，以直角三角形三邊上的正方形來表徵畢氏定理。



請分解 $x^2 + 4x + 3$

$$\begin{array}{r}
 x \quad + 3 \\
 \times \quad \times \\
 x \quad + 1 \\
 \hline
 +3x \quad +x = 4x
 \end{array}$$

圖 3-5：十字交乘法之幾何表徵物

3. 數量與代數物件：

- (1) 整數、分數、小數、無理數。
- (2) 方程式、比例式、不等式。
- (3) 數列與級數。
- (4) 函數。

4. 關係與規則：

- (1) 三角形全等性質、相似性質。
- (2) 乘法公式、因式分解、十字交乘法。
- (3) 直角三角形之畢氏定理。
- (4) 三角形的邊角關係：任意兩邊和大於第三邊、任意兩邊差小於第三邊、較大的內角所夾的邊長較長…等。
- (5) 相似形之對應邊長的比例關係。
- (6) 結合律、分配律、交換律。
- (7) 三一律、遞移律。
- (8) 任意多邊形之外角和、內角和公式及三角形外角定理。
- (9) 中垂線、角平分線相等線段性質。
- (10) 平行四邊形判斷性質。
- (11) 平行線的判斷性質及同位角、內錯角、同側內角之關係。

5. 動態圖像語言：國中階段數學課程常涉及對幾何物件的旋轉、平移、鏡射之操弄或尺規作圖，一般而言，這些動態的過程受限於書面或黑板之限制，通常藉由帶有箭頭之線條或作法說明來輔助表示其過程。

(1) 旋轉：一般而言，數學物件之旋轉都有明確的旋轉中心，如：多邊形的頂點。旋轉有兩種類型，其一是旋轉指定角度，另一則是旋轉至特定部位（點或線段）之重疊。如圖 3-6 即以箭號來表示將 $\triangle ADE$ 以 E 點為旋轉中心，旋轉至 \overline{AE} 與 \overline{CE} 重疊。

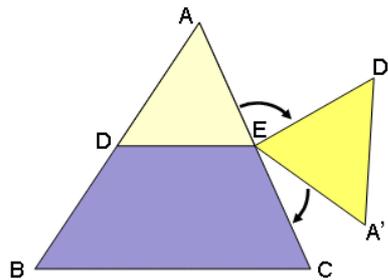


圖 3-6：旋轉之動態圖像語言

(2) 平移：平移有兩種類型，其一是依指定方向平移特定距離，另一則是平移至特定部位（點或線段）之重疊。如圖 3-7 即是將 $\triangle ACE$ 向右水平平移，使得 \overline{AC} 與 \overline{BD} 重疊。

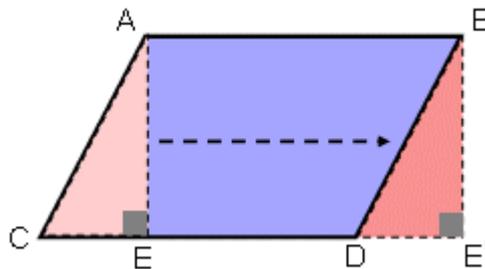
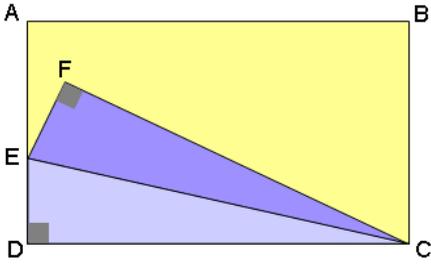
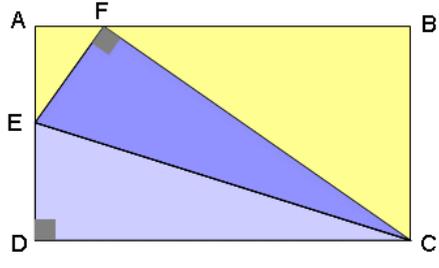
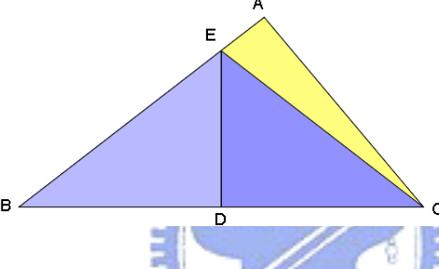
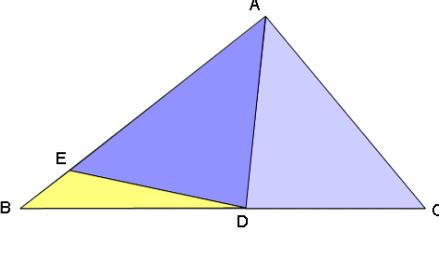


圖 3-7：平移之動態圖像語言

(3) 鏡射（翻轉、摺紙）：國中階段數學課程中的鏡射有時以摺紙為情境脈絡，大致有兩種型式，其一是以已知線段為對稱軸而鏡射，如圖 3-8；另一種則是在對稱軸為未知條件下（但仍可依情境推理、畫出對稱軸），而將點或線段鏡射至特定目標（特定點或線段），如圖 3-9、圖 3-10、圖 3-11。

 <p>圖 3-8：鏡射之動態圖像語言-1</p> <p>以 \overline{CE} 為對稱軸，分別將 \overline{DE}、\overline{CD} 鏡射出 \overline{EF}、\overline{CF} (\overline{CE} 為已知條件)</p>	 <p>圖 3-9：鏡射之動態圖像語言-2</p> <p>將 D 點摺至 \overline{AB} 上，即以 \overline{CE} 為對稱軸，分別將 \overline{DE}、\overline{CD} 鏡射出 \overline{EF}、\overline{CF} (\overline{CE} 為未知條件)</p>
 <p>圖 3-10：鏡射之動態圖像語言-3</p> <p>將 B 點摺至 C 點，即以 \overline{DE} 為對稱軸，將 \overline{BE} 鏡射出 \overline{CE} (\overline{DE} 原為未知條件)</p>	 <p>圖 3-11：鏡射之動態圖像語言-4</p> <p>將 \overline{AC} 摺至 \overline{AB} 上，即以 \overline{AD} 為對稱軸，將 \overline{AC} 鏡射出 \overline{AE} (\overline{AD} 原為未知條件)</p>

(4) 尺規作圖：尺規作圖一般都以作法來輔助說明其畫弧之圓心、半徑及以哪兩點為依據來連出直線。

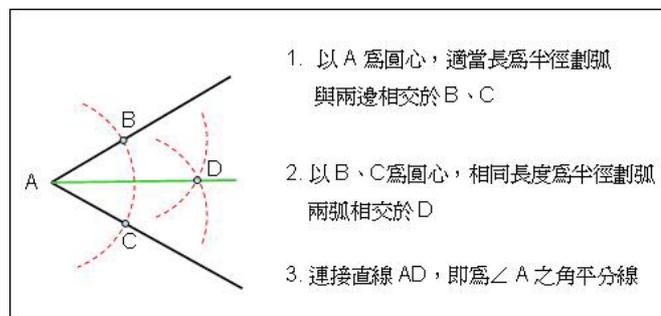


圖 3-12：尺規作圖

3-2 融入教學之資訊工具

本研究選用微軟公司所推出的 PowerPoint 簡報軟體作為資訊融入教學的工具，將 PowerPoint 定位為教學活動的輔助工具，主要目的在於提升教學效能。

選用 PowerPoint 作為融入課堂上教學之工具，有以下幾個原因：

1. 資訊門檻較低，教師可以輕鬆上手。
2. 普及性佳，不需額外編列預算購買軟體，利於教師間、學生間之教材流通。
3. 可以有效減少課堂版書時間，使教師有更多時間進行有意義的教學活動。
4. 事先設計好最佳的呈現方式，減少因為版書不佳而影響學習之狀況。
5. 可以整合照片、圖片或聲音等教學資源，提供更真實或有趣的情境，加深學生的學習印象，提高學習效果。
6. 透過連結按鈕的設置，老師可視狀況，立即調整教學流程。
7. 相較於黑板上重複操作的不便，簡報軟體具有重複播放的優勢。
8. 教材修改容易、環保，易於修正成不同版本，供不同程度學生適性學習。
9. 教材可供學生在家預習或複習，可讓學生依其能力提前學習或反覆觀看。
10. 搭配其他軟體錄下教師講解時的聲音及螢幕畫面，可以讓學習速度較慢的學生在家反覆觀看。

PowerPoint 的初始設計目的為提供商業簡報使用，若以課堂教學而言，具有以下缺點：

1. 以演講者為導向，聽眾較為被動。
2. 容易因動畫效果使其分心，而忽略教材的內容或老師的肢體語言。
3. 內容以條列方式呈現，容易因缺乏上下文之連貫，使傳達的訊息支離破碎。
4. 缺乏課堂上的互動所需之功能與機制。

進一步與常用於數學教學之 GSP、Excel 或 Flash 等軟體比較，PowerPoint 在數學內容上，較為弱勢的部分如下：

1. 無法提供數值、函數…等之運算。
2. 無法提供角度、長度、面積…等幾何量之測量。
3. 缺乏數學構圖能力，繪圖功能無法滿足製作數學物件之需求，且無法處理複雜的構圖。
4. 雖然有自訂動畫之功能，但相對於其他軟體，圖像動態呈現之功能較弱、彈性較小。
5. 可以設計在其上的數學探究實驗，但僅為一個特例，對於其上的數學元件，無法在維持數學結構的要求下，任意改變其幾何量之大小。

對數學教學而言，PowerPoint 具有以下關鍵性優點：

1. 具累積性之整合平台：

資訊科技日新月異，教師經常必須學習、熟悉「新」的教學軟體，其技術、經驗與成品無法有效的累積。基於大部分軟體所製作的物件都可在簡報軟體上呈現（部分物件並能進一步在其上修改）之特性，不論教師從何種管道（自創或蒐集而來）取得或以何種軟體製作的教材，PowerPoint 都可以有效扮演整合平台之角色。

除了直接自網站、Office 套裝軟體中擷取圖片、文字外，GSP 中的幾何圖形或 Excel 中的圖表…等，複製至簡報軟體上，經過解除群組之操作後，都可以進一步整合、修改。

2. 螢幕播放的特性有利於空間性及時序性概念的呈現：

相較於傳統紙本的一次呈現模式，ChanLin（1998）指出：無論由動態的電腦動畫、視訊或者靜態的圖像，都能使空間性(Spatial)以及時序性(Time Sequence)概念的呈現，藉由螢幕的播放特質而作適切的表達(引自林麗娟，2000)。

3. 互動程序之動畫，使教學流程更具彈性：

陳明璋（2005）指出：PowerPoint 2002 版之後，動畫呈現方式有主程序(main sequence)及互動程序(interactive sequence)等兩種程序。主程

序處理每一張投影片中動畫循序出現的機制，而互動程序則允許投影片上設置按鈕，操控不同物件的動態呈現。

主程序之動畫呈現可以分割複雜訊息，讓訊息分層、步驟化的呈現，以控制新訊息的出現量，達到類似傳統投影片「疊片」之功能；教材使用上的彈性是其能否適性化的先決條件，而按鈕啟動式的互動程序即可擺脫循序式動畫呈現之限制，當隨意按下特定按鈕時，便可啟動各自特定的動畫，使教學順序更具彈性。

4. 定位性：

PowerPoint 製作之教材以「頁」為單位，在換頁時，如果畫面中物件有移位的狀況，會造成學生觀察、辨認上的困擾。然而，PowerPoint 強大的定位功能，不僅可以克服上述問題，更成為勝於其它軟體的優勢之一。

PowerPoint 之定位方式有兩種：一為不同頁面之間的全區定位，即是將物件複製至不同頁的相同位置上，達到頁面間定位的效果；另一為同一頁面上的局部區域定位，即是將頁面中的物件準確地放在特定的位置。然則 PowerPoint 的物件定位功能則略顯不足，如：密接任意邊數之多邊形或在任意傾斜程度之線段上作多邊形。定位性將在第六章中再深入討論。

5. 均衡性：

PowerPoint 「繪圖」工具列下的「對齊或等距分布」諸多功能之操作，可以使物件水平、垂直均分，讓畫面看起來更調和。

6. 搭配方程式編輯器或 MathType 之使用，使數學符號製作相當容易。

7. 提供基本平面、立體幾何圖案。

8. 提供多樣之顏色可供選用，不論是文字或圖像，都可以透過顏色之異同來協助區分物件之關係，並可以讓畫面更為協調、生動。

9. 顏色透明度之設定可以解決數學物件重疊的問題。

綜合以上討論，PowerPoint 具有其優、缺點。交通大學 Informath 工作室則進一步發展出一些方法，突破 PowerPoint 在繪圖及互動設計上的瓶頸，解決簡報軟體數學處理能力不足的缺點，建立一套數學簡報系統的模型，其具體成果即為數學簡報系統（Mathematic Presentation System，*MathPS*）。

MathPS 區分為八大功能，簡述如下：

1. Show：輔助物件性質顯示之工具群。
2. Create：創造物件之工具群。
3. Convert：轉換物件之工具群。
4. Geometer：建立幾何物件之工具群。
5. Structure：產生各種結構之工具群。
6. Animation：製作動畫之工具群。
7. Measurement：測量物件之工具群。
8. Help：說明之工具群。

MathPS 在數學教材之設計上具有以下關鍵性貢獻：

1. 易於幾何構圖：

點、線、面是幾何的基本元素，畫點比畫線容易，畫線比畫面容易。MathPS 則以小圓來代替點，並用點的定位訊息，來建構線、面等更為複雜的圖案（陳明璋，2005）。

具體而言，「Show」可以產生物件之中心點、線段之端點（即多邊形之頂點）、線段之等分點、線段之交點及多邊形之邊線；「Create」可以將點連接成線（設定為以線段連接）或面（設定為以折線連接），亦可產生任意邊數之正多邊形；「Convert」可以將封閉直線區間轉換為多邊形或把多邊形轉換為線段；「Geometer」可以產生中線、中垂線、平行線、垂直線等常見幾何物件，亦可透過多種方法產生弧、圓及扇形。

綜合 Show、Create、Convert 及 Geometer 等之繪圖功能，使數學幾何圖像物件的產生更為方便、容易、彈性及更富創意、多樣。

2. 易於複雜構圖：

陳明璋（2005）將數學視覺化環境所需要處理的圖像，稱之為「複雜構圖」，並指出複雜構圖通常具有下列特性：

- (1) 視覺上無法或不易使用滑鼠定位，而視覺可分辨的物件。
- (2) 定位上不易操作，如：旋轉角度、移至定位、縮放調整。

(3) 物件的數量較多，操作費時。

(4) 需要簡單程式設計的圖形。

複雜構圖中，「Show」中的互補選取法、條件選取法、及累積選取法，可以在一堆大量物件中正確、輕易的選取部份物件；而在需要將大量圖形之平移、旋轉、縮放及鏡射時，「Structure」中的多項複製法則，包含：原形複製、定線複製、定框複製、定點複製及定角複製…等，可以突破過去在繪圖上以滑鼠定位的瓶頸，達到「模糊操作、準確定位」的目標。

3. 滿足課堂之互動功能：

在不增加操作複雜度的前提下，「Animation」組合 PowerPoint 內建的動畫功能（如「消失」、「出現」...等），設計出適合課堂使用的互動功能，並以透過「按鈕」啟動動畫之方式，突破序列呈現之動畫在教學上的瓶頸，使教學流程更為彈性、課堂互動更為隨意。「Animation」中的按鈕式互動功能，包括開關、關閉、多元開關、序列開關、接龍、層次、全開關及線開關，說明如下表：

表 3-9：MathPS 之互動功能說明

功能	說明
開關、關閉	控制物件本身之出現或消失
多元開關	按鈕的不同部位分別控制相異物件之出現或消失
序列開關	由一個按鈕控制一系列物件之出現或消失
接龍	依序出現物件，而出現之物件為控制下一各物件出現之按鈕
層次	陣列式序列設定
全開關	由一個按鈕控制一群物件之同時出現或同時消失
線開關	由線段按鈕控制線段方向標示之出現或消失

綜合以上討論，初步歸納數學簡報系統平台下，所能提供有利教學之元件：

表 3-10：數學簡報系統及簡報軟體之元件功能

物件、概念、需求項目	PowerPoint 元件	Math PS 元件
不同頁之間的定位 (全區定位)	Step1 複製物件 Step2 在另一頁貼上	
同一頁內的定位 (區域定位、物件定位)	貼齊格線、貼齊物件	1. 複製法則 2. 自訂磁力點 3. Create / Circles
保持畫面之均衡調和	水平均分、垂直均分	
掌控物件放大、縮小之比例	快取圖案格式 / 大小	Measurement / Proportional Scale
動畫之呈現	1. 主程序動畫 (缺乏彈性) 2. 互動程序動畫 (組合設定不便)	Animation (以按鈕啟動，滿足課堂互動的需求與彈性)
物件之選取	1. 點選、圈選 2. 反向選取、累積選取 (搭配 Shift、Ctrl)	Show / Select (有過濾選取、參照選取兩種方式)
物件之旋轉	1. 動態：陀螺轉 2. 靜態：「面」直接以旋轉點控制，「線段」則必須以同步旋轉的特性完成	Animation / Rotation Center (可以設定以特定點為旋轉中心來旋轉)
關係符號、幾何符號	方程式編輯器、MathType	
分數、無理數	方程式編輯器、MathType	
方程式、比例式、不等式、 多項式、函數	方程式編輯器、MathType	

多邊形	1. 快取圖案_基本圖形 2. 快取圖案_手繪多邊形 (以滑鼠傳達定位訊息)	1. Convert / Segments to Polyline 2. Create / Connect (以點或線傳達定位訊息)
正多邊形	快取圖案／基本圖形 (操作時必須同時押住 Shift 鍵，且邊數最多只到 六邊)	Create / Polygons (任意邊數皆可)
外心、重心、內心		Geometer / Triangular
特定邊長或角度之三角形		Geometer / Triangular (SSS、SAS、ASA、AAA 之作圖方式)
兩圓之公切線		Geometer / Circle / Common Tangent
數線		Measurement / Line Scale
座標平面		Structure / Grid
線段之端點		Show / Vertices
線段之等分點		Show / Divisions
線段	快取圖案／基本圖形 (定位不易)	Create / Connect (以連接兩點方式產生 線段，定位上不受限制)
多邊形之頂點		Show / Vertices

多邊形之邊		Show / Edges
線段之交點		Show / Intersections
切割線段		Create / Cut Line
弧		Geometer / Arc
圓	快取圖案／基本圖形 (無法由直徑、半徑或圓上的點等條件畫圓)	Geometer / Circle (可由直徑、半徑或圓上的點等條件畫圓)
已知圓之直徑		Step1. Create / Circles (產生圓上圓來定位) Step2. Create / Connect (連接相對兩點)
扇形、弓形		Step1. Geometer / Arc Step2. Convert / Polyline to Segments
平行線、垂直線、中垂線、 高、角平分線、中線	快取圖案／基本圖形 (定位不易、不精確)	Geometer (定位容易、精確)

3-3 以教師授課為導向的資訊媒體教材特質

本研究中的資訊媒體主要是在以教師授課為導向的課堂情境下實施，而非反覆練習、家教式、模擬式、…等個別操作學習的電腦輔助學習（CAI）或網路學習（E-learning），兩者具有本質上的差異。

除了學生特質、先備知識、認知形態、學習能力、教材單元特性等共通必須考量之因素外，學習者導向的教材設計主要考量學習者的個別性，通常由學習者或學習系統來控制教材之呈現順序與速度，少有教師的即時導引。課堂上的教學則是由教師將教材內容傳達給學生，注重整體性及同步性，但較無法滿足個別學生所有的需求，且通常不會重覆操作太多次，必須在有限次數的展示中，讓學生儘可能了解教材。

基於課堂情境的客觀因素，初步歸納以教師授課為導向之資訊教材特質如下：

1. 地點在一般教室，所有學生面對同一個投影幕，接收相同的資訊。學生除了面對教材的文字、圖像、動畫及音效外，還包含老師之口語引導及肢體語言。
2. 教師及資訊媒體面對的對象是整體同學，而非個別的學生，在互動上必須考量兼顧整體性與個別性。
3. 不需事先設計固定流程的劇本，教師可以隨時、隨意的「彈性」調整步調及順序，適時複習學生舊有經驗、加速、加深或加廣。
4. 由老師或系統掌控呈現的順序與步調，學生無法直接操作資訊教材。

綜合以上之討論，表列學習者／教師授課兩種不同導向之媒體教材特質如下：

表 3-11：學習者 / 教師授課兩種不同導向之媒體教材特質比較

學習者 / 教師授課兩種不同導向之媒體教材特質比較		
導向	學習者為導向	教師授課為導向
地點	單一電腦，軟體 / 網頁	教室大螢幕
面對對象	每一個別學生	全班同學

進度控制	學習者	教師
教材特性	教材能與學生互動 教學流程規劃清楚	不需事先設計固定劇本 由教師主導呈現的順序及詮釋 詮釋即時、有彈性且多元
互動特性	個別性互動 學習者依個人特性啟動學習內涵	教師主導，同時與全班同學互動 整體、同步性要求高 需同時兼顧整體性與個別性
呈現模式	文字、圖像、動畫、聲音 軟體模擬、軟體操作	文字、圖像、動畫、聲音、 軟體模擬、軟體操作、 教師口語、肢體語言之輔助
	自我掌控式視覺呈現 系統掌控式視覺呈現	自我掌控式視覺呈現 教師掌控式視覺呈現
	一般以文字、圖像為主，語音為輔	文字、圖像與語音同等重要
教材設計 考量因素	學習者之個別性	整體性、同步性
	學習能力、空間能力、性別差異、感官型態、認知型態、先備知識	
教材設計 成本	高 修改不易	低 修改容易

第四章 課堂授課導向數位教材之視覺設計原則

本章以視覺設計的觀點探討數學簡報之呈現，針對版面配置原則，物件之色彩計畫，教學輔助符號、動態數學圖像語言之設計進行討論。

4-1 版面配置原則

相對於 GSP、Excel…等軟體，簡報教材由一頁頁的版面所組成，其單一版面具有範圍限制，無法透過捲軸之控制而隨意擴充，此點與幻燈片、投影片等教學媒體相同。因此，簡報教材與傳統投影片在版面配置的原則上有共通之處。

數學教材中不外乎圖像或文字兩類型的物件，其在版面上的配置（如：位置、大小、份量之安排）必須讓學習者易於觀看、瞭解物件間的關聯性，並能引導注意到重要的部分。列舉版面配置原則如下：

1. 在同一份教材的不同頁面間，版面配置、文字、圖像及項目符號等，必須在顏色、大小及位置上給予一致性的結構安排，以降低學生去搜尋重要線索及判讀各區塊物件之角色、重要性、關聯性所產生的負荷，才能有利於學生處理主要訊息。
2. 內容「簡潔」，除去不必要的裝飾性、反覆變化之訊息，以利於學生觀察。
3. 基於認知負載理論中的重複效果，刪除或淡化重複訊息。
4. 基於認知負載理論中的分散注意力效果，將必須參照整合的相關訊息放置在鄰近位置。
5. 需要兩種訊息相互關聯對照時，原則上將此兩訊息左右並列排列。
6. 保持畫面上、下兩部分或左右兩部分的「平衡」。
7. 利用看不見的線，將畫面自然區分成不同的區塊。
8. 適當留白，避免顯得擁擠。
9. 每張投影片都給予提綱挈領的標題名稱，以統整該張投影片之內容。

