

植基於概念構圖的適性化學習網頁結構分析與設計

劉明洲、林鴻龍

國立花蓮師範學院

花蓮/臺灣

liu@sparc2.nhltc.edu.tw

摘要

本文將科學學習上的概念構圖 (concept map) 作為學習網頁的隱喻 (metaphor)，在此基礎上，可以應用概念構圖的學習理論去賦予網頁學習更適性化 (adaptive) 的機制。文中所述重點包括 1) 學習網頁的概念構圖隱喻，2) 學習網頁適性機制結構分析，3) 學習網頁適性機制結構設計。本文提出了適性學習網頁的流向走法分類、設計以完成度一直去串接各項學習單元，並對相關研究做出建議。在網頁學習將扮演日益重要角色的未來，本文的探討將有助於提昇非同步遠距教學的實施品質。

一、學習網頁的概念構圖隱喻

概念構圖是指學習者 (或教學者) 將教材單元或概念，以不同的概念節點 (concept node) 及各節點間的關係連結 (relation link) 加以組成。此構圖可以內隱於學習者心中，也可以外顯地用圖示的方式表現出來。概念構圖往往以一個或若干個「核心概念」為主題，再與其他相關的概念節點延伸連結，形成某一主題知識的結構圖。學習者透過對概念圖的自我建構與組織歷程，就是一種知識學習的過程。

概念構圖法因為符合知識表徵理論 (Anderson, 1983, 1995)、知識建構理論 (Duffy, Lowyck, & Jonassen, 1991)，以及有意義學習理論 (meaningful learning) (Novak, 1990)，在科學教育及心理教育領域應用頗為廣泛，尤其在科學教育教學、課程設計以及知識評量等方面的應用效果特

別被肯定 (Edmondson, 1995; Goldsmith, Johnson, & Acton, 1991; Nakhleh & Krajcik, 1994)。

類似於概念構圖由節點與連結所形成的架構，網際網路上之網頁呈現方式，也是由各節點之連結拓展而形成。只要加以做特別之約束或條件限制，所涵蓋的資訊便形成一個有組織的陳述或命題。教學內容若能經由分析與設計而嵌入良好設計的網頁架構中，令學習者在規劃好的路徑中進行有效的學習，此「有效」包括具有學習成效，並且在網頁間的連結是「連接到該去的網頁，阻斷不該去的網頁」，此即所謂適性化學習的精神。除了上述以符合概念構圖之預設好網頁提供給學習者進行學習之外，即便學習者是在開放式的全球資訊網中，學習者在不同屬性與內涵的網頁節點瀏覽，也是在發展其概念構圖。這二種方式都是以概念構圖的隱喻去表徵學習網頁的架構。

在上述隱喻的前提之下，網頁的架構方式與學習行為結合，具有下列的特點，若能仔細加以分析、規劃、進而應用，可以發展成較嚴謹而有效之學習系統：

1. 網頁內容為所呈現之閱讀單元，可視為一閱讀節點。
2. 網頁內之超連結 (Hyperlink)，指向特定之超媒體 (Hypermedia)，包括網頁、多媒體、服務等，是一種深入 (說明) 型或拓展 (補充) 型的連結機制，保證閱讀者的思維連貫。

3. 配合學習歷程中的變化，超連結也可能指向一毫不相干的新內容，對原先思維做一“跳離（Escape）”的動作。當然，這種跳離，也可能仍鎖定在某個思維空間，或某個閱讀主題內。
4. 網頁間透過超連結形成不同緊密程度的節點分佈拓撲(topology)，在有限的範圍內具有較強主題意識、自行編寫、強調特定格式及內部連結的網頁集合，呈一較有組織的學習環境。
5. 閱讀網頁之瀏覽軟體能針對網頁內容提供簡單的訊息，對閱讀者而言，強化訊息機制，豐富訊息內容，可提供適時的線上協助，進而引導其在正確的學習路徑上發展。
6. 在網頁內容與數目逐漸增加時，可建立網頁或網址資料庫，加入搜尋機制，提供主題範圍或領域範圍的資訊擷取，使相關的學習單元能適當的整合呈現，使學習範圍可深可廣。

