

摘要

綜合高中是國內目前積極推行的中學主流新學制，其中以行業性向試探為宗旨的專門學程教學，取代之前高職以行業基礎技術人力培訓的教學目標。現行綜高設計專門學程，規劃設計行業領域相關之系列基礎試探課程科目，其重心著眼於廣度的引導認知，致使專業性向層面試探教學的實際課程時數，相對於之前高職課程明顯減少，造成設計基礎教學試探發展的效能連帶低落，教學實際操作困境層出不窮。身為綜高設計專門學程基層教師，面對問題解決的途徑，唯有引用數位教學科技研發教學媒體，改革以往技能演練實習的教學方式，代之以試探認知的操作展演學習方法，建構設計基礎教學新模式。

本研究的目的是在建構智慧型電腦輔助創意發想教學系統模式，期以電腦互動式人性介面的媒體平台，展演認知發展的教學操作。研究探討以造形視覺構成為系統模式試驗題材，運用人工智慧專家系統理論指引造形構成創發嘗試的法則路徑搜索策略，提供知識啟發訊息觀念，建置於電腦 2D 平面繪圖軟體平台。模式之實際試驗，則以相同教學單元，針對學習母群(班級全體學生)，進行新舊模式的教學展演，並全程觀察記錄，再作事後之問卷調查及比對分析檢討。數位教學科技運用發展的教學媒體新架構，印證在設計創意發想的教學操作上，已漸漸從輔助教學的配屬媒體，轉化為推展教學的主體教案。

關鍵詞：專門學程，電腦輔助教學，人工智慧，路徑搜索，教學展演。

Abstract

The Comprehensive Senior High School is one of the most promising high school education systems in Taiwan. In this system, every department in school will establish various professional tracks based on the results of students' career aptitude tests. This is a new trend that will replace of the aim of traditional vocational schools- train the students of basic professional skills in every field.

The subject designed for various basic professions in comprehensive education puts more emphasis on the guide of career aptitude test regarding basic professional knowledge, but that also leads to a big number of difficulties in the practical aspects. For instance, the time for the basic courses comparing to that of vocational schools is reduced, and the teaching effectiveness for the development of experimenting teaching is declining, too.

As a teacher in comprehensive school, I believe that the use of digital aids to support classroom teaching is the only way to resolve current predicament. We need to reform the internship of professional subjects by teaching students to operate cognitive testing device so that the courses for basic professional will be improved.

The aim of this research is to develop an intelligent CAI system that helps teachers creating teaching methods and to enhance students cognitive ability by the media platform that provides an interactive interface.

This thesis also covers transferring the experimenting subjects on system mode to graphic mode on a two-dimension graphic software platform. To switch the system mode to graphic mode, concept of artificial intelligence, professional system theory, structure forming, and route searching strategy will be used to build this system.

The system is proved its practical usage in classroom by means as followed. First, observe and take notes about the reaction of the class by having different teaching demonstrations, then compare the old and new systems by analyzing the opinion poll. It is proved in the practice that the digital technology has become the major position of teaching instead of subsidiary one.

Keywords:comprehensive department (professional tracks), artificial intelligence, route research (searching) , teaching demonstration.

誌謝

從事基層技職教師 20 餘年來，首次『改途』嘗試研究學涯，便有幸得恩師吳銜容教授的引領鼓勵，使學生從當初的猶豫擔憂，進而決心挑戰這段『老學生』的生活。從研一的摸索開始，漸入專研領域，再結合工作經驗及困境的探討解決，最後成為論文題目，三年來教授不間斷地提醒指點，終使有明確的研究方向；甚至論文寫作的批正、揣摩推究，皆不厭其煩地指導教誨，學生謹此表達心中無限感激。

在東海大學工設所學習的三年期間，由於本身教職工作之故，只能盡力協調選擇選修本所相關領域學門，深得 謝教授志成及 王教授中行兩位老師的不吝指教，和寶貴建議；並允准在百忙中，撥空給予論文審查，使論文謬誤得以及時修正，由衷銘謝。

另外，所內的學長、學弟們不時的融洽探討，激勵發想，實得益不少；而因個人的虛長倚老，偏勞同窗學弟們三年來的所務分配，常覺得有現成的上課享受，令人溫馨感念，著實難忘東大工設所的幸福日子。

六學期以來，個人任職的明道中學校方，提供最大的配合支持，使學業得以順利完成，特此感謝。還有參與研究試驗的綜二 16 班全體學生，你們的真誠認真，令身為導師的我，深為驕傲感動。

最後，感謝內子不斷地鼓勵及容忍，和女兒們的加油，在此僅將此論文獻給最親愛的家人。

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
誌謝	III
目錄	IV
圖目錄	VII
表目錄	IX
一、緒論	1
1-1 研究背景	1
1-2 研究動機	1
1-3 研究主題	2
1-4 研究目的	3
1-5 研究方向	3
1-6 研究方法	4
1-7 研究架構與步驟	5
二、文獻探討	6
2-1 造形構成原理	6
2-1-1 造形基本概念	6
2-1-2 造形心理學	8
2-1-2-1 完形心理學	8
2-1-2-2 實驗美學	11
2-1-2-3 形式原理的衍生	12
2-1-3 平面構成	14
2-1-3-1 構成條件	15
2-1-3-2 構成形式	16
2-1-3-3 構成要素	17
2-1-3-4 構成表現	18
2-1-4 線之構成	21
2-1-4-1 線的構成方法	21

2-1-4-2 形式構成法則.....	22
2-2 認知教學.....	25
2-2-1 認知教學與教學策略.....	26
2-2-2 建構取向之教學設計.....	28
2-2-2-1 認知建構導向的教材教法設計.....	29
2-2-2-2 建構取向的教學策略.....	30
2-3 創意思考.....	30
2-3-1 創意發想之實務法則運用.....	30
2-3-2 創意思考教學.....	34
2-3-2-1 創意思考教學目標與架構.....	34
2-3-2-2 創意思考教學實施模式.....	35
2-4 電腦輔助教學.....	36
2-4-1 電腦輔助教學之運用模式.....	37
2-4-2 電腦輔助教學與互動超媒體科技之整合.....	38
2-5 人工智慧知識庫.....	40
2-5-1 專家系統與構成法則.....	41
2-5-2 產生式系統.....	42
2-5-3 知識的定義.....	45
2-5-3-1 知識庫.....	46
2-5-3-2 視覺構成法則知識.....	46
2-5-4 構成創意發想產生式系統.....	47
2-6 小結.....	48
三、電腦輔助構成創意發想教學平台系統模式建構.....	50
3-1 造形構成創意發想心智模式架構.....	50
3-1-1 感官登錄組織模式.....	50
3-1-2 短期/工作記憶模式.....	50
3-1-3 長期記憶模式.....	51
3-1-4 後設認知模式.....	52
3-2 造形構成法則知識庫模式建構.....	54
3-3 物件引導啟發式圖形路徑搜索專家系統模式建構.....	55
3-4 介入超媒體運用的教學操作平台模式建構.....	57
3-5 小結.....	58

四、電腦輔助構成創意發想教學媒體系統模式之試驗操作	59
4-1 試驗操作架構	59
4-2 試驗操作記要	60
4-2-1 試驗對象母群描述	60
4-2-2 教學展演單元描述	60
4-2-3 單元教學展演程序描述	60
4-3 輔助教學媒體系統模式試驗實況記錄	61
4-3-1 單元教材講授	61
4-3-2 「線構成」實際繪製操作演練	64
4-3-2-1 「超媒體教學操作平台」操作過程實況	64
4-3-2-2 舊式紙上手繪構成操作展演作業實況	70
五、系統檢討與結論	72
5-1 構成發展操作之主題作品數量統計	72
5-2 個人作品構成發展嘗試運用階層法則的路徑節點數量統計	74
5-3 路徑節點搜索落點分佈統計圖示	79
5-4 系統模式操作運用滿意度問卷調查	79
5-5 試驗結果	80
5-6 試驗結果解讀	80
5-7 結論	81
5-8 建議	81
5-9 研究的限制	82
5-10 未來發展方向	82
參考文獻	83
附錄	85

圖目錄

圖 1-1 創意發想的學習認知模式	4
圖 1-2 研究架構圖	5
圖 2-1 圖形與背景	9
圖 2-2 組合性圖形	10
圖 2-3 閉鎖性圖形	10
圖 2-4 輪廓現象例圖	10
圖 2-5 電腦輔助創意發想教學系統架構簡圖	14
圖 2-6 基礎造形課程架構比較圖	15
圖 2-7a 水平垂直分割形式	18
圖 2-7b 自由分割形式	18
圖 2-8a 相似元素群化形式	19
圖 2-8b 相同元素群化形式	19
圖 2-8c 相異元素群化形式	19
圖 2-9a 規則性連續形式	19
圖 2-9b 不規則連續形式	19
圖 2-9c 間斷性連續形式	20
圖 2-10a 空間感重疊	20
圖 2-10b 混合重疊	20
圖 2-11a 變形操作	20
圖 2-11b 切割重組	20
圖 2-12 線條的構成形式階層知識法則	25
圖 2-13 學習的內化及外展模式	27
圖 2-14 樹狀構成創意思考法則路徑架構圖	33
圖 2-15 創意教學觀念架構圖	35
圖 2-16 輔助創意發想教學的電腦平台架構示意圖	39

圖 2-17 專家系統空殼(Shell)觀念示意圖	41
圖 2-18 「構成法則專家系統空殼」架構圖	42
圖 2-19 產生式系統搜索過程模式	47
圖 2-20 「構成創意發想產生式系統」模式架構圖	48
圖 3-1 視覺環境刺激模式圖	50
圖 3-2 認知記憶/操作篩選模式圖	51
圖 3-3 視覺構成概念原則內化模式	51
圖 3-4 視覺構成主題創新表現模式	52
圖 3-5 認知學習訊息處理與造形構成創意發想心智模式比對圖	53
圖 3-6 造形構成法則知識庫模式	54
圖 3-7 路徑搜索階層圖	55
圖 3-8 階層圖形路徑節點搜索網路舉例部分圖	56
圖 3-9 超媒體教學操作平台模式	57
圖 4-1 教學展演程序	61
圖 4-2 『線構成』單元教案大綱	62
圖 4-3 『線構成』單元教案 PowerPoint 投影片全覽縮圖	63
圖 4-4 單元教案授課實況(一)	63
圖 4-5 單元教案授課實況(二)	64
圖 4-6 超媒體教學操作平台視窗畫面	65
圖 4-7 構成法則知識庫導覽視窗實況	66
圖 4-8 構成發展法則路徑圖形搜索視窗實況	66
圖 4-9 構成發展路徑節點圖形知識庫架構視窗	68
圖 4-10 導覽認知『階層性圖形構成法則知識庫』視窗觀念畫面	69
圖 4-11 手繪構成發展草繪構圖演練實況	71
圖 4-12 手繪構成表現形式演練描繪操作實況	71
圖 4-13 手繪主題構成創意發想形式操作描繪實況	72
圖 4-14 手繪構成創意發想形式表現作品圖樣	72

圖 5-1 舊、新模式法則路徑搜索落點趨勢圖（階層法則細節總覽）	79
圖 5-2 舊、新模式法則路徑搜索落點趨勢圖（主要階層法則總數）	79

表目錄

表 2-1 造形的分類	7
表 2-2 實驗美學與本文模式比對表	12
表 2-3 創意發想和認知心理比對表	23
表 2-4 線構成創意思考路徑矩陣表例	29
表 2-5 創意思考教學模式和視覺構成創意發想教學模式的比對	36
表 2-6 輔助創意發想教學媒體系統模式	38
表 5-1 舊模式展演之構成創發作品數量原始統計表	73
表 5-2 新模式展演之構成創發作品數量原始統計表	73
表 5-3 舊模式構成發展階層法則落點次數分佈	75
表 5-4 新模式構成發展階層法則落點次數分佈	77

附錄

附錄一、系統模式操作滿意度調查問卷	85
附錄二、試驗操作之舊教學展演模式(手繪造形構成創發物件)作品圖例	87
附錄三、試驗操作之新教學展演模式(電腦繪圖造形構成創發物件)作品圖例	91

一、緒論

1-1 研究背景

國家十年教改以來，中等教育最明顯的轉變，為將過去高中職學制學生比例，由 3：7 調整成增設綜合高中新學制後，高中、綜高、高職的比例為 1：1：1。位階於中等教育，宗旨以訓練行業初級技術人力的高級職業學校，在國家既定的產業結構轉型升級計畫推展之下，勢將更加速趨向轉型為以自由選修，學術、技職整合試探為教育理念的綜合高中學程學制。

綜合高中學制是以加強共同基礎學科，鼓勵嘗試，延緩分流，先廣後精的學程教育實踐教學理念。原屬高職群集教育中工藝群，及廣告設計群的美術工藝科和廣告設計科，也順勢轉型為以學程為精神的美工學程或廣告設計學程。和以往最大的差異，在於以行業領域試探代替行業技術訓練、專業學識認知重於終端技能的學習。因此之前以訓練手工描繪表現完稿，或工藝製作能力的實習課程，在客觀的教育環境限制引導下，漸漸轉變為以試探觀察描繪能力，培養美感素養，激發設計創意潛質的專門課程架構內容。

身為具 20 年經驗的美工設計類科技職教師，面臨教育學制的更張變換，以及教學科目的演變，甚至教學科技發展的日新月異，除了在應變教育結構趨勢之後，更有在本位教學方法上，作研究發展的必要性。創意發想能力的試探培養，應是綜合高中設計相關學程的核心教學內容。而過去常被依循應用的創意發想教學方法，其在系統架構更新上，應有再作研究探討的空間。

1-2 研究動機

目前漸居中學教育人口主流的綜合高中，擔負行業領域試探教育的專門學程，既然不以行業技能訓練為主要目標，而其課程試探的廣度，及性向引導的深度，如何經由課程教學的操作，掌握實質成效進度，實屬教學計畫最大的課題。透過課程內容規劃和教學方法展演，實現教學計畫，且進行實際教學活動。教學新科技對傳統教學的時空講演認知的侷限，及對想像空間的啟發衍生，展現決定性的輔助功能。對於教學工作者，在現有之數位教學多媒體系統中，賦予人工智慧，使其能夠提示思考，互動

引導創意發展，符合建構所謂『智慧型』教學平台（環境）的理想目標。

綜合高中設計類專門學程的基礎設計試探課程，是以訓練創意思考，培養學生解決問題能力的認知，進而運用思考方法，成就創意造形作品為教學目標。過去以實習操作演練建構技能的教學方法，重複操演，缺乏思考鍛鍊，而視覺涉獵的經驗印象短促窄淺，終致學生想像空間無法精深廣闊。整合數位媒體科技，引用認知教學心理模式，架構人性化、智慧型，可無限連結擴展的教學環境，將是教學工作者駕馭教學新科技，完成教學活動的最大期望。

解決基礎設計教學無法擴展創意發想空間的困境，建構互動介面，專家知識啟發導引的電腦輔助創意發想教學系統為本研究根本動機。

1-3 研究主題

綜合高中設計類專門學程的基礎設計(又稱設計原理)課程，主要目標在訓練學生創意思考認知能力，其課程架構包含設計方法、分析、判斷、製作技巧和美學與設計理念；而其教學展演形式則以『造形構成』操演為主要試探方法。在綜合高中專門學程教學目標最高指導原則下，基礎設計課程不只是設計專業入門課程，更負擔設計性向試探，行業特性導覽，具體藉由造形構成的創意發想演練，培養學生運用知識進行創意思考的習慣。

分析基礎設計的學習過程，得知為從構成法則的認知，到運思操作模擬構成，最終展現視覺造形的創發過程模式。歸納上述的心理發展的模式，是由領悟法則意象開始，經由聯結視覺認知，運用知識啟發，再由模擬操作呈現視覺構成回饋認知，而後建立知識學習的循環迴路。此一迴路系統包括『認知』、『發展』兩大學習過程。正是本教學科技應用研究最佳切入點。

本研究主題旨在建構能引導思考，提供創意操作的電腦輔助教學(Compute Aid Instrction, CAI)媒體系統。本系統以上述的基礎設計課程，其中的『線構成』教學單元教案編製為研究系統模式驗證操作題材。本研究的輔助教學系統，是以模擬上述心理發展模式，建置法則認知的專家知識庫系統，建置聯結 2D 繪圖軟體平台，提供創作繪製操演互動介面的製圖系統。整個系統操作，掛置步驟記錄器，知識編譯器及知識路徑篩選器，搜集儲存匯集新知識後終結系統操作。引用電腦多媒體操作平台，提供教學科技運用新面貌，應是教學輔助系統可發展的方向。

1-4 研究目的

以教學科技的整合研究，推展基礎設計教學方法的演進，啟發創意思考智能的發展，突破教學情境的時空拘限，開闊視覺經驗廣度，期能永續活化認知學習者創意發想思路搜尋的能力。本研究目的，著眼整合性觀點，建構以知識啟發創思，進而再衍生新知識能力的數位輔助教學平台。整個教學環境為開放連結的基底觀念，轉化為教學活動架構的營造重心，最終整合為教學檔案模組。從事教學工作者，若能有整合性研究的模式工具，作為編製教學檔案時依循的原則觀念，積極擅用教學科技，藉助人工智慧，架構知識庫管理觀念，應是本研究發展的理想目的。

1-5 研究方向

以往設計科系的基礎造形課程，有關視覺造形構成發展操作演練，限於構成法則知識無法即時的引導提示，甚且發展操作時的視覺構成現況無法即時虛擬模擬呈現，提供更進一步發展，或即時調整的多方嘗試機會，在探索發展的數量上和廣度方面極其狹小；另外構成方法層次深度取向，也礙於時間精力，很難有深入境界的視野涉獵機會。本研究以電腦輔助教學的平台，介入造形構成法則知識庫的專家系統模式，提供設計科系學生單元性的造形構成創意發想操作性學習環境，期能建構引導學生自主運用知識法則，迅速多方發展嘗試創發認知學習的應用系統模式。

數位科技已廣泛發展及應用，電腦輔助教學系統中的教學科技也日新月異；然而，對於創意發想教學的應用研探，尤其在視覺造形方面的建置，尚未有明確的涉獵文獻。筆者鑑於過去近 20 年教學經驗，輔助學生認知構成發展、引導構成創發嘗試操作的教學，在現有課程時數標準限制下，欲使學生有無限廣度、深度「創發」經驗的「歷練」機會，幾近為需。在電腦輔助教學的系統觀念架構下，以系統整合「應用原則」，介入具有人工智慧觀念的「造形構成法則知識庫專家系統」，聯結能即時構成操作繪圖應用軟體平台。扮演人機介面的操作繪圖軟體平台，能隨機即時聯結搜尋知識庫架構內，需適時提示操作者構成發展的法則知識訊息（圖搜索路徑分布圖），而以適時即現的視窗介面，提供適宜發展的圖示變數選項。教師在導論單元相關觀念原理之後，進入構成創發操作繪圖系統。階層知識持續即時以視窗訊息引導，操作虛擬構成繪圖。整個過程符合認知建構的學習心理理論原則，實境完成創意發想的學習發展歷程。

1-6 研究方法

系統化的電腦輔助教學架構為本研究建立模式之準則。本研究透過學生創造學習歷程中，經由認知而後建構的心理發展進程原則，建構智慧型輔助教學的人機互動操作平台。先從研討人類學習的心理機制，比對運用數位教學科技中「超媒體」視窗閃現及互動連結的超強機能，建置學習者可以認知發展的基本知識搜尋（瀏覽、刺激）介面。之後按照知識庫原則，建構具有多元創意啟示的法則知識庫，並結合專家系統觀念，以物件引導式路徑發展，即時提示學習者創意發想（建構）新知識（解或視覺作品）。開放式的知識庫管理系統，以比對路徑節點的方式，篩選增建新知識架構。具體歸納本研究方法，可列述如下：

1. 由文獻探討，歸究引用的觀念理論部份為：
 - a. 認知教學理論與策略比對為創意發想學習的心智發展的基本模式。
 - b. 視覺造型構成原理歸整為形式構成法則知識庫架構觀念模式。
 - c. 以人工智慧的產生式系統觀念發展為以物件引導啟發式圖搜索路徑策略的專家提示系統。
 - d. 在電腦輔助教學系統中，引入「超媒體」運用的教學科技架構。
2. 由具體解讀文獻探討所得之理論觀念，更進一步建構提供實施作驗證的模式架構：
 - a. 創意發想的學習認知模式如圖 1-1：

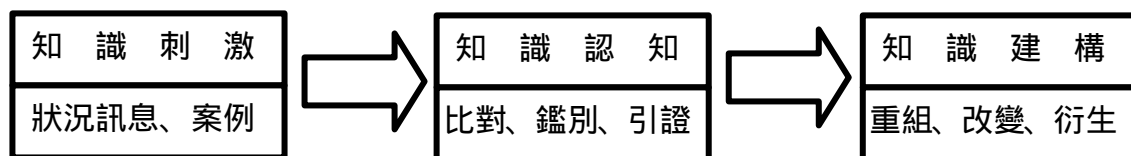


圖 1-1 創意發想的學習認知模式

- b. 階層路徑性視覺造形構成法則知識庫架構。
 - c. 轉化構成法則知識庫成為以物件引導啟發路徑圖搜索的產生式專家系統架構。
 - d. 建構整個創意發想電腦輔助教學系統架構。
3. 實施操作驗證：以某校綜合高中美工學程二年級基礎造形課程之線構成單元教學，作為實施教學驗證案例。

1-7 研究架構與步驟

本研究針對 CAI 系統的應用發展，全部架構流程，如圖 1-2 所示。

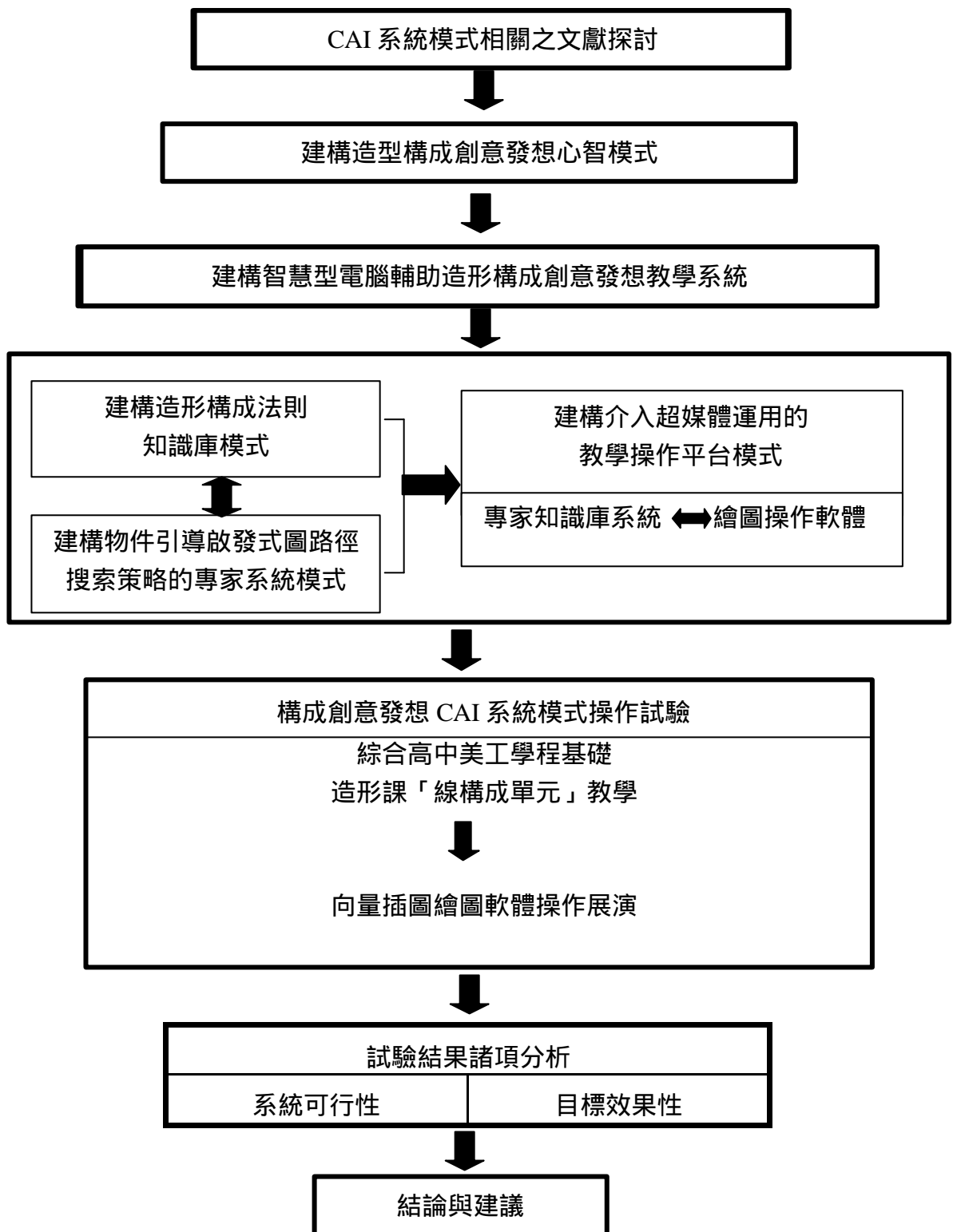


圖 1-2 研究架構圖

二、文獻探討

承前章所述，整合運用教學科技，建構具有啟發創意思考操作展演的電腦輔助教學系統，最大的意義在於營造適合學生心智認知發展模式的教學平台(或環境)。本研究操作的題材是以綜合高中設計學程之基礎設計課中，『線構成』單元教案的編製為具體腳本。因此本研究將探討的相關文獻包括：造形構成原理、認知教學理論與策略、創意思考法、電腦輔助教學科技、人工智慧知識庫理論等。擬透過上述之學術理論作應用整合性之討論，以提供本研究架構發展的理論基礎。

2-1 造形構成原理

現今人類視覺所及的世界，究根分析其存在的場景現象，不外乎物質建構的外觀造型，展現有機體的姿態意象及無機體的形態印象。視覺和觸覺感知的對象涵括自然萬物和人為的文明造物。人們觀察自然萬物形態，分析描繪所得理性的構成結論或感性的美感表現，皆有其針對對象物視覺造形個別的解讀知識。若就人為創作造物觀點探討，造形的基本概念須再進一步分析釐清，造形和人類交互感應發展的心理學基礎也不可忽視；至於平面構成的原理，線材構成的方法，更需要具體整合引介為構成知識的基底理論。

2-1-1 造形基本概念

就造形意義層面探討，造形是透過感知器官，承受外在世界中的物體形態輪廓，轉換成有意義的完整結構實體意識；另一面而言，凡是透過視覺方式監視表達操作可視可觸等有知覺意識的成形活動，也稱之為造形。廣義言之，造形涵括人類有形的全部活動，為心物合一的作為，有平面、立體、抽象、具象，及動態、靜態等活動。若就狹義而言，整體形式是以線形為主要符號所表現的視覺語言。每件人為有形作品，均具有其造形的意義，但並非皆有造形的涵意。本文所言的視覺造形構成創意發想，是以人為意志目的進行的有形創意發想活動，而且最終以有意義的視覺作品形式呈現為目標，而其中的創發過程為研究探討重點。

若就造形的目的而言，自然造形的視覺經驗累積成為人為造形發展原動意念。人類從模仿自然形構法則精華，擷取作為人為造形的啟示，除了滿足人類生活物質器物

需要，更有為人類現有生活境界，塑造更美好的感受水準。從自然造形視覺經驗，歸納引證造形法則(如菲特曼之自然基本條理等)，進而探討造形發展行為及理論，作為人類造形的最終完形目的[1]。然而基礎造形教學的本質目的，則為在認知造形意義之後，引導學生建構造形創發的基本能力，期許承續為往後相關的設計創作基本素養[2]。

造形的範圍很廣，一般可概分為自然造形(Natural Form)與人為造形(Artificial Form)，或具象造形(Objective Form)與抽象造形(Abstract Form)。再就創作層面而言又有理論及實際之分。具體由各觀點歸納分類，可以表 2-1 詳細說明[1]。

表 2-1 造形的分類〔1〕

分類法	舉 例
從詞義分	造形作品(產品、雕刻等)、造形創作(塑造、構成等)
從形成分	自然造形(鵝卵石、雞蛋、河岸)、人工造形(建築、雕刻、產品等)
從用途分	純粹造形(繪畫、雕刻、插花等)，實用造形(建築、工藝、產品)
從體積分	平面造形(繪畫、攝影、印刷)、立體造形(雕刻、產品)，環境造形(庭園、都市計劃)
從材料分	紙材造形、木材造形、陶瓷造形、金屬造形、塑膠造形
從感覺分	視覺造形(繪畫、攝影)、觸覺造形(雕刻、陶瓷)空間(感覺)、造形(建築、庭園)、視聽造形(電影、電視)
從地理分	中國造形、埃及造形、法國造形、美國造形
從造形要素分	有機造形、幾何造形、質感造形、空間造形、動態造形、光線造形
從形式原理分	平衡造形、對稱造形、比例造形、對比造形、調和造形

若由基礎造形構成創意發想教學觀點切入，本文所言之造形範疇，應以構成形式原理及基本構成法則為重點，冀求能透過視覺造形構成教學，引導學生發展獨立創作純粹視覺造形的認知能力。

