科學教育學刊
1998, 第六卷第三期， 303-320

EJ51-1998-303

類比清晰度及系統性與程式設計概念之學習

吳正己　林挺裕
國立台灣師範大學　資訊教育研究所

（投稿日期：86 年 12 月 4 日，接受日期：87 年 8 月 14 日）

摘要：類比的清晰度與系統性是影響類比學習的兩個重要因素。清晰度是指類比物與目標物相似關係是否成一對一對應，以及相似關係的多寡。系統性是指類比具傳達整體目標概念的相似高階關係。本研究以程式設計中的巢狀迴圈爲教學內容，依類比的清晰度的高低與系統性的有無設計四組教材，探討類比清晰度及系統性與程式設計概念學習的關係。研究以準實驗研究法進行，受試樣本共 176 位高一學生，受試者閱讀類比教材後，分別進行成就測驗與問卷填寫。從成就測驗與問卷的分析結果，本研究獲致以下結論：(1) 類比教材的清晰度與系統性對學習成就的影響並未顯著，(2) 具高清晰度之類比教材能使學生發現較多的類比關係，(3) 具系統性的類比教材較易使學生發現類比的高階相似關係，(4) 能察覺類比清晰度與系統性的學生其學習成就較高。

關鍵詞：類比、程式設計。

壹、緒言

在自然科學教學中類比使用的情形十分普遍，如物理教學中以水流來類比電流的觀念；化學教學中以太陽系模型來類比波爾原子模型；生物教學中以工廠來類比細胞的功能等。同樣的情形亦發生在電腦教學中，在電腦教科書中常見的類比有：以人體各部位的功能來類比電腦各部門的功能，如以眼睛、耳朵等感官類比輸入單元，大腦類比中央處理單元等；或用人類肉體與靈魂的關係來類比電腦硬體與軟體間的關係；又如以倒立的樹來類比檔案的結構；及以信箱來類比變數的儲存功能，地址類比變數名稱等。 Duit (1991) 認爲類比有以下幾個優點：(1) 類比是概念改變學習的有效工具，(2) 類比是透過眞實世界的相似實例瞭解抽象觀念，(3) 類比可以將抽象觀念視覺化，(4) 類比可以提高學生之學習興趣進而增進學習動機，(5) 應用類比會促使老師將學生的既有知識 (prior knowledge) 納入教學的考量。由於類比具有上述之優點，所以在教學上大量被使用。

類比要能發揮效用，必須學習者能從類比物中瞭解潛藏於其中的類比關係，進而觸發類比思考，最後達到學習遷移的目的。 Glynn (1989) 認爲類比推理對於學習者的理解能力或解題能力都有顯著的幫助。但 Clement (1987) 在其研究中卻發現有許多的類比對學習並無太大的幫助，可能原因是類比物並非是

學習者所熟悉的，或類比物與目標物間的類比關係對應並不明顯，導致學習者無法從類比物中發現類比關係，使類比思考無法發生。可見類比物選擇的適當與否將直接影響類比教學的成效。在 Zeitoun (1984) 的 GMAT (General Model of Analogy Teaching) 模式中以類比物是否爲學生熟悉或易於瞭解，及類比物與目標物間是否有較多的相似屬性爲評量類比物是否適當的標準。故而適當的類比物至少應滿足下列條件：(1) 是學習者熟悉的，(2) 存在容易對應的類比關係且足以類推目標概念。選擇學生熟悉的類比物顯然是首要考慮因素，第 (2) 項則是類比能否達到學習遷移的基石。而如何判定類比關係是容易對應且又能類推目標概念呢？Gentner (1983) 提出的結構映射理論 (Structural Mapping Theory, SMT) 應可作爲判定之原則，該理論分別以類比的清晰度 (transparency) 與系統性 (systematicity) 來解釋類比對學習遷移的影響。

清晰度是指類比物與目標物相似關係對應的清晰程度，若相似關係成一對一對應，則清晰度便高，學習者較能正確地進行類比推理 (Chee, 1993)。此外，愈多的相似關係愈容易引起學習者的自發性類比 (Holyoak & Koh, 1987)。相似關係的數目影響學習者是否能察覺類比關係的存在，而一對一的關係對應則提高了類比映射的正確率與容易度，二者皆是影響清晰度的重要因素。

系統性是指由一群彼此相關且能完整傳達目標概念的相似關係所組成的高階關係 (high-order relation)。例如在以水流類比熱流中熱由高溫處流向低溫處的觀念時，「因爲量筒中的水壓高於燒杯中的水壓，造成水由量筒流向燒杯」此一類比關係就是一對應的高階關係。通常單一的類比相似關係並不足以傳達整個目標的觀念，有時雖然類比物與目標物間存在有許多的相似關係，但這些關係彼此獨立而無相關，無法形成具系統性的高階關係，如此亦無法傳達目標物的系統性整體觀念。系統性強調的是類比物與目標概念間存在著高階的類比關係。

Gentner 的 SMT 是基於訊息處理模式 (information processing model) 所發展出來的類比推理理論，其重心放在類比思考如何發生、類比映射的操作、與透過類比推理達到學習遷移的認知過程。Gentner 與 Toupin (1985) 以不同年齡的學童進行實驗，其實驗結果顯示清晰度有助於提高類比映射的正確率，但系統性僅能提高較高年齡學童的解題能力。Chee (1993) 運用 SMT 在程式語言的教學上，他依清晰度與系統性的不同，將教材分成好類比組（高清晰度且高系統性）、差類比組（低清晰度且低系統性）及無類比組，以探討清晰度與系統性對類比學習的影響，結果顯示好類比組無論是在程式理解或程式設計上，其學習成就皆比其他二組爲高，至於差類比組與無類比組則無顯著的差異。Gentner 等人雖對清晰度與系統性進行研究，但在相關文獻中僅對於清晰度與系統性作概略性的定義，缺少具體可依循的評量指標；而 Chee 的研究則沒有將系統性與清晰度二者獨立探討，其研究僅指出高清晰度且高系統性的類比確能提高學習成就，但此結果到底是清晰度或系統性的影響呢？抑或是二者綜合的影響呢？則無法得知，他建議後繼研究者可對清晰度與系統性，分開探討其個別對類比學習的影響。本研究首先將對清晰度與系統性作一操作性的定義，然後進行電腦類比教材的設計與教學實驗，以瞭解類比清晰度與系統性對電腦概念學習的影響。

