

科學學習歷程管理模式之建構及驗證

何仕仁*、黃台珠**、吳裕益***

台中縣立龍津國中*、國立高雄師範大學科學教育研究所**

國立高雄師範大學特殊教育研究所***

hsz@ms94.url.com.tw

摘要

本研究主要目的在統整相關理論與文獻，建構一個以科學為特定領域的學習歷程管理模式，並以實際所得資料進行模式驗證。本研究以台灣中部地區之公立國中八年級學生為研究母群體，採分層隨機抽樣法，有效問卷數為 520 份。研究工具包括科學問題解決測驗（甲、乙式）、科學學習環境知覺量表、科學自我效能量表、科學行動控制覺察量表、科學行動控制量表、科學學習策略覺察量表、科學學習策略量表等。資料蒐集結果以結構方程模式（SEM）方法進行統計分析。研究結果顯示本研究所建構的科學學習歷程管理模式和觀察資料可以適配，支持了目前關於學習歷程與知識管理的相關研究結果。本研究並根據研究結果在發現上進行討論。

關鍵詞：科學自我效能、科學學習歷程管理模式、結構方程

一、緒論

學習是人類成長的必經歷程，對於生涯發展的優劣有著決定性影響。學者 Lodewyk 和 Winne（2005）的研究指出：「學習是有意義的認知歷程，學習者在歷程中應該理解所學內容，知覺反應出效能目標，並主動策略性的參與學習。」，意指教育目的不再只侷限於傳遞課文中的知識與技能，而是在於培養學生成為一位懂得主動、有效學習的學習者，換句話說，學生在求學過程中需要學習如何學習，將所學知識帶著走，才能夠有效提升學習成效。

美國教育心理學家 Covington（1984）的研究指出，目前學校教育存在兩個非常嚴重的問題：其一為能力高的學生未必有強烈的學習信念與意願，造成學習上的窒礙難行，辜負學校教育的本意！其二為學生的學習意願隨著年級升高而降低，對學習環境缺乏知覺感受，效能信念低，影響學習表現。從這兩個問題可看出學習歷程中，勢必有著影響變因造成上述的結果，也深刻影響學習歷程的優劣表現，實有探討之必要性。

本研究以 Bandura（1986）的「交互決定論」探討個人在學習歷程中的學習環境知覺及自我效能信念在學習行為上的表現，並以 Kuhl（1984）的「行動控制理論」探討學習歷程中的行動控制與學習策略對學習目標表現的重要性，最後透過 Nonaka and Takeuchi（1995）的「知識創造理論」進行模式各變項間之知識轉換的有效界定與管理，建構科學學習歷程管理模式之雛型。

知識創造的研究，根據何仕仁和黃台珠（2005a, 2005b）的研究顯示，知識管理乃透過個人知識間的轉換，建立效能信念、行動策略與學習策略，進而影響其後的成就表

現，可見知識層面的管理意涵乃深植歷程表現的優劣，所以本研究希望藉由知識層面的管理角度協助學習歷程的探索與討論，建立學習上更多層次的見解與方向。

近年來，學習歷程相關研究的影響因素中，多數研究學者（Pintrich, 2000；Wolters, 2003；Zimmerman, 2000）都認為學習歷程是一自我建構、管理的過程，學習者會在特定的階段性工作任務完成後，透過學習環境中的情境知覺反應出自我效能，並依此效能信念設定工作目標，以意志（volition）進行監督、控制與管理自己認知行動，而此過程最後仍需使用多元學習策略來完成學習成就之表現。所以學習環境知覺（learning environment perception）、自我效能（self-efficacy）、行動控制（action control）、學習策略（learning strategies）應是目前學習歷程非常重要的四個因素。在學習歷程中，學習環境知覺會反應出學習者的自我效能，據此設立工作目標，選擇合適的控制與學習策略以達成表現。因此，考慮學習歷程的多面態特性，探討學習環境知覺、自我效能、行動控制、學習策略與學習成就表現的關係是本研究的重要動機。

Mayer（1987）的研究提出，學習歷程的學習成效有特定領域的遷移性，所以科學領域的特定情境學習已是重要的研究主題，況且這方面的統整性研究在目前學界是較缺乏的，科學學習歷程是一段心理活動，也是人們運用既有的知識、經驗、技能，藉各種效能提昇及行動控制來處理問題的策略方法，使情況能變遷到預期達到的狀態的心智歷程（何仕仁和黃台珠，2005a；張美玉，2001；Sternberg, 1996），因此科學學習歷程的完整建立與管理實有其迫切必要。