2-1-2 造形心理學

造形的一切表現，皆需經由視覺器官感知刺激，再經過神經中樞的收納，而後賦予特定意義。換言之，要明瞭周遭造形的真相，除了收納器官的訊息輸入，還需要經過知覺的心理作用過程。對造形物做價值判斷，作為最後認知結果。而此項從刺激到內化的生理及心理過程，可視為人類視覺認知學習的『自然法則』，而此經驗法則，兩百年來正被若干心理學及美學學者研究論正進行中，暫且稱之為造形心理研究。本文擇要幾項流派，探討其精要意旨。

2-1-2-1 完形心理學

19 世紀末起，由維特海摩(M, Wertheimer 1880-1943)等人研究發展起來，目的在研究知覺對象之統一性構造，即完全形態或完形(Gestalt)，進而大膽提出所謂『完形法則』(Gestalt gesetz)，並歸納出完形構成的因素：如接近性、類似性、閉鎖性、連續性、規則形等。後經相關學者進一步研究探討整理(如克伯斯，G Kepes；安海姆，R Arnheim)，雖然更明白顯示其只局限於平面視覺構成的特性，但在建構視覺心理基礎理論的地位，宣告確立。時至今日，經過了許多美術教育家或美學研究者，接力研究探討，整理出較明確的『造形心理學』範疇[1]，現將其簡要闡述如下：

1. 知覺與造形

人類習以視覺與觸覺來認知形態，但要賦予何種意義，還要根據當時客觀環境，個體經驗程度等因素而定；因此，同一形體在某時空因素，其知覺的結果也可能不同。此類不完整的知覺辨識，在我們生活周圍環境，到處可見。對形態的辨認產生誤差，一般被認為較典型或顯著的錯誤知覺(False Perception)，心理學上稱為錯覺(Illusion)，又稱為錯視(Optical Illusion)。在此以探討由感覺器官所引起的錯覺現象。諸如謬氏錯覺(Muller-Lyer Illusion)，梭羅錯覺(Zo Illusion)，因位置而引起的錯視，由對比引起的

錯視、由線的交叉所造成的錯視、由透視或放射狀所造成的錯視，由垂直與水平線造成的錯視，及由波紋狀產生的錯視現象等等。以上錯誤知覺，被視為人類自然生理和生理知覺運作的『天性』，應可作為引導視覺造形構成創發操作時啟發的法則選項考慮。

2. 造形知覺的組織性

在知覺的經驗中，傾向組合或修飾性的自然生理功能因素，成為視覺上簡單形態或形體的認知途徑。此類對於造形的知覺組織傾向，可簡要闡述如下[2]：

- a. 圖形(Figure)與背景(Ground)：最基本的知覺組織傾向，驅使視覺對象從背景浮現出來，凸出的形態稱為圖形，簡稱為『圖』，周圍的部分稱為背景，簡稱為『地』。如圖 2-1 所示。
- b. 組合性：當若干形態同時呈現為我們視覺感知的對象時，很自然地被分成若干個『組態』的組織傾向。此現象的原理依據為接近性，相似性及連續性的完形心理法則。如圖 2-2 所示。
- c. 閉鎖性：在視覺感應上，人類心理容易將一些不連貫的虛線或斑點知覺為一件完整無缺的圖形或形體。如圖 2-3 所示。
- d. 輪廓現象：背景的颜色或明度產生顯著變化，呈現明顯差別時，輪廓的印象具體產生，即成為形態的感知。如圖 2-4 所示。以上造形知覺的組織性，完全操控人類對於形體或圖形的視覺認知結果，對於視覺構成創發的思考引導操作評析上，具有決定性的啟發指標。

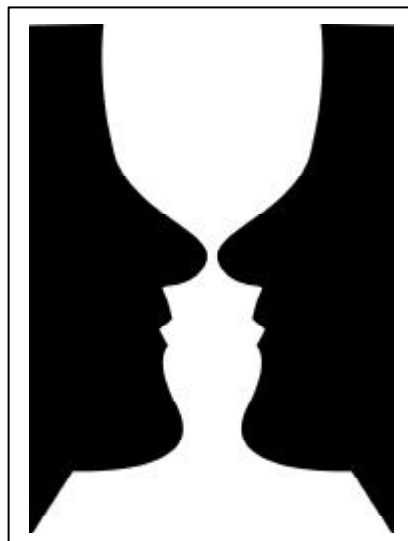


圖 2-1 圖形與背景

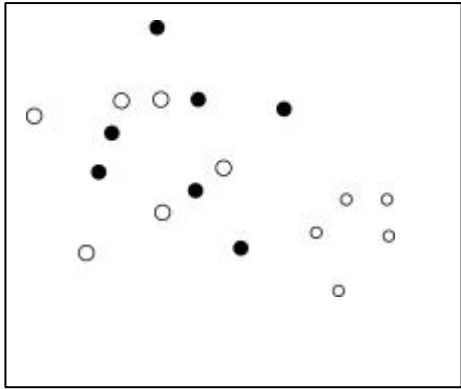


圖 2-2 能辨別出五角星形的完形組合知覺

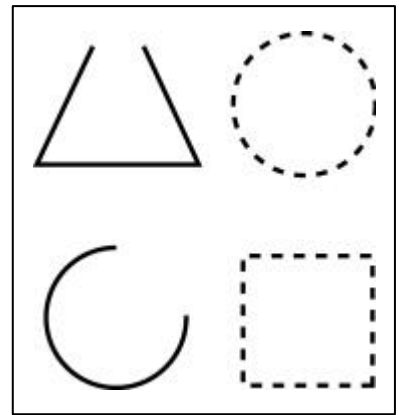


圖 2-3 知覺的閉鎖性[2]



圖 2-4 輪廓與形狀的產生關係

3. 造形知覺的恆常性

一再出現在人類生活環境中的事物知覺經驗，長時間在人類的知覺經驗中構成相當穩固特質，即使刺激當時時空有所變化，人類所知覺的大小、形狀、色彩等特質特性是恆常不變的，其內容可概述如下：

- a.大小恆常性：在知覺經驗上，保持各物體之故有大小，不因物體距離之改變，而使物體形體看起來變大或變小的現象。
- b.形狀恆常性：不管從任何角度觀察物體，始終能知覺到原形態的特徵現象。
- c.色彩恆常性：在不同的情況下，人類對熟知的顏色知覺，仍保有固定不變的認知傾向。知覺的恆常性，在造形的表象感知具有判別價值的正確指標，也可作為引導思索視覺形態的真確目標。

2-1-2-2 實驗美學

從關注西方美學的研究途徑中，可概括得知，美學乃就美的現象層面研究其本質與原理。研究年代從古代希臘柏拉圖，直到 18 世紀德國學者包加敦(A. G. Baumgarten)開始使用美學「aesthetica」名詞，並成為一門學問基礎。之後，再經康德(I. Kant)，謝林(F. W. J. Schelling)，黑格爾，哈特曼(K. R. E. Von Hartmann)等的觀念論美學；另外又經海爾巴特(J. F. Herbart)的實在論美學，伯克(H. Brke)的經驗主義美學及法國迪德侯(D. Diderot)的啟蒙主義美學等演進。在進入 19 世紀後，由於經驗科學發達，實驗主義的美學抬頭，去除觀念論的主觀意識，主張透過客觀記述、分析，來研究美的現象本質及原理；也就是科學性所謂「由下而上的美學」，如心理學的美學，生物學的美學，社會學的美學等新興美學流派。實驗美學近似心理學的美學，其對於造形美學教育，具有基礎性地位[1]。

1. 實驗美學的操作理論

實驗美學是完全注重實驗與證據的自然科學性格，由創始人費希諾(G. T. Fechner 1801~1887)所主張的探討問題模式事例，可明瞭實驗美學的真義。如探討黃金比例的審美價值，是由推論的事實開始，使被實驗者先體會一些基本圖形(如矩形、橢圓形等)，再根據每個被實驗者的選擇作統計分析，推斷黃金比例是否是令人滿意的比例。第二步則使被實驗者參加簡單的造形操作作業，找出最滿意的比例。第三步則為應用建物、傢俱等實用物體作為調查對象，以精密印證結論。費希諾的實驗美學操作模式，完全侷限於自然科學領域的心理學觀點，使造形美學與心理學的關係更緊密，感受認知完全來自於現象表達，對於基礎造形美學教育的實習操作部份，是理想而有效的；而此正是本研究所持基本觀點。

2. 實驗美學的限制與應用

實驗美學被指責的幾項缺漏，如部份基礎實驗結果，並不能任意套在複雜的藝術作品上。美的現象由部份逐一研究的總和，並不能等於美的整體描述。再就被實驗的人而言，必因民族性差異、時空改變、認知判斷也必然不同，學術真理並不能以多數表決方式成立。因此，實驗美學較適合基本造形或實用造形的發展操作建構模式的比照應用。現階段的造形心理學，視覺語言及形式原理觀念，更適合於實驗美學的解讀印證。本研究論文之視覺造形構成創意發想操作模式，即採用實驗美學操作模式，簡要比對解說，如表 2-2 所示。

表 2-2 實驗美學與本文模式之比對

實驗美學	被實驗者體會造形	認知	操作構成組合變化嘗試	發展	印證實用物體造形的結論
本文模式	啟動互動媒體介面 選項、引用構成法 則啟示知識庫		操作繪圖軟體建構圖形		印證知識庫的新創造形

綜觀上述，本研究的驗證操作部份，將借重數位教學科技，秉持實驗美學的原則精神，建構激發造形構成創發及美感認知的輔助教學系統模式架構。

2-1-2-3 形式原理的衍生

歸納造形美的特徵，誠如前文所述，自希臘時代以來，就一直持續研究探討之中，到了近代一些心理美學家，再度以科學經驗原則整理，漸進建構成現今所謂之『形式原理』。雖然因人而有很多不同項目，但皆有一個共同的原理或目標，即『多樣的統一』美感特徵。現再深入就心理學觀點，探討造形表現的目標有下列四項[2]：

- 1.獨創性：自我創造的活動，產生全新個性化造形，並決定造形美的價值。
- 2.完整性：具有完整的構造，如小宇宙般自然環扣和諧。
- 3.統一性：造形中所有矛盾要素全被調和統一。
- 4.快感性：經由視覺感官的快感，進而感動人心，且具深層的快感。

造形要達成目標，勢必要有各種配合之條件，所以前述之形式原理因而衍生。至於所謂的『形式原理』，一般可簡要加以歸類合併成五項造形基本條件，常見於傳統造形理論之中，作為造形創作的參考要項。但創作者還須知所變通創新觀念，進而打破原理再創新形式。

形式原理簡述：

- 1.平衡(balance)：視覺心理上，對於上下、左右之平衡感覺的操作原理。有對稱平衡與不對稱平衡。左右、上下及放射對稱具有明顯 靜止的安定感覺。不對成平衡，則是在方位、面積及其他量感的感覺平衡，並非物理的絕對平衡。
- 2.比例(proportion)：部分與部份，或部分與整體的數量關係，這種關係經分析歸整為若干比例數據。如黃金比例 ($\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b}$)，費波納齊數列(1,2,3,5,8,13)等。這些比例數據具有美感，且牽連人體的實用原則(人體計測)發展。
- 3.韻律(rhythm)：另稱節奏，為同一現象的周期反復，如同詩歌，音樂，舞蹈的基本原理，多半是與時間或運動有關的造形形式。韻律隱含了漸層及反復的原理存在。
- 4.對比(contrast)：造型中包含著相對的或矛盾的要素。對比可使造形充滿活力或動感。在操作上，也可利用強調(emphasis)的形式原理。為求統一，也須求調和的手法。
- 5.調和(harmony)：兩個以上造形要素間的統一關係，使人快感，無分離之感。即前述的『多樣的統一』的最高境界。因此調和乃是造形有機體的基本要求，也是視覺語言的標準文法。

前述五大項形式原理，為造形美創發的最基本的參考原則。對於基礎設計造形構成創發操作教學，足可列為創意發想指導法則。在本研究建構的電腦輔助創意發想教學系統中，啟發性專家知識庫架構的引導法則知識互動介面，將前階段的構成結果，啟發引導成最符合『造形美』的視覺形式標的。本電腦輔助教學系統基本架構，如圖 2-5 所示說明。

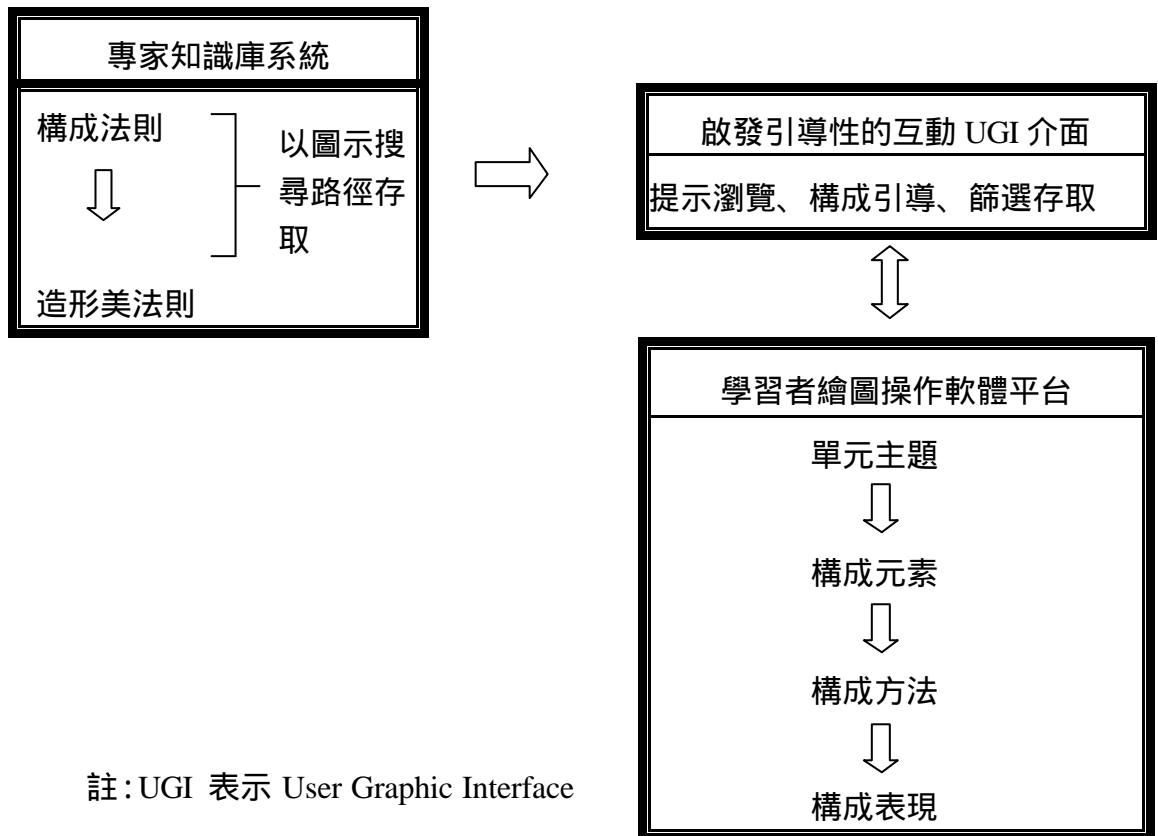


圖 2-5 電腦輔助創意發想教學系統架構簡圖

2-1-3 平面構成

構成(construction)一詞在造形藝術或設計教育中[2][3]，為一般常論之專有名詞。就構成意義，綜合學者觀點，可歸納為下列三項要點：

1. 構成為探討形態和材料，兼具視覺性與精神性的組織成形活動，講究方法運用和理論的建立。
2. 構成是指純粹，非具象的形態，並無裝飾或寫實的描寫。
3. 構成可分為理性與感性的構成，當進行為感性活動時，它成為藝術；當進行為理性研討時，變成為設計活動了。構成是專業設計的基礎，同時又具有可深入研究的縱深領域，且也儼然發展現代藝術。

若就視覺造形構成創意發想教學立場，構成是運用媒材，依循理論法則，操演架構，展現理性或感性自主實驗創造的純粹形態視覺組織成形活動。以上對造形構成的解讀，正是本研究中，視覺造形構成創意發想教學的基本模式。若將本研究提及的造形基礎課程和包浩斯學校的造形基礎課程內容架構[3]作階層比對，可以圖 2-6 詳盡說

明，兩者差異在於呈現視覺構成形式或具體空間形態，多媒體教學平台或科技綜合工廠，構成創意發想操作或結構組織訓練，其他的架構觀念則完全一相同。

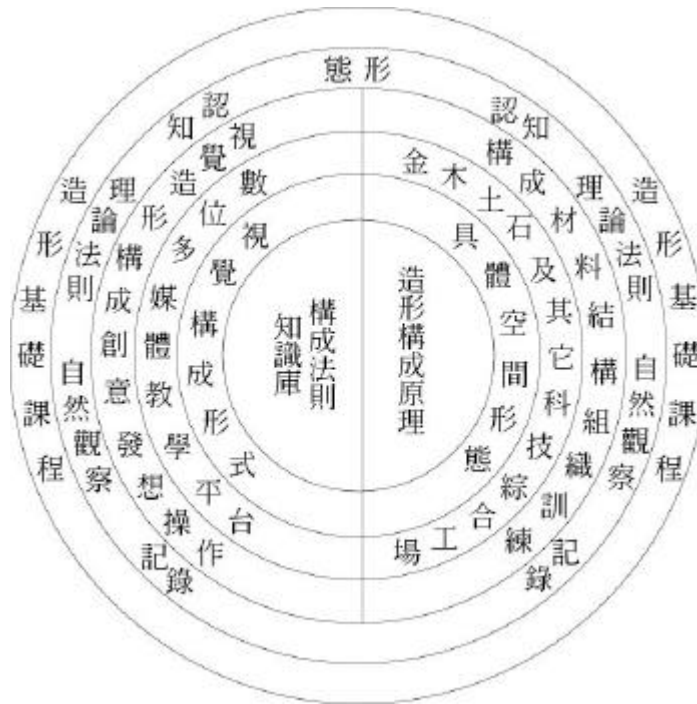


圖 2-6 本研究操作題材(基礎造形課程架構)和包浩斯學校(基礎課程架構)比較圖

詳閱圖 2-6，說明本研究之實施驗證模式，是以基礎造形課程造形構成單元為操作題材。課程理論內容學習由外層向內層漸次歸納認知學習知識原理。創發操作演練，則由最內層的專家知識庫啟發引導開始，以在數位教學科技平台上發展繪製視覺造形構成，印證之前學習的理論知識，最後完成單元教學活動。因此本研究之電腦輔助教學平台為學習內化和外展的雙向展演平台。

構成的視覺感受，是以平面 2D 現象為接收認知的訊息形式，化為平面構成的主要涵意。若再深入定義，是以在平面媒體上展現的視覺現象，作為進一步歸類為平面構成的具體觀念。因此，平面構成是以視覺感知為途徑的構成表現活動。

2-1-3-1 構成條件

就『構成』的情況而言，平面構成的基本元素為點、線、面三種。論及點、線、面的構成特徵，足可作為視覺造形構成創意發想教學的單元內容題材[4]。在應

用點線面構成時，首先應掌握其表現特性，並深入了解其可『駕馭』的元素精神意涵。以上的認知內容，正是課程教學的理論內容知識及講授過程。

追溯點、線、面造形的系統研究，發現在包浩斯時代的康丁斯基(Kandisky)及保羅克利(Paul Klee)，皆有深入的元素建構嘗試。如保羅克利認為『藝術訓練』就像建築和造形的基本原則一樣，經由結構認知，使形的意識更為深刻，也就是使形的元素達到平衡穩定狀態。而康丁斯基則認為點線面元素是構成形的元素，是要表達『心靈需求的和諧形式』的藝術內涵最重要的東西。

本文研究所提的教學單元內容題材為『線的構成』。對於線在造形構成發展的形式特性，可列舉下列四項：

1. 延續的動力感：長度的特形。
2. 方向的指引性：角度方位的特性。
3. 曲直的剛柔性：方向延續變動的特性。
4. 筆觸(刷)的藝術性：粗細、質感、曲直的綜合特性。

以上四項線元素的特性，可視為『與生俱來』的屬性，是必須建構融入構成法則知識架構裡面，經由啟發引導無形中使學生融會貫通，心領神會，直覺作為創意發想發展的搜尋辨識的基礎本能。

2-1-3-2 構成形式

關注整個完整的視覺構圖作為構成結果(作品)時，分析其構成的形式，可以兩大類架構形式表達，即分割和延續。分割觀點，主要是以完整構成元素或造形，先予以切割而後『編排』處理呈現的構成表現。而延續則是以單位構成元素經『配置』及『後處理』等構成方法，展現的視覺構圖。前者偏向雕切重組，而後者則偏向堆積發展，細究其形式結構，其實殊途同歸。上述構圖觀念皆可具體歸納建構為構成發展的方向途徑(路徑)知識。

上述構成形式的兩大方向途徑，開啟了構成發展的思考方向。深入分析其架構手法，又可歸納出若干細項[2]：

1. 分割架構手法有：
 - a.錯開：以秩序或非秩序性切割移位，以呈現交錯排列的現象，並可以漸層或反覆的形式原理應用。

- b.排列：將切割後被視為『構成元素』的單元，作組合式的配置排列。
- c.變形：將切割前後的構成主題，扭曲轉折，或縮放傾斜，或對稱變形。也可改變其視覺意義，或則造形比例等變化手法。
- d.抗衡：切割後的『構成元件』使之兩種以上，作形態的相對牽制，矛盾或衝突的安排，展現心理感覺。可視為均衡現象表達的一種。

2. 延續架構手法有：

- a.集合：將構成元素以排列組合方式，使其歸納在一個有群體秩序觀感考量的構圖意識中。
- b.集中：將構成元素以位置的集中安排配置，凸顯視覺主題焦點。
- c.重疊：使兩種以上的視覺元件，作布林運算式的相遇安排。
- d.繁殖：以單一元素作『數量』的擴張安排。在擴張的過程中，可同時在『變形』上加以處理。

以上分析闡述的構成形式架構，除了可視為形式之外，應包含架構的作法意涵。因此在本研究中，將之作為創意思考路徑搜尋的階層啟發法則知識。

2-1-3-3 構成要素

造形由構成的基本條件 點、線、面的視覺語言特性展現形式上完整安排。若再深入要求構成的特質賦予，則構成元素(形態、質感、色彩、空間)為不可缺少的因素。造形創作者為表現本身獨特的構想，造就優美、完整、富生命力的造形，善加安排利用構成元素，成為構成創意發想下一階層的思考搜尋參考路徑法則知識。本文探討的方向，為以形構的創發為主，色彩，質感則暫不列入探討範圍。作為構成創意發想思考參考路徑法則知識，需先就形態屬性，再作簡易分析：

人類視覺感知的形態，同時受生理和心理的影響。形態形成的本質，可分為內在與外在因素，分別簡述如下[2]：

1. 內在本質因素：形態之內所賦予的特質、組織、結構、內涵等本質條件。有形、無形的條件均為形態成立的主要因素。本研究將之轉化為有形的組織架構思考路徑法則知識。

2. 外在表象因素：由視覺器官感知的事物表象包含二次元、三次元及正負的可視空間，也就是點、線、面的空間形態。本文研究雖限制在平面視覺構成創發，然而表現的參考途徑，卻可有二次元及三次元的形態的構成表現思考路徑。

2-1-3-4 構成表現

構成的形式，一般被認為是創作一種可陳述的特點現象。陳述的內容考量，包括視覺的觀看，可辨識的結構、與心靈共鳴的感受。形式是結合各種構成元素、條件，並以各構成的方法組合的創新現象。形式藉由外表象徵說明物體本身內在的『母性』(Nature of things)隱涵。因此每一形式，皆是造形事物中被辨識的一個特徵。就構成創作者而言，形式應是意念中想要達到的表現目標方式[2]。本文探討的形式，將之視為構成創意發想者，思考發展參考的最終階層路徑法則知識指標。構成的視覺圖像分析，可歸類以下幾種形式：

1. 分割形式：採用平行、水平垂直或自由分割呈現的形式觀念，舉例如圖 2-7a 及 2-7b
2. 群化形式：以相似、相同或不同的視覺元素，群集呈現的形式觀念。舉例如圖 2-8a，

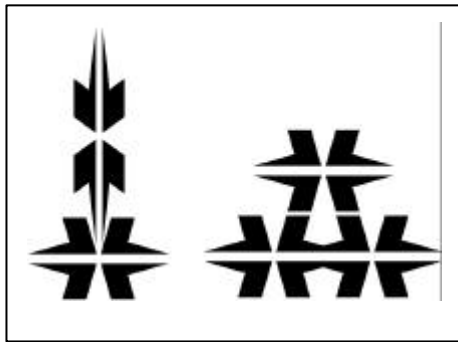


圖 2-7a 水平垂直分割行式

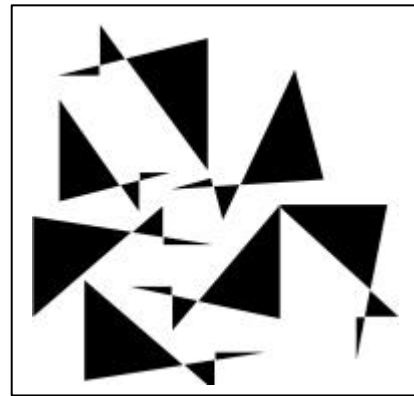


圖 2-7b 自由分割形式

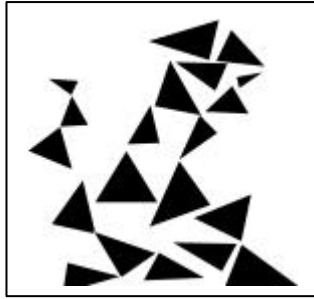


圖 2-8a 相似元素群化

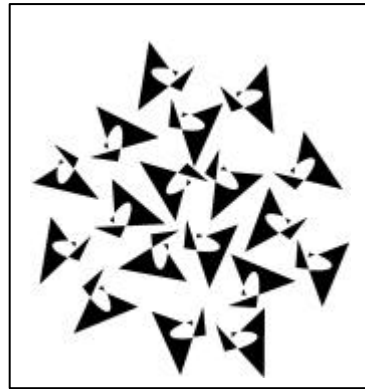


圖 2-8b 相同元素群化

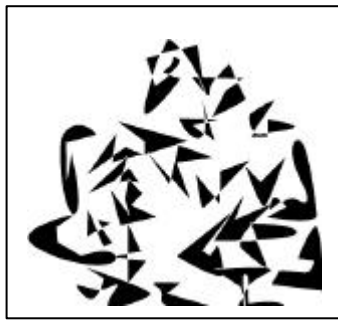


圖 2-8c 相異元素群化

3. 連續形式：以規則性、不規則性或間斷性的接連順序變化，所呈現的形式觀念。舉例如圖 2-9a，2-9b，2-9c。
4. 重疊形式：以直線重疊，空間重疊或混合重疊呈現的形式觀念。舉例如圖 2-10a 及 2-10b。
5. 自由形式：上述四種形式之外，可任意操作變形，切割重組表現，呈現趣味式的形式觀念。舉例如圖 2-11a 及 2-11b。

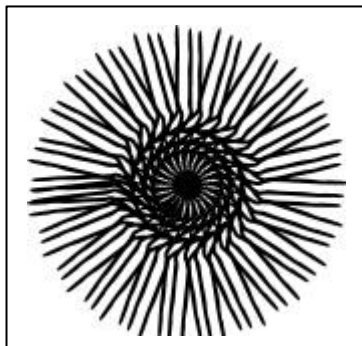


圖 2-9a 規則性連續形式



圖 2-9b 不規則性連續形式



圖 2-9c 不規則性連續形式

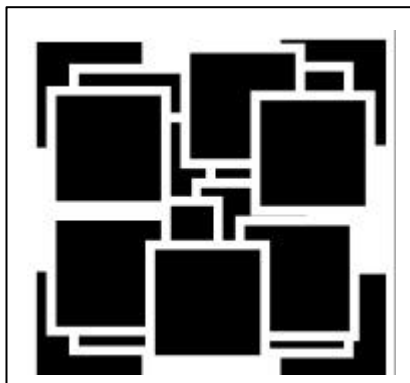


圖 2-10a 空間感重疊

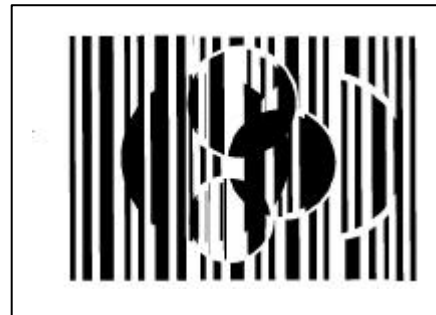


圖 2-10b 混合重疊



圖 2-11a 變形操作

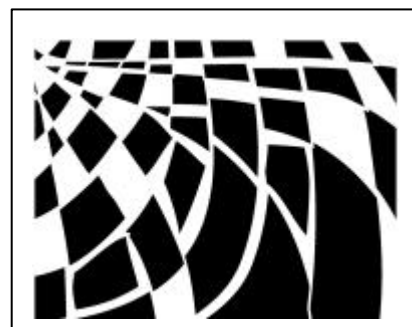


圖 2-11b 切割重組

以上五種構成形式觀念，擬作為在本文探討的知識庫架構中，創發思考終點的路徑記錄歸類位址(UGI 選項顯示)。每一構成形式的呈現(作品)，夾帶其創發路徑過程的知識紀錄，當選擇更新存入專家知識庫時，其路徑節點變成為專家知識庫系統更新的