貳、研究目的

本研究的主要目的是要瞭解類比的系統性與清晰度對程式設計概念學習的影響，具體而言，是要瞭解：

1. 具系統性之類比教材是否最有助於學生學習電腦概念。

2.具高清晰度之類比教材是否最有助於學生學習電腦概念。

3.類比的清晰度與系統性對學生學習電腦概念之影響是否有交互作用。

Curtis 及 Reigeluth (1984) 認爲類比用於教導較複雜或困難的內容時特別有效。何榮桂、吳正己和李忠謀 (1995) 針對國內高中職電腦教師計算機概論課程的調查報告中發現，程式設計對學生而言是較難接受的部份，而巢狀迴圈單元又屬程式設計中較困難複雜的概念。本研究決定以程式語言的巢狀迴圈單元爲教學內容，進行相關類比教材設計及實驗。

參、文獻探討

本節首先探討 SMT 理論，其次針對 SMT 中類比的兩項重要特性：清晰度與系統性，分別探討其對類比學習之影響，並綜合歸納學者對此二者的定義，以作爲本研究教材設計與實驗評估之依據。

一、結構映射理論

類比要能發生效用，類比物必須存在有與目標物對應的相似屬性或關係，而如何從類比物衆多的屬性與關係中選擇有用的類比屬性或關係呢？ Gentner (1983) 提出結構映射理論 (SMT) 來說明類比的映射過程，並以之爲選擇類比關係的原則。首先， SMT 有四項基本假設：

1.類比物和目標物所在之知識領域與情境均可視爲由物件 (objects) 、物件屬性 (object attributes) 與物件關係 (relations) 所組成的知識系統。即類比物與目標物所代表之概念均可用一群物件、物件屬性、與關係來表示。

2.類比物與目標物所含的知識概念皆可用命題網路 (proposition network) 來表示。命題網路是由節點 (nodes) 與述語 (predicates) 組成。每個節點爲一個物件，代表一個完整的概念，而述語則是關於該節點之概念的命題與描述。

3.述語因其所含之引數 (argument) 的不同而有屬性與關係的區別。屬性是只有一個引數的述語，如「大的（甲）」便是一個屬性的述語，大的是甲物件的一個屬性。關係是有二個以上（含二個）引數的述語，如「碰撞（甲，乙）」（甲碰撞乙）是一個關係的述語。而初階述語 (first-order predicates) 與高階述語 (high-order predicates) 的不同是：初階述語是以物件爲引數，而高階述語是以命題（包括初階與高階述語）爲引數。「碰撞（甲，乙）」與「撞到（乙，丙）」二者皆爲初階述語，而「導致（碰撞（甲，乙），撞到（乙，丙））」（甲碰撞乙導致乙撞到丙）則是一個高階述語。

4.上述的表示方法只是用來反映出人們如何詮釋一個概念或情境，而非作爲邏輯的驗証。

基於上述的假設， Gentner 進一步的說明 SMT 的內涵。令 B 爲類比物所在的知識領域， b1, b2, ..., bn 爲其 n 個物件節點；T 爲目標物所在之知識領域， t1, t2, ..., tm 爲其 m 個物件節點。在 SMT 中定義從類比物到目標物的類比映射爲：

M: bi ==> ti ，

在類比映射的過程應遵守下列三個映射規則：

1.去掉物件屬性的映射。

2.保留物件間的關係。

3.在決定哪些關係要留下時，以同一系統中彼此互有關連的關係（即高階述語）爲優先，此即所謂的系統性原則。

故而 SMT 的映射過程爲：首先，對類比物與目標物做分析，在分析的過程中找出相關的物件與概念，以及物件間的關係、物件的屬性等。第二，分別畫出代表類比物與目標物的二個命題網路。第三，針對此二個命題網路做

類比映射：去掉屬性的映射，依系統性原則去掉各自獨立與其他關係沒有關連的關係，最後，保留一群有系統而形成高階述語的關係，此即爲眞正用以類比的類比關係。

Gentner 在 SMT 中指出二個影響類比學習的重要因素，即類比物的清晰度與系統性。清晰度是指類比物與目標物間物件與關係對應的容易程度，學習者是否能很容易的找出類比物與目標物間的相似關係，並將相似關係作正確的對應，與類比物的清晰度直接有關。系統性是指類比物與目標物間有相對應的高階關係，透過高階關係的類比，才能進行有系統而較完整的學習。Gentner 認爲在設計或選擇類比物時，若能將此二項因素考慮進去，則類比物將會較爲適切而有效。

二、類比清晰度

Gentner 與 Toupin (1985) 對類比清晰度做如下的定義：「類比物與目標物間其物件對應與述語映射的容易程度」。易言之，清晰度就是指類比物與目標物之間的相似屬性或關係對應的容易程度。Chee (1993) 參考 Gentner 之 SMT 將清晰度定義爲「類比物節點與目標物節點間的一對一對應關係」。若類比物的一個節點同時對應到目標物二個以上的節點，或類比物的不同節點同時對應到目標物的相同節點，就是違反清晰度原則。換言之，若類比物與目標物間有一對一的相似對應關係，則清晰度就高，反之則清晰度就低。Chee 的實驗亦證明使用具有高清晰度的類比物的學生，無論是在程式撰寫或程式理解的能力均較爲優良。而 Holyoak 及 Koh (1987) 雖未明確定義清晰度，但他們的研究結果指出，當類比物與目標物間的相似關係數目較多，則學習者將能自發性的產生類比學習。Glynn (1989) 也認爲相似關係數目愈多，則類比關係愈顯而易見。

Gentner 的清晰度定義僅說明是類比物與目標物間相似關係對應的容易程度，但並沒有提出客觀的標準來衡量。相對的 Chee 的定義就較具體，他以相似關係的一對一對應來定義清晰度；而 Holyoak 與 Koh 及 Glynn 則認爲，若類比物與目標物間的相似對應關係數目較多，則有助於類比關係的清楚呈現。可見除了一對一的對應外，相似關係數目的多寡亦是影響清晰度的重要因素之一。故而本研究將清晰度定義爲：「類比物與目標物間相似關係的一對一對應，且相似關係對應愈多其清晰度愈高」。此定義提供了一較客觀且可量化的標準。

由此定義來看，一對一關係的對應是清晰度的重要條件；而對應關係的數量則是愈多愈好。對應數量之多寡並無絕對的標準，但我們可以假設，若二個類比物皆具一對一特性，則相似關係數量較多者，清晰度自然應較高。以下以二個例子來說明一對一特性對清晰度高低的影響。例一是一個高清晰度類比的例子。