適性化是學習上的一個理想，讓系統的流向可以依使用者的喜好、能力、或成就等歷程而改變，提供最佳的路徑給使用者，這也是智慧型(intelligent)教學系統的一種理想(Brusilovvsky, 1998)。欲達成全面有效的適性化系統，有很多的探討與研究必須投入，然首要之務，是在使用者模式(user profile)的內涵分析、格式紀錄、與應用條件之探討。

二、學習網頁適性機制結構分析

依據對上述網頁架構特色的分析，欲實現學習理論之網頁適性環境，本文歸納出以下條件，這是將上述之特點再延伸功能，朝適性化機制設計：

1. 網頁內容可視為一學習片斷或一

知識概念的呈現。透過網頁呈現次序的設計與安排，可以提供學習者去完成一系列認知程序。獨立的概念尚不足以形成一具體學習單元，事實上，學習者是經由有次序的學習片斷重組，瞭解定義於某主題的課程內容而達成學習的功能。這樣的機制可由超連結串接特定網頁節點所構成的概念構圖來加以呈現，而這樣的超連結路徑組合就是一段學習路徑（Learning path）。

2. 概念構圖間必須經由某節點出發，進入另一構圖的另一節點，學習另一個單元。透過超連結，形成另一種學習路徑，是概念構圖內學習路徑的延伸。
3. 隨著學習者需求的改變，可以隨時跳離某個節點，進入另一個選定的節點，以提供分歧式學習（Branch style learning）機制，給予學習者較自由的非預設路徑選擇。不過，這種機制，會明顯地使得系統變得複雜，產生回朔（Loop back）或跳前（Skip），無法單由預設路徑線性前進（Linear advance）來分析路徑。
4. 網頁須提供深入（說明）型及擴充（補充）型的學習路徑。深入型路徑針對某學習片斷引導進入下層次（sub-layer）的詳細說明（explaining），這個詳細說明亦以一概念構圖來呈現。擴充型路徑針對某學習片斷提供補充或進階的內容，也可以用概念構圖來呈現。
5. 須掌握網頁的特性，或賦予網頁充足的定義，以滿足對各個概念或概念構圖的規劃，追蹤、評量、記錄等。

以上的分析賦予了學習網頁具備概念

構圖的流向機制，接著將結合概念學習上的不同歷程型態，定義不同的流向走法。

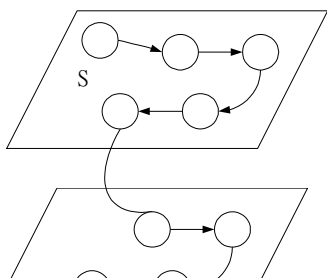
單一網頁提供單一概念呈現的格式，其中包含描述部份主題內涵的各種媒體、系統對網頁狀態或屬性的設定、學習者操控網頁的必要控制介面等。網頁內無論是文字、圖形、影片、音效等，都是構成學習環境 (Context) 的核心因子 (Core factor)，屬於傳統教學的靜態材料，我們將它定義成教材元件 (Content component)，方便掌握及儲存。

網頁本身是一概念節點，除了是學習者與教材的介面，也是整個適性學習流程的停留點 (Learning station)，這個停留點受到系統的充分監督，無論是此節點或其它節點的學習活動，皆加以記錄。對某一學習者的某次活動，累積成一學習路徑記錄 (Profile of learning path)。適性學習系統分析學習路徑，取得學習傾向，然後據以選擇下一個節點。

