

# 概念圖應用於國中生物教材之分析與評論 ---以神經系統為例

李秀娟\*、張永達\*\*、黃達三\*

\*國立臺灣師範大學 科學教育所、\*\*生物系

摘要：本文以神經系統為例，探討概念圖應用於生物教材的分析與評論，依據國中生物上冊編輯大意所提之正確性、適切性、本土性、易讀性和生活化等五大特性進行教材分析，並以概念圖為工具分析上述五大特性，藉以提供國中生物教師分析教材的參考。

關鍵字：概念圖、神經系統。

## 壹、前言

本文主要目的在探討概念圖應用於國中生物教材之分析與評論，教材內容為專有名詞較多的神經系統單元。許多文獻指出概念圖應用於科學研究領域有顯著的成效，尤其是在生物學教學與學習上。

如 Malone 和 Dekkers (1984) 指出概念圖已經應用在不同科學領域(如：生物、化學、物理)和數學(如：三角法、代數、幾何)等，從小學到高中都可以使用概念圖教學。Novak (1990) 以「綠色植物的營養」和「細胞的呼吸」為主題，比較使用概念圖學習的學生和接受傳統教學的學生，結果發現使用概念圖學習的學生在成就測驗上得到顯著較高的平均分數。Heinze-Fry 和 Novak (1990) 研究大學生在生物學領域中利用概念圖學習和傳統學習之差異。結果發現利用概念圖學習的學生學習成就較高。Wallace 和 Mintzes (1990) 也表示概念圖是很容易被教的，而且可以同時教很多學生。

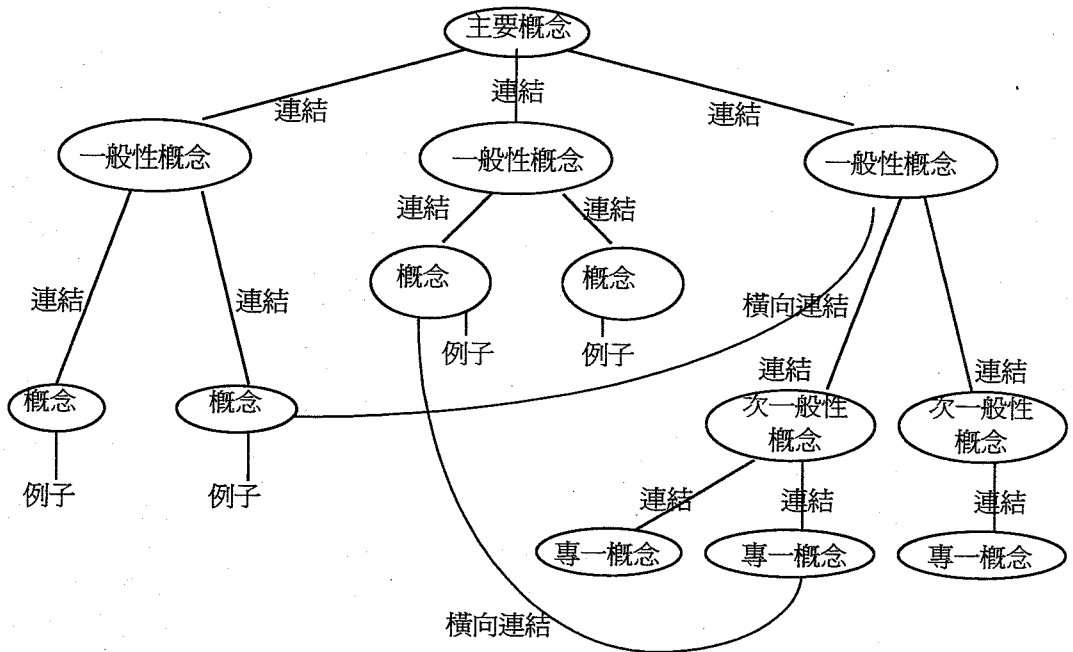
因此，本文將探討概念圖的本質與特性、概念圖的製作、神經系統概念分析、以及教材內容之評論等，冀能提供國中生物教師利用概念圖來分析教材的方法與步驟。

## 貳、概念圖的本質與特性

### 一、概念圖的本質

Novak 和 Gowin (1984, p15) 指出概念圖主要是以命題 (propositions) 的形式將概念間做有意義的連結，而命題是指兩個或是更多的概念利用連接詞結合的句子，最簡單的命題就是兩個概念用一個連接詞結合，例如「人類有神經系統」，其中「人類」和「神經系統」是概念，而「有」就是連接詞。