新知識。該知識以路徑階層比對，存在適當的位址上，待新的學習者在使用 CAI 系統操作創發繪製時，聯結啟動專家知識庫系統，取得啟發提示，進行創意發想操作表現。

2-1-4 線之構成

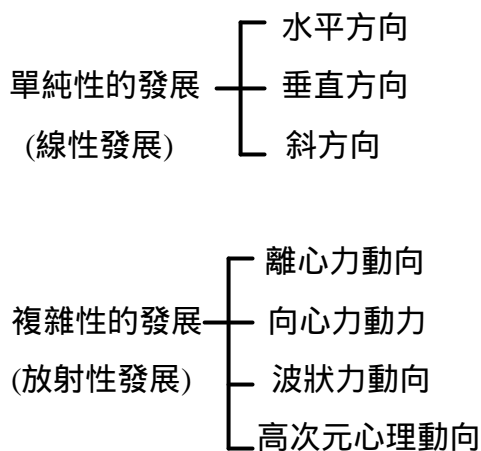
線的視覺元素特徵，是以方向和長度為主的延展取向觀念。在一次元元素屬性上，成為可單向無限延伸視覺心裡空間的線性單元。以線視覺元素為視覺構成創意發想操作單元素材，藉『形變』的基本原理，即一般稱為『外加運動』的處理措施，產生具體的視覺構成發展路徑及成果(視覺作品)。根究所謂的『外加運動』，其實只是經由主觀地運動位移和方向變化等操作組合，描繪出創新有主題意念的形態構成[3]。在變動的過程考量，附帶運用線條的粗細、曲直、筆刷質感特性，可呈現視覺構成生動活性的更高『自由度』。

2-1-4-1 線的構成方法

線的構成進程，由原理認知到操作方法，可有兩階段的歸要探討。前置階段為線的本質特性及視覺心理認知分析[5][6][7]。後階段為實際操作構成方法建構視覺形式的探討[8]。創作者經由線形素材本質認知的知識掌握及選擇，再以專家構成法則知識的提示，引導搜尋最符合的創意發想路徑，達成創變的目標。

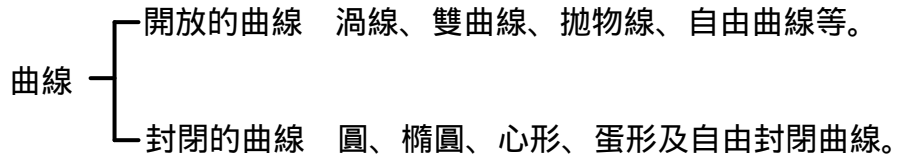
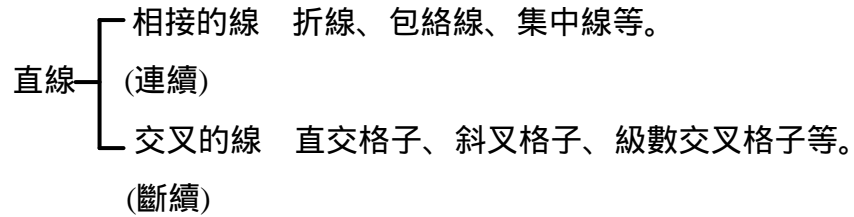
1. 線的本質特性認知：可有方向特性及本質形態特性兩項探討。

方向特性分為單純性和複雜性兩項：



以上方向發展特性，足以被視為構成組合的路徑方向指引。

本質形態特性分析如下架構：



以上線的形態本質，足可視為線構成的『線形素材』觀念。若以錨點控制調整，又可使『構成線形素材觀念』質量擴增。形態本質觀念的選用，組合構成方向的創意嘗試變項廣度，並組織了線構成的前置策略。

2. 線的構成操作方法：以『外力』介入的因素及『活動力』的視覺需求為原則。線依平面構成方式分為下列六項：

- a. 變形操作方式 縮放、旋轉、鏡射、扭曲、複製等。
- b. 路徑移位方式 錨點定位調整、幾何規則建構，及不規則徒手繪製等。
- c. 布林運算方式 路徑、形廓的聯集、交集、差集等。
- d. 分割重置方式 計劃性(各種級數分割)，及不規則性分割。
- e. 延伸發展方式 線性延展、放射性延展、變形複製。
- f. 組合編排方式 交叉、間隔；平面化、立體化、空間化的排列架構、重疊透明等。

以上線的構成操作方式，皆可轉化為電腦繪圖軟體，操作繪圖工具圖形介面選項完成。

2-1-4-2 形式構成法則

歸納 2-1-3 平面構成及上段構成方法所述，可將線條的構成形式階層法則轉化為構成創發思考啟發參考的知識法則，更進一步程式編寫為操作視覺構成的電腦平台圖形介面選項。經整理後的線條形式構成參考法則。詳述如圖 2-12：

線形素材		
線的本質形態	直線	連續直線 斷續直線
	曲線	幾何曲線 封閉曲線 開放曲線
	非幾何曲線	封閉曲線 開放曲線



構成發展		
延展	線性發展	水平發展 垂直發展 斜方向發展
	放射形發展	離心力發展 向心力發展 波狀發展 高次元心理動向發展
	變形複製	路徑位移複製 曲直調變複製
	布林運算	交集運算 聯集運算 差集運算
分割	計劃性分割	黃金分割 等差分割 等比分割 費波那齊分割 調和分割 後設級數分割

階層法則發展運用

	不規則性分割	直覺性分割 戲劇性分割
組合 (編排)	交叉組合 間隔組合 重疊組合 平面化組合 立體化組合 空間化組合	



形式表現		
秩序美	重複性排列變化 規則漸層變化	
反覆美	規則性重複排列 非規則性重複排	角度重複 方向重複 質感重複
漸層美	級數性量變	等差級數量變 等比級數量變 調和級數量變 黃金級數量變 費波那齊級數量變 貝爾級數量變 後設級數量變
均衡美	平衡	左右等量 上下等量

承下頁

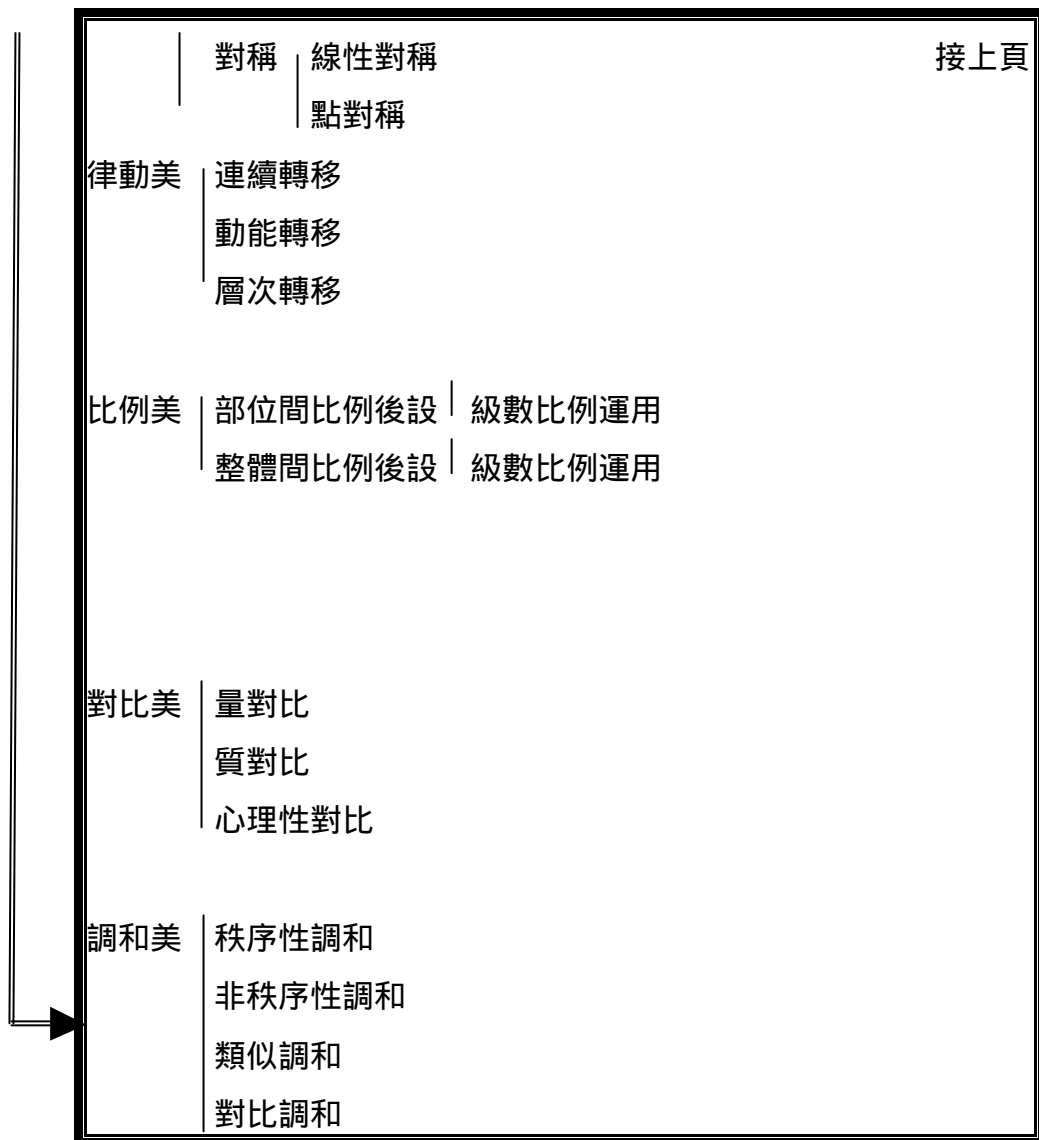


圖 2-12 線條的構成形式階層知識法則

2-2 認知教學

探究創意發想『教學』的本質理論，對於認知教學的理論基礎 認知心理學，所做的探討概述如下[9]：

認知心理學 20 世紀初開始發展，經歷 1910 至 1930 年間的完形心理學後，皮亞傑(J Piaget)的認知發展說，強調有意義的語言學習(meaningful Verbal learning)；布魯納(J Bruner)的認知發展與發現學習；數位科學的人工智慧(artificial intelligence)；訊息處理理論(information processing approach)等皆為認知心理學中期代表理論 而建構主義(constructivism)和多元智慧(multiple intelligence)則為認知心理學的後期代表理論。

文獻上，歸納『認知』的定義解讀，可以有四種觀向。第一為偏向數位資訊科學

的說法，認知是指接受訊息及運用訊息的歷程。即認知歷程是輸入、轉換、貯存、檢索、運用等訊息處理的心理活動。第二則偏向心理語言學的解釋，認知是指符號表徵的歷程。即認知歷程是聲音符號與形象符號的抽象化、意義化、規則化的歷程。第三為偏向完形心理學的說法，認知是指思考與問題索解的歷程，即先有領悟始能學習。第四種為一般性說法，認知是指心智活動與心理狀態綜合運作的複雜歷程。

認知心理學的綜合解讀，是在探究人類的知覺、思考、記憶、動機、心像、推理、語文運用及解決問題能力等複雜結構與運作歷程。若以歷程的發展觀點來探討，認知心理發展運作的歷程和創意發想的歷程有比對性的相似點。現以表 2-3[自行整理自李詠吟，認知教學理論與策略，民 87]，將創意發想認知心理運作歷程作比對性闡述：

表 2-3 創意發想和認知發展運作歷程的比對

創意發想	認知發展
問題界定：釐清題旨狀況分析意真意	知覺動機：問題狀況的知覺選擇和動機引起
準備：搜尋相關訊息知識，建構反應策略擬案	心像記憶：心像繪製和呼叫比對相關心智記憶及知識訊息
反應：篩選反應策略擬案，建構執行反應操作	思考推理：構思推理解決問題的反應策略
操作驗證：建構操作嘗試展演，呈現完整思考路徑	解決策略：擬就解決策略及執行反應的模式
結果檢視：檢核操作具體結果和意旨目標的符合度	經驗記憶：深層認知記憶成知識經驗

2-2-1 認知學說與教學策略[9]

一般文獻上認為，創意發想的能力本質是多元的，隱含理性或非理性的表現；它需要智能基礎，也需要有知覺認知、聯想趨合和符號化及概念化的能力，更需要有創

造性人格特質和環境引導。它是獨特的能力，也是一種綜合能力。由上述言之，創造力需要有一般程度上的智能基礎之外，其餘幾乎是後天教育的關鍵引導功效。創意發想的教學策略，必然要著眼於綜合理論中的學習環境的建構。學習環境與創造歷程必須融合考量，一般性認為學習環境的基本觀念模式如下：

1. 提供免於阻礙創造發展的環境
2. 尊重學習者看重自己的想法(構想)
3. 不要太早下判斷
4. 練習有彈性的想法
5. 培養創造性的行為
6. 想像創造力的培養增進

若就教學策略來統合創意發想的教學，其精義為先從提供創造無礙的環境空間開始，經環境內的教師、學生及教具設備，由單元教材作『有機性』整編，到最後以適性適時適地的教學『展演』。教學展演的媒體科技必要條件，為能符合互動引導及虛擬想像實境的基本機能。學生學習操作的平台不再只是教室中的課桌椅，而是一切可引導知覺認知、聯想趨合、統整建構符號化和概念化的能力，及涵養人格特質的學習平台，而這正是本電腦輔助教學系統模式預擬的目標。上述的教學策略架模模式，可以圖 2-13 檢視之。教師掌握教學環境，由外漸次具體向內推展經由教材教法展演的知識引導互動；而學生則立足教學操作平台前互動操作，建構思考路徑，表達構想發展嘗試的成果『作品』。外展及內化的教學互動的模式，即為圖 2-13 之最大意義。



圖 2-13 學習的內化及外展模式

2-2-2 建構取向的教學設計[9]

創意發想的心理發展歷程本質，隱含有深層的知識建構(knowledge construct)本意。而這也正是認知建構教育學者的基本主張。其中以知識二元論中之理性主義者主張，知識體系可由推理或演繹等內在的直觀活動建立；因此，所謂的知識最佳體系，是因人而異。若就活動個體思考的主體性而言，教育上所指的建構主義，即是近代理性主義者的新詮釋。若再以知識的形成過程和影響要素等方面觀點，可以個人建構主義加上社會建構及情境脈絡建構主義(contextual constructivism)，作為建構取向的學習模式理論基礎。

個人建構學習觀主要以 Ernst Von Glaserfled(極端建構主義者)為立場觀點，其基本主張如下四點：

1. 知識或概念是由具認知能力的個體主動建構，並非被動承受。
2. 認知是一個組織個人經驗世界的適應過程，並非去發現客體存在的現實世界。
3. 認知活動是個體以適應，或靈活地組織個人經驗世界。
4. 認知活動是以個體的目標，或意圖為根基，而個體知識建構的結果受到其行動有無成功達成目標所影響。

若再以心理學者皮亞傑(Jean Piaget)的認知發展觀點：假設以大腦知識組成單位基模(Schemata)的適應性操作，包括同化(assimilation)和調適(accommodation)的運思過程中，個體可能不依循傳統方式而創造自己的邏輯規則而言，真正的學習乃是個人的創造或建構。因此，教師必須尊重學生獨特的認知體系(構想路徑)，學生自己才是最好的知識創造者，和具有良好的知識建構策略者。

除了以上述，以學習者個人為主的建構學習觀點之外，社會建構主義主張，知識的形成應注意社會的、文化的、生態的等外在因素；即個體的認知活動，是在其所處的情境脈絡相關因素彼此交互影響之下，完成建構。所以，社會及情境脈絡性建構教學，應注重學習之社會文化和社會情緒的結構，提高語言或情境引導在學習歷程中重要的角色地位，以及認定學習者之間是互動/互助的知識建構。以是觀念論點，正是本研究系統強調的啟發互動引導平台操作介面架構初衷。

若遵從社會建構主義者的看法，教師被比喻為『營養師』，在提供一種富營養的環境，以讓學生自主發展其知識(作品)。在此基礎觀念上，應較積極的設計一種師生互動的情境，使學生不僅自我建構知識，更有機會瞭解、借鏡他人知識建構的歷程，使知識建構有參考啟發的知識情境。胡志偉(民 86)對建構主義的教學原則，提出五項主張：

1. 不直接教導學生。
2. 使用情境佈題，促使學生用舊經驗來建構新知識。
3. 鼓勵學生在課堂上發表不同於別人得的意見，以便別人可接受不同觀點。
4. 不鼓勵機械式練習活動。
5. 使學生覺知自己概念是有缺點，再幫助學生發展自己正確的概念。

以上原則主張和本研究的創意發想輔助教學系統模式的教學原則：單元主題情境引導，互動嘗試應用舊基本知識，線上即時存取發佈作品及呈現創作路徑，建構無止境的知識衍生(作品創作)的原則完全一致。

2-2-2-1 認知建構導向的教材教法設計

創意發想教學以認知建構為導向的教材教法，在文獻上，有四種引導模式探討：

1. 問題和實驗導向的教材模式 教師在新單元教學開始，先提出問題，讓學生探究發展成自己的子問題或知識，再實驗(嘗試)驗證建構答案知識(作品)，如教師提出『如何以線條構成 3D 速度視覺』的構成問題，學生則須搜尋嘗試發展最佳的解答路徑(知識)或次級子問題。
2. 情境或真實的教材模式 教材內容盡量採用能與學生現實世界連結，或能在現實世界操作的狀況過程。如教師在播放搭坐雲霄飛車的虛擬實境遊戲，可自由停格、快慢往返播放瀏覽，深入體會觀察特殊的時空視覺感受，而後定出以『線條構成驚險刺激的 3D 速度視覺形式』的題材，給予學生實際嘗試建構學習構成的知識。
3. 主題式的教材模式 教材設計希望學習者在一個大領域的教材內容中，選擇自己有興趣探究的主題，成為專家；並也有機會接觸他人或小組研究主題。例如讓學生作『驚險刺激』的視覺構成時，學生可以個人各種經驗或聲光媒體的視覺感受作為發展的主題基礎，以各種構成條件(點、線、面)嘗試建構。
4. 連結歷史的教材模式 主張以一種替代的概念架構的教學模式，讓學生在大格局的脈絡問題或科學故事腳本下學習。例如 2003 年英美聯軍『A-Day』夜襲巴格達 10 分鐘的歷史景像記錄，學習點、線構成的動態爆炸形式。

以上四種教材樣式，皆可彈性即時轉變為教師在視覺構成創意發想教學的單元教材提案內容方式。任何一種教材式樣，皆有其不同創意發想方向及狀況(境界)。所有創思路徑也皆是學生建構的知識成果(作品)。

2-2-2-2 建構取向的教學策略

建構主義的教學理念，是希望其方法能反應出『以學習為中心』，考慮『注重學生的原有想法』，及『能使新舊概念達到概念統合的改變』的學習，強調個人直觀創造世界和主動建構的知識能力。因此教師應積極設法營造一個能鼓勵學生自由的、探索的、表達的情境。建構主義教學的方法，包括利用科技開放式學習環境設計等型式，其中電腦教學就是代表的教學策略。

鼓勵學生自主決定的學習內容和學習路徑，現代教學科技 電腦平台是實施建構取向教學很重要的設備工具。教師預先建構的知識庫及操作環境，讓學生成為創造之旅的冒險者，親自動手動腦搜尋路徑，建構創變，解決狀況，建構主題，合成知識，再即時線上虛擬發佈探討，最後比對篩選貯存為知識架構。這種建構式的流程模式，正是本研究擷取的模式架構。

2-3 創意思考

創新的見解或意念想法稱為創意。創新是創造的狀況表現，創造起源於思考，人們先有想法，而後有辦法，再有作法，終底產生結果。創意發想著重於創意思考的發展構想路徑搜尋。引導學生學習創意思考的過程操作中，逐漸培養創造能力，而創作作品成為創意思考的自然結果。

2-3-1 創意發想之實務法則運用[10]

創意發想的理論基礎在於創造學的建構。在 1990 年國際創造會議中，由創造人、過程、成果和環境四方面來研討的共識而言，創造學已形成為具有發展潛力及擴散實務的學門。視覺構成的創意發想，屬於創作學矩陣(Maggari Beck, 1993)中、個人創造能力為主的創意構想展現。個人創思法偏重在刺激引導，嘗試的思考路徑試探。現擇要三項闡述之：

1. 面質法：提供參與思考者，關鍵刺激字或詞，使參與者分析這些刺激字詞，並使之與主題的內容、功能、方法或待解之問題產生關聯，因而產生新主意。刺激字詞，以視覺感官材料為佳，再配合情境放鬆技術，全程行進使參與者產生和問題情境相對質的現象。此方法和本研究中預擬的專家法則知識庫使用者圖形介面(UGI, User Graphic Interface)本意相同。

2. **分合法**：此法為郭東(Gordon)所創。讓思考者從新奇的面向來看舊的事物或觀念。如此便於產生新創見，利以解決問題。此法解決問題時，可分為兩個過程 創新過程及學習過程。創新過程為把熟悉者變為不熟悉者，其方式為應用隱喻法，將不熟悉之事物類比為熟悉事物(直接類比)，其次把自己比喻為不該熟悉之事物(個人類比)，必要時可將該熟悉之事物加以符號化(符號類比)。而學習過程係將原不該熟悉之事物，透過經驗的運用，形成另一新的事物或創意。即由原物 分 合 新事物的過程，達到創思或解決問題目的。以分合法的創意思考觀念，可具體轉化為構成創意操作法則 分割或組合的多階層構成嘗試運用。
3. **快速創思法**：引用莫拉瓦創思 12 原則的快速創思展現法，原則如下
 - (1)倒過來看問題。
 - (2)從另一層次看問題。
 - (3)跳開當時系統狀況。
 - (4)向前一步試試。
 - (5)稍微調變一下。
 - (6)統整一下看看。
 - (7)連結兩種不相關的想法。
 - (8)把部份融入整體中。
 - (9)分開思考每一部份。
 - (10)參考別人作法。
 - (11)預擬未來情勢或可能性。
 - (12)去除不必要的部份。
4. **型態分析法**：此法以先分析出創思標的二項主要特質，各項特質再分析出重要細目，分列為縱軸和橫軸，列聯或矩陣圖表。創思者可以矩陣細目欄位選項移走嘗試做為創思的路徑。本法 之矩陣觀念，可再進一步轉化為人工智慧路徑搜尋節點(node)精義。另一方面也和檔案路徑的樹狀結構相似，不同的是，創思發展的節點選擇無限制性，可自由『跳選』形成發展變化的路徑記錄。舉例如下表 2-4

表 2-4 線構成創意思考路徑矩陣表例

	變形操作	錨點操作	布林運算
分割	縮放分割 旋轉分割 鏡射分割 扭曲分割 複製分割	面形錨點刀片切割 線形錨點剪刀分割	差集分割 交集分割
組合	縮放組合 旋轉組合 鏡射組合 扭曲組合 複製組合	錨點增加 錨點複製	聯集組合 重疊組合
延展	縮放延展 旋轉延展 鏡射延展 扭曲延展 複製延展	錨點位置拖曳 錨點方向拖曳	差集延展 交集延展 聯集延展

以上表 2-4 之創意思考路徑矩陣表，可轉化為樹狀路徑搜尋圖，以同視覺構成主題為例，其構成創意思考法則路徑架構，舉例如圖 2- 14。

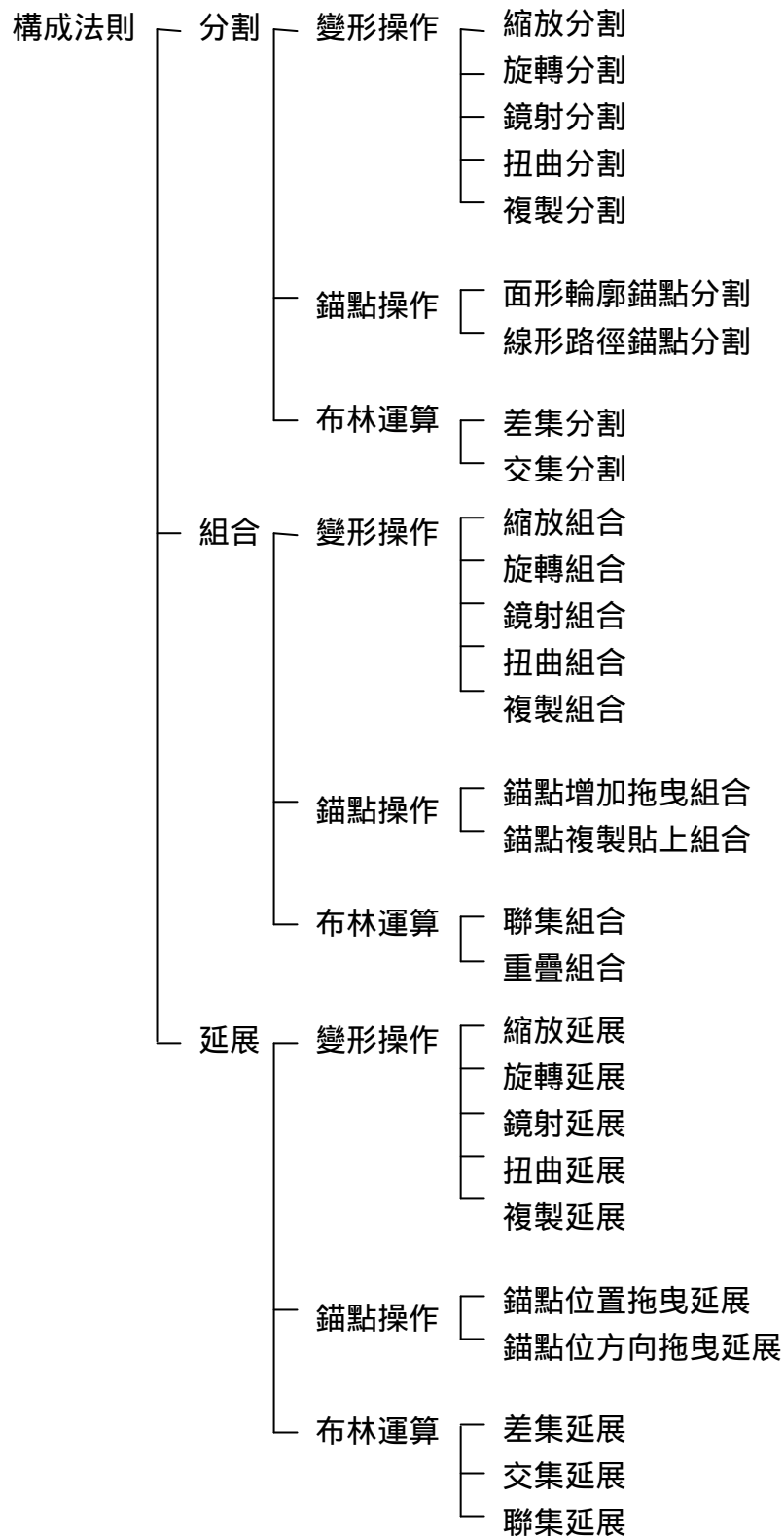


圖 2- 14 樹狀構成創意思考法則路徑架構圖

總結創意發想實務法則運用的精要意義，皆可具體轉化為電腦互動啟發操作創意發想的平台模式架構，此架構也是本研究之電腦輔助創意發想教學之基本觀念架構。

2-3-2 創意思考教學[11]

就創意思考教學的內涵來看：是教師透過課程的內容及有計畫的教學活動，在一種支持性的環境下，激發和助長學生創造行為的一種教學模式(毛連塏, 1984)。換言之，創意思考教學乃是利用創造思考策略，配合課程，讓學生有應用想像力的機會，以培養學生流暢、變通、獨創及精密的思考能力。因此有下列幾項特點：

1. 以創造力為目標。
2. 以學生為體。
3. 以民主為導向。

所以創意思考教學，應是指導學生發展創作的才能，鼓勵學生經由創造的歷程，學習作有效的創造性活動。本研究以視覺構成創意思考發展教學，作為引導學生經由視覺造形的建構創造歷程，學習有效操作電腦輔助創意發想的繪圖軟體系統，展現視覺構成的創發活動，符合上述創意思考教學內涵精義。

2-3-2-1 創意思考教學目標與架構

創意思考教學的目標，在培養學生隱含認知能力的擴散性發展思考力，如敏覺力、流暢力、變通力、獨創力及精進力，以及滿足情意發展層面的想像力、挑戰力、好奇心與冒險性等重要的關鍵能力指標。簡述精要如下：

1. 敏覺力：對問題、事物的敏感度。
2. 流暢力：構想點子源源不斷產生的能力。
3. 變通力：改變思考方式，擴大思考類別，突破思考現制的能力。
4. 獨創力：能嘗試想出不尋常、新穎答案想法的能力。
5. 精進力：補充概念，加入新觀念，增加細節趣味，組成相關概念群組的能力。
6. 想像力：善用直覺推測，能在腦中意念構思，並具體化，具有超越感官及現實的能力。
7. 挑戰性：在混亂情境中，尋求各種可能性，找出問題頭緒的能力。
8. 好奇心：對問題樂於追根究底，把握特徵，以求徹底了解結果。
9. 冒險性：猜測、嘗試、實驗或面對批判的勇氣，包括堅持己見及應付未來情況的能力。