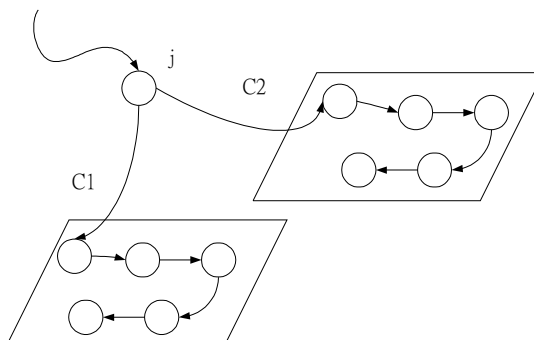
學習活動中，學習者雖然受到系統適性機制的約束，但亦可自行設定參數，規劃學習者的先設條件，要求系統在監督記錄進行中必須遵循。而學習者亦可隨時依需要，調整學習行為。換言之，系統與學習者之間可以採相互調適 (Mutual adaption) 的精神而互相調整各自的動作內涵，目的則在促成最大學習效果。

描述某一主題的關連概念節點，可以形成一概念構圖，小至一觀念之教導及說明，大至某一領域之學習經驗皆屬之。由主題概念上各節點之學習目標的逐次達成，才能完成一課程單元的學習活動。欲達成此目的，不同的構圖間必須提供適當的路徑，成為構圖的出口與入口通道，引導學習者進入下一個單元。

以上所描述之概念構圖內或構圖間的學習路徑，乃是學習歷程的主軸 (Main stream)，我們將它定義成 C 型路徑 (Concept)，以說明概念與概念間的學習路由，圖一說明這樣的想法。



C 型路徑上的節點可能會延伸出其它數個 C 型路徑的分歧，我們稱為「C 型分歧」，它提供不同領域所發展出來的不同學習路線。系統會根據學習者在學習路徑上的領域傾向，判斷出適當的路徑，選擇下一個節點，如圖二所示。

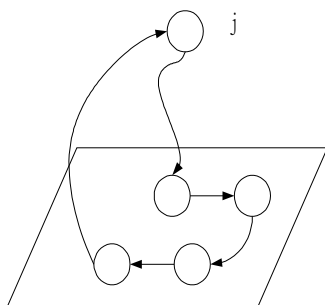


圖二.由概念節點產生C型分歧C1及C2走向，導引至另兩個概念流圖

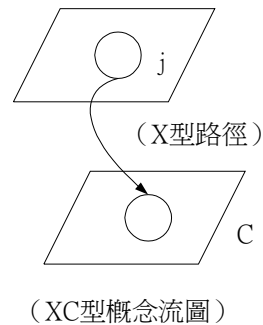
另外，針對某節點做更深入的闡釋，即解釋型態的路徑，我們稱它為 E 型路徑 (Explanatory)。E 型路徑走向一下層的概念構圖，這個構圖是對路徑的來源節點提供說明，或呈現更深入的內容。當然，如果需要，由此 E 型路徑延伸出來的構圖，可再往下一層延伸。E 型路徑所延伸出來的概念構圖內部仍然是 C 型路徑，但一旦說明結束，必須由一 E 型路徑折返原被說明的節點，形成一封閉路徑 (closed path)。

針對學習內容涵蓋面的補充，亦即更

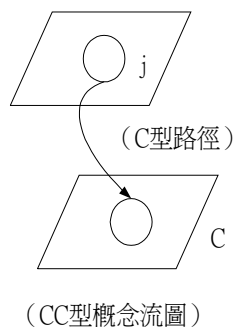
多擴張型的知識，我們定義另一種延伸，稱它為 X 型路徑 (eXtensive)，導向一用來補充單元內容之概念構圖，呈現較進階的相關課題。X 型路徑仍然是可再擴充，一種封閉的路徑。圖三到圖六說明了這些不同類型路徑或單獨、或結合、或衍生不同的運作方式。



