

科學教學方法——理論與實際(四)

布魯納的概念發展模式

——楊榮祥——

國立臺灣師範大學生物系

有一隊夏令營的學生，結群通過山峽溪谷旁的小徑。領頭的是老師模樣的青年人。他回頭向這一群中學生說：「今天我要教你們如何來指認一種我們必須認識的植物。我們只要對這些植物有個概念，那我們就可以指認它的特點，也可以用來區別其他類似的植物。」

他們沿著谷邊，在森林小徑上繼續走，走到一株大橡樹（Oak tree）下，老師望著纏繞在樹幹上那蔓性植物。他用手指——指點攀緣在橡樹上的植物。他指一下它的莖，然後指點它的葉，再指點地面上莖的基部，以及它可能和根部相連的地方，說著：「這個植物就是我們所要找的植物。我所指出的這些就是我們所要找的概念例子。請大家仔細觀察它，但要注意，千萬不要去碰到它。」老師繼續提供些線索給學生們。「你們要特別注意觀察葉的形狀，莖以及它的分支。也要仔細看看它怎樣纏繞，怎樣攀緣在橡樹上，再看地面上莖的基部。」

老師領著學生們再繼續走一段，停步在另一株大樹下，老師望著那樹幹上開著粉紅色小花的植物。他說：「這不是我們所要找的植物。請注意看看它的葉子，分枝以及莖，再看看莖的基部。」

就這樣，他指著另一棵大樹上的植物又說：「這不是我們所要找的植物。」再走一段，他們來到另一處較開闊的地方，有陽光照射到這草地上。他指著葡萄在草地上的另一株蔓性植物說：「這是我們所要找的另一個例子。」他指著纏繞在另一樹幹上陰暗處，具有細細的莖和桃形狀的葉的蔓性植物說：「這不是我們所要的例子。」

不久之後，學生們也會搶先指其他植物預測著說：「這就是我們所要

「找的植物！」「這個植物也是！」但老師不一定都會同意，有時候他會答著說：「不對！不過相差不多就是」。這時學生們就圍繞在老師周圍共同檢查這些「有問題」的植物。最後，學生們都能正確回答老師的問題：「這個植物是不是我們所要找的？」「那一邊的呢？」。這時，老師召集大家來討論。他問：「究竟我們要找的是什麼樣的植物？現在我們可以描寫它了吧！」

「是的！」一位學生搶著說：「它們的葉子都是三枚一組，它們並不管有幾個分支，總是三張葉子長在一起。」

「對！」有人附議：「而且葉面至少有一面是光亮的！」另一生補充說。

「不錯，葉上看來都很亮，就像塗了層油一樣。」

「它們似乎都能攀高，但不一定全是。」另一生說著。

「它們喜歡陽光，但也會生長在樹蔭下。」

「對的！」老師說：「現在你們所說的都是我們所要找的植物屬性（attribute，或譯為特性），你們說到它的葉、莖、莖的基部等的特徵。我們可以根據這些屬性來區別這一種植物，對不對！」

「現在，我們還要補充一些資料給你們，看看誰能猜到它的名字。請注意，我曾經警告過你們說，不要去碰它。記不記得？假如有誰敢膽用手去觸摸它，雖然他必能學到更多東西，但，他還得忍受好幾天的痛苦，輕者皮膚紅腫，又癢又痛，重則發燒，甚至要住院治療。好！誰知道這些植物的名字？」

「毒橡樹葛（Poison oak）！」一位學生答道。

「不是，不過你幾乎要答對了」老師說明著：「毒橡樹葛的葉子都是五張五張長在一起。不是三張。」

「毒野葛（Poison ivy）！」衆生合聲答出正答，老師很滿意地點了頭。

這位老師讓學生指出「正的」與「負的」例子（Positive example and negative example），以教學生「毒野葛的概念」。從此，學生們將不會輕易地忘記這個概念。他們能告訴你這種植物的名字特徵，也能區別其他類似的植物。更重要的是，他們學會怎樣去獲得各種不同動物或植物的概念。