> **《例一》** 如果你在做一件工作時受到干擾，你通常是先放下手邊的工作，並記住工作的情況，而後去處理干擾你的事情，完畢之後再回到原來的工作上。這種中斷的情形同樣在電腦上執行程式時發生。當電腦系統發生中斷信號時，CPU 便暫停正在執行的程式，並記錄好執行的情況，然後開始執行放在記憶體某處的程式。讓我們更進一步來看看這兩個步驟。首先，我們假設你正在看一本小說，當你要暫停時，你不僅要記住看到的頁數，還得記住前面的情節，稍後你是否能接下去看，就決定於你是否能記住其頁數及前面的情節了。同樣的，CPU 暫停一個執行中的程式，不僅要記住其程式執行到的位置，還要記錄其在暫存器及記憶體中使用到的資料，這些資料（包括程式計數器在內）稱爲程式狀態 (program state)。（譯自 Brookshear, 1994, p.109 ）

表 1 ：例一類比物與目標物中相似關係的對應

人類工作的中斷處理（類比物）	CPU 的中斷處理（目標物）
工作受到干擾產生中斷 暫停目前工作 記住目前工作之情況 處理干擾之事情	系統產生中斷信號 暫停目前執行之程式 記錄好已執行之情況 執行中斷程式

爲什麼此例是一個高清晰度的類比呢？如表 1 所列，類比物與目標物間存在四個一對一的相似屬性，符合本研究清晰度定義的要求。透過這些相似關係的類推，很容易就能發覺二者間的類比關係。

例二則是一個清晰度較低的例子：

《例二》「人」與「電腦」系統基本單元組織比較：

	輸入	記憶	算術／邏輯	控制	輸出
人	耳朵、眼睛	腦	腦	腦神經	口、手等
電腦	鍵盤、磁碟	記憶體	加法運算器	監督程式	螢幕、磁碟、列表機

（管文君和周素娟，1991，頁 24）

此例以人體各部類比電腦系統之基本單元。如表 2 所列，在此例中，人體的腦同時用來類比記憶體和加法運算器，而磁碟又同時類比口、手及耳朵、眼睛等，皆違反一對一的對應原則，故此類比物的清晰度不高。

表 2 ：例二類比物與目標物中相似對應的關係

人體器官（類比物）	電腦基本單元（目標物）
耳朵、眼睛	鍵盤、磁碟
腦（腦神經）	記憶體 加法運算器 （監督程式）
口、手	螢幕、磁碟、列表機

由上二例的分析，我們可以大致看出如何用清晰度來評量類比物的優劣。例一中的相似關係成一對一的對應，學習者可以輕易的從中發覺目標物與類比物的相似處，進而瞭解類比物所類比的目標概念。而例二中的類比物則因爲相似關係的對應不夠清楚，容易造成學生觀念的混淆。

三、類比系統性

在以類比解題或學習時，必須將類比物中可用來類推、推論目標物的相似屬性找出，藉以學習目標概念。Holyoak 與 Koh (1987) 認爲要正確的以類比解題，有賴對類比物所含之結構相似性 (structural similarity) 的瞭解與運用，因爲結構相似性決定了類比物推論能力的良窳。Gentner (1983, 1989) 與 Gentner 及 Toupin (1985) 認爲表面相似性 (surface similarity) 的存在雖然可以促進類比學習，但若想要傳達完整的目標概念，則必須透過高階關係的類比，這就是 SMT 所謂的系統性。

Holyoak 及 Koh 所提的結構相似性強調類比物與目標物間相似關係的類推能力，只要類比關係能達到類推其目標概念的目的，便稱此類比物與目標物具有結構相似性。而 Gentner 的系統性則強調類比關係應是一高階關係，此高階關係是由一群彼此有關的高階關係或初階關係所組成。綜合上述兩種看法，本研究將系統性重新定義如下：「類比物與目標物間存在高階關係，而此高階關係是由一群彼此相關的初階關係或高階關係所組成，而且此高階關係應能夠類推目標物的整體概念」。

要如何分辨類比物是否具系統性呢？從類比物的本質來看，有些類比物因爲過於簡單，本身所具有與目標物相似屬性往往僅有一兩個，或者雖有許多的相似性，但這些相似性卻無法構成結構相似性的高階關係，則此類的類比物並不具有系統性。以下的例三即是無系統性類比物的例子。

《例三》作業系統就像是一媒人，他能將使用者的應用程式與系統的資源結合在一起。（嚴世傑和張淑民，1993，頁154）

此例中類比物「媒人」與目標物「作業系統」僅存在一個相似關係，即兩者的媒介功能的相似，故此類比物在本質上便不具高階關係，所以也就不具系統性。而前面例一中的類比物則是具備系統性的一個例子，表3係參照SMT的方式將例一中類比物與目標物的對應關係列出，由表中可以發現類比物與目標物間存在六個初階相似關係，而這些關係間又存在一些可構成結構性相似的高階關係，所以此類比關係符合系統性原則，透過系統性的類比可以較完整地將中斷處理的觀念傳達。

值得一提的是，系統性係由高階關係所呈現，而高階關係往往潛藏於類比物之中，不像表面相似性可以很容易就察覺。故而從類比教學的意義來看，有些類比物雖然具有系統性，但因爲不易由學習者自發性察覺，若教學者（或教科書）不詳加說明，可能會使類比物的系統性因沒有被發現而喪失其功能。所以，欲使類比物的系統性能夠彰顯，不僅類比物本質上即須具有高階相似關係的對應，更應在類比呈現時具體加以說明。Genter與Toupin (1985)的研究中係使用同一類比物，但將其高階關係（故事情節大綱）錯置來操弄系統性。爲排除其他變項之干擾，本研究實驗設計中亦將以同一類比物中系統性說明的有無，來操弄系統性變項。

表3：以SMT描述例一中類比物與目標物的對應關係

	人類工作中斷處理（類比物）	CPU程式中斷處理（目標物）
物件	人、工作、中斷事件	CPU、程式、中斷信號
關係一（R1）	執行（人，工作）	執行（CPU，程式）
關係二（R2）	中斷（中斷事件，工作）	中斷（中斷信號，程式）
關係三（R3）	記錄（人，工作）	記錄（CPU，程式）
關係四（R4）	暫停（人，工作）	暫停（CPU，程式）
關係五（R5）	處理（人，中斷事件）	處理（CPU，中斷信號）
關係六（R6）	恢復（人，工作）	恢復（CPU，程式）
高階關係一	導致*（R2, R4） 中斷事件中斷工作導致人暫停工作	導致（R2，R4） 中斷信號中斷程式導致CPU暫停執行程式
高階關係二	導致（R3，導致（R2，R4）） 人記錄工作之狀況，因爲中斷事件中斷工作導致人暫停工作	導致（R3，導致（R2，R4）） CPU記錄程式之狀態，因爲中斷信號中斷程式導致CPU暫停執行程式
高階關係三	才能**（R6，導致(R3，導致（R2，R4））) 人記錄工作之狀況，因爲中斷事件中斷工作導致人暫停工作，如此人才能恢復原來之工作	才能（R6，導致（R3，導致（R2，R4））) CPU記錄程式之狀態，因爲中斷信號中斷程式導致CPU暫停執行程式，如此CPU才能恢復原執行之程式