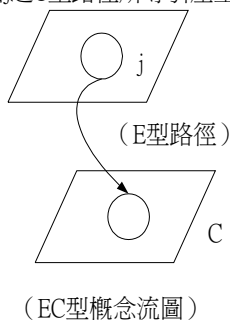
圖三.E型與X型路徑必須返回原延伸起始節點。節點j所延伸出來的路徑成一封閉曲線。



圖六.流圖C為節點j之X型路徑所導引產生，稱為XC型流圖。

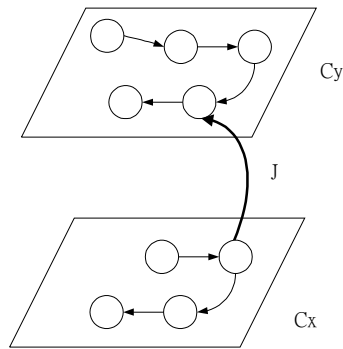


圖四.流圖C為節點j之C型路徑所導引產生，稱為CC型流圖。

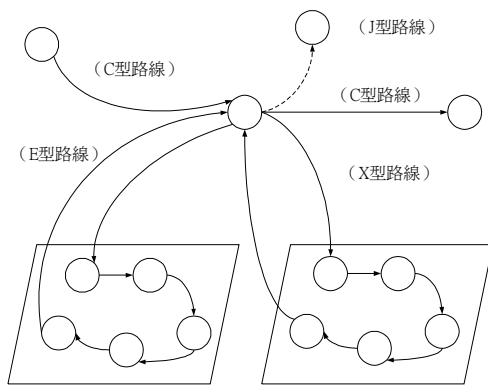


圖五.流圖C為節點j之E型路徑所導引產生，稱為EC型流圖。

為了達成學習者能夠隨出隨進的分歧式學習效果，系統必須提供一種非預設功能，由學習者決定之跳離機制 (Escape mechanism)，允許跳脫所停留的節點，依學習者的需要，進入另一個節點。依照我們的定義，這形成一種非預設的J型路徑，如圖七所示，這路徑仍然受到系統的監督與記錄。圖八則說明了網頁學習環境可以由本文所分析的各種類型路徑組接而成。有了這些路徑型態的區分，才能進一步對學習系統進行設計。



圖七.兩概念圖Cx、Cy之間的J型路徑，由Cx上的某節點導引至Cy上的某節點。



圖八.適性學習環境的各種路徑

- 1、主軸以C型路徑為主，C值構成一完整概念，並導入下一構圖。依學習者的設定，系統提供E、X型路徑，增強系統之深度及廣度。
- 2、C、E、及X型之學習路徑會以完成度（degree of completion）記錄於“個人學習記錄”，如果檢查下一節點已經完成，則建議改用J型走法，移至下一個未完成節點。如果要重新學習，則須建立一個新的“個人學習記錄（Learning profile）”，取得空白節點記錄。
- 3、若使用者選擇“解釋型”及“擴張型”之必要，則下一個C型走法時，必須先做E型及X型延伸，然後回至原延伸起始節點。
- 4、當完成度不佳（小於評量滿意值），做J型回到原節點，或回至概念構圖的入口，重新來過。
- 5、當C型主軸為“樹狀分歧”時，即下一個C型走法有多個選擇時，則統計學習記錄之領域傾向，取得各個領域的完成度，採最高者為下一個C型走法。

依以上的分析，C型走法可說是最重要之路由，而若考慮“樹狀分歧”，則需進一步探討其路由之選擇，這時候應考慮因素包括：

- 1、概念構圖之領域。
- 2、完成度。
- 3、個人學習記錄涵蓋範圍。
- 4、關鍵在對學習記錄的分析
- 5、當比較值相當，則使用者決定選擇哪一條路徑。
- 6、當開始一個新學習記錄時，初期的C型分歧選擇會成為“使用者決定”導向之狀況。

