

# 類比在電腦教學的應用及其限制

吳正己 龐能一 林挺裕

國立台灣師範大學 資訊教育研究所

## 摘 要

電腦科學由於探討的內容大多是高度抽象，且屬於嶄新的知識領域；人類爲了描述抽象或新的事物，往往需要借助類比。有關類比在電腦教學的研究並不多見，且學者們提出的類比教學策略中一再強調類比限制的重要，但相關的實證研究則付諸闕如。本研究主要目的是在瞭解類比的使用對電腦概念學習的影響，並進一步探討類比教學策略中類比限制的強調與否對學習的影響。本研究採用實驗研究法，將樣本分爲三組：使用類比教材（含類比限制）的類比組一、使用類比教材但刪去類比限制的類比組二、及未使用類比教材的無類比組。一方面比較三組學生在學習成就上的差異，另一方面以問卷的方式瞭解類比組一、二對類比使用的態度。研究結果顯示在學習成就方面，使用類比教材確實能提高學習學生的學習成效；但是類比限制的使用效果並不顯著，與強調類比限制學者所預期的不盡符合。

關鍵詞：類比、類比限制、資訊科學教育

## 壹、緒言

在自然科學中類比使用的情形十分普遍，如物理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：以人體的各部位的功能來類比電腦五大部門的功能，如以眼睛、耳朵類比輸入單元，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（吳正己、龐能一，民84）。

類比將抽象的概念以較具體的方式呈現，使學生能以較具體的方式去體會、想像抽象的事物。同時將原本抽象的觀念以學生熟悉的方式呈現，也可增進學生學習興趣與學習動機。又由於類比的過程中新知識將與學生腦海中既有知識做連結與整合，使知識的建構更有效率；所以透過類比學習所得到的知識不再只是片段、分散的，而是有系統有組織的知識 (Clement, 1987)，符合教育學者所認為的「有意義的學習」(meaningful learning) (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1978)。Duit(1991)認為類比有以下幾個優點：(1)類比在概念改變的學習上扮演重要角色，(2)透過真實世界所存在的相似實例，可以促進抽象觀念的瞭解，(3)類比可以將抽象觀念視覺化 (visualization)，(4)類比可以提高學生之學習興趣，(5)類比會促使老師將學生的先備知識 (prior knowledge) 納入教學時的考量。

Thagard (1992) 指出科學教育領域中，化學教師常以學生日常生活事物來引用類比，如以拔河比賽中二人拉住的繩索類比原子間的化學鍵。而物理教師則常以一種物理現象來解釋另外一種物理現象，如以水流來類比熱流甚或電流。而電腦教學中使用類比的情形如何呢？電腦科學是一個新興的學門，其發展歷史比起其他的科學短得很多，它是一個完全嶄新的科學領域，其派典 (paradigms) 及方法均尚未發展完整，

其使用的語言、面對的實體、或心智歷程 ( mental process ) 均與其他科學有顯著的不同 ( Johnson, 1994 )。電腦科學與其他科學領域最大不同之一是它使用很多的譬喻 ( metaphor )，廣義而言，即是使用類比。電腦科學所以大量使用類比的原因是其探討的內容大多是高度抽象的，既看不到也摸不到。另一重要原因，則是它是嶄新的知識領域，人類爲了描述新的事物，則往往需要借助類比來說明；又由於它還在不斷的發展之中，於是新的類比不斷的出現。Johnson ( 1994 ) 認爲，由於醫藥、物理、或其他科學使用類比大都是用來描述實際世界或自然界的現象；而電腦科學中使用的類比則是用來描述遵循人定法則的人造事物 ( 如電腦 ) — 本質上屬於高度抽象及隨意的 ( arbitrary )。他認爲或許是由於這樣的人造的 ( artificial ) 本質，導致電腦科學中大量的使用類比。

電腦科學中最常使用的類比就是「擬人化」 ( Johnson, 1994 )，把電腦或系統賦予人的功能，甚至人的個性等。如我們使用的「電腦」一詞，即明顯將其類比爲人腦；而教師也常以人的感官類比電腦的輸出入設備。描述作業系統時，教師常會說：「他幫我們管理系統的資源」、「系統等著我們給他命令」、「系統知道我們下什麼命令」、或「編譯器告訴我們這一行程式有問題」等等。擬人化類比的好處是使學生覺得親切而熟悉，但壞處則是學生亦將人類所具的能力全部映射到電腦上，造成初學者很多的迷思概念。初學電腦的學生常會有：「電腦這麼笨，怎麼不懂我輸入的指令？」、「爲什麼電腦只懂英文呢？」、或「他既然知道我錯了，爲什麼不自動幫我更正過來呢？」等疑惑。Dijkstra ( 1989 ) 即嚴厲的批評電腦科學中，尤其是程式語言領域，使用擬人化類比的不當。