基於前述，本研究目的是考量科學學習歷程的多層面因素與動態效果，以科學領域為特定情境，建構一個包含科學學習環境知覺、科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略與科學學習成就表現等潛在變項的科學學習歷程管理模式，除驗證其與觀察資料的適配性外，也進一步探討科學學習歷程管理模式中重要因素的關係及這些因素如何交互影響學習者的科學學習成就表現。

二、研究方法

（一）研究對象

本研究以中部地區之公立國中八年級學生為研究母群體，採分層隨機抽樣法，按學校地區及學校規模的比例做抽樣，共抽取 600 名樣本，回收問卷 543 份，經剔除無效問卷後，有效問卷數為 520 份，有效問卷回收率為 87%。

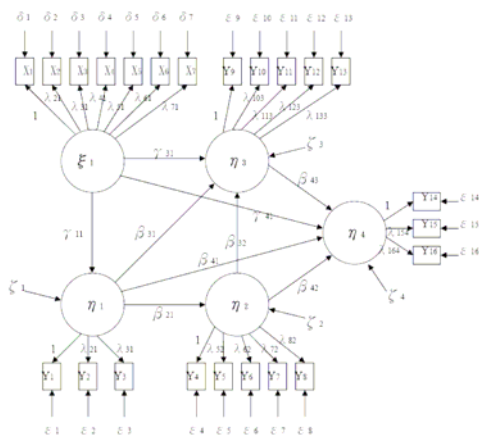
（二）研究工具

本研究使用的工具包括科學學習環境知覺量表、科學自我效能量表、科學行動控制覺察量表、科學行動控制量表、科學學習策略覺察量表、科學學習策略量表、科學問題解決測驗（甲、乙式）。

（三）研究架構

本研究綜合交互決定論、行動控制論、知識創造論等各家學習暨管理理論，提出一個包含科學學習環境知覺、科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略與學習成就等五個成份的科學學習歷程管理模式。

本研究所提的科學學習歷程管理模式如下圖一所示，共有五個潛在變項、二十三個觀察指標。五個潛在變項中，本研究假定科學學習環境知覺為潛在自變項，以 ξ 表示，並以 X 代表潛在自變項的測量指標，共七個觀察指標；科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略與學習成就則為潛在依變項，以 η 表示，並以 Y 代表潛在依變項的測量指標，共十六個觀察指標。



圖一、科學學習歷程管理模式之因果徑路圖

(四) 資料分析

本研究以 LISREL8.50 版進行模式之統計考驗。

三、研究結果

(一) 科學學習歷程管理模式的適配度考驗

對於結構方程模式的評估，本研究從基本模式適配度、整體模式適配度及內在結構適配度等三方面加以考量。

1.科學學習歷程管理模式的基本適配度

基本適配度方面，依據陳正昌、程炳林、陳新豐和劉子鍵（2003）的建議，基本適配指標需沒有負的誤差變異、誤差變異都達顯著、參數間相關的絕對值未太接近 1、而且沒有很大的標準誤。本研究所有估計的因素負荷量都達統計的顯著水準，且參數間相關的絕對值未太接近 1、而且沒有很大的標準誤。該模式完全符合基本模式適合度的評鑑標準。

2.科學學習歷程管理模式的整體適配度

整體模式適合度在於評鑑整個模式與觀察資料的適配程度，也就是評量模式的外在品質。本研究從絕對適配指標（Absolute Fit Measures）、相對適配指標(Relative Fit Measures)及簡效適配指標(Parsimonious Fit Measures)等三方面評鑑科學學習歷程管理模式的整體模式適合度。

絕對適配指標方面，目的在確定整體模式可以預測共變數或相關矩陣的程度。本研究所得之 $\chi^2 = 6.293$ ， $p = .203 > .05$ ，未達顯著性；GFI (goodness of fit index) = 0.996，AGFI (adjusted GFI) = 0.994，符合介於 0~1 之間，且愈大愈好；ECVI (expected cross-validation index) = 0.1834，符合比獨立模式 2.698 值小；標準化 RMR (root mean residual) = 0.020，RMSEA = 0.015，符合低於 0.05 之評鑑標準。

相對適配指標方面，目的在於檢視理論模式與基準模式比較之結果。本研究所得之 NNFI (non-normed fit index) = 0.989，NFI (normed fit index) = 0.970，RFI (relative fit index) = 0.968，CFI (comparative fit index) = 0.965，IFI (incremental fit index) = 0.965，都大於 .90 的評鑑標準。