* 導致：表示兩關係具有因果關係

** 才能：表示兩關係間具有條件關係

肆、研究方法

一、實驗設計與實施

本研究以以準實驗法 (quasi experiment) 進行教學實驗。研究之自變項爲類比教材的清晰度與系統性，依變項爲受試者成就測驗之得分。爲了分別驗證清晰度與系統性對類比學習的影響，本研究以隨機分派的方法將樣本分爲「高清晰度-有系統性」、「高清晰度－無系統性」、「低清晰度-有系統性」、與「低清晰度-無系統性」四組。系統性的操弄爲教材中是否說明了類比物與目標物間的高階關係，含高階關係說明的類比物便是具系統性，反之則無系統性。清晰度的操弄爲對同一目標物選擇二個對應程度不同的類比物，具較多相似關係且與目標物一對一對應的類比爲「高清晰度的類比」，具較少相似關係或違反一對一對應的類比則爲「低清晰度的類比」。

研究樣本爲五班高一學生共 216 人，最後全程參與教學實驗之有效樣本爲 176 人。受試的五班學生均爲常態分班，實驗進行時皆正在修習程式設計課程，對於實驗教材內容爲第一次學習，實驗施測前將四組教材分別以等量的紅、黃、藍、白四種顏色印製，並予以混雜，然後於每班測試時隨機分發給學生閱讀，每班四組抽取的人數約相等。各組人數分配如表 4 。每組受試者閱讀教材的時間爲 20 分鐘，成就測驗時間爲 30 分鐘，最後填寫問卷時間爲 10 分鐘。實驗所收集的資料以下列方式進行分析：

1. 成就測驗的結果以二因子變異數分析 (two-way ANOVA) ，α 值設定爲 .05 。
2. 問卷首先進行相似關係數目之計數，然後分析類比關係之內容。

表 4 ：實驗處理各組人數分配表

	高清晰度	低清晰度	人數
具系統性	42	45	87
無系統性	45	44	89
人數	87	89	176

二、研究工具

本研究之工具包括成就測驗、問卷、與教材三部份，分別描述於下。

㈠成就測驗

本研究以成就測驗來進行學習效果的評估。成就測驗主要測試學生對巢狀迴圈程式的理解與設計能力，此與 Chee (1993) 及 Gilbert (1989) 的設計相似。四組學生皆使用相同的成就測驗。測驗共有五題，總分爲 12 分。前三題測驗學生是否能寫出程式執行結果，屬程式理解的題目。後二題則是給予程式執行結果，要求學生完成相對應的程式，屬程式設計的題目。成就測驗卷經由研究者與兩位高中電腦教師討論修正，具一定的專家效度；而內部一致性考驗結果其 Cronbach α 值爲 0.67 ，就非標準化測驗而言，已具相當之信度。

㈡問卷

爲了進一步瞭解清晰度與系統性對學習成效的影響，本研究設計了問卷以收集相關的資訊。問卷內容的設計主要參考 Harrison 及 Treagust (1993) 的類比對映表，及 Reed (1987) 測量清晰度的方法要求學生將類比物與目標物間相對應的概念挑出及配對。問卷中要求學生列舉類比物與目標物間的所有相似關係，目的在瞭解學生是否察覺教材中類比相似關係對應，以分析清晰度與系統性對類比學習的效果是否如預期。

㈢教材

本研究依類比清晰度的高低與系統性之有無，分別設計「高清晰度－有系統性」、「高清晰度-無系統性」、「低清晰度-有系統性」、與「低清晰度-無系統性」等四組類比教材。每份教材除了有關清晰度與系統性的描寫部份外，其餘內容皆爲相同。教材發展前，研究者依據 SMT 的類比對應原則，進行類比物的分析，並依本研究對類比清晰度的定義選出清晰度不同的二個類比物：投籃遊戲與電子錶，然後參照類比電腦教材發展模式（吳正己，1995）進行教材設計。投籃遊戲是屬於高清晰度的類比，其類比關係如表 5 所列，以下是其在「高清晰度-有系統性」的教材中的相關描述：

我們可以用下面趣味競賽的例子來看巢狀迴圈的執行過程。有一投籃遊戲，每小隊有 4 人，分別編號 1 到 4，每人要投完 3 個球才算完成任務。每次派一人出去投球，重複投完三球後便換下一號投籃，照號次依序輪流直到 4 號完成任務遊戲便結束。一個人重複投籃的過程就好像內層迴圈的執行過程，而輪流換人投籃的情形就像外層迴圈的執行情形。