依據上述規則，歸納數學教材之版面配置模式如下：

1. 僅有文字或圖像一種資訊且資訊量不大時：

採用中心點構圖，將所欲傳達的內容置於畫面中央，左右兩旁則留下適當空白，如圖 4-1。

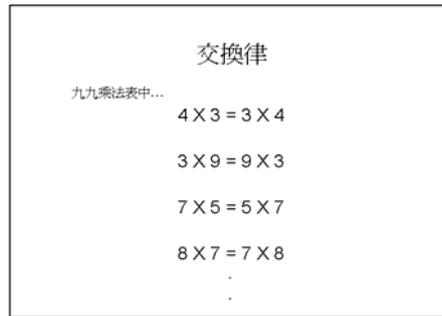


圖 4-1：版面配置原則-1

2. 單一種類的資訊可區分為兩個等份量段落且關聯不大時：

採用對稱均衡構圖，將兩個段落的資訊左右並列排列，此時中央看似有一條不存在的線，將兩者區分成獨立區域，如圖 4-2。

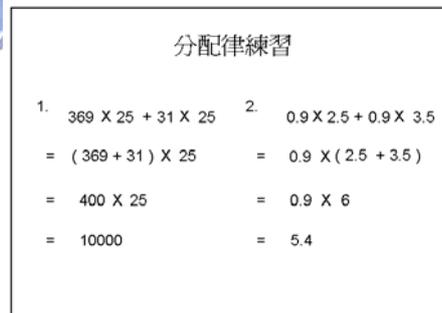


圖 4-2：版面配置原則-2

3. 含有不同份量的兩種資訊，而其中之一扮演輔助性功能時：

採用不對稱均衡構圖，將兩者並列排列，基於人的視覺傾向之研究，將主要訊息（視線重點）放置於畫面左側。至於何者是主要訊息則視課程目標而定，例如：圖 4-3 中，強調的重點是尺規的操作過程，而做圖方法僅是輔助性說明。

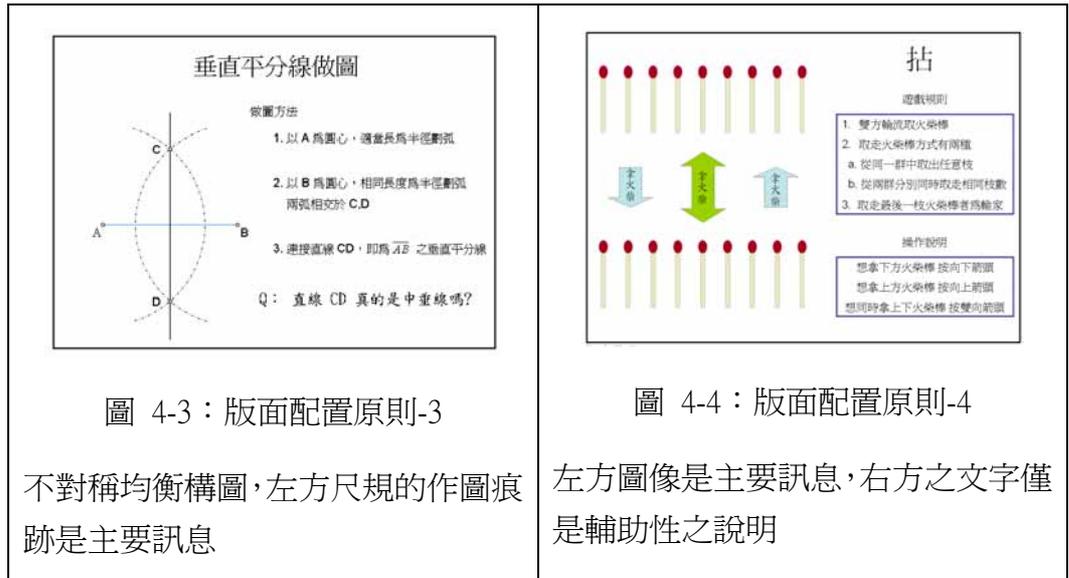


圖 4-3：版面配置原則-3

不對稱均衡構圖，左方尺規的作圖痕跡是主要訊息

圖 4-4：版面配置原則-4

左方圖像是主要訊息，右方之文字僅是輔助性之說明

4. 將銜接性、提示性資訊放在畫面右上側：

銜接性、提示性資訊通常是一個綜合圖像、簡短敘述或連結按鈕，並非必要的物件，應放在角落較不顯眼的地方。又因為放在下側容易被誤認為是內容的一部分，所以建議宜放在畫面右上側，使其與內容有所區隔。

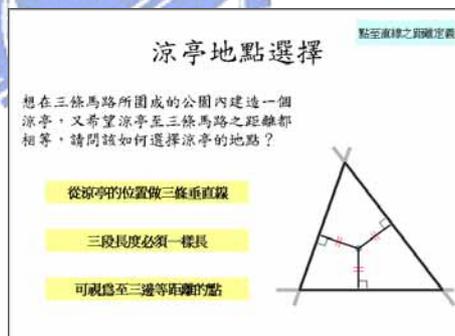


圖 4-5：版面配置原則-5

4-2 色彩計畫

色覺幫助我們偵測物件，以及在各種物件之間作一些比較細緻的區辨（李素卿譯，2003）。透過色彩引導注意力，可以顯示出物件的共同性與差異性，並強調出重要資訊（徐照麗，1999；李宗薇，1994）。此外，色彩是讓教材、教師與學生三者間可以互相溝通的最直接、方便、有效工具。

本節對於色彩的討論並不在於深入研究而成為一個色彩專家，僅在以教材設計的立場，希望訂出顏色配置的一般性原則，目的在於透過適當顏色之設計，達到畫面協調，且其中的數學元件又能清楚辨識、溝通的效果。

4-2-1 簡報軟體色彩選取模式

PowerPoint 之色彩選取提供標準模式、RGB 模式、HSL 模式三種，其中，R、G、B分別代表紅、綠、藍；H、S、L分別代表色調、飽和度、亮度。三種模式之色彩選取介面如下：



圖 4-6：標準模式



圖 4-7：RGB 模式



圖 4-8：HSL 模式

針對此三種色彩選取模式討論如下：

1. 三種色彩選取模式的共通點為：

- (1) 三者皆可以透過下方的捲軸或輸入數值，調整其透明度，其色彩的透明度數值皆介於 0 至 100。

(2) 三者皆可以透過右下方的方形區域，立即對照新選取之顏色與目前物件顏色之異同。

2. RGB、HSL 兩種模式的共通點為：

- (1) R、G、B、H、S、L 數值皆介於 0 至 255 之間。
- (2) 提供視覺化色彩提示：在上方左側矩形區域直接點選色彩之色相（水平方向）及彩度（垂直方向），在上方右側條形區域點選色彩之明度。

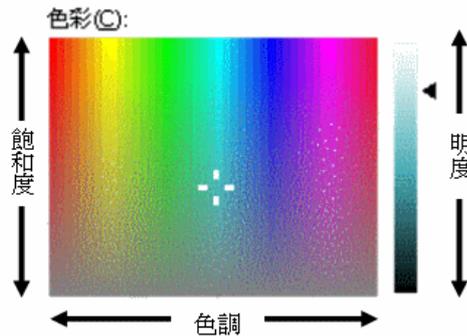


圖 4-9：RGB、HSL 共通的視覺化色彩提示區域

3. 紅、綠、藍及黃、青、紫六色之 (R、G、B) 及 (H、S、L) 值的對照：
 比較紅、綠、藍及黃、青、紫六個原色的 RGB、HSL 模式之數值，
 可以發現此六色的色調值分別為 0、42、85、127、170、213，大約是最大
 值 255 的六個等分處，而飽和度皆為最大值 255、亮度皆為 128。

表 4-1：色光、色料三原色之 (R、G、B) 及 (H、S、L) 對照表

顏色	(R、G、B)	(H、S、L)	H 值
紅	(255、0、0)	(0、255、128)	$255 \times \frac{0}{6}$
綠	(0、255、0)	(85、255、128)	$255 \times \frac{2}{6}$
藍	(0、0、255)	(170、255、128)	$255 \times \frac{4}{6}$
黃	(255、255、0)	(42、255、128)	$255 \times \frac{1}{6}$

青	(0、255、255)	(127、255、128)	$255 \times \frac{3}{6}$
紫	(255、0、255)	(213、255、128)	$255 \times \frac{5}{6}$

4. 標準色盤區分為「有彩色」、「明度系列」兩種：

- (1) 六邊形色盤中除了中心點是白色外，其餘位置配置有彩色，如圖 4-10。
- (2) 條形色盤配置無彩色（白、灰、黑）之明度系列，如圖 4-11。

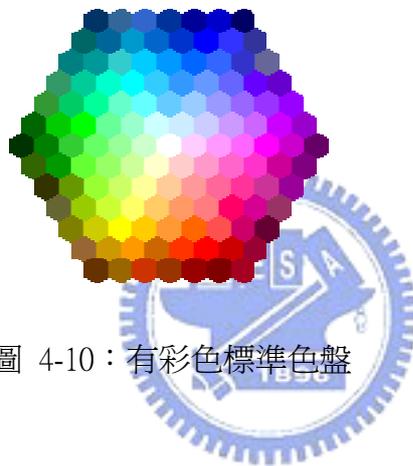


圖 4-10：有彩色標準色盤



圖 4-11：無彩色標準色盤

5. 深入觀察有彩色標準色盤上的顏色配置可得以下結果：

- (1) 圈示出紅、綠、藍及黃、青、紫六個原色的位置如下圖。此外，六個向量旁所標示的數值為該向量上色彩的 H 值，如圖 4-12。
- (2) 以色調而言（忽略亮度、彩度），雖偶有例外，但其色彩之配置大致可歸納成如下圖之六色色相環，如圖 4-13。
- (3) 色彩的亮度值，以同心圓的方式，由內而外漸漸變小，常出現的幾個亮度值，如：230、204、153、128、102、77、51、26，大約都落在255的十等分處。

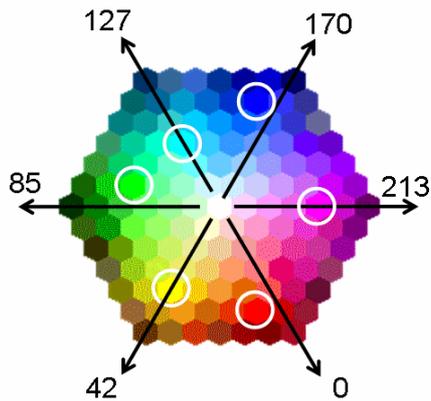


圖 4-12：標準色盤上色調值與原色之分佈

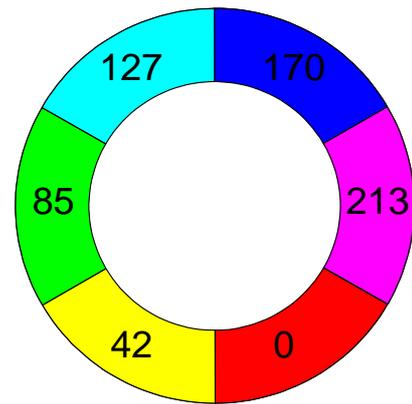


圖 4-13：標準色盤對應之色相環

6. 針對三種色彩選取模式運用上的優缺點討論如下：

- (1) 標準模式之色盤所提供之顏色選擇有限，色彩配置雖有規則可循，但仍有例外，且無法隨意調整色調及明度。然而在操作上，標準模式是最方便、快速的方式。
- (2) RGB 模式、HSL 模式在色彩的選擇上較為彈性及多樣化，可直接在視覺化色彩提示區域選擇色彩，並可以隨意調整其明度。以輸入數值方式來選取特定色彩時，HSL 模式可直接輸入色調值，比較符合我們對於色彩的想法；RGB 模式則僅在紅、綠、藍及黃、青、紫六色選取上較方便，其餘的色彩則較難以掌握。

綜合以上討論，雖然 HSL 色彩模式在操作上不如直接點選標準色盤方便，但 HSL 模式之色彩多樣性、彈性、明度之可控制性及免去記憶標準色盤中色彩位置之困擾等優點，勢必對數學簡報教材之設計具有關鍵性的貢獻。另一方面，標準色盤雖然可選取的顏色有限，且無法隨意調整色彩明度，但其操作上便利性之優勢，使其不失為一個可考慮採用的色彩選取模式。所以，本研究中色彩的選取方式以標準模式、HSL 模式為主。

4-2-2 色彩選用原則

本研究中，色彩所發揮的功能有以下三個層次：

1. 營造舒適、協調的畫面，避免產生不愉快的感覺。
2. 讓物件色彩上的差異，成為溝通的工具。
3. 利用色彩的特性，讓物件突顯出來。

基於以上三個層次，對於教材中圖文的色彩配置，可歸納出四個原則：

1. 減少色彩之數量：

一般而言，在畫面中搜尋特定顏色會比搜尋特定文字或形狀來得容易，這種特性，讓顏色成為師、生及教材三者間溝通的利器。然而，太多的色彩種類或類似的色彩太多，會不利於視覺搜尋、降低色彩在溝通上的功用，並使人感到眼花撩亂。因此，首要前提必須儘量減少顏色的數量。

2. 不同物件之色彩必須有區隔性，而整體畫面的色彩配置必須調和：

色彩區隔性之目的在於協助區分各物件，進而使色彩變成溝通方式的一種；配置調和之目的在於避免觀看教材時，產生有壓力、不愉快的心理。

在色彩數量需求或上色的區域不大的情形下，不同色彩的配置在區隔性與調和上，並不會有多大的差別。例如：畫面中僅使用兩色時，不論以同一色相、相似色相、對比色相或補色色相配色，在師生溝通與學生觀看教材的心理因素上，都不致於產生困擾。然而在多色配色上，色彩的區隔性與調和則顯示出其重要性。簡要討論如下：

- (1) 區隔性：

色彩與色彩間，共同的元素越是少，則它們的分離性越是來得明確（李長俊譯，1985）。另外，鍾兆慧（2001）的研究指出一、三、五年級的學生普遍對紅色、黃色、綠色、藍色四色中的最純色的色彩排序能力較佳，顯示人類對於唯一的、不能再分解的色彩，其辨識能力較為敏銳。語言上的研究亦顯示，儘管各個語言所用的詞彙在起源和聲音上差異極大，但大致上與藍、綠、黃、紅等主要顏色相對應。

綜合以上研究，採用共同元素少的原色（紅、綠、藍、黃、青、紫），可以讓色彩更容易達到區分各物件，使色彩變成溝通方式之一的目的。

(2) 調和：

伊登的色彩調和原理指出：「在伊登色相環上正多邊形頂點上所對應的色彩可達到調和的效果」，如圖 4-14。



圖 4-14：伊登的色彩調和原理

(引自 http://w3.epson.com.tw/imaging/tech/colorguide/0504_7.htm)

鄭國裕、林馨聳（1990）指出三色相的配色，可採用正三角形或等腰三角形的三角配色法；四色相的配色，可以採用正方形或長方形的四角配色法。其中，正三角形上三色均等之顏色組合具有緊張感，可以得到對比強烈、活潑、華麗的配色效果；等腰三角形上的顏色組合，必須區分出賓主關係，可以得到安定、穩重的配色效果。正方形的配色方法具有兩對補色，對比較強；長方形的配色方式對比較弱，統一感較強，如圖 4-15。

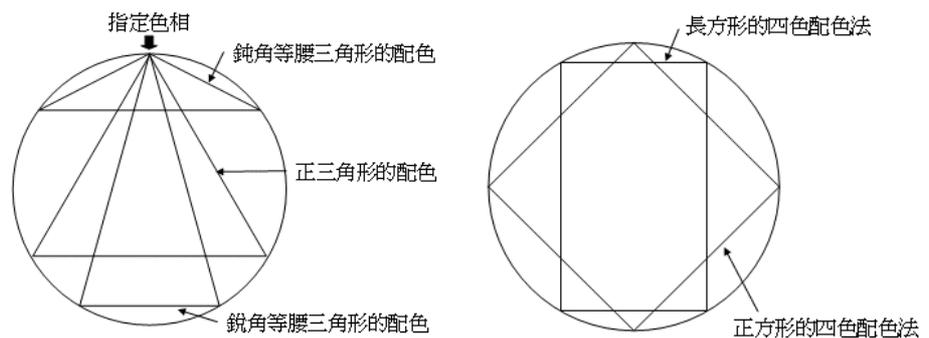
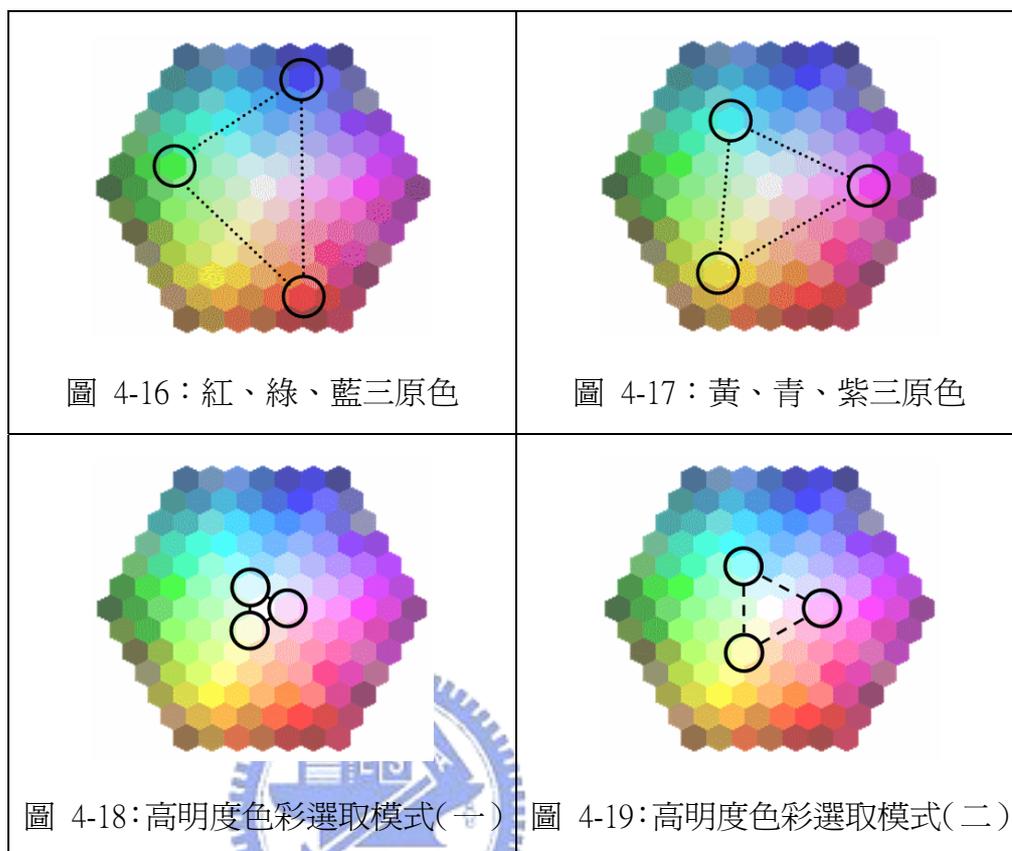


圖 4-15：三色相、四色相的配色方法（引自鄭國裕、林馨聳，1990）

在操作上，因為數學簡報教材對顏色的要求並不十分嚴謹，本研究 HSL 模式中色調值的等分點取代上述學者所指的 正多邊形頂點；另外，基於對標準色盤之色彩配置的觀察，用標準色盤來取代色相環，在色盤上選

取正多邊形頂點的相關位置之色彩組合。以下圖示幾種標準色盤上的三色選取模式：



3. 依當下扮演角色的重要性，給予恰當的色彩：

除了減少顏色種類及採用易於分辨之顏色外，顏色配置上仍需考慮到該元件在當下所扮演的角色，當其扮演「圖」的角色時，應選用較為突出的色彩；而當其扮演「地」的角色時，則選用可淡化其存在的色彩。

在操作上，除了利用透明度或明度的設定來區別其重要性外，還可利用前進、後退色或暖、寒色系或膨脹、收縮色的心理感覺，來達到強化或淡化角色的目的。

綜合上述討論，本研究歸納具體原則如下：

1. 使用熟悉且易於辨識的顏色，如：黑、灰、白及紅、綠、藍、黃、青、紫。
2. 為使物件之區隔與畫面之調和，需使用三種色彩時，採用【紅、綠、藍】色光三原色系列或【黃、青、紫】色料三原色系列。

3. 在以白色為背景的情況下，黃、青、紫相對較為柔和，適用於大面積的形；紅、綠、藍三原色相對較為醒目，可突顯物件之存在，適用於小面積的形、線段或點。
4. 一般而言，採用中、高明度的色彩之畫面，比較不會容易疲勞或有壓迫感，有利於集中注意力於學習的主題。可以利用 HSL 模式直接調整明度，或是選取標準色盤裡較靠內圈的顏色，也可以得到明度較高的色彩。
5. 以色相的異同來區分物件之關聯：依關聯性的強弱配置物件之顏色，關聯性較強之物件，配置相相同或類似的色相，例如：紅色與紫色，青色與藍色，黃色與橙色；反之，不相關或關聯度較低的物件，其色相之選定不要有共同的元素，例如：紅色與藍色、綠色與藍色、紅色與綠色…等。
6. 以色彩的明度高低來突顯其角色重要性：人的視覺對於彩度的變化並不敏銳，以明度的高低來突顯物件扮演角色的重要程度是較佳的方法。相對而言，重要物件之色彩的明度較低，較不重要物件之色彩的明度較高。
7. 以色彩的明度來顯示其變化過程：數學教材中，若能保留物件變動、移位前的狀態，或先前操作所留下來的軌跡（如尺規做圖之痕跡），供學習者前後對照，將有利於思考、推理。然而，必須使新、舊狀態之間有所區別，才能使避免其相互干擾。此時，若新、舊狀態之物件顏色的色相不同，將降低兩者間的關聯，容易使學生將其視為不同的物件，所以，兩者之間之色相必須相同，而以明度來顯示其變化過程。一般而言，舊狀態之物件僅在於對照、類比作用，其重要性較低，應使用明度較高之色彩以淡化其角色；反之，新狀態之物件則使用中等明度色彩。
8. 以色彩的透明度來解決物件重疊時，互相遮蓋的問題。