概念圖是一種概要的圖示（如圖一），主要呈現隱藏在命題架構中的概念意義，它可以幫助教師和學生瞭解一些重要概念間的連結，也可以清楚地看出教師和學生對某一主題的概念網路。Novak 和 Gowin (1984, p15) 提出概念圖應該是有階層性的，較一般性的、包含較廣的概念應該在圖的上方，較專一的、包含較少的概念應該在圖的下方，學習不同的領域之時，高階或低階的概念可能因此而改變，但是概念間的關係是固定的。



圖一、說明概念圖的概念圖：概念之間的連結運用連接詞（如文）

## 二、概念圖的特性

Novak (1995) 指出概念圖具有下列幾項特性（參考圖一）：

1. 概念圖是組織知識和表現知識的工具，它包含概念（通常以圓圈或是方形框住）、連接線（連接兩概念）、連接詞（說明概念間的關連），概念和連接詞形成命題（propositions）。
2. 概念的呈現是有階層性的，較一般化的、包含較廣的概念放在圖的上方，較專一的、包含較少的概念放在圖的下方。
3. 概念圖包含橫向連結（cross-links），可讓學習者知道不同概念間的關係。
4. 概念圖包含例子（examples），可以幫助學習者澄清概念的意義。

## 參、概念圖的製作

Novak 和 Gowin (1984, p33-34)、Briscoe (1991)、Novak (1995) 等皆曾經介紹概

念圖之製作步驟，表一將呈現三者間之比較。藉由文獻探討可以訂定製作概念圖之教學步驟以利教師之教學及學生之學習，同時教師亦可利用此步驟進行教材分析。

表一、Novak 和 Gowin(1984)、Briscoe(1991)和 Novak(1995)介紹概念圖製作步驟之比較

步驟	Novak 和 Gowin(1984)	Briscoe(1991)	Novak(1995)
1	選擇一段文章給學生，讓學生閱讀並選出可以幫助瞭解這段文章的關鍵字。	幫助學生外顯地看待存在其本身概念的本質和角色，以及概念間的關係。	先從學生熟悉的知識領域開始教授概念圖的製作，如此可以加強學生對概念階層的認識。
2	將學生所選的關鍵字依最重要的、包含最廣的順序依次排列。	幫助學生提取日常生活中口語的概念，並且確定概念間的關連。	定義主要概念（亦即關鍵詞），而主概念可能包含幾個次概念。
3	請學生選出適當的連接詞，形成命題。	幫助學生分離「概念」和「連接詞」。	定義概念階層（rank order）。
4	請學生做概念間的橫向連結，並且使用適當的連接詞形成意義。	顯示概念間的相關、概念的階層關係等。	製作一個「前概念圖」，可以說是一個草圖，包含概念階層。
5	建議學生將自己的概念圖再作幾次，可以幫助自己釐清一些概念。	反覆練習，熟悉概念圖的製作，並且用概念圖呈現自己的概念。	增加連接詞定義概念間的關係，傳達有意義的命題。
6	讓學生選擇其它材料閱讀，然後重複 1-5 步驟。		修正概念圖，好的概念圖須經過數次的修改。
7	請學生上台解釋自己的概念圖、釐清概念，也可讓其它學生瞭解。		增加橫向連接（cross-links），將不同的概念連接起來。
8	讓學生選擇喜歡的領域製作概念圖，可以增加學習概念圖的興趣。		再經過修正成為最後完成的概念圖。

透過上述文獻探討，筆者訂定製作概念圖之教學步驟如下：

1. 選出課文中重要的概念，包含字彙和事件。
2. 描述上述字彙和事件的基本概念，並介紹主要概念(包含較廣的概念)和次概念。接著，定義概念階層，包含較廣的概念屬於較高的階層。
3. 找尋連接詞，利用連接詞使兩個概念形成有意義句子。

4. 依據上述，製作一個「前概念圖」（即完成圖之前的概念圖），可以說是一個草圖，包含概念階層。
5. 在概念圖上增加連接詞定義概念間的關係，傳達有意義的句子。
6. 再增加橫向連接，將不同的概念連接起來。
7. 再經過修正，並且增加例子，成為最後完成的概念圖。

其中，教學步驟的前三項屬於教材的概念分析，製作概念圖時必須對教材相當熟悉，方能製出完整的概念圖，以呈現完整的概念。國中生物上冊神經系統單元屬於專有名詞較多的教材，學生較難學習。因此以下將介紹「神經系統」的概念分析，以及製作概念圖的過程，欲利用概念圖之方式讓學生較易學習，而且讓教師更易統整教材內容。