至於「高清晰度－無系統性」之教材，則是將表 5 中的對應高階關係略去不提，亦即將上述文字中畫底線之文字刪去。

電子錶是屬於清晰度較低之類比，其類比關係如表 6 所列，其在「低清晰度－有系統

表 5 ： 投籃遊戲與巢狀迴圈相似關係之對應

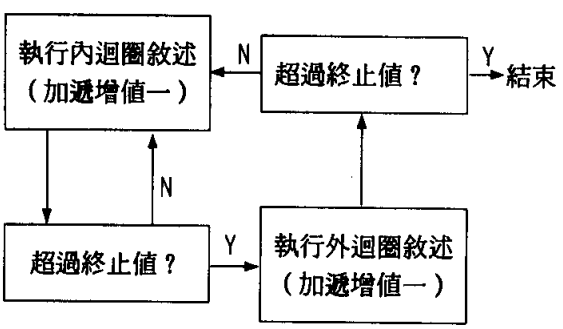
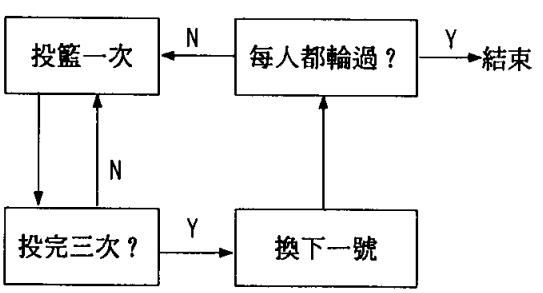
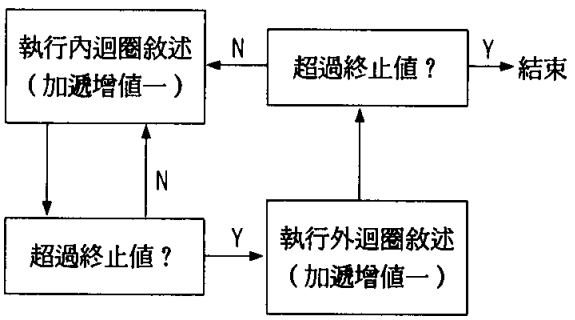
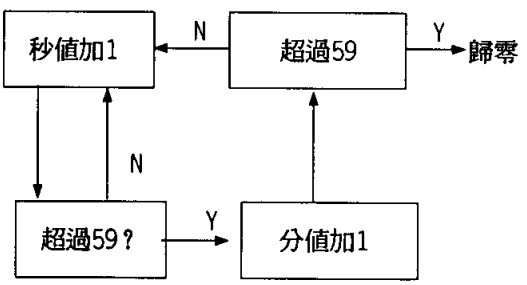
巢狀迴圈	投籃遊戲
對應初階關係： 內迴圈控制變數變化 外迴圈控制變數變化 內迴圈中敘述重複執行的過程 外迴圈中敘述重複執行的過程 迴圈中的初值、遞增值、終止值可視需要加以調整 **對應高階關係：** 巢狀性質	**對應初階關係：** 投球數的變化 球員號碼的變換 球員重複投籃的過程 球員輪流投籃的過程 遊戲中的人數、每次投籃人數、球數、終止球數可視遊戲需要加以調整 **對應高階關係：** 巢狀性質
	

表 6 ：電子錶與巢狀迴圈相似關係之對應

巢狀迴圈	電子錶
對應初階關係： 內迴圈控制變數變化 內迴圈重複執行的過程 外迴圈控制變數變化 外迴圈重複執行的過程 迴圈中的初值、遞增值、終止值可視需要加以調整	**對應初階關係：** 計秒部份秒數的變化 計分部份分數的變化
對應高階關係： 巢狀性質	**對應高階關係：** 巢狀性質





性」教材中的相關描述如下：

> 巢狀迴圈的執行方式與電子錶的計時方式很像，電子錶中分別有時、分、秒三部份來表示幾時幾分幾秒。假設現要計時二分鐘，計時開始時，秒值從 0 開始，每次加 1 ，直到超過 59 時，分值加 1 ，計秒部份重新由 0 開始，直到分值爲 2 便結束計時。在二層迴圈中，內層迴圈的執行過程就像計秒部份，外層迴圈就像計分部份。

在「低清晰度－無系統性」教材方面，電子錶中計秒部份與計分部份間的關係爲一高階關係，與巢狀迴圈中內迴圈與外迴圈間的巢狀關係對應。在具系統性教材中，對此高階關係作了對應與說明；而無系統性教材中則省略此高階關係的說明（畫底線部份），僅對計秒部份與計分部份的迴圈性質分別對應。

由表 5 、表 6 可以比較出投籃遊戲與電子錶清晰度的高低。在初階關係的對應方面，投籃遊戲有 5 個與巢狀迴圈一對一對應的初階關係；而電子錶中計秒部份的運作情形，分別與內迴圈控制變數的變化情形，及內迴圈重複執行的過程對應，屬一對二對應，違反清晰度原則。而計分部份也有相同的情形。此外，投籃遊戲相似關係對應的總數爲 6 個，亦高於電子錶的 3 個。故無論從相似關係的一對一對應或相似關係數目的多寡，投籃遊戲皆優於電子錶，故其類比清晰度較高。

三、預試

預試在正式實驗之前二個禮拜舉行，預試對象爲 8 位高一學生。實驗進行時將學生分成四組，分別使用四組不同教材，使用之高、低清晰度類比物分別爲「撿石頭遊戲」及「電子錶」，實驗進行完後並填答問卷及成就測驗。預試結果發現了一些問題。首先，有些學生指出高清晰度組之教材中「撿石頭遊戲」的類比並不夠自然、有趣，因而減低了學習興趣，有些學生甚至乾脆跳過類比的例子不讀，影響了實驗的準確性，學生建議可以用投籃遊戲來代替撿石頭遊戲。因此，在實際實驗時將撿石頭遊戲的類比改成投籃遊戲。除此之外，幾乎所有學生都抱怨問卷題目之說明不夠清楚。因此，在實驗實際進行時將問卷題目重新改寫，並加入類似問題作答提示，使學生能容易讀懂並作答。

伍、結果與討論

一、成就測驗結果

各組學生成就測驗之基本統計資料如表 7 。以類比教材的清晰度與系統性爲自變項，成就測驗成績爲依變項，進行二因子變異數分析，所得結果如表 8 。分析結果顯示，在清晰度 ($F = 0.02$ ，$p > .05$) 與系統性 ($F = 0.73$ ，$p > .05$) 的主要效果方面，二者均未達顯著水準 ， 且二者間之交互作用 ($F = 0.99$ ，$p > .05$) 亦未有顯著差異存在。故從成就測驗之結果來看，本實驗設計的教材，其類比清晰度的高低與系統性的有無對學生學習成就並無顯著的影響。

二、問卷結果

㈠類比清晰度

由教師教學或教材呈現類比物的觀點來看，清晰度中的一對一對應關係是類比關係清晰呈現的重要原則。但由學生學習的觀點來看，即使其所學習到的類比關係有一對多的對應情形，但只要類比關係是正確的，對學習者本身仍是有幫助的。故而，本研究中類比物清晰度的設計依循一對一對應原則，但以下的分析則仿照 Reed (1987) 之方法，僅統計學生察覺相似關係的數目，以瞭解學生對類比關係的察覺程度。分析問卷時，將初階關係與高階

表 7 ：各組成就測驗分數之描述統計資料

	高清晰度（投籃遊戲）			低清晰度（電子錶）			合計		
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD
具系統性	42	6.7	2.8	45	6.3	2.4	87	6.5	2.6
無系統性	45	6.0	2.5	44	6.3	2.3	89	6.2	2.4
合計	87	6.4	2.6	89	6.3	2.4	176	6.4	2.5

表 8 ：成就測驗變異數分析結果

Source	SS	df	MS	F	*p*
清晰度	0.1	1	0.1	0.02	0.898
系統性	4.7	1	4.7	0.73	0.393
交互作用	6.3	1	6.3	0.99	0.321
誤差	1100.2	172	6.4		