在探討創意思考教學目標之後，可推展建構完整之創意教學觀念架構圖，如圖 2-15。上述的架構觀念，可完全引用為本研究之輔助教學觀念架構。



圖 2-15 創意思考教學觀念架構圖〔11〕

2-3-2-2 創意思考教學實施模式〔11〕〔12〕

教師在支持性環境下，以學生為主體，須要應用良好有效教學模式，以展開整個教學過程及操作活動。陳龍安(1990)綜合各種方式和特點建立了『問想做評』的創意思考教學模式。其特點為推陳出新，有容乃大及彈性變化。實際的教學步驟如下：

1. 問：依據學生的背景經驗知識及需求，將所欲進行的學習內容編製成單元問題組合，由淺入深。強調以認知、記憶的問題為引導，奠定學生的知識基礎，及激出挑戰問題的好奇心動機。
2. 想：鼓勵學生思考想像，提供學生思考的時間及環境，以擴散性思考及聚斂性思考的問題，引導學生嘗試邏輯推理，或自由聯想出二個以上新觀念或答案。
3. 做：運用各種活動方式，讓學生從做中學習。設計一些操作性活動或遊戲給學生，將思考所得完全展現出來。
4. 評：運用暫緩批判，欣賞創意的原則，重視形成性評量與自我評鑑的方法，依據教學目標，採用多元方法，進行階段持續的評量，兼顧反應過程與結果。上述創意思考教學實施模式，比照本研究中的創意發想操作系統，可以表 2-5 作比對性的解說。

表 2-5 創意思考教學模式和視覺構成創意發想教學模式的比對

問	視覺意向性單元問題 (引起視覺經驗的圖庫瀏覽)
想	人工智慧性知識庫圖形路徑參考 (即時閃現虛擬提示的圖形互動介面)
做	操作繪圖軟體表現視覺構成 (即時嘗試發展路徑操作)
評	自我與人工智慧圖庫作比對性評鑑 (知識庫創作路徑篩選存取的評鑑方法)

2-4 電腦輔助教學[13]

教育從以學校及專任教師的設置開始，經歷了四次革命；即教學媒體從最原始的語言、手勢、表情，而圖文視覺符號媒體，再由印刷出版媒體傳播知識思想，至今日以教學科技為基礎的互動虛擬實境媒體。應用教學輔助設備及媒體教材，主要意義在於改進教學，增進學生之學習發展。近三十年來，教學科技(Instructional Technology)的興起，整合以往的視聽教學，更加關注教學媒體(Instructional Media)的內容架構及應用觀念。教學上任何形式的資料資源和設備或用之於學習者的訊息，皆可視為教學媒體的基本定義。因此教學媒體可以下列三項說明其特性：

1. 教學媒體的範圍：包括硬性、軟體、視聽和傳播等媒體。
2. 教學媒體具有積極性：安排得當的教學內容，透過媒體就可學習，甚至可代替教師的位置，直接提供學生自我學習。
3. 教學媒體皆具有教育價值：本身除皆具有教育價值之外，兼具有影響學習者人格發展的趨力，不只是被視為工具或器材而已。

引導進入 21 世紀的主導性媒體科技基礎 電腦，將是所有教學媒體發展的基底科技平台。在輔助教學或輔助學習的地位，完全取代，甚至涵蓋整合過去輔助教學所有曾應用的資源、資料及展演方式。電腦輔助教學(Computer Aided Instruction)成為教學上最常應用的一種教學模式系統[13] [14] [15] [16] [17] [18] [19]。具體而言，教學媒體是

以電腦為操作平台(具驅動、整合、編製、互動操作等)，具備以下幾項強勢特質：

1. **互動性**：人機雙向交談的互動功能。
2. **適性教學**：提供個別化的『自調式學習』(Self Paced Learning)的教學方式，使學生可依照自身的學習步調來學習。
3. **學習者控制**：電腦媒體軟體，可設計成給予學習者高『學習者控制』的形式，自由在軟體選項介面操作中游走嘗試。甚至加入人工智慧的引誘適性教學。
4. **永不疲憊**：無人類生理、心理等反應，可無限次重複講評，反覆教學，引導示範，直到學習者精熟為止。
5. **不受時空限制**：電腦網路無遠弗屆，且可隨時隨地學習，甚至可以虛擬實境(虛構學習實境)。
6. **管理能力**：電腦能分析、記錄、提示、評量，加上知識庫應用管理，更可深入淺出地學習他人及自己的思考過程。

歸整以上探討，可將電腦輔助教學定義為：以電腦科技為基礎的輔助教學媒體，整合視聽、互動的學習操作平台。

2-4-1 電腦輔助教學的運用模式[14] [15] [16] [17] [18] [19]

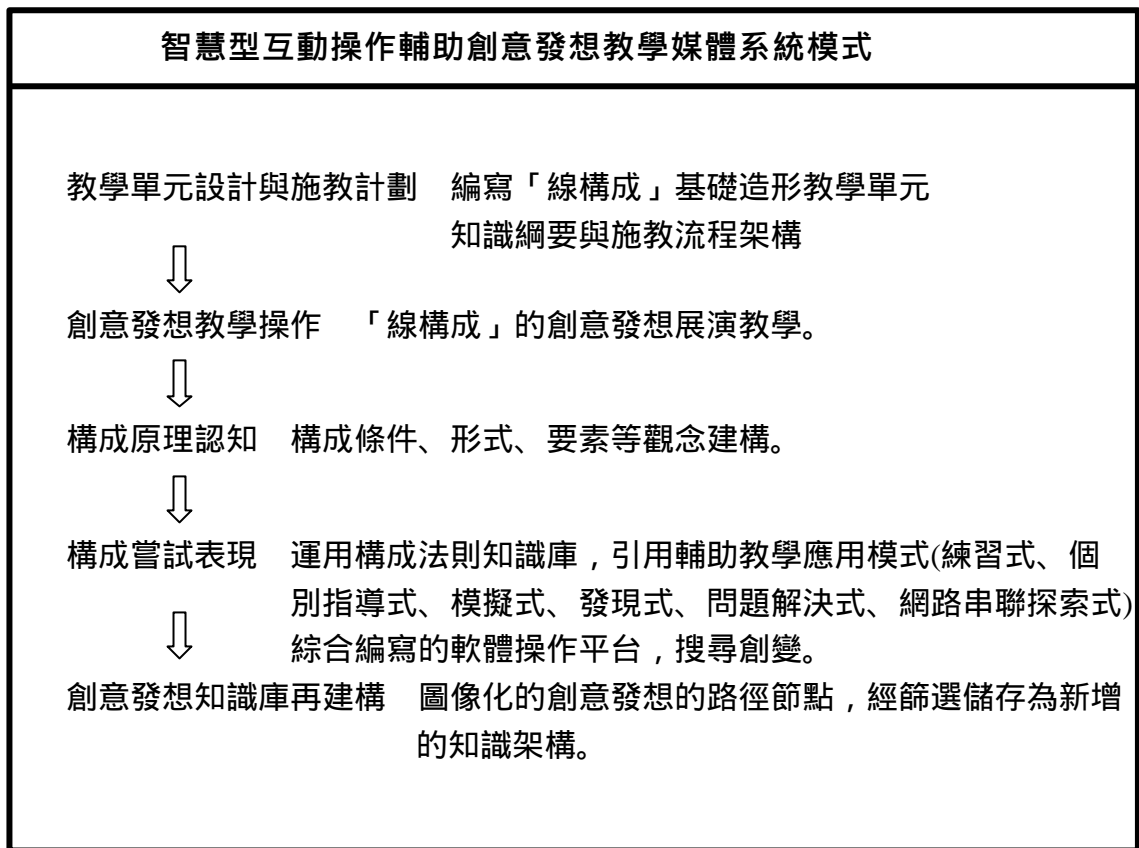
近年來，由於學習者中心的教育觀點主導電腦輔助教學的軟體設計理念，進年多轉向為以輔助學習為主軸。電腦輔助教學是利用預先設計發展，儲存於電腦硬碟、光碟或軟碟上，並經由電腦控管與呈現的課程軟體，開放操作使學生與課程軟體互動，並從中學習的一種教學方式。電腦輔助教學軟體所採用的教學方式，大致而言，包括練習式(Drill & Practice)、個別指導式(Tutorial)、遊戲式與模擬(Game & Simulation)、發現式(Discovery)及問題解決式(Problem-Solving)，現簡要說明如下：

1. **練習式**：又稱為演算與練習法，多用來輔助正式教學，以電腦來溫習，並提供演算與練習的機會。
2. **個別指導式**：在每一個小學習單元完成後，給予學生某些問題，並由電腦分析學生的反應，再根據學生的反應分析，給予適當的反應與回饋，以達到適性教學的目的。
3. **遊戲式與模擬式**：以設計或遊戲式或模擬式的方式來進行教學學習，讓學生透過生動活潑，並親身以模擬的方式參與學習經驗。
4. **發現式**：以漸進誘導學習者，發現隱藏的原理原則，而達到教學的目的。
5. **問題解決式**：給予學生一個挑戰性的問題，利用既有的知識，尋求解決，從中學習。

事實上，電腦輔助教學軟體，大都是整合多種形式，進行教學。基於『學習者中心』的教育觀點，更進一步發展，著重讓學習者自由學習探索的『串聯網式』或『自由探索式』的超媒體(Hypermedia)。在前述的基礎下，一些學者更嘗試引用人工智慧(Artificial Intelligence, 簡稱 AI)的技術於電腦輔助教學上，使學習者與電腦更能高度互動與對話，稱為 ICAI(Intelligent CAI)。配合多媒體科技的發展應用，電腦輔助教學自然也進入多媒體視聽化了。

就本研究探討的電腦輔助教學應用方向，即是前述與本段所述的內容整合。在教學單元設計的起始考量，至完成一套可以互動操作的輔助教學媒體系統，其間的整合應用模式，可以下列表 2-6 說明。

表 2-6 輔助創意發想教學媒體系統模式



2-4-2 電腦輔助教學與互動超媒體科技之整合[14]

由於電腦科技的整合發展，連帶推展媒體科技進入『多媒體化』的聲光視聽時代。為滿足個人參與主動性，發展出互動式的『超媒體』。近年來更講究身歷其境、感受互

動的『虛擬實境』之整合技術。媒體和使用者的互動層次，從線性聯結到網路聯結，甚至到人工智慧式的隨機應對。縱觀硬體系統技術研發，勢必整合衍生軟體系統的升級。電腦輔助教學藉由媒體技術展演教學內容單元；從另一觀點而言，教學內容單元經由媒體技術，轉變為互動教學媒體。從電腦輔助創意發想教學的建置觀點探討，整合電腦平台，結合應用軟體系統及媒體科技的應用模式，可以圖 2-16 表述說明。

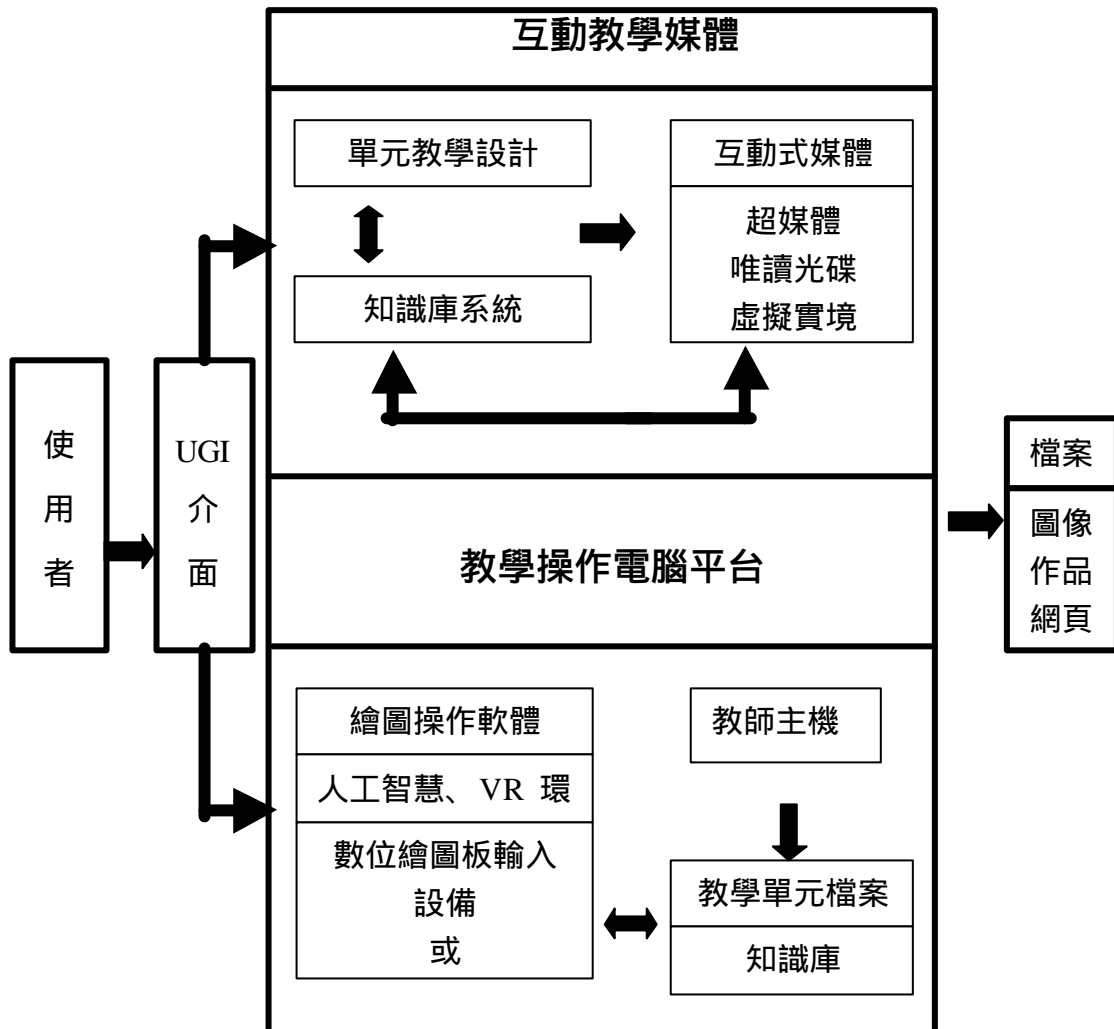


圖 2-16 輔助創意發想教學的電腦平台架構示意圖

從圖 2-16 可得知，整個創意發想教學的操作系統是由使用者 UGI 介面開始進入互動教學系統，直到學習操作完成圖像作品形式的網頁或檔案輸出。其中主要核心部份為教學媒體的「心智活動」和操作平台的「肢體行動」的有機聯結。人工智慧知識庫角色作為創意思考發展探索路徑的「顧問諮詢師」。在教學單元設計的綱要提示下，藉

由 VR 環境中的繪圖操作軟體，直接由螢幕觸控面板輸入思考嘗試指令，在平台上和互動媒體一起經歷完成一段個人獨特的創意發想歷程，並具體展現主題性視覺構成作品。此電腦輔助教學系統，並無操作的時空限制，及輔助思考想像發展範圍的極限，為學習者創意發想操作的最佳平台系統。

2-5 人工智慧知識庫

自 1954 年成立於美國卡內基美隆大學，由 Allen Newell 及 Herbert Simon 等人所進行的第一個正式「人工智慧」研究開始，經 1956 年的 Dartmouth 會議(The Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence) 正式定名，至今近 50 年來不斷發展研究，欲使電腦模仿人類智慧，替人類智能的目標，日漸實現。所謂人工智慧(Artificial Intelligence) 即是指一電腦系統能夠具有人類般的知識，並具有學習、知識儲存記憶及推理判斷的能力。人工智慧產生的過程是將人類對問題及各項事物所引起的刺激所引發的推理、學習、解決問題、判斷以及思考決策等過程，予以分解成一些基本步驟，再透過程式設計將這些人類解決問題的「步驟策略」予以模組化(modules)，致使電腦具一套結構化的方法，以應付或設計更複雜的特點問題，所建立解決問題的軟體架構系統。人工智慧不僅具有思考及學習的能力，進而更具有累積知識，利用新知識結構與新資訊之接受，以分析提供新理論的推理能力和處理新知的能力[20]。

人工智慧就現階段及未來研究的課題而言，可概分為以下諸方向(20)：

理則式人工智慧 (Logical AI)

搜尋 (Search)

圖型辨識 (Pattern Recognition)

知識表達 (Knowledge Representation)

推理 (Inference)

知識推理 (Knowledge and Reasoning)

經驗學習 (Learning from Experience)

規劃 (Planning)

認識論 (Epistemology)

經驗法則 (Heuristics)

至於人工智慧現階段應用領域研究的方向中，最為成功者，約略可概分為專家系統、知識表達、邏輯推論及計算式智慧等四個核心領域。1970 年代初期，專家系統領域的形成，使人工智慧研究強化堅實。而電腦科技的進展趨勢及大容量儲存記憶體的研發運用，實現了專家系統的理想，也驗證統計學理及規則庫之產生及推理。學習累積，運用知識的知識庫管理系統順勢發展成熟。

2-5-1 專家系統與構成法則

所謂專家系統[21] [22]，即是一個知識庫的處理系統，可幫助一個沒經驗的使用者，隨機使用儲存在此系統內的經驗知識去解決問題。亦即專家系統是個強化的知識程式，以模擬人類利用專家解決問題的技巧，並提供詢問專門領域問題解釋及推論過程。

完整之專家系統架構，必須具備兩方面支柱。其一為該項知識的專門人員，亦即是所謂的專家。擷取其對該項知識的思考方式，推理過程及解決方法，和學習態度等智慧能力，並予以知識法則化。另一則是程式設計師，致力於知識庫的建立，及規劃完善的系統架構，即所謂的知識庫系統設計工程師(Knowledge Engineer)。

專家系統中的空殼(Shell)觀念，則是包含有知識庫(Knowledge Base)，推論機(Inference Engine)及知識編輯器(Knowledge Editor)等組成部分[21]。如圖 2-17 所示。專家們之特殊知識是透過專家系統空殼(Expert Shell)中之知識編輯器。予以語法檢核、程式設計、除錯處理，而後將知識以不同型態之需要存入知識庫，待使用者若輸入相同之問題，則可透過推論機而得到結果顯示。

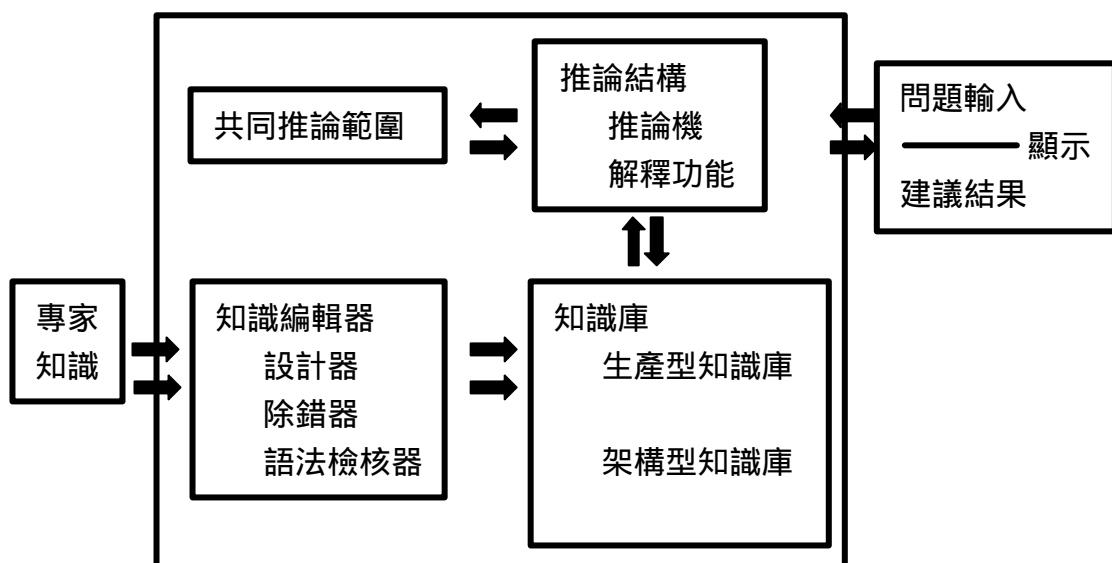


圖 2- 17 專家系統空殼(Shell)觀念示意圖 (21)

本研究擬以構成法則作為知識庫基底內容架構，採用網路圖示(icon)路徑節點架構預存，並以開放式累積使用者所衍生創新的思考路徑知識，經由編輯器檢核編輯處理作為新增的知識架構。創意發想學習者，在系統平台上，操作進入創發嘗試路徑法則圖形工具選項時，推論機及時取自共同可行的推論範圍(法則知識模式架構)，閃現提示可發展的圖形路徑模式知識啟發，供學習操作者抉擇嘗試操作(繪製)的思考路徑。此更

進一步的『構成法則專家系統空殼』架構[23] [24] [25] [26] [27]。 ，可以圖 2-18 說明。

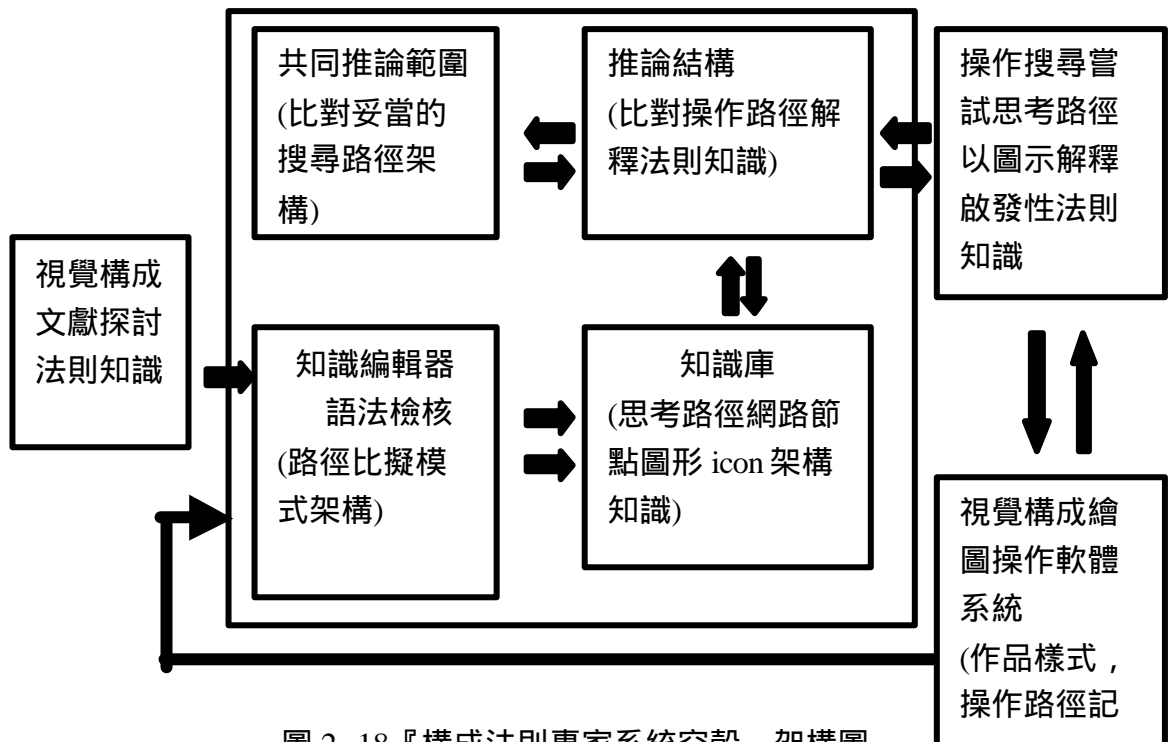


圖 2- 18 『構成法則專家系統空殼』架構圖

2-5-2 產生式系統 [28] [29]

1943 年 Post 提出一種計算形式體系裡的專門術語 產生式系統(Production System)，主要是使用類似於文法規則，對符號串作替換之運算。至六十年代，產生式系統成為認知心理學研究人類心理活動中，訊息加工過程的基礎理論，並以此建構人類認知的模型。直至目前，產生式系統已發展成為人工智慧系統中，最典型普遍的一種結構，例如大多數得專家系統結構都採用產生式系統。

1. 產生式系統的組成部分

一般人工智慧產生式系統的基本要素，包括一個綜合資料庫(Globe Database)，一個產生規則(Set of Rules)和一個控制系統(Control System)；簡要闡述如下：

a. 綜合資料庫：人工智慧產生系統所使用的主要資料結構，作為表述問題狀態或有關

事實，並含有所要求解問題的相關訊息，其中包括不變的部分及與當前問題解答有關的部分。人們可根據問題的性質，用適當方法來構造綜合資料庫訊息。

b. 產生式規則：一般形式為

條件 行動

或

前提 結論

即表示成為 if then 的形式

其中左半部分確定了該規則可應用的先決條件，右半部描述了應用這條規則所採取的行動或得出結論。若滿足了應用先決條件的產生式規則，就可驅動操作綜合資料庫，使其產生變化。假如綜合資料庫代表目前狀態，則應用規則後，必使狀態發展轉換，產生出新狀態。

c. 控制系統或策略：是規則的解釋程式。它規定如何選擇一條可應用的規則，對資料庫進行操作，即決定了問題求解過程的推理路線。資料庫滿足結束條件時，系統停止執行；然而系統求解過程中，應隨時記住應用過的規則序列，以便最終能給出解答的路徑。

在研究人類進行問題求解過程時，完全可用一個產生式系統模擬求解過程，即可作為描述搜尋的一種有效方法。

2. 產生式系統控制策略

在產生的過程中，如何選擇一條可應用的規則，作用於目前的綜合資料庫，產生新的狀態，以及記住選用的規則序列是構成控制策略的主要內容。人工智慧產生式系統執行時，完全呈現一種搜尋過程，在每一個循環中，選一條規則試用，直至找到某一個系列能產生一個滿足的約束條件的資料架構為止。因此高效率的控制策略是需要有關被求解問題的足夠知識，如此才能在搜尋過程中減少盲目性，較快找到解題路徑。

控制策略可分為兩大類：

- a. 不可撤回方式：利用問題的局部知識來決定如何選取規則。在作用於綜合資料庫後，產生新狀態，再據此繼續選取規則，搜索過程一直進行下去，不必考慮撤回用過的規則。此種策略具有控制簡單的優點，但易招致多行了一些不必要的規則路徑。
- b. 回溯方式：允許先試某一條規則，如進行發現這條規則不合適，則退回重選另一條

規則來試。本策略首重研究回溯的情況，再決定如何利用有用的知識進行規則排序，以減少回溯次數。

- c. 圖搜索方式：若將問題求解過程用圖或樹的結構描述，則圖中每一個節點代表問題的狀態，節點間的弧代表應用的規則，那麼問題求解的空間，就可由隱含圖來描述。圖搜索方式即是用某種策略選擇應用規則，並把狀態變化過程用圖結構記錄下來，一直到得出解為止，也就是從隱含圖中搜索出含有解路徑的子圖。

3. 產生式系統的類型

- a. 正向、逆向、雙向產生式系統：

產生式系統求解問題，若按規則使用的方式；或推理方向來劃分，則有正向、逆向和雙向產生式系統。正向產生式系統是從初始狀態出發朝著目標的方向來使用規則。反之，若選取目標描述作為初始綜合資料庫逆向求解，則為逆向產生式系統。若以雙向搜索方式去求解問題，則為雙向式產生式系統。總之，求解方向在狀態描述和目標描述之間作搜索執行。

- b. 可交換的產生式系統：

產生系統中，到達目標的序列，在某種情況下，可以任意交換而不影響求解；即那些最初可應用於初始資料庫的規則路徑才可交換。如上述圖 2-19，由於具有可交換性，求解時只需搜索其中任意一條路徑，只要有解必定能找到目標，不必探索多條路徑；因此不可撤回的控制方式，在這系統中很適合使用；因為解與最初可應用的規則次序無關，系統不必提供特殊選擇規則的原理。

- c. 可分解的產生式系統：

在圖搜索方式求解問題時，為了避免搜索多餘的路徑，可將初始資料庫分解成若干個能獨立加以處理的分量，分別測試產生式規則可應用的條件，然後產生新的資料庫，如此分解，產生交替進行下去，直到分量資料庫滿足某種結束條件為止。

4. 啟發式圖搜索策略

啟發式搜索是利用問題擁有的啟發訊息引導搜索，達到減少搜索範圍，降低問題複雜度的目的。啟發式搜索方法中若干相關的問題諸如啟發訊息的應用，啟發能力度量，及如何獲得啟發訊息等，皆具有能否保證找到最小耗散值的解路徑(最佳路徑)的相

關性。因此，在實際應用時，希望最好能引入降低搜索工作量的啟發訊息，而不犧牲最佳路徑的保證。實際上最重要的觀念，是要從解決獲取啟發訊息的方法上著手。

2-5-3 知識的定義[30]