4-3 視覺元素設計原則

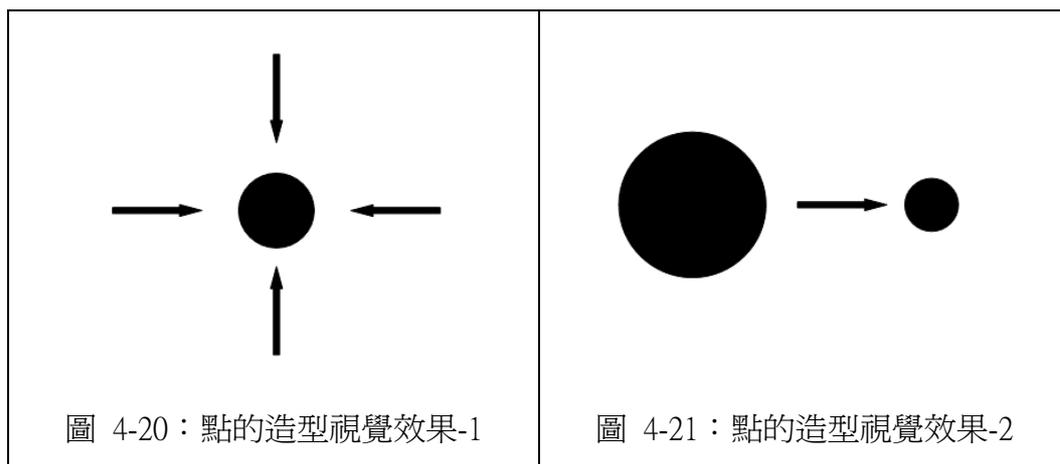
本小節針對教材中的視覺元素一點、線、面及文字，分類探討。

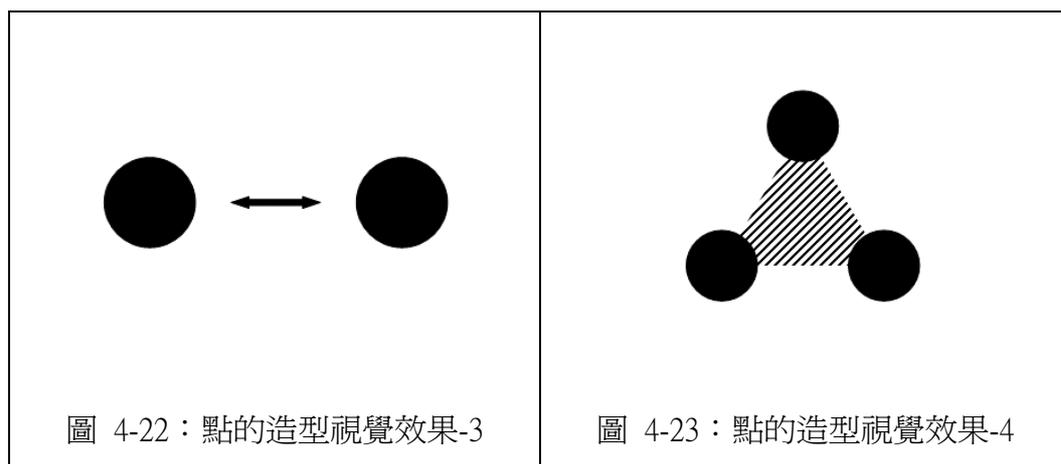
4-3-1 「點」之設計原則

林俊良（2004）指出：點是造型元素中最小的單位。在幾何學上，點只具備位置的性質，不具備大小或面積。就視覺形式而言，無論概念或視覺現象，點也只是個具有空間位置的視覺單位。在最小內涵與最大外延的原則下，可以將點定義為在連續相同的情況中的突然改變。點只是一個連續狀態的突然改變，或是從一個連續狀態轉折到另一個連續狀態間的「無連續狀態」。由此可知，點是不連續的，也沒有方向性，它可以是一個意義的起點、終點或轉捩點。

點在造形上有以下視覺效果：（林俊良，2004）

1. 點具有集中、凝聚的視覺效果，如圖 4-20。
2. 兩點大小不一樣，會先注意到大的點，然後再看到小的點，如圖 4-21。
3. 兩點大小一樣會造成視覺反覆來回產生虛線的效果，如圖 4-22。
4. 點的集合會產生虛面效果，如圖 4-23。





在國中階段的幾何圖形中，「點」只有在具有特殊意義、目的及必要性時才會標示出來，一般情形下常會省略，而僅以英文字母替代，做為溝通的途徑。另外，在圖形學中，常會將點放大，並將英文字母放入點中來為該點命名。

「點」所佔有的面積份量很小，對畫面並不構成關鍵的影響，然而，當其數量過多時，仍會對畫面主題之浮現產生干擾。

「點」的設計有大小、顏色兩種變項：

1. 大小：

「點」的數學意涵僅在表徵位置的概念，不該有大小之別。在數學簡報教材中，當有必要標示出「點」時，如：圓心、等分點、焦點…等，其大小應以能識別為原則，不宜太大。在「點」扮演主角的特殊情形下（如一筆劃路徑問題…等），「點」會設計的比較大，甚至以小圓來代表；其它一般性的多邊形頂點或線段交點、轉折點及端點等，可以省略便省略。

2. 色彩：「點」的色彩配置上，依其重要性區分為兩種情形：

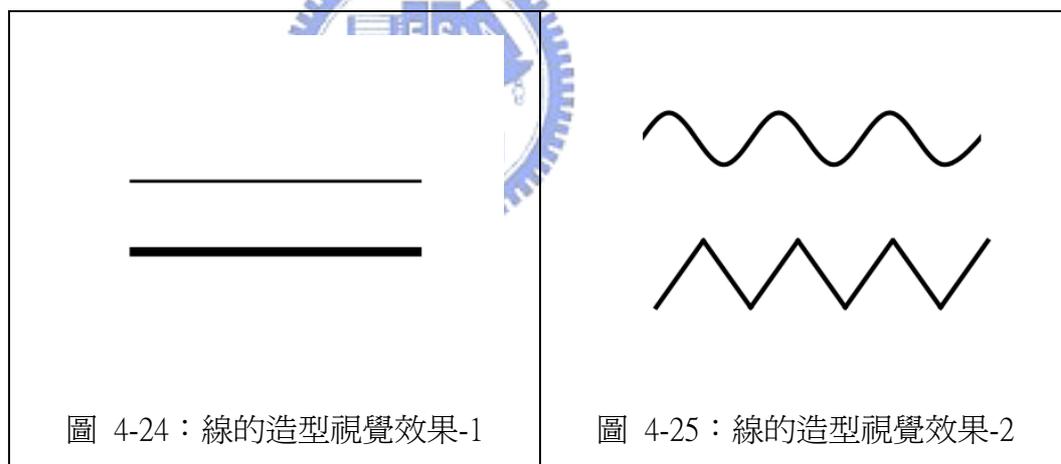
- (1) 當它不是畫面所強調的重點，但卻又不得不標示出來時，可以統一採用黑、灰色，降低其視覺吸引力。
- (2) 當它是畫面上的重要要素時，採用與其有關聯物件相同的顏色，或用純紅、純藍等高視覺吸引之顏色。

4-3-2 「線」之設計原則

線條是點移動而成的軌跡。它是由無數的點所構成，也是面的邊緣，自然界的任何面積都可用線條表現出來（李宗薇，1994）。線條可以是直的、弧狀的、扭曲的，或斷續的，屬於一度空間的結構要素，它們吸引並引導注意力，隨其線條引導視線環繞觀看主體，或將線條引導至畫面特定部位。線條具有影射動作、方向與運動方位的意義。線條也可用以將事物分離或將事物相連結，並可以作為內容建構的基礎。（朱則剛譯，1995）。

線條在造形上具有以下視覺效果：（林俊良，2004）

1. 水平線有寧靜的暗示作用；垂直線條暗示力量，引導眼光向上移。
2. 斜線有運動和動作的暗示作用。
3. 粗線具有穩重之感；細線則具有銳利、速度的感覺，如圖 4-24。
4. 曲線具有優雅與動感，而折線則具有一種不安定的感覺，如圖 4-25。



數學簡報教材中，線可能扮演兩種角色：一為形、平面或體積邊緣的輪廓範圍，如多邊形的邊。此時，線不是獨立的個體，必須配合整體的角色來看待；另一個角色為獨立的線段或曲線，如線段的中垂線、角平分線或三角形的高…等。

PowerPoint 中線條的設計有寬度、虛線樣式及顏色、方向四種變項，分別在線條樣式、虛線樣式、線條色彩及箭頭樣式等四個選單中提供預設的選擇（如圖 4-26），此外，此四種變項亦可以在快取圖案格式中設定（如圖 4-27），下面就寬度、虛線樣式及顏色進行探討：



圖 4-26：控制線條變項的各式選單



圖 4-27：線條之快取圖案格式選單

1. 寬度（粗細）：

線條樣式選單提供多種預設寬度（系統預設寬度為 0.75 pt），亦可以於快取圖案格式中直接輸入任意的寬度值。然而，當線段太粗，如寬度與長度之比值大於 1/5 時，不僅顯得突兀，而且容易被視為「面」；線段太細時，則不易識別其存在。原則上，數學簡報教材中，線條寬度建議介於 0.75pt 至 3pt 之間。

線條的粗細可產生遠近效果，在視覺的心理因素上，粗線有前進感，細線則顯得有後退感，其中的差異性可以帶來角色對比的效果，但如果線條寬度差異不大時，人的視覺無法察覺出來。以線條樣式選單中預設的幾種寬度而言，在視覺呈現上大致可分為三群（如圖 4-28）。想要使線條具有視覺上之對比差異時，建議使用不同群之線條，例如：選用 0.75pt、2.25pt 兩種線條或 0.75pt、1.5pt、3pt 三種線條，分配上重要的線使用較寬的寬度。

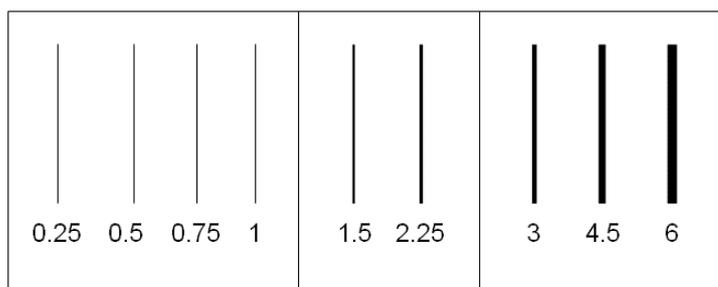


圖 4-28：線條寬度變項視覺上之分群

2. 虛線樣式：

虛線樣式有實線、方點、圓點、虛線1、虛線2、虛線3、長虛線及長虛點線等八種可供選擇。當線條較短時，虛線2、虛線3及長虛點線在線段交點處容易產生困擾，建議避免使用。

以 2.25pt 之寬度為例，在視覺上可大致區分為四群（如圖 4-29），如要利用線條樣式產生視覺上對比之差異，建議使用不同群之虛線樣式。

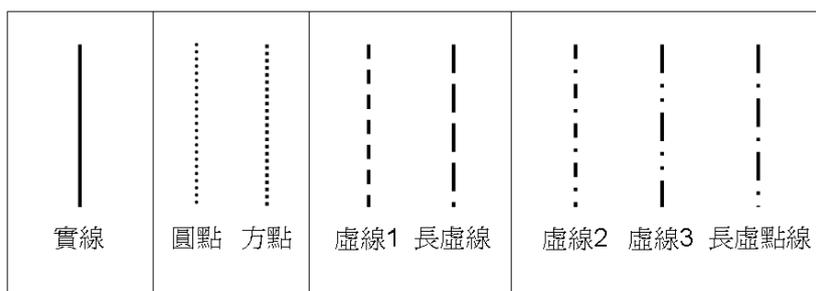


圖 4-29：線條虛線樣式變項視覺上之分群

3. 顏色：

線條除了可透過標準色盤、HSL、RGB 等三種模式來指定色彩外，亦可設定其圖樣線條（如圖 4-30）。

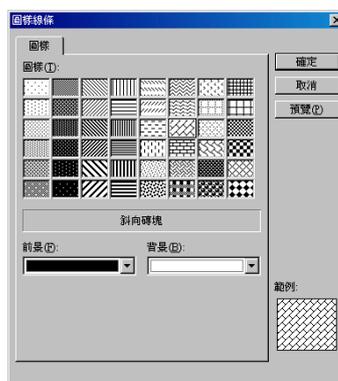
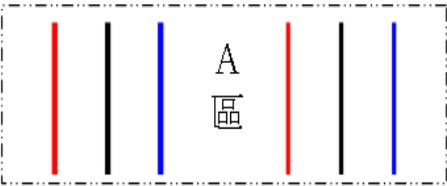
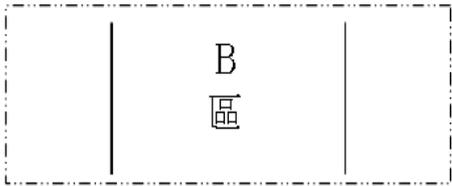
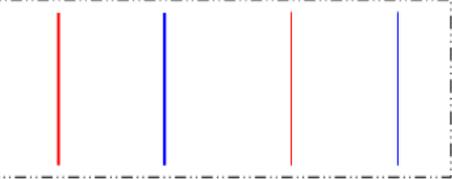
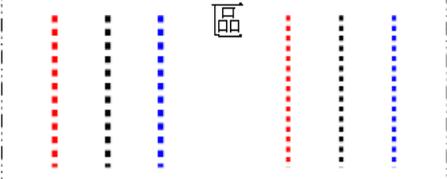
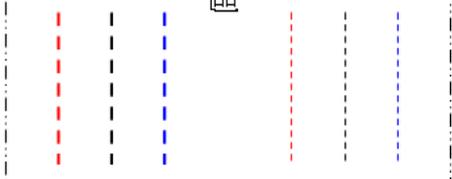


圖 4-30：圖樣線條之設計選單

針對線條之色彩變項部分，建議以黑色為主，必須突顯其重要性或差異時，才搭配使用顯眼的紅、藍原色。此外，提高線條之明度可以產生淡化之對比，但線條寬度較小時，因較不易察覺明度所產生的對比，建議避免明度之操弄。

本研究將線條設計的三個變項綜合成表4-2，根據顏色、寬度及樣式在感覺上的差異，歸納以下建議：B 區中的線條寬度適中、色彩亦不突出，適用於畫面中一般的線條；A 區中的線條因寬度及色彩上相對顯得較顯眼，適用於畫面中需要強調出來的線段；C、D 兩區的線條因樣式或色彩的差異，可以與 A、B 兩區之線條產生區別的效果，因為寬度上的差異，C 區的線條具有強調的效果，D 區的線條具有淡化的效果。例如：說明三角形內心為三角平分線交點時（如圖 4-31），三角平分線是當下的重點，採用 A 或 C 區中的線條；三角形的三邊用 B 區的線條；內切圓僅在提供輔助，選用 D 區中的線條。

表 4-2：線條設計三變項一覽表

	3 pt	2.25 pt	1.5 pt	0.75 pt
實線	 A 區		 B 區	
實線	 C 區		 D 區	
方點			 C 區	
虛線	 C 區		 D 區	

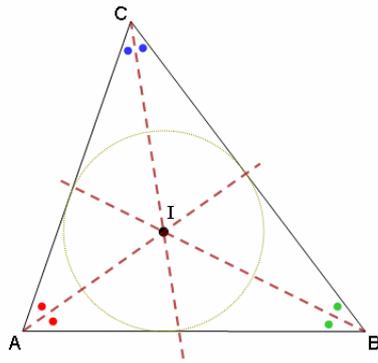


圖 4-31：三角形的內心

此外，畫面中之線條具有其脈絡之意義，如：邊、中線、中垂線…等。基於命運共同體的理論基礎，相同意義的線條，在顏色、虛線樣式或粗細上給予一致的安排，可以利於學生發現其間的關聯，來減少搜尋的負擔。例如：說明三角形內心為三角平分線交點時（如圖 4-31），三角平分線及三角形三邊的樣式分別一致。



4-3-3 「面」之設計原則

國中階段幾何之學習，常常必須在複雜的圖形中抽取出特殊物件（如：從整體圖中看出一個正三角形、一組平行線…等）或進一步看出物件間之關係（如：從整體圖中看出一組相似三角形、全等三角形…等）。朱敬先（1995）則指出：除了智力、先備經驗…等差異外，學生的認知方式有情境依賴型與情境獨立型之差異，此兩者之區分在於個體「能否從情境中，依特殊情境之相關性抽取共同因素」，情境獨立型者較具此項能力，能分析相關的共同因素。

在課堂授課情境下之學習，必須顧及整體性之要求，應該避免因認知方式差異所帶來的不同步。因此建議必須給予視覺提示，直接將物件標示出來，而非僅是透過口語引導要求學生自行從圖中搜尋、抽取元素。

「面」的標示方式有三種：1. 標示輪廓線；2. 標示內部形體；3. 同時標示輪廓線及內部形體。而基於國中階段幾何圖形之觀察，本研究選擇以色彩標示內部形體的方式來達成面之標示。操作原則如下：

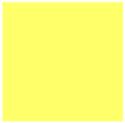
1. 以「色相」之差異來達到物件屬性區隔的目的，關聯性較高的物件採用類似色，以視覺直觀方式來傳達物件的關連性。

紅、藍兩色較為醒目，讓線段優先採用。在不與線段顏色衝突的情形下，面的顏色選用限於易於辨別的黃、青、紫、紅、綠、藍等六色。另外，面所佔的比例較大，其配色對整體畫面有關鍵性的影響，必須顧及色彩之調和。僅需有兩色時，如何配色並不會產生多大的差別，但高明度的青、藍或高明度的紅、紫顯得較為相似，不宜同時出現。除此之外，黃、紫或紅、藍或藍、綠或紫、青的搭配都可採用；需使用三色時，採用較為柔和的黃、青、紫，其 H 值分別為 42、127、213，可視為色相環中正三角形頂點上的顏色；盡量減少使用太多種類的顏色，但如需使用四色時，可採用奧斯華德色相環中的四個主要色相：紅、黃、綠、青，其 H 值分別為 0、42、85、127，可視為色相環中長方形頂點上的顏色。

2. 以「明度」之差異來達到重要性或先後順序之區隔。
3. 元件如有重疊、互相遮蓋的現象時，則可以利用「透明度」之設計，使被遮蓋的物件仍可被看到。此外，提高物件之透明度會讓物件的顏色看起來變淡，在重疊部份之顏色會受到下層物件之影響，而變得不太一樣。

將色相與明度變項綜合成表 4-3，說明如下：

表 4-3：色相與明度變項綜合一覽表

明度 色相	80	128	180	220
紅 (H: 0)				
綠 (H: 85)				
藍 (H: 170)				
黃 (H: 42)				
青 (H: 127)				
紫 (H: 213)				

1. 因「面」具有一定的大小，建議提高一般物件之色彩明度（如表中的明度值為 180、220 之系列），既可達到區隔的目的，又不會有顯得有壓迫感。
2. 畫面中必須強調出來的物件，建議採用中低明度（如表中的明度值為 80、128 之系列），相較於高明度的一般物件，可以給予較強烈的感覺。
3. 當採用中低明度之色彩與其它高明度色彩屬於同一色相時，感覺上物件間有關聯，只是在重要程度上有所不同；反之，若具有明度差的色彩屬於不同色相時，可同時顯現出角色關聯與重要程度上的區隔。

4-3-4 「文字」之設計原則

「文字」是數學簡報教材中的重要元素，在敘述上必須正確、簡潔、符合學生的閱讀習慣。而當「文字」敘述較多時，可以利用段落的區隔與階層關係來增加易讀性。

「文字」之設計以學生能看得清楚為優先考量，並能突顯出關鍵字所在。依據文字的幾個控制變項討論其設計原則如下：

1. 字型及字型樣式：

較為多變的字型可以讓畫面較為活潑生動，但不易識讀的字型，會增加學生的負荷，必須避免使用。關鍵字或標題部分可用不同字型、粗體或斜體來突顯。

2. 大小：

文字大小是影響學生能否看得清楚之關鍵因素，原則上必須採用 24 pt 以上的大小，關鍵字或標題部分可加大，其餘則同一大小，以免使畫面顯得很混亂。



3. 顏色：

色彩使用上以圖像元素優先，文字部分不要過度使用。當畫面中僅有文字時，可酌量使用紅、藍色來突顯關鍵字；已有許多不同顏色的圖像時，則用黑、灰色的相異性來突顯文字所扮演的角色差異。

4-4 教學輔助符號之設計

就傳播的角度而言，許多視覺符號變成一種共通的語言，取代了繁複的文字敘述（林麗娟，2000）。

幾何主題中，文字訊息大多在提供情境描述、說明物件之間的關係或物件之值、量；圖形則提供整體關係的訊息，補足文字未能一一描述的部分，如果學習時必須再花費心力去整合此兩種訊息，則會因分散注意力效果而產生不必要的認知負荷。因此，常會透過約定的視覺符號來將文字訊息整合至圖形內，本研究依其作用而將之稱爲「教學輔助符號」，並區分爲兩種類型：

1. 標示單一物件之數值或數量。
2. 標示物件間的關係，如：等值、垂直…。

以下針對長度、角度兩種常用輔助符號之設計進行討論。

4-4-1 角之教學輔助符號

將文字敘述中的角度值標示在圖形上後，即可忽略文字訊息，免去整合兩種訊息的負擔，而將注意力集中於圖形上，藉由圖形所顯示的整體關係來進行推理與運算，如圖 4-31。爲避免角度傳達的錯誤（特別是當同一點上有多個角度時），通常以「弧」的記號來傳達角度的範圍；當圖形不複雜時，直接將角度值標示在角的內部，用位置上的鄰近性顯示出圖像與文字兩訊息的關係；如果受限於畫面大小而將角度值放在外部時，則引用連續律，透過線條（直線或曲線）連接來引導視線，圖像與文字兩訊息的關係。

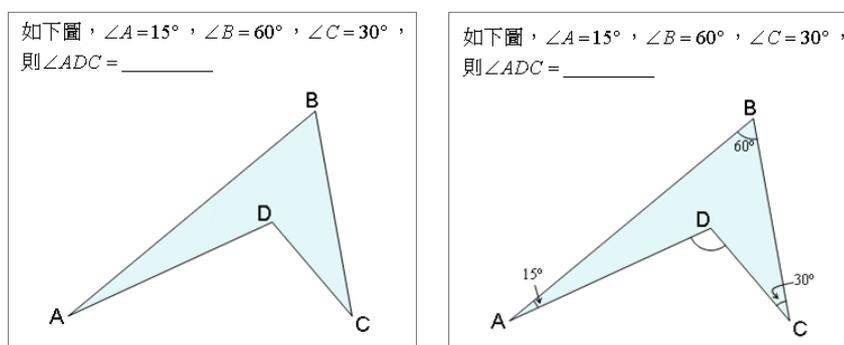


圖 4-31：有無使用標示角度數值之教學輔助符號的比較

有時角度值之相等才是推理的重點，如：正三角形三內角、等腰三角形之兩底角、平行四邊形之對角、角平分線所分割之兩等角、平行線間之同位角、內錯角…等，此種角度值相等的關係亦可透過符號來標示至圖形上。根據共同命運律，在等值的角上標示相同顏色的「記號」，如：點或弧…等，可以顯示其等值之關係，如圖 4-32。