#### 肆、神經系統概念分析

國中生物上冊第五章第一、二節神經系統的部份，依據概念圖之製作步驟進行概念分析，其分析如下：

1. 先從課文中找出主要概念，包含字彙(words)和事件(events)，如表二所示。

表二、神經系統所包含的概念

概念（字彙）	概念（事件）
神經系統、受器、動器、腦、大腦、小腦、腦幹、反射中樞、脊髓、神經、腦神經、脊神經、感覺神經、運動神經、頭部肌肉、肩部肌肉及內臟、軀幹、四肢及內臟	環境變化、適當反應、刺激、肌肉收縮、腺體分泌、運動、感覺、語言、記憶、全身肌肉活動、身體平衡、大腦意識、反射作用、心搏、呼吸及飲食等

2. 描述上述字彙和事件的基本概念，如表三所示。

表三、神經系統之主要概念和次概念之分析

主概念	次概念
神經系統	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 動物藉神經系統和內分泌系統的作用，可以協調身體各部的活動，來應付環境的改變。</li> <li>2. 神經系統是動物體最重要的聯絡和控制系統。</li> <li>3. 人類的神經系統，包括腦、脊髓和神經。</li> </ol>
中樞	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 腦和脊髓是神經系統的中樞。</li> <li>2. 腦和脊髓的表面有包膜，可以防止運動時，和它周圍的頭骨或脊椎骨碰撞。</li> <li>3. 腦是人體一切感覺、運動、思考、記憶、情感、語言等活動的指揮部。</li> <li>4. 腦的主要部位有大腦、小腦和腦幹。</li> </ol>

表三、神經系統之主要概念和次概念之分析(續)

主概念	次概念
神經	1.神經可以將受器接受刺激的訊息傳達到腦或脊髓，也可以將腦或脊髓發出的命令傳達到動器。 2.將訊息自受器傳導至腦或脊髓的神經，屬於感覺神經。 3.將命令自腦或脊髓傳至動器的神經，屬於運動神經。 4.由腦發出的神經，共有十二對，分別分布於眼、耳、舌、鼻和頭部肌肉、肩部肌肉及內臟等部位，以傳導訊息。 5.脊髓發出的脊神經有三十一對，分布於軀幹、四肢及內臟。
受器和動器	1.動物具有受器，可以感受環境的刺激。 2.受器接受刺激後，能將訊息傳遞到神經系統。 3.神經系統發出命令，由動器（肌肉或腺體）發生反應。
反射作用	1.不是由大腦意識所控制的反應，叫做反射。 2.反射常發生在瞬息之間，所以十分快速，是爭取時間和節省腦力的有效方法。

3. 從課文中找尋連接詞，如下列句子「」中之字彙即為連接詞：

- (1)動物「藉」神經系統和內分泌系統的作用，可以「協調」身體各部的活動，來「應付」環境的改變。
- (2)腦和脊髓「是」神經系統的中樞。
- (3)將訊息自受器「傳導至」腦或脊髓的神經，屬於感覺神經。將命令自腦或脊髓「傳至」動器的神經，屬於運動神經。
- (4)由腦發出的神經，共有十二對，分別「分布於」眼、耳、舌、鼻和頭部肌肉、肩部肌肉及內臟等部位，「以傳導」訊息。
- (5)動物「具有」受器，可以「感受」環境的刺激。

4. 依據上述，製作一個「前概念圖」，如圖二所示。
5. 增加連接詞定義概念間的關係，傳達有意義的句子，如圖三所示。
6. 增加橫向連結，將不同的概念連接起來，如圖四所示。
7. 若需修正則再經過修正，並且增加例子，成為最後的完成圖，如圖五所示。

## 伍、教材內容之評論

在國中生物上冊（國立編譯館，民 86）的編輯大意中提及，該書本之編輯理念與精神

係建立在正確性、適切性、本土性、易讀性及生活化以充分引導學生以積極主動的態度探究生物學領域。由認識生物、體認生物、人類與自然環境的關係，進而培養親近自然、愛護環境與尊重生命的情操；在學習過程中，讓學生熟練觀察、推理、實驗等科學方法與技能，藉以啟發獨立思考與創造能力。

