

探究式專題學習的 Z 圖設計—促進驗證的鷹架模式

Design a Framework for Evidence-based Learning Activity—the support of Z diagram

陳斐卿

國立中央大學
教育學程中心

fcc@cc.ncu.edu.tw

江火明

國立中央大學
大氣科學系

jiang@front.atm.ncu.edu.tw

王宏仁

世界新聞大學
資訊傳播研究所

whr315@ms43.hinet.net

林惠倫

國立中央大學
教育學程中心

ellien@front.atm.ncu.edu.tw

摘要

本研究嘗試重新調整 PBL 的學習模式，希望能提高高中生運用網路完成科學實證學習活動的能力。過去四年，在本研究所建構的 PBL 學習環境 Lain(Learning Atmospheric sciences via InterNet) 進行學習測試的高中生已逾數千名，我們遭遇到最主要的困難是如何讓習慣於演繹推論的高中生運用數據進行實證活動的學習。

我們認為在 PBL 活動中，學員忽略確實以資料求證的步驟的這一現象，可能是任務說明不足、挑戰性不夠、學習回饋系統缺乏、以及討論的重要性強調不夠造成。因此，本研究修正 PBL 的學習模式，改以「Z 圖」的方式來進行。Z 圖包含了下列四項基本要求：1. 要求學員從個人經驗提出研究問題作為學習的起點。2. 學習的各階段以明確的任務標示與劃分，例如驗證假設、檢選變數、轉化資料等。3. 以討論文章佐證學習歷程檔案。4. 明列同儕互評和專家評審的評量標準，以提供學員自評。本研究已依此修正架構於 2001 年暑假舉辦第二屆網路科展，將在本文中闡述此一架構的調整（Z 圖）對促進網路探究式學習活動的重要性。

關鍵詞：實證探究學習，學習歷程，專題式學習，評量

一、前言

在過去四年中，本研究團隊致力於專題式合作學習環境的發展（Chen, & Jiang, 2000）。過去的專題式學習模式主要以促進五階段的探究學習和三階段的拼圖式學習活動為主（Kagan,1992）。這五個探究階段包括：（1）清楚題意、（2）建立假設與策略、（3）蒐集資料、（4）驗證與分析、（5）結果與討論。三階段拼圖式學習則分為第一階段按主題分組，第二階段依學習者欲培養的專長需求分組，第三階段再回到原本的主題小組分享第二階段的學習。

在上述的學習環境下，我們最早研究目標以合作學習為主，例如主題小組與專家小組各自如何適當的安插以發揮團隊合作的功能。但是，一次次的學習活動記錄凸顯出學習者完成每一個階段的困難之後，研究焦點遂從合作學習的議題轉移到學習任務規劃和學習活動之完成度。在高中生的各種學習困難中，無法區分「解釋」和「求證」兩者的意義是最大的迷思。（Chen, Jiang, Lin & Wang, 2001）不論證據資料取得的困難度如何，學習者都傾向於採信未證實的解釋。因此，本研究希望能適當的區分各階段的學習重點，以促進學習者的推理能力，這種推理能力指的是能夠找出證

據，並用證據來評估小組假設的能力。

二、過去網路學習活動的經驗

雖然 PBL 模式提供了學生進行科學學習的活動，但是我們能無法輕易地瞭解哪些因素影響探究學習活動能否成功 (Laind & Greene,2000; Krajcik, et al, 1998)。例如高中生不易有系統地進行科學探究，他們的研究假設和研究策略常常無法匹配。他們不會為自己的論點提出驗證。大多數的學生無法成功的指出那些資料是可用來作為證據(Chen, Jiang, Lin, & Wang, H.R. 2001)。在本文中，我們歸納五項實施實證探究活動將會面臨的挑戰，以促進學生成功地進行有意義的探究。這五項挑戰如下：

1. 確保學習動機

當學習者缺乏強烈的動機時，他們不是無法深入參與探究活動就是會抱持著有礙學習的懶散心態來參與活動 (Edelson, Gordin, & Pea,1999) 在我們的經驗中，高中生是自願參加這個網路學習活動，他們不會因此而提高其在學校地球科學課的分數，也沒有全程參與的義務。因此在我們修正的架構中，希望透過高品質的討論活動和同儕互評所得的適時回饋來提高學生的參與動機。