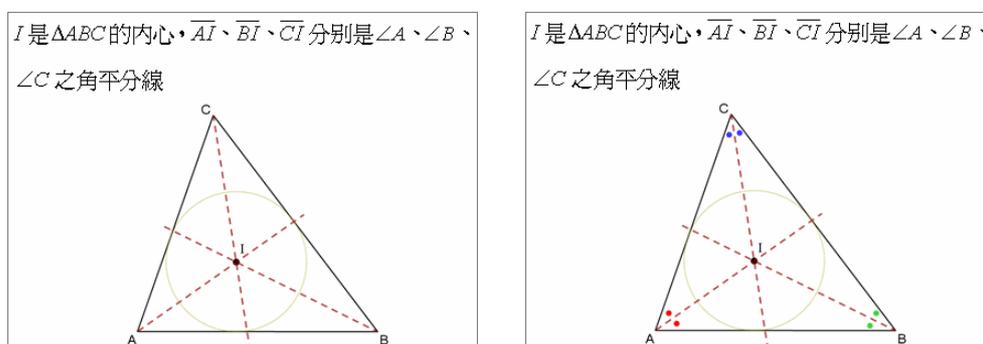


圖 4-32：有無使用標示角度等值之教學輔助符號的比較

90 度角（兩線互相垂直）通常以「小正方形」來標示，如圖 4-33。

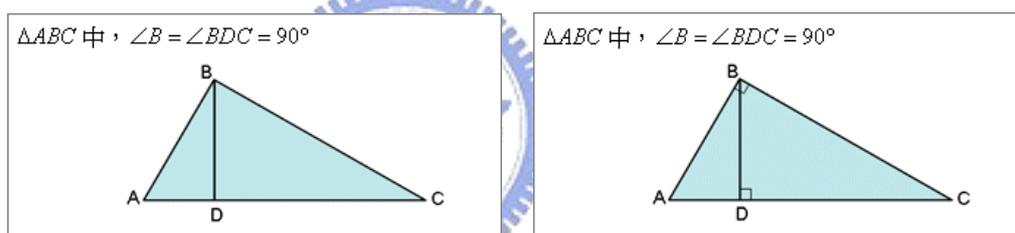


圖 4-33：有無使用標示 90 度角之教學輔助符號的比較

利用 PowerPoint 內建的繪圖功能來製作標示 90 度角之符號時，很難將小正方形的一個頂點準確的定位在兩直線交點上、其中兩邊與兩直線重疊，此種定位上的困難，可以透過 MathPS 之線複製功能（Line / Base）來克服。以製作三角形三高上之輔助符號為例，簡述操作過程如下：

1. 搭配「Show / Vertices」、「Show / Edges」、「Geometer / Perpendicular Line」之功能，製作三角形之三高；另外，製作正方形及基準線，圖 4-34。

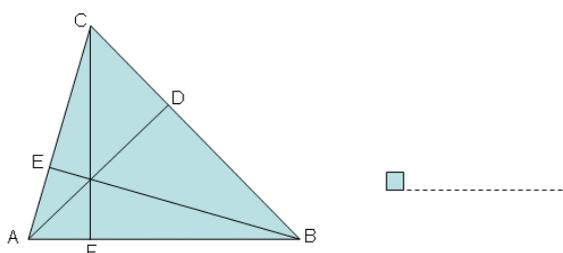


圖 4-34：垂直角度之教學輔助符號製作-1

- 依序選取基準線（虛線）、小正方形及三角形之三高，執行 MathPS 之「Structure / Line-Base」，即完成輔助符號之製作，圖 4-35。

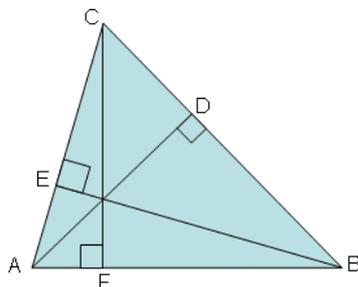


圖 4-35：垂直角度之教學輔助符號製作-2

Line-Based 在複製物件時，會將該物件依基準線段和目標線段之長度比放大或縮小，於是產生上例中正方形不一樣大的狀況。對此困擾，有以下兩種方式，然而在此則不贅述其操作過程。

- 直接以手動方式調整正方形大小：此種方式較不精準，但操作上最為方便，調整時必須同時壓下 Shift 鍵，否則會變成長方形。
- 利用「Show / Equal Length」或「Structure / Original」之功能，取得相等長度之目標線段，即可避免欲複製物件之放大或縮小。



4-4-2 線段之教學輔助符號

將文字敘述中的線段長度值標示在圖形上後，亦可達到降低整合訊息負擔的效果，如圖 4-36。說明如下：長度數值之標示可採用弧線或直線兩種方式，一般而言，因為標示長度數值之輔助記號之大小佔有一定的份量，通常優先採用較符合人類視覺移動且與幾何圖形之直線有區隔的弧線。然而，在需標示數值之線段重疊狀況較多時，重疊弧線會讓畫面顯得很複雜，此時，建議可以改採或搭配直線方式來標示數值，如圖 4-37。

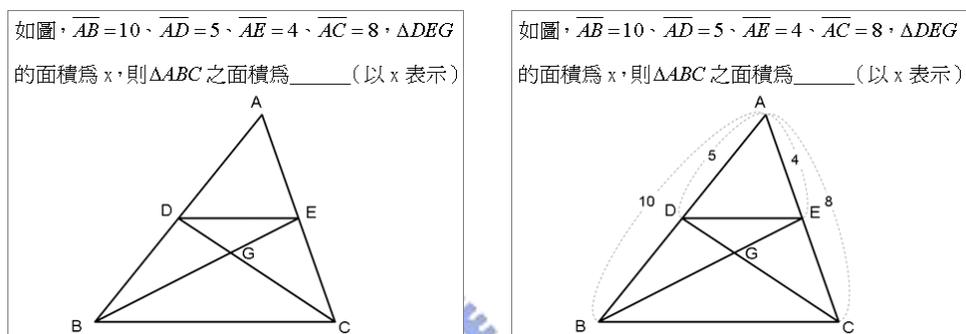


圖 4-36：有無使用標示線段長度數值之教學輔助符號的比較

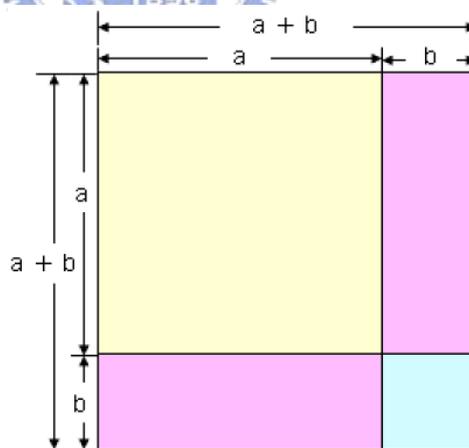
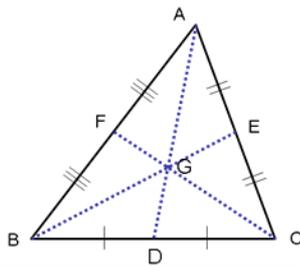


圖 4-37：長度數值之教學輔助符號

在表示菱形之四邊等長、平行四邊形對邊相等、中垂線上一點至兩端點等距離、角平分線上一點至兩邊等距離及全等三角形之對應邊等長…等，僅需標示其等值的關係。此種長度之值相等的關係亦可透過符號來標示至圖形上，如圖 4-38。根據共同命運律，採用學生所熟悉的線段表示法，在等長之線段之中央處劃記相同數量之線段，來表示其長度之相等。

如圖， \overline{AD} 、 \overline{BE} 、 \overline{CF} 是 $\triangle ABC$ 的三條中線， $\triangle ABC$ 之面積為 60，則 $\triangle ABG$ 之面積為 _____



如圖， \overline{AD} 、 \overline{BE} 、 \overline{CF} 是 $\triangle ABC$ 的三條中線， $\triangle ABC$ 之面積為 60，則 $\triangle ABG$ 之面積為 _____

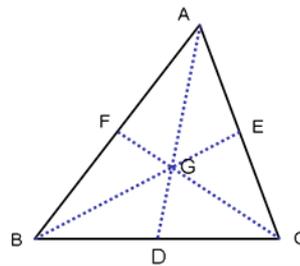


圖 4-38：有無使用標示線段長度等值之教學輔助符號的比較

PowerPoint 內建的繪圖功能在製作代表兩線段等長、標示線段長度之值的弧線符號時，不僅費時且很難讓所有符號看起來一致，對此製作上的困難亦可透過 MathPS 之線複製功能 (Line-Base) 來解決，在此則不贅述其操作過程。



第五章 多重表徵下的知覺運作模式

一般而言，數學課堂內的活動可以下圖表示：教師、學生及具體教材呈現位於同一平面，是可以觀察到的部份；數學抽象概念位於上一層，無法實際觀察到，但卻是進行課堂活動的主要目的及影響課堂活動的重要因素。

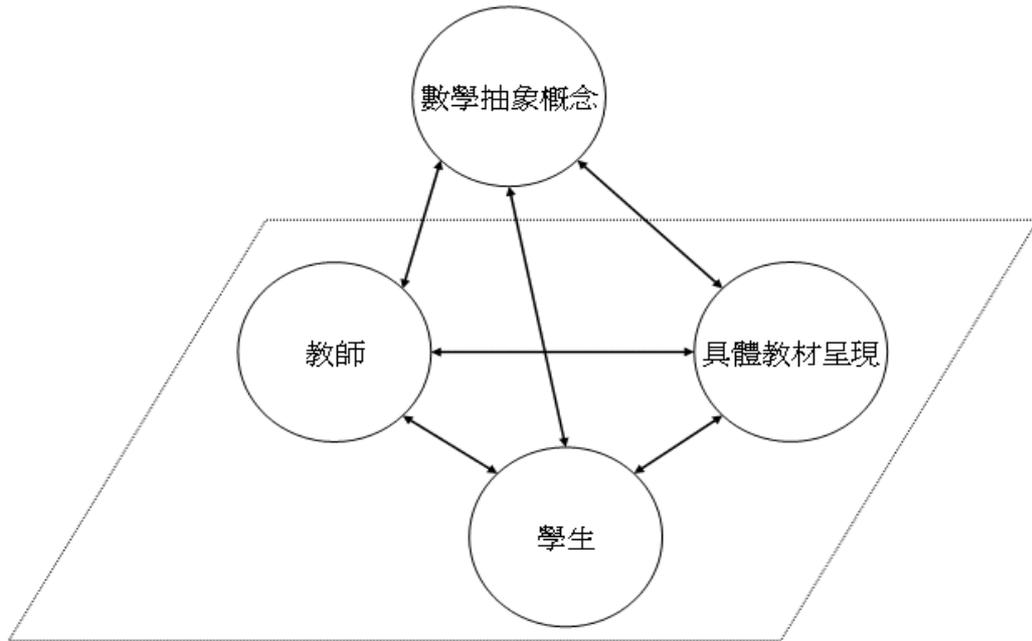


圖 5-1：數學課堂元素

在數學課堂中，教師考慮學生的特質與先備經驗，透過適當的媒體呈現具體教材來進行教學活動，希望將數學抽象概念傳達給學生；而學生則透過理解教師的解說及具體教材的呈現，而習得數學抽象概念。

本研究將數學課堂中所傳達的訊息區分為圖像、語言及文字三種形式。本章即在針對此三種形式之訊息進行分析，並以學生為主角，探討學生的知覺歷程及多重訊息的設計原則。

5-1 訊息特質分析

Skemp（引自陳澤民譯，1995）指出：在數學中，常利用視覺符號（visual symbol）和言辭符號（verbal symbol）之幫助而進行意象思考。言辭符號包含口中所發出的聲音及所寫的字；視覺符號指的是幾何圖形，視覺符號比一般物品的視覺型態抽象且複雜，代表更進一步的抽象層次，並非特定的物品，而是一類物品。兩種符號的主要差別在於：視覺符號是這個符號相關概念類別裡的一個典型元素，而言辭符號則是一般泛稱，因此視覺符號和它所代表的概念更為接近。他並指出人的聲帶及手是天賦傳達言辭符號的工具，傳達言辭符號比傳達視覺符號直接且容易。

鍾聖校（1997）指出：視覺符號雖在溝通和邏輯推理方面遜於言辭符號，但它和言辭符號在認知思考方面的作用是相輔相成的，兩者關係如下：

1. 純粹的視覺符號是經由畫圖攝影，印象雖很基本，卻容易被誤解，故須輔以言辭符號幫助思考。
2. 言辭符號固然容易引起說的人和聽的人之間概念的強烈交流作用，但以視覺符號來顯示某個概念結構的輪廓外貌，對概念的統整很有助益。

Skemp（引自陳澤民譯，1995）比較兩種符號的差異如下：

表 5-1：視覺符號與言辭符號之差異比較（引自陳澤民譯，1995）

視覺符號	言辭符號
是一種空間性質的抽象 例如：形狀、位置。	顯示抽象的性質與空間位置無關 例如：數字。
不易溝通	易於溝通
傾向個人思考	傾向綜合思考
有統合作用， 顯示整個概念結構外貌	有分析作用， 顯示整個概念內在細節
可以同時傳達很多概念	逐步傳達一個一個概念
直覺式	邏輯式

本研究基於可否重複瀏覽及引導注意力強度之區別，將語言及文字兩種訊息分開討論。在數學課堂中，學生所接收到的訊息不外乎口語、文字及圖像三種形式。分別討論如下：

1. 口語形式：

廣義而言，口語形式的訊息包含教師口中說出的話語、肢體動作語言與師生互動及透過教學媒體預先錄製的音效。狹義而言，則是指教師在對課程內容的圖像、文字之訊息等進行解說、詮釋時所說的話（包括當場說的話和預先錄製的話），雖然可以將其逐字紀錄成視覺性的文字訊息，但在此所指的口語形式訊息僅限於當下聽覺所接收之訊息。

口語形式訊息透過聽覺接收，即使學生處於分心狀態或正在注視其它教材，教師皆可以透過音調、音量的差別或其它方式來導引學生的注意力。在此所謂的導引注意力有兩個層次：一為將學生的注意力吸引回來，另一為將學生的注意力集中至某個關鍵上。Gropper（引自教學媒體的企劃製作與應用，1994）則指出：僅僅依賴視覺訊息來傳遞概念與原則並非十分有效，語言可以扮演十分重要的指引角色，應與視部訊息相輔相成。

日常生活中大多透過口語形式的訊息來進行人際溝通、互動，因此，課堂中口語形式訊息的傳達與接收都十分自然、直接。但較抽象或學生缺乏實際經驗之主題，口語形式訊息並無法單獨具體、清楚的傳達，必須依賴其它類型訊息的輔助。簡言之，口語形式的訊息是直接但抽象的。

對多數學生而言，口語形式之訊息的解碼負載低、引導性強，在理解與引導注意力上極為重要，但其立即消失的特性，使學生難以重複瀏覽；對教師而言，口語形式訊息（不包含教學媒體預錄的聲音）之製作成本最低、彈性最高，最容易適性化呈現。另一方面，此類訊息受教師個人的特質、教育理念及素養等之影響，具有高度的差異性。

2. 文字形式：

文字形式的訊息來自於黑板、教科書或其它放映性或非放映性的教學媒體。以其內容而言，則包含口語化文字敘述、數學抽象符號、代數運算式及幾何推理之敘述…等。除了口語形式之文字敘述外，文字訊息大多以簡潔的方式呈現，較為抽象，必須經過學習過程才能理解、熟練的運用。

一般而言，口語化文字敘述多在描寫情境、背景；數學抽象符號之敘述多在描述物件之值、量與關係；代數運算式具有利於化簡及常規計算自動化的特性；幾何推理敘述具有邏輯順序之規則。

黑板上之文字訊息，大部分是逐步、搭配口語訊息出現，學生可以逐步解讀、重複瀏覽。而對於一次出現大量的文字訊息，學生可能會大略瀏覽，找出自覺是有用的部分，但基本上仍是逐步一個一個理解訊息。

文字訊息結構清楚，具有分析的作用，易於邏輯思考、推理，可顯示整個概念的內在細節。某些課程主題，只要學生具備足夠的先備知識，即使沒有其它類型訊息的輔助，文字形式訊息仍能正確、有效傳達。然而，在幾何或其它課程主題，圖像之輔助及口語之詮釋則有關鍵性的影響。

3. 圖像形式：

數學圖像大部分指的是幾何圖形、幾何表徵物或教學輔助圖像，可再細分為點、線、面三種元素。在某些情境下，也會出現具體物之圖片或模擬動畫等圖像元素。

幾何圖形是指圓、扇形、多邊形及立體圖形等單純的圖案，但也包含其上的角平分線、中線或部分區域…等物件。幾何表徵物是指：在利用幾何圖像的切割、拼湊、平移、翻轉及旋轉等操作來觀察其幾何量之變化，來達到學習遷移或類化目的時，所使用的幾何圖像。教學輔助圖像是一種約定的符號，目的在於簡化累贅的言語溝通，將文字敘述整合於圖像上，以集中注意力思考重要的部分。

夏聖亨（1998）將圖的利用區分為利用圖的度量與利用圖的含義兩種。利用圖的度量是指精確意義上的利用，要求圖儘可能精確，但按此得出的結論具有或然性；利用圖的含義是指類似對應意義上的利用，要求圖相對應地類似，主要是啟發提示性的。依此分類而言，上述的幾何圖形大多在利用圖的度量，而幾何表徵物則在於利用圖的含義。

由課堂實際觀察可知，大部分學生可以透過幾何關係及量之文字敘述，儘可能自己劃出精確的圖形，並進一步推理、計算幾何量的意義或值；或將情境之文字敘述，抽象化為圖像訊息。但可想而知，圖像訊息較為直覺，直接提供圖像訊息，更能有利於學生之學習。

圖像訊息可同時傳達許多概念，並統合呈現物件間的關係。但其所呈現的僅是一個特例、典型元素，容易產生誤解，必須搭配其它類型訊息之輔助，才能達到正確溝通的目的。

就圖像是否有變動的情況可區分為靜態與動態圖像，林麗娟（2000）指出：靜態式圖像較為單純，與傳統的圖像型態類似，只提供空間的記憶；而動態圖像較靜態圖像表現多重刺激型態，除了涵蓋傳統圖像的特質外，也同時具備有分層呈現與位移的特質，包括空間與時序性的記憶。

林麗娟（2000）亦就動態圖像在傳達陳述性與程序性知識的功用指出：就教學設計來分析，動畫在陳述性知識與程序性知識的表現技巧相類似，但動畫用於兩種不同知識的功能卻不相同。在陳述性知識的表現中，動畫用來提供視覺提示；而在程序性知識的表現中，動畫用來作為一詮釋的表徵模式，藉以表現一個現象的過程。

綜合比較此三種形式訊息之差異如下：

表 5-2：文字、口語及圖像等三種形式訊息之綜合分析

	文字形式	語言形式		圖像形式
來源	黑板 教科書 教學媒體	教師	教學媒體	黑板 教科書 教學媒體
呈現形式	口語化的文字 抽象數學符號 代數運算式 幾何推理敘述	教師口語 肢體語言 師生互動	媒體播放 的聲音	幾何圖形 幾何表徵物 教學輔助圖像
優勢	易於溝通 結構清楚，易於分析 及推理	易於引導注意力 解碼負載低		易於整體關係之瞭 解、綜合分析
劣勢	過於抽象，必須運用 情境協助 必須經過學習才能 理解、熟練	學習者無法重複取得訊 息、難以描述抽象概念		呈現的僅是一個特 例、典型元素 課堂當場製作時較 難兼顧時效及精確

訊息保留時間	老師掌控、可重覆瀏覽	立即消失、無法重複瀏覽		老師掌控、可重覆瀏覽
接收方式	視覺 必需注視訊息	聽覺 不需注視訊息		視覺 必需注視訊息
解讀方式	序列	序列		平行
一致性	高	低 (容易受教師個人特質影響)		高
製作成本	中	低	高	高
課堂修改彈性	中	高	中	低

一般而言，我們常搭配圖像訊息的輔助，以文字訊息來做邏輯推理。例如：證明幾何性質或乘法公式。以下針對出現在數學教材畫面上圖像與文字兩種類型之訊息所扮演之角色，討論如下：

1. 圖像與文字形式的訊息可能單獨或同時出現，然而當兩類型訊息同時出現時，兩者之重要性並不一定均等，往往其中之一扮演的是輔助角色。例如：十字交乘法之教學中，常會利用長方形、正方形之圖像來輔助代數式的分解，學生的視線在兩者間移動、對照，然而，訊息的重點仍是代數式的分解；以圖為證（Proof Without Word）時，圖形之演變是視覺焦點，代數式的份量較少，僅是幾何量的說明或最後的結果。
2. 圖像與文字兩種形式的訊息所扮演的角色並非絕對，視教學目標之不同，兩者可能角色互換。例如：尺規作圖中，有時訊息重點是尺規的操作，作圖之做法說明僅是輔助性文字訊息；當教學目標是希望學生學會作法之文字說明時，尺規的操作則變成輔助的圖像訊息。

5-2 知覺歷程

本研究以學生為主角，將數學課堂內學生學習之知覺歷程製成下圖：

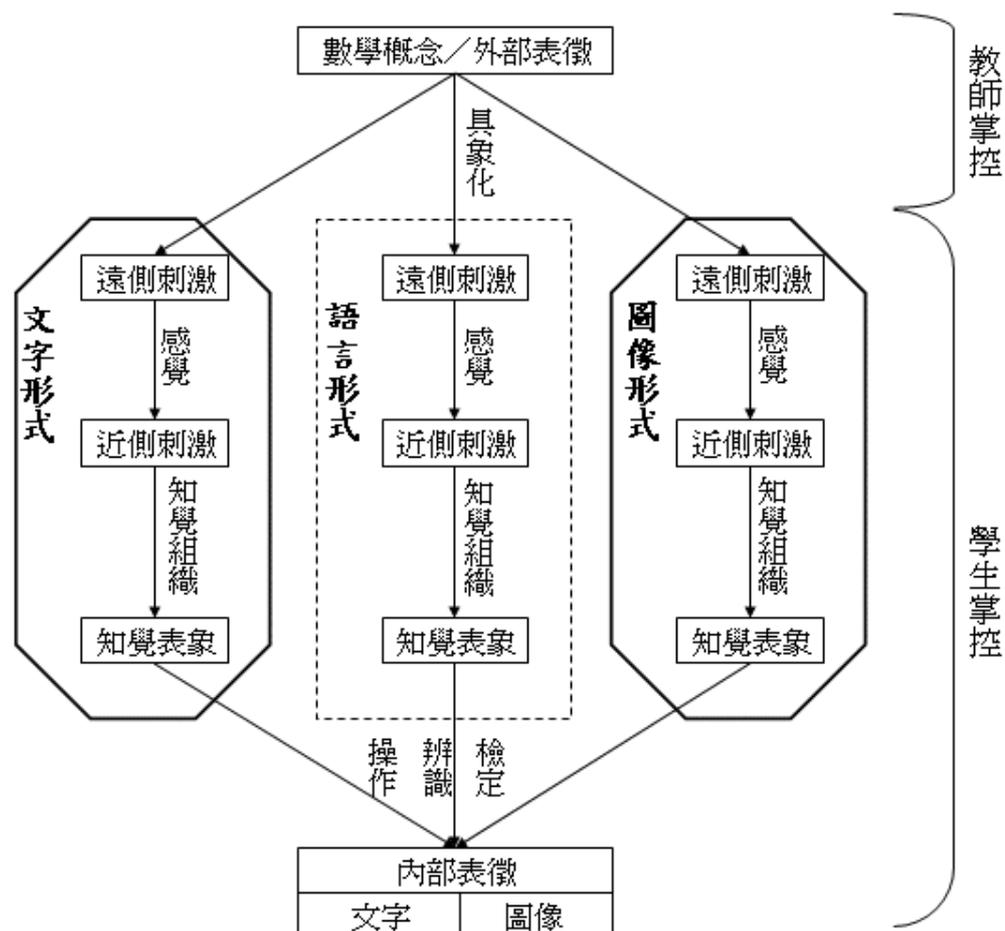


圖 5-2：數學課堂內學生學習之知覺歷程

針對其歷程，分階段說明如下：

1. 教師將數學概念具象化為不同形式的遠側刺激：

遠側刺激包含文字、語言及圖像三種形式，對學生而言是多元的遠側刺激。此三種形式的遠側刺激可能同時出現，例如：老師搭配一段文字或一個圖型來解說概念；也可能單獨出現，例如：讓學生自行閱讀一段文字或觀察圖形。