關係分開計數，而相似關係的總數則是二者之和。相似關係的認定，主要是依據類比物與目標物的相似關係對應表（表 5 、表 6 ）。以表 9 樣本 A 的問卷回答內容爲例，樣本 A 共列出了 2 個初階關係（有底線部份）與 1 個高階關係（斜體字部份），其所察覺的相似關係數目爲 3 。

表 10 爲各組學生察覺相似關係數目之基本統計資料。高清晰度教材組的學生每人平均察覺 3.3 個相似關係，而低清晰度教材組爲 2.1 個。表 11 的變異數分析結果顯示，高清晰度教材組與低清晰度教材組間察覺的相似關係數目有顯著差異存在 ($F = 16.5$ ， $p < .05$)，而具系統性組與無系統性組間之差異則未顯著 ($F = 1.5$ ， $p > .05$)。由此結果可看出，高清晰度的類比物的確能幫助學生察覺較多的相似關係。

㈡類比系統性

問卷第二部份的分析是調查學生察覺類比物系統性的情形，以瞭解使用具系統性教材的學生是否較容易發覺系統性。系統性的分析是以學生是否列出類比物與目標物間的高階相似關係，來判定其察覺類比之系統性與否。例如樣本 A （表 9 ）所列的第三個相似關係便是

表 9 ：樣本 A 問卷回答內容

巢狀迴圈	投籃遊戲
外迴圈	投籃的人
內迴圈	投籃的次數
內迴圈執行完再執行一次外迴圈	*投籃的人投完應投的次數後換下一個人*

表 10 ：各組學生察覺類比相似關係數目之描述統計資料

	高清晰度（投籃遊戲）			低清晰度（電子錶）			合　計		
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD
具系統性	42	3.4	2.0	45	2.3	2.0	87	2.8	2.1
無系統性	45	3.1	2.0	44	1.9	1.7	89	2.5	1.9
合　計	87	3.3	2.0	89	2.1	1.9	176	2.7	2.0

表 11 ：類比相似關係數目變異數分析結果

Source	SS	df	MS	F	p
清晰度	60.3	1	60.3	16.5*	0.0001
系統性	5.4	1	5.4	1.5	0.2282
交互作用	0.0	1	0.0	0.0	0.9753
誤　差	639.2	172	3.7		

*$p < .05$

表 12 ：系統性之分析比較各組人數分配表

	人數	察覺高階關係(人)	百分比
具系統性	87	29	33%
無系統性	89	16	18%

表 13 ：投籃遊戲組樣本 B 問卷回答內容

巢狀迴圈		投籃遊戲
迴圈	系統	排隊輪流投籃
1	1	第一個人投第一球
1	2	第一個人投第二球
1	3	第一個人投第三球
2	1	第二個人投第一球
2	2	第二個人投第二球
2	3	第二個人投第三球

一個高階關係。表 12 爲兩組不同系統性教材學生察覺系統性人數的統計資料。在具系統性組中有約 33% （ 29 人）的學生察覺到類比的系統性，幾乎是無系統性組 18% (16 人）的兩倍。以費雪爾正確機率考驗 (Fisher's Exact Test) 結果，顯示具系統性組與無系統性組察覺系統性的比例有顯著差異 ($p = 0.02$)。

㈢學生所舉類比關係類型

除了以統計分析類比的清晰度與系統性外，以下大致歸類學生實際所舉的類比的關係，以瞭解學生如何應用類比學習。除下列三種明顯呈現之類型外，很多學生並無法具體舉出類比關係，或者僅列出少數的屬性對應（如控制變數對應投籃次數），也可算是另一種類型。

*1.*程式範例的類比

本研究設計的各組教材均將類比物融入於程式範例中，樣本 B （表 13 ）與樣本 C

表 14 ：電子錶組樣本 C 問卷回答內容

巢狀迴圈	電子錶
Print “分” : ” 秒”	分 秒 0 1 1 2 0 2 1 3 0 3 : : : : : : 0 59 1 59 1 0 1
For I=0 to 1	
For J=0 to 59	
Print I “ : ” J	
Next J	
Next I	

表 15 ：樣本 D 問卷回答內容

巢狀迴圈	電子錶
是從第一行的指令向下作，然後遇內迴圈時將內迴圈作業先完成，再至外迴圈，並重複內迴圈作業。	當分鐘（外迴圈）爲 0 時，秒（內迴圈）必須先從 0 運作至 59，然後分鐘便成爲 1，而秒則重複從 0 運作至 59，不斷下去。

（表 14 ）都是以教材中的程式範例描述類比關係的例子。這種回答方式頗爲普遍，這應是學生直接受教材中所舉的例子影響所致。有些學生在問卷中指出，教材中的範例給予他們的幫助勝過類比物，也許在範例中融入類比之效果是值得採行的一個類比教學方式。

*2.*系統性的類比

前項以程式執行過程的類比關係描述，學生係依據教材中的範例，然而這些學生不一定眞正瞭解巢狀迴圈的概念。眞正瞭解巢狀迴圈概念的學生應能舉出系統性的類比關係。表 9 的樣本 A 與表 15 的樣本 D 就是進行系統性類比的兩個例子。一般而言，能進行此種類比的學生其學習成就偏高，成就測驗滿分者幾乎都屬於此類的學生。由下節中的「進一步分析」也顯示出，能舉出系統性類比關係的學生其學習成就均較高。

*3.*過度類比

DuBoulay (1986) 指出，若學生將類比物的每一特性皆對應到目標物上，則很可能因過度類比而產生迷思概念。有些學者 (Radford, 1989; Zeitoun, 1984; Glynn, 1989) 主張在陳述類比時，應對類比物與目標物的相異之處一一進行解說，以防學生過度類推。從問卷中發現一些學生有過度類比的情形。例如，將巢狀迴圈中的「每一迴圈有終止值」對應到投籃遊戲中的「每一球得分有限」、將「程式執行結果顯現在螢幕上」對應到「時間可顯現在錶面上」、或將「迴圈程式由 CPU 處理」對應「電子錶時間由 IC 板處理」等。值得注意的是，大部份的過度類比均發生在「電子錶」類比物，亦即清晰度較低的類比。清晰度較低可能是易於導致過度類比的原因之一，而另一可能原因則是學生對電子錶非常熟悉，且電子錶的相關特性（功能）較多，學生很容易想到電子錶之各種特性而加以對應，自然較易衍生過度之類比。