數位科技系統運用於現代經營組織中，和人類最主要的「溝通媒介」，當屬資料、資訊、知識三項。三者何息息相關的層次，但並非可以互換的觀念。資料（數據）是對事件精確、客觀的記錄，且是結構化的數據。資料只能展現事件某部份的表象（狀況），無法提供任何判斷、解析與行動的依據，其本身也無意味有任何關聯性和目的。資料的動要性，在於能轉化成資訊。資訊是一種訊息，通常透過文件或是視訊系統來傳送意義。而其最大意義即為關聯性和目標。資訊不但有潛力能調整接受者的看法，要本身也具有明確輪廓，是為了某些目的所組織起來的訊息[31]。人們以下列幾項重要方法，將數據賦予價值，並進而轉變成資訊[32]：

1. 文字化：使資料表達蒐集目的。
2. 分類：使接受者了解數據分類的項目，與分析單位。
3. 計算：透過數學或統計分析資料（數據）。
4. 更正：將資料除錯篩選。
5. 濃縮：將資料濃縮成更簡潔形式。

至於傳達訊息的內容比傳達的工具或方法重要，但傳達工具且對訊息有極大影響力。

知識是一種流動性質的綜合實體，其中包含結構化的經驗，價值以及經文字化的資訊，也含有專家獨特的見解，為新經驗的詳估與整合，資訊完整的架構。在組織運作中，知識不僅存在文件與儲存系統中，也蘊涵在日常例行工作過程，執行與規範當中。知識來自於資訊，資訊以下列過程演化成知識[32]：

1. 比較：和以往狀況的相異之處。
2. 結果：對決策和行動的啟示。
3. 關聯性：知識與其它知識間的關聯性。
4. 交談：擷取其它人使用資訊的心得看法。

因此，知識的創造活動，都是在人類之間進行的，以現代數位科技加以結構化管理，組織專家知識成為專家系統知識庫。

2-5-3-1 知識庫[31]

將各階層有主題從屬性的知識（或提示性法則）儲存成結構明確化的檔案格式，再累積成有系統的知識資料庫（電腦化的資料庫）。知識資料庫存有基礎架構的內部知識，及開放可無限連結擴增更新的知識框架。使用者透過知識管理應用軟體，對知識庫進行搜尋。無論是以關鍵字，或藉由「知識分布圖」來進行搜尋相關需要的知識，皆是可行之法。而由外界引入的資料，經過「知識編輯」，加以評介，定義賦予價值。編輯資料成知識的科技應用，從以往的文件形式，進展成「超媒體」形式：除了超文件（hyper text）之外，還可以影音圖形等呈現的知識形式與聯結搜尋的媒體。

網路科技的發展應用，使特定領域的知識，可和其它領域知識，或其它階層知識相互關聯搜尋，以「超媒體」架構，使得使用者能夠悠遊於相關知識之間，這即是 Intranet 式的基本知識管理應用。對於集中性知識領域的「專家系統」引入，超媒體形式的知識庫，是最適合的環境。以結構性的少數專家知識，能隨時提供多數使用者搜尋使用的專家系統知識庫，具有穩定的知識領域及架構優點，而後經由推論工具展現知識即時提示啟發的最大功能。以上所述，以目標為導向的資料庫，能夠為這些知識分類，建立起動態的關聯，協助使用者找出解決問題的方法（路徑）。

2-5-3-2 視覺構成法則知識[32] [33]

有明確目標形式的視覺構成發展歷程，如同面對有連貫階層性的問題求解搜索路徑，需要即時關聯性的啟發策略知識引導。分析視覺構成發展過程中，所需要的知識法則，可歸整為「構成的形式法則」知識庫。此知識庫基本內容架構為歸納自造形構成相關文獻的共同性之法則知識，如元素構成法則，形式發展法則，及開放聯結「超知識」，擴充圖搜索式的圖示路徑知識。整個知識庫管理系統，包括知識編輯器，知識搜索器和知識推論器。在於物件導向觀念為重點的資料庫管理系統，將知識庫更進一步和人工智慧理論的專家系統結合，以「個案推論」方式推展知識運用（提示性構成法則）。

歸功於數位科技的發展應用，視覺構成法則知識庫能在現今電腦平台中，以「超媒體」形式、聯結、搜尋、匯整成具有親和性的多媒體知識資料庫，而表達知識不再只是文件格式，可以是 UGI 圖示路徑分布圖，也可以是分類妥善的個案發展圖像記錄式視訊隨選（VOD）檔案。

2-5-4 構成創意發想產生式系統

產生式系統當被用來求解問題時，其循環的過程，實際上便是一個完整的搜索過程。一般進行的步驟模式如圖 2-19：

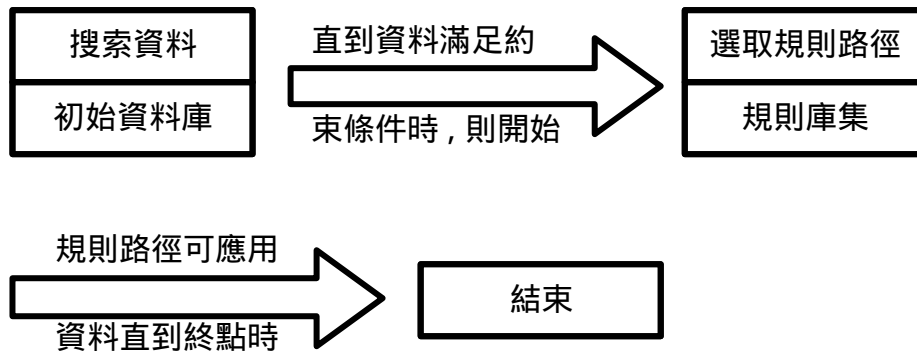


圖 2-19 產生式系統搜索過程模式

這個過程是不確定的，因選取規則時，並無明確規定如何挑選一條合用的規則路徑。路徑搜索過程模式，可比對運用於構成創意發想搜索的觀念架構模式。兩模式皆以在此「Production」的過程中，如何選擇一條可應用的規則，作用於目前的綜合資料庫，使產生新的狀態，並記住選用的規則序列，以累積構成控制策略知識的運行架構。因此，用產生式系統求解問題(構成發展)時最主要工作，為如何把有關問題的知識組織成陳述，過程和控制這三種組成部份，以便在產生式系統中，充分地施展運用。

若以「構成創意發想」模式視同產生式系統的「Production」的模式，則啟發式圖搜索策略是可引用的最佳控制策略。本策略是利用問題領域擁有的啟發訊息引導搜索程序，達到減少搜索範圍，降低問題複雜度的目的。以視覺構成發展的觀點解讀，是利用階層性的構成法則知識提示訊息，依次引導操作繪圖創作的創意(構想)搜索，「歷練」形成適用的規則序列，得到最佳的目標作品(解)。和產生式系統不同之處為，視覺構成創意發想的「解」並非是唯一絕對形式，甚且路徑序列也為不確定的水平網路發展模式，最後是以發展路徑(規則序列)來歸類成「解的集合」或則稱為「構成的形式」。探討比對後的「構成創意發想產生式系統」模式架構，可以圖 2-20 表示。

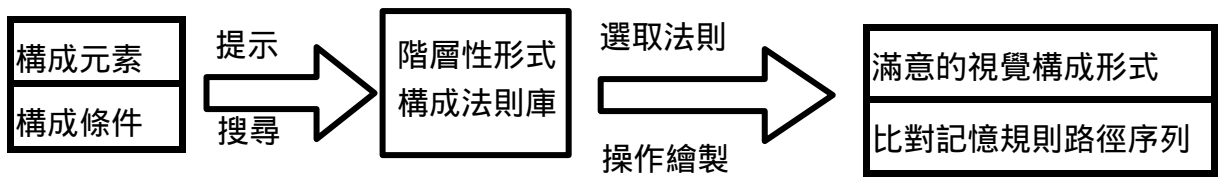


圖 2-20 『構成創意發想產生式系統』模式架構圖。

2-6 小結

綜合本章文獻探討，可歸結得到下列主要理論內容：

1. 造形構成原理方面：

- 造形心理學提示，知覺反應決定造形的存在認知及完形建構，實驗美學架構造形操作及分析理論。
- 心理美學家以科學經驗原則，整理建構「形式原理」，開啟美感創發指導原則的觀念。
- 平面構成的研討，傳達運用媒材，依循理論法則，架構操演，展現理性或感性自主實驗創造、組織、成形活動的教學觀念。而構成條件、構成形式、構成要素、構成表現的科學階層分析，具體歸納出階層性的構成法則。
- 線構成的分析探討，從構成方法的方向特和本質形態的特性觀念，足可歸引出線的形式構成階層知識法則。

2. 認知教學方面：

- 認知心理運作歷程：知覺動機 → 心像記憶 → 思考推理 → 解決策略 → 經驗記憶，恰可和創意發想的歷程：問題界定 → 準備 → 反應 → 操作驗證 → 結果檢視完全比對。
- 認知學說指引創意發想教學的策略：建構無礙教學環境 → 有機性整編教師、學生、設備、及單元教材 → 操作教學科技展演教學。
- 建構取向的教學設計，滿足創意發想教學輔助學生心理發展的本質目的，並以知識建構作為學生學習活動的目標境界。

3. 創意思考方面：

- 個人創思法的運用，偏重在刺激引導，及嘗試思考路徑的探討。視覺構成的創意發想，屬於創作學矩陣中，個人創造能力為主的創意構想展現。而創意思考路徑矩陣表，可進一步轉化為樹狀路徑搜尋圖。

- b. 創意思考教學活動，需要把握的特點要則：以創造力為目標、以學生為主體、以民生為導向，及要有明確的教學目標：培養擴散性發展思考能力，滿足情意發展層面。
 - c. 創意思考教學實施模式：問 → 想 → 做 → 評，也可完全比對於視覺構成創意發想教學模式：「視覺意象性單元問題」 → 「人供智慧性知識庫圖形路徑參考」 → 「操作繪圖軟體表現視覺構成」 → 「自我與知識庫做比對性評鑑」。
4. 電腦輔助教學方面：
- a. 電腦輔助教學模式，具有互動性、適性教學、學習者控制、永不疲憊、不受時空限制、即可管理的特質，使之成為被最常運用的教學模式，也正是本研究之教學平台的主旨精神。
 - b. 電腦輔助教學的可運用模式：練習式、個別指導式、遊戲與模擬式、發現式、問題解決式、再進展為「串聯網式」，及「自由探索式」，建構成為了「超媒體」形式，甚至引用人工智慧，再發展成為 ICAI(Intelligent CAI)。
5. 人工智慧知識庫方面：
- a. 人工智慧具有思考及教學、累積知識、利用新知識及新資訊分析推理，及處理新知的能力，進而應用發展成專家系統，並可歸究成為輔助創意發想的知識庫系統。
 - b. 專家系統的空殼(S hell)架構觀念，可完全比對為「構成法則專家系統空殼」架構。
 - c. 專家系統結構採用產生式系統，正可比擬架構構成創意發想，在運用法則建構物件的路徑搜索策略觀念。
 - d. 知識定義的理論將視覺構成法則知識化，進一步歸納成知識庫，且連結電腦超媒體操作平台，以 UGI 介面圖示路徑，引導完成操作構成創意發想學習歷程。

三、電腦輔助構成創意發想教學平台系統模式建構

3-1 造形構成創意發想心智模式架構

綜合 2-2 認知教學文獻探討，擷取認知學派的『知覺、思考、記憶、動機、心像、推理、語文運用及解決問題能力等複雜結構與運作歷程』等的認知學習學說理念，以及維高斯基（Lev S. Vygotsky）的鷹架（Scaffolding）認知組織概念，和當今數位科技的訊息處理理論，嘗試進行建構成造形構成創意發想心智模式架構。其主要架構觀念為比對認知學習的訊息處理模式架構：感官登錄組織模式→短期記憶/工作記憶模式→長期記憶模式→後設認知模式。整體架構模式說明如下：

3-1-1 感官登錄組織模式[9]

來自多元管道的訊息環境，須經由知覺意識注意辨識，進而登錄在短期記憶的「基模」之上。比對轉化為構成創意發想的心智模式架構，則為主題性（物件性）引導的環境（視覺性或意念性）的刺激，包含有視覺意象性的物件，或文字意念主題性的環境刺激單元題材，作為學習情境中，提供知覺注意辨識的訊息來源，主要架構意涵，可以圖 3-1 表示。

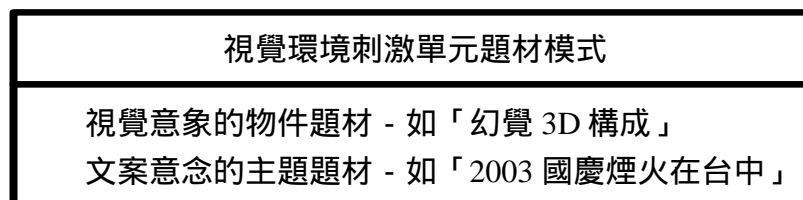


圖 3-1 視覺環境刺激模式圖

3-1-2 短期記憶/工作記憶模式[9]

提供感官登錄組織的訊息環境，進一步致使產生短期記憶，或操作過程步驟嘗試所得的法規記憶。主要功能展現為登錄、複練、嘗試、提取。就造形構成創意發想心智模式需求而言，應為認知明瞭視覺構成主題意涵及架構，漸次登錄比對舊觀念知識，而且進行嘗試操作、展演，並篩選提取最佳法則路徑，其完整意義可以圖 3-2 表示。

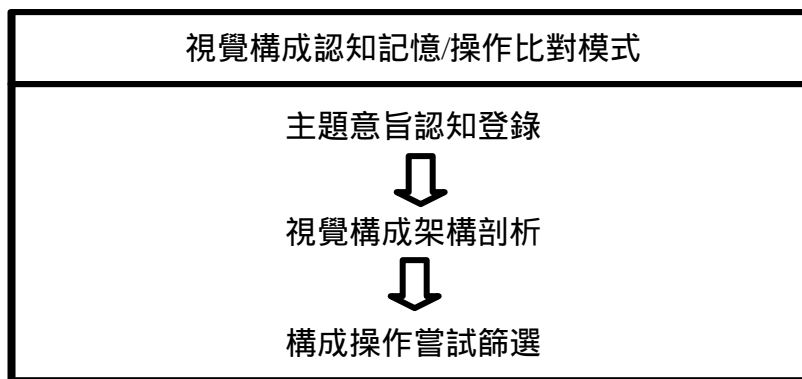


圖 3-2 認知記憶/操作篩選模式圖

3-1-3 長期記憶模式[9]

訊息經短期或工作記憶認知操作後，逐漸明朗形成初步架構知識，再經過比對儲存，重新衍生組織，或理解推演，終於明確內化形成心智概念(陳述性知識)，或意識指導原則，甚且是具體圖像的模式。比照於造形構成創意發想心智模式架構，應為視覺構成原理的全盤領悟，和操作法則的運用自如，成為個人心智中的長期知識記憶，其完整意義，可以圖 3-3 表示。

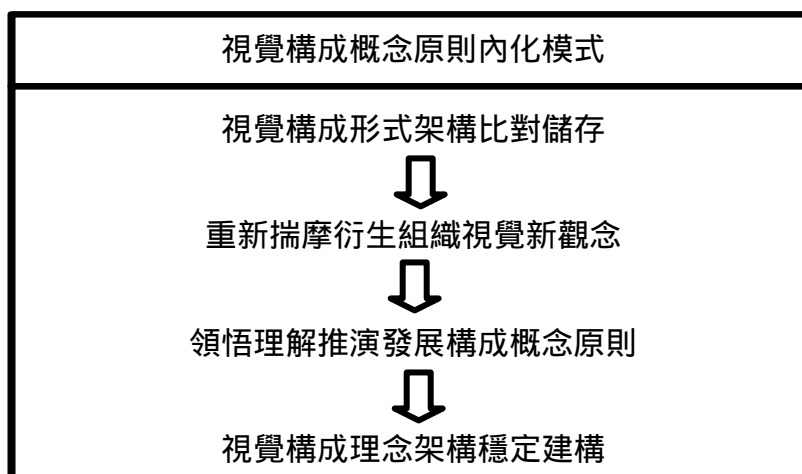


圖 3-3 視覺構成概念原則內化模式

3-1-4 後設認知模式[9]

建構於心智之中的概念、原則，再經有目標的計劃、學習監控，修正評估後，更深層導引進入建構屬於個人事件學習創發策略的最高境界。比照構成創意發想的心智模式架構，應為基於構成原理及操作法則運用的心得感應知識，進行針對視覺構成主題作創新的『構成表現』計劃及策略，並操作展演表達認知學習發展的結果。整體意義，可以圖 3-4 表示。

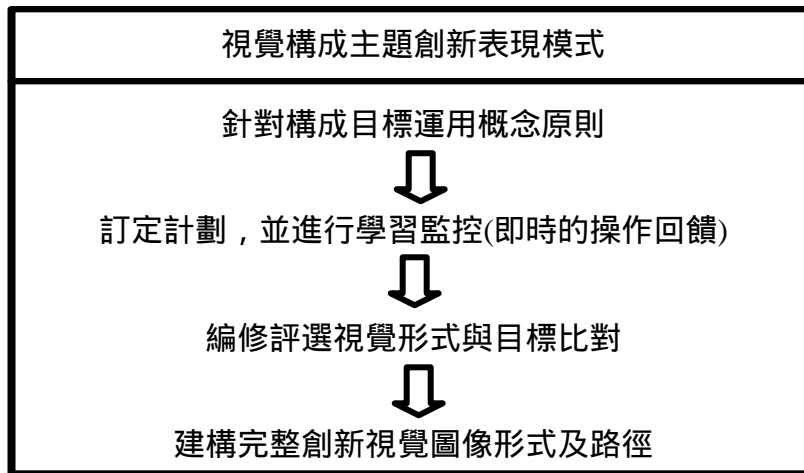


圖 3-4 視覺構成主題創新表現模式

綜合比對認知學習的訊息處理模式架構和造形構成創意發想心智模式架構，視覺構成認知發展可完全印合認知訊息處理發展學習的理論模式。兩模式比對精簡圖示如圖 3-5。

認知學習訊息處理模式	造形構成創意發想心智模式
感官登錄組織模式	視覺環境刺激單元題材模式
多管道的訊息 注意 辨識	視覺意象的物件引導 文案意念的主題啟發





圖 3-5 認知學習訊息處理模式與造型構成創意發想心智模式比對圖

3-2 造形構成法則知識庫模式建構

造形構成發展須要知識或法則的指引提示，持續嘗試創變，達成主題目標。本研究建構的造形構成法則知識庫，基本架構為階層性樹狀法則知識節點群構。階層具有單向發展引導趨勢，同階安置的提示參考選項具有嘗試的絕對自由度。整個開放性的知識庫架構，含括各教學單元指向的子知識庫，各子知識庫架構內容則是經研討整理完成的相關構成知識法則。開放的部分則是供學習者構成創作操作後，精選比對所最佳解路徑紀錄累積。其詳細架構模式(以線條形式構成為例)，如圖 3-6 所示。

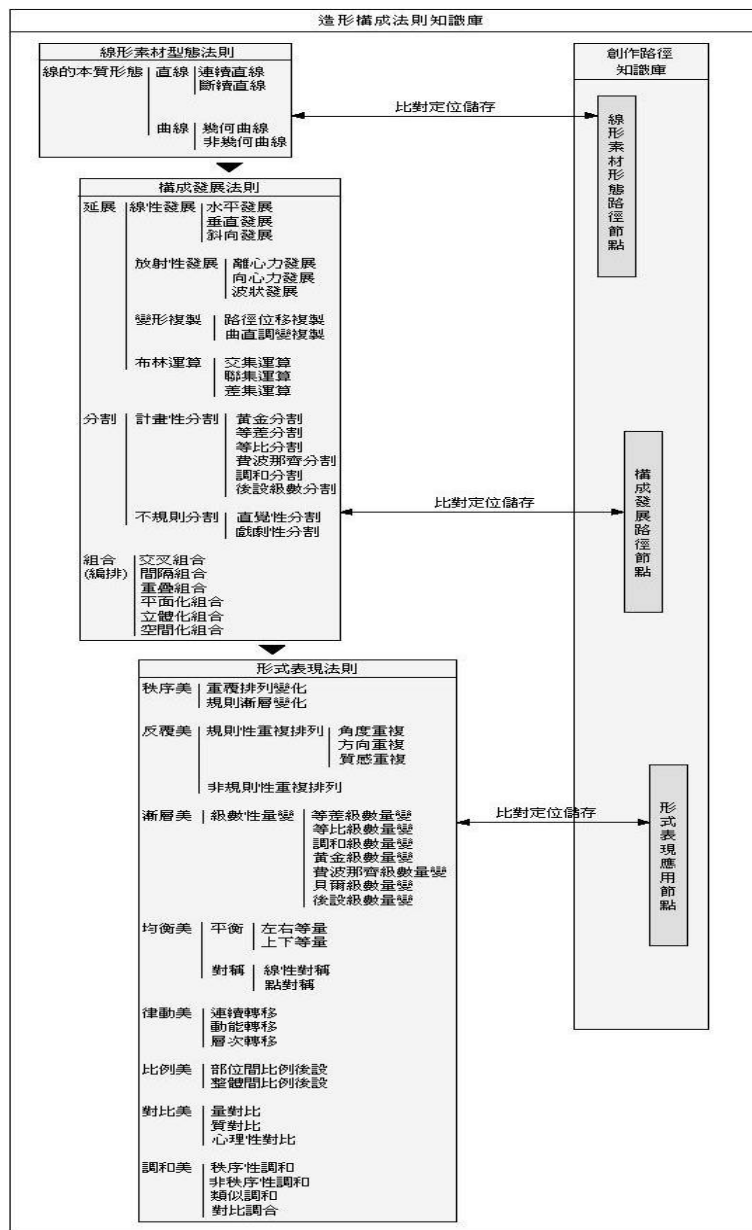


圖 3-6 造形構成法則知識庫模式

3-3 物件引導啟發式圖形路徑搜索專家系統模式建構

連結構成法則知識庫的啟發性專家系統，是以物件發展的圖形路徑搜索方式引導學習者嘗試構成操作，完成『操演實習』歷程，此正是輔助構成創意發想教學的建構意義[35]。學習者在本『專家系統』輔助操演構成創意發想學習單元，進行內化認知構成原理，運用構成法則知識，歷練創意思考展演，達成教學目標。後設認知發展的教學評量，則可以『主題作業』限時計量方式，客觀評量教學成效。完整的物件引導啟發式圖形路徑搜索專家系統模式架構意念，可以圖 3-7 路徑搜索階層架構圖，及圖 3-8 圖形路徑節點搜索網路圖表式示說明(以線條構成形式為例)。

主題意念階層	線形素材階層	構成方法階層	形式表現階層	物件成品階層
以構成型態分類 作為開始搜索 內容項目如： 有機形態物件 無機形態物件 具象形態物件 抽象形態物件 等等的意念標題	直線 連續直線 斷續直線 曲線 幾何曲線 非幾何曲線...	延展 線性發展 放射性發展 變形複製 布林運算 分割 計劃性分割 不規則性分割 組合 交叉組合 間隔組合..	秩序美 反覆美 漸層美 均衡美 律動美 比例美 對比美 調和美	含有主題意象的各種構成形式及路徑節點屬性群組，儲存為構思路徑及構成形式圖檔瀏覽知識庫

圖 3-7 路徑搜索階層圖

主題意念節點	線形素材節點	構成方法節點	形式表現節點	主題物件節點
?有機形態 ?仿生構成... ?自然力構成...	?曲線 ?幾何曲線 ?封閉曲線... ?開放曲線... ?併合曲線... ?非幾何曲線 ?封閉曲線... ?開放曲線...	?延展 ?線性發展 ?水平發展... ?垂直發展... ?斜向發展... ?放射性發展 ?離心力發展... ?向心力發展... ?波狀發展...	?秩序美 ?重複排列... ?規則漸層排列... ?反覆美 ?規則重複排列 ?角度重複... ?方向重複... ?質感重複... ?非規則重複排列... ?漸層美...	?有機形態 ?仿生意象 物件與屬性... ?自然意象 物件與屬性
?幾何形態...	?直線	?延展...	?秩序美...	?幾何形態...

圖 3-8 階層圖形路徑節點搜索網路舉例部分圖

註：?表示圖形節點 UGI 介面

在圖 3-8 中，從搜索某主題物件節點開始進行構成嘗試發展歷程，階層間是單正向發展，而同一階層內的路徑節點選項則可自由選擇嘗試操作展演。待學習者完成整個構成發展歷程之後，系統歸納記錄路徑圖，提示是否確定要比對儲存在知識庫參考圖例瀏覽庫位置。

3-4 介入超媒體運用的教學操作平台模式建構[36]

本章研討的輔助教學系統架構，其機制設定作為教學單元媒體展演知識，及學習者認知操作嘗試構成的平台機構，名為『超媒體教學操作平台』模式。此平台模式以多媒體配備的電腦科技硬體為基底環境，軟體應用則以整合向量構圖軟體及專家知識庫系統應用軟體，編寫具有即時互動連結顯示性的操作介面軟體。上述平台模式架構，可以圖 3-9 說明。

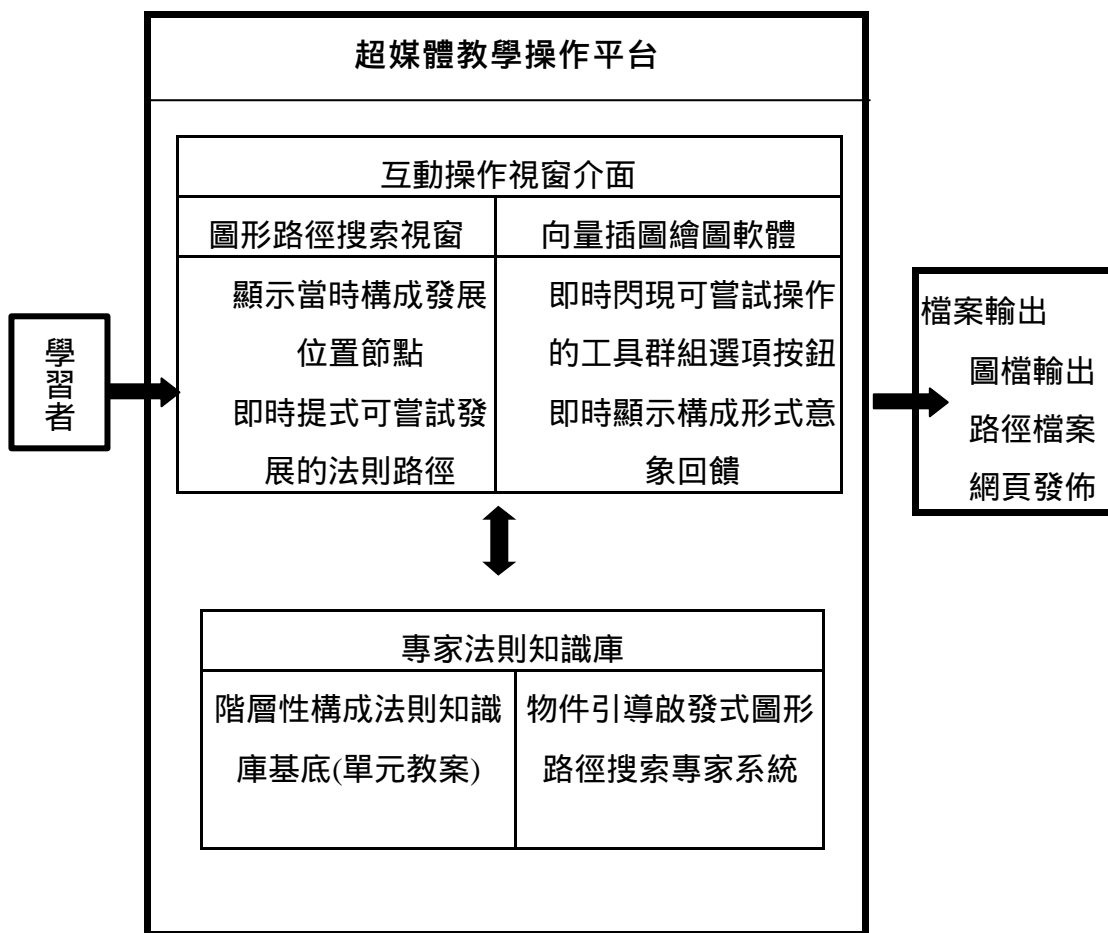


圖 3-9 超媒體教學操作平台模式

由圖 3-9 所示，學習者經由『超媒體教學操作平台』和專家法則知識庫互動引導、在插圖構圖軟體視窗中置入圖形路徑搜索專家系統即時閃現的啟發知識訊息介面。操作嘗試歷程路徑圖示位置顯示及步驟記錄成為新的法則知識案例，而最終的構成形式圖檔也以路徑線稿格式存在知識庫參考圖例區。

3-5 小結

經過本章前述三節明確描述本輔助造形構成創意發想教學平台架構之後，對於本平台架構模式之機能目的，可歸納以下諸項：

1. 知識庫內容架構，其實可視為教學單元的編序教案；代替教師以互動方式展演施教。
2. 物件引導啟發性的圖形路徑搜索專家系統扮演角色為最稱職的即時個別指導教師，協助引導學習者嘗試完成整個認知發展的學習。
3. 電腦超媒體教學操作平台是學生進行學習，教師施教的最基本平台。學生經由平台認知構成原理知識，且以構成實作達成後設認知學習。運用電腦教學科技展現超連結，即時回饋虛擬，和整合專家知識庫的強大功能，輔助完成構成創意發想學習。

