

類比在電腦教學上的應用

—以For-Next 巢狀迴圈為例

吳正己 林凱胤

國立台灣師範大學資訊教育研究所

摘要：類比教學是一種有效的教學策略，對學生的學習有正面的影響。然而許多研究卻發現，在課堂上及教科書中並不常使用類比，究其原因，可能是因為教科書作者或教師在設計類比教材時缺乏具體的原則可供依循，因此本文以SMT、GMAT及TWA所提出的類比教材發展原則為範本，建立一個改良式的類比教材發展模式，實際製作一個巢狀迴圈的類比教材，最後並討論如何將發展的教材運用在實際的教學情境中，希望藉此能鼓勵教師或教科書作者勇於嘗試發展類比教材。

壹、前言

從事電腦教學工作者，一定都有過這樣的挫折，某些較抽象複雜的概念，如變數、電腦五大部門、檔案結構、迴圈等，常常是台上講得口沫橫飛、滿頭大汗，台下聽得一頭霧水、滿臉疑惑；而大家同時一定也會有這樣的喜悅，在課堂上靈機一動舉出學生較為熟悉的事物來說明所要教授的概念，如以信箱來說明變數的儲存功能、地址說明變數名稱、用倒立樹來講解檔案結構等，發現學生的臉上露出了豁然開朗的笑容，這是運用類比(analogy)教學策略的結果。類比教學是以學生較熟悉的事物或概念當作類比的對象（或稱為類比物），以幫助學生學習新的概念；它是一種有效的教學策略（Duit, 1991; Gentner, 1983），對學生的學習有正面性的影響。Mayer（1983）利用紙上電腦來類比電腦內部的結構，以利講解程式的執行過程，結果顯示這種方式對提升低成就學生程式設計能力特別有效；國內對高中生以類比學習電腦概念的 research 中也發現，運用類比教學策略確實能提高學生的學習成效（吳正己，民84）。

雖然國內外研究資料均顯示類比的確是個有效的教學工具，然而在許多研究中卻也發現，在課堂上及教科書中並不常使用類比，如Curtis與Reigeluth(1984)在分析26本科學教科書中指出，平均每本書只有8.3個類比；吳正己與龐能一（民84）也發現在十五本教育部審定的高中職電腦概論教科書中，平均每本8.4個類比。究其原因，可能是因為教科書作者或教師在設計類比教材時缺乏具體的原則可供依循，為此學者提出了類比的理論及教學策略，如Gentner(1983)的結構映射理論SMT(Structure Mapping Theo-

ry)、Zeitoun(1984)的GMAT(General Model of Analogy Teaching)、Glynn(1989)的TWA(Teaching With Analogy),希望藉此能鼓勵教師或教科書作者勇於嘗試發展類比教材。

本文依據SMT、GMAT及TWA所提出的類比教材發展原則為範本,建立一個改良式的類比教材發展模式,接著以逐步的方式,實際地製作一個巢狀迴圈的類比教材,最後並討論如何將發展的教材運用在實際的教學情境中。

貳、類比教材發展模式

教材發展模式中主要包括三個步驟:分析教材單元、選擇適當的類比物、教材中呈現類比。其中教材中呈現類比又包含了六個小步驟。

一、分析教材單元

在編製教材之前,首應瞭解該單元的教學目標及教學重點為何?這些教學重點中是否包括了抽象、複雜的概念?抽象的概念可使用類比使其具象化,複雜的概念則可藉熟悉的事物予以類比,以減輕讀者認知上的負荷。

二、選擇適當的類比物

類比物的選擇通常有二種方式,其一為使用教科書中現成的類比物,其二為自行設計類比物。一般而言,使用現成的類比物對教材發展者來說較為便利,所以可先檢視是否有現成的類比物,如果沒有現成的類比物或無適當的類比物可供使用時,則可採用自行設計類比物的方式。此外,類比物的選擇需分析類比物的適當性,如類比物是否為學生所熟悉?教師可根據學生生活背景及先備知識自行決定類比物是否為學生所熟悉,可能的話,亦可以問卷或口頭方式查詢學生。其他如類比物與目標物間的對應相似關係是否為一對一?是否有較多的相似對應關係等,均應列入選擇的考量。最後要注意的是,教材中應避免結合數個類比物來類推目標概念,造成混喻(mix metaphors)的現象(Johnson, 1994)。