Johnson ( 1994 ) 指出目前電腦界中使用的很多類比對初學者或非該領域的人而言都很難瞭解，而且類比物往往演變成欲描述目標概念本身的代名詞，內行人看了知道其義，外行人卻怎麼看也看不懂。如我們稱某軟體爲「平台」 ( platform )，或某系統中有一個「推理機器」 ( inference engine )，這樣的描述常讓外行人讀了又讀，最後才發覺電腦中似乎沒有實際的「平台」或「機器」存在，然而仍是不解其義。此外，他也

發覺混喻 ( mix metaphors ) 的情形在電腦科學中普遍存在。如在物件導向 (object-oriented) 的觀念中，我們會說「一個物件傳達訊息……」，初學者常懷疑：既是物件（靜態而無生命的）又如何能傳達訊息（動態而自主的）呢？這種類比常令初學者無所適從。

Halasz 及 Moran ( 1982 ) 在 " Analogy Considered Harmful " 文中指出，電腦系統與我們日常生活的事物有極大的差異，沒有任何簡單的類比可以完整的說明電腦系統的運作。他們以常用的「檔案櫃類比電腦檔案系統」的例子來闡釋其論點。假設使用者要將一檔案改名，在真實世界的檔案櫃中，他可以使用下列二種方式將檔案改名：（1）更改放置文件的檔案標籤，（2）複製一份文件，以新的檔案夾及標籤存放。此二種方式在電腦檔案系統中均有相對應的操作可與之對應，使用者可依類比推理而理解。看起來這樣的類比並無問題，但接下來我們如何以檔案櫃的類比解釋密碼保護檔案 ( file-based password protection ) 的觀念？我們可以修改原來的類比，如在檔案櫃旁加入一個警衛，只有在你說出正確的密碼時，警衛才將檔案交給你。這樣的方法，將導致多個類比（檔案櫃與警衛）結合描述一個系統，使用者將面臨的問題是，他須知道哪些特性適用於哪一個類比。對初學者而言，如果他能分辨類比適用的情況，似乎也不需類比來輔助學習了。而且，原來的類比經一再的修改、增加性質，類比中所使用的檔案櫃，將不再是我們所熟悉的檔案櫃了。

類比與迷思概念只是一線之隔，DuBoulay ( 1986 ) 也指出當學生透過類比來學習時，學生對目標概念認知的唯一線索就是類比物，而若學生嘗試將類比物的每一個特性類推到所欲學習的目標概念上（而非僅止於教師所欲類比的特性），迷思概念隨之產生。以信箱類比變數的儲存功能為例，由於真實的信箱可以同時放置不同種類的郵件，而且許多的郵件也可以同時放置在一個信箱中；但是，這些信箱的特性與變數的性質並不完全相符，若學習者以此類推，誤以為任何一個變數都可以存放各種不同型態的資料，或好幾個不同的資料可以同時存放在一個變數中，則學習者對變數的理解就有了迷思概念。

雖然上述的學者們 (Johnson, 1994; Dijkstra, 1989; Halasz & Moran, 1982; DuBoulay, 1986) 指出了類比在電腦領域應用的缺失，但他們也都認為電腦科學中使用類比是無法避免的，而且從認知學習的觀點有其優點，只是他們不約而同的認為，類比在電腦科學中的使用宜更加的謹慎。較為不足的是，電腦學者們有關這方面的論點都僅止於經驗性的闡述，而缺乏實證性的研究。

為了避免學習者因類比而產生的迷思概念，許多科學教育學者提出了因應策略來防範迷思概念的產生。如 Zeitoun (1984) 源於基模 (schema) 理論發展的 GMAT (General Model of Analogy Teaching)，Glynn (1989) 分析了四十二本科學教科書發展的 TWA (Teaching With Analogy) 及 Harrison 與 Treagust (1994) 提出 TWA 的改良模式等，在這些策略中除提供類比教學的具體原則外，都特別強調必須為學生指出類比的限制。另外的學者 (Webb, 1985; Glynn, 1989) 則認為最有效的方式是由學生自己來檢視類比的限制，也就是教師在介紹完類比物與目標概念後，對不能類比的部份提出問題，讓學生去解釋類比中矛盾或衝突的部份，由此引導學生討論出目標物與類比物間的相異之處。例如 Glynn (1989) 在以水流類比電流的教學中提出問題：「若是你剪斷一條通有電流的電線，會發生什麼現象？」。若學生以水流類比電流，則學生必定會回答：「電流會像水一樣的從水管流出來！」。此時教師就可以對電流的斷路加以說明，同時也藉此對學生說明類比的重點與其限制，讓學生不但能透過類比來學習，而且也能學習到類比皆有其限制。所以在一些類比教學策略 (如 TWA、GMAT) 中，均建議教師在介紹完類比的相似關係之後，一定要指出類比的相異之處。或者是如 Spiro 等人 (1989) 所主張的，用多個類比物分別來類比一個目標物 (但不是混喻)，如此可表達的類似關係就會更多，學生也可以察覺不同類比物的限制，將類比限制的影響減到最低。