學理與概覽

學校基本的教學目標本來就是要教學生學一些他們所應具備的概念，也要教學生怎樣獲得他們所需的概念。有些教育家曾經下功夫研究過「概念學習」的意義與方法。自從1960年代的所謂「科學教育重建運動」以來，教育界曾掀起重新檢討科學教材的熱潮。許多學術機構都注意到科學概念教學的重要性。他們分析科學教材的概念結構，並建立其發展的模式。為我國教學及自然科學教師所熟知的「新教學」，PSSC (Physical Science Study Committee) 的高中物理教材，以及BSCS (Biological Science Curriculum Study) 的生物學教材等，都是他們努力的成果。此外，美國許多教科書出版商，都在其產品，包括課本、影片、及幻燈片等教具上，相爭標明「概念學習法 (Concept approach)」的字樣，一時成為風尚。可惜這些新課程之中，只有少數能注意到「概念的本質」或「概念學習過程」有關研究成果的應用。事實上，最近的教育心理學家，在這一方面都已經有相當的研究成果。課程設計者應該考慮多運用這些成果，以充實其內容。究竟什麼是概念？究竟人要怎樣獲得新的概念？究竟什麼情況時，能促進或阻礙概念學習？這些都是教育心理學曾經探討過的問題。應用這些原理，已有不少學者研究出着重概念發展的教學模式，例如：泰巴 (Hilda Taba) 的「歸納式思考模式 (Inductive Thinking Model)」，奧斯貝 (David Ausubel) 的「組織因子模式 (Ad-

vance Organizer Model)」，以及布魯納 (Jerome Bruner) 的「概念達成模式 (Concept Attainment Model)」等。

在本篇，我們將研討布魯納，固特諾 (Jacqueline Goodnow) 及奧斯丁 (George Austin) 等三人所共同發展出來的概念發展的教學模式。他們研究概念形成的過程。在他們合著的書「思考的研究 (The Study of Thinking)」中，他們討論什麼是概念？「形成概念」是什麼意思？這些問題事實上都討論到概念的本質。只要瞭解概念的本質，就不難瞭解任何類型的概念發展教學模式。我們將以布魯納所說明「概念的基本要素 (The basic elements of concept)」為基礎來討論概念發展的教學模式。

目標與假設

布魯納、固特諾與奧斯丁說：因為我們人類所處的環境都具有相當高度的歧異性，人類必須有能力來區別環境中許許多多的事物。了解環境中這些複雜事物，最好的辦法就是進行分類 (Categorization)。「我們要找出各種各類不同事物之間的共同特徵，而不是要找每一種事物其獨特的性質 (註1)」。換言之，我們要創造「類別 (Categories)」，以形成「概念 (Concept)」。這些類別使我們能將許多不同的事物分門別類，使我們便以了解它們，同時也相對減少了環境的複雜性 (註2)。如此一旦有了概念，我們再也不需要對環境中每一樣刺激都一一地去反應。就像養雞場的雞，並非每一隻雞都要有個名字；同樣地，分類使我們避免

許多「重複學習」的麻煩。任何事物，只要發現它具有某些已知「類別」的特徵時，我們就不必再重頭學習這些特徵。相反地，只要我們有個概念在先，往往就可以預測或計劃未來的活動。例如，只要我們有「不誠實」或「誠實」這個概念，也知道下星期將會見的人是誠實或不誠實的人，那麼我們都可在事先，從容地準備如何去應付或對付他了。

布魯納和他的同事們認為「分類」就是認知活動或思考的過程。他們又認為不同的文化，雖然產生不同的分類內容（例如，愛斯基摩人能分類很多種類的雪，美國人有許多不同型式的轎車），但其概念却同樣都是思考過程的產品。因為所有的概念，無論它單純或複雜，都具有其基本要素。

布魯納另一個假設，說到概念形成總會有個「有效」的方法。他的貢獻，除了闡明概念的本質之外，他還為教師提供稱為「概念達成」的教學模式（Concept attainment model of instruction）。

布氏的研究對於教學上有相當重要的直接應用價值：

第一，當教師了解概念的本質（The nature of concept）和概念活動（Conceptual activity）的意義之後，更容易了解學生是否獲得概念？或只是在用那些他自己都不甚了解的術語？

第二，當教師了解學生所運用概念發展的方法時，他會更容易地提供更有效的方法。

第三，使教師能應用概念發展過程的原理，及他的概念達成模式，以提高教學效果。

分類、概念形成與概念達成

根據布魯納的解釋，分類活動（Categorizing activity）事實上都含有二種活動：其一為「概念形成（Concept formation）」的活動，另一則為「概念達成（Concept attainment）」的活動。布氏認為「概念形成」為走向「概念達成」的第一步。這二者之間，究竟有什麼不同？也許那是相當微妙的關係而難以區別，但基於下列三項理由，我們還是需要做個區別。

第一，雖兩者均為分類行為（Categorizing behavior），但其目的與重要點均不相同。

第二，兩者的思考過程（Thinking process）的步驟（Steps）並不相同。

第三，這兩者的運思過程（Mental process）都需要不同的教學過程。

泰巴的「歸納式思考模式」就是「概念形成」的教學模式。布魯納等人所倡導的，則是「概念達成」的模式。但這兩種教學模式對於「概念的本質」的解釋都相同，這就是它們相同的特點。