呈現遠側刺激之方式、內容與順序是由老師所掌握，而教材單元特性、教學設計、教學策略及教師個人的數學背景、教育理念、特質及對學生的瞭解…等，都是影響遠側刺激之呈現的因素。

2. 學生透過感覺的歷程，將多元的遠側刺激登錄為近側刺激：

自此階段之後的歷程，都是由學生掌握，屬於學生內心的個別歷程，老師具有引導、影響的作用，但關鍵因素仍由學生自覺或不自覺的掌控。

遠側刺激的接收與近側刺激的形成幾乎是同步的。除了生理上的障礙或注意力選擇的差別外，大多數學生所登錄的近側刺激都雷同。以視覺而言，近側刺激是指視網膜上之成象；以聽覺而言，則是指所聽到的聲音。

3. 學生透過知覺組織的歷程，將近側刺激轉換為知覺表象：

此階段不涉及認知活動，知覺表象受近側刺激的客觀因素及時空脈絡之直接影響，大部份人所得到的知覺表象都雷同。完形心理學派及認知心理學等曾對知覺組織的歷程提出許多實徵性的實驗結果。此階段所產生的知覺表象是否容易被學生操作或辨認，是影響學習成效的關鍵因素之一。

4. 學生透過檢定、辨認和操作歷程，綜合、理解知覺表象形成內部表徵：

此階段涉及到學生的經驗（先備知識）及時空脈絡上的主觀認知因素，因此，不但不同的學生形成內部表徵所需之時間會有個別差異，而且無法確保所有學生所形成的內部表徵和教師所預計的相符合。內部表徵可以透過問答或紙筆測驗的方式來檢驗。

學生的內部表徵是透過檢定、辨認和操作歷程，理解多元的知覺表象所形成的綜合體，構成內部表徵的圖像訊息及文字訊息之比重是動態的，且對不同學生而言，比重具有個別差異性。

針對學生的知覺歷程，綜合討論如下：

1. 多碼訊息：

課堂中，學生同時透過視覺與聽覺之管道接收來自教師、教科書、黑板或其它教學媒體之訊息。為避免造成學生注意力集中及理解上的困擾，不同來源的訊息必須一致。

Severin 指出：結合彼此關聯的語文與圖像的雙管道傳播，由於綜合視聽管道的訊息，提供學習者最大的學習助力。假如雙管道的視聽傳播中，視部與聲部資訊並無關聯，則可能導致分散學習者注意力，訊息的獲得可能少於使用單一管道的媒體（引自教學媒體的企劃製作與應用，1994）。

2. 由一致的遠側刺激至個別差異的內部表徵：

教師所產生的遠側刺激及學生知覺歷程產生的近側刺激及知覺表象具有全體一致、客觀的特性，而學生辨識、詮釋知覺表象後所產生的內部表徵則是主觀、個別的結果，跟學生的先備經驗有很大的關聯。

3. 循環性：

學生的內部表徵通常不是一次的知覺歷程便能穩固形成，它具有一定程度的模糊性，學生會依照他自覺到的需求，選擇將其注意力集中至特定的遠側刺激，形成循環歷程，以強化其內部表徵的清晰程度。此時，如果學生所需的遠側刺激並不是老師當下產生的，便會形成師生間不同步的現象；而如果學生所需再次知覺的遠側刺激已消失，則其模糊的現象無法改善，但是學生仍有機會透過另一個數學概念的歷程所產生的內部表徵來釐清這個內部表徵。



5-3 多重表徵之教材的設計原則

本節就學生對教材的知覺歷程上之差別，歸納多項簡報教材設計原則，大致區分為兩個面向：

1. 基本安排面向：

Winn 認為個體專注於某個訊息前，對訊息的印象很重要，這個印象會影響個體稍後選擇、處理與解釋該訊息（引自楊美雪，2002）。本研究將與教材給予學生第一印象上有關的設計原則歸類為基本安排面向，有「自行重整性」、「架構完整性」、「層次性」原則及「群化／關聯」原則。

2. 靜態觀察面向：

課程進行時，學生在老師的引導下，對畫面中元素進行選擇、組織及作出解釋等有意識的心智活動，為使研究單純化，本部分只針對靜態呈現進行討論，將牽涉到學生心智活動的設計原則歸類為靜態觀察面向，有「結構式」呈現模式、「比較式」呈現模式、「對比式」呈現模式。

5-3-1 基本面向設計原則

歸納數學簡報教材製作之基本安排面向規則如下：

1. 基於現實課堂中無可避免的分心狀況，教材必須協助學生在無法跟上教師的步調時，能夠重新審視先前內容，此即教材的「自行重整性」。
2. 在不使教材顯得複雜的前提下，完整呈現教材，協助學生了解教材架構，並避免對學習步調較快的學生產生限制，此即教材的「架構完整性」。
3. 為減少學生耗費認知資源去搜尋、辨識、群組物件，對於同一個頁面中相關聯的物件，則必須建立視覺線索，便於學生辨識、群組物件，此即「群化 / 關聯性」原則。
4. 訊息所扮演的角色會隨著老師講解過程而有所不同，必須依物件當下的角色重要性給予適當份量的呈現；進一步而言，強化當下所強調的物件，淡化比較不重要的訊息，以視覺呈現圖與地的差異，此即「層次性」原則。

表 5-3：數學簡報系統上教材製作原則－基本安排面向

原 則	說 明
自行重整性	協助學生在無法跟上教師的步調時，能夠重新審視先前內容，不致於迷失方向。
架構完整性	協助學生了解教材架構，並避免對學習步調較快的學生產生限制。
層次性	掌握訊息角色與呈現的比重，以呈現主題。
群化／關聯性	建立相關訊息的視覺關聯。



5-3-1-1 自行重整／架構完整性設計原理

課堂中，學生可能因外在偶發事件的吸引而分心，也可能將其注意力集中至特定的訊息，來釐清疑問或增進理解，簡言之，無法確保學生全程注意老師的講解。另一方面，因為先備知識、理解能力與專注程度的不同，學生理解教材的速度與程度會有差異，產生與教師之講解不同步的現象。

針對上述現象，教材應具備自行重整性及架構完整性的特性，分別討論如下：

1. 自行重整性

教材之設計必須能彌補口語訊息立即消失的缺點，讓分心或未跟上教師講解步調的學生，能夠重新審視先前內容，此即「自行重整性」設計原則。操作上，為使教材具備自行重整的特性，必須將概念的轉折、演變過程、結論或運算的結果…等，以簡要的文字或圖像留下提示性訊息，以作為學生重整的依據。

以涼亭地點選擇為例，以簡要的文字來紀錄概念的演變過程，讓分心的學生可以依文字提示而理解教材。其中，底色及字型上的差異可使文字提示與題目敘述產生區隔。

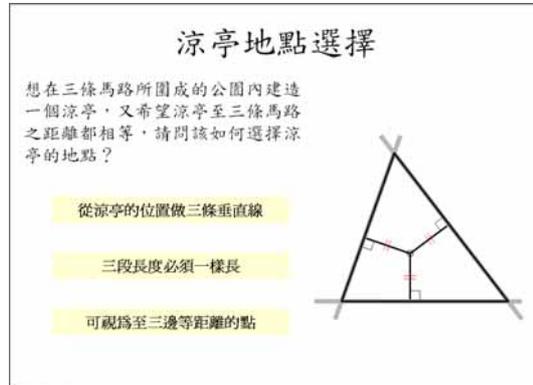


圖 5-3：重整性設計原理－涼亭地點選擇

2. 架構完整性

教學現場中，有些學生需要或習慣於老師的引導，此時額外的訊息具有輔助理解的功能，但亦可能產生干擾；有些學生有能力或習慣於自行閱讀、理解教材，此時教師的口語引導僅是輔助性的訊息，若呈現的教材不足以理解當下教學的內容或架構，將會使其產生困惑與限制。

考量上述兩類學生的需求，教材之設計必須在不使教材顯得複雜的前提下，呈現當下教學的整體架構，以輔助理解並使步調快的學生可以自行閱讀，達到適性的效果，此即「架構完整性」設計原則。

在某一層面上，架構完整性指的是一次呈現所有教材內容，如一次呈現複習、回顧及統整性質的內容、程序性操作過程、定義之陳述、代數式運算過程、重複性的推理…等，如圖 5-4；但一般而言，架構完整性僅在於顯示教材架構，而非內容，如圖 5-5。

分配律練習

<p>1. $369 \times 25 + 31 \times 25$</p> <p>$= (369 + 31) \times 25$</p> <p>$= 400 \times 25$</p> <p>$= 10000$</p>	<p>2. $0.9 \times 2.5 + 0.9 \times 3.5$</p> <p>$= 0.9 \times (2.5 + 3.5)$</p> <p>$= 0.9 \times 6$</p> <p>$= 5.4$</p>
--	--

圖 5-4：架構完整性-1

數形規律

將 n 個邊長為 4 公分的中空正方形排列如下圖，試計算下圖的面積為何？

中空正方形之個數	1	2	3	4	5	...	n
面積						...	

+? +? +? +?

圖 5-5：架構完整性-2

5-3-1-2 層次性設計原理

呈現教材時，物件之存在價值有：理解教材的關鍵、必要的參照輔助物或一般物件…等之區別，整體教材內各物件之重要性並不相等，甚至單一物件之重要性也會隨著講述過程而變動。另一方面，學生在知覺歷程中的感覺階段，同時會依物件視覺呈現所給予的感覺，對物件之角色重要性作出預期的判斷。

在每一個時間點上，物件之呈現所產生的感覺要符合它在老師的講解中所扮演的角色及重要性，讓物件之呈現依其重要性而有層次之別，減少學生知覺組織過程的時間與難度，此即層次性設計原理。本研究將干擾接收當下重點訊息的物件泛稱為雜訊，簡言之，層次性設計即在透過對訊息資料妥善的處理，來降低雜訊干擾。

操作上，利用圖地原理、畫面重度及視覺設計上的相關理論，突顯重要部份強度，使其具有圖的性質；淡化處理其餘的部分，使其具有地的性質。如此，即可以使物件角色之層次有所區別。以下就實體上的圖層層次、顏色、大小及位置三方面進行討論：

1. 實體上的圖層層次：

一般而言，重要的訊息應置於圖層最上層，使其完整呈現。當必要的參考訊息被遮蓋時，則可提高上方物件的「透明度」，使學生仍可看到下層被遮蓋的部分。提高物件之透明度會使其顏色看起來較淡，所以在提高明度的同時，降低色彩的明度值，來減少因調整透明度而產生的色彩變化。

2. 顏色之差異：

色覺幫助我們偵測物件，以及在各種物件之間作一些比較細緻的區辨（李素卿譯，2003）。以色彩的三要素而言，因人對彩度的感覺較不靈敏，不列入考慮；在色相方面，可以利用色彩感覺之差異，如寒與暖、輕與重、前進與後退…等，自然顯現出物件角色的差別；在明度方面，對於較次要的輔助訊息，調高其色彩明度，讓色彩看起來較淡，自然顯現出與其他物件之差別。

3. 大小、位置之差異：

對於重要物件的擺放位置，基於畫面重度之研究，避免將其置於會產生不舒服感覺的角落等處，而將其置於容易吸引注意的位置。一般而言，在投影幕的範圍內，比較大的物件較容易吸引注意力，所以，在合理的情況下，重要的物件儘可能放大，次要的物件則要縮小。

以直線方程式之描點（如圖 5-6）為例，圖像中的「點」及「座標系」是教材的重點，「格線」則是輔助物。將「點」置於圖層的最上層，並以顏色來突顯，相較於「格線」採用較淡的顏色及較細的線來淡化重要性，「座標系」的顏色較深、寬度較粗；文字訊息中，表格部分是教材的重點，字體較大且置於上方顯眼處，運算則是輔助物，字體較小且置於下方。

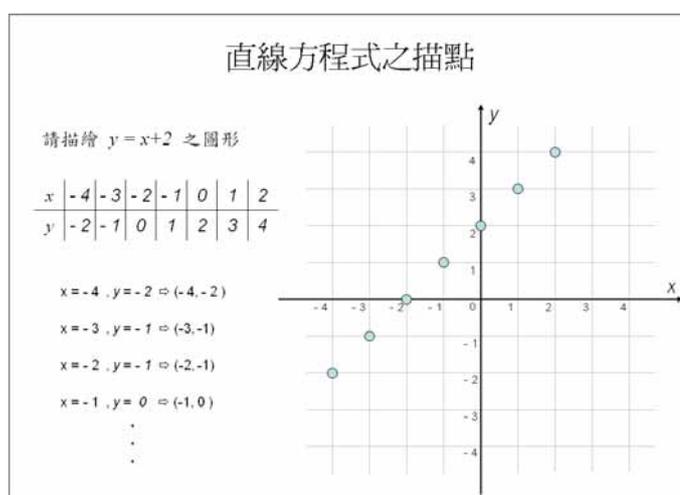


圖 5-6：層次性設計原則—直線方程式之描點

5-3-1-3 關聯／群化性設計原理

知覺具有組織性，它可以靈活組織各種孤立的造形，使其成為知覺的整體，而非雜亂的線條、點或顏色（林俊良，2004）。

知覺經驗中另一種組織傾向是群化（Grouping）。群化是指原本分離的個體，由於條件一致或距離較近，而被視為相同的群體（林俊良，2004）。

教材中物件的呈現必須符合知覺組織上的一般原則，避免物件成為不相關的單一個體或不正確的分群。在同一頁面中，利用位置、顏色或線條連結…等方式建立相關聯物件的視覺線索，讓學生能自動化的將各個物件群化，減少不必要的視覺搜尋與辨識，此即「關聯／群化性」設計原理。

操作上有以下幾種方式：最直接的方法來自於接近律，將相關聯之物件放在附近，利用位置上的鄰近性產生物件間有關聯的感覺；利用共同命運律及相似律，讓相關聯物件本身具有共同的性質或類似的視覺要素，如：色相、明度、大小、方向及形狀…等，或給予相同性質的外在輔助標示，如：外框、箭頭；如果因版

面大小或配置的限制，無法將相關聯物件安排在附近時，可利用連續律，以線條連接來導引視線，彌補因位置編排而削弱關聯性的不利因素；亦可將兩訊息並排，產生兩者間互有關聯的暗示。

表 5-4：關聯／群化性設計原理引用之原則

引用原則	補充說明
接近律	利用位置上的鄰近性產生物件間有關聯的感覺
共同命運律 相似律	讓相關聯物件本身或外在輔助標示具有共同的性質或類似的視覺要素
連續律	運用線條連接相關聯物件，來引導視線
並列排列	將兩種訊息並排，會產生兩者間有關聯的感覺

以運用相似三角形求解（如圖 5-7）為例：利用封閉律，以淡色的外框來區隔文字的段落，突顯出同一段落文字的關連性；利用相似律，將相似的三角形與對應的文字敘述給予相同的顏色，加強三者間的關聯；利用連續律，以線條連接來加強圖像與文字間的關聯；利用共同命運律，將計算過程中主要涉及到的三條線段加粗、上色，有利於了解整體解題過程。

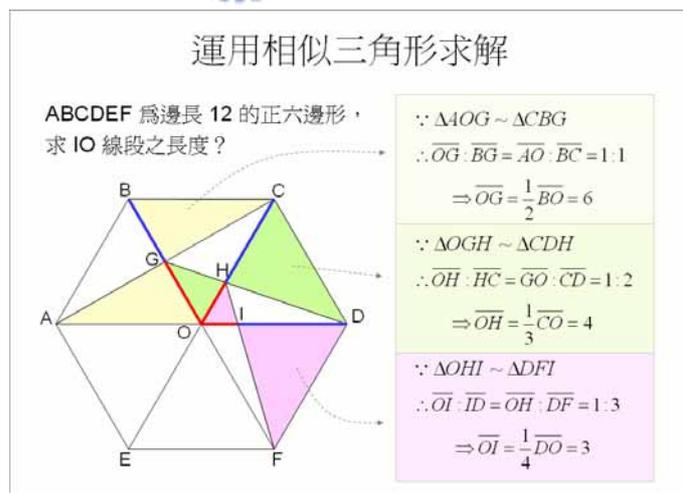


圖 5-7：關聯性設計原則－運用相似三角形求解

5-3-2 靜態觀察面向設計原則

引導學生在靜態畫面中去做有意義觀察、發現等活動時，有一些模式可循。本節歸納數學簡報教材靜態呈現面向之呈現模式如下：基於訊息的結構性，提供與抽象概念具有相同結構的具體表徵來輔助抽象概念之傳達，此即「結構式」呈現；並列呈現具一定相似程度的兩主題，透過比較其各自脈絡下的相似性及差異性，達到類化及學習遷移的效果，此即「比較式」呈現；藉訊息間關聯之呈現，用比喻、暗示的方式，以熟悉的事物來輔助說明新概念，此即「對比式」呈現。

表 5-5：數學簡報系統上教材製作原則－靜態呈現面向

呈現模式	說明
結構式	提供相同結構的具體訊息，輔助抽象概念的呈現。
比較式	將兩主題並列呈現，透過比較其各自脈絡下的相似性及差異性，達到類化及學習遷移的效果。
對比式	用比喻、暗示的方式，以熟悉的事物來輔助說明新概念。

5-3-2-1 結構式呈現模式

Bruner 認為一個認知發展達到成熟的人要能精熟三種代表外在真實世界的表徵模式。這三種表徵模式依序是動作表徵、影像表徵和符號表徵。動作表徵的特色是經常以動作的反應來代表外在世界；影像表徵則主要是以內在感官留下的心象，如圖片、文字或知覺影像來代表外在世界；至於符號表徵的特色乃是透過較抽象的語言符號來代表外在世界（林寶山，1990）。

以數學而言，如果文字符號與圖像符號之間具有相類似的結構時，同時適當呈現兩種形式的訊息，可產生訊息互補的效果。例如：用物品的長方形排列方式來輔助因數判別；用數線（或溫度計）上的操作來練習數的加減運算；用分數板

(或等分圓之扇形)來輔助分數概念及其四則運算；用長方形面積來輔助多項式乘法運算、乘法公式或因式分解等…。

基於雙碼理論的研究基礎，同時呈現圖像與語文兩種訊息的結構式呈現模式，可使兩種訊息產生互補的效果，增加學習成效。此外，為了創造有利觀察的環境，避免產生分散注意力效果的認知負荷，建議將兩訊息同時並列呈現，一方面給予兩者互有關聯的暗示，另一方面有利於學生在兩者間自由參照連結。

設計時必須符合層次性、關聯性設計原理：利用層次性的設計來降低畫面雜訊干擾，突顯出重要訊息所在；利用關聯性的設計降低兩重要訊息互相參照的難度。其中，欲使兩個互相參照的訊息產生關聯有下列幾種方式：利用接近律，將其放置在附近；利用相似律，在視覺元素上相類似的設計；利用連接律，連接兩訊息；利用共同命運律，使其同步呈現或具有相同性質的標籤。

在多項式乘法的例子(如圖 5-8)中，即是利用長方形面積與長、寬之間的結構關係，來輔助兩多項式相乘的運算法則。呈現時，圖形元素有層次之分，四個長方形是理解的重點，於是分別上色並採用黑色實線邊框，而其內部的分割線條僅是輔助作用，則採用淡灰色虛線來淡化其角色；代數符號部分，利用連接律，以線條連接相乘兩項，使兩者產生關聯，並利用相似律，以顏色的差異來區隔四次的乘法運算；利用共同命運律，以不同顏色及樣式的箭頭標籤，使對應的文字與圖形產生關聯。

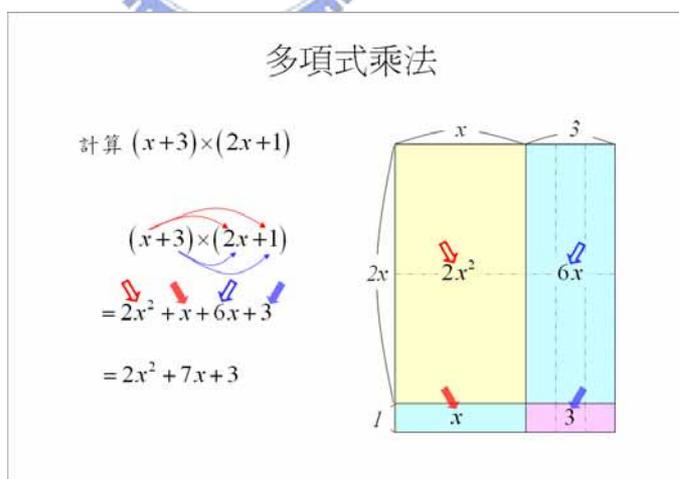


圖 5-8：結構式呈現－多項式乘法

5-3-2-2 比較式呈現模式

張春興（1989）指出：類比推理為一種邏輯思考方式，其思考為以兩事物相似之處為基礎，並根據當中一項關係，推論至其他類似關係（引自黃幸美，2004）。

黃幸美（2004）指出：抽取相關的訊息表徵，是類比遷移的重要歷程，欲成功地推理解題，須能趨近與抽取記憶中的訊息。當來源問題與標的問題之間，缺乏明顯的表面相似性時，提示則能促進趨近與推理。

以數學之學習而言，並非所有的學習都必須以具體物的操作為起點逐漸累積，對於某些新的主題，可以透過比較、對照與已有知識系統之異同，達到學習的成效。例如：以數字的直式乘除法為基礎，來學習多項式的乘除運算；以數字的分配律為基礎，來學習提出公因式類型的因式分解…等。

為了有利於新、舊主題的比較與對照，本研究提出「比較式」呈現模式：並列呈現具有一定相似程度的兩來源訊息與標的訊息，以期使透過對照、比較物件在各自脈絡下的相似性及差異性，達到類化及學習遷移的效果。

比較式呈現模式是兩相似系統之間的對照，結構式呈現是相同概念之不同表徵間的參照，兩者具有本質上的差異，然而設計時所依循的原則大同小異：都將兩種訊息並置在同一頁面；依循累積／整體性設計原則，以使教材適性化；依循層次性設計原則，降低雜訊干擾；以連接律、接近律、相似律及共同命運律來加強對應物件的關聯，來降低辨識、分類的難度。

比較式呈現模式除了可用於一次呈現的靜態畫面外，有時亦會搭配講解的過程，讓相對應物件同時出現，產生看似動態的感覺，本節只針對靜態呈現進行討論，第六章再行討論動態呈現的相關設計原則。