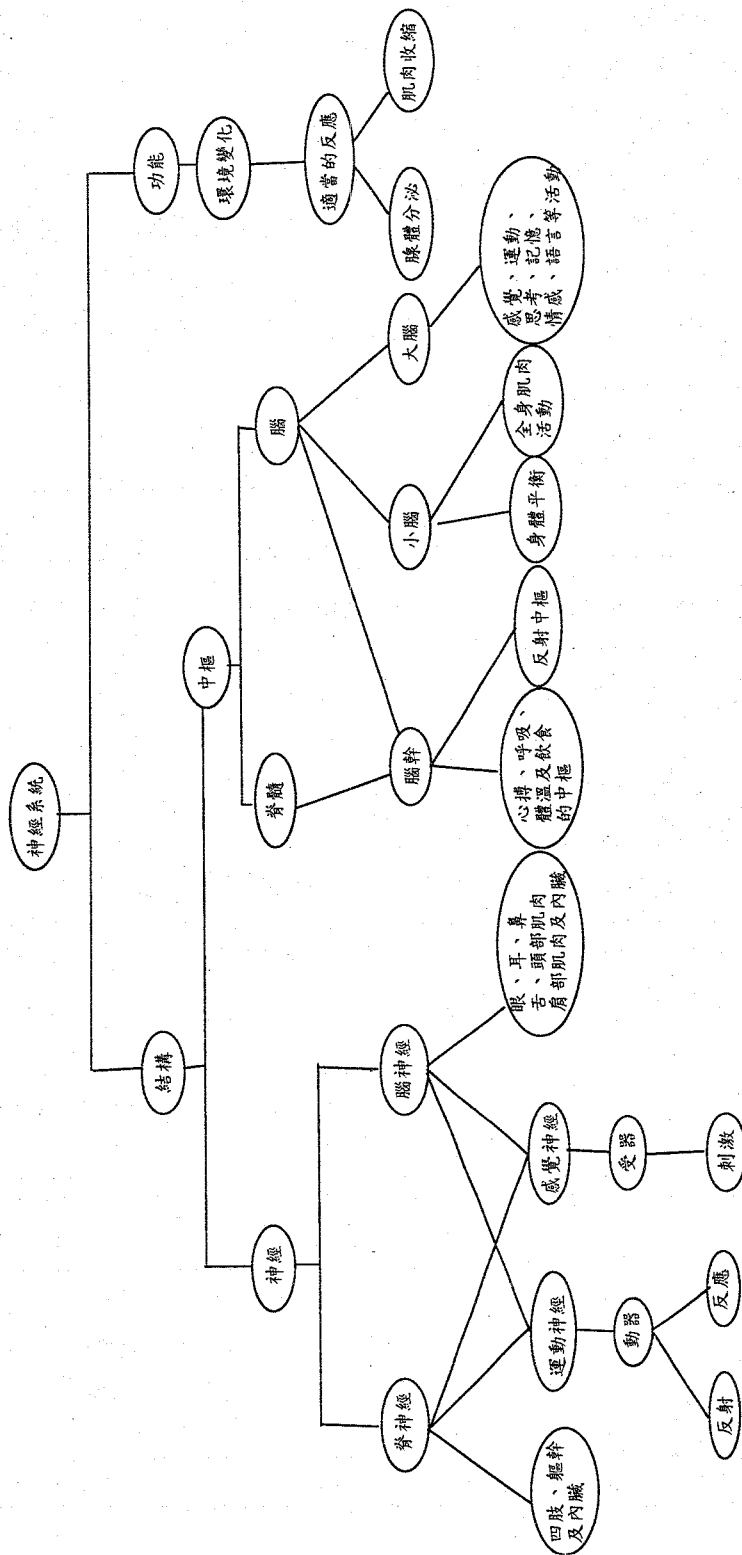
本文依據編輯大意所提及之正確性、適切性、本土性、易讀性及生活化等五大項進行評論，主要評論內容為第五章第一節「刺激與反應」、第二節「神經系統」與活動 5-2「後像」，茲以表四至表八呈現分析的結果。再者，探討概念圖用於生物教材分析，是否符合上述五大項之要求，見表九。