為了分析學習傾向，針對概念及概念構圖，我們定義了完成度 λ 。 λ 值取決於單一

三、學習網頁適性機制結構設計

綜合以上論述，C、E、X、J型路徑是走向分類（routing classification），皆是由某一概念構圖之某一節點指向某一概念構圖之另一節點。其中C走向有兩類，包括1)同一構圖之停留點移動以及2)下一個構圖之導入。E、X形走向則分別導入“解釋型”構圖，及“擴張型”構圖。J走向則導向任一構圖，所謂任意進入表示可挑選任一節點進入，這任一節點可以是整個網頁課程的任一概念構圖上的某一節點。以下考慮學習活動的一般流程，作為發展系統的參考：

節點的學習評量 (grading)，若有 E 型或 X 型擴張，則要一併考量。而對於一構圖的完成度，則需加入考慮各個節點的完成度。

對於單一概念節點的完成度 λ 值，可以由以下幾個方式取得：

1. 編輯者預設完成度等級：如未完成 ($\lambda=0$)、部份完成 ($\lambda=0.5$)、已完成 ($\lambda=1$)，然後由學習者自我衡量學習的成效，點選完成度的等級。
2. 在網頁介面中設計一完成度 λ 值的輸入控制元件，由學習者衡量學習成效，直接輸入 λ 值。
3. 於每個網頁學習進行中或結束時，提供一些測驗，供學習者作答，由系統立即針對答案的正確性，計算出節點的 λ 值。

對於課程單元的成就評量是收集概念構圖內各個節點完成度 λ 值，計算其算術平均值，據以為構圖的 λ 值，即課程單元的完成度。這種作法是考慮最小學習單元是各個網頁節點，以節點個別的完成度來推演某節點集合的完成度，似乎是合理的。不過，以學習片斷透過數學方式取得大部的學習評量，缺點是可能忽略了對學習單元的完整知識，在各個節點的呼應評量上，略顯不足。所以，有必要在離開一學習單元前，設計一些涵蓋各學習片斷的評量作法，再修正各個節點的 λ 值。

學習領域 (learning domain) 是適性機制中對各種概念構圖的分類，依構圖的領域屬性來將構圖加以群組化 (grouping)。領域屬性可由構圖的概念類型加以歸納，或藉由系統直接設定。所謂概念類型，是指任何可能的分類標準所得結果，如學科範疇、

困難度、完成度等等。一但領域定義清楚，經由適當的學習記錄分析，可瞭解學習者的領域傾向。

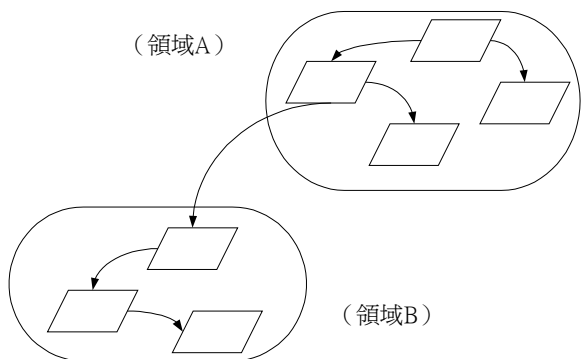
當學習者開始一新的學習活動時，由於系統初始，所以 C 型路徑是探索歷程的主軸。對於學習者而言，C 型為必選，而 E、X 型則為選擇性之深入及拓展型走法。從完成度來考量各類型的走法設計，以下是一些推論與設計。

1、各節點之完成度，若無延伸之 E 或 X 型走法，則直接依該單一節點之 λ 值來唯一決定。

2、若挑選 E 或 X 型走法，且節點存在下層 E 型或擴充 X 型走法，則須將下層或擴充之完成度納入考量。由 C 型路徑平面圖之分佈擴展成立體圖，所考慮之節點，涵蓋至下層或擴充之構圖，則節點之完成度為

$$\lambda_{Nj} = (\sum_{k=1}^y \lambda_{jk} + \lambda_j) / (y + 1) \quad (\text{EQ-1})$$