以利用乘法公式解一元二次方程式為例，展開乘法公式與因式分解多項式為互逆的運算，透過方程式中的多項式與乘法公式展開結果兩者的參照，有利於將方程式中的多項式分解成完全平方式。呈現時，將乘法公式及其圖像表徵置於一旁，並以淡灰色外框來與主題內容區隔；將需參照的文字以較粗之紅色虛線方框圈示，來導引注意力；將需參照的文字、圖像置於相同的高度，方便視線的移動；兩個圖像表徵具有相同顏色配置，以免使學生產生有其它暗示的感覺；圖形部分則具有層次之分，淡化矩形中分割線段的角色。

利用乘法公式解一元二次方程式

解 $x^2 + 8x + 16 = 0$

$$\boxed{x^2 + 2 \times 4x + 4^2} = 0$$

$$(x + 4)^2 = 0 \quad x = -4$$

$$(x + a)^2 = \boxed{x^2 + 2 \times ax + a^2}$$

圖 5-9：比較式呈現－利用乘法公式解一元二次方程式

5-3-2-3 對比式呈現模式

對於物件的描述，可能會有文字或圖像等不同的表徵方式，但有時可以比喻、暗示的方式更具體的描述，給予直觀的感覺，例如：用山坡的傾斜程度來對比斜率，用物品尖銳的程度來對比角度的大小，以水流來對比電流，以太陽系的模型的對比電子的模型…等，本研究將此種呈現方式稱之為對比式呈現。

對比式呈現僅在使學生產生直觀的感覺，比喻的對照物與當下主題的結構或本質不一定相同。呈現時，往往透過教師的口語或圖片來提示，在此不多探討。

第六章 數學簡報互動及動態性之設計原則

林麗娟(2000)指出：當論及動畫設計的成效時，動畫的屬性為一必要的考量。當動畫設計的目的只是單純的用於引導注意，或用於解說時間性及空間性內容重心時，具有不同的效用。

本研究中，動畫於師生溝通互動上，扮演引導注意的角色；教材中的動態圖像呈現，則在於輔助解說、呈現時序性概念。

本章針對課堂上之師生互動及教材動態呈現兩面向之設計原則進行討論。

6-1 師生互動面向之設計原則

師生互動是課堂授課情境的重要元素，在老師透過口語引導注意力、闡述講解教材的過程中，牽涉到教材、老師與學生三者間的溝通性與教材操作上的隨意性。其中，溝通性是指三者能很方便、正確的互動，主要方式是透過設計指標物件（動態或靜態的指標、符號、圖示…等）來避免重複搜尋訊息；隨意性是指教師在教材操作上的彈性，可以依授課情境呈現內容或調整教學步調，主要是利用按鈕觸動動畫程序的方式來達成。

表 6-1：師生互動面向之數學簡報教材設計原則

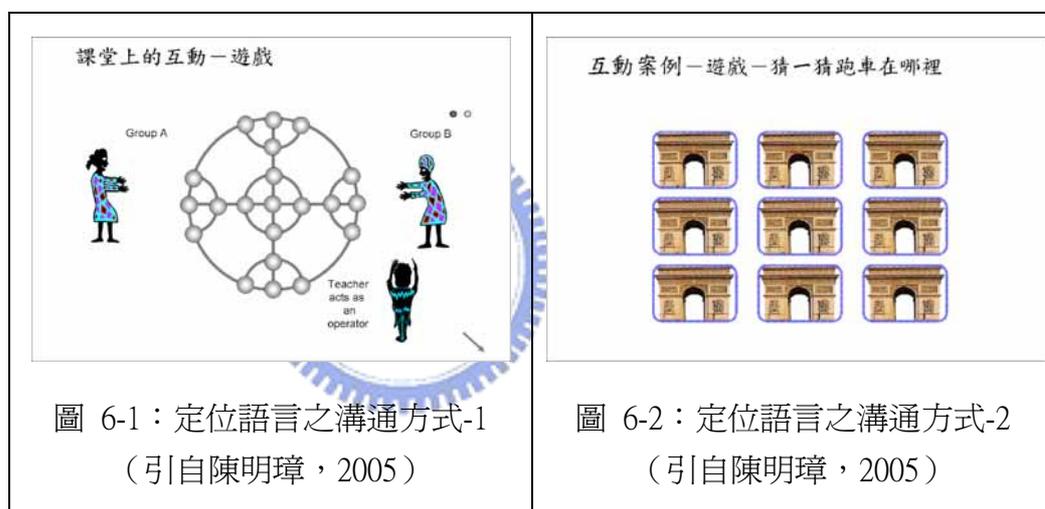
原 則	說 明
溝通性	教師、學生、與教材三者可以溝通的環境。
隨意性	依授課情境呈現教學內容，調教學步調。

6-1-1 指標物件與溝通性設計原則

爲了師生之間能很方便、正確的互動或集中注意力於同一物件，教材裡物件的呈現必須是教師、學生、教材三者可以溝通的環境。設計上以注意力及視覺搜尋的研究爲基礎，讓所指的物件具有與其它物件不同的特質，可以有利於學生在一群物件中之過濾與搜尋。

簡報教材中可行的溝通方式有以下幾種：

1. 透過定位語言（上/下/左/右），以物件所在的位置或行列來溝通：如圖 6-1 中的圓圈可用「中央群的左邊」、「左方群的下面」、「下方群的上邊」…等方式溝通；圖 6-2 中的九個門可用左上方、正中央、第二列第一個…等方式溝通。

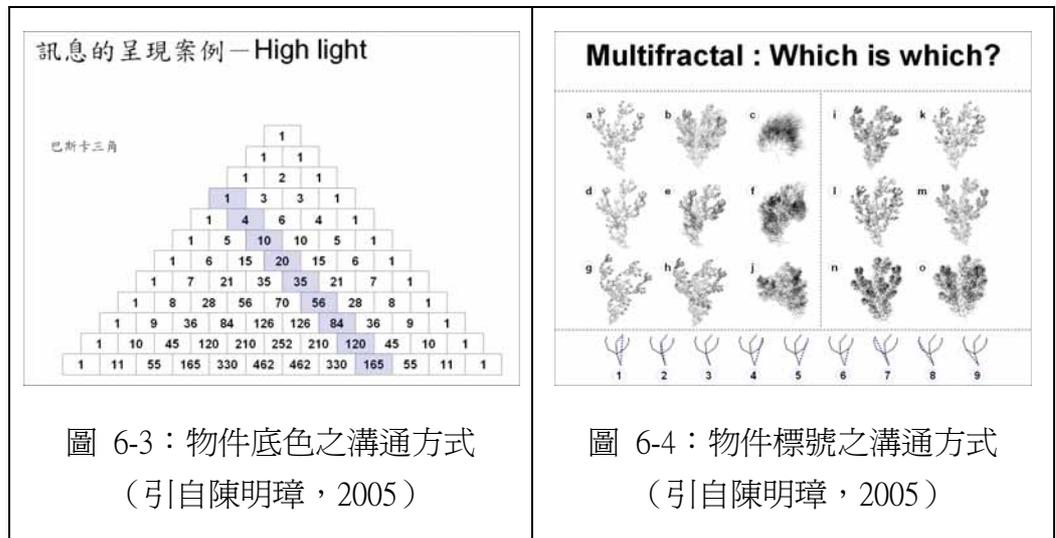


2. 以物件的顏色、形狀、大小、粗細、方向等視覺元素來溝通：

除物件本身的顏色外，「面」可透過形狀、大小之區別，「線段」可透過粗細、樣式、方向（箭頭）之區別來溝通。如：紅色三角形、最大的四邊形、藍色虛線…等。

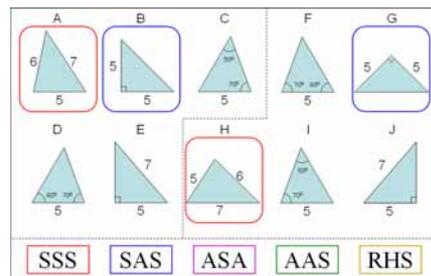
相較於傳統的紙本或版書，簡報教材中，線的粗細、樣式或線、面的顏色更爲多樣及彈性，除有利於溝通外，更可突顯出角色重要性之層次區別。此外，顏色透明度的設計可以解決物件被遮蓋的問題。

3. 以物件之標號或底色來溝通：如圖 6-3 中，利用物件之底色來標示，使其與其它物件產生區別，除有利於溝通外，更免去重複搜尋訊息的困擾；圖 6-4 中，將物件予以編號，便可透過編號來溝通。



4. 另製固定式指標（如箭頭、方框或圓框…等）來溝通：

簡報軟體平台下可以設計多樣的固定式指標，如：不同的顏色或形狀的箭頭、方框、圓框…等。透過按鈕的動畫控制，不論何種指標都具有可適時重複出現、消失的特點；在需要時出現，可達到溝通、免去重複搜尋訊息的功能；不需要時便隱藏，可避免讓畫面過於混亂、複雜。經驗上，如果將控制固定式指標的按鈕置於指標附近，則因為滑鼠移至按鈕上時，滑鼠所發揮吸引視線的效果，會使學生更容易注意到指標。



5. 以滑鼠之游標來溝通：

滑鼠是動態的指標，具有強烈吸引注意力的特質，在滑鼠移動的過程中，學生的視覺焦點會有隨滑鼠移動的傾向，可以將學生的視線導引至特定物件上，達成溝通的效果。反之，無意義的移動滑鼠，則會造成雜訊及不必要的困擾。

6. 以動、靜之分來溝通：

一物件在靜態的畫面中陡然的位移或變化，會使其突顯出來，而使學生注意到該物件，達到溝通的效果。進一步而言，少量物件在靜態畫面陡然變化，除了同時吸引注意的效果外，基於共同命運律，產生有關聯的暗示，即使位置距離較遠，仍容易將一同產生變化的物件視為同一群。然而，如果同時變化的物件太多，會因為處理的負荷太重，而失去吸引注意及溝通的效用。

不論是單一物件或有關聯的少量物件，透過適當的動態設計，即可使其在一群物件中突顯、區隔出來，達到溝通的效果。在操作上，利用簡報軟體中「自訂動畫／強調／放大、縮小」、「自訂動畫／強調／蹺蹺板」、「自訂動畫／強調／閃光燈泡」…等功能，即可達到上述效果。



6-1-2 按鈕與隨意性設計原則

讓學生透過網路或單機軟體自學之教材，有系統掌控及使用者掌控兩種形式。其中，系統掌控指的是學生依系統設定的步調、流程來學習；使用者掌控則是指學生可以自行決定、調整學習步調及流程。而教師授課情境中所使用的教材，兼具系統掌控與教師掌控兩種特性，爲了讓教師可以依實際狀況調整教學步調，使教學更適性化，教材的操作必須具備彈性，此即隨意性設計原則。

PowerPoint 2002 版之後，動畫呈現方式有主程序（main sequence）及互動程序（interactive sequence）等兩種程序。主程序處理每一張投影片中動畫循序出現的機制，而互動程序則允許投影片上設置按鈕，操控不同物件的動態呈現（陳明璋，2005）。相較於循序出現、適用於一般商務簡報之主程序，按鈕的設置讓動畫順序更爲彈性，較適合課堂上使用。

然而，必須將 PowerPoint 內建的動畫妥善的組合，才能達到課堂互動之需求。MathPS 即考量課堂情境互動之需要，提供多種互動按鈕，包括開關、關閉、多元開關、序列開關、接龍、層次、全開關及線開關。

表 6-2：MathPS 之互動功能說明

功 能	說 明
開關、關閉	控制物件本身之出現或消失
多元開關	按鈕的不同部位分別控制相異物件之出現或消失
序列開關	由一個按鈕控制一系列物件之出現或消失
接龍	依序出現物件，而出現之物件爲控制下一各物件出現之按鈕
層次	陣列式序列設定
全開關	由一個按鈕控制一群物件之同時出現或同時消失
線開關	由線段按鈕控制線段方向標示之出現或消失

透過按鈕來控制物件的出現與消失，可使教材呈現更為隨意、互動更為彈性外，另一個互動上更重要的功效如下：有時雖然學生並未開口表達意見或回答問題，但他心中所產生對訊息的解讀與回應，會形成一種師生間沉默的互動，而且學生會期待驗證或釐清自己的解讀是否正確，此時即產生回饋的需求。對此需求，除了教師傳統口語與肢體語言引導、互動外，按鈕式互動中按下按鈕的動作暗示及產生的教材變化，可視為教材對學生需求的直接回饋、互動。

初步討論互動按鈕之使用時機如下：

1. 進行非結構、沒有固定順序流程的探究式教學活動時，運用「開關、關閉」、「全開關」分別控制單一或全體物件出現或消失。
2. 以概念圖模式來教學時，可運用「開關、關閉」、「全開關」、「接龍」、「序列開關」來控制下一概念的出現。
3. 進行路徑等一筆畫主題時，可運用「線開關」來標示移動的路徑。
4. 進行棋類、填魔方陣…等遊戲時，可運用「多元開關」、「序列開關」來產生隨意的效果。

按鈕可以是看的到的形體，如：一個多邊形、一個數學符號或一段文字說明…等；或透過將其透明度設定為 100%（完全透明）的方式，讓觀眾無法看到。不論按鈕是否可見，按鈕的外觀、位置、周圍的物件或課堂情境的脈絡及老師口語的引導，都會給予觀眾暗示，預先提示所觸動物件之性質或意涵。

經驗上，透過滑鼠觸動按鈕來啓動物件時，觀眾會先隨著滑鼠將視線移動到按鈕上，按鈕（即滑鼠）和所觸動物件兩者間位置之差異，會產生不同的效果，討論如下：

1. 按鈕和所觸動的物件間位置有差距時，觀眾視線在兩者間游移，除了容易疲勞外，亦會提高錯失其它訊息的機率。位置上之差距容易降低兩者間的關聯性，如果是因畫面之空間限制，而無法將兩者放在附近時，建議輔以口語協助，預先導引觀眾之視覺焦點至正確位置。
2. 按鈕和觸動之物件間位置差距不大時，除了可顯現出兩者間的關聯性外，因觀眾之視線早已被吸引至物件附近，比較有利於訊息之捕捉與處理。

整體而言，按鈕之設置帶來隨意性的優點，但教師本身必須對於個別按鈕所控制的動畫及其位置所在相當精熟，否則勢必出現混亂的狀況，解決方式如下：

1. 形成動畫按鈕之設計的一般原則。如：以「頂點」來控制角平分線、高之動畫，以「中點」來控制中垂線、中線之動畫，以物件中央區域來控制面的動畫…等。

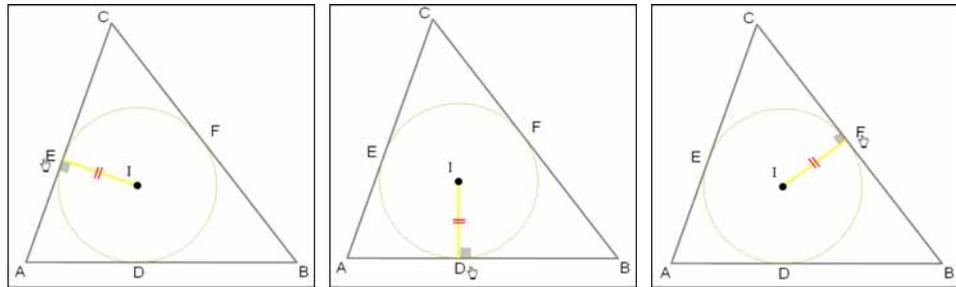


圖 6-6：以垂足為按鈕來控制線段之出現

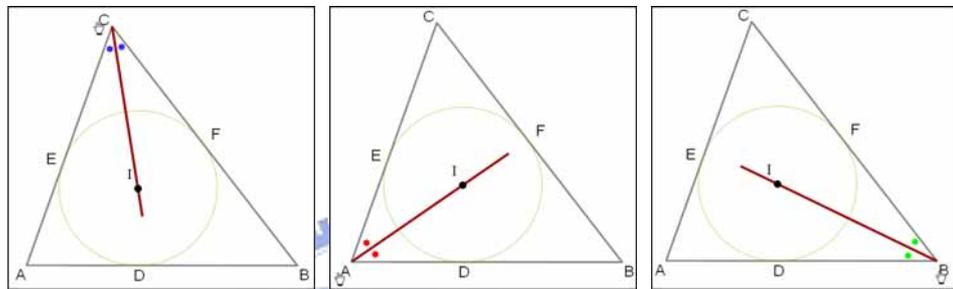
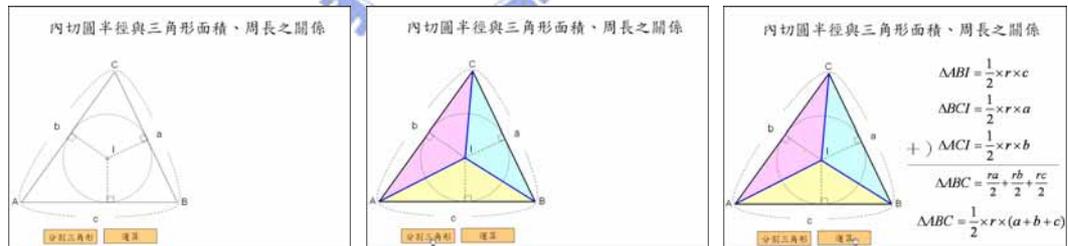


圖 6-7：以頂點為按鈕來控制角平分線之出現

2. 將按鈕統一安排於固定的位置。



初始狀態

按鈕啓動圖形分割

按鈕控制算式出現

圖 6-8：以置於固定位置之按鈕來控制動畫

3. 在不干擾主要訊息、使畫面顯得複雜下，透過標籤來提示按鈕位置及順序。



圖 6-9：以標籤來提示按鈕位置（引自邱建偉，2005）

6-2 動態呈現之設計原則

ChanLin (1998)、Large (1996) 指出：在知識的表現層面上，某些特定概念透過動態的呈現，可以將一個過程或一種變化作逐步地描述，動態的呈現則較能夠反映這種設計的需求（引自林麗娟，2000）。

本研究所指的「動態呈現」有兩種不同的層面：

1. 將原本離散的靜態畫面，連結成一個看似動態過程的呈現方式，即「步驟式」與「演化式」呈現，說明如下：

相對於一次呈現所有訊息，「步驟式」呈現是分階段逐步呈現、講解的方式，主要牽涉到將概念分解或步驟化；「演化式」呈現則是藉由圖形的演化來發現規律的呈現方式，主要在於動態呈現過程中物件的相似性與差異性。

2. 涉及物件本身的位移、旋轉等動態變化，即動態視覺圖像語言，說明如下：

動態圖像不但具有提供文字敘述的情境，輔助理解數學化文字敘述的功能，呈現數學圖像動態的連續變換過程，如：平移、旋轉、畫弧、延長某一線段或連接兩點成一直線…等，可以使抽象的敘述變成一種直觀的感覺，本研究將這種動態圖像演變所傳遞的訊息稱之為動態圖像語言。

不論哪一個層面的動態呈現模式，在逐步累積物件、進行下一步驟、演化或圖像變動時，舊訊息必須避免因移動而成為視覺焦點或產生不是連續過程的感覺，此即「定位性」設計原則。

表 6-3：動態呈現面向之數學簡報教材設計原則

規 則	說 明
定位性	頁間訊息定位，避免因訊息之重新解讀而產生不連續的感覺。
步驟式呈現	概念分解或步驟化。
演化式呈現	藉由圖像逐步演化過程，呈現相似性與差異性。

動態圖像語言	觀看圖像動態的連續演變過程，如：平移、旋轉…等，可使抽象的文字敘述變成一種直觀的感覺。
--------	---

6-2-1 定位性設計原理

數學教材常以一個幾何圖形為底圖，於其上逐步增加物件，或透過觀察圖形演化的軌跡，來協助發現規律，或將一個煩雜的主題區分成若干步驟講解…等，在此逐步累積物件、進行演化或下一步驟時，舊訊息必須避免因移動而成為視覺焦點或產生不是連續過程的感覺，此即「定位性」設計原則。

在經驗上，變動的東西具有最強的視覺吸引力，當我們逐步呈現教材時，如果舊訊息有移位或改變顏色等變動時，學生可能會將其視為新訊息，而再花費精神去辨識它，產生不必要的認知負載。於是不論訊息是否在同一頁面，我們都必須保持將舊訊息定位、定色。

教材上物件之「定位」，有全區定位、局部區域定位及物件定位三個層次，必須要兼顧此三個層次的定位要求，才能避免物件之移位所產生的不連續感覺，進而由繪圖上的定位，衍生出動畫上的定位。分別討論如下：

1. 全區定位：

「全區定位」指的是不同頁之間物件的定位。PowerPoint 本身即具備很強的全區定位功能，物件之複製會保留其位置訊息，在該位置上無相同大小物件的前提下，可將該物件貼至不同頁上的相同位置，達到不同頁之間準確定位的目的。

2. 局部區域定位：

「局部區域定位」指的是在一個頁面上，物件的精準定位。PowerPoint 中的座標、格線、格點或物件吸引點…等輔助工具來達到局部區域準確定位的效果；「檢視」工具列下的「格線與輔助線」中之貼齊物件、貼齊格線及「繪圖」工具列下的「對齊或等距分佈」中之多種對齊功能，亦可輔助局部區域精準的定位。

3. 物件定位：

「物件定位」指的是透過物件的局部結構（如：邊、頂點、等分點、內心、外心…等）所衍生的定位訊息，達到準確定位的效果。**PowerPoint** 並無物件定位之功能，必須透過 **MathPS** 中來達成物件定位之效果。

MathPS 的「**Show**」可以衍生物件的中心點、端點、轉折點、等分點、交點及邊線…等訊息；「**Create / Connect**」可以將點連接成面或線，或將線連接成面；「**Create / Circles**」以產生圓上圓的方式來提供圓上物件的定位；「**Convert**」則可以轉換線與面，如：將多邊形轉變為線段或將線段轉換為多邊形…等。綜合上述的功能，幾何繪圖部分即可透過點、線、面訊息的定位，提供構圖的鷹架。

數學物件上定位之需求還包含平移、旋轉及物件比例縮放的問題，可以利用「**Structure**」內一系列複製法，如：定線複製法、定框複製法、定角複製法…等，解決人機介面上溝通的困難，達到準確定位的需求。

以國中階段常見的一個證明題圖形（如圖 6-5）為例，說明物件定位之情境：繪圖過程中必須精準地在 \overline{AB} 及 \overline{AC} 上各作一個正方形，並分別利用 A、B、D 及 A、C、F 六點作出兩個三角形。上述兩個定位上的要求，分別利用 **MathPS** 中的「**Structure / Line Base**」、「**Create / Connect**」即可準確的定位。

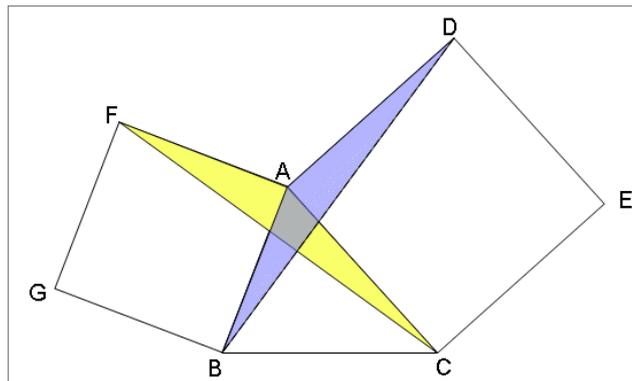


圖 6-10：「物件定位」之例子

6-2-2 步驟化呈現模式

ChanLin & Okey (1994) 指出：連貫性的訊息適合在同一畫面呈現，但如果螢幕中訊息份量過多時，應將複雜的訊息加以分解，採用分層呈現的方式提供重點（引自林麗娟，2000）。