2. 協助任務管理

傳統教育中，我們沒有特別要求高中生管理一個複雜的流程 (Peter,1966)，他們也無法有效地進行時間管理，導致學習者忽略證據和推論之間的連貫。對大多數高中生而言，將活動粗略的設計成幾個步驟 (如提問、建假設、定策略和驗證)，學生仍然無法按部就班地進行，往往直接進入結論。所以，我們在修正的學習模式中將科學過程，特別是學生容易忽略的幾個重要步驟，區分成六個階段，並嚴格要求必須要依序完成。

3. 討論看板和結論成果之間的關係

討論活動是網路學習活動吸引學習者的

主要因素之一。透過討論文章的分析發現至少有三個網路討論的特徵：(1) 出現大量的社交訊息；(2) 發散式的討論串；(3) 討論內容與最後成果之間的相關性不高。(Wang ,et al,2001)。這些特徵顯示出網路討論既能促進學習活動活躍，同時也產生干擾的噪音。如何將學習者的專注力導向更有意義的學習，並減低社交的需求是我們設立的一個大挑戰。

4. 評量學習效果

學習效果可以透過自我評量、同儕互評與專家評量。不論使用哪種方式的評量，對學習者而言最有價值的是能夠得到及時的回饋。在在我們過去的研究中，自我評量容易因為高中生反思能力不足而效果不彰。而專家評量之意見通常在學習活動全部結束後，並且只有針對少數得獎者，無法涵蓋所有學習者的作品。因此，我們期許同儕的階段性互評之實施，是一個比較折衷的改良方案。

5. 學習過程的證據

專題式學習活動通常看重的是專題所做出來的成品。這種評量面向有可能使一些在討論區有熱烈或高品質的討論的學員們，因為無法及時完成最後作品，使他們的努力無法被認可。因此，如何在大量的學習記錄中辨識出有意義的證據遂成為我們的挑戰。我們相信學習歷程評量是一種解決之道。

三、經驗成長：

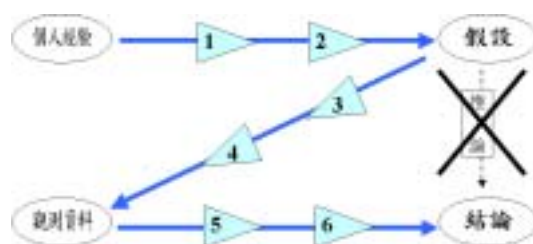
對 Lain 學習架構的調整

從過去的經驗中，為了要成功地克服探究式學習活動的挑戰，Lain 設計的學習流程必須包含這些互相關連的組成：能夠識別可引發動機的討論文章、清楚的任務規劃、重視討論過程和學習歷程的建構。我們原本的學習架構加入這些組成之後，以「Z 圖」標示之。

(一)Z 圖

Z 圖是為了協助學習者進行科學實證的探究活動。我們將描述 Z 圖的組成元素以及如何將 Z 圖和網路學習活動整合。Z 圖是由四個學習站(Stops) 和六個過程階段(Steps) 組成。學習站是學習者必須依序通過的點，就像棒球運動中跑者需依序跑完四個壘包一樣。在每兩個學習站之間有兩個過程階段，這過程階段是學習者要依循的學習路線。這四個學習站分別是「個人經驗」、「假設」、「觀測資料」和「結論」，六個過程階段則是：「各提觀點」、「彙成假設」、「形成策略」、「揀選變數」、「轉化資料」、「驗證假設」。

之所以以 Z 圖的形狀展現，是希望凸顯在第二個 STOP「假設」必須要轉折向第三個 STOP「觀測資料」，而不能直接由第二個 STOP「假設」直接下轉第四個 STOP「結論」。



- 1.各提觀點：從個人經驗中提出各自的想法
- 2.彙成假設：綜合各人觀點提出小組的假設
- 3.形成策略：考慮驗證所需的變因作出詳細的計畫
- 4.揀選變數：在證據圖書館的資料中找出適用的數據
- 5.轉化資料：運用圖表呈現出數據資料各種不同的意義
- 6.驗證假設：依據數據或圖表呈現的意義，說明假設被驗證或被推翻的結果。

圖一 Z 圖的架構

(二) 四個學習站(STOP)