其中 λ_{Nj} 為節點 j 之完成度， λ_{jk} 為節點 j 經 E 型或 X 型路徑所延伸出來之構圖上的節點 k 完成度，共有 y 個節點。 λ_j 為僅考量節點 j ，而不考慮其延伸之節點完成度。



圖九.不同領域 (domain) 之概念圖

- 3、對於C型主幹之某概念構圖的 λ 值，是收集該構圖上各節點之完成度來決定，依下列計算而得：

$$\lambda_{Ci} = \left(\sum_{j=1}^x \lambda_{Nj} / X \right) W_d \quad (\text{EQ-2})$$

其中 λ_{Ci} 為構圖*i*之完成度。 λ_{Nj} 為構圖*i*上節點*j*之完成度，共有*x*個節點。 W_d 為對*d*領域完成度之加權。

4、C型分歧的選擇

C型分歧須考量涵蓋的範圍是1)該筆學習記錄或2)該學習者之所有學習記錄。決定路徑之選擇，乃依據某項領域標準，計算各領域之概念構圖 λ 值總合，依各領域 λ 值總和之大小，決定所在停留節點路由之優先次序。領域*d*的完成度 λ_d ，可由下式取得：

$$\lambda_d = \sum_{i=1}^z \lambda_{Ci} / Z \quad (\text{EQ-3})$$

其中 λ_d 為某領域之完成度總和， $\text{Max}\{\lambda_d\}$ 為第一選擇。

四、結論與建議

經由以概念構圖對學習網頁做成隱喻，朝適性化的流向作結構分析設計，本文提出以下幾點結論與建議：

1. 本文分析設計了C、E、X、J四種類型的走向模組，分別應用到概念主體，解釋、

擴張、及跳離的流向模式，有助於落實將概念構圖的隱喻嵌入到學習網頁中，設計考量上能由節點的層次提升到走向模組的層次，使適性化學習網頁設計之內涵更進一步被釐清。

2. 以定義之評量值—完成度，去連結不同行徑的學習節點，是適性化學習的基本機制，本文提出了完成度 λ 值的取得方式，並對不同流向走法的 λ 值做了一些推論與設計，都是寄望於為適性網頁連結機制找到切入點。
3. 在各種流向走法方面，後續應該透過封閉式系統去逐步驗證，畢竟適性化學習網頁是一個理想，雖無法一蹴即及，但從最基本的理論與最基礎的資料結構出發、設計各型走向，是一個好的開始，接著應該做物導設計，以逐步建置、驗證、修正各類型內涵。
4. 相關應該配合進行的研究，最基本的有二項，是建立適性化學習網頁所不可缺。其一是探討單元評量的方式，尤其 λ 值的實際計算方式，可以結合模糊評量或灰色預測行之，以提昇評量的效率；其二是對於學習歷程資料格式的探討，這可以從資料結構的角度出發，從而使學習歷程能夠被更明確而仔細的定義與記錄。

參考資料

- Anderson, J. R. (1995). *Cognitive Psychology and It's Implication*. New York : Freeman and company.
- Brusilovsky, P. (1998). *Methods and technologies of adaptive hypermedia*. In P. Brusilovsky, A. Kobsa, & J. Vassileva(Eds.), *Adaptive Hypertext and Hypermedia*. Netherlands: Kluwer Academic.
- Duffy, T.M., Lowyck, J., & Jonassen, D. H.

(1991). Designing Environment for Constructive learning. NATO ASI series. New York: Spring-Verlag.

Edmondson, K. (1995) Concept mapping for the development of medical curricular. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 777-793.

Goldsmith, T. E., Johnson, P. J., & Acton, W. H. (1991). Assessing structural knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 83, 88-96.

Nakhleh, M. & Krajcik, J. S. (1994). Influence of levels of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and PH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1077-1096.

Novak, J. D. (1990). Concept Maps and Vee Diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional Science*, 19, 29-52.