林麗娟（2000）則指出：分層呈現的設計乃在於分割一份量繁重的訊息塊，藉螢幕逐步呈現訊息而引導學習的重點。林麗娟（2000）並進一步指出分層呈現在操作上應注意以下兩點：

1. 整體連貫性：

爲了維持分層呈現訊息之整體性，且避免訊息在分割後，因缺乏視覺性提示，而造成訊息不連貫性的問題，設計者可利用背景顏色或以圖像、標題及頁數標示於每一個相關訊息畫面等方式以幫助聯繫。

2. 分層對應之相關性視覺訊息須同步呈現：

相關的圖形與文字同時呈現的運用固然可引導注意，但如果同時呈現的訊息不相關，則對同時呈現的兩個（或多個）訊息單位會造成彼此干擾的現象。在這種情況下，一般人只能在單位時間內（以極短暫的時間）選擇其中之一特定的訊息單位作爲處理的重點。相對的，Winn（1993）則指出：當同步呈現的訊息相關，則彼此間之競爭性小，因爲相關性的訊息，可使得必須同步處理之訊息，互相填補其間遺漏的空間。

以數學內容而言，數或代數式之運算或推導、幾何邏輯推理證明、尺規作圖之程序性操作…等，內容繁雜但結構明確，往往必須步驟化分層講解，本研究將此種步驟化的分層呈現模式稱爲「步驟化」呈現模式。

對同一主題而言，步驟化呈現時，可能會因爲教師理念或學生能力、學習特性…等之不同，而使各步驟的順序、時間及分層數有所差異，簡言之，步驟化呈現的方式並不固定、順序並不唯一。此外，範圍較大或較複雜的主題採步驟化呈現時，可能必須利用到多種類型的軟體、多個檔案或多個頁面，即步驟化呈現並非侷限於同一頁面的分層呈現。

「步驟化」呈現模式在整體連貫性上的重點爲：維持物件之位置、大小及顏色上的一致（即定位及定色），避免因產生不連貫的感覺，而必須重新搜尋、辨識物件。同時涉及圖像與文字兩種符號訊息之主題，如：幾何推理、尺規作圖或搭配圖像輔助之公式推導…等，必須將相關訊息同步呈現，一方面使學生得以同步處理，另一方面則使兩類訊息發揮互補的功效。

步驟化呈現模式將教材分割為一個個小區塊來逐步講解，可視為因應課堂上無法重複操作太多次之限制的方法之一。如果搭配「按鈕」之設計，由老師彈性控制各步驟呈現的時間，可更符合適性化的要求。

步驟化呈現是利用定位性設計原則，將多個靜態的畫面，連結成看似動態的過程，意義在於推導過程之分層來分割大量訊息，而非圖文的逐步出現。設計上，每個靜態畫面仍必須符合層次性、群化關聯性，才能降低雜訊，有利於辨識。

PowerPoint 提供之高視覺引導性的逐字呈現動畫在商業簡報上具有特殊效果。以課堂使用的教材而言，在製造懸疑、趣味…等希望全體一致注意的情境時，此種高視覺引導之逐字出現相當有效，但逐字呈現一般性內容，如：簡易代數運算、尺規操作程序…等，反而對部分學生產生限制，即必須符合架構完整性原則。

內切圓半徑與三角形面積、周長之關係的例子（如圖 6-11）中，將解說過程區分為引導圖形分割與代數式運算兩步驟，因代數式在圖形分割後才得到，所以一開始先隱藏；為了適性化的考量，一次呈現所有代數式；利用相似律，將分割的小三角形及其對應的代數式塗上相同的顏色，以加強圖像與文字間的關聯。



圖 6-11：步驟化呈現解題過程

國中階段的尺規作圖並不複雜，一次呈現所有物件可使學生了解完整的架構且可避免對學習速度較快之學生產生限制，即必須符合架構完整性設計原則；必須使物件有層次之分，突顯當下講述的重點，即必須符合層次性設計原則；利用相似律及共同命運律，以色彩或樣式上的差異，讓尺規痕跡與原有物件產生區別，並讓當下講述的尺規痕跡與步驟文字說明同時突顯，以加強兩者間的關聯，此即群化／關聯性設計原則，如圖 6-12。

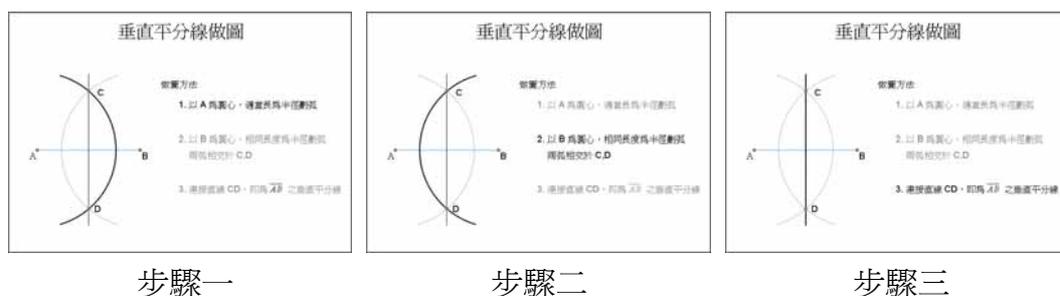


圖 6-12：步驟化呈現尺規作圖

6-2-3 演化式呈現模式

藉由圖像逐步演化、改變的過程，來觀察訊息演變整體上相似性與差異性的呈現方式，稱為「演化式」呈現模式。相較於步驟化呈現之不唯一的順序，演化式呈現有其一定的演化順序；而演化式呈現和步驟式呈現的相似點在於圖像改變屬於離散性的變化，都是利用準確的定位，將靜態畫面連結成看似動態的過程。

圖形的演化有時是在不破壞原先狀態下的增生，如，有時演化則會破壞原先狀態。基於不同目的，演化式呈現會有兩種版面配置的差異，說明如下：

1. 依序並排演化過程：

並排演化過程可使觀眾自己掌控視線焦點，依自覺之需求觀察變化中各階段的差異，如圖 6-13。然而，因為是現必須往返注視不同訊息，當訊息量較多或較複雜時，則不容易觀察到細微的部份。此時，定位性的要求較低，設計之重點在於清楚標示演化順序。

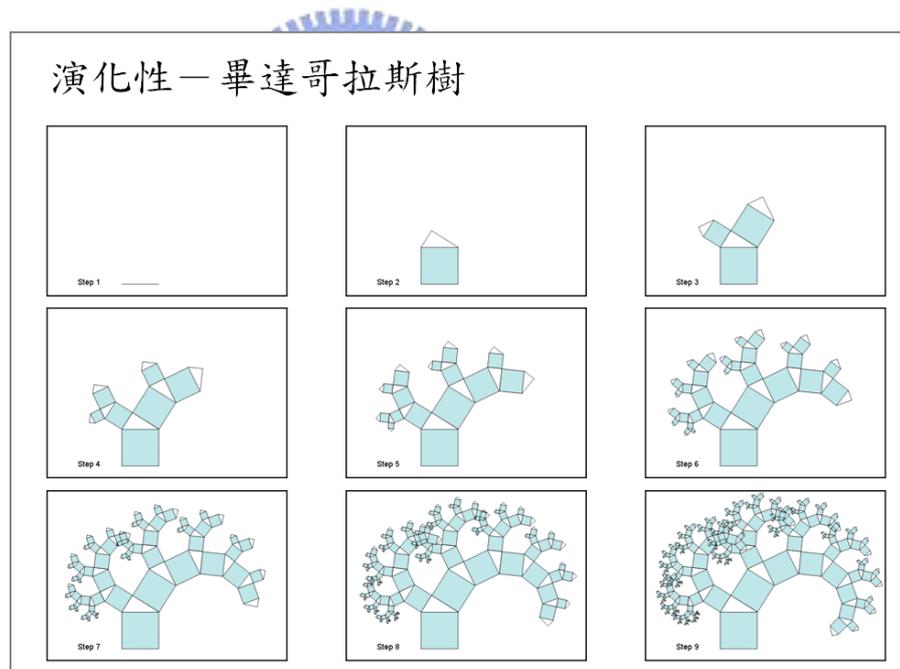
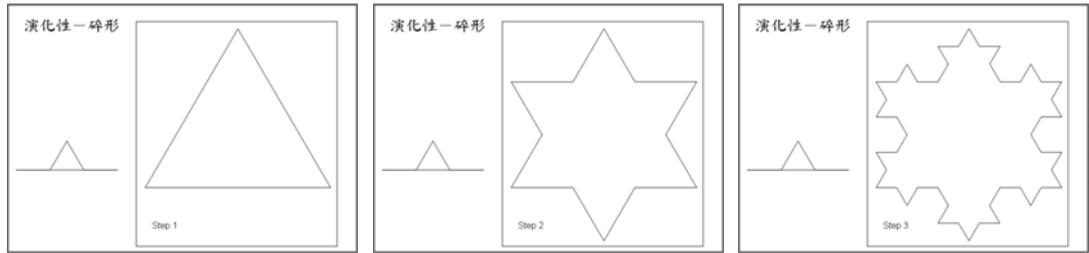


圖 6-13：依序並排演化過程

2. 在同一位置上進行演化：

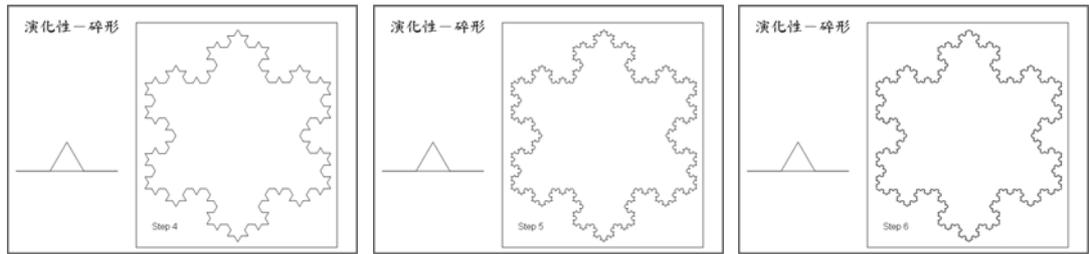
在同一位置上進行演化，有利於突顯圖像變化過程所累積的整體感覺，亦較容易觀察到細微的變化，可由系統或教師來掌控呈現的時機與速度，如圖 6-14；或透過按鈕來控制，如圖 6-15。設計上，物件之準確定位非常重要，位置上稍有偏差即會產生不連續的感覺。



畫面一

畫面二

畫面三



畫面四

畫面五

畫面六

圖 6-14：在同一位置上進行演化

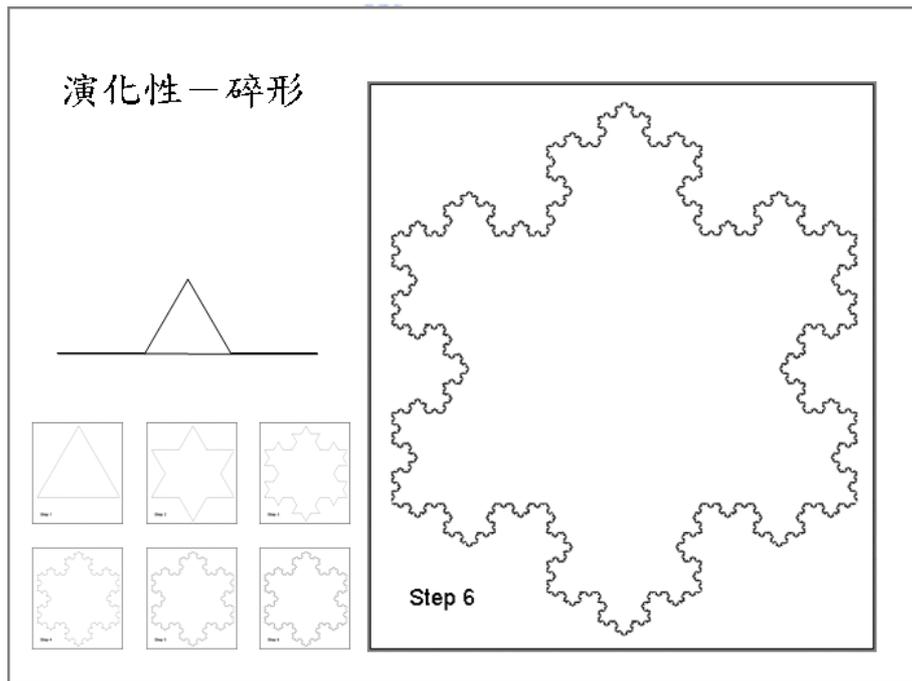


圖 6-15：透過按鈕之控制在同一位置上進行演化

6-2-4 數學動態圖像視覺語言

林麗娟（2000）指出：「動畫在程序性知識中用以作為一過程的詮釋模式。在功能上，動畫提供多元化的記憶處理，除了引發注意外，也兼具過程表徵的建立。」

國中階段數學課程的部分主題涉及到圖形的動態變化，如旋轉、平移及鏡射（摺紙）…等，限於在黑板或紙本上呈現動畫之不易，學生通常在老師的口語或文字描述的引導下，透過帶有箭頭之線條等標示來憑空想像圖形的動態變化的過程。此外，亦會透過色調的高低差異或虛線與實線的區別來表達物件的時序性，如圖 6-16。

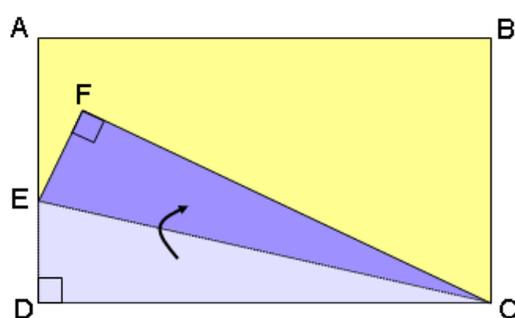


圖 6-16：以靜態方式呈現動態演變過程

以下針對數學教材常出現的剛體變換（平移、旋轉）與尺規作圖進行探討。

6-2-4-1 剛體變換

相較於僅呈現初始狀態、最終狀態兩個靜態圖像，如果能呈現由起始狀態轉變成最後狀態的連續過程，以動態圖像語言形式的訊息來傳遞教材內容，可使抽象的文字敘述變成一種直觀的感覺，會有利於學生在長度、角度、面積等幾何量相等方面的邏輯推理。

事實上，學生必須要能依文字的敘述而直接操弄心中的圖像，才會有利於數學的學習，但這種抽象思考的方式必須以具體物之操弄的經驗為基礎。動態圖像語言的呈現即在以具體模擬來協助學生操弄心象，對於已具備操弄心象能力的學生而言，不論靜態或動態呈現文字所描述的情境，都不會有太大的差別。

透過切割三角形並平移成長方形的方式來說明平行四邊形面積公式時，動態呈現三角形之平移過程，可以降低學生自行在心中模擬移動過程之負擔，亦可釐清兩三角形是否全等的疑問，如圖 6-17。

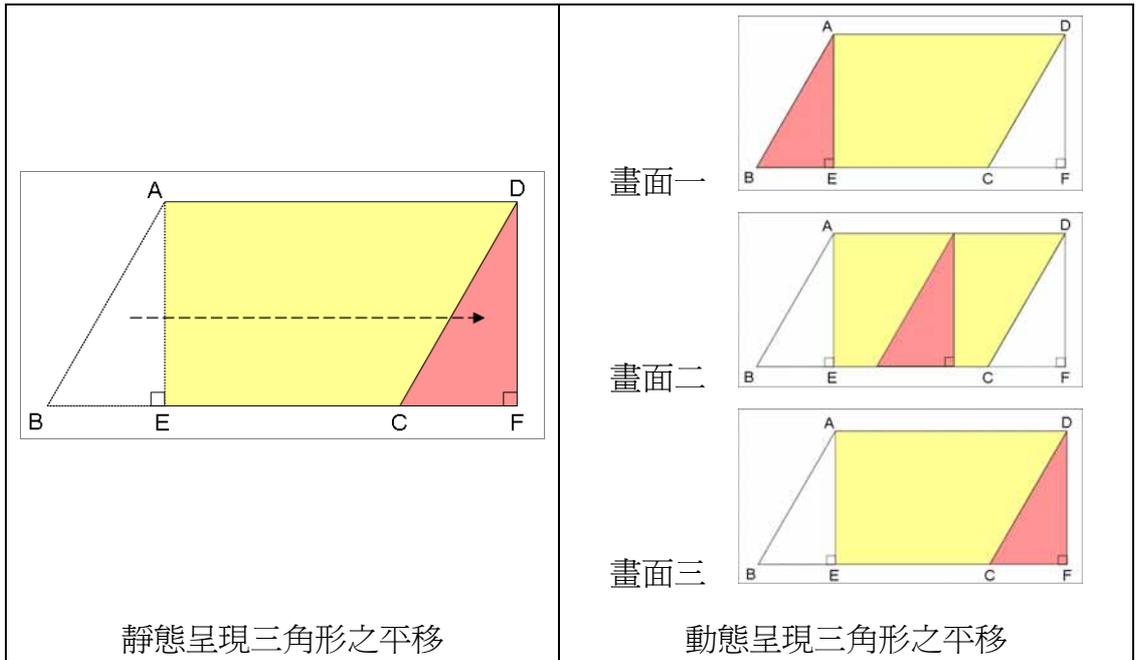


圖 6-17：靜態呈現與動態呈現三角形平移之差異

透過切割三角形並旋轉成平行四邊形的方式來說明三角形面積公式時，動態呈現三角形之旋轉過程，除了降低學生自行在心中模擬移動過程之負擔外，更有利於學生推理圖形中相對應角度與對應邊長，如圖 6-18。

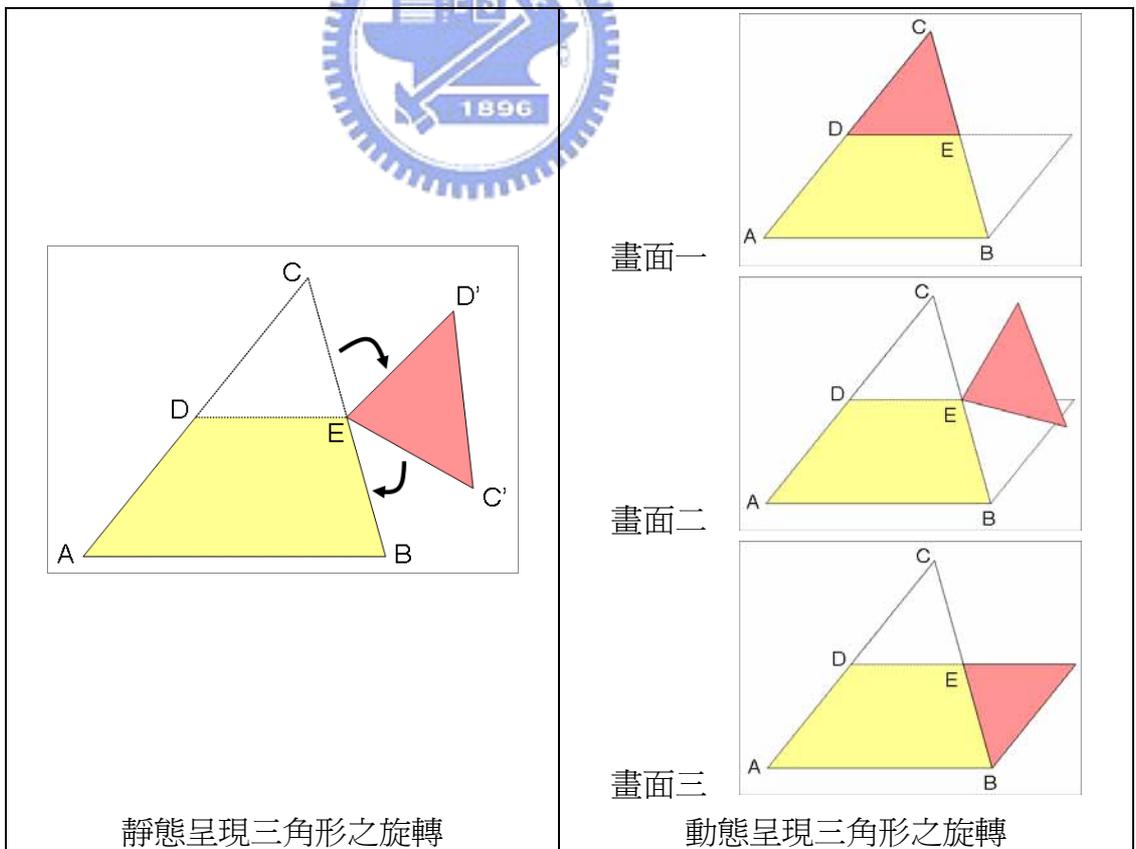


圖 6-18：靜態呈現與動態呈現三角形旋轉之差異

數學物件之平移通常是依指定方向平移特定長度，旋轉則是以特定點為旋轉中心來旋轉特定角度，設計時都必須精準的定位，以下簡略討論操作方式。

在簡報軟體的工作模式下，利用拖曳的方式即可直接操弄物件的平移；透過「快取圖案格式／大小」可設定物件的旋轉角度，如圖 6-19；或利用物件上方綠色控制點來手動旋轉，一般以物件中心點為旋轉中心，如圖 6-20，如同時壓下 **Ctrl** 鍵，則會以物件周圍八個控制點中，位於綠色點正對方之點為旋轉中心，如圖 6-21；此外，如同時壓下 **Shift**，則旋轉的角度會限制為 15 的整數倍。

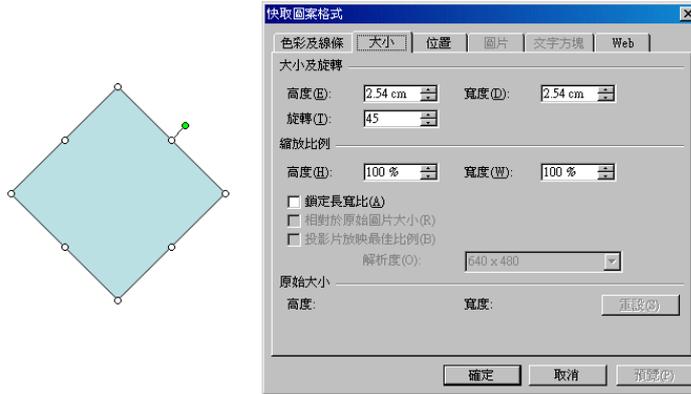
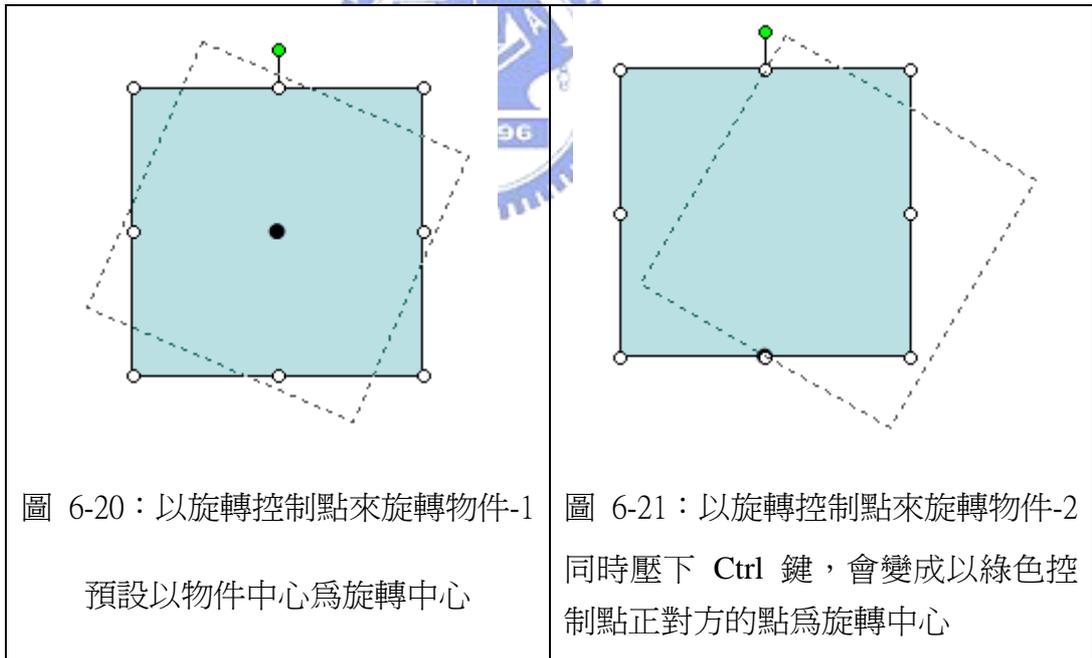