在教室裡大多數的問題都是結構完整，具有好的初始狀態與正確且收斂性答案的問題。這些問題都預先被設計好只需要運用少數特定科學原則和一定的解決流程。但相反的，在日常生活中遭遇的往往是非結構化、目標含糊的問題，而且可以有各種解答過程和不同角度的答案。這類型的問題需要學習者展現個人的意見和信念，而且解決問題的過程是因人而

異(Jonassen,1997)。

過去研究指出對學習者而言，缺乏結構化的問題解決過程比結構完整的問題更具挑戰。所以，這就是為什麼在 Z 圖的第一個學習站「個人經驗」(Stop 1 「個人經驗」)完全是為了讓學習者可以從個人過去經驗過的問題開始探究學習活動，希望能因為對問題本身的興致，而產生較高的探究欲望。

個人經驗中的一些迷思想法經過統整，應該形成可測試的假設(Stop 2 「假設」)後，學習者可能面對不易持續進行探究的困難。因為高中生習慣於花很多力氣在推論和解釋結果而不是去尋找一手資料。研究指出這可能是因為學生無法分辨解釋和支持證據之間的不同。(陳斐卿等,2001)，另外有研究更進一步指出學習者在證據不齊全或是缺乏時，往往依賴未證實的解釋(Brem & Rips,2000)。所以當學習者建立假設之後，讓他們能夠在資料庫中調查或尋找資料是非常重要的。為了避免學習者誤認他們自己的解釋就是驗證的證據，我們要求學生在學習過程中必須通過第三個學習站「觀測資料」(Stop 3 「觀測資料」)，只有從一手資料中建立的證據，才能放入最後第四個學習站「結論」(Stop 4 「結論」)之中。

(三)六個過程階段(STEP)

1. 階段一：各提觀點

依據學習者個人經驗，以「什麼」、「何時」、「如何」、或「為何」等思維方式，協助學生產生一個探究性問題做為科學研究的起點。這個階段屬於暖場任務：小組內每一個成員至少提出一個看法。可以在這個階段中看到許多學習者個人的興趣，疑惑和迷思。我們鼓勵學生提出的題目，是可由 Lain 提供的大氣資料庫中找到可驗證資料的，並讓他們在查觀測資料的過程中，有能力區辨出哪些問題雖然是很好，但不易進行實證研究。

2. 階段二：彙成假設

由於進行的是合作學習，組內成員每個人所提出的看法必須互相討論，整合個別看法，最後形成一個可驗證的假設。在這個階段，學習者要形成小組的共識，盡可能地將每個人的興趣加入小組形成的假設之中。與 PBL 模式中相對應階段不同之處在於，Z 圖明確切出一個階段，提供小組成員彙整，希望開始建立組運作的 mental model。

3. 階段三：形成策略

一旦學生建立假設之後，我們要求他們在進行假設驗證之前先擬定詳細的計畫。首先，學生需要思考出在小組假設中主要概念的操作型定義。接下來，他們需要找出與假設相關的變數以便判斷需要收集什麼資料。藉由擬定一個詳細的策略，學習者才能進入以一手資料為主的「觀測資料」庫中進行探究。如果策略不夠詳細、具體，高中生就無法走向實證之路。

4. 階段四：揀選變數

在 Z 圖的學習活動中，學生不需要自行收集原始資料，只需要“消費”專家已經收集好的一手資料庫。學習者依據研究問題的可能變因，判斷驗證策略所需的變數為何，需要多大範圍的資料才足以驗證他們的假設，並且衡量可否從資料庫中找到足夠的資料；如果不行，則考慮是否要修正研究策略或尋找新的資料來源。學習者同時也需瞭解學習資料庫中各項資料的意義、正確度和原始資料的取得方式，以確保數據的可靠性和可用性。

5. 階段五：轉化資料

在這個階段，學習者需要用簡單的統計和數學計算來分析和轉化資料。學習者需要將大氣資料庫的數據按時間或不同條件整理成圖表，並用這些圖表來驗證假設跟資料之間的關連。組員間進行邏輯上的辯論，決定是否支持假設。

6 階段六：驗證假設

驗證和寫出結論需要熟練的思考。高中生

較缺乏組織資料和從資料中尋找模式的經驗。一部份的學生可能可以從背景資訊中感覺出哪些資料是有意義的，但很少有人能夠直接指出資料和假設之間的關連。大多數的學生都無法一眼看出他們要驗證的是什麼，以致於很容易在本階段失敗。所以，在這裡的挑戰是如何協助學生瞭解他們必須發現的事。