雖然學者們在類比教學策略中一再的強調類比限制的重要，但審視相關文獻卻少有學者提出實證的研究加予佐證。

## 貳、研究目的

由相關文獻探討中發覺，有關類比在電腦教學的實證研究並不多見，且學者們一再強調類比限制的重要，但相關的實證研究則付諸闕如。故而本研究的主要目的是在瞭解類比的使用對電腦概念學習的影響；進一步的，本研究要驗證類比教材中類比限制的強調與否對學習的影響。

## 參、研究方法與步驟

### 一、類比電腦教材設計

教科書中使用類比的情境與課堂上使用不同，課堂上教師可以馬上得到學習者的回饋，調整討論的方向，並且有充裕的時間讓學生討論類比物與目標概念間的相異之處；但是教科書中的類比就無法提供立即的回饋，故教科書作者就必須更謹慎的指出教科書中指明類比物與目標概念間相異之處。Thiele 等人（1991, 1992）晤談了一些化學教科書的作者，他們發現作者們不太願意在教科書中使用類比。探究其原因，有的作者認為類比是非常個人化的，某一個人認為好的類比，另一個人可能並不以為然；有的則認為在教科書中加入類比是有些危險，因為無法確保每位學生都能瞭解其所使用類比的意義。但這些理由背後最根本的原因可能是教科書作者（或教師）在設計類比教材時缺乏具體的原則可依循，所以對類比常感到信心不足而不願意使用（Glynn, 1989; Thiele, 1991）。Glynn 認為他所提出的 TWA 模式不僅適用於實際教學，在編製教科書時也同樣適用。本研究的教材設計主要即是依據 Glynn 等（1989）的 TWA 模式，TWA 模式主要有下列六個教學步驟：

1. 介紹欲學習的新概念。
2. 喚起學生對類比物的記憶。
3. 說明類比物（與目標物間相似）的特性。
4. 一一對應類比物與目標物相似的特性。
5. 導引出學習概念的結論。
6. 指出類比的限制。

Glynn 認為教師若能熟知這六大步驟，或將本模式傳授給學生，則教師（或學生）就有能力去詮釋、批判、修改教材中的類比，並可以依步驟去建構自己的類比。此外，他也認為若教師未能依模式中的步驟教授（或設計）類比，而讓學生在學習時自己摸索，則類比教學的品質會降低。

教材設計時須特別考慮的是到底哪些類比限制應指出？因為類比物必然與目標物有很多相異的性質，這些都是潛在的類比限制。由於過度類比的產生往往是學生「想當然爾」的類推結果，故而本研究從下列二個原則來考慮類比限制的運用：(1) 目標概念中有哪些重要的性質是類比物無法類比的？這些性質顯然應在類比限制中指出。(2) 類比物的哪些特性是讀者會「想當然爾」的？這些特性中未能與目標概念對應的即是類比限制應指出的。

本研究選擇了高中「電子計算機簡介」程式語言部份的三個單元實際編製教材，選擇的單元分別為：高低階程式語言、變數、FOR-NEXT 巢狀迴圈。由於這些單元都屬於程式設計領域的重要概念，而且在高中電腦課程中程式設計是學生較難接受的單元（何榮桂、吳正己，民 85），符合使用類比的原則－目標物是困難或抽象的概念。教材發展前，研究者首先確立了教學目標，接著選定類比物，並對類比物與目標物的相似屬性及類比限制進行分析，最後依據 TWA 的策略撰寫教材。「高低階程式語言」單元是以國字與國音類比高、低階程式語言間的關係，「變數」單元是以信箱類比變數的儲存性質，「FOR-NEXT 巢狀迴圈」則是以時鐘的時、分、秒針類比多層迴圈間的運作情形。以下以變數單元為例列出教材撰寫前分析的內容。