三、教材中呈現類比

此部份主要是參照TWA模式中呈現類比的步驟。

(一)引起學生學習動機並簡介目標物

在介紹所欲教授的目標概念之前,教材應先喚起學生學習該概念所具備的先備知識,然後再導出學習目標。

(二)介紹類比物

呈現類比之前應對類比物稍做說明，以喚起學生對類比物的概念，如果類比物並非學生所熟悉，則應多增些篇幅詳加說明。類比呈現的形式包括有類比呈現的圖文形式及類比在教材中出現的位置。一般而言，類比的呈現若以圖文併同的方式較容易提高學生學習的興趣，增進學習效果，而類比物在教材中出現的位置則通常包括有前導組織、文中闡述及末尾總結三種方式，根據相關文獻指出，前導組織的方式在教材中呈現類比對新概念的學習最有助益。

(三) 呈現目標物並指出類比物與目標物整體的對應關係

介紹類比物之後，教材中就可以呈現目標物，讓學生思考類比物與目標物兩者之間的相似關係，此步驟主要的目的是引導學生思考類比物與目標物間的對應關係。

(四) 指出類比物與目標物間一一對應相似的關係

此步驟是類比教學的重心。由於初學者往往難做到自發性的類比(Gick & Holyoak, 1983)，因此在教材中應明確的指出類比物與目標物間一一對應的相似關係，學生可藉由二者相似的特性，以類推的方式，來瞭解目標物，產生學習上的遷移。

(五) 指出類比物的限制

在使用類比物輔助學習的過程中，學生常可能因過度類推導致迷思概念的產生，因此在編製教材時，必須要特別指出類比物與目標物間相異之處，即指出類比的限制。通常過度類比的產生是因為學生“想當然爾”一再類推的結果，因此在編製教材時，應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特性是類比物無法類比的？這些特性顯然應在類比限制中指出。
2. 類比物中有哪些是學生會“想當然爾”的特性？而這些特性中哪些未能目標概念對應？這些未能對應的特性，即是在類比限制中應該指出的。

(六) 總結目標物的概念

當用類比概念類推目標概念的目的達成之後，教學的重心應該回到目標概念的傳達，因此教材的最後應針對目標概念做一總結。

參、類比教材發展範例

本節應用類比電腦教材發展模式，逐步製作For-Next巢狀迴圈類比教材。

(一)分析教材單元

在教授巢狀迴圈這個單元之前，學生已經學過單層 For-Next 迴圈如何達到重覆執行的功能，瞭解控制變數、起始值、遞增值及終止值等概念，所以本單元的教學目標是希望學生能瞭解巢狀迴圈的運作原理及其用法，這些概念對初學者而言是較複雜而難以理解的，因此本單元教學的重點著重在如何藉由類比增進學生對巢狀迴圈的了解。

(二)選擇適當的類比物

目前用來類比巢狀迴圈的類比物常見的有三明治、齒輪及時鐘等，所以採用現成的類比物來編製類比教材應是較佳的選擇。但這三種類比物該如何取捨呢？依據類比教材發展原則指出，分析類比物的適當性可考慮下列原則，類比物是否為學生所熟悉？以三明治、齒輪及時鐘三個類比物為例，三明治是大多數學生所熟悉；齒輪，雖然在國小課程中有介紹過齒輪，但因現今日常生活中使用甚至看到齒輪的機會少之又少，所以學生可能較不熟悉；時鐘則在日常生活中到處可見。所以根據以上分析，時鐘及三明治應該是為學生較為熟悉的類比物，但類比物的選擇除了熟悉度外，還需要考慮類比物與巢狀迴圈間相似對應的關係，表一、二所示，即為三明治與 For-Next 迴圈及時鐘與 For-Next 巢狀迴圈相似對應的關係。