表四、「神經系統」單元之課文評論——正確性

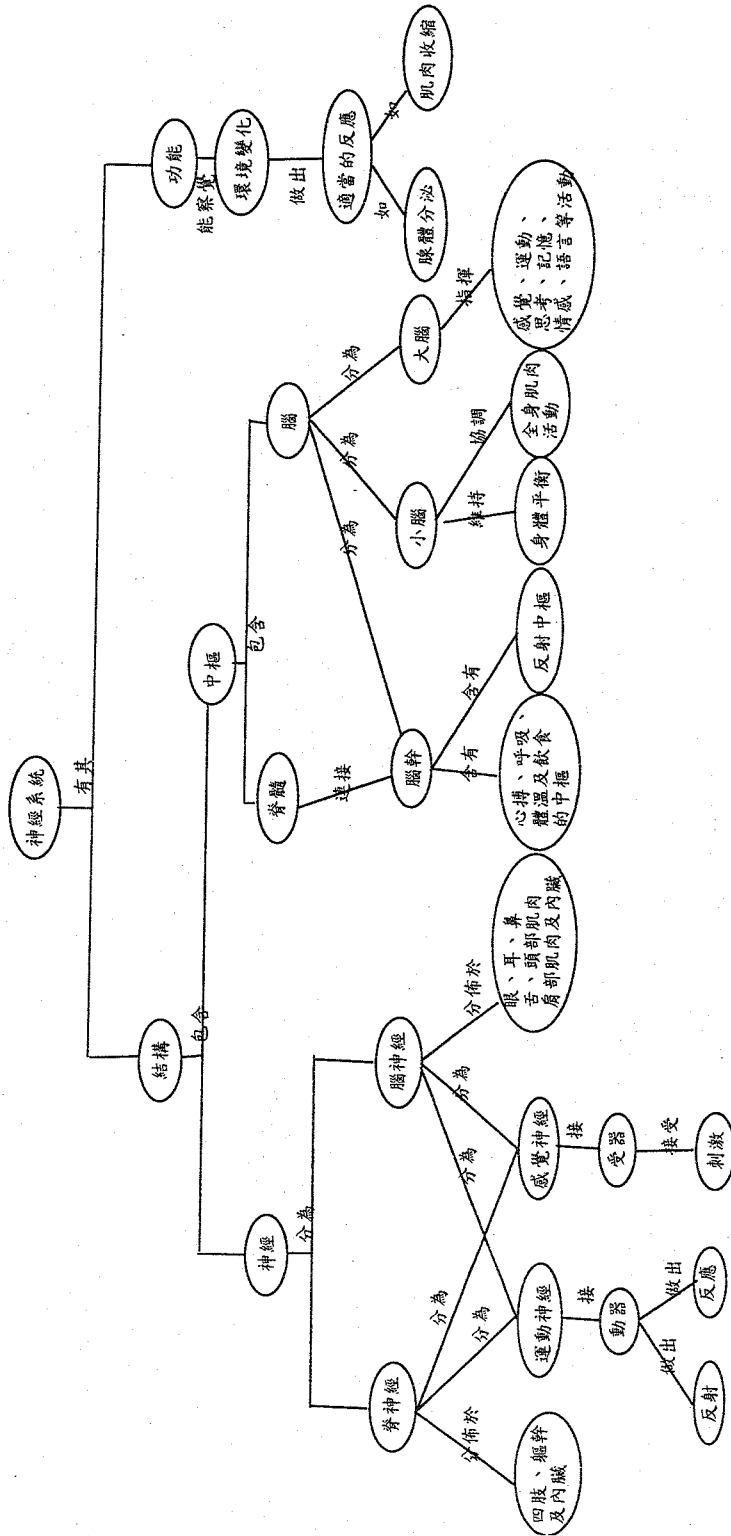
特性 內容	正 確 性
刺激與 反應	在科學知識上無錯誤的發生、圖畫的編排正確無誤，也無發現錯別字。
神 經 系 統	75 頁課文中提及『「腦幹」能控制吞嚥、咳嗽、噴嚏、眨眼、嘔吐及唾腺分泌等各種反射作用』。而 77 頁提到『眨眼、噴嚏以及唾腺分泌等，也都是反射作用，而這些反射的協調中樞都在「腦」內，所以「腦」也具有反射作用』。雖然如此的說法都正確，但是筆者認為在短短的課文中不必提到兩次相同的內容，並且後面說「腦」容易讓學生誤解為大腦，這樣容易形成學生的迷思概念。
後 像	內容之正確性無誤，但是文中並沒有對「正片後像」、「負片後像」以及「感覺疲勞」作解釋，學生較難瞭解其意義。