教學目標：使學生瞭解變數的使用及其與記憶體間的關係。

相似對應關係：

目標物	類比物
記憶體（變數）	信箱
記憶體位址（變數名稱） 記憶體的位址不變 不同的記憶體有不同的位址 記憶體存放的資料隨程式執行而改變	地址 地址不變 不同的信箱有不同的地址 信箱內信件隨信件取出與投入而改變

類比限制：

1. 一個記憶體同時只能存放一個數值，但是信箱可以同時存放很多的信件。
2. 一個變數若宣告為某一類別時，對應的記憶體便不能存入其他類別資料，但是信箱內卻可以存放不同類別的信件。

## 二、實驗設計

本研究採用準實驗研究法，將樣本分為三組：使用類比教材（含類比限制）的類比組一、使用類比教材但刪去類比限制的類比組二、及未使用類比教材的無類比組。一方面比較三組學生在學習成就上的差異，另一方面以問卷的方式瞭解類比組一、二對類比教材的使用態度。研究中的自變項為教材中類比的運用，依變項為學習成就。實驗將分別探討下列三個單元教材：（1）高低階程式語言，（2）變數，（3）FOR-NEXT 巢狀迴圈。

## 三、樣本



研究樣本是以台北市中正高中一年級正在修習「電子計算機簡介」的六個班級學生為對象，任課老師指出此六班學生電腦程度並無明顯之差異。這些學生在一年級上學期都已學過實驗教材中的部份概念，本研究進行實驗的時間為下學期。由於實驗教材與以前上過的內容並不盡相同，且實驗時間距前次學習已有半年之久，故本實驗並不作前測。六班中男、女生各三班，共計 255 人。每個單元（含三組教材）均針對男、女各一班同學進行實驗。實驗實施時以班級為單位，每班中的學生隨機分成人數近乎相等的三組，此三組依其使用的閱讀教材分別為：含類比限制的類比組一、未含類比限制的類比組二、及未使用類比的無類比組。各組中的男女所佔比例近乎相等。參與實驗各組人數統計如表一所示。

表一 參與實驗各組人數統計

單元名稱	高低階程式語言	變數	巢狀迴圈
類比組一 (含類比限制)	29	26	28
類比組二 (無類比限制)	28	27	28
無類比組	30	29	30
合計人數	87	82	86

## 四、研究工具

研究的工具包括教材、成就測驗與問卷三部份。

### (一)、教材

教材是供實驗處理用，每一單元均包括三種不同方式呈現的教材。為了使三組閱

讀的份量相等，類比組二及無類比教材適度的加入與單元內容不相關的電腦知識，如電腦科學發展史及電腦小常識等，盡量讓三組的字數相差不超過 50 個字。本研究所開發的教材經三位大學教授及兩位高中電腦教師給予意見，並經兩位高中學生試閱修訂而成。

### (二)、調查問卷

問卷的目的主要在瞭解學生對類比教材的態度、及類比運用的適切情形，問題型態包含封閉式和開放式兩種，其內容分成兩方面：

- (1)對類比教材的態度：類比教材是否可以提高學習興趣、是否有助於理解及幫助抽象概念的像想。
- (2)類比運用情形：類比物是否熟悉、類比是否適當。

### (三)、成就測驗

成就測驗的目的在瞭解學生的學習成效。依據所選定的三個單元，分別設計成就測驗試卷。成就測驗卷經過三位大學教授及兩位高中職電腦教師的意見改良修正，具有一定的專家效度。三份測驗卷之內部一致性考驗結果其 Cronbach  $\alpha$  值分別是：高低階程式語言 0.70、FOR-NEXT 巢狀迴圈 0.64、變數 0.63。

## 五、實施程序

實驗的進行前後共計六天。施測前，事先將三個單元的三組教材分別以紅、白、綠三種顏色來印製；每班施測時，將該單元的三組教材等量的予以混雜，然後再隨機分發給學生閱讀。閱讀教材的時間，除變數教材因內容較短，閱讀時間為 15 分鐘外，其餘單元教材之閱讀時間均為 20 分鐘。閱讀完後收回教材，三組學生進行成就測驗時間為 20 分鐘。最後閱讀類比教材的兩組（類比組一、二）學生填寫問卷，時間為 10 分鐘。

## 六、資料分析

實驗所收集的資料以下列方式進行分析：

1. 成就測驗的試題以內部一致性考驗其信度。
2. 成就測驗的結果以單因子變異數分析 (ANOVA) 及雪費法 (Scheffe's Method) 事後考驗三組學習成效的差異， $\alpha$  值設定為 .05。
3. 問卷中封閉式試題部份以統計百分比的方式呈現，開放式問題的部份則採逐題綜合歸納。