從表一，我們發現三明治與 For-Next 迴圈只有表面上對應的相似關係，也就是用三明治的上下二塊土司來比喻 For-Next 二個敘述，而三明治的中間夾層就是 For-Next 迴圈中所要重覆執行的敘述，至於迴圈的運作原理，用三明治根本無法說明，而且它僅能表示出單層 For-Next 迴圈，所以以三明治做為 For-Next 巢狀迴圈的類比物並不恰當。而從表二中可知，時鐘的時、分、秒不僅可以對應巢狀迴圈中外迴圈、中迴圈及內迴圈的表面結構，而且時鐘的運轉情形正好可以解釋 For-Next 外中內迴圈運作的關係，因此我們可以確知時鐘是比較適當的類比物。

表一 三明治與單層迴圈相似對應的關係

For-Next迴圈	三明治
初階對應關係： For 敘述 所要重複執行的敘述 Next敘述	初階對應關係： 上層土司 中間夾層 下層土司

表二 時鐘與巢狀迴圈相似對應的關係

巢狀迴圈	時 鐘
初階對應關係： 最內層迴圈 第二層迴圈 最外層迴圈 控制變數I, J, K 起始值 終止值 遞增值	初階對應關係： 秒針 分針 時針 秒、分、時 0秒、0分、0時 59秒、59分、23時 秒、分、時的遞增值均為一
高階對應關係： 最內層迴圈執行完畢，第二層迴圈執行一次 第二層迴圈執行完畢，最外層迴圈執行一次	高階對應關係： 秒針走一圈，分針移動一格 分針走一圈，時針移動一格

(三)教材中呈現類比

選定好類比物之後，即可依前節所述呈現類比的六個步驟製作教材，後文中小體字部份為實際的教材內容。

1. 喚起學生單層迴圈的學習經驗並引出巢狀迴圈目標物

因為在學習巢狀迴圈之前，學生已經學過For-Next單迴圈運作的原理，所以這部份的教材應先喚起學生單層迴圈的舊經驗，然後再引入巢狀迴圈這目標概念：

我們已經知道在For與Next兩個敘述之間的所有敘述就是要被程式反覆執行的工作，例如

```

10  FOR I=1 TO 5
20      PRINT "大家好"
30  NEXT I
    
```

就表示程式要重覆印出五次“大家好”。但是如果我們將For與Next之間的敘述換成For-Next，讓迴圈中又有迴圈，形成「巢狀迴圈」，例如

```

10  FOR I=1 TO 3
20      FOR J=1 TO 4
30          FOR K=1 TO 5
40              PRINT "大家好"
50          NEXT K
60      NEXT J
70  NEXT I
    
```

那麼程式又會產生怎樣的結果呢？

2. 介紹時鐘運轉的概念

賣個關子，目前暫時先不管巢狀迴圈是怎麼執行的，我們先來看看大家所熟悉的計時器--時鐘，大家應該都很清楚時鐘的運轉是，秒針每走一圈，分針就移動一格，而當分針走完一圈時針也就走一格，然後如此反反覆覆走個不停。

3. 指出時鐘與巢狀迴圈的相似性

各位或許已經猜到時鐘與巢狀迴圈之間似乎有著某種關係存在，從前述程式中可以看出巢狀迴圈中行號 10 到 70 為最外層迴圈，就像是時鐘中的時針；行號 20 到 60 為第二層迴圈，就像是時鐘中的分針；行號 30 到 50 為最內層迴圈，就像是時鐘中的秒針。

4. 指出時鐘與巢狀迴圈一一對應相似的特性

此處教材中可呈現如表二的相似關係對應表，並以下列模擬時鐘一天運行過程的程式說明其對應關係，相關說明教材因篇幅所限從略。

```
10  FOR I=0 TO 23
20      FOR J=0 TO 59
30          FOR K=0 TO 59
40              PRINT I; J; K
50          NEXT K
60      NEXT J
70  NEXT I
```