實行「概念達成」教學所需要的「規則」並不複雜。教師只需列出一些「看來相似，但並不相同」的「例子」。教師要告訴學生（或由學生自行發現）那些例子是「所要尋求的概念」的例證？對於每一個例子，學生都要思索並試做假說（要尋找的是什麼概念）。當然教師所提示的每一個例子都可提供一些有關「所要尋求的概念」的屬性（或特性）以及「屬性價值（Attribute-value）」。

區別「是」或「不是」例證的過程，就是「概念達成」模式的核心活動。下面是基本模式範例：

步驟 1 假定你要教「昆蟲」這個概念，提示下列各種動物的名稱（最好有標本或實物，至少要有個正確的圖片），並標示那些是「正（對的例證）」，那些是「負（不對的例證）」。然後告訴學生說：「現在老師想著一個概念（指“昆蟲”），這些動物標示「正」的就是我要你們猜到的那個概念正的例子，標示「負」的就不是。」

蝴蝶	正
蜘蛛	負
蝗蟲	正
青蛙	負
蜻蜓	正
蜈蚣	負

問：我要你們找出來的概念是什麼？（
答案：「昆蟲」或「具有六條腿的蟲子」等等……）

步驟 2 「老師再給你們幾個例子，根據我們這個概念請大家分別給它們標示「正」或「負」

金龜子	（答案：正）
金線龜	（答案：負）
金天牛	（答案：正）

步驟 3 「好！現在請你們再加幾個例子吧。舉幾個「正」的例子，也舉幾個「負」的例子。」

什麼是我們所要找的概念？學生們如何做決定？在上面這個簡單的基本模式範例中，學生要觀察標本（或實物）且要從那些標示「是」的標本中找出（歸納出）其共同的特點，同時對照着那些標示「非」的標本以做核對。如是，學生在教師有效的幫助（提示）下，應可達成「昆蟲」的概念（具有六條腿、身分頭胸腹三部、有二對翅、有觸角、身被幾丁質外骨骼……等主要屬性）。

在「概念達成」的教學模式中，不只包含「思考過程」的分析，也含有「概念屬性（或特性）」的討論。當然，我們還可以設法增加學生的參與程度，運用更抽象更複雜的材料。但無論如何變化，基本模式還是「概念學說」的應用，絕不是一種「猜謎式遊戲」。

概念學說

布魯納認為任何概念都具有三個要素：

1. 實例（或範例、類別、例證，Ex-ample or exemplar or instance）
2. 屬性（或特性，Attribute）
3. 屬性價值（或屬性範圍，Attribute value or range）

實例就是該概念的例證。在上面基本模式範例中，每個動物名（蝴蝶、蜘蛛、蝗蟲、青蛙……）都是「昆蟲」這個概念的實例，不過有些（如：蝴蝶、蝗蟲……）是「正的實例（Positive exemplar）」，也有些（如：蜘蛛、青蛙……）是「負的實例（Negative exemplar）」。在「概念形成」的模式中，概念的實例都要成為一群；在「概念達成」模式，學生則要觀察並考驗每一個

正的，和負的實例。

任何一個實例，包括正的，和負的，都可描述其屬性與屬性價值範圍。假定有一堆水果在籃子裡面。其中大部分是橘子，但還有幾個蘋果與梨子參雜在裡面。這時，每一個水果都是一個實例。如果我們的概念是「橘子」，那麼蘋果與梨子就成為負的實例，而碰柑、柳橙則是正的實例。

每一個實例都可根據其基本特徵來描述。以上面水果為例，那就是顏色、大小、重量、形狀或價錢等。這些基本特徵就叫做屬性 (Attribute)，然而每一項屬性就有其屬性價值或範圍 (Attribute value or range)。屬性就是基本類別 (Category)，例如：顏色、大小、形狀；而屬性價值範圍則為該類別特定的內容或範圍，例如橘子顏色的屬性範圍為黃色、桔紅色等。通常每一個屬性都會有其特定範圍的屬性價值。例如，橘子的屬性價值範圍是由桔紅色至黃色 (如上述)，但在橘子這個概念中，紫色就不是可接受的屬性範圍。所以，當我們看到紫色的球狀物時，應可判定那不是橘子。另外，每一個橘子的形狀雖然都不完全相同，但都是「某一個程度」的圓球狀。大小也如此，橘子有大有小，但尚及有人看過直徑達五十公分的大橘子。另一方面，像「唱片」這種概念中，形狀 (屬性) 並不具有範圍 (屬性範圍或價值)，所有的唱片都是正圓盤形，所以有些屬性並沒有其屬性範圍或價值。