由以上三部份架構連結整合而成的『電腦輔助造形構成創意發想教學操作平台模式』為本研究的重點精華。

四、電腦輔助構成創意發想教學媒體系統模式之試驗操作

本研究之電腦輔助構成創意發想系統模式，以教學單元展演作為試驗操作主幹。以相同受測對象母群，分別經過新舊兩種方式教學後的構成發展嘗試過程及結果記錄分析。

4-1 試驗操作架構

整個試驗操作架構詳述如下：

1. 構成教學單元題材：綜合高中美工學程基礎造形課的『線構成』單元。
2. 受測對象母群：台中縣私立明道高中綜合高中部美工學成綜二 16 全班 48 位學生。
3. 試驗操作流程：
 - a.共同基本流程架構：由構成原理知識的引導講解，再進行構成發展嘗試操作，而後完成主題構成創意發想展演。
 - b.新舊教學展演方式共同同時執行的流程階段：構成原理知識引導講解。
 - c.介入不同教學展演方式的流程階段：構成發展嘗試操作認知階段，及主題構成創意發想展演操作階段。
4. 觀察檢測記錄項目：
 - a.主題意念階層法則嘗試落點的次數量(定時計量)。
 - b.線行素材階層法則嘗試落點的次數量(定時計量)。
 - c.構成方法階層法則嘗試落點的物件次數量(定時計量)。
 - d.表現形式階層法則嘗試落點的物件次數量(定時計量)。
 - e.物件成品階層法則嘗試落點的次數量(定時計量)。[註：構想發展經過各階層法則路徑節點的紀錄稱為落點]
5. 試驗操作後的問卷調查：(以學生為問測對象)
 - a.構成知識的認知度。
 - b.構成操作流暢度及自評。
 - c.構成創意發想流暢度自評。
 - d.構成創意發想教學的滿意度。

4-2 試驗操作記要

4-2-1 受測對象母群描述

明道高中綜合高中部美工學成二年級 16 班的基本資料：

1. 人數：實際受測 48 位。
2. 相關基礎學識：基礎描繪、製圖與識圖、基礎設計及色彩計畫等美工專門學程基本學識。
3. 電腦应用能力：一般電腦作業系統操作及向量插圖繪圖操作運用能力。
4. 基礎造形課程時數：每週 2 小時。

4-2-2 教學展演單元描述

擬以作為試驗操作的教學展演教學單元內容[39]詳情如下：

1. 單元名稱：基礎造形課的『線構成』單元(綜高美工二年級)。
2. 單元教學時數：『線構成』單元課程 4 小時，單元課程的前 1/3 時數為共同教學展演流程階段，1/3 時數為操作演練時間，及 1/3 時數的主題構成創意發想作業操作。
3. 單元大綱：
 - a.線構成原理知識的認知學習。
 - b.線構成嘗試操作演練認知學習。
 - c.線構成的主題創意發想嘗試展演操作。

4-2-3 單元教學展演程序描述

以新舊兩教學方式分開描述，以便客觀比對試驗檢核差異。

1. 舊教學展演方式：以明道中學在試驗本研究之『電腦輔助創意發想教學之模式系統』前的教學展演方式，主要為以傳統視聽教學器材講授『線構成』原理知識，並舉例說明，再以紙面手繪製圖嘗試構成操作加強認知學習，最後以主題物件的創意發想構成操作展演作業作為學習評量。
2. 新教學展演方式：以本研究之輔助教學方式，進行和前述舊教學展演方式相

同的教材內容即，『線構成』原理知識作為起先的知識講授，並適時圖例說明，繼而進入超媒體教學操作平台嘗試構成發展操作演練，最後以在平台中完成主題物件構成創意發想展演操作作業作為學習評量。

3. 綜合上述兩教學展演方式[40]、展演程序，可以圖 4-1 作為共同說明：

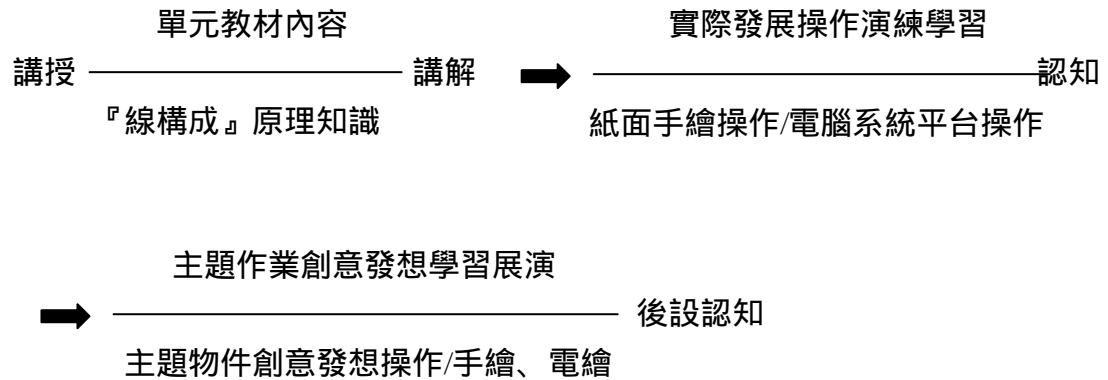


圖 4-1 教學展演程序

4-3 輔助教學媒體系統模式是驗實況記錄

4-3-1 單元教材講授

新、舊兩教學展演方式皆以『線構成』單元教材為講授內容，並同以相同之 PowerPoint 教學簡報檔案播放講解構成相關知識原理，建立學生初步認知學習。單元教案大綱如圖 4-2。新、舊教學展演方式，上課講授地點皆為一般綜合實習工場，以伸縮吊掛螢幕單槍投影播放講解教案內容知識。教學檔案投影片內容總計 10 頁，縮圖如 4-3。授課時況如圖 4-4、圖 4-5。

綜合高中部美工學程二年級基礎造形單元教案大綱

單元主題：平面視覺構成原理二 線的構成

教學時數：4 小時

單元綱要：一、構成的意義

二、形態與表現

三、線的構成方法

1. 線的形成與形式

2. 線的種類

3. 線的構成

四、線構成美的形式表現

1.秩序美 2.反覆美

3.漸層美 4.均衡美

5.律動美 6.比例美

7.對比美 8.調和美

五、構成操作演練

1. 構成法則引用原則

2. 紙筆操作要則

3. 電繪操作要則

六、主題構成創意發想操作

1. 嘗試構成主題意念方向運用

2. 嘗試線形素材發展運用

3. 搜尋相關適合的構成方法

4. 美感表現技法應用

5. 審視構成發展路徑知識認知

6. 儲存知識架構（內化及外展）

圖 4-2 『線構成』單元教案大綱

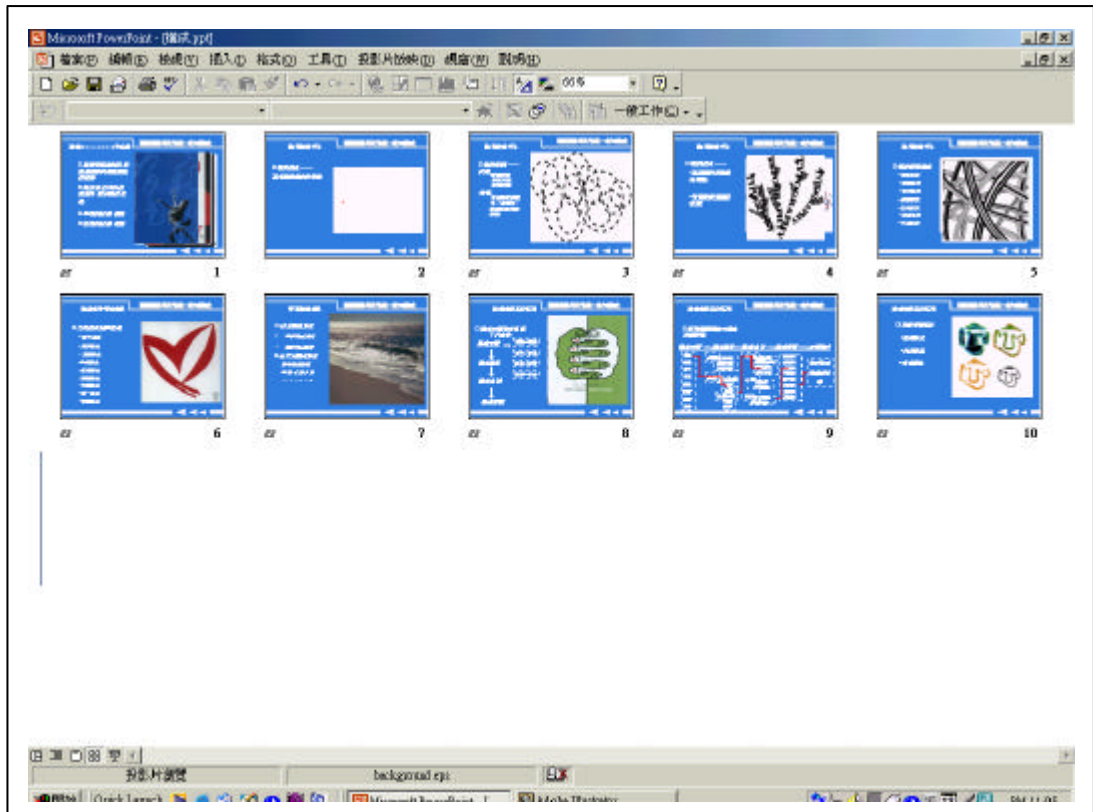


圖 4-3 『線構成』單元教案 PowerPoint 投影片全覽縮圖



圖 4-4 單元教案授課實況(一)



圖 4-5 單元教案授課實況(二)

4-3-2 『線構成』實際發展操作演練

就單元教案之認知學習深度層面，以實際構成操作演練強化提升認知內化效應至後設認知發展層面。本階段將新、舊教學展演不同方式，分別以『電腦輔助構成創意發想教學系統』的『超媒體教學操作平台』，和以往在綜合實習工場工作桌上，紙上手繪操作作業，做試驗比對。

4-3-2-1 『超媒體教學操作平台』操作過程實況

1. 操作平台視窗介面內容介紹：

- a. 基底視窗為向量插圖構圖軟體基本操作介面
- b. 階層性圖形構成法則知識疊層視窗
- c. 啟發引導性構成發展法則路徑圖形搜索視窗，本操作平台視窗圖，如圖 4-6。

2. 實際進入『超媒體教學操作平台』系統，嘗試操作構成發展展演實況：
 - a. 循教師階層隨機命題物件意旨，開啟進入『階層性圖形構成法則知識庫』視窗，導覽相關構成發展架構知識，前置認知構成原理。其操作過程實況視窗畫面如圖 4-7。

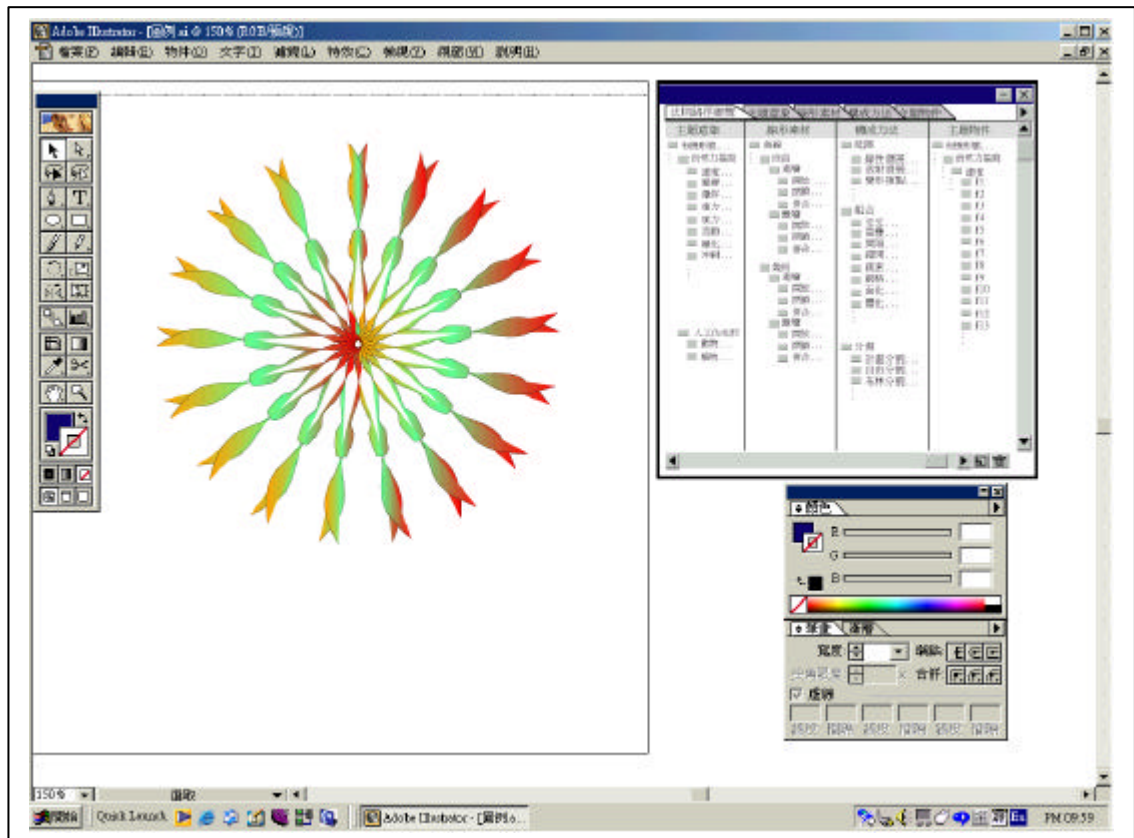


圖 4-6 超媒體教學操作平台視窗畫面

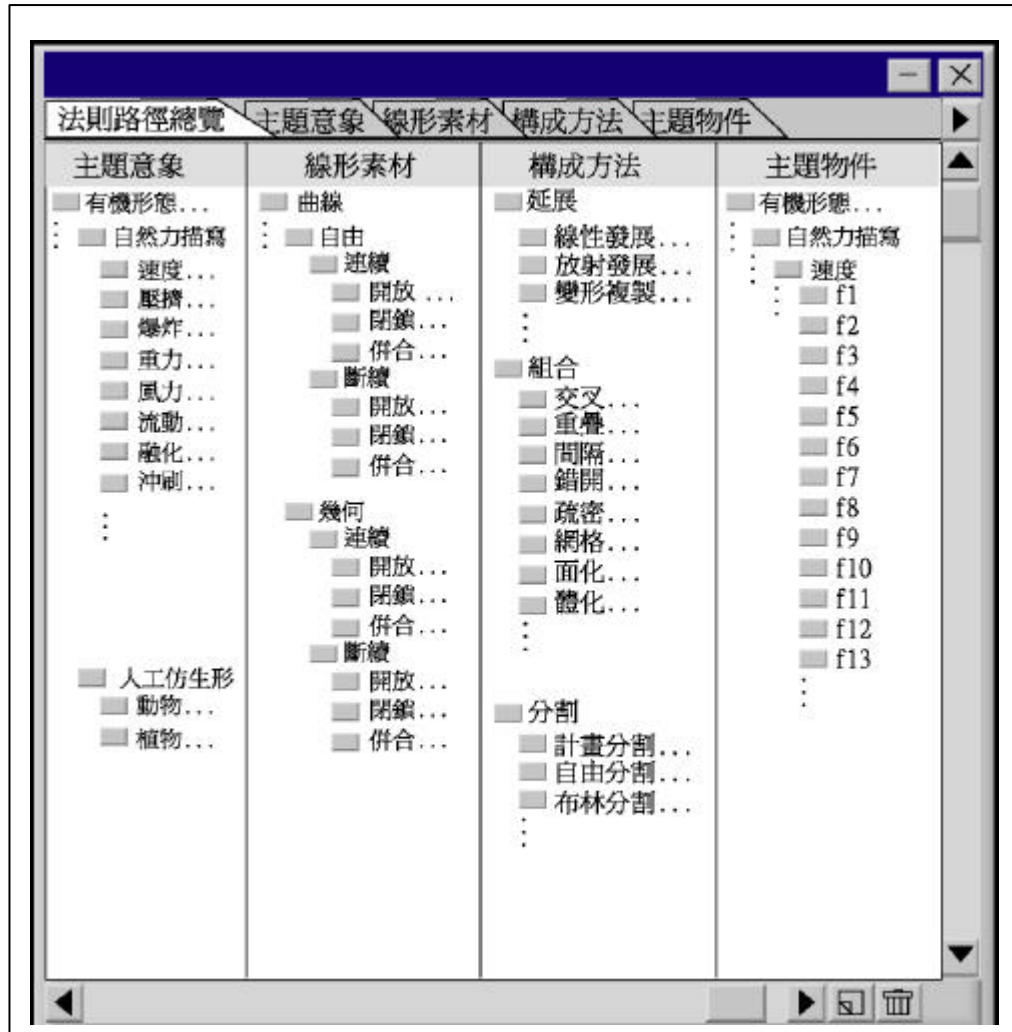


圖 4-7 構成法則知識庫導覽視窗實況

- b. 由前項認知知識引導進入『構成發展法則路徑圖形搜索』視窗，從點選圖形主題物件節點，開始展開樹狀階層啟發構成路徑節點搜索，並即時連結閃現相關事宜的構圖操作工具按鈕提示，進行構成發展嘗試實作。本階段的操作實況視窗畫面如圖 4-8。

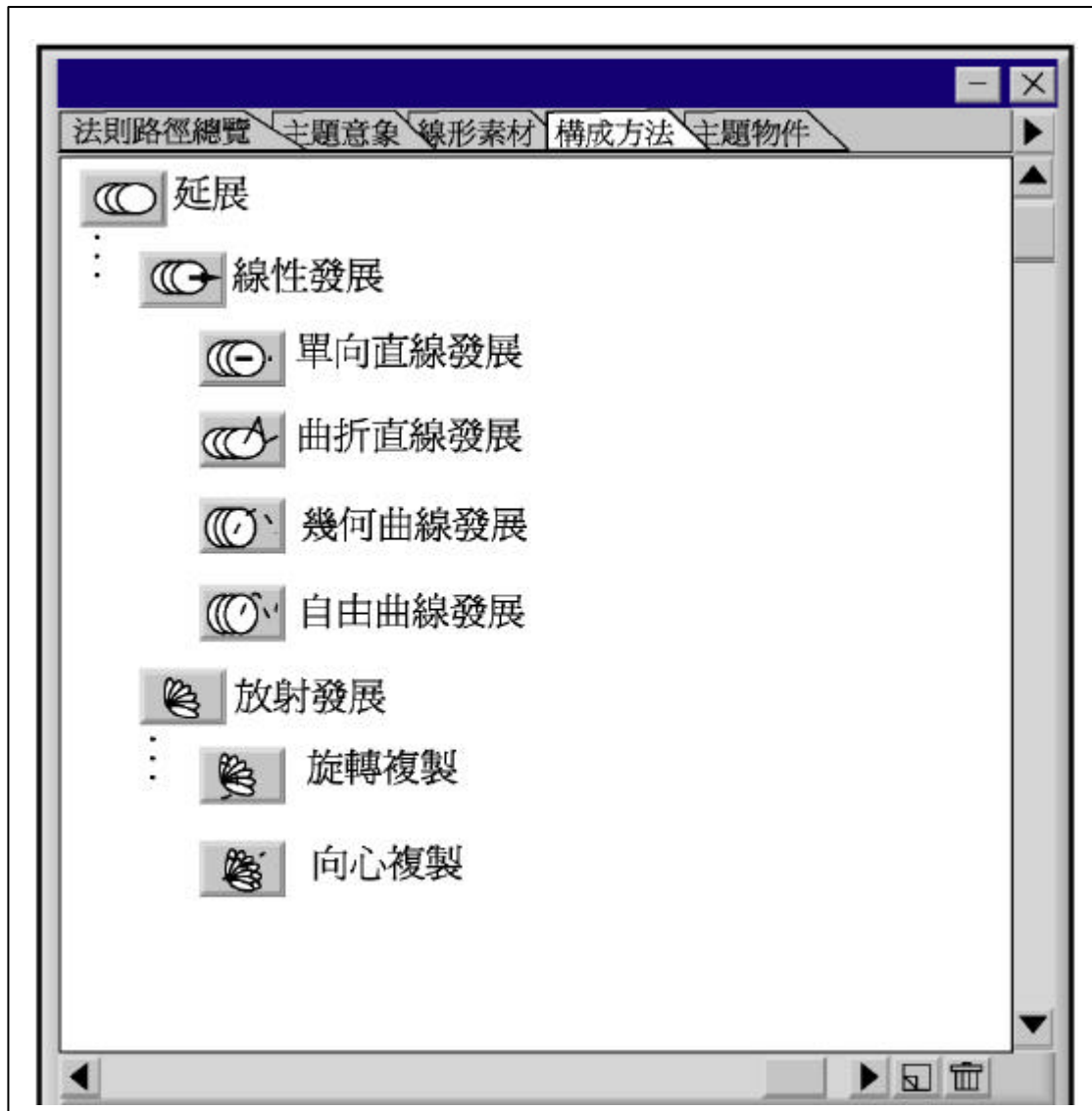


圖 4-8 構成發展法則路徑圖形搜索視窗實況

- c.由『法則路徑圖形搜索視窗』輔助啟發引導構成發展操作終至構成終點的全程路徑節點圖形記錄，隨同構成的視覺形式，儲存成案例構成知識至知識庫相關架構位置。本階段操作實況視窗畫面如圖 4-9。

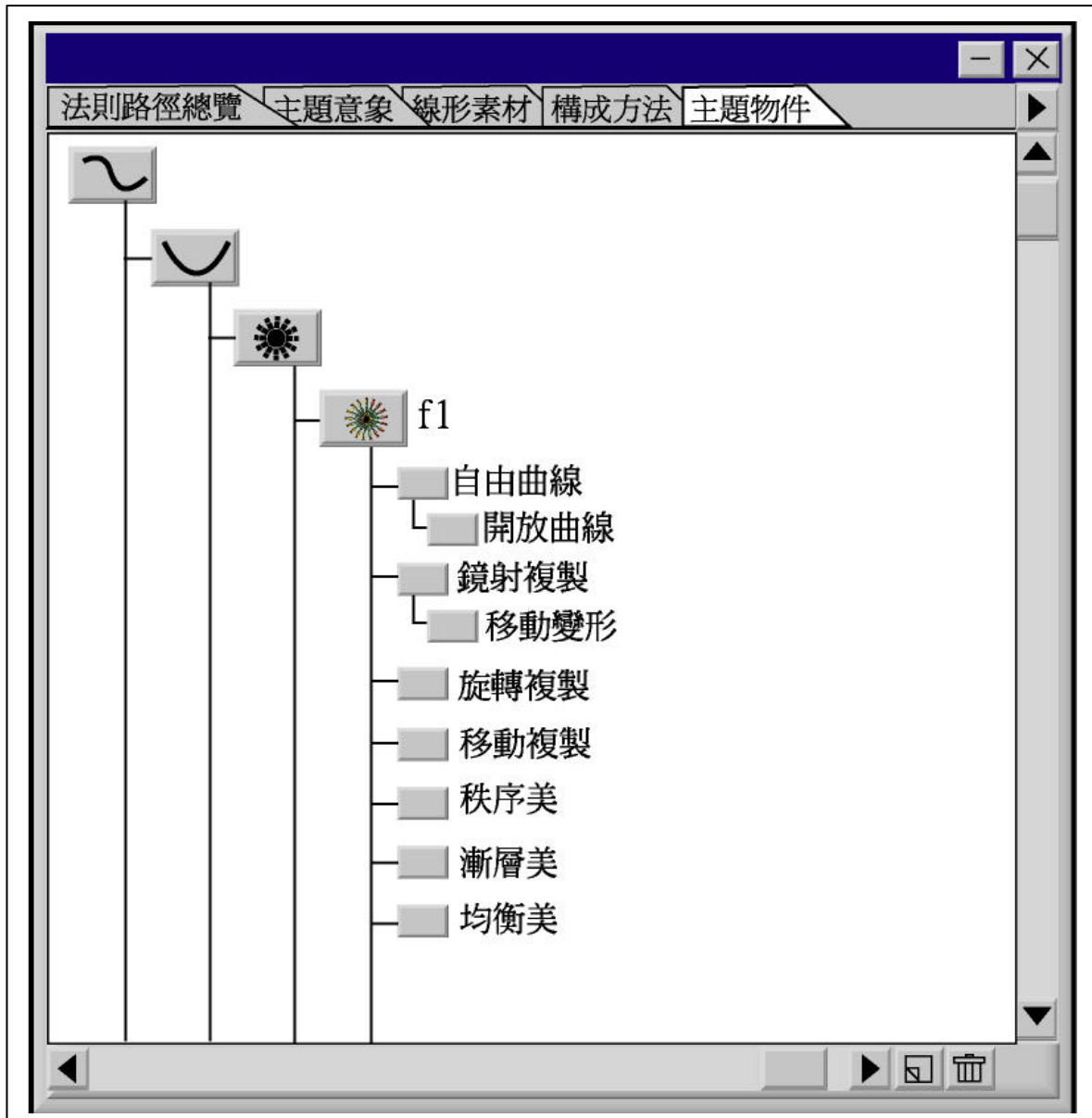


圖 4-9 構成發展路徑節點圖形知識庫架構視窗

3. 運用『超媒體教學操作平台』系統，操作創發主題『物件』構成展演實況：
 - a. 分析主題物件隱含之構成意旨，開啟『階層性圖形構成法則知識庫』視窗，導覽認知構成發展架構知識，引發構成發展的前置意念知識，準備進入『構成發展法則路徑圖形搜索』視窗。本操作階段觀念案例，如圖 4-10。

〔線構成單元作業主題：國慶煙火在台中〕

發展階層	主題意念			線形素材				構成方法			形式表現		物件成品紀錄	
法則路徑位點	自然 ↓ 速度 ↓ 爆炸 ↓ 光芒			直線 ▲ 幾何 開放 閉鎖 併合 ↓ 自由 ↓ 開放 閉鎖 併合				延展 ▲ 線性發展 放射形發展 變形複製 ↓ 組合 ↓ 間隔 交叉 重疊) 錯開 ↓ 疏密 ↓ 虛格 平面化 立體化			秩序 美 反覆 美 漸層 美 均衡 美 比例 美 律動 美 對比 美 調和 美		物件 a 物件 b 物件 c 物件 d 物件 e 物件 f 物件 g 物件 h	
	落點統計	1	3	總計：4	1	1	1	總計：3	2	8	總計：10	5	總計：5	1

圖 4-10 導覽認知『階層性圖形構成法則知識庫』視窗觀念畫面

b. 依循前置意念知識，導引開啟『構成發展法則路徑圖形搜索』視窗，點選階層路徑節點按鈕，展開適宜的樹狀階層啟發構成路徑節點搜索歷程，同時選按即時連結閃現的構圖操作工具按鈕建議，進行構成發展創意嘗試操作。

- c.在『法則路徑圖形搜索』視窗啟發操作引導的構成創意發想展演全程實況：包括路徑節點搜索過程圖形及構成階段的視覺形式記錄，並準備決定是否儲存此案例的發展路徑和視覺形式(指標作品)至相關的知識庫架構位置。

總結 4-3-2-1 段落全部所述，為以『線的構成』教學單元在實際構成發展操作演練學習，和主題作業創意發想學習展演兩階段，運用本研究的試驗模式『超媒體教學操作平台』系統模式，操作展演的實況記錄。

4-3-2-2 舊式紙上手繪構成操作展演作業實況

1. 紙上手繪操作平台環境介紹

- a.教學單元書面參考講義資料(單元知識庫內容架構)
- b.繪圖工具桌(每人一張)
- c.速繪紙
- d.鉛筆、彩色筆(水性)

2. 實際紙上手繪操作構成演練學習實況：

- a.依循教師階層性隨機命題的物件意旨，開始著手蒐尋書面知識資料，認知運用可行之構成原理觀念，準備進行手繪構成架構草繪。
- b.就搜尋所得的構成發展指導知識，著手進行構成嘗試手繪草圖勾勒發展架構展演。本階段以紙筆快速嘗試徒手自由繪製若干線構成(線稿)形式，案例實況，以圖 4-11 表示說明。
- c.就上階段手繪構成的草圖圖件，嘗試給予最後的視覺形式表現描繪操作。按例圖樣，如圖 4-12 所示。

3. 主題作業創意發想紙上手繪操作展演實況：

- a.分析主題意含，並著手搜尋參考相關構成知識資料架構，準備需要的紙筆工具。
- b.依循知識認知，著手構成創發嘗試線稿架構勾勒描繪，進行深層內化創發學習。
- c.就上階段構成創發嘗試操作定稿的線構成線架構稿，進行視覺美感形式表現描繪展演，並就形式作品『省思』記錄構成創意發想的路徑轉折知識學習。本操作階段實況案例圖樣，如圖 4-13，4-14 所示。