總之，Z 圖是從 PBL 演變出來的，而 Z 圖企圖凸顯更清楚的任務敘述。在 Z 圖中實證探究學習的路徑被區分為四個階段：階段三「形成策略」、階段四「檢選變數」、階段五「轉化資料」、階段六「驗證假設」。Z 圖特別強調 STOP3「觀測資料」的重要，以防止學生可能由 STOP2「假設」直接進入 STOP4「結論」，不進行用證據驗證假設的過程直接就推論的情形。

四、在科展中運用學習歷程檔案與同儕互評

如同前面所述，調整 Z 圖是為了在網路學習環境進行科展的活動。科展的評量主要考量四個部分：(1) 同儕互評、(2) 用討論記錄作為學習歷程檔案的中間產品、(3) 嚴格遵循活動流程、(4) 評量標準。以下詳細說明：

(一) 同儕互評：

為了激發學習者的成長，許多研究發展了許多鷹架系統(Lin 等,1999)。在這些鷹架系統中，讓學習者有機會以不同的角度來比較他們自己的學習過程，是一種比較有利於學習的方法(陳斐卿&王宏仁, 2001)。在 PBL 模式中，讓高中生採取自我評量的方式。從研究發現這樣的模式囿於高中生評量自己成果的經驗不足而易導致失敗。因此，在 Z 圖中以同儕互評的方式取代自我評量以提供學習者回。在每個階段結束時，每一組有觀摩並評量其他兩組作

品的機會。

(二)用討論記錄作為學習歷程檔案的中間產品

一般而言，學習歷程檔案被視為由小組或獨立的學習者自我整理出能反映應學習成就的作品集合。我們認為學習歷程檔案最重要的特徵是能提供學習者有機會反思自己的進行過程，並能積極地選擇有意義的部分。我們預期建構式的學習歷程檔案能夠幫助學習者持續地在每階段回顧自己的進程，朝向有意義的結果。

實際上，我們要求學習者上傳所有的文件或討論的素材，不論是討論的對話，檔案附件，筆記或個人日記。在這些紀錄或稱半成品（我們以小組作為學習歷程檔案建構的基本單位），小組成員必須從其中選擇五項半成品來代表小組在這一階段的學習成就。每項半成品需包含三個部分：標題名稱、對上傳資料的描述、與上傳的資料。

(三)嚴格遵循活動流程

鼓勵學習者自我管理是 Lain 的一個重要的目標，所以 Lain 明顯地設計成以學習者中心的學習環境。不過，以學習者中心的設計方式並不表示學習者在活動中就能自我規範。在我們過去的先探研究中，高中生往往因為缺乏學習技巧（例如：時間管理）、學習動機或注意力分散而無法完成。部分原因是他們的學習能力不足所致，其他可能是自我管理方式的影響。我們認為後者影響較大，所以，要求學習者必須完全遵循給定的活動流程進行。基本上我們以每週一個階段，週末進行同儕互評，因此這一整個學習模式約進行六週之久。

(四)評量標準

在評量 Z 圖的學習歷程檔案時，我們使用一組特定的評分提示，類似 Novak 和 Gowin 所採用的方式(1984)。我們在六個階段中(「各

提觀點」、「建立假設」、「形成策略」、「檢選變數」、「轉化資料」、「驗證假設」)在品質、正確性和完成度三方面給分。依據這些評分提示，小組的半成品先由同儕評分，活動結束後再由專家評分。由於學習者事先可以知道這些評分標準，所以他們可以慎重地挑選他們的半成品，並且可以在同儕互評和專家評分之前先做自我評量。

五、Z 圖效果的初步評估

本研究中，我們透過專題活動的完成度和使用資料庫來驗證假設這兩個指標來評估 Z 圖對學習效果的改善程度。我們發現在 Z 圖模式中的學習者流失率低於先前 PBL 模式；兩種模式中學習者以大氣觀測資料來進行驗證的使用比率也有明顯的增加。

為了比較 Z 圖在活動完成度的效果，我們採用第二屆網路科展(N=201)和在 2000 年暑假舉辦的第一屆網路科展(N=226)的資料。學員完成的比率分別是.98 (197/201) 和.69 (156/226)。以雙尾檢定(two-tail test)得到顯著的差異 ($Z=7.80 > Z_{.05/2}=1.96$)，顯示以六個階段的明確任務來引領學生進行探究活動的 Z 圖模式，的確提升學習者的學習完成率。