## 肆、結果與討論

### 一、高低階程式語言

表二為學生成就測驗的基本統計資料。表三變異數分析結果，顯示三組間平均數有顯著差異存在 ( $F=3.69$ ,  $p=.029$ )，以雪費法進行事後考驗，發覺類比組一與無類比組有顯著差異，但類比組一與類比組二、類比組二與無類比組之間並無顯著差異。故而類比教材的使用確能增進學習的成效，但類比限制的使用效果在此分析中並未能獲得解答。

表二 「高低階程式語言」學生學習成就基本資料摘要表

組別	人數	平均數	標準差
類比組一 (含類比限制)	29	5.62	0.78
類比組二 (未含類比限制)	28	5.36	0.99
無類比組	30	4.80	1.61

表三 「高低階程式語言」學生學習成就變異數分析結果

Source	DF	SS	MS	F	p
組間	2	10.38	5.19	3.69	.029
誤差	84	118.06	1.41		

$p < .05$

表四是類比組一、二的學生回答問卷中封閉式問題的情形統計。第 1 題在瞭解教材是否有助於概念的學習。在類比組一中有 73% 的學生表示同意，在類比組二中有 82% 表示同意。整體而言，大部份的學生認為這兩種教材都有助於高低階程式語言概念的學習。第 2 題在瞭解教材是否能增進學生的學習興趣，類比組一中同意能增進學習興趣的有 28%，類比組二有 30%，顯示這兩組教材對大多數學生而言未能增進學生的學習興趣。

表四 「高低階程式語言」類比組一、二學生回答封閉式問題統計

題目	同意		無意見		不同意	
	類比組一	類比組二	類比組一	類比組二	類比組一	類比組二
1.本教材能讓你對高低階程式語言更加瞭解	73%	82%	27%	14%	0%	4%
2.本教材能夠提高你的學習興趣	28%	30%	45%	45%	27%	25%
3.教材中國字與注音的比喻能幫你更加瞭解高低階高低階程式語言的差異	72%	75%	14%	14%	14%	11%
4.若沒藉著國字與注音的比喻，你的腦海中很難想像高低階語言的差別	80%	78%	17%	14%	3%	8%
5.教材中有關國字與注音等概念是你所熟悉的	78%	78%	19%	17%	3%	5%

第 3、4 題是要瞭解學生對類比的看法。類比組一中同意類比能幫助理解的有 72%，同意類比能幫助想像的有 80%；類比組二同意類比能幫助理解的有 75%，同意類比能幫助想像的有 78%。表示大部分學生認為類比有助於概念的理解及幫助想像抽象概

念。問卷第5題是要瞭解教材中類比物是否是學生所熟悉。類比組一中78%的學生認為類比物是熟悉的，類比組二也有78%持相同的看法，而認為類比物不熟悉者二組分別為3%及5%，顯示本單元所使用的類比物對學生而言是熟悉的。

問卷中開放式問題共有2題，第一題的目的在瞭解學生閱讀本單元教材時有無疑惑，作答者約73%表示無疑惑。第二題的目的在瞭解學生對類比的觀感。有效作答中有51位（93%）認為本單元使用的類比是適當的，有4位（7%）認為類比不適當。分析不適當的原因，其中有一位學生在類比時由於過度類推導致類比的失敗，值得注意的，這些學生均在類比組二中，表示無類比限制的類比教材有引發少部分學生過度類推的傾向。

## 二、變數

表五是學生成就測驗的基本統計資料。表六變異數分析結果，顯示三組間平均數有差異存在（ $F=11.83$ ， $p=.0001$ ），以雪費法進行事後考驗，發現類比組一與無類比組、類比組二與無類比組間有顯著差異，但類比組一與類比組二間則無差異。所以本單元類比教材的成效，均優於無類比教材，即使類比的說明中未指出其限制亦然；但是類比限制的影響在此分析並未能釐清。

表五 「變數」學生學習成就基本資料摘要表

組 別	人 數	平 均 數	標 準 差
類比組一（含類比限制）	26	7.15	2.03
類比組二（無類比限制）	27	6.41	2.69
無類比組	29	4.00	2.76

表六 「變數」學生學習成就變異數分析結果

Source	DF	SS	MS	F	p
組間	2	151.57	75.59	11.83	.0001
誤差	79	505.90	6.40		

$p < .05$

表七是類比組一、二的學生回答問卷中封閉式問題情形的統計。大部份的學生認為教材有助於變數概念的學習（75%及89%）、可增進概念的理解（78%及71%）。認為本單元的類比物是熟悉分別是61%及71%，遠高於認為不熟悉者（18%及7%）。但認為本教材能增進學習興趣的分別為30%及47%，顯示這兩組教材並未能提高大部份學生的學習興趣。而同意與不同意類比能「幫助想像」的正反面意見約各佔1/3左右，顯示使用的類比對協助概念的想像並不如預期。開放式問卷中，僅少部份的學生對教材感到疑惑。而有3位（佔有效作答人數之9%）認為教材中之類比不適當，其理由是：類比太複雜！只要用方格子來類比變數即可；及教材看不懂或不夠生動。