圖 6-19：以快取圖案格式來旋轉物件



在播放模式下呈現動態效果時，「自定動畫／影片路徑」的功能可以用來設定物件的位移，該功能除了提供相當多的預設路徑（如圖 6-22）外，亦可以繪製自訂路徑（如圖 6-23）。



圖 6-22：預設之影片路徑對話框



圖 6-23：繪製自訂路徑對話框

物件在播放模式下，當其移動的終點必須十分精確時，可透過起始、最終狀態時的中心點來定位。以說明平行四邊形面積公式時，三角形的平移為例，簡述操作過程如下：

1. 搭配「Show」、「Create」、「Geometer」中的功能精準畫出欲移動的三角形，如圖 6-24。
2. 利用「Structure / Original」的功能，在原位置上複製一個三角形；啟動簡報軟體中「貼齊物件」的功能，將欲移動的物件移至目的地；利用 MathPS 中「Show / Center」的功能顯示初始、最終位置上兩物件中心點，如圖 6-25。
3. 將欲移動的三角形移回原位；利用兩中心點來定位，繪製自訂路徑來控制物件之移動，如圖 6-26。



圖 6-24：物件平移之定位-1

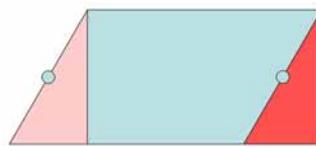


圖 6-25：物件平移之定位-2

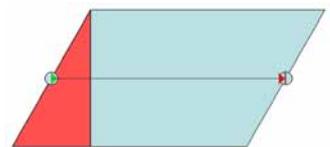


圖 6-26：物件平移之定位-3

利用「自訂動畫／強調／陀螺轉」的功能可在播放模式中動態呈現旋轉效果。其中，物件旋轉角度值取得方式為有二：1. 將物件在工作模式中旋轉至最終位置；2. 透過快取圖案格式來讀取其旋轉角度。

陀螺轉的限制是其固定以物件中心點為旋轉中心的方式缺乏彈性，無法滿足數學物件旋轉上的需求，搭配 MathPS 中「Animation / Rotation Center」的功能，

即可以設定以任意點為旋轉中心。例如：欲以三角形的頂點為旋轉中心時，簡述操作方式如下：

1. 執行「Show / Vertices」顯示三角形頂點，如圖 6-27。

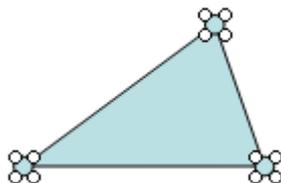


圖 6-27：顯示三角形頂點

2. 刪除多餘的頂點；依序選取頂點、三角形，並執行「Animation / Rotation Center」指令，如圖 6-28。

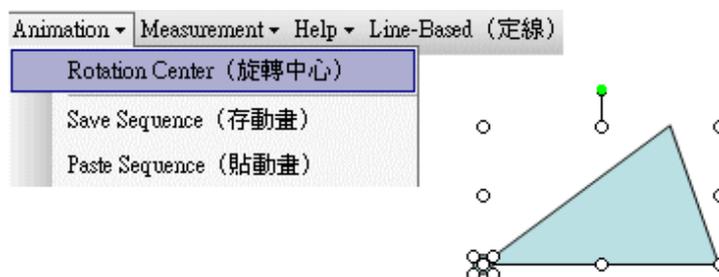


圖 6-28：設定旋轉中心

3. 在工作模式下，透過綠色旋轉點之控制，即可使三角形以頂點為旋轉中心來旋轉任意角度，如圖 6-29。

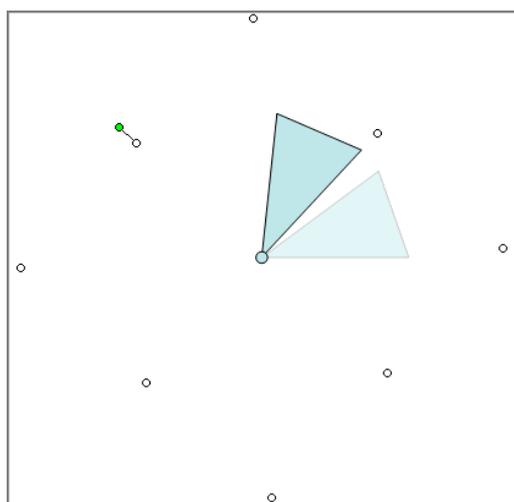


圖 6-29：三角形以頂點為旋轉中心而旋轉

6-2-4-2 尺規作圖

尺規作圖可以區分為畫弧（或圓）及連接（或延長）線段兩種類型，以步驟化呈現可以免去搜尋的困擾，並有助於釐清物件時序上的關係，然而，將弧或直線透過動畫之設定，可進一步模擬符合真實尺規作圖情境。分別就物件製作及動畫設定兩層面討論如下：

1. 線段：

「線段」物件可利用 PowerPoint 的「快取圖案／線條」功能來製作，如需要精準定位時，除簡報軟體本身的定位功能（如貼齊物件或格線）外，亦可搭配 MathPS 中「Create / Connect」，透過「點」的訊息來連接線段。設定動畫時，簡報軟體的「自訂動畫／出現／階梯狀」的功能，可以模擬延長一線段，或過兩點連接一直線的感覺。

2. 弧：

簡報軟體中畫弧的功能相當有限，往往無法得知畫圓弧時所依據的圓心或半徑，或畫出通過任意兩點之圓弧。MathPS 「Geometer / Arc」提供多種「弧」物件製作方式，如：半圓弧、線畫弧、點畫弧、兩點畫弧及三點畫弧。以過 A 點劃弧為例，簡述線畫弧之操作步驟如下：

- (1). 複製一點 B；利用「Create / Connect」連接 \overline{AB} ；依序點選 A 點及 \overline{AB} ，執行「Geometer / Arc / Arc by Line」，如圖 6-30。

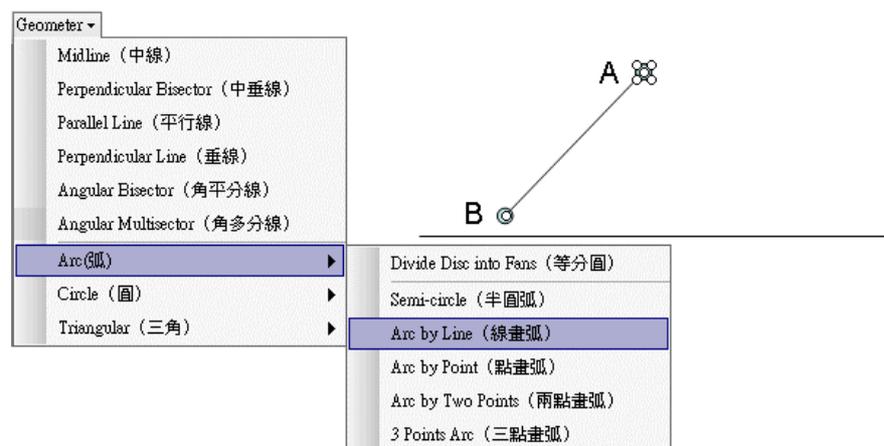


圖 6-30：線畫弧操作實例-1

(2). 在對話框內輸入欲畫之弧的角度，如圖 6-31。



圖 6-31：線畫弧操作實例-2

(3). 出現以 \overline{AB} 為始邊，角度值為 100 之弧，如圖 6-32。

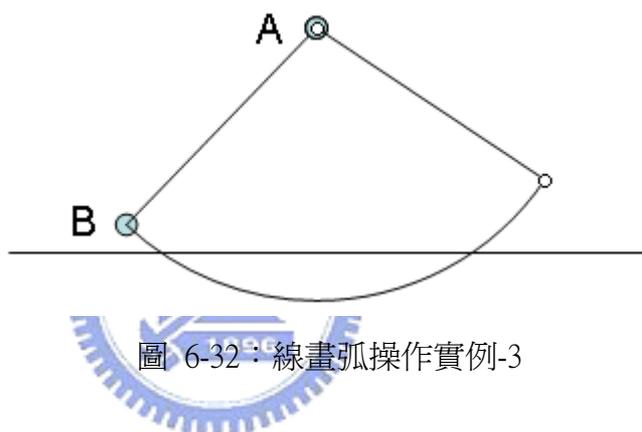


圖 6-32：線畫弧操作實例-3

簡報軟體「自訂動畫／出現／滾輪」的功能，可以模擬劃弧的感覺。此外，將上例中的 \overline{AB} 設定為虛線並加入箭頭方向，利用 MathPS 的「Animation / Rotation Center」設定 A 點為旋轉中心，以陀螺轉方式逆時針旋轉 100° ，在播放模式下，搭配口語的引導，可以呈現出弧的圓心及半徑，如圖 6-33。

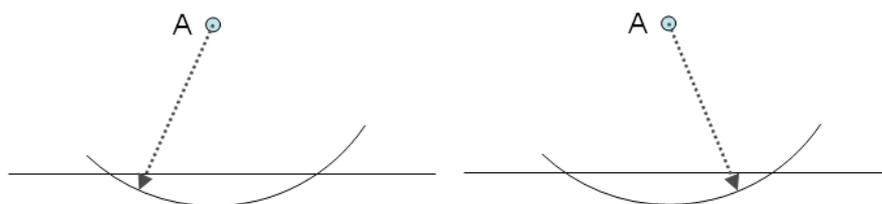


圖 6-33：動態呈現弧的圓心及半徑

第七章 結論與未來發展

7-1 結論

本研究在第五、六章將數學教材設計原則區分為四大面向。其中，在學生專注於理解訊息前，影響學生對訊息之初步理解的相關原則歸納為基本安排面向；學生透過教材來觀察、學習時，就畫面上物件的變動與否，將教材呈現區分為動態觀察面向與靜態觀察面向；課堂中師、生與教材三者間的互動，歸納為師生互動面向。

上述四大面向的設計原則及相關理論基礎之關係綜合如圖 7-1，討論如下：

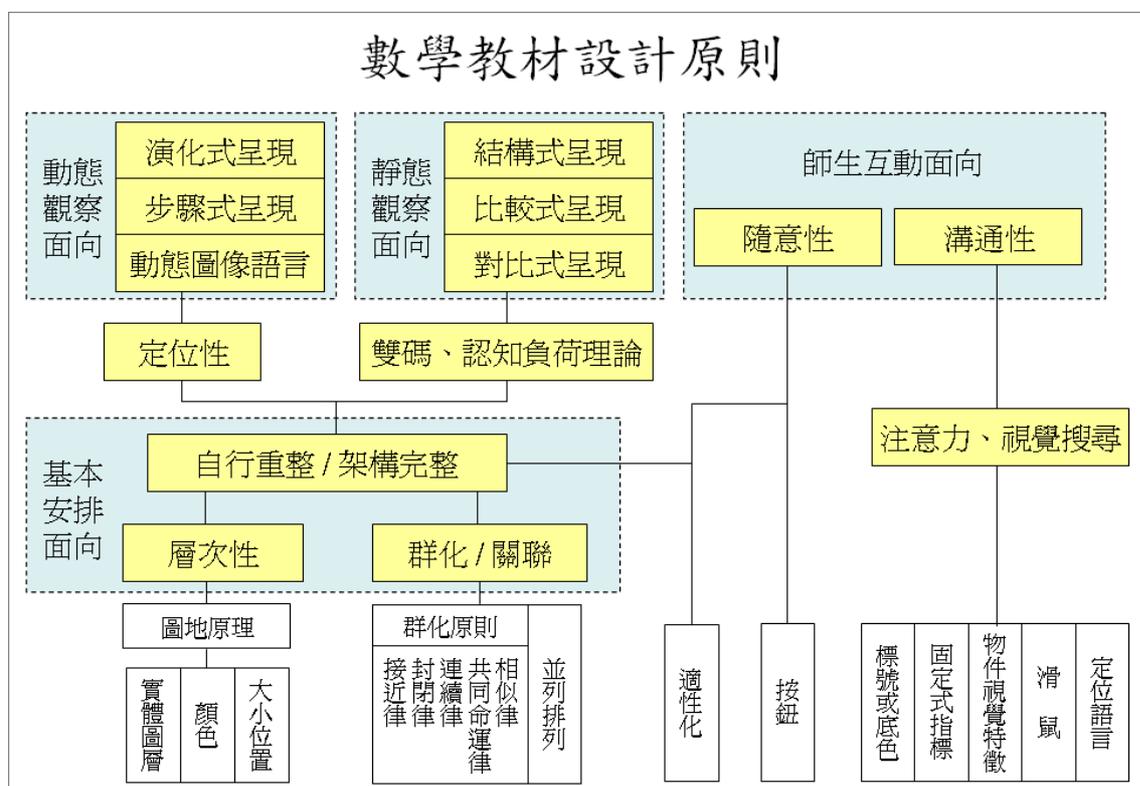


圖 7-1：數學教材設計原則

1. 動態呈現教材時，為避免物件因位移而成為視覺焦點或因產生非連續過程的感覺而重新解讀訊息，物件必須準確定位，即必須符合定位性設計原則；靜態呈現教材時，牽涉到文字、圖像、口語等不同形式之訊息間的關聯，設計上必須遵循雙碼理論及認知負荷理論之研究成果。

2. 動、靜態呈現教材時，物件設計必須符合基本安排面向的設計原則，包含自行重整／架構完整性、層次性及群化／關聯性設計原則，其中，自行重整及架構完整性以層次性及群化／關聯性設計原則為基礎。
3. 知覺具有組織性及整體性的特性，妥善運用視覺元素、群化原則及圖地原理，可降低雜訊的干擾及組織教材的負擔，協助學生「型」的發現，即達到層次性與群化／關聯性。操作上，透過實體圖層、顏色、大小及位置之設計來使物件的層次產生區隔；透過線條的连接、位置上的距離、具備相似的元素或共同的特質的設計來傳達物件的關聯性。
4. 師生互動面向包含溝通性及隨意性設計原則，按鈕與指標物件…等的設計，有利於師生及教材三者的互動。隨意性是指教材操作、呈現上的彈性，可透過按鈕式互動來達成；溝通性是指教師可以順利導引學生的注意力至正確物件上，以注意力及視覺搜尋之理論為基礎，可透過物件的視覺特徵或動靜之分的差異或外在的固定式指標、標號、底色或滑鼠游標…等來達成正確的溝通。
5. 基於適性化的需求，教材必須具備自行重整及架構完整性，操作上亦必須具備隨意性。



以搭配 MathPS 的 PowerPoint 為平台來製作數學教材時，其功能可使教材之設計有利於符合上述設計原則，說明如下：

1. 綜合 PowerPoint 的全區定位、局部區域定位及 MathPS 的物件定位，可使物件準確的定位，有利於步驟化及演化式呈現模式。
2. MathPS 的幾何繪圖功能及對複雜物件的處理能力，足以製作國中階段的幾何圖形、教學輔助符號；按鈕模組之設計滿足課堂情境互動之需求。
3. PowerPoint 預設之動畫，有助於將抽象的文字敘述變成一種直觀的感覺；色彩（色調與明度）、透明度、圖層、線條樣式、底色等視覺元素，有利於設計符合層次性、群化／關聯性、溝通性設計原則之教材。

數學簡報教材在呈現上可以突破傳統版書之限制，但並非所有主題或整個教學過程都必須使用簡報教材來授課，傳統版書及資訊軟體設計之教材應是並存、相輔相成的關係。

7-2 未來發展

本研究以搭配 MathPS 之 PowerPoint 為平台，以國中階段數學課程為內容，初步歸納呈現的設計原則，然而，此設計原則並不侷限於數學課堂情境，未來可以本研究為基礎，探討不同階段、科目的課堂或預習、補救教學、商業簡報…等情境所需的設計原則。

隨著研究的進行，我們發現問題的複雜度隨之升高，即使僅是文獻及相關理論的探討都是挑戰，因此，本研究著重在簡報教材設計原則的探討，以及其相關的支持理論，並依照規納的原則，選擇一些教材實踐，經由定期的研討會作初步的評估，未來需要進一步的進入教學現場實際的測試。

本研究就視覺呈現之層面歸納教材設計原則，其運用的時機及成效，仍有待未來結合教材教法及教學策略，進入教學現場實際的測試，做更進一步的研究。此外，須對知覺理論做更深入的探討，才能進一步證實本研究所歸納之設計原則。



參考文獻

中文部份

1. 中國視聽教育學會譯(1994), Kemp, J. E., & Smellie, D. C.著。教學媒體的企劃、製作與運用。台北：正中。
2. 王英洲(2003)。教學媒體融入教學面臨的阻礙。資訊與教育雜誌, 85, 5-14。
3. 王全世(2000)。資訊科技融入教學之意義與內涵。資訊與教育雜誌, 80, 23-31。
4. 王秀雄(1981)。美術心理學：創造、視覺與造型心理。台北，設計家。
5. 朱則剛譯(1995)：視覺設計。載於張霄亭等譯：教學媒體與教學新科技。台北：心理。
6. 朱則剛譯(2002)：視覺設計。載於張霄亭等譯：教學媒體與教學科技。台北：雙葉。
7. 李銘龍(1994)。應用色彩學。台北：藝風堂。
8. 李素卿譯(2003)，Eysenck, M. W., & Keane, M. T.著。認知心理學。台北：五南。
9. 李宗薇(1994)。教學媒體與教育工學。台北：師大書苑。
10. 李蕭錕(1986)。色彩的發達。台北：漢藝色研。
11. 何榮桂(2002)。臺灣資訊教育的現況與發展--兼論資訊科技融入教學。資訊教育, 87, 22-48。
12. 吳菁樺，圖地反轉類型標誌意象認知之探討，台北，民93。
13. 吳盛木(1986)。心理學。台北：三民。
14. 宋曜廷，先前知識文章結構和多媒體呈現對文章學習的影響，台北，民89。
15. 邱建偉，在數學簡報系統上設計數學教材之研究，新竹，民94。
16. 林麗娟(2000)。電腦視覺設計：動態性因素與學生特質探討。台北：輔仁大學出版社。
17. 林俊良(2004)。視覺傳達設計概說。台北：藝風堂。

18. 徐照麗（1999）。教學媒體－系統化的設計製作與應用。台北：五南。
19. 徐新逸（2003）。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。
20. 徐易稜，多媒體呈現方式對學習者認知負荷與學習成效之影響研究，中壢，民90。
21. 夏聖亭（1998）。中學數學題巧解妙法。新竹：凡異。
22. 財團法人全錄文教基金會譯（2001）。成功的簡報技巧：彩色化。台北：全錄基金會。
23. 翁嘉鴻，以認知負荷觀點探討聽覺媒體物件之媒體呈現方式對學習成效的影響，中壢，民90。
24. 張國恩（2002）。從學習科技的發展看資訊融入教學的內涵。北縣教育，41，16-25。
25. 張國恩（1999）。資訊融入各科教學之內涵與實施。資訊與教育，72，2-9。
26. 張明勳，彩知覺與意象空間對色彩調和關係之探討，新竹，民88。
27. 張玉燕（1994）。教學媒體。台北：五南。
28. 陳俊宏、楊東民（1998）。視覺傳達設計概論。台北：全華。
29. 陳蜜桃（2003）。認知負荷理論及其對教學的啓示。高師大教育學刊，21，29-51。
30. 陳彙芳、范懿文（2000），認知負荷對多媒體電腦輔助學習成效之影響研究，資訊管理研究，2(2)，45-60。
31. 陳澤民譯（1995），Skemp, R. R.著。數學學習心理學。台北：九章。
32. 郭璟諭，媒體組合方式與認知形態對學習成效與認知負荷之影響，中壢，民92。
33. 教育部，國民中小學九年一貫課程綱要，台北：作者，民92。
34. 溫嘉榮（2003）。教師如何將資訊融入學科成爲教學工具。教育研究月刊，105，75-105。
35. 游恆山譯（1997），Zimbardo, P. G., & Gerrig, R. J. 著。心理學導論。台北：五南。
36. 葉政鑫，運用完形心理學探討介面形態組織關係對注意力之影響，雲林，民91。

37. 黃克文，認知負荷與個人特質及學習成就之關聯，台北，民85。
38. 楊美雪（2002）。教學媒體訊息設計之研究。台北：漢文。
39. 黎煒譯（2000），Koffka, Kurt著。格式塔心理學原理。台北：昭明。
40. 鄭日昌、周軍譯（2003），Rookes, P., & Willson, J.著。知覺－理論、發展、與組織。台北：五南。
41. 鄭昭明（1996）。認知心理學：理論與實踐。台北：桂冠。
42. 鄭國裕、林馨聳（1990）。色彩計劃。台北：藝風堂。
43. 鍾兆慧。國小學童色彩排序能力之研究，新竹，民90。
44. 蔣載榮（2002）。觀念攝影 / 影像的視覺心理剖析。台北：雪嶺。



英文部分

1. Atkins, M. J. (1993). Theories of learning and multimedia applications: An overview. *Research Papers in Education*, 8(2), 251-271.
2. Fleming, M., & Levie, W. H. (1993). *Instructional message design: Principles from the behavioral and cognitive science* (2 ed.). New Jersey: Englewood Cliffs.
3. Jonassen, D. H. (2000). *Computers as mindtools for schools*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
4. Marcus, N., Cooper, M., & Sweller, J. (1996). Understanding instructions. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 49-63.
5. Mousavi, S. Y., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87(2), 319-334.
6. Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
7. Roblyer, M. D. & Edwards, J., (2000). *Integrating educational technology into teaching*, (2nd ed). USA: Prentice-Hill.
8. Sweller, J., vanMerriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-297.
9. Winn, W. (1993). Perception principles. In M. Fleming & W. H. Levie (Eds.), *Instructional message design: Principles from the behavioral and cognitive science* (2 ed., pp. 55-119). New Jersey: Englewood Cliffs.