表五、「神經系統」單元之課文評論——適切性

特性 內容	適 切 性
刺激與 反應	此節簡略介紹「受器」和「動器」，讓學生瞭解其功用，內容不艱深，很適合學生閱讀。
神 經 系 統	此節所要學習的科學概念較多，專有名詞也多，而且字面上的意義容易讓學生誤解，例如：運動神經和感覺神經都是傳遞訊息，但是感覺神經容易被誤解為接受訊息。因此應該考慮是否對容易形成迷思概念之處多做解釋，如此可以增加學生的學習意願。
後像	正片後像和負片後像的活動都非常有趣，而且適合國一的學生。

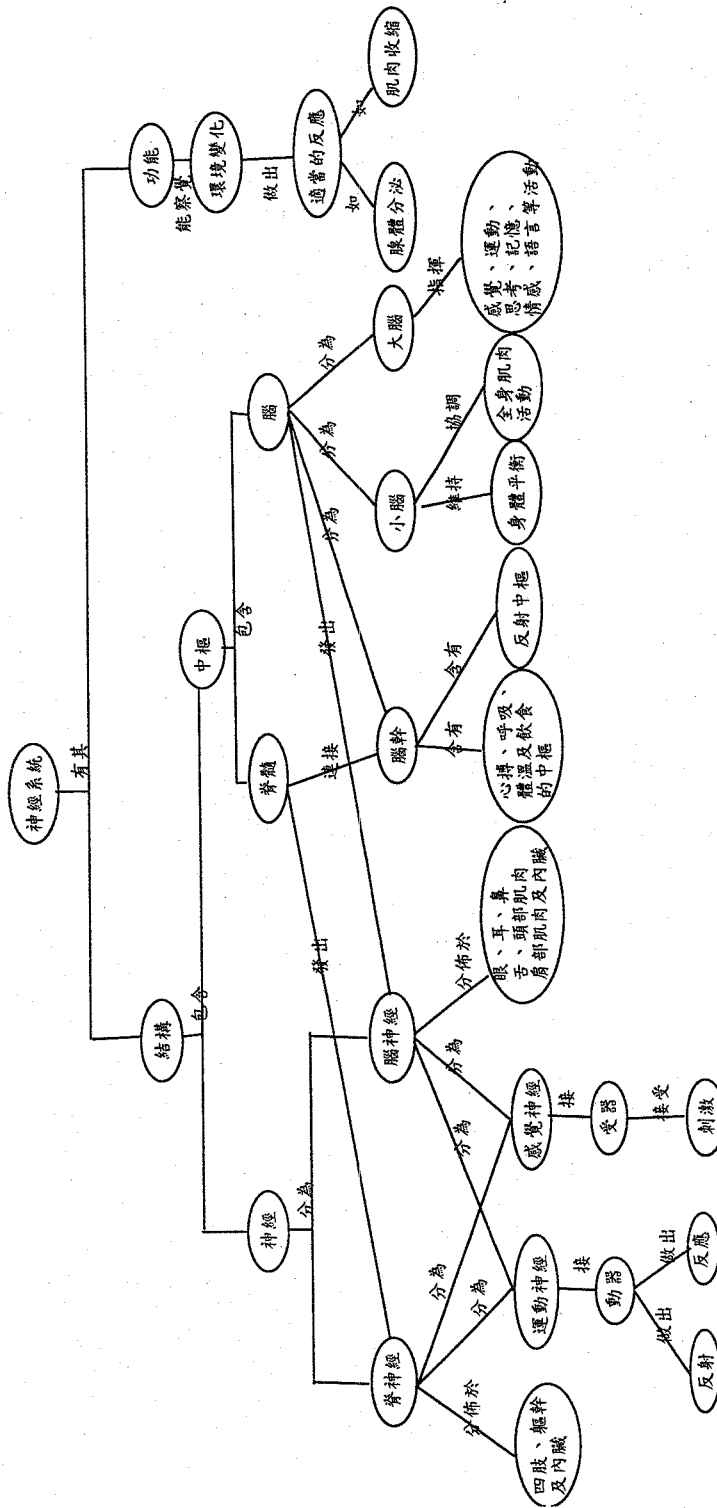


圖二、神經系統之「前概念圖」

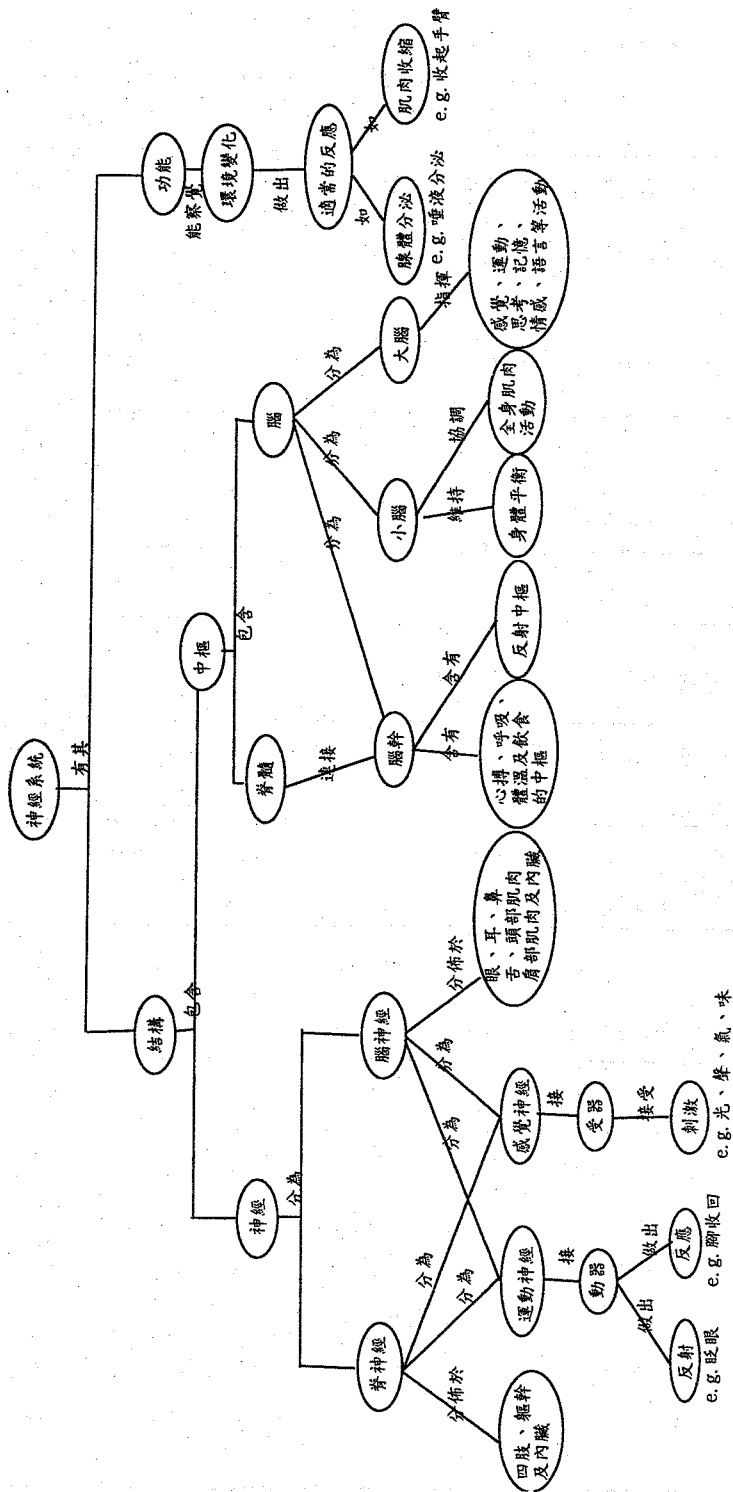


圖三、增加「連接詞」之概念圖





圖四、增加「橫向連結」之概念圖



圖五、完整的概念圖

表六、「神經系統」單元之課文評論---本土性

特性 內容	本 土 性
刺激與 反應	此章節與人體的構造與功能有關，很難和本土文化有關連，所以無法呈現本土性的一面。
神經 系統	同上。
後像	同上。

表七、「神經系統」單元之課文評論---易讀性

特性 內容	易 讀 性
刺激與 反應	內容相當簡略，非常容易閱讀。
神經 系統	專有名詞很多，學生必須一個個弄清楚之後，才能串起全文的概念，在閱讀、理解上較為困難。
後 像	閱讀上很容易，但是不容易理解，如果能加入對「正片後像」、「負片後像」和「感覺疲勞」的解釋，相信可以使得內容的閱讀更容易。

表八、「神經系統」單元之課文評論---生活化

特性 內容	生 活 化
刺激與 反應	此節屬於科學概念的傳遞，較難加入生活化的經驗。
神經 系統	此節屬於科學概念的傳遞，較難加入生活化的經驗，但是「痛覺的發生」文中以被熱鍋燙到為例來說明，相當的生活化。
後 像	以可愛的、多色彩的的圖片進行活動，可以吸引學生的注意力，雖然和生活化無多大相關，但是學生平時所接觸之聲、光等都屬於多色彩，故可說和學生的生活經驗相關。