簡效適配度方面，目的在診斷是否因係數太多以致過度適配資料而達成所要的模式適合程度。本研究所得 Normed chi-square = 2.17 符合介於 1.00~3.00 之間，AIC (akaike information criterion) = 48.372，符合比獨立模式值 806.732 小，PNFI = 0.93，PGFI = 0.94，Critical N = 476.66 皆達到檢定標準。

綜合整體適合度的評鑑結果，本研究所建構之科學學習歷程管理模式具有理想的內、外在品質與評鑑結果。

3.科學學習歷程管理模式的內在結構適配度

模式內在結構適合度在於評鑑模式內估計參數的顯著性、各指標與潛在變項的信度等，也是模式的內在品質，模式內在品質可從個別項目信度、平均變異抽取量來加以估計，其評鑑標準皆在 0.5 以上。以個別指標信度而言，觀察變項指標信度皆大於 0.5；在潛在變項的平均變異抽取量部份都在 0.5 以上。整體而言，本研究的科學學習歷程管理模式之內在品質大致良好。

(二) 科學學習歷程管理模式潛在變項間的效果

本研究尚須進一步比較各潛在變項間的效果，而潛在變項間的效果值包含直接效果、間接效果和全體效果三方面，以下分別說明之。

1.科學學習歷程管理模式各潛在變項間的直接效果

本研究的潛在自變項為科學學習環境知覺，潛在依變項為科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略及學習成就表現。

首先，從潛在自變項對潛在依變項的直接效果討論，從實際所得之觀察資料顯示科學學習環境知覺對科學自我效能 ($\gamma_{11} = .80^*$)、科學學習環境知覺對學習成就 ($\gamma_{41} = .25^*$) 的直接效果都達顯著水準，僅科學學習環境知覺對科學學習策略 ($\gamma_{31} = .07$) 未達顯著。比較三個標準化係數值可知，科學學習環境知覺對科學自我效能的直接效果大於對科學學習策略、學習成就的直接效果。

接著從潛在依變項對潛在依變項的直接效果討論，科學自我效能對科學行動控制 ($\beta_{21} = .65^*$)、科學學習策略 ($\beta_{31} = .42^*$) 與學習成就 ($\beta_{41} = .33^*$) 都有顯著直接效果，而且科學自我效能對科學行動控制的直接效果大於科學自我效能對科學學習策略、學習成就的直接效果。科學行動控制對科學學習策略 ($\beta_{32} = .28^*$)、學習成就 ($\beta_{42} = .45^*$) 有顯著直接效果，而且科學行動控制對科學學習策略的直接效果小於科學行動控制對學習成就的直接效果。科學學習策略對學習成就 ($\beta_{43} = .41^*$) 亦達顯著直接效果。

就潛在依變項的殘差變異量來看，科學自我效能的殘差變異量 (ζ_1) 為 .36，表示科學學習環境知覺可以解釋科學自我效能的總變異量是 64%。同理，科學自我效能大約可以解釋科學行動控制 ($\zeta_2 = .58$) 總變異量的 42% 左右。本研究也假定科學學習策略 ($\zeta_3 = .51$) 受到科學學習環境知覺、科學自我效能和科學行動控制的直接效果，所以這三個潛在依變項共可解釋科學學習策略總變異量的 49% 左右。而學習成就 ($\zeta_4 = .21$) 在本研究的假定是受到科學學習環境知覺、科學自我效能、科學行動控制及科學學習策略的直接效果影響，所以這四個潛在依變項共可解釋學習成就總變異量的 79% 左右。

2.科學學習歷程管理模式各潛在變項間的間接效果

在潛在自變項對潛在依變項的間接效果上，本研究所得科學學習環境知覺對科學行動控制、科學學習策略及學習成就的間接效果都達 .05 的顯著水準，具有較高科學學習環境知覺者傾向高科學自我效能，也因而提高了科學行動控制的使用，此間接效果的標準化值為 .52。再來，科學學習環境知覺對科學學習策略的間接效果是以科學自我效能及科學行動控制為中介，所以從觀察資料中發現：從科學學習環境知覺到科學自我效能而影響科學學習策略的間接效果值為 .34 ($\gamma_{11} \times \beta_{31} = .80 \times .42$)，科學學習環境知覺到科學自我效能、科學行動控制而影響科學學習策略的間接效果值為 .15 ($\gamma_{11} \times \beta_{21} \times \beta_{32} = .80 \times .65 \times .28$)，合計兩條路線的間接效果值可得科學學習環境知覺對科學學習策略的間接效果值為 .49。接著是科學學習環境知覺對學習成就的間接效果是以五條路線的間接效果值為主，分別是科學學習環境知覺到科學自我效能、到科學行動控制而影響學習成就的間接效果值為 .23 ($\gamma_{11} \times \beta_{21} \times \beta_{42} = .80 \times .65 \times .45$)，科學學習環境知覺到科學自我效能、