表七 「變數」類比組一、二學生封閉式問題回答統計

題目	同意		無意見		不同意	
	類比組一	類比組二	類比組一	類比組二	類比組一	類比組二
1.本教材能讓能你對變數更加瞭解	75%	89%	17%	11%	8%	0%
2.本教材能夠提高你的學習興趣	30%	47%	39%	42%	25%	11%
3.教材中信箱的比喻能幫你更加瞭解變數的概念	78%	71%	14%	29%	8%	0%
4.若沒藉著信箱的比喻，你的腦海中很難想像變更的工作原理	43%	36%	24%	25%	33%	39%
5.教材中有關信箱的描述是你所熟悉的	61%	71%	21%	22%	18%	7%

### 三、FOR-NEXT 巢狀迴圈

表八是學生成就測驗的基本統計資料。表九變異數分析結果，顯示三組的平均數間有差異存在（ $F=7.33$ ， $p=.0012$ ），進一步的事後考驗僅發現類比組一與無類比組間有顯著差異，其他組間則無。故而類比教材顯然較未使用類比的教材更具教學成效，但類比限制的使用效果在本分析中亦未能獲得答案。

表八 「FOR-NEXT 巢狀迴圈」學生之學習成就基本資料摘要表

組 別	人 數	平 均 數	標 準 差
類比組一（含類比限制）	20	7.38	2.18
類比組二（無類比限制）	29	6.39	2.30
無類比組	29	5.07	2.43

表九 「FOR-NEXT 巢狀迴圈」變異數分析結果

Source	DF	SS	MS	F	p
組間	2	77.93	38.97	7.33	.0012
誤差	83	441.37	5.32		

$p < .05$

表十是類比組一、二的學生回答問卷中封閉式問題情形統計。類比組一、二分別有 83% 及 80% 的學生同意類比教材有助於對迴圈的瞭解、71% 及 72% 的學生認為類比物是熟悉的。而認為本教材能增進學習興趣者分別為 46% 及 42%，此顯示這兩組教材並未能普遍提高學生的學習興趣。而同意類比能幫助想像迴圈的概念則分別為 31% 及 35%，顯然此教材並未特別提高大部份同學對迴圈的想像。開放式問卷中，16 位

(佔作答者 33%) 表示部份教材(如三層迴圈、遞增值等)難以理解。顯然此教材之描述有待進一步改進;而巢狀迴圈觀念本身的困難度,也是造成教材不易瞭解的可能原因之一。認為類比不適當者有 8 位(14%),有 5 位學生認為秒針在轉動時,分針與時針並非靜止的,所以若使用電子錶來類比會更好,這意見值得未來設計教材的參考。

表十 「FOR-NEXT 巢狀迴圈」類比組一、二學生封閉式問題回答統計

題 目	同意		無意見		不同意	
	類比組一	類比組二	類比組一	類比組二	類比組一	類比組二
1.本教材能讓你對迴圈更加瞭解	83%	80%	14%	13%	3%	7%
2.本教材能夠提高你的學習興趣	46%	42%	41%	41%	13%	17%
3.教材中時鐘的比喻能幫你更加瞭解揮迴圈的概念	69%	69%	28%	28%	3%	3%
4.若沒藉著時鐘的比喻,你的腦海中很難想像變更的工作原理	31%	35%	38%	41%	31%	24%
5.教材中有關時鐘的描述是你所熟悉的	77%	72%	10%	21%	13%	7%

## 伍、結論與建議

本研究主要在瞭解類比的使用對電腦概念學習的影響,並進一步的探討類比教材中類比限制的強調與否對學習的影響。本研究選擇了高中「電子計算機簡介」程式語言部份的三個單元:高低階程式語言、變數、FOR-NEXT 巢狀迴圈,實際編製教材;並以實驗研究法,將樣本分為三組:使用類比教材(含類比限制)的類比組一、使用類比教材但刪去類比限制的類比組二、及未使用類比教材的無類比組,比較三組學生在學習成就上的差異,及類比組一、二對類比教材的使用態度。所得的結果歸納如下。