圖 4-11 手繪構成發展草繪構圖演練實況



圖 4-12 手繪構成表現形式演練描繪操作實況



圖 4-13 手繪主題構成創意發想形式操作實況

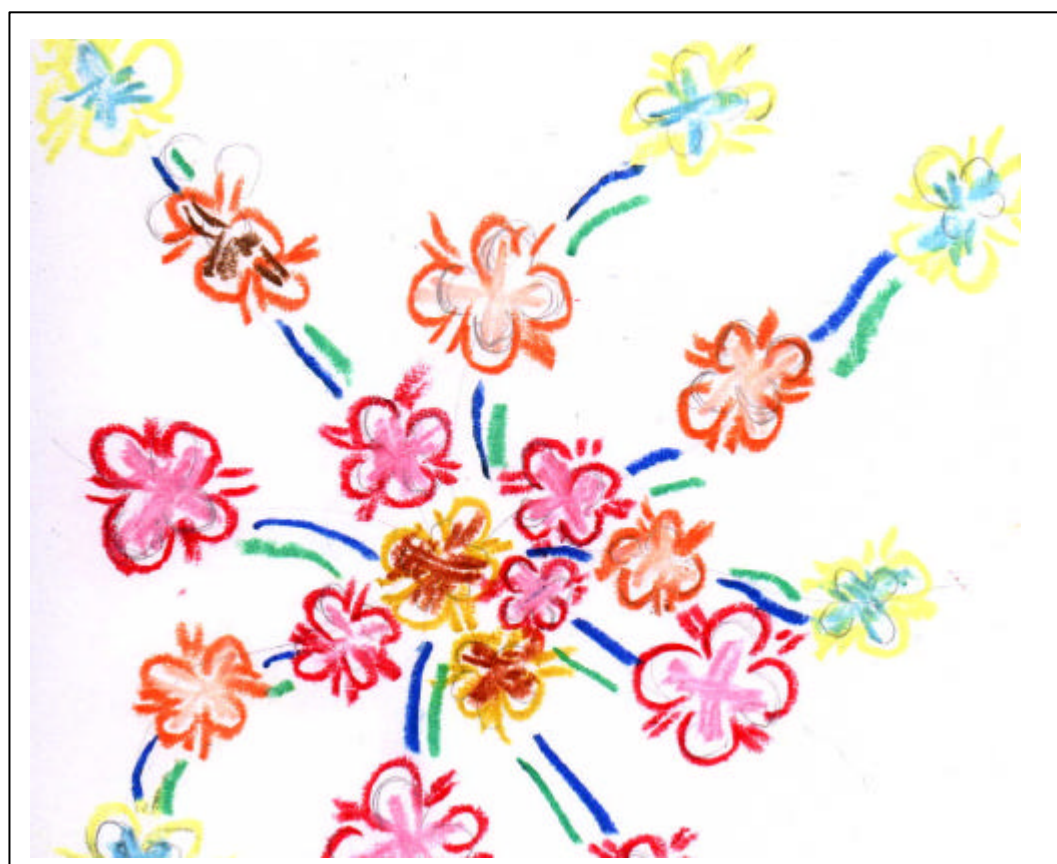


圖 4-14 手繪主題構成創意發想形式表現作品圖樣

五、系統檢討與結論

本研究之『輔助教學系統模式』試驗操作觀察記錄數據，就研究指標而言，擬以三項記錄數據，支持研究結果：

1. 單位時間內完整完成主題構成發展操作之物件成品數量。
2. 個人作品構成發展嘗試運用的階層法則路徑節點數量。
3. 路徑節點搜索落點分佈圖示。

另外就模式系統操作運用滿意度作問卷調查，以支持本研究模式系統在輔助教學之反應性狀況。

5-1 構成發展操作之主題作品數量

本項記錄是以兩模式之第三階段操作（主題作業創意發想學習展演），在相同課程操作時間內完成或完整構成發展操作後之形式作品數量記錄表，如表 5-1，5-2。

表 5-1 舊模式展演之構成創發作品數量原始紀錄表

座號	物件成品
1	4
2	5
3	3
4	3
5	3
6	4
7	3
8	2
9	6
10	4
11	2
12	2
13	2
14	6
15	5
16	5
17	2
18	1
19	2
20	6
21	5
22	5
23	5
24	5
25	2
26	2
27	3
28	6
29	4
30	3
31	3
32	6
33	6
34	5
35	5
36	2
37	3
38	6
39	3
40	5
41	4
42	6
43	6
44	1
45	4
46	3
47	3
48	4
全班平均次數	4

表 5-2 新模式展演之構成創發作品數量原始紀錄表

座號	物件成品
1	4
2	5
3	5
4	3
5	5
6	4
7	4
8	6
9	6
10	7
11	3
12	4
13	4
14	6
15	5
16	5
17	4
18	3
19	4
20	6
21	5
22	8
23	5
24	7
25	3
26	5
27	3
28	6
29	4
30	5
31	4
32	6
33	6
34	6
35	5
36	4
37	5
38	6
39	4
40	5
41	4
42	6
43	6
44	4
45	4
46	4
47	5
48	4
全班平均	5

註一、完整之構成作品，是指經過主題意念階層，線形素材階層、構成方法階層、形式表現階層，終至構成終點形式階層等搜索全程的作品形式。

註二、以舊模式代稱以往教學展演方式(控制組)，而以新模式代稱『超媒體教學操作平台』展演方式(實驗組)。

5-2 個人作品構成發展嘗試運用階層法則的路徑節點數量

本項記錄就兩模式之主題作業創意發想學習展演過程中所記錄的階層節點落點數量統計。構成發展的階層法則路徑方向為階層間垂直單向，同階層可水平遊走搜索的發展策略。舊模式展演操作者以筆記階層法則名目，作為事後統計的根據。兩模式之階層法則路徑節點落點次數分佈記錄原始資料，如表 5-3，5-4。

表 5-3 舊模式構成發展階層法則落點次數分佈

座號	主題意念	線形素材	構成方法	形式表現	物件成品	單位成品 次數
1	9	9	6	6	4	8
2	11	15	9	9	5	9
3	9	10	11	9	3	13
4	12	9	10	11	3	14
5	11	9	7	10	3	12
6	10	15	11	6	4	11
7	6	10	7	4	3	9
8	5	6	7	4	2	11
9	8	14	18	7	6	8
10	8	12	15	13	4	12
11	6	6	6	3	2	11
12	5	8	9	3	2	13
13	6	6	8	6	2	13
14	16	16	14	15	6	11
15	11	15	23	8	5	11
16	13	12	12	6	5	9
17	4	6	6	4	2	10
18	3	3	4	4	1	14
19	4	6	6	4	2	10
20	19	28	32	14	6	16
21	12	15	18	7	5	10
22	14	18	14	13	5	12
23	12	15	17	8	5	10
24	14	15	14	18	5	12

承下頁

接上頁

25	5	6	5	7	2	12
26	5	8	7	4	2	12
27	8	10	7	10	3	12
28	17	15	15	11	6	10
29	8	10	8	8	4	9
30	8	10	7	10	3	12
31	6	10	8	8	3	11
32	12	16	15	13	6	9
33	14	21	14	13	6	10
34	9	15	9	12	5	9
35	10	11	13	10	5	9
36	4	6	8	4	2	11
37	6	6	7	3	3	7
38	12	12	16	10	6	8
39	6	11	13	6	3	12
40	10	19	18	7	5	11
41	8	7	8	4	4	7
42	17	15	20	7	6	10
43	16	11	11	6	6	7
44	4	5	6	3	1	12
45	9	12	7	3	4	9
46	9	7	13	7	3	12
47	10	12	14	9	3	15
48	9	8	6	4	4	7
全班平均次數	9	11	11	87	47	11

表 5-4 新模式構成發展階層法則落點次數分佈

座號	主題意念	線形素材	構成方法	形式表現	物件成品	單位成品 次數
1	9	10	12	9	4	10
2	11	15	12	10	5	10
3	11	13	11	12	5	10
4	12	9	10	11	3	14
5	13	11	9	10	5	9
6	10	15	11	8	4	11
7	8	12	10	9	4	10
8	9	12	12	10	6	7
9	9	15	21	7	6	8
10	11	15	15	13	7	9
11	7	9	10	7	3	11
12	8	11	11	7	4	9
13	8	10	10	8	4	9
14	16	16	14	15	6	10
15	11	14	23	9	5	11
16	13	13	13	10	5	10
17	8	11	10	8	4	9
18	7	8	7	7	3	10
19	7	8	8	9	4	8
20	19	27	27	14	6	15
21	12	15	16	9	5	10
22	17	23	15	13	8	9

承下頁

接上頁

23	12	15	17	9	5	11
24	16	19	14	18	7	10
25	8	9	8	8	3	11
26	10	11	8	8	5	8
27	8	10	10	10	3	14
28	17	16	15	11	6	10
29	8	10	8	9	4	9
30	10	13	12	10	5	9
31	9	11	10	9	4	10
32	12	16	15	15	6	10
33	14	21	14	14	6	11
34	10	17	11	12	6	8
35	10	11	15	12	5	10
36	7	10	10	9	4	9
37	10	12	8	9	5	8
38	12	12	16	10	6	9
39	8	12	13	6	4	10
40	10	19	18	8	5	11
41	8	12	11	7	4	10
42	17	15	20	7	6	10
43	16	13	16	6	6	9
44	7	10	12	8	4	9
45	9	12	9	5	4	9
46	10	15	13	9	4	12
47	12	14	16	9	5	10
48	9	8	9	8	4	9
全班平均	11	13	13	10	5	10

5-3 路徑節點搜索落點分佈統計圖示

將上節統計的新舊模式構成發展階層法則路徑節點落點次數分析以平均次數代表各階層法則搜索運用落點次數所作的趨勢統計圖如 5-1, 5-2。以主題意念階層、線形素材階層、構成方法階層、形式表現階層、物件成品階層等，代表路徑搜索的法則階層。本研究擬由此分佈圖觀念，找出各類主題意念之法則搜索落點分佈圖參考範本。

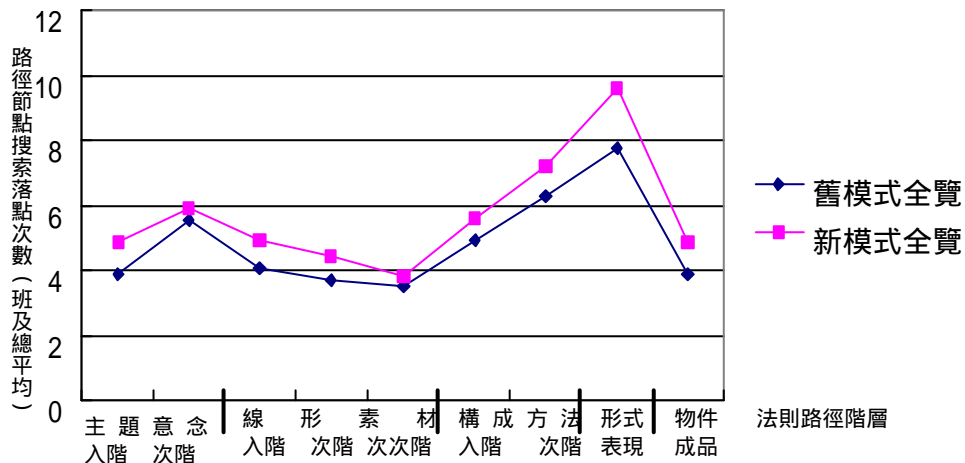


圖 5-1 舊、新模式法則路徑搜索落點趨勢圖（階層法則細節總覽）

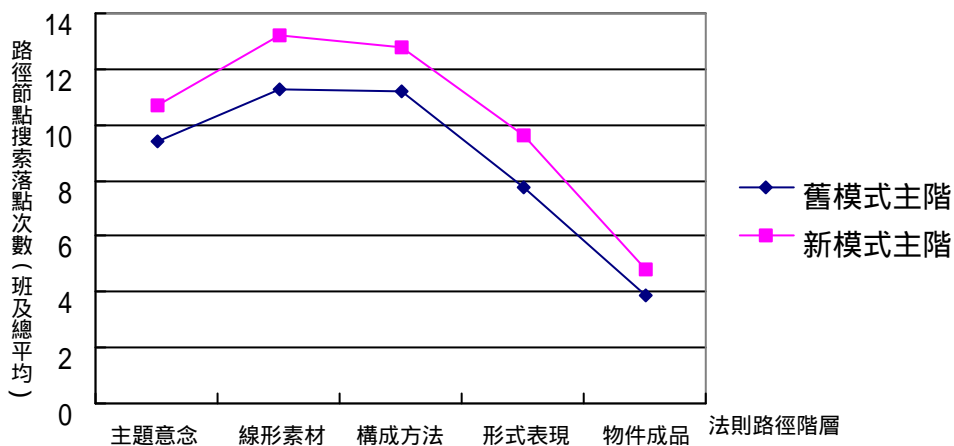


圖 5-2 舊、新模式法則路徑搜索落點趨勢圖（主要階層法則總數）

5-4 系統模式操作運用滿意度問卷調查

本問卷調查，對象為參與試驗的全班學生，問題乃就系統模式操作當時，及操作後的個人回顧感受。由系統模式的工具操作性，對單元教學認知學習的效率性，和對主題構成創意發想的輔助性等三方面，作問題編定，問卷內容詳見附錄 1-1、1-2、1-3。

5-5 試驗結果

在定時統計兩展演模式所實作的完整構成創意發想作品數量比較：

舊模式平均構成作品數=4 (由表 5-1 得知)

新模式平均構成作品數=5 (由表 5-2 得知)

明顯得知在『超媒體教學操作平台』能有較多的構成作品數，換言之，其構成創發的效率明顯提高。

在統計兩展演模式之構成發展階層法則落點次數分佈比較方面，由表 5-3 及表 5-4 比對分析，呈現舊模式在五個階層中的法則搜索落點的平均數皆稍低於新模式。明顯得知新模式時作展演時，嘗試搜索較多法則運用以解決問題。

另就兩模式法則路徑搜索落點分佈圖的比較分析，新、舊模式展演在構成素材階層，及構成方法階層的法則搜索嘗試量，在該模式操作過程中相對位於波峰，而新模式展演的階層法則搜索嘗試量普遍高於舊模式，再次明顯得知在新模式展演中，各階層的法則嘗試運用頻繁易得。

至於系統模式操作運用滿意度問卷統計方面，則在三大滿意度街呈現正向趨勢，表示對系統模式的工具操作性，系統模式對單元教學認知學習的效率性，及對主題構成創意發想的輔助性三項滿意度檢測皆有很正向的滿意反應。

5-6 試驗結果解讀

本研究試驗的直接觀察結果紀錄，諸如本章前述各節，分析得知在指標性的三項研究目標上，已明確達成。若再進一步解讀本研究結果，可得以下若干項看法：

1. 數位教學科技的操作平台，本身具有的無限擴充性、動作的回復性及單元工作的處理時效性等等強大功能，在操作展演上，終將成為教學必然最佳工具選擇。
2. 數位教學科技的操作平台，在構成創意發想的教學上，結合專家知識法則庫系統，能促使任何學習者試探嘗試構成創發的全程操作(即時創發操作，隨時自評回饋)。基本上能完整引導學生在面對構成創意發想的主題作業時，有明確的模式及工具提供搜索運用。
3. 數位教學科技的操作平台，在構成創意發想的主題方向要求下，具有形式數量，構想激發，構想流暢上壓倒性的優勢，但在具體精準的構成架構實現要求上，並無數據可引證其效能。在和舊教學展演模式作比較性的結果解讀，有很明確的價值性。

5-7 結論

本研究經探討及試驗，直接間接印證本研究的目標，即數位教學科技的「超媒體教學操作平台系統模式」的可行性及教學效率性，皆能達成。至於研究目的在於建構智慧性造形構成創意發想的擴充開放性教學媒體，提供學生自學、操演、創作展演的VR 平台環境方面，也具有明確的『商品實現性』。而本研究結論歸納，則可以下列五項，作為表述：

1. 認知學習原理配合建構取向的教學展演架構，適合造形構成教學展演的模式運用。
2. 本研究『電腦輔助創意發想教學』之模式，提供創意思考教學的架構模式參考。
3. 教學媒體在數位科技及人工智慧理論的整合引導發展趨勢下，成為具有知識累積及創新的套裝教學媒體或檔案，打破以往的教學課本或實習設備，甚至教師的角色扮演。教師的角色職責轉變為媒體或知識架構的整編者，所有的環境資源皆是編導的元件素材。
4. 美感形式的創意發想，以往依循主觀靈感或素養的隨機發展模式，在本研究之系統模式展演中，是可以客觀的法則推展嘗試構成所得。
5. 無論是以新或舊模式作主題作業構成創意發想展演，皆能以構成發展的法則路徑搜索圖形案例比對，作為評量建議的參考標準。

從本研究對象中的綜合高中專門美工程構成創意發想教學展演方法，以上的五項理論皆能支持『電腦輔助創意發想教學系統之模式』成立，提供設計基礎相關課程，在建構創意發想操作教學媒體時之模式參考。

5-8 建議

由於在實際建構類似本研究之智慧型互動超媒體教學操作平台系統時，實屬為整合知識，運用科技的複雜性工程，故有以下兩項研究後的建議：

1. 教學媒體本質為推展知識認知，及建構知識創新的教學活性主體，必然要整合多元人力資源和知識結構，方能成為『有機媒體』。學校機構應成立各學程的教學媒體研究組織，永續編製適宜的系列單元教學媒體。
2. 引用人類直覺手繪草圖表現構想的思考表達方式，作為主題發想的方向基礎節點，再以『超媒體教學操作平台』接續實作展演構想發展搜尋路徑操作，將能更符合主題性的創意發想路徑搜索效率。

3. 構想意念的引導，為創意發想過程中，決定發展方向的意象入口，如何開啟想像的空間，並經由教學媒體前置『視覺情境』經驗的瀏覽或回顧，應視為媒體本身必然具備的『教學情境』建構。

5-9 研究的限制

本研究立論於系統模式之建構，引用認知心理理論，作為創意發想心智發展基礎架構，結合人工智慧專家知識庫系統觀念，藉由數位教學科技之 CAI 系統平台，展演教學活動之試驗。前章敘述之新教學展演模式試驗操作，其中之『超媒體教學操作平台』及其平台視窗介面內容，之後之嘗試操作構成發展展演實況，操作創意性主題『物件』構成展演實況，主要表達系統模式具體的架構，及操作過程觀念。試驗進行是在向量繪圖軟體操作中，以手動操作，適時網路分享預置之構成創發嘗試法則路徑搜尋知識庫視窗介面，引導啟發構成創發操作，至物件作品滿意完成，紀錄路徑步驟之創發知識為止。至於整合系統程式之編寫，礙於時間及專業背景限制，本文未及實際完成，應列為後置實務進度。

5-10 未來發展方向

上節的建議，將能引導出『智慧型教學媒體』和『直覺式超媒體教學操作平台』，作為創意發想在電腦輔助教學方面的後續研究方向。簡要闡述如下：

1. 智慧型教學媒體應具備即時提供情境經驗、知識瀏覽、互動啟發、操作發展、回饋評量的基本機能；因此發展方向必然是整合領域的研究。
2. 直覺式的操作平台是學習者最能縮短構想落差的外在輔助設備，數位科技研發勢必要考量視覺設計創意發想的『心路歷程』相關研究，因此造形設計創意發想有關直覺意念和具體視覺圖像間的『捷徑』研究，仍然有探討的空間。

參考文獻

- [1] 呂清夫，造型原理，雄獅圖書公司，頁 31- 62，頁 115 – 123。
- [2] 林崇宏，設計原理，全華科技圖書，頁 16-18、頁 25、頁 50-54、頁 85-96、頁 119-125、頁 141-145、頁 149-160，民國 87 年。
- [3] 林品章，基礎設計教育，藝術家出版社，頁 24-46，頁 58-66，民國 79 年。
- [4] 丘永福，造型原理，藝風堂，頁 13，頁 46-54，頁 79-91，頁 122-144，民國 80 年。
- [5] 林崇宏，反覆原理應用於造型創意研究，'97 海峽兩岸暨國際工業設計研討會，民國 87 年。
- [6] 張文智、方志珍，心裡視覺平衡之量化研究，'97 海峽兩岸暨國際工業設計研討會，民國 87 年。
- [7] 嚴貞、黃琬雅，"造型特徵之心理意象分析"，第二屆『設計學會學術研究成果論文集』，民國 86 年。
- [8] 黃信福，產品造型的視覺化設計傳達，自行車工業雙月刊第 14 期。
- [9] 李詠吟，認知教學理論與策略，心理出版社，頁 31-62，民國 87 年。
- [10] 毛連塢，創造力研究的發展，(取自毛連溫、郭有適、陳龍安、林幸台等合著之『創造力研究』)，心理出版社，頁 56-113，民國 89 年。
- [11] 陳龍安，創造思考教學，(取自毛連溫、郭有適、陳龍安、林幸台等合著之『創造力研究』)，心理出版社，頁 212-258，民國 89 年。
- [12] 林幸台，創造力評量，(取自毛連溫、郭有適、陳龍安、林幸台等合著之『創造力研究』)，心理出版社，頁 264-303，民國 89 年。
- [13] 朱則剛，電腦與電腦化教學，(取自張霄亭、朱則剛合著之『教學媒體』)，五南出版公司，頁 258-269，民國 88 年。
- [14] 朱則剛，互動式媒體，(取自張霄亭、朱則剛合著之『教學媒體』)，五南出版公司，頁 270-282，民國 88 年。
- [15] 朱文浩，多媒體的美學與傳達藝術之探討，X.Y.Z 全國創意設計研討會論文集，民國 88 年。
- [16] 杜瑞澤，產品設計開發之互動式多媒體電腦輔助教學系統研究，'97 海峽兩岸暨國際工業設計研討會，民國 87 年。
- [17] 計惠卿，虛擬網路學習成效的動機設計，(取自『新世紀、新科技、新學習』)，台灣書店，頁 79-97，民國 89 年。
- [18] 羅桓俊，超媒體美術批評課程設計，第二屆『設計學會學術研究成果論文集』，民國 86 年。
- [19] 吳鼎武，電腦輔助視覺傳達設計—基本造型的實驗設計與構成延伸，第二屆『設計學會學術研究成果論文集』，民國 86 年。
- [20] 蔣榮先、郭耀煌，人工智慧之緣起與未來展望，技術展望專欄，民國 80 年。
- [21] 杜日富，人工智慧之應用與專家系統，工職雙月刊第九卷第一期，民國 80 年。

- [22]孫家麟，人工智慧、專家系統與神經網路，資訊與教育用摩月刊，民國 79 年。
- [23]Andrew Glsey, Mark Schwabacher and Don Smith, Using Modeling Knowledge to Guide Design Space Search, 1996 Kluwer Academic Publisher.
- [24]Charles L Owen, Design reserch : building the knowledge base, Design StudiesVol 19 No1 January 1998。
- [25]林榮泰，電腦輔助設計專家系統在工業設計的應用模式研究，技術學刊第九卷第一期，民國 83 年。
- [26]利德源，具有學習能力的動力學電腦輔助教學專家系統，技術學刊第六卷第三期，民國 80 年。
- [27]林清平，模糊理論與藝術作品評價，國教月刊第 45 卷第一期，民國 80 年。
- [28]林堯瑞、馬少平，人工智慧導論，儒林圖書公司，頁 15-99，民國 81 年。
- [29]B.Ravichandran and A.C.Sanderson, Model-Based Matching Using a Hybrid Genetic Algorithm, 1050-4729/94 IEEE. 。
- [30]Thomas H. Davenport, Laurence Prusak, 胡瑋珊譯，知識管理，頁 27, 頁 207-232, 中國生產力中心，民國 88 年。
- [31]譚大純、汪昭芬，知識管理之策略觀點：文獻回顧、分類與命題，科技管理月刊第六卷第一期，民國 90 年。
- [32]韓淑華，增進創造力輔助教學知識庫系統之開發與研究，國立中正大學資訊管理研究所碩士論文，民國 91 年。
- [33]葉連祺，知識管理應用於教育之課程與因應策略，教育研究月刊第 89 期，民國 91 年。
- [34]曾守正、周韻寰，資料庫系統應用實務，儒林圖書出版，頁 0-2-0-33、頁 1-18-1-29、頁 2-4-2-8，民國 89 年。
- [35]許水富，設計基礎創意發想，全華科技圖書，頁 4、12、15、27、33、39、42，民國 90 年。
- [36]李世林，智慧型適性化教學系統開發平台之研究，中華大學資訊工程研究所碩士論文，民國 91 年。
- [37]葉晉利，設計基礎課程—造型構成設計教學方法之研究，'97 海峽兩岸暨國際工業設計研討會，民國 87 年。
- [38]何明泉、李如菁，電腦人機介面上圖像語意之研究，第九屆全國技術及職業教育研討會，民國 83 年。
- [39]楊家興，自學式教材設計手冊，心理出版社，頁 70-80，民國 89 年。
- [40]蔣雅均，在創造力過程中『發現問題的過程』之特徵研究—以萊特為例，第二屆『設計學會學術研究成果論文集』，民國 86 年。

附錄

附錄一、系統模式操作滿意度調查問卷

附錄 1-1 問卷調查 (一)

一、對於操作運用『超媒體教學操作平台』當時的相關感受認知問題，請據實在所認為的選項勾選。

非常同意
同意
無意見
不同意
非常不同意

- 1.本平台系統的操作規範流程明白易懂。
- 2.本平台系統的構成操作工具簡便易學。
- 3.本平台系統的構成操作工具能即時隨意表現構成圖形。
- 4.本平台系統能即時啟發提示構成方法。
- 5.本平台系統適合構成實作演練。

附錄 1-2 問卷調查 (二)

二、對於操作運用『超媒體教學操作平台』構成操作演練後之有關問題，請據實在所認為的選項勾選。

非常同意
同意
無意見
不同意
非常不同意

- 1.操作本平台系統後，助你深切了解構成原理知識。
- 2.操作本平台系統後，增強你實作構成表現的信心。
- 3.操作本平台系統後，使你對視覺構成的理論和實作融會貫通。
- 4.操作本平台系統後，你能充分達成本教學單元目標。
- 5.操作本平台系統後，使你覺得更容易學習教學單元內容。

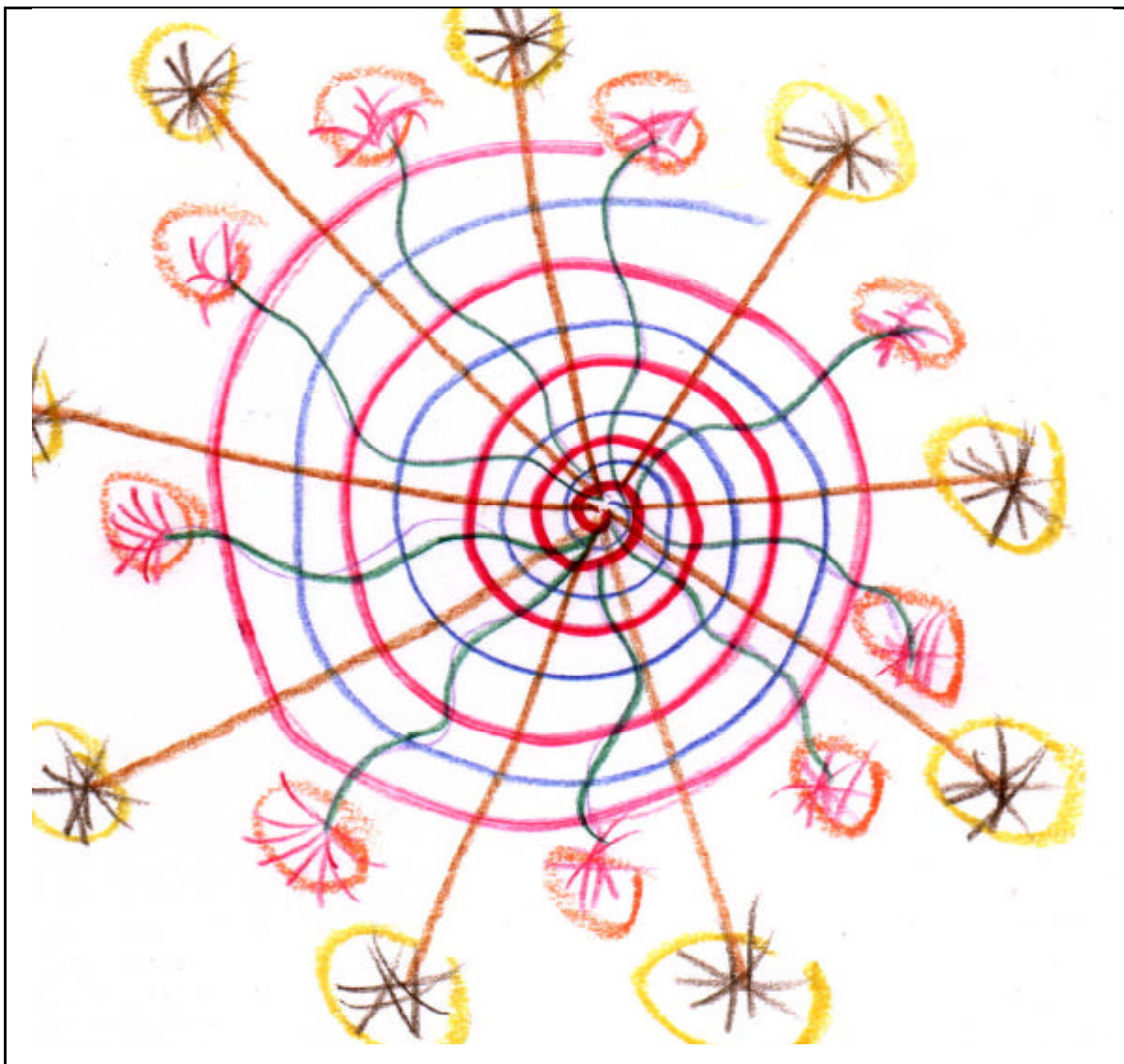
附錄 1-3 問卷調查 (三)