到科學行動控制、到科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .06 ($\gamma_{11} \times \beta_{21} \times \beta_{32} \times \beta_{43} = .80 \times .65 \times .28 \times .41$)，科學學習環境知覺到科學自我效能、到科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .14 ($\gamma_{11} \times \beta_{31} \times \beta_{43} = .80 \times .42 \times .41$)，科學學習環境知覺到科學自我效能而影響學習成就的間接效果值為 .26 ($\gamma_{11} \times \beta_{41} = .80 \times .33$)，科學學習環境知覺到科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .03 ($\gamma_{31} \times \beta_{43} = .07 \times .41$)，合計五條路線的間接效果值可得科學學習環境知覺對學習成就的間接效果值為 .72。

在潛在依變項對潛在依變項的間接效果上，本研究所得之科學自我效能對科學學習策略、學習成就，科學行動控制對學習成就等的間接效果皆達 .05 顯著水準，科學自我效能是以科學行動控制為中介，間接使用較多的科學學習策略，此一間接效果值為 .18 ($\beta_{21} \times \beta_{32} = .65 \times .28$)。另有三條路線促使科學自我效能對學習成就的間接影響，分別為科學自我效能對科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .17 ($\beta_{31} \times \beta_{43} = .42 \times .41$)，科學自我效能對科學行動控制、對科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .07 ($\beta_{21} \times \beta_{32} \times \beta_{43} = .65 \times .28 \times .41$)，科學自我效能對科學行動控制而影響學習成就的間接效果值為 .29 ($\beta_{21} \times \beta_{42} = .65 \times .45$)，合計三條路線的間接效果值可得科學自我效能對學習成就的間接效果值為 .53。而科學行動控制對科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .11 ($\beta_{32} \times \beta_{43} = .28 \times .41$)。

綜合科學學習歷程管理模式的間接效果值發現，科學學習環境知覺透過科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略等五條路線對學習成就的間接效果值 (.72) 最大，而科學行動控制透過科學學習策略對學習成就的間接效果值 (.11) 最小。

3.科學學習歷程管理模式各潛在變項間的全體效果

在潛在變項自變項對潛在依變項的全體效果方面，科學學習環境知覺對科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略及學習成就等四個潛在依變項的標準化全體效果值依序為 .80、.52、.56、.97。

在潛在變項依變項對潛在依變項的全體效果方面，科學自我效能對科學行動控制、科學學習策略及學習成就三者的標準化全體效果值依序為 .65、.60、.86。科學行動控制對科學學習策略及學習成就的標準化全體效果值依序為 .28、.56。最後，科學學習策略對學習成就無間接效果，所以直接效果同時是全體效果值，其值為 .41。

綜觀理論模式各潛在變項間的全體效果值，發覺科學學習環境知覺對學習成就的全體效果 .97 最大，其次是科學自我效能對學習成就的 .86，最小者為科學行動控制對科學學習策略的 .28。

四、討論

本研究根據相關理論與文獻提出一個包含科學學習環境知覺、科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略及學習成就等成分的科學學習歷程管理模式，並以 520 位國中八年級學生為觀察對象進行模式驗證。模式適配度考驗結果顯示：科學學習歷程管理模式有理想的基本模式適合度、整體模式適合度與模式內在結構適合度，各項指標都能指出本研究所建構的理論模式可以用來解釋實際的觀察資料，意即科學學習歷程管理涉及學習者依據科學學習環境知覺的反應確立科學自我效能，並以此效能目標監督、控制、調整自己的科學行動及科學學習策略，透過知識間的轉換管理，因而提高學習成就表現。

就科學學習歷程管理模式五個潛在變項彼此間的效果觀之，有幾項重要的發現需提出討論：

(一) 本研究從觀察資料中發現科學學習環境知覺對科學自我效能有很強的直接效果，其標準化效果值達 .80，顯示科學學習環境中的知覺情感會影響學習者的科學自我效能

表現，其效能目標的確立便是以此為重要影響因素。

(二) 本研究建構之科學學習歷程管理模式假定科學學習環境知覺對科學學習策略有直接也有間接效果，雖然實際資料呈現科學學習環境知覺對科學學習策略的全體效果達顯著，但科學學習環境知覺對科學學習策略的效果是來自間接效果而非直接效果，根據相關文獻 (Pintrich, 2000; Wolters, 2003) 的實際教學研究發現，認為策略教學須在情感知覺的反應上，提升自我效能，確立並掌握目標方向，才能提高學習策略的實施成效，因此本研究發現科學學習環境知覺對科學學習策略的效果似乎不是直接的，而是透過科學自我效能及科學行動控制為中介變項所影響的。