。



## 一、結論

### (一)、類比電腦教材有助於學生獲致較佳的學習成就

綜合前述實驗結果可知，在學習成就方面，三個單元所使用的類比教材（含類比限制）確實能提高學習學生的學習成效。類比組學生的學習成效均優於無類比組。此結果與其它學者 (Radford, 1989; Glynn, 1989) 在其它科學領域的研究結果相同，也與 Chee(1993) 及 Mayer(1987, 1988) 等在程式語言中應用類比所得之研究結果一致。

### (二)、類比限制對學生學習成就的影響仍有待瞭解

三個單元的實驗結果分析均顯示，含類比限制的教材（類比組一）與未含類比限制的教材（類比組二）其學習成效間並無差異。這似乎意謂著，類比限制的強調與否並不影響類比的功效。然而另一方面，除變數單元外，其他二個單元的分析卻顯示，未含類比限制教材（類比組二）其學習成效與未使用類比的教材（無類比組）亦無顯著差異。這似乎又意謂著，缺乏類比限制的說明，將使類比的效力大打折扣。顯然類比限制的效果在本研究中並未能獲得圓滿解釋，此與強調類比限制的學者 (Webb, 1984; Glynn, 1989) 所預期的結果不盡符合。但進一步探究各單元的學習成就平均分數（表二、表五、表八）時發現：含類比限制組（類比組一）的學習成就其平均數均大於未含類比限制組（類比組二）。換言之，類比限制的強調傾向於使學習的成就更為提高，但是它可能並不是唯一影響學習成就的因素。故而類比限制對學習的影響仍有待更進一步實證研究的瞭解。

### (三)、類比教材宜注意學生的學習興趣

就封閉式問卷題目方面，大部份學生認為教材及教材中的類比有助於概念的理解，類比物都是學生所熟悉的。然而認為類比教材有助於提高學習興趣的同學各單元均約僅 1/3 左右。推測其因素，可能是學生並非初次學習類比教材中的概念，導致學習興趣的偏低。另一個可能的原因是，教材本身的描述並不夠生動，由開放式問題中部份

同學的回答略可窺出此項原因。但整體而言，同意教材有助於提高學習興趣者均多過不同意者，此表示類比教材對於重覆學習而言，仍能提高部份學生的學習興趣。但未來發展類比教材時，除注意類比的對應關係外，也應注意教材是否能提高學生的興趣，而非一廂情願的認為，只要使用類比學生即會有興趣。

#### 四、類比能否幫助學生想像欲學習概念仍待進一步研究

類比是否有助於概念的想像，學生回答的的意見較為分歧，對於「高低階程式語言」單元學生大部份同意，而對「變數」、「FOR-NEXT 巢狀迴圈」則同意、無意見及不同意者約各佔 1/3，此結果與認為類比能幫助學習者想像目標概念的學者的見解並不盡符合（如 Shapiro, 1985）。其可能原因是高低階程式語言在高中電子計算機簡介中所佔的份量並不多，因此學生可能對該單元的內容無深刻的印象，故學習的情境較類似初次學習，學生也較易於以教材中的類比來想像（類推）目標概念。但相反的，變數與 FOR-NEXT 巢狀迴圈兩單元，由於在課程中所佔的份量較多，且設計程式時有較多的接觸機會，因此較不類似初次學習的情境，故而部份學生認為此二單元的概念不需類比亦能想像。故而類比的功效，可能在初次學習時最為有效，即如 Curtis 及 Reigeluth (1984) 所指陳的，扮演前導組織的功能最具成效。

## 二、未來研究建議

### （一）、探討類比在其它電腦概念單元的應用

由於本研究僅就程式語言部份的三個單元設計教材進行實驗，電腦概念中仍有很多題材值得發展類比教材，而且不同的概念其知識本質也有所不同（如應用軟體強調操作、電腦倫理強調情意等），故而宜由不同的角度對類比的在電腦教學應用，得到多方面的了解與印證，並可藉此獲得更多類比使用的原則，提供教師教學、教科書作者編製教材時的參考。

### （二）、單獨針對類比限制設計實驗及工具探討其對學習的影響

由於探討類比限制對學習的影響並非本研究的唯一目的，故而本研究在發展成就測驗時，是以整體單元教學目標為考慮，並未特別針對類比限制可能引起的迷思概念設計題目，進行分析；此外，問卷的發展也並未就類比限制特別考慮。或許這也是造成本研究的分析中，類比限制的影響未能顯現出來的可能原因。建議未來單獨針對類比限制設計實驗及測驗、問卷等，可能的話並實施質的分析，以深入而精確的了解類比限制對學習的影響。