通常我們都根據屬性的組合來區別不同的概念。橘子與梨子形狀都很相似，但我們仍可以根據其他的屬性，例如：顏色、外皮

及味道來區別它們。此外，即使在同一屬性中我們還可根據屬性價值範圍來區別。這種可用以區別相類似概念的屬性以及其價值範圍，可稱為基準屬性 (Criterial attribute)。任何物體假如失去任何一項基準屬性，這物體就成為另外不同概念的實例。

通常，我們在日常生活中所看到的概念屬性，並一定都很清楚。相反地，常常都令人混淆不清。例如，在水果店裡所擺出來的水果，許多水果都有各種不同的包裝，也有裝在箱子裡面的。假定有一位幼小的兒童，由母親帶到水果店來，假如他還沒有各種水果的概念，他一定無法知道，那些包裝紙或紙箱是否就是蘋果或橘子的主要屬性 (Essential attribute)。那些包裝物就像水果本身的形狀大小及味道一樣，都是我們所能看到的「實例屬性」，但它並不是這種水果的主要屬性。這種有干擾性的屬性，我們稱之為「干擾性屬性 (Noisy attribute)」。干擾性屬性常妨害人們了解概念真正的主要屬性。教師可運用適當的媒體，例如：模型、動畫、影片、幻燈片或其他教具，做為具體的例證，以消除這種干擾性屬性。

以上所敘述之「例證」「實例」「正的例證」「負的例證」「屬性」「主要屬性」「基準屬性」「干擾性屬性」「屬性價值範圍」等，都是布魯納等人用以說明「概念的本質」，以及「概念達成教學模式的過程」的術語。假如，教師想知道他的學生是否已獲得關於某種事物的概念，他可根據學生是否「能運用主要屬性以說明或區別正的，與負的例證」來決定。

概念達成的教學模式

根據布魯納等的理論，已發展出數種不同的教學模式。這些教學模式共同的教學目標為：

(1) 了解觀念的本質——幫助學生觀察事物，然後根據所發現屬性以做分門別類的工作。

(2) 了解概念達成過程中所運用的思考方法，或了解別人用以組織其環境的基本要素。

(3) 了解特定的概念。

(4) 熟練概念化活動 (Conceptualizing activity)，並能運用於沒有組織，或未經整理數據的概念化。

第一種概念達成模式為較被動的學習活動模式，適合於某些特定概念的直接教學，可稱為「接受式模式 (Reception model)」；第二種模式則以學生中心為主的概念化活動，稱為「選擇中心模式 (Selection model)」；第三種模式則要分析未經整理數據中的概念，稱為「未組織材料模式 (Unorganized materials model)」，學生們不單要轉移概念學說，還要處理現實的實際問題。分別簡介如下：

1. 接受中心的概念達成模式 (The Reception-Oriented Concept Attainment Model)

教學活動模式

第一階段：提示數據指認概念——教師提示數據給學生。每一個數據資料都是單獨以「正的例證」或「負的例證」。這些數據資料，可能是「事件」「人物」「物體」「

故事」「圖片」或其他任何可指認的事物。學生要根據這些資料 (正或負的數據資料) 來指出所有「正的例證」所共同持有的特徵，以假設 (教師所預設的) 概念。所有的數據資料都以預定的順序提示，並且都有「正」或「負」例證的標示。學生要根據這些標示，來判斷這些不同事物中的共同屬性。教師與學生都可以隨時記錄屬性，以助其判斷。最後學生要①能說出概念的名稱，②能根據其主要屬性說出這概念的定義或定理法則。

第二階段：檢驗所達成之概念——在此階段，學生要檢驗他們所達成的概念是否正確。第一，要能正確判斷教師所追加各項例證的「正」或「負」；第二要能為這概念另行列出數個正的例證。

第三階段：思考方法之分析——學生要回頭檢討分析其概念達成過程中所採用的方法。有些學生將會發現他們是從大的結構慢慢擴大，而達到他們所要發現的概念。

教師的任務

在施教之前，教師要(1)選擇適當的概念 (供學生尋找的「目標概念 (Target concept)」)。(2)選擇一群正的，與負的例證，並編定其提示順序。

到目前為止，還沒有任何一本完全根據教育心理學家所描寫概念學習的本質而編寫的課本。所以教師必須自行尋找適當的例證。另外，還可檢視原有課本，或其他資料，以決定究竟要用什麼概念做為「目標概念」。這所謂的目標概念必須有明確 (對學生來說夠明確) 的屬性，並且要有相當數量正負兩面的例證才可以。