(三) 觀察資料發現科學學習環境知覺對學習成就表現有很強的全體效果，其標準化效果值達.97，顯示在複雜的學習工作上，學習者對科學學習環境知覺反應後，會確立其科學自我效能目標，並控制、調整科學行動步驟，妥善運用其認知、後設認知的科學學習策略，完成其學習成就表現。

(四) 本研究的觀察資料也呈現科學自我效能對學習成就表現有很強的全體效果，其標準化效果值達.86，表示科學自我效能的目標確立不僅透過科學學習策略對學習成就產生間接效果，透過科學行動控制對學習成就的間接效果更大。

(五) 本研究觀察資料顯示科學行動控制對學習成就表現不只顯著的間接效果，同時有著更強的直接效果，其標準化效果值為.45，根據持行動控制論的研究學者 Kuhl (2005) 及 Corno (1994) 發現科學行動控制目的在保護效能目標的完成，所以不會直接影響學習表現，只會間接影響學習表現。所以本研究根據觀察資料認為科學行動控制的使用促使學習者排除干擾，讓自己有效的使用科學學習策略，間接的提高了學習成就表現。

(六) 科學學習歷程的知識創造管理關鍵在於：學習者能成功的將科學學習歷程中各變項因素的內隱知識轉化為外隱知識，並將這些外隱知識成功的處理與應用，進而成為學習者的內隱知識。本研究透過模式驗證結果得知，學習者能透過知識間的轉換，成功的自我管理科學學習歷程中的各變項因素，這部份的研究與張新仁 (2001) 的研究成果一致。然而，科學學習歷程是一多面向的動態過程，除將各變項因素作徹底討論外，也應將知識轉換的管理層面列入，如此才能導致有效的學習成效。

參考文獻

- 何仕仁、黃台珠 (2005a)。計畫性教師組織定位與發展研究--透過平衡計分卡制度之建構為例。《教育政策論壇》，8(2)，75-108。
- 何仕仁、黃台珠 (2005b)。不同教學、知識創造管理模式對國中生數學學習成效之影響研究。《科學教育學刊》，13(2)，217-239。
- 陳正昌、程炳林、陳新豐、劉子鍵 (2003)。《多變量分析方法—統計軟體應用》。台北市：五南出版社。
- 教育部編印 (2003)。《國民中、小學九年一貫課程正式綱要》。台北市：教育局。
- 張新仁 (2001)。學習策略的知識管理。知識管理與教育革新發展研討會，國立政治大學教育系。
- 張美玉 (2001)。從多元智能的觀點談學生學習歷程檔案在教學評量上的應用。《教育研究資訊雙月刊》，9(1)，32-54。
- Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Corno, L. (1994). The best-laid plans: Modern conceptions of volition and educational research. *Educational Research*, 22(2), 14-22.

- Covington, M. V.(1984). The self-worthy theory of achievement motivation: Finding and implication. *The Elementary School Journal*, 85(1),5-20.
- Kuhl , J. (1985). Volitional mediators of cognition - behavior consistency : self - regulatory processes and actions versus state orientation . In J, Kuhl & J, Beckman (Eds.) , *Action control : From cognition to behavior* (pp.101-128). N.Y.: Springer-Verlag.
- Kuhl , J. (2000). The volitional basis of personality systems interaction theory : application in learning and treatment contexts, *International Journal of Educational Research*, 33(7-8),665-703.
- Kuhl , J. (2005). How to resist temptation: the effects of external control versus autonomy support on self-regulatory dynamics. *Educational researcher*, 73(2), 443-470.
- Lodewyk, K. R. & Winne, P. H. (2005). Relations among the structure of learning tasks, achievement, and changes in self-efficacy in secondary students. *Journal of educational psychology*, 97(1), 3-12.
- Mayer, R. E. (1987). Instructional variables that influence cognition processes during reading. In Britton, B. K., & Glynn, S. M. (Eds.), *Executive control processes in reading*, 201-216. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company* , Oxford University Press, Inc.
- Pintrich, P. R. (2000). Multiple goals, multiple pathways: the role of goal orientation in learning and achievement. *Journal Educational Psychology*, 92, 544-555.
- Sternberg, R. J. (1996) . *Successful intelligence : How practical and creative intelligence determine success in life*. New York : Simon & Schuster.
- Wolters, C. A. (2003). Understanding procrastination from a self-regulated learning perspective. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 179-187.
- Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: an essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 82-91.