表九、以概念圖分析「神經系統」單元教材之正確性、適切性、本土性、易讀性和生活化

工具 特性	以概念圖為分析教材之工具
正確性	概念圖為圖示知識結構之工具，透過概念圖不論教師或是學生皆可自其中獲得有關神經系統的概念網路。本文是以課文內容為依據，因此正確性無誤，但連接詞的使用是否有讓人容易混淆之處則須考慮。
適切性	生物學原是一門相當有組織、有階層性的學科，適合用概念圖來呈現科學概念。而神經系統又屬專有名詞較多之單元，概念圖可以清楚地表示各概念間的關係，幫助學習者有條理地整理概念。
本土性	概念圖是呈現科學知識的好工具，隨著教材內容不同而呈現出不同的概念，除非教材內容屬於本土性教材，否則概念圖無法呈現本土性。以神經系統單元而言，因其偏重科學概念之傳遞，故無本土性可言。
易讀性	概念圖主要圖示概念間的關係，並不是鉅細靡遺描述知識，因此在易讀性上，概念圖佔相當的優勢。概念圖不但呈現神經系統各部位之結構與功能，更可看出各概念之階層關係與連結。
生活化	概念圖亦難呈現生活化，但加入例子可以略補缺憾，如舉生活上之各種光、聲、氣、味等刺激，然後再描述刺激到反應間的神經傳導路徑，相信可以讓神經系統單元更活潑、更生動。

基本上，課文的「正確性」在編輯小組的努力下不容易出錯，反倒是錯別字、排版、圖片的放置等較容易出現錯誤；此外，課文的重複性也應該考慮。「適切性」和「易讀性」尚可，只是神經系統單元本身即包含相當多的概念，過多的專有名詞會增加學生學習的負擔。至於「本土性」和「生活化」在以傳遞科學概念為主的章節中則較難加入。

科學概念較多的單元，除了教師準備困難外，學生的學習興趣亦大打折扣。但透過製作概念圖，不但可使教師統整、瞭解概念，也可讓學生清楚的知道概念的階層關係與連結，因此概念圖是一種好的概念分析及幫助學生學習的工具。

## 陸、結論

對於涵蓋較多概念的章節（如神經系統）而言，「概念圖」是很好的教學策略，教師在教學前製作一份完整的概念圖，然後以概念圖為架構，由大概念介紹到小概念，不僅可以讓學生清楚的瞭解所要學習的概念，同時可以幫助學生記憶、增加學習成就。

概念圖有別於一般的流程圖、循環圖等，教師在製作概念圖之前必須受過訓練，熟悉概念圖的製法之後，才能做出一份完整的概念圖，否則容易出現很凌亂的概念圖。但值得

注意的是教師不應將概念圖當作考試的工具，若教師給予學生一份概念圖然後要求學生背下，便失去概念圖的原意。

在上述分析中得知概念圖較難呈現本土性與生活化兩大項，筆者認為是現今教材的問題，如果教材中充分表現本土性與生活化，概念圖就可完全表示出教材中所要表達的意念。但教師在利用概念圖分析教材及指導學生之時，可以自行加入生活化的例子，以及當地的環境和習俗等，以補足概念圖無法表達之遺憾。

在師資養成的教育過程中，加入概念圖製作的訓練，以及其他有利於教學的教學法、評量法的課程，應該可以增加教學的多樣性、提昇師資的素質。

### 柒、參考文獻

1. 國立編譯館主編（民 86）。國民中學生物，上冊。台北：國立編譯館。
2. Briscoe, C. (1991). Meaningful learning in college biology through concept mapping. *The American Biology Teacher*, 53 (4), 214-219.
3. Heinze-Fry, J.A. & Novak, J.D.(1990). Concept mapping brings long-term movement toward meaningful learning. *Science Education*, 74 (4), 461-472.
4. Malone, J. & Dekkers, J.(1984). The concept map as an aid to instruction in science and mathematics. *School Science and Mathematics*, Vol 84 (3), 220-231.
5. Novak, J.D.(1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.27 (10), 937-949.
6. Novak, J.D.(1995). Concept mapping: Strategy for organizing knowledge. In S.M.Glynn & R.Duit (Eds.), *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice*. (pp.229-245). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbamm Associates.
7. Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
8. Wallace, J.D., & Mintzes J.J.(1990). The concept map as a research tool: Exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.27 (10), 1033-1052.