此外，為了解 Z 圖是否促進學習者使用實證資料的比率，我們比較兩次科展中運用大氣「觀測資料」庫來驗證假設的人數，完成 Z 圖個四個學習站的學習者 100% 都有使用大氣觀測資料庫，而先前 PBL 模式只有 6%。顯示出 Z 圖模式能夠成功地提醒並引領將學習者將習於直接推論解釋的行為轉為運用實證解釋。

六、結論

根據我們的經驗和過去的研究，大多數高中生相當依賴解釋來「證成」(warrant)

(Driver,Newton,&Osborne,2000) 他們的看法或「結論」。在本研究中,我們修正 PBL 模式為所謂的 Z 圖模式,應該可以提供一個更好的架構來激發學習者進行實證探究學習活動。Z 圖引導學習者如何運用「觀測資料」來測試依生活經驗產生的假設。除此之外,各階段清楚的任務描述鷹架學習者探索專題式活動,這對已經習慣於記誦學習的人是非常重要的。本研究成果讓我們可以樂觀的期盼高中生推論能力的潛力,接下來的挑戰是,如何使學習者在“蒐集到”的資料與“驗證所需”的資料之間有更好的連結。

致謝

本研究分別由國科會(NSC 89-2520-S-008-013 和 NSC 89-2520-S-008-015),和教育部追求卓越計畫(學習科技,分項計畫三,子計畫二)補助。同時我們特別感謝所有的研究者、參與教師和研究助理在 Lain 計畫中的重要貢獻。

參考文獻

- [1] 陳斐卿, 王宏仁 (2001). 使用 Z 圖來建構高中生的網路學習環境. 國科會成果報告: NSC 89-2520-S-008-013
- [2] Chen, Fe-ching, Jiang, Huo-Ming, Lin, Hui-Lun, and Wang, Hung-Ren (2001). High school students' attempts at primary data in PBL via network: Lain experience. Paper will be presented at GCCCE (The Fourth Global Chinese Conference on Computing in Education) 2001 conference, Taiwan, June, 8-10.
- [3] Brem, S.K. & Rips, L.J. (2000). Explanation and evidence in informal argument. *Cognitive Science* 24(4), 573-604.
- [4] Chen, F., Jiang, H. M., Lin,H.L., & Wang, H.R. (2001). High school students' attempts at primary data in PBL via network: Lain experience. Paper will be presented at GCCCE (The Fourth Global Chinese Conference on Computing in Education) 2001 conference, Taiwan, June, 8-10.
- [5] Chen, F. & Jiang, H.M.(2000) The analysis of social discourse in a network-based learning community----The Geoschool experience. ICCE/ICCA (International Conference on Computers in Education/ International Conference on Computer-Assisted Instruction) 2000, Taipei, Taiwan, November 21-24.
- [6] Driver, R., Newton, P., & Osborne, J.(2000). Establishing the norm of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
- [7] Edelson, D.C., Gordin, D.N. & Pea, R.D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3&4), 391-450.
- [8] Jonassen, D.H (1997). Instructional design model for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology, Research, and Development* 45(1), 65-95
- [9] Krajcik, J.,Blumenfeld, P.C., Marx, R.W., Bass, K.M., Fredricks, J, & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based Science classrooms: initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3&4), 313-350.
- [10] Land, S.M. & Greene, B.A.(2000). Project-based learning with the world wide web: a qualitative study of resource integration. *Educational Technology, Research, and Development* 48(1), 45-68.
- [11] Lin, X., Hmelo, C., Kinzer, C.K., & Secules, T.J. (1999). Designing technology to support reflection. *Educational Technology Research & Development*, 47(3), 1042-1629.
- [12] Peters, R.S.(1966). *Ethics and education*. London: George Allen & Unwin
- [13] Wang, H.R., Tsai, Y.B., Chen, F., & Jiang, H. M (2001). A preliminary study on intensive involvement of high school students on web-based learning activity ----Geoschool experience. Paper will be presented at GCCCE (The Fourth Global Chinese Conference on Computing in Education) 2001 conference, Taiwan, June, 8-10.