#### (三)、以質的研究方法，瞭解類比對學習的影響

由於本研究是以實驗研究法為主，其研究的結果僅限於量的方面呈現，所代表的是多數樣本的趨勢，卻無法詳細的探討個別樣本間的差異性，以及類比如何影響學生的認知學習過程。未來的研究可以試著以質的研究法來瞭解類比對學習影響，以及類比如何造成學生的迷思概念等。

#### (四)、瞭解類比在初次與重覆學習應用上之差異

本研究結果顯示在提高學習興趣與概念的想像等兩項因素上，類比的助益並不明顯，其可能的原因是本研究的對象是重覆學習，而非初次學習，所以類比對初次與重覆學習似乎頗有差異，值得進一步探究。

#### (五)、重複本研究，選取樣本多樣化

由於本研究僅針對北市一所高中的六個班級為研究對象，未來的研究宜考慮選取不同地區多所學校的學生為研究對象，瞭解類比對不同背景學生學習的影響。

## 致 謝

本研究承蒙國科會經費支助，計畫編號 NSC 84-2511-S-003-075。感謝國立台灣師範大學科學教育研究所邱美虹教授在研究進行期間的提供意見，及國立台南師院吳鐵雄院長對資料分析的建議；此外，系上林美娟教授對教材的修正意見，在此一併致謝

◦最後，感謝參與實驗工作的台北市立中正高中師生◦

## 參考文獻

- 何榮桂、吳正己（民85）：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。
- 吳正己、龐能一（民84）：類比在高中職計算機概論教科書的應用分析。國立台灣師範大學學報，40期，157-185。
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View* (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- 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.
- 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.
- Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13, 99-117.
- Dijkstra, E. (1989). On the cruelty of really teaching computing science. *Communications of the ACM*, 32(12), 1398-1404.
- DuBoulay, B. (1986). Some difficulties of learning to program. *Journal of Educational Computing Research*, 2(1), 57-73.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- 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 Exposito-*

- ry Text: Research into Practice* (pp. 185-204). Newark, DE: International Reading Association.
- Halasz, F., & Moran, T. P. (1982). Analogy considered harmful. *Proceedings of the CHI '82 Conference on Human Factors in Computer System* (pp. 383-386). Association for Computing Machinery.
- Harrison, A., & Treagust, D. (1994). Analogies: Avoid misconceptions with this systematic approach. *Science Teacher*, 64(4), 41-43.
- Johnson, G. J. (1994). Of metaphor and the difficulty of computer discourse. *Communications of the ACM*, 37(12), 97-102.
- Mayer, R. E. (1987). Cognitive aspects of learning and using a programming language. In J. M. Carroll (Ed.), *Interfacing Thought: Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction* (pp. 59-79). Cambridge, MA: MIT press.
- Mayer, R. E. (1988). Using conceptual models to teach BASIC computer programming. *Journal of Educational Psychology*, 80(3), 291-298.
- 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*.
- Shapiro, M. A. (1985). Analogies, Visualization and Mental Processing of Science Stories. Paper presented to the *Information Systems Division of the International Communication Association*.
- Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Coulson, R. L., & Anderson, D. K. (1989). Multiple analogies for complex concepts: Antidotes for analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 498-531.
- Thagard, P. (1992). Analogy, Explanation, and Education. *Journal of Research in Science*

*Teaching*, 29(6), 537-544.

Thiele, R. B. (1991). Analogies in Secondary Chemistry Education Textbook: the Authors' Views. Paper presented at the *Annual Meeting of the Western Australian Science Education Association*.

Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1992). Analogies in Senior High School Chemistry Textbook: A Critical Analysis. Paper Presented at the *ICASE Research Conference in Chemistry and Physics Education*.

Webb, M. J. (1985). Analogies and their limitations. *School Science and Mathematics*, 85(8), 645-650.

Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science and Technology Education*, 2, 107-125.

# Analogy And Its Limitations In Teaching Computer Science Concepts

Cheng-Chih Wu Neng-Yi Pang Ting-Yu Lin

Department of Information and Computer Education  
National Taiwan Normal University

## Abstract

The purposes of this study are to understand the effectiveness of using analogies in teaching computer science concepts, and to assess the effects of indicating limitations of an analogy in written text. An experimental design was implemented in order to fulfill these objectives.

Two hundred fifty-five high school students served as the subjects for this study. Subjects were randomly assigned to analogical group I (using analogical materials with limitations indicated), analogical group II (using an alogical materials without limitations indicated), or non-analogical group (using materials without any analogy).

The results showed that the analogical materials were effective in helping students learning computer science concepts; however, the effects of indicating limitations of an analogy were inconclusive.

keywords: *analogy, limitations of analogies, computer science education*