三、進一步分析

從問卷分析中得知，高清晰度的教材的確能幫助學生察覺較多的相似關係，而具系統性的教材亦能促使較多的學生發現高階相似關係。但從成就測驗結果的分析中，使用高清晰度教材的學生，其成就測驗得分與使用低清晰度教材的學生並無明顯差異。同樣的，使用具系統性教材的學生與使用無系統性教材的學生間的得分亦沒有顯著差異。但這是否意謂著，察覺較多相似關係的學生其學習成就與察覺較少相似關係的學生是一樣的？而察覺高階關係的學生的學習成就亦與未察覺高階關係的學生相同呢？如果是這樣，則 SMT 理論指出的類比清晰度與系統性對學習的影響可能並不成立。本研究實驗的目的主要是藉由教材的操弄來了解清晰度與系統性對學習的影響，本節擬跳過教材的因素，直接由學生本身對類比關係的了解來探討其與學習成就的關係，亦即探討「學生察覺類比物清晰度的高低及系統性的有無，是否與其學習成就有關？」。

本節將學生資料重新分組以進行分析，分組方式是將所有學生依其察覺類比清晰度的高低及系統性的有無分成四組，分組的依據是學生在問卷中列舉的類比關係。在類比清晰度方面，爲了使察覺高清晰度與低清晰度兩組學生間的差異較爲明顯，首先將察覺相似關係數目在平均值上下二分之一標準差以內的樣本刪除，然後以大於平均值加上二分之一標準差的樣本爲高清晰度組，低於平均值減去二分之一標準差的樣本爲低清晰度組。這二組又再以是否察覺高階關係（系統性）分成二組。表 16 爲各組成就測驗成績之描述統計資料。

表 17 變異數分析結果顯示，察覺清晰度與系統性二者間之交互作用無顯著差異存在 ($F = 0.4$ ，$p > .05$) 。而察覺高清晰度學生與察覺低清晰度學生間之平均分數則具有顯著

表 16 ：依學生察覺清晰度及系統性重新分組的成就測驗得分描述統計

	察覺高清晰度學生			察覺低清晰度學生			合 計		
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD
察覺系統性學生	24	8.4	2.4	13	6.8	1.8	37	7.8	2.3
未察覺系統性學生	34	7.1	1.8	44	4.9	2.7	78	5.9	2.6
合 計	58	7.7	2.2	57	5.3	2.6	115	6.5	2.7

表 17 ：重新分組後的成就測驗變異數分析結果

Source	SS	df	MS	F	*p*
清晰度	84.9	1	84.9	16.0*	0.0001
系統性	59.5	1	59.5	11.2*	0.0011
交互作用	2.3	1	2.3	0.4	0.5082
誤 差	589.1	111	5.3		

*$p < .05$

差異 ($F = 16.0$ ，$p < .05$) ，察覺系統性學生與未察覺系統性學生間亦有顯著差異存在 ($F = 11.2$ ，$p < .05$) 。從表 17 中可看出，察覺高清晰度學生之成就測驗平均成績高於察覺低清晰度學生，而察覺系統性學生其成就也高於未察覺系統性學生。由分析結果來看， SMT 理論所提出的類比清晰度與系統性的確與學習者的學習成就有關。

四、討論

㈠類比清晰度

雖然 Gentner (1989) 指出類比清晰度會影響類比映射的正確性，在 Gentner 及 Toupin (1985) 的相關研究中亦證實，高清晰度的類比能提高學生類比映射的正確率，但關於清晰度與學習成就間的關係並沒有相關的研究。 Chee (1993) 的研究顯示，高清晰度且高系統性的類比物能幫助學生獲得較好的學習成就，但這到底是高類比清晰度所致，或者是高系統性的影響則不得而知。由本研究成就測驗結果顯示，類比教材清晰度的高低對於學習成就並沒有顯著的影響；但由問卷之分析，卻發現高清晰度教材有助於學生察覺類比物之相似關係，亦即使用高清晰度教材的學生能發現較多的類比相似關係。問卷分析結果支持 Gentner 及 Toupin (1985) 所提高清晰度的類比能提高類比關係映射的正確率的說法。

雖然清晰度高之教材能促進學生對類比物與目標物間相似關係的察覺，但其效果卻僅止於此，而無法進一步表現在學習成就上。爲什麼高清晰度教材組學生其成就測驗得分並沒有優於低清晰度組學生呢？很可能的一個原因是，本研究設計的高、低清晰度類比教材，雖然造成了學生察覺相似關係在量上的差異（高清晰度組察覺 3.3 個相似關係，低清晰度組察覺 2.1 個相似關係），然而二組教材間清晰度的差距可能不夠大，以致無法在學習成就上產生影響。且由於本研究設計的高、低清晰度教材，其主要差異係在初階對應關係（參見表 5 及表 6 ），如果是在高階關係造成清晰度的差異，對學習成就之影響可能會更爲明顯。

在進一步的分析中，以學生實際察覺清晰

度的高低重新分組，進行成就測驗得分的比較，經過統計分析結果顯示，察覺高清晰度學生的成就測驗得分明顯高於察覺低清晰度學生。由此推論，如果能夠設計良好的類比教材，使學生在閱讀教材之後，可以清楚的察覺類比物與目標物間的相似關係，則其學習成就應會有顯著的提高。

㈡類比系統性

Gentner 及 Toupin (1985) 指出，類比的學習效果主要取決於高階關係的對應，然而由本研究成就測驗分析結果，使用具系統性教材的學生與使用無系統性教材的學生，在學習成就上卻沒有顯著的差異。由問卷分析顯示，系統性的類比教材雖然提高了學生察覺高階關係的比例，但整體而言比例並不高（僅有 33 % 察覺高階關係），以致對於整個系統性教材組成就表現的影響有限。也就是說，具系統性的教材並沒有幫助大部份的學生察覺高階相似關係，以產生有效的類比學習，進而獲得較高的學習成就。本研究可能在系統性教材高階相似關係的呈現上並未盡理想，導致察覺高階相似關係的學生比例不夠高，使得教材的系統性無法在成就測驗得分上產生顯著影響。

在進一步分析的結果顯示，察覺系統性學生的成就測驗得分，明顯高於未察覺系統性學生，此結果支持了 Gentner 及 Toupin 的看法，可見高階相似關係的察覺與否影響學習成就頗鉅。而問卷中學生所舉類比關係的分析也顯示，能察覺類比高階關係的學生其學習成就均較高，故而如何設計出良好的系統性類比教材，以使學生容易察覺到系統性的類比關係，應是教材設計者及研究者應努力的方向。

陸、結論與建議

本研究以巢狀迴圈爲實驗教學內容，依類比的清晰度與系統性的不同，設計四組類比教材，並以準實驗研究法分別探討類比清晰度及系統性與程式設計概念學習的關係。除了以成就測驗來評估類比清晰度與系統性對學生學習的影響之外，另外以問卷收集學生對類比關係的察覺情形。綜合資料分析結果，歸納本研究的結論與建議如下。