教師在教學過程中，可擔任記錄員的工作，隨時記錄學生建立假設（或概念）的過程。還要隨時提示學生要注意運用已知屬性。必要時要適時追加或補充例證（正或負的）。

總之，在這種教學模式中，教師的三大功能就是①記錄，②提示，③追加數據資料。

[表一] 接受中心的概念達成模式—
摘要表

第一階段：提示數據指認概念

- 提示已標示正或負的例證。
- 比較正負各例證的屬性。
- 試行建立假設。
- 為本概念定名（說出本概念的名稱）。
- 根據本概念的主要屬性敘述本概念的定義。

第二階段：檢驗所達成的概念。

- 根據概念以「正」或「負」標示所追加之例證。
- 列舉（追加）數個例證。

第三階段：思考方法之分析

- 敘述思考的內容。
- 討論假設與屬性的功能。
- 討論（在教學活動中所建立之全部）假設的類型與數量。
- 評鑑思考方法。

2. 選擇中心的概念達成模式（The Selection-Oriented Concept Attainment Model）

「選擇中心」的模式與第一種「接受中

心」模式，最大的不同就在例證的標示以及順序安排。在選擇中心的模式，所有例證都不事先標示其正或負。要等到學生來探討時才共同標式。另外，學生可另行提出例證，經由學生自主的探討活動以達成概念學習。一般說來，在這個選擇中心的模式中學生要採取主動，基本上這是學生中心的活動。

學生可單獨個別學習。即使在集體學習的模式中，每一位學生都要參與探討（或詢問，Inquire）各例證的屬性及其價值範圍。自然，在集體學習過程中，學生們更能互相參考每人所做探討的結果，以共同尋找他們的「目標概念」。

[表二] 選擇中心的概念達成模式—
摘要表

第一階段：提示數據指認概念。

- 提示未標示（正或負）的例證。
- 學生探討（詢問）所提例證，包括學生自行提出之例證。
- 建立並檢驗假設。
- 為本概念定名（或指出概念名稱）。
- 敘述主要屬性。

第二階段：檢驗所達成的概念

- 指認所追加未標示之例證。
- 由學生提出新例證。

第三階段：思考方法之分析

- 敘述思考內容
- 討論假設與屬性的功能
- 討論概念達成過程中所提之假設的類型與數量。
- 評鑑思考方法

3. 未經組織材料的模式 (Unorganized Materials Model)

並非所有的概念都有大家一致同意的屬性。特別是那些「觀念型」的概念，例如：生源論、宇宙論、演化論、種源論等等。如果看法（觀念）不一樣，所定義（敘述）的屬性就不一樣。但，經由「概念達成」的探討模式，由於大家都提供不同的（由不同角度所觀察的）解釋，應更有助於這些抽象概念的了解。

在這「未經組織材料的概念達成模式」的教學過程中，教師提供「未經組織（或未經整理）的數據資料」，由學生來探討其主要屬性及其價值範圍，並分析這個概念。

分析「未組織數據」中概念的分析過程中，包括有：

- (1) 找出本概念的出處、來源、或地位。
- (2) 指認其主要屬性。
- (3) 討論這些主要屬性的適切性。
- (4) 比較各例證的適切性。

這是「概念達成」的各模式中最高層次。學生除了發現概念，檢驗其屬性與例證是否合適之外，還要進一步分析其屬性與例證，進而分析本概念的定義。

[表三] 分析未經組織數據中的概念

第一階段：敘明概念

- 指出本概念的來源。
- 指認用以定義的重要屬性。

第二階段：評鑑概念

- 討論所用概念的適切性。
- 比較不同數據中的相同概念。

摘要

為概念發展而設計的各種教學模式都能促進所謂的「概念學習」，避免學生做死記術語的學習。一旦學生有了正確的概念，他能區別正的、和負的例證，並明確了解本概念的屬性。

三種有關概念達成的教學模式：「接受中心」「選擇中心」以及「未經組織材料」等，依次由教師領導的模式，至學生活動為中心的概念分析活動，均為概念學習的教學模式。

這種概念學習的教學模式適合於達成下列各項教學目標：

1. 幫助學生獲得新的概念。
 2. 充實並闡明學生原有的概念。
 3. 教學生“概念的概念”包括術語，概念學說的意義，以及概念活動。
 4. 幫助學生改善他們的思考過程與方法。
- 【未完待續】

參考書目

註1. Jerome Bruner, Jacqueline Goodnow, and George Austin, *The Study of Thinking*, New York: Science Education Inc., 1967, p. 12.

註2. Ibid., p. 12.