三、對於操作運用『超媒體教學操作平台』實作主題構成創意發想展演後，請據實在所認為的選項勾選。

1. 本平台系統能滿足你自主構成創發操作展演的實習環境需求。
2. 本平台系統能助你流暢完成操作構成創意發想展演。
3. 本平台系統能助你快速構成創意發想作品。
4. 本平台系統能助你完成理想的構成創意發想的形式美感表現。
5. 本平台系統能使你比之前更有完成創意發想的能力。

附錄二、試驗操作之舊教學展演模式(手繪造形構成創發物件)作品圖例

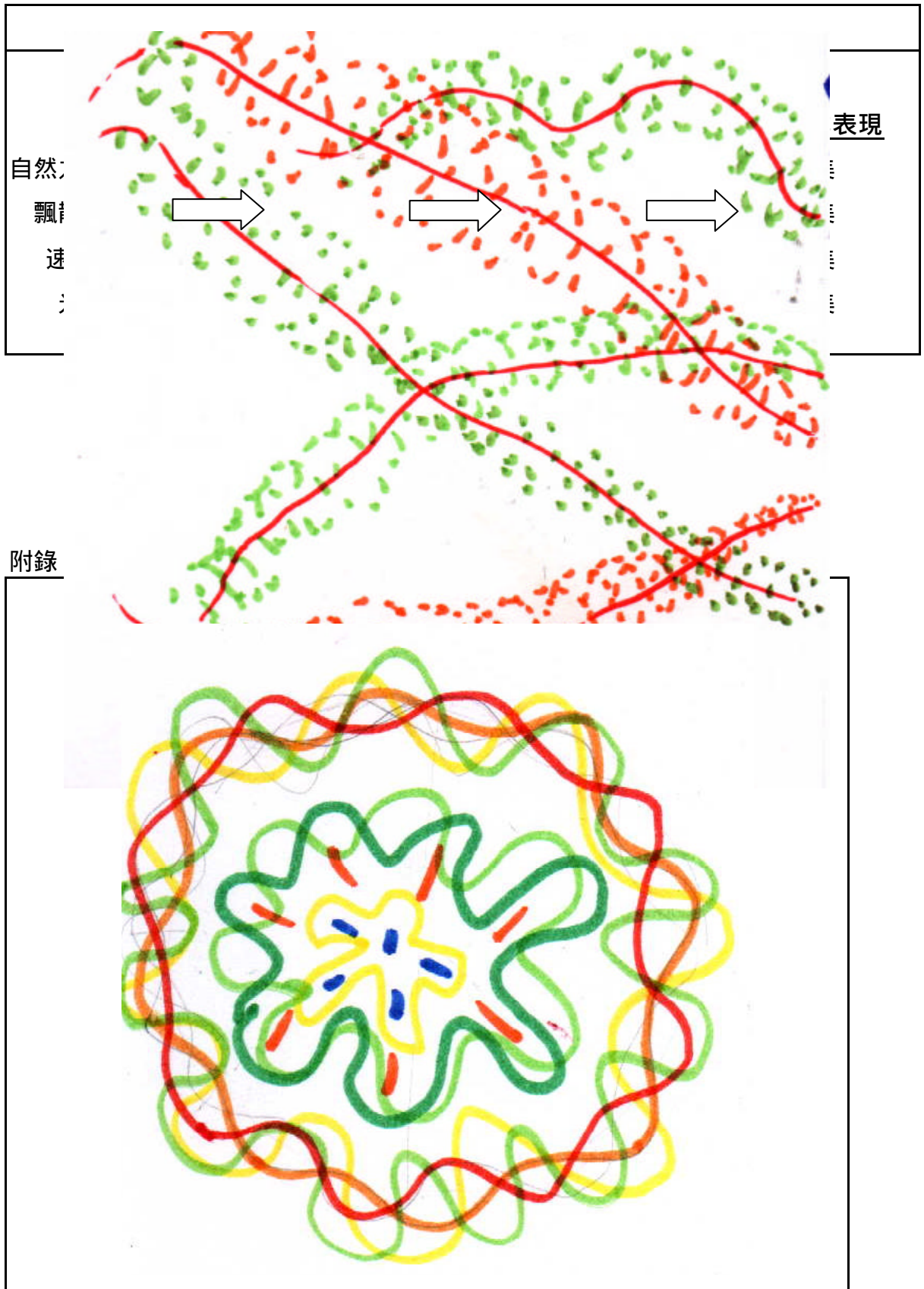
附錄 2-1 國慶煙火在台中 作者:李懿倩



造形構成創意發想之法則路徑紀錄

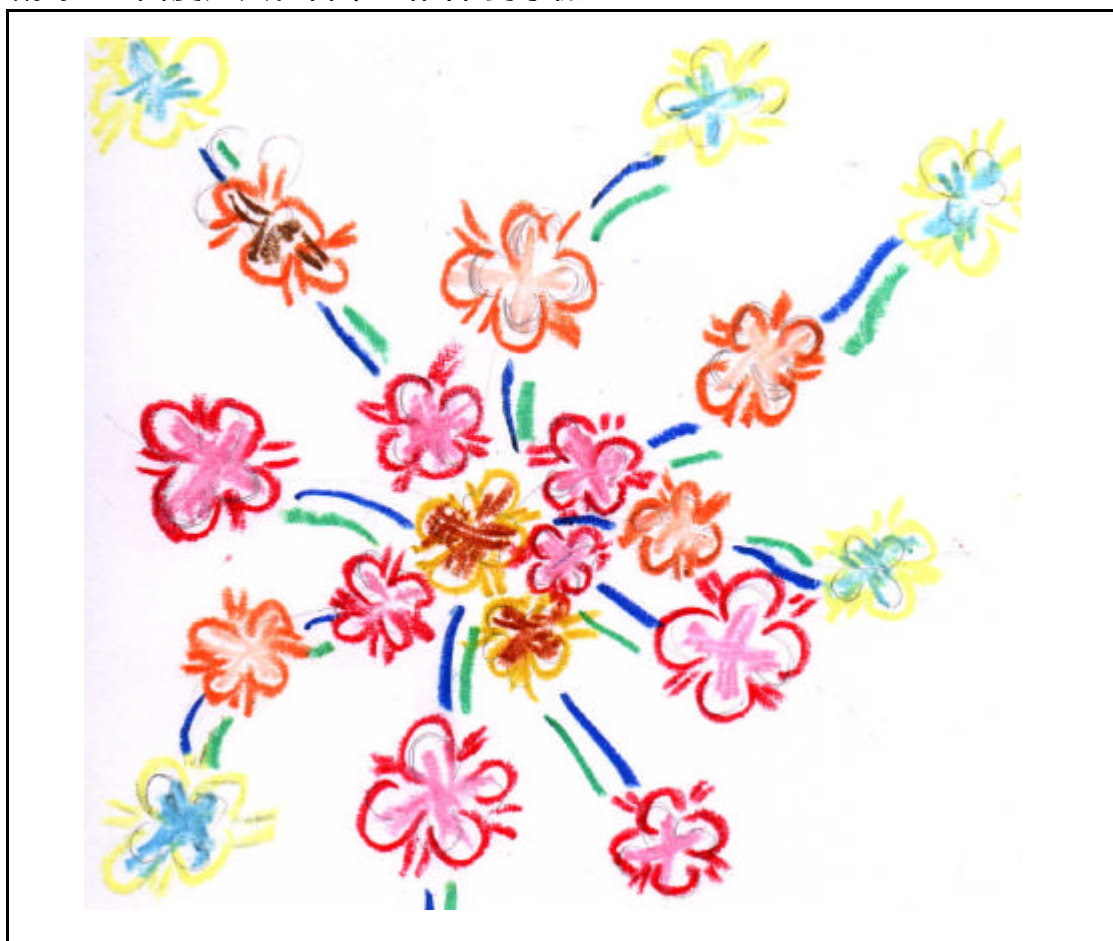
主題意念	線形素材	構成方法	形式表現
自然力形態	曲線	延展	對稱美
發散	開放	螺旋	均衡美
速度	自由	曲折	漸層美
光芒		單向	調和美
		複製	
		輻射	

附錄 2-2 國慶煙火在台中 作者:林書漢



造形構成創意發想之法則路徑紀錄			
主題意念	線形素材	構成方法	形式表現
自然力形態	曲線	延展	韻律美
發散	封閉	曲折	均衡美
速度	自由	組合	漸層美
光芒		重疊	調和美
		間格	
		交錯	

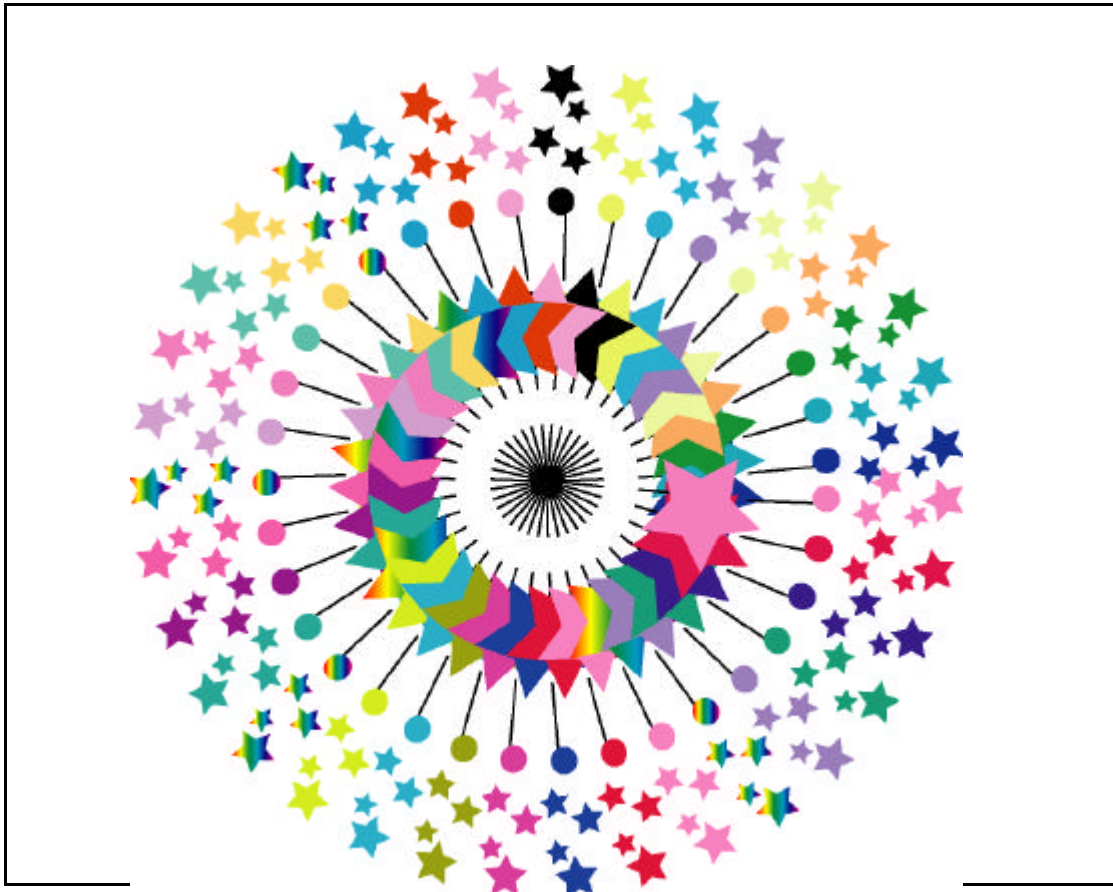
附錄 2-4 國慶煙火在台中 作者:劉家佩



造形構成創意發想之法則路徑紀錄			
主題意念	線形素材	構成方法	形式表現
自然力形態	曲線	延展	韻律美
發散	封閉	曲折	均衡美
速度	自由	複製	漸層美
光芒		旋轉	調和美

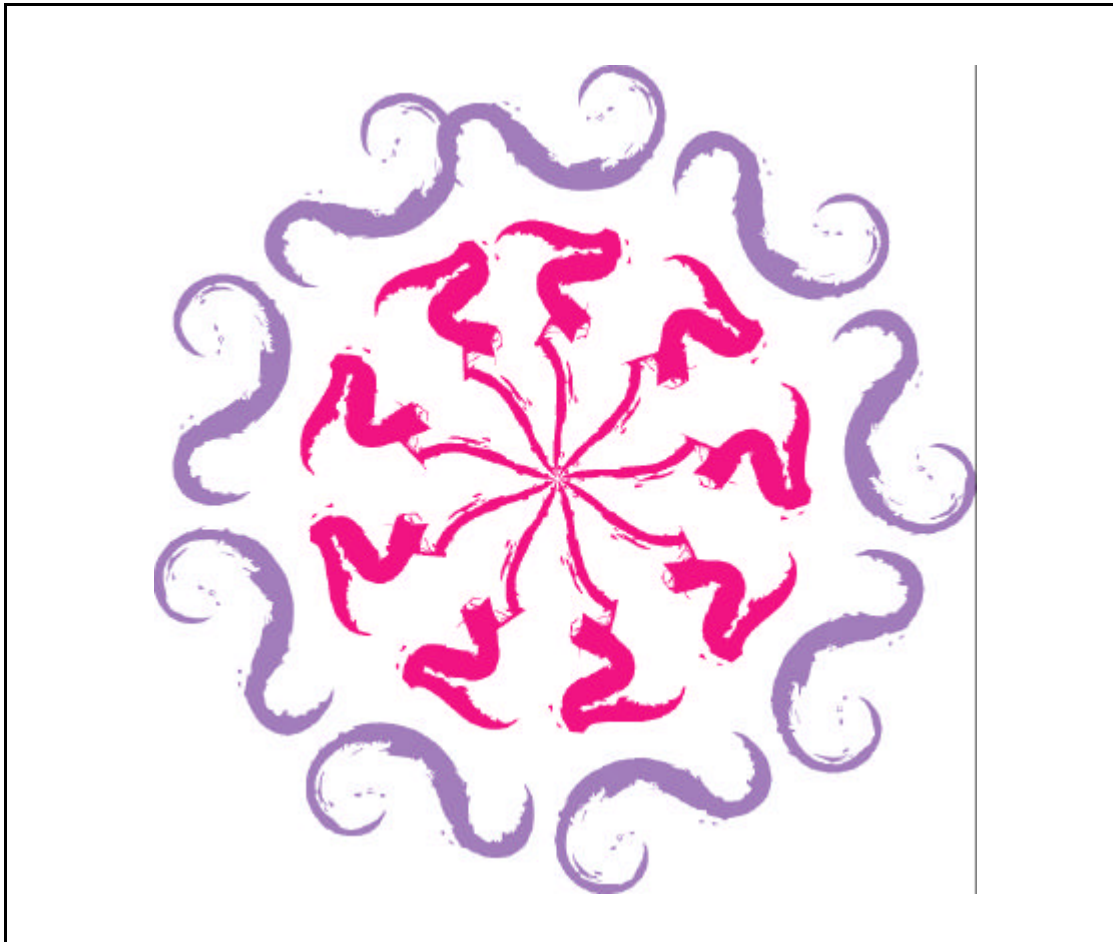
附錄三、試驗操作之新教學展演模式(電腦繪圖造形構成創發物件)作品圖例

附錄 3-1 國慶煙火在台中 作者:陳蓉宴



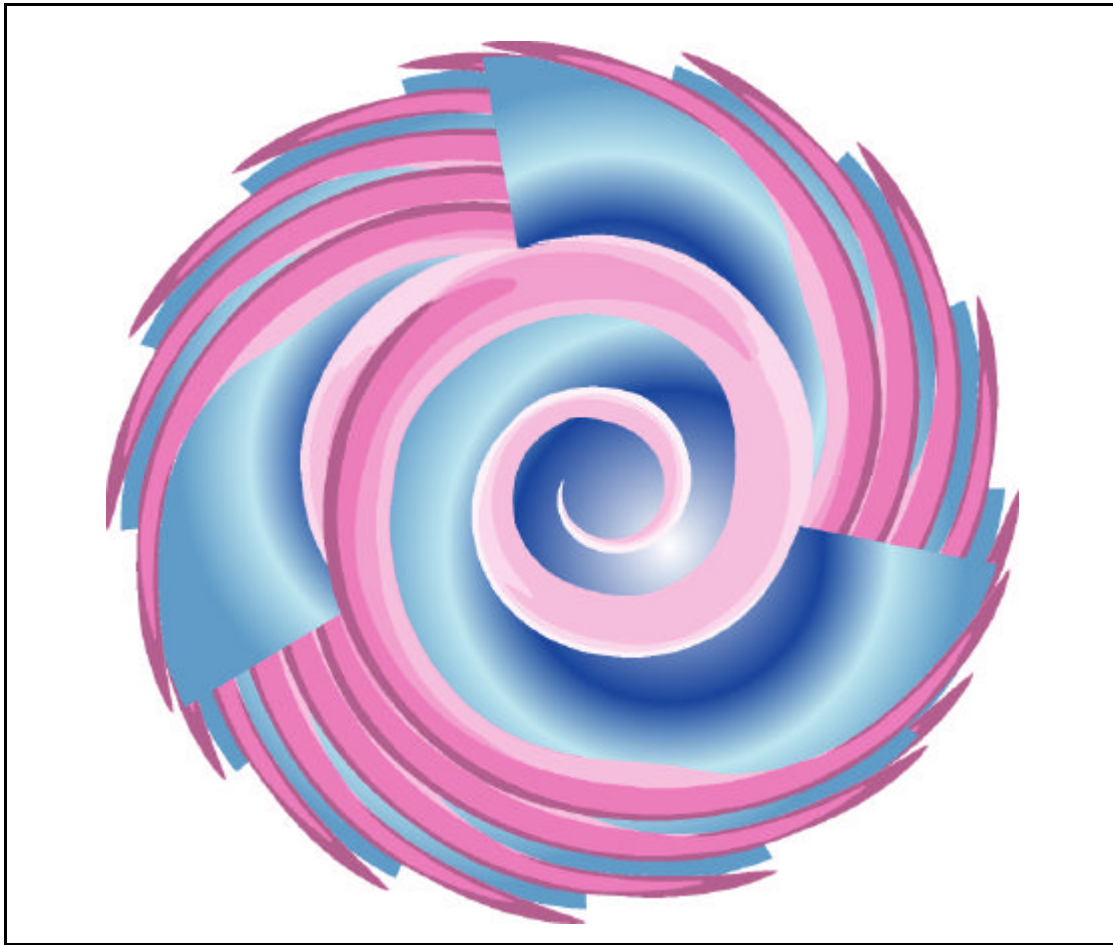
造形構成創意發想之法則路徑紀錄			
主題意念	線形素材	構成方法	形式表現
自然力形態	曲線	延展	韻律美
發散	封閉	單向	均衡美
速度	幾何	複製	漸層美
光芒	直線	旋轉	調和美
	斷續		

附錄 3-2 國慶煙火在台中 作者:廖月綾



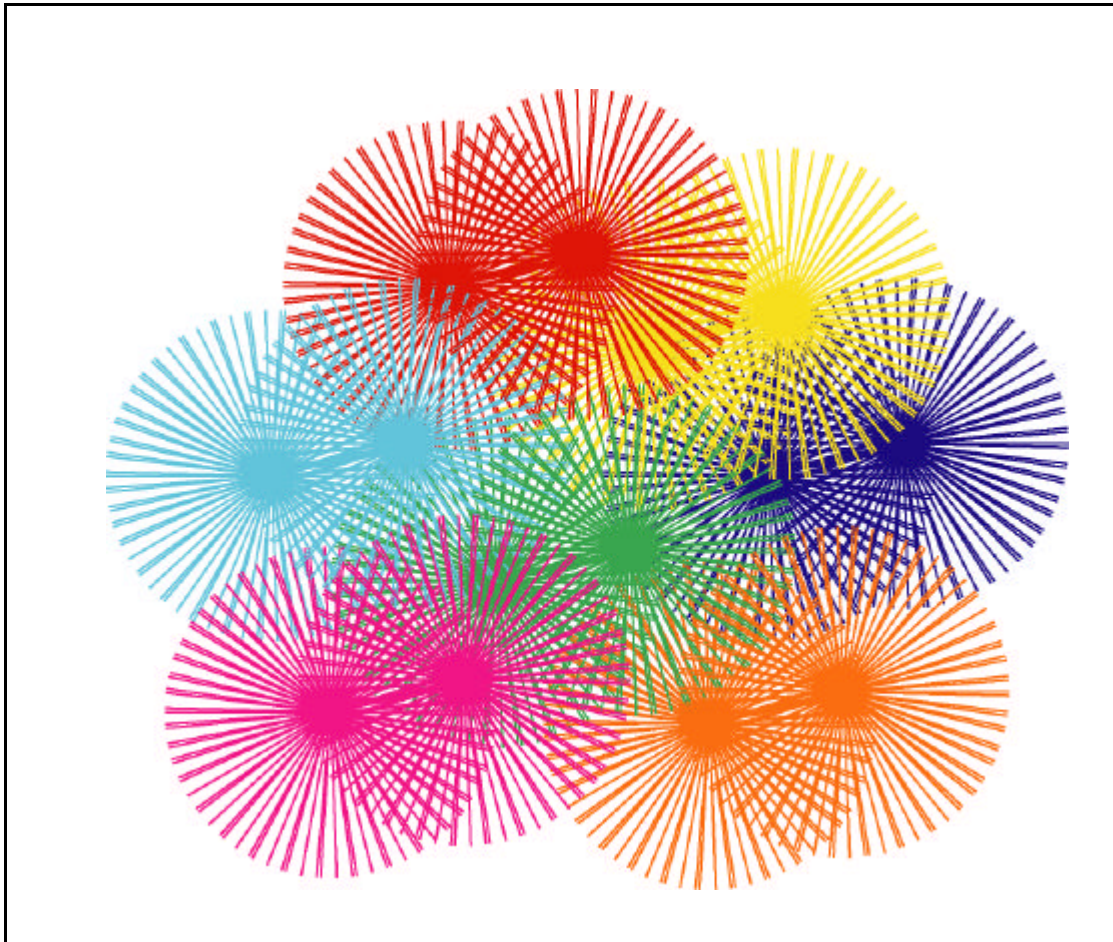
造形構成創意發想之法則路徑紀錄

主題意念	線形素材	構成方法	形式表現
自然力形態	曲線	延展	韻律美
發散	開放	曲折	均衡美
速度	自由	複製	漸層美
光芒		旋轉	調和美
			對稱美



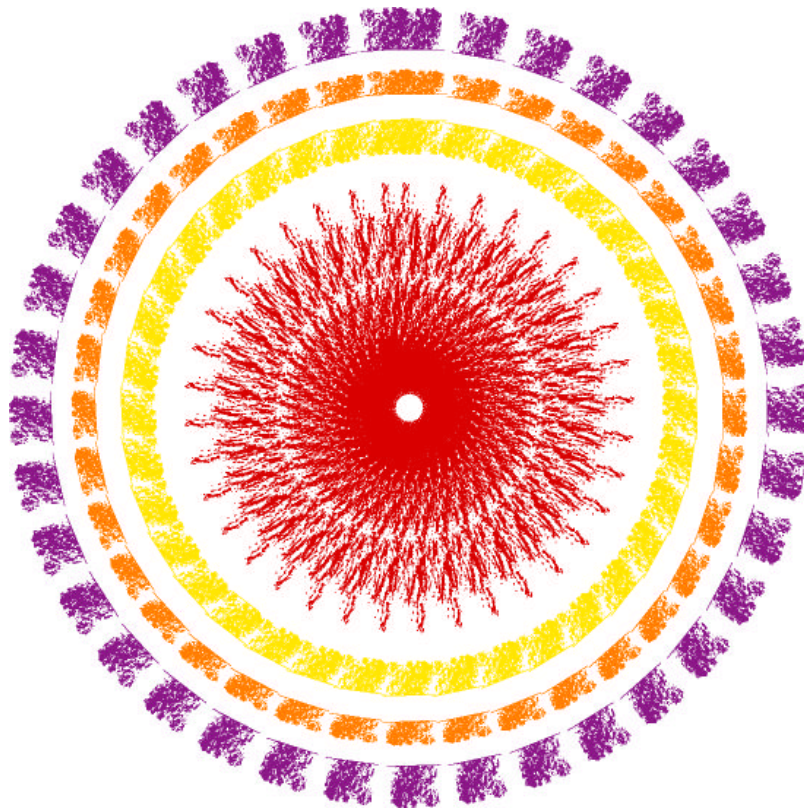
造形構成創意發想之法則路徑紀錄

主題意念	線形素材	構成方法	形式表現
自然力形態	曲線	延展	韻律美
發散	開放	順時	均衡美
速度	幾何	複製	漸層美
光芒		螺旋	調和美



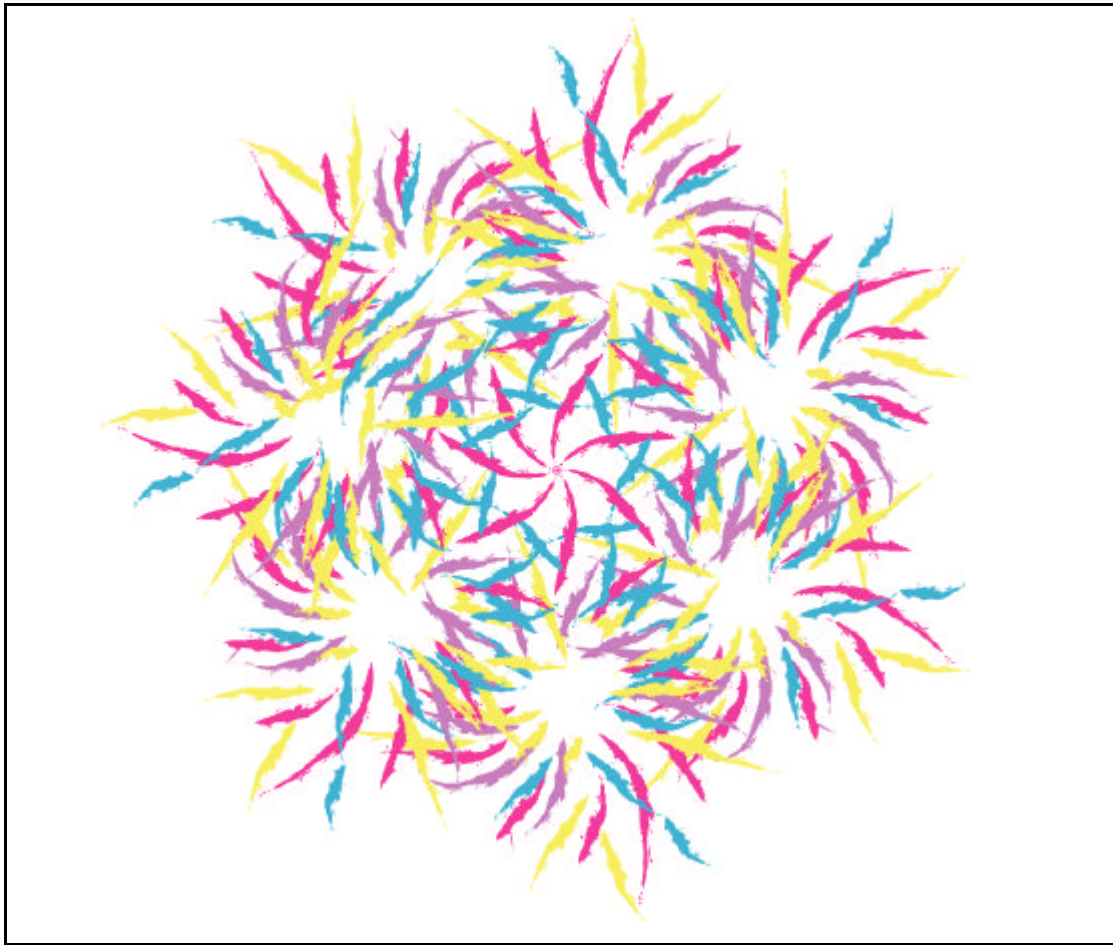
造形構成創意發想之法則路徑紀錄

主題意念	線形素材	構成方法	形式表現
自然力形態	直線	延展	對稱美
發散	開放	單向	均衡美
速度	幾何	複製	漸層美
光芒		旋轉	調和美



造形構成創意發想之法則路徑紀錄

主題意念	線形素材	構成方法	形式表現
自然力形態	曲線	延展	對稱美
發散	封閉	單向	均衡美
速度	幾何	複製	漸層美
光芒	自由	旋轉	調和美
	開放		



造形構成創意發想之法則路徑紀錄

主題意念	線形素材	構成方法	形式表現
自然力形態	曲線	延展	對稱美
發散	自由	單向	均衡美
速度	開放	複製	漸層美
光芒		旋轉	調和美
		組合	韻律美
		重疊	



造形構成創意發想之法則路徑紀錄

主題意念	線形素材	構成方法	形式表現
自然力形態	曲線	延展	對稱美
飄散	自由	曲折	均衡美
速度	開放	複製	漸層美
光芒	封閉	旋轉	調和美
		組合	韻律美
		重疊	