5. 指出類比的限制

到目前為止，我們都是以時鐘的特性來類比巢狀迴圈的概念，但時鐘與巢狀迴圈畢竟不同，如果學生完全以時鐘的概念來應用在巢狀迴圈上，可能會導致迷思概念的產生，因此我們必須在教材上指出時鐘與巢狀迴圈相異之處，也就是要指出類比的限制。

時鐘的運轉情形雖然與巢狀迴圈執行的過程有許多相似對應之處，但時鐘畢竟不是迴圈，它們之間仍有差異，例如巢狀迴圈的迴圈數不只限於三層的形式，其迴圈層數可視程式需要為單迴圈、雙迴圈、三層迴圈、甚至更多；而迴圈中的控制變數、起始值、終止值及遞增值等均是隨程式目的不同而有不同的設定。

6. 將巢狀迴圈的概念做個總結

運用時鐘來類比巢狀迴圈的目的，主要是想藉時鐘運轉的特性來介紹巢狀迴

圈的運作情形，所以當類比的目的達到之後，教學的重心應該回到介紹迴圈概念本身，因此在類比範例發展的最後，最好能再舉一個與上述例子不同的程式（如製作一個九九乘法表），並將巢狀迴圈的概念做個總結。

肆、類比在教學情境中的運用

教材與教學最大的不同處，在於教材是靜態的、是描述性(descriptive)的；而教學是動態的、處方性(prescriptive)的（趙美聲，民84）。因此在教學活動中，藉由教師與學生互動，雙方可以獲得對方所給予的回饋，進而調整教與學的方式，以提高教學的效果。類比的運用，教師也須能依據學生的反應，適當的調整教學策略來協助學生學習。以下就由三個方面，提出類比在教學中運用的建議。

一、呈現類比物

不可否認，在課堂上教學，若有具體實物如時鐘，來說明類比物概念，應較能吸引學生的注意力，所以在課堂上呈現類比物的最佳方式就是以實物來呈現。

二、指出類比物與目標物的相似關係

這部份的教學宜以討論方式來進行。藉由討論，學生們指出類比物與目標物——相似對應的關係，然後比對教材中所列的相似關係表，找出異同之處，再予以討論，最後確定兩者的相似關係。透過討論，學生不僅對兩者的相似對應關係有較明確的瞭解，並可對目標概念有更深入的認識。

三、指出類比的限制

在教材模式中曾提及，類比物並非目標物，所以若以類比物完全來類推目標物，會讓學生因過度類推而產生迷思概念。因此，教師在課堂上應提醒學生類比物與目標物之間仍有相異之處，至於二者之間到底有那些不同，則可請學生進行討論。在這個部份的教學活動，教師甚至可以請學生提出時鐘以外的類比物，並由其他學生共同檢驗此類比物的適當性，經由彼此的討論、辯證該類比物與巢狀迴圈之間的相似性及限制，不僅可以讓學生對巢狀迴圈的運作原理有著更清楚的認識，更可以藉此訓練學生運用類比推理思考的能力。

伍、結論

類比是一個有效且重要的教學策略，但是學者專家也指出在現今的電腦教科書及教學活動中，甚少應用類比來進行概念的學習，故而本文的目的就在於運用研究者們已經

發展出來的類比教學理論與模式，實際地演示電腦類比教材的製作過程，並討論如何將類比物運用在實際的教學情境中，拋磚引玉，希望能喚起電腦科學教學工作者的共鳴，投入更多的時間及精力，共同為發展更有效的電腦類比教材而努力。

陸、參考文獻

- 吳正己 (民84) : 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 84-2511-S-003-075。
- 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。
- 趙美聲 (民84) : 前導組織 (Pre-Organization) 與歸納組織 (Post-Organization) 在閱讀教學上的應用。教學科技與媒體，19期，16-21。
- Cutis, R. V., & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13, 99-117.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- 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.
- Johnson, G. J. (1994). Of metaphor and the difficulty of computer discourse. *Communications of the ACM*, 37(12), 97-102.
- Mayer, R. E. (1983). Using conceptual models to teach BASIC computer programming. *Journal of Educational Psychology*, 80(3), 291-298.
- Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science and Technology Education*, 2, 107-125.