一、結論

㈠類比教材的清晰度與系統性對學習成就的影響在本研究中並未顯著

從學生學習成就來看，本實驗結果並不支持高清晰度或具系統性的類比教材有助於學習的說法。由問卷的分析發覺可能原因是，本研究設計教材的清晰度與系統性的差異程度並不夠明顯，導致在學習成就上並無顯著差異產生。

㈡具高清晰度之類比教材能使學生察覺較多的類比關係

問卷分析結果顯示，使用高清晰度教材的學生，能發現較多的類比相似關係。相對的，使用低清晰度教材的學生，發現的類比相似關係較少。這結果支持 Gentner 及 Toupin (1985) 所提「物件對應的清晰度對類比映射的正確性有很大的影響」之假設。此外，此結果亦表示本研究設計之高低清晰度教材，其清晰度仍有相當差異，只是仍未達到足以造成學習成就之顯著差別。

㈢具系統性的類比教材較易使學生察覺類比的高階相似關係

問卷分析結果顯示，使用具系統性教材的學生，發現高階相似關係的比例較高，相對的，使用無系統性教材的學生，發現高階相似關係的比例較低。可見在教材中對高階相似關係加以說明，的確使學生能較容易發現高階相似關係，以增進對學習目標物之了解。

㈣能察覺類比清晰度與系統性的學生其學習成就較高

在進一步的分析中，排除原來實驗設計之分組方式，亦即不考慮教材因素，將學生依察覺相似關係數目之多寡（清晰度）及高階關係（系統性）的察覺與否重新分組，對其成就測

驗分數進行分析。結果顯示，察覺高清晰度學生其成就測驗得分明顯高於察覺低清晰度學生，而察覺系統性學生其得分亦高於未察覺系統性學生。故而，學生對類比物若有高清晰度及系統性的了解其學習成就顯然較高，此與SMT的基本假設相符。由此也可以推論，教材設計因素可能是造成第㈠項結論中成就測驗結果未顯著的原因之一。

二、未來研究建議

㈠重複本研究，教材重新設計並延長實驗時間

本研究雖然依照類比清晰度與系統性的定義來設計教材，但實驗結果顯示，教材中的類比清晰度與系統性只有增進學生對類比關係的了解，卻無法進一步反應到學生的學習成就上。未來研究宜重新設計教材，加大教材的類比清晰度及系統性之差異，以進一步探討其對學習成就的影響。此外，本研究實驗處理時間僅20分鐘，類比學習成效可能較不易彰顯，且是否能達到學習保留之效果亦值得商榷。建議未來研究宜加長實驗處理時間，並探討學習保留情形。

㈡以上課方式進行類比教學，進行類似研究

本研究以學生閱讀教材的方式進行實驗，其教學效果與由老師直接在課堂上講授並不相同。未來可考慮由老師授課操弄類比清晰度與系統性，以探討不同類比學習方式之成效。

㈢重複本研究，探討其它電腦概念

本研究僅以程式語言中的巢狀迴圈概念進行實驗，實驗結果的推論範圍有限。未來可再選擇其它單元進行實驗，以瞭解程式語言本質與類比學習之關係。

誌　謝

本研究承蒙國科會經費補助，計畫編號NSC 85-2511-S-003-052，特此致謝。

參考文獻

1. 何榮桂、吳正己和李忠謀（1995）：**我國高級中學電子計算機簡介課程實施現況調查研究**。教育部研究計畫報告。
2. 吳正己（1995）：**類比式電腦教材研究發展（一）－教材發展模式**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，NSC 842511-S-003-075。
3. 管文君和周素娟（1991）：**電子計算機簡介＜上＞**。台北：立威出版股份有限公司。
4. 嚴世傑和張淑民（1993）：**計算機概論＜上＞**。台北：儒林圖書公司。
5. Brookshear, J. G. (1994). *Computer Science an Overview*. Redwood, CA: The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc.
6. Chee, Y. S. (1993). Applying Gentner's theory of analogy to the teaching of computer programming. *International Journal of Man-Machine Studies*, *38*, 347-368.
7. Clement, J. (1987). Overcoming students' misconceptions in physics: The role of anchoring intuitions and analogical validity. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Vol. 3 (pp. 84-97). Ithaca, NY: Cornell University Press.
8. Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, *13*, 99-117.
9. DuBoulay, B. (1986). Some difficulties of learning to program. *Journal of Educational Computing Research*, *2*(1), 57-73.
10. Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, *75*(6), 649-672.

11. Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, *7*, 155-170.
12. Gentner, D. & Toupin, C. (1985). *Systematicity and Surface Similarity in the Development of Analogy*. Champaign, Illinois: University of Illinois, Technical Report, No. 385. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 297 258).
13. Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds). *Similarity and Analogical Reasoning*, (pp. 199-241). Cambridge, London : Cambridge University Press.
14. Gilbert, S. (1989). An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science text. *Journal of Research in Science Teaching*, *26*, 315-327.
15. Glynn, S. M. (1989). The teaching with analogies model: Explaining concepts in expository texts. In K. D. Muth (Ed.). *Children's Comprehension of Narrative and Expository Text: Research into Practice* (pp. 185-204). Newark, DE: International Reading Association.
16. Harrison, A., & Treagust, D. (1993). Teaching with analogies: A case study in Grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, *30*, 1291-1307.
17. Holyoak, K. J. & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, *15*(4), 332-340.
18. Radford, D. L. (1989). *Promoting learning through the use of analogies in high school biology textbooks*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
19. Reed, S. K. (1987). A structure-mapping model for word problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *13*, 124-139.
20. Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science and Technology Education*, *2*, 107-125.

Transparency and Systematicity of Analogy in Learning Computer Programming Concepts

Cheng-Chih Wu, Ting-Yue Lin

Department of Information and Computer Education National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

Abstract

Analogy has been considered an effective instructional strategy. Transparency and systematicity of analogy are two factors identified as contributing to the effectiveness of analogical learning. This study explored how transparency and systematicity of analogy affect students' comprehension of nested loops, an important programming concept. A two by two (transparency x systematicity) experimental design was used to explore the differences in science achievement and perception of the subjects (176 high school students). The research findings revealed that: (1) the effects of transparency and systematicity of analogical materials on students' achievement were not significant. (2) Instructional materials containing high-transparency analogy helped students perceive more analogical relations than those with low-transparency analogy. (3) Students perceived more high-order analogical relations from the systematical analogies than the non-systematical analogies, and (4) students who perceived more analogical relations and high-order analogical relations performed better on the achievement test.

Key words: Analogy, Programming.